ISSN 2760-2729

September 2025

D3 Center Annual Report

D3センター 年報

No. 25

D3センターWebサイト
https://www.d3c.osaka-u.ac.jp/

2024年度

大阪大学
THE UNIVERSITY OF OSAKA

D3 CENTER
DIGITAL DESIGN, DATABILITY, AND DECISION INTELLIGENCE

＊＊＊　目　　次　＊＊＊

巻　頭　言

降簱　大介 ------ 1

研究部門の業績

サイバーメディア教育研究部門 ---------- 5
言語教育支援研究部門 ----------15
大規模計算科学研究部門 ----------20
コンピュータ実験科学研究部門 ----------26
サイバーコミュニティ研究部門 ----------33
先端ネットワーク環境研究部門 ----------44
データ生成工学研究部門 ----------60
先進高性能計算基盤システム研究部門 ---------73
知能情報基盤研究部門 ----------141
社会技術研究部門 ----------153
データビリティプラットフォーム研究部門 ----157
DX 研究部門 ----------163
セキュアプラットフォーム・
アーキテクチャ研究部門 --------172
トランスコネクトデータビリティ研究部門 ----181
高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 - 185
戦略企画室 ----------199
ライフデザイン・イノベーション研究拠点 ----201

学際共創プロジェクト報告

・学際共創プロジェクトの業績 ----------206

センター報告

・プロジェクト報告 ----------300
クロス・アポイントメント報告 ----------301
SC24 出展報告 ----------309
AXIES 大学 ICT 推進協議会
2024 年度年次大会のブース出展報告 --316
Cyber HPC Symposium 2025 開催報告 -----319
2024 年度公募型利用制度
成果報告会 開催報告 ----------327
D3 センターキックオフシンポジウム
開催報告 ----------335
・利用状況等の報告 ---------- 342
2024 年度大規模計算機システム稼動状況- 343
2024 年度情報教育システム利用状況 -----344
2025 年度情報教育教室使用計画表 -------345
2024 年度 PLS システム利用状況 -------349
2025 年度 PLS 使用計画表 ----------351
2024 年度箕面教育システム利用状況 -----353
2024 年度電子図書館システム利用状況----354
2024 年度会議関係等日誌----------355
（会議関係、大規模計算機システム利用講習会、センター来訪者、情報教育関係講習会・説明会・見学会等、PLS 関係講習会・研究会・見学会等）

規　程　集

規程関係 ----------358
大阪大学 D3 センター規程／大阪大学 D3 センター全国共同利用運営委員会規程／大阪大学 D3 センター高性能計算機システム委員会内規／大阪大学 D3 センター大規模計算機システム利用規程／大阪大学 D3 センター大規模計算機システム試用制度利用内規／大阪大学 D3 センター教育用計算機システム利用規程

ガイドライン関係 ----------362
大阪大学総合情報通信システム利用者ガイドライン／教育用計算機システム、学生用電子メールシステム利用者ガイドライン

― データ駆動型社会における
新たな基盤形成を目指して ―

D3 センター長　降簱　大介

2024 年 10 月、大阪大学はサイバーメディアセンターとデータビリティフロンティア機構を統合し、新たに「D3 センター」を発足させました。両組織の持つ知見と役割を結集し、データ駆動型社会に対応した研究・教育・社会貢献の基盤をさらに強化・高度化するための大きな一歩です。これまでサイバーメディアセンターが培ってきた高度計算基盤やメディア教育支援、ネットワーク運用といった情報基盤の整備・運用の力に、データビリティフロンティア機構が推進してきたビッグデータ利活用のノウハウと社会共創の仕組みを加え、全学的なデータ駆動型研究・教育・経営を支えるハブとして機能することを目指しています。

私はこの新センターの初代センター長として、これまで両組織が築き上げてきた基盤を発展的に融合させ、次の時代の大学像を支えるための情報基盤をどのように構築し、どのように運用していくのか、その責任の重さを痛感しています。同時に、研究・教育活動や大学運営がますますデータ駆動的に進化するなかで、このセンターが果たすべき役割がいかに大きいかも強く認識しています。

サイバーメディアセンターのこれまで

振り返れば、サイバーメディアセンターは長らく大阪大学の情報基盤センターとして、研究・教育・事務の基盤を ICT の側面から支え続けてきました。特に 2020 年以降のコロナ禍では、全学的なオンライン教育・ハイブリッド教育への急速な転換を下支えし、Echo360 や CLE を活用した講義自動収録・配信、オンライン授業支援ツールの導入などに取り組みました。CLE への負荷急増への対応や Zoom をはじめとした各種オンラインツールの普及、メディア教育環境の再構築、さらには全学の情報セキュリティ対応など、教育・研究・事務の各面で多くの課題を克服しながら大学全体の ICT 活用を大きく前進させました。

こうした危機対応のなかで培われた知見やネットワーク運用能力、教育支援システムの運用ノウハウは、単なる非常時対応に留まらず、アフターコロナの大学像を変革する土台にもなりました。OU マスタープラン 2027 で掲げられた OUDX イニシアティブに沿い、大学全体の教育・研究・経営を横断的に支える DX 基盤を構築するという方向性は、サイバーメディアセンターにと

っても自らの役割を再定義する機会であり、実際に全学的なデータ管理基盤（ONIONなど）の構築、学術情報ネットワークの安全な運用、研究データの管理と利活用支援、メディア教育の高度化など、数多くの取り組みを進めてきました。

データビリティフロンティア機構の取り組み

一方で、データビリティフロンティア機構は 2017 年に国内の大学でいち早く立ち上がり、ビッグデータの利活用を大学全体に広げることを目指して活動してきました。単に研究者個人の取り組みを支援するだけではなく、研究データの集約管理、分野横断的なデータ解析、人文社会科学から理工医生命分野にいたる多様なデータ駆動研究を支援し、社会課題解決に資する研究の推進を目指しました。また、社会との共創の視点を重視し、データの利活用を通じた産学官連携、地域連携、オープンサイエンスの実現にも取り組んできました。

このように、サイバーメディアセンターとデータビリティフロンティア機構は、それぞれ異なる歴史と強みを持ちつつも、大阪大学の教育・研究・経営基盤を支え、変革を促進するという共通のミッションを担ってきました。そして 2024 年、その二つが一つになることによって、単なる組織統合ではなく、次の時代の大学の姿を具体的に形作る新しい基盤をつくりだすことを目指しています。

D3 センターのミッション

D3 センターの名称には、「Digital design(情報をデータ化・使えるように)」、「Datability(高度かつ膨大なデータを解析・使いやすく）、「 Decision intelligence(様々な意思決定を支援する)」の 3 つの思い・キーワードの頭文字が埋め込まれています。これは、単にデータを分析・処理するだけでなく、データを駆動力として新しい価値を生み出し、設計し、社会実装を進めていく大学であることを支援する基盤でありたいという思いを込めています。

D3 センターでは、これまでのサイバーメディアセンターの「堅牢で持続可能な情報基盤を提供する」というミッションと、データビリティフロンティア機構の「データを価値に変えるための共創」を統合し、データ駆動型大学の実現を支援するために以下のような取り組みを進めます。

- ✓ 研究データの管理・利活用支援、研究データ基盤の運用
- ✓ AI を含む先端的なデータ解析支援
- ✓ オープンサイエンス推進のための研究データ共有・公開支援
- ✓ 大学全体の教育 DX、ハイブリッド教育支援、ICT 活用支援
- ✓ 高性能計算基盤、ストレージ、ネットワークインフラの整備・運用
- ✓ サイバーセキュリティ、認証基盤の維持・高度化
- ✓ 社会課題解決を目指した産官学共創、地域連携

こうした取り組みを通じて、教育・研究・経営の各分野でデータを戦略的に活用し、

研究成果を社会に還元するための基盤を総合的に整備します。

社会的要請への応答

今日、社会課題はますます複雑化し、解決には分野横断的な知見とデータ活用が不可欠です。AI 技術の進展、ビッグデータの爆発的増大、サイバーセキュリティリスクの高度化、オープンサイエンスの国際的潮流、地方創生や脱炭素化など、大学が担うべき役割は従来にも増して大きく、また多様です。D3 センターは大阪大学がこうした社会課題に応えるための知的基盤を整備し、人材育成を進めることを自らの責務と位置付けます。

研究データの管理・共有・再利用は、再現性のある研究推進に必須であり、また研究倫理や研究不正防止の観点からも強く求められています。D3 センターは研究データ管理計画（DMP）の策定支援、研究データ基盤 ONION の運用、メタデータの標準化・相互運用性の確保などを進め、研究者の負担を軽減しつつ、より高度で効率的な研究活動を支援します。

教育面でも、パンデミックを契機に進んだハイブリッド教育は単なる臨時措置に留まらず、今後の教育の標準的形態として定着しつつあります。D3 センターはオンライン・対面を融合した質の高い教育を支えるためのシステム整備と教員支援を引き続き進めます。さらに、生成 AI などの新たなツールを活用した教育イノベーションも積極的に支援し、学生の学修成果の最大化を目指します。

また、地域社会や企業との連携を深化させ、大学に蓄積されるデータと知を社会に還元するプラットフォームとしての役割を果たすことも重要です。特に大阪大学の地域貢献や社会実装を支えるため、D3 センターは産官学共創の拠点としての機能を強化し、自治体や企業との共同研究・サービス設計をデータ駆動型で進めていきます。

未来に向けて

私たちは今、大阪大学におけるデータ駆動型大学への変革の基盤づくりという重要な仕事を担っています。それは単なる情報インフラの更新ではなく、大学という知の共同体のあり方を問い直し、未来を設計する仕事だと考えています。

D3 センターは、「情報」「データ」「デザイン」というキーワードを軸に、研究・教育・社会貢献を支える総合的な基盤を整備し続けます。これまで以上に多様な専門性を持つ教職員が連携し、全学の研究者・教育者・学生・事務職員、そして地域・産業界の皆さまと共に、この新しいセンターを成長させていきたいと考えています。

引き続き、皆さまのご理解とご協力を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。

研究部門の業績

〈本センターの各研究部門における 2024 年度研究
業績等について、以下の項目に沿って報告します。〉

部門スタッフ
教育･研究概要
教育･研究等に係る全学支援
2024 年度研究業績
社会貢献に関する業績
2024 年度研究発表論文一覧
その他

・サイバーメディア教育研究部門 ---------- 5
・言語教育支援研究部門 ---------- 15
・大規模計算科学研究部門 ---------- 20
・コンピュータ実験科学研究部門 ---------- 26
・サイバーコミュニティ研究部門 ---------- 33
・先端ネットワーク環境研究部門 ---------- 44
・データ生成工学研究部門 ---------- 60
・先進高性能計算基盤システム研究部門 ---------- 73
・知能情報基盤研究部門 ---------- 141
・社会技術研究部門 ---------- 153
・データビリティプラットフォーム研究部門 -------- 157
・DX 研究部門 ---------- 163
・セキュアプラットフォーム・
アーキテクチャ研究部門 ---------- 172
・トランスコネクトデータビリティ研究部門 -------- 181
・高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 ------ 185
・戦略企画室 ---------- ---------- 199
・ライフデザイン・イノベーション研究拠点 -------- 201

サイバーメディア教育研究部門

Cybermedia Education Research Division

1 部門スタッフ

教授 浦西 友樹

略歴：2004 年 3 月奈良工業高等専門学校専攻科電子情報工学専攻修了。2005 年 9 月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。2008 年 3 月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。2008 年 4 月日本学術振興会特別研究員 PD。2009 年 4 月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教。2011 年 6 月より 2012 年 6 月までフィンランド・オウル大学客員研究教授。2012 年 10 月大阪大学基礎工学研究科助教。2014 年 4 月京都大学医学部附属病院助教。2016 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門准教授。2024 年 4 月より同教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター教授。博士（工学）。電子情報通信学会、情報処理学会、システム制御情報学会、日本バーチャルリアリティ学会、日本生体医工学会、IEEE 各会員。

特任教授（常勤） 上田 真由美

略歴：1998 年 3 月関西大学総合情報学部卒業、2000 年 3 月関西大学大学院総合情報学研究科修士課程修了、2003 年 3 月関西大学大学院総合情報学研究科博士後期課程修了。同年 4 月より大阪大学、名古屋大学、京都大学研究員を経て、2012 年 4 月流通科学大学総合政策学部講師、2013 年 4 月同准教授。組織改組を経て 2015 年 4 月同経済学部准教授、2018 年 4 月より同教授。その間、2014 年 4 月より関西大学先端科学技術推進機構客員研究員、2019 年 7 月より大阪大学サイバーメディアセンター特任教授（常勤）。2024 年 4 月より追手門学院大学経営学部教授、同 6 月より大阪大学 サイバーメディアセンター特任教授（常勤）、同 10 月より大阪大学 D3 センター特任教授（常勤）。 博士(情報学)。IEEE、ACM、電子情報通信学会、情報処理学会、日本データベース学会、ヒューマンインタフェース学会、人工知能学会各会員。

准教授 白井 詩沙香

略歴：2007 年 3 月武庫川女子大学生活環境学部情報メディア学科卒業（学長賞受賞）。3 年間の企業勤務を経て、2010 年 4 月武庫川女子大学大学院生活環境学研究科へ入学。2015 年 3 月同大学院同研究科博士課程修了。博士（情報メディア学）。同年 4 月より同大学生活環境学部生活環境学科助教、2018 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門講師、2024 年より同部門准教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センターサイバーメディア教育研究部門准教授。ヒューマンコンピュータインタラクション、教育工学、情報科学教育に関する研究に従事。情報処理学会、コンピュータ利用教育学会、日本数式処理学会、日本教育工学会、日本情報科教育学会、教育システム情報学会、日本バーチャルリアリティ学会、 ACM、IEEE 各会員。

准教授 千葉 直也

略歴：2020 年 3 月東北大学大学院情報科学研究科博士課程修了、博士（情報科学）。2020 年 4 月より早稲田大学理工学術院次席研究員およびオムロンサイニックエックス株式会社プロジェクトリサーチャー。2023 年 4 月より東北大学大学院情報科学研究科助教。2024 年 9 月より大阪大学サイバーメディアセンター准教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター サイバーメディア教育研究部門准教授。3D ロボットビジョン、三次元計測、三次元データ処理、点群深層学習、Neural Field などに関する研究に従事。IEEE、情報処理学会、ロボット学会各会員。

特任准教授（常勤）Jason Orlosky

略歴：2006 年ジョージア工科大学電子工学部卒業。2007 年 McKesson Provider Technologies 入社。2011 年大阪大学基礎工学部短期留学生等を経て 2013 年同大学院情報科学研究科博士後期課程入学、2016 年同修了。博士（情報科学）。その後、日本学術振興会特別研究員 (PD) を経て、2017 年大阪大学サイバーメディアセンター特任助教（常勤）、2018 年同センター特任講師（常勤）、2020 年同センター特任准教授（常勤）、2024 年 10月大阪大学 D3センター特任准教授（常勤）、2021 年よりオーガスタ大学准教授、適応的ユーザインタフェースの研究に従事。

講師 東田 学

略歴：1989 年 3 月東京工業大学理学部数学科卒業、1991 年 3 月東京工業大学大学院理工学研究科数学専攻修士課程修了、1997 年 3 月大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻博士課程修了。1994 年大阪大学大型計算機センター助手、2000 年 4 月大阪大学サイバーメディアセンター応用情報システム研究部門助手、2007 年 4 月より助教。2013 年 4 月より同部門講師。2014 年 10 月より大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門講師。2024 年 10月より大阪大学 D3 センターサイバーメディア教育研究部門講師。博士（工学）。

助教 小林 聖人

略歴：2017 年 3 月神戸大学海事科学部マリンエンジニアリング学科卒業、2019 年 3 月神戸大学大学院海事科学研究科博士課程前期課程修了。2019 年 4 月より 2021 年 9 月までセイコーエプソン株式会社技術開発本部で勤務。2019 年 10 月より神戸大学大学院海事科学研究科博士課程後期課程に入学し、2022 年 9 月に修了。博士（工学）。2021 年 11 月よりオムロンサイニックエックス株式会社 Research Internship および JST 次世代研究者挑戦的研究プログラムに従事。2022 年 10 月より 2023 年 3 月まで神戸大学大学院海事科学研究科 学術研究員 および 東京大学工学系研究科松尾豊研究室の業務委託に従事。2023 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門助教、2024 年 10 月より大阪大学 D3 センターサイバーメディア教育研究部門 助教。IEEE、電気学会、日本ロボット学会、人工知能学会、各会員。

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

基礎工学部情報科学科における卒業研究、ならびに大学院情報科学研究科における博士前期・後期課程の研究指導を行った。また、以下の講義を担当することにより、本学における情報科学ならびに周辺分野における教育に貢献した。

全学共通教育の情報処理教育科目の「文学部 情報社会基礎」（白井）、基盤教養科目の「情報探索入門」（浦西）を担当した。また、インターナショナルカレッジの共通教育科目「Data Processing Skills」（浦西）を英語で担当した。さらに、学問への扉の「プログラミングで遡る科学史」（東田）、「実践！知能ロボットシステム入門」（小林）を担当した。

基礎工学部の専門科目では、「情報科学序説」（浦西）、「情報技術者と社会」（浦西）、「防災特論」（浦西）、「ヒューマン・コンピュータ・インタラクション」（浦西、白井）、「情報工学 PBL (情報工学 A)」（小林）「情報工学 PBL（情報工学 B）」（白井）、「情報科学ゼミナール A」（小林、浦西）、「情報科学ゼミナール B」（小林、千葉、浦西）、「プログラミング D」（小林）を担当した。

情報科学研究科の専門科目では、「システムインタフェース設計論」（浦西、白井）、「情報技術と倫理」「インタラクティブ創成工学演習」「インタラクティブ創成工学基礎演習」（浦西）をそれぞれ担当した。

2.2 研究の概要

本部門では、サイバーメディアのインタフェース技術、サイバーメディア環境を拡張提示するヘッドマウントディスプレイ (HMD) の応用技術、

サイバーメディア環境の計測技術、サイバーメディアを活用した e-Learning に関して種々の研究を実施しており、サイバーメディアを用いた教育環境の高度化に資することを目指している。

インタフェース技術に関しては、環境やユーザに固定されない「非拘束な触覚インタフェース」や「3 次元ユーザインタフェースおよび拡張現実(Augmented Reality, AR) 技術」の研究開発を行っている。 生体へのサイバーメディア応用については、「感覚提示技術」に関して主に研究開発を実施している。計測技術に関しては、物体や環境の幾何学的、光学的性質の計測・シミュレーション技術の研究開発を実施している。

e-Learning に関しては、学習支援システムにおける効果的なユーザインタフェースの研究開発、語学教育および情報科学教育を中心とした学習環境デザイン開発、授業改善手法の開発・実証研究を行っている。さらに、近年は各種センシング技術を活用した MMLA (Multimodal Learnig Analytics) の研究を実施している。

これらの研究要素を集大成することで、先端的な情報メディア教育環境の構築に資することができる。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 情報処理教育環境の維持・管理

2022 年 10 月にシステム更新を行い、マイクロソフト社の AVD（Azure Virtual Desktop）を用いた仮想デスクトップサービスを行っている。デスクトップ OS には Windows11 採用し、安定運用を続けている。情報教育教室には、AVD に接続するためのシンクライアント端末と学生の持ち込みパソコンを接続可能なディスプレイを設置した。

2024 年度は、前年度に構築した Kubernetes によるコンテナ型の Linux シングルユーザ環境を構築し、JupterHub を介してプログラミング教育に特化したサービスを数科目の授業で活用し、今後の他授業での利用展開について検討をした。

e-Learning コンテンツについては、情報倫理デジタルビデオ小品集 1～8、キーワードで学ぶ最新情報トピック 2024、MS Office の自学自習ソフトウェアナレローを全教職員・学生が利用できるよう整備するなど、引き続きサービスの拡充に務めた。また、全学必修の一般情報教育科目「情報社会基礎」「情報科学基礎」向けに SaaS のプログラミング学習環境である Ed の提供を行い、新入生を対象とした大規模情報教育科目において安定したプログラミング学習環境を提供できた。

さらに、FD の一環として、定期的に行っている数式処理システム Maple と Mathematica の講習会はオンラインに切り替え、開催した。開催日および参加者人数は以下のとおりである。

- 2024 年 10 月 30 日 Maple 講習会 5 名
- 2024 年 11 月 7 日 Mathematica 講習会 16 名

広報・ガイダンス活動においては、情報教育システムの更新情報等を随時発信するとともに、マニュアルの整備を行い、サービスの普及に貢献した。

3.2 CLE（授業支援システム）運用・利用者支援

2024 年度も Blackboard Learn を用いた授業支援システム CLE (Collaboration and Learning Environment) をクラウドサービスにて提供した。2020 年度から続くコロナ禍において、全学構成員の大部分が利用している状況であるが、大規模なシステム障害なく稼働している。入門編と応用編の 2 本立ての講習会をオンラインで恒常的に提供しており、教員に加えて TA も受講可能とすることで CLE 利用の促進を行っている。また、CLE 上で利用可能な日本語対応剽窃チェックツールである Turnitin を導入し、生成 AI による記述の検知を含め、学生の提出するレポートの剽窃チェックが可能なサービスを提供した。また、引き続き授業以外のコミュニティ機能を用いた、グループ単位での情報共有機能のサービス提供も行った。

2024 年度においては Blackboard Learn のインタフェースを現代的な Ultra インタフェースに段階的に移行し、ユーザの使い勝手の向上をはかった。

- 通年・オンデマンド：CLE 講習会（入門編）50 名
- 通年・オンデマンド：CLE 講習会（応用編）42 名

講義自動収録配信システム Echo360 については、キャンパスライセンスにより本学において無制限に収録装置の導入が可能となっている。教員自身の PC を用いて講義収録可能な Universal Capture（図 3.1） は SLiCS センターおよび全学教育推進機構と協力して FD セミナーなどで普及に努めており、授業オンライン化の流れによって導入が加速している。

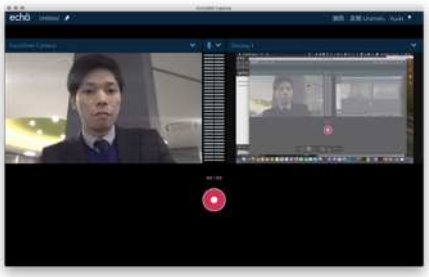


図 3.1 Universal Capture

3.3 OUMail（学生用電子メール）サービスの運用・利用者支援

2014 年 3 月に開始した、マイクロソフトの Office365 を用いた外部クラウドメールサービスの安定運用に務めた。サービスの対象者は全学生と、サイバーで実施する科目の授業担当教員である（それ以外の授業担当教員も要望があれば利用できる）。また、同サービスはメール機能に限定した上で卒業・修了後も引き続き利用でき、2014 年 3 月の卒業生・修了生から実際にサービスを提供している。現役生のメールのドメインは ecs.osaka-u.ac.jp であり、卒業・修了後は自動的に alumni.osaka-u.ac.jp になる。Office365 のテナント機能によりメールスプールは引き継がれる。2019 年 3 月からは多要素認証の導入を開始し、セキュリティの向上に努めた。また、2023 年度からは、エイリアス機能を充実させ、氏名を含むメールアドレスの作成及び卒業後も現役生時代のメールアドレスを有効にする運用を開始した。

3.4 初年次必修の一般情報教育科目の運営

本授業は Society5.0 時代に向けた初年次必修の一般情報教育科目であり、全学教育推進機構が開講部局、本部門が教材の提供や運営を行う形で、文系学部向けに「情報社会基礎」を、理系学部向けに「情報科学基礎」を開講している。本授業の特徴は、週に 2 コマ、同期型の対面授業回と非同期型のメディア授業回で構成するブレンド型授業として開講している点である。授業前半は反転授業形式で動画による知識習得と演習を組み合わせた授業を実施し（図 3.2）、授業後半には、SaaS のプログラミング学習環境 Ed の活用したプログラミング演習を行った。全授業回終了時に収集した授業アンケートの結果は総じて高く、オンデマンド授業と対面授業の良さを活かしたブレンド型授業の開講ができたことが示唆された。

図 3.2 コース教材の例

4 2024 年度研究業績

4.1 ヒューマン・コンピュータ・インタラクションに関する研究

先進的情報メディアシステムに関連して、3D ユーザインタフェースや AR システム、触覚伝達（Haptics)に関する研究を実施している。具体的な研究項目は以下のとおりである。

- Reality-Virtuality Continuum に沿ったバーチャル環境への没入感向上のための連続的遷移
- Hue-heat 仮説に基づく疑似温度上昇感覚の提示
- スマートフォン向け道案内インタフェースのための周辺視野への刺激提示
- VR 体験におけるベクション強化のための視覚

刺激としてのボロノイ図の検討

- HybridSphere: アバターと自由視点で拡張されたハイブリッド会議システム
- 複合現実技術を用いた推奨打牌情報の提示による麻雀初学者支援
- 対戦・協力ゲームプレイ中の内界状態推定を目的とした心理的要素と生体情報の調査

図 4.1 Reality-Virtuality Continuum に沿ったバーチャル環境への没入感向上のための連続的遷移

4.2 XR の教育への応用に関する研究

XR（AR、VR、MR）技術を活用した技能習得支援、EduMetaverse のための基盤技術に関する研究を実施している。具体的な研究項目は以下の通りである。

- アーチェリー行射における身体傾斜情報の即時提示システム
- Digitized Climbing: Grade Estimation and Motion Generation for Sport Climbing with AI-Driven Modeling

4.3 コンピュータビジョンに関する研究

環境や物体の形状および材質の計測や、画像の認識・理解はメディア環境を構築する重要な技術である。また、計算機上で計測結果を利用するには光の振る舞いを再現したりシミュレートする必要がある。近年は空間に紐づいた陽な/陰なデータ表現（三次元点群や NeRF など）が注目されており、これらの技術を活用したメディア環境のモデリングに取り組んでいる。2024 年度は主に以下の項目について研究を実施した。

- Disaster Recognition Through Image Captioning Features and Shifted Attention
- NeRF を用いたラベリングツールの開発
- 点群深層学習による弱教師あり学習でのインスタンス認識

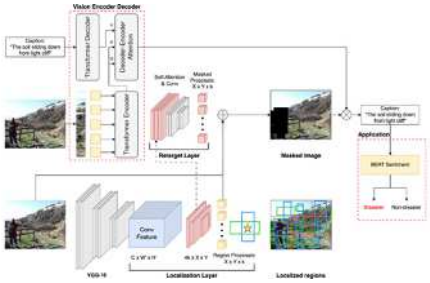


図 4.2 Retarget Network (RetNet) アーキテクチャ

4.4 ロボティクスに関する研究

視覚・触力覚等のマルチモーダルな情報を活用したロボティクス、ロボットラーニングに関する研究を実施している。具体的な研究項目は以下の通りである。

- 行動時系列生成モデルとバイラテラル制御に基づく模倣学習によるロボット動作生成
- 視覚・自然言語情報を活用したバイラテラル制御に基づく模倣学習
- 光学透過式 MR ビーコンを用いたロボット誘導操作手法
- 複合現実技術を用いた自律移動ロボットのための地図編集システム
- 水中におけるバイラテラル制御に基づく遠隔操作ロボットシステム

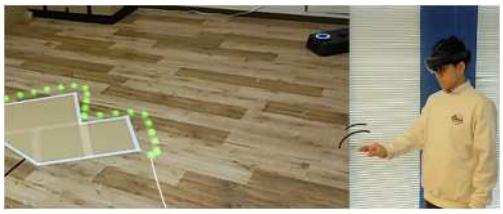


図 4.3 複合現実技術を用いた自律移動ロボットのための地図編集システム

4.5 教育学習支援に関する研究

教育学習支援に関する研究として、教育学習支援システムにおける効果的なユーザインタフェースの研究開発、情報科学教育を中心とした学習環境デザイン、授業手法の開発・実証研究を行っている。また、本部門では文部科学省 Society5.0 実現化

研究拠点支援事業「ライフデザイン・イノベーション研究拠点」の研究プロジェクトの 1 つである「未来の学校支援プロジェクト」に参画しており、 e-learning および協調学習を対象に、様々なセンサを用いて学習者の行動や状態をマルチモーダル計測・分析し、学習者の状態を推定し、学習支援につなげる研究を推進している。学習環境・教授法の開発からエビデンスレベルでの検証まで行い、先端的な情報メディア教育環境の構築を目指している。

- 高等学校・教科「情報」、大学の一般情報教育に関する研究
- 教育へのクラウド・コンピューティングの応用に関する研究
- センシング技術を活用した e-learning 支援システムに関する研究
- ラーニングアナリティクスに関する研究

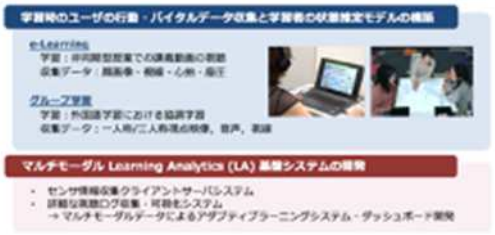


図 4.4 マルチモーダル・ラーニング・アナリティクスに関する研究概要

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1　学外活動

- 国立情報学研究所 次世代科学技術チャレンジプログラム「情報科学の達人プログラム」 メンター（浦西）
- 高度ポリテクセンター 在職者向け職業訓練（能力開発セミナー）講師（浦西）
- 情報処理学会 教員免許状更新講習 講師（白井）
- 学生主体ロボコンチーム OUXT Polaris アドバイザ（小林）

5.1.2 研究部門公開

- いちょう祭（オンライン開催）, 2024 年 5 月 3 日，来場者 401 名
- 高津高校からの研究室訪問, 2024 年 11 月 11 日，参加者 9 名

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

- 日本バーチャルリアリティ学会 複合現実感研究委員会 委員
- 情報処理学会 会誌編集委員会 委員
- 画像の認識・理解シンポジウム MIRU 推進委員会
- 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 幹事
- 映像情報メディア学会 関西支部 運営委員

（以上 浦西）

- 情報処理学会 会誌編集委員会（教育分野/EWG）幹事
- 情報処理学会 論文誌「教育とコンピュータ」編集委員会 編集委員
- 情報処理学会 コンピュータと教育研究会（CE）運営委員

（以上 白井）

- 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会（PRMU 研究会）専門委員
- 第 31 回画像センシングシンポジウム(SSII2025) 実行委員
- 画像の認識・理解シンポジウム（MIRU2025） 領域 A エリアチェア

（以上 千葉）

5.2.2 国際会議への参画

- The 8th IEEE conference on AI and Extended & Virtual Reality (AIxVR2026), Local Chair
- The 24th International Symposium on Mixed and Augmented Reality ISMAR2025), S&T Programme Committee Member
- The 19th International Conference on Machine Vision Applications (MVA2025), Area Chair
- The joint 34th International Conference on Artificial Reality and Telexistence & the 29th Eurographics Symposium on Virtual Environments (ICAT-EGVE2024), Program Committee Member
- The 16th Asia-Pacific Workshop on Mixed and

Augmented Reality (APMAR2024), Program Committee Member

- The 1st International Workshop on Pseudo Privacy Preserving Data-based Human State Estimation, Measurement, and Applications (IW-P3HSE), Program Committee Member
- The 23rd International Symposium on Mixed and Augmented Reality ISMAR2024), S&T Programme Committee Member

（以上 浦西）

- IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) Associate Editor

（以上 千葉）

5.2.3 学会表彰

- 情報処理学会 学会活動貢献賞

（以上 浦西）

- 情報処理学会 情報教育シンポジウム 2024 最優秀論文賞
- 大阪大学　大阪大学賞・教育貢献部門
- IDR ユーザフォーラム 2024 企業賞

（以上 白井）

5.2.4 学外での講演

- 竹村治雄, 村上正行, 白井詩沙香, 大阪大学における LTI の活用と SLiCS センターの取組, 大学・高校実践ソリューションセミナー2024, 内田洋行, 2024 年 11 月 20 日.
- 竹村治雄, 村上正行, 白井詩沙香, 大阪大学における LTI の活用と SLiCS センターの取組, 1EdTech Japan Conference 2024, 1EdTech Japan, 2024 年 8 月 2 日.
- Naoya Chiba, Introduction of Point Cloud Deep Learning, The 16th Asia-Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR2024), Tutorial, 2024/11/29.
- Naoya Chiba, Introduction of 3D Data Deep Learning, HeKKSaGOn-GPDS Data Science Summer School 2024, 2024/09/19.
- 千葉直也，ニューラルネットワークを用いた 3D データ処理応用，土木学会応用力学委員会 第 5 回応用数理・AI セミナー，2024 年 12 月 10 日.
- 千葉直也，2024 年度第 2 回 DBSJ セミナー「AI の研究開発への活用について」, 2025 年 3 月 3 日.

5.2.5 プロジェクト活動

- 科学研究費補助金 基盤研究 C 構造色に基づく光源方向および分光分布推定（代表: 浦西） 課題番号: 21K11962
- 大阪大学データビリティフロンティア機構 (IDS) 学際共創プロジェクト XR 環境における身体動作に適応したインタフェースフレームワークの構築（代表：浦西、分担：白井、小林)
- 科学研究費補助金 基盤研究 B Development of Cognitive Symbiosis in Virtual Agents to Improve Remote Classroom Learning Outcomes （代表：Orlosky, 分担：白井）課題番号: 21H03482
- 科学研究費補助金　基盤研究 A　解答過程解析を中心とする理数系 e ラーニングの分析・設計・運用に関する総合研究（分担：白井） 課題番号: 21H04412
- 科学研究費補助金 研究基盤 B 数学 e ラーニングのためのマルチモーダルな数式入力 UI の研究と学習支援環境の構築（分担：白井）課題番号:23H01027
- 科学研究費補助金 基盤研究 B 高大接続を意識した情報教育教材とデータ駆動型教育のための学習支援環境の構築（代表：白井）課題番号: 23H01019
- 科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽) オンライン授業における批判的思考力を考慮した質問行動促進と支援コンテンツ自動生成（分担: 白井）課題番号:24K21464
- Society5.0 実現化研究拠点支援事業　未来の学校支援プロジェクト（分担: 白井）
- NII 研究データエコシステム構築事業（分担: 白井）
- 科学研究費補助金　若手研究　ロボットの実世界インタラクションによる動的な三次元計測・三次元モデル生成（代表：千葉）課題番号：

21K14130

- HPCI「富岳」一般課題：R06 年度公募（B 期）自動車衝撃吸収構造の 3D 形状生成 AI 構築のための超多ケース弾塑性解析（分担：千葉）課題番号：hp240294
- 大阪大学 情報科学研究科スタートアッププログラム "Human in VR"-in-the-Loop：3D 深層学習と VR の能動学習を用いた融合（代表：千葉）
- 日本学術振興会　科学研究費助成事業 研究活動スタート支援　直感的な人間の感覚と基盤モデルに基づく遠隔・自律融合型サービスロボットシステム（代表：小林）課題番号: 23K20003
- キオクシア株式会社 キオクシア奨励研究　受託研究, 熟練者のマルチモーダルな感覚・記憶情報を基盤としたロボット学習システムの設計と実検証（研究代表：小林）

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 学会論文誌

1. N. Thanyawet, P. Ratsamee, Y. Uranishi, M. Kobayashi and H. Takemura, “Identifying Disaster Regions in Images Through Attention Shifting with a Retarget Network,” in IEEE Access, vol. 12, pp. 143754-143766, 2024.
2. H. Daichi, S. Shirai, J. Orlosky, M. Alizadeh, M. Kobayashi, Y. Uranishi, P. Ratsamee, H. Takemura, “User-Centric Locomotion Techniques for Virtual Reality Games: A Survey of User Needs and Issues“, in IEEE Transactions on Games, 2024.
3. D. Soto, S. Shirai, M. Ueda, M. Higashida, Y. Uranishi, H. Takemura, “Cloud Computing Challenges and Needs in Higher Education Institutions in Post-COVID-19 Times: A Case of a Japanese Survey,” in IEEE Access, 2024.
4. O. Viberg, M. Cukurova, Y. Feldman-Maggor, G. Alexandron, S. Shirai, S. Kanemune, W. Barbara, C. Tomte, D. Spikol, M, Milrad, R. Coelho & R. F. Kizilcec, “What Explains Teachers’ Trust in AI in Education Across Six Countries?, ” International Journal of Artificial Intelligence in Education, 1-29, 2024.
5. M. Kobayashi, T. Buamanee, Y. Uranishi, H. Takemura, “ILBiT: Imitation Learning for Robot Using Position and Torque Information based on Bilateral Control with Transformer“, IEEJ Journal of Industry Applications, pp. 161-168, 2025.
6. M. Kobayashi, T. Buamanee and T. Kobayashi, “ALPHA- α and Bi-ACT Are All You Need: Importance of Position and Force Information/ Control for Imitation Learning of Unimanual and Bimanual Robotic Manipulation With Low-Cost System,” in IEEE Access, vol. 13, pp. 29886-29899, 2025

6.2 国際会議会議録（査読あり）

1. T. Buamanee*, M. Kobayashi*, Y. Uranishi, and H. Takemura, “Bi-ACT: Bilateral Control-Based Imitation Learning via Action Chunking with Transformer,” Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), pp. 385 – 390, 2024.
2. So Kuroki, Jiaxian Guo, Tatsuya Matsushima, Takuya Okubo, Masato Kobayashi, Yuya Ikeda, Ryosuke Takanami, Paul Yoo, Yutaka Matsuo, Yusuke Iwasawa. “GenDOM: Generalizable One-shot Deformable Object Manipulation with Parameter-Aware Policy”. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation（ICRA2024）, 2024.
3. T. Fukui and S. Shirai, “Feature Expansion of Rich-text Editor for Supporting to Create STEAM Educational Materials,” The 15th International Congress on Mathematical Education (ICME-15), 2024.
4. D. Soto, M. Higashida, S. Shirai, M. Ueda, Y. Uranishi, “Enhancing Learning Dynamics: Integrating Interactive Learning Environments and ChatGPT for Computer Networking Lessons, ” Proceedings of the 28th International Conference

on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES'24), 2024

5. Floris Erich, Naoya Chiba, Yusuke Yoshiyasu, Noriaki Ando, Ryo Hanai, Yukiyasu Domae. "NeuralLabeling: A versatile toolset for labeling vision datasets using Neural Radiance Fields". IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2024.
6. H. Ishizuka, K. Sakamoto, S. Shirai, Y. Hirao, M. Perusquia-Hernandez, H. Uchiyama and K. Kiyokawa, "Estimation of Difficulty When Reading VR-based Educational Comics Using Gaze, Facial Movement, Heart Rate, and Electroencephalography," The 16th Asia-Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR2024), 2024.
7. A. Ashida, R. Kawamura, S. Shirai, N. Takemura, M. Alizadeh, H. Hayashi and H. Nagahara, "Is Internal State Feedback in an E-Learning Environment Acceptable to People?," The 32nd International Conference on Computers in Education, Vol. 1, pp. 89-94, 2024.
8. Guanghan Zhao, Jason Orlosky, Kiyoshi Kiyokawa and Yuki Uranishi, "GlanXR: A Hands-Free Fast Switching System for Virtual Screens", Proceedings of the 23rd International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2024), 2024.
9. G. Zhao, X. Hu, J. Orlosky, K. Kiyokawa, ReAR Indicators: Peripheral Cycling Indicators for Rear-Approaching Hazards. In Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces, 2024.
10. K. Onishi, Y. Uranishi, M. Kobayashi, C. Liu, G. Yamamoto and P. Ratsamee, "Generating Double Dyno Motion for Humanoid Agents in Simulated Bouldering Environment through Deep Reinforcement Learning," IEEE AIxVR Workshop on AI and AR/VR for Exergaming (AIVR4Exergame), 2025.
11. K. Onishi, Y. Uranishi, M. Kobayashi, C. Liu, G. Yamamoto and P. Ratsamee, "Climbing Motion Generation for Humanoid Agents with Different Skeletal Structures in Bouldering Environments through Deep Reinforcement Learning," IEEE International Conference on Mechatronics(ICM), 2025.

6.3 国際会議発表（査読なし）

該当なし

6.4 口頭発表（国内研究会など）

1. 北村 祐稀, 長瀧 寛之, 井手 広康, 兼宗 進, 岸本 有生, 白井 詩沙香, "すぐ使える！ 通信プロトコルシミュレータ ProtoSim（プロトシム） ～実践結果 2023＆展望 2024～", 第 17 回全国高等学校情報教育研究会全国大会（愛知大会）, 2024.
2. 井手 広康, 白井 詩沙香, 長瀧 寛之, "公開鍵暗号を体験的に学習できる Web ツールを用いた教育実践", 第 17 回全国高等学校情報教育研究会全国大会（愛知大会）, 2024.
3. 北村祐稀, 長瀧寛之, 井手広康, 兼宗進, 白井詩沙香, "TCP/IP の仕組みを体験的に学ぶシミュレータ教材を活用した授業の提案," 情報処理学会 情報教育シンポジウム (SSS2024), 情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2024, pp. 124-131, 2024
4. 藤岡 怜生, 二見 堅太, 糸園 朔, 松崎 史弥, 片岡 大哉, 小林 聖人, "Martime RobotX Challenge2024 に向けた自律航行ハードウェアと ROS 2 とのインテグレーション", ROSCon JP 2024.
5. 小林 聖人, Thanpimon Buamanee, 浦西 友樹, "視覚・力触覚情報を活用したバイラテラル制御に基づく模倣学習によるロボットアームの行動生成手法に関する研究", 日本ロボット学会学術講演会, 2024.
6. 西 滉平. 小林 聖人, 浦西 友樹, "バイラテラル制御を用いた水中多自由度ロボットアーム

の遠隔操作システムに関する基礎的研究", 日本ロボット学会学術講演会, 2024.

7. Floris Erich, Naoya Chiba, Abdullah Mustafa, Tomohiro Motoda, Ryo Hanai, Yukiyasu Domae. "Language-Based Pose Estimation of Convenience Store Objects". 第 42 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ), 2024.
8. 鈴木 雄太，谷合 竜典，五十嵐 亮，斉藤 耕太郎，千葉 直也，牛久 祥孝，小野 寛太. "テキストと結晶構造の対照学習による材料の埋め込み表現と応用". 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会，2024.

6.5 解説記事

1. 小林聖人，5分で分かる!?
   有名論文ナナメ読み：Tony Z. Zhao et al : Learning Fine-Grained Bimanual Manipulation with Low-Cost Hardware，情報処理学会会誌「情報処理」，巻 65, 号 11, p. 594-596

6.6 2024 年度特別研究報告・修士論文・博士論文

6.6.1 博士論文

1. Narongthat Thanyawet, Disaster Recognition Through Image Captioning Features and Shifted Attention
2. David Enmanuel Soto Campusano, An Investigation of Interactive Learning Environments with Cloud Computing in Higher Education: Institution-Level Adoption and the Effects on Students' Learning Outcomes
3. 大西　和歩，Digitized Climbing: Grade Estimation and Motion Generation for Sport Climbing with AI-Driven Modeling

6.6.2 修士論文

1. 北村　祐稀, ProtoSim: TCP/IP の仕組みを体験的に学ぶシミュレータ教材
2. 古和田　徹, Reality-Virtuality Continuum に沿ったバーチャル環境への没入感向上のための連続的遷移
3. 友弘　大暉, Hue-heat 仮説に基づく疑似温度上昇感覚の提示
4. 西　滉平, バイラテラル制御を用いた水中ロボットアームの遠隔操作システム
5. 野々村　雅一, スマートフォン向け道案内インタフェースのための周辺視野への刺激提示
6. 古谷　尚之, VR 体験におけるベクション強化のための視覚刺激としてのボロノイ図の検討
7. 百田　浩二, HybridSphere: アバターと自由視点で拡張されたハイブリッド会議システム

6.6.3 特別研究報告

1. 木下　夏綺，アーチェリー行射における身体傾斜情報の即時提示システム
2. 小島　隼，複合現実技術を用いた推奨打牌情報の提示による麻雀初学者支援
3. 小林　拓史，視覚・自然言語情報を活用したバイラテラル制御に基づく模倣学習
4. 多喜　匠，複合現実技術を用いた自律移動ロボットのための地図編集システム
5. 永野　蘭，対戦・協力ゲームプレイ中の内界状態推定を目的とした心理的要素と生体情報の調査

言語教育支援研究部門

Language Education Support Research Division

1　部門スタッフ

教授　岩居　弘樹

略歴：1989 年 学習院大学大学院人文科学研究科ドイツ文学専攻博士後期課程中退。麗澤大学講師、立命館大学助教授・教授を経て、2001 年大阪大学サイバーメディアセンター助教授。2004 年から 2018 年 5 月まで大阪大学　大学教育実践センター、全学教育推進機構教授、2018 年 6 月よりサイバーメディアセンター（2024 年 10 月より D3 センター）教授。外国語メディア教育学会、コンピュータ利用教育学会、日本外国語教育推進機構、日本教育工学会、日本独文学会 会員。

准教授　大前　智美

略歴：2004 年 3 月大阪大学大学院言語文化研究科博士後期課程単位取得退学（2007 年 3 月言語文化学博士号取得（大阪大学大学院言語文化研究科））。2017 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター（2024 年 10 月より D3 センター）准教授。e-Learning 教育学会、日本独文学会ドイツ語教育部会、外国語教育メディア学会、コンピュータ利用教育学会、日本外国語教育推進機構、日本教育工学会 会員。

2　教育・研究概要

当部門では、外国語学習の効果を高めるため iPad や MacBook Air を設置した PLS(Playful Learning Studio)を管理、運営している。また、スマートフォン・タブレットといった ICT 機器を活用した教育研究・教材開発を行っている。

2.1　ICT を活用した教育研究

当部門は、人文学研究科（言語文化学専攻）の授業の他、全学教育推進機構（マルチリンガル教育センター）の語学の授業を担当している。主に外国語教育の現場で ICT 機器を活用した授業に関する研究ならびに様々なアプリケーションを使った教育研究を行っている。

ロイロノート・スクールをはじめ、Bookwidgets、Quizlet、Padlet、Canva、BookCreator など様々な教育ツールをワークショップ等で紹介し、多くの教員とこれらツールを使った教育について情報やコンテンツの共有を行なっている。

2.1.1　ロイロノート・スクールを活用

ロイロノート・スクールは学習者が自分たちの考えや課題をまとめて共有したり、画像や動画を含む課題などを教員に提出することができる。また、共有ノートを使った共同学習や簡易なテスト機能などがある。

教員も学生も PLS の端末、教員や学生のタブレット、スマホ等どのデバイスからでも利用できる。

毎回、教員と学生間で授業の振り返りや課題を共有することで、学生からは、「自分自身の学習をしっかり振り返り次に進むことができた」、「課題を採点して返してもらえるので、やりっぱなしにならず復習するきっかけができた」という意見があった。

2.1.2　Flip/Padlet を用いたオンライン交流

外国語の学習では、ネイティブ話者とのコミュニケーションが効果的であることは明らかだが、実際

には身近にネイティブ話者が少なく、また海外との交流では時差が障壁となる。この課題に対応するため、Flip や Padlet を活用したオンライン交流を実施している。時差によるタイムラグはあるものの、お互いの学習言語でコミュニケーション・トレーニングができる大きな利点がある。

今年度前半までは Flip（Microsoft 社提供の動画ベースのソーシャルラーニングサービス）を使用していたが、サービス終了に伴い、後半からは Padlet に移行して同様の活動を継続している。

2024 年度には、ドイツのルール大学ボーフムとアーヘン工科大学の日本語学習者と大阪大学のドイツ語学習者がビデオ交流を行った。まず自己紹介から始め、大阪大学の学生は日本の料理や文化、街並み、さらに学内の様子を日本語とドイツ語で紹介する動画を制作し、ドイツの学生に共有した。ドイツの学生からドイツ語でコメントが返信されることで学習意欲が高まり、さらにドイツ語で返信するという活発な交流が生まれた。また、ドイツ語や日本語以外の言語を母語とする学生たちは、3 言語、4 言語を使って自己紹介を行うケースもあり、日本側の学生はヨーロッパの複言語・複文化社会を垣間見る貴重な機会を得ることができた。

Padlet を通じた交流の輪は他大学にも拡大し、2024 年度秋冬学期には関西大学、東北大学、法政大学のドイツ語学習者も参加している。

2.2　研究の概要

2.2.1 多言語対応発音練習システム 「ST lab」

外国語の授業、特に初修外国語の場合、発音練習は必須であるが、授業中に練習させる時間は限られており、また課外で練習をさせても積極的に取り組む学生は多くない。学生の立場からすると、自身の発音が正しいのか、どこが間違っているのかわからないためモチベーションが上がらない。こうした状況を打開するため、音声認識機能と音声合成機能を活用した発話促進システム「ST lab」を開発した。

本システムでは問題文、正答、意味などを入力するなど直観的な操作で発音練習問題が簡単に作成できる。

教師の問題作成画面

2022 年度開発した「自学」モードを使って学生はプレゼンテーションのために自分で用意した原稿を ST lab で発音練習し、発音を上達させた。

ST lab は 16 言語に対応しており、読み上げの音量はもちろん、高さ、早さを調整することができる。PC、スマホ、タブレットなど様々な機器に対応し、学生が手軽に何度も練習できる環境を提供している。本システムは、日本国内のみならず海外の大学を含め、47 の教育機関で利用されている。

3　教育・研究等に係る全学支援

2000 年 4 月より CALL(Computer Assisted Language Learning)教室の維持管理運営、教育用ソフトウェア、コンテンツの開発、整備、および各種講習会を通じた教育支援を実施してきた。2022 年度にはアクティブ・ラーニング、協働学習を実現するために PLS（Playful Learning Studio）として教室環境を一新した。

3.1　PLS の管理運営

PLS は MacBook Air60 台ずつ設置した部屋が 2 教室(PLS+a, PLS+c)と iPad を 30 台、60 台、35 台揃えた部屋が 3 教室(PLS+b, PLS+d, PLS+e)ある。また、PLS+b, d, e には可動式のデスクとプロジェクターが複数台設置され、柔軟に多くの学習目的に合わせて利用できる環境となっている。

3.2　PLS 使用のための講習会の開催

PLS を授業で使用する教員及びティーチング・アシスタント(TA)に対する講習会を、前期と後期の授業開始前に数回ずつ実施し、教室設備の利用方法や規則について伝えると共に、実際の授業を想定した実習を行っている。

4　2024 年度研究業績

4.1　学術論文、報告

4.1.1　学術論文（査読あり）

岩居弘樹(2024),「ビデオ撮影を中心にした初修ドイツ語授業と非同期型ビデオ交流」，コンピュータ＆エデュケーション 57，pp.243-245.

岩居弘樹, 大前智美 (2025),「小学生向け複言語学習「世界の言葉プロジェクト」—6 年間の取り組みと今後の課題—」，複言語・多言語教育研究 No.12，pp.3-19.

山岡正和，大前智美，岩居弘樹(2025),「Quizizz の自宅学習教材の試み–ゲーミフィケーションによる学習意欲向上への挑戦–」，e-Learning 教育研究 19 巻，pp.21-32.

4.2　学会発表

岩居弘樹，大前智美,「小学校向け複言語学習の実践と運営上の課題」，第 63 回外国語教育メディア学会全国研究大会，　2024 年 8 月 8 日

大前智美, 岩居弘樹,「複言語学習を支える留学生の言葉に対する意識の変容，第 63 回外国語教育メディア学会全国研究大会，　2024 年 8 月 8 日

岩居弘樹，大前智美,「「世界の言葉プロジェクト」–学習成果ビデオから見た発音指導の課題–」，2024 PC カンファレンス，　2024 年 8 月 18 日

大前智美, 岩居弘樹,「複言語学習のススメ – 文字講座を通した音と文字の学び方 –」，2024 PC カンファレンス，　2024 年 8 月 18 日

岩居弘樹，大前智美，岩根久,「iPad Café in Hokkaido (ICT を活用した授業 Tips についてのワークショップ)」，2024 年度 e-Learning 教育学会研究大会，2024 年 8 月 26 日

岩居弘樹，大前智美,「初修外国語学習のための非同期型ビデオ交流プロジェクト」, 日本教育工学会 2024 年秋季全国大会，　2024 年 9 月 8 日

大前智美, 岩居弘樹,「ThingLink を使ったインタラクティブコンテンツの可能性」, 日本教育工学会 2024 年秋季全国大会，　2024 年 9 月 8 日

岩居弘樹,「小学校での複言語学習実践--留学生と子どもたちをつなぐ試み」，言語教育エキスポ 2025，　2025 年 3 月 2 日

岩居弘樹，大前智美,「大規模小学校での複言語学習—課題解決に向けた取り組み—」, 日本外国語教育推進機構 (JACTFL)第 13 回シンポジウム，2025 年 3 月 9 日

5　社会貢献に関する業績

5.1　学会活動

5.1.1　国内学会における活動

e-Learning 教育学会会長、理事、外国語教育メディア学会　関西支部運営委員（大前）

5.2　招待講演

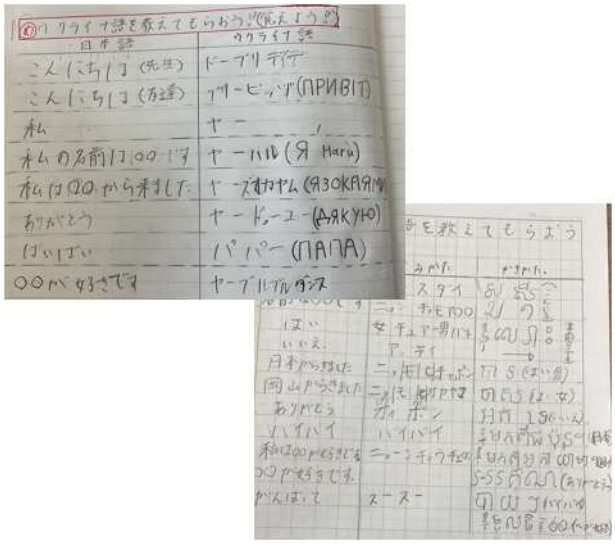
岩居弘樹,「高校韓国語教員向けワークショップ」，高等学校朝鮮語教育ネットワーク西ブロック，2024 年 12 月 22 日

5.3 ワークショップ

iPad Café，2024/4/1～2025/3/31　開催回数 11 回、参加者数 139 人

5.4　社会貢献

岡山県岡山市立芥子山小学校 6 年生を対象にしたオンライン複言語学習「世界のことばプロジェクト」を実施した。（2024 年 9 月から 2025 年 1 月）このプロジェクトでは、大阪大学の留学生などにサポートしてもらいながら合計 9 言語（ドイツ語、モンゴル語、ウクライナ語、カンボジア語、アラビア語、インドネシア語、韓国語、ポルトガル語、イタリア語）で簡単な自己紹介ができるようなトレーニングを行なった。児童たちは学習した言葉の文字をノートに記録したり、授業後に学習内容を復習し、ビデオ撮影して学習成果を記録に残した。



また、小学 6 年生のキャリア教育と関連させて、留学生たちにインタビューをしながら、児童と留学生の交流を行なった。

2024 年 9 月、2025 年 2 月には岡山県備前市立吉永小学校 6 年生を対象に、複言語・複文化学習を実施した。中国語、韓国語、ポルトガル語、アラビア語、ロシア語、モンゴル語の中から希望の言語を 1 度オンラインで学習し、その後児童たちが調べ学習を行う過程で出てきた疑問などを Padlet 上で留学生に質問するという非同期での交流を行なった。最後に児童たちがその国についての調べ学習の成果と日本のことを紹介する発表会を実施した。

2024 年 7 月 31 日には、交野市教育委員会主催「大阪大学体験ツアー」の世界の言語について学ぶ体験授業で、小中学生が参加し、韓国語、アラビア語、ウクライナ語、カンボジア語、モンゴル語で挨拶や自己紹介、文字に触れる体験を行なった。

5.5　「大阪大学の市民講座 2024 ～複言語学習のススメ～」の開催

2024 年 9 月 14 日（対面）、10 月 12 日（オンライン）、11 月 2 日（対面）、11 月 23 日（オンライン）の 4 回、サイバーメディアセンターと人文学研究科との共催で、「市民講座 2024-複言語学習のススメ-」を開催した。1 回の講座で 3～4 言語で簡単な挨拶や自己紹介の表現を、文字ではなく音で外国語を学ぶこと、いろいろな国のことばや文化に触れることをテーマに据え、耳で聞いた通りに発音すること助けるツールとしてスマートフォンやタブレットの動画撮影や音声認識機能を活用した。

韓国語に関しては、2 回連続講座として、初回は通常の複言語学習を実施し、オンライン教材を用いて自宅学習をしてから 2 回目の講座を受講するという形式で、ステップアップを望む受講者向けの内容で行なった。

また、文字に興味を持つ参加者も多かったため、12 月、1 月には文字講座を実施した。ヒンディー語、モンゴル語、カンボジア語、ペルシア語、ロシア語の文字を学び、挨拶や自分の名前を書いてみる体験を行った。さらにスペイン語、イタリア語は文字と発音のつながり、読み方の特徴を知るための内容で文字講座を実施した。

本講座は、大阪大学および他の教育機関の外国語教員をはじめ、ネイティブスピーカーの留学生が講師・TA として参加し、18 種類の外国語コースを提供した。期間中にのべ 143 名（文字講座参加者 32 名含む）が受講した。

受講生からは以下のようなコメントが寄せられた。

- おもしろかった（ムズおもろ）点は、音を真似して発音するトライ＆エラーの機会がある点、その

場で難解な音を小さい脳スペースに一瞬でも刺激している点です。

- いろいろな言語が分かれば、もっと人は分かり合えて、世界が平和になっていくのではないかと思った。
- 3 カ国の言語を教えていただき、言葉は各国で違うと実感しました。個々の発音など難しかったですが、声に出すのも楽しかったです。

言語	担当講師・TA
ドイツ語	岩居弘樹（D3 センター）
インドネシア語	Sonda Sanjaya（留学生）
ヒンディー語	西岡美樹（人文学研究科）
デンマーク語	大辺理恵（人文学研究科）
ペルシア語	メラサ・アリザデ（追手門学院大学）
ロシア語	Ruban Mariia Smolina Polina（留学生）
韓国語	金庚民（留学生）
中国語	Anning Lai（留学生） XHAO XIANGWEN（留学生）
スペイン語	小川雅美
タミル語	Sharanya
タイ語	Thanpimon Nuamanee（留学生）
ベトナム語	Thao Nhi（留学生）
アラビア語	Ward Wakileh（留学生）
ポルトガル語	Naomi Imasato（留学生）
カザフ語	Aidana Baimbetova（留学生）
カンボジア語	Sok Sovanratha（留学生）
イタリア語	Victor Delbourgo Ricco（関西大学　留学生）
ウクライナ語	Valeria Vozniuk（留学生）
モンゴル語	Dolgion Otgonjargal（留学生）

市民講座や複言語学習の受講生が学習した内容を振り返ることができるよう、講師が協力して学習内容をオンライン上の絵本にまとめ公開している。（https://osaka-u.padlet.org/tomomi/Plurilingual_PB）

言語教育支援研究部門では、大阪大学が持つ豊富な外国語教育リソースを活用し今後も地域の方々との交流を通して、様々な情報の共有をはかりつつ、地域のさらなる発展、活性化に貢献したいと考えている。

大規模計算科学研究部門
Large-Scale Computational Science Division

1　部門スタッフ

教授 吉野 元

略歴: 1996 年 3 月 筑波大学大学院博士課程物理学研究科修了，1995 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 DC2 (筑波大学物理学研究科)(1996 年 4 月 同 PD(東京大学物性研究所))， 1997 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 PD （東京大学物性研究所)，2000 年 4 月 CEA Saclay 研究所博士研究員，2001 年 1 月 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻 助手 (2007 年 4 月 同助教)， 2014 年 4 月 サイバーメディアセンター 大規模計算科学研究部門准教授， 2024 年 1 月より，D3 センター (サイバーメディアセンター) 大規模計算科学研究部門教授 日本物理学会会員．博士 (物理学).

准教授 川﨑 猛史 (2025 年 3 月着任)

略歴: 2010 年 3 月 東京大学 工学系研究科修了，2008 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 DC2（東京大学大学院物理工学専攻）, 2010 年 4 月 日本学術振興会特別研究員 PD（京都大学物理学第一教室), 2013 年 4 月 フランス国立科学研究センター (CNRS) 博士研究員 （モンペリエ大学シャルルクーロン研究所）2015 年 3 名古屋大学 大学院理学研究科 物質理学専攻 助教 2020 年 3 月 名古屋大学 大学院理学研究科 物質理学専攻 講師 2025 年 3 月より 大阪大学 D3 センター 准教授

2　教育・研究概要

本年度は以下の学内の講義を担当した.

(1) 共通教育・情報処理教育科目
　計算機シミュレーション入門 (吉野)
(2) 理学部専門科目
　力学 1 (物理学科，吉野)
　力学 1 演義 (物理学科，吉野)
　物理学特別研究 (物理学科, 吉野)
(3) 大学院理学研究科科目
　多体問題セミナー (物理学専攻，吉野)
　統計物理学特別セミナー (物理学専攻，吉野)

2.1　修士論文

(1) 吉田桃太「深層ニューラルネットワークにおけるカオス相頑健相転移」 (大学院理学研究科物理学専攻)

2.2　研究概要

本部門の研究分野をひとことでまとめると**学際計算物理学**である．統計力学や非線形動力学の理論を基礎とし，計算機シミュレーションなどの計算物理学的手法を用いて，物理学と情報科学・物質科学・生物学との学際領域の研究に取り組んでいる．内容はソフトマターから，固体物理、情報統計力学、生命現象にまたがるランダム系の物理に関する理論と数値シミュレーションである．現在は特に深層ニューラルネットワークによる機械学習のメカニズムに関する統計力学的解析、またコロイド粒子系や磁性体におけるガラス状態，ジャミング転移の研究を中心に研究を進めている.

3　教育・研究等に関わる全学支援

D3 センター高性能計算機委員会，大規模計算機システム利用講習会「OpenMP 入門」，高校生のためのスーパーコンピューティング・コンテスト，共通教育科目「計算機シミュレーション入門」担当など.

4　2024 年度研究業績

4.1　深層ニューラルネットワークの統計力学

機械学習は、情報統計力学において歴史的に重要なテーマであるが、深層ニューラルネットワーク (DNN) を用いた機械学習の応用上の大成功は、全く新たな基礎的問題を投げかけている。特に重要な問題の一つは、over-parametrization の問題である。DNN においては、データ数よりもパラーメータ数の方が何桁も大きい over-parametrization と呼ばれる異常な状況でしばしば学習が行われる。これは少数のパラーメターで多数のデータを記述することを目指す従来のモデリングとはセンスが真逆である、なぜこのような荒唐無稽に見える学習が実際上有意な結果を産むのかは大変興味深い問題である。我々は、プロトタイプの多層パーセプトロン (MLP) の学習について統計力学的な解析を、レプリカ法に基づく理論解析および数値シミュレーションによる解析の２つのアプローチによって行って来た。想定した学習のシナリオは (i) ランダムなデータを丸暗記させる (ランダム制約充足問題の一つ。ガラス・ジャミングの物理と関係),(ii) ベイズ最適な教師-生徒シナリオでの学習 (統計的推定問題の一つ、結晶化の物理と関係）である。どちらも機械学習の情報統計力学的な解析において標準的なシナリオである。理論的には E. Gardner らが 1980 年代後半に単一のパーセプトロンに関してこれらのシナリオに関するレプリカ理論解析に成功していた。DNN にこれを拡張することは長く待たれていたがこれまでは極めて困難な問題とされていたが、我々はいくつかの工夫によってこれを乗り越えることに成功した。我々のレプリカ理論は「密結合」と呼ぶ極限で厳密になる。密結合とはパーセプトロンの入力の数を c、ネットワークの幅を N としたとき、$1 \ll c \ll N$ となるような極限である。解析で中心的な役割を担うのは、同じデータで学習しているマシン (レプリカ）の類似度を測るレプリカ重なり（replica overlap) と呼ばれる量で、隠れ層の各層におけるニューロンの重なりとシナプス結合の重なりとが定義される。我々のこれまでの理論および数値解析の結果、いずれのシナリオでも学習データの増大とともに許される DNN の配位空間が狭まってゆくが、ネットワークの両端付近ほどそれが顕著で、逆にネットワーク中央付近には「遊び」が多く残されることが明らかになった。(H. Yoshino, SciPost Physics Core 2.2 (2020) 005)(H. Yoshino, Phys. Rev. Research 5, 033068 (2023) この遊びが生じるのは over-parametrization のためである。レプリカ理論では、両端付近に「固体」相、中央に「液体」相が出現することが示されていた。ここでの「固体」は (i) ランダムシナリオでは「ガラス」、(ii) 教師-生徒シナリオでは「結晶」である。

4.1.1　MLP による機械学習のレプリカ理論

今年度、レプリカ理論について以下の進展があった。

(A) 昨年度得た「汎化性能」の理論評価にはある種の近似が含まれていたが、厳密な評価方法を構成することに成功した。これを用いて汎化性能を理論的な評価を再度行った。また、これを後述の message-passing による数値実験に適用したところ、数値実験の結果も定量的にこれに一致していることを確かめることができた。プロトタイプの MLP に対してではあるが、深層ニューラルネットワークの汎化性能を厳密に理論的に評価する方法を得た意義は大きい。

(B) 我々の理論は「密結合」で厳密になるが、現実の機械学習を考えたとき、これに対するループ補正の効果は重要である。このループ補正を詳細に解析した結果、異なる層の跨ぐだけでなく、異なる訓練データ間も跨ぐ構造になっていることが明らかになった。これは現実の機械学習において重要なデータの相関効果を考察する足がかりとして非常に重要な知見である。

4.1.2　MLP による機械学習の数値シミュレーション

一方、レプリカ理論の結果を検証するためにキャビティ法（あるいは message passing の方法) による解析、モンテカルロシミュレーションによる解析も進めた。レプリカ理論と同様、数値解析においても各層のニューロンおよびシナプス結合のレプリカ重なりを観測することが重要であるが、数値解析は有限サイズの系で行われるため系の持つ対称性（同一層内のパーセプトロンの置換に関する対称性とある種のゲージ対称性）が自発的には破れず、レプリカ重なりはナイーブに測定すると 0 になってしまう。この困難を回避するためにこれまでは scaled squared overlap と呼ぶ量による間接的な測定を行っていた。今年度、上記の対称性の問題を回避して直接的にレプリカ重なりを測定する方法を考案した。これをキャビティ法とモンテカルロシミュレーションによる解析に適用し、レプリカ理論を直接的に検証することが初めてできるようになった。まだ有限サイズ効果の慎重な解析が必要であるが、理論と定量的にも整合する数値解析の結果を得つつある。これは今後の研究の展開にも役立つ重要な結果である。(Cavaliere-Yoshino, 出版準備中)

4.1.3　新たな学習シナリオの構成

これまでの我々のプロトタイプ MLP による学習を研究した結果を改めて振り返ることにより我々が依拠

した学習シナリオの問題点、不自然さも明らかになった。(ii) ベイズ最適な教師-生徒シナリオは機械学習の統計力学解析で用いられる基礎的なものでありこれまでに得た上記の結果は重要である。しかし、教師マシンは、簡単のため、ランダムに生成されたマシンを想定しており、これは強いカオス性を持ったマシンになっている。つまり生徒マシンは、強いカオス性を持った教師マシンを模倣しようとしていることになり、極めて困難な学習タスクを課していることになる。またこの学習が完璧に完了しても、当然ながら生徒マシンは教師同様、カオス的なマシンになる。ニューラルネットワークのカオス性は、マシンの柔軟性を担保するものであり非常に重要であると考えられる。しかしカオス性が強すぎると頑牽制が全くないマシンになり、問題であることは明らかである。

これを踏まえ、幾つかの新しい学習シナリオを考案し、試験的な研究を開始した。一つはいわゆる「ニューラル多様体」のアイディアにヒントを得て (ii) ベイズ最適な教師-生徒シナリオを修正するものである。予備的な数値シミュレーションの結果、カオス的な教師を参照しつつも学習が効率良く進み、かつ頑牽制を兼ね備えた生徒を創出するものになっていることがわかった。ニューラル多様体についての知見を深めるために、ニューラル多様体のアイディアを単一パーセプトロンにおいて実装し、統計力学的解析を行った Sue Yeon Chung 氏 (New York University 准教授および Center for Computational Neuroscience (Flariton Institute, Simons Foundation, NY) のプロジェクトリーダー) を訪問し、研究交流を行った。

4.1.4 MLP における頑健相・カオス相転移

一般にニューラルネットワークは非線形性の強い系であり、カオス的になる場合も多い。特に上記のようにランダムな MLP はカオス的である。すなわち、入力データにわずかな変化を加えただけで、MLP の中を伝搬するうちに差異が指数関数的に拡大する。一方、ホップフィールド模型のように頑健なニューラルネットワークも存在する。そこでこの２つの間をつなぐ MLP を構成し、レプリカ理論によって解析した。その結果、頑健相・カオス相転移が２次転移として起こること、リアプノフ指数が示す動的臨界指数がリカレントニューラルネットワークのカオス転移で知られている臨界指数とも一致し、同一の普遍性クラスにあることを示唆する結果を得た。(吉田-吉野) 今後、この MLP を教師 MLP とした学習の解析を行うことを計画している。

4.2 テンソル分解の統計的推定問題

これまでベクトルスピン模型の制約充足問題 (H. Yoshino, 2018) の「逆問題」としての「統計的推定問題」を解析してきた。A. G. Cavaliere 氏とともに Message Passing による解析について、幾つかの技術的困難を克服し、解析を完了した。また、レプリカ理論を再検討し、密結合と呼ぶ極限でループ補正が無視でき、我々の理論が厳密になることを明らかにした。この研究の意義として、見かけ上高ランクのテンソルについて、その成分のスパースな観測値を用いて比較的低ランクなテンソル分解を行う手法の提案になることを見出した。この方法は特に、SNS などの提案システムなどに良く用いられる行列補完を含む、テンソル補完の観点から興味深いと思われる。以上の結果をもとに、投稿論文を作成中である（Cavaliere, 長澤、横井、小渕、吉野)

4.3 空間的不均一性をもつガラス系

前述の DNN の研究では、ネットワークの深さ方向に 1 次元的に秩序パラメーターが変化する特徴的な固体-液体-固体のサンドイッチ構造が見られた。これはある種の「濡れ転移」と捉えられ、これに類似した現象は DNN に限らずより広く見られると期待される。そこで次の 2 つの系の解析を進めている。

4.3.1 層状スピングラス模型

p 体相互作用スピングラス模型を層状に並べた系をレプリカ理論およびモンテカルロシミュレーションによって解析し、DNN で見られたような空間的に階層性が変化する特徴的なレプリカ対称性の破れ (RSB) を伴う濡れ転移を見出していた。(Hamano, 吉野)。今年度は有限サイズ効果についてのさらなる情報を得るために昨年度よりもサイズの大きな系のモンテカルロシミュレーション (レプリカ交換モンテカルロ法) を阪大 D3 センターのスーパーコンピュータ squid を用いて行った。一方、レプリカ法によって得られた解の安定性を明らかにするためにヘシアン行列のレプリカ空間・実空間での対角化を行う解析を進めた。

*4.3.2 1+*無限大次元レプリカ液体論

1+無限大次元で厳密になるレプリカ液体論を構成し、剛体球ガラス系における空間的不均一性の解析を進めてきた (冨田, 吉野)。今年度は我々の理論を glass-state-following と呼ばれる解析に適用し、シア応力下で発生するシア歪みの空間的不均一性をとらえることに成功した。今後この解析をさらに進め、シア歪みの空間的

局在化現象（shear-banding) に取り組む予定である。また蒸着ガラスの問題などにもこの理論を適用することを計画している。

4.4　生命現象の物理学

4.4.1　遺伝子制御ネットワークの進化バイアス

細胞は外界の条件に応じてさまざまなタンパク質の発現量を調節する．これは多くの遺伝子が互いに調節しあうことによって実現しており，遺伝子制御ネットワーク (GRN) と呼ばれる．GRN は外界への応答だけでなく，細胞の成熟や分化などで細胞の性質を不可逆に変えるためにも使われている (この不可逆変化を元に戻すのが ES 細胞や iPS 細胞でのリプログラミングである)．GRN はこのように細胞条件を保ったり変えたりする性質と同時に，突然変異に対する頑健性を備えていなくてはならない．変異に対する頑健性は GRN に限らず生命系一般に要請される性質であるが,「ダーウィン進化」という生命系ならではの過程を経て初めて獲得されるものであろう

従来，計算生物学の分野での進化の研究は遺伝的アルゴリズムによる進化シミュレーションによって行われてきた．しかし，進化の普遍性と特殊性を調べるには比較対象が必要である．我々は進化の普遍性を研究する手法としてマルチカノニカルアンサンブル・モンテカルロ法 (McMC) を用いたレアイベントサンプリングを用いることを提唱している (Nagata and Kikuchi, PLos Comput Biol, 2020)．さらに McMC と進化シミュレーションを比較することによって進化という過程が持つバイアスを調べる手法を提案した (Kaneko and Kikuchi, PLoS Comput Biol, 2022)．McMC で得られる GRN はバイアスがないランダムサンプリングであり，進化シミュレーションがそれとずれていれば，それは進化によるバイアスである．

昨年度は三種類の安定性 (表現型) が出現するように適応度を設定した GRN モデルを用い，変異に対して頑健ではない表現型の出現が進化で抑制されることを確かめ、本年度はこの結果を論文として出版した (Kikuchi, PLoS ONE, 2024)．(菊池)

4.4.2　タンパク質の機能と折れたたみ能力の共進化

タンパク質のエネルギーランドスケープは変性状態から天然構造に近づくにつれて，エネルギーが下がると同時に状態数が減ると考えられている．これは一般にファネル描像と呼ばれタンパク質折れたたみの基本的なメカニズムである．これは天然構造だけでなく，高いエネルギーの構造まで含めてエネルギースペクトル全体が進化的に設計されていることを意味する。しかし、進化過程での選択圧は折れたたみではなく機能のはずである。したがって、機能が進化するとその副産物として折れたたみ能力を獲得するというシナリオが考えられる。

我々は 4 種類のアミノ酸からなる格子タンパク質のモデルを構築した。配位の一部に特定の形が含まれれば「機能あり」と定義し、機能の熱平均を適応度とする。全適応度範囲にわたって McMC 法でアミノ酸配列をサンプリングしたところ、適応度最大の配列は確かにファネル的なエネルギーランドスケープが実現し、「折れたたむタンパク質」になることがわかった。また、このようなタンパク質は適切な温度範囲でのみ進化することを見出した。本年度はこの結果をふたつの国際会議で発表した。(丸山，菊池)

4.5　研究協力

学内・学外の多くの研究者と積極的に研究協力を行うことにより，研究の活性化を計っている．吉野は以上の研究において，小渕智之氏 (京都大学 情報学研究科 准教授)，Yuliang Jin(中国科学院 理論物理研究所 准教授）らと共同研究を行った．また，菊池誠 (大阪大学 D3 センター名誉教授)、小渕智之 (京都大学情報学，Yuliang Jin(中国科学院理論物理研究所教授)，白井伸宙 (三重大学総合情報処理センター助教)，光元亨汰 (東京大学総合文化研究科助教) の各氏が招聘教員・招聘研究員として研究に参加している．

5　社会貢献に関する業績

5.1　一般向け活動

(1) 銀杏祭の研究室公開において当研究室の研究に関連する展示, スーパーコンピューティングコンテストの紹介などを行った。 (2024/04/03)

5.2　高校生向け活動

(1) D3 センター・東京工業大学学術国際情報センター・理化学研究所計算科学研究センターの共同主催により「高校生のためのスーパーコンピューティング・コンテスト」をオンライン開催．2024 年度は本選問題の作成、採点も担当した．

5.3 大学生・大学院生向け活動

(1) 大阪大学理学研究科・第 3 回 TJR セミナー「2024 年ノーベル物理学賞解説セミナー」(2024/11/14, 吉野) 2024 年のノーベル物理学賞は現在の AI の源流となる研究を行った J. Hopfield 氏と G. Hinton 氏に与えられた。当研究室の研究に関連するということでノーベル賞の解説セミナーを依頼され、講演した。大学生・大学院生は 80 名ほど参加があり、教員 20 名ほどの参加もあった。

5.4 他大学非常勤講師等

(1) 広島市立大学情報科学研究科「深層学習の統計力学」 (2024/09/05-09/06, 吉野)

5.5 学会活動

5.5.1 学外委員

(1) JHPCN 課題審査委員 (吉野)
(2) 東京大学物性研究所スーパーコンピューター共同利用委員会委員 (吉野)

6 2024年度研究発表論文一覧

6.1 原著論文

(1) Macoto Kikuchi, "Phenotype Selection due to Mutational Robustness", PLoS ONE 19, e0311058 (2024).

6.2 プレプリント

(1) "Liquid and solid layers in a thermal deep learning machine", Gang Huang, Lai Shun Chan, Hajime Yoshino, Ge Zhang, Yuliang Jin, arXiv:2506.06789.

6.3 国際会議発表

(1) Hajime Yoshino "Spatially heterogeneity in the hidden layers of MLP", (CCN Flariton Institue, New York, U.S.A), March 13th (2025) (invited).
(2) Hajime Yoshino "Statistical mechanics of a deep neural network", CECAM workshop: From Machine-Learning Theory to Driven Complex Systems and back (CECAM, Swiss Federal Institute of Technology in Lausann, Swiss), May 22nd (invited).
(3) Hajime Yoshino, "Spatial heterogeneity of deep learning", DAIKIN International Symposium on Physics of Intelligence, (Univ. of Tokyo), Nov 7th (2024) (invited).
(4) Hajime Yoshino, "Replica theory of deep learning", 2024 Physics of Learning", (Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Science, Beijing, China), Nov. 25th (2024) (invited). s
(5) Macoto Kikuchi and Norifumi Maruyama "Coevolution of Functionality and Foldability of Proteins: A Multicanonical Monte Carlo Study of a Lattice Model", XXXV IUPAP Conference on Computational Physics, Jul. 7-12, 2024. (Porto Palace Hotel Thessaloniki, Greece) (oral)
(6) Angelo Giorgio Cavaliere, "Unboxing deep neural networks: The spatially heterogeneous structure of multilayer perceptrons", (CECAM, Swiss Federal Institute of Technology in Lausann, Swiss), May 22nd (2024) (poster).
(7) Angelo Giorgio Cavaliere,"Learning by message passing in the multilayer perceptron ", DAIKIN International Symposium on Physics of Intelligence, (Univ. of Tokyo), Nov 7th (2024) (poster).
(8) Tota Yoshida,"Replica analysis on the chaoticity of random multi-layer perceptrons", DAIKIN International Symposium on Physics of Intelligence, (Univ. of Tokyo), Nov 7th (2024) (poster).
(9) Macoto Kikuchi and Norifumi Maruyama "Coevolution of functionality and foldability of lattice proteins", IUPAB2024, Jun. 24-28, 2024. (ICC Kyoto) (poster)

6.4 国内学会発表

(1) 日本物理学会第 79 回年次大会 (北海道大学) 2024 年 9 月
  (a) 吉野 元「MLP におけるデータ相関の空間変化」
  (b) 吉田桃太、吉野元「ベイズ最適な生徒-教師シナリオにおける多層パーセプトロンの汎化性能」
  (c) 伊熊 海斗、吉野元「Hebb 則に従う教師マシンに基づく深層学習のシミュレーション」
  (d) 深見海斗、吉野元 「 Feedforward 型ニューラルネットワークのシナプス摂動に対するカオス的挙動」
(2) 日本物理学会 2025 年春季大会 (オンライン) 2025 年 3 月
  (a) Angelo Giorgio Cavaliere, 長澤莉希, 横井秀

法, 小渕智之, 吉野元「スパースサンプリングによる比較的低ランクなテンソル分解の統計的推定」

6.5　国内研究会発表

(1) 吉野元「多層パーセプトロンネットワークによる機械学習の情報統計力学：可解模型とその先」学習物理勉強会 京都大学 2025 年 2 月 14 日

(2) 菊池誠「タンパク質のファネル型エネルギーランドスケープの進化：格子モデルと拡張アンサンブルによる研究」学際領域の開拓と探求 統計数理研究所 (オンライン) 2025 年 1 月 10-11 日

7　競争的資金獲得状況

(1) 2020 年度　文部省科学研究費補助金 (挑戦的研究　(開拓)) 「深層ニューラルネットワークの情報統計力学」研究課題/領域番号 21K18146 (吉野: 代表)

(2) 2022 年度　文部省科学研究費補助金 (学術変革領域研究 (A)) 研究領域 「学習物理学」の創成 – 機械学習と物理学の融合新領域による基礎物理学の変革 (領域代表：橋本 幸士) 計画研究「高次元機械学習への統計力学的アプローチ」研究課題/領域番号 22H05117 (代表者:樺島 祥介) (吉野: 分担)

コンピュータ実験科学研究部門
Computer Assisted Science Division

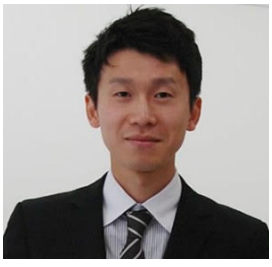
1 部門スタッフ

教授　降簱　大介

略歴: 1990 年 3 月東京大学工学部物理工学科卒業、1992 年 3 月東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻修士課程修了。同年 4 月東京大学工学部物理工学科助手を経て、1997 年 4 月より京都大学数理解析研究所助手、2001 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンターコンピュータ実験科学部門講師。2002 年 4 月より同部門助教授、2017 年 9 月より同部門教授。大阪大学大学院情報科学研究科、理学部、理学研究科兼任。日本数学会 評議員、日本応用数理学会 代表会員、日本計算数理工学会会員。博士 (工学)(東京大学)。

准教授　宮武　勇登

略歴: 2010 年 3 月東京大学工学部計数工学科卒業、2012 年 3 月東京大学大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻修士課程修了、2015 年 3 月同専攻博士課程修了。同年 4 月名古屋大学大学院工学研究科助教を経て、2018 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンターコンピュータ実験科学研究部門准教授。大阪大学大学院情報科学研究科及び理学部兼任。日本数学会、日本応用数理学会各会員。博士 (情報理工学)(東京大学)。



招へい教員・研究員

招へい教員 (招へい教授):

松村 昭孝 (大阪大学名誉教授)

井手 貴範 (城西大学 理学部)

招へい教員 (招へい准教授):

鈴木 厚 (理化学研究所 計算科学研究センター)

中澤 嵩 (金沢大学 学術メディア創成センター)

招へい教員:

大浦 拓哉 (京都大学 数理解析研究所)

奥村 真善美 (甲南大学 知能情報学部)

2 教育・研究の概要

2.1 教育の概要

D3 センターにおける教育及び教育支援活動として、授業支援システム CLE や共通教育用計算機システム、部門 web 等を利用した科学技術計算教育を進めている。共通教育においては理学部数学科が提供する解析学および線形代数学などの担当として協力している。理学部共通科目においては、D3 センターと理学部とが協力して、数値計算法基礎や実験数学 1 などを開講している。また、理学部数学科、理学研究科数学専攻、情報科学研究科情報基礎数学専攻における計算機教育について応用数理学 7、応用数理学 9 や数理工学概論などをはじめとして支援している。2024 年度は、以下の学内講義を担当した。

(1) 共通教育・情報処理教育科目

線形代数学 II (降簱)

基礎解析学・同演義 I (宮武)

(2) 理学部専門科目

応用数理学 7 (数学科、降簱)

応用数理学 9 (数学科、宮武)

実験数学 1（コンピュータプログラミング) (数学科、宮武)

数値計算法基礎 (理学部共通、降簱)

課題研究 a、b (数学科、降簱、宮武)

(3) 大学院理学研究科科目 (数学専攻)
応用数理学特論 I (降簱)
数理工学概論 (宮武)

(4) 大学院情報科学研究科科目 (情報基礎数学専攻)
計算数学基礎 I (降簱)
コンピュータ実験数学 (宮武)
情報基礎数学研究 Ia、Ib (降簱、宮武)
情報基礎数学研究 IIa、IIb (降簱、宮武)

2.2 研究の概要

各種工学、物理、生物、化学、地球環境、情報、ナノテクノロジーなどのほぼすべての科学技術分野において、様々な数理モデルが展開し、コンピュータシミュレーションを通して、その理解を深め、新たな知見を得る知の循環が大きく進展している。このため、数学的に基礎付けられた計算モデルの構築や数学的手法によるモデル階層を明らかにすることが益々重要になっている。また、このような過程は、新たな数学モデルを構成し、数学・数値解析と共に数値計算手法やアルゴリズムを構築する機会でもあり、いわゆる “応用数学” を発展させる機会でもある。コンピュータ実験科学研究部門は、非線形偏微分方程式に基づく数理モデルや計算モデルの構成およびそれらの知見を活かしてのデータ同化を中心にして、コンピュータシミュレーションの理論的基礎を築く計算数学・数値解析、データ解析、データ同化の研究、その応用として大規模コンピュータシミュレーション技術に関する研究を体系的に進めている研究部門である。2024 年度の主な研究テーマは、偏微分方程式の数値解析への適用を主な目的とした粗過程の粒子法による近似モデル構築の研究、数学的に多様な性質を有する非線形差分作用素の研究、および数値解析と統計学の知見の融合による計算の不確実性定量化の研究である。

3 教育・研究等に係る全学支援

当部門は、全学支援業務としてスーパーコンピュータ利用支援を行っている。支援活動の強化のために 2013 年度に立ち上げたスーパーコンピュータ利用者支援 WG の活動を、2024 年度も引き続き行っている。この活動の中で、当部門は以下のような支援を行った。

- スーパーコンピュータの企業利用推進を含む利用者支援（担当: 降簱）
- 講習会の開催企画及び講習会の実施（スパコンに通じる並列プログラミングの基礎、2024 年 6 月 3 日、2024 年 9 月 25 日、担当: 宮武）
- 高校生のスーパーコンピュータコンテスト開催、問題作成に関する支援 (担当: 降簱、宮武)

さらに、センター共通業務として降簱、宮武は以下の委員会などに参画した。

・高性能計算機委員会
・計画・評価委員会
・財務委員会
・OU マスタープラン実現加速事業担当委員会

また、2024 年度は引き続き理工情報系オナー大学院プログラム教務委員会に委員として参画することによって、大学院教育の向上、進展に関する活動を支援している (降簱)。

4 研究業績

4.1 保存系・非保存系問題への粒子法・有限体積法のハイブリッド解法の適用

非線形偏微分方程式の中には質量保存則 (局所保存則) を持つものがあり、密度変化を粒子の移動と捉えて速度場を導入することで連続の式が成立する。この性質を利用し、保存系に対して (一般には SPH 法 smoothed particle hydrodynamics や MPH 法 moving particle semi-implicit などの離散化手法を持つ) 粒子法が適用可能である。しかしわれわれは、数値解法において数学的な構造を保存する構造保存数値解法の枠組みを志向し、粒子の位置を母点とした Voronoi 空間分割を用いて各領域で密度を定数関数と定義し、全体の密度分布に対して有限体積法的な考えで微分作用素を離散化する手法を考案した。ただし、この段階では Voronoi 分割の計算がアルゴリズミックでその generator に対する微分等の定量的な依存関係を

書き下せないため粒子位置変動に伴う全エネルギーなど大局的な量の変分計算ができない。この問題を克服するため、機械学習によって Voronoi 分割計算を模倣し、ニューラルネットワークの自動微分を利用することで粒子位置変動に対する変分計算を可能とし、構造保存性を備えた数値解法の実現を目指している。

また、さらにわれわれはこの成果を非保存系問題にも適用することを考えた。これには方法論に一種の飛躍が必要であるため、われわれは粒子法における粒子の質量が時間的に変化する、という要素を加え、これを問題の非保存項に適用する方法を創出した。これは問題の偏微分方程式の保存項に粒子法を、非保存項に有限体積法を適用したことに相当する、一種のハイブリッド解法である。このアイディアを秩序組成等を記述する Allen–Cahn 方程式などに適用して数値計算を行い、この方法論が確かに狙い通りの計算結果をもたらすことを確認した。また、このハイブリッド解法は理論上は方程式中の適用対象の項を自由に選択が可能、つまり、ハイブリッドの比率等が調整可能である。そこでこれも同様に数値計算による実験を行い、確かに理論上の自由度が有ることも確認できた。そこでわれわれはこのハイブリッド解法のさらなる拡張と理論化、そして構造保存数値解法としての可能性を模索していく予定である。(担当: 降簱)

4.2 計算の不確実性定量化について

気象学や地震学など様々な分野において、観測データから微分方程式の初期値やパラメータを推定する問題が頻繁にあらわれる。通常は、微分方程式の数値解が何らかのいみでデータによくフィットするように初期値やパラメータを推定するが、現実的には数値計算に大きな誤差があることが多く、必ずしも高精度とは限らない数値解を使ってフィッティングしてしまうと、推定結果にバイアスが生じるなど大きな問題が生じうる。そこで、数値解析の知見と統計学における単調回帰などの知見を融合することで、数値解の精度を定量的に評価しながら、本来の推定精度の向上も達成しうる手法を開発を目指して研究を行ってきた。

これまで、数値計算の誤差を確率変数としてモデル化し、その分散を事後的に点推定する方針で研究を行ってきたが、本年度は、ベイズ推定を行う手法を開発し、特に事後分布からの効率的なサンプリング手法も提案した。これにより、微分方程式の初期値やパラメータをベイズ推定する文脈へも自然に応用できることが期待される。

また、関連して、年度末には 2025 年 3 月 11 日-13 日の日程で、中之島センターで「Synergies of Machine Learning and Numerics」と題した国際ワークショップを開催した。海外からも 20 名ほどの研究者が参加し、機械学習や数値計算に関して、活発に研究交流を行なった。(担当: 宮武)

4.3 構造保存数値解法について

微分方程式に対する構造保存数値解法についてもいくつかの観点で研究を行った。例えば、画像復元の文脈で現れる最適化問題を勾配流 (常微分方程式) で特徴づけ、勾配流をある構造保存数値解法で解くことで、元の最適化問題を近似的に解くことを提案した。また、昨年度から引き続き、微分方程式の解をニューラルネットワークで近似する PINNs についても多角的に研究・検討を行った。(担当: 宮武)

5 社会貢献に関する業績

2024 年度は以下のような内容において社会貢献活動について行った。

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学内活動

(1) 大阪大学いちょう祭 部門公開 (2024 年 5 月 3 日, 対面開催, 降簱, 宮武, 当日センター来場者数 401 名)

5.2 研究面における社会貢献

5.2.1 学会活動

(1) 日本応用数理学会代表会員，Jsiam Letters 幹事編集委員，「科学技術計算と数値解析」研究部会主査，ネットワーク委員 (降簱)

(2) 日本応用数理学会論文誌 編集委員会 副委員長, JSIAM Letters 幹事編集委員 (宮武)

5.2.2 研究セミナー活動

当研究部門と大規模計算科学研究部門の共同でセミナーシリーズ「物理学・応用数学の数値計算最前線」の開催 (不定期) を開始した。2024 年は以下のように開催した (開催年月日，講演者氏名，講演タイトル)。

(1) 2024 年 5 月 29 日, 入江 薫氏, 縮小事前分布の最近の展開.

(2) 2024 年 6 月 19 日, 大槻 道夫氏, 弾性体の摩擦の有限要素解析.

5.3 産学連携

5.3.1 企業との共同研究

(1) “糖尿病患者の血糖値予測およびインスリン投与最適正化アルゴリズムの研究”, テルモ株式会社, 大阪大学サイバーメディアセンター /D3 センター.

5.4 研究プロジェクト活動

現在, 以下の研究プロジェクトに参画している。

(1) 日本学術振興会 学術研究助成基金助成金 基盤研究 (B)(一般), “積型ニューラルネットワーク深層学習による数値解析的アルゴリズムの解析と創出”, 令和 6〜9 年度, 代表: 降簱

(2) 日本学術振興会 学術研究助成基金助成金 挑戦的萌芽 (萌芽), “非線形対数型差分作用素の数値解析的特性および構造保存数値解法への応用展開”, 令和 5〜7 年度, 代表: 降簱

(3) 日本学術振興会 学術研究助成基金助成金 挑戦的萌芽 (萌芽), “最不安定解から見るポテンシャル風景と時定数問題”, 令和 5〜6 年度, 分担: 降簱 (代表: 西浦 廉政)

(4) 日本学術振興会 学術研究助成基金助成金 基盤研究 (A), “物理学・情報科学に共通する大規模行列関数の総合的数値計算法の創成”, 令和 2〜6 年度, 分担: 宮武 (代表: 曽我部知広)

(5) 日本学術振興会 学術研究助成基金助成金 挑戦的研究 (開拓), “数値代数解析学の開拓 ー量子系偏微分方程式の数値解法の新展開ー”, 令和 3〜7 年度, 代表: 宮武

(6) 日本学術振興会 学術研究助成基金助成金 基盤研究 (B), “データ同化の信頼性向上に向けた時間逆向き数値計算法の確立と地震学への応用展開”, 令和 6〜9 年度, 代表: 宮武

(7) JST さきがけ, “発展方程式の数値計算に対する不確実性定量化理論の創出”, 令和 3〜6 年度, 代表: 宮武

(8) 東大地震研特定共同研究 (B), “深層学習とデータ同化の協働による固体地球科学の深化”, 令和 4〜6 年度, 代表: 宮武

5.5 その他の活動

5.5.1 会議運営

(1) 第 50 回数値解析シンポジウム (NAS2024), 2024 年 6 月 12 日-14 日，岩手大学理 (降簱，宮武)

(2) 応用数学合同研究集会 (日本数学会応用数学分科会主催), 龍谷大学, 2024 年 12 月 5 日-7 日 (降簱)

6 研究発表・論文等一覧

学術論文誌 (第一著者の alphabet 順)

(1) H. Chu, Y. Miyatake, W. Cui, S. Wei, D. Furihata, Structure-preserving physics-informed neural networks with energy or Lyapunov struc-

ture, International Joint Conference on Airitifial Inteligence (IJCAI), (2024), pp.3872–3880, doi:10.24963/ijcai.2024/428.

(2) K. Harachi, Y. Yamamoto, A. Muramatsu, H. Nagahara, N. Takemura, S. Shimojo, D. Furihata, Y. Mizuno-Matsumoto, Channel and model selection for multi-channel EEG input to neural networks, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, 17(1) (2024), doi:10.1080/18824889.2024.2385579.

(3) I. Hashimoto, A. Matsumura, Inviscid Limit Problem of Radially Symmetric Stationary Solutions for Compressible Navier– Stokes Equation, Commun. Math. Phys. sp.405, Vol. 220 (2024), doi.org:10.1007/s00220-024-05041-3.

(4) T. Kemmochi, Y. Miyatake, K. Sakakibara, Structure-preserving numerical methods for constrained gradient flows of planar closed curves with explicit tangential velocities, Japan J. Indust. Appl. Math., 42 (2025), pp.575–603, doi:10.1007/s13160-024-00684-0.

(5) Y. Miyatake, T. Sogabe, Adaptive projected SOR algorithms for nonnegative quadratic programming, Japan J. Indust. Appl. Math., 42 (2025), pp.373–397, doi:10.1007/s13160-024-00672-4.

(6) 関谷まり, 村松歩, 山本祐輔, 原地絢斗, 田邉晃史, 水野 (松本) 由子, ストレッチと手浴を組み合せたケアの自律神経機能評価, 日本福祉工学会誌, Vol.26 (2024), No.1, pp.4–11.

国際会議 (第一著者の alphabet 順)

(1) R.H. Chen, Y. Miyatake, Splitting algorithms for total variation imaging via SAV approach, SciCADE 2024, Singapore, July 15-19, 2024.

(2) D. Furihata, An attempt to apply particle method for the Cahn–Hilliard equation to preserve some invariant properties, International Conference on Scientific Computation and Differential Equations (SciCADE), Singapore, July 15-19, 2024.

(3) D. Furihata, A particle method for the Cahn–Hilliard equation to design some structure-preserving numerical schemes, REMODEL-DSC Workshop on Structure-Preserving Numerical Methods and Machine Learning, Kobe (Japan), Aug. 8-9, 2024.

(4) D. Furihata, A particle method based on Voronoi mesh for the Cahn–Hilliard equation to preserve mass conservation law, Finland-Japan Workshop in Industrial and Applied Mathematics, Helsinki (Finland), Aug. 26-30, 2024.

(5) T. Ide, S. Siltanen, Detection of the inclusions using deep enclosure method in electrical impedance tomography, Finland-Japan Workshop in Industrial and Applied Mathematics, Helsinki (Finland), Aug. 26-30, 2024.

(6) T. Ide, S. Siltanen, Reconstruction of the inclusion from boundary measurements by using neural networks and enclosure method, Russia-Japan-India Workshop 'Mathematical analysis of fracture phenomena for elastic structures and its applications', Novosibirsk (Russia), Dec. 11-13, 2024.

(7) Y. Miyatake, Quantifying uncertainty in the numerical integration of evolution equations based on Bayesian isotonic regression, ProbNum 24, London (UK), July 15-17, 2024.

(8) Y. Miyatake, Quantifying the discretization error in the numerical integration of evolution equations via Bayesian isotonic regression, Workshop on Structure-preserving numerical methods and their applications, Hong Kong, July 20-24, 2024.

(9) Y. Miyatake, Quantifying the discretization error in the numerical integration of evolution equations via Bayesian isotonic regression, Finland-Japan Workshop in Industrial and Applied Mathematics, Helsinki (Finland), August 26-30, 2024.

(10) Y. Miyatake, Quantifying the discretization error in the numerical integration of evolution equations via Bayesian isotonic regression, ICNAAM 2024,

Heraklion, Crete (Greece), September 11-17, 2024.

(11) M. Okumura, Structure-preserving schemes for the two-dimensional Cahn–Hilliard equation with dynamic boundary conditions and its applications, Equadiff 2024, Karlstad (Sweden), June 10-14, 2024.

(12) M. Okumura, Structure-preserving schemes for the Cahn–Hilliard equation with forward-backward dynamic boundary conditions and its applications, Italo-Japanese Workshop on Variational Perspectives for PDEs, Pavia (Italy), September 9-13, 2024.

(13) Y. Sakaguchi, Y. Kawaguchi, D. Noguchi, A. Muramatsu, Y. Yamamoto, K. Harachi, A. Tanabe, R. Kobayashi, S. Hiragami, K. Okutani, K. Hashimoto, Y. Mizuno-Matsumoto, EEG spectral analysis of effects of action observation using head-mounted display on motor imagery, The 8th Asia Pacific Occupational Therapy Congress (APOTC), Sapporo (Japan), November 6-9, 2024.

(14) M. Sekiya, A. Muramatsu, H. Aoki, Y. Yamamoto, Y. Mizuno-Matsumoto, Assessment of Autonomic Function for Oral Care to Improve the Oral Environment of Mask Wearing Healthy Adults, International Conference 2024 on Global Health Recalibration: Strengthening Outcomes, Education, Clinical Practice, and Research, Faculty of Nursing, Chiang Mai University (Thailand), September 4-6, 2024.

(15) A. Tanabe, K. Nakatani, K. Harachi, Y. Yamamoto, A. Muramatsu, H. Nagahara, N. Takemura, S. Shimojo, D. Furihata, Y. Mizuno-Matsumoto, K. Kamae-Shigenobu, K. Shinosaki, Development of a model for discriminating electroencephalograms of patients with mild cognitive impairment and healthy individuals using a support vector machine, Joint 13th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 25th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2024), Himeji (Japan), November 9-12, 2024.

国内研究集会等 (第一著者の alphabet 順)

(1) 降簱 大介, 保存系偏微分方程式へのボロノイ粒子法の適用と機械学習近似, 対馬応用数学研究会, 対馬, 2024 年 4 月.

(2) 降簱 大介, 保存系偏微分方程式へのボロノイ粒子法の適用, 第 29 回計算工学講演会, 埼玉, 2024 年 6 月.

(3) 降簱 大介, 質量保存系偏微分方程式の粒子移動問題への変形とボロノイ分割, 数値解析シンポジウム 2024, 岩手大学, 2024 年 6 月.

(4) 降簱 大介, 多くの偏微分方程式の粒子法による数値計算について, グラフと解析研究集会 2024, 軽井沢, 2024 年 10 月.

(5) 降簱 大介, 質量保存系偏微分方程式へのボロノイ粒子法の適用による質量保存性再現数値計算, 京都算学会第 17 回研究会, 彦根市, 2024 年 11 月.

(6) 降簱 大介, 構造保存解法の概要と, 差分法・有限要素法以外への適用可能性, 第 1 回城西大学数理応用セミナー, 城西大学, 2024 年 11 月.

(7) 降簱 大介, 大学 1 年生の数学 (線形代数) は生成 AI に理解できるのか, 第 84 回大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム, オンライン, 2025 年 1 月.

(8) 宮武 勇登, ベイズ単調回帰に基づく微分方程式の離散化誤差の定量化手法, RIMS 共同研究 (公開型) 計算科学に資する数値解析学の展開, 京都大学, 2024 年 10 月.

(9) 村松 歩, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 田邉 晃史, 長原 一, 武村 紀子, 下條 真司, 水野 (松本) 由子, 降簱 大介, コヒーレンス時系列解析を用いた情動ストレス負荷時における脳波の相互相関係数, 第 54 回日本臨床神経生理学会学術大会, 札幌, 2024 年 10 月.

(10) 奥村 真善美, ある保存系に対する平方差分に基づく構造保存数値解法について, 日本数学会 2024 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 2024 年 9 月.

(11) 奥村 真善美, 平方差分を用いた構造保存スキームの提案, 2024 年度応用数学合同研究集会, 龍谷大学, 2024 年 12 月.

(12) 奥村 真善美, 空間 2 次元動的境界条件下の Cahn–Hilliard 方程式に対する線形多段階構造保存スキームの可解性, 第 50 回発展方程式研究会, 日本女子大, 2024 年 12 月.

(13) 奥村 真善美, 身近な現象と数学をつなぐ数値シミュレーション技術の世界, 第 6 回大学の若手研究者ショートプレゼン & 交流会 〜KOBE アカデミックトーク〜, 神戸, 2025 年 2 月.

(14) 奥村 真善美, 空間 2 次元動的境界条件下の Cahn–Hilliard 方程式に対する線形構造保存スキームについて, 日本数学会 2025 年度年会, 早稲田大学, 2025 年 3 月.

(15) 坂口 雄哉, 村松 歩, 山本 祐輔, 田邉 晃史, 小林 隆司, 水野 (松本) 由子, 作業療法介入による 課題遂行時における心理状態および脳波変化の評価, 第 47 回 Fm θ 研究会, 大阪, 2025 年 3 月.

(16) 田邉 晃史, 原地 絢斗, 山本 祐輔, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 下條 真司, 水野 (松本) 由子, 降簇 大介, theta 帯域における timelag 解析を用いた軽度認知障害患者の脳波の各領域における特徴抽出, 第 54 回日本臨床神経生理学会学術大会, 札幌, 2024 年 10 月.

(17) 山本 祐輔, 久山 愛翔, 村松 歩, 原地 絢斗, 田邉 晃史, 長原 一, 武村 紀子, 下條 真司, 水野 (松本) 由子, 降簇 大介, 釜江 (繁信) 和恵, 篠崎 和弘, うつ病群と無気力群における脳波の部位間関連性解析, 第 54 回日本臨床神経生理学会学術大会, 札幌, 2024 年 10 月.

特別研究報告・修士論文・博士論文

修士論文 (著者の alphabet 順)

(1) 陳斉灝 (Chen Qihao), (邦題) 異なる言語の学習における一貫性を多言語テキスト分類問題に持たせる新しい手法, (英題) A New Learning Method for Text Classification with Consistency in Multiple Languages, (指導 降簇).

(2) 合田 理樹, (邦題) 固定小数点演算の特定状況下での実用性検証のための数値的な誤差評価, (英題) Numerical Error Evaluation for Assessing the Practicality of Fixed-Point Arithmetic in Specific Scenarios, (指導 降簇).

(3) 山﨑 智尋, (邦題) 偏微分方程式の数値解に対し交互方向乗数法を用いた精度改善, (英題) Enhancing numerical solutions to partial differential equations based on the alternating direction method of multipliers, (指導 宮武).

サイバーコミュニティ研究部門

Cyber Community Research Division

1 部門スタッフ

教授　阿部　浩和

略歴:1983 年 3 月大阪大学工学部建築工学科卒業、同年 4 月(株)竹中工務店入社、1996 年 4 月(株)竹中工務店設計部主任設計員、1998 年 4 月(株)竹中工務店設計部課長代理、2002 年 4 月大阪大学サイバーメディアセンター講師、2003 年 10 月大阪大学助教授、2004 年 10 月大阪大学教授、2023 年 4 月大阪大学総長補佐、国際図学会(ISGG)会員、建築教育委員会建築教育手法・技術小委員会主査、都市計画学会会員。

准教授　安福　健祐

略歴:1999 年 3 月大阪大学工学部建築工学科卒業、2001 年 3 月大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻博士前期課程修了、同年 4 月株式会社コナミデジタルエンタテインメント勤務。2007 年 3 月大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻博士後期課程修了、同年 4 月大阪大学サイバーメディアセンターサイバーコミュニティ研究部門助教、2015 年 4 月同研究部門講師、2020 年 11 月同研究部門准教授、2024 年 10 月大阪大学 D3 センターサイバーコミュニティ研究部門准教授、現在に至る。日本建築学会、日本図学会、ISGG、日本建築情報学会、日本火災学会会員。

特任助教（常勤）　髙橋　彰

略歴 : 2008 年 3 月大阪大学工学部地球総合工学科卒業、2010 年 3 月大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻博士前期課程修了、2013 年 9 月大阪大学博士（工学）取得、同年 4 月公益財団法人京都市景観・まちづくりセンター採用、2016 年 4 月関西学院大学総合政策学部実験実習指導補佐、同年 9 月同大契約助手、2020 年 4 月大阪大学サイバーメディアセンターサイバーコミュニティ研究部門特任助教（常勤）、2024 年 10 月大阪大学 D3 センター特任助教（常勤）、現在に至る。日本図学会、日本建築学会、日本都市計画学会、デジタルアーカイブ学会会員。

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

2024 年度の本研究部門は全学教育推進機構にて図学教育を専任するとともに、工学研究科地球総合工学専攻の協力講座として、建築工学部門にて建築・都市形態工学領域を兼担している。また各教員は全学教育推進機構、工学部、工学研究科において下記の講義を担当している。

全学教育推進機構

- 図学講義 B（阿部・安福）
- 図学演義 B（阿部・安福）
- グラフィックスの世界（安福）

工学部地球総合工学科建築工学科目

- 建築総合デザイン（阿部）
- 建築設計第 4 部（阿部・安福）
- 建築設計第 5 部（阿部・安福）
- 卒業研究（阿部・安福）

工学研究科地球総合工学専攻建築工学部門

- 建築マネジメント論（阿部）
- 空間デザイン学（阿部・安福・髙橋）
- 建築・都市デザイン A（阿部・安福）
- 建築・都市デザイン B（阿部・安福）
- 建築形態工学特論（阿部）
- 建築空間生理学（阿部）
- 建築工学特別講義 I （阿部・安福）
- 建築工学ゼミナール I（阿部）
- 建築工学ゼミナール II（阿部）
- 建築工学ゼミナールIII（阿部）
- 建築工学ゼミナールIV（阿部）

2.2 研究の概要

・個人及びグループの属性を考慮した群集シミュレーションと可視化

・ヒューマンインザループを活用した大規模群集誘導の仮想実験システムの構築

・AI を活用した都市景観分析と高齢化社会におけるウォーカビリティ研究

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 教育に係る全学支援

3.1.1 全学教育推進機構図学 CAD 教室の運用支援

全学教育推進機構における専門基礎教育科目(「図学講義 A」「図学講義 B」「図学演義 A」「図学演義 B」)および基礎教養科目(「グラフィックスの基礎」「グラフィックスの世界」)に対応した図学 CAD 教室の保守運用を行っている。2024 年度は図学 CAD 教室の BYOD 対応のための機器整備を行った。

3.1.2 サイバーメディアコモンズの運用支援

本センターにおいてアクティブラーニングスペースとして整備されているサイバーメディアコモンズの運用支援を行っている。

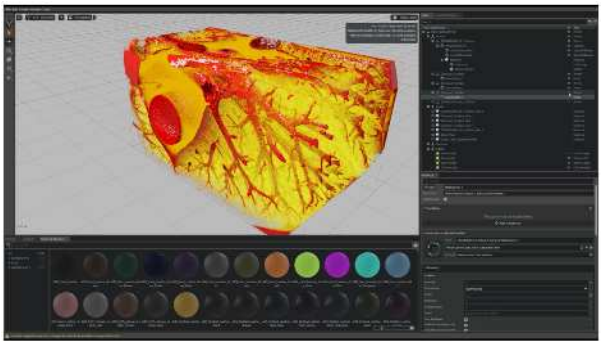
3.2 研究に係る全学支援

3.2.1 研究データ利活用に係る支援

NII 研究データ基盤運営委員会に参画している。また、附属図書館研究開発室室員として 3 次元可視化データ管理基盤の研究開発を行っている。

3.2.2 メタバースプラットフォームサービスによる研究支援

2023 年度に導入した NVIDIA Omniverse によるメタバース可視化システムの可視化支援サービスの運用を継続して行っている。本システムは、可視化データを効率的に集約する Nucleus サーバーと、先進的なリアルタイム可視化を行う GPU ワークステーションで構成されている。2024 年度の具体的な成果としては、D3 センターの大規模計算機利用者同士が遠隔環境(大阪大学と北海道大学)から可視化データを共有するための研究支援を実施した。また、WPI-PRIMe(大阪大学ヒューマン・メタバース疾患研究拠点)におけるヒューマン・メタバースの構築支援として、心臓 CT 画像から先端的なリアルタイムレンダリング手法の検討を行った。これらの取り組みにより、研究者間の協力体制を強化し、専門分野を超えた先端研究の発展に貢献している。



メタバース可視化システムのユーザー事例

3.3 大学施設整備に係る全学支援

・中之島センターリニューアルの技術支援

・施設老朽化対策の技術支援

・キャンパスマスタープランの整備支援

・大学施設老朽化対策制度の改正

・インフラ長寿命化計画(行動計画)策定

・CiDER 棟(感染症総合教育研究拠点)の工事監理

・(豊中)共創環境形成拠点整備事業監修

・(吹田)医学部附属病院統合診療棟等整備事業

・(吹田)実験研究棟(医歯薬生命学系)整備事業

・(豊中)豊中アゴラ(仮称)整備事業

・(豊中)屋内プール棟等新営その他整備事業

・(吹田)吹田アゴラ 2(仮称)整備事業

4 2024 年度研究業績

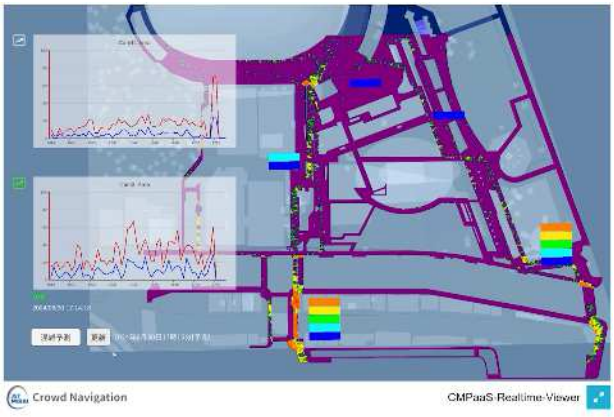
4.1 ヒューマンインザループを活用した大規模群集誘導の仮想実験システムの構築

人流センシングデータなどを活用し、近未来の混雑予測と効果的な誘導を実現するため、ヒューマンインザループを活用した群集誘導支援システムの開発・検証を行った。ヒューマンインザループとは、コンピュータシミュレーションだけでは捉えきれない人的要素を考慮するため、群集誘導の処理ループ

に人間の専門的判断を組み込むアプローチである。

実証実験では、東京ドームシティをデジタルツインとして精密に再現し、野球試合終了後の観客流動を対象とした群集マネジメントシステムを構築した。AI カメラから得られるリアルタイムデータと過去の人流データ（述べ 40 万人以上）を組み合わせ、複数の駅（JR 水道橋駅、都営三田線水道橋駅、東京メトロ後楽園駅など）への分散を考慮した誘導計画の立案を支援した。システムの中核は、観客数と試合終了時間を主パラメータとする退場者数予測モデルであり、試合進行中からイニング情報やアウトカウントで残り時間を推定して事前準備を可能にした。5 分間隔で 15 分先までの予測計算を行い、管理者向けには混雑度の国際指標(LOS)によるアラート表示、来場者向けには混雑予測情報を提供し自主的な回避行動を促した。

また、広島市紙屋町地下街においても 3D-CG で再現した空間データと人流データに基づく津波避難シミュレーションを実施し、避難完了時間を予測した。車椅子利用者など要配慮者の避難も考慮し、優先誘導の必要性を示した。



東京ドームシティのリアルタイム人流予測

これらの実証実験を通じて、デジタルツインと人流データを活用したリアルタイム群集予測の実用性を確認し、従来の経験則に基づく対応から科学的・定量的なアプローチへの転換可能性を示した。特に、ヒューマンインザループの導入により、AI やシステムの予測結果を人間が評価し、現場状況や過去知見、社会的要因も考慮した実践的かつ柔軟な群集マネジメントが実現可能となった。

関連発表論文等

(1)(2)(3)

4.2 AI を活用した都市景観分析と高齢化社会におけるウォーカビリティ研究

本研究では、AI による景観分析と高齢化社会におけるウォーカビリティ（歩きやすさ）評価という相互補完的なアプローチから持続可能な都市環境の評価指標開発に取り組んだ。

まず、ルアンパバーンの歴史的保存地区と周辺緩衝地帯の景観的差異を客観的に識別するため、機械学習と意味的セグメンテーション分析を活用した。920 枚の景観画像を収集し、Google teachable machine で 700 枚を訓練データとして学習させた結果、120 枚のテストデータで 79%という高い正答率を達成した。さらにセグメンテーション分析により、フェンス、電柱、植生、地形、空、人、車両の要素において 1%水準で有意な差異が判明し、両地域間の景観特性における客観的相違点を特定することができた。

また、日本の高齢化社会における歩行環境の課題に対応するため、千里ニュータウン高野台地区（65 歳以上人口 38.9%）を対象とした高齢者向けウォーカビリティ指標の開発と評価を行った。「歩道の有無」「舗装状態と障害物」「階段の状態」「傾斜度」「公園・レクリエーション施設」「樹木・植生」「街灯」の 7 指標を用いた定量的評価を実施したところ、当初歩行者専用として設計された道路が、丘陵地や階段の存在により高齢者のウォーカビリティが最も低いという結果となった。この分析にはヒートマップを用い、戸建て住宅地区と高層集合住宅地区の 2 つのエリアを比較検討した。特に戸建て住宅地区では、丘陵地形の影響が顕著であり、一般道路の方が歩行者専用道路よりもウォーカビリティスコアが高いという予想外の結果が得られた。これは 1970 年代の千里ニュータウン開発時に、バリアフリーへの意識が低く、若年家族層を主な対象としていたためと考えられる。

関連発表論文等

(5)(6)

4.3 エージェントベースモデルを用いた地下モールにおける津波避難計画の評価

本研究は、大阪市内の大規模地下街（ホワイティうめだ）を対象に、南海トラフ地震による津波発生時の避難計画をエージェントベースモデル(ABM)を用いて評価した。先行研究では主に地下から地上への垂直避難に焦点が当てられていたが、本研究では地上に出た後の水平避難過程も含め、歩行者と車両交通の相互作用も考慮した総合的な避難シミュレーションを実施した。

避難シミュレーションソフトウェアを使用し、避難者（エージェント）の性別、年齢、スーツケースの有無に基づいた避難者特性の設定を行った。平日18時の滞在者約12,385人と流入者約5,841人を想定し、以下のシナリオを検証した：1)基本モデル（避難指示従順率 85%）、2)避難指示従順率の影響、3)エージェントタイプの多様性､4)道路横断の影響、5)主要避難階段使用不可の場合の代替策。結果、基本モデルでは全避難者の避難完了時間は 53 分であったが、道路横断で歩行者流量が半分以下になると避難時間が大幅に増加した。主要避難階段の一つが使用できない想定では、複数の代替階段を使用するシナリオ A では避難完了時間が 96 分となり、代替階段を限定的に使用するシナリオ B の 65 分と比較して非効率であることが示された。

シナリオ A と B のシミュレーション結果

これは、一時的に地上への流れは増加するものの、主要道路横断部でのボトルネックが発生するためである。代替階段の使用は一時的に地上到達者数を増加させるが、避難経路上の道路横断がボトルネックとなり、地上での混雑や避難遅延を引き起こすことがシミュレーションによって確認された。この結果は、地下モールから地上への避難時間の短さが必ずしも最良の避難計画につながるとは限らないことを示している。効果的な津波避難計画の策定には、地下空間からの脱出だけでなく、地上での避難経路や交通との関係も総合的に考慮する必要があることが明らかとなった。

関連発表論文等

(3) (4)

4.4 地域まちづくりを次世代に継承するためのコミュニティ・アーカイブ教育モデルの構築

本研究は、地域まちづくりにおける世代間ギャップを埋めるため、デジタル技術を活用した「コミュニティ・アーカイブ教育モデル」の構築を目指している。2024 年は初期段階として、スマートフォンアプリ「メモリーグラフ（メモグラ)」の教育現場での有用性と改善点を明らかにすることを目的とした。

対象とした飛騨市古川町で「町並み未来編集部」と題したプロジェクトを実施し、飛騨市立古川中学校の「マイプロジェクト」として 12 名の中学生が参加した。メモグラは、現在の風景に過去の写真を重ね合わせ、透過率を調整できるカメラアプリで、専門家でなくても活用できる点が特長である。

プロジェクトは 4 段階で実施した。第 1 段階（7 月）では「挑戦状」と「SOS」という 2 種類の宿題を提示し、中学生が過去の写真の現在の場所を特定したり、位置未特定の写真を調査したりする過程で地域住民との対話が生まれた。第 2 段階（9 月）では写真と同じアングルからの撮影枚数を競うゲーム形式のワークショップを実施し、町並み景観への関心を高めた。第 3 段階（11 月）では中学生がテーマに基づいた写真撮影とストーリー構築を行い、まちあるきルートを開発した。第 4 段階（2025 年 3 月）には成果報告会と中学生が案内役のまち歩きイベントを実施した。

本プロジェクトの成果として、中学生が町並み景観の記録・保管の意義を実感し、年長者の知識と若年層の技術操作能力を活かした世代間交流が促進された点が挙げられる。一方で、今昔写真のアーカイ

ブにおける写真精度のばらつき、ワークショップの遠隔管理の難しさ、市役所職員の負担増加などの課題も明らかになった。

ワークショップ説明会の様子

関連発表論文等

(12)

4.5 京都市都心部の密集市街地における連担京町家が作る共創的路地空間の維持・継承

京都市では 2017 年に「京町家の保全及び継承に関する条例」が制定され、約 4 万軒の京町家の保全・継承が図られているが、路地に立地する町家・長屋は防災上の脆弱性を抱えている。本研究は、歴史的価値ある路地空間を都市防災の観点から持続可能な形で維持・継承するための方策を検討した。

具体的に文献調査から 20 の防災まちづくり事例分析、専門家へのインタビュー、そして「路地カルテ」制度の調査を実施した。「路地カルテ」制度は、接道条件による再建築不可の敷地に対して建築基準法の許可の可否相談を円滑化するものであるが、現状では再建築ができなかった路地奥住宅の流通促進・住宅支援が主目的であり、町家保全や防災まちづくりとの直接的な連携はまだ十分になされてないことが明らかとなった。また、防災まちづくり計画の策定過程におけるコミュニティ参加は、要支援者への対応などコミュニティ視点からの脆弱性を発見できる利点や地域での防災意識向上により、空き家対策も円滑に進む傾向が見られた。今熊野地区の事例研究では、住民参加型のまち歩きやワークショップを通じて防災課題を把握し、地域特性に応じた取り組みを設計することで、住民の防災意識向上につながっていることが確認された。結果、住民同士の関係性が強まることで、協力の申し出が増え、土地所有者との交渉や説得に繋がり、物理的な改善につながるという好循環が明らかとなった。一方で、物理的環境の改善を目指す取り組みに対して、専門家派遣の期間が短く、フォローアップ体制が不足しているといった制度的課題も明らかとなった。

関連発表論文等

(7)(8)

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学外活動

(1) 摂南大学理工学部住環境デザイン学科非常勤講師「空間表現演習 B」担当（安福、髙橋）

(2) 摂南大学理工学部住環境デザイン学科非常勤講師「空間表現演習 A」担当（髙橋）

5.1.2 研究部門公開

なし

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

(1) 日本図学会国際担当理事（安福）

(2) 日本図学会分野協働のための図学研究委員会委員（安福）

(3) サイエンティフィック・システム研究会「デジタルツイン活用研究」WG 推進委員まとめ役(安福)

(4) NII 研究データ基盤運営委員会委員（安福）

(5) 日本建築学会建築教育本委員会委員（安福、髙橋）

(6) 日本建築学会建築教育手法・技術小委員会幹事（安福）

(7) 日本建築学会建築教育シンポジウム WG 幹事（安福）

(8) 日本建築協会第 71 回青年技術者顕彰選考委員（安福）

(9) 日本建築学会建築教育シンポジウム WG 主査（髙橋）

5.2.2 国際会議への参画

(1) The 21st International Conference on Geometry and Graphics (ICGG 2024), 2024.8（安福、髙橋）

(2) The Journal for Geometry and Graphics (JGG) Editorial Board（安福）

5.2.3 学会表彰

(1) 髙橋彰, 北本朝展, 矢野桂司, “カメラアプリによる町並み今昔写真の同一構図撮影体験を通じた景観学習イベントの実践”, 優秀学会発表賞（「座長が推すベスト発表」）, 第 9 回研究大会（東京大学）, デジタルアーカイブ学会, 2024.11.2

5.3 産学連携

5.3.1 企業との共同研究

(1) “大規模商業施設隣接の新駅開業に伴う人流変化分析とデジタルツインシステム応用の研究,” 東急不動産株式会社（阿部・安福・髙橋）

5.3.2 学外での講演

(1) 髙橋彰, “景観×デジタル 古写真アプリで体験する地域の歴史,” 第 13 回飛騨古川・町並み景観研究会 飛騨古川・町並み景観セミナー, 飛騨市役所, 2024.5.26

5.3.3 学外での活動

(1) 大阪府公募型プロポーザル方式等事業者選定委員会・議長（阿部）

5.4 プロジェクト活動

なし

5.5 その他の活動

5.5.1 競争的資金の獲得

(1) 安福健祐（代表者）, “ヒューマンインザループを活用した大規模群集誘導の仮想実験システムの構築,” 日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究（B）(2022～2024)

(2) 西成活裕（代表者）, 安福健祐（分担者）, “個人及びグループの属性に適応する群集制御,” 科学技術振興機構(JST)未来社会創造事業（探求加速型）本格研究課題「世界一の安全・安心社会の実現「ひとりひとりに届く危機対応ナビゲーターの構築」」(2020～2024)

(3) 木多道宏（代表者）, 安福健祐（分担者）, “地域文脈を継承する非正規市街地改善モデルの構築と危機的課題の複合する地域への適用,” 日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(A)（2022～2026）

(4) 岡田大爾（代表者）, 安福健祐（分担者）, “感情・理性視点からの児童生徒住民の主体的早期避難啓発・教育プログラムの開発と評価,” 日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(B)（2022～2024）

(5) 堀一成（代表者）, 安福健祐（分担者）, “科学ライティングに必要な図像作成スキルの高大接続教育法の研究,” 日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(C)（2024～2027）

(6) 髙橋彰（代表者）, “京都市都心部の密集市街地における連担京町家が作る共創的路地空間の維持・継承”, 日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究（2021～2024）

(7) 髙橋彰（代表者）, 北本朝展, 矢野桂司, 松井大輔, “地域まちづくりを次世代に継承するためのコミュニティアーカイブ教育モデルの構築”大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 データサイエンス共同利用基盤施設 2024 年度情報・システム研究機構データサイエンス共同利用基盤施設公募型共同研究「ROIS-DS-JOINT」/ 一般共同研究, 2024 年 7 月～ 2025 年 3 月

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 著書

なし

6.2 学会論文誌

(1) 髙橋彰, 安福健祐, ムハンマド ヘガジー, “大規模イベント終了後の群集制御に関するマル

チエージェントシミュレーションの適用性,” 日本建築学会計画系論文集 第 89 巻 第 819 号, pp.808-817, 2024.5

(2) Kensuke Yasufuku, Akira Takahashi, “Development of a Real-Time Crowd Flow Prediction and Visualization Platform for Crowd Management,” Journal of Disaster Research, Vol.19, No.2, pp.248-255, 2024.4

(3) Akira Takahashi, Kensuke Yasufuku, “Evaluation of Tsunami Evacuation Plans for Underground Mall Using an Agent-Based Model,” Journal of Disaster Research, Vol.19, No.2, pp.268-278, 2024.4

(4) Sakurako Tanida, Hyerin Kim, Claudio Feliciani, Xiaolu Jia, Akira Takahashi, Tetsuya Aikoh, Katsuhiro Nishinari, “Quantifying crowding perception at large events using beacons and surveys”, Scientific Reports, 15,991, 2025.1

6.3 国際会議 会議録

(5) Somsaksith Sitthivan, Hirokazu Abe, Kensuke Yasufuku, Akira Takahashi, "Graphical Recognition of Landscape in Luang Prabang Province Using AI-based Technology," Proceedings of the 21th International Conference on Geometry and Graphics, Digital Proceedings (ISBN: 978-3031712241), Aug. 2024

(6) Sota Aida, Hirokazu Abe, Noriko Otsuka, Akira Takahashi, Kensuke Yasufuku, “The Evaluation on Walkability in an Aging Society: the Case of Senri New Town, Japan,” AESOP Annual Congress 2024 Book of Proceedings, Vol.36, pp.671-689, 2024.7

(7) Akira Takahashi, Anri Makino,” Disaster Risk Reduction (DRR) Through Community-Based Approaches in Historic Cities: A Case Study of Kyoto, Japan”, Proceedings of 2024 International Conference of Asian-Pacific Planning Societies, (141), 2024.8.

(8) Anri Makino, Akira Takahashi, “A Study on the Importance of Community Management and the Role of Experts in Disaster Prevention Community Development: Based on the Case of Imakumano District in Kyoto, Japan”, Proceedings of 2024 International Conference of Asian-Pacific Planning Societies, (144), 2024.8.

6.4 口頭発表（国内研究会など）

(9) 安福健祐, “3D-CG による都市空間モデルを活用した津波避難シミュレーション,” 日本図学会大会（東広島）シンポジウム「図学が拓く新しい防災」, 2024.12.7

(10) 安福健祐, “オープンデータを活用したメタバースの構築と防災教育への展開,” 第 80 回大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム, 2024.9.3

(11) **髙橋彰**“群集マネジメントにおけるシミュレーションの 活用とリアルタイム予測への展望”, 2024 年度 地球総合工学シンポジウム 地球総合工学の次世代研究ユニットを考える, 2024.12.26.

(12) 髙橋彰, 北本朝展, 矢野桂司, “カメラアプリによる町並み今昔写真の同一構図撮影体験を通じた景観学習イベントの実践”, デジタルアーカイブ学会誌, 8(s2), pp.s153-s156, 2024.10.

(13) 陸洋, 安福健祐, “オープンデータを活用した広島市地下街における津波避難誘導シミュレーション,” 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.499-500, 2024.8

(14) 林直樹, 阿部浩和, 安福健祐, 髙橋彰, “中崎町の街並み景観と地域らしさに関する研究,” 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1059-1060, 2024.8

(15) 李蔚, 阿部浩和, 安福健祐, 髙橋彰, “観光地におけるオーバーツーリズムが地域に与える影響に関する研究 台湾九份を事例として,” 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.709-710, 2024.8

(16) 山中淳史, 阿部浩和, 安福健祐, 髙橋彰, “河川敷空間の活用と利用者行動に関する研究 大阪中之島周辺エリアを対象として,” 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.553-554, 2024.8

(17) 山上宝, 阿部浩和, 安福健祐, 髙橋彰, “廃線跡の活用と利用者意識に関する研究,” 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.411-412, 2024.8

(18) 鍵野茜, 阿部浩和, 安福健祐, 髙橋彰, “水都

大阪における民間主体によるリバーフロント再生の取り組みに関する研究 ―β本町橋を事例として―," 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.71-72, 2024.8

(19) 寺内真由，阿部浩和，安福健祐，髙橋彰，“住宅のリフォームにおけるフリースペースの状況に関する研究," 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.811-812, 2024.8

(20) 杉江真悠，阿部浩和，安福健祐，髙橋彰，“日本の鉄道駅舎における社会的表現性に関する研究," 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.785-786, 2024.8

7 その他

7.1 2024 年度博士論文

なし

7.2 2024 年度修士論文

(21) 岡千颯「“抽象化された自然”を主題とした安藤忠雄の設計思想の探求」

(22) 竹原理生子「ディープラーニングを用いた神戸市の街路景観における地域らしさとイメージについての研究」

(23) 田内丈登「カルロ・スカルパの建築空間における部分的エレメントの全体調和への様相」

(24) 三島甲斐「新駅開業に伴う大型商業施設の買い回りの変化の分析及び 購買行動モデルの開発に関する研究 」

(25) 森聖雅「実践研究型地域建築活動の記録―兵庫県川西市黒川の里山にて―」

(26) 陸 洋 「 COMPARATIVE ANALYSIS OF HORIZONTAL AND VERTICAL TSUNAMI EVACUATION PLANNING AND GUIDANCE SYSTEMS IN URBAN UNDERGROUND STREETS」

7.3 2024 年度卒業論文

(27) 内田健太「群集シミュレーションを用いた大規模水族館の津波避難計画の安全性検証－海遊館を事例対象として－」

(28) 木内春希「住宅設計における大規模言語モデルを用いた 3D モデル生成に関する試み」

(29) 草田陸斗「小学校施設における余裕教室の地域交流利用に関する研究～兵庫県三田市を事例として～」

(30) 澤津陽伊人「Isovist 理論を用いた歴史的ランドマークの眺望に関する研究」

(31) 田淵優希「都市に開かれた中間領域の類型化とその特徴－事務所建築を事例として－」

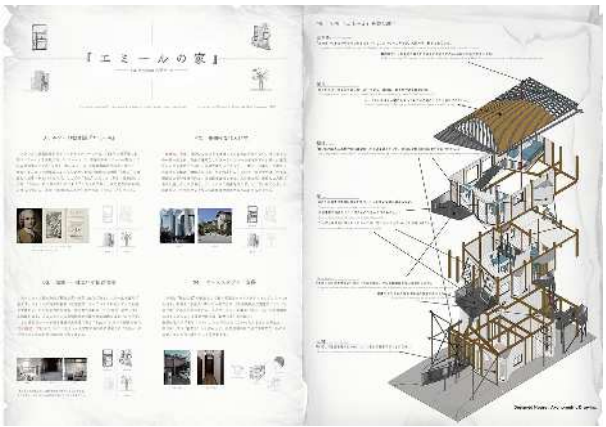
(32) 藤田慎平「現存する煉瓦造建造物の活用方法に関する研究－近畿地方の事例を対象にして－」

(33) 古川禄 「大催事場における入退場の効率化のための誘導方法についての検討」

7.4 2024 年度卒業設計

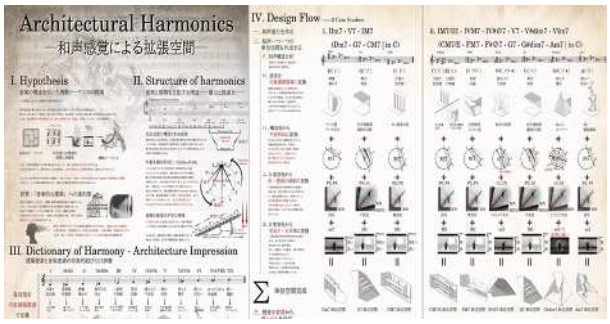
(34) 内田健太「エミールの家」（せんだいデザインリーグ 100 選）

この作品はルソーの教育論を元に作者の自己を内省的に見つめ直すことで自宅の改造を試みた作品である。ここで取り上げる「エミール」はルソーが書いた小説で架空の少年の誕生から結婚までの成長過程を描いている。そこでは大人の側からの強制的な教え込みを否定し、子どもの個性に合わせて、その発達を援助しようとするもので、この卒業設計ではルソーの思想をもとに作者自らがこれまでに受けてきた教育を批判的に見直し、理想の教育環境の姿をこの住宅に込めて設計している。ただルソーの言葉を元に提案される建築操作が必ずしも納得いくものでない部分もあるが、一歩間違えれば自己否定に繋がりかねない精神的葛藤を乗り越えて新しい住宅の提案に昇華している点は秀逸であり、迫力のある作品に仕上がっている。



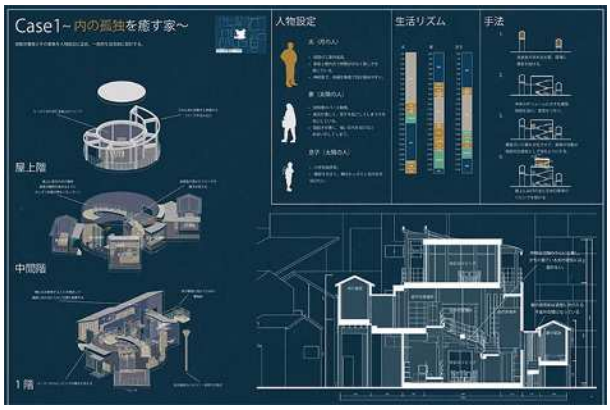
(35) 木内春希「Architectural Harmonics ―和声感覚による拡張空間―」（大阪大学卒業設計優秀賞、Diploma×KYOTO 8 選、せんだいデザインリーグ 10 選）

この作品は音楽理論をもとに建築造形を試みた習作である。これまでも列柱のリズムや窓の配置などで音楽との類似性は議論されてきたが、ここではもともと形を持たない音楽によって想起される感覚的な身体性を緻密な操作によって建築化したもので、それが組み立てられていくプロセスは華麗で、その造形は繊細かつ魅力的である。ここでその造形操作の論理的正当性や妥当性の議論はあるかもしれないが、これはあくまで造形のための思考的試みとして理解すべきであろう。かつてバウハウスの教師をしていたカンディンスキーは抽象絵画の父といわれるが、音楽という目に見えないものを、色と形で表現したその作品が、彼の抽象表現のはじまりとされ、その絵画は音楽から受けた印象を平面に落とし込み視覚的に表現しようとする試みだったと言われている。この作品は同様に音楽という目に見えないものを、建築として造形化しようという挑戦と考えることができる。建築は視覚表現だけでなく空間体験を伴い、そこに実用としての機能が存在することで絵画とは異なっている。しかしカンディンスキーがシェーンベルグの革新的な音楽技法を絵画に応用したように、ここでもそれによって建築の新たな様式が生まれることを期待したい。



(36) 草田陸斗「月の住む家」

本卒業設計は「月の人」と「太陽の人」という独自の視点から、現代社会における生活リズムの多様性に着目した意欲的な住宅提案である。作者は自身の経験を起点に、昼夜逆転の生活を送る人々の実態と心理に深く迫り、社会的な誤解や疎外感、夜間の孤独といった課題を建築的に解決しようとしている。提案された 2 つのケーススタディでは、Case1 で夜勤労働者とその家族のための住宅を一般住宅街に、Case2 では自宅で仕事をする音楽家のための空間を都市のビル間に設計している。同じ「月の人」でも、状況や必要とする環境が多様であることを示す構成は興味深く、「月の人にならざるを得なかった理由」に寄り添い、「他者の存在を感じ自身の生活リズムを肯定することができる住宅」を目指す姿勢は評価できる。しかし、問題の複雑性に対して建築的応答がやや表層的に留まっている印象は否めない。本テーマの潜在的可能性を十全に発揮するためには、単に孤独を癒す装置としての提案を超えて、「月の人」が豊かに暮らすための理論的深化と空間的探求を期待したい。



(37) 澤津陽伊人「都市を覗く」

本作品は、高密度化・高層化が進む都市において、「覗く」という行為を通して都市景観を再発見する可能性を探求した意欲的な提案である。大阪城というランドマークへの眺望が失われつつある現状に対し、従来の「上から俯瞰する」展望台ではなく、都市の隙間から「覗く」という視点の転換は新鮮である。実地調査と isovist 理論を併用した分析手法は緻密であり、空中、建物間、植栽、仮囲いという 4 種の隙間を導き出し、「街」「季節」「歴史」「未来」を覗く多層的な体験へと昇華させている。特に、日常動線を延長して展望台へと誘導し、「覗く」行為から「滞在する」行為を生み出す空間構成は、都市の中の新たな居場所の創出としても評価できる。一方で、

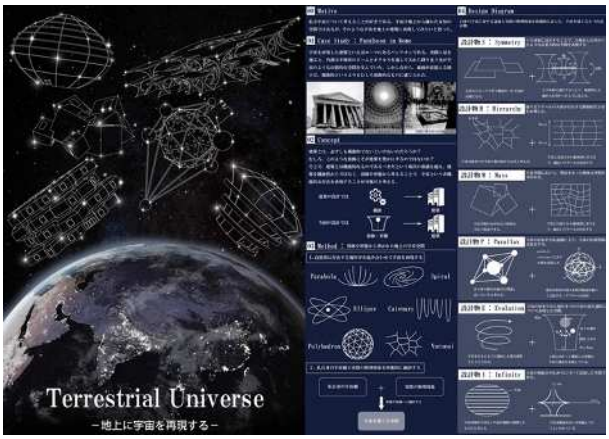
各展望台の造形的表現にはやや唐突感があり、都市の文脈との調和についてはさらなる検討の余地がある。都市の見過ごされた隙間に注目し、そこから新たな視点と体験を紡ぎ出す本作品は、建築が都市に対して持ちうる繊細かつ創造的な態度を示している。

(38) 田淵優希「川が都市に還るとき」（大阪大学卒業設計優秀賞、Diploma×KYOTO８選、せんだいデザインリーグ 100 選､赤レンガ倉庫 100 選）

玉川上水はかつて、江戸の人口増加に伴う飲料水確保のために多摩川から水を引いた重要な水インフラであった。現在の玉川上水は、人為的管理から離れた部分で、自然環境が再生している。作者は逆説的に、人間の管理から外れた空間に自然の再生力が働いている事実に着目し、「自然が都市を侵食していく」ことで、自然と都市の新たな共生関係を模索している。「自然を侵食させる建築（呼び水）」を玉川上水の約 30km という線形の水空間に対して戦略的に配置するという構想は、自然の力を都市計画に積極的に取り込む革新的な提案として秀逸である。また、都市開発における人間中心主義を再考し、人間を含む生態系全体を視野に入れた都市計画の必要性を示唆している点は、現代の環境問題や持続可能性の課題に対する重要な問いかけとなっている。一方で、作者が設定した呼び水が時代とともに、どのように都市に滲み出（侵食）し、豊かな生態系の広がりを作りだすかについての説明が不足していた点はさらなる研鑽を期待したい。

(39) 藤田慎平「Terrestrial Universe －地上に宇宙を再現する―」

これを建築と呼ぶのかどうかは疑問だが、この作品は宇宙を目に見える形で表現しようと試みた異色作である。かつてイームズが Powers of Ten で宇宙・人間・素粒子をめぐる大きさを視覚的に体験させるムービーを作成した。そこでは視野面積の冪指数を増加・減少させたときのものの見え方の変化を描くことを通じて、物質の大きさの比較から宇宙の構成原理を表現しようとしている。一方、生物学の分野では、電子顕微鏡で覗けばアデノウイルスは各面が正三角形からなる規則正しい幾何学的形態であることが広く知られている。この卒業設計はそれぞれが幾何学的根拠に基づいて宇宙の仕組みを表現しており、それぞれに共通する原理が用いられていることは興味深い。



(40) 古川禄「色づく街の余白」

本作品は、作者が幼少期に暮らした兵庫県神戸市中央区新神戸駅周辺を敷地対象として、自身の身体感覚を頼りにして見つけた街の「余白」に対し、小さな建築的介入を施すことで新たな人間活動を誘発する可能性を丹念に探った秀作である。30 のシナリオそれぞれが緻密な観察に基づいており、既存環境の文脈を尊重しながらも、創造的な空間転用を提案している点は評価できる。各シナリオの図面表現は、建築的な介入だけでなく、そこで生まれる人々の交流や行為に焦点を当て、わずかな設計的操作が生み出す空間体験の変化を説得力をもって伝えている。その一方で、各提案間の関係性や序列についてはさらなる整理が望まれる。30 の介入はどのような基準で分類されうるのか、また都市全体においてどのような波及効果をもたらすのかについての考察があれば、卒業設計としての普遍性がより高まったであろう。今後、これらの「余白」への介入が実際の都市政策や住民参加のプロセスとどう結びつくかという社会実装の視点や、長期的な時間軸における変化の可能性を探ることで、さらに深化することを期待している。

先端ネットワーク環境研究部門

Advanced Networked Environment Research Division

１ 部門スタッフ

教授　下西　英之

略歴：1996 年 3 月大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了、2002 年 3 月同大学博士後期課程修了。1996 年 4 月 NEC 入社。2003 年 1 月（～2024 年 1 月） UCLA computer science department 客員研究員。2007 年よりスタンフォード大学と共に Software-Defined Networking (SDN)の黎明期から研究開発に従事。2020 年より、NEC システムプラットフォーム研究所主幹研究員、兼、新事業推進本部エグゼクティブエキスパート、クロスアポイントメントにて大阪大学大学院情報科学研究科特任教授(常勤)。2022 年 5 月より大阪大学サイバーメディアセンター教授、2024 年 10 月に D3 センターに改組、現在に至る。IEEE 会員。電子情報通信学会フェロー。

特任教授（常勤）　松岡　茂登

略歴：1982 年 3 月東京工業大学大学院修士課程修了。1985 年 3 月東京工業大学博士課程修了。同年 4 月日本電信電話株式会社(NTT)入社。1989 年 NTT 光エレクトロニクス研究所主任研究員、1994 年イリノイ州立大学客員研究員、1999 年 NTT フォトニクス研究所主幹研究員、2001 年 NTT 未来ねっと研究所主幹研究員、2004 年（株）国際電気通信基礎技術研究所(ATR)企画部長、2007 年 NTT 情報流通基盤総合研究所主席研究員、2009 年 NTT 環境エネルギー研究所所長、2012 年 NTT 情報ネットワーク総合研究所主席研究員、を経て、2013 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター先端ネットワーク環境研究部門教授、2022 年 4 月より同部門特任教授（常勤）、2024 年 10 月に D3 センターに改組、現在に至る。電子情報通信学会、IEEE 各会員。1985 年工学博士。

准教授　大下　裕一

略歴：2005 年 3 月大阪大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了、2008 年 9 月大阪大学博士(情報科学)取得。2006 年 4 月大阪大学大学院経済学研究科助手、2007 年 4 月同助教、2012 年 4 月大阪大学大学院情報科学研究科助教、2019 年 1 月大阪大学先導的学際研究機構准教授、2023 年 8 月大阪大学サイバーメディアセンター准教授、2024 年 10 月に D3 センターに改組、現在に至る。電子情報通信学会、IEEE、ACM 各会員。

特任准教授（常勤）　Hsu Ying-Feng

略歴：2011 月 5 月ピッツバーグ大学博士課程コースワーク修了。2011 年 6 月ボストン小児病院（ハーバード大学医学部）IT 臨床研究データエンジニア。2015 年 12 月ピッツバーグ大学博士号取得。2016 年 1 月大阪大学大学院情報科学研究科博士研究員。2017 年 4 月大阪大学サイバーメディアセンター富士通次世代クラウド協働研究所特任助教（常勤）、2020 年 4 月より同先端ネットワーク環境研究部門特任助教（常勤）、2022 年 7 月より同部門特任准教授（常勤）、2024 年 10 月に D3 センターに改組、現在に至る。

特任助教（常勤）　Techasarntikul Nattaon

略歴：2011 年 3 月タイ、モンクット王工科大学トン

ブリ校計算機工学卒業。教育用 Web ゲームの開発に携わる業務を活動。2017 年 3 月大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻修士課程修了。2020 年 3 月同大学院同研究科博士課程修了、博士（情報学)。同年、大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育部門特任研究員。2020 年 10 月より特任助教（常勤)。2022 年 7 月より大阪大学サイバーメディアセンター先端ネットワーク環境研究部門特任助教（常勤)、2024 年 10 月に D3 センターに改組、。デジタルツイン生成・応用するヒューマンコンピュータインタラクション、拡張現実、バーチャルリアリティーの研究に従事。

2 教育・研究概要

2.1 授業担当

2.1.1 基礎工学部

基礎工学部において開講されている以下の科目を担当、分担した。

- 情報論 B（下西）
- 情報技術者と社会（下西）
- 情報科学基礎（下西）
- プログラミング C（大下）
- 情報科学 PBL（大下）
- 情報科学ゼミナール（大下）

2.1.2 大学院情報科学研究科

大学院情報科学研究科情報ネットワーク学専攻において開講されている以下の科目を担当、分担した。

- 情報ネットワーク学基礎論（下西、大下）
- 情報ネットワーク学入門（下西、大下）
- 情報ネットワーク学セミナーI（大下）
- 情報ネットワーク学セミナーII（大下）
- マルチメディアネットワーク（下西）
- ギガビットネットワーク（大下）

2.2 大学院情報科学研究科業務

該当なし

2.3 基礎工学部業務

以下の業務を担当した。

- PBL 小委員会委員長（下西）

2.4 研究概要

2030 年には仮想世界と実世界が高度に融合し、人とロボットが自由に協働できる世界などが期待されます（図 1)。このような世界の実現に向け、デジタルツインや Beyond 5G のような高度な ICT 技術の実現が求められます（図 2)。当研究部門では、このようなデジタルツインを実現するための先端ネットワークシステム・コンピューティング技術およびその応用に関する研究を行っています。多数のセンサ情報をもとに様々な統計的手法/機械学習を用いてリアルタイムにデジタルツインを構築する技術、その情報をもとに人物行動やロボット制御を最適化する技術、デジタルツイン構築に必要なエッジ・クラウド分散型のコンピューティング技術や Beyond 5G/6G 通信化技術などを研究開発しています。特に、不確実な実世界や不完全な AI 技術を前提として、ロバストに実世界の認識/制御を行うための”確率的デジタルツイン”を提唱しており、そのための様々な数学的手法について研究しています。

図 1. 2030 年はどんな世界？

図 2. デジタルツインによる仮想世界と実世界の融合

(1) デジタルツイン基盤 (ネットワーキングとコンピューティングの融合)

大規模なデジタルツインをあらゆる場所でリアルタイムに構築するためには、その基盤となるコミュニケーション技術の発展が不可欠であり、Beyond 5G / 6G といった新しい世代の通信技術が研究されています。当研究部門では、高信頼なデジタルツインを構築して活用するための基盤技術として確率的時デジタルツインを提唱しています。そして、ネットワーキングにおいては、ミリ波通信における無線電波状況の推定技術やビームフォーミング技術などについて研究しています。またコンピューティングにおいては、分散型のディスアグリゲーテッドコンピューティングや、シェアリング型の GPU コンピューティング基盤(Air Computing Pool)やそのための AI タスク実行時間予測技術などについて研究しています。

(2) デジタルツイン基盤 (実世界認識)

実世界のデジタルコピーをデジタルツインとして構築するためには、温湿度などの空気の情報、電波強度やスループットなどの通信の情報を、3 次元空間情報として正確に計測・推定・予測する必要があります。自動車などの端末からパッシブに空間計測する技術、センサ搭載のロボットでアクティブに計測する技術、またそのための人とロボットの共存のための制御技術などについて研究しています。さらには、空間のデジタルツイン化に加えて、人間のデジタルツイン化として、介護施設などにおけるサーモカメラを用いた転倒検出技術や、温度変化など環境変化に対する個人の反応や感じ方を予測する技術について研究しています。

そのほかにも、個人情報を保護しながら公共空間に設置されカメラを用いて人物特定を行うための顔画像不明瞭化手法や、通信トラヒックを用いた部屋の使用状況予測に関する研究も行っています。

(3) デジタルツインデータ活用 (スマートビル、ロボット、Augmented Reality)

デジタルツインを活用し、ロボットや AR デバイスを用いることで、実世界での人の行動や生活を様々な形で助けることできます。当研究部門では、その結果をもとに AR デバイスを用いて人間の行動に反映させ人とロボットを安全かつ効率的に共存させる技術、ドローン操作を支援する技術、IoT システムのメンテナンスを補助する技術、ロボットによる道案内において人間の挙動や快適さを解析する技術、スマートビル技術などの研究を行っています。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 全学支援業務

全学支援業務として以下を担当した。

・ ODINS 保守運用支援（下西、大下）

3.2 OU マスタープラン実現加速事業 Digital Twin Living Lab. service の創出

・ Beyond 5G ネットワークサービス

以下の業務を担当した。ローカル 5G 無線通信設備の整備により、学内での接続可能エリアが限られているという課題の解決や、新たなサービスの可能性について検証を進めている。令和 6 年度には、大阪大学内に設置した 5G コア設備を経由することで、自前でローカル 5G の運用が可能であることを実証し、ローカル 5G を活用したサービスの恒常的な運用に向けた見通しを得た。さらに、ローカル 5G を活用した新たなサービスとして、ローカル 5G 経由でキャンパス無線 LAN サービスを提供可能であることを確認し、学内サービスの屋外対応エリアの拡大にローカル 5G が有効であることを示した。本設備・成果を活用することで、ローカル 5G 運用に関する研究、屋外へのネットワークサービス提供に関する研究、ならびに 5G 通信とセンシング技術の融合を目指した研究の、計 3 件のローカル５G を活用した研究プロジェクトを推進することができた。

3.3 D3 センター業務

以下の業務を担当した。

- D3 センター副センター長（下西）
- D3 センター教授会（下西/大下）
- D3 センター全国共同利用運営委員会（下西）
- D3 センター教員構想委員会（下西）
- OU マスタープラン実現加速事業 Digital Twin Living Lab. Service の創出（下西、大下）
-

3.4 先導的学際研究機構

以下の業務を担当した。

- DX 社会研究部門 DX 通信基盤研究領域長（下西）
- DX 社会研究部門 「新たな防災」を軸とした命を大切にする未来社会研究部門（下西）

4 2024 年度研究業績

4.1 デジタルツイン基盤(ネットワーキングとコンピューティングの融合)に関する研究

4.1.1 確率的デジタルツイン基盤

デジタルツインは、現実世界を高精度でリアルタイムに表現するものであり、ジェットエンジン、ロボット、その他の機械などの物理的なオブジェクトのデジタルコピーから、多くのオブジェクトと人間が生産活動に従事するために相互作用する空間、部屋、建物、都市を表すより広範な概念に進化してきた。デジタルツインは、現実世界の安全性や信頼性が必要なる場面も含め、多くのユースケースにおいて、サイバーフィジカルシステムを構成する重要な要素として注目を集めている。

本研究では、観測情報には不確実性が含まれるような現実の事象を確率的に表現する確率的デジタルツインに向けて研究を進めている（図 2)。これまでに､我々は､あらゆるオブジェクトの状況について、確率的なグラフィカルモデルで表現した確率的デジタルツインを構築し、物体認識、障害物の予測、倉庫などにおけるリスクを考慮したロボット制御などに適用し、動作を確認している。このような確率的デジタルツインを活用した具体的な研究例は以下各項で述べるが、それらに加えてこれらを概説する講演を各所で行っている。

［関連発表論文］

学術論文誌掲載論文 3

解説論文・記事 1，2

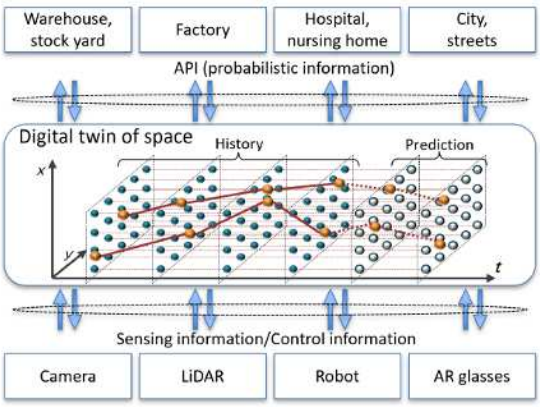


図 3. 確率的デジタルツインの概要

4.1.2 ミリ波無線通信技術

無線通信を活用した自動運転や遠隔ロボット制御などにおいて、高信頼・高品質な無線エリアの実現が求められている。本研究では、無線エリア設計・制御における情報モデル自体を従来の確定モデルから確率モデルへ抜本的に変革することを目指し、無線通信空間･無線利用状況の確率的な推定･予測と、その情報に基づく無線制御と無線エリア設計により、高信頼・高品質な無線エリアの実現に向けた要素技術の創出に取り組んでいる。

本年度は、まず、屋内でのミリ波によるロボット制御を主なユースケースとして、ダイナミックなミリ波ビームフォーミング制御の研究を行った。ここでは、少ない数のビームでこれより多い数の受信機(ロボット)に対して電波強度を保証することを目的として、ビームフォーミング後の確率的電波マップを事前に高速に推定する方式と、確率的な組み合わせ最適化問題を解いて最適なビーム群を形成する方式を提案した。実データをもとにしたシミュレーション評価を行った結果、全ロボットに対して最低限保証すべき電波強度を下回る確率を最小化するようなロバストなビームフォーミング制御ができることを示した。また次の研究では、確率的電波マップを推定する際にガウス過程回帰を行うが、計測地点数が数万となるような大規模環境では計算時間が長い

という問題に取り組んだ。ここでは、トランスフォーマーにある環境でのミリ波 5G 環境の電波特性を学習させることで、別の環境における確率的電波マップをトランスフォーマーによって高速に推測できることを示した。

以上の研究を行うにあたって、NTT 横須賀研究開発センタ(アクセスサービスシステム研究所)のミリ波ローカル 5G 環境をほぼ 1 週目にわたりお借りしてデータ収集を行うことができたことに感謝する。今後は、これまでの成果をさらに拡張し、受信者が動き回る環境を想定して、動的なトラヒック量や遮蔽の変化に対応した方式について検討していく予定である。

[関連発表文献]

学術論文誌掲載論文 7

国際会議 5

口頭発表 10

ポスター発表 2

修士論文 4

特別研究報告 3

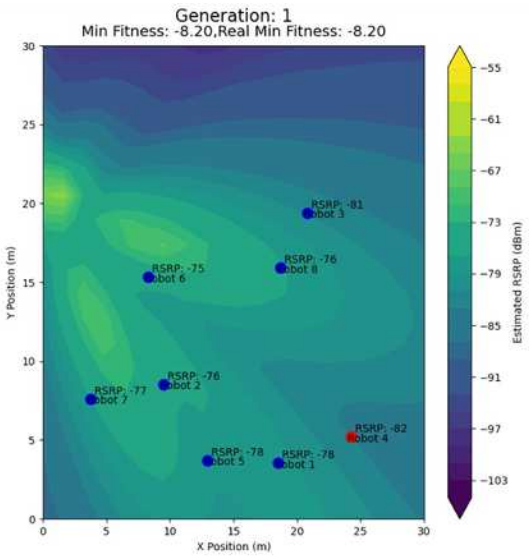


図 4. 移動するロボット群に対して追従する動的なミリ波ニームフォーミングの最適化

4.1.3 GPU シェアリング

近年、GPU サーバの需要が急増しており、それに伴ってクラウドベースの GPU リソースの利用も増加している。一方で、多くの企業は依然としてオンプレミスの GPU サーバを保有している。こうした動向を踏まえ、我々は「Air Computing Pool」と呼ばれる新たなコンピューティングサービスを提案している。このサービスは、GPU サーバの所有者が自身の利用を優先しつつ、サーバがアイドル状態の間に他者と共有することで、オンプレミス資源の有効活用を図るものである。このようなシナリオにおいては、効率的なリソース共有を実現するために、タスク単位での細粒度な共有と、タスク完了後の迅速な使用権の解放が求められる。これにより、サーバ所有者は自身のサーバに対するコントロールを保持することが可能となる。

本サービスにおいては、タスクの完了時間を事前に予測することが極めて重要である。特に、完了時間の過小予測は、使用権の解放前にタスクが完了せず、中断される原因となる。そこで、我々は、タスク実行前に、タスクの実行にかかる時間を予測する手法について検討を進めている。具体的には、共有される様々なサーバにおいて、タスク実行にかかる時間を予測することができるようにするための、サーバのベンチマーク手法、タスク実行時の過小予測を防ぐ実行時間予測手法を提案している。

[関連発表論文]

学術論文誌掲載論文 6

国際会議発表 6

口頭発表 4, 11

ポスター発表 3, 4

修士論文 5

特別研究報告 5

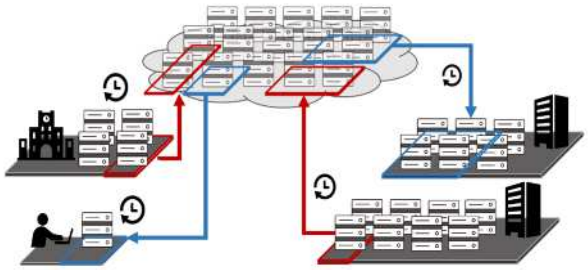


図 5. Air Computing Pool の概要

4.1.4 リソース分離型コンピューティング

近年、リアルタイム性の高い処理の実行のために、ユーザにより近いエッジに配置可能な比較的小規模のデータセンターであるマイクロデータセンターが

提案されている。マイクロデータセンターは、大規模なデータセンターと比べて保有する資源量は限られているため、無駄のない資源利用が重要となる。そこで、CPU やメモリ等の資源同士を独立させ、ネットワークでつないだリソース分離型コンピューティングが提案されている。リソース分離型コンピューティングでは、資源割り当てがアプリケーションの実行性能に大きな影響を持ち、割り当て方によって、十分な資源が存在する場合でもそれらをつなぐネットワーク資源が枯渇してしまう恐れがある。そこで、本研究では、各資源の重要性に基づいた割り当てコストをもとに資源を割り当てることで、将来のアプリケーションの収容に必要となる資源の利用を回避し、必要な時に必要な資源をアプリケーションに対して割り当てることを実現する手法について提案し、シミュレーション評価により、提案した手法を用いることにより、短時間での処理を求められるようなアプリケーションに対しても適切な資源を割り当てることができることを示している。また、このような各アプリケーションに対する動的な資源割当に適したマイクロデータセンター内のネットワーク構成についても検討を進めている。

[関連発表文献]

学術論文誌掲載論文 1, 2

国際会議 11

口頭発表 3, 5

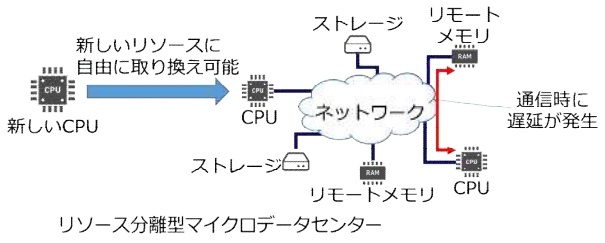


図 6. リソース分離型コンピューティングを適用したマイクロデータセンターの概要

4.2 デジタルツイン基盤(実世界認識)に関する研究

4.2.1 サーマルカメラを用いた転倒検知

高齢化が進む中、プライベート空間における事故をプライバシーを保ちつつ監視するニーズが高まっており、これに対してサーマルカメラ（熱画像カメラ）は適した手段である。本研究では、特に転倒リスクの高い車椅子利用者に焦点を当てる。転倒は、怪我につながる高リスクの転倒と、徐々に車椅子からずり落ちるような低リスクの滑落とに分類される。これらを同等に扱うと、過剰な警告が発生したり、本当に緊急性の高い事態を見逃したりするリスクがある。

そこで、本研究では、低解像度の熱画像を用いて、高リスクの転倒と低リスクの滑落を検出・区別することで、介助者の負担軽減と安全性の向上を図った。ただし、映像解析には手足や身体の詳細な情報が必要となるが、熱画像ではそのような詳細を安定して捉えることが難しい。

この課題を克服するために、本研究では胴体の特徴を用いた映像解析手法を提案し、「CNN および胴体特徴を用いた転倒検出（Fall Detection using CNN and Torso Features：FDCTF）」というシステムを開発した。さらに、さまざまな環境条件に対するシステムの汎化性能を向上させるため、マルチタスク学習と 2 層の LSTM ネットワークを組み込んで FDCTF を拡張した。その結果、単一環境での評価においては、転倒検出の F1 スコアが 1.0 を達成した。また、複数環境での評価においても F1 スコアが 0.82 に達し、本システムの環境適応性が実証された。さらに、従来手法と比較して、誤警報を 0.19 件、重度の転倒の見逃しを 0.18 件削減するなど、介助者の負担を大幅に軽減することができることを確認している。

[関連発表論文]

学術論文誌掲載論文 8

国際会議 8

ポスター発表 1

修士論文 3

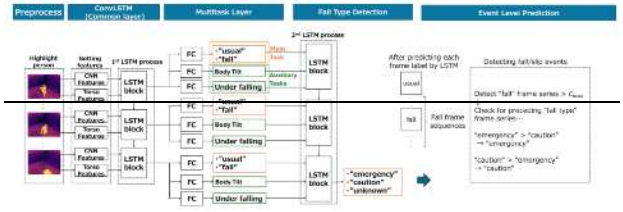


図 7. 低解像度の熱画像を用いた転倒検知モデル

4.2.2 時空間ガウス過程を用いた動的環境における環境計測ロボットの制御

工場やオフィスなどで、温湿度や CO2 濃度といった空気質をリアルタイムに把握することにより、異常の検知や環境改善に生かし、従業員の生産性と健康の維持が期待されている。また、空気環境以外にも、電波状況のリアルタイムな把握は、今後進むと考えられる人と協働するロボットの制御において、ロボットが通信可能な場所を把握や通信環境の改善に活用できる。このような環境情報を収集する方法としては多量のセンサを配置することが考えられるが、機器コストだけでなく、センサを維持管理するコストも高くなってしまう。そのため、移動ロボットによる観測情報の収集が考えられる。

本研究では、環境の変化が発生しうる状況下において、リアルタイムな状況の把握を目指して継続的に観測を行う移動ロボットの制御を目指した研究を行っている。本研究では、環境変化を考慮し、観測から時間が経過するにつれ、当該地点の状況の不確実性が高まるという点を取り入れ、観測対象地点の時間方向・空間方向の関係性を定義した時空間ガウス過程モデルを導入した。そして、時空間ガウス過程をもとに、現在から将来までの各時刻・各地点の観測対象情報の不確実性が最も小さくなるような観測経路の計算、計算した経路における次の観測点への移動と観測を繰り返すことにより、観測対象情報の観測と推定を行う手法を提案した。そして、シミュレーションにより、提案手法が、従来手法と比べ、より早く観測対象エリアにおける各地点の不確実性を削減できるような観測を行うことができることを明らかにした。

さらに、継続的なロボットによる観測を人間が存在する環境において行うために、ロボット接近に伴う人間の心理的負担を低減し、侵入者が入ることを好ましく思わない個人的な領域であるパーソナルスペースへの侵入を避けることも考慮した観測ロボットの経路計画についても検討を進めている。本手法では、人に対してパーソナルスペースを定義し、パーソナルスペースによるコストと観測箇所の不確実性を統合した指標にもとづいて経路を決定する。本研究では、シミュレーションにより、本手法が不確実性を低下させ環境全体の情報を満遍なく計測することと独自のパーソナルスペースへの侵入を回避し人間の快適性を維持することの両方に対応することを示している。

[関連発表論文]

国際会議 10

口頭発表 8

修士論文 2

特別研究報告 4

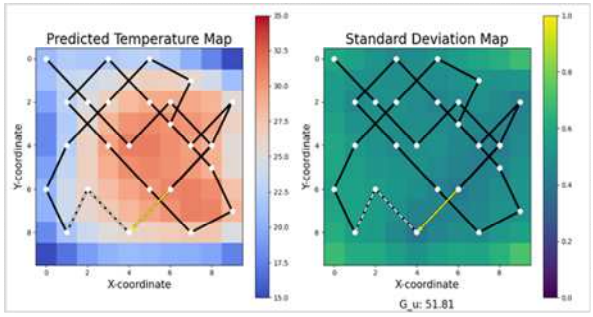


図 8. 環境計測ロボットの移動軌跡と推定結果

4.2.3 環境に対する人の反応・感じ方のデジタルツインの構築

人間の心身の状態は、健康や労働生産性，運転中の事故率などに影響を及ぼす。その中でも、快・不快や覚醒度は重要な指標であり、適切な環境の提供のためには、これらの状態を推定・予測するモデルが求められる。従来、快・不快や覚醒度についてのモデル化や状態推定に関しては研究されている。しかしながら、快・不快や覚醒度といった人の状態は、作業内容や作業をする室内環境の影響を受け、また、その影響の与え方も個人差があると考えられる。

そこで本研究では、室内環境や作業内容の影響を考慮した状態遷移モデルを個人ごとに構築することを目指した研究を進めている。本研究では、様々な温度環境において、乱数を書き写すという単純作業からパズルを解くといった作業まで、様々な作業を被験者に行ってもらいつつ、生体情報を取得する実験を行った。そして、実験中の被験者の状態変化をモデル化した。その結果、構築したモデルにより、熱い部屋では不快・非覚醒の状態に遷移しやすいなどの環境による状態変化の再現や、個人によって同

一の環境や作業内容であっても、遷移しやすい状態が異なるなどの個人差を再現することができることを確認している。

さらに、人の感じ方をシミュレーションする別のアプローチとして、大規模言語モデルを用いたエージェントシミュレーションの適用についても検討を進めている。本手法では、エージェントは，過去の環境情報と対象者からのフィードバックを含む熱的感覚を記憶し、それらの記憶から感覚の傾向を分析したうえで、動的に関連する記憶を取得し、現在の環境情報に対する熱的感覚のシミュレーションを行う。

本研究では､大規模言語モデルによる予測結果が、温熱快適性を示す一般的な指標である PMV と比べ、各個人の快適性をより正確に予測できることを示している。

[関連発表論文]

口頭発表 7，9

ポスター発表 5

特別研究報告 1，2

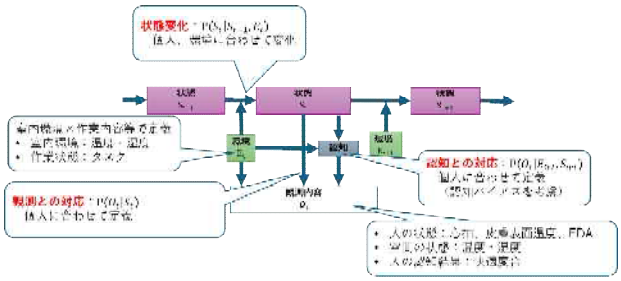


図 9. 人の状態変化モデル

4.2.4 動的 IoV における TCP スループットマップ構築

6G ネットワークと IoV（Internet of Vehicles：車両インターネット）の統合に伴い、信頼性の高い TCP スループットマップの構築は、高度な交通システムの実現において極めて重要である。そこで、本研究では、車両から TCP スループットを収集することにより、TCP スループットマップを構築するフレームワークを提案している。本フレームワークでは、基地局のセンシングによって車両の位置情報を収集し、通信リソースを用いて TCP スループットのデータを取得する。収集されたデータは、デジタルツインによりマップ上にリアルタイムで統合され、各地点における TCP スループットの予測とその不確実性を出力する。

本フレームワークの重要な要素の一つは、TCP スループットを測定する車両を選択し、予測の不確実性と測定の負荷を最小化する点にある。そこで本研究では、ガウス過程回帰を用いて TCP スループットマップをモデル化し、不確実性を考慮する。また、IoV 環境の動的特性を考慮するために、通信性能を測定する車両を動的に選択する Fixed-Observation Rolling Optimization Algorithm(FOROA)も提案する。

シミュレーション実験の結果、FOROA はスループットマップの不確実性を 40%削減する際に、従来手法よりも 41%速く不確実性を低減できることを示している。

[関連発表論文]

国際会議 12

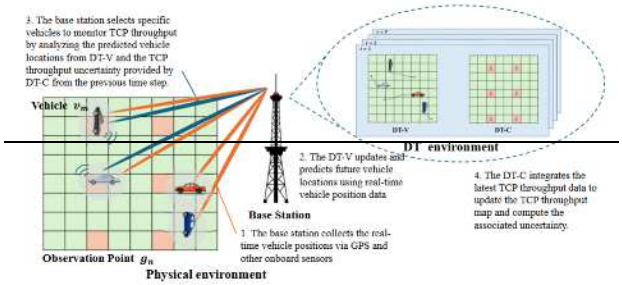


図 10. TCP スループットマップ構築のための計測車両の選択の概要

4.2.5 個人情報保護のための人物特定用顔画像不明瞭化手法の実装と評価

近年、人物の識別にコンピュータシステムを用いることが一般的になりつつある。識別精度を高めるために、鮮明な顔画像や詳細な顔の特徴がシステムに提供されることが多いが、これらが悪用されるとプライバシーが侵害される可能性がある。我々は現在､次世代のビデオブログシステムを構築中であり、このシステムは以下の機能を備えている｡すなわち、カメラで通行人の映像を撮影し、すべての人物の顔画像にぼかしをかけ、事前に顔画像を公開用として登録した特定の人物に対してのみぼかしを解除し、リアルタイムかつハンズフリーでビデオブログとしてアップロードする、というものである。

我々は、ユーザの保存済みデータ内のぼかされた特徴と、カメラで撮影された後すぐにぼかされてエッジサーバに送信されるデータとの類似度を比較することで、明瞭な顔画像や詳細な特徴をシステムに渡さずに人物識別を可能にする仕組みを考案した。本研究では、特徴量に加えるノイズの強度や、特徴量に対するランダムシードを共通の準暗号鍵として活用することに着目している。

本研究では、このシステムにおいてノイズの強度が人物識別にどの程度影響を与えるかを評価している。その結果、ある一定以下の強度で ε ノイズを特徴量に加えることでプライバシーを保護できることが示され、また、ノイズの強度とノイズ生成に用いる乱数シードを共通の準暗号鍵として利用できることが確認された。

[関連発表論文]

学術論文誌掲載論文 5

博士論文 1

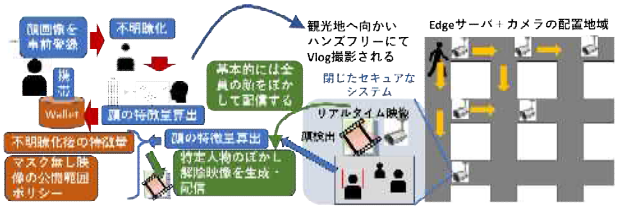


図 11. 提案手法の概要

4.2.6 通信トラヒックを用いた部屋の使用状況予測に関する研究

大学にある各教室は授業や自習など様々な用途に用いられる。その使用状況をリアルタイムで把握することで、空調の適切な調節などのメリットが得られる。しかし、実際には急遽の変更などによって予定された通りに教室が利用されないケースが存在するため、教室の使用状況の正確な把握は困難である。

そこで本研究では、教室近傍にあるアクセスポイントから得られた通信量データと教室の使用状況を説明変数として機械学習モデルに与えることで、その教室の使用状況を分類する手法を提案した。大阪大学に設置されたアクセスポイントの通信量データと教室の使用状況を用いて評価を行った。

[関連発表論文]

口頭発表 2, 12

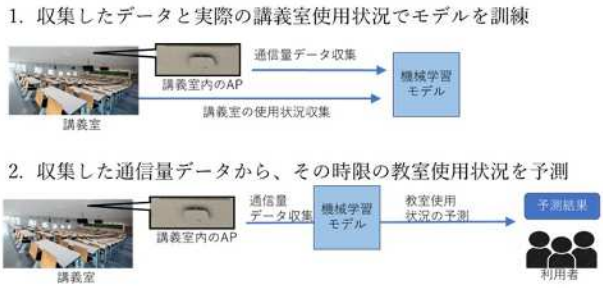


図 12. Wi-Fi トラヒック観測による教室使用状況リアルタイム予測

4.3 デジタルツインデータ活用に関する研究

4.3.1 Software-Defined Building に向けたビル OS とデータアーキテクチャに関する研究

モノのインターネット（IoT）およびスマートビル技術の発展により、設備や人の流れ、快適性などの多くの現実世界の要素がデジタルデータとして管理されるようになる。このことにより、スマートビル向けの高度かつ複雑なアプリケーションが多様な価値を実現する「ソフトウェア定義型ビル（Software-Defined Building）」が可能となる。

このような幅広いデータやアプリケーションを容易に追加・統合できるスケーラブルなプラットフォームを実現するために、大量のデータを扱う際のグラフ構造の複雑性が大きな課題となる。この課題を解決するために、本研究ではオブジェクト指向によるビル用 OS の設計を提案した。また、Eclipse Ditto を用いてビル用 OS プラットフォームのプロトタイプを開発し、提案の有効性について確認をしている、

[関連発表論文]

国際会議 1

修士論文 1

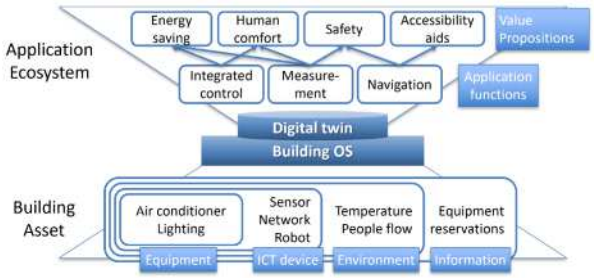


図 13. Software-Defined Building のコンセプト

4.3.2 ドローン遠隔操作支援のための三次元電波状況の可視化手法

ドローンは点検や物流などの幅広い分野で使用されているが、電波などの肉眼では確認できない障害が原因で事故が起こることがある。この問題に対して、ドローンカメラ映像に電波状況を可視化することで電波状況が悪い地点を避けることができると考えられる。しかしながら、電波状況を二次元的・三次元的に可視化する手法の研究はこれまでにも行われているが、二次元的に可視化すると電波状況の情報量が不足し、三次元的に可視化すると操作の邪魔になるという問題がある。そこで、本研究では電波状況の情報量と視認性の両立をするために、情報量が異なるユーザーインターフェースを実装し、比較実験を行い、どれほどの情報量の可視化が適切であるかを評価した。実験の結果、電波状況の可視化で電波状況が悪い地点を避けられることが示すことができ、客観的指標では可視化される電波状況の適切な情報量を示すことができた。

[関連発表論文]

国際会議 4

図 14. 電波環境の可視化を含むユーザーインターフェース

4.3.3 AR を活用したログ記録を含む IoT システムメンテナンス支援手法の提案と評価

近年、 設備のスマート化が進んでおり、センサ等の IoT 機器のメンテナンスが大きな課題となっている。IoT 機器は施設内に分散して大量に存在し、その位置や関係性等が変わりやすいため、特に非専門家の作業者に対してはメンテナンス作業への支援が欠かせない。また、トラブル対処のためには正確な機器情報が記録されていることが必須であるが, IoT 機器が数多くある環境において、それらの機器情報・メンテナンスログを長年にわたって継続的に誤りなく記録し続けることは困難である。そこで本研究では、拡張現実を用いたインタラクティブな作業支援において、作業支援の結果として正確なメンテナンスログの記録も同時に行えるのではないかと考え、作業支援とログ記録を統合した IoT システムメンテナンス支援手法を提案・開発した。そして、被験者実験により、従来のマニュアルを読んでタスクを行う方法と比較して十分にタスク支援ができることを確認した。 また、メンテナンスログに関しては、必要な項目をシステムが自動的かつ正確に記録できており、作業時間を短縮することができることも確認した。

[関連発表論文]

国際会議 9

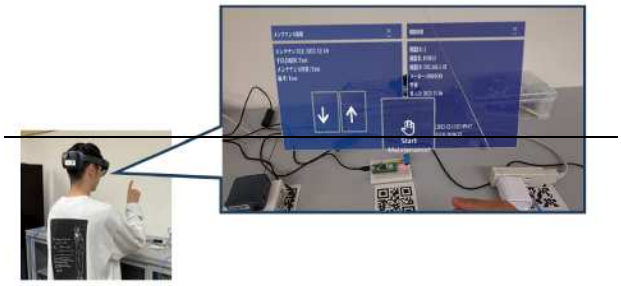


図 15. 実装したメンテナンス支援システム

4.3.4 人の行動理解に向けた¥¥モノの使用特性のベクトル埋め込み方法の提案(情報科学研究科サイバーコミュニケーション講座)

近年センシング技術の向上によりサーマルカメラの利用が拡大している。それに伴い、これまでデータ化できなかった情報を、スマートハウスなどの文脈で活用できる可能性がある。具体的には、サーマルカメラの使用によって、物体に残った熱から人が触れたモノを検出し、日常的な物体の使用履歴を記録することができる。そこで我々は、接触した物体の履歴を蓄積することで、モノの使われ方を分析できるのではないかと考えた。

モノの使われ方を分析するための手法として、モノの分散表現を提案する。分散表現は、非構造化データをベクトルで表現する手法であり、ベクトル埋め込みとも呼ばれる。モノの使われ方をベクトルで表現することで、異常検知や生活パターンの特定、人の行動理解など幅広い応用が期待できる。

そこで我々は、モノの使われ方がモノを特徴づける情報として重要ではないかという仮説のもと、モノの使用情報をもとにモノの分散表現を作成するThing2Vec を提案する。Word2Vec のモデルをもとに，入力として物体 ID を、出力にはモノの使用情報を与えて学習を行うことで、中間層の潜在変数を分散表現として得ることができる。実験では、RGB カメラとサーマルカメラを使用してモノの使用情報を取得し、得られた情報をもとに分散表現を作成した。生成された分散表現をクラスタリングし分析を行った結果、生成された分散表現は、モノの使用情報に基づいたクラスタを形成することが分かった。

[関連発表論文]

国際会議 7

口頭発表 1，13

修士論文 6

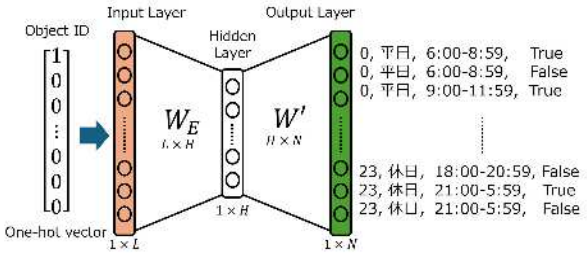


図 16. Thing2Vec

4.4 その他共同研究等

以上に当てはまらない他研究室や他研究機関との共同研究として、ストレス検知/計測、メタバース、ロボット制御などの研究に参加している。

[関連発表論文]

国際会議 2, 3

口頭発表 6

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学外活動

該当なし

5.1.2 研究部門公開

該当なし

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

- 電子情報通信学研専運営会議企画担当副議長（下西）
- 電子情報通信学研専運営会議総務幹事（大下）
- 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティー研究会 顧問（下西）
- 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会 専門委員（大下）
-

5.2.2 論文誌編集

- 電子情報通信学会英文論文誌特集号 編集幹事（下西）
-

5.2.3 国際会議への参画

- IEICE-CS International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC) 2024, Technical Program Committee Co-chairs（下西）
- IEEE International Conference on Communications (ICC) 2024 CQRM Symposium Technical Program Committee（下西）
- IEEE International Conference on Communications (ICC) 2024 NGNI Symposium Technical Program Committee（下西）
- IEEE Global Communications Conference (Globecom) 2024 CQRM Symposium Technical Program Committee（下西）
- IEEE Global Communications Conference (Globecom) 2024 NGNI Symposium Technical Program Committee（下西）
- IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) 2024 Technical Program Committee（下西）
- IEEE Communications, Quality, and Reliability

Workshop (CQR) 2024 Technical Program Committee（下西）
- IEEE International Conference on High Performance Switching and Routing (HPSR) 2025, Technical Program Committee, Local Arrangement Co-Chairs（下西、大下）
- IEEE Future Networks World Forum Technical Program Committee (大下)
- IEEE International Conference on Communications (ICC) CQRM Symposium Technical Program Committee (大下)
- 2025 EuCNC & 6G Summit, Technical Program Committee (大下)

5.2.4 学会における招待講演・パネル
- 下西英之, "［招待講演］デジタルツインによる無線通信と実世界制御の融合に向けて", 信学技報, vol. 124, no. 216, RCS2024-149, pp. 66-70, 2024 年 10 月
- 下西英之, "[基調講演] Beyond 5G/6G 時代のサイバーフィジカルシステムに向けた確率的デジタルツイン", 第 38 回光通信システムシンポジウム, 2024 年 12 月
- 下西英之, "デジタルツインによるICT技術と実世界制御の融合に向けて", URSI-C 委員会 第 26 期 第 4 回公開研究会, 2025 年 1 月
- 下西英之, "B5G モバイルテストベッドへの期待と関連プロジェクト紹介", NICT B5G モバイルテストベッド 実証イベント, 2025 年 1 月
- 下西英之, "[招待講演] 将来社会に向けたデジタルツインのビジョン", 2025 年情報通信マネジメントワークショップ, 2025 年 3 月

5.2.5 招待論文・雑誌寄稿
該当なし

5.2.6 学会表彰
- Tian Gao, Nattaon Techasarntikul, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, 43rd IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2025), Best Paper Award (2025 年 1 月)
- 川口峻平, 大下裕一, 川島正久, 下西英之, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 情報ネットワーク研究賞 (2025 年 3 月)
- 川口峻平, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 優秀発表賞 (2024 年 10 月)
- 槌野 斗馬, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 優秀発表賞 (2025 年 3 月)
- 佐々木晋之介, 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティー研究会, 学生優秀発表賞 (2025 年 3 月)

5.3 産学連携
5.3.1 企業との共同研究
- 大阪大学 NEC Beyond 5G 協働研究所（下西、大下）
- NTT アクセスサービス研究所（下西）
- ダイキン工業 テクノロジーイノベーションセンター (下西)

5.3.2 学外での講演
該当なし

5.3.3 特許
- 特願 2024-225575 「高精度品質推定に基づく無線通信ビームの最適化」（下西）
- 特願 2024-225295 「高精度品質推定に基づくアプリケーション設定の最適化」（下西）

5.3.4 学外委員
- 情報通信研究機構委託研究「Beyond 5G における高度 RAN 基盤を実現する Open RAN 無線通信技術の研究開発運営委員会」運営委員（下西）

5.4 プロジェクト活動
- 情報通信研究機構 Beyond 5G 研究開発促進事業 00701「Beyond 5G を活用した安全かつ効率的なクラウドロボティクスの実現」（下西、大下）
- 情報通信研究機構 Beyond 5G 研究開発促進事

業 00101「Beyond 5G 超大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発」（大下）

5.5 その他

該当なし

6 2024 年度研究発表論文一覧

2024 年度内に出版された論文や対外発表を列挙する。

6.1 著書

該当なし

6.2 学術論文誌掲載論文

1. Akishige Ikoma, Yuichi Ohsita and Masayuki Murata, “Resource allocation considering impact of network on performance in a disaggregated data center,” IEEE Access, 2024 年 5 月
2. Akishige Ikoma, Yuichi Ohsita and Masayuki Murata, “Optical network topology design to execute many tasks simultaneously in a disaggregated data center,” IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, 2024 年 6 月
3. Hideyuki Shimonishi, Daichi Kominami, Yuichi Ohsita, Hiroshi Yoshida, Kousuke Nogami, Dai Kanetomo, Masayuki Murata, “Probabilistic Representation and Its Application of Digital-Twin of Spatio-Temporal Real-World Towards Trustable Cyber-Physical Interactions”, IEEE Network, 2024 年 9 月
4. Ade Kurniawan, Yuichi Ohsita, and Masayuki Murata, “Detection of sensors used for adversarial examples against machine learning models,” Results in Engineering, 2024 年 12 月
5. Satoru Matsumoto, Tomoki Yoshihisa, Hideyuki Shimonishi, Tomoya Kawakami, Yuuichi Teranishi, “Implementation and Evaluation of a Person Identification System Considering Face Image Recognition Accuracy and Privacy Protection”, IEEE Access, 13 44135-44155, 2025 年
6. (投稿中) Shumpei Kawaguchi, Yuichi Ohsita, Masahisa Kawashima, and Hideyuki Shimonishi, “Robust Task Completion Time Prediction for Fine-Grained GPU Sharing”, Submitted to IEEE Transactions on Cloud Computing
7. (投稿中) Takumi Bushi, Toshiro Nakahira, Shoko Shinohara, Yusuke Asai, Kenji Ohira, and Hideyuki Shimonishi, “Real-Time Reconstruction of Radio Environment Maps and Dynamic Beamforming Optimization for Indoor Millimeter-Wave Communications”, Submitted to IEEE Transactions on Network and Service Management
8. (投稿中) Shisei Nakamura, Masaaki Yamauchi, Miwa Sugita, Yoshihiro Aso, Yuichi Ohsita, and Hideyuki Shimonishi, “Detecting Falls and Slips of Wheelchair Users Using Low-Resolution Thermal Image Analysis”, Submitted to IEEE ACCESS

6.3 解説論文・記事

1. 下西英之, “通信と計算の融合による社会のスマート化”, 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 科学技術未来戦略ワークショップ報告書, CRDS-FY2024-WR-03, 2024 年 8 月
2. 下西英之, “実世界と情報通信の融合に向けて”, 電波技術協会 協会報, FORN (361), 2024 年 11 月
3. 下西英之, “Society Beyond 5G 時代のサイバーフィジカルシステムに向けた確率的ディジタルツイン”, 日本機械学会誌, ISSN0021-4728, 128(1275), 28-29, 2025 年 2 月

6.4 国際会議発表

1. Koichi Owaki, Matsuki Yamamoto, Nattaon Techasarntikul, Yuichi Oshita, Hideyuki Shimonishi, Kouki Higashioka, Yoshihisa Toshima, Takanori Ogura, Shinji Shimojo, “Proposal of a Scalable Building Operating System Architecture and Data Model Toward Software- Defined Building”, The

12th International IEEE Workshop on Architecture, Design, Deployment, and Management of Networks and Applications, 2024 年 7 月

2. Narumi Shigekiyo, Masaaki Yamauchi, Hiroshi Tsuji, Hideyuki Shimonishi, Masayuki Murata, Miwa Sugita, Michihiro Kita, “Estimating Anxiety Intensity of Dementia Patients Using Phrases, Facial Expressions, and Behaviors”, 2024 IEEE International Symposium on Consumer Technology (ISCT)”, 2024 年 8 月
3. Tomoki Yoshihisa, Hiroki Kitagawa, Hideyuki Shimonishi, “A Drawing Time Reduction Method considering Object Occlusions for Metaverse”, The 13th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (DEMoC-2024), 2024 年 9
4. Takumi Nagahara, Nattaon Techasarntikul, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, “Visualization of three-dimensional radio wave conditions for indoor drone teleoperation support”, Proceedings of the 23nd IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR24), Poster, 2024 年 10 月
5. Takumi Bushi, Toshiro Nakahira, Shoko Shinohara, Yusuke Asai, Kenji Ohira, Hideyuki Shimonishi, “Real Time Reconstruction of Radio Environment Maps in Indoor Millimeter-Wave Beamforming with Beam Changes”, 20th International Conference on Network and Service Management (CNSM), NET4IN Workshop, 2024 年 10 月
6. Shumpei Kawaguchi, Yuichi Ohsita, Masahisa Kawashima, Hideyuki Shimonishi, “Task Completion Time Prediction Scaled by Machine Learning Model Uncertainty”, 20th International Conference on Network and Service Management (CNSM), AnServNet Workshop, 2024 年 10 月
7. Mone Tanaka, Yasue Kishino, Hideyuki Shimonishi, “Efficient Object Retrieval System Using Contact History from a Thermal Camera”, 2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2025 年 1 月
8. Shisei Nakamura, Masaaki Yamauchi, Miwa Sugita, Yoshihiro Aso, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, “Detecting Falls and Slips in Wheelchair Users Using Low-Resolution Thermal Imaging”, 2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2025 年 1 月
9. Eita Kobayashi, Nattaon Techasarntikul, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, “Enhancing IoT System Maintenance and Log Recording with Augmented Reality: A Comparative Analysis of HMD and HHD”, 2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2025 年 1 月
10. Tian Gao, Nattaon Techasarntikul, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, “Robot Path Planning for Monitoring Dynamic Environment by Predictive Uncertainty Minimization Using Gaussian Process Regression”, 2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2025 年 1 月
11. Akishige Ikoma, Yuichi Ohsita and Masayuki Murata, “Dynamic resource allocation considering workload changes in a disaggregated data center,” in Proceedings of 2025 IEEE 15th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (IEEE CCWC), 2025 年 1 月
12. Weiwei Hu, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, “Digital Twin-Enhanced Framework for TCP Throughput Map Construction in Dynamic IoV”, 2025 28th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks (ICIN), 156-160, 2025 年 3 月

6.5 口頭発表（国内研究会など）

1. 田仲百音, 岸野泰恵, 下西英之, “サーマルカメラで取得した接触履歴を活用した失くし物検索システムの提案と評価”, 情報処理学会研究報告 UBI-82, 2024 年 5 月
2. 坂谷 遥平, 矢野 英人, 義久 智樹, 下西 英之, “機械学習を用いたキャンパス内 Wi-Fi トラヒック予測のためのデータ収集拠点数削減手法”, マ

ルチメディア・分散・協調とモバイル(DICOMO2024)シンポジウム, 2024 年 6 月

3. 生駒 昭繁, 大下 裕一, 村田 正幸, “リソース分離型データセンターにおける処理負荷やネットワークの変化を考慮した動的資源割当手法,” 信学技報, vol. 124, no. 180, IN2024-33, pp. 11-16, 2024 年 8 月
4. 川口峻平, 大下裕一, 川島正久, 下西英之, “GPU Time Sharing に向けたロバストなタスク完了時間予測手法の提案”, 信学技報, vol. 124, no. 180, IN2024-35, pp. 11-16, 2024 年 8 月
5. Romain Jean, Yuichi Ohsita, Hideyuki Shimonishi, “A network reconfiguration method in a Disaggregated Date Center”, 信学技報, vol. 124, no. 312, IN2024-61, pp. 31-36, 2024 年 12 月
6. 福山 敦也, 大下 裕一, 村田 正幸, “能動推論に基づく搬送ロボット制御手法の提案,” 信学技報, CQ2024-78, vol. 124, no. 368, 2025 年 1 月
7. 川口椋太郎, 大下裕一, 原 博子, 下西英之, 村田正幸, “室内環境や作業内容による快-不快および覚醒度の変化の個人別モデル化”, 信学技報, vol. 124, no. 405, IE2024-117, pp. 138-143, 2025 年 3 月
8. 中村俊太, TECHASARNTIKUL NATTAON, 大下裕一, 下西英之, “人と共存する環境計測ロボットのための経路計画の最適化”, 信学技報, vol. 124, no. 404, CQ2024-102, pp. 63-68, 2025 年 3 月
9. 佐々木晋之介, テチャサンティクーン ナタオン, 大下裕一, 下西英之, “大規模言語モデルを用いた個人の温熱快適性モデリングとエージェントシミュレーション”, 信学技報, vol. 124, no. 404, CQ2024-101, pp. 57-62, 2025 年 3 月
10. 槌野斗馬, 中平俊朗, 篠原笑子, 淺井裕介, 大平健司, 下西英之, “ガウス過程回帰モデルにより学習したトランスフォーマーによるリアルタイムな確率的電波マップの構築”, 信学技報, vol. 124, no. 420, IN2024-92, pp. 73-78, 2025 年 3 月
11. 源内裕貴, 川口峻平, 大下裕一, 下西英之, “CNN による画像分析タスクの実行時間予測のための CPU/GPU ベンチマーク手法の提案”, 信学技報, vol. 124, no. 420, IN2024-129, pp. 312-31, 2025 年 3 月
12. 坂谷遥平, 義久智樹, 大平健司, 下西英之, “Wi-Fi アクセスポイント通信量を用いた教室使用状況リアルタイム予測 AI の提案と評価”, 信学技報, vol. 124, no. 420, IN2024-107, pp. 172-177, 2025 年 3 月
13. 田仲百音, 岸野泰恵, 下西英之, “Thing2Vec 人の行動理解に向けたモノの使用特性のベクトル埋め込み方法の提案”, AIoT 行動変容学会第 9 回研究会(BTI9), 2025 年 3 月

6.6 ポスター発表

1. 中村至誠, 山内政明, 杉田美和, 麻生義弘, 大下裕一, 下西英之, “クラウド処理を目指した車椅子利用者における低解像度サーマルイメージングを用いた転倒及びずり落ち検出システム開発”, 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, 2024 年 11 月
2. 武士拓実, 中平俊朗, 篠原笑子, 淺井裕介, 大平健司, 下西英之, “屋内ミリ波動的ビームフォーミング制御に向けたリアルタイム再構築可能な確率的電波マップの利用によるロボット制御の評価”, 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, 2024 年 11 月
3. 源内裕貴, 川口峻平, 大下裕一, 下西英之, “Air Computing Pool のタスク実行時間予測に寄与する GPU 特性抽出の検討”, 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, 2024 年 11 月
4. 川口峻平, 大下裕一, 川島正久, 下西英之, “Air Computing Pool のサービスコンセプト案の検討”, 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, 2024 年 11 月
5. 川口椋太郎, 大下裕一, 原 博子, 下西英之, 村

田正幸, “環境変化に対応した個人の状態変化モデルの構築”, 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, 2024 年 11 月

6.7 博士論文・修士論文・特別研究報告

6.7.1 博士論文

1. “A Research on Privacy Protection and Large-Scale Distribution Technologies for Public Camera Video Streaming （公共カメラ映像広域配信サービスのためのプライバシー保護技術と大規模配信技術の研究）”, 松本哲

6.7.2 修士論文

1. “Proposal of an Object-oriented Design for Scalable Building Operating System Toward Software-Defined Building （ソフトウェア定義型ビルに向けた拡張可能なビルOSのためのオブジェクト指向設計の提案）”, 大脇光一
2. “Robot Path Planning for Dynamic Environment Monitoring by Predictive Uncertainty Minimization Using Gaussian Process Regression (ガウス過程回帰を用いた予測不確実性最小化による動的環境監視のためのロボット経路計画)”, GAO TIAN
3. “Detecting Falls and Slips of Wheelchair Users Using Low-Resolution Thermal Image Analysis（車椅子利用者の転倒およびずり落ち検出のための低解像度熱画像分析手法）”, 中村至誠
4. “Probabilistic Radio Environment Map Construction and Real-time Beamforming Control for Stable mmWave Communication（安定したミリ波通信のための確率的無線環境マップ構築とリアルタイムビームフォーミング制御）”, 武士拓実
5. “Robust Task Completion Time Prediction for Fine-Grained GPU Sharing（細粒度なGPUシェアリングを実現するためのロバストなタスク完了時間予測の提案と評価）”, 川口峻平
6. “Lost and Found Management System with Contact History Information using a Thermal Camera and Thing Vectorization (サーマルカメラによる接触履歴を用いた失くし物捜しシステムとモノの分散表現の着想)”, 田仲百音 (情報科学研究科NTT連携講座)

6.7.3 特別研究報告

1. “室内環境や作業内容による快-不快および覚醒度の変化の個人別モデル化”, 川口椋太郎
2. “大規模言語モデルを用いた個人の温熱快適性モデリングとエージェントシミュレーション”, 佐々木晋之介
3. “ガウス過程回帰モデルにより学習したトランスフォーマーによるリアルタイムな確率的電波マップの構築”, 槌野斗馬
4. “人と共存する環境計測ロボットのための経路計画の最適化”, 中村俊太
5. “CNN による画像分析タスクの実行時間予測のための CPU/GPU ベンチマーク手法の提案”, 源内裕貴

データ生成工学研究部門

Synthetic Data Engineering Research Division

1 部門スタッフ

教授　村田 忠彦

略歴:1994 年 3 月大阪府立大学工学部経営工学科卒業、1996 年 3 月大阪府立大学大学院工学研究科博士前期課程経営工学専攻修了、1997 年 3 月大阪府立大学大学院工学研究科電気・情報系専攻博士後期課程修了（年限短縮）。2001 年 9 月関西大学総合情報学部助教授、2005 年 4 月関西大学政策グリッドコンピューティング実験センター長、2009 年 4 月関西大学総合情報学部教授。2010 年 4 月シカゴ大学 Computational Institute 客員研究員。2020 年 10 月放送大学客員教授。2023 年 4 月大阪大学サイバーメディアセンター教授、大学院情報科学研究科（協力講座）教授。2024 年 10 月大阪大学 D3 センター教授。2015 年 1 月～2020 年 12 月 IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society 理事（2 期）、2020 年 10 月～2022 年 9 月進化計算学会会長、2022 年 6 月～2025 年 12 月 IEEE SMCS 副会長、2023 年 6 月～2025 年 5 月日本知能情報ファジィ学会副会長、2024 年 4 月～2025 年 12 月 IEEE SMC Society Distinguished Lecturer。博士（工学）、IEEE Fellow

准教授　李　晨

略歴 :2016 年 9 月広島大学大学院先進理工系科学研究科情報工学専攻博士前期課程修了。2019 年 9 月広島大学大学院先進理工系科学研究科情報工学専攻博士後期課程修了。2019 年 10 月から 2021 年 1 月まで広島大学大学院先進理工系科学研究科客員研究員。2021 年 2 月から 2023 年 3 月まで九州工業大学情報工学研究院生命化学情報工学系研究員。2023 年 4 月から 2025 年 1 月まで名古屋大学大学院情報学研究科 JSPS 特別研究員。2025 年 2 月より、大阪大学 D3 センター准教授、名古屋大学大学院情報学研究科招聘教員。また、2021 年より NeurIPS、ICML、AAAI の国際会議においてプログラム委員、2023 年からは ECAI、IEEE BigData、IEEE BIBM の国際会議プログラム委員、2024 年には IJCAI、ICLR、AISTATS の国際会議プログラム委員。2022 年 HPCC 国際会議にて出版委員長、2024 年 IEWAI 国際会議にてプログラム委員長、ADMA 国際会議にて広報委員長。博士（工学）

事務補佐員

大堀　富美

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

本部門は、大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻および工学部電子情報工学科情報通信工学科目情報システム工学クラスにて応用メディア工学講座を協力講座として兼任しており、2024 年度は大学院学生 3 名、学部学生 3 名の研究指導を行うとともに、下記の講義を担当した。

- マルチメディアシステムアーキテクチャ(村田、李、他)
- マルチメディア工学演習Ⅰ・Ⅱ (全教員)
- マルチメディア工学研究 (全教員)
- マルチメディア工学アドバンストセミナー (全教員)

2.2 研究の概要

本研究部門では、データ生成に関する研究を推進するため、リアルスケール社会シミュレーションの

ための合成人口データに関する研究と、生成 AI を用いた創薬に関する研究を推進している。

2.2.1 リアルスケール社会シミュレーションのための合成人口データに関する研究

合成人口データ（Synthetic Population）とは、公開されている国勢調査等の統計データに基づき、日本の全世帯の世帯構成員の属性を合成しているデータである。特定の地域を対象にした社会シミュレーションを実施する場合、対象地域の住民データが必要となる。しかし、個人情報保護の観点から行政が保持している世帯情報を研究者が自由に用いることは困難であるため、本研究テーマでは、2019 年度から継続して D3 センターのスーパーコンピュータを含む学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）が提供する計算資源を用いて、公開されている統計データに基づいて日本全国の自治体の世帯構成員の属性情報（年齢、性別、居住する都道府県、市区町村、町丁目、居住建物の緯度経度、従業する産業分類、従業する企業規模、雇用形態、所得）を含む世帯個票を合成している。現在、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年に実施された国勢調査に基づく人口合成が完了しており、2020 年実施の国勢調査に基づく人口合成に取り組んでいる。

合成されたデータは研究者コミュニティに対して提供されている。これまで、内閣官房 COVID-19 AI・シミュレーションプロジェクト、内閣府 SIP3、JST 未来社会創造事業などのプロジェクトで活用されている。また、北海道大学、宮城大学、芝浦工業大学、筑波大学、防災科学技術研究所、東京理科大学、東京大学、東京工業大学、慶應大学、早稲田大学、国際医療福祉大学、青山学院大学、情報通信研究機構、創価大学、静岡大学、富山県立大学、京都大学、奈良先端科学技術大学院大学、関西大学、神戸大学、国立保健医療科学院、国立情報学研究所の研究者から問合わせを受け、申請内容を審査の上、合成人口データを提供している。

国勢調査に基づいて合成された人口データは、いわゆる夜間人口分布を表している。本研究テーマでは、基本となる仮想的な世帯情報に加えて、属性の追加を行っている。仮想世帯個票の居住者属性に、基本行動データを加えたデータを「仮想実社会データ（Synthetic Societal Data）」と名付け、合成データの拡張を行っている。これまでデータを提供した利用者から日中の移動状況に関する属性のリクエストを受けており、従業地属性を追加するアルゴリズムを開発済みである。

本研究テーマでは、合成人口データを用いて、特定の地域のシミュレーションツールを開発している。これまで、年金政策（日本全国）、空港選択シミュレーション（大阪府）、投票シミュレーション（大阪府高槻市）、医療機関選択シミュレーション（大阪府吹田市）などに取り組んでいる。

2024 年度は、以下の研究に取り組んだ。

- 国勢調査実施年度間の世帯構成の推定手法の開発
- PLATEAU データを用いた世帯割当て手法の開発
- 全国自治体就業者への従業地属性追加手法の開発
- 各世帯構成員への生活時間の割当て手法の開発
- 発生交通量推定アルゴリズムの開発
- 電気自動車充電ステーション最適化手法の開発
- 社会シミュレーション可視化装置の開発

2.2.2 生成AIを活用した分子構造の生成に関する研究

近年、創薬分野では、深層学習や生成 AI の急速な進展に伴い、分子設計のアプローチが大きく変化しつつある。従来の構造ベース・リガンドベースの手法に加え、疾患に関連する多様な生物医学データを活用して、新規分子を自動的に創出する手法が注目を集めている。とくに、個別化医療の潮流のなかで、特定疾患の患者に特有のバイオデータ（例：遺伝子発現プロファイル）をもとに、治療効果が期待される分子を設計・最適化する研究が加速している。

李の研究では、このような背景を踏まえ、異種データの統合による次世代の分子生成技術の確立に取り組んでいる。一方では、患者の遺伝子発現プロファイルと既知薬剤の対応ペアといった異構造データ（heterogeneous data）を活用し、それに基づいて疾患特異的な新規治療候補分子（hit-like molecules）を創出するアルゴリズムの開発を行っている。ここで

は、変分オートエンコーダ（VAE）や生成敵対ネットワーク（GAN）などの生成 AI を用いることで、疾患と治療の関係性を構造化し、分子構造に還元することを目指している。

他方で、分子の表現形式そのものの多様性にも着目している。分子構造は一般に SMILES（文字列表現）として取り扱われるが、近年では SELFIES（構文安全な拡張形式）やグラフ構造（Graph-based molecular representation）など、複数のモダリティで表現可能となっている。李は、これら異なる表現形式（分子モダリティ）を統一的に取り扱うための多モーダル生成フレームワークの構築を進めており、特に大規模言語モデル（LLM）と統合することで、SMILES→SELFIES、Graph→SMILES、SELFIES → Graph といった多対多（any-to-any）モーダル変換を可能にする研究を展開している。

このようなアプローチにより、文献、構造、生物学的データ、臨床情報など、複雑で異なる情報源を有機的に統合し、ゼロから有用な分子を創出する「from-scratch de novo 分子設計」を実現することを目指している。加えて、これらの研究は学部生・大学院生との共同プロジェクトとしても実施されており、次世代研究者の育成にも貢献している。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 教育に係る全学支援

全学の教育支援を目的とした、下記の学内委員を担当した。

- 理工情報系オナー大学院プログラム教務委員会（村田）

本部門は、履修生が視野を広げ、異分野や新分野を開拓する力を獲得するため、履修生が所属する研究科・専攻での専門課程科目に加え、本プログラムが提供する特別科目を履修するように求めている。D3 センターの研究者が取り組んでいる最先端の研究分野に興味をもつ履修生への窓口を提供している。

3.2 研究に係る全学支援

全学の研究支援を目的とした、下記の学内委員等を担当した。

- D3 センター研究倫理審査委員会委員長（村田）
- 先導的学際研究機構 DX 社会研究部門都市 DX 研究領域（兼任）（村田）
- 附属図書館研究開発室（兼任）（村田）
- OUDX 推進室運営会議 DX・オープンサイエンス推進部門長（村田）
- オープンサイエンス推進室員（村田）
- 研究データ管理人材育成ワーキンググループメンバー（村田）

3.2.1 研究データ管理

研究マネジメント総合支援システムにおける研究データ管理において、ONION-Object との連携を図るため、システムの実働状況を整理し、学内各部局が研究データをスムーズに保存・共有・公開する枠組みについて、2025 年度以降、順次稼働させるための計画を立てた。

3.2.2 合成人口データの提供

2024 年度は、以下のような研究において、合成人口データが利用された。2025 年 3 月に開催された計測自動制御学会社会システム部会第 37 回研究会では，多数の研究で合成人口データを用いた研究が行われた[1-16]。都市政策のためのシミュレーションに関する研究[1,10-12,15,16]、顧客像の分析[2]、ライドシェアの需要推定[3]、合成人口データの居住地情報推定[4,9]、合成人口データの属性追加手法[5-8]、社会シミュレーションにおけるパラメータ同定[13]、災害時の避難シミュレーション[14]など多様なテーマの研究に活用されている。

[1] **神戸大学**：神部尚樹、貝原俊也、國領大介、マルチスケール社会シミュレーションを用いた健康都市政策立案のための意思決定支援，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集, 18/26 (2025)

[2] **芝浦工業大学**：柴山りく，後藤裕介，販売記録データと社会調査データの融合による顧客像に基づく商圏分析手法の開発，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集,

35/42 (2025)

[3] **芝浦工業大学**：森山理奈，原田拓弥，過疎地域における移動手段確保のためのライドシェア導入の検証，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，43/52 (2025)

[4] **芝浦工業大学**：辻優樹，原田拓弥，深層学習を用いた建物の用途判別ー合成人口データにおける住所情報の精度向上に向けて，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，100/105 (2025)

[5] **大阪大学**：堀上駿太，村田忠彦，合成人口の複数自治体からの流入を考慮した就業者への従業地属性割当て最適化手法，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，106/109 (2025)

[6] **大阪大学**：松村優大，村田忠彦，社会生活基本調査による地域性および行動の連続性を考慮した生活行動生成，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，159/166 (2025)

[7] **芝浦工業大学**：伊藤俊宗，原田拓弥，合成人口データへの国籍の割り当て，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，167/174 (2025)

[8] **芝浦工業大学**：松本啓吾，原田拓弥，合成人口データへのフリーランス属性の合成手法の開発，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，181/188 (2025)

[9] **大阪大学**：新木直人，村田忠彦，PLATEAU の建築物属性と国勢調査の住居・居住地統計を考慮した合成世帯割当て手法，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，189/197 (2025)

[10] **芝浦工業大学**：森本大貴，市川学，EBPM を用いた都市施策のための社会シミュレーションの構築，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，220/227 (2025)

[11] **富山県立大学**：近藤岳，喜多賢，沖田颯真，中村正樹，高野諒，松本卓也，榊原一紀，立花潤三，合成人口データと交通行動データを組み込んだ都市交通マルチエージェントシミュレーションモデルによる駐車場施策の検討，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，204/2011 (2025)

[12] **静岡大学**：橋本 晟弥，李 皓，都市政策と都市構造が市民の活動量に与える影響の推計 -エージェントベースシミュレーションを用いた分析-，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，212/219 (2025)

[13] **早稲田大学**：白河部希，坂田顕庸，高橋真吾，感染症流行初期における感染症 ABM のパラメータ設定手法の提案，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，283/291 (2025)

[14] **芝浦工業大学**：北島里邦，原田拓弥，合成人口データを活用した避難所選択の適性分析の検討，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，331/338 (2025)

[15] **神戸大学**：井口拓海，貝原俊也，國領大介，ウォーカブル推進都市における回遊行動促進のための行動選択モデルの一提案，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，p.346 (2025)

[16] **神戸大学**：山田竜志 貝原俊也 國領大介，防災力向上に向けた地域コミュニティ活性化施策の 立案のための意思決定支援モデルの一提案，計測自動制御情報学会社会システム部会第 37 回研究会予稿集，p .347 (2025)

4 2024 年度研究業績

4.1 人口データ（模擬世帯個票データ）の合成

本研究テーマでは、2019 年度以降学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）が提供する計算資源を用いて、公開されている統計データに基づいて図 1 のような日本全国の自治体の世帯構成員の属性情報（年齢、性別、居住する都道府県、市区町村、町丁目、居住建物の緯度経度、従業する産業分類、従業する企業規模、雇用形態、所得）を含む世帯個票を合成している。

図 1: 合成人口データの仮想世帯の属性

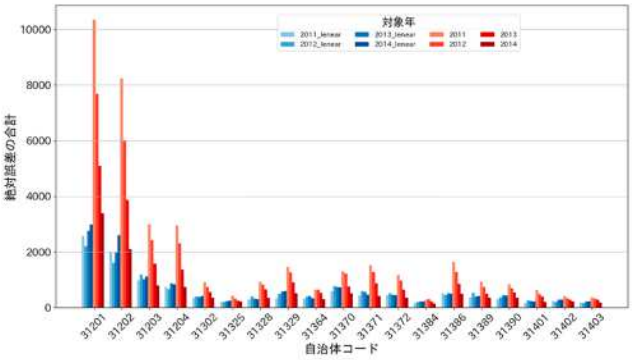
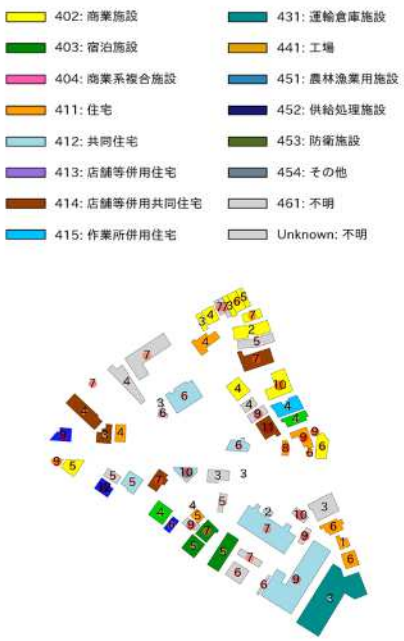


図 2: 鳥取県の自治体の合成世帯の絶対誤差



（a）従来手法

（b）提案手法

図 3: 福岡市博多区寿町 3 丁目の建築物割当結果

2024 年度は、以下の 2 種類の合成手法のためのアルゴリズムを開発した。

・国勢調査実施年度間の世帯構成の推定手法の開発

・PLATEAU データを用いた世帯割当て手法の開発

国勢調査実施年度間の世帯構成を推定するため、各自治体が整備している住民基本台帳データを用いた補間手法を開発した。各自治体が公開する住民基本台帳データと国勢調査の 5 年前の居住地統計を用いることにより、対象自治体への流出入を判定し、国勢調査年度間の世帯構成の推定を行なった。鳥取県を対象に開発したアルゴリズムを適用し、線形補間による性別・5 歳区分別人口との絶対誤差を求めた。図 2 より、2015 年の合成人口をもとに年度を遡って推定しているため、2015 年から遡るほど、誤差が大きくなっていることがわかる。

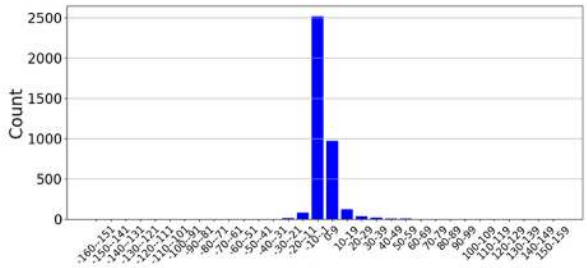
また、国土交通省が整備する 3D 都市モデルデータ PLATEAU を用いた建築物の目的を考慮した世帯割当てアルゴリズムを開発した。PLATEAU データには、建築物の用途が記載されており、住宅用途の建築物のみに世帯を割り当てることにより、従来手法より正確な世帯の割当てが可能になる。図 3 上に従来手法による建築物への割当て世帯数、図 3 下に PLATEAU の建築物用途を考慮した場合の割当て世帯数を示す。図より従来手法では、商業施設に世帯が割り当てられているのに対して、提案手法では商業施設への割当てが回避されていることがわかる。

関連発表論文等

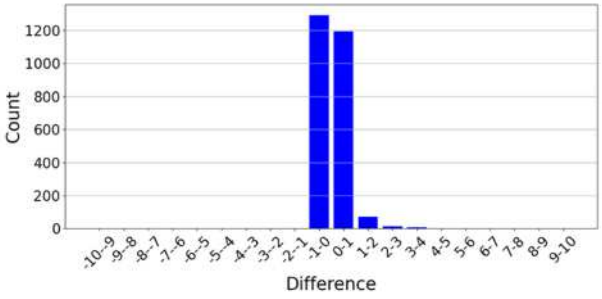
(2), (4), (5), (6), (7), (8), (12), (17), (18), (19)

4.2 合成人口データへの属性追加

国勢調査に基づいて合成された人口データは、いわゆる夜間人口分布を表している。本研究テーマでは、基本となる仮想的な世帯情報に加えて、属性の追加を行っている。仮想世帯個票の居住者属性に、基本行動データを加えたデータを「仮想実社会データ（Synthetic Societal Data）」と名付け、合成データの拡張を行っている。



（a）従来手法



（b）提案手法

図 4: 従業者数誤差ごとの小地域数

図 5: 生成された生活行動時間

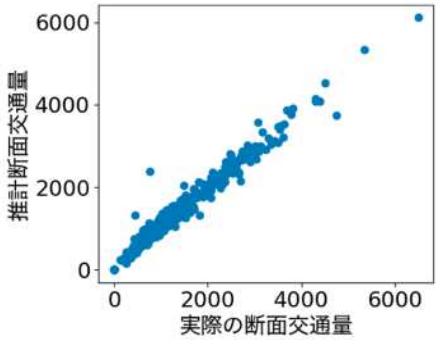


図 6: 熊本市における発生交通量比較

2024 年度は、以下の２種類の属性追加をおこなうためのアルゴリズムを開発した。

・全国自治体就業者への従業地属性追加手法の開発
・各世帯構成員への生活時間の割当て手法の開発

日本全国の自治体において、合成人口データの就業者への従業地属性の追加するため、流入する就業者を経済センサスの統計に合わせて割り当てるアルゴリズムの開発を行なった。従来手法では、対象自治体から流出する従業者の従業地を確率的に割り当てていた。本研究では流入先自治体に着目し、従来手法の確率的な割当てにより発生する誤差を、経済センサスの統計を用いて軽減するための手法を開発した。大阪府高槻市を対象に従来手法と提案手法により従業地の割り当てた結果を図 4 に示す。図より提案手法の方が、誤差の少ない小地域が多いことがわかる。

生活行動時間属性を割り当てる際には、社会生活基本調査を用いた。生活行動の調査には、NHK が実施する国民生活時間調査もあるが、社会生活基本調査は、サンプルサイズが 20 万人と、NHK の調査に比べて 20 倍であり、都道府県ごとのデータが提供されていることから、社会生活基本調査データを用いた合成を行なった。図 5 に生成された行動スケジュールを示す。図は男性一般労働者の平日のスケジュール例である。やや帰宅時間が遅く、食事の回数が少ないが、図のようなスケジュールを生成することができた。

関連発表論文等

(3), (9), (10), (21)

4. 3 合成人口データを用いたリアルスケール社会シミュレーションツールの開発

本研究テーマでは、合成人口データや国勢調査、他のオープンデータを用いて、特定の地域のシミュレーションツールを開発している。これまで、年金政策（日本全国）、空港選択シミュレーション（大阪府）、投票シミュレーション（大阪府高槻市）、医療機関選択シミュレーション（大阪府吹田市）などに取り組んでいる。

2024 年度は、以下のツール開発に取り組んだ。

・発生交通量推定アルゴリズムの開発
・電気自動車充電ステーション最適化手法の開発
・社会シミュレーション可視化装置の開発

本研究では、国勢調査統計として公開されている対象地域内の就業者数、日本道路交通情報センター

がオープンデータとして公開する断面交通量情報を用いて、発生交通量の推計を行なった。なお、断面交通量情報に含まれる交通リンク番号を特定するため、日本交通管理技術協会から有償で提供されている計測地点の位置情報を用いて交通リンクを特定した。調査対象地域として熊本県熊本市を選定したところ、断面交通量計測地点は 809 箇所存在した。対象地域の就業者数データをもとに、発生交通量を推計し、実際の断面交通量と比較した結果を図 6 に示す。推定手法により、妥当な断面交通量を生じさせる発生交通量が推定できたことがわかる。

また、電気自動車充電ステーションの設置最適化を行うため、電気自動車所有世帯の推定を行った。電気自動車を所有する世帯の特徴を調査し、その特徴に合致する世帯を選択して、電気自動車所有世帯の分布を推定し、適切な充電ステーションの設置最適化を行う計画である。

さらに、社会シミュレーション可視化装置の開発に取組み、デスク型ディスプレイにシミュレーション結果を表示し、施設配置に応じたシミュレーション結果を示す装置の試作を行った（図 7）。

関連発表論文等

(11), (13), (14), (20)

4. 4 生成 AI を活用した分子生成

現在進行中の本研究では、標的指向型創薬において重要な役割を果たす治療効果を持つヒット様分子（hit-like molecule）の生成を目的としており、これまでの課題であった異種データの不足および多様な分子表現を統合可能な統一フレームワークの不在に対して、新たなアプローチを提案している。

本研究における第一の成果は、オミクス発現データと分子のテキスト記述（分子説明文）の 1 対 1 対応関係を確立したベンチマークデータセット「TextOmics」の構築である。TextOmics は、従来独立に扱われてきたバイオロジカルデータと化学構造のテキスト的記述（例：SMILES 由来の説明文など）を連携させることで、分子表現のアライメントと統合モデリングを可能にする異種データセットである。

図 7：シミュレーション可視化システム

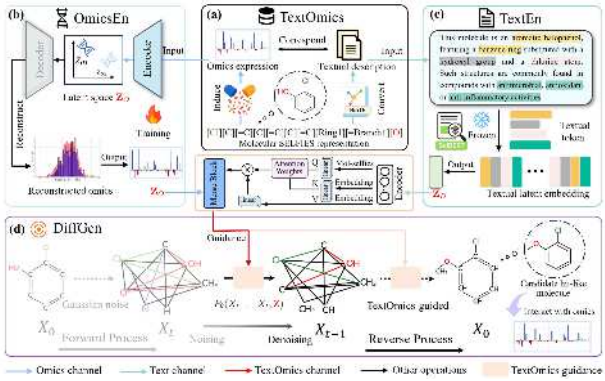


図 8：TextOmics と ToDi の概要

この TextOmics に基づき、本研究では新たな生成フレームワーク「ToDi（Text-Omics Diffusion）」を提案している。ToDi は、オミクスデータと分子記述文の双方を同時に条件として取り入れることで、生物学的妥当性と化学的妥当性を兼ね備えた分子生成を可能とする。

ToDi の技術的な構成（図 8）は以下のとおりである：

- OmicsEn（Omics Encoder）：RNA-Seq などの遺伝子発現データを入力とし、疾患や細胞状態の生物学的特徴を多層的に抽出する。
- TextEn（Text Encoder）：分子記述文から分子の意味的・機能的特徴を抽出し、化学的観点での制約を付与する。
- DiffGen（Diffusion-based Generator）：上記 2 つの Encoder によって得られた特徴ベクトルを条件情報として活用し、拡散モデル（Diffusion Model）を用いた制御可能な分子生成を実現する。

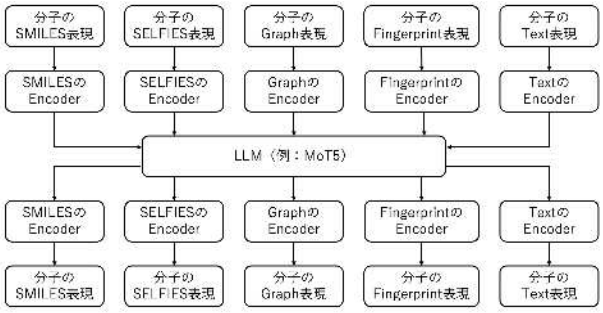


図 9：提案モデルの概要

このアーキテクチャにより、ToDi は表現の整合性と条件の制御性を両立し、既存の最先端モデル（SOTA）を超える性能を示している。実験的評価では、化学構造の有効性（validity）、多様性（diversity）、新規性（novelty）に加えて、ゼロショット条件下での治療候補分子の生成能力においても非常に高いポテンシャルを有していることが確認された。将来的には、個別化医療（Precision Medicine）への応用や、新規標的に対するファーストインクラス創薬への展開も視野に入れており、本研究成果は創薬 AI 分野において重要な基盤技術となることが期待される。

関連発表論文等

(1), (15), (16)

4.5 生成 AI を活用した分子生成

本研究では、創薬初期段階における分子構造の設計およびスクリーニングを支援するために、分子の多様な表現形式（SMILES、SELFIES、分子グラフ、分子画像、自然言語記述など）を相互に変換可能とする「Any2Any」分子生成モデルの構築を目指している（図 9）。

本モデルは、従来のような一方向的かつ単一モダリティに依存する分子生成とは異なり、近年著しく発展している大規模言語モデル（LLM）、特に分子表現に特化した MolT5 などの事前学習済みモデルを活用することで、異なるモダリティ間の意味的・構造的対応関係を柔軟に学習・変換することを可能とする。これにより、例えば自然言語による要求記述から対応する SMILES やグラフ構造を生成したり、分子画像からテキストや SELFIES への変換を行うなど、入力・出力のモダリティを問わない自由度の高い分子設計が実現できる。

本モデルはまた、外部の化学特性予測モデル（毒性予測、合成容易性評価、ADMET 予測など）と連携することを前提としており、生成された分子に対して自動的に妥当性や目的適合性の評価を行い、必要に応じてフィードバックを与える構造となっている。現在、本研究は初期開発段階にあり、今後はマルチモーダル変換性能の精緻化に加え、疾患ごとの遺伝子発現データなどとの統合的な活用も視野に入れており、個別化医療や精密創薬への応用が期待される。本研究を通じて、AI と多様な分子記述技術を融合した新しい創薬支援の枠組みを提示し、より柔軟かつ高効率な分子設計・スクリーニングの実現に貢献することを目指している。

関連発表論文等

論文投稿中

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学外活動

学外授業

関西大学総合情報学部「コンピュータシステムの基礎」（2024 年 4 月～9 月、非常勤）（村田）

関西大学総合情報学部「社会シミュレーション」（2024 年 4 月～9 月、非常勤）（村田）

関西大学全学対象「活用法を見聞する AI・データサイエンス」第 11 回「シミュレーションで、成り行きの未来から選択する未来へ」（2024 年 6 月 23 日）（村田）

玉川大学工学部情報通信工学科「ビッグデータ解析」「合成人口データによるプライバシー保護とリアルスケール社会シミュレーションへの展開」（2024 年 10 月 23 日）（村田）

奈良先端化学技術大学院大学全学対象「データサイエンス特別講義」「Real-Scale Social Simulations Using Synthetic Populations in Digital Twin」（2024 年 11 月 26 日）（村田）

図 10: 研究解説のポスター

図 11: 解説の様子

図 12: 解説の様子

摂南大学全学対象科目「データサイエンス展開」第 9 回「政策 X データサイエンス」（2024 年 11 月 27 日）（村田）

放送大学　キャリアアップ支援認証制度講座「数理・データサイエンス・AI」第 7 回 「AI とデータサイエンス　シミュレーション」（2020 年 10 月から再放送継続中）（村田）

5.1.2 研究部門公開

2024 年度工学部オープンキャンパス

8 月 9 日に行われた工学部のオープンキャンパスでは、E3-116 セミナー室 A にて「人を含めたデジタルツインを構築する！」と題し、研究室の活動を紹介するポスターパネルの展示を実施した。会場には、計 3 枚のポスターを掲示し、その内 2 枚では本研究室で取り組んでいる研究内容を、残る 1 枚では学生生活の様子や日常の雰囲気を紹介した（図 10）。

開始直後から多くの来場者に恵まれ、終了時刻まで絶え間なく人が訪れた。特に高校生を中心とした参加者が目立ち、研究室紹介は終始盛況であった。質問としては、「社会シミュレーションとは何か。」や「合成人口データの活用例は。」といった内容が多く寄せられ、参加者の関心の高さがうかがえた。その中で企業との利用について言及いただくこともあり、研究の意図や社会的な意義が来場者にしっかり伝わっていたことが感じられた。加えて「受験対策はどのようなことをしたか」「入学後の授業はどのような雰囲気か」といった質問もあり、学業面だけでなく学生生活全般に対する関心も強かった。

今回は新設された講座としての初の紹介機会であったが、予想を超える多くの方々に興味を持っていただき、本講座や所属する学科・研究科の魅力を広く伝える大変有意義な場となった。また、来場者の中には高校生のみならず保護者や中学生の姿もあり、学科の活動が幅広い世代に向けて発信され、理解を得ることに繋がったと感じている。当日は学部 4 回生にも運営を手伝ってもらい、研究だけでなく日常生活、クラブ活動、将来の進路といった多様な話題についても活発なコミュニケーションが行われた。これにより、高校生にとってはより身近で具体的な大学生活をイメージできる内容になったと考える。（図 11，図 12）

2024 年米国国際会議・展示会 SC2024

D3 センターでは毎年 11 月に米国で開催される国際会議・展示会 SC に研究展示ブースを出展している。国際会議・展示会 SC は高性能計算、高性能ネットワーキング、ストレージ等をテーマとする最高峰会議・展示会であり、毎年一万人以上の研究者・技術者が出席する。本年度の SC 開催は、ジョージア州アトランタ市であった。本研究部門は、スーパーコンピュータを用いたデータ合成を行っており、毎年本研究部門からも研究展示を行っている。

本年度は、***"Synthetic Population for Real-Scale Social Simulations"*** と題したポスター展示を行い、2019 年度から継続的に実施している JHPCN の合成人口プロジェクトと HPCI 共用ストレージ、2020 年度から 2027 年度まで実施する JST 未来社会創造事業における合成人口データを用いた社会シミュレーション事例に関する報告を行った。合成人口プロジェクトでは、大阪大学 D3 センターのスーパーコンピュータを用いて、日本の全世帯の仮想個票を合成するとともに、北海道大学情報基盤センターのハイパフォーマンスインタークラウドを用いてデータベースを構築し、東京大学情報基盤センターと理化学研究所計算科学研究センターの HPCI 共用ストレージを用いてバックアップを確保している。今年度は、合成人口データの仮想実社会データへの拡張に関する報告を加えた。

展示ブース訪問者からは、仮想個票の合成手法に関する質問が寄せられ、総務省統計局の e-Stat により、全ての自治体で同じフォーマットの統計データが利用可能であり、それに基づいて、統計データと仮想世帯集合の合成統計との差異を最小化する形で合成を行っていることを解説した。また、合成人口データを用いたシミュレーションとして震災や感染などの非常時のシミュレーションと共に、少子高齢化社会への対応など平常時のシミュレーションも展開されていることを紹介した。質疑を通して、仮想的な個票データの必要性やそれを用いたシミュレーションの意義についてディスカッションすることができた（図 13）。

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

(1) 日本知能情報ファジィ学会副会長（村田）

(2) 日本知能情報ファジィ学会 ECOmp 研究部会幹事(村田)

図 13：SC24 展示

5.2.2 論文誌編集

(1) 進化計算学会論文誌編集委員会委員（村田）

(2) Array 誌特集号「Enhancing Data Science: Empowering Data-Driven Applications」ゲストエディター（村田）

(3) Array 誌特集号「Enhancing Data Science: Empowering Data-Driven Applications」ゲストエディター（李）

5.2.3 国際会議への参画

(1) Secretariat Chair, IEEE SMC 2024（村田）

(2) Area Chair on Cybernetics, ICMLC 2024（村田）

(3) General Co-Chair, 13th SCIS. & 24th ISIS（村田）

(4) Program Committee, NeurIPS 2024（李）

(5) Program Committee, ICML 2024（李）

(6) Program Committee, ICLR 2024（李）

(7) Program Committee, AAAI 2024（李）

(8) Program Committee, IJCAI 2024（李）

(9) Program Committee, AISTATS 2024（李）

(10) Program Committee, ADMA 2024（李）

5.2.4 学会における招待講演・パネル

(1) Tadahiko Murata, Real-Scale Social Simulations Using Societal Synthetic Populations in Digital Twin, AESCS 20224 & ICMEM 2024 (August 28-29, Bali, Indonesia)

(2) 村田忠彦，統計情報に基づく合成人口データとシミュレーション～地域医療・マーケティング・避難シミュレーションなどの活用事例を交えて～，計算機統計学会チュートリアル講演（岡山 tenjin9 能楽堂ホール，岡山），2024 年 10 月 24 日

(3) 村田忠彦，仮想実社会データ（＝合成人口データ＋基本行動データ）によるリアルスケール社会シミュレーション，日本知能情報ファジィ学会関西支部・シニア部会，2025 年 3 月 22 日

5.2.5 招待論文

該当なし

5.2.6 学会表彰

(1) 宮武，村田，世帯の連続性を考慮した合成人口補間手法，，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会学生賞

5.2.7 国際学会における活動

(1) IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society 組織・計画担当副会長（村田）

(2) IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, Technical Committee on Awareness Computing 部会長（村田）

(3) IEEE 関西支部 Nomination Committee 委員長（村田）

5.3 産学連携

5.3.1 企業との共同研究

(1) “動的合成人口生成”，富士通株式会社

5.3.2 学外での講演

(1) Tadahiko Murata, Multi- and Many-Objective Optimizations Using Evolutionary Computation Methods, IEEE SMC Society Distinguished Lecture (Xidian University, China, Dec 17, 2024)

(2) Tadahiko Murata, Real-Scale Social Simulations Using Societal Synthetic Populations in Digital Twin, IEEE SMC Society Distinguished Lecture (Xidian University, China, Dec 17, 2024)

(3) Li Chen，深層生成 AI による分子生成の推進：モデル開発と応用について（名古屋大学、2025 年 3 月 12 日）

5.3.3 特許

該当なし

5.4 プロジェクト活動

(1) 科学研究費　基盤（A）一般「多重文脈社会ネットワークでウィズウイルス生活行動を創るデータ共創リビングラボ，研究代表者　大澤幸生（東京大学），研究分担者　村田忠彦（2023 年 4 月開始）

(2) 令和 5 年度 HPCI 共用ストレージ利用研究課題「合成人口のためのデータストレージ」（hp230467）研究代表者　村田忠彦（2024 年 2 月開始・2023 年 2 月から継続）

(3) 2024 年度　学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「合成人口プロジェクト：合成人口データへの従業地属性の追加」（jh240068）研究代表者 村田忠彦（2019 年 4 月から継続）

(4) 令和 6 年度 HPCI 共用ストレージ利用研究課題「合成人口のためのデータストレージ」（hp240468）研究代表者　村田忠彦（2025 年 2 月開始・2023 年 2 月から継続）

(5) JST 未来社会創造事業「超スマート社会の実現」領域，「異分野共創型の AI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築」本格研究，「人間中心の社会共創デザインを可能とするデジタル社会実験基盤技術の開発」研究代表者　貝原俊也（神戸大学），サブリーダ　村田忠彦（2023 年 4 月開始）

5.5 その他の活動

(1) 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 課題審査委員会構成拠点委員（村田）

(2) HPCI 学際共同研究ワーキンググループ委員（村田）

(3) 科学技術予測・政策基盤調査研究センター専門調査員（村田）

6. 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 著書

該当なし

6.2 学会論文誌

(1) Satoko Namba, Chen Li, Noriko Yuyama Otani, Yoshihiro Yamanishi, SSL-VQ: Vector-quantized variational autoencoders for semi-supervised prediction of therapeutic targets across diverse diseases, Bioinformatics, Feb, 2025. [doi.org/10.1093/bioinformatics/btaf039]

6.3 国際会議会議録（査読あり）

(2) Shunsaku Miyatake, Tadahiko Murata, Interpolation Method for Synthesized Household Compositions Between Census Years, Proc. of International Conference on Machine Learning and Cybernetics: ICMLC 2024 (Miyazaki, Japan, Sep. 20-23, 2024), pp.385-391

(3) Shunta Horigami, Tadahiko Murata, Shintaro Kitashita, Assigning Transportation Modes to Workers Using Statistics in Japanese Synthetic Populations, Proceedings of 13th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (Himeji, Japan, Nov. 9-12, 2024), pp.1-4

(4) Asako Yumoto, Shinsa Yamaguchi, Bin Chen, Nozomi Fukuda, Tadahiko Murata, Eigo Segawa, Learning Activity Behavior Choice Models Without Personal Data to Generate Behavioral Data for Social Simulations, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (Munich, Germany, Jan 21-24, 2025), 8 pages

(5) Shunsaku Miyatake, Tadahiko Murata, Interpolation Method for Synthesized Household Compositions Keeping Household Continuity, Proceedings of IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (IEEE Symposium for Multidisciplinary Computational Intelligence Incubators, Trondheim, Norway, March 17-20, 2025), 4 pages

6.4 国際会議 （口頭発表、ポスター発表）

(6) Tadahiko Murata, Manabu Ichikawa, Yusuke Goto, Lee Hao, Takuya Harada, Susumu Date, Masaharu Munetomo, Akiyoshi Sugiki, Synthetic Population for Real-Scale Social Simulation, SC24 Exhibition

6.5 口頭発表（国内研究会など）

(7) 村田忠彦，原田拓弥, JST 未来社会創造事業「デジタル社会実験」プロジェクト・ データ駆動デザイン領域, 第 68 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集（京都テルサ，対面，5 月 24-26 日，2024），pp. 823-826

(8) 宮武俊作，村田忠彦，世帯の連続性を考慮した合成人口補間手法，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），pp.10-17

(9) 堀上駿太，村田忠彦，合成人口の複数自治体からの流入を考慮した就業者への従業地属性割当て最適化手法，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），pp.106-109

(10) 松村優大，村田忠彦，社会生活基本調査による地域性および行動の連続性を考慮した生活行動生成，計測自動制御学会第37回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），pp.159-166

(11) 川染翔吾，村田忠彦，断面交通量を用いた自治体規模によける通勤時間帯の発生交通量推計，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），pp.175-180

(12) 新木直人，村田忠彦，PLATEAU の建築物属性と国勢調査の住居・居住地統計を考慮した合成世帯割当て手法，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），pp.189-197

(13) 原田拓弥，村田忠彦，社会シミュレーション結果の理解促進のための実行・可視化装置の試作，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），p.345

(14) 程泊淞，村田忠彦，世帯特徴を考慮した EV オーナー世帯数の推定手法，計測自動制御学会第 37 回社会システム部会研究会予稿集（石垣島，3 月 13-15 日，2025 年），p.359

(15) 難波里子，李晨, 大谷則子，山西芳裕，〃遺伝子摂動応答トランスクリプトームを用いた半教師あり深層学習による治療標的分子の予測と希少疾患への応用,〃 第 130 回 日本解剖学会／第 102 回 日本生理学

会／第 98 回 日本薬理学会合同大会, 一般口頭発表, 千葉, 2025 年 3 月 18 日.

(16) 難波里子, 李晨, 大谷則子, 山西芳裕, ″深層学習による遺伝子摂動応答トランスクリプトームを用いた創薬標的分子の予測と希少疾患への応用,″ 日本薬学会第 145 回, 福岡, 2025 年 3 月 28 日

6.6 解説記事

(17) 村田忠彦, 原田拓弥, リアルスケール社会シミュレーションのためのモデリングとインテリジェンス, 計測自動制御学会「計測と制御」解説：特集「モデリングとインテリジェンスの最新動向を探る」, Vol. 63, No. 10, 640-645, 2024

6.7 シンポジウム、招待ほか

該当なし

6.8 2024 年度 特別研究報告・修士論文・博士論文

6.8.1 博士論文

該当なし

6.8.2 修士論文

(18) 宮武 俊作, 国勢調査未実施年度の合成人口補間手法に関する研究, 2025 年 2 月.

6.8.3 特別研究報告（卒業論文）

(19) 新木 直人, PLATEAU の建築物属性と国勢調査の住居・居住地情報を考慮した合成世帯割当て手法, 2025 年 2 月

(20) 川染 翔吾, 断面交通量を用いた自治体規模における通勤時間帯の発生交通量推計, 2025 年 2 月

(21) 松村 優大, 社会生活基本調査による地域性および行動の連続性を考慮した生活行動時間生成, 2025 年 2 月

先進高性能計算基盤システム研究部門
Advance High-Performance Computing Infrastructure Systems Research Division

1 部門スタッフ

教授　伊達　進

略歴 :1997 年 3 月　大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。2000 年 3 月　大阪大学基礎工学研究科物理系専攻博士前期課程修了。2002 年 3 月　大阪大学工学研究科情報システム工学専攻博士後期課程修了。2002 年 4 月より 2005 年 10 月まで大阪大学大学院情報科学研究科バイオ情報工学専攻助手。2005 年 11 月より 2008 年 3 月まで大阪大学大学院情報科学研究科直属特任准教授（常勤）。2008 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター情報メディア教育研究部門准教授。2013 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター応用情報システム研究部門准教授。2005 年 2 月から 2005 年 9 月まで米国カリフォルニア大学サンディエゴ客員研究員。神戸大学大学院システム情報学研究科客員准教授（2011～ 2018 年度）。2023 年 4 月より大阪大学サイバーメディアセンター応用情報システム研究部門教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター先進高性能計算基盤システム研究部門教授。IEEE, 情報処理学会各会員。博士（工学）。

准教授 高橋 慧智

略歴：2014 年 3 月　大阪大学工学部電子情報工学科卒業。2016 年 3 月　大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻博士前期課程修了。2019 年 3 月　大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻博士後期課程修了。2018 年 7 月から 12 月まで米国オークリッジ国立研究所計算機科学・数学部門客員研究員。2019 年 4 月から 2021 年 11 月まで奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科助教。2021 年 12 月から 2024 年 9 月まで東北大学サイバーサイエンスセンター助教。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター准教授。IEEE、ACM、情報処理学会各会員。博士（情報科学）。

講師　小島 一秀

略歴 : 2003 年 10 月大阪外国語大学情報処理センター講師。統合により 2007 年 10 月から、大阪大学サイバーメディアセンター講師、2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター講師。情報処理学会員。博士（工学）。

特任助教（常勤）　速水 智教

特任助教（常勤）　Thonglek　Kundjanasith
（～2024 年 9 月）

特任助教（常勤）　Wassapon Watanakeesuntorn

特任研究員

谷口 昂平
山本 隼矢
吉田 薪史

兼任教員

春本　要 教授： データビリティフロンティア機構（～2024 年 9 月）、D3 センターデータビリティプラットフォーム研究部門（2024 年 10 月～）
大平 健司 准教授：大阪大学情報推進本部
渡場康弘　特任准教授(常勤)：大阪大学ヒューマンメタバース疾患研究拠点
曽我　隆 特任准教授(常勤)：　D3 センター高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所

招へい教員

李　天鎬　招へい教授（岡山理科大学）

山下 晃弘 招へい教授（株式会社サイバースケッチ）

吉川 隆士 （ノートルダム清心女子大学）

木戸 善之 招へい教授（岡山理科大学）

阿部 洋丈 招へい准教授（筑波大学）

坂根 栄作 招へい准教授（国立情報学研究所）

寺西 裕一 招へい准教授（情報通信研究機構）

細見 岳生 招へい准教授 （日本電気株式会社）

遠藤 新 招へい教員（奈良先端科学技術大学院大学）

事務補佐員

片岡 小百合

畠中 英里

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

本部門は、大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻、および工学部電子情報工学科情報通信工学科目情報システム工学クラスにて先進高性能計算基盤システム講座を協力講座として兼任しており、2024 年度は大学院学生 12 名、学部学生 6 名の研究指導を行うとともに、下記の講義を担当した。

- マルチメディアシステムアーキテクチャ（伊達、小島）
- システムプログラム（伊達、小島）
- 電子情報工学序論（伊達）
- 情報システムネットワーク（伊達）
- 情報技術と倫理（小島）
- マルチメディア工学演習Ⅰ・Ⅱ（全教員）
- マルチメディア工学研究（全教員）
- マルチメディア工学アドバンストセミナー（全教員）
- インタラクティブ創成工学演習 A（伊達）
- インタラクティブ創成工学基礎演習 A （伊達）

また、箕面キャンパスでは、箕面の人文学研究科に向けて外国語などにまつわるデータを取り扱う授業を提供している。

- 言語文化資源の活用と情報処理研究（小島）

2.2 研究の概要

2.2.1 HPC 利用環境の調査研究

理化学研究所が代表機関として研究を推進する、文部科学省次世代計算基盤に係る調査研究事業「システム調査研究」に大阪大学 D3 センター（旧：大阪大学サイバーメディアセンター）として参画している。本調査研究は、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤について、広範な SDGs・Society 5.0 の実現に向けた課題解決のためのプラットフォームを実現すべく、高度なデジタルツインによる研究 DX 基盤となり得る次世代システムについて、サイエンス・産業・社会のニーズも考慮しながら、それを実現可能なシステム等の選択肢を提案することを目的としており、特に、本センターの研究チームは、システムソフトウェア・ライブラリ調査研究グループ内の HPC 利用環境調査サブグループを形成しており、本研究部門の伊達 進教授がサブリーダとして調査研究に参画している。

本調査研究は、2022 年 8 月より開始されており、2024 年度は本センターからは山下 晃弘 招へい教授、遠藤 新 招へい教員、曽我 隆 特任准教授(常勤)、速水 智 教特任助教(常勤)が参画している。本年度は、国内大学の計算基盤センターの管理者への利用環境調査ヒアリング、国外計算基盤センターの書面調査を行ったのち、報告書を取りまとめることを計画した。

2.2.2 津波浸水被害推計システム保守・運用ならびに機能拡張

2015 年度に総務省「G 空間防災システムと L アラートの連携推進事業」の枠組みで、東北大学を中核とし、東京大学、国際航業株式会社、日本電気株式会社、日立造船株式会社、株式会社エイツーとの連携し、「リアルタイム津波予測システムと L アラートとの連携による「津波 L アラート」の構築と災害対応の高度化実証事業」を推進した。当該事業において、東北大学サイバーサイエンスセンターおよび日本電気株式会社との協働により、東北大学サイバ

ーサイエンスセンターのスーパーコンピュータシステム SX-ACE と本センターの SX-ACE を高速ネットワークで接続し、津波浸水シミュレーションの実施環境を実現した。2016 年度に、当該シミュレーション環境の本格運用にむけた運用体制の整備を検討し、試験的な運用を開始した。2017 年度は、これらの成果をさらに発展させ、実際の地震発生時に対応できる実用的なシステムの実現に向け、設計、構築、整備、運用を推進した。2018 年度は、これらの成果に基づき、東北大学災害科学国際研究所、東北大学サイバーサイエンスセンター、東北大学大学院理学研究科、大阪大学サイバーメディアセンター、日本電気株式会社、国際航業株式会社、株式会社エイツーは内閣府との間に、「津波浸水被害推計システム保守・運用業務」を請け負い、保守・運用業務を行なってきた。2019 年度は、その有用性・必要性を認められ、津波浸水被害推計システムのカバーする領域を拡張すべく、内閣府より「津波浸水被害推計システム機能拡張等業務」を新たに請け負い、すでにカバー領域となっている静岡県伊豆半島から鹿児島県大隅半島までの沿岸に加え、静岡県伊豆半島から茨城県の沿岸まで拡張した。2020 年度もまた引き続き内閣府より「津波浸水被害推計システム機能拡張等業務(福島県から北海道太平洋沿岸)」を請け負い、当該システムの拡張業務を行った。さらに、2021 年度は、「津波浸水被害推計システム機能拡張等業務（秋田県から新潟県）」を請け負い、当該システムの拡張業務を行った。2022 年度は、「津波浸水被害推計システム機能拡張等業務（日本海、北海道から青森）」を請け負い、当該システムのさらなる拡張業務を行い、2023 年度は、「津波浸水被害推計システム機能拡張業務（南西諸島および伊豆・小笠原諸島）」および「津波浸水被害推計システム改修業務」を請け負い、当該システムのさらなる拡張・改修を行った。2024 年度は 2024 年 4 月より運用が開始された新総合防災情報システム SOBO への対応を行うべく、津波浸水被害推計システムの改修業務を受託し、推進している。

2.2.3 S2DH (Social Smart Dental Hospital: S2DH)

今日、あらゆる科学分野で高性能計算(High-Performance Computing)、高性能データ分析(High Performance Data Analysis)が必要とされつつある。プロセッセ性能の向上、ネットワーク技術の発展により、科学分野で扱われるデータ量はますます膨大になりつつあることがその一因となっている。その一方、今日の D3 センターを始め多くの計算機センターにおいて、高いデータセキュリティ要求・要件の充足が求められる医歯薬系科学での高性能計算の利用は十分に行われていない現状がある。

本研究では、そのような背景から、2017 年度より大阪大学歯学部附属病院、サイバーメディアセンター（本研究部門の前進である応用情報システム研究部門および先進高性能計算機アーキテクチャ共同研究部門)、日本電気株式会社の枠組みを形成し、歯学研究、医療応用を視野にいれた共同研究を開始した。本年度も、昨年度同様に、歯学部附属病院に存在するデータセキュリティ要件の高いデータを安全に D3 センターの高性能計算機に配備し、データ解析・計算を行うことを可能にした技術開発を行なった。また、並行して AI 技術の歯学研究への応用研究を推進している。

2.2.4 自動チューニング技術に対する説明可能 AI の応用

多大な労力を要する性能最適化作業を効率化するため、性能が高いプログラムを自動的に探索する自動チューニング技術が研究されている。しかし、現在の自動チューニング技術は利用者にとってブラックボックスであり、高性能なプログラムを出力するが、なぜそのプログラムが高性能であるのか利用者に対して説明できない。

本研究では、説明可能 AI 技術を応用することにより、プログラムの実行性能に影響を与える性能パラメータを自動的に特定し、なぜそれらのパラメータが性能に影響するのか自動的に解明する自動チューニング技術の確立を目指している。

2.2.5 津波浸水被害シミュレーションの可搬性向上

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム「津波災害デジタルツインの構築とスマート・レジリエンスの実現」の一環として、当センターと東北大学サイバーサイエンスセンターで稼働している津波浸水被害推計システムの中核を成す津波浸水被害シミュレーションの可搬性向上に取り組んでいる。

当該シミュレーションコードは NEC 社製ベクトル型スーパーコンピュータ SX-ACE および SX-Aurora TSUBASA を対象に開発・チューニングされており、実用的な計算速度を達成するためにはベクトル型スーパーコンピュータの利用が必須であった。しかし、ベクトル型スーパーコンピュータを保有する組織は少ないため、実行環境の制約は当該コードの国内外への普及において大きな障壁となっていた。

本研究では津波浸水被害シミュレーションコードを CPU や GPU 等の多様なプロセッサに移植し、国内外の計算機センターやクラウドプロバイダの計算資源上でリアルタイム津波浸水被害予測計算を実行可能することにより、津波災害の防災・減災に寄与することを目的としている。

2.2.6 多様な e ラーニング教材のためのシステム

e ラーニングは、教科書や、映像、問題集だけでなく様々な形態の教材を実現可能である。外国語による対話や交渉を疑似体験するためのシステムや、文法情報を見やすく音声付きで表示するシステム、問題集にゲームの要素を加えたシステムなど様々な形態の e ラーニングに取り組んでいる。

また、e ラーニング教材の内容に関しても、効率的に生成するシステムなどについて取り組んでいる。

2.2.7 欠損歯を含むパノラマＸ線画像における深層学習ベースの歯番認識モデルの性能評価

パノラマ歯科Ｘ線画像に対する自動歯番号付けの研究が進展しているが、実際の臨床で頻繁に見られる欠損歯を含む画像が少ないという問題がある。本研究は、欠損歯の本数が異なる X 線画像で AI モデルの性能がどのように変化するかを検証した。YOLOv8、YOLOv11、RT-DETR の 3 モデルを用いて、歯の本数ごとに性能を比較評価した結果、歯の数が少ない画像ほど歯番号付け精度が大幅に低下し、データセットの偏りが性能評価に強く影響することが明らかになった。

2.2.8 強化学習を用いた通信ジッター最小化を目的とした分散型ルーティング・スケジューリング手法

リアルタイム性が求められるポスト 5G 通信環境において、通信ジッターの最小化を目的とした分散型ルーティング・スケジューリング手法を提案した。各ネットワークスイッチに深層強化学習（DRL）モデルを配置し、隣接スイッチとの接続状況やフロー情報から最適な経路と送信タイミングを決定する。NSF ネットワークを用いたビデオストリーミングを想定したシミュレーション評価では、従来の分散型手法に比べジッターを約 27%削減し、送信可能フロー数も最大約 20%向上した。全体のネットワーク情報を必要とせず、大規模ネットワークへの適用性も高い。

2.2.9 広域計算資源の動的配備に向けたコンテキストスイッチ機構の研究開発

「超分散コンピューティング基盤の研究開発」の研究プロジェクトにおいて、広域計算資源の動的配備に向けたコンテキストスイッチ機構の研究開発を実施した。超分散コンピューティング基盤はエッジやクラウド等の地理的に分散した計算資源をシームレスに利用可能にするアプリケーションプラットフォームである。

本プロジェクトは国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が主導する「ポスト５Ｇ情報通信システム基盤強化研究開発事業／ポスト５Ｇ情報通信システムの開発／（f1）超分散コンピューティング技術の開発」の一環である。当部門は 2022 年度より本プロジェクトに参画し、「超分散コンピューティングのための広域資源仮想化技術」に関する研究開発を実施している。

2.2.10 高精度時刻同期のカバレッジ範囲拡大と精度維持の両立を目指す研究

超分散コンピューティング基盤が実現すれば、ユーザーに近い場所で計算を行い、超低遅延や多数同時接続など、サービスの要求レベルに応じた処理能力と速度を提供できる。超分散コンピューティング基盤では、時分割された計算資源を利用者へ適切に割り当てる必要がある。そのため、広域分散環境において、所定の時間内での処理完了や、計算資源の割り当てタイミングに合わせたデータ到着が求められる。これを実現するためには、End-to-End の遅延とジッタの保証が不可欠である。

End-to-End の遅延やジッタを保証するための技術として、End-to-End のネットワーク通信（フロー）に対し、遅延とジッタを制御・保証する DetNet (Deterministic Networking)が注目されている。

DetNet では時刻同期手法として gPTP (generalized Precision Time Protocol)の利用が検討されている。ただし、gPTP を利用する場合の問題として、gPTP は時刻同期の基準となる時刻源である GMC (Grandmaster Clock)と時刻同期対象間のホップ数が多いほど時刻同期精度が低下することが確認されている。そのため、この問題に対応するための時刻同期手法の研究開発に取り組んでいる。

2.2.11 ONION-mdxⅡによる 4 次元画像解析基盤の構築

オープンサイエンスを支援する研究データ管理基盤に関する研究の一環として、コアファシリティ機構と連携して計測機器から生成される多数の測定データをネットワーク経由で安全に集約・配信する小規模分析室向け測定データ集約・配信システムを、D3 センターが試験運用するデータ集約管理基盤 ONION を活用して構築を進めている。本システムにより測定データの集約・流通が可能となったが、集約された研究データの利活用という観点からは研究推進支援の機能が不十分である。そこで本研究では、データ集約・流通の流れの中に「研究データを解析する機能」を組込むことを目指し、本システムと連接・連動した 4 次元画像解析ソフトウエア「VCAT5」環境を mdxⅡを用いてクラウドサービス基盤として構築することを目指す。今年度はコアファシリティ機構および VCAT5 を開発した理化学研究所とシステム構成について検討を行った。また、令和 7 年度ＯＵマスタープラン実現加速事業に申請を行い採択された。

2.2.12 メタバースオブジェクトの分散管理方式

近年、ネットワークを介して複数人がアクセス可能な仮想空間（メタバース）の研究開発が盛んとなっている。メタバースは、従来のエンターティメント・ゲーム等の用途のみならず、さまざまな分野で多様な人々が社会活動を行える安心・安全と包摂性を備えた社会基盤としての役割が期待されている。

社会基盤としてのメタバースにおいては、オブジェクト数･データ量･ユーザー数が膨大となり得る。また、メタバース内で扱うオブジェクトは、サービス提供者が作成した固定的なもののみならず、ユーザーが独自に作成し、動的に更新されるユーザー生成コンテンツ（User Generated Contents: UGC）を扱える必要がある。ゲーム等のエンターティメント分野では、メタバース内の UGC をユーザーが所有するコンテンツとしてオンラインのマーケット等で取引きするといったことも行われつつある。

社会基盤としてメタバース内のオブジェクトを全て一つのメタバースサービスプロバイダが保存・提供する形態では、社会基盤が同プロバイダの経営方針に依存してしまうことになる。これを避け、持続的な運用を可能とするには、複数のプロバイダやユーザーが共同でオブジェクトの分散管理を行う形態を取ることが望ましい。膨大量のメタバースオブジェクトのデータを複数のサーバーに分散させて保持し、各ユーザーがメタバース内で必要となったときにネットワーク経由で効率的に取得するメタバースオブジェクト分散管理方式が必要となる。

本研究では、メタバースデータを含む地理的データを、インターネット等のオープンなネットワーク上で改ざん等なく安全かつ効率的に複数ユーザーが利用できるようにするデータ管理方式を検討している。とくに、オブジェクトデータを保持するサーバ

ーからユーザーが必要とするオブジェクトをユーザー端末やエッジサーバー上に短時間で取得する方法の検討を進めている。

2.2.13 SQUID GPU ノード上での MLPerf HPC を用いた分散深層学習の性能評価

D3 センターでは、High-Performance Computing（HPC）システムである SQUID を運用している。SQUID は、汎用 CPU ノード群、GPU ノード群、ベクトルノード群の 3 種類のノード群から構成されており、ノード群ごとにユーザーの利用傾向が見られる。様々なユーザーの利用傾向に基づいて、システムに導入するソフトウェア構成を整備することは、SQUID の運用における重要事項の一つである。

その一環として、実行したいとの要望が現在拡大している分散深層学習を想定したソフトウェア構成の整備が SQUID にて求められている。分散深層学習は、深層学習の処理を複数ノードにまたがって分散並列化する技術であり、より大規模な深層学習を高速に処理することを可能とする。しかし、現在の SQUID では、単一ノード上での深層学習の実行を想定したソフトウェア構成としており、その構成が分散深層学習にも適しているかが不明である。そのため、現在のソフトウェア構成に対する分散深層学習アプリケーションの実行性能を調査し、より適したソフトウェア構成について模索する必要がある。

本研究では、SQUID GPU ノード群上における、MLPerf HPC で提供される CosmoFlow の実行性能を分析することを通して、現在のソフトウェア構成で得られる最大性能及び、今後のソフトウェア構成の整備に向けた課題を抽出する。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 教育に係る全学支援

全学の教育支援を目的とした、下記の学内委員を担当した。

- FrontierLab@OsakaU 運営 Sub-WG 委員（伊達）
- 数式処理システム ソフトウェアライセンス 仕様策定委員（小島）

また、本研究部門は、大阪大学理工情報系オナー大学院プログラムの電子情報ユニットでもあり、研究室ローテーションの枠組みを通じて、希望する大学院生の人材育成にも貢献している。

3.1.1 箕面教育システムの運用支援

全学教育用電子計算機システム（全教コン）は、本学の教育を支援するためのシステムである。箕面教育システム（箕面システム）は、全教コンの箕面キャンパス部分であり、コンピュータ学習室やコンピュータ演習室、それらを支えるサーバなどからなる。全教コンは 2022 年度更新が行われ、箕面システムはクリエイティブワークショップ（以下「CW」という。）1（図 1）と CW2（図 2）として稼働している。

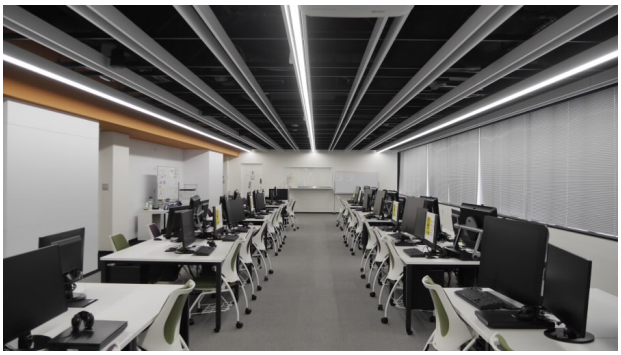


図 1: クリエイティブワークショップ 1

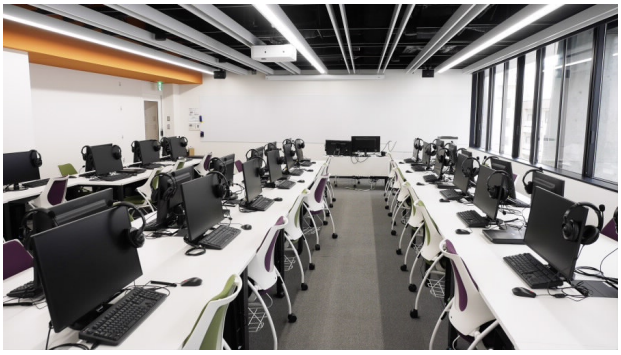


図 2: クリエイティブワークショップ 2

今年度は、アップデートなどにより教室端末の必要ストレージ容量が増加したためストレージ容量の設定変更を行った。さらに、教室端末の安定的な動作が確認されたため、外国語学部の専攻語に含まれるアラビア語、ウルドゥー語、スウェーデン語、タイ語、ヒンディー語、ベトナム語、ペルシア語、ロ

シア語、韓国語の 9 言語の入力機能を追加した。

CW 端末の壁紙は、オリジナルのものを季節やイベントなどに合わせて設定しているが、今年度 10 月の D3 センターへの改組に合わせて、デザインを変更している（図 3)。

図 3: D3 センターに合わせた CW 端末の壁紙（上: サイバー用一種、下: D3 センター用）

3.1.2 箕面キャンパスのスタジオ運用支援

今年度も引き続き、箕面キャンパスのスタジオ（図 4）の運用支援を行った。今年度は、撮影台を組み立てての特殊な写真撮影などに活用された。

図 4: 映像スタジオ

教材録音室（図 5）に関しても管理をおこなっている。今年度は、イロカノ語やハカス語の教材などの録音を行った。

図 5: 教材録音室

3.1.3 これまで e ラーニングプロジェクトで開発された e ラーニング教材の公開

「高度外国語教育全国配信システムの構築」(高度外国語）と「社会人を対象とした学士レベルの外国語教育プログラム」(社会人プログラム）は完了したが、それらで開発された e ラーニング教材は公開を継続している。これらの e ラーニング教材は、教員により十分な品質を維持して開発されながら、十分なボリュームもあり、学内の授業で使用されているだけでなく、学習機会の少ない外国語を無償で学習する重要な社会インフラとなっている。また、日本語教材においては、海外からのアクセスも多い。

今年度の利用状況は、学内外合わせて約 290 万ページビュー（PV）と調査可能な範囲においては過去最高であり、昨年度の 150 万 PV の倍となった。これまでの最大 PV は、新型コロナの影響により教科書を学生が購入できずネット上の教材が必用とされた 2020 年度の 230 万 PV であるが、これも大きく上回った。また、近年の減少傾向が一転した結果となった。

閲覧ページのヒット数を上位 50 位に絞って集計した結果は、表 1 の通りである。今年度の 1 位は、久しぶりにアラビア語となった。アラビア語は、放送大学で紹介さたこともあり例年上位である。昨年と一昨年に 1 位のスウェーデン語が 2 位となった。全体的に、学内の授業で使用されているヒンディー

語やデンマーク語などが上位にきている。社会人プログラムで開発した教材では、中国語がよく活用されているようである。

表 1: e ラーニング教材のヒット数上位 50 ページ

言語	ヒット数
アラビア語	181,147
スウェーデン語	101,538
ヒンディー語	70,076
タイ語	58,590
スペイン語	53,437
デンマーク語	47,011
インドネシア語	39,297
ビルマ語	31,040
ベトナム語	24,332
ロシア語	21,477
中国語（社会人プログラム）	21,028
日本語	20,611
モンゴル語	20,406
スワヒリ語	17,944
ヨルバ語	14,625
ウイグル語	13,629
ハンガリー語	12,655
ベトナム語（社会人プログラム）	11,811
ペルシア語	6,627
中国語（過去の科研費）	4,726
ウルドゥー語	4,667

3.1.4 これまでの e ラーニングプロジェクトで開発された教材の改修

高度外国語や社会人プログラムで開発された e ラーニング教材は膨大であり、修正すべき誤りや、改善すべき部分があり、継続的に修正や改善を行う必要がある。また、e ラーニング教材の音声や動画の再生に使用されている Adobe Flash の期限である 2020 年 12 月を迎え、早急な対応が必要となっている。

この改修では、Flash で作られた部分を HTML5 で再開発することにより音声や動画を復旧し、独自開発したシンプルな CMS(Contents Management System)である oq-composer を導入することにより、スマートフォンと PC の両方で快適に学習が行えるようにした。また、現在のネットワーク帯域の向上に合わせて、開発時のデータがそろっている動画データに関しては、より高品質なものに置き換えている。今年度は、日本語、ロシア語、ウルドゥー語

ロシア語については、長年の使用により判明している誤りなど、多数の箇所を修正した。

日本語は、専用に作り込んだメディア教材の復旧が問題となっていたが、開発やメンテナンスを効率化するためにメディア教材システム oq-stage によって再開発を進めてきた。今年度は、残されている画面構成や動作が複雑なメディア教材（図 6）の全ての再開発を行った。

図 6: 高度配信日本語のメディア教材

ウルドゥー語は、文字に関するメディア教材の再開発を行った。ウルドゥー語の文字教材は、内容が大量で技術的にも複雑である上に、開発時のデータが残されておらず、昨年度に特殊な方法で再開発に必要なデータを生成した。今年度は、これらを用いて教材の復旧を行った。概ね再開発を行えたが、構成が複雑なため、実用的な外観と操作性に関する微調整が残されている。

3.1.5 撮影と録音の支援

言語文化研究科と協力しながら運営されている箕面キャンパスの e ラーニング開発拠点では、様々な e ラーニング、メディア教材の撮影や録音の支援を行っている。

今年度は、外国語学部の依田純和先生による「世界の言語シリーズ 20 イロカノ語」の録音支援を行った。さらに、今年度も学外利用があり、昨年度支

援を行った東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所 2023 年度言語研修のハカス語について、追加の録音を行った。
東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所年度言語研修：
http://www.aa.tufs.ac.jp/ja/training/ilc/ilc2023/

3.1.6 これまでの e ラーニングプロジェクトの機材やデータの管理

図 7: 収納された e ラーニングプロジェクトの機材の一部

これまでの e ラーニングプロジェクトなどで導入された非常に多くの機材や、そこで作成されたデータや文書の管理を行っている（図 7）。機材の種類は、業務用ビデオカメラ、PC、プリンタ、カメラ、レンズ類、三脚など非常に多様である。今年度も、例年通りの機材のメンテナンス、機材の貸し出し、機材のチェックや調整を行った。

3.1.7 教育用計算機システム運用の支援

教育用計算機システムの運用の支援を行っている。キャンパス内に設置されている設備の運用支援だけでなく、OUMail（図 8）と呼ばれる全学のためのメールシステムの運用支援や情報提供も行った。今年度は特に、メールとストレージサービスの容量削減に対応するための対策や広報などに注力することとなった。

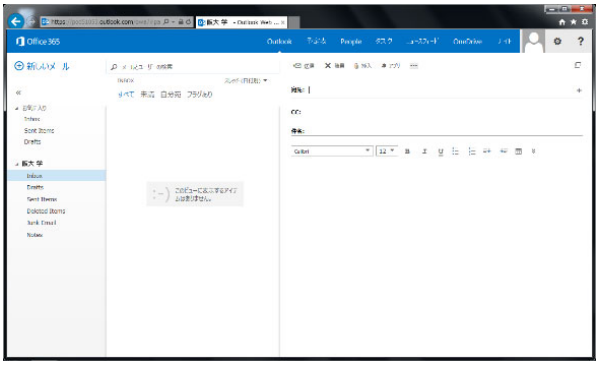


図 8: メールシステム OUMail

3.1.8 箕面キャンパスにおける情報環境に関する支援

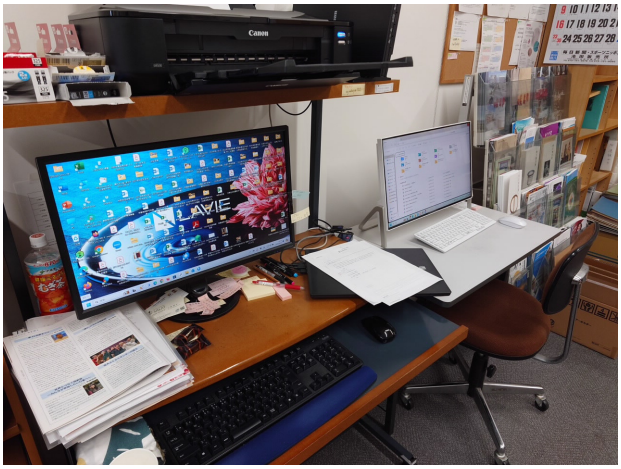


図 9: 咲耶会の事務室

箕面キャンパスの部局から寄せられる様々な情報システムやネットワークに関する相談に対応している。今年度は、箕面人文学研究科のネットワーク設定の支援や日本語日本文化教育センターのネットワークトラブルへの対応支援、外国語学部の同窓会である咲耶会事務室（図 9）の迷惑メール対策支援や印刷トラブル対策支援などを行った。

3.2 研究に係る全学支援

本部門は、学内だけでなく全国の研究者らの研究に係る全学支援として、大阪大学情報推進部と連携し、スーパーコンピュータやクラスタシステム等のサイバーメディアセンター保有の大規模計算機システムを維持・運用・更新する責務を担っている。

3.2.1 スーパーコンピューティングシステムの導入・運用

D3 センターは、旧組織であるサイバーメディアセンター時代より、全国共同利用施設として情報処理技術基盤の整備、提供および研究開発、情報基盤に支えられた高度な教育の実践ならびに知的資源の電子的管理および提供を行うことを目的としている。本部門は、そのような目的を達成すべく、サイバーメディアセンター応用情報システム研究部門の流れを汲み、高度かつ大規模な計算機システム環境を本学および全国の大学や研究機関の研究者に提供する任務を担い、本部門の教員は日々この任務に従事している。

本センターの大規模計算機システムは、現在、2021 年 5 月に更新を行った高性能計算・データ分析システム SQUID のみとなっている。なお、2024 年度は、2017 年 12 月に更新を行った全国共同利用大規模並列計算システム OCTOPUS のサービスを 2024 年 3 月末に終了したため、SQUID のみのサービスとなっている。また、データ集約基盤 ONION(Osaka university Next-generation Infrastructure for Open research and open innovatioN) は、上記 SQUID 大規模計算機システムの正常な稼働、および、これらの大規模計算機システムを利用者にとってより使いやすいシステムとなるよう、情報推進部、実際のシステム管理を担当する NEC らと月 1 回の定例会を行いながら、運用管理業務に従事している。また、センター内部的には、週 1 回 2 時間をめどに、本研究部門教員（伊達、高橋、速水）、および、情報推進部情報基盤課職員（木越、寺前、向園、村尾）で内部定例会を実施し、本センターの大規模計算機システム運用保守、ユーザー支援、各種技術課題等の確認・点検を行いながら、大規模計算機システムの利活用が最大限効率的に推進されるよう努めている。

本年度の運用管理業務では、通常の大規模計算機システム管理業務に加え、下記の運用管理業務について報告する。なお、mdx Ⅱについては昨年度の報告書ではこのスーパーコンピューティングシステムの導入・運用欄で説明を記載したが、その運用体制や性質が異なるため、別項目で活動を報告する。

(1) 新規利用者獲得に向けた広報
(2) High-Performance Scientific Computing (HPSC) News によるアウトリーチ活動
(3) 各種利用者向けセミナー・講習会の拡充
(4) 対面利用相談（試行サービス）の実施
(5) 公募型利用制度の推進
(6) HPCI/JHPCN 採択課題の支援
(7) 2023 年度利用者アンケートの実施
(8) 燃料係数および季節係数の運用
(9) 産業利用活性化に向けた展開
(10) 2024 年度性能チューニングプログラム
(11) OCTOPUS 後継機調達
(12) RED (research enhanced) ONION 構想
(13) 海外見学者の見学対応

以下、活動内容について概説する。

(1) 新規利用者獲得に向けた広報

2024 年度本センターの大規模計算機システムの高い利用率を今後も継続的に維持し、本センターへの利用者様からの求心力を向上すべく、本センターの大規模計算機システムおよびサービスについての広報を積極的に推進した。図 10、図 11 に本年度作成した、本研究部門が推進する大規模計算機事業における新規利用者募集広報資料（ポスターおよびパンフレット）を示す。本年度は、デザインテーマを平安時代、紫式部などを想定して作成した。パンフレットについては、A4 サイズに図 10、図 11 を両面に印刷したものを作成した。ポスターについては、A2 サイズに図 10 に示すデザインを印刷したものを作成し、A4 版パンフレット 4,000 部を学内全教員に

配布、A2 版ポスターについては 700 部作成し、国内研究機関・計算機センター等へ配布した。

図 10: 2024 年度新規利用者募集広報資料（パンフレット 表）

2024 年度は 2021 年度 5 月に導入した SQUID の 4 年目となる。SX-ACE の後継機である SQUID は OCTOPUS の規模をはるかに上回る規模のスーパーコンピュータとなったことからも、より多くの利用者からの大規模な計算要求を収容することが可能となっている。一方、2023 年度末まで運用していた OCTOPUS のサービスが終了となったことにより、多くの利用者が本センターあるいは他大学の計算機センターの計算機システムを利用しようとすることが想定される。そのような背景からも、本センターの大規模計算機システムが他センタに対しても魅力的であるよう、また知名度においても求心力・競争力を保てるよう、今後も広報活動は利用率の如何によらず尽力していく。

なお、これらの広報資料は、電子版でも公開しており、本センター大規模計算機事業 Web ページからダウンロード可能である。本報告書の読者の方で、本センターの大規模計算機システムのご利用に興味・関心のある方、また興味・関心のありそうな方がお近くにおられそうな方は、是非本センター大規模計算機事業 Web ページをご紹介いただければ幸いである。

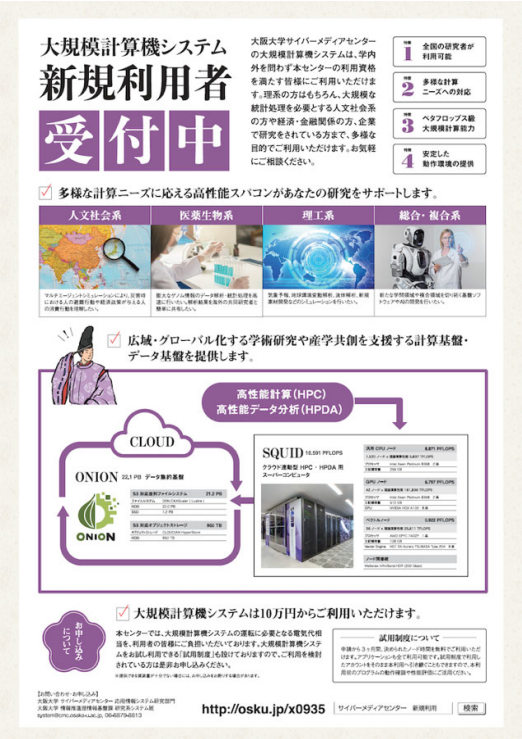


図 11: 2024 年度新規利用者募集広報資料（パンフレット 裏）

2024年度大規模計算機システム広報パンフレット：
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/public_data/pamphlet_2024/

(2) High-Performance Scientific Computing (HPSC) News によるアウトリーチ活動

2017 年度より、サイバーメディアセンター（現：D3 センター）のプレゼンス向上およびスーパーコンピューティングシステムの利用促進を目的として、本センターの計算機を利用して研究を推進する研究者にスポットをあてた映像を制作している。映像の制作に際しては、研究者のインタビューを基軸とし、研究者の生の声が届きやすい構成としている。この映像による広報は HPSC News シリーズとして今後も継続していくことを予定している。

8 年目となる 2024 年度は、表 2 に示す 2 映像を公開した。まず 1 本目の映像として、5 月 13 日に vol.16 として大阪大学 大学院生命機能研究科 生殖生物学研究室 河口真一助教にフォーカスを当てた映像

（図 12）を公開した。本映像ニュースでは、D3 センターの大規模計算機システムを活用した研究事例として、AlphaFold2 を利用して新規なタンパク質間相互作用ペアを発見しようとする研究事例を紹介した。

表 2: 2024 年度リリース HPSC News

タイトル	対象研究者 (敬称略)
AlphaFold2 を利用して、新規なタンパク質間相互作用ペアを発見する～機能解析の新展開	河口 真一 （大阪大学 大学院生命機能研究科 生殖生物学研究室 助教）
歯科診療室内の汚染空気の滞留シミュレーション	南部 恵理子 （大阪大学 歯学部附属病院 医療情報室 (口腔医療情報部)）

図 12: HPSC vol. 16 河口真一助教

図 13: HPSC vol. 17 南部 恵理子 氏

また、6 月 26 日には、vol. 17 として大阪大学歯学部附属病院医療情報室（口腔医療情報部）南部 恵理子氏にフォーカスを当てた映像（図 13） を公開した。本映像ニュースでは、歯科診療室の個室を対象にして、ドアと窓を開放した自然換気のみの場合と、エアコンや HEPA フィルター搭載空気清浄機を併用した場合の室内空気の滞留を、空気齢という空気の評価指標を用いて数値流体力学シミュレーションにて可視化する研究事例を紹介した。

HPSC News については、好評につき、来年度以降も継続的にリリースしていく。本報告書執筆時点において、すでに 2025 年度公開予定の映像も作成済みであり、2025 年度中に公開予定である。これらの HPSC News は、下記 web サイトより閲覧できるので、是非閲覧いただければ幸いである。

HPSC News:
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/hpsc-news/

(3) 各種利用者向けセミナー・講習会の拡充

本センターの大型計算機事業では、毎年行う Cyber HPC Symposium に加え、利用者向けに講習会、セミナー、ワークショップ、説明会・相談会を行なっている。講習会については、本センターの計算機システムに導入されているシステム・ソフトウェアの利用方法に関するものを取り扱うが、セミナー、ワークショップについは、現システムでも利用可能であるが今後積極的に利用者に関心・興味を持っていただきたいもの、また今後の本センターでの利用・応用をにらんでいるものを話題として選定して実施する。なかには最新の研究動向を紹介するものも、このカテゴリに含まれる。

ここでは、大規模計算機システム事業に携わる本研究部門の教員および情報推進部情報基盤課技術職員が中心となり企画・調整・実施に携わった、以下の利用者向けセミナーおよび講演会について報告したい。

[1] 利用者交流会
　Python チュートリアル(初級編)
　Python チュートリアル(中級編)
[2] スーパーコンピュータ利用者説明会（初心者向け）

以下、それぞれについて報告する。

[1] 利用者交流会

利用者交流会は 2021 年度より開始した試みで 4 年目となる。2024 年度も共創の場形成支援として、また産業利用活性化に向けて、当センターを利用す

る利用者間での交流（産学交流、産産交流）を促進するためのコミュニティ形態でのワークショップ（利用相談、リテラシ支援）のスタートとしてリテラシ支援プログラムとしてプログラミング初心者に向けたチュートリアルを開催した。

また 2024 年度は、以下の 2 イベント（合計 5 日間）を開催している。1〜3 年目の開催を経て様々なコメントを頂き、プログラムの改善をその都度実施し講師へのフィードバックを行いながら今年度も継続して開催している。いずれのチュートリアルでも、講師には大学院情報科学研究科の大学院生に担当いただく形をとっている。これは、セミナー受講者が気軽に聞けるように、という狙いがあり、受講者から好評を得ている。本年度の講師は、本研究部門所属の野口祥生さん（図 14）に担当頂いた。参加人数は 5 日間でのべ 117 名の実績であった。

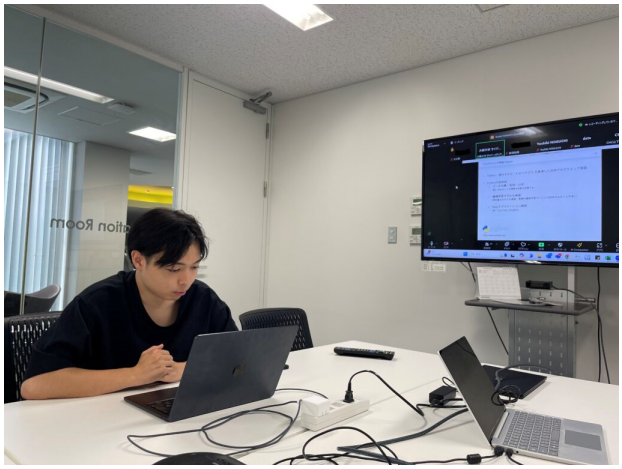


図 14: Python チュートリアルの講師を努めていただいた大学院生の野口祥生さん

Python チュートリアル（初級編）

日程：　9 月 2 日、9 月 9 日

講師：大阪大学　大学院情報科学研究科
博士前期課程 1 年　野口 祥生

Day 1

9 月 2 日（月）13:15 - 15:00	
13:15 - 13:20	ご挨拶と趣旨説明 大阪大学 サイバーメディアセンター 応用情報システム研究部門 伊達 進
13:20 - 14:45	チュートリアル 環境構築と Python の実行方法、プログラミングの初歩を学習します。 変数、式、条件分岐などを用いて、基本的なデータの扱い方と処理の書き方を学習します。 （講師：大阪大学 サイバーメディアセンター 応用情報システム研究部門 / 大阪大学大学院情報科学研究科 野口 祥生）
14:45 - 15:00	ラップアップと質問コーナー

Day 2

9 月 9 日（月）13:15 - 15:00	
13:15 - 14:45	チュートリアル 関数を用いた処理の書き方とライブラリ関数の利用方法について学習します。 ファイルの操作方法を学習することで、データの保存と読み出しを習得することを目標とします。 （講師：大阪大学 サイバーメディアセンター 応用情報システム研究部門 / 大阪大学大学院情報科学研究科 野口 祥生）
14:45 - 15:00	ラップアップと質問コーナー

Python チュートリアル(中級編)

日程：10 月 16 日、10 月 23 日、10 月 30 日

講師：大阪大学　大学院情報科学研究科
博士前期課程 1 年　野口 祥生

Day1：Python ライブラリ

10 月 16 日（水）10:00 - 12:00	
10:00 - 10:15	ご挨拶と趣旨説明 大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 教授 伊達 進
10:15 - 11:45	チュートリアル：Python ライブラリ 数値計算、データの可視化、Web スクレイピング等を通じて、Python ライブラリの使い方を学びます。 （講師：大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 / 大阪大学 大学院情報科学研究科 野口 祥生）
11:45 - 12:00	ラップアップと質問コーナー

Day2: Pandas によるデータ操作

10 月 23 日（水）10:00 - 12:00	
10:00 - 11:45	チュートリアル：Pandas によるデータ操作 Pandas（データ分析のための Python ライブ

	ラリ）を用いたデータ分析処理で行うプログラミングを学習します。効率的にデータ分析を行うために必要である、基礎的なプログラミング知識の習得を目標とします。 （講師：大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 / 大阪大学 大学院情報科学研究科 野口 祥生）
11:45 - 12:00	ラップアップと質問コーナー

Day3: AI プログラミング初歩

10 月 30 日（水）10:00 - 12:00	
10:00 - 11:45	チュートリアル：AI プログラミング初歩 簡単な分類問題を題材として、scikit-learn を使用した AI プログラミングを学習します。AI を始めていくために必要である、基礎的なプログラミング知識の習得を目標とします。 （講師：大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 / 大阪大学 大学院情報科学研究科 野口 祥生）
11:45 - 12:00	ラップアップと質問コーナー

2024 年度は中級編までの開催となったが、Python チュートリアル AI（Deep Learning)編（2 日間）のコース開発まで行っている。AI（Deep Learning)の技術進歩は早く 2023 年度開発コースの見直しが必要となり、李 天鎬 岡山理科大学 情報理工学部 教授にプログラムの監修をして頂いた。

Python チュートリアル(AI 編)

深層学習の概念と深層学習を使うために必要である、基礎的なプログラミング技術の習得を目標とする。分類問題を題材として、深層学習(Deep Learning)を学習する。TensorFlow/Keras を深層学習のライブラリとして用いる予定である。

2024 年度のセミナー参加者における産業利用者の割合は 10%を超えることが多くなっている。更なる参加者を迎えるため、利用者の関心が高い初級編、中級編に加えて AI(Deep Learning)編までの開催を予定している。また、Python 以外のプログラム拡充を検討予定である。

Python チュートリアル初級編:
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/lec_ws/20240902/

Python チュートリアル中級編:
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/lec_ws/20241016/

[2] スーパーコンピュータ利用説明会（初心者向け）

2024 年 5 月 27 日（月）、6 月 4 日（水）にスーパーコンピュータ利用説明会（初心者向け）を開催した（表 3、表 4）。本年度は 2 回開催した。いずれも説明部と個別相談会の部から構成されている。

この説明会については、年度はじめの教職員の多忙な時期に重なるため、年度によっては 1 回、最悪の場合開催できない場合もあるのが現状であるが、できる限り定常的に行っていきたいと考えているので、気軽に出席いただけると幸いである。

スーパーコンピュータ（初級編）

日程： 5 月 27 日 13:30-15:30

講師：伊達 進 教授、 山下晃弘 招へい教授、 情報推進部情報基盤課 寺前勇希 専門職員

表 3: スーパーコンピュータ利用説明会（初心者向け）プログラム

13:30-13:50	主旨説明とシステムの概要（サイバーメディアセンター 伊達 進）
13:50-14:10	利用申請と利用者支援（サイバーメディアセンター 山下 晃弘）
14:10-15:10	スパコンの使い方（情報推進部 情報基盤課 技術職員）
15:10-15:30	個別相談会（注 1）

スーパーコンピュータ（初級編）

日程： 6 月 4 日 13:30-15:30

講師：伊達 進 教授、速水智教 特任助教(常勤)、情報推進部情報基盤課 寺前勇希 専門職員

表 4: スーパーコンピュータ利用説明会（初心者向け）プログラム

13:30-13:50	主旨説明とシステムの概要（サイバーメディアセンター 伊達 進）
13:50-14:10	利用申請と利用者支援（サイバーメディアセンター 速水 智教）
14:10-15:10	スパコンの使い方（情報推進部 情報基盤課 技術職員）
15:10-15:30	個別相談会（注 1）

スーパーコンピュータ利用説明会（初心者向け）：
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/lec_ws/20240527/
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/lec_ws/20240604/

(4) 対面利用相談(試行サービス)の実施

本センターでは、2014 年度にスーパーコンピュータ SX-ACE が導入された。当該スーパーコンピュータはクラスタ化されたベクトル型スーパーコンピュータへとアーキテクチャが変更になったことから、利用者からその使い方、性能チューニングに関する質問が数多く寄せられつつある。そういった背景から、2015 年度後半より D3 センターの教職員および日本電気株式会社のシステムエンジニアによる対面利用相談を週一度程度試行的に開設している。

表 5: 2024 年度対面利用相談窓口 開設実績.

月	開設時間
4 月	4 日
5 月	4 日
6 月	4 日
7 月	4 日
8 月	4 日
9 月	4 日
10 月	4 日
11 月	3 日
12 月	4 日
1 月	3 日
2 月	4 日
3 月	3 日
年	45 日

2024 年度は、本制度を試行的に実施し始めてから 10 年目となるが、昨年度に引き続き試行的に対面利用相談を継続している。本年度の開設実績は表 5 の通り、年 45 日となった。対面利用相談は、利用者の希望に基づき、オンラインおよび対面にて実施している。

対面相談の内容は多岐に渡り、例年だと、単にジョブ実行時のエラーの解決方法であったり、性能チューニングに関するもの、大規模計算機システムの利用方法に関するもの等、多様に異なる。2024 年度実際に寄せられた相談件数は 8 件であった。

相談者の意向もあるので具体的に示すことは難しいが、本報告書では実際に相談のあった 1 件の事例概要を紹介したい。

今回紹介するのはある大学教員から寄せられた自作のシミュレーションプログラムに関する相談である。SQUID ベクトルノード上での性能チューニングを主な目的として、対面利用相談が行われた。対面利用相談には SQUID の保守ベンダである日本電気株式会社のエンジニアが同席し、疎行列ベクトル積や通信処理に関する性能上の課題について議論を行い、プログラム内の間接参照の見直しや ftrace 情報の取得に関する対応を提案した。また、ベクトルノード環境での GSL ライブラリ利用に関する要望もあり、ビルド方法についてのアドバイスを行った。相談を通じて、ユーザー側での最適化検討の足がかりとなり、大変ご満足いただけたようであった。

冒頭に記載した通り、対面利用相談は今年度で 10 年目の実施となった。対面利用相談を通じてこれまで不可能であった計算が可能になった実績、新規利用者の開拓、本学の産学共同研究実績にもつながった実績など、継続的に本センターひいては本学の重要な成果へとつながったケースもみられる。また、利用者からも試行的なものではなく、継続的に実施してほしいという声も多く聞かれる。そうしたことから、本センターでは今後も継続的に対面利用相談を実施していきたいと考えているので、利用者の皆様には是非対面利用相談を積極的に利用していただきたいと考えている。

なお、対面相談に際しては、内容の事前把握、対応者の確定の視点から、相談希望日の 3 営業日前までに下記に示すウェブページより、予約が必要となっている。引き続き、本センターの計算機利用、性能チューニングだけでなく、公募利用、JHPCN や HPCI 等の申請方法等々に関する疑問がある場合には、積極的または気軽に利用いただき、本センターの大規模計算機資源を研究に活用いただければ幸いである。

対面利用相談について（試行サービス）：
http://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/ftf-consult/

(5) 公募型利用制度の推進

本センターの大規模計算機システムを活用する研究開発の育成・高度化支援の観点から、本センターの大規模計算機システムの公募型利用制度を推進中である。本センターの大規模計算機システムの利用には、使用した計算資源量に相当する電気代分の金銭的負担が必要となる。同程度の性能を有する計算資源を提供するクラウド事業者と比べて、かなり低価格な利用負担金ではあるものの、大規模かつ長時間の計算を行う研究者にとっては研究費の負担は依然として大きい。そういった研究者の負担軽減という視点もある、本センターの公募型利用制度は、2015年度中頃より議論を開始し、2016年度に若手・女性研究者支援萌芽枠および大規模 HPC 支援枠を設定し、スタートした。その後、2018年度には、その後の機械学習、深層学習といったキーワードに代表されるAI（人工知能）および、それを利活用する研究開発への期待と関心の隆起を予測し、人口知能研究特設支援枠の設置を決め、2019年度より正式に運用を開始した。その後、2022年度には、利用者アンケートを通じていただいた利用者からの声を参考とし、世界と伍する学生育成特設枠を新設し、2023年度より運用を開始した。なお、2023年度より人工知能研究特設支援枠は通常枠として人工知能研究支援枠へと変更した。

表 6: 2024 年度公募型利用制度スケジュール

2023 年 11 月 13 日	募集開始
2023 年 12 月 15 日	募集締切
2024 年 2 月中旬	採否通知

9年目となる2024年度の公募型利用制度は、2023年度に募集を開始する、表6に示すスケジュールで実施した。2024年度の公募型利用制度は、(1)若手・女性研究者支援萌芽枠として 1-5 課題、(2)大規模HPC支援枠として1-4課題の募集に加え、(3)人工知能研究支援枠 1-3 課題、(4)世界と伍する学生育成特設枠 1-5 課題の募集を行った。本年度は対象となるシステムはSQUID（高性能計算・データ分析基盤システム）であった。なお、OCTOPUS については、2024 年 3 月末をもってサービス終了としたため、2024年度の対象システムから外れた。研究実施期間は2024年4月1日～2025年3月31日とした。

本公募型利用制度を広く周知し、より多くの研究者の方に応募していただくために、本年度も、利用者メーリングリストほか各種メーリングリストに加え、図 15 に示す広報資料（パンフレット 4,000 部、ポスター: 600 部）を作成し、学内の教員全てに配布するとともに、国内の大学、研究所等にも配布した。なお、2024年度は、原始時代風のデザインを採用したが、多くの方から非常に好評をいただいた。

このような積極的な広報活動を展開した結果、2024 年度大規模計算機システム公募型利用制度への応募は 37 課題（大規模 9 件; 若手女性 8 件；人工知能 4 件; 世界伍 16 件）となった。前年 2023 年度大規模計算機システム公募型利用制度への本制度への応募は 38 件であり、概ね同程度の応募件数となった。

本制度での応募課題の審査は、本センターで設置する、学内・学外の研究者から構成される高性能計算機システム委員会で実施される。公募型利用制度の審査は、通常、各審査委員の書面審査後、審査委員が一堂に集い合議により行う。2024年度公募型利用制度の審査もオンラインに集い、同様の方法で審査が行われた。

その結果、表 7、表 8、表 9、表 10 に示すように(1)若手・女性研究者支援萌芽枠 3 課題、(2) 大規模HPC支援枠に4課題、(3)人工知能研究支援枠に1課題、(4)世界と伍する学生育成特設枠 8 課題を採択した。ここでお気づきになられた方もおられると思うが、募集課題数に対し、採択課題数が上回る場合がありうる。これは本センターでの大規模計算機システム公募型利用制度では、提供予定の計算資源量が許す限り、利用者である研究者からの良い研究課題を支援したいと考えていることによる。ぜひ積極的に応募いただければと考えている。

図 15: 2024 年度大規模計算機システム公募型利用制度募集　広報用ポスター/パンフレット（表面をポスターとして利用している）

表 7: 2024 年度 若手・女性研究者支援萌芽枠

代表者名　(敬称略)	研究課題名
Anas Santria (Department of chemistry, Graduate School of Science, Osaka University)	Investigating Magnetic Interaction in the Photo-excited State of a Series of Triple-Decker Phthalocyaninato Lanthanide(III) Complexes
緒方 奨（大阪大学 工学研究科附属フューチャーイノベーションセンター)	超臨界地熱発電を志向した超臨界地熱環境下での人工地熱貯留層造成シミュレーション
鵜沢 浩太朗（京都大学 大学院理学研究科）	生成座標法に基づく核分裂の微視的記述

表 8: 2024 年度 大規模 HPC 支援枠 採択課題

代表者名　(敬称略)	研究課題名
佐野 孝好（大阪大学 レーザー科学研究所)	ホイッスラー波を利用した新奇なレーザー核融合デザインの探索
村上 匡且（大阪大学 レーザー科学研究所)	マイクロトロイダルによるプロトン・ボロン磁場核融合の３次元シミュレーション
岩下 航（大阪大学 大学院基礎工学研究科）	In silico スクリーニングを用いて、毒性ウィルスタンパク質と宿主タンパク質との相互作用を予測する
河口 真一（大阪大学 大学院生命機能研究科）	AI を用いたタンパク質間複合体予測から、機能未知遺伝子の機能を推察する
大西 正人 様（統計数理研究所先端データサイエンス研究系）	第一原理計算を用いた非調和フォノン特性データベースの構築

表 9: 2024 年度人工知能研究支援枠 採択課題.

代表者名　(敬称略)	研究課題名
小野 寛太（大阪大学 大学院工学研究科）	大規模シミュレーションと機械学習を活用したデータ駆動型磁性材料開発

さらに、次年度以降の公募型利用制度を、本制度の背景にある JHPCN や HPCI と本制度の連携関係をより効果的なものにすべく、平成 29 年度より公募型利用制度(追加募集)制度の設計を行い、実施を行っている。この公募型利用制度(追加募集)は、HPCI や JHPCN への申請課題を行うも不採択となった研究

提案を本センターの公募型利用制度で救済し、次年度以降の HPCI あるいは JHPCN への再応募を支援することをねらうものである。2023 年度も上記支援を目的として 2024 年公募型利用制度追加募集を推進した。

表 10: 2024 年度世界と伍する学生育成特設枠

代表者名　(敬称略)	研究課題名
荒金 究 （大阪大学 蛋白質研究所）	大規模言語モデルを用いた文献からの知識抽出と細胞内ネットワークの数理モデルのデータ駆動的な構築
寺田 雄亮 （東京大学　大学院理学系研究科）	太平洋赤道上の深い循環を駆動するエネルギー供給プロセスの解明
Rizka Nur Fadilla (Department of Precision Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University)	Machine Learning Metadynamics for Modelling Phosphoramidate-based Antibody-drug Conjugates in Cancer Treatment
水谷 耕介 （大阪大学 大学院理学研究科）	連星系における共通外層期の軌道進化を対象とする 3 次元磁気流体計算
李 響 （大阪大学 大学院工学研究科）	塑性変形におけるエネルギー散逸に関する分子動力学的研究
片瀬 大祐 （東京大学 大学院工学系研究科）	電荷注入現象の解明を目的とした金属/ポリマー界面モデリング
浅野 弘斗 様 （大阪大学 大学院薬学研究科）	医薬品有害事象プラットフォームへの言語生成 AI の搭載による安全性情報の収集・分析の効率化
三宅 冬馬 （北海道大学 大学院工学院機械宇宙工学専攻）	高忠実流体構造連成モデルによる 3 次元超臨界翼の遷音速フラッター解析：特異なフラッター境界形成メカニズムの解明

2024 年度の公募型利用制度（追加募集）は、2023 年度末から 2024 年度にかけて、以下のスケジュールで実施した（表 11）。図 16 に追加募集用に作成した広報資料を示す。この広報資料は、先行して実施している公募型利用制度で行ったように紙資料として配布するのではなく、電子版のみ作成している。

図 16: 2023 年度大規模計算機システム公募型利用制度追加募集の広報用パンフレット

表 11: 2024 年度公募型利用制度（追加募集）スケジュール

2024 年 3 月 11 日	募集開始
2024 年 4 月 12 日	募集締切
2024 年 6 月上旬	採否通知

その結果、表 12、表 13、表 14、表 15 に示すように(1)若手・女性研究者支援萌芽枠に 3 課題、(2)大規

模 HPC 支援枠に 4 課題、(3) 人工知能研究特設支援枠に 1 課題、(4)世界と伍する学生育成特設枠 4 課題を採択・支援することができた。なお、2024 年度大規模計算機システム公募型利用制度追加募集への応募は 27 件(昨年度は 17 件)であった。

表 12: 2024 年度 若手・女性研究者支援萌芽枠

代表者名 (敬称略)	研究課題名
顧 彦珺 （大阪大学 産業科学研究所）	レーザープラズマ駆動電子加速における放射減衰効果
高木 悠司 （大阪大学 大学院理学研究科）	運動論的レーザープラズマ相互作用で発生する非熱的高速電子特性の解析
芳賀 智宏 （大阪大学 大学院工学研究科）	自然の多面的価値の理解に向けたランドスケープの埋め込み表現の開発

表 13: 2024 年度 大規模 HPC 支援枠（追加募集）採択課題

代表者名 (敬称略)	研究課題名
畑 昌育 （量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所）	超高強度レーザーイオン加速におけるイオン化の物理とその制御
中澤 嵩 （金沢大学）	Logarithm conformation representation による圧縮性流体方程式の導出と数値計算
岩下 航 （大阪大学 大学院基礎工学研究科）	溝付き粘弾性体の滑り摩擦の連続体解析
杉村 奈都子 （鹿児島工業高等専門学校）	機械摩擦の摩耗焼付き機構解明に資するマルチスケールモデルの開発

表 14: 2024 年度 人工知能研究支援枠（追加募集）採択課題

代表者名 (敬称略)	研究課題名
浜口 智志 （大阪大学 大学院工学研究科）	反応性プラズマと物質の相互作用を解析するための機械学習原子間力場の構築

以上に記載したように、本センターの大規模計算機システムの公募型利用制度は、年 2 回実施し、その結果、大規模 HPC 支援枠 9 課題、若手・女性研究者支援枠 6 課題、人工知能研究支援枠 2 課題、世界と伍する学生育成特設枠 12 課題を採択・支援した。若手･女性研究者支援枠に採択された 6 課題は、国内のスーパーコンピュータを有する計算機センターが連携して推進する「ネットワーク型」共同利用・共同研究拠点 JHPCN（学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点）の萌芽研究としての認定を得ている。

表 15: 2024 年度 世界と伍する学生育成特設枠（追加募集）採択課題

代表者名 (敬称略)	研究課題名
Bahrul Jalaali (Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University)	Data-driven subgrid-scale model for large-eddy simulation
山口 栄治 （琉球大学 大学院理工学研究科）	固体群と流体の三次元連成数値シミュレーションを用いた混合粒径土砂流の力学機構の解明
YIJIA WU (School of Engineering, The University of Tokyo)	Investigating dynamically super-disordered Graphite Intercalation systems for Metaphonics modeling through advanced Material Informatics and molecular dynamics simulations
Minh Nhat Ly (Department of Physics, Graduate School of Science, Osaka University)	Particle acceleration in collisionless shocks with pre-existing turbulences by particle-in-cell simulations

2024 年度は世界と伍する学生育成特設枠を実施した 2 年目の年である。わが国の学術研究を担う次世代の研究者育成の視点から、本センター大規模計算機システムの利用資格を有する、一人または比較的少数の学生が学位取得（修士、博士）を目標として行う研究課題を対象とする本課題枠への応募が堅調に進んでいることは喜ばしい。また、センターとして若手研究者の育成に貢献できていることを示す成果の一つともなった。一方、世界と伍する学生育成特設枠を 2 年実施することによって制度設計上の課題も見えてきている。この部分については今後修正・改善をしていきたいと考えている。

本センターでは、利用者の計算ニーズや要求にいち早く呼応し、柔軟に本制度を再設計することで、利用者の研究開発を支援している。引き続き本センターの公募型利用制度のご利用をご検討いただければ幸いである。より詳細な情報は下記ウェブページから取得可能であるので、是非参照されたい。

公募型利用制度 web：

https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/service/intro/research_proposal_based_use/（日本語）

https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/en/service/intro/research_proposal_based_use/（英語）

続いて、2024 年度公募型利用採択者の成果報告会について報告する。本センターの公募型利用制度では、課題採択者の皆様方にもれなく研究成果の報告発表をしていただくことを義務としている。このことは、本センターの大規模計算機システムの利用は、本来、利用した計算機資源量に対応する消費電力の電気代金相当の利用負担金を研究者に負担いただくことで成立しているのに対し、公募型利用制度の採択課題者の利用する計算機資源量に対応する利用負担金は D3 センター（旧：サイバーメディアセンター）が負担する仕組みとなっていることに由来する。すなわち、本センターが利用負担金を負担することで、採択課題者が本センターの大規模計算機システムを使いどのような研究を推進し、そして、本制度の目的の一つである HPCI や JHPCN への課題発展性を点検・確認することにある。

本年度の公募型利用制度報告会は、2025 年 3 月4日、5 日にオンライン開催した。また、公募型利用制度成果報告会についての報告は、別途、本年報「2024 年度大型計算機システム公募型利用制度 成果報告会開催報告」に記載しているので参照されたい。

2024 年度 公募型利用制度成果報告会：

https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/lec_ws/20250304/

(6) HPCI/JHPCN 採択課題の支援

JHPCN (Joint Usage/Research Center for Interdisciplinary Large-scale Information Infrastructure)、および、HPCI (High Performance Computing Infrastructure) は、いずれも本センターは構成拠点として重要な役割を担っている。HPCI は、「京」と全国の大学や研究機関に設置されたスーパーコンピュータやストレージを高速ネットワーク(SINET5)で結び、多様なユーザニーズに応える革新的な共用計算環境基盤であり、JHPCN は北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学にそれぞれ附置するスーパーコンピュータを持つ 8 つの施設を構成拠点とし、東京大学情報基盤センターがその中核拠点として機能する「ネットワーク型」共同利用・共同研究拠点である。

HPCI および JHPCN はいずれも全国の研究者より研究課題の公募を行ない、課題審査を経て、採択課題に計算資源を割り当てる。構成拠点は、HPCI/JHPCN に繋がる研究課題を支援・育成していくことが求められている。そのような視点から、本センターでも、若手・女性研究者支援萌芽枠、大規模 HPC 支援枠から構成する独自の公募型利用制度を 2016 年度より実施している。2019 年度からは、大規模な計算能力を必要とする人工知能分野の研究支援の観点から、人工知能研究特設支援枠を設置し、2023 年度より常設枠と変更し、HPCI/JHPCN 課題への発展を支援している。また、2022 年度には、利用者アンケートを通じていただいた利用者からの声を参考とし、世界と伍する学生育成特設枠を新設している。

2024 年度は、本センターの計算資源を利用する HPCI および JHPCN の課題合計 24 件（JHPCN 13 件、HPCI 21 件）を受け入れ、大規模計算機利用支援・研究支援を行なった。HPCI および JHPCN での受け入れ課題を以下の表 16 および表 17 に記す。

表 16: 本センター利用の HPCI 課題

枠	代表者名(敬称略)	研究課題名
HPCI システム一般課題	高橋 裕介（北海道大学・大学院工学研究院機械・宇宙航空工学部門）	柔軟構造大気突入機の流体構造連成解析と動的モード分解
	町田 正博（九州大学・大学院理学研究院・地球惑星科学部門）	星形成と惑星形成分野を横断する大規模数値シミュレーション
	秋山 進一郎（筑波大学）	内部自由度に富んだ格子理論に対するテンソルネットワーク法の開発と応用
	新城 一矢（理化学研究所）	量子スキルミオンの非平衡ダイナミクス
	萩田 克美（防衛大学校）	水中高分子ゲルネットワークのナノ力学分子論の機械学習援用解析
	大島 伸行（北海道大学・工学研究院 機械宇宙工学部門）	一般化数理モデルに基づく乱流燃焼 LES による実機ガスタービン燃焼器シミュレーションの実証解析
	八木 清（理化学研究所）	超高速 QM/MM 計算の開発と生体化学反応の自由エネルギー計算への応用
	齋藤 裕（国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター）	機能性タンパク質デザインの「省データ」化にむけたタンパク質言語モデルと分子シミュレーションの融合
	髙田 滋（京都大学 大学院工学研究科）	大規模並列計算による微小系気体中の非平衡輸送の分子気体力学的研究
	河口 真一（大阪大学 大学院生命機能研究科）	疾患関連タンパク質のインタラクトームを予測し、発症のメカニズムを探る
	鷲津 仁志（兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科）	潤滑油中の添加剤および増稠剤の自己組織化解析
	福澤 薫（大阪大学 大学院薬学研究科）	フラグメント分子軌道法による構造生物学と量子化学の連携基盤の構築
	岡本 隆一（兵庫県立大学大学院情報科学研究科）	アモルファスカーボンの表面構造とトライボロジー特性の相関に関する研究
	坪井 伸幸（九州工業大学大学院工学研究院機械知能工学研究系）	クリーン燃料の燃焼に対する詳細化学反応モデルを使用した爆轟特性の詳細数値解析
	長峯 健太郎（大阪大学 大学院理学研究科宇宙地球科学専攻）	宇宙論的流体シミュレーションデータベースの構築と観測的宇宙論
	梅本 貴弘（東京大学）	カーボンニュートラル実現に向けた革新的ナノコンポジット材料の創成技術
	塩見 淳一郎（東京大学 大学院工学系研究科）	第一原理計算を用いた非調和フォノン特性データベースの構築
HPCI システム 若手人材育成課題	Marco Edoardo Rosti (Okinawa Institute of Science and Technology School Corporation / Complex fluids and flows Unit / Rosti Unit)	Turbulent mixing enhancement in flexible canopy flows
HPCI システム 産業利用課題	神保 岳大（株式会社日本学術サポート）	複数精神疾患の診断・治療に向けた 4D 脳機能画像 Deep Learning 解析
	前川 拓滋（ローム株式会社研究開発センター）	次世代パワーデバイス用エピタキシャル成長の解明
	中島 裕人（株式会社日立製作所 研究開発グループ）	GPGPU による帯電解析プログラムの大規模化の検討

表 17: 本センター利用の JHPCN 課題

代表者名　(敬称略)	研究課題名
山口 雅也 （大阪大学 大学院歯学研究科 バイオインフォマティクス研究ユニット）	大規模比較ゲノム解析による病原細菌の進化と病態発症機構の解明
髙田 滋 （京都大学大学院工学研究科）	分子気体力学解析コードの GPU 実装と相分離現象シミュレーション
村上 匡且 （大阪大学・レーザー科学研究所）	マイクロトロイダルによるプロトン・ボロン磁場核融合の３次元シミュレーション
松崎 義孝 （国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 海洋環境制御システム研究領域 海洋汚染防除研究グループ）	流動生態系シミュレーションシステムによる水環境評価のための標準化プラットフォーム構築
森田 直樹 （筑波大学 システム情報系）	グラフ構造で一般化された静的負荷分散フレームワークに基づくマルチスケールシミュレータの開発
関口 宗男 （国士舘大学理工学部）	2(+1)フレーバー格子 QCD による複合粒子の質量生成機構の研究
高棹 真介 （大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻）	現実的な原始惑星系円盤のガス散逸シナリオ構築に向けた多角的アプローチ
森川 良忠 （大阪大学 大学院工学研究科）	The Elucidation of Non-equilibrium States of Catalysis by Machine Learning Aided Atomic Simulations
南里 豪志 (Research Institute for Information Technology, Kyushu University)	Study on the real effect of non-blocking collective communications
佐藤 正寛 （東京大学大学院工学系研究科）	環境循環型社会の実現に向けたポリマーインフォマティクスのデータ基盤構築
村田 忠彦 （大阪大学 D3 センター）	合成人口プロジェクト : 合成人口データへの従業地属性の追加
芝 隼人 （兵庫県立大学 大学院情報科学研究科）	グラフニューラルネットワークと生成モデルを用いた非晶質系動力学予測システム開発
塙 敏博 (Information Technology Center, The University of Tokyo)	Energy Efficient Operation for Supercomputer Systems

本年度もまた昨年度実績と比較して同等以上数の課題を採択できたと考える。引き続き本センターの大規模計算機システムをご利用いただけるよう積極的な広報、利用者支援をおこなっていきたいと考えている。

(7)　2023 年度利用者アンケートの実施

本年度も例年同様に、本センターの利用者を対象に、本センターの大規模計算機システム事業における、今後のユーザサポートのあり方、OCTOPUS をはじめとした今後の計算機運用のあり方、次期スーパーコンピュータシステムの導入について検討する際の参考とすることを目的とし、2023 年度利用者アンケートを 2024 年 5 月 9 日から 6 月 30 日の期間に実施した。

アンケートの内容は、

＊　利用者情報
＊　大規模計算機システムのご利用方法について
＊　大規模計算機システムの満足度について
＊　データ集約基盤(データストレージサービス)の満足度について
＊　事務手続きについて
＊　利用負担金支援制度について
＊　ユーザー支援について
＊　今後の大規模計算機システムへの要望

に関する質問で構成した。データ集約基盤については、2023 年度利用者アンケートからの新しい調査項目である。基本的には、前年度に引き続き、本アンケートでは、どのような分野の研究者が、どのような用途で、どのようなツールやライブラリを利用したか？そして、それらの研究者の方々が、本センターの大規模計算機システムに対して、どのような要望を持ち、どのように満足いただいているのか？、どのように不満をお持ちなのかを把握することを目的としている。頂いた回答については、大規模計算

機システム事業を担当する教職員で共有・分析し、システムおよびサービスの改善・改良に役立てている。

以下では、いくつかの項目についての回答をまとめる。

利用者情報：

本センターの利用者についての情報を取りまとめたところ、回答を得た 66.67%が大学（大阪大学だけでなく全国の大学）に所属する研究者であった。企業の方、学術研究機関からの回答は 13.34%、6.67%程度で多く得られなかった。年齢層としては、25-34 歳 20%、35-44 歳 33%、45-54 歳 26.7%、55-64 歳 13.3%、65 歳以上 0%、24 歳以下 6.7%という内訳であった。研究分野は工学分野を専門分野という方は 40.00%、数物系科学を専門分野という方が全体の 33.3%、医歯薬学分野と回答された方は 6.7%であった（図 17）。

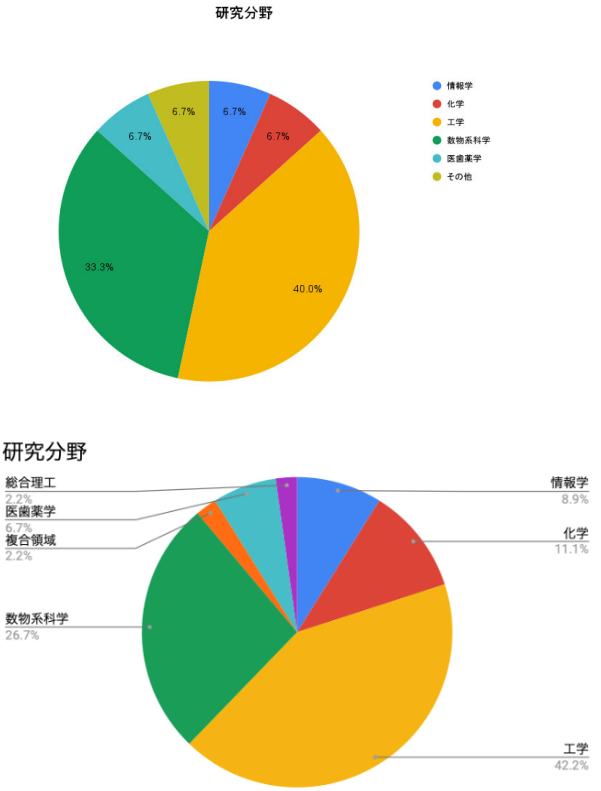


図 17: 回答者の専門研究分野

大規模計算機システムの満足度について：

本センターの大規模計算機システム事業を評価する上で最も重要となる大規模計算機システムの満足度に関する質問に対する回答をまとめたものが、図 18、図 19 である。満足度に関する質問は、大規模計算機システムごと、すなわち、現有（2023 年度時点）の SQUID、OCTOPUS、および、試験運用中のデータ集約基盤 ONION のそれぞれについて、利用満足度、満足点、不満点、提供ソフトウェアに対する要望を質問した。

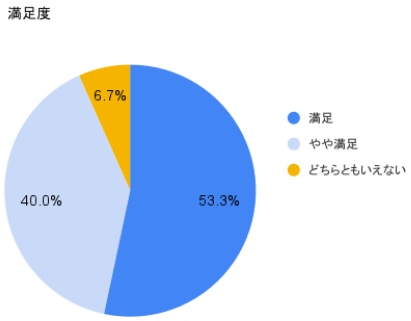


図 18: SQUID 利用満足度

図 19: OCTOPUS 利用満足度

なお、利用満足度については、満足、やや満足、どちらともいえない、やや不満、不満、利用していないを選択してもらったが、「利用してない」と回答した利用者は図 18、図 19 では除外している。

また続く設問の満足点、不満足点については、例年同様、当該システムを利用した方のみからの回答を受け付けた。満足点、不満足点の回答には、

- ジョブ実行（待ち時間、キュー構成等）
- 計算資源の性能（計算速度、メモリ容量、ノード数）
- 開発環境（コンパイラ、エディタ等フロントエンドでの作業に関すること）
- ソフトウェアの種類

- ストレージ(容量、I0 速度)
- ユーザサポート
- その他
- なし

の任意数の項目を選択してもらう方式とした。提供ソフトウェアについては要望を自由記述で受け付けた。

図 18、図 19 の結果から、SQUID および OCTOPUS に対して、満足あるいはやや満足の回答は当該システムを利用している回答者の 93.3%、100.0%となっており高い利用者満足度を得ていることがわかる。しかし、OCTOPUS については、2024 年度がシステム導入から 7 年目であったこともあり、満足度の高い利用者だけが利用してたとも考えられる。一方、SQUID については、一昨年、昨年、今年度と 90% を超える割合で満足あるいはやや満足の回答は 96.5%であり、安定的に利用者からの支持を得ているといえる。

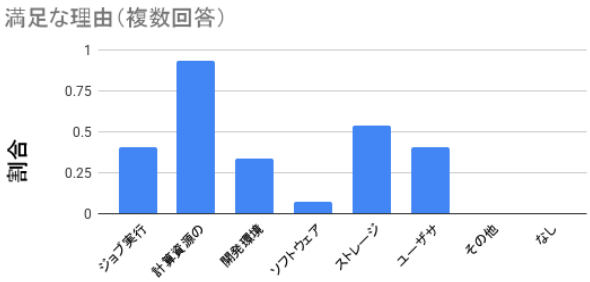


図 20: SQUID 満足点

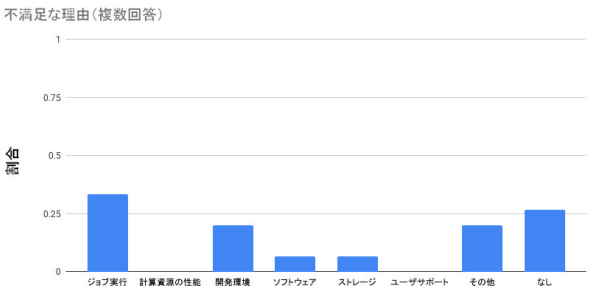


図 21: SQUID 不満足点

次に、図 20、図 21 に SQUID システムの満足点、不満足点に対する回答結果を記す。これらの結果から、SQUID については計算資源の性能については、回答者の 90%強から満足いただいていることがわかる。SQUID は 2023 年度においても、Intel 製 Ice Lake 世代プロセッサ、NVIDIA 製 GPU A100、NEC 製ベクトルプロセッサ NEC SX Aurora-TSUBASA type20A といった最新プロセッサを備えた大規模クラスタであり、この点は利用者に高く評価されていると考えられる。また、ジョブ実行に対しても回答者の約 40%程度から満足いただけている。一方、不満足点を見ると、回答者の 30%強がジョブ実行を上げている。この点については、以下に記す不満足点に対する自由記述がヒントになる。

不満足点に対する自由記述回答を見ると、

* *「module が毎年更新されるのですが、変更点をまとめてWeb ページに掲載していただけると助かります。変更点を把握するのに時間がかかっています。」*
* *「年度ごとに module が変更されるたびに、コンパイル時のベクトル化できる・できない場所の挙動が変わってきてしまう点」*

という、ジョブ実行に関係する module に対する回答がある。module については SQUID から導入したものであるが、これらの意見に対して、本センターとして改善を図りたいと考えている。

また、昨年度にも寄せられていた意見であるが、

* *「アクセス。ログイン、scp 時の 2 段階認証が圧倒的に不便。」*

といった意見、特に 2 段階認証の不便さに関する意見が寄せられている。昨年度の年報でも記載したが、フロントエンド（ログイン）ノードに対するログインが 2 段階認証となっている点が不便である点に利用者から不満の声があることを本センターとしても十分に把握している。本報告書を記載している立場、管理者の立場をおいておけば、全く同感の意見である。それゆえ、当センターでも、利便性とシステムセキュリティのトレードオフ問題を意識しつつ、常によりよいスパコンへのアクセス方法を提供したいとは考えている。しかしながら、セキュリティレベ

ルを下げてしまうと、万一システムセキュリティをブレークされてしまった際にサービス提供できない時間が長くなる。一方でセキュリティレベルを上げてしまうと、利用者の利便性はさらに低下してしまう。この点については、このような議論を継続的に行っているが、やはり引き続き検討事項となっている。

また、不満点の理由として、

* 「*利用料金*」

という昨年同様に回答があった。その度に、毎回説明を記載しているのであるが、本センターの大規模計算機システムの利用負担金の設定は、その計算機を利用するに際して発生する消費電力相当をベースにしている。それゆえ、いわゆる民間クラウドベンダの提供する、同等程度の性能を有する計算資源と比較すれば、数分の一程度以上安い価格設定となっている。さらに、これ以上の低コストな価格設定は、本センターでのスーパーコンピュータシステムそのものを阻害してしまう原因となる。よって利用者の皆様方にはご理解いただければ幸いである。

本センターとしては、本センターの大規模計算機システムを安定かつ定常的に運転していくためには、この利用に伴う際の消費電力相当分の費用に関しては受益者負担とせざるを得ないのが実情であり、最低限の利用負担金を設定している。ご理解いただき、利用者である研究者の皆様には、よりよい学術的成果へと繋げていただければ幸いである。そして、本センターにその学術的成果をもれなく報告いただければ幸いである。

少し話は変わるが、スーパーコンピューティングシステムの導入・運用には膨大な資金が必要である。そうしたなか、計算に必要となる消費電力相当の受益者負担でスーパーコンピューティングシステムを利用することを可能にするには、利用者である研究者の皆様の学術的成果が必要不可欠である。ぜひ年度末に求められる成果報告には、皆様方の研究に必要不可欠なツールであるスーパーコンピューティングシステムを維持・発展させるためにも、真摯に回答いただければ幸いである。

なお、2022 年度のアンケートでは、本センターのサポートに対する不満の声があげられていた。この不満の声は、利用者の要望に対し技術的な検証が必要であると同時に、本センターに導入されているソフトウェアのバグに起因するなどの複合要因により、ご迷惑をおかけしたことに対するものであった。2023 年度のアンケートでは本センターのサポートに対する不満の声は見られなかったが、本センターでは、SQUID の運用保守支援をともに行う日本電気株式会社とも共有のうえ、よりよき利用者支援につなげていくよう努力している。

次に、図 22、図 23 に OCTOPUS システムの満足点、不満足点に対する回答結果を記す。OCTOPUS については、2017 年 12 月に稼働したスーパーコンピュータであるため徐々に EoL(End of Life)が近づきつつあるという状態での運用であり、OCTOPUS 稼働の最終年度であった。2022 年度より、OCTOPUS の利用者を SQUID への移行を積極的に進めてきたこともあり、OCTOPUS 自身の利用者数は減少傾向にあったが、それでも高い利用率を維持していた。OCTOPUS をご利用の皆様からも、最終年度まで計算資源の性能点で満足いただけたことは、システム導入に携わったものとして嬉しく思う。また、ユーザーサポートにおいては満足いただけた方と同じ割合程度不満であった方がおられた点については、われわれとしても改善の余地があると認識している。

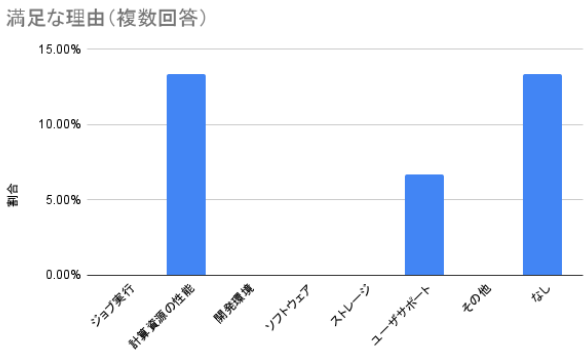


図 22: OCTOPUS 満足点

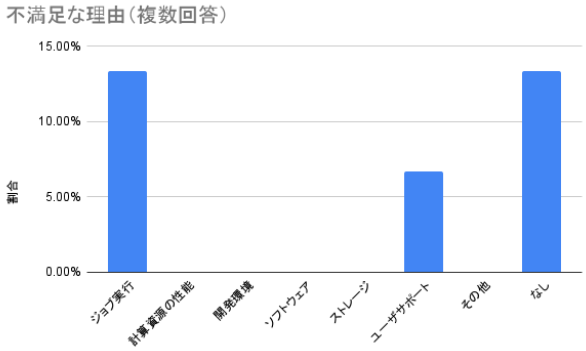


図 23: OCTOPUS 不満足点

なお、今年度については、OCTOPUS を利用された方の自由記述の回答は満足点も不満足点も得られなかった。

ONION 満足度について：

続いてデータ集約基盤 ONION についてのアンケート結果についてであるが、アンケートに回答いただいた利用者の多くが ONION について「利用していない」という回答であった。そのため、十分に有効な回答が得られなかった。ただし、データ集約基盤（データストレージサービス）の必要性についての質問「ONION-file または ONION-object をご利用されている方に質問です。大学内では、ストレージに関してクラウドのオンラインストレージを持てば、大阪大学でデータ集約基盤（ONION）を持つ必要はないのではないかという意見もあります。そこで、あなたの意見に近いものを教えてください。（複数回答可）」については回答が得られたので報告をする。本項目への回答項目として、

- パフォーマンスの観点で必要
- セキュリティの観点で必要
- コストの観点で必要
- サポートの観点で必要
- その他（自由記述）
- 大学のストレージは不要

を準備していた。その結果、図 24 に示す結果が得られたので付して報告とする。なお、自由記述での回答は得ることができなかった。ONION についての評価については次年度以降に継続して行なっていく。

図 24: ONION の必要性

事務手続きについて：

本項目では、利用負担金、利用者管理システム、および、2018 年度より本格的に運用を開始した利用負担金の季節係数についてのアンケートを行った。

以下では、いくつかの回答を紹介したい。

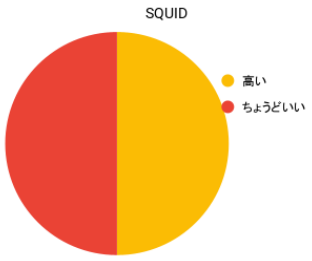


図 25: SQUID 利用負担金について

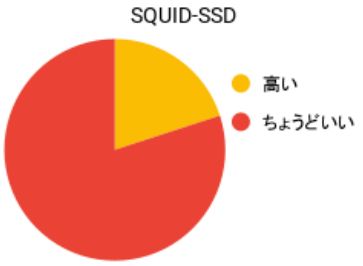


図 26: SQUID SSD 利用負担金について

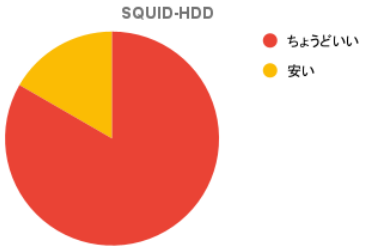


図 27: SQUID HDD 利用負担金について

図 28: OCTOPUS 利用負担金について

図 29: OCTOPUS HDD 利用負担金について

利用負担金については、各計算機システム（図 25）および SQUID-SSD （図 26）、SQUID-HDD（図 27）、OCTOPUS ストレージ（図 28、図 29）ごとに、高い、ちょうどいい、安い、から回答を求めた。その結果すべての質問項目に対して、概ね「ちょうどいい」という回答が最も多い結果となった。

本項目については、自由回答の結果を求めている。その結果、

＊ *「最低額が 10 万円なのは、高い。」*
＊ *「少額利用のための枠が欲しいです。現状の 10 万円スタートは初期投資として払えない金額ではないですが、自腹で払うには辛いです。」*

といった意見が寄せられた。この点については、システム更新時に毎回検討事項となるが、実現ができていない。その理由の一つとして、利用者システム管理等の周辺システムの改修が必要となり、そのための資金が必要となることがある。周辺システムの改修費用は小さくなく、そのため調達時に計算資源に回せる予算が少なくなってしまうという問題が生じてしまう。この点については、次システム以降でも引き続き検討をすすめていきたいと考えている。

一方、魅力ある研究課題を提案いただくことで、利用負担金を負担せずに本センターのスーパーコンピューティングシステムをお使いいただける公募型利用制度という仕組みがあるので、そちらにもぜひチャレンジいただければ幸いである。

また、利用負担金については、本センターで導入している季節係数についての意見を自由記述で求めた。その結果、

＊ *「計画的な利用のために周知すべき」*
＊ *「季節係数は出来れば導入しないでほしい。」*

といった賛否に分かれる意見が寄せられた。今後、利用者の声を聞きながら、慎重な運用を行っていきたいと考えている。

利用負担金支援制度について：

本センターの大規模計算機システムの利用は、利用負担金をお支払いいただきご利用いただく一般利用（学術利用）および産業利用、大規模計算機のご利用を検討中の方々に試験的にご利用いただく試用利用、本センターが推進する公募型利用、HPCI での利用、JHPCN での利用の種別がある。これら種別のうち、公募型利用、HPCI での利用、JHPCN での利用は、研究者に提案いただいた研究課題がそれぞれ各実施母体で採択されることで利用負担金が支援される制度となっている。本項目では、この利用負担金支援制度についての認知度について調査した。

その結果、本センターの推進する公募型利用制度については、昨年同様回答者のうち 93.33%からは知っているとの回答を得た。そのうち大多数は本センターの利用者メーリングリスト等のメーリングリスト、ウェブから情報を得たと回答をしており、本センターからの情報発信が機能していると思われる。

公募型利用に応募した理由/応募しなかった理由について自由記述で求めたところ、応募の理由としては、

＊ *「有償利用する予算がないため。」*

＊「*無償で使える、研究者としてCVに記載事項が増える。*」

などがあった。

一方、応募しなかった理由としては、自由記述での回答が十分に得られなかったが、

＊「*委員であるため*」

との理由があげられた。おそらくこの回答は本センターの高性能計算機委員に就任して頂いている研究者の方であるが、委員の方の応募は妨げていないので応募資格を有している。また、委員の方が応募された場合は、利害相反チェックなどを行っての審査となるので、安心して応募していただければと思う。

また、2023年度のアンケートでは、2023年度に新設した「世界と伍する学生育成特設枠」について、どのような手段で知るに至ったかについて質問した。選択肢としては、

- Webページ
- メーリングリスト
- チラシ・ポスター
- 講習会・シンポジウムなどでの紹介
- 知人からの紹介
- 知らなかった

であったが、結果は図30に示す通りとなった。

また、HPCIおよびJHPCNでの利用についてのアンケート結果では、回答者のうちHPCIでは6.7%、JHPCNでも6.7%弱がそれぞれの支援枠を「知らない」との回答であった。今年度のアンケートでは、HPCI、JHPCNをご存知の方が回答してくれたとも考えられるが、徐々にHPCIとJHPCNについての理解が進んでいることはありがたく思う。HPCI、JHPCNの構成拠点である本センターとして、HPCIおよびJHPCNについて引き続き積極的な活動を行っていきたい。

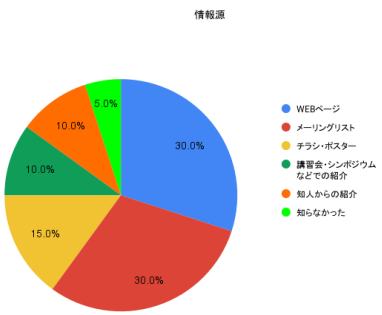


図30: 新設「世界と伍する学生育成特設枠」を知り得た理由

ユーザー支援について：

本項目では、技術相談、WEBページ、講習会、セミナーについての満足度調査を行った。本報告書では、紙面の関係から、技術相談の自由記述によせられた回答を報告したい。満足、やや満足、どちらともいえない、やや不満、不満、相談しなかった、知らなかった、の選択肢を提示し、回答をしてもらったところ、回答者のうちおよそ80%の方から満足あるいはやや満足の回答が得られた。その理由として回答者からは、

＊「*早急に丁寧に対応いただけるので、いつも助かっています。*」
＊「*迅速な回答をいただきました。*」
＊「*コードのエラーの対処や高速化で相談に乗ってもらい大変助かりました。*」

といった本センターのユーザー支援の対応に対する満足度の高い声をいただくことができた。

今後の大規模計算機システムへの要望：

本設問では、「今後の計算機運用やユーザーサポートに関する要望をご自由にお書きください」として、ハードウェア、ソフトウェア、ユーザーサポート面についての自由記述により要望をアンケートした。その結果の一部を記す。

＊「*ベクトル型のスパコンを残して欲しい。量子コンピュータを利用できるようにして欲しい。*」
＊「*使用しているコードがベクトル計算機用にチュ*

ーニングされているので、可能であればベクトル計算機を延長し続けて欲しい。」
＊「量子コンピュータを気軽に使えるようなシステムを整備いただけると嬉しいです。サブスクリプションとか、比較的低価（短期間）で使えるような環境があると助かります。また、今後について、ベクトル計算機の運用の可否が議論されている場面もありますが、ユーザーとしては、ベクトル計算機が今後も使える環境があると助かります。」
＊「クラウド上でも良いので、ベクトル型計算機が利用できる環境を今後も残しておいてほしいです。また、こちらもクラウド上でも良いので、量子コンピュータをお試しで気軽に利用できるような環境があると、研究の幅が広がるので有り難いです。」
＊「いつも丁寧に対応いただきありがとうございます。」
＊「ユーザーサポートはとても良くてスタッフの皆様に感謝しております。」
＊「ジョブ待ちに困っているので、何とかならないかな、と期待しています。」

これらの意見だけにとどまらず、いただいたご意見は全て本センターの大規模計算機システム運用に携わる教職員は目を通している。これらの貴重な意見をもとに次世代スーパーコンピュータにつなげていく。今後もこのようなアンケートを通じて貴重なご意見をいただければ幸いである。

成果報告について：

本設問では、成果報告のあり方について利用者にアンケートを行っている。設問は以下の通り設定し、自由記述での回答を求めた。

「近年、大学の予算状況が厳しくなり、その波は当センターのスーパーコンピュータの運用にも及んでいます。予算の割り当てにおいて、どれだけの研究成果を上げているか、どれだけの論文にスパコンに関する謝辞が記載されているか、といった情報が重要な基準となってきています。2022 年度はこちらのように利用成果を提出していただいており、2023 年度においても同様に情報を提出いただいているところです。

研究成果報告についてご自身の見解や感じていることがあれば、ぜひお聞かせください。記述内容が十分でない、あるいは多すぎて提出が面倒である、といった意見でも構いません。また、当センターとしてスーパーコンピュータの成果をアピールするためには、このようにすればよいという提言がございましたら、是非よろしくお願いいたします。」

このような設問に対して、

＊「分量は適量だと思います。」
＊「利用者が多くなれば、謝辞の記載も増えると期待される。無料枠とサポート（セットアップなど）の充実をアピールする。無料枠の負担が少ないように、アカウントの開設を簡便にし、報告書は少なくする。他の人が、どれぐらい謝辞を報告しているのか、謝辞が載った論文をリスト化して、毎月公開と利用者に知らせることによって、謝辞を書くことを意識してもらう。よく使われるソフトをプレインストールする。」
＊「研究成果報告については、必要十分な記述量であり、かつスパコン予算獲得のための情報収集も重要であることからこのまま続けていくべきだと感じています。」
＊「研究成果報告は重要であり，現在の形式を指示します。論文への謝辞記載は利用規定の必須としてもよいくらいだと思います（サイバーとしての output になりますので)。」
＊「スパコンを活用した研究成果が特に評価された場合（学会論文賞など）などは，CMC の HP などで取り上げてはどうでしょうか.」
＊「阪大サイバーメディアセンターの報告は簡潔で助かります。例えば xx 研は報告書が４ページもあり大変（&ほとんど誰も読まないと思われる)。」

(注)xx の部分は実際の組織名が記載されていたが削除した。

等の意見をいただいた。これらの貴重な意見をもとに、成果報告のあり方をよりよい形に検討していきたいと考えている。

パブリッククラウドについて：

本設問では、パブリッククラウドについて利用者にアンケートを行っている。設問は以下の通り設定し、自由記述での回答を求めた。

「近年、パブリッククラウドの進化により、研究における計算資源の選択肢が広がっています。大学内では、パブリッククラウドが提供する柔軟な機能により、従来のスーパーコンピュータの必要性を問う声もあります。特に、パブリッククラウドがスーパーコンピュータに代わるものとなり得るか、あるいはこれらが補完関係にあると考えるか、ご意見をお聞かせください。パブリッククラウドでは代替が難しいと思われる点があれば、その理由も合わせてご説明いただけると幸いです。」

このような設問に対し、

＊ 「ユーザーとしては、これまでの開発環境と同等のものがパブリッククラウドで可能であれば、従来のスーパーコンピュータに固執しないです。」
＊ 「パブリッククラウドは海外製が多いので、センシティブな情報を扱う際は、国内で運用されているスーパーコンピュータの方が安心できます。また、パブリッククラウドは演算量の多いタスクにおいて、総じて料金が高いので利用が難しいです。研究分野において、パブリッククラウドはあまり向いていないと思っています。」
＊ 「AWS の ParallelCluster を使っていた経験がありますが、スパコンは低いコストでより多くの計算リソースを利用できるため、ユーザー目線から見れば優位性があると考えます。ただし、スパコンはある程度の利用量がある前提で最低利用量が大きめなので、少額利用ではパブリッククラウドに軍配が上がります。」
＊ 「科学技術の根幹に関わる基礎研究，最先端の研究では大規模計算機が必要であり，単なるパブリッククラウドでは代替できないため，スーパーコンピュータを維持することは国家として欠かせない高意義な事業である。」
＊ 「大学のスパコンに比べて，パブリッククラウドは利用料金が非常に高額であると理解しています．それなりの計算資源を必要とする場合は，パブリッククラウドによる代替は現実的でないと思います．」
＊ 「SQUID を利用して特に困ることはジョブ待ちが多いことである。私の研究では 1 つの計算はすぐに終わるが、その結果を自動的にチェックしながら大量の計算を逐次投入する仕組みであるため、一旦投入してからの待ち時間が長く、効率的に利用できない。そのような場合に、パブリッククラウドに自動的にジョブが回るような仕組みがあると、ジョブ待ちが減るため大変ありがたい。大学のスパコンはどうしても年度末に混雑しがちであると考えられ、そのような事態もパブリッククラウドと大学スパコンを併用することで回避がかのうなのではないでしょうか。」

といった回答が得られた。本センターでは、OCTOPUS の高負荷時に、民間クラウド Microsort Azure および Oracle Cloud Infrastructure の提供するクラウド資源をオンデマンドに統合し、ジョブを実行可能とするクラウドバースティング機能をいち早く実装し、試験運用している。利用者からの回答にあるように、民間クラウドとオンプレミスの利用負担金の差はかなり大きいのが実情である。一方で、民間クラウドの提供するサービスには魅力的なものも多く生まれている。そういった視点から、本センターでは、クラウドの良いところは積極的に取り込むことで、利用者にとってよりよい計算環境を提供していきたいと考えている。今回いただいた貴重な意見は次期システム検討や本センターでのユーザー支援の参考とさせていただく。

OCTOPUS について：

2023 年度は OCTOPUS の最終年度となった。そのことから、

「スーパーコンピュータ OCTOPUS は 2023 年度末をもってサービスを終了しました。長年のご利用ありがとうございました。OCTOPUS が皆様の研究に貢献できた点、便利だと感じた機能、そのほか印象に残った思い出がありましたら、メッセージをお寄せくださいませ。」

と設問を設定し、利用者からのメッセージを募ったところ、下記のようなメッセージが寄せられた。

＊ *「初めて GPU に触れたのが OCTOPUS だったので、感慨深い計算機でした。」*
＊ *「OCTOPUS は速いだけでなく，とても使いやすかったです。長い間ほんとうにありがとうございました。」*
＊ *「OCTOPUS の導入初期は、計算能力にも優れていた上に job 実行時間上限も長く、サポートも充実していた画期的なスパコンだったと思います。知名度が低かったこともあり事実上使いたい放題で、多くの成果を出すことができ、大変お世話になりました。次第に知名度が上がり(良いことだとは思いますが)混雑し、使用頻度が減ってしまったのは少し残念です。」*

OCTOPUS はわれわれ管理者からみても、障害も少なく安定的な運用ができたスーパーコンピュータであった。ただ、そのおかげで、導入開発当初より利用率が高止まりする傾向があり、利用者の待ち時間が急速に長くなってしまう場合もあり、最盛期にはかなり利用者にご迷惑をおかけしてしまった。管理者としては、スケジューラのキューの構成などを何度も見直した思い出もある。CPU ノードが定常的に極めて高い利用率となってしまい、GPU ノードの CPU にジョブを流すということをしたこともある。また、メニーコアノードの CPU をお勧めしたこともある。CPU、GPU、メニーコア、大容量メモリの異なる４種のアーキテクチャから構成したヘテロジーニアスクラスタであり、当初は運用、ユーザー支援が大変なのではないかとも考えていた。しかし、ユーザーの計算要求や需要の多様化を予測しており、このヘテロなアーキテクチャが多様なニーズを充足するのに大きく貢献できたようにも思う。OCTOPUS は 2024 年 4 月に残念ながらサービス終了となってしまったが、利用者の皆様の記憶の片隅に少しでも残るスーパーコンピュータであれば嬉しく思う。また、今後のシステム導入・調達においても、より良いシステムを提供できればと切に思う。

その他：

本項目が最後の質問項目であった。ここでは自由に記述いただいた。その結果の一部を記す。

＊ *「電力や混み具合など大変な調整の中，ジョブの管理も適切だったと思います。」*

昨年度も記載しているが、本センターの大規模計算機システム事業への感謝や励ましの言葉をいただくと素直に嬉しく思う。計算基盤やネットワークといったインフラに関わる部分は使われて当たり前と評価されることも多く、停止すると怒られる。そういった中で、評価していただける利用者がおられることは本当に励みになる。

サイバーメディアセンターは D3 センターと改組となったが、本アンケート結果での利用者の声を参考にして、今後もよりよい大規模計算機システム事業としていきたいと考えている。翌年度もアンケートは実施する計画であるので、是非アンケートにご協力いただければありがたく思う。

(8) 燃料係数、季節係数の運用

本センターでは、スーパーコンピュータシステム OCTOPUS を 2017 年度に導入した際に制度化した利用負担金制度において、当該システムの計算負荷を年度内で分散させることを目的として季節係数を導入した。季節係数は、利用負担金に対して 3 ヶ月ごとに、ある一定の係数をかけることにより、利用負担金をコントロールすることで、利用者のジョブ投入のピークシフトを狙いとする。

また、読者の多くも記憶されているかもしれないが、2022 年頃燃料費の高騰が世間を騒がした。スーパーコンピューティングシステムの運用に際しても例外ではなく、2022 年度の運用では、新型コロナウイルス感染症、歴史的な円安等々の理由による燃料費高騰が問題となった。固定的な利用負担金の設定の場合、年度内中に大幅な電気代金の価格変動があると、年度当初の消費電力相当に設定した利用負担金との誤差が大きくなる。価格が大きく上がった場合には、最悪、SQUID および OCTOPUS の運転を停止せざるをえない状況に陥ってしまう。また、コロナ以前に比べてコロナ収束後の電気料金は大きく値上がりした。

そのような視点から、2022 年度中に審議を行い、2023 年度より変動する電気料金に合わせた値を設定する燃料係数の新設、および、利用する計算ノードの消費電力に相当するポイントを表現する消費係数の見直しを行なった。その結果、大規模計算機システムの利用負担金制度は、下記の通り、使用ノード時間、消費係数、季節係数、燃料係数で SQUID および OCTOPUS ポイントを管理することとなった。

消費ポイント
= 使用ノード時間 × 消費係数
× 季節係数 × 燃料係数

高性能計算機委員会では、季節係数、燃料係数を見直すことで、それぞれスーパーコンピューティングシステムに対する負荷のシフト、電気代金に基づいた適切な利用負担金について毎年検討を行っている。2024 年度は、表 18、表 19 に示す季節係数および燃料係数で SQUID を運用した。なお、OCTOPUS については 2024 年 3 月にサービスを終了している。この係数の設定は、2024 年度に消費係数を見直したことにより、1.0 とセットしている。SQUID の運用は 2024 年度で 4 年目となり、利用者ジョブの数、並列度ともに増加傾向にある。また、2024 年度は OCTOPUS のサービスができないため、SQUID への負荷増大が年度はじめより予想されることから、年度を通じて 1.0 となっている。なお、燃料係数については、年度内に変動する電気料金を注視し、適宜修正する。2024 年度は大きな変動がみられなかったため、当初予定通りの運用となった。

表 18: 2024 年度の SQUID 季節係数について

	4-6 月	7-9 月	10 月	11-12 月	1-3 月
汎用 CPU ノード群	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
GPU ノード群	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
ベクトル ノード群	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

表 19: 2024 年度の燃料係数について

	4-6 月	7-9 月	10 月	11-12 月	1-3 月
汎用 CPU ノード群	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
GPU ノード群	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ベクトル ノード群	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

2024 年度の季節係数について：
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/news/20240229/

(9) 産業利用活性化に向けた展開

センター教職員、運用ベンダーによるシステム安定運用と高品質なサポート活動により産業利用は大きく伸びている状況である。

本年度の活動は、昨年度に続き展開パス（図 31）のアプローチを具体化し、引き続き以下の 2 点に注力した。

① 認知度向上作の展開

・セミナーや講習会などの開発・共同開催など。学術関係者だけでなく産業利用者にも関心の高いセミナーの開発、開催。

・開発したセミナーの商工会議所・工業会などの公益経済団体と連携した民間企業へのリーチ。

② 学術機関・大学などの多様な研究者利用の拡大

・関西・中国・四国地方の広い地域の学術機関に向けた利用相談、利用説明会の実施など。

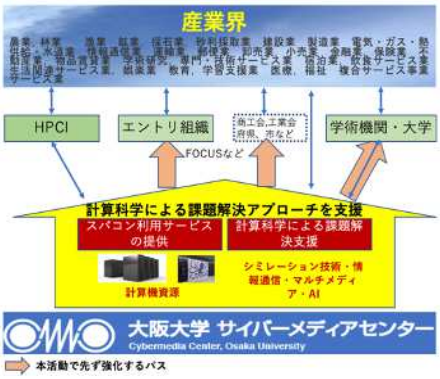


図 31: 産学利用活性化のイメージ

以上のような行動を計画した。

①は当センターの利用説明会を従来の HPC 上級者向けだけでなく、初級者・産業向けに企画し、「初めて大阪大学 D3 センター等の計算センターのスーパコンピュータの利用を検討されている方向けに一般利用制度（学術機関向け）、産業利用制度、基本的な利用方法をご紹介」と題した利用説明会を 2023 年度も引き続き開催した。また、当センター開催の利用者交流会向けに開発したセミナー（Python チュートリアル）も引き続き、初級編、中級編の開催を行い多くの参加者を得た（参照、利用者交流会）。ただし、外部団体（商工会議所・工業会などの公益経済団体）と連携した開催には至らなかった。

②については、今後の利用者拡大の方向性として、これまで組織（D3 センター）対研究者個人との関係性を組織対組織の関係へと発展させ、岡山理科大学をパイロットケースとして大学関連携を強化する取り組みを協議中である。

これらにより、他の学術機関や産業利用の企業との間でもセンター利用者を増やし、データサイエンス、AI 等の技術に取り組み始めた HPC 初中級者をターゲットに、これら利用者が更に研究推進、研究成果の POC(Proof Of Concept)への発展に結び付く環境の提供を進める。

しかし、共創の場としてはまだ不十分であり、共創の場形成支援として制度やサービス面（セミナーの拡充など）の見直しを含めて引き続き取り組みたい。

今後もセンター利用者間の人脈交流、POC 相談などのプロモーション活動、アウトリーチ活動の活発化も並行して進めたいと考えており、スパコン利用に興味・関心を持つ学術機関、企業からコンタクトいただけると幸いである。

(10) 2024 年度性能チューニングプログラム

本プログラムでは、利用者のお手持ちのプログラム（非商用）を本センターで預かり、大規模計算機に対する最適化および並列化を行う。本年度は、2024 年 11 月 1 日～12 月 3 日の期間に募集を行い、3 件の申請を採択した（表 20）。

東京大学の渡村講師の依頼は、SQUID 汎用 CPU ノードを対象にした OpenMP 並列プログラムの高速化検討ならびに MPI による分散並列化の検討であった。対象のプログラムはメモリ帯域幅律速であることから、KMP_AFFINITY 環境変数によってスレッドアフィニティを適切に設定することによりソケットを跨ぐリモートメモリアクセスを削減し、実効メモリ帯域幅を向上させた。また、2 重ループを 1 重化するための OpenMP collapse 節を一部のループにおいて削除し、イテレーションあたりの演算量を増加させることによりスレッド並列化のオーバーヘッドを削減した。以上のチューニングより、実行時間を 32 時間から 18 時間に短縮することに成功した。また、MPI による分散並列化について検討し、Successive Over-Relaxation (SOR 法) を実装している 2 重ループのうち、1 つのループを MPI 並列化、もう 1 つのループを OpenMP 並列化する方法を提案した。

京都大学の宮内様の依頼は、SQUID GPU ノードを対象に開発されている、MPI と OpenACC によって並列化されているプログラムの高速化検討であった。チューニング作業を実施する前に潜在的なバグを調査したところ、配列の未定義参照および配列外参照が明らかになったため、これらのバグを修正した。続いて、GPU 間における MPI 通信の遅延を削減するため、SQUID GPU ノードの内部構成を考慮し、8 基 GPU に対して、それぞれに最も近い Host Channel Adapter (HCA) を割り当てるように

UDA_VISIBLE_DEVICES 環境変数および UCX_NET_DEVICES 環境変数を設定した。これにより、実行時間が 725 秒から 539 秒に高速化された。また、リダクション計算を含む 4 重ループのうち、外側の 2 重ループしか OpenACC によって並列化されていないことに着目し、一時変数の導入によって 4 重ループ全体を並列化させた。他にも冗長な通信の削減などのチューニングを施し、実行時間を 539 秒から 413 秒に短縮することができた。

北海道大学の三宅様の依頼は、ベクトルノード群を対象に MPI と OpenMP によって並列化されているプログラムの強スケーリング性能の改善であった。まず、潜在的なバグを調査したところ、配列の未定義参照・範囲外参照およびゼロ除算が明らかになったため、これらのバグを修正した。続いて、演算量が多いループにおいてベクトルレジスタの枯渇によるスピルが発生していることに着目し、ループ分割によってループ内の演算量を削減し、スピルを軽減した。また、多重ループの最外ループが MPI と OpenMP の両方によって並列化されているため、強スケールした際にスレッド並列の効果が得られなくなることを特定した。そこで、最外ループを OpenMP 並列化、その内側のループを MPI 並列化することにより、強スケーリング性能を改善した。以上のチューニングにより、実行時間が 95 秒から 90 秒に短縮されることを確認した。

2024 年度性能チューニングプログラム：
https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/lec_ws/20241101/

表 20: 2024 年度性能チューニングプログラム対象者

	所属・氏名
1	東京大学 講師 渡村友昭
2	京都大学 大学院生 （博士課程） 宮内拓夢
3	北海道大学 大学院生 （博士課程） 三宅冬馬

(11) OCTOPUS 後継機調達

調達名「全国共同利用大規模並列計算システム(Large-scale Parallel Computing System for Nation-wide Shared Use)」と称して 2017 年 12 月に導入した、ペタフロップス級ハイブリッド型スーパーコンピュータ OCTOPUS(Osaka university Cybermedia cenTer Over-Petascale Universal Supercomputer)の運用を 2024 年 3 月に終了した。当該システムは、導入当初より高い利用率が継続し、多くの利用者から好評を得たシステムであった。このような高い利用率と評判を背景に、新型コロナウイルス感染症拡大の影響、2021 年 5 月の SQUID システムの稼働開始を考慮し、本センターでは、当初予定では 5 年間の運用を行い 2022 年 12 月にサービスを終了予定であったが、最終的に 7 年 4 ヶ月の長期の運用となった。

この OCTOPUS システムの後継機の調達にむけ、本研究部門の教員らは、2020 年後半期より技術調査を開始している。その後、本センターで仕様策定委員会が立ち上げられ、第 1 回目の仕様策定委員会が 2021 年 4 月 15 日に開催されている。なお、本研究部門からは速水智教特任助教（常勤）、情報推進部情報基盤課スパコン班からは木越信一郎専門職員が参画した。その後、2021 年 8 月 31 日、2022 年 2 月 24 日、2023 年 12 月 11 日の 3 回の導入説明会を経て、2024 年 5 月 9 日に仕様書案説明会の開催、2024 年 10 月 15 日に入札説明会を経て、2025 年 1 月 31 日に開札というおおよそ 4 年をかけたスケジュールで、OCTOPUS 後継機が確定した。契約上、次年度 2025 年 8 月末日までに OCTOPUS 後継機の設置・納入が完了する予定となっている。

2021 年 8 月 31 日	導入説明会(1 回目)
2022 年 2 月 24 日	導入説明会(2 回目)
2023 年 12 月 11 日	導入説明会(3 回目)
2024 年 5 月 9 日	仕様書案説明会
2024 年 10 月 15 日	入札説明会
2024 年 12 月 3 日	入札期限
2025 年 1 月 31 日	開札
2025 年 8 月 31 日	納入期限

OCTOPUS 後継機の正式名称、性能値は 2025 年度中に公開される予定であり、2024 年度の年報の対象外ではある。しかし、おそらくこの年報も 2025 年度夏以降に発刊されるものと思うので、以下に OCTOPUS 後継機のシステム概要を掲載する。表 21

に示すようにOCTOPUS後継機は、Intel製の最新プロセッサ（Granite Rapids世代）を搭載した汎用CPUノード140ノードがInfiniBand NDR200 (200Gbps)の相互結合網で接続された大規模計算機システムとなる。読者の中には、なぜGPUノードがないのだと思われる方もいるかもしれない。このような構成とした主な理由としては、現在、9大学2研究機関で共同調達・運用するmdxⅡが大阪大学に設置されており、2024年度中にNVIDIA製最新GPUであるH200を搭載したGPUノードが導入される予定であったこと、半導体価格の高騰および歴史的円安要因によりOCTOPUS後継機の予算規模ではGPUを導入したとしても利用者のニーズを十分に満たすことができるノード数を導入できない（スケールメリットが働かない）こと、CPU利用率がOCTOPUSおよびSQUIDともに高く、今後もCPUに対する需要がGPU同様高いということが予想されることがあげられる。本調達では、OCTOPUS後継機はCPUノードのみの大規模計算機システムとなるが、それでも総演算性能は2.293PFlopsとなり、OCTOPUSの1.463PFlopsから1.5倍の向上となる。1ノードあたりのコア数は256となり、OCTOPUSの24コアからの10倍強となる。ご理解いただければ幸いである。

表21: OCTOPUS後継機の概要

総演算性能	**2.293 PFLOPS**	
ノード構成	汎用CPUノード群 140 ノード	CPU : Intel Xeon Platinum 6980P プロセッサー (2.0 GHz 128コア) 2基 理論演算性能（1ノード当たり）: 16.384 TFLOPS 主記憶容量：768GB
ストレージ	Lustre ファイルストレージ	DDN ExaScaler 有効利用容量： HDD 3.58 PB
ノード間接続	InfiniBand NDR200 (200 Gbps)	

なお、本報告書執筆時点においての予定であるが、2025年9月より、前回のOCTOPUSにおいても実施した無料お試し利用を数ヶ月行った後に正式サービスを開始する予定である。興味・関心のある読者の皆様方には、ぜひ本センターからのアナウンスにアンテナをはっておいたいただければと思う。

(12) RED (research enhanced) ONION構想

本センターでは、2021年度にスーパーコンピューティングシステムSQUID(Supercomputer for Quest to Unsolved Interdisciplinary Datascience)に導入と同時に、データ集約基盤ONION(Osaka university Next-generation Infrastructure for Open research and open innovatioN)を開始した。その結果、多くの利用者の皆様から好評を得ている。一方、利用促進と並行して、大規模・大容量データをお使いの利用者からは、学内ネットワークODINS経由でのONIONへのデータ収容時に性能に対する不満や相談の声も多くいただいている。そのような背景から、本センターでは、そのような利用者様の声に対応すべく、光ファイバを活用して100Gbps級の専用ネットワークを接続し、高速データ転送技術と組み合わせ、大規模・大容量データを効率的にデータ集約基盤ONIONに収容可能とする高速データ転送サービス RED ONOIN （図32）の実現に向け準備を開始した。この高速データ転送サービスが実現できれば、大規模・大容量データがONIONに収容されると即座に、スーパーコンピューティングシステムSQUIDを活用した大規模計算・処理が可能になる。計算基盤とデータ基盤の融合により、利用者の大規模データ利活用に対する利便性を向上できると考えている。

本センターでは、試験運用中のONION拡充、セキュアデータセンター機能とともに、大阪大学大学債での予算を通じて、上述の高速データ転送サービスRED ONIONの実現に尽力している。そうした中、大阪大学では令和5年度補正予算「オープンアクセス加速化事業」が採択され、オープンサイエンス、オープンアクセスに資する基盤整備の一環として、高速データ転送サービスRED ONIONの一部の機器類（サイバーメディア設置分）の導入を2024年度中に実施した。補正予算としての整備のため調達日程はかなり厳しい状況となったが、「データ送受信サーバ」、「中央ストレージシステム」と題した政府調達

2 件を以下のスケジュールで行った。本研究部門からは速水智教特任助教（常勤）および情報推進部情報基盤課からは縄稚美穂子課長補佐が、上記 2 件の調達に仕様策定委員として尽力している。特に速水智教特任助教（常勤）は仕様策定委員長として尽力している。また、前者には情報推進部情報基盤課から寺前勇希専門職員、後者には村尾靖子専門職員が参画した。

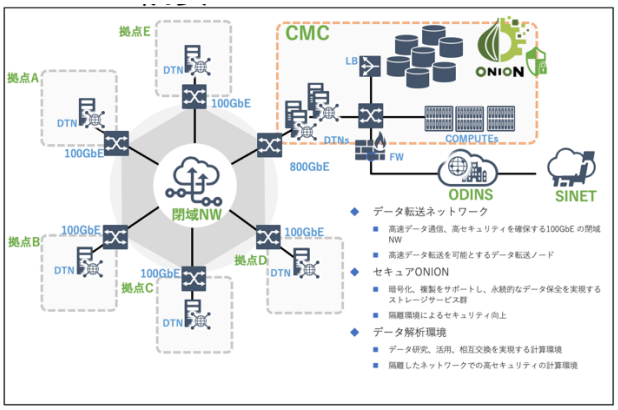


図 32: 高速データ転送サービス RED ONION 構想

2024 年　9 月 2 日	入札官報公告
2024 年 10 月 23 日	入札期限
2024 年 11 月 28 日	開札
2025 年 3 月 28 日	納入期限

本調達を通じて、本センター側には RED ONION を構成するネットワーク機器、管理サーバ、ストレージ等の整備を完了している。RED ONION については、次年度以降も整備を計画している。

関連発表論文

(1) 伊達 進, “高速データ転送サービス RED ONION 構想”, Cyber HPC Symposium 2025, 大阪, 2024 年 3 月

(2) Susumu Date, "Infrastructural Challenge towards Convergence of HPC and AI - A Case at Osaka University - ", HPC/AI WG, APAN 59, Yokohama, Japan, March 2025. [keynote: invited]

(3) Susumu Date, "ONION and RED-ONION for Assisting HPC and AI", The 38th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP), Sendai, Japan, Dec. 2024.(invited)

(4) Susumu Date, "Challenges towards Research Data Infrastructure for Accelerating Open Science", PRAGMA 40, Penang, Malaysia Oct. 2024.[Keynote speech: Invited]

(5) Susumu Date, "Aggregation of Computing and Data Infrastructure for Highly Productive Data Scientific Research", The 1st International workshop on Near Real-time Data Processing for Interconnected Scientific Instruments, Osaka, Japan, Sep. 2024.[Keynote speech: Invited]

(6) 伊達 進, “RED-ONION: 大容量データ利活用を駆動するデータ基盤にむけて “, IT インフラ Summit 2024 Summer, July. 2024.(オンライン配信:invited)

(13) 海外研究者の見学対応

本センターでは、海外連携および国際共同研究促進の観点から、海外から来訪された研究者に対してスーパーコンピュータの紹介を実施している。

図 33: IT コア棟における見学対応の様子

今年度は、2025 年 3 月 5 日に、本学理学研究科の教員と共同研究を実施しているタイ国のマヒドン大学 (Mahidol University) およびチェンマイ大学 (Chiang Main University) から化学を専門とされている 4 名の教員が来訪された。本センターからは高橋准教授が見学対応を行い、IT コア棟において SQUID を構成する設備を紹介した後 （図 33)、本館におい

てスーパーコンピュータの利用方法や利用制度について座学形式で説明した。

訪問者からは SQUID にインストールされている計算化学ソフトウェア、海外から外国籍の研究者が利用する際の手続き、単一ユーザーが複数のグループに所属して利用する場合の予算の扱いなど、様々な具体的な質問があり、興味を持っていただけたようである。

3.2.2 mdxⅡの導入・運用

本センターは、北海道大学情報基盤センター、東北大学サイバーサイエンスセンター、筑波大学人工知能科学センター、東京大学情報基盤センター、国立情報学研究所、東京工業大学学術国際情報センター（現 : 東京科学大学情報基盤センター)、名古屋大学情報基盤センター、京都大学学術情報メディアセンター、産業技術総合研究所情報・人間工学領域と連携し、データ活用社会創成プラットフォーム事業体に参画している。本事業体では、高性能な計算機と大容量のストレージを備え、国立情報学研究所が運用する SINET と連携することで、広域からのデータ収集機能と、データ集積・処理機能を企業や自治体との共同研究も含めた全国の大学・公的研究機関が関与する様々なデータ活用の取り組みに提供し、さらにはデータ活用のコミュニティを形成して分野・セクタを横断した連携を触媒するハブとなることを目的としている。

当該目的のために、2021 年度に東京大学情報基盤センターに導入されたデータ活用社会創成プラットフォーム mdxI を共同調達・運用している。当該システムは、ハードウェア的には本学の SQUID と同様の CPU、および GPU 資源から構成される。しかし、当該システムは、仮想基盤 vmware で運用されており、利用者は利用者の需要・ニーズに合わせて好みの OS、ソフトウェアを利用可能な IaaS (Infrastructure as a service) 型クラウド計算基盤として運用されている。

しかし、データ集積・処理機能を企業や自治体との共同研究も含めた全国の大学・公的研究機関が関与する様々なデータ活用の取り組みに対し、データ活用社会創成プラットフォームを継続的に提供していくためには、現行 mdxI システムの老朽化、災害への耐性を考慮した継続的なシステム整備・構築が必要である。

そのような理由から、2022 年度に第 2 次補正予算（令和 4 年度補正予算）として、現行 mdxI（東京大学設置システム）の拡張を目的として、東京大学情報基盤センターに予算措置された。これをうけて、現行 mdxI の耐災害性を考慮して、大阪大学サイバーメディアセンター（現: D3 センター）に現行 mdxI の機能を発展・高度化させた mdxⅡをデータ活用社会創成プラットフォーム事業体として共同調達し設置することとなった。これが mdxⅡを大阪大学に設置するようになった経緯である。なお、mdxⅡのシステムの調達・設置・運用は、前述のデータ活用社会創成プラットフォーム事業体として共同で行う。さらに、当該システムの運用に係る経費は JHPCN を構成する 8 大学（北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学(現 : 東京科学大学)、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学）の拠点規模に基づいた案分負担をすることとなっており、まさに共同運用体制をとっている。このような体制での運用は、新たな運用の形を模索するという意味で、意義深いチャレンジであり、より基盤センター間の密な連携が求められる。

以下、mdxⅡの導入・運用に関する活動内容について報告する。

(1) mdxⅡ運用室の整備

本センターでは、大阪大学に設置する mdxⅡを、国内 9 大学 2 研究所で構成するデータ活用社会創成プラットフォーム事業体での共同調達・運用、特に JHPCN 構成 8 拠点については運用経費を按分するという共同運用による一蓮托生体制で推進するため、mdxⅡの整備・運用に携わる技術職員 2 名および特任准教授（常勤）1 名を増員する体制を予定している。mdxⅡは、本センターで長らくの知識や経験があるスーパーコンピューティングシステムの運用とは異なる、クラウド基盤システムとしての知識や技術などが求められる。それゆえに、mdxⅡの本格運

用に向け、サイバーメディアセンター（現：D3 センター ）1 階のオペレーション室を衣替えし mdxⅡ運用室として整備完了した。なお、オペレーション室は、センター1 階にスーパーコンピュータを設置していたこともあり、本館および IT コア棟を整備した際に、センター 1 階にスーパーコンピューティング運用室として再整備されていたものである。2025 年 4 月に mdxⅡの運用、ユーザー支援に従事いただく特任准教授に常駐して頂くとともに、利用者からの日常の相談、管理者による定例会、ベンダとの調整打ち合わせ等に利用される予定であり、mdxⅡの発展・高度化に貢献していく。

図 34: 本館 1 階に再整備された mdxⅡ運用室

(2) システム調達・拡張

本報告書執筆時点において、mdxⅡの調達は複数年度で行われている。2024 年度以前の内容も含まれれるが、備忘録も兼ねて以下に経緯をまとめる。

<u>第 1 期整備</u>

2022 年度に第 2 次補正予算（令和 4 年度補正予算）として、現行 mdxI（東京大学設置システ）の拡張を目的として、東京大学情報基盤センターに予算措置された。これをうけて、現行 mdxI の耐災害性を考慮して、大阪大学サイバーメディアセンター（現:D3 センター）に現行 mdx の機能を発展・高度化させた mdxⅡをデータ活用社会創成プラットフォーム事業体として共同調達し設置することとなった。

mdxⅡの調達に際しては、同予算の性質上、東京大学情報基盤センターが事務を担当し、本研究部門の教員（伊達教授が仕様策定委員長、速水特任助教（常勤）は仕様策定委員）が中心となり、協働体の教職員らを牽引する形で仕様策定を進めた。調達に際しては、「データ活用社会創成プラットフォーム基盤高度化システム一式 （英語名：Advanced Infrastructure System for Data Exploitation Platform: 1set）」を調達名として、以下の日程で調達を進めた。

2023 年 2 月 22 日	導入説明会
2023 年 5 月 29 日	仕様書案説明会
2023 年 8 月 8 日	入札説明会
2023 年 10 月 10 日	入札期限
2023 年 10 月 30 日	開札
2024 年 3 月 28 日	検収

補正予算の性質上、そもそもが極めて厳しい調達日程の設定であることに加え、2023 年もまた世界的な半導体争奪競争が激化していること、歴史的な円安状況（本報告書執筆時点では 1USD=160 円というさらに歴史的な円安状況となっているが。）から、最悪の場合不調となってしまう恐れもある極めて厳しい調達を行わなければならない状態であったが、提案ベンダの提供できる計算資源の自由度を高めるとともに、技術加点の戦略設計により、2024 年 3 月末までの納入期限までに mdxⅡ（表 22）を無事導入することができた。

表 22 に 2023 年度大阪大学に設置された mdxⅡシステムの仕様を示す。ハードウェア的な構成は、後述するが当初要求予算にまで至っていないが、それでも、Intel 製最新プロセッサ（コードネーム：Sphaire Rapids）を 2 基、CPU メモリとして 512GB を搭載した計算ノード 60 ノード、553.24TB の NVMe (SSD) ストレージ、0.432TB のオブジェクトストレージが 200GbE Ethernet の相互結合網で収容される構成となっている。本システムでは、このハードウェア上に、仮想基盤 VMWare をベースとし、東京大学設置 mdx システムとの相互運用性を有する相互運用ノード群、および、仮想計算基盤 OpenStack をベースとする通常計算ノード群を構成し、IaaS 型クラウド計算基盤サービスを提供する。

表 22: mdxⅡのシステム構成(2024 年 3 月時点)

総演算性能	430.08 TFLOPS	
ノード構成	通常計算ノード群 54 ノード (387.072 TFLOPS)	CPU : Intel Xeon Platinum 8480+ プロセッサー (2.0 GHz 56 コア) 2 基 理論演算性能（1 ノード当たり）: 7.168 TFLOPS 主記憶容量：512GB 補助記憶容量：960GB
	相互運用ノード群 6 ノード (43.008 TFLOPS)	CPU： Intel Xeon Gold 8480+ プロセッサー (2.0 GHz 56 コア) 2 基 理論演算性能（1 ノード当たり）: 7.168 TFLOPS 主記憶容量： 512GB 補助記憶容量： 960GB
ストレージ群	Lustre ファイルストレージ	DDN ExaScaler 有効利用容量： NVMe 553.24TB
	オブジェクトストレージ	Cloudian HyperStore 有効利用容量： 432TB
ノード間接続	200GbE Ethernet	

第 2 期整備

第 1 期整備に引き続き、2023 年度（令和 5 年度）に令和 6 年度概算要求を行った結果、第 1 期に引き続き予算措置された。これをうけ、本センターでは、2024 年 1 月頃よりデータ活用社会創成プラットフォーム事業体から委員から構成される仕様策定委員会を設置し、mdxⅡの拡張を推進した。本センター大規模計算科学研究部門 吉野元教授が仕様策定委員長を務め、本研究部門 速水智教特任助教（常勤）、情報推進部情報基盤課 木越 信一郎専門職員、寺前勇希専門職員が本センターから委員として参加した。調達に際しては、「データ活用社会創成プラットフォーム基盤高度化拡張システム(英語名:Extended Infrastructure System for Data Exploitation Platform)」を調達名とし、以下の日程で進めた。

2024 年 2 月 22 日	導入説明会
2024 年 5 月 28 日	仕様書案説明会
2024 年 8 月 9 日	入札説明会
2024 年 9 月 26 日	入札期限
2024 年 10 月 31 日	開札
2025 年 3 月 28 日	検収

表 23: mdxⅡのシステム構成(2025 年 3 月時点)

総演算性能	1412.18 TFLOPS	
ノード構成	通常計算ノード群 54 ノード (387.072 TFLOPS)	CPU : Intel Xeon Platinum 8480+ プロセッサー (2.0 GHz 56 コア) 2 基 理論演算性能（1 ノード当たり）: 7.168 TFLOPS 主記憶容量：512GB 補助記憶容量：960GB
	相互運用ノード群 6 ノード (43.008 TFLOPS)	CPU : Intel Xeon Platinum 8480+ プロセッサー (2.0 GHz 56 コア) 2 基 理論演算性能（1 ノード当たり）: 7.168 TFLOPS 主記憶容量： 512GB 補助記憶容量： 960GB
	GPU ノード群	CPU : Intel Xeon Gold 6530 プロセッサー（2.1 GHz 32 コア）2 基 GPU : NVIDIA H200 SXM 4 基 理論演算性能（1 ノード当たり）: 140.300 TFLOPS 主記憶容量：1,024 GB 補助記憶容量： 960GB
ストレージ群	Lustre ファイルストレージ	DDN ExaScaler 有効利用容量： NVMe 1106.48 TB
	オブジェクトストレージ	Cloudian HyperStore 有効利用容量： 432TB
ノード間接続	200GbE Ethernet	

本調達については、2023 年度の半導体の納期が長くなるという問題も 2024 年度には緩和されつつあり、また、mdxⅡシステムとしても高まる AI を利用するデータ利活用需要をニーズするために GPU が必要という背景から、最先端 GPU を搭載したノードに比重を置いた技術加点の戦略設計による仕様書を策定した。その結果、依然として厳しい納期問題は

残ってはいたが、2025 年 3 月の期日までに mdx Ⅱ の拡張を導入・完了することができた。その結果、mdx Ⅱ は表 23 に示すシステムへと拡充することに成功した。

表 23 に示す構成においても、ハードウェア的な構成は、後述するが当初要求予算にまで至っていない。それでも 2024 年度に行った第 2 期整備において、Intel 製最新プロセッサ（コードネーム：Emerald Rapids）を 2 基、CPU メモリとして 1024GB を搭載したノード 7 ノード、553.24TB の NVMe (SSD)ストレージを拡充に成功した。もちろん、この拡張部分においても、このハードウェア上に仮想計算基盤 OpenStack をベースとする GPU ノード群を構成し、IaaS 型クラウド計算基盤サービスを提供する。この拡張部分については 2025 年度の 4 月早々の正式なサービス展開を予定している。

なお、本システムにおいても当初要求規模のシステム規模にまで至っておらず、現行 mdxI のサービス終了時の受け皿になることは難しい現状がある。mdxI では年々データ利活用コミュニティの形成が促進されており、その計算・データ基盤プラットフォームとしての必要性・重要性が現行 mdxI の運用年数増加とともに高まりつつある。それゆえに、令和 7 年度概算要求を通じて、2025 年度中に第 3 期整備を予定している。第 3 期整備については、次年度の年報で報告したい。

(3) mdx Ⅱ 運用開始

2024 年 3 月に導入された mdx Ⅱ（CPU ノード: 60 ノード）について、試験運転を経て、2025 年 11 月に正式運用を開始した。試験運転期間中に、ネットワークケーブルの不良による障害が発生するなどの要因、申請方法を含む利用者申請制度等の設計ならびに利用規定の策定を行っている。

利用開始 web ページ:

https://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/news/20241106/

(4) GPU ノード群の利用負担金設計

2024 年 3 月に導入される GPU ノード導入後のサービス開始を睨み、利用負担金設計を行った。2025 年 3 月に導入される GPU ノードは、表 md-2025 に記したように、Intel 製 Emerald Rapid 世代の最新 CPU(32C)を 2 個、NVIDIA 製 GPU H200 を 4 基搭載した GPU ノード 7 台となる。 OpenStack による仮想計算機技術を導入することにより、mdx Ⅱ では当該 GPU ノードを GPU 単位で提供する。具体的には、1 台の GPU ノードは、GPU1 基、2 基、あるいは、4 基に分割され、利用者に提供される。その分割単位は、1 基の GPU を単位として GPU パックとなる。例えば、1 台の GPU ノードは、合計 4GPU パックを提供可能である。4GPU パックを契約頂いた利用者は、GPU1 基をベースとするハードウェアに仮想 OS を導入したクラウド基盤を 4 セット、あるいは、GPU2 基をベースとするハードウェアに仮想 OS を導入したクラウド基盤を 2 セット利用できることになる。さらにいえば、GPU2 基をベースとするハードウェアに仮想 OS を導入したクラウド基盤を 1 セット、GPU1 基をベースとするハードウェアに仮想 OS を導入したクラウド基盤を 2 セット配備することも可能である。

表 24 に設計した利用負担金を示す。1GPU パックを導入した場合、GPU1 基すなわち H200 を 1 基、利用できる。この時、CPU 資源については、GPU ノードに搭載されている CPU コアの 1/4 （H200 を 4 基搭載しているので、個数に応じて等分される）（30 仮想コア(16 物理コア相当)）を利用できる。mdx Ⅱ では、1 GPU パックを 198,000 円（税込）で利用可能である。

なお、mdx Ⅱ の利用負担金は、本センターの大規模計算機システムの利用負担金設計とは異なり、システム運転に要する消費電力相当の電気代に加えて、システムの運用保守にともなう運用保守費、また、システム運用にともなう人件費等を加味される。それゆえに、本センターの大規模計算機システムと比較して、高めの設定とならざるを得ない。しかしながら、民間クラウド事業者の提供する同程度の性能を有するサーバ上のクラウドサービスと比較しても、かなり割安となっている。それゆえに、この最先端のプロセッサ、アクセラレータを利用可能なクラウド基盤に興味・関心のある方は、本センターにご相

談いただければ幸いである。

表 24: mdx Ⅱ 利用負担金

利用資源	1 ヶ月あたりの利用料金(税込)	備考
通常計算ノード群 1 CPU パック (1 仮想コア)	￥830	最低申し込み数は 16 CPU パックから
GPU ノード群 1 GPU パック （30 仮想コア）	￥198,000	最低申し込み数は 1 GPU パックから
ストレージ 1 TB	￥900	
Lustre ストレージ 1 TB	￥900	
オブジェクトストレージ 1 TB	￥300	
フローティング IP (グローバル IP アドレス)	￥15,000	プロジェクトにつき、1 つ目は無料 2 つ目以降は有料

利用負担金 web ページ:
https://mdx.jp/mdx2/p/terms

(5) mdx Ⅱ広報資料の作成

mdx Ⅱの利用者拡大・利用促進を目指し、2025 年度中の配布を想定して、mdx Ⅱ広報資料を 3,400 部作成した（図 35、図 36）。デザインに際しては、mdx Ⅱがスーパーコンピューティングシステムと比較して、OS レイヤ以上のソフトウェアスタックの利用に自由度があり、汎用用途・多目的に利用可能なクラウド基盤であることから、利用者が抱える計算基盤の問題の解決を支援するシステムであることをアピールできるデザインとした。

図 35: mdx Ⅱ広報資料（表）

図 36: mdx Ⅱ広報資料（裏）

mdx Ⅱの CPU ノードは最新プロセッサを搭載しており、研究室でのちょっとした実験・演習にも利用できるし、もちろん高性能計算用途にも利用可能である。研究室のサーバでできることは大抵のことは可能である。2025 年 3 月に導入される GPU ノード

は国内でも導入実績の少ない最新かつ高性能な GPU サーバである。それゆえに極めて高価であり、数ノードしか導入できない予定である。すこしでも興味・関心のある方は、2025 年度以降には mdx Ⅱ の利用説明会、セミナー等を開催予定であるので、ぜひ参加いただければ幸いである。

(6) mdx Ⅱ ウェブページの整備・拡充

データ活用社会創成プラットフォーム事業体として、東京大学情報基盤センターが統括し、当該事業体および現行 mdxI を紹介する Web ページ(https://mdx.jp)を運営していた。2024 年に導入され、サービスが開始される mdx Ⅱ の Web ページを東京大学情報基盤センターと協働して整備した。

図 37: データ活用社会創成プラットフォーム事業体

図 38: mdx Ⅱ トップページ(https://mdx.jp/mdx2)

整備に際しては、それまで mdx がデータ活用社会創成プラットフォーム事業体および東京大学設置のシステム（現行 mdxI）を意味し、加えて mdx Ⅱ が整備されることから、mdxI を東京大学設置のシステム、mdx Ⅱ を大阪大学設置のシステム、mdx をデータ活用社会創成プラットフォーム事業体として再定義している。この定義に基づき、トップページにアクセスするとデータ活用社会創成プラットフォーム事業体 mdx が表示され、東京大学設置の mdxI および大阪大学設置の mdx Ⅱ へのウェブページに誘導されるよう web ページを再デザインした（図 37)。mdx Ⅱ のトップページに移行すると、図 38 に示される mdx Ⅱ のトップページが表示される。今後、このページを通じて、mdx Ⅱ の運用、最新情報について提供していくことを予定している。

(7) mdx csirt

上述のように、mdx Ⅱ の運用を 2024 年度より正式に開始した。これに伴い、東京大学 mdxI および mdx Ⅱ での運用時のインシデント発生時の対応やルールについて検討をおこなう mdx csirt の取り組みに本センターの mdx 運用室のメンバも参画した。csirt では、システムの脆弱性、インシデント対応等々のセキュリティについての議論を行うが、mdxI および mdx Ⅱ を運用するデータ活用社会創成プラットフォーム事業体としての一貫した運用が求められる。次年度以降にむけて、ホワイトペーパなどの作成などに取り組んだ。

3. 2. 3 うめきた拠点の運用

本センターは本学共創本部、グランドフロント開業時より、情報通信研究機構、関西学院大学、大阪電気通信大学、バイオグリッド関西、コンソーシアム関西、サイバー関西プロジェクト、組込みシステム産業振興機構、U2A、一般社団法人データビリティコンソーシアムと共同で大阪うめきたの知的創造拠点ナレッジキャピタルに大規模計算結果などの可視化によるアウトリーチと共同研究、産学連携を目指したコラボレーションオフィス“Vislab Osaka”を開設し、様々な活動を行なってきた。長らく活動をおこなってきたが、2024 年度をもって閉鎖した。

3. 2. 4　Cyber HPC Symposium の開催

Cyber HPC Symposium は、本研究部門が推進する大規模計算機事業および可視化事業に対するプレゼンスおよび求心力向上、および、本センター利用者への情報提供および情報交換機会の提供を目的とし、2015 年度よりサイバーメディアセンター主催として開催するシンポジウムである。本年度は、新型コロナ感染症拡大の影響も大幅に緩和されたため、現地での対面開催とした（図 39）。

本研究部門はスーパーコンピュータシステムの運用を担う責任部門として、Cyber HPC Symposium の企画・開催を行なっている。シンポジウムの詳細については本年報「Cyber HPC Symposium 2024 開催報告」に記載するので参照されたい。ここでは、シンポジウム開催に伴い作成した広報資料について報告したい。

図 39: Cyber HPC Symposium 2025 における講演者、パネリストらとの記念撮影

Cyber HPC Symposium 2025

Cyber HPC Symposium 2025 は、スーパーコンピューティングシステム関連技術の研究開発、データ基盤の構築・整備、最先端医療に携わる産学の専門家をお迎えし、本センターのデータ集約基盤 ONION の活用事例および最新の研究開発動向を踏まえつつ、大規模計算・解析を支えるスーパーコンピューティングシステムを中核とした学術研究基盤の今後の課題と将来を考えることをねらいとして、D3 センターおよび大阪大学先導的学際研究機構 DX 社会研究部門の主催、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点およびデータ活用社会創成プラットフォーム協働事業体の協賛のもと、2025 年 3 月 7 日に開催した。本シンポジウムでは、特別講演を 1 件、基調講演を 1 件、招待講演 1 件、一般講演を 4 件、パネルディスカッション 1 件を企画した。また、パネルディスカッション後にレセプションを開催した。

図 40: Cyber HPC Symposium 2025 広報ポスター

図 40 に Cyber HPC Symposium 2025 の広報ポスターを示す。また、図 41 に当日配布用パンフレットを示す。これたのデザインは今回のテーマが最先端医療分野での学術研究基盤であることから、そのようなイメージを全面的に採用している。本シンポジウムでは、広報ポスターおよび広報ポスターを A4 に縮小した広報資料については、400 部を学内、学外に広く配布をおこなった。当日配布用パンフレットは、現地に参加された出席者に配布した。

図 41: Cyber HPC Symposium 2025 広報パンフレット

図 42: 海洋開発研究機構での対面ヒアリングの様子

本ヒアリングでは、昨年度同様に、どのような利用者がどのようなワークロードを実行しているか、また、一方管理者はどのような方針で計算機整備、運用を行っているのかについて等、表 25 に記す構成で質問を行った。特に、今年度は、GPU への対応状況、エコシステム、コミュニティ形成という視点からも、2023 年度ヒアリングを行なった HPCI 構成機関に対しても追加質問を行った。

表 25: ヒアリング項目の構成概要

1. HPC センターについて	
(1)	貴センターの利用者の現状と傾向について
(2)	現システム整備状況や運用・整備方針等について
2. HPC センターの現状について	
(1)	導入ソフトウェア・ライブラリの利用状況や整備状況について
(2)	運用サービスについて
(3)	クラウド利用環境について
(4)	仮想計算機技術に対する必要性と利用状況について
(5)	データストレージ、データ基盤について
(6)	システムセキュリティ、モニタリングとユーザ利便性について
(7)	エコシステム、コミュニティ形成について
3. 新しいチャレンジについて	

また、国外における計算機センターを欧州、米国、アジアよりピックアップ(11 機関、22 システム)し、システムソフトウェア、ライブラリ、アプリケーション導入状況をまとめている。これらの成果は日公

関連発表論文

(1) 伊達 進, “高速データ転送サービス RED ONION 構想”, Cyber HPC Symposium 2025, 大阪, 2024 年 3 月

4 2024 年度研究業績

4.1 HPC 利用環境の調査研究

2024 年度は下記の大学、および国立研究所の計算基盤センターの管理者へのヒアリングを行った。図 42 にヒアリングの様子を示す。

* 理化学研究所計算科学センター
* 産業技術総合研究所
* 東京大学情報基盤センター
* 海洋研究開発機構

開されることになっているので、詳細は、文部科学省次世代計算基盤に係る調査研究事業「システム調査研究」の報告書として公開される予定であるので、そちらを参照いただければ幸いである。

4.2 津波浸水被害推計システム保守・運用ならびに機能拡張

本年度も引き続き大阪大学 D3 センターと東北大学サイバーサイエンスセンターで連携し、津波浸水被害推計システムが常時どちらかのスーパーコンピュータシステムで稼働し、いつでも稼働できるよう安定稼働に努めた。

また、本年度の拡張では、津波浸水被害推計システムの改修業務を受託し、新総合防災情報システム SOBO への対応を行った。次年度は、日本海南西部・東シナ海・オホーツク海での大規模地震・津波に対応できるようシステム拡張を予定している。

4.3 S2DH (Social Smart Dental Hospital)

昨年度に引き続き、S2DH プロジェクトの成果を幅広く周知、社会フィードバックすることを目的として、2025 年 3 月 10 日 13:00-18:00 に大阪大学歯学部附属病院主催、大阪大学 D3 センター共催、吹田市歯科医師会後援、日本電気株式会社、メディア株式会社、株式会社モリタ、株式会社松風、株式会社プラスメディの体制にて、第 8 回ソーシャル・スマートデンタルホスピタルシンポジウム　吹田市歯科検診モデルの IT 化によるアジア皆歯科検診への Challenges を開催した（図 43）。

図 43: S2DH シンポジウムポスター

本シンポジウムは特別講演 1 件、招待講演 1 件、基調講演 3 件、成果報告講演 4 件、「地域からアジアへ広がる皆歯科検診の未来」と題したパネルディスカッション 1 件で構成した。特別講演には、吹田市歯科医師会監事 谷口 学 氏、招待講演には日本歯科医師会常務理事末瀬一彦氏、基調講演には、産業技術総合研究所より Jason Haga 博士、本研究部門 伊達 進教授、日本電気株式会社ヘルスケア・ライフサイエンス事業部門ライフスタイルサポート統括部 金子将之をお招きした。基調講演セッションの座長および、閉会挨拶は本センター降簱センター長が努めた。

ライフサイエンス分野における ICT 利活用は、近年の DX 化への流れをうけますます対応が急がれる。特に、医療分野への AI 利活用は喫緊の課題となっている。スーパーコンピュータ SQUID やデータ集約基盤 ONION,クラウド基盤 mdx Ⅱ の運用管理、そして、それらの要素技術の発展・高度化をミッションとする本研究部門としては、S2DH を実現すべく大阪大学歯学部附属病院と連携・協働をしていく。

関連発表論文

(1) 伊達 進, “国際共同研究・産学共創を加速する情報基盤と人的ネットワーク”, 8th S2DH Symposium, Osaka, March 2025 (基調講演).

4.4 自動チューニング技術に対する説明可能AIの応用

今年度の研究では、説明可能 AI (eXplanaible AI, XAI) 手法によって、プログラムの実行性能に大きな影響を与える性能パラメータの特定が可能か、概念実証を行った。図 44 に提案する XAI による性能モデルの分析手法を示す。本研究では、TenSet と呼ばれる様々なテンソル演算カーネルとその性能データから成るデータセットを用いた。このデータセットは、ResNet-50、ResNeXt-50、MobileNet-V2、BERT 等の著名な深層ニューラルネットワークから演算カーネルを抽出し、各ループに適用されるタイリング、ループアンローリング、並列化、ベクトル化などのループ最適化のパラメータを変えながら実システム上で実行時間を測定したものである。TenSet を訓練データセットとして用い、性能パラメータから実行時間を予測するモデルを構築した。性能モデルとしては、多層パーセプトロン、eXtreme Gradient Boosting (XGBoost)、Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) 等を採用した。これらの性能モデルに対して特徴量の重要度を定量化する XAI 手法である Permutation Feature Importance (PFI) を適用し、各性能パラメータが性能に与える影響の大きさを定量化した。

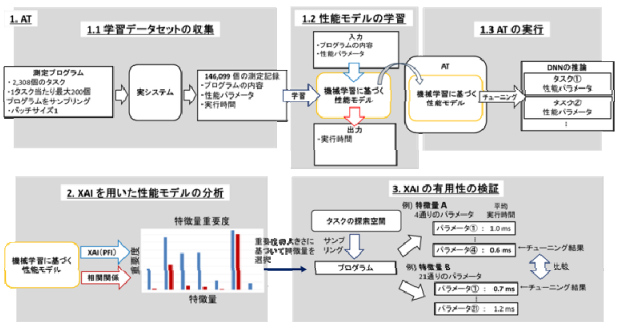


図 44: XAI に基づく性能モデルの解析手法の概要

図 45 に、データセットに ResNet-50 を構成するカーネル群の性能データ、モデルに XGBoost、損失関数に平均 2 乗誤差を用いて訓練した性能モデルを PFI と相関分析によって解析した結果を示す。図より、PFI と相関分析の双方が ff ループのタイリングサイズや並列化を重要と判断している事がわかる。一方、PFI は xx ループのタイリングサイズがループアンローリング段数より重要であると判断しているものの、相関分析は双方の重要度に大きな差がないと判断している。そこで、PFI と相関分析による分析結果のいずれが正確であるか検証するため、実際に xx ループのタイリングサイズとループアンローリング段数をそれぞれ自動チューニングし、いずれによって高い性能のプログラムを得られるか検証した。

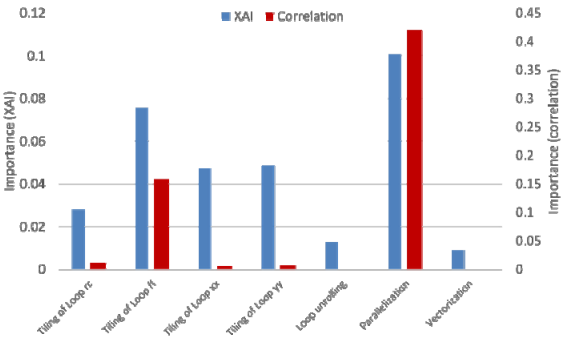


図 45: ResNet-50 モデルの推論時間に影響を与える性能パラメータの解析結果

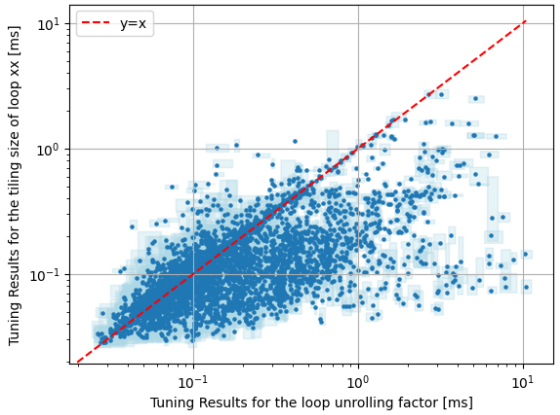


図 46: xx ループのタイルサイズとループアンローリング段数をそれぞれ自動チューニングした際のカーネル実行時間の比較

図 46 に xx ループのタイリングサイズまたはアンローリング段数をそれぞれ自動チューニングするこ

とで特定した実行時間が最小となるプログラムの実行時間を示す。2 つのチューニングの結果の差が数 ms 以上みられる（対角線から離れてプロットされている）場合、xx ループ のタイリングサイズに対するチューニングは、アンローリング段数に対するチューニングよりもプログラムを高速化できることを示している。xx ループのタイリングサイズに対するチューニングは、アンローリング段数に対するチューニングと比較して、4,000 個のプログラムの内 66%において、より高速化なプログラムを生成できている。

このように、XAI によって重要度が高いと分析された xx ループのタイリングサイズは、アンローリング段数に比べ実際にプログラムの性能に大きな影響を与えることから、XAI によってプログラムの実行性能に大きな影響を与える性能パラメータを特定できることが示された。

関連発表論文

(1) Toshinobu Katayama, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura and Hiroyuki Takizawa, “XAI-Based Feature Importance Analysis on Loop Optimization,” 19th International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT), May 2024. 10.1109/IPDPSW63119.2024.00142

(2) 片山敏伸, 高橋慧智, 下村陽一, 滝沢寛之, “説明可能 AI 技術によるプログラムの性能モデルの解析,” xSIG 2024, 2024 年 8 月.

4.5 津波浸水被害シミュレーションの可搬性向上

本研究で対象とする津波浸水被害シミュレーションコードは非線形浅水方程式を空間差分にスタッガード格子、時間差分にリープ・フロッグ法を用いて解くものであり、Fortran 90 によって記述されフラット MPI によって並列化されている．コードの性能分析により主要なルーチンがメモリ律速であることが明らかになったため、今年度の研究ではメモリ帯域幅に優れる GPU を移植の対象とした。

本コードは既に本番環境において運用されているため、GPU への移植にともない大規模なコード修正が必要となることは保守コストが増加するため望ましくない。そのため、ソースコードの修正量が多くなる C++への移植や CUDA Fortran によるカーネルの再実装は行わず、ソースコードの修正量が少ない指示行に基づくプログラミングモデルによる GPU への移植を選択した。具体的には OpenMP Target Offloading と OpenACC を比較検討した結果、広く普及する NVIDIA 社製の GPU で最も安定して高い性能を達成できる OpenACC を採用した。OpenACC を用い、主要な計算ルーチンに加え、通信に関わるルーチンを含む時間積分ループ内の全ての主要なルーチンを GPU へオフローディングすることに成功した。

図 47 に移植後のコードを筑波大学のスーパーコンピュータ Pegasus において、NVIDIA H100 16 基上で実行した際の各ランクの実行時間内訳を示す。図は主要なサブルーチンごとに実行時間を示しており、NLMNT2（連続の式を解くルーチン）と NLMASS（運動方程式を解くルーチン）が計算ルーチン、それ以外のルーチンは通信やファイル I/O に係るルーチンである。図より、ランク間において NLMNT2 および NLMASS の実行時間の不均衡が大きいことがわかる。

これは、計算領域を構成する各格子の計算を独立したカーネルとして GPU に投入しているため、カーネル起動のオーバーヘッドなどにより単純に格子点数を均等化するだけでは GPU 間で負荷不均衡が発生してしまうためである。

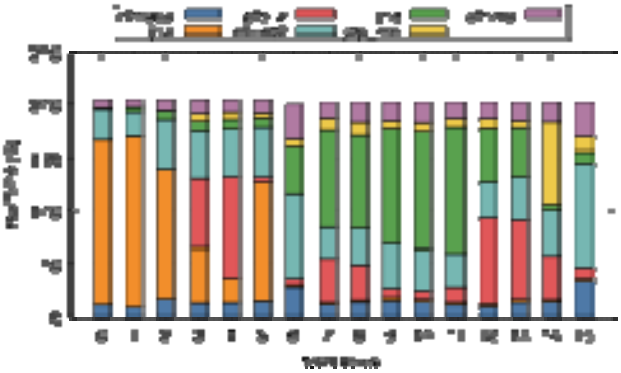


図 47: 負荷不均衡改善前の実行時間内訳

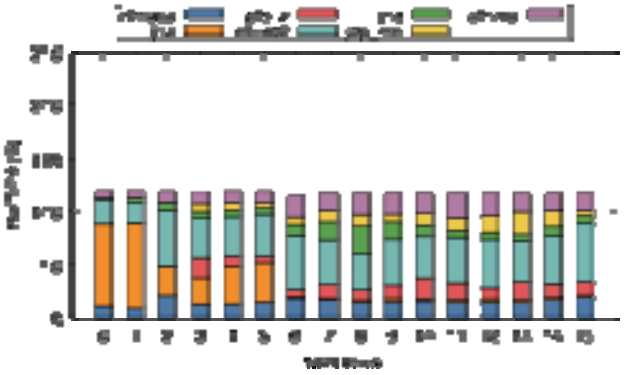


図 48: 負荷不均衡改善後の実行時間内訳

そこで、実測によってカーネル起動のオーバーヘッドなど格子点数に依存しないオーバーヘッドを計測し、主要なカーネルの実行時間をモデル化した。この性能モデルを活用し、局所最適化手法によって領域分割を調整することで、図 48 に示すようにランク間の不均衡を改善し、実行時間を短縮することができた。

性能評価では、大阪大学 SQUID GPU ノード群（NVIDIA A100 搭載）、東北大学 AOBA-S（NEC Vector Engine Type 30A 搭載）、筑波大学 Pegasus（Intel Sapphire Rapids および NVIDIA H100 搭載）の 3 システムにおいて、高知県沿岸部をモデル化した約 4,500 万格子点のデータセットで地震発生から 6 時間先までの予測計算を実行した。図 49 に実行時間の測定結果を示す。Vector Engine Type 30A 8 基では 325 秒、H100 8 基では 235 秒の実行時間となり、GPU に移植したコードが元の Vector Engine 向けコードと同等以上の高い性能を達成できることを示した。これにより、GPU を搭載したスーパーコンピュータ上でもリアルタイム津波浸水被害予測計算が可能であることが示された。

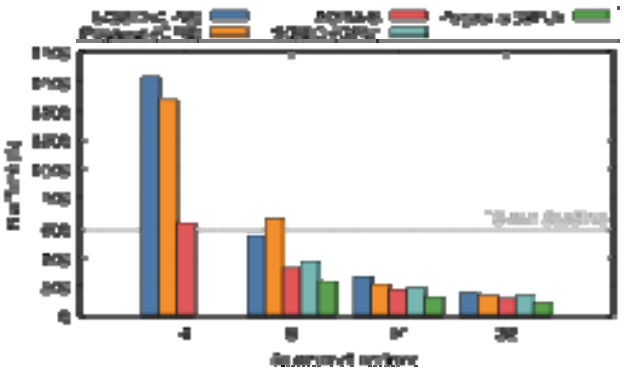


図 49: 各 HPC システムにおける 6 時間津波浸水被害シミュレーション実行時間

関連発表論文

(1) Keichi Takahashi, Takashi Abe, Akihiro Musa, Yoshihiko Sato, Yoichi Shimomura, Hiroyuki Takizawa, Shunichi Koshimura, “Modernizing an Operational Real-time Tsunami Simulator to Support Diverse Hardware Platforms,” International Conference on Cluster Computing (CLUSTER 2024), Sep. 2024. 10.1109/CLUSTER59578.2024.00043

4.6 多様な e ラーニング教材のためのシステム

4.6.1 作問支援ツールへの大規模言語モデルの応用

e ラーニングの問題集では、自動採点の行いやすさから選択問題がしばしば採用される。問題集の内容の作成は問題文の作成や誤りの選択肢（偽選択肢）の作成といった単純作業が多くを占めるが、効率化に課題がある。既存の自動作問の研究では、専門的なコーパスやラベル付きのテキストが必要であったり、出力される問題の多様性や品質が不十分であったりという課題がある。本研究では、表形式データへの入力により簡素な入力から手作問に近い品質の問いを生成する作問支援ツールを提案する。

提案ツールでは、Microsoft Excel に出題対象となる知識を表 26 のように、以下のような項目に入力する。用語とは、基本的に出題したい単語である。上位グループとは、用語の上位概念であり、これにより用語のツリー構造を作ることができる。用語説明文とは、入力した用語についての説明文を入力する項目で、一つの用語に対して複数の簡素な説明文を用意できる。

提案ツールは、用語とその説明文の対応について問う用語問題、ある用語が何らかのグループに含まれるかどうかを問うグループ問題などを生成可能である。ここでは、生成問題数が多い傾向がある用語問題について説明する。用語問題は、与えられた用語についての説明文を選択する問いと、与えられた説明文を満たす用語を選択する問いの 2 種類ある。提案ツールはどちらも生成できるが、ここでは説明文を選択する問いについて説明する。

表 26 の「PNG」を用いて生成した場合、問題文はテンプレートを当てはめて「PNG の説明として最も適切なものを選べ」となる。正解選択肢は「PNG」の用語説明文を接続して「ハフマン符号などを応用した可逆圧縮方式を使用していて、国際標準規格になっている画像データ形式」となる。偽選択肢の候補として、偽選択肢はツリー構造において PNG と近い用語である JPEG を対象とし、その用語説明文を接続して「ハフマン符号などを応用した可逆圧縮方式を使用していて、国際標準規格になっている画像データ形式」などを生成する。用語説明文の接続により、組み合わせを変えて偽選択肢の数を確保し、偽選択肢不足で問題を生成できない状況を防いでいる。

表 26: 表形式データの入力例

用語	上位グループ	用語説明文
PNG	画像データ形式	ハフマン符号などを応用した可逆圧縮方式を使用している
		国際標準規格になっている
		フルカラー
JPEG	画像データ形式	非可逆圧縮方式を採用している
		フルカラー
		主に写真の保存に用いられる

基本情報技術者試験の教科書 4 ページ分において、基礎的な評価を行うため、2 名の被験者が提案ツールを用いた作問を、これまで 1 名だったのを 2 名の被験者が手作問を行い比較した。作問数と作問時間を計測し、生成された偽選択肢の品質も評価した。

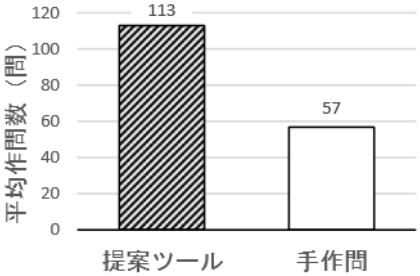


図 50: 平均作問数

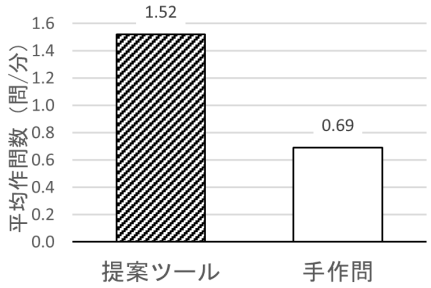


図 51: 1 分あたり作問数

提案ツールでの平均作問数は 113 問、手作問での平均作問数は 57 問であった（図 50）。この結果から、提案ツールは手作問の約 2 倍の作問数という結果となった。また、提案ツールでの 1 分あたりの平均作問数は 1.52 問、手作問での 1 分当たりの平均作問数は 0.61 問となり、提案ツールは手作問より 2.5 倍作問速度が速かった（図 51）。

偽選択肢の品質を評価するために、有効選択肢の数ごとに問いの割合を集計した。有効選択肢とは、評価者 3 名のうち 2 名以上が適切であると評価した偽選択肢である。結果を図 52 に示す。有効な偽選択肢の数が一つ以上でも三つでも提案ツールは手作問と同程度の割合で問いを生成できている事が分かった。

以上の評価結果から、提案ツールは手作問と比較して同等の品質で作問が行えていることが分かった。

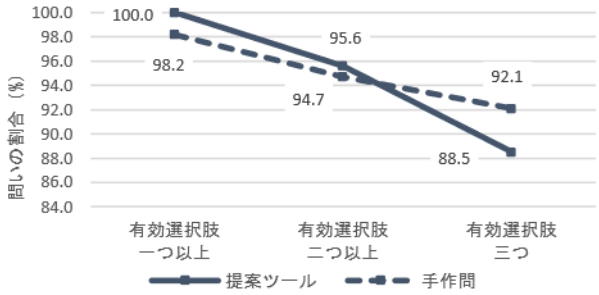


図 52: 各有効選択肢数における問いの割合

関連発表論文

(1) 安田光輝, 神田将吾, 龍宮寺嵩士, 小島一秀, “機械的な処理や用語の階層構造を用いた 4 択問題生成ツールの開発と評価”, 第 178 回コンピュータと教育研究発表会, IPSJ SIG Tecnical Report, Vol.2025-CE-178 No.2, 東京女子体育大学, Feb. 2025.

4.6.2 多様な教材に対応したメディア教材システム oq-stages

本研究では、様々な e ラーニング教材を開発してきたが、外国語による対話や交渉の疑似体験教材のためのシステムである対話交渉シミュレータが開発も行ってきた。しかし、Adobe Flash の廃止により、対話交渉シミュレータによる教材は使用不可能となった。近年では，様々な e ラーニングシステムが開発されているが、本研究に必要な多様な機能を実現できない。さらに、Adobe Flash の停止により対話交渉シミュレータ不使用の作り込みメディア教材も停止しており、これらの再開発も問題となっている。そこで、本研究では、対話交渉シミュレータの再開発に留まらず、機能を追加して他のメディア教材の開発も目指す。

対話交渉シミュレータの特徴は以下の通りである。

- 複数シーンにより構成
- 1 シーンはメディア再生で始まり、出題と回答 UI 表示、制限時間後の自動シーン移動と続く
- メディア再生は動画、画像、文字の表示の自由な配列
- 問題は複数のボタン選択または文字入力欄一で、その結果によって変数計算とシーン移動が可能
- 変数計算の変数は複数使用が可能
- 自動シーン移動では条件式が使用可能

対話交渉シミュレータを用いていないメディア教材で、本研究による再開発の対象としているのは、大阪大学の高度外国語教育全国配信システムに含まれる様々な教材であり、表 27 のようなものである。

表 27: 対話交渉シミュレータで開発困難な教材

名称	対話交渉シミュレータでは実現困難な特徴
デンマーク語 リスニング	・単語ごとの回答欄のある聞き取り問題
ペルシア語 スキット	・右から左と左から右の言語の表示を切り替え
ヨルバ語 スキット	・登場人物と背景の画像の組み合わせ ・ボタンの常時表示 ・シーンのランダムアクセスのための 20 個程度のボタン
日本語 表現練習	・画像入りのボタン ・音声再生ボタン ・シーン移動ボタンと音声ボタンと文字エリアを組み合わせた UI エリア ・2 ヶ所に分かれたの配置
ウルドゥー語 文字説明	・ボタンの常時表示 ・30 以上ボタンを含む UI が 2 ヶ所に分かれて配置 ・ボタン操作で 100 を超える動画，画像，文字を表示
ペルシア語 ゲーム教材	・本格的なゲームを組み合わせた教材
様々な言語 高機能問題集	・極めて複雑な採点規則と問題構成に対応（Flash ではないが停止）

対話交渉シミュレータとの互換性を持ちながら、表 27 の教材をできるだけ実現できるように、以下の機能を追加したメディア教材システム oq-stage を開発した。

- 複数の文字回答欄機能
- 複数の文字表示エリア操作機能
- 複数画像の重ね合わせ機能
- ボタンの常時表示機能
- ボタン記述呼び出し機能
- 画像入りボタン機能
- 各種メディア再生用ボタン機能
- 各種ボタンと HTML の組み合わせ UI 機能
- ボタン記述呼び出しによるボタンの自由レイアウト機能

図 53: 日本語表現練習の教材

その結果、ペルシア語ゲーム教材以外（図 53）を開発することができた。

4.6.3 学習者の利便性と実際の情報環境を考慮した音声データのタグデータ付与方式

教材において、しばしば音声データが使われてお

り、様々な形で公開されている。しかしながら、そのタグデータが適切に付与されていることはまれである。例えば、書籍に付属している CD を PC に取り込んだ音声データや、制作主体により公開されている音声データのような正式な音声データにおいても、適切なタグデータが付与されていることは少ない。さらに、タグデータも、直接公開する場合はその音声データに付与することになり、CD なら CD 楽曲情報サービスを通して PC に届くなど、流通経路も複雑であることや、タグデータの表示のされかたも情報環境により異なり、状況は複雑である。そこで、本研究では、以上のような複雑な状況を考慮した音声データに対するタグデータの付与方法について検討を行った。

CD から音声データを取り込む場合、Windows、macOS ともに、楽曲情報サービス Gracenote を通して、タグデータが取得されることを確認した。CD のタグデータを指導者が提供できるかの確認のために、macOS にある Apple Music から Gracenote にタグデータを登録し、別の PC で取得できることを確認した。

表 28: 様々な情報環境における
タグデータの表示状況

Apple Music Gracenote 登録	MP3tag の項目	Explorer 表示	Finder 表示
トラック番号（n/m）	トラック番号	○（n）	×
ディスク番号（n/m）	ディスク番号	○（n/m）△セットのパート	×
ファイル名 注:MP3 タグ外	ファイル名 注：MP3 タグ外	◎	◎
タイトル	タイトル	○	○
アーティスト	アーティスト	○△作成者/参加アーティスト	○△作成者
アルバム	アルバム	○	○
アルバムアーティスト	アルバムアーティスト	○△アルバムのアーティスト	×
作曲者	作曲家	○	○
グループ	×	×	×
ジャンル	ジャンル	○	○
年	年	○	○
Apple Music Gracenote 登録	**Mediaplayer MP3 表示**	**Apple Music MP3 表示**	**Apple Music CD 表示**
トラック番号（n/m）	◎（n）	◎（n）	◎（n）
ディスク番号（n/m）	×	○（n/m）	◎（n/m）
ファイル名 注:MP3 タグ外	×	×	×
タイトル	◎	◎	◎
アーティスト	◎△参加アーティスト	◎	◎
アルバム	◎	◎	◎
アルバムアーティスト	○	○	○
作曲者	×	○	○
グループ	×	○	○
ジャンル	◎	◎	○
年	○	◎	○

◎特別な操作を加えず自動表示 ○別途操作を加えることで表示が可能 △タグ項目の名称または区分が異なる ×表示不可

PC 上では、CD から取り込んだ音声データと、直接タグデータを書き込んで公開された音声データが共存することになるが、両者のタグデータの内容がそろっていた方が学習者は利用しやすい。Gracenote からタグデータを取得すると n/m の形式であるが、タグ編集ソフトウェア mp3tag などでは、トラック番号は「n」のみなど自由に入力できる。そこで、自由に編集できる場合でもトラック番号は「n/m」形式による入力を提案する。

タグデータの様々な情報環境における表示や動作の仕方を調査し表 28 のようにまとめた。
効率的な活用のためには、タグデータの表示ができるだけでなくソートが必要となるが、複数の教材の音声データをまとめて取り扱う場合は、複数のキーによるソートが必要であるが、それが困難であることも判明している。

表 28 から、様々な情報環境において共通していることは、ファイル管理ソフトであればファイル名、音楽ソフトウェアであればタグデータのタイトルは、内容に高い自由度があり、目立つように表示されることであることがわかる。そこで、ファイル名、タイトルの両方に対して、「<ソートのための情報>_<内容説明の情報>」のように付与することを提案する。これにより、PC 上で多くの音声データをまとめて効率的に使用することを実現する。

関連発表論文

(1) 吉田傑彦，岩成英一，小島一秀，“学習者の利便性とソフトウェアと楽曲情報サービスを考慮した音声データタグの記述方式”，情報処理

学会第 87 回全国大会，大阪，vol. 2ZM-04, pp.4-873-4-874, Mar. 2025.

4.7 欠損歯を含むパノラマ X 線画像における深層学習ベースの歯番認識モデルの性能評価

近年、人工知能（AI）技術の進展により、パノラマ歯科 X 線画像に対する自動歯番号付けの研究が活発化している。しかし、これまでの研究で使用されているデータセットには、実際の臨床現場で頻繁に見られる「欠損歯を含む画像」が少ないという問題がある。本研究は、欠損歯の本数が異なる X 線画像に対して、AI モデルの歯番号付け性能がどのように変化するかを検証することを目的とした。

従来の研究では、歯の本数が揃った理想的な画像に基づいた評価が多く、実用的なパノラマ X 線画像への適用可能性が明確でなかった。特に、欠損歯が多い画像においては、隣接歯の不在やインプラントの存在などが歯番号付け精度に悪影響を与える可能性がある。

本研究では、3 つの物体検出モデル（YOLOv8、YOLOv11 、 RT-DETR （ Real-Time Detection Transformer））を用いて比較実験を行った。各モデルは異なる歯の本数（1〜32 本）を持つ画像グループごとに性能を比較評価した。ナンバリングパイプラインは図 54 で示している。

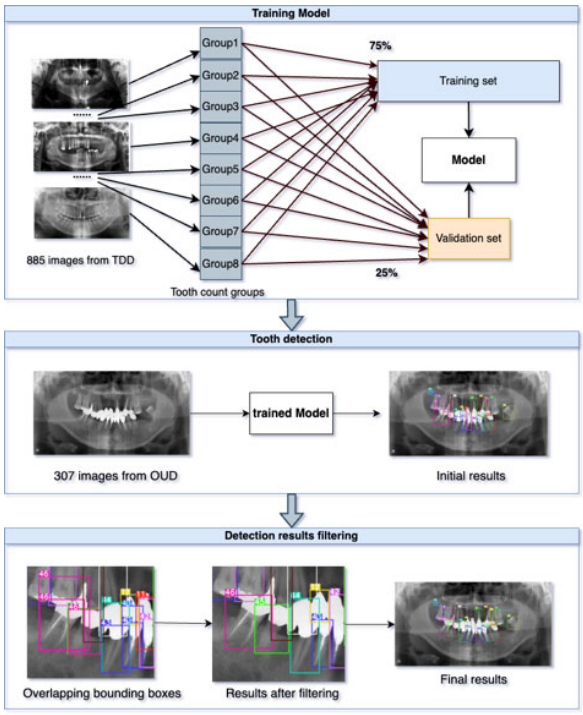


図 54: ナンバリングパイプライン

本研究は、歯の本数が少ない画像は AI モデルによる歯番号付けの精度が大きく低下することを示し、データセット構成の偏りが性能評価に強く影響することを明らかにした。

関連発表論文

(1) Z. Tang, T. Mameno, T. Hayami, C. Lee, S. Date, K. Ikebe, K. Nozaki, "Assessment of the impact of missing teeth on deep learning-based tooth numbering method from panoramic X-rays," IEEE Access 1-1, 2025.

4.8 強化学習を用いた通信ジッター最小化を目的とした分散型ルーティング・スケジューリング手法

5G から 6G へと移行する通信環境において、自動運転、ホログラフィック通信、IoT などのリアルタイム性が求められるアプリケーションにおいて、通信の遅延（ジッター）を極力抑えることは重要な課題である。従来手法では、動的に変化するトラフィックや QoS 要求への柔軟な対応が困難であり、ネットワーク資源の非効率的な配分によってジッターが増加していた。

本研究では、深層強化学習（DRL）を利用した分散型のルーティング・スケジューリング手法を提案

した。このモデルは各ネットワークスイッチに配置され、局所的な情報（隣接スイッチへの接続状況、フローサイズ、周期、締切など）を基にリアルタイムで経路と送信タイミングを決定し、ジッター最小化を図る。具体的には、通信状態を入力として、送信先スイッチの選択および送信タイミングを出力する報酬（ペナルティ）設計、およびニューラルネットワークを構築した。

評価実験として、National Science Foundation ネットワークトポロジーを用いてビデオストリーミング通信をシミュレーションした結果、提案手法は従来の分散型手法に比べてジッターを約 27%削減し（図 55）、フロー送信数を最大約 20%向上（図 56）させることに成功した。また、必要な情報を局所的な範囲に限定することで、大規模ネットワークへのスケーラビリティも向上している。

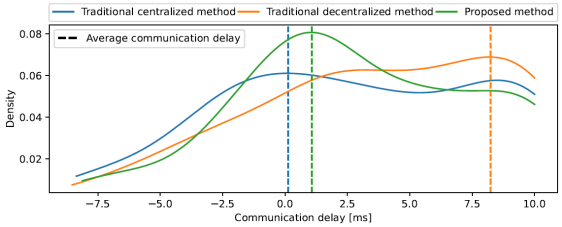


図 55: Variation of Communication Delay

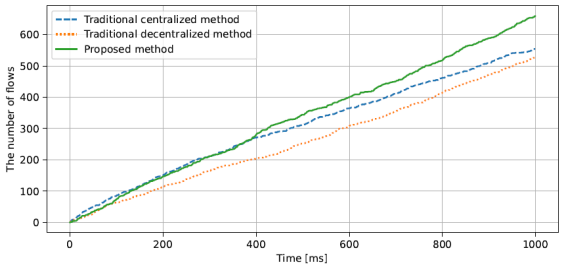


図 56: Number of successfully transmitted flows

4. 9 広域計算資源の動的配備に向けたコンテキストスイッチ機構の研究開発

本年度は広域計算資源の動的配備に関する技術調査・コンテキストスイッチ機構の開発を実施した。広域分散環境では、多様な要件を持つアプリケーションに計算資源を適切に割り当てる必要がある。特に、リアルタイム処理アプリケーションは、データ生成地点に近いエッジノードでの実行を要求する。しかしエッジノードは計算資源が限られており、起動中のアプリケーションを強制停止して新規アプリケーションを起動するプリエンプションが発生する。

プリエンプションによって停止されたアプリケーションは、資源が再割り当てされるたびに再実行を強いられ、そのたびに高いオーバヘッドが発生する。この再実行コストを低減する手法として、停止時に実行状態を保存するチェックポイントが知られている。しかし、コンテナ管理システム Kubernetes にはプリエンプション発生時にチェックポイントを取得する機能が備わっていない。

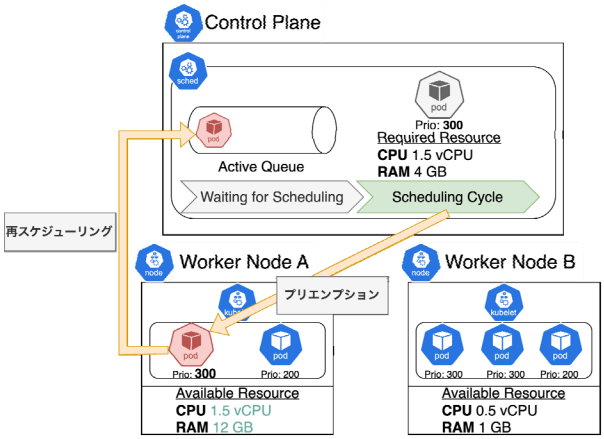


図 57: コンテキストスイッチ機構の概要

そこで、Kubernetes スケジューラと連携し、プリエンプション発生時に自動的にチェックポイントを取得するコンテキストスイッチ機構（図 57）を開発した。本機構によって、プリエンプションで停止したアプリケーションは、再実行することなく中断時点の実行状態を復元することが可能となった。

関連発表論文

(1) J. Yamamoto, W. Watanakeesuntorn, K. Taniguchi, H. Abe, A. Endo, C. Lee, and S. Date. “Towards a Serverless Platform on Scalable Cloud-Edge Continuum Computing Infrastructure”, PRAGMA 40, Penang, Malaysia, Oct. 2024. (accepted for poster presentation)

(2) J. Yamamoto, W. Watanakeesuntorn, H. Abe, K. Taniguchi, K. Takahashi, A. Endo, C. Lee, and S. Date. “Enhancing Resource Efficiency in Cloud-Edge Continuum Computing with

Checkpoint and Restore in Kubernetes", CENTRA8, Hsinchu, Taiwan, Feb. 2025.

4. 10 高精度時刻同期のカバレッジ範囲拡大と精度維持の両立を目指す研究

Deterministic Networking (DetNet)は、1 マイクロ秒以内の時刻同期を必要とする広域ネットワークにおけるリアルタイムアプリケーション向けに設計されている。しかし、gPTP には、基準クロックとそのクライアント間のホップ数が増加すると精度が低下するという問題がある。この問題に対処するために、多数の Grandmaster Clock (GMC)を導入することが考えられるが、そのコストは高額である。これらの問題を解決するために、関連発表論文(1)で、Network Time Protocol (NTP)で定義された階層構造に基づき、HUYGENS によって同期されたノードが基準クロックとして機能する Tiered gPTP（図 58）を提案した。OMNet++に Tiered gPTP システムを実装し、その有効性を実証するためのシミュレーション分析を実施した。評価結果から、Tiered gPTP システムが、複数の GMC を導入するよりも低いコストで、1 マイクロ秒以内の時刻同期を実現することを確認した(図 59)。

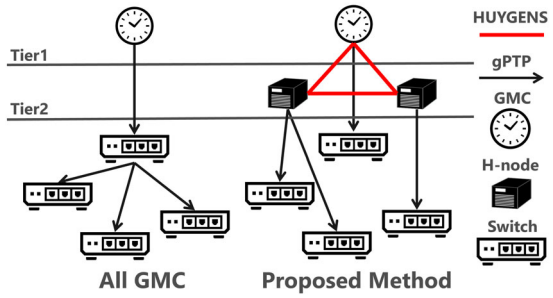


図 58: Tiered gPTP の構成概要

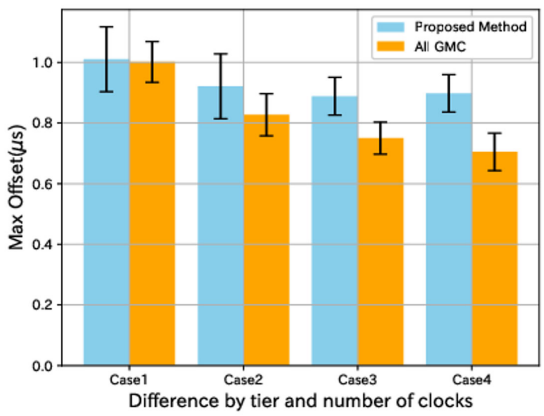


図 59: Tiered gPTP の時刻同期精度

関連発表論文

(1) Yojiro Hirota, Kohei Taniguchi, Susumu Date and Kenji Ohira, "Tiered gPTP: A Simulative Study on Balancing Time-Sync Accuracy and Coverage with Time Source Replication", 2025 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), Pune, India, March 2025, pp. 1-6, doi: 10.1109/ESCI63694.2025.10988223.

4. 11 ONION-mdxⅡによる 4 次元画像解析基盤の構築

小規模分析室向け測定データ集約・配信システムで対象とする研究データとして、光学顕微鏡・電子顕微鏡・X 線 CT・X 線顕微鏡・MRI などの科学計測手法で取得された画像データを想定している。画像データは従来奥行き情報を持たない 2 次元データであることが多いが、近年では計測手法の発展により奥行き情報を含めた 3 次元画像データや、更に時間や波長の違いも加えた 4 次元画像データも増加している。

このような画像データはデータサイズが増大しており、より高いデータ転送性能や解析処理性能が必要となる。しかし、本システムでは画像データの集約・流通に着目したシステム構成であるため、集約された研究データの利活用という観点の機能は備えていない。そこで本研究では、データ集約・流通の流れの中に「研究データを解析する機能」を組込むことを目指す。

本研究において 4 次元画像データを解析するソフトウェアとして、理化学研究所で開発された VCAT5 に着目した。VCAT5 は本研究で対象としている 4 次元などの多チャンネルの画像データを扱う機能に加え、新たな画像処理フィルタやアルゴリズムをプラグイン形式で追加・更新する機能を有している。測定データ集約・配信システムではさまざまな計測機器からデータが集められているため、画像解析に用いる手法も多様であることから、同一のインターフェイスで異なる画像解析を取り扱える本ソフトウェアは有用である。また、VCAT5 はクラウドと連携して画像データや処理履歴を共有可能とする ICP

（Image Communication Platform）への拡張性も備えており、集約した画像データの解析を支援絵する環境としても適している。

本研究では、ONION に集約された画像データをユーザーが本ソフトウェアを利用して画像解析を行う環境をクラウドサービスとして提供するため、高性能な仮想計算環境を構築・提供可能な mdx Ⅱ で構築する。VCAT5 は Windows 専用ソフトウェアである点でも mdx Ⅱ は環境構築の基盤として最適である。

今年度は VCAT5 を利用した 4 次元画像解析クラウド基盤を ONION と mdx Ⅱ を利用して構築可能かについて検討するため、小規模分析室向け測定データ集約・配信システムを開発したコアファシリティ機構および VCAT5 を開発した理化学研究所とともに議論を行い、システム設計を進めた。また、本構想をまとめて令和 7 年度ＯＵマスタープラン実現加速事業に応募して採用されており、次年度からは実際にクラウド基盤を構築して検証を進める計画である。

4.12 メタバースオブジェクト分散管理のためのキャッシュ方式

メタバースオブジェクトが分散管理された環境において、ユーザー体験の満足度を保つには、通信により生じるオブジェクトデータ取得時間を短縮する必要がある。

メタバース空間に配置されたオブジェクトのうち、レンダリングされ表示に使われるのは、仮想空間上でユーザー（アバター）の位置から見える範囲（可視領域）にあるオブジェクトである。したがって、可視領域にないオブジェクトのデータは不要となる。我々の研究グループでは、ユーザーの位置とオブジェクトの形状や配置情報を元に遮蔽関係を計算し、表示に必要なデータの取得を効率的に行う方法を提案してきた。このとき、メタバースではある範囲を徘徊する等の行動が多く発生するため、一度表示のために取得したオブジェクトデータを表示端末やエッジサーバーにキャッシュデータとして保持し、再度表示される際に利用することが有効である。

しかし、従来の LRU や FIFO といったキャッシュアルゴリズムは、表面積が大きくテキスチャデータ量が大きいオブジェクトや可視領域が存在するメタバースの特性を考慮しておらず、十分な性能が得られない問題がある。

そこで本研究では、実際の都市を模した仮想空間において、頻繁に可視領域に現れ、表面積が大きい軒高が高い建物オブジェクトがキャッシュメモリ上に長く保持されるキャッシュ手法を提案した。具体的には次の式により各オブジェクトのキャッシュの保持時間 T を決定する。

$$T = \frac{hA}{d}$$

h は対象となるオブジェクトの高さ（軒高），d はオブジェクトとユーザーの間の距離，A は係数パラメータである。

提案方式を都市の空間情報として公開されている PLATEAU の東京都新宿区周辺のデータを用いて評価した。以下では、必要データ保持率の評価結果を示す。必要データ保持率は、ユーザーの描画に必要となったデータがメモリ内に保持できていたオブジェクトの率を表す。LRU，ランダムと提案手法について、キャッシュメモリのサイズ（全体を保持できるメモリサイズの 30%、50%、70%）を変化させている。図 60 の通り、提案手法はキャッシュメモリのサイズが小さい場合に特に他の手法を大きく上回る結果となった。

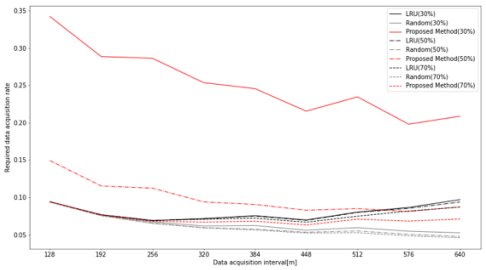


図 60: 必要データ保持率の比較

関連発表論文

(1) 青木 総樹, 川上 朋也, 松本 哲, 義久 智樹, 寺西 裕一, “メタバースオブジェクト分散管理におけるデータキャッシュアルゴリズムの改善と評価,” 電子情報通信学会技術研究報告(インターネットアーキテクチャ研究会), Vol. 124, No. 313, pp. 24-29, 2024 年 12 月.

4. 13 SQUID GPU ノード上での MLPerf HPC を用いた分散深層学習の性能評価

表 29: GPU ノードのスペック

CPU	Intel Xeon Platinum 8368 (2.4 GHz / 38 コア)×2
メモリ	512 GiB (32 GiB DDR4-3200 ECC RDIMM×16)
ローカル ストレージ	240 GB SATA SSD
ネットワーク	InfiniBand HDR 100 × 4 、1000BASE-T×1、BMC×1
GPU	NVIDIA A100-SXM4-40GB×8

表 30: 共有ファイルシステムの I/O 性能

	Read (GB/s)	Write (GB/s)
HDD	131.8	138.3
SSD	259.3	193.3

表 31: 現行のソフトウェア構成

ソフトウェア	バージョン	用途
Python	3.6	プログラミング
TensorFlow	2.5	機械学習
Horovod	0.28.1	分散学習
OpenMPI	4.1.5	集団通信
CUDA	11.8	CUDA

本研究では、SQUID における分散深層学習の性能評価のため、SQUID GPU ノード上において、MLPerf HPC で提供される CosmoFlow を実行する実験を実施した。実験環境として、SQUID GPU ノードのスペックを表 29 に示す。なお、GPU はすべて一つの 600 GB/s の帯域幅を有する NVLink によって相互接続されている。また、GPU ノードも利用する SQUID の共有ファイルシステムには、HDD 領域と SSD 領域の 2 種類のストレージ領域があり、それぞれ表 30 に示す通りの I/O 性能を有する。CosmoFlow のベースラインとなる実行環境としては、現行の SQUID GPU ノードのソフトウェア構成を表 31 に示す。

本研究では、事前に実施したプロファイラによる CosmoFlow の性能分析に基づいて、以下の実験条件の通り、CosmoFlow の実行環境に順次変更を加えて、その実行性能を比較する。

- I/O 性能
  - SSD 領域の利用 : データセットの配置先を HDD 領域から SSD 領域に変更する。
  - TensorFlow のバージョンアップ : TensorFlow のバージョンを 2.5～2.14 まで変更する。
  - 並列読み込み : データセットの読み込み処理を並列化する。
  - 前処理の GPU オフロード : CPU で実行していた前処理を GPU にて実行するように変更する。
  - GPU プリフェッチ : CPU から GPU へのデータ転送を訓練処理と並列に実行するように変更する。
  - コア割当の固定化 : 各プロセスに割り当てられるコア数の合計が CPU のコア数を超えないように制限を加える。
  - スクラッチ領域 : データセットをノードローカルのストレージに配置する。
- 通信性能
  - MPI の利用 : Horovod が利用する通信ライブラリを NCCL から MPI に変更する。
  - バッチサイズの変更 : 1 ステップでデータセットから読み込む訓練データ数を変更する。
- 混合精度演算の有効化 : 一般的な単精度浮動小数点演算に加えて、FP16 などの半精度浮動小数点演算による処理も実行されるように変更する。

まず、1 ノード上にて実験した結果として、実験条件を順次適用した際の平均エポック時間を図 61 に示す。この結果から、特に、SSD 領域の利用、並列読み込みによる平均エポック時間の削減が大きい（それぞれ前の条件と比べて 38%、52%）ことがわかる。また、TensorFlow のバージョンアップ、前処理の GPU オフロード、GPU プリフェッチ、混合精度演算の有効化も平均エポック時間の削減に効果がある（それぞれ前の条件と比べて 15%、29%、18%、28%）ことがわかる。

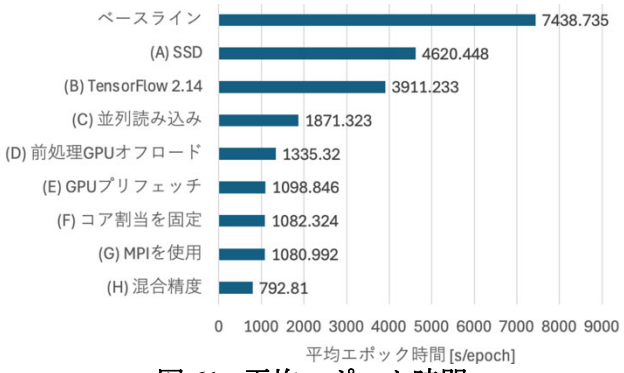


図 61: 平均エポック時間

次に、ソフトウェア構成に着目した実験として実施した、TensorFlow を細かくバージョンアップさせる実験の結果を図 62 に示す。この結果から、TensorFlow をバージョンアップさせるほど、平均エポック時間が削減されることがわかる。

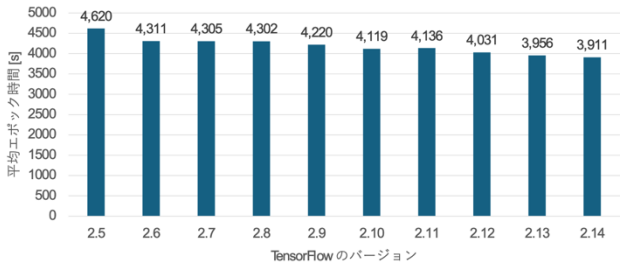


図 62: TensorFlow のバージョンの比較

最後に、ノード数を 1 ノードから 32 ノードまで（GPU 数を 8 枚から 256 枚まで）増やした実験結果を図 63、図 64 に示す。これらの図は、1 分間あたりに処理できたエポック数をスループットとしてプロットしたものである。なお、実線はアムダールの法則による外挿である。

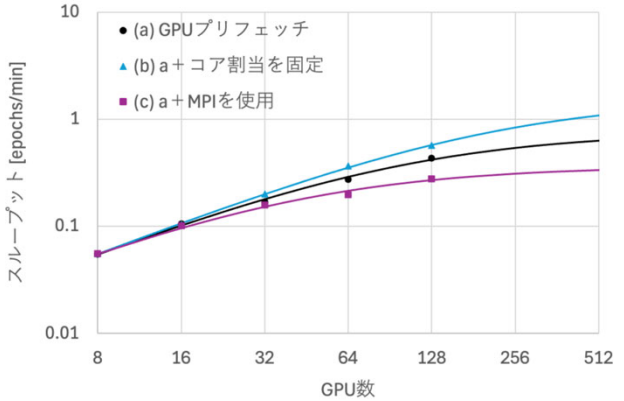


図 63: GPU 数に対する訓練フェーズのスループットのスケーラビリティ（収束速度に影響しない条件）

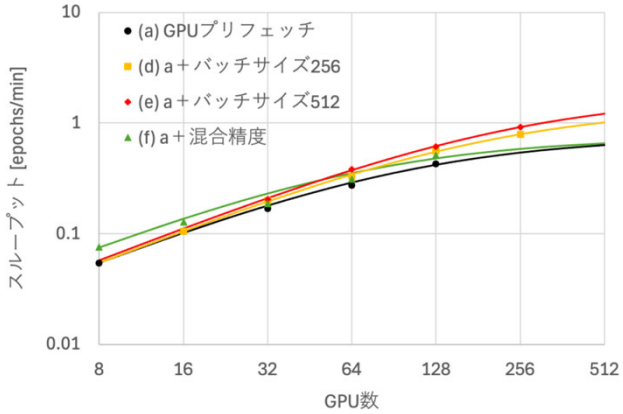


図 64: GPU 数に対する訓練フェーズのスループットのスケーラビリティ（収束速度に影響する条件）

まず、両方の図に共通する (a) の結果としては、GPU 数が増えるほど並列化による恩恵（スケーラビリティ：曲線の傾き）が減少していることがわかる。アムダールの法則における並列化率としては 92.8%であった。

図 63 の結果としては、コア割当の固定化によるスケーラビリティの改善は (a) を上回っている一方、MPI を利用した場合、逆にスケーラビリティが減少する結果となった（それぞれ 96.4%、84.7%）。

図 64 の結果としては、バッチサイズは 256 よりも 512 とした方が、常にスループットが高くなる結果となった。また、混合精度演算を利用すると、GPU 数が少ない場合は比較的大きくスループットが向上したが、GPU 数が多くなると (a) と近しいスループットとなる結果となった。並列化率としては、90.0%へと減少した。

また、スクラッチ領域を利用した結果としては、GPU 数が 256 枚、バッチサイズが 512 の時、平均エポック時間が 13%削減された。

以上の実験結果より、データセットの配置先として SSD 領域を利用すること、訓練データの読み込みを並列化することをユーザーに対して推奨することが良いとわかった。また、ソフトウェア構成としては、出来るだけ最新の TensorFlow を提供することが良いことも明らかとなった。さらに、複数ノードにまたがった分散深層学習を実行する場合は、コア数の割当を固定化、NCCL の利用、スクラッチ領域の

活用が有効なことも示した。

今後の課題としては、データの読み込みの効率化によってエポック時間が削減されたことから、そうしたデータの読み込みと前処理を GPU 向けに最適化したライブラリである、NVIDIA Data Loading Library（DALI）を SQUID にて提供すべきか検討の余地があると考える。

関連発表論文

(1) 東郷凜太朗, 高橋慧智, 速水智教, 曽我隆, 遠藤新, 伊達進, “SQUID GPU ノード上での MLPerf HPC を用いた分散深層学習の性能評価”, 情報処理学会第 199 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, pp. 1–10, 2025 年 5 月.

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学外活動

(1) 国際会議 eScience2024 の大阪開催

5.1.2 研究部門公開

2024 年度工学部オープンキャンパス

今年度 8 月 9 日に行われたオープンキャンパスは、本部門が応用情報システム研究部門から分かれたことにより、展示も同様に分かれることとなった。これによる新しい応用情報システム研究部門にとっては、オープンキャンパスの経験のあるメンバーがほとんどいないため、本部門が準備や展示、報告などのサポートを行った。また、例年とは異なり、場所を E3-116（図 65）に変えて展示を行った。これは、工学部から「例年通り工学部 E6-112 の半分で、2 部門分の展示を行うのは狭いのでは？」と、展示場所の変更を提案頂いたためである。

図 65: 初めて使用した E3-116

展示題目は「次世代スーパーコンピューティング技術とその応用」とし、「ジョブスクリプトに基づく特徴量を用いたスーパーコンピュータのジョブ実行時間予測」のような詳細な研究のパネルや「研究室の様子」のパネルを展示した（図 66）。

展示には多数の学生が参加した。今年度は、特別に見学者が多かった昨年度よりは少なかったが、例年と比較すると見学者が多く（図 67）、開始 15 分から昼過ぎまで、概ね部屋いっぱいの席が埋まっていた。午後 1 時半ごろからは、見学者で席が埋まることは減りはじめ、常に数名の見学者が見学している状況であった。昨年は、同室の他の研究室展示への行列を収容する必要があり、結果的に、極端に見学者が極端に増えた。

図 66: 学生生活と研究に関するポスター

図 67: 多数の訪問者と解説を行う学生

展示で使用した E3-116 は、オープンキャンパスの受付からすぐの場所にあったせいか、高校生や親御様を中心に多数の見学者があった。「この研究は社会にどのように役に立つのですか？」や「スケジュール割り当てのアルゴリズムやソフトウェアも考えてるの？」などの研究に関する質問や、「バイトはどんなことをしますか？」、「研究室に女子はいますか？」のような学生活に関する質問などが来ていた。
訪問者は例年より明らかに多く、教育研究活動の広報活動として十分に意義があったと思われる。

2024 年米国国際会議・展示会 SC2024

D3 センター（旧：サイバーメディアセンター）では毎年 11 月に米国で開催される国際会議・展示会 SC に研究展示ブースを出展している。国際会議・展示会 SC は高性能計算、高性能ネットワーキング、ストレージ等をテーマとする最高峰会議・展示会であり、毎年一万人以上の研究者・技術者が出席する。本年度の SC 開催は、ジョージア州アトランタ市であった。本研究部門は、上述したように大規模計算機システムの運用・管理を直轄する研究部門であることからも、毎年本研究部門からも研究展示を行っている。国際会議・展示会 SC2024 については別途、本年報「SC24 出展報告」に展示に関する報告を記載しているのでそちらを参照されたい。

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

(1) 電子情報通信学会ソサイエティ論文誌編集委員会査読委員（伊達）

(2) 国際ソシオネットワーク戦略学会 The Review of Socionetwork Strategies 評議員（伊達）

5.2.2 論文誌編集

該当なし

5.2.3 国際会議への参画

(1) General Chair, 20th International Conference on eScience (eScience2024), Osaka, Sep. 2024.

(2) Steering Committee, IEEE eScience conference.

(3) Executive co-chair, PRAGMA (Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly)

（以上、伊達）

(4) Poster Chair, The International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2024).

(5) Poster Committee, The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis (SC'24).

（以上、高橋）

IEEE eScience 2024 の大阪開催

本研究部門を主宰する伊達 進教授が General Chair として国際会議 IEEE eScience (eScience2024) (https://www.escience-conference.org/2024/)を、2024 年 9 月 16-20 日の会期において、大阪大学に程近い千里ライフサイエンスセンターに招致・開催した。開催に伴い、以下の本研究部門および高性能計算・データ融合基盤協働研究所の教員、スタッフ、学生が企画・運営に参画した（表 32、図 68）。

表 32: eScience2024 組織委員会に参画した D3 センターの教職員

氏名	役職
伊達 進 教授	General Chair
遠藤 新 招へい教員	Poster Chair
阿部洋丈 招へい准教授	Publicity & Social Media Chairs
Lee Chonho 招へい教授	Exhibition & Supporter Chair
田主英之 研究員	Travel/Visa Chair
山下晃弘 招へい教授 曽我 隆 特任准教授	Venue & Finance Chairs

図 68: eScience2024 の企画・運営に携わった教職員・学生らによる会議終了後の記念撮影

国際会議 eScience については、当初 2020 年 9 月に開催を予定していた。しかし、同年当初頃よりの新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、急遽中心とすることとなった。2020 年 3 月頃に論文投稿締め切りとしていたが、9 月頃に渡航できるかどうかという不安もあり論文投稿数が伸び悩んでいたこともあるが、国外からの日本への渡航、またその逆もであるが、かなり厳しい状況になることが予測されての決定であった。

図 69: eScience2024c onference dinner で企画したマグロ解体ショー

今回の eScience2024 は再チャレンジとなる。それゆえに、運営側としては、できる限り充実した研究活動とともに、多くの研究者に楽しんでいただくことを目指した。たとえば、その一環として、国際会議期間中に conference dinner が開催されることは通例であるが、eScience2024 では芸妓による花街文化の一端とともに、マグロ解体ショー（図 69）も企画した。その結果、多くの参加者から感嘆の声もきかれ、大変満足いただいたようであった。

5.2.4 学会における招待講演・パネル

(1) Susumu Date, “Infrastructural Challenge towards Convergence of HPC and AI – A Case at Osaka University – “, HPC/AI WG, APAN 59, Yokohama, Japan, March 2025. [keynote: invited]

(2) Susumu Date, “ONION and RED-ONION for Assisting HPC and AI”, The 38th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP), Sendai, Japan, Dec. 2024. [invited]

(3) Susumu Date, “Challenges towards Research Data Infrastructure for Accelerating Open Science”, PRAGMA 40, Penang, Malaysia Oct. 2024.[Keynote speech: Invited]

(4) Susumu Date, “Aggregation of Computing and Data Infrastructure for Highly Productive Data Scientific Research”, The 1st International workshop on Near Real-time Data Processing for Interconnected Scientific Instruments, Osaka, Japan, Sep. 2024.[Keynote speech: Invited]

(5) Susumu Date, “Aim and Strategy of mdx2, IaaS-typed Computing Infrastructure”, 37th Workshop on Sustained Simulation Performance, HLRS, Stuttgart, Germany, June 2024. [invited]

(6) 伊達 進, “国際共同研究・産学共創を加速する情報基盤と人的ネットワーク”, 8th S2DH Symposium, Osaka, March 2025 (基調講演).

5.2.5 招待論文

該当なし

5.2.6 学会表彰

(1) Best Paper Award, Combining lossy compression with multi-level caching for data staging over network, 26th Workshop on Advances in Parallel and Distributed Computational Models (APDCM).

(2) 第 19 回電子情報通信学会通信ソサイエティ論文賞, Toward Predictive Modeling of Solar Power

Generation for Multiple Power Plants, 電子情報通信学会 通信ソサイエティ.

5.3 産学連携

5.3.1 企業との共同研究

(1) “津波浸水被害推計システム保守・運用業務”, 内閣府, 東北大学, 日本電気株式会社, 国際航業株式会社、株式会社エイツー.

(2) “スマートデンタルホスピタルに関する研究”, 日本電気株式会社, 大阪大学歯学部付属病院.

(3) “データ活用社会創成プラットフォーム環境での津波浸水被害推計シミュレーションの評価・検証”, 株式会社 RTi-Cast

5.3.2 学外での講演

該当なし

5.3.3 特許

該当なし

5.4 プロジェクト活動

(1) 次世代計算基盤に係る調査研究 「システム調査研究チーム（㉑HPC 利用環境の調査研究）, サブリーダ 伊達 進 分担研究者：山下晃弘, 遠藤新, 速水智教, 曽我隆

(2) 科学研究費 基盤研究(C)「トラフィック動的制御機能配備型ジョブ管理システム」研究代表者 伊達 進 (2021-)

(3) NICT 共同研究「高信頼分散エッジコンピューティングプラットフォームに関する実証的研究」大阪大学側主任担当者 伊達 進, 参加研究者 木戸善之

(4) NICT 共同研究「次世代スーパーコンピューティング環境のためのデータ共有環境実現に向けた広域 DTN 実験」プロジェクトリーダー 伊達 進

(5) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業/ポスト 5G 情報通信システムの開発/超分散コンピューティング基盤の研究開発」における「(f1) 超分散コンピューティングのための広域資源仮想化技術」に関する研究開発, プロジェクトリーダー: 伊達 進、研究者：高橋慧智, Wasapporn Watanakeesuntorn, 谷口昂平, 山本隼矢

(6) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「HPC と高速通信技術の融合による大規模データの拠点間転送技術開発と実データを用いたシステム実証試験」 研究代表者 村田健史(国立研究開発法人情報通信研究機構 ソーシャルイノベーションユニット 総合テストベッド研究開発推進センター) 研究分担者 伊達 進

(7) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「次世代演算加速装置とそのファイル IO に関する研究」 研究代表者 塙敏博(東京大学 情報基盤センター) 研究分担者 伊達 進

(8) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「Study on the real effect of non-blocking collective communications」 研究代表者 南里豪志(九州大学情報基盤研究開発センター) 研究分担者 伊達 進、曽我 隆

(9) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「Study on the real effect of non-blocking collective communications」 研究代表者 村田忠彦(大阪大学 D3 センター) 研究分担者 伊達 進

(10) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「NISQ 時代を見据えたバッチ型量子回路シミュレータの開発」 研究代表者 高橋慧智(大阪大学 D3 センター)

(11) JST ACT-X 「探索的データ解析のための広域科学データ流通基盤」 研究代表者 高橋 慧智 (2024-)

(12) 科学研究費 若手研究 「性能最適化の知見を自ら発掘する自動チューニング技術の開発」 研究代表者 高橋 慧智 (2023-)

(13) 科学研究費 若手研究 「In-situ ワークフローのための適応的な計算資源配分フレームワーク」

研究代表者 高橋 慧智 (2020-)

(14) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「NISQ 時代を見据えたバッチ型量子回路シミュレータの開発」 研究代表者 高橋 慧智

(15) 2024 年度 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 公募型共同研究「デトネーションエンジンの排気流による超音速乱流現象に関する数値解析」研究代表者 松尾 亜紀子 (慶應義塾大学) 研究分担者 高橋 慧智

5.5 その他の活動

(1) 国立研究開発法人　理化学研究所　計算科学研究センター　連携サービス委員　(伊達)

(2) 国立研究開発法人　理化学研究所　計算科学研究センター　連携サービス運営・作業委員　(伊達, 速水)

(3) サイエンティフィック・システム研究会　科学技術計算分科会　企画委員　(伊達)

(4) データ活用社会創成プラットフォーム共同研究基盤運営委員 (伊達、速水)

(5) Mdx 情報セキュリティインシデント対応チーム(mdx-CSIRT) (伊達)

2024 年度研究発表論文一覧

著書

該当なし

学会論文誌

(1) Kawaguchi Shinichi, Xu Xin, Soga Takashi, Yamaguchi Kenta, Kawasaki Ryuuya, Shimouchi Ryota, Date Susumu, Kai Toshie, “In silico screening by AlphaFold2 program revealed the potential binding partners of nuage-localizing proteins and piRNA-related proteins”, (accepted) [DOI:10.7554/eLife.101967.2]

(2) Zhongbo Tang, Tomoaki Mameno, Tomonori Hayami, Chonho Lee, Susumu Date, Kazunori Ikebe and Kazunori Nozaki, “Assessment of the impact of missing teeth on deep learning-based tooth numbering method from panoramic X-rays”, IEEE Access, vol. 13, no. 50274-50281, March 2025. [DOI:10.1109/ACCESS.2025.3552203]

(3) 谷口昂平, 遠藤新, 阿部洋丈, 李天鎬, 広渕崇宏, 伊達進, “DetNet の運用に向けたクロックドリフト下における Credit-Based Shaper の遅延保証の分析”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J108-D, No.4, pp.92-106, April 2025. [DOI: 10.14923/transinfj.2024PDP0024]

(4) Kang Xingyuan, Keichi Takahashi, Chawanat Nakasan, Kohei Ichikawa, Hajimu Iida, “Load-Aware Multi-Objective Optimization of Controller and Datastore Placement in Distributed SDNs,” Concurrency and Computation: Practice and Experience, vol. 37, no. 4–5, Feb. 2025. [DOI:10.1002/cpe.70007]

(5) Xiangcheng Sun, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomur, Hiroyuki Takizawa, Xian Wang, “Performance evaluation of the LBM simulations in fluid dynamics on SX-Aurora TSUBASA vector engine,” Computer Physics Communications, vol. 307, Feb. 2025. [DOI:10.1016/j.cpc.2024.109411]

(6) Kang Xingyuan, Keichi Takahashi, Chawanat Nakasan, Kohei Ichikawa, Hajimu Iida, “Load-Aware Multi-Objective Optimization of Controller and Datastore Placement in Distributed SDNs,” Concurrency and Computation: Practice and Experience, vol. 37, no. 4–5, Feb. 2025. 10.1002/cpe.70007

(7) Xiangcheng Sun, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomur, Hiroyuki Takizawa, Xian Wang, “Performance evaluation of the LBM simulations in fluid dynamics on SX-Aurora TSUBASA vector engine,” Computer Physics Communications, vol. 307, Feb. 2025. 10.1016/j.cpc.2024.109411

(8) Nozomu Ishiguro, Fusae Kaneko, Masaki Abe, Yuki Takayama, Junya Yoshida, Taiki Hoshino, Shuntaro Takazawa, Hideshi Uematsu, Yuhei Sasaki, Naru Okawa, Keichi Takahashi, Hiroyuki Takizawa, Hiroyuki Kishimoto, Yukio Takahashi, “Towards Sub-10 nm Spatial Resolution by Tender X-ray

Ptychographic Coherent Diffraction Imaging," Applied Physics Express, vol. 17, no. 5, May. 2024. 10.35848/1882-0786/ad4846

(9) Z. Tang, T. Mameno, T. Hayami, C. Lee, S. Date, K. Ikebe, K. Nozaki, "Assessment of the impact of missing teeth on deep learning-based tooth numbering method from panoramic X-rays," IEEE Access 1-1, 2025.

国際会議会議録

(1) Yojiro Hirota, Kohei Taniguchi, Susumu Date, Kenji Ohira, “Tiered gPTP: A Simulative Study on Balancing Time-Sync Accuracy and Coverage with Time Source Replication,” 2025 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), Mar. 2025. [DOI:10.1109/ESCI63694.2025.10988223]

(2) Shubham Verma, Keichi Takahashi, Hiroyuki Takizawa, “Leveraging Hardware Performance Counters for Predicting Workload Interference in Vector Supercomputers,” 24th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT 2024), Dec. 2024. [DOI:10.1007/978-981-96-4207-6_50]

(3) Ryota Koda, Keichi Takahashi, Hiroyuki Takizawa, Nozomu Ishiguro and Yukio Takahashi, “Real-Time Phase Retrieval Using On-the-Fly Training of Sample-Specific Surrogate Models,” The 12th International Symposium on Computing and Networking (CANDAR 2024), Nov. 2024. [DOI:10.1109/CANDAR64496.2024.00015]

(4) Hang Cui, Keichi Takahashi and Hiroyuki Takizawa, “DRAS-OD: A Reinforcement Learning based Job Scheduler for On-Demand Job Scheduling in High-Performance Computing Systems,” The 12th International Symposium on Computing and Networking (CANDAR 2024), Nov. 2024. [DOI:10.1109/CANDAR64496.2024.00011]

(5) Tatsuyoshi Ohmura, Keichi Takahashi, Ryusuke Egawa and Hiroyuki Takizawa, “A QA-Assisted Job Scheduler for Minimizing the Impact of Urgent Computing on HPC System Operation,” 16th International Workshop on Parallel and Distributed Algorithms and Applications (PDAA), Nov. 2024. [DOI:10.1109/CANDARW64572.2024.00039]

(6) Hideyuki Tanushi, Hiroshi Furutani, Takeo Hosomi, Naoto Kai, Kaname Harumoto and Susumu Date, “Towards Development of University-wide Data Aggregation and Management Infrastructure for Research Data Utilization”, NRDPISI-1, eScience2024, Osaka Japan, Sep. 2024. [DOI: 10.1109/e-Science62913.2024.10678692]

(7) Shubham Verma, Keichi Takahashi, Hiroyuki Takizawa, “Leveraging Hardware Performance Counters for Predicting Workload Interference in Vector Supercomputers” 24th International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT 2024), Dec. 2024. 10.1007/978-981-96-4207-6_50

(8) Ryota Koda, Keichi Takahashi, Hiroyuki Takizawa, Nozomu Ishiguro and Yukio Takahashi, “Real-Time Phase Retrieval Using On-the-Fly Training of Sample-Specific Surrogate Models,” The 12th International Symposium on Computing and Networking (CANDAR 2024), Nov. 2024. 10.1109/CANDAR64496.2024.00015

(9) Hang Cui, Keichi Takahashi and Hiroyuki Takizawa, “DRAS-OD: A Reinforcement Learning based Job Scheduler for On-Demand Job Scheduling in High-Performance Computing Systems,” The 12th International Symposium on Computing and Networking (CANDAR 2024), Nov. 2024. 10.1109/CANDAR64496.2024.00011

(10) Tatsuyoshi Ohmura, Keichi Takahashi, Ryusuke Egawa and Hiroyuki Takizawa, “A QA-Assisted Job Scheduler for Minimizing the Impact of Urgent Computing on HPC System Operation,” 16th International Workshop on Parallel and Distributed Algorithms and Applications (PDAA), Nov. 2024. 10.1109/CANDARW64572.2024.00039

(11) Soratouch Pornmaneerattanatri, Keichi Takahashi,

Yutaro Kashiwa, Kohei Ichikawa, and Hajimu Iida, “Automatic Parallelization with CodeT5+: A Model for Generating OpenMP Directives,” 2024 International Workshop on Large Language Models (LLMs) and HPC, Sep. 2024. 10.1109/CLUSTERWorkshops61563.2024.00028

(12) Keichi Takahashi, Takashi Abe, Akihiro Musa, Yoshihiko Sato, Yoichi Shimomura, Hiroyuki Takizawa, Shunichi Koshimura, “Modernizing an Operational Real-time Tsunami Simulator to Support Diverse Hardware Platforms,” International Conference on Cluster Computing (CLUSTER 2024), Sep. 2024. 10.1109/CLUSTER59578.2024.00043

(13) Toshinobu Katayama, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura and Hiroyuki Takizawa, “XAI-Based Feature Importance Analysis on Loop Optimization,” 19th International Workshop on Automatic Performance Tuning (iWAPT), May 2024. 10.1109/IPDPSW63119.2024.00142

(14) Rei Aoyagi, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura and Hiroyuki Takizawa, “Combining lossy compression with multi-level caching for data staging over network,” 26th Workshop on Advances in Parallel and Distributed Computational Models (APDCM), May 2024. 10.1109/IPDPSW63119.2024.00059

(15) Daiki Nakai, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura and Hiroyuki Takizawa, “A node selection method for on-demand job execution with considering deadline constraints,” 27th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing (JSSPP 2024), May 2024. 10.1007/978-3-031-74430-3_8

(16) Sho Ishii, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura and Hiroyuki Takizawa, “Maximizing Energy Budget Utilization Based on Dynamic Power Cap Control,” 27th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing (JSSPP 2024), May 2024. 10.1007/978-3-031-74430-3_9

(17) Hang Cui, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura and Hiroyuki Takizawa, “Clustering Based Job Runtime Prediction for Backfilling Using Classification,” 27th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing (JSSPP 2024), May 2024. 10.1007/978-3-031-74430-3_3

(18) Yojiro Hirota, Kohei Taniguchi, Susumu Date, Kenji Ohira, “Tiered gPTP: A Simulative Study on Balancing Time-Sync Accuracy and Coverage with Time Source Replication,” 2025 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), Mar. 2025. [DOI:10.1109/ESCI63694.2025.10988223]

(19) Yoshihiro Tsuboki, Tomoya Kawakami, Satoru Matsumoto, Tomoki Yoshihisa, and Yuuichi Teranishi, “A Real-Time Background Replacement Method Based on Machine Learning for AR Applications,” in Proc. of IEEE International Computer, Software and Applications Conference (COMPSAC 2024), pp. 784-793, 2024 年 7 月.

(20) Tokiteru Ino, Tomoya Kawakami, Satoru Matsumoto, Tomoki Yoshihisa, and Yuuichi Teranishi, “An AR Visualization System of Near-Future Information to Avoid Dangerous Situations,” in Proc of IEEE International Computer, Software and Applications Conference (COMPSAC 2024), Student Research Symposium (SRS), pp. 1466-1469, 2024 年 7 月.

国際会議 （口頭発表、ポスター発表）

(1) Susumu Date, "RED ONION project: Accelerated ONION based on DTN experience", Mini Global Research Platform workshop, SCA2025, March 2025.

(2) Susumu Date, "Introduction and current status of ONION and RED ONION project based on ScienceDMZ", APRG WG, APAN 59, Yokohama, Japan, March 2025.

(3) Tomonori Hayami, Keichi Takahashi, Yu Mukaizono, Yuki Teramae, Susumu Date, "Fostering data-centric research in Japan: Design of the mdx II cloud platform", SCA2025, Singapore, March 2025. (poster)

(4) Keichi Takahashi, "An API remoting system for accessing large-scale array data on-demand", SCA2025, Singapore, March 2025.(poster)

(5) Wassapon Watanakeesuntorn, Keichi Takahashi, Junya Yamamoto, Kohei Taniguchi, Hirotake Abe, Arata Endo, Chonho Lee, Susumu Date, "DDoS Attack Detection with Time-Series Predictions Using Empirical Dynamic Modeling", SCA2025, Singapore, March 2025. (poster)

(6) Junya Yamamoto, Wassapon Watanakeesuntorn, Hirotake Abe, Kohei Taniguchi, Keichi Takahashi, Arata Endo, Chonho Lee, Susumu Date, "Enhancing Resource efficiency in Cloud-Edge Continuum Computing with Checkpoing and Restore in Kubernetes", Centra 8, Taiwan, Feb. 2025.

(7) Yuta Seino, Susumu Date, Kazunori Nozaki, "Federated Learning-Enabled Victim Identification for International Disaster Response in the Asia-pacific Region", Centra 8, Taiwan, Feb. 2025.

(8) Kohei Taniguchi, Arata Endo, Hirotake Abe, Lee Chonho, Kundjanasith Thonglek, Wassapon Watanakeesuntorn, Junya Yamamoto, Susumu Date, "An Enhanced Credit-Based Shaper for Resilience to Time-Sync Misalignment", eScience 2024, Sept. 2024. Osaka, Japan.(Reviewed poster paper) [DOI: 10.1109/e-Science62913.2024.10678695]

(9) Susumu Date, "Overview and Progress of the RED ONION Project", The 5th Global Research Platform Workshop, Osaka, Japan, Sept. 2024.

(10) Susumu Date, "Introduction of mdx II, a new cloud infrastructure deployed at Osaka University", NUG2024, Hamburg, Germany, June 2024.

(11) Kundjanasith Thonglek, Chonho Lee, Hirotake Abe, Arata Endo, Kohei Taniguchi, Takahiro Hirofuchi, Ryousei Takano, Susumu Date, "A Deterministic Scheduler for Hybrid Wired and Wireless Network Resourcesover Cloud-Edge Continuum Computing Platform". CENTRA 7,Feb. 2024.

(12) Kohei Taniguchi, Arata Endo, Hirotake Abe, Chonho Lee, Takahiro Hirofuchi, Ryousei Takano, Takaaki Fukai, Akram Ahmed, Takeharu Kato, Susumu Date, "A Profile of Deterministic Networking for Cloud-Edge Continuum Computing Platform". CENTRA 7,Feb. 2024.

口頭発表（国内研究会など）

(1) 小島 一秀,“多様な教材に対応した容易な開発が可能な HTML5 メディア e ラーニングシステム oq-stages”, 情報処理学会第 87 回全国大会, 大阪, vol. 6H-01, pp.4-431-4-432, Mar. 2025.

(2) 吉田傑彦, 岩成英一, 小島一秀, “学習者の利便性とソフトウェアと楽曲情報サービスを考慮した音声データタグの記述方式”, 情報処理学会第 87 回全国大会, 大阪, vol. 2ZM-04, pp.4-873-4-874, Mar. 2025.

(3) 安田光輝, 神田将吾, 龍宮寺嵩士, 小島一秀, “機械的な処理や用語の階層構造を用いた 4 択問題生成ツールの開発と評価”, 第 178 回コンピュータと教育研究発表会, IPSJ SIG Tecnical Report, Vol.2025-CE-178 No.2, 東京女子体育大学, Feb. 2025.

(4) 下内良太, 河口真一, 曽我 隆, 山口健太, 川崎隆矢, 伊達 進, “AlphaFold2 における構造最適化ステップの高速化, xsig2024, 徳島, Aug. 2024.

(5) 曽我 隆, 細見岳生, 山下晃弘, 伊達 進, “ヤコビ法ループにおけるスレッドオーバーラップの評価”, SWoPP2024, 徳島, Aug. 2024.

(6) 廣田洋志郎, 谷口昂平, 大平健司,“ホップ数の仮想的削減により PTP 時刻同期を高精度化する手法の検討”, DICOMO2024, 岩手, June 2024.

(7) 並木悠太, 細見岳生, 田主英之, 山下晃弘, 伊達進, “来歴記録システムにおける eBPF の評価”, xsig2024, 徳島, Aug. 2024. (poster)

(8) 田主英之, 古谷浩志, 細見岳生, 甲斐尚人, 春本要, 伊達進, “大阪大学におけるオープンサイエンス情報基盤の実現に向けて：研究データ利活用を促す全学データ・メタデータ集約管理基盤構想”, 徳島, Aug. 2024. (poster)

(9) 速水智教, 杉木章義, 滝沢寛之, 今倉暁, 田浦健次朗, 小林博樹, 鈴村豊太郎, 塙敏博, 空閑洋平, 宮嵜洋, 石﨑勉, 合田憲人, 谷村勇輔, 遠藤敏夫, 星野哲也, 河合直聡, 首藤一幸, 中村太, 西出一廣, 縄稚美穂子, 木越信一郎, 寺前勇希, 大島聡史, 伊達進, “mdx Ⅱの紹介”, 徳島, Aug. 2024. (poster)

(10) 渡場康弘, 速水智教, 田主英之, 伊達進, 横田秀夫, 小林紀郎, 江口奈緒, 唐牛譲, 古谷浩志, “大阪大学におけるオープンサイエンス情報基盤の実現に向けて：ONION-mdx Ⅱを活用した 4 次元画像解析サービス基盤の構築”, 徳島, Aug. 2024. (poster)

(11) Keichi Takahashi, "An API remoting system for accessing large-scale array data on-demand," Supercomputing Asia (SCA 2025), Mar. 2025. (poster)

(12) Wassapon Watanakeesuntorn, Keichi Takahashi, Junya Yamamoto, Kohei Taniguchi, Hirotake Abe, Arata Endo, Chonho Lee, Susumu Date, "DDoS Attack Detection with Time-Series Predictions Using Empirical Dynamic Modeling," Supercomputing Asia (SCA 2025), Mar. 2025. (poster)

(13) Tomonori Hayami, Keichi Takahashi, Yu Mukaizono, Yuki Teramae, Susumu Date, "Fostering data-centric research in Japan: Design of the mdx II cloud platform," Supercomputing Asia (SCA 2025), Mar. 2025. (poster)

(14) Hiroyuki Takizawa, Tatsuyoshi Ohmura, Keichi Takahashi, Yoichi Shimomura, Ryusuke Egawa, Yoshihiko Sato, Akihiro Musa, Shunichi Koshimura, "ExpressHPC: Towards "Connected Supercomputing" Enabling On-Demand Job Execution for Disaster Resilience," Fourth Combined Workshop on Interactive and Urgent HPC, Nov. 2024.

(15) 谷澤 悠太, 高橋 慧智, 下村 陽一, 滝沢 寛之, “HPC システム用ウェブポータルにおけるジョブスケジューラの抽象化,” 第 195 回 HPC 研究発表会, 2024 年 8 月.

(16) 柳井快斗, 高橋慧智, 下村陽一, 滝沢寛之, “タスク間の依存関係を考慮したワークフローのバッチジョブスケジューリング,” xSIG 2024, 2024 年 8 月.

(17) 片山敏伸, 高橋慧智, 下村陽一, 滝沢寛之, “説明可能 AI 技術によるプログラムの性能モデルの解析,” xSIG 2024, 2024 年 8 月.

(18) J. Yamamoto, W. Watanakeesuntorn, K. Taniguchi, H. Abe, A. Endo, C. Lee, and S. Date. “Towards a Serverless Platform on Scalable Cloud-Edge Continuum Computing Infrastructure”, PRAGMA 40, Penang, Malaysia, Oct. 2024. (accepted for poster presentation)

(19) J. Yamamoto, W. Watanakeesuntorn, H. Abe, K. Taniguchi, K. Takahashi, A. Endo, C. Lee, and S. Date. “Enhancing Resource Efficiency in Cloud-Edge Continuum Computing with Checkpoint and Restore in Kubernetes”, CENTRA8, Hsinchu, Taiwan, Feb. 2025.

(20) 森田 隆文, 秋山 豊和, 寺西 裕一, 安倍 広多, “ビザンチン障害耐性を有するキー順序保存型構造化オーバレイネットワークにおける条件付きマルチキャスト手法の提案と評価,” 電子情報通信学会技術研究報告(インターネットアーキテクチャ研究会), Vol. 124, No. 313, pp. 8-15, 2024 年 12 月.

(21) 青木 総樹, 川上 朋也, 松本 哲, 義久 智樹, 寺西 裕一, “メタバースオブジェクト分散管理におけるデータキャッシュアルゴリズムの改善と評価,” 電子情報通信学会技術研究報告(インターネットアーキテクチャ研究会), Vol. 124, No. 313, pp. 24-29, 2024 年 12 月.

(22) 川上 朋也, 坪木 良宏, 松本 哲, 義久 智樹, 寺西 裕一, “動的背景置換による AR 仮想空間

システムの実証実験での評価,” 情報処理学会研究報告, Vol. 2024-DPS-200, No. 3, pp. 1-6, 2024 年 7 月.

(23) 猪野 季輝, 川上 朋也, 松本 哲, 義久 智樹, 寺西 裕一, “拡張現実を用いた危険回避のための近未来情報提示手法の評価,” マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2024) シンポジウム論文集, pp. 1592-1598, 2024 年 6 月.

シンポジウム、招待他

(1) Susumu Date, "Infrastructural Challenge towards Convergence of HPC and AI - A Case at Osaka University - ", HPC/AI WG, APAN 59, Yokohama, Japan, March 2025. [keynote: invited]

(2) Susumu Date, "ONION and RED-ONION for Assisting HPC and AI", The 38th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP), Sendai, Japan, Dec. 2024.(invited)

(3) Tomonori Hayami, "mdx II: The Second Cloud Platform of mdx for Supporting Data Science and Cross-Disciplinary Research Collaborations", The 38th Workshop on Sustained Simulation Performance (WSSP), Sendai, Japan, Dec. 2024.(invited)

(4) Susumu Date, "Challenges towards Research Data Infrastructure for Accelerating Open Science", PRAGMA 40, Penang, Malaysia Oct. 2024.[Keynote speech: Invited]

(5) Susumu Date, "Aggregation of Computing and Data Infrastructure for Highly Productive Data Scientific Research", The 1st International workshop on Near Real-time Data Processing for Interconnected Scientific Instruments, Osaka, Japan, Sep. 2024.[Keynote speech: Invited]

(6) Susumu Date, "Aim and Strategy of mdx2, IaaS-typed Computing Infrastructure", 37th Workshop on Sustained Simulation Performance, HLRS, Stuttgart, Germany, June 2024. (invited)

(7) 伊達 進, “国際共同研究・産学共創を加速する情報基盤と人的ネットワーク”, 8th S2DH Symposium, Osaka, March 2025 (基調講演)

(8) 伊達 進,”高速データ転送サービス RED ONION 構想”, Cyber HPC Symposium 2025, Osaka, March 2025.

(9) 鈴村豊太郎, 伊達 進, “データ活用社会創成プラットフォーム mdx の現在地と mdx2 による新たな展開”, 6th データ活用社会創成シンポジウム, online, Dec. 2024.

(10) 髙橋慧智, パネリスト, 「大規模データサイエンスを支える学術研究基盤のあり方について」, Osaka, March 2025.

(11) 伊達 進, パネリスト, 第 50 回記念 ASE 研究会「10 年後の各センターは地球と人類にいかに貢献するか？」, Tokyo, Nov. 2024. (invited)

(12) 伊達 進, “RED-ONION: 大容量データ利活用を駆動するデータ基盤にむけて “, IT インフラ Summit 2024 Summer, July. 2024.(オンライン配信:invited)

解説・その他

該当なし

2024 年度特別研究報告・修士論文・博士論文

博士論文

該当なし

修士論文

(1) 池尾 優, “細粒度来歴採取ツールを対象としたファイル操作ログ削減手法”, 大阪大学大学院情報科学研究科修士学位論文, 2025 年 2 月.

(2) 濱里 俊輔, “多数の測域センサとカメラでの検出結果を相補的に統合した人物追跡手法, 大阪大学大学院情報科学研究科修士学位論文, 2025 年 2 月.

(3) 廣田 洋志郎, “gPTP 階層化による広域ネットワーク向け高精度時刻同期手法”, 大阪大学大学院情報科学研究科修士学位論文, 2025 年 2 月.

(4) 福田 耕大, “高性能計算機向け SmartNIC 駆動型低侵襲性特権昇格監視機構”, 大阪大学大学院情報科学研究科修士学位論文, 2025 年 2 月.

(5) 安田 光輝, “大規模言語モデルを応用した 4 択問題作問支援ツール”, 大阪大学大学院情報科学研究科修士学位論文, 2025 年 2 月.

卒業研究報告

(1) 松本琉大桜, “透過性と低運用コストを実現する JupyterHub 向けクラウドバースティング技術”, 大阪大学工学部卒業論文, 2025 年 2 月.

(2) 長田侑馬, “並列分散時系列画像処理に対する通信オーバーラップ手法の適用性評価”, 大阪大学工学部卒業論文, 2025 年 2 月.

(3) 東郷凜太朗, “SQUID GPU ノードにおける分散深層学習の性能分析・最適化”, 大阪大学工学部卒業論文, 2025 年 2 月.

(4) 波多野陸, “人物追跡システムにおけるリアルタイム処理に向けたパラメータ選択の検討”, 大阪大学工学部卒業論文, 2025 年 2 月.

知能情報基盤研究部門

Intelligence and Sensing Research Division

1 部門スタッフ

教授　長原　一

略歴：2001 年 大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程了。同年日本学術振興会研究員。2003 年 より大阪大学大学院基礎工学研究科助手。2010 年九州大学大学院システム情報科学研究院准教授。2005 年 フランスピカルディ大学客員助教授。2007-08、20016-17 年 アメリカコロンビア大学客員研究員。2017 年より大阪大学データビリティフロンティア機構教授。2023 年より WPI ヒューマン・メタバース疾患研究拠点(PRIMe) 副拠点長。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター教授・副センター長、博士（工学)。

教授　中島　悠太

略歴：2006 年 3 月 大阪大学工学部卒業、2008 年 3 月 大阪大学大学院工学研究科博士前期課程電修了、2012 年 1 月 大阪大学大学院工学研究科博士後期課程。2012 年 4 月 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教、2017 年 1 月 大阪大学データビリティフロンティア機構准教授、2024 年 2 月 同教授。同年 10 月～2025 年 3 月大阪大学 D3 センター教授。博士（工学)。

准教授　早志　英朗

略歴：2012 年 3 月広島大学工学部卒業。2014 年 3 月広島大学大学院工学研究科博士課程前期修了。2015 年 4 月日本学術振興会特別研究員（DC2)。2016 年 3 月広島大学大学院工学研究科博士課程後期修了。2016 年 4 月日本学術振興会特別研究員（PD)。2017 年 4 月九州大学大学院システム情報科学研究院助教、2022 年 9 月大阪大学データビリティフロンティア機構准教授を経て、2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター准教授。博士(工学)。電子情報通信学会、情報処理学会、IEEE 各会員。

准教授　Garcia Docampo Noa

略歴：2012 年 6 月スペインカタルーニャ工科大学卒業。2018 年 10 月大阪大学データビリティフロンティア機構特任研究員（常勤)。2019 年 3 月英国アストン大学博士課程修了。2021 年 5 月大阪大学データビリティフロンティア機構特任助教（常勤）を経て、2024 年 9 月より大阪大学高等共創研究院准教授。同年 10 月より大阪大学 D3 センター准教授（兼任)。Ph.D. in Computer Science.

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

基礎工学部情報科学科における卒業研究、ならびに大学院情報科学研究科における博士前期・後期課程の研究指導を行った。また、以下の講義を担当することにより、本学における情報科学ならびに周辺分野における教育に貢献した。

全学共通教育科目：

- 「アルゴリズム入門」（早志）

基礎工学部：

- 「知識工学」（長原、中島、早志）
- 「情報論 A」（中島、早志）
- 「情報科学ゼミナール A」（中島）
- 「情報科学ゼミナール B」（早志）
- 「情報工学 PBL（情報工学 A)」（中島）
- 「情報工学 PBL（情報工学 B)」（早志）
- 「情報技術者と社会」（中島）
- 「情報科学演習 C」（中島）

大学院情報科学研究科：

- 「コンピュテーショナルフォトグラフィ」（長原）
- 「CS セミナー」
- 「知能システム概論」（中島、早志）

2.2 研究の概要

本部門では、コンピュータビジョン、自然言語処

理、マルチメディア解析、機械学習といった人工知能やデータサイエンスに関わる基盤技術と実データ解析への応用研究を行っている。

コンピュータビジョン分野では、「物理エンコーダの同時最適化による物体認識モデルと病理診断実証」、「暗号カメラと暗号画像認識によるセンサレベルビジュアルプライバシー保護」、「3D 画像認識 AI による革新的癌診断支援システム」、「行動センシングによる学習中の状態推定」等のプロジェクトを実施した。自然言語処理、マルチメディア分野では「視覚パターンによる画像記述を用いたディープニューラルネットのバイアスの低減」、「映像記述のための言語を創出する人工知能の実現」、「社会的バイアスとモデルの説明可能性」といった研究に取り組んだ。機械学習分野では、「深層ニューラルネットワークの不確実性推定と希少データ解析」、「弱教師学習と医用データ解析応用」に取り組んだ。

さらに、これらの技術を活用した幅広い学際共創研究にも取り組んでいる。学際共創研究では、これまでの学術分野の枠組みを超え、医学、歯学、生命科学、人文社会学といった様々な分野の研究者とともに新たな知の創出や社会課題の解決を目指す、データ駆動型の研究を推進している。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 教育に係る全学支援

本部門では、学際共創研究を推進する傍ら、他部局向けの AI 教育支援を行っている。他部局の学生に向けて、情報学や統計学の基礎知識や、AI や機械学習技術の当該分野での応用事例などを紹介している。2024 年度は以下の講義を実施した。

- 先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム「機械学習実践演習」
- WPI PRIMe 高度副プログラム「ヒューマン・メタバース疾患学概論」
- 人文科学研究科「デジタルヒューマニティーズ」

3.2 研究に係る全学支援

本部門所属の研究者と学内外の研究者のコラボレーションによる学際共創研究プロジェクトを多数実施している。2024 年度に実施したプロジェクトは以下の通りである。

- ディープラーニングによる仏像の制作年代・地域推定システムの構築とその実装（人文学研究科）
- ヒト精神疾患の新たなバイオタイプに基づく疾患モデルマウス脳のデータ駆動型解（薬学研究科）
- 素核物理実験および関連分野への深層学習の適用（核物理センター）
- ヒューマン・メタバース疾患研究拠点
- AI 分析を活用した顎関節疾患に関連する顎偏位メカニズム（医学系研究科）
- 血糖持続測定に基づく精緻な糖代謝プロファイリングの探索（医学系研究科）
- フックス角膜内皮ジストロフィーの検査画像を用いた AI による自動診断技術等の開発（医学系研究科）
- 被写界深度拡大顕微鏡を用いたサブミクロン粒子定量法の開発（工学研究科）
- 機械学習を用いた学際分野の俯瞰的分析：学術論文の文章と図の分類と可視化（人文学研究科）
- 画像データセットにおけるプライバシー情報の特定とその社会的影響（ELSI センター）

4 2024 年度研究業績

4.1 物理エンコーダの同時最適化による物体認識モデルと病理診断実証

従来の深層学習による物体認識モデルの最適化は、あくまで RGB デジタル画像を撮影した後のデジタル層のみを対象としていた。光は電磁波であり、振幅や波長、位相、偏光、時間など複数のモダリティ情報を持つが、通常のカメラは人の視覚特性を前提とした RGB 画像を計測するため、光モダリティの断片しか計測できない。このような多元光モダリティを事前にデジタル画像として撮影し、認識のための特徴をデジタルエンコーダで学習することも考えられるが、その計測時間やデータ量の問題から実現

は不可能であろう。本研究では、光源制御や画像計測といった物理エンコーダをデジタル層のモデルと同時に最適化する深層物理センシングのフレームワークを提案する。深層物理センシングでは、エンコーダの一部を物理エンコーダで置き換え、学習により最適化することで単一の符号化画像による高精度の認識を実現する。これにより従来の深層学習が単なる画像認識であるのに対して、計測モダリティを学習により求める本質的な物体認識を実現する。応用ユースケースとして病理診断を対象として本フレームワークが実応用において有効であることを示す。

4.2 暗号カメラと暗号画像認識によるセンサレベルビジュアルプライバシー保護

Society5.0 社会実現が叫ばれる中、ビッグデータ活用はサイバースペースにとどまらず、実世界でのユーザの行動履歴をカメラなどで取得し、活用することが期待されている。現在、携帯電話やスマートスピーカなどの様々な IoT 機器はカメラを搭載し、深層学習による画像認識の精度が向上したことから、このような実世界情報のセンシングや活用が現実味を帯びてきている。一方で、カメラで人を観測することでのプライバシー問題も社会問題化している。本研究ではセンサ（撮像素子）上の光学像そのものをスクランブルする暗号カメラを提案する。これは、センサでのサンプリング前にシーンを第三者に理解できない形へ光学的にスクランブル化し、符号化読み出しを行うことで、画像がデジタル化される前のセンサレベルでのビジュアルプライバシー保護を実現する。また、暗号カメラで撮影された暗号画像から復元を介さず、直接認識する新たな画像認識フレームワーク「暗号画像認識」を提案し、そのモデルや学習手法についての研究をおこなう。

4.3 3D 画像認識 AI による革新的癌診断支援システム

3 次元画像認識による子宮頸がんの診断悪性新生物（癌）は、本邦における死因の第 1 位であり、今後もこの状況は変わらないと考えられる。癌対策の最も有効な手段は、早期発見・早期治療であり、細胞診断は早期発見の有効かつ重要な検査法の 1 つである。本研究では、Deep Neural Network (DNN) と、3 次元画像処理技術を組み合わせることで、子宮頸部細胞診自動診断システムを開発することを目的とする。これにより、今後検体数の増加が見込まれる細胞診断に対しても、診断精度の向上、ひいては治療の高度化への貢献を目指す。また、AI を用いた 3 次元認識技術、多重焦点画像列からの形状復元技術、子宮頸部診断技術を連携させることで、現在細胞検査士が用いている「悪性細胞所見」よりも高精度の診断を確立し、さらに世界最先端の革新的子宮頸癌細胞診断の自動化を実現する。

4.4 行動センシングによる学習中の状態推定

ICT を活用した新たな学習支援においては、学習効率のみを求めるのではなく、学生の心の状態把握を意識した学習支援が重要であると考える。本研究では顔画像や視線、座圧などをセンシングし学習中の学生の内界状態をリアルタイムに推定するための手法を開発することを目指す。具体的には、メディア教育では学習中の学生の覚醒度（集中度）を学習意欲維持の指標と仮定し、e ラーニング形式での学習支援機能の開発を目指す。また、学習者の覚醒度に基づいて自動フィードバックを行う、アダプティブラーニングシステムを開発する。さらに対面授業に対して協調学習を課題として、個々の学習者およびグループの活性度の推定・可視化するセンシングシステムを開発する。これを用いて授業中の教員・TA のファシリテーションや授業後の学生評価を支援する協調学習支援システムを開発する。

4.5 視覚パターンによる画像記述を用いたディープニューラルネットのバイアスの低減

ディープニューラルネット(Deep Neural Network; DNN)は画像認識分野でデファクトスタンダードとして利用されており、医療や犯罪捜査など社会基盤としての応用が期待されている。一方で、DNN は社会的バイアスを持つことが知られはじめている。例えば DNN が犯罪捜査に使われた場合、社会的マイノリティ（人種など）に対して不利な判定をするこ

とにつながるもので、これらの社会基盤としての応用を社会実装する前に必ず解決するべき重大な問題である。本研究では DNN の内部表現を明らかにすることが社会的バイアスの問題を解くカギになると考え、学習によって得られる複数の視覚パターンの組み合わせで画像を表現するという新しい DNN のパラダイムを提案した。その上で、視覚パターンと DNN モデルの出力の関係からバイアスを定量化する手法を構築するとともに、データセットのバイアスの下でも DNN モデルが持つバイアスを低減する手法を確立することで、新しい技術である DNN の安心・安全な活用を可能にする。

4.6 映像記述のための言語を創出する人工知能の実現

現在の深層学習は、映像の意味をほとんど理解できていない。これは提案者の最近の研究から、また著名な国際会議、論文誌で知られるようになった経験的事実である。この原因として、Geirhos らはデータセットに含まれる表層的な相関を学習する Shortcut Learning と呼ばれる現象を指摘している。本研究では、単一のベクトルによって複雑な意味を表そうとするアプローチに映像（画像）を理解できない DNN に根本的な原因があると考えた。そこで、意味空間を離散化することで単語を定義し、単語を文法に従って組み合わせることで任意の意味を表現し、機械による映像の理解にブレークスルーをもたらす。この映像記述言語は、すでに語彙と文法が（ほとんど）確立された、従って学習による最適化が難しい自然言語である必要はない。解くべきタスクとデータセットに応じて、最適な語彙と文法を学習により獲得することで、効率的な表現を可能にする。一つのタスクのために、映像を記述する言語を新たに創出するとも解釈できる全く新しい試みである。

4.7 社会的バイアスとモデルの説明可能性

映像からの言語創発を目指す一環として画像からの言語創発の基礎研究に取り組んでいる。加えて、本研究で目指す言語的表現で記述された知識の利活用に関して、自然言語で知識を表現した場合に、それらの知識を利用して推論プロセスを明らかにする手法を提案し、その評価のためのデータセットを公開した（機械学習分野のトップ国際会議である NeurIPS2024 で発表）。関連して、感情や任意のオブジェクトを言語的に表現して検出する方法論についても研究を行なった。特に任意のオブジェクトの検出については、画像生成モデルを利用することにより、画像生成モデルが持つ知識を利用してオブジェクトの検出を実現する（コンピータビジョン分野の国際会議である WACV2025 で発表）。

さらに、言語的表現の応用として、社会的バイアスの解析や低減にも取り組んだ。社会的バイアスに限らず、バイアスの原因の一つとしてデータセット中の表層的相関が考えられる。これが特に人の社会的属性に関連するものになるときに社会的バイアスと呼ばれ、社会的な問題となる。言語的表現を考えることにより、表層的相関の存在を明らかにできる可能性があることから、本研究の一環として取り組んでいる。本年度は、社会的バイアスを持つ画像生成 AI による画像が機械学習モデルの学習に利用された場合に、社会的バイアスが増幅するのかなどを実験的に検証した（コンピュータビジョン分野のトップ国際会議である CVPR2024 で発表）。さらに、画像生成 AI を利用してデータセットの画像に含まれる人物の社会的属性のみを置き換えることにより、データセット自体が持つ社会的属性に関する表層的相関を削減するアプローチも提案した（自然言語処理分野の国際会議である EMNLP2024 で発表）。

4.8 深層ニューラルネットワークの不確実性推定と希少データ解析

深層ニューラルネットワークの学習は一般に大量の学習データを必要とするため、学習データ数が極端に不足する場合にはどのような方法をもってしても正確な予測結果を出力できない場合がある。このような場合、予測にどのような不確実性があるかをユーザーにフィードバックすることにより、意思決定を保留したり、不確実性の高いサンプルに新たにアノテーションを追加したりする対応が可能となる。2024 年度の成果として、ひとつのニューラルネット

ワークを用いて識別モデルと生成モデルを同時に学習する手法を提案し、ラベル付き学習データが極端に少ない状況における半教師あり識別タスクへの有効性を示すとともに、識別器が出力する信頼度（予測の確実性を示す量）を較正できることを明らかにした。この成果は機械学習分野のトップジャーナルである IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems へ掲載された。また、この手法に基づき較正された信頼度を疑似ラベル学習や active learning へ応用する手法を提案し、その成果を AI 分野の国際会議である WCCI2024 で発表した。さらに、点群データに代表される集合データの分類における信頼度較正手法を提案し、コンピュータビジョンに関する国際会議である WACV2025 で発表した。

4.9 弱教師学習と医用データ解析応用

近年の機械学習モデルは一般的に、大量のラベル付きデータを用いて学習することにより高精度な予測を実現する。しかし、ラベル付き学習データを用意するためには人手によるアノテーション作業が必要であり、医用データのような専門性の高い領域の場合は特に高コストとなる。本研究では、サンプルごとにラベルを付与することなく、アノテーションコストの低い弱いラベルで学習する手法を複数提案した。2024 年度の成果として、内視鏡画像の大腸炎重症度分類において画像ごとのラベルではなく、画像ペアに対する相対的なラベルを用いて学習する手法を提案した。この成果は医用画像系のトップジャーナルである Medical Image Analysis に掲載された。また、learning-to-label proportions と呼ばれる、データバッグごとのクラス存在割合のみを用いて学習する手法を細胞分類タスクに応用し、国内会議で発表した。

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学外活動

学外を対象とした教育関連の社会貢献として、以下の講座やイベントを開催した。

- 社会人向け AI 教育支援
- ダイキン AI 講座
- データビリティコンソーシアム「体系的に学ぶ人工知能 WEB 講座」
- Serial Networking of Foreign Researchers: Sysmex–Osaka University

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

長原：

- 情報処理学会代表会員
- 画像センシング技術研究会組織委員

中島：

- MIRU2025 エリアチェア

早志：

- MIRU2025 若手プログラム実行委員長
- MIRU2025 エリアチェア
- 電子情報通信学会 情報・システムソサイエティ和文論文誌、編集委員
- 電子情報通信学会論文-MIRU2025 リエゾン委員

5.2.2 国際学会における活動

長原：

- General chair in the Asian Conference on Computer Vision 2026
- Area Chair in IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2024
- Area Chair in European Conference on Computer Vision 2024
- Associate Editor for IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence

中島：

- Local chair in the Asian Conference on Computer Vision 2026
- Finance chair in IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2026
- Publicity chair in the Asian Conference on Pattern Recognition 2025
- Program chair in International Workshop on Symbolic Neural Learning 2025

早志：

- Local chair in the Asian Conference on Computer Vision 2026
- Area chair in International Conference on Machine Vision Applications 2026

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 学術論文誌

1. Bowen Wang, Jiaxin Zhang, Ran Zhang, Yunqin Li, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, "Improving facade parsing with vision transformers and line integration," Advanced Engineering Informatics, Vol. 60, 102463, Apr. 2024.
2. Yankun Wu, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "GOYA: Leveraging Generative Art for Content-Style Disentanglement," J. Imaging, Vol. 10, No. 7, 156, Jun. 2024.
3. Tianwei Chen, Noa Garcia, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, "Exploring Emotional Stimuli Detection in Artworks: A Benchmark Dataset and Baselines Evaluation," J. Imaging, Vol. 10, No. 6, 136, Jun. 2024.
4. Amelia Katirai, Noa Garcia, Kazuki Ide, Yuta Nakashima, Atsuo Kishimoto, "Situating the social issues of image generation models in the model life cycle: a sociotechnical approach," AI and Ethics, Vol. 5, pp. 1769-1786, Jul. 2024.
5. Kento Harachi, Yusuke Yamamoto, Ayumi Muramatsu, Hajime Nagahara, Noriko Takemura, Shinji Shimojo, Daisuke Furihata, Yuko Mizuno-Matsumoto, "Channel and Model Selection for Multi-channel EEG Input to Neural Networks" SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration Vol. 17 No. 10, issue 2385579 Aug. 2024.
6. Zongshang Pang, Yuta Nakashima, Mayu Otaniand Hajime Nagahara "Unleashing the Power of Contrastive Learning for Zero-Shot Video Summarization" J. Imaging Vol. 10 No. 9, issue 229, Sep. 2024.
7. Yiming Qian, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, Kohji Nishida, Ryo Kawasaki "Is cardiovascular risk profiling from UK Biobank retinal images using explicit deep learning estimates of traditional risk factors equivalent to actual risk measurements?", BMJ Open Vol. 14 e078609 Oct. 2024.
8. Tianwei Chen, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima and Hajime Nagahara "Learning More May Not Be Better: Knowledge Transferability in Vision-and-Language Tasks", J. Imaging Vol. 10 No. 12 Issue 300 Nov. 2024.
9. Junichi Kushioka, Satoru Tada, Noriko Takemura, Taku Fujimoto, Hajime Nagahara, Masahiko Onoe, Keiko Yamada, Rodrigo Navarro-Ramirez, Takenori Oda, Hideki Mochizuki, Ken Nakata, Seiji Okada, Yu Moriguchi "Deep learning-based screening for locomotive syndrome using single-camera walking video: Development and validation study", PLOS Digital Helth Nov. 2024.
10. Ziyu Guan, Wanqing Zhao, Hongmin Liu, Yuta Nakashima, Noboru Babaguchi, Xiaofei He, "Cross-modal Guided Visual Representation Learning for Social Image Retrieval," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Dec. 2024.
11. Yankun Wu, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "Revealing Gender Bias from Prompt to Image in Stable Diffusion," J. Imaging, Jan. 2025.
12. Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "Societal Bias in Image Captioning: Identifying and Measuring Bias Amplification," IEICE Transactions on Information and Systems, Jan. 2025.
13. Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "Mitigating Gender Bias Amplification in Image Captioning," IEICE Transactions on Information and Systems, Jan. 2025.
14. Cheikh Brahim El Vaigh, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Yiming Qian, Hajime Nagahara "GNNBoost: boosting artwork classification with graph embeddings",

Multimed Tools and Application Feb., 2025.

15. Yuki Koyama, Ryuta Nakao, Junya Sato, Mizuki Honda, Osamu Inamori, Noriyuki Tanaka, Yukiko Morinaga, Eiichi Konishi, Yoshinori Harada, Hideo Tanaka, Hiroaki Yasuda, Yoshito Itoh, Hajime Nagahara, Hirohiko Niioka, Tetsuro Takamatsu "H&E style translation using CycleGAN for deep ultraviolet-excitation fluorescence images of pancreatic endoscopic ultrasound-fine needle aspiration/biopsy toward slide-free rapid pathology" Acta Histochemica et Cytochemica March 2025.
16. Hideaki Hayashi, A Hybrid of Generative and Discriminative Models Based on the Gaussian-coupled Softmax Layer, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (IF=10.2), Vol. 36, Issue 2, pp. 2894–2904, 2025.
17. Takeaki Kadota, Hideaki Hayashi, Ryoma Bise,Kiyohito Tanaka, Seiichi Uchida,
    Deep Bayesian Active Learning-to-Rank with Relative Annotation for Estimation of Ulcerative Colitis Severity
    Medical Image Analysis (IF=10.7), Volume 97, Article number: 103262, 2024.

6.2 国際会議論文（査読有り）

1. Xiayan Ji, Ahhyun Yuh, Viktor Erdélyi, Teruhiro Mizumoto, Hyonyoung Choi, Sean Lee Harrison, Emma Cho, James Weimer, Hajime Nagahara, Teruo Higashino, George Demiris, Oleg Sokolsky, Insup Lee, "Exploring Effective Sensing Indicators of Loneliness For Elderly Community in US and Japan", CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Honolulu, HI, USA, May 2024.

2. Yicheng Deng, Hideaki Hayashi, Hajime Nagahara "Multi-Scale Spatio-Temporal Graph Convolutional Network for Facial Expression Spotting" IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG2024), Istanbul, Turkey, May 2024.
3. Tianwei Chen, Noa Garcia, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, "Retrieving Emotional Stimuli in Artworks," International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR2024), Phuket, Thailand, Jun. 2024.
4. Yankun Wu, Yuta Nakashima, Noa Garcia, Sheng Li, Zhaoyang Zeng, "Reproducibility Companion Paper: Stable Diffusion for Content-Style Disentanglement in Art Analysis" International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR2024), Phuket, Thailand, Jun. 2024.
5. Chenhao Li, Taishi Ono, Takeshi Uemori, Hajime Mihara, Alexander Gatto, Hajime Nagahara, Yusuke Moriuchi, "NeISF: Neural Incident Stokes Field for Geometry and Material Estimation" IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2024), Seattle, USA, June 2024.
6. Shuji Habuchi, Keita Takahashi, Chihiro Tsutake, Toshiaki Fujii, Hajime Nagahara "Time-Efficient Light-Field Acquisition Using Coded Aperture and Events", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2024), Seattle, USA, June 2024.
7. Tianwei Chen, Yusuke Hirota, Mayu Otani, Noa Garcia, Yuta Nakashima, "Would Deep Generative Models Amplify Bias in Future Models?" IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2024), Seattle, USA, June 2024.
8. Warren Leu, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "Auditing image-based nsfw classifiers for content filtering," ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT2024), Rio de Janeiro, Brazil, Jun. 2024.
9. Suzuna Morimasa, Hajime Nagahara, Takashi Nakano, Yuta Nakashima, Masahiko Saito, Taikan Suehara, Noriko Takemura, Junichi Tanaka "R&D of the EM Calorimeter Energy Calibration with Machine Learning based on the low-level features of the Cluster", International Workshop on Future Linear Colliders, Tokyo, Japan, July, 2024.
10. Michitaka Yoshida, Daisuke Hayashi, Lioe D. Xing,

Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, "Single-Shot Efficient Transient Imaging with Optimal Coded Shutter Based on Time-Compressive CMOS Image Sensor", Optica Imaging Congress and Optica Sensing Congress(COSI), Toulouse, France, July, 2024.

11. Michitaka Yoshida, Daisuke Hayashi, Lioe De Xing, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, "Single-shot efficient depth imaging based on time-compressive CMOS image sensor", IEEE International Conference on Computational Photography(ICCP2024), Lausanne, Switzerland , July, 2024.
12. Keiichiro Kagawa, Daisuke Hayashi, De Xing Lioe, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Michitaka Yoshida, Hajime Nagahara, "Charge-domain time-compressive CMOS image sensors for pseudo-direct LiDAR", IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP2024), Lausanne, Switzerland , July, 2024.
13. Chenhao Li, Trung Ngo, Hajime Nagahara, "Deep Polarization Cues for Single-shot Shape and Subsurface Scattering Estimation", European Conference on Computer Vision(ECCV2024), Milan, Italy, Sep. 2024.
14. Lorenzo S. Querol, Hajime Nagahara, Hideaki Hayashi "CALICO: Confident Active Learning with Integrated Calibration", International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN 2024), Lugano, Switzerland, Sep., 2024.
15. Caio Azevedo, Sanchayan Santra, Sudhakar Kumawat, Hajime Nagahara, Ken'ichi orooka, "Deep Volume Reconstruction from Multi-focus Microscopic Images", International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI2024), Marrakesh, Morocco, Oct. 2024.
16. Michitaka Yoshida, Daisuke Hayashi, Lioe De Xing, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, "Single-shot efficient depth imaging based on time-compressive CMOS image sensor", IEEE Sensors, Kobe, Japan, Oct., 2024.
17. Liyun Zhang, Zhaojie Luo, Shuqiong Wu, Yuta Nakashima, "MicroEmo: Time-Sensitive Multimodal Emotion Recognition with Subtle Clue Dynamics in Video Dialogues," International Workshop on Multimodal and Responsible Affective Computing, Melbourne, Australia, Oct. 2024.
18. Yankun Wu, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "Stable diffusion exposed: Gender bias from prompt to image," AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, San Jose, USA, Oct. 2024.
19. Akifumi Tanabe, Yusuke Yamamoto, Noriko Takemura, Yuko Mizuno-Matsumoto, Ayumi Muramatsu, Shinji Shimojo, Kazue Kamae-Shigenobu, Hajime Nagahara, Daisuke Furihata, Kazuhiro Shinosaki, "Development of a model for discriminating electroencephalograms of patients with mild cognitive impairment and healthy individuals using a support vector machine", SCIS&ISIS, Himeji ,Nov. 20Nov. 2024.
20. Atsushi Ashida, Ryosuke Kawamura, Shizuka Shirai, Noriko Takemura, Mehrasa Alizadeh, Hideaki Hayashi and Hajime Nagahara, "Is Internal State Feedback in an E-learning Environment Acceptable to People?", International Conference on Computers in Education (ICCE 2024), Manila, Philippines, Nov., 2024.
21. Yusuke Hirota, Jerone Andrews, Dora Zhao, Orestis Papakyriakopoulos, Apostolos Modas, Yuta Nakashima, Alice Xiang, "Resampled Datasets Are Not Enough: Mitigating Societal Bias Beyond Single Attributes," Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP2024), Miami, USA, Nov. 2024.
22. Yusuke Hirota, Ryo Hachiuma, Chao-Han Huck Yang, Yuta Nakashima, "From Descriptive Richness to Bias: Unveiling the Dark Side of Generative Image Caption Enrichment," Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing

(EMNLP2024), Miami, USA, Nov. 2024.

23. Sudhakar Kumawat, Hajime Nagahara "LoHoSC: Low Order High Order Style Consistency for Syn-to-Real Domain Generalized Semantic Segmentation" International Conference on Patten Recognition (ICPR2024), Kolkata, India, Dec., 2024.
24. YI Liu, Sudhakar Kumawat, Hajime Nagahara, "Deep Hardware Modality Fusion for Image Segmentation" International Conference on Patten Recognition (ICPR2024), Kolkata, India, Dec., 2024.
25. Bowen Wang, Jiuyang Chang, Yiming Qian, Guoxin Chen, Junhao Chen, Zhouqiang Jiang, Jiahao Zhang, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara "DiReCT: Diagnostic Reasoning for Clinical Notes via Large Language Models", Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NeuliPS), Vancouver, Canada, Dec., 2024.
26. Daisuke Hayashi, Michitaka Yoshida, De Xing Lioe, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Hajime Nagahara, and Keiichiro Kagawa "Flash LiDAR system using charge-domain time-compressive ToF CMOS image sensor and deep learning" Photonics West, San Francisco, CA, USA, Jan., 2025.
27. Zhouqiang Jiang, Bowen Wang, Junhao Chen, Yuta Nakashima, "ReLayout: Towards Real-World Document Understanding via Layout-enhanced Pre-training," International Conference on Computational Linguistics (COLING2025) Abu Dhabi, UAE, Jan. 2025.
28. Fumioki Sato, Hideaki Hayashi, Hajime Nagahara "Multi-task Learning of Classification and Generation for Set-structured Data", Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV2025), Tuson, AZ, USA, Feb., 2025.
29. Patrick Ramos, Nicolas Gonthier, Selina Khan, Yuta Nakashima, Noa Garcia, "No Annotations for Object Detection in Art through Stable Diffusion," Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV2025), Tuson, AZ, USA, Feb., 2025.
30. Hong Liu, Yuta Nakashima, Noboru Babaguchi, "Paladin: Understanding Video Intentions in Political Advertisement Videos," Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV2025), Tuson, AZ, USA, Feb., 2025.
31. Junhao Chen, Bowen Wang, Zhouqiang Jiang, Yuta Nakashima, "Putting People in LLMs' Shoes: Generating Better Answers via Question Rewriter, AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI2025), Philadelphia, USA, FEb., 2025.
32. Ziyi Chen, Shiro Suetsugu, Yuko Mimori-Kiyosue, Hajime Nagahara "Self-supervised 3D image Deburring for Lattice Light Sheet Microscopy" International Forum on Medical Imaging in Asia (IFMIA2025), Kagawa, Japan, March, 2025.
33. Rikuya Yonei, Akira Furui, Hirokazu Doi, Koji Shimatani, Hideaki Hayashi, Midori Yamamoto, Kenichi Sakurai, Chisato Mori, Toshio Tsuji, Non-Negative Tensor Factorization of Infant Spontaneous Movements: A Pilot Study for ASD Risk Evaluation of Newborn Infants, Proceedings of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), München, Germany, January 21–24, 2025.
34. Rena Ueda, Hirokazu Doi, Akira Furui, Koji Shimatani, Hideaki Hayashi, Toshio Tsuji, Discriminative Analysis of Autistic Tendencies at 18 Months of Age Using Eye Gaze Characteristics in 4-, 10-, and 18-month-old Infants, Proceedings of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), München, Germany, January 21–24, 2025.
35. Masahito Toba, Seiichi Uchida, Hideaki Hayashi, Pseudo-Label Learning with Calibrated Confidence Using an Energy-Based Model, Proceedings of the IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2024), Yokohama, Japan, June 30–July 5, 2024.
36. Wangyue Li, Liangzhi Li, Tong Xiang, Xiao Liu, Wei Deng, Noa Garcia, Can multiple-choice questions really be useful in detecting the abilities of LLMs?, LREC-COLING, 2024.

6.3 国内発表

1. 横川優, 太田和宏, 水俣友希, 川崎洋, 長原一, 小野智司, "進化型多目的最適化を用いた視覚的情報秘匿用の符号化開口の設計” 人工知能学会全国大会, May, 2024.
2. 鈴木陽也，山内洋輝，梶原智之，二宮崇，早志英朗，中島悠太，長原一, "書き手の複数投稿を用いた感情分析",人工知能学会全国大会, May 2024.
3. 近藤里咲，寺面杏優，梶川怜恩，堀口航輝，梶原智之，二宮崇，早志英朗，中島悠太，長原一, "テキスト正規化による日本語感情分析の性能改善", 人工知能学会全国大会, May, 2024.
4. 上村恒介, 岩崎昌子, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志, 佐藤政則, 佐武いつか, 宮原房志, 末原大幹, "説明可能 AI を用いた KEK 電子陽電子入射器調整性能向上に寄与する重要パラメータの推定” 日本加速器学会年会, July 2024.
5. De Xing Lioe, 安富啓太, 川人祥二, 長原一, 香川景一郎 "電荷領域符号化露光 ToF CMOS イメージセンサと深層学習モデルによるトランジェントイメージングと距離推定システム", 画像の認識・理解シンポジウム No. DS-06 Aug., 2024.
6. 河内穂高, 中村友哉, 長原一, 八木康史, "符号化開口と拡散モデルを用いた単一ボケ画像からの深度再構成” 画像の認識・理解シンポジウム, No. OS-3A-03, Aug., 2024.
7. 井上智紀, 高橋桂太, 石川裕也, 羽渕柊志, 都竹千尋, 藤井俊彰, 長原一, "自己教師型学習に基づく光線空間の符号化撮像", 画像の認識・理解シンポジウム No. IS-3-005, Aug., 2024.
8. 羽渕柊志, 高橋桂太, 都竹千尋, 藤井俊彰, 長原一, "符号化開口とイベントによる光線空間の高効率撮像", 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS-3-008, Aug., 2024.
9. 佐藤史興, 早志英朗, 長原一,"集合データを対象とした識別と生成のマルチタスク学習と信頼度較正への応用” 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS-3-039, Aug., 2024.
10. Yi Liu, Sudhakar Kumawat, 長原一,"ハードウェアでモダリティ融合を用いた画像セグメンテーショ”画像の認識・理解シンポジウム, No. IS-3-089, Aug., 2024.
11. 吉田道隆, 林大輔, リュウドゥシン, 安富啓太, 川人祥二, 香川景一郎, 長原一, "超高時間分解コンピュテーショナル CMOS イメージセンサを用いたシングルショット Time of Flight Imaging", No. IS-2-015, Aug., 2024.
12. 森政寿音, 岩崎昌子, 末原大幹, 田中純一, 齊藤真彦, 長原一, 中島悠太, 武村紀子, 中野貴志, "クラスターヒットデータを用いた機械学習による電磁カロリメータエネルギー較正手法の開発”, 日本物理学会, Sep., 2024.
13. 西 京太郎, 岩崎 昌子, 末原 大幹, 武村 紀子, 中島 悠太, 中野 貴志, 長原 一, 新山 雅之 "機械学習の荷電粒子飛跡検出への適用", 日本物理学会, Sep. 2024.
14. 田邉 晃史, 原地 絢斗, 山本 祐輔, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 下條 真司, 水野（松本）由子, 降簱 大介 "theta 帯域における timelag 解析を用いた軽度認知障害患者の脳波の各領域における特徴抽出” 第 54 回日本臨床神経生理学会学術大会 Oct., 2024.
15. 山本 祐輔, 久山愛翔, 村松 歩, 原地 絢斗, 田邉 晃史, 長原 一, 武村 紀子, 下條 真司,水野（松本） 由子, 降簱 大介, 釜江 和恵, 篠崎 和弘, "うつ病群と無気力群における脳波の部位間関連性解析", 第 54 回日本臨床神経生理学会学術大会, Oct., 2024.
16. 村松歩、山本祐輔、原地 絢斗、邉晃史、長原一、武村紀子、下條真司、水野（松本）由子、降簱大介, "コヒーレンス時系列解析を用いた情動ストレス負荷時における脳波の相互相関係数", 第 54 回日本臨床神経生理学会学術大会, Oct., 2024.
17. 大竹俊輔, 川村亮介, 早志英朗, 武村紀子, 長原一, "FERV39kPlus: 大規模動画表情認識デー

タセットのソフトラベル拡張” 情報処理学会研究報告 CVIM, Jan., 2025.

18. 山内大地, Li Chenhao, 長原一, "トランジェントイメージングを用いた透明物体の形状計測", 情報処理学会研究報告 CVIM, Jan., 2025.
19. 上村恒介, 岩崎昌子, 宮原房志, 末原大幹,中島悠太, 武村紀子, 長原一,佐藤政則, 佐武いつか, 中野貴志, 田窪洋介, 飯澤知弥, 石川明正, 岩瀬広, 岡安雄一, 音野瑛俊, 坂木泰仁, 島崎悠太, 清野拓己, 森川祐, 房安貴弘,小野俊幸 "EBES 実験のための説明可能 AI を用いた KEK LINAC 調整性能向上に寄与する重要パラメータの推定", 日本物理学会 2025 春季大会, March, 2025.
20. 宝満竜一, 内田誠一, 田中聖人, 早志英朗, 相対ラベルを利用したクラス分類のための最適輸送損失, 画像の認識・理解シンポジウム , No. IS-2-179, 2024.
21. 早志英朗, 誤差逆伝播法を使用しない深層生成モデル, 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS-2-059, 2024.
22. 鳥羽真仁, 内田誠一, 早志英朗, ClassifierDiffusion: 識別器による確率密度推定と外れ値検出への応用, 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS-2-057, 2024.
23. 門田健明, 備瀬竜馬, 田中聖人, 早志英朗, 重症度比較における不確実性と信頼度に基づく教師なしドメイン適応, 画像の認識・理解シンポジウム, No. OS-1D-03, 2024.

招待講演

1. Hajime Nagahara Deep, "sensing - Jointly optimizes image sensing and processing -", China-Japan Joint Workshop on AI for Healthcare and Robotics, Dalian, China April 2024.
2. Hajime Nagahara "Deep sensing - Jointly optimizing image Sensing and processing -", The 2nd Korea-Japan Workshop on Artificial Intelligence, Jeju, Korea, Aug. 2024,
3. Hajine Nagahara, "Designing a Camera for Privacy Preserving", International Workshop on Image Sensors and Imaging Systems (IWISS2024), Tokyo, Japan , Nov., 2024.
4. 中島悠太, “深層学習に秘色バイアス～ビジョンと言語のタスクを中心に～,”第 30 回画像センシングシンポジウム, Jun. 2024.

7 その他

7.1. 外部資金獲得状況

- 2023-2027 年度, 科学研究費助成金, 基盤研究 S, ``物理エンコーダの同時最適化による物体認識モデルと病理診断実証", (代表)長原一. (分担)香川景一郎、中島悠太 他
- 2023-2027 年度, 科学研究費助成金, 基盤研究 S, ``ディープラーニングによる仏像の制作年代・地域推定システムの構築とその実装", (代表)藤岡穣, (分担)長原一、中島悠太 他
- 2018-2028 年度, 文部科学省 Society5.0 実現化拠点事業, ``ライフイノベーション研究拠点", (代表)西尾章治郎, (分担)長原一 他
- 2023-2025 年度, JST AIP 加速, ``データフロー型計算システムと 3D 画像認識 AI による革新的癌診断支援システムの構築", (代表)諸岡健一, (分担)長原一 他
- 2021-2024 年度, JST-NSF 戦略的国際共同研究プログラム（SICORP), "パンデミックによる社会的孤立のアクティブセンシングと個別化介入", (代表)東野輝夫, Insup Lee, (分担)長原一 他
- 2022-2025 年度, 基盤研究 B, "高速な光学制御に基づく光線空間の圧縮撮像", (代表)高橋桂太, (分担)長原一
- 2022-2026 年度　学術領域変革研究 A, "機械学習による素粒子物理学の革新的な発展"、(代表)野尻　美保子, (分担) 長原一他
- 2022-2027 年度, JST CREST 「情報担体を活用した集積デバイス・システム」, "世界をサブナノ秒光信号で見る電荷領域計算イメージセンサ", (代表)香川景一郎, (分担)長原一他
- 2023-2032 年度、共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT)【地域共創分野】、 "住民と育む未

来型知的インフラ創造拠点"（代表）関谷毅、（分担）中島悠太 他

- 2022-2028 年度、JST 創発的研究支援事業、"映像記述のための言語を創出する人工知能の実現"、（代表）中島悠太
- 2023-2027 年度、科学研究費補助金基盤研究(A)、"視覚パターンによる画像記述を用いたディープニューラルネットのバイアスの低減"、（代表）中島悠太
- 2025-2028 年度、科学研究費補助金基盤研究(A)、"音楽制作過程の理論モデルと深層学習の階層的統合に基づく自動採譜の研究"、（代表）中村栄太（分担）中島悠太 他
- 2022-2026 年度、科学研究費補助金基盤研究(B)、"眼底画像のみから循環器疾患リスクプロファイリングを行う「新・眼底健診」の提案"、（代表）川崎良（分担）中島悠太 他
- 2024-2027 年度，学研究費補助金基盤研究 (B), "Generalized deep unfolding の提案と曖昧なドメイン知識モデリングへの応用", （代表）早志英朗

社会技術研究部門

ELSI Research Division

1 部門スタッフ

教授　岸本　充生

略歴：1993 年 3 月 京都大学経済学部卒業、1998 年 3 月　京都大学大学院経済学研究科博士課程修了。1998 年 4 月より通産省工業技術院資源環境技術総合研究所, 安全工学部、2001 年 4 月に独立行政法人産業技術総合研究所, 化学物質リスク管理研究センター、2008 年 4 月に独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門研究グループ長。2014 年 4 月に東京大学公共政策大学院特任教授、2017 年 4 月から大阪大学データビリティフロンティア機構教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター教授。2020 年 4 月からは社会技術共創研究センター長を兼任。2021 年 4 月からは感染症総合教育研究拠点科学情報・公共政策部門副部門長を兼任。博士（経済学）。専門はリスク学、政策評価。日本リスク学会、科学技術社会論学会、人工知能学会、Society for Risk Analysis 各会員。

准教授　山本　奈津子

略歴：1993 年 3 月 奈良女子大学理学部生物学科卒業、2001 年 3 月　奈良大学大学院人間文化研究科博士課程修了（理学博士）。2001 年 5 月より京都大学ウイルス研究所研修員、2002 年 4 月より新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）研究員（京都大学ウイルス研究所出向）、2003 年 8 月より奈良先端科学技術大学院大学研究員、2010 年 4 月より京都大学人文科学研究所研究員、2012 年 4 月より大阪大学大学院医学系研究科研究員、2015 年 5 月より同特任助教、2018 年 4 月より大阪大学データビリティフロンティア機構特任講師（常勤）、2023 年 4 月より同准教授、2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター准教授。医学系研究科医の倫理と公共政策学、社会技術共創研究センター兼任。専門は生物学（遺伝学、ゲノム学）、生命倫理学、研究倫理学、医療倫理学。日本人類遺伝学会会員。

特任助教（常勤）　大橋　範子

略歴：1989 年 3 月 京都大学法学部卒業。1989 年 4 月から 1990 年 3 月まで三和銀行行員。1990 年から 2004 年 3 月まで聖母女学院中学・高等学校教員。2008 年 3 月 大阪大学大学院高等司法研究科修了、2013 年 3 月 大阪大学大学院医学系研究科博士課程（予防環境医学・医の倫理学）修了。2013 年 4 月から 2019 年 6 月まで大阪大学大学院医学系研究科医の倫理と公共政策学教室特任研究員。2019 年 7 月から 2023 年 3 月まで大阪大学データビリティフロンティア機構特任助教（常勤）。2023 年 4 月から 9 月まで京都府立医科大学研修員。2023 年 10 月から 2024 年 9 月まで大阪大学データビリティフロンティア機構特任助教（常勤）。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター特任助教（常勤）。社会技術共創研究センターおよび大学院医学系研究科医の倫理と公共政策学教室特任助教兼任。法務博士、博士（医学）。専門は生命倫理学・医療倫理学、研究倫理。日本生命倫理学会、日本医学哲学・倫理学会各会員。

2 教育・研究概要

当部門はパーソナルデータ利活用における倫理的・法的・社会的課題（ELSI）に関する研究と実践を行っている。

2.1 教育の概要

2024 年度は以下の講義を担当した。

- 基礎工学研究科（基礎工学部）と理学研究科（理学部）「科学技術論（B1&B2）」のゲストコメンテーター（岸本、1 コマ）
- 大阪大学エマージングサイエンスデザイン R3

センター「社会受容特論 A」（岸本、2 コマ）
- SEEDS プログラム（岸本、2 コマ）
- ヒューマン・メタバース疾患学概論（岸本、1 コマ）
- 大学院医学系研究科「医学研究倫理総論」（大橋、2 コマ）
- 大学院医学系研究科「医学研究倫理各論」（山本、2 コマ）

2.2 研究の概要

2024 年度は、ライフデザイン・イノベーション研究拠点(iLDi)のサブプロジェクトの一つである「社会受容性向上への取り組み」に取り組んでいる。

「他システムの連携に必要なガバナンスの仕組みの研究・実践」については、大阪大学附属病院が実施する社会実装課題 2 件を対象として、システム連携に向けた ELSI の検討を行なった。特に、医療情報システムとの連携に向けた実証的な試験運用にあたっては、この実証への参加者を対象に意識調査を実施し、医療情報連携の社会受容性を分析した。

また自治体等の地域データ基盤との将来的なシステム連携を視野に入れた研究計画・説明同意文書の作成についての倫理面での支援、データ利活用審査基準に関する検討を行なった。

「パーソナルデータ利活用ケースのリスクを評価する影響評価手法の研究・実践」については、プライバシー影響評価（PIA）に関する諸外国のガイドラインを読み、手法についての分類を行った（岸本 2024)。具体的な研究プロジェクトについても、学生向けの睡眠アプリに関して、リスクの洗い出しを実施した。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 学内 DX に係る全学支援

本部門では、OUDX 推進室と連携して、顔認証入場システムの導入前に、リスクアセスメントを実施し、2024 年 6 月の開始時の学内オンライン説明会で解説するとともに、ELSI NOTE として公表した（岸本ら 2024)。その後も 2 週間に 1 度程度の定例打合せを実施している。

4 2024 年度研究業績

4.1 社会受容性向上への取り組み

2024 年度は、iLDi の PJ1「社会に受け入れられるデータ市場の科学と技術プロジェクト」において、サブテーマ「社会受容向上への取り組み」の中で 2 つのテーマで研究を実施した。

4.1.1 他システムの連携に必要なガバナンスの仕組みの研究・実践

生誕 1000 日見守り研究のデータと医療情報とのシステム連携の実証において、参加者を対象に、ウェブアンケートとデプスインタビューによる意識調査を計画し、医学部での倫理審査の承認後に実施した。

生誕 1000 日見守り研究に参加し､阪大医学部附属病院の通院歴のある 168 人のうち、MYPLR の口座開設者（46 人）に対して、ウェブアンケートの案内を送付した。回答数は 29 人（63%）であった。設問では、ダイナミックコンセント・プラス（包括的同意）の医療情報への適用、患者 ID（病院の診察券番号）や医療情報の利用、企業への提供についての考えを、主に選択式で質問した。またウェブアンケートの回答者からデプスインタビューの対象者を 8 人募集し、対面（4 人）とオンライン（4 人）にてインタビューを実施した。半構造化インタビューとし、画面操作、同意方法、医療情報を含むデータの企業への提供等について、意見を聴取し、分析を行なった。

総合健康アドバイス研究では、当初、箕面市との連携を目指して準備を進めていたが、市との連携は実現しなかった。その後、大阪（梅田）のグラングリーンに場所を移して実施することになったため、関係する研究プロジェクトの倫理審査の変更申請等にかかる研究計画や説明同意文書の内容の調整が必要となり、倫理面での支援を行なった。

4.1.2 パーソナルデータ利活用ケースのリスクを評価する影響評価手法の研究・実践

大阪大学がデジタルトランスフォーメーション（DX）の一環として顔認証入場システムを試行する

ことを決めたため、顔認証入場システムのリスクアセスメントを実施した。ステークホルダー分析、データフロー図の作成､守りたいものの特定から始め、リスクを洗い出し、それらの影響度と発生可能性をそれぞれ 4 段階ずつで評価した。リスク項目は 50 以上挙げられたがこれらを 13 項目にまとめた｡何も対策をしないという前提の「対策前」のリスクマップにおいては、4 項目が許容できないリスクレベルにあると判断された。次に実施可能な対策オプションを検討し、それらを適用したのちの「対策後」のリスクマップを作成し、すべての項目において許容できないリスクレベルにはないと結論づけられた。これらについて、学内のオンライン説明会において概要を紹介した。さらに、これらのプロセスやアウトプットは ELSI NOTE としてまとめ､ウェブ上に公開され、学会や企業向けセミナー等で複数回、紹介した。

また、阪大学生向けの睡眠アプリ（Lifestyle Support）についてもリスク洗い出しワークショップを開催した。いくつか論点は出たものの、オプトインであること、パーソナルデータを貯めたり、他のデータと合わせた分析をしたりすることは当面ないということであったため、本格的なリスクアセスメントまでは今の段階では必要ないだろうという結論になった。

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

岸本は学外において以下の講義を実施した。

- 東京大学公共政策大学院「医療イノベーション政策」（1 回）
- 成蹊大学「科学技術者倫理」（1 回）
- 大阪大学・ダイキン包括連携「AI 人材養成プログラム」において「科学技術と社会」（4 回）
- 青森大学「ソフトウェア特論」（1 回）
- 東京大学公共政策大学院「公共政策の経済評価」（1 回）
- 神奈川県立保健福祉大学「レギュラトリーサイエンス概論」（1 回）

大橋は学外において以下の講義を実施した。

- 京都女子大学法学部「生命倫理法」（15 回）

5.2 学会活動

- 日本リスク学会（理事・学会長）（岸本）
- 日本医学哲学・倫理学会（組織運営委員会委員）（大橋）

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 学術論文・著作物

- 岸本充生、パーソナルデータ利活用のためのリスクマネジメント（1）：プライバシー影響評価（PIA）の制度化.ELSI NOTE 39 1-26 2024 年 4 月.
- 榎本 啄杜、長門 裕介、岸本 充生、量子技術の ELSI を探る：文献レビュー 、ELSI NOTE 41 1-40 2024 年 4 月.
- 岸本充生、経済学者が取り組むテクノロジーのリスクアセスメント、桐原永叔・IT 批評編集部編著『生成 AI 時代の教養 技術と未来への 21 の問い 』風濤社 229-244 2024 年 4 月
- 岸本 充生、田中 孝宣、水町 衣里、鈴木 径一郎、長門 裕介、カテライ アメリア、鹿野 祐介、井出 和希.大阪大学における全学 DX 推進施策のリスクアセスメント : 顔認証入場システムのケース、ELSI NOTE 43 1-21 2024 年 6 月.
- Amelia Katirai, Noa Garcia, Kazuki Ide, Yuta Nakashima, Atsuo Kishimoto, Situating the social issues of image generation models in the model life cycle: a sociotechnical approach. AI and Ethics 2024 年 7 月 24 日.
- 鹿野祐介、井出和希、岸本充生、昆虫飼料の利用に関する認識と価値観 : 小学生に対する教育実践とアンケート調査による前後比較、ELSI NOTE No.50 1-37 2024 年 10 月.
- 加納 圭、神崎 宣次、岸本 充生、後藤 崇志、佐藤 仁、塩瀬 隆之、髙橋 哲、藤村 祐子、堀口 悟郎、水町 衣里、教育データ利活用 EdTech（エドテック）の ELSI（倫理的・法的・社会的課題）論点フレームワーク、磯部哲ほか 編『怪獣化するプラットフォーム権力と法 Ⅳ巻 プラットフォームと社会基盤』. 慶應義塾大学

出版会. 161-181 2024 年 10 月.

- 村上 道夫、李 泰榮、澤野 豊明、菅原 慎悦、藤井 健吉、岸本 充生、米田 稔、安全工学シンポジウム 2024 オーガナイズドセッション報告「大規模災害後のリスクガバナンス～視点の再構築」、リスク学研究 34(2) 109-114 2024 年 10 月.
- 岸本充生、巻頭言 「守りたいもの」と「脅かすもの」、リスク学研究 34(2) 95-96 2024 年 10 月.
- 鹿野祐介、肥後楽、森下翔、長門裕介、カテライ アメリア、鈴木径一郎、工藤郁子、井上眞梨、多湖真琴、標葉隆馬、岸本充生、産学連携での ELSI 研究における人文社会系研究者の役割:大阪大学 ELSI センターと mercari R4D による社会技術の共創、研究 技術 計画 39(3) 263-280 2024 年 12 月.
- 岸本充生、第二次トランプ政権で導入される規制改革はどのようなものになるだろうか、東京財団政策研究所 Review 2024 年 12 月.
- 岸本充生、サイバーセキュリティリスクの定式化と非技術的要因に関する文献調査、ELSI NOTE 51 1-17 2025 年 1 月.
- 若林 魁人、岸本 充生、ケースから考える教育データ EdTech の ELSI(ぺた語義(Vol.161))、情報処理：情報処理学会誌 66(2) 58-62 2025 年 2 月.
- 岸本充生、海洋ガバナンスにおける価値をめぐる論点、国立国会図書館 調査及び立法考査局編「海洋をめぐる動向と課題（令和 6 年度 科学技術に関する調査プロジェクト)」 145-154 2025 年 3 月.
- 井出和希、鹿野祐介、岸本充生、昆虫飼料に対する認識と価値観 : 小学生を対象とした教育実践とアンケート調査の概要、養鶏の友 757 39-43 2025 年 3 月.
- 大橋範子（第 13 章執筆担当)、網羅的ゲノム・遺伝子解析において判明する偶発的所見・二次的所見をめぐる倫理的課題、「全ゲノム・エクソーム解析時代の遺伝医療、ゲノム医療における倫理・法・社会」（編集：三宅秀彦)、メディカルドゥ、153-159、2024 年 11 月.
- Shinichi Namba, Masato Akiyama, Haruka Hamanoue, Kazuto Kato, Minae Kawashima, Itaru Kushima, Koichi Matsuda, Masahiro Nakatochi, Soichi Ogishima, Kyuto Sonehara Atsushi Takata, Gen Tamiya, Chizu Tanikawa, Kenichi Yamamoto, Natsuko Yamamoto; BioBank Japan Project; Norio Ozaki, Yukinori Okada. Inconsistent embryo selection across polygenic score methods. Nature Human Behaviour 8 2264-2267 2024 年 10 月 14 日.

6.2 学会発表

- 亀石 久美子、瀬野 恭彦、狩野 俊明、岸本 充生、自治体スマートシティのデータ連携基盤におけるガバナンス及びプライバシー影響評価についての検討、コンピューターセキュリティシンポジウム 2024 2024 年 10 月 23 日.
- 宮地 充子、岸本 充生、東 龍之介、医療機関の脆弱性と攻撃利得からの脅威分析、コンピュータセキュリティシンポジウム 2024 2024 年 10 月 23 日.
- 亀石久美子、原口和徳、瀬野恭彦、川渕聡士、石田龍、井上滉大、狩野俊明、岸本充生、データ連携基盤における ELSI を踏まえた リスクアセスメント手法の実践.第 107 回 EIP 研究発表会 2025 年 2 月 13 日 情報処理学会.
- Noriko Ohashi 、 Consideration of return of incidental findings based on non-clinical benefits、European Human Genetics Conference、2024 年 6 月 2 日, Berlin、Germany.
- 大橋範子、二次研究で判明する偶発的所見をめぐる ELSI の検討、日本生命倫理学会第 36 回年次大会、2024 年 11 月 16 日、茨木市、大阪.

データビリティプラットフォーム研究部門

Datability Platform Research Division

1 部門スタッフ

教授　春本　要

略歴 : 1992 年 3 月大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。1994 年 3 月大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程物理系専攻修了。1994 年 4 月大阪大学工学部助手として着任後、工学研究科助手、大型計算機センター講師、サイバーメディアセンター講師、工学研究科助教授, 准教授を経て、2017 年 4 月より大阪大学データビリティフロンティア機構教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター教授。博士（工学)。専門はデータ工学。IEEE、IEICE（電子情報通信学会)、IPSJ（情報処理学会)、DBSJ（日本データベース学会）各会員。

准教授　甲斐　尚人

略歴 : 2021 年 3 月九州大学大学院統合新領域学府ライブラリーサイエンス専攻博士後期課程修了（博士（ライブラリーサイエンス））。2012 年 4 月より九州旅客鉄道株式会社勤務。2021 年 9 月より大阪大学附属図書館研究開発室助教、2023 年 8 月より同准教授。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター准教授。専門は図書館情報学。日本ナレッジ, マネジメント学会、組織学会、情報知識学会、記録管理学会 各会員。

2 教育・研究概要

当部門では、Society 5.0 の実現に向けて、IoT や AI を活用し、現実空間のデータを収集, 分析, 共有するための利活用プラットフォームの教育, 研究を行っている。また、オープンサイエンスの推進に向けて、研究データの適切な管理と公開を支えるエコシステムの構築と運用に関する教育, 研究を進めている。

2.1 教育の概要

2024 年度は、以下の講義を担当した。

- 工学部電子情報工学科 2 年次配当「データベース工学」（春本、15 回）
- 工学部電子情報工学科専門科目 2 年次配当「情報システムネットワーク及び演習」（春本、3 回）

また、情報科学研究科マルチメディア工学専攻の M2 学生 1 名の研究指導、工学部電子情報工学科の B4 学生 1 名の研究指導を行い、それぞれ修士学位論文、学士学位論文の執筆指導を行った。

- 修士学位論文
  濱里俊輔 :「多数の測域センサとカメラでの検出結果を相補的に統合した人物追跡手法」
- 学士学位論文
  波多野陸 :「人物追跡システムにおけるリアルタイム処理に向けたパラメータ選択の検討」

2.2 研究の概要

2.2.1 データ流通基盤 PLR の機能拡張

ライフデザイン・イノベーション研究拠点(iLDi)のサブプロジェクトの一つである「データ流通基盤 PLR の機能拡張」の PI として、PLR (Personal Life Record)の流通基盤である PLR 基盤の機能拡張を推進した。

2.2.2 測域センサとカメラを用いた人物追跡に関する研究

多数の測域センサとカメラが設置されたエリアを考えた場合、測域センサによる人物追跡、カメラ映像による人物追跡にはそれぞれ人物検出精度や同一人物の同定精度などの特性が異なる。それらの特性を考慮し、実際に吹田キャンパスの福利厚生エリア（センテラスエリア）に設置したセンサを用いて、それぞれの人物検出結果を相補的に統合する人物追跡手法について研究を推進した。

2.2.3　研究マネジメント総合支援システム開発

「学術論文等の即時オープンアクセスの実現に向けた基本方針」（令和 6 年 2 月統合イノベーション戦略推進会議）に対応し、公的資金による研究成果の公開と支援業務の効率化を目的に、「研究マネジメント総合支援システム」を開発した。データ管理計画（DMP）の作成支援、リポジトリ登録支援など、研究者の負担を軽減しつつ、グリーン OA の実現を促進する機能を備えている。本取組は文部科学省「オープンアクセス加速化事業」の一環で行われた。

2.2.4　研究データ管理・オープンアクセス支援ポータルサイト開発

オープンサイエンスの推進と、これを担う人材の育成体制の構築を進めており、開発した研究マネジメント総合支援システムの紹介や、研究ライフサイクルにおける研究データ管理，オープンアクセスの重要性を広く周知し、支援活動をわかりやすく伝える専用ウェブサイトを新たに開発した。

3　教育・研究等に係る全学支援

文部科学省「AI 等の活用を推進する研究データエコシステム構築事業（人材育成）」の枠組みのもと、研究者，研究支援者を対象にした研究データ管理（RDM）およびオープンサイエンスの教育教材を改修した。教材はマイクロコンテンツ化されており、職種別に特化した提供を目指している。まず、CLE（Blackboard Learn）を通じた FD 研修として提供するとともに、国立情報学研究所が（NII）が運用する学認 LMS、オープンアクセスリポジトリ推進協会（JPCOAR）のリポジトリを通じて学外への展開も進めている。

3.1　基礎編教材の開発・提供

代表的な教材である「オープンサイエンス時代における研究データマネジメントの基礎」（図 1）は、研究データのライフサイクル、研究データポリシー、DMP の作成、データの共有，公開等に関する基本概念を網羅し、2023 年度から新任教員向け FD 研修を実施している。受講後アンケート（図 2）を活かした教材内容の改善とともに、自動音声解説やスライド構成の最適化も実施し、本教材を改修した上で 2024 年度も FD 研修を実施した。さらに、教材改善のためのログ分析（ViLOG）や学習カリキュラムとの紐付けも進行中である。

図 1　基礎編教材

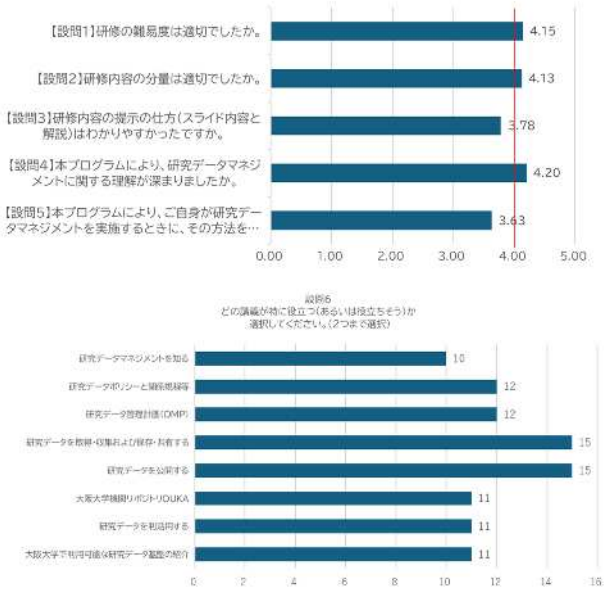


図 2　受講後アンケート結果（一部）

3.2　実践編教材の開発

基礎的な教材に加え、研究分野の特性に応じた応用教材も開発している。特に 2024 年度は、附属図書館、人文学研究科、D3 センターと共同で、実践編教材「人文学研究者必見！テキストデータと TEI で描く新たな研究ビジョン」を開発した。これは、デジタル ヒューマニティーズにおけるテキストデータの構造化と公開手法を紹介したものであり、TEI（Text Encoding Initiative）を基盤とした研究展開の可能性を提示した。

この教材は、2023 年度に開発を実施した「人文学研究者必見！研究データ管理ことはじめ － OUKA で始める IIIF 画像の公開と利活用 －」や「実験系研究データ管理の実践（研究者向け，管理者向け）」などと同様に、機関リポジトリ OUKA で公開予定である。

4 2024 年度研究業績

4.1 PLR 基盤の機能拡張

ライフデザイン・イノベーション研究拠点(iLDi)のサブプロジェクトの一つである「データ流通基盤 PLR の機能拡張」の PI として、PLR (Personal Life Record)の流通基盤である PLR 基盤の機能拡張を推進した。特に、2023 年度までのシステムをアーキテクチャレベルから全体的に見直した PLR2 システムを新規開発した。具体的には、ユーザ認証、プロジェクト登録と管理、データ提供契約の作成と履行、同意管理、データカタログの登録と検索、コインペースのユーザ報酬機構、プラットフォーム管理のための管理インタフェースといった機能を提供し、個人に対しては個人 UI フロントエンドを、管理者やデータ利用者には管理 UI フロントエンドを開発した（図 3）。

個人 UI の開発においては、特にデータ利活用時の不安感の解消を重視し、口座開設時の公的個人認証対応や、ホーム画面・同意取得画面の UI 刷新によるユーザビリティ改善、新たなデータカタログ機能の設計など、ユーザに対してわかりやすい情報提示と操作性を考慮した実装とした。

また、PLR データの付加価値を向上させる仕組みとして、大学の研究活動で取得した PLR データと病院が保有する医療情報とを合わせてデータ利用者に提供することを可能にする医療情報連携の機能を開発した。本機能の有効性や問題点を検証するため、実ユーザを対象とした実証評価を行った。

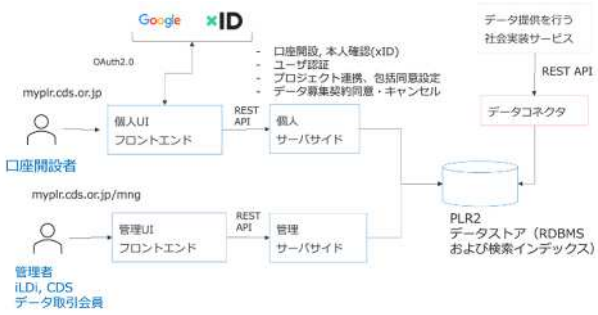


図 3　PLR2 システムの概要

4.2 測域センサとカメラを用いた人物追跡に関する研究

近年、Society5.0 の実現に向け、人流データの収集・分析手法に関する研究が活発に行われている。我々は、吹田キャンパスの福利厚生エリア（センテラスエリア）に測域センサ 15 台と実験用カメラ 16 台を設置し、これまでに、設置されているカメラ映像をもとに人物追跡を行うシステムと測域センサの測定データをもとに人物追跡を行うシステムを個別に実装してきたが、これらの人物追跡システムは検出可能な範囲や利点、問題点を見ると相補性が見られることがわかった。本研究では、これら 2 つのシステムの検出結果を相補的に統合することで人物追跡を行う手法を提案した（図 4）。提案システムは直前に得た人物追跡情報に対し、2 つの既存人物追跡システムの検出結果をマッチングし、マッチした検出結果をもとに人物追跡情報を更新する。特に、カメラによる人物追跡システムは検出位置がずれやすいという特性があり、誤った位置情報をもとに追跡情報の更新が行われてしまうという問題がある。また測域センサによる人物追跡システムは、1 人を複数人と検出してしまう、複数人を 1 人として検出してしまう、物を人として検出してしまうという問題がある。提案手法においてはこれらの問題点に対する解決策を提案し、実データを用いた評価実験を通じて、提案手法が 2 つの人物追跡システムの検出結果を相補的に統合し、追跡精度向上に寄与することを確認した。

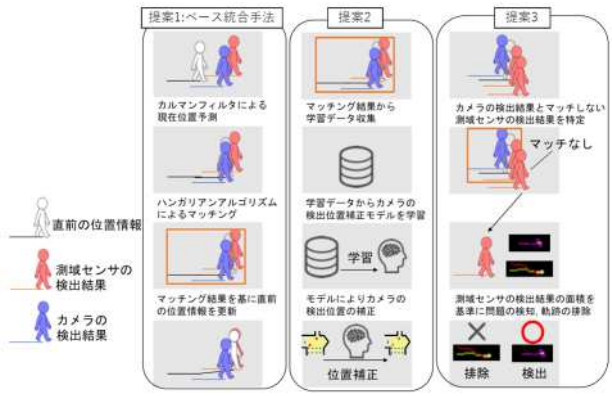


図 4　提案手法の概要

4.3　研究マネジメント総合支援システム開発

「学術論文等の即時オープンアクセスの実現に向けた基本方針」（令和 6 年 2 月統合イノベーション戦略推進会議）に対応し、公的資金による研究成果の公開と支援業務の効率化する「研究マネジメント総合支援システム」を開発した。本学は文部科学省の令和 6 年度「オープンアクセス加速化事業」に採択され、その一環として本システムの開発を実施した。

本システムは、研究者が研究ライフサイクルの中で自然に著者最終稿（AM）を登録でき、附属図書館が機関リポジトリ OUKA を通じてグリーン OA を効率的に実現する機能を中核に構築された。研究業績情報は CrossRef API・SCOPUS API 連携を通じて自動取得され、AM のアップロード後は承認・登録フローに従って OUKA 公開まで一貫管理される。加えて、プロジェクトと財源の紐づけ、DMP の作成・出力、研究業績の登録、研究データ基盤 ONION および researchmap との連携機能を備える。さらに、アンケートの作成・配信・集約機能を搭載しており、IR・研究戦略支援に資するデータの収集も目指す（図 5）。これらの機能群は、研究者・支援者双方の負担軽減と研究成果の確実な公開・分析・活用を支援する技術基盤である。

図 5　システム画面（例）

4.4　研究データ管理・オープンアクセス支援ポータルサイト開発

オープンサイエンス・オープンアクセスに関する支援活動や関連制度、研究ライフサイクルにおける実践的な情報を、視覚的にもわかりやすく紹介するための専用ウェブサイトを新たに開発した（図 6）。研究活動の開始から成果公開までの各フェーズに応じて、必要な支援情報を整理し提供することを目的としている。具体的には、「研究計画とデータマネジメント」「研究データの取得・収集・保存・解析」「研究成果の公開と利活用」の 3 つの柱に沿って、実践的な支援内容と学習用資料を体系的に整理した。また、科研費など各種資金制度における DMP 作成要件への対応例や、OUKA（機関リポジトリ）を用いた研究データの公開方法、英語論文の OA 化支援事業など、その具体的な手続きや支援内容も網羅しており、研究者・支援者がそれぞれの立場で必要な情報にすぐにアクセスできるよう設計した。

本ウェブサイトは、単なる情報提供の場にとどまらず、今後の制度動向を見据えた柔軟な更新性を備え、オープンサイエンス文化の浸透を図るための拠点として機能することを目指している。

図 6　トップページ

5 社会貢献に関する業績

5.1 学会活動

5.1.1 国内学会における活動

1. 日本データベース学会 論文誌編集委員（春本）
2. 記録管理学会, 理事（事務局、広報戦略、大会例会、デジタル推進担当）（甲斐）

5.1.2 国際会議への参画

1. IIAI AAI 2024 (16th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics), Program Committee（甲斐）

5.2 講演

1. 吉賀夏子, 甲斐尚人, 神崎隼人,「プロジェクトで作成した教育動画の紹介」,「人文科学分野向け研究データ管理を促進するデジタル・ヒューマニティーズ学習教材開発」研究成果発表会, 2025 年 3 月 27 日.
2. 甲斐尚人, 神崎隼人,「加速するオープンサイエンスー研究データエコシステム構築と人材育成に寄せられる期待ー」, 青森大学 オープンサイエンス, オープンアクセス講演会, 2025 年 1 月 29 日（招待有り）.
3. 船守美穂, 中原康行, 戸所泰人, 加藤久明, 甲斐尚人,「研究データ管理(RDM)は研究活動をどう促進するか」, 大学 ICT 推進協議会 2024 年度年次大会 研究データマネジメント部会企画セッション, 2024 年 12 月 10 日（パネルモデレータ）.
4. 甲斐尚人,「オープンサイエンスによるパラダイムシフトは我々に何をもたらすか」, 日本科学哲学会 第 57 回大会, 2024 年 12 月 1 日.
5. 古川雅子, 長岡千香子, 神崎隼人, 甲斐尚人,「学認 LMS を基盤とする研究データ管理人材の育成」, 情報知識学会 第 29 回情報知識学フォーラム, 2024 年 11 月 30 日.
6. 甲斐尚人,「JPCOAR 研究データ作業部会における RDM 教材作成の取り組み」, 図書館総合展（日独における研究データ管理サービスの現在地と展望）, オープンアクセスリポジトリ推進協会(JPCOAR), 2024 年 11 月 6 日（招待有り）.
7. 甲斐尚人, 尾上孝雄, 下條真司, 小陳左和子,「中核機関群 活動, 計画報告『人材育成』」, 研究データエコシステム構築事業シンポジウム 2024, 2024 年 10 月 9 日.
8. 甲斐尚人, 石田栄美, 淺川槙子, 元木正和,「研究データの未来を築く：研究データエコシステム構築のための人材育成」, Japan Open Science Summit 2024 (JOSS2024), 2024 年 6 月 20 日（E1 セッション代表者）.
9. 甲斐尚人, 尾上孝雄, 下條真司, 小陳左和子,「研究データ管理人材の育成のための学習教材展開の体系的アプローチ」, 学術情報基盤オープンフォーラム 2024「地域の力で切り開く、研究データ管理のこれから」, 2024 年 6 月 12 日.

5.3 学外委員等

1. オープンアクセスリポジトリ推進協会（JPCOAR）, 運営委員会委員（研究データ作業部会主査） （甲斐）
2. 山陽小野田市立山口東京理科大学, オープンアクセス加速化事業 外部有識者評価委員会 委員 （甲斐）
3. 国立情報学研究所, AI 等の活用を推進する研究データエコシステム構築事業運営委員会 運営委員（甲斐）
4. 大学 ICT 推進協議会（AXIES）, データマネジメント部会 副査（甲斐）
5. オープンアクセスリポジトリ推進協会（JPCOAR）, 研究データ作業部会 副査
6. 国立情報学研究所, 研究データ基盤運営委員会 システム作業部会 委員（甲斐）

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 学術論文、報告

6.1.1 学術論文（査読あり）

1. Kai, N., Tomisu, H., Shimbaru, T., and Yoshihisa, T., “Study on Extracting Keywords that Reveal the Value of Research Data Through Comparisons between Academic and Data Papers”, Proceedings

of The 13th International Conference on Emerging Internet, Data & Web Technologies (EIDWT-2025), pp.1-8, 2025 年 2 月 26 日.

2. 春本 要, 菅 真樹, 横手靖彦, 下條真司, 岡村和男, 吉川則之, 八木康史, 笹部聖也, 二村 裕, “PLR データの 2 次利用に資するデータハブシステムの構築と運用”, 情報処理学会論文誌デジタルプラクティス, 6(1), pp.1-11, 2025 年 1 月.
3. Tomisu, H., Kai, N., and Yoshihisa, T., “Autonomous Bicycle Brake Assistance Using Dynamic Grip Force Measurement”, Proceedings of 2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2025 年 1 月.
4. Tanushi, H., Furutani, H, Hosomi, T., Kai, N., Harumoto, K., and Date, S., “Towards Development of University-wide Data Aggregation and Management Infrastructure for Research Data Utilization”, 2024 IEEE 20th International Conference on e-Science (e-Science), 2024 年 9 月.
5. Tomisu, H., Kai, N., and Yoshihisa, T., “A Bicycle Caution Spot Detection Architecture using Brainwave and Driving Data”, Proceedings of International Workshop on Informatics, pp.89-94, 2024 年 9 月.
6. 新原俊樹, 甲斐尚人, 小柏香穂理, 船越幸夫, “アーカイブズ関連学会の論文が扱う研究分野の差異の可視化と論文投稿先予測モデルの作成”, 情報知識学会誌, 34(3), 2024 年 6 月.
7. Tomisu, H., Yano, H., Kai, N., and Yoshihisa, T., “A Multimodal Personalized Architecture for Irregular Bicycle Riding Form Detection”, 2024 IEEE 48th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), pp.402-410, 2024 年 7 月.
8. 戸簾隼人, 矢野英人, 甲斐尚人, 義久智樹, “マルチモーダル AI を用いた自転車走行時の異常フォーム検出システム”, マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2024)シンポジウム論文集, pp.1371-1379, 2024 年 6 月.

6.1.2 学術論文（査読なし）

1. 甲斐尚人, 神崎隼人, 白井詩沙香, 古川雅子, 長岡千香子, 松浦かんな, 古谷浩志, 吉賀夏子, 菅原裕輝, 田儀勇樹, 田畑智司, 森田敦郎, 原山都和丹, 韓 智仁, 森本早紀, “研究データ管理の実践を促進する人材育成環境の構築に向けて”, 情報の科学と技術, 74(12), pp.538-544, 2024 年 12 月.

6.2 学会発表

1. Kai, N., Shimbaru, T., Kanzaki, H., Tomisu, H., Tanushi, H., and Yoshihisa, T., “Human Resource Management Infrastructure Supporting Research Data Management across Institutions”, Proceedings of the 5th International Conference on Research in Human Resource Management (ICRHRM2024), 2024 年 11 月.
2. Morimoto, A., Oka, S., Seino, Y., Nambu, E., Kai, N., Tanushi, H., Date, S., and Nozaki, K., “Clinical Scientific Activities at Osaka University Dental Hospital Promoting Open Science”, Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly (PRAGMA 40), 2024 年 10 月.

DX 研究部門
DX Research Division

1 部門スタッフ

教授　鎗水　徹

略歴：1994 年早稲田大学法学部卒業。2009 年早稲田大学大学院商学研究科ビジネス専攻マネジメント専修修了(MBA)、2018 年早稲田大学大学院商学研究科商学専攻博士後期課程 単位取得退学。1994 年新日本製鐵（現日本製鉄)、2010 年フューチャーアーキテクト、2012 年ミスミグループ本社、2018 年新日鉄住金ソリューションズ（現 日鉄ソリューションズ)、2022 年大阪大学 OUDX 推進室副室長・教授（兼）大阪大学サイバーメディアセンター教授、2024 年大阪大学キャリアセンター教授（兼任)、同年 10 月より大阪大学 D3 センター教授（兼任)、現在に至る。経営情報学会、情報処理学会、組織学会、日本経営学会、教育システム研究学会、各会員。IT コーディネーター。

准教授　廣森　聡仁

略歴：2001 年 大阪大学 大学院基礎工学研究科 博士前期課程修了、2004 年 大阪大学 大学院基礎工学研究科 博士後期課程修了。日本学術振興会特別研究員(DC2、PD)を経て、2005 年株式会社 NTT ドコモ、2008 年より、大阪大学大学院情報科学研究科助教として、ネットワークシミュレーションの大規模化及び効率化、電子トリアージ、災害時通信ネットワーク、ITS ネットワーク、人流及び交通流推定技術の研究開発に従事。2014 年大阪大学未来戦略機構講師、2016 年大阪大学経営企画オフィス准教授、2022 年大阪大学情報推進本部准教授、2024 年 10 月より大阪大学 OUDX 推進室准教授、D3 センター准教授（兼任)、現在に至る。博士（工学)。 情報処理学会、IEEE 各会員。

准教授　釜池　聡太

略歴: 2010 年早稲田大学大学院商学研究科ビジネス専攻マネジメント専修修了(MBA)、2018 年早稲田大学大学院商学研究科商学専攻博士後期課程 単位取得退学。1999 年 NTT アドバンステクノロジ、2004 年日本ベリサイン、2010 年トレンドマイクロ、2014 年日本マイクロソフト、2017 年トレンドマイクロ、2024 年 6 月大阪大学サイバーメディアセンター特任准教授（常勤)、同年 10 月より大阪大学 D3 センター特任准教授（常勤)、現在に至る。経営情報学会員。情報処理安全確保支援士（登録番号 006472)、IT ストラテジスト。

2 部門概要

当部門は、DX（デジタルトランスフォーメーション）時代において、デジタル技術を活用したビジネスや社会の革新を目指し、先端的な研究と実践、社会実装に取り組む研究部門である。データ利活用や生成 AI をはじめとする最新技術を活用し、新たな価値創造や社会課題の解決に取り組むとともに、学内での DX 推進を加速させ、地域社会への具体的な貢献を果たすことを目指している。

3 DX の実践と社会実装

3.1 OU 人財データプラットフォーム（OU 人財 DPF）

OU 人財データプラットフォーム（以下、「OU 人財 DPF」という。）は、大阪大学の財産とも言える、大阪大学に関わった全ての人財が持つ知識・経験・役割・人脈などの人的資本情報を集約し、共有・連携・共創するためのデータプラットフォームである。本プラットフォームによって大学内の各部局に散在していたシステム・情報を一元的に集約することで、教育・研究・経営といった大学の基幹活動に活用することを目的としている。

今年度の成果として、iLPs-OU（学内共通プラットフォームと各サブシステムの相互連携）においては、KOAN からのデータ抽出機能の開発、また、それに

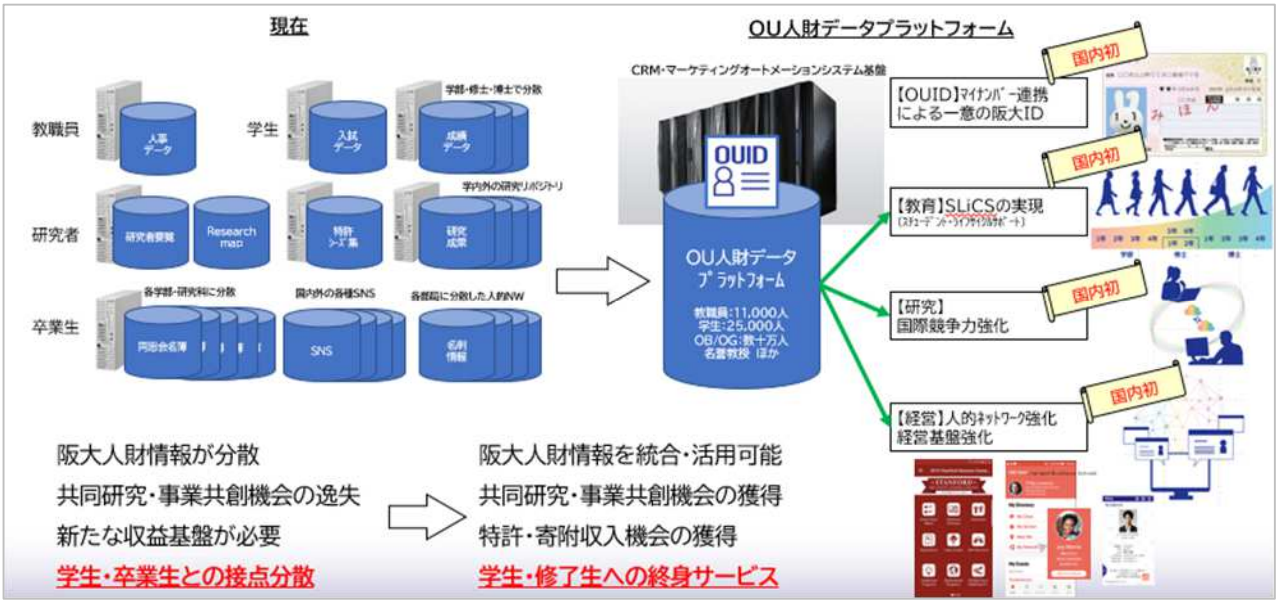


図 1　OU 人財データプラットフォーム概要

基づき、学生・教職員の顔写真データの集約および顔認証クラウドサービスとの連携を実現している。

2025 年度も継続して開発を実施し、データの一元化をさらに進めるためのマスタデータベース構築や、卒業生が自身の連絡先、住所、就職先情報等をアップデートできる機能の追加などを予定している。（図 1）

3.2 OUID（大阪大学統合 ID）

大阪大学に関わるすべての構成員の統合 ID 基盤である OUID は、学生や教職員をはじめ、大学コミュニティ全員を対象とした一意の生涯 ID である。OUID の対象は、在籍中の大阪大学の学生及び教職員約 3.5 万人に加え、入学前や卒業後の利用者、さらには保護者や地域コミュニティ等を含むものである。この仕組みは、学内外における継続的な利活用を前提に、ずっと使える生涯 ID を実現することを目的としている。

OUID を活用したアプリケーションの第一弾として、2024 年 6 月から顔認証技術を活用した入場管理システムを大学構内に導入し、運用している。このシステムは屋内及び屋外の数十ヶ所に全学共通のインフラとして設置されており、順次拡大中である。なお、この顔認証技術を活用した入場管理システムは、国内大学における最大規模の導入である。

また、OUID を活用したデジタル学生証・教職員

図 2　OUID 概要

証を 2025 年 1 月から提供開始している。今後、本の自動貸出・返却や自習室の混雑検知、授業の出欠管理、卒業後のリスキリング・リカレント教育、資格取得、活動履歴などの情報を統合することで、大学卒業後のキャリア形成を支援する仕組みを整備していく計画である。これらの取り組みを通じて、大学全体での利活用を推進し、大学 DX（デジタルトランスフォーメーション）の実現に繋げていく。（図 2）

3.3 デジタル学生証・教職員証

DX 推進の一環として、OUID を活用し、全学の学生および教職員を対象に、スマートフォン上で表示されるデジタル学生証・教職員証の提供を 2025 年 1 月 29 日に開始した。これにより、大阪大学の構成員における利便性の向上、業務効率化、ならびに管理コストの削減を実現する。また、今回のデジタル学生証・教職員証は、国立大学法人における最大規模（学生および教職員計約 30,300 人）の全面導入事例である。

デジタル学生証・教職員証は、大阪大学公式スマートフォンアプリ「マイハンダイアプリ」の新たな機能として提供される。学生および教職員は、自身のスマートフォンで学生証・教職員証を簡単に提示することが可能であり、従来提供していた物理的なカードに比べ、発行や紛失、磁気データ消失による再発行などにかかる手間や費用を削減する効果が期待されている。

さらに、後述する OUID を活用したセキュアな認証やスクリーンショット対策などのなりすまし防止機能を備えており、安全性が高い仕組みとなっている。これにより、安心かつ快適なキャンパスライフの実現が可能となる。デジタル化へのスムーズな移行を達成するため、従来の物理カードとの並行運用も実施している（社会的認知が得られたと判断されるまで）。

デジタル学生証・教職員証の提供開始に合わせ、大阪大学公式スマートフォンアプリ「マイハンダイアプリ」にはプッシュ通知機能も追加した。この機能により、学生および教職員が大学からの重要なお知らせを見逃すことなく受け取ることが可能となり、利便性のさらなる向上を図っている。

なお本件は 2024 年 12 月 9 日にプレスリリースを実施し、他大学やメディアから多くの問い合わせがあった。

3.4 顔認証入場システム

顔認証入場システムは、2023 年度に導入され、2024 年度から運用を開始したシステムである。本システムは導入範囲を順次拡大し、利便性を向上させている。今年度末の時点で、学内の複数キャンパスに計 40 ヶ所以上の設置を実現した。

この顔認証入場システムは、OU 人財 DPF に集約された顔写真データを活用し、OUID との連携を通じて、ユーザの利便性を大幅に向上させることを目的としている。鍵やカードに依存しない仕組みを提供することで、入退場管理の効率化を図る。

今後は、さらなる導入範囲の拡大を推進し、学内統一インフラとしての顔認証技術の導入を一層進める予定である。最終的には、鍵とカードを不要とするシームレスな入場管理を目指している。

さらに、顔認証技術は日本が世界に先行する技術であり、大学を起点とした社会実装を推進することで、その国際競争力を強化することも狙っている。

3.5 次世代認証基盤の検討

大阪大学で現在稼働している「全学 IT 認証基盤システム」は、学内で利用される様々な情報システムに対して、安全かつ効率的に機能させることを目的として構築された認証基盤である。本システムは、いち早く多要素認証技術を実装し、SSO（シングルサインオン）により統合的な認証および関連システムに対するデータ連携を実現している。学内の主要な事務基幹系システムだけでなく、研究・教育系支援システムとも連携しており、その役割は大学の運営において欠かせないものとなっている。

現状、この認証基盤は問題なく稼働しているものの、長年の開発と運用に伴い機能が複雑化しているほか、新たな OUID との統合も必要な状況である。次世代認証基盤への移行を検討するにあたり、以下のポイントが重要となる。

OUID との統合: 統一された ID 管理によるシームレスな認証基盤の構築。

OU 人財 DPF へのマスタデータ管理機能の移管: 認証基盤をシンプル化し、管理を効率化。

学外ユーザへの認証基盤提供: 学外ユーザ向けシステムが複数リリースされるため、統一した認証基盤を準備。

2024 年度はこれらの課題について詳細な検討を進めた。その結果、密結合された多くの連携システムや複数ロール ID の管理といった課題から、移行の計画策定には慎重な検討が必要であることが確認された。

今後も検討を継続し、2025 年度上半期を目標に具体的な移行計画を立案する予定である。次世代認証基盤の構築により、より安全で効率的な認証システムの実現を目指す。

3.6 研究マネジメント総合支援システム

文部科学省オープンアクセス加速化事業に採択されたプロジェクトの一環として「研究マネジメント総合支援システム」を構築した。本システムは、2025 年度から義務化される「学術論文等の即時オープンアクセス」に対応するための仕組みを提供するものである。加えて、学内の研究者が研究論文や研究データマネジメントを効率的に行えるツールとして、広く活用されることを目指している。

本開発において DX 研究部門は以下の役割を担った。

プロジェクト管理: 開発の全体的な進行管理を担当。

調達仕様の策定: システム構築に必要な具体的な仕様を設計。

ベンダ調整: 外部開発ベンダとの様々な調整を実施。

本システムは 2025 年度下半期からの本格運用を目指している。これにより、本学の研究活動がさらに効率化され、オープンアクセスの促進と研究成果の公開が加速することが期待される。

3.7 SLiCS センターとの連携

大阪大学スチューデント・ライフサイクルサポートセンター（SLiCS センター）は、本学の学生に関する入学前から在学中、卒業および修了後までの教学データを蓄積・管理し、それを分析・活用することで、個別最適な教育や学習、学生支援を全学的に実現することをミッションとしている組織である。また、これらのデータを基盤として、本学の中長期的な教育成果を可視化する役割も担っている。

SLiCS センターによる学生データの集約は、OU 人財 DPF のコンセプトと一致しており、DX 研究部門としては同センターと連携することで、目指すべき成果の実現に取り組んでいる。また、認証の仕組みについても本学全体で統一する方針であり、この点に関しても SLiCS センターとの連携を行っている。

3.8 他部局システム開発支援（歯学部、医学部）

システム開発に関するノウハウが十分でない他部局を対象に、システム開発支援を行っている。今年度は歯学部の予約システム、医学部のダイバーシティ＆インクルージョンに関するシステム開発を支援した。具体的な支援内容としては、仕様策定、ベンダ選定、プロジェクト管理、ベンダ調整が含まれる。これらの取り組みは、2025 年度も継続して実施する予定である。

支援の主な目的は、認証基盤や構築プラットフォームの統一を実現することにある。また、OUID や OU 人財 DPF など既存のシステムを活用することで、いわゆる「車輪の再発明」を防ぐことも目指している。これらにより、学内システムのガバナンスを強化し、全体的な効率化および標準化を推進している。

3.9 生成 AI

職員向けに提供しているセキュアな生成 AI サービスを、教員向けにも展開した。現在、教員向けには学内で統一された AI サービスが存在せず、個別に教員や研究室ごとで契約している状況である。この状況において、学内の情報漏洩を防ぐためのセキュアな AI 環境が求められていたことが背景となっている。

ただし、有償の本サービスをいきなり開始するの

ではなく、まず若手研究者を対象とした SAKIGAKE クラブに試用してもらい、そのフィードバックを基にサービスを改良し、正式導入を予定している。

また、経営企画オフィス向けに科研費申請書類の校正を行う生成 AI サービスの PoC（概念実証）を実施した。検討の結果、このサービスは上記のセキュア AI 環境に統合され、2025 年 7 月以降、経営企画オフィスでの利用を予定している。

3.10 図書館顔認証入館・貸出返却装置

文部科学省オープンアクセス加速化事業に採択されたプロジェクトの一環として、大阪大学附属図書館の全 4 館（総合図書館、生命科学図書館、理工学図書館、外国学図書館）に、顔認証技術と連携した入館ゲート 7 台および自動貸出返却装置 6 台を導入した。これにより、従来図書館職員にとって大きな負担となっていた教職員向けの利用者票の発行や管理業務を大幅に効率化することが可能となった。

さらに、2025 年 1 月から提供を開始したデジタル学生証・教職員証に表示される QR コードに対応した QR リーダーを併設し、多様な利用者のニーズに応えるとともに、デジタル学生証・教職員証の利用可能な場面を拡充させた。（写真 1）

本件については、パナソニックコネクト株式会社および株式会社 紀伊國屋書店との共同によるプレスリリースを実施し、各方面から大きな反響を得ている。

写真 1 附属図書館の顔認証入館・貸出返却装置

3.11 デジタル庁、JR 西日本とのマイナンバーカード活用に関する実証実験

2025 年 3 月 24 日、デジタル庁、JR 西日本（西日本旅客鉄道株式会社）などと共同で、大学生の在学証明確認にマイナンバーカードを活用する実証実験を JR 大阪駅にて実施した。（写真 2）

本実証実験で検証したシステムは、マイナンバーカードによる本人確認を行い、スマートフォンを使用して学割乗車券を購入する仕組みである。従来、学割乗車券の購入には、大学窓口で紙の在学証明書を発行し、それを駅窓口で提示する手続きが必要であった。今回検証したシステムを導入することで、マイナンバーカードとスマートフォンを活用してこれらの手続きをすべてオンラインで完結できるようになり、学生、大学窓口、駅窓口の負担を大幅に軽減できる。また、マイナンバーカードによる厳格な本人確認を実現することで、不正利用の防止にも寄与する。

今後も DX（デジタルトランスフォーメーション）推進の一環として、このような革新的な取り組みに積極的に参画していく。

写真 2　記者会見時の様子
写真中央が岸 信千世様（デジタル庁 デジタル大臣政務官）、左から富士榮 尚寛様（OpenID ファウンデーション・ジャパン代表理事）、奥田 英雄様（西日本旅客鉄道株式会社 取締役兼常務執行役員 デジタルソリューション本部長）、佐藤 周行様（国立情報学研究所 教授 トラスト・デジタル ID 基盤研究開発センター長）、鎗水 徹教授（大阪大学）

3.12 NEC、大阪モノレールとの顔認証、マイナンバーカードを活用した実証実験

DX 推進およびデジタル技術を活用した社会実装の一環として、通学定期券発行における利便性向上、業務効率化、不正申請防止を目的とした実証実験を、

2023 年 3 月に日本電気株式会社（NEC）、大阪モノレール株式会社と共同で実施した。

本取り組みでは、大阪モノレール千里中央駅において、大阪大学の学生などを対象に、マイナンバーカード、生体認証技術、「検証可能な資格証明」（VC: Verifiable Credentials）を活用した NEC ソリューションにより、オンライン上での本人確認および資格証明を行い、通学定期券を発行する実証実験を行った。

この実証実験を通じて、真正性の高い認証技術とソリューションの有用性が確認され、通学定期券購入手続きにおける大阪大学の学生および職員の利便性向上や業務効率化に大きな効果があることを確認した。（写真 3）

今後、今回の実証実験で得られた知見を活かし、通学定期券購入手続きにおける学生や職員の負担軽減を目指したオンライン化および効率化を引き続き検討していく。

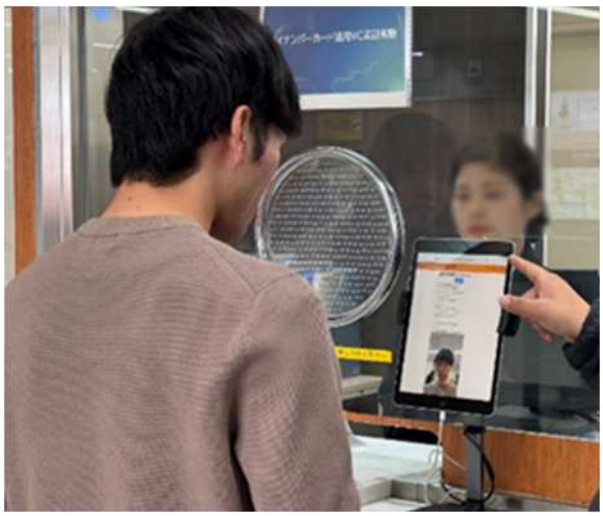


写真 3 大阪モノレール窓口における実証実験の様子

3.13 他大学との DX 情報交換会

DX 推進において重要となる課題解決のため、他大学との情報交換会を随時実施している。大学における DX 推進には予算や人員の不足といった共通課題があり、これらに対して他大学の取り組みを知ること、知識やノウハウを共有すること、さらには DX 推進の仲間を増やすことを目的としている。本年度に実施した具体的な情報交換会は以下の通りである。

・京都大学･滋賀大学との情報交換会（2024 年 7 月 5 日）

・名古屋大学との情報交換会（2024 年 7 月 12 日）

3.14 AXIES 展示

2024 年 12 月 10 日（火）～12 日（木）に奈良県奈良市の奈良県コンベンションセンターで開催された大学 ICT 推進協議会（AXIES: Academic eXchange for Information Environment and Strategy）の年次大会に参加した。

D3 センターとして出展した展示ブースにおいて「大阪大学における DX の取り組み」のポスターを展示したところ、多くの参加者から問い合わせがあった。また、鎗水教授と廣森准教授による口頭発表も実施した。（写真 4、図 3）

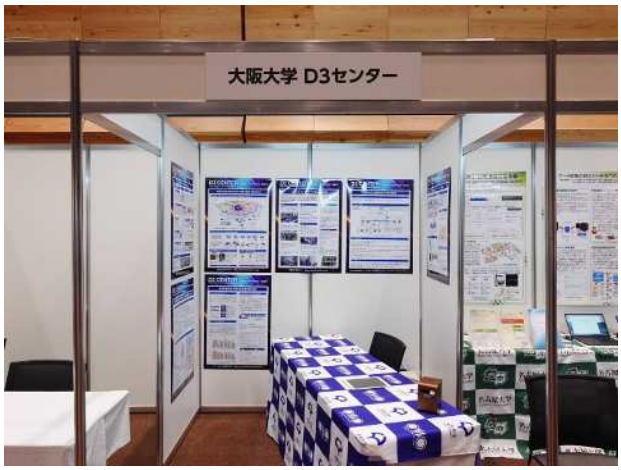


写真 4　AXIES における D3 センターのブース

図 3　AXIES での DX 説明ポスター

3.15 新組織名称検討、Web サイト、ロゴ制作

D3 センター発足に向けた名称検討を中心に行い、D3 センターに確定後、新組織の Web サイトを新規構築し、2024 年 10 月 1 日に公開した。D3 センター広報 WG としての活動であるが、制作ベンダの選定からプロジェクト管理まで実施した。またクリエイティブユニットと連携して新組織のロゴを制作した。こちらも全体プロジェクト管理と関係者の意見集約などを行い、複数の案からロゴを決定した。（図 4、図 5）

図 4　D3 センターWeb サイト

図 5　D3 センターロゴ

3.16 OUDX 動画制作

大阪大学における DX の取組を紹介する動画を制作し、大阪大学公式 YouTube にて公開した（2024 年 12 月 20 日公開。）。制作はテレビ東京に依頼し、関連してテレビ東京の番組「ニッポン！こんな未来があるなんて」においても大阪大学の DX が取り上げられ（2024 年 9 月 9 日放映）、学外に対して本学の先進的な DX の取組をアピールすることが出来た。（図 6）

OUDX 動画 URL:
https://www.youtube.com/watch?v=k_L69SiQh7I

図 6　OUDX 動画サムネイル

3.17 AWS 共創事例

AWS との共創事例として OUID と OU 人財 DPF の事例を作成した。分散管理されていた人財情報を統合する ID 基盤をクラウドサービス（AWS）上に構築。さらに ID に基づく『OU 人財データプラットフォーム』で多岐にわたる情報を蓄積し、本学に関わる多様な人財が長期にわたって「つながりつづける」コミュニティの共創を目指していることが取り上げられ、学外に対する先進的な DX 取組みの訴求を図ることが出来た。

共創事例 URL:
https://aws.amazon.com/jp/solutions/case-studies/osaka-university/

4 2024 年度研究業績

4.1 物理情報に基づく敵対的生成ネットワークを用いた車両間遮蔽下でのレンジドップラーマップ生成（廣森）

インテリジェント交通システム（ITS）におけるミリ波レーダーを活用した車両検出に関する取組に従事した。従来のレーダーデータを用いた深層学習モデルは大量のラベル付きデータを必要とするが、その生成プロセスはコストと時間がかかるという問題があった。生成敵対ネットワーク（GAN）を利用してデータセットを生成する試みが注目されているが、従来の GAN は複数のターゲット車両が存在する場合の遮蔽（オクルージョン）の影響が考慮されていない問題に対し、複数の検出対象とそれらの相互遮

蔽を考慮したデータセットを自動生成する手法を提案した。具体的には、3 次元空間における車両の位置関係を反映した物理的なオクルージョンモデルを構築し、その情報を GAN の損失関数に組み込むことで、現実的なレンジ・ドップラー・マップ（RDM）を生成する手法を開発した。さらに、都市の交差点を想定したシミュレーションデータを用いて、従来の WGAN-GP モデルと提案した PIWGAN-GP の性能比較を行い、提案する PIWGAN-GP は、特に中程度のオクルージョン状況において検出結果の一致度が約 18%、低オクルージョンでは約 16%向上することを示し、距離や速度の推定精度も改善されることを示した。また、シミュレーションベースの手法と比較して計算コストも大幅に削減され、効率的にデータを生成できることが示された。この取組で、開発した物理情報を考慮した GAN を用いることで、オクルージョン状況下における現実的で精度の高いレーダーデータ生成が可能となり、ITS の深層学習モデル訓練におけるデータ不足問題の解決に寄与するものと考えている。また、この成果は IEEE PerVehicle 2025 にて発表し、Best Workshop Paper として表彰された。

4.2 超小型衛星群によるフェーズドアレイアンテナを用いた直接通信の予備評価（廣森）

超小型衛星群を用いてフェーズドアレイアンテナを構成することで、一般的な携帯端末との直接通信を可能にするための基礎的な評価を実施した。低軌道（LEO）衛星通信サービスは広く普及しているが、直接ユーザ端末と衛星を接続するには指向性の高いアンテナが必要であり、衛星のサイズや重量に制約がある。この問題を解決するために、多数の超小型衛星（ピコサット）による群形成（フォーメーションフライト）を用いたフェーズドアレイアンテナが提案されている。この取組では、MATLAB を用いて均一矩形配列（URA）および対数螺旋配列（LSA）の二種類のアンテナ配置をシミュレーションにより評価した、配列形状や素子間隔がアンテナのメインローブレベル（MLL）やピークサイドローブレベル（PSLL）に及ぼす影響を解析した結果、URA は一定の素子間隔で最適な結果を示し、LSA はより広い素子間隔に対して安定した性能を示した。また、グレーティングローブの問題を抑制するため、振幅テーパリングを URA に適用することで、LSA と同様のサイドローブ抑制を達成した。リンクバジェット解析では、地上で必要な最低受信感度（-89.6 dBm）を確保するための送信電力およびアンテナゲインを評価し、最良・最悪のシナリオで必要となる衛星数および各衛星の送信電力を計算した。評価の結果、直接接続を実現するために必要な衛星数および素子ごとの送信電力が、想定する範囲（0.01～0.1 W）内で収まることが確認されたが、LSA は最悪ケースで若干性能が低下することを示した。これらの成果について、情報処理学会全国大会および情報処理学会研究会において口頭発表を行った。

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1 学外活動

2024 年度前期に京都精華大学において身近な社会課題を調査し、IT 技術を用いてプロトタイプを制作する「基礎実習」、2024 年度後期に社会データ分析を行い、クライアントに提案する「応用実習」を担当した（鎗水）。

5.2 学会活動

5.2.1 国内学会における活動

1. 情報処理学会モバイルコンピューティングと新社会システム研究会、幹事（廣森）

5.2.2 論文誌編集

1. 情報処理学会「新社会とスマートコミュニティ創成に向けたモバイルコンピューティングと高度交通システム」特集号論文誌編集委員会、編集委員（廣森）
2. 情報処理学会「ネットワークサービスと分散処理」特集号論文誌編集委員会、編集委員（廣森）

5.2.3 国際会議への参画

該当なし

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 論文誌発表論文

1. Gerassimos Barlas, Khaled El-Fakih, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, “P2P-assisted distributed-server content delivery of 8K media: a DLT-based approach”, Multimedia Tools and Applications, 2024.11.
2. Hirozumi Yamaguchi, Hamada Rizk, Tatsuya Amano, Akihito Hiromori, Riki Ukyo, Shota Yamada, Masakazu Ohno, “Towards intelligent environments: human sensing through 3D point cloud”, Journal of Reliable Intelligent Environments, Vol. 10, No. 3, pp. 281–298, 2024.8.
3. Ayumu Harada, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, “Anomaly Detection of Building Structure from Incomplete Point Cloud Obtained by UAV”, Journal of Information Processing, Vol. 32, pp. 520–532, 2024.6.

6.2 国際会議会議録

1. Junxiong Long, Akihito Hiromori, Akira Uchiyama, “A Preliminary Study on Synthesizing mmWave Radar Range-Doppler Maps under Occlusion”, Proceedings of the 7th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle 2025), 2025.3.
2. Fukuharu Tanaka, Tatsuya Amano, Akira Uchiyama, Akihito Hiromori, Yusuke Nakamura, Hirozumi Yamaguchi, “Policy Optimization for Pedestrian Traffic Management by Surrogation of Simulation Models”, Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Mobile Ad-Hoc and Smart Systems (MASS 2024), pp. 203–211, 2024.9.
3. Doyoon Lee, Akihito Hiromori, Mineo Takai, Hirozumi Yamaguchi, “Efficient On-Ramp Merging Point Prediction Using Machine Learning”, Proceedings of the 27th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2024), pp. 687–692, 2024.9.

6.3 査読付き口頭発表

該当なし

6.4 査読なし口頭発表（国内研究会など）

1. Tengis Buyantogtokh, Akira Uchiyama, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Sumio Morioka, Takahiro Inagawa, “Preliminary Evaluation of Phased Array Communication Using Dense Formation Flying of PicoSats”, 情報処理学会第 87 回全国大会, 1ZA-08, 2025.3.
2. 吉崎 響、内山 彰、廣森 聡仁、高井 峰生、山口 弘純, “災害画像の要約に向けた深層学習モデルのファインチューニングによる被害状況分類の検討”, 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理 (DPS), 2025-DPS-202(2), pp. 1‐8, 2025.3.
3. Tengis Buyantogtokh, Akira Uchiyama, Akihito Hiromori, Hirozumi Yamaguchi, Sumio Morioka, Takahiro Inagawa, “Simulation-Based Evaluation of PicoSat Array Distributed Beamforming for Direct-to-Cell Connectivity”, 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理 (DPS), 2025-DPS-202(11), pp. 1–6, 2024.3.
4. 廣森 聡仁, 鎗水 徹, “大規模言語モデルを活用したアルファベット表記とカナ表記間の変換手法”, 大学 ICT 推進協議会 2024 年度年次大会, 12AM1B-3, 2024.12.
5. 鎗水徹, “全学 ID 統合及び認証環境再構築・学内サービス強化（OUID プロジェクト）”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2024) シンポジウム, pp. 806‐809, 2024.6.
6. 中尾 陸, 廣森 聡仁, 山口 弘純, “介護送迎のための制約付き配送計画問題の定式化および機械学習を用いた解法の検討”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2024) シンポジウム, pp. 1714‐1724, 2024.6.

セキュアプラットフォーム・アーキテクチャ研究部門
Secure Platform Architecture Research Division

1 部門スタッフ

教授　猪俣　敦夫

略歴 : 2002 年 6 月北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。2002 年通信キャリア研究所。2004 年独立行政法人科学技術振興機構、筑波大学先端学際領域センター。2008 年奈良先端科学技術大学院大学准教授。2016 年東京電機大学未来科学部教授。2019 年立命館大学総合科学技術研究機構客員教授（非常勤）、同年大阪大学情報セキュリティ本部、兼大学院情報科学研究科教授、サイバーメディアセンター副センター長、2023 年より大阪大学総長補佐、最高情報セキュリティ責任者 CISO、現在に至る。博士（情報科学）。電子情報通信学会、情報処理学会各会員。一般社団法人公衆無線 LAN 認証管理機構代表理事、一般社団法人 JPCERT コーディネーションセンター理事、大学 ICT 推進協議会(AXIES) 理事、一般社団法人ライフデータイニシアティブ理事、大阪府警察・奈良県警察サイバーセキュリティ対策アドバイザー、他政府省庁自治体委員多数、情報処理安全確保支援士（第 008350 号）、CISSP。

准教授　大平　健司

略歴 : 2002 年 3 月京都大学理学部卒業、2004 年 3 月京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻修士課程修了、2007 年 3 月京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻博士後期課程単位取得退学。2007 年 4 月株式会社オクトパス、2008 年 4 月京都大学学術情報メディアセンター特定助教、2011 年 4 月名古屋大学情報連携統括本部特任助教、2012 年 8 月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科特任助教、2015 年 12 月徳島大学情報センター講師、2019 年 4 月大阪大学情報推進本部講師を経て 2021 年 4 月より同准教授。サイバーメディアセンター全学支援企画部門（2024 年 10 月より D3 センターセキュアプラットフォーム・アーキテクチャ研究部門）、応用情報システム研究部門（2024 年 10 月より D3 センター先進高性能計算基盤システム研究部門）および先端ネットワーク環境研究部門（2024 年 10 月より D3 センター先端ネットワーク環境研究部門）兼任。現在に至る。博士（情報学）。情報処理学会、電子情報通信学会、システム制御情報学会、ACM、IEEE 各会員。

助教　松本　哲

略歴 : 2002 年 3 月信州大学大学院工学系研究科システム工学専攻博士前期課程修了、1990 年 4 月京都コンピュータ学院 教員、2004 年 4 月京都情報大学院大学 助教、2007 年 10 月京都大学産官学連携センター寄付研究部門 助教、2010 年 4 月神戸大学経済経営研究所 助教、2015 年 4 月 大阪大学サイバーメディアセンター 特任助教（常勤）。2016 年 11 月より大阪大学情報推進本部 助教、サイバーメディアセンター全学支援企画部門（2024 年 10 月より D3 センターセキュアプラットフォーム・アーキテクチャ研究部門）、応用情報システム研究部門（2024 年 10 月より D3 センター先進高性能計算基盤システム研究部門）兼任。情報処理学会、電子情報通信学会、IEEE、教育システム情報学会各会員。

2 教育・研究概要

当部門は、DX（デジタルトランスフォーメンション）時代に目を向けた大阪大学全体における全学支援を主な活動としているが、その情報インフラ・サイバーセキュリティ技術・CSIRT を活用した応用研究として、サイバーセキュリティに関わる幅広い研究、遠隔リアルタイム動画配信ネットワークシステム、IPv6 経路制御、DX による情報流通等に関する研究、開発を行っている。なお、2024 年 10 月にサイバーメディアセンターが D3 センターに改組されたことに伴い、全学支援企画部門からセキュアプラ

ットフォームアーキテクチャ研究部門に変更となり、鎗水教授、廣森准教授は DX 研究部門に移られている。さらに部門の代表である猪俣は、大学院情報科学研究科セキュリティ工学研究室の兼任教授であるが 2025 年 3 月をもって退任し、2025 年 4 月より新規に協力講座を設置することとなった。

3 教育・研究等に係る全学支援

当部門は、コロナ禍を経て次世代を見据えた DX 化としての先端的な情報通信基盤やサービスに係るシステムの構築や運用支援、また D3 センターが実施する全学支援業務の企画・運営管理を実施するとともに、全学 IT 認証基盤システム、キャンパスクラウドシステム、事務・教務支援に係る各種システム、IT コア棟の運用支援、OU-CSIRT (Computer Security Incident Response Team)としてセキュリティインシデント対応を担当している。

3.1 全学支援業務の企画・運営管理

D3 センターでは、図 1 に示す全学支援業務推進体制の下、各業務の責任者を決めて全学支援を推進している。また、D3 センター教員のエフォートの 35%を全学支援業務に充てることを基本に、効果的に全学支援を推進できるようエフォート実績管理を実施している。なお、コロナ禍を経て大阪大学全学における DX 化に伴い、以下に示すようなエフォートが追加されている。

・OU マスタープランにおける DX 化(OUDX)支援
・ICHO(Office365)でチーム活動を支援する Teams の活動支援及び全学的に統一したサービス設計導入
・ODINS に関わるシステム設計及び全学 IT 認証基盤システムとしてシングルサインオン(SSO)及び多要素認証機能の継続的運用
・全学セキュリティ監視(OU-CSIRT)として各種インシデント対応、セキュリティ対策の実施、本部長向けないし各部局向けセキュリティ研修の実施
・スーパーコンピュータ SQUID をはじめ IT コア棟における障害支援、オープンキャンパス等における外部への広報活動支援等

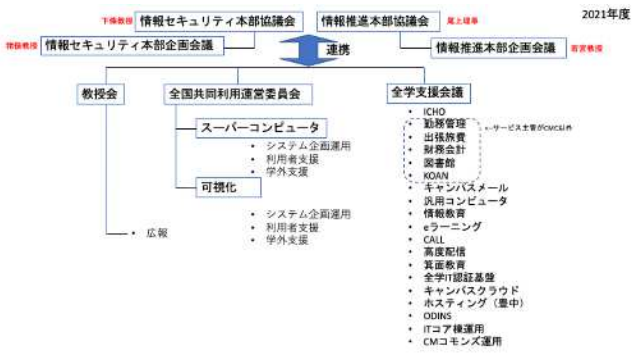


図 1　2024 年度全学支援業務推進体制

3.2 OU マスタープランにおける DX 化（OUDX）構想と設計

学内の種々の業務系システムは、技術面の老朽化、システムの肥大化・複雑化が進んでおり、「業務見直しの非効率化」「高コスト構造」「データを活用した施策立案・評価の遅れ」の原因となっている。 OU マスタープランで策定を開始した大阪大学全体における DX 化（これを OUDX と呼ぶ）にむけ、ネット・バイ・デフォルトの概念を導入し、教育・研究をはじめとする学内の全ての活動においてリアルな大学とサイバー空間を高度に融合した「繋がる大学」へと転換するために、OUDX の基幹となるシステム群
①阪大全構成員の ID 統合構想「OUID」
②Zero trust に対応したネットワークシステム OU ゼロトラスト
の開発を進めてきた。特に旧全学支援企画部門における DX 推進において、OUDX システム導入により、学生、教職員が働きやすい、学びやすい、イノベーティブな阪大を構成する情報基盤の運用を開始してきた。併せて、令和 3 年度より OUID 及び OU ゼロトラストについてプロトタイプ開発を完了させ継続して、令和 4 年度より OU 人財プラットホームプロジェクトが立ち上がり、OUID をベースとした新たな学内の人財データベース構築設計を開始した。

3.3 全学 IT 認証基盤システムの運用支援

全学 IT 認証基盤システムは学内で稼動している様々な情報システムに対して安全に機能させることを目的とし、SSO（シングルサインオン）による統合的な認証連携及びデータ連携、ログイン認証サービ

スを提供している。本システムは学内の主要な事務基幹系システム及び研究・教育系支援システムを含め 53 システム（2025 年 3 月現在）と SSO 認証連携を行っており、更なる連携システムの拡大が見込まれている。加えて、教育用計算機システム（情報教育、語学教育）、キャンパスネットワーク無線 LAN サービス、グループウェア用認証サーバ等に対して、個人 ID/パスワードによる認証連携を行うとともに、認証機能の強化を目的として実施したワンタイムパスワードによる多要素認証機能の運用も問題なく遂行中である。今後は、OUID 連携を見据えた新たな OUDX に応じた認証機能を検討していく予定である。

3.4 学術認証フェデレーションとの認証連携

学術 e リソースの利用・提供を行う機関が定めた規程を信頼しあうことで、相互に認証連携を実現する学術認証フェデレーション（通称 : 学認） を 2010 年より開始し、2014 年 1 月からは国立情報学研究所(NII)の事業として本格運営が開始された。大阪大学では 2011 年より、学認に参加し、学認サービスとの認証連携サービスを展開している。2025 年 3 月現在、学認参加機関が提供している 67 の SP（サービス）との認証連携を行い、学内で利用している個人 ID、パスワードによるユーザ認証で様々なサービス利用を可能としている。

3.5 UPKI 電子証明書発行サービス

国立情報学研究所(NII)が 2015 年 1 月より開始した「UPKI 電子証明書発行サービス」に参加し、学内システムに対してサーバ証明書を発行することでセキュリティを担保し、全学でかかる証明書の費用削減に努めている。2025 年 3 月現在、サーバ証明書有効利用数は 414 となっている。また、2017 年 5 月より 3 部局を対象にクライアント証明書発行サービスを試行的に開始し、有効利用数は 23 となっている。

3.6 キャンパスクラウドの設計・構築と運用

大阪大学キャンパスクラウドシステムは、学内に点在するメールサーバや Web サーバを共通基盤プラットフォームに集約化を行うために、合計 216 物理コア・3.4TB のメモリを持つ 9 台の仮想化ホストと、40.4TB の仮想化用ストレージ及び 37TB メールストレージにおいて、60 システムをホスティングしている（2025 年 3 月末時点）。キャンパスクラウド上の仮想化ホストを利用して構築されたキャンパスメールサービスは、87 組織、13,910 アカウントを提供している（2025 年 3 月末時点）。

3.7 事務・教務支援に係る各種システムの運用支援

ICHO（グループウェア）、勤務管理、KOAN（学務情報）等の各システムの運用支援を行い、安定したサービス提供に貢献した。ICHO では新たに名誉教授、招へい教員、招へい研究員、特別研究員（日本学術振興会）に対しメールアドレスを発行し、セキュリティ面強化による安心・安全な教育・研究体制の確保に寄与した。また、退職者への ICHO メール自動転送サービスを開始し、教育・研究活動や業務運営の継続性維持を支援している。一方、OUDX における新たなワークスタイル導入を目指し、軽量かつメモリを強化しテレワークでも十分な業務に励むことの可能なようにメモリを増強した約 1, 560 台の事務職員向けラップトップ PC を 2023 年 3 月末までに調達した。これらの PC にはテレワーク環境でのセキュリティ向上のため、EDR（通信内容等を常時監視するソフトウェア : Endpoint Detection and Response）を導入している。現在では、そのコスト的面などを勘案し、Windows Defender ベースでの運用と監視を実施している。

3.8 IT コア棟の建設と運用支援／省エネルギーの取組み

空調等の冷却効率を高めて環境負荷の軽減と運用コスト削減を狙いとして建設した IT コア棟を活用したハウジングサービスを推進している。また、PUE を意識した冷却設備の拡充や、故障発生時にも冷却能力を維持するための自動制御設定の導入を行い、より安定した IT コア棟の運用に努めている。また、冷却効率を上げていくために温度管理の徹底など省エネルギー化への取り組みを継続している（図 2)。

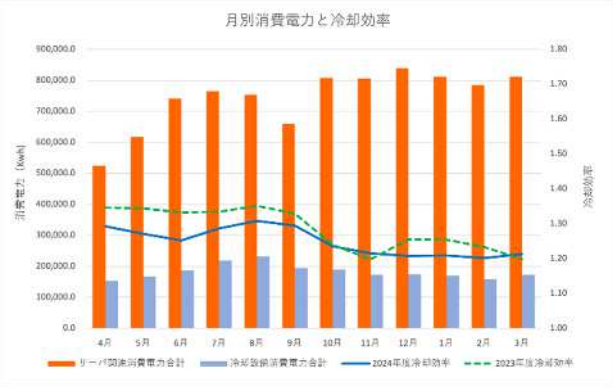


図 2　2024 年度月別サーバ・冷却設備の消費電力と冷却効率

3.9 日本シーサート協議会への加盟に関する連携

情報セキュリティに関して早期警戒すべき情報入手や意見交換を行う目的で、全学の情報セキュリティ支援を行う情報推進本部／情報セキュリティ本部と連携し、2018 年 12 月より日本シーサート協議会に加盟。日本シーサート協議会は JPCERT や内閣情報セキュリティ対策室と深く関連を持ち、多くの企業・学術的な組織が加盟し、有益な情報交換を活発に行っている。日本シーサート協議会は、2020 年度より組織が一般社団法人化され、大阪大学は学術会系の会員として参画し、2024 年度においても、他の企業・組織が行っているシーサートの取り組み等について情報交換を行った。

3.10 府内小中学生に対する大阪大学体験ツアー

地域貢献活動の一環として、大阪府交野市在住の小中学生に対し、交野市教育委員会と大阪大学サイバーメディアセンターの共同企画として、大阪大学体験ツアーを 3 回実施した。

2024 年 7 月 31 日実施分は、同市の小中学生 7 名に対し、岩居教授および大前准教授の進行のもと、「世界の言語について学ぶ体験授業」として、韓国語・ウクライナ語・モンゴル語・アラビア語・カンボジア語で、各国のあいさつであったり、自分の名前や出身地を自己紹介する表現を習得した。

2024 年 8 月 20 日実施分は、同市の小中学生 17 名に対し、情報推進部の担当技術職員（寺前専門職員）によるスーパーコンピュータ（SQUID）（以下「スパコン」）見学がスパコン関連クイズを交えて行われたのち、猪俣教授によるハンズオン「電気の力、音の力を見てみよう」ではテスラコイルを用いた実験を行い、「電波を探してみよう」では各参加者に配布した小型デバイスを用いて、ローカルに発生させた FM 波の発生源を探す、という課題に取り組んだ。

2024 年 8 月 22 日実施分は、附属図書館の協力も得て、同市の小中学生 22 名に対し、「総合図書館見学ツアー」を実施した。「貴重図書室の見学」では、本学が所有している貴重図書のうち、竹取物語と解体新書の古書の現物を間近で見学し、「自動書庫出庫体験」では、OPAC（蔵書検索）パソコンを用いて自動書庫棟から出庫の指示があった資料について、受け取りとコンテナ返却作業を行った。

なお、この小中学生に対する活動を継続発展させることを目的の一つに含めた連携協定を 2024 年 11 月 19 日に D3 センターと大阪府交野市の間で締結した。本連携協定の締結により、これまでの取り組みを組織として継続的に行うことはもとより、D3 センターと同市の間で教育研究活動等にかかる人的・知的交流をさらに促進し、豊かな地域社会の活性化に寄与することが期待される。（図 3）

図 3　連携協定締結の様子

4 2024 年度研究業績

4.1 FALCON を用いた量子耐性ブロックチェーンのトランザクションサイズ削減に関する検討（猪俣）

耐量子暗号（PQC）の暗号方式の導入が進められている背景において、PQC アルゴリズムの多くが耐量子性の確保のために公開鍵や署名サイズが大きい

ためトランザクションサイズが増加する。このため、リソース制約のある環境下での実用性が制限されるという問題があるが、本研究ではそれを解決するために FALCON とゼロ知識証明（ZKP）を組み合わせることで、トランザクションサイズを削減することを可能にする新しいアプローチを提案した[14]。

FALCON と提案手法の処理時間比較

操作	FALCON-512	提案手法
鍵生成	7.5356 ms	7.5356 ms
署名生成	0.25344 ms	-
署名検証	0.48065 ms	-
証明生成	-	203.15 sec
証明検証	-	16.49 sec
合計	0.0075356 sec	219.6475356 sec

Verification Circuit Algorithm

Require:
$h, c, m, r, s_1, s_2, \pi, q, n = 2^k, B_f, B_g, B_s, R_c, M,$
$Q_{\text{low}}, Q_{\text{high}}, R, M, \omega^r, \omega^{-r}, \text{GaussCDF}, 2^{-1}, q^{-1}, n^{-1}, \hat{B}$ in ROM
Ensure: Bool
$c'[0 \ldots n-1] \leftarrow 0$
for $i = 0$ to $n-1$ **do**
  for $k = 0$ to $L-1$ **do**
    $b \leftarrow \text{next_bit}(m||r)$
    $c'[i] \leftarrow c'[i] * 2 + b$
    if $c'[i] \geqslant q$ **then** $c'[i] \leftarrow c'[i] - q$
    end if
  end for
end for
for $r = 0$ to $R-1$ **do**
  for $i = 0$ to $n-1$ **do**
    $x2 \leftarrow c'[i] * c'[i]$; if $x2 \geqslant q$ $x2 \leftarrow x2 - q$
    $x4 \leftarrow x2 * x2$; if $x4 \geqslant q$ $x4 \leftarrow x4 - q$
    $x5 \leftarrow x4 * c'[i]$; if $x5 \geqslant q$ $x5 \leftarrow x5 - q$
    $c'[i] \leftarrow x5 + R_c[r, i]$; if $c'[i] \geqslant q$ $c'[i] \leftarrow c'[i] - q$
  end for
  $y \leftarrow M * c'$
  for $i = 0$ to $n-1$ **do**
    $c'[i] \leftarrow y[i]$; if $c'[i] \geqslant q$ $c'[i] \leftarrow c'[i] - q$
  end for
end for
for $i = 0$ to $n-1$ **do**
  if $c'[i] + c[i]$ **then**
    return False
  end if
end for
for a in (s_1, s_2) coeffs **do**
  Compare$(a, q/2)$
  $a_{\text{int}} = a$ or $(a - q)$
  if out out range **then return** False
  end if
end for
$hs2 = \text{PolyMul}(s_2, h)$
$lhs = s_1 + hs2$
if $lhs \geqslant q$ **then** $lhs \leftarrow q$
end if
if $lhs \neq c$ **then return** False
end if
resultVerify$(h, c, m, r, s_1, s_2, \pi)$

4.2 ODINS を需要変動や新たな技術課題に適応可能なキャンパスネットワークサービスとするための研究（大平）

大阪大学総合情報通信システム（Osaka Daigaku Information Network System: ODINS）は、大阪大学のキャンパスネットワークであり、2023 年 5 月現在で教職員 7,143 人、学生 23,123 人を抱える本学の教育研究活動を支えている。ODINS の運用においては、ネットワークインフラとしての性能維持向上のための環境整備だけではなく、ネットワークを安全に保つためのセキュリティ強化装置の運用や、学内各研究室等のサーバ管理者等を対象に、情報処理技術向上を目的とした講習会の開催も実施してきた。

しかしながら、授業のオンライン化に伴う無線 LAN 環境の不足、高度化・複雑化する情報セキュリティ対策、障害に対応するために取得したログの肥大化によるストレージ容量不足、在宅勤務等のキャンパス外での業務や学習といった生活環境の変化があり、教育研究活動に必要なリソースに対し既存構成では不十分な状況であった。加えて、社会情勢の変化や為替変動の影響による機器および人件費の高騰により、既存構成の踏襲すらできない可能性があった。

第 9 期 ODINS ではこれらの問題を解決するため、システム構成の見直しやリソースの効率化を試み、要望へ柔軟に対応するための基盤整備を実施した。結果、新サービスを含めた基盤整備を実現し、柔軟な要望に応えるシステムとしたが、大幅な環境変化に伴う不具合も発生し対応に苦慮する側面もあった。納期という時間の制約もあったことから、手戻りのリスクを最小限になるよう努め、問題解決を実施した。（図 4）

[1]では、ODINS の抱える課題および第 9 期 ODINS で行った対策の紹介、システム更新に伴う環境改善結果とさらなる課題を挙げ、今後の基盤整備方針について述べた。要望に応じ柔軟に対応するためには、随時システム環境の見直しや、投資箇所の見極め、サービスの棚卸が必要となる。体制整備と利用率の可視化を行うことで、潜在需要の可視化やより投資すべき箇所が明らかになると考える。この体制を強化することで予算確保のための根拠補強が期待できる。また、現在も継続してシステムを一括で導入しているサービスについても適宜見直しを図り、最終的にはネットワークスイッチやルータ等の、通信インフラとして必須のもののみを一括確保し、その他は需要に応じた動的なライセンス追加やリソース増強による柔軟な対応が行える環境としていきたい。

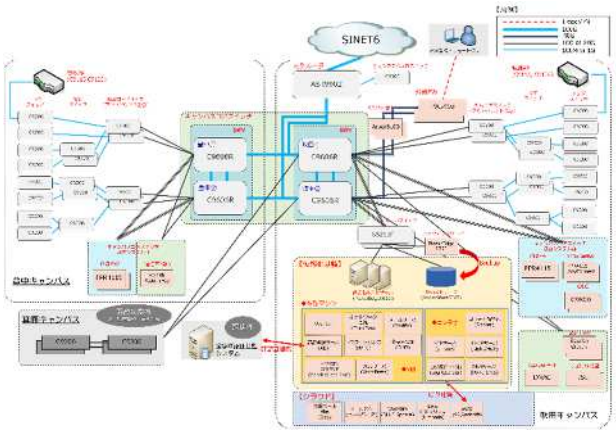


図 4　第 9 期 ODINS におけるネットワーク構成

4.3 OUID 顔認証システム・OU 人財データプラットフォームの開発（猪俣、鎗水、大平、廣森、松本）

2020 年より策定開始した OU マスタープランにおける学内インフラの強化、特に DX の加速事業の 1 つとして OU Identity (OUID)を提案し、2023 年度では OUID 顔認証システムおよび OU 人財データプラットフォームの開発を行った。

大阪大学では現在、全学 IT 認証システムを中心とした様々な大規模システムが稼働しているが、歴史的な経緯もあり認証が複雑になっており、完全なる統合ができていない所がある。学生証は統一されているものの職員証は統一されたものがなく、全学で統一された ID フォーマットも存在しない。このため、施錠管理やシステムへのアカウントについてもそれぞれ個別システムに依存した ID で運用としていることから、システム更改含めて容易ではない状況にある。

2023 年度は、本人証明・認証手段は多岐にわたるが、社会実装が進みつつある顔認証技術を活用し、全学認証基盤を刷新しユーザ利便性を高められないか検討を開始した。

まず、学内キャンパスの入退館に導入が可能か実証実験を行った。まずは、本学情報推進部事務室に 50 名の顔写真の特徴点データを登録した顔認証端末を設置し、半年間検証を行った。当初は顔特徴点設定が甘かったため、登録外メンバーの認証通過や屋外・日照による認証精度低下などの課題が発生したが、特徴点精度向上等の改善活動を行ったことにより、全学導入に十分な品質を担保することができた。

この結果、本学吹田本部棟を始め複数キャンパス 27 ヶ所に顔認証入館システムの導入を完了した。本システムは 2024 年度より運用開始し、全学統合認証インフラとして展開予定である。これらの取り組みは、国内初の大学全体の取り組みとして、本学と NEC 社との共同プレスリリースを通じ、多くのメディアに取り上げられることができた。（図 5）

図 5　OUID 試行システム概要図

4.4 高精度時刻同期のカバレッジ範囲拡大と精度維持の両立を目指す研究（大平）

Deterministic Networking (DetNet)は、1 マイクロ秒以内の時刻同期を必要とする広域ネットワークにおけるリアルタイムアプリケーション向けに設計されている。しかし、gPTP には、基準クロックとそのクライアント間のホップ数が増加すると精度が低下するという問題がある。この問題に対処するために、多数の Grandmaster Clock (GMC)を導入することが考えられるが、そのコストは高額である。これらの問題を解決するために、[3]で、Network Time Protocol (NTP)で定義された階層構造に基づき、HUYGENS によって同期されたノードが基準クロックとして機能する Tiered gPTP（図 6）を提案した。OMNet++に Tiered gPTP システムを実装し、その有効性を実証するためのシミュレーション分析を実施した。評価結果から、Tiered gPTP システムが、複数の GMC を導入するよりも低いコストで、1 マイクロ秒以内の時刻同期を実現することを確認した（図 7）。

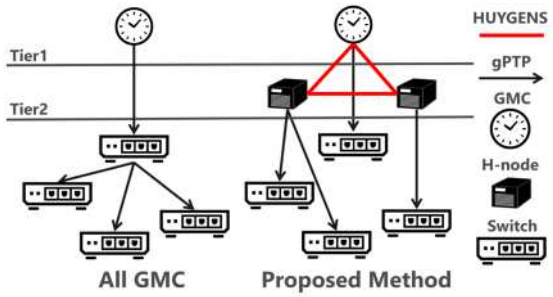


図 6　Tiered gPTP の構成概要

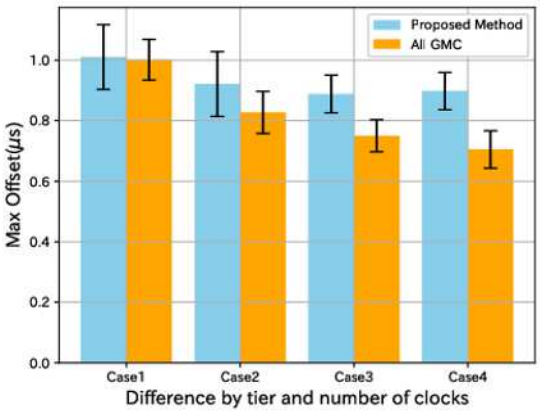


図 7　Tiered gPTP の時刻同期精度

5 社会貢献に関する業績

5.1 教育面における社会貢献

5.1.1　学外活動　（猪俣）

2023 年 4 月より継続的に厚生労働省による全国病院経営者向けセキュリティ研修講師を務めている。また、2024 年度においても近畿経済産業局及び関西情報センターによる関西サイバーセキュリティネットワークにおいて「サイバーセキュリティ・リレー講座」に講師として参画し、講義を行った。継続して大阪商工会議所サイバーセキュリティお助け隊アドバイザーとしてサイバーセキュリティソリューション地域別講座の実施、2025 大阪・関西万博サイバーセキュリティ委員として万博におけるセキュリティ支援を行い、2025 年 4 月 13 日より開催されている。2023 年に発生した NTT 西日本グループ会社における情報漏洩事案に対して内部調査委員会委員として支援に携わりその後、NTT 西日本コーポレートセキュリティ外部有識者として支援している。また、奈良県警察、大阪府警察のサイバーセキュリティアドバイザとして、県警トップ及び幹部向け、職員向け講演を行うとともに、学生教育としては情報科学研究科セキュリティ工学研究室において兼任教員として学生指導、工学研究科において「セキュリティマネジメント特論」、奈良先端科学技術大学院大学において 2024 年度前期「情報セキュリティ運用リテラシー」、京都女子大学において 2024年度前期に「情報セキュリティ」、慶應義塾大学において 2024 年度後期「情報セキュリティ技術特論」、東京薬科大学において 2024 年度前期「倫理学」、東京電機大学において 2024 年度集中講義「CySec セキュリティリスクとマネジメント」を担当した。また、情報通信研究機構 (NICT) が行う若手セキュリティ人材育成事業「SecHack365」の実行委員およびトレーナーとして参画し、全国より集まった 16 歳から 25 歳までの 4 人の指導に当たった。

5.2　学会活動

5.2.1　国内学会における活動

1. 大学 ICT 推進協議会(AXIES)理事（猪俣）
2. ライフデータイニシアティブ理事（猪俣）
3. 情報処理学会コンピュータセキュリティ研究会、運営委員　（猪俣）
4. 情報処理学会セキュリティ心理学とトラスト研究会、運営委員（猪俣）
5. 電子情報通信学会情報セキュリティ研究会、運営委員（猪俣）
6. 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会、幹事（大平）
7. 情報処理学会インターネットと運用技術研究会、運営委員（大平）

5.2.2　論文誌編集

1. 電子情報通信学会「暗号と情報セキュリティ小特集（英文論文誌 A）論文編集委員会、 編集委員　（猪俣）
2. 情報処理学会「デジタル社会の情報セキュリティとトラスト（和文論文誌）」特集号論文誌編集委員会、 編集委員（猪俣）
3. 電子情報通信学会英文論文誌 D 編集委員会、英文論文誌編集委員（大平）

4. 電子情報通信学会「将来のインターネットのアーキテクチャとプロトコル並びに応用技術賞特集（英文論文誌 D）編集委員会」、編集委員（大平）
5. 電子情報通信学会ソサイエティ論文誌編集委員会、 査読委員（大平）

5.2.3 国際会議への参画

該当なし

6 2024 年度研究発表論文一覧

6.1 論文誌発表論文

1. 原口 直大, 南 吉英, 藤本 祥人, 大平 健司, "需要変動や新たな技術課題に適応可能なキャンパスネットワークサービスの実現に向けたODINSでの取り組み", 学術情報処理研究, Vol. 28, No. 1, pp. 87–97, November 2024, doi: 10.24669/jacn.28.1_87.
2. 松本 哲, 原口 直大, 大平 健司, 廣森 聡仁, 鎗水 徹, 猪俣 敦夫, "デジタルトランスフォーメーションを支える新たな ID—ID 統合構想「OUID」推進の経過報告", 学術情報処理研究, Vol. 28, No. 1, pp. 16–22, November 2024, doi: 10.24669/jacn.28.1_16.

6.2 国際会議会議録

3. Yojiro Hirota, Kohei Taniguchi, Susumu Date and Kenji Ohira, "Tiered gPTP: A Simulative Study on Balancing Time-Sync Accuracy and Coverage with Time Source Replication", 2025 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), Pune, India, March 2025, pp. 1-6, doi: 10.1109/ESCI63694.2025.10988223.
4. Takumi Bushi, Toshiro Nakahira, Shoko Shinohara, Yusuke Asai, Kenji Ohira and Hideyuki Shimonishi, "Real Time Reconstruction of Radio Environment Maps in Indoor Millimeter-Wave Beamforming with Beam Changes", 2024 20th International Conference on Network and Service Management (CNSM), Prague, Czech Republic, October 2024, pp. 1-7, doi: 10.23919/CNSM62983.2024.10814612.

6.3 査読付き口頭発表

なし

6.4 査読なし口頭発表（国内研究会など）

5. 坂谷 遥平, 義久 智樹, 大平 健司, 下西 英之, "Wi-Fi アクセスポイント通信量を用いた教室使用状況リアルタイム予測 AI の提案と評価", 信学技報, vol. 124, no. 420, IN2024-107, pp. 172-177, March 2025.
6. 大平 健司, "大規模データサイエンスを支える情報セキュリティの取り組み", Cyber HPC Symposium 2025, March 2025.
7. 槌野 斗馬, 中平 俊朗, 篠原 笑子, 淺井 裕介, 大平 健司, 下西 英之, "ガウス過程回帰モデルにより学習したトランスフォーマーによるリアルタイムな確率的電波マップの構築", 信学技報, vol. 124, no. 420, IN2024-92, pp. 73-78, March 2025.
8. 大平 健司, "大阪大学におけるローカル 5G 環境への IPv6 導入", 広島地域 IPv6 推進委員会 IPv6 セミナー2025 Winter, February 2025.
9. 大平 健司, "マルチスライス同時使用を模擬した伝送遅延測定と経路制御のデモ", スマート IoT 推進フォーラム技術戦略検討部会 テストベッド分科会 B5G ネットワークタスクフォース「B5G モバイルテストベッド実証イベント」, January 2025.
10. 武士 拓実, 中平 俊朗, 篠原 笑子, 淺井 裕介, 大平 健司, 下西 英之, "屋内ミリ波動的ビームフォーミング制御に向けたリアルタイム再構築可能な確率的電波マップの利用によるロボット制御の評価", 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, November 2024.
11. 大平 健司, "大阪大学におけるローカル 5G の実証実験から見えてきた課題", サイエンティフィック・システム研究会 システム技術分科会 2024 年度会合, October 2024.

12. 廣田 洋志郎, 谷口 昂平, 大平 健司, "ホップ数の仮想的削減により PTP 時刻同期を高精度化する手法の検討", マルチメディア，分散，協調とモバイルシンポジウム 2024 論文集, vol. 2024, pp. 1318‐1324, June 2024.
13. 新井美音, 矢内直人, 猪俣敦夫, 花岡悟一郎, “セキュリティ教育用ビデオゲームに向けた大規模言語モデルを活用した分析手法”, 暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2025), 3F4-3, 2025.
14. 中西陽路, 橋本俊輔, 中山崇嗣, 井上博之, 猪俣敦夫, “FALCON を用いた量子耐性ブロックチェーンのトランザクションサイズ削減に関する検討，暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2025), 4A2-F, 2025.
15. 宮澤昌子, 橋本俊輔,中山崇嗣,井上博之, 猪俣敦夫,”未知の攻撃に対する MQTT ブローカーの２段階分類侵入モデル”, 電子情報通信学会 IA 研究会予稿集, IA2024-85, pp.118-123, 2025.
16. 木村悠生, 石川流聖, 穐山空道, 猪俣敦夫, 上原哲太郎, “同一運用元による Onion サイトの類型化と運用モチベーションの推定”, 情報処理学会 IOT 研究会予稿集, IOT8-3, 2025.

トランスコネクトデータビリティ部門

Transconnect Datability Research Division

1 部門スタッフ

教授　櫻井　保志

略歴 : 1987 年 3 月　同志社大学工学部電気工学科卒業、1996 年 3 月　奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了、1999 年 9 月　奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了

准教授　松原　靖子

略歴 : 2007 年 3 月　お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業、2009 年 3 月　お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科理学専攻博士前期課程修了、2012 年 3 月　京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士後期課程修了

助教　川畑　光希

略歴 : 2016 年 3 月　熊本大学工学部情報電気電子工学科卒業、2018 年 3 月　熊本大学大学院自然科学研究科情報電気電子工学専攻博士前期課程修了、2021 年 3 月　大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻博士後期課程修了

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

基礎研究によって世界トップレベルの研究成果を創出するとともに、産学連携によって現場から学び、新しい研究課題を創造し、挑戦できるような機会を若手研究者および大学院生に提供している。基礎研究に関しては、KDD、WebConf（WWW）などデータマイニング分野や Web などの難関トップ国際会議に若手研究者および大学院生らの論文が採択され、またカーネギーメロン大学やイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校など、海外大学とも共同研究を実施しており、国際的な連携を通じた研究人材の育成を行っている。また、産学連携に関しては、設備管理、半導体、モビリティ、電力インフラ、制御機器、建設機械、電子デバイス、医療・ヘルスケアなど様々な分野で有力企業 10 社以上と継続的に共同研究を実施し、実用化や事業導入につながっており、産学連携によって若手研究者には開発現場の情報を聞き、現場から学ぶ貴重な場を提供している。このように、基礎研究と産学連携によって、社会インパクトのある研究開発を自律的に推進できる、社会の技術革新をリードする若手研究者を育成する。また、産学連携の一環として、企業から社会人ドクターを受け入れ、企業の若手研究者の育成にも取り組む。

2.2 研究の概要

深層学習等の既存技術とは一線を画した新たな技術的挑戦によって、時系列ビッグデータのためのリアルタイム非線形解析技術、およびその技術を発展させた自律型エッジ学習機構を世界に先駆けて開発した。本研究成果は高速、高精度、低消費電力、省メモリ化を実現し、最新の深層学習による予測手法と比較し約 100,000 倍の高速化、約 10 倍の高精度化（予測誤差 88%減）を達成し、世界最速・最高精度の性能を示す。またリアルタイム AI 技術を発展させ、組み込み機器や小型デバイス等のエッジ端末向け AI 技術を確立した。Raspberry Pi に超小型モデル学習・解析システムとして実装し、世界で初めて超小型端末向け自律型エッジ学習機構の開発に成功した。

3 教育・研究等に係る全学支援

本部門では、大阪大学内の様々な部局との共創融合研究に取り組んでおり、特に医学系研究科と幅広く連携し、次のような医療AIに関する研究を実施した。

- てんかん発作のリアルタイム監視・予測（脳神経外科）
- 人工心臓モニタリングデータからの早期異常発見（心臓血管外科）
- 歯科治療・診断技術の「見える化」を実現する AI 治療支援（歯学部附属病院）
- 腫瘍マーカー情報を用いた膵臓癌再発予測（消化器外科）

共同研究を実施するとともに、AI 技術に関して医学系の若手研究者や大学院生の教育面での支援を行った。さらに、以下の全学的なプロジェクト事業に参画し、研究、および事業推進の AI 分野からの支援や技術開発に取り組んだ。

- 文部科学省 先端研究基盤共用促進事業・コアファシリティ構築支援プログラム
- JST COI-NEXT フォトニクス生命工学研究開発拠点
- JST COI-NEXT 住民と育む未来型知的インフラ創造拠点
- 文部科学省 AI 等の活用を推進する研究データエコシステム構築事業
- 文部科学省 委託事業マテリアル先端リサーチインフラ設備（ARIM）供用拠点

4 2024 年度研究業績

2024 年度の主な研究成果について概要を以下に示す。

- **潜在ネットワークに基づく時系列テンソルの特徴自動抽出手法@WWW2024**

  時系列データの部分シーケンスクラスタリングは、データ傾向を把握するため、もしくはパターン検出を行う際など、データ解析においてよく用いられるタスクであるが、データについての事前知識を得ることは通常ないため、出力結果であるクラスタの内容を理解、解釈できることが望ましい。本研究では、時間を含む複数のモードから構成される時系列テンソルから、モードごとの変数間の依存関係を表現するネットワークに基づいた解釈性の高いサブシーケンスクラスタリングを高精度かつ高速に行う手法を開発した。最小記述長と分割統治法に従ったクラスタリングを行うことにより、パラメータチューニングを必要としない一意なクラスタリング結果が得られる。本技術により、時系列テンソルの多角的な解析ができ、また出力結果についてはネットワーク表現による分かりやすいクラスタの内容説明が可能である。

- **多次元時系列データのネットワークを基にした欠損値補間手法@KDD2024**

  本論文では、多次元時系列データのための欠損値補間手法を提案した。本手法は、欠損値を含む多次元時系列データが与えられたときに、その時系列データの中から重要な特徴量間の関係（ネットワーク）とその変化点（レジーム）を推定し、それらの情報を利用した欠損値補間を行う。具体的に、提案手法は、(a) 多次元時系列データの時間依存性とネットワークの推定、そしてレジームを検出し、(b) それらをもとに欠損値補間を行う。そして、(c) ネットワーク推定と欠損値補間を繰り返すことで高精度な補間を実現する。実データを用いた精度評価実験では、提案手法が最新の既存手法と比較して大幅な精度向上を達成していることを明らかにした。更に、本手法がネットワークを持つ解釈性の高いレジームを発見していることを確認した。

- **多次元の周波数特徴自動検出による時系列予測手法@KDD2024**

  本論文は、Transformer を用いた時系列予測において、低周波成分が優勢になり中高周波成分が十分に捉えられないという周波数偏向問題に着目した。従来のモデルは、低周波のエネルギーが大きいために、短期的な変動を示す中高周波の情報が軽視される傾向にあった。そこで本研究では、フーリエ変換などの

周波数解析手法を用いて、各周波数成分の学習誤差を定量化し、偏向の原因が各成分の振幅の不均衡に起因することを明らかにした。また、入力時系列を複数の局所周波数帯に分割し、各帯内で正規化を行うことで、Transformer が各周波数成分に均等に注目できるように工夫した。さらに、チャネル毎に Attention 機構を採用することで、各局所帯の特徴を個別に学習させるとともに、Nyström 近似を導入して計算負荷を低減した。これにより、Transformer の周波数学習に内在する偏向機構を体系的に定式化するとともに、高精度な予測と効率的な計算を両立させる新たな手法を開発した。

- **自己教師あり学習に基づく 1 次元脳波解析技術の開発@ICDM2024**

本研究では、シングルチャネル脳波データから、複数チャネルに対して頑健であり、発作予測など様々なタスクにスケーラブルな表現学習を行うことを目的とする。シングルチャネル脳波において、時間・周波数表現を効果的に学習するための構造的に分割可能な自己教師あり学習フレームワークを提案する。本手法は脳波信号を時間領域および周波数領域の二つの表現に分割し、これらが一貫した情報を持つべく深層クラスタリングを活用して自己教師あり学習を行う。このとき、提案するクラスタリング損失を導入することで、両領域の表現が同一入力に対して整合したクラスタ割り当てを持つよう学習する。より具体的には、事前学習からファインチューニングまで分割可能なアーキテクチャを持ち、以下のような特長を持つ。(a) シングルチャンネルの脳波のみから表現を学習するが、マルチチャンネルの比較手法を上回る性能を示す。(b) 性能のばらつきが少なく、異なるチャンネル間で適応する能力を示す。独自に収集した頭蓋内脳波データセットでも優れた性能を達成した。(c) 部分的なモデルのレイヤーのみの 1 エポックのファインチューニングで様々なタスクに拡張可能である。

- **時系列データストリームのための自己進化型学習アルゴリズム**

時間とともに変化するデータストリームに対して、効率的かつスケーラブルにモデリングと予測を行う技術を開発した。技術の特徴として、(a) 適応性：最新の時系列パターンを常に監視し、急激な変化を検出してモデルを更新、リアルタイムかつ長期的な予測が可能、(b) 任意タイミングでの処理：大量のデータストリームに対しても一定時間内でモデルの更新と予測を実行、(c) 軽量計算：高性能 GPU などを必要とせず、軽量端末やエッジデバイスでも動作する点である。非定常なデータの時系列パターンが常に変化する状況でも、柔軟で即応的なモデル推定と要約を可能にする。実際に Raspberry Pi に超小型モデル学習・解析システムとして実装し、世界で初めて超小型端末向け自律型エッジ学習機構の開発に成功した。

関連発表論文等

(1)(2)(3)(4)

5 社会貢献に関する業績

産業貢献として、設備管理、半導体、モビリティ、電力インフラ、制御機器、建設機械、電子デバイス、医療・ヘルスケアなど様々な分野で有力企業 10 社以上と継続的に共同研究を実施し、実用化や事業導入につながっている。

また、日本学術振興会 学術システム研究センター主任研究員として、日本学術振興会の業務に従事し、情報学専門調査班の統括、科学研究費助成事業に関する運営、制度に対する提言などを行った。

その他、三菱電機株式会社 情報技術総合研究所技術アドバイザーを務めるとともに、各種招待講演

やチュートリアル講演を行った（ナノテクノロジービジネス推進協議会 NBCI、文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ ARIM における技術交流会での招待講演（2025 年 1 月 16 日）、データベース分野の国際会議 DASFAA2024 でのチュートリアル講演（2024 年 6 月 3 日）など）。

6 2024 年度研究発表論文一覧

主な発表論文

(1) Kohei Obata, Koki Kawabata, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai , Dynamic Multi-Network Mining of Tensor Time Series, The 2024 ACM Web Conference (WWW2024), pp. 4117–4127, Singapore, May 13-17, 2024. Oral presentation, Acceptance Rate: 192/2008, 9.6%

(2) Kohei Obata, Koki Kawabata, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai, Mining of Switching Sparse Networks for Missing Value Imputation in Multivariate Time Series, ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD2024), pp. 2296-2306, Barcelona, Spain, August 25-29, 2024. Acceptance Rate: 411/2046, 20.1%

(3) Xihao Piao, Zheng Chen, Taichi Murayama, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai, Fredformer: Frequency Debiased Transformer for Time Series Forecasting, ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD2024), pp. 2400-2410, Barcelona, Spain, August 25-29, 2024. Acceptance Rate: 411/2046, 20.1%

(4) Rikuto Kotoge, Zheng Chen, Tasuku Kimura, Yasuko Matsubara, Takufumi Yanagisawa, Haruhiko Kishima, and Yasushi Sakurai, SplitSEE: A Splittable Self-supervised Framework for Single-channel EEG Representation Learning, IEEE International Conference on Data Mining (ICDM2024), pp. 741-746, Abu Dhabi, UAE, December 9-12, 2024. Acceptance Rate: 118/604, 19.5%

(5) Jinli Zhang, Hongwei Ren, Zongli Jiang, Zheng Chen†, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai, Strategic Multi-Omics Data Integration via Multi-Level Feature Contrasting and Matching, IEEE Transactions on NanoBioscience, Volume: 23, Issue: 4, September 10, 2024.

(6) 田村優香，松原靖子，木村輔，関谷毅，町村栄聡，遠藤誠之，木村正，櫻井保志，子宮収縮圧データに対する分娩ステージ推定，電子情報通信学会論文誌 D, Volume J108-D, 2025 年 5 月 1 日.

(7) Pei Gao, Zheng Chen, Xin Liu, Peng Chen, Yasuko Matsubara, Yasushi Sakurai, Antimicrobial resistance recommendations via electronic health records with graph representation and patient population modeling, Computer Methods and Programs in Biomedicine (ELSEVIER), Volume 261, Article 108616, pp. 1-10, February 5, 2025.

7 その他

主な受賞

- 櫻井 保志，松原 靖子 : 令和 6 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞（研究部門）」，文部科学省，2024 年 4 月 17 日.
- 千原直己：第 16 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム（DEIM2024）優秀論文賞，電子情報通信学会，2024 年 6 月 22 日.
- 千原直己： 2024 年度 情報処理学会 山下記念研究賞，情報処理学会，2025 年 3 月 14 日.

高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所

Joint Research Laboratory for Integrated Infrastructure of High Performance Computing and Data Analysis

1 研究所スタッフ

招へい教員（招へい教授）　中村　祐一

略歴：1986 年 3 月 東京工業大学工学部情報工学科卒業。1988 年 3 月 東京工業大学理工学研究科電気電子工学専攻修了。2007 年 3 月 早稲田大学大学院情報生産システム研究科修了。1988 年 4 月 NEC 入社、同システムプラットフォーム研究所長、同中央研究所理事を歴任し、現在は同主席技術主幹、第 63 回電気科学技術奨励賞（オーム技術賞）受賞。IEEE CTSoc Quantum for Consumer Technologies Vice Chair.早稲田大学 客員教授、グリーンコンピュータセンター上級客員研究員、東京大学ナノエレクトロニクス研究機構 客員教授、内閣府量子イノベーション戦略有識者委員、九州大学客員教授。博士（工学）。

招へい教員（招へい准教授）　細見　岳生

略歴：1994 年 3 月　京都大学工学研究科情報工学専攻 修士課程修了。2022 年 3 月 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻 博士後期課程修了。1994 年 4 月 NEC 入社、現在はデジタルテクノロジー開発研究所 主幹研究員。博士（情報科学）。

特任准教授（常勤）　曽我　隆

略歴：2021 年 3 月　東北大学大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻 博士課程後期修了。2023 年 11 月より大阪大学サイバーメディアセンター高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 特任准教授（常勤）、2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 特任准教授（常勤）、現在に至る。博士（情報科学）。

特任研究員（常勤）　田主　英之

略歴：2011 年 1 月ストックホルム大学コンピュータ・システムサイエンス学部　修士課程修了。2022 年 5 月より大阪大学サイバーメディアセンター高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 特任研究員（常勤）、2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 特任研究員（常勤）、現在に至る。

研究員　並木　悠太

略歴：2008 年 3 月 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻 修士課程修了。2008 年 4 月 NEC 入社、現在は同データ利活用基盤統括部プロフェッショナル。

研究員　川本　伸悟

略歴：1999 年 3 月 広島大学大学院工学部第一類　修士課程修了。1999 年 4 月神戸 NES（現 NEC ソリューションイノベータ）入社、2019 年 4 月 NEC へ出向、現在は同コンピュート統括部プロフェッショナル。

研究員　花田　大

略歴：2011 年 3 月 室蘭工業大学大学院工学研究科情報電子工学系専攻　修士課程修了。2011 年 4 月北海道 NES（現 NEC ソリューションイノベータ）入社、2024 年 7 月 NEC へ出向、現在は同データ基盤サービス統括部主任。

事務補佐員

宮崎　まゆみ

兼任教員

先進高性能計算基盤システム研究部門

教授　伊達　進

コアファシリティ機構　教授　古谷　浩志
招へい教員（招へい教授）　山下　晃弘
招へい教員（招へい教授）　Lee Chonho

2 教育・研究概要

2.1 教育の概要

先進高性能計算基盤システム研究部門との連携により、大阪大学工学部および大学院情報科学研究科の学生指導を行った。

2.2 研究の概要

本部門は、2021 年 5 月に NEC（日本電気株式会社）との協働研究所として設立され、大量かつ多様なデータを活用した高性能計算ニーズを支える次世代高性能計算・データ基盤の実現を目指した取り組みを行っている。

以下に本年度に取り組んだ 3 つの研究概要を記す。

2.2.1 次世代プロセッサ技術に対する高速化手法に関する研究

近年の学術研究は、大容量かつ大規模なデータに対する高性能な計算処理をますます必要としている。大阪大学 D3 センターの SQUID (Supercomputer for Quest to Unsolved Interdisciplinary Datascience) のような大規模計算機システムは、そのような計算ニーズに応える高性能な計算機システムとして、汎用プロセッサに加えて、GPU やベクトルプロセッサ等のアクセラレータの導入が進んでいる。

近年の高性能計算機システムは数十基のコアを内包するプロセッサとメモリ、アクセラレータ等で構成された計算ノードを専用の高速ネットワークで接続してシステム全体の高い演算性能を実現している。このようなシステムではプロセッサやアクセラレータの性能を十分に引き出す最適化技術が重要であり、特に計算機システムの専門家ではないユーザが簡単に高い演算性能を享受可能にするツールやコンパイラの自動最適化技術が求められる。

また計算ノード間のデータ交換に要する通信時間を削減する並列化技術も重要である。計算ノード間のデータ交換には MPI（Message Passing Interface）ライブラリが用いられる。大規模シミュレーション実行時における通信時間が占める割合の高さが問題であることから、通信時間を削減（隠蔽）する手法の研究開発がシミュレーションに要する時間の短縮に必要である。

本研究では、ユーザが高性能計算機システムを用いるシミュレーション時間の短縮を図るため、以下の二つの取り組みを実施している。

（１）分散メモリ並列化において、スレッド操作を用いる通信時間の隠蔽手法の研究開発。

（２）高性能化に課題を抱えているユーザのコードを対象に高速化を実施。

2.2.2 計算機センターの運用を最適化する運用基盤技術に関する研究

近年の大阪大学 D3 センター等の計算機センターの運用の効率化は重要な課題である。計算機センターの利用はますます増加する一方、投入されたジョブの待ち時間が増加するなど利便性の低下などが発生している。さらに、昨今は電力ひっ迫や電力コスト抑制の観点での運用最適化や、他の計算機センターやクラウドとの連携による運用最適化など、システムの最適化のための評価指標が変化し、またシステムの複雑さが増している。こういった運用やシステム自体の変化に対しても、柔軟かつ迅速に対応し、効率的な運用を実現することが求められている。

現状の計算機センターのシステムの運用において、システムの状況を管理者に知らせるダッシュボードや、システムの運用を変更可能なパラメータは多数存在する。しかし、ある運用目標に沿った最適なパラメータ設定については、未だ管理者の知見に頼ったものとなっている。そのため、複雑化し変化するシステムの運用は困難を極め、効率的な運用が実現できていない。

一方、昨今の AI 技術の進展は様々な領域においてデータを活用した最適化や自動化などを可能としている。計算機センターの運用においても，システムを構成する機器が生成するログや投入されたジョブの情報など、大量かつ様々なデータが生成され続けている。これらのデータを活用して、システムの

運用最適化の自動化への期待が高まっている。

本研究では、計算機センターの複雑化かつ変化するシステムにも柔軟かつ迅速に対応し、効率的な運用を実現することを目的として、計算機センターの運用において生成されるデータを活用して問題解決を実現するフレームワークの構築と、それによる問題解決の実証を行う。

2.2.3 研究データの活用を促進するデータの集約・管理技術

学術研究においてデータ駆動型の研究が広がり、研究データの重要性は増している。同時に、学術研究のグローバル化や組織を跨った共同研究が進展している。そのため、地理的に離れた複数の研究者が互いにデータを共有・管理し、多種多様かつ大規模・大容量なデータを容易に扱い、学術研究を遂行することができるデータ集約・管理技術の必要性が高まっている。また、研究不正の防止や研究成果の信頼性向上の観点から、学術研究の再現性の重要性が増しており、様々な学会において論文採択の 1 つの指標として再現性を挙げるものが増えている。

国内外の大学や研究機関において、公正な研究活動の推進に向けて、研究活動に伴い作成・取得した研究データの保存期間および管理方法等についての基準を定めたガイドラインの策定が進められている。本学では 2023 年 3 月 23 日に「大阪大学研究データポリシー」を策定し、オープンサイエンスの推進に積極的に取り組んでいる。

本学におけるオープンサイエンス推進の取り組みを受け、本センターではデータ集約基盤 ONION (Osaka university Next-generation Infrastructure for Open research and open InnovatioN) を試験的に導入し、学内のデータを集約し共有を促進するシステムを構築している。しかし、集積された研究データの公開や利活用を促し、再現性を高める仕組みは不十分な状況である。

本研究ではこれらの課題・問題を解決するための研究開発を推進する。

（1）計算機センターにおいて生成される研究データの再現性を高める、来歴管理システム。

（2）研究データの公開や利活用促進に寄与する研究データ管理技術。

3 教育・研究等に係る全学支援

3.1 教育に係る全学支援

特記なし

3.2 研究に係る全学支援

特記なし

4 2024 年度研究業績

4.1.1 次世代プロセッサ技術に対する高速化手法に関する研究

本年度は、2.2.1 節に述べた研究目標に対して、スレッド操作を用いる通信の隠蔽手法とユーザコードの高速化の研究を実施した。

4.1.2 スレッド操作を用いる通信の隠蔽手法

MPI 並列化プログラムの演算処理と通信処理のオーバーラップは MPI の非同期通信を用いて実装する手法が一般的である。

$$a(i,j) = a(i,j)*b(i,j) + a(i,j-1)*c(i,j) + \cdots \quad \text{式（1）}$$

式（1）のように右辺の配列 a を参照する二次元目のアドレスに j-1 があるため、配列 a の二次元目（j のアドレス）を分割する MPI 並列化の場合、隣接するプロセス（ランク）が担当する配列 a の値（境界要素）が必要になる。図 1 に隣接間のデータ交換の例を示す。ランク n は隣接するランク n-1 から境界要素を MPI 通信で受信し、自ランクが担当する境界要素を反対側に隣接するランク n+1 へ MPI 通信で送信する。この隣接間の通信は主に MPI の 1 対 1 通信を用いて行われる。

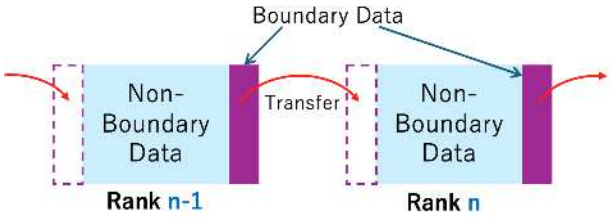


図 1　隣接間のデータ交換

図 2 に MPI の同期通信である MPI_Send と MPI_Recv を用いてデータを送受信する例の処理フローを示す。すべての領域の演算処理の終了後に通信処理を実行するため、演算処理と通信処理は逐次的に実行する。

図 2 同期通信の例

図 3 に MPI の非同期通信である MPI_Isend と MPI_Irecv、通信の完了を待ち合わせる MPI_Wait を用いてデータを送受信する例の処理フローを示す。最初に通信処理に必要な境界要素部分の演算処理を行う。次に MPI_Isend と MPI_Irecv を用いて通信処理を開始する。通信処理の後に境界要素以外の部分の演算処理を実行し，演算処理終了後に通信処理の完了を待ち合わせる MPI_Wait を実行する。このフローでは，境界要素以外の演算処理と通信処理を並行して実行するため、通信処理の時間を演算処理の時間で隠蔽することが可能になる。この MPI の非同期通信を用いる手法を「非同期通信オーバーラップ手法」と呼ぶ。この非同期通信オーバーラップ手法は MPI の実装に依存しており、オーバーラップに対応していないものや、制約（連続する領域の通信等）を設けているものがある。またオーバーラップ可能な MPI の実装でも通信時間の一部しか隠蔽できない問題が存在する。

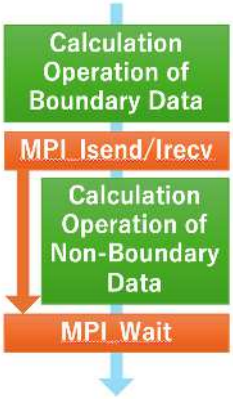


図 3 非同期通信オーバーラップ手法の例

図 4 に高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所で作成した隣接間通信のオーバーラップを評価するベンチマークプログラムの結果を示す。ベンチマークプログラムは，2 兆個の倍精度実数演算を行う行列積ループを実行する間に、片方向 8GByte のデータを交換する通信におけるオーバーラップ効果を検証するものである。測定は SQUID の汎用 CPU ノード群の 2 ノードを使用し、ノード毎に 2MPI プロセス、プロセス毎に 38 スレッドで実行している。Non-Overlap が同期通信を用いるオーバーラップしない場合の時間で、演算時間と通信時間に分けて測定している。MPI-Overlap が非同期通信オーバーラップ手法の結果で、演算処理と通信処理の合計時間を測定している。この結果が示すように通信時間の一部しか隠蔽できておらず、オーバーラップの効果が限定的であることが分かる。

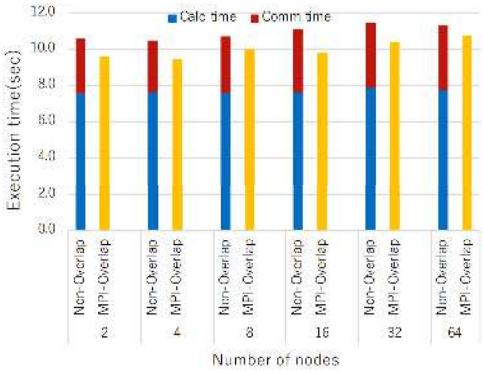


図 4 隣接間通信のオーバーラップ評価

非同期通信オーバーラップ手法に対して，MPI による分散メモリ並列化と OpenMP によるスレッド並列化を併用するハイブリッド並列化モデルを対象とした演算処理と通信処理のオーバーラップを行うスレッド操作を用いるオーバーラップ（スレッドオーバーラップ）手法が提案されている。先行研究では OpenMP の動的スケジューリングを用いて、演算処理と通信処理を制御する手法を提案している。

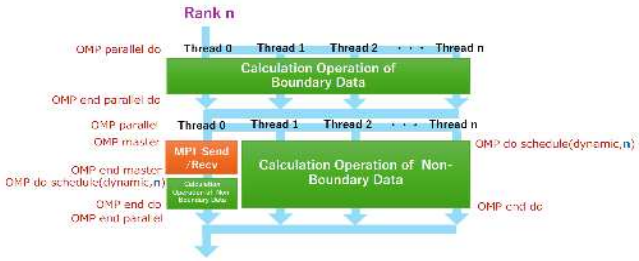


図 5 動的スレッドオーバーラップのフロー図

図 5 に OpenMP の動的スケジュールを利用するスレッドオーバーラップ手法のフロー図を示す。本フロー図はランク n 番のプロセスにおけるスレッド操作を表している。最初にすべてのスレッドを利用して境界要素領域の演算処理を実行する。次に OpenMP の parallel 指示文でスレッドを生成し、master 指示文を用いてマスタースレッドに通信処理を割り当てる。他のスレッドが同時に境界要素以外の領域の演算処理を実行するように do 指示文を指定する。この時、schedule 節 (dynamic,n) を指定して各スレッドに動的にループを割り当てる。n はチャンク数で各スレッドに割り当てるループ幅（ループの繰り返し数）を指定する。ループ毎の演算量に不均衡（インバランス）がある場合は、チャンク数を小さくすることでスレッドに演算量を出来るだけ均等に割り当てることが可能になるが、OpenMP によるオーバーヘッドが大きくなる。マスタースレッドは通信処理が終了すると境界要素以外の領域の演算に参加することが可能である。

本手法は OpenMP にスレッド操作を委ねているため比較的ユーザのコード修正を少なく実装できる利点があるが、OpenMP によるオーバーヘッドが発生する可能性がある。特にチャンク数 n を小さく取るとオーバーヘッドは大きくなる。最適なチャンク数を決定することがユーザ側の負担となる。

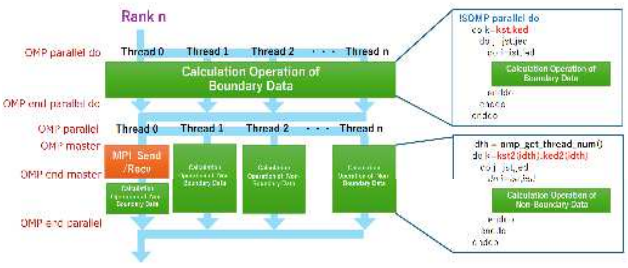


図 6 静的スレッドオーバーラップのフロー図

本研究では OpenMP の動的スケジュールを用いず、静的にスレッドへの処理の割り当てを行う静的スレッドオーバーラップ手法を提案する。図 6 に提案する静的スレッドオーバーラップ手法のフロー図を示す。本フロー図はランク n 番のプロセスにおけるスレッド操作を表している。動的スレッドオーバーラップ手法と同様、最初にすべてのスレッドを利用して境界要素領域の演算処理を実行する。次に OpenMP の parallel 指示文でスレッドを生成し、master 指示文を用いてマスタースレッドに通信処理を割り当てる。マスタースレッド以外のスレッドは境界要素以外の領域の演算処理を実行するが、各スレッドに割り当てる処理量（ループの始点と終点）は予め用意した配列から与える。図 6 のように OpenMP の関数 omp_get_thread_num で取得したスレッド番号を変数 idth に格納し、この idth をアドレスとして配列 kst2 からループ始点の値を、配列 ked2 からループの終点の値を参照する。通信時間が短い場合はスレッド 0 にも演算を割り当てることが可能である。本手法は OpenMP の動的スケジュールを用いないため、OpenMP によるオーバーヘッドの影響を受けない。各スレッドの処理量はユーザ側で決める必要があるが、本研究ではループの始点と終点を求める関数 divloop を用意している。本関数を使用することでユーザ側の負担は軽減される。

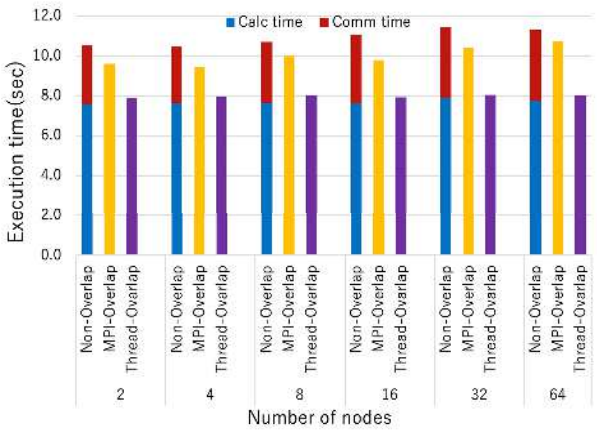


図 7 スレッドオーバーラップの評価

図 7 に図 4 で示した評価と同じ方法で提案する手動スレッドオーバーラップ手法の評価結果を示す。評価結果が示す通り、スレッドオーバーラップ手法

は通信時間の大部分を隠蔽することが可能である。

関連発表論文

(1)曽我隆,細見岳生,山下晃弘,伊達進,”ヤコビ法ループにおけるスレッドオーバーラップの評価”, 情報処理学会第 195 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究会, 2024-HPC-195(24) 1-7, 2024 年 8 月.

4.1.3 ユーザコードの高速化

本研究開発では、AlphaFold2 の高速化の取り組みを行った。AlphaFold2 は DeepMind 社によって開発された AI を利用してアミノ酸配列からタンパク質の立体構造や複合体構造を予測するプログラムである。SQUID を利用するユーザから大量のタンパク質の結合をシミュレーションする必要性から AlphaFold2 の処理時間の削減要求を受けた。

図 8 に AlphaFold2 の処理フローを示す。AlphaFold2 は SQUID の汎用 CPU ノード群上で実行する CPU パートと GPU ノード群上で実行する GPU パート部分に分けられる。今回は演算コストの高い GPU パートに着目した。

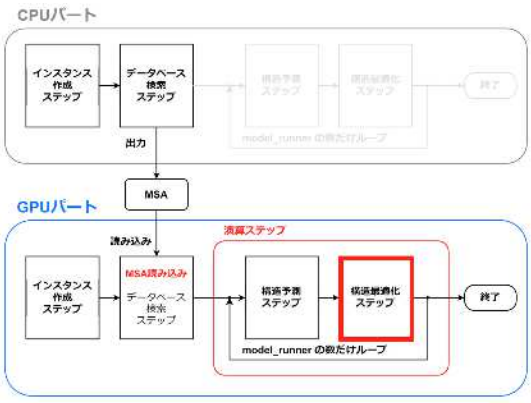


図 8 AlphaFold2 の処理フロー

GPU パートの主な処理は立体構造予測ステップと予測した構造を最適化する構造最適化ステップである。これのステップは 5 つの独立したモデルを対象とするが､プログラムは 1 枚の GPU を逐次的に用いて処理していた｡そこで本研究では 5 枚の GPU を利用して 5 つのモデルを並列に同時実行することで処理時間の削減を図った。

関連発表論文

(1)下内良太, 河口真一, 曽我隆, 山口健太, 川崎隆矢, 伊達進, “AlphaFold2 における構造最適化ステップの高速化”, xSig2024, 2024 年 8 月.

(2)曽我隆,寺前勇希,山口健太,川崎隆矢,伊達進, “AlpaFold2 最適化の取り組み”, AXIES 2024, 162-166, 2024 年 12 月.

(3)Shinichi Kawaguchi, Xin Xu, Takashi Soga, Kenta Yamaguchi, Ryuuya Kawasaki, Ryota Shimouchi, Susumu Date, Toshie Kai, “In silico screening by AlphaFold2 program revealed the potential binding partners of nuage-localizing proteins and piRNA-related proteins”, eLife 2025 年 4 月.
[DOI: 10.7554/elife.101967.3]

獲得外部資金

(1)曽我隆, R6 年度 CMC 未来創生経費,課題名「次期 SQUID に向けた HPC システム調査と性能評価」（研究代表者）

4.2 計算機センターの運用を最適化する運用基盤技術に関する研究

多種多様な計算ニーズをもつジョブを計算機システムで効率的に処理するためには、システムのリソースをジョブに割り当てるジョブスケジューラが重要な役割をもつ。計算機システムで用いられるバッチジョブシステムでは、ジョブがキューに投入された後、システムのリソースが割り当てられて実行される。多数のジョブが投入されると、システムのリソースが枯渇しジョブの待ち時間が悪化する問題がある。この問題に対して、負荷増大時にジョブをクラウドにオフロードすることで、待ち時間の悪化を防ぐクラウドバースティングという手法がある。一方で、クラウドを使用すると利用した分経済コストが発生するデメリットがあるため、クラウドバースティングを運用する上では、待ち時間の悪化の防止と経済コストのバランスが重要となる。このバランスを調整する手段としてクラウドノード数などパラメータを調整する手法があるが、これらのパラメータと待ち時間の悪化の防止効果との相関関係は投入されるジョブの傾向が変わると変化する。また、どのジョブをクラウドにオフロードするか、その選択

によっても待ち時間の悪化の防止と経済コストのバランスが変わるため、調整したい指標に影響するパラメータを間接的に操作する手法ではバランス調整が難しいという課題がある。

そこで、本研究では、前記課題を解決するために、調整したい指標を直接的に操作する手法を研究している。我々はこれまでに、クラウドバースティングにおけるクラウド利用の判断に深層強化学習を利用する方式を提案した。深層強化学習では定義された報酬（Reward）が高くなるよう学習して方策が最適化されていく。そのため、報酬の定義式を、調整したい指標である待ち時間の悪化の防止効果を評価する項およびクラウドコストを評価する項を用いて構成することにより、①直接的に調整したい指標を操作できること、②少ない経済コストで待ち時間をより多く削減できること、③待ち時間の悪化の防止とク経済コストのバランス調整が容易になることが期待できる。

本研究ではこれまでに、スケジューラとして幅広く用いられている Slurm のシミュレータである Slurm Sim へ強化学習を実装して評価を行い、①および②の効果を確認した。しかしながら③については期待した効果が得られなかった。

本年度は、③について調査を行い、その結果を踏まえて Reward の定義式の改善および評価を実施した。調査の結果、Reward の定義式において待ち時間の悪化の防止の評価方法に改善すべき点が見つかった。強化学習の Reward は状態もしくは行動の良し悪しを評価するのが良いとされており、これまでは、対象のジョブの待ち時間が小さいほど待ち時間の悪化が防止されていると評価して Reward が高くなるように設計していた。対象ジョブの待ち時間はジョブが投入されてから行動を選択するまでに経過した時間が含まれているが、この経過時間は行動の前に確定するため行動の良し悪しに関係しない。そのため、対象ジョブの待ち時間をそのまま評価に用いると、行動の良し悪しを正しく評価できていないことが分かった。

そこで、Reward の定義式における待ち時間の悪化の防止を評価する方法として、待ち時間の削減量を用いた。待ち時間の悪化の防止と経済コストのバランス調整が容易にできるかを評価するため、Reward における「待ち時間の悪化の防止の評価項」と「経済コストの評価項」の重みを変化させて評価した結果を

に示す。

図中の縦軸がジョブセットを走行した際の総待ち時間、横軸がクラウドを使用する経済コストを表している。m が待ち時間の悪化の防止効果の評価項の重み、1-m が経済コストの評価項の重みを示す。m が小さいほど経済コストを重視してより左側にプロットされ、m が大きいほど待ち時間の悪化の防止を優先するため図の右側にプロットされており、m によってバランス調整ができていることがわかる。また、図中の Slurm のデータは利用可能なクラウドノード数を変化させて計測した結果であるが、本システムの計測結果が Slurm よりも原点側にプロットされており、少ない経済コストで待ち時間をより多く削減できることが確認できた。

今後は、より運用を想定したジョブ投入シーケンスを用いた検証を進める。

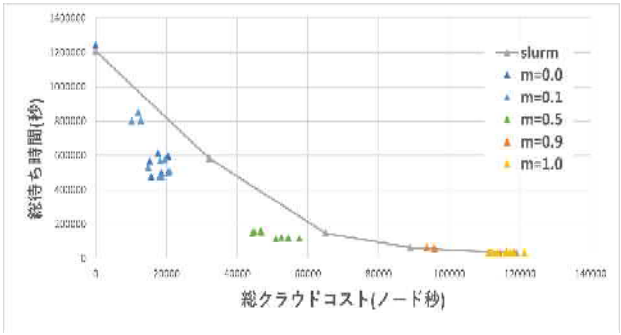


図 9 バランス調整の評価結果

関連発表論文

なし

4.3 研究データの活用を促進するデータの集約・管理技術

オープンサイエンスへの流れが加速する中で、研究データを流通させ、共有、公開、そして利活用することが、日常的に行われる時代へと向かっている。しかし、現実には日常的に行うための手法や基盤整

備が未だに不十分であり、その確立が学術界における吃緊の課題となっている。本研究所の研究データ管理（RDM）チームは、本センターが運用する計算・分析基盤、データ基盤を活用したオープンサイエンスを推進するための研究活動を行っている。

本年度は、2.2.3 節に述べた研究目標に対して、来歴管理システム、および研究データの利活用促進に寄与する研究データ管理技術の二つの研究開発を実施した。RDM チームにおける研究の位置付けを図 10 に示す。

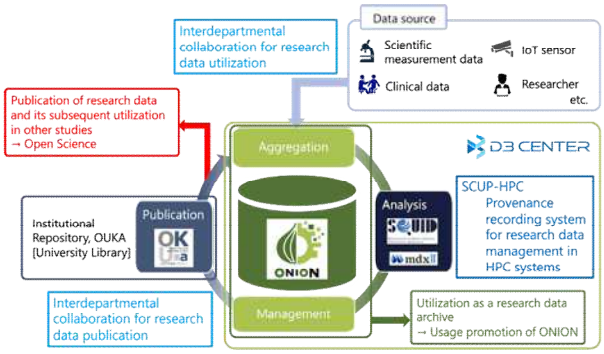


図 10 RDM チームの研究の位置付け

4.3.1 研究データの再現性を高める、来歴管理システムの研究開発

研究活動において、再現性への要求が高まっている。研究の再現を支援する情報のひとつに来歴がある。来歴はあるデータを得るための入力と処理の記録である。記録されたとおりに入力データを処理すれば、同じ結果データを再現できる。計算機システムにおいては、研究データはファイルであり、来歴は入力となったファイルとそれに対して実行するプログラムの情報で構成される。図 11 **エラー! 参照元が見つかりません。**に計算機システムで生み出された研究データの来歴の例を示す。この来歴は、「result.csv」という研究データ（ファイル）が「simulation」というプログラムに「db.dat」、「raw.dat」という 2 つのファイルを与えることで得られたことを表現している。さらに、「db.dat」は別のプログラム「convert」により処理されたものであることも示している。

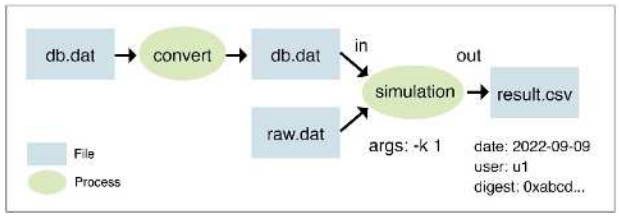


図 11 来歴の例

来歴を記録すること自体は研究活動の本質ではないため、来歴を記録することに対する利用者（研究者）の負担は小さいことが望ましい。具体的には自動的、透過的かつ低コストで必要な内容を含む来歴を記録する仕組みの実現が必要である。ここで自動的とは利用者の手作業を必要としないこと、透過的とは計算機システム利用者のプログラムやスクリプト、その実行手順に変更を要しないこと、低コストとは主にプログラムの実行時間や計算資源などの使用量への影響が小さいことを言う。

本研究ではこれらを満たす来歴記録システムの技術開発を進めている。我々はこれまでに、Linux カーネルから実行されるプログラムとその入出力ファイルの情報、および Slurm などのワークロードマネージャーからジョブに関する情報を採取し、そこから HPC システムにおけるデータの再現のための来歴を構築する基本的な手法を提案した。

本年度は提案手法に対し、実践的なアプリケーションを用いた評価を行った。評価には HPC システムにおいて用いられる AlphaFold、Quantum ESPRESSO などのアプリケーションと、機械学習で用いられる Python のフレームワークである Tensorflow、PyTorch を使用した。来歴構築のための情報採取がアプリケーションの実行時間やシステムの資源使用量に与える影響を計測した。評価結果は現在論文にまとめて投稿中である。

また、近年利用が進むコンテナを用いた実験に対しても、再現性を支援する来歴を構築するための研究に着手した。コンテナはプログラムの実行空間、ファイルシステムを隔離、分離するものであり、適切に来歴を構築するためにはコンテナの内外で発生した事象を区別する必要がある。これまでに、再現性を支援するという目的に対してコンテナ内で動作

するプログラムの来歴に記述されるべきものを次のとおり整理した（図 12）。

- a. あるプログラムがコンテナ内で実行されたことが分かる
- b. コンテナ内で実行されたプログラムとコンテナのイメージファイルが紐づく
- c. コンテナイメージファイルにその定義ファイルが紐づく
- d. コンテナ内のファイルのパスはコンテナ内から見えるものである
- e. ホストとコンテナが共有しているファイルは、ホストのパスとも紐づける

これらの要件の実現のための手法の開発に取り組み、まず a の実現のため、コンテナ内で動作するプログラムに対して、特定のコンテナ内で動作していることを判断する手法をまとめた。本手法は今後論文にまとめる予定である。

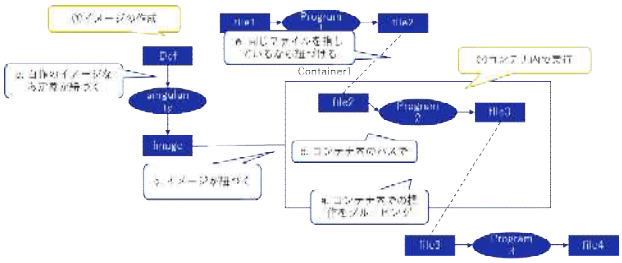


図 12 コンテナ内で実行されたプログラムに対する来歴のあるべき姿

これまでの成果について、国内研究会 xSIG でポスター発表（図 13）、国際展示会 SC24 の大阪大学 D3 センターが出展するブースにおいてポスター展示と解説（図 14）**エラー! 参照元が見つかりません。**を行った。また、大阪大学 D3 センター主催のシンポジウム Cyber HPC Symposium 2025 で講演（図 15）を行った。

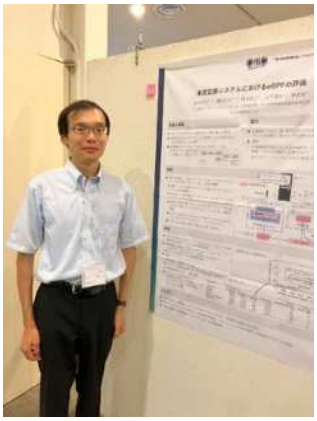


図 13 xSIG でのポスター発表

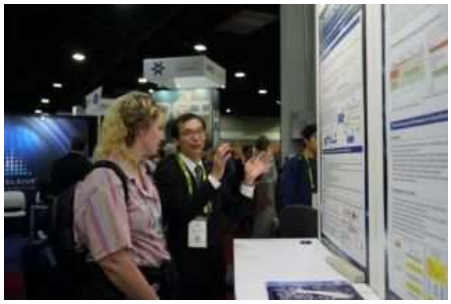


図 14 SC24 でのポスター展示と来場者への説明

図 15 Cyber HPC Symposium での講演

口頭発表（国内研究会など）

(1) 並木悠太, 細見岳生, 田主英之, 山下晃弘, 伊達進, “来歴記録システムにおける eBPF の評価”, xSIG (Cross-disciplinary Workshop on Computing Systems, Infrastructures and Programming) 2024, 徳島, Aug. 2024.

(2) 並木悠太, “研究再現性を担保する来歴管理システム”, Cyber HPC Symposium 2025, Mar. 2025

4.3.2 実験系データの利活用を促すメタデータ管理システムの研究開発

D3 センターは学内外で生み出される研究データ

を容易に集約し、本センターが運用する計算・分析基盤での解析に利活用、および学内の研究者間でのデータ共有を可能にする機能を持つデータ集約基盤 ONION を試験的に運用している。本センターは学内の分析機器の共用を推し進めているコアファシリティ機構が開発したネットワークから隔離されている共用分析機器からの計測データを部局内でのネットワークを介したデータ共有を可能にする測定データ集約・配信システム と ONION を S3（Amazon Simple Storage Service）プロトコルで繋げることで、学内の研究者間での計測データの共有を可能にし、学内における研究データの流通の効率化を進めている。

しかし、研究データを集約しても、メタデータが不十分であれば、真正性の保証もなく、来歴も不明であるために研究データの利活用を進めることは不可能である。そこで、令和 5 年度データビリティフロンティア機構・学際共創プロジェクトにおいて、ONION に集約される研究データの利活用に向けて、共用分析装置からの計測データにメタデータおよび固有識別子を付与し、ONION まで流通させるコンセプトを構築した（図 16）。

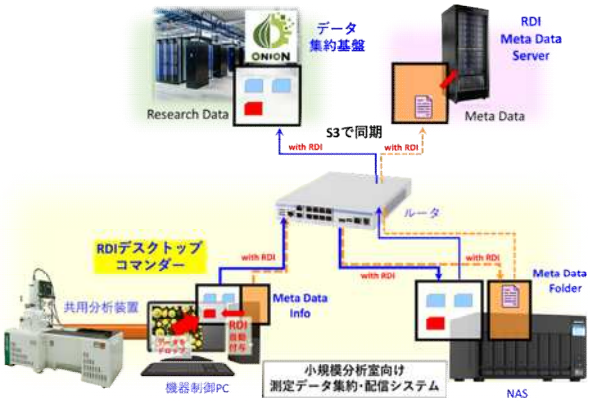


図 16 小規模分析室向け測定データ集約・配信システムにおけるメタデータ，固有識別子自動付与・流通システムコンセプト図

本年度は、昨年度において設計したコンセプトのアウトリーチのため、国内研究会の xSIG 2024（図 17）、および SC24（図 18）の本センターが出展するブースにおいて、ポスター発表、研究成果の解説を行なった。

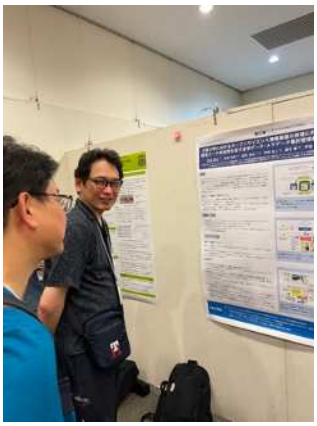


図 17 xSIG 2024 でのポスター発表

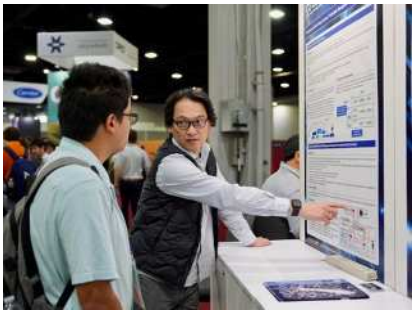


図 18 SC24 でのブース来訪者への解説

そして、2024 年 9 月に大阪で開催された国際会議 IEEE eScience 2024 内のワークショップ NRDPISI-1 に投稿、採択され、発表を行なった。

また、昨年度作成したコンセプトを「メタデータ管理システム」として具現化する研究開発のため、本年度のデータビリティフロンティア機構・学際共創プロジェクトに応募し、採択された。このメタデータ管理システムは、共用機器で生成される計測データ全てに研究者の負担を軽減した形で、何らかのメタデータ、固有識別子を付与し、収集、管理することを可能にするものである。また、このモデルシステム構築により、研究データの公開と共有のための原則である FAIR 原則 Findability (検索可能性) と Accessibility (アクセス可能性) を高め、計測データの利活用促進を目指した。

研究計画では以下の 3 点を研究課題に挙げた。

1. 計測データへのメタデータ・固有識別子付与手法の確立。
2. メタデータの登録・検索・閲覧を扱うカタログサーバ構築。

3. メタデータをカタログサーバに送信登録を行うモデルシステムの確立。

メタデータ管理システムの開発においては、NEC の協力の下でメタデータ集約管理 PoC（Proof of Concept）プロジェクトとして、作成したコンセプトをベースにしたシステム構築を行なった。

[開発詳細に関しては特許申請予定のため、非公開]

今後は、実際に共用機器からの計測データを用いたメタデータ、固有識別子付与から、ONION、メタデータカタログサーバへの登録、検索環境構築を進める予定である。

関連発表論文

（１） Hideyuki Tanushi, Hiroshi Furutani, Takeo Hosomi, Naoto Kai, Kaname Harumoto and Susumu Date, “Towards Development of University-wide Data Aggregation and Management Infrastructure for Research Data Utilization”, NRDPISI-1, eScience2024, Osaka Japan, Sep. 2024.
[DOI: 10.1109/e-Science62913.2024.10678692]

関連口頭発表

（1）田主 英之, 古谷 浩志, 細見 岳生, 甲斐 尚人, 春本 要, 伊達 進, “大阪大学におけるオープンサイエンス情報基盤の実現に向けて：研究データ利活用を促す全学データ・メタデータ集約管理基盤構想”, xSIG 2024, 徳島, Aug. 2024.

獲得外部資金

（１） 田主 英之, 伊達 進, 古谷 浩志, 春本 要, 甲斐 尚人, 細見 岳生, R6 年度データビリティフロンティア機構・学際共創プロジェクト研究提案, 課題名「OU 研究データマネージメントエコシステム構築を目指した実験系研究データメタデータ管理の検証モデルシステム構築」（田主：研究代表者）

4.3.3 歯学データの国際的データ共有に向けた取組

歯学データの共有に関しては、昨年度より引き続き NII の AI 等の活用を推進する研究データエコシステム構築事業ユースケース創出事業における「健康医療データの質を保証する安全安心な医療 AI サービスプラットフォームの構築」事業での ONION へのセキュアなデータ転送に関する課題に取り組んだ。

昨年度の共同研究では医療 AI サービス推進を目的とした、遠隔歯科診療などの医療 AI サービスプラットフォーム構築が主眼に置かれていたが、本年度はデータ駆動型サイエンス推進のための歯科データの国際的データ共有に向けたエコシステム構築への取り組みが行われた。図 19 に歯学データ流通エコシステムの概要を示す。

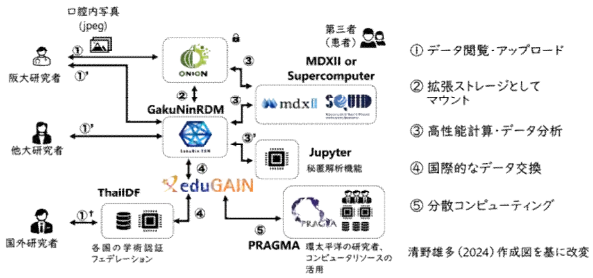


図 19 データ駆動型サイエンス推進のための歯学データエコシステム

共同研究における D3 センターの役割は、昨年度同様に機微情報を含む歯学データのセキュアな転送手法を用いた ONION への保存・管理であった。歯学データを含む医療データの保存・管理には、個人情報保護法の下で明確な管理体制構築が必要であり、今年度においては具体的な歯学データの ONION への保存・管理までの達成は実現できていない。

一方で、歯学部との共同研究における D3 センター、および ONION の持つ役割などを、国際会議 PRAGMA 40 で発表を行なった（図 20）。また、大阪大学歯学部附属病院、および D3 センターにより開催された第 8 回ソーシャル・スマートデンタルホスピタル（S2DH）シンポジウムにおいて、オープンサイエンス推進における本研究所の取り組み、および歯学部との共同研究に関する講演を行なった（図 21）。

図 20 PRAGMA 40（マレーシア・ペナン）での発表

図 21 第 8 回ソーシャル・スマートデンタルホスピタル（S2DH）シンポジウムでの講演

関連口頭発表

（１）Hideyuki Tanushi, “The Development of Data Infrastructure for the Advancement of Open Science”, PRAGMA 40, Penang, Malaysia Oct. 2024.

（２）田主 英之, “オープンサイエンス推進に資する ONION を中核とした学術情報基盤構築”, 第 8 回ソーシャル・スマートデンタルホスピタル シンポジウム, Osaka, March 2025.

5 第一期成果報告会

第一期（2021 年 5 月から 2024 年 4 月)の成果報告会を 2024 年 4 月 17 日にサイバーメディアセンター本館（開催時）のサイバーメディアコモンズで開催した。招待公演には、大阪大学コアファシリティ機構の古谷浩志機構長補佐（開催時）をお招きした（図 22、図 23)。

図 22　降簱センター長の開会の挨拶

図 23　講演の様子

6 社会貢献に関する業績

6.1 教育面における社会貢献

特記なし

6.2 学会活動

特記なし

6.3 産学連携

特記なし

6.4 プロジェクト活動

昨年度に引き続き、大阪大学歯学部附属病院主催、大阪大学 D3 センター共催、の体制の下で、第 8 回

ソーシャル・スマートデンタルホスピタル　シンポジウム「吹田市歯科検診モデルの IT 化によるアジア皆歯科検診への Challenges」を、大阪大学歯学部弓倉記念ホールにて 2025 年 3 月 10 日 13:00-18:00 に開催した（図 24）。

図 24　シンポジウム会場の様子

S2DH (Social Smart Dental Hospital) プロジェクトは、大阪大学歯学部附属病院、大阪大学サイバーメディアセンター（現 D3 センター）、および NEC システムプラットフォーム研究所が中心となって 2018 年 3 月 9 日に産学連携共同研究開発プロジェクトとしてスタートした。本研究所もまた中心的な役割を担い、歯学部附属病院の有する医療データに対して本センターのスーパーコンピュータを利活用する AI などの研究開発を推進してきた。

IT 技術の革新により、歯科医療は処置中心から予防中心の医療へと移ってきており、地域歯科健診の IT 化や、歯科医療情報の流通を可能にする、セキュアで個人情報保護を考慮した情報基盤構築への期待が高まっている。本シンポジウムでは、IT 化を進める地域歯科検診事業への取り組み、予防中心の歯科医療の発展に不可欠な情報基盤構築への取り組み、そして本学における歯科用 AI 開発、およびデータ収集・オープン化技術への取り組みに関する講演、そして登壇者を含む有識者による歯科検診の IT 化、国際化に向けた課題に関するパネルディスカッションで構成した。

本研究所からは、伊達進所長が基調講演に、田主英之特任研究員が講演に、そしてパネルディスカッションのパネリストとして中村祐一副所長が登壇した。また、降簱大介 D3 センター長が座長およびパネルディスカッションの司会を務めた。

6.5 その他の活動

特記なし

7 2024 年度研究発表論文一覧

国際会議会議録

（１） Hideyuki Tanushi, Hiroshi Furutani, Takeo Hosomi, Naoto Kai, Kaname Harumoto and Susumu Date, “Towards Development of University-wide Data Aggregation and Management Infrastructure for Research Data Utilization”, NRDPISI-1, eScience2024, Osaka Japan, Sep. 2024.
[DOI: 10.1109/e-Science62913.2024.10678692]

学会論文誌

（１）Shinichi Kawaguchi, Xin Xu, Takashi Soga, Kenta Yamaguchi, Ryuuya Kawasaki, Ryota Shimouchi, Susumu Date, Toshie Kai, “In silico screening by AlphaFold2 program revealed the potential binding partners of nuage-localizing proteins and piRNA-related proteins”, eLife 2025 年 4 月.
[DOI: 10.7554/elife.101967.3]

口頭発表（国内研究会など）

（１） 下内良太, 河口真一, 曽我隆, 山口健太, 川崎隆矢, 伊達進, “AlphaFold2 における構造最適化ステップの高速化”, xSig2024, 2024 年 8 月.

（２）曽我隆, 細見岳生, 山下晃弘, 伊達進, “ヤコビ法ループにおけるスレッドオーバーラップの評価”, 情報処理学会第 195 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究会, 2024-HPC-195(24), 1-7, 2024 年 8 月.

（３）田主 英之, 古谷 浩志, 細見 岳生, 甲斐 尚人, 春本 要, 伊達 進, “大阪大学におけるオープンサイ

エンス情報基盤の実現に向けて：研究データ利活用を促す全学データ・メタデータ集約管理基盤構想”, xSIG 2024, 徳島, Aug. 2024.

（４）並木悠太, 細見岳生, 田主英之, 山下晃弘, 伊達 進, “来歴記録システムにおける eBPF の評価”, xSIG (Cross-disciplinary Workshop on Computing Systems, Infrastructures and Programming) 2024, 徳島, Aug. 2024.

（５）Hideyuki Tanushi, “The Development of Data Infrastructure for the Advancement of Open Science”, PRAGMA 40, Penang, Malaysia Oct. 2024.

（６）曽我隆,寺前勇希,山口健太,川崎隆矢,伊達進, “AlpaFold2 最適化の取り組み”, AXIES 2024, 162-166, 2024 年 12 月.

（７）並木悠太, “研究再現性を担保する来歴管理システム”, Cyber HPC Symposium 2025, Mar. 2025

（８）田主 英之, “オープンサイエンス推進に資する ONION を中核とした学術情報基盤構築”, 第 8 回ソーシャル・スマートデンタルホスピタル シンポジウム, Osaka, March 2025.

2024 年度特別研究報告・修士論文・博士論文

（１）池尾優,” 細粒度来歴採取ツールを対象としたファイル操作ログ削減手法”, 大阪大学大学院情報科学研究科 マルチメディア工学専攻 博士前期課程修士学位論文, 2025 年 2 月.

（２）長田侑馬, ”並列分散時系列画像処理に対する通信オーバーラップ手法の適用性評価”, 阪大学工学部電子情報工学科情報通信工学科目情報システム工学コース 卒業論文, 2025 年 2 月.

戦略企画室

Strategic Planning Office

1 部門スタッフ

特任准教授（常勤）　宮澤　清太

略歴:1998 年 3 月 東京大学理学部生物学科卒業、2004 年 3 月 東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻 博士課程修了。2004 年 5 月名古屋大学大学院理学研究科助手、2007 年 4 月同助教。2009 年 4 月大阪大学大学院生命機能研究科助教、2019 年 4 月同招へい研究員、2021 年 4 月同招へい准教授、2022 年 1 月同特任准教授。2022 年 4 月大阪大学データビリティフロンティア機構特任准教授（常勤）。2024 年 10 月より大阪大学 D3 センター特任准教授（常勤）、現在に至る。博士（理学）。JST 創発的研究支援事業・創発研究者（第 2 期）。日本動物学会、日本進化学会、各会員。大阪府ふぐ取扱登録者（第 52081 号）。

2 教育・研究概要

戦略企画室では、これまでの科学技術・学術分野の枠にとらわれない新たな研究の展開を目指し、データ/AI 駆動型の学際共創研究を推進するという目的のため、学内の他部局研究者と本センター専任・兼任研究者との研究マッチングを進めてきた（図 1）。

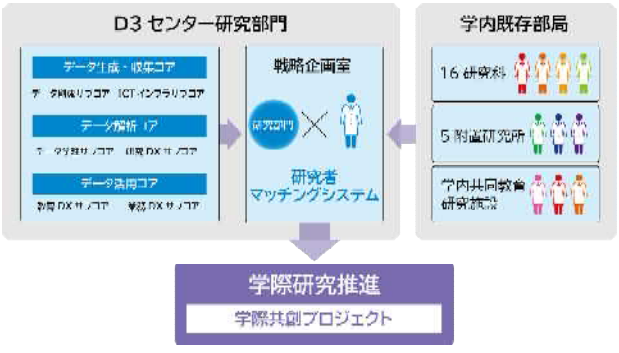


図 1：研究者マッチングシステム

異分野の研究者間の対話・連携の強化を図るとともに、独創的なイノベーションや社会的インパクトにつながるシーズを掘り起こすべく、新たな試みとして、2022 年度より全学を対象とした学際共創研究提案の公募を実施している（図 2、本センター統合前、旧データビリティフロンティア機構における公募）。

図 2：学際共創プロジェクト公募ポスター

2024 年度は、多方面での情報発信により広く周知するとともに、オンライン・対面を含めた積極的な研究マッチング／ファシリテーションを進めた結果、バイオ、理工系、人文社会系など多岐にわたる分野から、新規プロジェクト 17 件を含む計 32 件の優れた課題を採択することができた（図 3）。当初計画の数値目標（新規プロジェクト 5 件）を大きく上回るのみならず、具体的な共創研究の内容としても、際立ったインパクトをもたらす成果が数多く得られている。

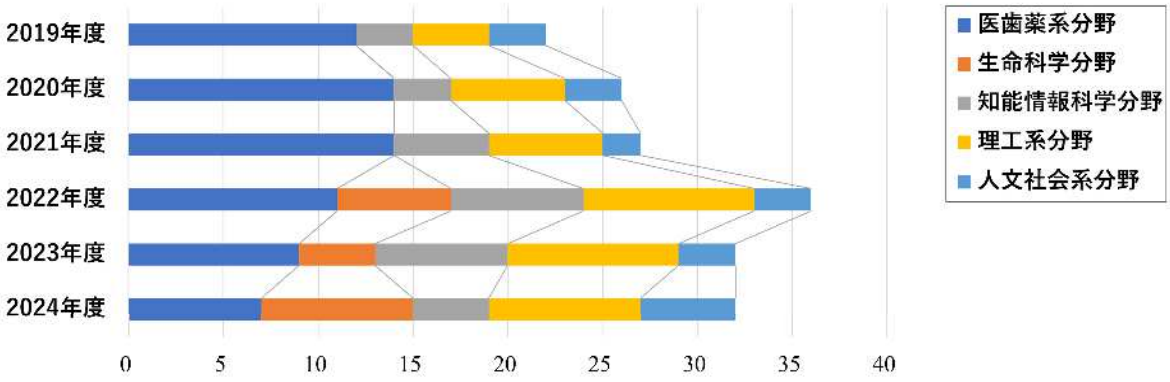


図 3：学際共創プロジェクトの推移（2022 年度より全学公募開始）

これまでの採択課題の中からは、さらなる研究の発展により、大型の競争的研究費（創発的研究支援事業・学術変革領域研究(A)・基盤研究(S)等）の新規獲得につながる事例も生まれており、学際共創の推進という意味でも、また、社会的なインパクト創出という観点からも、本センターを軸とするデータ駆動型研究の展開へ向け、極めて有効に機能していると考えられる。

3 教育・研究等に係る全学支援

前述の通り、戦略企画室では学内の他部局研究者と本センター専任・兼任研究者との研究マッチングを進めている。全学の研究者からお寄せいただく学術相談や共同研究に関するお問い合わせに対応し、具体的なご要望や研究内容をヒアリングしながら、研究分野ごとに共同研究先の候補となる先生方へとお繋ぎする支援を行っている。

近年では、AI 技術・データ駆動型研究への関心と需要の高まりを背景に、学外の研究機関や企業等からのお問い合わせも増加する傾向にある。これらの共同研究シーズについても、ニーズの内容に応じて本センター専任・兼任研究者との連携の可能性を探るとともに、これに留まらず、学内外の幅広い研究者の専門性を生かした最適な連携先のご提案にも努めている。

また、戦略企画室では、創発的研究支援事業「融合の場」などへ参加することで、学内外の優秀な若手研究者と直接対話を行っている。こうした場で学際共創プロジェクトの取り組みを広く周知することにより、多くの研究提案応募を得ることに繋がった。さらに、これを契機として D3 センター兼任教員として活動にご協力いただくこととなった研究者の先生方も多く、共創研究ネットワークのハブとしての D3 センターの機能、認知向上にも大きく貢献していると考えられる。

今後さらに、学内外の多様な研究リソースを視野に入れたマッチングや、分野横断的かつ実践的な研究連携の実現に取り組むことで、本センターを基軸とする研究ネットワーク構築に寄与するとともに、革新的な知の創出と社会的価値の共創へと繋げたい。

4 2024 年度学際共創研究業績

2024 年度に本センターが手がけた学際共創研究は、本年報「学際共創プロジェクトの業績」に記載する。

ライフデザイン・イノベーション研究拠点

Initiative for Life Design Innovation

1 部門スタッフ

教授　八木　康史

略歴：1985 年大阪大学大学院基礎工学研究科修士課程了。工学博士。1985 年三菱電機株式会社応用機器研究所／産業システム研究所研究員。1990 年大阪大学助手、同講師、同助教授を経て、2003 年大阪大学産業科学研究所教授、2019 年ライフデザインイン・イノベーション拠点本部長、現在に至る、その間、2012 年 4 月－2015 年 8 月　同研究所長、2015 年 8 月から 2019 年 8 月まで大阪大学理事・副学長（研究、産学共創、図書館担当）歴任。JST 創発的研究支援事業、先端国際共同研究推進事業、経済安全保障重要技術育成プログラムのプログラムオフィサー、AMED 臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業プログラムオフィサー。一般社団法人データビリティコンソーシアム代表理事。

情報処理学会フェロー。

特任教授（常勤）　魚森　謙也

略歴:1985 年 3 月 岡山大学大学院工学研究科修了。同年、松下電器産業株式会社 中央研究所に入社。2002 年 松下通信工業株式会社、2015 年 パナソニック AVC ネットワークス社イノベーションセンター画像ソリューション開発部主幹を経て、2018 年より大阪大学先導的学際研究機構・データビリティフロンティア機構特任教授（常勤）、2024 年 10 月大阪大学 D3 センター特任教授（常勤）、現在に至る。その間、1990 年 4 月-1993 年 3 月株式会社 ATR 視聴覚機構研究所へ研究員として出向、2000 年 4 月-2002 年 3 月奈良先端科学技術大学院大学客員助教授を兼務。電子情報通信学会 IMQ 研究専門委員会顧問、日本視覚学会世話役。博士（工学）。

特任教授（常勤）　中村　亨

略歴：2000 年 3 月大阪大学基礎工学部システム科学科退学（飛び級）、2002 年 3 月大阪大学基礎工学研究科システム人間系専攻博士前期課程修了、2005 年大阪大学大学院基礎工学研究科システム人間系専攻博士後期課程修了［博士（工学）］。大阪大学臨床医工学融合研究教育センター、ニュージャージー医科歯科大学、東京大学大学院教育学研究科、JST さきがけ研究員、大阪大学基礎工学研究科などを経て、2022 年 4 月より大阪大学データビリティフロンティア機構 特任教授（常勤）、2024 年 10 月～2025 年 1 月 大阪大学 D3 センター特任教授（常勤）。専門は、生体情報工学、健康情報学。生体信号情報の解析と健康・医療分野への応用、生体システムの動的恒常性機序の解明に従事。

特任講師（常勤）　坂本　陽子

略歴：2002 年 3 月千葉大学医学部医学科卒業。2002 年より国立国際医療研究センター救急部で初期研修、2004 年より榊原記念病院で循環器内科専修医。2010 年 3 月千葉大学医学薬学府博士課程修了、医学博士。2011 年 4 月大阪大学医学部附属病院医員、2016 年より医学部医学科特任研究員、2017 年より統合医療学寄附講座助教、2019 年より医学部医学科特任助教、2023 年より市立豊中病院循環器内科医長、2023 年 9 月より大阪大学データビリティフロンティア機構・医学系研究科特任講師（常勤）、2024 年 10 月大阪大学 D3 センター特任講師（常勤）、現在に至る。

2 研究概要

政府が目指す超スマート社会（Society 5.0）では、IoT（Internet of Things）、ロボット、人工知能（AI）、ビッグデータ等の新技術を様々な産業や社会生活に取り入れイノベーションから新たな価値を生み出すことで、誰もが快適で活力に満ち溢れた質

の高い生活を送ることのできる、人間中心社会の構築を目指している。本研究拠点事業では、このような社会状況を踏まえ、若者、子育て世代、中高年が豊かで安心して生活できる社会の構築を念頭に、「産・学・官・民による「健康×IoT」創造」をモットーとし、一般社会での社会実装の前段階において、社会受容性の課題を同時に議論する形で大阪大学キャンパスや大学周辺地域をプレ Society 5.0 の実証フィールドとして活用し、「ライフデザイン・イノベーション」に資するイノベーションの創出を目的とする。本事業では、QOL の維持・向上を目指した「ライフスタイル」研究、心と体の健康増進を目指した「ウェルネス」研究、楽しみと学びを実現する「エデュテインメント」研究を並行して推進することで、人と日常の健康・生活の関わりから、身体の健康、心の健康、社会的健康、環境の健康を基軸にして高い QOL をデザインし、パーソナルデータの利活用による様々な技術革新と社会経済環境の変化を大学から発信することを目指す。

3 研究業績

3.1 研究概要

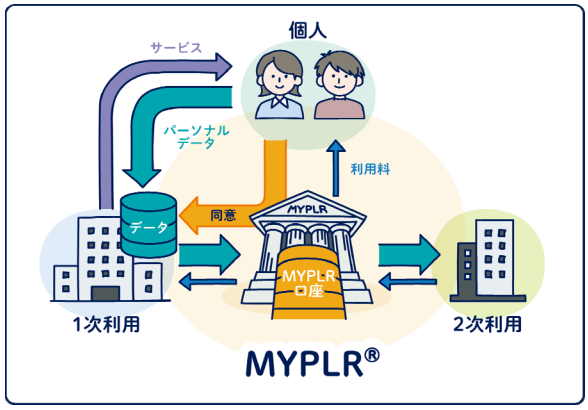
第二ステージでは、第一ステージで構築した技術を活用し、大阪が抱える地域課題を考慮し、健康寿命延伸、並びに、子育て・子育ち支援に焦点を当て、さらに社会実装を行う自治体や教育機関の実情を把握し、第二ステージ PJ1、PJ2、PJ3、PJ4 における切り口から絞り込みを行った。

我々が目標とする未来社会の CPS の実現、サービスモデルの構築とその社会実装を産学官との共創で目指した。サイバー空間からフィジカル空間へは、サイバネティクスアバター技術を用いたユーザとの新たなインタラクションを含む、Wellbeing 実現に関する実証実験の準備を行った。また、医療データなどの他の既存のデータベースを PLR データに取り込んだ実証実験を行い、パーソナルデータの価値を高めることの実証を行った。これにより、今後、データ取引事業の兆しを示していく予定である。

3.2 各プロジェクトの成果概要

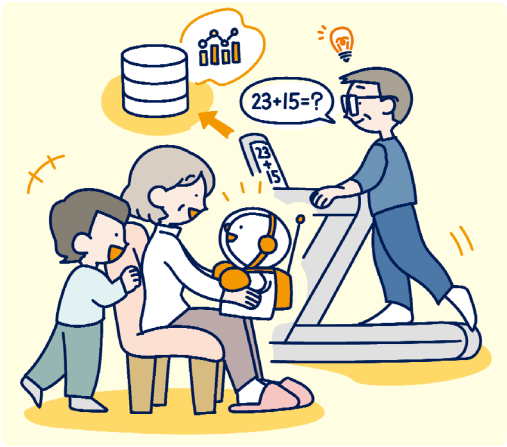
PJ1「データ取引の科学と技術」では、外部システムとのデータ連携を実現するための PLR 基盤の拡張機能として、連携 API インターフェースと連携フォーマットの研究開発を進め、医療情報のデータ連携に関し、参加者実験による評価検証を実施した。また、扱うデータの価値を高めることを目的としたデータセット整備ガイドラインの構築を進めた。

ELSI の観点では、前記の評価検証において、オンラインアンケート及び対面インタビューを実施し、医療情報を含むデータ提供時の同意についての要因分析を行った。



PJ1 社会に受け入れられるデータ取引の科学と技術

PJ2 大阪大学キャンパスの立地する吹田市、豊中市の協力を得て、本プロジェクトで構築を進める ACWEL プログラム（高齢者健康見守りサービス）の効果検証を、グラングリーン大阪 JAM BASE 大阪大学みらい創発 hive にて開始した。さらに来年度には、参加者が自ら継続して Well-being 向上を図るための具体的な ACWEL プログラムを策定し、実証実験により効果検証の実施を目指す。



PJ2 ウェルネスプロジェクト
高齢者の健康見守りサービス

PJ3「子育てしやすい社会」では、第一ステージで開発した子育て適応包括尺度（CPRA）により、個々人に応じたレジリエンスの向上、支援者への接続を可能とする仕組みの構築をめざしており、今年度は、自治体における専門家支援ツールとして、都市型研究としては、大阪府豊中市と、また、地方型研究としては岡山県奈義町と共同研究を行い、自治体保有の情報を含めた育児困難感関連要因を明らかにし、CPRA の利用可能性を検討するとともに、実際に保健師の妊産婦支援現場への CPRA の導入可能性の検証を行った。

PJ3　ライフスタイルプロジェクト
子育てしやすい社会をつくる

PJ4「大学生の学びと心の健康支援」では、スマートフォンを基盤とする「学生生活・就学支援システム」及び、サイバネティックアバターを利用した「遠隔相談支援システム」の構築と本学キャンパスライフ健康支援・相談センター（HaCC）での社会実装へ向けた取組を実施した。「学生生活・就学支援システム」では、令和 7 年度から本学新入生及び在籍学生へのアプリ配布のためのシステムの検証・改良を行うとともに、阪大公式アプリとの連携を進めた。一方、「遠隔相談支援システム」では、HaCC の専門相談員らによる疑似相談の場などでの使用感や心理的効果等の検証を行った。顔出しを伴う zoom 面談と比較して、気軽に話せるなどの心理効果があること、情報伝達や感情伝達などにおいて zoom 相談に劣る点はないことなどを確認した。また、実際の相談場面での使用・運用を想定した機能追加・改善に関するニーズや課題を洗い出し、システムの改善・拡張を実施した。

PJ4 エデュテインメントプロジェクト
大学生の学と心の健康支援

以上の取り組みは第二ステージにて社会実装課題としてテーマ推進中であるが、パーソナルデータの民間二次利用の期待が持てるテーマに関しては、チャレンジ課題として研究開発テーマを上記 PJ1 から PJ4 の取り組みに関連して実施した。これらのテーマは今年度 2 年目であり、基本的には終了としたが、上記 PJ2 の ACWEL プログラムに供するアバターに関する研究課題、PJ4 の協力機関等の学生への導入を進め得る研究課題のみ継続実施とし、社会実装を目指すこととした。

また、研究拠点本部では、一般社団法人データビリティコンソーシアムと共に、各プロジェクトのデータの二次利用が促進されるように、主に「Well-being 部会」にて企業へのプロモーションやコーディネート活動強化の取り組みを継続した。また、一般向けには、2024 年 9 月に街開きを行ったうめきた 2 期地区の中核機能施設 JAM BASE にて研究成果の体験プログラムを実施した。さらに同施設にて、上述 PJ2 での再構築した研究プロトコルの実証実験を実施すべく準備を行い、実証実験を開始した。

本事業関連分野の進展は極めて早く、例えばデータ提供・利用の同意取得方法については日進月歩で進化している。最先端の技術動向や特許調査とそれに基づく基本特許や意匠出願を進め、本事業がより有効に進められるよう活動した。具体的には、PJ2 にて 1 件の特許出願、PJ3 にて 1 件の商標出願を行った。これらの成果に関しては独立行政法人 工業所有権情報・研修館（INPIT）の知財戦略プロデューサー 1 名の派遣支援をいただき実現した。

4 社会貢献に関する業績

研究拠点では、一般社団法人データビリティコンソーシアムと共に各プロジェクトのデータの二次利用が促進されるように、主に「Well-being 部会」にて、企業へのプロモーションやコーディネート活動強化の取り組みを継続した。

また、一般向けには、2024 年 9 月に街開きを行ったうめきた 2 期地区の中核機能施設 JAM BASE にて研究成果の体験プログラムを実施した。なお、同施設では、上述 PJ2 での再構築した研究プロトコルの実証実験を実施すべく準備を行い、実証実験を開始している。

https://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/public-relations/press_release/2024/f01e02/20240905_01

以上の活動成果について、国立大学法人の使命の一つである知見の社会還元を目的として 2025 年 3 月 5 日に公開シンポジウム「"人と人のつながり" から創り出すウェルビーイング社会」を開催し、社会還元・社会周知を行なった。

https://www.ildi.ids.osaka-u.ac.jp/news/2024/12061901592224/

研究拠点が目指す、データ流通世界の実現に関する取り組みについて広く社会に理解を得るため、下記の解説論文を投稿し、採択された。

八木 康史, 東野 輝夫, 小寺 秀俊, 下條 真司, "未来予測技術で何ができるの？： 未来社会 データ流通世界がやってくる -ライフデザイン・イノベーション研究拠点-", 情報処理 65 (12), e1-e9, 2024.11.15
https://doi.org/10.20729/00240570

学際共創プロジェクト報告

学際共創プロジェクト
Interdisciplinary Co-Creation Project

2024年度に本センターが手がけた学際共創研究は、以下の通りである。

部門	題目	研究代表者（所属部局）	掲載ページ
ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション	デジタル技術を活用した顎関節疾患に関連する顎偏位メカニズムの解明	高岡 亮太（歯学研究科）	208
	血糖持続測定に基づく精緻な糖代謝プロファイリングの探索研究－深化と応用	石原 真穂（医学系研究科）	211
	フックス角膜内皮ジストロフィーの検査画像を用いたAIによる自動診断技術等の開発	大家 義則（医学系研究科）	215
	臨床情報の時系列データに基づく膵臓癌の再発予測AI手法の開発	小林 省吾（医学系研究科）	218
	インスタンスセグメンテーションに基づく歯科用セラミックスの結晶領域抽出法の開発	山口 哲（歯学研究科）	220
	顎骨病変の診断を支援するAIの開発	島本 博彰（歯学部附属病院）	223
バイオサイエンス部門・生命システム領域	全組織細胞イメージング/分子病態解析	橋本 均（薬学研究科）	226
	機械学習を用いたシングルセルRNA-seqデータからの高精度タンパク質発現量予測	奥崎 大介（免疫学フロンティア研究センター）	229
	深層学習を用いた異常心筋細胞同定法の開発とその心臓不整脈研究への応用	垣塚 太志（産業科学研究所）	231
	敗血症性腎障害マウスにおける腎血流分布の新規評価方法の確立	井上 和則（医学系研究科）	234
	IL-6R シグナル伝達のマルチプレックスイメージング	藤田 恵介（ヒューマン・メタバース疾患研究拠点）	236
	トランススケールスコープAMATERASによるがん希少融合現象の動態解析	永井 健治（産業科学研究所）	238
	隠れマルコフモデルによる膜蛋白質の異常拡散の解析	上田 昌宏（生命機能研究科）	240
	強毒性ウィルスとヒトタンパク質間相互作用のデータベースを安全・迅速に構築する	河口 真一（生命機能研究科）	244
	ヒト精神疾患の新たなバイオタイプに基づく疾患モデルマウス脳のデータ駆動型解析	橋本 均（薬学研究科）	247
人間総合デザイン部門	XR 環境における身体動作に適応したインタフェースフレームワークの構築	浦西 友樹（D3センター）	250
	OU 研究データマネージメントエコシステム構築を目指した実験系研究データメタデータ管理の検証モデルシステム構築	田主 英之（D3センター）	252
	アイトラッキングシステムを用いた歯の色調決定に対する視認行動の解析	若林 一道（歯学部附属病院）	254
	スポーツ映像内の外傷発生シーン特定の高精度化	小笠原 一生（医学系研究科）	―

システムデザイン部門・環境イノベーション	確率制約付き変分予測最適制御理論および人間運転行動モデルへの拡張	瀋 迅（工学研究科）	258
	ワイヤレスセンシングによるアナツバメの非接触型行動モニタリングシステムの構築	内山 彰（情報科学研究科）	263
	マルチモーダル大規模言語モデルのインフラ点検への展開	鶴田 修一（産業科学研究所）	265
機能デザイン部門	ロボット合成とAIが共創する創薬研究	有澤 光弘（薬学研究科）	268
	カテゴリカル・データを用いる有機反応の考察と結果予測	佐古 真（薬学研究科）	271
	レーザー核融合燃焼プラズマの観察に向けた超解像コンピュテーショナルファイバイメージング	有川 安信（レーザー科学研究所）	274
光・量子デザイン部門	素核物理実験および関連分野への深層学習の適用	岩崎 昌子（大阪公立大学）	―
	被写界深度拡大顕微鏡を用いたサブミクロン粒子定量法の開発	鳥巣 哲生（工学研究科）	―
デジタルヒューマニティ部門	人工知能による仏顔の様式解析とその系譜に関する研究	藤岡 穣（人文学研究科）	277
	大阪大学医学部に残された明治期の解剖図の図像分析とデジタル化	秋山 庸子（工学研究科）	283
	高等教育の国際化とデジタル化	LI Yan（グローバルイニシアティブ機構）	287
	Identifying and considering the social implications of private information in image datasets	KATIRAI Amelia（社会技術共創研究センター）	292
	機械学習を用いた学際分野の俯瞰的分析	菅原 裕輝（人文学研究科）	296

「デジタル技術を活用した顎関節疾患に関連する顎偏位メカニズムの解明」

高岡　亮太（歯学研究科），早志　英朗（D3 センター），
野村　健一（歯学研究科），西村正宏（歯学研究科）

1.　研究の背景

顎関節関節円板転位や下顎頭吸収に関連する噛み合わせの変化（すれ違い咬合や開咬など）は、咀嚼障害や顔貌の変化による審美障害を引き起こし、患者の QOL を著しく低下させる。しかし、現時点において顎関節疾患に起因する顎偏位メカニズムは明らかになっておらず、顎偏位の診断や予防法はいまだ確立されていない。

2.　研究の目的

顎関節症症状ならびに咬合不良を主訴として来院した患者 600 名の顎関節 MRI データならびに歯列の光学印象データを、デジタル技術を活用して解析し、顎関節円板転位ならびに退行性骨変化に関連する顎偏位メカニズムを解明することである。

3.　研究の方法

3.1 被検対象者の選定・資料収集

被検対象者は顎関節疼痛、顎関節雑音、開口障害のいずれかを主訴に大阪大学歯学部附属病院口腔補綴科に来院した患者を対象とする。

MRI および歯列の IOS のデータは同日に取得済みのため、それらのデータを追跡可能な状態で匿名化し、解析可能な状態へデータ整理を行う。

3.2 セグメンテーションと特徴量の抽出

精確度の高い既存手法（TSegNet Zhiming Cui et al 2020）を採用し、セグメンテーションを行い、個々の歯牙のラベリングを行う。

それらのデータを用いて、過去に報告されている咬合関係に関連する臨床パラメータ（上下正中の偏位、被蓋関係、歯の前後的位置関係、歯列弓の形態等）が自動で抽出できるプログラムを作成する。同様に、顎関節 MRI より下顎頭形態ならびに関節円板の位置異常が分類できるプログラムを構築する。

3.3　深層学習を用いた解析

深層学習を利用して歯列・咬合関係のデータを解析し、上述で説明した不正咬合に関連する既存の臨床パラメータでは表現できない指標を抽出し、不正咬合の新規評価方法の確立を目指す。

3.4　横断的調査の実施

統計解析により、不正咬合と顎関節における解剖的指標の間の関連を調査する。

3.5　縦断的調査の実施

同一患者の異なる時点における複数回の顎関節 MRI および歯列の STL データより、顎関節の変化に伴う咬合変化が可視化可能なプログラムを構築する。

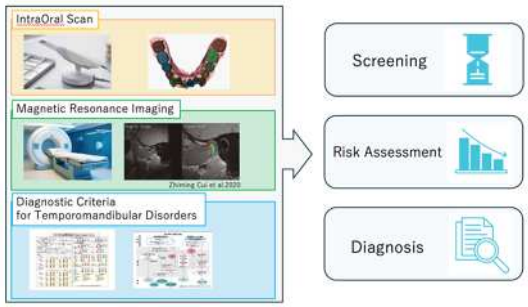


図 1 研究概要イメージ図

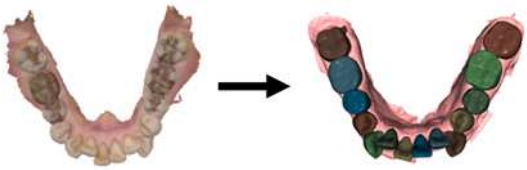


図 2 .IOS データセグメンテーションの例

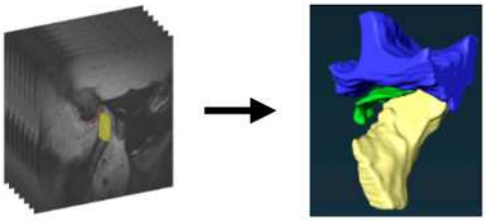


図 3　MRI データセグメンテーションのイメージ図

4.　研究成果

継続的に研究協力者の資料採集を行っている。現在約 600 名のデータを有しており、これは当初の予定の 300 名を超えている。データの整理は逐次行なっており、半数以上は解析可能な状態となっている。

最も精度の高い既存手法（TSegNet Zhiming Cui et al 2020）を採用し、整理したデータを用いて、歯列形態の主観的評価の定量化を予備実験として行った。この研究は AUC=0。73 という結果から一定の検出能力を有することが示された。この結果を、日本補綴歯科学会と画像認識学会の２つの領域で発表を行った。

引き続き研究を行い、今年度に論文として報告する予定である。

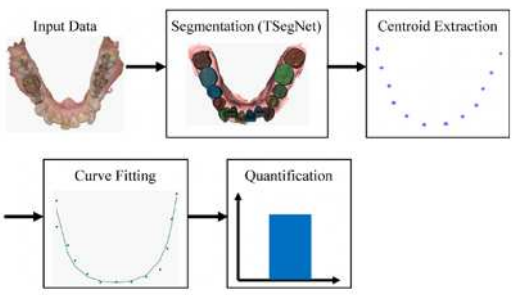


図 4.歯列形態の主観的評価の定量化における提案手法

また、より精度の高い結果を得るために、パノラマエックス線写真から異常像の検出を行うスクリーニングの研究も同時に行なっている。

MRI データに関しては、現状最新の２つの畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を適用した手法(Mengxun Li et al。 2022)を用いる予定である。

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Takaoka R、Morioka S、Ueda Y、Tsunetou Y、 Baba H、 Ishigaki S. Changes in occlusal relationships observed using an intraoral scanner in patients with an acquired open bite: a case report. J Prosthodont Res.、 2024 68(3):487-492.

〔学会発表〕

① 野村健一、高岡亮太、西村正宏. 深層学習を用いた歯列形状の定量的解析. Prosthodontic Meeting For Next Generation 2025. （2025/3/28、滋賀）

② 野村健一、David Sim Jr.、高岡亮太、早志英朗、長原一、西村正宏. 3 次元画像セグメンテーションに基づく歯列形状の定量的解析. 医用画像研究会. （2025/3/19、香川）

③ Takaoka R. Interdisciplinary approach for the patient with acquired open bite. Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion 2024.（2024/12/7、Korea、Seoul）

④ Takaoka R. Significance of conducting research on the temporomandibular joints. The 14th Biennial Congress of the Asian Academy of Prosthodontics. （2024/7/7、Japan、 Chiba）

⑤ 高岡亮太. 顎関節 MRI データの活用-日本顎関節学会から世界への発信-. 第 37 回日本顎関節学会学術大会.（2024/7/13、徳島）

〔外部資金〕

① R5-7、 科学研究費助成金 基盤 C、「進行性下顎頭吸収のテーラーメード治療に向けた新規治療指針の確立」、23K09251 、（代表）高岡亮太、（分担）島本博彰、犬伏俊博、石垣尚一

② R6、次世代研究者挑戦的研究プログラム助成金、JPMJSP2138、（代表）野村健一

「血糖持続測定に基づく精緻な糖代謝プロファイリングの探索研究－深化と応用」

石原 真穂（医学系研究科），川崎　良（医学系研究科），村木 功（医学系研究科），
平山 敦士（医学系研究科），岡本 華奈（医学系研究科），
長原 一（D3 センター），中島 悠太（D3 センター）

1. 研究の背景

糖尿病は国内外ともに年々増加している[1]。糖尿病は網膜症や腎症などの合併症や、その後の失明、透析、心血管疾患発症リスクを高め、医療・社会的負担が大きいことから、予防と早期発見が公衆衛生上の課題である[2]。

近年、血糖変動を連続的かつ簡便に測定可能な Flash Glucose Monitoring System（FGM）が臨床や研究の場で活用されるようになり、平均血糖値、変動幅、高血糖や低血糖の頻度、至適域時間（Time in Range, TIR）などを要約指標として扱う手法が提案されている[3],[4]。これらの指標は主に糖尿病患者の血糖コントロール評価に用いられてきたが、非糖尿病者や境界型（前糖尿病）における病態の早期変化を捉えるには十分とは言えず、新たな解析指標の開発が求められている。

応募者らはこれまで、地域住民を対象としたコホート研究に基づき、血糖値の時系列データを用いた糖尿病発症リスク評価および予防介入法の探索を進めてきた[5]。2023 年度からは IDS 共同研究者らと連携し、時系列データから食事時刻を推定するアルゴリズム開発に着手した。具体的には、非糖尿病者の FGM データおよび自記式食事記録を用い、ガウス関数による血糖変動の関数近似を試みた。通常の対称的なガウス関数に加え、ピーク前後で非対称性を持たせた変形ガウス関数も検討し、個人特性を反映した近似手法との比較を行った。その結果、食事時刻推定の Recall（感度）と Precision（適合率）を共に高めることが課題であることが明らかとなった。特に Recall を目標水準（0.85 以上）に達成させると、Precision が低下（0.6 前後）し、精度の両立に向けた更なる検討が必要となった。

こうした背景から、FGM データに基づく高精度な食事時間推定手法の確立と、推定時刻に基づく血糖変動パターンの類型化による糖尿病リスク評価の可能性が期待される。

2. 研究の目的

本研究では、FGM による血糖時系列データに対してガウス関数近似を基盤とし、フィルタリング処理を組み合わせることで、近似曲線と自記式食事記録との一致精度の向上を目指した。

3. 研究の方法

3.1 データセット

本研究では、一般住民を対象とした Circulatory Risk in Communities Study（CIRCS）において実施された FGM（Flash Glucose Monitoring）検査の結果を用いた。分析対象は、HbA1c が 6.5%未満の非糖尿病者とし、FGM による最大 14 日間の血糖値連続測定データおよび、食事摂取のタイミングに関する自記式調査票の記載がある者とした。昨年度に分析に用いた 207 名のデータに、本年度新たに 237 名分を追加

し、最終的に合計 444 名分のデータを分析対象とした。

3.2 モデル作成

血糖変動の関数近似により、食事時刻推定に向けた波形同定を試みた。近似には、ガウス関数を時間軸上に並べる手法を採用し、血糖上昇から基線に戻るまでの時間を約 2 時間と想定して、標準偏差（σ）を 0.4 に設定した。

人間の血糖値変動の特徴[6]をより正確に捉えるため、以下の方法で非対称性を持たせた近似を実施した。ピーク時刻（μ）以降の時間に対して、立ち上がりが速く、基線への戻りが遅い血糖変動を再現するため、一律の歪み係数（$\alpha=0.05$）を設定した非対称ガウス関数を用いた。

さらに今年度は、血糖値データに Savitzky-Golay フィルタを適用し、データの平滑化を実施した。加えて、k 近傍点に基づく局所ピーク評価法を導入し、各時点における近傍点との差分から平均値および標準偏差を算出することで、局所的な小さなピークを除外し、代表的なピークのみを保持する方法を組み合わせた。

3.3 評価方法

食事時刻推定の精度評価は、前年度（令和 5 年度）と同様の手法により実施した。推定されたガウス関数のピーク値（μ）を食事時刻候補とし、正解の食事時刻のうち検出できた割合を Recall（再現率）、検出した食事時刻のうち正解だった割合を Precision（適合率）として算出した。
評価基準として、正解との時間差（r）を 30 分、1 時間、1.5 時間に設定して検証を行い、目標を Recall および Precision ともに 0.85 以上と設定した。

4. 研究成果

本研究では、従来手法（Solution 1; S1）に加えて、Savitzky-Golay フィルタによる平滑化処理および k 近傍点に基づく局所ピーク評価を組み合わせた新たな手法（Solution 2; S2）を検討した。それぞれの条件で Recall と Precision を算出した結果を表 1 に示す。

表 1 . 各 r ごとの Recall 及び Precision の新旧比較

手法	r=0.5h		r=1.0h		r=1.5h	
	R	P	R	P	R	P
S2	0.55	0.25	0.77	0.47	0.87	0.58
S1	0.52	0.29	0.76	0.44	0.84	0.55

Recall については、S2 がすべての条件で S1 を上回った。r=1.5 時間の条件では 0.87（前年 : 0.84）と最も高い一致度を示した。r=1.0 時間では 0.77（前年 : 0.76）、r=0.5 時間でも 0.55（前年 : 0.52）と、いずれも改善傾向がみられた。

Precision に関しても、r=1.0 時間および 1.5 時間では S2 がやや高い値を示した（それぞれ 0.47、0.58）が、r=0.5 時間ではむしろ低下し、0.25（前年 : 0.29）となった。

全体として、S2 は Recall および Precision の両指標で数値上の改善が確認されたものの、差分は比較的わずかであり、誤差の範囲と捉えられる可能性もある。明確な性能向上を示すには至らず、精度向上に向けた更なる改良が必要である。

以上の通り、本年度も食事時刻の推定精度向上を目指した改良を試みた。Recall については、r=1.5 時間の条件において目標値（0.85）を超える結果が得られたが、その他の条件では達成に至らなかった。Precision に関しては全体を通じて目標（0.85）には届かず、改善は限定的であった。総じて、一定の改善傾向は認められたものの、精度向上にはなお課題が残る結果となった。

今後の改善に向けた課題として、まず、今年度収集した高精度の教師データの活用が挙げられる。計画に基づき収集した、より正確な食事時刻記録（スマートフォンによる食事撮影データ）については、現時点で解析に活用できておらず、これらのデータを積極的に活用することで、近似モデルの適合度向上が期待できると考えられる。

また、解析体制については、今後の研究推進にあたり情報共有体制の強化が必要であると考える。解析計画の立案段階から担当部署と密に連携し、こちらからも要件や仕様を明確に提示することで、より円滑かつ計画的に解析を進める体制を構築したい。

さらに、血糖変動の生理的メカニズムに関する理解の深化も重要である。現行のモデリングはガウス関数をベースとしているが、人間の生理的な血糖変動により適合する波形モデルの探索と評価を進める必要がある。このためには、内分泌代謝の専門家の助言を得ながら、医学的知見に基づく指針を立てる体制の整備が望ましい。

最後に、情報科学と医学領域の融合研究である本テーマの特性を踏まえ、両分野を橋渡しできる研究者の参画や連携体制の強化も検討する必要がある。今後はこれらの課題を踏まえ、さらなる精度向上とモデル改良を目指して研究を継続する予定である。

謝辞

データ分析と解析に関する貴重な助言をいただいた Hong Liu さん、JiaHao さん、研究助言をいただいた今野弘規先生に感謝申し上げます。

引用文献

[1] International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 11th edition. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2024.

[2] Kawasaki R. How Can Artificial Intelligence Be Implemented Effectively in Diabetic Retinopathy Screening in Japan? Medicina (Kaunas). 2024 Jan 30;60(2):243. doi: 10.3390/medicina60020243. PMID: 38399532.

[3] Hill NR, Oliver NS, Choudhary P, Levy JC, Hindmarsh P, Matthews DR. Normal reference range for mean tissue glucose and glycemic variability derived from continuous glucose monitoring for subjects without diabetes in different ethnic groups. Diabetes Technol Ther. 2011 Nov;13(9):921-928. doi: 10.1089/dia.2010.0247. PMID: 21714681

[4]Tadej B et al. Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range. Diabetes Care. 2019 Aug;42(8):1593-1603.

[5] Maho I et al. Relationships of habitual daily alcohol consumption with all-day and time-specific average glucose levels among non-diabetic population samples. Environ Health Prev Med. 2023:28:20.

[6]Guido F et al. Continuous Glucose Profiles in Healthy Subjects under Everyday Life Conditions and after Different Meals. J Diabetes Sci Technol. 2007 Sep;1(5):695-703.

発表論文等

〔雑誌論文〕

—

〔講演〕

-川崎良. 「糖尿病網膜症のスクリーニング・診断・診療における AI との共存の未来」第 30 回日本糖尿病眼学会・日本糖尿病合併症学会合同シンポジウム　2024 6/14-15. 東京

〔学会発表〕

-非糖尿病者の日常生活における骨格筋指数と血糖変動との関連
石原 真穂, 今野 弘規, 村木 功, 山岸 良匡, 安岡 実佳子, 木原 朋未, 岡本 華奈, 磯 博康、 2024 年 第 60 回日本循環器病予防学会.東京

〔著書〕
―

〔産業財産権〕
―

〔外部資金〕
①R4-6 科学研究費助成金 基盤 C, 「非糖尿病者の筋肉・体脂肪分布量と個人内血糖変動等の糖代謝に関する地域疫学研究」, 22K10525, (代表)今野 弘規, (分担)石原 真穂, 木原 朋未, 髙田 碧
②R5-7 日本フルハップ（公益財団法人日本中小企業福祉事業財団）調査研究助成,「日常生活の時間帯別血糖と食事・身体活動の量的関連に関する横断研究」(代表)今野 弘規, (分担)石原 真穂, 田中 麻理

〔その他〕
―

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

「フックス角膜内皮ジストロフィーの検査画像を用いたAIによる自動診断技術等の開発」

西田幸二（医学系研究科眼科学），大家義則（医学系研究科眼科学），川崎良（医学系研究科公衆衛生学）長原 一（D3センター），中島悠太（D3センター），王博文（D3センター）

1. 研究の背景

フックス角膜内皮ジストロフィー（Fuchs endothelial corneal dystrophy: FECD）は加齢とともに両眼の角膜内皮細胞数が減少し、角膜に浮腫性混濁を生じることで視力が低下する疾患である。現在のところ初期患者に対する有効な治療法は存在せず、末期患者に対する角膜移植が唯一の治療法である。FECDは細隙灯顕微鏡検査による診断や重症度判定が一般的であるが、世界的に汎用されているmodified Krachmer分類では、検者による細隙灯顕微鏡を用いた主観的判定であることからinter-observer agreementが低いことが知られている。また非専門医による判定ではブドウ膜炎など他の疾患と誤って診断されることも多い。

2. 研究の目的

収集した前眼部写真や角膜内皮スペキュラ、前眼部OCT等の画像データを用いて、診断や予後予測を補助するような人工知能（AI）プログラムを開発することができれば、経験の少ない眼科医であってもFECDの診断、さらには進行度の把握が可能となり、適切な時期に専門医へ紹介するなど、患者予後予測に役立つ可能性がある。そこで、検査画像を用いたAIによる自動診断技術、進行予測技術開発の検討を行う。

3. 研究の方法

3.1 研究デザイン

デザイン：多施設共同研究、前向き/後ろ向き観察研究

3.2 対象

・当院あるいは共同研究機関を受診した患者のうち、フックス角膜内皮ジストロフィーの罹患の患者およびその家族

・白内障等で当院あるいは共同研究機関を受診した患者および健康人（コントロール群）

3.3 調査項目、評価項目

FECD患者における角膜内皮スペキュラ画像（図1）について、画像処理と畳み込みニューラルネットワークによる機械学習を組み合わせて識別器を作成する。コントロール群として白内障手術等で各研究機関を受診した患者のデータ（図2）を使用する。完成した識別器の性能に関する主要評価項目は正診率とし、副次評価項目として感度、特異度、AUC、precision、recall、F-value等を設定する。これらの解析結果を用いて、角膜内皮スペキュラを用いたFECDを判別するプログラムを検討する。

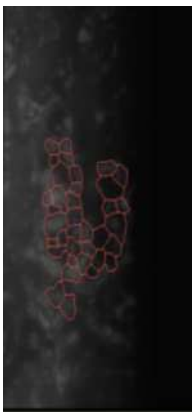


図1　FECD群（左）、コントロール群（右）での角膜内皮スペキュラ

4. 研究成果

角膜内皮スペキュラ画像を用いた自動診断開発目的に、角膜内皮スペキュラ検査による大阪大学の FECD 患者の画像 9,625 枚、とコントロール群（CTRL）の画像 1,375 枚を集積した。画像は、これらの画像のうち、60%を学習セットに、残りの 40%を評価セットに利用した。表 1 に学習セットと評価セットの統計を示す。

表 1　データセットの詳細

	CTRL	FECD
学習セット	831	5,262
評価セット	544	4,363

FECD とコントロール群の識別のための畳み込みニューラルネットワークモデルとして、本研究では ImageNet で事前学習された ResNet-18 を利用した。モデルの学習には学習率を 0.0001 とした AdamW を用い、20 エポック学習を実施した。評価セットにおける混同行列を表 2 に示す。識別精度は 0.982 であり、ある程度の性能を持つことが確認できた。

表 2　混同行列

	CTRL（予測）	FECD（予測）
CTRL（真値）	519	35
FECD（真値）	53	4310

図 2 は評価セット画像から得られるニューラルネットワークの中間表現について、コントロール群（Normal と表記）と FECD（Abnormal と表記）の分布を、UMAP により 2 次元空間に次元圧縮して示したものである。FECD 患者の画像の分布は広がりを持つ一方で、コントロール群の画像は左下の 1 箇所に集中していることがわかる。一部両者の分布が重なる部分は確認できるものの、多くがよく分離できていると言える。

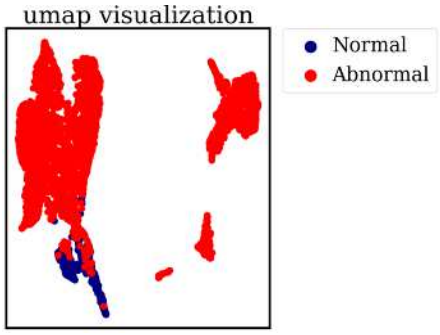


図 2　UMAP による評価セット中のサンプルの分布の可視化

重なり部分のサンプルを分析することにより、両クラスの分離をよくする特徴量の追加等の対策を考えることができる。この点は今後の課題としたい。

図 3 は 3 種の説明可能 AI 手法による可視化結果を示す。赤色でハイライトされた領域は識別の際にモデルが注目した領域を表す。この可視化結果は、異なる説明可能 AI 手法が異なる領域を示している。GradCAM と SmoothGrad のアルゴリズムの性質から、画像中の左側中央付近がわずかに変化したときに識別スコア（FECD、もしくはコントロール群クラスらしさ）が大きく変化すると考えられる。一方で、RISE の性質から、左側中央付近のみではなく、画像全体が識別スコアに影響を与えているものの、特に上部の影響が大きいことがわかる。

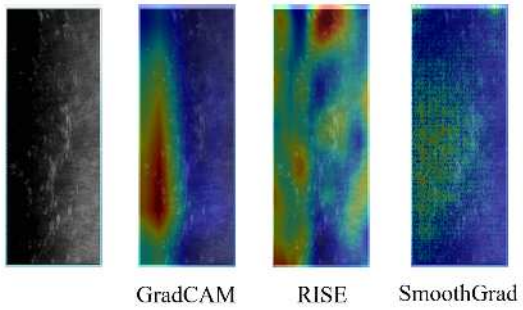


図 3　説明可能な AI 手法による注目領域の可視化

5. まとめ

本研究では、機械学習による FECD の診断補助を目指して、ResNet-18 を利用した実験を行い、高い識別性能を得た。解析から、モデルは画像の大部分から識別を行っていると考えられる一方で、一部の影響が大きいことがわかった。これらの結果を基に、より大きなデータセットを用いることで、さらに高度な診断補助の実現を目指す。

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Igarashi A, Takeda M, Mashiko N, Shimizu T, Yuda K, Oie Y, Okumura N, Yamaguchi T, Yamagami S, Hayashi T. Intracellular dark endothelial spots detected using specular microscopy are associated with graft failure after Descemet's membrane endothelial keratoplasty. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2025 Jan 25. doi:10.1007/s00417-025-06745-5

② Mori-Ogiwara Y, Yagi-Yaguchi Y, Ibrahim O, Higa K, Kasamatsu H, Kanda T, Tomida D, Oie Y, Hayashi T, Shimazaki J, Yamaguchi T. Intracellular dark spots are associated with endothelial cell loss after Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty. Br J Ophthalmol. 2024 Nov 7. doi:10.1136/bjo-2024-325702

③ Maeno S, Oie Y, Koto R, Nishida N, Yamashita A, Yoshioka M, Kai C, Soma T, Koh S, Yoshihara M, Kawasaki R, Jhanji V, Nakamori M, Tsujikawa M, Nishida K. Comparison of Scheimpflug and Anterior Segment Optical Coherence Tomography Imaging Parameters for Japanese Patients With Fuchs Endothelial Corneal Dystrophy With and Without TCF4 Repeat Expansions. Cornea. 2024 Jul;43(7):805–811. doi:10.1097/ICO.0000000000003488

④ Kai C, Oie Y, Nishida N, Doi S, Fujimoto C, Asonuma S, Maeno S, Soma T, Koh S, Jhanji V, Kawasaki R, Nishida K. Associations Between Visual Functions and Severity Gradings, Corneal Scatter, or Higher-Order Aberrations in Fuchs Endothelial Corneal Dystrophy. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2024 Jun;65(6):15. doi:10.1167/iovs.65.6.15

⑤ Kubo K, Oie Y, Koto R, Nishida N, Kai C, Maeno S, Soma T, Koh S, Kawasaki R, Jhanji V, Nakamori M, Tsujikawa M, Nishida K. Analysis of Corneal Phenotypes in Japanese Patients With Myotonic Dystrophy Type 1. Cornea. doi:10.1097/ICO.0000000000003679

⑥ Yamada K, Oie Y, Nishida N, Maeno S, Kai C, Kitao M, Soma T, Koh S, Kawasaki R, Jhanji V, Nakamori M, Tsujikawa M, Nishida K. Quality of Life Survey Using NEI VFQ-25 in Japanese Patients With Fuchs Endothelial Corneal Dystrophy. Eye Contact Lens. doi:10.1097/ICL.0000000000001159

〔外部資金〕

① R4-6, 難治性疾患実用化研究事業「フックス角膜内皮ジストロフィーの診療エビデンス創出のための研究」, (JP22ek0109590 ）, (代表)大家義則

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

臨床情報の時系列データに基づく膵臓癌の再発予測 AI 手法の開発

小林 省吾（大阪国際がんセンター）
江口 英利（医学系研究科）
富丸 慶人（医学系研究科）
今村 宏輝（医学系研究科）
木村 輔（産業科学研究所）
松原 靖子（産業科学研究所）
櫻井 保志（産業科学研究所）

1　研究の背景

日本国内において最も多い死因は癌であり，日本人の死因の約 24.6% を占めている．その中でも，膵臓癌による死亡者数は肺や胃に続いて 3 番目に多いとされている．膵臓癌に対して最も治療効果が高く，根治可能な唯一の治療方法は外科的切除であり，切除を行わない場合と比較して生存率は高くなる [a]．しかし，膵臓癌は予後不良の癌であり，切除を行なったとしても早期再発を認めることが多い．1980 年代および 1990 年代と比較して，2000 年以降の膵臓癌罹患者の切除後の生存率は有意に向上しているが，他の部位の癌罹患者と比較すると未だ非常に低い数値となっている．

膵臓癌が予後不良である原因の一つとして早期診断の難しさが挙げられる．膵臓癌に罹患したとしても特徴的な初期症状は現れにくく，腹痛や背中の痛み，黄疸といった症状が認められる頃には既に膵臓癌が進行している可能性がある．術後再発は，主に CT や FDG-PET といった画像検査により診断が行われる．これらの検査は癌の有無や大きさ，位置を判断する上で非常に有効な検査方法である．しかし，画像検査では腫瘍がある程度大きくならないと検出できない点や，術後の変化と腫瘍を区別することが困難である点が問題となっている．腫瘍がまだ小さい段階における診断は予後を良好にするために重要であり，その方法を見つけ出すことが大きな課題となっている．

2　研究の目的

膵癌関連の臨床情報として図 1 で示すような診察ごとに採取された腫瘍マーカが用いられている．しかし，それらと膵癌術後の再発との関係性は一定の相関を認めるものの [b]，その程度は限定的である．既存研究ではその他のマーカと組み合わせる手法や値の時系列的な推移に着目して統計学的な有意性を見出す研究が報告されている．このような臨床情報は，退院後の通院の際に取得されることが多いため，その取得間隔は患者の健康状況などに応じて異なり，また診察毎に必ずしも全ての検査を行うわけではないため、非連続的かつ非同期的な時系列データになることが多い．現在，膵臓癌疾患における外科的切除および術後の診察結果について時系列データとして取得しているが，これらの問題もあり，臨床情報の時系列データを対象とした解析は困難な課題となっている．

そこで本研究では，患者の年齢，性別，用いた術式，血液検査結果や腫瘍マーカなどから構成される臨床情報の時系列データから膵臓癌の活動に関連する因子を抽出し，それらに基づいた各患者のための膵臓癌の再発予測手法の開発を目指した．これにより非連続的かつ非同期的な臨床情報の時系列データの利活用が可能となり，これまで実現できなかった膵臓癌の再発予測手法技術を確立することが期待される．

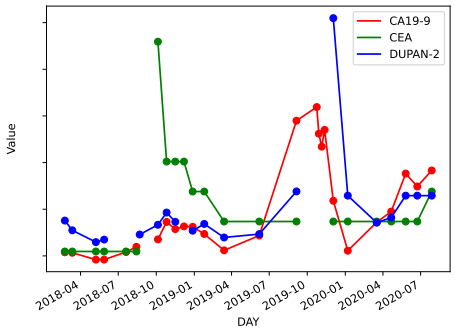


図 1: 臨床情報の時系列データの例

3　研究の方法

既に図 1 に示したように臨床情報の時系列データは個々の患者の通院の際に取得されることが多いためデータは非連続的かつ非同期的となり，その解析は困難な課題となっている．このような患者単体の疎なデータから膵癌の再発予測を実現するために，本研究では課題を二つに分割して取り組んだ．具体的には，患者データの集約による膵癌の活動に関連する因子の抽出，および，それらに基づいた各患者のための膵癌の再発予測である．

本年度は，腫瘍マーカの情報を用いた機械学習による膵臓癌術後の再発予測手法の開発を目指した．腫瘍マーカとは，体内に癌ができた際にその種類によって特徴的に作られる物質のことを指す．腫瘍マーカは癌の予後予測の指標として使用されており，血中に含まれる腫瘍マーカの濃度が基準値よりも高い値になると，特定の癌が存在していることを示唆する．膵臓癌の診断には一般的に CA19-9，CEA，DUPAN-2 といった腫瘍マーカが用いられる．本研究では各患者ごとに複数回にわたって測定されたこれら 3 つの腫瘍マーカの記録から特徴量を抽出した．提案手法では一般的に用いられる特徴量に加えて，マーカ値の急激な変化や全体的な変動傾向を反映した特徴量を組み

合わせることで，腫瘍マーカを多角的に捉えることが期待される．抽出された特徴量によって学習させた癌再発予測モデルの性能については，実際の医療データを使用した実験により評価した．

4 研究成果

本実験の目的は，提案手法を用いて腫瘍マーカの時系列データから抽出された特徴量による膵臓癌の再発予測精度の改善を検証することである．

使用したデータセットは，2018 年から 2020 年の間に膵臓癌切除手術を受けた 89 名の患者について，検診の際に取得された様々な検査項目を後ろ向きに収集したものである．対象となる 89 名のうち，再発ありラベルが 58 名，再発なしラベルが 31 名である．ここで，Lewis 陰性患者と呼ばれる CA19-9 値が常に血液検査において検出感度以下となる患者 5 名と，データセットにおける記録内容の齟齬により再発の有無が不確かな患者 1 名について実験対象から除外した．また，再発なしラベルの患者の中には術後生存期間が非常に短く，それに伴って観察期間も短い患者が存在する．それらのデータを単に無再発者として扱うとモデルの学習において潜在的なバイアスを生じさせる可能性がある．本実験では，カプラン・マイヤー曲線に基づいて無再発生存期間中央値の 508 日よりも，術後の観察期間が短い再発なしラベルの患者 2 名について，無再発者として扱うことは妥当ではないと判断し除外した．さらに，再発者であれば再発日を基準日とし，無再発者であれば最新の検査日を基準日として補間を行なった上で，手術日から基準日の 6 ヶ月前までの期間で各マーカの記録が 2 回未満である患者も実験対象から除外した．以上のデータ選択により，残った再発ありラベルの患者 39 名および再発なしラベルの患者 23 名の計 62 名から構成されるデータセットを実験に用いた．

本実験では提案手法によってデータセットから抽出された特徴量を用いてモデルを構築し，6 ヶ月先の癌再発を予測した．学習モデルには Random Forest および Extra Trees を用いた．また比較手法として各腫瘍マーカの最新の検査結果のみを用いて学習したモデルを構築し予測精度を検証した．評価指標には Accuracy，Precision，Recall，Specificity，F 値および ROC-AUC を用いた．表 1 に実験結果をまとめる．両モデルにおいて提案手法を用いることで予測精度が改善され，全ての評価指標において 8 割を超える値を示した．特に Specificity について大幅に精度が改善されていることから，無再発者の検出においても本手法は有効であると考えられる．

現在，実験結果に基づいたノモグラムの生成，データセットの増強，特徴抽出の改善および研究成果の投稿を進めている．ノモグラムはある関数（モデル）の計算をグラフィカルに行える二次元の図表である．医療現場でも用いられており，例えば癌の再発においては複数の予測因子について検査結果の値を当てはめることで再発予測の大まかな確率計算に用いられている．本研究で開発した癌再発予測モデルを利用するには AI に関する知識を要するため，AI の専門家以外の人が利用するには不便な場合がある．そのため癌再発予測モデルをノモグラムへ変換することは，実際の現場に研究成果をフィードバックすることに繋がる．また本年度の実験では約 3 年間という限られた範囲のデータセットで手法の精度について検証した．現在，本実験で用いたデータセットを増強し，2010 年から 2021 年とより長い期間のデータセットを対象に特徴抽出の改善および精度検証を進めており，この結果に基づいて論文投稿の準備を進めている．

表 1: 各評価指標における再発予測モデルの精度比較

モデル	Accuracy	Precision	Recall	Specificity	F 値	AUC
Random Forest (比較手法)	0.783	0.825	0.842	0.700	0.826	0.788
Random Forest (提案手法)	**0.862**	**0.865**	**0.883**	**0.817**	**0.871**	**0.849**
Extra Trees (比較手法)	0.655	0.723	0.717	0.550	0.713	0.800
Extra Trees (提案手法)	**0.860**	**0.902**	**0.883**	**0.800**	**0.868**	**0.829**

引用文献

[a] Bilimoria KY, Bentrem DJ, Ko CY, Stewart AK, Winchester DP, Talamonti MS, “National failure to operate on early stage pancreatic cancer,” Annals of surgery, vol.246, no.2, pp.173–180, 2007.

[b] Imamura H, Tomimaru Y, Kobayashi S, Sasaki K, Iwagami Y, Yamada D, Noda T, Takahashi H, Doki Y, Eguchi H. Diagnostic impact of postoperative CA19-9 dynamics on pancreatic cancer recurrence: a single-institution retrospective study. Updates Surg. 2024 Apr;76(2):479–486.

「インスタンスセグメンテーションに基づく歯科用セラミックスの結晶領域抽出法の開発」

山口　哲（歯学研究科），松下　康之（IDS）

1. 研究の背景

歯の修復に用いられる歯科用セラミックスは、ガラスマトリックス内に熱処理条件に応じて様々な結晶が析出することで材料強度を発現するため、結晶粒の形状や分散状態の観察は新規の歯科用セラミックスを開発するうえで重要である。しかし、従来の試料表面の電子顕微鏡像を画像処理する手法では、隣接する結晶粒が 1 つの塊として抽出されてしまうため、個々の結晶粒の領域を正確に抽出し、定量的に評価することが困難であった。

これまでに、画像処理技術（二値化、ノイズ除去、膨張・収縮など）を駆使して電子顕微鏡像から結晶領域を抽出する試みは報告されている[a]が、歯科用セラミックスの結晶領域を抽出する目的で開発された AI は存在しない。

2. 研究の目的

本研究では、歯科用セラミックスの電子顕微鏡像から結晶領域を自動で抽出する AI を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

3.1 被験材料と試料作製

歯科用セラミックスとして、市販の IPS e.max CAD（EX; Ivoclar）、 Celtra Duo（CD; Dentsply Sirona）、 Vita Sprinity(VS; VITA Zahnfabrik)を用いた. 各ブロックから厚み 1 mm の試料をダイヤモンドブレードで切り出した後、切断面を耐水研磨紙（P4000 番）で研磨し、5 分間のイオンミリング処理を施した。

3.2 AI の訓練用画像の準備

走査型電子顕微鏡（SU-70、 HITACHI）で試料の表面を 15、000 倍で観察し、20 の観察像を得た。1 つの画像から 1024×1024 ピクセルの領域をランダムに 2 枚切り出し、得られた 40 枚の画像のうち、20 枚を AI の訓練用画像、残りの 20 枚をテスト用画像とした。

3.3 アノテーション

20 枚の訓練用画像について、アノテーション用のソフトウェア（LabelMe）を用いて、結晶粒の領域を手動で抽出し、これらを正解領域とした。ただし、画像の境界にまたぐ結晶は抽出の対象から除外した。

3.4 AI の学習と抽出精度の評価

Bolya らによって提案された YOLACT[b]に基づき、訓練用画像を用いて AI の学習を行った。テスト用画像を用いて結晶領域の抽出を行い、学習済みの AI が抽出した結晶の数を SEM 像で実際に確認できる結晶の数で除算することで、抽出精度を求めた。

4. 研究成果

学習済みの AI を用いて、EX、 CD、 VS の走査型電子顕微鏡像から結晶領域を抽出した結果の例を図 1 に示す。抽出された結晶領域は、元の走査型電子顕微鏡像上に色付きの半透明マスクとして重ね合わせて表

示した。また、識別された各結晶を長方形で囲み、それぞれの重心位置に直径 10 ピクセルの円を描画した。抽出精度は、EX で 95.3±7.1%、CD で 94.0±8.0%、VS で 94.7±7.6%であった。

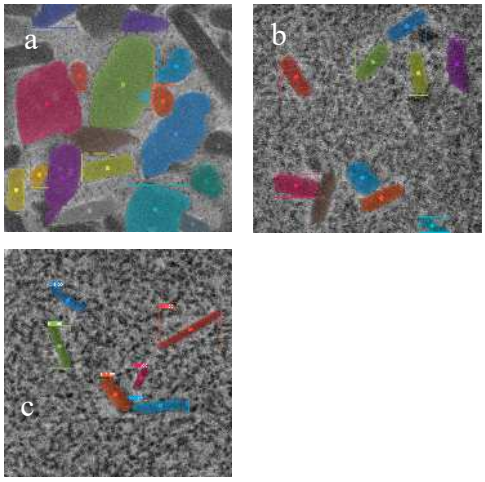


図 1．抽出結果の例（a）EX, (b) CD, (c) VS

結晶の形状特性が異なる EX、 CD、 VS いずれの群においても、構築した AI はテスト用画像から結晶領域を自動的かつ高精度に抽出することに成功した。抽出された領域の重心位置を記録することで、結晶の分散状態を定量的に比較することが可能となった。

そこで、得られた結晶の重心分布に対してトポロジカルデータ解析[c]を適用し、まず各群の Persistence Diagram（PD）を作成して birth-death 空間上の特徴点分布を可視化した（図 2）。

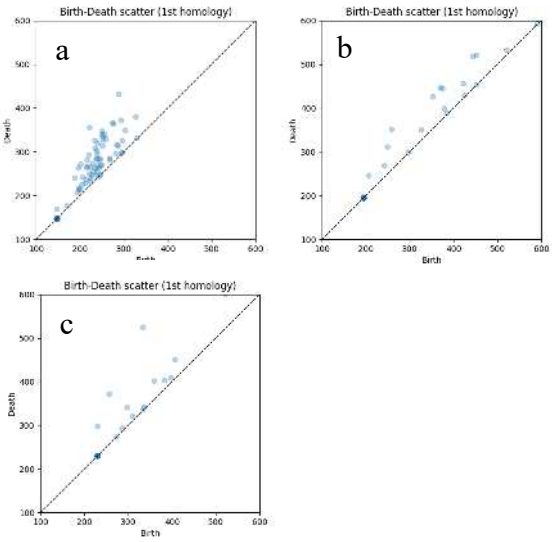


図 2．PD(a）EX, (b）CD, （c）VS

続いて、各群の空間的特徴を 20 個の重心分布から平均 Persistence Image（PI）として可視化・定量化した（図 3）。表 1 に、各群の平均 PI における最大値と対応する birth/death 値を示す。

表 1．PI 解析による結晶分布特徴量

	最大値	birth 値	death 値
EX	0.00320	232.5	337.3
CD	0.00113	247.5	194.8
VS	0.00151	327.2	588.0

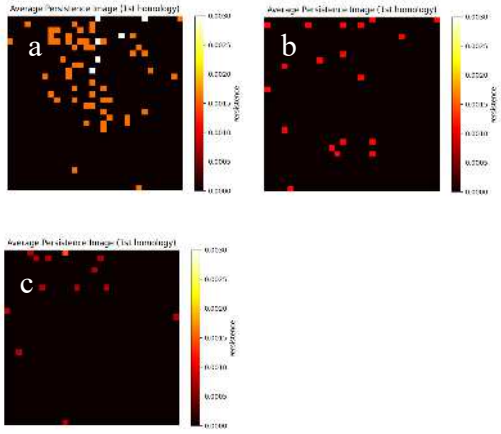


図 3．PI（a）EX, (b) CD, (c) VS

各群の PI による結晶分布のトポロジー的特徴と、これまでの実験[d]で測定した二軸

曲げ強度を比較した結果、EX は適度なスケールかつ寿命の長い空隙・サイクル構造が多く、高い曲げ強度（495±67 MPa）を示した。一方、CD は小さく短寿命な特徴が主体であり、最も低い強度（298±93 MPa）であった。VS は粗大・長寿命なサイクルが卓越し、中間的な強度（354±46 MPa）となった。これらの結果より、「材料内部の結晶分布において、適度なスケールと持続時間を持つ空隙ネットワークが強度の発現に最も寄与する」ことが示唆された。

今後、図 4 に示すようにテスト用画像が相互に重複するように切り出すことで、画像の境界をまたぐ結晶領域の抽出も可能となり、より広い範囲での抽出に発展できると期待される。

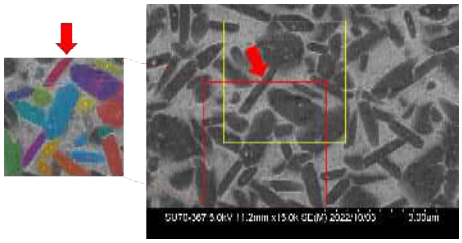


図 4. 境界をまたぐ結晶領域の例

以上のように、本研究では歯科用セラミックスの走査型電子顕微鏡像から AI を用いて結晶領域を自動的かつ高精度に抽出する方法を開発し、さらにトポロジカルデータ解析により結晶分布の位相幾何学的特徴と機械的強度との関係を明らかにした。

謝辞

本研究の遂行にあたり、令和 5 年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業（歯学部）」の代表者である鎌田陽氏、および共同研究者の田中淳貴氏に深く感謝いたします。

また、各種歯科用セラミックスの試料提供および走査型電子顕微鏡像の撮影に際し、株式会社ジーシーR&D 研究所の保木井悠介氏、秋山茂範氏には多大なるご支援を賜りました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

[a]. Ferraz DC, *et al*., A novel simplified method for assessing crystal length and crystalline content in dental ceramics, Microsc Res Tech 88(1):224-233, 2025.

[b]. Bolya D, *et al*., YOLACT: Real-time instance segmentation, arXiv: 1904.02689, 2019.

[c]. Adams H, *et al*., Persistence images: A stable vector representation of persistent homology, Journal of Machine Learning Research 18(8):1-35, 2017.

[d]. Yamaguchi S, *et al*., Inverse Analysis of Topological Features of Glass-Ceramics by Materials Informatics, The 102nd IADR General Session and Exhibition, New Orleans, March 15, 2024.

「顎骨病変の診断を支援する AI の開発」

島本 博彰（歯学研究科），山口 哲（歯学研究科），松下 康之（IDS）

1. 研究の背景

歯科医院における歯科用コーンビーム CT（CBCT）の導入率は年々増加している。しかし、開業医の多くは CBCT の専門的教育や研修を受けていないため、悪性腫瘍などの顎骨病変を誤診するリスクが依然として高い状況である。特に、開業医は症状のある局所に注意が向きやすく、偶然に描出された他部位の病変を見落とすことも少なくない。

本研究は、すべての顎骨病変を高精度に検出可能な AI を構築することで、診断精度の飛躍的な向上および誤診・見落としの低減を目指している。

この技術は地域医療の質向上や、患者 QOL（生活の質）向上、さらには歯科診療の均てん化に資するものであり、社会的意義も大きいと考える。

2. 研究の目的

最終的には、CBCT 画像から全ての顎骨病変を自動的に検出できる AI の開発を目標としている。

その第一段階として、本研究では比較的罹患率が高く臨床的意義も大きい「顎骨浸潤を伴う歯肉癌」に注目した。MDCT（Multi Detector row CT）画像を用いて、少数の教師データからでも高精度な AI を開発できるかを検証することを目的とした。既存研究の多くは大量のアノテーションデータを必要とするが、現場での実装を考慮すると「少数データ」での高精度化は重要な課題である。本研究では、ファインチューニングの手法を駆使し、現実的かつ再現性の高い AI 構築法を模索した。

3. 研究の方法

3.1 歯肉癌の MDCT データの抽出

大阪大学歯学部附属病院放射線科で撮影された MDCT 画像（大阪大学大学院歯学研究科・歯学部及び歯学部附属病院倫理審査委員会、承認番号：R5-E12）から、確定診断済みの顎骨浸潤歯肉癌 6 症例を用いた。うち 4 症例を訓練用、1 症例を検証用、1 症例をテスト用とした。

3.2 病変のラベリング

全スライスに対し、日本歯科放射線学会認定医が LabelMe[a]を用いてラベリングを実施し、さらに指導医がダブルチェックを行った（図 1）。

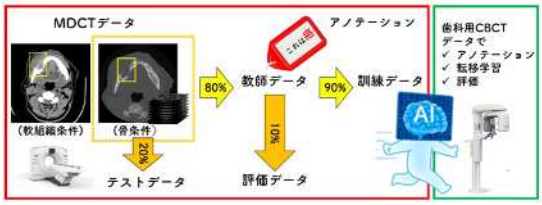


図 1 歯科用 CBCT 画像診断支援システムの開発の概要

水平断・冠状断・矢状断の各断面で視認可能な病変をラベリングし、訓練用データ 455 枚、検証用 80 枚、テスト用 73 枚を作成した（図 2）。

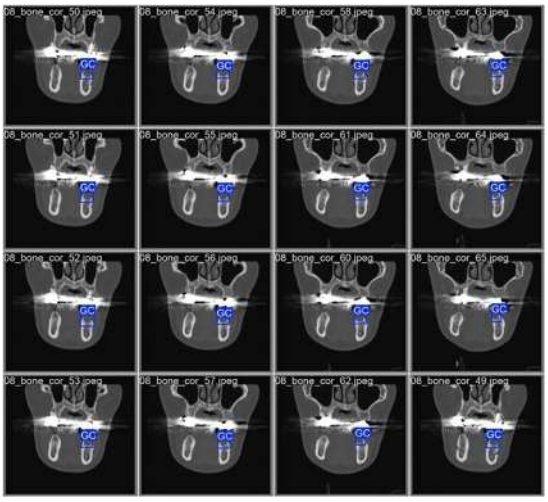


図 2 冠状断における病変のラベリング例

3.3 AI モデルの構築と評価

YOLOv12: Attention-Centric Real-Time Object Detectors[b] を用い、3.2 節で作成したデータをもとにファインチューニングを行った。YOLOv12 は高速かつ高精度な物体検出モデルであり、5 種のバリエーションの中で YOLO12m を選択した。Precision、Recall、mAP50、mAP50-95 を評価指標とした。

YOLOv12 は Attention 機構を活用した最新の物体検出 AI であり、従来法に比べ小さな病変も高精度に検出できる点が特長である。今後は他のモデルとの比較検討も予定している。

4. 研究成果

構築した AI モデルは、Precision 72.0%、Recall 75.7%、mAP50 74.0%、mAP50-95 31.9% という結果を示した（図 3）。

ここで、Precision（適合率）は AI が検出した病変のうち正しく検出できた割合、Recall（再現率）は実際に存在する病変のうち AI が正しく検出できた割合を示す。また、mAP50 は IoU（Intersection over Union）が 0.5 以上の場合の平均適合率、mAP50-95 は IoU を 0.5 から 0.95 まで 0.05 刻みで変化させた際の平均値であり、AI モデルの検出精度を総合的に評価する指標である。

これらの指標値は、限られた学習データで一定の成果を示しているものの、臨床現場での実用化を考えると、さらなる精度向上が不可欠である。特に mAP50-95 は現状のままでは十分とは言えず、今後は症例数の拡充やモデル改良等による検出性能の改善が必要である。

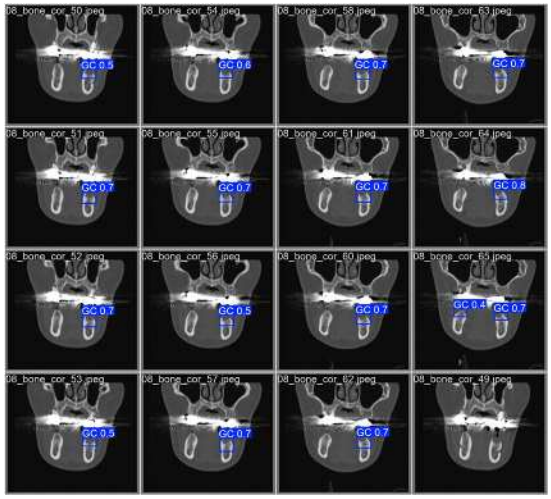


図 3．冠状断における病変検出結果の例

図 3 に示したように、本モデルによる病変検出結果には、検出できなかった例も認められた。これらの見落とし例については、以下の要因が考えられる。

1. 病変のサイズが極めて小さい、あるいは画像コントラストが低い場合、モデルが十分に特徴を抽出できず、検出を逃すことがあった。
2. 顎骨や歯根部の構造的な重なりやアーチファクトにより、病変の輪郭が不明瞭となり、正常構造と区別しにくい画像が含まれていた。
3. 訓練データに同様の特徴を有する症例が少なく、モデルの汎化能力が十分でなかった。

4. ラベリングの際の主観的な境界設定や、放射線画像特有のノイズの影響も一因と考えられる。

これらの見落とし例を中心に症例データを拡充し、データ拡張や新たなモデル構造の導入、さらに AI の判別根拠を可視化する技術（Grad-CAM[c]）の活用などにより、見落としリスクの低減を目指す。特に臨床的に見逃しが許容できない病変については、専門医による再検証や二重ラベリング、ヒューマンインザループの強化が重要な課題である。

また、ヒトによる誤認識率が 5.1%と報告されている点[d]も踏まえ、教師データの増加による AI 精度のさらなる向上を図る。希少疾患など少数データ症例への適用拡大や、基盤モデルを活用した高精度化も推進する。CBCT 画像は MDCT と非常に類似しているため、CBCT データへの転移学習による AI の展開も期待できる。

さらに、より多様な顎骨病変への対応、症例データのさらなる拡充、CBCT データへの応用、院外施設との連携による多施設共同研究も視野に入れている。個人情報の匿名化やセキュリティ管理、インフォームドコンセントの徹底など倫理的配慮も継続し、地域医療連携や研修医教育等での AI 活用にも貢献したい。最終的には、診断支援システムとして開業医や一般歯科医院への普及を目指す。

引用文献

[a]. Russell BC, *et al*., LabelMe: a database and web-based tool for image annotation. International Journal of Computer Vision 77(1-3), 157-173, 2008.

[b]. Tian Y, *et al*., YOLOv12: Attention-Centric Real-Time Object Detectors, arXiv:2502.12524, 2025.

[c]. Selvaraju RR, *et al*., Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization, arXiv:1610.02391, 2016.

[d]. Russakovsky O, *et al*., ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge, arXiv:1409.0575, 2014.

謝辞

本研究を遂行するにあたり、国際共同研究の一環として、研究立ち上げ時より積極的に議論にご参画いただいた国立精華大学の楊梵孛教授に深く感謝申し上げます。

また、病変のラベリング作業に際しては、歯学研究科歯科放射線学講座の内本有香医員より多大なるご支援を賜りました。ここに心より御礼申し上げます。

発表論文等

〔その他〕（歯科専門医共通研修講演）

① 山口 哲, AI がもたらす歯科医学研究の革新と倫理的課題．日本歯科放射線学会　第 43 回関西・九州合同地方会. 2025 年 2 月 8 日．箕面市.

「全組織細胞イメージング/分子病態解析」

橋本 均（薬学研究科），長原 一（D3 センター），中島 悠太（D3 センター）

1. 研究の背景

脳内では、多数の神経細胞で構成される神経回路の情報伝達を介して、様々な脳領域が相互に連絡し、情報の処理・統合が行われている。脳の情報処理や脳疾患のメカニズムを理解するためには、個々の神経細胞の活性化に伴うネットワーク間の情報伝達の変化を、体系的に捉えることが重要である。そこでこれまで、高速・高精細に全脳をイメージングする顕微鏡装置 FAST を開発し[1、2]、疾患モデル脳等の構造や活動を網羅的でアンバイアスに個体間比較する解析系を構築し、これを用いた研究を実施してきた[3-5]。

2. 研究の目的

社会性行動は、脳の多くの領域で構成される広範なネットワークによって制御されていることが知られている。その中で前帯状皮質（ACC）は、社会性行動に関与するいくつかの脳領域と相互接続されたハブ領域として機能している。本研究は、マウスの社会性行動において、社会的刺激に応答する ACC の神経細胞の亜集団の役割を解析することを目的とした[6]。

3. 研究の方法

3.1 動物実験

実験には、7-10 週齢の成体雄性 C57BL/6 N マウス（SLC）を用いた。すべての動物飼育および取り扱い手順は、大阪大学動物実験委員会の承認を得て実施した。

3.2 神経活動操作

神経活動操作は、活動依存的な抑制性の designer receptors exclusively activated by designer drugs（DREADD）の発現系を用いて実施した。

3.3 免疫組織化学

免疫組織化学は、間接法を用いた常法に従って実施した。

3.4 その他

上記とそれら以外の方法の詳細は、引用文献[6]に記載の通りである。

4. 研究成果

本研究によって、ACC のニューロンの亜集団が社会的刺激によって活性化されること、この ACC ニューロンの社会的刺激応答性の亜集団をサイレンシングすると、自発運動量や不安様行動に影響を与えることなく、社会的相互作用が障害された（図 1）[6]。

この知見は、社会性行動における ACC の社会的刺激応答性ニューロンの亜集団の重要性と、ACC の機能低下が社会性行動の障害と関連することを示すものである[6]。

様々な脳領域をつなぐハブとしての ACC の役割を考慮すると、本研究で見出された ACC ニューロンの亜集団は、社会性行動を制御する神経回路レベルのメカニズムを解明するための有望な標的となる可能性が考えられる[6]。

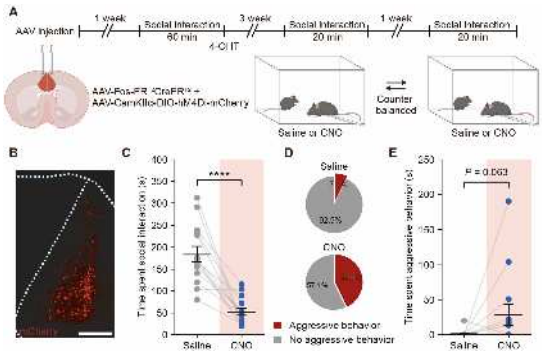


図 1　前帯状皮質（ACC）ニューロンの社会的刺激応答性亜集団の化学遺伝学的サイレンシングによる社会的相互作用の低下
（引用文献[6]より）

引用文献

[1] Seiriki K, Kasai A, Hashimoto T, Schulze W, Niu M, Yamaguchi S, Nakazawa T, Inoue KI, Uezono S, Takada M, Naka Y, Igarashi H, Tanuma M, Waschek JA, Ago Y, Tanaka KF, Hayata-Takano A, Nagayasu K, Shintani N, Hashimoto R, Kunii Y, Hino M, Matsumoto J, Yabe H, Nagai T, Fujita K, Matsuda T, Takuma K, Baba A, Hashimoto H. High-speed and scalable whole-brain imaging in rodents and primates. Neuron 96:1085-1100.e6, 2017

[2] Seiriki K, Kasai A, Nakazawa T, Niu M, Tanuma M, Igarashi H, Yamaura K, Hayata-Takano A, Ago Y, Hashimoto H. Whole-brain block-face serial microscopy tomography at subcellular resolution using FAST. Nat Protoc 14, 1509-1529, 2019

[3] Niu M, Kasai A, Tanuma M, Seiriki K, Igarashi H, Kuwaki T, Nagayasu K, Miyaji K, Ueno H, Tanabe W, Seo K, Yokoyama R, Ohkubo J, Ago Y, Hayashida M, Inoue KI, Takada M, Yamaguchi S, Nakazawa T, Kaneko S, Okuno H, Yamanaka A, Hashimoto H. Claustrum mediates bidirectional and reversible control of stress-induced anxiety responses. Sci Adv 8:eabi6375, 2022

[4] Endo F, Kasai A, Soto JS, Yu X, Qu Z, Hashimoto H, Gradinaru V, Kawaguchi R, Khakh BS. Molecular basis of astrocyte diversity and morphology across the CNS in health and disease. Science 378:eadc9020, 2022

[5] Yokoyama R, Ago Y, Igarashi H, Higuchi M, Tanuma M, Shimazaki Y, Kawai T, Seiriki K, Hayashida M, Yamaguchi S, Tanaka H, Nakazawa T, Okamura Y, Hashimoto K, Kasai A, Hashimoto H. (R)-ketamine restores anterior insular cortex activity and cognitive deficits in social isolation-reared mice. Mol Psychiatry 29:1406-1416, 2024

[6] Kitagawa K, Takemoto T, Seiriki K, Kasai A, Hashimoto H, Nakazawa T. Socially activated neurons in the anterior cingulate cortex are essential for social behavior in mice. Biochem Biophys Res Commun 726:150251, 2024

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Ichimura T, Kakizuka T, Taniguchi Y, Ejima S, Sato Y, Itano K, Seiriki K, Hashimoto H, Sugawara K, Itoga H, Onami S, Nagai T. Volumetric trans-scale imaging of massive quantity of heterogeneous cell populations in centimeter-wide tissue and embryo. Elife 13:RP93633, 2025

② Kitagawa K, Takemoto T, Seiriki K, Kasai A, Hashimoto H, Nakazawa T. Socially activated neurons in the anterior cingulate cortex are essential for social behavior in

mice. Biochem Biophys Res Commun 726:150251, 2024

③ Kojima L, Seiriki K, Rokujo H, Nakazawa T, Kasai A, Hashimoto H. Optimization of AAV vectors for transactivator-regulated enhanced gene expression within targeted neuronal populations. iScience 27:109878, 2024

④ Yokoyama R, Ago Y, Igarashi H, Higuchi M, Tanuma M, Shimazaki Y, Kawai T, Seiriki K, Hayashida M, Yamaguchi S, Tanaka H, Nakazawa T, Okamura Y, Hashimoto K, Kasai A, Hashimoto H. (R)-ketamine restores anterior insular cortex activity and cognitive deficits in social isolation-reared mice. Mol Psychiatry 29:1406-1416, 2024

〔学会発表〕

① 橋本均，第 47 回日本分子生物学会年会シンポジウム 3D 空間オミクス/3D spatial single-cell omics 三次元空間－細胞オミクス計測へ向けて「全脳イメージングを用いた神経機能と脳構造の統合的解析」2024/11/27

② 橋本均，第 32 回日本運動生理学会大会シンポジウム 運動生理学を理解する為の研究手法“cutting edge”と“fusion”「高速・高精細脳イメージング技術の開発と応用」2024/8/22

③ 橋本均，NEURO2024（第 47 回日本神経科学大会，第 67 回日本神経化学会大会，第 46 回日本生物学的精神医学会年会，第 8 回アジアオセアニア神経科学連合コングレス），特別講演「トランススケールイメージングを用いた脳疾患の病態解析」2024/7/25

④ Kohei Kitagawa, Tomoya Takemoto, Kaoru Seiriki, Atsushi Kasai, Hitoshi Hashimoto, Takanobu Nakazawa , CINP2024「POGZ mutant mouse model of autism spectrum disorder shows abnormal neural activity in the anterior cingulate cortex during social behavior」2024/5/26

〔外部資金〕

① R6-R7，科学研究費助成金 挑戦的萌芽，「超高精細顕微鏡画像と AI を用いた疾患モデル脳の病態解析技術の開発」，24K22022，(代表)橋本均

② R5-R7，科学研究費助成金 基盤 A，「ヒト精神疾患のバイオタイプにアプローチする疾患モデル脳の構造・機能解析と創薬」，23H00395，(代表)橋本均

③ R4-R8，AMED 生命科学・創薬研究支援基盤事業 BINDS，「創薬サイエンス研究支援基盤の統合による創薬イノベーションの加速」，23ama121054，(代表)辻川和丈，(分担)橋本均

バイオサイエンス部門・生命システム領域

機械学習を用いた
シングルセル RNA-seq データからの高精度タンパク質発現量予測

奥崎　大介（免疫学フロンティア研究センター　特任准教授（常勤））
瀬尾　茂人（大学院情報科学研究科　准教授（IDS 兼任））
石川　昌和　（香川大学　バイオインフォマティクス解析センター　特命助教）

1　研究の背景

シングルセル RNA シーケンシング（scRNA-seq）は細胞ごとの転写物（RNA）を網羅的に取得できる一方，捕捉できる RNA 分子数が限られるため発現していても検出されない遺伝子が多く，同一遺伝子から生じるタンパク質アイソフォームを配列情報だけで識別することも難しい．その結果，細胞機能や状態の差異を見落とす恐れがある．こうした弱点を補うために，RNA と細胞表面タンパク質を同時に定量する CITE-seq が開発された．タンパク質は翻訳後修飾やアイソフォームの違いを反映した最終的な機能分子であるため，CITE-seq を用いれば scRNA-seq では区別できなかった表面タンパク質アイソフォームを直接測定でき，細胞状態をより正確に捉えられる．しかし CITE-seq は測定できるタンパク質が抗体パネルに依存し，また試薬コストも高いため，Human Cell Atlas のような大規模プロジェクトでも依然として RNA 単独計測が主流である．

2　研究の目的

CITE-seq データは「RNA とタンパク質の発現量の対応関係」が対になった教師データとして利用できるという点で極めて価値が高い．このペア情報を用いて，RNA 発現プロファイルからタンパク質発現量を高精度に予測するモデルを構築できれば，CITE-seq を実施していない scRNA-seq データにも擬似的にタンパク質情報を付加できる．これにより，抗体パネルが異なる複数データセットの統合解析，タンパク質依存的な細胞型同定やシグナル経路推定，さらには治療標的候補のスクリーニングなど，幅広い応用が期待される．ゆえに，RNA だけからタンパク質量を推定する計算手法の開発は，実験コストを抑えつつ細胞機能を深く理解するための鍵となる．

本研究では，CITE-seq 由来のデータを訓練に用い，RNA 情報のみから細胞表面タンパク質量を高精度に推定する計算モデルを構築することを目的とした．具体的には，まず LASSO 回帰を用いてタンパク質ごとに情報量の高い転写物を選抜しつつ線形予測モデルを作成し，次いで複雑な非線形関係を捉える深層学習モデルを設計した．

3　研究の方法と結果

本研究では，公開されている様々な CITE-seq のデータを利用した．データベースからダウンロードしたデータについて，サンプル間・研究チーム間のバッチエフェクトを考慮し，クオリティコントロール・正規化を行い，細胞ごとに適切なタンパク質・RNA 発現量を算出した．RNA 発現量を説明変数，タンパク質発現量を目的変数として機械学習のモデルを訓練し，クロスバリデーションによって評価を行う．本稿では，そのうちの COVID-19 患者由来の CITE-seq データセット（細胞数約 8 万，タンパク質 200 種）[a] についての結果を報告する．

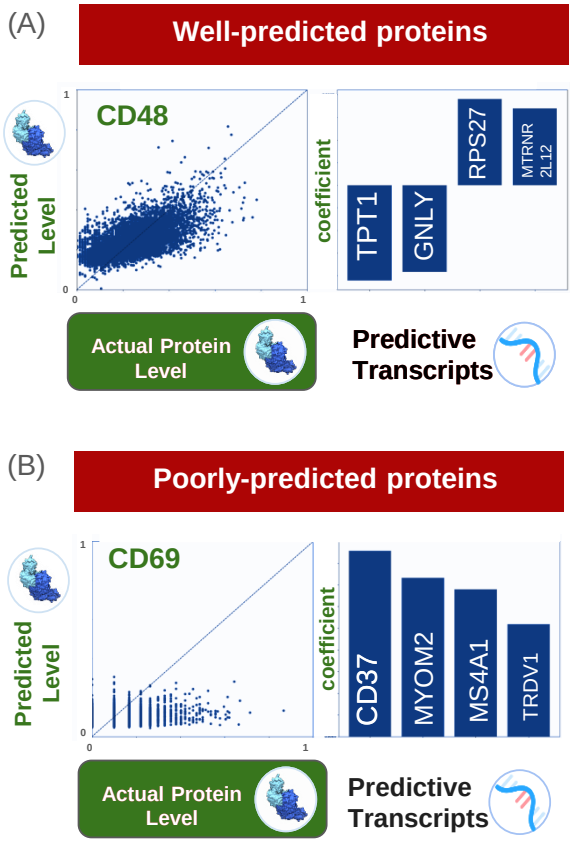


図 1: LASSO 回帰を用いた細胞表面タンパク質の発現量の予測と重要な転写産物の選択

まず，LASSO モデルでは，タンパク質の実測値と予測値の相関係数によって予測精度を評価し，その精度に基づき三つのカテゴリーに分類できた．高精度群ではわずか数十種類の転写物で実測値と高い相関を示し，なかには本来の発現遺伝子以外の転写物が主要な予測因子となる例も見られた（図 1A）．図の左の散布図はタンパク質の実測値と予測値の間に相関が見られることを示しており，図の右側は LASSO によって予測に重要と判断された特徴量（RNA 分子の種類）である．中精度群は部分的に再現性を示した一方，低精度群では RNA からの推定が困難であった（図 1B）．

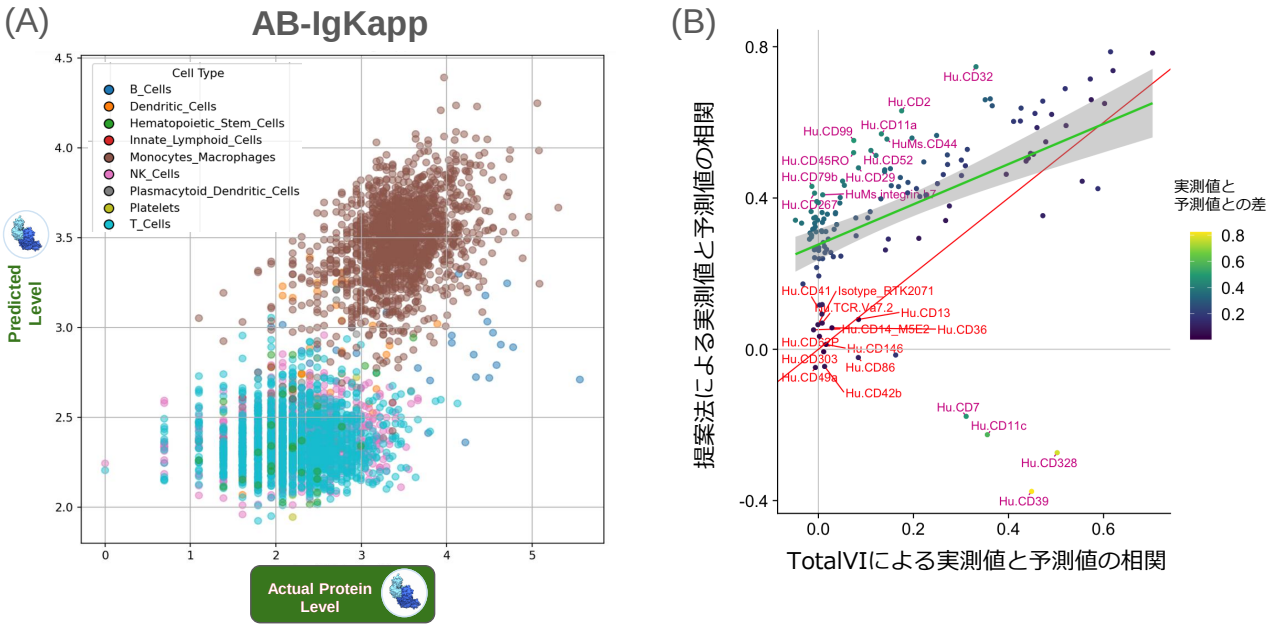


図 2: 深層学習を用いた細胞表面タンパク質の発現量予測

また，深層学習のモデルを用いることでタンパク質発現量の予測精度はさらに向上した．図 2A は，抗体パネル中の代表例として AB-IgKapp の実測タンパク質量（横軸）と本モデルによる推定値（縦軸）を単一細胞レベルで対比した散布図であり，提案モデルは細胞型に依存した発現量の違いを高精度で再現していることがわかる．図 2B は，実測値と予測値との相関，および平均二乗誤差を指標として既存手法 TotalVI[b] と比較した結果である．TotalVI では無相関（相関係数が 0 に近い）を示すようなタンパク質の種類について，提案手法では相関係数が上昇していることが確認できる．

4　今後の予定

今後は，他組織や他疾患由来データへの適用を通じて汎化性能を検証する必要がある．さらに，モデル内部で予測に寄与する遺伝子群を可視化し解釈性を高めるとともに，非表面型や分泌型タンパク質の発現推定へ対象を拡張したい．加えて，細胞の分化段階を表現学習に組み込み，発現ダイナミクスを定量的に取り込める構成を検討する．

謝辞

本プロジェクトの推進にあたり，免疫学フロンティア研究センターの Diez Diego 准教授, 理学研究科の大学院生 Muhammad Neanaa さんにご助力を賜りました．

引用文献

[a] Stephenson E., et al. ”Single-cell multi-omics analysis of the immune response in COVID-19.” Nature medicine, 27.5 (2021): 904-916.

[b] Gayoso A., et al. ”Joint probabilistic modeling of single-cell multi-omic data with totalVI.” Nature methods 18.3 (2021): 272-282.

発表論文等

〔雑誌論文〕

[1] Kim SE, Noda R, Liu Y, Nakajima Y, Kameoka S, Motooka D, Mizuno S, Takahashi S, Takaya K, Murase T, Ikematsu K, Tratsiakova K, Motoyama T, Nakashima M, Kishi K, Martin P, Seno S, Okuzaki D, Mori R, “Novel integrated multiomics analysis reveals a key role for integrin beta-like 1 in wound scarring”, EMBO reports, 26.1 (2025): 122-152.

〔外部資金〕

[1] 2022-2024 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “時空間情報を統合した 1 細胞発現解析手法の開発”, (代表) 瀬尾茂人

[2] 2023-2025 年度, 科学研究費助成金 若手研究, “敗血症患者全白血球のシングルセルシーケンスによる重症化バイオマーカーの探索”, (代表) 石川 昌和

[3] 2023-2025 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 B, “正常組織に影響を与えない癌幹細胞標的分子の探索”, (代表) 奥崎大介

深層学習を用いた異常心筋細胞同定法の開発とその心臓不整脈研究への応用

垣塚 太志（産業科学研究所）
市村 垂生（先導的学際研究機構）
永井 健治（産業科学研究所）

1　研究の背景

ヒト iPS 細胞をはじめとする幹細胞技術の進展により、心臓の収縮を担う心筋細胞を実験室内で作製することが可能となった。これにより、心疾患患者への心筋細胞移植治療の開発や、培養心筋細胞を用いたヒト心疾患の再現、メカニズム解明、治療薬の開発など、多岐にわたる応用研究が活発に進められている。

このような研究を効果的に推進する上で、作製した心筋細胞の品質を厳密に管理することは極めて重要である。心臓は細胞同士が密に連結して機能する組織であり、心筋細胞が同期して拍動することで効率的に血液を送り出す。一部の異常な細胞が非同期に発火した場合、心拍リズムを乱し不整脈の原因となる可能性がある。したがって、移植用途に限らず、in vitro モデルとして用いる際にも、異常細胞の混入を防ぎ、細胞集団全体の品質を厳密に管理することが求められる。

しかし、異常細胞の頻度が非常に低い場合、その検出は容易ではない。稀な異常細胞を検出するためには大量の細胞を観察する必要があるだけでなく、異常の種類や外観的特徴が事前に分かっていない場合も多く、ラベル情報に依存しない解析手法が必要とされる。

2　研究の目的

本研究では、大規模イメージング装置 AMATERAS[1] による非染色明視野画像の取得と、自己教師表現学習を用いた機械学習ベースの異常検知手法を組み合わせ、ヒト iPS 細胞由来心筋細胞集団に含まれる異常細胞のデータ駆動的探索を試みた。ラベル情報なしに、異常細胞を非侵襲的かつ効率的に検出する手法の開発を目的とした。

3　研究の方法

3．1　大規模明視野画像の取得

ヒト iPS 細胞から分化誘導して作製した心筋細胞を単層でコンフルーエントに培養し、我々が開発した大規模イメージング装置 AMATERAS を用いて明視野画像を非染色で取得した。AMATERAS はサブ細胞解像度を維持しつつ、10.1 mm × 14.6 mm の超広視野をカバーできることから、1 ショットで数千〜数万の細胞を同時に撮像可能である。

3．2　単細胞画像セットの作製

取得した広視野明視野画像を、深層学習ベースのセグメンテーション手法である CellPose[2, 3] を用いて細胞領域に分割した。各細胞を中心とする 64 × 64 ピクセルの正方形領域を切り出し、単細胞画像として機械学習解析用データセットを構築した。

3．3　自己教師学習による特徴抽出と異常スコアリング

ラベルなしで表現学習が可能な SimCLR（Simple Framework for Contrastive Learning of Visual Representations）[4] を使用し、全単細胞画像を用いて自己教師学習を行い、各画像から特徴ベクトルを抽出した。その後、得られたベクトル間の K-Nearest Neighbor（KNN）距離を用いて異常スコアを計算し、異常細胞の検出に用いた。

4　研究成果

まず、AMATERAS で撮像された明視野画像から、単一細胞に対応する 5,643 枚の画像を切り出した。これらを用いて SimCLR による自己教師学習を行い、KNN 距離を用いて各画像に対する異常スコアを算出した結果、スコア分布は図 1 に示す通りであった。

異常スコアに基づいて代表的な画像を確認したところ、スコアが低い細胞は見た目に特段の異常は見られなかった（図 2）。一方、異常スコアが最も高い細胞群を確認したところ、細胞内に複数の大きな液胞様構造が存在し、明らかな形態異常が認められた（図 3）。このことから、SimCLR と KNN 距離による異常検知は、実際に異常な形態を有する細胞の検出に有効であることが示唆された。

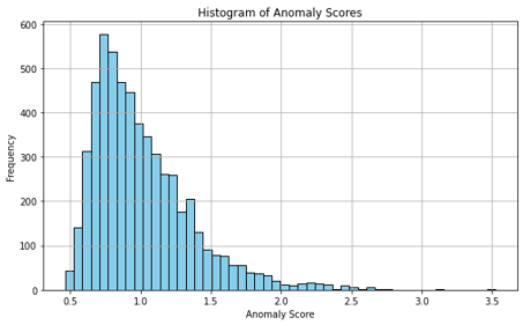


図 1: SimCLR と KNN で得られた異常スコアのヒストグラム

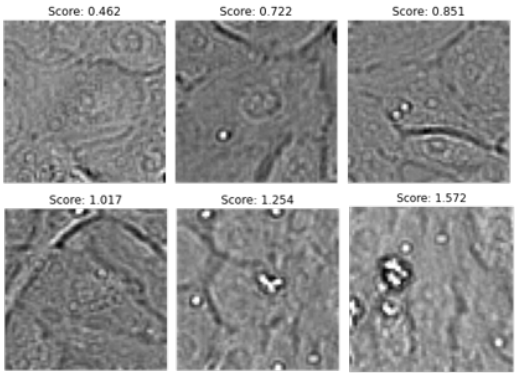


図 2: 異常スコアの低い細胞の代表例

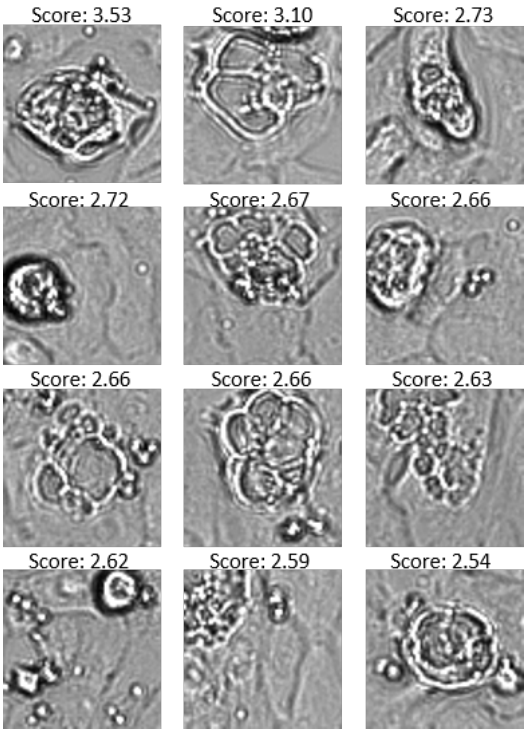


図 3: 異常スコアの上位 12 細胞

異常スコアが 2.0 以上の細胞（n=104）は、全体の約 1.8% に相当し、これらの細胞の多くに液胞様の構造が観察された。さらに、これら異常細胞に対してカルシウム蛍光指示薬を用いたカルシウムイメージングを実施したところ、正常細胞が同期して発火するのに対し、異常細胞は非同期に自発的なカルシウム発火を示すことが確認された（図４）。

このような非同期自発発火は不整脈のリスク因子として知られており [5]、本研究で検出された異常細胞が潜在的な不整脈誘発因子となりうることが示された。したがって、これらの異常細胞の混入を防ぐことは、再生医療および創薬応用において重要な品質管理課題である。

さらに、異常細胞の発生メカニズムを探るため、心筋細胞の作製過程を追跡したところ、細胞の継代後に異常細胞の出現頻度が増加することが判明した。特に、トリプシン処理後の培地交換により浸透圧様のストレスが細胞に加わることで、形態異常が誘発されることが明らかとなった。さらに、EDTA 溶液のみの処理でも同様の異常が引き起こされることが分かり、心筋細胞が一般的な培養細胞よりも継代時のカルシウムキレート剤処理に対して繊細である可能性が示唆された。

本研究により、データ駆動的なアプローチによって心筋細胞集団中に稀に存在する異常細胞を検出し、その形態的・機能的特徴を明らかにすることが可能であることが示された。今後は、検出精度のさらなる向上に加え、異常細胞除去技術やより厳密な培養技術の確立を通じて、再生医療および創薬研究に資する心筋細胞品質管理技術の実現が期待される。

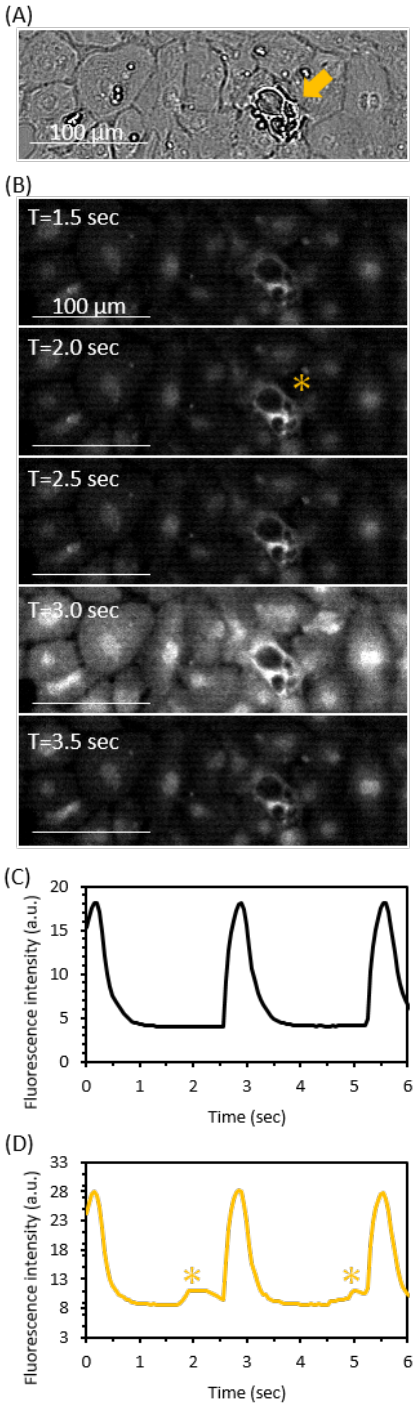


図 4: 異常細胞が示す非同期のカルシウムトランジェント

（A）明視野画像。黄色矢印は検出された異常細胞を示している。（B）蛍光指示薬を用いたカルシウムイメージング画像。T=2 で異常細胞が非同期なカルシウムトランジェントを示している（アスタリスク）。（C）正常細胞の同期したカルシウムトランジェントの平均輝度。（D）A と B で示した異常細胞のカルシウムトランジェント。アスタリスクは非同期の発火タイミングを示す。

引用文献

[1] Ichimura, Taro, et al. "Volumetric trans-scale imaging of massive quantity of heterogeneous cell populations in centimeter-wide tissue and embryo." Elife 13 (2025): RP93633.

[2] Stringer, Carsen, et al. "Cellpose: a generalist algorithm for cellular segmentation." Nature methods 18.1 (2021): 100-106.

[3] Pachitariu, Marius, and Carsen Stringer. "Cellpose 2.0: how to train your own model." Nature methods 19.12 (2022): 1634-1641.

[4] Chen, Ting, et al. "A simple framework for contrastive learning of visual representations." International conference on machine learning. PmLR, 2020.

[5] Landstrom, Andrew P., Dobromir Dobrev, and Xander HT Wehrens. "Calcium signaling and cardiac arrhythmias." Circulation research 120.12 (2017): 1969-1993.

発表論文等

〔雑誌論文〕

[1] Kakizuka, Taishi, Tohru Natsume, and Takeharu Nagai. "Compact lens-free imager using a thin-film transistor for long-term quantitative monitoring of stem cell culture and cardiomyocyte production." Lab on a Chip 24.24 (2024): 5290-5303.

〔学会発表〕

[1] 垣塚太志, 市村垂生, 福島俊一, 永井健治, "トランススケールスコープと自動細胞培養ロボットを融合する試み――全自動 AMATERAS の理想と現実", 第 47 回日本分子生物学会年会, 2024.

「敗血症性腎障害マウスにおける腎血流分布の新規評価方法の確立」

井上　和則　（医学系研究科），橋本　均（薬学研究科）

1. 研究の背景

敗血症性急性腎障害の発症機序は、　腎動脈血流量低下や腎血管抵抗増大などの生理学的実験結果から、腎臓内血流　分布不均衡による腎髄質酸素分圧低下であると考えられている。しかし敗血症時の腎臓内血流不均衡が腎臓内のどの　血管レベルで生じているかについては　不明である。

2. 研究の目的

我々は敗血症を誘発した血管内皮細胞特異的レポーターマウスを用いて、全腎臓の３次元イメージングを行う事で、腎臓内血流分布の変化を評価できる方法を確立する。

3. 研究の方法

3.1 血管内皮細胞特異的レポーターマウスを用いた腎臓血管網及び腎血流の評価

3.1.1 レポーターマウスの作製

腎臓内血管内皮細胞特異的レポーターマウスを作製する。C57BL/6N Gt(ROSA)26Sor<tm1(CAG-EGFP/tDsRed)Utr>マウスと*Tie2 Cre*マウスを交配する事で、我々は血管内皮細胞でdsRedを発現するレポーターマウスを作製する。同レポーターマウスより生理食塩水による灌流後腎臓を採取し、4%PFAにて腎臓を固定した後、薬学系研究科神経薬理学の橋本教授が開発された、block-face serial microscopy tomography (FAST)法[1]にて全腎臓のimagingを行う。具体的にはPFAにて固定した腎組織をstageに固定し、蛍光顕微鏡による撮影⇔Microslicerによる切除を繰り返す事により得られた撮影画像を3次元構築する事で全腎臓の3次元画像を取得し、腎臓内の血管網を毛細血管レベルまで詳細に評価できる事を確認する。

3.1.2 マウス腎臓の血流分布の可視化

次に同レポーターマウスにFITC tomato lectinを静脈内投与し、投与30分後に生理食塩水にて灌流後腎臓を摘出し、4%PFAにて腎臓を固定後、FAST法にて全腎臓のimagingを行う。

3.2 敗血症モデルマウスによる腎血流の変化についての検討

作製したレポーターマウスを用いて、敗血症発症後の腎臓内血管及び腎血流分布の変化を検討する。

3.2.1 LPS 投与モデルでの検討

作製したレポーターマウスに LPS の腹腔内投与を行い、敗血症モデルマウスを作成及び FITC tomato lectin の静脈内投与を行った後に生理食塩水にて灌流後腎臓を摘出し、4%PFA にて腎臓を固定する。固定した腎臓を FAST 法にて全腎臓の imaging を行い、腎臓内の血管走行及び血流分布の変化を検討する。

3.2.2 腹膜炎による敗血症モデルでの　検討

作製したレポーターマウスに対し、Cecal Ligation and Puncture（CLP）による敗血症モデル作成及び FITC tomato lectin の静脈内投与を行った後に生理食塩水にて灌流後腎臓を摘出し、4%PFA にて腎臓を固定する。固定した腎臓を FAST 法にて全腎臓

の imaging を行い、腎臓内の血管走行及び血流分布の変化を検討する。

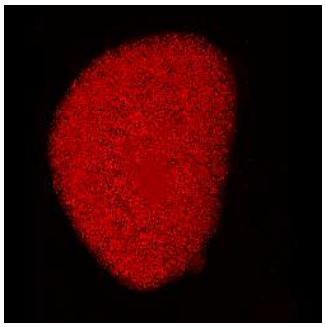


図 1 マウス腎臓内血管走行（FAST 法）

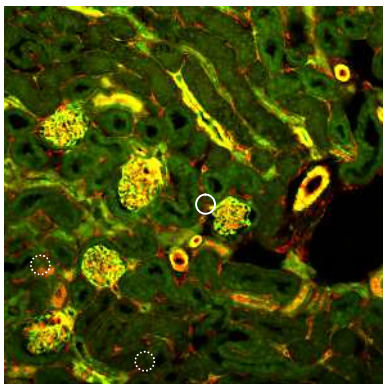


図 2　マウス腎組織（緑 : tomato lectin, 赤 : 血管）傍尿細管毛細血管の一部（白実線）は tomato lectin が取り込まれているが、他の傍尿細管毛細血管（白点線）では tomato lectin が取り込まれていない

4.　研究成果

C57BL/6N Gt(ROSA)26Sor <tm1(CAG-EGFP/tDsRed)Utr>マウスと *Tie2 Cre* マウスを交配する事で、我々は血管内皮細胞で dsRed を発現するレポーターマウスを作製した。同マウスの腎臓を摘出し、FAST 法による全腎臓 imaging を行った所、腎臓内の血管を描出する事ができた（図 1）。

次に同マウスに FITC- tomato lectin を投与した後に PFA にて灌流固定を行い腎臓内の血流分布と血管分布を共焦点顕微鏡による腎切片の観察にて評価を行った。腎臓内小葉間動静脈レベルの血管における血流分布は確認できたものの、尿細管周囲の傍尿細管毛細血管における tomato lectin の取り込みは一部確認できない箇所が見られた（図 2）。そのためより良い血流分布の評価試薬を検討するべく、FITC -conjugated albumin と gelatine とを混合した試薬[2]などを用いて傍尿細管毛細血管により静脈内投与した試薬が取り込まれる実験条件の検証を行っている。また同時に LPS 投与後及び CLP 術後に時系列でマウスの解剖を行い、急性腎障害発症の実験条件について検証を行っている。

引用文献

[1] Seiriki K, Kasai A, Hashimoto T et al. High-Speed and Scalable Whole-Brain Imaging in Rodents and Primates *Neuron*. 2017 Jun 21;94(6):1085-1100.e6.

[2] Giovanna APD, Tibo A, Silvestri L et al. Publisher Correction: Whole-Brain Vasculature Reconstruction at the Single Capillary Level *Sci Rep*. 2019 Jun 14;9(1):8765.

発表論文等

〔雑誌論文〕

① なし

〔学会発表〕

① なし

〔著書〕

① なし

〔産業財産権〕

① なし

〔外部資金〕

① なし

〔その他〕　（※受賞，基調講演など）

① なし

バイオサイエンス部門・生命システム領域

IL-6R シグナル伝達のマルチプレックスイメージング

藤田 恵介（ヒューマン・メタバース疾患研究拠点）
上田 昌宏（生命機能研究科）

1　研究の背景

遺伝的に同一であり、同じ環境下に置かれた細胞集団においても、個々の細胞には差異が生じ、細胞の不均一性が現れる。近年、1 細胞計測技術の発展により、この不均一性が定量的に評価できるようになり、その生物学的意義やメカニズム、さらには制御手法に関する研究が進められている。細胞の不均一性を制御する技術が確立されれば、薬剤耐性を獲得するがん細胞サブクローンの制御や、再生医療における均質な分化誘導の実現が可能となる。また、オルガノイドや人工組織の設計・構築に必要な、パターン化された細胞運命の制御にも応用できると期待される。

2　研究の目的

Interleukin-6（IL-6）は、炎症、免疫応答、造血において多面的に機能し、がん細胞においては腫瘍の進行を促進する。また、神経幹細胞の自己複製能や分化の制御を通じて、発生や分化の過程にも重要な役割を果たす。

IL-6 は細胞膜上に発現する IL-6 受容体 (IL-6R)/gp130 複合体に結合し、主に二つのシグナル伝達経路を活性化する。ひとつは JAK/STAT 経路であり、gp130 に結合した JAK が gp130 の細胞質領域に存在するチロシン残基をリン酸化し、リン酸化されたチロシン残基を足場として STAT3 が gp130 にリクルートされ、JAK によって STAT3 がリン酸化されることで活性化が進む。もうひとつは JAK/SHP2/MAPK 経路で、同様にリン酸化された gp130 のチロシン残基に SHP2 がリクルートされ、その下流で最終的に ERK が活性化される経路である。

過去の報告では、EGFR 受容体シグナル伝達において応答の確率性が細胞状態により予測可能であることが示されている（引用文献 a)。本研究では、この予測可能性が他のシグナル伝達経路にも一般化できるかを検証した。特に、IL-6 シグナル伝達は EGFR シグナル伝達と分子ネットワークの一部が重なる一方で、JAK/STAT3 経路は関与する分子が少ないため、EGFR シグナルとの比較に有効であると考えられる。

3　研究の方法

本研究では、4i (Iterative Indirect Immunofluorescence Imaging、引用文献 b) と呼ばれる多重免疫染色技術を用いて、IL-6 刺激後のヒト肺がん由来上皮細胞 A549 の解析を行った。4i は、蛍光標識抗体による蛍光免疫染色を繰り返し行うことで、複数のタンパク質を同一細胞内で可視化・多重化する技術である。具体的には、IL-6 刺激によって活性化が知られている JAK、STAT、SHP2、MEK、ERK、AKT に加え、細胞状態の特性を反映するオルガネラマーカー、細胞周期マーカー、細胞接着分子、細胞骨格関連分子を多重免疫染色（マルチプレックスイメージング）により計測した（図１）。

これらの画像情報からは、細胞間の位置関係、細胞周期、細胞内のテクスチャといった、サブセルラーレベルから細胞集団レベルにわたる複数の空間スケールの特徴を取得でき、最終的に 900 以上の特徴量を抽出した。

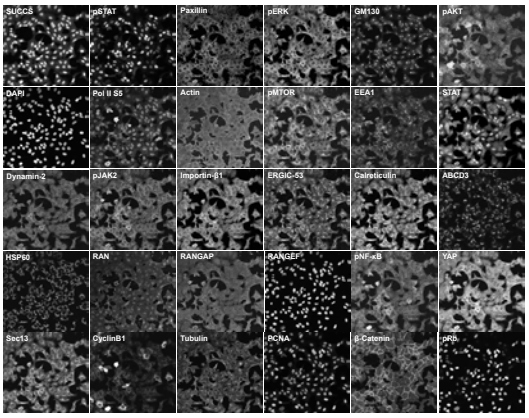


図 1: 本研究で行ったマルチプレックスイメージング

4　研究成果

本研究では、まずハイスループット共焦点顕微鏡を用いて、タイル状に取得した約 7 mm 四方の 30 種類の免疫染色画像から、数万個の細胞に対する画像解析を行い、900 以上の特徴量を抽出した。この実験では、IL-6 濃度を 100 ng/ml と設定し、刺激 5 分後に細胞を固定した。

抽出された特徴量に対して主成分分析を適用し、90 %のばらつきを説明する 140 軸を設定することで、個々の細胞状態を 140 次元の変数空間で表現した。

次に、この 140 次元で表された細胞状態を用いて、IL-6 刺激後のシグナル伝達ノード（JAK、STAT、SHP2、MEK、ERK、AKT）における核内および細胞質内でのリン酸化状態を予測するモデルを、重回帰分析により構築した（図２）。

予測精度を決定係数で評価した結果、核内の STAT3 リン酸化に関しては、他のシグナル伝達ノードに比べて予測精度が低いこと（R2=0.18）が明らかとなった。一方、今年度の追加実験により、同じレセプターから活性化される SHP2 タンパク質については、ERK と同様に高精度な予測モデルを構築できた（図３）。この実験では、IL-6 濃度を 0、5、10、25、100 ng/mL と設定し、刺激 5 分後に細胞を固定した。

構築した重回帰分析モデルにおいて、係数が高い軸に寄与する特徴量を解析した結果、SHP2 は核形状特徴量や、ペルオキシソームおよびエンドソームに局在する ABCD3 や EEA1 といったタンパク質と強い相関を示すことが判明した。

以上の結果は、IL-6 受容体から情報伝達を受け取る二つのタンパク質（SHP2 および STAT3）が、外部刺激に対して異なる様式で応答している可能性を示唆している（図４）。現在、「SHP2

は従来のモデルで予測精度が高く、STAT3 は予測精度が低い」という結果に対して、その分子メカニズムの解明に向けた仮説を立て、研究を進めている。

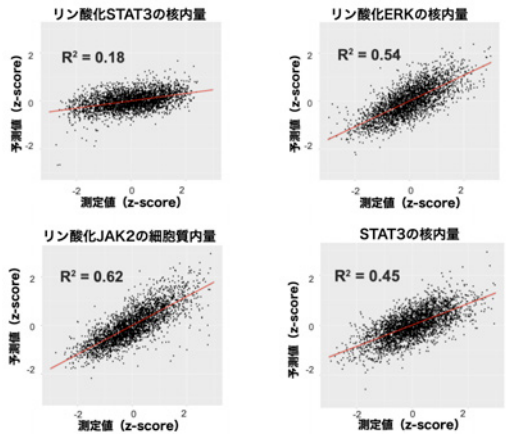


図 2: 重回帰分析を用いた活性化予測モデル

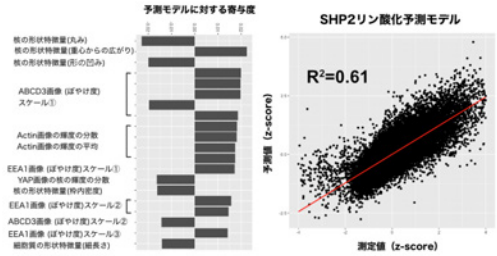


図 3: SHP2 リン酸化予測モデルと各細胞特徴量の寄与度

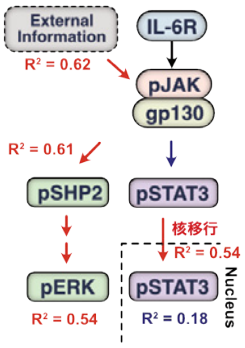


図 4: IL-6 刺激後の情報伝達の流れ

引用文献

[a] Bernhard A. Kramer, Jacobo Sarabia del Castillo, Lucas Pelkmans, “Multimodal perception links cellular state to decision making in single cells”, Science, 2022.

[b] Gabriele Gut, Markus D. Herrmann, Lucas Pelkmans, “Multiplexed protein maps link subcellular organization to cellular states”, Science, 2018.

〔学会発表〕

[1] Keisuke Fujita, “Modulation of Single-Molecule Stochasticity by Cellular Features ”, EAST Asian Single-Molecule Biophysics Symposium, 2024.

〔外部資金〕

[1] 2023-2025 年度, 科学研究費助成金 若手研究, “新規分子バーコードを用いた高速・高多重度・高空間分解能トランスクリプトーム解析”, (代表) 藤田恵介

トランススケールスコープ AMATERAS によるがん希少融合現象の動態解析

イッザティ　ラフィダー（薬学研究科）
市村　垂生（先導的学際研究機構）
熊ノ郷　淳（医学系研究科）
永井　健治（産業科学研究所）

1　研究の背景

がんは日本人における主要な死因である。特に転移は治療を困難にし、致死率を著しく高める要因となっている。そのため、がん転移の機構解明およびそれに基づく予防法の開発は喫緊の課題である。

近年、「融合がん細胞」ががん転移と密接に関係する細胞として注目されている。[1] これは、腫瘍微小環境において、マクロファージなどの免疫細胞ががん細胞と融合することで生じるとされている。融合によりがん細胞は免疫細胞の性質を獲得し、生体の持つがん排除機構を回避するとともに、高い移動能を得て血中へ浸潤し、転移の契機となると考えられている。

従来の融合がん細胞の研究では、フローサイトメトリー等を用いて腫瘍内または血中の融合細胞を抽出・解析する方法が主であった。これにより融合がん細胞の悪性度や転移能に関する知見は得られているものの、融合そのものの発生機構や過程については未解明な点が多い。さらに、融合現象は極めて稀に生じるため、従来の手法ではその現象をリアルタイムに観察することが難しく、従って動態を解析することが困難であった。

2　研究の目的

本研究では、がん細胞とマクロファージとの細胞融合現象を in vitro で再現し、大規模イメージング装置であるトランススケールスコープ AMATERAS での観察と組み合わせることで、その稀な融合過程を動態解析可能なプラットフォームの構築を目的とした。

3　研究の方法

3．1　細胞融合再現のための共培養系の構築

がん細胞とマクロファージの共培養系を構築し、細胞融合の再現を試みた。がん細胞としては、ヒト乳がん細胞株 MCF-7 および前立腺がん細胞株 C4-2 を使用した。マクロファージは、ヒト単球細胞株 THP-1 から分化誘導して得た。

細胞識別のために、蛍光色素あるいは蛍光タンパク質によるラベリングを行った。具体的には、MCF-7 と THP-1 をそれぞれ eGFP（緑色蛍光）および mCherry（赤色蛍光）を恒常発現する細胞株として構築した。また、C4-2 使用時には、細胞質染色試薬 CMFDA（緑色蛍光）を用いた。細胞融合が生じた場合、両蛍光を併せ持つ細胞が観察されることが期待される。

3．2　AMATERAS を用いた融合過程の大規模動態解析

蛍光ラベル済みのがん細胞とマクロファージを共培養し、トランススケールスコープ AMATERAS[2, 3] を用いてタイムラプス観察を実施した。AMATERAS は 10.1 × 14.6 mm の超広視野を有し、数万〜数十万細胞の同時観察が可能な大規模イメージング装置である。ここでは、10 分間隔で最大 4 日間の蛍光タイムラプス観察を行い、細胞融合やマクロファージによる貪食など、がん細胞との相互作用の動態を解析した。

4　研究成果

まず、MCF-7 とマクロファージを 2:1 の細胞比で共培養し、AMATERAS による 2 日間のタイムラプス観察を実施した。その結果、5 万細胞以上を対象に蛍光パターンに基づく動態解析が可能となった。

解析の結果、赤色蛍光を持つマクロファージの内部に、緑色の円形構造を持つ細胞がごく稀に検出された（図１ A）。これは、マクロファージによるがん細胞の貪食により生じた細胞と考えられる。また、これら細胞内部の eGFP 蛍光は時間とともに顕著に減衰した。これは、ファゴソーム内の酸性環境による eGFP の消光によると示唆される。このような貪食パターンは、約 50,000 細胞中 2 細胞のみで観察され、マクロファージによるがん細胞貪食が極めて稀な現象であることが明らかとなった。一方、MCF-7 を用いた系では融合様の蛍光パターンを示す細胞は検出されなかった。

次に、C4-2 細胞とマクロファージを 2:1 で共培養し、AMATERAS による 4 日間のタイムラプス観察を行った。この系でも貪食様の蛍光パターンを持つ細胞が検出され（図１ B）、その頻度は MCF-7 系に比べて著しく高く、約 10,000 細胞中 20 細胞程度の割合で観察された。C4-2 は、マクロファージによる貪食を抑制する CD47 などの“Don’t eat me”シグナルの発現が低いことが報告されており、[4] この結果と矛盾しない。

さらに、この共培養条件において、融合様の２色蛍光保持細胞が 1 細胞検出された。タイムラプス画像を遡って解析したところ、当該細胞はマクロファージとがん細胞の融合によって生じたことが確認された（図２）。興味深いことに、この融合は、両細胞が細い突起を介して接触している状態で生じており（図２黄色矢頭）、フィロポディア様の構造の先端で融合が起きた可能性が示唆された。これはイメージングを基にした動態解析によってのみ可視化が可能な重要な知見である。

以上の結果から、本研究は、希少な細胞融合現象の動態を解析可能なプラットフォームの構築に成功したといえる。また、融合現象のみならず、マクロファージによるがん細胞の貪食現象の解析にも応用可能であり、がん細胞—免疫細胞間相互作用を多面的に解析可能な有効な手法となり得る。

今後は、取得される大規模イメージングデータの解析効率を高めるため、機械学習を活用した画像解析手法の導入を進め、融合現象の機構解明にさらに貢献することを目指す。

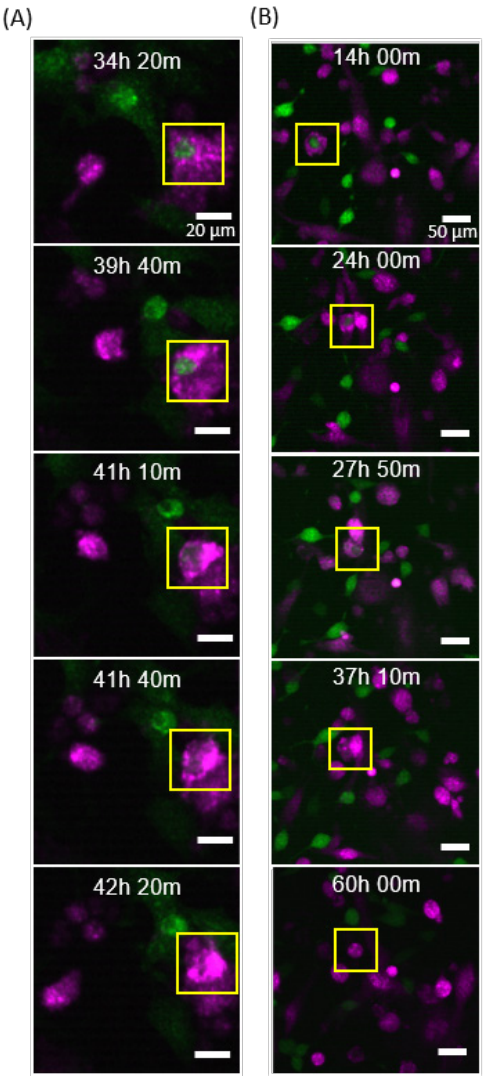


図 1: 稀に観察されたマクロファージによるがん細胞の貪食

（A）MCF-7 細胞（緑）とマクロファージ（マゼンタ）の共培養中に観察された貪食様の蛍光パターン（黄色四角）。（B）C4-2 細胞（緑）とマクロファージ（マゼンタ）の共培養中に観察された貪食様の蛍光パターン（黄色四角）。

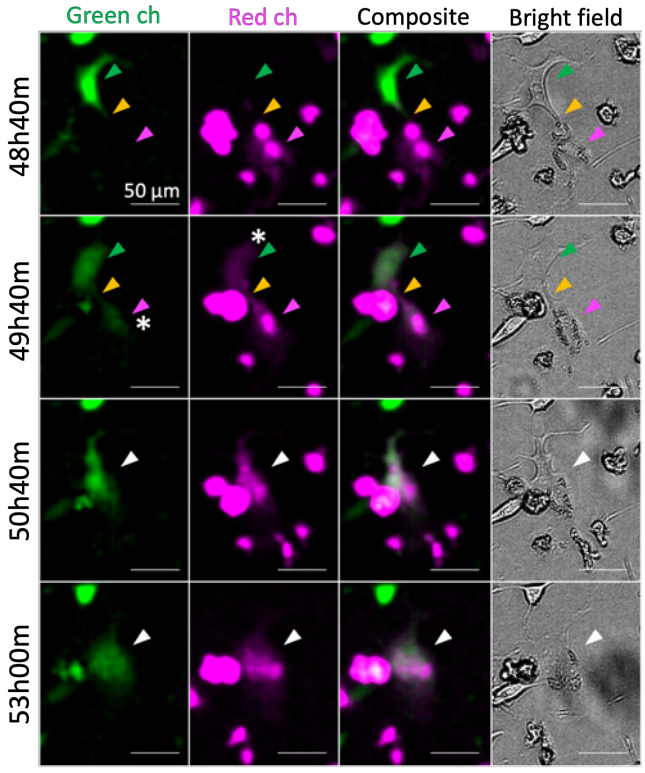


図 2: フィロポディア様突起を介して生じた稀な細胞融合

C4-2 細胞（緑矢頭）とマクロファージ（マゼンタ矢頭）の細胞融合過程。フィロポディア様の突起（黄色矢頭）のみを介して接触している状態で、細胞質中の蛍光たんぱく質の混合が観察された（アスタリスク）。その後、両細胞は引き寄せ合い、融合が完了し、単一の融合細胞として振舞った（白矢頭）。T=48h40m：融合前。T=49h40m：融合直後。T=50h40m, 53h00m：融合完了後。

引用文献

[1] Gast, Charles E., et al. ”Cell fusion potentiates tumor heterogeneity and reveals circulating hybrid cells that correlate with stage and survival.” Science advances 4.9 (2018): eaat7828.

[2] Ichimura, Taro, et al. ”Exploring rare cellular activity in more than one million cells by a transscale scope.” Scientific Reports 11.1 (2021): 16539.

[3] Ichimura, Taro, et al. ”Volumetric trans-scale imaging of massive quantity of heterogeneous cell populations in centimeter-wide tissue and embryo.” Elife 13 (2025): RP93633.

[4] Chou, Chih-Wei, et al. ”Phagocytosis-initiated tumor hybrid cells acquire a c-Myc-mediated quasi-polarization state for immunoevasion and distant dissemination.” Nature communications 14.1 (2023): 6569.

「隠れマルコフモデルによる膜蛋白質の異常拡散の解析」

上田 昌宏（生命機能研究科），松野 健治（理学研究科），
竹林 和俊（生命機能研究科），廣島 通夫（生命機能研究科）

1. 研究の背景

膜蛋白質は細胞膜上での拡散運動を通してシグナル伝達などの機能を発現している。この拡散は他の分子との相互作用や不均一な細胞膜構造の影響により複雑な動態を示す。これまで我々は下等真核生物の細胞性粘菌からショウジョウバエ由来の細胞、さらには哺乳類細胞に至る進化的に広く様々な生物種での１分子計測系を確立した[1-2]。こうした様々な生物種における解析から、細胞によって膜蛋白質の拡散動態に大きな違いが見られ、拡散場となる細胞膜の構造が大きく異なることがわかってきた。例えば、細胞性粘菌では計測された全ての膜蛋白質が自由拡散を示すが、哺乳類細胞では計測された全ての膜蛋白質が自由拡散と異常拡散が混合した複雑な拡散動態を示す[1-3]。拡散動態の調節を介したシグナル伝達の仕組みを明らかにするために、自由拡散と異常拡散を示す様々な膜蛋白質や様々な細胞種に広く適用できる１分子計測手法と拡散解析手法が必要となっている。

近年我々は、機械学習とロボット技術の導入による「細胞内１分子イメージングの自動化」を開発し、細胞膜上で拡散する膜蛋白質の大規模計測を実現した[3]。この自動化により、受容体などの膜蛋白質の拡散動態や多量体形成に対する化合物の効果を1000 種類程度の規模で解析できるようになり、創薬に利用できるようになった[4]。本研究開発を通じて多様な細胞・分子種に対する１分子拡散計測・解析の対応力が強化することで、手法の汎用化が可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、様々な細胞種において膜蛋白質の複雑な拡散動態を解析する手法を開発することを目的とする。粘菌細胞、ショウジョウバエ由来細胞、哺乳類 CHO 細胞は異なる温度領域で増殖・生存が最適化されているため、温度の影響も含めた拡散動態計測・解析法を開発する。自然環境下では、粘菌とショウジョウバエは昼夜に大きな温度変化（5~25℃）を経験するのに対して、哺乳類細胞は比較的一定温度（35℃）の恒温個体内にいる。膜の脂質組成は温度変化に対して敏感なため、温度環境の違いが膜蛋白質の拡散動態の違いを生み出す可能性がある。そこで、計測手法と解析手法の開発からなる２つの研究項目を設定した。

3. 研究の方法

3.1 温度変調下における膜蛋白質拡散動態の自動細胞内１分子計測法の開発

3.1.1 自動細胞内１分子計測の改良

既存装置（図１a）に対して高速温度変調装置を導入する。また、自動１分子計測には細胞種に応じて自動細胞認識が必要である。学習用データを作成し、機械学習により細胞種に最適化した自動細胞認識を実現する。

3.1.2 計測温度領域の設定

細胞は最適生存温度を大きく外れた環境では生存できない。最適生存温度は細胞種によって異なることから、細胞種ごとに計

測温度域を決定する。予備的実験から、粘菌の場合は 21℃から 27℃に温度を変調すると膜蛋白質の拡散が変化するが、21℃に戻すと元に戻ることが観察され、細胞の生存も維持された。つまり、一時的な温度変調に対して細胞は頑強である。この方法を用いて、生存に大きく影響しない温度変調領域を決定し、膜蛋白質の拡散を 1 分子イメージングにより計測する。至適な生育温度が異なる細胞種において、同温度で計測できれば、異なる種間での膜蛋白質の拡散動態を直接比較することが可能になる。

3.1.3 膜蛋白質の拡散動態を記述する理論モデルとの比較

膜蛋白質の拡散動態を記述する理論として、Saffman-Delbrück モデル(SD モデル)が知られている。先行研究から、細胞性粘菌では膜蛋白質の拡散動態が次式の SD モデルによって近似できることが明らかになっている[1]。

$$D_{SD} = \frac{k_B T}{4\pi\mu_m h}\left(\ln\frac{\mu_m h}{\mu_s R} - \gamma\right)$$

ここで、D_{SD} は拡散係数、k_B はボルツマン定数、T は絶対温度、π は円周率、μ_m は膜の粘性、h は膜の厚さ、μs は溶液の粘性、R は膜蛋白質の半径、γ は Euler's constant と呼ばれる定数である。温度変調に対しては T と μ_m 以外は定数と考えてよい。温度変調に対する膜蛋白質の拡散係数の変化から、膜の粘性の変化を明らかにし、温度変調に対する膜構造の変化を考慮する必要があるかどうかを検討する。

3.2 隠れマルコフモデル（HMM）を用いた拡散解析手法の開発

3.2.1 温度変調下での膜構造の推定

細胞性粘菌では計測された全ての膜蛋白質が自由拡散を示し、隠れマルコフモデル（HMM）による拡散解析と膜構造の推定が可能である（図 1 b）[1]。粘性の異なる 3 つのナノメーターサイズの微小領域があると推定された。3.1.3 の結果により温度変調に伴い膜の粘性が変化している場合、HMM を用いて膜構造の変化を推定する。

3.2.2 異常拡散を含む複雑な拡散動態に対する HMM の適用と膜構造の推定

HMM を用いると、時々刻々と遷移する拡散状態を推定・解析することが可能である。細胞性粘菌の膜蛋白質は複数の拡散状態を示すが、全て自由拡散であったため、これまでに開発してきた HMM は自由拡散のみを扱ってきた[1]。そこで自由拡散と異常拡散の両方の拡散状態を含むデータセットをシミュレーションによって作成し、これを用いて HMM によって拡散状態の推定が可能か確認する。異常拡散も含めた解析手法の開発により、哺乳類細胞などの様々な細胞種における複雑な拡散動態へ適用する。また、拡散動態から 3.2.1 と同様の手法により膜構造を推定する。

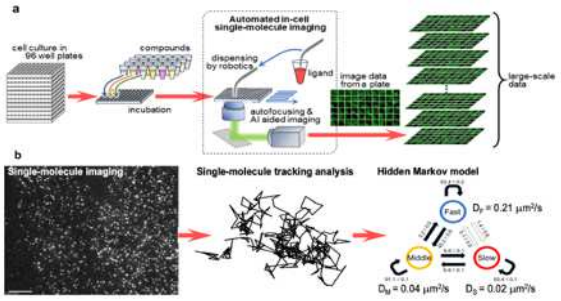


図 1 細胞膜蛋白質の拡散動態の自動 1 分子計測と HMM を用いた拡散解析。
a)大規模 1 分子自動イメージング解析、
b)自動 1 分子トラッキングと拡散動態解析から得られるモデル構築

4. 研究成果

温度変調装置を導入により、観察試料の温度を 0.1℃以下の精度で制御し、高速

（100℃/s）の温度変調が可能になった。粘菌細胞の場合は、生育温度（21 度）を中心に 14 度から 37 度の範囲で温度を変化させ、様々な膜蛋白質の拡散を計測できた(図 2)。拡散の平均二乗変位（MSD）は直線であることから、温度変化に依らず自由拡散であった。粘菌細胞では異常拡散をもたらすような膜構造の変化はないと結論づけることができた。また、HMM 解析から 3 つの拡散状態が確認され、対応する膜構造は温度によってほとんど変化せず、計測された拡散動態の変化は膜の粘性の変化によって説明することができた。

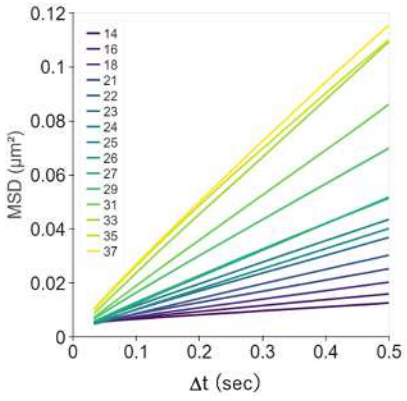


図 2 膜蛋白質の拡散に対する温度変化の影響。MSD：平均二乗変位。

一方、哺乳類細胞では HMM 解析から 3 つの拡散状態が確認できた。HMM を用いてある受容体について 1 分子の軌跡を解析すると、時々刻々と遷移する拡散状態によって 3 つの軌跡に分解することができた。それぞれの MSD を計算することから自由拡散、異常拡散、停止の 3 状態に分離された。このことは、自由拡散と異常拡散の両方を含む複雑な拡散を解析できることを示している。こうした特徴は野生型 EGF 受容体を含む 5 種類の受容体で確認できた。温度に対する拡散状態の変化については、計測・解析系はほぼ確立できたが、定量的な結果を出すまでには至らなかったため、今後の課題としたい。

細胞の自動認識は、我々の 1 分子自動計測系では経験的に細胞のサイズが 50 ミクロンを超える大きさだと比較的容易である。本開発によって CHO や HeLa、A594 など比較的サイズが大きい哺乳類細胞に加えて、10 ミクロン程度の粘菌細胞でも自動認識が可能になった。細胞識別には深層学習を用いた。

引用文献

[1] Takebayashi K., Kamimura Y., Ueda M. “Field model for multistate lateral diffusion of various trans- membrane proteins observed in living Dictyostelium cells”, *J. Cell Sci.* 136: jcs260280 (2023).

[2] Utsunomiya S., Takebayashi K., Yamaguchi A., Sasamura T., Inaki M., Ueda, M., Matsuno, K. “Left-right Myosin-Is, Myosin1C, and Myosin1D exhibit distinct single molecule behaviors on the plasma membrane of *Drosophila* macrophages”, *Genes to Cells*, 29: 380-396 (2024).

[3] Yasui M., Hiroshima M., Kozuka J., Sako Y., and Ueda M. “Automated single-molecule imaging in living cells”, *Nature Commun.* 9, 3061 (2018).

[4] Watanabe, D., Hiroshima, M., Yasui, M. and Ueda, M. “Single molecule tracking based drug screening”, *Nature Commun.* 15, 8975 (2024).

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Hiroshima, M., Bannai H., Matsumoto G., Ueda, M. “Application of single- molecule analysis to singularity pheno- menon of cells”, *BPPB* 21, e211018 (2024).

〔学会発表〕

① Hiroshima M., Ueda M. “Automated single-molecule imaging for drug discovery”, High-Speed Biomedical Imaging and Spectroscopy IX, SPIE, The Moscone Center, San Francisco California USA.

② Ueda M., Watanabe D., Takebayashi K. "Automated single-molecule imaging in living cells”, NTU-OsakaU Bilateral Symposium on Systems Biology in Human Disease, National Taiwan University, Taiwan (2024).

「強毒性ウィルスとヒトタンパク質間相互作用のデータベースを安全・迅速に構築する」

河口 真一（生命機能研究科），甲斐 歳恵（生命機能研究科），伊達 進（D3 センター）

1. 研究の背景

タンパク質やメッセンジャーRNAなど、生体内の多くの成分が、網羅的に同定・定量され、多くのビックデータの蓄積に伴い、「デジタル生物学」と呼ばれるようになっている。さらに、それらの相互作用を考慮したインタラクトーム情報は、「デジタル生物学v2.0」と考えられ、今後の生命科学における基盤的情報リソースになると期待されている。

タンパク質は、そのアミノ酸配列に特異的な立体構造をとるが、その表面の化学的性質が複合体形成における重要な因子である。これまで、タンパク質の立体構造を予測することは困難であったが、DeepMind社がAI技術を用いたプログラム、AlphaFoldを開発し、高い精度で立体構造を予測できるようになってきた[1]。さらに、AlphaFoldは、複数のタンパク質からなる複合体構造の予測も行うことから、複合体形成の研究にも応用されている。筆者らは、AlphaFold2を用いた複合体構造の予測計算を効率化し、大阪大学D3センターのSQUIDシステム上で、大規模な結合ペアのスクリーニングを行っている。

このようなコンピュータ予測は、実験が困難である毒性タンパク質の研究に適していると期待される。そこで、本研究では強毒性ウィルスであるクリミア・コンゴ出血熱ウィルス（CCHFV）のタンパク質に着目した。CCHFVは、アフリカ、アジア、ヨーロッパの一部で発生しており、主にマダニを介して感染する。感染した場合には、非常に重篤な症状を示し、致死率は10〜40%にもなる。CCHFVのゲノムにコードされているタンパク質のうち、NPタンパク質は、ウィルスのRNAに結合して、ウィルス粒子内にパッキングする役割を担っている。さらに、ヒトの細胞内では、アポトーシスという細胞死の誘導に関わることが報告されている[2]。NPタンパク質は、482アミノ酸残基からなり、単独の立体構造はすでに明らかにされている[3]。N末領域とC末領域によって形成されるHeadドメインと、中央領域のStalkドメインに分けられる（図1）。ドメインとは、タンパク質の立体構造における部分的なユニットを意味する。NPタンパク質がヒトの細胞内でどのようなタンパク質と結合するのかを明らかにすることは、CCHFV感染症のメカニズムを理解する一助になると期待される。

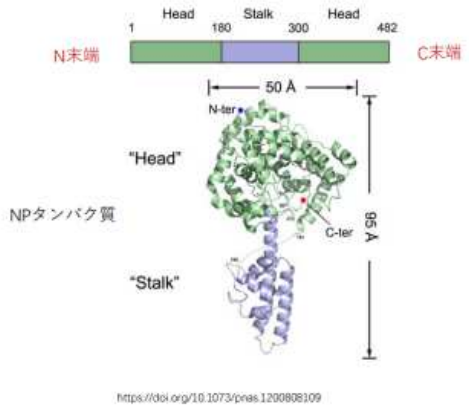


図 1 CCHFV と NP の立体構造
NP タンパク質は２つのドメインから成る。

2. 研究の目的

細胞内の生化学反応は、主にタンパク質によって触媒される。しかし、タンパク質は、単体で存在しているわけではなく、多くの場合、複合体を形成することによって、タンパク質の機能が制御されている。本研究は、AlphaFold2プログラムを用いて、CCHFVのNPタンパク質とヒトタンパク質との相互作用を網羅的に予測する。これまで、タンパク質複合体の構造を調べるには、タンパク質を単離精製し、X線結晶構造解析やクライオ電子顕微鏡解析の手法を用いる必要があった。これらの方法は、信頼性も高く、確実であるが、解析までに時間と労力がかかることが課題であった。AlphaFold2による予測では、信頼度に課題があるものの、迅速なスクリーニング

を行うことができる。さらに、結合の可能性が高いと判断されたタンパク質複合体について、実験的検証を試験管内で行うことによって、安全性と信頼性を確保する。毒性・感染性の強いタンパク質試料を、生物を用いて調製する場合には、遺伝子組換え実験の制約がある。試験管内での転写・翻訳系を用いることによって、全ての工程を無細胞的に行い、相互作用の検証に用いる。計算機科学と無細胞実験を組み合わせて、ウィルスーヒトタンパク質間の網羅的相互作用「インタラクトーム」を安全・迅速に構築する点が独創的である。

3. 研究の方法

3.1 in silico スクリーニング

CCHFV 由来の NP タンパク質がヒトの細胞内で、どのタンパク質と相互作用するのか、AlphaFold2 を用いて、予測させる。ヒトタンパク質は、約 2 万種類ほど存在することが知られており、NP タンパク質と 1 : 1 で結合することを仮定して、スクリーニングを行った。タンパク質のアミノ酸残基が多くなると、計算時間が長くなることから、都合上、アミノ酸残基数が 1,000 以下のものについて、予測を行った。

3.1.1 多重アライメントの作成

結合を予測したいタンパク質と似た配列をもつタンパク質を、多くの生物種から集め、保存性に従ってアライメントする。これによって、保存されているアミノ酸残基と、生物の進化に伴って変化している残基にわける。NP タンパク質の変化と、ターゲットとなるタンパク質との変化に対応がみられる場合には、それら残基間の結合が保存されている可能性が考えられる（共進化）。アライメントの作成は、SQUID の CPU ノードを用いて計算した。

3.1.2 複合体構造の予測

AlphaFold2 では、上述のアライメント情報を基に、初期パラメータが異なる 5 つの予測構造を出力する。オリジナルの計算フローでは、1 つずつ順に計算していたが、本研究では、5 つの GPU を使って並列に計算し、予測時間を短縮している（発表論文）。出力された 5 つの構造のうち、最もスコアの高いものを予測構造として採用した。1 つのタンパク質ペアの予測構造を計算する時間は、1〜3 時間程度であり、タンパク質の長さと相同タンパク質の数に依存していた。

4. 研究成果

先行研究として、ショウジョウバエのヌアージュという非膜オルガネラ構造体に局在するタンパク質群の相互作用を、AlphaFold2 を用いて予測した。複合体構造の信頼性スコアが、0〜1 の範囲で出力されるが、0.6 以下では計算毎にスコアがばらつく場合があることがわかっている。したがって、スコア 0.6 以上を信頼性の目安としている（発表論文）。

本研究では、CCHFV 由来の NP タンパク質とヒトタンパク質とが、1 : 1 で結合すると仮定して、相互作用の可能性を、AlphaFold2 を用いてスクリーニングした。約 15,000 種類のヒトタンパク質について、複合体構造を予測させた結果、信頼性スコアが 0.7 以上であるものが、93 種類ほど見つかっている（図 2）。

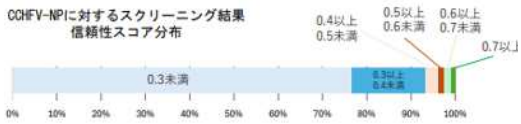


図 2 予測に対する信頼性スコア分布

そのうちの 1 である GDAP2 タンパク質は、細胞が酸化ストレスや代謝ストレスに適切に応答し、生存を維持する上で重要な役割を果たす。AlphaFold2 が予測した NP タンパク質との複合体構造を図 3 に示す。GDAP2 タンパク質の予測構造は、N 末ドメイン（黄色）と C 末ドメイン（赤色）の 2 つのドメインからなり、それらがループでつながっている。複合体構造では、GDAP2 の C 末ドメインが、NP タンパク質の Head ドメインに近接して結合することが予測された。

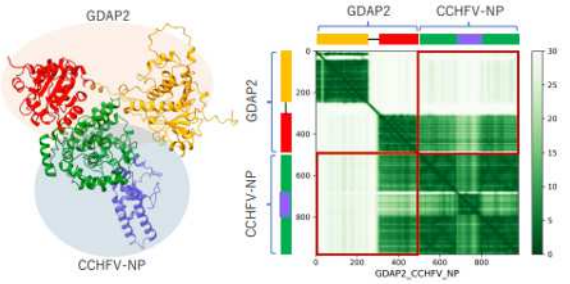


図 3 予測複合体と PAE プロット
AlphaFold によって予測された GDAP2 タンパク質と NP タンパク質の複合体構造（左）。各アミノ酸残基位置の確らしさを示す PAE プロット（右）緑が濃いほど、構造が確からしいことを示唆する。GDAP2 の C 末ドメインと NP の Head ドメインが交差する領域が濃い緑で示されていることから、この部分で相互作用していると予測される。

高い信頼性スコアを示したタンパク質ペアについて、2 つの候補タンパク質を調製し、相互作用の有無を実験的に検証する。タンパク質を培養細胞内で発現させる系が広く用いられる。しかしながら、強毒性ウィルス由来のタンパク質を発現させる系の構築には、安全上の規制も多く、実験を行うことが困難である。本研究では、NP タンパク質をコードする DNA 断片を人工合成すること、無細胞系のタンパク質調製システムを用いることによって、安全に相互作用の実験的検証を行っている。

5. 今後の課題

本スクリーニングでは、信頼性スコアが比較的高い（0.7 以上）ものも多くみられた。先行研究の結果から、偽陽性もあると考えられ、さらに二次的なスクリーニングを行い、候補を絞り込む必要がある。最新の AlphaFold3 を利用して再予測する、あるいは、予測された立体構造を基に、解離定数の見積もりを行うことなどが有効であろう。本研究が示すように、コンピュータ予測が実験医学の進展を駆動することが期待される。現状では、計算科学と実験科学の間には大きなギャップが存在するが、「デジタル生物学 v2.0」の進展に伴って、両者が相乗的に発展していくことが期待され、本研究はその基盤構築に貢献できる。

引用文献

[1] Evans R, O'Neill M, Pritzel A, Antropova N, Senior A, Green T, Žídek A, Bates R, Blackwell S, Yim J, Ronneberger O, Bodenstein S, Zielinski M, Bridgland A, Potapenko A, Cowie A, Tunyasuvunakool K, Jain R, Clancy E, Kohli P, Jumper J, Hassabis D "Protein complex prediction with AlphaFold-Multimer" bioRxiv, DOI: 10.1101/2021.10.04.463034

[2] Hawman DW, Feldmann H. Crimean-Congo haemorrhagic fever virus. Nat Rev Microbiol. 2023 Jul;21(7):463-477. doi: 10.1038/s41579-023-00871-9.

[3] Y. Guo, W. Wang, W. Ji, M. Deng, Y. Sun, H. Zhou, C. Yang, F. Deng, H. Wang, Z. Hu, Z. Lou, & Z. Rao, Crimean–Congo hemorrhagic fever virus nucleoprotein reveals endonuclease activity in bunyaviruses, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 109 (13) 5046-5051, https://doi.org/10.1073/pnas.1200808109 (2012).

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Kawaguchi S, Xu X, Soga T, Yamaguchi K, Kawasaki R, Shimouchi R, Date S, and Kai T (2025) In silico screening by AlphaFold2 program revealed the potential binding partners of nuage-localizing proteins and piRNA-related proteins eLife https://doi.org/10.7554/eLife.101967

「ヒト精神疾患の新たなバイオタイプに基づく疾患モデルマウス脳のデータ駆動型解析」

橋本 均（薬学研究科），長原 一（D3 センター），栗生　智香（連合小児発達学研究科）

1. 研究の背景

我々は、これまでに全脳イメージングとその画像解析法 FAST を独自に開発し[1, 2]、疾患モデル脳の構造・活動の網羅的でアンバイアスな個体間比較を可能にしてきた[3-5]。本研究は、このような画像解析法を用いて、疾患モデルマウスにおける脳構造変化の機序と病態機構の解明に向け、脳構造、神経活動、遺伝子発現解析によるデータ駆動型研究を実施することを目指した。

2. 研究の目的

本研究は、ヒトの精神疾患の病態モデルと考えられる疾患モデルマウスを用いて、脳構造変化の有無の解析とその機序の解明を目指し、全脳構造と神経活動の網羅的な画像データに基づくデータ駆動型研究を実施することを目的とする。そしてヒト脳画像研究を補完し、ヒトだけでは実施できない病態機構を分子レベルで解明する研究に寄与することを目指している。

3. 研究の方法

3.1 脳画像の領域分割の自動化

脳画像の領域分割をほぼ自動化し、解析スループットを向上させることを目的として、米国 Allen 研究所が公開するマウス脳共通座標フレームワーク version 3（CCFv3）をもとにした自動領域分割を実施できるようにする。

3.2 蛍光標識細胞の定量化

蛍光で標識される細胞を精度高く識別するために、ディープラーニングを用いた画像解析を実施する。さらにこの結果をもとに、蛍光標識細胞の脳領域毎の数や密度を計測するために、3.1 の領域分割の結果に重ね合わせることができるようにする。

3.3 疾患モデルマウスを用いた解析

疾患モデルマウス脳の脳画像を用いて、3.1 および 3.2 の解析を行う。

4. 研究成果

これまでに、専用のソフトウェアを用いて、脳領域分割を手動で実施してきた。この方法は、多数のサンプルの解析には

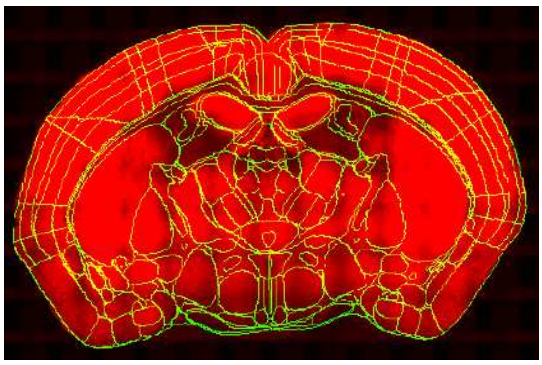


図 1 マウス脳の領域分割結果の例

向かないが、区分けの精度は非常に高い。そこで、手動による領域分割を実施済みの疾患モデルマウスの脳画像データをグラウンドツルースとし、同じ画像を用いて得た、深層学習で領域分割を行うソフトウェアの結果の精度を確認することにした。その結果、オープンソースソフトウェアである bi-channel image registration and deep-learning segmentation (BIRDS)[6]により、高いスループットで自動領域分割が実施できることが分かった（図 1）。一部の領域で、手動と

自動の結果に比較的大きな差が認められたが、前者が CCFv3 ではなく、version 2 である CCFv2 を用いているためであった。

また、蛍光標識細胞を精度高く自動識別するために、上述とは異なる学習済みの深層学習モデルを用いた方法を採用した．本研究では、全脳画像を扱うため大きな処理能力が必要であるが、この要件も満たしていた。

以上の通り本研究において、疾患モデルマウスの脳画像の自動解析系を整備できた。

引用文献

[1] Seiriki K, Kasai A, Hashimoto T, Schulze W, Niu M, Yamaguchi S, Nakazawa T, Inoue KI, Uezono S, Takada M, Naka Y, Igarashi H, Tanuma M, Waschek JA, Ago Y, Tanaka KF, Hayata-Takano A, Nagayasu K, Shintani N, Hashimoto R, Kunii Y, Hino M, Matsumoto J, Yabe H, Nagai T, Fujita K, Matsuda T, Takuma K, Baba A, Hashimoto H. High-speed and scalable whole-brain imaging in rodents and primates. Neuron 96:1085-1100.e6, 2017

[2] Seiriki K, Kasai A, Nakazawa T, Niu M, Tanuma M, Igarashi H, Yamaura K, Hayata-Takano A, Ago Y, Hashimoto H. Whole-brain block-face serial microscopy tomography at subcellular resolution using FAST. Nat Protoc 14, 1509-1529, 2019

[3] Niu M, Kasai A, Tanuma M, Seiriki K, Igarashi H, Kuwaki T, Nagayasu K, Miyaji K, Ueno H, Tanabe W, Seo K, Yokoyama R, Ohkubo J, Ago Y, Hayashida M, Inoue KI, Takada M, Yamaguchi S, Nakazawa T, Kaneko S, Okuno H, Yamanaka A, Hashimoto H. Claustrum mediates bidirectional and reversible control of stress-induced anxiety responses. Sci Adv 8:eabi6375, 2022

[4] Endo F, Kasai A, Soto JS, Yu X, Qu Z, Hashimoto H, Gradinaru V, Kawaguchi R, Khakh BS. Molecular basis of astrocyte diversity and morphology across the CNS in health and disease. Science 378:eadc9020, 2022

[5] Yokoyama R, Ago Y, Igarashi H, Higuchi M, Tanuma M, Shimazaki Y, Kawai T, Seiriki K, Hayashida M, Yamaguchi S, Tanaka H, Nakazawa T, Okamura Y, Hashimoto K, Kasai A, Hashimoto H. (R)-ketamine restores anterior insular cortex activity and cognitive deficits in social isolation-reared mice. Mol Psychiatry 29:1406-1416, 2024

[6] Wang X, Zeng W, Yang X, Zhang Y, Fang C, Zeng S, Han Y, Fei P. Bi-channel image registration and deep-learning segmentation (BIRDS) for efficient, versatile 3D mapping of mouse brain. Elife 10:e63455, 2021

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Ichimura T, Kakizuka T, Taniguchi Y, Ejima S, Sato Y, Itano K, Seiriki K, Hashimoto H, Sugawara K, Itoga H, Onami S, Nagai T. Volumetric trans-scale imaging of massive quantity of heterogeneous cell populations in centimeter-wide tissue and embryo. Elife 13:RP93633, 2025

② Ohnami S, Naito M, Kawase H, Higuchi M, Hasebe S, Takasu K, Kanemaru R, Azuma Y, Yokoyama R, Kochi T, Imado E, Tahara T, Kotake Y, Asano S, Oishi N, Takuma K, Hashimoto H, Ogawa K,

Nakamura A, Yamakawa H, Ago Y. Brain region-specific neural activation by low-dose opioid promotes social behavior. JCI Insight 9:e182060, 2024

③ Kitagawa K, Takemoto T, Seiriki K, Kasai A, Hashimoto H, Nakazawa T. Socially activated neurons in the anterior cingulate cortex are essential for social behavior in mice. Biochem Biophys Res Commun 726:150251, 2024

④ Kojima L, Seiriki K, Rokujo H, Nakazawa T, Kasai A, Hashimoto H. Optimization of AAV vectors for transactivator-regulated enhanced gene expression within targeted neuronal populations. iScience 27:109878, 2024

⑤ Yokoyama R, Ago Y, Igarashi H, Higuchi M, Tanuma M, Shimazaki Y, Kawai T, Seiriki K, Hayashida M, Yamaguchi S, Tanaka H, Nakazawa T, Okamura Y, Hashimoto K, Kasai A, Hashimoto H. (R)-ketamine restores anterior insular cortex activity and cognitive deficits in social isolation-reared mice. Mol Psychiatry 29:1406-1416, 2024

〔学会発表〕

① 橋本均，第 47 回日本分子生物学会年会シンポジウム 3D 空間オミクス/3D spatial single-cell omics 三次元空間－細胞オミクス計測へ向けて「全脳イメージングを用いた神経機能と脳構造の統合的解析」2024/11/27

② 橋本均，第 32 回日本運動生理学会大会シンポジウム 運動生理学を理解する為の研究手法“cutting edge”と“fusion”「高速・高精細脳イメージング技術の開発と応用」2024/8/22

③ 橋本均，NEURO2024（第 47 回日本神経科学大会，第 67 回日本神経化学会大会，第 46 回日本生物学的精神医学会年会，第 8 回アジアオセアニア神経科学連合コングレス），特別講演「トランススケールイメージングを用いた脳疾患の病態解析」2024/7/25

〔外部資金〕

① R6-R7，科学研究費助成金 挑戦的萌芽，「超高精細顕微鏡画像と AI を用いた疾患モデル脳の病態解析技術の開発」，24K22022，(代表)橋本均

② R5-R7，科学研究費助成金 基盤 A，「ヒト精神疾患のバイオタイプにアプローチする疾患モデル脳の構造・機能解析と創薬」，23H00395，(代表)橋本均

③ R4-R8，AMED 生命科学・創薬研究支援基盤事業 BINDS，「創薬サイエンス研究支援基盤の統合による創薬イノベーションの加速」，23ama121054，(代表)辻川和丈，(分担)橋本均

人間総合デザイン部門

XR 環境における身体動作に適応したインタフェースフレームワークの構築

浦西 友樹（D3 センター）
白井 詩沙香（D3 センター）
小林 聖人（D3 センター）
清川 清（奈良先端科学技術大学院大学）

1　研究の背景

本研究では，これまでに実施した「身体動作に内在する不可視情報の計測と伝達」の発展的な課題として，バーチャル空間における身体動作の伝達に適応したユーザインタフェース (UI) フレームワークの開発を行う．Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) および Mixed Reality (MR) (以降，総称して XR と呼称) 環境においては，旧来のコンピュータ向けの UI をそのまま用いることは実用的でなく，様々な応用先に適応した UI を適宜構築する必要があるが，現状においてはそれぞれの事例に合わせて都度最適な UI を試行錯誤的に構築しており，他の事例で得られた「知」を転移して活用できていない問題がある．

2　研究の目的

本研究においては，ある事例で得られた身体動作や不可視情報を集積して得られる「知」を他の事例の UI 構築に活かすためのフレームワーク構築を目指すべく，身体情報の計測および提示手法や，XR 環境の UI に関する研究を行う．我々はこれまでに，クライミングでの登攀時における前腕への力の込め方を登攀者の前腕に装着した筋電センサにより計測し，必要以上に前腕に力を込めた際，プロジェクタによる視覚的な教示や，振動モータによる触覚的な教示を行うことによる登攀技能の向上手法について，30 名を実験協力者とする実験で有効性を検討してきた (2022 年度)．また，サッカーにおけるキックフォームの学習を支援するため，タブレットによる 3D での熟練者フォームの提示と，空間に直接プロジェクタでキック位置を投影する 2D での提示を組み合わせたシステムを提案し，その有用性を被験者実験により検証した (2023 年度)．本研究においては引き続き，これまでに個々の事例に着目してきた結果をもとに，スポーツにおける四肢の動きなどの身体動作や，力の入れ方などの不可視情報を，自然言語による情報伝達に限らず，空間への表現により学習者に伝達するための提示手法を確立することを目指す．

3　研究の方法

本研究プロジェクトにおいては特に，拡張現実 (Augmented Reality; AR) 技術を用いた身体動作の計測と即時提示に関する研究と，バーチャルリアリティ (Virtual Reality; VR) 空間への没入感を向上するための VR 環境への連続的遷移に関する研究の二つに取り組んだ．それぞれの研究について以下に述べる．

3．1　アーチェリー行射における身体傾斜情報の即時提示

スポーツにおいて高いパフォーマンスを達成するためには，身体の微細な動きや姿勢の制御が重要である．その中でもアーチェリーは，集中力と身体の制御が高度に求められる競技であり，アーチャは常に安定したフォームを維持しながら正確に矢を放つことが求められる．フォームを一定にするためには，身体の傾斜や重心など様々な要素を一定にさせる必要がある．しかしそれらは行射中にアーチャ自身で把握することが難しく，図 1 に示すような理想の形と比べて身体傾斜が発生している (図 2) ことに気が付かないことも多いため，改善することはさらに難しい．そのため，多くのアーチャは気になる部分が確認できるように動画を撮影して行射後に確認したり，指導者に指導を仰ぐことで改善を図る．しかし，動画ではエイミング中に確認しながら調整することができないことや，服や動画の角度によって認識しづらいことがある．また他人から言葉で伝えられると，身体傾斜や重心の移動など，どの程度変えると理想的な姿勢になるのか，などの度合いがうまく伝わらないという課題が残る．そこで本研究では身体の傾斜という要素に着目して，アーチャがエイミング中に的を狙いながら身体傾斜を視覚的に確認できるシステムを開発し，その効果とユーザビリティを実験により調査した．

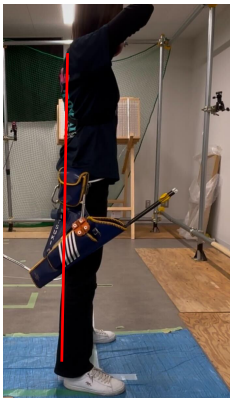


図 1: 理想形

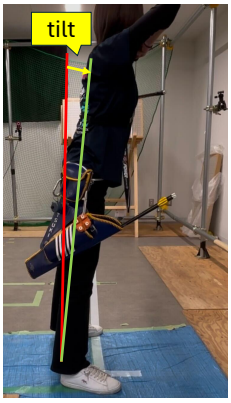


図 2: 実際の行射

身体傾斜の計測には光学式モーションキャプチャシステムを用いた．また，図 3 に示すような傾き量を表すバーを的の近くに投影することで，アーチャに支援情報を提示した．

3．2　RV Continuum に沿ったバーチャル環境への没入感向上のための連続的遷移

現状の VR 体験では，現実環境からバーチャル環境への遷移プロセスにおいて，ヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display; HMD) を装着すると即時にバーチャル環境へ没入する設計が一般的であり，この急な切り替えがユーザーの没入感や存在感を低下させる要因となっている．そこで

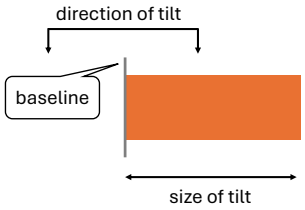


図 3: 身体傾斜を表すバー

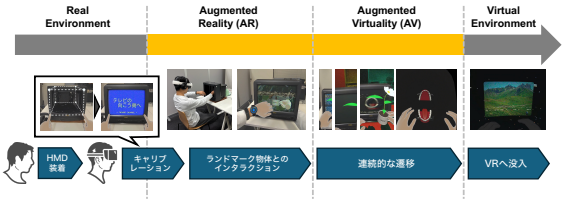


図 4: バーチャル環境への没入感向上のための連続的遷移

本研究では，現実環境とバーチャル環境を一つの連続的なスペクトルとして捉えるフレームワークである Reality-Virtuality (RV) Continuum に沿って，現実環境からバーチャル環境への連続的な遷移を実現する手法を提案する．本手法では，現実環境とバーチャル環境のいずれにおいても共通して認識できるランドマーク物体を導入するとともに，AR 段階と Augmented Virtuality（AV）段階を経由して，ユーザーが連続的にバーチャル環境へ没入できるよう設計している．AR 段階ではランドマーク物体とユーザーが触れ合う操作を行い，バーチャル物体への親近感を高める．AV 段階では，現実環境の映像を徐々にバーチャルに置き換える連続的な映像変化を行い，違和感を軽減することを目指した．図 4 に提案手法の概要を示す．

4　研究成果

前節で説明したそれぞれの研究について，研究成果を述べる．

4．1　アーチェリー行射における身体傾斜情報の即時提示

提案手法の評価のため，実験を行った．実験対象は，18 歳以上かつアーチェリー部に現役で所属している中級者とした．実験協力者として採用したのは 18 ～ 22 歳の男女 9 名（男性 6 名，女性 3 名）の現役アーチェリー選手であり，競技経験年数は 1 ～ 9 年であった．

弓具の組み立てや防具の装着が完了してから，実験の流れや注意事項についての説明を行い，反射マーカを付けたサポータを装着させた．初めに弓具を持たない状態で行射時の構えをとらせ，基準とする身体傾斜を計測した．その後，ウォームアップとして 5 分間自由に行射させ，提示なし 1，提示あり，提示なし 2 と順番に行射を行い，各行射での身体傾斜を計測した．行射はそれぞれ 6 射を 3 分程度で射たせ，矢取りとあわせて 5 分程度を 2 セット行った．行射の本数は大会に倣って 6 射ずつとしており，提示がある場合のデータを計測する前には，提示を確認しながら行射を行う練習を 6 射分行わせた．またより普段の練習に近い環境で行射を行うため，行射には実験協力者自身の弓具を使用した．

表 1 にそれぞれの行射における理想的な姿勢からの傾きの統計量を示す．支援情報の提示によって傾きが減少するとともに，その後の行射 (提示なし 2) においても提示なし 1 と比較して傾きが減少していることが示された．

4．2　RV Continuum に沿ったバーチャル環境への没入感向上のための連続的遷移

本研究では，AR 段階の長さ，連続的または急な遷移，およびインタラクションの有無の 3 つの要因がユーザの没入感やエンゲージメントに与える影響を検証した．特に，現実からバーチャルへの遷移過程における連続的遷移の効果を明らかにするため，主観的評価指標 (IPQ, UES-SF, NASA-TLX) と客観的評価指標 (心拍の LF/(LF+HF) 比) を用いて評価を行った．本学の全学生のうち，後述の「テレビの向こう側へ」を体験したことがない実験参加者を募り，18 歳から 30 歳の男女 75 名 (男性 41 名，女性 34 名) を採用した．

評価実験では，AR 段階の長さや遷移方法，インタラクションの有無を組み合わせた 5 つの条件下で比較を実施した．その結果，連続的遷移は急な遷移と比較して没入感を向上させる効果があることが示唆された．また，短い AR 段階は集中度や緊張感を高める一方，長い AR 段階はストーリーへの理解を深めるとともに，安定した体験を提供する補完的な効果が確認された．さらに，インタラクションの有無については，主体的な関与やエンゲージメントの向上に寄与する一方で，視覚的な没入感への影響は限定的であることが示された．また，本研究の知見を活用したインタラクティブコンテンツ「テレビの向こう側へ」を作成し，国内外の展示会において多数の展示を行った．

発表論文等

〔学会発表および展示〕

[1] 木下夏綺, 白井詩沙香, 小林聖人, 千葉直也, 浦西友樹, “アーチェリー行射における身体傾斜情報の即時提示システムの提案”, 情報処理学会 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2025.
[2] “Beyond the TV”, Laval Virtual 2024, 2024.

〔その他〕

[1] 古和田徹, XR CREATIVE AWARD 2024, 学生部門 優秀賞, 2024.

表 1: 身体傾斜の分布の統計量 [deg]

	提示なし 1	提示あり	提示なし 2
平均値	0.8059	0.3428	0.5438
中央値	0.7860	0.3047	0.5872
SD	0.3063	0.1210	0.2602

人間総合デザイン部門

OU 研究データマネージメントエコシステム構築を目指した実験系研究データメタデータ管理の検証モデルシステム構築

田主 英之（D3 センター）
伊達 進（D3 センター）
古谷 浩志（コアファシリティ機構）
春本 要（D3 センター）
甲斐 尚人（D3 センター）
細見 岳生（D3 センター）

1　研究の背景

オープンサイエンスへの流れが加速する中で，研究データを流通させ，共有，公開，そして利活用することが，日常的に行われる時代へと向かっている．しかし，現実には日常的に行うための手法や基盤整備が未だに不十分であり，その確立が喫緊の課題となっている．

D3 センターは学内外で生み出される研究データを容易に集約し，本センターが運用する計算・分析基盤での解析に利活用，および学内の研究者間でのデータ共有を可能にする機能を持つデータ集約基盤 ONION（Osaka university Next-generation Infrastructure for Open research and open innovatioN）を試験的に運用している [a]．D3 センターの共同研究部門の一つである高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所は，学術研究者が産学・国際共同研究等を通じて新たな社会的価値を創生するための計算基盤・データ基盤構築について研究開発を行っており，本研究所の研究データ管理チームは，ONION を活用しオープンサイエンスを推進するための部局間連携を行っている．その一つが学内の分析機器の共用を推し進めているコアファシリティ機構との共同研究である．

コアファシリティ機構は，ネットワークから隔離されている共用分析機器からの計測データを分析室内の NAS（ネットワーク HDD) に集約し，その NAS を経由させることで，部局内でのネットワークを介したデータ共有を可能にするシステムを開発し，全学に対して頒布している（図 1）．そして，その測定データ集約・配信システムの NAS と ONION を S3（Amazon Simple Storage Service）プロトコルで繋げることで，学内の研究者間での計測データの共有を可能にし，学内における研究データの流通の効率化に寄与してきている．

しかし，メタデータが付与されていない研究データは，真正性の保証もなく，その来歴も不明である．研究データを集約しても，メタデータが不十分であれば，研究データの利活用を進めることは不可能である．そこで，令和 5 年度 IDS 学際共創プロジェクトにおいては，学内データ基盤に集約される研究データの利活用に向けて，共用分析装置からの計測データにメタデータおよび固有識別子を付与し，ONION まで流通させるコンセプトを構築した（図 2）．また，メタデータの付与方法や ONION までのデータ流通の方法に関して技術的検証も行った．

令和 6 年度の本プロジェクトおいては，この令和 5 年度において設計したコンセプトを実証するための，モデルシステムの構築を行い，その試行テストを行った．

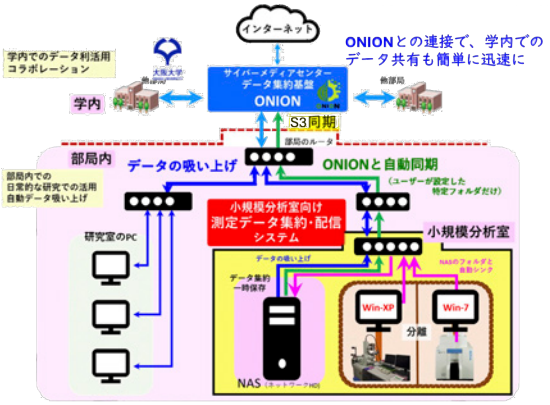


図 1: 小規模分析室向け測定データ集約・配信システム，およびデータ集約基盤 ONION との間の連携概要図

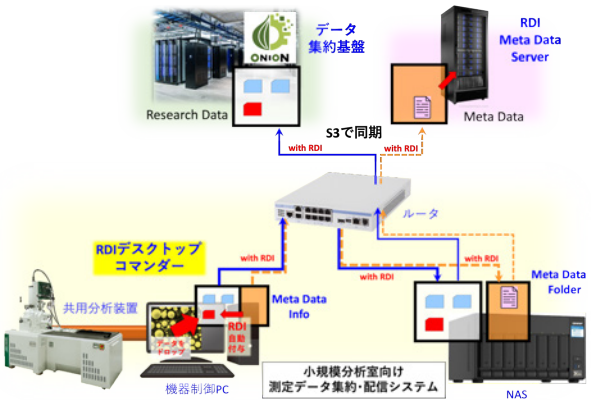


図 2: 小規模分析室向け測定データ集約・配信システムにおけるメタデータ，固有識別子自動付与・流通システムコンセプト図

2　研究の目的

本プロジェクトでは，R5 年度 IDS 学際共創プロジェクトにおいて作成したコンセプトを「メタデータ管理システム」として具現化すべく，以下の研究課題に取り組んだ．

1. 計測データへのメタデータ・固有識別子付与手法の確立．

2. メタデータの登録・検索・閲覧を扱うカタログサーバ構築.
3. メタデータをカタログサーバに送信登録を行うモデルシステムの確立.

このメタデータ管理システムは，共用機器で生成される計測データ全てに研究者の負担を軽減した形で，何らかのメタデータ，固有識別子を付与し，収集，管理することを可能にするものである．また，このモデルシステム構築により，研究データの公開と共有のための原則である FAIR 原則の Findability (検索可能性) と Accessibility (アクセス可能性) を高め，計測データの利活用促進を目指した.

3 研究の方法

本プロジェクトでは，上記の三つの研究課題において以下の手法を用いて進めた.

1. 共用分析装置の制御 PC から NAS 間における計測データの真正性担保に必要なメタデータ・固有識別子付与手法の確立.
   - 計測データの識別に際し最低限必要であるメタデータの選定
   - 計測機器制御 PC でのメタデータ・固有識別子付与におけるフローの確立
   - 付与されたメタデータ・固有識別子の NAS への転送，保存方法の確立
2. メタデータの登録，検索，閲覧を可能にするメタデータサーバの構築.
   - データカタログツール，およびサーバの選定
   - アドホックで作成したメタデータの登録，検索，閲覧を可能にするカタログサービス構築
   - カタログサービスとデータ集約基盤 ONION へのポータル機能を提供する Nextcloud との連携手法の検討
3. 計測データのメタデータをメタデータサーバに送信，登録する流通方法の確立.
   - 1. で作成されたメタデータ情報と 2. で構築したカタログサービスとの連携
   - メタデータ情報のカタログサービスへの自動登録
   - 登録されたメタデータと ONION に保存された計測データの関連付け

4 研究成果

特許申請予定のため，非公開.

引用文献

[a] 伊達 進，寺前 勇希，勝浦 裕貴，木越 信一郎，木戸 善之 “ONION：大阪大学のデータ集約基盤”，学術情報処理研究，2022.

発表論文等

〔学会発表〕

[1] H. Tanushi, H. Furutani, T. Hosomi, N. Kai, K. Harumoto and S. Date, ”Towards Development of University-wide Data Aggregation and Management Infrastructure for Research Data Utilization,” 2024 IEEE 20th International Conference on e-Science (e-Science), Osaka, Japan, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/e-Science62913.2024.10678692.

〔その他〕

[1] 田主 英之, 古谷 浩志, 細見 岳生, 甲斐 尚人, 春本 要, 伊達 進, “大阪大学におけるオープンサイエンス情報基盤の実現に向けて：研究データ利活用を促す全学データ・メタデータ集約管理基盤構想”, xSIG 2024 (ポスター発表), Aug. 2024.”

[2] Hideyuki Tanushi, “The Development of Data Infrastructure for the Advancement of Open Science”, PRAGMA 40 (講演), Oct. 2024.

[3] Hideyuki Tanushi, “Metadata Registration and Management System fior Experimental Scientists”, SC2024 (ポスター展示), Nov. 2024.

[4] 古谷 浩志, “実験系研究者が使う ONION ベースの研究データ基盤を作る - 全学機器共用の立場から”, Cyber HPC Symposium 2025 (講演), Mar. 2025.

〔外部資金〕

[1] 2025-2028 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “次世代研究データ基盤: メタデータ連携型データ管理システムの構築とその応用 ’, (代表) 田主英之

人間総合デザイン部門

「アイトラッキングシステムを用いた歯の色調決定に対する視認行動の解析」

若林 一道，田中 美裕，有田 まどか，内田　葵，西山 貴浩，西村 正宏（歯学研究科），
中村　亨（基礎工学研究科），野村 泰伸（京都大学大学院 情報学研究科）

1.　研究の背景

審美歯科の研究および臨床において、歯の白さは笑顔の魅力に対する満足度と結びつきがあると言われており[1-3]、重要な評価項目となっている。歯を白くする方法として、歯を切削した後、セラミッククラウンやラミネートベニアなどの歯冠補綴装置を装着する方法や、過酸化水素や過酸化尿素といった薬液を用いて歯を白くするホワイトニングが行われる。歯冠補綴治療では、隣接歯や対合歯、顔貌と調和した色調の補綴装置を製作する必要がある。その際、一般臨床では、色見本としてシェードガイドが広く使用されている（図 1、2）。

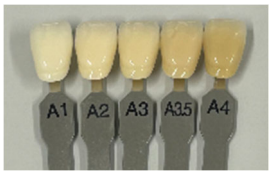


図 1. シェードガイド．患者の歯の比色に用いる色見本

図 2. シェードガイドを用いた歯の色調の判定

ホワイトニングでは、施術前後における効果の評価として用いられる。これらは、患者と医師とが同時にシェードガイドを確認しながら行われることが多く、色情報の共有のためのコミュニケーションツールとしての役割も果たしている。

しかし、歯やシェードガイドの色調は単一ではなく、グラデーションを有しており、歯頸部から切縁部にかけて段階的に変化している。加えて、半透明性、不均質性、光拡散性など、様々な光学的性質を有している（図 3）。そのため、照明条件だけではなく、医師と患者間で注目している箇所の違いにより、両者で歯の色調に対する認識に差が生じる可能性がある。さらには歯科医師と歯科技工士といった専門分野の違い、熟練歯科医師と若手歯科医師といった経験年数の差による認識の違いにより、差が生じる可能性もある。

図 3. 歯は多層構造によりグラデーションを有している

この、“人がどこをみているのか？”という行為をデータとして得るための技術としてアイトラッキングがあり、様々な領域で用いられている。アイトラッキングとは人の眼球の動きを記録、分析し、視線情報を可視化する技術である。アイトラッキングでは、人が注視した部位や、順序、時間などの情報も得ることが可能である。加えて、大きな特徴として、無意識な視線の移動を計測することが可能であり、都市環境、マーケティング、教育、スポーツの研究や、医療、心理学や認知科学などに応用されている（図 4）。

図 4. アイトラッキングの応用例（SiB 社ホームページより引用）

2.　研究の目的

アイトラッキングシステムのこれまでの歯科医療域での応用として、食形態の嗜好評価の検討[4]、不正咬合がもたらす人の印象の評価[5]、パノラマ X 線画像の注視部の認識[6]などの研究が行われてきたが、グラデーションを有する歯において、どのようなプロセスで

色調を視認しているかを解析した研究は認められない。そのため、人の視覚において、アイトラッキングシステムを用い、歯の色調の認知・判断、および処理方法を解析することで、今まで困難あった歯科医師と患者間や、歯科医療経験年数の差などによって、歯の色調決定に差が生ずるかを定量的に解析することが可能となり、審美歯科学分野に多大な貢献ができるものと考えられる。

そこで本研究では、歯科医師や歯科医療業務に携わっていない者が、歯のどの部位を注視して、色調の評価を行なっているのかを、アイトラッキングにより分析することを目的とした。

3. 研究の方法

対象者は、眼科的異常を認めない若手歯科医師 11 名（YD 群）、および歯科医療に携わっていない者 6 名（ND 群）とした。アイトラッキングには、アイトラッカー（Eye Tracking Core+、SiB、東京）を用いた（図 5）。トラッキング時のサンプリングレートは 120Hz とした。

図 5. アイトラッカー

評価画像として、歯の色調評価に用いるシェードガイド（Vita Classic、Vita Zahnfabrik、Germany）の A1、A2、A3、A3.5、A4 の 5 色のうち、3 色をランダムに並べ、標準光源ブース（JudgeQC、X-rite、 USA）内で撮影した画像を用いた（図 6）。

図 6. シェードガイド画像

図 7. 光源ブース内でのシェードガイドの確認

計測は、アイトラッキングに先立ち、標準光源ブース内で実際のシェードガイドを 3 分間視認したのちに行った（図 7）。そして、撮影した 60 枚の画像の中から、無作為に選択した画像 1 枚をディスプレイ（iMac2017、Apple、 USA）に表示し、アイトラッカーで 60 秒間計測を行った。なお、トラッキング前には、注視点とモニター上の点が一致するようにキャリブレーションを行った。加えて、頭部の位置が変わらないよう、頭部を顎台に固定した。計測は静寂を保った暗室で行い、眼球とディスプレイとの距離は、視線の動きが明確になるように 50 cm に設定し、目の高さとモニターの中心の高さが一致するように調整した（図 8）。

図 8. トラッキング環境

注視点の解析には、専用解析ソフトウェア（CoreStudio、SiB、東京）を用いた。研究協力者の見ている画像の形を可及的に同じにし、分析時の差が生じないようにするため、撮影した動画を本ソフトウェアの有する画像解析技術を用いて、トラッキングデータをオリジナルの画像にマッピングさせた（図 9）。各計測動画について、どの領域が最も注視されているかを、計測開始から 60 秒のデータについて、サンプリングレート 60Hz で分析を行った。なお、研究対象者には、3 本の歯のシェードの判定に関する研究を行っているとのみ伝え、アイトラッキングについては伝えず、シェードの判別結果を紙に記載させた。

図 9. オリジナル画像への注視点のマッピング

4. 研究成果

歯科医療従事者 11 名の注視点の分析結果を示す（図 10）。

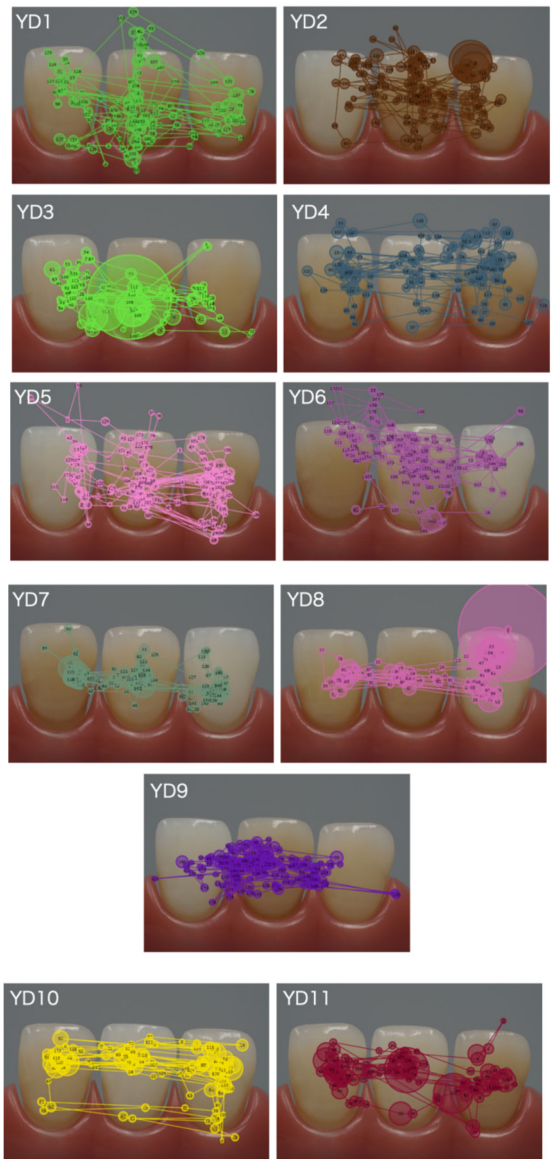


図 10. 若手歯科医療従事者の注視プロット画像

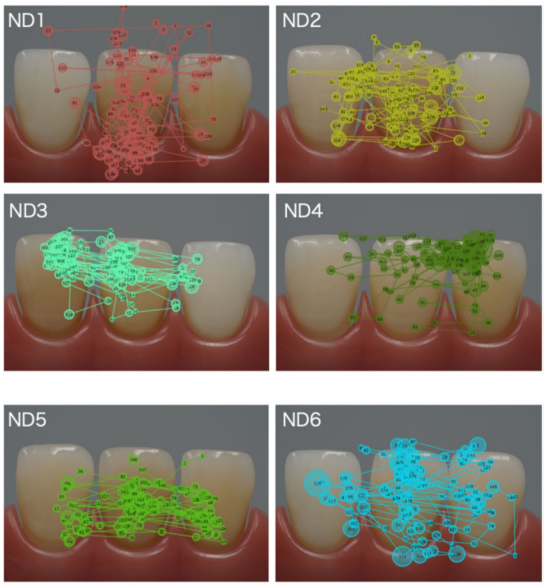


図 11. 歯科医療に従事していいない者の注視プロット画像

YD1-6 では 3 本のシェードガイドを確認し、色調の決定を行なっている傾向が認められた。YD7-9 では、3 歯ともに、シェードガイドの歯冠中央部を確認し、色調の決定を行なっていた。YD-10、11 では、YD7-9 とは異なり、歯冠中央部を視認の中心としながら、歯頸部の色調も視認しているのが認められた。

一方、歯科医療に従事していない者について、ND1-4 では、3 本のシェードガイドをバランスよく視認することは行われておらず、特定のシェードガイドのみが視認されている傾向が認められた。 これは、歯科医師は歯の色の違いにより、色調を決定するのに対し、歯科医療に携わっていない者は、単独を中心に色調を決定しようとしているものと思われた。ND5、 6 については、歯科医師と同様に、3 本のシェードガイドを比較することで、色調を判断している様子が認められた（図 11）。

5. 今後の展望

歯科診療において、歯科医師による視診・触診を通じた診断や、それらに基づいた処置方針の決定が行われる。しかし、治療方針や、治療内容の優先順位、使用機器や材料の決定は、経験に基づくいわゆる「暗黙知」であることも日常臨床ではいまなお多く認められ、言語化や教育による知識や技能の伝承を困難にしている。近年では、専門家の視点や判断過程を可視化し、客観的に記録・分析しようとする取り組みが他分野で行われるようになっている。本研究では、シェードテイキングの際、歯科医師が歯のどの箇所をどのような順番で注視しているかを、若手歯科医師と歯科医療に従事していない者に対し、アイトラッキング技術を用いてデータとして収集し定性的に分析した。歯科医療に従事していない者を患者とみなした場合、歯科医師と患者では、色合わせやホワイトニングの効果の確認の際、同じシェードガイドを見ているにも関わらず、

認識に差が生じている可能性があることを示唆している。さらに、本手法は、熟練者の臨床的思考プロセスや判断の手順を明らかにし、歯科治療や歯科教育における知識や技術の伝承に極めて有用であるものと考えられる。今後、研究対象者の追加、さらには、熟練歯科医師や歯科技工士のデータ収集を行い、 AI 技術等も応用し、色調決定の差が生ずる原因を定量的に解析していきたい。

引用文献

[1] Joiner A: A review of tooth color and whiteness, J Dent. 2008: 36 Suppl 1: S2-7.

[2] Shiomi S, et al.: Color variation of multilayered with different thickness, JJADD, 2019, 82.

[3] Joiner A, et al.: Tooth color and whiteness: A review, J Dent. 2017 Dec: 67S: S3-S10.

[4] Yasui Y, et al.: Relationship between preference and gaze in modified food using eye tracker J Prosthodont Res. 2019 Apr; 63(2): 210-215.

[5] Evaluation of the impact of orthodontists' smile with malocclusions on social media and professional credibility: Clin Oral Investig. 2024 Jan 4;28(1):74.

[6] GY Bhadila, et al. : Visual analysis of panoramic radiographs among pediatric dental residents using eye-tracking technology: A cross-sectional study, Children (Basel). 2023 Aug 29;10(9): 1476.

〔学会発表〕

田中美裕，若林一道，大住雅之，西山貴浩，西村正宏，光学特性を考慮した天然歯用新規白色度式の導出，日本歯科審美学会(2024 年 12 月 7,8 日)

〔外部資金〕

[1]データビリティフロンティア機構(IDS)学際共創プロジェクト 「アイトラッキングシステムを用いた歯の色調決定に対する視認行動の解析」，(代表)若林一道

謝辞

本研究を遂行するにあたり，ご協力いただいた SiB 株式会社様に感謝申し上げます.

「確率制約付き変分予測最適制御理論および人間運転行動モデルへの拡張」

瀋 迅（工学研究科），森田 浩（情報科学研究科），高井 重昌（工学研究科）

1. 研究の背景

安全性が重要となる意思決定問題として、医療、経済学、自動運転などの分野が挙げられる。これらの分野では、物理システムの運用において安全要件を考慮することが本質的に必要であり、安全性を無視した場合、人間やその他の対象に対して深刻なリスクを引き起こす可能性がある。したがって、機械学習や強化学習を活用する際には、安全性を考慮しない従来の手法ではなく、学習プロセス自体に安全制約を組み込んだ手法を適用することが不可欠である。このような背景のもと、安全制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題（あるいは安全強化学習）が近年注目を集めており、運用段階での方策の安全性を保証するための有望なアプローチと考えられている。

安全制約付き変分予測最適制御問題は、通常、制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題として定式化され、方策は安全制約を満たすように最適化される。このとき、安全制約の定義には複数の方法があり、適用領域に応じて適切な表現を選択する必要がある。例えば、安全制約の表現には、期待累積安全制約（Expected Cumulative Safety Constraint）、即時的な厳密制約（Instantaneous Hard Constraint）、ほぼ確実な安全性（Almost Surely Safe Constraint）、および結合確率制約（Joint Chance Constraint）などがある。これらのうち、特に結合確率制約は、ある一定の確率で安全要件を満たすことを保証するものであり、確率的な安全性が求められる環境に適している。

実世界の応用として、ドローンの軌道計画や惑星探査などが挙げられる。これらのタスクでは、ミッションが有限の時間内で完了する必要があり、その間に安全要件が高い確率で満たされることが求められる。例えば、ドローンが障害物を回避しながら目的地へ向かう際に、衝突リスクを最小限に抑えつつ、確率的に安全な軌道を選択する必要がある。同様に、惑星探査ミッションにおいても、探査機が障害物を避けながら効率的に移動し、ミッションを安全に遂行することが重要となる。このような状況では、決定論的な制約よりも柔軟な表現が求められ、結合確率制約が適用されることで、実用的な方策を導出できる可能性が高まる。

このように、安全性が不可欠な領域では、データ駆動型変分予測最適制御において単に報酬最大化を追求するだけでなく、適切な安全制約を導入することが重要であり、その中でも結合確率制約は、現実世界の応用において特に有用なアプローチとなる。

2. 研究内容と貢献

本研究では、確率制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題 に対して、新たな方策として二値の確率的方策を提案する。本手法では、エージェントが次の行動を決定する際、2 つの行動候補の間で確率的な選択を行う。具体的には、各状態ごとに設定された 2 つの行動候補のうち、確率的にどちらかを選択する仕組みであり、この確率は状態に依存して変化する。この確率的な選択は、理想的なコインではなく、歪みを持つ可能性のあるコインを投げる操作になぞらえることができる。すなわち、各状態において、適切に設定された確率に基づき、2

つの候補のうち一方の行動が選択される。このような確率的な方策は、従来の決定論的方策とは異なり、柔軟な意思決定を可能にする。

本研究では、まず、CCMDP に対するベルマン方程式を導出し、さらに、最適解集合内に二値の確率的方策が存在することを理論的に証明する。これは、確率制約付き問題において、単純な決定論的方策だけでなく、確率的な方策の導入が最適解の範囲を広げることを示す重要な結果である。しかしながら、CCMDP において直接的に結合確率制約（Joint Chance Constraint）を満たす最適方策を求めることは、計算的に非常に困難である。結合確率制約は、複数の状態・時間にまたがる制約であり、解析的に取り扱うことが難しいため、そのままの形で最適化を行うことは現実的ではない。

そこで、本研究では、結合確率制約を期待累積安全制約（ECSC） に近似する手法を提案する。この近似によって、確率制約の解析が容易になり、より実用的な最適化手法が適用可能となることを示す。さらに、我々の理論的解析により、ECSC を課した制約付き MDP においても、最適解集合内に二値の確率的方策が存在することを証明する。すなわち、本研究で提案する二値の確率的方策は、結合確率制約を直接扱う場合だけでなく、その近似問題である期待累積安全制約を用いた問題設定においても、有効な解の一部として存在することが保証される。

最後に、Safety Gym ベンチマーク において、我々の提案する二値の確率的方策が、既存の安全制約付きデータ駆動型変分予測最適制御アルゴリズムの性能を向上させることを示す。本手法は、同じ安全制約の条件下において、従来手法と比較してより優れた性能を達成することを確認した。この結果は、二値の確率的方策が、安全制約付きデータ駆動型変分予測最適制御において有効なアプローチであることを示唆している。

以上の結果から、本研究で提案する二値の確率的方策は、確率制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題の文脈において、実装の容易さと理論的な正当性を両立する有望なアプローチとなる。特に、確率的な方策を導入することで、制約を満たしながら柔軟な意思決定が可能となり、安全性が求められる応用（例：自動運転、ロボット制御、金融リスク管理など）において有効な手法となることが期待される。

本研究の最大の貢献は、確率制約付きマルコフ決定過程（CCMDP）において、二値の確率的方策が最適解として機能することを理論的に証明し、その学習手法を確立したことである。これにより、確率制約を考慮したデータ駆動型最適制御に新たなアプローチを提供し、安全性が求められる多くの実応用において実用性の高い意思決定手法を提案することが可能となった。

(a) 確率制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題における新たな方策の提案：従来の確率制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題では、決定論的方策や標準的な確率的方策に依存しており、確率制約を満たしながら最適方策を求めることが困難であった。本研究では、二値の確率的方策を導入することで、制約付き最適化問題に対する柔軟な解法を提供する。この方策では、2 つの行動候補の間で確率的な選択を行い、状態依存のフリップ確率に基づいて行動を決定する。これにより、確率制約を満たしつつ、より実用的な方策の設計が可能となる。

(b) CCMDP に対する新たな理論の確立：本研究では、確率制約付き MDP に対するベルマン方程式を導出し、二値の確率的方策が最適解として存在することを厳密に証明

した。これは、従来の制約付きデータ駆動型変分予測最適制御の枠組みでは十分に明らかにされていなかった重要な性質であり、確率制約を持つデータ駆動型変分予測最適制御問題の解法に新たな理論的基盤を提供するものである。この結果により、確率制約を満たす最適方策を求めるための新たな手法が確立され、確率的安全性を考慮したデータ駆動型変分予測最適制御における理論的な理解が深まる。

(c) 結合確率制約の近似理論の確立：確率制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題における主要な課題の一つは、結合確率制約（Joint Chance Constraint）を直接扱うことが計算的に困難である点である。本研究では、結合確率制約を期待累積安全制約（ECSC）で保守的に近似できることを示し、この近似が最適解の構造を大きく損なわないことを理論的に証明した。これにより、従来は困難であった結合確率制約付き MDP の最適化問題を、より計算可能な問題に変換することが可能となった。

(d) 既存のデータ駆動型変分予測最適制御アルゴリズムとの統合：本研究では、期待累積安全制約（ECSC）を用いることで、既存のデータ駆動型変分予測最適制御アルゴリズム（例えば、Constrained Policy Optimization (CPO)）を適用可能であることを示し、それに基づく学習フレームワークを提案した。これにより、従来の制約付きデータ駆動型変分予測最適制御手法と互換性を保ちつつ、新たに提案した二値の確率的方策を効率的に学習することが可能となった。特に、本手法を CPO に適応させることで、最適な二値の確率的方策の近似解を求めることができることを示した。

(e) 実験による有効性の検証：本研究では、Safety Gym ベンチマークを用いた実験を行い、提案手法が既存のデータ駆動型変分予測最適制御アルゴリズムと比較して優れた性能を達成することを示した。特に、同じ安全制約の条件下で、提案手法はより高い報酬を達成しながら、安全性を維持できることを確認した。これは、二値の確率的方策が、実際のデータ駆動型変分予測最適制御タスクにおいて安全性と性能のトレードオフを最適化する上で有効であることを示唆している。

まとめ：本研究は、確率制約付きデータ駆動型変分予測最適制御問題の分野において、理論的な進展と実用的な手法の両面から重要な貢献を果たすものである。特に、二値の確率的方策の導入とその最適性の証明、結合確率制約の近似理論の確立、既存のアルゴリズムとの統合、そして実験による性能向上の確認は、本手法の有効性を強く示唆する。今後、本手法をさらに発展させ、より複雑な環境や大規模な実応用に適用することが期待される。

3. 人間運転行動モデルへの拡張

人間ドライバーの運転行動を説明可能な形でモデル化するパラメータ化された変分予測最適制御フレームワークを提案する。提案の人間行動モデルには、社会的力ダイナミクスを組み込んだ変分予測最適制御を用いて、車両と他の交通参加者との相互作用を考慮し、現実的な運転行動を再現する。さらに、人間の運転問題を制約付き変分予測最適制御問題として定式化し、最適方策が制約付き変分予測最適制御 の最適方策と同値であることを証明する。また、粒子群最適を用いて実データから個々の運転スタイルを学習する手法を開発し、シミュレーションおよび実験により、提案手法の精度と実用性を示す。本研究は、自動運転の安全性検証やシミュレーションテストへの応用が期待される。

引用文献

該当なし

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Xun Shen, Ye Wang, Kazumune Hashimoto, Yuhu Wu, Sebastien Gros, "Probabilistic reachable sets of stochastic nonlinear systems with contextual uncertainties," Automatica, Accepted as Regular Paper.

② Kazumune Hashimoto, Yuga Onoue, Akifumi Wachi, Xun Shen, "Learning-based event-triggered MPC with Gaussian processes under terminal constraints," IEEE Transactions on Cybernetics, Accepted as Regular Paper.

③ Nan Yang, Zhendong Xiong, Li Ding, Yikui Liu, Lei Wu, Zhao Liu, Xun Shen, Binxin Zhu, Zhenhua Li, Yuehua Huang, A game-based power system planning approach considering real options and coordination of all types of participants, Energy, vol. 312, no. 133400, 2024. DOI: 10.1016/j.energy.2024.133400.

④ Xun Shen, Set-valued regression of wind power curve, IEEE Transactions on Sustainable Energy, Early Access, DOI: 10.1109/TSTE.2024.3458916.

⑤ Xun Shen, Hampei Sasahara, Jun-ichi Imura, Makito Oku, Kazuyuki Aihara, Re-stabilizing large-scale network systems using high-dimension low-sample-size data analysis, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, Early Access, DOI: 10.1109/TETCI.2024.3442824.

⑥ Xun Shen, Tinghui Ouyang, Kazumune Hashimoto, Yuhu Wu, Sample-based continuous approximate method for constructing interval neural network, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, Early Access, doi: 10.1109/TNNLS.2024.3409379.

⑦ Wataru Hashimoto, Kazumune Hashimoto, Akifumi Wachi, Xun Shen, Masako Kishida, Shigemasa Takai, Bayesian meta-learning on control barrier functions with data from on-board sensors, Advanced Robotics, Early Access, DOI: 10.1080/01691864.2024.2401897.

〔学会発表〕

① Xun Shen, Shuo Jiang, Akifumi Wachi, Kazumune Hashimoto, Sebastien Gros, Flipping-based policy for chance-constrained Markov decision processes, Proceedings of the 38th International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024), Accepted.

② Ye Wang, Xun Shen, Hongyu Qian, Stochastic model predictive control with probabilistic control barrier functions and smooth sample-based approximation, The 2024 63rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC), Accepted.

③ Xun Shen, Hampei Sasahara, Jun-ichi Imura, Kazuyuki Aihara, "Small-sample-size data-driven disease-detection and re-stabilization for mRNA-protein gene regulatory networks," the 2025 American Control Conference (ACC), DENVER, Colorado, USA, July 7-10th, 2025.

〔その他〕 （招待講演）

① Xun Shen, Chance constrained optimization for wind power curve fitting with unclean data, The 8th

NUS-ISM-ZIB-IIR-MODAL Workshop: Next Generation Computing and Algorithms in the Digital Era, August 12, 2024.

ワイヤレスセンシングによるアナツバメの非接触型行動モニタリングシステムの構築

内山 彰（情報科学研究科）
工藤 寛樹（情報科学研究科）
太田 貴大（人間科学研究科）
Aswin USUP(University of Palangka Raya)

1　研究の背景

東南アジアでは，アナツバメの営巣を目的としたビル（以降、ツバメビルと呼ぶ）を建築し，巣を採取・販売する人々が存在する．しかし，産卵後に巣を採取すると卵は廃棄されるなど，animal welfare への配慮や持続性に欠ける．アナツバメは産卵前に巣を採取するとすぐに営巣を行うことが知られているため，animal welfare への配慮および生産性というトレードオフの観点から，ビル内の多数のツバメの営巣活動をモニタリングし，営巣活動終了後，迅速に採取することが望ましい．

ビル内は暗く，天井に張り巡らされた梁による死角が多いため，カメラの利用は困難である．そこで本研究では，animal welfare と生産性・持続性の両立支援を目標に，電波を用いたセンシングにより，ツバメの営巣行動認識手法を構築する．

2　研究の目的

Animal welfare と生産性の両立を実現するためには，営巣活動を終了した巣がどこにあるのか，を把握することが重要である．このためには，(1) 3 次元空間における巣の位置推定，(2) 巣ごとの営巣活動終了の把握，の 2 点を実現する必要がある．食用に用いられるアナツバメの巣は，アナツバメが営巣活動時に分泌する特殊な唾液により作られており，乾燥してしまうため電波により直接巣の形状をセンシングすることは難しい．

一方，アナツバメの身体や動きによって電波には変動が生じると考えられる．アナツバメの位置，および動きは，それぞれ巣の位置，および営巣行動と関連付けることができるため，本研究では，巣そのものを対象にセンシングを行うのではなく，巣を作るアナツバメの位置や動きを対象にセンシングを行う．

3　研究の方法

使用する電波の周波数によって，物体の透過特性やセンシング可能な物体の大きさが変化するため，本研究ではアナツバメの体長が 10cm〜16cm であること，および，近年普及が進んでいることの双方を考慮し，周波数帯 79GHz のミリ波レーダーを使用することとした．

ミリ波レーダーには，エスタカヤ電子工業株式会社製の T18_01010101_3D を用いた．また，赤外線カメラには YKS-WF500PTZDM を用いた．

まず，アナツバメと同程度の大きさの身近な鳥類を対象に，データ収集を実施した．飼育されている鳩を対象に，ミリ波レーダーとビデオカメラを用いて，10 日間継続的にデータ収集を行った．通常，飼育されている鳩は動きが少なく，センシングの観点では動きが無い場合の検出が難しい．このため，給餌のタイミングなど，比較的が動きが大きいと思われる期間が含まれるよう，長期的なデータ収集を実施した．

さらに，これまでの知見を基に，長期的に安定したデータ収集が実現できるよう，モニタリングシステムの改善を行った．令和 7 年 3 月にインドネシアのツバメビルを再訪し，改善したモニタリングシステムのテスト運用と，追加でのデータ収集を実施し，アナツバメの営巣行動認識の実現可能性の検討を行う．

4　研究成果

4．1　鳩を対象としたデータ収集

図 1 に示すように，鳩を入れたケージから 1.5-2m 程度離れた位置にミリ波レーダーを設置し，データ収集を行った．図 2 に鳩がいない場合と鳩がいる場合におけるミリ波レーダーから得られる Range-Doppler マップを示す．Range-Doppler マップでは，ミリ波レーダーのセンシング範囲において，距離と速度ごとに信号の反射強度を示す．従って，Range-Doppler マップで強い反射強度を示す距離および速度において，何らかの物体が存在することが分かる．この結果より，鳩がいる場合には，約 2m の距離にほぼ静止状態の物体が存在することが分かる．鳩がいない空のケージのみを置いた場合と比較して，明確な差が出ていることから，鳩の存在がミリ波レーダーの反射波に影響を与えることが確認できた．

図 1: 鳩のデータ収集環境

4．2　ツバメビルでのデータ収集

画像を用いたラベル付け

2025 年 3 月にインドネシア パランカラヤ大学の協力を得て，

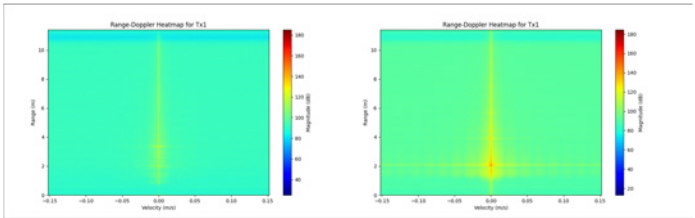


図 2: Range-Doppler マップ:（左）鳩なし（右）鳩あり

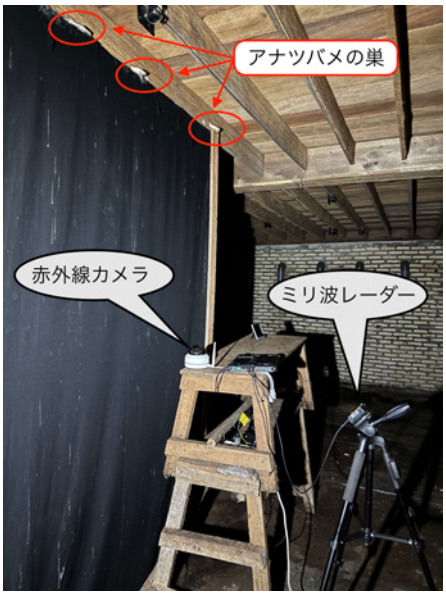


図 3: ツバメビルでのデータ収集環境

ツバメビルでのデータ収集を実施した．図 3 のようにツバメビル内にミリ波レーダーと赤外線カメラを設置し，データの記録を行った．赤外線カメラ映像に対して，YOLO を用いた物体検出を適用し，アナツバメの検出を行った結果を図 4 に示す．この結果から分かるように，画像からの物体検出は高精度に実現可能な見込みである．赤外線カメラ映像から得られるアナツバメの位置を正解データとして，3D-CNN などのモデルを訓練し，アナツバメの位置検出モデルを構築する予定である．また，位置検出を実現した後，同様のアプローチでアナツバメの行動認識モデルを構築する計画である．

データ収集システムの改善

鳩のデータ収集では，1 回あたりの記録時間を 10 分間とし，10 分ごとにデータを保存して，次の記録を開始するスクリプトを作成した．しかし，インドネシアのツバメビルで同じ条件で記録を行ったところ，数時間後に I/O エラーが発生した．このため，1 回あたりの記録時間を 1 分間に短縮し，1 分ごとにデータを保存して，次の記録を開始するよう，修正を行った．その結果，安定したデータ収集が行えるようになることを確認した．

また，セルラー通信が非常に不安定な環境であったため，クラウドサーバと連携して動作する赤外線カメラに代わり，Wi-Fi ダイレクトでスマートフォンと接続し，セルラー通信なしでの設定が可能な赤外線カメラを利用することとした．

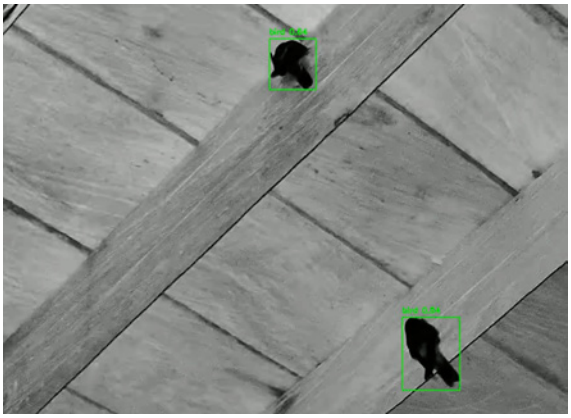


図 4: 画像を用いたツバメ検出の例

ただし，実験期間中に落雷による瞬間的な停電が発生し，赤外線カメラが再起動した結果，その後のデータが利用できなくなる現象が確認された．今後のデータ収集では，これを解決するため，無停電電源装置を導入する必要がある．また，遠隔でのモニタリングを実現するため，不安定なセルラー通信に代わる通信手段として，Starlink を導入する予定である．

システムデザイン部門・環境イノベーション

「マルチモーダル大規模言語モデルのインフラ点検への展開」

鶴田　修一（産業科学研究所），王　博文（D3 センター）

1. 研究の背景

近年、橋梁をはじめとする社会インフラの老朽化が急速に進行しており、その維持管理の重要性が高まっている。特に高度経済成長期に整備された構造物の多くが更新時期を迎えており、点検業務は今後さらに増加すると見込まれる。一方で、こうした業務を担う土木の専門家人材の不足が進み、従来のような人手による点検・診断の継続が困難になりつつある。

このような背景から、点検業務を効率化する手段として、AI 技術の活用が有効であると考えられる。土木の専門家人材は、現場写真などの画像情報に加えて、橋梁の構造や過去の点検記録といったその他複数の情報も総合的に判断してインフラの健全性を診断している。こうした複雑な情報処理を AI で実現するには、テキストデータと画像データの両方を同時に処理できるマルチモーダル大規模言語モデル（Multimodal Large Language Models: MLLMs）が有効である。

2. 研究の目的

本研究では、実用性の高い MLLM を研究開発し、土木の専門家とも連携して MLLM を組み込んだインフラ維持管理システムの実現を目的とする。

3. 研究の方法

3.1 データセットの作成

MLLM の学習に用いるため、橋梁点検に関する画像データと、それに対応するテキストデータを組み合わせたマルチモーダルデータセットを作成した。

3.1.1 画像データの収集

国土交通省が公開している全国道路施設点検データベースを活用し、点検調書に含まれる損傷画像を収集した。収集にあたっては、損傷の種類や程度が明確に視認できる画像を選定し、画質が極端に悪いものや損傷箇所が不鮮明な画像は除外することで、データセットの品質確保に努めた。

3.1.2 テキストデータの収集

点検調書に記載された画像ファイル名、施設 ID、橋梁名、竣工年次、構造種別、部材名、健全性診断に関する所見などのテキスト情報を抜粋し、画像データと対応づけて Excel 形式で整理した。特に、損傷画像からは把握できない過去の点検記録などの情報については、MLLM への学習の必要性を検討するため、追加情報として収集・記録した。

3.2 JSON ファイルの作成

収集・整理したテキストデータを、MLLM による学習や推論に適した形式に統合するため、データ言語を英語に翻訳し、構造化された JSON 形式に変換した。

作成した JSON ファイルは、image、prompt、answer の 3 つの要素から構成されている。

image には画像ファイル名を記載し、実際の画像データと紐づけている。

prompt には、橋梁の竣工年次、構造種別、部材名などの情報を含めたうえで、「Does this bridge require closer inspection?」という英文を付加し、モデルに対して判断を促す

形式とした。

answer には、点検調書から抜粋した所見を記載し、点検の必要性やその判断の根拠となる情報を具体的に記述している。

3.3 MLLM への学習

作成した JSON ファイルと対応する画像データを用いて、MLLM に対するファインチューニングを実施した。推論精度の向上を図るため、出力結果を分析しながら、データセットの内容を適宜見直した。特に、学習に有効な情報の取捨選択や、画像収集時の選定基準について再検討を行い、データ品質の向上を通じてモデルの性能改善を図った。

初期の学習には、phi-3 と呼ばれる言語モデルを用いて学習を行った。phi-3 は、Microsoft が開発した軽量かつ高性能な大規模言語モデルであり、特に言語、推論、コーディング、数学のタスクで高い性能を示している。

4. 研究成果

715 枚の橋梁損傷画像と、それに対応するテキストデータを用いて、MLLM に対するファインチューニングを実施した。学習には 5 エポックおよび 10 エポックの 2 種類の設定を用いて性能比較を行った。

図 1～図 5 に、学習後のモデルによる推論結果を示す。ここで、GT（Ground Truth）は、学習に用いた answer である。

図 1　推論結果-1

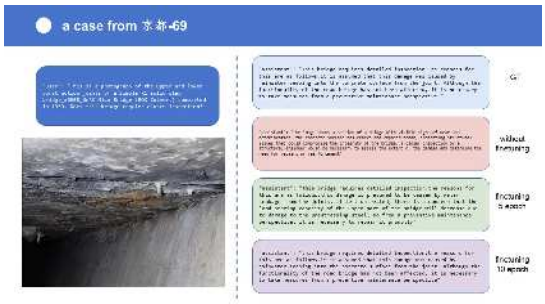


図 2　推論結果-2

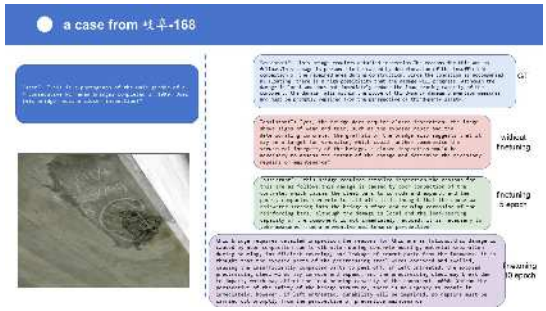


図 3　推論結果-3

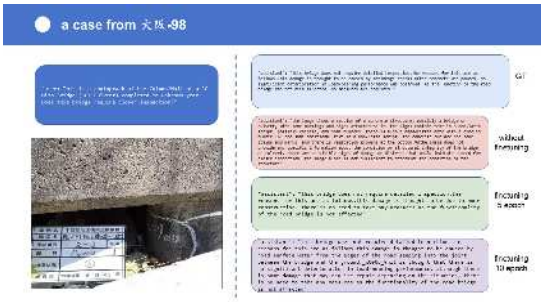


図 4　推論結果-4

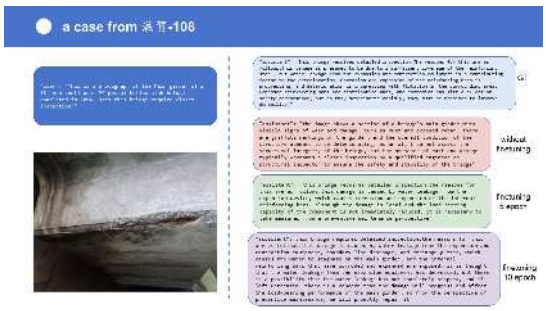


図 5　推論結果-5

ファインチューニング後のモデルは専門的な知識を含む応答が可能となり、精密点検の要否についても概ね正しい判断を示すようになった。一方で、判断の理由付けに関しては、依然として不正確な記述が見られるなど課題が残っている。

また、エポック数による違いとしては、10 エポックで学習したモデルの方が、5 エ

ポックのモデルに比べて出力する回答の情報量が多く、より詳細な説明を行う傾向が確認された。

今後はさらなる精度向上を目指し、2025年1月26日にリリースされた日本語対応の最新マルチモーダルモデル「ovis2-16B」を用いたファインチューニングを進めていく[1]。

引用文献

[1] Shiyin Lu and Yang Li and Qing-Guo Chen and Zhao Xu and Weihua Luo and Kaifu Zhang and Han-Jia Ye, "Ovis: Structural Embedding Alignment for Multimodal Large Language Model", arXiv:2405.20797, 2024.

発表論文等

〔外部資金〕

① R4 年度～, 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT), 「未来型知的インフラ創造拠点」, (代表)関谷　毅, (分担：鶴田　修一)

〔その他〕

① 情報通信審議会　情報通信政策部会（第64回）「地域課題の解決に向けた取り組み」（講演者：鶴田　修一）

機能デザイン部門

「ロボット合成と AI が共創する創薬研究」

有澤 光弘（薬学研究科），鬼塚 真（情報科学研究科），佐古 真（薬学研究科）

1. 研究の背景

創薬における構造活性相関（Structure–Activity Relationship: SAR）研究は、化合物の構造とその生物活性との関係を明らかにし、医薬品候補化合物（リード化合物）の最適化を図る上で極めて重要なプロセスである。この過程では、様々な誘導体を効率的に合成し、それぞれの活性を評価することが求められる。従来、これらの誘導体合成は 1 化合物ずつ手作業で行われており、多大な労力と時間を要していた。しかし近年では、自動合成装置の進展により、創薬の現場にも自動化技術が導入されつつある。これにより、迅速かつ持続可能なプロセスの構築が可能となってきている。さらに、化学構造や反応条件の違いが生成物や活性に与える影響を予測するために、情報科学的方法、特に機械学習やデータ駆動型解析の活用が注目されている。これらの技術を自動合成と組み合わせることで、構造多様性に富む誘導体群の設計・合成・評価のサイクルを加速させることが期待される。

2. 研究の目的

申請者の研究室では、三重結合の両端に二つの異なるアリール基（Ar）を有する化合物（例：図 2 化合物 **3**）の化学構造と生物活性の相関について研究している（Structure Activity Rerationship; SAR 研究）。本合成方法では、多種多様な Ar 基を検討する必要があり、Ar 基の種類が増えるにつれて合成可能な化合物の数は指数関数的に増えるため、従来の手作業による検討では多大な時間を要する。また、反応条件の検討項目（金属触媒や配位子、塩基、有機溶媒）も多い。そこで本研究では、ロボット合成[2]（図 1）の利用に加え機械学習を活用することで、本プロセスの効率化を目指す。また、生成物の各種情報と生物活性の評価結果を基にデータベースを構築し、今後合成する化合物の構造設計や活性予測に活かす。

図 1 保有している自動合成装置

3. 研究の方法と研究成果

3.1 薗頭カップリング反応の条件検討

三重結合の両端に二つの異なるアリール基（Ar）を有する化合物（例：図 2 化合物 **3**）合成法の確立に向けて、まずは標準的な薗頭カップリング反応[1]の条件を最適化することにした。図 2 に示すように、モデル反応としてピリジン骨格を有するアルキニル化合物 **1** とアリールブロミド **2** を出発物質とし、パラジウム触媒、ヨウ化銅（I）、塩基存在下、THF 中で加熱撹拌することで対応するアリールアルキニル化合物 **3** を得る。

この条件最適化には、機械学習を活用することを念頭に、自動合成装置を用いて学習用データの収集を行う。具体的には、以下の変数を変化させて反応を実施し、得られた生成物の収率を目的変数として記録する：各試薬の当量（化合物 **1**、**2**、および塩基）パラジウム触媒の種類と触媒量、塩基

の種類、溶媒の種類、反応溶液の濃度、温度など。

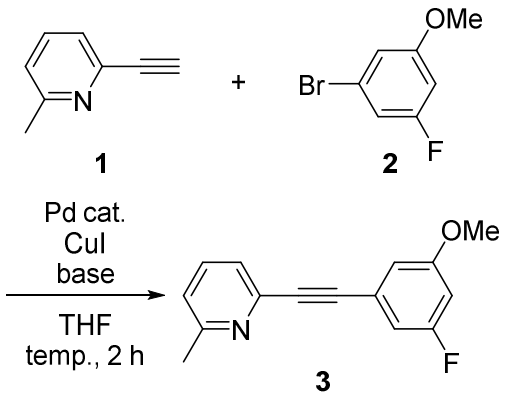


図 2 モデル薗頭カップリング反応

まずは使用するパラジウム触媒および塩基の種類を確定するため、モデル反応系を用いた系統的な条件検討を実施した。自動合成装置を用い、$Pd(PPh_3)_4$、$PdCl_2(PPh_3)_2$、$PdCl_2$、$Pd(OAc)_2$ の四種のパラジウム触媒と、Et_3N、$(i\text{-Pr})_2NH$、$(i\text{-Pr})_2NEt$ の三種の塩基を組み合わせた全 12 条件における反応を THF 中、30 ℃、2 時間で行い、目的生成物 **3** の収率を比較した（図 3）。その結果、$Pd(PPh_3)_4$ や $PdCl_2(PPh_3)_2$ を用いたときに生成物が 63~87%で得られ、$PdCl_2$ および $Pd(OAc)_2$ を用いた反応では全体的に低収率であった。以上の検討結果とパラジウム触媒の安定性を踏まえ、今後のスクリーニング反応では $PdCl_2(PPh_3)_2$ と $(i\text{-Pr})_2NEt$ を用いる方針とした。

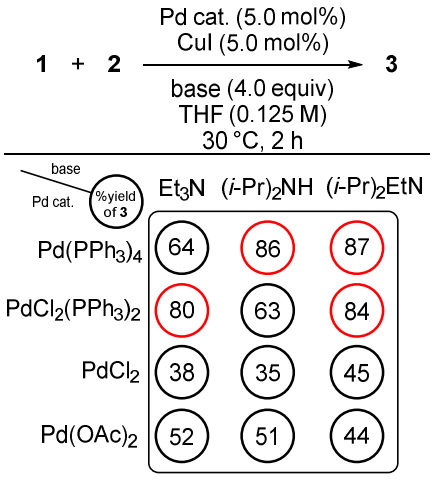


図 3 触媒・塩基スクリーニング

また、金属触媒の触媒量、塩基の当量、反応溶液の濃度、温度などの条件検討も進めており、これまでに約 40 件の反応データを収集している。なお、自動合成装置のワークフロー構築には当初の想定以上に時間を要しており、進捗はやや遅れているものの、今後はデータ収集の加速が期待される。

3.2 反応基質の準備

ピリジルアルキンおよびアリールハライドの各種誘導体を準備している。これらの基質の設計にあたっては、想定される反応生成物（ジアリールアルキン）を用いた分子ドッキングシミュレーションを実施し、標的タンパク質との相互作用が良好な構造を参考に基質候補を選定した。得られた候補構造に基づき、立体的・電子的に多様な置換基を有する反応基質を複数種類合成・ストックしており、今後の一括合成と活性評価に向けた準備を進めている。

3.3 特徴量の収集

今後の機械学習による収率予測や生成物の活性予測への応用を見据え、ピリジルアルキンとアリールハライドに加え、ジアリールアルキンについても、あらかじめ構造情報および物性データの特徴量収集を進めている。具体的には、分子量、極性表面積（TPSA）、LogP、立体障害指標、電子的パラメータ（HOMO/LUMO 準位など）といった物理化学的特徴量に加え、RDKit や Mordred を用いた分子記述子を計算している。

さらに、各種化合物の生物活性との相関を探索するため、対象とする標的タンパク質に対する分子ドッキングシミュレーションも並行して実施しており、結合エネルギーや結合様式、相互作用残基といった情報も特徴量として取り込んでいる。これらの

多角的な分子情報を統合することで、より精度の高い予測モデルの構築を目指す。

3.4 今後の計画

反応条件の検討を経て、合成から精製までのプロセスを確立し、多様な誘導体の一括合成に着手する準備を進めている。すでに各種ピリジルアルキル誘導体（アルキン）およびアリールハライドの準備は完了しており、これらの組み合わせを変化させることで、最終的に約 200 種の化合物を合成する計画である。

引用文献

[1] Chinchilla, R.; Nájera, C. *Chem. Rev.* **2007**, *107*, 3, 874–922.

[2] https://www.amr-inc.co.jp/search_experiment/split/chemspeedslt.html

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Watanabe, K.; Sato, M.; Takehara, T.; Asano, K.; Matsuzaki, T.; Suzuki, T.; Sako, M.; Arisawa, M., “Synthesis of Dibenzoxasilepine Using Ring Expansion Reaction of a Pentacoordinate Silicon Intermediate”, *Adv. Synth. Catal.* **2025**, *367*, e202401125.

② Sato, Y.; Nagafuchi, M.; Takatsuki, M.; Matsuzaki, T.; Suzuki, T.; Sako, M.; Arisawa, M., “Multitasking Rhodium-catalyzed Remote C(sp^3)–H Functionalization Reactions of Acyclic Dienes to Yield Benzene-fused Heterocycles”, *Green Chem.* **2025**, *27*, 248–255.

機能デザイン部門

「カテゴリカル・データを用いる有機反応の考察と結果予測」

佐古 真（薬学研究科），鬼塚 真（情報科学研究科，滝澤 忍（産業科学研究所）

1. 研究の背景

多成分反応は、複数の出発物質が一工程で反応し、構造多様性に富んだ生成物を効率的に得る有機合成手法として注目されている。一方で、触媒や反応基質の組合せによって反応性や生成物の収率・選択性が大きく変化するため、最適な反応条件の決定には依然として経験則や試行錯誤に依存しているのが現状である[1]。こうした背景のもと、近年では触媒や基質の構造と反応性の関係を定量的に解析し、最適条件を効率的に導き出す手法として機械学習の活用が注目されている。特に、多変数が複雑に関与する多成分反応においては、膨大な化学空間を効率よく探索する手段として有望である。

2. 研究の目的

申請者は独自に開発したビナフチル型キラルボリン酸触媒[2]が三成分型 Passerini 反応に有効であることを見出している。本研究では、触媒および基質の構造情報を体系的にデータベース化し、それらの特徴量に基づいて反応結果を予測する機械学習モデルの構築を目指す。三成分反応である Passerini 型反応においてデータベースとモデルを構築し、得られた知見を四成分反応である Ugi 反応に転移学習として応用可能かを検証することで、多成分反応における効率的な条件探索と新規展開の加速を図る。

3. 研究の方法と研究成果

本研究の Passerini 型反応では、キラルボリン酸 **1** を触媒として、イソシアニド **2**、アルデヒド **3**、および水が反応することで、光学活性な α-ヒドロキシアミド **4** が得られる。本反応においては、イソシアニドがアルデヒドに付加する段階が鍵となると考えられ、この過程におけるアルデヒドの構造的特徴が収率やエナンチオ選択性（ee）に与える影響の解析は、反応機構の理解において重要である。

そこで、予測モデル構築に資するデータを得るため、約 30 種のアルデヒドを用い、トルエン中－25 ℃で反応を実施した。その結果、生成物 **4** は 8～99%の収率、19～82%の ee で得られた（図 1）。特に、芳香族アルデヒドではエナンチオ選択性が比較的低く、脂肪族アルデヒドでは高いエナンチオ選択性が得られる傾向が観察された。

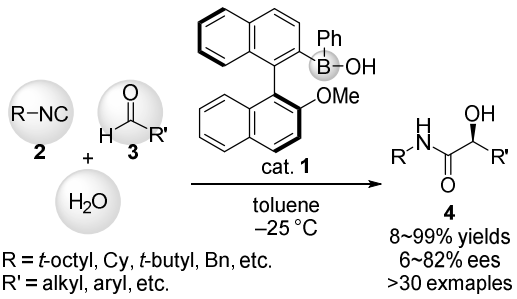


図 1 エナンチオ選択的 Passerini 型反応における基質一般性のデータ収集

次に、反応性や選択性に影響を与えると考えられるアルデヒドの構造的特徴を定量的に評価するため、各種特徴量の収集を行った。具体的には、分子軌道エネルギー（HOMO、LUMO）、%V_{bur} 双極子モーメント、C=O 伸縮振動数、酸素原子の NBO チャージなど、計 10 種類のパラメータを量子化学計算により算出した。

そして、得られた実験結果とアルデヒドの特徴量に基づき、生成物のエナンチオ選

択性が予測できるか検証するため、さまざまな機械学習モデルによる解析を行った（図 2）。その結果、決定木モデルを用いた場合に、予測値と実測値の間には良好な相関が得られ、決定係数（R^2）は 0.94、平均絶対誤差（MAE）は 12.6 であった（図 2A）。SHAP（SHapley Additive exPlanations）解析を行い、各特徴量が予測に与える寄与を可視化したところ、C=O 伸縮振動数（C=O freq）およびカルボニル炭素の NMR シールド値（C shielding c）が予測に対して特に大きな影響を与えていることが明らかとなった（図 2B）。

また、アルデヒドは反応中間体としてオキソニウムイオンを形成する可能性があることから、この中間体の性質がエナンチオ選択性に影響を及ぼしている可能性を考慮し、オキソニウムイオンを想定した構造に基づいて特徴量を再計算・収集した。先と同様に決定木モデルを用いて予測モデルを構築したところ、予測性能がさらに向上し、決定係数（R^2）は 0.96、平均絶対誤差（MAE）は 9.5 を示した（図 3A）。SHAP 解析の結果、%V_{bur} や LUMO エネルギーなどが予測に大きく寄与する特徴量として特定された（図 3B）。これらの結果は、オキソニウムイオンを考慮した電子的・立体的パラメータがエナンチオ選択性予測において有用であることを示唆している。

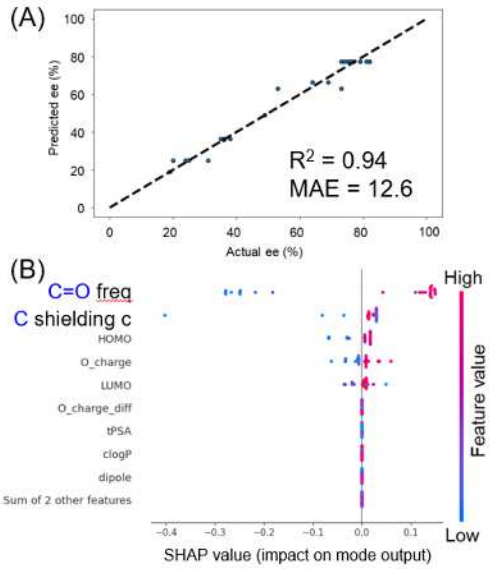


図 2 アルデヒド構造に基づくモデル
(A)ee 予測 (B)特徴量の重要度

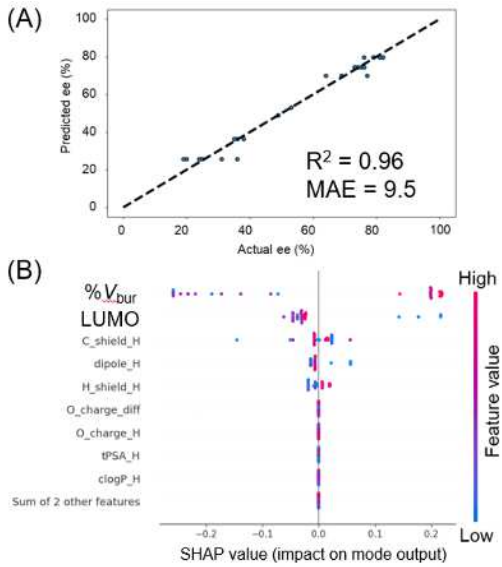


図 3 オキソニウムイオン構造に基づくモデル (A)ee 予測 (B)特徴量の重要度

現在、生成物の収率に関しても、同様にアルデヒドの特徴量を用いた予測モデルの構築を進めており、エナンチオ選択性だけでなく収率の予測精度向上にも取り組んでいる。加えて、反応機構に関する実験的検討として、NMR 解析による触媒－基質間相互作用や中間体の挙動の可視化を進めており、水の役割や反応進行に寄与する因子の同定を目指している。これらの実験データは、DFT 計算と連携して解釈を行うことで、

構造と反応性の対応関係を明確化し、得られた記述子の意味づけや予測モデルの妥当性の検証にも資する。

今後、収集した実験データおよび構造情報は、独自に構築中のデータベースに順次反映し、十分な基質多様性を備えた高品質なデータセットを基盤として、より高次な多成分反応（例：Ugi 反応）への展開を見据えている。

引用文献

[1] Wang, M.-X.; Zhu, *J. Acc. Chem. Res.* **2018**, *51*, 1290–1300.

[2] Chikashige, Y.; Takehara, T.; Matsuzaki, T.; Suzuki, T.; Murai, K.; Arisawa, M.; Sako, M. *J. Org. Chem.* **2023**, *88*, 14178–14183.

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Takatsuki, M.; Aoyama, H.; Arisawa, M.; Sako, M., “ Brønsted Acid-Catalyzed Synthesis of Spirocyclobutanes *via* Heteroannulation of Vinyloxyphenylbicyclobutanes with Water”, *Org. Biomol. Chem.* **2024**, 22, 4727–4731.

〔学会発表〕

① 佐古真、「ビナフチル型キラルボリン酸触媒を用いるエナンチオ選択的 Passerini 型反応の開発と機械学習の活用」学術変革領域 A：デジタル化による高度精密有機合成の新展開 第 7 回成果報告会、2025 年 1 月、仙台

〔外部資金〕

① 2024–2025 年度、科学研究費助成金 学術変革領域研究（A） 公募、「カテゴリカルな反応条件から実験結果を予測するプログラムの開発」、（代表）佐古真

② 2024 年度、公益財団法人 八洲環境技術振興財団 研究開発・調査助成、「不斉有機ホウ素触媒を用いる環境調和型三成分反応の開発」、（代表）佐古真

〔その他〕

① 令和６年度大阪大学賞（若手教員部門）、「環境調和型創薬を指向したヘテロ環形成反応と不斉有機分子触媒の研究」、佐古真

「レーザー核融合燃焼プラズマの観察に向けた超解像コンピュテーショナルファイバイメージング」

有川　安信（レーザー科学研究所），八木　康史（産業科学研究所），
中村　友哉（産業科学研究所），中川　桂一（東京大学 工学系研究科）

1. 研究の背景

レーザー核融合研究において、核融合反応燃焼の空間分布の 2 次元計測が求められている。要求される空間分解能が極めて高く、さらに計測器センサー部分を核融合プラズマごく近傍に設置しなければならないという要求から、光ファイバーの先端部に計測センサーを取り付け、センサー先端は核融合プラズマ 5mm から、数十メートル離れた計測装置まで伝搬させて測定する必要がある。

この計測の中に、マルチモード光ファイバーを用いた光情報処理技術の適応が求められている。レーザー核融合燃焼領域の中性子の発生空間分布（ミクロンスケールの空間構造を有する。本研究においては被写体）が、Electro Optic ポリマーを通して、計測用のプローブレーザー光の強度変調に変換される。そのレーザー光が長距離(30m 以上)マルチモードファイバーを伝搬してから、プローブレーザーの参照用平面波レーザーと干渉させて CCD カメラで計測される。スペックルパターンの干渉縞模様からホログラフィック法により複素振幅画像を取得する。多数の点からの点光源による伝達関数マトリックスを作成しておいてから、被写体画像に伝達関数逆関数を掛け算することで被写体画像の再生が実現する。一連の技術は Choi[(1)]らによって実証された方法と同様の操作をしている。

この手法をレーザー核融合研究に適応することは、中性子源（被写体）に対して、EO ポリマとマルチモードファイバーの部分が、レンズのような結像素子の役目を果たすことから、中性子のような結像が困難な対象でも

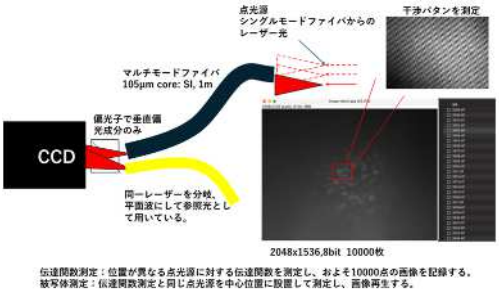


図 1 実験セットアップと伝達関数の生信号の一例

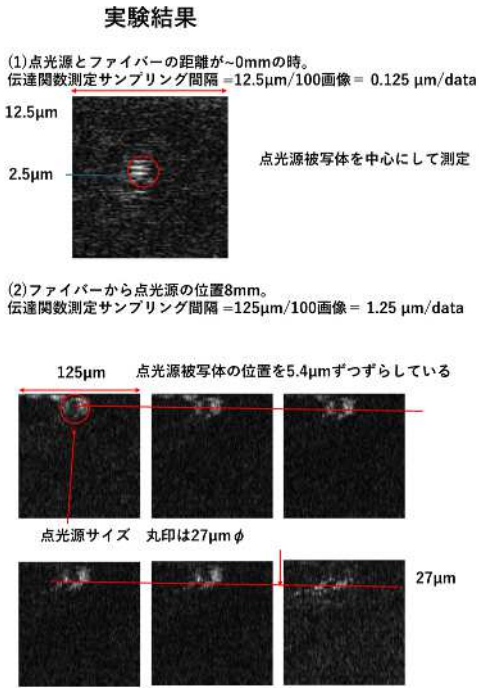


図 2 実験で得られた、レーザー光による点光源を被写体として、マルチモードファイバーを伝搬させてから画像再構成をして得られた画像。点に近い画像が得られ、またその位置の動きが観測された。

画像にすることができること、さらにその信号をマルチモードファイバー数十メートルの信号伝達が可能であるという魅力がある。

核融合レーザーショットの直前に、マルチモードファイバーの点光源伝達関数を取得し

ておいて、撮影対象の実験データに演算処理を施すことによって画像を再生する。ここで問題となるのが、CCD の熱電子ノイズや、電子数統計ゆらぎノイズ、マルチモードファイバーの微小な振動や伸び縮みに起因するファイバー伝達関数の変化により、画像再構成の鮮明さが失われることである。画像取得の際のコントラスト条件（信号光と参照光の強度比、干渉縞の間隔など）並びに、再構成計算アルゴリズムの中でも問題を克服するアプローチを見出すことが必要であった。

2. 研究の目的

本研究では、核融合中性子計測でマルチモードファイバーイメージングを用いることを前提に、いかにして鮮明な画像を安定的に得るかということに関して実験と計算アルゴリズムの開発を行う。

3. 研究の方法

有川がレーザー科学研究所において、マルチモードファイバーイメージング試験装置を構築した。中性子の代わりに、模擬としてレーザー光源を用いて点光源や特定のパターンを被写体として設定し、マルチモードファイバーによる撮像実験を行った。一方で、中村が再構成計算プログラムの開発を行った。そのプログラムが有川に渡されて、有川が実験結果から再構成を行った。

図 1 に実験セットアップおよび、伝達関数として得られた画像の一例を示している。

波長 1064nm の DPSS レーザーの光をシングルモードファイバーに通して、出口端面から出射させることでシングルモード点光源を作った。その点光源をマルチモードファイバー（105μm コア、NA0.22、長さ 1m）に、入射させて伝搬させた。その光を同じ波長の平面波参照光と干渉させてカバーガラス無し CCD カメラで測定した。

シングルモードファイバーからの点光源をそのまま、マルチモードファイバーの入り口端面から 8mm の位置に設置して直接マルチモードファイバーに入射させた(実験結果の 2)。またはシングルモードファイバー点光源を、レンズを用いてマルチモードファイバーの入り口端面~0mm の位置に結像してから入射させた(実験結果の 1)。点光源による伝達関数を測定した。点光源の位置を x,y=100×100 箇所移動させ、それぞれのデータを保存した。伝達関数と同じ点光源の条件を、中心位置（x,y=50,50）に設置して被写体とした。それらのデータを中村によるプログラムにインプットして得られたデータが図 2 である。実験結果 1 は接写実験であり、より高解像度のデータが得られた。実験結果 2 は低解像度だが、被写体が動く様子が観測できた。

現状、まだ信号・ノイズ比が悪く、点光源以外の画像（例えば少しぼかした丸い光源）は鮮明さが足りず観測は困難であった。これらは CCD のノイズに起因する、計算アルゴリズムの問題であることがわかっている。今後も引き続き、実験の条件を探索することと、計算アルゴリズムの改善を行う。

4. 研究成果

レーザー核融合中性子計測に用いるための、マルチモードファイバー画像計測手法の原理実証ができつつある。あと少しの改善で実用に耐えられる画質の計測が実現する。この研究成果は国内学会（レーザー学会 2025 年）で報告を行った。また核融合燃焼をマルチモードファイバーイメージングで計測するという内容で科研費基盤 B が採択された。これからは同科研費プロジェクトとして研究を発展させていく計画である。

引用文献

[1] Youngwoon Choi，et al., “Scanner-Free andWide-Field Endoscopic Imaging by Using a Single Multimode Optical Fiber”, Physical Review Letters, 109, 203901, (2012)

発表論文等

〔雑誌論文〕

なし

〔学会発表〕

有川安信、中村友哉、他、” マルチモードファイバーイメージングによるミクロン空間分解画像計測器”，レーザー学会 2025、2025 年 1 月 21 日、広島国際会議場

〔著書〕

なし

〔産業財産権〕

なし

〔外部資金〕

① 2025-2027，科学研究費助成金 基盤B,「超高解像度中性子計測器によるレーザー核融合プラズマの爆轟的核燃焼の研究」，25K00983，(代表)有川安信，(分担)中村友哉

〔その他〕 （※受賞，基調講演など）

なし

デジタルヒューマニティ部門

「人工知能による仏顔の様式解析とその系譜に関する研究」

藤岡 穣（人文学研究科）、長原 一（D3 センター）、中島悠太（D3 センター）

1. 研究の背景

2018 年度 5 ヶ年にわたり、基盤研究（A）「3 次元データに基づく人工知能による仏顔の様式研究」（以下、仏顔科研）により本研究を実施してきた。2023 年度からは新たに基盤研究（S）「ディープラーニングによる仏像の制作年代・地域推定システムの構築とその実装」により、本研究を継承・発展させる。

美術史研究の根幹の一つに、作者・流派・地域・時代等による類型的表現に注目する様式研究がある。ところが、そもそも様式を類型化する際には、作品の個別性が捨象され、他の類型との相対化をともなう。また、美術作品であるがゆえに、その類型化にあたっては意味や機能、精神性等が意識されることもあり、その結果、抽象化や恣意性、主観が介在し、曖昧さが生じてしまう。様式研究においては、その曖昧さの克服が大きな課題と言える。

ある仏像がいつ、どこで制作されたかは、仏像研究における最も基本的な問いである。しかし、仏像の多くは制作年代をしめすテキスト情報をもたず、場所の属性（伝来）さえ不明な場合がある。それゆえ、その問いへの答えは、多くは研究者の様式観に基づく推定に依存してきた。しかし、上述のとおり様式観には恣意性や主観が介在するため、研究者ごとに相違があるだけでなく、個々の研究者のなかでも揺らぎがあり、判断に迷うことも少なくない。

仏像研究に関しては、たとえば日本の仏像の場合、『日本彫刻史基礎資料集成』（中央公論美術出版、1966 年～現在）によって、平安時代から鎌倉時代にかけての仏像の基準的作例の詳細データが順次公刊され、他の時代の仏像についても基礎データの公開が進み、研究の基盤が形成されてきた。中国の仏像の場合も、各地の石窟寺院における総合調査の報告、近年発掘された仏像も含む博物館の蔵品目録の刊行が進み、しばしば形式研究に基づく編年も試みられており、やはり研究の基盤が整いつつある。東南アジアや南アジアの仏像についても、欧米豪の研究者を中心として、着実に研究が進展している。しかしながら、なお研究者による様式観の相違は解消されず、造像銘記等によって制作事情が判明しない仏像の位置付け、類型的把握についてはかなりバラツキがあると言わざるを得ない。

本研究において AI を活用するのは、様式研究に客観的な視点をもたらし、その曖昧さを改善、解消するためである。十分な学習を経た AI であれば、仏像相互の類似を識別し、仏像の制作年代・地域、作者等を相当の確度をもって推定できるはずである。

2. 研究の目的

本研究は決して単に AI を活用したり、AI に全てを委ねたりするのではなく、AI によって識別された類似関係や推定された年代・地域等の情報を、これまでの仏像研究へとフィードバックすることを目的としている。本研究の核心をなす学術的「問い」は、AI による推定と従来の研究における推定とを照合し、必要に応じて各仏像の位置付けを更新し、かつそれを踏まえてインドから日本へといたる仏像の伝播、あるいは地域ごとの仏像の変遷、さらには作者等の

諸系譜を再検証する点、そしてその研究成果を社会実装する点にある。

3. 研究の方法

3.1 2次元画像による年代・地域の推定—仏顔の系譜の再検証—

仏顔科研では当初、3次元画像に基づく解析を重視していたが、仏顔の2次元画像の3次元化のためには、既存のモデルを再学習によって仏顔向けモデルに修正する必要があることが判明した。一方、一定の地域、年代の2次元画像で試みた推定年代が、現状ではなお大きなずれを生じる場合もあるが、驚くほど正確な場合もあり、十分に参照に値することが明らかとなった。本研究においてその対象範囲を広げ、精度を高めたならば、仏像の様式観の更新・修正に大いに裨益することが期待される。

そこで、2次元画像のデータセットを拡充してDLに取り組み、年代に加えて地域を推定するDLモデルを構築する。そして、従来の研究における推定と照合することにより、位置づけを再検討すべき作例を抽出し、仏顔ひいては仏像の系譜の再検証を進める。

なお、2次元画像のデータセットに用いる画像は、撮影フリーの遺跡や博物館において撮影した仏像の画像、ないしはすでに公刊ないし公開されている仏像の画像に限定する。オンラインによるアクセスを可能にした場合にも、出典を明記するなど適切な対応をとることによって著作権や所有権上の問題が生じないからである。そもそも、大量のデータを処理するAIによる解析には高解像度の画像は容量が大きすぎてかえって不向きであり、また印刷のドットの影響も大きくないことが確認できている。

3.2 仏顔検索システムの構築と公開

仏顔科研において作成した検索システムは、データセット未構築の段階で試作したものであったため、精度は不十分だったが、にもかかわらず検索の結果、意外な仏顔が類似例として認識され、それによって初めて類似に気付くという事例がしばしばあった（図1）。

図1　検索システムの結果の一例

こうしたAIの活用による気付きは、仏像の位置付けに新たな視点をもたらし、仏像の系譜を再検証するうえでもきわめて有用である。AIとデータセットを共有することで精度を高めるとともに、このシステムについても公開し、年代と地域を超えて仏像の系譜を考えるための仏像研究ツールとする。

3.3 仏顔の2次元画像の3次元化モデルの構築と3次元画像の活用可能性の検証

仏顔科研では不調に終わった仏顔の2次元画像の3次元化をめざし、DLにより独自のモデルの構築を行う。第1段階として、同一の仏顔の多視点からの画像を用い、既存の顔認識モデルと対照しながらDLを進め、仏顔に適用し得る新たな3次元化モデルを構築する。次に第2段階として、仏顔の3次元画像を収集し、これをもとにモデルの構築を行う。

なお、3次元画像は、仏顔科研では再現性を重視して大容量の画像の取得に努めたが、本研究においては方針を改め、再現性よりもデータ量を確保することに努め、スマートフォンで撮影できるレベルの3次元画像を収集することとする。

実は、立体造形の識別、解析において、既存の顔認識プログラムも含め、実際にどのように 3 次元画像が活用されているかはなお不明な部分が多いとされる。そこで、派生的な問題ながら、あらためて 3 次元画像の活用可能性についても検証したい。

3.4 具体的課題への取り組み

仏顔科研におけるデータセットによる研究成果は、使用した画像の所有権や著作権への配慮から、具体的な成果は非公開とせざるを得ないというジレンマがあった。また、データセットを使用した年代推定モデルについても、研究成果を美術史研究に還元するには、究極的にはモデル自体の公開を必要とする。そうした点に鑑み、本研究では A～C の総合的な課題とは別に、DL や機械学習により以下の具体的な課題を設定する。

3.4.1 三十三間堂千体千手観音の顔貌の正面画像による識別可能性の検討

3.4.2 快慶作品、特に三尺阿弥陀の顔貌の変遷に関する 3 次元画像（CT スキャン画像）による検討

3.4.3 雲岡石窟の造営過程と仏顔の相関関係の検討

3.4.4 龍門石窟の造営過程と仏顔の相関関係の検討

4. 研究成果

本研究は、仏顔画像を収集し、また仏顔のデータセットを作成するための仏像史班と、それをディープラーニング等によって解析する DL 班との協同によって進めるため、以下に各班について研究成果を記す。

仏像史班は、2023 年度に引き続き、仏顔画像の解析のためのデータセットの作成（仏顔画像が掲載されている書籍のスキャニングとトリミング、付帯情報の入力）を継続した。また、仏顔の撮影フリーの 2 次元画像や多視点画像を収集するため、韓国のソウル、春川、中国の山西省、河北省、河南省、陝西省、甘粛省、インドのコルカタ、ビハール、サールナート、マトゥラー、アウランバーバード、デリー等において調査を実施した。

DL 班は、仏顔画像の解析のための基盤技術の研究開発に取り組み、次の成果を挙げている。

(1)グラフによる各種付帯情報を付与した仏顔画像解析手法

DL 分野における近年の画像解析では、画像の埋め込み空間が広く用いられている。これは、与えられた画像を高次元空間中のベクトルに写像するものであり、この空間中の位置（ベクトルが指す先）が様々な意味に対応する。既存の多くのアプローチでは、限られた概念の集合から単一の概念を画像に対応付け、埋め込み空間中の異なる領域がこの概念集合のそれぞれの概念を表すように写像を学習する。従って、同じ概念に対応する画像が、埋め込み空間中で近接するように写像される。

一方で、仏顔画像の解析では、造立年や仏師などのように様々な付帯情報を組み合わせて解析することにより、新たな発見等が期待される。

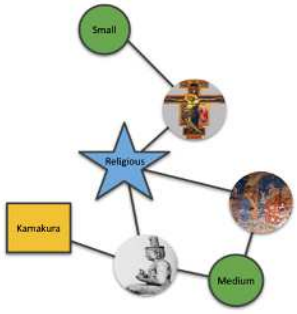


図 1: 仏像と概念を結びつけるグラフの例

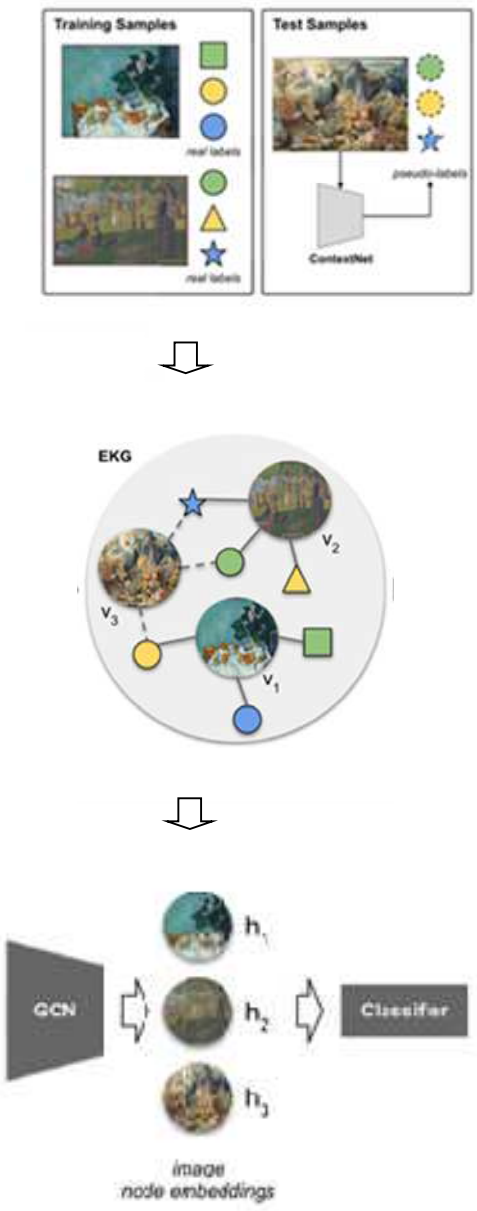


図 2: グラフを利用した画像埋め込みとその結果を利用した各種属性情報推定

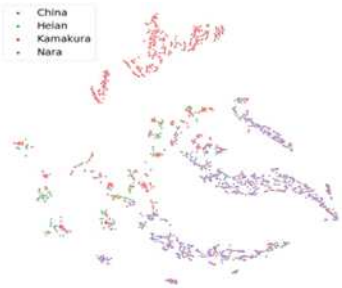


図 3: 埋め込み空間の可視化

そこで、本研究で提案する解析手法では、一つの画像に対して複数の概念集合からそれぞれひとつずつ概念が対応づけられる場合に、それら全てを同時に表すことを可能にする。具体的には、図１に例示するように、グラフを利用して概念と画像の関係を表す。グラフとは、ノードとエッジで構成されており、本研究では画像と概念を図中画像、または図形で表されるノードとした。また、エッジはノード間の線で表されるもので、ここではエッジの一端の画像が、他端の概念に対応づくことを表している。このようにすることにより、１枚の画像に複数の概念を対応づけることができる。このグラフが与えられると、グラフ畳み込みネットワークと呼ばれる手法により、それぞれのノードの埋め込みのための写像を学習することができる。加えて、この埋め込みを利用して仏像画像から造立された時代、仏像のサイズ、様式などを推定するシステムを構築した。図２に埋め込みを含む提案手法の全体像を示す。本研究で構築中のデータセットを利用して評価したところ、既存のアプローチを利用して時代等を個別の推定する場合と比較して、多くの場合で推定精度が 10 ポイント以上向上した（例えば建立された世紀を推定するものでは、推定精度が 78%から 93%に向上している）。データセット中の仏像画像の埋め込みを可視化したものを図３に示す。この図３では、それぞれの画像を表す点を仏像が建立された時代ごとに異なる色で表示している。このことから、鎌倉と平安の一部が中国のもの近接している一方で、鎌倉のものはそれ自体が独立したグループを形成することがわかる。

(2)異なる粒度の付帯情報から学習可能な造立年推定手法

画像から種々の属性を推定する場合は、DL 分野では付帯情報を利用して画像の埋

め込みを学習し、その上で推定を行うことが多い。付帯情報は、通常同一の粒度で記述される。造立時期の例では、その時代（鎌倉、平安）などの場合もあれば、世紀、または年のいずれかで表されることになる。しかし、仏顔研究においては、文献などに記載されている場合を除いて、造立年は明らかではなく、時代や世紀の粒度での予測のみが与えられることが多い。実際に本研究で構築したデータセットでは、図４に示すように、造立年が既知の仏像も多く含まれるものの、時代や世紀しか明らかではないものも多数含まれている。既存のアプローチでは、画像と概念を対応付けるであったり、数値を対応づけるであったりは可能ではあるものの、時代や世紀のようにお互いが重なり合うような付帯情報からの学習はできなかった。

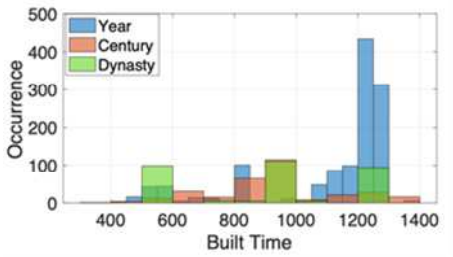


図 4 : データセット中の仏像の像立時期の分布

本研究では、仏顔画像からの造立時期推定に際して、時代や世紀、年などの異なる粒度の付帯情報を統一的に表現し、そこから写像を学習する手法を提案した。この手法では、時代などのような幅を持つものに対して、その区間のうちのいずれか 1 点で建立されたというように、確率による表現するアプローチを採用している。これにより、付帯情報が時代のみの画像であっても、学習に組み込むことができる。本研究で構築したデータセットでの評価の結果、平均の推定誤差は 34 年となり、単純なアプローチに比べて 100 年以上推定誤差を低減させることができた。加えて、３名の仏像の研究者に、提案手法による建立年推定結果に同意するかを聴取したところ、図 5 のような結果が得られた。この図では、5 段階の研究者の同意の度合いそれぞれについて、その画像の推定誤差を示している。研究者が強く同意する場合には、推定誤差は極めて低い傾向にあり、また、同意の度合いが下がると誤差も大きくなる点は直感と一致するものの、強く同意しない場合にも推定誤差が低くなる傾向が観測された。今回のデータセットは特定の文献を基に構築したものであるが、この結果は、聴取した研究者が考える造立年とデータセットで付帯情報として付与された造立年が異なることによる可能性がある。

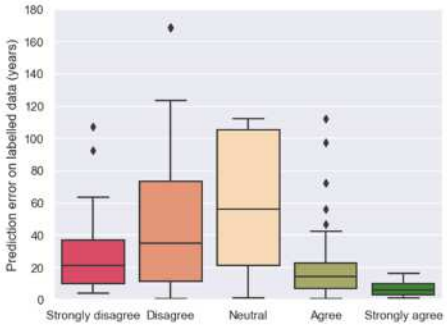


図 5: 提案手法による推定結果と研究者の同意度合いと推定誤差の関係

発表論文等

〔雑誌論文〕

① Cheikh Brahim El Vaigh, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Yiming Qian, Hajime Nagahara, “GNNBoost: boosting artwork classification with graph embeddings”, Multimedia Tools and Application, pp.1-21, Feb., 2025.

② 「金銅仏の東漸―中国から日本へ―」藤岡穣、財団法人東洋哲学研究所編『シルクロード研究論集 第 2 巻 仏教東漸の道 西域・中国・極東篇』、査読無、pp.333-393、2024 年

〔学会発表〕

① 「仏像診断の可能性と限界」CiRA リトリート招待講演、2025 年 2 月 4 日、藤岡穣

② 「宗教の進化を理解するための仏像画像プロジェクト」日本進化学会神奈川大会ポスター発表、2024 年 8 月 22 日、鴨下真由・西川有理・中分遥・中島悠太・藤岡穣・松前ひろみ

〔外部資金〕

① R4-8, 科学研究費助成金 基盤 S, 「ディープラーニングによる仏像の制作年代・地域推定システムの構築とその実装」, 23H05427, (代表)藤岡穣, (分担)長原一, 中島悠太

デジタルヒューマニティ部門

「大阪大学医学部に残された明治期の解剖図の図像分析とデジタル化 —学術史料における保存修復とデータ記録の研究—」

秋山 庸子（工学研究科），松下 康之（情報科学研究科），山藤 浩明（情報科学研究科），
山中 浩司（人間科学研究科），高田 嘉宏（人文学研究科）

1. 研究の背景

大阪大学銀杏会館内の医学史料室の収蔵庫に、大正時代に描かれた大型の解剖図（1.0m×1.2m）361 枚が保管されていた。本研究は、西洋近代の解剖図と大阪大学の解剖図を比較し、大阪大学における当時の医学教育の実態および、明治期の関西画壇の史実を明らかにすることを目的とする。また、貴重な学術資料をデジタル化することで解剖図を精密撮影すること、そして、保存科学の観点から顔料の変色や経年劣化の研究を行い、今後の保存修復に適した条件を明らかにすることを目的とする。

今年度は、大阪大学の解剖図と他大学の解剖図を比較し、大阪帝国大学時代の解剖図の独自性と、関西圏の帝国大学との関連を調査した。これらの図像比較に関しては、コンピュータービジョン・ホモグラフィ変換による画像比較を実施した。さらに、保存科学の観点から、学術資料の保存修復のための顔料変色に関する研究を実行した。これらの解剖掛図の時代性を踏まえ、医学史、美術史、大学史、情報科学、材料科学の他分野領域から実施することを研究の目的とした。

2. 研究の概要

本研究は、医学史資料館の大型解剖図を対象とし、以下の 3 項目について各研究科で分担して実施した。

- 解剖図の学術調査（旧制京都府立医学専門学校と旧大阪帝国大学の図像比較）/人文学研究科（3.に記載）
- デジタル保存と画像比較（コンピュータービジョン・ホモグラフィ変換による画像比較）/情報科学研究科（4.に記載）
- 保存修復と文化財保存科学（天然顔料と人工顔料の劣化の比較）/工学研究科（5.に記載）

以下に、それぞれの研究によって得られた成果について述べる。

3. 解剖掛図の学術調査

医学史料調査については、昨年から実行している大阪大学医学科の解剖掛図に加え、京都府立医科大学と京都大学医学科の２校にある解剖掛図について調査を行った。以下にその経緯と方法を述べる。

3.1 大阪大学医学科

大阪大学医学科では、医学系研究科の医学史料委員会の許可を得て解剖掛図の調査を行っている。大阪大学は 1896 年に大阪仮病院と大阪医学校が設置され、大学名を変えながら 1931 年に大阪帝国大学が開設される。ここでは大正から戦前、戦後にかけて解剖図は描き継がれており、それぞれの画家（画工）は異なる。解剖図の画風とスタイルが時代と共に変わっている。これらの解剖掛図は西洋紙に顔料や水彩絵具などで描かれ、時代が新しくなるにつれて、天然顔料から人工染色顔料へと変化している。現在、解剖掛図は 361 枚確認されており、文献調査が進んでいるところである。

3.2 旧制京都府立医学専門学校

旧制京都府立医学専門学校は、1872 年に、粟田口（あわたぐち）青蓮院内に仮療病院が開設され、1880 年に京都府立医学専門学校が設置された。これは日本でも最も古い医科大学と言える。京都府立医大では、医学生命倫理学の瀬戸山晃一教授、第二解剖学教室の八代健太教授、第一解剖学教室の田中雅樹教授（名誉教授）の協力のもとで行っている。2024 年に解剖学分野の調査により、約 176 枚の解剖掛図が保管されていたことが判明した。これは水彩紙に描かれ、文字は右から左に書かれているため、戦前から戦後にかけて描かれた解剖掛図であると予想される。現在も京都府立医科大学では、解剖図の調査と登録が進行している。

3.3 京都府立医学専門学校と、大阪帝国大学解剖掛図の図像比較

京都府立医科大学と大阪大学医学科にある解剖掛図から、類似している２点を図 1 に示した。これは「咽頭の筋」を示す図譜であるが、これらはドイツの『シュパルテホルツの解剖学』[1]（1907 年）からの模写であることが判明した。これは明治以降の帝国大学医学部でよく使用された教科書として知られているが、ここにある解剖掛図からもその証拠が見られる。作図に関しては、図面には多少の違いがあるものの、解剖掛図の出典は明らかである。画材については、どちらも墨を基調にしながらも、大阪帝国大学は顔料系、京都府立医学専門学校は染料系を使用している。

4. デジタル保存と画像同定

情報科学研究科のコンピュータビジョン講座において、同じ原画から作成された 2 つの資料（資料 1: 大阪帝国大学; 資料 2: 京都府立医学専門学校）の類似性について解析を行った。資料と原画間で同一の点、すなわち対応点を頑健に検出するため、最新の学習ベースの対応点検出手法である LightGlue[2]を用いて、原画と資料間のマッチングを行った。原画と資料 1 および 2 とのマッチング結果を図 2 に示す。この対応点から、ロバスト推定技術である RANSAC (RANdom Sample Consensus)を用いて外れ値除去を行いながら 2 画像間のホモグラフィ変換を求めた。図 3 に、それぞれの資料にホモグラフィ変換を適用し、原画と重畳した画像を示す。両資料において、筋繊維の部位などは再現性が高い一方で、鼻や首（頸部）の部分でのずれが大きいことがわかった。

また、大阪帝国大学では、原画とのズレ（差異）がほとんど見られないため映写機による模写であり、京都府立専門学校では、比較的大きいズレが見られるため臨本かあるいは透き写しによる古典的な模写の可能性がある。２つの医科大学では、極めて精度の高い模写が行われていた。これは科学図譜に表象された模写の条件であり、画家（画工）の技量は高いものと推測される。

5. 保存修復と文化財保存科学

絵画作品は、時代を経ると絵具の色彩（顔料）が変色することがある。これは作品が制作された当時の色彩とは異なる可能性があることを示す。本研究は、古典絵画の修復と保存および長期保存と顔料劣化の防止と、その方法を提案するための研究である。

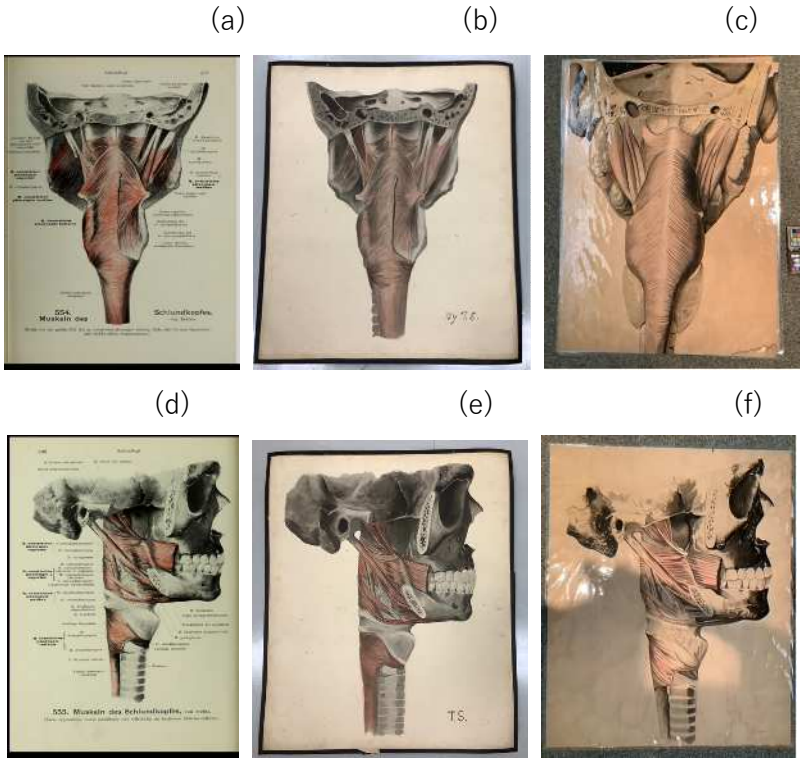


図 1 (a) シュパルテホルツの解剖学』1907「咽頭の筋」(後)
(b) 京都府立医学専門学校 「咽頭の筋」(後)
(c) 大阪帝国大学 「咽頭の筋」(後)
(d) 『シュパルテホルツの解剖学』1907「咽頭の筋」(側面)
(e) 京都府立医学専門学校 「咽頭の筋」(側面)
(f) 大阪帝国大学 「咽頭の筋」(側面)

本研究で対象としたのは、大阪大学医学科の解剖掛図で用いられた顔料である。この解剖図には、動脈（赤・朱色）、静脈（青・白群）、神経（黄・藤黄）、筋（茶・代赭）、腱（白・胡粉）などが用いられている。これらは古典絵画の伝統的顔料である岩絵具を使用し、かつ顔料の混色はほぼ見られないため、これを基準顔料サンプルとした。また顔料の変色比較として、明治以降に使用された人工アクリル顔料を同様の方法で試験した。これにより、天然顔料と人工顔料の色彩劣化の特性を比較した。紫外線照射や酸素暴露による天然顔料と人工顔料の色彩劣化を計測した結果、時間の経過とともに天然顔料は色彩が鈍く（暗く）なることに対し、人工顔料は色彩が白く褪色する傾向があることが分かった。また酸素暴露のみでは、天然顔料は変色したのに対し、人工顔料はほとんど変化が無かった。このような退色特性の違いは、紙に塗布された天然顔料と人工顔料のコロイド科学的な特性の違いに起因するものであり、それぞれに適切な保存方法や復元方法も異なることが示唆された。

6. 研究成果

2024 年度の学際研究では、大阪大学に残る史料の中から新たな史料が見つかった。また京都府立医科大学では、すでに失われていたとされていた解剖掛図が調査の中から発見できた。画像比較の結果、ドイツの解剖書『シュパルテホルツの解剖学』から共通した教科書を使用していたことが視覚史料から明らかになった。また、この解剖図の画像比較から、情報科学のコンピュータビジョンの技術によって、肉眼比較から

では分からない部分比較や相対比較が可能となった。これは、他大学に残る解剖掛図の比較や同定において使用できる技術となる。また、美術史の様式比較においても効果が期待される。

引用文献

[1] Spalteholz, Werner, 1861-1940 H and at l as d er A nat omi e d es M ensch en, 1907

[2] Lindenberger+, “LightGlue: Local Feature Matching at Light Speed,” ICCV2023.

発表論文等

〔学会発表〕

① 高田嘉宏，「日本画による西洋解剖図の模写についての考察-- 大阪帝国大学の大型解剖掛図を中心に」，第 75 回美学会全国大会 2024，2024 年 10 月 24 日，大阪大学中之島センター，口頭発表

② 高田嘉宏，「医科大学における医学史料の管理と希少性について」，第 100 回日本解剖学会近畿支部大会，2024 年 11 月 16 日，大阪大学銀杏会館（大阪大学医学部学友会館・医療情報センター），口頭発表

③ 高田嘉宏，「大正時代の大阪帝国大学と旧姓京都府立医学専門学校における解剖掛図の図像比較と顔料変色に関する研究」，APPW2025・第 130 回日本解剖学会・第 102 回日本生理学会・第 98 回日本薬理学会　合同大会，2025 年 3 月 17 日～19 日，幕張メッセ，ポスター発表

図 2 原画(中央)『シュパルテホルツの解剖学』と、資料 1(左) 京都府立医学専門学校、および 2(右)大阪帝国大学、とのマッチングの結果。
緑と赤の線がそれぞれ原画との対応点を示す。

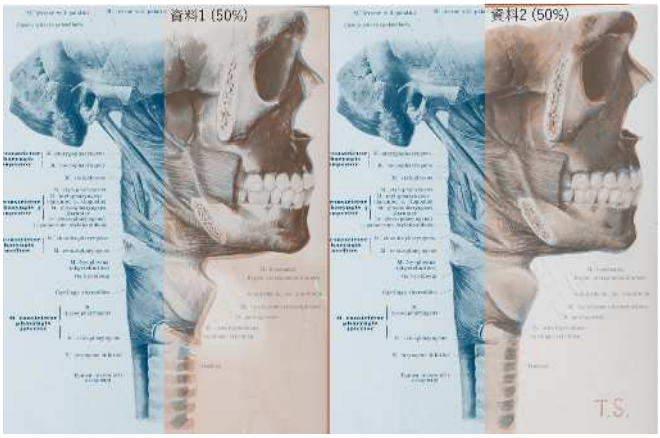


図 3 推定したホモグラフィ変換による位置合わせ後の重畳画像。
原画を青色で、資料を赤色で示し、透過度 50%で重畳した。

「高等教育の国際化とデジタル化：大学院留学生入試における全学包括的なデジタル支援体制のあり方を探る」

LI Yan（国際機構），井ノ上　憲司（SLiCS センター），
伊達　進（D3 センター）

1. 研究の背景

ここ数年、入試出願に係る志願者と教職員の事務負担を軽減することを目的とし、高校・大学において、紙媒体による出願からオンライン出願への移行が進みつつある[1、2]。しかし、個別の大学院専攻における限られた実践事例報告[3]を除き、大学院や留学生の入学選考業務におけるデジタル支援に関わる研究は、管見の限りほとんど見られない。

大学院課程は学士課程より専門性が高く、志願者の分野別適性を評価する必要があるため、選抜は細分化され、部局単位での実施が求められる[4]。日本の大学においては、「部局教授会自治」の原則に基づき、教育研究の運営が各部局に委ねられており[5]、入試もその例外ではない。したがって、日本の大学院入試は、評価と運営の双方において、部局が主導する「二重部局主導体制」という構造的特性を有している。この体制は、専門分野に適した評価を可能にする自主性が担保される一方、全学的な支援体制の構築、特に入試業務の効率化を目的としたデジタル支援体制の整備を困難にしている。

一方、主要な留学生受入国においては、オンライン出願が一般化しており、デジタル技術を活用した全学的な支援は、留学生の募集・選考における不可欠な要素となっている[6]。選考手続きのペーパーレス化やオンラインプラットフォームの導入は、入試業務の効率化を実現するのみならず、日本の高等教育機関における優秀な留学生の獲得を促進する施策としても重要な課題である[7]。

2. 研究の目的

本研究では、大学院留学生入学選考業務のデジタル化に向け、二重部局主導体制のもとで、大学院留学希望者の入学選考業務における大学デジタル支援の実態を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

3.1 研究設計

本研究は、上記研究目的に合わせ、組織規模と入学難易度が類似し、国際化を目指す研究型大学群である旧帝大 7 校のすべての募集単位における、私費研究留学生出願要項を事例に、質的研究設計[8]を採用した。

3.2 データ収集

本研究におけるデータ収集は、対象大学部局の公式ウェブサイト上で公開されている出願要項をデータソースとして実施した。具体的には、各部局の「入試情報」または「入学案内」に該当するページにアクセスし、私費研究生に関する出願要項を確認・取得した。一部の部局においては、研究生の募集情報が「入試情報」ではなく「留学生向け情報」ページに掲載されている場合は、当該ページにて該当する出願要項を確認・取得した。

3.3 データ抽出

研究対象とした 7 大学における 120 部局の公式ウェブサイトを確認した結果、そのうち 103 部局において研究生の募集を実施していることが判明した。しかし、この 103 部局のうち 11 部局では、研究生募集に関する詳細な案内がウェブ上に公開されておらず、情報の入手には個別問い合わせが必要であることが明記されていた。したがって、研究生に関する募集要項を実際にウェブ上で確認できたのは 92 部局になった。そのうち 1 部局については、出願資格のみが記載されており、出願手続きに関する具体的情報は掲載されていなかった。

以上の理由から、表 1 に示されている通り、最終的に抽出したデータは、出願業務がウェブ上で確認可能であった 91 部局における私費研究留学生向けの出願要項文書である。

表 1 データ抽出

	募集単位数							
対象大学	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
大学院生募集	25	15	15	14	18	15	18	120
研究生募集	18	10	15	12	16	17	15	103
WEB公開（私費留学生を含む）研究生募集案内	17	10	13	10	13	17	12	92
WEB公開 研究生出願要項	17	9	13	10	13	17	12	91

3.4 データ分析

収集した出願要項のデータに対して、帰納的と演繹的アプローチを併用したテーマ分析[9]による文書分析を行った。具体的には、出願、選考、合否通知といった入学選考業務において導入されているデジタル支援に着目し、募集要項に記載されている内容をテーマごとにコーディングした上で、共通するテーマに基づきパターン化を行い、各部局がいずれのパターンに該当するかを分類した上・集計した。

4. 研究成果

本研究では、私費研究留学生の入学選考業務において、大学・部局ごとの差異が多く見られたものの、7 校 91 部局のうち、83 部局に共通した選考業務フロー（図 1）が確認できた。

図 1 私費研究留学生入学選考業務フロー

私費研究留学生の入学選考について、表 2 に示す通り、ほぼ全ての部局において二段階選考審査体制が採用されていることが明らかになった。全 91 部局のうち 82 部局では、教員の事前内諾と審査委員会による入学選考の二段階審査体制が採用されている。教員の事前内諾と組織的な試験による選考を行っているのは 1 部局のみである。7 校のうち 3 校では、全ての部局で事前内諾を求めている。原則として事前内諾が不要な 8 部局では、予備審査と本審査、または書類審査と面接の二段階選考を採用している。

表 2 選考方法

	募集単位数							
選考方法	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
事前内諾→教授会審議（＋面接）	2	5	6	4	12	15	6	50
事前内諾必要以外言及なし	14	4	2	5	1	1	5	32
事前内諾→専門試験、口頭試験						1		1
原則事前内諾不要→二段階審査	1		5	1			1	8
合計	17	9	13	10	13	17	12	91

表 3 に示されている通り、これら 82 部局のうち、7 校 41 部局では「教員の事前内諾が必要である」とのみ記載されており、志願者から直接教員に対してメールを通じた依頼が必要である。一方、5 校 34 部局では、全学的なデジタルシステムによる支援の存在が明記されており、さらに 4 校 6 部局では、部局内の国際担当または教務担当によるメールを活用した部局支援も確認された。

表 3 事前内諾におけるデジタル支援

	募集単位数							
事前内諾依頼方法	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
全学システム	4			3	11	7	5	29
全学システム or 教員へEmail	1					3	1	5
部局国際担当へEmail			1	2		1		4
部局教務担当へEmail		1						1
部局教務担当へEmail or 教員へEmail				1				1
教員へEmail	11	8	7	3	2	6	5	41
原則内諾不要	1		5	1			1	8
合計	17	9	13	10	13	17	12	91

提出書類に関しては、募集単位ごとに提出書類の種類が大きく異なるが、91 部局のうち、詳細不明な 3 部局を除き、共通して必須とされていたのは、部局指定の入学願書（87 部局）、卒業・修了（見込み）証明書（86 部局）、および成績証明書（67 部局）といった学歴・学位資格の証明書類であった。表 4 に示すように、部局指定の入学願書所定様式の提供について、合計 64 部局では、デジタルツールを活用した支援が確認された。特に C 大学においては、すべての部局で独自のデジタル支援が導入されており、ICT の活用が進んでいることが明らかになった。

表 4 指定様式におけるデジタル支援

	募集単位数							
指定出願書類入手方法	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
WEB出願システム作成	9		2		2			
HPダウンロード(DL)	4	8	10	6	2	13	7	64
出願システム作成＆HP　DL			1					
メール・郵送・窓口にて請求・問い合わせ	1	1		2	4	3	1	
内諾後案内 (部局教員・国際担当・教務)	2			2	2	1	1	27
明記なし（要問い合わせ？）	1	0			3		3	
合計	17	9	13	10	13	17	12	91

一方で、表 5 に示されている通り、出願書類の提出方法については、オンライン提出のみで出願が完結する部局は 7 校 91 部局中 3 校 9 部局にとどまり、全体の 1 割未満であった。また、14 部局では独自のオンライン出願システムが導入されているものの、いずれもオンライン出願と郵送の併用を求めていた。さらに、39 部局では郵送または窓口提出が必要とされており、29 部局では出願方法が要項に明記されていなかった。

表 5 出願書類提出におけるデジタル支援

	募集単位数							
出願書類提出方法	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
Web出願			6		2			
メール						1		9
Web出願&郵送	7		3					
Web出願&メール&郵送	4							14
原則郵送		2	3	3		4		
原則窓口		1			1	2		
郵送or窓口	2	2	1	1	3	9	1	39
郵送＆メール					1			
教員提出							3	
明記なし（郵送？メール？）	4	4		6	6	1	8	29
合計	17	9	13	10	13	17	12	91

研究生出願に際し、9800 円の検定料支払いが必要である。表 6 に示されている通り、出願者の検定料支払いのために、7 校 91 部局のうち、6 校 53 部局では第三者機関の電子決済サービスが導入されていた一方で、7 校 16 部局では銀行や郵便局での振込が指定されている。さらに、22 部局では、職員からの個別指示を要するもの、志願者からの問い合わせを前提とするもの、あるいは検定料の支払い方法が明記されていないものが確認された。

表 6 検定料支払いにおけるデジタル支援

	募集単位数							
検定料支払い方法	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
E支払いサービス（第三者機関）	13		7	1	7	8	5	
E支払いサービス or 振込・払込・郵便為替	1		4	1	1	3	2	53
振込・払込・郵便為替	1	4	1	1	4	4	1	16
別途指示		3		4			3	
要問合せ	1	2				1		22
不明(要問い合わせ?)	1		1	3	1	1	1	
合計	17	9	13	10	13	17	12	91

合否通知の方法に関しては、表 7 に示されている通り、出願システムを通じて合否を通知しているのは、1 校 2 部局に限られていた。また、メールによるオンライン通知のみを明記していたのは 7 校 20 部局だった。デジタルツールのみを活用した通知が行われている募集単位は、全体の約 1/4 にとどまった。郵送または郵送とメールの併用による通知方法を明記していた部局は 17 部局であった。約半数の部局では合否通知の方法が明記されていなかった。

表 7 検定料支払いにおけるデジタル支援

	募集単位数							
合否通知方法	A大学	B大学	C大学	D大学	E大学	F大学	G大学	合計
WEB出願システム					2			3
ウェブサイト						1		
メール	1	1	5	2	1	7	3	20
郵送	1	2	1		7	3	1	17
郵送＋メール						2		
方法不明（通知・知らせる・送付）	1	4	4	4	2	3	6	24
記載なし	14	2	3	4	1	1	2	27
合計	17	9	13	10	13	17	12	91

以上のように、本研究では、「二重部局主導体制」という構造のもとでの大学院留学希望者の入学選考業務において、大学・部局ごとの差異が多く見られたものの、私費研究留学生の入学選考において、共通した業務やそのフロー、そして大学デジタル支援の現状が確認された。

また、出願、選考、合否通知といった一連の入学者選抜プロセスを通して、各段階におけるデジタル化の程度に大学・部局間のばらつきが見られるものの、すべての段階において何らかのデジタルツールが導入されていることが明らかになった。これは、大学と部局がデジタル支援の導入に対する関心と意欲を持っており、現存する研究で大学における入学選考業務が依然として紙媒体による出願が根付いているという認識に反し、大学院留学希望者の選考業務におけるデジタル支援が一定程度進んでいることを示唆している。

一方で、日本の大学院における留学生入学選考の運営管理に関しては、デジタル支援体制が限定的であり、事前内諾から合否通知に至るまでのプロセス全体を一貫して支援する体制は整っておらず、デジタル支援が断片的かつ非体系的であることが課題として浮かび上がった。このような現状を踏まえると、大学は戦略的に ICT システムをはじめとするデジタル技術を活用し、「二重部局主導体制」という構造を念頭におき、部局ごとの選考業務に柔軟に対応可能な、全学的かつ包括的な支援体制の整備を急務として取り組む必要があるといえる。

今後は、このような柔軟性・包括性を担保する全学的なデジタル支援体制のあり方をより具体的に明らかにするため、大学院留学生選考に係る教職員を対象とした実証的調査の実施が必要である。

引用文献

[1] デジタル庁. (2024). 高等学校入学者選抜のデジタル化に関する調査研究. https://www.digital.go.jp/policies/education/2023report#high-school-entrance-exam-research (2024 年 4 月 11 日参照)

[2] 独立行政法人大学入試センター. (2024). 令和８年度大学入学者選抜に係る大学入学共通テストの出願手続きの電子化について【予告】. https://www.mext.go.jp/content/20241010-mxt_daigakuc02000038274_010.pdf (2024 年 4 月 11 日参照)

[3] 相澤清晴. (2021). 大学院入試のオンライン事情 -電子情報学専攻の事例. 国立情報学研究所教育機関 DX シンポジウムアーカイブズ. https://edx.nii.ac.jp/lecture/20210917-04

[4] Michel, R. S., Belur, V., Naemi, B., & Kell, H. J. (2019). Graduate admissions practices: A targeted review of the literature. *ETS Research Report Series*, *2019*(1), 1-18.

[5] Yokoyama, K. (2006). Entrepreneurialism in Japanese and UK universities: Governance, management, leadership, and funding. *Higher Education*, *52*, 523-555.

[6] 土屋俊・村上祐子. (2013). 入学者選抜における ICT サービス基盤――入学者選抜

の最適化の前提条件――. 大学入試研究ジャーナル, 23, 121-126.

[7] 内閣官房教育未来創造会議. (2023). 未来を創造する若者の留学促進イニシアティブ（第二次提言）. https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kyouikumirai/pdf/ikkatsu_dl_230427.pdf. (2024 年 4 月 11 日参照)

[8] Yin, R. K. (2018). Case Study Research and Applications: *Design and methods (Sixth Edition)* . Sage publications.

[9] Fereday, J., & Muir-Cochrane, E. (2006). Demonstrating rigor using thematic analysis: A hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development. *International journal of qualitative methods*, 5(1), 80-92.

発表論文等

〔学会発表〕

① LI, Y., INOUE, K., & DATE, S. (2025). Institution-wide Digital Support for Graduate Admissions Management: A Comparison of Application Guidelines at Japanese Top National Universities, *Comparative and International Education Society (CIES) 2025 Envisioning Education in a Digital Society.*

〔その他〕

LI. Y. (2025). 全学デジタル支援の観点からみる大学院留学希望者向けアドミッション支援の可能性—7 国立大学の研究生募集要項を事例に. *九州大学基幹教育院次世代型大学教育開発センター第１０回アドミッション・スペシャリスト能力開発研修会.（招待講演）*. *https://ueii.kyushu-u.ac.jp/fdp/event/details/358*

“Identifying and considering the social implications of private information in image datasets”

Amelia KATIRAI（Research Center on Ethical, Legal, and Social Issues），
Noa GARCIA DOCAMPO（Institute for Datability Science），Kazuki IDE（Center for Infectious Disease Education and Research），Yankun WU（Intelligence and Sensing Lab），Yuta NAKASHIMA （Institute for Datability Science），Atsuo KISHIMOTO（Research Center on Ethical, Legal, and Social Issues）

1. Research background

The development of image generation models and their free availability to members of the public has made use of these technologies widespread, before their social and ethical issues have been adequately considered. Data for image generation models have been shown to contain medical images, in addition to other sensitive imagery, posing a privacy risk (1). Much of this data is scraped from online sources, including social media and other platforms where individuals may share their private images, without awareness that these images may be scraped and used for other purposes. Furthermore, when image generation models are trained, they risk outputting this private information to users of the models (2). However, there has been insufficient attention to image generation models, despite their particular sensitivity.

2. Research aims

The overarching aim of this project was to investigate privacy issues in image generation models, with three sub-aims:

1) To verify whether image-based private information exists in the datasets used for major image generators;
2) To identify the social and ethical implications of these issues;
3) To investigate the perspectives of a survey sample of members of the public on these issues.

3. Research methods

To achieve the aims of this investigation, a case study approach was used, and medical images such as pregnancy ultrasounds were taken as the primary focus. Ultrasounds were selected for two reasons. First, as medical images, they typically contain private and sensitive information about the pregnant person and the health of the fetus. Furthermore, this is often coupled with non-medical identifying information about the pregnant person, such their name or the medical institution where the ultrasound is created. Second, due to their dual medical and social significance, ultrasounds are frequently shared online, and often publicly, meaning that there is potential for them to be scraped into datasets for image generators.

To meet each of the sub-aims of the project, the project was conducted in 3 phases, with each phase corresponding to a sub-aim. Each phase will be described below.

Phase 1

The LAION-400M dataset was analyzed to identify pregnancy ultrasound images, their frequency, quality and context, and the

presence of potentially privacy-sensitive data within the images.

Phase 2

Two reviews of the literature were conducted, one investigating social scientific approaches to privacy, and a second review investigating the social and medical significance of ultrasounds.

Phase 3

An online survey with a sample size of 1,000 participants was conducted. The survey content was decided by the research team, and the actual operation of the survey and the subsequent analysis were outsourced to established Japanese organizations specializing in online surveys and data analysis. The aim of the survey was to understand four points: 1) the extent to which people utilize social media to share images, including pregnancy ultrasounds; 2) the extent to which people undertake particular privacy protective measures; 3) the extent to which people utilize image generation models, and understand their mechanisms; 4) the extent to which people accept the use of images for training image generation models.

4. 研究成果[1]

The findings of the research are presented below, organized by aim.

[1] Research results are presented here in an abridged form in consideration of future dissemination plans.

Phase 1

The investigation of the LAION-400M dataset led to the identification of real-world pregnancy ultrasounds within the dataset. Furthermore, from these ultrasounds, four types of personal information were identified as included in these images: name, location, date/time, and phone numbers. The identified ultrasounds were at times a smaller part of larger images such as baby shower invitations or images depicting expecting parents. Given that pregnancy ultrasounds are a type of medical data which can be highly sensitive as they may reveal information about a fetus' or person's health, the presence of these images coupled with identifying information in the dataset, and without adequate consent, is highly problematic. The findings of this study led to recommendations for datasets, including recommendations for effective data privacy and consent measures.

Phase 2

The review of the literature showed that pregnancy ultrasounds carry both medical and social significance, as they may be perceived to be a part of antenatal care, but also serve social functions such as when images are saved for posterity (3). This increasingly occurs online, as images are shared through online platforms, representing an "online birth" prior to the "physical birth" (4). Although such images are primarily shared with family or friends, research indicates that they are also shared publicly, including through platforms such as Instagram (5,6). This means they may be scraped into datasets for image generation.

This points to the sensitivity of ultrasounds from a privacy perspective. However, the review of the literature on the concept of privacy revealed that privacy is a frequently contested concept, even among experts. As a result, many privacy scholars argue for an anti-reductionist or pluralistic understanding of privacy, acknowledging that privacy is inextricably linked with contextual, social, and personal factors (7). For this study, Helen Nissenbaum's theory of contextual integrity was applied, which emphasizes the importance of norms and expectations for how information will be used within particular contexts, and how extraction from these contexts and the breach of these norms and expectations can be a breach of privacy (8,9).

Phase 3

The final phase of the project, the online survey, showed that participants had posted potentially privacy-sensitive images—including images of people posted without consent, or medical images—to social media. Moreover, although small in number, some participants had indeed posted pregnancy ultrasounds to social media, in some of these cases making them publicly visible. The majority of participants indicated that publicly available images on social media should only be used for training only with conditions such as without violation of copyright or with consent, or should not be used at all.

Thus, the three phases of this project confirm the presence of unaddressed issues related to privacy in image generation datasets. This research highlights the need for both further interdisciplinary research in this area on the one hand, and urgent improvements in practice around image generation and the associated datasets on the other. Future dissemination of the research findings is planned.

References

1. Katirai A, Garcia N, Ide K, Nakashima Y, Kishimoto A. Situating the social issues of image generation models in the model life cycle: a sociotechnical approach. AI Ethics. 2024;1–18.
2. Carlini N, Hayes J, Nasr M, Jagielski M, Sehwag V, Tramer F, et al. Extracting training data from diffusion models. In: 32nd USENIX Security Symposium (USENIX Security 23). 2023. p. 5253–70.
3. Øyen L, Aune I. Viewing the unborn child–pregnant women's expectations, attitudes and experiences regarding fetal ultrasound examination. Sex Reprod Healthc. 2016;7:8–13.
4. Johnson SA. "Maternal devices", social media and the self-management of pregnancy, mothering and child health. Societies. 2014;4(2):330–50.
5. Harpel T. Pregnant women sharing pregnancy-related information on Facebook: web-based survey study. J Med Internet Res. 2018;20(3):e115.
6. Leaver T, Highfield T. Visualising the ends of identity: pre-birth and post-death on Instagram. Inf Commun Soc. 2018;21(1):30–45.
7. Trepte S, Masur PK. Definitions of Privacy. In: The Routledge Handbook of Privacy and Social Media. Routledge; 2023. p. 3–15.
8. Malkin N. Contextual integrity, explained: A more usable privacy definition. IEEE Secur Priv. 2022;21(1):58–65.

9. Nissenbaum H. Privacy as contextual integrity. Wash Rev. 2004;79:119.

Research output

Conference Paper

① Rawisara Lohanimit, Yankun Wu, Amelia Katirai, Yuta Nakashima, Noa Garcia, 2025. “Privacy in Image Datasets: A Case Study on Pregnancy Ultrasounds.” Eighth AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, 2025 [Conference Paper; Submitted]

Presentation

② Rawisara Lohanimit, Yankun Wu, Yuta Nakashima, Noa Garcia, 2024. “Personal Information in Image Datasets.” Spain-Japan Itinerant Symposium in Neurosciences, Neurorights, and Artificial Intelligence. [Poster Presentation; Accepted, Completed]

Workshop Proposal

③ Noa Garcia, Amelia Katirai, Kento Masui, Mayu Otani, Yankun Wu, 2025. 2nd Workshop on Critical Evaluation of Generative Models and their Impact on Society. International Conference on Computer Vision 2025 [Workshop Proposal; Accepted]

デジタルヒューマニティ部門

機械学習を用いた学際分野の俯瞰的分析：学術論文の文章と図の分類と可視化

菅原 裕輝（人文学研究科）
森田 邦久（人間科学研究科）
大塚 淳（ZEN 大学 知能情報社会学部）
中島 悠太（D3 センター）

1　研究の背景

現代の学術研究は専門分化（細分化）と学際化が同時に進行し、知識は深く掘り下げられる一方で分野間の相互交流によって新たな領域が生み出されている。伝統的に学問の体系は、一元的・階層的なモデルで理解されてきた（例：コントの学問序列、論理実証主義による全科学の統一）。これらの統一・還元的な見方は知の構造を簡明に示す利点があるものの、多元的で相互循環的に発展する現代の知のあり方を十分に説明しきれない可能性がある。明治期の西周『百学連環』においては、学問同士を有機的に連関させる環状モデルが示されたが、21 世紀の現在では学問領域は一層多様化・変容し、その構造はかつてない複雑さを帯びている。このような状況下で、学術分野全体の俯瞰的理解（ひいては、知の構造の解明）を試みるには、新たな分析視座と手法が求められる。

近年のデータサイエンスや機械学習の発展により、大規模なテキストや画像データを計算機で分析し、そこから知見を得ることが可能になってきた。学術論文のデータも例外ではなく、デジタル人文学の文脈では、膨大な論文テキストや引用関係を解析して科学知識の構造を明らかにする試みが現れている。本研究もこの潮流に位置づけられ、機械学習技術を用いて学際的な研究領域を俯瞰し、専門分野の細分化と学際的統合のダイナミズムを明らかにすることを目指す。

2　研究の目的

本研究の目的は、機械学習を活用して学術論文の文章テキストと図データを分類・可視化し、学際領域における知の構造を包括的に解明することである。具体的には、異なる学問分野間で知識がどのように関連づき、融合し、新たな研究領域や概念が生み出されているのかをデータ駆動型で検出・可視化する点にある。特に、学術論文に含まれるテキスト情報（タイトル・要旨・本文など）と図情報を統合的に分析し、従来は個別に扱われてきた知識の言語表現と視覚表現の両面から、学際分野に特有の特徴や傾向を明らかにすることを目指した。これにより、従来型の階層モデルでは捉えがたい学問分野間の横断的な知識の流動や構造を明らかにし、学際研究を理解する新たな視座を提供する。

3　研究の方法

本研究では、知識構造の可視化を試みた。とりわけ、進化生物学分野や神経科学分野、科学哲学分野、科学技術社会論分野といった学際性の高い学術領域の論文を分析対象とし、データの収集を進めてきている。また、画像データの分析のケーススタディとして、論文の図を扱うための前段階として、意図や感情が読み取りやすいソーシャルメディア上の画像データを分析対象とした。

3．1　テキストデータの分析手法

テキストデータに対しては、自然言語処理とトピックモデルによる分析を行った。まず語彙頻度の集計やワードクラウドの生成によってデータ全体の傾向を把握した上で、BERT に代表される事前学習言語モデルを用いて論文テキストをベクトル表現に変換した。高次元ベクトルで表された文書間の類似度関係は、次元削減アルゴリズム UMAP によって可視化し、文書群の分布やクラスタ構造を直観的に把握できるようにした。さらに、これらのベクトル表現に基づき HDBSCAN によるクラスタリングを適用し、トピックモデル手法 BERTopic を用いて文脈的に一貫したトピックの抽出を行った。BERTopic は文章埋め込みとクラスタリングにより代表的な話題を自動抽出する手法であり、各クラスタに含まれる論文の主要キーワード群から意味的に特徴づけられたトピックを生成する。本研究では、これにより約 40 のトピックを同定し、それぞれのトピックに代表語（キーワード）の集合を割り当てた。また、抽出されたトピックが時系列的にどのように変化してきたかを分析するため、各年に発表された論文中のトピック出現割合を算出し、トレンド分析を行った（論文投稿の準備中）。

3．2　画像データの分析手法

学術論文中の図表あるいは関連する画像データに対しては、画像内容をテキストで記述する生成 AI モデルを用いた分析を試みた。本研究では論文の図を分析する前段階として、意図や感情の解釈がしやすいソーシャルメディアの画像の分析を行った（雑誌論文 1）。具体的には、視覚と言語の両領域で事前学習されたマルチモーダルモデルである BLIP（Bootstrapping Language-Image Pre-training）を利用し、画像から自動的にキャプション（内容説明文）を生成した。これは画像に潜む特徴を人間の言葉で表現させることで、図像データをテキストデータと同様に扱い解析することを可能にするアプローチであり、ある種の説明可能 AI（Explainable AI）の手法と言える。生成された画像キャプションについてテキストマイニングを行い、頻出する語句や内容の傾向を分析することで、図像情報に内在するテーマや情動的含意を読み解いた。例えば、異なるデータソース（学術誌やプラットフォーム）間で生成キャプションを比較することで、画像が一般的にどのように認識され、どのような情動反応を引き起こしうるかの違いを可視化した。

なお、本研究では今後の発展に向けて、引用関係データを組み込んだグラフニューラルネットワーク（GNN）による論文間関係性の解析や、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）による学術図表の自動分類も検討している。現段階では未導入で

あるものの、こうしたネットワーク分析や高精度な画像分類技術を組み合わせることで、テキスト・図・ネットワーク情報を統合したより包括的な知識構造の俯瞰分析へと発展させる予定である。

4　研究成果

本研究の手法を用いて、大量の学術情報から学際的な知識構造を可視化することに成功した。例えば、哲学分野のトップジャーナルであり学際的な研究を多く掲載する学術誌 Synthese の論文タイトルデータ（1997〜2025 年の論文タイトル計 7284 件）にトピックモデル（BERTopic）を適用した結果、抽出されたトピックの内容から哲学内部の伝統的主題（例：論理学、認識論）に加えて、数理科学、認知科学、神経科学といった科学分野にまたがる学際的テーマが浮かび上がった。図 1 は抽出されたトピック間の関係を可視化したものである。各点は論文トピックを表し、その距離はトピック間の語彙意味の近さを示している。図中、左上に位置するトピック群は哲学固有のテーマ（例：形而上学、倫理学などの伝統的トピック）であり、右下に位置するトピック群は科学的主題（例：統計学、物理学、神経科学など）に対応していた。両者の中間には融合的性格を持つトピックが分布し、哲学と自然科学の境界が連続的であることが視覚的に示された。言い換えれば、哲学分野の研究が科学的知見を積極的に取り入れて発展しており、学問領域間の明確な断絶ではなくグラデーション的連関関係として把握できることが明らかとなった。

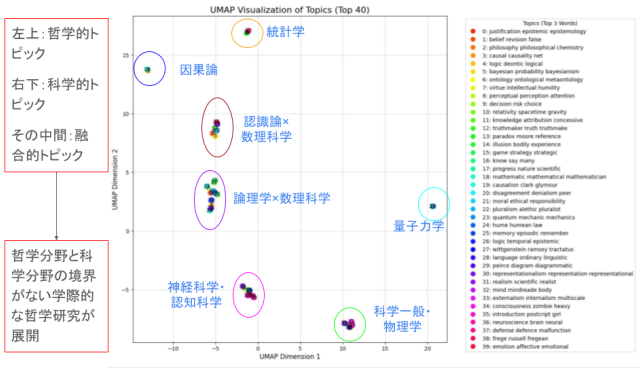


図 1: トピックの UMAP 視覚化

次に、各トピックの年代別動向を分析した結果、学際トピックの出現頻度には時期による変遷が見出された。図 2 は 1997 年から 2020 年代にかけての論文集合における主要トピックの時間的推移を示している。一例として、神経科学に関連するトピック（図 2 中の Topic 36）は 2000 年代半ばから 2010 年代前半にかけて相対的に高い存在感を示し、その後減少した。一方、認知科学に関連するトピック（Topic 8）は 2010 年代後半以降に台頭し、哲学誌上での注目度が高まっている。また、数理科学に関するトピック（Topic 5）は 2010 年前後に顕在化している。これらの結果から、対象とした哲学分野では時代とともに科学との接点が変化してきたこと、すなわちある時期には神経科学との交流が盛んであったのが、その後は認知科学との結びつきが強まるなど、学際的関心の推移が定量的に捉えられた。

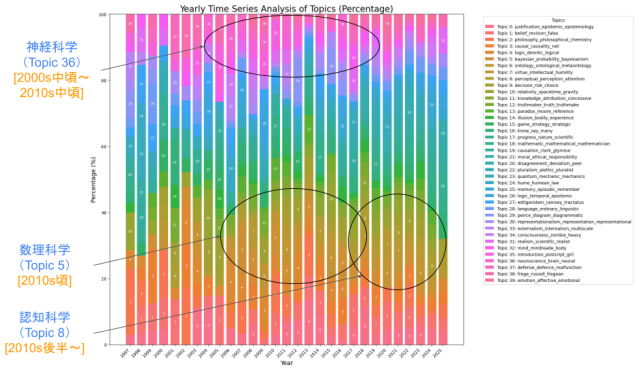


図 2: トピックの時系列分析

以上の分析より、専門分化が進む中でも学際的な知の循環が生じていることが示唆された。哲学分野の事例では、従来の還元的・階層的モデルでは捉えきれない多層的かつ循環的な知識のダイナミクスが確認できる。実際、Synthese 誌の論文は哲学固有のテーマを保持しつつ、数学・認知・神経科学といった周辺領域へと展開していることが示された。このことは、細分化による知の断片化が学際的連関によって補完され、知識同士が循環的に関連づく可能性を示す。換言すれば、西周の提唱した「百学連環」の思想を現代的にアップデートし、学問領域の枠組みを超えた知の構造を描き出せることを示したと言える。

さらに、本研究の枠組みは他の学際的課題にも適用可能であることを示すため、デジタル人類学の研究事例に当てはめた分析も実施した（雑誌論文 1）。具体的には、津波被災地域への移住に関するソーシャルメディア上の発信（テキストおよび写真データ）を対象とし、複数プラットフォーム間での情報内容の違いを抽出した。テキスト投稿のトピック分析では、YouTube・Facebook・Instagram の各プラットフォームで移住に関する主要話題が異なり、移住者が媒介ごとに異なる観点から情報発信していることが明確となった。例えば Facebook では地域社会の共同活動や復興プロジェクトに関する話題が目立ったのに対し、Instagram では自然環境下での生活や娯楽的要素に焦点を当てた発信が多い、といった傾向が見られた。さらに画像データに対して BLIP モデルで生成したキャプションの分析から、プラットフォーム間で強調される情動的側面の違いが浮かび上がった。Facebook 投稿の画像では「人々が協力して作業している様子」を記述するキャプションが多く、連帯感・協働といった社会的情動を喚起する内容が多く観察された。一方、Instagram 投稿の画像では「浜辺で跳ねる子供」「山並みと海の絶景」といった身体的喜びや自然への畏敬に結びつく情景描写が多く、楽しさ・解放感や感嘆・癒しといった情動を誘発する傾向が示唆された。このように、本ケーススタディではデータ駆動型のアプローチにより、従来の人類学的手法では見えにくかった移住経験の多面的（プラットフォームごと）の様相が捉えられ、学際研究に新たな知見をもたらしている。

以上の成果から、機械学習による学術データの俯瞰的分析は、知の構造を解明する有効な手段となりうることが示された。テキストと画像双方の情報を統合的に扱うことで、学問分野間の

関係性や知識伝播のパターンをより立体的に把握できる。本研究は、学術分野の細分化と学際化が相互に作用して知識ネットワークが構築される過程を可視化し、現代の知のあり方を捉える新しいアプローチを提示した。今後、さらなる分野横断的なデータの比較分析を進めることで、より大規模なスケールで知の全体像を描き出し、学術知識の構造に関する理解を深化させることが期待される。

発表論文等

〔雑誌論文〕

[1] 菅原裕輝，“デジタル空間の多重性”，『文化人類学』89(4)，581–592，2025.

センター報告

プロジェクト報告

・クロス・アポイントメント報告 ---------- 301
・SC24 出展報告 ---------- 309
・AXIES 大学 ICT 推進協議会
　2024 年度年次大会のブース出展報告 ------- 316
・Cyber HPC Symposium 2025 開催報告 ---------- 319
・2024 年度公募型利用制度
　成果報告会 開催報告 ---------- 327
・D3 センターキックオフシンポジウム開催報告 -- 335

クロス・アポイントメント報告

追手門学院大学 × サイバーメディア教育研究部門

1. クロス・アポイントメント教員

特任教授（常勤） 上田 真由美

略歴：1998 年 3 月関西大学総合情報学部卒業、2000 年 3 月関西大学大学院総合情報学研究科修士課程修了、2003 年 3 月関西大学大学院総合情報学研究科博士後期課程修了。同年 4 月より大阪大学、名古屋大学、京都大学研究員を経て、2012 年 4 月流通科学大学総合政策学部講師、2013 年 4 月同准教授。組織改組を経て 2015 年 4 月同経済学部准教授、2018 年 4 月より同教授。その間、2014 年 4 月より関西大学先端科学技術推進機構客員研究員、2019 年 7 月より大阪大学サイバーメディアセンター特任教授（常勤）。2024 年 4 月より追手門学院大学経営学部教授、同 6 月より大阪大学 サイバーメディアセンター特任教授（常勤）、同 10 月より大阪大学 D3 センター特任教授（常勤） 。博士（情報学）。IEEE、ACM、電子情報通信学会、情報処理学会、日本データベース学会、人工知能学会各会員。

2. 報告

2024 年 6 月より本学のクロス・アポイントメント制度により、追手門学院大学の上田真由美教授がサイバーメディア教育研究部門の特任教授（常勤）に着任している。両大学間の交流の促進および新たな共創を生み出すことを目的に、情報メディア教育に関する研究開発、並びに、学生への教育活動を行った。上田教授は、情報検索、情報推薦、教育支援情報システムが専門であり、サイバーメディア教育研究部門が行っている教育支援系の研究開発に情報推薦の技術を導入することで、本学の教育の情報化の進展に寄与することが期待される。

白井准教授（D3 センター）が中心となって実施する高大接続を意識した情報教育教材とデータ駆動型教育のための学習支援環境の構築に関する研究に参加した。また、東田講師（D3 センター）が中心となって実施するプログラミング技能獲得のための能動的な学習支援環境による授業開発に関する研究を遂行した。これらの取り組みで、参加する大学院生の論文投稿や学会発表、同学生の学位取得に向けての各種議論を行った。これらの研究成果は論文誌（IEEE Access）、国際会議（KES）に採択され、さらに情報処理学会全国大会でも成果報告を行なった。

3. 研究成果

[1] D. Soto, S. Shirai, M. Ueda, M. Higashida, Y. Uranishi, H. Takemura, “Cloud Computing Challenges and Needs in Higher Education Institutions in Post-COVID-19 Times: A Case of a Japanese Survey,” in IEEE Access, 2024.

[2] D. Soto, M. Higashida, S. Shirai, M. Ueda, Y. Uranishi, “Enhancing Learning Dynamics: Integrating Interactive Learning Environments and ChatGPT for Computer Networking Lessons, ” Proceedings of the 28th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES’24), 2024

[3] D. Soto, S. Shirai, M. Ueda, M. Higashida M. Murakami, and Y. Uranishi, “Exploratory research on learning analytics adoption in Japanese higher educational institutions,” 情報処理学会 第 87 回全国大会, 2025.

クロス・アポイントメント報告

オーガスタ大学 × サイバーメディア教育研究部門

1. クロス・アポイントメント教員

特任准教授（常勤）ORLOSKY JASON EDWARD

略歴：2006 年ジョージア工科大学電子工学部卒業。2007 年 McKesson Provider Technologies 入社。2011 年大阪大学基礎工学部短期留学生等を経て 2013 年同大学院情報科学研究科博士後期課程入学、2016 年同修了。博士（情報科学）。その後、日本学術振興会特別研究員 (PD) を経て、2017 年サイバーメディアセンター特任助教、2018 年サイバーメディアセンター特任講師、2019 年サイバーメディアセンター特任准教授、2020 年～2024 年 7 月サイバーメディアセンター特任准教授（常勤）。2021 年よりオーガスタ大学准教授。先進的ユーザインタフェースの研究に従事。

2. 報告

2021 年 8 月より本学のクロス・アポイントメント制度により、米国・オーガスタ大学のオーロスキ・ジェーソン准教授が D3 センターの特任准教授（常勤）に着任している。両大学間の交流の促進および新たな共創を生み出すことを目的に、2022 年度も情報メディア教育に関する研究開発、並びに、学生への教育活動を行った。オーロスキ准教授は、拡張現実感 (Augmented Reality; AR) およびバーチャルリアリティ (Virtual Reality; VR) におけるユーザビリティの向上やなどが専門であり、D3 センターが行っている情報メディア教育系の研究開発に上記の技術を導入することで、本学の教育の情報化の進展に寄与することが期待される。具体的には、オーロスキ准教授は当部門在籍時に研究代表者として獲得した科学研究費補助金（基盤 B、４年間）を、クロス・アポイントメント制度を利用して、当センターに所属する研究分担者と継続し、共同研究をさらに推進することを目指している。

2024 年度は、オンラインやメールで共同研究や学生への指導を行うとともに、これまでも行ってきたオーガスタ大学と大阪大学の学生交流、視覚拡張やダイナミックバーチャル・リアリティーや遠隔コラボレーションシステムと関係するプロジェクトも実施した。さらに、5 月から 7 月には来日し、学生交流、視覚拡張や遠隔コラボレーションシステムと関係するプロジェクトの業務を継続して実施予定であるとともに、当該機関には国際インターンシップ研修生 3 人を受け入れ、基盤Ｂのサポートやオーガスタ大学と大阪大学の連携をさらに強化した。

本研究成果および関連研究成果は、論文誌（IEEEToG [1]）、国際会議（ISMAR2024[2]と AVI 2024 [3]）に採択され、成果報告した。

3. 研究成果

[1] Hirobe, D., Shirai, S., Orlosky, J., Alizadeh, M., Kobayashi, M., Uranishi, Y., Ratsamee, P. & Takemura, H. (2024). User-Centric Locomotion Techniques for Virtual Reality Games: A Survey of User Needs and Issues. IEEE Transactions on Games.

[2] Zhao, G., Orlosky, J., Kiyokawa, K., & Uranishi, Y. (2024, October). GlanXR: A Hands-Free Fast Switching System for Virtual Screens. In *2024 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)* (pp. 111-119). IEEE.

[3] Zhao, G., Hu, X., Orlosky, J., & Kiyokawa, K. (2024, June). ReAR Indicators: Peripheral Cycling Indicators for Rear-Approaching Hazards. In *Proceedings of the 2024 International Conference on Advanced Visual Interfaces* (pp. 1-9).

クロス・アポイントメント報告

ILS Research gGmbH × サイバーコミュニティ研究部門

1. クロス・アポイントメント教員

特任准教授（常勤）大塚　紀子

略歴：1985 年 4 月株式会社 竹中工務店入社、1995 年 2 月同退職、英国留学、2004 年 12 月 Oxford Brookes University の都市デザイン研究センターにて博士学位取得。2005 年 10 月～Oxford Brookes University, Post-doctorate Research Assistant、2008 年 7 月～TRL Limited, Centre for Sustainability, Senior Consultant、2009 年 10 月～University of Basel, Institute of Geography, Research Associate、2012 年 4 月～ETH Zurich, Institute for Spatial and Landscape Planning, Post-Doctoral Research Fellow、2016 年 9 月～ILS (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH) 上級研究員、2022 年 1 月より、ILS Research gGmbH に社内移動。2024 年 7 月より、ILS Research gGmbH 内の都市計画・アーバンデザイン専門のリサーチ・グループのシニア・リサーチ・マネージャーに就任。2018 年 7 月～大阪大学サイバーメディアセンター特任講師、2019 年 5 月～2020 年 12 月、2021 年 4 月～クロス・アポイントメント協定に基づく契約により特任講師（常勤）、2024 年 4 月～同契約により特任准教授（常勤）、同年 10 月～大阪大学 D3 センター特任准教授（常勤）。

2. 教育の概要

2024 年度は、2025 年 2 月 25 日より 3 週間来日し、サイバーコミュニティ研究部門で勤務した。

教育としては博士課程前期の学生に対し、高齢化社会とウォーカビリティに関する都市計画の在り方についての論文を国際学会論文誌へ投稿するために、複数回に及ぶ論文指導を実施した。2024 年 7 月にパリで開催された AESOP2025（欧州の都市計画学会）の国際学会に一緒に参加し、論文の口頭発表と質疑応答を現地で指導し、学生は無事発表することができた(1)。

3. 研究の概要

2024 年度は、昨年度に引き続き、ILS Research の研究テーマの一つであるウォーカビリティと都市交通のあり方について、本学の研究者と意見交換をおこなった。クロアポの期間中に加え、10 月に本学を訪問した際には、大塚が ILS Research で携わる二つの国際プロジェクトを紹介した。一つ目は 5 月に完了した欧州 4 か国が参加していた WalkUrban プロジェクトで(2)、ウォーカビリティ研究の方法論と最終の研究成果を説明した(3)。研究成果は国際学術論文誌でも発表された(4)。次に紹介した GreenME プロジェクトは(5)、近年の欧米で注目されている自然や植物を活用する療法であるグリーンケアが、人々のメンタルヘルスの向上にどうのように貢献できるかを探る研究で、欧州 7 か国と米国からの研究機関及び公共団体や医療機関が参加している(6)。この二つの国際プロジェクトを通して、EU が研究助成金を出資する際に最優先事項としている研究テーマの動向を議論した。

2 月の来日時には、ドイツの連邦教育研究省であるBMBF (Federal Ministry of Education and Research) が出資する日独比較研究の助成金に申し込むため、ILS の研究者と共に、本学との共同研究のテーマを検討した。プレイス・メイキングというコンセプトに基づき、空き地と空き家の再利用方法を地元住民と共に「Co-create」する手段として、デジタルツインで様々な提案を可視化する研究をすることで意見が一致した。この研究案は、サイバーコミュニティ研究部門の主要研究テーマである、デジタルツインの活用と住民参加型のまちづくりに直結している。今後は、ILS が申請書を作成し、本学に加え日本国内の他大学にも研究への参加を依頼する予定である。また、クロアポ期間中には和歌山大学の宮川智子教授を招待し、ブラウンフィールド再生とグリーンインフラに関するBFGS(Brownfield & Greenspace) 研究会を実施した。

(1) Sota Aida, Sota, Hirokazu Abe, Noriko Otsuka, Noriko, Akira Takahashi, Kensuke Yasufuku (2024) Research on Walkability adapted to an ageing society, Proceedings of AESOP Annual Congress AESOP Annual Congress 2024 - Game Changer? Planning for Just and Sustainable Urban Regions (Paris, France), p.243 in Digital Volume, 09 July 2024.

(2) WalkUrban Project website: https://walkurban.eu/

(3) Noriko Otsuka, Anna-Lena van der Vlugt, Janina Welsch, Katrin Lättman, Jonas De Vos, Edward Prichard (2024) Promoting walking and changing the priority setting in urban mobility, Proceedings of AESOP Annual Congress AESOP Annual Congress 2024 - Game Changer? Planning for Just and Sustainable Urban Regions (Paris, France), p.241 in Digital Volume, 09 July 2024.

(4) Katrin Lättman, Janina Welsch, Noriko Otsuka, Anna-Lena van der Vlugt, Jonas De Vos, Edward Prichard (2025) Walking travel satisfaction – A comparison of three European cities, Journal of Urban Mobility 7:100109
DOI:10.1016/j.urbmob.2025.100109

(5) GreenME Project website: https://greenme-project.eu/

(6) Chiara-Charlotte Iodice, Noriko Otsuka, Kathrin Specht, Silvio Caputo, Helen Cole, Helen, Virginia Cioncoloni, Antonella Crichigno, Michele D'Ostuni, Marcus Hedblom, Kira Michels, Karin Palmlof, Charlie Roscoe, Victoria Schoen, Halina Sienkiewicz-Jarosz, Margarita Triguero-Mas (2024) A healthier planet for all – green and blue spaces and their benefits for mental health: Co-creation approaches of the GreenME project, Proceedings of 5th ESP Europe 2024 Conference – Ecosystem services: One Planet, One Health (Wageningen, The Netherlands), 18 November 2024.

クロス・アポイントメント報告

京都産業大学 × セキュアプラットフォーム・アーキテクチャ研究部門

1. クロス・アポイントメント教員

特任教授（常勤） 河合 由起子

略歴 : 1997 年九州工業大学情報工学部電子情報工学科卒業。2001 年 12 月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年 12 月より独立行政法人通信総合研究所（現 国立研究開発法人情報通信研究機構）専攻研究員。2006 年京都産業大学理学部講師を経て 2018 年より京都産業大学情報理工学部教授、同年 5 月より大阪大学サイバーメディアセンター特任教授（常勤）となり、2024 年 10 月より 2025 年 3 月まで大阪大学 D3 センター特任教授（常勤）。 Web マイニング、情報推薦、可視化の研究に従事。日本データーベース学会平成 29 年度若手功績賞受賞。情報処理学会、電子情報通信学会、日本データベース学会各会員。博士（工学）。

2. 目的

京都産業大学の教員が D3 センター教員に就任することにより、スマートキャンパス、WEB、IOT 技術等の研究開発、並びに、学生への教育活動の深化が強く期待されるとともに、両大学間の交流をさらに促進し、新たな共創を生み出すことを目的とする。

3. 運用実績

2024 年度の従事割合による計画のとおり、協定期間中 12 日間本学で業務に従事した。

教育においては、今年度は情報科学研究科博士前期課程の学生に向けて「マルチメディア工学特別講義」にて、「ビッグデータ分析の基礎と実践」として 2 コマの集中講義を実施した。（2025 年 1 月 23 日 3・4 限）

研究においては、本センター教員と共に申請し採択された科学研究費補助金課題が令和 2 年度基盤研究（A）より、MaaS のラストマイルとなる電動二輪車によるデータ取得と分析に関する研究開発を社会課題解決に発展させた。本研究成果および関連研究成果を国内会議および査読有り国際会議で発表した。

4. 研究成果

[1] Hikaru Hagura, Tomoki Yoshihisa, Shinji Simojo, Yukiko Kawai, Predicting Method for Distributed Litter on the Street Based on Public Environmental Information, The 19th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM2025), R1-4-A, Bangkok, Thailand, January 3 (2025)

クロスアポイントメント報告

兵庫県立大学 × コンピュータ実験科学研究部門

1　部門スタッフ

特任教授（常勤）　水野（松本）　由子

略歴：1991年3月滋賀医科大学医学部医学科卒業、1991年5月大阪大学医学部附属病院精神神経科研修医、1996年3月大阪大学大学院医学研究科博士課程修了、1996年4月大阪大学医学部附属バイオメディカル教育研究センター基礎系医員、1998年4月大阪大学大学院基礎工学研究科ポスドク・リサーチ・アソシエイト、1999年4月 Johns Hopkins University、Department of Neurology、Postdoctoral Research Fellow、2000年4月大阪城南女子短期大学助教授、2003年3月大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了、2004年4月兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科助教授、2007年准教授、2011年教授、2016年副研究科長、2021年同大学大学院情報科学研究科教授。日本精神神経学会 専門医、指導医。日本臨床神経生理学会 専門医(脳波分野)、代議員。

2　クロスアポイントメント概要

2.1　目的

機械学習を用いた脳･神経機能解析による快適度･集中力評価と情動状態・屋内環境を調整するプロジェクトに関する研究・教育

2.2　内容とクロスアポイントメントのメリット

政府が目指す超スマート社会（Society 5.0）では、IoT（Internet of Things）、人工知能（AI）、ロボット、ビッグデータ等の技術を様々な産業に取り入れ、社会の変革から新たな価値を生み出すことで、人々が快適で活力に満ち溢れた質の高い生活を送ることのできる人間中心社会の構築を目指している。本研究では、Society 5.0 における学校や職場での快適度・集中力を､脳･神経機能計測によりモニタリングし、人の情動状態や屋内環境を調整するプロジェクトの推進を目指している。

人から計測した脳機能データ、自律神経機能データ、快適度、集中度は膨大な実社会（フィジカル空間）の生体データである。計算資源を活用することで、サイバー空間（仮想空間）上において、生体データを、分析し知識化することが可能となる。

2.3　クロスアポイントメントに至った経緯

水野教授は、1996年より、大阪大学医学部附属バイオメディカルセンターで勤務し、下條名誉教授と共同研究を開始し、共著で論文発表や学会発表を行った。2001年に、水野教授は、大阪大学大学院工学研究科博士後期課程、下條研究室に入学し、博士（工学）の学位を取得した。研究、社会活動を協力的に推進し、2019年クロスアポイントメントが実現した。その後、2022年度末の下條教授の退職をうけ、機械学習を扱う応用数学分野を研究するコンピュータ実験科学研究部門とのクロスアポイントメントに更新する形で現在に至る。

2.4　研究方法

（1）脳機能や自律神経機能などの生体情報を同時計測することで(主に EEG:Electroencephalography と呼ばれる技術を用いる)、脳から末梢の身体全体の相互機能変化を捉える。

（2）集中力・快適度・覚醒度・理解度・精神状態を求めて、対象者にフィードバックすることで生体状態のコントロールを行う。

（3）生体情報を基に、効率の良い学習状態・仕事環境を構築する。

2.5　共同研究者

長原 一教授(大阪大学)、下條 真司教授(青森大学)、武村 紀子准教授(九州工業大学)、降簱 大介教授(大阪大学)。学際的、多角的な視野で、効率的、建設的に研究を実施。

2.6 研究成果

[1] 関谷まり，村松歩，山本祐輔，原地絢斗，田邉晃史，水野(松本)由子，ストレッチと手浴を組み合せたケアの自律神経機能評価，日本福祉工学会誌，Vol.26 (2024)，No.1，pp. 4-11.

[2] Kento Harachi, Yusuke Yamamoto, Ayumi Muramatsu, Hajime Nagahara, Noriko Takemura, Shinji Shimojo, Daisuke Furihata, Yuko Mizuno-Matsumoto, Channel and model selection for multi-channel EEG input to neural networks, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.17 (2024) No.1, 2385579.

注: 上記に加え，水野教授およびコンピュータ実験科学研究部門教員との共著論文を現在投稿中.

クロス・アポイントメント報告

日本電信電話株式会社 × D3 センター統括コーディネーター

1. クロス・アポイントメント教員

特任教授（常勤） 川島　正久

略歴： 1991 年 3 月早稲田大学大学院電気工学専攻修士課程修了(修士)、1994 年 3 月同大学博士課程修了(工学博士)、2002 年 6 月 MIT Sloan School of Management, Management of Technology 修了(MSc)。1991 年 4 月(～1992 年 3 月)米 Bellcore Resident Visitor 研究員。1994 年 4 月に日本電信電話株式会社(NTT)入社。NTT 西日本サービス開発部門（2008 年 7 月～2012 年 6 月)、NTT(2012 年 6 月～2013 年 5 月）、NTTI3（北米 R&D 拠点、2013 年 6 月～2017 年 6 月)、NTT ソフトウエアイノベーションセンタ所長（2017 年 7 月～2020 年 7 月）を経て、2020 年 7 月より NTT IOWN 推進室 IOWN テクノロジーディレクター。2024 年 4 月よりクロス・アポイントメントにて大阪大学サイバーメディアセンター先端ネットワーク環境研究部門の特任教授(常勤)に着任、D3 センターへ改組した 10 月以降は、D3 センターの統括コーディネーターとして活動、現在に至る。電子情報通信学会、IEEE 会員。

2. 報告

2024 年 4 月よりクロス・アポイントメント制度により特任教授（常勤）に着任、10 月以降は D3 センターの統括コーディネーターとして活動している。D3 センターが大阪大学のデータ駆動型大学化を支える基盤を提供していくことを目指し、PRIMe を初期ユーザの候補として、基盤（データストレージ、計算手段、ネットワーク）に対する要件、基盤の基本方針を策定した。次年度は、基本方針に基づき詳細な実装計画を策定し、実装活動に着手する。また、これらの活動を通じて得られた知見に基づき、データ駆動型学術活動のための学術情報インフラのアーキテクチャをホワイトペーパとしてまとめていく。

3. 研究成果

[1] 川口峻平, 大下裕一, 川島正久, 下西英之, “GPU Time Sharing に向けたロバストなタスク完了時間予測手法の提案”, 信学技報, vol. 124, no. 180, IN2024-35, pp. 11-16, 2024 年 8 月 (情報ネットワーク研究賞受賞)

[2] Shumpei Kawaguchi, Yuichi Ohsita, Masahisa Kawashima, Hideyuki Shimonishi, “Task Completion Time Prediction Scaled by Machine Learning Model Uncertainty”, 20th International Conference on Network and Service Management (CNSM), 2024 年 10 月

[3] 川口峻平, 大下裕一, 川島正久, 下西英之, “Air Computing Pool のサービスコンセプト案の検討”, 超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会（RISING）, 2024 年 11 月

[4] (投稿中) Shumpei Kawaguchi, Yuichi Ohsita, Masahisa Kawashima, and Hideyuki Shimonishi, “Robust Task Completion Time Prediction for Fine-Grained GPU Sharing”, Submitted to IEEE Transactions on Cloud Computing.

SC24 出展報告

伊達 進[1,2,3]　髙橋 慧智[1,3]　速水 智教[1]　Wassapon Watanakeesuntorn[1]　谷口 昂平[1,3]　曽我 隆[2]
田主 英之[2]　並木 悠太[2,4]　向園 悠[5]　山本 隼矢[1,3]　野口 祥生[1,3]　村田 忠彦[6]
[1]先進高性能計算基盤システム研究部門　[2]高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所
[3]大学院情報科学研究科　[4]日本電気株式会社　[5]情報推進部情報基盤課　[6]データ生成工学研究部門

2024 年 11 月に米国ジョージア州アトランタ市にて開催された国際会議／展示会 SC（通称 SC24）において、当センターの概要、研究内容および事業内容を紹介するための展示ブースの出展を行った。本稿ではその展示内容や当日の様子等について報告する。

1. はじめに

大阪大学 D3 センター（旧称：サイバーメディアセンター）では、例年、米国で開催される国際会議 SC において展示ブースを出展する活動を継続している。SC とは、*The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis* という正式名称を持つ、IEEE Computer Society および ACM SIGARCH によって開催されている国際会議であり、ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）分野におけるトップレベル会議の一つである。それと同時に、SC は HPC に関する最新機器や最先端技術の国際見本市でもある。そのため、北米を中心とした研究者や技術者に限らず、欧州、アジアの研究者や技術者が集う最大級の国際会議／展示会となっている。新型コロナウイルス感染症の拡大以前において登録者数は 1 万人を超える数字が記録されていたが、コロナ禍で減少した参加者数は近年回復し、今年は昨年より 4,000 人近く増加、過去最高の 18,104 人が参加したと発表されている。当センターによる展示ブースの出展は、新型コロナウイルス感染症の拡大のため 2020 年度、2021 年度の展示は叶わなかったが、2000 年の初出展から数え、今回で 23 回目となる。

図 1：Georgia World Congress Center.

2024 年の SC（通称 SC24）は、米国ジョージア州アトランタ市にあるジョージアワールドコングレスセンター（図 1）にて、11 月 17 日から 22 日までの期間で開催された。なお、アトランタでの SC の開催は初めてとなる。アトランタはジョージア州の州都であり、同州の北西部に位置する。昨年開催されたデンバーよりも南に位置し、北緯 33 度付近で気温も大阪に近かった。しかし、乾燥が激しく期間中に気温が低下したこともあって体調を崩すものもいた。また、昨年急速に進行した円安(1USD≒150JPY)の状況は今年も継続し、さらには現地での物価・人件費の高騰によりブース設営に関する費用はドル建てで 10%以上の値上がりとなった。その他物品の購入にあたっても、クレジットカードの決済手数料が引き上げられたこともあって、昨年以上の割高感があった。

そのような中でも、当センターの展示に携わった皆全てが責任感を持って展示を行い、結果として 600 名近い来訪者を獲得した。D3 センターの概要・ミッション・事業・研究活動およびそれらの成果について説明を行い、当センターの国際的なプレゼンス向上、研究開発成果の紹介、大規模計算機システム事業の広報という点でのよきアウトリーチ活動となったと考えている。

2. 展示内容

図 2: 参加スタッフ記念撮影.

SC24 では、14 名の教職員(2 名の招へい教員含む)、1 名の高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所所属の NEC 研究員、1 名の大学院生の合計 16 名(表 1)が大阪大学 D3 センターの出展する展示ブースにおいて、下記 6 テーマでのポスター展示を中心に本センターの概要、事業概要および当センターを中心とした研究紹介、成果報告・発表を行なった(図 2)。

(1) *Large-scale Computing Systems at the D3 Center*
(2) *Towards On-Time Network and Container Management in Cloud-Edge Continuum*
(3) *Provenance Recording System / Metadata Management for Experimental Data*
(4) *MPI Overlapping using Threads Operation / Reinforcement Learning in Job Scheduler*
(5) *Advanced High-Performance Computing Infrastructure Systems Research Division*
(6) *Synthetic Population for Real-Scale Social Simulations*

ブース展示は、11 月 18 日から 21 日までの 4 日間行われた。以下、ID バッジの読み取りデータをもとにブース来訪者の統計情報の一部をまとめる。ブース展示期間中の当ブースへの来訪者数は 597 名であった。訪問者数は昨年の 431 名から大幅に増加した。

表 1: 参加スタッフ一覧

先進高性能計算基盤システム研究部門	
スタッフ	伊達 進
	髙橋 慧智
	速水 智教
	Wassapon Watanakeesuntorn
	谷口 昂平
	吉田 薪史
	山本 隼矢
	渡場 康弘
	阿部 洋丈(招へい准教授)
大学院生	野口 祥生
高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所	
スタッフ	曽我 隆
	田主 英之
	細見 岳生(招へい准教授)
	並木 悠太(NEC 研究員)
データ生成工学研究部門	
スタッフ	村田 忠彦
情報推進部情報基盤課	
技術職員	向園 悠

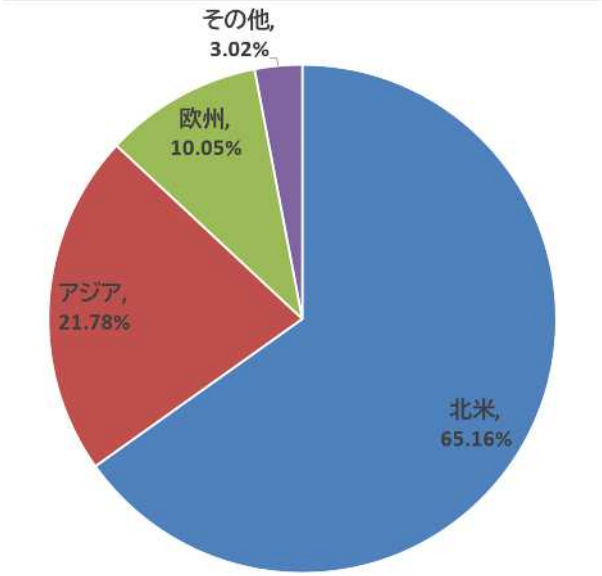


図 3: ブース来訪者 - 地域分類別.

ブース来訪者の地域別分類(図 3)を見ると、開催地の北米エリアからの来訪者が最大で全体の 65.16 %を占めている。続いて、日本を含むアジアからの来訪者が 21.78 %、欧州からの来訪者が 10.05 %であった。北米、アジア、欧州で全体の 97 %近くを占め、その他には中東、オセアニア、アフリカ、中南米の来訪者が含まれている。結果として、

多くの地域からの来訪者に対してアウトリーチ活動を行うことができた。

1 日平均では、149.25 人の来訪者があった。展示初日の 11 月 18 日は Grand Opening Gala Reception で、午後 7 時から 9 時までの 2 時間の開催であったが、123 人の来訪者があった。学生らが中心となって呼び込みを行った結果、最終日である 4 日目の 11 月 21 日に最多となる 192 人の来訪者があった。

また、昨年同様に、高度情報科学技術研究機構(RIST)が中心となって企画した連携企画で、来場者が HPCI 構成機関のブースを周回してステッカーを集め、集めたステッカーに応じて景品がもらえる「HPCI Sticker Hunt」にも協力した。この連携企画も当センターのブースの集客に一役買ったといえる。

以下、SC24 にて大阪大学 D3 センターで行ったポスター展示の概要について説明する（括弧内は担当者名）。

(1) *"Large-scale Computing Systems at the D3 Center"*（向園、吉田、速水）

本ポスターでは、D3 センターで運用するシステムとして、スーパーコンピュータ「SQUID」、プライベートクラウド「mdx Ⅱ」、ストレージシステム「ONION」について、それぞれのシステム構成や特徴について紹介した（図 4、5）。

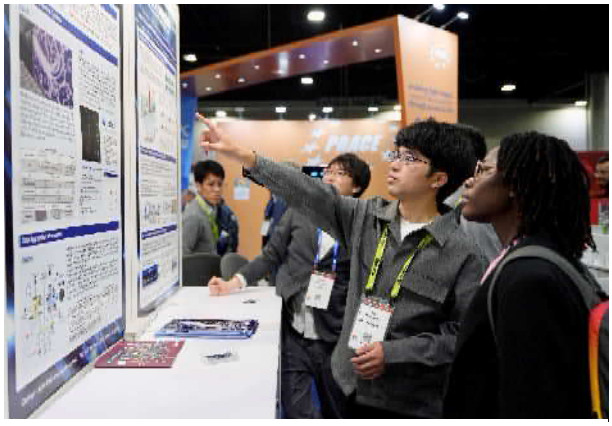


図 4: ポスター説明を行う向園.

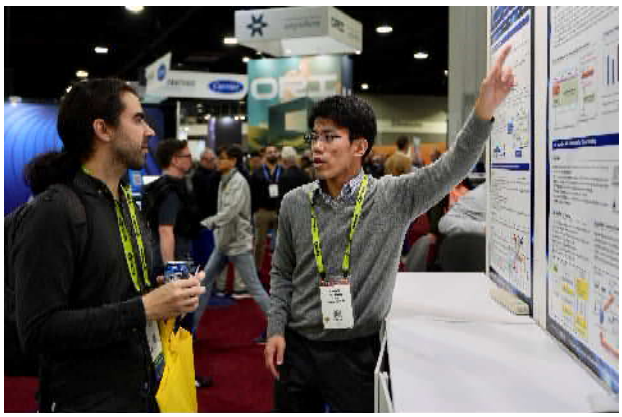


図 5：ポスター説明を行う吉田.

ブースに来訪された方々からは、主に「各ノードの利用状況はどうなっているか？」「OS はなぜ Rocky Linux なのか？」「海外からでも利用可能なのか？」といった質問があった。特に GPU の利用率については国内外を問わず高いようで、GPU への需要の高さを改めて実感する機会となった。また「SQUID」や「ONION」といったユニークな名称が印象的だったようで、本学を知らない来訪者にも興味を持っていただき、そこからシステムの説明につなげることができた。前年度以前にも来訪されたと思われる方からは、「OCTOPUS はどうなったのか？」という質問もあり、サービスが終了したことや、次期システムの導入が予定されていることなどを説明した。

(2) *"Towards On-Time Network and Container Management in Cloud-Edge Continuum"*（谷口、Watanakeesuntorn、山本）

図 6：ポスター説明を行う谷口.

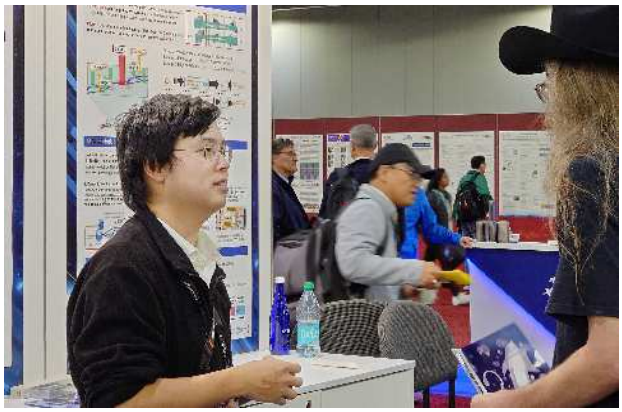


図 7：ポスター説明を行う Watanakeesuntorn.

図 8：ポスター説明を行う山本.

本ポスターでは、「ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」の一環として取り組んでいる、Cloud-Edge Continuum Computing（CECC）Platform に関する研究成果を報告した（図 6、7、8）。CECC Platform は、クラウド、エッジ、およびデバイスを統合的に活用可能な計算機システムである。本研究では、広域ネットワーク上でデータ転送の遅延を保証する通信プロトコルやネットワーク資源管理手法についての成果を紹介した。また、クラウドやエッジにおける計算資源の即時確保と、迅速なコンテナ起動を実現するためのコンテナチェックポイントシステムの構想についても発表した。

発表では、CECC Platform のアーキテクチャやシミュレーション手法、特に Kubernetes の活用方法や、チェックポイント機能のランタイム実装に関する質問が多く寄せられた。また、交通シミュレーションを行う研究者から共同研究の提案も得られ、本プロジェクトの研究の方向性に共感を得られた。

(3) *“Provenance Recording System ／ Metadata Management for Experimental Data”*（並木、田主）

本ポスターでは、高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所が研究開発を進めている、計算機システムにおいて既存のプログラムなどの資産に変更を加えることなく、自動的に結果データを得るために実行すべきプログラムとそれに与える入力ファイルを記述した来歴を記録するための手法、および非ネットワーク環境の小規模分析室に設置されてある共用分析装置から生み出される計測結果データにデータ利活用に不可欠なメタデータ、固有識別子を付与し、メタデータサーバへ収集、管理するまでのメタデータ管理システムに関する展示を行なった（図 9、10）。

来訪者のうち、来歴に対しては、特に大学、国立研究所の研究者から関心を持たれ、来歴が今後重要なメタデータとなりうることが確認できた。また、Python やコンテナ、オンラインから動的にデータを取得するような比較的新しい使い方に対する対応状況について質問を受け、あるべき姿の議論を行うことができた。日本国内と比較して多くの方の具体的な議論を行うことができ、特に米国において研究現場における研究データ管理への関心が高まっていることが窺えた。メタデータ管理システムに対しては、実験系データに関する展示内容であったためか、情報系がメインの来訪者からの関心度は低かった。一方で、オープンリサーチデータのデータ利活用の観点からのメタデータ付与の重要性の説明に対しては、分野を問わずその必要性への理解、および関心が窺えた。

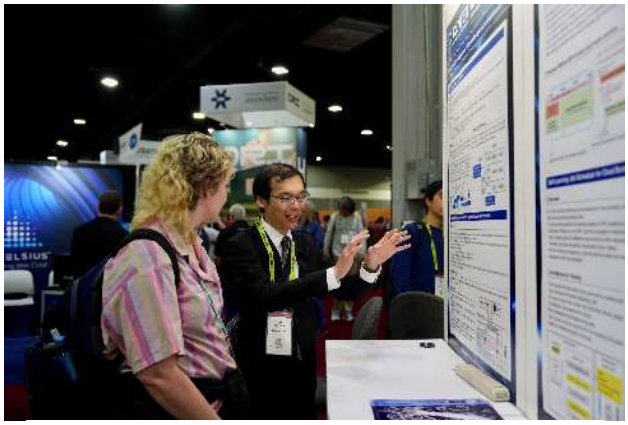


図 9：ポスター説明を行う並木.

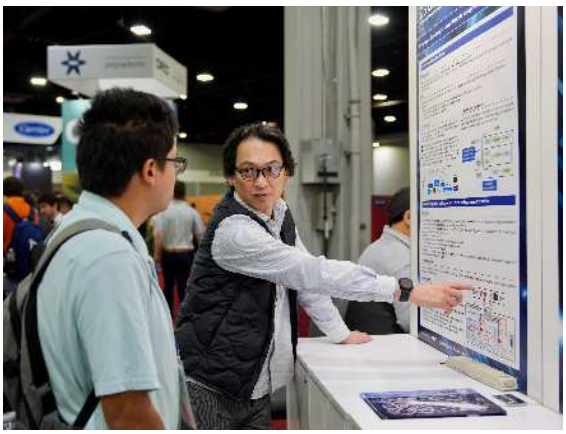


図 10：ポスター説明を行う田主.

(4) *“MPI Overlapping using Threads Operation／Reinforcement Learning in Job Scheduler”*（曽我、野口)

図 11：ポスター説明を行う曽我.

高性能計算機を用いた大規模シミュレーションの実行時間を短縮する手法としてプロセス間の通信時間を隠蔽（オーバーラップ）するものがある。本研究が提案する演算処理と通信処理のオーバーラップ手法は、MPI ライブラリを用いる分散メモリ並列と OpenMP を用いる共有メモリ並列（スレッド並列）を共用する並列モデルを対象としており、スレッド操作により通信処理（スレッド 0 番が担当）と演算処理（0 番以外のスレッドが担当）を並列に実行することで通信時間の隠蔽を図る。提案手法では各スレッドに対する演算量を従来手法の動的割り当てから静的割り当てに変更することにより、OpenMP のオーバーヘッドを削減する。姫野ベンチマークプログラムや数値流体力学（CFD）解析の実プログラムを用いて評価を行い、MPI の非同期通信を用いるオーバーラップ手法や動的割り当てスレッド操作を用いるオーバーラップ手法より、多くの通信時間を隠蔽することを示した（図 11)。

本ポスター後半では、深層強化学習を用いてオンプレミスとクラウドの計算資源を柔軟に活用するジョブスケジューリング手法について紹介した（図 12)。本研究は、学術機関で提供される HPC システムにおいて、クラウドバースティングによるユーザの待ち時間短縮を目指しつつ、クラウド計算資源の利用コストは最小化するという相反する目的を同時に達成するための機械学習モデルを提案した。提案手法では、Slurm プラグインを用いてジョブキュー情報とリソース状態をニューラルネットワークに入力し、その状況において適した資源割当を推論することを説明した。アルゴリズムの面では、選択されなかった行動との比較に基づく差分報酬を設計し、学習の安定性を高めている点を説明した。

質疑応答では、具体的なクラウド計算資源の事例としてどのようなプロバイダやインスタンスを想定しているのかについて質問があった。また、本手法がオンプレミスとクラウドの融合だけでなく、オンプレミス同士の複数 HPC システム間の連携にも適用可能ではないかという指摘があった。

図 12：ポスター説明を行う野口.

(5) *“Advanced High-Performance Computing Infrastructure Systems Research Division”*（速水、髙橋）

図 13：ポスター説明を行う速水.

図 14：ポスター説明を行う髙橋.

本ポスターでは、当センターの先進高性能計算基盤システム研究部門において実施している研究テーマの一部について紹介した（図 13、14)。「歯科パノラマ X 線画像解析のための AI モデル開発」では、歯科診断の補助のため、パノラマ X 線画像から様々な歯の情報 (歯番号、歯髄の状態、修復の種類等) を自動的に抽出する AI モデルの研究開発について紹介した。最新の物体検出モデルである YOLOv8 を用い歯を検出した後、個々の歯の画像を分類器に入力するという全体構成を説明し、計算量削減や精度向上に向けた今後の展望についても述べた。来訪者からは、歯科に限らず医療関連データの収集や取扱いに関する質問があった。

「探索的データ解析のための広域科学データ流通基盤」では、広域ネットワークを介して遠隔データの探索的・対話的なデータ解析するためのデータ基盤について紹介した。既存のデータ基盤の多くは、データの一部のみに興味がある場合や、精度の低下を許容して応答性を優先したい場合など、探索的データ解析の要件を十分に満たしていない。そこで、本研究では、広域拠点に分散した大容量配列データを細粒度・オンデマンド・適応品質で転送する、探索的データ分析のためのデータ流通基盤を目指している。来訪者からは、仮想メモリやファイルシステムのレイヤで実装しないのはなぜか、という質問があり、本基盤の設計について有益な議論ができた。

(6) *“Synthetic Population for Real-Scale Social Simulations”*（村田）

本ポスターでは、 2019 年度から継続的に実施している JHPCN の合成人口プロジェクトと HPCI 共用ストレージ、2020 年度から 2027 年度まで実施する JST 未来社会創造事業における合成人口データを用いた社会シミュレーション事例に関する報告を行った（図 15)。合成人口プロジェクトでは、大阪大学 D3 センターのスーパーコンピュータを用いて、日本の全世帯の仮想個票を合成するとともに、北海道大学情報基盤センターのハイパフォーマンスインタークラウドを用いてデータベースを構築し、東京大学情報基盤センターと理化学研究所計算科学研究センターの HPCI 共用ストレージを用いてバックアップを確保している。今年度は、合成人口データの仮想実社会データへの拡張に関する報告を加えた。

図 15：ポスター説明を行う村田.

展示ブース訪問者からは、仮想個票の合成手法に関する質問が寄せられ、総務省統計局の e-Stat により、全ての自治体で同じフォーマットの統計データ

が利用可能であり、それに基づいて、統計データと仮想世帯集合の合成統計との差異を最小化する形で合成を行っていることを解説した。また、合成人口データを用いたシミュレーションとして震災や感染などの非常時のシミュレーションと共に、少子高齢化社会への対応など平常時のシミュレーションも展開されていることを紹介した。質疑を通して、仮想的な個票データの必要性やそれを用いたシミュレーションの意義についてディスカッションすることができた。

情報通信機構 NICT での展示

D3 センターのブース展示と並行して、先進高性能計算基盤システム研究部門と高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所で研究開発中の RED-ONION (Research EnhanceD ONION)技術について、高速データ転送技術の技術検証・性能評価を目的とした実演を、情報通信機構 NICT の研究展示ブースにて行なった（図 16）。

展示は、日米間の回線を用いて巨大研究データを 100 Gbps の回線を用いてサーバ間で転送を行うもので、一方のサーバのストレージに蓄積された 1 ファイルの巨大研究データをもう一方のサーバに高速に転送する。1 TB のデータの転送が 94 秒(実効 85.1 Gbps)で完了することを確認した。

本展示については、SC24 に先立って 2024 年 11 月 11 日に「大阪大学 D3 センターと NEC、国際会議・展示会 SC24 にて 100Gbps のファイル転送実験デモを展示」というタイトルでプレスリリース (https://www.d3c.osaka-u.ac.jp/2024/11/pre-d3c-nec-sc24/)を行なっている。

図 16: NICT ブースで展示内容を説明する細見.

3. おわりに

今年度の展示においても、大阪大学 D3 センターの大規模計算機事業をはじめとし、高性能計算・AI・ネットワーキングに関する研究成果について欧米を中心とした 597 名の来訪者にアウトリーチすることができた。来年度の SC は米国ミズーリ州セントルイス市で同時期に開催されるが、当センターのプレゼンス向上とともに、情報公開、アウトリーチ活動にも引き続き尽力していきたい。

関係各位には更なるご支援とご協力をお願いしたい。

当日展示したポスターの PDF や、その他の写真など、ここで紹介しきれなかった内容については下記ウェブページに掲載されています。こちらもぜひご覧ください。

http://sc. cmc.osaka-u.ac.jp/

AXIES 大学 ICT 推進協議会 2024 年度年次大会のブース出展報告

D3 センター／情報推進部

1 はじめに

大学 ICT 推進協議会（AXIES: Academic eXchange for Information Environment and Strategy）は、高等教育・学術研究機関における情報通信技術を利用した教育・研究・経営の高度化を図り、我が国の教育・学術研究・文化ならびに産業に寄与することを目的とし、2011 年度に設立された協議会である。本協議会には、2025 年 2 月時点で、国内の 184 の大学や研究機関が正会員として、また、104 の企業が賛助会員として参画している。

本協議会では、会員相互の情報交換の場として、年次大会を年に一度開催しており、2024 年度は 12 月 10 日（火）～12 日（木）に奈良県奈良市の奈良県コンベンションセンター（図 1 、2）にて開催された。年次大会は、全体会、企画セッション、口頭発表、ポスター発表、正会員・協賛セミナー、ブース展示などから構成されている。

D3 センター・情報推進部では、口頭発表 2 件の発表、企画セッション 3 件への参加、展示ブースの出展を行った。本報告書では、大阪大学 D3 センターとして出展した 2024 年度のブース展示（図 3）における取り組みについて報告する。

2 展示内容

2024 年度は、D3 センターから教員 6 名、情報推進部から職員 9 名の総勢 15 名の体制で 3 日間の展示活動に取り組んだ。展示ブースでは、D3 センターおよび情報推進部における教育・研究支援、大学 ICT 基盤に関する取組みについて、ポスターにより報告・紹介した。

ポスターのタイトルは次のとおりである。

(1) 大阪大学 D3 センターの主な活動内容
(2) ODINS の運用状況と今後の展望
(3) キャンパスクラウドサービスの提供
(4) BYOD に対応した VDI をベースとする情報教育システム
(5) 言語教育支援システム
(6) 教育学習支援・情報教育支援の取り組み
(7) 大阪大学における DX の取り組み

今年度は「大阪大学における DX の取り組み」が追加され 7 種類となった。以下、これらについて概説する。

(1) 大阪大学 D3 センターの主な活動内容

スーパーコンピュータシステムや教育系サービスといった、D3 センターが提供している各種システムやサービスの概要、また、当センターが行っているアウトリーチ活動等、当センターの活動について包括的に紹介した。

(2) ODINS の運用状況と今後の展望

大阪大学総合情報通信システム（Osaka Daigaku Information Network System: ODINS）では、学内の教育活動を支える ICT 基盤として構築が進められてきた。運用規模の拡大や利用者から頂く要望への対応に伴い、業務負担も増している。ポスターでは、本学のネットワーク概要、次期システムなどについて紹介した。

(3) キャンパスクラウドサービスの提供

計算機リソースを柔軟に変更可能な仮想サーバホスティングサービスを提供している。また、この環境上でスケールアウト可能な電子メールサービスを構築し、学内利用者向けに提供している。ポスターでは、現在行っているサーバ集約の推進等、本仮想化基盤の現状について報告した。

(4) BYOD に対応した VDI をベースとする情報教育システム

本事業では、仮想デスクトップ環境（VDI）を

利用し、持ち込み端末に対応（BYOD 対応）することで、メンテナンスコストの削減とユーザの利便性の向上を両立することを目指している。ポスターでは、2022 年に更新を行った教育用電子計算機システム（情報教育システム）の仮想デスクトップ環境などを紹介した。

(5) 言語教育支援システム

言語教育のための様々な情報機器、ソフトウェア、サービスの活用について紹介している。カードを繋げて考えをまとめたり共有したりするアプリであるロイロノート・スクールの活用、2022 年に開始された iPad や MacBook などを活用した PLS（Playful Learning Studio）などについて紹介した。

(6) 教育学習支援・情報教育支援

サイバーメディア教育研究部門では、高度な情報教育環境の構築、情報教育と情報倫理教育の実施、情報教育担当者へのファカルティディベロップメント等の教育と研究を実施している。ポスターでは、本学の LMS である授業支援システム CLE や全学の新入生向けに開講している情報リテラシ科目について紹介した。

(7) 大阪大学における DX の取り組み

入学前から卒業後までサポートする OU 人財データプラットフォームや大阪大学コミュニティ全員に提供される OUID などの取り組みについて紹介した。

3 今年度の特徴

今年度は、AXIES2024 アカウントと QR コードを用いた電子名刺交換やこれを用いたスタンプラリーなど現代らしいシステムが盛り込まれた。ただし、今回の電子名刺交換システムは、マニュアルに不備があったり、ブース申し込み者の通常の名刺交換とブースでのスタンプ付与先の名刺データが混在したりと、荒削りな部分がみられた。

今年度は、スタンプ付与用にタブレットを設置したり、修正マニュアルを独自作成し設置したりするような工夫をおこなった。見やすさの改善と搬入の効率化を目的としたポスターをそのまま貼り付ける展示方法は継続している。

展示台には、来客から一目で元サイバーメディアセンターとわかるように、今年度はあえてサイバーメディアセンターの布をかけた。来年度は、D3 センターの布が準備されているのが望ましいだろう。

4 おわりに

大阪大学 D3 センターとして、大学 ICT 推進協議会の年次大会に 12 回目の展示を行った。本年次大会は、センターにとって重要なアウトリーチ活動の場であり、大会事務局からの情報によると、登録者数 2,173 名、出展者数 106 団体と盛況のうちに終わった。本ブースの学外者の訪問は電子名刺から約 100 名程度となった。

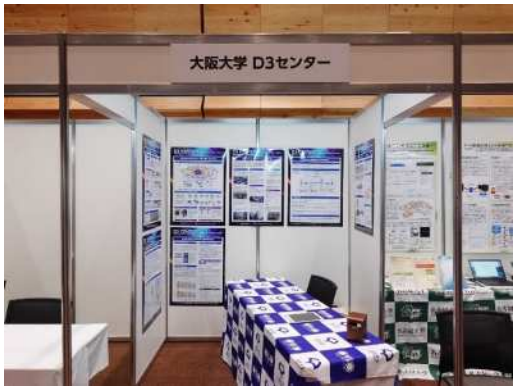
来年度の AXIES 年次大会は、北海道の札幌コンベンションセンターで開催予定である。

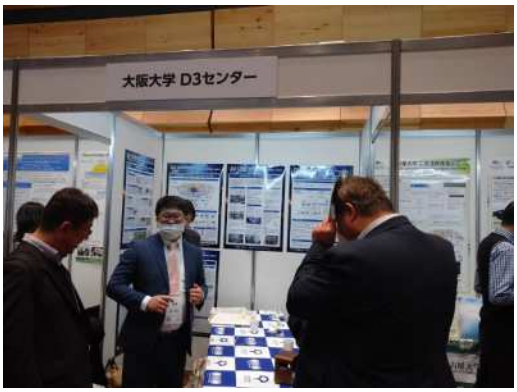
国際的なアウトリーチ活動としては、2000 年度より毎年 11 月に米国で開催される国際会議・展示会 SC において研究ブースを出展している（2020、2021 年度は不参加）。また、毎年秋に米国で開催される、大学 ICT 推進協議会の源流ともいえる EDUCAUSE の年次大会にも、D3 センターならびに情報推進部の教職員を派遣している。

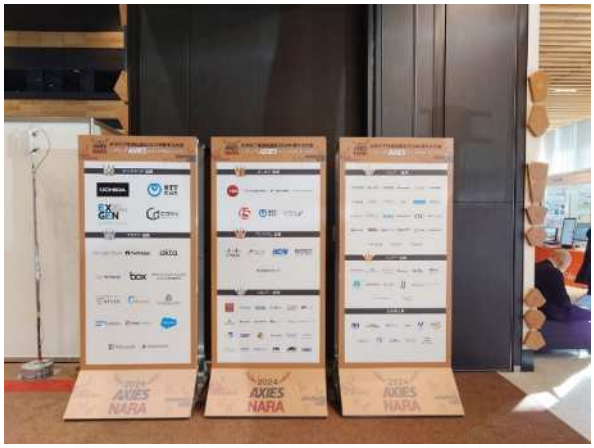
今後も、D3 センターならびに情報推進部の教職員が各々の見識を広げ、先進的かつ安定的な ICT 戦略を企画推進し、その成果を国内外に広く発信していくと共に、我が国における教育・学術研究・文化ならびに産業に寄与していくことがますます重要であると考えられる。

図 2　AXIES2024 会場

図 1　奈良県コンベンションセンター







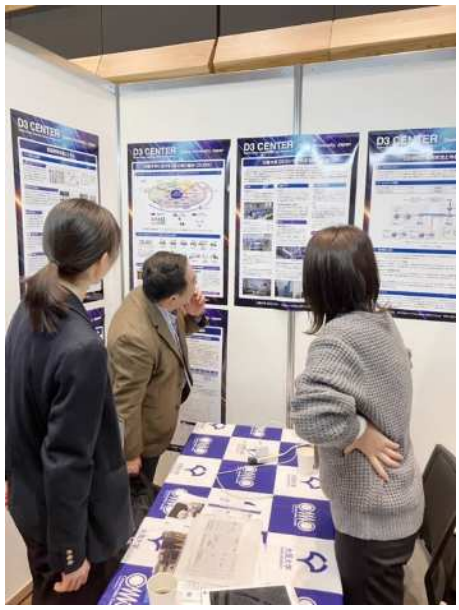


図 3　D3 センターのブース

Cyber HPC Symposium 2025 開催報告

速水 智教[1]　松本 琉大桜[1]　山下 晃弘[1]　髙橋 慧智[1]　木越 信一郎[2]　寺前 勇希[2]　向園 悠[2]
村尾 靖子[2]　伊達 進[1]
先進高性能計算基盤システム研究部門[1]　情報推進部情報基盤課[2]

Cyber HPC Symposium 2025 では、スーパーコンピューティングシステム関連技術の研究開発、データ基盤の構築・整備、最先端医療に携わる産学の専門家をお迎えし、本センターのデータ集約基盤 ONION の活用事例、および、最新の研究開発動向を踏まえつつ、大規模計算・解析を支えるスーパーコンピューティングシステムを中核とした学術研究基盤の今後の課題と将来を考えることをねらいとして、D3 センター主催、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点、データ活用社会創成プラットフォーム協働事業体の協賛のもと 2025 年 3 月 7 日に開催した（図 1）。

本シンポジウムの出席者は総計 80 名であった。40 名の事前参加登録、当日 23 名の飛び込み参加、講演者やパネリストなどの関係者 17 名がその内訳である。また、学内外の内訳は、阪大内 27 名、阪大外 53 名であった。本シンポジウムは、例年、年度末開催となり、スケジュール的に忙しい時期であり、また大学関係者にとっては入試業務などと重なることもあり参加数を見込めない状況はあったが、それでも多くの方にご参加いただけたことに感謝したい。

図 1：Cyber HPC Symposium 2025 ポスター

シンポジウムは、9:15 に開会（受付は 09:00 から開始）、17:45 に閉会し、その後、銀杏クラブにてレセプションという日程で行われた。プログラムは、7 件の講演（1 件は D3 センターからの報告：大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 教授 伊達 進）とパネルディスカッション（D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 招へい教授 山下晃弘が座長）で構成される。当日は、降簇大介 D3 センター長および尾上 孝雄 理事・副学長（兼）先導的学際研究機構長の挨拶をもって開会がなされた（図 2、3）。シンポジウムの総合司会は

図 2：降簇 大介 センター長による開会の挨拶

D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 特任助教（常勤） 速水 智教が務めた（図 4）。

図 4：尾上 孝雄 理事・副学長による主催者挨拶

図 3： 総合司会を務める速水

以下、講演内容、パネルディスカッションについて報告する。

＊ 特別講演「縦糸の医学と横糸の医学 ～医学系研究科の取り組み～」

大阪大学 大学院医学系研究科長・医学部長（兼）呼吸器・免疫内科学講座 教授 熊ノ郷 淳 氏

図 5：熊ノ郷 淳 氏の基調講演

本特別講演では、大阪大学 大学院医学系研究科研究科長・医学部長（兼）呼吸器・免疫内科学講座教授 熊ノ郷 淳 氏をお招きし、医学系研究科の取り組みについてご講演いただいた（図 5）。本講演では、医学研究科が推進する免疫研究および再生医学に関する先端的な取り組みが「縦糸の医学」と「横糸の医学」という概念を通じて紹介された。まず、免疫学分野では、IL-6 の発見とその臨床応用、関節リウマチをはじめとする自己免疫疾患治療における IL-6 阻害抗体薬への発展が「縦糸の医学」から「横糸の医学」への展開として紹介された。また、「横糸の医学」から「縦糸の医学」への展開として、再生医学においては、iPS 細胞を活用した組織再生技術やオルガノイド技術の発展とそこからの基礎医学への展開が強調された。さらに、医療ビッグデータの活用と情報科学の統合が医学研究の今後の発展に不可欠であること、これらの技術が個別化医療に与える影響について論じられ、バイオインフォマティクスプラットフォームや D3 センターとの連携の重要性が指摘された。

＊ 基調講演 「循環器領域における IoT/AI を用いた新しい医療の試み」

大阪大学 大学院医学系研究科 外科学講座 心臓血管外科 教授 宮川 繁 氏

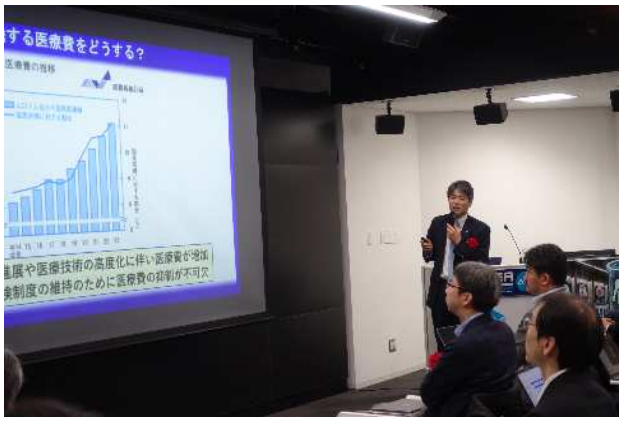


図 6：宮川 繁 氏の講演

本基調講演は、大阪大学 大学院医学系研究科 外科学講座 心臓血管外科 教授 宮川 繁 氏をお招きし、循環器領域における IoT/AI を用いた新しい医療の試みについてご講演いただいた（図 6）。まず、現在の医療が直面する課題として、医療費の増大、医療従事者の減少、医療の均一化の限界が指摘された。それらを解決するために診断の自動化やモニタリングによる医療の効率化、個別化医療の導入が提案された。具体的には、疫病の予測や治療の適切なタイ

ミングの判断にデータ解析を活用し、心不全管理にパーソナルヘルスレコード（PHR）を導入する試みが紹介された。また、人工心臓の技術進展や在宅での生活支援のためのアプリ開発が進められている。さらに、分散連合学習を活用した予測モデル構築や循環器系のバイオデジタルツインの構築により、医療の質と効率の向上を目指していることが紹介された。

質疑応答では、呼吸異常の検知精度について、睡眠中のデータが最も正確であることが説明された。データ量と予測精度の関係や予測結果が求められる時期に対する質問に関しては、予測モデルの構築には約 80 人のデータが使用されたこと、また、迅速な予測結果が求められるためデータ転送・計算・フィードバックの時間短縮が課題であり、前夜の睡眠データに基づく予測結果が翌日の外来診察時には利用可能になっていることが望ましいとされた。AI モデルの精度の基準に関しては明確な基準はなく、検証実験を通じて評価されるべきであるとされた。また、患者の QOL（生活の質）に関するデータも取得中であり、今後の評価に活用される予定である。

*** 「研究再現性を担保する来歴管理システム」**

日本電気株式会社 データ基盤サービス統括部 プロフェッショナル　並木 悠太 氏

図 7：並木 悠太 氏の講演

本講演では、日本電気株式会社 データ基盤サービス統括部 プロフェッショナル 並木 悠太 氏をお招きし、研究再現性を担保する来歴管理システムについてご講演いただいた（図 7）。これは、HPC システム上での科学計算における再現性の確保を目的とし、実験データの来歴（生成過程や由来）を自動かつ透過的に記録するフレームワークの構築を行ったものである。Linux カーネルのトレース機能を用いてシステムコールを捕捉し、ジョブスクリプトやコマンドラインオプション、ソースコードのバージョン情報などを収集することで、ユーザ負担を軽減しつつ再現性を担保する仕組みを開発したことが説明された。評価には NAS Parallel Benchmarks を用い、アプリケーション性能への影響が小さいことを確認した。プロトタイプのデモンストレーションでは、出力ファイルと生成プログラムの対応関係の可視化について示した。また、データの利用状況追跡やデータを起点とする研究の体系化、利用期限管理のユースケースを示し、最終的には HPC 利用において自動的に来歴が記録され、研究データとともに公開リポジトリに連携する仕組みの実現を目指している。

質疑では、異なる HPC システム間（例：OCTOPUS から SQUID への移行）での再現性維持に関する課題について議論がなされた。また、HPC システムの初心者向けの支援として、特定のデータに対して適切なプログラム処理方法を提示する機能が提供可能であると述べられた。さらに、来歴の可視化のために GUI 上で利用されているデータは、バックエンドにグラフデータベースを利用していることが説明された。

*** 「高速データ転送サービス RED ONION 構想」**

大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 教授　伊達 進

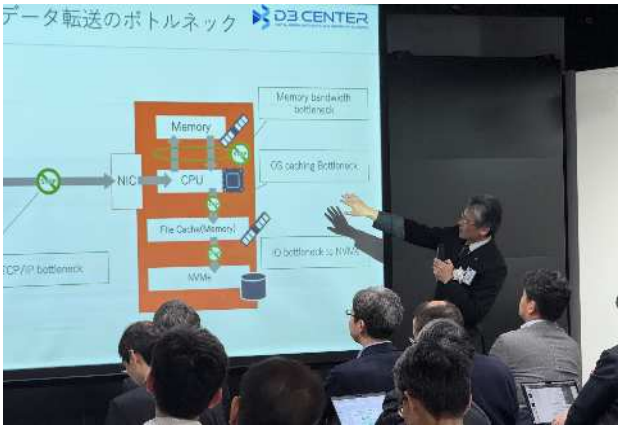


図 8：伊達 進の講演

本講演では、大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 教授 伊達 進 が高速データ転送サービス RED ONION（Research EnhanceD ONION）の今後の方向性・戦略を示した（図 8）。D3 センターで運用する SQUID は 16.591 ペタフロップスの性能を持ち、汎用 CPU ノード、GPU ノード、ベクトルノードを備えて現在も高稼働率を維持している。2024 年 11 月にはクラウド型計算基盤 mdx II のサービスを開始しており、2025 年 3 月には NVIDIA H200 GPU を持つ計算用ノードを追加導入予定である。データ集約基盤 ONION は、学内外の研究データや IoT 機器からのデータを統合し、NextCloud、DDN EXAScaler、Cloudian HyperStore を連携させて柔軟なデータ共有と利活用を実現する。さらに、RED ONION では ONION の「データ集約」に加えて「データ転送」に着目し、大学内の拠点間を結ぶ専用線上で機能する高速データ転送技術を開発した。この技術を用いた実験を国際会議 SC24 で行い、100 Gbps に近い伝送性能を達成している。

質疑では、大阪大学の計算機センターの役割について問われ、ライフサイエンス分野を強みとし、HPC と AI を統合した計算基盤とデータ集約基盤によって差別化を図っていると説明があった。センターによっては HPC システムと AI システムを分離している事例があるという質疑に対しては、大阪大学はデータ基盤を中心に設計を進めており、ONION は国際的にも注目される先進的な取り組みであるとの回答があった。センター独自で行っている公募型利用制度に mdx II を加えるかについては、現在は運用費用を D3 センターを含む協働事業体で按分する形で負担しているため、黒字化がまず果たすべき目標であり、公募利用の実施は今後の検討事項であると述べられた。ICT 基盤の構築と運用については、利便性の向上と費用対効果の両立を重視し、学術レベルの向上と全国的な貢献を目指す必要があるとの意見が示された。

*** 招待講演「DDN の次世代ストレージソリューションのご紹介」**

株式会社データダイレクト・ネットワークス・ジャパン Director, T3S, Japan 橋爪 信明 氏

図 9：橋爪 信明 氏の講演

本講演は、株式会社データダイレクト・ネットワークス・ジャパン Director, T3S, Japan 橋爪 信明 氏をお招きし、DDN の次世代ストレージソリューションについてご紹介いただいた（図 9）。DDN は 1998 年に設立され、主に高性能計算（HPC）向けの並列ファイルシステムを提供しており、特に学術系のスーパーコンピュータで広く採用されている。DDN の最新製品である「DDN EXAScaler」は、並列ファイルシステム Lustre を基盤としている。一方、「DDN Infinia」は、AI およびクラウド向けに設計された新しいストレージプラットフォームであり、NVMe ドライブや RDMA をサポートし、完全にコンテナ化されたアーキテクチャを採用している。本発表では、これらのストレージシステムの性能向上や、AI フレームワークとの統合を目的としたデータ管理の最適化について言及された。

質疑では、主にストレージコストや耐久性に関する質問が寄せられた。価格の面では、Infinia は Lustre よりも安価であるが、全体のストレージ構成

を Infinia のみに統一することはコスト増加につながるため、Lustre との併用が選択されている。耐久性については、ストレージデバイスの保証期間は 5 年だが、スーパーコンピュータ用途ではそれ以上の運用期間を求められることが多く、長期運用に向けた対策が重要視されている。また、ノード数が増加した場合の安定性の面では Lustre がより適しているため、二次ストレージとして Lustre を維持する方針が採られていることが説明された。

*** 「実験系研究者が使う ONION ベースの研究データ基盤を創る－全学機器共用の立場から」**

大阪大学 コアファシリティ機構 准教授・機構長補佐、D3 センター 高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 准教授　古谷 浩志 氏

図 10：古谷 浩志 氏の講演

本講演では、大阪大学 コアファシリティ機構 機構長補佐（兼） D3 センター 高性能計算・データ分析融合基盤協働研究所 准教授 古谷 浩志 氏をお招きし、全学機器共用の立場から実験系研究者が使う ONION ベースの研究データ基盤についてご講演いただいた（図 10）。従来、実験用の共用機器はネットワークに接続されていない場合が多く、取得されるデータの取り扱いに関しては、保存メディアを直接やり取りする等のアナログな方法がとられることが多かった。そこで測定データを NAS へ転送し、さらに S3 で ONION と連携させることで、ネットワーク上でのデータ管理を可能にしたことが報告された。この仕組みを工学部で導入した結果、年間 10 万件のファイル転送が確認され、データ流通の効率化が実証された。また、単なるデータ管理システムの提供に留まらず、解析環境の構築や 4 次元データの処理機能の付加によって、実験系研究のデータフローに最適化されたシステムの構築を目指すことが提案されている。

質疑では、主にデータの検索性、解析手法の提案、他大学への機器共用、ネットワーク接続の影響、データ転送速度について議論が行われた。検索に関しては、データを管理する仕組みが必要であり、最低限の労力でメタデータを組み立てる仕組みの重要性が指摘された。また、解析手法の自動提案については、成功例を蓄積することで精度を向上させる方針が示された。他大学向けの機器共用については、NMR のような特殊機器は共用のニーズが高いものの、ユーザに対してその機器を実際に使用するためのサポートの提供が不可欠であると指摘された。ネットワーク接続の影響に関しては、測定中にデータ転送を行うことはないためデータ転送により測定が不安定になることはないことが説明され、データ転送速度についても 100 Mbps 程度の通信速度を達成していることが述べられた。

*** 「デンタルバイオリソースを活用するデータプラットフォーム拠点形成を目指した取り組み」**

大阪大学 歯学部附属病院長、大学院歯学研究科 顎顔面口腔矯正学講座 教授　山城 隆 氏

図 11：山城 隆 氏の講演

本講演では、大阪大学 歯学部附属病院長 大学院歯学研究科 顎顔面口腔矯正学講座 教授 山城 隆 氏をお招きし、デンタルバイオリソースを活用するデータプラットフォーム拠点形成を目指した取り組みについてご講演いただいた（図 11）。歯学部附属

病院・歯学研究科では歯科医療における診療データの一元的なデジタル化とその共有を推進し、スーパーオーラルヘルスプロモーションを実現する DX 拠点の創生を目指している。具体的には、セキュアな大規模マルチメディアアーカイブの構築、地域連携を支えるデンタル ID ネットワーク、数理統計的口腔形状モデル、快適な歯科治療空間の創生を掲げ、診療支援や事故検知、教育活用が可能な自動運転 AI デンタルチェアの開発、クリニックモニタリングや歯科技工のデジタル環境整備にも取り組む。また、世界最大規模の顔面形態・機能オープンデータの構築を進め、深層学習による小児の歯の生え替わり予測や顔形態解析、遺伝子データと口腔形態データの統合解析を行い、個別最適化治療や新規疾患特定に資する知見を蓄積することも目指していることが説明された。

質疑では、小児の歯の生え替わり予測 AI が将来的な歯列矯正の必要性判断にも応用可能であり、歯の位置や距離などのデータ蓄積により精度向上が期待できると回答された。また、研究の推進にあたっては、医療に関わる当事者の負担軽減が重要であり、デジタル化による利便性や災害時のデータ保全の利点を強調していることが説明された。さらに、遺伝データの取り扱いについては、解析と管理体制を構築し、独自のデンタルバイオバンク整備を進めていることが示された。

*** 「大規模データサイエンスを支える学術研究基盤のあり方について」**

座長：

山下 晃弘

大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 招へい教授

パネリスト：

大平 健司

大阪大学 D3 センター セキュアプラットフォーム・アーキテクチャ研究部門 准教授

小原 誠

ネットアップ合同会社 ソリューション技術本部 ソリューションアーキテクト部 シニアソリューションアーキテクト

山口大学 客員准教授（DX アドバイザリー）

髙橋 慧智

大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 准教授

新岡 宏彦

九州大学 データ駆動イノベーション推進本部 健康医療 DX 推進部門 教授

山田 憲嗣

大阪大学 大学院情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻 特任教授（常勤）

渡場 康弘

大阪大学 ヒューマン・メタバース疾患研究拠点 ビッグデータ・計算コアファシリティ 特任准教授（常勤）

図 12：パネリストの皆様と座長

本パネルディスカッションは「大規模データサイエンスを支える学術研究基盤のあり方について」というテーマで行った。大阪大学 D3 センターでは、スーパーコンピュータ SQUID、データ集約基盤 ONION、クラウド型計算基盤 mdx II が運用されている。これらのシステムは、研究の生産性向上、科学の透明性・再現性向上、研究成果の価値最大化、研究手法のオープン化などを見据え、導入および運用されている。研究データの適切な公開、管理、活用に関する課題を明らかにし、データガバナンスや計算基盤の最適化を通じて、研究の発展を促進する目的で本パネルディスカッションを企画した。

パネリストには、スーパーコンピューティングシステムの産学利用促進に携わる専門家、およびスーパーコンピュータを利用されている産業界の研究者

にご参加いただき（図 12)、本センターの先進高性能計算基盤システム研究部門 招へい教授 山下 晃弘が座長を務めた 。以下、パネルディスカッションの内容を簡潔にまとめる。

パネルディスカッションでは、最初に研究データの公開・管理とその活用に関する課題について議論が行われた。まず、オープンデータとオープンアクセスの課題について、山下氏はゴールドオープンアクセスとグリーンオープンアクセスについて言及し、研究データと論文を適切に紐付けることの重要性を指摘した。研究成果を最大化するためには、データをオープンにすることが望ましいが、一方でセキュリティや知的財産の問題を考慮しなければならない。また、研究データセットのみの管理は困難であり、共同研究者間での効率的な処理が求められ、論文公開時にはデータとの紐付けも必要である。こうした課題を踏まえつつ、次世代の大規模データサイエンス研究基盤に求められる要素について議論を進めた。

データを取り扱う研究者の視点から、山田氏はデータ連携におけるメタデータ標準化の必要性を指摘した。しかし、実験中にメタデータを入力するのは難しいため、使いやすいユーザーインターフェースや生成 AI の活用による自動化の可能性に言及した。会場からは、メタデータ（測定条件や出典情報など）の整備が不可欠であるが、レフェリー済みのデータのみを活用するべきかどうかについては議論が必要であり、データの品質を担保するための仕組みを構築することが重要であるとの指摘があった。これに対し、データの信頼性を高めるためには、「誰が作ったデータなのか」「どのような方法で生成されたのか」というトレーサビリティの確保が不可欠であり、ブロックチェーンなどの技術を使って、人が改ざんできない形でログを自動生成する試みが進められていることが紹介された。新岡氏は、医療データでは、ラベルが付いていないデータでも自己教師あり学習などで価値を生み出せるようになっていること、AI を用いて診断レポートと画像を紐付け、病名を自動抽出することで、人の手を介さずに比較的クリーンなデータセットを作成できる可能性を示した。

会場からの質問で、オープンデータにおけるセキュリティの課題が提起され、研究成果の公開とセキュリティのバランスについて議論がなされた。研究データの公開とガバナンスの課題について山下氏は、公的資金を伴う研究データの公開義務化に伴う課題と今後の展望について述べた。大平氏は、データの公開には適切なアクセス制御が必要であり、すべてのデータを無条件に公開するのではなく、公開範囲を適切に管理する仕組みが求められると述べた。

次に、データパイプラインを意識したデータ連携が容易なシステムや、 データの来歴（プロビナンス）を含めたデータガバナンスを自動化し、研究者の負担を軽減するシステムなど、データ連携を前提とした次世代のシステムに対する要求について議論が行われた。髙橋氏が、データパイプラインの効率的な処理のためにはワークフローエンジンの整備が不可欠であると述べた。特に、SQUID や mdx II のような複数のシステムを跨いでデータ処理の依存関係を管理するためには、システム間の連携を実現するようなワークフローシステムが必要になると述べた。

異なるシステムにまたがるストレージサービスに関して、小原氏は、プライベートクラウドにおいては自由な構築とガバナンスの両立が必要であり、それを支える自動化・セルフサービスの仕組みが重要だと述べた。また、クラウドとオンプレミス間のデータ移行を容易にする API や、テナント分離・セキュリティ・ランサムウェア対策を含む自動バックアップの必要性にも言及した。AI 活用企業においてクラウド利用が増加しているトレンドに関しては、プライベートとパブリッククラウドを使い分けるハイブリッド運用が現実的であり、急な計算需要に応じてパブリッククラウドを一時利用する事例もある。その際、データの持ち込み・持ち出しのしやすさが重要とされた。一方で、長期間にわたるデータ管理には、コストやセキュリティの面からプライ

ベートクラウドの活用が適していると述べた。大平氏は、多様な研究者が多様なストレージを使用する状況での認証機能の課題について、共通の認証基盤と個別システムの要件に応じた認証の必要性を述べた。

メタバースのようなデジタルツインの実現には、リアルタイム性の高い膨大なデータの活用が不可欠であり、なおかつ測定から解析まですべてを連動させるためには、ワークフローを管理するシステムソフトウェアが必要といえる。この点に関して、渡場氏は、データ生成状況の管理も重要で、AI を活用して補完・自動生成することで、デジタルツインを変化させていくという方向性に言及した。また、専門分野ごとに情報が分断されている場合、横断的なデータ統合が必要となり、データの来歴管理がますます重要になると述べた。髙橋氏は、現在のシステム連携はファイルコピーに頼る部分が多く、改善の余地があること、将来的には大学間の計算資源を横断的に利用できるワークフローの実現が理想であるとした。

最後に会場からの質問を受けて、公的資金を使った研究でも、すべてのデータをすぐに公開する必要はなく、オープンにする部分とクローズにする部分を分ける戦略が可能であり、そのためのシステムの実現性が議論された。保存されたデータに対し、研究者が必要に応じて公開・非公開を切り替え、必要な部分だけを選んで提供できる仕組みについて話し合われた。山田氏は、医療データの例では、患者（データ所有者）が自身のデータの匿名化や公開範囲について判断できる仕組みが求められ、NFT（非代替性トークン）を用いたスマートコントラクトであればデータ所有者が権限を持ち、それらをコントロール可能になると述べた。

以上、本パネルディスカッションでは、研究データのオープン化とセキュリティ、データ連携の最適化、計算基盤の活用など、多岐にわたるテーマについて活発な議論が行われた。今後の研究環境において、データの適切な管理と活用を推進するためには、技術的・倫理的・法的な側面を考慮しながら、統合的なシステムの構築が求められる。

図 13：講演者、パネリストらによる記念撮影

図 14：レセプションの様子

Cyber HPC Symposium 2025 は、昨年と同様、対面形式での開催となった。本シンポジウムの講演者、パネリスト（図 13）の皆様には、大阪大学 D3 センターにわざわざお越しいただいたことに感謝したい。また、シンポジウム後に開催されたレセプションでは多くの方が立食形式での懇親・情報交換を楽しんでおられたようだった（図 14）。乾杯の挨拶は降簱 大介 センター長により行われた。

また、情報推進部情報基盤課研究系システム班を中心に、情報基盤課 西出 一廣 課長、同じく研究系システム班の福ヶ迫 育子 特任事務職員、さらには情報企画課総務係 三宮 徹也 係長、大田 楓 事務職員、中嶋 由賀 特任事務職員、アルバイト学生の下内 良太さん、野口 祥生さん、朱 博さん、長田 侑馬さん、松本 琉大桜さんの皆様には過去の記録をもとに、開催に向け入念な準備をしていただいた。その甲斐もあり、本年度も Cyber HPC Symposium 2025 を無事成功させることができた。ここに、感謝の意を記したい。

最後ではあるが、忙しい時期にもかかわらずシンポジウムにご協力・ご出席いただいた方々には今一度感謝の意を表したい。

2024 年度公募型利用制度 成果報告会 開催報告

速水智教[1]　野口祥生[1]　伊達進[1]　向園悠[2]　寺前勇希[2]　木越信一郎[2]
先進高性能計算基盤システム研究部門[1]　情報推進部情報基盤課[2]

公募利用成果報告会について

大規模計算機システム公募型利用制度では、本センターの大規模計算機システムを活用する研究開発の育成・高度化支援という観点から、4 つの公募枠を設置して、多様な研究分野からの応募を受け入れ、選ばれたプロジェクトに対して計算資源を提供している。この取り組みによって、大規模計算機システムを利用する様々な研究課題を支援しつつ利用者の裾野を広げ、ひいては学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点(JHPCN)や革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の公募課題へと発展させていっていただきたいという期待も込められている。

本センターでは例年、採択された研究課題で得られたそれぞれの成果を、成果報告会という形で研究代表者に発表していただいている。本年度は 2025 年 3 月 4 日と 5 日に、「2024 年度 公募型利用制度 成果報告会」がオンライン形式で開催された。

本年度採択された課題は、若手・女性研究者支援萌芽枠 6 課題、大規模 HPC 支援枠 8 課題、人工知能研究支援枠 2 課題であった。また、昨年度新設された世界と伍する学生育成特設枠は 12 課題が採用されている。計 28 課題の発表が行われた。

本報告会は、1 日目は 11:00 開会・16:50 閉会、2 日目は 10:30 開会・16:50 閉会というスケジュールであった。2 日間とも大阪大学 D3 センター大規模計算科学研究部門、吉野元教授が司会を務めた。

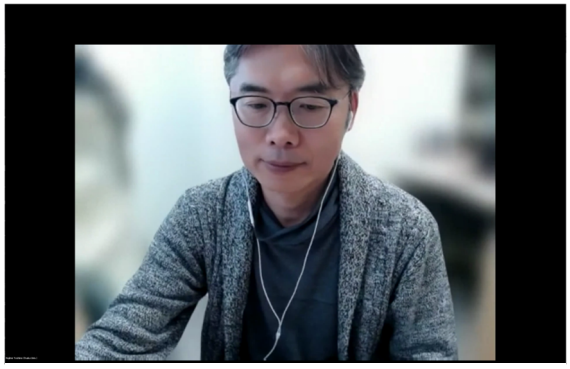


図 1 司会の吉野元教授

日程とプログラム

1 日目（2025 年 3 月 4 日）

開会の挨拶：速水 智教（大阪大学 D3 センター 先進高性能計算基盤システム研究部門 特任助教(常勤)）

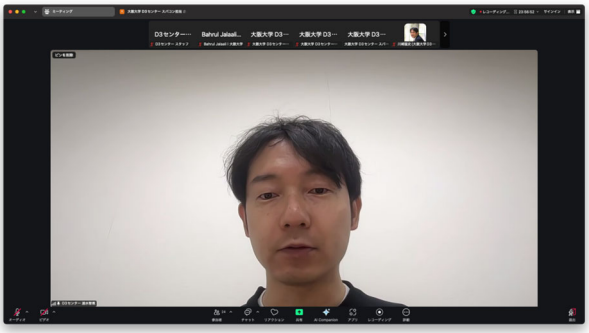


図 2 開会の挨拶を行う速水智教特任助教(常勤)

発表セッション

- セッション I
  - 「高忠実流体構造連成モデルによる 3 次元超臨界翼の遷音速フラッター解析：特異なフラッター境界形成メカニズムの解明」
    発表者：三宅 冬馬（北海道大学大学院 工学院 機械宇宙工学専攻 博士後期課程）

図 3 三宅冬馬氏の成果報告

超臨界翼におけるフラッター境界の解析に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、3D モデルにおける格子の切り方の難しさに関する議論が行われた。

  - 「Data-driven subgrid-scale model for

large-eddy simulation」発表者：Bahrul Jalaali（大阪大学大学院工学研究科 機械工学専攻 博士後期課程）

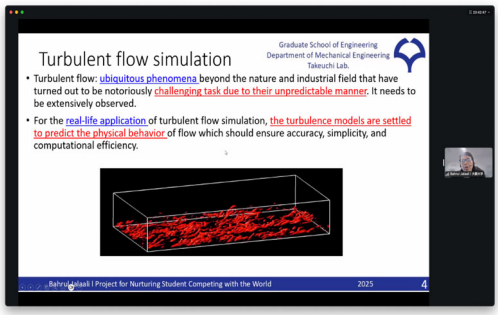


図 4　Bahrul Jalaali 氏の成果報告

マルチスケールアプローチ（MSC-SGS）に基づくデータ駆動 SGS モデルにより乱気流の発生特徴の解析に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、研究継続のために大規模計算環境が引き続き必要となることが主張された。

- 「Investigating dynamically super-disordered Graphite Intercalation systems for Metaphonics modeling through advanced Material Informatics and molecular dynamics simulations」発表者：YIJIA WU（東京大学 工学部 博士後期課程）

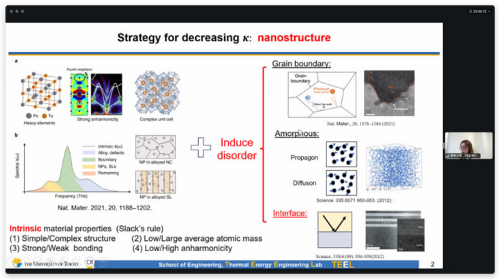


図 5　Yijia Wu 氏の成果報告

グラファイト層間化合物の構造の調整に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、最も計算コストのかかる処理に関する議論が行われた。

- 「電荷注入現象の解明を目的とした金属/ポリマー界面モデリング」発表者：片瀬 大祐（東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻 修士課程）

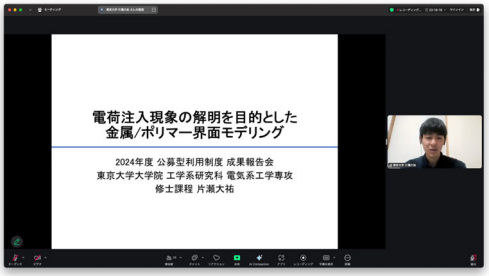


図 6　片瀬大祐氏の成果報告

高分子絶縁材料への電荷注入現象を界面モデルによりシミュレーションする研究に関する発表が行われた。質疑応答では、モデルのより詳細な定義に関して議論が行われた。

- 「固体群と流体の三次元連成数値シミュレーションを用いた混合粒径土砂流の力学機構の解明」発表者：山口 栄治（琉球大学大学院 理工学研究科 工学専攻修士課程）

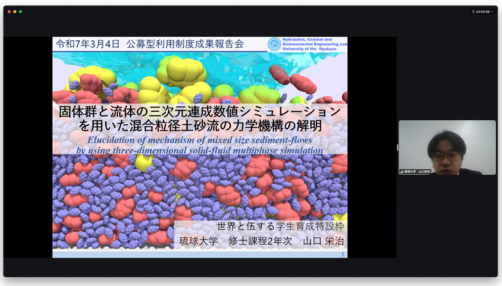


図 7　山口栄治氏の成果報告

水と固体群の三次元連成数値解析法 APM による 3 種類の粒径土砂流の数値解析を行う研究の発表が行われた。質疑応答では、シミュレーションの妥当性や実験値との比較に関する説明が行われた。

- セッションⅡ
  - 「塑性変形におけるエネルギー散逸に関する分子動力学的研究」発表者：李 響（大阪大学 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 博士後期課程）

塑性変形における大規模な分子動シミュレーションに関する研究が発表された。質疑応答では、シミュレーションの詳細や計算の収束性に関する議論がなされた。

図 8　李響氏の成果報告

- 「Particle acceleration in collisionless shocks with pre-existing turbulences by particle-in-cell simulations」発表者：Minh Nhat Ly（大阪大学大学院 理学研究科 物理学専攻 博士後期課程）

図 9　Minh Nhat Ly 氏の成果報告

陽子の最大必要エネルギーと衝撃エネルギー分割からのエネルギー流速に基づき、ブラックホールコロナにおける衝撃加速の可能性を解析する研究が発表された。質疑応答では、 計算結果の妥当性に関する説明がなされた。

- 「医薬品有害事象プラットフォームへの言語生成 AI の搭載による安全性情報の収集・分析の効率化」発表者：浅野 弘斗（大阪大学 薬学研究科 博士後期課程）

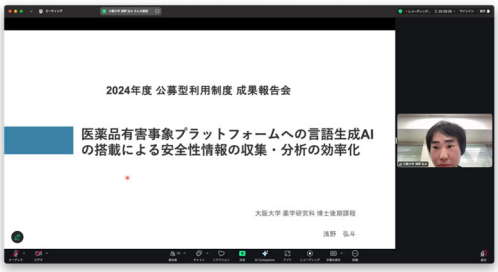


図 10　浅野弘斗氏の成果報告

本研究は、有害事象情報を医療現場で活用するために、解析結果を大規模言語モデル（LLM）で説明する仕組みを構築する研究である。質疑応答では、大規模言語モデルの学習にはSquidのような高性能計算基盤が必要であることが主張された。

- 「太平洋赤道上の深い循環を駆動するエネルギー供給プロセスの解明」発表者：寺田 雄亮（東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻 博士後期課程）

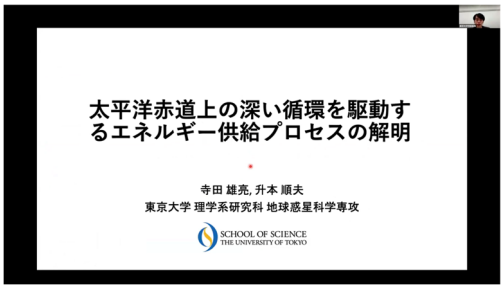


図 11　寺田雄亮氏の成果報告

数千〜1 万 km 規模の深層海洋循環、とくに東西のジェット流に関するシミュレーションの研究発表が行われた。質疑応答では、東西流の形成原理に関する説明が行われた。

- 「Machine Learning Metadynamics for Modelling Phosphoramidate-based Antibody-drug Conjugates in Cancer Treatment」発表者：Rizka Nur Fadilla（大阪大学大学院工学研究科 物理学系専攻 博士後期課程）

図 12　Rizka Nur Fadilla 氏の成果報告

抗体薬物複合体（ADC）におけるリンカーの改良を目指す研究の発表が行われた。質疑応答では、シミュレーション内の計算の詳細に関する説明が行われた。

- セッションⅢ
  - 「ホイッスラー波を利用した新奇なレーザー核融合デザインの探索」発表者：佐野孝好（大阪大学　レーザー科学研究所　准教授）

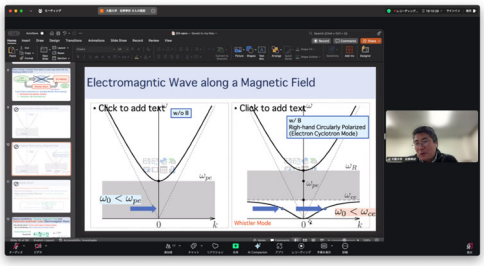


図 13　佐野孝好氏の成果報告

強磁場下でのホイッスラーモードを利用した新規レーザー核融合プラズマ生成手法の探索を目的としたシミュレーション研究に関する発表が行われた。質疑応答では、計算の並列化可能性に関する 考察が行われた。

  - 「Logarithm conformation representation による圧縮性流体方程式の導出と数値計算」発表者：中澤 嵩（金沢大学　学術メディア創成センター　准教授）

図 14　中澤嵩氏の成果報告

超音速流体の数値解析に関する研究が行われた。質疑応答では、数値振動の原因やログ変換による保存性の影響、衝撃波付近のメッシュ配置について議論された。

  - 「In silico スクリーニングを用いて、毒性ウィルスタンパク質と宿主タンパク質との相互作用を予測する」発表者：河口 真一（大阪大学大学院　生命機能研究科　生殖

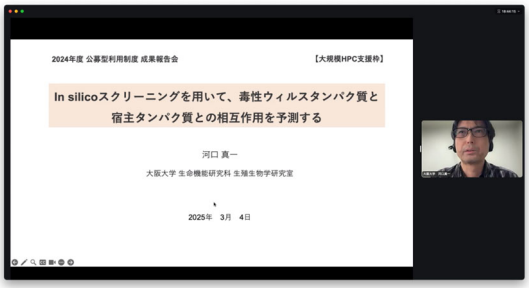


図 15　河口真一氏の成果報告

生物学研究室　助教）

ウイルスタンパク質とヒトタンパク質の相互作用予測に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、AlphaFold2 の学習データに複合体構造が含まれることや、計算効率化の可能性について議論された。また、対象とするタンパク質の長さや、多体間相互作用の予測可能性について議論された。

  - 「マイクロトロイダルによるプロトン・ボロン磁場核融合の３次元シミュレーション」発表者：村上　匡且（大阪大学　レーザー科学研究所　教授）

図 16　村上匡且氏の成果報告

プロトン-ボロン核融合に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、磁場生成におけるジオメトリの重要性とスケールの制約について考察された。

2 日目（2025 年 3 月 5 日）

発表セッション

- セッションⅣ
  - 「連星系における共通外層期の軌道進化を対象とする 3 次元磁気流体計算」発表者：水谷 耕介（大阪大学　理学研究科　宇宙地球科学専攻　宇宙進化グループ　修士

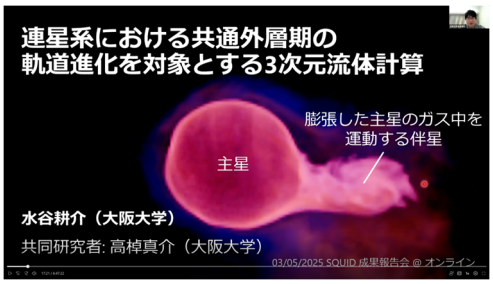


図 17　水谷耕介氏の成果報告

課程）

連星系における軌道進化に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、流体計算手法や構造モデルの仮定について議論された。

- 「機械摩擦の摩耗焼付き機構解明に資するマルチスケールモデルの開発」発表者：杉村　奈都子（鹿児島工業高等専門学校 准教授・学科長）

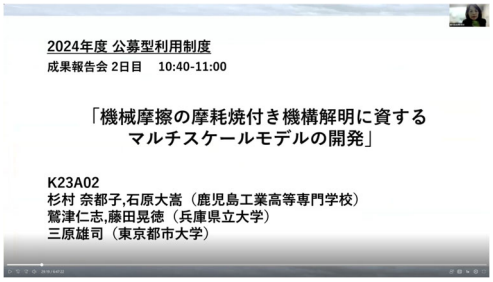


図 18　杉村奈都子氏の成果報告

境界潤滑領域における摩耗焼き付き機構の解明に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、材料物性の設定方法や先端速度の調整、SPH 法における粒子剥離の表現について議論された。

- 「第一原理計算を用いた非調和フォノン特性データベースの構築」発表者：大西　正人（東京大学　特任講師）

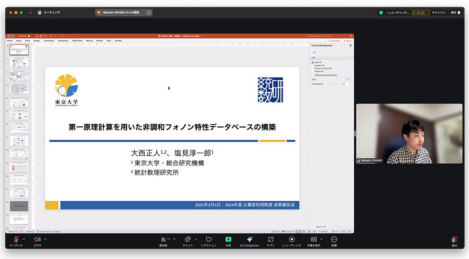


図 19　大西正人氏の成果報告

無機材料の熱物性データベース構築に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、熱電動率の温度依存性について説明された。

- 「超高強度レーザーイオン加速におけるイオン化の物理とその制御」発表者：畑　昌育（量子科学技術研究開発機構　関西光量子科学研究所　主任研究員）

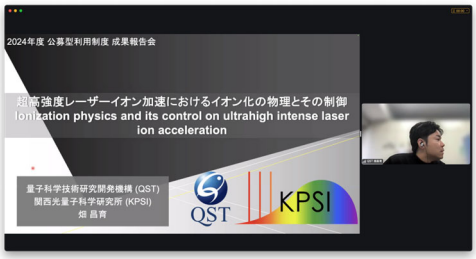


図 20　畑昌育氏の成果報告

レーザーを用いたイオン加速の物理とその制御に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、シミュレーションの初期条件として用いるレーザーパルスの設定方法や、実験との比較の妥当性について議論された。

- 「運動論的レーザープラズマ相互作用で発生する非熱的高速電子特性の解析」発表者：高木　悠司（大阪大学　理学研究科　物理学専攻　大学院生）

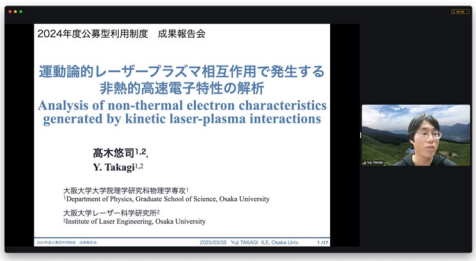


図 21　高木悠司氏の成果報告

高強度レーザーとプラズマの相互作用における高速電子の生成メカニズムに関する研究の発表が行われた。質疑応答では、パーティクル数の調整など、シミュレーションの計算規模の工夫について説明がなされた。

- セッションV
  - 「溝付き粘弾性体の滑り摩擦の連続体解析」発表者：岩下　航（大阪大学大学院　基

礎工学研究科 機能創成専攻非線形力学領域 博士後期課程）

図 22　岩下航氏の成果報告

高速電子特性の解析に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、高速電子の加速機構に関して、本研究で示された多モード環境でのストカスティックな加速過程の特徴が従来の SRS による単一モードでの加速と比較されながら議論された。

- 「生成座標法に基づく核分裂の微視的記述」発表者：鵜沢 浩太朗（京都大学大学院 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 博士後期課程）

図 23　鵜沢浩太朗氏の成果報告

生成座標法に基づく微視的核分裂シミュレーションに関する研究の発表が行われた。質疑応答では、計算精度向上の余地や核分裂経路の選択について議論された。

- 「Investigating Magnetic Interaction in the Photo-excited State of a Series of Triple-Decker Phthalocyaninato Lanthanide(III) Complexes」発表者：Anas Santria（大阪大学大学院 理学研究科 化学専攻 助教）

光を用いた分子磁性の制御に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、磁化制御の手法や相互作用の調整に向けた分子設計、計算手法の課題について議論された。

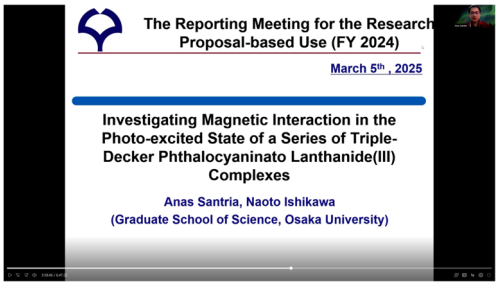


図 24　Anas Santaria 氏の成果報告

- 「超臨界地熱発電を志向した超臨界地熱環境下での人工地熱貯留層造成シミュレーション」発表者：緒方 奨（大阪大学大学院 工学研究科附属フューチャーイノベーションセンターテクノアリーナ 助教）

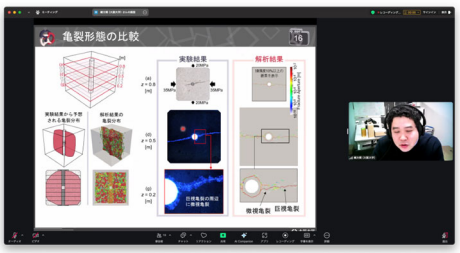


図 25　緒方奨氏の成果報告

超臨界 CO_2 を用いた岩石破砕および地熱貯留層造成に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、超臨界流体の物性や力学・流体計算のカップリング手法、従来型地熱発電との比較について説明が行われた。

- 「自然の多面的価値の理解に向けたランドスケープの埋め込み表現の開発」発表者：芳賀智宏（大阪大学大学院 工学研究科 特任助教）

図 26　芳賀智宏氏の成果報告

生物多様性評価のための地理空間デー

タ埋め込み手法に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、隣接関係を考慮した埋め込み手法やグラフニューラルネットの適用可能性が議論された。

- セッションVI
  - 「レーザープラズマ駆動電子加速における放射減衰効果」発表者：顧 彦珺（大阪大学 産業科学研究所 特任講師）

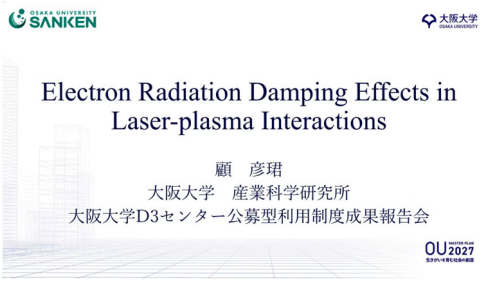


図 27 顧彦珺氏の成果報告

高強度レーザー場における電子の運動と放射反応に関する研究の発表が行われた。質疑応答では計算結果の実験的検証方法や並列計算の効率向上が議論された。

  - 「大規模言語モデルを用いた文献からの知識抽出と細胞内ネットワークの数理モデルのデータ駆動的な構築」発表者：荒金 究（大阪大学 蛋白質研究所 修士課程）

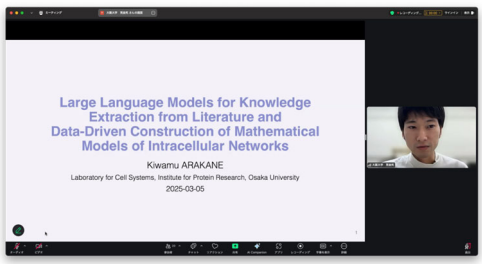


図 28 荒金究氏の成果報告

大規模言語モデルを用いた細胞シグナル伝達系の数理モデル構築の自動化に関する研究の発表が行われた。質疑応答では、モデルの信頼性や矛盾する学説の扱いについて議論された。

  - 「反応性プラズマと物質の相互作用を解析するための機械学習原子間力場の構築」発表者：浜口 智志（大阪大学 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授）

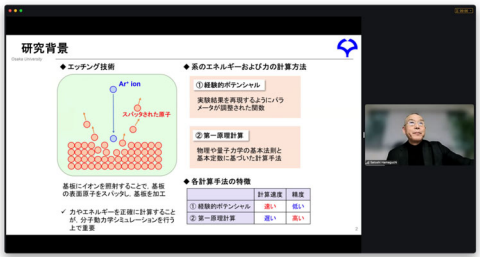


図 29 浜口智志氏の成果報告

大規模シミュレーションと機械学習を活用し、磁性材料の開発を目指す研究の発表が行われた。方程式の熱揺らぎ導入の可否やその他シミュレーションの詳細な概念についての議論が行われた。

  - 「大規模シミュレーションと機械学習を活用したデータ駆動型磁性材料開発」発表者：小野 寛太（大阪大学大学院 工学研究科 物理学系専攻 教授）

図 30 小野寛太氏の成果報告

プラズマと物質の相互作用を解析するための機械学習を用いた原子間ポテンシャルの構築に関する研究の発表が行われた。結果では、高エネルギーイオン衝撃による表面エッチング過程を高精度にモデル化できることを示した。質疑応答では、反応性プラズマの定義や機械学習ポテンシャルの精度、従来の経験的ポテンシャルとの比較について議論された。

総評

本報告会は、公募型利用制度の成果を広く共有する貴重な機会となった。研究テーマは多岐にわたり、

どれも興味深い内容であった。質疑応答を通して、新たな課題の発見や研究活動に対する意欲が高まる機会となったと期待したい。昨年度に引き続き、今年度採択された世界と伍する学生育成特設枠は 12 課題と 4 課題増加し、多くの学生の研究で本公募利用制度が活用され、無事成果報告まで至ったことは、本公募型利用制度の有効性を示す重要な成果といえる。今後の研究活動において更なる飛躍が期待される。

次年度もまた、公募型利用制度をより多くの研究者に周知していくとともに、成果報告会を通じて本センターの大規模計算機システムの重要性と研究への貢献度を周知していけるよう努力したい。

D3 センターキックオフシンポジウム 開催報告

安福健祐[1]　大前智美[2]　釜池聡太[3]　宮永勢次[4]
サイバーコミュニティ研究部門[1]　言語教育支援研究部門[2]
DX 研究部門[3]　情報推進部情報基盤課[4]

D3 センターは、「Digital design（情報をデータ化・使えるように）」、「Datability（高度かつ膨大なデータを解析・使いやすく）」、「Decision intelligence（様々な意思決定を支援する）」をキーワードに、大阪大学が目指す「データ駆動型大学」の実現を支える組織として 2024 年 10 月に設立された。その D3 センターの設立を記念し、当センターが果たすべきミッションと目指すビジョンを広く共有することを目的とし、D3 センターキックオフシンポジウムが 2025 年 3 月 11 日に開催された（図 1）。

本シンポジウムの開催に向けては、D3 センター Web サイトより参加申込の受け付けを行い、3 月 3 日を締切として、179 名の参加申込があり、170 名が出席した。その参加申込の内訳は、阪大内 90 名、阪大外 80 名であった。また、学術からは 111 名、産業界からは 59 名という内訳であった。会場である大阪大学会館アセンブリー・ホールはほぼ満員となり、大盛況なシンポジウムとなった（図 2）。

図 1：シンポジウムリーフレット

図 2： 会場のアセンブリー・ホールは満席

シンポジウムは 13:00 から受付を開始した。受付では、D3 センターのロゴ入りエコバッグに、今回新たに制作した D3 センター要覧、シンポジウムのリーフレット、見学会資料、大阪大学統合報告書とお土産の阪大コーヒーを入れて配布を行った。

13:30 よりシンポジウムが開始され、はじめに、西尾章治郎総長からの挨拶、続いて、文部科学省研究振興局参事官（情報担当）付学術基盤整備室の土井大輔室長より開会の挨拶をいただいた（図 3）。

図 3： 西尾総長による開会の挨拶

本シンポジウムは、基調講演 1 件、D3 センターからの講演 4 件とパネルディスカッションに加えて、D3 センター豊中教育研究棟に新たに整備された学修スペースの見学会によってプログラムを構成した。シンポジウム全体の司会進行は、D3 センター副セン

ター長下西英之教授が担当した。

以下、講演内容、パネルディスカッションについて簡単に報告する。

＊基調講演「生成 AI とオープンデータ」

国立情報学研究所

所長

黒橋　禎夫 氏

図 4：黒橋禎夫氏の基調講演

国立情報学研究所 所長・京都大学特定教授の黒橋禎夫氏による「生成 AI とオープンデータ」と題する基調講演が行われた（図 4）。黒橋氏は講演の冒頭で、環境問題や格差問題、地域紛争など、人類が直面する複合的な社会課題の解決には多様なバックグラウンドを持つ人々の協働が必要であり、そのためにはオープンデータ/サイエンス/イノベーションが重要だと指摘した。過去 30 年間、WWW や深層学習、AlphaFold、DeepL、ChatGPT など情報学の進展が社会に広範なインパクトを与えてきたことを踏まえ、生成 AI による社会変革の可能性を論じた。

2023 年の G7 科学技術大臣会合ではオープンサイエンスの推進が合意され、FAIR 原則（Findable、Accessible、Interoperable、Reusable）に沿った科学的知識や研究データの公平な普及が重視された。日本でも 2024 年に学術論文等の即時オープンアクセスの実現に向けた基本方針が示され、研究データ基盤システム（NII Research Data Cloud）の整備・充実が進められている。

講演ではフランス国立視聴覚研究所（INA）の例も紹介された。INA は世界最大規模の映像・音声アーカイブを保有し、放送番組が「国家遺産」として位置づけられ、AI 研究開発にも活用されている。日本との対比として、日本の放送局では自局の再利用が主目的となっている点に触れた。黒橋氏は元国立国会図書館館長の長尾真氏の「知識はわれらを豊かにする」という標語を引用し、資料のデジタル化と知識へのアクセス拡大の重要性を強調した。

講演の中心部分では大規模言語モデル（LLM）の技術的背景として、ニューラルネットワークによる自然言語処理の進化、Transformer アーキテクチャの革新、GPT シリーズの発展などが解説された。特に日本の取り組みとして、LLM-jp（LLM 勉強会）の活動が詳しく紹介された。当初 30 名程度の研究者による勉強会から始まり、現在は 2,000 名を超える参加者を集め、オープンで日本語に強い大規模モデルの構築と原理解明に取り組んでいる。

講演の最後に黒橋氏は、ソブリン AI の必要性、特に医療・行政・教育など公共性と秘匿性の高い分野での安心な利用、日本の論文や書籍、放送番組などのデータ活用の重要性を強調した。AI の不完全さを認識しつつも、過度に慎重な態度は発展を妨げると警鐘を鳴らし、生成 AI とオープンデータの相乗効果によって社会課題解決やイノベーション促進が期待できると締めくくった。

＊「D3 センターの目指すビジョン」

大阪大学 D3 センター

センター長

教授 降簱　大介

D3 センター降簱センター長からは「データ駆動型大学を目指して～データを基盤とする研究・教育・業務とそれを支えるインフラ～」というテーマで D3 センターの紹介が行われた（図 5）。D3 センターの組織構造については、「データ生成・収集コア」「データ解析コア」「データ活用コア」という 3 つのミッションコアが循環するサイクル形態が採用されている。各コアにはそれぞれ村田忠彦教授、長原一教授、鎗水徹教授がリーダーを務め、川島正久コーディ

ネーターが全体を統括している体制が紹介された。

センターの特色として、文系理系の区分を超えた多様な人材構成と、理論から応用までをカバーする幅広い専門性が挙げられた。教員の一部は業務時間の 35%を支援業務に充てており、全学への多様な支援活動を展開している点も説明された。

D3 センターの主な全学支援業務としては、教育用計算機環境支援、言語教育支援、建築学教育支援、高度計算教育支援、高性能計算機システム・ICT インフラ運営、セキュリティ対策支援などの概要に報告された。特に教育用計算機環境支援は、従来の学生が利用する計算機環境の整備から、授業支援システムのソフトウェアに広がっており、コロナ禍でのオンライン授業への移行がスムーズに行われたという。

図 5：降簱センター長の講演

また、OU マスタープラン実現加速事業への参画も重要な役割であり、Digital Twin Living Lab. service の創出として、Beyond 5G 技術開発、サイバーコミュニティ・プラットフォーム構築、Analytics サービスプラットフォーム提供などの取り組みが進行中であることが説明された。

降簱センター長は講演の締めくくりとして、D3 センターが「データ駆動型大学」の形成を目指し、多様なデータの収集・解析・活用を通じて、大阪大学全体のデータ駆動型研究・教育・業務を推進する新組織として、今後さらなる取り組みを進めていく決意を表明した。

＊「D3 センターによるデータ創成と ICT インフラ」

大阪大学 D3 センター
データ生成・収集コアリーダー
教授 村田　忠彦

D3 センター データ生成・収集コアリーダーの村田忠彦教授による「D3 センターによるデータ創成と ICT インフラ」と題する講演が行われた（図 6）。村田教授はデータ生成･収集コアの組織体制について、データ創成サブコアと ICT インフラサブコアの 2 つのサブコアから構成されることを説明した。コアミッションとして「データ生成による社会実装推進およびデータ収集インフラによるデータ収集」を掲げ、D3 センターの 3 つのコア間の循環する組織構造を形成していると説明した。

具体的な取り組みとして、スーパーコンピュータ SQUID、データ集約基盤 ONION、データ利活用創成プラットフォーム mdx Ⅱを活用した高速で大規模な計算支援基盤構築、生成 AI･探索 AI を活用したデータ生成・合成技術の開発、情報通信システムにおけるリスクマネジメント、機械学習手法によるデータ分析、そして ELSI（倫理的・法的・社会的課題）への対応が紹介された。

ONION を中心とした研究データの管理・活用フローではデータ ID の付与や保護､ホットストレージからコールドストレージへの長期的運用、NII の研究データ基盤との連携によるオープンサイエンス化の取り組みが示された。

図 6：村田教授の講演

また、キャンパスリビングラボの実現に向けた取り組みとして、高速大容量データ収集基盤と Beyond

5G システムを活用したキャンパスデジタルツインの構築が進行中であると報告された。

村田教授自身の研究からは、生成 AI・探索 AI を活用したデータ生成・合成技術によるオープンサイエンス推進の事例が紹介され、多くの学術研究機関や政府・行政、企業にデータを提供し、政策立案や研究に活用されている実績が示された。

＊「D3 センターによるデータ学理と研究 DX」

大阪大学 D3 センター
データ解析コアリーダー
教授 長原　一

D3 センター データ解析コアリーダーの長原一教授による「D3 センターによるデータ学理と研究 DX」と題する講演が行われた（図 7）。長原教授はまず、データビリティフロンティア機構から発展的に統合された D3 センターについて説明を行った。様々な学問分野を通じたデータ収集、分析、活用の重要性を強調し、そのためのデータ利活用の高度化（Datability Science）が推進されてきた経緯が紹介された。2016 年 4 月に設置されたデータビリティフロンティア機構は、大阪大学の様々な関連部門との連携・強化による学際研究推進の役割を担い、現在の D3 センターへと進化したとの説明があった。

続いて、データビリティ学際共同研究の現状について報告がなされた。2024 年実績として 21 部局、32 課題が進行中であり、医学領域における AI 活用や顎関節疾患解析、臨床情報の時系列データ解析、シングルセル RNA-seq のアノテーションツール開発など、多岐にわたる研究テーマが紹介された。

講演では特に、医学、物理学、人文科学の 3 つの学問領域と D3 センターの学際的連携事例が詳しく説明された。

医学分野では、川崎良教授（医学系研究科）による眼底検査のデジタル化と画像解析の取り組みが紹介された。また、西田幸二教授（医学系研究科）が中心となる「WPI PRIMe（大阪大学ヒューマンメタバース疾患学拠点）」の創設について、オルガノイド（IPS 細胞を用いた人工臓器）を用いた疾病解明とバイオデジタルツインによるモデル化が目指されていることが説明された。

物理学分野では、岩崎昌子氏（核物理研究センター）から大型加速器を使う素粒子実験における機械学習活用の取り組みが紹介された。

人文科学分野では、藤岡穣氏（人文学研究科）による仏像研究への AI 活用事例が紹介された。仏像がインドからアジア全域に広がり、各地域の人々の祈りや好みによって変化した様子や、時代による変遷が示された。

図 7：長原教授の講演

＊「D3 センターによる教育 DX と業務 DX」

大阪大学 D3 センター
データ活用コアリーダー
教授 鎗水　徹

D3 センター データ活用コアリーダーの鎗水徹教授による「D3 センターによる教育 DX と業務 DX」と題する講演が行われた（図 8）。鎗水教授はまず、D3 センターのデータ活用コアについて説明を行った。「データ駆動型大学」を目指す大阪大学の研究成果を活かし、データ活用の実践を通じて全学的な教育・業務の DX に貢献するというミッションが紹介された。D3 センターは複数のコアとサブコアから構成され、教育から研究、業務 DX までを包括的に支援する体制が整備されていることが説明された。

続いて、大阪大学の DX（OUDX）の主要プロジェクトとして、OUID プロジェクト（Osaka University IDentity）について詳細な報告がなされた。このプロジェクトでは、大阪大学コミュニティ全員に提供

する一意の生涯 ID と顔認証技術を活用した高付加価値サービスの開発・展開が進められている。具体的には、デジタル学生証・教職員証の実装、顔認証による建物・会議室への入退館システム、出欠管理などが実現されており、約 4 万人の学生・教職員が利用可能となっている。

講演では特に、OUID の技術を活用したスマートキャンパス構想についても説明があった。これにより、キャンパス入退管理、図書館利用、オンライン授業・試験での本人確認など、様々なサービスがシームレスに連携する構想が示された。

図 8：鎗水教授の講演

また、OU 人財データプラットフォームの構築も重要な取り組みとして紹介された。従来は各部局に分散していた情報を一元化することで、入学前から卒業後までの一貫した学修データの蓄積・可視化・活用を可能にし、Student Life-Cycle Support (SLiCS) を実現する狙いがある。これにより、教育面での学生支援強化、研究面での国際競争力強化、経営面での人的ネットワーク強化や経営基盤強化を同時に推進する計画が示された。

● **パネルディスカッション**

進行：

大阪大学 D3 センター
データ駆動コア統括コーディネーター
特任教授 川島　正久

講演に続いて、大阪大学 D3 センターデータ駆動コア統括コーディネーターの川島正久特任教授の進行によるパネルディスカッションが開催された。パネリストとして、D3 センター長の降簱大介教授、データ生成・収集コアリーダーの村田忠彦教授、データ解析コアリーダーの長原一教授、データ活用コアリーダーの鎗水徹教授が登壇した（図 9）。

川島特任教授から、D3 センターは各コアリーダーによる独立した取り組みでも十分な成果を上げることが期待できるが、データ駆動コア統括コーディネーターによって横断的連携を行うことの重要性が確認された。特に生産性の向上とデータやノウハウの資産化を進める仕組み作りの必要性が強調され、PRIMe（大阪大学ヒューマンメタバース疾患学拠点）と D3 センターの連携による成功事例創出の期待が語られた。

降簱センター長は「PRIMe on D3」への期待について、「地に足のついたデータ、研究、成果を出すことが強み」と述べ、医学という現実的な分野で具体的な結果を出せることが優れたケーススタディになると指摘した。

データ駆動型研究の更なる発展に必要な連携について議論では、オンプレミス環境の限界や研究プロジェクト間の連携の難しさが課題として挙げられた。この課題に対して、データ共有基盤 ONION の活用や、スーパーコンピュータの柔軟な利用体制の構築が提案された。

データ管理の複雑さに関しては、データ共有におけるプライバシー情報の秘匿化の自動化や、現場データの特性を考慮した連携の重要性を強調した。また、データ駆動型研究を促進するためには、現場への DX 導入が不可欠であり、オープンアクセスを一つのプロセスやシステムに統合することや、統一認証基盤の整備などのアイデアが提案された。

外部から DX を推進していく上では、研究者が前向きに取り組むメリットを示す必要があり、煩雑なやり取りなく即時にオープンアクセスが実現できることなどサービスの付加価値向上が重要である。そこで、ONION にデータを蓄積することで、より大きなプロジェクトにつながる期待、データ共有による引

用数の増加や研究の広がりという具体的なメリットが示された。

パネルディスカッションの結びでは、生成 AI の活用による研究生産性の向上、IT 活用に関する相談・伴走支援の重要性、量子コンピュータのような先端インフラの重要性が言及された。また、強いチーム作りの鍵として、データの分断や囲い込みを克服し、各コア間でデータをスムーズに連携させる「回転の速さ」が組織の強さにつながるとの見解で一致した。

図 9：パネルディカッション（座長：川島特任教授）

最後に、大阪大学情報イノベーション機構の尾上孝雄機構長（理事・副学長）より閉会の挨拶が行われた（図 10）。

図 10： 尾上理事の情報イノベーション機構紹介

尾上機構長は情報イノベーション機構と D3 センターの関係性について簡潔に紹介した後、ジョン・F・ケネディの「Efforts and courage are not enough without purpose and direction.（努力と勇気だけでは、目的と方向性がなければ十分ではない）」という言葉を引用した。この言葉を通じて、D3 センターが今後の発展において明確な目的と方向性を持って取り組むことの重要性を強調し、D3 センターがこれからも大阪大学のデータ駆動型研究と教育の中核として更なる発展を遂げることへの期待を述べ、本シンポジウムの締めくくりとした。

- 見学会

シンポジウムを終え、懇親会の準備時間を利用して高度情報人材育成の一環で改修工事を行った D3 センター豊中教育研究棟の見学を行った。

図 11：CyberCommons 見学・宮永専門員による説明

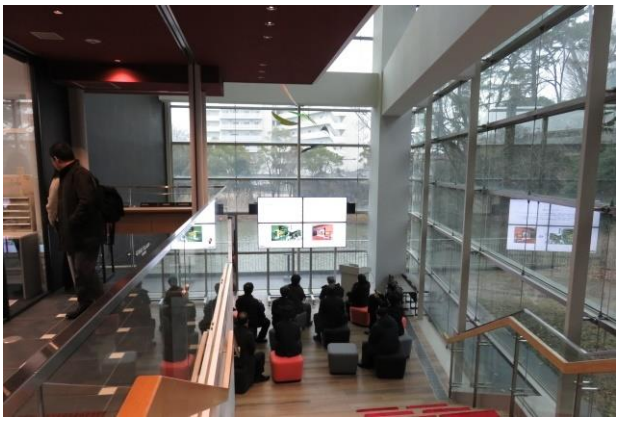


図 12：CollabSquare 見学

新設の CyberCommons と CollabSquare に見学者を招き、宮永専門員が、本改修実施にあたり D3 センターの教職員で構成したプロジェクトの取組み、改修の進捗報告を交えた説明を行い、見学者へ利用促進についての案内と工事関係者への謝意があった（図 11，12）。

続いて、岩居教授により、PLS 教室において、ア

クティブラーニング型の授業紹介を行い、50 名を超える見学者からハード・ソフト両面での関心の声が寄せられた（図 13）。

参加者は、この雰囲気を持続し、懇親会会場へと足を運んだ。

図 13：PLS 教室の見学・岩居教授による説明

- **懇親会**

D3 センター見学会の後、17:00 より大阪大学会館アセンブリー・ホールにて懇親会を開催した。司会は D3 センター鎗水徹教授が務められ、初めに尾上孝雄理事による開会の挨拶が行われた（図 14）。

続いて、下條真司先生（青森大学教授・元サイバーメディアセンターセンター長）から温かい乾杯の挨拶をいただき、その後は参加者がさまざまに情報交換をしながら、歓談の時間を持った。さらに、来賓として、岡部寿男先生（京都大学）、青木学聡先生（名古屋大学）、竹村治雄先生（大阪大学特任教授・元サイバーメディアセンターセンター長）の 3 名の先生方からもご挨拶をいただいた。それぞれの先生が、D3 にまつわる学術的な視点や個人的な経験を交えたお話をされ、これらのご挨拶は、参加者にとって非常に有意義なものとなった。

懇親会には、大学関係者のみならず産業界からの参加者も多く、84 名もの方々にご参加いただき、会場は終始活気に溢れていた（図 15）。全体として、懇親会は大変盛会となり、D3 センター関係者ならびに参加者同士の今後のさらなる交流発展に繋がる機会となった。

図 14：懇親会での尾上理事の開会の挨拶

図 15：懇親会での歓談の様子

以上、本報告書では 2025 年 3 月 11 日に開催された D3 センターキックオフシンポジウムの概要を紹介した。大阪大学が目指す「データ駆動型大学」の実現に向けて、D3 センターは研究・教育・業務の DX を総合的に推進する中核組織として、明確な目的と方向性を持って今後も発展していくことが期待される。本シンポジウムは、新たに設立された D3 センターの役割と可能性を学内外に広く共有する貴重な機会となった。

最後に、ご多忙の中、本シンポジウムにご出席いただいた参加者の皆様に心より御礼申し上げるとともに、シンポジウムの会場設営から見学会の準備に至るまで多大なるご尽力をいただいた、情報推進部情報企画課総務係をはじめ、情報企画課、情報基盤課の皆さんに心より感謝の意を表したい。

利用状況等の報告

・2024 年度大規模計算機システム稼動状況 ----343
・2024 年度情報教育システム利用状況 --------344
・2025 年度情報教育教室使用計画表 ----------345
・2024 年度 PLS システム利用状況 ----------349
・2025 年度 PLS 使用計画表 ----------351
・2024 年度箕面教育システム利用状況 --------353
・2024 年度電子図書館システム利用状況 ------354
・2024 年度会議関係等日誌 ----------355
（会議関係、大規模計算機システム利用講習会、センター来訪者、情報教育関係講習会・説明会・見学会等、PLS 関係講習会・研究会・見学会等）

2024 年度大規模計算機システム稼働状況

稼働状況

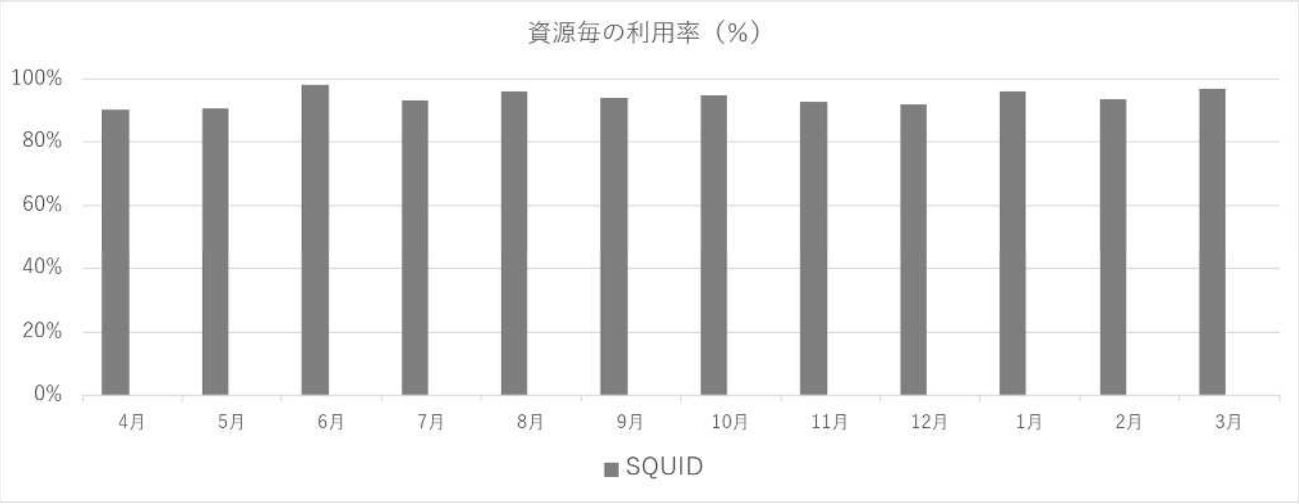
（単位：時間）

事項＼月			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計	月平均
稼動時間	計算サービス時間	(A1)	539:00	744:00	720:00	744:00	744:00	720:00	744:00	720:00	744:00	672:00	696:00	737:00	8524:00	710:20
	初期化・後処理時間	(A2)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	業務時間	(A3)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
(A)	小計		539:00	744:00	720:00	744:00	744:00	720:00	744:00	720:00	744:00	672:00	696:00	737:00	8524:00	710:20
保守時間		(B)	181:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	72:00	0:00	7:00	260:00	21:40
故障時間		(C)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
その他の時間		(D)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
運転時間		(A+B+C+D)	720:00	744:00	720:00	744:00	744:00	720:00	744:00	720:00	744:00	744:00	696:00	744:00	8784:00	732:00
稼動率		(A/(A+B+C+D)%)	74.86	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.32	100.00	99.06	－－－	97.02
運転日数		(E)	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	365	30
一日平均稼動時間		(A/E)	17:58	24:00	24:00	24:00	24:00	24:00	24:00	24:00	24:00	21:40	24:51	23:46	－－－	23:21

処理状況

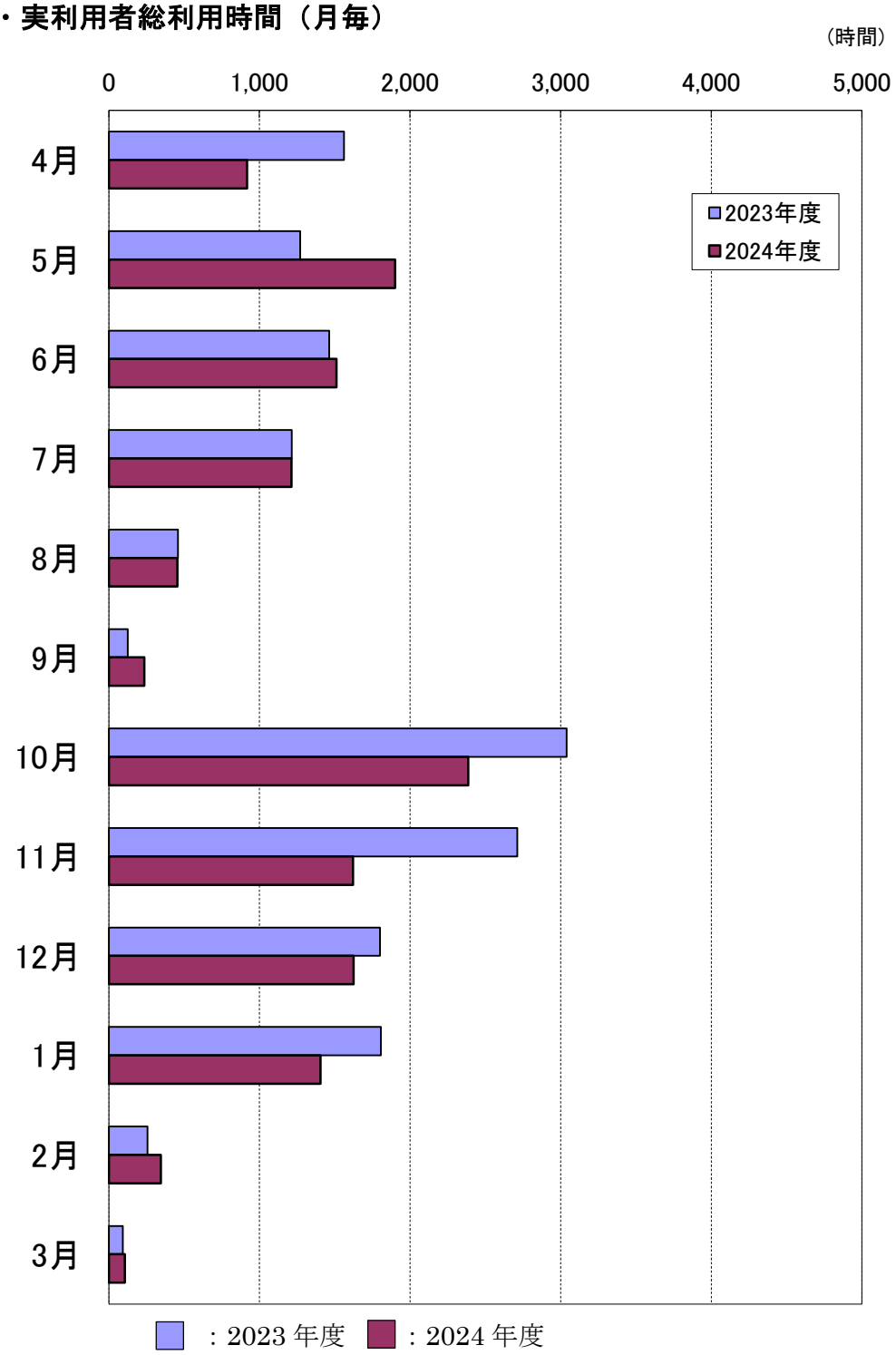
	SQUID			
	共有利用		占有利用	利用率(%)
処理月	ジョブ件数	CPU時間(時)	CPU時間(時)	
4月	72,974	358,734	1,613	90.0%
5月	73,988	668,024	1,820	90.5%
6月	79,495	945,632	1,440	98.0%
7月	180,924	879,375	1,492	92.9%
8月	122,403	878,809	744	95.8%
9月	42,484	736,593	720	94.0%
10月	69,042	966,037	744	94.9%
11月	247,548	949,661	759	92.8%
12月	225,951	1,028,825	2,232	92.0%
1月	161,118	986,393	2,016	96.2%
2月	143,612	966,465	2,016	93.6%
3月	94,791	1,084,134	1,474	96.7%
合計	1,514,330	10,448,682	17,070	

（注）利用率は、次の計算式により算出している。
利用率 ＝（ノード時間積／稼働中ノードの合計サービス時間）＊100



2024 年度情報教育システム利用状況

・実利用者総利用時間（月毎）



年間総利用時間：15,807 時間(2023 年度)、13,728 時間(2024 年度)

豊中教育研究棟改修工事に伴い 2024 年 10 月 1 日～2025 年 3 月 31 日の期間、情報第 1 教室の利用を停止した

実利用者数：2023 年度 2,101 人、2024 年度 1,967 人

注釈：学生の利用についてのみ集計した。

2025年度　春学期　情報教育教室　使用計画表

		1階	2階			3階
		第1教室	第2教室	第3教室	第4教室	第5教室
月	1時限	基礎工学部 システム科学科 2年 コンピュータ工学基礎演習	全学教育推進機構 法学部　1年生 情報社会基礎	全学教育推進機構 法学部　1年生 情報社会基礎	全学教育推進機構 法学部　1年生 情報社会基礎	
	2時限	全学教育推進機構 人間科学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 人間科学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 人間科学部　1年 情報社会基礎	理学部 理学部　3年 実験数学3	
	3時限	全学教育推進機構 基(電・化)　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 基(電・化)　1年 情報科学基礎	基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングA		全学教育推進機構 基(電・化)　1年 情報科学基礎
	4時限		全学教育推進機構 医(医)・歯　1年生 情報科学基礎	全学教育推進機構 医(医)・歯　1年生 情報科学基礎	全学教育推進機構 医(医)・歯　1年生 情報科学基礎	
	5時限				基礎工学部 情報科学科　3年 計算数理A	
	6時限					
火	1時限	全学教育推進機構 文学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 文学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 文学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 文学部　1年 情報社会基礎	
	2時限					
	3時限					
	4時限	全学教育推進機構 理学部　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 理学部　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 理学部　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 理学部　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 理学部　1年 情報科学基礎
	5時限		全学教育推進機構 基　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 基　1年 情報科学基礎		
	6時限					
水	1時限	全学教育推進機構 経済学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 経済学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 経済学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 経済学部　1年 情報社会基礎	
	2時限	全学教育推進機構 工(電)　1年 情報科学基礎C	全学教育推進機構 工(電)　1年 情報科学基礎C	全学教育推進機構 工(電)　1年 情報科学基礎C	全学教育推進機構 工(電)　1年 情報科学基礎C	基礎工学部 システム科学科 2年 コンピュータ基礎演習
	3時限	全学教育推進機構 工　1年 情報科学基礎A	全学教育推進機構 工　1年 情報科学基礎A	全学教育推進機構 工　1年 情報科学基礎A	全学教育推進機構 全学部　1年 学問への扉(マチカネゼミ・プログラミングで遡る科学史)	全学教育推進機構 工　1年 情報科学基礎A
	4時限					
	5時限	全学教育推進機構 全学部　2年 ソフトウェアシステム開発をしてみよう	全学教育推進機構 基　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 基　1年 情報科学基礎		全学教育推進機構 基　1年 情報科学基礎
	6時限					
木	1時限	全学教育推進機構 薬学部　1年 情報科学基礎	全学教育推進機構 薬学部　1年 情報科学基礎			
	2時限				基礎工学部 情報科学科　4年 ヒューマン・コンピュータ・インタラクション	
	3時限		基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングA			基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングA
	4時限	全学教育推進機構 医(保)　1年 情報社会基礎／情報科学基礎	全学教育推進機構 医(保)　1年 情報社会基礎／情報科学基礎	全学教育推進機構 医(保)　1年 情報社会基礎／情報科学基礎	全学教育推進機構 医(保)　1年 情報社会基礎／情報科学基礎	基礎工学部 情報科学科　2年 基礎工学PBL
	5時限	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎
	6時限					
金	1時限					
	2時限					理学部 理学部　4年 応用数理学7
	3時限					
	4時限		理学部 理学部　2年 実験数学1			
	5時限			全学教育推進機構 法学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 法学部　1年 情報社会基礎	
	6時限					

・授業時間　1時限 8:50～10:20 、2時限 10:30～12:00、3時限 13:30～15:00 、4時限 15:10～16:40、5時限 16:50～18:20

・端末数　第1教室 0台（66）、第2教室 82台（0）、第3教室 4台（62）、第4教室 4台（41）、第5教室 50台（22）

※括弧内の数字は持ち込み端末（BYOD）を接続可能なディスプレイの台数です。（端末数には教師用端末を含みません）

2025年度　夏学期　情報教育教室　使用計画表

		1階	2階			3階
		第1教室	第2教室	第3教室	第4教室	第5教室
月	1時限	基礎工学部 システム科学科 2年 コンピュータ工学基礎演習				
	2時限				理学部 理学部　3年 実験数学3	
	3時限		基礎工学部 情報科学科 1年 プログラミングA			基礎工学部 情報科学科 1年 プログラミングA
	4時限					
	5時限				基礎工学部 情報科学科　3年 計算数理A	
	6時限					
火	1時限					
	2時限					
	3時限					
	4時限					
	5時限					
	6時限					
水	1時限					
	2時限					基礎工学部 基工システム科学科 2年 コンピュータ基礎演習
	3時限				全学教育推進機構 全学部　1年 学問への扉（マチカネゼミ・プログラミングで遡る科学史）	
	4時限					
	5時限	全学教育推進機構 全学部　2年 ソフトウェアシステム開発をしてみよう				
	6時限					
木	1時限					
	2時限				基礎工学部 情報科学科　4年 ヒューマン・コンピュータ・インタラクション	
	3時限		基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングA			基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングA
	4時限					基礎工学部 情報科学科　2年 基礎工学PBL
	5時限	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎	全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎
	6時限					
金	1時限					
	2時限					理学部 理学部　4年 応用数理学7
	3時限					
	4時限		理学部 理学部　2年 実験数学1			
	5時限					
	6時限					

・授業時間　1時限 8:50～10:20 、2時限 10:30～12:00、3時限 13:30～15:00 、4時限 15:10～16:40、5時限 16:50～18:20

・端末数　第1教室 0台（66）、第2教室 82台（0）、第3教室 4台（62）、第4教室 4台（41）、第5教室 50台（22）

※括弧内の数字は持ち込み端末（BYOD）を接続可能なディスプレイの台数です。（端末数には教師用端末を含みません）

2025年度　秋学期　情報教育教室　使用計画表

		1階	2階			3階
		第1教室	第2教室	第3教室	第4教室	第5教室
月	1時限		理学部 理学部　2年 化学プログラミング			
	2時限		基礎工学部 システム科学科　2年 数値解析演習			
	3時限	基礎工学部 システム科学科 1年 情報処理演習	基礎工学部 情報科学科　1年 情報科学基礎	基礎工学部 情報科学科　1年 情報科学基礎	基礎工学部 システム科学科　1年 情報処理演習	基礎工学部 システム科学科　1年 情報処理演習
	4時限		基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB	基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB		
	5時限		法学部 法学部　2年 法情報学1			
	6時限			基礎工学部 基・理・工　2年 情報科教育法Ⅰ		
火	1時限					
	2時限		基礎工学部 化学応用科学科　2,3年 化学工学プログラミング			理学部 理学部　3年 数値計算法基礎
	3時限					
	4時限				インターナショナルカレッジ 人科人間科学コース 1年 Data Processing Skills（G30科目）	基礎工学部 化学応用科学科　2年 情報処理入門
	5時限					
	6時限					
水	1時限					
	2時限		全学教育推進機構 全学部　2年 アドヴァンスト情報リテラシー	基礎工学部 化学応用科学科　3年 プロセス工学		
	3時限		基礎工学部 システム科学科　2年 コンピュータ工学演習			全学教育推進機構 全学部　1年 計算機シミュレーション入門
	4時限		基礎工学部 電子物理学科　2年 基礎工学PBL（エレクトロニクス）			
	5時限					
	6時限					
木	1時限					
	2時限			医学系研究科保健学専攻 医保検査技術科学専攻1年 実践情報活用論		
	3時限		基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB	基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB		
	4時限					
	5時限					
	6時限					
金	1時限					
	2時限		理学部 理学部　2年 実験数学2			
	3時限			基礎工学部 化学応用科学科　2年 化学工学演習Ⅳ		
	4時限					
	5時限		全学教育推進機構 外国語学部　1年 情報社会基礎			
	6時限					

・授業時間　1時限 8:50～10:20 、2時限 10:30～12:00、3時限 13:30～15:00 、4時限 15:10～16:40、5時限 16:50～18:20

・端末数　第1教室 0台（66）、第2教室 82台（0）、第3教室 4台（62）、第4教室 4台（41）、第5教室 50台（22）

※括弧内の数字は持ち込み端末（BYOD）を接続可能なディスプレイの台数です。（端末数には教師用端末を含みません）

2025年度　冬学期　情報教育教室　使用計画表

		1階	2階			3階
		第1教室	第2教室	第3教室	第4教室	第5教室
月	1時限		理学部 理学部　2年 化学プログラミング			
	2時限		基礎工学部 システム科学科　2年 数値解析演習			
	3時限	基礎工学部 システム科学科　1年 情報処理演習	基礎工学部 情報科学科　1年 情報科学基礎	基礎工学部 情報科学科　1年 情報科学基礎	基礎工学部 システム科学科　1年 情報処理演習	基礎工学部 システム科学科　1年 情報処理演習
	4時限		基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB	基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB		
	5時限		法学部 法学部　2年 法情報学1			
	6時限			基礎工学部 基・理・工　2年 情報科教育法Ⅰ		
火	1時限					
	2時限		基礎工学部 化学応用科学科　2,3年 化学工学プログラミング			理学部 理学部　3年 数値計算法基礎
	3時限					
	4時限				インターナショナルカレッジ 人科人間科学コース 1年 Data Processing Skills（G30科目）	基礎工学部 化学応用科学科　2年 情報処理入門
	5時限					
	6時限					
水	1時限					
	2時限		全学教育推進機構 全学部　2年 アドヴァンスト情報リテラシー	基礎工学部 化学応用科学科　3年 プロセス工学		
	3時限		基礎工学部 システム科学科　2年 コンピュータ工学演習			全学教育推進機構 全学部　1年 計算機シミュレーション入門
	4時限					
	5時限					
	6時限					
木	1時限					
	2時限			医学系研究科保健学専攻 医保検査技術科学専攻1年 実践情報活用論		
	3時限		基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB	基礎工学部 情報科学科　1年 プログラミングB		
	4時限					
	5時限					
	6時限					
金	1時限					
	2時限		理学部 理学部　2年 実験数学2			
	3時限			基礎工学部 化学応用科学科　2年 化学工学演習Ⅳ		
	4時限					
	5時限					
	6時限					

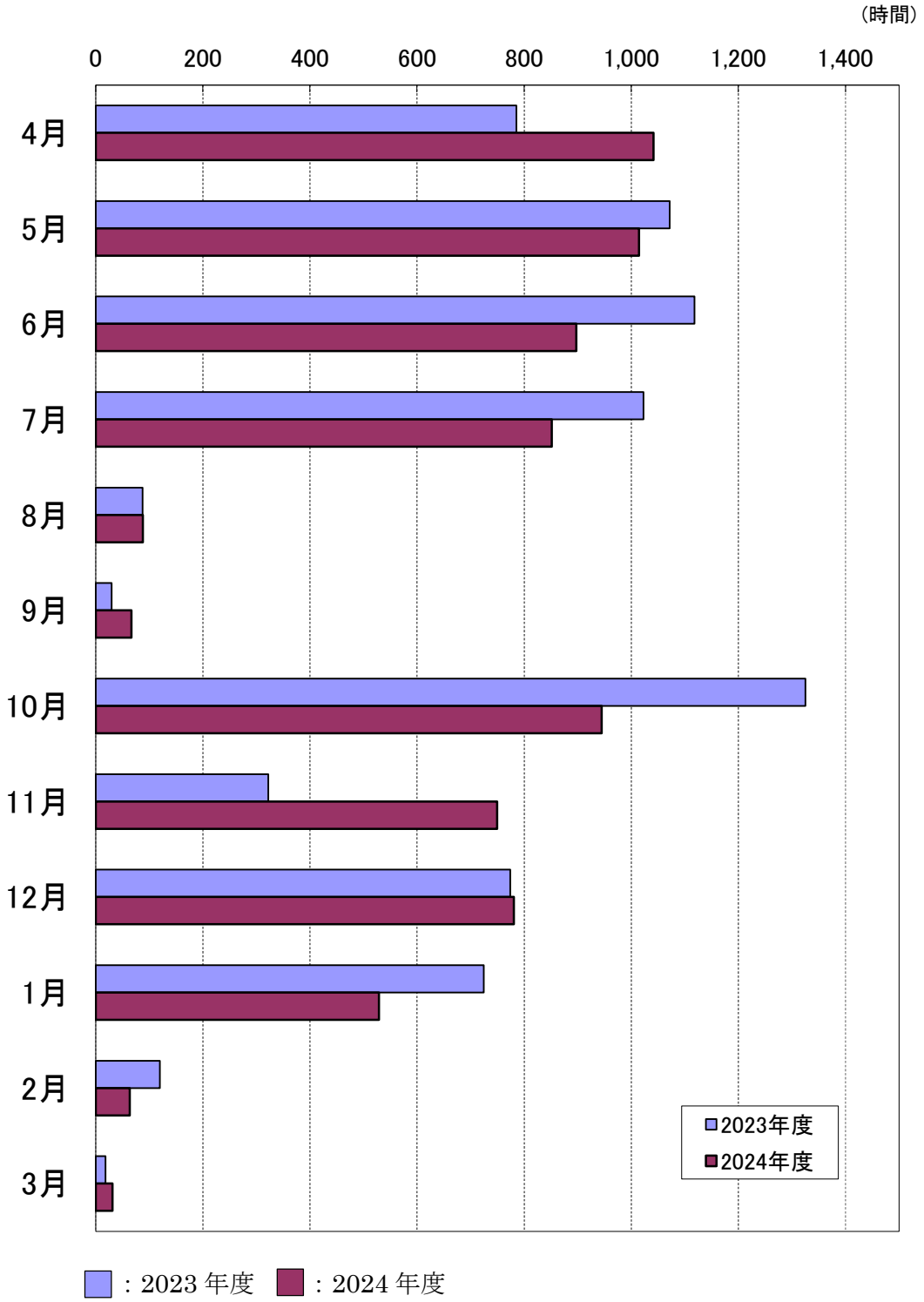
・授業時間　1時限 8:50～10:20 、2時限 10:30～12:00、3時限 13:30～15:00 、4時限 15:10～16:40、5時限 16:50～18:20

・端末数　第1教室 0台（66）、第2教室 82台（0）、第3教室 4台（62）、第4教室 4台（41）、第5教室 50台（22）

※括弧内の数字は持ち込み端末（BYOD）を接続可能なディスプレイの台数です。（端末数には教師用端末を含みません）

2024 年度 PLS システム利用状況

１．実利用者総利用時間（月毎）

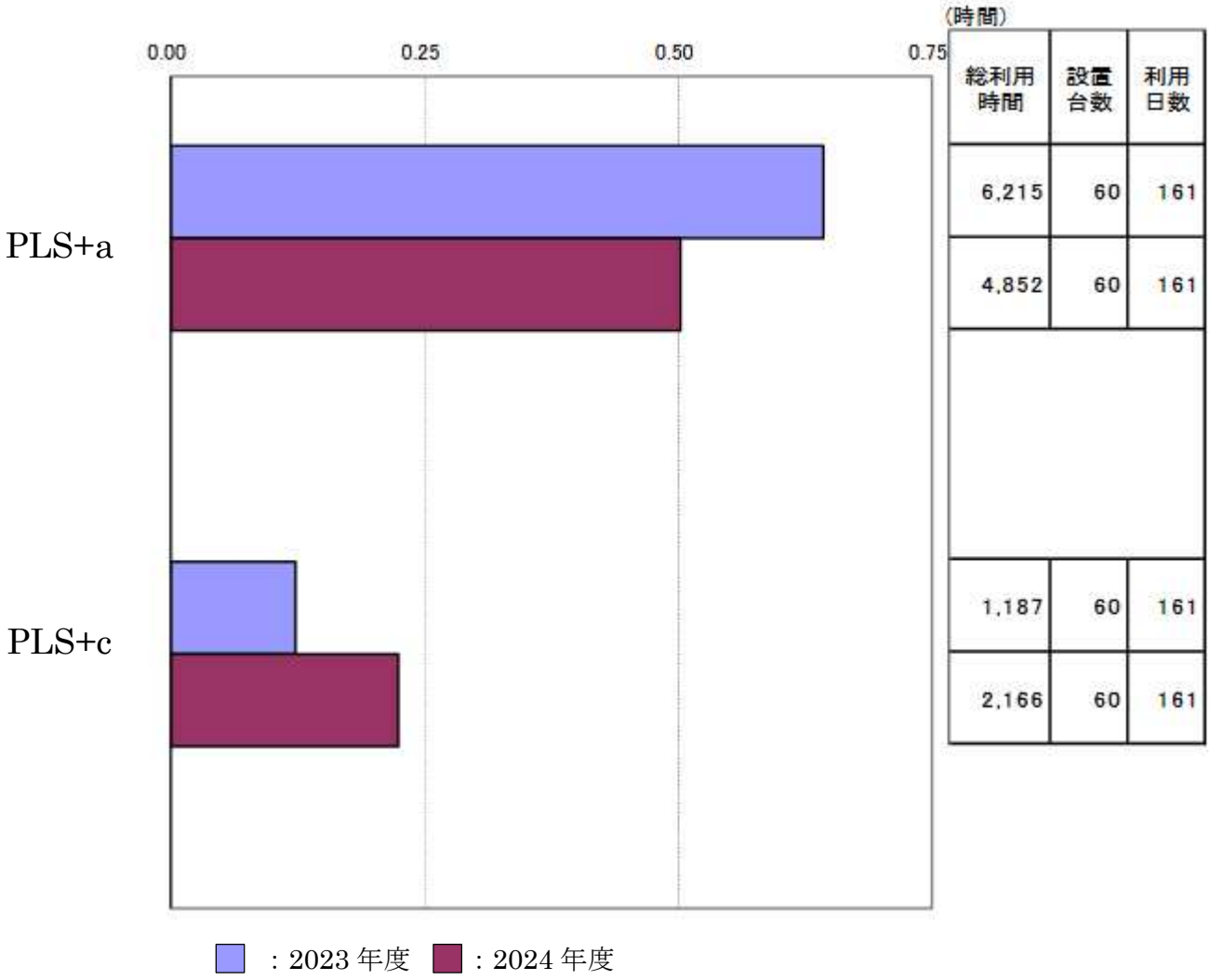


：2023 年度　：2024 年度

年間総利用時間　2023 年度 7,402 時間、2024 年度 7,060 時間

実利用者数：2023 年度 508 人、2024 年度 813 人
学生の利用についてのみ集計した。

２．教室・分散端末室別１日１台当たりの平均利用時間



	総利用時間	設置台数	利用日数
PLS+a	6,215	60	161
	4,852	60	161
PLS+c	1,187	60	161
	2,166	60	161

PLS+b、PLS+d、PLS+e は、タブレット端末でのサービス提供のため、対象外。

2025年度　春・夏 学期　PLS　使用計画表

		4階			3階	
		PLS+a	PLS+b	PLS+c	PLS+d	PLS+e
月	1時限	マルチリンガル教育センター 人文 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 大前　智美			マルチリンガル教育センター 工(理・電)1年 総合英語(Project-based English) 小杉　世	
	2時限	マルチリンガル教育センター 理 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 大前　智美	マルチリンガル教育センター 医薬基(電・化・情)1年 総合英語(Performance workshop) Lee Shzh-chen Nancy	外国語学部 外 1年 ヒンディー語4 虫賀　幹華	マルチリンガル教育センター 医薬基(電・化・情)　1年 総合英語(Project-based English) 小杉　世	外国語学部 外 1年 ベトナム語2 清水　政明
	3時限		マルチリンガル教育センター 理(化・生)2年 総合英語(Performance workshop) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 歯工(然・地・環)1年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 松本　敬子	マルチリンガル教育センター 歯工(然・地・環)　1年 総合英語(Performance workshop) ワフネンコ ユージン	外国語学部 外 1年 ハンガリー語2 岡本　真理
	4時限	外国語学部 外 1年 ヒンディー語1 長崎　広子	マルチリンガル教育センター 文法基(シス)　1年 総合英語(Performance workshop) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 文法基(シス)　1年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 松本　敬子	マルチリンガル教育センター 文法基(シス)　1年 総合英語(Performance workshop) ワフネンコ ユージン	外国語学部 外 1年 ハンガリー語3 岡本　真理
	5時限				マルチリンガル教育センター 外　1年 総合英語Ⅲ ワフネンコ ユージン	
火	1時限	国際教育交流センター 全学 日本語・グローバル理解演習JGU500d 藤原　京佳	外国語学部 外 1年 フランス語5 岡田　友和	マルチリンガル教育センター 医歯薬　1年 総合英語(Project-based English) 小薬　哲哉	外国語学部 外 1年 ロシア語6 高島　尚生	マルチリンガル教育センター 医歯薬　1年 総合英語(Performance Workshop) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	2時限	マルチリンガル教育センター 工(然・地・環)　1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 岩居　弘樹	人文学研究科言語文化学専攻 人文学研究科言語文化学専攻 1・2年 翻訳研究A 村上スミス・アンドリュー	外国語学部 外 1年 ハンガリー語4 Pesti Brigitta	マルチリンガル教育センター 工(然・地・環)　1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 山田　真実	マルチリンガル教育センター 文・理(数・物)　2年 総合英語(Performance Workshop) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	3時限	マルチリンガル教育センター 経　1年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray	外国語学部 外 1年 フィリピン語5 白石奈津子	外国語学部 外 1年 ハンガリー語5 Pesti Brigitta	国際教育交流センター 全学 倫理的・再生的都市 Brendan Barrett	マルチリンガル教育センター 経　1年 総合英語(Performance Workshop) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	4時限	マルチリンガル教育センター 人　2年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray			外国語学部 外 1年 タイ語2 ピウポーチャイ　パーサポン	マルチリンガル教育センター 人　2年 総合英語(Performance Workshop) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	5時限					
水	1時限		外国語学部 外 1年 ハンガリー語1 江口　清子			全学教育推進機構 全学部　1年 マイノリティを読む 宮原　暁
	2時限	マルチリンガル教育センター 医歯薬　2年 総合英語(Academic Skills) 梶山　達也	外国語学部 外 1年 デンマーク語1 石黒　暢	マルチリンガル教育センター 医歯薬　2年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 小薬　哲哉		外国語学部 外 1年 フィリピン語3 宮原　暁
	3時限	マルチリンガル教育センター 医(医)歯薬 2年 地域言語文化演習(ドイツ語) 山田　真実	全学教育推進機構 全学部　1年 学問への扉-文化をみる科学のレンズ 清水　俊彦	マルチリンガル教育センター 外　1年 総合英語Ⅲ(上級) ワフネンコ ユージン		
	4時限	マルチリンガル教育センター 基 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 山田　真実	全学教育推進機構 全学部　1年 学問への扉-基礎生理学 竹内　裕子	マルチリンガル教育センター 外　1年 総合英語Ⅲ(上級) ワフネンコ ユージン	国際教育交流センター 全学 イノベーションの管理と変遷 三森八重子・近藤佐知彦	
	5時限		全学教育推進機構 全学部　1年 学問への扉-大学論 CHEN LILAN	マルチリンガル教育センター 外　1年 総合英語Ⅲ(上級) ワフネンコ ユージン		
木	1時限	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環)　1年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環)　1年 総合英語(Project-based English) 村上スミス・アンドリュー	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環)　1年 総合英語(Project-based English) 小薬　哲哉	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環)　1年 総合英語(Project-based English) 岡田　悠佑	国際教育交流センター 全学 日本語・グローバル理解演習JGU500f 中俣　尚己
	2時限	外国語学部 外 1年 ヒンディー語2 松木園久子	外国語学部 外 1年 フィリピン語1 矢元　貴美	マルチリンガル教育センター 基　1年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 小薬　哲哉	国際教育交流センター 全学 近代日本文学における大阪 村上スミス・アンドリュー	外国語学部 外 1年 タイ語4 ピウポーチャイ　パーサポン
	3時限			マルチリンガル教育センター 医(保)・歯　2年 総合英語(Project-based English) 小薬　哲哉	国際教育交流センター 全学 科学と研究の効果的なコミュニケーション Brendan Barrett	
	4時限				国際教育交流センター 全学 科学と研究の効果的なコミュニケーション Brendan Barrett	
	5時限					
金	1時限			マルチリンガル教育センター 医(医)薬基　2年 総合英語(Project-based English) 岡田　悠佑	マルチリンガル教育センター 医(医)薬基　2年 総合英語(Performance Workshop) Hodoscek Bor	マルチリンガル教育センター 医(医)薬基　2年 総合英語(Content-based English) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	2時限	マルチリンガル教育センター 医歯薬　1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 岩居　弘樹	外国語学部 外 1年 ロシア語1(B) 上原　順一	マルチリンガル教育センター 理工(理・電)　1年 総合英語(Project-based English) 岡田　悠佑	マルチリンガル教育センター 理工(理・電)　1年 総合英語(Performance Workshop) Hodoscek Bor	マルチリンガル教育センター 理工(理・電)　1年 総合英語(Content-based English) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	3時限	外国語学部 外 1年 インドネシア語5 菅原　由美	外国語学部 外 1年 ロシア語1(A) 上原　順一	マルチリンガル教育センター 人文法　1年 総合英語(Performance Workshop) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 人文法　1年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 山岡華菜子	マルチリンガル教育センター 人文法　1年 総合英語(Content-based English) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	4時限	マルチリンガル教育センター 法経　2年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 山岡華菜子	外国語学部 外 1年 タイ語5 ラッタナセリーウォン　センティアン	マルチリンガル教育センター 法経　2年 総合英語(Performance Workshop) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 経　1年 総合英語(Content-based English) ZABORSKA SCHACK DOROTA	マルチリンガル教育センター 法経　2年 総合英語(Performance Workshop) Hodoscek Bor
	5時限					

・授業時間　1時限 8:50～10:20 、2時限 10:30～12:00、3時限 13:30～15:00 、4時限 15:10～16:40、5時限 16:50～18:20

・端末数　a(旧第2)教室 (Mac 60台)、b(旧第4)教室(iPad 30台)、c(旧第3)教室(Mac 60台)、d(旧第1-A)教室(iPad 60台)、e(旧第1-B)教室(iPad 35台)

(端末数には教師用端末を含みません)

2025年度　秋・冬 学期　PLS　使用計画表

		4階			3階	
		PLS+a	PLS+b	PLS+c	PLS+d	PLS+e
月	1時限	マルチリンガル教育センター 人文 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 大前　智美				
	2時限	マルチリンガル教育センター 理 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 大前　智美	マルチリンガル教育センター 医歯基(化・シス・情) 1年 総合英語(academic skills) Lee Shzh-chen Nancy	外国語学部 外 1年 ヒンディー語4 虫賀　幹華	マルチリンガル教育センター 医歯基(化・シス・情) 1年 総合英語(Project-based English) 小杉　世	外国語学部 外 1年 ベトナム語2 清水政明
	3時限		マルチリンガル教育センター 薬工(然・地・環) 1年 総合英語(academic skills) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 理(化・生) 2年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 松本　敬子	マルチリンガル教育センター 薬工(然・地・環) 1年 総合英語(Performance Workshop) ワフネンコ ユージン	外国語学部 外 1年 ハンガリー語2 岡本　真理
	4時限	外国語学部 外 1年 ヒンディー語1 長崎　広子	マルチリンガル教育センター 文法基(電) 1年 総合英語(Performance workshop) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 文法基(電) 1年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 松本　敬子	マルチリンガル教育センター 文法基(電) 1年 総合英語(Performance Workshop) ワフネンコ ユージン	外国語学部 外 1年 ハンガリー語3 岡本　真理
	5時限	マルチリンガル教育センター 全学部 1年 特別外国語演習(ヒンディー語)I 長崎　広子		全学教育推進機構 全学部 1年 中東の文化と社会を知るB 竹原　新	マルチリンガル教育センター 外 1年 総合英語Ⅳ ワフネンコ ユージン	マルチリンガル教育センター 全学部 1年 特別外国語演習(ハンガリー語)I 岡本　真理
火	1時限		外国語学部 外 1年 フランス語5 岡田　友和	国際教育交流センター 全学 日本語・グローバル理解演習JGU500a 藤原　京佳	外国語学部 外 1年 ロシア語6 高島　尚生	マルチリンガル教育センター 医歯薬 1年 総合英語(Performance Workshop) ZABORSKA SCHACK DOROTA
	2時限	マルチリンガル教育センター 工(然・地・環) 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 岩居　弘樹	外国語学部 外 1年 ハンガリー語4 Pesti Brigitta		マルチリンガル教育センター 工(然・地・環) 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 山田　真実	
	3時限	マルチリンガル教育センター 経 1年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray	外国語学部 外 1年 ハンガリー語5 Pesti Brigitta	外国語学部 外 1年 フィリピン語5 白石奈津子		マルチリンガル教育センター 経 1年 総合英語(Performance Workshop) Zaborska Schack Dorota
	4時限	マルチリンガル教育センター 経 2年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray		マルチリンガル教育センター 人文 1年 英語選択 Zaborska Schack Dorota	外国語学部 外 1年 タイ語2 ピウポーチャイ　パーサポン	マルチリンガル教育センター 経 2年 総合英語(Academic Skills) M. キム
	5時限					
水	1時限		外国語学部 外 1年 ハンガリー語1 江口　清子			
	2時限		外国語学部 外 1年 デンマーク語1 石黒　暢		国際教育交流センター 全学 クリエイティブ・メディア・プロジェクト Brendan Barrett	外国語学部 外 1年 フィリピン語3 宮原　暁
	3時限			マルチリンガル教育センター 外 1年 総合英語Ⅳ(上級) ワフネンコ ユージン		
	4時限			マルチリンガル教育センター 外 1年 総合英語Ⅳ(上級) ワフネンコ ユージン	国際教育交流センター 全学 ソーシャルイノベーションとソーシャルデザイン 三森八重子・近藤佐知彦	
	5時限			マルチリンガル教育センター 外 1年 総合英語Ⅳ(上級) ワフネンコ　ユージン		
木	1時限	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環) 1年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray	国際教育交流センター 全学 日本語・グローバル理解演習JGU500c 中俣　尚己	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環) 2年 総合英語(Academic Skills) M. キム	国際教育交流センター 全学 総合日本語 JA400 義永美央子	マルチリンガル教育センター 理工(然・地・環) 1年 総合英語(Content-based English) Zaborska Schack Dorota
	2時限	外国語学部 外 1年 ヒンディー語2 松木園久子	外国語学部 外 1年 フィリピン語1 矢元　貴美	マルチリンガル教育センター 基 1年 総合英語(Performance Workshop) Dave Murray	国際教育交流センター 全学 近代・現代日本文学 村上スミス・アンドリュー	外国語学部 外 1年 タイ語4 ピウポーチャイ　パーサポン
	3時限					
	4時限					
	5時限					
金	1時限		マルチリンガル教育センター 基 2年 総合英語(Academic Skills) M. キム	マルチリンガル教育センター 基 2年 総合英語(Project-based English) 岡田　悠佑	マルチリンガル教育センター 基 2年 総合英語(Performance Workshop) Hodoscek Bor	マルチリンガル教育センター 基 2年 総合英語(Performance Workshop) Zaborska Schack Dorota
	2時限	マルチリンガル教育センター 医歯薬 1年 地域言語文化演習(ドイツ語) 岩居　弘樹	マルチリンガル教育センター 理工(理・電) 2年 総合英語(Academic Skills) M. キム	マルチリンガル教育センター 理工(理・電) 1年 総合英語(Project-based English) 岡田　悠佑	マルチリンガル教育センター 理工(理・電) 1年 総合英語(Performance Workshop) Hodoscek Bor	マルチリンガル教育センター 理工(理・電) 1年 総合英語(Content-based English) Zaborska Schack Dorota
	3時限	マルチリンガル教育センター 人文法 1年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 山岡華菜子	外国語学部 外 1年 インドネシア語5 菅原　由美	マルチリンガル教育センター 人文法 1年 総合英語(Performance workshop) Lee Shzh-chen Nancy	マルチリンガル教育センター 人文法 1年 総合英語(Performance Workshop) Hodoscek Bor	マルチリンガル教育センター 人文法 1年 総合英語(Content-based English) Zaborska Schack Dorota
	4時限	マルチリンガル教育センター 法 2年 総合英語(Liberal Arts & Sciences) 山岡華菜子	外国語学部 外 1年 タイ語5 ラッタナセリーウォン　センティアン			マルチリンガル教育センター 経 1年 総合英語(Content-based English) Zaborska Schack Dorota
	5時限					

・授業時間　1時限 8:50～10:20 、2時限 10:30～12:00、3時限 13:30～15:00 、4時限 15:10～16:40、5時限 16:50～18:20

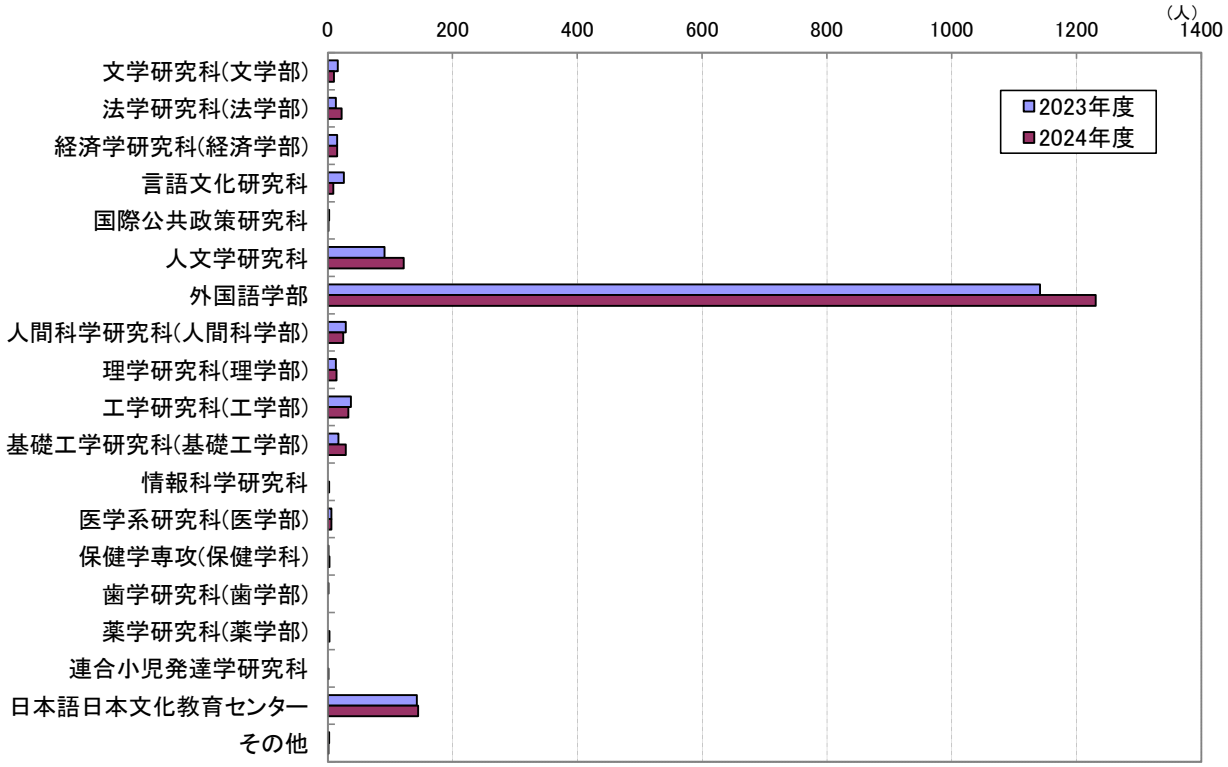
・端末数　a(旧第2)教室 (Mac 60台)、b(旧第4)教室(iPad 30台)、c(旧第3)教室(Mac 60台)、d(旧第1-A)教室(iPad 60台)、e(旧第1-B)教室(iPad 35台)

(端末数には教師用端末を含みません)

2024年度箕面教育システム利用状況
（前年度比較）

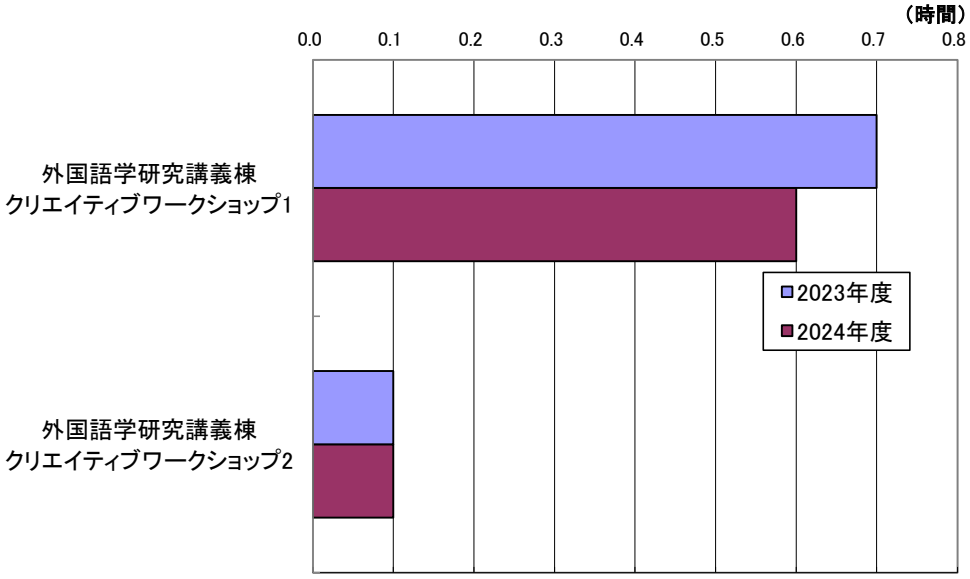
１. 所属部局別実利用者数

実利用者数　2023年度　1,554人
2024年度　1,673人



注1：学生の利用についてのみ集計しています。
注2：医学系研究科（医学部）については、保健学専攻（保健学科）を別に集計しています。

２. 教室別１日１台あたりの平均利用時間



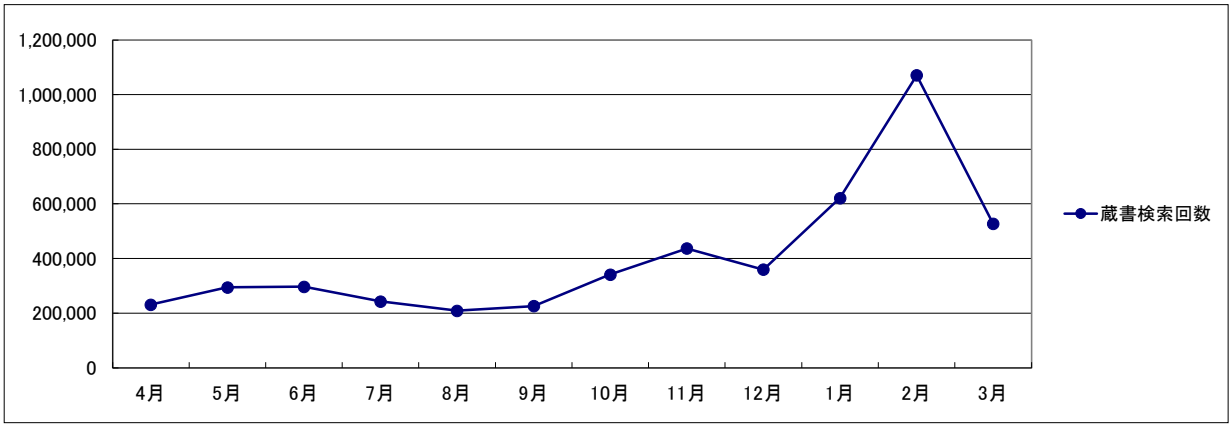
総利用時間	設置台数	利用日数
6,647	41	243
5,842	41	240

総利用時間	設置台数	利用日数
724	40	168
420	40	166

注：総利用時間を各教室の設置台数と利用日数で割って小数点２位を四捨五入しています。

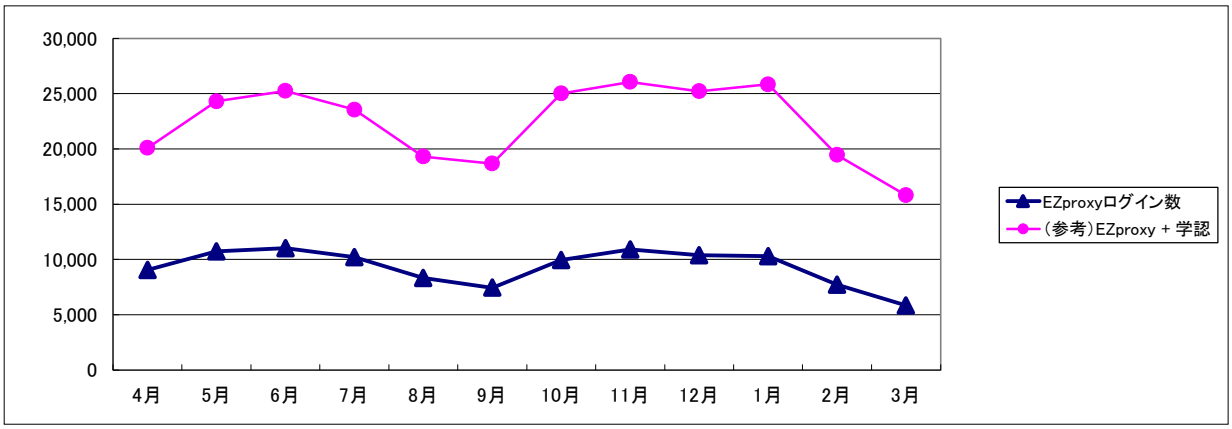
2024年度電子図書館システム利用状況

蔵書検索サービス利用状況



・1988年9月19日から運用開始。
・2022年10月から現行システム(電子ジャーナル・電子ブック等も検索可能)。

リモートアクセス・サービス利用状況



・2011年9月28日から、学外からの電子ジャーナル・データベース・電子ブック利用手段を提供するサービスとして提供開始。
・2022年10月からEZproxyはオンプレミス版からクラウド版に移行した。

2024年度会議関係等日誌

会議関係

4月25日　定例教授会

5月23日　定例教授会

5月30日　第40回認証研究会

5月30日　第23回クラウドコンピューティング研究会

5月30日　第92回コンピュータ・ネットワーク研究会

6月27日　定例教授会

7月3日　令和6年度　国立大学共同利用・共同研究拠点協議会総会

7月11日　第44回学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点運営委員会

7月22日　第43回全国共同利用情報基盤センター長会議

7月25日　定例教授会

9月26日　定例教授会

10月24日　第24回クラウドコンピューティング研究会

10月24日　第41回認証研究会

10月24日　第93回コンピュータ・ネットワーク研究会

10月24日　定例教授会

11月12日　第45回学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点運営委員会

11月28日　定例教授会

12月16日　第44回全国共同利用情報基盤センター長会議

12月26日　定例教授会

1月23日　定例教授会

1月29日　第39回D3センター全国共同利用運営委員会

2月5日　第46回学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点運営委員会

2月27日　定例教授会

3月27日　定例教授会

大規模計算機システム利用講習会

6月3日　スパコンに通じる並列プログラミングの基礎(22名)

6月6日　初めてのスパコン(17名)

6月12日　OpenMP入門(13名)

6月17日　並列プログラミング入門（OpneMP・MPI）(9名)

6月18日　スーパーコンピュータ バッチシステム入門・応用 (5名)

6月24日　SX-Aurora TSUBASA 高速化技法の基礎(2名)

6月26日　ONION活用講習会(5名)

6月27日　GPUプログラミング入門（OpenACC）(10名)

6月28日　コンテナ入門(7名)

7月4日　GPUプログラミング実践（OpenACC）(12名)

7月9日　汎用CPUノード 高速化技法の基礎（Intelコンパイラ）(2名)

9月5日　初めてのスパコン（後期）(17名)

9月25日　スパコンに通じる並列プログラミングの基礎（後期）(21名)

センター来訪者

（IT コア棟見学）

8 月 20 日　交野市立小・中学校

9 月 4 日　WPI-PRIMe の令和 6 年度現地視察

3 月 5 日　タイ王国　マヒドン大学、チェンマイ大学 理学部学生等

3 月 14 日　近畿大学

情報教育関係講習会・説明会・見学会等

4 月 2 日　情報教育システム説明会（豊中：3 名）

4 月 3 日　情報教育システム説明会（豊中：1 名）

9 月 11 日　CLE 講習会（入門編）（9 名）

9 月 30 日　情報教育システム講習会（豊中：3 名）

10 月 30 日　Maple 講習会（豊中・オンライン：8 名）

11 月 10 日　Mathematica 講習会（オンライン：17 名）

3 月 12 日　情報社会基礎・情報科学基礎教員向け説明会（豊中：対面 8 名、オンライン 90 名）

3 月 19 日　CLE 講習会（入門編）（13 名）

通年　オンデマンド型 CLE 講習会（入門編）

通年　オンデマンド型 CLE 講習会（応用編）

PLS 関係講習会・研究会・見学会等

3 月 29 日、4 月 2 日、4 月 4 日　PLS 講習会（豊中：22 名）

5 月 3 日　いちょう祭 2024 学習講座（オンライン：20 名）

7 月 31 日　交野市教育委員会見学（豊中：16 名）

7 月 31 日　モンゴル国立大学見学（豊中：3 名）

12 月 10 日、1 月 21 日　大阪大学の市民講座（オンライン：20 名）

規程集

・規程関係 ----------358
大阪大学 D3 センター規程／大阪大学 D3 センター全国共同利用運営委員会規程／大阪大学D3センター高性能計算機システム委員会内規／大阪大学D3センター大規模計算機システム利用規程／大阪大学D3センター大規模計算機システム試用制度利用内規／大阪大学 D3 センター教育用計算機システム利用規程

・ガイドライン関係 ----------362
大阪大学総合情報通信システム利用者ガイドライン／教育用計算機システム、学生用電子メールシステム利用者ガイドライン

・規程関係

大阪大学 D3 センター規程

（趣旨）

第１条　この規程は、大阪大学D3 センター（以下「センター」という。）における必要な事項を定める。

（目的）

第２条　センターは、本学がデータ駆動型大学たるべく、それを支える基盤的な研究及び教育を行うとともに管理運営に助力すること並びに全学的な支援として、本学の情報基盤の整備、情報化の推進、情報サービスの高度化及びこれらを活用した先進的な教育活動を加速させることを目的とする。

（共同利用・共同研究拠点）

第３条　センターは、学校教育法施行規則（昭和２２年文部省令第１１号）第１４３条の３第２項に定める共同利用・共同研究拠点の認定を受けた全国共同利用施設として学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点を形成し、我が国の学術及び研究基盤の更なる高度化並びに恒常的な発展及び維持に資するものとする。

（研究部門）

第４条　前２条の目的等を達成するため、センターに次の研究部門を置く。

(1)　サイバーメディア教育研究部門
(2)　言語教育支援研究部門
(3)　大規模計算科学研究部門
(4)　コンピュータ実験科学研究部門
(5)　サイバーコミュニティ研究部門
(6)　先端ネットワーク環境研究部門
(7)　データ生成工学研究部門
(8)　先進高性能計算基盤システム研究部門
(9)　知能情報基盤研究部門
(10)　社会技術研究部門
(11)　データビリティプラットフォーム研究部門
(12)　DX 研究部門
(13)　セキュアプラットフォーム・アーキテクチャ研究部門
(14)　トランスコネクトデータビリティ研究部門
(15)　データビリティ研究部門

（センター長）

第５条　センターにセンター長を置き、本学の教授をもって充てる。

２　センター長は、センターの管理運営を行う。

３　センター長の任期は、２年とする。ただし、センター長が辞任を申し出た場合及び欠員となった場合における後任のセンター長の任期は、就任後満１年を経過した直後の３月３１日までとする。

４　センター長は、再任を妨げない。

（副センター長）

第６条　センターにセンター長を補佐するため、副センター長を若干名置き、センターの専任又は兼任の教授のうちからセンター長が指名する者をもって充てる。

２　副センター長の任期は、２年とする。ただし、副センター長の任期の末日が当該副センター長を指名するセンター長の任期の末日後となるときは、当該センター長の任期の末日までとする。

３　副センター長は、再任を妨げない。

（教授会）

第７条　センターの教育研究に関し、必要な事項を審議するため、D3 センター教授会（以下「教授会」という。）を置く。

２　教授会に関する規程は、別に定める。

（全国共同利用運営委員会）

第８条　全国共同利用施設としての運営の大綱に関してセンター長の諮問に応じるとともに、センターの研究活動及び運営全般に関して関係諸機関の相互協力を図るため、D３センター全国共同利用運営委員会（以下「委員会」という。）を置く。

２　委員会に関する規程は、別に定める。

（戦略企画室）

第９条　センターの教育研究活動及び運営を支援するため、戦略企画室を置く。

（拠点本部）

第１０条　大阪大学ライフデザイン・イノベーション研究拠点の事業を統括するため、ライフデザイン・イノベーション拠点本部（以下「拠点本部」という。）を置く。

２　拠点本部に関する規程は、別に定める。

（事務）

第１１条　センターの事務は、情報推進部で行う。

（雑則）

第１２条　この規程に定めるもののほか、センターに関し必要な事項は、別に定める。

附　則

１　この規程は、令和６年１０月１日から施行する。

２　次に掲げる規程は、廃止する。

⑴　大阪大学サイバーメディアセンター規程（平成１２年３月１３日制定）

⑵　大阪大学データビリティフロンティア機構規程（平成２９年３月２１日制定）

３　この規程施行後最初に任命されるセンター長及び副センター長の任期は、第５条第３項及び第６条第２項本文の規定にかかわらず、就任後満１年を経過した直後の３月３１日までとする。

大阪大学 D3 センター全国共同利用運営委員会規程

（趣旨）

第１条　大阪大学 D3 センター(以下「センター」という。)規程第８条第２項の規定に基づき、この規程を定める。

（組織）

第２条　D3 センター全国共同利用運営委員会(以下「委員会」という。)は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

(1) センター長
(2) 副センター長
(3) センターの専任教授若干名
(4) レーザー科学研究所及び核物理研究センターから選ばれた教授各１名
(5) 学外の学識経験者若干名
(6) その他委員会が必要と認めた者

２　委員は、総長が委嘱する。

３　第１項第４号から第６号までの委員の任期は、２年とする。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

４　前項の委員は、再任を妨げない。

（委員長）

第３条　委員会に委員長を置き、センター長をもって充てる。

２　委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

３　委員長に支障のあるときは、あらかじめセンター長の指名する副センター長がその職務を代行する。

（議事）

第４条　委員会は、委員の過半数の出席をもって成立する。

２　委員会の議事は、出席者の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

（委員以外の者の出席）

第５条　委員会が必要と認めたときは、委員以外の者を委員会に出席させることができる。

（事務）

第６条　委員会に関する事務は、情報推進部情報企画課で行う。

（雑則）

第７条　この規程に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会の議を経てセンター長が定める。

附　則

１　この規程は、令和６年１０月１日から施行する。

２　大阪大学サイバーメディアセンター全国共同利用運営委員会規程（平成１２年３月１３日制定）は、廃止する。

３　この規程施行後最初に委嘱される第２条第１項第４号から第６号までの委員の任期は、同条第３項本文の規定にかかわらず、令和８年３月３１日までとする。

大阪大学 D3 センター高性能計算機システム委員会内規

第１条　D3 センターに高性能計算機システム委員会（以下「委員会」という。）を置く。

第２条　委員会は、次の各号に掲げる事項について審議し、その企画等に当たる。

(1) 高性能計算機システムの構築に関すること。
(2) 高性能計算機システムの負担金に関すること。
(3) 高性能計算機システムの利用促進に関すること。
(4) その他高性能計算機システムに関すること。

第３条　委員会は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

(1) センターの教員若干名
(2) センターの高性能計算機システムの運営に関係する部局の教員若干名
(3) 学外の教員若干名
(4) その他委員会が必要と認めた者

２　委員は、センター長が委嘱する。

３　第１項第２号から第４号までの委員の任期は、２年とし、再任を妨げない。ただし、補欠の委員の任期は、前任者の残任期間とする。

第４条　委員会に委員長を置き、第３条第１項第１号委員のうちから選出する。

２　委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

３　委員長に支障のあるときは、あらかじめ委員長が指名した委員がその職務を代行する。

第５条　委員会が必要と認めたときは、委員以外の者を委員会に出席させることができる。

第６条　委員会に関する事務は、情報推進部情報基盤課研究系システム班で行う。

第７条　この内規に定めるもののほか、委員会に関し必要な事項は、教授会の議を経てセンター長が別に定める。

附　則

１　この内規は、令和６年１０月１日から施行する。

２　大阪大学サイバーメディアセンター高性能計算機システム委員会内規（平成１２年４月２７日施行）は廃止する。

３　この内規の施行の際、廃止前の前項に定める内規により、現に委嘱されている第３条第１項第２号及び第３号の委員の任期は、同条第３項の規定にかかわらず、なお従前の例による。

大阪大学 D3 センター大規模計算機システム利用規程

（趣旨）

第１条　この規程は、大阪大学 D3 センター(以下「センター」という。)が管理及び運用する全国共同利用のスーパーコンピュータシステム及びワークステーションシステム(以下「大規模計算機システム」という。)の利用に関し必要な事項を定めるものとする。

（利用目的）

第２条　大規模計算機システムは、学術研究、教育等のために利用することができるものとする。

（利用者の資格）

第３条　大規模計算機システムを利用することのできる者は、次の各号のいずれかに該当する者とする。

(1) 大学、短期大学、高等専門学校又は大学共同利用機関の教員(非常勤講師を含む。)及びこれに準ずる者
(2) 大学院の学生及びこれに準ずる者
(3) 学術研究及び学術振興を目的とする国又は地方公共団体が所轄する機関に所属し、専ら研究に従事する者
(4) 学術研究及び学術振興を目的とする機関(前号に該当する機関を除く。)で、センター長が認めた機関に所属し、専ら研究に従事する者
(5) 科学研究費補助金の交付を受けて学術研究を行う者
(6) 第１号、第３号又は第４号の者が所属する機関との共同研究に参画している民間企業等に所属し、専ら研究に従事

する者
(7) 日本国内に法人格を有する民間企業等に所属する者(前号に該当する者を除く。)で、別に定める審査に基づきセンター長が認めた者
(8) 前各号のほか、特にセンター長が適当と認めた者

(利用の申請)

第４条　大規模計算機システムを利用しようとする者は、所定の申請を行い、センター長の承認を受けなければならない。ただし、前条第６号の者は、この限りでない。

２　前項の申請は、大規模計算機システム利用の成果が公開できるものでなければならない。

(利用の承認)

第５条　センター長は、前条第１項による申請を受理し、適当と認めたときは、これを承認し、利用者番号を与えるものとする。

２　前項の利用者番号の有効期間は、１年以内とする。ただし、当該会計年度を超えることはできない。

(利用内容の変更)

第６条　大規模計算機システムの利用につき承認された者(以下「利用者」という。)は、申請書の記載内容に変更を生じた場合は、速やかに所定の手続きを行わなければならない。

(利用者番号の不正使用禁止)

第７条　利用者は、第５条第１項に規定する利用者番号を当該申請に係る目的以外に使用し、又は他人に使用させてはならない。

(報告書の提出)

第８条　利用者は、当該申請に係る利用を終了又は中止したときは、速やかにその旨をセンター長に届け出るとともに、その利用の結果又は経過を所定の報告書によりセンター長に報告しなければならない。

２　前項の規定にかかわらず、センター長が必要と認めた場合は、報告書の提出を求めることができる。

３　提出された報告書は、原則として公開とし、センターの広報等の用に供することができるものとする。ただし、利用者があらかじめ申し出たときは、３年を超えない範囲で公開の延期を認めることがある。

(成果の公表)

第９条　利用者は、研究の成果を論文等により公表するときは、当該論文等に大規模計算機システムを利用した旨を明記しなければならない。

(経費負担)

第１０条　利用者は、当該利用に係る経費の一部を負担しなければならない。

(負担額)

第１１条　前条の利用経費の負担額は、国立大学法人大阪大学諸料金規則に定めるとおりとする。

(経費負担の免除)

第１２条　前条の規定にかかわらず、次の各号に掲げる場合については、利用経費の負担を要しない。
(1) センターの責に帰すべき誤計算があったとき。
(2) センターが必要とする研究開発等のため、センター長が特に承認したとき。

(経費負担の方法)

第１３条　利用経費の負担は、次の各号に掲げる方法によるものとする。
(1) 学内経費(科学研究費補助金を除く。)の場合にあっては、当該予算の振替による。
(2) 前号以外の場合にあっては、本学が発する請求書の指定する銀行口座への振込による。

(免責)

第１４条　センターは、利用者が大規模計算機システムを利用したことにより被った損害その他大規模計算機システムに関連して被った損害について、一切の責任及び負担を負わない。

(利用の制限)

第１５条　センターは、大規模計算機システムの障害その他やむを得ない事情があるときは、利用者への予告なしに大規模計算機システムを停止することができる。

(利用承認の取消)

第１６条　センター長は、この規程又はこの規程に基づく定めに違反した者その他大規模計算機システムの運営に重大な支障を生じさせた者があるときは、利用の承認を取り消し、又は一定期間大規模計算機システムの利用を停止させることがある。

(雑則)

第１７条　この規程に定めるもののほか、大規模計算機システムの利用に関し必要な事項は、センター長が定める。

附　則

１　この規程は、令和６年１０月１日から施行する。

２　大阪大学サイバーメディアセンター大規模計算機システム利用規程(平成１２年３月１３日制定)は、廃止する。

３　この規程施行前に大阪大学サイバーメディアセンター大規模計算機システム利用規程に基づき、令和６年度の利用承認を受けた利用者にあっては、この規程に基づき利用の登録があったものとみなす。

国立大学法人大阪大学諸料金規則第 3 条（別表第 17）大阪大学 D3 センター大規模計算機システム利用規程第１１条の規定に基づく負担額

（1）SQUID の負担額

（A）占有

基本負担額	占有ノード数
1,150,000 円／年	汎用 CPU ノード群 1 ノード
7,032,000 円／年	GPU ノード群 1 ノード
4,336,000 円／年	ベクトルノード群 1 ノード

（B）共有

	基本負担額	SQUID ポイント
コース	10 万円	1,000 ポイント
	50 万円	5,250 ポイント
	100 万円	11,000 ポイント
	300 万円	34,500 ポイント
	500 万円	60,000 ポイント

（C）ストレージ容量追加

基本負担額	提供単位
2,000 円／年	HDD 1TB
5,000 円／年	SSD 1TB

備考

1　負担額は上記負担額で算出した合計額に、消費税（10%）を加えて得た額とする。ただし、産業利用 成果非公開型の負担額は、上記負担額で算出した合計額に 5 を乗じ、消費税（10%）を加えて得た額とする。

2　登録時の利用期限または年度を越えて利用はできない。

3　ストレージ容量は 1 申請単位で HDD 5TB を割り当てる。ただし、他のストレージ容量と合算できない。

4　(A) は占有ノード数を追加する場合のみ変更申請を受け付ける。

5　(A) の 2 ノード以上の基本負担額は、1 ノードを基準に比例するものとする。

6　(A) は資源提供状況により 3 か月単位の申請を受け付ける場合がある。その場合の月額の負担額は、1 ノード年の基本負担額の 1/10 とする。

7　(B) は年度の途中でコースの変更はできない。新たにコースを追加する場合は申請を受け付ける。

8　計算ノードの利用に使用する SQUID ポイントは、使用したノード時間に対して以下の消費係数、季節係数および燃料係数を乗じたものとする。季節係数は前年の利用状況等を鑑み、0 を超える 1 以下の値を設定する。燃料係数は、直近の電気料金を鑑み、設定する。

ノード群	消費係数			季節係数	燃料係数
	高優先度	通常優先度	シェア		
汎用 CPU ノード群	0.3746	0.2998	0.2248	大規模計算機システム WEB ページに記載	大規模計算機システム WEB ページに記載
GPU ノード群	2.2934	1.8348	1.3762		
ベクトルノード群	1.4140	1.1312	0.8484		

9　(C) は年度の途中は追加申請のみ受け付ける。

１０ (C) は１つの申請グループにつき、HDD 500TB、SSD 10TB の追加を上限とする。

（2）ONION(オブジェクトストレージ)の負担額

基本負担額	提供単位
12,000 円／年	1TB

備考

1　年度の途中は追加申請のみ受け付ける。

2　負担額は上記負担額で算出した合計額に、消費税（10%）を加えて得た額とする。

大阪大学 D3 センター大規模計算機システム試用制度利用内規

第１条　この内規は、大阪大学 D3 センター（以下「センター」という。）が管理運用する全国共同利用のスーパーコンピュータシステム及びワークステーション（以下「大規模計算機システム」という。）の試用制度を利用するための必要な事項を定める。

第２条　試用制度は、初めてセンターの大規模計算機システムを利用する者（以下「利用者」という。）に一定の期間利用させることによって、利用者の研究活動における大規模計算機システムの有用性を確認できるようにすることを目的とする。

第３条　試用制度を利用することができる者は、大阪大学 D3 センター大規模計算機システム利用規程第３条に該当する者とする。

第４条　利用者は所定の申請手続きを行い、センター長の承認を得なければならない。

第５条　センター長は、前条の申請について適当と認めた場合は、利用者番号を与えて承認するものとする。

第６条　利用者の有効期間は初めて利用する計算機資源毎に３ヶ月間とする。ただし、当該会計年度を超えることはできないものとする。

２　利用有効期間内は別に定める資源量上限まで計算機資源毎に利用できるものとする。資源量上限を超えた場合は、利用を停止するものとする。

３　利用有効期間を超えた場合は、利用を停止するものとする。

第７条　利用者は、第５条に規定する利用者番号を当該申請に係る目的以外に使用し、又は他人に使用させてはならない。

第８条　センター長は、この内規に違反した場合、もしくは氏名等を偽り利用した場合、その他大規模計算機システムの運営に重大な支障を生ぜしめた場合には、当該利用の承認を取り消すことがある。

附　則

１　この内規は、令和６年１０月１日から施行する。

２　大阪大学サイバーメディアセンター大規模計算機システム試用制度利用内規（平成１２年１１月３０日制定）は、廃止する。

３　この内規施行前に大阪大学サイバーメディアセンター大規模計算機システム試用制度利用内規に基づき、令和６年度の利用承認を受けた利用者にあっては、この内規に基づき利用の登録があったものとみなす。

大阪大学D3センター教育用計算機システム利用規程

（趣旨）

第１条　この規程は、大阪大学 D3 センター（以下「センター」という。）が管理・運用する教育用計算機システム（以下「教育用計算機システム」という。）の利用に関し、必要な事項を定めるものとする。

（利用者の資格）

第２条　教育用計算機システムを利用することのできる者は、次の各号に掲げる者とする。

(1)　大阪大学（以下「本学」という。）の教職員

(2)　本学の学生

(3)　その他D3センター長（以下「センター長」という。）が適当と認めた者

２　教育用計算機システムを利用する者（以下「利用者」という。）は、あらかじめ、大阪大学全学ＩＴ認証基盤サービスを利用するための大阪大学個人ＩＤの付与を受けるものとする。

（利用の申請）

第３条　大阪大学全学共通教育規程、各学部規程及び各研究科規程で定める授業科目の授業を行う場合で、センターの豊中教育研究棟情報教育教室又は PLS 教室（以下「情報教育教室等」という。）において教育用計算機システムを利用しようとするときは、当該授業科目の担当教員は、あらかじめ、所定の申請書を所属部局長（全学共通教育科目の授業に利用する場合にあっては、原則として、全学教育推進機構長とする。）を通じてセンター長に提出し、その承認を受けなければならない。

２　前項に規定する場合のほか、センター長は、前条第１項第１号又は第３号に掲げる者から情報教育教室等における教育研究のための教育用計算機システムの利用に係る申請があった場合には、前項の利用に支障のない範囲内において、これを許可することができる。

（利用の承認）

第４条　センター長は、前条の申請を承認したときは、その旨を文書により申請者に通知するものとする。

２　前項の利用の承認期間は、１年以内とする。ただし、当該会計年度を超えることはできない。

（利用者の責務）

第５条　利用者は、教育用計算機システムの利用に際しては、別に定めるガイドラインに従わなければならない。

（利用の制限）

第６条　センター長は、必要に応じて、利用者が使用できる教育用計算機システムの使用について制限することができる。

（報告）

第７条　センター長は、必要に応じて、利用者に対し利用の状況及び結果についての報告を求めることができる。

（経費負担）

第８条　利用者の所属部局（全学共通教育科目の授業に利用する場合にあっては、原則として、全学教育推進機構とする。）は、その利用に係る経費の一部を負担しなければならない。

２　前項の額及び負担の方法は、センター教授会の議を経て、センター長が別に定める。

３　第１項の規定にかかわらず、センター長が特に必要と認めたときは、経費の負担を免除することがある。

（利用停止）

第９条　利用者が、この規程に違反した場合又は利用者の責によりセンターの運営に重大な支障を生じさせたときは、センター長は、その者の利用を一定期間停止することがある。

（雑則）

第１０条　この規程に定めるもののほか、教育用計算機システムの利用に関し必要　な事項は、センター長が定める。

附　則

１　この規程は、令和６年１０月１日から施行する。

２　大阪大学サイバーメディアセンター教育用計算機システム利用規程（平成１２年３月１３日制定）は、廃止する。

３　この規程施行前に大阪大学サイバーメディアセンター教育用計算機システム利用規程に基づき、令和６年度の利用承認を受けた利用者にあっては、この規程に基づき利用の登録があったものとみなす。

・ガイドライン関係

大阪大学総合情報通信システム利用者ガイドライン

1.　はじめに

この利用者ガイドラインは、大阪大学におけるキャンパスネットワークで、学内の教育研究活動を支える ICT 基盤である、大阪大学総合情報通信システム（Osaka Daigaku Information Network System の略で、以下「ODINS」という。）が提供するサービスについて分りやすく解説しています。

また、ODINS が提供するサービスを利用するにあたり次の諸規程等を遵守する必要がありますので、必ず諸規定等もご一読ください。

・国立大学法人大阪大学情報セキュリティ対策規程
・大阪大学総合情報通信システム利用規程
・大阪大学総合情報通信システム運用内規

このガイドラインは、変更することがあります。変更した場合は、ホームページ等の電子的な手段で広報しますので、常に最新のガイドラインを参照して下さい。

2.　用語の定義

本ガイドラインで使用する用語については次のとおりです。

(1)「SSID」とは、無線 LAN におけるアクセスポイントの識別名です。

(2)「スパムメール」とは、受信者の意向を無視して、無差別かつ大量に送信される、電子メールを主としたメッセージです。

(3)「アカウント」とは、コンピュータの利用者を識別するための標識となる文字列のことであり、WEB 上でなんらかのサービスを受ける際の身分を表します。

(4)「ファイアウォール」とは、あるコンピュータやネットワークと外部ネットワークの境界に設置され、内外の通信を中継・監視し、外部の攻撃から内部を保護するためのソフトウェアや機器等のシステムです。

(5)「部局ネットワーク担当者」とは、当該部局等の ODINS の運用に関する業務を支援している担当者です。詳しくは大阪大学総合情報通信システム運用内規をご覧ください。

3.　提供しているサービスについて

ODINS では、次のとおり利用者向けサービスと管理者向けサービスの 2 種類用意しています。基本的には利用者や管理者が意識することなく利用しているサービスですが、個別に設定等が必要なものについては、マニュアルを確認のうえご利用ください。

3.1.　利用者向けサービス

- キャンパスネットワークサービス

  各キャンパスにおいてネットワーク環境を提供するサービスです。独自でネットワーク回線を用意していない限り、本学のネットワーク通信は全て ODINS のキャンパスネットワークサービスにより提供しています。

- 有線 LAN 認証サービス

  ODINS では有線 LAN 環境に認証設定を施し、利用制限を行うサービスを提供しています。認証が必要な場所やマニュアル等は、適宜更新されますので、次をご確認ください。
  (https://www.odins.osaka-u.ac.jp/manual/)

- キャンパス無線 LAN サービス

  本学の講義室やセミナー室等の公共性の高い施設等を中心に整備した、無線 LAN 環境を提供するサービスです。無線 LAN を利用するためには、ODINS 無線 LAN が提供された場所で、SSID (odins-1x) を選択することで利用することができます。詳しくは、次をご覧ください。
  - 無線 LAN アクセスポイント一覧
    (https://www.odins.osaka-u.ac.jp/wireless/)
  - キャンパス無線 LAN サービス利用マニュアル
    (https://www.odins.osaka-u.ac.jp/manual/)

  本学では、ODINS が整備したキャンパス無線 LAN サービスに加え、大学等教育研究機関の間でキャンパス無線 LAN の相互利用を実現する、国際無線 LAN ローミング基盤サービスである eduroam も提供しています。eduroam は大阪大学個人 ID を所有する学生及び教職員等に提供するサービスであり、マイハンダイを経由した申請により利用可能です。eduroam を利用すれば、世界中の eduroam に加盟している機関で無線 LAN サービスを利用することができます。
  設定方法につきましては、次の利用マニュアルをご覧ください。 (https://www.odins.osaka-u.ac.jp/manual/)

- 迷惑メールフィルタリングサービス

  本学のドメインを持つメールサービスに対し、メールのフィルタリング機能を提供するサービスです。このサービスは、ODINS 側でスパムメールの削除を行うのではなく、スパムメールであるかの判定を行い、その情報をメールヘッダに付加し利用者に届けるものです。このことにより、利用者側でスパムメールの振り分けが可能となり、システム側で正常なメールを誤って削除されることなく受け取ることが可能となります。年々増加しているメールを用いたサイバー攻撃対策のためにも、本学内に設置しているメールサーバをご利用の方は、必ずメールソフトへの設定をお願いします。
  設定方法につきましては、次の利用マニュアルをご覧ください。 (https://www.odins.osaka-u.ac.jp/manual/)

3.2.　管理者向けサービス

- ビジター用アカウント発行サービス（ビジター認可システム）

  本学の来訪者へネットワーク環境を提供するために必要なアカウントを発行するためのサービスです。アカウント発行は、権限を持った方が発行可能です。詳しくは大阪大学総合情報通信システム無線 LAN ビジターID 運用要項をご覧ください。

- 通信監視サービス（ネットワーク侵入検知システム）

  ODINS を経由する学内外通信を監視し、不正アクセスやウィルスによる挙動を検知し、部局等へ通知するサービスです。本サービスで取得した情報を解析し、サイバー攻撃やウィルス感染の挙動等が確認された場合、情報セキュリティインシデントとして当該部局に対応依頼を行っています。
  なお、情報セキュリティインシデント発生時には、事故・障害等の対処手順 (https://my.osaka-u.ac.jp/admin/information/security/procedure) に従い対処してください。

- ネットワーク侵入防止サービス（ネットワーク侵入防止システム）

  ODINS を経由する学内外通信に対して、不正な通信を防止するためのサービスです。サイバー攻撃や本学に対して不利益を発生させるような通信について、本システムを用いてアクセス遮断を行います。

- 学内ネットワーク検疫サービス（不正端末検疫システム）

  ODINS を経由する学内通信に対して、不正な通信、サポート終了を迎えたアプリケーションや OS、脆弱性を持つソフトウェア等による通信の監視及び防止するためのサービスです。本サービスは後述のイントラネットワーク基盤サービスと連携することで最大限の効果を発揮するシステムであるため、よりネットワーク環境を堅牢化するためにも、是非ともイントラネットワーク基盤サービスをご活用ください。

- イントラネットワーク基盤サービス（イントラネットワークシステム）

  部局等のネットワーク環境をプライベートネットワーク化することを希望する管理者向けに、イントラネットワーク環境を構築及び運用するための基盤を提供するためのサービスです。本サービスを用いることで、前述の学内ネットワーク検疫サービスを最大限に利用することが可能となり、より堅牢なネットワーク環境を構築することが可能です。
  イントラネットワーク基盤サービスの利用をご希望の部局は、所属部局の部局ネットワーク担当者を通じてご相談ください。

- アクセス制御サービス（ファイアウォール）

  ODINS を経由する通信に対して、アクセス制御を行うためのサービスです。ODINS が提供するグローバル IP アドレスは、独自でファイアウォールを用意して運用していない限り、本サービスを用いてアクセス制御されています。アクセスポートの設定変更等については、所属部局の部局ネットワーク担当者を通じてご相談ください。

- 有線 LAN 認証サービス

  ODINS では有線 LAN 環境に認証設定を施し、利用制限を行

うサービスを提供しています。ODINS が整備したネットワークスイッチに認証設定を施すことで実現します。有線 LAN 認証サービスを利用希望の方は、所属部局の部局ネットワーク担当者を通じてご相談ください。

4.　ネットワーク利用にあたっての倫理事項・遵守事項

ODINS の利用は、教育研究活動又は本学の運用に必要な通信に限定されます。ネットワーク上の交流もまた社会であることを意識し、他者を思いやり健全なコミュニケーションを確立することが必要です。ODINS の利用にあたり、少なくとも本項に示す行為は避け、適切にネットワークを使用してください。

なお、ODINS では安全かつ適正な利用のために、利用者の通信履歴を記録しています。

4.1.　法令又は公序良俗に反する行為

ODINS の利用は大阪大学定めた各種ルールに加えて、国内外の法律も適用されます。特に関連の深い日本の法律として、著作権法等の知的財産に関する法律や、不正アクセス禁止法が挙げられますので、ODINS 利用のルールを遵守した上で、憲法・法律を遵守し行動してください。

4.2.　教育研究活動又は本学の運用に必要な通信以外のネットワーク利用

ODINS の利用は、教育研究活動又は本学の運用に必要な通信に限定されます。利用目的から逸脱する行為は、利用を制限し、又は停止することがあります。

4.3.　ODINS の円滑な運用を妨げる行為

ODINS の運用を妨害する行為は厳禁です。例えば、物的な加害だけでなく、大量のデータ送受信によるネットワークへ高負荷をかける行為、他の利用者に迷惑をかけるような過剰な利用、ウィルス感染したパソコンやスマートフォンをネットワークに接続することが該当します。また、ウィルス感染等、予期せぬ事情で ODINS の運用の妨げになることもあり、自身が加害者にならないためにも、使用するパソコンやスマートフォンを適切に管理してください。

4.4.　情報セキュリティの確保

ODINS は多数のユーザが利用していることから、一人でもセキュリティ対策を怠れば広範囲にわたって悪影響が出る場合があります。

以下の項目については、基本的なセキュリティ対策として、常にチェックをしてください。

- ウィルス対策ソフトをインストールし、定義ファイルを最新に保つこと。
- OS 及びソフトウェアのアップデートし、最新のバージョンに保つこと。
- サポート切れの OS 等が稼働する機器を ODINS に接続しないこと。
- 脆弱性を有する OS 及びソフトウェアは使用しない、又は脆弱性を解消すること。
- パスワードは、①簡単な文字列を使用しない、②とのサービスと同じものを使用しない、③他人に教えない、④他のサービスに安易にパスワードを入力しない、⑤漏えいの疑いがある場合は速やかに変更する等、管理を徹底すること。

詳しくは、以下の URL を参照のこと。
(https://web.auth.osaka-u.ac.jp/portal/ja/pwdpolicy.html)

また、本学が定める国立大学法人大阪大学情報セキュリティ対策規程を遵守した上で、ODINS をご利用ください。

4.5.　ODINS 運用への協力のお願い

サイバー攻撃をはじめ、セキュリティ技術やネットワーク技術は急速に成長しており、現在の運用が将来においては適切でない可能性があります。ODINS では各種規程の改訂等により、時代に合わせた運用変更を実施します。ODINS 利用者は変更後の運用についても必ず遵守するとともに、変更に係る各種調査やアンケート等の依頼時には協力をお願いします。

5.　各種利用申請書

各種申請は、部局ネットワーク担当者等を通じて行う必要があります。各種申請書は ODINS の Web ページ(https://www.odins.osaka-u.ac.jp/guidelines/)に掲載しております。

6.　ODINS 関連の規定等及び本ガイドライン違反に対する措置

ODINS の運用を妨げる行為や通信を発見した場合、ネットワーク遮断等の緊急措置を行うことがあります。緊急措置が実施された場合は、安全にネットワーク運用が可能と判断されるまで解除は行いません。

不適切にネットワークを利用した者には、当該部局の部局ネットワーク担当者からネットワーク利用や情報セキュリティに関する教育・指導を行うことになります。

7.　相談窓口

各部局のネットワークに関するご相談は、各部局で定められている部局ネットワーク担当者に一次相談窓口をお願いしています。ご相談につきましては、各部局の部局ネットワーク担当者へご相談のほどよろしくお願いいたします(https://www.odins.osaka-u.ac.jp/reception/)。
部局ネットワーク担当者からの相談については、次の宛先までお願いいたします。

部　署:情報推進部情報基盤課研究系システム班(ODINS 担当)
内　線:　(吹田) 8815,8816
メール:odins-room@odins.osaka-u.ac.jp

(H30.10.23　改正)

教育用計算機システム、学生用電子メールシステム利用者ガイドライン

1　はじめに

この利用者ガイドラインは、教育用計算機システムに関係する各種の規程等を分かりやすく解説しています。また、学生用電子メールシステムについても解説しています。全ての利用者は、この利用者ガイドライン(指針)をよく読んでから教育用計算機システム及び学生用電子メールシステムを利用して下さい。

また、各種の規程とは次のものです。先ず、本学が提供する情報システムを利用するにあたり、「大阪大学情報セキュリティポリシー」[1] 等を遵守しなければいけません。教育用計算機システムの利用については、「教育用計算機システム利用規程」[2] があります。

なお、教育用計算機システムは大阪大学総合情報通信システムに接続して運用していますので、教育用計算機システムの全ての利用者は「大阪大学総合情報通信システム利用者ガイドライン」を遵守しなければいけません。

この利用者ガイドラインは、変更することがあります。変更した場合は、ホームページ等の電子的な手段で広報しますので、常に最新の利用者ガイドラインを参照して下さい。

2　教育用計算機システム

「教育用計算機システム」とは、D3センター豊中教育研究棟の教室、箕面総合研究棟4階の教室及び分散端末室のコンピュータ、通信機器及びこれらの上で動作するソフトウェア群によって構成されるシステムをいいます。教育用計算機システムは、D3センターが管理・運用しています。

3 学生用電子メールシステム

大阪大学が提供する学生用電子メールシステムは、本学からの情報発信及び情報交換を通じて、主に在学中の修学に関する情報を提供するものです。そのため、ルールやマナーを守った安全な方法で使用しなければ、多くの利用者に迷惑をかけることになり、さらには、本学の社会的信用を失わせる要因となる可能性があります。このようなリスクを軽減し、情報資産を保護するとともに、電子メールを安全に利用するために次のことを遵守してください。また、卒業後は本学と交流できる機会を提供するための電子メールアドレスが用意されています。

・利用対象者

学生用電子メールシステムは、大阪大学の全ての学生及びD3センターの教室で授業を担当される教員が利用できます。

・メールアカウントとパスワードの管理

大学が配付するメールアカウントとパスワードを取得した後は、所有者個人が管理することになります。また、他人にメールアカウントやパスワードを教えてはいけません。

・情報セキュリティポリシー等の遵守

学生用電子メールシステムの利用者は、大阪大学情報セキュリティポリシー等を遵守する必要があります。

・利用者の責任

学生用電子メールシステムを利用したことにより発生した、いかなる損失・損害に関しても、利用者が一切の責任を負います。

・利用の停止

卒業後、本人からの申し入れにより、学生用電子メールシステムの当該アカウントの利用を停止することができます。

・学生用電子メールシステムの利用に関する相談窓口

メールの操作方法及びシステム運用・障害に関するものは、以下の相談窓口へ連絡して下さい。

情報推進部情報基盤課教育系システム班
TEL:06-6850-6806
Mail:info@ecs.osaka-u.ac.jp

メールに書かれた内容に関することは、そのメールに書かれている問い合わせ先にお願いします。

4　違法行為と不正行為

4.1　コンピュータ上／ネットワーク上の不正行為

コンピュータ上及びネットワーク上の行為にも、日本国内においては国内法が適用されます。ただし、違法行為を禁じる条項は教育用計算機システム、学生用電子メールシステムの利用者ガイドラインには含まれていません。また、「法に触れない行為」と「して良いこと」は違います。特に教育的見地から、教育用計算機システム及び学生用電子メールシステム上で行われる、倫理に反する行為及び著しく利用マナーに反する行為を「不正行為」と呼びます。[3]

教育用計算機システムは大学の施設ですので、大学の施設を用いて無断で行ってはいけないことは、教育用計算機システムにも適用されます。教育用計算機システムを利用して財産的利益を得ること、例えば、プログラミングのアルバイト、家庭教師や塾講師のアルバイトのための文書作成を行ってはいけません。

目的外利用を含めた不正行為の内、他人のアカウントを使用することや他人に自分のアカウントを使用させること及びシステム運用業務の妨害行為は特に悪質な不正として取り扱います。悪質と判断した利用者に対しては、利用資格の停止や制限を行います。また、大阪大学の規則に従った懲戒が行われることがあります。

教育用計算機システムを利用する上で、他の利用者や教育用計算機システム運用管理者のパスワードを調べる行為を行ってはいけません。そのような行為は、コンピュータの不正利用を行うための準備行為とみなされます。このような、不正行為の準備としか考えられない行為を「不正予備行為」と呼びます。不正予備行為は、不正行為と同じように扱います。

4.2　講義/演習中の不正行為

講義や演習中に教育用計算機システム利用規程に反する行為が行われた場合、それが講義や演習にとっての不正行為かどうかとは別に、教育用計算機システム利用規程を適用します。2章に記載した場所における講義や演習における、カンニング、代理出席、他人のレポートのコピーの提出に対しては、一般の講義室における場合と同じように扱います。つまり、不正行為への対処としての出席の不認定、単位の不認定は、一般の講義室における場合と同じように、大阪大学の規則に従います。

例えば、ある学生Aが自分のログイン名とパスワードを友人Bに教えて、教育用計算機システムを利用する講義の代理出席を行った場合を考えてみましょう。他人のアカウントを利用

し、また、させているので、A、Bともに教育用計算機システムの不正利用者として扱います。教育用計算機システム運用管理者は、「代理出席を行ったこと」に対する処分内容には関知しません。担当教員は、裁量により出席点を減点したり処分を猶予したりすることがあります。

4.3　他組織への侵入

教育用計算機システムのネットワーク環境は、「ファイアーウォール」と呼ばれるネットワーク機器を用いることにより、他のネットワークと直接通信ができないように制限を加えています。これは、他組織からの不正侵入や、他組織への不正侵入を防ぐための措置です。

大阪大学から他組織のネットワークに不正に侵入した場合、大阪大学全体が外部のネットワークとの接続を切られるだけなく、場合によっては国際問題に発展する可能性もあります。他組織に迷惑をかけないように大学側でも対処していますが、侵入を試すような行為を行った場合は処分の対象となります。

他組織のネットワークへの不正侵入以外にも、大量の電子メールを送りつける等、他組織のシステムの運営妨害を行なった場合は侵入と同様に扱います。また、パスワードの付け忘れ等、管理上の不備のあるコンピュータであっても、侵入してはいけないことに変わりはありません。

５　知的財産の尊重

著作物及びソフトウェアの著作権を尊重して下さい。教育用計算機システムに導入されているソフトウェア(フリーソフトウェアを除く)及びドキュメントはコピーして持ち出してはいけません。フリーソフトウェアを外部から持ち込んで利用する場合は、利用者個人の責任の基に行って下さい。

著作物の無断コピーに教育用計算機システムを使わないで下さい。著作権法では、私的使用の場合に関する例外事項の規定があります。教育用計算機システムは利用者の私物でも家庭内でもないので、教育用計算機システムのコンピュータの利用は私的使用にはあたらないと考えられます。

電子掲示板等インターネット上の記事は一般の著作物と同じです。著作権を侵害しているかどうかの判断は非常に難しいですが、例えば、電子掲示板の記事に、出典を明記せずに著作物(歌詞等を含む)の一部を引用することや、出典を明記しても著作物の全部を引用すること等は著作権を侵害していると考えられます。

６　窃盗行為の禁止

教育用計算機システム利用規程には明文化していませんが、教育用計算機システムのコンピュータや、その部品あるいは未使用のプリンタ用紙等を外へ持ち出すことは、窃盗罪となります。

７　運用妨害の禁止

コンピュータやプリンタの電源の操作及びリセット操作を行ってはいけません。例外は機器からの発煙等の緊急時、教育用計算機システム運用管理者が操作を指示した場合です。

教育用計算機システムの運用を妨害するような行為(他の利用者のファイル消去、故意のネットワーク妨害等)が発生した場合は、厳重な処分を行います。経済的な被害を与えない行為でも、教育用計算機システムの運用妨害となる行為をしてはいけません。電源プラグやコネクタを外す等の物理的な行為の他、ウィルスの送付等の間接的な行為、CD-ROMの装置に異物を入れる等、故意に故障を引き起こす行為もしてはいけません。

８　ファイルの扱い

教育用計算機システムの各利用者は、教育用計算機システム内の、ある一定量のファイル領域を利用できます。しかし、ファイル領域はあくまでも大阪大学の資産の一部であり、利用者の私有物となったわけではありません。教育用計算機システムでは、ある利用者のファイルを他の利用者からも読める(すなわちコピーできる)ように、ファイルの保護モードを各利用者が設定することもできます。利用者の設定ミスによって、思いがけずファイルを他の利用者に読まれてしまうことも考えられます。このため、他の利用者に読まれたくないファイルは、教育用計算機システム上に置かないほうが安全です。

９　本システムの運用管理について

教育用計算機システム及び学生用電子メールシステム運用管理者は、違法行為／不正行為を発見した場合、当該アカウントの利用停止の措置を行います。不正行為に使われたアカウントが盗用されたものであった場合、結果として盗用された被害者の利用を停止することになりますが、盗用の事実を確認後、利用停止を解除します。

利用者の氏名、入学年、所属学部、ログイン名及び本システムの利用頻度等は、違法行為／不正行為が疑われる場合は秘密情報として扱いません。

教育用計算機システム運用管理者は、利用者のファイル領域のプライバシーを尊重しますが、不正なファイルの存在等については、定期的な自動探査を行い、必要に応じて手動操作による内容の監査等を行うことがあります。また、機器故障の対策として、利用者の個人ファイル領域を教育用計算機システム運用管理者がハードディスク等にコピーし、保管することがあります。

教育用計算機システムのコンピュータに暗号化したファイルを保管することは不正行為ではありませんが、何らかの不正行為の手段としてファイルの暗号化を行なっていると推定される場合は、内容の開示を当該利用者に要求することがあります。また、ファイル領域の使用量や受信した電子メールのサイズには制限があります。この制限を越えた利用者は、ファイルや電子メールを保存できません。

１０　不正利用等に関する処分

コンピュータの窃盗や破損は、大学施設内の窃盗や破損の場合と同じように扱います。違法行為／不正行為の継続を防ぐため、あるいは発生を防止するための、アカウントの利用停止等の緊急措置は、それを発見した教育用計算機システム運用管理者の判断で即座に行います。

１１　ネットワーク・エチケット

一般にネットワークを快適に利用する際に注意すべきことがいくつかあります。これらは、主に「ネットワーク・エチケット(ネチケット)」と呼ばれるものです。インターネットの世界では自己責任、自己防衛が原則です。ここでは、インターネットを利用する際に必要最小限守るべきことを列挙します。

・アカウント・パスワードを厳重に管理する。
・社会ルールを守る。
・誹謗中傷しない。
・著作権を侵害しない。
・プライバシーを侵害しない。

注釈

[1] (セキュリティポリシー：https://www.d3c.osaka-u.ac.jp/wp-content/uploads/2025/07/securitypolicy.pdf)

[2] (関連規程等の記載場所：http://www.cmc.osaka-u.ac.jp/edu/guideline/guideline.php)

[3] 平成12年2月13日より「不正アクセス行為の禁止等に関する法律」が施行されており、現在では不正アクセスやその助長行為は懲役・罰金等の刑罰の対象となります。

D3 CENTER

DIGITAL DESIGN, DATABILITY,
AND DECISION INTELLIGENCE