ANNUAL REPORT

2023

Osaka University
Institute for Databability Science

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

OPEN 2021

大阪大学データビリティフロンティア機構

Annual Report

2023

Institute for Datability Science

巻頭言

データビリティフロンティア機構 機構長
尾上 孝雄

令和という新しい時代を迎え，我々が暮らす社会にも大きな変化が訪れています．デジタル革命の進展により社会構造自体が従来の資本集約型から知識集約型に大転換し，「知」の創出や情報・データの獲得および活用が今後ますます重要になってきます．先頃，文部科学省で先頃取り纏められた科学技術イノベーション政策に関する報告書においても，今後のデジタル革命の進展に対応した新たな研究システムの構築が必要とされており，データ駆動型・AI 駆動型科学を駆使して，情報科学技術自体の振興とさまざまな分野でのその利活用を両輪で進めていく必要があるとされています．

大阪大学では，このような課題に早くから着目し，2016 年 2 月に打ち出した「OU ビジョン 2021」における「オープンリサーチ」の基盤として，データの可用性と持続可能性を担保しつつ責任を持って活用する「データ駆動型研究」を全学的に推進することとし，同年 4 月に世界に先駆けてデータビリティフロンティア機構を設置して，精力的に活動を続けてきております．

データビリティフロンティア機構では，データビリティ基盤 3 部門とデータビリティ研究 8 部門を擁し，情報系研究者とさまざまな分野の研究者が協働できる，アンダーワンルーフ型の研究遂行環境を整えております．多岐にわたる分野で 20 を超えるデータ駆動型学際共創研究プロジェクトが進行中です．また，新たな知を社会実装する際の倫理的・法制度的・社会的課題，いわゆる ELSI への対応が重要となりますが，ビッグデータ社会技術部門がその役割を担っていることも，他にはない本機構の大きな特徴となっております．

一方で，これらの基盤的で卓越した学際共創研究の推進とともに，価値創造やイノベーション創出の担い手の育成も社会的要請が強くなってきています．人材育成においては，2017 年度から，NEDO の事業で AI データフロンティアコースを実施いたしました．本コースは，実社会で活躍する研究者・技術者を対象に，大学院レベルの講義を通じて AI 知識を体系的に伝授するとともに，製造現場や顧客行動等のさまざまなデータを用いた実践的な演習を通じて，データの構築方法や解析手法などの機械学習技術の基本をコンパクトな形で提供する教育プログラムであり，毎回多くの社会人技術者・研究者が受講しています．

2018 年度文部科学省「Society 5.0 実現化研究拠点支援事業」に採択された「ライフデザイン・イノベーション研究拠点」事業は，本機構が直轄する重点研究プロジェクトとして位置づけており，機構内にライフデザイン・イノベーション拠点本部を設置して推進しております．拠点本部では，大阪大学の研究者らが中心となり、理化学研究所および NEC が中核機関として参加し，未来を創る 10 個の研究プロジェクトを実施しています．情報システム基盤と社会技術プロジェクトが連携し，パーソナルデータを取り扱うための PLR 基盤とその運用ガイドライン，規約の作成を短期間で進め，プロトタイプシステムを構築し実証実験を行なう段階にきています．

今後，知識集約を加速させる知・情報・人材・資金のハブ機能として，大学自らがその機能を拡張し変革の原動力となることが強く求められますが，大阪大学データビリティフロンティア機構はその中核的組織として，より一層活動を充実していきたいと考えております．今後とも各方面の皆様の暖かいご支援をお願い申し上げます．

目次

第 1 部　機構組織構成 1

第 2 部　機構の活動概要 9
2.1　運営 . . . 9
2.2　研究倫理委員会 . . . 9
2.3　予算 . . . 10
2.4　学際共創研究活動概要 . . . 11

第 3 部　学際共創プロジェクト 13

第 4 部　機構の主要研究プロジェクト 83
4.1　スマートキャンパス（未来社会創造型サービスプラットフォームの整備） . . . 83
4.2　Society5.0 実用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」 . . . 88
4.3　データビリティ研究用基盤システムと実証実験フィールドの整備 . . . 94

第 5 部　ライフデザイン・イノベーション研究拠点 99
5.1　Society 5.0 実現化研究拠点支援事業について . . . 99
5.2　事業概要 . . . 99
5.3　2023 年度活動概要 . . . 100
5.4　まとめ . . . 102

第 6 部　教育 103
6.1　ダイキン AI 講座 . . . 103
6.2　人文学研究科デジタルヒューマニティーズ . . . 104
6.3　WPI ヒューマンメタバース疾患学研究拠点 . . . 104

第 7 部　専任教員の研究活動 105

第 8 部　外部資金獲得状況 145

第 9 部　研究業績 149

第 1 部

機構組織構成

データビリティフロンティア機構 (Institute for Datability Science; IDS) の組織構成は，下図のとおりである．本機構は，データビリティ推進のための中心技術となる，データビリティ基盤部門 (3 部門) と，データビリティ基盤部門メンバーとの共創によりデータ駆動型研究を推進するための，データビリティ研究部門 (8 部門)，および研究者マッチングや広報・情報発信を行う企画室，Society 5.0 の実現を目指す先端中核拠点である，ライフデザイン・イノベーション研究拠点とで構成される．

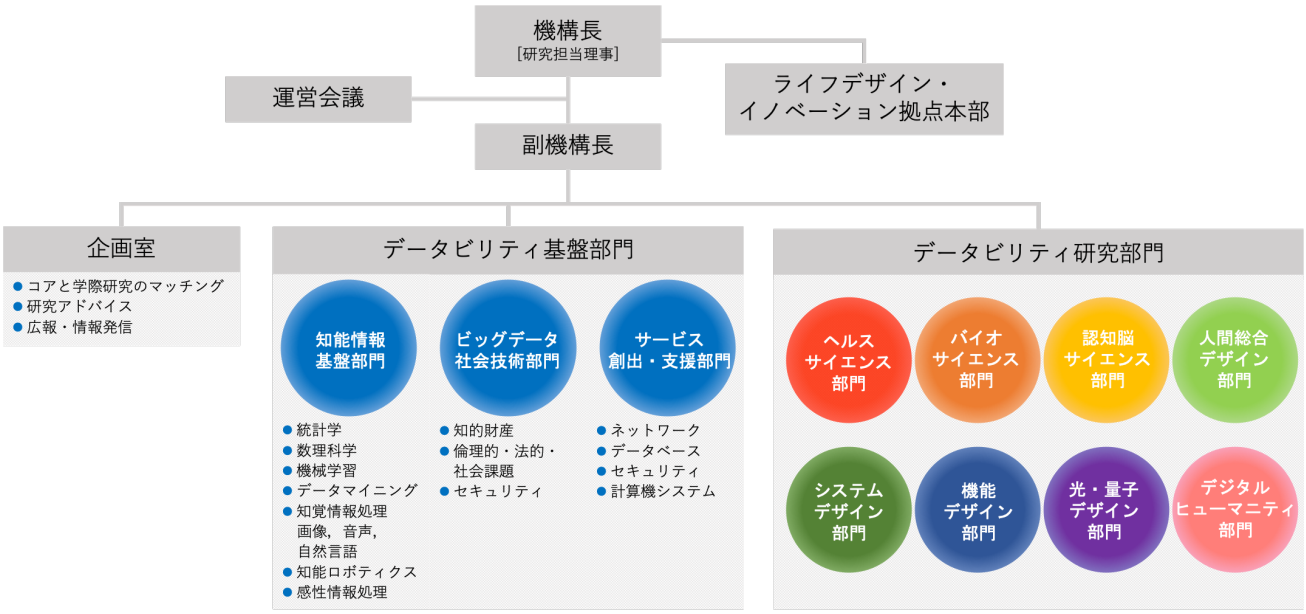


図 1.1: 組織図（令和 6 年 3 月 31 日現在）

データビリティ基盤部門

データビリティ基盤部門は以下の 3 部門からなる．

1. 知能情報基盤部門
2. サービス創出・支援部門
3. ビッグデータ社会技術部門

知能情報基盤部門は，統計学，数理科学，知能情報学，知的情報処理，ヒューマンインタラクション等の統計数理，人工知能関係の研究者が所属し，データ駆動研究スタイルへの変革の中核を担う．サービス創出・支援部門は，実際にビッグデータを扱うシステム構築のための，ネットワーク，データベース，セキュリティ，計算機システム等の教員が集結している．ビッグデータ社会技術部門は，ビッグデータ利活用における倫理的・法的・社会的課題（ELSI）を扱う教員からなり，個人情報やプライバシーに関する様々な問題に対して，多様なステークホルダーとの協働により取り組んでいる．

データビリティ研究部門

データビリティ研究部門では，学内教員からのヒアリングにより選抜した以下の 8 部門において，データ駆動型研究を推進している．

1. ヘルスサイエンス部門: 臨床医学イノベーション，創薬イノベーション
2. バイオサイエンス部門: 生命システム，高次生体イメージング
3. 認知能サイエンス部門: 脳イメージング，認知ロボティクス
4. 人間総合デザイン部門: 健康・スポーツ社会，超スマート社会，ヒューマンインターフェイス
5. システムデザイン部門: 環境イノベーション，インテグレート機械システム，インテリジェント通信
6. 機能デザイン部門: 物質機能，材料機能，電子機能
7. 光・量子デザイン部門: スマートセンシング，光量子クロススケール科学
8. デジタルヒューマニティーズ部門: 芸術解析，マルチリンガル，金融・ファイナンス

一般に同じデータでも専門分野固有のノウハウを考慮した研究計画の設計が必要である．そのためには，適切な研究者ペアリングによる研究プロジェクト化が必要である．

企画室

企画室の主たる業務は，データビリティサイエンスに関する多様な研究コーディネートにある. 特に，大学研究者や民間企業などによる「データ駆動型学際研究プロジェクト」の共創支援に重点を置いている．共創されるプロジェクトのタイプは，1) IDS 所属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」，2) IDS 所属研究者と民間企業による「産学共創プロジェクト」の 2 種類に大別される．また，産業科学研究所産学連携室との連携を行いながら，企業ニーズと研究シーズのマッチング方法のさらなる改良を試みることにより，社会的な潜在ニーズの掘り起しを行っている．

平成 29 年度末からは，上記の研究コーディネートに加えて，「一般社団法人 データビリティコンソーシアム」の設立業務が加わった．この法人は，大阪大学 IDS と社会の共創によって培われたデータ利活用に関する知と方法を社会 (=学外) において利用することを促進するためのプラットフォームとなる．また，そのプラットフォームにおいて取り扱われる事業は，個別企業向けの教育プログラムとデータ・ハンドリング事業から成り立つことが想定されている．

ライフデザイン・イノベーション研究拠点

ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) では，人々の医療・健康情報であるパーソナル・ヘルス・レコード（Personal Health Record (PHR)）情報に，日常生活，職場／学校での活動，食事，スポーツ活動などの様々な日常活動データを加えた，パーソナル・ライフ・レコード（Personal Life Records (PLR)）情報を新たに提案し，「保健・予防医療」，「健康・スポーツ」，「未来の学校支援」，「共生知能システム」の４つの未来創生研究と情報基盤研究，社会導入のための社会技術研究まで，一貫した研究活動を行う．

教員組織 (令和 6 年 3 月 31 日現在)

【幹部】

機構長		理事・副学長	尾上 孝雄
副機構長	サイバーメディアセンター	教授	下西 英之
知能情報基盤部門長		教授	長原 一
ビッグデータ社会技術部門長		教授	岸本 充生
サービス創出・支援部門長		教授	春本 要
ライフデザイン・イノベーション拠点本部長	産業科学研究所	教授	八木 康史

【専任教員】

データビリティ基盤部門	知能情報基盤部門	教授	長原 一
		教授	中島 悠太
		特任教授	馬場口 登
		准教授	早志 英朗
		特任助教 (常勤)	Noa Garcia Docampo
		特任研究員 (常勤)	Kumawat Sudhakar
		特任研究員 (常勤)	芦田 淳
		特任研究員 (常勤)	王 博文
		特任研究員 (常勤)	Hong Liu
		特任研究員	廣瀬 雄基
	ビッグデータ社会技術部門	教授	岸本 充生
		准教授	山本 奈津子
		特任助教 (常勤)	大橋 範子
	サービス創出・支援部門	教授	春本 要
データビリティ研究部門企画室		特任准教授（常勤）	宮澤 清太
ライフデザイン・		特任教授	小寺 秀俊
イノベーション研究拠点		特任教授（常勤）	魚森 謙也
		特任教授（常勤）	中村 亨
		特任研究員（常勤）	吉川 則之
		特任研究員（常勤）	横山 美和
		特任研究員（常勤）	岡村 和男
		特任学術政策研究員（常勤）	植田 真由美

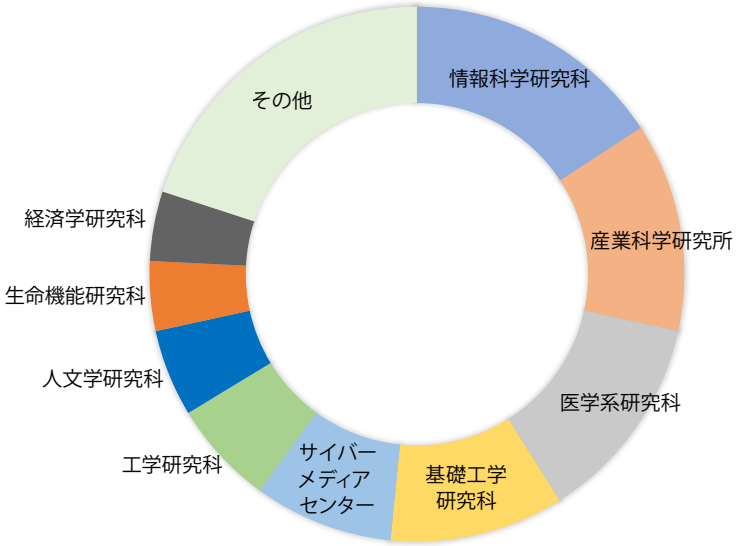
【兼任教員】

データビリティ基盤部門	知能情報基盤部門	経済学研究科	教授	松村 真宏
		経済学研究科	教授	大屋 幸輔
		経済学研究科	教授	谷﨑 久志
		経済学研究科	教授	福重 元嗣
		基礎工学研究科	教授	乾口 雅弘
		基礎工学研究科	教授	佐藤 宏介
		基礎工学研究科	教授	狩野 裕
		基礎工学研究科	教授	内田 雅之
		基礎工学研究科	教授	飯國 洋二
		基礎工学研究科	准教授	岩井 大輔
		基礎工学研究科	准教授	田中 冬彦
		基礎工学研究科	助教	関 宏理
		情報科学研究科	教授	鬼塚 真
		情報科学研究科	教授	松下 康之
		情報科学研究科	教授	松田 秀雄
		情報科学研究科	教授	森田 浩
		情報科学研究科	教授	藤﨑 泰正
		情報科学研究科	准教授	大倉 史生
		情報科学研究科	准教授	瀬尾 茂人
		情報科学研究科	准教授	前川 卓也
		情報科学研究科	寄附講座教授	梅谷 俊治
		産業科学研究所	教授	黒田 俊一
		産業科学研究所	教授	駒谷 和範
		産業科学研究所	教授	沼尾 正行
		産業科学研究所	教授	鷲尾 隆
		産業科学研究所	教授	八木 康史
		産業科学研究所	教授	櫻井 保志
		産業科学研究所	准教授	武田 龍
		産業科学研究所	准教授	福井 健一
		産業科学研究所	准教授	松原 靖子
		産業科学研究所	助教	Holland Matthew
		サイバーメディアセンター	教授	竹村 治雄
		サイバーメディアセンター	准教授	浦西 友樹
		サイバーメディアセンター	准教授	間下 以大
		サイバーメディアセンター	講師	白井 詩沙香
		高等共創研究院	教授	槇原 靖
		高等共創研究院	准教授	荒瀬 由紀
	ビッグデータ社会技術部門	高等司法研究科	教授	茶園 成樹
		工学研究科	教授	宮地 充子

データビリティ基盤部門	ビッグデータ社会技術部門	CO デザインセンター	教授	八木 絵香
		CO デザインセンター	教授	平川 秀幸
	サービス創出・支援部門	情報科学研究科	教授	原 隆浩
		情報科学研究科	教授	山口 弘純
		情報科学研究科	准教授	内山 彰
		サイバーメディアセンター	教授	伊達 進
		サイバーメディアセンター	講師	小島 一秀
		情報推進本部	准教授	廣森 聡仁
データビリティ研究部門	ヘルスサイエンス部門	医学系研究科	教授	熊ノ郷 淳
		医学系研究科	教授	西田 幸二
		歯学部附属病院	講師	谷川 千尋
		歯学部附属病院	助教	若林 一道
		生命機能研究科	教授	髙島 成二
		微生物病研究所	教授	飯田 哲也
	バイオサイエンス部門	薬学研究科	教授	橋本 均
		生命機能研究科	教授	上田 昌宏
		生命機能研究科	教授	石井 優
		産業科学研究所	教授	永井 健治
		蛋白質研究所	教授	髙木 淳一
	認知脳サイエンス部門	基礎工学研究科	教授	石黒 浩
		基礎工学研究科	准教授	吉川 雄一郎
		先導的学際研究機構	特任教授	浅田 稔
	人間総合デザイン部門	人間科学研究科	教授	吉川 徹
		人間科学研究科	准教授	平井 啓
		医学系研究科	教授	中田 研
		工学研究科	講師	武田 裕之
	システムデザイン部門	工学研究科	教授	下田 吉之
	機能デザイン部門	理学研究科	教授	奥村 光隆
		工学研究科	教授	中野 貴由
		接合科学研究所	教授	桐原 聡秀
	光・量子デザイン部門	工学研究科	教授	兒玉 了祐
		生命機能研究科	教授	井上 康志
		核物理研究センター	教授	中野 貴志
	デジタルヒューマニティーズ部門	人文学研究科	教授	藤岡 穣
		人文学研究科	教授	藤川 隆男
		人文学研究科	教授	田畑 智司
		人文学研究科	准教授	三宅 真紀
		工学研究科	教授	藤本 慎司

企画室	産業科学研究所	特任准教授（常勤）	加藤 久明
ライフデザイン・イノベーション拠点本部	医学系研究科	教授	坂田 泰史
	医学系研究科	教授	池田 学
	医学系研究科	教授	中田 研
	医学系研究科	教授	遠藤 誠之
	医学系研究科	教授	武田 理宏
	医学系研究科	教授	木村 正
	医学系研究科	准教授	金本 隆司
	医学系研究科	助教	横山 光樹
	医学系研究科	助教	近田 彰治
	医学系研究科	講師	小笠原 一生
	人文学研究科	教授	中本 香
	工学研究科	教授	宮地 充子
	基礎工学研究科	教授	石黒 浩
	基礎工学研究科	准教授	吉川 雄一郎
	情報科学研究科	教授	山口 弘純
	情報科学研究科	准教授	内山 彰
	情報科学研究科	准教授	矢内 直人
	産業科学研究所	教授	八木 康史
	産業科学研究所	准教授	福井 健一
	キャンパスライフ	教授	足立 浩祥
	健康支援・相談センター		
	サイバーメディアセンター	教授	岩居 弘樹
	サイバーメディアセンター	教授	竹村 治雄
	サイバーメディアセンター	講師	小島 一秀
	サイバーメディアセンター	講師	白井 詩沙香
	高等共創研究院	教授	槇原 靖
	共創機構	教授	正城 敏博
	先導的学際研究機構	特任教授	浅田 稔
	全学教育推進機構	教授	藤田 和樹

兼任教員の所属



【職員】

特任事務職員	データビリティ基盤部門	古谷 須美子
	ライフデザイン・イノベーション拠点本部	中西 智子
技術補佐員	データビリティ基盤部門	亀位 智恵
		諏訪 麻由
事務補佐員	ライフデザイン・イノベーション拠点本部	小澤 頼子

第 2 部

機構の活動概要

2.1　運営

機構にデータビリティフロンティア機構運営会議を置き，機構運営に関し必要な事項を審議する．運営会議は機構長 (研究担当理事)，副機構長 (本学専任教授のうちから機構長が指名する者) および機構長が必要と認めた本学の専任教員等により構成し（表 2.1 参照），議長は機構長をもって充てる．運営会議は通常毎月 1 回 予め決められた日時に開催され，以下の事項を審議する．

- 管理運営の基本方針
- 教員人事
- 機構が実施する教育研究プログラム
- その他教育研究および管理運営

2.2　研究倫理委員会

人間を対象とする研究の実施の適否その他事項について，倫理的な観点から審議を行うために，該当研究ごとに倫理委員会を設置する．倫理委員会は次の各号に掲げる委員をもって組織する．なお，委員会には，倫理学・法律学の専門家等人文・社会科学の有識者及び研究対象者の観点も含めて一般の立場から意見を述べることのできる者を含み，男女両性を含むものとする．

1. 機構長が指名した教授　若干名
2. データビリティコアの各部門から選ばれた教員　若干名
3. 学外の有識者　若干名
4. その他委員会が必要と認めた者

本機構の倫理委員会は事案に応じて随時開催している．

表 2.1: 運営会議構成

機構長		理事・副学長	尾上 孝雄
副機構長	サイバーメディアセンター	教授	下西 英之
知能情報基盤部門長	データビリティフロンティア機構	教授	長原 一
知能情報基盤部門	データビリティフロンティア機構	教授	中島 悠太
ビッグデータ社会技術部門長	データビリティフロンティア機構	教授	岸本 充生
サービス創出・支援部門長	データビリティフロンティア機構	教授	春本 要
企画室	データビリティフロンティア機構	特任准教授	宮澤 清太
総長補佐	人間科学研究科	教授	三浦 麻子
ライフデザイン・イノベーション拠点本部長	産業科学研究所	教授	八木 康史

2.3　予算

本機構の主な経費は，運営費交付金，科学研究費補助金等の外部資金である．予算の推移を以下に示す．

表 2.2: 予算の推移

予算	令和元年度		令和 2 年度		令和 3 年度		令和 4 年度		令和 5 年度	
	金額（千円）	件数	金額（千円）	件数	金額（千円）	件数	金額（千円）	件数	金額（千円）	件数
運営費交付金	174,203	(1)	167,756	(1)	168,606	(1)	106,402	(1)	77,924	(1)
科学研究費助成事業	71,370	(21)	72,423	(17)	51,090	(11)	27,417	(21)	89,306	(15)
その他補助金	95,190	(5)	97,310	(8)	98,250	(10)	25,200	(6)	20,000	(1)
受託研究	148,538	(15)	50,770	(6)	63,860	(7)	103,641	(12)	102,788	(10)
受託事業	6,120	(2)	11,620	(3)	6,820	(2)	6,467	(2)	6,160	(2)
共同研究	17,330	(4)	2,200	(2)	2,300	(2)	13,237	(5)	12,987	(7)
奨学寄附金	4,500	(6)	11,600	(5)	380	(4)	920	(5)	153	(5)
Society5.0 事業	700,788	(5)	700,788	(1)	700,788	(1)	700,788	(1)	695,670	(1)
学内グラント	0	(0)	4,800	(2)	450	(1)	0	(0)	0	(0)
合計	1,218,039	(59)	1,119,267	(45)	1,092,544	(43)	984,072	(53)	1,004,988	(42)

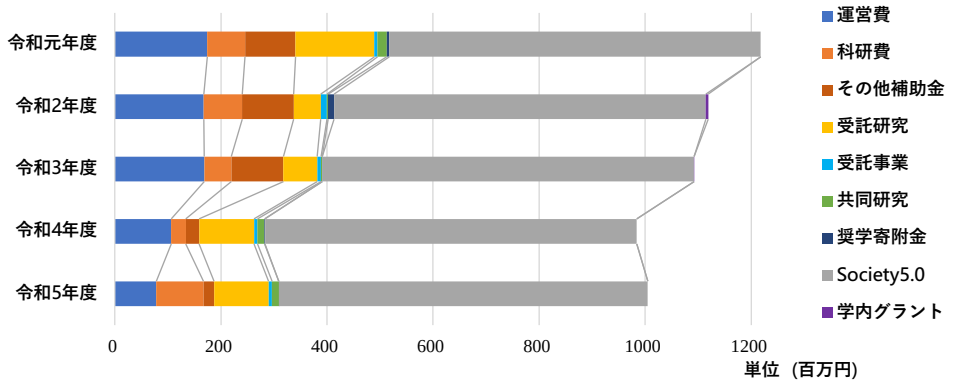


図 2.1: 予算の推移

2.4　学際共創研究活動概要

新たな科学の方法を探究し，これまでの科学技術・学術分野の枠にとらわれない未踏の地平を切り拓くべく，データビリティフロンティア機構では，データ駆動型の学際共創研究を推進している．その基盤として，企画室が中心となり，学内の他部局研究者と本機構の専任・兼任研究者との研究マッチングを進め，連携の強化を図るとともに，学際共創研究の発掘・支援を行ってきた．

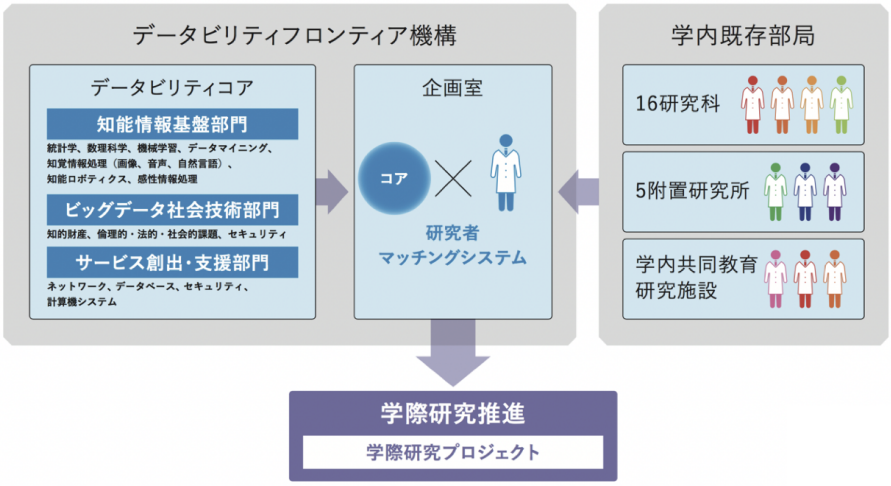


図 2.2: 研究者マッチングシステム

独創的な共創研究活動を支援するため，平成 29 年度からは「IDS 学際共創プロジェクト」として本機構独自の研究活動費の配分も実施している．下記に令和元年度から令和 5 年度までの 5 年間の学際共創プロジェクトの推移を示す．

令和 4 年度からは，学内の共創研究シーズの掘り起こしと発展をより一層加速するべく，全学を対象に研究課題の公募を行っている．幅広い分野の多くの研究者より意欲的かつ挑戦的なテーマの共創研究提案が寄せられ，厳正なる審査を経て，採択・実施された．

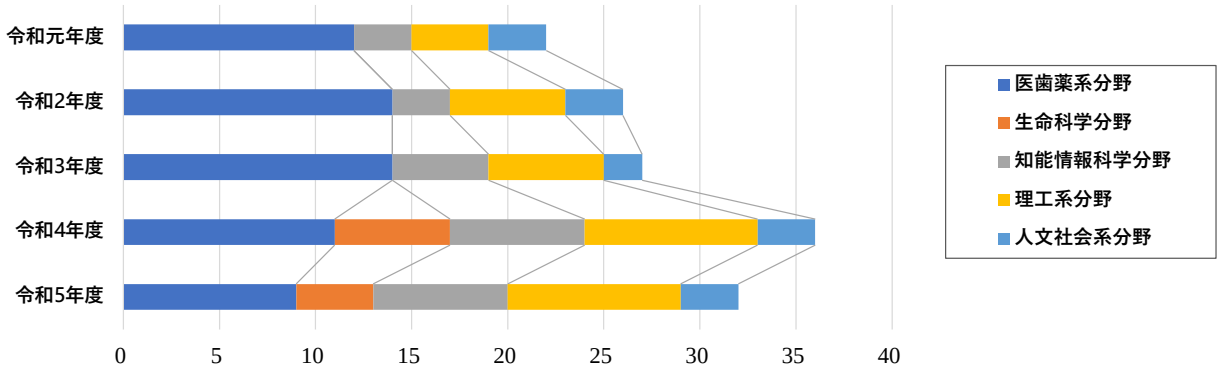


図 2.3: 学際共創プロジェクトの推移

第 3 部

学際共創プロジェクト

令和 5 年度に本機構が手がけた学際共創研究は以下のとおりである.

部門	題目	メンバー
ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション	コルポスコピー画像における子宮頸部病変の識別	Manalo，青木，八木（産研），上田（医）
	自然言語処理法を適用した矯正歯科治療診断自動プロセスの高度化	谷川, 清水, 山城（歯), 梶原, Chu, 長原（IDS）
	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，大野，野村（歯），長原，早志（IDS）
	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	石原，川崎，村木，平山（医），長原，中島（IDS）
	リアルタイム AI による音響解析を用いた LVAD 診断手法の開発	三隅，宮川（医），木村，松原，櫻井（IDS）
	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，大家，川崎（医），長原，中島（IDS)
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（薬），長原，中島（IDS）
	多剤耐性菌のバイオメトリクス研究	西野，青木，西野，八木（産研），古澤（東大）

部門	題目	メンバー
バイオサイエンス部門・生命システム領域	データ駆動型有機合成反応開発：最少学習データによる最適溶媒選択と反応機構解析による理解	鹿又，佐古（薬），鷲尾，滝澤（産研）
	超広視野高分解能光学顕微鏡 AMATERAS を用いた疾患腎の形態的特徴量抽出	松井（医），永井（産研）
	AMATERAS を用いた休眠胚の多数同時解析による休眠メカニズムの発見	荻沼（微研），永井（産研），市村（OTRI）
	機械学習を用いたシングルセル RNA-seq の自動細胞アノテーションツールの開発	奥崎，石川（IFReC），瀬尾（情報/IDS）
	拍動動態からヒト iPS 細胞由来心筋細胞特性を非侵襲に評価する手法の開発	垣塚，永井（産研），市村（OTRI）
人間総合デザイン部門	スマートシティプロジェクト	八木，槇原，丹羽（産研），長原，春本，岸本，馬場口，中島，武村（IDS），平川，八木（CSCD），下條，廣森（CMC），東野，義久（情報）
	メッシュ分割テレマティクス交通事故データの包絡分析法に基づく解析法	乾口，林，関（基礎工），栗原（兵庫県警)
	身体動作に内在する不可視情報の計測と伝達	浦西，小林（CMC），池田（基礎工），山本（京大）
	画像と言語情報を組み合わせることで，専門医以上の能力を有するマルチモーダル矯正歯科診断システムの構築	谷川(歯), Lee(CMC), 梶原(IDS)
	視覚障害アスリートの姿勢定位能力向上を目的とした荷重固有感覚-聴覚統合フィードバックトレーニングシステムの効果検証と社会実装	小笠原（医），野村（基礎工），鈴木（人文），高橋（JISS）

部門	題目	メンバー
人間総合デザイン部門	測定データへの固有管理番号自動付与／メタデータの自動生成・集約による OU 研究データマネージメントエコシステムのコンセプト開発・実証テスト	田主，伊達，細見（CMC），古谷，松浦（CFC），春本（IDS），甲斐（図書館）
	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，田中，西山（歯），中村（IDS），野村（基礎工）
システムデザイン部門・環境イノベーション	都市空間設計のためのマルチスケール・モビリティデータの収集・解析技術	天野（情報），青木（工）
	データ駆動型制御のための測度空間における最適化の理論	瀋，高井（工），森田（情報）
	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（情報），太田（人科），Usup(UPR)
機能デザイン部門	画像認識による結晶相変化の自動追跡と定量化	久木，橋本（基礎工），間下（CMC）
	X 線回折スペクトルの機械学習に基づく半導体デバイスの 3 次元断層解析	林，酒井（基礎工），今井（JASRI），福井（産研）
	機械学習を利活用する多成分連続反応開発の加速化と論理的考察	有澤，佐古（薬），鬼塚（情報）
	大型レーザー実験の成功率向上を目指したサイラトロンの突発的異常，故障の予知に関する研究	Law，長友（レーザー），松下（IDS）
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	中野（RCNP），岩崎（RCNP/大阪公大），長原，中島（IDS），武村（IDS/九工大）
	機械学習を活用する超高速ラマン分光システムの開発	畔堂，河野，藤田（工），櫻井（IDS）

部門	題目	メンバー
デジタルヒューマニティーズ部門	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（人文），長原，中島（IDS）
	大阪大学医学部に残された近代日本の解剖図の図像分析とデジタル化	松下（情報），松永（適塾セ），安西，高田（人文）

以下に各プロジェクトの本年度の活動状況を記載する（非公開／報告書未提出の課題を除く）.

コルポスコピー画像における子宮頸部病変の識別

Margaret Dy Manalo, 青木 工太, 八木 康史（産業科学研究所）
上田 豊（大学院医学系研究科）

1 研究の背景

Vision Transformers (ViTs) revolutionize medical image classification with a self-attention mechanism, excelling in capturing global dependencies. Their scalability and interpretability make them promising tools for improving diagnostic accuracy and treatment decisions [a]. This study customizes ViTs for a cervigram dataset, enhancing their applicability in cervical cancer screening and early detection efforts.

2 研究の目的

In ViTs, position embedding is a crucial component used to provide spatial information to the model. Unlike convolutional neural networks (CNNs), which capture spatial relationships through convolutional layers, transformers rely on self-attention mechanisms that do not inherently understand the layout of the input.

The initial position embedding was designed for language modeling and focuses on linear sequences. Unlike text which follows a strict linear order in neatly organized grids, medical images can exhibit intricate spatial relationships that encompass not only physical proximity but also semantic context. However, compared to real-life objects, some may not be as hierarchically organized; e.g. the irregularity of lesions.

Customizing position embedding for a specific task such as medical imaging may improve performance by tailoring the spatial understanding of the model.

3 研究の方法

Prior to feeding them into the transformer layers, images are split into patches and are in the form of token embeddings which represent the image features, denoted as X. The position embedding E_{pos}, made of learnable parameters, is added to the flattened tokens as shown in Eq. 3.1:

$$PE(X) = \text{flatten}(X) + E_{pos} \tag{3.1}$$

This allows the model to learn the position embedding along with other parameters during training. A common way is to use a sequential embedding where each patch has its own parameters. However, when the image undergoes rotation, the correspondence between the input and positional information is disrupted. As illustrated in Fig. 1, the associations between tokens and embeddings in the upright feature map become invalid for the rotated feature map.

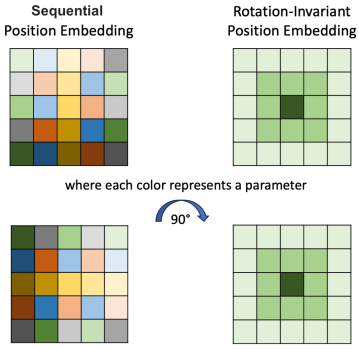


図 1: Comparison of the impact of rotation on sequential position embedding and our proposed method.

3．1 Rotation-Invariant Position Embedding

To lessen the disruption from rotation augmentation, we employ a position embedding method from [b] that is invariant to rotation. However, instead of measuring the distance from the edge, we calculate the Euclidean distance from the image center, such that

$$d_{p,q} = \sqrt{(p_i - q_i)^2 + (p_j - q_j)^2} \tag{3.2}$$

$$D_{i,j} = \frac{\min\{\frac{S}{2}, d_{p,q}\}}{SK} \tag{3.3}$$

where $d_{p,q}$ is the distance of a patch p from the image center q, S is equal to the height or width of feature maps since they are usually square, and K is a hyperparameter which determines the number of parameters used for embedding.

The decision to use the distance from the center originates from the characteristics of the preprocessed cervigram data, which is elaborated in the following section.

3．2 Implementation

The dataset comprises cervigram images with diverse scales and orientations. To standardize and minimize noise, we employed Faster R-CNN [c] to extract the region of interest (ROI). The ROI was circularly cropped to facilitate augmentation and diminish the noise caused by irregular borders during rotation, as depicted in Fig. 2.

Following preprocessing, the image is input into TransFG, the chosen ViT for this experiment. Initially, a

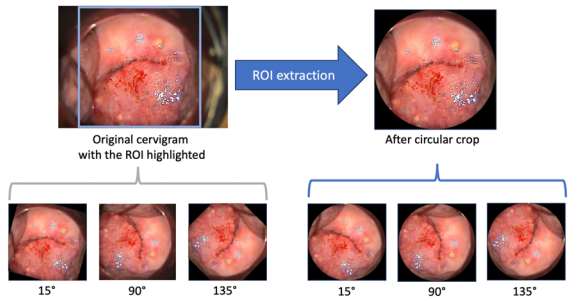


図 2: Preprocessing steps. Circular cropping ensures that images maintain consistency regardless of the degree of rotation applied.

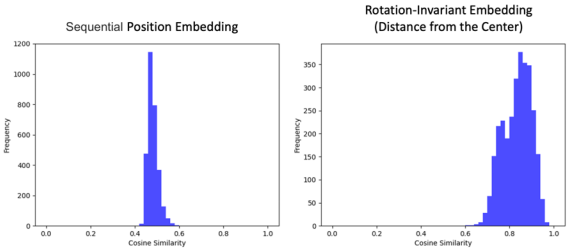


図 3: Comparison of cosine similarity score distribution between sequential and rotation-invariant position embeddings for cervigram features.

convolutional layer is applied to generate patch-wise data. Subsequently, the position embedding is performed by

$$\mathrm{PE}(X) = X_{i,j} + E_{D_{i,j}}, i/j = 0, \ldots, S-1. \tag{3.4}$$

Since cervigrams undergo varying degrees of rotation, utilizing the distance from the center offers a more consistent measure for determining the corresponding embedding.

4　研究成果

To validate the efficacy of the proposed method, it needs to be assessed in terms of rotation invariance and its performance during training. In this section, we demonstrate its rotation invariance capability, while performance evaluation during training will be reserved for future work.

The cosine similarity between the features of the original and augmented cervigrams was utilized to assess rotation invariance. A higher similarity score indicates that the image features were less altered due to orientation augmentation. In Fig. 3, we compare the distribution of similarity scores of 3,000 cervigrams using sequential and rotation-invariant position embeddings respectively. The results indicate that despite augmentation, images preserve most of their features with the proposed approach.

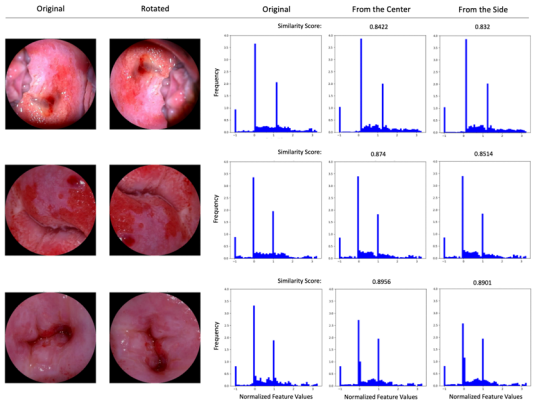


図 4: Comparison of normalized feature distribution between embedded original and augmented images.

We further compare it with the similarity scores of images that utilized the minimum distance from the side to determine embedding parameters. Fig. 4 contrasts the normalized feature distribution of the original image with that of embedded augmented images. Generally, the distributions appear similar between approaches, and both resemble the original, validating the effectiveness in addressing rotation invariance. However, a slight improvement in the similarity scores is noticeable with the proposed approach.

Our approach is inspired by existing methodologies, yet tailored to suit the unique attributes of our dataset. We must adapt our methods accordingly given that lesions in our dataset often display irregular shapes. Moreover, our data lacks a consistent orientation and has been preprocessed to fit within a circular frame, facilitating augmentation across various rotation angles. Unlike an existing method that establishes position embeddings based on proximity to the image's edges, we opt to measure distances from the center.

引用文献

[a] Pu, Q., Xi, Z., et al., "Advantages of transformer and its application for medical image segmentation: A survey", Biomedical Engineering OnLine, 2024.

[b] Song, C., Mei, S., Ma, M., "RIFormer: "Learning rotation invariant features via transformer", IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing, 2023.

[c] Ren, S., He, K., Girshick, R., Sun, J., "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017.

「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），長原一（IDS），早志英朗（IDS），大野恵美（歯学研究科），野村　健一（歯学研究科）

1.　研究の背景

開咬（上下の歯が咬み合わない状態）やすれ違い咬合などの咬合異常は，咀嚼・摂食機能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．それらの咬合異常は顎関節関節円板転位や下顎頭吸収による下顎位の変化が関与している可能性が考えられるが，それを証明するエビデンスは十分ではない．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確立されていないのが現状である．

2.研究の目的

顎関節症症状を主訴として来院した患者 400 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，顎関節内障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(図 1)

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とする。MRI および歯列データは同日に取得し（図 2,3），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った。

3.2 セグメンテーションと特徴量の抽出

文献等の資料を参考とし，精度の高いセグメンテーションの方法を模索する．方法が決定した後は，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，顎関節の構造異常が経時的な咬合変化に与える影響を調査する．咬合変化の解析については解析ソフトウェア（Amira, Thermo Fisher Scientific）を用いる．

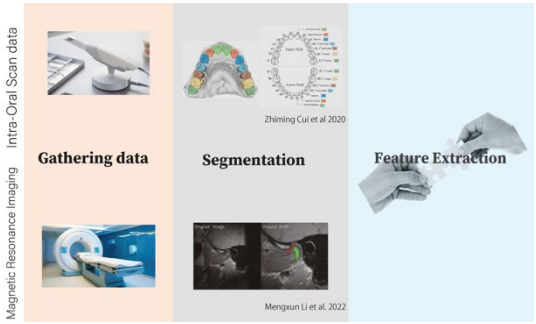


図 1 研究概要イメージ図

図 2 .IOS で採得した歯列データの一例

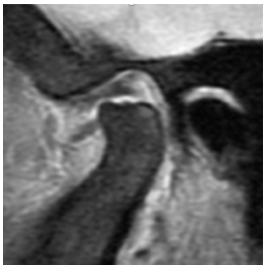


図 3 .MRI データの一例

2.　研究成果 400-500 文字

継続的な被検対象者の資料採集を行っている。現在約 500 名近くのデータを有しており、これは当初予定していた 400 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。

IOS データに関しては、最も精度の高い既存手法（TSegNet Zhiming Cui et al 2020）を採用してセグメンテーションを行い，プログラミングを修正している段階である。

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)を用いるか検討中である。

これまで，解析ソフトウェア（Amira, Thermo Fisher Scientific）を用いて，顎関節の変化に伴う歯ならびに下顎位の 3 次元的な変化量を算出するテンプレートは完成済みである（図 4）[1]．さらに，特発生下顎頭吸収の発症により咬合異常が進行した患者および健常成人各 15 名のに対する縦断調査の結果，患者群の多くは下顎位が不安定であり，多様な経過を辿ることが明らかとなった．また，咬合変化には臼歯の圧下あるいは咬耗が関与している可能性が示唆された．

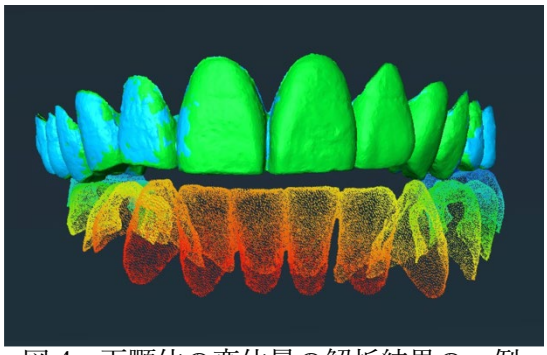


図 4．下顎位の変位量の解析結果の一例

引用文献

[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 Jan 29, Online ahead of print.

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 Jan 29, Online ahead of print.

〔学会発表〕

① Emi Ono, Ryota Takaoka, Masayuki Ono, Daisuke Moriguchi, You Ueda, Shion Morioka, Rie Yamamoto, Yuki Takahara, Shoichi Ishigaki. Elucidation of the Influence of Genetic Factors on TMD-related Pain . 2023_AAOT（2023/11/18, Fukuoka Chikushino）

〔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)大野恵美

〔その他〕 （※受賞，基調講演など）

① Best Poster Presentation Award. The 21th meeting of the Asian Academy of Orofacial Pain and Temporomandibular Disorders . Emi Ono, Ryota Takaoka, et al.

「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」

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）
長原 一（IDS）
中島悠太（IDS）

１．研究の背景

我が国の糖尿病有病率は増加の一途を辿っている。糖尿病は適切な管理が行われない場合、網膜症や腎症、神経障害などの重大な合併症を引き起こす。それは不可逆的な失明や透析導入といった深刻な状態に至り、医療負担、社会負担にも大きな影響を及ぼしている。また、糖尿病患者においては脳卒中や虚血性心疾患などの心血管疾患リスク、癌の発症リスクも増大するため、糖尿病の予防および早期発見は公衆衛生上の喫緊の課題である。[1]

近年、血糖変動を簡便にモニタリング可能な Flash Glucose Monitoring System（FGM）が開発された。FGM は糖尿病患者向けに開発されており、要約指標（平均血糖値や変動幅、高血糖や低血糖、至適域時間等）[2]が臨床においてしばしば用いられている。これまで研究者らは、地域住民を対象としたコホート研究において、糖尿病の発症過程や危険因子の特定に取り組んできた。近年、FGM を用いて、非糖尿病者の血糖値時系列データを測定し、そこから糖尿病発症予測、予防的介入法の開発に挑戦している[3]。しかしながら、健診の主な対象者である非糖尿病者、あるいは、前糖尿病状態にある者における早期の異常や多様性を捉えることが難しく、FGM の結果を元した新たな指標や活用方法の導出が求められている。また、血糖変動は日々の食事や運動などの生活習慣の影響を受けるため、これらのデータを同時に収集し解析する必要がある。その結果、受検者が記録をつける負担が増え、十分な遵守が得られなかったり、脱落や欠測が多くなるため、健診や予防の目的で利用する際には実施の弊害となっている現状がある。

今回、煩雑な自己申告情報に頼らず、血糖値時系列データから、「食事時刻」を直接検出できるアルゴリズムを開発することを着想した。これが可能になれば、持続血糖測定値だけで個人の食習慣や生活パターンを推定し、個別化された効果的な保健指導が可能となると考えた。また、食後の血糖変動を類型化し、その後の糖尿病発症アウトカムと合わせて検証することで、より早期に糖尿病発症を予測できる指標や生活習慣改変の影響を捉える指標が開発できることが期待される。総じてこれらはリスク評価だけでなく、予防的介入の評価指標としても活用が期待できる。

２．研究の目的

時系列血糖値データから食事時間を推定し、推定された食事時間を起点とする個人の血糖変動の波形特徴を同定するアルゴリズムを開発する。

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)研究で実施した FGM 検査の結果を用いた。非糖尿病（HbA1c<6.5%）の者を分析対象者とし、FGM 測定結果（最大 14 日間）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 207 名分のデータを分析した。

3.2 モデル作成

血糖変動の関数近似により食事時間の推定と血糖変動の波形同定を試みた。関数近似には、ガウス関数を時間軸上に並べる手法を採用した。ただし、単純なガウス関数では、人間の血糖値変動の特徴を捉えることが不十分であると予想されたため、条件を変えて以下のパターンを試みた。

a)通常のガウス関数により近似曲線の描写

b)ピークとなる時刻（μ）の前後で非対称となる（立ち上がりが早く、基線への戻りが遅い）ように歪ませたガウス関数により近似曲線を描く

-1:一律の歪みを採用（$\alpha = 0.05$）

-2:個人の全時間帯の血糖値データから得られた特性を反映させた歪みを採用

-3:個人の食事前後 1 時間の血糖値データのみを使用し、特性を反映させた歪みを採用

3.3 評価方法

上記パターンで推定したガウス関数のピーク値（μ）から食事時間を推定した。

精度の評価には、正解の食事時間のうち検出出来た食事位置の割合（Recall）と、検出した食事位置のうち、正解だった食事位置の割合（Precision）を用い、正解との距離（ｒ）を 30 分、1 時間、1.5 時間に設定して検証した。目標を、Recall、Precision ともに 0.85 以上と設定した。

４．研究成果

時系列血糖値のグラフから、食事に起因しない生理的な血糖値の日内変動や微細な変動が本検証に影響する可能性があるため、低周波及び高周波成分を除去する前処理を行い、更に二峰性の血糖変動については、単調増加または単調低下の場合、小さい方を除去する処理を施した。

a)では、血糖上昇から元の基線に戻るまでの時間を約 2 時間（$\sigma = 0.4$）に設定し、ガウス関数の組み合わせによる近似曲線を描いた。

$$f(x) = \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

自記式の食事時刻をアノテーションし、精度を確認したところ、r=1.5h において、Recall=0.78, Precision=0.57 であった。(表１)

表１ 4 パターンにおける、各 r ごとの Recall 及び Precision

条件	r=0.5h		r=1.0h		r=1.5h	
	R	P	R	P	R	P
a)	0.31	0.22	0.6	0.43	0.78	0.57
b-1)	0.46	0.41	0.71	0.60	0.83	0.68
b-2)	0.55	0.34	0.81	0.48	0.89	0.57
b-3)	0.54	0.34	0.79	0.49	0.90	0.57

b-1)では、非糖尿病者の生理的な血糖変動に倣い[4]、μ 以降の時刻での関数に $\alpha = 0.05$ の係数を追加設定してガウス関数にて近似曲線を描き、精度を確認したところ、r=1.5h において、Recall=0.83, Precision=0.68 と精度の改善を認めた。

$$f(x) = \exp\left(-\alpha\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

b-2)では、個人ごとの α を設定することで更に精度が改善すると期待し精度を確認したところ、Recall=0.89, Precision=0.57 と、Recall の精度は改善を認めたが、Precision は精度が a)と同程度にとどまった。

b-3)では、更なる精度改善を期待し、個人の全血糖値データのうち、自記式食事時刻の前後 1 時間の血糖値データのみを使用して σ と α を推定し、関数に代入した。結果、r=1.5h において、Recall=0.9, Precision=0.57 と、Recall の精度は 4 パターンのうち最も高くなったが、Precision の精度には改善は見られなかった。

以上より、自記式調査票から得られた食事時刻を正解として時系列血糖値データから食事時刻を同定する試みは、Recall を 0.85 以上にすると、Precision が 0.6 前後にとどまる結果であった。このことから、当初の目標の Recall、Precision ともに 0.85 以上はまだ達成できず、今後改良する必要性がある。現時点での食事時間の同定が不十分であるため、食後血糖変動のパターン同定や類型化には至っていない。Precision の結果を見ると、いずれのパターンでも r=1.5h において 0.6 前後にとどまっており、食事時と同様な血糖変動が食事時間外にも頻繁に見られることが影響している。これは、自記式質問票の食事時刻の回答精度の問題（食事時刻の正確性、記載漏れなど）、食事や間食のエネルギー量や糖質量の詳細な情報の不足、利用可能な時系列血糖値データの少なさが原因として考えられる。

これらの結果をもとに、今後目標達成に向けた方策として、(1) 食事の有無及び時刻を正確に記録可能なシステムの導入、(2) 栄養計算が可能な形式による食事内容の収集、(3) (1)及び(2)と連携可能な時系列血糖値データの収集が必要であると考えている。これらの点を改善することで推定精度を向上させることが可能である。今後もこの点について新たなデータ収集を含め研究を継続していく予定である。

謝辞

データ収集及びクリーニング、データセットの作成のご協力と研究助言をいただいた岡本華奈さん、データ分析と解析に関する貴重な助言をいただいた張家豪さん、研究助言をいただいた今野弘規先生に心から感謝申し上げます。

引用文献

[1] 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.

[2] 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.

[3] 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.
[4]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〕

-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.

〔学会発表〕

-川崎良. 糖尿病網膜症の予防と早期発見の重要性-AI による網膜症診断への期待. 第５８回糖尿病学の進歩　ランチョンセミナー. 2024 年 2 月. 京都
-川崎良. デジタル技術を駆使した糖尿病・生活習慣病研究 - 人工知能を活用した生活習慣病の発症・予後予測. 第 8 回日本糖尿病・生活習慣病ヒューマンデータ学会年次学術集会. シンポジウム 2023 年 12 月. 富山
-川崎良. 糖尿病網膜症について今何をどう伝えるか. 第 62 回 糖尿病診療－最新の動向 医師・医療スタッフ向け研修講座 2023 年 11 月　オンライン
-川崎良. AI による網膜症診断の現状と展望-デジタル化糖尿病診療の最前線-. 第 38 回日本糖尿病合併症学会. 2023 年 10 月　岡山.
-袖山綾乃, 石原真穂, 他. 血糖変動モニタリング検査からみえる地域特性を踏まえた保健指導の検討. 第 82 回公衆衛生学会総会. 2023 年 11 月. 茨城.

〔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〕

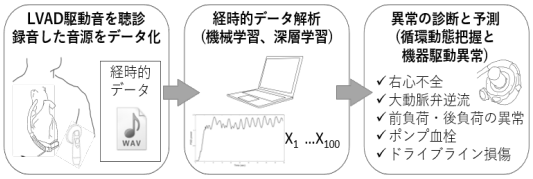
-

「リアルタイム AI による音響解析を用いた LVAD 診断手法の開発」

三隅祐輔（医学系研究科）、宮川繁（医学系研究科），木村輔（IDS），
松原靖子（IDS），櫻井保志（IDS）

1. 研究の背景

重症心不全に対する外科的治療として、体内植込み型左室補助人工心臓(LVAD)が心臓移植までの橋渡し治療のみならず、心臓移植を最終目標としないdestination therapy(DT)として適応が拡大し、症例数が増加している。植込み型 LVAD は植込み手術後急性期が過ぎれば在宅での管理が可能である反面、右心不全や大動脈弁逆流、前負荷・後負荷と LVAD 回転数のミスマッチなどに起因する心不全入院は依然として高頻度で発生し、在宅管理の大きな妨げとなっている[1,2]。心臓移植ドナーの慢性的な不足や LVAD の DT 使用の増加により個々の症例の LVAD 装着期間は増加の一途を辿っており、上述の合併症なく quality of life を担保した長期間の LVAD 治療を実現することがより一層求められている。



2. 研究の目的

本研究では、小型高感度マイクと音響解析を用いて植込み型 LVAD の駆動音を分析することにより、LVAD 装着患者に生じている循環動態の変化(右心不全や大動脈弁逆流など)、LVAD ポンプ内血流異常や駆動異常を明らかにする。LVAD 駆動音の音響解析を用いた早期異常検出システムの技術的基盤を構築し、LVAD 在宅管理における遠隔診断への応用の足がかりとする。

LVAD 駆動音の音響解析にあたっては産業科学研究所 AI センターのリアルタイム AI 技術を活用する。LVAD 駆動音は時系列データとして収集されるが、リアルタイム AI 技術はかかる形式のデータ解析を通した異常検知や予測において実績を有している。本研究を通して LVAD 患者における心不全入院や駆動異常のリアルタイム診断技術の基盤を構築する。

3. 研究の方法

本研究計画では、植込み型 LVAD の駆動音の変化と LVAD 装着患者に生じている循環動態因子や LVAD 駆動異常との関係を明らかにし、LVAD 駆動音の音響解析を用いた早期異常検出システムの技術的基盤を構築する。

研究代表者ら（三隅、宮川）のグループが LVAD 装着患者の駆動音データの取得と音響解析を行う。共同研究者（木村、松原、櫻井）の研究グループが音響解析された時系列データを元にリアルタイム AI 技術による解析を行い、LVAD 駆動音を用いた早期異常検出システムを開発する。

3.1 LVAD 駆動音と循環因子との関連の解明

LVAD 装着患者の駆動音を経時的に小型高感度マイクで収録し、個々の症例ごとの音響データベースを作成する。得られた音響信号を、カスタムソフトウェアを用いて周波数成分を抽出し、同時に記録した循環動態因子との関連性を明らかにする。

3.2 模擬循環回路を用いた、LVAD 駆動音と循環因子との関連の検証

LVAD 模型とその前後に前負荷・後負荷や自己心拍出を再現する chamber やポンプを組み込んだ模擬回路を作成し、前負荷・後負荷の変化や自己心拍出の変化、大動脈弁逆流の増悪などに対して LVAD 駆動音が受ける影響を解明する。これらの結果と前述の LVAD 装着患者の駆動音の解析と比較して実臨床で得られた解析の validation とする。

3.3 LVAD 駆動音から循環変動や LVAD 駆動異常を検知するアルゴリズムの作成

上記課題によって解明された LVAD 駆動音と循環因子及び LVAD 駆動状況の関係を元に、異常発生の予兆となりうる微細な信号変化を捉え、異常発生の予測を行うモデルを作成する。音響成分からその特徴的な変数(特徴量)を複数抽出し、それらの変数を機械学習的手法で解析する方法を軸としてすすめるが、この際に症例毎に蓄積されたデータを時系列データ解析の手法を応用する。

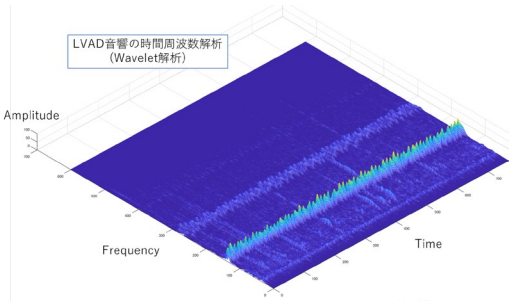
4. 研究成果

LVAD 装着患者の駆動音を小型高感度マイクで収録し、カスタムソフトウェアを用いて音響信号を解析した。LVAD ポンプ回転に伴う楽音及びその他のノイズについて、周波数成分と振幅成分等を抽

出した。続いて音響データの数値化(特徴量の抽出)、予測因子の選択(重要特徴量の決定)、これらと臨床的なアウトカム(自己心機能の回復)との比較検討を行った。

第三世代磁気浮上型 LVAD 機種を装着された症例から、延べ 101 回の音響信号データを収集した。MATLAB によるカスタムソフトウエアを用いて音響信号の時間周波数解析を行い、臨床データとの関連を検討した。当該機種において、回転数が予め設定された値で通常駆動している LVAD において、LVAD 回転数を反映する基音の周波数と基音の大きさ(amplitude)それぞれの変動に周期性がみられた。臨床データと比較検討すると、この周期性には、自己心の心拍数および呼吸数が関連していることが判明した(表 1)。

表 1　LVAD 音響の時間周波数解析



上記で得られた結果に対する validation を行うため、模擬循環回路を用いた実験環境の構築を行っている。また、リアルタイム AI 解析に供するのに最適化された状態で音響データを収集するための環境構築も同時に行っている。LVAD 音響信号のリアルタイム AI 解析を行うことで、経時的かつ非侵襲的に LVAD 異常や循環動態の変動を予測・診断し、LVAD 在宅患者に対する遠隔管理システムの技術的基盤の確立を目指したい。

引用文献

[1] Kagawa H, et al. Aortic Insufficiency After Left Ventricular Assist Device Implantation: Predictors and Outcomes. Ann Thorac surg. 2020; 110: 836-43.
[2] Hurst TE, et al. Dynamic prediction of left ventricular assist device pump thrombosis based on lactate dehydrogenase trends. ESC Heart Fail. 2019; 5: 1005-14.

発表論文等（※プロジェクトメンバーに下線）

〔外部資金〕

① R5-7, 科学研究費助成金 基盤 C,「人工知能アルゴリズムによる音響解析を用いた LVAD 診断システムの構築」, 23K08233, (代表)三隅祐輔, (分担)櫻井保志

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション
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（IDS）
中島悠太（IDS）

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ネットワーク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．脳の情報処理機構や脳神経疾患における機能変調の神経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．そこで我々は，高速かつ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[a, b]，神経細胞の活性化に依存して蛍光蛋白質を発現するレポーターマウス脳を観察する手法で，刺激に応じて変化する全脳活動マッピングを実施している[a–d]．また，3 次元空間に再構築した全脳画像から，蛍光蛋白質で標識された細胞体の粒子形状認識を行い，その中心座標や軸径，配向性などを数値化する大規模画像解析ソフトをラトックシステムエンジニアリング社と共同研究により開発している[a]．これらにより，脳全体からすべての活性化した細胞の情報を数値データとして取得し，複数の個体間の活動比較を容易に実施できるようになった．

２．研究の目的

脳の情報処理機構やその機能変調の神経メカニズムを理解するためには，実験動物であるマウスの特定の行動に対応する全脳細胞の活性化情報を取得し，体系的な解析を実施する必要がある．本研究では，これまでに確立した全脳活動マッピングと画像解析を用いて，脳疾患モデルマウスの行動異常とその時の神経細胞の活性化の情報から，行動異常発現の神経メカニズムを明らかにすることを目指す．これにより，仮説駆動型研究に加えてデータ駆動型研究を併用した脳研究を推進する．

３．研究の方法と成果

3.1. (*R*)-ケタミンによる社会的認知機能障害の改善作用に関わる脳領域の探索

従来より用いられて来ている解離性麻酔薬のケタミンが，麻酔用量よりも低用量で難治性うつ病患者に対して即効性の抗うつ作用をもたらすことが発見され，大きな注目を集めている．ケタミンには鏡像異性体があり，それらの分子特性や薬効の違いは明らかになっていた．例えば，(*S*)-ケタミンは(*R*)-ケタミンよりも NMDA 型グルタミン酸受容体に対する遮断作用が強いことなどが知られている．しかしながら，これらの鏡像異性体に

よる分子特性の違いに基づく薬効の神経メカニズムについては依然多くが不明であった．

そこで，社会的隔離飼育を行ったマウスに(*R*)-ケタミンを投与した後，全脳の神経活性化パターンを解析したところ，特異的に活性化する脳領域の中に，前部島皮質（anterior insular cortex）が含まれており，この領域では(*R*)-ケタミンとコントロールの間の活性化の違いが最も顕著であった[e]（図 1）．

3.2. (*R*)-ケタミンによる社会的認知機能障害に対する改善作用の機序

次に，ファイバーフォトメトリーを用いて神経活動を経時的に測定したところ，隔離飼育されたマウスにおいて低下していた，他のマウスとの遭遇時の前部島皮質神経細胞の活動が，(*R*)-ケタミンによって回復することが分かった．さらに，前部島皮質の神経細胞の活動を化学遺伝学的に操作することにより，社会的隔離飼育マウスが示す社会的認知機能の低下が，(*R*)-ケタミンによる前部島皮質の活性化を介して改善されることが示唆された[e]（図 1）．本研究の結果が，様々な精神疾患でみられる社会的認知機能の低下に対する新たな治療法の開発に繋がることが期待される．

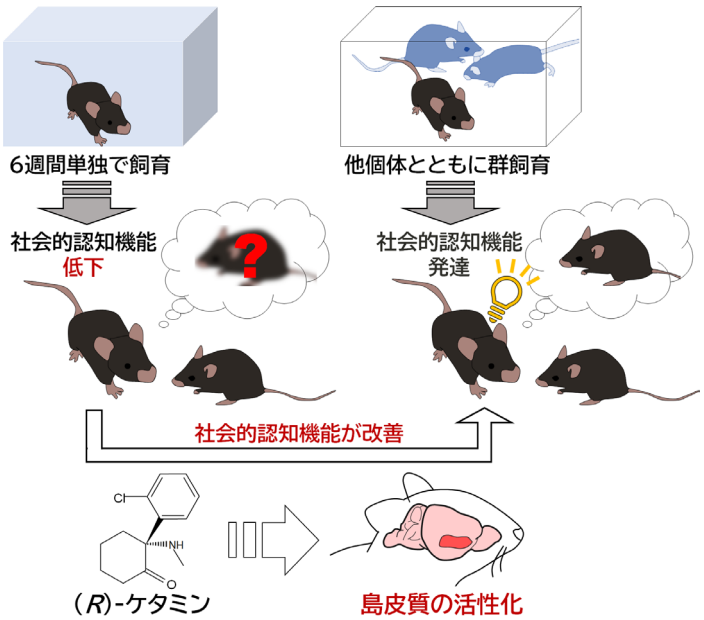


図 1: 社会的隔離飼育マウスが示す社会的認知機能の低下が，(*R*)-ケタミンによる前部島皮質の活性化を介して改善された．
（https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2024/20240223_1 より引用）．

引用文献

[a] 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(6):1085-1100.e6, 2017

[b] 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(5), 1509-1529, 2019

[c] Niu M, Kasai A, Seiriki K, Hayashida M, Tanuma M, Yokoyama R, Hirato Y, Hashimoto H. Altered functional connectivity of the orbital cortex and striatum associated with catalepsy induced by dopamine D1 and D2 antagonists. Biol Pharm Bull 44(3):442-447, 2021

[d] 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(11):eabi6375, 2022

[e] 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. 2024 doi: 10.1038/s41380-024-02419-6. Epub ahead of print.

発表論文等

〔学会発表〕

[1] 非定型抗精神病薬クロザピンの作用機序に関与する神経活動変化の解明, 平戸祐充, 勢力薫, 山田翔平, 児嶋励央, 笠井淳司, 中澤敬信, 橋本均, 第 97 回日本薬理学会年会, 2023/12/15, 国内, 口頭.

[2] 脳疾患の病態解析へ向けた脳イメージングとシステム薬理学, 橋本均, 第 97 回日本薬理学会年会, 2023/12/14, 国内, 年会特別企画シンポジウム.

[3] 高スケーラブルイメージング技術を用いた脳の理解と疾患病態の解明, 橋本均, 第 251 回 原医研セミナー／第 15 回 放射線災害・医科学研究 機構・拠点 研究推進ミーティング, 2023/11/28, 国内, 特別セミナー.

[4] (*R*)-ketamine enhances anterior insular cortex activity associated with social cognition, Rei Yokoyama, Yukio Ago, Masato Tanuma, Yuto Shimazaki, Kaoru Seiriki, Takanobu Nakazawa, Kenji Hashimoto, Atsushi Kasai, Hitoshi Hashimoto, Neuroscience2023, 2023/11/14, 国外, ポスター.

[5] Network centralities of prefrontal and somatosensory cortices are decreased in a mouse model of developmental disorders, Hiroki Ueno, Yusuke Iyanaga, Yuta Hara, Jin Ohkubo, Yuka Nakai, Kaoru Seiriki, Shun Yamaguchi, Yukio Ago, Kazuhiro Takuma, Hitoshi Hashimoto, Atsushi Kasai, Neuroscience2023, 2023/11/14, 国外, ポスター.

[6] Activation of the claustrum ensemble increases anxiety levels following stress exposure, Masato Tanuma, Yoshihisa Yokoyama, Keita Miyaji, Jin Ohkubo, Rei Yokoyama, Hiroki Ueno, Kaoru Seiriki, Hiroshi Nomura, Hitoshi Hashimoto, Atsushi Kasai, Neuroscience2023, 2023/11/13, 国外, ポスター.

[7] 全脳イメージング技術を用いた精神疾患の病態解析, 橋本均, 第 42 回躁うつ病の薬理・生化学的研究懇話会, 2024/10/20, 国内, 特別講演.

〔外部資金〕

[1] 2023–2025, 科学研究費助成金　基盤研究(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」 JP23H00395, 代表, 橋本均

[2] 2021–2023, 日本医療研究開発機構(AMED)　革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト 「霊長類脳の高スケーラブルイメージングシステムの開発」 JP21dm0207117, 代表, 橋本均

[3] 2022–2026, 日本医療研究開発機構(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」 JP23ama121054, JP23ama121052, 分担, 橋本均

[4] 2022–2025, 武田科学振興財団　ビジョナリーリサーチ継続助成（ホップ）「中枢創薬を加速する全脳細胞研究」 代表, 橋本均

多剤耐性菌のバイオメトリクス研究

西野　邦彦（産業科学研究所），青木　工太（産業科学研究所），西野　美都子（産業科学研究所），池邉　美季（薬学研究科），八木　康史（産業科学研究所）古澤　力（東京大学大学院、理化学研究所）

1.　研究の背景

複数の抗生物質への耐性をもつ多剤耐性菌の出現が世界的に大きな問題となっている。新型コロナウイルス感染症治療に伴い抗生物質使用が増大したことで細菌の多剤耐性化が促進され、「憂慮すべき数」に上っていることが WHO で指摘されている。医療現場において、簡便かつ迅速に多剤耐性菌が検出できる方法や、耐性菌の出現を逸早く予測し感染拡大防止を講じる対策法の開発が急務な課題となっている。これまで長い間、多剤耐性化に関して、１つの遺伝子や因子の変異や変化に基づいて説明がなされてきた[1, 2]。しかしながら、細菌の多剤耐性化へのプロセスは、ゲノムや複数の耐性化に関わる因子、細胞状態の変化が複雑に絡み合っており、これからは、１遺伝子や因子に基づかない複雑系生命として理解することが必要である。このような背景の中、我々は実験室にて作成された薬剤耐性大腸菌が遺伝子のみならず形態学的にも非耐性菌から変化していることに着目した。

2.　研究の目的

本研究では、病原細菌の薬剤耐性化プロセスにおいて、形態学的にも変化していることに着目し、エボリューション解析[3]で得られた様々な種の薬剤耐性菌株の網羅的形態情報「ミクロモルフォミクス情報」を取得する。深層学習によるこれら耐性菌株の画像判別と特徴抽出を行うためのアルゴリズムを構築する。さらに、薬剤耐性獲得の過程で生じる遺伝子的、形態学的変化について、進化実験で得られた様々な薬剤耐性菌株と、臨床・環境から分離された耐性菌株を用いて、バイオインフォマティクス解析とミクロモルフォミクス解析を行い、機械学習によるこれら情報の融合とモデル化を行い、多剤耐性菌自動推定法の技術開発を目指す（図１）。

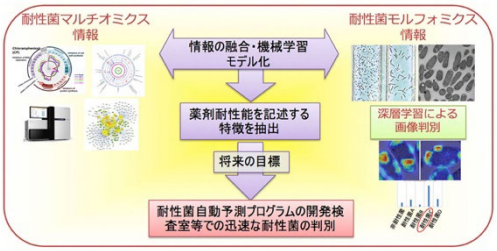


図 1 研究の目的

3.　研究の方法

3.1 薬剤耐性菌株の単離と培養

エボリューション解析[3]で獲得された 10 種類、計 40 株の異なる薬剤耐性株（表 1）と非耐性菌（親株）について、それぞれの薬剤に対して耐性能を保持した株を単離し実験に用いた。各種薬剤耐性株 4 株と非耐性株（親株） 1 株を 1 セットとして実験に用いた。それぞれの細菌株を OD_{600} 値が 0.1 になるまで培養した後、細菌を遠心分離し洗浄後再懸濁し実験に用いた。

3.2 光学顕微鏡観察

細菌懸濁液からプレパラートを作成し、対物レンズ 100 倍の位相差顕微鏡を用いて細胞を観察し、画像を撮影した。各細菌株につき 20 枚撮影し解析に用いた。すべての薬剤耐性株と親株について、独立した 3 回の培養と撮影を行い、各データセットは 1 つのサブセットとした。

3.3 画像解析

3.3.1 シングルセル計測

光学顕微鏡画像について、FIJI-ImageJ を用いて 2 値化により細胞領域を抽出後、watershed 法を用いて分裂細胞や近接細胞を分割した。 1 細胞あたりの面積や長径、短径など 10 項目(図 2)について計測し定量化した。

3.3.2 ヒストグラム交差

ヒストグラム交差を用いて、親株と各耐性株、または耐性株間の類似性を調べた。各ヒストグラムでは、値の範囲を 100 分割し、すべてのビンの合計が 1 になるように正規化した。

3.3.3 重み付け遺伝子相関ネットワーク解析（WGCNA）

ネットワーク共発現解析は、遺伝子発現[3]と形態学的特徴との相関を決定するために、WGCNA R パッケージ[4]を用いて行った。まず、ノードが遺伝子発現プロファイルに対応する共発現ネットワークを構築し、スケールフリートポロジー解析により適切なソフト閾値パワーを選択した。次に、階層的クラスタリングと Dynamic Tree Cut 法により、相互接続性の高い遺伝子のクラスタとしてモジュール(グループ)を同

定した。各モジュールの遺伝子発現プロファイルは、発現マトリックスの第１主成分として定義される固有遺伝子によって要約された。最後に、各形態学的特徴と最も相関の高いグループ（遺伝子）を同定した。

4.　研究成果

細菌は抗菌薬を投与すると多くが繊維化などの形態変化を起こす。しかしながら、薬剤耐性を獲得した細菌が果たして耐性を持たない細菌（非耐性菌）と比べて形態が変化しているのかは興味深い疑問ではあるものの、よく知られていない。我々は、電子顕微鏡解析により、薬剤耐性菌が薬を投与されない状態でも非耐性菌から形態を変化させていることを明らかにした[5]。もし、薬剤耐性菌が光学顕微鏡レベルで非耐性株と比較して有意に異なっているのであれば、将来的に迅速な画像判別につながる手法が構築できる可能性がある。そこで、我々は、表１に示す様々な薬剤耐性株の形態について光学顕微鏡を用いて観察した。図２は中でも特に高い耐性能を獲得した薬剤耐性菌株の顕微鏡画像例を示した。観察の結果、キノロン耐性菌はやや円形に変化している傾向があった。一方でβラクタム耐性菌は細胞長が短くなっているように見えた。次に我々は、顕微鏡画像からシングルセル抽出を行い、各株数千個の細胞から 10 種類の形態特徴についてデータを取得し非耐性株（親株）と薬剤耐性株との違いについて比較した。特徴ごとの分布をヒストグラムでみた結果、キノロン耐性株とβラクタム耐性菌株は複数の特徴において親株とは異なる分布を示すことが判明した（図３）。１０種類の薬剤耐性菌株から得られた１０項目の形態特徴データからヒストグラム交差を用いて親株との類似度を求めた。その結果、キノロン耐性株とβラクタム耐性菌株は親株との類似度が低いことが明らかとなった（図３）。形態特徴では、円形に関係する複数の項目について類似度が低いことが示された。３回の異なる培養日に撮影したデータセットにおいてこの結果は高く再現された。

最後に WGCNA を用いて形態特徴データと高い相関を持つ遺伝子を探索した。その結果、興味深いことに、細胞の円形化に関わる項目と高い相関を持つグループに含まれる遺伝子群において、細菌の多剤耐性に重要な複数の薬剤排出ポンプおよび、薬剤耐性化に関与するストレス応答遺伝子が含まれていた。

以上の結果、キノロン耐性株、βラクタム耐性菌株をはじめ、薬剤耐性株の多くが親株とは異なる形態特徴を持つことが示唆された。薬剤耐性株は非耐性株より円形に近い形態特徴を持つことが示唆され、多剤排出ポンプやストレス応答レギュレーターなど薬剤耐性に重要な遺伝子がこのような特徴に寄与していると考えられる。今後は深層学習による画像判別に発展させていきたい。

表１　実験に用いられた薬剤耐性菌株

抗菌薬名	略称	クラス	機能
Cefixime	CFIX	Cephalosporin, β-lactum	Cell Wall
Cefoperazone	CPZ	Cephalosporin, β lactum	Cell Wall
Enoxacin	ENX	Quinolone	DNA gyrase
Ciprofloxacin	CPFX	Quinolone	DNA gyrase
Amikacin	AMK	Aminoglycosice	Protein synthesis, 30S
Neomycin	NM	Aminoglycosice	Protein synthesis, 30S
Chloramphenicol	CP		Protein synthesis, 50S
Doxycycline	DOXY	Tetracycline	Protein synthesis, 30S
Azithromycin	AZM	Axalide, macroride	Protein synthesis, 50S
Trimethoprim	TP		Folic acid synthesis

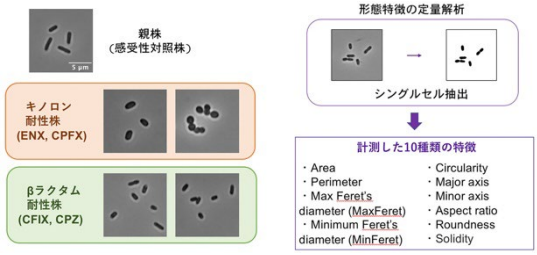


図２ 薬剤耐性株の形態計測
左図は位相差顕微鏡画像例、右図はシングルセルの形態特徴定量化手順を示す。

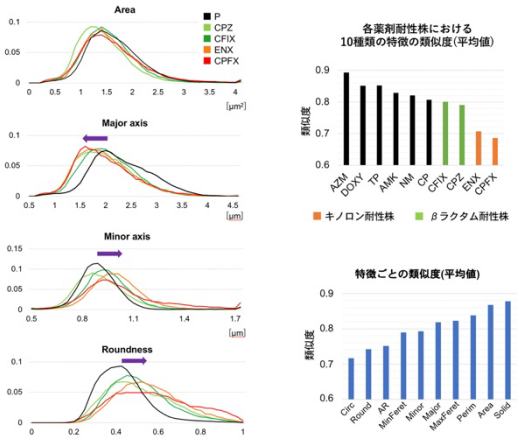


図３ ヒストグラム交差法による薬剤耐性株の類似度計算
左図は薬剤耐性４株と親株における４種の形態特徴のヒストグラム分布図を示す（３つのデータセットから得られた平均値）。右図はヒストグラム交差により求められた各耐性株の親株との類似度と特徴ごとの類似度を示す。

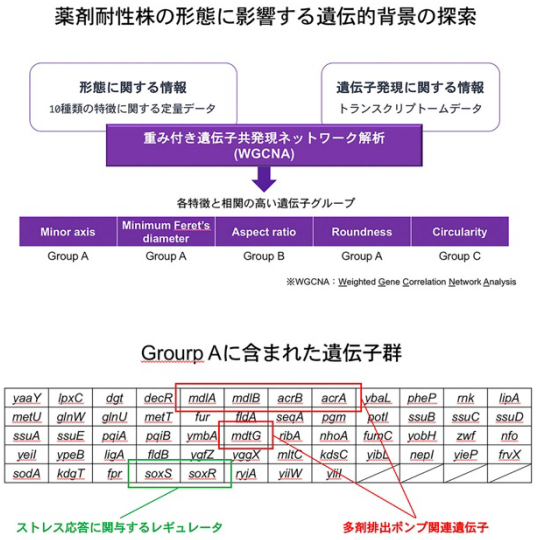


図４　薬剤耐性株の形態特徴と高い相関を持つ遺伝子群

上図は WGCNA 法の概略図を示す。下図は Minor, MinFeret, Roundness と高い相関を持つグループ A に含まれた遺伝子リストを示す。

引用文献

1. Nishino, K., T. Latifi, and E.A. Groisman, Virulence and drug resistance roles of multidrug efflux systems of *Salmonella enterica serovar Typhimurium*. *Mol Microbiol*, 2006. **59**(1): p. 126-41.
2. Nakashima, R., et al., Structures of the multidrug exporter AcrB reveal a proximal multisite drug-binding pocket. *Nature*, 2011. **480**(7378): p. 565-9.
3. Suzuki, S., T. Horinouchi, and C. Furusawa, Prediction of antibiotic resistance by gene expression profiles. *Nat Commun*, 2014. **5**: p. 5792.
4. Langfelder, P. and S. Horvath, WGCNA: an R package for weighted correlation network analysis. *BMC Bioinformatics*, 2008. **9**: p. 559.
5. Hayashi-Nishino, M., et al., Identification of Bacterial Drug-Resistant Cells by the Convolutional Neural Network in Transmission Electron Microscope Images. *Front Microbiol*, 2022. **13**: p. 839718.

論文発表

① Yamasaki, S., Zwama, M., Yoneda, T., Hayashi-Nishino, M., and Nishino, K. (2023) Drug resistance and physiological roles of RND multidrug efflux pumps in *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbiology (Reading)* Jun;169(6):001322.

学会発表

① Ikebe, M., Aoki, K., Hayashi-Nishino, M., Nishino, K. “Correlation analysis of bacterial cell morphology and multidrug resistance” 9th Symposium on Antimicrobial Resistance in Animals and the Environment, July 2023, France.
② Ikebe, M., Aoki, K., Hayashi-Nishino, M., Nishino, K. “Bioinformatic analysis of morphological features of antibiotic-resistant bacteria” The 27th SANKEN International Symposium, January 2024, Hyogo.
③ 池邉美季、青木工太、西野美都子、西野邦彦 「光学顕微鏡画像を用いた薬剤耐性菌のバイオインフォマティクス解析」 日本薬学会第 144 年会、2024 年 3 月、神奈川。

著書

① 西野－林 美都子、青木 工太、西野 邦彦（2023） AI による薬剤耐性菌の画像判別 細胞 Vol.55 No.13, 72 (1082)-75 (1085)

外部資金

① 2021-2025 科学研究費助成金 基盤 B, 「AI による多剤耐性菌モルフォミクスとバイオインフォマティクスの融合研究」21H03542（代表）西野美都子

データ駆動型有機合成反応開発：最少学習データによる最適溶媒選択と反応機構解析による理解

鹿又　喬平（薬学研究科），佐古　真（薬学研究科），
鷲尾　隆（産研），滝澤　忍（産研）

1. 研究の背景

有機合成化学分野の研究においては、高度な専門知識や技術だけでなく、物的・人的資源が不可欠である。特に先端研究においては、分子設計・合成が高度化・複雑化し、従来の化学者の試行錯誤による研究開発では、膨大な時間やコストを要する。さらに SDGs（持続可能な開発目標）が重要視され、省人化・省エネ化・時短を実現する次世代型プロセスの確立が早急に求められている。このような背景下、「情報科学を利活用した有機合成化学」の発展が期待されており、反応条件の最適化や分子設計への利用が報告されてきている[1,2]。生成物の収率や選択性を左右する重要な因子である「溶媒」の検討についても、各種溶媒パラメータを用いて結果を回帰分析する試みがいくつか報告されているものの、反応への直接的影響が不明な説明変数も多く、実施例も限られている[3]。

2. 研究の目的

本研究では、機械学習を活用する実験データの回帰分析やデータ予測に基づき、溶媒効果の定量的な説明を目指した。これにより反応条件の最適化を迅速に行えるだけでなく、化学反応の本質を理解する学理の深化にも繋がると考えた。本研究では、我々が独自に見出した有機分子触媒を用いるプロピオル酸エステルへの β-ケトエステルの付加反応について、溶媒が反応の選択性に及ぼす影響を機械学習によって検証した。

3. 研究方法および結果と考察

3.1 学習データの収集と記述子の選定

Lewis 塩基触媒であるトリフェニルホスフィン（PPh_3）を用いる、プロピオル酸エステル **1a** と β-ケトエステル **2a** との付加反応において、極性転換型の α-付加体 **3aa** 及び、β-付加体 **4aa** の混合物を得た。そこで溶媒が本反応の選択性に及ぼす影響を調査するため、汎用溶媒 24 種類の中から 8 つを選び実験を行った（図 1）。溶媒は、24 種類を Ward 法によりクラスタリングした後、各クラスタから 1 種類ずつを選定した。その際の溶媒に対する説明変数は、Web で公開されているデータベース[4]から取得可能な次の 7 種類の実測物性値を用いた：誘電率、E_T 値、Lewis 酸性（AN）、Lewis 塩基性（DN）、ハンセン溶解度パラメータ（分散力、分極、水素結合能）。なお欠損値は k-最近傍法（$k = 1$）により推定した。

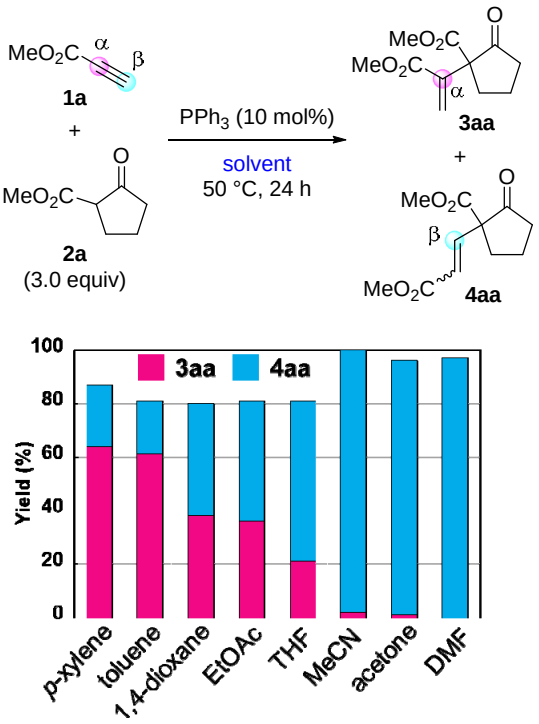


図 1　β-ケトエステルの付加反応の溶媒依存性（反応収率）

3.2 収率の回帰モデルの構築

各種回帰手法を用いて α-付加体 **3aa** と **4aa** それぞれの収率予測モデルを構築した。説明変数は 3.1 項の Ward 法と同じものを用い、Leave-one-out 検定により r^2 値を算出した。いずれの手法でも 0.8~0.9 と高い値を示し、特に部分的最小二乗（PLS）回帰（成分数 1）の場合に最も良好な結果が得られた（図 2）。

3.3 未実施溶媒の収率予測

本反応は、トルエンと p-キシレンを用いると収率良く **3aa** が得られる（それぞれ 61%と 64%）。この 2 つの結果をテストデータとし、残り 5 種類の溶媒を学習データとして構築した回帰モデルから収率を予測したところ、PLS 回帰（成分数 2）が比較的良好な予測精度を示した（図 3）。機械学習を適用することで、低収

Model	r^2	MAE
PLS (n = 2)	0.81	9.1
PLS (n = 1)	0.88	7.0
LASSO	0.83	8.4
Ridge	0.83	8.8
Random Forest	0.73	12.0

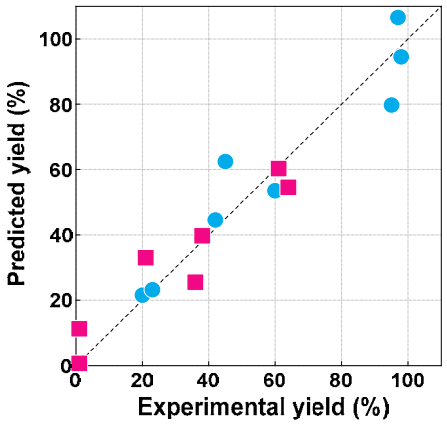


図 2　回帰結果の比較と PLS 回帰(n = 1)のプロット: ■= α -付加体, ●= β -付加体

率（20~40%）の学習データから、高い収率（>40%）を与える溶媒を予想できる結果となった。

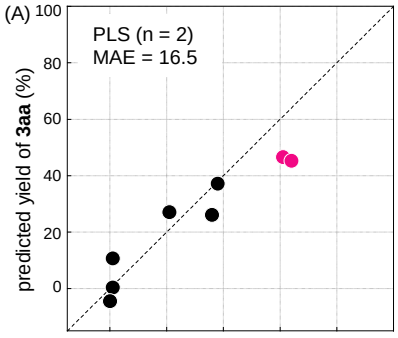


図 3　PLS 回帰モデルによる収率予測

3.4 混合溶媒系の提案

構築した PLS 回帰モデルではシクロヘキサン（予測値 72%）と四塩化炭素（予測値 68%）が **3aa** に対して高い予測収率が示した。しかし実測ではいずれも低収率となった。これは、シクロヘキサン（実験値 12%）では試薬が溶解せず、四塩化炭素（実験値 2%）では触媒が溶媒と反応する別のプロセスが進行したためと考えた。そこで、予測収率の高いシクロヘキサンと実測収率の良かった *p*-キシレンの混合溶媒（1:1）を検討したところ、目的化合物 **3aa** の収率が向上し（69%）、最も良い結果が得られた。

3.5　基質一般性の調査

DFT 計算による反応機構の解析の結果、プロトン移動が律速段階であることが示唆された。そこで反応に触媒量の酢酸を添加したところ、α -付加体の収率が大幅に向上した。

酢酸添加の条件で基質一般性について検討したところ、エチルエステル **1b** やベンジルエステル **1c** では反応は良好に進行し、高収率で α -付加体 **3ba** 及び **3ca** を与えた。β -ケトエチルエステル **2b** や 1-インデノンから誘導した **2c** を用いた際にも対応する **3ab** と **3ac** が収率良く得られた。非環式の 2d や六員環構造の **2e** では反応性は低下した。ラクトン **2f** やジケトン **2g**、シアノ酢酸エチル **2h** など、β -ケトエステル以外の反応基質を用いても問題なく反応は進行し対応する生成物 **3af**-**3ah** が得られた。

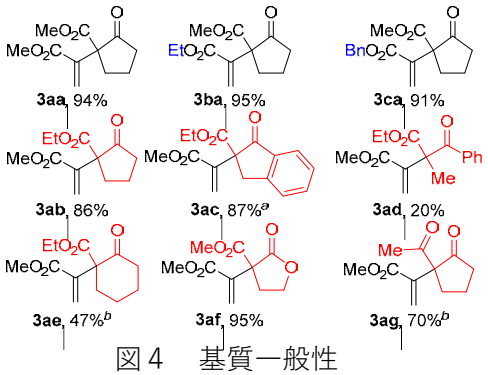


図 4　基質一般性

引用文献

[1] F. Strieth-Kalthoff, M. H. S. Segler, F. Glorius et al., *Chem. Soc. Rev.* **2020**, *49*, 6154.

[2] M. Kondo, T. Washio, H. Sasai, S. Takizawa et al., *Commun. Chem.* **2022**, *5*, 148.

[3] M. Fujinami, J. Yamaguchi, H. Nakai et al., *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2020**, *93*, 841.

[4] https://www.stenutz.eu/chem/

発表論文等

〔学会発表〕

佐古 真、赤澤龍之介、鹿又喬平、赤井周司、有澤光弘、滝澤忍、「機械学習を活用する溶媒効果の定量的説明：極性転換型有機分子触媒反応における検証」第 21 回次世代を担う有機化学シンポジウム 2023 年 5 月、名古屋

〔外部資金〕

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

バイオサイエンス部門・生命システム領域部門

「超広視野高分解能光学顕微鏡 AMTERAS を用いた

疾患腎の形態的特徴量抽出」

松井　功（医学系研究科），永井　健治（産業科学研究所），

1.　研究の背景

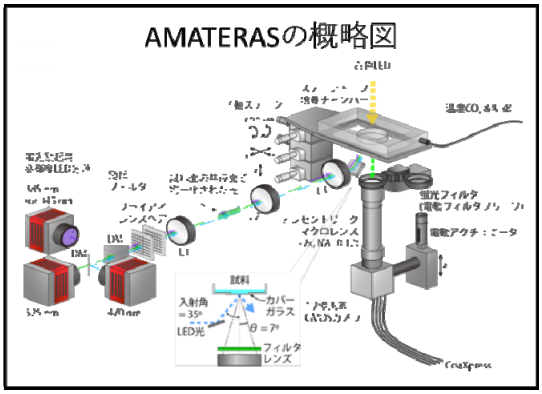
　生体内の臓器が適切な機能を維持するためには、その構成細胞が最適な空間配置をとり、相互に連携した機能ユニットを形成する必要がある。腎臓の機能ユニットであるネフロンは少なくとも 15 種類以上の細胞から構成された複雑な構造を有しているため、ネフロンについて詳細な解析を行うには細胞サイズの解像度（μm）でネフロンサイズ(cm)の形態情報を取得しなければならない。しかしながら、一般的な光学顕微鏡で広視野を高空間分解能で観察することは困難である。

2.　研究の目的

　通常の顕微鏡観察では、詳細な構造を観察するために対物レンズの倍率を上げると視野が狭くなり、対物レンズの倍率を下げて視野を広げると詳細な構造の観察ができなくなる。本研究の目的は、超広視野高分解能光学顕微鏡 AMASTERAS（A Multiscale/Multimodal Analytical Tool for Every Rare Activity in Singularity）をネフロンの形態解析に適用することで「木も見て森も見る」アプローチ、すなわち生命の解剖学的階層構造を跨いだトランススケール形態情報を獲得し、腎疾患に関する知見を得ることである。

3.　研究の方法

3.1 AMATERAS による腎病理画像取得



生命の解剖学的階層構造を跨いだトランススケール形態情報を取得するため、永井研で開発された AMATERAS (概略図) を用いた。

3.2 ビッグデータ解析による特徴抽出

　AMATERAS で取得されるデータは TB スケールになるため、従来のようなヒトの眼で病変部位を抽出する作業は難しく、深層学習を中心とした画像処理により疾患の特徴量を抽出する必要がある。

　AMATERAS で取得した画像から最大限の情報を抽出すべく、HE 染色に対応した免疫組織染色サンプルを作成し、これをマスクとして用いて画像セグメンテーションモデルを作成した。基礎モデルとしては Unet++を使用し、SCSE attention をいれることで性能向上を図った。モデル学習時には反転や回転などの幾何変換、および HSV 色空間での色調の変更や適応ヒストグラム平坦化、明るさの変更などの色変換をかけて頑強な予測を目指した。さらに、mixup を使用することでデータの多様性を向上させた。lr=0.001 にて 30epoch 学習させた。patch 画像ごとに計算した dice score でモデルの性能を評価した。

4.　研究成果

　腎組織のマーカーとして用いられる AQP1、Umod、Calb1、SGLT2 の免疫染色を教師データとしてモデルを構築すると、その dice score はそれぞれ 0.7237、0.7317、0.5587、0.7686 であった。図 1, 2, 3, 4 がそれぞれ AQP1、Umod、Calb1、SGLT2 に対する評価結果を示す。図 1-4 では、取得画像から切り出した 7 つの HE 染色パッチ画像を横に並べ、その下段に対応する予測 mask、正解 mask、IHC 画像の順に結果を示している。これらにより、HE 染色として取得した画像から様々な病態情報に変換するモデルが確立されたことが確認され、AMATERAS を用いた病態解析基盤が構築できた。

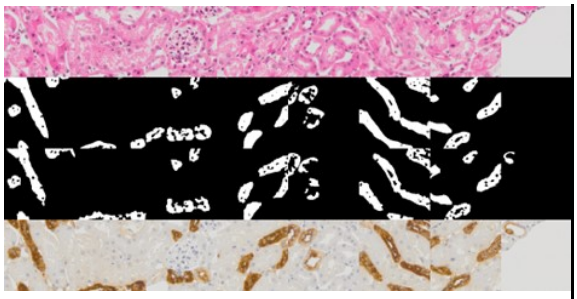


図 1. AQP1 評価結果

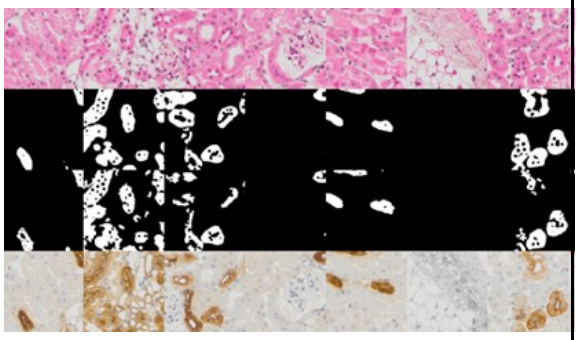


図 2 . Umod 評価結果

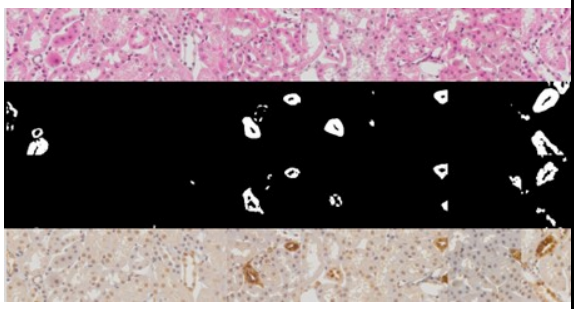


図 3. Calb1 評価結果

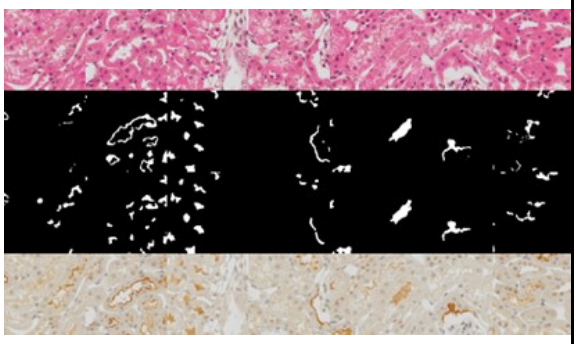


図 4. SGLT2 評価結果

発表論文等（※プロジェクトメンバーに下線）

〔学会発表〕
① 第 66 回日本腎臓学会学術総会
松井功、松本あゆみ、今井淳裕、奥嶋拓樹、勝間勇介、安田聖一、井上和則、猪阪善隆深層学習と scRNA-seq 様解析の組み合わせは腎生検糸球体画像の特徴抽出に有用である
② 第 38 回阪大腎病理カンファレンス
松井功
腎病理画像解析における AI

〔その他〕 （※受賞，基調講演など）
① 第 66 回日本腎臓学会学術総会
特別講演
松井功
超解像度顕微鏡による腎臓の解析
～ 腎臓学の「新時代」 ～
③ 第 52 回 日本腎臓学会西部学術大会
教育講演
松井功
腎病理画像解析における AI

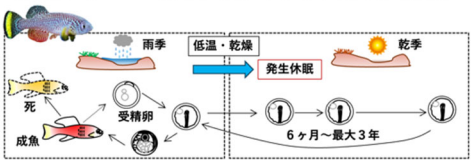
「AMATERAS を用いた休眠胚の多数同時解析による休眠メカニズムの発見」

荻沼 政之（微生物病研究所），永井 健治（産業科学研究所），
市村 垂生（先導的学際研究機構）

1. 研究の背景

ターコイズキリフィッシュ（以下キリフィッシュと略）はアフリカ原産の卵生メダカであり、短い雨季に一時的に出現する池に生息する。このような特殊な環境に適応するため、乾季では胚発生の途中で活動を休止する「休眠」を行う（図１）。休眠は、最大 3 年という驚異的な長期間にわたって、生きたままの状態で胚を安定に保持できるが、その期間は個体差があり、その差が生まれる要因および生物学的意義は不明だった。代表者の荻沼は日本で初めてキリフィッシュの休眠研究を研究室に導入することに成功し、休眠胚の代謝状態を細胞レベルで可視化定量できる休眠状態可視化キリフィッシュの作製に成功した。この魚を用いて休眠胚の状態を調べたところ、胚の代謝状態は個体間で異なり、また休眠の期間も個体間でばらつきがあることが分かった。つまり、わずかな代謝状態パラメーターの違いが休眠の個体差を生むと予想できる。このようなパラーメーターの差を解明するためには、同一環境下で多数の個体の細胞状態を詳細に同時観察する必要である。しかしながら、既存の方法では難しかった。

（図１）ターコイズキリフィッシュの発生休眠



2．研究の目的

本研究の目的は、共同研究者の永井らが開発したセンチメートルを越える大視野の中の個々の細胞の動態を経時観察できるトランススケールスコープ AMATERAS（アマテラス）を用いて、同一環境下で多数のキリフィッシュ休眠胚の代謝状態を細胞レベルで長期間解析することである。これによって、休眠期間の個体差を生み出す要因を明らかにする。

3. 研究の方法

3-1）休眠状態可視化キリフィッシュの約 50 個の胚を 20° C で培養し、休眠を誘導する。誘導後、1 ヶ月以上経過した個体を用意した。

3-2）約 50 個の休眠胚の休眠・覚醒・発生の過程を AMATERAS で同時観察する。休眠状態を維持したまま、20° C で一日観察した。その後、30° C で休眠から覚醒を誘導し、引き続き 1 週間にわたって観察を行った。この間、個体間で起こる現象を細胞レベルで記録した。

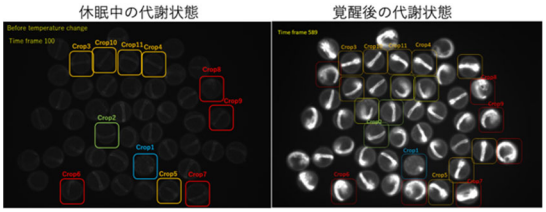
3-3）得られた大規模なデータを使用して、代謝状態、細胞の動き、発生の進行などを細胞レベルで定量的に解析した。

4. 研究成果

AMATERAS を用いて、48 個の休眠胚の代謝状態を同一環境下で細胞レベルで 24 時間観察することに成功した（図 2 左）。さらに、その後、胚が覚醒し発生していく過程における代謝状態の変化を追跡した結果、代謝状態に個体差が生じることを発見し、その代謝状態を細胞レベルで撮影することに成功した（図 2 右）。

5. 今後の予定

（図２）AMATERASを用いた多数休眠胚同時撮影



得られた AMATERAS のデータから休眠状態の個体差を生み出す要因を特定するため、代謝状態や休眠、発生状態の異なる胚をクラス化し、統計的手法やデータマイニングの手法を用いて解析を行い、休眠制御に関与するメカニズムを探る。

発表論文等

〔学会発表〕

① 荻沼政之、湊愛唯音、石谷太
ターコイズキリフィッシュの発生休眠から紐解く新規発生時計機構
細胞コミュニケーション研究会、２０２３年７月

② Masayuki Oginuma, Aine Minato, Tohru Ishitani
The chrono-hormone that controls the developmental speed in fish embryos
第 46 回日本分子生物学会年会 2023 年 12 月 6 日

③ Taro Ichimura, Taro Ichimura, T. Kakizuka, K. Itano, K. Seiriki, H. Hashimoto, Y. Sato, T. Nagai
Trans-scale scope for volumetric imaging of micrometer-scale cellular dynamics in centimeter-scale multicellular systems
The 20th International Microscopy Congress (IMC20) 2023 年 9 月 11 日

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

機械学習を用いたシングルセル RNA-seq の自動細胞アノテーションツールの開発

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　免疫学フロンティア研究センター　特任研究員（常勤）

1　研究の背景

シングルセル RNA-seq は，個々の細胞の RNA 発現量を解析する技術である．この技術は，RNA 発現量のデータから細胞種を推定するが，困難な場合が多い．近年，RNA に加え表面タンパク質を同時に解析可能な CITE-seq という技術が開発された．表面タンパク質による細胞種の推定は，RNA 発現量による推定より正確ということがわかっている．そこで本研究では，CITE-seq のデータを機械学習することで，より正確なシングルセル RNA-seq の自動アノテーションツールを開発することを目的とする．本ツールにより，研究者はシングルセル RNA-seq から，より正確な細胞種の推定が可能となり，その解析時間を大幅に短縮することが可能となる．

2　研究の目的

現在，シングルセル RNA-seq データからの細胞種の推定（アノテーション）を行うツールはいくつもか存在するが，既存のツールのほとんどのツールは RNA の発現量をもとに細胞種のアノテーションを行っているため，しばしば正確でないことが多い．その理由として，歴史的に細胞種の同定推定は表面タンパク質を用いて行われてきており，表面タンパク質と RNA の発現量は必ずしも一致しないからである．例えば，CD4+ T cell の推定同定に使用される CD4 という遺伝子は，表面タンパク質の発現量からは検出されるが，RNA 発現量からはほとんど検出されない（図 1）．

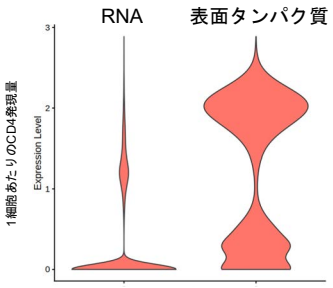


図 1: 1 細胞あたりの CD 4 発現量の分布

さらに，Naive T cell, Memory T cell を推定同定するのに使用されている CD45RA，CD45RO のような同じ遺伝子から生成される異なるタンパク質は，RNA 発現量では区別できないため，既存のツールでは使用できない（図 2）．

本研究では，機械学習のラベルとして，CITE-seq の表面タンパク質のデータを用いて細胞のアノテーションを行うため，RNA 発現量に比べ，より正確な細胞のラベリングが行えると考えられる．さらに、既存のツールでは，マーカーとされているいくつかの RNA を用いて，細胞のラベリングを行っている．しかし，シングルセル RNA-seq では，1 細胞あたりのデータが少なく，本来マーカー遺伝子を発現している細胞であってもデータでは RNA の発現が認められない場合が多い (図 2)．本研究では，特定のマーカー RNA ではなく，すべての RNA の発現量を特徴量として使用するため，より正確な細胞のラベリングが行えると考えられる．

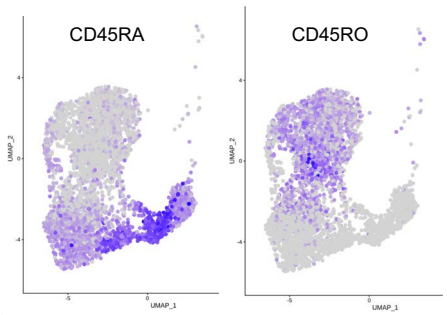


図 2: CD45RA, CD45RO の細胞ごとの発現量

3　研究の方法

3．1　表面タンパク質情報を用いた細胞のラベリング

まず，CITE-seq の表面タンパク質のデータをもとに，マニュアルで細胞のアノテーションを行う．公開されているデータでは、60 万細胞程度の CITE-seq のデータが存在し、そのデータを取得し、解析する。各細胞種に特徴的なマーカーは CellMarker (http://xteam.xbio.top/CellMarker/) にリストアップされており，それらのマーカーをもとに，各細胞をアノテーションする．

3．2　モデルの作成

上記でおこなった細胞のアノテーションを教師データとし，RNA の発現量を特徴量として，教師付き学習による細胞の種類の予測モデルを作成する．RNA の発現量は高次元のデータであるため，細胞種の分類に対して本質的な特徴を抽出する必要がある．さらに，予測に用いる分類器の種類やデータの前処理方法が結果に与える影響などを分析し，本研究に適した機械学習モデルの設計を行う．

4　研究成果

Stephenson et al., 2021[a] では，健常者・COVID-19 患者の PBMC 合計 78 万細胞を解析している．この研究では，全 mRNA 発現量だけでなく，Totalseq 抗体の利用により 192 種

類の表面タンパク質の発現量を測定している．データに含まれる約 20 万個の末梢血細胞に対してラベリングを行った結果が図 3 である．各細胞に対して，CITE-seq による表面タンパク質による分類を行った結果を左側に，mRNA による遺伝子発現量をマーカーとして分類した結果を右側に示している．表面タンパク質による分類でも RNA による分類でも，少なくない割合の細胞においてラベリングが一致していないことがわかる．このようなデータに対してもお互いの情報を補うことで，教師付き学習に用いるための，より正確な細胞のラベリングを行った．

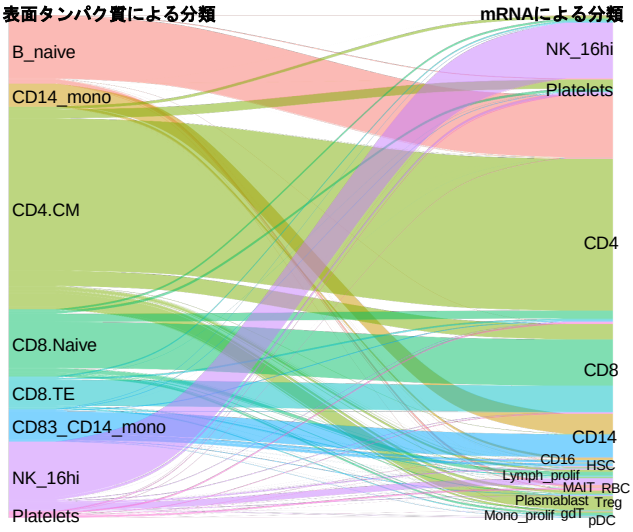


図 3: 末梢血細胞の分類結果

5　今後の課題

本課題で構築した機械学習モデルを引き続き改良し，シングルセル RNA-seq の自動アノテーションツールとしての精度を高める．

応用先として検討しているのが，空間トランスクリプトームのデータ解析である．細胞や組織は時間的・空間的にその状態を変化させるが，そのメカニズムを理解するためには，細胞の特徴だけでなく，その空間的な位置も把握する必要がある．空間トランスクリプトーム解析は，細胞の位置や隣接性などの空間情報を保持したまま，細胞集団の遺伝子発現量を測定・解析することができる．図 4 は皮膚にできた傷が回復していく様子を観察した空間トランスクリプトームデータであり，そのパターンを解析することで細胞間の様々な相互作用などを特定することが可能である（学会発表 [1]）．このようなデータに対して精度の良い細胞の自動アノテーションを行うことができれば，その相互作用をより具体的に特定することが可能となる．

引用文献

[a] Emily Stephenson, et al. ”Single-cell multi-omics analysis of the immune response in COVID-19.” Nature medicine 27.5 (2021): 904-916.

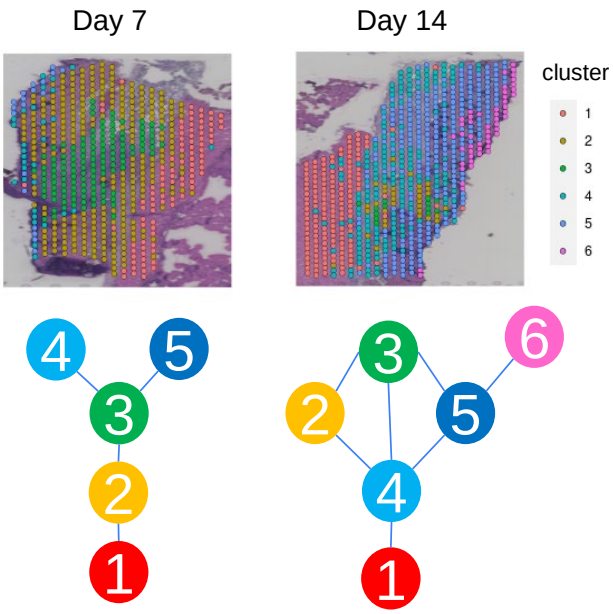


図 4: 空間トランスクリプトームにおけるスポットの分類

発表論文等

〔学会発表〕

[1] Ayaka Mae, Shigeto Seno, Hironori Shigeta, Yu-Chen Liu, Sangeun Kim, Daisuke Okuzaki, Ryoichi Mori, Hideo Matsuda, “A Graph Based Method of Pattern Mining for Spatial Transcriptome Data”, CBI 学会 2023 年大会，2023.

[2] 石川昌和, 松本薫, 奥崎大介, “SiCR: シングルセル免疫学に特化したウェブアプリケーション”, NGS EXPO 2023, 2023.

〔その他〕

[1] Ayaka Mae, Shigeto Seno, Hironori Shigeta, Yu-Chen Liu, Sangeun Kim, Daisuke Okuzaki, Ryoichi Mori, Hideo Matsuda, CBI 学会 2023 年大会 Best Poster Award, “A Graph Based Method of Pattern Mining for Spatial Transcriptome Data”, 2023

[2] 奥崎 大介, “シングルセル解析に関する技術講習”, 千里ライフサイエンス技術講習会, 2023

〔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] 2024-2026 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

拍動動態からヒト iPS 細胞由来心筋細胞特性を非侵襲に評価する手法の開発

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

近年のヒト iPS 細胞技術の発展によって、体を構成する様々な種類の細胞を作製可能となった。心筋細胞もその一つであり、再生医療や創薬への活用が期待されている。一方で、iPS 細胞から作成した心筋細胞は、複数の細胞サブタイプが混在した、ヘテロな細胞集団になる傾向が知られている。したがって、安全度の高い細胞移植や、心筋サブタイプレベルでの薬効評価を実現するためには、使用する心筋細胞を単一細胞レベルで詳細に特徴付けることが重要になる。

2. 研究の目的

iPS 細胞由来心筋細胞は自発的な拍動を繰り返すことが知られている。拍動動態は、細胞の電気生理学的な挙動と連動し、心筋サブタイプごとに微妙な違いを有することが知られている。また、拍動挙動は、非染色に通常の培養条件下で撮像可能である。そのため、拍動動態をもとにした細胞解析は、再生医療や創薬など、下流での心筋細胞使用と干渉しない。

そこで本研究では、我々が開発したトランススケールスコープ AMATERAS[1-2] と畳み込みニューラルネットワークによる動画解析を組み合わせることで、ヒト iPS 細胞由来心筋細胞の拍動動態から、細胞サブタイプを識別する、深層学習モデルの構築を目的とした。

3. 研究の方法

3.1 ヒト iPS 細胞由来心筋シートの作製

ヒト iPS 細胞から、Lian らの報告[3]を参考に、ヒト心筋細胞を作製した。作成した心筋細胞を、単層シート状に、ガラスボトムディッシュに播種し観察に使用した。

3.2 AMATERAS を用いた心筋シート観察

AMATERAS は、超広視野を有する細胞イメージング技術であり、多数の細胞の動態を高速に撮像することが可能である。そのため、深層学習に必要な膨大なデータを効率よく取得することができる。ここでは、AMATERAS を用いて心筋細胞の拍動動態と、マーカータンパク質の免疫染色を観察した。

3.2.1 拍動動態観察

AMATERAS を用いて、心筋シートの自発的な拍動動態を、約 14.6×4.7mm の視野で、20 fps で高速撮像した。

3.2.2 マーカータンパク質の免疫染色観察

拍動動態を観察した同一のサンプルをパラホルムアルデヒドで固定し、免疫染色を行った。心筋細胞のサブタイプを識別するために、心室筋のマーカータンパク質である MLC-2V と心房筋のマーカータンパク質である MLC-2A を染色した。また、細胞領域を抽出するために、核染色も行った。染色された心筋シートを AMATERAS で蛍光観察した。

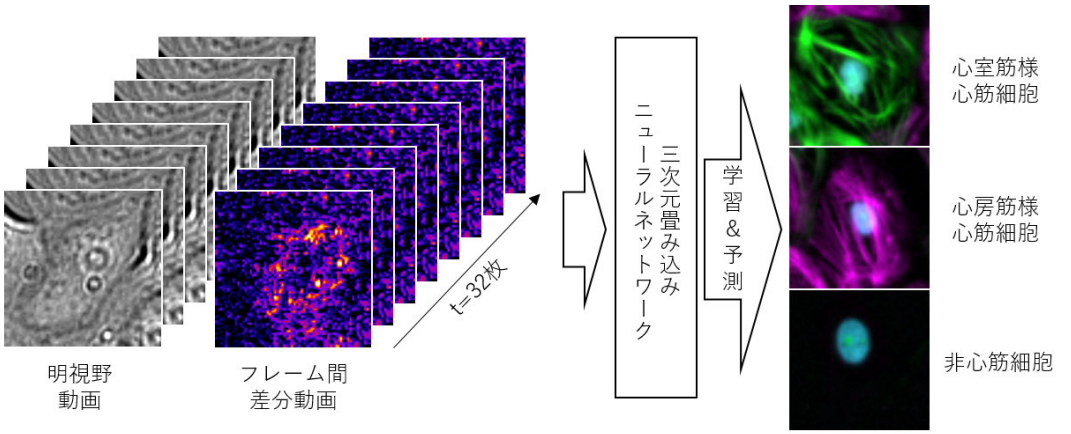


図１：三次元畳み込みニューラルネットワークを用いた拍動動態からの細胞タイプ識別

3.3 画像と動画の前処理

3.3.1 拍動動態の可視化

拍動動態を可視化するために、フレーム間差分法を使用した。具体的には、動画内の隣接するフレーム画像間の差分を計算し、差分値を画素値とする動画（フレーム間差分動画）を再構成した。

3.3.2 細胞領域抽出と免疫染色の定量

核染色画像によって抽出された核の重心位置を母点として、画像をボロノイ分割した。分割された個々の領域を、疑似的な細胞領域とした。個々の細胞領域内の、それぞれのマーカータンパク質の免疫染色輝度を定量した。

3.3.3 機械学習用のデータセット作製

拍動動態動画から、個々の細胞領域を中心とした、64×64 画素（約 70×70 μm）領域を切り出した。一回の拍動に相当する 32 フレーム（約 1.6 秒）分を使用した。

3.4 畳み込みニューラルネットワーク

Tran らの報告[4]を参考に、4 層の畳み込み層と 2 層の全結合層をもつ、三次元畳み込みニューラルネットワークを構築した。また入力動画として、明視野動画とフレーム間差分動画の両方を使用する場合には、Simonyan らの報告[5]を参考に Two-Stream モデルを構築した。

データの 3/4 を学習に、残りの 1/4 を評価に使用した。

4. 研究成果

ヒト iPS 細胞から心筋細胞を作製し、それを単層のシート状に播種することで、自発的な同期した拍動を繰り返す心筋シートを作製した。心筋シートの拍動動態を、AMATERAS を用いて 20 fps で観察し、シートを構成する約 3 万個の細胞動態動画を取得した。動態観察後に、同一のサンプルを固定し、免疫染色することで、シートを構成する個々の細胞を 3 種類に分類した。具体的には、MLC-2V マーカータンパク質が高発現な心室筋様心筋、MLC-2A タンパク質が高発現な心房筋様心筋、どちらのタンパク質も低発現な非心筋細胞の 3 種類のクラスに分類した。

次に、非染色に得られる拍動動画から、免疫染色で分類された細胞タイプを識別する機械学習モデルの構築を行った。入力データには、拍動の明視野動画、もしくは、フレーム間差分動画、あるいはその両方を使用した。機械学習には 3 次元畳み込みニューラルネットワークを使用した。ラベルには、免疫染色による分類を使用した。

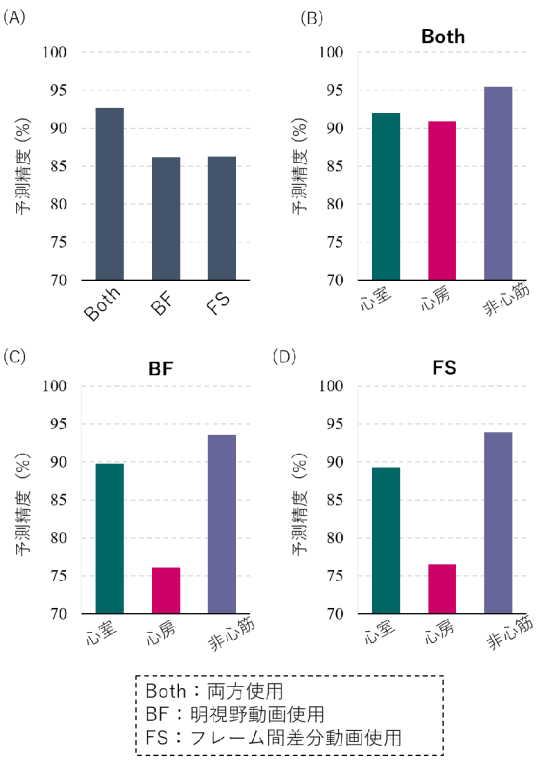


図 2：細胞タイプ予測精度
(A)学習に使用した入力動画タイプごとの予測精度。(B-D)それぞれの細胞クラスごとの予測精度。

その結果、拍動の明視野動画（図 2, “BF”）、もしくはフレーム間差分動画（図 2, “FS”）を、入力として学習させた場合、約 86%の予測精度が得られた（図 2A）。興味深いことに、明視野動画とフレーム間差分動画の両方を入力として使用した場合（図 2, “Both”）は、予測精度は約 93%にまで向上した（図 2 A）。細胞分類クラスごとの予測精度を確認すると、心房筋の予測精度が、単独の入力動画では 76%程度と低い（図 2CD）が、両方の入力動画を使用すると、91%程度に向上したことが分かった（図 2 B）。

以上の結果は、AMATERAS によって、非侵襲に得られる拍動動態動画から、心筋シートを構成する細胞種類を効果的に分類できることを示している。本手法が、再生医療用細胞製品の品質管理や、心筋サブタイプ特異的に薬効をもつ薬剤のスクリーニングなどに貢献することが期待される。

引用文献

[1] Ichimura, T., et al. "Exploring rare cellular activity in more than one million cells by a transscale scope." *Sci. Rep.* 11, 16539 (2021).

[2] Ichimura, T et al. “Volumetric trans-scale imaging of massive quantity of heterogeneous cell populations in centimeter-wide tissue and embryo” *eLife*, **13**:RP93633 (2024)

[3] Lian, Xiaojun, et al. "Robust cardiomyocyte differentiation from human pluripotent stem cells via temporal modulation of canonical Wnt signaling." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.27 (2012): E1848-E1857.

[4] Tran, Du, et al. "Learning spatiotemporal features with 3d convolutional networks." *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. (2015)

[5] Simonyan, Karen, and Andrew Zisserman. "Two-stream convolutional networks for action recognition in videos." *Advances in neural information processing systems* 27 (2014)

発表論文等

〔学会発表〕

① 垣塚太志、市村垂生、永井健治、“トランススケールスコープによる組織レベル動態の単細胞解像度解析とその心臓不整脈研究への応用”第 32 回日本バイオイメージング学会学術集会、2023 年 11 月

② Taishi Kakizuka, Taro Ichimura, Shigeru Miyagawa, Yoshiki Sawa, Takeharu Nagai, “Trans-scale scope AMATERAS, big image data, and machine learning: prospects for application in heart disease research and drug discovery” The 27th SANKEN International Symposium, Jun. 2024

〔著書〕

① 垣塚太志, 市村垂生, 永井健治、”ヒト iPS 細胞由来心筋シートのトランススケール動態解析”実験医学増刊 Vol42, No.5, p.154-160, 羊土社, 2024.3

人間総合デザイン部門

メッシュ分割テレマティクス交通事故データの包絡分析法に基づく解析法

乾口 雅弘（基礎工学研究科）
林 直樹（基礎工学研究科）
関 宏理（基礎工学研究科）
栗原 宏光（兵庫県警察本部交通部交通企画課）

1 研究の背景

交通事故軽減のため，エアバックや衝突被害軽減制動制御装置など，自動車の安全性能が向上しているものの，2022 年の日本の交通事故死者数は 2610 人であり，未だ交通事故は身近に潜む大きな問題である．交通事故に関するデータは記録され，交通事故統計情報として纏められる．近年，これらのデータに基づく解析が盛んである [a-c]．また，通信機能や GPS 機能を備えた車載機が搭載され，車両の運行データが記録されるようになり，詳細なデータに基づく交通事故解析が期待されている．

2 研究の目的

本研究では，各都市を 300m 四方に分割した地域メッシュ交通事故データを解析する．交通事故データから危険な地域メッシュを特定し，そのメッシュが危険となる地域の特徴を見出し，交通事故件数に関わらず，同じ特徴をもつ地域にも同様な交通事故対策を施すことにより，将来に発生しうる事故件数の削減を目指す．

事故要因の件数に対する事故件数と事故の重大さの観点から危険度を捉え，包絡分析法による危険地域の特定を試みる．これにより，事故多発地域とは異なった，少ない事故要因で重大事故が発生し事故頻度が大きい危険地域が得られうる．

3 研究の方法

3．1 与えられたデータと研究方針

2023 年度は，テレマティクス交通事故データも入手したが，残念ながらデータ数が少なく，未だこれを用いて解析することは可能ではない．また，与えられたデータには，交通量が含まれていない．そこで，昨年度提案した包絡分析法 (Data Envelopment Analysis: DEA)[d] による危険地域の特定の試み [e] を発展させることにした．

従来，危険な地域は，事故件数の多さで考えられることが多く，それは交通事故統計から比較的容易に特定され，対策が講じられてきたと考えられる．本研究の DEA を用いた解析では，ある一つの危険な行為が生じた際にそれがどれだけ容易に交通事故を引き起こすか，あるいは，それがどれだけ重大な交通事故を引き起こしうるかという観点から，危険な地域の特定を行うことになる．すなわち，交通量に関係なく，その地域の特性による危険度評価が可能となりうる．

3．2 包絡分析法 (DEA) の SBM モデル

n 事業体 (Decision Making Unit: DMU) を考える．k 番目の DMU(DMU$_k$) の p 個の入力項目の値のベクトルを $\boldsymbol{x}_k = (x_{1k}, x_{2k}, ..., x_{pk})^{\mathrm{T}}$，$q$ 個の出力項目の値のベクトルを $\boldsymbol{y}_k = (y_{1k}, y_{2k}, ..., y_{qk})^{\mathrm{T}}$ とする $(k = 1, 2, ..., n)$．このとき，DMU$_k$ の効率値 θ_k は，i 番目の入力の重みを $w_i \geq 0$，j 番目の各出力の重みを $v_j \geq 0$ とすると，次式で与えられる．

$$\theta_k = \frac{\text{総合出力}}{\text{総合入力}} = \frac{\sum_{j=1}^{q} v_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^{p} w_i x_{ik}} \tag{3.5}$$

このとき，総合入力や総合出力を定める重み $w_i,\ i = 1, 2, ..., p$ と $v_j,\ j = 1, 2, ..., q$ をどのように定めるかが問題となり，DEA では，効率値の最大値が 1 を超えない範囲で，これらの重みを各 DMU にとって最も有利になるように定めることで，DMU の効率性を評価する．

このような評価を与えるモデルとして，いくつか考えられているが，本年度は，昨年度の CCR モデル [d] に代わり，元来 DEA で想定されていない入力が 0 である場合も大きな影響がなく取り扱える SBM モデル [f] を用いて解析する．SBM モデルでは，次の計画問題を解くことにより，k 番目の DMU$_k$ の効率性が評価される．

$$\begin{aligned}
\text{minimize} \quad & \rho_k = \frac{1 - \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p} s_i}{1 + \frac{1}{q}\sum_{j=1}^{q} t_j} \\
\text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^{n} \lambda_r x_{ir} + s_i = x_{ik},\ i \in P = \{1, ..., p\} \\
& \sum_{r=1}^{n} \lambda_r y_{jr} - t_j = y_{jk},\ j \in Q = \{1, ..., q\} \\
& s_i, t_j, \lambda_r \geq 0,\ i \in P,\ j \in Q,\ r = 1, ..., n
\end{aligned} \tag{3.6}$$

ただし，s_i，t_j はそれぞれ i 番目の入力の超過量，j 番目の出力の不足量を表す．問題 (3.6) の最適値を ρ_k^* とする．ρ_k^* は効率値を示し，$\rho_k^* = 1$ のとき DMU$_k$ は効率的となる．SBM は DMU$_k$ にとって式 (3.5) を最大化する重み $w_i,\ i = 1, 2, ..., p$ と $v_j,\ j = 1, 2, ..., q$ を求める問題の双対問題に基づいているため，これらの重みが変数として現れていない．問題 (3.6) では，すべての DMU$_r$, $r = 1, 2, ..., n$ の入出力データの線形結合で表される活動が現実に実現可能と考え，DMU$_k$ 以外の DMU の入出力データの線形結合の中に DMU$_k$ より少ない入力，多い出力のものが存在すれば，DMU$_k$ が効率的でないと判定する．なお，$\sum_{r=1}^{n} \lambda_r = 1$ という条件を加えると，BCC モデル [d] のように，入力の規模に応じて出力の規模が異なる事業体の効率性を評価できる．しかし，交通事故の解析の場合，発生時間

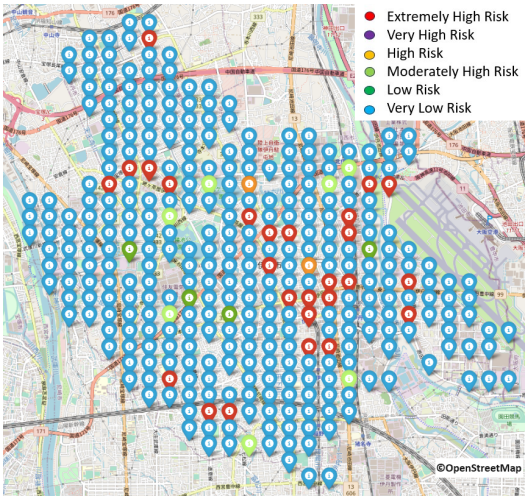


図 1: 都市 A への SBM モデルの適用結果

が異なる複数の事故が関連することはないと考えられるので，この条件を加えない方が適切と考えられる．

$\rho_k^* < 1$ となった場合，$\lambda_r > 0$ となる DMU_r は $\rho_r = 1$，すなわち効率的となることが知られている．$\lambda_r > 0$ となるとき，DMU_k は DMU_r を参照していると言い，DMU_k は DMU_r と比較すると効率性の面で劣っていることを表す．

3．3　メッシュ分割された交通事故関連データ

本研究では，2017 年から 2021 年の 5 年間に各都市で発生した交通事故データを，300m 四方のメッシュごとに集計した地域メッシュ交通事故データを用いる．このデータから DEA による交通事故危険度の解析に適した入出力データを選ぶ．2 種類の組合せが考えられるが，より適切と考えられる組合せを用いる．すなわち，過失の大きい当事者 (第 1 当事者という) の事故直前速度 (危険認知速度という) 階級別件数を入力とし，事故重大度別発生件数を出力とする．この入出力データを SBM モデルで解析する場合，入力が小さく出力が大きい DMU_k ほど，効率値 ρ_k が大きくなる．すなわち，少しの危険な行為あるいはちょっとした危険行為で，より多くの交通事故あるいはより大きな交通事故が生じている地域 DMU_k ほど，効率値 ρ_k が大きくなる．したがって，効率値 ρ_k は危険度を表すことになる．なお，この入出力データには，事故発生件数が少ない地域では危険認知速度階級によっては件数が 0 となることや危険認知速度階級や事故重大度の序数性など，入出力データをそのまま用いることは適切ではない．そこで，SBM モデルの適用に際して，次の前処理が適用した．

1. 危険認知速度階級別件数を，危険認知速度 0km/h 以上 (I_1)，危険認知速度 10km/h 以上 (I_2)，$\cdots$，危険認知速度 50km/h 以上 (I_6) の事故件数に変換する．
2. 事故重大度別件数を死亡事故件数 (O_1)，重傷以上の事故件数 (O_2)，軽傷以上の事故件数 (O_3) に変換する．
3. 入力または出力の件数がすべて 0 の地域を削除する．
4. 入力または出力の件数が 0 であれば微小な正数 $\epsilon > 0$ とする．

以上の通り，上述した入出力データを SBM モデルで解析することにより，ある一つの危険な行為が生じた際にそれがどれだけ容易に交通事故を引き起こすか，あるいは，それがどれだけ重大な交通事故を引き起こしうるかという観点から，地域の危険度を評価しうる．

4　都市 A への適用結果と考察

データに前処理を施し SBM モデルを適用し，その解析結果をどのように活用しうるかについて述べる．この際，パラメータ ϵ については，$\epsilon = 0.1, 0.01, 0.001$ とした適用結果を比較した結果，危険度評価に大きな差が無かったので，$\epsilon = 0.01$ と定める．データに前処理を施し SBM モデルを都市 A の地域メッシュ交通事故データに適用し，危険度 ρ_k の大きさにより分類した結果，図 1 のようになった．また，$\rho_k = 1$ となり，危険と判定された特徴的な地域のデータを表 1 に示す．また，地域番号 25 のメッシュを参照している危険度 0.25 以上の地域のデータを表 3 に地域番号 320，360 のデータを表 2 に示す．表中の番号は地域番号，回数は参照回数，ρ_k^* は効率値を表している．

表 1 に示すように，入力の事故件数と出力の事故件数が一致しない．これは，原動機付自転車以上の当事者に対してのみ，危険認知速度のデータが記録されるためである．本研究では，自転車以下の危険行為の交通事故への影響は十分に小さいと仮定して，与えられたデータに記録されている第 1 当事者危険認知速度のみを用いて解析することにした．これにより，61 番，360 番の地域が危険と判定され，比較的多くの地域が参照している．61 番，360 番のような地域は，どんな地域要因によって自転車や歩行者の危険行為が交通事故を起こりやすくなっているかを検討する必要がある．280 番，318 番の地域は危険認知速度が小さいにもかかわらず，最も重大な死亡事故が起きていて，参照回数が極めて多くなっている．これらも要因となる何らかの地域特性が無いか調査し，特定できれば，同様な地域特性をもつ他の地域も潜在的な危険性をもつと認識して，対策を施していくことが考えられる．

320 番と 360 番の地域のデータを表 2 に示す．320 番，326 番の地域では死亡事故が起きているにもかかわらず危険度 ρ_k がとても小さい．本研究では，DEA の式 (3.6) を適用しているので，交通事故の存在するすべての地域の入出力データの線形結合で表される状況が現実に存在しうると仮定している．320 番，326 番の効率値が低いのは，これらの地域の状況より入力が小さく，出力が大きくなるものが表 1 のデータの線形結合で得られるからである．実際，320 番の地域を考えると，25 番のデータを 0.5 倍し，190 番のデータを 0.5 倍した入出力値が 320 番より小さい入力で大きい出力になる．したがって，320 番の地域の入力と同様な危険行為で，320 番の地域の出力より大きい交通事故が生じている地域があると想定され，それに比べれば，320 番の地域の状況はまだ安全であると評価されたため，危険度 ρ_k が小さく評価されている．同様に，326 番の地域を考えると，25 番のデータを 0.321739 倍，185 番のデータを 0.078261 倍，280 番のデータを 0.6 倍した入出力値が 326 番より小さい入力で大きい出力になり，320 番の地域と同様に，危険度 ρ_k が小さく評価される．

25 番の地域を参照している危険度 0.25 以上の地域のデータ

表 1: 都市 A の危険な地域のデータ

番号	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	O_1	O_2	O_3	回数
25	18	6	5	4	1	0	1	5	25	17
34	5	5	4	2	1	0	1	1	8	1
61	1	0	0	0	0	0	0	0	7	54
99	5	3	2	2	0	0	0	1	13	3
100	4	0	0	0	0	0	0	1	9	39
173	33	12	3	0	0	0	0	2	40	1
178	10	6	1	0	0	0	0	0	21	6
184	29	16	3	1	0	0	0	2	48	29
185	33	13	5	2	1	0	1	2	48	30
187	53	28	13	8	2	0	0	3	63	1
190	19	11	3	0	0	0	1	3	23	36
195	8	5	2	0	0	0	1	1	13	7
203	33	20	9	6	3	0	0	5	37	1
256	16	7	1	0	0	0	0	3	19	1
263	45	15	6	5	1	0	0	3	52	1
264	28	7	3	0	0	0	0	4	33	35
265	7	4	0	0	0	0	0	2	10	1
280	2	0	0	0	0	0	1	1	2	180
282	1	1	1	1	0	0	0	2	2	1
314	2	2	1	0	0	0	0	2	6	39
318	6	0	0	0	0	0	1	1	9	170
324	18	5	0	0	0	0	0	2	27	43
329	39	18	5	0	0	0	0	1	45	1
360	1	0	0	0	0	0	0	1	3	30
371	3	3	3	1	0	0	0	3	3	1
449	10	2	0	0	0	0	0	1	17	1

を表 3 に示す．これらは，死亡事故の件数があり，危険認知速度が 40km/h-50km/h の件数が 2，3 件ある地域である．これらの地域も 25 番のデータと，死亡事故のある 185 番あるいは 280 番のデータとの線形結合が入力が小さく出力が大きい入出力値となるので，危険度 ρ_k が 1 とならない．25 番の地域は死亡事故がある地域の中では，危険認知速度件数の割に事故頻度および重大性が高い地域であり，$\rho_k = 1$ となる危険な地域と判定されている．

5 まとめと今後の展開可能性

ある一つの危険な行為が生じた際にそれがどれだけ容易に交通事故を引き起こすか，あるいは，それがどれだけ重大な交通事故を引き起こしうるかという観点から，地域の危険度を評価する方法を検討した．この解析法では，地域で発生した交通事故件数の多さで危険度を判断するのではなく，危険行為一つ当たりの危険度を評価するモデルとなる．実データに適用した結果，用いたデータの是非は別として，解析法としては概ね意図した観点での危険度の解析ができていると考えられる．

表 2: 320 番と 326 番の地域の危険度と交通事故データ

番号	ρ_k^*	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	O_1	O_2	O_3
320	0.036	27	13	4	2	1	1	1	2	24
326	0.070	12	6	2	2	1	1	1	2	13

表 3: 25 番の地域を参照する危険度 0.25 以上の地域

番号	ρ_k^*	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	O_1	O_2	O_3
147	0.61	31	13	5	4	3	0	1	2	3
356	0.55	7	6	2	2	2	0	1	2	8
95	0.55	25	18	10	6	3	0	1	3	31
156	0.48	16	12	8	7	3	0	1	3	18

第 1 当事者の危険認知速度とその件数を危険行為の度合として用い，事故件数とその重大性を事故の総合評価としたが，原動機付自転車以上の当事者に対してのみ危険認知速度のデータが記録されていて，自転車や歩行者の危険行為は速度の面では大きな影響はないという観点で取り扱った．しかし，これにより，入力の危険行為件数が少なくなった地域が危険と判断されやすい傾向がある程度観測された．これに対しては，事故の全件数も入力に加える方法も考えられるが，データに危険行為に該当する項目を増やすことが根本的な解決となりうる．事故の被害者側 (第 2 当事者) の危険認知速度を加える場合は，第 1 当事者の危険行為が無ければ交通事故が起こらなかったとも考えられ，どのような視点での解析とするのか，解析内容 (意味) も含めて吟味する必要がある．

本研究の方法で危険と判定され，その要因が調査済となり，必要に応じて類似地域への対策を決定した後には，それらの地域のデータを除き，再度，DEA により地域の危険度を解析していくことにより，次のレベルでの危険な地域が得られ，その要因を調べ，類似地域へ対策を展開していくことにより，安全性をいっそう高めることができるかもしれない．

謝辞

本研究を遂行するに当たり，基礎工学研究科 システム創成専攻 2023 年度 博士前期課程 2 年生 丸山大輔 君に多大な研究補助を頂きました．ここに謝意を表します．

引用文献

[a] 安藤圭祐，國吉佑輔，清水和彦，岡本愛，伊藤暢浩，岩田員典，内種岳詞，向直人，蒋湧，“愛知県の交通事故発生区域のクラスタ分析”，人工知能学会第二種研究会資料，2021 巻，SIG-SAI-42-01，2021.

[b] 橋本成仁，吉城秀治，佐伯亮子，三村康広，安藤良輔，“交通事故データを用いた交通事故発生確率推定　モデルの構築と適用可能性の検討ー愛知県豊田市・岡山県岡山市を対象としてー”，土木計画学研究・講演集, 48 巻，6 ページ，CD-ROM，2013.

[c] 山平秀典，岸邦宏，辻信三，佐藤馨一，“包絡分析法を用いた交通事故危険率の総合評価に関する研究”，土木学会第 53 回年次学術講演会，pp.472–473，1998.
[d] 刀根薫，“経営効率性の測定と改善－包絡分析法 DEA による”，日科技連出版社，pp.15–59，1993.
[e] 乾口雅弘，林直樹，関宏理，須山崇仁，“メッシュ分割テレマティクス交通事故データのクラスタリングによる区域類似性の解析”，IDS Annual Report 2022-2023，pp.62–63，2023.
[f] K. Tone, T.-S. Chang, C.-H. Wu, “Handling negative data in slacksbased measure data envelopment analysis models”, European Journal of Operational Research, Vol. 282, pp.926–935, 2021.

〔学会発表〕

[1] D. Maruyama, M. Inuiguchi, N. Hayashi, H. Seki, H. Kurihara, T. Uehara, “Utilization of Data Envelopment Analysis for Grid Traffic Accident Data”, In Proceedings of IUKM 2023: Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making, LNAI 14375, pp. 73–84，2023.

人間総合デザイン部門

身体動作に内在する不可視情報の計測と伝達

浦西 友樹（サイバーメディアセンター）
池田 聖（基礎工学研究科）
小林 聖人（サイバーメディアセンター）
山本 豪志朗（京都大学）

1　研究の背景

本研究では身体動作を伴う技術の向上のため，身体動作に内在する情報のうち特に不可視な情報，例えば人体部位の筋活動を収集およびモデル化し，かつ適切に伝達する手法の構築を目指している．

本研究期間においては特にサッカーに着目した．サッカーにおける基礎技術には，パス，シュート，ドリブルといったボールをキックする技術がある．そのうちの 1 つであるインサイドキックは，他のキックよりも正確性に長けており，主に近距離の味方に対しパスを行う際や，ペナルティキックなど正確性を重視した場面でのシュートに使われる．またインサイドキックが試合中に最も使用されるキックであることからも，サッカーの試合を行う上で特に重要な基礎技術である．キック指導では，主に正しいキックフォームを定着させるよう行われる．正しいキックフォームを定着させることで，安定して精度の高いインサイドキックが行える．従来の指導では，指導者が初学者のキックフォームを確認し，その改善点を指摘し，それをもとに再度キック練習をさせる，といったことを反復することで行われる．しかしこの指導方法では，指導者の指摘内容が感覚的なものになってしまうために，正しく初学者に改善点が伝達しない場合がある．またサッカースクールや学校での指導の際などに，指導者がサッカー熟練者でない場合があり，指導者の伝達する改善点が誤っていることも考えられる．

2　研究の目的

本研究においては，前年度に実施した「スポーツクライミングにおける不可視情報の非接触計測と支援情報提示」で得られた知見を他のスポーツや身体動作に展開していく形で研究を進めた．前年度においては，スポーツクライミング (ボルダリング) の登攀動作における前腕の筋活動情報 (Electromyography; EMG) を筋電センサにより取得し，力の込め方が過剰である際にセンサの振動や映像の投影により教示する手法について提案し，被験者実験により有用性を検証した (学会発表 [1])．

本年度においてはサッカーを対象とし，従来型の指導方法の代わりとなる，拡張現実 (Augmented Reality; AR) を用いたインサイドキックのフォーム学習を支援するシステムを提案し，その有用性を評価することを目的とした．AR を用いたキックフォームの提示は，フォームの要点を視覚的に提示でき，初学者が正しいキックフォームを正しく認識することを可能にし，自身のフォームの改善点を容易に把握できるようになる．被験者実験では提案システムに加え，そのサブセットであるプロジェクタを介した投影 (2D 提示) のみのシステムとタブレット端末で動作する AR アプリケーションを介した投影 (3D 提示) のみのシステム，従来型の方法として動画撮影をベースとしたシステムの計 4 種類の学習支援システムについて，それぞれのシステムを使用する前後でキックの正確さを測定するタスクを行い，比較検証によって有用性を評価した．また NASA Task Load Index (NASA-TLX) を用いたメンタルワークロードの調査と，システムの使用感に対するアンケート調査を実施する．

図 1: 2D 提示

図 2: 3D 提示

3　研究の方法

本章では，提案する 2 段階提示システムの概要について述べる．2 段階提示システムは，プロジェクタを用いた，インパクトの瞬間の足先のフォームに特化した 2D 提示と，タブレット端末を用いた，一連のキック動作における全身のフォームを確認できる 3D 提示の，2 種類の提示方法を用いる．2D 提示および 3D 提示のそれぞれで提示されるデータは，学習者の関節点とシューズの位置姿勢を光学式モーションキャプチャシステムから取得し，得られたスケルトンデータと加速度センサの情報から，キック動作部分およびインパクトの瞬間を切り出すことで形成する．図 1 に 2D 提示，図 2 に 3D 提示をそれぞれ示す．

2D 提示および 3D 提示はそれぞれ，正しいキックフォームを持つ熟練者のキックフォーム提示 (手本提示) と，学習者が行ったキックに対する学習者自身のキックフォーム提示 (フィードバック) の 2 種類の提示を有する．学習者は初めに，2D 提示と 3D 提示のそれぞれで提示される手本提示を見て正しいキックフォームを理解し，その後キックを実践する．この学習者のキックに対し，システムが 2D 提示と 3D 提示のそれぞれで

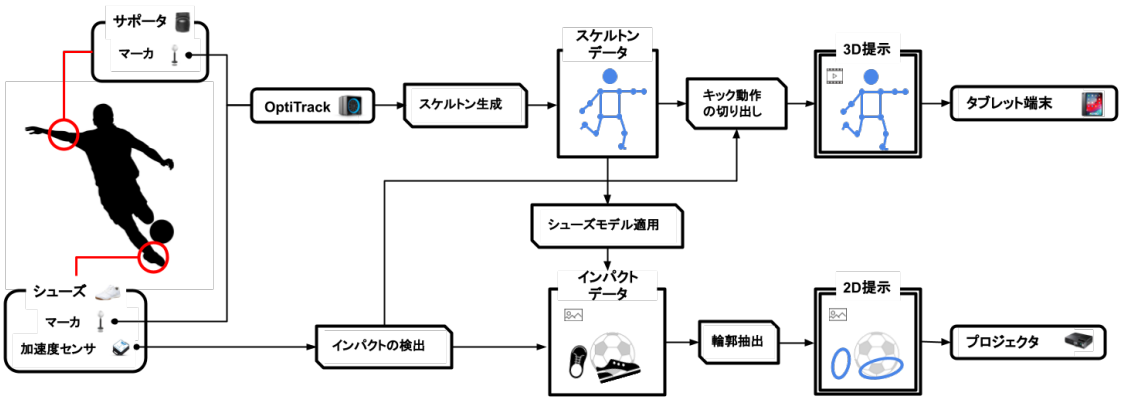


図 3: システム構成

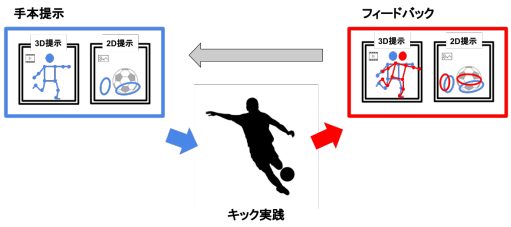


図 4: 学習サイクル

フィードバックを提示することで，学習者は提示されたフィードバックと手本提示の差分から自身の改善点を把握できる．この流れを学習の 1 サイクルとし，学習サイクルを繰り返し実施する事で，正しいキックフォームを身につける事が可能となる．図 3 にシステム構成を，図 4 に学習サイクルをそれぞれ示す．

4　研究成果

本節では，被験者実験の内容と結果について述べる．

4．1　実験概要

本実験の目的は，提案する 2 段階提示システムが，従来型の指導方法と比べてどの程度学習者のフォーム学習効率向上に寄与するかを調査することである．従来型の指導方法は，サッカースクールや中学校等の保健体育の授業において指導者がサッカー熟練者ではない場合を想定しており，初めに教本や動画を見せることで正しいキックフォームを学習者に認知させ，学習者はそれを再現することを目標にキックの反復練習を行うことを指す．またキックのフィードバックに関してはビデオカメラ等を用いて自身のキック動作の録画映像を用いることとした．実験では，教則動画と録画アプリケーションを用いた従来型の指導方法と，2 段階提示システムを用いた学習方法に加え，手本提示とフィードバックが 2D 提示のみで行われるシステムと，3D 提示のみで行われるシステムの計 4 つの学習補助システムについて，それぞれのシステムを用いてインサイドキックのフォーム学習を行わせ，システムを利用したことによる学習効果の測定と比較検証を行った．被験者は本学学生のうち，サッカーのクラブチームや部活動等への所属経験がない，もしくは 1 年未満である 18 歳から 27 歳の男女 48 名を採用した．内訳は男性 29 名，女性 18 名，無回答 1 名であった．

4．2　まとめと今後の課題

タスク評価の結果，いずれの手法においても学習効果があるとは言い切れないことがわかった．一方で，被験者数を増加させることで，2D 提示および 3D 提示のいずれにおいても学習効果に有意差が生じる可能性があることが推察された．NASA-TLX 評価の結果，いずれの手法においてもメンタルワークロードに違いは生じないことが明らかとなった．アンケート評価の結果，2D 提示を用いることで軸足のフォーム改善への意識が高まり，3D 提示を用いることで一連のキック動作の流れや上半身に関して意識が高まることがわかった．

発表論文等

〔学会発表〕

[1] Toru Kowada, Yuki Uranishi, Chang Liu, Goshiro Yamamoto and Photchara Ratsamee, “Real-time Alert of Excessive Force Based on Forearm Muscle Activity for Wall Climbing”, In Proceedings of the 22nd IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2023) Poster, Sydney, Australia, 2023.

人間総合デザイン部門

視覚障害アスリートの姿勢定位能力向上を目的とした荷重固有感覚-聴覚統合フィードバックトレーニングシステムの効果検証と社会実装

小笠原一生（医学系研究科）、野村泰伸（基礎工学研究科）
鈴木康之（文学研究科）、高橋佐江子（国立スポーツ科学センター）

1　研究の背景

姿勢定位能の鍛錬はアスリートの競技力向上に不可欠である。視覚は、身体と外界との相対的関係を把握するための有力な感覚情報であるが、視覚障害がある場合、いかに視覚以外の感覚により姿勢定位の良し悪しを学習するかが課題である。

2　研究の目的

本研究の目的は、視覚に代わる感覚モダリティとして固有感覚と聴覚に着目し、床反力センサから得た立位姿勢時の荷重情報（重力に伴う固有感覚）に連動した音フィードバックにより、視覚障害アスリートの姿勢定位能に資するトレーニングシステムの社会実装を国立スポーツ科学センター (JISS) と共同で行うこと、また鍛錬した視覚障害アスリートの空間把握特性を評価することとした。

3　研究の方法

3．1　視覚障害選手のニーズ調査

JISS でリハビリを行う国際レベルにあるブラインドサッカー選手、ブラインド柔道選手各 1 名から姿勢定位能のトレーニングに関するニーズ調査を実施した。候補のトレーニング課題として左右脚並行保持課題が選択され、左右脚の荷重量の差異を意味ある電子音に変換してフィードバックする方針で合意した。その他、システムのユーザビリティ等の意見があった。

3．2　システム開発

左右バランス不均衡の電子音フィードバック機能は、これまで申請者等が健常アスリート対象に構築してきたデュアルフォースプレートシステムに組み込むことで実装した。システム構築は LabVIEW2021 を用いた。2 台の床反力センサ（TFP404011AB, テクノロジーサービス, 長野）から USB 経由で得た左右脚の床反力鉛直成分の差分に非線形なゲインを乗じてボリューム増減を調整した。

3．3　視覚障害選手の音源同定能の評価

図 1: 実験

システム開発と平行し、過去に得たデータを用いて視覚障害選手の音による空間把握特性を評価した。対象は幼少期に視覚を失った女子陸上選手 1 名、対照群として健康な女性陸上選手 5 名とした。対象者はアイマスクを着用して椅子座位となり、前方 60cm の距離に半径 1m の円状 8 箇所に置かれたメトロノームまで示指を到達させる課題を実施した。示指とメトロノーム間の距離を音源同定能のパフォーマンスとして定量化した。

4　研究成果

4．1　システムの社会実装と活用

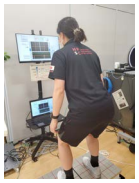


図 2:　JISS リハ室に設置

電子音フィードバック機能付きュアルフォースプレートシステムを JISS リハビリテーション室に設置し運用を行った（2023 年 10 月 9 日〜）。音量設定のゲイン調整やユーザビリティなど、ユーザのブラインド選手らと意見交換しつつ段階的な改善を行った。リハビリテーションやトレーニングへの利用頻度は選手を問わず高く、特に下肢外傷後選手の荷重訓練には必ず導入された。

4．2　健常選手への実装

同システムはセレッソ大阪（プロサッカーチーム）にも設置され、外傷後のリコンディショニング等に使用した。また、阪大病院で下肢の外科手術を実施したアスリート患者のリハビリテーションにおいても活用をした。左右脚の荷重状態は可視化できない状態では固有感覚に依存した知覚が必要である。下肢外傷後のアスリートにおいては外傷由来の固有感覚低下をきたしており、音声フィードバックによる固有感覚補完の訓練が有効であることが示された。

4．3　視覚障害選手の音源動的能の評価

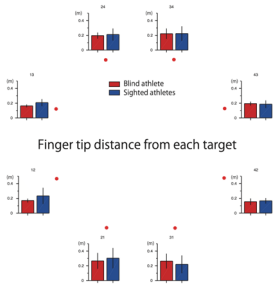


図 3: 示指とメトロノーム間の距離

一般に、視覚障害者は視覚によって外界と自身の相対的位置をキャリブレーションできないため音源探索課題の成績は晴眼者に比べて落ちるとされる。しかし音で方向を知る鍛錬を経験した視覚障害選手の音源同定能は健康人と有意差が認められなかった。ただし、この鍛錬は長期に渡る学習が必要であり一過的なトレーニングは定着するものではない。

5　まとめ

本研究では視覚障害アスリートの姿勢定位能力向上を目的とした荷重固有感覚-聴覚統合フィードバックトレーニングシステムの社会実装を実現した。本システムの姿勢定位能力向上効果は対象の少なさから検証できていないが、鍛錬により聴覚から外界と自身との相対関係が学習可能であることから、本システムを用いた姿勢定位能向上への効果も今後期待される。

人間総合デザイン部門

測定データへの固有管理番号自動付与／メタデータの自動生成・集約による OU 研究データマネージメントエコシステムのコンセプト開発・実証テスト

田主 英之（サイバーメディアセンター）
伊達 進（サイバーメディアセンター）
細見 岳生（サイバーメディアセンター）
古谷 浩志（コアファシリティ機構）
松浦 かんな（コアファシリティ機構）
春本 要（データビリティフロンティア機構）
甲斐 尚人（附属図書館/研究開発室）

1　研究の背景

近年のオープンサイエンスへの流れの中で, 研究データを流通させ, 共有, 公開, そして利活用することへの関心が高まっている．サイバーメディアセンター（CMC）は 2021 年 5 月より高性能計算・データ分析基盤システム SQUID（Supercomputer for Quest to Unsolved Interdisciplinary Datascience）[a] の運用を開始し，そのシステムの一部として学内で生み出される研究データを容易に集約し，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）を試験的に導入した [b].

CMC はこれまで ONION を活用しオープンサイエンスを推進する部局間連携を行ってきた．学内の分析機器の共用を推し進めてきたコアファシリティ機構は，セキュリティ，機器制御 PC の古い OS の理由からネットワークから隔離された環境にあった分析機器からの測定データを一方通行で集約した 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小規模分析室向け測定データ集約・配信システムを開発・頒布してきた（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測定データの共有を可能にした.

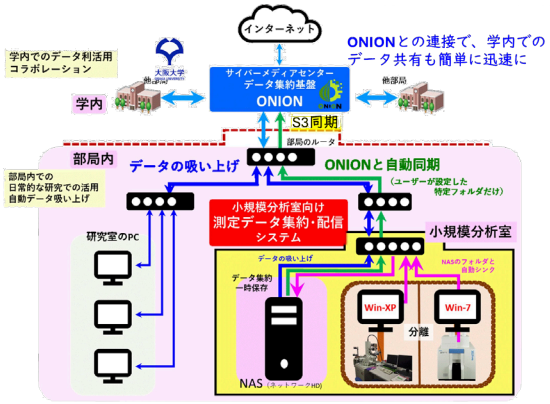


図 1: 小規模分析室向け測定データ集約・配信システム，およびデータ集約基盤 ONION との間の連携概要図

また，ONION と附属図書館が運用する機関リポジトリ OUKA（Osaka University Knowledge Archive）を連携させる Nextcloud プラグインモジュールを開発し，ONION に保存された研究データの OUKA リポジトリへの登録申請を容易にした [c].

2　研究の目的

これまでの部局間連携は，学内における研究データの流通の向上に寄与した．しかし，データが流通することがそのデータが他研究者によって利活用されることに必ずしも繋がるわけではない．研究データに関する詳細情報，つまりメタデータの無いデータは真正性の保証もなく，どのような過程を経て生み出されたかを示す来歴も不明であり，そのようなデータをいくら蓄積したところで，利活用の向上には繋がらない．また，学術論文とは異なり，研究データに対するメタデータは多種多様である．現状では研究者自身が手入力で付与する必要があり，研究者の負担を増大させる原因になっている.

本プロジェクトでは，分析機器から生み出される測定データにメタデータを自動付与し，研究データと共にメタデータを流通させるためのシステム開発手法を探る．これにより，研究データの利活用を促進させ，かつ研究者への負担を軽減させる研究データへのメタデータ，および固有識別子のの自動付与システムの開発に向けた足掛かりとすることを目指す.

3　研究の方法

本年度は，以下の二つの方法でプロジェクトを進めた.

- 研究データにメタデータ，および固有識別子を自動付与し，流通させるシステムのコンセプト構築.
- 構築したコンセプトを可能にするための技術検証.

4　研究成果

4.1　メタデータ登録・管理システムのコンセプト構築

4.1.1　検討・考慮すべき事項

本学では，附属図書館–CMC–コアファシリティ機構の 3 部局の連携で研究データエコシステム構築事業を推進している.

特に，実験研究に関与するコアファシリティ機構が研究データエコシステム構築事業に加わり，実験系の研究データに関する研究データエコシステム構築を目指していることが大きな特徴の 1 つである．そのため，本プロジェクトのメタデータ登録・管理システムのコンセプト構築では実験データに注目した．特に，コアファシリティ機構が導入している，小規模分析室向け測定データ集約配信システム（図 1）が扱う，化学・材料・生命系の実験データを念頭とした．

本プロジェクトでは，以下の点をメタデータ登録・管理システムを活用する目的とした．

- 研究データの管理を容易にするため
- 研究データの利活用を促進するため
- 研究を効率化するため
- 研究公正の担保を容易にするため

管理対象とする研究データに関しては，研究公正担保の観点から 10 年間の研究データの保管が求められており，特に実験系においては大量の失敗データも含めた全ての研究データを管理対象とする必要がある．大量の実験データの管理のために研究者に負荷が掛かり，研究時間が削がれることを避けるために，DX 技術などを活用することで，負担増を最小化し，かつ上述の目的が実現できるメタデータ登録・管理システム構築が必要であると考えた．

メタデータの付与に関しても，研究データの管理や研究公正担保の観点から全ての研究データを対象とする必要がある．しかし，現状ではメタデータの付与は，実験を行った研究者が手入力する形となっており，失敗データに対しても手入力で全てのメタデータを付与することは研究者にとって無駄であり，大きな負担になる．したがって，いかにして研究者の負担を減らしつつ，すべての研究データを管理できるようなメタデータ登録・管理システム構築が必要であると考えた．

研究データのメタデータは大別すると以下の 2 種類と考えられる．

- 固有情報メタデータ：研究データの唯一性，真正性を担保するためのメタデータ．変更，追記不可．例，固有識別子，作成日時，など
- 詳細情報メタデータ：研究データの内容など付加的に与えられるメタデータ．追記可能．例，データに対するコメント，など

本プロジェクトで念頭に置いている実験データでは，単に固有情報メタデータのみならず，他研究者がデータの素性や質を評価できる詳細情報メタデータを付与されていることが，そのデータを利活用できる判断基準となる．したがって，詳細情報メタデータの付与・蓄積も可能にしつつ，研究者の負担を増やさないメタデータ登録・管理システム構築が将来的なデータ利活用促進に向けて必要であると考えた．

4.1.2 本プロジェクトで提案するメタデータ登録・管理システムのコンセプト

上述のメタデータ登録・管理システムコンセプト図構築に向けて検討・考慮すべき点から，以下の必要要件を設定し，コンセプト図を作り上げた．

1. 全ての研究データを対象にし，管理・追跡可能であること．
   → 小規模分析室向け測定データ集約・配信システムにおいて，共用分析装置からの全ての測定結果に対して固有識別子とメタデータを付与しないと NAS にデータを送信できないようにする．
2. 研究者のメリットとなるよう，研究者による研究データの管理や追跡等に資すること．
3. 将来的なデータ利活用（オープンデータ化）を見越したメタデータ収集・集約のシステムであること．
   → メタデータサーバにメタデータを分離して集約・管理することで，学内外からのメタデータ参照を行えるようにする．
4. 研究者のメリットとなるよう，研究者による研究データの管理や追跡等に資すること．
   → 機器制御 PC 用に固有識別子，メタデータを付与するアプリケーションを開発し，自動付与できるメタデータ以外の必須なメタデータを手入力できるインターフェイスを提供する．
5. 研究者のメリットとなるよう，研究者による研究データの管理や追跡等に資すること．
   → 部局内の NAS で測定データとメタデータを別に保存することで，想定通りの実験結果である場合にのみ詳細情報メタデータを追記してメタデータサーバに同期できるようにする．

図 2 に構築したコンセプト図を示す．

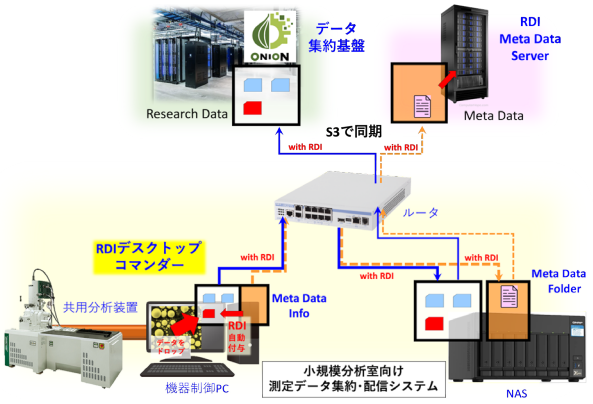


図 2: 小規模分析室向け測定データ集約・配信システムにおけるメタデータ，固有識別子自動付与・流通システムコンセプト図

4.2 メタデータ流通システム実現に向けた技術検証

小規模分析室向け測定データ集約・配信システムでは，S3 プロトコルを用いて，NAS から研究データを ONION に同期させている．S3 ではオブジェクトのアップロード時にオブジェクトメタデータを設定する機能を持つことから，この S3 のメタデータ機能を，研究データ流通において，メタデータの保持・流通に利用できるかどうか，技術検証を行った．

S3 のオブジェクトメタデータはシステムで定義されたメタデータと，ユーザが定義するメタデータがあり，システムで定

義されたメタデータにはユーザが値を変更できるユーザ制御メタデータ（例：オブジェクトのタイプ）と変更できないシステム制御メタデータ（例：オブジェクトのサイズ）で構成される．システム制御メタデータの一つに Etag という名称のエンティティタグがあり，基本的にオブジェクトの MD5 の値が割り当てられる．メタデータは名前と値のペアからなり，オブジェクトのアップロード時に設定され，その後の変更は不可となっている．そのため，メタデータを変更する際にはオブジェクトのコピーを作成し，メタデータを追記の形で設定する必要がある．

本プロジェクトでは，測定データファイルの転送時に Etag の値が保持できるかどうか，つまり固有識別子として利用可能であるかどうかを検証した．また，ユーザが定義するメタデータを付与することができるかどうか，そして NAS（Qnap），ONION（Cloudian HyperStore）へ転送し，そのデータが保持できるかどうかも検証した．

4.2.1 ローカル PC からネットワーク HDD へファイル転送する際のメタデータ情報の挙動

分析機器から NAS へのファイル転送において，ローカル PC を分析機器の制御 PC と仮定して，ローカル PC から NAS へのファイル転送後のメタデータ情報の検証を行った．ファイル転送後の Etag，およびユーザ定義メタデータの結果を表 1 に示す．

表 1: ローカル PC から NAS へのファイル転送前後のメタデータ情報

転送方法	Etag（=MD5）	ユーザ定義メタデータ
1. ローカル PC のファイルマネージャ上でローカル PC から NAS（Qnap）へファイルをドラッグ＆ドロップ（Windows ネットワーク上の CIFS プロトコル）	×	×
2. AWS を操作できる python ライブラリ (boto3) を使い，ローカル PC のファイルを Qnap へ put コマンドで転送（boto3 による S3 プロトコル）	○	○

転送方法 2 では NAS に転送後も Etag に MD5 の値が保持されていたが，転送方法 1 では MD5 とは異なる値が Etag に付与されていた．転送方法 1 ではファイルマネージャに転送時にユーザ定義のメタデータを付与する機能がないため，転送するファイルにユーザ定義のメタデータが付けることが不可能であった．一方で，転送方法 2 では python のスクリプト上でユーザ定義のメタデータを設定することが可能であり，転送後にメタデータにはユーザ定義のメタデータが付与されていた．

4.2.2 NAS から ONION へ S3 でファイル転送した際のメタデータ情報の挙動

小規模分析室向け測定データ集約・配信システムの NAS は S3 プロトコルで ONION（Cloudian HyperStore）へオブジェクトの同期を行なっている．この検証では表 1 の転送方法 2 で作成したファイルを Qnap の同期設定，あるいは python の put コマンドで NAS から ONION へ転送した際のメタデータ情報の検証を行なった．表 2 にファイル転送後のメタデータの結果を示す．

表 2: NAS から ONION へのファイル転送前後のメタデータ情報

転送方法	Etag（=MD5）	ユーザ定義メタデータ
1. Qnap の同期設定	○	×
2. python ライブラリ (boto3) を使い，put コマンドで転送	○	○

Etag に関しては両転送方法でも Etag に MD5 の値が保持されていた．ユーザ定義メタデータは転送方法 1 では ONION に同期後に初期化されていた．転送方法 2 では，python のスクリプト上でオブジェクトのコピーを作成し，オブジェクトのコピーに転送前のユーザ定義メタデータを設定した上で転送することが可能であり，Qnap 上のオブジェクトに付与されていたユーザ定義メタデータが ONION に転送後も保持されていた．

4.2.3 その他の技術的課題

S3 ストレージにファイルを転送するとオブジェクトが作られ，そのオブジェクト作成時間がファイルの作成日時となるため，測定機器で作成された測定結果ファイルの作成日時を保持することができなかった．

5 まとめ

本プロジェクトでは研究データの利活用を促進させ，かつ研究者への負担を軽減させる研究データ流通エコシステム構築するための足掛かりとして，分析機器から生み出される測定データにメタデータを自動付与し，研究データと共にメタデータを流通させるコンセプト図を構築し，それに従ったメタデータ流通のための技術検証を行った．小規模分析室向け測定データ集約・配信システムからデータ集約基盤 ONION への研究データの同期が S3 プロトコルで行われていることから，S3 のメタデータ機能を研究データ流通エコシステムのメタデータ流通に利用可能であるかどうかを，転送後の Etag とユーザ定義メタデータ情報を使い検証を行った．AWS を操作できる python ライブラリ (boto3) によるファイル転送では，ファイルの MD5 が Etag というエンティティタグに保持され，ユーザ定義のメ

タデータもスクリプト上で設定することで転送後に保持することが可能であった．しかし，S3 での転送では転送毎に新しいオブジェクトが作成され，新たな作成日時が付与されるため，測定機器で作成された測定結果ファイルの作成日時を保持することができない課題が明らかになった．本プロジェクトの技術検証においては，ファイルやファイルシステム情報にユーザ定義メタデータを付与しても，別ストレージに転送・同期される際に python ライブラリによる転送を除いてリセットされる結果となった．以上より固有識別子，メタデータは，研究データファイルとは別に保持する手法も検討する必要があるという考えに至った．

今後は引き続き，測定機器でのメタデータ，固有識別子の自動付与，およびそのデータをメタデータサーバに転送を可能にするために，S3 以外の技術を含めた検証を行っていく．また，測定機器におけるメタデータ，固有識別子の自動付与システムの開発も目指す．

引用文献

[a] 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：SQUID．http://www.hpc.cmc.osaka-u.ac.jp/squid

[b] 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.

[c] 田主 英之，山下 晃弘，細見 岳生，並木 悠太，甲斐 尚人，松浦 かんな，伊達 進，“研究データ管理を支える学内情報基盤連携の実現に向けて”，学術情報処理研究，2023.

発表論文等

〔その他〕

[1] 古谷 浩志, “大阪大学コアファシリティ機構における測定データ流通・集約基盤の構築と阪奈機器共用ネットワークへの展開”, 第 1 回北陸地区 学術データ基盤セミナー〜コアファシリティ連携から研究データエコシステム構築を目指して〜 (招待講演), 2024 年 2 月 20 日

[2] 古谷 浩志, “研究者にとって役に立つ研究データマネジメントシステムを考える：実験系研究者（コアファシリティ）の立場から”, 第一期高性能計算データ分析融合基盤協働研究所成果報告会 (招待講演), 2024 年 4 月 17 日

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，西山貴浩(歯学研究科)，中村　亨(IDS)，野村泰伸(基礎工学研究科)

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)]，重要な評価項目である．歯を白くする方法として，歯を切削した後，歯冠補綴装置(クラウン)を装着する方法や，過酸化水素水などの薬液を用いて歯を白くするブリーチングが行われる．クラウンを用いた治療では，隣在歯や対合歯，もしくは歯と顔貌と調和した色調のクラウンを製作する必要があり，その際，色見本としてシェードガイドが使用される(図1)．ブリーチングの際に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，臨床では多く行われており，情報の共有といった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(図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

しかし，歯やシェードガイドの色調は単一ではなく，歯頸部から切縁部にかけて段階的に変化しており，半透明性，不均質性，光拡散性などの様々な性質を有している．そのため，照明条件や，医師と患者間での主観的な感覚の違いにより，両者の間で歯の色調に対する認識に差が生じる可能性がある[4)]．

この，“人がどこをみているのか？”ということを知るための技術としてアイトラッキングが様々な領域で用いられている．アイトラッキングとは視線推定技術とも呼ばれ，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．本技術により，人が注視した部位，順序，時間などの情報を得ることができる技術である．また，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る，人の視線を可視化することが可能となり，マーケティング，都市環境，医療，教育，スポーツの研究や，心理学や認知科学などに応用されている(図 3)．

図 3. 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

これまでの歯科医療域での応用としては，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)]などについての研究が行われているが，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，アイトラッキングシステムを用い，人の視覚による歯の色調の認知，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の歯の色調決定の差が生ずる原因などを，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，歯科医師や歯科医師以外の者が，歯のどの部位を注視して，色調の評価を行なっているかを，アイトラッキングによる視線分析を行い，歯の色調決定と視線との関連性について明らかに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歯科医師とした．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．トラッキング時のサンプリングレートは 120Hz とした(図 4)．

図 4. 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 5)．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 6)．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 60 秒間表示し，アイトラッカーで計測を行った．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

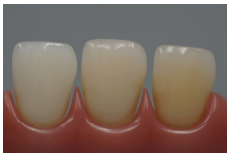


図 5. シェードガイド画像

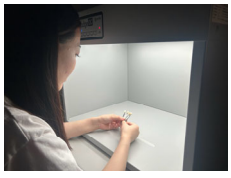


図 6. 光源ブース内でのシェードガイドの確認

う，頭部は顎台に固定した．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 に設定した（図 7）．

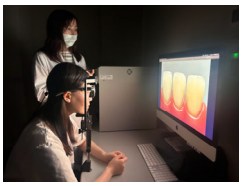


図 7. トラッキングング環境

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．撮影した動画を本ソフトウェアの有する画像解析技術により，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 8）．各計測動画について，歯を9つの領域に分割し，どの領域が最も注視されているかを，計測開始から 30 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．

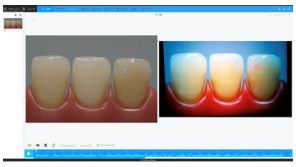


図 8. オリジナル画像への注視点のマッピング

4. 研究成果

研究対象者 5 名の注視点の分析結果を示す（図 9）．研究対象者1では，主に歯の中央部を注視しており，特に中央の歯では1回の注視時間が長くなっていた．左右の歯は短い注視を繰り返すことで，歯の色調の確認を行っていた．一方，歯の左右端部や歯頸部は，ほとんど注視していなかった．研究対象者 2 では，研究対象者 1 と比較し，主な注視点は近似していたが，僅かに切縁部側に位置していた．歯の左右端や歯頸部は，研究者対象者 1 と同様，ほとんど注視していなかった．
研究対象者 3 と 4 は，真ん中の歯の正中を切縁部から歯頸部にかけて主に注視していた．

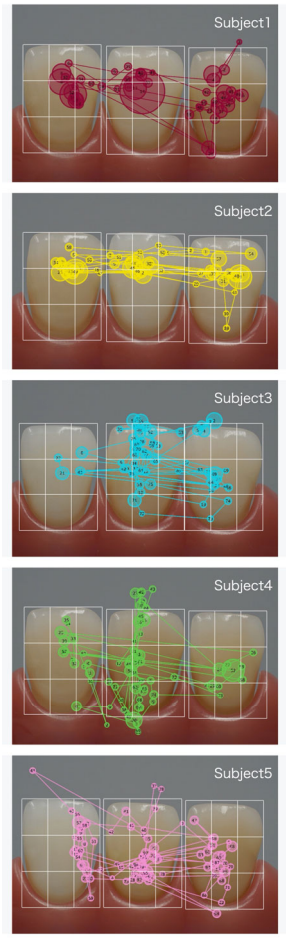


図 9. 研究対象者 5 名の注視プロット結果

研究対象者 5 に関しては，真ん中の歯と右側の歯の正中における中央部，および歯頸部を注視していた．左側の歯に関しては右側の切縁部から歯頸部にかけて注視していた．

5. 今後の展望

本来のシェードガイドは実際の歯と同じ大きさであるため，モニターの画像は実際よりも大きくなっている．予備実験として実際のシェードガイドでアイトラッキングを行ったが，対象物が小さいため，視線の動きを精密にトラッキングすることが困難であった．そのため，可及的に注視点の差が明確に区別できるように，モニターに画像を表示し，トラッキングを行った．そのため，本研究で対象物は画像であり，二次元の視覚情報となっている．実際の歯やシェードガイドは三次元であり，また，光沢なども有している．そのため，本研究と実際のシェードテイキングにおける注視が同じであるかを検証するためには，より高精度のアイトラッカーシステムを用いる必要があるかもしれない．現在，シェードガイドを使用したことのない研究対象者のデータ収集を行なっており，引き続き，本研究で得られた歯科医師の分析結果との差を評価することで，歯科医師と患者間の歯の色調決定の差が生ずる原因などを定量的に解析していく予定である．

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.

謝辞

本研究を遂行するにあたり，ソフトウェア使用のご協力いただいた SiB 株式会社様に感謝申し上げます．

〔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

システムデザイン部門・環境イノベーション

都市空間設計のためのマルチスケール・モビリティデータの収集・解析技術

天野 辰哉（情報科学研究科）
青木 嵩（工学研究科）

1　研究の背景

近年，人々の移動やモビリティ利用実態の調査として，様々なセンシング技術が用いられている．例えば，固定設置型センサ（RGB カメラ，スマートフォンの Wi-Fi/BLE ビーコン等）から得られるデータは，地域スポットでの詳細な個人スケールの分析に活用されている．一方，GPS ロギングデータや都市交通調査などで得られるデータは，社会スケールでの移動・行動の分析に用いられている．しかし，これらのデータには一長一短があり，GPS ログは広範囲をカバーでき，量を確保しやすいものの，個々のデータは低粒度の軌跡である．対して，LiDAR のようなセンサを用いた人流把握は，個々のデータに人物の属性や詳細な行動情報・集団の状態の計測などが可能であるが，設置コストの関係から面的に広い領域をカバーすることは困難である．このように単に人の移動のセンシングデータといっても，種類によって特徴は大きく異なる．

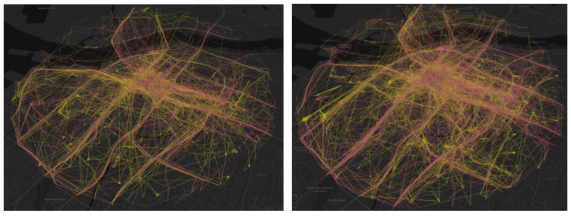
2　研究の目的

本研究では，人の移動に関わる多様なデータを収集・統合し，都市空間や交通の施策に資するシミュレーションや解析の実現を目指している．特に，捉える領域のスケールが異なるセンサを組み合わせることに注目し，移動データとして量をカバーする GPS ログと詳細な人物の属性や行動情報をカバーする LiDAR データの照合・融合技術の創出を目指す．これらの異種データを適切に組み合わせ，意味のある解析ができれば，単一のセンシング種別に依存した方法に比べて，計測のコストやカバレッジの点で大きなメリットを生み出すことができる．最終的には，多種多様な人の移動に関わる計測データを適切に収集・融合し，都市空間の設計に有意義な情報を見出すことを目標としている．

3　研究の方法

本研究では，低時間粒度の大規模な GPS 位置データと設置型 LiDAR で取得したスポットレベルの人流データを用いて，和歌山県和歌山市にある和歌山城公園内の歩行者の流れをマルチエージェントシミュレーションとして再現する．GPS 位置データは広範囲をカバーできるものの，個々のデータは低粒度の軌跡であるのに対し，LiDAR データは人物の属性や詳細な行動情報を捉えることができるが，設置コストの関係から広い領域をカバーすることが難しいという特性がある．

本研究で用いたモビリティデータについて述べる．広域かつ低粒度の位置情報ログとして，不特定多数のスマートフォン等から集約され，匿名化や抽象化が適切になされたプライバシ安全な GPS データ（以下，広域位置データセット）を活用する．近年，広域位置データセットなどのユーザロケーションデータは民間企業を中心に活発に利用されており，例えば携帯事業者であれば自社の基地局情報やスマートフォンアプリなどを活用して収集し，近年多く見られる位置データ事業者は関連企業によるスマートフォンアプリを介してそれらを収集する．いずれの場合も，集計周期が十分に長く，また空間的な安全化（差分プライバシによるノイズ付与や k-匿名化による疎領域でのデータサンプル削除，メッシュによる抽象化等）がされたデータであることから一般的には極めて低粒度（例えばメッシュデータであればセル長は百から数百メートル程度）であり，そのまま人流として再現することは難しい．



(a) 2023 年 3 月 22 日 371 軌跡　(b) 2023 年 3 月 29 日（花見）679 軌跡

図 1: 低空間粒度・広域位置情報ログデータ．和歌山市和歌山城公園を訪問した人物の移動履歴．

使用した広域位置データの例を図 1 に示す．図 1 は桜の見頃がピークを迎えた日である 2023 年 3 月 29 日（水）に和歌山城公園を訪問したユーザの全軌跡（図 1 (a)），ならびにその一週間前に同公園を訪問したユーザの全軌跡（図 1 (b)）を可視化したものである．花見時期の軌跡集合がボリューム的に多く，また和歌山城を中心とした広範囲に軌跡が広がっていることが確認できる．

広域位置データに加えて，和歌山城公園内の 5 か所で LiDAR により計測した人流データを用いる．LiDAR 人流データは計測エリア内に侵入した歩行者の軌跡のセットである．このデータからは，各スポットごとの時間帯別・移動方向別の通行量を把握することができる．

これらの 2 種類のスケールや粒度の異なるモビリティデータからシミュレーション環境上に人流を再現するアプローチを述べる．対象領域内の道（リンク），リンクを接続するノード（交差点），およびリンク上に存在する PoI（Point of Interest）で構成されるネットワークグラフを作成した（図 2）．次に，広域の位置情報ログから取得された位置データ（人物追跡の一時 ID，緯度，経度，時刻）の集合から，対象エリア内に含まれるデータのみを抽出した．位置データにはプライバシー保護のためのノイズが含まれているため，多くのデータが歩道上に存在しない．そこで，作成したネットワークグラフを用いて，位置データを最寄りのリンクに対応付けるマップマッチングによる位置補正を行った．補正後の位置データに対して，近接する

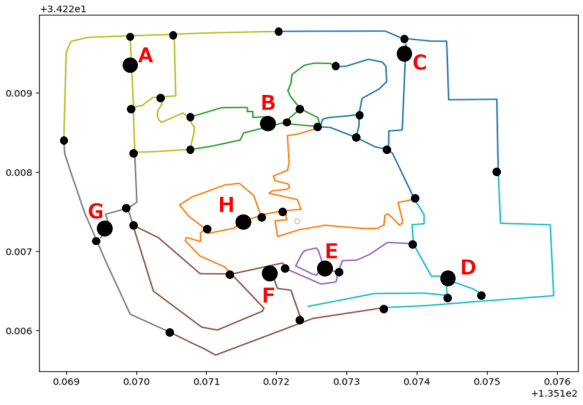


図 2: 和歌山城公園内の PoI グラフ

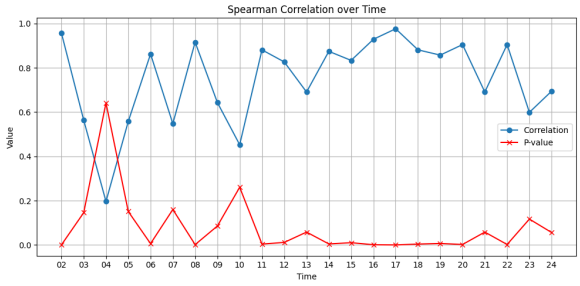


図 3: 実際の通行量とシミュレーション上予測通行量の PoI 別密度の順位相関

PoI が存在する場合，その PoI への訪問であるとみなした．

以上の前処理を適用した広域位置データを用いて，作成したグラフ上の任意の PoI ペアに対して，PoI からの出発時刻と目的 PoI への移動時間からなる 2 次元のデータセットを作成し，このデータセットに対してギブスサンプリングを適用する．これにより PoI ペア別の出発時刻および移動時間の混合ガウス分布のパラメータを推定することで各 POI ペア間の移動パターンを表現する分布を得る．

獲得した PoI ペアごとの移動時刻及び移動時間の分布からエージェントの移動パターンのサンプリングを行う．また PoI 間の実際の距離と移動時間から歩行速度を計算することで，各エージェントの移動時間を得る．サンプリングの際に LIDAR によって得られている通行量通行量データを用いて，その各 POI からの出発者数（移動エージェント数）のスケールの調整を行う．これらのステップにより得られた PoI 間の移動量の確率分布から PoI 間の OD 行列を獲得し，これにもとづいて作成したシナリオを PTV 社の Vissim と Viswalk シミュレータの入力とすることで，対象エリア内の歩行者の流れを再現した．

4 研究成果

提案手法の有効性を評価するために，和歌山城公園を対象エリアとして，3 月から 4 月と 12 月から 1 月の 2 つの期間の広域位置データおよび LiDAR 計測人流を用いてシナリオを構築し，人流シミュレーションを行った．シミュレーションにより生成された各エリアの人口密度と，元の位置データセットから計算された人口密度のコサイン類似度を評価指標とした．

3 月から 4 月の位置データセットを用いたシミュレーションでは，出発者数の調整前に 17 時間中 16 時間でコサイン類似度が 0.8 を超え，全体の誤差平均は 0.9 であった（図 3）．12 月から 1 月のデータセットを用いた場合は，17 時間中 11 時間で 0.8 を超え，誤差平均は 0.81 であった．LiDAR で取得したスポットデータを用いて調整した出発者数を評価した．和歌山城公園内の PoI 地点 E と地点 H について，和歌山市が記録した実際の入場者数と比較したところ，地点 E では調整前の誤差が約 70% であったのに対し，調整後は約 16% に大幅に減少した．一方，地点 H では調整前の誤差が約 2.5% であったのに対し，調整後は約 176% に大幅に増加した．これらの結果から，出発者数の調整により実際の人数に対する精度が改善する場合と悪化する場合があることが示された．さらに，POI の位置を変更した場合の影響を評価した．その結果，3 月から 4 月のデータセットでは 17 時間中 17 時間，12 月から 1 月のデータセットでは 17 時間中 12 時間でコサイン類似度が 0.8 を超え，誤差平均はそれぞれ 0.96 と 0.83 であった．以上の結果から，提案手法は今回用いた広域位置データおよび LiDAR スポットデータを用いたシミュレーション上への人流再現において，歩行者の移動を高い精度で再現できることが示された．

発表論文等

〔雑誌論文〕

[1] Masakazu Ohno, Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Hamada Rizk, Hirozumi Yamaguchi, “Privacy-preserving pedestrian tracking with path image inpainting and 3D point cloud features”, Pervasive and Mobile Computing, Volume 100,2024

[2] Takashi AOKI, Emiko ITAMI, “What is the Role of Workplaces Developed Proximity to Suburban Residential Areas for the Future Urban Compactness?”, Urban and REgional Planning Review, 2024.

〔学会発表〕

[1] Takashi AOKI, Emiko ITAMI, “What is the Role of Workplaces Developed Adjacently to Suburban Residential Areas for the Future Urban Compactness? : Based on the Distribution of Residential Areas of Employees ”, International Conference of Asian Pacific Planning Soceities in Danan, 2024.

[2] 上垣 雅史, 天野 辰哉, 山口 弘純, “ 広域ロケーションデータとスポット通行データの融合による人流再現手法の検討”, 研究報告モバイルコンピューティングと新社会システム（MBL）, 2023-MBL-109, no. 23 pp. 1-8.

データ駆動型制御のための測度空間における最適化の理論

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

意思決定アルゴリズムの堅牢性を不確実性に対して保証する効率的な方法の一つは、チャンス制約を課すことである．チャンス制約を伴う意思決定は広範に研究されている．例えば、強化学習（RL）は試行錯誤を通じて最適なポリシー、フィードバック意思決定法を獲得する．先行研究[1]では、ポリシー更新時に期待リスクリターン制約を課すことが、RL の安全重要な応用での重要な進歩である．制約付き RL は、期待リスクリターン制約に定義された安全な領域内で探索過程を確実に行える．十分な訓練データがあれば、制約付き RL はニューラルネットワークを訓練して、課された期待リスクリターン制約を満たす最適な決定を下せる．一方、確率的モデル予測制御（SMPC）は、チャンス制約を持つ有限時間最適制御問題を反復的に解くことで、チャンス制約を満たす暗黙のポリシーを提供できる．しかし、SMPC は実施に正確なモデルを必要とする．最近のデータ駆動型 SMPC と安全な RL へのアプローチは、SMPC を RL に組み込むことにより、MPC と RL の両方の利点を組み合わせるものである．SMPC 組み込み RL では、RL が SMPC の目的関数、モデル、および制約のパラメータを学習し、SMPC は安全な探索を展開するために RL を導くために実施される．上記の意思決定方法は、決定変数を決定論的に選択するポリシー（決定的意思決定）に焦点を当てているが、これは決定変数を確率的に選択する（確率的意思決定）特定のケースと見なすことができる．チャンス制約が存在する場合、確率的意思決定が決定論的意思決定よりも期待される意思決定性能をさらに向上させる可能性があるかどうかを調査することが必要である．本論文では、決定変数が確率的に選択される場合、確率的決定という用語を使用する．データ駆動型 SMPC と安全な RL に関する先行研究では、新しく得られたデータでコントローラを改善するために未知の領域を探索する際に確率的決定が採用されている．チャンス制約が存在する場合に確率的決定が決定的決定を上回るかどうかはまだ調査されていない．チャンス制約の下での確率的決定の最適化問題はまだ正式に提出されていない．

2. 研究の目的

本研究では，確率的決定によりチャンス制約を伴う期待意思決定性能を向上させることを目指し，決定変数の距離空間上のボレル確率測度空間において確率制約付き最適化を定式化する．この問題定式化は，確率制約を伴う確率的決定設計の理論を確立するための重要なステップであり，確率測度空間において確率制約付き最適化のさらなる研究を触発する可能性がある．CCPMO は扱いにくい問題である．我々は，穏やかな仮定の下での確率測度空間において確率制約付き最適化の最適解の存在を証明する．さらに，確率測度空間において確率制約付き最適化の最適解は二つの決定に確率測度が集中する形で存在し，これにより有限次元の決定変数を持つ縮小問題につながる．サンプルベースの滑らかな近似方法が，縮小問題を解決するために提案される．提案された近似方法の一様収束と実用性分析を行う．

3. 研究の方法と成果

3.1 問題設定の提案

問題の起源を説明し，その後で問題の定式化を提示した．決定論的意思決定のためのチャンス制約付き最適化を導入した後，確率的意思決定が期待性能をどのように改善できるかを示す簡単な例を示した．次に，チャンス制約の下での確率的決定の最適化は，チャンス制約の下で確率測度を最適化する問題として定式化された．さらに，問題の最適解が存在することを証明した．

3.2 問題の簡約化

最適確率測度が存在することにしたがって，その確率測度が二点に集中することを示した．これにより，有限次元ベクトル空間における同等の問題に導かれた．しかし，確率変数およびからの確率制約のため，簡約された問題は依然として扱いにくい問題である．さらに，確率変数のサンプルを抽出することにより普通の非線形最適化問題を解くアルゴリズムで解ける近似問題を構築した．

3.3 シミュレーション結果

提案された確率的決定方法といくつかの既存の決定論的決定方法の性能を比較するために，数値的検証が実施された．選ばれた応用ケーススタディは，障害物を伴うチャンス制約のある軌道計画問題であり，自動運転の軌道計画における非

常に一般的な産業問題である．結果は図1に示している．

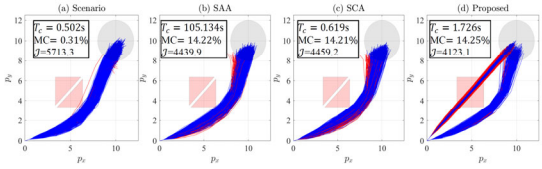


図1 許容故障確率の閾値 α=15% における異なる方法からの解．モンテカルロ（MC）シミュレーションからの青い軌道は，目標集合に到達し，障害物を避ける実行可能な軌道を示す。赤い軌道はシミュレーションで制約のいずれかが違反されることを意味する．（a）シナリオアプローチ；（b）サンプル近似；（c）サンプル連続近似；（d）提案．

引用文献（※本文中では文献の右上に数字を記入．　例）　文献[1]）

[1] A. Wachi, Y, Sui, “Safe reinforcement learning in constrained Markov decision processes”, Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning, Vol. 908, pp. 9797-9806, 2020

発表論文等（※プロジェクトメンバーに下線）

〔雑誌論文〕

① Nan Yang*, Xun Shen*, and et al, “ Spatial-temporal optimal pricing for charging stations: a model-driven approach based on group price response behavior of EVs ” , IEEE Transactions on Transportation Electrification, accepted. (*Equal contribution)

② Xun Shen, Zhaojie Luo, Yuanchao Li, Tinghui Ouyang, Yuhu Wu, “ Chance-constrained abnormal data cleaning for robust classification with noisy labels ”, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, Accepted.

③ Xun Shen, Naruto Shimada, Hampei Sasahara, Jun-ichi Imura, “ Ultra-Early Medical Treatment-Oriented System Identification Using High-Dimension Low-Sample-Size Data”, IFAC Journal of Systems and Control, vol. 27, no. 100245, 2024.

④ Xun Shen, Generative model predictive control: approximating MPC law with generative models, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, early access, DOI: 10.1109/TETCI.2024.3358096.

⑤ Xun Shen, Yan Zhang, Xingguo Zhang, Pongsathron Raksincharoensak, Kazumune Hashimoto, Robust optimal braking policy for avoding collision with front bicycle, IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems, vol. 4, pp. 943 – 954, 2023.

⑥ Xun Shen, Satoshi Ito, Approximate Methods for Solving Chance Constrained Linear Programs in Probability Measure Space, Journal of Optimization Theory and Applications (JOTA), vol. 200, pp. 150-177, 2024.

⑦ Xun Shen, Jiancang Zhuang, Residual Analysis-based Model Improvement for State Space Models with Nonlinear Responses, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, DOI: 10.1109/TETCI.2024.3355813.

⑧ Xun Shen, Sample-based Continuous Approximation for Computing Probabilistic Boundary of Future State Trajectory in Uncertain Dynamical Systems, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, Accepted.

⑨ Jianing Wang, Chen Wang, Shuang Zhao, Helong Li, Lijian Ding, Xun Shen, Alan Mantooth, Comprehensive analysis of paralleled SiC MOSFETs current imbalance under asynchronous gate signals, IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 11, no. 5, pp. 4850 - 4866, 2023.

〔学会発表〕

① Akifumi Wachi, Xun Shen, Yanan Sui, A survey of constraint formulations in safe reinforcement learning, 2024 International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-24), Accepted.

② Xun Shen, Akifumi Wachi, Wataru Hashimoto, Kazumune Hashimoto, Shigemasa Takai, Safe reinforcement learning using model predictive control with probabilistic control barrier function, 2024 American Control Conference (ACC), Accepted.

③ Xun Shen, Chance constrained optimization for wind power curve fitting with unclean data, IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI 2024), Accepted.
④ Xun Shen, Ye Wang, Approximating probabilistic boundary of future state trajectory by minimum-volume polynomial sublevel sets with chance constraints, 2024 American Control Conference (ACC), Accepted.
⑤ Akifumi Wachi, Wataru Hashimoto, Xun Shen, Kaumune Hashimoto, Safe exploration in reinforcement learning: a generalized formulation and algorithms, 2023 conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2023), Accepted.

〔その他〕 （招待講演）

① Xun Shen, Satoshi Ito, Chance constrained probability measure optimization: problem formulation, reduction and sample-based approximation, The 7th ZIB-IMI-ISM-NUS-RKEN-MODAL Workshop on Future Algorithms and Applications, Sep 28, 2023

システムデザイン部門・環境イノベーション

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）
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 などのミリ波レーダーの使用を検討する。

電波を用いたアナツバメの位置推定や行動認識の実現可能性を検討するため、アナツバメと同程度の大きさの身近な鳥類を対象に、データを収集する。鳥類の動きのセンシングの実現可能性を検討するためには、実際の鳥類を対象に実験を行う必要がある。このため、飼育されている鳩を対象に、データを収集する。具体的には、ミリ波レーダーから鳥までの距離を変化させた場合に、ミリ波レーダーの反射強度に基づく鳥までの距離推定推定を調査する。

さらに、インドネシアのツバメビルにミリ波レーダー、赤外線カメラ、深度カメラを設置し、データ収集を行う。赤外線カメラにより、遮蔽はあるものの、目視可能な範囲でのアナツバメの行動の確認に利用する。これらの収集したデータに基づき、アナツバメの営巣行動認識の実現可能性を検討する。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、深度カメラには Intel RealSense D455 を用いた。

4　研究成果

4．1　データ収集環境の構築

アナツバメの行動およびその際のミリ波レーダーのデータを継続的に収集するため、データ収集環境の構築を行った。データ収集に用いる機器は、ミリ波レーダー、赤外線カメラ、深度カメラの 3 種類である。環境条件が過酷な場合、高温多湿となるため、耐環境性能の高いノートパソコンを準備し、ミリ波レーダーのデータを記録するプログラムを構築した。事前実験の過程で、深度カメラのデータ容量は膨大であり、1 日で数 TB ものデータが生成されることが判明した。これに伴い、深度カメラのデータ記録には高性能なパソコンが必要となることが分かったため、耐環境性能では劣るが、高性能なノートパソコンを用いることとした。

4．2　鳩を対象としたミリ波レーダー特性の評価

図 1: 鳩を対象とした実験の様子

ミリ波レーダーによる鳥類の検出性能を確認するため、飼育されている鳩を対象に、実験を行った。図 1 に実験の様子を示す。鳩とミリ波レーダー間の距離を 1m, 2m, 4m, 8m の 4 種類に変化させて、ミリ波レーダーにより得られた反射波の強度

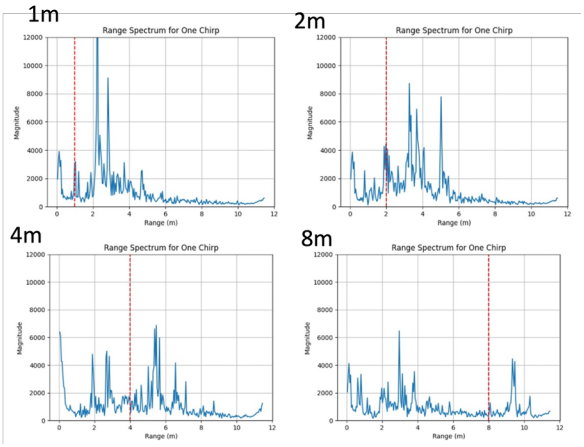


図 2: 鳩に対するミリ波レーダーの反射波強度

を算出した。結果を図 2 に示す。鳩までの距離が 1m, 2m の場合は、該当する 1m, 2m の箇所の反射強度に相対的に高いピークが観察された。一方で、4m, 8m の場合には、机などのその他の物体による反射強度と思われるピークも存在するため、鳩からの反射と思われる明確なピークは観測できなかった。

ツバメビルの環境では、アナツバメまでの距離が数 m から 10 m程度になると想定されるため、さらなる工夫が必要と考えている。具体的には、静的な環境での反射強度との相対値に着目したり、アナツバメの動きによって生じると思われるミリ波レーダーの時系列変化を利用するといった方法の検討を進める予定である。

4．3　インドネシアでのデータ収集

図 3: ツバメビル

図 4: ツバメビル内部の様子

実際のアナツバメの行動と、その際のミリ波レーダーのデータを収集するため、2024 年 3 月に、インドネシア パランカラヤ大学の協力を得て、現地ツバメビルでのデータ収集を実施した。図 3 はツバメビルの外観である。図 4 のようにツバメビル 1 階に機器を設置し、ミリ波レーダー、深度カメラ、赤外線カメラのデータを 4 日間記録した。原因不明の不具合により、全てのデータ記録に成功した日数は 1 日だけであったが、現在は記録データの解析を進めているところである。今後、赤外線カメラの映像に対して、目視で巣作り行動をとっているタイミングのラベル付けを行い、深層学習などによって、ミリ波レーダーのデータから巣作り行動を認識するためのモデルを構築する予定である。

発表論文等

〔学会発表〕

[1] 内山彰，“ミリ波レーダーによる鳥類センシング”，センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会（SeMI），2024.

「画像認識による結晶相変化の自動追跡と定量化」

久木　一朗（基礎工学研究科），間下 以大（サイバーメディアセンター），橋本　泰利（基礎工学研究科）

1. 研究の背景

複数種の有機分子を含む結晶（共結晶）は、一成分結晶では困難な複合機能の発現、新機能の創発、機能の微調整が可能であることから、医薬品や有機半導体素子（電荷輸送層や発光層）への応用の観点から盛んに研究されている。しかし現在のところ共結晶の組成は、一粒の結晶を用いたX線構造解析や、結晶を溶媒に溶解した状態での高速液体カラムクロマトグラフィー(HPLC)分析などで決定されている。一粒の結晶を用いた単結晶X線回折実験による成分比の同定では、数千万円の汎用の回折析装置を用いたとしても組成決定には数時間を要し、しかも一粒ずつしか解析できない。一方、後者の HPLC による含有成分の分離と定量化では数分から数十分ほどで分析できるものの、結晶を有機溶媒に溶解させる必要があり、分析に用いた結晶はその後に利用できないというジレンマがある。一方ごく最近、機械学習を用いた画像認識による結晶混合物の割合を高精度に判別する論文が報告された [1]。

2. 研究の目的

研究の最終的な目的は、共結晶の成分比によってわずかに変わる結晶外形を、共結晶の組成と紐づけ、画像認識によって共結晶の外形から組成を推測・決定するシステムを構築することである。本研究では、ピレンおよびヘキサヒドロピレンを中心骨格に有するテトラカルボン酸誘導体 **CP-Py** および **CP-Hp**（図 1）を混合させて得られる非化学量論的組成の共結晶多孔質フレームワークの構造転移挙動を、汎用な光学顕微鏡を通してビデオカメラで撮影した動画を用いた差分解析によって定量化し、構造転移と組成比の相関を明らかにすることを目的とした。

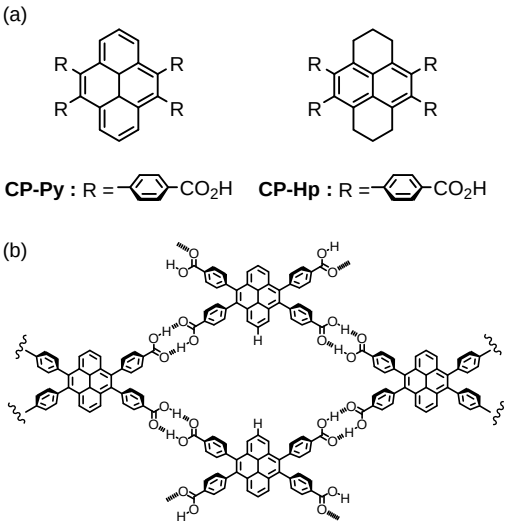


図1. (a) 化合物 CP-Py と CP-Hp の構造式と(b) CP-Py が形成するフレームワーク。

3. 研究の方法

CP-Py および **CP-Hp** のそれぞれの単成分フレームワーク結晶および、これらを混合させて得られたフレームワーク結晶 **CP-HpPy(x)**（ここで x は結晶化するために調整した初期溶液中における **CP-Hp** の組成比を指す)を作成した。これまでに、**CP-Py** の結晶が、フレームワークの空孔に包接された溶媒分子の自発的な脱離によって、フレームワークの収縮が起こり、これに伴って単結晶の端から生じたひび割れが結晶全体に伝搬していくことが分かっている（図 2)。そこで、

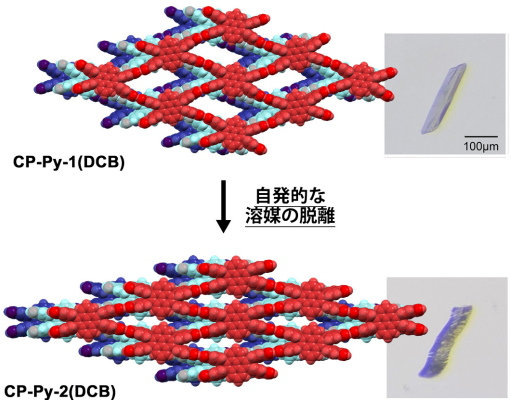


図 2. 包接溶媒の自発的脱離が引き起こす CP-Py のフレームワークの構造変化と結晶のひび割れ。

混合組成比の異なる **CP-HpPy(x)** x = 0, 0.3, 0.5, 0.7, 1 の単結晶についても同様に、単結晶を伝搬するひび割れの挙動について下記の様に調べた。まず、単結晶を母液から取り出し、結晶表面に付着した溶媒を繊維で拭いとると同時に、結晶にひび割れが生じてから全体にひびがいきわたるまでの結晶形態変化を動画で記録した。取得した動画から一定時間ごとに抽出した画像と開始直後の画像との差分をとり、これを 2 階調化した(図 3)。白色のピクセルは初期画像とは異なることを示している。経過時間とその時間における白色のピクセル数をプロットした。

これにより、結晶形態の時間変化を描像することができた(図４)。

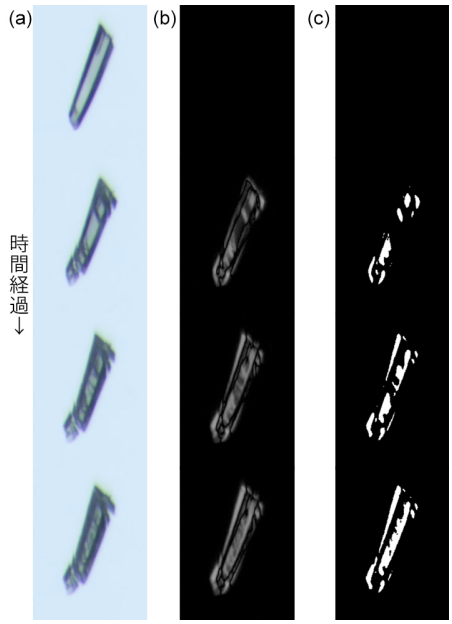


図 3. 結晶の形態変化。(a) オリジナル画像,(b) 差分画像, (c) 2階調化像。

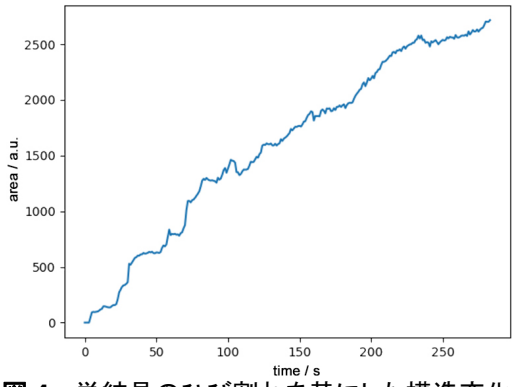


図 4. 単結晶のひび割れを基にした構造変化の追跡。

4. 研究成果

上記の方法により、結晶外形の掲示変化を 1 次元データに落とし込むことができた。一方で、現在のところグラフからこの変化の終点を判断するなどは未だ困難な状況であり、目視に依存する状況である。さらに、差分グラフが不連続な変化を示すことがあることが分かった(図5)。この原因を動画に戻って確認すると、構造変化の過程で結晶が自発的に移動した、あるいは視野が移動したことに由来することがわかり、観測条件の最適化が必要である。

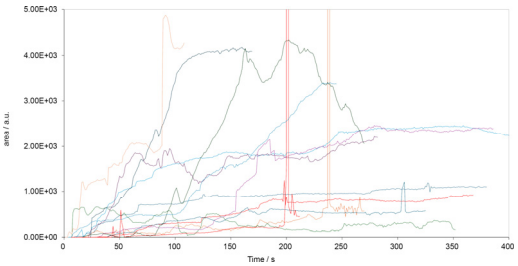


図 5. 13 個の **CP-HpPy(0.3)** の単結晶が示した構造変化における差分グラフ。

CP-Py と **CP-Hp** の単成分フレームワークは、非常に類似した結晶構造であるにもかかわらず、構造変化の挙動には差異が認められた。特に脱溶媒によるひび割れの伝搬速度は顕著に異なり、**CP-Hp** の方が早く進行する。興味深いことに、共結晶 **CP-HpPy(x)**のひび割れ伝搬速度は、その組成比に依存したが、その速度は組成比の相加平均になるのではなく、それよりも大きくなった。特に **CP-HpPy (0.5)**の結晶は、それぞれの単成分結晶のひび割れ速度よりも大きく、かつ種々の組成比をもつ結晶の中で最も大きくなった。

本結果については、論文を執筆中である。

引用文献

[1] Y. Ide, H. Shirakura, T. Sano, M. Murugavel, Y. Inaba, S. Hu, I. Takigawa, Y. Inokuma, “Machine Learning-Based Analysis of Molar and Enantiomeric Ratios and Reaction Yields Using Images of Solid Mixtures”, *Ind. Eng. Chem. Res.* 62, 13790-13798, 2023.

発表論文等

〔雑誌論文〕

① T. Hashimoto, R. Oketani, A. Inoue, K. Okubo, K. Oka, N. Tohnai, K. Kamiya, S. Nakanishi, I. Hisaki*, “Statically and Dynamically Flexible Hydrogen-bonded Frameworks Based on 4,5,9,10-Tetrakis(4-carboxyphenyl)pyrene”, *Chem. Commun.* 59, 7224-7227, 2023.

〔学会発表〕

① 橋本泰利, 桶谷龍成, 間下以大, 久木一朗, 画像認識による水素結合性フレームワークの結晶形態変化の追跡, 有機結晶シンポジウム, 2023 年 11 月 3 日, 大阪.

② 橋本泰利, 桶谷龍成, 間下以大, 久木一朗, 水素結合性固溶体フレームワークの構築と成分比に依存した構造転移挙動, 日本化学会第 104 春季年会, 2024 年 3 月 18 日, 大阪.

「X 線回折スペクトルの機械学習に基づく半導体デバイスの 3 次元断層解析」

林　侑介（基礎工学研究科），酒井　朗（基礎工学研究科），
今井　康彦（JASRI），福井　健一（産研）

1. 研究の背景

ナノビーム X 線回折（nanoXRD）は、トランジスタや発光素子などで広く利用されている単結晶半導体デバイスの高精度・高空間分解能歪計測において注目を集めている。面内の空間分解に加えて、深さ方向の空間分解を行う 3 次元ナノビーム X 線回折（3D-nanoXRD）は、これまで難しかった結晶成長方向の歪分布を可視化できるため、包括的な計測手法として期待されている。研究代表者【林】はこれまでに共同研究者【酒井】ならびに研究協力者【今井】と協力して放射光施設 SPring-8 において 3D-nanoXRD の測定系構築と計測手法の確立に取り組み、膜厚方向に情報を分解した 3 次元断層解析の開発を進めてきた[1]。

2. 研究の目的

2020 年、名城大学 岩谷研究室によって世界で初めて報告された深紫外 UV-B 波長レーザーダイオード（LD）[2]は、深紫外波長における既存の気体・固体レーザーを代替する技術として期待されている。一方、デバイス構造を作製するにあたり、複雑な結晶成長技術が必要となるため、デバイス内部における歪・欠陥が 3 次元的にどのように分布しているかを解明することが重要となっている。このようなレーザーダイオード構造に対して、研究代表者【林】は 3D-nanoXRD 技術を応用し、1 辺 500 nm の 3 次元空間分解能で帯域 40 万の X 線回折スペクトルを 3 次元的に取得した。本研究では、取得した測定データが大規模となる課題に対応するため、機械学習を利用することで長時間のデータ解析コストを削減し、加えて、潜在的な情報の抽出に基づく断層解析に挑戦した。

3. 研究の方法

XRD 測定では結晶の規則性・歪・欠陥情報を反映したスペクトルを取得できる。3D-nanoXRD ではこのスペクトルを 1 辺 500 nm のボクセルに格納し、データ解析によって可視化することで 3 次元断層解析を行う。研究代表者【林】は、ナノサイズに集光した入射 X 線ビームとプラチナ（Pt）細線による回折 X 線の遮蔽を組み合わせることで 3D-nanoXRD 測定に取り組んできた。その結果、ワイドギャップ半導体で知られる窒化アルミニウムガリウム（AlGaN）結晶内に誘起される歪分布の 3 次元断層解析に成功している（図 1）。しかし、1 ボクセルに格納されるスペクトル帯域は 40 万と膨大であったためそのまま読み解くことは難しく、これまではスペクトルを圧縮したうえでピークフィッティングするアプローチを採っていた。

そこで今回、研究代表者【林】は、3D-nanoXRD の大規模測定データに対し、「機械学習アルゴリズムの適用による高速・高精度な解析プロトコルの確立」に取り組んだ。これにより、従来ボトルネックとなっていた長時間データ解析の大幅な削減を期待できると同時に、深層学習を用いて大規模スペクトル群から潜在的な特徴量を抽出することで、3D-nanoXRD の社会実装に向けた研究開発の大幅な加速を期待できる。

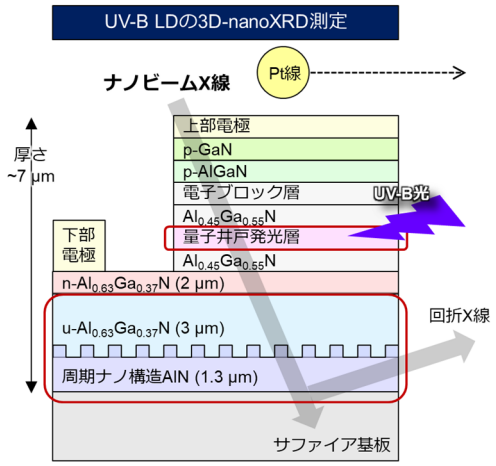


図 1 3D-nanoXRD の模式図

4. 研究成果

深紫外 UV-B 波長レーザーダイオードは、基板部分にナノパターン加工 AlN を導入することで表面の欠陥を抑制でき、結果としてデバイス性能の歩留まりが向上することが報告されている。一方、複雑な組成変化も同時に誘起するため、ブロードな発光を引き起こす欠点も存在しており、ナノパターンがデバイス特性に及ぼす影響の解明は実用化のために必須となっている。そこで研究代表者【林】は名城大学 岩谷研究室と協力し、3D-nanoXRD によるレーザーダイオード構造の 3 次元断層解析に注力してきた。測定の結果、深さ方向にピーク位置・強度を変化させるマルチピークスペクトルの存在を明らかにした[Taniguchi, Hayashi *et al.*, ICNS14, Best Student Award]。この結果は、ナノパターンが誘起する歪・欠陥・組成の複

雑な変調によってマルチピークが現れていることを強く示唆している。当グループが過去に報告したナノパターン加工 AlN を対象とする透過電子顕微鏡観察では、ナノパターンが誘起する空孔近傍において複雑な歪・欠陥の生成・消滅が観測されていた。本試料では、さらにナノパターン加工 AlN 上に AlGaN を成長させることにより組成変調が誘起され、結果として歪の蓄積・緩和機構が新たに発現することが明らかとなった。

測定で明らかとなったマルチピークを解析する目処を立てるため、NMF（Non negative matrix factorization）による教師なし学習マルチピーク分離を行ったところ、測定データ全てのマルチピークを 6 つの基底（＝ピーク P1-6 に対応）の重ね合わせで表現できることが示された。さらに、P1-6 のピークから計算した AlGaN の格子定数は、格子緩和と面内二軸性応力を考慮した場合の LD 構造成膜時の設計値と良い一致を示すことが明らかとなった。この結果は、NMF によるピーク分離が高速・高精度なスペクトル解析に有用であることを意味している。

現在は、本研究によって得られた nanoXRD 計測における知見を他の材料・デバイス系（SiGe スピントロニクスデバイス、成長モード変化 GaN 基板、GaN 縦型パワーデバイス等）に応用することで、より汎用的な測定・解析手法の開発に取り組んでいる。

引用文献

[1] Shida, *et al.*, “Microstructural analysis in the depth direction of a heteroepitaxial AlN thick film grown on a trench-patterned template by nanobeam X-ray diffraction,” J. Appl. Phys., Vol. 123, pp. 161563-1-7 (2018).

[2] Sato, *et al.*, “Room-temperature operation of AlGaN ultraviolet-B laser diode at 298nm on lattice-relaxed Al0.6Ga0.4N/AlN/sapphire,” Appl. Phys. Express, Vol. 13, pp. 032004-1-6 (2020).

発表論文等

〔雑誌論文〕

① T. Onabe, Z. Wu, T. Tohei*, Y. Hayashi, K. Sumitani, S. Kimura, T. Naito, K. Hamaya, and A. Sakai*, “Local Strain Distribution Analysis in Strained SiGe Spintronics Devices,” Jpn. J. Appl. Phys., 63, 02SP61-1-7 (2024).

〔学会発表〕

① S. Taniguchi, Y. Hayashi, T. Tohei, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, M. Iwaya, H. Miyake, and A. Sakai, “Three-dimensional tomographic analysis of AlGaN-based UV-B wavelength laser diodes” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), CH11-5, Nov. 2023.

② Z. D. Wu, Y. Hayashi, T. Tohei, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, and A. Sakai, “Machine Learning Assisting NanoXRD Based Analysis on HVPE GaN Structure” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), CH5-6, Nov. 2023.

③ T. Onabe, Z. D. Wu, T. Tohei, Y. Hayashi, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, T. Naito, K. Hamaya, and A. Sakai, “Local strain distribution analysis in strained SiGe spintronics devices,” 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), PS-11-13, Sept. 2023.

④ 林 侑介、藤平 哲也、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、宇佐美 茂佳、今西 正幸、森 勇介、分島 彰男、渡邉 浩崇、新田 州吾、本田 善央、天野 浩、酒井 朗, “OVPE-GaN 基板上縦型パワーデバイスのその場ナノビーム X 線回折,” 2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24a-52A-2, Sept. 2023.

⑤ 谷口 翔太、林 侑介、藤平 哲也、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、岩谷 素顕、三宅 秀人、酒井 朗, “AlGaN 系 UV-B 波長レーザダイオードの深さ分解ナノビーム X 線回折,” 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-B101-10, Sept. 2023.

⑥ 尾鍋 友毅、武 振東、藤平 哲也、林 侑介、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、内藤 貴大、浜屋 宏平、酒井 朗, “歪み SiGe スピントロニクスデバイスにおける局所歪み分布解析,” 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 23p-A602-3, Sept. 2023.

〔外部資金〕

① 2023-2025, 科学研究費助成金 基盤研究 B, 「ナノビーム X 線回折による半導体デバイスの 4 次元断層解析」, 23H01447, (代表)林侑介, (分担)今井康彦

〔その他〕

① Best Student Award, S. Taniguchi *et al.*, “Three-dimensional tomographic analysis of AlGaN-based UV-B wavelength laser diodes” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14).

② Best Student Award, Z. Wu *et al.*, “Machine Learning Assisting NanoXRD Based Analysis on HVPE GaN Structure” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14).

「機械学習を利活用する多成分連続反応開発の加速化と論理的考察」

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

多成分反応は、3 つ以上の反応物から単一の生成物を効率よく合成でき、医薬候補化合物など複雑な構造を持つ分子の合成に利用されている。しかしながら、反応成分が多いことに加え、複数の反応が連続的に起こるため、反応条件の最適化の人的および時間的コストは極めて大きい。また、実験結果や反応機構に関する考察も困難である。

申請者は最近、研究室で独自に開発した新規不斉有機分子触媒であるキラルボリン酸触媒[1]を用い、3 成分反応であるパッセリーニ型反応がエナンチオ選択的に進行することを見出した（表 1）。本反応では、イソシアニド、アルデヒド、および水の 3 成分から、生物活性化合物の重要中間体である α-ヒドロキシアミドが光学活性体として得られる。水を反応成分として直接的に用いる触媒的不斉パッセリーニ型反応として初めての例であり、生物学的に重要な化合物ライブラリーを迅速に構築できる点で独創性が高い[2]。多成分反応は出発物質の反応性や溶媒、触媒、濃度など、多くの反応条件に依存することから、反応条件の効率化を目的とした機械学習の応用に関する研究も注目されている[3]。しかしながら、その実施例は未だ限られており、その多くは生成物の収率を予測するものである[4,5]。

2. 研究の目的

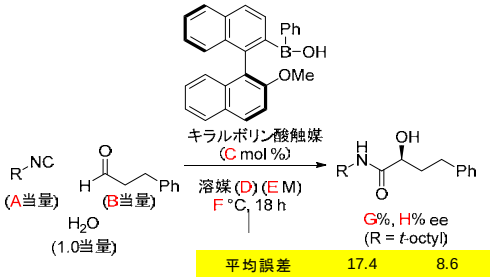
本申請では、機械学習的アプローチにより反応条件の最適化を加速化する。具体的には、反応条件の最適化を効率化するとともに、実験結果に対する寄与率が大きい説明変数を適切に用いることで、生成物の収率と立体選択性の 2 つを目的変数とする機械学習モデルの構築を目指す。

また、回帰分析において、説明変数として試薬の当量や反応温度などの連続変数のみでなく、反応成分の化学的性質などの離散変数も用い、反応に重大な影響を与える因子を明らかにすることで、反応機構に関する知見を得る。

3. 研究の方法

申請者が見出したエナンチオ選択的パッセリーニ型反応では、最少でも 8 つの反応条件を検討する必要があり、従来の網羅的な検討では多大な時間を要する。そこで、本研究では反応条件の最適化に機械学習を活用し、反応開発の加速化を行う。この際、生成物の収率および立体選択性の 2 つを目的変数とし、次に示す順序で研究を進めた。

表 1 触媒的不斉パッセリーニ型反応と科学実験データの計算科学による解析



							平均誤差	17.4	8.6
No.	溶媒 (D) トルエン	F	A	B	C	E		G	H
1	1	**0**	2.0	1.0	10	0.5		75.17	70.52
2	1	**-10**	2.0	1.0	10	0.5		79.99	72.92
3	1	**-60**	2.0	1.0	10	0.5		52.90	83.86
4	1	-25	**1.5**	1.0	10	0.5		81.02	76.48
5	1	-25	**5.0**	1.0	10	0.5		93.31	76.83
6	1	-25	**10**	1.0	10	0.5		107.14	77.34
7	1	-25	1.0	**1.5**	10	0.5		82.33	76.54
8	1	-25	1.0	**8**	10	0.5		111.07	77.85
9	1	-25	1.0	**10**	10	0.5		119.30	78.22
10	1	-25	2.0	1.0	**15**	0.5		94.16	77.44
11	1	-25	2.0	1.0	**20**	0.5		103.31	78.19
12	1	-25	2.0	1.0	**30**	0.5		120.43	79.69
13	1	-25	2.0	1.0	10	**0.1**		81.86	76.56
14	1	-25	2.0	1.0	10	**1.5**		87.53	76.45
15	1	-25	2.0	1.0	10	**3.0**		91.30	76.33

3.1 初期実験データの収集

実験計画法によりまず初めに行うべきテストデータを 15 個決定し、学習データを収集する。この時、各説明変数の数値幅は有機化学者の視点から現実的な範囲で指定する。また、データの精度を確保するため、各条件で最低 2 回以上の実験を行い、再現性を確認する。

3.2 初期実験データの解析

3.1 で得られた初期実験データを次に示す方法で解析した。教師データは 33 件でテストデータは 15 件であった．溶媒の分子構造に関しては DeepChem [6] を利用してベクトル表現を導出し，それ以外の 13 個の属性を説明変数として使用した．更に各試薬の当量数（A,B の 2 次元），溶媒の種類・温度・反応温度・反応時間（C-F の 4 次元）を説明変数として加え，目的変数として化学収率(G)

あるいは立体選択性(H)を推定するモデルをマルチレイヤパーセプトロンにより機械学習した.

3.3 反応機構の解析

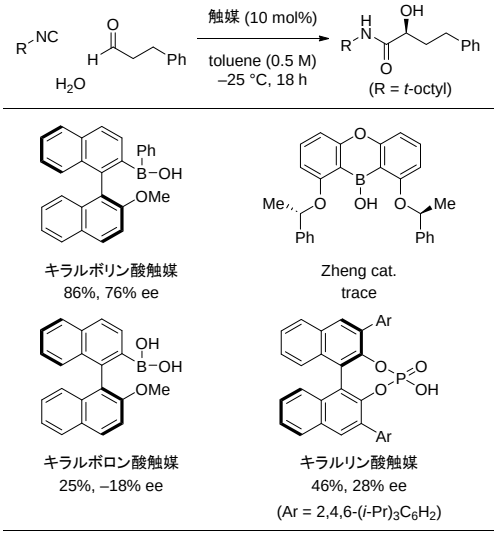
キラルボリン酸触媒の電子的・立体的性質に起因する生成物の立体選択性について量子力学計算を用いて考察した。

4. 研究成果

初期実験データおよび追加で収集した全41個の実験データを3.2に示した手法により実験結果を解析したところ、回帰性能が比較的安定する傾向が見られた（表 1）。しかしながら、予測性能に安定性が見られないため、データ数をさらに増やす必要がある。そこで、現在はデータ数を100件程度の規模で収集し、比較的簡易な線形回帰で予測モデルを学習することを進めている。

また、分子の特徴量としてSMILESのような複雑な分子構造を扱うことは困難であったため、特徴量を多次元ベクトルとして得てから、深層学習を行うことを考えた。現在、計測データを少し改変して、尤もらしいデータを人工的に生成（増幅）させることで、1000件以上のデータを用意し、DeepChemの適用を進めている。

表 2 対照実験の結果



キラルボリン酸触媒の生成物の化学収率や立体選択性に及ぼす影響を考察するために、他の不斉有機分子触媒を用いて対照実験を行った（表２）。これまでに得られている最適な反応条件下において申請者のキラルボリン酸を使用した場合、生成物は86%収率と76%のエナンチオ過剰率（ee）で得られた。それに対して、キラルな環状ボリン酸触媒（Zheng cat.）、ボロン酸触媒、およびリン酸触媒を使用した場合、いずれの場合も生成物は低収率かつ低いエナンチオ選択性で得られた。そのため、本反応におけるキラルボリン酸触媒の特異な反応促進効果が期待される。

そこで、量子力学計算を用いて詳細な反応機構研究を実施した。具体的には、簡略化した反応基質（メチルイソシアニド、アセトアルデヒド）やボリン酸触媒（ジフェニルボリン酸）をモデルとして、Gaussian プログラムを用いて密度汎関数理論（DFT）計算を行った（M06/6-31G(d)）。段階的に炭素ー炭素結合形成と炭素ー酸素結合形成が進行すると仮定し[7]、種々の遷移状態探索を検討したものの、尤もらしい結果は得られなかった。現在は複数の結合形成が一挙に進行する協奏的な反応機構を想定し、反応化学反応経路自動探索（GRRM）法を用いて遷移状態の探索を進めている。

引用文献

[1] Chikashige, Y.; Takehara, T.; Matsuzaki, T.; Suzuki, T.; Murai, K.; Arisawa, M.; Sako, M. *J. Org. Chem.* **2023**, *88*, 14178.

[2] Wang, Q.; Wang, D.-X.; Wang, M.-X.; Zhu, J. *Acc. Chem. Res.* **2018**, *51*, 1290.

[3] Tu, Z.; Stuyver, T.; Coley, C. W. *Chem. Sci.* **2023**, *14*, 226.

[4] Jethava, K. P.; Fine, J.; Chen, Y.; Hossain, A.; Chopra, G. *Org. Lett.* **2020**, *22*, 8480.

[5] Hayashi, H.; Katsuyama, H.; Takano, H.; Harabuchi, Y.; Maeda, S.; Mita, T. *Nat. Synth.* **2022**, *1*, 804.

[6] https://deepchem.io/

[7] Ramozzi, R.; Morokuma, K. *J. Org. Chem.* **2015**, *80*, 5652.

発表論文等

〔学会発表〕

① 佐古 真、赤澤 龍之介、鹿又 喬平、赤井 周司、有澤 光弘、滝澤 忍,「機械学習を活用する溶媒効果の定量的説明：極性転換型有機分子触媒反応における検証」, 第21回次世代を担う有機化学シンポジウム, 2023年5月.

② 東 和宏、近重 雄大、村井 健一、有澤 光弘、佐古 真,「ボリン酸触媒を用いたエナンチオ選択的パッセリーニ型反応の開発」, 2023年8月.

〔外部資金〕

① R4-5, 科学研究費助成金 学術変革領域研究(A)公募, 「溶媒効果の定量的説明および予測プログラムの開発」, 22H05366, (代表)佐古 真

② R4-6, 科学研究費助成金 基盤(C), 「新規ビナフチル型不斉触媒群の創製と触媒的不斉合成への応用」, 22K05114, (代表)佐古 真

機能デザイン部門

大型レーザー実験の成功率向上を目指したサイラトロンの突発的異常、故障の予知に関する研究

Law King Fai Farley（レーザー科学研究所）
長友 英夫（レーザー科学研究所）
松下 康之（情報科学研究科）

1　研究の背景

レーザー科学研究所において運用中の大型レーザー LFEX は、レーザーショット後の装置回復に長時間を要するため、1 日に可能なショット数は 3 回が上限である。この制約により、1 回のショットの失敗がもたらす機会損失は甚大であり、ショット成功率の向上は大型レーザー実験において極めて重要な課題となっている。

LFEX でのレーザー出力増大のためには超高圧パルススイッチとしてサイラトロンが利用されているが、サイラトロンの動作不良がショット失敗の主因となることが多い。サイラトロンの故障を事前に予測し、適切なメンテナンスを施すことができれば、ショット成功率は自ずと向上すると考えられる。

他施設では、技術者がサイラトロンの放電波形を直接確認し、異常を検知している。[a] しかしながら、この従来の方法には主観性が介入しやすく、解釈の一貫性を欠くことがあった。本研究では、深層学習による画像解析技術を導入し、放電波形の解析を自動化することで、従来の技術者の「経験」に依存する方法に代わる客観的かつ再現性の高い解析手法を提案する。これにより、サイラトロンの余寿命予測を行い、レーザー装置の性能向上と大型レーザー実験の成功率の向上を図ることが目指される。このアプローチは、大型レーザー実験におけるショット成功率を高めるための新たな試みであり、AI 技術の利活用を進めることで、従来の課題に対して効果的な解決策を提示する可能性を示している。

2　研究の目的

本研究では、サイラトロンからこれまでに収集された出力電流波形データを利用し、深層学習を活用した解析を実施することで、サイラトロンの余寿命予測手法を構築することを目的としている。具体的には、電流の時系列データを直接解析するアプローチと、スペクトル解析後のパワースペクトル画像を用いた画像解析とを相互に比較し、新たな解析手法の探求を行う。（図 1）今回の報告では、画像データに基づく解析手法に焦点を当てて述べる。

3　研究の方法

サイラトロンは超高圧パルススイッチであり、その経年劣化に伴い、出力される電流波形には微小な変化が生じることがある。このような変化は、レーザー装置のショット失敗に繋がる前兆として捉えることもできる。本研究では、サイラトロンのライフサイクルを通じてこれらの電流波形の特徴を詳細に解析し、放電回数の増加による劣化の兆候を画像解析による深層学習技術を用いて抽出する。

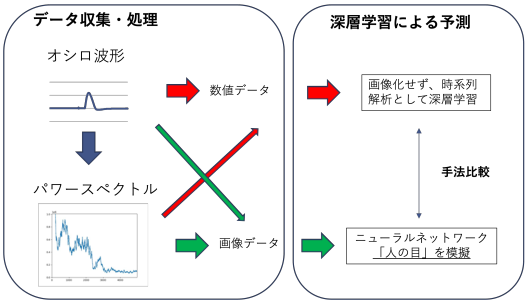


図 1: 本研究の流れ

なお、動作不良の特徴は、出力パルス全体において極めて微小であるため、計測された電流波形データ単独ではその変化を捉えることが難しいと予想される。この問題に対処するため、本研究では電流波形データを直接用いるとともに、周波数スペクトルのグラフを用いた画像解析にも深層学習を適用する。画像解析とスペクトル解析を組み合わせたアプローチにより、サイラトロンの余寿命をより正確に予測するための新たな方法論を提案する。本アプローチの可能性を探求するため、電流波形とパワースペクトルの両方の画像からそれぞれ余寿命予測を行い、スペクトル解析の有効性を評価する。

本研究におけるデータセットの構築には、約 34000 個の電流波形データと約 1500 回のレーザーショットデータが利用された。これらのデータからは、不発や自爆といった不具合が報告されたサイラトロンに関連する記録が手動で除外された。電流波形データと周波数スペクトルデータは自動的にグラフ化され、それぞれがデータセットとして整備された。解析のためのネットワークアーキテクチャとして、ResNet50 と DenseNet121 が選定、いずれも出力を二値化することで、サイラトロンの性能低下を予測するモデルが構築された。データに対するラベリングは、レーザー実施時のファクトシートを基に、各サイラトロンがショットの 5 回後に不具合を起こしたかどうかで 0 または 1 の二値を割り当て、これを学習時のラベルとして使用した。学習モデルは、これらのラベルを基にしてサイラトロンの余寿命を予測するための二値の出力を生成する。

4　研究成果

本研究におけるデータラベリングの結果、未来 5 ショット以内に異常が発生する「異常データ」と発生しない「正常データ」がそれぞれ 2000 枚、32000 枚という分布であることが確認さ

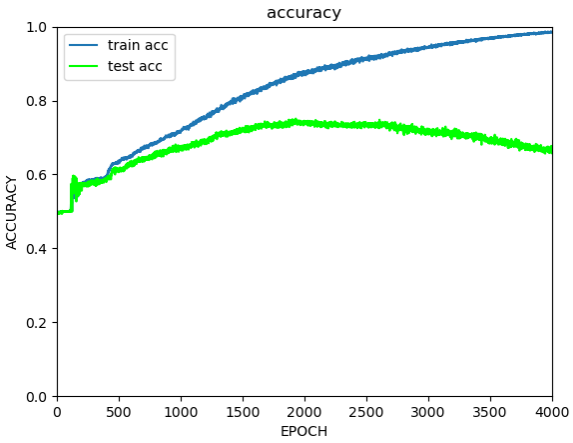


図 2: 学習とテストでの正確率（DenseNet での学習）

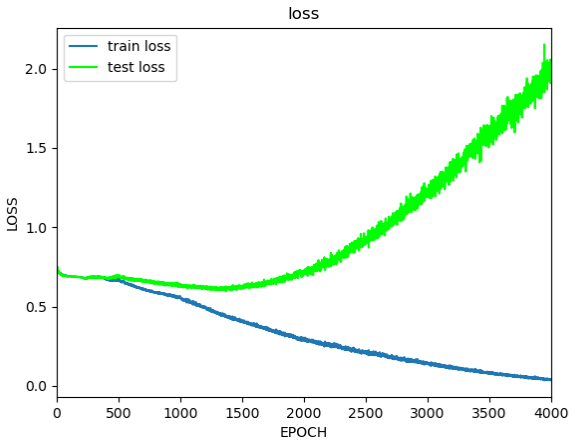


図 3: 学習とテストでの損失関数（DenseNet での学習、交差エントロピー誤差）

れた。このデータセットをそのまま使用すると、データの偏りが学習過程に悪影響を及ぼす可能性があるため、異常データと同数の正常データをランダムサンプリングにより抽出し、学習に利用した。学習プロセスでは、全データの 80% を訓練用、20% をテスト用として割り当てた。

ResNet[b] や DenseNet[c] を基にした深層学習モデルを用いて、最適化アルゴリズムには Adam を採用した。画像間で顕著な特徴の違いが少ないと予想されたため、この選択がなされた。その結果、電流波形画像を直接使用した場合のモデルの汎化性能は、パワースペクトル画像を用いた場合と比較して優れており、テストデータでの正確率は約 70% に達した（図 2、および図 3 に一例）。これに対し、パワースペクトル画像を用いた場合の正確率は 65% 程度までしか到達しなかった。

過学習はこの研究において顕著な課題であり、深層学習モデルに L2 正則化や Dropout レイヤーを導入することでその影響を軽減しようと試みたが、初期段階で過学習が頻繁に発生していた。この課題に関しては、今後は異なる CNN ネットワークアーキテクチャの検討と並行して、当初の計画通り時系列データに基づく解析手法も導入し、並行して検証する予定である。

さらに、データセットのバランスを改善するために、正常データを全て活用し、ランダムサンプリングではなく評価関数に比重を加えてデータセットの偏りを反映させる方法も検討している。これにより、本アプローチにおいてモデルの汎化性能のさらなる向上を目指す。

本研究の成果は、2024 年 6 月に国内学会、第 15 回核融合エネルギー連合講演会で発表する予定となっている。

引用文献

[a] K. Masuda, T. Inagaki, C. Kondo, T. Sakurai, Y. Otake, T. Kimura , S. Nakazawa, “Countermeasure of Thyratron Related Troubles At SACLA”, Proceedings of the 11th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, 2014.

[b] K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun, “Deep residual learning for image recognition”, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.

[c] G. Huang, Z. Liu, L. van der Maaten, K. Q. Weinberger, “Densely Connected Convolutional Networks”, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.

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

中野貴志（RCNP）
岩崎昌子（RCNP/大阪公立大学）
長原　一（IDS）
中島悠太（IDS）
武村紀子（IDS/九州工業大学）

1　研究の背景

本研究では，情報科学研究者と素粒子・原子核物理学研究者との協奏により，深層学習，環境駆動型機械学習（強化学習）等，情報分野における最先端機械学習技術を素粒子・原子核物理学実験，および関連分野の研究へ適用させ，発展させることを目指している。大型加速器を用いた素粒子・原子核物理学実験では，実験で生成されるビッグデータの収集・処理と解析技術が，重要な研究基盤である。また，実験遂行費用が高額であるため，高精度で実験装置を制御し，実験の効率化を図ることが必須である。

これまでにも，本研究プロジェクトでは，最先端機械学習の導入により，加速器実験における識別処理や回帰処理の性能向上や，実験装置制御技術性能向上を示してきた。今後さらに，飛躍的な発展が期待される。

2　研究の目的

本研究の目的は，素粒子・原子核物理学実験，およびその関連分野へ最新機械学習を適用し，基盤データ処理技術の性能向上，効率化を図ることである。加速器を用いた素粒子・原子核物理学実験では，

1) 加速器によりビーム加速・衝突実験を行い，実験で生成された大量の粒子を測定器で測定する，
2) 測定された膨大量の実験データを蓄積する，
3) 蓄積された測定データを，粒子のエネルギー情報，位置情報へ変換するための較正処理，再構成処理を行う，
4) 蓄積・較正・再構成された実験データのなかから，データ解析により極微な信号事象を抽出，

を行い，物理パラメータを測定，決定する。我々は，上記の 1), 3), 4) における機械学習の適応研究，加速器制御技術，およびデータ処理技術 (測定データ較正，再構成，データ解析) の開発を行ってきた。2021 度からは，さらに，スパースセンシングを導入したデータ処理方法を新規に考案し，基礎開発を進めている。以上の開発を進め，加速器実験で必要な様々なデータ処理プロセスの性能向上を目指す。

3　研究の方法

本年度は下記のプロジェクトについて，研究開発を実施した。

3．1　機械学習を用いた加速器制御の開発

高エネルギー加速器研究機構（KEK) で稼働中の，電子・陽電子入射器，Linac 加速器の入射効率向上を目標として，機械学習を用いた運転調整システムの開発（加速管の RF 位相調や，ビーム位置補正のためのステアリング電磁石の調整）を行う。

Linac 加速器の運転調整には以下の問題がある。

- 調整に関連するパラメータの数が多く ($\sim O(1000)$)，相関が複雑である。パラメータ調整の最適化の速さや精度が，加速器運転員の技能によって異なる。
- 加速器構成機器の温度変化や振動，潮汐力による影響等，環境変化に応じて，常時運転調整を行う必要がある。

上記の問題点を解決するためには，環境駆動型の機械学習 (強化学習) を用いた加速器制御システムの構築が有効であると期待されるが，加速器本体を使用した強化学習の最適化は危険を伴うため，最適化のためのリアルなシミュレータを用いた事前学習 (pre-training) が必須である．強化学習を実装するための準備研究として，機械学習を用いた加速器の運転シミュレータの開発を行った。

3．2　素粒子実験公開 MC データを用いた信号識別の開発

本研究では，高エネルギー実験でのデータ解析で使用するための，深層学習を用いた信号識別手法の開発を行う。これまでにも高エネルギー実験においては，様々な機械学習によるデータ処理，解析カットによる選別やニューラルネットワーク等による識別が行われてきた。これらが特徴を示す物理量（特徴量，High level data）を用いて機械学習を行ってきたのに対して，最新の機械学習，深層学習では，特徴量の計算等のデータの前処理を行わず，低特徴データ（Low level data）を用いた機械学習が可能となっている。我々はこれまでに，Belle 実験や ILC 実験のデータ解析において，低特徴データを用いると，信号識別性能が向上することを示してきた。本研究では，我々がこれまでに開発した低特徴データを用いた深層学習による手法を，欧州 CERN にある LHC 加速器を用いた ATLAS 実験の公開 MC データに適用し，トップクォーク識別を行い，他の様々な深層学習手法によるトップクォーク識別性能と定量的に比較し，我々の手法の評価と，新たな知見を得ることを目指している。

4　研究成果

以下，研究成果を示す。国内学会，国際学会で発表し，さらに修士論文としてまとめた。

4．1　機械学習を用いた加速器制御の開発

強化学習におけるパラメータ決定 (pre-training) を行うために，我々は，敵対的生成ネットワーク (Genera tive Adversarial

表 1: 寄与が大きく推定された環境パラメータと MSE 変化量

パラメータ名	MSE 変化量
KL_57:KLY_WAT	
(5 sect., 加速管冷却水温度)	6.05E-04
KL_B7:KLY_WAT	
(B sect., 加速管冷却水温度	3.69E-04
VXI_B4:OUT	
(B sect., タイミングケーブルラック温度)	2.44E-04
OUT_A1	
(A sect., 気温)	1.57E-04
OUT_43	
(4 sect., 気温)	1.43E-04

Networks。以下，GAN) を用いた加速器運転シミュレータの開発を行った。GAN は与えられたデータを模倣する機械学習である。我々の先行研究では，加速器実データをもとに，GAN で疑似データ生成を行った場合，疑似データが，実データの一部区間しか再現できない，モード崩壊 (Mode collapse) と呼ばれる問題が起こった。我々は，先行研究においてモード崩壊を抑制するために，1) 変分オートエンコーダー (Auto-Encoding Variational Bayes, VAE) でのエンコーダを用いて加速器データを次元削減し，2) GAN を用いて，次元削減された加速器データ（潜在変数）の疑似データを生成し，3) デコーダを用いて疑似データから加速器データを復元する，という手法を開発した結果，モード崩壊を抑制することができたが，デコーダを用いた加速器データの復元性能が低く，パラメータ間の相関が再現できない，という問題がみられた。

したがって，我々は，エンコーダーによる次元削減を行い，次元削減されたデータをもとに疑似データを生成うる手法を新たに開発することで，パラメータ間の相関も含めて，実データを再現可能な加速器シミュレータを作成することができた。図 1 に結果を示す。

図 1 は，2021 年 6 月 16 日から 6 月 23 日までの入射効率とステアリング磁石の電流値の 2 次元プロットを示す。それぞれ (a) 実データ，(b) 本研究で開発した次元削減方法を用いたシミュレーションデータ, (c)VAE を用いて復元されたシミュレーションデータ，によるものである．本研究で開発された新しいモデルで次元削減を行うと，2 パラメータ間の相関が再現できている。

さらに，開発したシミュレータと説明可能 AI の技術を使用することで，加速器制御に大きく寄与するパラメータを推測した。学習済みの入射効率回帰モデルに 1 パラメータのみ平均値に置き換えたデータを入力し，その回帰精度を元のデータを入力した際の回帰精度と比較することで，寄与の大きいパラメータを推定した。環境変数に対する推定結果を，表 1 に示す。

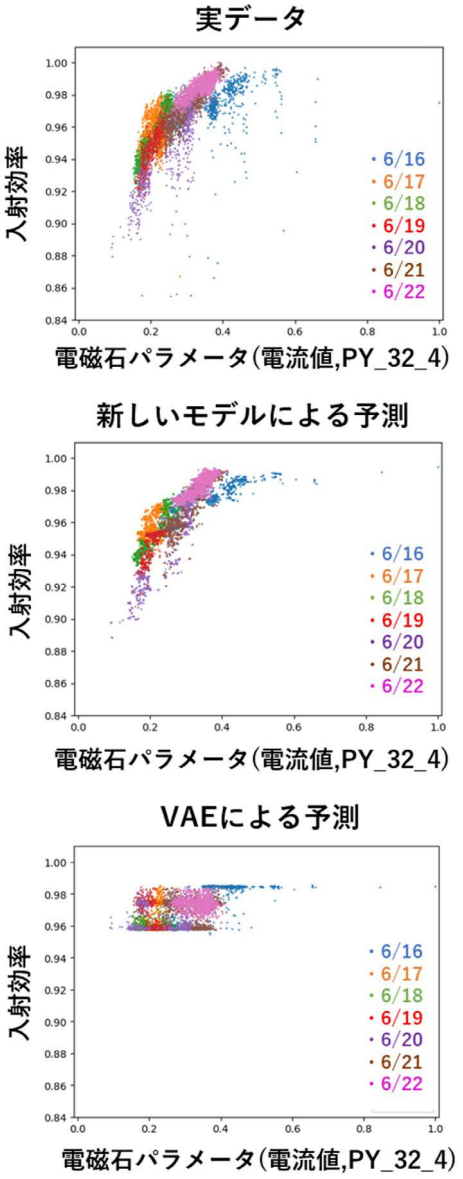


図 1: 2021 年 6 月 16 日から 6 月 23 日までの入射効率とステアリング磁石の電流値の 2 次元プロット：(a) 実データ，(b) 本研究で開発した次元削減方法を用いたシミュレーションデータ，(c)VAE を用いて復元されたシミュレーションデータ．本研究で開発された新しいモデルで次元削減を行うと，2 パラメータ間の相関を再現できる．

加速管の温度 (KL_57:KLY_WAT および KL_B7:KLY_WAT) やタイミングケーブルのラック (VXI_B4:OUT) 温度が，Linac 制御に重要であると推定された。加速管の温度は加速勾配に影響を与えることや，タイミングケーブルの温度変化がケーブル長に影響を及ぼし，タイミングが変化することから，この推定結果は妥当であると考えられる。今後，実際の加速器を用いて，結果の妥当性を評価する予定である。

4．2　素粒子実験公開 MC データを用いた信号識別の開発

本研究では，衝突実験で生成された粒子の 4 元運動量を low-level data として，ニューラルネットワークに入力する。ここで，先行研究の場合，Belle 実験では粒子数が約 10-20, ILC 実験 (重心系エネルギー 90GeV に設定) では, 1 ジェットあたり 50 程度であったのに対して，本研究で用いた ATLAS 実験用 MC データでは, 最大粒子数が約 100 である。先行研究よりも，入力パラメータ数が大きいニューラルネットワークデザインになるため，ニューラルネットワークのハイパーパラメータの最適化を行ない，その進捗状況を，国内研究会で報告した。2024 年度は，さらに最適化を進め，識別性能の定量評価を行う。

発表論文等

〔学会発表〕

[1] 岩崎 昌子, ”素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, JHPCN: 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 15 回 シンポジウム, Jul. 2023.

[2] 度会 龍, 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, ”機械学習を用いた加速器調整システムの開発： GAN を用いた加速器シミュレータの開発”, 第 20 回日本加速器学会年会, Aug. 2023.

[3] R. Watarai, M.Iwasaki, Y. Nakashima, N. Takemura, H. Nagahara, T. Nakano, M. Satoh, I. Satake, ”Development of Accelerator Tuning System Using Machine Learning : Development of Accelerator Simulator”, International conference on MACHINE LEARNING PHYSICS (MLPhys), Nov. 2023.

[4] 度会 龍, 岩崎 昌子, ”機械学習を用いた加速器運転調整システムの開発”, 加速器・ビーム物理の機械学習ワークショップ, Nov. 2023.

[5] 大木 賢祥, 岩崎 昌子, 田中 純一, 齊藤 真彦, ”機械学習を用いたトップクオークの識別手法の開発”, 第 30 回 ICEPP シンポジウム, Feb. 2024.

[6] 度会 龍, 上村恒介, 岩崎昌子, 中島悠太, 長原 一, 中野貴志, 武村紀子, 佐藤政則, 佐武いつか, 宮原房史, 末原大幹, ”機械学習を用いた加速器シミュレータ開発および 調整に寄与する重要パラメータの探索”, 日本物理学会 2024 年春季大会, Mar. 2024.

〔修士論文〕

1. 度会 龍, “KEK Linac 加速器制御のための機械学習を用いた加速器シミュレータの開発”, 修士論文, 大阪公立大学, 大阪, 2024.

〔外部資金・共同研究〕

1. 2022-2023 年度, 大阪公立大学 女性研究者 研究実践力強化支援プログラム (RESPECT), “スパースセンシングを用いた素粒子実験データプロセス機構の開発”, (代表) 岩崎 昌子（共同研究者）長原　一, 末原　大幹, 山田　悟.
2. 2022-2026 年度, 日本学術振興会 科学研究費助成事業学術変革領域研究 (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, (研究分担者) 岩崎 昌子, 武村紀子, 田中 純一, 長原 一

機械学習を活用する超高速ラマン分光システムの開発

畔堂　一樹（工学研究科），河野　省悟（工学研究科），
櫻井　保志（IDS），藤田　克昌（工学研究科）

1.　研究の背景

ラマン散乱分光分析によって、得られるラマンスペクトルデータは分子構造に起因する振動情報を持ち、それらを読み解くことで試料を無標識・低侵襲に分析できる。生体試料分析に有用な特徴を持つが、ラマン散乱自体が非常に微弱であり、1 点からの信号取得に非常に長い時間がかかる（数秒～数分/測定 1 点×観測点）。我々は顕微イメージング技術の高速化技術の開発に取り組んできた[1]。ライン状の照明光を用いることによって細胞などの試料の状態を生きたまま、無標識・低侵襲にイメージングし、分析することができる。得られたデータをもとに細胞の状態がわかれば、疾患のメカイズム解明や治療方法の開発に役立つ。取得した多次元データをもとに状態の分類や、意味付けが求められる。

細胞内の状態を表す指標の一つとして、オートファジーがある。オートファジーは、ヒトの疾患と密接に結びついており、その調節異常が病態に影響を及ぼすことが知られている[2]。オートファジーの異常はがんや神経変性疾患など様々な疾患の発症や進行に関与している。そのため、疾患のメカニズムを理解し、オートファジーの状態を観察することが不可欠である。最近では複雑な細胞環境を模した 3 次元培養したオルガノイドやスフェロイドの研究も進められている。

2.　研究の目的

本研究の目的は、無標識・低侵襲なラマン分光法と機械学習を組み合わせ、細胞の状態分類を実現することである。従来はラベリングによる蛍光観察が主な分析方法であるが、試料を再び使うことは困難である。希少な疾患や、患者由来の試料など、リソースが限られる場合においては無標識分析が理想である。ラマン分光分析を用いれば経時的な観察や薬剤の応答の追跡に期待ができる。今回はモデルサンプルとして生きた HeLa 細胞の 3 次元培養したスフェロイドに対して顕微ラマン観察を行い、オートファジー活性を深層学習で推論することを試みた。最終的には観察時に即座に推論できるように細胞状態の推論のアルゴリズムを計測装置に統合することを目指している。

3.　研究の方法

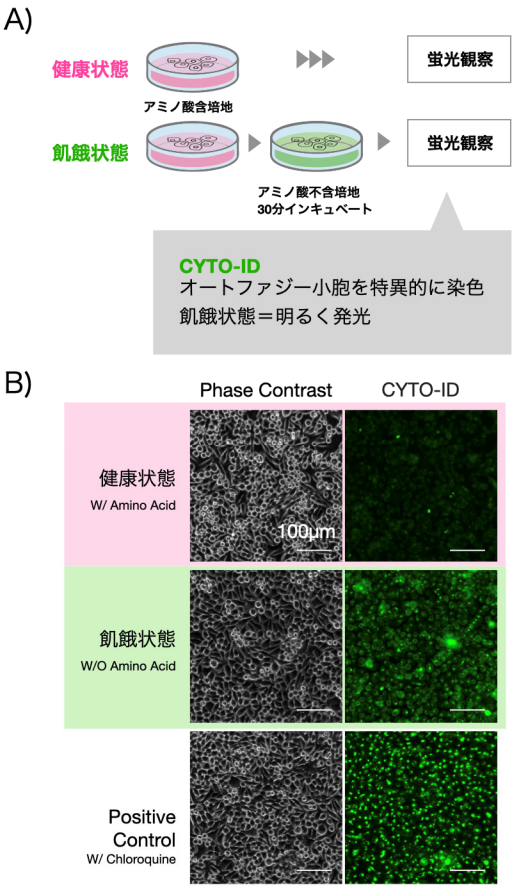


図 1　2 次元培養 HeLa 細胞の蛍光によるオートファジー観察結果（A）プロシージャ、（B）蛍光像。コントラストはいずれも同じに設定。

3.1 蛍光によるオートファジー活性の確認

細胞は観察の直前にアミノ酸を含まない培地に置換して 30 分インキュベートすることで“飢餓状態”にし、通常の“健康状態”と比較をおこなった。飢餓状態の細胞のオートファジー活性はオートファジー小胞の染色（CYTO-ID）により違いを確認した。まずは 2 次元培養細胞で確認を行い（図 1）。続いて 3 次元培養したスフェロイドで確認を行った（図 2）。3 次元培養の場合は 2 次元培養の結果と比べて明らかな差はなかったもののアミノ酸含/不含条件のオートファジー活性は有意差を示した。3 次元組織化によって培養液との接触面積が減少し、“健康状態”の条

件でも“飢餓状態”に近くなり、オートファジーが進んだものと考えられる。

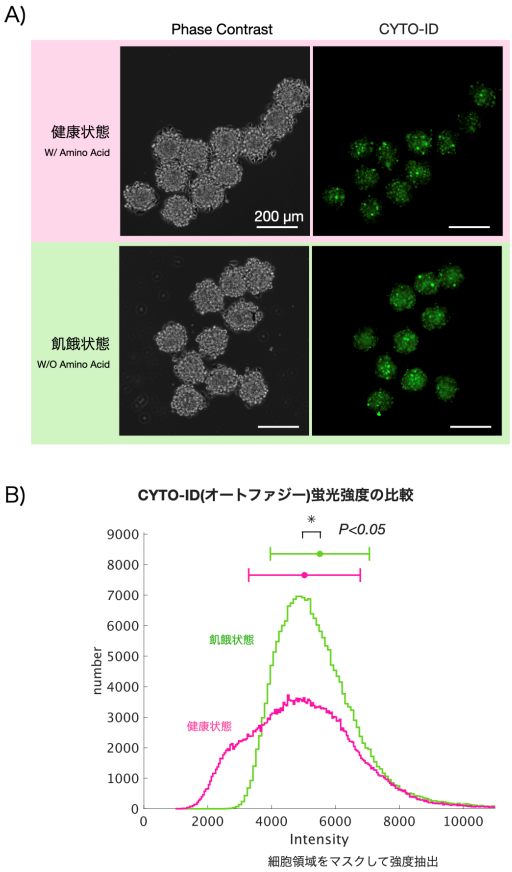


図 2　3 次元培養 HeLa 細胞の蛍光によるオートファジー観察結果（A）蛍光像。コントラストはいずれも同じに設定。（B）蛍光強度の比較

3.2 顕微ラマン観察

自作のスリット共焦点のライン照明ラマン顕微鏡で蛍光観察と同じ 2 条件のスフェロイドを用意し、イメージングした結果を図 3 に示す。閾値を設定し、細胞領域のラマンスペクトルを抽出した。飢餓状態/健康状態における平均スペクトルにおいては特異的な形状の違いは確認できなかった。スペクトル全体の傾向の違いを見出すために PCA 解析の結果も示す。PCA のプロットからは一部ばらつきがあるものの、多くのスペクトル成分が 2 状態で重なっている。深層学習により生成した分類機にかけて判別評価を行った。推論の学習モデルはスペクトルデータを入力とした軽量の畳み込みモデル(CNN)を用いている。3 層の畳み込み層と 3 層の全結合層を用いており、過学習を防ぐためにバッチ正規化層を畳み込み層と組み合わせた(図 4)。532 通りのフェロイドのラマンイメージングデータをクロスバリデーションを行った。

4.　研究成果と展望

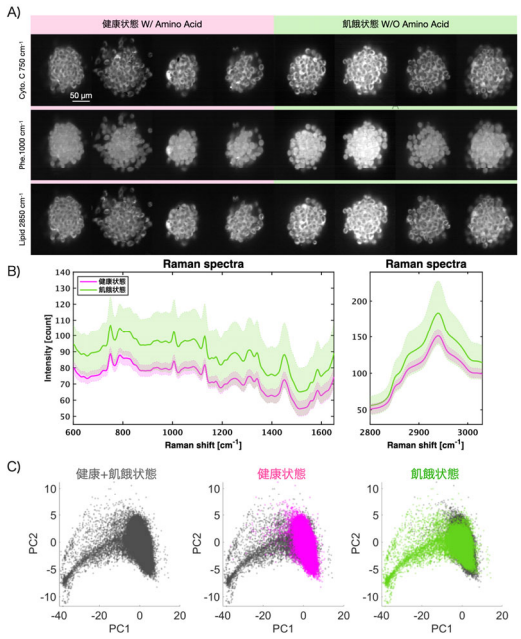


図 3　ラマンイメージング結果（A）ラマン像。“健康状態”と“飢餓状態”を 4 スフェロイドずつ並べて表示。（B）平均のスペクトル。各薄い帯は標準偏差。（C）ラマンスペクトルの PCA スコアプロット

学習したモデルを用いて“健康状態”と“飢餓状態”の判別を行った結果、正答率は 81.0％であった。測定データをさらに収集し、日ごとのアーティファクトを加味した上での判定率の評価を行い、計測装置に組み込んで計測する場での分類を実装する予定である。また、測定データの収集およびモデルの改良によりさらに高い正答率を目指す。また、作成したモデルの 1 スペクトルあたりの計算量は 24,295,488 Operations である。本モデルを実装する際には例えば、5 万円程度で手に入る GPU：RTX A2000 が 8TFLOPS（2024 年 4 月現在、5 万円程度）でも十分に実用に足る。理論値から低めに見積もって 2 割程度の実効値の場合でも、1 秒あたり 6 万 6 千スペクトルの計算ができる。そのため、測定装置に比較的安価に分類機を導入可能である。

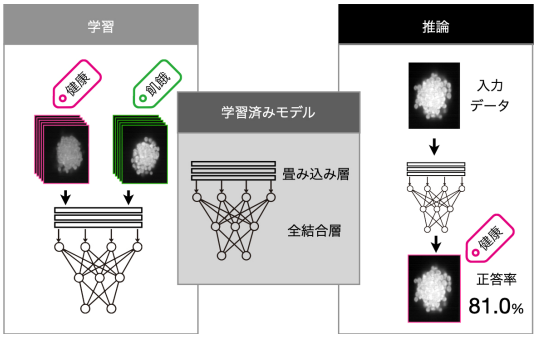


図 4　深層学習モデルの概要

引用文献

[1] Almar F. P et al.,(2013) Raman and SERS microscopy for molecular imaging of live cells. Nat. Protoc., Vol. 8, pp. 677-692.
[2] Maria C et al., (2019) Targeting autophagy to overcome human disease. International Journal of Molecular Sciences. 20(3).

発表論文等

〔学会発表〕

〔著書〕

〔産業財産権〕

〔外部資金〕

JST　共創の場形成支援プログラム
JPMJPF2009

「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（IDS），中島悠太（IDS）

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）。

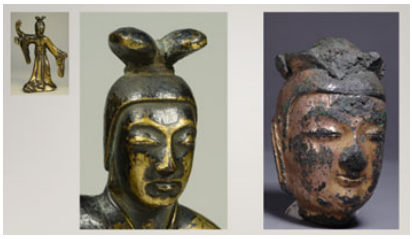


図 1　検索システムの結果の一例

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。A 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

三十三間堂千体千手観音像 1001 体は、124 体が平安時代・長寛 2 年（1164）創建時の作、876 体が鎌倉時代・建長元年（1249）火災後の作、 1 体が室町時代の補作と推定されている。そのうち鎌倉時代の像には、湛慶はじめ 23 人の仏師名が銘記され、様々な流派の仏師が関与したことが知られる。そこで、それらの顔の正面画像（三十三間堂発行『無畏』所収）について、時代、作者等のテキスト情報を付し、DL によって相関マップを作成し、時代や作者系統の推定を検証する。

3.4.2 2024 年度以降

2024 年度以降は、①快慶作品の顔貌の変遷の検討、②雲岡石窟、龍門石窟における仏顔の変遷の検討を具体的課題とする予定である。

4.　研究成果

5 ヶ年計画の初年度にあたる 2023 年度は、仏顔画像のディープラーニングのためのデータセットの作成を進めることが最大の課題であった。当初の計画では、スキャニング等の画像収集作業を業者委託する予定であったが、業者選定に困難をきたしたため方策を変更し、高機能のスキャナーを選定・購入し、さらに技術補佐員を雇用して作業を進めた。その結果、書籍 237 冊のスキャニングを完了し、18,120 点の仏顔画像を取得、さらに特任研究員によって 2,033 件の仏顔画像データをデータセットに追加した。

2023 年度は三十三間堂の千体千手観音の仏顔画像の解析にも着手した。開始時期が遅れたこともあって年度内に解析を終えることはできなかったため、引き続き解析を継続する。

一方、韓国国立中央博物館とは共同研究の覚書を締結し、中国の西北大学文化遺産学院および西安碑林博物館とは学術交流を実施し、今後の仏顔画像の解析ならびに 3 次元データの収集への協力体制を築いた。また、国内では醍醐寺等において仏顔 3 次元データを取得し、アメリ

カのメトロポリタン美術館、イェール大学博物館、ハーバード大学美術館、ボストン美術館、ネルソン・アトキンス美術館、サンディエゴ美術館、韓国の国立中央博物館、国立春川博物館、ホアン美術館、中国の四川博物院、成都博物館、成都市考古学研究院、雲南省博物館、昆明市博物館、大理市博物館、剣川石窟、碑林博物館、陝西省歴史博物館、延安石窟において調査を実施し、仏顔画像を収集した。

発表論文等

〔雑誌論文〕

① 藤岡穣, 小浜・正法寺半跏思惟像について, 待兼山論叢, 57 芸術篇, pp.1-23, 2024

② 藤岡穣, [資料紹介]眞光寺観音菩薩像と新出の個人蔵勢至菩薩像, 仏教芸術, 11, pp.5・75-88, 2023

〔学会発表〕

① 藤岡穣, 米欧および日本に所在する中国木彫に関する試論, 「五台山仏教文化圏における文物の生成・継承・波及」第 3 回ワークショップ, 2023 年 5 月 13 日

〔著書〕

なし

〔産業財産権〕

なし

〔外部資金〕

① R6-10, 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」, 23H00004, (代表)藤岡穣, (分担)長原一, 中島悠太

〔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

大阪大学医学部に残された近代日本の解剖図の図像分析とデジタル化

松下 康之（情報科学研究科）
松永 和浩（大阪大学適塾センター）
安西 なつめ（人文学研究科）
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資料館収蔵庫から，明治〜大正期頃の画家によって描かれた大型の解剖図（約 1〜1.2m など）が約 300 枚発見された（図 1）．このような解剖図は，2019 年頃から他大学においても相次いで発見され，東京大学や京都大学，九州大学による報告がある．本学の解剖図もこれらの系譜に位置づけられるものと予想され，医学教育史の観点からも貴重な一次資料であると言える．

2　研究の目的

本学で発見された解剖図は医学科の講義内における視覚教材として，棒で指し示しながら使用された．このような手書きの古い解剖図は，多くが散逸しており，現存していることは極めて珍しい．そこで，これらの解剖図の時代性を踏まえ，医学史，美術史，社会学などの領域から調査を実施することを研究の目的とし，他大学で発見された解剖図の調査結果と比較，検証することにより，大阪帝国大学の解剖図の特徴と近代の医学教育の独自性を明らかにすることを目指す．また，本研究では材料学にも注目し，解剖図に使用されている絵具と支持体の紙（西洋紙）などの素材の特徴を検査する．加えて，解剖図は彩色や用紙が劣化して変色する恐れがあるため，解剖図の素材と彩色を高精細デジタル化することで，現状の状態を記録保存するとともに，解剖図のもととなった原画との画像分析同定を試みる．

3　研究の方法

本研究では，医学史資料館の大型解剖図を対象として以下の項目で研究を実施した．

1. 解剖図の学術調査、美術史研究
2. 保存修復と文化財保存科学
3. デジタル保存と画像同定

3．1　解剖図の学術調査、美術史研究

解剖図の学術調査，美術史研究のために，文献調査を実施した．歴史的背景としては「医学伝習」によると，大正 6 年（1916）に府立大阪医科大学に改称され 「塚口教諭，大串教諭，斎藤講師，岡田助手の 4 教官と小使 3 人，画工 1 人，という構成 になった」とある．現在のところ画工の名前が不明であるが，この画工が解剖図を描いた画家であったと考えられる．また、昭和 2 年（1927）に病院跡地に鉄筋 5 階建築に合同基礎学舎（医科大学 校舎）が竣工された．その 2 階に，教授室 1 つと 8 研究室，共同利用のパラフィン切片室，解剖図書室と「描写室」があった．そして 4 階には，解剖学専用講堂（第 3 講堂），解剖学標本室，5 階に「掛図室と画工室」が設けられた」とある．また「この建築設計は塚口教授の意図によるもの」とあり，これにより塚口利三郎教授の時代に大学の校舎内に画工と呼ばれる画家が解 剖掛図を制作していたことが文献より判明した．

文献調査に加えて解剖図の比較調査研究と共同研究のために，他機関へ訪問調査を実施した．以下に概要をまとめる．京都大学医学研究科が管理する病理学解剖図を閲覧した．この調査は京都大学医学部附属病院 医療安全管理部　医学部歴史資料室の森下真理子氏，総合博物館 研究部資料基礎調査系 岩崎奈緒子教授，総合博物館特定研究員の中川千種氏の許可を得て行うことができた．彼らからは，学術資料の保存と管理，登録について意見をいただいた．

東京大学医学科でも総合学術博物館に解剖図は残されていた．これは，東京大学総合研究博物館 インターメディアテク寄付研究部門 上野恵理子氏の許可を得て行った．東京大学総合博物館では 2021 年 3 月〜2022 年 3 月にかけて，解剖図の展覧会が博物館でおこなわれ，現在，解剖掛図の書籍の作成が進行中である．また，一般公開に向けて登録が進んでいる．　東京大学大学院人文社会系研究科 文化資源学研究室 藏田愛子助教からは，動植物の図譜を専門に描いた画家（画工）の研究について知見を得た．同じ東京大学大学院人文社会系研究科 死生学および実践倫理学 鈴木明人教授から医学史研究について伺うことができた．

東北大学医学系研究科 器官解剖学分野 大和田祐二教授の許可を得て，医学系研究科 器官解剖学分野 大塚洋輔氏と調査を行った．東北大学には，まだ未発表の解剖掛図が約 500 枚ほど保管され，貴重な資料は保存されていた．これらの解剖図に関しては東北大学の中で協議され今後の共同研究を検討している．

最後に，広島大学医学研究科 発生生物学 解剖学の池上浩司教授の許可を得て，広島大学医学資料館の調査を行った．貴重な資料が数多く展示され管理されていた．これらの中に眼科の掛図が数多く発見され，今後の調査にあたる予定である．

3．2　保存修復と文化財保存科学

現在確認されているすべての解剖図が透明フイルム（ラミネート・フイルム）に挟まれている．ラミネートに関しては，阪大の工学部の秋山庸子研究室で，科学溶剤を用いてラミネートを安全に外す方法を試みている．また，描かれた際に使用されている，顔料の変色や劣化の試験についても，サンプルを試作して検査している．

顔料を科学的に測定するために，本学工学部レーザー研究所の猿倉信彦研究室の協力を得て解剖図の分光測定を実施した（図 2）．その結果，日本画の顔料成分が検出され，この解剖図を描いたのは日本画家であることが判明した．これは解剖図の保存修復のデータに役立つことに加えて，明治・大正期の大坂画壇の解明にもつながる情報になる．解剖図は作風が異なるも

(A) (B) (C) (D)

図 1: (A) 医学史料室の解剖図の分類作業，(B) 解剖掛図（頭蓋骨），(C) 解剖掛図 手 (靭帯・腱と筋、血管の走行)，(D) 昭和 33 年の基礎医学講座の授業風景（医学史料室収蔵庫，医学科の卒業記念アルバムより）

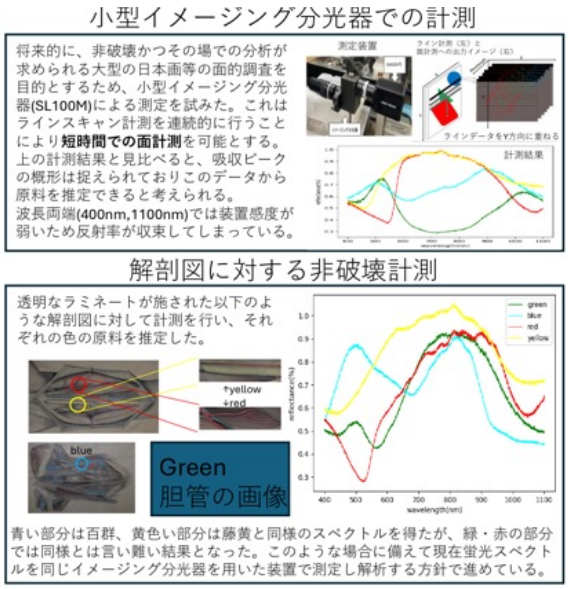


図 2: 小型イメージング分光器 (SL100M) による顔料測定

のが含まれることから，複数の画家によって描かれていることが想定されるため，今後も検査を続けていく予定である．

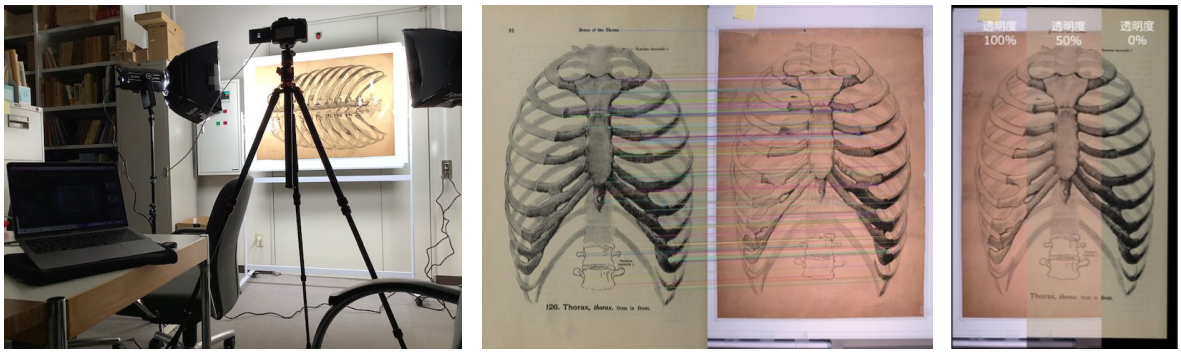
京都大学大学院 人間環境学研究科の田口かおり准教授は西洋画と学術資料の修復が専門で，彼女からは美術作品や学術資料の保存・修復について知識と技法をご教授いただいた．また，日本文化財科学会において，東京文化財研究所の芳賀文絵研究員と文化財の保存修復の協議をするために学会に参加した．学術資料においては保存と修復が必要なものが多い．この文化財科学会では，最新の科学的保存修復の知見が得られた．また，2023 年 12 月には東京文化財研究所を訪問し，各分野の先生と話し合い，学術資料の保存の注意点や方法を伺うことができた．今後の共同連携も視野に入れる．

3．3　デジタル保存と画像同定

大型解剖図はラミネートフイルムの粘着フイルムで覆われているため，撮影時に激しく反射し，解剖図の一部が観察できないという課題があった．これに対処するため，光の偏光を用いた撮影方法を考案し，鏡面反射を低減しながらデジタル保存する方法を用いた．具体的には，光源とカメラの前に 90 度回転した偏光フィルムを取り付け，鏡面反射が偏光状態を保存する物理特性を利用して，鏡面反射成分をカメラ側の偏光フィルムによりカットするという方法を用いた．さらに，カラーチェッカーを用いて光源色に依存しない原画に近い色彩と形態のデジタル化を実施した．全ての画像は，約 2600 万画素（6240 × 4160），14bit RAW フォーマットにてデジタル記録されている．本研究で，撮影手順をワークフロー化することができたため，解剖図だけでなく，医学史料室にある他の学術資料の記録や登録と，将来に向けて資料のアーカイブ化に応用できる技術となった (図 3(A))．

また，情報科学研究科の松下康之研究室で，コンピュータビジョンの技術を利用して，原画にあるドイツの解剖書『Spalteholz 解剖図』の解剖イラストから，阪大で描かれた大型解剖図を比較定性化した．この調査ではどれだけ原画と近似して描かれているかを計測し，その結果，正確に模写されていることが判明した．これを描いた画家は優れた技術を備えたアーチストであったことが確認できる．そして，この画像分析の同定には，まだ発展途上の技術であるため，継続して研究を進めていく．またこの解剖図の画像同定技術は，やがて臨床方面の放射線画像診断治療への応用や，美術作品の真作と贋作の判別技術にも応用できると考えられる．

以下にて，画像分析同定の方法を述べる．解剖掛図に模写された Spalteholz 解剖図譜の同定のために，コンピュータビジョン技術を用いて解剖掛図と解剖図譜の画像の位置合わせをおこなった．計算機により画像間の対応点を探すために，AKAZE 特徴量 [1] のマッチングをおこなった．画像特徴量とは，画像中の局所領域における見た目を表す高次元ベクトルであり，その類似度をハミング距離に基づいて評価することで二画像間での対応点を計算した（図 3(B)）．また，両図ともに平面的であることから，線形な二次元幾何変換である二次元ホモグラフィ回転，並進，スケール，(アフィン変換等を含む）によって二画像が位置合わせできることを仮定し，ロバスト推定技術である RANSAC RANdom Sample Consensus）を用いて外れ値の除去を行いながら二画像間のホモグラフィ変換を計算した．図 3(C) にそれぞれ助骨図の前面，背面の位置合わせ結果を示す．各々の図において，左は上述の方法による対応点の探索結果を，



(A)　(B)　(C)

図 3: (A) 偏光イメージングによる高精細デジタル撮影，(B) コンピュータビジョン技術による阪大解剖掛図と原画間の対応点マッチング，(C) ホモグラフィ変換による位置合わせ後の重畳画像

右にホモグラフィ変換によって位置合わせ後に重ね合わせた結果を示す．重ね合わせ結果では，解剖掛図上に，透明度 100%，50%，0% で解剖図譜を重畳した可視化を示す．

4　研究成果

2023 年の学際研究では，解剖掛図の歴史的背景を探り，大正期の大阪医科大学時代には校舎の中に掛図室や画工室が設けられ，医学部では画工が雇われていたことが明らかとなった．その画家は模写に優れた技術を持ち，腕の立つ日本画家であることが科学測定から明らかである．したがって，この大型解剖図は学術的にも美術史的にも美的価値の高い作品であると言えるのではないであろうか．　これは文理融合でなければできない調査であり，学際研究であればこそ可能となった研究成果である．そして，私たちは各々の分野においても，新たな発見や課題が見つかり，実験や技術を進展することができた．これは学問の進歩が促され，社会の発展や貢献にもつながることである．

申請者らはこれらの大学関係者と連携を図りながら，解剖図の図像比較を進める予定である．そして，大阪大学の IDS で行った画像分析や顔料測定は，他大学にも同じように学術的利用や技術提供ができると考えられ，学術資料研究における記録に関与できると考えている．

本研究の成果を 2024 年 3 月に沖縄の那覇で開催された日本解剖学会にて発表した．内容は、歴史的文献の解剖図，解剖図の画像分析，顔料化学分析，であった[*1]．これは医学史の研究領域であるが，内容は学際研究の成果となっている．解剖学会では基礎医学の研究が多い中，データ画像分析においては，これまでにあまり例がなく，新鮮な印象で迎えられた．これは他大学で確認されている解剖図においても同じ方法論で測定ができ，新たな歴史的背景と科学的測定が可能となると期待される．

5　今後の課題

旧帝国大学をはじめとする長い歴史持つ医科大学では，大型の解剖図が医学の講義で使われていた．しかしながら，多くの解剖図は破棄されていることが実情である．また，医学科では古い資料を管理する部署がなく，多くの学術的資料は，まだ埋もれたまま未発表状態で残っている．次年度の取材として，他大学の解剖図を始めとする，古い資料の調査と登録に関しての技術提供や保存修復に関してのアドバイスを行うことを検討している．また，技術面に関しては，より正確な画像同定や色彩やグラデーションの同定などの課題が残っている．顔料分析においてもまだ不明な顔料があるため，次年度以降に明らかにしたい．そして，現在確認されている全ての解剖図のデジタル保存は未完となっている．年月が経てばやがて劣化する恐れのある資料の画像を，高精細撮影で記録し，データを後世に残すことを継続する．

医学史料室の収蔵庫には，阪大の歴史を物語る多くの医学資料があり，修復と保存が急務となっている．これには東京文化財研究所の先生方から多くのご指摘を受けたため，保存修復にかけての研究も強化したい．また，解剖図以外の医学史資料においても登録し撮影が必要となるため，これにおいても今後進める予定である．

[*1] 第 139 回日本解剖学会ポスター発表 https://docs.google.com/file/d/1DdowSDFSq1arCpEFuQebwJBoaoUdsNcd/edit?usp=docslist_api&filetype=mspresentation

第 4 部

機構の主要研究プロジェクト

4.1 スマートキャンパス（未来社会創造型サービスプラットフォームの整備）

人物行動映像解析技術の研究や開発を進めるためには，実験データの収集および実証実験場所が必要となる．特に，実環境で利用できる技術の研究や開発を行うためには，実験室などの管理されたエリアでの実施や，募集に応じた被験者の指示に基づく行動のみを対象とするのは好ましくない．実環境におけるリアルな人々の行動を対象とすべきである．人物行動映像解析のためのデータ収集および実証実験を実施するためには，少なくとも 2 つの条件を満たす必要があると考えている．

(A) 人物行動映像解析のためのカメラや記録用サーバなどの設備面を整えること
(B) カメラなどによる撮影や，その撮影映像が解析対象として用いられることに，被撮影者の理解が得られること

(A) はいわゆる物理的な環境整備であり，(B) は心理的および倫理的な環境整備である．本プロジェクトにおいては，これらの条件を満たす場所を用意するとともに，データの収集，実証実験の実施を進めている．具体的には，次の通り大阪大学吹田キャンパス内の複数場所において実施している．

4.1.1 産業科学研究所

産業科学研究所では，2016 年より整備を開始し，2017 年より映像データの撮影・収集を始めている．産業科学研究所には，人物行動映像解析の専用カメラ（以下，実験用カメラと呼ぶ）を 40 台設置するとともに，撮影や実験に必要なサーバなどを準備した．設置されている実験用カメラは図 1 のようなものである．産業科学研究所においては，2017 年までに (A) の物理的な整備が完了している．

(B) の整備については，産業科学研究所の教職員や学生などを対象とする説明会の開催や，Web やメールなどにおける実験情報の周知を行った．その上で，少ない台数のカメラを短い時間のみ稼働する実験からはじめ，時間をかけて稼働台数や稼働時間を少しずつ増やしながらデータの収集および実証実験を実施してきた．

産業科学研究所での実験は 2019 年 3 月で一旦終了し，現在は休止中である．実験を再開する際には，改めて説明会を開催し，実験を実施する旨を周知したうえで行う．

4.1.2 生命科学図書館

大阪大学吹田キャンパス内にある生命科学図書館では，人物行動映像解析研究目的のみでカメラを利用するのではなく，防犯目的でも運用している．図 2 に示すような実験兼防犯目的のカメラ（以下，実験兼防犯カメラと呼ぶ）48 台の

設置やネットワークの工事といった，(A) の物理的な整備は 2018 年度に完了している．その後防犯目的での運用を開始するとともに，(B) の整備を実施すべく，実験の説明会を実施した上で，実験の周知を兼ねて予備実験を実施した．その後，再び実験説明会を開催し，2018 年 12 月より，トイレの出入口が画角内にあるカメラを除いた実験兼防犯カメラを用いたデータ収集開始している．なお，実験兼防犯カメラは，産業科学研究所の実験用カメラとは異なり，常時防犯カメラとして利用されているため，実験目的で使用していない時間でもカバーをかけていない．

生命科学図書館の実験は，2022 年 3 月で一旦終了とし，現在は休止中である，また，2022 年 10 月と 11 月に図書館に設置したカメラを利用して被験者実験を実施している．

4.1.3　センテラス

大阪大学吹田キャンパス内のセンテラスエリアにおいても，人物行動映像解析研究目的のみでカメラを利用するのではなく，防犯目的でも運用する．センテラスエリアには，図 3 に示すような実験兼防犯カメラを 16 台設置するとともに，ネットワーク工事などを行い 2018 年度に (A) の物理的な整備を完了している．

センテラスエリアは，産研や生命科学図書館と異なり，撮影エリアに出入りする場所が限定されておらず，(B) の施策のために撮影エリアに人が入る可能性がある全ての場所に看板を設置することは現実的ではない．そこで，撮影エリアに入る前の人の通りが多いと思われる通路に常設の看板を，撮影エリア内にデジタルサイネージの設置することにした．看板には実験を実施している旨やその内容，撮影エリア，問い合わせ先などを，デジタルサイネージにはカメラが実際に撮影しているリアルタイム映像や実験日には実験実施中である旨などを表示する．

2020 年に，図 4 にような示すデジタルサイネージおよび常設の看板の設置が完了している．2020 年 11 月に実験説明会を行い，12 月より実験を開始した．実験時間は，最初は 3 時間からスタートし徐々に時間を延し，最長 11 時間の実験を行っている．

センテラスにおいても 2022 年 3 月で実験を終了する予定であったが，期間を延長し 2028 年 3 月まで実施することとなった．2023 年度は表 1 に示す通り，月に 1 回のペースで実験を実施した．今後も実験は月 1 回のペースで計測を続けていく予定である．

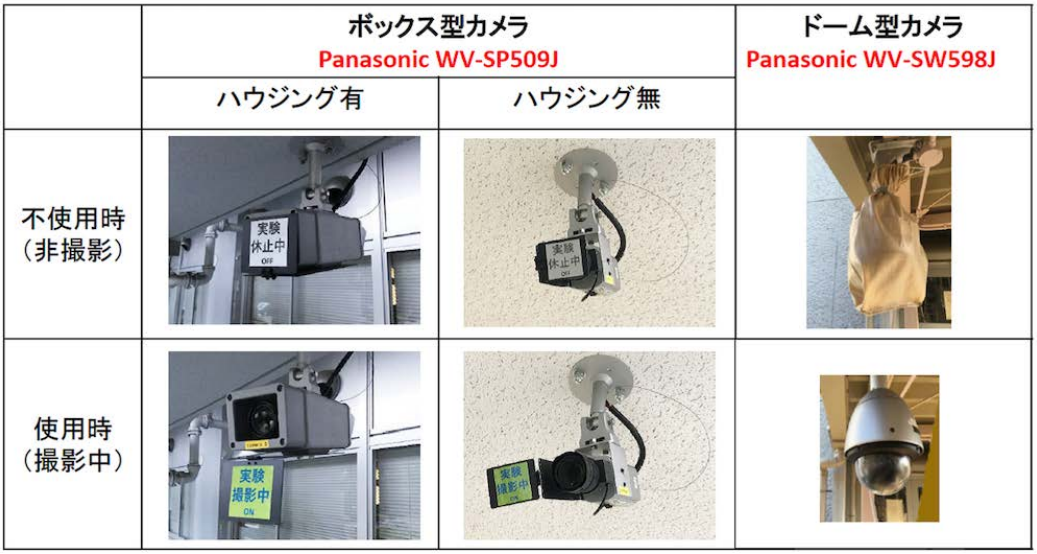


図 1: 産業科学研究所に設置されている実験用カメラの例（使用時と不使用時が現場で分かるようにしている）

ドーム型カメラ Panasonic WV-S2130	ドーム型 PTZ（パンチルトズーム）カメラ Panasonic WV-S6130	ボックス型カメラ Panasonic WV-S1131

図 2: 生命科学図書館に設置された実験兼防犯カメラの例

ドーム型カメラ Panasonic WV-S2130	屋内ドーム型 PTZ（パンチルトズーム）カメラ Panasonic WV-S6130	屋外ドーム型 PTZ（パンチルトズーム）カメラ WV-S6530NJ

図 3: センテラスに設置されている実験用カメラの例

4.1.4　VislabOSAKA

今年度は大阪大学吹田キャンパスに加え，JR 大阪駅前のグランフロント大阪内にある VisLab OSAKA でも計測を行う．こちらでは，日々 6 名〜18 名程度雇用した被験者で実験を行っている．JR 大阪駅付近は，吹田キャンパスと比較して交通の便が良いため被験者をより集めやすいと考えられる．

被験者実験においては，全身写真用にデジタルスチルカメラを 3 台，歩行撮影用に常設のネットワークカメラ 4 台 (図 5)，虹彩撮影用に赤外線カメラを 1 台用意している．歩行の撮影は，図 6 に示すように 6 人 1 グループで歩行を行い，真っ直ぐ歩いたり，人々が交錯しながら歩いたり，またそれらの方向をきょろきょろしながら行ったり，自動改札機で人が滞留するような状態を模した計 5 種類歩行の映像を収集している．

この計測は 2024 年度も継続して実施する．

図 4: センテラスに設置されているデジタルサイネージ（左）と看板（右）の例

図 5: VislabOSAKA に常設しているカメラ

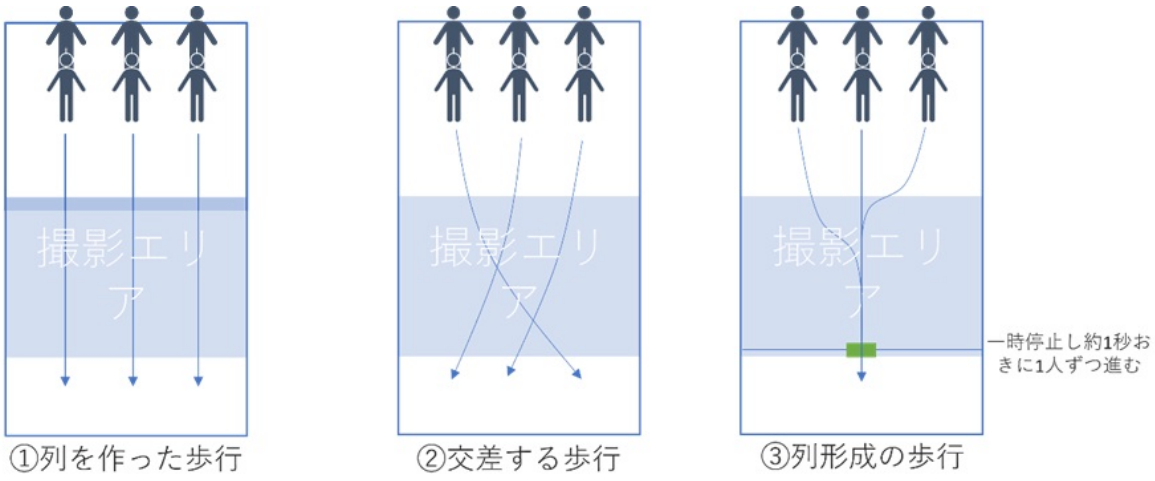


図 6: 歩行の種類

表 1: センテラスでの実験実施・計画日時

	実験実施日時
4 月	24 日
	9:00-20:00
5 月	23 日
	9:00-20:00
6 月	21 日
	9:00-20:00
7 月	27 日
	9:00-20:00
8 月	25 日
	9:00-20:00
9 月	25 日
	9:00-20:00
10 月	24 日
	9:00-20:00
11 月	22 日
	9:00-20:00
12 月	21 日
	9:00-20:00
1 月	26 日
	9:00-20:00
2 月	26 日
	9:00-20:00
3 月	26 日
	9:00-20:00

4.2　Society5.0 実用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」

4.2.1　SNS からのパーソナライズド感情分析

4.2.1.1　研究の背景

インターネットやスマートフォンの普及によって，多くの人が気軽に情報を受信および発信できる情報社会（Society 4.0）が実現された．我々は，これらの情報を有効活用できる超スマート社会（Society 5.0）の実現に向けて，自然言語処理の技術を用いた SNS 解析に取り組んでいる．Twitter などのソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）では，ユーザがテキストを用いて現実世界の状況を発信している．我々は，これらの投稿を蓄積し詳細に分析することによって，仮想世界と現実世界を高度に融合させた新たな価値の創出を目指す．

代表的な SNS 解析の先行研究には，感情分析がある．Twitter の各投稿について，投稿者の感情極性を 3 値（ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ）で分類する極性判定が研究されてきた．近年では，英語を中心に，詳細な感情の識別や感情強度の推定も試みられている．ただし，既存の感情分析データセットでは，感情ラベルを付与する注釈者とテキストの投稿者が異なるため，感情分析の先行研究は客観的な感情強度の推定に焦点を当ててきた．

4.2.1.2　研究の目的

本研究の目的は，SNS 上の各個人の多様な感情を自動的に推定するシステムを構築することである．そこで，投稿者自身によってラベル付けされた日本語 SNS テキストの感情分析データセットを構築し，各感情の主観的な強度を推定する深層学習モデルを訓練する．最終的には，投稿の時系列を考慮し，同一の投稿者による感情の変遷を推定する．

4.2.1.3　研究の方法

まず，図 7 に示すような投稿と感情強度ラベルの組からなるデータセットを構築する．クラウドソーシングサービスのランサーズを通じて広く日本語の SNS 利用者から自身の過去の投稿を収集し，主観的な感情強度のラベルを付与してもらう．本研究では，基本感情と感情極性の 2 種類の枠組みでアノテーションを実施する．前者については，プルチックの基本 8 感情（喜び・悲しみ・信頼・嫌悪・怒り・恐れ・驚き・期待）を対象に，各投稿についてそれぞれの感情の強度を 4 段階（無・弱・中・強）で付与してもらう．後者については，感情のポジティブ・ネガティブの度合いを 5 段階（強いポジティブ・ポジティブ・ニュートラル・ネガティブ・強いネガティブ）で付与してもらう．投稿者ではない作業者もクラウドソーシングを通じて雇用し，各投稿について同様に客観的な感情強度のラベルを付与してもらう．

次に，感情分析モデルを構築する．深層学習に基づくテキスト分類モデル（BERT）をベースとして，ユーザ情報や時系列を考慮するための改良を行う．

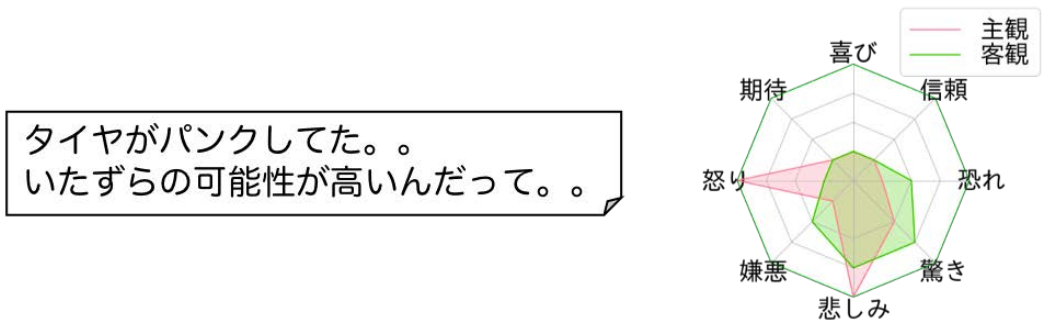


図 7: 収集したデータの例

4.2.1.4 研究の成果

2020 年度は，図 7 に示した SNS 投稿と感情強度ラベルの組を収集し，日本語の感情分析データセットを構築した．これは，50 人の SNS ユーザから収集した合計 17,000 件の日本語の投稿であり，基本 8 感情の強度を主観と客観の両方の立場から付与したものである．これらの研究成果は，言語処理学会年次大会 [1] および自然言語処理の分野における主要な国際会議のひとつである NAACL [2] にて発表し，言語処理学会の会誌 [3] に解説記事を寄稿した．本データセットは，WRIME[*1] という名前で GitHub にて公開している．

2021 年度は，WRIME の感情分析データセットを拡張した．アノテータ人数とテキスト件数の両方を拡張し，60 人から合計 35,000 件の投稿を収集した．また，基本 8 感情の強度に加えて，新たに 5 段階の感情極性に関するアノテーションを実施した．これらの研究成果は，言語処理学会年次大会 [4] および言語資源に関する国際会議である LREC [5] にて発表し，前者では若手奨励賞を受賞した．

2022 年度は，ユーザ情報を考慮して感情分析モデルを改良した．書き手に対する性格診断のためのアンケート結果をもとに，書き手の性格情報をモデル化した．具体的には，60 項目のアンケート結果から BigFive 性格 5 因子モデルを再現するニューラルネットワークを訓練し，その中間表現を性格ベクトルとして取り出した．テキストから得られる埋め込みベクトルと性格ベクトルを組み合わせることで，書き手の主観的な感情強度の推定性能を改善した．これらの研究成果は，人工知能学会全国大会 [6] および自然言語処理の分野の国際会議である AACL-SRW [7] にて発表した．

2023 年度は，大きな注目を集めている大規模言語モデルの性能を WRIME の感情分析において検証した．30 種類の日本語大規模言語モデルの性能を，感情極性分類のタスクにおいて評価し，英語モデルを追加訓練して構築した大規模言語モデルの性能が高いこと，指示チューニングや文脈内学習などの手法が感情分析の性能改善に有効であること，最良の大規模言語モデルは BERT などの既存の深層学習モデルの性能を上回ること，などを明らかにした．これらの研究成果は，情報処理学会全国大会 [8] にて発表し，学生奨励賞を受賞した．

発表文献

[1] 梶原智之, Chenhui Chu, 武村紀子, 中島悠太, 長原一. “主観感情と客観感情の強度推定のための日本語データセット”, 言語処理学会第 27 回年次大会, pp.523-527, March 2021.

[2] Tomoyuki Kajiwara, Chenhui Chu, Noriko Takemura, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara. “WRIME: A New Dataset for Emotional Intensity Estimation with Subjective and Objective Annotations”, In Proceedings of the 2021 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics (NAACL), pp.2095-2104, June 2021.

[3] 梶原智之. “WRIME：主観と客観の感情強度を付与した日本語データセット”, 自然言語処理, Vol.28, No.3, pp.907-912, September 2021.

[4] 宮内裕人, 鈴木陽也, 秋山和輝, 梶原智之, 二宮崇, 武村紀子, 中島悠太, 長原一. “主観と客観の感情極性分類のための日本語データセット”, 言語処理学会第 28 回年次大会, pp.1495-1499, March 2022. 【若手奨励賞】

[5] Haruya Suzuki, Yuto Miyauchi, Kazuki Akiyama, Tomoyuki Kajiwara, Takashi Ninomiya, Noriko Takemura, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara. “A Japanese Dataset for Subjective and Objective Sentiment Polarity Classification in Micro Blog Domain”, In Proceedings of the 13th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC), pp.7022-7028, June 2022.

[6] 鈴木陽也, 秋山和輝, 梶原智之, 二宮崇, 武村紀子, 中島悠太, 長原一. “書き手の性格情報を用いた感情強度推定”, 人工知能学会第 36 回全国大会, pp.1-4, June 2022.

[7] Haruya Suzuki, Sora Tarumoto, Tomoyuki Kajiwara, Takashi Ninomiya, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara. “Emotional Intensity Estimation based on Writer’s Personality”, In Proceedings of the AACL-IJCNLP

[*1] https://github.com/ids-cv/wrime

2022 Student Research Workshop (AACL-IJCNLP SRW), pp.1-7, November 2022.
[8] 近藤里咲, 大塚琢生, 梶原智之, 二宮崇, 早志英朗, 中島悠太, 長原一. “大規模言語モデルによる日本語感情分析の性能評価”, 情報処理学会第 86 回全国大会, pp.859-860, March 2024. 【学生奨励賞】

4.2.2 未来の学習支援プロジェクト

4.2.2.1 研究の背景

2020 年以降，新型コロナウイルス感染症の拡大によりオンライン教育の導入が急速に進展した．オンライン教育の導入により講義の受講の機会を保証することができた反面，(1) 教員が学生と直接顔を合わす機会の減少，(2) 個々の学生の学習状況の把握の困難，(3) 学生の理解不足や不登校などが放置される可能性の増加等の課題が懸念され，これらの課題により学生の履修不良や留年・退学などに繋がるなどの指摘もあり，早期の対応が求められている．大阪大学ではコロナ禍状況でのオンラン教育下における上記課題に関する学生の状況を把握するため，2020 年度に大阪大学全学アンケートを実施した．全タイプのオンライン授業受講経験のある学部 1 年生（1259 名）を対象に分析した結果，47.4% の学生が倦怠感，不安，落ち込みを感じ，学業に対する意義や価値といった学習意欲の低下を抱えていることがわかった [1]．ポストコロナ期においては，オンライン環境・対面環境双方の利点を活かした新しい教育の実現が求められている (教育再生実行会議, 2021) が，その際，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ことが本結果からも明らかとなった．

4.2.2.2 研究の目的

本プロジェクトでは，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の考えに基づき，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，オンライン授業（講義動画による個人学習）・対面授業（協調学習）それぞれの授業形態を対象に，学習者の状態推定モデルを構築する．モチベーション低下が課題となったオンライン授業では，学習中の学生の覚醒度や集中度を含むエンゲージメント（学習への関与度合い）を学習意欲維持の指標と仮定し，e ラーニング中のエンゲージメント推定手法の確立を目指す．対面授業では，個々の学習者およびグループの活性度を学習意欲と捉え，活性度推定手法の確立を目指す．また，確立したエンゲージメント推定手法の社会実装に向けて，有効性，導入可能性，課題を明らかにする必要がある．そのため，整備された実験環境だけでなく，実際の授業においてデータ収集，および分析を実施する実証実験を実施する．

4.2.2.3 研究の方法

オンライン授業に関する取り組みでは，まず，e ラーニング受講中の学習者の顔表情や座圧等のデータ収集を行う．次に，収集したデータに対して，3 段階の覚醒度（1: Asleep, 2: Drowsy, 3: Awake）に関するアノテーションを行い，覚醒度推定モデルを構築する．また，構築した推定モデルを活用したフィードバックシステムの構築・評価にも取り組む．対面授業に関する取り組みでは，まず，協調学習の学習者の動画像データの収集を行い，収集したデータに対して 3 段階の活性度（0: Passive, 1: Semi-active, 2: Active）のアノテーションを実施する．そして，活性度推定モデルを構築する．さらに，推定モデル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の開発・評価にも取り組む．

実証実験については学校法人滋慶学園と協力し，滋慶学園グループの専門学校の一つである，OCA 大阪デザイン＆テクノロジー専門学校において，スマートフォンを用いて授業中の学生の顔動画，ならびに授業の様子を動画として記録する．収集した学生の顔動画に対して構築した推定モデルを適用し，学生の覚醒度を推定する．推定された覚醒度を用いることにより，オンライン授業と対面授業における覚醒度の差，学生間の覚醒度の同期などを検証，教師にフィードバックすることで授業改善に繋がる環境の構築に取り組む．

また、内的状態をより具体的に推定する試みとして、大阪大学外国語学部の横井幸子准教授との共同研究を開始する．第二言語の学習においてデジタルツールが重要な役割を果たしているが、これらのツールが認知プロセスにどのように作用するかはまだ解明されていない．この研究では，第二言語におけるツールと学習者の認知プロセスの関係を質的分析と量的分析の両面から探る．本年度はこれらの活動に必要なデータ収集の準備を実施した．

4.2.2.4　研究の成果

オンライン授業に関する取り組みでは，2018〜2020 年度にかけて本学の全学共通の情報教育科目の授業と連携した実験を行い，e ラーニング中の 53 名の学習者の顔画像，心拍，座圧データを収集し，覚醒度推定モデルを構築した。3 段階本人主観評価では，平均 F1 マクロスコアで 0.82 を達成した [2]。さらに，2021 年度には，エンゲージメント推定モデル構築に向け，本学の学部学生・大学院生 82 名を対象に講義動画視聴中の顔表情，視線，座圧データの収集を行う実験を行った。また，推定モデルを活用したフィードバックシステムの構築に向けた準備として，図 8 に示す講義動画視聴システムを開発し，情報教育科目の授業（約 3,000 人規模の授業）で試用し，安定して運用できることを確認した [3]。

対面授業に関する取り組みでは，2019〜2020 年度にかけて，本学の学部学生・大学院生 25 名を対象に，協調学習時の映像データを収集し，映像データから抽出した各学習者の姿勢情報（骨格モデルの各座標の時系列データ）をもとにグラフ畳み込みネットワークを利用した活性度推定モデルを構築した [4]．提案手法では，第三者の主観評価 Active/Passive）で平均 F1 マクロスコアは 0.72 を達成した。また，2022 年には，推定モデルの構築と並行して，Mixed Reality（複合現実）を用いた学習者の活性度可視化システムの試作と本学の学部学生・大学院生 54 名（学習者：46 名，TA：8 名）を対象にした Wizard of Oz 法による予備検証を行った（図 2)。

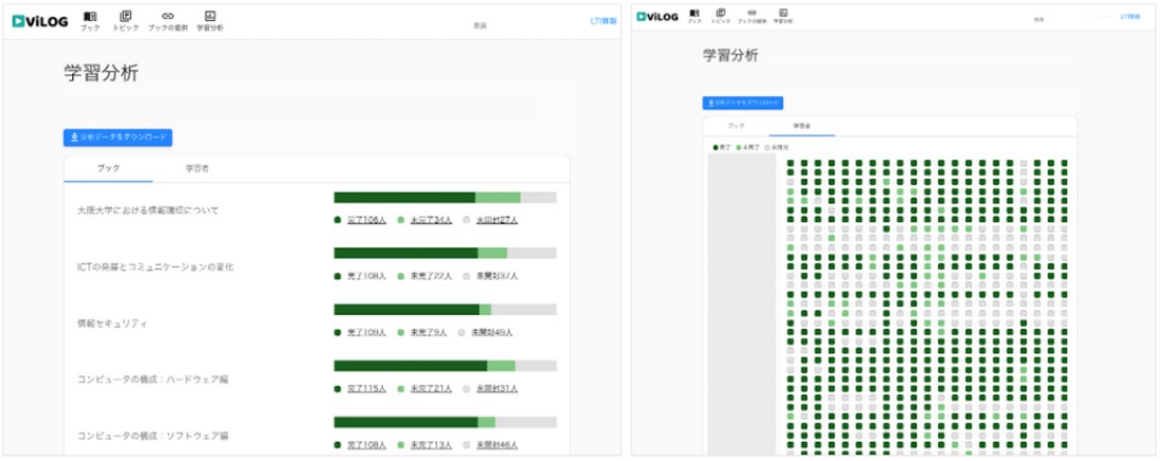


図 8: 講義動画視聴システムの可視化ダッシュボード

滋慶学園における実証実験においては．2023 年度の後期に実施された「e-sports 概論」を対象として，同期型オンライン講義 3 回，対面講義 1 回の計 4 回の講義において，合計 17 人の学生から 50 件，総計約 75 時間分の動画像とアンケートの回答データを収集した（図 10)．得られた動画データに対してこれまでのプロジェクトで開発した覚醒度推定アルゴリズムを適用し分析し，対面授業をオンライン授業において覚醒度の差がある可能性が明らかになった．また，授業の様子と同期して全ての学生の覚醒度可視化し，教師が俯瞰して閲覧できる環境を構築することによって，学生の覚醒度の傾向に基づいて，教師が授業を振り返ることができる環境を実現した（図 11)．大阪大学の外国語学部教員との共同研究では，本年度は具体的な実証実験計画を議論し，データ収集の準備を実施した．デジタルツールの使用と非使用の状態で，ライティング活動を視線が検出可能な一人称視点のカメラで記録し，ライティング活動を記録し質的分析により明らかにする．また，使用している道具や行動を認識できる機械学習モデルを用いることで認知プロセス

図 9: 協調学習実験の様子

を自動で推定することにより，大量のデータを処理できるようにする．次の段階ではより多くのデータを収集し，学習者のクラスタリングを通じて学習者の行動パターンを分析する計画を立てた．

図 10: 専門学校における授業の様子

発表文献

[1] D. Ishimaru, H. Adachi, H. Nagahara, S. Shirai, H. Takemura, N. Takemura, A. Mehrasa, T. Higashino, Y. Yagi and M. Ikeda, “Characteristics of Adaptation in Undergraduate University Students Suddenly Exposed to Fully Online Education During the COVID-19 Pandemic”, Frontiers in Psychiatry, Vol. 12, pp. 1517, 2021.

[2] R. Kawamura, S. Shirai, N. Takemura, M. Alizadeh, M. Cukurova, H. Takemura and H. Nagahara, “Detecting Drowsy Learners at the Wheel of e-Learning Platforms With Multimodal Learning Analytics”, IEEE Access, Vol. 9, pp. 115165-115174, 2021.

[3] S.Shirai, M.Hori, M.Furukawa, M.Alizadeh, N.Takemura, H.Takemura and H.Nagahara, “Design of open-source video viewing behavior analysis system”, In Companion Proceedings of the 12th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK22), Society for Learning Analytics Research, 82, March 23-25, 2022.

[4] 福井 嵐士, 武村 紀子, Mehrasa Alizadeh, 白井 詩沙香, 長原 一, “グラフ畳み込みネットワークを用いたグループ学習時の活性度推定”, 画像の認識・理解シンポジウム, 2021.

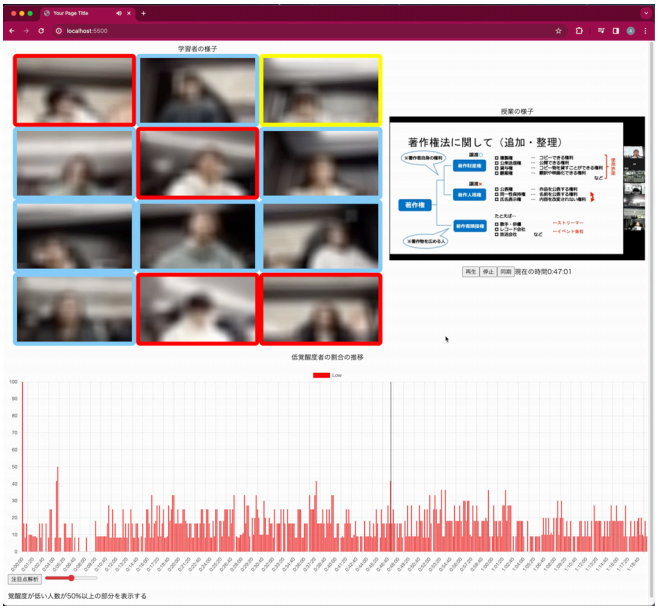


図 11: 授業の振り返り環境

4.3　データビリティ研究用基盤システムと実証実験フィールドの整備

4.3.1　はじめに

データビリティフロンティア機構では，多様な研究分野において生成されるビッグデータの利活用を推進し，データ駆動型の新たな学術研究の推進，さらには社会的，公共的，経済的価値の創造を促進するための学際共創研究や産学共創研究を推進しており，その研究基盤として，大量かつ多様性をもつデータの収集・蓄積や，AI 技術等による高度なデータ分析を可能にするプラットフォームの整備を進めている．また，大学キャンパスを対象とした実証フィールドとして，産業科学研究所，工学研究科センテラス周辺エリア，生命科学図書館，豊中グラウンドに映像設備を中心とした環境整備を推進している．以下，それぞれの整備内容を紹介する．

4.3.2　データビリティ研究用基盤設備の整備

データ駆動型の研究推進には，大量かつ多様なデータを蓄積し分析するための設備が必要である．これまでに，大量データを解析可能にするためのデータ処理用サーバ 24 台からなるプライベートクラウド環境，AI を用いたデータ分析研究のための GPGPU 搭載サーバ，大量データの蓄積および高速なアクセスを可能にする共有ストレージシステム，デジタルアーカイブ装置，ならびにそれらを接続するネットワーク装置を整備してきた．

データ処理用サーバには VMware 社の仮想化ソフトウェアが導入されており，データ分析処理のみならず，Web インタフェースによるデータ管理システムなど，様々な用途の仮想サーバを自由にデプロイすることができる．また，共有ストレージシステムとは FibreChannel により接続されており，大量データへの高速なデータアクセスが可能である．GPGPU 搭載サーバは，NVIDIA Tesla P100 または V100 が 4 基あるいは 8 基搭載されており，共有ストレージシステムには NFS を用いてアクセス可能である．共有ストレージシステムは，論理容量として約 1.3PB の容量を有している．現在は，データビリティ研究において分析すべきビッグデータの格納や，実証実験フィールドから収集される映像データや各種センシングデータの格納に活用している．これらのサーバやストレージシステムは 10Gbps の高速ネットワークで相互接続されている（図 12）．

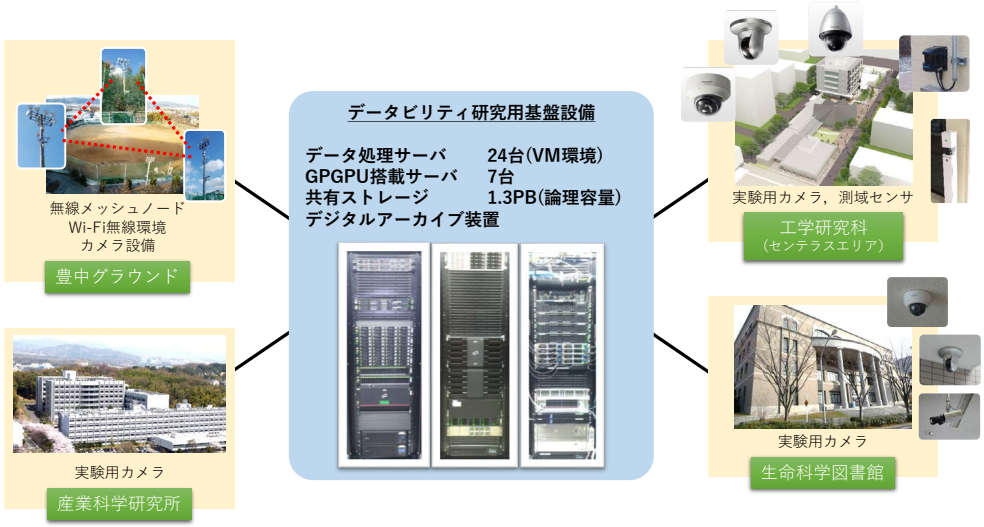


図 12: データビリティ研究用基盤設備と実証フィールド

図 13: センテラス食堂内外に設置したデジタルサイネージ

4.3.3　大学キャンパスにおける実証フィールド整備

データビリティフロンティア機構では，ビッグデータ利活用のための基盤技術の研究開発を推進するとともに，それらの基盤技術を実環境で実証し，それを社会実装する際に起こりうる課題を解決することも一つの大きな研究課題と考えている．そのための実証フィールドとして，産業科学研究所，工学研究科センテラス周辺エリア，生命科学図書館，豊中グラウンドに映像設備を中心とした環境整備を推進している．

工学研究科センテラス周辺エリアの実証フィールド

工学研究科センテラス周辺エリア（食堂・購買エリア）には，屋内（通路を含む）に 11 台，屋外に 5 台の計 16 台の実験用カメラと，計 15 台の測域センサ（レーザーレンジセンサ）を設置している．また，測域センサ近くには小型計算機（Raspberry Pi 3）がそれぞれ接続されており，フィールドに近い場所で何らかの処理を行う，いわゆるエッジコンピューティングの実証実験も可能にしている．これらの機器は，データビリティ研究用基盤設備に 10Gbps の高速専用ネットワーク回線で接続されており，高解像度映像データの収集が可能になっている．実験用カメラによる映像取得をはじめとするデータ取得は，撮影されうる者に対して，映像取得を行うことの目的やデータ管理の方法，撮影エリアなどを十分に告知・周知する必要がある．そのため，実証実験実施の告知・周知を行うための看板をセンテラスエリア周辺 5 か所に設置しており，また，デジタルサイネージをセンテラスエリアの食堂内 2 か所，食堂外通路に 1 か所設置している（図 13）．

2020 年 12 月からは，学際共創プロジェクト「スマートシティプロジェクト」において 16 台の実験用カメラの映像取得実験を開始し，2021 年度までは毎週 1 回の頻度で，2022 年度からは毎月 1 回の頻度で映像取得を行っている．映像取得実験にあたっては，実験内容や映像データの取り扱いについて実験説明会を開催して周知するとともに，デジタルサイネージによって実験内容やデータ取得の日程，取得される映像の内容などを表示させている（図 14）．

また，9 台の二次元測域センサから得られる距離データを分析し人流データとして可視化するシステムの構築を進めている（図 15）．このシステムは，測域センサ近くに設置した小型計算機で距離データの取得や背景除去などの処理を行い，それらの距離データをデータビリティ研究用基盤設備上に構築した仮想サーバ群で処理・蓄積する構成としている．

また，16 台のカメラ映像から GPU サーバを用いて人物検出処理および人物追跡処理を行い，そのデータを元に人流データとして出力するシステムの構築を行っている．さらに，測域センサによって抽出された人流データとカメラ映像によって抽出された人流データを相補的に活用した高精度な人流データ出力手法についても研究を推進している．これも本実証フィールドとデータビリティ研究用基盤設備の活用事例の一つである．

豊中グラウンドの実証フィールド整備

豊中グラウンドにおける実証実験フィールド整備は，スポーツ医科学におけるセンシングデータの利活用技術，特に競技力向上や障害予防についての研究開発及び実証実験を推進することを主な目的としている．加えて，大阪大学にお

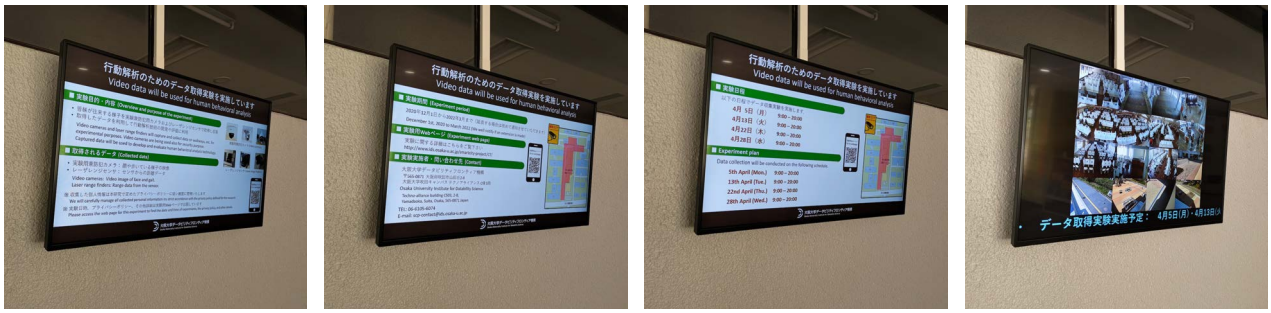


図 14: デジタルサイネージ表示画面（2021 年 4 月撮影）

図 15: センテラス周辺に設置した測域センサのデータ可視化

ける体育授業の高度化や，部活動での利活用も視野に入れた整備を行っている．

これまでに，グラウンドにおけるスポーツ活動を高精細映像で取得できるようにするため，4K 解像度で映像を取得可能な PTZ カメラをグラウンド周辺の照明塔などに 12 台整備するとともに，映像データの記録のための映像レコーダーおよび外部ストレージ，映像データを高度に解析するための GPGPU 搭載サーバが整備されている．また，グラウンド内で利用可能な Wi-Fi 環境も整備されており，グラウンド内でタブレット端末を用いてカメラを操作したり映像を録画・再生したりすることも可能である．この実証フィールドを用いて，2020 年 12 月には 78 名の被験者を集めたランニング映像収集が実施された．

これらの映像データを中心としたデータ取得・解析環境を，多様な用途（研究用途での活用，体育授業での活用，部活動での活用等）で容易に活用できるようにするには，利用するカメラの予約，映像録画の予約などを利用者自身が行える環境が必要である．そのような環境の実現を目指し，映像利活用プラットフォーム「TOYONAKA CAMERA STATION」の構築を行った（図 16）．このプラットフォームは，ユーザグループや個々のユーザに対するカメラ利用権限の設定や，ユーザごとのカメラプリセット設定，カメラ利用予約や映像録画予約，録画された映像の閲覧・管理等の機能を提供している．2023 年度にはこのプラットフォームの改修を進め，2024 年度からは大阪大学に新たに発足する組織である健康スポーツ科学教育教育研究環と協力し，体育授業や部活動における身体活動の計測等に活用していく予定である．

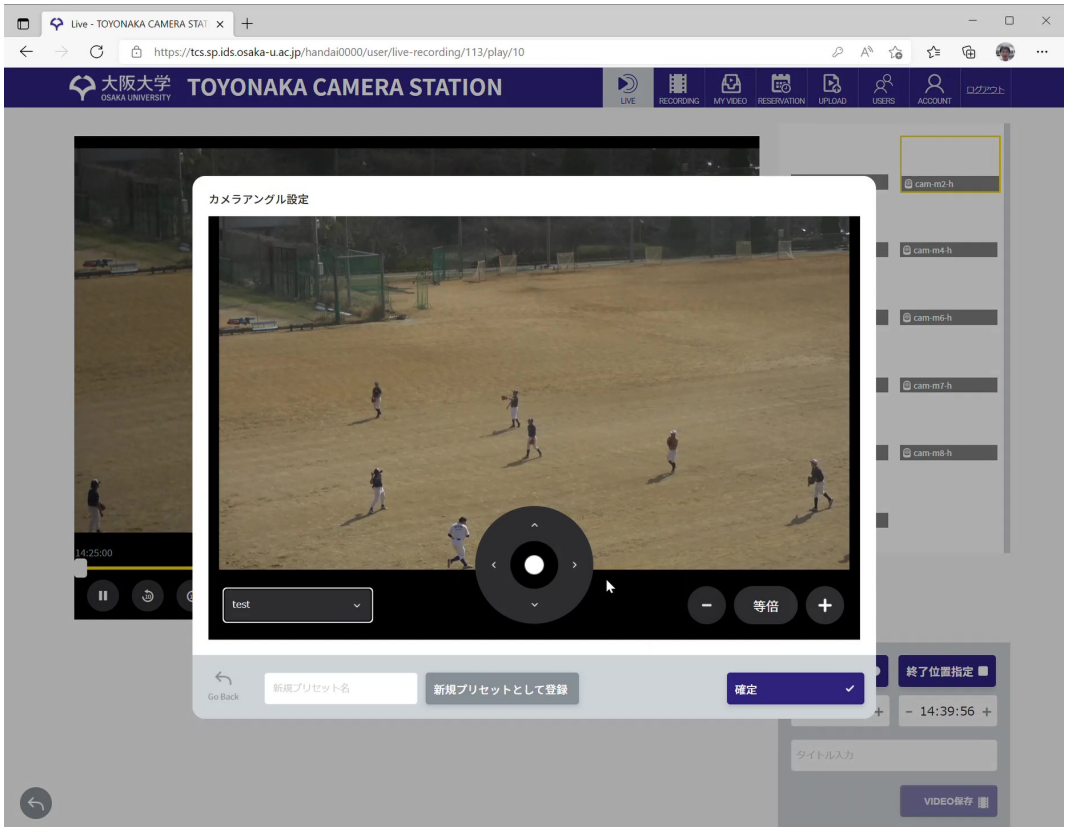


図 16: 豊中グラウンドにおけるデータ利活用プラットフォームの利用者画面

第 5 部

ライフデザイン・イノベーション研究拠点

5.1 Society 5.0 実現化研究拠点支援事業について

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おくることのできる、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、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．

5.2 事業概要

本研究拠点事業では，人々の医療・健康情報であるパーソナル・ヘルス・レコード (Personal Health Record : PHR) に，日常生活，職場や学校での活動，食事，スポーツ活動など，日常生活の様々な 活動データを加えたパーソナル・ライフ・レコード (PLR:Personal Life Records) を新しく提案し，収集した日常活 動データから疾病予知や予防，早期発見を目指した研究を実施する．

事業実施にあたり、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、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に取り組む．また、Society 5.0 社会に向けてデータ駆動型社会に革新を起こす試みとして、学術研究で得られる多様な高付加価値パーソナルデータを、民間における研究開発に利用可能なデータ流通の仕組みを確立することを目指す．

図 1: 事業の目的

5.3　2023 年度活動概要

本年度は、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い、我々が目指したい未来社会の 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ている．ユーザとの新たなインタラクションを実現可能なサイバネティクス アバター技術の適用を図った．また、医療データなどの他の既存のデータベースを PLR データに取り込むための基盤研究開発を継続実施した．

PJ1「データ取引の科学と技術」では、データの付加価値の向上を目的として、外部システムとのデータ連携を実現する拡張機能の研究開発を進め、社会実装課題の取り組みにて実現されるシステムと PLR 基盤の連携の仕組みの実証研究を行った．また、データを提供する個人の要望に対し、より柔軟に対応できる拡張版のデータ提供同意 (ダイナミックコンセント +) 手順の検討とその PLR 基盤での実証評価を行った．

データ連携の具体的取組の一つとして、PLR 基盤にて医療情報を連結して取り扱う手法およびその際に適切な利用者同意を取得する手法を検証し、実証研究を行った．また、大阪大学医学部附属病院保有の医療情報と PLR データを連携する際の技術的および倫理的な課題の洗い出しとそれらの解決のための基本的な枠組み検討を実施した．ELSI の観点では、研究データの二次利用のための同意のあり方を、同意の形式・内容・対象という観点から総合的に研究した．同意の前提としてデータ提供に伴うリスクを知るために、プライバシー影響評価 (PIA) の手法を ISO/IEC29134 の内容も反映させて PIA ガイドとしてまとめた．

また、「創造的データ市場の確立」テーマを推進し、ウェルビーイングな社会への展開を目指し、生活・オフィス・医療・学校・スポーツ分野をターゲットにそれぞれのマーケットのインサイト分析と戦略の構築を行った．さらにこれを通じてデータと社会を接する戦略的思考法のモデル化の検討を行った．

PJ2「高齢者の健康見守りサービス」では、箕面市を社会実装対象地区として、高齢者のための健康見守りサービスの構築取り組みを行った．健康寿命を決定している因子 (身体的因子・認知精 神的因子・それらのベースとなる睡眠・栄養、さらに独居など環境因子) を統合して個人単位に見 守るために、高齢者に対応可能な歩行動作からの身体的虚弱

の構成要素測定・提示システムの開発、 遠隔リハビリにより継続して運動を促し認知機能の悪化を防ぐシステムにより心肺機能向上・メンタルヘルスの改善等を目指した研究を行い、プレ実証実験の実施準備を行った．また、ステージ 1 で開発した高齢者用対話ロボットを拡張し、日常生活での運動習慣の定着を例として、生活習慣 の改善を促す対話知能を実現し動作させた．さらに、上記の測定結果を元に、身体・心肺機能・認知機能・メンタル・栄養・睡眠など各要素についての健康計測を行った結果と健康診断データに基づいて、フレイルおよび生活習慣病に関して統合したアドバイスを返し、行動変容支援を促進する ための方法について研究を行い、高齢者へのアドバイスを作成するアプリケーション (Ver1) を開発した．

PJ3「子育てしやすい社会」では、第一ステージにおける 1000 日見守りプロジェクト成果をもと に、自治体保有の情報 (母子健康手帳交付時に確認するチェックリスト、産婦検診時・新生児訪 問時、4 ヶ月検診時等における質問紙データ、インタビューデータなど) を含めた育児困難感関 連要因のデータ収集と解析を、都市型研究 (大阪府豊中市との共同研究) と地方型研究 (岡山県奈義町との連携協定に) として、それぞれ推進した．研究成果の社会実装に向けては、妊産婦対応を行う自治体の保健師向けの CPRA データの分析結果提示ソフトウエアを開発し、その有用性評価を実施した．また、大阪大学医学部附属病院の電子カルテ上に CPRA を実装し、産科問診時にす べての妊産婦に回答して頂くシステムを実現した．さらに WEB 座談会を活用したコンテンツ開発 とデータベース化を行い、LINE 上で視聴できるシステムを構築した．

PJ4「大学生の学びと心の健康支援」では、スマートフォンによる「学生生活・就学支援システム」を開発し、学生生活推定モデル」の構築を行ってきた．第一ステージで構築した「学生生活・就学支援システム」による学生生活推定モデル」を利用し、センシングした結果を各学生にフィードバックすることで状況の自己理解と生活習慣の改善を図る動機づけを行い、学生自身のモチ ベーション向上や行動変容を図る方法の研究開発を行った．多様な視点で対話に参加できる自由度を有するアバター対話空間を構成し、ボランティア被験者によってその使用感評価を行った．

また、社会実装の実現に向けて、滋慶学園 (専門学校法人) にて e スポーツの講義形式授業でのデ ータ収集と集中力可視化に関する検証を行った．

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、「データジャケット部会」「Well-being 部会」「スポーツワーケーション部会」の 3 つの部会を通した企業へのプロモーション強化を行った．また、一般向けには、大阪梅田グランフロント大阪ナレッジキャピタル The Lab を利用した体験プログラムを継続実施した．

また、独立行政法人 工業所有権情報・研修館 (INPIT) の協力を得て、知的財産コーディネータ 1 名の派遣を受け、本研究拠点における特許開発・強化活動を推進した．

また本拠点活動については、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 2024 年 2 月 29 日に、公開シンポジウム「ウェルビーイング向上への挑戦」を開催し、社会還元・社会周知を行った．

5.4　まとめ

2023 年度は、本研究拠点の第二ステージのスタート年度であり、第一ステージでの研究成果を活用し、社会実装を目指した 3 つの研究開発ソルーションプロジェクトに絞り込んで研究開発を進めた．また、データを安全・安心に利活用可能なデータ流通のエコシステムを実現するために、民間データや自治体データとの連携を目指した PLR 基盤の拡張機能を実現する研究開発を進めた．今後、実装先としては主に自治体を中心とした取り組みを推進していく予定であるが、実施組織が真に社会課題の解決を目指した事業を推進し、第二ステージ終了時にはデータの付加価値を更に高める兆しを示す社会的なエビデンスを示していく所存である．

参考情報

[1] ライフデザイン・イノベーション研究拠点　ホームページ
https://www.ids.osaka-u.ac.jp/ildi/index.html
[2] 一般社団法人 データビリティコンソーシアムのホームページ
https://cds.or.jp/

第 6 部

教育

6.1 ダイキン AI 講座

6.1.1 概要

ダイキン工業において情報科学分野を活用したさらなる事業拡大を狙うため，情報科学系人材を教育するダイキン情報技術大学を 2018 年度に設立した．大阪大学をはじめとする先端研究機関の教員が基礎から応用まで幅広い教育を行い，社内人材を育成する．適切な AI の技術開発手法を開発できる人材，AI 開発を外部へ委託・発注できる人材を育成するため，大阪大学教員による講義，演習（AI 技術開発講座）を実施した．受講生は，ダイキン工業の事業企画部門および R&D 部門の社員で AI 活用を推進するキーマンである．

6.1.2 講座内容

AI 啓発講義（デジタル変革と AI，科学技術と社会，情報システム基盤，デジタルツイン，情報セキュリティ），AI オムニバス講義（時系列予測，数理計画，画像認識，音響・振動，自然言語処理）を新入社員 48 名，既存社員 41 名の受講者を対象として行った（2023 年 7 月–2023 年 10 月）．各講義の担当表は以下のとおりである．

講義分類	講義内容	担当者
啓発講義	デジタル変革と AI	榮藤
（新入社員・既存社員）	科学技術と社会	岸本
	情報システム基盤	下條
	デジタルツイン	下西
	情報セキュリティ	猪俣
AI オムニバス講義	時系列予測	鬼塚，佐々木，鷲尾
（既存社員・任意受講）	数理計画（最適化）	森田，山口
	画像認識	槇原，村松
	音響・振動	下倉，小林
	自然言語処理	榮藤，梶原

6.2　人文学研究科デジタルヒューマニティーズ

大阪大学大学院人文学研究科では，最先端の IT 技術と人文学研究を高度に組み合わせて新時代の学問領域を切り拓く「デジタルヒューマニティーズ」を教育・研究上の特色としており，人文学研究科の学生は関連する科目を受講することができる．IDS では，当該研究科がデジタルヒューマニティーズに関連して提供する科目の一つである「デジタルヒューマニティーズ特殊講義」にて，AI 技術の人文科学分野への応用事例や，最新の AI 技術についての講義を担当した．

6.3　WPI ヒューマンメタバース疾患学研究拠点

WPI ヒューマンメタバース疾患学研究拠点では，医学部大学院生向けの講義として「ヒューマンメタバース疾患学概論」を 2024 年の秋学期の科目として開講している．この授業では，研究拠点に所属する研究者がこのプロジェクトに関係する，医学，生物学，情報学，統計学などの基礎や応用についての下記のようなオムニバス形式で講義を行なった．この講義において IDS の長原と岸本がそれぞれ 2 コマを担当した．

「ヒューマン・メタバース疾患学概論」講義

【オルガノイド疾患学】	
ヒューマン・メタバース疾患学総論	西田 幸二
オルガノイドデジタルツインの可能性	武部 貴則
軟骨オルガノイドを用いた変形性関節症デジタルツインモデルの構築	妻木 範行
循環器におけるヒューマンメタバース疾患研究	宮川 繁
生殖系オルガノイド疾患学	林 克彦
【生命システム・疾患定量学】	
細胞のための高解像度ビデオレコーダー	谷内江 望
蛍光高分子センサーとナノダイヤモンドを用いた細胞内温度計測	原田 慶恵
遺伝統計学による疾患病態解明・ゲノム創薬・個別化医療	岡田 随象
医工連携・基礎研究 社会実装 ウエアラブル生体計測技術 (hitoe) とテンソル心電図	塚田 信吾
量子技術による超高感度 MRI	根来 誠
シグナル伝達系のデータ駆動型数理モデリング	岡田 眞里子
【デジタル疾患学・疾患シミュレーション】	
医療画像解析のための機械学習	長原　一
数理モデルとオルガノイド実験の間のフィードバック	根本 孝裕
分子から薬へ：分子動力学シミュレーションを用いた個別化医療	信夫 愛
【システム評価学】	
ヒューマンメタバース疾患学の研究開発に関連する倫理的・法的・社会的課題	岸本 充生

第 7 部

専任教員の研究活動

知能情報基盤部門　教授（常勤）長原　一

【兼任】

- 情報科学研究科
- ヒューマンメタバース疾患研究拠点 (WPI PRIMe)　副拠点長
- 先導的学術機構　超次元ライフイメージング部門
- 先導的学術機構　共生知能研究センター

【研究活動】

- **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，その計測時間やその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，に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．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．
- **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．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．

- **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. 本提案は，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．
- **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の考える．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，学生学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．また，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．

【学際・産学共創プロジェクト】

- 補綴装置の見え方に光がどのように影響を与えているのかをコンピュータシミュレーションを含めて定量的に解析
- 自然言語処理法を適用した矯正歯科治療診断自動プロセスの高度化
- 全組織細胞イメージング/分子病態解析
- 素核物理実験および関連分野への深層学習の適用
- ヒューマンメタバース疾患研究拠点
- 機械学習を用いた細胞診画像診断支援に関する研究
- 画質劣化を抑えた画像処理システムに関する研究
- 精緻な社会シミュレーションの実現に向けた汎用的な詳細行動モデルの構築に重要な役割を果たすデータ拡張技術に関する研究

【外部研究費獲得状況】

- 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 他
- 2020-2023 年度, 科学研究費助成金 挑戦的研究 (開拓), “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”，(代表) 長原一，(分担) 日浦真作 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 他
- 2018-2023 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
- 新学術領域シンギュラリティ生物学，総括班，研究協力者

【教育活動】

- 情報科学研究科 「コンピュテーショナルフォトグラフィ」
- 情報科学研究科 「CS セミナー」
- 基礎工学部 「知識工学」
- データビリティコンソーシアム「実データで学ぶ人工知能講座」

【社会貢献】

- 情報処理学会研究担当理事
- 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
- エリアチェア: ICCV2023, CVPR2024, ECCV2024
- 査読委員：CVPR2023, ICCP2023, IEEE Trans. PAMI, IEEE Trans. TCI, IJCV, MIRU2023 他

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] Daiki Ishimaru, Hiroyoshi Adachi, Teruhiro Mizumoto, Viktor Erdelyi, Hajime Nagahara, Shizuka Shirai, Haruo Takemura, Noriko Takemura, Mehrasa Alizadeh, Teruo Higashino, Yasushi Yagi and Manabu Ikeda, “Criteria for detection of possible risk factors for mental health problems in undergraduate university students”, Frontier in psychiatry, June, 2023.

[2] Michitaka Yoshida, Akihiko Torii, Masatoshi Okutomi, Rin-ichiro Taniguchi, Hajime Nagahara and Yasushi Yagi, “Deep Sensing for Compressive Video Acquisition”, MDPI Sensors, Vol. 23, No. 17, issue 7535, pp. 1-19, Sep., 2023.

[3] Thuong Nguyen Canh, Trung Thanh Ngo, Hajime Nagahara, “Human-Imperceptible Identification With Learnable Lensless Imaging”, IEEE access, Vol. 11, pp. 95724-95733, 2023.

[4] Yasutaka Okita, Toru Hirano, Bowen Wang, Yuta Nakashima, Saki Minoda, Hajime Nagahara and Atsushi Kumanogoh, “Automatic evaluation of atlantoaxial subluxation in rheumatoid arthritis by a deep learning model”, Arthritis Research & Therapy, 2023.

[5] Masafumi Minakawa, Md. Abdul Wares, Kazuya Nakano, Hideaki Haneishi , Yoshihisa Aizu , Yoshio Hayasaki , Tetsuo Ikeda, Hajime Nagahara, Izumi Nishidate, “Measuring and imaging of transcutaneous bilirubin, hemoglobin, and melanin based on diffuse reflectance spectroscopy”, Journal of Biomedical Optics, Vol. 28, No. 10, Oct., 2023.

[6] Anh Ngoc Pham, Thoriq Ibrahim, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Hajime Nagahara, Keiichiro Kagawa, “Depth quality improvement with a 607 MHz time-compressive computational pseudo-dToF CMOS image sensor”, Sensors, Vol. 23, No. 23. issue 9332, Nov., 2023.

[7] Junya Sato, Tatsuya Matsumoto, Ryuta Nakao, Hideo Tanaka, Hajime Nagahara, Hirohiko Niioka, Tetsuro Takamatsu, “Deep UV-excited fluorescence microscopy installed with CycleGAN-assisted image translation enhances precise detection of lymph node metastasis towards rapid intraoperative diagnosis”, Scientific report, Vol. 13, No. 21363, Dec., 2023.

[8] Ryoya Mizuno, Keita Takahashi, Michitaka Yoshida, Chihiro Tsutake, Toshiaki Fujii, Hajime Nagahara, “Compressive Acquisition of Light Field Video Using Aperture-Exposure-Coded Camera”, ITE Transaction on Media Technology and Applications, Vol. 12, No. 1, pp. 22-35, Jan., 2024.

[9] Tomoki MINAMATA, Hiroki HAMASAKI, Hiroshi KAWASAKI, Hajime NAGAHARA, Satoshi ONO, “A Coded Aperture as a Key for Information Hiding Designed by Physics-in-the-Loop Optimization”, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E107-D, No. 1, Jan., 2024.

学会発表

[1] Xiayan Ji, Ahhyun Yuh, Hyonyoung Choi, Amanda Watson, Claire Kendell, Xian Li, James Weimer, Hajime Nagahara, Teruo Higashino, Teruhiro Mizumoto, Viktor Erdélyi, George Demiris, Oleg Sokolsky, Insup Lee, “CareLoop: Closed-Loop Sensing and Intervention for Gerontological Social Isolation and Loneliness”, ACM/IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER-PHYSICAL SYSTEMS, San Antonio, Texas, USA, May, 2023.

[2] Noriko Takemura, Haruya Sakashita, Shizuka Shirai, Mehrasa, Alizadeh and Hajime Nagahara, “Person Segmentation and Identification across Multiple wearable Cameras”, International Conference on Quality Control by Artificial Vision, Albi, France, June, 2023.

[3] Xiayan Ji, Xian Li, Ahhyun Yuh, Claire Kendell, Amanda Watson, James Weimer, Hajime Nagahara, Teruo Higashino, Teruhiro Mizumoto, Viktor Erdélyi, Oleg Sokolsky, Insup Lee, “Integrated Sensing Platform for Detecting Social Isolation and Loneliness In the Elderly Community”, IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies, Florida, USA, June, 2023.

[4] Chenhao Li, Trung Ngo Thanh, Hajime Nagahara, “Inverse Rendering of Translucent Objects using Physical and Neural Renderers”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vancouver, Canada, June, 2023.

[5] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, “Learning Bottleneck Concepts in Image Classification”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vancouver, Canada, June, 2023.

[6] Takumi Ohtsuka, Tomoyuki Kajiwara, Chihiro Tanikawa, Yuujin Shimizu, Hajime Nagahara, Takashi Ninomiya, “Automated Orthodontic Diagnosis from a Summary of Medical Findings”, Workshop on Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL2023 workshop, Toronto, Canada, July, 2023.

[7] Kensuke Uchida, Hajime Nagahara, Yasuyuki Matsushita, “A Compact BRDF Scanner with Multi-conjugate Optics”, International Conference on Computational Photography, Madison, WI, USA, July, 2023.

[8] Saurabh Kumar, Keiichiro Kagawa, and Hajime Nagahara, “Learning-assisted Matrix Pencil Method for Indirect Time of Flight Image Demixing”, International Conference on Computational Photography, Madison, WI, USA, July, 2023.

[9] Qi Zhou, Amartya Bhattacharya, Wannapon Suraworachet, Hajime Nagahara, Mutlu Cukurova, “Automated

Detection of Students' Gaze Interactions in Collaborative Learning Videos: A Novel Approach", European Conference on Technology Enhanced Learning, Aveiro, Portugal, Sep., 2023.

[10] Ryosuke Kawamura, Hideaki Hayashi, Noriko Takemura, Hajime Nagahara, "MIDAS: Mixing Ambiguous Data With Soft Labels for Dynamic Facial Expression Recognition", Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, Jan., 2024.

[11] Zongshang Pang, Yuta Nakashima, Mayu Otani, Hajime Nagahara, "Revisiting Pixel-Level Contrastive Pre-Training on Scene Images", Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, Jan., 2024.

[12] Jiahao Zhang, Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, "Instruct Me More! Random Prompting for Visual In-Context Learning", Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, Jan., 2024.

[13] ファム　ゴック　アン，安富 啓太，川人 祥二，長原 一，香川　景一郎，"時間圧縮コンピュテーショナル CMOS イメージセンサを用いた疑似直接法 ToF 距離計測の高精度化", LSI とシステムのワークショップ, May, 2023.

[14] 十川 哲、山本 祐輔、原地 絢斗、村松 歩、長原 一、武村 紀子、水野 (松本) 由子、下條 真司, "機械学習を用いた脳波による軽度認知症の鑑別に向けた特徴抽出", 日本生体医工学会大会, May, 2023.

[15] Wenbin Luo, Takafumi Iwaguchi, Hajime Nagahara, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki, "Pseudo Random Modulation on Base-modulation of I-ToF to Avoid Multi-ToF Interference", 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS1-11, July, 2023.

[16] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, "Learning Bottleneck Concepts in Image Classification", 画像の認識・理解シンポジウム, No. ITA-7, July, 2023.

[17] 城彰彦, 浦西友樹, 長原一, "微分可能レンダリングを用いた透明物体の自由視点画像生成", 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS2-4, July, 2023. 羽渕柊志, 高橋桂太, 水野良哉, 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. OS6A-S5, July, 2023.

[18] 吉田 道隆　ファム ゴック アン　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深層学習による疑似 dToF", 情報センシング研究会, Sep., 2023.

[19] 井上 竜汰，村松 歩，山本 祐輔，原地 絢斗，長原 一，武村 紀子，水野（松本）由子，下條 真司, "ウェーブレット解析を用いた認知症患者と健常者の脳波スケログラムの評価", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[20] 荒木 陽孝, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本） 由子, 下條 真司 , "てんかん異常波出現直前の脳波の特徴量抽出", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[21] 十川 哲, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本）由子, 下條 真司, "軽度認知障害における脳波の機械学習を用いたスクリーニング手法の開発", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[22] 川口 侑亮, 坂口 雄哉, 村松 歩, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 長原 一, 武村紀子, 水野（松本） 由子 , 下條 真司, "映像デバイスを用いた運動イメージ時における脳波の定量評価", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[23] 野口 大輝, 山本 祐輔, 村松 歩, 原地絢斗, 田邉 晃史, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本）由子, 下條 真司, "コヒーレンス解析を用いたうつ状態判別指標の開発", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[24] 田邉 晃史, 原地 絢斗, 山本 祐輔, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本） 由子, 下條 真司, "コヒーレンス解析および time lag 解析を用いた軽度認知障害患者の脳波の特徴出", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[25] 原地 絢斗、山本 祐輔、村松 歩、長原 一、武村 紀子、水野（松本） 由子、下條 真司, "Transformer を用いた情動刺激による脳波判別", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[26] 村松歩、山本祐輔、原地絢斗、田邉晃史、長原一、武村紀子、水野（松本）由子、下條真司, "視聴覚情動刺激時における脳波の無向ネットワーク解析を用いた媒介中心性の抽出 第 53 回日本臨床神経生理学会", Nov., 2023.

[27] 大木賢祥，岩崎昌子，田中純一，齋藤真彦，末原大幹，中島悠太，長原一，武村紀子, “加速器実験における機械学習を用いたトップクォーク識別手法の開発”, 物理学会, Mar., 2024.

産業財産権

[1] 池本紀子，長原一，多田智，森口悠, “被験者の状態を推定するためのコンピュータシステム，方法，およびプログラム”, 大阪大学，国立病院機構, 特許第 7357872 号 (2023 年 9 月 29 日)

ビッグデータ社会技術部門　教授　岸本　充生

【兼任】

- 社会技術共創研究センター
- 感染症総合研究教育拠点
- スチューデント・ライフサイクルサポートセンター
- 社会ソリューションイニシアティブ
- 先導的学際研究機構　共生知能システム研究センター
- 放射線放射線科学基盤機構

【研究活動】

- **情報技術のリスクガバナンスに関する研究**
  生体認証技術の利用に伴う様々なリスクについて，データ取得の同意や通知から利用や廃棄に至るまでの潜在的なリスクの特定，プライバシー影響評価 (PIA) の方法，監督機関や法規制を含むガバナンスのあり方などについて，海外動向調査も含めて調査・研究する．
- **責任あるデータハンドリングの手続き関する研究**
  ライフデザイン・イノベーション研究拠点事業をはじめとする研究プロジェクトや企業との共同研究を題材に，データの取得から保持，二次利用，廃棄にいたるまでのライフサイクルにおける，倫理的・法的・社会的課題（ELSI）を抽出したうえで，多様なケースに適用可能な指針を作成する．

【学際・産学共創プロジェクト】

- ライフデザイン・イノベーション研究拠点事業
- スマートシティプロジェクト

【外部研究費獲得状況】

- 2023-20273，Society 5.0 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」.（拠点長）西尾章治郎，（拠点本部長）八木 康史，（分担）岸本充生，他

【教育活動】

- 神奈川県立保健福祉大学ヘルスイノベーション研究科「ヘルスイノベーション概論」（4 月 12 日）
- 東京大学公共政策大学院「医療イノベーション政策」（4 月 25 日）
- 医療安全認定臨床コミュニケーター実習研修会 2023 講義（6 月 8 日）
- 大阪大学基礎工学/理学部「科学技術論 A2」（6 月 15 日）
- 大阪大学ナノ高度学際教育研究訓練プログラム 集中講義 「ナノテクノロジー社会受容特論 B」（6 月 24 日）
- 総務省自治大学校第一部課程「規制影響評価（RIA）の活用入門」（6 月 29 日）
- データビリティ人材育成講座「実データで学ぶ人工知能講座」（9 月 30 日）

- 東京大学「公共政策の経済評価」（12 月 22 日）
- 大阪大学 SEEDS 体感コース（12 月 23 日）
- 大阪大学ヒューマンメタバース疾患学講義（2 月 9 日）

【社会貢献】

- 日本リスク研究学会理事・副会長
- ISO TC262 国内委員会 リスクマネジメント規格原案作成委員会委員
- 原子力規制庁「放射線審議会」委員
- 総務省「政策評価審議会」「政策評価制度部会」専門委員
- 総務省「規制評価ワーキンググループ」委員
- 公正取引委員会「「競争評価検討会議」委員
- 国立国会図書館客員調査員

【研究業績リスト】

学会発表

[1] 岸本充生，安全概念のアップデートとそれに伴う風評への向き合い方の変化の可能性，日本原子力学会 2024 年春の年会（近畿大学東大阪キャンパス） 2024 年 3 月 26 日.

[2] 田中孝宣, 水町衣里, 鈴木径一郎, 鹿野祐介, カテライ・アメリア, 長門裕介, 井出和希, 星野哲朗, 加藤英人, 岸本充生，顔認証技術の適正な社会実装に向けたリスクアセスメント手法，電子情報通信学会総合大会 2024 年 3 月 8 日.

[3] 田中孝宣, 水町衣里, 鈴木径一郎, 鹿野祐介, カテライ・アメリア, 長門裕介, 井出和希, 八木絵香, 星野哲朗, 加藤英人, 岸本充生，顔認証技術の適正利用に向けた研究〜「10 の視点」の策定〜，研究・イノベーション学会 第３８回年次学術大会. 2023 年 10 月 29 日.

著書

[1] Catherine Régis, Jean-Louis Denis, Maria Luciana Axente, Atsuo Kishimoto (担当: 共編者 (共編著者)). Human-Centered AI A Multidisciplinary Perspective for Policy-Makers, Auditors, and Users. 2024 年 3 月 (ISBN: 9781032341613).

[2] 榎本 啄杜, 長門 裕介, 岸本 充生. RRI を量子技術領域へ適用する：政策レビュー. ELSI NOTE 38 1-25 2024 年 3 月.

[3] 工藤 郁子, 北川 梨津, 林 岳彦, 牧野 百恵, 岸本 充生，人事データ分析を利用した男女間賃金格差是正の取組み：株式会社メルカリにおけるケーススタディ. ELSI NOTE 36 1-25 2024 年 1 月.

[4] 岸本 充生, チェンルートレイシー スイ. 音楽ストリーミングサービスのアルゴリズムと ELSI（倫理的・法的・社会的課題）. ELSI NOTE 34 1-18 2023 年 11 月.

[5] 若林 魁人, 岸本 充生, 教育データ EdTech の ELSI（倫理的・法的・社会的課題）を考えるための国内外ケース集. ELSI NOTE 31 2023 年 9 月.

[6] 岸本 充生, カテライ アメリア, 井出 和希，生成 AI の倫理的・法的・社会的課題（ELSI）論点の概観: 2023 年 4〜8 月版 ーグローバルな政策動向を中心にー . ELSI NOTE No.30 2023 年 9 月.

[7] 森下 翔, 肥後 楽, 永山 翔太, 寺元 健太郎, 久保 健治, 長門 裕介, 鹿野 祐介, 小林 茉莉子, 岸本 充生. 「量子の未来」をめぐる 23 の話題：株式会社メルカリ mercari R4D 量子情報技術チームへの重点的グループインタビュー. ELSI NOTE 29 1-135 2023 年 8 月.

サービス創出・支援部門　教授　春本 要

【兼任】

- 情報科学研究科
- サイバーメディアセンター

【研究活動】

- **ライフデザイン・イノベーション研究拠点における情報システム基盤の開発と運用**
  ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) の第二ステージにおけるプロジェクト PJ1-1「データ流通基盤 PLR の機能拡張」の PI として，パーソナルデータの流通のための PLR 基盤の機能拡張を推進した．具体的には，PLR 基盤へのデータアップロードシステムの開発・運用を行うとともに，PLR 基盤における個人 UI の利便性向上のための改修，外部システムとのデータ連携による持続的なデータ登録の実現を推進した．特に個人 UI の改修においては，データ提供の要求のたびに同意を求める都度同意の手順に加えて，あらかじめデータ提供に同意しておき不同意の場合にはそれを撤回することが可能な撤回権付き包括同意の手順を提供する UI を開発した．また，外部システムとのデータ連携においては外部システムを連携するための API（データコネクタ）の開発を推進し，特に箕面市に開設を予定している「健康チェック村（仮称）」のサービス管理システムとの連携を見据えた検証を進めた．
  また，PJ2-1「高齢者の健康見守りサービス」における情報システム基盤の開発にメンバーとして参画し，上記「健康チェック村（仮称）」のサービス基盤システムの設計・開発に貢献した．
- **スマートシティプロジェクトにおけるデータ利活用プラットフォームの構築に関する研究**
  スマートシティプロジェクトにおけるセンテラスエリア周辺の実証実験フィールドを対象として，データ収集，蓄積，分析，可視化を効果的に行うためのデータ利活用プラットフォームの開発を推進している．2023 年度は特に，多数の測域センサで得られるデータから分散型ストリーム処理を用いて人物検出・人物追跡を行い人流データとして可視化するシステムの構築，多数の実験用カメラの映像から人物検出・人物追跡を行い人流データとして可視化するシステムの構築，および，それらを相補的に用いた人物追跡手法の研究を推進した．

【学際・産学共創プロジェクト】

- 人間総合デザイン部門「スマートシティプロジェクト」

【学内運営】

- 全国ダイバーシティネットワーク事業における貢献
  大阪大学が代表機関として推進している文部科学省平成 30 年度科学技術人材育成費補助事業「ダイバーシティ研究環境イニシアティブ（全国ネットワーク中核機関（群））」の活動において「全国ダイバーシティネットワークプラットフォーム運営委員会」及び「アンケート分析ワーキンググループ」に参加し，女性研究者を取り巻く研究環境整備や研究力向上に取り組む諸機関をつなぐ「全国ダイバーシティネットワーク」の取り組みに貢献した．特に，2019 年度に実施した研究者向けアンケート調査の結果に基づいて日本学術会議男女共同参画分科会アンケート検討小分科会が発出した提言「大学・研究機関における男女共同参画推進と研究環境改善に向けた提言―日本学術会議アンケート調査結果を踏まえて―」（2023 年 8 月）の作成において，アンケートデータのグラフ化・分析に貢献した．
- オープンサイエンス推進室における貢献

研究推進本部の元に設置されたオープンサイエンス推進室に室員として参画し，大阪大学における研究データの有効利活用に関する取り組みに貢献した.

【外部研究費獲得状況】

- 2023-2027 年度, 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”, PJ1-1「データ流通基盤 PLR の機能拡張」プロジェクトリーダー，PJ2-1「高齢者の健康見守りサービス」分担者.

【教育活動】

- 工学部電子情報工学科 2 年次配当「データベース工学」(14 回)
- 工学部電子情報工学科 2 年次配当「情報システムネットワーク及び演習」(3 回)

【社会貢献】

- 日本データベース学会 論文誌編集委員
- 電子情報通信学会 ソサイエティ誌編集委員会 査読委員
- 日本学術会議 特任連携会員（科学者委員会男女共同参画分科会アンケート検討小分科会）(2023 年 9 月 30 日まで)

知能情報基盤部門　教授　中島 悠太

【兼任】

- 情報科学研究科
- 先導的学際研究機構 共生知能システム研究センター

【研究活動】

- **視覚情報データセットからの言語創発**
  創発的研究支援事業では，映像記述に適した言語的表現の創発を目指した研究を実施している．本年度は，学習による言語の創発に取り組んだ。手書き数字認識のためのデータセットである MNIST を利用して画像エンコーダ部から言語的表現を出力し，それを言語表現デコーダ部に入力し，その出力を任意のタスクに利用する．タスクとして数字認識とともに，元の画像を再構成するタスクによりモデルを学習した．結果，言語表現は同じ数字に対してある程度の類似性が見えるものとなった．
- **ビジョンと言語タスクにおけるバイアスの解析と低減**
  近年，ニューラルネットワークは訓練で使われたデータセットが含むバイアスを引き継ぐ，もしくは増幅することが知られるようになった．科研費基盤研究（A）では，特にビジョンと言語に関するタスクにおける社会的属性（性別，人種など）に関するバイアスに注目し，データセットやモデルが持つこれらのバイアスを定量化した．さらに，バイアスを低減するアプローチとして，データセットの社会的属性の分布をランダム化するなどの方法を提案した．
- **ラベルの曖昧性を受容するモデルの実現**
  ニューラルネットワークをはじめとする機械学習手法では，基本的には一つの入力データに対して単一のラベルが付与される．一方絵、例えば，絵画の解釈であったり感情の表出（もしくはその受け取り方）は人によって異なると考えるのが自然である．COI-NEXT では，アノテータ間の考え方の違いや，感情などの場合は個人の表出の違いなどに起因するラベルの曖昧性，つまり一つの入力データに対してラベルが分布を持つ場合に，これらの多様性を考慮したモデルを構築する．合成データセットでのパイロットスタディを実施し，研究の方向性を確認した．

【学際・産学共創プロジェクト】

- 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
- 素核物理実験および関連分野への深層学習の適用
- AI ホスピタル
- アートの視覚的パターンの発見と時空間へのマッピング
- 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
- 野球の打者の選球眼に寄与する頭部及び眼球運動の役割
- 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 a

【外部研究費獲得状況】

- 2023-2027 年度, 科研費基盤 (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,” (研究代表者) 中島悠太
- 2022-2024 年度, JST 創発的研究支援事業フェーズ 1, “映像記述のための言語を創出する人工知能の実現,” (研

究代表者) 中島悠太

- 2023-2032 年度, JST 共創の場形成支援プログラム（地域共創分野）, “住民と育む未来型知的インフラ創造拠点,” (研究代表者) 関谷毅
- 2023-2027 年度, 科研費基盤 (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,” (研究代表者) 藤岡穣
- 2023-2027 年度, 科研費基盤 (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,” (研究代表者) 長原一
- 2022-2025 年度, 科研費基盤 (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,” (研究代表者) 川崎良

【教育活動】

- 学生指導
  - 学部学生指導（基礎工学部 3 名）
  - 博士前期課程学生指導 (情報科学研究科 2 名)
  - 博士後期課程学生指導 (情報科学研究科 6 名)
- 一般社団法人データビリティコンソーシアム 実データで学ぶ人工知能講座「コンピュータビジョン」
- 大阪大学人文学研究科「デジタルヒューマニティーズ特別講義」

【社会貢献】

- 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 運営委員
- 第 25 回画像の認識・理解シンポジウム エリアチェア
- 各種査読委員 (CVPR, ECCV, AAAI, IEEE TPAMI など)

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] Bowen Wang, Jiaxin Zhang, Ran Zhang, Yunqin Li, Liangzhi Li, and Yuta Nakashima, “Improving facade parsing with vision transformers and line integration,” Advanced Engineering Informatics, vol. 60, 102463, 2024.

[2] Yasutaka Okita, Toru Hirano, Bowen Wang, Yuta Nakashima, Saki Minoda, Hajime Nagahara, and Atsushi Kumanogoh, “Automatic evaluation of atlantoaxial subluxation in rheumatoid arthritis by a deep learning model,” Arthritis Research & Therapy, vol.‘25, no. 181, Sep. 2023.

[3] Hitoshi Teshima, Naoki Wake, Diego Thomas, Yuta Nakashima, Hiroshi Kawasaki, and Katsushi Ikeuchi, “ACT2G: Attention-based contrastive learning for text-to-gesture generation,” Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques, vol. 6, no. 3, pp. 1–17, Aug.2023.

[4] Zekun Yang, Yuta Nakashima, and Haruo Takemura, “Multi-modal humor segment prediction in video,” Multimedia Systems, vol. 29, 2389 – 2398, Jun. 2023.

[5] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, and Hajime Nagahara, “Real-time estimation of the remaining surgery duration for cataract surgery using deep convolutional neural networks and long short-term memory,” BMC Medical Informatics and Decision Making, vol. 23, no. 1, 80, May 2023.

学会発表

[1] Zongshang Pang, Yuta Nakashima, Mayu Otani, and Hajime Nagahara, “Revisiting pixel-level contrastive pre-

training on scene images," in Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), Jan. 2024, 1784–1793.

[2] Jiahao Zhang, Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara, "Instruct me more! Random prompting for visual in-context learning," in Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), Jan. 2024, 2597–2606.

[3] Wanqing Zhao, Yuta Nakashima, Haiyuan Chen, and Noboru Babaguchi, "Enhancing fake news detection in social media via label propagation on cross-modal tweet graph," in Proc. ACM International Conference on Multimedia (MM), Sep. 2023, 2400–2408.

[4] Guillaume Habault, Minh-Son Dao, Michael Alexander Riegler, Duc Tien Dang Nguyen, Yuta Nakashima, and Cathal Gurrin, "ICDAR'23: Intelligent cross-data analysis and retrieval," in Proc. ACM International Conference on Multimedia Retrieval, Jun. 2023.

[5] Yankun Wu, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, "Not only generative art: Stable diffusion for content-style disentanglement in art analysis," in Proc. 2023 ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), Jun. 2023, 199–208.

[6] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara, "Learning bottleneck concepts in image classification," in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 10962–10971.

[7] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, "Model-agnostic gender debiased image captioning," in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 15191–15200.

[8] Noa Garcia, Yusuke Hirota, Yankun Wu, and Yuta Nakashima, "Uncurated image-text datasets: Shedding light on demographic bias," in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 6957–6966.

[9] Mayu Otani, Riku Togashi, Yu Sawai, Ryosuke Ishigami, Yuta Nakashima, Esa Rahtu, Janne Heikkilä, and Shin'ichi Satoh, "Toward verifiable and reproducible human evaluation for text-to-image generation," in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 14277–14286

著書

[1] 井尻善久, 牛久祥孝, 片岡裕雄, 藤吉弘亘, 延原章平, コンピュータビジョン最前線 Spring 2024. 共立出版, Mar. 2024.,

その他

[1] Yuta Nakahimma, "Mitigating social bias in image captioning models — introduction of paper: Model-agnostic gender debiased image captioning," The International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV), Feb. 2024 **(invited)**.

[2] 中島悠太, "Ai に潜むバイアス," 産総研人工知能研究センター AI セミナー, Dec. 2023.

[3] 中島悠太, "Vision and Language の現状とバイアス," 第 22 回情報科学技術フォーラム, Sep. 2023 **(invited)**.

[4] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara, "Learning bottleneck concepts in image classification," 第 26 回画像の認識・理解シンポジウム, Jul. 2023.

[5] Mayu Otani, Riku Togashi, Yu Sawai, Ryosuke Ishigami, Yuta Nakashima, Esa Rahtu, Janne Heikkilä, and Shin'ichi Satoh, "Toward verifiable and reproducible human evaluation for text-to-image generation," 第 26 回画像の認識・理解シンポジウム, Jul. 2023 **(invited)**.

[6] Yuta Nakashima, "Concept discovery from an image dataset: Toward image representation with an emergent language," Seventh International Workshop on Symbolic-Neural Learning, Jun. 2023 **(invited)**.

知能情報基盤部門　特任教授（非常勤）　馬場口　登

【研究活動】

- **多様なモダリティによる高度なフェイクメディア生成と無毒化**

本研究プロジェクトは、AI により生成されたフェイクメディア（Fake Media：FM）がもたらす潜在的な脅威に適切に対処すると同時に、多様なコミュニケーションと意思決定を支援するソーシャル情報基盤技術を確立することを目的とする。具体的には、AI により生成されたフェイク映像、フェイク音声、フェイク文書などの多様なモダリティによる FM を用いた高度な攻撃を検出・防御する一方で、信頼性の高い多様なメディアを積極的に取り込むことで人間の意思決定や合意形成を促し、サイバー空間における人間の免疫力を高めるソーシャル情報基盤技術を確立する。図 1 に本研究プロジェクトの概略図を示す。本テーマは、文部科学省が選定した戦略目標「信頼される AI」のもとに発足した JST/CREST「信頼される AI システムを支える基盤技術」の一環として推進され、国立情報学研究所、東京工業大学などとの共同研究である。

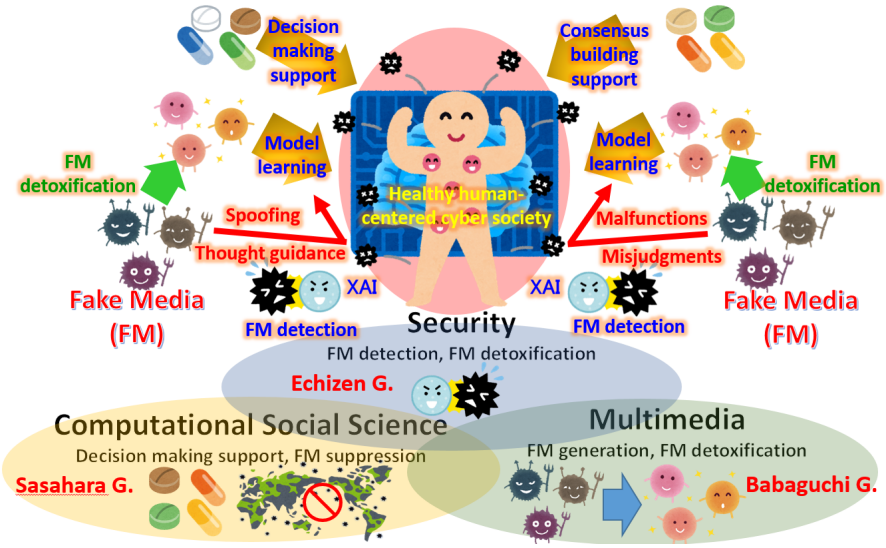


図 1: 研究プロジェクトの概要

現在、AI により生成される FM として 3 つの型を取り上げ検討を進めている。具体的には、本物に限りなく近いが本物ではないメディアクローン（MC）型 FM、世論操作などを目的として素材となるメディアを意図的に編集して生成したプロパガンダ（PG）型 FM、人間には識別困難だが、AI 技術を誤動作・誤判定させることを目的に生成した敵対的サンプル（AE）型 FM を取り上げ、これらの FM を生成、検出する技術を確立する。特に、PG 型 FM の表現メディアである画像と動画（音響を含む）を対象に、人間に対して印象操作を促す表現や編集の技法を明らかにするとともに、知能メディア技術と機械学習を援用して FM の生成と認識に取り組んでいる。

PG 型 FM の具体例として、政治広告映像を取り上げ、思考誘導や印象操作のもととなるコミュニケーション技術を 10 種に類型化した上で、そのラベルを付与したデータセット PALADIN (PoliticAL ADvertisement video INtention) を構築した。PALADIN は約 13000 本の映像からなり、１つの映像の長さは 15 秒で、1 映像あたり 3 セットのラベル付けデータ（アノテーションデータ）を用意した。アノテータは、我々が作成したアノテーションシステムを利用して、対象映像を視聴した後、コミュニケーション技術の出現する時区間の開始時刻

と終了時刻及びラベルを手作業で付ける。

今年度は、PALADIN に対し、ラベルの分布を調査するとともに、コミュニケーション技術の自動検出法を検討した。PALADIN を PG 型 FM の判定・解析・生成の基盤データに整備していき、今後、オープン化する予定である.

【外部研究費獲得状況】

- 2020-2025 年度, JST CREST「信頼される AI システムを支える基盤技術」, “インフォデミックを克服するソーシャル情報基盤技術”, (研究代表者) 越前功（国立情報学研究所） (主たる共同研究者) 馬場口登、笹原和俊（東京工業大学）; 大阪大学受託課題 “多様なモダリティによる高度なフェイクメディア生成と無毒化”

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] Mahdi Khosravy, Kazuaki Nakamura, Naoko Nitta, Nilanjan Dey, Rubén González Crespo, Enrique Herrera-Viedma, and Noboru Babaguchi, ”Social IoT Approach to Cyber Defense of a Deep-Learning-Based Recognition System in Front of Media Clones Generated by Model Inversion Attack”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol.53, issue5, pp.2694-2704, May 2023.

[2] Wanqing Zhao, Yuta Nakashima, Haiyuan Chen, and Noboru Babaguchi, ”Enhancing Fake News Detection in Social Media via Label Propagation on Cross-modal Tweet Graph”, in Proceedings of 18th International Conference on Multimedia, pp.2400-2408, Ottawa, Canada, Oct. 2023.

その他

[1] 映像情報メディア学会　2022 年ベストアーティクル賞, 2023 年 5 月.

[2] 電子情報通信学会　情報・システムソサイエティ論文賞, 2023 年 7 月.

知能情報基盤部門　准教授（常勤）　早志 英朗

【兼任】

- 情報科学研究科
- 先導的学際研究機構 共生知能システム研究センター

【研究活動】

- **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**
  科研費基盤（B）では，深層ニューラルネットワークの不確実性推定と大量のサンプル取得が困難なデータ（希少データ）の解析に関する研究を行っている．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．2023 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を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，その成果の一部は AI 分野のメジャー会議である WCCI2024 へ採択された．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，国内会議で発表予定である．
- **行動センシングによる学習中の状態推定**
  Society 5.0 に関する研究の一環として，ICT を活用した新たな学習支援を目指し，行動センシングによる学習中の学生の状態を推定する手法を開発している．本研究では，学習中の学生の映像から授業に対する集中度や反応，対面学習における他の学生との協調性を推定し，適切な難易度調整や議論への介入を行うことで効果的な学習を目指す．2023 年度の成果として，顔の動画像から曖昧な感情推定を行うためのデータ拡張技術を開発し，実環境における表情認識のためのデータセットである DFEW dataset において，state-of-the-art 手法の性能を超える認識率を達成した．この成果はコンピュータビジョン分野のメジャー会議である WACV2024 に採択された．また，micro expression と呼ばれるごく微小な表情の変化を検出・認識するアルゴリズムを提案し，分野のスタンダードな 2 種類のデータセット（SAMM-LV および CAS(ME)^2）において，state-of-the-art 手法を超える性能を達成した．この成果は FG2024 に採択された．
- **顎関節疾患を対象とした歯列データと MRI データの解析**
  歯学部との共同研究として，顎関節疾患に起因する顎偏位メカニズムの解明を目的とした歯列データと MRI データの解析に関する研究を行っている．顎関節関節円板転位や下顎頭吸収に関連するすれ違い咬合や開咬（上下の歯が咬み合わない状態）などの咬合変化は，咀嚼・摂食機能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．本研究の目的は，顎関節症の患者の顎関節 MRI データならびに歯列の光学印象データを解析することで，このメカニズムを解明することである．2023 年度の成果としては，顎関節症症状ならびに咬合不良を主訴として大阪大学歯学部病院へ来院した患者 500 名の顎関節 MRI データならびに歯列の光学印象データを収集し，解析可能なデータセットを構築した．また，咬合不良を定量化するため，深層学習を用いた歯列データのセグメンテーションに取り組んだ．

- **実世界画像で用いられるフォントスタイルと文脈要素との関係解析**
  世の中には様々なフォントスタイルが存在し，人が感じる印象はフォントスタイルごとに異なるため，グラフィックデザインにおいてそれらは文脈に応じて使い分けられている．しかし，この使い分けはデザイナーの経験則に基づくため，どのような文脈でどのようなフォントスタイルが用いられるかは明らかではなかった．本研究では，3 種類の大規模な実世界画像データセットを用いて，文脈要素とフォントスタイルの関係を解析した．具体的には，画像中のテキストを検出し，それらの単語情報やスタイル情報を word2vec や CNN を用いてベクトル化することで，単語とスタイルの関係を定量的に明らかにした．さらに，情景画像の場合は画像内の物体，書籍表紙画像の場合は書籍ジャンルといった，画像に付随する情報と使用されているフォントスタイルとの関係についても解析した．この成果は文書画像解析のトップ会議である ICDAR2023 に採択された．

【学際・産学共創プロジェクト】

- 未来の学校支援プロジェクト
- 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

【外部研究費獲得状況】

- 2021–2023 年度，科学研究費助成金 基盤研究（B），“知識埋め込み型ベイズ深層学習の提案と希少データ解析への応用”，(代表) 早志英朗 (分担) 古居彬
- （新規採択）2024–2026 年度，科学研究費助成金 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 (分担) 古居彬

【教育活動】

- 学生指導
  - 海外インターン学生指導（フィリピン 1 名，中国 1 名）
  - 学部 4 年生指導（基礎工学部 2 名）
  - 博士前期課程学生指導（他大学 2 名）
  - 博士後期課程学生指導（1 名）
- 大学院情報科学研究科「コンピュータサイエンス基礎論」
- 大学院情報科学研究科「知能システム概論」
- 全学教育推進機構「コンピュータアルゴリズム入門」
- 基礎工学部「情報論 A」
- 基礎工学部「知識工学」
- 基礎工学部「基礎工学 PBL（情報工学 B)」
- 基礎工学部「ゼミナール B」
- 九州大学特別講義「生命情報科学特別講義」

【社会貢献】

- MIRU2023 ワークライフバランス企画 委員
- 各種査読（IEEE TNNLS, Pattern Recognition, 電子情報通信学会論文誌, AAAI，ECCV，WACV 等）

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] Hideaki Hayashi, A Hybrid of Generative and Discriminative Models Based on the Gaussian-coupled Softmax

Layer, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, DOI: 10.1109/TNNLS.2024.3358113, 2024 (early access).

国際会議論文

[1] 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 (accepted).

[2] Yicheng Deng, Hideaki Hayashi, Hajime Nagahara, Multi-Scale Spatio-Temporal Graph Convolutional Network for Facial Expression Spotting, Proceedings of the International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2024), Istanbul, Turkey, May 27–31, 2024 (accepted).

[3] Ryosuke Kawamura, Hideaki Hayashi, Noriko Takemura, Hajime Nagahara, MIDAS: Mixing Ambiguous Data with Soft Labels for Dynamic Facial Expression Recognition, Proceedings of the Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV 2024), Hawaii, USA, January 4–8, 2024.

[4] Naoya Yasukochi, Hideaki Hayashi, Daichi Haraguchi, Seiichi Uchida, Analyzing Font Style Usage and Contextual Factors in Real Images, Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2023), San Jose, USA, August 21–26, 2023.

国内学会発表

[1] 近藤里咲, 大塚琢生, 梶原智之, 二宮崇, 早志英朗, 中島悠太, 長原一, 大規模言語モデルによる日本語感情分析の性能評価, 情報処理学会第 86 回全国大会, pp.859–860, March 15–17, 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, 人工知能学会第 38 回全国大会, 3Xin2-104, May 28–31, 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. 人工知能学会第 38 回全国大会, 4Xin2-12, May 28–31, 2024.

[4] 宝満竜一, 内田誠一, 田中聖人, 早志英朗, ランキングと分類による疾病重症度の推定, 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 05-2A-01, September 7–8, 2023.

[5] 鳥羽真仁, 内田誠一, 早志英朗, Energy-based model を用いた信頼度較正と疑似ラベル学習への応用, 画像の認識・理解シンポジウム, IS1-30, July 25–28, 2023.

ビッグデータ社会技術部門　特任講師（常勤）　山本 奈津子

【兼任】

- 大阪大学大学院 医学系研究科　医の倫理と公共政策学
- 大阪大学 社会技術共創研究センター (ELSI センター)
- 国際日本文化研究センター（共同研究員）

【研究活動】

- **個人に関するデータの利活用と保護に関する研究**
  個人に関するデータは、デジタル化により多様に利活用されており、国内外の研究や経済活動等の展開にますます重要になっている。個人に関するデータのデジタル化とその利活用による社会システムのイノベーション、とりわけデジタルヘルス分野における倫理的・法的・社会的課題の調査と、課題解決のための理論的および実証的研究を行なっている。

【学際・産学共創プロジェクト】

- 大阪大学　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
- 慶應義塾大学　研究成果展開事業　産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム OPERA　PeOPLe 共創・活用コンソーシアム WG5

【外部研究費獲得状況】

- RISTEX 戦略的創造研究推進事業 (社会技術研究開発) 科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題 (ELSI) への包括的実践研究開発プログラム
  「公正なゲノム情報利活用実現への ELSI ラグを解消する法整備モデルの構築」(代表：京都府立医大・瀬戸山晃一、R4-R7)（研究分担者：山本奈津子）
- RISTEX 「人と情報のエコシステム」研究開発領域 研究開発プロジェクト「ヘルスケアにおける AI の利益をすべての人々にもたらすための市民と専門家の関与による持続可能なプラットフォームの設計」(代表：山本ベバリーアン、R1-R5（延長）)（研究分担者：山本奈津子）
- 科学研究費補助金基盤 B「ゲノム医療の法的基盤整備に向けた多分野横断的研究」（代表：東京大学・米村滋人、R5-R7）（研究分担者：山本奈津子）

【教育活動】

- 医学研究倫理各論（大阪大学大学院医学系研究科、オムニバス形式）

【社会貢献】

- 厚生労働省　生命科学・医学系研究等における個人情報の取扱い等に関する合同会議/医学研究における個人情報の取扱いの在り方に関する専門委員会　厚生科学審議会専門委員

- 奈良先端科学技術大学院大学 人を対象とする研究に関する倫理審査委員会委員
- 長浜バイオ大学　研究倫理審査委員会委員
- 日本ユーザビリティ医療情報化推進協議会　健康医療情報が拓く未来会議委員
- 全国大学等遺伝子研究支援施設連絡協議会 Gene Drive ワーキンググループ委員
- 株式会社サイフューズ　研究倫理審査委員会委員
- 大阪大学医学部附属病院　治験審査委員会委員
- 東京大学医科学研究所　バイオバンク・ジャパン アドバイザリーボード委員

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] Shinichi Namba, Masato Akiyama, Haruka Hamanoue, Kazuto Kato, Minae Kawashima, Itaru Kushima, Masahiro Nakatochi, Soichi Ogishima, Kyuto Sonehara, Ken Suzuki, Atsushi Takata, Gen Tamiya, Chizu Tanikawa, Kenichi Yamamoto, Natsuko Yamamoto, and Yukinori Okada "Technical and ethical challenges in polygenic embryo selection" Nature Human Behaviour (Under revision)

学会発表

[1] 山本奈津子「人の多因子形質に関する遺伝子・ゲノム研究の進展と社会実装に関する倫理的課題」日本双生児研究学会第 38 回学術講演会、2024 年 1 月 27 日（土）京都大学楽友会館（招待講演）

その他

[1] 健康医療情報が拓く未来会議 ゲノムのある診察室研究ワーキンググループ「『人類の遺産としてのヒトゲノム』-DNA の日-共に繋ごうゲノムの未来」（コラム）2024 年 4 月 25 日
https://medical-mirai.com/wp-content/uploads/c15bbc3447ed9074b54cea84118c53e1.pdf

ビッグデータ社会技術部門　特任助教（常勤）　大橋 範子

【研究活動】

1. **所属する PJ1-1「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」における、社会受容性向上への取り組み**
   本プロジェクトの、令和 5 年度実施計画は以下の①・②の 2 項目である。

   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
   令和 5 年度の計画では、大阪大学附属病院が実施する社会実装課題 1 件と、阪大病院医療情報銀行 (SMBC) 1 件を対象として、連携に必要な仕組みの整備に着手が掲げられており、本プロジェクトが実施したのは、医療情報との連携に関する倫理的課題の検討である。
   自身が本業務に従事したのは、2023 年 10 月からであり、こうした検討のうち、PLR 口座利用者対象のデプスインタビュー調査に向けての準備及び実施に携わった。また様々な同意手法や同意能力に関する諸問題について研究を行った。
   データガバナンス研究業務に関連するものとしては、「高齢者および死者のゲノム・臨床データの公的データベースでの最近の取扱動向」、「個人ゲノム・臨床データの国内での共有に関するゲノム医療推進法や個人情報保護法をめぐる動向」について、ライフサイエンス統合データベースの専門家へのインタビューを行うなどした。

   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
   箕面健康チェック村の運用開始に向けての、プライバシー影響評価の手法を用いたリスクアセスメント検討会に加わり、検討を行った。

2. **偶発的所見・二次的所見をめぐる諸問題に関する研究**
   ゲノム・遺伝子解析の普及にともない現出した、偶発的所見および二次的所見の取り扱いをめぐる問題について、自身の科研費基盤研究 C（「偶発発的所見（IF）・二次的所見（SF）の返却における非医学的対処可能性の検討」）のテーマである、非医学的対処可能性の観点から研究を実施した。

3. **ポリジェニックスコアに関する研究**
   JST/RISTEX「科学技術の倫理的･法制度的･社会的課題（ELSI）への包括的実践」「公正なゲノム情報利活用実現への ELSI ラグを解消する法整備モデルの構築（研究代表者：瀬戸山晃一（京都府立医科大学）、令和 5 年度～7 年度）の研究分担実施者として、一般市民を対象とした、ポリジェニックスコアについての説明書及びウェブサイトの作成に従事した。

【学際・産学共創プロジェクト】

- 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

【外部研究費獲得状況】

- 2021-2023 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 (C), “偶発的所見（IF）・二次的所見（SF）の返却における非医学

的対処可能性の検討”,（代表）大橋範子

【教育活動】

- 京都女子大学　法学部　「生命倫理法」

【社会貢献】

- 日本医学哲学・倫理学会　組織運営委員会委員

【研究業績リスト】

著書

[1] 大橋範子「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」（三宅秀彦編著、メディカルドゥ、2024 年刊行予定）分担執筆、担当章「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」

知能情報基盤部門　特任教授（常勤）　Noa Garcia

【研究活動】

- Fairness in Computer Vision
  This research studies societal bias in computer vision tasks. The projects involved in this research are primarily focused on analyzing, detecting, quantifying, and mitigating social biases such as gender bias, skin-tone bias, or ethnicity bias in computer vision models and image datasets.
- Language and Vision
  This research studies techniques to understand the content of images and videos and perform human-like reasoning. The projects involved in this research are primarily focused on understanding on how external knowledge can be leverage to improve language and vision representations.
- Automatic Art Analysis
  This research is focused on applying computer vision techniques to extract high-level information from art. With this research, we study how to detect key attributes from paintings, such as the author, its year of creation, etc., as well as how to discover new attributes from studying each artwork style.

【外部研究費獲得状況】

- FY2022-2025, JSPS KAKEN 基盤研究 (C), "Societal biases in vision and language applications", Principal Investigator
- FY2023-2028, JSPS KAKEN 基盤研究 (A), "Bias Mitigation for Deep Neural Networks by Concept-based Image Descriptors" Co-Investigator

【社会貢献】

- Co-organizer The 3rd International Workshop on Multimodal Human Understanding for the Web and Social Media at CIKM 2023.
- Conference Reviewer: CVPR 2023.

学会発表

[1] Tong Xiang, Liangzhi Li, Wangyue Li, Mingbai Bai, Lu Wei, Bowen Wang, Noa Garcia. CARE-MI: Chinese Benchmark for Misinformation Evaluation in Maternity and Infant Care. In: Thirty-seventh Conference on Neural Information Processing Systems Datasets and Benchmarks Track (NeurIPS), New Orleans, US, 2023. [CORE A*][32.7% acceptance rate]

[2] Yankun Wu, Yuta Nakashima, Noa Garcia. Not Only Generative Art: Stable Diffusion for Content-Style Disentanglement in Art Analysis. In: ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), Thessaloniki, Greece, 2023. [CORE B][32.6% acceptance rate]

[3] Noa Garcia, Yusuke Hirota, Yankun Wu, Yuta Nakashima. Uncurated Image-Text Datasets: Shedding Light on Demographic Bias. In: IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vancouver, Canada, 2023. [CORE A*] [Highlight, 2.5% of submissions]

[4] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, Noa Garcia. Model-Agnostic Gender Debiased Image Captioning. In: IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vancouver, Canada, 2023.

[CORE A*][25.78% acceptance rate]

その他

[1] Invited talk at Rethinking the ethics of AI symposium. Text-to-Image Models in Art and Society. November 2023, Doshisha University.

知能情報基盤部門　特任研究員（専任）　Sudhakar Kumawat

【研究活動】

- Privacy-preserving DVS sensor-based camera for human action recognition
  This project aims to develop a privacy-preserving camera system for human action recognition. For this, we aim to explore the DVS sensors (event cameras) along with coded apertures for this task. DVS sensors have various advantages over traditional cameras, making them suitable for action recognition and privacy preservation. Our aim in this project is to learn and design coded aperture for event cameras using a learning-based framework.
- Domain Generalization frameworks for road scene segmentation in unseen environments
  The objective of this research is to develop environment-adaptive methods for the task of road scene segmentation. I am currently developing training frameworks for semantic segmentation models so that they can be generalized to unseen lighting and weather conditions that are not seen during the training phase. This project's success will help develop cost-effective road scene segmentation models that are robust, reliable, and precise in unknown environments.

【学際・産学共創プロジェクト】

- Privacy Preserving Encoders for Action Recognition

【外部研究費獲得状況】

- FY: 2022-2024, Grant name: , "Domain Adaptation Frameworks for Road Scene Segmentation in Unseen Environments", Role: Principal Investigator

【教育活動】

- Guided a Masters course student in developing framework for fusing hardware modalities for the task of image segmentation using deep learning.
- Guided an intern student in reconstructing a 3D volume of cells from microscopic images.

【社会貢献】

- Conference reviewer: CVPR 2024, ECCV 2024.

知能情報基盤部門　特任研究員（常勤）　芦田 淳

【研究活動】

Society5.0 の未来の学習支援プロジェクトに関する研究に従事した.

- **動画像による学習者の状態推定技術の社会実装に関する研究**
  これまでに，未来の学校プロジェクトでは，学習者の動画像から学習者の内部状態を推定するモデルを構築してきた．本研究は学校法人滋慶学園との共同研究であり，滋慶学園グループの専門学校の 1 つである OCA 大阪デザイン＆テクノロジー専門学校における実授業において，学習者の動画像を収集し，開発した内部状態推定モデルを適用することにより，授業や教育の改善に繋がるかを実証し，社会実装につなげる取り組みを実施している．本年度は，4 回の授業において，17 人の学生から延べ 50 件，総計約 75 時間分の動画像とアンケートの回答のデータが得られた．また，得られた動画データに対してこれまでのプロジェクトで開発した覚醒度推定アルゴリズムを適用し分析し，その結果を授業動画と同期して視聴できる環境を整備した.
- **第二言語学習における認知プロセスの解明に関する研究**
  近年，第二言語学習におけるデジタルツールの役割は大きく，学習における重要な要素となっているが、それらのツールがどのように認知プロセスと関与しているかは明らかでない．本研究では，大阪大学外国語学部の横井幸子准教授と共同で，第二言語のライティングにおける学習者の認知プロセスを明らかにする．具体的には，デジタルツールを使用する条件と使用しない条件において，ライティングの様子を視点検出可能な一人称視点の動画を撮影できるデバイスを用いて撮影する。また，使用している道具にフォーカスを当て，道具の遷移や使用時間に基づいて、計算機を用いて認知プロセスの自動推定手法や，認知プロセスによる学習者のクラスタリングにより，これまでにない学習者モデルを明らかにすることによって，学習プロセスの理解や学習の個別最適化につなげる．本年度はライティングにおけるデータ収集に関わる準備を実施した.

【学際・産学共創プロジェクト】

- Society5.0 未来の学習支援プロジェクト

【社会貢献】

- 第 34 回教育学習支援システム若手の会・プログラム幹事

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] 芦田淳, 徳丸正孝, 小尻智子，“質問応答手法を用いたメッセージ伝達のための物語構造導出支援システム”，教育システム情報学会誌，2024.

学会発表

[1] 芦田淳，森田海，アイエドゥンエマヌエル，山本頼弥, 仲谷佳恵 “第 34 回 教育・学習支援システム若手の会 報告”，人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会，2024.

知能情報基盤部門　特任研究員（常勤）　王　博文

【兼任】

- ヒューマン・メタバース疾患研究拠点

【研究活動】

- **大規模言語モデルによる臨床ノートの診断推論**
  人間の医師は診断の際に明確な手順に従います。入院時には、最初の診察が行われ、患者から主観的な情報を収集します。この情報に基づき、医師は病気の範囲を限定します。その後、さらなる検査を行い診断を確定させます。診断プロセス全体で重要なのは、特定の症状や数値がどのように診断状態につながるかを理解することです。大規模言語モデル (LLMs) が診断を推論する能力を持っているか評価するために、私たちは臨床ノートの診断推論データセットを提案しました。これには、MIMIC-IV データベースから収集された 25 の病気カテゴリにわたる 615 の臨床ノートが含まれています。各臨床ノートは専門の医師によって詳細なアノテーションが行われ、診断プロセスで異なる診断状態を推測できる原文のセグメントを特定し、これらの評価の理由を提供します。アノテーションプロセスを導くために、既存のガイドラインに基づいてすべての病気カテゴリーの診断フローチャートを合成しました。さらに、診断フローチャートを利用して LLMs が診断を自動化するためのシンプルな AI エージェントベースの方法を開発しました。私たちの実験結果は、現在の最先端の LLMs がまだ人間の医師と十分に一致していないことを示しています。
- **インコンテキスト学習におけるプロンプトバイアスの緩和**
  この研究では、インコンテキスト学習（ICL）が幅広い下流タスクを解決するために、プロンプトを活用することについて説明しています。特に、コンピュータビジョン分野において、インコンテキストペアと呼ばれる入出力画像ペアをプロンプトとして使用し、クエリ画像と一緒に出力を生成する方法が拡張されています。しかし、ビジュアル ICL の成功はプロンプトの質に大きく依存しており、プロンプトとクエリ間の既存のバイアスは大きな課題を引き起こします。そこで本論文では、このようなバイアスを緩和するためのトレーニング不要のフレームワークである PKNN-ICL（パッチベースの K-ニアレストネイバーインコンテキスト学習）を紹介します。この方法は、複数のプロンプトからの洞察を利用し、出力分布を調整します。
- **ランダムプロンプティングによるインコンテキスト学習**
  この研究では、インコンテキスト学習（ICL）が幅広い下流タスクを解決するために、プロンプトを活用することについて説明しています。特に、コンピュータビジョン分野において、インコンテキストペアと呼ばれる入出力画像ペアをプロンプトとして使用し、クエリ画像と一緒に出力を生成する方法が拡張されています。しかし、ビジュアル ICL の成功はプロンプトの質に大きく依存しており、プロンプトとクエリ間の既存のバイアスは大きな課題を引き起こします。そこで本論文では、このようなバイアスを緩和するためのトレーニング不要のフレームワークである PKNN-ICL（パッチベースの K-ニアレストネイバーインコンテキスト学習）を紹介します。この方法は、複数のプロンプトからの洞察を利用し、出力分布を調整します。

【学際・産学共創プロジェクト】

- AI ホスピタル

【外部研究費獲得状況】

- 2024-2025 年度, 科学研究費助成金 若手研究, “Explainable Medical Image Reports Generation Via Visual

Concepts”，(代表) 王　博文

【教育活動】

- 学生に研究を指導する

【社会貢献】

- 会議に参加して議論に参加する

【研究業績リスト】

雑誌論文

[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，2024.

[2] Yasutaka Okita, Toru Hirano, Bowen Wang, Yuta Nakashima, Saki Minoda, Hajime Nagahara, Atsushi Kumanogoh，“Automatic evaluation of atlantoaxial subluxation in rheumatoid arthritis by a deep learning model”，BMC Arthritis Research & Therapy，2023.

[3] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara，“Real-time estimation of the remaining surgery duration for cataract surgery using deep convolutional neural networks and long short-term memory”，BMC Medical Informatics and Decision Making，2023.

学会発表

[1] Tong Xiang, Liangzhi Li, Wangyue Li, Mingbai Bai, Lu Wei, Bowen Wang, Noa Garcia, “CARE-MI: chinese benchmark for misinformation evaluation in maternity and infant care”, Advances in Neural Information Processing Systems, 2024.

[2] Jiahao Zhang, Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, “Instruct me more! random prompting for visual in-context learning”, Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision, 2024.

[3] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, “Learning bottleneck concepts in image classification”, Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2023.

[4] Guoxin Chen, Yiming Qian, Bowen Wang, Liangzhi Li, “MPrompt: Exploring Multi-level Prompt Tuning for Machine Reading Comprehension”, Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP, 2023.

[5] Junyi Liu, Liangzhi Li, Tong Xiang, Bowen Wang, Yiming Qian, “TCRA-LLM: token compression retrieval augmented large language model for inference cost reduction”, Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP, 2023.

[6] Jiaxin Shen, Xiaoyi Tao, Liangzhi Li, Zhiyang Li, Bowen Wang, “Explaining Federated Learning Through Concepts in Image Classification”, International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing, 2023.

[7] Jiaxin Shen, Xiaoyi Tao, Liangzhi Li, Zhiyang Li, Bowen Wang, “Explaining Federated Learning Through Concepts in Image Classification”, International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing, 2023.

企画室　特任准教授（常勤）　宮澤 清太

【兼任】

- 生命機能研究科

【活動内容】

- **学際共創プロジェクトの推進**
  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機構の専任・兼任研究者との研究マッチングを進めてきた．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，昨年度に引き続き，全学を対象とした学際共創研究提案の公募を実施した．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，医療，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 13 件を含む計 32 件の優れた課題を採択することができた．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（第 3 章「学際共創プロジェクト」参照）．

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，本機構を軸とするデータ/AI 駆動型研究の展開へ向け，有効に機能していると考えられる．

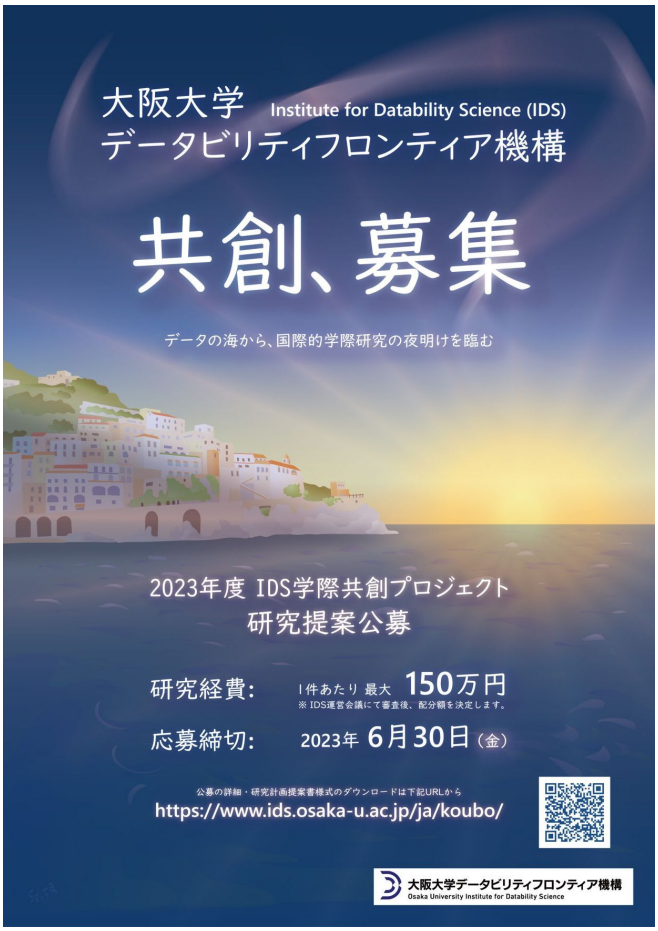
【研究活動】

- **生物の意匠・パターンの多様性と進化に関する研究**
  生物は多彩なデザイン・意匠を生み出してきた．動物体表に見られる模様など，鮮やかなパターンは，個体の生存や繁殖戦略にも深く関わる重要な形質である．意匠・パターンには多彩なバリエーションが見られるが，こうしたパターンの多様性がどのように生み出され，進化してきたのか，また進化し得るのか，その創発メカニズムの解明を目指した研究を進めている．

【外部研究費獲得状況】

- 2022-2028 年度，JST 創発的研究支援事業，“意匠の創発をもたらす進化機構の解明”，(代表) 宮澤清太

- 2019-2023 年度，科学研究費助成金 基盤研究（B），“大規模パターン解析と比較ゲノムで探る動物体表模様の局所的・大域的多様性と進化”，(代表) 宮澤清太
- 2020-2023 年度，科学研究費助成金 挑戦的研究（萌芽），“「模様を見ない」模様解析—モデルベース定量化から知る多様性認知バイアス”，(代表) 宮澤清太
- 2023-2026 年度，科学研究費助成金 基盤研究（B），“「他人の空似」に着目した魚類体表模様パターン多様性形成機構の包括的解明”，(代表) 宮澤清太



学際共創プロジェクト公募ポスター

【研究業績リスト】

学会発表

[1] 宮澤清太, “魚類模様パターンデータベースの構築と活用”，日本動物学会第 94 回大会, 山形大学, 2023 年 9 月

[2] Seita Miyazawa, “Can “pattern blending” cause speciation through hybridization?”, Gordon Research Conference Speciation, Mar. 2023.

著書

[1] 宮澤清太, “理論生物学事典（巌佐 庸，大槻 久，佐竹 暁子，望月 敦史 編）”, 朝倉書店, 刊行予定.

ライフデザイン・イノベーション研究拠点　特任教授（非常勤）　小寺 秀俊

【活動内容】

- Society 5.0(**文部科学省**) **プロジェクトの運営**

Society 5.0 **実現化研究拠点支援事業について**

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おくることのできる、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、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。

事業概要

本研究拠点事業では，人々の医療・健康情報であるパーソナル・ヘルス・レコード (Personal Health Record : PHR) に，日常生活，職場や学校での活動，食事，スポーツ活動など，日常生活の様々な 活動データを加えたパーソナル・ライフ・レコード (PLR:Personal Life Records) を新しく提案し，収集した日常活 動データから疾病予知や予防，早期発見を目指した研究を実施する.

事業実施にあたり、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、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に取り組む。また、Society 5.0 社会に向けてデータ駆動型社会に革新を起こす試みとして、学術研究で得られる多様な高付加価値パーソナルデータを、民間における研究開発に利用可能なデータ流通の仕組みを確立することを目指す。

2022 年度においては、5 年間にわたる研究成果の社会実装の準備を行うとともに、ステージゲート審査を受け、第二ステージへ進むことが決まった。また、第二ステージにおける研究体制の整備およびテーマ選定を行い、ステージゲートを通過し 2023 年度から第二ステージを開始した。

2023 年度からの第二ステージにおいては、拠点の副本部長に加えて、各 PJ を 4 人でそれぞれ責任を持って運営することになったことから、PJ3 の Program Manager として従事した。PJ3 は子育てのテーマ 2 テーマが対象である。PJ3-1 は生誕 1000 日のテーマであり、医学部の木村教授がプロジェクトを率い、保健学科の遠藤教授が生誕 1000 日（妊娠から子どもが 3 才まで）までの母親の不安解消および産後鬱の回避のシステムの研究開発とその社会実装のテーマである。第二ステージでは社会実装が文科省の主査および PO からの強い要求事項であり、研究フェーズの第一ステージとは違い、研究者のマインドの変更および社会実装すべき自治体との調整、さらに将来社会実装後のシステムを運用し社会を実際に変革する企業のリクルートを方向性の確保が重要な任務である。これに対して、研究者との PM/PI 会議を毎月定期的に行うとともに、実装する自治体である岡山県奈義町との交渉や調整およびその他豊中市・吹田市等への展開と連携の構築の指導を戦略室と連携して行い、方向性を確保した。また、社会実装企業も選定し企業への交渉と調整および指導・助言を開始した。また、こども家庭庁との連携等も模索して交渉ルートの確保および関係課との連携の糸口の確保を行った。

その結果、主査・PO からは生誕 1000 テーマは高い評価を得ている。

PJ3-2 は基礎工学科の吉川准教授のテーマである、子どもとロボット（アバター）とのコミュニケーションと教育がテーマである。これも子育てと強く関係し、今後の社会における媒体としてのロボットおよびアバターの存在とその受け入れに関する研究テーマである。このテーマも大きく推進されているが、子どもを対象に社会実験はされているが、研究段階であるが、今後生誕 1000 日との連携も視野に入れて検討を進める。

【外部研究費獲得状況】

- 2018-2022 年度, Society 5.0(文部科学省)　”ライフデザインイノベーション拠点形成事業”

【社会貢献】

- 2023 年 11 月 10 日開催「こどもまんなかアクション」リレーシンポジウム in 奈義町全国子育て応援会議 ～こども・笑顔・未来～　において、参加自治体へのプロジェクト講演

ライフデザイン・イノベーション研究拠点　特任教授（常勤）　魚森 謙也

【兼任】

- データビリティフロンティア機構 ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) 運営・企画室
- 先導的学際研究機構附属　暮らしの空間デザイン ICT イノベーションセンター

【活動内容】

Society 5.0 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 (iLDi) に関する主たる業務は、プロジェクト運営、管理、支援である。当拠点事業は、ステージゲート審査を通過して後半５年間の初年度となる。第二ステージでは、研究成果を４つの社会実装課題に絞り込んだ研究開発を進めるが、今年度は研究開発体制の立ち上げと、スムーズな組織運営を行うための研究計画構築を含むプロジェクト推進業務を行った。

【活動成果】

- 第二ステージ初年度研究計画・予算計画・部局配分の全体とりまとめ・予算執行・実績報告に関する全体運営業務を行い、スムーズな研究拠点の事業着地を実現した。
- 研究拠点における各種会議の運営（拠点総会、運営会議、有識者会議、データ利活用諮問会議）を行い、外部からの助言の取り込み、学内における円滑な組織運営と次年度事業計画のオーソライズを行った。
- 本部組織の運営（本部会議・全体推進会議の運営推進)、及び、事業推進委員会や主査・PO 会議に関して、文部科学省事業担当者と連携し円滑な研究開発テーマ運営を実施した。
- 箕面キャンパスにおける４つの実証実験テーマの運営支援により、２テーマの終了と２テーマの令和 6 年度継続実施のオーソライズを完了した。
- ウェルネスプロジェクト準備室メンバーと連携したプロジェクト立ち上げ時の運営支援を行った。

【社会貢献】

- 電子情報通信学会　イメージ・メディア・クォリティ研究会　顧問
- General Chair of the twelfth international workshop on image media quality and its applications (IMQA2024)
- 日本視覚学会　世話人

ライフデザイン・イノベーション研究拠点　特任教授（常勤）　中村 亨

【専任】

- データビリティフロンティア機構 ライフデザイン・イノベーション研究拠点

【活動内容】

- **iLDi に関する活動**
  Society 5.0 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 (iLDi)」の第 2 ステージ開始に伴う各プロジェクトの支援，管理，成果取りまとめ等，本拠点事業の運営に関する様々な活動に従事した．
- **研究に関する活動**
  日常生活下における生体情報 IoT 計測に基づく感情推定技術および，それを支える IoT クラウド基盤システムの開発に従事した．また，ウェアラブルスマートウェアによる Parkinson 病の疾患弁別・病態評価手法の開発，発達障害動物モデルの行動特性解析手法の開発，児童の「こころの学校健診」システムの開発などについても研究開発を行った．

【外部研究費獲得状況】

- 2020-2023 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 A, “勤労者の心身不調のリスク制御を図る個人適合型 IoT システムの構築と臨床応用”，(代表) 山本義春 (分担) 中村亨 他
- 2021-2024 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “高齢者のウェルビーイングに関わる心理・行動・社会的要因の同定”，(代表) 中村亨
- 2021-2025 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 B, “感情変化と食行動の関連性をリアルタイムにとらえる：EMA を用いた包括的解明”，(代表) 大森美香 (分担) 中村亨 他
- 2023-2027 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 B, “行動抑制・行動賦活モデルに基づく慢性痛への催眠の作用機序の多面的検証による解明”，(代表) 安達友紀 (分担) 中村亨 他
- 2022-2024 年度, AMED 成育疾患克服等総合研究事業, “思春期のメンタルヘルス診断・予防的支援としての ICT を活用した「こころの学校健診」開発研究”，(代表) 土生川千珠 (分担) 中村亨 他
- 2022-2024 年度, 内閣府 ムーンショット型研究開発制度 目標 9, “AIoT による普遍的感情状態空間の構築とこころの好不調検知技術の開発 ”，(PM) 中村亨
- 2022-2024 年度, 内閣府 ムーンショット型研究開発制度 目標 9, “AIoT による普遍的感情状態空間の構築とこころの好不調検知技術の開発 ”，(課題推進者) 中村亨
- 2021-2023 年度, 国立研究開発法人科学技術振興機構 未来社会創造事業, “次世代健康経営の実現に向けた AIoT による Ecological Well-Being の可視化”，(代表) 中村亨
- 共同研究（ハイネスコーポレーション株式会社）
- 共同研究（アステラス製薬株式会社）

【社会貢献】

- ヘルスケア IoT コンソーシアム POC 部会　座長
- 一般社団法人システムイノベーションセンター　システムヘルス分科会　副主査
- 計測自動制御学会　ライフエンジニアリング部門　副部門長
- 日本生体医工学会専門別研究会「バイオメディカル・ビッグデータ研究会」 幹事

- 日本生体医工学会専門別研究会「生体信号計測・解釈研究会」 幹事

【研究業績リスト】

雑誌論文

[1] Xu, D., Z. Wang, T. Kitajima, T. Nakamura, H. Shimura, H. Takeuchi, Y. Tan, R. Ge, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, “An end-to-end model for mental disorders detection by spontaneous physical activity data”, Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[2] Song, M, Z. Yang, A. Triantafyllopoulos, T. Nakamura, Y. Zhang, H. Takeuchi, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, H. Zhang, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, “Crossmodal transformer on multi-physical signals for personalised daily mental health prediction”, Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[3] M. Song, A. Triantafyllopoulos, Z. Yang, H. Takeuchi, T. Nakamura, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, X. Jing, Z. Zhao, V. Karas, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, Y. Yamamoto, “Daily Mental Health Monitoring From Speech: A Real-World Japanese Dataset and Multitask Learning Analysis”, Proceedings of ICASSP20203, pp. 1-5, 2023.

[4] 竹内 皓紀，岸 哲史，中村 亨，吉内 一浩，山本 義春，“IoT 計測によるアロスタティック負荷の検知と応用”，BRAIN and NERVE，第 75 巻，第 11 号，1211-1217 頁，2023 年.

[5] 中村亨，“日常生活生体情報モニタリングによる心身の健康リスク検知とその制御”，システム/制御/情報，第 67 巻，第 6 号，218-223 頁，2023 年.

学会発表

[1] 中村亨，“日常生活下データに基づく健康リスクの検知とその制御”，第 10 回 ライフサイエンス・セミナー.

[2] 中村亨，“リアルワールドデータに基づく健康リスクの予測と制御”，第 9 回 曙橋神経懇話会.

[3] 中村亨，“AIoT による普遍的感情状態空間の構築とこころの好不調検知技術の開発”，ムーンショット目標 9 公開シンポジウム 2024.

[4] Y. Zhang, T. Nomura, T. Nakamura, “Ecological Mood Estimation Based on Spontaneous Physical Activity by Using Machine Learning Approaches”，第 60 回 日本生体医工学会.

[5] 中村亨，“Ecological Affective computing：日常生活下でのこころの客観的評価”，第 41 回 日本小児心身医学会学術集会.

[6] 中村亨，“Ecological Well-being の実現とそれを支える AIoT 技術”，2023 年度ヘルスケア AIoT コンソーシアム公開シンポジウム.

[7] M. Nakamura, T. Nakamura, A. Nakagami, K. Nakagaki, N. Kawai, N. Ichinohe, “Increased cortisol levels correlate with hyperactivity in the prenatal valproic acid-induced marmoset model of autism spectrum disorder”，第 46 回 日本神経科学大会.

[8] Xu, D., Z. Wang, T. Kitajima, T. Nakamura, H. Shimura, H. Takeuchi, Y. Tan, R. Ge, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, “An end-to-end model for mental disorders detection by spontaneous physical activity data”，IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[9] Song, M, Z. Yang, A. Triantafyllopoulos, T. Nakamura, Y. Zhang, H. Takeuchi, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, H. Zhang, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, “Crossmodal transformer on multi-physical signals for personalised daily mental health prediction”,IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[10] M. Song, A. Triantafyllopoulos, Z. Yang, H. Takeuchi, T. Nakamura, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, X.

Jing, Z. Zhao, V. Karas, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, Y. Yamamoto, “Daily Mental Health Monitoring From Speech: A Real-World Japanese Dataset and Multitask Learning Analysis”, ICASSP20203.

その他

[1] 中村亨，“次世代健康経営の実現に向けた AIoT による Ecological Well-Being の可視化”，第 1 回 WELL-BEING TECHNOLOGY，ブース展示.

[2] “阪大、ヒト・動物の感情把握 生体情報から読み取り”，日本経済新聞，2024/2/13.

ライフデザイン・イノベーション研究拠点　特任研究員（常勤）　吉川 則之

【専任】

- データビリティフロンティア機構 ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) 戦略室

【活動内容】

Society 5.0 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 (iLDi) に関する主たる業務は、プロジェクト運営、管理、支援である。2023 年度は当拠点事業のセカンドステージ５年間のうちの初年度にあたる取り組みとして、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）の中の PJ1-1 （データ流通基盤 PLR の機能拡張）のテーマに参画し、高付加価値 PLR の実現のためのパーソナルデータハンドリング基盤（PLR 基盤）の研究開発に取り組んだ。具体的には、

1. eKYC（電子本人確認）の導入検討
2. データ提供同意を行いやすい仕組みの検討：拒否権付包括同意と都度同意を選択可能にする検証実験

に取り組んだ。

【活動成果】

我々が目標とする社会に受け入れられるデータ市場の構築に向けて、PLR 基盤の仕組みをより使いやすいものにする必要がある。このための取り組みとして、口座開設時の本人確認を容易に出来る可能性を検証するため、１.eKYC（電子本人確認）の商用サービスの導入検討を行った。また、データ提供時の同意判断の方法については多様なニーズがあることが運用のなかで明らかになったので、２．データ提供同意を行いやすい仕組みの検討を行った。

1. **eKYC（電子本人確認）の導入検討**
   商用の eKYC サービスとしては、金融庁が定める犯罪による収益の移転防止に関する法律施行規則に準拠する形で運用されるようになっているが、主に用いられる２つの方法、すなわち　○マイナンバーカードを用いる方式（同規則　第六条　ワ方式）と○免許証などの写真付き公的身分証を用いる方法（同規則　第六条　ホ方式）の２つの方式を検証した。検証では、個人の口座開設申請操作と管理者の申請承認操作の工数削減効果を中心に評価した。
   評価の結果、マイナンバーカードを用いる方式では、マイナンバーカードを用いる方式においては、公的個人認証サービス（JPKI）による信用をもとに、個人と管理者両方の工数削減が見込めることが分かった。一方、免許証などの写真付き公的身分証を用いる方法では、偽造防止のための複数の画像を人が見て判断する仕組みとなっており、工数削減にはつながらないことが分かった。

2. **データ提供同意を行いやすい仕組みの検討**
   データ提供の申し込みの度に個人に提供同意を求める方法（都度同意：ダイナミックコンセント）をいままでは基本にしていたが、都度同意を求められる必要は無いと考える個人も居ることがアンケートの結果より分かった。あらかじめデータ提供の申し込みの内容に関わらずデータ提供を予め同意しておく方式は包括同意であるが、この方式に、データ提供の申し込みがあった際にその内容を本人に伝え、意に沿わなければ撤回出来るというオプションを加えた、撤回権付包括同意という方法が PLR のような個人情報の同意に用いることが出来ることが分かった。

そこで、個人には包括同意と撤回権付包括同意を選択できる仕組み（ダイナミックコンセントプラス）を構築し、被験者実験を行って有用性を評価した。

2 回の検証実験通して、95 %以上の被験者が撤回権付包括同意の方法を選択した。撤回権付包括同意を選択できることについて有用であったと考えられるが、都度同意を選択肢とする必要があるかなど、ダイナミックコンセントプラスとしての有用性について、引き続き検証を進める。

ライフデザイン・イノベーション研究拠点　特任研究員（常勤）　岡村 和男

【専任】

- データビリティフロンティア機構 ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) 戦略室

【活動内容】

Society 5.0 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 (iLDi) における主たる業務は、各拠点プロジェクトの社会実装の支援およびデータ取引市場の実現に向けた活動である。2023 年度は、外部企業・自治体等との関係構築、データ取引基盤システムの現行バージョンの運用と次期システムの構想設計を担当した。

【活動成果】

拠点プロジェクトの社会実装支援活動として、生誕 1000 日見守り研究に関し、外部企業での自治体向け応用サービスの事業化を目指し、事業スキームの共同検討を行い、実用化に向けた共同研究の締結合意に至った。

データ取引市場の実現に向けた戦略的活動として、製薬会社 4 社に対してデータ利活用動向についてのヒアリングを実施し、医療情報を連携した際のデータ利活用の要件を整理した。これらをもとに、NTT 西日本、三井住友銀行等の外部企業と、第二ステージにおける具体的なデータ利活用スキームの構築に向けた議論を開始した。

データ取引基盤システム PLR の社会実装に向けた取組みとして、システムの運用計画の策定と推進およびシステムの品質向上活動を主導した。さらに、データ利活用のための新たな同意取得方法の設計開発を行い、法的な検討結果も踏まえた上で、従来方法を拡張した撤回可能な包括同意の仕組みを PLR システム上に実現した。本システムを用いたデータ利活用実験を行い、ユーザより好意的な評価結果を得た。

ライフデザイン・イノベーション研究拠点　特任学術政策研究員 (常勤)　植田真由美

【専任】

- データビリティフロンティア機構 ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) 企画支援室

【活動内容】

Society 5.0 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 (iLDi) に関する主たる業務は、プロジェクト運営のための支援、管理である。今年度より、当拠点は、第二ステージへと移行し、新しい組織構成や計画の策定を行う一年であった。

【活動成果】

ライフデザイン・イノベーション研究拠点における会議開催、広報活動、会計管理に関する業務に取り組んだ。

会議運営においては、日程調整、進行管理などの支援を行った。年度末に開催した公開シンポジウムの開催準備に関する業務全般を取りまとめた。シンポジウムには 125 名が参加し、第二ステージからの拠点事業を広く紹介する機会となった。会議開催前後に、シンポジウムの内容に関心をもった学内外者から問い合わせも受けた。

広報活動では、新しいステージへの移行に伴い、拠点を紹介するホームページのリニューアルと、新体制を紹介するリーフレットの作成を推進した。これらにより、外部機関に向けて、拠点の新たなステージでの活動を紹介するツールが整えられた。

会計管理においては、予算の管理システム構成を整え、執行状況の確認と調整を行うことにより、事業予算を予定通りに執行させる支援を行った。

第 8 部

外部資金獲得状況

[1] 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 他

[2] 2020-2023 年度, 科学研究費助成金 挑戦的研究 (開拓), “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”，(代表) 長原一，(分担) 日浦真作 他

[3] 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

[4] 2018-2023 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

[5] 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

[6] 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

[7] 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

[8] 2022-2026 年度, 日本学術振興会 科学研究費助成事業 学術変革領域研究 (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, (研究分担者) 岩崎 昌子, 武村 紀子, 田中 純一, 長原 一

[9] 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

[10] 2023-2027，Society 5.0 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」.（拠点長）西尾章治郎，（拠点本部長）八木 康史，（分担）岸本充生，他

[11] 2023-2027 年度, 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”, PJ1-1「データ流通基盤 PLR の機能拡張」プロジェクトリーダー，PJ2-1「高齢者の健康見守りサービス」分担者.

[12] 2023-2027 年度, 科研費基盤 (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,” (研究代表者) 中島悠太

[13] 2022-2024 年度, JST 創発的研究支援事業フェーズ 1, “映像記述のための言語を創出する人工知能の実現,” (研究代表者) 中島悠太

[14] 2023-2032 年度, JST 共創の場形成支援プログラム（地域共創分野）, “住民と育む未来型知的インフラ創造拠点,” (研究代表者) 関谷毅

[15] 2022-2025 年度, 科研費基盤 (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," (研究代表者) 川崎良

[16] 2020-2025 年度, JST CREST「信頼される AI システムを支える基盤技術」, "インフォデミックを克服するソーシャル情報基盤技術", (研究代表者) 越前功（国立情報学研究所） (主たる共同研究者) 馬場口登、笹原和俊（東京工業大学）; 大阪大学受託課題 "多様なモダリティによる高度なフェイクメディア生成と無毒化"

[17] 2021–2023 年度，科学研究費助成金 基盤研究（B），"知識埋め込み型ベイズ深層学習の提案と希少データ解析への応用"，(代表) 早志英朗 (分担) 古居彬

[18]（新規採択）2024–2026 年度，科学研究費助成金 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 (分担) 古居彬

[19] RISTEX 戦略的創造研究推進事業 (社会技術研究開発) 科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題 (ELSI) への包括的実践研究開発プログラム「公正なゲノム情報利活用実現への ELSI ラグを解消する法整備モデルの構築」(代表：京都府立医大・瀬戸山晃一、R4-R7)（研究分担者：山本奈津子）

[20] RISTEX 「人と情報のエコシステム」研究開発領域 研究開発プロジェクト「ヘルスケアにおける AI の利益をすべての人々にもたらすための市民と専門家の関与による持続可能なプラットフォームの設計」(代表：山本ベバリーアン、R1-R5（延長）)（研究分担者：山本奈津子）

[21] 科学研究費補助金基盤 B「ゲノム医療の法的基盤整備に向けた多分野横断的研究」（代表：東京大学・米村滋人、R5-R7）（研究分担者：山本奈津子）

[22] 2021-2023 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 (C), "偶発的所見（IF）・二次的所見（SF）の返却における非医学的対処可能性の検討"，（代表）大橋範子

[23] FY2022-2025, JSPS KAKEN 基盤研究 (C), "Societal biases in vision and language applications"，Principal Investigator

[24] FY2023-2028, JSPS KAKEN 基盤研究 (A), "Bias Mitigation for Deep Neural Networks by Concept-based Image Descriptors" Co-Investigator

[25] FY: 2022-2024, Grant name: , "Domain Adaptation Frameworks for Road Scene Segmentation in Unseen Environments"，Role: Principal Investigator

[26] 2024-2025 年度, 科学研究費助成金 若手研究, "Explainable Medical Image Reports Generation Via Visual Concepts"，(代表) 王　博文

[27] 2022-2028 年度，JST 創発的研究支援事業，"意匠の創発をもたらす進化機構の解明"，(代表) 宮澤清太

[28] 2019-2023 年度，科学研究費助成金 基盤研究（B），"大規模パターン解析と比較ゲノムで探る動物体表模様の局所的・大域的多様性と進化"，(代表) 宮澤清太

[29] 2020-2023 年度，科学研究費助成金 挑戦的研究（萌芽），"「模様を見ない」模様解析―モデルベース定量化から知る多様性認知バイアス"，(代表) 宮澤清太

[30] 2023-2026 年度，科学研究費助成金 基盤研究（B），"「他人の空似」に着目した魚類体表模様パターン多様性形成機構の包括的解明"，(代表) 宮澤清太

[31] 2018-2022 年度, Society 5.0(文部科学省)　"ライフデザインイノベーション拠点形成事業"

[32] 2020-2023 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 A, "勤労者の心身不調のリスク制御を図る個人適合型 IoT システムの構築と臨床応用"，(代表) 山本義春 (分担) 中村亨 他

[33] 2021-2024 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, "高齢者のウェルビーイングに関わる心理・行動・社会的要因の同定"，(代表) 中村亨

[34] 2021-2025 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 B, "感情変化と食行動の関連性をリアルタイムにとらえる：EMA を用いた包括的解明"，(代表) 大森美香 (分担) 中村亨 他

[35] 2023-2027 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 B, "行動抑制・行動賦活モデルに基づく慢性痛への催眠の作用機序の多面的検証による解明"，(代表) 安達友紀 (分担) 中村亨 他

[36] 2022-2024 年度, AMED 成育疾患克服等総合研究事業, “思春期のメンタルヘルス診断・予防的支援としての ICT を活用した「こころの学校健診」開発研究”, (代表) 土生川千珠 (分担) 中村亨 他

[37] 2022-2024 年度, 内閣府 ムーンショット型研究開発制度 目標 9, “AIoT による普遍的感情状態空間の構築とこころの好不調検知技術の開発 ”, (PM・課題推進者) 中村亨

[38] 2021-2023 年度, 国立研究開発法人科学技術振興機構 未来社会創造事業, “次世代健康経営の実現に向けた AIoT による Ecological Well-Being の可視化”, (代表) 中村亨

[39] 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

[40] R6, 次世代研究者挑戦的研究プログラム助成金, JPMJSP2138, (代表) 大野恵美

[41] R4-6 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

[42] R5-7 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

[43] R5-7, 科学研究費助成金 基盤 C,「人工知能アルゴリズムによる音響解析を用いた LVAD 診断システムの構築」, 23K08233, (代表) 三隅祐輔, (分担) 櫻井保志

[44] 2023 – 2025, 科学研究費助成金　基盤研究 (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」 JP23H00395, 代表, 橋本均

[45] 2021 – 2023, 日本医療研究開発機構 (AMED)　革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト「霊長類脳の高スケーラブルイメージングシステムの開発」 JP21dm0207117, 代表, 橋本均

[46] 2022 – 2026, 日本医療研究開発機構 (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」 JP23ama121054, JP23ama121052, 分担, 橋本均

[47] 2022 – 2025, 武田科学振興財団　ビジョナリーリサーチ継続助成（ホップ）「中枢創薬を加速する全脳細胞研究」代表, 橋本均

[48] 2021-2025 科学研究費助成金 基盤 B, 「AI による多剤耐性菌モルフォミクスとバイオインフォマティクスの融合研究」21H03542（代表）西野美都子

[49] 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

[50] 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

[51] 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

[52] 2024-2026 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

[53] 2023-2025, 科学研究費助成金 基盤研究 B,「ナノビーム X 線回折による半導体デバイスの 4 次元断層解析」, 23H01447, (代表) 林侑介, (分担) 今井康彦

[54] R4-5, 科学研究費助成金 学術変革領域研究 (A) 公募,「溶媒効果の定量的説明および予測プログラムの開発」, 22H05366, (代表) 佐古　真

[55] R4-6, 科学研究費助成金 基盤 (C),「新規ビナフチル型不斉触媒群の創製と触媒的不斉合成への応用」, 22K05114, (代表) 佐古　真

[56] 2022-2023 年度, 大阪公立大学 女性研究者 研究実践力強化支援プログラム (RESPECT), “スパースセンシングを用いた素粒子実験データプロセス機構の開発”, (代表) 岩崎 昌子（共同研究者）長原　一, 末原　大幹, 山田　悟.

[57] JST 共創の場形成支援プログラム フォトニクス生命工学研究開発拠点 JPMJPF2009

第 9 部

研究業績

(1) 雑誌論文

[1] Daiki Ishimaru, Hiroyoshi Adachi, Teruhiro Mizumoto, Viktor Erdelyi, Hajime Nagahara, Shizuka Shirai, Haruo Takemura, Noriko Takemura, Mehrasa Alizadeh, Teruo Higashino, Yasushi Yagi and Manabu Ikeda, "Criteria for detection of possible risk factors for mental health problems in undergraduate university students", Frontier in psychiatry, June, 2023.

[2] Michitaka Yoshida, Akihiko Torii, Masatoshi Okutomi, Rin-ichiro Taniguchi, Hajime Nagahara and Yasushi Yagi, "Deep Sensing for Compressive Video Acquisition", MDPI Sensors, Vol. 23, No. 17, issue 7535, pp. 1-19, Sep., 2023.

[3] Thuong Nguyen Canh, Trung Thanh Ngo, Hajime Nagahara, "Human-Imperceptible Identification With Learnable Lensless Imaging", IEEE access, Vol. 11, pp. 95724-95733, 2023.

[4] Yasutaka Okita, Toru Hirano, Bowen Wang, Yuta Nakashima, Saki Minoda, Hajime Nagahara and Atsushi Kumanogoh, "Automatic evaluation of atlantoaxial subluxation in rheumatoid arthritis by a deep learning model", Arthritis Research & Therapy, 2023.

[5] Masafumi Minakawa, Md. Abdul Wares, Kazuya Nakano, Hideaki Haneishi , Yoshihisa Aizu , Yoshio Hayasaki , Tetsuo Ikeda, Hajime Nagahara, Izumi Nishidate, "Measuring and imaging of transcutaneous bilirubin, hemoglobin, and melanin based on diffuse reflectance spectroscopy", Journal of Biomedical Optics, Vol. 28, No. 10, Oct., 2023.

[6] Anh Ngoc Pham, Thoriq Ibrahim, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Hajime Nagahara, Keiichiro Kagawa, "Depth quality improvement with a 607 MHz time-compressive computational pseudo-dToF CMOS image sensor", Sensors, Vol. 23, No. 23. issue 9332, Nov., 2023.

[7] Junya Sato, Tatsuya Matsumoto, Ryuta Nakao, Hideo Tanaka, Hajime Nagahara, Hirohiko Niioka, Tetsuro Takamatsu, "Deep UV-excited fluorescence microscopy installed with CycleGAN-assisted image translation enhances precise detection of lymph node metastasis towards rapid intraoperative diagnosis", Scientific report, Vol. 13, No. 21363, Dec., 2023.

[8] Ryoya Mizuno, Keita Takahashi, Michitaka Yoshida, Chihiro Tsutake, Toshiaki Fujii, Hajime Nagahara, "Compressive Acquisition of Light Field Video Using Aperture-Exposure-Coded Camera", ITE Transaction on Media Technology and Applications, Vol. 12, No. 1, pp. 22-35, Jan., 2024.

[9] Tomoki MINAMATA, Hiroki HAMASAKI, Hiroshi KAWASAKI, Hajime NAGAHARA, Satoshi ONO, "A

Coded Aperture as a Key for Information Hiding Designed by Physics-in-the-Loop Optimization", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E107-D, No. 1, Jan., 2024.

[10] Bowen Wang, Jiaxin Zhang, Ran Zhang, Yunqin Li, Liangzhi Li, and Yuta Nakashima, "Improving facade parsing with vision transformers and line integration," Advanced Engineering Informatics, vol. 60, 102463, 2024.

[11] Hitoshi Teshima, Naoki Wake, Diego Thomas, Yuta Nakashima, Hiroshi Kawasaki, and Katsushi Ikeuchi, "ACT2G: Attention-based contrastive learning for text-to-gesture generation," Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques, vol. 6, no. 3, pp. 1–17, Aug.2023.

[12] Zekun Yang, Yuta Nakashima, and Haruo Takemura, "Multi-modal humor segment prediction in video," Multimedia Systems, vol. 29, 2389 – 2398, Jun. 2023.

[13] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, and Hajime Nagahara, "Real-time estimation of the remaining surgery duration for cataract surgery using deep convolutional neural networks and long short-term memory," BMC Medical Informatics and Decision Making, vol. 23, no. 1, 80, May 2023.

[14] Mahdi Khosravy, Kazuaki Nakamura, Naoko Nitta, Nilanjan Dey, Rubén González Crespo, Enrique Herrera-Viedma, and Noboru Babaguchi, "Social IoT Approach to Cyber Defense of a Deep-Learning-Based Recognition System in Front of Media Clones Generated by Model Inversion Attack", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol.53, issue5, pp.2694-2704, May 2023.

[15] Wanqing Zhao, Yuta Nakashima, Haiyuan Chen, and Noboru Babaguchi, "Enhancing Fake News Detection in Social Media via Label Propagation on Cross-modal Tweet Graph", in Proceedings of 18th International Conference on Multimedia, pp.2400-2408, Ottawa, Canada, Oct. 2023.

[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, DOI: 10.1109/TNNLS.2024.3358113, 2024 (early access).

[17] Shinichi Namba, Masato Akiyama, Haruka Hamanoue, Kazuto Kato, Minae Kawashima, Itaru Kushima, Masahiro Nakatochi, Soichi Ogishima, Kyuto Sonehara, Ken Suzuki, Atsushi Takata, Gen Tamiya, Chizu Tanikawa, Kenichi Yamamoto, Natsuko Yamamoto, and Yukinori Okada "Technical and ethical challenges in polygenic embryo selection" Nature Human Behaviour (Under revision)

[18] 芦田淳, 徳丸正孝, 小尻智子, "質問応答手法を用いたメッセージ伝達のための物語構造導出支援システム", 教育システム情報学会誌, 2024.

[19] Xu, D., Z. Wang, T. Kitajima, T. Nakamura, H. Shimura, H. Takeuchi, Y. Tan, R. Ge, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, "An end-to-end model for mental disorders detection by spontaneous physical activity data", Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[20] Song, M, Z. Yang, A. Triantafyllopoulos, T. Nakamura, Y. Zhang, H. Takeuchi, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, H. Zhang, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, "Crossmodal transformer on multi-physical signals for personalised daily mental health prediction", Proceedings of IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[21] M. Song, A. Triantafyllopoulos, Z. Yang, H. Takeuchi, T. Nakamura, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, X. Jing, Z. Zhao, V. Karas, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, Y. Yamamoto, "Daily Mental Health Monitoring From Speech: A Real-World Japanese Dataset and Multitask Learning Analysis", Proceedings of ICASSP20203, pp. 1-5, 2023.

[22] 竹内 皓紀, 岸 哲史, 中村 亨, 吉内 一浩, 山本 義春, "IoT 計測によるアロスタティック負荷の検知と応用", BRAIN and NERVE, 第 75 巻, 第 11 号, 1211-1217 頁, 2023 年.

[23] 中村亨，“日常生活生体情報モニタリングによる心身の健康リスク検知とその制御”，システム/制御/情報，第 67 巻，第 6 号，218-223 頁，2023 年.

[24] 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 Jan 29, Online ahead of print.

[25] 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.

[26] Yamasaki, S., Zwama, M., Yoneda, T., Hayashi-Nishino, M., and Nishino, K. (2023) Drug resistance and physiological roles of RND multidrug efflux pumps in Salmonella enterica, Escherichia coli and Pseudomonas aeruginosa. Microbiology (Reading) Jun;169(6):001322.

[27] Masakazu Ohno, Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Hamada Rizk, Hirozumi Yamaguchi, “Privacy-preserving pedestrian tracking with path image inpainting and 3D point cloud features”, Pervasive and Mobile Computing, Volume 100,2024

[28] Takashi AOKI, Emiko ITAMI, “What is the Role of Workplaces Developed Proximity to Suburban Residential Areas for the Future Urban Compactness?”，Urban and REgional Planning Review，2024.

[29] Nan Yang*, Xun Shen*, and et al, “Spatial-temporal optimal pricing for charging stations: a model-driven approach based on group price response behavior of EVs”, IEEE Transactions on Transportation Electrification, accepted. (*Equal contribution)

[30] Xun Shen, Zhaojie Luo, Yuanchao Li, Tinghui Ouyang, Yuhu Wu, “Chance-constrained abnormal data cleaning for robust classification with noisy labels”, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, Accepted.

[31] Xun Shen, Naruto Shimada, Hampei Sasahara, Jun-ichi Imura, “Ultra-Early Medical Treatment-Oriented System Identification Using High-Dimension Low-Sample-Size Data”, IFAC Journal of Systems and Control, vol. 27, no. 100245, 2024.

[32] Xun Shen, Generative model predictive control: approximating MPC law with generative models, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, early access, DOI: 10.1109/TETCI.2024.3358096.

[33] Xun Shen, Yan Zhang, Xingguo Zhang, Pongsathron Raksincharoensak, Kazumune Hashimoto, Robust optimal braking policy for avoding collision with front bicycle, IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems, vol. 4, pp. 943 – 954, 2023.

[34] Xun Shen, Satoshi Ito, Approximate Methods for Solving Chance Constrained Linear Programs in Probability Measure Space, Journal of Optimization Theory and Applications (JOTA), vol. 200, pp. 150-177, 2024.

[35] Xun Shen, Jiancang Zhuang, Residual Analysis-based Model Improvement for State Space Models with Nonlinear Responses, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, DOI: 10.1109/TETCI.2024.3355813.

[36] Xun Shen, Sample-based Continuous Approximation for Computing Probabilistic Boundary of Future State Trajectory in Uncertain Dynamical Systems, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence, Accepted.

[37] Jianing Wang, Chen Wang, Shuang Zhao, Helong Li, Lijian Ding, Xun Shen, Alan Mantooth, Comprehensive analysis of paralleled SiC MOSFETs current imbalance under asynchronous gate signals, IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 11, no. 5, pp. 4850 - 4866, 2023.

[38] T. Hashimoto, R. Oketani, A. Inoue, K. Okubo, K. Oka, N. Tohnai, K. Kamiya, S. Nakanishi, I. Hisaki*, “Statically and Dynamically Flexible Hydrogen-bonded Frameworks Based on 4,5,9,10-Tetrakis(4-

carboxyphenyl)pyrene”, Chem. Commun. 59, 7224-7227, 2023.
[39] T. Onabe, Z. Wu, T. Tohei*, Y. Hayashi, K. Sumitani, S. Kimura, T. Naito, K. Hamaya, and A. Sakai*, “Local Strain Distribution Analysis in Strained SiGe Spintronics Devices,” Jpn. J. Appl. Phys., 63, 02SP61-1-7 (2024).
[40] 藤岡穣, 小浜・正法寺半跏思惟像について, 待兼山論叢, 57 芸術篇, pp.1-23, 2024
[41] 藤岡穣, [資料紹介] 眞光寺観音菩薩像と新出の個人蔵勢至菩薩像, 仏教芸術, 11, pp.5・75-88, 2023

(2) 学会発表

[1] Xiayan Ji, Ahhyun Yuh, Hyonyoung Choi, Amanda Watson, Claire Kendell, Xian Li, James Weimer, Hajime Nagahara, Teruo Higashino, Teruhiro Mizumoto, Viktor Erdélyi, George Demiris, Oleg Sokolsky, Insup Lee, “CareLoop: Closed-Loop Sensing and Intervention for Gerontological Social Isolation and Loneliness”, ACM/IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER-PHYSICAL SYSTEMS, San Antonio, Texas, USA, May, 2023.
[2] Noriko Takemura, Haruya Sakashita, Shizuka Shirai, Mehrasa, Alizadeh and Hajime Nagahara, “Person Segmentation and Identification across Multiple wearable Cameras”, International Conference on Quality Control by Artificial Vision, Albi, France, June, 2023.
[3] Xiayan Ji, Xian Li, Ahhyun Yuh, Claire Kendell, Amanda Watson, James Weimer, Hajime Nagahara, Teruo Higashino, Teruhiro Mizumoto, Viktor Erdélyi, Oleg Sokolsky, Insup Lee, “Integrated Sensing Platform for Detecting Social Isolation and Loneliness In the Elderly Community”, IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies, Florida, USA, June, 2023.
[4] Chenhao Li, Trung Ngo Thanh, Hajime Nagahara, “Inverse Rendering of Translucent Objects using Physical and Neural Renderers”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vancouver, Canada, June, 2023.
[5] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, “Learning Bottleneck Concepts in Image Classification”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vancouver, Canada, June, 2023.
[6] Takumi Ohtsuka, Tomoyuki Kajiwara, Chihiro Tanikawa, Yuujin Shimizu, Hajime Nagahara, Takashi Ninomiya, “Automated Orthodontic Diagnosis from a Summary of Medical Findings”, Workshop on Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL2023 workshop, Toronto, Canada, July, 2023.
[7] Kensuke Uchida, Hajime Nagahara, Yasuyuki Matsushita, “A Compact BRDF Scanner with Multi-conjugate Optics”, International Conference on Computational Photography, Madison, WI, USA, July, 2023.
[8] Saurabh Kumar, Keiichiro Kagawa, and Hajime Nagahara, “Learning-assisted Matrix Pencil Method for Indirect Time of Flight Image Demixing”, International Conference on Computational Photography, Madison, WI, USA, July, 2023.
[9] Qi Zhou, Amartya Bhattacharya, Wannapon Suraworachet, Hajime Nagahara, Mutlu Cukurova, “Automated Detection of Students’ Gaze Interactions in Collaborative Learning Videos: A Novel Approach”, European Conference on Technology Enhanced Learning, Aveiro, Portugal, Sep., 2023.
[10] Ryosuke Kawamura, Hideaki Hayashi, Noriko Takemura, Hajime Nagahara, “MIDAS: Mixing Ambiguous

Data With Soft Labels for Dynamic Facial Expression Recognition", Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, Jan., 2024.

[11] Zongshang Pang, Yuta Nakashima, Mayu Otani, Hajime Nagahara, "Revisiting Pixel-Level Contrastive Pre-Training on Scene Images", Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, Jan., 2024.

[12] Jiahao Zhang, Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, "Instruct Me More! Random Prompting for Visual In-Context Learning", Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, Jan., 2024.

[13] ファム　ゴック　アン，安富 啓太，川人 祥二，長原 一，香川　景一郎，"時間圧縮コンピュテーショナル CMOS イメージセンサを用いた疑似直接法 ToF 距離計測の高精度化", LSI とシステムのワークショップ, May, 2023.

[14] 十川 哲、山本 祐輔、原地 絢斗、村松 歩、長原 一、武村 紀子、水野 (松本) 由子、下條 真司, "機械学習を用いた脳波による軽度認知症の鑑別に向けた特徴抽出", 日本生体医工学会大会, May, 2023.

[15] Wenbin Luo, Takafumi Iwaguchi, Hajime Nagahara, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki, "Pseudo Random Modulation on Base-modulation of I-ToF to Avoid Multi-ToF Interference", 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS1-11, July, 2023.

[16] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, "Learning Bottleneck Concepts in Image Classification", 画像の認識・理解シンポジウム, No. ITA-7, July, 2023.

[17] 城彰彦, 浦西友樹, 長原一, "微分可能レンダリングを用いた透明物体の自由視点画像生成", 画像の認識・理解シンポジウム, No. IS2-4, July, 2023.

[18] 羽渕柊志, 高橋桂太, 水野良哉, 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. OS6A-S5, July, 2023.

[19] 吉田 道隆　ファム ゴック アン　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深層学習による疑似 dToF", 情報センシング研究会, Sep., 2023.

[20] 井上 竜汰，村松 歩，山本 祐輔，原地 絢斗，　長原 一，武村 紀子，水野（松本） 由子，　下條 真司, "ウェーブレット解析を用いた認知症患者と健常者の脳波スケログラムの評価", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[21] 荒木 陽孝, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本） 由子, 下條 真司 , "てんかん異常波出現直前の脳波の特徴量抽出", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[22] 十川 哲, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本） 由子, 下條 真司, "軽度認知障害における脳波の機械学習を用いたスクリーニング手法の開発", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[23] 川口 侑亮, 坂口 雄哉, 村松 歩, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本） 由子 , 下條 真司, "映像デバイスを用いた運動イメージ時における脳波の定量評価", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[24] 野口 大輝, 山本 祐輔, 村松 歩, 原地絢斗, 田邉 晃史, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本）由子, 下條 真司, "コヒーレンス解析を用いたうつ状態判別指標の開発", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[25] 田邉 晃史, 原地 絢斗, 山本 祐輔, 村松 歩, 長原 一, 武村 紀子, 水野（松本） 由子, 下條 真司, "コヒーレンス解析および time lag 解析を用いた軽度認知障害患者の脳波の特徴出", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[26] 原地 絢斗、山本 祐輔、村松 歩、長原 一、武村 紀子、水野（松本） 由子、下條 真司, "Transformer を用いた情動刺激による脳波判別", 第 53 回日本臨床神経生理学会, Nov., 2023.

[27] 村松歩、山本祐輔、原地絢斗、田邉晃史、長原一、武村紀子、水野（松本）由子、下條真司, "視聴覚情動刺激時における脳波の無向ネットワーク解析を用いた媒介中心性の抽出 第 53 回日本臨床神経生理学会", Nov., 2023.

[28] 大木賢祥，岩崎昌子，田中純一，齋藤真彦，末原大幹，中島悠太，長原一，武村紀子, "加速器実験における機械学習を用いたトップクォーク識別手法の開発", 物理学会, Mar., 2024.

[29] 岸本充生，安全概念のアップデートとそれに伴う風評への向き合い方の変化の可能性，日本原子力学会 2024 年春の年会（近畿大学東大阪キャンパス） 2024 年 3 月 26 日.

[30] 田中孝宣, 水町衣里, 鈴木径一郎, 鹿野祐介, カテライ・アメリア, 長門裕介, 井出和希, 星野哲朗, 加藤英人, 岸本充生，顔認証技術の適正な社会実装に向けたリスクアセスメント手法，電子情報通信学会総合大会 2024 年 3 月 8 日.

[31] 田中孝宣, 水町衣里, 鈴木径一郎, 鹿野祐介, カテライ・アメリア, 長門裕介, 井出和希, 八木絵香, 星野哲朗, 加藤英人, 岸本充生，顔認証技術の適正利用に向けた研究〜「10 の視点」の策定〜，研究・イノベーション学会 第３８回年次学術大会. 2023 年 10 月 29 日.

[32] Wanqing Zhao, Yuta Nakashima, Haiyuan Chen, and Noboru Babaguchi, “Enhancing fake news detection in social media via label propagation on cross-modal tweet graph,” in Proc. ACM International Conference on Multimedia (MM), Sep. 2023, 2400–2408.

[33] Guillaume Habault, Minh-Son Dao, Michael Alexander Riegler, Duc Tien Dang Nguyen, Yuta Nakashima, and Cathal Gurrin, “ICDAR’23: Intelligent cross-data analysis and retrieval,” in Proc. ACM International Conference on Multimedia Retrieval, Jun. 2023.

[34] Yankun Wu, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Not only generative art: Stable diffusion for content-style disentanglement in art analysis,” in Proc. 2023 ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), Jun. 2023, 199–208.

[35] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Model-agnostic gender debiased image captioning,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 15191–15200.

[36] Noa Garcia, Yusuke Hirota, Yankun Wu, and Yuta Nakashima, “Uncurated image-text datasets: Shedding light on demographic bias,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 6957–6966.

[37] Mayu Otani, Riku Togashi, Yu Sawai, Ryosuke Ishigami, Yuta Nakashima, Esa Rahtu, Janne Heikkilä, and Shin’ichi Satoh, “Toward verifiable and reproducible human evaluation for text-to-image generation,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jun. 2023, 14277–14286

[38] 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 (accepted).

[39] Yicheng Deng, Hideaki Hayashi, Hajime Nagahara, Multi-Scale Spatio-Temporal Graph Convolutional Network for Facial Expression Spotting, Proceedings of the International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2024), Istanbul, Turkey, May 27–31, 2024 (accepted).

[40] Naoya Yasukochi, Hideaki Hayashi, Daichi Haraguchi, Seiichi Uchida, Analyzing Font Style Usage and Contextual Factors in Real Images, Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2023), San Jose, USA, August 21–26, 2023.

[41] 近藤里咲, 大塚琢生, 梶原智之, 二宮崇, 早志英朗, 中島悠太, 長原一, 大規模言語モデルによる日本語感情分析の性能評価, 情報処理学会第 86 回全国大会, pp.859–860, March 15–17, 2024.

[42] 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, 人工知能学会第 38 回全国大会, 3Xin2-104, May 28–31, 2024.

[43] 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. 人工知能学会第 38 回全国大会, 4Xin2-12, May 28–31, 2024.

[44] 宝満竜一, 内田誠一, 田中聖人, 早志英朗, ランキングと分類による疾病重症度の推定, 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 05-2A-01, September 7–8, 2023.

[45] 鳥羽真仁, 内田誠一, 早志英朗, Energy-based model を用いた信頼度較正と疑似ラベル学習への応用, 画像の認識・

理解シンポジウム, IS1-30, July 25–28, 2023.

[46] 山本奈津子「人の多因子形質に関する遺伝子・ゲノム研究の進展と社会実装に関する倫理的課題」日本双生児研究学会第 38 回学術講演会、2024 年 1 月 27 日（土）京都大学楽友会館（招待講演）

[47] Tong Xiang, Liangzhi Li, Wangyue Li, Mingbai Bai, Lu Wei, Bowen Wang, Noa Garcia. CARE-MI: Chinese Benchmark for Misinformation Evaluation in Maternity and Infant Care. In: Thirty-seventh Conference on Neural Information Processing Systems Datasets and Benchmarks Track (NeurIPS), New Orleans, US, 2023. [CORE A*][32.7% acceptance rate]

[48] 芦田淳，森田海，アイエドゥンエマヌエル，山本頼弥, 仲谷佳恵 “第 34 回 教育・学習支援システム若手の会 報告”, 人工知能学会研究会資料 先進的学習科学と工学研究会，2024.

[49] Tong Xiang, Liangzhi Li, Wangyue Li, Mingbai Bai, Lu Wei, Bowen Wang, Noa Garcia, “CARE-MI: chinese benchmark for misinformation evaluation in maternity and infant care”, Advances in Neural Information Processing Systems, 2024.

[50] Guoxin Chen, Yiming Qian, Bowen Wang, Liangzhi Li, “MPrompt: Exploring Multi-level Prompt Tuning for Machine Reading Comprehension”, Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP, 2023.

[51] Junyi Liu, Liangzhi Li, Tong Xiang, Bowen Wang, Yiming Qian, “TCRA-LLM: token compression retrieval augmented large language model for inference cost reduction”, Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP, 2023.

[52] Jiaxin Shen, Xiaoyi Tao, Liangzhi Li, Zhiyang Li, Bowen Wang, “Explaining Federated Learning Through Concepts in Image Classification”, International Conference on Algorithms and Architectures for Parallel Processing, 2023.

[53] 宮澤清太, “魚類模様パターンデータベースの構築と活用”, 日本動物学会第 94 回大会, 山形大学, 2023 年 9 月

[54] Seita Miyazawa, “Can “pattern blending” cause speciation through hybridization?”, Gordon Research Conference Speciation, Mar. 2023.

[55] 中村亨，“日常生活下データに基づく健康リスクの検知とその制御”，第 10 回 ライフサイエンス・セミナー.

[56] 中村亨，“リアルワールドデータに基づく健康リスクの予測と制御”，第 9 回 曙橋神経懇話会.

[57] 中村亨，“AIoT による普遍的感情状態空間の構築とこころの好不調検知技術の開発”，ムーンショット目標 9 公開シンポジウム 2024.

[58] Y. Zhang, T. Nomura, T. Nakamura, “Ecological Mood Estimation Based on Spontaneous Physical Activity by Using Machine Learning Approaches”，第 60 回 日本生体医工学会.

[59] 中村亨，“Ecological Affective computing：日常生活下でのこころの客観的評価”，第 41 回 日本小児心身医学会学術集会.

[60] 中村亨，“Ecological Well-being の実現とそれを支える AIoT 技術”，2023 年度ヘルスケア AIoT コンソーシアム公開シンポジウム.

[61] M. Nakamura, T. Nakamura, A. Nakagami, K. Nakagaki, N. Kawai, N. Ichinohe, “Increased cortisol levels correlate with hyperactivity in the prenatal valproic acid-induced marmoset model of autism spectrum disorder”，第 46 回 日本神経科学大会.

[62] Xu, D., Z. Wang, T. Kitajima, T. Nakamura, H. Shimura, H. Takeuchi, Y. Tan, R. Ge, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, “An end-to-end model for mental disorders detection by spontaneous physical activity data”，IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[63] Song, M, Z. Yang, A. Triantafyllopoulos, T. Nakamura, Y. Zhang, H. Takeuchi, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, H. Zhang, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, and Y. Yamamoto, “Crossmodal transformer on multi-

physical signals for personalised daily mental health prediction”,IEEE International Conference on Data Mining (ICDM) Workshop, 2023.

[64] M. Song, A. Triantafyllopoulos, Z. Yang, H. Takeuchi, T. Nakamura, A. Kishi, T. Ishizawa, K. Yoshiuchi, X. Jing, Z. Zhao, V. Karas, K. Qian, B. Hu, B. W. Schuller, Y. Yamamoto, “Daily Mental Health Monitoring From Speech: A Real-World Japanese Dataset and Multitask Learning Analysis”, ICASSP20203.

[65] Emi Ono, Ryota Takaoka, Masayuki Ono, Daisuke Moriguchi, You Ueda, Shion Morioka, Rie Yamamoto, Yuki Takahara, Shoichi Ishigaki. Elucidation of the Influence of Genetic Factors on TMD-related Pain. 2023 AAOT（2023/11/18，Fukuoka Chikushino）

[66] 川崎良. 糖尿病網膜症の予防と早期発見の重要性-AI による網膜症診断への期待. 第５８回糖尿病学の進歩　ランチョンセミナー. 2024 年 2 月. 京都

[67] 川崎良. デジタル技術を駆使した糖尿病・生活習慣病研究 - 人工知能を活用した生活習慣病の発症・予後予測. 第 8 回日本糖尿病・生活習慣病ヒューマンデータ学会年次学術集会. シンポジウム 2023 年 12 月. 富山

[68] 川崎良. 糖尿病網膜症について今何をどう伝えるか. 第 62 回 糖尿病診療－最新の動向 医師・医療スタッフ向け研修講座 2023 年 11 月　オンライン

[69] 川崎良. AI による網膜症診断の現状と展望-デジタル化糖尿病診療の最前線-. 第 38 回日本糖尿病合併症学会. 2023 年 10 月　岡山.

[70] 袖山綾乃, 石原真穂, 他. 血糖変動モニタリング検査からみえる地域特性を踏まえた保健指導の検討. 第 82 回公衆衛生学会総会. 2023 年 11 月. 茨城.

[71] 非定型抗精神病薬クロザピンの作用機序に関与する神経活動変化の解明, 平戸祐充, 勢力薫, 山田翔平, 児嶋励央, 笠井淳司, 中澤敬信, 橋本均, 第 97 回日本薬理学会年会, 2023/12/15, 国内, 口頭.

[72] 脳疾患の病態解析へ向けた脳イメージングとシステム薬理学, 橋本均, 第 97 回日本薬理学会年会, 2023/12/14, 国内, 年会特別企画シンポジウム.

[73] 高スケーラブルイメージング技術を用いた脳の理解と疾患病態の解明, 橋本均, 第 251 回 原医研セミナー／第 15 回放射線災害・医科学研究 機構・拠点 研究推進ミーティング, 2023/11/28, 国内, 特別セミナー.

[74] (R)-ketamine enhances anterior insular cortex activity associated with social cognition, Rei Yokoyama, Yukio Ago, Masato Tanuma, Yuto Shimazaki, Kaoru Seiriki, Takanobu Nakazawa, Kenji Hashimoto, Atsushi Kasai, Hitoshi Hashimoto, Neuroscience2023, 2023/11/14, 国外, ポスター.

[75] Network centralities of prefrontal and somatosensory cortices are decreased in a mouse model of developmental disorders, Hiroki Ueno, Yusuke Iyanaga, Yuta Hara, Jin Ohkubo, Yuka Nakai, Kaoru Seiriki, Shun Yamaguchi, Yukio Ago, Kazuhiro Takuma, Hitoshi Hashimoto, Atsushi Kasai, Neuroscience2023, 2023/11/14, 国外, ポスター.

[76] Activation of the claustrum ensemble increases anxiety levels following stress exposure, Masato Tanuma, Yoshihisa Yokoyama, Keita Miyaji, Jin Ohkubo, Rei Yokoyama, Hiroki Ueno, Kaoru Seiriki, Hiroshi Nomura, Hitoshi Hashimoto, Atsushi Kasai, Neuroscience2023, 2023/11/13, 国外, ポスター.

[77] 全脳イメージング技術を用いた精神疾患の病態解析, 橋本均, 第 42 回躁うつ病の薬理・生化学的研究懇話会, 2024/10/20, 国内, 特別講演.

[78] Ikebe, M., Aoki, K., Hayashi-Nishino, M., Nishino, K.“Correlation analysis of bacterial cell morphology and multidrug resistance” 9th Symposium on Antimicrobial Resistance in Animals and the Environment, July 2023, France.

[79] Ikebe, M., Aoki, K., Hayashi-Nishino, M., Nishino, K. “Bioinformatic analysis of morphological features of antibiotic-resistant bacteria” The 27th SANKEN International Symposium, January 2024, Hyogo.

[80] 池邉美季、青木工太、西野美都子、西野邦彦 「光学顕微鏡画像を用いた薬剤耐性菌のバイオインフォマティクス解

析」 日本薬学会第 144 年会、2024 年 3 月、神奈川。
[81] 佐古 真、赤澤龍之介、鹿又喬平、赤井周司、有澤光弘、滝澤忍、「機械学習を活用する溶媒効果の定量的説明：極性転換型有機分子触媒反応における検証」第 21 回次世代を担う有機化学シンポジウム 2023 年 5 月、名古屋
[82] 第 66 回日本腎臓学会学術総会 松井功、松本あゆみ、今井淳裕、奥嶋拓樹、勝間勇介、安田聖一、井上和則、猪阪善隆深層学習と scRNA-seq 様解析の組み合わせは腎生検糸球体画像の特徴抽出に有用である
[83] 第 38 回阪大腎病理カンファレンス 松井功 腎病理画像解析における AI
[84] 荻沼政之、湊愛唯音、石谷太 ターコイズキリフィッシュの発生休眠から紐解く新規発生時計機構 細胞コミュニケーション研究会、２０２３年７月
[85] Masayuki Oginuma, Aine Minato, Tohru Ishitani The chrono-hormone that controls the developmental speed in fish embryos 第 46 回日本分子生物学会年会 2023 年 12 月 6 日
[86] Taro Ichimura, Taro Ichimura, T. Kakizuka, K. Itano, K. Seiriki, H. Hashimoto, Y. Sato, T. Nagai Trans-scale scope for volumetric imaging of micrometer-scale cellular dynamics in centimeter-scale multicellular systems The 20th International Microscopy Congress (IMC20) 2023 年 9 月 11 日
[87] Ayaka Mae, Shigeto Seno, Hironori Shigeta, Yu-Chen Liu, Sangeun Kim, Daisuke Okuzaki, Ryoichi Mori, Hideo Matsuda, “A Graph Based Method of Pattern Mining for Spatial Transcriptome Data”, CBI 学会 2023 年大会, 2023.
[88] 石川昌和, 松本薫, 奥崎大介, “SiCR: シングルセル免疫学に特化したウェブアプリケーション”, NGS EXPO 2023, 2023.
[89] 垣塚太志、市村垂生、永井健治、“トランススケールスコープによる組織レベル動態の単細胞解像度解析とその心臓不整脈研究への応用” 第 32 回日本バイオイメージング学会学術集会、2023 年 11 月
[90] Taishi Kakizuka, Taro Ichimura, Shigeru Miyagawa, Yoshiki Sawa, Takeharu Nagai, “Trans-scale scope AMATERAS, big image data, and machine learning: prospects for application in heart disease research and drug discovery” The 27th SANKEN International Symposium, Jun. 2024
[91] D. Maruyama, M. Inuiguchi, N. Hayashi, H. Seki, H. Kurihara, T. Uehara, “Utilization of Data Envelopment Analysis for Grid Traffic Accident Data”, In Proceedings of IUKM 2023: Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making, LNAI 14375, pp. 73–84, 2023.
[92] Toru Kowada, Yuki Uranishi, Chang Liu, Goshiro Yamamoto and Photchara Ratsamee, “Real-time Alert of Excessive Force Based on Forearm Muscle Activity for Wall Climbing”, In Proceedings of the 22nd IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2023) Poster, Sydney, Australia, 2023.
[93] Takashi AOKI, Emiko ITAMI, “What is the Role of Workplaces Developed Adjacently to Suburban Residential Areas for the Future Urban Compactness? : Based on the Distribution of Residential Areas of Employees ”, International Conference of Asian Pacific Planning Soceities in Danan, 2024.
[94] 上垣 雅史, 天野 辰哉, 山口 弘純, “広域ロケーションデータとスポット通行データの融合による人流再現手法の検討”, 研究報告モバイルコンピューティングと新社会システム（MBL）, 2023-MBL-109, no. 23 pp. 1-8.
[95] Akifumi Wachi, Xun Shen, Yanan Sui, A survey of constraint formulations in safe reinforcement learning, 2024 International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-24), Accepted.
[96] Xun Shen, Akifumi Wachi, Wataru Hashimoto, Kazumune Hashimoto, Shigemasa Takai, Safe reinforcement learning using model predictive control with probabilistic control barrier function, 2024 American Control Conference (ACC), Accepted.
[97] Xun Shen, Chance constrained optimization for wind power curve fitting with unclean data, IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI 2024), Accepted.
[98] Xun Shen, Ye Wang, Approximating probabilistic boundary of future state trajectory by minimum-volume

polynomial sublevel sets with chance constraints, 2024 American Control Conference (ACC), Accepted.

[99] Akifumi Wachi, Wataru Hashimoto, Xun Shen, Kaumune Hashimoto, Safe exploration in reinforcement learning: a generalized formulation and algorithms, 2023 conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2023), Accepted.

[100] 内山彰，“ミリ波レーダーによる鳥類センシング”， センサネットワークとモバイルインテリジェンス研究会（SeMI），2024.

[101] 橋本泰利, 桶谷龍成, 間下以大, 久木一朗, 画像認識による水素結合性フレームワークの結晶形態変化の追跡, 有機結晶シンポジウム, 2023 年 11 月 3 日, 大阪.

[102] 橋本泰利, 桶谷龍成, 間下以大, 久木一朗, 水素結合性固溶体フレームワークの構築と成分比に依存した構造転移挙動, 日本化学会第 104 春季年会, 2024 年 3 月 18 日, 大阪.

[103] S. Taniguchi, Y. Hayashi, T. Tohei, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, M. Iwaya, H. Miyake, and A. Sakai, “Three-dimensional tomographic analysis of AlGaN-based UV-B wavelength laser diodes” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), CH11-5, Nov. 2023.

[104] Z. D. Wu, Y. Hayashi, T. Tohei, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, and A. Sakai, “Machine Learning Assisting NanoXRD Based Analysis on HVPE GaN Structure”The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14), CH5-6, Nov. 2023.

[105] T. Onabe, Z. D. Wu, T. Tohei, Y. Hayashi, K. Sumitani, Y. Imai, S. Kimura, T. Naito, K. Hamaya, and A. Sakai,“Local strain distribution analysis in strained SiGe spintronics devices,”2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2023), PS-11-13, Sept. 2023.

[106] 林 侑介、藤平 哲也、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、宇佐美 茂佳、今西 正幸、森 勇介、分島 彰男、渡邉 浩崇、新田 州吾、本田 善央、天野 浩、酒井 朗, “OVPE-GaN 基板上縦型パワーデバイスのその場ナノビーム X 線回折,” 2024 年第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24a-52A-2, Sept. 2023.

[107] 谷口 翔太、林 侑介、藤平 哲也、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、岩谷 素顕、三宅 秀人、酒井 朗, “AlGaN 系 UV-B 波長レーザダイオードの深さ分解ナノビーム X 線回折,” 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-B101-10, Sept. 2023.

[108] 尾鍋 友毅、武 振東、藤平 哲也、林 侑介、隅谷 和嗣、今井 康彦、木村 滋、内藤 貴大、浜屋 宏平、酒井 朗, “歪み SiGe スピントロニクスデバイスにおける局所歪み分布解析,” 2023 年第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 23p-A602-3, Sept. 2023.

[109] 東 和宏、近重 雄大、村井 健一、有澤 光弘、佐古 真,「ボリン酸触媒を用いたエナンチオ選択的パッセリーニ型反応の開発」，2023 年 8 月.

[110] 岩崎 昌子, ”素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, JHPCN: 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 15 回 シンポジウム, Jul. 2023.

[111] 度会 龍, 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, ”機械学習を用いた加速器調整システムの開発： GAN を用いた加速器シミュレータの開発”, 第 20 回日本加速器学会年会, Aug. 2023.

[112] R. Watarai, M.Iwasaki, Y. Nakashima, N. Takemura, H. Nagahara, T. Nakano, M. Satoh, I. Satake, ”Development of Accelerator Tuning System Using Machine Learning : Development of Accelerator Simulator”, International conference on MACHINE LEARNING PHYSICS (MLPhys), Nov. 2023.

[113] 度会 龍, 岩崎 昌子, ”機械学習を用いた加速器運転調整システムの開発”, 加速器・ビーム物理の機械学習ワークショップ, Nov. 2023.

[114] 大木 賢祥, 岩崎 昌子, 田中 純一, 齊藤 真彦, ”機械学習を用いたトップクオークの識別手法の開発”, 第 30 回 ICEPP シンポジウム, Feb. 2024.

[115] 度会 龍, 上村恒介, 岩崎昌子, 中島悠太, 長原 一, 中野貴志, 武村紀子, 佐藤政則, 佐武いつか, 宮原房史, 末原大幹,

”機械学習を用いた加速器シミュレータ開発および 調整に寄与する重要パラメータの探索”, 日本物理学会 2024 年春季大会, Mar. 2024.

[116] 藤岡穣, 米欧および日本に所在する中国木彫に関する試論, 「五台山仏教文化圏における文物の生成・継承・波及」第 3 回ワークショップ, 2023 年 5 月 13 日

(3) 著書

[1] Catherine Régis, Jean-Louis Denis, Maria Luciana Axente, Atsuo Kishimoto (担当: 共編者 (共編著者)). Human-Centered AI A Multidisciplinary Perspective for Policy-Makers, Auditors, and Users. 2024 年 3 月 (ISBN: 9781032341613).

[2] 榎本 啄杜, 長門 裕介, 岸本 充生. RRI を量子技術領域へ適用する：政策レビュー. ELSI NOTE 38 1-25 2024 年 3 月.

[3] 工藤 郁子, 北川 梨津, 林 岳彦, 牧野 百恵, 岸本 充生，人事データ分析を利用した男女間賃金格差是正の取組み：株式会社メルカリにおけるケーススタディ. ELSI NOTE 36 1-25 2024 年 1 月.

[4] 岸本 充生, チェンルートレイシー スイ. 音楽ストリーミングサービスのアルゴリズムと ELSI（倫理的・法的・社会的課題）. ELSI NOTE 34 1-18 2023 年 11 月.

[5] 若林 魁人, 岸本 充生, 教育データ EdTech の ELSI（倫理的・法的・社会的課題）を考えるための国内外ケース集. ELSI NOTE 31 2023 年 9 月.

[6] 岸本 充生, カテライ アメリア, 井出 和希，生成 AI の倫理的・法的・社会的課題（ELSI）論点の概観: 2023 年 4〜8 月版 ーグローバルな政策動向を中心にー . ELSI NOTE No.30 2023 年 9 月.

[7] 森下 翔, 肥後 楽, 永山 翔太, 寺元 健太郎, 久保 健治, 長門 裕介, 鹿野 祐介, 小林 茉莉子, 岸本 充生. 「量子の未来」をめぐる 23 の話題：株式会社メルカリ mercari R4D 量子情報技術チームへの重点的グループインタビュー. ELSI NOTE 29 1-135 2023 年 8 月.

[8] 井尻善久, 牛久祥孝, 片岡裕雄, 藤吉弘亘, 延原章平, コンピュータビジョン最前線 Spring 2024. 共立出版, Mar. 2024.,

[9] 大橋範子「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」（三宅秀彦編著、メディカルドゥ、2024 年刊行予定）分担執筆、担当章「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」

[10] 宮澤清太, “理論生物学事典（巌佐 庸，大槻 久，佐竹 暁子，望月 敦史 編）”, 朝倉書店, 刊行予定.

[11] 西野－林 美都子、青木 工太、西野 邦彦 (2023) AI による薬剤耐性菌の画像判別　細胞 Vol.55 No.13, 72 (1082)-75 (1085)

[12] 垣塚太志, 市村垂生, 永井健治、”ヒト iPS 細胞由来心筋シートのトランススケール動態解析”実験医学増刊 Vol42, No.5, p.154-160, 羊土社, 2024.3

(4) 産業財産権

[1] 池本紀子，長原一，多田智，森口悠, “被験者の状態を推定するためのコンピュータシステム，方法，およびプログラム”, 大阪大学，国立病院機構, 特許第 7357872 号 (2023 年 9 月 29 日)

(5) その他

[1] Yuta Nakahimma, “Mitigating social bias in image captioning models — introduction of paper: Model-agnostic gender debiased image captioning,” The International Workshop on Frontiers of Computer Vision (IW-FCV), Feb. 2024 **(invited)**.

[2] 中島悠太, “Ai に潜むバイアス,” 産総研人工知能研究センター AI セミナー, Dec. 2023.

[3] 中島悠太, “Vision and Language の現状とバイアス,” 第 22 回情報科学技術フォーラム, Sep. 2023 **(invited)**.

[4] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara, “Learning bottleneck concepts in image classification,” 第 26 回画像の認識・理解シンポジウム, Jul. 2023.

[5] Mayu Otani, Riku Togashi, Yu Sawai, Ryosuke Ishigami, Yuta Nakashima, Esa Rahtu, Janne Heikkilä, and Shin’ichi Satoh, “Toward verifiable and reproducible human evaluation for text-to-image generation,” 第 26 回画像の認識・理解シンポジウム, Jul. 2023 **(invited)**.

[6] Yuta Nakashima, “Concept discovery from an image dataset: Toward image representation with an emergent language,” Seventh International Workshop on Symbolic-Neural Learning, Jun. 2023 **(invited)**.

[7] 映像情報メディア学会　2022 年ベストアーティクル賞, 2023 年 5 月.

[8] 電子情報通信学会　情報・システムソサイエティ論文賞, 2023 年 7 月.

[9] 健康医療情報が拓く未来会議 ゲノムのある診察室研究ワーキンググループ「『人類の遺産としてのヒトゲノム』-DNA の日-共に繋ごうゲノムの未来」（コラム）2024 年 4 月 25 日

[10] Invited talk at Rethinking the ethics of AI symposium. Text-to-Image Models in Art and Society. November 2023, Doshisha University.

[11] 中村亨，“次世代健康経営の実現に向けた AIoT による Ecological Well-Being の可視化”，第 1 回 WELL-BEING TECHNOLOGY，ブース展示.

[12] “阪大、ヒト・動物の感情把握 生体情報から読み取り”，日本経済新聞，2024/2/13.

[13] Best Poster Presentation Award. The 21th meeting of the Asian Academy of Orofacial Pain and Temporomandibular Disorders . Emi Ono, Ryota Takaoka, et al.

[14] 第 66 回日本腎臓学会学術総会 特別講演 松井功 超解像度顕微鏡による腎臓の解析　～　腎臓学の「新時代」　～

[15] 第 52 回 日本腎臓学会西部学術大会 教育講演 松井功 腎病理画像解析における AI

[16] Ayaka Mae, Shigeto Seno, Hironori Shigeta, Yu-Chen Liu, Sangeun Kim, Daisuke Okuzaki, Ryoichi Mori, Hideo Matsuda，CBI 学会 2023 年大会 Best Poster Award，“A Graph Based Method of Pattern Mining for Spatial Transcriptome Data”，2023

[17] 奥崎 大介, “シングルセル解析に関する技術講習”, 千里ライフサイエンス技術講習会, 2023

[18] 古谷 浩志, “大阪大学コアファシリティ機構における測定データ流通・集約基盤の構築と阪奈機器共用ネットワークへの展開”, 第 1 回北陸地区 学術データ基盤セミナー〜コアファシリティ連携から研究データエコシステム構築を目指して〜 (招待講演), 2024 年 2 月 20 日

[19] 古谷 浩志, “研究者にとって役に立つ研究データマネジメントシステムを考える：実験系研究者（コアファシリ

ティ）の立場から”, 第一期高性能計算データ分析融合基盤協働研究所成果報告会 (招待講演), 2024 年 4 月 17 日

[20] Xun Shen, Satoshi Ito, Chance constrained probability measure optimization: problem formulation, reduction and sample-based approximation, The 7th ZIB-IMI-ISM-NUS-RKEN-MODAL Workshop on Future Algorithms and Applications, Sep 28, 2023

[21] Best Student Award, S. Taniguchi et al., “Three-dimensional tomographic analysis of AlGaN-based UV-B wavelength laser diodes” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14).

[22] Best Student Award, Z. Wu et al., “Machine Learning Assisting NanoXRD Based Analysis on HVPE GaN Structure” The 14th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-14).

大阪大学データビリティフロンティア機構
Osaka University Institute for Datability Science

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘２番８号テクノアライアンスＣ棟５階
TEL: 06-6105-6074　FAX: 06-6105-6075　Email: contact@ids.osaka-u.ac.jp
URL: https://www.ids.osaka-u.ac.jp/

2024年７月発刊