

ANNUAL REPORT

2021 Osaka University
Institute for Datability Science



ANNUAL REPORT 2021

大阪大学データビリティフロンティア機構

Annual Report 2021

Institute for Datability Science

巻頭言

データバ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バ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。

データバリティフロンティア機構では、データバリティ基盤3部門とデータバリティ研究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、大阪大学データバ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	11
2.1	運営	11
2.2	研究倫理委員会	11
2.3	予算	12
2.4	学際共創研究活動概要	13
第 3 部	学際共創プロジェクト	15
第 4 部	産学共創プロジェクト	79
4.1	産学連携による鉄道事業技術変革プロジェクト	79
4.2	機械学習を用いた細胞診画像診断支援に関する研究	85
第 5 部	機構の主要研究プロジェクト	91
5.1	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）	91
5.2	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」	96
5.3	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	101
第 6 部	ライフデザイン・イノベーション研究拠点	107
6.1	Society 5.0 実現化研究拠点支援事業について	107
6.2	事業概要	107
6.3	2021 年度活動概要	108
6.4	まとめ	109
第 7 部	教育	111
7.1	先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム	111
7.2	ダイキン AI 講座	113
第 8 部	その他の活動	115
8.1	First SCAI-IDS Workshop for Future Collaboration on AI	115
8.2	大阪大学ー大連理工大学 友好交流 25 周年学術セミナー	116
第 9 部	専任教員の研究活動	119
第 10 部	外部資金獲得状況	167

第 11 部 研究業績

171

第 1 部

機構組織構成

データバ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、データバリティ推進のための中心技術となる、データバリティ基盤部門 (3 部門) と、データバ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、データバリティ研究部門 (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・イノベーション拠点本部とで構成される。

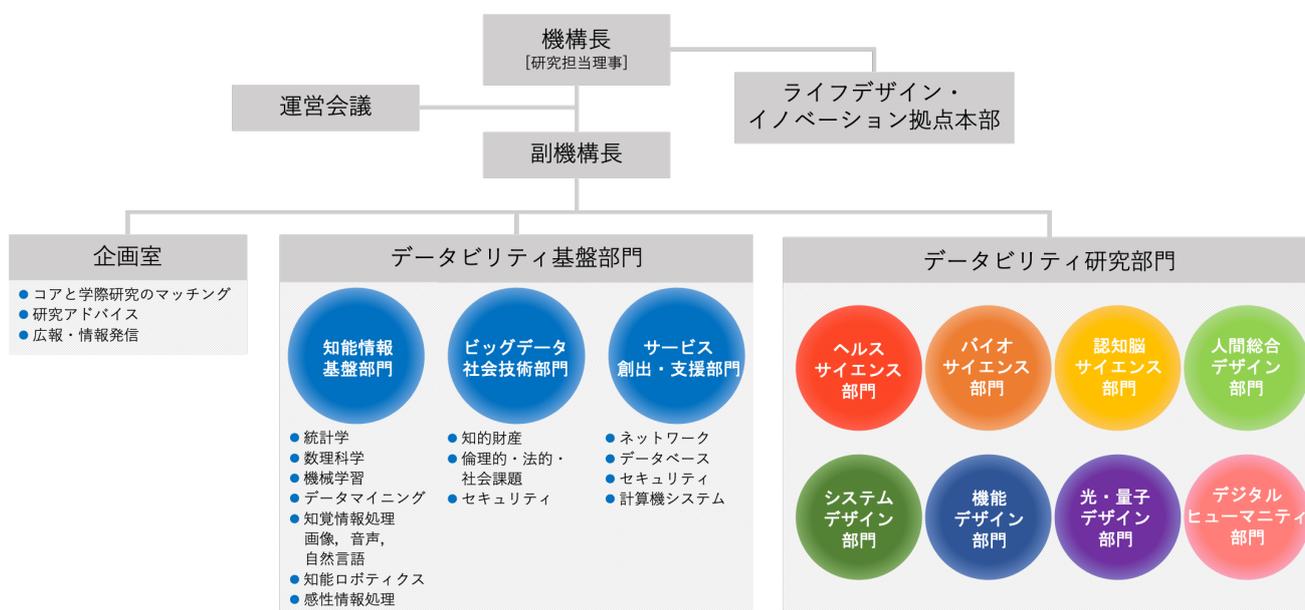


図 1.1: 組織図 (令和 4 年 3 月 31 日現在)

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(仮称; 設立準備中)」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4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	センター長・教授	下條 真司
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】

データセキュリティ基盤部門	知能情報基盤部門	教授	長原 一
		准教授	中島 悠太
		准教授	武村 紀子
		特任准教授(常勤)	新岡 宏彦
		特任助教(常勤)	Ngo Thanh Trung
		特任助教(常勤)	Noa Garcia Docampo
		特任助教(常勤)	李 良知
		特任研究員(常勤)	Manisha Verma
		特任研究員(常勤)	Kumawat Sudhakar
		特任研究員(常勤)	Qian Yiming
		特任研究員(常勤)	Kumar Saurabh
		特任研究員(常勤)	Santra Sanchayan
	ビッグデータ社会技術部門	教授	岸本 充生
		特任講師(常勤)	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
データセキュリティ研究部門企画室		特任教授(非常勤)	北岡 良雄
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
		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
		特任研究員(常勤)	竹谷 誠

【兼任教員】

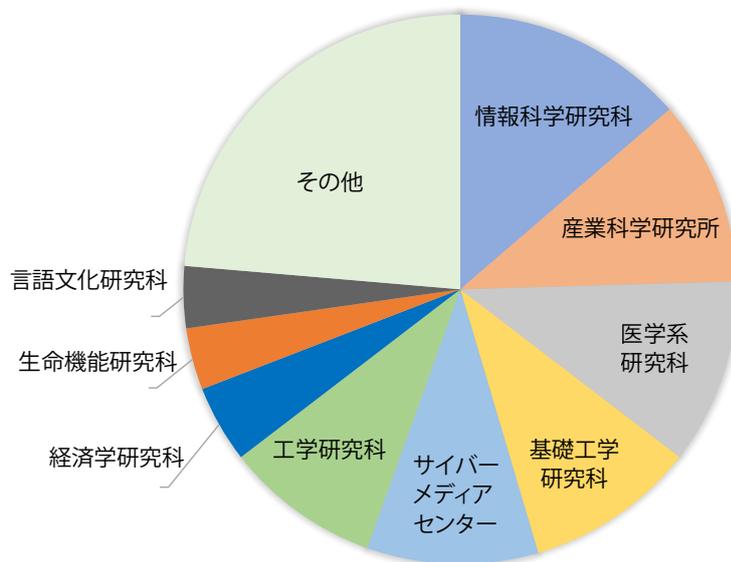
データリティ 基盤部門	知能情報基盤部門	経済学研究科	教授	松村 真宏
		経済学研究科	教授	大屋 幸輔
		経済学研究科	教授	大西 匡光
		経済学研究科	教授	谷崎 久志
		経済学研究科	教授	福重 元嗣
		工学研究科	教授	馬場口 登
		工学研究科	准教授	新田 直子
		工学研究科	助教	中村 和晃
		基礎工学研究科	教授	乾口 雅弘
		基礎工学研究科	教授	佐藤 宏介
		基礎工学研究科	教授	狩野 裕
		基礎工学研究科	教授	潮 俊光
		基礎工学研究科	教授	内田 雅之
		基礎工学研究科	教授	飯國 洋二
		基礎工学研究科	准教授	岩井 大輔
		基礎工学研究科	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	藤崎 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	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	黒田 俊一
		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

データセキュリティ 基盤部門	知能情報基盤部門	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		法学研究科	教授	大久保 規子
		工学研究科	教授	宮地 充子
		高等司法研究科	教授	茶園 成樹
		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	准教授	山口 弘純
		情報科学研究科	助教	内山 彰
		情報科学研究科	特任教授	東野 輝夫
		サイバーメディアセンター	教授	下條 真司
		サイバーメディアセンター	教授	松岡 茂登
		サイバーメディアセンター	准教授	義久 智樹
		サイバーメディアセンター	准教授	伊達 進
		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	木戸 善之
		経営企画オフィス	准教授	廣森 聡仁
データセキュリティ 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	高島 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
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			高木 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

データビリティ 研究部門	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
		核物理研究センター	特任准教授 (常勤)	岩崎 昌子
		デジタルヒューマニティーズ部門	文学研究科	教授
	文学研究科	教授	藤岡 穰	
	文学研究科	教授	藤川 隆男	
言語文化研究科	教授	田畑 智司		
言語文化研究科	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	准教授	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	大藪 恵一	
	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	松村 泰志	
	医学系研究科	教授	遠藤 誠之	
	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	助教	金本 隆司	
	医学系研究科	助教	小笠原 一生	
	医学部附属病院	教授	木村 正	
	言語文化研究科	教授	大内 一	
	言語文化研究科	准教授	中本 香	
	工学研究科	教授	宮地 充子	
	工学研究科	特任准教授 (常勤)	高野 祐輝	
	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	藤原 融	
	情報科学研究科	准教授	山口 弘純	
	情報科学研究科	助教	内山 彰	
情報科学研究科	助教	矢内 直人		
情報科学研究科	特任教授	東野 輝夫		
ライフデザイン・イノベーション拠点本部	産業科学研究所	教授	八木 康史	

産業科学研究所	教授	沼尾 正行
産業科学研究所	准教授	福井 健一
キャンパスライフ健康支援センター	准教授	足立 浩祥
サイバーメディアセンター	センター長	下條 真司
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 (常勤)	浅田 稔
全学教育推進機構	准教授	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	西田 光沙 沖津 志津代			
	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 S	データビリティ基盤部門	安部 政俊 新井 悠介 Wang Bowen 大原 慧 兼子 晃寛 筒井 奎剛 山田 響生			
		技術補佐員	データビリティ基盤部門	亀位 智恵 諏訪 麻由 廣川 容子 森口 未奈子 安井 豪基 上山 広和	
				ライフデザイン・イノベーション拠点本部	小澤 頼子
				ライフデザイン・イノベーション拠点本部	

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/サービス創出・支援部門長	サイバーメディアセンター	センター長・教授	下條 真司
知能情報基盤部門長	データブリティフロンティア機構	教授	長原 一
ビッグデータ社会技術部門長	データブ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	データブリティフロンティア機構	教授	春本 要
企画室	データブリティフロンティア機構	特任教授	北岡 良雄
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。平成30年度からの予算の推移は以下のとおりである。

表 2.2: 予算の推移

予算	平成30年度		令和元年度		令和2年度		令和3年度	
	金額(円)	件数	金額(円)	件数	金額(円)	件数	金額(円)	件数
運営費交付金	5,000,000	(1)	174,203,000	(1)	167,756,000	(1)	168,606,428	(5)
科学研究費助成事業	29,315,000	(17)	71,370,000	(21)	72,423,000	(17)	51,090,000	(11)
その他補助金	253,871,000	(4)	95,190,000	(5)	97,310,000	(8)	98,250,000	(10)
受託研究	133,626,369	(12)	148,537,915	(15)	50,770,000	(6)	63,860,000	(7)
受託事業	6,600,000	(2)	6,120,000	(2)	11,620,000	(3)	6,820,000	(2)
共同研究	14,104,000	(4)	17,330,000	(4)	2,200,000	(2)	2,300,000	(2)
奨学寄附金	4,210,000	(2)	4,500,000	(6)	11,600,000	(5)	380,000	(4)
Society5.0事業	323,577,978	(6)	418,539,276	(5)	700,788,000	(1)	700,788,000	(1)
学内グラント	0	(0)	0	(0)	4,800,000	(2)	450,000	(1)
合計	770,304,347	(48)	935,790,191	(59)	1,119,267,000	(45)	1,092,544,428	(43)

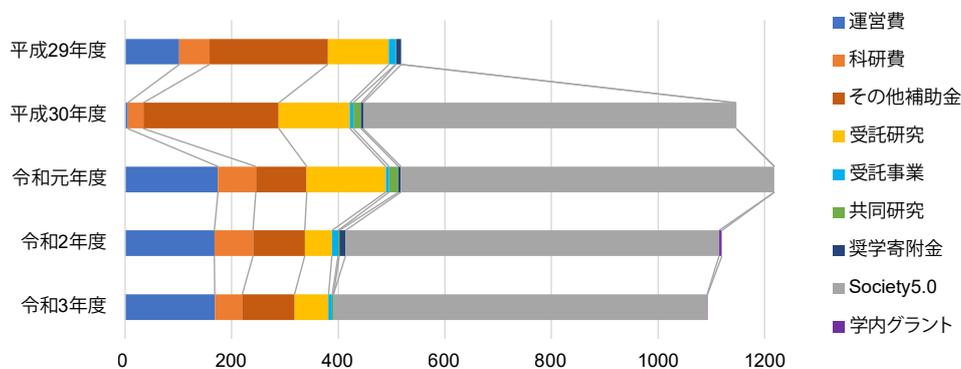


図 2.1: 予算の推移

2.4 学際共創研究活動概要

様々な分野にデータ駆動型研究を導入し、研究スタイルの変革を図る組織である「データビリティフロンティア機構」において企画室が中心となり当該機構内のデータビリティ基盤部門研究者と学内の様々な分野の研究者とのマッチングを実施し、「データ駆動型学際研究プロジェクト」の共創支援を行った。

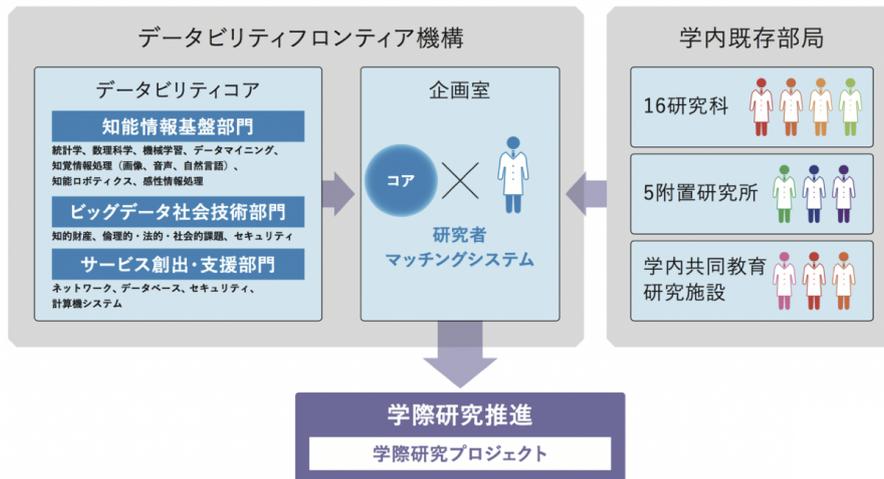


図 2.2: 研究者マッチングシステム

下記に平成 28 年度から令和 3 年までの 6 年間の学際共創プロジェクトの推移を示す。なお、学際共創プロジェクトを対象として平成 29 年度、平成 30 年度、令和元年度、令和 2 年度、令和 3 年度にはそれぞれ総額 3,200 万円、2,400 万円、2,400 万円、2,200 万円、3,000 万円の研究活動費配分を実施した。

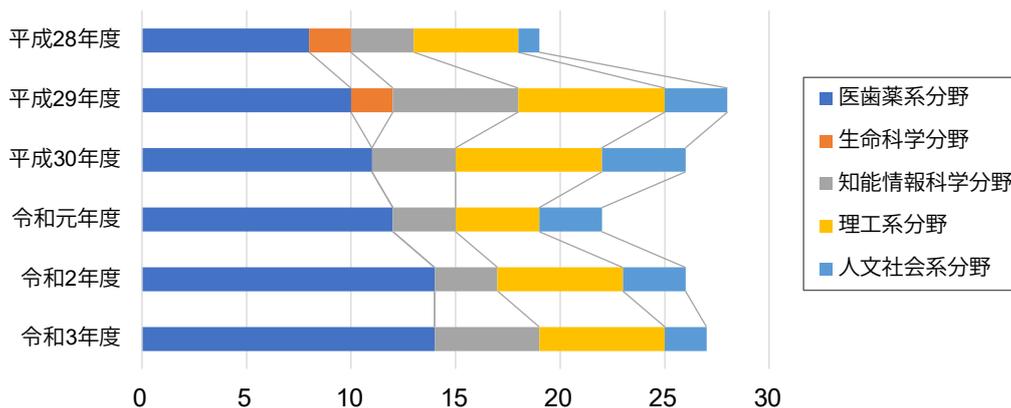


図 2.3: 学際共創プロジェクトの推移

第 3 部

学際共創プロジェクト

令和 3 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	医療データサイエンスを用いた NASH 画像自動 診断	鎌田, 三善 (医), 鈴木 (MMDS)
	画像認識技術および 3D マッチングを用いた インプラント体判別システムの開発	若林, 王, 西山, 田宮, 中野, 石垣 (歯), 中村 (大手前短大), 李, 中島, 長原 (IDS)
	深層学習をもちいた蛋白質構造解析技術に関する研究	Godó, 青木, 八木 (産研), 中川 (蛋白研)
	運動器疾患に対する人工知能を用いた歩行分析	森口, 多田 (医), 武村, 長原 (IDS)
	深層学習を用いた子宮頸部病変診断システムに 関する研究	Manalo, 青木, 八木 (産研), 上田 (医)
	スピンをを用いた新たなリアルタイム生体モー ションセンシング手法の開発	千葉, 櫻井 (産研), 野村 (基礎工)
	機械学習を活用する円錐角膜早期診断・進行予 測手法の開発	辻川, 前田 (医), 櫻井 (産研)
	リアルタイム AI を活用した神経疾患の診断・ 発作の事前予測手法の開発	貴島 (医), 柳澤 (高等共創), 櫻 井, 松原, 木村 (産研)

部門	題目	メンバー
	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)
	イメージングデータ駆動型ライフイノベーション	菊田 (医), 堀, 箕島 (工), 繁田, 瀬尾 (情報)
	タンパク質構造上でのがん変異集積領域の同定方法の開発	樋野, 土井 (薬), 川端, 栗栖 (蛋白研)
	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)
	顔と歯の形態特徴抽出による遺伝疾患スクリーニング AI システムの開発	谷川, 山城 (歯), Lee, 吉川, 下條 (CMC)
バイオサイエンス部門・生命システム領域	多剤耐性菌のバイオメトリクス研究	西野, 青木, 西野 (産研), 古澤 (東大)
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, 榎原, 新妻, 丹羽 (産研), 長原, 春本, 岸本, 中島, 武村 (IDS), 馬場口 (工), 平川, 八木 (CO), 下條, 廣森 (CMC), 東野, 義久 (情報)
	打つ前に分かる, プレイヤーの画像解析と学習によるテニスの球種と軌道の予測	中田, 高畑, 近田 (医), 下條, Lee, 吉川, 日田 (CMC), 斎藤 (慶應)
	プライバシーに配慮した屋内人間行動および属性の推定技術	山口, 水本, 田中 (情報)
	AI による事故予測システムの検討、検証、汎化性能に向けての研究開発	乾口, 林, 関 (基礎工), 須山 (兵庫県警)
システムデザイン部門・環境イノベーション	新しいエネルギー性能評価指標の検証のための詳細行動データ取得技術	山口, 東野 (情報), 下田 (工)

部門	題目	メンバー
機能デザイン部門	非翻訳 RNA を標的とした低分子創薬候補物質の判別手法開発	山田, 中谷 (産研), 松下 (情報)
光・量子デザイン部門	物理インフォマティクスによる“時・空のふち”探索	長友, 佐野, 千徳, 兒玉 (レーザー), 松下 (情報)
	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, 大市大) 長原, 中島, 武村 (IDS)
	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), 浅井, 山中, 木村, 加藤, 櫻井 (産研)
	機械学習を活用する新規円偏光発光材料の設計・合成システム	佐古 (薬), 滝澤, 鷲尾 (産研), 近藤 (茨大)
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 (文), 大石 (東大), Qian, Renoust, Garcia, 中島, 長原 (IDS)
	オーストラリアにおけるパブリック・ミーティング新聞記事の自然言語処理解析による世論形成過程研究の高度化	藤川 (文), 長原, Chu, 梶原, 中島, Renoust (IDS)

以下に各プロジェクトの本年度の活動状況を記載する。(公開可能なもののみ記載)

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

「医療データサイエンスを用いた NASH 画像自動診断」

鎌田佳宏（医学系研究科）

三善英知（医学系研究科）

鈴木 貴（MMDS）

1 研究の背景

非アルコール性脂肪性肝疾患（NAFLD）は肥満人口の増加に伴い、世界中で増加している慢性肝疾患である。NAFLD の 1～2 割の症例は非アルコール性脂肪肝炎（NASH）と呼ばれ、肝硬変、肝癌発症へと進行する。NAFLD から NASH を鑑別する方法は肝生検による組織診断がゴールドスタンダードである。その際、ballooning hepatocyte (BH) という膨化した肝細胞の存在診断が重要であるが、病理医によってその診断にバラつきがあることが問題である。

2 研究の目的

肝生検によって得られた肝生検組織像を元にして、数理モデルを用いて客観的に NAFLD 肝臓の BH 病理診断法の開発を行うことを目的とする。

3 研究の方法

3.1 前処理, 統計的処理

コントラストが弱い画像に対して、コントラストを強調するために有効な前処理法を開発した。

3.2 領域分割による形状判定 (方法 1)

領域分割では混合ガウス分布モデルを適用して 1 枚の画像を同じ特徴をもつ領域ごとに分割する。

NASH では ballooning hepatocyte という特徴的な細胞がある (右上図, 黄色矢印)。領域分割によって線維部分と細胞質部分を取り出した上で、この細胞を外接楕円型フィッティングによって検出した。

3.3 細胞ごとのヒストグラム解析 (方法 2)

上記と別にもう一つの方法も検討した。HE 染色図の画素値の閾値処理をして各細胞の核を見つけ、細胞核を中心にして四角に周辺領域を切り取った。そしてそれぞれの領域の RGB 別輝度値ヒストグラムを解析した。機械学習の手法として、マルチレイヤーパーセプトロン (MLP) 法で判定した。

4 研究成果

4.1 楕円フィッティング法方法

NASH 判定については形状判定と輝度・色情報判定の 2 つの手法で自動化した (産業財産権 [1][2])。形状判定では ballooning hepatocyte に含まれる顆粒状凝集物の検出に注目し、組織の線維化を考慮に入れた検出法を開発した。最初に領域分割によって線維組織を抽出し、次に輪郭部位に外接楕円フィッ

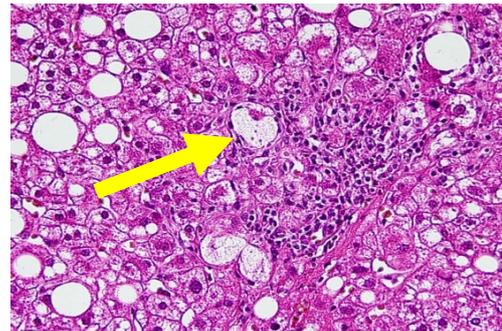


図 1: Ballooning hepatocyte (黄色矢印)

ング処理を施して、凝縮物を抽出する。また線維化が進んでいない場合には、細胞質領域を用いてフィッティングを行う。輝度・色情報判定では領域分割によって細胞質領域の画素情報を抽出する。形状判定と輝度・色情報判定はいずれも有望なデータ解析法であることが確認されたため、両者を組み合わせ、実用化に向けてさらにデータ分析を進めることになった。

以上の手法を用いて株式会社プロアシストの橋本英樹氏との共同研究により、ballooning hepatocyte の自動判定ソフト (BH Detector) を開発した。

4.2 バリデーショNSTAディの結果

2020 年度は BH 検出のためにこれまで行ってきた楕円フィッティング法に加え、MLP 法を用いた手法による BH 検出法改善を行ったが、楕円フィッティング法の改善によって単独で検出効率が上がることが 2021 年度にわかった。そこで MLP 法は用いずに 51 例を対象にして楕円フィッティング法による BH 検出法の改善を行い (トレーニングコホート)、その後同手法で別の 22 症例 (バリデーショコホート) を用いて解析を行った。検出率は 47%、間違っ細胞の指摘は 53% に認められた。

5 結語

数理モデルを用いた ballooning hepatocyte 検出方法開発を行っている。病理医間での診断にバラツキの多い BH 診断を客観的に数理モデルで診断することは病理医間、施設間での診断を均一化する上で極めて重要な試みである。今後さらなる精度向上を目指していく予定である。また現段階で楕円フィッティング法による BH 検出能の報告についての論文化を進めている。

参考文献

-
- [a] 板野景子, 医用画像データの混合ガウス分布モデルによる分析, “はじめての数理モデルとシミュレーション”, 実験医学増刊, 羊土社, Vol. 35, No. 5, pp. 92-99, 2017

発表論文等

〔産業財産権〕

- [1] 医用画像における特徴量選出方法及び病変評価装置, 板野景子他, 特願 2017-039716
- [2] 病理診断装置及び画像処理方法, 三善英知他, 特願 2017-167549

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

画像認識技術および 3D マッチングを用いたインプラント体判別システムの開発

若林一道（歯学研究科）
 王 展越（歯学研究科）
 西山貴浩（歯学研究科）
 田宮紳吾（歯学研究科）
 中野 環（歯学研究科）
 石垣尚一（歯学研究科）
 中村隆志（大手前短期大学）
 李 辰昊（IDS）
 中島悠太（IDS）
 長原 一（IDS）

1 研究の背景

インプラント治療は欠損補綴治療として有効な治療法であり、一般歯科診療においても広く用いられている（図 1）。長期的に良好な予後を得るためには、定期的なメンテナンスや調整、時として歯科医師の再介入が必要となる。



図 1: インプラント治療後のレントゲン画像

一般的に、インプラント治療において、日常的な口腔衛生の励行や定期検診によるメンテナンスが重要であると説明がなされる。しかし、この考え方は患者が常に健康かつ長期通院が可能であることを前提としたものがある。日本の人口人工区分別割合は、2025 年には 65 歳以上人口は総人口の 40%、75 歳以上人口も 25% を占めると予測されており、現在の急速に進む高齢化社会に対応できているとは言い難い [a]。加えて、平成 23 年度歯科疾患実態調査ではわが国の 35 歳以上のインプラント装着状況は 2.7% であり、2016 年には 7.0% と日本人の成人約 100 人に 7 人がインプラント治療を受けていることになる。

そのような社会環境の中で、新たなインプラント体が日々開発され患者に用いられる今日、通常の臨床の中で、インプラント体を判別し、専用のドライバーなど準備することが、より一層困難となっている（図 2）。さらに、かかりつけ医院が閉院しているなど、患者からインプラントの情報を引き出すことが極めて困難となっている。加えて、インプラント体はメーカの違

いのみならず、同一メーカーにおいても、その種類、構造は多岐にわたっている（図 3）。



図 2: インプラントの種類によりドライバーの形態も異なる。



図 3: 同一メーカーでもインプラント体の形態が異なる。（Camlog 社, Straumanns 社ホームページより引用）

そのため、歯科におけるデジタル化が進歩・発展する中、将来の歯科医療環境において、より簡便かつスピーディーにインプラント体を判別するシステムの開発は喫緊の課題であると考ええる。

2 研究の目的

本研究では、インプラント体の画像情報および三次元情報と、歯科用 X 線画像上のインプラント体をコンピュータ上で、AI による画像認識およびマッチングさせることにより、インプラント体のメーカーや種類を判別するためのシステムを構築することを目的としている。今回、人工的に生成したデンタル X 線画像および AI による画像認識を行ったので報告する。

3 研究の方法

Straumann 社製の 3 種類のインプラントシステム BL (ボーンレベル + パラレルウォール), BLT (ボーンレベル + 先端にテーパタイプ), TL (ティッシュレベル) において, 直径, 長さの異なる 83 個の STL データをレンダリングシステム Mitsuba 2 に入力した. そして, 3 種類のインプラントシステムについて, 各 22,896 枚, 計 68,688 枚の人工的デンタル X 線画像を生成したのち (図 4), 3 種類の深層学習モデル Lenet, Midsize, Google Inception v3 に学習させた.

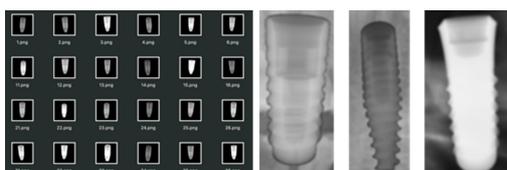


図 4: 三次元データを用い作成した, 擬似的な X 線画像

評価用には, 本学附属病院から 3 種類のインプラントシステムが含まれるデンタル X 線画像 295 枚を用い, 学習モデル間の差について評価した. さらに, 歯科医師との識別精度を差についても評価を行った. インプラント埋入経験がある歯科医師 3 名に, デンタル X 線写真をタブレットで示し, 3 種類のどのインプラントシステムかを回答させた. 加えて, Confusion matrix で深層学習のモデル結果の可視化を行った.

(大阪大学歯学部附属病院 倫理審査委員会番号 11000078 承認番号 R3-E14)

4 研究成果

Lenet, Midsize, Google Inception v3, 歯科医師, の識別精度は, それぞれ 89.83%, 89.15%, 92.54%, 99.32% で, 歯科医師が最も高かったが, 識別速度は AI の方が 70~100 倍速かった. また Confusion matrix において高い正解率が示された (図 5).



図 5: Google Inception V3 での Confusion matrix

本研究により, インプラント体の STL データから人工的に生成したデンタル X 線画像, および, 深層学習はインプラントシステムの識別に有用であるものと考えられた. そして, 本手法は, 深層学習における, 学習データ不足や個人情報に関する問題を解決するために有効であるものと考えられた.

5 今後の展望

AI を用いたインプラント体の識別システムに関する研究は, 他の研究機関でも行われるようになってきているが, 他の研究では, 患者の X 線画像を用いて画像認識を行なっている. その場合, 個人情報の観点により, AI の学習に必要なデンタル X 線の収集に制限が生じる, 用いられる頻度の少ないインプラント体では, X 線写真の枚数が少なくなるといった問題がある. 本研究では個人情報の観点から, 加えて, 新しいインプラント体が開発された際の速やかなアップデートができるようにインプラント体の三次元データを用い, 擬似的な X 線画像を作成し, その画像を用いることを特徴としている. 今後は, 本研究に協力していただけるインプラントメーカーの数を増やすように努め, 多様なインプラント体を判別できるようにすることで, より実用的なシステムへとなるように研究を進めていきたいと考えている.

引用文献

- [a] 萩原芳幸, “超高齢社会におけるインプラント治療”, 日補綴学会誌 Ann Jpn Prosthodont Soc 10, 314-321, 2018.

発表論文等

〔外部資金〕

- [1] R2-4 年度, 科学研究費助成金 基盤 C, “パターン認識技術を応用したインプラント体判別システムの開発”, (代表) 若林一道 (分担) 中野 環, 中村 隆志, (協力者) 長原 一

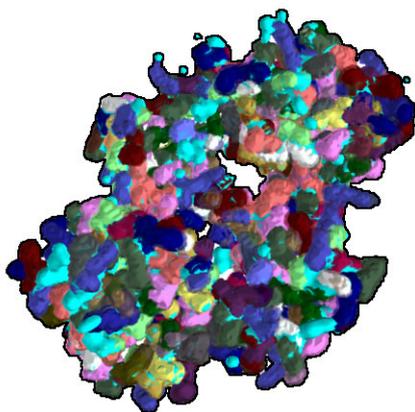
Protein Structure Segmentation with Deep Learning Methods

Ákos Godó (産業科学研究所)

青木 工太 (産業科学研究所)

八木 康史 (産業科学研究所)

中川 敦史 (蛋白質研究所)



Predicted Class:									
ALA	ARG	ASN	ASP	CYS	GLN	GLU	GLY	HIS	ILE
VAL	THR	LYS	MET	PHE	PRO	SER	LEU	TRP	TYR

図1: The goal of our research is to assign labels corresponding to the 20 standard amino acid residues to protein electron density maps. Our method can assign amino acid labels to protein electron density maps using deep neural networks.

1 研究の背景

Proteins are the building blocks of life and can be considered functional building blocks of most if not all living organisms. Natural proteins are chains of the 20 standard amino acid (AA) residues. The function of proteins is dictated by their shape and structure.

Their 3D shape is assumed after a process known as folding, where the amino acid chain is twisted and turned to create the protein's structure. Currently there are over 200 million known protein sequences, but only approximately 184,000 solved structures deposited [a] in databases [b].

Electron density (ED) maps, acquired via an imaging method called X-ray crystallography, allow the observation of protein structures. Current structure determination efforts focus on mapping the known amino acid sequence into the observed ED map to create an atomic model of the protein's structure.

The success of model building heavily depends on the quality and resolution of the ED maps. At lower resolu-

tions, side-chains become harder to observe and distinguish making automated structure determination at low resolutions (below 3.5 Å) difficult or impossible.

The obvious solution might be to acquire high resolution and high quality ED maps, but it is prohibitively time-consuming and difficult to produce crystals yielding ED maps with a high enough quality to be used for model building. To illustrate, approximately 150,000 structures (from the aforementioned 184,000 in total) were built using ED maps with resolutions of 3 Angstroms or higher.

2 研究の目的

The large volume of unsolved protein structures and dependence on hard to acquire high-quality ED maps makes it necessary to create methods that can handle lower quality samples quickly and efficiently. The main objective of our research is to find novel and robust machine-learning based approaches to protein structure determination.

Since ED maps are three-dimensional volumetric data, we approach the problem through 3D image processing approaches and through the use of three-dimensional neural networks. We approach primary structure assignment (amino acid labelling) as a semantic segmentation problem. The objective is to assign a class label, c , corresponding to the 20 standard amino acid residues to each (x, y, z) coordinate of the ED map.

3 研究の方法

Our work proposes an image segmentation approach to discovering and assigning residue labels to protein ED maps without relying on the residue sequence information. We mainly utilize three-dimensional neural networks to directly process the ED maps in their native volumetric data format.

The backbone of our method is the 3D FC-DenseNet architecture which we developed to handle the task of amino acid labelling as a 3D semantic segmentation task. Inspired by the DenseNet [e] family of architecture, the 3D FC-DenseNet consists of 3D dense blocks to accelerate learning by improving gradient flow through the concatenations present in the dense blocks. The FC-DenseNet56 configuration was used for high and mid resolution data (1.5–3.5 Å)

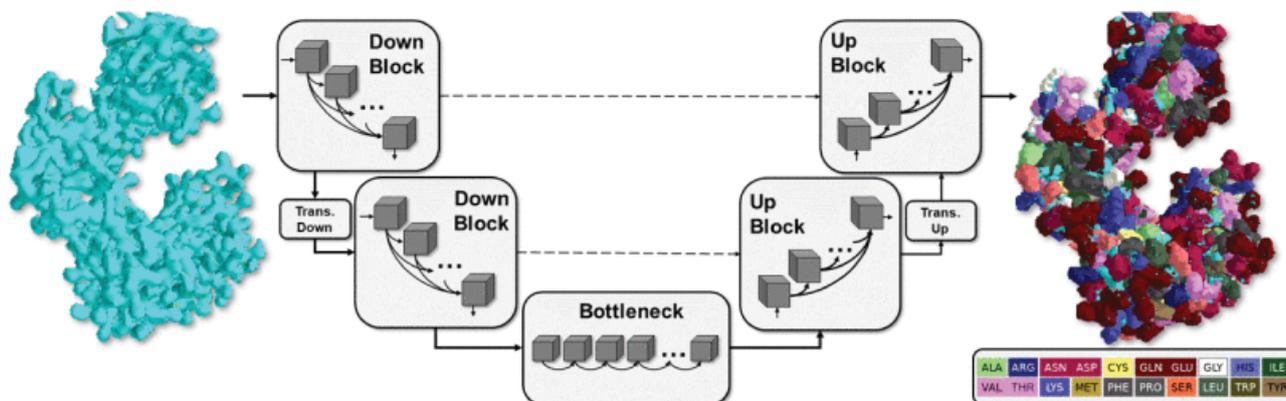


图 2: Our proposed deep neural network architecture, the 3DFC-DenseNet, can assign amino acid labels directly to protein electron density maps without relying on their residue sequence information.

and the FC-DenseNet48 configuration for low resolution samples (sub 3.5 Å).

The architectures were trained using our custom dataset consisting of 6990 protein ED maps at fixed 2, 3 and 4 Å resolutions to simulate high, medium and low resolution data. Following this, the models were fine-tuned using real-life samples with variable resolutions between 1.5 and 4.5 angstrom resolution.

The loss function used was the Lovasz Softmax Loss [c], an effective replacement for the Jaccard loss. The networks were trained from scratch using the Lovasz Loss for 10 epochs using the fixed resolution data sets and then fine-tuned using the experimental data for another 5 epochs.

4 研究成果

Resolution	FT R1	FT R3	Seqqy, -seq	Seqqy, +seq
<2.5 Å	0.7116	0.8119	0.0628	0.7207
2.5–3.5 Å	0.6047	0.7495	0.0204	0.4129
>3.5 Å	0.3328	0.5122	0.0068	0.0143

图 3: Rank-1 (R1) and Rank-3 (R3) accuracies of our method compared to Seqqy’s performance with (+seg) and without (-seq) using the protein’s AA sequence.

We compare our method’s AA labelling performance to Seqqy [d], a current state of the art for model building (Fig. 3). Seqqy relies on the prior knowledge of the AA sequence, whereas our method does not. When used without the sequence information, Seqqy fails even with high resolution samples. Even with sequence information present, Seqqy fails at low resolutions.

Our proposed method matches the performance of Seqqy for high resolution experimental samples over 2.5 Å resolu-

tion. It outperforms them in the 2.5–3.5 Å medium resolution range and also remains functional in the difficult low resolution range under 3.5 Å where Seqqy fails.

The effects of decreasing resolution are visible in the results of both Seqqy and our proposed method. Our method achieves a mean Rank-1 Hit Rate of 0.3328 at low resolution. While there is room for improvement, this is a significant increase over Seqqy.

We have recently published an article in IEEE Access titled “Residue Assignment in Crystallographic Protein Electron Density Maps with 3D Convolutional Networks” [f] discussing the approach and results in detail.

引用文献

- [a] wwPDB consortium “Protein Data Bank: the single global archive for 3D macromolecular structure data”, Nucleic Acids Research, 2018
- [b] Online: wPDB: Deposition Statistics, <https://www.wwpdb.org/stats/deposition>, Accessed 2022. April 21.
- [c] Berman, Maxim et al., “Optimization of the Jaccard index for image segmentation with the lovász hinge”, CoRR, abs/1705.08790, 2017
- [d] Chojnowski, G. et al., “Sequence assignment for low-resolution modelling of protein crystal structures”, 2019, Acta Cryst. D vol. 75, no. 8 pp. 753–763,
- [e] Jégou, Simon et al., “The one hundred layers tiramisu: Fully convolutional densenets for semantic segmentation”, CVPR, 2017.
- [f] Godó, Ákos, et al. “Residue Assignment in Crystallographic Protein Electron Density Maps With 3D Convolutional Networks” IEEE Access 10 (2022): 28760–28772.

運動器疾患に対する人工知能を用いた歩行分析

森口 悠 (医学系研究科, 大阪南医療センター)

長原 一 (IDS)

武村 紀子 (IDS)

多田 智 (医学系研究科, 大阪南医療センター)

1 研究の背景

神経・運動器において歩行は極めて重要な機能である。実際に整形外科を受診する患者においては、下肢痛や腰痛など歩行に支障をきたし得る症状を主訴とする比率は極めて高く、また人口の高齢化に伴いフレイルやロコモティブシンドロームを背景とした疼痛を伴わない歩行機能障害は現代人の健康において重要な課題となっている。一方で近年、人工知能の中でも機械学習の領域は、ディープラーニングの発展に伴い飛躍的な進歩を遂げ医療応用への期待が高まっている。画像認識では既に人間の目を凌駕し、顔認識機能として既に広く実用化されているが、ヒトの歩行パターンもまた重要なバイオメトリックス (生体認証) でありこの分野の研究も進められている。

2 研究の目的

本研究では歩行に異常が生じる神経・運動器疾患に罹患する患者の歩行映像データを用いて深層学習モデルを構築し、ヒトの歩容から疾患の有無、重症度や病期を明らかにし、運動器疾患の早期発見と治療ならびに歩行機能評価に資する新たな非侵襲的検査デバイスを開発する。令和3年度の進捗について、歩行データベースの構築、診断モデルの構築、技術シーズが解決し得る医療課題の観点から報告する。

3 研究の方法

3.1 データベースの構築

患者群の選定

歩行に強く影響を与え、頻度の高い整形外科疾病を対象とする前提のもと、変形性膝関節症、頸椎症性脊髄症、腰部脊柱管狭窄症、パーキンソン病、ロコモティブシンドロームのうち1つないし複数を対象疾患と選定する。その際、本研究の解析手法であるデータの2次元化の影響が少ない(2次元化で特性が失われにくいと考えられる)疾患から優先的に対象患者群とする。

動画の撮影

被検者が直線的に10m歩行する姿を正面ならびに側面から撮影する。手術を受ける患者は術前・後で同じ撮影をくり返す。健常ボランティアを正常コントロールとする。

3.2 診断モデルの構築

歩容特徴の抽出

側面から撮影した2次元の動画データから脚の動き等の歩容

特徴を抽出し、深層学習による診断モデルの入力とする。歩容特徴から個体識別 [a] や属性識別 [b, c] が可能であることから、疾病の有無等に関しても高精度な識別が期待できる。

深層学習による歩行解析

歩行動画データから抽出した歩容特徴を用いて、深層学習により歩行解析を行うモデルを構築する。最初に疾病の有無、術前・後と2グループの判定での診断精度を検証する。次に人工知能による歩容カテゴリー分けを行い、個体が有する疾病と歩行パターンの関連を検証する。診断精度を下げる因子が存在する場合は撮影環境への制限を追加またはアルゴリズムの高度化を適宜行う。

4 研究の成果

4.1 データベースの構築

大阪大学産学共創プロジェクトグラント (起業プロジェクト育成グラント) が6月に採択され、撮影要員として研究助手4名を雇用して撮影効率を改善した結果、疾患歩行データベースとして、疾患特徴的歩行 (脊柱管狭窄症・変形性関節症・パーキンソン病・ほか神経難病含む) 1000 動画の収集を達成した。これら動画に身体情報および疾患情報を付与したデータベースを構築した。さらには全国140病院からなる国立病院機構ネットワークの共同研究課題として採択され令和4-6年度で神経および運動器疾患の大規模歩行データベースの作成する基盤を整備した。

4.2 診断モデルの構築

技術面の進歩としては、収集したデータから特徴量を抽出し、深層学習により疾病の有無を識別するモデルを構築した。2021年6月に大阪大学と国立病院機構共同出願による特許申請を済ませ、現在は追加項目の申請段階であるため技術部分の詳細は避けるが、とりわけ2つの特定疾患については高精度で疾患有無の判定が可能と判明し、実用化試作モデルまで作成した。さらに感度や特異度を改善させる特徴量抽出法や判定スコアの作成法について研究を進めた。

4.3 技術シーズが解決し得るニーズ調査とビジネスモデルの検討

歩容から病気を診断するシーズの社会実装の可能性を検討するため、調査会社と共同して無作為抽出した全国の整形外科医20名にアンケート調査を行った結果、診断・治療に効率化に資

すると約8割の医師が回答した。さらに事業性を検証するために大阪大学産学共創機構と連動してスタートアップ起業の妥当性や投資市場における事業価値を検討し、産学共創機構のメンターや本チームに関心を寄せる大阪大学連携ベンチャーキャピタル DEEPCORE 担当者と打合せを反復して顧客層分析とビジネスモデルの立案を行った。

引用文献

- [a] N. Takemura, Y. Makihara, D. Muramatsu, T. Echigo, Y. Yagi, “On Input/Output Architectures for Convolutional Neural Network-Based Cross-View Gait Recognition,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2019.
- [b] A. Sakata, Y. Makihara, N. Takemura, D. Muramatsu, Y. Yagi, “How Confident Are You in Your Estimate of a Human Age? Uncertainty-aware Gait-based Age Estimation by Label Distribution Learning,” *Proc. of the 4th Int. Joint Conference on Biometrics*, 2020.
- [c] C. Xu, Y. Makihara, R. Liao, H. Niitsuma, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, “Real-Time Gait-Based Age Estimation and Gender Classification from a Single Image,” *Proc. of the IEEE Winter Conf. on Applications of Computer Vision*, 2021.

Cervigram Dataset Cleansing Pipeline

Margaret Dy Manalo (産業科学研究所)

青木 工太 (産業科学研究所)

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

Machine learning is a versatile method for big data analytics with its increasing range of applications. Its effectiveness can depend on either the algorithm (model-centric) or the quality of available data (data-centric). Most use the model-centric approach particularly due to the vast amount of academic research dedicated to it, and is seen as promising compared to the difficulty of creating large standard datasets. A data-centric approach needs quality assurance (QA) which becomes increasingly difficult as the dataset grows. However, it remains an important task as errors, or dirty data, can adversely affect model performance.

Methods that iteratively generate more training data from predictions can unknowingly amplify and propagate dirty data through the model. Dirty data also hinders the task of understanding the model, as clean data is the common assumption of most evaluation methods. Nonetheless, QA is a painstaking task that requires time and multiple passes through the dataset.

Dirty data remains an obstacle in healthcare due to differences in clinical record format and operational elements, especially when gathering from multiple sources. It is particularly taxing for certain data that require specialization, and those sourced from third parties where control is limited.

2 研究の目的

The objective is to perform data cleansing on a cervigram dataset. The following observations are taken into consideration: (1) the presence of indiscernible images with class labels; (2) natural physical variations of cervices among patients; and, (3) lack of a standard setting when the cervigrams were taken. The desired outcome is a clean dataset that can be later used to train a model for cervical lesion diagnosis.

3 研究の方法

3.1 Dataset

The dataset consists of 7,099 cervigram images taken during colposcopy with a size of 480×640 . Images were annotated by medical specialists on classes for cervical lesions. A standard setting was not predefined, resulting to

images of varying angle, distance, scale and lighting conditions.

3.2 Implementation

The methods below were used to detect the erroneous and outlier cervigrams from the dataset, remove them, and further refine the dataset in the succeeding steps. The class labels were not used to prevent confusion from indiscernible yet labeled cervigrams.

Region of Interest (ROI) Extraction. The cervix region was extracted using Faster R-CNN, similar to [a], to reduce the variance in scale of the ROI. Region proposals were produced from extracted image features, passed through an ROI pooling layer, producing fixed-length feature vectors from each proposed region, and then followed by classification. The output consists of the class scores and bounding boxes of the detected cervix. The model was pretrained on 900 cervigrams from a previously acquired dataset from the National Cancer Institute (NCI) which were manually annotated for bounding boxes with the cervix as the ROI. The NCI dataset was used for pretraining due to its more standard setup when the image was taken. This also introduced natural physical variations among cervices to our model, making it insusceptible to such differences.

Outlier Removal. Isolation Forest [b] was used to quickly detect anomalies or outliers among the extracted ROIs. Recursive random partitioning was performed over image features until each sample was isolated, mimicking a tree structure. The length of the path leading up to the root node measures the normality of the sample. Anomalies naturally tend to deviate resulting to quicker isolation and shorter path lengths. The features used for this step were extracted by the previous Faster R-CNN model.

Quality Assessment. Simply setting a threshold for distortions and noise is difficult particularly for increasingly large datasets. Additional complexities are the need for resources, and the subjectivity brought by manual annotations for image QA. Therefore, MetaIQA was chosen as an unsupervised method for detecting low quality images. It simulates the meta-knowledge shared by human observers who evaluate image quality of diverse distortions, and stems from the need of large datasets to train deep learning models [c]. Various datasets, each having its own type of distortion classification or regression task, were used

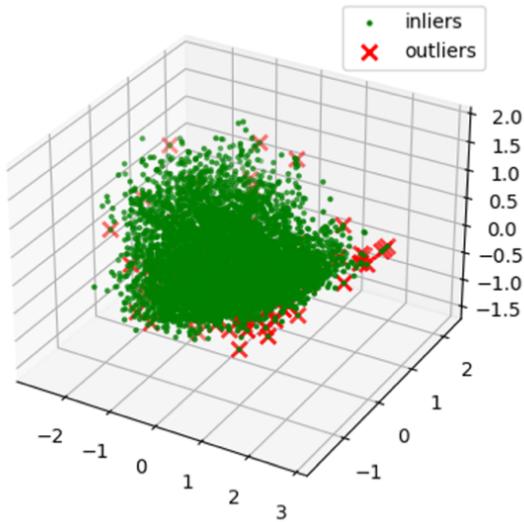


图 1: Outliers highlighted among cervigram samples projected on a 3D feature space using Isolation Forest.

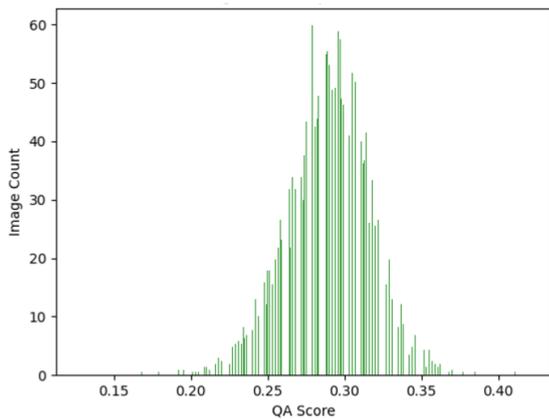


图 2: Distribution of QA scores of cervigrams evaluated using MetaIQA.

to train and generate a generalized model. The resulting model is then used on the cervigram dataset to measure image quality. The three-sigma rule was used as a threshold to separate samples with low QA scores.

4 研究成果

ROI extraction using Faster R-CNN was overall effective in cropping out the cervix but failed in certain distorted images where the hue and general form resembled a proper cervix. Thus, the succeeding methods were necessary to further cleanse the dataset. Isolation Forest was able to detect some outliers based on the Faster R-CNN extracted features. Fig. 1 shows the outliers among the samples in a dimensionally reduced feature space. It was qualitatively



图 3: (a) Desired clean cervigram data where lesions are fully visible; (b) Cervigrams where the ROI was undetected by Faster R-CNN; (c) Detected outliers using Isolation Forest; (d) Cervigrams with low MetaIQA scores.

effective in isolating deviant-looking cervigrams and those with medical instruments in focus. Cervigrams with low MetaIQA scores, relative to the overall distribution seen in Fig. 2, were visually evaluated. Most were images with extensive blur and were out of focus. Fig. 3 shows some examples of the detected dirty cervigrams from each step.

Overall, the pre-processing pipeline is useful in automating the cleansing process. It reduces the amount of unwanted images for future model training. However, it would be ideal to have proper QA annotations or scores to properly assess its performance.

引用文献

- [a] Hu, L., Bell, D., Antani, S., Xue, Z., Yu, K., Horning, M.P., Gachuhi, N., Wilson, B., Jaiswal, M.S., Befano, B., Long, L.R., Herrero, R., Einstein, M., Burk, R.D., Demarco, M.T., Gage, J.C., Rodriguez, A.C., Wentzensen, N., Schiffman, M., “An Observational Study of Deep Learning and Automated Evaluation of Cervical Images for Cancer Screening”, *Journal of the National Cancer Institute*, 2019.
- [b] Liu, F.T., Ting, K.M., Zhou, Z., “Isolation Forest”, 2008 8th IEEE International Conference on Data Mining, 2008.
- [c] Zhu, H., Li, L., Wu, J., Dong, W., Shi, G., “MetaIQA: Deep Meta-Learning for No-Reference Image Quality Assessment”, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2020.

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

スピンをを用いた新たなリアルタイム生体モーションセンシング手法の開発

千葉 大地（産業科学研究所）

櫻井 保志（産業科学研究所）

野村 光（基礎工学研究科）

1 研究の背景

スピンは外部磁界に敏感なベクトルであり、情報不揮発性を有する。そのため、スピントロニクスは磁気記録あるいは磁界センシングに主眼を置き、高度に成長を遂げてきた。ところが、いわゆるフィジカル空間においては、磁界よりも力学量の方がはるかに重要な物理量である。しかし、スピントロニクスという分野は力学量のセンシングとはこれまで無縁であった。

2 研究の目的

本研究では従来のスピントロニクスの主眼を 180° 転換し、スピントロニクス素子の高感度さとこれまで培われた技術を活かしつつも、力学量、特に生体モーションセンシングの高度化に焦点を当てる。これにより、人間生活の安全・安心や IoT 社会の発展などのより身近な社会課題解決に資する展開を切り拓く。これまでのスピントロニクス研究開発の流れをゲームチェンジする独創性とインパクトを有し、社会実装範囲を爆発的に広げるチャレンジングな取り組みであるだけでなく、学際分野としての新未来を拓く学術的波及効果も期待できる。

例えば手の甲にセンサシートを貼って指の動作を妨げずに推定する、心臓周辺の皮膚に貼って心筋の動作を推定するなどの様々な活用場面を想定している。研究開始までに、単一の応力方向スピン素子を手の甲に貼り、どの指を曲げたかを同定することにすでに成功している [b]。VR グローブやスマートアパレルと異なり、センシング対象器官を直接センサで覆う必要のない（触覚や動作の自由度を犠牲にしない）革新的なスピン生体モーションセンシングを実現したいと考えている。従来のスピントロニクスが目指す情報記録と処理の高度化の旗印を変革し、医療や VR だけでなく、インフラモニタリング、ロボ、物流など新たな市場の開拓も視野に入れ、独創的な新ルートを切り拓きたいと考えている。

我々が開発した、力を加えた「方向」を敏感にセンシング可能なスピン素子 [a] を、生体親和性の高いフレキシブルシート上に集積形成し、得られた多次元時系列データを収集してリアルタイム AI 解析を行うことを最終目標とする。これにより、例えば指先の感覚や動きを妨げることなく手の甲にセンサシートを貼り付けるだけで指の動きを推定し予測するなど、筋肉や皮膚等でつながる遠方の動作を高度に推定する技術を開発する。

3 研究の方法

現在、有機 FET と集積化したアクティブマトリクス方式のセンサシートを開発中であるが、本年度は、フレキシブルシート上に簡易的に巨大磁気抵抗素子を集積化したサンプルセンサシートを試作し、それを手の甲に貼り付け、その出力を機械学

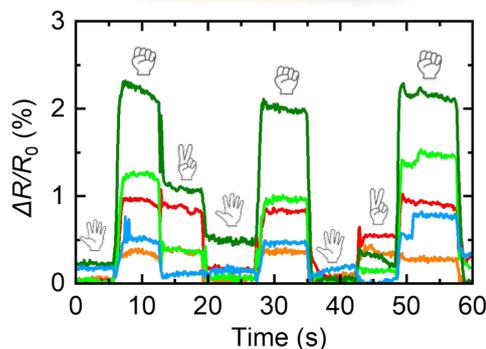
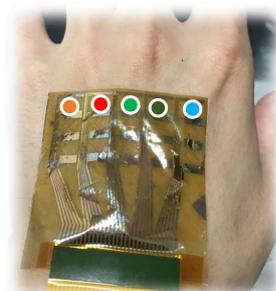


図 1: 手の甲に貼り付けたセンサシート (上) と、手をパー→グー→チョキ・・・と変えたときのセンサ群の抵抗変化 (下). グラフの色と、写真のセンサの位置が対応している。

習により解析することで、グー・チョキ・パーの動作の推定を行った。具体的には、3 × 5 個のスピン素子が金属配線で接続された簡易的な集積スピンシートのプロトタイプを用いた。

4 研究成果

図 1 は作製した簡易センサシートを手の甲に貼り付けた様子と、指に近い列のセンサ群からの出力である。パー→グー→チョキ・・・と手の形を変えながら、センサの出力（電気抵抗の変化率）の時間依存性を取得した。場所により出力が異なり、特徴的な出力が得られていることが分かる。

グー・チョキ・パーが明確にわかる部分のデータを使用して機械学習を実施し、集積化の効果による精度向上を検証した。具体的には 35 秒くらいまでのデータを訓練データとし、それ以降をテストデータとした。分類アルゴリズムにはパーセプトロンを用いた。結果、素子一つだけの分類精度は 70% 程度であったが、集積化した場合には 95% もの推定精度が得られ、集積化の威力を確認することができた。本研究で用いた巨大磁気抵抗素子は、抵抗変化率が数%程度であるが、最近我々が発表した世界最高感度のゲージ率を有するフレキシブルフィルム

上のトンネル磁気接合素子 [c] では、抵抗変化率を 20 倍程度に向上できる。これを集積化することで、推定精度をさらに向上できるものと考えている。

また、グーからチョコキにする場合や、チョコキからグーにする場合で、自身では気づかずとも実は手の形には僅かな違いがみられ、それに伴って出力にもわずかな違いがみられることが分かった。つまり、より複雑な手の形の推定が可能な余地が残されていると考えている。

引用文献

- [a] S. Ota, A. Ando, and D. Chiba, “A flexible giant magnetoresistive device for sensing strain direction”, *Nature Electron*, 1, 124-129, 2018.
- [b] H. Matsumoto, S. Ota, A. Ando, and D. Chiba, “A flexible exchange-biased spin valve for sensing strain direction”, *Appl. Phys. Lett.* 114, 132401, 2019.
- [c] K. Saito, A. Imai, S. Ota, T. Koyama, A. Ando, and D. Chiba, “CoFeB/MgO-based magnetic tunnel junctions for film-type strain gauge”, *Appl. Phys. Lett.* 120, 072407, 2022.

発表論文等

〔雑誌論文〕

- [1] H. Matsumoto, S. Ota, T. Koyama, and D. Chiba, “Control of magnetic anisotropy in a Co thin film on a flexible substrate by applying biaxial tensile strain”, *Appl. Phys. Lett.* 118, 022406(1)-(5), 2021.
- [2] S. Ota, P. V. Thach, H. Awano, A. Ando, K. Toyoki, Y. Kotani, T. Nakamura, T. Koyama, and D. Chiba, “Strain-induced modulation of temperature characteristics in ferrimagnetic Tb - Fe films”, *Scientific Rep.* 11, 6237(1)-(7), 2021.

〔学会発表〕

- [1] 千葉大地, “集積スピンスイバーフィジカルシステムによる力覚センシングに向けた取り組み”, 日本物理学会 第 76 回年次大会, 2021.
- [2] 千葉大地, “フレキシブル基板上のスピントロニクス素子における放射光計測”, SPRUC ナノスピントロニクス研究会 2020 年度 第 1 回研究会, 2021.

〔外部資金〕

- [1] 2020-2025 年度, (独) 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST, “集積スピンスイバーフィジカルシステムの構築”, (代表) 千葉大地 (主たる共同研究者) 野村光
- [2] 2020-2022 年度, (独) 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) 産学共同 (育成型), “ゲージ率 1000 を超える超高感度フィルム型ひずみゲージの開発” (代表) 千葉大地
- [3] 2019-2021 年度, 科学研究費助成事業 基盤研究 A, “フレキシブルスピンドバイスを用いた完全無電力 IoT レジスタ・論理演算素子の創製”, (代表) 千葉大地 (分担) 野村光
- [4] 2020-2022 年度, 科学研究費助成事業 基盤研究 A, “ビッグ

データからの材料特性の高速モデル学習と最適化”, (代表) 櫻井保志 (分担) 千葉大地

- [5] 2021-2022 年度, 科学研究費助成事業 挑戦的研究 (萌芽), “ストレッチャブルスピンドバイス実現を目指した超瞬間熱処理プロセス構築への挑戦”, (代表) 千葉大地

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

機械学習を活用する円錐角膜早期診断・進行予測手法の開発

辻川 元一（医学系研究科）

櫻井 保志（産業研究所 AI センター）

前田 直之（医学系研究科）

1 研究の背景

医療に於いての AI 技術の利用が試みられる黎明期にあると考えられる。すでに、放射線読影技術に対する AI の利用は実用化レベルにあり、医師の診断といった分野にもこの技術の応用が試みられている。これらの技術には主にディープラーニングを主に達成されているが、以下のような課題が存在する。

1. 疾患・課題ごとに多くのデータセットを用意し、教育・検討・実証する必要があること
2. 秒単位で変化するような即時性・リアルタイムの対応が必要な課題に困難があること
3. 医療に於いては原因の検索が治療法の開発に不可欠であるが、問題となる事象がどの入力によるものが解明しにくいこと

があげられる。今回は新たな領域にこれらの AI 技術の導入を図るために、円錐角膜を対象として、上記の欠点を保管するような解析モデルの基盤を開発する。

2 研究の目的

本研究に於いては二つの技術開発を目的として検討を行っていく。

1. 現在も行われている画像情報のディープラーニングを用いた診断法を複数の疾患に応用する基盤を作り、実臨床に還元すること
2. より迅速でリアルタイムな解決が必要とされる課題に対して、有限個のパラメーター（オリゴパラメーター）を解析するリアルタイム解析を複数の疾患に応用する基盤を作り、実臨床に還元すること

これらを行うために、円錐角膜について解析モデルを確立する。

3 研究の方法

円錐角膜に於いては近年の OCT 技術の進歩により、角膜の形状を前面、後面ともに計測、記述すること、および、画像として可視化することがある程度可能となった。これをもとに、円錐角膜、前病変、正常の分類をもとに機械学習をおこなうことにより、このような円錐角膜病変の病期分類が可能となった [a, b] (図 1)。しかし、どのような前病変が円錐角膜に移行するのか、どのような状態が急速に進行するのかといった臨床的に重要な点が不明であった。今回この解析を行うために

1. 従来の画像をもとにしたディープラーニングによる手法に病状の進行度を加味した機械学習をおこなうことで、進行度を予測させる。
2. 角膜の形状を極座標に変換し、パラメーター化する。また、同様に形状を Zernike 多項式のベクトル解析により同様に

パラメーター化する [c] (図 2)。これらのパラメーターの時間的経過を入力として、微分方程式によるモデル化を行い、そのモデルの遷移をもって円錐角膜の進行のステージを予測する。

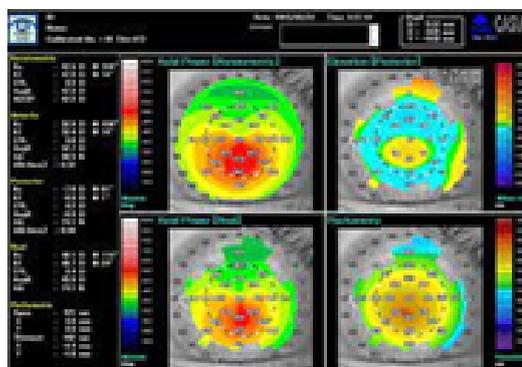


図 1: 現在行われている解析、角膜形状をいくつかのパラメーター解析に落とし込んでいる。

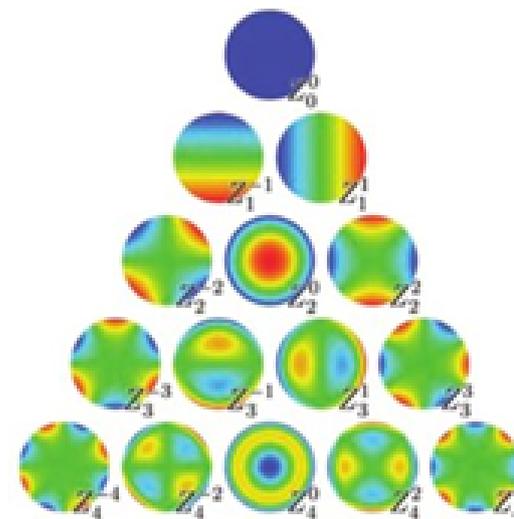


図 2: Zernike 展開による角膜形状から収差への変換

4 研究成果

4.1 基盤整備

医学部保健学科に於いてデータ解析を行う基盤整備として、保健学科外の組織も利用することができる研究環境、一部屋を整備（セキュリティ等も含めた改築を行った）した。また、

ディープラーニングにも使用できる解析用のコンピューター・ハードウェア等を医学部保健学科・再生発生医学研究室に導入した。研究体制として当研究室（再生発生医学研究室）の院生を研究に充てるのとともに、視覚再生学寄付講座教授の前田直之特任教授、産業科学研究所産業科学 AI センター 櫻井保志教授との研究体制を確立した。

4.2 円錐角膜

円錐角膜についてはまず、患者データ使用・解析についての倫理委員会への申請と許諾を得たのち、データの収集を行った。これにより 120 名ほどのデータの収集をプロスペクティブに収集を開始し、ディープラーニングに供するデータセットの構築に着手するのとともに、パラメーター解析に用いるため、阪大眼科において角膜外来に於いて CASIA 2 が導入されて以降の全臨床データから同一患者における複数年における経時的データの収集を開始した。

引用文献

- [a] Elsawy A, Abdel-Mottaleb M. A Novel Network With Parallel Resolution Encoders for the Diagnosis of Corneal Diseases. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2021 Dec;68(12):3671-3680. doi: 10.1109/TBME.2021.3082152. Epub 2021 Nov 19.
- [b] Maeda N. Clinical applications of wavefront aberrometry - a review. *Clin Exp Ophthalmol.* 2009 Jan;37(1):118-29. doi: 10.1111/j.1442-9071.2009.02005.x.PMID: 19338609
- [c] Kosaki R, Maeda N, Bessho K, Hori Y, Nishida K, Suzaki A, Hirohara Y, Mihashi T, Fujikado T, Tano Y. Magnitude and orientation of Zernike terms in patients with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007 Jul;48(7):3062-8. doi: 10.1167/iovs.06-1285. PMID: 17591874

リアルタイム AI を活用した神経疾患の診断・発作の事前予測手法の開発

貴島 晴彦 (医学系研究科)

柳澤 琢史 (高等共創研究院)

櫻井 保志 (産業科学研究所)

松原 靖子 (産業科学研究所)

木村 輔 (産業科学研究所)

1 研究の背景

てんかんやパーキンソン病などの神経疾患の罹患数は、日本に130万人以上存在し、それらの突発的な発作は、患者のQOL (Quality Of Life) を著しく低下させる。これら神経疾患の診断に使用される頭皮脳波や頭蓋内脳波は、脳における多点の波形情報が経時的に得られる (図1)。これまでの神経疾患の診断には、機械学習や深層学習による脳波や脳磁図の学習が検討されており、個々の疾患や発作については予測可能であることが明らかとなっている。

しかし、複数の神経疾患を併発している場合、それぞれの疾患、発作を識別することは未だ困難である。また、発作を素早く正確に検知することができれば、発作症状を軽減することが可能なため、従来の診断方法よりもより素早く正確に発作を検知する方法が求められている。

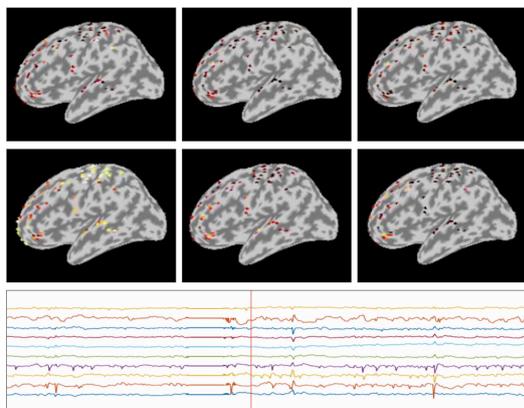


図1: 脳波の経時的多点計測.

2 研究の目的

本研究では、てんかんやパーキンソン病などの多種の神経疾患患者の頭皮脳波、頭蓋内脳波、ウェアラブルデバイスによる自律神経症状の変化、気分などの情動変化など多角的データを同時に計測し、リアルタイム AI 技術を活用することで、各神経疾患特有の突発的な異常の検知や予測を行う神経疾患の診断・発作の事前予測手法を開発する。

また、神経疾患患者の多角的データを時系列テンソルに変換し解析することで、患者毎、進行期毎に得られる神経疾患患者データから、神経疾患の診断において真に重要な特徴を抽出することを目的とする。

3 研究の方法

我々は阪大病院脳神経外科として、これまでに様々な神経疾患における脳波やウェアラブルデバイスなどの多角的なデータの取得を行ってきた。まず、これら取得した神経疾患に関するデータ (患者情報、脳波及び情動等の多角的データ) を用いてラベリング作業を行い、学習データベースの構築に必要なデータ整備を進める。

次に、神経疾患ごとの多角的データを対象にリアルタイム AI 技術による解析を行い、神経疾患の診断・発作の事前予測手法を開発する。本研究は、神経疾患患者の多角的データを用いた「神経疾患の診断・発作の事前予測」及び「診断・予測における重要な特徴量の抽出」を目的としているため、「時系列テンソルからの特徴抽出技術」を多角的データに適用して検討を行う。そして、上記の作業と検討を融合させ、神経疾患・発作の診断・予測に使用可能なビッグデータを整備する。

最後に、リアルタイム AI 技術およびデータ解釈の結果をフィードバックし、より実臨床に則したデータ解析手法およびデータ解釈となるようにアルゴリズムの改良作業を実施する。そして、改良した予測システムの結果に基づいて、神経疾患・発作の診断・予測に重要な特徴量の抽出を行う。

4 研究成果

本年度は、これまでに取得・構築したデータセットの1つである頭蓋内脳波データセット [a] を対象として、最適な機械学習アルゴリズムの適用可能性を検討するために、時系列テンソル解析手法 [b] を用いた脳波パターンの要約情報の自動抽出に取り組んだ。このデータセットは、複数の種類の難治てんかん患者21名 (女性12名、男性9名) から取得されており、てんかんの発作開始時点や術後の病状などについてラベリングされている。

図2は、ある患者の各てんかん発作前後の頭蓋内脳波データ (a ~ d) における、時系列テンソル解析手法による脳波パターン抽出の結果であり、同色の矩形範囲が類似パターンのグループを表している。赤色の縦の太線で示すてんかん発作の開始時刻の前後において、時系列データのパターンの切り替わりを示唆する結果が得られた。これは、時系列テンソル解析手法が発作に至るまでに発生する複数の異なる脳波パターンを、個々のパターンとして捉えられることを示唆している。

また各発作 (a ~ d) において、発作開始前に濃い橙色のパターンから緑色のパターンへ遷移する様子が確認できる。この結果は、時系列テンソルが発作の予兆となるような、共通する特徴を含む可能性が高いことを示唆している。

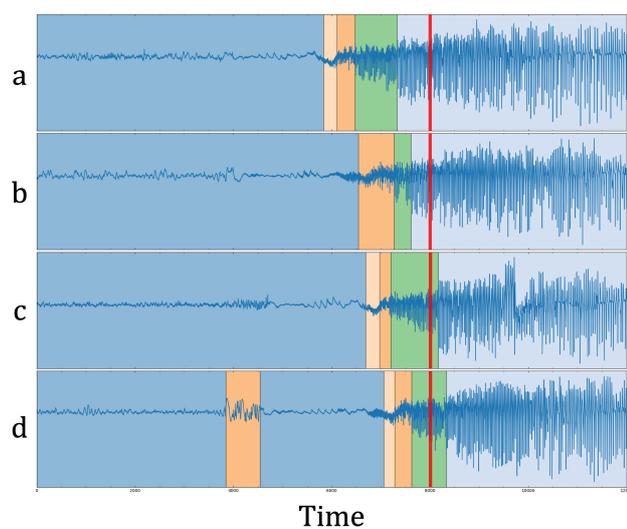


図2: ある患者の各てんかん発作前後の頭蓋内脳波データ (a ~ d) における脳波パターンの自動抽出結果.

今後、神経疾患に関する新たなデータの取得およびラベリング作業によるデータセットの構築を進めるとともに、より多くのデータを適用することで類似した兆候のパターンを検出し、脳波の解析により適したリアルタイム AI 技術の開発を進めていきたい。

引用文献

- [a] Yamamoto, S., Yanagisawa, T., Fukuma, R., Oshino, S., Tani, N., Khoo, H.M., Edakawa, K., Kobayashi, M., Tanaka, M., Fujita, Y., Kishima, H., “Data-driven electrophysiological feature based on deep learning to detect epileptic seizures”, *Journal of Neural Engineering*, 2021.
- [b] Honda, T., Matsubara, Y., Neyama, R., Abe, M., Sakurai, Y., “Multi-Aspect Mining of Complex Sensor Sequences”, *IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*, 2019.

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、高速かつ高精度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細胞活性化マッピングを実施している [a, c]。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]。これにより、脳全体からすべての活性化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が容易に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細胞活性化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、従来の仮説駆動型研究を脱却し、データ駆動型研究による脳研究を推進する。

3 研究の方法と成果

3.1 全脳の区画化と活性化神経細胞の分布

最初期遺伝子レポーターマウスである Arc-dVenus マウス [d] を用いて、精神的ストレスモデル（拘束ストレスおよび社会的敗北ストレス）を作製し、FAST により全脳画像を取得した。脳の形態学的な特徴を基準にして 22 個の脳領域に分割し、各脳領域に存在する活性化した dVenus 陽性細胞を自動で計数した。個体ごとの dVenus 陽性細胞の割合を用いて z-score 化した値を算出し、各群（ストレス負荷群とコントロール群）の全脳活動パターンとした。

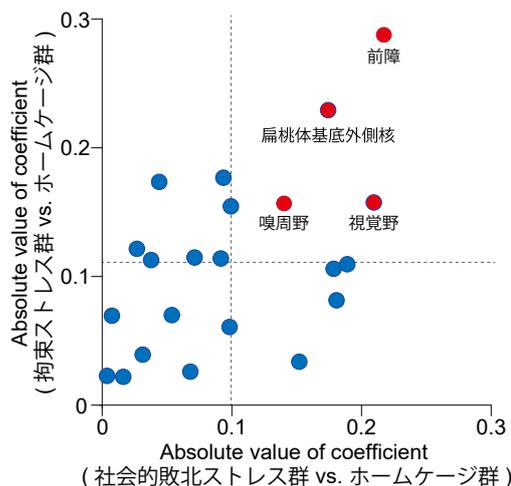


図 1: ストレス脳とコントロール脳を判別する各脳領域の異なる寄与度。各プロットは、ストレス負荷群とホームケージ飼育したコントロール群の全脳活動マップ（各群 n=5）をサポートベクター判別分析を実施した時の各脳領域の重みを示している。点線は、すべての重みの平均値を示す。両判別に共通して重要な領域を赤色プロットで示した。

3.2 ストレス負荷による脳活動の特徴となる部位の同定

精神的ストレスは、うつなどの様々な精神疾患発症のリスク因子である。ストレス時の不安応答の神経メカニズムを明らかにするため、scikit-learn (python ライブラリ) にある svm 関数を用いて、ストレス（拘束ストレスおよび社会的敗北ストレス）群とホームケージ飼育したコントロール群との全脳活動パターンの判別分析を実施した。サポートベクターマシンのハイパーパラメータである正則化係数 C は scikit-learn の GridsearchCV 関数を用いて最適化した。判別分析の結果、各 2 群の判別に重要な脳領域として、前障および扁桃体基底外側核を見出した（図 1）。これまで、扁桃体基底外側核はストレスなどにより活性化され、不安や恐怖などの負の情動に関わることが知られていたものの、全脳レベルのデータ駆動型解析により、前障の活性化が最もストレス脳の特徴になることを見出した [1]。

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] Eguchi M, Yamaguchi S. In vivo and in vitro visualization of gene expression dynamics over extensive areas of the brain. *Neuroimage* 44(4):1274-1283, 2009
- [3] 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」, (代表) 橋本均

発表論文等

(雑誌論文)

- [1] 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

(学会発表)

- [1] Hashimoto H. Unbiased and hypothesis-free approach to study the brain and its disorders using whole-brain imaging technique. Australasian Society of Clinical and Experimental Pharmacologists and Toxicologists (ASCEPT) 2021 Annual Scientific Meeting, 2021.
- [2] Kasai A, Seiriki K, Hashimoto H. Whole-brain activation mapping and connectivity using activity-dependent genetic labeling sheds light on a new node in stress circuitry. EMBL symposium, Seeing is Believing: Imaging the molecular processes of life, 2021
- [3] Kasai A, Seiriki K, Hashimoto H. Whole-brain activation mapping and connectivity using activity-dependent genetic labeling. 第44回日本神経科学大会. 2021

(外部資金)

- [1] 2020-2022, 科学研究費助成金 基盤研究 (A), 「脳疾患の解明と創薬へ向けた疾患モデル脳のマルチスケールデータ解析」, 20H00492, (代表) 橋本均
- [2] 2018-2022 科学研究費助成金 新学術領域研究 (研究領域提案型), 「組織全細胞イメージング法を用いた精神疾患発症起点となるシグナリティ細胞の探索」, 18H05416, (代表) 橋本均

ヘルスサイエンス部門・医療イノベーション

イメージングデータ駆動型ライフイノベーション

菊田 順一 (医学系研究科)

堀 雄一郎 (工学研究科)

蓑島 維文 (工学研究科)

繁田 浩功 (情報科学研究科)

瀬尾 茂人 (情報科学研究科)

1 研究の背景

生体内において多彩な生命活動を維持するためには、多種多様な細胞が、適切な時間と場所で適切な活動を行うことが重要である。このようなシステムを理解するためには、生きた組織内を観察するための顕微鏡技術や、見たい現象を可視化するための蛍光標識技術、そして得られた大量の動画データを客観的・定量的に解析するための情報処理技術が必要となる。

2 研究の目的

細胞蛍光生体イメージングは、生体内における細胞動態を3Dかつ大量の動画として取得可能である。加えて、見たい機能に関するタンパク質を可視化する蛍光プローブ設計技術や、動画を客観的かつ定量的に解析するための方法論の開発も重要であり、各分野の研究者が密な連携を行うことが望ましい。本研究では、医工情報学分野の研究者の連携を強化し、化学に基づく蛍光プローブの開発から蛍光分子の生態観察、定量的動画解析の一連の技術開発を行い、データ駆動型研究への転換の実現を目指す。

3 研究の方法と成果

3.1 生体イメージングのための蛍光プローブの開発

骨組織における pH 値の定量的な計測を目指して、二波長における蛍光強度比を利用したレシオ型の蛍光プローブの開発を行った (発表論文 1, 図 1)。以前に開発した赤色 pH 蛍光プローブ, Red-pHocas が pH により吸収が変化する性質を利用し、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) に基づく色素を設計した。このプローブは中性環境ではドナー側のクマリン色素由来のシアン蛍光のみが生じる。一方で酸性環境ではドナー側色素の蛍光とアクセプター側のローダミン色素の吸収が重なることで FRET が起こり、シアン蛍光の減衰と共に赤色蛍光が現れる。この色素を合成し、各 pH で評価したところ期待した通り pH に依存してドナー側とアクセプター側の蛍光強度に変化が見られた。蛍光強度比を pH に対してプロットしたところ、pH 4.0 5.5 の範囲で直線的な値の変化となり、この領域において pH を正確に計測できることが示された。

また、タンパク質の分解を可視化するための蛍光プローブの開発も行った (発表論文 3)。タンパク質の分解は、シグナル伝達や細胞周期などの様々な生命現象の制御において、重要な役割を果たしている。本研究では、遊離状態では非蛍光性 (蛍光 OFF) であり、タンパク質をラベル化すると蛍光性 (蛍光 ON) となり、タンパク質が分解されると再び非蛍光性 (蛍光 OFF) となる OFF-ON-OFF 型のタンパク質蛍光ラベル化プローブを開発し、タンパク質の分解を可視化する技術を開発した。この

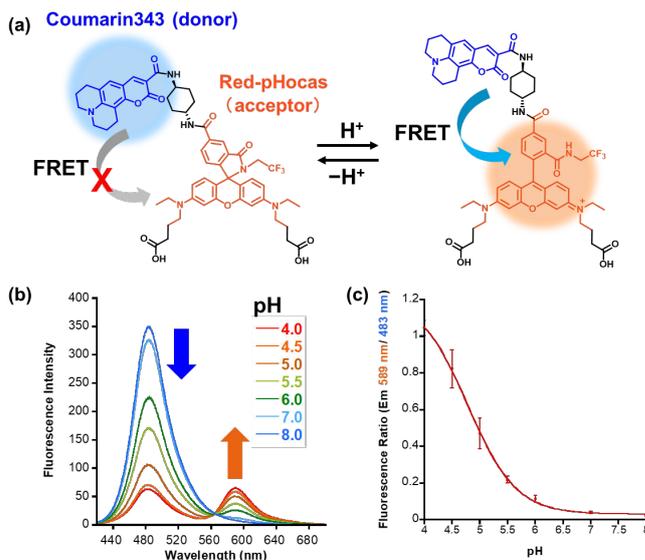


図 1: 蛍光強度比を利用したレシオ型の蛍光プローブ

プローブを用いて半減期の短いことの知られているタンパク質である MODC (Mouse ornithine decarboxylase) を蛍光検出するとともに、その分解を可視化し半減期を算出することに成功した。

3.2 生体イメージングによる骨代謝機構の解明

独自に立ち上げた生体骨イメージング技術を駆使し、骨芽細胞が細胞外に微粒子 (小胞) をやり取りし合うことで情報交換していることを発見した (発表論文 4, 図 2)。

骨芽細胞は骨を作る細胞であるが、実際にどのように骨を作っているのかは不明であり、特に骨芽細胞の集団がどのように同調して適切に仕事をするのかは謎に包まれていた。骨芽細胞から分泌された小胞は、別の骨芽細胞の骨形成を抑制する一方で、骨吸収を担う破骨細胞の分化を促進することで、骨の代謝状態を「形成」から「吸収 (破壊)」へとスイッチすることが分かった。骨芽細胞間での小胞のやりとりは、骨の恒常性を維持する適切なリモデリング (再構築) のための必須の調節因子であることが明らかになった。

3.3 3D 生体イメージングデータにおける細胞の追跡

畳み込みニューラルネットワーク (CNN) に基づくトラッキング手法を応用し、深度情報を考慮することでより正確に動画中の細胞を自動で追跡する方法を開発した (国際会議発表 1, 図 3)。

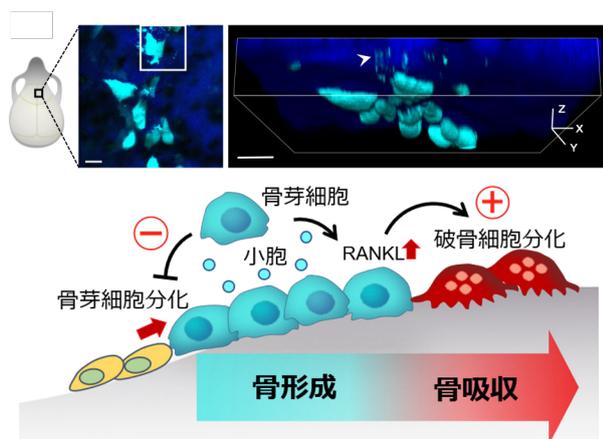


図 2: マウス生体内での骨芽細胞の様子と小胞による骨吸収への誘導の概念図

2 光子励起顕微鏡を用いてタイムラプス・マルチスライスで観察することにより、生体組織や細胞の動態を 3D の動画としてイメージングすることが可能である。細胞の移動は、炎症刺激や化学物質刺激による細胞への影響を判断する重要な基準の一つである。しかし、3D の動画中で多数の細胞の軌跡を追跡するのは容易ではない。そこで本研究では、CNN を用いた物体追跡手法によって最大値投影法を適用した MIP 画像の細胞画像を学習し、オンライン学習で各 Z 層の特徴を学習し微調整を行いながら追跡を行う細胞追跡手法を提案した。

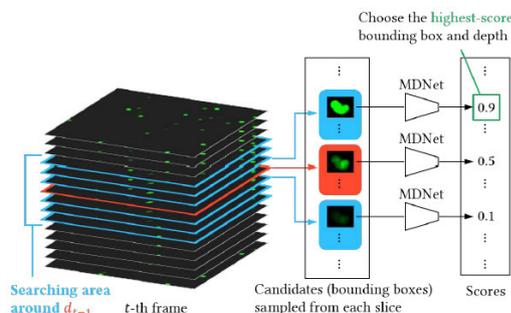


図 3: 深度情報を考慮した細胞追跡手法

発表論文等

(原著論文)

- [1] Konishi Y, Okunishi A, Sugihara F, Nakamura T, Akazawa K, Minoshima M, Kikuchi K. "Development of Off-On Switching ^{19}F MRI Probes for Cathepsin K Activity Detection". *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 94, 1690-1694 (2021)
- [2] Nishikawa K, Seno S, Yoshihara T, Narazaki A, Sugiura Y, Shimizu R, Kikuta J, Sakaguchi R, Suzuki N, et al. "Osteoclasts adapt to physioxia perturbation through DNA demethylation", *EMBO reports*. E53035 (2021)

- [3] Reja SI, Hori Y, Kamikawa T, Yamasaki K, Nishiura M, Bull SD, Kikuchi K. "An "OFF-ON-OFF" fluorescence protein-labeling probe for real-time visualization of the degradation of short-lived proteins in cellular systems". *Chem. Sci.*, 11;13(5):1419-1427. (2022)
- [4] Uenaka M, Yamashita E, Kikuta J, Morimoto A, Ao T, Mizuno H, Furuya M, Hasegawa T, Tsukazaki H, Sudo T, et al. "Osteoblast-derived vesicles induce a switch from bone-formation to bone-resorption in vivo". *Nat. comm.*, 13(1):1-13. (2022)

(学会発表)

- [1] Fujimoto K, Mizugaki T, Rajkumar U, Shigeta H, Seno S, Uchida Y, Ishii M, Bafna V, Matsuda H, "A CNN-based cell tracking method for multi-slice intravital imaging data." *Proceedings of the 12th ACM Conference on Bioinformatics, Computational Biology, and Health Informatics 2021*. (2021.8).

(外部資金)

- [1] 2018-2021 年度, 日本医療研究開発機構 革新的先端研究開発支援事業 (PRIME), "4D マルチスケールイメージング研究で解き明かす生体組織修復機構とその破綻", (代表) 菊田順一
- [2] 2019-2021 年度, 科研費基盤研究 (B), "細胞動画像とオミクスデータの統合的情報解析技術の開発", (代表) 瀬尾茂人
- [3] 2020-2022 年度, 科研費基盤研究 (C), 骨代謝に関わる細胞機能をイメージングする蛍光プローブの開発, (代表) 養島維文
- [4] 2020-2022 年度, 科研費基盤研究 (B), 蛍光制御技術が解き明かす代謝関連タンパク質の動態応答メカニズム, (代表) 堀雄一郎
- [5] 2021 - 2022 年度, 科研費挑戦的研究 (萌芽), 生体イメージングによるヒト免疫細胞の動態評価系の確立, (代表) 菊田順一
- [6] 2021 - 2022 年度, 新学術領域研究, 蛍光プローブを活用した発動分子の動態・機能イメージング解析, (代表) 養島維文
- [7] 2021 - 2023 年度, 学術変革領域研究 (B), 化学プローブで「みる」タンパク質膜動態の糖鎖制御, (代表) 堀雄一郎
- [8] 2021 - 2023 年度, 科研費挑戦的研究 (萌芽), 小胞体ストレスを可視化する Semisynthetic プローブの開発研究代表者, (代表) 堀雄一郎
- [9] 2021 - 2023 年度, 科研費基盤研究 (B), 骨・関節破壊の病態生理の解明と新規治療法の開発, (代表) 菊田順一

タンパク質構造上でのがん変異集積領域の同定方法の開発

樋野 展正 (薬学研究科)

土井 健史 (薬学研究科)

川端 猛 (蛋白質研究奨励会)

栗栖 源嗣 (蛋白質研究所)

1 研究の背景

2000年代初頭より行われた国際的がんゲノム研究は、がんの原因となる特徴的な遺伝子変異パターンを見出し、がん患者の個別化医療の礎を築いた。一方で、高頻度に変異する遺伝子に特化した解析は新規創薬標的の枯渇という負の側面も招いており、がん変異の大多数を占める低頻度変異情報を活用した新しいゲノム医療の方向性が世界的に模索されている。近年、がん変異部位をタンパク質立体構造上にプロットするデータ駆動型解析が世界的に行われ、低頻度変異群がタンパク質間相互作用のインターフェースとなる領域にクラスターを形成することが明らかとされた。このことは、タンパク質構造上の変異集積領域に着目し、その領域で生じる相互作用を特異的に同定すれば、がん変異に影響される相互作用を効率良く発見できる可能性を示している (図1)。

前年度までに、がんゲノムデータベースから取得した遺伝子変異情報と、構造モデリングサーバ HOMCOS[a] から取得したタンパク質立体構造情報を組み合わせ、タンパク質構造上のがん変異集積領域を半自動的に同定する *in silico* プログラムの構築に成功した。さらに、このプログラムを用いて多くの肺がん患者で変異が見られる KEAP1 タンパク質の変異集積領域を見出し、この領域に細胞内で直接結合する因子を独自の細胞内光クロスリンク法 [b][c] により網羅的に同定した。その結果、複数の GTPase を KEAP1 の新規相互作用因子として同定することに成功し、これらの相互作用が実際にかん患者由来の KEAP1 点変異によって顕著に阻害されること、また、KEAP1 の発現抑制による細胞増殖能の亢進が、同定した GTPase のうちのひとつの発現を抑制することによりキャンセルされることを示した。すなわち、変異集積領域に着目することでがん変異により異常をきたす新規相互作用を効率よく見出すという当初のコンセプトの証明に成功し、また、この手法によりがん増殖に関わる新規相互作用を明らかにできることを示した。

2 研究の目的

本年度には、このコンセプトの汎用性を示すべく、新たに子宮がんや大腸がんで見られる FBXW7、肺がんで見られる STK11 に着目し、変異により異常をきたす新規相互作用の同定を目指した。E3 ユビキチンリガー複合体の構成成分である FBXW7 は、ユビキチンプロテアソーム分解系を介して c-MYC や Cyclin E といった細胞増殖促進因子の分解を誘導し、がんの増殖を抑制する働きを持つタンパク質である。FBXW7 遺伝子の変異は腫瘍形成を促進する事が知られており、変異により異常をきたす新たな相互作用の探索は新規創薬標的の発見につながる可能性がある。一方、STK11 は下流因

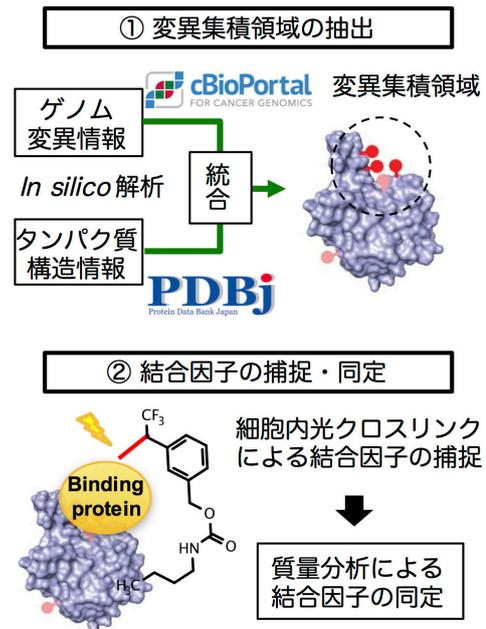


図1: 変異集積領域の抽出と相互作用因子の同定

子であるプロテインキナーゼ AMPK の活性化を介して細胞増殖を抑制する働きを持つが、肺腺がん組織では STK11 の不活性化が共通に見られることが分かっている。そのため、STK11 の活性を調節する因子は、新たな創薬ターゲットとなることが期待されている。そこで、FBXW7 および STK11 それぞれのタンパク質の構造上の変異集積領域を抽出し、それらの領域に実際に結合する因子を細胞内光クロスリンク法による捕捉、質量分析による同定を試みた。

3 研究の方法

FBXW7 および STK11 のタンパク質立体構造上の変異集積領域の抽出は既に構築したプログラム (<https://homcos.pdbj.org/cgi-bin/3Dcluster.cgi?LANG=ja>) を用いて行った。また、既に報告した細胞内光クロスリンク法を用いてこれらの変異集積領域に細胞内で直接結合する因子を捕捉し、質量分析法によって同定した。

4 研究成果

FBXW7 タンパク質構造上の変異集積領域は、既知の基質である c-Myc との結合領域である WD40 ドメイン中に見出された (図2)。この領域に結合するタンパク質群を細胞内光クロスリンク法により捕捉し、質量分析法により解析したとこ

ろ、新規相互作用因子の候補として4つの因子が同定された。また、このうち3つの因子はFBXW7の基質に共通するモチーフ配列を含んでおり、FBXW7により分解を受ける可能性が示唆された。一方、STK11タンパク質構造上の変異集積領域は、そのキナーゼドメイン中に見出された(図3)。この領域に結合するタンパク質群を上記と同様の手法により解析したところ、新規相互作用因子の候補として同じくキナーゼドメインを持つ3つの因子が同定された。興味深いことに、これらの因子のうちのひとつはSTK11の分解を促進する機能を持つことが示唆された。

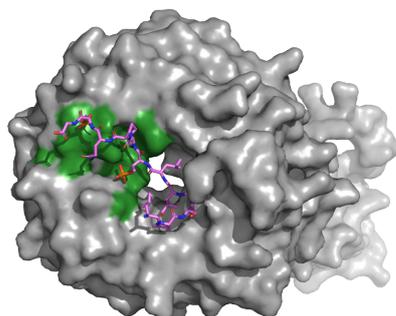


図2: FBXW7 立体構造上の変異集積領域

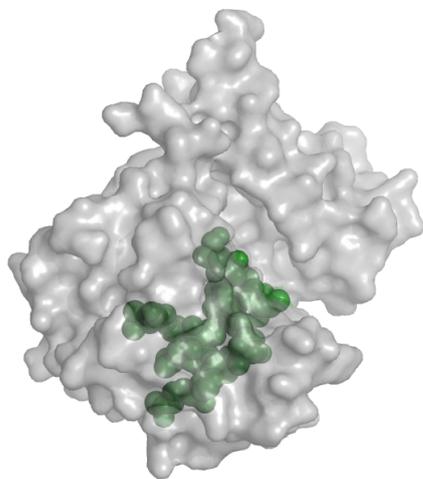


図3: STK11 立体構造上の変異集積領域

Rep., 2016.

発表論文等

〔公開データベース〕

[1] <https://homcos.pdbj.org/cgi-bin/3Dcluster.cgi?LANG=ja>

〔外部資金〕

[1] 2021-2023 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “がん生育に有利に働く低頻度遺伝子変異の効率的同定戦略”, (代表) 樋野展正

[2] 2021-2022 年度, 公益財団法人蓬庵社特別研究助成科学研究費助成金 “がんゲノム変異により異常をきたすタンパク質間相互作用の効率的同定と新規創薬標的の探索”, (代表) 樋野展正

引用文献

- [a] a Kawabata T. “HOMCOS: an update server to search and model complex 3D structures”, J. Struct. Funct. Genomics., 2016.
- [b] b Hino, N. et al. “Protein photo-cross-linking in mammalian cells by site-specific incorporation of a photoreactive amino acid”, Nat. Methods, 2005.
- [c] c Kita, A. et al. “Adenovirus vector-based incorporation of a photo-cross-linkable amino acid into proteins in human primary cells and cancerous cell lines”, Sci.

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 千尋 (歯学研究科)

清水 優仁 (歯学研究科)

山城 隆 (歯学研究科)

梶原 智之 (IDS)

Chenhui Chu (IDS)

長原 一 (IDS)

1 研究の背景

矯正歯科臨床における診断および治療計画の立案とは、所見に基づき最適な治療結果をより低いリスクで得るために歯科医師がとるべき行動の全体を予測することとされる。歯科医師が、適切な診断とそれに基づく最適な治療計画を行うためには、長年の経験と豊富な知識が必要であり、経験が浅い歯科医師にとっては、問題の見落とし、論理の誤りという問題が存在した。専門医の長年の経験を実装したような Artificial Intelligence (AI) システムの構築が可能となれば、根拠に基づく医療を患者に提供する上で大きな意義を有する。また、矯正歯科臨床の中で矯正歯科診断の自動要約および必要な診断の自動提示が自動化できるならば、歯科医師にとっては大きな作業負担の軽減につながり、また、経験の浅い歯科医師にとって、問題の見落とし、論理の誤りを防止する上でも重要である。

一方、治療とは「問題の逆をおこなうことである」という論理構造を有しており、現代の矯正歯科診断および治療計画立案のプロセスは主に以下の3つのステップからなる：(ステップ1) 患者情報の収集と問題のリスト化；(ステップ2) 個々の問題別に解決法を考える；(ステップ3) 現実的な問題の方法と手順を決定する。以上のように、診断と治療計画の立案にかかわる論理構造に一定の規則性を認めることから、過去に、医学診断と治療計画立案を自動化する試みは、エキスパートシステムなど古くから存在してきた。矯正治療分野においても、ファジー論理を用いた矯正歯科診断支援システム (Sims-Williams, 1986) や、矯正装置の選択支援システム (Stephens, 1998) が開発され報告されてきた。しかしながら、いまだ、歯科臨床で応用可能な、矯正歯科診断・治療計画支援システムは見当たらない。

専門家の診断の流れを数学的に言い換えると、上記の(ステップ1)は、患者情報を特徴量としてとらえた場合、特徴量に重みづけを行うことで病状を表現し、病状ごとの類似性を発見することに相当する。さらに、上記(ステップ2)は、学習された病状ごとに対処法をさらに学習することに対応すると考えられ、自然言語処理をおこなうような AI システムによる問題解決が可能であることが予想された。

そこで、本研究の目的は、当院に所蔵された各種画像および模型所見とそれに対応する治療計画書を用いて、自然言語処理を用いて、所見から自動的に診断を行い、さらに自動治療計画書の立案を行い、またその内容を患者の言葉に翻訳するような AI システムを開発することにある。

2 研究の方法

当院に蓄積された約1千件の治療計画書より、所見・診断・治療計画・患者向け説明文の4つ組を抽出し、機械学習に基づく自然言語処理モデルを訓練するための学習データとする。そして、図1に示すように、以下の3つのサブタスクのパイプラインとして、矯正歯科治療診断を自動化するシステムを構築する。

2.1 所見→診断

治療計画書に含まれる患者の病態を整理し、約300種類の病態ラベルからなるマルチラベルのテキスト分類問題として、所見からの診断の自動生成タスクを定式化する。自然言語処理におけるベクトル空間モデルを用いて所見文章からの特徴量抽出を行い、SVMなどの機械学習モデルを用いてマルチラベル分類問題を解く。また、所見に対応する画像を併用したマルチモーダルな特徴量抽出を行い、精度の改善を目指す。

2.2 診断→治療計画

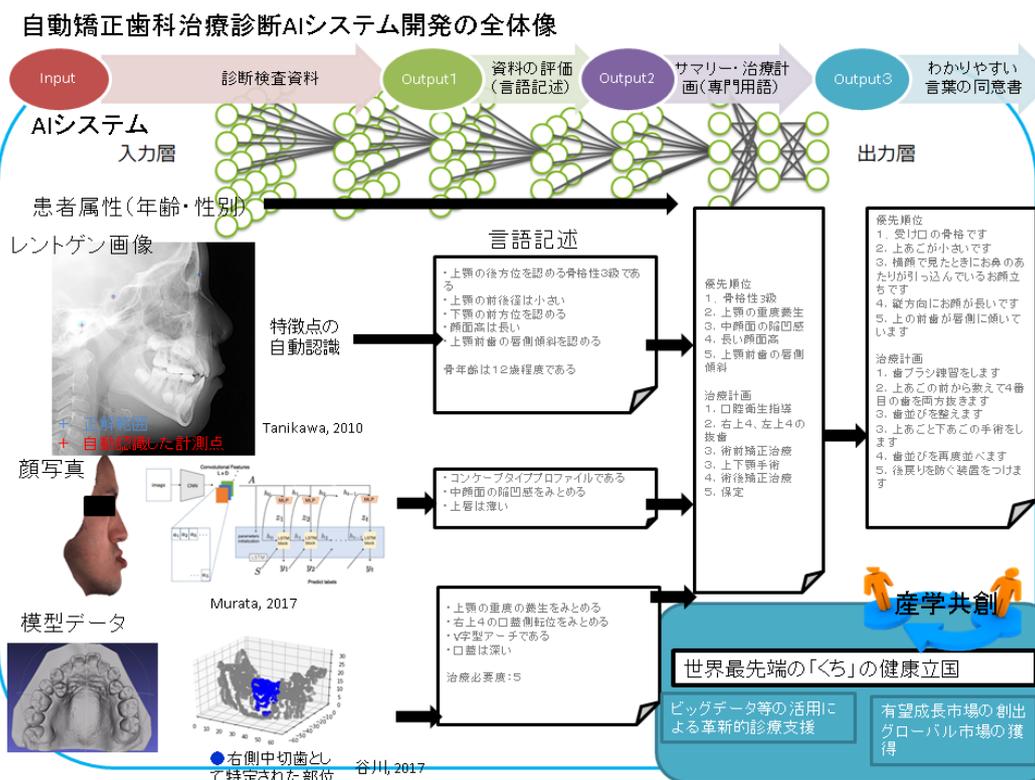
治療計画書に含まれる治療項目を整理し、約300種類の病態ラベルの系列から約300種類の治療項目の系列を生成する系列変換問題として、診断からの治療計画の自動生成タスクを定式化する。診断の各病態ラベルは優先度順、治療計画の各治療項目は時間順、にそれぞれ並んでいるため、本タスクは自然言語処理における機械翻訳などと同じ系列変換タスクと考えることができる。そこで、深層学習に基づく機械翻訳と同様に、Recurrent Neural Network (RNN) や Self-Attention Network (SAN) を用いて本タスクを解く。

2.3 治療計画→患者向け説明文

難解な文から平易な同義文への変換を行う自然言語処理におけるテキスト平易化の技術を用いて、治療計画書を患者向けの説明文書に変換する。まず、治療計画書と患者向け説明文書の対応する文書対から、自然言語処理における文アライメントの技術を用いて、テキスト平易化モデルを訓練するための学習データを構築する。そして、診断からの治療計画の自動生成タスクと同様に、RNN や SAN に基づく深層学習モデルを訓練し、患者向けの平易な説明文を自動生成する。

3 研究の成果

今年度は所見からの診断の自動生成および診断からの治療計画を自動生成する2つの AI システムが臨床応用可能な性能を持ち合わせているかの評価に取り組んだ。この成果をまとめて業績 [1] の原稿を公開した。



3.1 所見→診断

特徴量抽出として、文書に出現した単語を表現する Bag of Words (BoW), 文書に出現したフレーズを表現する Bag of Phrases (BoP), 各文を深層学習を用いてベクトル化しその平均ベクトルによって文書表現する Universal Sentence Encoder (USE) に基づく手法、の3手法を検討した。分類器としては、Multi Layer Perceptron (MLP), Support Vector Machine (SVM), Light Gradient Boosting Machine (LightGBM), の3手法を検討した。これらの手法の比較の結果、表1に示すように、BoP+LightGBMが最高性能を達成した。

表 1: 所見からの診断の自動生成

特徴量抽出	分類器	Precision	Recall	F1
USE	MLP	49.1	32.2	38.9
BoW	SVM	53.9	35.0	42.4
BoP	SVM	60.5	34.3	43.8
BoW	LightGBM	69.5	34.4	46.0
BoP	LightGBM	71.9	36.7	48.6

3.2 診断→治療計画

RNNでは、入力の病態ラベルを順番に読み込み、まず患者ベクトルを構成する。その後、患者ベクトルから治療項目ラベルを順番に出力する。SANでは、入力の病態ラベルを一斉に読

み込み、病態間の関係を考慮して治療項目ラベルを順番に出力する。これらの手法の比較の結果、表2に示すように、明示的に患者ベクトルを構成するRNNがより高い性能を達成した。

表 2: 診断からの治療計画の自動生成

	Precision	Recall	F1
RNN	43.5	43.0	41.3
SAN	43.6	41.2	40.6

3.3 所見→診断を行うAIシステムの臨床応用性の評価

Precision, Recall, F1, を用いた評価は治療計画書を作成した歯科医師の作成した問題リスト、および治療計画との比較であるため臨床応用可能性を示すものではない。そのため開発したシステムの出力を専門医に評価させることで、システムの臨床応用可能性を検討した。所見から診断の自動生成を行うAIシステムの臨床応用可能性を評価する手法としてAIシステムの構築に用いていない無作為に選択した40症例分の所見より診断を行うタスクを4人の専門医A, B, C, D, および開発したAIシステムに行わせた。後日作成した診断を作成者が不明な状態で専門医B, Cに最大4点, 最低1点の4段階での評価を行わせた。症例をII期外科的矯正治療症例群, II期矯正治療単独症例群, I期矯正治療単独症例群, I期唇顎口蓋裂症例群, その他の症例群の5群に分け、それぞれについて平均点を求めた。

結果、表3に示すようにのようにII期外科的矯正治療症例群においてAIシステムは5位中3位の成績を、II期矯正治療単独症例群では4位、I期唇顎口蓋裂症例群では3位、I期矯正治療単独症例では1位、その他の症例群では1位を達成した。

表3: 専門医およびシステムの所見→診断における平均点

	A	B	C	D	AI
II期外科的矯正治療症例群	2.8	3.7	4.0	3.1	3.3
II期矯正治療単独症例群	2.5	3.2	3.7	3.0	3.0
I期矯正治療単独症例群	2.7	3.5	3.8	2.9	3.8
I期唇顎口蓋裂症例群	2.9	3.8	3.5	2.8	3.4
その他の症例群	3.5	3.3	4.0	3.0	4.0

3.4 診断→治療計画を行うAIシステムの臨床応用性の評価

診断から治療計画の自動生成を行うAIシステムについても診断の自動生成を行うAIシステムの評価と同様に、無作為に選択された40症例の診断より治療計画を作成するタスクを4人の専門医及び開発したAIシステムに行わせた。後日、所見から診断の自動生成を行うAIシステムの評価と同様に作成者が不明な状態で治療計画を専門医B、Cに4段階で評価させ、5群それぞれについて平均点を求めた。結果、表4に示すようにのようにII期外科的矯正治療症例群においてAIシステムは5位中5位の成績を、II期矯正治療単独症例群では4位、I期唇顎口蓋裂症例群では4位、I期矯正治療単独症例では4位、その他の症例群では5位を達成した。

表4: 専門医およびシステムの診断→治療計画における平均点

	A	B	C	D	AI
II期外科的矯正治療症例群	2.9	3.2	3.2	2.8	2.0
II期矯正治療単独症例群	3.4	3.3	3.0	2.8	2.8
I期矯正治療単独症例群	3.0	3.4	2.6	2.1	2.4
I期唇顎口蓋裂症例群	2.8	3.8	3.0	2.3	2.3
その他の症例群	3.5	3.7	3.5	2.7	1.3

II期外科的矯正治療症例群においてAIシステムが専門医よりも低い得点しか獲得できなかった原因としては、一つは、今回システムの構築に用いた自然言語処理という手法の特性にある。自然言語処理では、言葉の意味を学習することはできるものの数値そのものを学習することができない。そのためにII期矯正治療症例における重症度の区別ができなかったものと推察された。AIシステムが数値を含めて学習するためには、自然言語処理のみでは限界があることから、今後、対応する顔画像やエックス線画像を組み合わせたマルチモーダルなアプローチにも取り組むことで、システムの性能を向上させる予定である。二つ目には、その他の特殊な症例群は、学習が十分に行われるだけの症例数なかったことが原因であると推察された。こ

れらの稀な症例におけるシステムの性能を改善する方法であるが、稀な症例において高い頻度で出現する語彙が文中に含まれる場合により高い確率で対応する症例を提示するように調整することで性能の改善を行う予定である。

発表論文等

- [1] Yuujin Shimizu, Chihiro Tanikawa, Tomoyuki Kajiwara, Hajime Nagahara, Takashi Yamashiro. “The validation of orthodontic artificial intelligence systems that perform orthodontic diagnoses and treatment planning”, *Eur J Orthod.* 2022 Jan 20;cjab083.doi: 10.1093/ejo/cjab083. Online ahead of print.

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）

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病原菌（多剤耐性菌）の出現が世界的に大きな問題となっている。特に、今回の新型コロナウイルス感染症治療では、抗生物質使用が増えたため、細菌の多剤耐性化が促進され、その病原体が「憂慮すべき数」に上がっていることが WHO でも指摘されており、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 [a, b]。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株が遺伝子のみならず形態学的にも非耐性菌株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、遺伝子のみならず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 [c] で得られた様々な種の薬剤耐性菌株の網羅的形態情報「マイ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マイ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)。

3 研究の方法

3.1 薬剤耐性菌株の顕微鏡観察

エボリューション解析 [c] で獲得された複数種類の異なる薬剤耐性株と非耐性菌（親株）について、まず光学顕微鏡を用いた概形観察と解析をした。続いて、最も顕著な概形変化を示したエノキサシン (ENX) 耐性株を用い、電子顕微鏡による観察を行った。試料作成について、良好な細胞内構造を保持するため、固定は加圧急速凍結固定・凍結置換法を採用した。樹脂包埋された試料ブロックから 80 nm 厚さの超薄切片を作成後、重金属染色を行い、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて画像を取得した。

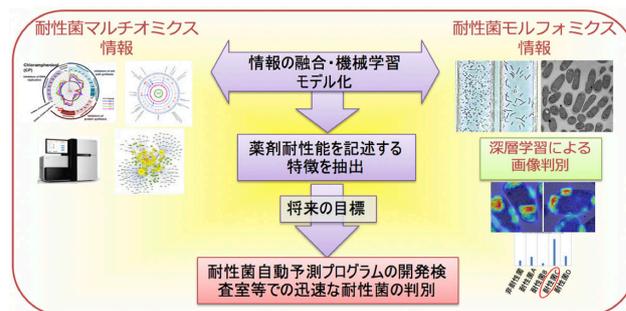


図1: 研究の目的

3.2 CNN を用いた TEM 画像判別

学習データを増すため、 $2k \times 2k$ ピクセルサイズの元画像から細胞が 50% 以上含まれる領域を含む $512k \times 512k$ パッチを切り出し、深層学習に用いた。学習モデルの頑健性を評価するため、各株について複数個の試料ブロックから画像を取得し 3 分割交差検証を行った。AlexNet を用いてパッチの 2 クラス判別を行った。

4 研究成果

光学顕微鏡を用いた観察より、薬剤耐性菌株の多くが非耐性菌株（親株）と比較して細胞の概形が変化していることが判明した。実験で用いている大腸菌は通常、桿菌様 (rod-shaped) の形状を有しているが、特に ENX 耐性株は球形に近い概形に変化していた。TEM を用いて細菌細胞の断面像を詳細に観察した結果、親株は比較的滑らかな外膜を有しているのに対し、ENX 耐性株は外膜の形状が波打ったように見えるものが多く、一部でブレブ様構造が認められた (図2)。

次に深層学習を用いた画像判別を行った。ENX 耐性株 1-4 株を 1 ブロックずつ、親株を 2 ブロック、計 6 ブロックを 1 データセットとし、3 セット作成した。各セットをトレーニングとテストデータで入れ替え、3 分割交差検証した (図3)。その結果、すべてのフォールドにおいて、0.9 以上の高い精度で判別することに成功した (表1)。Grad-CAM 法を使い、耐性菌の判別根拠となった特徴を可視化した結果、主に外膜領域に注目が集まっており、目視での所見と一致した (図4)。

さらに、深層学習により抽出された画像特徴量と遺伝子発現データ (トランスクリプトームデータ) との相関を計算した結果、外膜を構成するリポタンパク質など、複数個の膜構成に関

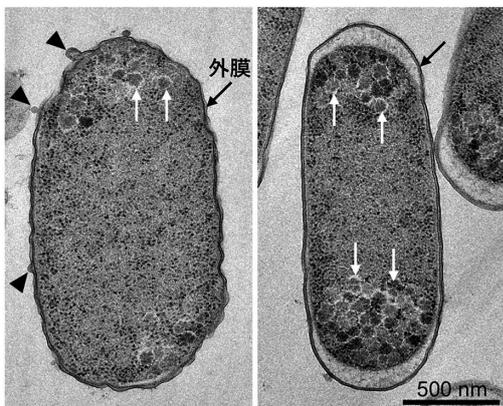


図2: ENX 耐性株 (左) と親株 (右) の TEM 画像
外膜 (矢印) の形状に差異が認められる。矢頭はプレブ構造。白矢印は異染顆粒。

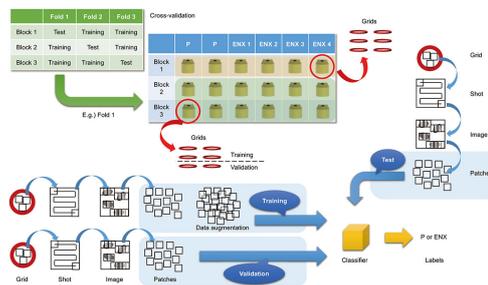


図4: Grad-CAMによる特徴の可視化
判別根拠となった注目領域をヒートマップにて可視化した。ENX 耐性株は主に外膜領域が、親株は顆粒が強く発火している (インセット)。耐性株は一部で細胞質も発火。白矢頭はプレブを示す。

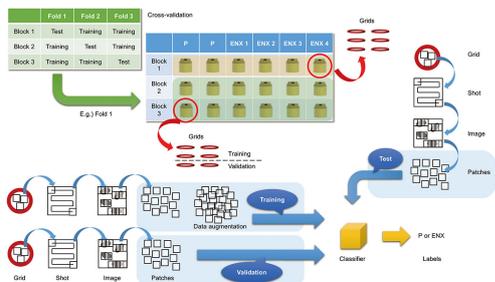


図3: ENX 耐性細胞判別のための3分割交差検証の概要
各 ENX 耐性株について3ブロック、親株について6ブロックを用意し、複数のグリッド上の切片から TEM 画像を撮影し、交差検証用に個別の3セットに分割したことを示す。テストは未見のブロックに対して行われた。TEM 画像から細菌細胞の一部を含む多数のパッチを抽出し、分類器モデルのトレーニング、検証、およびテストに使用した。

わる遺伝子が高い相関を持つことが見出された。

表1: 判別結果

Sensitivity	Specificity	Accuracy
0.959	0.929	0.948

表は2クラス判別の平均精度を示す。"Sensitivity" と "Specificity" は、それぞれ ENX 耐性株の判別精度、親株の判別精度を示す。

引用文献

[a] Nishino, K., T. Latifi, E.A. Groisman, "Virulence

and drug resistance roles of multidrug efflux systems of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium", *Mol Microbiol*, 2006.
[b] Nakashima, R., et al., "Structures of the multidrug exporter AcrB reveal a proximal multisite drug-binding pocket.", *Nature*, 2011.
[c] Suzuki, S., T. Horinouchi, C. Furusawa, "Prediction of antibiotic resistance by gene expression profiles", *Nat Commun*, 2014.

発表論文等
〔雑誌論文〕

[1] Nishino, K., Yamasaki, S., Nakashima R., Zwama, M., and Hayashi-Nishino, M. "Function and inhibitory mechanisms of multidrug efflux pumps", *Front Microbiol*, 2021.
[2] Hayashi-Nishino, M., Aoki, K., Kishimoto, A., Takeuchi, Y., Fukushima, A., Uchida, K., Echigo, T., Yagi, Y., Hirose, M., Iwasaki, K., Shin'ya, E., Washio, T., Furusawa, C., and Nishino, K. "Identification of bacterial drug-resistant cells by the convolutional neural network in transmission electron microscope images", *Front Microbiol*, 2022.

スマートシティプロジェクト

八木 康史, 榎原 靖, 新妻 弘崇, 丹羽 真隆 (産研), 長原 一, 春本 要, 岸本 充生, 中島 悠太,
武村 紀子 (IDS), 馬場口 登 (工学研究科), 平川 秀幸, 八木 絵香 (CO デザインセンター),
下條 真司, 廣森 聡仁 (CMC), 東野 輝夫, 義久 智樹 (情報科学研究科)

1 研究の背景

超スマート社会が到来する中, IoT やビッグデータ等の活用により, 人々が健康で豊かに生きるための様々な分野の新しい製品・サービスを創出が求められている。

2 研究の目的

大阪大学構内での実証実験を通じて, 屋内外における人物行動解析のためのデータ, ならびに防犯カメラ等の IoT 技術を社会実装する際の社会同意プロセスに関する以下のデータを収集する。

1. エキストラ対象データベース (実験用カメラデータ・各種センサデータ, 各被験者の識別用 ID (匿名化 (氏名, 住所等)), 人物属性情報 (国籍, 性別, 年齢, 身体測定データ, 基本映像データ (顔, 全身, 基本動作 (直線歩行等)) 等)
2. 一般対象 (エキストラを含むケースも有り) データ (実験用カメラデータ, エキストラ被験者を含む場合は, エキストラ被験者の位置・加速度情報も提供 (タイムスタンプによる同期))
3. 社会実装のためのデータ (実験用カメラ導入のための説明プロセス, 説明プロセスを通じた実験用カメラ利活用における障害要因と容認レベルの分析結果)

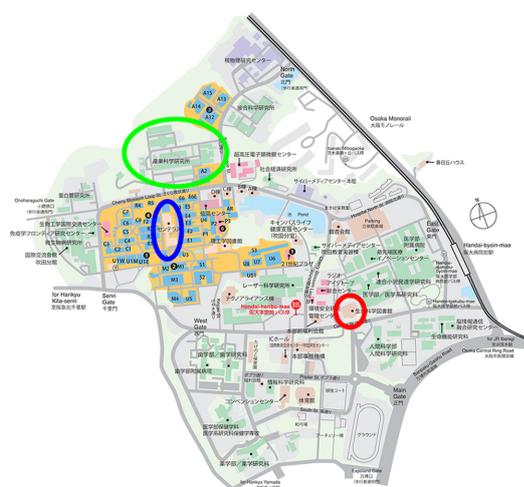


図 1: 大阪大学吹田キャンパス

3 研究の方法

Smart city project では, 国立大学法人大阪大学吹田キャンパス内 (図 1) で本実験を実施する。

平成 29 年より, 吹田キャンパスの北側に位置する産業科学研究科 (図 1) に実験用カメラを設置し, 実験を実施してきたが, 平成 30 年は, 実験実施場所を拡張すべく, 産業科学研究科に加え, 生命科学図書館 (図 1 の赤丸) 及び工学研究科エリアにある生協食堂周辺 (図 1 の青丸) にカメラを設置し, 実験の準備を進めた。工学研究科エリアにある生協食堂周辺は, 吹田キャンパスの中で, 非常に人の往来が多い場所であり, 時間によっても人の流れが大きく異なる場所である。そのため, 人流解析等を実施する上で興味深いデータが取得できる場所である。一方で, 生命科学図書館は, 産業科学研究科や工学研究科エリアとは異なる人物行動映像を取得することが可能であると考えられる。また図書館は, 人の知る権利と大きく関係する場所であり, 利用者の自由が強く要請される場所であるため, 映像を用いた実験実施を実施する上では, 他の実験場所とは異なる意見等の聴取が期待できる。

これまで産業科学研究科では, 実験専用のカメラを設置して実験を実施してきた。しかしながら, 生命科学図書館及び工学研究科では, 実験専用のカメラではなく, 防犯兼実験用カメラとしてカメラを運用することとし, 実験及び手続きを進めた。

4 研究成果

4.1 エキストラ実験

構築した実験設備を用いて, エキストラ対象データベース構築用の実験をすすめた。エキストラ実験では, 実験シナリオの作成, 現場監督選定を含めた実験実施体制の構築, 被験者募集を行い, 実験を行う。エキストラ対象データについては, 2021 年 5 月, 2021 年 9 月, 2021 年 12 月に産業科学研究科を実験場所として実施した。

実験に利用するセンサ

エキストラ実験においては, 産業科学研究科に設置したカメラ以外に次のセンサを利用する。これらの多くのセンサは前年度までのエキストラ実験に使用したものと同一のものであるが, 2020 年には新たにネットワークカメラによる基本歩行を別角度から撮影するデータを追加した。

1. 一眼レフカメラ (Nikon D5300) : 全身画像撮影
2. USB カメラ (Point grey Firefly) : 基本歩行撮影
3. ネットワークカメラ (AXIS P1346) : 基本歩行を別角度から撮影
4. ビデオカメラ (Sony FDR-AX60) : 歩行映像撮影
5. RGB-D センサ (Microsoft Kinect V2) : 特定場所での行動撮影
6. 赤外線センサ (Panasonic VX980M) : 特定場所での行動撮影 (第 8 回でのみ試験運用)

7. 体組成計 (Inbody270) を用いた計測データ
8. ウェアラブルセンサ:
9. ZenPhone (ASUS): ZenPhone には以下のセンサが内蔵されているため、これらのセンサからの情報を、専用ソフトを用いて記録し、保存する。
 - (a) 位置情報 (GPS)
 - (b) 加速度
 - (c) ジャイロスコープ
 - (d) 電子コンパス
 - (e) 心拍センサ H10 (ポラール): 心拍センサの情報は、上述の ZenPhone を通して記録、保存する。

4.2 一般対象実験

構築した実験設備を用いて、一般人物を対象としたデータを撮影する。この実験ではエキストラ被験者ではなく、自然な人々の往来を撮影し、解析に利用できるデータを取得する。エキストラ被験者とは異なり、すべての被験者に対する同意取得は不可能であるため、カメラ設置の事実を周知した上で、カメラの稼働状況を通知することで実験を実施する。2021年3月1日現在、人物撮影に利用できるカメラは産業科学研究所、生命科学図書館、センテラスに設置済であるが、設置場所においてそれぞれ異なる運用状況にある。

4.3 産業科学研究所における実験

産業科学研究所では2017年3月から2019年3月まで一般対象実験を実施し、現在は実験を休止している。今後実験実施を再開する際には、半期に一度の実験説明会の実施、実験用Webページでの実験実施の周知、実験計画の事前公開、実験実施時に立て看板の設置を行う予定である。

4.4 生命科学図書館における実験

生命科学図書館に設置した実験兼防犯カメラは、2018年4月より稼働しており、防犯目的での運用を開始している。また、一般対象実験に向け、実験説明会を半期に一度実施している。本年度は昨年度に引き続き、トイレの出入口を向いているカメラを除く全てのカメラを利用し、データ収集を行っている。実験は月2回図書館の開館時間に合わせて行った。また新型コロナウイルス感染症対策として、実験説明会をオンラインで実施した。

4.5 センテラスエリアにおける実験

大阪大学吹田キャンパス内のセンテラスエリアでは、常設の看板とデジタルサイネージ、事前説明会により実験の周知を行い、2020年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、2021年度では最長11時間の実験を行っている。今年度、実験は設置された16台全てのカメラを使い月4回のペースで行った。また生命科学図書館と同様に実験説明会をオンラインで実施した。センテラスエリアでの説明会は、エリア内で働いている方も対象としているため、時間を変えて2回実施している。

4.6 大阪大学吹田キャンパスにおける実験用カメラの社会実装プロセス

新型コロナウイルスの感染拡大を受けて延期されていたセンテラスエリアでの実験に関する意見交換会と生命科学図書館での実験に関する定期説明会をオンラインで以下の通り実施し、参加者との意見交換を行った。

センテラスエリアでの実験に関する定期説明会

研究題目: 映像解析技術を用いた行動解析に関する実証的研究
 内容: 研究目的や実験内容、カメラの設置場所や実験方法、皆さまへの通知方法、映像データの取り扱い方法、等
 日時: 2021年12月15日 14:00~14:30, ② 18:00~18:30

生命科学図書館での実験に関する定期説明会

研究題目: 映像解析技術を用いた行動解析に関する実証的研究
 内容: 研究目的や実験内容、カメラの設置場所や実験方法、皆さまへの通知方法、映像データの取り扱い方法、等
 日時: 2020年7月14日 13:00~13:30
 日時: 2020年12月15日 13:00~13:30

〔学会発表〕

- [1] C. Xu, Y. Makihara, R. Liao, H. Niitsuma, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, "Real-Time Gait-Based Age Estimation and Gender Classification from a Single Image," Proc. of the IEEE Winter Conf. on Applications of Computer Vision 2021 (WACV 2021), online, pp. 1-11, Jan. 2021.

打つ前に分かる、プレイヤーの画像解析と学習によるテニスの球種と軌道の予測

中田 研, 高畑 裕美, 近田 彰治 (大阪大学医学系研究科)

下條 真司, Lee Chonho, 吉川 隆士, 日田 雅美 (大阪大学サイバーメディア・センター)

斎藤 英雄 (慶應義塾大学情報工学科)

1 研究の背景

スポーツにおける情報技術の適用は、戦術やプレイヤーの動きなど、様々な競技で取組まれている。テニスについてはボールの軌道やセンサーのデータをもとにした解析が大規模に取り組まれている。我々はこれまでプレイヤー自身に着目し、その動作から次に行うショットを深層学習により予測することに注力して研究を進めてきた。

2017年度にストロークの予測に取組んだ。テニスの試合を撮影した動画から画像処理技術を用いて選手の位置や打球方向などの情報を自動で抽出することに成功した。2018年度に学習を行い66.8%の精度でクロスかストレートかの打球方向の予測を実現した。2019年度にはストロークより動作が速く、かつ、球種によるフォームの変化が小さいサーブの予測に取組んだ。インパクトの瞬間が捉えられるよう高速カメラを用いて計80本のサーブを撮影し、特定のポーズを抽出してそのタイミングでの関節位置などのデータセットを用いる手法を提案した。

2020年度にはコナミスポーツクラブの協力を得て計240本のサーブの撮影を行った。この高速カメラ動画を用いてサーブ予測技術の詳細検討を行い、フラットかスライスかの2つの球種×センターかワイドかの2つの方向の4クラスの予測で64%、球種だけの2クラスの予測では88%の精度を得た。

これと並行してプレイヤーの予測能力の向上を促す予測トレーニング用アプリケーションの研究開発にも取り組んでおり、2018 - 2019年度にユーザ画面と予測入力などの一連のユーザ側フロントエンドの動作を設計し試作した。2021年度は実際に複数人のプレイヤーがこのアプリケーションを用いて予測を行い、その予測能力の向上を定量的に評価する手法を検討し、実際のトレーニング・アプリケーションの試作を行った。

2 研究の目的

本研究の目的はAIによりテニスにおけるサーブ、ストロークの方向と球質の事前予測を実現することである。また、これを選手のトレーニングのひとつに取り入れて予測能力を身に着けることで、パフォーマンスの向上につなげることを目的とする。実際にテニスの上級者では初心者と比較してショットの予測を行っているとの調査結果がある。

そこで予測能力向上トレーニング・アプリケーションを作成し、これを実際に複数人に実行してもらい、その結果をデータ化し、能力向上度を定量評価可能にすることを目的とする。さらに実際に被験者を集めて予測能力とテニス技能の向上の相関を評価することも目的としていたが、コロナ対策で安全性を考慮し、複数人を集めた試験については見送った。

3 研究の方法

本プロジェクトでは2019年度に予測能力向上トレーニング・アプリケーションについて検討しそのユーザ操作部分を作成した。これをもとに訓練者の正解率やその推移などを評価できるように訓練時のデータを格納するデータベースを設ける。さらに実際に実技の能力の向上の効果が得られるかについての評価手法を検討し、それに用いることを想定したWebシステムの形で全体構成を行った。

4 研究成果

4.1 トレーニング・アプリケーション

図1に本年度作成した予測能力向上システムの操作画面を示す。上段はWebシステムのログイン画面、下段は訓練者の操作画面である。訓練者は中央のストロークの動画を見ながら相

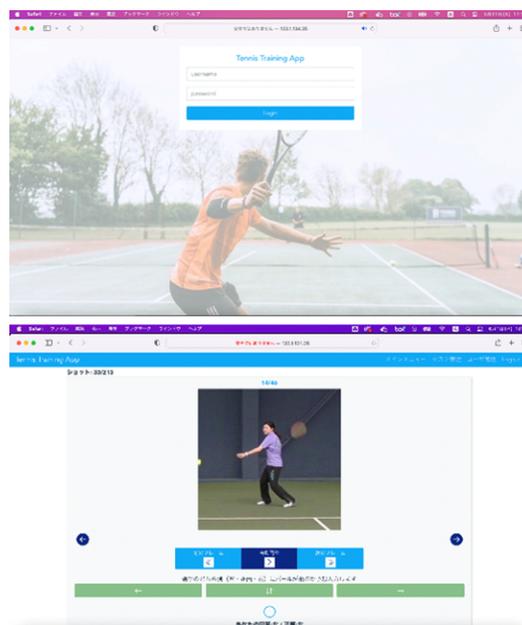


図1: ユーザ操作画面の図 ログイン画面 (上) と訓練操作画面 (下)

手が打つ方向が予測できた時点でその方向を三方向(左右、正面)で入力する。すると実際に打たれた方向、並びに訓練者の回答の正解/不正解が表示される。これを1ショットとし、訓練者は複数回のショットで訓練を繰り返していく。N回繰り返し実施した時の正答率を計算することでトレーニング回数と予測能力の推移を評価する。

4.2 実技への効用の評価

このトレーニング・アプリケーションの実技に対しての効用評価の手法を検討した結果を図2に示す。実技の能力の指標としてはラリー回数を指標とする。これはテニスコーチとのストロークでのラリーを実施し何回続いたかの記録である。ラリーの際にはなるべく予測能力以外の条件に左右されないようにする工夫が必要である。そこで、コーチは左右のサイド、並びにセンターのどれかのゾーンに固定で立ち、なるべく同じ強度でストロークを行う。打球は左右とセンターにランダムに適度に振ることにする。これに対して訓練者は全ての打球をコーチの居るゾーンへと返球する。返球できなかつたり返球がコーチの居るゾーンを外れた場合にはラリー終了としてそこまでの回数を記録する。このラリー回数がトレーニング・アプリの実施でどのような推移をするかを、アプリケーションでの訓練とストロークのラリー回数を繰り返し測定して記録する。

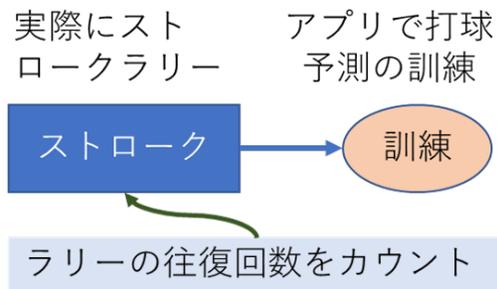


図2: 予測能力向上の評価手法

4.3 システム構成

上記の実技を伴う評価ではテニスコーチやコートの手配の効率を考慮して1回で複数の訓練者に対してデータを取得することが求められる。そこで同時に複数のユーザが利用しやすい特徴を持つWebシステムの構成とした。図3に示すとおり、フロントエンドのWebサーバではログイン処理、画面操作などの処理を行い、バックエンドサーバはトレーニング用の動画、結果に加えてユーザの管理、トレーニングデータの管理などを、データベースを用いて処理する構成とした。

また、トレーニングによる予測能力の推移を調べるにはバックエンドのデータベースへコマンドを投げられるAPIを設定することでフロントエンドサーバへWebアクセスすれば実行できるようになるが、今年度はそこまでの作り込みは行わずに、直接バックエンドサーバへログインしてSQLコマンドを実行することでトレーニング効果の可視化を行った。

4.4 訓練用動画の撮影と準備

カメラ2台を設置したコートでテニスコーチ1名と中級～上級の経験者のラリーを撮影し、フレーム化と打球方向などのメタデータを加えて訓練用のデータセットを作成した。

5 考察

今年度はコロナの影響を考慮してトレーニング・アプリと実際のストローク能力の向上の関係については評価を行えなかったが、実際のストローク能力の定量的評価で課題となりそうな点

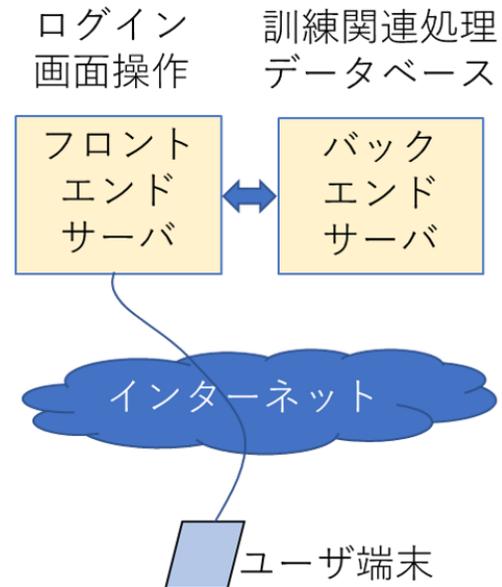


図3: トレーニングアプリのシステム構成

を思考実験により以下に挙げる。

トレーニング対象依存：トレーニング動画を対象に予測のトレーニングを行うため、その人特有の癖などがある場合には予測能力が偏ってしまう可能性がある。トレーニング対象の動画はできるだけ多くの人×打ち方をデータ化して般化性を向上する必要があると考えられる。

一方、訓練者についても慣れによる向上効果がある。逆に訓練を繰り返すことによる注意力の散逸がある。多くの訓練者のデータを集めてこれらの点を補正する手法を確立することが必要と考えられる。

今後は、上記の訓練を実施して評価する。さらに昨年度まで作成したAIによる予測との比較を行う。AIがどのあたりを注視しているかを見積り、それを選手へフィードバックして予測能力の向上、並びに、予測されにくいフォームの取得に役立つと考えている。

謝辞 トレーニングに用いる動画撮影等で江坂テニスセンターの榎原志保コーチの協力に感謝いたします。

顔と歯の形態特徴抽出による遺伝疾患スクリーニング AI システムの開発

谷川 千尋 (歯学研究科)

山城 隆 (歯学研究科)

Lee Chonho (サイバーメディアセンター)

吉川 隆 (サイバーメディアセンター)

下條 真司 (サイバーメディアセンター)

1 研究の背景

レントゲン検査や詳細な検査を実施する前に、臨床において顔や歯の形を観察し、考える遺伝的問題を推測することは歯科治療計画を立案する上で、非常に重要である。そのような推測を行うためには専門医の長年の経験が必要であることが知られている。専門医の長年の経験を実装したような AI システムの構築が可能となれば、根拠に基づく医療を患者に提供する上で大きな意義を有する。

2 研究の目的

(1) 顔写真から患者の顔面画像所見を自動で生成し、遺伝疾患が疑われた場合にその情報を出力する AI システムを構築すること、さらに、(2) 歯の形態から遺伝の問題を推測するような AI システムを開発することにある。

3 顔画像写真解析 AI システム

顔画像写真解析システムでは、より細かい言語情報と写真の関係性を明らかにするため、現在側貌評価に絞って研究を行ってきたが、関心項目を合計 10 に増やして、解析をおこなった。また、先天性の疾患を有する患者 (口唇裂・口蓋裂) についてのデータを組み込むことで、これらの患者を自動認識させ、写真から患者の顔面画像所見を自動で生成し、遺伝疾患が疑われた場合にその情報を出力する AI システムを構築中である。

4 歯科教材向け疾患顔画像の生成モデル

4.1 概要

上述の顔画像写真解析 AI システムをベースとした、矯正科研修医の顔特徴診断トレーニングシステムの開発を進めた。現在矯正科が保持する患者のデータを見ると症状の特徴に偏りが見られるので、研修医が様々な症状を持つ患者を診る機会を増やすことができると考える。トレーニングシステムは 3 つのモジュール (顔画像生成モデル、顔画像評価モデル、アノテーションツール) か成り、その詳細を図 1 に示す。顔画像生成モデルと特徴診断モデルはいわゆる GAN と呼ばれる深層学習モデルを活用する。研修医のトレーニング時に、または熟練医に利用してもらうことで得られた知見を訓練データセットへ再入力し、アノテーションツールとしても利用できる。

本研究の目的は、患者さんのプライバシーを侵害しない、バリエーション豊富な症例画像を作成することである。様々な症例画像を提供することで、効率の良い視診トレーニングを行い、経験の浅い歯科研修医が稀な症状に対しても正確な判断ができるようにサポートできることが期待できる。

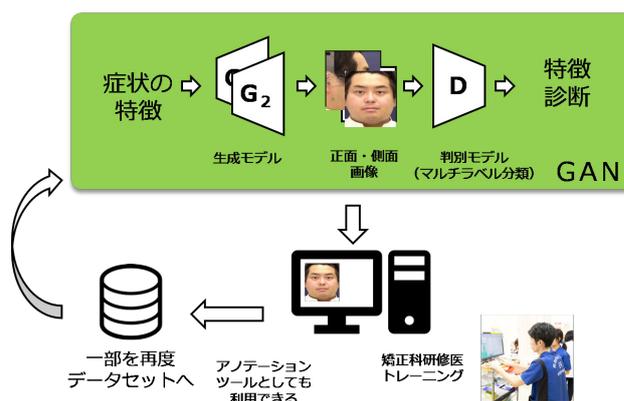


図 1: 研究の概要

4.2 提案した疾患顔画像生成モデル

本研究では、稀な症状に対する画像が少ないこととプライバシーの 2 つの問題に対して StyleGAN2 と呼ばれる生成モデルを活用することを提案する。StyleGAN2 は、ProgressiveGAN をベースに画像の画風変換を取り入れたアルゴリズムであり、高解像度の画像生成が可能であることが報告されている。また、人物の顔のパーツ (目、鼻、口、顎など) の特徴や、特定の症例に対する特徴をそれぞれ抽出し、それらの特徴を掛け合わせることで、問題解決につながると考えた。

存在しない人物の顔作成は、用意した顔画像のランドマークを検出し、その位置を合わせて顔画像を切り取り、1024 × 1024 に保存する。各画像に対するマルチ解像度データセットを用いて生成を行った。学習試行回数は 300 とした。同じく症例画像の生成に対しても、顔画像のランドマークの位置を合わせて顔画像を切り取り 1024 × 1024 に保存した後、マルチ解像度データセットを用いて生成を行った。学習試行回数は 7200 とした。マルチ解像度データセットに対する学習試行回数が多いほど元画像に近づく。Style Mixing で読み込み潜在変数名、指定ナンバー、係数を指定することで、生成した画像に症状を反映させる。

提案手法により問題が解決されたかどうかを、(a) 人物として判別できる画像であるか、(b) 指定した症状が現れているか、(c) 存在しない人物の顔画像に指定した症状が現れているか、(d) 症状の度合いを変化させた症例画像を生成できているかの 4 点に関して定性評価を行った。

まずは図 1 左列のように、学習させた人の顔の特徴から「存在しない人」の顔が生成されていることが確認できた。学習

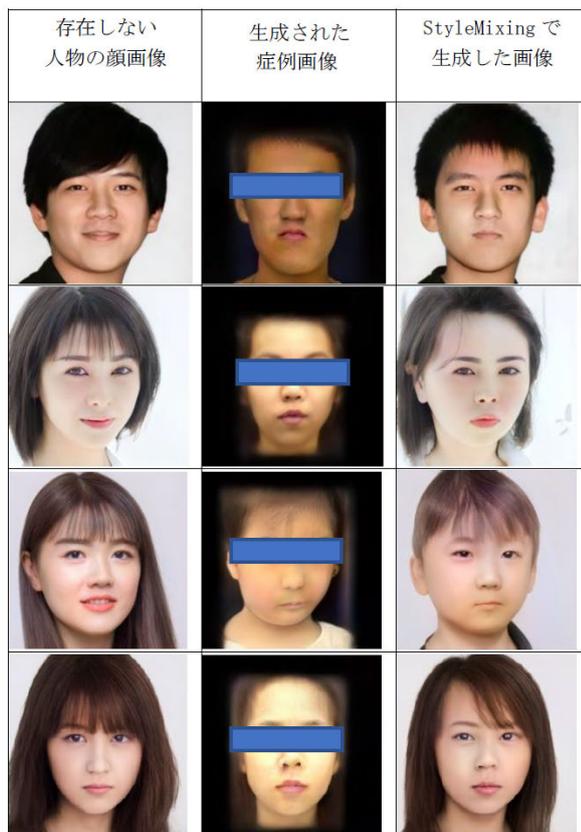


図2: 生成された疾患顔画像例

データセット内に二宮和也や浜辺美波の画像を利用したので、面影は残っている。図1の中央列には上からそれぞれオトガイの前突感、上顎前突、オトガイ左方偏位、咬合平面に左曲がりの傾斜の指定した症状が出ていることが確認できた。次に、StyleMixing 処理によって、存在しない人の顔と症状を掛け合わせて生成された画像を図1の右列に示す。左列の人物の顔画像がベースとなった症例画像を生成することができた。最後に、StyleMixing の掛け合わせ度合いのパラメータを変更することで、同じ症状だが度合いが異なる症例画像を生成することが確認できた。図3と4に、それぞれ下顎前突と上顎前突の度合いを変化させた生成画像を示す。

5 三次元歯形態 AI システムの開発

5.1 概要

歯の形態から遺伝の問題を推測するような AI システムを開発することを目的として、まずは、歯列模型から上顎中切歯及び上顎臼歯を自動抽出するシステムを構築した。次に、模型と全身疾患のデータベースを用いて、歯の形態と先天欠損など遺伝性の疾患の関連性を明らかにするための、歯の形態と疾患のデータベースを構築した。また、二群の形状が有意に異なることを Procrustes 分析を用いて明らかにした。

5.2 歯の形態の比較

健常者と遺伝性疾患を持つ患者の歯冠形態を比較するために、健常者の歯冠形態の性差を検討した。当院を受診したの患者の歯列模型から個々の歯を切り出し、相同モデル化を行うこ

係数(1. 0)

係数(0. 5)



図3: 下顎前突の度合いの変化例

係数(0. 8)

係数(0. 6)



図4: 上顎前突の度合いの変化例

とで、統計処理を可能にし、健常者における形態差を検討した。

患者の CBCT 画像を確認し、閾値を設定することで歯冠および歯根の三次元形状データを抽出した。抽出された歯冠および歯根の三次元形状データ上で解剖学的特徴点を同定し、同定された特徴点から歯軸が y 軸となるような座標軸を決定した。次に、スキャンされた歯列模型上で、歯冠をトリミングした。CBCT より抽出した歯冠および歯根の三次元形状データと歯列模型よりトリミングした歯冠の三次元形状データとを最小二乗法を用いて重ね合わせることで、歯冠の三次元形状データに座標軸を写した。座標軸を持つ歯冠の三次元形状データに対して相同モデル化を行い、平均化することで歯冠の平均形状モデルを作成した。相同モデル化手法とは、解剖学的特徴点をもとに対象の画像にテンプレートメッシュを貼り付けることで、全ての個体を同じ点数で表現し、それぞれの点に同じ解剖学的意味を持たせることで点や距離で表現されない詳細な三次元形態を保持することで点や距離で表現されない詳細な三次元形態を保持することで、各歯を相同モデル化するために、上顎切歯および上顎臼歯のそれぞれに対し 1,889 点と 1,842 点のデータ点からなる歯冠のテンプレートモデルを採用した (テンプレートモデルの STL ファイルは Supplement Data として公開されている)。テンプレートモデルに対して、前述の方法でランドマークの同定を行った。

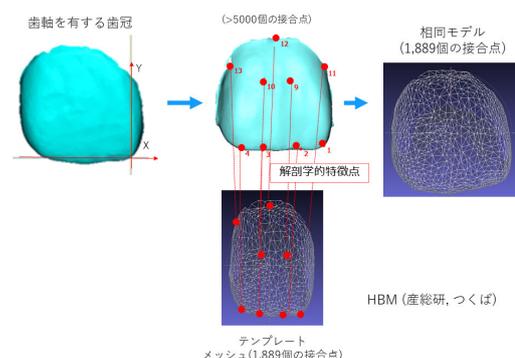


図5: 相同モデル化の概要

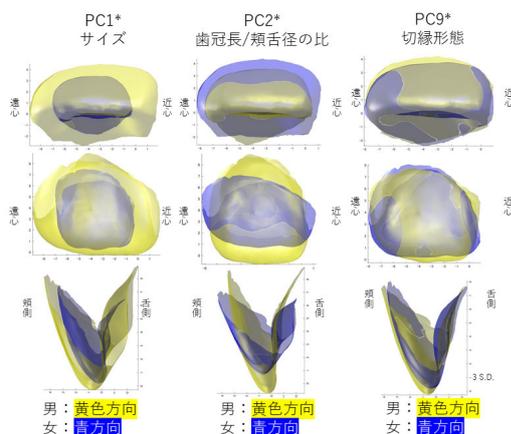


図 6: 上顎中切歯の性差

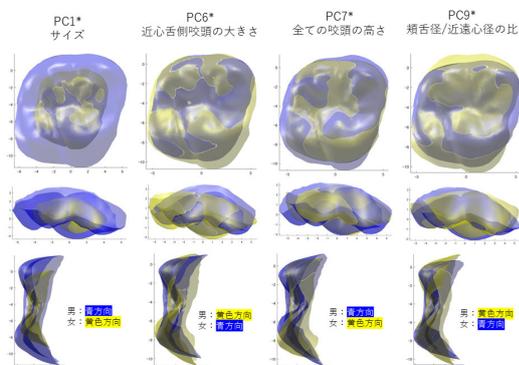


図 7: 上顎第一大臼歯の性差

次に、HBM ソフトウェアプログラムで、上顎右側中切歯と第一大臼歯のテンプレートモデルとそれに対応するランドマーク群を用いて、各三次元画像上のランドマークに基づき、テンプレートモデルを各患者の三次元画像へ重ねるワイヤメッシュフィッティングが行われた。このプログラムは、ランドマーク位置をアンカーとしてテンプレートモデルを各患者のモデルにフィットさせるもので、非剛体レジストレーションに基づき、画像間で点どうしの距離が最小になるようにするものである。各歯の相同モデルに対し、セントロイドサイズを算出し、セントロイドサイズに性差を認めるか否かを student の t 検定にて検討した。上顎切歯および上顎臼歯ともにセントロイドサイズに有意な差を認め、男性は女性よりも大きい歯冠を示した。次に、セントロイドサイズを同一にすることでサイズの規格化を行うスケリング作業を行った場合とスケリングを行わなかった場合とで Procrustes 分析を行った。次に、男女の平均像について、各点における x, y, z 座標値の性差を距離として求めた。その差異が有意であるか否かを student の t 検定にて検討し、主成分分析を行った。サイズの規格化を行った場合主成分分析の結果を図 6 と 7 に示す。

同様の方法で健常者と遺伝性疾患を持つ患者の歯冠形態を比較した (図 8, 図 9)。

発表論文等
(雑誌論文)

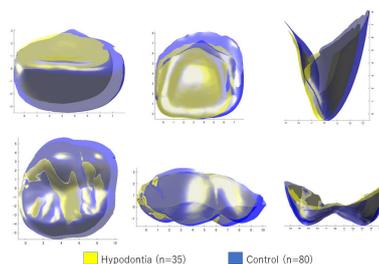


図 8: 多数歯欠損群 (n=35) とコントロール群 (n=80) における上顎中切歯 (上段) と上顎第一大臼歯 (下段) の平均像

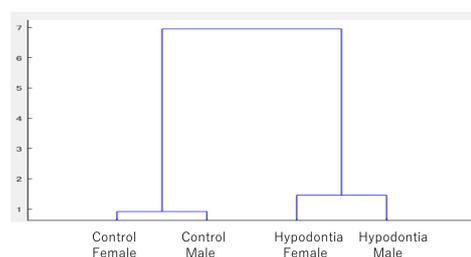


図 9: Procrustes 分析による三次元形状解析結果

- [1] Shimizu, Y., Tanikawa, C.*, Kajiwar, T., Nagahara, H., and Yamashiro, T. "The validation of orthodontic artificial intelligence systems that perform orthodontic diagnoses and treatment planning.", *Eur J Orthod*, 2022 Jan 20;cjab083. Online ahead of print.
- [2] Maeda, J., Tanikawa, C.*, Nagata, N., Lim, J., Kreiborg, S., Murakami, S., and Yamashiro, T. "Comparison of 3-D mandibular surfaces generated by MRI and CT.", *Orthod Craniofac Res*, online ahead of print.
- [3] Tanikawa, C.*, and Yamashiro, T. "Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients.", *Sci Rep* 11, 15853, 2021.
- [4] Tanikawa, C.*, Lee, C., Lim, J., Oka, A., and Yamashiro, T. "Clinical applicability of automated cephalometric landmark identification: Part I-Patient-related identification errors.", *Orthod Craniofac Res* 24 Suppl 2, 43-52, 2021.
- [5] Tanikawa, C.*, Oka, A., Lim, J., Lee, C., and Yamashiro, T. "Clinical applicability of automated cephalometric landmark identification: Part II-Number of images needed to re-learn various quality of images.", *Orthod Craniofac Res* 24 Suppl 2, 53-58, 2021.

【特別講演】

- [1] 谷川千尋, "次世代歯科治療のための三次元 AI の構築", 第 3 回日本メディカル AI 学会学術集会, 2021 年 6 月 12 日, オンライン.
- [2] 谷川千尋, "矯正歯科治療における AI の応用", 東京矯正歯

科学会 秋季セミナー,2021年11月18日,オンライン.

- [3] 谷川千尋,“矯正歯科治療における3次元デジタル技術の応用”,一般社団法人日本臨床歯科CAD/CAM学会,2021年12月4日-5日,オンライン.
- [4] 谷川千尋,“AIを用いた矯正歯科治療の今後”,インビザドクター第二回特別講演会 デジタル歯列矯正治療を考える,2022年1月10日,オンライン.

プライバシーに配慮した屋内人間行動および属性の推定技術

山口 弘純 (情報科学研究科)

水本 旭洋 (情報科学研究科)

田中 福治 (情報科学研究科)

1 研究の背景

近年、エアコンやテレビ、照明などのIoT家電や、人感センサやモーションセンサ、イメージセンサ(カメラ)などのセンサが設置され、居住者の生活行動を収集・理解し、様々なサービスを提供するスマートホームに関する研究や開発が広く行われている。スマートホームでは、前述のように様々なIoT機器やセンサを利用したり、居住者にウェアラブルデバイスを装着することで、生活行動の認識のために多様なデータが収集されているが、例えば、居住者の生活行動を認識するために、多彩かつ多くのセンサが必要なため、機器の導入・維持コストが高い、カメラなど収集するデータ種別によってはプライバシー侵害のリスクが高い、ウェアラブルデバイスの装着・管理の手間が大きいなど様々な問題がある。

他方では、スマート分電盤と呼ばれる家庭内の消費電力データを集計可能な分電盤を備えたスマートホームも普及しつつあり、政府も「グリーン政策大綱」において2030年までに全世界へスマート分電盤によるHEMS(Home Energy Management System)を設置することを目標としている。スマート分電盤は、部屋やフロア等の区画や専用コンセント毎の消費電力の計測、記録が可能であるため、人感センサなどの設置を必要とせず、カメラやマイクを用いた行動認識などにおいて問題となるプライバシー侵害も回避できるといった利点があり、我々のグループでは、スマート分電盤の消費電力データに基づく行動認識手法について研究を進めてきた。

2 研究の目的

本研究では、スマート分電盤の分岐回路から得られる分岐別の消費電力データと建築図面から得られる部屋や構造情報などを組み合わせ、多くのセンサやウェアラブルデバイスを必要とすることなく、プライバシーに配慮しながら居住者の行動や属性を高精度に推定する技術の創出し、居住者の家事運動量の定量化や部屋面積と在宅者数に対する電力使用量の妥当性検証、部屋の使われ方と空調エネルギーの関係統計解析など、新しいサービスの実現を目指す。

3 研究の方法

本研究では、スマート分電盤から得られる分岐別消費電力情報、および、建築図面から得られる部屋や構造情報を抽出し、建物内の人の行動や属性を推定する方式を開発する。スマート分電盤および屋内図面に関しては、協力者であるハウスメーカーから提供を受けたデータを活用する。それらのデータセットから、居住者の住居に関する情報の抽出や、部屋毎の家電に関する電力消費の検出、居住者の生活行動の推定を行う。本年度は、建築図面から住宅のセマンティクスを抽出手法の提案、および、スマート分電盤を用いた人間行動推定手法を提案するとともに

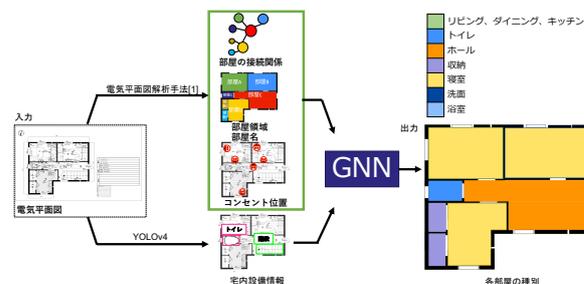


図1: セマンティクス抽出手法

転移学習により推定精度の向上を行った。

3.1 屋内図面からの部屋のセマンティクス抽出手法

一般住宅の建築図面はCADデータとして作成されているものの、一方でソフトウェアや住宅ビルダ間でのデータフォーマットや記述仕様は共通化されておらず、それらの情報を抽出することは容易でない。さらに、CADデータは作成した建築士が保持することが多く、物件保有者が一般に利用可能なフロアプラン情報は意味情報が喪失された図面のみであることが多い。したがって、画像化された建築図面から上記のような情報を抽出できることが望まれる。建築図面の解析(フロアプラン解析)を行う研究は活発に行われており[a, b]、近年の画像認識の精度向上とともに、対象とする建物の壁の位置や部屋領域、ドア位置などの構造情報が抽出できるようになってきている。しかし、単純な建築図面から得られる情報は少なく、本研究で対象とするスマート分電盤と関連する電気設備情報が含まれている建築図面(電気設備図あるいは電気平面図)には、電力配線や電気設備記号に加え、設計者情報や建築素材、防火仕様、外壁の配色など、部屋構造情報や電力情報と直接関係しない様々な情報が数多く含まれている。その結果、線同士の重なりや線と文字の重なりが多く起こるため、一般の図面を対象とした既存の図面認識手法による情報抽出は困難である。

そこで、多数の電気平面図の画像データから、図1のように、画像技術及び深層学習を利用して、部屋の構造情報や宅内設備情報、各部屋の役割などを推定する手法を提案する。提案手法では、我々の過去の提案手法[c]を基に、電撃平面図の画像データから、グレイスケール処理や2値化処理、Line Segment Detectorなどの画像処理により、間取り領域、外壁/内壁部位、ドア/窓など間取りを構成する要素を抽出すると共に、物体検出手法であるYOLOを用いて、コンセント位置や、トイレ、冷蔵庫などの宅内設備の位置の抽出、OCRを使用した文字列の抽出を行う。さらに、抽出した情報を基に部屋の接続関係や部屋の名称を生成したのち、各部屋をノード、部屋間の接続を

表 1: 部屋の種別推定の精度

	Precision	Recall	F-measure
LDK	91.7%	96.5%	94%
寝室	94.4%	94.4%	94.4%
ホール	87.7%	89.2%	88.4%
トイレ	96.7%	100%	98.3%
洗面室	98.2%	93.3%	95.7%
浴室	98.3%	100%	99.1%
収納	98.4%	97.1%	97.8%
マクロ平均	95.1%	95.8%	95.4%

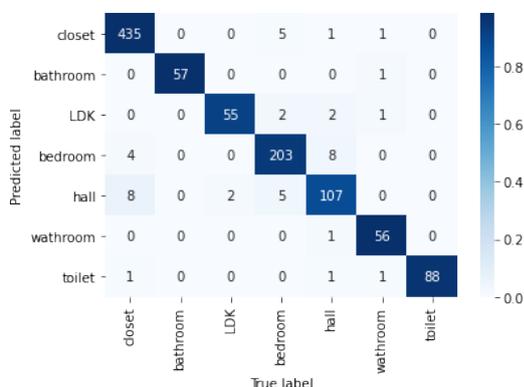


図 2: 部屋種別推定の混同行列

エッジとしたグラフで表現し、各部屋の構造情報や宅内設備の有無を特徴量として、グラフデータに深層学習を組み合わせた GNN (グラフニューラルネットワーク) によって各部屋の種別を推定する。

表 1 と図 2 は、実際の住宅データを 352 邸、合計 719 枚の電気平面図に提案手法を用いた結果を表しており、宅内設備を平均 F 値 99% で検出でき、部屋の役割を平均 F 値 95.4% で推定できることを確認した。

3.2 スマート分電盤による生活行動推定手法と転移学習の適用

消費電力を基にした様々な行動推定が研究されてきているものの、先行研究では、コンセントに設置したワットチェッカ等から収集した電力データを利用するもの [e]、本研究と同様に分電盤から収集した電力データを利用するもの [d] が提案されているが、時間粒度が細かい電力データで推定を行っている。本研究で利用する一般的なスマート配電盤は、数十分から一時間ごとのような粗い粒度でしか電力データを収集できないため、粗い粒度な電力データでも行動推定が可能な手法が必要である。本研究では、分岐回路別の 30 分毎に収集される累計消費電力情報のみから家庭内行動推定を行う手法を提案する。

提案手法では、図 3 のように、起床、就寝、調理、洗濯、皿洗い、入浴、洗面行動の 7 行動を検出対象として、30 分毎に

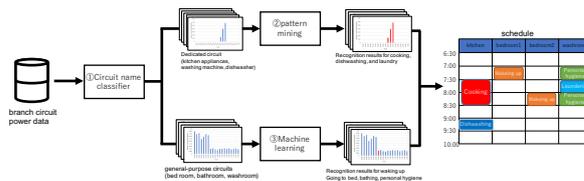


図 3: 生活行動推定手法

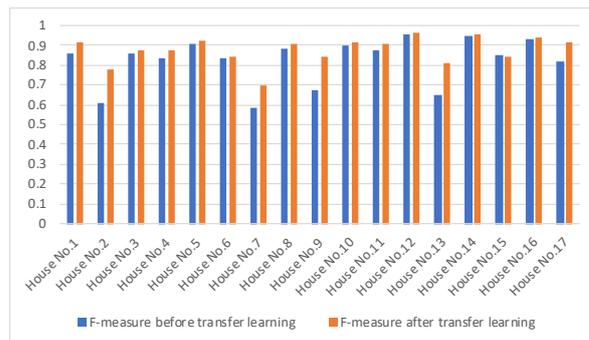


図 4: 転移学習による効果

の行動が行われていたかを推定する。また、時間粒度が粗いため、単純に行動を推定するモデルを構築しては精度が低くなる。そのため、まず各行動に最も関係すると想定される分岐を特定するとともに、家電の電源の ON/OFF で明確に特定できる行動については当該分岐電力の利用有無を用いて推定する。その他の行動に関しては、推定対象時間スロット前後の複数時間スロットに対し、当該分岐の電力量から抽出した特徴量を用いて、ランダムフォレストにより各行動の有無を推定するモデルを構築する。17 家庭の 1 年分の HEMS 計測データを連携企業の協力により入手し、うち夏および冬の 2 ヶ月間の計 16 万エントリー以上のデータに、複数人による行動ラベル付与を行ったデータを用いて、学習および推定実験を実施した。その結果、起床は 63.4%、就寝は 54.2%、入浴は 81.6%、洗面は 86.5% の F 値でそれぞれ認識できていることを確認した。また、図 4 に示すように、転移学習の適用により全家庭で推定精度の向上が見られることを確認した。

4 研究成果

本年度では、国内研究会での発表 1 件で発表を 1 件行った。また、上記の国内研究会「第 101 回モバイルコンピューティングと新社会システム (MBL)」において優秀論文を受賞した*1。現在、英文論文誌 2 件、および、日本語論文誌 1 件の投稿・執筆を進めている。

引用文献

- [a] a Samuel Dodge, Jiu Xu, and Bjorn Stenge, "Parsing floor plan images," In Proceedings of International Conference on Machine Vision Applications (MVA), 2017.
- [b] b Chen Liu, Jiajun Wu, Pushmeet Kohli, and Yasutaka Furukawa, "Raster-to-vector: Revisiting floorplan

*1 <https://mbl.ipsj.or.jp/recommend/2021/>

transformation”, In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision, 2017.

- [c] c 田中福治, 石津紘太郎, 水本旭洋, 山口弘純, 東野輝夫, “建築図面の解析によるフロアプランと電気設備の情報抽出”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DIOMO2020 シンポジウム, 2020.
- [d] d Zhenyu Guo, Z Jane Wang, and Ali Kashani, “Home appliance load modeling from aggregated smart meter data”, IEEE Transactions on power systems, 2015.
- [e] e Eri Nakagawa, Kazuki Moriya, Hirohiko Suwa, Manato Fujimoto, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto, “Toward real-time in-home activity recognition using indoor positioning sensor and power meters”, In Proceedings of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, 2017.

発表論文等

〔学会発表〕

- [1] 田中福治, 水本旭洋, 山口弘純, 東野輝夫, “複雑な建築図面における部屋のセマンティクス情報の抽出”, 第 101 回モバイルコンピューティングと新社会システム (MBL) 第 87 回 IPSJ-ITS 研究会 合同研究発表会, 2021.

〔その他〕

- [1] 田中福治, 優秀論文賞, “複雑な建築図面における部屋のセマンティクス情報の抽出”, 2021.

人間総合デザイン部門

AIによる事故予測システムの検討、検証、汎化性能に向けての研究開発

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)

須山 崇仁 (兵庫県警本部交通部交通企画課)

1 研究の背景

自動車において運転手や同乗者の安全を確保するためのエアバックが登場してから長い年月が経った。数年前には自動ブレーキが自動車の搭載され始め、近年では自動運転といった言葉を耳にする機会が増えてきた。これらからも分かるように自動車の性能は年々向上しており、一昔前と比べ運転手や同乗者の安全は強く確保されている。しかし、日本国内だけでも交通事故の年間死者数は2,500人を超え、依然、交通事故は我々の身近に潜む大きな問題である。

交通事故に関するデータについては警察庁が公開している交通事故統計情報としてのオープンデータ [a] 等が存在し、警察には交通事故に関するデータが年々蓄積されている。それらの警察に蓄積されたデータを用いて様々な研究 [b, c] が行われており、AIやビッグデータ解析による交通事故解析が盛んになってきている。

一方、警察に蓄積されている交通事故の統計情報は、実際に起きた交通事故を分類・記録するために作成されている。たとえば、「通行目的」の項目では、職業運転が1、業務運転が2、飲食が36、買物が37、訪問が39というように、通行目的を区別するために数値が利用されており、値の大小や差に意味がない。また、職業運転や業務運転と飲食、買物、訪問など、項目値の分類意図が分かりにくい。交通事故データには、このように「値に順序性がない」、「値自身が何を表しているか分かりづらい」といった問題がある。したがって、交通事故データをそのままデータ解析法や機械学習法に適用しても有益な解析結果は得られ難い。さらに、交通事故データでは、重軽傷事故件数に比べ死亡事故件数は非常に少なく、重軽傷と死亡の二つのクラスが不均衡となっており、そのままデータ解析法や機械学習法を適用したのでは、重軽傷事故に偏った解析結果になる。交通事故データを解析する際には、この不均衡性にも対処する必要がある。

2 研究の目的

交通事故データを用いた解析に関する既存研究の多くは、都市構造や道路形状に着目した交通事故解析である [b, c]。本研究では、都市構造や道路形状だけでなく、車種や運転手の特徴、事故時の運転状況も含めて交通事故データを解析し、広い視野から死亡事故の要因や特徴を探索する。交通事故データの特徴に応じて、データの値の順序に意味があるようにデータの前処理を行うとともに、重軽傷データと死亡データとの不均衡性に対処する。そして、ファジィ推論モデル (FR)、ランダムフォレスト (RF)、サポートベクターマシン (SVM) の三つの機械学習法を適用して死亡事故の要因を探る。

3 研究の方法

3.1 交通事故データ

本研究では、警察に蓄積された実際の交通事故データ (24,062件) を解析する。この交通事故データは「天候」、「曜日」といった30項目の関連変数と、事故当事者が24時間以内に死亡したか否かを示す目的変数で構成されている。しかし、このデータは事故記録を目的として作成されたデータであり、事故の状況を表す名義的な数値が用いられている。例えば、関連変数「通行目的」では、職業運転に1、業務運転に2、飲食に36、買物に37、訪問に39と定められ、数値の大小や差に意味が無い。そのため、値の大小関係や差に基づくデータ解析法をそのまま適用することは適切とは言えない。そこで、これらの名義的な数値を大小関係に意味がある値に変換する。このデータ加工により、「値の順序に意味がない」、「値自身が表すものが分かり辛い」といった問題が、ある程度、解消される。加工された交通事故データに機械学習法を適用し、事故当事者が24時間以内に死亡したか否かを推定するモデルを構築する。

3.2 三つの機械学習法とそれらの適用

ファジィ推論モデル (FR)、ランダムフォレスト (RF)、サポートベクターマシン (SVM) を用いる。関連変数を加工して得られた変数を説明変数と呼ぶ。各説明変数は、値域が [0, 1] になるように正規化されているものとする。

FR: 説明変数が多いことから単一入力ルール群結合型 (SIRMs) ファジィ推論モデルを用いる。また、説明変数の値域を *low*, *mid*, *high* の三つにファジィ分割し、前件部の三角型ファジィ集合の幅と中心を固定した下で、ファジィルールの後件部実数値を最小二乗法に基づき学習する。なお、説明変数間の相関が強く多重共線性を引き起こすので、リッジ回帰を用いる。

RF: 決定木の本数を100、深さを5とするRFを用いる。

SVM: L2正則化した二乗ヒンジ損失関数を評価関数とする Linear SVC (SVM Classification) を用いる。

加工した交通事故データに三つの機械学習法を適用して死亡事故の推定モデルを作成し、重要な要因の解析を試みる。具体的には、総数24,062件 (重軽傷事故データ:22,761件、死亡事故データ数:1,301件) のデータを4,812件 (重軽傷事故データ:4,552件、死亡事故データ:260件) の4データ集合と、4,814件 (重軽傷事故データ:4,553件、死亡事故データ:261件) の1データ集合に5分割し、4データ集合を訓練データ、残りの1データ集合をテストデータとする5分割交差検証法を適用し、得られたモデルの推定精度を評価する。重軽傷事故データ数が死亡事故データ数に比べ極端に多いため、訓練データをそのま

表 1: 推定精度

指標	FR	RF	SVM
重軽傷再現率 (%)	85.02	87.34	84.54
死亡再現率 (%)	83.09	81.63	83.48
重軽傷適合率 (%)	98.88	98.81	98.90
死亡適合率 (%)	24.10	26.94	23.58
正答率 (%)	84.92	87.03	84.48

表 2: 影響が大きい要因 (FR の場合)

要因: 後件部実数値
第 2 危険認知速度 low: -0.36
第 2 危険認知速度 high: 0.35
第 2 当事者種別 low: -0.28
第 2 当事者種別 high: 0.27
第 1 危険認知速度 high: 0.26

ま用いて学習したのでは、重軽傷事故データに偏ったモデルが得られるので、訓練データ内の重軽傷事故データから死亡事故データと同じ数 (1,040 件または 1,041 件) だけサンプリングし、死亡事故データと合わせた 2,080 件あるいは 2,082 件のデータを学習に用いることにする。また、全データ数に比べればサンプル数が小さく、訓練用の重軽傷事故データを十分に網羅できないことから、重軽傷事故データのサンプリングを 17 回行い、異なった学習用データ集合を用いて 17 の推定モデルからなるアンサンブルを作成する。テストデータに対する推定値は、17 の推定モデルの出力値の多数決により決定する。得られたモデルの推定精度を評価するとともに、死亡事故に大きな影響を与える要因の抽出も試みる。

4 研究成果

前節で述べた方法を適用した結果を表 1~2 に示す。なお、事故当事者の過失が大きい方を第 1 当事者、小さい方を第 2 当事者と定め、簡便のため、第 1、第 2 と略す。

死亡事故の件数が少ないため、アンサンブルモデルによる機械学習を行ったが、これにより、表 1 に示すように、死亡事故と重軽傷事故の再現率を 80% 以上に維持することができた。アンサンブルを用いずに機械学習を行った場合には、死亡事故の再現率は 20% に満たなかったため、大幅に改善できている。一方で死亡事故の適合率が低くなったが、安全性を重視する面では死亡事故の再現率が高いモデルの方が望ましい。また、表 2、3 では、「危険認知速度」、「第 2 当事者種別」、「車両対車両かどうか」が重要な要因となっている。当事者種別は値が大きいほど大型車となるので、速度が大きいほど、また車両が大きいほど死亡事故となりやすいというよく知られた結果が得られた。

今後は、ドライブレコーダーなどの運転データや道路構造

表 3: 影響が大きい説明変数 (RF と SVM の場合)

RF	SVM
説明変数: 重要度	説明変数: 重要度
第 1 危険認知速度: 0.17	第 2 危険認知速度: 1.93
車両対車両かどうか: 0.15	第 1 危険認知速度: 1.74
第 2 危険認知速度: 0.14	第 2 当事者種別: 1.28
第 2 行動類型: 0.08	車両対車両かどうか: -1.17
第 2 当事者種別: 0.06	第 2 当事者年齢: 0.82

データなどを連結した詳細な交通事故データの利用による、多面的でより深い交通事故解析の実現が期待される。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、大阪大学 大学院基礎工学研究科 野口 直樹 氏に多大なご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

引用文献

- [a] 警察庁, “交通事故統計情報のオープンデータ”, <https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/.opendata/index-opendata.html>.
- [b] 向, 内種, 岩田, 伊藤, “愛知県の交通事故データを利用した地図画像からの事故種別の分類”, 第 18 回 ITS シンポジウム, ITS Japan, 1-6, 2020.
- [c] 栗原, “生活道路におけるビッグデータ (ETC2.0) を活用した交通安全対策の取り組みについて”, 令和 3 年度スキルアップセミナー関東 論文集, 国土交通省関東地方整備局, 2021.

発表論文等

【学会発表】

- [1] 野口 直樹, 乾口 雅弘, 林 直樹, 関 宏理, 須山 崇仁, 長谷川 潤, “交通事故データの解析による重大事故の要因探索”, 第 37 回 ファジィシステムシンポジウム, 675-680 (2021).

新しいエネルギー性能評価指標の検証のための詳細行動データ取得技術

山口 弘純 (情報科学研究科)

下田 吉之 (工学研究科)

1 研究の背景

近年では大型ビルを中心にビルエネルギー管理システム (BEMS) の導入事例が増えてきており、建物全体でのエネルギー消費の削減を目的として管理するシステムの運用が行われている。BEMS ではビル建設時に設置される温湿度計や CO2 計、場合によっては風量計といった空気センサー情報を利用し、換気や温湿度の調整を行うとともに、最新の BEMS では、消費電力の約 7 割を占める照明・空調機器を利用者の在不在に応じて適切に制御してサービスを提供することで、不要な電力消費を削減するタスクアンビエントな照明空調システムの導入も考慮されている。しかし、これまでは建築の使われ方を計測することができず、例えば魅力があり多数の来客があったり長時間運用される建物ではエネルギー消費が大きくなってしまい、省エネルギー性能が低いと評価されてしまうなどの問題があった。

2 研究の目的

本研究では、建物の在室状態などをセンシングにより高度に計測できる技術を開発し、建物内の滞在状況などを考慮した新しい評価指標の提案する。これらをもとに人流や建築内環境・行動の詳細計測を行い、この指標を実際の建築に適用するためのデータを収集・解析する。

3 研究の方法

我々はこれまでに、3次元深度センサから得られる点群データを用いた人物センシング手法を開発・カルマンフィルタを用いた複数人物の高精度トラッキングを導入し、簡易な実証実験によりその性能を評価してきた。本年度は複数台の 3次元測域センサ (LiDAR) により捉えられる広範囲の大規模 3次元点群を用いて、様々な人物が往来する環境下での性能評価を行ったためそれらについて報告する。

4 研究成果

固定設置した複数の LiDAR から 3次元点群を収集し、提案手法による広域の歩行者トラッキング性能を評価した。実験環境を図 1 に示す。施設管理者の許可を得て設置した LiDAR 8 台から、歩行者を含む空間の 3次元点群を収集した。LiDAR として LIVOX 社の Livox Horizon を使用した。各 LiDAR は床面からの高さが約 3.5m の位置に固定した。2021 年初夏の 2 週間にわたり、毎日午前 10 時から午後 8 時の間点群データを収集した。各 LiDAR から得られるそれぞれの点群に対して、事前に取得した背景点群データを用いて背景差分を適用し、前背景点群を毎フレーム取得した。さらに 8 台の LiDAR の相対位置を基にそれぞれの LiDAR からの前背景点群を統合し、空間全体の統合された前背景点群を得た。統合および除去後の前背景点群には 1 フレームあたり平均 18,984.5 点含まれていた。この点群に対して歩行者セグメント検出およびトラッキングを適用し

その性能を評価した。複数人のトラッキング性能を評価するため、本研究では Multi Object Tracking において用いられる CLEAR 指標のうち以下の評価指標を採用した。

- MOTD: 複数人のトラッキングにおける人検出および ID 割当ての精度を表す。式 (3.1) にて計算される。

$$MOTA = 1 - \frac{\sum_t (FP_t + FN_t + IDsw_t)}{\sum_t GT_t} \quad (3.1)$$

式 (3.1) における FP_t , FN_t , $IDsw_t$, GT_t は、フレーム t での ID 割当ての誤り数 (ただし $IDsw$ に相当する場合は除く)、検出の失敗 (見逃し) 数、ID 割当てにおける ID 入替わり数、およびフレーム t での真の人数をそれぞれ表す。なお、 $FP_t + FN_t + IDsw_t$ の最大値は GT_t である。

- MT: 全歩行者のうち、80% 以上の期間で正しくトラッキングを行えた歩行者の割合を表す。
- ML: 全歩行者のうち、50% 以下の期間でしか正しくトラッキングを行えなかった歩行者の割合を表す。
- FP: 全歩行者・全期間を通じた誤 ID 割当て数を表す。
- FN: 全歩行者・全期間を通じた見逃し数を表す。
- IDsw: 全歩行者・全期間を通じた ID 割当てにおける ID 入替り数を表す。
- Frag: 全歩行者・全期間を通じ、FN に相当する見逃しにより軌跡が分割された数を表す。

データセットのうち約 2 分間のデータに対し、観測セグメントの合体・分裂予測を行う場合 (提案手法)、および行わない場合の 2 種類で精度評価を行った。その結果を表 1 に示す。

提案手法である観測セグメントの合体・分裂予測の導入により、MOTA が 4.7% 程度向上した。これは FN の値が大幅に減少したためである。合体・分裂予測が無い場合、合体により複数の歩行者が単一の歩行者とみなされ、その間はトラッキングにおける該当観測セグメントが存在しないと判断されるため、FN の値を増加させる。複数人が合体する状態が終了し、再び個々の歩行者をそれぞれ単一の観測セグメントとして検知できた際も、新たに出現した別の歩行者であると判定され IDsw の値を増加させる。一方、提案手法を導入した場合、複数人が一つの観測として判定された場合も、観測セグメントを、予測している歩行者数に分割することで、それぞれの歩行者のトラッキングを継続することができ、FN の値や IDsw の値を減少させることができる。

複数人を表す観測セグメントが合体する状況の例を示す。図 2、図 3 は同一の観測データに対して、それぞれ、合体・分裂予測なし、予測ありでトラッキングを行った結果である。これらの図は点群および検出した歩行者セグメントの俯瞰図であり、それぞれ (a), (b), (c) の順に時刻が経過している。同一人物としてトラッキングしているセグメントは、異なる時刻であっ

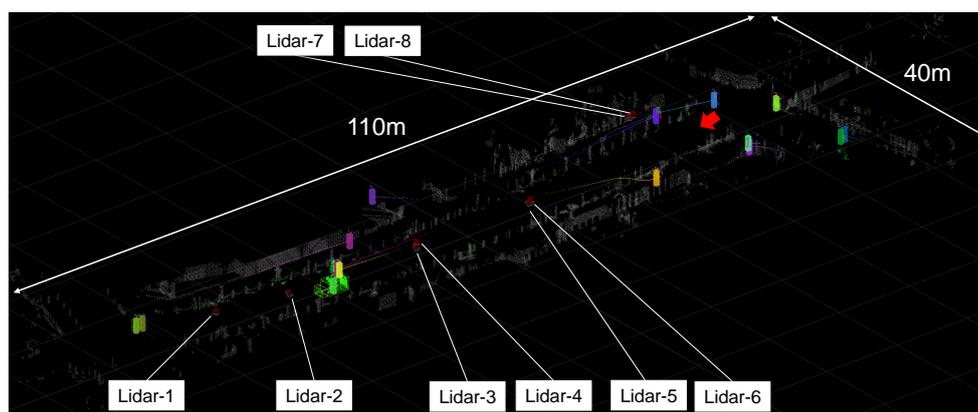


図 1: 3次元 LiDAR 配置および取得される 3次元点群の斜視図。白色および緑色の点群はそれぞれ取得された背景点群（床面によるもの以外）、前景点群を示す。

表 1: 評価結果

	MOTA	MT(%)	ML(%)	FP	FN	IDsw	Frag
観測セグメントの合成・分裂予測なし	0.802	42.3	34.6	0	85	12	12
観測セグメントの合成・分裂予測あり（提案手法）	0.849	65.4	19.2	0	65	8	10

でも同一色のバウンディングボックスで示される。この場面では時刻 (a) で 2 人の歩行者が図の下方から上方に向かい移動しており、時刻 (b) で 2 人の歩行者の観測セグメントが 1 つとして検知される。そして時刻 (c) で再び 2 人の観測セグメントが検知される。なお時刻 (c) では別の歩行者が中央付近を通過している。予測なしのトラッキングでは時刻 (a) で観測されていた歩行者 11 と歩行者 12 が、時刻 (b) で合体し、単一の歩行者 11 として検知された。この時、歩行者 12 のトラッキングが途絶える。再び時刻 (c) で 2 人のセグメントが検出されると、時刻 (a) での歩行者 11 は歩行者 13 となり、また歩行者 12 は歩行者 11 であると認識された。一方、予測ありの場合、時刻 (b) で観測セグメントが合体した際も 2 人の歩行者の位置予測を継続することができ、時刻 (c) で 2 人分のセグメントとなった際にも時刻 (a) の歩行者と同一人物として判定しトラッキングを継続できていることがわかる。

〔学会発表〕

- [1] Hamada Rizk, Tatsuya Amano, Hirozumi Yamaguchi, Moustafa Youssef, “Smartwatch-based Face-touch Prediction Using Deep Representational Learning”, In Proceedings of the 18th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services
- [2] Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Akihito Hiromori and Hirozumi Yamaguchi, “Pedestrian Tracking in Public Passageway by Single 3D Depth Sensor”, In Proceedings of the 2022 IEEE International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems Co-located with IEEE PerCom 2022, pp. 581-586

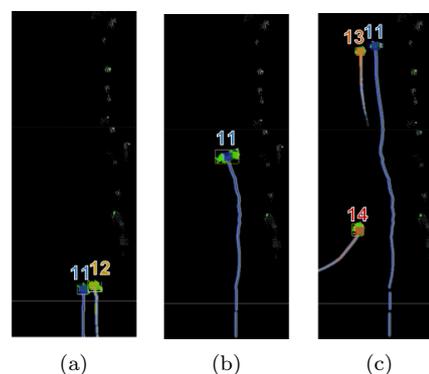


図 2: 合体・分裂予測を行わなかった場合のトラッキング

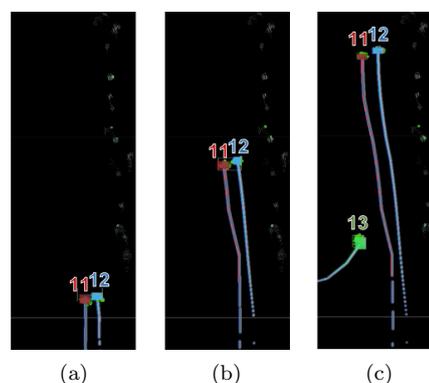


図 3: 合体・分裂予測を行なった場合のトラッキング

機能デザイン部門

非翻訳 RNA を標的とした低分子創薬候補物質の判別手法開発

山田 剛史 (産業科学研究所)

中谷 和彦 (産業科学研究所)

松下 康之 (IDS)

1 研究の背景

非翻訳 RNA の生体における重要な役割が判明し、欧米では RNA 標的的低分子創薬が急速に進んでいる。RNA 標的的低分子創薬のボトルネックは、RNA - 低分子複合体の具体例が少ないこと、低分子と RNA の複合体形成が動的な構造変化を伴うため複合体構造の予測が困難である点などに起因する。これまで、これらのボトルネックを解消するため、低分子 - RNA 複合体の形成経路解析 (H29,30)、低分子 - RNA 複合体形成ペアの創出・複合体構造解析 (H29)、スクリーニングデータ分類アルゴリズム構築 (H30-R2) を、松下・中谷が進め、後述の「外部資金」の項に示した競争的資金・企業との共同研究に繋げてきた。

中谷グループでは、表面プラズモン共鳴 (SPR) センサーを用いて、RNA と低分子の相互作用をスクリーニングしてきた。(文献1) SPR 解析はスループットが低く企業におけるスクリーニングへの採用例は少ないが、低分子の標的に対する結合における静的、動的挙動が SPR 結合プロファイルから抽出できるため、化合物の特徴量解析に豊富な情報を提供する。この特徴量情報を創薬化学者が理解できる化合物構造ヘフィードバックし、RNA - 低分子複合体の化学的理解の深化、創薬企業が持つ大規模化合物の集団 (ライブラリ) から RNA 結合性化合物を抽出した小集団 (フォーカストライブラリ) の構築が期待される。

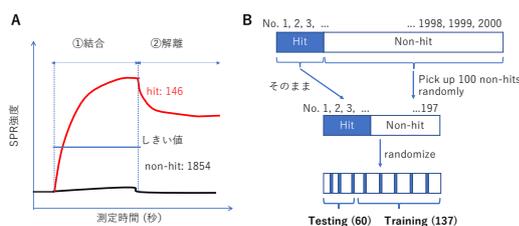


図1: (A) SPR センサーによるヒット・ノンヒット化合物の分類, (B) データ抽出

2 研究の目的

RNA 標的フォーカストライブラリ構築のアルゴリズムは、創薬企業にとって将来必須のツールとなり、その知財価値は極めて高い。上記の戦略を進めるため、本研究では中谷研究室が収集しつつある核酸 - 低分子相互作用 SPR データの情報科学的解析による、RNA 標的的低分子選別アルゴリズムの開発を進めた。

SPR 解析では、複合体形成速度、複合体解離速度、結合定数、結合信号強度、標的選択性等の情報が得られる。実際の測定で

は、①複合体形成過程 (通常0~200秒, 横軸, 時間) の間、時間経過とともに SPR 強度 (縦軸) が大きくなり、②複合体解離過程においては (200秒以降)、表面に結合した化合物の解離が観察される。(図1 A) この結合と解離の際に、複合体形成もしくは解離速度定数、複合体の安定性などにより、レスポンスカーブの形状が異なる。これらの複合体形成・解離情報が構造記述子によりどのように表現されるか、また、その記述方法に一般性が見いだされれば、その記述方法が標的核酸に対する化合物選択アルゴリズムとして有効なツールとして利用できるはずである。

3 研究の方法

令和元年度から令和2年度までに、SPR スクリーニングプロファイルの構造記述子による分類を目指し、創薬企業提供 2000 化合物に対するスクリーニング結果を、284 分子記述子から主成分解析 (PCA) を実施し、特徴量の線形結合による分類アルゴリズムを検討した。結果、現時点では有効な特徴量の線形結合による分類には至らなかった。

令和3年度は、フォーカストライブラリ構築のアルゴリズム開発を目指し、ランダムフォレスト (RF) による二値分類に取り組んだ。

4 研究成果

4.1 分子記述子による化合物のデータ化

上述の通り、284 分子記述子を用いた PCA 解析ではヒット化合物を分類出来なかったことから、上記の記述子数では各化合物の化学的性質を十分にデータ化できていないと考えた。そこで、約 5000 の分子記述子で記述することができる市販のソフトウェア Alvadesc を用いて各化合物をデータ化し、後述の RF による機械学習に用いた。

4.2 RF による分類

RF におけるデータ抽出フローを図2に示した。オリジナルのスクリーニングデータはヒット化合物: ノンヒット化合物の比率が 1 : 19 で、そのまま学習を行うとノンヒットの情報ばかりが学習されてしまうと考え、ノンヒットをランダムに 100 ピックアップし、ヒット: ノンヒット = 1 : 1 の比率のデータリストを作成した。さらに、テストデータ: トレーニングデータ = 3 : 7 に分割した。(図1 B)

図2に示した学習データを用いて、RF により機械学習モデルを作成し、テストデータを用いて得られたモデルを評価した(図2) テストデータ中の 33 ヒット化合物の内 22 が正しくヒットと分類され、ヒットの正答率は 67% を示した。同様に

ノンヒットは27化合物中19, 正答率70%を示し, 十分ではないもののRFによる学習ができていていることを示している。

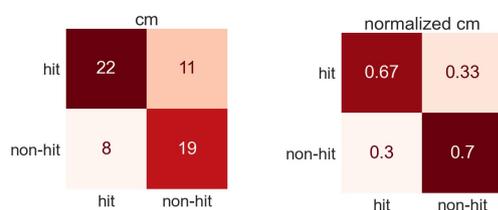


図2: ランダムフォレストの結果

4.3 交差検証

図2で示した結果が, 図1Bで示したサンプリングの結果偶然高い値を示している可能性を考慮し, 交差検証を行った. ヒット:ノンヒット=1:1のデータを5分割して交差検証を行った結果を図3に示す. 平均ROCは72%を示し, 図2の混合行列に示した値とよく一致している. しかしながら個別のROCを観察すると最も良い94%から最も悪い49%までAUC(Area under the curve)のブレが大きく, 標準偏差(グラフ中灰色部分)が大きい.

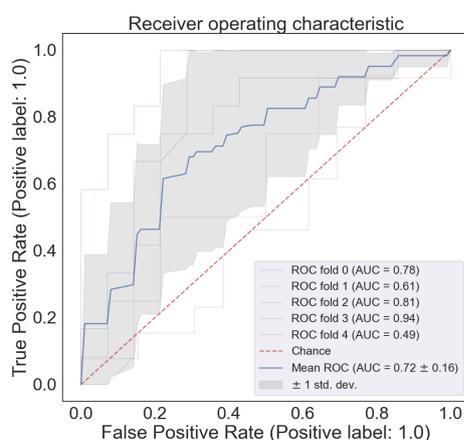


図3: 交差検証の結果

5 結果のまとめ, 考察と今後の予定

今回用いた5000の分子記述子には, 官能基やフラグメント数のカウント, ETA (Extended Topochemical Atom) 指数・Atom-Type E-state 指数・3D自己相関・WHIM記述子 (Weighted Holistic Invariant Molecular descriptors)・GET-AWAY記述子 (GEometry, Topology, and Atom-Weights Assembly) などの3次元記述子計算が含まれている. これらのうちどれらの分子記述子がRNA結合分子の分類に重要か精査する必要はあるが, 本研究では, 初期段階として全ての利用可能な分子記述子を用いてどの程度の予測精度が得られるか調査した.

RFを用いた化合物スクリーニングデータの機械学習を実践することで, 克服が必要な以下の点が明らかになった.

1. 基本的に, 化合物スクリーニングの結果はヒットがノンヒットより非常に少ないデータを与える. 本実験で用いたスクリーニングデータも同様で, ヒットは2000化合物のうち104個, 5.2%である. この時, テストデータにおいて, 化合物を全てノンヒットと分類するモデルであっても, 正答率は94.8%に達する. 機械学習においては95%は悪くない値だが, 本研究の目的は化合物ライブラリから潜在的ヒット化合物を抽出することにあるため, 意味のないモデルである. 本研究ではこの「アンバランスなヒット・ノンヒットのデータ数」を勘案し, あえてノンヒットのデータを減らすアプローチを行った. 図2の結果より, ヒット・ノンヒット共に平均して7割程度の正確性で標的核酸に結合する化合物が予測され, ある程度ヒット化合物の特徴が学習できたことが示唆された. しかしながら, 図3に示した交差検証の結果は, データ数の少なさに起因する予測精度のブレを示唆している.

2. 本研究でスクリーニングに用いられた化合物群は, あらかじめ創薬化学者によって製薬会社が有する化合物ライブラリから「核酸に結合しそうな化合物」として抽出された化合物であり, 「正に帯電する官能基であるアミノ基を分子内に含む」ことや「核酸塩基部位とのスタッキング相互作用による複合体構造の安定化が期待される複素環構造を分子内に含む」という特徴を持っていた. これらは「核酸結合分子の特徴」として, モデルに学習させる必要があるが, 本スクリーニングにおいてはヒット・ノンヒット化合物双方にこれらの特徴が含まれており, 本研究で得られたモデルがそれらの特徴を学習できているとは考えにくい.

今回我々はRFを用いたが, スクリーニングデータにいずれの機械学習を用いていくにせよ, 上記の問題は克服する必要があると考えられる.

引用文献

- [a] Shibata, T.; Nagano, K.; Ueyama, M.; Ninomiya, K.; Hirose, T.; Nagai, Y.; Ishikawa, K.; Kawai, G.; Nakatani, K. *Nat. Commun.* 2021, 12, 236.

発表論文等

【学会発表】

- [1] Qingwen Chen et al, “Machine learning-based classification in small molecules targeting CAG-repeat DNA”, 日本核酸化学会若手フォーラム, 2021.
 [2] Qingwen Chen et al, “Computer-aided classification of small molecules targeting CAG-repeat DNA”, ISNAC, 2021.
 [3] Qingwen Chen et al, “Using machine learning to classify and extract features of small-molecule libraries targeting DNA and RNA”, PacifiChem, 2021.

【外部資金】

- [1] 2019-2021年度, 科学研究費助成金 基盤研究 A, “リピート配列を特異的に化学修飾するリピート結合分子の創成”,

(代表) 中谷和彦

- [2] 2019-2021 年度, 科学研究費助成金 挑戦的萌芽研究, “核酸-低分子複合体形成過程同定への計算科学的挑戦”, (代表) 中谷和彦
- [3] 2019-2021 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “異常伸長したリポートヘアピン上で自発的にオリゴマー化する低分子の開発”, (代表) 山田剛史
- [4] 2021 年度, 学内共同研究 2件 (分担) 中谷和彦
- [5] 2021 年度, 企業との共同研究 3件

物理インフォマティクスによる“時・空のふち”探索

長友 英夫（レーザー科学研究所）

松下康之（情報科学研究科）

佐野孝好（レーザー科学研究所）

千徳靖彦（レーザー科学研究所）

兒玉了祐（レーザー科学研究所）

1 研究の背景

多くの物理現象は、非線形物理に起因する突発的な現象に支配される。例えば、巨大太陽フレアはその代表例で、地球環境への影響も甚大なことから、その予測の必要性が唱えられている。このような突発的な物理現象は実験・計測、および理論・シミュレーション解析でメカニズムを解明する研究が進められているが、そのほとんどは予測することが極めて困難であるとされている。シミュレーション技術の進歩によって大規模計算を必要とする時間、空間分解能の高い数値解析が可能になってきていることから、その結果を突発現象の予測に利用することが期待されてきた。しかしながら、多次元大規模シミュレーションによる解析では、次元数の増加に従って出力されるデータ量も増加する。さらに、時系列データの解析が重要性が増してきていることからデータ処理量も飛躍的に増加している。このため、従来手法のデータの解析では要する時間が膨大になってきている。さらに、今後もシミュレーションサイズが大きくなることが予測され、従来のデータ解析手法では処理の限界が見えている。

また、情報・通信技術の進歩によって観測・計測によって得られたデータがリアルタイムで処理できるようになってきた。特に人工知能によるデータ処理技術の進展は大きい。このような現状を踏まえ、最新の情報工学を導入した人工知能によるデータマイニングによって効率的な物理の解析手法の確立、実験とシミュレーションのデータ同化を通して新しい物理現象を発見するとともに、非線形現象の予測、制御、による工学的な活用も目指す必要がある。

一方、研究におけるデータへのアクセシビリティ、リポジトリの重要性が増しており、特に大型装置を用いた共同研究の推進においてはそれらの役割の重要性が増している。

2 研究の目的

乱流や突発現象など極限的非平衡下で現れる多次元・多階層かつ階層間結合を伴う複雑かつ時空間で急激に変化する“時・空のふち”を探索する。巨大太陽フレアのような突発的な物理現象の予測を目的とするアプローチは、これまでは多次元大規模シミュレーションによる時系列データ解析が主流であったが、巨大データ解析には膨大な時間を要することが知られており、従来手法では限界が見えている。このため、情報工学を導入した人工知能・機械学習による関係データ分析、データマイニングによって、効率的な物理データ解析手法を確立し、新しい物理現象を発見するとともに、非線形現象の予測及び工学的な活用を目指す。また、その基盤となるデータベースシステム

の高度化を図る。具体的には、「高次複雑系における突発現象の機械学習による発見」、「シミュレーションと機械学習に基づくデータから実験のリアルタイム計測・制御」、「実験条件の完全トレース可能なデータベースシステムの開発」、「レーザー制御、突発的現象の検出手法の開発」の課題に取り組む。

3 研究の方法

今年度は以下の4つの課題を実施した。

- (i) 高次複雑系における突発現象の機械学習による発見
- (ii) シミュレーションと機械学習に基づく実験のリアルタイム計測・制御
- (iii) リポジトリを担保したデータベースシステムの開発
- (iv) レーザー制御、突発的異常の検出手法の開発

詳細な研究手法については紙面の制約から省略し、次章に研究成果概要をまとめた。

4 研究成果

研究の方法で示した4つの取り組みのうち、進展が顕著であった上記課題 (iii)、および (iv) の成果を、4.1-4.2 にそれぞれまとめた。

4.1 リポジトリを担保したデータベースシステムの開発

これまで構築してきた SEDNA[a] については、今年度データベースサーバーのバックアップサーバーを構築、冗長化することによってシステム全体の安定性、信頼性を高めた。

昨年度、実験計測器から得られたデータを取得するだけでなく、実験の準備状況をノートに記入する感覚で記録できる、「ラボノート」システムを構築した。今年度は「ラボノート」をエクスペローラのインタフェース経由でデータアクセスできる ASNARO-EXP と連携させた(図.1)。これによって、「ラボノート」を経由して入力されたターゲットの製作などの作業記録にもユーザーのアクセス、検索が容易に行えるようになった。なお、便利になる反面、システムを跨いだアクセスが可能になるため、システム、およびデータへのアクセス権限ポリシーの整備を進めた。

一方、現在、SEDNA(図 2) はレーザー研の所内ファイアウォール内にあり、登録された共同実験者だけがアクセスできるシステムである。このため、図 2 の右上に描かれた外部の共同研究者は VPN 接続でのみアクセスが可能である。将来的には SEDNA を拡張し、データ公開、データリポジトリなどオープンサイエンスや幅広いデータ駆動型研究への活用を考えると、現状のシステムは制約が多い。

そこで、大阪大学サイバーメディアセンター (CMC) が新たに導入したデータクラウドサービス、ONION システムを通

してオープンサイエンス向けのサービスを導入できないか調査を開始した。今年度は、オブジェクトストレージ ONION-object, およびデータ共有ストレージとして ONION-file を試用した。共同研究者とのデータ共有としては有効であり、活用を拡げたいと考えるが、S3 連携の導入、きめ細かいアクセス権限の設定などが必要と思われる。さらに、将来的には機関リポジトリなどとの連携も必要と考え、NII RDC などとの連携についても情報収集、検討を行った。

名前	サイズ	転送状況	タイプ	登録日時	更新日時	備考
113-1121_*.log	4562		ファイル	2022-02-18 11:58:20	2022-02-18 11:58:20	
113-1121_*.img	17165		ファイル	2022-04-05 12:12:22	2022-04-05 12:12:22	
113-1121_*.dat	73159		ファイル	2022-04-05 12:12:22	2022-04-05 12:12:22	

図1: 「ラボノート」から入力したターゲットの製作記録が実験計測器データなど同じ UI でアクセス、検索が可能になり、実験ユーザーの利便性が向上した。



図2: SEDNA のサービス開始当初の利用イメージ。図の外からの幅広いアクセスは想定していなかった。

4.2 突発的異常検出手法の開発

大型レーザーの実験は1日に数回しかフルパワーのショット実験が行えない。しかし、僅かなトラブルでもショット実験が行えないことがあり、その予知と予防が課題となっている。

本研究では大型レーザー主増幅器の突発的異常発生を予知するためのデータ解析手法を模索した [b]。特に、フラッシュランプを流れる電流データはすべて記録されていることから、これ

らを時系列解析することでフラッシュランプに電力を供給しているサイラトロン交換時期の予測ができないかを調べた。

従来、このような予測の研究は教師あり機械学習が用いられることが多いが、これは突発的な異常現象であり、異常時直前の特徴的な教師データが自明でないことから教師あり機械学習は採用できない。そのため特徴量の解析を用いて教師なし機械学習におけるクラスタリングを行い、類似度を調べその解析手法の可能性を探った。サイラトロン交換時期の突発的な異常の検知のために教師なし機械学習の一つである特徴量解析を行った。すなわち、計測された電流値の FFT グラフに対して画像の特徴点の距離を計測し、類似点や交換前後での相違点を探索した。その結果、特定の1台のサイラトロンを使うフラッシュランプの電流値が、フラッシュランプの破損前に類似した特徴量を示していることが分かった (図3)。ただし、今回の解析データ中でサイラトロンが異常を起こした回数は2回と少なかったことから、異常時の特徴と判断するためにはさらなるデータの解析が必要であり、次年度に引き続き解析を行う予定である。

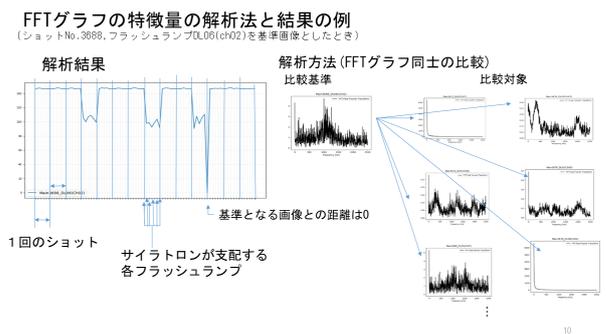


図3: 電流値をFFT解析した画像から特徴量解析を行った一例

引用文献

- [a] 藤岡慎介, 長友英夫 他, “プラズマ実験におけるデータ解析インフラストラクチャー, 4. レーザーエネルギー学実験データベース SEDNA の整備と利用”, プラズマ・核融合学会誌 Vol.95, No.5, 2019 年.
- [b] 丹羽一弘, “大型レーザー主増幅器の突発的異常予知のためのデータ解析手法の探究”, 大阪大学電気情報工学科卒業論文, 2022 年.

【学会発表】

- [1] 長友英夫, “レーザープラズマ実験への機械学習の適用”, シンポジウム「宇宙線加速原理の導入による「光速」に迫るレーザーイオン加速への挑戦-電子の相対論からイオンの相対論へ-」, 日本物理学会 第76回年次大会, 2021.

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/大阪市立大学)

長原 一 (IDS)

中島悠太 (IDS)

武村紀子 (IDS)

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) 測定された膨大な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。2020年度までは、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年度はさらに、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、そのための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。

以上の問題点を解決するために、ディープニューラルネットワーク (DNN) を用いた次元削減（特徴抽出）による運転状況可視化手法の開発と、環境駆動型の機械学習（強化学習）の実装を行うための準備研究を行った。具体的には、1) 変分オートエンコーダー (Auto-Encoding Variational Bayes, VAE) を用いた次元削減と、2) DNN を用いた加速器の運転状況と入射効率の相関関係を記述する手法の開発、および、加速器の運転シミュレータの開発を行った。これらの開発は全て、Linac 加速器運転の実データを用いて行う。

3.2 スパースセンシングを導入したデータ処理技術の開発

大型加速器を用いた素粒子・原子核実験では、測定感度を高めるために実験で収集する事象数を増やすことと、データの再構成、物理解析の精度及び効率を良くすることの2点が重要である。事象数を増やすためにデータ取得頻度を高める必要がある。それに伴ってデータサイズが年々増加し、膨大なデータの処理の高精度化及び高効率化が課題となった。そこで、機械学習を用いたスパースサンプリングによるデータ処理技術を導入することにより加速器から高頻度で供給される衝突実験データを測定器のデータ収集システム能力の限界まで収集する方法を開発する。スパースサンプリングは、信号のスパース性（時間・空間の近傍連続性）に注目することで時間や空間についてダウンサンプリングを行う技術である。スパースサンプリングにより、データ解析のために重要で本質的な情報を十分に保ったままデータサイズをリアルタイムに圧縮することにより、膨大なデータの処理の高精度化及び高効率化を目指す。

4 研究成果

以下に、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。また、本研究は、2021年度大阪大学サイバーメディアセンター公募型利用制度に共同研究課題として採択され、さらに、2021年度学際大規模情報基盤共同利

用 (JHPCN) 萌芽型共同研究としても認定された。

4.1 機械学習を用いた加速器制御の開発

強化学習の実装を行うための準備研究として、DNN を用いた加速器の運転状況と入射効率の相関関係を記述する手法の開発、および、加速器の運転シミュレータの開発を行った。以下に結果を示す。

図1は、DNN による入射効率の予測結果を示す。2021年6月について予測を行った。DNN の学習に使用したデータは、①2018年11月から2021年5月、②2021年5月、③2018年11月から2021年4月に取得された加速器データである。2021年6月の入射効率を予測するためには、2021年5月のデータ、つまり直近の実データが必要であることが示された。強化学習を行うためには、周囲の環境変化にあわせて学習用データを随時用意して、予測モデルを更新することが重要である。

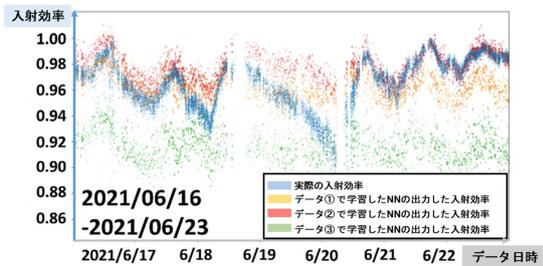


図1: DNN による入射効率予測結果。2021年6月について予測を行った。使用した学習データは、①2018年11月 - 2021年5月、②2021年5月、③2018年11月 - 2021年4月に取得された加速器データである。

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 (Generative Adversarial 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。我々は、加速器実データをもとに、疑似データ生成を試みた。結果を図2に示す。

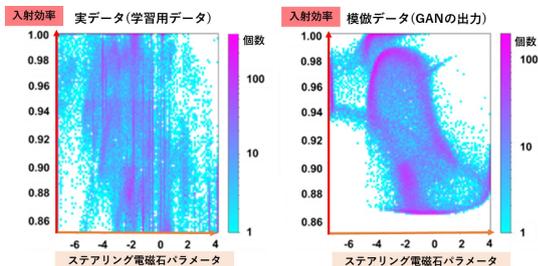


図2: 実データ、およびGANが生成した疑似データによる、入射効率とステアリング磁石パラメータの相関を示したものの。疑似データは、実データの一部区間しか、再現できていない。

図2は、実データ、およびGANが生成した疑似データによる、入射効率とステアリング磁石パラメータの相関を示したものである。疑似データは、実データの一部区間しか、再現でき

なかった (モード崩壊, Mode collapse)。今後は、モード崩壊の抑制方法を開発する。

4.2 スパースセンシングを導入したデータ処理技術の開発

本研究では、加速器実験のデータ処理にスパースセンシングを導入し、データの本質的な情報を保持したまま、データ量を削減することを目指す。具体的なアプリケーションとして、ILC SiD 電磁カロリメータにおけるエネルギー較正において、スパースセンシングを導入し、その定量的な評価を行う。

2021年度は、その準備研究として、手書き文字データ (MNIST データ) を用いた、評価を行った。

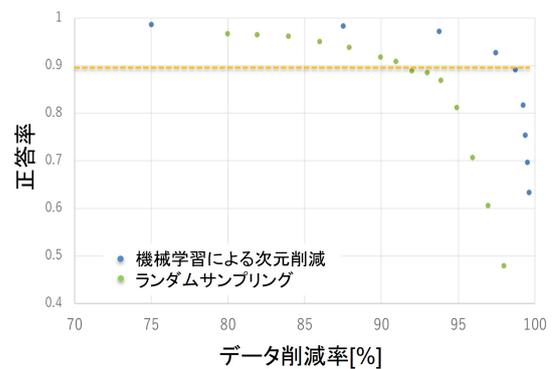


図3: 機械学習による次元削減を用いた文字分類 (予備実験)。

図3に結果を示す。データを1/10(ランダムサンプリング)、あるいは1/50(機械学習による次元削減)に圧縮しても、90%の識別性能を維持できることが示された。今後は、ILC SiD 電磁カロリメータにおけるエネルギー較正での適用を進める。

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13回シンポジウム, July 2021.
- [2] 久野彰浩, 岩崎昌子, 佐藤政則, 佐武いつか, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志 機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整システムの開発第18回日本加速器学会年会, Aug. 2021.
- [3] M. Iwasaki, H. Nagahara, Y. Nakashima, N. Takemura, T. Nakano, T. Suehara “Application of the Machine Learning to the Collider Experiments”, HeKKSaGOn (German-Japanese University Alliance) Data Science Workshop, Sept. 2021.
- [4] 久野彰浩, 岩崎昌子, 佐藤政則, 佐武いつか, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志 “機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整の開発: 加速器シミュレータの基礎開発”, 日本物理学会 2021年秋季大会 Sept. 2021.

-
- [5] 岩崎昌子, “素粒子・原子核実験および関連分野への深層学習の適用と発展”, 公益財団法人 山田科学振興財団 2021 年度研究交歓会 成果発表会, Oct. 2021.
- [6] Masako Iwasaki, “Application of the machine learning to the collider experiments”, 2021 IEEE Nuclear Science Symposium(NSS) and Medical Imaging Conference(MIC), Oct. 2021.
- [7] A. Hisano, M. Iwasaki, I. Satake, M. Satoh, H. Nagahara, N. Takemura, Y. Nakashima, T. Nakano, “R&D of the KEK Linac Accelerator Tuning using Machine Learning”, 18th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALEPCS), Oct. 2021.
- [8] 加藤睦代, 岩崎昌子, 長原 一, 末原大幹, 山田 悟, 中島悠太, 武村紀子, 中野貴志, “機械学習を用いたスパースサンプリングによるデータ処理技術の基礎開発”, 日本物理学会第 77 回年次大会, Mar. 2022.
- [9] 岩崎 昌子, “機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整の開発” (招待有り), 日本物理学会第 77 回年次大会, Mar. 2022.

【修士論文】

1. 久野 彰浩, “環境適応型機械学習および次元削減を適用した KEK Linac 加速器制御の開発”, 修士論文, 大阪市立大学, 大阪, 2022.

【外部資金・共同研究】

1. 2021 年度, 文部科学省 文部科学省補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ (牽引型)」, “機械学習を用いた物理学実験用機器制御技術の開発”, (代表) 岩崎 昌子 (共同研究者) 深澤 優子, 住浜 水季, 谷口 七重.
2. 2021 年度 大阪大学サイバーメディアセンター 公募型利用制度, “素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, (代表) 岩崎 昌子
3. 2021 年度 学際大規模情報基盤共同利用 (JHPCN) 萌芽型共同研究, “素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, (代表) 岩崎 昌子

光・量子デザイン部門

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)

浅井 歩 (産業科学研究所)

山中 卓也 (産業科学研究所)

櫻井 保志 (産業科学研究所)

藤田 克昌 (工学研究科)

1 研究の背景

ラマン分光は試料から分子固有の振動情報を反映するラマンスペクトルとして信号を取得する、非侵襲な分光分析方法である。非侵襲な分析方法が求められる生体試料の分析において、ラマン分光は試料を生きたまま観察することが可能であり、有益である。ラマン散乱光は非常に微弱であり、顕微領域からの信号取得には非常に長い時間が必要となる(数分/測定1点×観測点)。また、用いる検出機によっては得られるスペクトルは1000次元超となることもあり、膨大な情報からの特微量の抽出が課題である。現在、我々の研究グループはラマン顕微装置を用いて、細胞や、バクテリアのイメージングを行っている。細胞の薬物の代謝の様子や、バクテリアの種類の分類などを非侵襲に分析できれば、経時的な観察や、ラマン分光以外の分析方法との組み合わせによるマルチモーダル分析が可能となる。取得したラマンデータの解析においては、ノイズの除去や、スペクトルに対する考察など、現状は研究者の経験によるところも大きく、限られた人的リソースで、効率よく計測>分析>検証(>計測・・・)を繰り返す必要がある。解析の際に過去のビッグデータと照らし合わせ、対象のデータの比較することができれば、データ解析の効率や、結果の妥当性の検証を効率的に行うことができる。

2 研究の目的

細胞と、バクテリアのラマンデータに対する解析を想定して、アルゴリズムの開発を進めた。本研究において、目的は以下の通り、大きく分けて二つである。

2.1 細胞分析

これまで計測してきた細胞のラマンデータを一元化し、深層学習によって細胞のラマンイメージングデータのプレスクリーニング用アルゴリズムを構築する。ラマンイメージングの解析の際には、(1)ラマン強度のマッピングを作って視覚化し、俯瞰的に評価してプレスクリーニングをした上で、(2)種々の目的に応じて詳細な解析を行なっていく。分析の際の評価にはノイズ処理、画像構築を行う必要があるが、人の目で判断をして、処理をする工程も多く、単純にルーチン化するだけで解決できるわけではない。(1)の工程を計測中あるいは、計測直後に効率的に行うことができれば計測のパラメータの調整や、詳細な評価解析に資するデータの選別を効率化することができる。具体的には細胞の例では、特定の波数である、シトクロムc、タンパク質、脂質のそれぞれの分子分布のマッピング結果を用いた細胞状態の判断や、計測の妥当性の確認を実施できる。

2.2 バクテリア分析

バクテリアのラマンイメージングによるデータの取得と、機械学習による、バクテリアの種類の分類アルゴリズムを構築する。血中や、尿などの迅速診断・創薬における抗生物質への応答観察への応用を目指してバクテリアのラベルフリー検出、種類や表現型の判別方法を開発中である(JST 未来社会創造事業)。現在は、顕微ラマンイメージングによって、いくつかの代表的なバクテリアのイメージングを行い、計測における条件の探索や、基礎的なスペクトルデータを収集している。最終的に想定される試料は複数のバクテリアやその他の構成物の混合液であり、そこから単一バクテリアレベルで種類・表現型を瞬時に判別する装置の開発及び、分析方法の確立を目的としている。本IDSプロジェクトでは、原理検証として、7種のバクテリアをラマンイメージングし、取得したラマンスペクトルから、深層学習によって、それぞれの種類の判別を行うアルゴリズムの開発を目的とした。

3 研究の方法

3.1 方法1 細胞分析

細胞の顕微ラマンイメージングデータの3次元データ(x,y,λ)を入力とし、特定のラマンバンド(シトクロムc:750 cm⁻¹(緑)、タンパク質:1650 cm⁻¹(青)、脂質:2850 cm⁻¹(赤))のRGB空間マッピングを出力とするアルゴリズムの開発を行なった。データ出力のための学習データには、計測済みの生データ(イメージングデータ数:125)に対して次のようなスペクトル処理を行った。宇宙線除去をし、バイアス除去をして、特異値分解によってノイズ成分を除去したのちに、それぞれの波数に相当する画像データを作成した。このデータをもとに、ラマンイメージ一枚につき、20枚の画像に分割・セグメント化して、2500×3枚の画像をもとに分布を学習させた。出力としては生データを入力した際に特徴を抽出して、指定のラマンバンドの分布を吐き出す深層学習アルゴリズムを構築した。入力画像と出力画像の比較に用いる評価方法は画像判定の際に用いられるSSIM(Structural SIMilarity)を組み込んだ。

3.2 方法2 バクテリア分析

7種類のバクテリアを用意し、それぞれ別に培養したのちに、顕微ラマンイメージングを行った。それぞれのラマンイメージング結果から、2値分析をして、バクテリアの輪郭検出をしたのちに、個別のバクテリアからの平均スペクトルと抽出した。一つのラマンイメージからは、およそ、100個のスペクトルを検出しており、それぞれのスペクトルを学習させて、バクテリア

種の判定アルゴリズムを構築した。学習・評価に際しては、抽出した全バクテリアのスペクトルのうち 95 % を学習用として選んで、使用し、残りの 5 % を評価用として用いた。学習用と、評価用のデータ選択の方法に関してはクロスバリデーションを行なって判別の評価を繰り返し行った。(図 2)

4 研究成果

4.1 研究成果 1 細胞分析

図 1A に生データを入力した際の出力結果を示す。比較のために、従来通り SVD 処理を行い、ノイズを除去したのちに画像構築をした結果 (図 1B) と、スペクトル処理をせずに画像構築をした結果 (図 1C) を示す。出力画像のアルゴリズムに関して定量的な評価は難しいが、従来の分析方法と比較することで評価を行った。従来法の分析結果 (図 1B) と比較すると多少のコントラストの違いはあるものの、それぞれの分子部分布をおおよそ把握することができる。一方で、生データからラマンバンドを指定して構成しただけの画像 (図 1C) と比較すると、ノイズが抑えられて細胞の構造が視認できるようになっている。出力は 1ms 以下で可能であり、将来的にはこれを計測装置に組み込むことで、計測中に迅速に計測結果のスクリーニングに活用することができる。

4.2 研究成果 2 バクテリア分析

図 2C に、入力に対する結果と、正答率を示す。いずれのバクテリアにおいても、98.5 % 以上の正解率を達成した。こちらもバクテリアの判定出力に要する時間は 1ms 以下である。

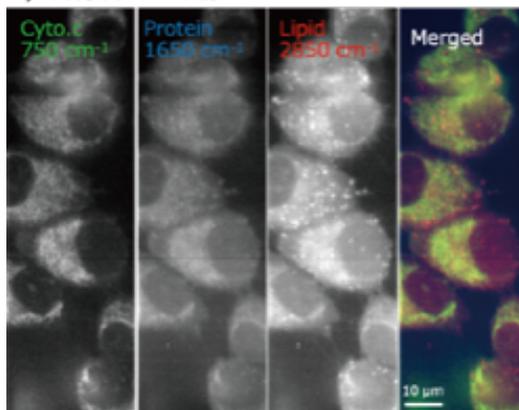
5 今後の展望

開発したアルゴリズムを計測装置に組み込むことで、計測したその場で解析できるようなシステム開発に取り組む。細胞解析に関しては、出力結果はデノイズ処理も行われているが、出力結果に関してどこまで期待される出力値に近い値であるかを引き続き検証する必要がある。具体的には同じ領域で SN の異なる画像を取得して得られる結果を比較し、出力結果に現れるアーティファクトの評価が必要である。バクテリア解析に関しては、計測の現場で迅速にバクテリアの種類や、表現型を分類できるように開発を続ける。バクテリアの種類によっては SN が異なることがわかっており、これをふまえたアルゴリズムを構築できれば、多くの種類のバクテリアに対応です。また、学習用データ準備の際には背景信号の影響をできるだけ抑える必要がある。入力したデータはバクテリアの信号の他に、基盤・及び溶媒などのからの信号を含んでおり、基盤の材選択や、露光条件を工夫もしくは機械学習により処理することを検討している。実際の診断に向けて、ラマン分光をしながら、単一バクテリアレベルで即座に種類や表現型を分別し、ソーティングする装置に実装できると期待している。今後は、バクテリアのサブタイプや耐性菌などのデータを蓄積し、実用化に向けた研究開発を進める予定である。

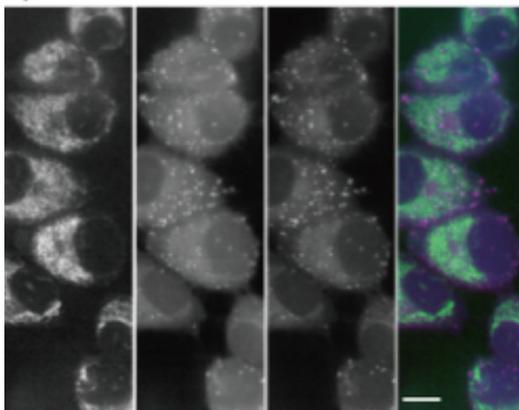
(外部資金)

[1] 2020 年度-, JST 未来社会創造事業, “分子・細胞分析のための高感度ラマン分光技術の開発”, (代表) 藤田 克昌 他

A) 深層学習の出力画像



B) 従来のSVD処理後の再構成図



C) 信号処理なしの生データからの再構成図

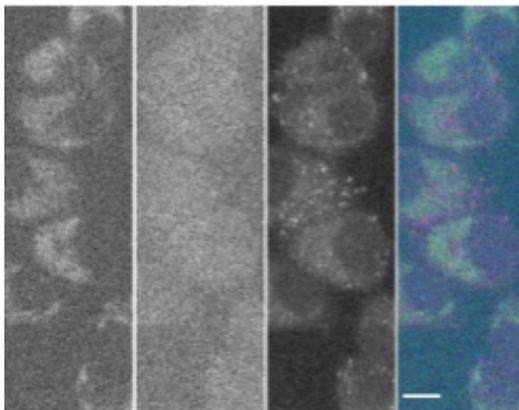


図 1: 細胞のラマンイメージングの解析結果 左からシトクロム c、タンパク質、脂質の分布と、それらを重ね合わせた再構成画像を示す。A) 深層学習の出力画像。B) 従来の SVD 処理後の再構成画像。C) 信号処理なしの生データからの再構成画像。スケールバーは 10 μ m。

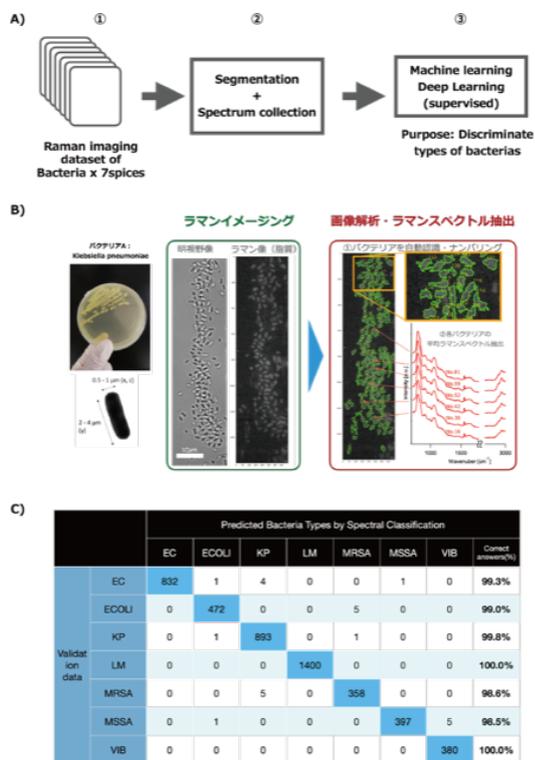


図2: バクテリアのラマン分析。A) 概要と流れ。B) ラマンイメージングと画像解析によるスペクトル抽出の様子。C) 7種類のバクテリアデータの分類予想と結果。

機械学習を活用する新規円偏光発光材料の設計・合成システム

佐古 真 (薬学研究科)

滝澤 忍 (産研)

鷲尾 隆 (産研)

近藤 健 (茨城大学理工学研究科)

1 研究の背景

新規機能性物質の創製においては、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り、1つの製品の上市には膨大な時間やコストを必要とする。また、高い性能を発現する化合物であっても大量生産が困難であり、製品として供給できない場合も少なくない。先端研究においては分子設計・合成が高度に複雑化しており、従来の化学者の試行錯誤による研究開発では限界を迎えつつある。さらにマテリアル合成においてもSDGs(持続可能な開発目標)が重要視されており、省人化、省エネ化、スピードアップを実現する次世代型プロセスを早急に創出する必要がある。このような背景の下、円偏光発光特性(CPL)を有する新規ヘテロヘリセン(図1)の開発において、機械学習を活用することで効率的なマテリアルデザインやその合成を実現できると着想した。CPL材料は、偏光フィルターを必要とする現汎用材料と比べ発光強度が高いことから省エネルギー型3Dディスプレイ用光源、植物成長制御用LED、がん細胞の検出法など多岐に渡る応用が期待されているものの、効率的な分子デザインやその合成には課題が山積している。

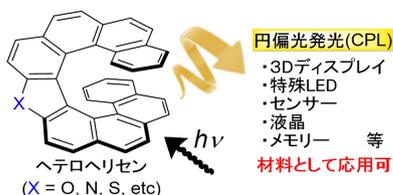


図1: ヘテロヘリセンとCPLの応用例

2 研究の目的

本研究の目的は、「機械学習(ML)と計算化学を利用する新規円偏光発光分子設計システム」の開発である。具体的にはCPL分子ヘテロヘリセンを設計・デザインにDFTシミュレーションを活用し、分子合成では「データ活用による合成経路や反応条件の予測」を行い、データビリティによる研究促進を実現するものである。前年度は、ML活用による合成最適化においてベイズ最適化とマルチパラメータ探索による電解合成最適反応条件予測や、量子化学計算によるヘテロヘリセンのCPL発光特性予測について検討した。今年度は、計算等で高CPL特性を有することが期待されるヘリセンを実際に合成評価し、学習データの質と量の向上を目指した。また、PI(プロセスインフォーマティクス)拡張によるスケールアップ合成も検討した。

3 研究の方法

本研究ではヘテロヘリセンを合成する際に、非効率な熱合成反応プロセスではなく、電気によって反応基質を効率的に活性化化する電解反応に着目した。電解反応は、電気化学由来のパラメータを最適化する必要があり、反応条件検討が煩雑になる傾向がある。令和2年度にモデル反応としてアミンの電解反応を選択し、ベイズ最適化を活用するマルチパラメータスクリーニングによる迅速最適反応条件予測を検討した。本実験で得られた実験手法を、新規ヘテロヘリセンの電解合成にも応用し、得られたヘテロヘリセンのキラル光学特性を調査した。また、令和2年度で得られているML予測知見を基に、高いCPL特性を有する分子の合成を検討した。

4 研究成果

4.1 ベイズ最適化を活用するアミンの電解酸化反応条件探索

令和2年度では環状アミン**1**をイミン**2**に変換する電解酸化反応をモデルに、まず5例の学習データを収集した後、ベイズ最適化による予測と実験による評価を繰り返し、計12回の実験によって目的生成物であるイミン**2**を良好な収率で与える反応条件を見出した(図2上段)。同様に、別の環状アミン**3**の電解酸化反応条件探索においてもベイズ最適化を活用したところ、合計7回の実験によって対応するイミン**4**が良好な収率で得られた(図2下段)。両反応の基質一般性の調査とスケールアップ実験に関するデータを含め、雑誌論文として発表した(発表雑誌論文[1])。

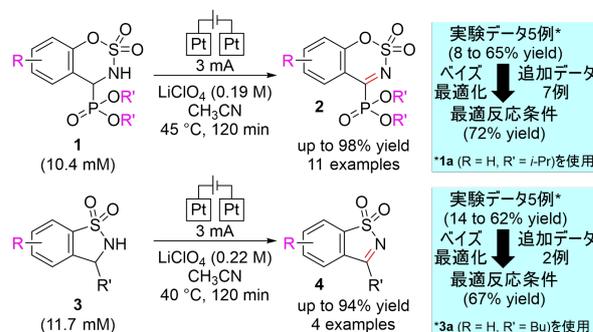


図2: アミンの電解酸化反応の条件探索

4.2 新規ヘテロヘリセンのデータ駆動型合成

令和2年度に見出したヒドロキシカルバゾール**5**と2-ナフトール**6**のカップリング/脱水環化連続反応によるヘテロヘリセン**7**の電解合成に関して、上記の反応条件の最適化システ

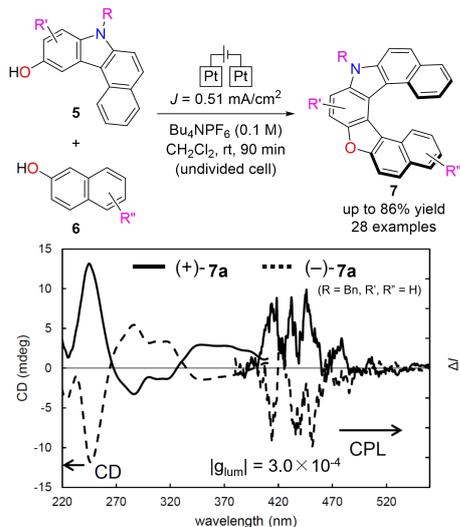


図3: ヘテロヘリセンの電解合成とキラル光学特性

ムと同様に反応基質および電解質の濃度、電流値、反応温度、反応時間の5種類の連続パラメータと、電極のカテゴリカルパラメータについて、まず5例程度の学習データを収集した。その後、ベイズ最適化によって次に検討すべき反応条件の予測と実験を繰り返した結果、本反応においても目的のヘテロヘリセン7を良好な収率で与える反応条件を見出した。具体的には、電解質としてテトラブチルアンモニウムヘキサフルオロホスファート (Bu_4NPF_6)、溶媒としてジクロロメタン (CH_2Cl_2) を用い、電流密度 0.51 mA/cm^2 で室温中空気下にて反応を実施すると、ピロール環とフラン環を含む [7] ヘリセン7が得られた (図3)。本反応の官能基許容性について調査したところ、プロモ基やヨード基などのハロゲンや、ピナコラートボリル基を持つ反応基質も適用可能であり、合計28種類のヘリセンを合成した。得られたヘテロヘリセン7a ($R = Bn, R', R'' = H$) を光学分割し、キラル光学特性を評価したところ、 g 値 (異方性因子であり、左右円偏光発光強度の差と発光強度の比率 ($= 2(I_L - I_R)/(I_L + I_R)$) で定義される) は 3.0×10^{-4} であった。今後、各種ヘテロヘリセンの g 値のデータ収集を行い、分子構造の特徴を表す記述子を活用し g 値予測や予測精度の向上を図る。

4.3 高いCPL特性を有するヘテロヘリセンや誘導体の合成



図4: 高いCPL特性が期待されるデヒドロヘリセン

令和2年度で得られているML予測知見を基にしたシミュレーション設計では、デヒドロヘリセン8 (図4) の二量体がヘ

リセンよりも100倍以上高いCPL特性を示すことが予測された。現在、デヒドロヘリセン8の合成に成功しており、収率の向上や二量体の合成を検討している段階である。

発表論文等

〔雑誌論文〕

- [1] Kondo, M.; Sugizaki, A.; Khalid, Md. I.; Wathsala, H. D. P.; Ishikawa, K.; Hara, S.; Takaai, T.; Washio, T.; Takizawa, S.; Sasai, H., “Energy-, Time-, and Labor-saving Synthesis of α -Ketiminophosphonates: Machine-learning-assisted Simultaneous Multiparameter Screening for Electrochemical Oxidation”, *Green Chem.*, 2021.

〔学会発表〕

- [1] Mohamed S. H. Salem; Md. Imrul Khalid; 佐古真; 近藤健; 滝澤忍; 笹井宏明, “電解連続反応による環状デヒドロオキサヘリセンの合成”, 第50回複素環化学討論会, 2021.
- [2] Wathsala, H. D. P.; Kondo, M.; Sugizaki, A.; Khalid, M. I.; Ishikawa, K.; Hara, S.; Takaai, T.; Washio, T.; Sasai, H., “Machine-Learning-Assisted Multi-Parameter Screening for Flow and Electrochemical Reactions”, *PACIFICHEM*, 2021.
- [3] 近藤健; 杉寄晃将; Khalid Md Imrul; H. D. P. Wathsala; 石川一宣; 原聡; 鷹合孝之; 鷲尾隆; 滝澤忍; 笹井宏明, “機械学習駆動型マルチパラメータスクリーニングによるケチミンの電解合成の反応条件最適化”, 日本化学会 第102年会, 2022.
- [4] 滝澤忍; Khalid Md. Imrul; Salem H. Mohamed; 近藤健; 佐古真; 笹井宏明, “酸化的ヘテロカップリング・脱水環化・脱水素環化反応による光学活性アザオキサデヒドロ [7] ヘリセン類のドミノ合成研究”, 日本薬学会 第142年会, 2022.
- [5] Takizawa, S.; Wathsala, H. D. P.; Kondo, M.; Sugizaki, A.; Khalid, M. I.; Ishikawa, K.; Hara, S.; Takaai, T.; Washio, T.; Sasai, H., “Machine-learning-assisted multi-parameter screening for flow and electrochemical reactions”, *The 25th SANKEN International Symposium, The 20th SANKEN Nanotechnology International Symposium, The 9th Kansai Nanoscience and nanotechnology International Symposium, The 17th Handai Nanoscience and nanotechnology International Symposium, The 3rd AIRC-ISIR International Symposium*, 2022.

〔外部資金〕

- [1] 2020-2021年度, 科学研究費助成金 若手研究, “電気化学的手法によるキラルヘテロヘリセンの簡便合成”, (代表) 佐古真
- [2] 2020-2025年度, JST CREST, “電気・光・磁場で誘導する革新的分子変換法の創成”, (代表) 垣内 史敏 (分担) 笹井 宏明 他
- [3] 2021-2025年度, 科学研究費助成金 学術変革領域研究 (A), “フロー・電解ドミノ反応開発を加速する機械学習の実装と応用”, (代表) 滝澤忍

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 穰 (文学研究科)

大石 岳史 (東京大学生産技術研究所)

Yiming Qian (IDS)

Benjamin Renoust (IDS)

Noa Garcia (IDS)

中島 悠太 (IDS)

長原 一 (IDS)

1 研究の背景

美術作品には時代や地域、作者や流派による特徴的、類型的な表現方式があり、それを様式と称してきた。そして、様式研究は図像研究とともに美術史学の根幹をなしてきた。しかしながら、「作品を見る」という視覚経験に基づく従来の様式研究には、個人的経験に基づくがゆえの主観性、作品の特徴を抽出、類別して言語化することの恣意性、さらには先行研究からあたえられた先入観によって、常に曖昧さ、不確かさがつきまどってきた。

様式は主題や図像とともに美術作品の最も基本的な要素である。ところが、近年の日本・東洋美術史研究においては、作品の意味や機能、享受される場などへの関心が高まる一方で、様式研究むしろ低調と言わざるを得ない状況が続いている。様式研究には作品の視覚経験の蓄積が不可欠であるが、美術作品が観光資源化されることによって、研究目的による視覚経験の機会が得難くなってきていること、研究成果が急がれ、視覚経験を蓄積する余裕がなくなっていること、そして視覚経験に基づく様式研究にはどうしても主観的な一面や不確かさがつきまどうことも様式研究が敬遠される要因となっている。

ところが近年、情報科学の分野において、とりわけ仏像の顔に特化して解析を行う研究も試みられている。解析するデータが不十分なために、必ずしも有効な成果とは言えない一面もあるが、クラスター分析や主成分分析といった機械学習によって美術作品を解析することによって、様式研究の曖昧さ、不確かさといった弱点を補う可能性をしめしている点において注目すべき試みである。

2 研究の目的

本研究は、以上のような美術史学の研究状況を踏まえ、とくに仏顔（仏像の顔）を対象として、その様式解析を機械学習、さらにはディープラーニングによって、すなわち AI を活用して行い、これまでにない客観的な様式研究の可能性を探るものである。また、仏顔の様式を判断し、系譜を明らかにするシステムの構築をめざしている。

仏像は紀元 1 世紀頃、中央アジアから北インドを支配したクシャーン朝において初めて作られたとみられており、以降、仏教の伝播とともにアジア全域で仏像が作られた。本研究では、そうした仏像のなかでも特に次の二つの系譜に焦点をあてる。すなわち、インド・グプタ朝から東南アジア（プレ・アンコール期ほか）、中国（隋・唐）、朝鮮半島（三国・統一新羅）、日本

（飛鳥・奈良）へと連なるシルクロードの系譜、飛鳥時代から江戸時代にいたる日本仏像史の系譜である。

4~6 世紀に隆盛したグプタ朝美術は広くアジア各地に伝播し、東アジアの 5~8 世紀の美術の展開にも大きな影響をあたえた。この系譜に属する仏顔の分析からは、各地域の仏顔の相互関係、たとえばグプタ文化圏と唐文化圏との様式の対比、唐から周縁地域への様式波及の様相などが浮き彫りにされることが期待される。

一方、日本には飛鳥時代から江戸時代まで連綿と作例があり、時代とともに様々な変容をとげた。そのなかで特に平安前期における密教図像の受容、平安後期における定朝様式の確立とその継承、平安末期から鎌倉時代にかけての古典学習、室町時代や江戸時代における定朝様式、鎌倉様式の継承などがどのように分析結果に表れるかを注視したい。

3 研究の方法

3.1 仏顔への注目

本研究はとりわけ仏像の顔に焦点を当てる点に特色があるが、その理由は三つある。第一に、仏像における顔の重要性である。顔は礼拝者がもっとも注視する部分であり、これまでの様式研究においてもしばしば考察の対象とされてきた。第二に、顔の構造の複雑さである。目、鼻、口といった器官があり、解剖学的にも多くの骨格や筋肉から成り立っているために特徴が抽出しやすい。顔認識システムによる人物同定の技術の進展が著しい所以でもある。第三に、AI による統計的分析に必要な大量のデータが確保できるからである。絵画とは異なり、彫塑像はアジア各地に数多く伝存している。また、顔は地域や時代を超えて構成要素が共通し、仏、菩薩などの尊格の違いを超えて、さらにはヒンドゥー教や日本の神像なども宗教の違いを超えて比較することが可能である。よって、対象はアジア全域、各時代に広げることができる。

仏顔画像データのアーカイブ

本研究では仏顔の様式解析にあたり 3D データを用いる。2 次元画像にはカメラの特性による歪みが生じる、被写体に対するカメラの位置とアングルが一定でない、陰影によって形状が正確に把握できないといった欠点があり、画像データの比較に限界があるからである。そこで、新規に 3D データを取得し、あるいは既存の 3D データを活用する一方で、近年発達が著しい 2 次元画像を 3 次元化する技術を導入あるいは開発し、既存の

2次元画像から3Dデータを生成する。2次元画像はすでに大量にあり、その活用で本研究に必要なデータ量が確保できる。

3.2 仏顔の様式解析

仏顔の様式をAIによって解析し、かつ仏顔の様式を判断し、系譜を明らかにするシステムの構築をめざす。

「教師なし学習」による統計的分析とその解釈

仏顔の3Dデータをもとにワイヤフレームモデルや距離画像等を作成する。また、顔面の輪郭、骨格や肉付きによる凹凸、眉・目・眼窩・鼻・口等の各部位の形や位置、さらにはそれらの相互の関係性などを特徴量として数値化する。次に解析されたデータを用い、クラスター分析や主成分分析等の機械学習のためのアルゴリズムを作成し、統計的分析を行う。さらに、械学習の結果、すなわちクラスター分析によるグループ分けや各データの類似度(距離)、主成分分析がしめす特徴量の統計的な差異やその距離について、各データの属性、すなわち地域や時代、作者等のほか、材質、尊格の種別等との関係性を検討する。その結果からは異なる属性間の共通性や、逆に同じ属性内における差異などが明らかになる可能性がある。そして、その意外性が様式研究に新たな展望を開くことが期待される。

「深層学習(ディープラーニング)」による様式判定システムの構築

様式を判断し、あるいはその系譜を明らかにするシステムの構築は、近年もっとも注目されている「深層学習」によって行う。美術史家や鑑定家は制作地や制作年代、作者等の属性が明確な基準の作品の視覚経験を積み重ねることによって一定の様式観を築き、その様式観に基づいて未知の作品の様式判断を行い、様式の系譜を想定している。こうした人の様式観の形成過程にならない、属性をラベル付けした仏顔の3Dデータをもとに「深層学習」によって自動的に特徴量を抽出し、様式を判定するシステムを構築する。なお、第2段階では第1段階の成果を踏まえ、より有効性の高い手法で解析されたデータを用いるとともに、属性をラベル付けしたデータにラベル付けていないデータを併用する「半教師あり学習」によって効率を高める。こうして創生された様式判定システムは、主観性等によってぶれることのない様式判断が可能であり、それに基づいた仏顔の新たな様式の系譜を形成することが期待される。

4 研究成果

本研究は平成30年度から4ヶ年の基盤研究(A)の獲得によって本格的に始められるようになったものである。令和3年度はその最終年度であったが、令和2年度から続くコロナウイルス感染拡大の影響により、調査活動が十分に実施できず、新たな3次元画像データの取得が困難であった。そこで2次元データの整理、ラベル付けに注力することとし、2次元画像データを活用した仏顔の解析を進めた。

4.1 知識グラフを利用した仏顔画像からの属性解析

仏像の様式を含む各種属性の分類は、専門性の高い知識を要求するタスクである。それぞれの属性はお互いに独立とは言えず、同じ様式であっても作られた年代や製作者などによって詳細が異なる。また、特に仏像などを含む文化財はそもそも数が

表1: 分類結果. S_{all} が提案手法.

Model	Style	Size	Century	Dimensions
1 NN (original)	0.98	0.78	0.78	0.78
2 NN (retrained)	0.58	0.65	0.76	0.46
3 S_0 Random initialization	0.23	0.30	0.13	0.08
4 GCNBoost S_1	0.57	0.68	0.74	0.47
5 GCNBoost S_2	0.59	0.85	0.80	0.76
6 GCNBoost S_3	0.88	0.86	0.86	0.84
7 GCNBoost S_{all}	0.92	0.94	0.93	0.90

少なく、加えてその属性が常に明らかであるとは言い難い。この2点は、特に深層学習による属性解析のためのモデル学習における挑戦と考えられる。属性間の依存関係は、マルチタスク学習によって暗黙的にモデル化できる。しかし、これには一般に多くの学習データが必要となることから、サンプル数の少ない仏像では依存関係を十分に獲得できない可能性がある。

そこで、図1に示すように、データセット内のすべての仏顔画像に加えて、属性ラベル(図中、緑の四角や黄色い丸など)をノードとし、画像とその画像に割り当てられた属性ラベルの間にエッジを持つ知識グラフを構築し、このグラフを利用して属性の分類を行う。頻繁に共起する属性ラベル間には画像を介した多数の経路が存在することになり、依存関係の獲得が容易になると期待される。またこの手法では、属性解析の対象となる画像を知識グラフに追加する Transductive Learning のフレームワークを採用している。これは、オーソドックスなモデルを利用した属性分類結果に基づいて画像に対して疑似ラベルを割り振ることで、対象画像と属性ラベルの間に暫定的なエッジを張り、知識グラフ全体から最終的な分類結果を出力する。実際の学習と分類は Graph Convolutional Network による。

表1に提案手法(S_{all})、及び比較手法(NN)の属性分類結果を示す。ここでは属性として、様式、大きさなど4種を考え、それぞれが複数のラベルを持つ。 S_{all} とNN(originalは既存の論文と同じデータセットの分割法によるもの、retrainedは提案手法と同じデータセットの分割法によるもの。提案手法との直接の比較はretrainedによる)を比較すると、 S_{all} により識別精度が大きく向上していることがわかる。 S_0 から S_3 の下付きの数字は、4種の属性のうち疑似ラベルとして使われた属性の数を表す。ここから疑似ラベルの重要性が確認できる。

4.2 半教師あり学習による建立年推定

仏像の建立年は仏顔解析における最も重要な手がかりの一つである。建立年の特定は当時の文書などが現存すれば可能であるが、そうでない場合は専門家による推定となり、時代や世紀などの幅を持たせることが多い。深層学習モデルなどによる画像からの建立年の回帰的推定は、専門家による推定をサポートする有効なアプローチの一つであると考えられるもの、建立年が特定されていない、もしくは幅をもった特定しかできていない多くの仏像が存在することを考慮すると、その学習に十分なサンプル数を確保することが困難である可能性がある。

本研究では、幅をもった建立年や、そもそも建立年が特定さ

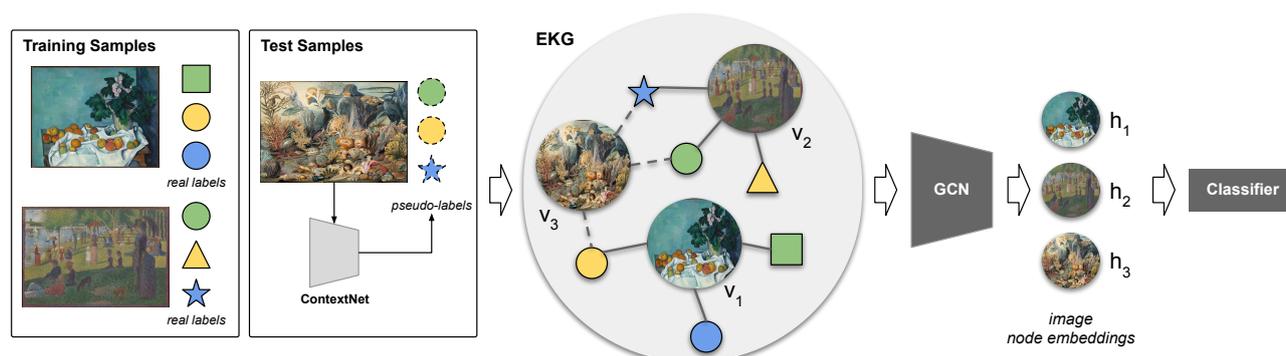


図 1: 提案手法の全体像. 学習用の画像 (Training Samples) と分類対象の画像 (Test Samples) をあわせて知識グラフ (Extended Knowledge Graph; EKG) を構築し, Graph Convolutional Network により学習・識別する.

表 2: 推定結果. 1 行目から 5 行目はベースラインや既存手法との比較. 6 行目以降は損失関数の組み合わせ.

Methods	MAE (Year)
1 Nearest Neighbour Search	130.9 ± 9.8
2 Gaussian Process Regression	199.9 ± 5.4
3 ResNet50 Regression w/o fine-tuning	73.8 ± 4.0
4 GCNBoost Regression	217 ± 15.5
5 SSDKL	245.3 ± 4.0
6 Ours (MSE)	56.2 ± 3.7
7 Ours (KL+Reg.)	338.3 ± 33.1
8 Ours (MSE+KL)	40.2 ± 3.62
9 Ours (MSE+REG)	39.3 ± 3.55
10 Ours (MSE+KL+Reg.)	37.5 ± 3.64

れていない (またはその情報が入手できない) 仏像を含む仏顔画像データセットから, 建立年をピンポイントで推定する半教師あり学習手法を提案する. この手法では, ピンポイントの建立年と時代や世紀で表される建立時期のラベルを統一的に扱うために, 建立年を確率密度関数によって表現することを考える. ここでは正規分布を利用し, ピンポイントの建立年が与えられたサンプルは平均値としてその建立年, 分散として事前に決めた小さな値とした. 一方, 建立時期で与えられるものについては, 平均としてその時代・世紀の中央の年を, 分散はその時代・世紀が正規分布の 95% 区間に含まれるように設定した. この真値に対して, モデルによる推定結果の尤度が最大になるように学習する (MSE). また, 任意の 2 つのサンプルの組について, その差分が真値と推定値で似たものであることを保証する損失関数を導入した (KL). 加えて, 建立年に関する知見が全く得られていない, またはその情報が入手できない, つまりラベルが与えられていないサンプルについても, 特徴空間の滑らかさに関する正則化項として損失関数に加える (Reg.).

実験で利用したデータセットには 4,949 枚の仏顔画像が含まれており, うち 1,887 枚に建立年に関するラベルが付与されていた). また, 1,887 枚のうち, 時代, 世紀, ピンポイントの建

立年のラベルを持つものがそれぞれ 320 枚, 316 枚, 1,251 枚であった. このデータセットからランダムに選ばれた 70% のサンプルでモデルを学習し, 残りを評価に用いた. 表 2 に結果を示す. 表中 10 行目が損失関数のすべての項を利用したモデルで, データセットに含まれる仏像の建立年が 400 年頃から 1403 年までの約 1000 年に分布する中で, 38 年程度の平均絶対誤差 (Mean Absolute Error; MAE) で推定できている.

発表論文等 〔雑誌論文〕

- [1] 藤岡穰, “永観堂禅林寺本尊「みかえり阿弥陀」瞥見”, 國華, vol. 1511, pp. 31-42, 2021.
- [2] 藤岡穰, “四天王寺金堂本尊の姿をもとめて—史料と模刻像の再検討—”, 和宗総本山四天王寺編・石川知彦監『聖徳太子と四天王寺』法蔵館, pp. 49-52, 2021.

〔学会発表〕

- [1] Cheikh Brahim El Vaigh, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, “GCNBoost: Artwork Classification by Label Propagation through a Knowledge Graph”, Proc. International Conference on Multimedia Retrieval, pp. 92-100, 2021.
- [2] Yiming Qian, Cheikh Brahim El Vaigh, Yuta Nakashima, Benjamin Renoust, Hajime Nagahara, Yutaka Fujioka, “Built Year Prediction from Buddha Face with Heterogeneous Labels”, Proc. Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia Heritage Contents, pp. 5-12, 2021.

〔著書〕

- [1] 藤岡穰, “東アジア仏像史論”, 中央公論美術出版, 2021.
- [2] 藤岡穰 (監修・共著), “新編八尾市史 美術工芸編”, 市史編纂委員会・市史編集委員会編, 八尾市, 2022.

〔外部資金〕

- [1] 2018-2021 年度, 科学研究費助成金 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”, (代表) 藤岡穰, (分担) 長原一, 中島悠太, 大石岳史 他

デジタルヒューマニティーズ部門

「オーストラリアにおけるパブリック・ミーティング新聞記事の 自然言語処理解析による世論形成過程研究の高度化」

藤川 隆男 (文学研究科)

長原 一 (IDS)

Chu Chenhui (京都大学/IDS)

梶原 智之 (愛媛大学/IDS)

中島 悠太 (IDS)

1 研究の背景

イギリス文化圏ではパブリック・ミーティング、アメリカ文化圏では多くの場合、タウン・ミーティングと呼ばれる市民に公開された集会を一般に公開集会と呼ぶ。世界的には「討議的民主主義」への注目や、サイバースペースにおける社会的関係の増大から、公開集会という多種多様な人びとが集合する公共空間（圏）が脚光を浴びつつある。歴史研究においても、組織や団体が構成する社会ではなく、無数の個人がアモルファスな形で構成する社会的結合の歴史を問い直すことが新たな課題となろう。

社会運動研究を幅広く研究するチャールズ・ティリーらのグループは、1758 - 1834 年の間にロンドンと周辺部において、パブリック・ミーティングが劇的に増加したことを証明し、イギリスの民衆参加と公共圏形成が並行的に進んだことを示した [a]。しかし、19 世紀中期以降のパブリック・ミーティングの歴史像を俯瞰する研究は存在しない。

第1の理由は、大規模なリソースを用いた組織的研究が必要であること。第2の理由は、19 世紀の西欧の研究が、多様で雑多な個人の集合体であるパブリック・ミーティングではなく、主に組織化された結社やクラブに集中したことである。そうした研究は、川北稔編『結社のイギリス史』、アソシエーションをテーマとする小関隆編『世紀転換期イギリスの人びと』など枚挙にいとまがない。

本研究では、イギリスの政治・社会文化を受け継いだオーストラリアを舞台に、包括的な新聞データベース Trove（主要な日刊紙と地方新聞を網羅）を用いて、19 世紀から 20 世紀の約 150 年間にわたる全パブリック・ミーティングのデータを抽出し、世論形成の全体像の解明を試みる。

2 研究の目的

第1に、日本では公開集会に関しては、実用的な側面に傾注した社会学的・政治学的研究や、「討議型デモクラシー」に関心を持つ哲学的・理論的研究は多数存在するが、その歴史的な発展については、ほとんど具体的な事実を踏まえたものはない。本研究は、歴史学のみならずこうした広範な研究領域に対して、パブリック・ミーティングの在り方に関する歴史的な事実を提示する。

第2に、SNS 等はデジタル化されているので、解析が容易であり、ソシオグラム解析などを用いた人的ネットワークの把握

が行われている。しかしながら、過去についての多くのデータはデジタル化すらされておらず、解析が困難であった。本研究では、膨大な過去の新聞データを対象に最新の情報学的手法を適用することで、パブリック・ミーティングを通じて構築された社会的ネットワークを解明する。サイバースペースの一種の先駆形態でもある、パブリック・ミーティングを通じたアモルファスな社会関係を、歴史的に初めて明らかにする。

第3に、19 世紀後半から 20 世紀前半の世論形成では、新聞と、公開集会という直接民主主義の形式を踏襲した世論形成装置が 2 大支柱であった。それは、既存の新聞やラジオやテレビと、SNS に代表される特定の組織に属さない人々が形成するソーシャルメディアが併存する状況に似ている。現在の世論形成の研究は、新聞からラジオ・テレビ、ケーブルテレビ、ソーシャルメディアという直線的な発展を前提としている。この研究によってパブリック・ミーティングによる世論形成の構造を解明することで、世論形成とマスメディア研究における直線的な歴史観の修正を試みる。

3 研究の方法

3.1 新聞広告からのデータの抽出

広告抽出

新聞の広告ページから、パブリック・ミーティングに関する広告を自動的に抽出する。自動抽出は広告文章の始まりと終わりのパターンマッチングにより行う。

OCR 誤り訂正

OCR による文字認識の誤りを自動的に訂正する。高精度な誤り訂正を実現するために、最先端の Dong らの手法 [b] をベースに研究開発を進める。

情報抽出

日付/曜日/人名/地名/項目名などのキーワードを自動的に抽出し、時系列・地域別の変化を明らかにし、比較し、相関関係を検証する。キーワードは Stanford CoreNLP を用いて解析した上で自動抽出を行う。

3.2 開催目的の抽出

パブリック・ミーティングの目的となる文やフレーズ（キーワードでも可）を自動的に抽出する。この段階で、様々な項目間の構造的連関と時間的変化を明らかにし、世論形成構造と公共圏形成の歴史の大枠を明らかにする。項目間の構造的関連や

時間的変化は時系列データマイニング技術により実現する。

3.3 新聞広告とそれに関連する新聞記事の照合・分析

照合・分析

自然言語処理の最終段階に入り、新聞広告と新聞記事を照合し、参加者数、参加者の氏名、性別、人種などを明らかにし、すべてのデータを収集する。こちらは SNS データ解析と類似しているため、最先端の SNS マイニング技術 [c] により実現する。

検証

イギリスのデータベース The British Newspaper Archive での応用の検証。

3.4 世論形成と公共圏の全体像

民主的公共圏にかかわるオーストラリアの社会的ネットワークの全貌を明らかにする。

4 研究成果

Covid-19 の感染拡大により、オーストラリアにおける学会報告を取りやめたが、科研の最終年度に向けて、最終成果報告として書籍の出版準備を進めている。

また、データの抽出と分析に関しては、(1) 集会の開催日を特定し、開催場所を加えて、パブリック・ミーティングとして開催された集会の特定を進め、重複するデータを整理した。(2) 開催日・開催場所・目的の三つが明瞭なパブリック・ミーティングのデータを特定し、そのデータを開催目的の分類に活用した。(3) 5 万件程度の開催目的を機械的に分類できるようにするために、分類のためのカテゴリー（文字列）を 3000 件以上作成し、開催目的のデータを分類した：地方的、州レベル、全国レベル、国際レベルの 4 カテゴリーなどに再度分類。(4) 集会の開催者の分析を完成、招集された人々の分析も完成し、集会の開催を要請した人びとのカテゴリー分けを完成した。さらに最終年度に向けて、新聞記事との照合方法の検討を行った。

引用文献

- [a] Charles Tilly, “The Rise of the Public Meeting in Great Britain, 1758-1834”, *Social Science History* 34:3, 2010.
- [b] Rui Dong, David Smith, “Multi-Input Attention for Un-supervised OCR Correction”, in *Proceedings of ACL*, pp.2363-2372, 2018.
- [c] “Social Media Mining: An Introduction”, Cambridge University Press, 2014.

発表論文等

(外部資金)

- [1] H31-34, 科学研究費助成金 基盤 B, 「オーストラリアの世論形成の歴史的解明：自然言語処理による公開集会データの解析」, 19H01330 (課題番号), (代表) 藤川 隆男, (分担) チョ シンキ, 長原 一, 梶原 智之, 中村 武司

第4部

産学共創プロジェクト

4.1 産学連携による鉄道事業技術変革プロジェクト

4.1.1 受託研究概要

平成28年度から現時点（令和3年度末）にかけて、株式会社JR西日本テクシアからの産学共創ニーズに関する要望への対応を主体として、IDS兼任研究者が持つシーズとのマッチングを試み、令和3年度も引き続き企画室が有しているネットワークを活用した受託研究や本学の研究シーズとのマッチングを試み、具体的な企業課題の解決を試みた。受託研究課題【鉄道駅を中心としたソリューションの新規価値創出】に関しては、受け入れ教員は人間科学研究科兼任教員1名となっている。令和3年6月より、課題別ワーキング3回を実施した。

研究題目：鉄道駅を中心としたソリューションの新規価値創出に関する研究
「人間工学を活用した最適案内手法確立と実装」

研究担当者（所属・職・氏名）：

研究代表者：データバリティフロンティア機構長・尾上孝雄

研究担当者：人間科学研究科・准教授・平井啓

受託研究経費：直接経費：700,000円、間接経費：300,000円、合計：1,000,000円

日時	会議体	議題・内容
2021/6/3	人間工学 MT	2021年度実施内容に関する打合せ
2021/9/7	人間工学 MT	認識及び理解し易い案内手法についての打合せ
2022/2/14	人間工学 MT	活動進捗報告（認識及び理解し易い案内手法、利得損失に関するWebアンケート結果分析）

4.1.2 研究活動報告

人間工学を活用した最適案内手法確立と実装

(1) 研究の背景

鉄道プラットフォームにおける事故予防対策を進めていくためには、顧客の心理・行動的特性の理解と、それに基づく行動変容の研究知見を得ることが重要である。

(2) 研究の目的

顧客の心理・行動的特性とそれに合わせた行動科学的対策を提案するために、駅における事故を誘発する行動の中でも危険度の高い行動に焦点を当て、駅利用者の認知行動科学的特徴のパターン分析を行い、ハイリスクな特徴を持つセグメント（集団）を同定することを目的とする。

(3) 研究の方法

近畿圏（大阪府、京都府、兵庫県、奈良県、和歌山県、滋賀県）および岡山県、広島県在住で月に1回以上鉄道を利用する者を対象とした。20代以下、30代、40代、50代、60代の各年代120名ずつ、計600名に対し、無記名式のインターネット質問紙調査を実施した。

質問内容は、性別や年齢、居住地域、鉄道の利用目的などの基本属性の他、駅構内における行動の頻度（例：エスカレーターを歩いたり走ったりして利用してしまう）、「エスカレーターは立ち止まってご利用ください」などの注意アナウンスが鳴った際の行動、駅での行動における考え（例：駅のエスカレーターを駆け上がることが利得になるか）、これまでの鉄道利用時の経験（例：酔っ払ったまま、電車に乗る）、新型コロナウイルス流行下における、鉄道利用時の考え・行動（例：鉄道に乗っている最中に、新型コロナウイルスに感染することをどれほど心配しているか）、普段の生活における行動（例：普段出かける時に、傘を持って行くのは降水確率が何%以上のときか）、普段の鉄道利用時の行動（例：乗る予定の電車に乗り遅れることがある）、現在の体調であった。注意アナウンスが鳴った際の行動は、6種類のアナウンスを用意し、それぞれについて100名ずつ割り当てて回答を得た。

(4) 研究成果

昨年度調査のデータを用いて多変量解析を行った。

注意喚起メッセージの効果比較

「エスカレーターを歩いたり走ったりして利用してしまう」「エスカレーターの片側をあけて利用してしまう」「駅のホームでは、黄色い線の外側（線路側）を歩いてしまう」「駆け込み乗車をしてしまう」の4つの危険行動に関する注意アナウンスに対して、どのような行動をとろうと思うかについて尋ねた結果を図4.1に示す。

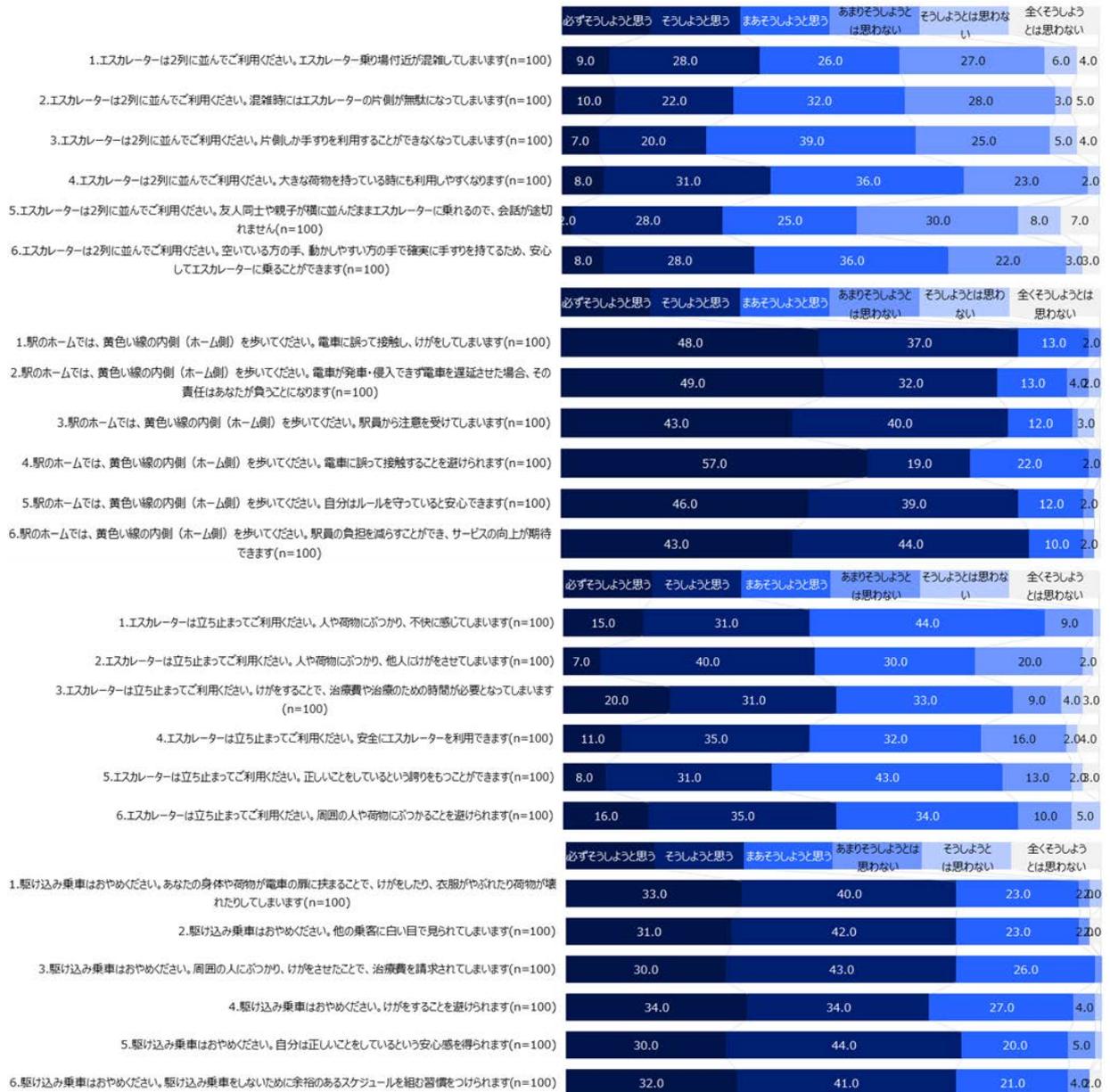


図 4.1.1: 注意アナウンスが鳴った際の行動

上記注意アナウンスについて、危険場面ごとに注意喚起のメッセージの効果を分析するため、分散分析を行った。その結果、「エスカレーターの片側をあけて利用してしまう」という危険場面において、「エスカレーターは2列に並んでご利用ください。大きな荷物を持っている時にも利用しやすくなります」というアナウンスが有意に効果的であることがわかった ($F(5, 594) = 2.63, p = .023$)。

利得と損失の認識の比較

4つの危険場面について、危険行為と不作為の利得と損失の認識を比較した。4つの場面全てにおいて、危険行為と不作為の間で、利得と損失の間に有意な差が見られた。危険行為には利得より損失が大きいと認識され、不作為において損失より利得のほうが大きいと認識された。また、危険行動の有無と利得損失の交互作用も有意であった。

表 4.1.1: 危険行為と不作為に対する利得と損失

	利得		損失	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
駅のエスカレーターを駆け上がる(駆け下りる)	2.61	0.66	287	0.82
駅のエスカレーターに立ち止まって乗る	3.08	0.65	245	0.56
駅のエスカレーターに2列に並んで乗る	2.63	0.70	292	0.67
駅のエスカレーターに1列に並んで乗る	3.15	0.62	266	0.63
駅のホームにて、黄色い線の外側(線路側)に出る	2.31	0.84	326	0.70
駅のホームにて、黄色い線の内側(ホーム側)を歩くこと	3.15	0.68	258	0.79
駆け込み乗車をすること	2.37	0.80	309	0.73
駆け込み乗車をしないこと	3.06	0.69	228	0.77

実際の行動の有無による利得と損失の違い

実際に危険行動をしている人としていない人の間で、危険行動とその不作為における利得と損失の認識の違いを調べた。その結果、4つの場面すべてにおいて、損失利得の認識が実際の行動に影響を与えることが明らかになった。

特に、エスカレーターを歩いたり走ったりして利用する人は、駆け上がる利得と立ち止まる損失の認識が高く、歩いたり走ったりして利用する人は、立ち止まることの利得と走ることの損失を大きく認識していることがわかった。また、エスカレーターの片側を空ける人は、片側を空けることの利得認識を高く認識しており、2列に並んで乗ることの損失を高く認識していることも明らかになった。

表 4.1.2: 実際の行動の有無による利得と損失

実際の行動	利得と損失の内容	利得		損失	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
エスカレーターを歩いたり走ったりして利用する	駅のエスカレーターを駆け上がる(駆け下りる)	2.75	0.60	2.80	0.80
	駅のエスカレーターに立ち止まって乗る	3.00	0.66	2.53	0.53
エスカレーターを歩いたり走ったりして利用しない	駅のエスカレーターを駆け上がる(駆け下りる)	2.22	0.66	3.06	0.83
	駅のエスカレーターに立ち止まって乗る	3.27	0.59	2.23	0.59
エスカレーターの片側を開けて利用する	駅のエスカレーターに2列に並んで乗る	2.63	0.71	2.93	0.68
	駅のエスカレーターに1列に並んで乗る	3.17	0.62	2.66	0.64
エスカレーターの片側を空けない	駅のエスカレーターに2列に並んで乗る	2.44	0.59	2.77	0.60
	駅のエスカレーターに1列に並んで乗る	2.74	0.42	2.61	0.50
黄色線の外側を歩く	駅のホームにて、黄色い線の外側(線路側)に出る	2.79	0.77	2.92	0.75
	駅のホームにて、黄色い線の内側(ホーム側)を歩くこと	2.92	0.70	2.91	0.76
黄色い線の外側は歩かない	駅のホームにて、黄色い線の外側(線路側)に出る	2.19	0.81	3.35	0.66
	駅のホームにて、黄色い線の内側(ホーム側)を歩くこと	3.21	0.67	2.50	0.77
書き込み乗車をする	駆け込み乗車をすること	2.88	0.66	3.02	0.69
	駆け込み乗車をしないこと	3.00	0.68	2.65	0.71
駆け込み乗車はしない	駆け込み乗車をすること	2.24	0.78	3.11	0.74
	駆け込み乗車をしないこと	3.07	0.69	2.19	0.76

危険行動に関する質問についてのクラスター分析

これまでの鉄道利用時の危険行動として、「酔っぱらったまま電車に乗る」「家に帰ってから電車に乗った記憶を無くす」「ホームで寝てしまう」「電車の中で寝てしまい、寝過ごす」「乗車中に病気などで気分が悪くなる」「イヤフォン・ヘッドフォンをしていて、駅のアナウンスが聞こえなくなる」「スマホの画面を見たり操作したりしながら駅の中を歩く」の7種類の質問についてクラスター分析を行い、5つのクラスターを抽出した。クラスターはそれぞれ、「安全」「アナウンス不注意」「酔っぱらう&寝過ごし」「全体的危険」「スマホ利用不注意」と命名した。

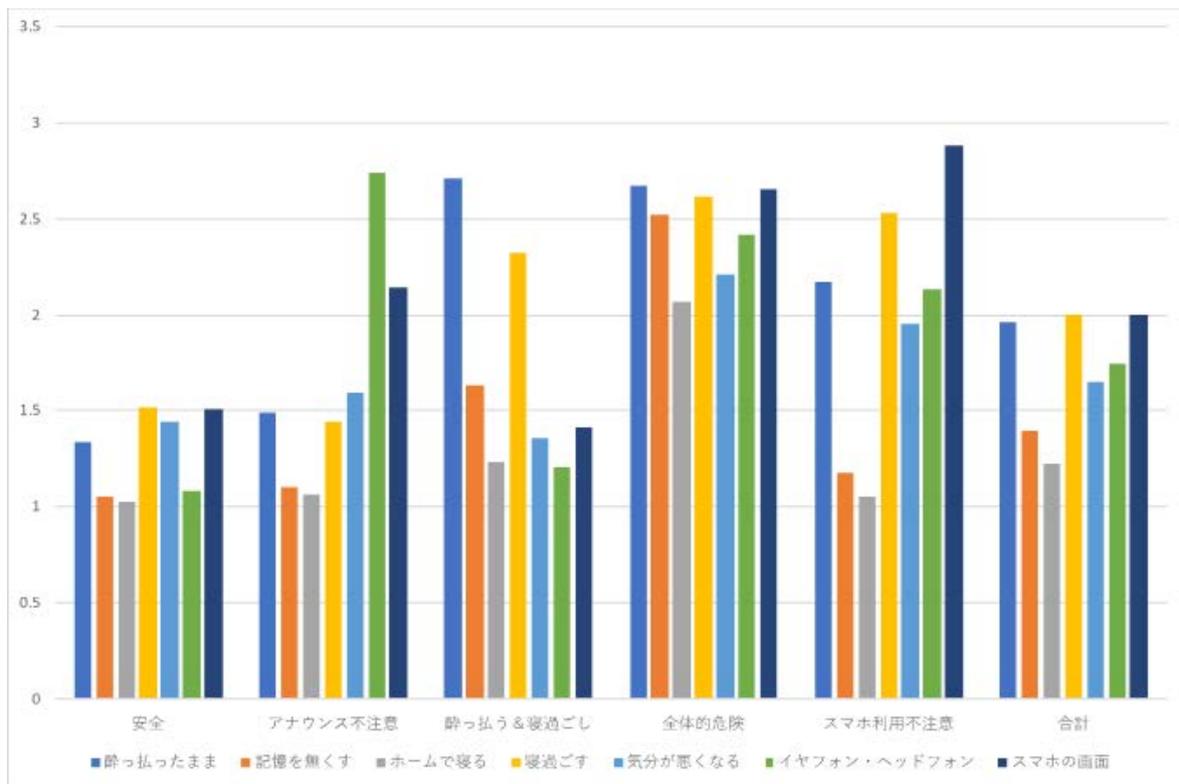


図 4.1.2: 危険行動に関する質問についてのクラスター

クラスターにおける利得と損失の認識の違い

危険行動のクラスターごとに利得と損失の認識の違いがあるかを分析し、クラスターごとの特徴を抽出した。まず、「安全」では、黄色い線の内側（ホーム側）を歩く行為に対する利得が損失より大きく、駆け込み乗車しないことに対する利得が損失より大きいと認識している。「アナウンス不注意」では、エスカレーターを駆け上がる行為に対する損失が利得より大きく、エスカレーターで立ち止まる行為に対する利得が損失より大きいと認識している。「全体的危険」では、黄色い線の外側（線路側）を歩く行為に対する利得を、クラスター間で最も大きく認識している。「スマホ利用不注意」では、エスカレーターを立ち止まって乗る行為に対する損失がクラスター間で最も大きい。また、エスカレーターの片側を空けて一列で乗る行為に対する利得が損失より大きいと認識している。一方で黄色い線の外側（ホーム側）を歩く行為に対する損失が利得より大きく、黄色い線の内側（ホーム側）を歩く損失が最も高い。駆け込み乗車をする利得と損失が最も高く、駆け込み乗車をしない損失が最も高い。

これらのことから、「スマホ利用不注意」が最もハイリスクなクラスターであることが明らかになった。

表 4.1.3: クラスター毎の危険行動の損失利得認知の内容

危険	駆け上がる				立ち止まる				2列でエスカレーター				一列でエスカレーター				
	利得		損失		利得		損失		利得		損失		利得		損失		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
安全	200	2.49	0.65	2.87	0.88	3.15	0.70	2.37	0.62	2.59	0.72	2.86	0.73	3.14	0.64	2.64	0.66
アナウンス不注意	93	2.74	0.67	3.04	0.73	3.16	0.56	2.52	0.54	2.65	0.74	3.01	0.62	3.23	0.60	2.74	0.63
酔っ払う&寝過ごし	111	2.59	0.68	2.78	0.89	3.04	0.61	2.39	0.50	2.59	0.75	2.90	0.67	3.14	0.64	2.64	0.63
全体的危険	84	2.60	0.69	2.66	0.59	2.83	0.64	2.48	0.53	2.62	0.56	2.93	0.63	2.99	0.59	2.55	0.58
スマホ利用不注意	112	2.72	0.59	2.97	0.81	3.09	0.65	2.55	0.54	2.71	0.70	2.98	0.65	3.25	0.57	2.74	0.61
合計	600	2.61	0.66	2.87	0.82	3.08	0.65	2.45	0.56	2.63	0.70	2.92	0.67	3.15	0.62	2.66	0.63
危険	黄色い線外側				黄色い線内側				駆け込み乗車する				駆け込み乗車しない				
	利得		損失		利得		損失		利得		損失		利得		損失		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
安全	200	2.12	0.82	3.22	0.79	3.24	0.77	2.42	0.77	2.20	0.83	3.08	0.78	3.14	0.74	2.09	0.78
アナウンス不注意	93	2.39	0.89	3.38	0.62	3.18	0.64	2.73	0.83	2.40	0.76	3.25	0.64	3.11	0.67	2.32	0.81
酔っ払う&寝過ごし	111	2.15	0.84	3.19	0.66	3.11	0.65	2.50	0.79	2.27	0.82	2.99	0.75	3.02	0.65	2.25	0.80
全体的危険	84	2.62	0.73	3.00	0.63	2.94	0.58	2.60	0.67	2.53	0.66	2.82	0.61	2.83	0.61	2.45	0.51
スマホ利用不注意	112	2.49	0.79	3.52	0.59	3.18	0.65	2.81	0.78	2.62	0.77	3.29	0.67	3.07	0.66	2.49	0.78
合計	600	2.31	0.84	3.26	0.70	3.15	0.68	2.58	0.79	2.37	0.80	3.09	0.73	3.06	0.69	2.28	0.77

4.2 機械学習を用いた細胞診画像診断支援に関する研究

4.2.1 共同研究概要

医療法人 神甲会 隈病院からの産学共創ニーズに関する要望から始まったプロジェクトである。

研究題目：機械学習を用いた細胞診画像診断支援に関する研究

研究担当者（所属・職・氏名）：

研究代表者：データビリティフロンティア機構長・尾上孝雄

研究担当者：データビリティフロンティア機構・教授・長原一

研究担当者：データビリティフロンティア機構・特任准教授・新岡宏彦

共同研究経費：直接経費：1,000,000 円，間接経費：300,000 円，合計：1,300,000 円

4.2.2 研究活動報告

(1) 研究の背景

補助診断の今後の方向として、遺伝子検査と人工知能 Artificial intelligence (AI) を用いた画像診断の二つがある。前者は欧米では意義不明や濾胞性腫瘍と診断された結節に対してすでにオプションとして実用化されている。一方、AI は近年急速に進展し、特に深層学習 Deep Learning (DL) は、画像分類において高い精度が報告されており、細胞診画像の識別に応用すれば高い診断精度が期待できる。

(2) 研究の目的

細胞診検査の顕微鏡画像に対して、深層学習アルゴリズムを用いた自動診断補助システムを構築すること。

(3) 研究の方法

データセットとデータ分割

兵庫県神戸市の隈病院にて得られた甲状腺細胞診 359 結節 (未分化癌 21 結節, 濾胞腺腫 20 結節, 濾胞癌 15 結節, 好酸性細胞型濾胞性腫瘍 20 結節, 髓様癌 31 結節, 低分化癌 16 結節, リンパ腫 19 結節, 乳頭癌 86 結節, 腺腫様甲状腺腫 102 結節, 慢性甲状腺炎 21 結節, 嚢胞液 8 結節) の細胞診標本を対象にした。細胞診標本は 22G の注射針を用いて甲状腺結節から細胞を採取し、合わせ法により塗抹し、パパニコロウ染色したものである。細胞像が定型的な症例を選択した。濾胞腺腫と濾胞癌に関しては、切除標本での組織学的診断に基づいて分類した。各病変において定型的である細胞像を倍率 20 倍の対物レンズで撮影し、得られた画像を 256 × 256 ピクセルサイズのパッチ画像に分割した。目的とする細胞、たとえば腫瘍性病変なら腫瘍細胞、良性病変なら濾胞上皮、嚢胞液なら泡沫細胞が存在する画像を陽性データとし、それらがない画像を陰性データとした (表 1)。良性疾患については一群とし、腫瘍性病変で陰性データとした画像は良性疾患画像としてみなして分析を行うことにした。最終的に陽性 8 クラス, 陰性 1 クラスに分類し、それぞれ陽性画像データ 67,781 枚, 陰性画像データ 53,618 枚, 合計 121,399 枚の画像データを本研究の画像データセットとした。

深層学習モデルの構築

画像分類モデルとして、Efficient Net-B5 を使用した。この深層学習モデルはさまざまな画像データセットの画像分類課題に対して高い成績を収めている。ImageNet と JFT-300M データセットを noisy student によって事前学習を行った。画像のデータ拡張には水平反転と垂直反転, Cutmix(alpha=1), さらに、複数のデータ拡張手法を組み合わせた手法である Augmix(severity=3, mixture_width=3, mixture_depth=-1) を用いた。損失関数として交差エントロピー誤差を用いた。Optimizer として Adam(lr=1e-4) を使用し、Cosine scheduler(min_lr=1e-5) を設定した。入力画像のサイズについて、256 × 256 ピクセルから 400 × 400 ピクセルにリサイズした。全結合層の直前では Generalized Mean Pooling(GeM) を用いた。

表 4.2.1: 用いた画像データセットの詳細 陽性画像パッチ数の赤色背景部分が 8 クラスの陽性画像データ数を表す。陽性画像パッチ数および陰性パッチ画像数の緑色背景部分が 1 クラスの陰性画像データ数を表す。

	結節数	元画像数	陽性細胞	陽性パッチ画像数	陰性パッチ画像数
未分化癌 (ATC)	21	978	腫瘍細胞	9,896	4,339
濾胞腺腫 (FNA)	20	467	腫瘍細胞	4,412	2,593
濾胞癌 (FNC)	15	520	腫瘍細胞	5,331	2,468
好酸性細胞型濾胞性腫瘍 (FNO)	20	877	腫瘍細胞	9,015	4,611
髄様癌 (MTC)	31	784	腫瘍細胞	8,140	3,300
低分化癌 (POC)	16	446	腫瘍細胞	4,835	1,855
リンパ腫 (PTL)	19	1,003	腫瘍細胞	13,468	1,591
乳頭癌 (TPC)	86	1,450	腫瘍細胞	1,2684	8,532
腺腫様甲状腺腫 (BAG)	102	2,033	濾胞上皮	15,71	13,540
慢性甲状腺炎 (BCH)	21	514	濾胞上皮	2,577	5,118
囊胞液 (CFO)	8	129	泡沫細胞	2,840	2,831
合計	359	9,201		73,198	50,778

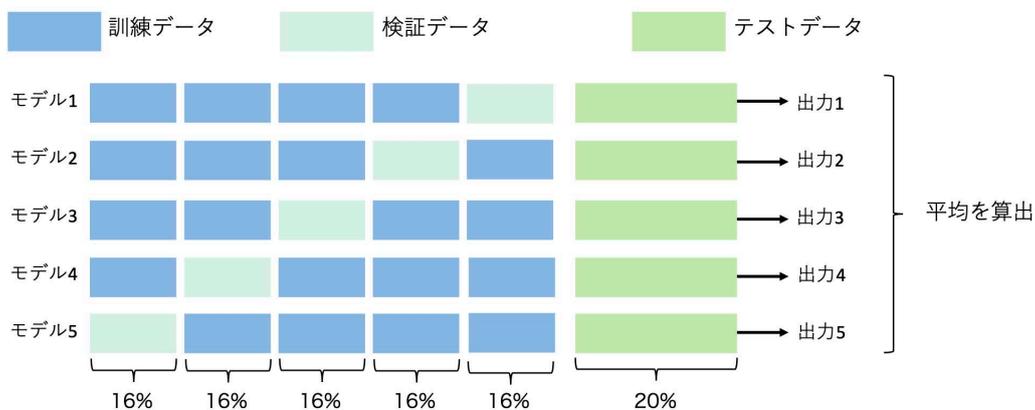


図 4.2.1: データ分割手法 全体のデータから 20% をテストデータとして確保し、残りの 80% のデータで 5 分割交差検証を行った。異なるデータの組み合わせで学習した 5 つの学習済み深層学習モデルが得られる。5 つのモデルそれぞれにテストデータを入力し、得られた 5 つの出力を平均することでテストデータに対する予測確率を得た。

(4) 研究成果

予測精度

テストデータに対する予測結果をまとめた混同行列を図 2 に示す。平均正答率は 91% であった。左上から右下の対角線で表示される部分の確率が各クラスの Recall を表す。低分化癌の Recall は 38% と最も低く、濾胞癌、髄様癌、乳頭癌などとの区別が難しいことがわかった。腫瘍のうちで良性和判断する率が高かったのはリンパ腫 (12%)、ついで髄様癌 (9%) であった。低分化癌は濾胞癌、髄様癌、乳頭癌との区別が、髄様癌は良性病変との区別が難しいことが判明した。ただ、この二つの腫瘍は甲状腺細胞診のエキスパートでも同様に診断が難しく、深層学習モデルの精度がヒトに劣るとは断言できない。今後、これらの症例のデータ数を増やせば正答

率の改善が期待できると思われる。

濾胞腺腫と濾胞癌の正答率はそれぞれ 81 %，95 %で，両者が区別されていた。本来，両者は被膜浸潤，血管浸潤，転移のいずれかで鑑別されるため，細胞を観察する細胞診では鑑別することができないとされてきた。そのため，現状では両者を含めて濾胞性腫瘍として報告している。本結果をフィードバックできれば，将来的に細胞診標本の顕微鏡観察にて両者の鑑別ができるようになる可能性がある。

PR 曲線と AUC

本研究では各クラスの画像枚数が不均衡であるため通常の ROC 曲線 (Receiver Operating Characteristic curve) および AUC (Area Under Curve) では評価することができない。従って PR 曲線 (Precision-Recall Curve) とその曲線下の面積である PR AUC を用いて評価を行った (図 3)。良性病変の精度が最もよく，PR AUC=0.99 であり，深層学習モデルにより良性と判断された結節はほぼ信頼できると考えられる。最も成績が悪かったのは低分化癌 (PR AUC = 0.49) で，その次は髄様癌 (PR AUC = 0.88) であった。それ以外の腫瘍の PR AUC は 0.9 以上であった。

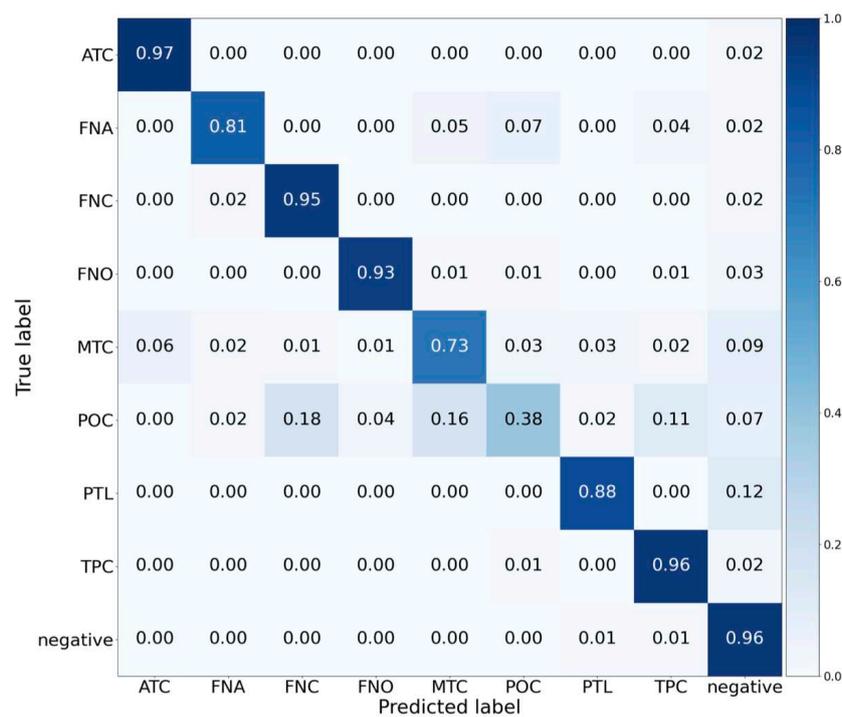


図 4.2.2: 細胞診画像分類の混同行列 数字は確率を表し，各行で規格化されている。それぞれ，未分化癌 (ATC)，濾胞腺腫 (FNA)，濾胞癌 (FNC)，好酸性細胞型濾胞性腫瘍 (FNO)，髄様癌 (MTC)，低分化癌 (POC)，リンパ腫 (PTL)，乳頭癌 (TPC)，良性病変 (negative) を表す。

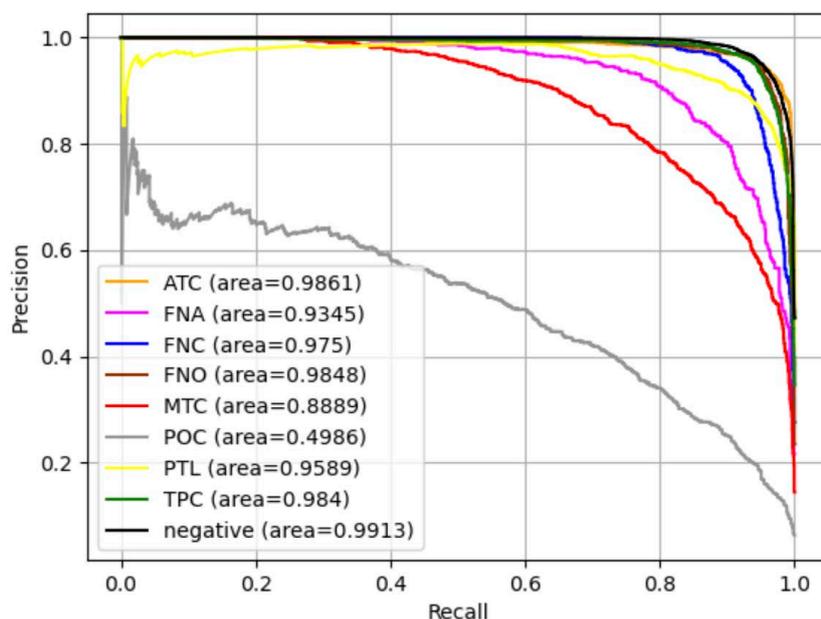


図 4.2.3: テストデータに対する予測から PR 曲線を描画した結果。それぞれ、未分化癌 (ATC), 濾胞腺腫 (FNA), 濾胞癌 (FNC), 好酸性細胞型濾胞性腫瘍 (FNO), 髄様癌 (MTC), 低分化癌 (POC), リンパ腫 (PTL), 乳頭癌 (TPC), 良性病変 (negative) を表す。area は曲線下の面積 (AUC: area under curve) を表す。

(5) 今後の展望

本診断補助アルゴリズムの精度をさらに高める予定である。複数施設の染色性や塗抹法が異なるデータを収集すること以外にも、各腫瘍の亜型、稀な腫瘍型、非定型的な細胞所見を示す腫瘍、変性した細胞などを学習させることにより、より精度の高いシステムになると考える。

第5部

機構の主要研究プロジェクト

5.1 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。

5.1.1 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5.1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かメラ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。

5.1.2 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5.2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。

2021年度は表5.1に示す通り、月に2回のペースで実験を実施した。また実験説明会を7月14日と12月15日に実施した。生命科学図書館での計測は2021年度末で終了し、今後図書館に設置したカメラは被験者実験などに利用する予定である。

5.1.3 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5.3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5.4の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。

2021年度は表5.2に示す通り、月に2回のペースで実験を実施した。また実験説明会を12月15日に2回実施した。2022年度は6月に説明会を予定しており、実験は月1回のペースで計測を続けていく予定である。

	ボックス型カメラ Panasonic WV-SP509J		ドーム型カメラ Panasonic WV-SW598J
	ハウジング有	ハウジング無	
不使用時 (非撮影)			
使用時 (撮影中)			

図5.1: 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 5.2: 生命科学図書館に設置された実験兼防犯カメラの例

表 5.1: 生命科学図書館での実験実施・計画日時

	実験実施日時			
	4月	21日	22日	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
5月	27日	28日	-	-
	9:00-19:00	9:00-19:00	-	-
6月	21日	22日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
7月	28日	29日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
8月	25日	26日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
9月	24日	27日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
10月	26日	27日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
11月	25日	26日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
12月	20日	21日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
1月	26日	27日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
2月	18日	21日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-
3月	22日	23日	-	-
	9:00-21:00	9:00-21:00	-	-

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 5.3: センテラスに設置されている実験用カメラの例

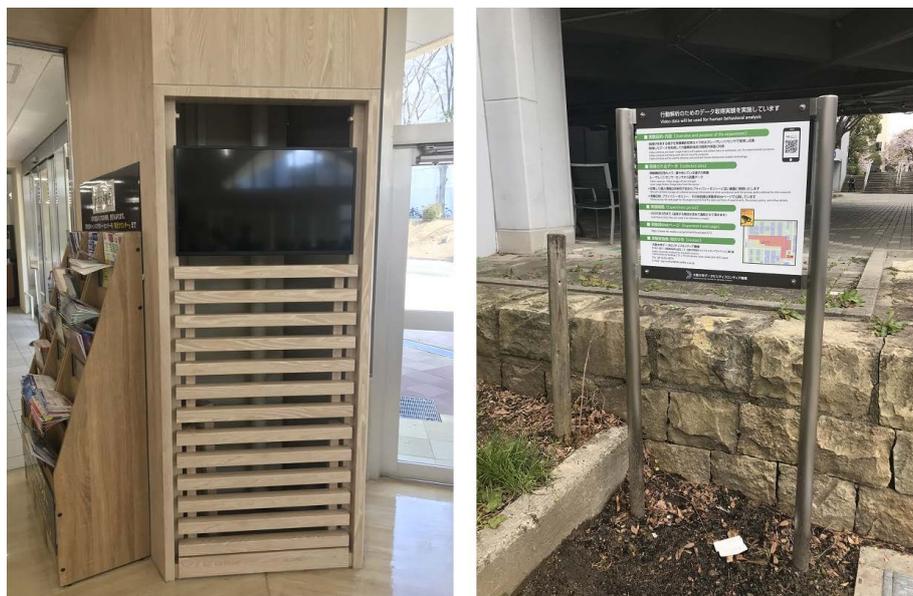


図 5.4: センテラスに設置されているデジタルサイネージ (左) と看板 (右) の例

表 5.2: センテラスでの実験実施・計画日時

	実験実施日時			
	4月	5日 9:00-20:00	13日 9:00-20:00	22日 9:00-20:00
5月	7日 9:00-20:00	10日 9:00-20:00	18日 9:00-20:00	26日 9:00-20:00
6月	3日 9:00-20:00	11日 9:00-20:00	21日 9:00-20:00	29日 9:00-20:00
7月	7日 9:00-20:00	15日 9:00-20:00	19日 9:00-20:00	30日 9:00-20:00
8月	4日 9:00-20:00	20日 9:00-20:00	26日 9:00-20:00	31日 9:00-20:00
9月	6日 9:00-20:00	14日 9:00-20:00	22日 9:00-20:00	30日 9:00-20:00
10月	4日 9:00-20:00	12日 9:00-20:00	20日 9:00-20:00	29日 9:00-20:00
11月	4日 9:00-20:00	12日 9:00-20:00	16日 9:00-20:00	22日 9:00-20:00
12月	1日 9:00-20:00	9日 9:00-20:00	17日 9:00-20:00	20日 9:00-20:00
1月	7日 9:00-20:00	11日 9:00-20:00	19日 9:00-20:00	27日 9:00-20:00
2月	3日 9:00-20:00	7日 9:00-20:00	15日 9:00-20:00	24日 9:00-20:00
3月	4日 9:00-20:00	9日 9:00-20:00	14日 9:00-20:00	22日 9:00-20:00

5.2 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」

5.2.1 SNS からのパーソナライズド感情分析

5.2.1.1 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、自然言語処理や画像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、ユーザがテキストや画像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。

5.2.1.2 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、時間的な感情の変遷を推定する。

5.2.1.3 研究の方法

まず、図 5.5 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員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。

5.2.1.4 研究の成果

2021 年度は、2020 年度に構築したデータセット [1] について国際会議で発表 [2] し、さらにデータセットを拡張 [3] してバージョン 2 として GitHub にて公開^{*1}した。昨年度に公開したバージョン 1 の感情分析データセット [1,2] は、50 人の SNS ユーザから合計 17,000 件の日本語の投稿を収集し、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。今年度のバージョン 2 [3] では、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、新たに感情極性に関するアノテーションを実施した。

これまで英語を中心に、基本感情や感情極性を扱う感情分析の研究が進められてきたが、これらの両方を扱うデータセットは存在しなかった。また、主観的な感情と客観的な感情の両方を扱うデータセットも、これまで存在しなかった。本データセットを用いることで、テキストからの包括的な感情分析が可能となった。データセットの分析から、例えば「客観アノテータ（読み手）はテキストの書き手の感情極性の正負を適切に推定できるが、その強度は弱めに見積

^{*1} <https://github.com/ids-cv/wrime>



図 5.5: 収集したデータの例

もる」などのいくつかの傾向が明らかになった。今年度の成果は、言語処理学会年次大会において発表し、若手奨励賞を受賞した。

5.2.1.5 今後の展望

今後は、本データセットを用いて感情分析モデルを開発する。特に、主観的な感情の推定が難しいタスクであるため、これの改善に取り組む。

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] 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】

5.2.2 未来の学習支援プロジェクト

5.2.2.1 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證することができた反面、(1) 教員が学生と直接顔を合わず機会の減少、(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 (Ishimaru et al., 2021)。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。

5.2.2.2 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、モチベーション低下が課題となったメディア教育では、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。また、学生の状態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（取組1）。また、対面授業に対しても、協調学習を例題に、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（取組2）。

5.2.2.3 研究の方法

(1) 取組1

- 大阪大学の学部学生・大学院生 82 名を対象に、2021 年 11 月に豊中キャンパスでデータ収集実験を行い、講義動画視聴中の顔表情、視線、座圧データの収集を行った。さらに、2022 年 2 月には箕面キャンパスで被験者パネルを行い、31 名分の顔表情・視線データを収集した。
- クイズによるフィードバックの有効性と「覚醒度」をエンゲージメント（学習への関与度合い）の指標として扱う妥当性を検証するために、Wizard of OZ 法を用いた被験者間実験を実施した（2021 年 11 月のデータ収集実験と兼ねている）。クイズによるフィードバックの有効性と「覚醒度」をエンゲージメント（学習への関与度合い）の指標として扱う妥当性を検証するために、68 名の実験協力者を「フィードバックを与えない群（フィードバックなし群）」、「動画終了後に定期的にクイズを出題する群（定期的群）」、「エンゲージメントが低下した際にクイズを出題する群（適応群）」の 3 群に分け、オンデマンド講義を受講してもらい、得られたテストのスコアやエンゲージメントに関する自己評価アンケートの結果を比較した。
- アダプティブラーニングシステムの全学利用に向けた準備として、講義動画視聴システム（現時点では視聴ログの可視化機能のみ実装）を「情報社会基礎」および「情報科学基礎」の授業で試用した。

(2) 取組2

- ディスカッションベースの協調学習を対象とした活性度推定手法を構築するために、データ収集実験を計画し、2022 年 2 月の箕面キャンパスでの被験者パネルで 32 名分（4 人 8 グループ）のビデオデータ、音声データ、座圧データを収集した。ディスカッションベースの協調学習をタスクとした場合、協調学習の評価は発話内容に大きく依存することから、これまで利用してきた骨格情報に加え、協調学習の取り組み状況を表すことができる非言語情報がないか検討した。また、推定結果の可視化手法を検討した。
- 活性度の可視化システムの構築に向けて、可視化方法の検討し、プロトタイプの開発を始めた。

5.2.2.4 研究の成果

(1) 取組1

定性的評価として講義全体へのエンゲージメント、難易度、眠気、理解度、興味等を含む主観評価アンケート結果（7 件法）を、定量的評価としてポストテストの点数を比較した結果、3 群間に有意な差は見られなかった。一方、適応的群にのみ、クイズフィードバックの送信タイミングや意識等に関するアンケートを取った結果、フィードバックの送信タイミングがエンゲージメント低下のタイミングと一致していたかを問う「タイミング」の項目とクイズフィードバックにより注意して講義動画を視聴するように努めたかを確認する「エンゲージメントへの意識」に関する項目において、理論的中間点より有意に高い結果が得られた。この結果から、本プロジェクトで利用している「覚醒度」の妥当性と適当的フィードバックの有効性が示唆された。一方で、エンゲージメントレベル（覚醒度レベル 0）が最低レベルまで低下した学習者にはクイズフィードバックを送ってもエン

ゲーゼメントが回復することはなかったことから、エンゲージメントレベルに応じて、フィードバック手法を変える必要性が明らかとなった。



図 5.6: 実験用のシステム（クイズによるフィードバックの例）

アダプティブラーニングシステムの全学利用に向けた準備として、講義動画視聴システム（現時点では視聴ログの可視化機能のみ実装）を「情報社会基礎」および「情報科学基礎」の授業で試用し（約 3,000 人規模の授業）、安定して運用できることを確認した。2022 年度以降は、本システムに、覚醒度推定モデルと推定結果に基づくフィードバック機能の実装を進める。

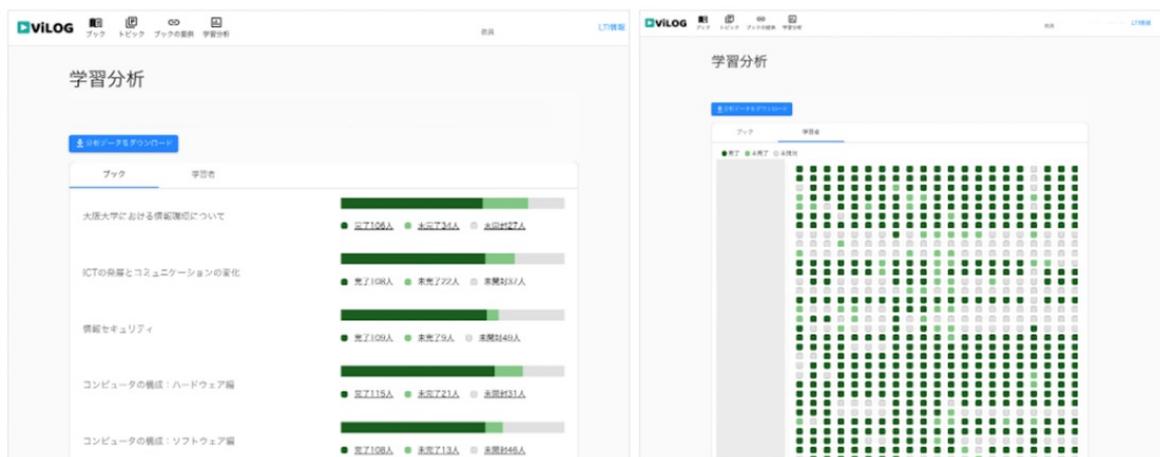


図 5.7: 講義動画視聴システムの可視化ダッシュボード

(2) 取組 2

予備実験を行い、これまでに利用してきた骨格情報に加え、音声データ（発話量）と頷き、座圧、視線情報（注視に関する情報）を用いることを決定した。2月に行った箕面キャンパスの実験では32名分（4人8グループ）の2種類のディスカッションベースの協調学習データが収集でき、今後、アノテーション作業を進め、推定モデルの構築に取り組む予定である。

また、推定結果の可視化手法として、拡張現実を用いることを決定し、具体的な可視化方法の検討と視野角を考慮し利用する透過型ディスプレイを選定した。現在、プロトタイプの構築に取り組んでいる状況である。

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化推定”, *画像の認識・理解シンポジウム*, 2021.

5.3 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

5.3.1 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。

5.3.2 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 5.8)。

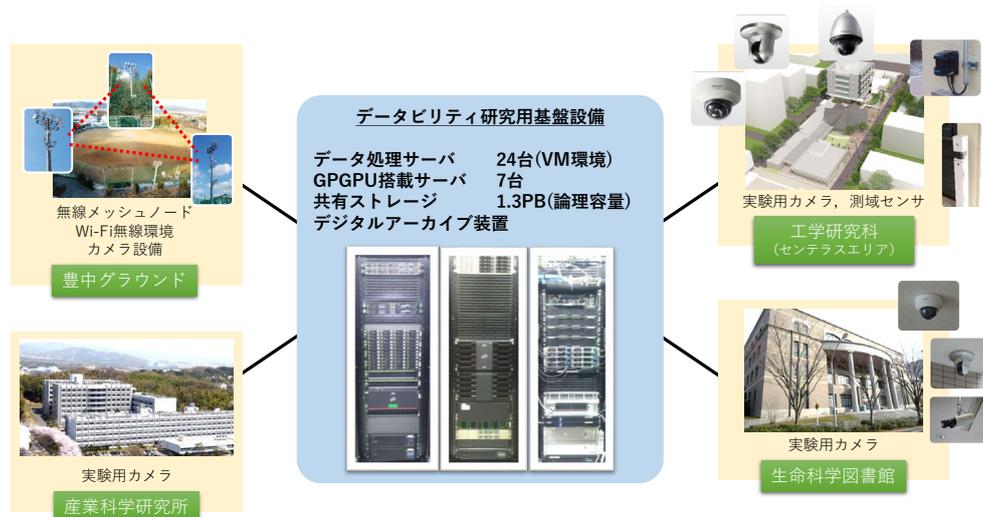


図 5.8: データビリティ研究用基盤設備と実証フィールド

2017 年度末から稼働している本システムは導入から 4 年が経過し、導入されている仮想化ソフトウェアでは最新の OS による仮想サーバの動作がサポートされていないことから、2022 年 3 月に仮想化ソフトウェアのバージョンを 6.5



図 5.9: センテラス食堂内外に設置したデジタルサイネージ

から 7.0U2 にアップデートする作業を実施した。これにより、セキュリティアップデートなどのサポートが有効な最新の OS を仮想サーバとして動作させることが可能になった。

5.3.3 大学キャンパスにおける実証フィールド整備

データバ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。また、2021 年 4 月に開学の箕面新キャンパスにおいても実証フィールド整備を進めており、2020 年度にはその準備として実証実験用のネットワーク機器及びサーバ機器の整備を進めた。

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、データバ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、撮影される者に対して、映像取得を行うことの意味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 5.9）。

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、毎週 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 5.10）。

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 5.11）。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バ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を行い、そのデータを元に食堂内の滞在人数を推定するシステムの構築を行っている。これも本実証フィールドとデータバリティ研究用基盤設備の活用事例の一つである。



図 5.10: デジタルサイネージ表示画面 (2021 年 4 月撮影)



図 5.11: センテラス周辺に設置した測域センサのデータ可視化

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 5.12）。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おり、豊中グラウンドの実証フィールドとしての利活用を推進していく予定である。

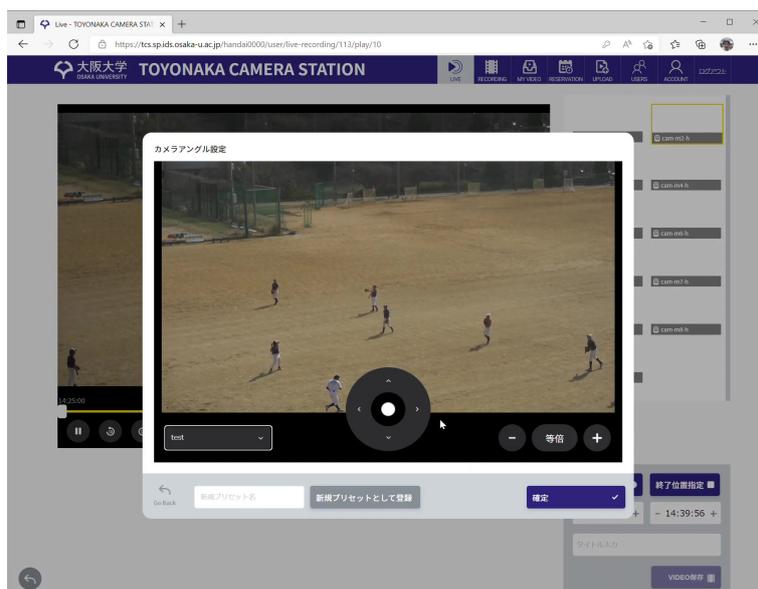


図 5.12: 豊中グラウンドにおけるデータ活用プラットフォームの利用者画面

箕面新キャンパスの実証フィールド整備

箕面新キャンパス（外国学研究講義棟）では、学生の教育・生活支援をはじめとする IoT を活用した実験が計画されている。2020 年度には各種実験におけるデータ収集及びデータ蓄積管理の基盤となるサーバやネットワーク機器などの設備の整備を行った。2021 年度は特に、箕面新キャンパスで実施される授業での利用を想定した顔認証による出席管理システムの構築を推進した（図 5.13）。

本システムは、日本電気（株）のクラウド顔認証サービス「Bio-IDiom Services」を利用し、学生個人のスマートフォンで各自が出席登録を行うシステムである。学生は、スマートフォンに「iLDi 出席管理」アプリと「入退記録 (Bio-IDiom Services)」アプリの 2 つのアプリをインストールする。授業出席時に「iLDi 出席管理」アプリを起動すると、アプリは教室に設置された BLE ビーコンを受信し、学生がどの教室にいるかを識別することにより、教室にいる学生だけが出席登録を行うことができるようになっている。

学生は、アプリ上で学籍番号を入力（初回のみ）し、「認証」ボタンをタップすると、「入退記録 (Bio-IDiom Services)」アプリが起動する。顔画像を撮影すると、クラウド上の顔認証サービスによって顔認証が行われる。顔認証に成功すると、出席情報が「iLDi 出席管理」アプリから中継サーバを介して大阪大学 CLE（授業支援システム）に送信される。授業担当の教員は、タブレット端末などから大阪大学 CLE にアクセスすることにより、出席情報をほぼリアルタイムに確認することができる。

「iLDi 出席管理」アプリ上では、顔画像の二次利用に同意するかどうかを設定することができる。顔画像の二次利用に同意した場合、出席登録のために撮影した顔画像は二次利用顔画像サーバに送信され、PLR データとして蓄積される。蓄積された学生の顔画像データの第三者への提供は、ダイナミックコンセンツの考えに基づき、学生の再同意を得て行われる。

本システムは、2022 年 4 月より運用を開始する予定である。

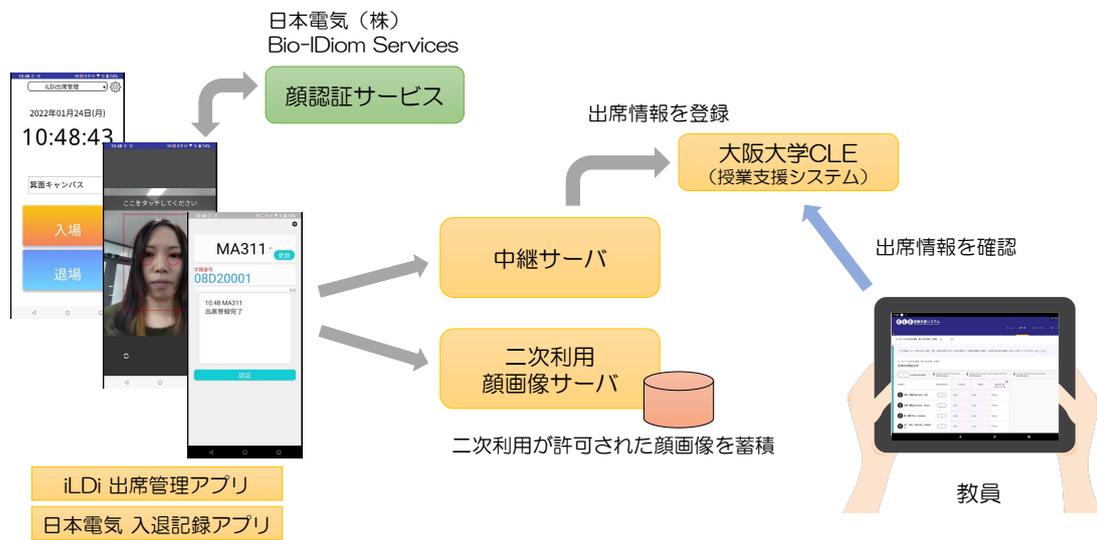


図 5.13: 顔認証による出席管理システムの構成

第6部

ライフデザイン・イノベーション研究拠点

6.1 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术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。

6.2 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、身体健康、心の健康、社会的健康、環境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 6.1: 事業の目的

6.3 2021 年度活動概要

2021年度は、人生のQOLの向上をデザインする（ライフスタイル研究）未来社会を目指した「ライフデザイン・イノベーション研究拠点」事業を、大阪大学、理化学研究所、日本電気（株）の3者を中心に取り組んだ。

具体的には、人々の医療・健康情報であるパーソナル・ヘルス・レコードに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)」のマネタイズの仕組みとしてのデータ取引市場 (MYPLR) を実際にクラウド上に構築、運用を開始した。運用に際しては、(一社) データビリティコンソーシアムが実証実験の場に同席し、被験者に PLR の仕組みの説明を行い、希望者に MYPLR 口座開設をいただいた。これにより、合計 406 人の MYPLR 口座の開設を行うことができ、データ提供の実証として 1 件のデータ販売実績を得ることができた。

また、研究プロジェクトの連携を実施することにより、積極的なデータの価値創出を行なった。各プロジェクトにおいては、データの二次利用の観点から社会で求められるデータが何かを十分に検討し、収集データの内容や収集データ数などの検討を行い、効率的なデータ収集を実施した。具体的には、(1) 保健・予防医療、(2) 健康・スポーツ、(3) 未来の学校支援、(4) 共生知能システム (6) 行動センシングの 4 つの未来創生研究プロジェクトとセンシング基盤研究プロジェクトが連携し、各々の目標に合わせたデータ収集と、PLR 基盤上でのデータベースの効率的な構築を行った。特に、高齢者パネル実証実験 (複数のプロジェクトが、同日に同じ高齢者の被験者群に対してデータ収集を行う取り組み) を実施することにより、二次利用可能なデータ収集を効率的に行い、PLR データの複数実験結果の連結を実現する取り組みを行なった。なお、この収集実験データについては前述のデータ販売に貢献することができた。

また、これら 4 つの未来創生研究を実施するためのデータビリティ基盤研究として、PLR 基盤の実現に向けた、(5) 情報システム基盤、(8) 社会技術研究、人々の日常生活をセンシングするための (6) 行動センシング基盤、実証実験や社会実装を円滑に実現するための⑦実証フィールド整備、ビッグデータ収集や解析に関する人材育成のための (9) データビリティ人材育成の各プロジェクトを推進した。特に (5) 情報システム基盤と (8) 社会技術研究が連携し、情報システム基盤の運用においてデータ取引の安心・安全を確保する審査体制を構築した。これにより、前述の高齢者パネル実証実験において、正式な手続きによる情報システム基盤へのデータ蓄積を実施できるようになった。

(10) グランドチャレンジ研究プロジェクトでは、昨年度までに採択したプロジェクトを中心に、データの二次利用の可能性の高い5つのプロジェクトに集中投資することでデータの二次利用に向けた取り組みを強化した。この取り組みでは2018年度に14件、2019年度に15件、2020年度に15件、2021年度に5件(のべ49件、24大学)を採択し、全国からの参加に基づく研究を継続および推進した。更に、これまでに採択した各プロジェクトに対して、データ収集や収集基盤ができたかどうか、データの2次利用価値が高いかどうかなどの観点を共有化した上で個々の研究テーマを推進することに加え、大阪大学の関連プロジェクトと連携し、未来の学校支援研究プロジェクトに関連した被験者パネル実験を大阪大学新箕面キャンパスにて実施し、効率的なデータ収集を実施した。2022年度には更なる価値あるデータ収集を実現するために、実施プロジェクトの範囲を拡大し取り組む方針である。

広報活動としては、2021年12月にはセミナー(イノベーションストリーム KANSAI2021 ライフデザイン・イノベーション研究拠点セミナー「データ活用で切り開く未来」)を開催し、本事業に参画する大学、研究所、大阪府等の自治体や民間企業から合計152名の参加登録(会場61名、Web91名)があった。データ利活用ビジネスにつながる最先端事例についての議論がなされ、拠点がめざす新事業は社会的にも注目されていることを確信できる貴重な場となった。また、2022年3月には、大阪大学創立90周年・大阪外国語大学創立100周年記念事業として、大阪大学新箕面キャンパスにおいて、「ライフデザイン・イノベーション研究拠点公開シンポジウム～データ利活用が変える未来～」を実施し、全プロジェクトによるポスターセッションや、同キャンパスにて実施予定の実証実験のデモンストレーションを行なった。公開シンポジウムであり、学内のみならず広く学外からの参加者があり、パーソナルデータビジネスに興味を持つ企業・自治体との個別相談も行うことができた。本研究拠点が目指すデータ取引市場の社会実装に向けた貴重な意見交換の場としても有効であった。

6.4 まとめ

2021年度はこれまで構築してきたPLR基盤の実社会での実証実験を行い、一通りの動作を実証できたが、具体的な課題も見えてきている。2022年度は、本研究拠点の第一ステージ最終年度を迎える。これまで得られた新しい知見を元に、PLR基盤改善を行い更に完成度を高めるとともに、第二ステージにおける大きな目的の1つとなる医療データとの連携テーマについてもその道筋を立て、文部科学省からの更なる5年間の支援事業継続につなげる所存である。

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7部

7.1 先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム

7.1.1 概要

本プログラムは、理学、医学、情報科学の分野の学生を対象に、量子ビーム応用技術を社会実装できる人材を育成する5年一貫の博士課程教育プログラムです。国内外のトップ研究機関・企業との連携によるカリキュラムを通じて、量子ビーム応用技術を創出し豊かな健康長寿社会や安全な超スマート社会の実現を担う人材を育てることを目的としています。

7.1.2 カリキュラム概要

大阪大学内の関連部局による連携、量子ビームに関わる国内外のトップレベル機関・企業との連携によるカリキュラムを通じて、多彩な経験を積むことができます。所属専攻以外での研究活動（国内研修）や海外連携機関等での研究活動（海外研修）など、異分野融合や国際連携による共同研究を通じて、高度な専門性と多分野を俯瞰する力、国際的に活躍できるリーダーシップを効率よく身に付け、人的ネットワークなどを築く機会を得られます。

7.1.3 機械学習実践演習

データピリティフロンティア機構では機械学習実践演習の講義8コマを担当しました。2022年1月12、13日にそれぞれ4コマずつ講義を行いました。受講登録者数は14名でした。

内容について、画像を対象としたディープラーニングを実践的に学ぶことを目的としました。座学では計算内容や応用例、論文などを紹介した後、実際にソースコードを読み実行し、演習問題を解くことで理解するという流れとしました。初学者のためにPythonの基礎から導入を行い、第一次人工知能ブームから現在の第三次人工知能ブームの流れに沿って、パーセプトロン、マルチレイヤーパーセプトロン(MLP)、畳み込み層、活性化関数、損失関数、softmax関数、optimizer、過学習などの基本的な概念を理解できるようにしました。また、過学習を防ぐことや、正答率を上昇させるための方法としてdropoutやbatch normalizationなどの手法を演習に取り入れました。その後、実践的な内容として、有名な画像分類アルゴリズムを用いて、転移学習による癌細胞画像と正常細胞画像の分類を行い、特徴マップの出力、スレッツスコアによる評価を行いました。さらに発展的な課題として、skip connectionを応用した画像のdenoisingや、スペクトログラムによって二次元画像化された音声データのCNNによる分類、GANによるMNIST画像データ生成を行いました。応用例の紹介では、上記の画像分類、denoising、画像データ生成以外にも、物体検出

や、ピクセルセグメンテーション、姿勢推定などの分野について動画も交えつつ解説しました。8コマの講義の具体的な内容を以下に記します。

「1 限目」 Python の基礎

キーワード：計算環境構築方法, CPU と GPU, Google colab

演習：Python の基礎文法

「2 限目」 深層学習の基礎 1

キーワード：Perceptron, MLP, MNIST データ, softmax 関数, 損失関数, 勾配降下法, 誤差逆伝播法

演習：勾配降下法

「3 限目」 深層学習の基礎 2

キーワード：訓練データ, 検証データ, テストデータ, 過学習, Optimizer, Dropout, Batch Normalization

演習：1. MLP で MNIST データを分類する, 2. Dropout や Batch Normalization を使う

「4 限目」 畳み込みニューラルネットワーク (CNN)

キーワード：畳み込み層, プーリング, 特徴マップ

演習：CNN で MNIST データを分類する

「5 限目」 クロスバリデーションとデータ拡張

キーワード：クロスバリデーション, データ拡張, CIFAR-10

演習：1. クロスバリデーションを使う, 2. データ拡張を使う

「6 限目」 VGG16 などの有名モデルと転移学習を用いた画像分類

キーワード：ImageNet, VGG16, InceptionV3, 転移学習, スレットスコア, F 値, Grad-CAM

演習：VGG16 と転移学習を用いて病理画像を分類する

「7 限目」 画像のノイズリダクションと音声分類

キーワード：skip connection, PSNR, SSIM, 超解像, スペクトログラム, SE ブロック, Global Average Pooling

演習：1. ごま塩ノイズ付加によるデータセット作成とノイズリダクション, 2. 音声データを CNN で分類する

「8 限目」 GAN を用いた画像生成

キーワード：Generator, Discriminator, DCGAN, Pix2Pix, CycleGAN

演習：DCGAN を用いた MNIST 画像データ生成

7.2 ダイキン AI 講座

7.2.1 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。

7.2.2 講座内容

AI基礎講座（数学、数理計画）、AI啓発講座（科学技術と社会、デジタル変革とAI）、AIオムニバス講座（データマイニング、自然言語処理、コンピュータビジョン、オントロジーなど）の講義を新入社員向け（2021年9月-2021年6月）に行った。各講義の担当表は次頁のとおりである。

講義分類	講義内容	担当者
AI基礎講座	数学	田中
	数理計画	森田
AIオムニバス講座	時系列データからの予測	櫻井
	音響・新藤解析	飯國
	自然言語処理	梶原
	音声対話システム	駒谷
	コンピュータビジョン	松下, 大倉
	クラウド	下条
AI応用編	知識情報学	沼尾, 福井
	画像処理	村松, 槇原

第 8 部

その他の活動

8.1 First SCAI-IDS Workshop for Future Collaboration on AI

2021年10月18日、ソルボンヌ大学（フランス）の Sorbonne Center for artificial Intelligence (SCAI) とデータバリティフロンティア機構によるワークショップ “First SCAI-IDS Workshop for Future Collaboration on AI” がオンラインにて開催された（図 8.1）。このワークショップは 2020 年 5 月に締結されたソルボンヌ大学と大阪大学の大学間交流協定によるもので、特に AI 分野での将来的な共同研究や人材交流に向けた取り組みとなる。

ワークショップでは、尾上孝雄 大阪大学理事・副学長/データバリティフロンティア機構機構長、Serge Fdida ソルボンヌ大学副学長/ソルボンヌ大学教授より開会のご挨拶を頂いた後、Xavier Fresquet ソルボンヌ大学教授と長原一 大阪大学教授からそれぞれ SCIA 及びデータバリティフロンティア機構の概要を説明頂いた。このワークショップでは特に AI と人文科学をテーマとしており、それぞれの組織において当該学際研究分野の第一線で活躍する研究者に講演頂いた（図 8.2）。

今後、様々な学際研究分野をテーマとして継続的にワークショップを開催することで合意しており、人材交流や共同研究の具体化が期待される。

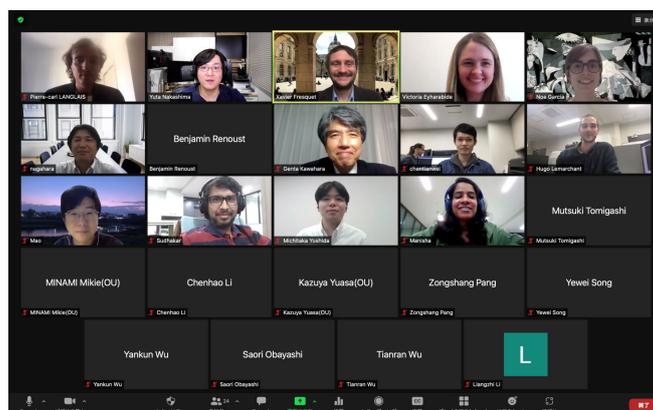


図 8.1: Zoom によるオンライン開催の様子。

Program

Venue: Online (Zoom)

Date: October 18, 2021

Time: 9:00a-12:00 (France), 4:00p-7:00p (Japan)

9:00a/4:00p	Opening I	Prof. Takao Onoye , VP Osaka Univ, Director of IDS
9:05a/4:05p	Opening II	Prof. Serge Fdida , VP Sorbonne Univ.
9:10a/4:10p	Introduction of SCAI	Prof. Xavier Fresquet , SCAI
9:30a/4:30p	Introduction of IDS	Prof. Hajime Nagahara , IDS
9:50a/4:50p	Buddha Face Analysis	Prof. Benjamin Renoust , IDS
10:20a/5:20p	Medieval Manuscripts Illustrations	Prof. Victoria Eyharabide , SCAI
10:50a/5:50p	AI and Art	Prof. Noa Garcia , IDS
11:20a/6:20p	French Newspapers and Vision	Dr. Pierre Carl Langlais , SCAI
11:50a/6:50p	Closing I	Prof. Genta Kawahara , VP Osaka Univ.
11:55a/6:55p	Closing II	Prof. Xavier Fresquet , SCAI

図 8.2: ワークショップのプログラム.

8.2 大阪大学—大連理工大学 友好交流 25 周年学術セミナー

本学の学術交流協定校である大連理工大学とは、1997年に大連理工大学化工学院と本学基礎工学研究科が部局間交流協定を締結して以降、様々な分野で教育研究交流を活発に行ってきました。2021年1月20日に両学の友好交流25周年を記念する式典および学術セミナーが行われました。この学術セミナーは大連理工と大阪大学の人工知能およびそのヘルスケア応用に関する研究者が参加した。学術セミナーでは、図 8.3 に大連理工大学より、Rui Xu 准教授と Miao Zhan 准教授、大阪大学から医学研究科の木戸教授、データドリフトフロンティア機構の長原教授の4名が発表を行った。図 8.4 に Zoom による発表の様子を示した。このオンライン学術セミナーにより、大連理工大および大阪大学の教員学生による研究交流と将来の共同研究についての議論を行った。

Dalian University of Technology and Osaka University Symposium on AI&Healthcare

Date: 14th January, 2022 (Friday)

ZOOM: 925 0591 3075 Password: 20220114

Language: English

Time (JST)	Time (CST)	CONTENT
14:30-14:35	13:30-13:35	Opening Address
14:35-15:00	13:35-14:00	Introduction of Research Activities Prof. Shoji Kido (Osaka University)
15:00-15:25	14:00-14:25	Introduction of Research Activities A. Prof. Rui Xu (Dalian University of Technology)
15:25-15:50	14:25-14:50	Introduction of Research Activities Prof. Hajime Nagahara (Osaka University)
15:50-16:15	14:50-15:15	Introduction of Research Activities A. Prof. Miao Zhang (Dalian University of Technology)
16:15-16:45	15:15-15:45	Discussion of Future Collaboration
16:45-16:50	15:45-15:50	Closing

図 8.3: 学術セミナーのプログラム

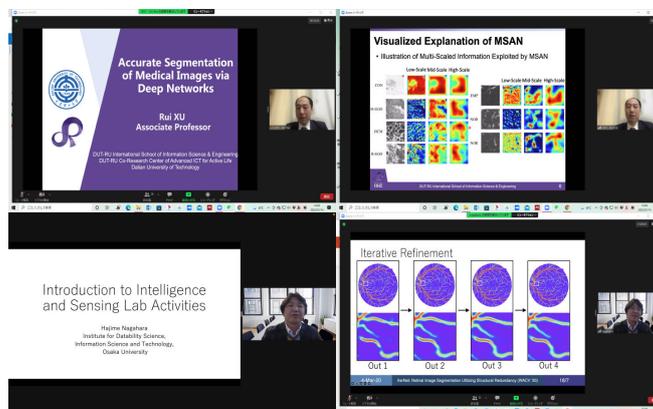


図 8.4: Zoom によるオンライン開催の様子

第9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
- 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】

● コンピュータショナル光計測に関する研究

本研究では、新たな光計測技術を開発し非接触でリアルタイムの臓器の3次元計測・推定手法を実現する。従来の3次元形状計測手法であるTime of flight (TOF) による距離計測は、反射光は物体内での散乱成分や他の物体からの間接反射によるマルチパス成分を含むことから推定距離や形状に大きな誤差を生じ、臓器などの生体組織の形状計測は適用できなかった。本研究では、投影光源や撮像センサの開発による新たな符号化・復調化により反射光から直接反射、散乱成分を抽出することができる光コム干渉カメラを提案する。このカメラで得られる干渉画像から臓器の形状を推定する手法を提案し、医療応用を対象とした実証を行う。単一の計測手段により得られた画像から、異なる反射光の情報を取りだし、臓器の表面や表層、深層の形状をそれぞれTOF、OCT、DFD/DOTといった異なる推定手法で計測し、レンジや特性の異なるそれら推定結果を医療応用が求めるシームレスな統合モデルとして融合することが本研究の特徴である。

● 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ーなどの様々な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
- 胸部(肺癌)CT画像データの機械学習による画像診断の高度化
- 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
- オーストラリアにおけるパブリック・ミーティング新聞記事の自然言語処理解析による世論形成過程研究の高度化
- AIホスピタル

【外部研究費獲得状況】

- 2017-2021年度、科学研究費助成金 基盤研究 S, “多元コンピューショナル光計測による手術支援”, (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
- 2018-2021年度、科学研究費助成金 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”, (代表) 藤岡穰 (分担) 長原一 他
- 2019-2022年度、科学研究費助成金 基盤研究 B, “オーストラリアの世論形成の歴史的解明: 自然言語処理による公開集会データの分析”, (代表) 藤岡隆男, (分担) 長原一 他
- 2018-2023年度、文部科学省 Society5.0 実現化拠点事業, “ライファイノベーション研究拠点”, (代表) 西尾章治郎, (分担) 長原一 他

- 2020-2022 年度, 厚生労働科学研究費, “『AI の眼』による医療安全確保に関する研究”, (代表) 大鹿哲郎, (分担) 長原一 他
- 2017-2022 年度, JST CREST 「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」, “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
- 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 「コンピューショナルフォトグラフィ」
- 情報科学研究科 「CS セミナー」
- ダイキン AI 教育プログラム 「コンピュータビジョン」
- 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】

- IEEE Transaction on Computational Imaging Associate Editor
- Asian Conference on Pattern Recognition 2021 Program chair
- 情報処理学会代表会員
- 情報処理学会 MI 領域財務委員
- 情報処理学会 CVIM 研究会運営委員
- 電子情報通信学会 PRMU 研究会専門委員
- 電子情報通信学会 EMM 研究会専門委員
- 画像センシング技術研究会組織委員
- 査読委員: CVPR2022, ICCV2021, 3DV2021, IEEE Trans. PAMI, IJCV, MIRU2022 他

【研究業績リスト】

雑誌論文

- [1] Trung Thanh Ngo, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Surface Normals and Light Directions from Shading and Polarization", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, April, 2021.
- [2] Ryosuke Kawamura, Shizuka Shirai, Noriko Takemura, Mehrasa Alizadeh, Mutlu Cukurova, Haruo Takemura, Hajime Nagahara, "Detecting Drowsy Learners at the Wheel of e-Learning Platforms with Multimodal Learning Analytics", IEEE Access, Aug., 2021.
- [3] Daiki Ishimaru, Hiroyoshi Adachi, Hajime Nagahara, Shizuka Shirai, Haruo Takemura, Noriko Takemura, Alizadeh Mehrasa, Teruo Higashino, Yasushi Yagi, Manabu Ikeda, "Characteristics of adaptation in undergraduate university students suddenly exposed to fully online education during the COVID-19 pandemic", Frontiers in Psychiatry, section Public Mental Health, Sep., 2021.
- [4] Masahiro Yanagawa, Hirohiko Niioka, Masahiko Kusumoto, Kazuo Awai, Mitsuko Tsubamoto, Yukihiisa Satoh, Tomo Miyata, Yuriko Yoshida, Noriko Kikuchi, Akinori Hata, Shohei Yamasaki, Shoji Kido, Hajime Nagahara, Jun Miyake, Noriyuki Tomiyama, "Diagnostic performance for pulmonary adenocarcinoma on CT: comparison of radiologists with and without three-dimensional convolutional neural network", European Radiology, Vol. 31, No. 4, pp. 1978-1986, Oct., 2021.
- [5] Yuujin Shimizu, Chihiro Tanikawa, Tomoyuki Kajiwara, Hajime Nagahara, Takashi Yamashiro, "The valida-

tion of orthodontic artificial intelligence systems that perform orthodontic diagnoses and treatment planning”, *European Journal of Orthodontics*, Jan., 2022.

- [6] Keiichiro Kagawa, Masaya Horio, Anh Ngoc Pham, Thoriq Ibrahim, Shin-ichiro Okihara, Tatsuki Furuhashi, Taishi Takasawa, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito and Hajime Nagahara, ”A Dual-Mode 303-Megaframes-per-Second Charge-Domain Time-Compressive Computational CMOS Image Sensor”, *Sensors*, Vol. 22, No. 5, Issue 1953, Mar., 2022.
- [7] Masaya Horio, Yu Feng, Tomoya Kokado, Taishi Takasawa, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Takashi Komuro, Hajime Nagahara, Keiichiro Kagawa, ”Resolving multi-path interference in compressive time-of-flight depth imaging with a multi-tap macro-pixel computational CMOS image sensor”, *Sensors*, Vol. 22, No. 7, issue 2442, Mar., 2022.

学会発表

- [1] Juan Manuel Franco Sanchez, Yuki Shimamoto, Joel Cervantes, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, Yoshio Hayasaki, ”Integrated optical imaging system composed of optical time-of-flight and optical coherence tomography”, *Biomedical Imaging and Sensing Conference*, Apr., 2021.
- [2] Cheikh Brahim El Vaig, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, ”GCNBoost: Artwork Classification by Label Propagation through a Knowledge Graph”, *International Conference on Multimedia Retrieval ICMR2021* May 2021
- [3] Tomoyuki Kajiwara, Chenhui Chu, Noriko Takemura, Yuta Nakashima and Hajime Nagahara, ”WRIME: A New Dataset for Emotional Intensity Estimation with Subjective and Objective Annotations”, *Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*, June, 2021.
- [4] Bowen Wang, Liangzhi Li, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, ”MTUNet: Few-shot Image Classification with Visual Explanations”, *CVPR workshop Responsible Computer Vision*, June, 2021.
- [5] Tomoki Minamata, Shoma Ishida, Hiroki Hamasaki, Hiroshi Kawasaki, Hajime Nagahara, Satoshi Ono, ”Information Hiding Using a Coded Aperture as a Key”, *International Conference on Machine Vision Applications*, July, 2021.
- [6] Su Wai Tun, Takashi Komuro and Hajime Nagahara, ”3D Registration of Deformable Objects Using a Time-of-Flight Camera”, *International Symposium on Visual Computing*, Oct., 2021.
- [7] A. Hisano, M. Iwasaki, I. Satake, M. Satoh, H. Nagahara, N. Takemura, Y. Nakashima, and T. Nakano”, *R&D of the KEK Linac Accelerator Tuning using Machine Learning*”, *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, Oct., 2021.
- [8] Yiming Qian, Cheikh Brahim El Vaigh, Yuta Nakashima, Benjamin Renoust, Hajime Nagahara, Yutaka Fujioka, ”Built Year Prediction from Buddha Face with Heterogeneous Labels”, *Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents*, Oct., 2021.
- [9] Juan Manuel Franco Sanchez, Joel Cervantes Lozano, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, Yoshio Hayasaki, ”Optical time-of-flight with autofocus using a variable focal lens”, *SPIE/COS Photonics Asia*, Oct 2021.
- [10] Liangzhi Li, Bowen Wang, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, ”SCOUTER: Slot attention-based classifier for explainable image recognition”, *International Conference on Computer Vision*, Oct., 2021.
- [11] Hajime Nagahara, ”Deep sensing”, *International workshop of display*, Dec., 2021.
- [12] 諸岡健一, 宮内翔子, 谷川千尋, 谷村百和子, 長原一, 山城隆, ”深層学習による3次元口腔内模型データを用いた咬

- 合異常診断支援”, メディカル AI 学会学術集会, June, 2021.
- [13] 廣川 満良、新岡 宏彦、鈴木 彩菜、安部 政俊、式見 彰浩、長原 一、宮内 昭, ”AI を用いた甲状腺細胞診支援システム AI differential diagnosis for cytology of the thyroid (ADDICT) の開発に向けて”, 第 62 回日本臨床細胞学会総会 (春期大会), June, 2021.
- [14] 宮崎 袈、渡邊 晃平、吉田 道隆、安富 啓太、川人 祥二、長原 一、香川 景一郎, ”XY 画素アドレスを用いた圧縮ビデオイメージセンサ”, 映像メディア学会情報センシング研究会, June, 2021.
- [15] 水野良哉、高橋桂太、坂井康平、都竹千尋、藤井俊彰、吉田道隆、長原一, ”動的光線空間のシングルショット撮影”, 画像の認識・理解シンポジウム, No. L1-2, July, 2021.
- [16] 水俣友希、石田祥馬、濱崎弘樹、川崎洋、長原一、小野智司, ”符号化開口を鍵とする情報秘匿方式の改良 画像の認識・理解シンポジウム, No. S4-5, July, 2021.
- [17] 立石航平、都竹千尋、高橋桂太、藤井俊彰、長原一, ”符号化開口法と符号化露光法を用いた 2 段階圧縮センシングによる光線空間の取得”, 画像の認識・理解シンポジウム, No. I11-07, July, 2021.
- [18] 福井嵐士、武村紀子、白井詩沙香、Mehrasa Alizadeh、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, No. I22-26, July, 2021.
- [19] Tianwei Chen, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, ”Exploring Knowledge Transferability between Vision-and-Language Tasks”, 画像の認識・理解シンポジウム, No. I21-03, July, 2021.
- [20] Hugo Lemarchant, Yiming Qian, Benjamin Renoust, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, Yutaka Fujioka, ”Landmark detection for Buddha faces across few large pose views”, No. I11-02, July, 2021.
- [21] 久野彰浩、岩崎昌子、佐藤政則、佐武いつか、中島悠太、武村紀子、長原一、中野貴志, ”機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整の開発: 加速器シミュレータの基礎開発”, 日本物理学会 2021 年秋季大会, Sep., 2021.
- [22] 鈴木結理佳、高田智郁、神代竜一、池田哲夫、長原一、西館泉, ”硬性内視鏡イメージングシステムを用いた腹腔内臓器のバイアビリティ診断のための基礎検討”, Optics & Photonics Japan, Oct., 2021.
- [23] 村松歩、山本祐輔、原地絢斗、長原一、水野 (松本) 由子、下條真司, ”疲労時におけるスマートフォン利用時の脳波の相互相関解析”, 日本臨床神経生理学会学術大会, Vol. 49, No. 5, p.394, Dec., 2021.
- [24] 原地絢斗、山本祐輔、村松歩、長原一、水野 (松本) 由子、下條真司, ”RNN と MLP を使用した脈波解析による精神状態判別手法の開発”, 日本臨床神経生理学会学術大会, Vol. 49, No. 5, p. 429, Dec., 2021.
- [25] 山本祐輔、村松歩、原地絢斗、長原一、武村紀子、水野 (松本) 由子、下條真司, ”脳波と心電図を用いたリカレントニューラルネットワークによる快・不快情動の判別評価 日本臨床神経生理学会学術大会”, Vol. 49, No. 5, p. 429, Dec., 2021.
- [26] 田中 さや、村松 歩、山本 祐輔、原地 絢斗、長原 一、武村 紀子、中島 悠太、水野 (松本) 由子、下條 真司, ”情動視聴覚刺激後の脳波における回帰分析を用いた時系列変化”, 日本臨床神経生理学会学術大会, Vol. 49, No. 5, p. 329, Dec., 2021.
- [27] 堀尾 将也、ファム ゴック アン、トーリック イブラヒム、沖原 伸一郎、古橋 樹、高澤 大志、安富 啓太、川人 祥二、長原 一、香川 景一郎, ”303MHz マルチタップ・マクロ画素コンピュータショナルイメージセンサとプラズマ発光現象の時間分解撮像”, レーザー学会中部支部 2021 年度若手研究者研究発表会, Dec., 2021.
- [28] ファム ゴック アン、堀尾 将也、トーリック イブラヒム、安富 啓太、川人 祥二、長原 一、香川 景一郎, ”マルチタップ・マクロ画素時間圧縮型 CMOS イメージセンサを用いたパルス光のトランジェントイメージングとマルチパス分離”, レーザー学会中部支部 2021 年度若手研究者研究発表会, Dec., 2021.
- [29] 加藤睦代、岩崎昌子、長原 一、末原大幹、山田 悟、中島悠太、武村紀子、中野貴志, ”機械学習を用いたスパースサンプリングによるデータ処理技術の基礎開発, 日本物理学会年次大会, March, 2022.
- [30] 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, March, 2022.

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”, 特願2021-95390

その他

- [1] 水野良哉, 高橋桂太, 坂井康平, 都竹千尋, 藤井俊彰, 吉田道隆, 長原一, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU 長尾賞, “動的視線空間のシングルショット撮影”, 2021.
- [2] Hajime Nagahara, Invited talk at International workshop of display, ”Deep sensing”, Dec., 2021.
- [3] 長原一, パナソニック DAICC フォーラム招待講演, ”ディープセンシング-画像センシングと処理の同時最適化-”, Mar., 2022.
- [4] 長原一, CREST「情報計測」班会議特別講演, ”コンピュータショナルフォトグラフィ-画像計測と処理の同時最適化とバイオイメージングの可能性”, Mar., 2022.

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
- 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
- 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の方法、監視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に関する研究

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】

- 2018-2023, 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】

- 大阪大学「科学技術論」(5月20日)
- 東京電機大学「東京電機大学で学ぶ」(6月9日)
- 大阪大学「ナノテク社会受容特論」(6月12日)
- 大阪大学「社会の中の科学技術概論」(6月23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」(7月31日、12月18日)
- 東京大学「医療イノベーション政策」(10月26日)

- 北海道大学「科学技術コミュニケーター養成プログラム」(10月30日)
- 東京大学「公共政策の経済評価」(12月9日)

【社会貢献】

- 日本リスク研究学会理事
- 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】

雑誌論文

- [1] 岸本充生, 科学と政策の間のギャップの可視化と橋渡し —リスク学の知見の貢献. 研究 技術 計画 36(2) pp.116-127, 2021.
- [2] 岸本充生, 新興技術の“レスポンスブルな”社会実装のために. 日本機械学会誌 124(1229) pp.24-29, 2021.
- [3] 岸本充生, 技術と社会の間のギャップを埋めるための倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) 研究. JATAFF ジャーナル 9(8) pp.6-11, 2021.
- [4] 岸本充生, 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) という考え方——なぜ今, 企業活動において注目されているのか. ビジネス法務 21(7) pp.35-37, 2021.
- [5] 岸本充生, パーソナルデータ取引の倫理的・法的・社会的課題 (上) . 法律時報 93(5) pp.106-112, 2021.

学会発表

- [1] 岸本充生, 学習データとしてのインターネットコンテンツ利用の研究倫理～顔認識技術を巡る 2019～2021年, 応用哲学会第十三回年次研究大会 2021年5月23日, オンライン.
- [2] 岸本充生, 企業活動に ELSI 対応を統合する — 人社系産学連携の実践, 電子情報通信学会技術と社会・倫理研究会 (SITE) シンポジウム 2021年11月12日, オンライン.
- [3] 岸本充生, バイオメトリクス利用の 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI), SBRA2021 (第11回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム) 2021年11月30日, オンライン.

著書

- [1] 岸本充生, 脱炭素技術を実装するために必要な社会技術の諸課題, 国立国会図書館 調査及び立法考査局編集. 脱炭素社会の技術と諸課題 (令和3年度科学技術に関する調査プロジェクト報告書), 国立国会図書館 2022年3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

【研究活動】

● スポーツ医科学におけるサイバーフィジカルシステム構築に関する研究

大阪大学医学系研究科が中心となって推進しているスポーツ庁委託事業「スポーツ研究イノベーション拠点形成プロジェクト (SRIP)」に参画し、スポーツ医科学に関わる多様な情報を収集・蓄積・分析・フィードバックするためのプラットフォーム構築に関する研究を推進した。特に、アスリートに関する様々な情報を一元的に管理しポータル画面により可視化し提供するシステムの開発を推進した。

● 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。2021年度は特に、測域センサで得られる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、実験用カメラの映像からの人物検出を用いた滞在人数推定システムの開発を推進した。

【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集計・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。特に 2021 年度は「大阪大学研究データポリシー」の策定に貢献した。

【外部研究費獲得状況】

- 2018-2022 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」, 「実証フィールド整備プロジェクト」プロジェクトリーダー, 「情報システム基盤プロジェクト」分担者。

【教育活動】

- 工学部電子情報工学科 2 年次担当「データベース工学」(14 回)
- 工学部電子情報工学科 2 年次担当「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 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）

【研究業績リスト】**学会発表**

- [1] Shogo Matsui, Yasuhiro Watashiba, Susumu Date, Jason Liu, Kaname Harumoto, Shinji Shimojo, “Architecture of Job Scheduling Simulator for Demand Response Based Resource Provisioning,” Proceedings of International Symposium on Grids & Clouds 2021 — PoS(ISGC2021), Oct. 2021.

知能情報基盤部門 准教授（常勤） 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】

● 視覚情報と自然言語処理の応用

科研費基盤 (B) では、視覚情報と自然言語処理を組み合わせることで知識を援用した質疑応答を実現することを目指し研究を進めている。前年度までの研究で基本となる技術を確立しており、本年度は知識の置き換えについて研究を実施した。知識は自然言語などの形で与えられるものであることから、あるドメインの質疑応答に必要な知識を別のドメインに必要な知識に置き換えることは容易にできる。一方で、視覚情報や自然言語の意味内容理解に関する部分はドメインに依存する可能性がある（例えば、ドメイン間での語彙の違いなど）。特に固有名詞はドメイン間で大きく異ると考えられる。そこで、このような語彙の違いを考慮して、あるドメインのデータで学習したモデルを別のドメインのデータで利用するための方法論を提案した。この成果は、コンピュータビジョンに関する国際会議である BMVC にて発表した。また、関連技術として、知識を利用した説明文の生成などについても研究を進めており、これについてもコンピュータビジョンに関する国際会議である ICCV で発表した。

● 映像による学習時の熟考者の状態推定

Society 5.0 に関する研究の一環として、適切なタイミングで休憩を促したり、講義内容の難易度を調整することを目的として、特にオンライン講義などの受講時における集中度や関連すると考えられる各種状態を映像から推定するシステムを構築した。この研究では、短期記憶に関連すると考えられるタスクとして、テキストを読み、そのテキストに登場する語句に関する質問に回答するもの考えた。第 1 段階では、質問に対する回答の精度や回答時間などから算出した達成度を、テキストを読む際の実験参加者の顔映像から推定する手法を開発し、画像処理に関する国際会議である ICIP で発表した。その後、同じ映像から、各時間における集中度や体の動き、瞬きなどの関連する状態を推定する手法を開発した。この成果は、教育と人工知能に関する国際会議 AIED で発表予定である。

【学際・産学共創プロジェクト】

- 全組織細胞イメージング/分子病態解析
- スマートシティプロジェクト
- 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
- 多国間法令の比較と統計分析のための多言語機械翻訳プロジェクト
- 文学研究科 藤川教授プロジェクト
- AI ホスピタル

【外部研究費獲得状況】

- 2018-2021 年度, 科学研究費補助金基盤研究 B, “知識ベースを活用した視覚情報に関する質疑応答システムの実現”, (代表) 中島悠太 (分担) Jin-dong Kim
- 2018-2021 年度, 科学研究費補助金 基盤研究 B, “修復と観測の融合に基づく隠消現実感の高度化”, (代表) 河合紀彦 (分担) 中島悠太 他
- 2018-2021 年度, 科学研究費補助金 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”, (代表) 藤岡穰 (分担) 中島悠太 他
- 2019-2021 年度, 科学研究費補助金 基盤研究 C, “循環器検診における眼底細動脈硬化所見自動判定システム開発と予測能評価”, (代表) 川崎良 (分担) 中島悠太 他
- 2020 年度, 厚生労働省科学研究費 『AI の眼』による医療安全確保に関する研究, (代表) 大鹿哲郎 (分担) 中島悠太 他

【教育活動】

- 学生指導
 - 博士前期課程学生指導 (情報科学研究科 3 名)
 - 博士後期課程学生指導 (情報科学研究科 4 名)
- 一般社団法人データリテリコンソーシアム 実データで学ぶ人工知能講座「コンピュータビジョン」

【社会貢献】

- 映像メディア学会編集委員
- 各種査読 (IEEE Trans. PAMI, IEEE Trans. Multimedia, CVPR, ECCV, ACM Multimedia など)

【研究業績リスト】**雑誌論文**

- [1] Zhenzhong Kuang, Longbin Teng, Xingchi He, Jiajun Ding, Yuta Nakashima, and Noboru Babaguchi, “Anonymous identity sampling and reusable synthesis for sensitive face camouflage,” *Journal of Electronic Imaging*, vol. 31, no. 2, 023011-1–023011-18, Mar. 2022.
- [2] Sudhakar Kumawat, Manisha Verma, Yuta Nakashima, and Shanmuganathan Raman, “Depthwise spatio-temporal STFT convolutional neural networks for human action recognition,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12 pages, 2022 (to appear, IF: 16.4).
- [3] Chenhui Chu, Vinicius Oliveira, Felix Giovanni Virgo, Mayu Otani, Noa Garcia, and Yuta Nakashima, “The semantic typology of visually grounded paraphrases,” *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 215, 10 pages, Dec. 2021.
- [4] Zekun Yang, Noa Garcia, Chenhui Chu, Mayu Otani, Yuta Nakashima, and Haruo Takemura, “A comparative study of language transformers for video question answering,” *Neurocomputing*, vol. 445, pp. 121–133, Jul. 2021.

学会発表

- [1] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Gender and racial bias in visual question answering datasets,” in Proc. ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT), Jun. 2022 (accepted, 採択率: 25.1%).
- [2] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Quantifying societal bias amplification in image captioning,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 10 pages, Jun. 2022, (accepted, 採択率: 25.3%).
- [3] Mayu Otani, Riku Togashi, Yuta Nakashima, Esa Rahtu, Janne Heikkilä, and Shin’ichi Satoh, “Optimal correction cost for object detection evaluation,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 9 pages, Jun. 2022, (accepted, 採択率: 25.%)
- [4] Riku Togashi, Mayu Otani, Yuta Nakashima, Janne Heikkilä Esa Rahtu, and Tetsuya Sakai, “AxIoU: An axiomatically justified measure for video moment retrieval,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 10 pages, Jun. 2022, (accepted, 採択率: 25.3%).
- [5] Hitoshi Teshima, Naoki Wake, Diego Thomas, Yuta Nakashima, David Baumert, Hiroshi Kawasaki, and Katsushi Ikeuchi, “Integration of gesture generation system using gesture library with DIY robot design kit,” in Proc. IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp. 361–366, Jan. 2022.
- [6] Tianran Wu, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, and Haruo Takemura, “Transferring domain-agnostic knowledge in video question answering,” in Proc. British Machine Vision Conference (BMVC), 13 pages, Nov. 2021.
- [7] Cheikh Brahim El Vaigh, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara, “GCNBoost: Artwork classification by label propagation through a knowledge graph,” in Proc. ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), pp. 92–100, Nov. 2021.
- [8] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Takehiro Yamamoto, Hiroaki Ohshima, Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, and Noriko Kando, “Image retrieval by hierarchy-aware deep hashing based on multitask learning,” in Proc. ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), pp. 486–490, Nov. 2021.
- [9] Liangzhi Li, Bowen Wang, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, and Hajime Nagahara, “SCOUTER: Slot attention-based classifier for explainable image recognition,” in Proc. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 5422–5432, Nov. 2021, (採択率: 26%).
- [10] Yiming Qian, Cheikh Brahim El Vaigh, Yuta Nakashima, Benjamin Renoust, Hajime Nagahara, and Yutaka Fujioka, “Built year prediction from buddha face with heterogeneous labels,” in Proc. Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia Heritage Contents (SUMAC), pp. 5–12, Oct. 2021.
- [11] Zechen Bai, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Explain me the painting: Multi-topic knowledgeable art description generation,” in Proc. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 5422–5432, Oct. 2021, (採択率: 26%).
- [12] Yusuke Hirota, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Ittetsu Taniguchi, and Takao Onoye, “Visual question answering with textual representations for images,” in Proc. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), pp. 3154–3157, Oct. 2021.
- [13] Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, Noriko Kando, Yuta Nakashima, Hiroaki Ohshima, Shio Takidaira, Masaki Ueta, Takehiro Yamamoto, and Yusuke Yamamoto, “Museum experience into a souvenir: Generating memorable postcards from guide device behavior log,” in Proc. ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL), pp. 120–129, Sep. 2021.

- [14] Akihiko Sayo, Diego Thomas, Hiroshi Kawasaki, Yuta Nakashima, and Katsushi Ikeuchi, “PoseRN: A 2D pose refinement network for bias-free multi-view 3D human pose estimation,” in Proc. International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 3233–3237, Sep. 2021.
- [15] Manisha Verma, Yuta Nakashima, Hirokazu Kobori, Ryota Takaoka, Noriko Takemura, Tsukasa Kimura, Hajime Nagahara, Masayuki Numao, and Kazumitsu Shinohara, “Learners’ efficiency prediction using facial behavior analysis,” in Proc. International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 1084–1088, Sep. 2021.
- [16] Jules Samaran, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, and Yuta Nakashima, “Attending selfattention: A case study of visually grounded supervision in vision-and-language transformers,” in Proc. Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing: Student Research Workshop, pp. 81–86, Aug. 2021.
- [17] Tomoyuki Kajiwara, Chenhui Chu, Noriko Takemura, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara, “WRIME: A new dataset for emotional intensity estimation with subjective and objective annotations,” in Proc. Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies (NAACL-HLT), pp. 2095–2104, Jun. 2021.
- [18] Bowen Wang, Liangzhi Li, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, and Hajime Nagahara, “MTUNet: Few-shot image classification with visual explanations,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), pp. 2294–2298, Jun. 2021.

知能情報基盤部門 准教授（常勤） 武村 紀子

【兼任】

- 情報科学研究科
- 産業科学研究所
- 国際医工情報センター
- 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】

● 集中度・理解度に基づいた効率的 e-Learning

センサ情報から個々の集中度や理解度等を推定し、個々の状態に応じてパーソナライズされた学習コンテンツを提供することで、効果的な e-learning システムの構築を目指す。集中度や理解度等の内部状態は非常に曖昧であるため、センサデータに付加する真値ラベルがアノテータによりしばしば異なる。このラベルの曖昧性のせいで高い精度での状態推定が困難になっている。そこで、複数アノテータによる複数ラベルを持つ顔表情データベースを用いて、ラベルが曖昧なデータに対する推定モデルの構築を行った。また、このようなデータは大量に収集することが一般に困難であるため、半教師あり学習を用いることで、少量のデータでも精度の高い推定が行える深層学習モデルを構築した。

● 不随意コミュニケーション理解による協調学習活性化支援

協調学習は人と人とのコミュニケーションを通じた学習であるため、学習状況の把握・評価が容易ではない。そこで、協調学習時の学習者の行動をセンシングし、センサ情報から学習者の不随意コミュニケーションを理解することにより、協調学習の活性化支援を目指す。収集した協調学習時のカメラ映像データを用いて、協調学習時の学生の活性化推定を行った。撮影した動画から3次元の骨格特徴を抽出し、グラフ畳み込みネットワークを用いて、アクティブ/パッシブの2段階の活性化度を推定した。

● 歩行動画を用いた歩行障害を有する疾患の検出

予備軍を含めると国内の約4割の人が歩行障害を有する疾患のリスクがあると言われており、早期の診断で治療や予防が可能である。国立病院機構と提携し、変形性膝関節症や変形性股関節症等の患者の歩行動画データベースを構築した。収集した歩行動画から骨格特徴等の歩容特徴を抽出し、歩行障害を有する疾患のリスクを推定する深層学習モデルを構築した。さらに、整形外科疾患の周術期歩行評価についても同様のモデルを構築する予定である。

【学際・産学共創プロジェクト】

- 素核物理実験および関連分野への深層学習の適用
- 学習効率に対する環境要因の影響評価と各種センサを用いた学習効率指標推定（ダイキン工業）
- 未来の学校支援プロジェクト（iLDi）
- 行動センシング基盤プロジェクト（iLDi）
- スマートシティプロジェクト
- 運動器疾患に対する人工知能を用いた歩行分析
- オーストラリアにおけるパブリック・ミーティング新聞記事の自然言語処理解析による世論形成過程研究の高度

化

【外部研究費獲得状況】

- 2017-2021 年度, 卓越研究員事業, “能動的センシングに基づくヒトの内部状態推定”, (代表) 武村紀子
- 2021 年度, AMED 橋渡し研究戦略的推進プログラム, シーズ A, “深層学習モデルを用いた歩行機能診断と疾患検出ツールの開発”, (代表) 武村紀子, (分担) 森口悠, 長原一, 多田智
- 2021 年度, 富士通研究所 共同研究, “行動持続性を向上させる行動予測に基づくインタラクションの研究”, (代表) 武村紀子
- 2019-2022 年度, 科学研究費助成金 挑戦的研究 (萌芽), “マンガ教材学習過程の生体情報解析に基づく個別適応型学習システムの構築” (代表) 白井詩沙香, (分担) 武村紀子
- 2021 年度, UCL-Osaka University Strategic Partner Funds, “Development of a Conceptual Framework to Facilitate Collaborative Learning in Hybrid Education Settings Using Multimodal Analytics, ” (代表) 武村紀子
- 2021 年度, START プロジェクト推進型 SBIR フェーズ 1 支援, “人工知能歩行識別モデルによる身体機能低下およびロコモティブシンドロームのスクリーニング診断”, (代表) 多田智, (分担) 武村紀子

【教育活動】

- 学生指導
 - 学部 4 年生学生指導 (工学部 1 名)
 - 博士前期課程学生指導 (情報科学研究科 3 名)
 - 博士後期課程学生指導 (情報科学研究科 1 名)
- 工学部電子情報工学科 3 年次「ソフトウェア工学及び演習」
- 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」

【社会貢献】

- ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ (全国ネットワーク中核機関)
- Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR 2021), Program Committee
- AI ホスピタル阪大病院データバンク研究, 情報分譲審査委員会委員
- 各種査読 (ACPR, RA-L, IEEE ACCESS など)

【研究業績リスト】

雑誌論文

- [1] Chi Xu, Atsuya Sakata, Yasushi Makihara, Noriko Takemura, Daigo Muramatsu, Yasushi Yagi, Jianfeng Lu, “Uncertainty-aware Gait-based Age Estimation and Its Applications,” IEEE Transactions on Biometrics, 2021.
- [2] Kota Aoki, Hirofumi Nishikawa, Yasushi Makihara, Daigo Muramatsu, Noriko Takemura, Yasushi Yagi, “Physical Fatigue Detection from Gait Cycles via a Multi-task Recurrent Neural Network,” IEEE ACCESS,

2021.

- [3] Ryosuke Kawamura, Shizuka Shirai, Noriko Takemura, Mehrasa Alizadeh, Mutlu Cukurova, Hajime Nagahara, Haruo Takemura, “Detecting Drowsy Learners at the Wheel of e-Learning Platforms with Multimodal Learning Analytics,” *IEEE Access*, 2021.
- [4] Ruo Chen Liao, Kosuke Moriwaki, Yasushi Makihara, Daigo Muramatsu, Noriko Takemura, Yasushi Yagi, “Health indicator estimation by video-based gait analysis,” *IEICE Transactions on Information and Systems*, 2021.
- [5] Daiki Ishimaru, Hiroyoshi Adachi, Hajime Nagahara, Shizuka Shirai, Haruo Takemura, Noriko Takemura, Alizadeh Mehrasa, Teruo Higashino, Yasushi Yagi, Manabu Ikeda, “Characteristics of adaptation in university students suddenly exposed to fully online education during the COVID-19 pandemic,” *Frontiers in Psychiatry*, 2021.

学会発表

- [1] Shizuka Shirai, Masumi Hori, Masako Furukawa, Mehrasa Alizadeh, Noriko Takemura, Haruo Takemura and Hajime Nagahara, “Design of Open-Source Video Viewing Behavior Analysis System,” *Learning Analytics and Knowledge Conference*, 2022
- [2] Akihiro Hisano, Masako Iwasaki, Itsuka Satake, Masanori Sato, Hajime Nagahara, Yuta Nakashima, Noriko Takemura, Takashi Nakano, “R&D of the KEK Linac Accelerator Tuning using Machine Learning,” *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, 2021
- [3] Manisha Verma, Yuta Nakashima, Hirokazu Kobori, Ryota Takaoka, Noriko Takemura, Tsukasa Kimura, Hajime Nagahara, Masayuki Numao, Kazumitsu Shinohara, “Learners’ efficiency prediction using facial behavior analysis,” *IEEE International Conference on Image Processing*, 2021
- [4] Tomoyuki Kajiwara, Chenhui Chu, Noriko Takemura, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, “WRIME: A New Dataset for Emotional Intensity Estimation with Subjective and Objective Annotations,” *2021 Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics*, 2021
- [5] 山本祐輔, 田中さや, 原地絢斗, 村松歩, 長原一, 武村紀子, 水野(松本)由子, 下條真司, “リカレントニューラルネットワークを用いた不安状態判別評価”, 第17回日本感性工学会春季大会, 2022
- [6] 加藤睦代, 岩崎昌子, 長原一, 末原大幹, 山田 悟, 中島悠太, 武村紀子, 中野貴志, “機械学習を用いたスパースサンプリングによるデータ処理技術の基礎開発”, 日本物理学会 第77回年次大会, 2022
- [7] 尾上友紀, 川越清以, 久原真美, 末原大幹, 津村周作, 吉岡瑞樹, 長原一, 中島悠太, 武村紀子, “深層学習を用いた国際リニアコライダーにおけるフレーバー識別アルゴリズムの開発”, 日本物理学会 第77回年次大会, 2022
- [8] 山本祐輔, 村松歩, 原地絢斗, 長原一, 武村紀子, 中島悠太, 水野(松本)由子, 下條真司, “脳波と心電図を用いたリカレントニューラルネットワークによる快・不快情動の判別評価”, 日本臨床神経生理学会学術大会, 2021
- [9] 田中さや, 村松歩, 山本祐輔, 原地絢斗, 長原一, 武村紀子, 中島悠太, 水野(松本)由子, 下條真司, “情動視聴覚刺激後の脳波における回帰分析を用いた時系列変化”, 日本臨床神経生理学会学術大会, 2021
- [10] 坂本賢哉, 白井詩沙香, 武村紀子, Orlosky Jason, 長瀧寛之, 上田真由美, 浦西友樹, 竹村治雄, “視線情報に基づくVR空間でのマンガ教材読書時の主観的難易度推定”, 第64回複合現実感研究会(SIG-MR), 2021
- [11] 久野彰浩, 岩崎昌子, 佐藤政則, 佐武いつか, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志, “機械学習を適用したKEK電子陽電子入射器ビーム調整の開発: 加速器シミュレータの基礎開発”, 日本物理学会 2021年秋季大会, 2021
- [12] 久野彰浩, 岩崎昌子, 佐藤政則, 佐武いつか, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志, “機械学習を適用したKEK電子陽電子入射器ビーム調整システムの開発”, 第18回日本加速器学会年会, 2021
- [13] 岩崎昌子, 久野彰浩, 加藤睦代, 末原大幹, 山田悟, 長原一, 中島悠太, 武村紀子, 中野貴志, “素粒子物理学実験

への機械学習の適用研究”，学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (JHPCN) 第13回シンポジウム，2021

- [14] 福井嵐志，武村紀子，Mehrassa 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

その他

- [1] 武村紀子，“Society5.0における未来の支援システム”，九州工業大学データサイエンス基盤研究センター 第2回講演会，招待講演，2021

知能情報基盤部門 特任准教授（常勤） 新岡 宏彦

【兼任】

- ナノサイエンスデザイン教育研究センター

【研究活動】

- **機械学習を用いた細胞診画像診断支援に関する研究**
細胞診画像から正常細胞と癌細胞の診断予測を行い、さらに癌の種類を分類する研究。
- **難治性心筋症疾患特異的 iPS 細胞を用いた集学的創薬 スクリーニングシステムの開発と実践**
培養 iPS 細胞から得られる顕微鏡画像やラマンスペクトルなどの情報を取得し、人工知能を用いて細胞の状態や薬剤応答を解析する研究。
- **光干渉断層イメージングの AI 解析に基づく急性心筋梗塞発症予測法の開発**
心臓血管の光干渉断層像を人工知能を用いて解析し、血管の状態や患者の予後を予測する研究。
- **術中迅速診断を目指した深紫外線顕微鏡と人工知能病理診断技術開発**
非染色で生体組織を観察できる深紫外線励起の顕微鏡開発を行い、得られた画像を人工知能で診断することで術中迅速診断の実現を目指す研究。
- **第 2 近赤外窓領域を用いた生体深部超解像イメージング技術の開発と再生医療への応用**
波長 900 ~ 1600 nm の第 2 近赤外窓領域と呼ばれる生体に対して透過性の良い光を用いて顕微鏡を構築し、細胞組織内部の超解像イメージングを可能にする技術の開発研究。

【学際・産学共創プロジェクト】

- 機械学習を用いた細胞診画像診断支援に関する研究

【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 (A), “非線形ラマン散乱顕微内視鏡の開発と無染色その場診断への応用”, (代表) 橋本 守
- 2020-2022 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 (B), “第 2 近赤外窓領域を用いた生体深部超解像イメージング技術の開発と再生医療への応用”, (代表) 新岡 宏彦
- 2019-2021 年度, 科学研究費助成金 挑戦的研究 (萌芽), “第 3 生体窓の光で誘起する非線形光学効果を用いた深部高空間分解能光音響イメージング”, (代表) 山中 真仁
- 2019-2021 年度, 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) 循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業, “光干渉断層イメージングの AI 解析に基づく急性心筋梗塞発症予測法の開発”, (代表) 上村 史郎
- 2017-2022 年度, 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) 再生医療実現拠点ネットワークプログラム (疾患特異的 iPS 細胞の利活用促進・難病研究加速プログラム), “難治性心筋症疾患特異的 iPS 細胞を用いた集学的創薬 スクリーニングシステムの開発と実践”, (代表) 宮川 繁

【教育活動】

- 大阪大学医学部共同研「機器分析セミナー」
タイトル：ディープラーニングによるバイオメディカル画像解析
日時：令和3年4月20日 13:00 - 13:50
対象：医学研究科修士過程1年生から博士課程4年生
場所：オンライン
- スーパーサイエンスハイスクールの生徒を対象とした実習
実習題目：人工知能(機械学習)のプログラミング体験
日時：令和3年7月29日 13:00 - 16:00
対象：スーパーサイエンスハイスクールの生徒
場所：大阪大学吹田キャンパス テクノアライアンス B 棟 B205 室
- 大阪大学ナノプログラム ナノライフサイエンス学の実習6コマを担当
実習題目：機械学習演習
日時：令和3年9月2日 13:00 - 16:10、9月3日 10:30 - 12:00, 13:00-17:50
対象：社会人
場所：大阪大学吹田キャンパス最先端医療イノベーションセンター棟3階演習室 1,2
- 一般社団法人データビリティコンソーシアムにて「実践深層学習」の講義10コマを担当
日時：令和3年9月11日 10:30 - 12:00, 12:50-17:40、9月25日 10:30 - 12:00, 12:50-14:20、10月9日 10:30 - 12:00, 12:50-17:40
対象：社会人
場所：グランフロント大阪北館 9F, VisLab Osaka
- 大阪大学ナノプログラム コース3 ナノライフサイエンス学にて「深層学習の基礎とバイオメディカル応用」の講義2コマを担当
日時：令和3年10月9日 10:30 - 12:00, 12:50-17:40
対象：社会人
場所：大阪大学豊中キャンパス(文理融合型研究棟3階305室 セミナー室)
- 大阪大学 先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラムにて「機械学習実践演習」の講義8コマを担当
日時：令和3年1月12, 13日 10:30-12:00, 13:30-18:20
対象：大学院生
場所：大阪大学吹田キャンパス, テクノアライアンス C 棟 C911 室
- 一般社団法人データビリティコンソーシアムにて「実践深層学習」の講義10コマを担当
日時：令和4年2月12日 10:30 - 12:00, 12:50-14:20、2月19, 26日 10:30 - 12:00, 12:50-17:40
対象：社会人
場所：オンライン

【社会貢献】

- 第4回全国医療 AI コンテスト
 日時：令和4年3月19-21日
 主催：大阪市立大学 医療×IT研究会 (OCUMIT)
 共催：大阪大学 AI & Machine learning Society/ AI Medical Society (AIMS), 阪医 Python 会, 東京医科歯科大学 医療 IT・数学同好会 T/T (tea party), 一般社団法人 臨床医工情報学 コンソーシアム関西
 協賛：日本ユニシス株式会社
 特別協力：Knowledge capital
 対象：中学生、高校生、大学生、大学院生、研修医、医師
 場所：オンライン
 ポスター：https://researchmap.jp/Hirohiko_Niioka/social_contribution/36311793/attachment_file.pdf
 HP：<https://medical-ai-contest.org>

- 日本顕微鏡学会 顕微鏡計測インフォマティクス研究会 幹事

- 一般社団法人臨床医工情報学コンソーシアム関西 研究員

- NVIDIA DLI (Deep Learning Institute) Certified Instructor

- 大阪大学 AI&Machine learning Society/AI Medical Society (AIMS)(大学内サークル) 顧問
 URL：https://twitter.com/ou_aims

【研究業績リスト】

雑誌論文

- [1] 廣川満良, 新岡宏彦, 鈴木彩菜, 安部政俊, 式見彰浩, 長原一, 宮内昭, “AI を用いた甲状腺細胞診支援システム (AI differential diagnosis for cytology of the thyroid:ADDICT) の開発と利用 ”, 日本臨床細胞学会雑誌, accepted. (2022).
- [2] Masaya Nagai, Yuhei Higashitani, Masaaki Ashida, Koichi Kusakabe, Hirohiko Niioka, Azusa Hattori, Hidekazu Tanaka, Goro Isoyama, Norimasa Ozaki “Terahertz-induced martensitic transformation in partially stabilized zirconia”, Research Square (preprint) <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-130295/v1> (2021).
- [3] Masahiro Yanagawa, Hirohiko Niioka, Masahiko Kusumoto, Kazuo Awai, Mitsuko Tsubamoto, Yukihiisa Satoh, Tomo Miyata, Yuriko Yoshida, Noriko Kikuchi, Akinori Hata, Shohei Yamasaki, Shoji Kido, Hajime Nagahara, Jun Miyake, and Noriyuki Tomiyama, “Diagnostic performance for pulmonary adenocarcinoma on CT: comparison of radiologists with and without three-dimensional convolutional neural network”, European Radiology 31(4):1978-1986 (2021).

学会発表

- [1] 横田 純己、榊田 浩禎、白川 岳、新岡 宏彦、佐藤 淳哉、島村 和男、長原 一、宮川 繁 “Fully-automatic segmentation of aortic wall in images of computed tomography using deep-learning” 第 86 回日本循環器学会 (JCS 2022)(2022/3/11-13, 神戸国際会議場、神戸ポートピアホテル、神戸国際展示場)
- [2] Naoki Yamato, Hirohiko Niioka, Jun Miyake, Mamoru Hashimoto, “Near real-time nerve visualization using coherent Raman scattering rigid endoscope and deep learning-based image processing for nerve-sparing surgery”, SPIE Photonics West BiOS2022 (San Francisco, USA, 22-27 January, 2022)
- [3] 新岡 宏彦 “医用画像診断支援のための人工知能プログラム開発/研究” 大阪大学・未来医療センター 異分野融合型研究開発推進支援事業シンポジウム (2022/1/28, 大阪大学・未来医療センター) [Invited]
- [4] 大和 尚紀、新岡 宏彦、三宅 淳、橋本 守 “非線形ラマン散乱硬性内視鏡と深層学習による神経イメージング装置の開発” レーザー学会奨励賞受賞記念公演 (2022/1/12-14, オンライン開催) [Invited]
- [5] 大和 尚紀、新岡 宏彦、三宅 淳、橋本 守 “術中の末梢神経ナビゲーションシステムを目指した非線形ラマン散乱硬性内視鏡と深層学習による末梢神経イメージング” 第 7 回 北大・部局横断シンポジウム (2021/10/1, オンライン開催)
- [6] 新岡 宏彦 “医療におけるディープラーニング” 第 2 回循環器 AI 研究会 - 医療者のためのゼロからわかるディープラーニング- (2021/9/22, オンライン開催) [Invited]
- [7] 永井 正也、東谷 悠平、芦田 昌明、草部 浩一、新岡 宏彦、服部 梓、田中 秀和、磯山 悟朗、尾崎 典雅 “正方晶ジルコニアの THz 誘起相変態: 紫外・中赤外光励起での照射効果 (THz-induced martensite transformation of tetragonal zirconia: irradiation effect by ultraviolet / mid-infrared excitation)” 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021/9/20-23, オンライン開催)
- [8] 久米 輝善、新岡 宏彦、久保 隆史、添田 恒有、渡邊 真言、山田 亮太郎、坂田 泰史、宮本 恵宏、三宅 淳、赤阪 隆史、斎藤 能彦、上村 史朗 “冠動脈光干渉断層イメージングの AI 深層学習によるプラーク診断と冠動脈イベント予測” 第 69 回日本心臓病学会学術集会 (2021/9/17-18, 米子コンベンションセンター BIGSHIP, 米子市文化ホール、鳥取大学)
- [9] H. Niioka “Improvement of Optical Biomedical Imaging Performance with Deep Learning” INDO-JAPAN SAKURA SCIENCE CAFE (SUNRISE in CLOUDS) (2021/8/23-27, Online) [Invited]
- [10] 大和 尚紀、松谷 真奈、新岡 宏彦、三宅 淳、橋本 守 “非線形ラマン散乱硬性内視鏡と深層学習による実時間神経イメージング (Real-time nerve imaging using coherent Raman scattering rigid endoscope and deep learning)” 第 60 回日本生体医工学会大会 (2021/6/15-17, 京都大学百周年時計台記念館)
- [11] 新岡 宏彦 “学生 AI サークルと医療 AI 人材育成” 第 3 回日本メディカル AI 学会学術集会 (2021/6/11, オンライン) [Invited]
- [12] 廣川 満良、新岡 宏彦、鈴木 彩菜、安部 政俊、式見 彰浩、長原 一、宮内 昭 “AI を用いた甲状腺細胞診支援システム AI differential diagnosis for cytology of the thyroid (ADDICT) の開発に向けて” 第 62 回日本臨床細胞学会総会春期大会 (2021/6/4-6, 幕張メッセ国際会議場) [Invited]

著書

- [1] 大和 尚紀, 新岡 宏彦, 三宅 淳, 橋本 守 “高速非線形ラマン散乱硬性内視鏡による神経イメージング”, 光学 (2022) (掲載予定)
- [2] 新岡 宏彦, 廣川 満良, 鈴木 彩菜, 安部 政俊, 新井 悠介, 式見 彰浩, 長原 一, 宮内 昭 “AI によるバイオメディカル画像解析と光イメージング装置開発”, Pharm Tech Japan 2 月号 (2022)
- [3] 大和 尚紀, 新岡 宏彦, 三宅 淳, 橋本 守 “内視鏡下外科手術の新しい眼 深層学習による非線形ラマン硬性鏡観察の

高速化”, 光学 第 50 卷第 8 号 (2021)

- [4] 新岡 宏彦, 熊本 康昭, 三宅 淳, 松本 辰也, 高松 哲郎 “ 深層学習 AI を搭載した光イメージング医療機器開発”, 光
アライアンス, 32, 5, 44-48 (2021)

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】

- 医学系研究科 医の倫理と公共政策学
- 社会技術共創研究センター

【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】

- 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】

- 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 プロジェクト企画調査「ポリジェニック・スコアの社会受容性に関する企画調査」(代表:山本奈津子、R3)
- 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-R4)(研究分担者:山本奈津子)

【教育活動】

- 関西医科大学 看護学部2年必修 「倫理学」
- 大阪大学 医学研究倫理各論 医学データの保護と利活用(1)(2)

【社会貢献】

- 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 ゲノムが作る新たな医療推進委員会委員
- 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
- 大鵬薬品 研究倫理審査委員会委員

【研究業績リスト】**雑誌論文**

- [1] Jonathan Lawson, Moran N Cabili, Giselle Kerry, Tiffany Boughtwood, Adrian Thorogood, Pinar Alper, Sarion R Bowers, Rebecca R Boyles, Anthony J Brookes, Matthew Brush, Tony Burdett, Hayley Clissold, Stacey Donnelly, Stephanie O M Dyke, Mallory A Freeberg, Melissa A Haendel, Chihiro Hata, Petr Holub, Francis Jeanson, Aina Jene, Minae Kawashima, Shuichi Kawashima, Melissa Konopko, Irene Kyomugisha, Haoyuan Li, Mikael Linden, Laura Lyman Rodriguez, Mizuki Morita, Nicola Mulder, Jean Muller, Satoshi Nagaie, Jamal Nasir, Soichi Ogishima, Vivian Ota Wang, Laura D Paglione, Ravi N Pandya, Helen Parkinson, Anthony A Philippakis, Fabian Prasser, Jordi Rambla, Kathy Reinold, Gregory A Rushton, Andrea Saltzman, Gary Saunders, Heidi J Sofia, John D Spalding, Morris A Swertz, Iliia Tulchinsky, Esther J van Enckevort, Susheel Varma, Craig Voisin, Natsuko Yamamoto, Chisato Yamasaki, Lyndon Zass, Jaime M Guidry Auvil, Tommi H Nyrönen, Mélanie Courtot. "The Data Use Ontology to streamline responsible access to human biomedical datasets", *Cell genomics* 1(2) 100028, 2021
- [2] 山本奈津子, 「ゲノム医療の始動とゲノムデータ利用の倫理的課題解決への取組み」*ジュリスト*, 1559, 19-24, 2021年

学会発表

- [1] 山本奈津子, 第10回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2021) 日本バイオインフォマティクス学会・日本オミックス医学会 合同シンポジウム 「5~7年後のゲノム社会を考える」「ゲノムデータはだれのものか?」 2021年9月28日 オンライン

その他

- [1] 山本奈津子, 第9回ゲノム医療情報学研究会 (ウェビナー) 指定発言 「『仮名加工情報』に関して」 2021年6月30日 オンライン

知能情報基盤部門 特任助教（常勤） Trung Thanh Ngo**【研究活動】**

- Subsurface scattering modeling in translucent material

In this project, we make replacement of teeth in a dental implant surgery. The teeth replacement must have visual appearance like the other teeth. To achieve the goal, we need to understand the material properties of the real teeth. In this project, we aim to propose a novel method for estimating material's properties. The material in this case belong to a group of translucent material, where light scatters inside the material multiple times before reaching out to the camera or eye. There are three important properties of this kind of material that quantify how much light is absorbed, how much light is scattered, and how the light is distributed in case it is scattered (which is represented by a phase function). We presented a novel phase function for light scattering and its application for estimating its parameters of real-world material. We are about to submit the research work to a major academic conference.

- Lensless Imaging for visual privacy protection

In this project, we develop a lensless system for face recognition while preserving the visual privacy. Our imaging system use an optimized code aperture pattern. A coded aperture captures very blurry images which is difficult for a human to recognize the subject but still possible for a machine to infer information from blurry coded images and thereby enables a simple visual privacy protection at the hardware level. However, there is a tradeoff between visual privacy protection and recognition accuracy. This work proposed a learnable lensless imaging framework that protects visual privacy without sacrificing the recognition accuracy. We have submitted the research work to a major academic conference.

【教育活動】

- I have been helping a Phd student who joined in IDS from 2021 April. He also joins the dental project. His research is to develop a deep learning method for estimating the translucent material properties. He currently submitted his research result to a top conference and will get the response next year.

【社会貢献】

- For this fiscal year, I have worked as a reviewer for several conferences and journals, transactions: Conferences: CVPR 2021, AAAI 2021, ICCV 2021, ACPR 2021, ICRA 2022, IEEE-RIVF 2021, MAPR 2021, ABC 2021

Transactions: TPAMI, IJCV; Sensors; Remote Sensing; IEEE Transactions on Biometrics, Behavior, and Identity Science (T-BIOM); IEEE Transactions on Information Forensics and Security; Expert Systems With Applications

ビッグデータ社会技術部門 特任助教（常勤） 大橋 範子

【兼任】

- 医学系研究科
- 社会技術共創研究センター

【研究活動】

● 倫理支援業務に関連した研究

大阪大学ライフデザイン・イノベーション研究拠点 (iLDi) が資金支援するグランドチャレンジ公募研究及び大阪大学内研究プロジェクトが、PLR 基盤における二次利用を想定した形で倫理審査を申請する際の、ELSI（倫理的・法的・社会的課題）面での支援業務に従事している。そのため、本業務に関連して、様々なパーソナルデータを取り扱う際の ELSI について研究している。研究の主な内容は、インフォームド・コンセント（同意能力に問題を抱えた認知症高齢者や子ども等に対するインフォームド・アセントの問題も含む）とその取得をめぐる問題、パーソナルデータのビジネス利用に伴う問題等である。また、2021 年 3 月に策定された「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」や改正個人情報保護法等、業務上必要な関連法規・指針などの解釈・運用上の課題等についての調査・研究を行った。

● 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への対応は、研究・臨床・ビジネスの各領域でそれぞれの喫緊の課題となっている。これらについて、科研費基盤研究 (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」において、特に非医学的対処可能性の観点から研究を実施している。

【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」
- 大阪済生会中津看護専門学校 「倫理学」
- 大阪大学大学院医学系研究科 「医学研究倫理総論」

【社会貢献】

- 日本医学哲学・倫理学会 組織運営委員会委員
- 兵庫医療大学 倫理審査委員会委員

【研究業績リスト】**学会発表**

- [1] 大橋範子, 偶発的所見・二次的所見の返却における非医学的対処可能性の検討. 第33回日本生命倫理学会年次大会. 2021年11月27・28日(ウェブ開催)

著書

- [1] 大橋範子, 「テキストブック 生命倫理第2版」(霜田求編)第11章「遺伝子医療」, 法律文化社, 2022年1月.

その他

- [1] 大橋範子, 座談会パネリスト「今後のゲノム研究とELSI(倫理的・法的・社会的課題)を考える」, 2021年度4回ヒトゲノム研究倫理を考える会「ゲノム研究と社会をつなぐELSIを考える」, 2022年1月31日(オンラインシンポジウム)

知能情報基盤部門 特任研究員（専任） Manisha Verma

【研究活動】

- Educational Project (Student engagement prediction):

The objective of this project is to predict students' engagement in the online classes, web lectures, etc. For this purpose, a dataset is created of participants reading a text of a few pages, and their video was recorded through a camera setup. New labels have been created for the dataset using annotators. Annotators labeled each frames of every video for different labels including engagement, body movement, yawning, strange eye movement, facial expression, and screen change activity. Objective and subjective labels are utilized to predict students' learning efficiency and disengagement along with other facial behavior cues. SlowFast network is utilized with some modifications for target task. Experiments show that multi-label prediction helped in disengagement prediction.

- Medical Project

The objective of this project is to predict frailty in person while performing some easy daily activity such as standing and walking. Data is recorded using Kinect V2 and 3D positions (x,y,z) of different body-joints are recorded. Neural network is utilized to find the frailty in a person and explainable AI is used to evaluate the significance of different joints that supports the prediction of network.

In another project of medical imaging, a classifier named SCOUTER (Slot-based COntigUurable and Trans-parent classifiER) is proposed for explainable AI. The classifier takes image regions that are responsible for the prediction into account. Experimental results show that the SCOUTER is better than FC classifier in getting significant regions.

【学際・産学共創プロジェクト】

- Society 5.0
- AI Hospital

【社会貢献】

- Conference reviewer: ECCV 2022, CVPR 2022, ICLR 2022, WACV 2022, CVPR 2021, AAAI 2021

【研究業績リスト】

学会発表

- [1] M. Verma, Y. Nakashima, N. Takemura, H. Nagahara, "Multi-label Disengagement and Behavior Prediction in Online Learning", in *Artificial Intelligence in Education (AIED)*, 2022.
- [2] S. Yadav, G. Singh, M. Verma, K. Tiwari, H. Pandey, S. A. Akbar, P. Corcoran, "YogaTube: A Video Benchmark for Yoga Action Recognition", in *IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)*, 2022.
- [3] L. Li, B. Wang, M. Verma, Y. Nakashima, R. Kawasaki, H. Nagahara, "SCOUTER: Slot Attention-based Classifier for Explainable Image Recognition", in *International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2021.

- [4] M. Verma, Y. Nakashima, H. Kobori, R. Takaoka, N. Takemura, T. Kimura, H. Nagahara, M. Numao, K. Shinohara, “Learners’ Efficiency Prediction Using Facial Behavior Analysis”, in *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 1084-1088, 2021.
- [5] B. Wang, L. Li, M. Verma, Y. Nakashima, R. Kawasaki, H. Nagahara, “MTUNet: Few-Shot Image Classification With Visual Explanations”, in *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pp. 2294-2298, 2021.

その他

- [1] Outstanding reviewer CVPR 2021.

知能情報基盤部門 特任助教（常勤） Noa Garcia

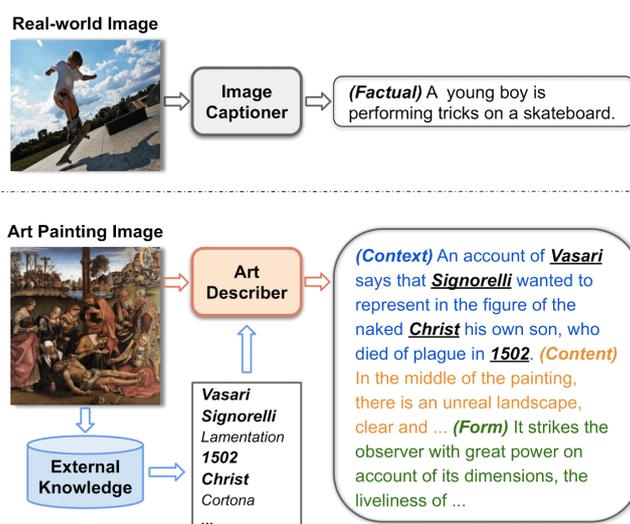
【研究活動】

- 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.



【学際・産学共創プロジェクト】

- Buddha statues recognition

【外部研究費獲得状況】

- FY2020-2021, 若手研究, “Understanding Concrete and Abstract Representations in Art”, (代表) Principal Investigator
- FY2022-2025, 基盤研究 (C), “Societal biases in vision and language applications”, (代表) Principal Investigator

【社会貢献】

- Co-organizer Instance-Level Recognition Workshop at ICCV 2021.
- Area Chair at British Machine Vision Conference (BMVC) 2021.
- Conference Reviewer: ACM MM 2021, ICCV 2021, WACV 2021, AAAI 2021, CVPR 2021, EMNLP 2021, ICLR 2022.

- Journal Reviewer: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Computer Vision and Image Understanding, Journal of Applied Science and Engineering, Sensors
- Workshop Reviewer: Women in Computer Vision 2020, Computer Vision for Art 2020, Workshop on Computer Vision for Fashion, Art and Design 2020, 2021.
- Funding Proposal Reviewing: 13th Cyclone Call for Production Access

【研究業績リスト】

雑誌論文

- [1] Chenhui Chu, Vinicius Oliveira, Felix Giovanni Virgo, Mayu Otani, Noa Garcia, Yuta Nakashima. The Semantic Typology of Visually Grounded Paraphrases. In: Computer Vision and Image Understanding (Elsevier), vol. 215, Dec. 2021.
- [2] Zekun Yang, Noa Garcia, Chenhui Chu, Mayu Otani, Yuta Nakashima, Haruo Takemura. A Comparative Study of Language Transformers for Video Question Answering. In: Neurocomputing (Elsevier), vol. 445, pp. 121-133, March 2021.

学会発表

- [1] Zechen Bai, Yuta Nakashima, Noa Garcia. Explain Me the Painting: Multi-Topic Knowledgeable Art Description Generation. In: International Conference Computer Vision (ICCV) 2021.
- [2] Nikolaos-Antonios Ypsilantis, Noa Garcia, Guangxing Han, Sarah Ibrahimi, Nanne Van Noord, Giorgos Tolias. Instance-level Recognition for Artworks: The MET Dataset. In: NeurIPS 2021 Datasets and Benchmarks.
- [3] Tianran Wu, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Haruo Takemura. Transferring Domain-Agnostic Knowledge in Video Question Answering. In: British Machine Vision Conference (BMVC) 2021.
- [4] Cheikh Brahim El Vaigh, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, and Hajime Nagahara. GCNBoost: Artwork Classification by Label Propagation through a Knowledge Graph. In: ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), Taipei, Taiwan, 2021.
- [5] Yuta Kayatani, Zekun Yang, Mayu Otani, Noa Garcia, Chenhui Chu, Yuta Nakashima and Haruo Takemura. The Laughing Machine: Predicting Humor in Video. In: IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), Online, pp. 2073-2082, 2021.
- [6] Jules Samaran, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima. Attending Self-Attention: A Case Study of Visually Grounded Supervision in Vision-and-Language Transformers In: Student Research, ACL-IJCNLP 2021.
- [7] Yusuke Hirota, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Ittetsu Taniguchi, Takao Onoye. Visual Question Answering with Textual Representations In: Closing the Loop Between Vision and Language, ICCV 2021.

その他

- [1] Invited talk at CAI+CAI Workshop. Understanding Fine-Art Paintings through Visual and Language Representations March 2021, online.
- [2] Invited talk at The First SCAI-IDS Workshop for Future Collaboration on AI. AI and Art, October 2021, online.
- [3] Outstanding reviewer CVPR 2021.

【研究活動】

- Explainable Artificial Intelligence (XAI) に関する研究

We proposed a slot attention-based classifier called SCOUTER for transparent yet accurate classification. Two major differences from other attention-based methods include: (a) SCOUTER’s explanation is involved in the final confidence for each category, offering more intuitive interpretation, and (b) all the categories have their corresponding positive or negative explanation, which tells ”why the image is of a certain category” or ”why the image is not of a certain category”, as shown in Fig. 1. We designed a new loss tailored for SCOUTER that controls the model’s behavior to switch between positive and negative explanations, as well as the size of explanatory regions. Experimental results showed that SCOUTER could give better visual explanations while keeping good accuracy on small and medium-sized datasets. This paper was presented at ICCV 2021.



図 1: Positive and negative explanations, based on which one can reason why or why not the images are classified into the corresponding categories.

- Explainable Few-shot Learning に関する研究

We revealed a new way to perform few-shot learning for image classification, which is able to output visualized attention maps that can serve as an informative hint for the few-shot learning process. We proved that the proposed method could achieve both good accuracy and satisfactory explainability on three mainstream datasets. This paper was presented at CVPRW 2021.

- Vessel Segmentation に関する研究

It is necessary to extract an accurate and complete vessel map from the raw retinal image. We designed a new segmentation model that could utilize the structural redundancy in retinal images. The proposed model could achieve state-of-the-art performances on all public datasets. A research paper about this work was published in the IEEE WACV 2020 conference.

- Artery/Vein Classification に関する研究

Artery/vein classification is an important procedure for the diagnosis of many retinal diseases. We em-

powered the aforementioned segmentation model with the power to conduct classification. Moreover, we proposed a post-processing algorithm to refine the classification results. A research paper about this work was published in the MIDL 2020 conference.

- **Crossing Detection & Artery Level Prediction に関する研究**

The objective was to detect the crossing from the vessel map and infer the level of artery hardening. The training data as well as the labels were collected from the Osaka University Hospital. Inspired by the concept of the multi-discipline team, we designed a new diagnosis model that can automatically recognize the signs of arteriosclerosis and grade their levels of severity. This work was presented at ARVO 2020.

- **Semantic Segmentation に関する研究**

We designed a semi-supervised segmentation model as well as a noisy-training strategy to help surgical instrument segmentation. Then we demonstrated that the proposed method outperformed existing approaches in both medical datasets (robotic nephrectomy) and general datasets (street-view). The paper was published in the IEEE Access journal.

【学際・産学共創プロジェクト】

- AI Hospital Project

【外部研究費獲得状況】

- PI 研究活動スタート支援 2020-2021 Removing the Burden of Data Labeling: Automatic Surgical Video Understanding with Unsupervised Learning
- PI 若手研究 2021-2023 Explainable Artificial Intelligence for Medical Applications

【教育活動】

- Give guidance to a PhD student on the research of surgery instrument segmentation and explainable few-shot learning.
- Give guidance to a intern student from Wakayama University on the research of explainable multi-label classification.

【社会貢献】

- Journal Reviewer

- IEEE Transactions on Industrial Electronics
- ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)
- IEEE Internet of Things Journal
- IEEE Network Magazine
- IEEE Communications Letters
- Cyber-Physical Systems (Taylor & Francis)
- Industrial Robot (Emerald)
- Sustainable Computing: Informatics and Systems (Elsevier)

- Conference Organizer (Technical Program Member)

- IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)
- IEEE International Conference on Communications (ICC)

- Conference Reviewer

- IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)
- IEEE/CVF Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)
- European Conference on Computer Vision (ECCV)
- IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)

【研究業績リスト】

雑誌論文

- [1] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, Yasushi Yagi, “Noisy-LSTM: Improving Temporal Awareness for Video Semantic Segmentation”, in IEEE Access, vol. 9, pp. 46810-46820, 2021.

学会発表

- [1] Liangzhi Li, Bowen Wang, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, “SCOUTER: Slot Attention-based Classifier for Explainable Image Recognition”, in IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 2021.
- [2] Bowen Wang, Liangzhi Li, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, “MTUNet: Few-shot Image Classification with Visual Explanations”, in IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Responsible Computer Vision Workshop, 2021.
- [3] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Takehiro Yamamoto, Hiroaki Ohshima, Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, Noriko Kando, “Image Retrieval by Hierarchy-aware Deep Hashing Based on Multi-task Learning”, in ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), 2021.

知能情報基盤部門 特任研究員（常勤） Sudhakar Kumawat**【研究活動】**

- Action recognition from coded exposure image

The goal of this project is to develop a deep sensing solution to recognize human actions directly from coded exposure images, without reconstructing the original scene from the coded image. We proposed a deep sensing solution consisting of a binary CNN-based encoder network which emulates the capturing of a coded exposure image of a dynamic scene using a coded exposure camera, followed by a 2D CNN for recognizing human action in the captured coded exposure image. We proposed a novel knowledge distillation framework to jointly train the encoder and the action recognition model. Our proposed distillation framework works by transferring knowledge from logits and intermediate features of a pre-trained video-based action recognition model (teacher) to our 2D CNN action recognition model (student). The proposed training approach improves the action recognition accuracy by a huge margin in comparison to previous approaches.

- Privacy preserving optics for human action recognition

Given a human performing some action, the project involves developing a camera system such that it do not allow the captured video to contain any privacy related features such as identity and gender of the human subject, but allow capturing of spatial and temporal features that are useful for recognizing the human action. The task is challenging since it require to capture both fine-grained spatial and temporal features. For example, for certain action classes, like horse riding, the spatial features might be more important while for other action classes, like gesture recognition, learning both spatial and temporal features are important. In order to solve this challenge, we developed a method where the video frames are first passed through a defocus kernel (this can be done at the camera lens). Next, consecutive frames from the video are subtracted from each other (this can be done at the sensor). Next, the subtracted frames are passed through a quantization model to further degrade the video (this can also be done at the sensor). Finally, the output from the quantization model is then passed to an action recognition model and a privacy model. The entire pipeline i.e. the defocus kernel, quantization model, action recognition model, and the privacy model are trained in an adversarial manner where the privacy model serves as an adversary. Our current simulation experiments show that the proposed method successfully removes privacy information like gender and allows fine-grained spatio-temporal features for action recognition.

- Optical flow from coded exposure image

Predicting optical flow from a static RGB image is an ill-posed problem since a single image do not encode any motion information. However, our previous experience in the project- “action recognition from coded exposure image” showed that the optimized coded exposure can successfully encode motion information in a coded image. Therefore, the goal of this project is to develop a deep sensing solution to extract optical flow information from a coded exposure image of a dynamic scene. We propose to use the binary CNN-based encoder from the previous project which emulates the capturing of a coded exposure image of a dynamic scene using a coded exposure camera. This is followed by an encoder-decoder network to extract optical flow from the captured coded exposure image. The extracted optical flow can have various applications in video re-timing, object tracking, motion detection, image stabilization, and improving the action recognition accuracy. The project is in early stages of development.

【学際・産学共創プロジェクト】

- Privacy Preserving Action Recognition

【社会貢献】

- Conference reviewer: ICCV 2021, AAAI 2022, ICLR 2022, CVPR 2022, ECCV 2022.

【研究業績リスト】**学会発表**

- [1] Sudhakar Kumawat, Gagan Kanojia, and Shanmuganathan Raman, “ShuffleBlock: Shuffle to Regularize Deep Convolutional Neural Networks”, National Conference on Communications (NCC), 2022.

知能情報基盤部門 特任研究員（常勤） Sanchayan Santra**【研究活動】**

- 3D reconstruction of cell from microscopic images

Cells are usually imaged using optical microscopes but that only provides a 2D representation. But cells are rarely flat and usually have some volume. This information is lost in optical microscope based imaging. But this information can provide useful insights which can be utilized for diagnosis of diseases. In this project we aim to recover the 3D structure of cells using images captured using optical microscopes. The first approach attempts recovery while keeping the imaging setting simple and then the plan is to modify imaging methodology to further improve the reconstruction quality.

【学際・産学共創プロジェクト】

- 3D reconstruction of cell.

【社会貢献】

- Journal Reviewer
 - IEEE Transactions on Visualization and Compute Graphics (TVCG)
 - ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)
 - Pattern Recognition
 - IEEE Transactions on Image Processing (TIP)
 - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence
 - IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing

知能情報基盤部門 特任研究員（常勤） Saurabh Kumar**【研究活動】**

- Computational Time of Flight Imaging
Time of flight cameras allows us to record depth but fail to give good estimated in presence of global illumination prevalent in real world scenarios. In this project, we aim to develop methods that enable us to separate the direct and global illumination components to better capture more complex 3D scenes.
- Lensless Imaging
Compound lenses required in current cameras lead to a bulky imaging system overall, defeating the goal of a portable imaging device. Our aim in this project is to build imaging systems with minimal optical components making them more compact and lightweight than traditional camera.

【学際・産学共創プロジェクト】

- Computational Optical Imaging for Endoscopic Surgery

【社会貢献】

- Reviewer: Elsevier Signal Processing Journal 2022
- Reviewer: European Conference on Computer Vision (ECCV) 2022
- Program Committee: Learning for Computational Imaging Workshop at International Conference on Computer Vision (ICCV) 2021
- Reviewer: IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing (TGRS) 2021
- Reviewer: IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) 2021
- Reviewer: International Workshop on Computer Vision for UAVs at International Conference on Computer Vision (ICCV) 2021
- Reviewer: IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques 2021
- Reviewer: IEEE Open Journal of Signal Processing 2021

【研究業績リスト】**学会発表**

- [1] Kumar Ashutosh, Saurabh Kumar, Subhasis Chaudhuri, “3D-NVS: A 3D Supervision Approach for Next View Selection”, In Proceedings of International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2022.

知能情報基盤部門 特任研究員（常勤） Yiming Qian**【研究活動】**

- Research on image analysis of Buddha statue

In this project, we are developing a tool for department of letter to help their research. The goal of this tool is estimating the built year of a Buddha statue given only one image of the statue. To achieve this goal, we developed a deep learning based regression network. The training images are scan images collected from books. Due to natural disasters, wars, deterioration of materials, and human errors, the records containing the built years of an artifact often went missing. History experts can recover the built year up to a specific range from chemical-based analysis technologies or years of historical study. Given the vast amount of artifacts collected, it is impractical to apply these conventional approaches. Instead of such reliable but laborious approaches, we build a deep neural network model to estimate an artifact's built year from its image, tailored for Buddha statues. One major challenge is the heterogeneity of labels: Our training samples contain the exact built year and a possible range of built years (e.g., a dynasty or a century) estimated by historians. To unify these heterogeneous labels in the training, we represent them as probabilistic distributions. On top of this label representation, a semi-supervised learning loss is designed to leverage both labeled and unlabeled samples at training time. Our experimental results show that our method achieves a mean absolute error of 34.3 years on the test set, consisting of Buddha statues built from 400 to 1403.

- Research on Cardiovascular risk diagnosis from retinal image

Traditional cardiovascular (CVD) risk assessment requires information such as age, gender, smoking habits, blood pressure, and blood tests to measure lipid levels and other blood biomarkers. There have been numerous candidate biomarkers to improve the prediction models; one of the unique novel biomarkers is retinal image-based parameters as it does not require blood test. Recently, a deep learning (DL) model utilizing retinal images as a sole input to estimate CVD risk has been proposed. However, it is still not clear how the retinal image reflects CVD risk factors, and how the assessment results based on the retinal image be utilized or interpreted for life-style modification to realize a clinically useful screening. We aimed to develop an explainable AI-based CVD risk prediction model using retinal images by explicitly estimating individual traditional CVD risk factors without blood tests.

【学際・産学共創プロジェクト】

- Multi-view 3D landmark prediction from Buddha statues.
- Improving the adversarial attack defence ability on vision transformer.

【社会貢献】

- Reviewed 8 papers for ACM MM Conference
- Reviewed 1 papers for Cell Journal

【研究業績リスト】

学会発表

- [1] Qian, Y., El Vaigh, C. B., Nakashima, Y., Renoust, B., Nagahara, H., & Fujioka, Y. (2021, October). Built Year Prediction from Buddha Face with Heterogeneous Labels. In Proceedings of the 3rd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents (pp. 5-12).

企画室 特任教授（非常勤） 北岡 良雄

【活動内容】

企画室の主たる業務はデータドリフトサイエンス・エンジニアリングに関する多様な研究コーディネートにある。様々な分野にデータ駆動型研究を導入し、研究スタイルの変革を図る組織である「データドリフトフロンティア機構」において企画室が中心となり当該機構内のデータドリフト基盤部門研究者と学内の様々な分野の研究者とのマッチングを企画し、「データ駆動型学際共創研究プロジェクト」の論文発表支援や競争的資金獲得支援を試みた。学際共創研究プロジェクトを対象として平成29年度、平成30年度、令和元年度、令和2年度、令和3年度にはそれぞれ総額3,200万円、2,400万円、2,400万円、2,200万円、3,000万円の研究活動費配分を実施した。

株式会社 JR 西日本テクシアとの受託研究課題【鉄道駅を中心としたソリューションの新規価値創出に関する研究】に関しては、受け入れ教員は人間科学研究科の兼任教員1名となっている。令和3年7月より、課題別ワーキング3回を実施した。

1. 学際共創研究プロジェクト

様々な分野にデータ駆動型研究を導入し、研究スタイルの変革を図る組織である「データドリフトフロンティア機構」において企画室が中心となり当該機構内のデータドリフト基盤部門研究者と学内の様々な分野の研究者とのマッチングを企画し、「データ駆動型学際共創研究プロジェクト(下記参照)」支援を実施した。

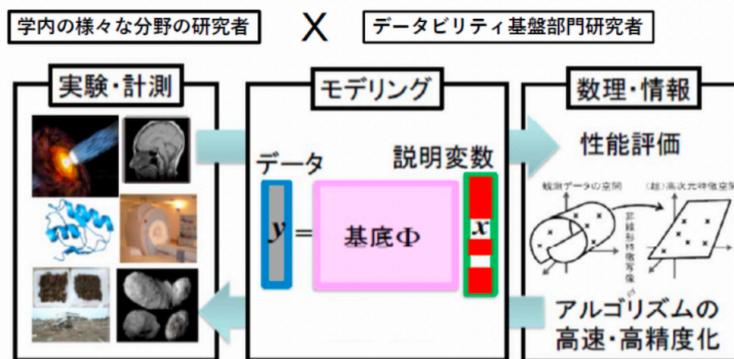


図1: データ駆動型学際共創プロジェクトの推進

2. 産学共創プロジェクト

株式会社 JR 西日本テクシアとの受託研究課題【鉄道駅を中心としたソリューションの新規価値創出に関する研究】に関しては、受け入れ教員は人間科学研究科兼任教員1名となっている。令和3年7月より課題別ワーキング3回を実施した。

研究題目：鉄道駅を中心としたソリューションの新規価値創出に関する研究

「人間工学を活用した最適案内手法確立と実装」

研究担当者（所属・職・氏名）：

研究代表者：データドリフトフロンティア機構長・尾上孝雄

研究担当者：人間科学研究科・准教授・平井啓

受託研究経費：直接経費：700,000 円，間接経費：300,000 円，合計：1,000,000 円

3. その他の活動

兵庫県警手持ちの交通事項関連データを有効利用して分析システム，特に，事故様態の特徴事項を見極めて将来に向けた交通事故分析システムの構築に関して基礎工乾口研究室とのマッチングを支援した．令和4年度は現存データだけでは不十分な場合は行政からオープンデータを取り込んで分類の精度を向上できるかの検討や事故様態の特徴量を絞り込み AI 技術による事故予測（場所，地域，時間帯など）システムの検討を予定している．また，学際共創研究プロジェクト「機械学習を活用する超高速ラマン分光システムの開発」に関してシスメックスとの共同研究の可能性について検討を行った．JR 西日本テクシアからの産学共創ニーズに関する要望への対応を主体として IDS 兼任研究者が持つシーズとのマッチングを試み，令和3年度も引き続き企画室が有しているネットワークを活用した受託研究や本学の研究シーズとのマッチングを試み，具体的な企業課題の解決を試みた．今年度限りで受託研究は終了となるが，今後はこれまでマッチングを実施した研究室とは具体的案件について引き続き個別契約をする予定である．

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

【専任】

- 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。現在、当拠点事業は、当初設定された5年間のうちの、4年目にあたり、事業としては今までの研究成果の実証段階にある。また文部科学省に向けては次の5年間の支援事業継続に向けたステージゲート令和4年度を迎える。令和3年度は、今までの意研究の実績を踏まえた実証と成果の取りまとめを行う1年となった。

【活動成果】

- 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）

- グランドチャレンジ研究プロジェクトの運営業務

本プロジェクトは、ライフデザイン・イノベーション研究拠点が掲げるパーソナル・ライフ・レコード (PLR) を活用した新たな PLR 活用ソリューション、PLR プラットフォーム、実証フィールド整備に関する提案を広く公募している。PLR 情報を活用した新たな研究を研究費を提供して支援し、付加価値の高い PLR データベースや新たなソリューションの創出を行うことにより、Society 5.0 実現に貢献する。

2021年度は、価値のあるデータ収集を継続して収集可能な5件（4大学）のテーマを採択し、2020年度と合わせて合計18件（14大学）の研究開発テーマの運営推進を行った。今年度は被験者パネル実験（複数実験を同じ被験者により同時に実施し、効率的データ収集を行う仕組み）を実施し、グランドチャレンジからは3テーマが参画することができた。

本取り組みは、データセキュリティ委員会や社会技術研究プロジェクトと連携し、パーソナルデータの第三者提供を円滑に行うしくみの確立を目指し、2022年度は価値あるデータをより多く収集できるテーマを中心に継続実施する予定である。

【社会貢献】

- 電子情報通信学会 イメージ・メディア・クオリティ研究会 委員長
General Chair of The Eleventh International Workshop on Image Media Quality and its Applications (March 3-4th, 2022)
- 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 特任助教（常勤） 高畑 裕美

【兼任】

- 医学系研究科

【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、進捗管理、推進支援である。現在、政府から大学等の研究機関に向けて様々なプロジェクトが提示されているが、研究による新技術創出および成果の社会実証検証、早期の社会技術移転まで求められるものが増えてきている。そのため、従来の研究体制を整えるだけでなく、社会実証検証の体制作りや、技術移転に備えた知的財産創出、法的整備などの環境構築と、行政や経済界との協力関係構築などを業務として、プロジェクトの円滑な運営に取り組んだ。

【活動成果】

• 予算管理、契約管理に関する業務

立ち上げ期（1～2年目前半）は運営全般を、それ以降から2021年度にかけては、特に予算運営、契約書面作成、交渉締結に取り組み、また研究進捗管理、シンポジウム等の広報活動、報告書作成などの事業運営支援を進めた。適切な予算執行においては、当初配分予算の他、臨時的活動をリサーチし、研究活動拡大のための配分再検討の提案などに取り組んだ。四半期を目安として各活動グループの内容を確認し、新しい取り組みの価値や有意性、予算の追加配分提案のほか、各手続きの簡略化や契約書面統合、受託組織の部門活用などを試み、予算削減と適切な配分効果を狙った。

支援活動として担当した他組織との渉外活動や各ミーティング調整、シンポジウム開催などにおいては、従来にない取り組みやより革新的な内容構成になるよう改善活動を進めた。また新型コロナウイルス流行に伴う情報ツールの導入・主使用を活かし、前年度よりも各担当者との連絡を密に取り、研究グループと本事業代表責任者、プロジェクトマネージャーらと運営部門等の情報共有を加速させ、研究推進や社会実装・実用化推進の一層の向上に努めた。

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】

- 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。現在、当拠点事業は、当初設定された5年間のうちの、4年目にあたり、事業としては今までの研究成果の実証段階にある。また文部科学省に向けては次の5年間の支援事業継続に向けたステージゲート令和4年度を迎える。令和3年度は、今までの意研究の実績を踏まえた実証と成果の取りまとめを行う1年となった。

【活動成果】

● システム運用検証

iLDi の活動では昨年、MYPLR というパーソナルデータを安全に扱うプラットフォームを構築した。本年度はこの MYPLR の仕組みを使用して、実験に参加頂いた一般の被験者に口座を開設していただき、当拠点事業の重要な目的である個人データを本人の同意のもとに安全に2次利用する仕組みを確立するべく検証を行った。具体的には高齢者を対象とした運動機能、認知機能の評価や、ロボットとの会話データの収集といった様々な実験を毎週行うという取組（高齢者パネル）を行い、被験者約200名から本人合意の上でデータを取得した事に加え、MYPLR に口座を開設頂いた。またこの MYPLR の仕組みを用いて企業側が被験者から取得したデータを安全に購入できる事を確認し、さらにデータを提供した被験者にインセンティブとなるポイントの付与が出来る事を確認した。

● セキュリティ構築

2020年度に取得した情報セキュリティに関する認証（ISMS）について本年度は継続認証審査を受審し、これに適合する事が出来た。

● システム課題改修

MYPLR は AWS (Amazon Web Services) 上に NEC がシステム構築を行ったものであるが、当初は様々な不具合が検出されたが、NEC と共に改修に当たった結果、何とか当面の運用が可能なものとなり、前述の高齢者パネルの運用も令和4年度は外注業者に委託して進める見通しが出来た。

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】

- 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、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。そのため、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運用と改善、コンソーシアムとの連携によるデータ取引の実現に向けた活動に取り組んだ。

【活動成果】

2021年3月に着任し、拠点プロジェクトの外部との関係構築を推進した。生誕1000日見守り研究に関し、大阪北摂地区の自治体（豊中市、吹田市、大阪府西淀川区）からの研究後援を実現し、母子手帳交付時の被験者募集の協力体制の構築を支援した。また、大阪府スマートシティ戦略部との関係構築を推進し、大阪広域データ連携基盤とPLR基盤の連携基本仕様を策定した。また、熱中症予知研究に関し、(株)キリンHDとの共同研究を前提としたMOUの締結を行い、京都橘大学での深部体温計測の実験に際して実施アドバイスと飲料水の提供を頂いた。

データ取引基盤システムPLRの運用に際しては、開発ベンダーであるNECとの技術交渉窓口を担当し、品質管理体制の構築によりシステムの安定運用のための改善を推進した。さらに運用効率向上のため外部ツールの仕様設計を行い、外部業者による開発を実施した。また、システムの運用チームを主導して実運用手順を整備し、各拠点プロジェクトおよび被験者パネル実験におけるPLR情報口座の開設業務をデータビリティコンソーシアムと連携して推進した。2022年11月からMYPLR運用を開始し、年度内に420口座の開設を行った。

コンソーシアムと連携したデータ取引の実現に向けた活動としては、会員企業との関係構築を推進し、計15社との打合せを実施、データ取引に対する期待や要望などの情報収集とその実現に向けた各種活動を実施した。

ライフデザイン・イノベーション研究拠点 特任研究員（非常勤） 竹谷 誠

【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、支援終了後も自律的にイノベーションの創出に向けた事業を継続できる基盤を整備する為に、一般社団法人データリテイクンソーシアムとも連携しながら産業界との密な関係を構築することである。本年度も昨年度までに引き続き本支援事業の研究で収集したデータを購入し、商業二次利用する企業を誘致するための取り組みを進めた。

【活動成果】

● 産業界との関係構築に関する業務

2020年4月の着任直後から積極的に産業界との関係構築を試み、現在までに7社が新たにコンソーシアム賛助法人会員となった。

中でも日本総合研究所から提案されたスポーツワーケーション構想については、昨年度に実施した実証実験に引き続き、今年度はその報告会を4月に、また5月には2021年度の基本方針を決める為の第10回部会を開催した。

Covid-19の影響で実証実験の計画は度々延期せざるを得なかったが、その間ほぼ毎月のように打ち合わせや小規模の予備実験を重ね、最後に3月に行った実証実験に於いては、適度な運動負荷により脳波（α波）が優位に増大していることを見出した。

また博報堂からは「生誕1000日見守り研究」に関心を持つ企業として昨年度紹介頂いた日本保育との実証実験を行った他、ユニファ株式会社および株式会社ベネッセの紹介を頂き、本プロジェクトとの連携可能性について議論を行った。

第 10 部

外部資金獲得状況

- [1] 2017-2021 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 S, “多元コンピューショナル光計測による手術支援”, (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] 2018-2021 年度, 科学研究費助成金 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”, (代表) 藤岡穰 (分担) 長原一, 中島悠太, 大石岳史 他
- [4] 2019-2022 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 B, “オーストラリアの世論形成の歴史的解明: 自然言語処理による 公開集会データの分析”, (代表) 藤岡隆男, (分担) チョ シンキ, 長原一, 梶原 智之, 中村 武司
- [5] 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
- [6] 2020-2022 年度, 厚生労働科学研究費, “『AI の眼』による医療安全確保に関する研究”, (代表) 大鹿哲郎, (分担) 長原一, 中島悠太 他
- [7] 2017-2022 年度, JST CREST 「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」, “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
- [8] 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
- [9] 新学術領域シンギュラリティ生物学, 総括班, 研究協力者
- [10] 2018-2023, 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] 2018-2022 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”, 「実証フィールド整備プロジェクト」プロジェクトリーダー, 「情報システム基盤プロジェクト」分担者.
- [12] 2018-2021 年度, 科学研究費補助金 基盤研究 B, “知識ベースを活用した視覚情報に関する質疑応答システムの実現”, (代表) 中島悠太 (分担) Jin-dong Kim
- [13] 2018-2021 年度, 科学研究費補助金 基盤研究 B, “修復と観測の融合に基づく隠消現実感の高度化”, (代表) 河合紀彦 (分担) 中島悠太 他
- [14] 2019-2021 年度, 科学研究費補助金 基盤研究 C, “循環器検診における眼底細動脈硬化所見自動判定システム開発と予測能評価”, (代表) 川崎良 (分担) 中島悠太 他
- [15] 2017-2021 年度, 卓越研究員事業, “能動的センシングに基づくヒトの内部状態推定”, (代表) 武村紀子

- [16] 2021年度, AMED 橋渡し研究戦略的推進プログラム, シーズ A, “深層学習モデルを用いた歩行機能診断と疾患検出ツールの開発”, (代表) 武村紀子, (分担) 森口悠, 長原一, 多田智
- [17] 2021年度, 富士通研究所 共同研究, “行動持続性を向上させる行動予測に基づくインタラクションの研究”, (代表) 武村紀子
- [18] 2019-2022年度, 科学研究費助成金 挑戦的研究(萌芽), “マンガ教材学習過程の生体情報解析に基づく個別適応型学習システムの構築”(代表) 白井詩沙香, (分担) 武村紀子
- [19] 2021年度, UCL-Osaka University Strategic Partner Funds, “Development of a Conceptual Framework to Facilitate Collaborative Learning in Hybrid Education Settings Using Multimodal Analytics”, (代表) 武村紀子
- [20] 2021年度, START プロジェクト推進型 SBIR フェーズ1 支援, “人工知能歩行識別モデルによる身体機能低下およびロコモティブシンドロームのスクリーニング診断”, (代表) 多田智, (分担) 武村紀子
- [21] 2021-2023年度, 科学研究費助成金 基盤研究(A), “非線形ラマン散乱顕微内視鏡の開発と無染色その場診断への応用”, (代表) 橋本守
- [22] 2020-2022年度, 科学研究費助成金 基盤研究(B), “第2近赤外窓領域を用いた生体深部超解像イメージング技術の開発と再生医療への応用”, (代表) 新岡 宏彦
- [23] 2019-2021年度, 科学研究費助成金 挑戦的研究(萌芽), “第3生体窓の光で誘起する非線形光学効果を用いた深部高空間分解能光音響イメージング”, (代表) 山中 真仁
- [24] 2019-2021年度, 国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED) 循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業, “光干渉断層イメージングのAI解析に基づく急性心筋梗塞発症予測法の開発”, (代表) 上村 史郎
- [25] 2017-2022年度, 国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED) 再生医療実現拠点ネットワークプログラム(疾患特異的iPS細胞の利活用促進・難病研究加速プログラム), “難治性心筋症疾患特異的iPS細胞を用いた集学的創薬スクリーニングシステムの開発と実践”, (代表) 宮川 繁
- [26] 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 プロジェクト企画調査「ポリジェニック・スコアの社会受容性に関する企画調査」(代表: 山本奈津子、R3)
- [27] 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-R4)(研究分担者: 山本奈津子)
- [28] 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
- [29] FY2020-2021, 科学研究費助成金 若手研究, “Understanding Concrete and Abstract Representations in Art”, (代表) Noa Garcia.
- [30] FY2022-2025, 科学研究費助成金 基盤研究(C), “Societal biases in vision and language applications”, (代表) Noa Garcia.
- [31] FY2020-2021, 科学研究費助成金 研究活動スタート支援, Removing the Burden of Data Labeling: Automatic Surgical Video Understanding with Unsupervised Learning, (代表) Liangzhi Li.
- [32] FY2021-2022, 科学研究費助成金 若手研究, Explainable Artificial Intelligence for Medical Applications, (代表) Liangzhi Li.
- [33] R2-4年度, 科学研究費助成金 基盤C, “パターン認識技術を応用したインプラント体判別システムの開発”, (代表) 若林一道(分担) 中野 環, 中村 隆志, (協力者) 長原 一
- [34] 2020-2025年度, (独) 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST, “集積スピンサイバーフィジカルシステムの構築”, (代表) 千葉大地(主たる共同研究者) 野村光

- [35] 2020-2022 年度, (独) 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) 産学共同 (育成型), “ゲージ率 1000 を超える超高感度フィルム型ひずみゲージの開発” (代表) 千葉大地
- [36] 2019-2021 年度, 科学研究費助成事業 基盤研究 A, “フレキシブルスピンドバイスをを用いた完全無電力 IoT レジスタ・論理演算素子の創製”, (代表) 千葉大地 (分担) 野村光
- [37] 2020-2022 年度, 科学研究費助成事業 基盤研究 A, “ビッグデータからの材料特性の高速モデル学習と最適化”, (代表) 櫻井保志 (分担) 千葉大地
- [38] 2021-2022 年度, 科学研究費助成事業 挑戦的研究 (萌芽), “ストレッチャブルスピンドバイス実現を目指した超瞬間熱処理プロセス構築への挑戦”, (代表) 千葉大地
- [39] 2020-2022, 科学研究費助成金 基盤研究 (A), 「脳疾患の解明と創薬へ向けた疾患モデル脳のマルチスケールデータ解析」, 20H00492, (代表) 橋本均
- [40] 2018-2022 科学研究費助成金 新学術領域研究 (研究領域提案型), 「組織全細胞イメージング法を用いた精神疾患発症起点となるシグナリティ細胞の探索」, 18H05416, (代表) 橋本均
- [41] 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」, (代表) 橋本均
- [42] 2018-2021 年度, 日本医療研究開発機構 革新的先端研究開発支援事業 (PRIME), “4D マルチスケールイメージング研究で解き明かす生体組織修復機構とその破綻”, (代表) 菊田順一
- [43] 2019-2021 年度, 科研費基盤研究 (B), “細胞動画像とオミクスデータの統合的情報解析技術の開発”, (代表) 瀬尾茂人
- [44] 2020-2022 年度, 科研費基盤研究 (C), 骨代謝に関わる細胞機能をイメージングする蛍光プローブの開発, (代表) 蓑島維文
- [45] 2020-2022 年度, 科研費基盤研究 (B), 蛍光制御技術が解き明かす代謝関連タンパク質の動態応答メカニズム, (代表) 堀雄一郎
- [46] 2021 - 2022 年度, 科研費挑戦的研究 (萌芽), 生体イメージングによるヒト免疫細胞の動態評価系の確立, (代表) 菊田順一
- [47] 2021 - 2022 年度, 新学術領域研究, 蛍光プローブを活用した発動分子の動態・機能イメージング解析, (代表) 蓑島維文
- [48] 2021 - 2023 年度, 学術変革領域研究 (B), 化学プローブで「みる」タンパク質膜動態の糖鎖制御, (代表) 堀雄一郎
- [49] 2021 - 2023 年度, 科研費挑戦的研究 (萌芽), 小胞体ストレスを可視化する Semisynthetic プローブの開発研究 代表者, (代表) 堀雄一郎
- [50] 2021 - 2023 年度, 科研費基盤研究 (B), 骨・関節破壊の病態生理の解明と新規治療法の開発, (代表) 菊田順一
- [51] 2021-2023 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “がん生育に有利に働く低頻度遺伝子変異の効率的同定戦略”, (代表) 樋野展正
- [52] 2021-2022 年度, 公益財団法人 笹野社 特別研究助成 科学研究費助成金 “がんゲノム変異により異常をきたすタンパク質間相互作用の効率的同定と新規創薬標的の探索”, (代表) 樋野展正
- [53] 2019-2021 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 A, “リピート配列を特異的に化学修飾するリピート結合分子の創成”, (代表) 中谷和彦
- [54] 2019-2021 年度, 科学研究費助成金 挑戦的萌芽研究, “核酸-低分子複合体形成過程同定への計算科学的挑戦”, (代表) 中谷和彦
- [55] 2019-2021 年度, 科学研究費助成金 基盤研究 C, “異常伸長したリピートヘアピン上で自発的にオリゴマー化する低分子の開発”, (代表) 山田剛史
- [56] 2021 年度, 文部科学省 文部科学省補助事業 「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ (牽引型)」, “機械学習を用いた物理学実験用機器制御技術の開発”, (代表) 岩崎 昌子 (共同研究者) 深澤 優子, 住浜 水季, 谷口 七重.

- [57] 2021年度 大阪大学サイバーメディアセンター 公募型利用制度, “素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, (代表) 岩崎 昌子
- [58] 2021年度 学際大規模情報基盤共同利用 (JHPCN) 萌芽型共同研究, “素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, (代表) 岩崎 昌子
- [59] 2020年度-, JST 未来社会創造事業, “分子・細胞分析のための高感度ラマン分光技術の開発”, (代表) 藤田 克昌 他
- [60] 2020-2021年度, 科学研究費助成金 若手研究, “電気化学的手法によるキラルヘテロヘリセンの簡便合成”, (代表) 佐古真
- [61] 2020-2025年度, JST CREST, “電気・光・磁場で誘導する革新的分子変換法の創成”, (代表) 垣内 史敏 (分担) 笹井 宏明 他
- [62] 2021-2025年度, 科学研究費助成金 学術変革領域研究 (A), “フロー・電解ドミノ反応開発を加速する機械学習の実装と応用”, (代表) 滝澤忍

第 11 部

研究業績

(1) 雑誌論文

- [1] Trung Thanh Ngo, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, "Surface Normals and Light Directions from Shading and Polarization", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, April, 2021.
- [2] Ryosuke Kawamura, Shizuka Shirai, Noriko Takemura, Mehrasa Alizadeh, Mutlu Cukurova, Haruo Takemura, Hajime Nagahara, "Detecting Drowsy Learners at the Wheel of e-Learning Platforms with Multimodal Learning Analytics", IEEE Access, Aug., 2021.
- [3] Daiki Ishimaru, Hiroyoshi Adachi, Hajime Nagahara, Shizuka Shirai, Haruo Takemura, Noriko Takemura, Alizadeh Mehrasa, Teruo Higashino, Yasushi Yagi, Manabu Ikeda, "Characteristics of adaptation in undergraduate university students suddenly exposed to fully online education during the COVID-19 pandemic", Frontiers in Psychiatry, section Public Mental Health, Sep., 2021.
- [4] Masahiro Yanagawa, Hirohiko Niioka, Masahiko Kusumoto, Kazuo Awai, Mitsuko Tsubamoto, Yukihiisa Satoh, Tomo Miyata, Yuriko Yoshida, Noriko Kikuchi, Akinori Hata, Shohei Yamasaki, Shoji Kido, Hajime Nagahara, Jun Miyake, Noriyuki Tomiyama, "Diagnostic performance for pulmonary adenocarcinoma on CT: comparison of radiologists with and without three-dimensional convolutional neural network", European Radiology, Vol. 31, No. 4, pp. 1978-1986, Oct., 2021.
- [5] Yuujin Shimizu, Chihiro Tanikawa, Tomoyuki Kajiwara, Hajime Nagahara, Takashi Yamashiro, "The validation of orthodontic artificial intelligence systems that perform orthodontic diagnoses and treatment planning", European Journal of Orthodontics, Jan., 2022.
- [6] Keiichiro Kagawa, Masaya Horio, Anh Ngoc Pham, Thoriq Ibrahim, Shin-ichiro Okihara, Tatsuki Furuhashi, Taishi Takasawa, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito and Hajime Nagahara, "A Dual-Mode 303-Megaframes-per-Second Charge-Domain Time-Compressive Computational CMOS Image Sensor", Sensors, Vol. 22, No. 5, Issue 1953, Mar., 2022.
- [7] Masaya Horio, Yu Feng, Tomoya Kokado, Taishi Takasawa, Keita Yasutomi, Shoji Kawahito, Takashi Komuro, Hajime Nagahara, Keiichiro Kagawa, "Resolving multi-path interference in compressive time-of-flight depth imaging with a multi-tap macro-pixel computational CMOS image sensor", Sensors, Vol. 22, No. 7, issue 2442, Mar., 2022.
- [8] 岸本充生, 科学と政策の間のギャップの可視化と橋渡し —リスク学の知見の貢献. 研究 技術 計画 36(2) pp.116-127, 2021.

- [9] 岸本充生, 新興技術の“レスポンシブルな”社会実装のために. 日本機械学会誌 124(1229) pp.24-29, 2021.
- [10] 岸本充生, 技術と社会の間のギャップを埋めるための倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) 研究. JATAFF ジャーナル 9(8) pp.6-11, 2021.
- [11] 岸本充生, 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) という考え方——なぜ今, 企業活動において注目されているのか. ビジネス法務 21(7) pp.35-37, 2021.
- [12] 岸本充生, パーソナルデータ取引の倫理的・法的・社会的課題 (上) . 法律時報 93(5) pp.106-112, 2021.
- [13] Zhenzhong Kuang, Longbin Teng, Xingchi He, Jiajun Ding, Yuta Nakashima, and Noboru Babaguchi, “Anonymous identity sampling and reusable synthesis for sensitive face camouflage,” *Journal of Electronic Imaging*, vol. 31, no. 2, 023011-1–023011-18, Mar. 2022.
- [14] Sudhakar Kumawat, Manisha Verma, Yuta Nakashima, and Shanmuganathan Raman, “Depthwise spatio-temporal STFT convolutional neural networks for human action recognition,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12 pages, 2022 (to appear, IF: 16.4).
- [15] Chenhui Chu, Vinicius Oliveira, Felix Giovanni Virgo, Mayu Otani, Noa Garcia, and Yuta Nakashima, “The semantic typology of visually grounded paraphrases,” *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 215, 10 pages, Dec. 2021.
- [16] Zekun Yang, Noa Garcia, Chenhui Chu, Mayu Otani, Yuta Nakashima, and Haruo Takemura, “A comparative study of language transformers for video question answering,” *Neurocomputing*, vol. 445, pp. 121–133, Jul. 2021.
- [17] Chi Xu, Atsuya Sakata, Yasushi Makihara, Noriko Takemura, Daigo Muramatsu, Yasushi Yagi, Jianfeng Lu, “Uncertainty-aware Gait-based Age Estimation and Its Applications,” *IEEE Transactions on Biometrics*, 2021.
- [18] Kota Aoki, Hirofumi Nishikawa, Yasushi Makihara, Daigo Muramatsu, Noriko Takemura, Yasushi Yagi, “Physical Fatigue Detection from Gait Cycles via a Multi-task Recurrent Neural Network,” *IEEE ACCESS*, 2021.
- [19] Ruo Chen Liao, Kosuke Moriwaki, Yasushi Makihara, Daigo Muramatsu, Noriko Takemura, Yasushi Yagi, “Health indicator estimation by video-based gait analysis,” *IEICE Transactions on Information and Systems*, 2021.
- [20] Daiki Ishimaru, Hiroyoshi Adachi, Hajime Nagahara, Shizuka Shirai, Haruo Takemura, Noriko Takemura, Alizadeh Mehrasa, Teruo Higashino, Yasushi Yagi, Manabu Ikeda, “Characteristics of adaptation in university students suddenly exposed to fully online education during the COVID-19 pandemic,” *Frontiers in Psychiatry*, 2021.
- [21] 廣川満良, 新岡宏彦, 鈴木彩菜, 安部政俊, 式見彰浩, 長原一, 宮内昭, “AI を用いた甲状腺細胞診支援システム (AI differential diagnosis for cytology of the thyroid:ADDICT) の開発と利用 ” , 日本臨床細胞学会雑誌, accepted. (2022).
- [22] Masaya Nagai, Yuhei Higashitani, Masaaki Ashida, Koichi Kusakabe, Hirohiko Niioka, Azusa Hattori, Hidekazu Tanaka, Goro Isoyama, Norimasa Ozaki “Terahertz-induced martensitic transformation in partially stabilized zirconia ” , *Research Square* (preprint) <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-130295/v1> (2021).
- [23] Jonathan Lawson, Moran N Cabili, Giselle Kerry, Tiffany Boughtwood, Adrian Thorogood, Pinar Alper, Sarion R Bowers, Rebecca R Boyles, Anthony J Brookes, Matthew Brush, Tony Burdett, Hayley Clissold, Stacey Donnelly, Stephanie O M Dyke, Mallory A Freeberg, Melissa A Haendel, Chihiro Hata, Petr Holub, Francis Jeanson, Aina Jene, Minae Kawashima, Shuichi Kawashima, Melissa Konopko, Irene Kyomugisha,

- Haoyuan Li, Mikael Linden, Laura Lyman Rodriguez, Mizuki Morita, Nicola Mulder, Jean Muller, Satoshi Nagaie, Jamal Nasir, Soichi Ogishima, Vivian Ota Wang, Laura D Paglione, Ravi N Pandya, Helen Parkinson, Anthony A Philippakis, Fabian Prasser, Jordi Rambla, Kathy Reinold, Gregory A Rushton, Andrea Saltzman, Gary Saunders, Heidi J Sofia, John D Spalding, Morris A Swertz, Ilia Tulchinsky, Esther J van Enckevort, Susheel Varma, Craig Voisin, Natsuko Yamamoto, Chisato Yamasaki, Lyndon Zass, Jaime M Guidry Auvil, Tommi H Nyrönen, Mélanie Courtot. "The Data Use Ontology to streamline responsible access to human biomedical datasets", *Cell genomics* 1(2) 100028, 2021
- [24] 山本奈津子, 「ゲノム医療の始動とゲノムデータ利用の倫理的課題解決への取組み」 *ジュリスト*, 1559, 19-24, 2021年
- [25] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, Yasushi Yagi, "Noisy-LSTM: Improving Temporal Awareness for Video Semantic Segmentation", in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 46810-46820, 2021.
- [26] H. Matsumoto, S. Ota, T. Koyama, and D. Chiba, "Control of magnetic anisotropy in a Co thin film on a flexible substrate by applying biaxial tensile strain", *Appl. Phys. Lett.* 118, 022406(1)-(5), 2021.
- [27] S. Ota, P. V. Thach, H. Awano, A. Ando, K. Toyoki, Y. Kotani, T. Nakamura, T. Koyama, and D. Chiba, "Strain-induced modulation of temperature characteristics in ferrimagnetic Tb - Fe films", *Scientific Rep.* 11, 6237(1)-(7), 2021.
- [28] 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. Claustrium mediates bidirectional and reversible control of stress-induced anxiety responses. *Sci Adv*, 8(11):eabi6375, 2022
- [29] Konishi Y, Okunishi A, Sugihara F, Nakamura T, Akazawa K, Minoshima M, Kikuchi K. "Development of Off-On Switching 19F MRI Probes for Cathepsin K Activity Detection" . *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 94, 1690-1694 (2021)
- [30] Nishikawa K, Seno S, Yoshihara T, Narazaki A, Sugiura Y, Shimizu R, Kikuta J, Sakaguchi R, Suzuki N, et al. "Osteoclasts adapt to physioxia perturbation through DNA demethylation" , *EMBO reports*. E53035 (2021)
- [31] Reja SI, Hori Y, Kamikawa T, Yamasaki K, Nishiura M, Bull SD, Kikuchi K. "An "OFF-ON-OFF" fluorescence protein-labeling probe for real-time visualization of the degradation of short-lived proteins in cellular systems". *Chem. Sci.*, 11;13(5):1419-1427. (2022)
- [32] Uenaka M, Yamashita E, Kikuta J, Morimoto A, Ao T, Mizuno H, Furuya M, Hasegawa T, Tsukazaki H, Sudo T, et al. "Osteoblast-derived vesicles induce a switch from bone-formation to bone-resorption in vivo". *Nat. comm.*, 13(1):1-13. (2022)
- [33] Nishino, K., Yamasaki, S., Nakashima R., Zwama, M., and Hayashi-Nishino, M. "Function and inhibitory mechanisms of multidrug efflux pumps", *Front Microbiol*, 2021.
- [34] Hayashi-Nishino, M., Aoki, K., Kishimoto, A., Takeuchi, Y., Fukushima, A., Uchida, K., Echigo, T., Yagi, Y., Hirose, M., Iwasaki, K., Shin'ya, E., Washio, T., Furusawa, C., and Nishino, K. "Identification of bacterial drug-resistant cells by the convolutional neural network in transmission electron microscope images", *Front Microbiol*, 2022.
- [35] Maeda, J., Tanikawa, C.*, Nagata, N., Lim, J., Kreiborg, S., Murakami, S., and Yamashiro, T. "Comparison of 3-D mandibular surfaces generated by MRI and CT.", *Orthod Craniofac Res*, online ahead of print.
- [36] Tanikawa, C.*, and Yamashiro, T. "Development of novel artificial intelligence systems to predict facial

- morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients.”, *Sci Rep* 11, 15853, 2021.
- [37] Tanikawa, C.*, Lee, C., Lim, J., Oka, A., and Yamashiro, T. “Clinical applicability of automated cephalometric landmark identification: Part I-Patient-related identification errors.”, *Orthod Craniofac Res* 24 Suppl 2, 43-52, 2021.
- [38] Tanikawa, C.*, Oka, A., Lim, J., Lee, C., and Yamashiro, T. “Clinical applicability of automated cephalometric landmark identification: Part II-Number of images needed to re-learn various quality of images.”, *Orthod Craniofac Res* 24 Suppl 2, 53-58, 2021.
- [39] Kondo, M.; Sugizaki, A.; Khalid, Md. I.; Wathsala, H. D. P.; Ishikawa, K.; Hara, S.; Takaai, T.; Washio, T.; Takizawa, S.; Sasai, H., “Energy-, Time-, and Labor-saving Synthesis of α -Ketiminophosphonates: Machine-learning-assisted Simultaneous Multiparameter Screening for Electrochemical Oxidation”, *Green Chem.*, 2021.
- [40] 藤岡穰, “永観堂禅林寺本尊「みかえり阿弥陀」瞥見”, *國華*, vol. 1511, pp. 31-42, 2021.
- [41] 藤岡穰, “四天王寺金堂本尊の姿をもとめて-史料と模刻像の再検討-”, 和宗総本山四天王寺編・石川知彦監『聖徳太子と四天王寺』法蔵館, pp. 49-52, 2021.

(2) 学会発表

- [1] Juan Manuel Franco Sanchez, Yuki Shimamoto, Joel Cervantes, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, Yoshio Hayasaki, "Integrated optical imaging system composed of optical time-of-flight and optical coherence tomography", Biomedical Imaging and Sensing Conference, Apr., 2021.
- [2] Cheikh Brahim El Vaig, Noa Garcia, Benjamin Renoust, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, "GCNBoost: Artwork Classification by Label Propagation through a Knowledge Graph", International Conference on Multimedia Retrieval ICMR2021 May 2021
- [3] Tomoyuki Kajiwara, Chenhui Chu, Noriko Takemura, Yuta Nakashima and Hajime Nagahara, "WRIME: A New Dataset for Emotional Intensity Estimation with Subjective and Objective Annotations", Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics, June, 2021.
- [4] Bowen Wang, Liangzhi Li, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, "MTUNet: Few-shot Image Classification with Visual Explanations", CVPR workshop Responsible Computer Vision, June, 2021.
- [5] Tomoki Minamata, Shoma Ishida, Hiroki Hamasaki, Hiroshi Kawasaki, Hajime Nagahara, Satoshi Ono, "Information Hiding Using a Coded Aperture as a Key", International Conference on Machine Vision Applications, July, 2021.
- [6] Su Wai Tun, Takashi Komuro and Hajime Nagahara, "3D Registration of Deformable Objects Using a Time-of-Flight Camera", International Symposium on Visual Computing, Oct., 2021.
- [7] A. Hisano, M. Iwasaki, I. Satake, M. Satoh, H. Nagahara, N. Takemura, Y. Nakashima, and T. Nakano, "R&D of the KEK Linac Accelerator Tuning using Machine Learning", International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Oct., 2021.
- [8] Yiming Qian, Cheikh Brahim El Vaigh, Yuta Nakashima, Benjamin Renoust, Hajime Nagahara, Yutaka Fujioka, "Built Year Prediction from Buddha Face with Heterogeneous Labels", Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia Heritage Contents, Oct., 2021.
- [9] Juan Manuel Franco Sanchez, Joel Cervantes Lozano, Keiichiro Kagawa, Hajime Nagahara, Yoshio Hayasaki, "Optical time-of-flight with autofocus using a variable focal lens", SPIE/COS Photonics Asia, Oct 2021.
- [10] Liangzhi Li, Bowen Wang, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, Hajime Nagahara, "SCOUTER: Slot attention-based classifier for explainable image recognition", International Conference on Computer Vision, Oct., 2021.
- [11] Hajime Nagahara, "Deep sensing", International workshop of display, Dec., 2021.
- [12] 諸岡健一, 宮内翔子, 谷川千尋, 谷村百和子, 長原一, 山城隆, "深層学習による3次元口腔内模型データを用いた咬合異常診断支援", メディカルAI学会学術集会, June, 2021.
- [13] 廣川 満良, 新岡 宏彦, 鈴木 彩菜, 安部 政俊, 式見 彰浩, 長原 一, 宮内 昭, "AIを用いた甲状腺細胞診支援システム AI differential diagnosis for cytology of the thyroid (ADDICT) の開発に向けて", 第62回日本臨床細胞学会総会(春期大会), June, 2021.
- [14] 宮崎 袈, 渡邊 晃平, 吉田 道隆, 安富 啓太, 川人 祥二, 長原 一, 香川 景一郎, "XY画素アドレスを用いた圧縮ビデオイメージセンサ", 映像メディア学会情報センシング研究会, June, 2021.
- [15] 水野良哉, 高橋桂太, 坂井康平, 都竹千尋, 藤井俊彰, 吉田道隆, 長原一, "動的光線空間のシングルショット撮影", 画像の認識・理解シンポジウム, No. L1-2, July, 2021.
- [16] 水俣友希, 石田祥馬, 濱崎弘樹, 川崎洋, 長原一, 小野智司, "符号化開口を鍵とする情報秘匿方式の改良 画像の認識・理解シンポジウム, No. S4-5, July, 2021.

- [17] 立石航平, 都竹千尋, 高橋桂太, 藤井俊彰, 長原一, ”符号化開口法と符号化露光法を用いた 2 段階圧縮センシングによる光線空間の取得”, 画像の認識・理解シンポジウム, No. I11-07, July, 2021.
- [18] 福井嵐士, 武村紀子, 白井詩沙香, Mehrasa Alizadeh, 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, No. I22-26, July, 2021.
- [19] Tianwei Chen, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, ”Exploring Knowledge Transferability between Vision-and-Language Tasks”, 画像の認識・理解シンポジウム, No. I21-03, July, 2021.
- [20] Hugo Lemarchant, Yiming Qian, Benjamin Renoust, Yuta Nakashima, Hajime Nagahara, Yutaka Fujioka, ”Landmark detection for Buddha faces across few large pose views”, No. I11-02, July, 2021.
- [21] 久野彰浩, 岩崎昌子, 佐藤政則, 佐武いつか, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志, ”機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整の開発: 加速器シミュレータの基礎開発”, 日本物理学会 2021 年秋季大会, Sep., 2021.
- [22] 鈴木結理佳, 高田智郁, 神代竜一, 池田哲夫, 長原一, 西館泉, ”硬性内視鏡イメージングシステムを用いた腹腔内臓器のバイアビリティ診断のための基礎検討”, Optics & Photonics Japan, Oct., 2021.
- [23] 村松歩, 山本祐輔, 原地絢斗, 長原一, 水野 (松本) 由子, 下條真司, ”疲労時におけるスマートフォン利用時の脳波の相互相関解析”, 日本臨床神経生理学会学術大会, Vol. 49, No. 5, p.394, Dec., 2021.
- [24] 原地絢斗, 山本祐輔, 村松歩, 長原一, 水野 (松本) 由子, 下條真司, ”RNN と MLP を使用した脈波解析による精神状態判別手法の開発”, 日本臨床神経生理学会学術大会, Vol. 49, No. 5, p. 429, Dec., 2021.
- [25] 山本祐輔, 村松歩, 原地絢斗, 長原一, 武村紀子, 水野 (松本) 由子, 下條真司, ”脳波と心電図を用いたリカレントニューラルネットワークによる快・不快情動の判別評価 日本臨床神経生理学会学術大会”, Vol. 49, No. 5, p. 429, Dec., 2021.
- [26] 田中 さや, 村松 歩, 山本 祐輔, 原地 絢斗, 長原 一, 武村 紀子, 中島 悠太, 水野 (松本) 由子, 下條 真司, ”情動視聴覚刺激後の脳波における回帰分析を用いた時系列変化”, 日本臨床神経生理学会学術大会, Vol. 49, No. 5, p. 329, Dec., 2021.
- [27] 堀尾 将也, ファム ゴック アン, トーリック イブラヒム, 沖原 伸一郎, 古橋 樹, 高澤 大志, 安富 啓太, 川人 祥二, 長原 一, 香川 景一郎, ”303MHz マルチタップ・マクロ画素コンピュテーショナルイメージセンサとプラズマ発光現象の時間分解撮像”, レーザー学会中部支部 2021 年度若手研究者研究発表会, Dec., 2021.
- [28] ファム ゴック アン, 堀尾 将也, トーリック イブラヒム, 安富 啓太, 川人 祥二, 長原 一, 香川 景一郎, ”マルチタップ・マクロ画素時間圧縮型 CMOS イメージセンサを用いたパルス光のトランジェントイメージングとマルチパス分離”, レーザー学会中部支部 2021 年度若手研究者研究発表会, Dec., 2021.
- [29] 加藤睦代, 岩崎昌子, 長原 一, 末原大幹, 山田 悟, 中島悠太, 武村紀子, 中野貴志, ”機械学習を用いたスパースサンプリングによるデータ処理技術の基礎開発, 日本物理学会年次大会, March, 2022.
- [30] 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, March, 2022.
- [31] 岸本充生, 学習データとしてのインターネットコンテンツ利用の研究倫理～顔認識技術を巡る 2019～2021 年, 応用哲学会第十三回年次研究大会 2021 年 5 月 23 日, オンライン.
- [32] 岸本充生, 企業活動に ELSI 対応を統合する - 人社系産学連携の実践, 電子情報通信学会技術と社会・倫理研究会 (SITE) シンポジウム 2021 年 11 月 12 日, オンライン.
- [33] 岸本充生, バイオメトリクス利用の 倫理的・法的・社会的課題 (ELSI), SBRA2021 (第 11 回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム) 2021 年 11 月 30 日, オンライン.
- [34] Shogo Matsui, Yasuhiro Watashiba, Susumu Date, Jason Liu, Kaname Harumoto, Shinji Shimojo, ”Architecture of Job Scheduling Simulator for Demand Response Based Resource Provisioning,” Proceedings of International Symposium on Grids & Clouds 2021 — PoS(ISGC2021), Oct. 2021.

-
- [35] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Gender and racial bias in visual question answering datasets,” in Proc. ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT), Jun. 2022 (accepted, 採択率: 25.1%).
- [36] Yusuke Hirota, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Quantifying societal bias amplification in image captioning,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 10 pages, Jun. 2022, (accepted, 採択率: 25.3%).
- [37] Mayu Otani, Riku Togashi, Yuta Nakashima, Esa Rahtu, Janne Heikkilä, and Shin’ichi Satoh, “Optimal correction cost for object detection evaluation,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 9 pages, Jun. 2022, (accepted, 採択率: 25%).
- [38] Riku Togashi, Mayu Otani, Yuta Nakashima, Janne Heikkilä Esa Rahtu, and Tetsuya Sakai, “AxIoU: An axiomatically justified measure for video moment retrieval,” in Proc. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 10 pages, Jun. 2022, (accepted, 採択率: 25.3%).
- [39] Hitoshi Teshima, Naoki Wake, Diego Thomas, Yuta Nakashima, David Baumert, Hiroshi Kawasaki, and Katsushi Ikeuchi, “Integration of gesture generation system using gesture library with DIY robot design kit,” in Proc. IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp. 361–366, Jan. 2022.
- [40] Tianran Wu, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, and Haruo Takemura, “Transferring domain-agnostic knowledge in video question answering,” in Proc. British Machine Vision Conference (BMVC), 13 pages, Nov. 2021.
- [41] Bowen Wang, Liangzhi Li, Yuta Nakashima, Takehiro Yamamoto, Hiroaki Ohshima, Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, and Noriko Kando, “Image retrieval by hierarchy-aware deep hashing based on multitask learning,” in Proc. ACM International Conference on Multimedia Retrieval (ICMR), pp. 486–490, Nov. 2021.
- [42] Liangzhi Li, Bowen Wang, Manisha Verma, Yuta Nakashima, Ryo Kawasaki, and Hajime Nagahara, “SCOUTER: Slot attention-based classifier for explainable image recognition,” in Proc. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 5422–5432, Nov. 2021, (採択率: 26%).
- [43] Zechen Bai, Yuta Nakashima, and Noa Garcia, “Explain me the painting: Multi-topic knowledgeable art description generation,” in Proc. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 5422–5432, Oct. 2021, (採択率: 26%).
- [44] Yusuke Hirota, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, Yuta Nakashima, Ittetsu Taniguchi, and Takao Onoye, “Visual question answering with textual representations for images,” in Proc. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW), pp. 3154–3157, Oct. 2021.
- [45] Yoshiyuki Shoji, Kenro Aihara, Noriko Kando, Yuta Nakashima, Hiroaki Ohshima, Shio Takidaira, Masaki Ueta, Takehiro Yamamoto, and Yusuke Yamamoto, “Museum experience into a souvenir: Generating memorable postcards from guide device behavior log,” in Proc. ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL), pp. 120–129, Sep. 2021.
- [46] Akihiko Sayo, Diego Thomas, Hiroshi Kawasaki, Yuta Nakashima, and Katsushi Ikeuchi, “PoseRN: A 2D pose refinement network for bias-free multi-view 3D human pose estimation,” in Proc. International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 3233–3237, Sep. 2021.
- [47] Manisha Verma, Yuta Nakashima, Hirokazu Kobori, Ryota Takaoka, Noriko Takemura, Tsukasa Kimura, Hajime Nagahara, Masayuki Numao, and Kazumitsu Shinohara, “Learners’ efficiency prediction using facial behavior analysis,” in Proc. International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 1084–1088, Sep. 2021.
- [48] Jules Samaran, Noa Garcia, Mayu Otani, Chenhui Chu, and Yuta Nakashima, “Attending selfattention: A case study of visually grounded supervision in vision-and-language transformers,” in Proc. Annual Meeting

- of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing: Student Research Workshop, pp. 81–86, Aug. 2021.
- [49] Shizuka Shirai, Masumi Hori, Masako Furukawa, Mehrasa Alizadeh, Noriko Takemura, Haruo Takemura and Hajime Nagahara, “Design of Open-Source Video Viewing Behavior Analysis System,” Learning Analytics and Knowledge Conference, 2022
- [50] Akihiro Hisano, Masako Iwasaki, Itsuka Satake, Masanori Sato, Hajime Nagahara, Yuta Nakashima, Noriko Takemura, Takashi Nakano, “R&D of the KEK Linac Accelerator Tuning using Machine Learning,” International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, 2021
- [51] Manisha Verma, Yuta Nakashima, Hirokazu Kobori, Ryota Takaoka, Noriko Takemura, Tsukasa Kimura, Hajime Nagahara, Masayuki Numao, Kazumitsu Shinohara, “Learners’ efficiency prediction using facial behavior analysis,” IEEE International Conference on Image Processing, 2021
- [52] 山本祐輔, 田中さや, 原地絢斗, 村松歩, 長原一, 武村紀子, 水野(松本)由子, 下條真司, “リカレントニューラルネットワークを用いた不安状態判別評価”, 第 17 回日本感性工学会春季大会, 2022
- [53] 尾上友紀, 川越清以, 久原真美, 末原大幹, 津村周作, 吉岡瑞樹, 長原一, 中島悠太, 武村紀子, “深層学習を用いた国際リニアコライダーにおけるフレーバー識別アルゴリズムの開発”, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022
- [54] 坂本賢哉, 白井詩沙香, 武村紀子, Orlosky Jason, 長瀧寛之, 上田真由美, 浦西友樹, 竹村治雄, “視線情報に基づく VR 空間でのマンガ教材読書時の主観的難易度推定”, 第 64 回複合現実感研究会 (SIG-MR), 2021
- [55] 久野彰浩, 岩崎昌子, 佐藤政則, 佐武いつか, 中島悠太, 武村紀子, 長原一, 中野貴志, “機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整システムの開発”, 第 18 回日本加速器学会年会, 2021
- [56] 岩崎昌子, 久野彰浩, 加藤睦代, 末原大幹, 山田悟, 長原一, 中島悠太, 武村紀子, 中野貴志, “素粒子物理学実験への機械学習の適用研究”, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (JHPCN) 第 13 回シンポジウム, 2021
- [57] 横田 純己, 榊田 浩禎, 白川 岳, 新岡 宏彦, 佐藤 淳哉, 島村 和男, 長原 一, 宮川 繁 “Fully-automatic segmentation of aortic wall in images of computed tomography using deep-learning” 第 86 回日本循環器学会 (JCS 2022)(2022/3/11-13, 神戸国際会議場、神戸ポートピアホテル、神戸国際展示場)
- [58] Naoki Yamato, Hirohiko Niioka, Jun Miyake, Mamoru Hashimoto, “Near real-time nerve visualization using coherent Raman scattering rigid endoscope and deep learning-based image processing for nerve-sparing surgery”, SPIE Photonics West BiOS2022 (San Francisco, USA, 22-27 January, 2022)
- [59] 新岡 宏彦 “医用画像診断支援のための人工知能プログラム開発/研究” 大阪大学・未来医療センター 異分野融合型研究開発推進支援事業シンポジウム (2022/1/28, 大阪大学・未来医療センター) [Invited]
- [60] 大和 尚記, 新岡 宏彦, 三宅 淳, 橋本 守 “非線形ラマン散乱硬性内視鏡と深層学習による神経イメージング装置の開発” レーザー学会奨励賞受賞記念公演 (2022/1/12-14, オンライン開催) [Invited]
- [61] 大和 尚記, 新岡 宏彦, 三宅淳, 橋本 守 “術中の末梢神経ナビゲーションシステムを目指した非線形ラマン散乱硬性内視鏡と深層学習による末梢神経イメージング” 第 7 回 北大・部局横断シンポジウム (2021/10/1, オンライン開催)
- [62] 新岡 宏彦 “医療におけるディープラーニング” 第 2 回循環器 AI 研究会 - 医療者のためのゼロからわかるディープラーニング- (2021/9/22, オンライン開催) [Invited]
- [63] 永井 正也, 東谷 悠平, 芦田 昌明, 草部 浩一, 新岡 宏彦, 服部 梓, 田中 秀和, 磯山 悟朗, 尾崎 典雅 “正方晶ジルコニアの THz 誘起相変態: 紫外・中赤外光励起での照射効果 (THz-induced martensite transformation of tetragonal zirconia: irradiation effect by ultraviolet / mid-infrared excitation)” 日本物理学会 2021 年秋季大会 (2021/9/20-23, オンライン開催)
- [64] 久米 輝善, 新岡 宏彦, 久保 隆史, 添田 恒有, 渡邊 真言, 山田 亮太郎, 坂田 泰史, 宮本 恵宏, 三宅 淳, 赤阪 隆史, 齋藤 能彦, 上村 史朗 “冠動脈光干渉断層イメージングの AI 深層学習によるプラーク診断と冠動脈イベント

- 予測” 第 69 回日本心臓病学会学術集会 (2021/9/17-18, 米子コンベンションセンター BIGSHIP, 米子市文化ホール、鳥取大学)
- [65] H. Niioka “Improvement of Optical Biomedical Imaging Performance with Deep Learning” INDO-JAPAN SAKURA SCIENCE CAFE (SUNRISE in CLOUDS) (2021/8/23-27, Online) [Invited]
- [66] 大和尚記、松谷 真奈、新岡 宏彦、三宅 淳、橋本 守 “非線形ラマン散乱硬性内視鏡と深層学習による実時間神経イメージング (Real-time nerve imaging using coherent Raman scattering rigid endoscope and deep learning)” 第 60 回日本生体医工学会大会 (2021/6/15-17, 京都大学百周年時計台記念館)
- [67] 新岡 宏彦 “学生 AI サークルと医療 AI 人材育成” 第 3 回日本メディカル AI 学会学術集会 (2021/6/11, オンライン) [Invited]
- [68] 山本奈津子, 第 10 回生命医薬情報学連合大会 (IIBMP2021) 日本バイオインフォマティクス学会・日本オミックス医学会 合同シンポジウム 「5~7 年後のゲノム社会を考える」 「ゲノムデータはだれのものか？」 2021 年 9 月 28 日 オンライン
- [69] 大橋 範子, 偶発的所見・二次的所見の返却における非医学的対処可能性の検討. 第 33 回日本生命倫理学会年次大会. 2021 年 11 月 27・28 日 (ウェブ開催)
- [70] M. Verma, Y. Nakashima, N. Takemura, H. Nagahara, “Multi-label Disengagement and Behavior Prediction in Online Learning”, in *Artificial Intelligence in Education (AIED)*, 2022.
- [71] S. Yadav, G. Singh, M. Verma, K. Tiwari, H. Pandey, S. A. Akbar, P. Corcoran, “YogaTube: A Video Benchmark for Yoga Action Recognition”, in *IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)*, 2022.
- [72] Nikolaos-Antonios Ypsilantis, Noa Garcia, Guangxing Han, Sarah Ibrahim, Nanne Van Noord, Giorgos Toliatis. Instance-level Recognition for Artworks: The MET Dataset. In: *NeurIPS 2021 Datasets and Benchmarks*.
- [73] Yuta Kayatani, Zekun Yang, Mayu Otani, Noa Garcia, Chenhui Chu, Yuta Nakashima and Haruo Takemura. The Laughing Machine: Predicting Humor in Video. In: *IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, Online, pp. 2073-2082, 2021.
- [74] Sudhakar Kumawat, Gagan Kanojia, and Shanmuganathan Raman, “ShuffleBlock: Shuffle to Regularize Deep Convolutional Neural Networks”, *National Conference on Communications (NCC)*, 2022.
- [75] Kumar Ashutosh, Saurabh Kumar, Subhasis Chaudhuri, “3D-NVS: A 3D Supervision Approach for Next View Selection”, In *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2022.
- [76] 千葉大地, “集積スピンドライバーフィジカルシステムによる力覚センシングに向けた取り組み”, 日本物理学会 第 76 回年次大会, 2021.
- [77] 千葉大地, “フレキシブル基板上のスピントロニクス素子における放射光計測”, SPRUC ナノスピントロニクス研究会 2020 年度 第 1 回研究会, 2021.
- [78] Hashimoto H. Unbiased and hypothesis-free approach to study the brain and its disorders using whole-brain imaging technique. Australasian Society of Clinical and Experimental Pharmacologists and Toxicologists (ASCEPT) 2021 Annual Scientific Meeting, 2021.
- [79] Kasai A, Seiriki K, Hashimoto H. Whole-brain activation mapping and connectivity using activity-dependent genetic labeling sheds light on a new node in stress circuitry. EMBL symposium, Seeing is Believing: Imaging the molecular processes of life, 2021
- [80] Kasai A, Seiriki K, Hashimoto H. Whole-brain activation mapping and connectivity using activity-dependent genetic labeling. 第 44 回日本神経科学大会. 2021
- [81] Fujimoto K, Mizugaki T, Rajkumar U, Shigeta H, Seno S, Uchida Y, Ishii M, Bafna V, Matsuda H, ”A CNN-

- based cell tracking method for multi-slice intravital imaging data.” *Proceedings of the 12th ACM Conference on Bioinformatics, Computational Biology, and Health Informatics 2021*. (2021.8).
- [82] C. Xu, Y. Makihara, R. Liao, H. Niitsuma, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, “Real-Time Gait-Based Age Estimation and Gender Classification from a Single Image,” *Proc. of the IEEE Winter Conf. on Applications of Computer Vision 2021 (WACV 2021)*, online, pp. 1-11, Jan. 2021.
- [83] 谷川千尋, “次世代歯科治療のための三次元 AI の構築”, 第 3 回日本メディカル AI 学会学術集会, 2021 年 6 月 12 日, オンライン.
- [84] 谷川千尋, “矯正歯科治療における AI の応用“, 東京矯正歯科学会 秋季セミナー, 2021 年 11 月 18 日, オンライン.
- [85] 谷川千尋, “矯正歯科治療における 3 次元デジタル技術の応用”, 一般社団法人 日本臨床歯科 CAD/CAM 学会, 2021 年 12 月 4 日-5 日, オンライン.
- [86] 谷川千尋, “AI を用いた矯正歯科治療の今後”, インビザドクター第二回特別講演会 デジタル歯列矯正治療を考える, 2022 年 1 月 10 日, オンライン.
- [87] 田中福治, 水本旭洋, 山口弘純, 東野輝夫, “複雑な建築図面における部屋のセマンティクス情報の抽出”, 第 101 回モバイルコンピューティングと新社会システム (MBL) 第 87 回 IPSJ-ITS 研究会 合同研究発表会, 2021.
- [88] 野口 直樹, 乾口 雅弘, 林 直樹, 関 宏理, 須山 崇仁, 長谷川 潤, “交通事故データの解析による重大事故の要因探索”, 第 37 回 ファジィシステムシンポジウム, 675-680 (2021).
- [89] Hamada Rizk, Tatsuya Amano, Hirozumi Yamaguchi, Moustafa Youssef, “Smartwatch-based Face-touch Prediction Using Deep Representational Learning”, In *Proceedings of the 18th EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services*
- [90] Riki Ukyo, Tatsuya Amano, Akihito Hiromori and Hirozumi Yamaguchi, “Pedestrian Tracking in Public Passageway by Single 3D Depth Sensor”, In *Proceedings of the 2022 IEEE International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems Co-located with IEEE PerCom 2022*, pp. 581-586
- [91] Qingwen Chen et al, “Machine learning-based classification in small molecules targeting CAG-repeat DNA”, 日本核酸化学会若手フォーラム, 2021.
- [92] Qingwen Chen et al, “Computer-aided classification of small molecules targeting CAG-repeat DNA”, ISNAC, 2021.
- [93] Qingwen Chen et al, “Using machine learning to classify and extract features of small-molecule libraries targeting DNA and RNA”, *PacifiChem*, 2021.
- [94] 長友英夫, “レーザープラズマ実験への機械学習の適用”, シンポジウム「宇宙線加速原理の導入による「光速」に迫るレーザーイオン加速への挑戦 -電子の相対論からイオンの相対論へ-」, 日本物理学会 第 76 回年次大会, 2021.
- [95] M. Iwasaki, H. Nagahara, Y. Nakashima, N. Takemura, T. Nakano, T. Suehara, “Application of the Machine Learning to the Collider Experiments”, HeKKSaGOn (German-Japanese University Alliance) Data Science Workshop, Sept. 2021.
- [96] 岩崎昌子, “素粒子・原子核実験および関連分野への深層学習の適用と発展”, 公益財団法人 山田科学振興財団 2021 年度研究交歓会 成果発表会, Oct. 2021.
- [97] Masako Iwasaki, “Application of the machine learning to the collider experiments”, 2021 IEEE Nuclear Science Symposium(NSS) and Medical Imaging Conference(MIC), Oct. 2021.
- [98] 岩崎 昌子, “機械学習を適用した KEK 電子陽電子入射器ビーム調整の開発” (招待有り), 日本物理学会第 77 回年次大会, Mar. 2022.
- [99] Mohamed S. H. Salem; Md. Imrul Khalid; 佐古真; 近藤健; 滝澤忍; 笹井宏明, “電解連続反応による環状デヒドロキサヘリセンの合成”, 第 50 回複素環化学討論会, 2021.
- [100] Wathsala, H. D. P.; Kondo, M.; Sugizaki, A.; Khalid, M. I.; Ishikawa, K.; Hara, S.; Takaai, T.; Washio, T.;

- Sasai, H, “Machine-Learning-Assisted Multi-Parameter Screening for Flow and Electrochemical Reactions”, PACIFICHEM, 2021.
- [101] 近藤健; 杉寄晃将; Khalid Md Imrul; H. D. P. Wathsala; 石川一宣; 原聡; 鷹合孝之; 鷲尾隆; 滝澤忍; 笹井宏明, “機械学習駆動型マルチパラメータスクリーニングによるケチミンの電解合成の反応条件最適化”, 日本化学会 第 102 年会, 2022.
- [102] 滝澤忍; Khalid Md. Imrul ; Salem H. Mohamed; 近藤健; 佐古真; 笹井宏明, “酸化的ヘテロカップリング・脱水環化・脱水素環化反応による光学活性アザオキサデヒドロ [7] ヘリセン類のミノ合成研究”, 日本薬学会 第 142 年会, 2022.
- [103] Takizawa, S.; Wathsala, H. D. P.; Kondo, M.; Sugizaki, A.; Khalid, M. I.; Ishikawa, K.; Hara, S.; Takaai, T.; Washio, T.; Sasai, H., “Machine-learning-assisted multi-parameter screening for flow and electrochemical reactions”, The 25th SANKEN International Symposium, The 20th SANKEN Nanotechnology International Symposium, The 9th Kansai Nanoscience and nanotechnology International Symposium, The 17th Handai Nanoscience and nanotechnology International Symposium, The 3rd AIRC-ISIR International Symposium, 2022.

(3) 著書

- [1] 岸本充生, 脱炭素技術を実装するために必要な社会技術の諸課題, 国立国会図書館 調査及び立法考査局編集. 脱炭素社会の技術と諸課題 (令和 3 年度科学技術に関する調査プロジェクト報告書), 国立国会図書館 2022 年 3 月.
- [2] 大和尚記, 新岡 宏彦, 三宅 淳, 橋本 守 “高速非線形ラマン散乱硬性内視鏡による神経イメージング”, 光学 (2022) (掲載予定)
- [3] 新岡 宏彦, 廣川 満良, 鈴木 彩菜, 安部 政俊, 新井 悠介, 式見 彰浩, 長原 一, 宮内 昭 “AI によるバイオメディカル画像解析と光イメージング装置開発”, Pharm Tech Japan 2 月号 (2022)
- [4] 大和尚記, 新岡 宏彦, 三宅 淳, 橋本 守 “内視鏡下外科手術の新しい眼 深層学習による非線形ラマン硬性鏡観察の高速化”, 光学 第 50 巻第 8 号 (2021)
- [5] 新岡 宏彦, 熊本 康昭, 三宅 淳, 松本 辰也, 高松 哲郎 “深層学習 AI を搭載した光イメージング医療機器開発”, 光アライアンス, 32, 5, 44-48 (2021)
- [6] 大橋範子, 「テキストブック 生命倫理第 2 版」(霜田求編) 第 11 章「遺伝子医療」, 法律文化社, 2022 年 1 月.
- [7] 藤岡穰, “東アジア仏像史論”, 中央公論美術出版, 2021.
- [8] 藤岡穰 (監修・共著), “新編八尾市史 美術工芸編”, 市史編纂委員会・市史編集委員会編, 八尾市, 2022.

(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”, 特願 2021-95390

(5) その他

- [1] 水野良哉, 高橋桂太, 坂井康平, 都竹千尋, 藤井俊彰, 吉田道隆, 長原一, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU 長尾賞, “動的視線空間のシングルショット撮影”, 2021.
- [2] Hajime Nagahara, Invited talk at International workshop of display, ”Deep sensing”, Dec., 2021.
- [3] 長原 一, パナソニック DAICC フォーラム招待講演, ”ディープセンシング -画像センシングと処理の同時最適化-”, Mar., 2022.
- [4] 長原 一, CREST 「情報計測」班会議特別講演, ”コンピュータショナルフォトグラフィ-画像計測と処理の同時最適化とバイオイメージングの可能性”, Mar., 2022.
- [5] 武村紀子, “Society5.0 における未来の支援システム”, 九州工業大学データサイエンス基盤研究センター 第2回講演会, 招待講演, 2021
- [6] 山本奈津子, 第9回ゲノム医療情報学研究会(ウェビナー) 指定発言「『仮名加工情報』に関して」2021年6月30日 オンライン
- [7] 大橋範子, 座談会パネリスト「今後のゲノム研究と ELSI (倫理的・法的・社会的課題) を考える」, 2021年度4回ヒトゲノム研究倫理を考える会「ゲノム研究と社会をつなぐ ELSI を考える」, 2022年1月31日(オンラインシンポジウム)
- [8] Manisha Verma, Outstanding reviewer CVPR 2021.
- [9] Noa Garcia, Invited talk at CAI+CAI Workshop. Understanding Fine-Art Paintings through Visual and Language Representations March 2021, online.
- [10] Noa Garcia, Invited talk at The First SCAI-IDS Workshop for Future Collaboration on AI. AI and Art, October 2021, online.
- [11] Noa Garcia, Outstanding reviewer CVPR 2021.
- [12] <https://homcos.pdbj.org/cgi-bin/3Dcluster.cgi?LANG=ja>
- [13] 田中福治, 優秀論文賞, “複雑な建築図面における部屋のセマンティクス情報の抽出”, 2021.



 **大阪大学データバ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/>

2022年7月発行