

東京都市大学

2024年度 総合研究所 紀要

第21号

2025年6月

東京都市大学総合研究所

## 巻頭言

本研究所は、2004 年 4 月に武蔵工業大学総合研究所として等々力キャンパスに設置され、2009 年の大学名称変更に伴い、東京都市大学総合研究所となりました。開所以来、本学の特色ある先端的な研究を推進すると共に、大学院生、学部生に教育研究環境を提供して参りました。研究は、文部科学省の大型プロジェクト研究、科学研究費補助金、企業や財団などの支援の下で、外部資金により推進します。その成果は、定期的開催される総合研究所セミナーなどで広く学内外に公開され、情報交換と交流を促進しています。

2024 年度の総合研究所の研究組織としては、研究センターが 9、研究ユニットが 3、研究室が 2、重点推進研究 15 件が活発な研究活動を展開しました。いくつか挙げさせて頂くと、「NEDO ポスト 5 G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」(ナノエレクトロニクス研究センター：澤野教授・三谷教授)、「NEDO グリーンイノベーション基金事業」(高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター(HEET)：三原教授)、「経済安全保障重要技術育成プログラム」(インテリジェントロボティクスセンター：関口教授)、「SIP 第 3 期人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備事業」(同・野中教授)、「科研費基盤研究(A)」(宇宙科学研究センター：津村准教授)、「JST COI-NEXT」(サステナビリティ学連携研究センター：古川教授)、「原子力規制庁 令和 6 年度原子力施設等防災対策等委託費」(電子物性計測技術研究センター：田中教授)、「ムーンショット型研究開発事業」「JST 創発的研究支援事業」(先端生命工学研究ユニット：坂口准教授)、「NEDO グリーン事業」(FUTURE-PV 研究室)など、多くの研究組織が外部資金を得て、都市大を代表する研究を手掛けています。さらに、2024 年 4 月には新しい研究組織として、「電子物性計測技術研究センター」(センター長：三宅弘晃教授)と「イノベーションマネジメント研究ユニット」(ユニット長：宇都正哲教授)を設置しました。2024 年 1 月に設置した「先端生命工学ユニット」(ユニット長：坂口勝久准教授)と共に、総研に新しい風を吹かせて頂けると期待しています。そして、令和 6 年春の叙勲「瑞宝中綬章」を FUTURE-PV 研究室の小長井誠先生が受章されたことは、総研としても大変に嬉しいニュースでした。

総合研究所が 2023 年 4 月に世田谷キャンパス 6 号館 3 階に移転してから 2 年が経ちました。教員や事務局間のアクセスが容易になり、Research Administration Center(RAC)との連携も密になったことを実感します。RAC では、長年に渡り URA として貢献された板東嘉彦さんが惜しまれつつ退任されました。新たに産学連携コーディネーターとして渡邊泰司さん、URA として石井宏明さんが加わり、活発に研究支援活動を行っています。また、大学をリードする研究活動を推進しながらも、総研セミナーやオープンキャンパスでの展示や都市大プレゼンコンテストの共催など、幅広い活動も継続しています。

地球温暖化・人口減の加速・AI の席卷など、急激に変化する時代に対応するために、総研は常に革新的な研究活動に取り組み、人材育成に励んで参ります。本研究所への、皆様の一層のご支援をお願い申し上げます。

2025 年 6 月

東京都市大学 総合研究所 所長 野中謙一郎

# 総合研究所構成員

所長 野中 謙一郎

副所長 澤野 憲太郎

## ナノエレクトロニクス研究センター

|       |         |        |          |             |
|-------|---------|--------|----------|-------------|
| センター長 | 教授      | 澤野 憲太郎 | [理工学部]兼務 | (半導体工学)     |
|       | 教授      | 野平 博司  | [理工学部]兼務 | (電子物性)      |
|       | 教授      | 三谷 祐一郎 | [理工学部]兼務 | (半導体工学)     |
|       | 教授      | 石川 亮佑  | [理工学部]兼務 | (電子・電気材料工学) |
|       | 准教授     | 星 裕介   | [理工学部]兼務 | (半導体工学)     |
|       | 准教授     | 山田 道洋  | [理工学部]兼務 | (半導体工学)     |
|       | 講師      | 勝本 信吾  | [理工学部]兼務 | (量子物理)      |
|       | 顧問・名誉教授 | 丸泉 琢也  |          | (半導体工学)     |

## 都市基盤施設の再生工学国際研究センター

|       |       |                   |                |              |
|-------|-------|-------------------|----------------|--------------|
| センター長 | 教授    | 白旗 弘実             | [建築都市デザイン学部]兼務 | (鋼構造, 非破壊)   |
|       | 教授    | 丸山 収              | [建築都市デザイン学部]兼務 | (信頼性, 計測)    |
|       | 教授    | 関屋 英彦             | [建築都市デザイン学部]兼務 | (維持管理, 計測)   |
|       | 研究講師  | Linh Van Hong Bui | 専任             | (RC構造, 維持管理) |
|       | 特別研究員 | 吉田 郁政             | 専任             | (データ解析, 信頼性) |
|       | 客員研究員 | 田井 政行             |                | (鋼構造)        |
|       | 顧問    | 三木 千壽             |                | (鋼構造, 橋梁工学)  |

## 高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター

|       |       |        |          |                   |
|-------|-------|--------|----------|-------------------|
| センター長 | 教授    | 三原 雄司  | [理工学部]兼務 | (内燃機関工学, トライボロジー) |
|       | 教授    | 崔 竣豪   | [理工学部]兼務 | (内燃機関工学, トライボロジー) |
|       | 准教授   | 及川 昌訓  | [理工学部]兼務 | (内燃機関工学, 水素エンジン)  |
|       | 客員教授  | 三田 修三  |          | (内燃機関工学, トライボロジー) |
|       | 客員准教授 | 杉村 奈都子 |          | (分子シミュレーション)      |
|       | 客員研究員 | 浦辺 満   |          | (トライボロジー)         |
|       | 客員研究員 | 幸島 元彦  |          | (トライボロジー)         |
|       | 特別研究員 | 鈴木 雄三  |          | (内燃機関工学)          |

## インフラと災害制御のマネジメントに関する研究センター

|          |               |                 |                                  |
|----------|---------------|-----------------|----------------------------------|
| センター長 教授 | 伊藤 和也         | [建築都市デザイン学部] 兼務 | (自然災害科学, 地盤工学, 社会システム工学, 安全システム) |
| 教授       | 末政 直晃         | [建築都市デザイン学部] 兼務 | (地盤工学)                           |
| 研究講師     | Sahare Anurag | 専任              | (地盤工学, 耐震工学)                     |
| 教授       | 関屋 英彦         | [建築都市デザイン学部] 兼務 | (橋梁工学, 鋼構造)                      |
| 教授       | 秋山 祐樹         | [建築都市デザイン学部] 兼務 | (空間情報科学, 都市・交通計画, 都市地理学)         |
| 准教授      | 五艘 隆志         | [建築都市デザイン学部] 兼務 | (建設マネジメント, 災害マネジメント, 行政経営)       |
| 技士       | 田中 剛          | [建築都市デザイン学部] 兼務 | (地盤工学)                           |
| 学外研究員    | 永尾 浩一         | 佐藤工業            | (地盤工学)                           |
| 学外研究員    | 佐々木 隆光        | 強化土エンジニアリング     | (地盤工学)                           |

## 子ども家庭福祉研究センター

|          |        |            |                |
|----------|--------|------------|----------------|
| センター長 教授 | 早坂 信哉  | [人間科学部] 兼務 | (医療, 医学, 公衆衛生) |
| 教授       | 井戸 ゆかり | [人間科学部] 兼務 | (発達臨床心理学, 保育学) |
| 准教授      | 園田 巖   | [人間科学部] 兼務 | (福祉, 社会的養護)    |
| 准教授      | 横山 草介  | [人間科学部] 兼務 | (教育人間学, 臨床教育学) |
| 准教授      | 松橋 圭子  | [人間科学部] 兼務 | (社会基盤, 子ども環境)  |
| 准教授      | 宮川 哲弥  | [人間科学部] 兼務 | (福祉, 社会的養護)    |
| 研究員      | 亀田 佐知子 | 専任 (非常勤)   | (発達心理学, 保育学)   |

## インテリジェントロボティクスセンター

|          |        |           |          |
|----------|--------|-----------|----------|
| センター長 教授 | 野中 謙一郎 | [理工学部] 兼務 | (制御工学)   |
| 教授       | 関口 和真  | [理工学部] 兼務 | (制御工学)   |
| 准教授      | 藪井 将太  | [理工学部] 兼務 | (制御工学)   |
| 准教授      | 佐藤 大祐  | [理工学部] 兼務 | (ロボティクス) |

## 宇宙科学研究センター

|          |                   |                  |          |
|----------|-------------------|------------------|----------|
| センター長 教授 | 高橋 弘毅             | [デザイン・データ科学部] 兼務 | (重力波物理学) |
| 准教授      | 津村 耕司             | [理工学部] 兼務        | (赤外線天文学) |
| 教授       | 宮坂 明宏             | [理工学部] 兼務        | (宇宙機熱構造) |
| 准教授      | 渡邊 力夫             | [理工学部] 兼務        | (数値流体力学) |
| 教授       | 小池 星多             | [メディア情報学部] 兼務    | (情報デザイン) |
| 講師       | 門多 顕司             | [理工学部] 兼務        | (宇宙線物理学) |
| 准教授      | 西村 太樹             | [理工学部] 兼務        | (原子核実験)  |
| 教授       | 高木 直行             | [理工学部] 兼務        | (原子炉物理)  |
| 准教授      | 西山 潤              | [理工学部] 兼務        | (原子炉物理)  |
| 研究講師     | Marco Meyer-Conde | 専任               | (重力波物理学) |
| PD II    | 坂井 佑輔             | 専任               | (重力波物理学) |



サステナビリティ学連携研究センター

|          |        |                  |                |
|----------|--------|------------------|----------------|
| センター長 教授 | 古川 柳蔵  | [環境学部] 兼務        | (環境イノベーション)    |
| 特別研究員    | 田村 綾海  | 専任               | (行動変容, 画家)     |
| 特別研究員    | 古岩井 翔子 | 専任               | (行動変容, 加工食)    |
| 特別研究員    | 栗山 康孝  | 専任               | (データ解析)        |
| 教授       | 大久保 寛基 | [デザイン・データ科学部] 兼務 | (経営工学)         |
| 教授       | 佐藤 真久  | [環境学部] 兼務        | (環境教育)         |
| 教授       | 馬場 健司  | [環境学部] 兼務        | (環境政策学, 合意形成論) |

電子物性計測技術研究センター

|          |       |           |                    |
|----------|-------|-----------|--------------------|
| センター長 教授 | 三宅 弘晃 | [理工学部] 兼務 | (計測工学, 電子物性, 宇宙環境) |
| 教授       | 田中 康寛 | [理工学部] 兼務 | (計測工学, 電子物性)       |
| 准教授      | 渡邊 力夫 | [理工学部] 兼務 | (計測工学, 航空宇宙工学)     |
| 准教授      | 星 裕介  | [理工学部] 兼務 | (ナノテク・材料, 結晶工学)    |

ウェルビーイング・リビングラボ研究ユニット

|          |          |             |                         |
|----------|----------|-------------|-------------------------|
| ユニット長 教授 | 坂倉 杏介    | [都市生活学部] 兼務 | (コミュニティマネジメント, 参加型デザイン) |
| 准教授      | 末繁 雄一    | [都市生活学部] 兼務 | (都市計画, エリアマネジメント)       |
| 教授       | ドミニク・チェン | 早稲田大学       | (情報学, ウェルビーイング)         |
| 教授       | 安藤 英由樹   | 大阪芸術大学      | (情報通信, ヒューマンインターフェイス)   |

先端生命工学研究ユニット

|           |       |           |        |
|-----------|-------|-----------|--------|
| ユニット長 准教授 | 坂口 勝久 | [理工学部] 兼務 | (医用工学) |
|-----------|-------|-----------|--------|

イノベーションマネジメント研究ユニット

|          |       |             |          |
|----------|-------|-------------|----------|
| ユニット長 教授 | 宇都 正哲 | [都市生活学部] 兼務 | (都市ビジネス) |
| 教授       | 坂倉 杏介 | [都市生活学部] 兼務 | (リビングラボ) |
| 教授       | 高柳 英明 | [都市生活学部] 兼務 | (群衆行動)   |

研究室

FUTURE-PV研究室

|          |       |           |             |
|----------|-------|-----------|-------------|
| 特別教授     | 小長井 誠 | 専任        | (半導体工学)     |
| 教授       | 石川 亮佑 | [理工学部] 兼務 | (電子・電気材料工学) |
| 特別研究員 AF | 陶山 直樹 | 専任        | (半導体評価)     |
| 特別研究員 AF | 齊藤 公彦 | 専任        | (プラズマ工学)    |
| アルバイト要員  | 古川 公子 | 専任        | (研究支援)      |

マイクロナノシステム研究室

|      |       |           |              |
|------|-------|-----------|--------------|
| 特別教授 | 藤田 博之 | [理工学部] 兼務 | (マイクロナノシステム) |
|------|-------|-----------|--------------|

重点推進研究

デジタル都市空間情報研究開発ユニット

|          |       |                               |                            |
|----------|-------|-------------------------------|----------------------------|
| ユニット長 教授 | 秋山 祐樹 | [建築都市デザイン学部] 兼務               | (空間情報科学, 都市地域分析, データサイエンス) |
| 准教授      | 馬場 弘樹 | [中央大学理工学研究科ビジネスデータサイエンス専攻] 兼務 | (都市計画, 住宅政策, 空間解析, 都市の魅力)  |
| 副主査      | 音喜多 智 | [和歌山県データ利活用推進センター] 兼務         |                            |
| ユニット長補佐  | 明石 洋祐 | [総務省統計局統計データ利活用センター] 兼務       |                            |

エネルギー・コミュニティ研究ユニット

|           |       |               |                    |
|-----------|-------|---------------|--------------------|
| ユニット長 准教授 | 加用 現空 | [環境学部] 兼務     | (エネルギー, 建築環境)      |
| 教授        | 大谷 紀子 | [メディア情報学部] 兼務 | (進化計算アルゴリズム, 帰納学習) |
| 教授        | 馬場 健司 | [環境学部] 兼務     | (合意形成, 行動科学, 環境政策) |

高熱伝導耐熱コンポジット研究開発ユニット

|           |       |           |                    |
|-----------|-------|-----------|--------------------|
| ユニット長 准教授 | 小林 亮太 | [理工学部] 兼務 | (セラミックス, 複合材料)     |
| 准教授       | 丸山 恵史 | [理工学部] 兼務 | (物理工学, 材料工学)       |
| 准教授       | 桃沢 愛  | [理工学部] 兼務 | (バイオマテリアル, 航空宇宙工学) |

未来都市研究

スマートインフラマネジメント研究ユニット

|          |       |                  |               |
|----------|-------|------------------|---------------|
| ユニット長 教授 | 白旗 弘実 | [建築都市デザイン学部] 兼務  | (構造工学, 非破壊検査) |
| 教授       | 河合 孝純 | [デザイン・データ科学部] 兼務 | (データサイエンス)    |
| 特別研究員    | 田井 政行 | 摂南大准教授           | (鋼構造, 維持管理工学) |

アジア大都市圏マネジメント研究ユニット

|          |       |             |               |
|----------|-------|-------------|---------------|
| ユニット長 教授 | 齋藤 圭  | [都市生活学部] 兼務 | (都市環境デザイン)    |
| 准教授      | 太田 明  | [都市生活学部] 兼務 | (都市開発ビジネス)    |
|          | 沖浦 文彦 | 大阪経済大学教授    | (プログラムマネジメント) |

QOL指向型都市公共空間マネジメント研究ユニット

|           |       |               |                         |
|-----------|-------|---------------|-------------------------|
| ユニット長 准教授 | 末繁 雄一 | [都市生活学部] 兼務   | (都市プランニング, アクティビティスケープ) |
| 准教授       | 杉町 敏之 | [理工学部] 兼務     | (自動車工学, 車両挙動評価)         |
| 教授        | 宮地 英生 | [メディア情報学部] 兼務 | (可視化情報工学, コンピュータグラフィクス) |

信頼型AI基盤システム研究ユニット

|          |       |           |                      |
|----------|-------|-----------|----------------------|
| ユニット長 教授 | 塩本 公平 | [情報工学部]兼務 | (コンピュータネットワーク、データ科学) |
| 准教授      | 林 正博  | [理工学部]兼務  | (信頼性、セキュリティ)         |

住環境デジタルツイン研究ユニット

|          |       |                |                |
|----------|-------|----------------|----------------|
| ユニット長 教授 | 岩下 剛  | [建築都市デザイン学部]兼務 | (建築環境)         |
| 教授       | 小見 康夫 | [建築都市デザイン学部]兼務 | (建築生産)         |
| 准教授      | 中川 純  | [建築都市デザイン学部]兼務 | (建築計画)         |
| 准教授      | 須藤 美音 | [建築都市デザイン学部]兼務 | (ファシリティマネジメント) |

重点推進研究ユニット

|           |        |                         |                    |
|-----------|--------|-------------------------|--------------------|
| ユニット長 教授  | 高橋 弘毅  | [デザイン・データ科学部]兼務         | (重力波物理学・天文学, 人工知能) |
| 准教授       | 津村 耕司  | [理工学部]兼務                | (天文学)              |
| 教授        | 大橋 正健  | [東京大学 宇宙線研究所 重力波観測研究施設] | (重力波物理学・天文学)       |
| 准教授       | 内山 隆   | [東京大学 宇宙線研究所 重力波観測研究施設] | (重力波物理学・天文学)       |
| 教授        | 宗宮 健太郎 | [東京科学大学 理学院 物理学系]       | (重力波物理学・天文学)       |
| 講師        | 大前 佑斗  | [日本大学 生産工学部]            | (人工知能)             |
| ユニット長 教授  | 石川 亮佑  | [理工学部]兼務                | (太陽光発電、原子層科学)      |
| 特別教授      | 小長井 誠  |                         | (太陽光発電、半導体工学)      |
| 教授        | 野平 博司  | [理工学部]兼務                | (界面科学、半導体工学)       |
| 教授        | 三谷 祐一郎 | [理工学部]兼務                | (記憶素子、半導体工学)       |
| ユニット長 准教授 | 星 裕介   | [理工学部]兼務                | (半導体工学)            |
| 教授        | 糸井 充穂  | [理工学部]兼務                | (固体物性)             |
| ユニット長 准教授 | 藪井 将太  | [理工学部]兼務                | (制御系設計)            |
|           | 佐藤 宏治  | イーグル工業技術本部 部長           | (機構系解析)            |
| ユニット長 教授  | 古川 柳蔵  | [環境学部]兼務                | (環境イノベーション)        |

RAC

|          |       |                     |
|----------|-------|---------------------|
| センター長 教授 | 末政 直晃 | [建築都市デザイン学部] 兼務     |
| コーディネーター | 渡邊 泰司 | 総合研究所 産学官連携コーディネーター |
| アドバイザー   | 鈴木 章文 | 総合研究所 研究推進アドバイザー    |
| URA      | 板東 嘉彦 | 総合研究所 URA           |
| URA      | 石井 宏明 | 総合研究所 URA           |

事務局

|      |       |            |
|------|-------|------------|
| 部長   | 大島 智子 | 学術研究推進部 部長 |
| 課長補佐 | 中島 圭博 | 研究推進課 課長補佐 |
| 事務員  | 師水 良輔 | 研究推進課      |
| 事務員  | 清水 真美 | 研究推進課      |

# 目次

|                |   |
|----------------|---|
| 1. 2024年度 活動報告 | 1 |
|----------------|---|

|                |  |
|----------------|--|
| 2. 2024年度 研究概要 |  |
|----------------|--|

|                  |   |
|------------------|---|
| ナノエレクトロニクス研究センター | 2 |
|------------------|---|

澤野 憲太郎

|                     |   |
|---------------------|---|
| 都市基盤施設の再生工学国際研究センター | 8 |
|---------------------|---|

白旗 弘実

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター | 15 |
|-----------------------------|----|

三原 雄司

|                            |    |
|----------------------------|----|
| インフラと災害制御のマネジメントに関する研究センター | 21 |
|----------------------------|----|

伊藤 和也

|               |    |
|---------------|----|
| 子ども家庭福祉研究センター | 29 |
|---------------|----|

早坂 信哉

|                    |    |
|--------------------|----|
| インテリジェントロボティクスセンター | 33 |
|--------------------|----|

野中 謙一郎

|            |    |
|------------|----|
| 宇宙科学研究センター | 39 |
|------------|----|

高橋 弘毅

|                   |    |
|-------------------|----|
| サステナビリティ学連携研究センター | 45 |
|-------------------|----|

古川 柳蔵

|                |    |
|----------------|----|
| 電子物性計測技術研究センター | 50 |
|----------------|----|

三宅 弘晃

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| ウェルビーイング・リビングラボ研究ユニット        | 56    |
|                              | 坂倉 杏介 |
| 先端生命工学研究ユニット                 | 61    |
|                              | 坂口 勝久 |
| イノベーションマネジメント研究ユニット          | 65    |
|                              | 宇都 正哲 |
| [研究室]                        |       |
| FUTURE-PV研究室                 | 67    |
|                              | 小長井 誠 |
| マイクロナノシステム研究室                | 73    |
|                              | 藤田 博之 |
| [重点推進研究]                     |       |
| デジタル都市空間情報研究開発ユニット           | 79    |
|                              | 秋山 祐樹 |
| エネルギー・コミュニティ研究ユニット           | 85    |
|                              | 加用 現空 |
| 高熱伝導耐熱コンポジット研究開発ユニット         | 89    |
|                              | 小林 亮太 |
| スマートインフラマネジメント研究ユニット（未来都市研究） | 92    |
|                              | 白旗 弘実 |

アジア大都市圏マネジメント研究ユニット（未来都市研究）

99

斉藤 圭

QOL指向型都市公共空間マネジメント研究ユニット（未来都市研究）

103

末繁 雄一

信頼型AI基盤システム研究ユニット（未来都市研究）

108

塩本 公平

住環境デジタルツイン研究ユニット（未来都市研究）

113

岩下 剛

## [重点推進研究ユニット]

「人工知能と信号処理技術を駆使した重力波探査と重力波物理学・天文学」

118

高橋 弘毅

「ペロブスカイト太陽電池の社会実装を目指した包括的研究」

121

石川 亮佑

「イオン液体/金属有機構造体複合材料を利用した原子層チャンネル  
電気二重層トランジスタの開発」

124

星 裕介

「Development of 6-degree-of-freedom magnetic levitation slipper  
for rocket sleds using high precision servo technology」

128

藪井 将太

「廃材絵具により描かれた絵画に基づく価値観の転換・定着モデル」

131

古川 柳蔵

## 総合研究所 2024年度活動報告

| 月  | 日  | 活 動 内 容                                     |
|----|----|---------------------------------------------|
| 4  | 15 | 第218回総研セミナー（サステナビリティ学連携研究センター）              |
|    | 18 | 第206回所内会議                                   |
|    | 18 | 第92回総合研究所運営委員会                              |
| 5  | 23 | 第207回所内会議                                   |
| 6  | 12 | 第219回総研セミナー（宇宙科学研究センター）                     |
| 7  | 27 | 第220回総研セミナー（インテリジェントロボティクスセンター）             |
| 8  | 1  | 第208回所内会議                                   |
|    | 26 | 第221回総研セミナー（都市基盤施設の再生工学国際研究センター）            |
| 9  | 5  | 第209回所内会議                                   |
| 10 | 23 | 第222回総研セミナー（インテリジェントロボティクスセンター）             |
|    | 31 | 第223回総研セミナー（次世代研究者挑戦的研究プログラム）               |
| 11 | 9  | 第224回総研セミナー（子ども家庭福祉研究センター）                  |
|    | 16 | 第225回総研セミナー（ナノエレクトロニクス研究センター、マイクロナノシステム研究室） |
|    | 28 | 第210回所内会議                                   |
| 12 | 9  | 第93回総合研究所運営委員会                              |
| 1  | 30 | 第211回所内会議                                   |
| 2  | 7  | 第226回総研セミナー（インフラと災害制御のマネジメントに関する研究センター）     |
|    | 12 | 第94回総合研究所運営委員会                              |
|    | 21 | 第212回所内会議                                   |
| 3  | 13 | 第95回総合研究所運営委員会                              |
|    | 27 | 第213回所内会議                                   |
|    | 31 | 第227回総研セミナー（高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター）    |



## ナノエレクトロニクス研究センター

ナノエレクトロニクス研究センター  
センター長 澤野 憲太郎

### ■ センター概要

AI や IoT、ICT を支えるシリコン半導体テクノロジーの微細化限界、消費電力増大といった世界的喫緊の課題を解決すべく、新規高性能材料による次世代の電子・光・スピン・量子デバイス、メモリ、太陽電池の開発を進めている。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

Ge/SiGe 発光デバイス開発では、マイクロブリッジや GOI 基板による光閉じ込め効果を利用した高効率発光デバイスの実現に成功した。また、極低温域での MOSFET 信頼性劣化機構の解明に向けて、ゲート絶縁膜界面近傍の欠陥生成の温度依存性を明らかにした。単層原子層材料チャネルトランジスタ開発において、伝達特性のヒステリシス特性の要因を解明した。量子細線スピンドバイスの実現へ向け、Si 基板上への結晶成長による Ge 細線形成に成功した。

#### ◇ 次年度への展開

Ge/SiGe 発光構造をベースに、光共振器構造を形成することで、室温でのレーザー発振を目指す。また、量子コンピュータ応用に向けた極低温 MOSFET の信頼性の研究、単原子層材料による高移動度トランジスタおよび発光デバイス開発、量子細線チャネルを用いたスピントロニクスまた量子デバイス、ペロブスカイト材料によるフレキシブル・タンデム太陽電池開発、それらの実現に重要な界面制御・評価を相互に連携しながら進める。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ 1】歪み Ge/SiGe 発光デバイス開発

情報量の増大にともなってデータセンターでの電力消費が世界的に喫緊の課題になっており、半導体素子の消費電力低減に向けた光配線技術に注目が集まっている。本研究では、Si チップ上に形成可能な高性能材料として Ge/SiGe ヘテロ構造に注目して、様々な構造の発光デバイスを開発した。Ge の web 型マイクロブリッジ構造を形成することにより、通常のブリッジを超える大きな発光を観測し、ブリッジ内への光閉じ込め効果に起因することを実証した。また、電流注入発光を得るために、Ge-on-Insulator (GOI) 基板を形成し、その上に量子井戸構造を成長後、LED デバイスを形成し、GOI による光閉じ込め効果による EL 発光増大を得た。

#### 【テーマ 2】極低温測定を用いた MOSFET 信頼性劣化機構の解明

量子コンピュータの制御回路や宇宙探査機に搭載される LSI を校正するトランジスタ (MOSFET) は極低温下での動作が求められるが、その劣化機構は明らかではない。我々は、10K まで低温化できる測定環境下で MOSFET に電氣的ストレスを印加し、その経時劣化のメカニズムを探った。その結果、ゲート絶縁膜界面近傍の欠陥生成に温度依存性があり、低温ほどその影響が大きいことを明らかにした。

#### 【テーマ 3】単層原子層材料チャネルトランジスタの電氣的特性

原子 3 個分の厚さから成る単層原子層材料をチャネル材料とした電界効果型トランジスタの電氣的特性を調べる研究を実施した。大気中に試料が配置されている場合、伝達特性に大きなヒステリシスが見られるが、試料の周囲の真空度を低減することでヒステリシス特性が改善することを発見した。原子層材料と基板材料の間に H<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub> ガス分子が吸着することで、原子層材料中に存在する電子が捕獲されることに起因していることを明らかにした。

#### 【テーマ4】量子細線スピndeバイスの開拓

量子細線をチャネルとしたスピndeバイスの開拓に向けて量子細線構造の作製条件の探索を行った。量子細線構造の作製には、Si 基板上に Ge を成膜する際に、4 原子層程度の緻密な膜厚制御と成長温度の検討を行った。表面の形態観察から、量子細線構造作製の端緒が得られた。更に量子スピndeバイスへの発展に向けた同位体制御 Ge の評価を行い、高純度同位体制御 Ge 膜の作製に成功した。

#### 【テーマ5】ペロブスカイト太陽電池材料開発

軽量フレキシブルなフィルム基板ペロブスカイト太陽電池やペロブスカイト/Si タンデム太陽電池などの新型太陽電池の開発を進めた。ポリイミド基板を用いたペロブスカイト (PVK) 太陽電池で変換効率 15%、スルーホール電極を設けた太陽電池で 12.3% の変換効率を得た (世界初)。両面受光・シースルー Si 太陽電池で、表面、裏面照射共に変換効率 13 % を達成した。軽量 PVK/Si タンデム太陽電池で 26.7% の変換効率を得るとともに両面受光のための要素技術を開発した。PVK 太陽電池の屋外発電特性測定を行い、高温時における PVK の相転移が主たる劣化原因であることを解明した。

#### ■ 研究業績

◇ 査読付き論文 計 10 件

- (1) “Crystallographic Orientations of Cracks Formed in SiGe/Ge/Si(111)”, Kota Tajima, Junji Yamanaka, Keisuke Arimoto, Kosuke O. Hara, Youya Wagatsuma and Kentarou Sawano, *Microscopy and Microanalysis* 30 (Suppl 1), 573–575 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1093/mam/ozae044.267>
- (2) “Drastic enhancements of direct and indirect light emissions from Ge microbridge web-structures via efficient light confinements”, Takahiro Inoue, Ayaka Odashima, Masaki Nagao, and Kentarou Sawano, *Applied Physics Express* 18, 012001 (2025). DOI: <https://doi.org/10.35848/1882-0786/ada086>
- (3) “Observation of intravalley spin scattering in a doped multivalley semiconductor”, K. Hamaya, T. Okada, K. Kawashima, T. Naito, K. Oki, S. Kikuoka, Y. Wagatsuma, M. Yamada and K. Sawano, *Phys. Rev. B* 111, L081301 (2025). DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.111.L081301>
- (4) Rei Kusunose, Takao Marukame, Ryoichi Kawai, Yuichiro Mitani, Alexandre Schmid, Kota Ando and Tetsuya ASAI, “Split weight distribution learning for binary neural networks exploiting nano-memristive graphene/sumanene/graphene devices”, *Japanese Journal of Applied Physics*, accepted, DOI 10.35848/1347-4065/adbbfb
- (5) Yoshiharu Kirihara, Haruto Omata, Akira Yasui, Kiyokazu Nakagawa, Yuichiro Mitani, and Hiroshi Nohira, “Evaluation of the effect of hydrogen plasma treatment on the chemical bonding state and distribution of hydrogen in silicon nitride films by angle-resolved hard X-ray photoelectron spectroscopy”, *Japanese Journal of Applied Physics* 64, 01SP29 (2025). DOI 10.35848/1347-4065/ada9f7
- (6) Eito Ashihara, Ryoichi Kawai, Ryosuke Ishikawa and Yuichiro Mitani, “Resistive switching memory using buckyball sumanene-inserted bilayer graphene”, *Japanese Journal of Applied Physics* 63 04SP35 (2024). DOI 10.35848/1347-4065/ad2fe2
- (7) S. Muranaka, N. Horikawa, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: “Anisotropic wet etching of WSe<sub>2</sub> and MoS<sub>2</sub> for twist-angle extraction of heterobilayers”, *The Journal of Physical Chemistry C*, 128, 7211 (2024), doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c01228
- (8) T. Yoshimura, H. Shigeno, R. Yamamura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: “Electrical and optical properties of hBN capped MoTe<sub>2</sub> monolayers fabricated by gold-mediated exfoliation”, *Physica Status Solidi (b)*, 2400374 (2024), doi.org/10.1002/pssb.202400374
- (9) M. Nishioka, M. Yamada, D. Kumar, T. Usami, S. Yamada, S. Mizukami, K. Hamaya: “Epitaxial Growth of CoFe/Ge

Stacked Structures on a Perpendicularly Magnetized MnGa alloy”, *Jpn. J. Appl. Phys.* **64**, 01SP06 (2025), [doi.org/10.35848/1347-4065/ad9d4f](https://doi.org/10.35848/1347-4065/ad9d4f)

- (10) Realization of Atomically Uniform ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> on SiO<sub>2</sub> and GeO<sub>2</sub> by UV-Ozone Treatment Yoshiharu Kirihaara, Tomoki Yoshida, Sorato Mikawa, Shunichi Ito, Ryosuke Ishikawa and Hiroshi Nohira, The Electrochemical Society ECS Transactions, Volume 113, 35 (2024) DOI 10.1149/11302.0035ecst

◇ 招待講演 計 3 件

- (1) Yuichiro Mitani, Tatsuya Suzuki, Yohei Miyaki, “MOSFET degradation mechanism at cryogenic temperature ~ Does hydrogen release from MOS interface result in trap generation? ~”, Si2-CMC meeting 3Q24, 2024 年 9 月 19 日 ※ TCAD 標準化委員会の定期会議での招待講演
- (2) Yuichiro Mitani, Tatsuya Suzuki, Yohei Miyaki, “Re-Consideration of Correlation Between Interface States and Bulk Traps Using Cryogenic Measurement”, 30th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC 2025) 講演番号 : 9E-3, 2025 年 1 月 25 日
- (3) Y. Hoshi: “Development of electronic devices using transition metal dichalcogenides”, Colloquium at National Yang Ming Chiao Tung University (Oct. 24 2024, Taiwan)

◇ 国際会議 計 2 2 件

- (1) T. Inoue, A. Odashima, M. Nagao, T. Ito, O. Yoshikawa, K. Sawano, “Enhancement of PL intensity from Ge microbridges via surface passivation by ALD.”, E-MRS 2024 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 27–31, 2024
- (2) Ayaka Odashima, Takahiro Inoue, Riku Ishikawa and Kentarou Sawano, “Fabrication of suspended Ge microbridges based on Ge-on-SOI and effects of metal film deposition”, E-MRS 2024 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 27–31, 2024
- (3) Yuka Shibahara, Shuya Kikuoka, Rena Kanesawa, Michihiro Yamada, Kohei Hamaya, Kentarou Sawano, “Study on crack formation in strained SiGe/Ge-on-Si(111) via ultrasonic treatment”, E-MRS 2024 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 27–31, 2024
- (4) Sota Koike, Ryoto Yanagisawa, Takahiro Inoue, Kentarou Sawano and Masahiro Nomura, “Reduction of Thermal Conductivity in Silicon Thin Film by Super-lattice Interface and Phononic Crystal Nanostructures”, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Himeji, Japan, Sep. 1-4, 2024
- (5) Ryoichi Kawai, Yoshiharu Kirihaara, Ryosuke Katsumata, Reika Fujie, Hiroshi Nohira, Ryosuke Ishikawa and Yuichiro Mitani, “Impact of Dielectrics Insertion on Low-Power Operation of Graphene/Sumanene/Graphene Resistive Switching Memory”, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024 年 11 月 15 日
- (6) Reika Fujie, Ryoichi Kawai, Ryosuke Katsumata, Ryosuke Ishikawa, Hiroshi Nohira and Yuichiro Mitani, “Influence of Sumanene Dispersed Density on Resistive Switching Properties in Graphene/Sumanene/Graphene memory”, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024 年 11 月 14 日
- (7) Rei Kusunose, Takao Marukame, Ryoichi Kawai, Yuichiro Mitani, Kota Ando and Tetsuya Asai, “Graphene/Sumanene/Graphene memristive devices and their application to binary neural network”, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024 年 11 月 14 日
- (8) Ryosuke Katsumata, Ryoichi Kawai, Reika Fujie, Ryosuke Ishikawa, Hiroshi Nohira, Yoshiharu Kirihaara and Yuichiro Mitani, “A Study on Distinctive Electrical Properties of Wire-like Sumanene”, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024 年 11 月 14 日
- (9) Yoshiharu Kirihaara, Haruto Omata, Akira Yasui, Kiyokazu Nakagawa, Yuichiro Mitani, Hiroshi Nohira, “AR-HAXPES Evaluation of the Effect of Hydrogen Plasma Treatment on the Chemical Bonding State and Distribution of Hydrogen in SiN Films”, 2024 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2024), 2024 年 9 月 3 日

- (10) Yohei Miyaki, Tatsuya Suzuki and Yuichiro Mitani, "Study on Interface Trap and Fixed Charge Generation under Channel, Hot Carrier Stressing at Low Temperature Using Device Simulation", The 2024 International Meeting for Future of Electron Devices, Kansai (IMFEDK 2024), 2024 年 11 月 17 日
- (11) Nozomi Soya, Michihiro Yamada, Kohei Hamaya, Kazuya Ando: "Magnetization-Independent Spin Hall Effect in a Ferromagnetic Metal", APS Joint March & April Meeting, Oral, (March 16-21 2025, Anaheim).
- (12) S. Ueda, K. Oki, S. Kikuoka, M. Yamada, S. Fujii, T. Usami, K. Sawano, and K. Hamaya: "Observation of Spin Signals through Co<sub>2</sub>FeAl<sub>0.5</sub>Si<sub>0.5</sub>/Ge-pn Junction at Room Temperature", ICMBE 2024, Oral, (Sept. 9 2024, Matsue).
- (13) M. Nishioka, M. Yamada, D. Kumar, T. Usami, S. Yamada, S. Mizukami, and K. Hamaya: "Epitaxy of Ge Thin Layers on Perpendicularly Magnetized Mn-Ga", ICMBE 2024, Oral, (Sept. 9 2024, Matsue).
- (14) M. Nishioka, M. Yamada, D. Kumar, T. Usami, S. Yamada, S. Mizukami, and K. Hamaya: "Epitaxial Growth of CoFe/Ge Stacked Structures on Perpendicularly Magnetized MnGa for Spin-Valve Devices", SSDM 2024, Oral, (Sept. 4 2024, Himeji).
- (15) Nozomi Soya, Michihiro Yamada, Kohei Hamaya, Kazuya Ando: "Magnetization-independent spin Hall effect in ferromagnet", Sol-SkyMag 2024, Oral, (June 25 2024, Spain).
- (16) T. Yoshimura, R. Yamamura, H. Shigeno, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrical properties of hBN-capped MoTe<sub>2</sub> monolayers fabricated by gold mediated exfoliation", The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-9 (Sep. 1 2024, Kochi).
- (17) T. Yoshimura, H. Shigeno, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrostatically Tunable PN Junction in 1L-MoTe<sub>2</sub> Formed By Gold-Mediated Exfoliation", PRiME2024, D02-1830 (Oct. 9 2024, Honolulu).
- (18) T. Yoshimura, H. Shigeno, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi, "Effect of Environmental Conditions on the Electrical Properties of MoTe<sub>2</sub> Monolayers with hBN Cap Layer", PRiME2024, G03-2338 (Oct. 9 2024, Honolulu).
- (19) T. Yoshimura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Effect of Adsorption Molecules on Charge transfer in MoTe<sub>2</sub> Monolayers Prepared by Gold-Mediated Exfoliation", ISNTT2024, We-54 (Dec. 4 2024, Kanagawa)
- (20) Yoshiharu Kirihaara, Tomoki Yoshida, Sorato Mikawa, Shunichi Ito, Ryousuke Ishikawa, Hiroshi Nohira, "Realization of Atomically Uniform ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> on SiO<sub>2</sub> and GeO<sub>2</sub> by UV-Ozone Treatment", 245th ECS Meeting, 2024 年 5 月 30 日
- (21) Tomoki Yoshida, Yoshiharu Kirihaara, Sorato Mikawa, Ryousuke Ishikawa, and Hiroshi Nohira. "Effect of UV-Ozone treatment on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/GeO<sub>2</sub> films using ALD method", 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024 年 11 月 14 日
- (22) Sorato Mikawa, Yoshiharu Kirihaara, Ryoichi Kawai, Kota Miura, Tomoki Yoshida, Akira Yasui, Ryousuke Ishikawa, Yuichiro Mitani and Hiroshi Nohira, "Demonstration of the operation of interface dipole modulation devices fabricated by ALD method on UV-Ozone treated thermally oxidized SiO<sub>2</sub>", 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 2024 年 11 月 14 日

◇ 国内会議 計 3 4 件

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務    | 専門分野      |
|----------|--------|----------|-----------|
| センター長，教授 | 澤野 憲太郎 | [理工学部]兼務 | 半導体工学     |
| 教授       | 野平 博司  | [理工学部]兼務 | 電子物性      |
| 教授       | 三谷 祐一郎 | [理工学部]兼務 | 半導体工学     |
| 教授       | 石川 亮佑  | [理工学部]兼務 | 電子・電気材料工学 |
| 准教授      | 星 裕介   | [理工学部]兼務 | 半導体工学     |
| 准教授      | 山田 道洋  | [理工学部]兼務 | 半導体工学     |
| 講師       | 勝本 信吾  | [理工学部]兼務 | 量子物理      |
| 顧問・名誉教授  | 丸泉 琢也  |          | 半導体工学     |

◇ 学生数 博士後期課程：5名、博士前期課程：45名、学部4年生：51名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 科学研究費補助金、基盤研究（S）2024年度546万円「IV族半導体量子構造におけるスピンコヒーレンス工学の開拓」研究分担（澤野）                 |
| 科学研究費補助金、基盤研究（S）2024年度702万円「半導体スピン量子ビットの光子—スピン量子状態変換に基づく革新的量子中継技術の創成」研究分担（澤野）     |
| 科学研究費補助金、基盤研究（S）2024年度1040万円「シリコンゲルマニウム光スピントロニクスの開拓」研究分担（澤野）                      |
| 科学研究費補助金、基盤研究（A）2024年度130万円「フォトンクスとのアナロジーで拓くサーマルフォノンエンジニアリング」研究分担（澤野）             |
| 科学研究費補助金、基盤研究（A）2024年度65万円「シリセン原子操作による異次元フォノン・電子系の構築と高性能薄膜熱電デバイスの創製」研究分担（澤野）      |
| 科学研究費補助金、基盤研究（C）2024年度93.6万円「原子状水素を用いたシリコン窒化薄膜のナノ欠陥制御と信頼性向上に関する研究」研究代表（三谷）        |
| 科学研究費補助金、基盤研究（C）2024年度208万円「局所電場制御による近赤外円偏光検出と円偏光検出方向制御の実現」研究代表（星）、研究分担者（石川）      |
| 科学研究費補助金、挑戦的研究（萌芽）2024年度299万円「縦型Geナノワイヤスピンデバイスの開拓」研究代表（山田）                        |
| NEDOポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業、2024年度1億1762万円「(d3)Beyond 2nm世代向け半導体技術開発」研究分担者（澤野、三谷） |
| 受託研究（株）パナソニック 2024年度550万円「光触媒応用に向けた新材料の物性調査に関する研究」研究代表（星）                         |
| 受託研究（株）アビット・テクノロジー 2024年度170万円「次世代半導体デバイス用ゲート絶縁膜に関する研究」研究代表（澤野）                   |
| 受託研究：計3社で1000万円 研究代表（三谷、野平）                                                       |



## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 4件、国際会議 14件、国内会議 25件

### ◇ 学生の主な就職先

ソニー、キオクシア、ルネサスエレクトロニクス、NTT、三菱電機、  
日本電波工業、ローム、日立ハイテク 他

## ■ 社会貢献

### ◇ 第225回 総研セミナー開催（2024年11月16日）

講演タイトル「半導体最前線 ～MEMS からナノデバイス、メモリ、熱、光、スピン。量子、ゲルマニウムまで」

### ◇ SEMICON Japan 2024（東京ビッグサイト）出展（2024年12月11-13日）

### ◇ 第22回科学体験教室「半導体（太陽電池）で遊んでみよう!」、2024年9月8日

### ◇ 第35回太陽光発電国際会議市民講座「親子でソーラーカーを作りますか?」、2024年11月10日

### ◇ 出張授業 石岡第一高校(澤野)、上水高等学校(澤野)、都立東高校(野平)

### ◇ 委員

|    |                                                                                                     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 澤野 | ・応用物理学会結晶工学分科会幹事 ・応用物理学会シリコンテクノロジー分科会 幹事 ・学振 R031 委員会幹事 ・学振 R025 委員会委員 ・応用物理学会プログラム編集委員             |
| 野平 | ・応用物理学会シリコンテクノロジー分科会 幹事 ・応用物理学会薄膜・表面物理分科会 幹事 ・『表面と真空』編集委員 ・IWDTF 組織委員 ・電子デバイス界面テクノロジー研究会(EDIT) 運営委員 |
| 三谷 | ・MNC Program Committee (Nanodevices) ・IWDTF (プログラム委員長)                                              |
| 星  | SSDM2024 Area 8 Program Committee                                                                   |
| 石川 | ・日本太陽光発電学会 理事 ・応用物理学会 太陽光エネルギー変換機能材料・デバイス開発研究会 監事 ・PVSEC-35 総務委員長                                   |

## 都市基盤施設の再生工学国際研究センター

都市基盤施設の再生工学国際研究センター  
センター長 白旗 弘実

### ■ センター概要

都市インフラ構造物の点検，診断，設計およびスマートインフラの開発のための，非破壊検査を含む各種調査手法，モニタリング技術及びそのデータ処理技術の研究を進めている。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

本センターでは以下箇条書きにて示す研究テーマに取り組んでおり，このうち1から3について成果の概要を紹介する。

1. 構造物のスマートマネジメント;デジタル野帳開発，デジタルツイン作成，AIによる状態監視
2. 現場計測データに基づく施工中コンクリート橋梁の変形推定手法の実橋への適用
3. 橋梁の通行車両による応答に基づく車両重量および健全度の評価の高精度化
4. シールドトンネルの健全性評価に関する研究
5. インフラの3D変位計測
6. FRP補強したRC構造物の補強効果メカニズムに関する研究

#### ◇ 次年度への展開

1. 構造物のスマートマネジメント;デジタル野帳開発，デジタルツイン作成，AIによる状態監視
2. 施工中コンクリート橋梁の変形推定手法の実装，施工管理システムの開発
3. 橋梁の通行車両による応答に基づく車両重量および健全度の評価の高精度化
4. シールドトンネルの健全性評価に関する研究
5. インフラの3D変位計測

### ■ 成果の紹介

【テーマ1】構造物のスマートマネジメント;デジタル野帳開発，デジタルツイン作成，AIによる状態監視

#### (1) デジタル野帳

構造物の目視による定期点検が始まっているが，道路管理者により診断結果が異なる問題解決の一つの対策としてデジタル野帳を開発している。2022年にプロトタイプができて以来，改良を加えている。2024年度に行ったことに主に2つがある。第一として，点検の自動報告書作成機能を充実させたことがあげられる。第二として現場にデジタル野帳を携行し作業効率の変化を調べたことである。作業効率については，経験20年以上の熟練検査員，同8年程度の中堅点検員，同3年程度の若手点検員が行い，野帳の有無でどれだけ検出率が向上したかを調査した。その結果を表1-1に示す。

表 1-1 損傷発見数の比較(塗膜割れ)

| 点検員                      | 損傷発見数 (塗膜割れ)       |                    | 発見割合の<br>向上 |
|--------------------------|--------------------|--------------------|-------------|
|                          | 従来手法               | デジタル点検野帳           |             |
| 熟練点検員 詳細点検<br>(点検歴20年以上) | 22箇所               |                    |             |
| 中堅点検員<br>(点検歴8年)         | 10箇所<br>45%(10/22) | 18箇所<br>82%(18/22) | 37%向上       |
| 若手点検員①<br>(点検歴5年)        | 5箇所<br>23%(5/22)   | 13箇所<br>59%(13/22) | 36%向上       |
| 若手点検員②<br>(点検歴3年)        | 0箇所<br>0%(0/22)    | 8箇所<br>36%(8/22)   | 36%向上       |

## (2) デジタルツイン作成

構造物の劣化はゆっくりと進行することが多い。劣化による構造物の挙動の変化を数値計算で予測して、検査の重点箇所を決めることができれば効率が高くなる。数値解析モデルを構築し、劣化進行のシミュレーションを行う。最終的にはデジタル野帳の検査結果を劣化の数値モデル取り込みをリンクさせる。2024年度は以前行った橋梁とは別の橋梁をモデル化し結果の確認を行った。橋梁は二径間連続橋であり、各径間長は30mほどである。この橋梁に重量25トンのトラックが走行し、応答を計測した。結果を図1-1に示す。数値解析と載荷試験結果はおおむね一致した。

2024年1月末に東京において最大で震度4の地震があったが、動的応答を比較した。こちらも比較的十分といえるだけの一致が見られた。

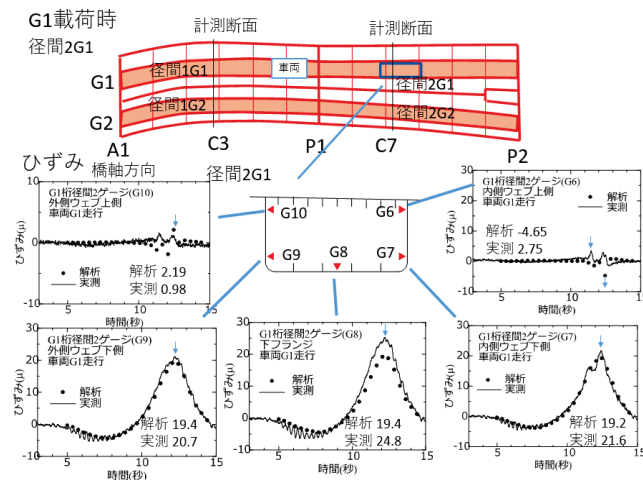


図 1-1 橋梁載荷試験と数値解析の比較

## (3) AIによる状態監視

ここではインバリエント分析と呼ばれる手法を使って、橋梁上の舗装の異常検知を行った。乗用車に通常のデジタルカメラ、赤外線カメラ、加速度計、角速度計を搭載し、GPS信号受信センサも併せてデータを計測した。インバリエント分析はセンサ間の関係を線形結合で表されるものと仮定、回帰式を異常がない時間のデータを使って学習し、仮定した回帰式からの乖離を異常度として計算するものである。

結果を図1-2に示す。図1-2(a)は異常度値を平均値で抽出したもの、(b)は最大値で抽出したもの、(c)は各車線で計算したものであり、(a)や(b)は(c)での値に基づいて計算されている。(b)ではいくつかの箇所では異常値を示す結果が得られている。

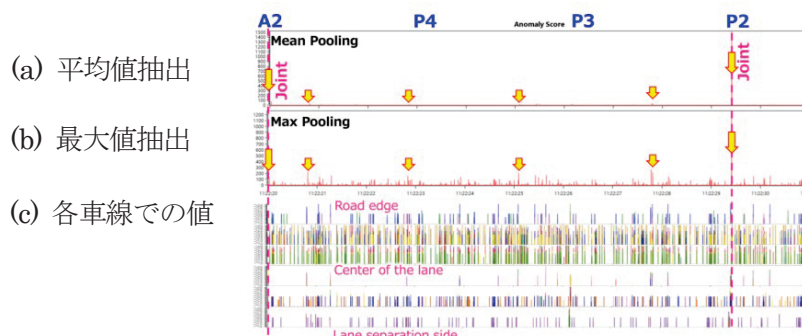


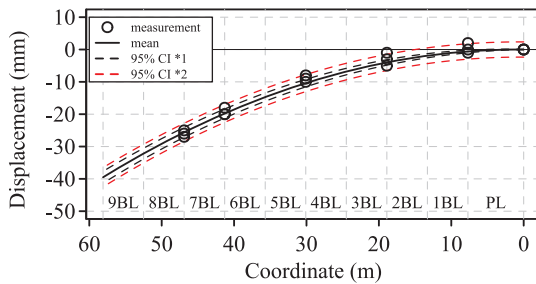
図 1-2 橋梁の異常度計算結果



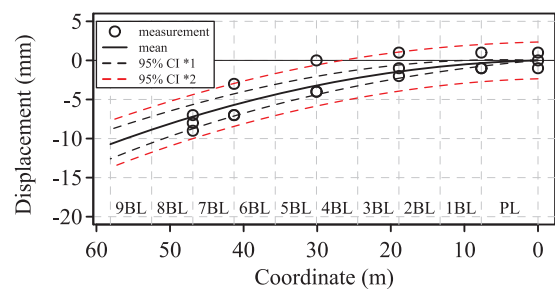
【テーマ 2】現場計測データに基づく施工中のコンクリート橋梁の変形推定手法の実橋への適用

本センターでは施工中の PC 橋の鉛直方向変位をひずみや傾斜の計測情報から推定する方法の開発を行っている。推定精度を調べるため 2 つの橋梁について推定された鉛直変位とレベル測量による変位との比較を行った。例として橋梁 1 のコンクリート打設日の推定結果を図 2-1(a)に示す。黒の破線は 95%信頼区間、赤の破線はレベル測量の観測量誤差も考慮した 95%信頼区間である。推定された変位は検証データとしたレベル測量による変位と良好に一致している。多少のばらつきがみられるが信頼区間の範囲内であり精度評価も良好である。ここでのコンクリート打設によって生じる変位分布は比較的単純であり、わずか 2 断面（計測点数は 6 点）の回転角情報からでも精度の高い推定となっている。打設や緊張などの主要な施工を行っていない日（以降、無施工日と記す）に関しても変位推定を行った。無施工日に発生する変位の原因は主に温度変化と考えられる。図 2-1(b)図に無施工日について変位推定を行った例を示す。無施工日は下側に変位が生じており、打設日より変位が小さい。レベル測量による変位がばらついているが、その中央付近の変位が推定されており、概ね 95%信頼区間内に含まれている。同様にして橋梁 2 の緊張日の推定結果を図 2-2 に示す。緊張日は打設日と異なり、上側への変位となっており、一番大きな変位となった先端部でも 5mm 以下と小さい。推定される変位はレベル測量の結果とよく一致しており、おおよそ 95%信頼区間に収まっている。

次に二つの橋梁における実測変位と推定変位の関係をまとめて考察する。図 2-3 に二つの橋梁を合わせて 10 日分の比較を示す。45 度の実線は推定値とレベル測量による値が完全に一致していることを示し、その上下に示された破線は実測値の $\pm 3\text{mm}$ の線を表している。全体的に 45 度線の付近に集中しており、 $\pm 3\text{mm}$ の範囲に収まっている。打設や緊張、無施工日に関係なく、また鉛直変位の大きさにも依存していない。二つの橋梁の違い、すなわち、橋梁の規模や構造の違いの影響も見られずに安定した推定結果となっている。



(a)コンクリート打設完了後



(b)主な施工が無い日

図 2-1 橋梁 1 の変位推定

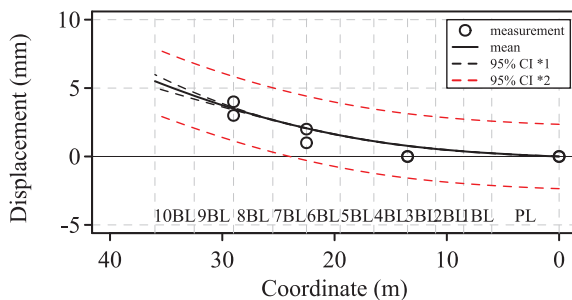


図 2-2 橋梁 2 の緊張日の変位推定

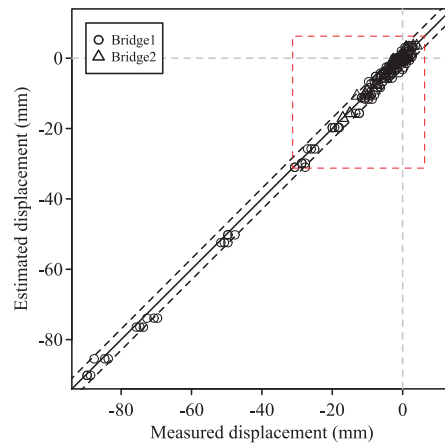


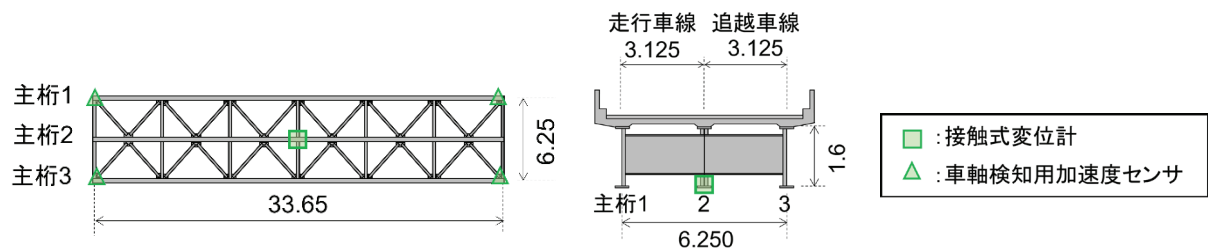
図 2-3 橋梁 1,2 の変位推定の精度

### 【テーマ3】橋梁の通行車両による応答に基づく車両重量評価の高精度化

日本国内では多くの橋梁が供用から 50 年を経過しており、走行車両の監視も含めた交通荷重の効率的な実態把握が効率的維持管理のための重要な基本データとなる。車軸重量（軸重）を計測するシステムとして、1970 年代に Moses が提唱した Bridge Weigh-in-Motion (BWIM) がある。BWIM は橋梁をはかりとみなして、走行車両によるひずみ応答や変位応答に基づき、交通荷重を推定する方法である。本センターではベイズ推論の視点から動的成分の自己相関を重み付き最小二乗法における重み行列としてモデル化する方法を開発し、その有効性を示してきた。本研究では軸間距離（軸距）、橋梁の卓越振動数、動的応答の振幅と、従来法に比較した場合の提案手法の精度向上の程度について定量的に評価した。

検討の対象とした橋梁とセンサ設置位置の概要を図 3-1 に示す。支間長 33.65 m の 2 車線からなる 3 主桁 I 桁橋である。対象車両は 3 軸車で、14 m/s (50.4 km/h) で走行したとする。これらの条件は実測データの条件に基づいて設定した。5000 回の MCS により精度検証する。各軸距ごとの推定値の標準偏差を図 3-2 に示す。評価式 1 が従来手法で、評価式 2 が提案手法である。軸距が与える影響は支間長との比率で決まるため、図の横軸は軸距を支間長で除している。軸距が短いほど推定値の標準偏差は大きくなり、0 m の場合に無限大になる。軸距が長いほど推定値の標準偏差は小さくなり、ある一定値に収束する。軸距が短いほど、つまり非適切性が強いほど精度比は小さくなり提案手法による精度の向上の程度が大きい。

次に動的成分の卓越振動数による影響について検証する。卓越振動数を 2 Hz から 6 Hz まで変化させた結果を図 3-3 に示す。どちらの評価式を用いた場合も、卓越振動数が大きいほど、すなわち高振動数になるほど推定値の標準偏差は小さくなるが、提案手法（評価式 2）による精度向上の程度は小さくなる。



(a) 上面図

(b) 支間中央の断面図

図 3-1 対象橋梁の概要 [m]

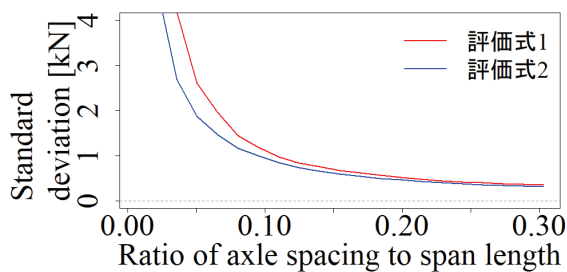


図3-2 軸間距離が推定値の標準偏差に与える影響

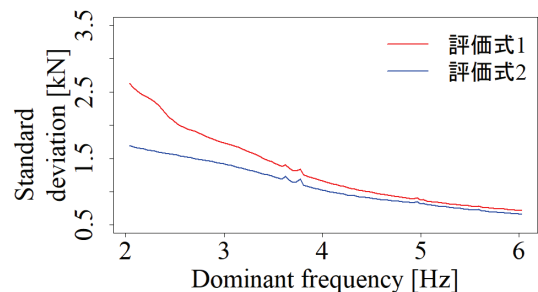


図3-3 橋梁の卓越振動数が推定値の標準偏差に与える影響

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- 1) Bui, L. V. H. and H. Sekiya “Developed Approach for Shear Modeling of ETS-FRP-Strengthened Beams,” ACI Structural Journal (Accepted).
- 2) Bui, L. V. H., T. Ohno, N. Kurihara and H. Sekiya “Experimental Investigation of Fatigue Shear Behavior of RC Beams Strengthened with FRP Bars Using Embedded Through-Section Technique,” Journal of Composites for Construction (ASCE), Vol.28, No.5, 04024037, July 2024.
- 3) Bui, L. V. H. and H. Sekiya “Consistency of Bond-Slip Models in Simulating the Bond between ETS-FRP Bars and Concrete and the Shear Contribution of the Strengthening System,” Journal of Composites for Construction (ASCE), Vol.28, No.4, 04024022, April 2024.
- 4) 和田涼太郎, 大野徹士, 吉田郁政, 関屋英彦, 森近翔伍, 安田篤司, 吉浦伸明 : 3 次元有限要素モデルに作用する仮想外力の逆解析に基づく橋梁変位の推定, 土木学会論文集 A2 (応用力学), No.15, 2025.3.
- 5) H. Sekiya, K. Maruyama, I. Yoshida, Determination of Influence Line for Shield Tunnel Based on Displacement Response under Passing Train Load Measured Using MEMS Accelerometer, Sensors and Materials 36 (12), 5157-5173, 2024.12.
- 6) Yoshida, I., Sekiya, H., Wada, R., Ohno, T., Morichika, S., Yasuda, A. and Yoshiura, N.: Preliminary field estimation of vertical displacements of prestressed concrete bridges under construction based on measured strains and inclinations, *Structures*, Vol. 65, 106651, 2024. 7.
- 7) 丸山晃平, 吉田郁政, 関屋英彦, 金哲佑 : たわみ影響線を用いた損傷同定手法の実験データに基づく有用性検証, 構造工学論文集, Vol.70A, pp.558-566, 2024.4.
- 8) 堀田海陽, 丸山晃平, 吉田郁政, 関屋英彦, 安田篤司, 吉浦伸明 : GNSSを用いた橋梁の施行中の変形把握に関する可能性調査, 構造工学論文集, Vol.70A, pp.155-163, 2024.4.
- 9) 斉藤大雅, 大竹雄, 高野大樹, 杉山友理, 吉田郁政 : ジェネリックデータベースと階層ベイズモデルを用いた海上空港基礎地盤物性値の推定, 土木学会論文集 A2 (応用力学), No.15, 2025.3.
- 10) 畑井向, 大竹雄, 高野大樹, 杉山友理, 吉田郁政 : 動的モード分解を用いた海上空港不同沈下過程の信号復元と将来予測に関する基礎研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), No.15, 2025.3.
- 11) 津田悠人, 吉田郁政, 大竹雄 : 間接データとの相関性を考慮したガウス過程回帰による N 値の空間分布推定, 土木学会論文集 A2 (応用力学), No.15, 2025.3
- 12) Ching, J., Yoshida, I., Efficient simulation of 3D conditional random field using kriging with Gaussian-process trend, *Computers and Geotechnics*, 177, 106862, 2024.11.
- 13) T. Saito, Y. Otake, S. Wu, D. Takano, Y. Sugiyama, I. Yoshida, What defines a “site” in geotechnical engineering?: A comparative study between local and global big indirect databases, *Computers and Geotechnics* 177, 106826, 2024.
- 14) T. Yoshida, R. Nomura, Y. Tsuda, I. Yoshida, K. Terada, and S. Moriguchi.: Modeling the Effect of Rock Shape Characteristic on Run-out Distribution of Rockfall, *Soils and Foundations*, 2024.11.
- 15) Stephen Wu, Yu Otake, Yosuke Higo, and Ikumasa Yoshida, Pathway to a fully data-driven geotechnics: lessons from materials informatics, *Soils and Foundations*, 64(3), 2024.6
- 16) 渡邊諭, 赤塚洋介, 高柳剛, 吉田郁政, 五艘隆志, 洗掘が懸念される鉄道河川橋脚の抽出への機械学習の有用性の検証, AI・データサイエンス論文集/5 巻 (2024) 1 号, pp.43-55, 2024.

- 17) 堀田海陽, 吉田郁政, 大竹雄, 高野大樹: DMDcとKalman Filterを用いた不同沈下量予測の基礎検討, AI・データサイエンス論文集, Vol.5, No.1, pp.134-141, 2024. 5.
- 18) 白旗 弘実, 田井 政行, 河合 孝純, 青木 工, 原 廣敬, 高木 千太郎: 橋梁の維持管理システムを考慮した有限要素解析による力学モデル作成に関する一考察, AI・データサイエンス論文集, Vol.5, No.1, pp.412-150, 2024.5.
- 19) 田井 政行, 白旗 弘実, 青木 工, 芦田 洋祐, 高木 千太郎: 橋梁用デジタル野帳の改良と実装検証, インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol4, No.1, pp.48-57, 2025.2.
- 20) 木本和志, 白旗弘実, 中畑和之, 八木尚人, 判治剛, 服部雅史, 筒井康平: 我が国の鋼橋の超音波探傷試験の現状とNDE4.0への展望(その1), 非破壊検査, Vol.73, No.7, pp.302-306, 2024.7.
- 21) 木本和志, 白旗弘実, 中畑和之, 八木尚人, 判治剛, 服部雅史, 筒井康平: 我が国の鋼橋の超音波探傷試験の現状とNDE4.0への展望(その2), 非破壊検査, Vol.73, No.7, pp.307-311, 2024.7.

◇ 国際会議及び国内会議

- (1) 国際会議 8 件
- (2) 国内会議 16 件

◇ 受賞

- ・第 70 回構造工学シンポジウム 優秀講演賞
- ・土木学会土木情報学論文奨励賞
- ・土木学会応用力学功績賞

第 70 回構造工学シンポジウム 優秀講演賞

- ・受賞日 : 2024 年 4 月 26 日
- ・著者 : 丸山晃平, 吉田郁政, 関屋英彦, 金哲佑
- ・対象論文: たわみ影響線を用いた損傷同定手法の実験データに基づく有用性検証

土木学会土木情報学論文奨励賞

- ・受賞日 : 2024 年 9 月 26 日
- ・著者 : 丸山晃平, 吉田郁政, 関屋英彦
- ・対象論文: 加速度応答に基づく車軸通過時刻のリアルタイム自動検知アルゴリズムの構築

土木学会応用力学功績賞

- ・受賞日 : 2024 年 5 月 25 日
- ・受賞者 : 吉田郁政

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名                | 専任／兼務  | 専門分野       |
|----------|-------------------|--------|------------|
| センター長・教授 | 白旗 弘実             | [学部]兼務 | 鋼構造，非破壊    |
| 教授       | 丸山 收              | [学部]兼務 | 信頼性，計測     |
| 教授       | 関屋 英彦             | [学部]兼務 | 維持管理，計測    |
| 研究講師     | Linh Van Hong Bui | 専任     | RC 構造，維持管理 |
| 特別研究員    | 吉田 郁政             | 専任     | データ解析，信頼性  |
| 客員研究員    | 田井 政行             |        | 鋼構造        |
| 顧問（元学長）  | 三木 千壽             |        | 鋼構造，橋梁工学   |

### ◇ 学生数

博士後期課程：4 名

博士前期課程：5 名

学部 4 年生：8 名

## ■ 主要な外部資金

(1) 受託研究 4 件約 1,900 万円（関屋），1 件 335 万円（白旗）

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 3 件，国際会議 4 件，国内会議 8 件

### ◇ 学生の主な就職先

本学大学院進学，JR 東海，建設技術研究所，東急建設，五洋建設，国土交通省，西松建設，他

## ■ 社会貢献

◇ 第 221 回総研セミナー開催（2024 年 8 月 26 日）

◇ 土木学会全国大会研究討論会「DX 時代における鋼構造物の非破壊検査 ―現状，課題，展望―」（2024 年 9 月 3 日）

### ◇ 委員

(1) 土木学会 鋼構造物における先進的非破壊検査・評価技術 に関する調査研究小委員会 委員長(白旗)



## 高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター(HEET)

高効率水素エンジン・  
エンジントライボロジー研究センター  
センター長 三原 雄司

### ■ センター概要

カーボンニュートラル(CN)のため、世界の産業が希求する CN 燃料の次世代発電用・船舶用・産業機械用・商用車用の高効率化とゼロエミッション化の研究を 2014 年度から推進。特に主流の直噴水素エンジンの熱損失・摩擦損失低減(トライボロジー)に加え、将来の欧州での環境規制を見据えた新しい潤滑油(糖アルコールやウルトラファインバブル)による次世代の潤滑油からのアプローチを推進。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

- (1) ウルトラファインバブル(UFB)を潤滑油に発生させることによる低摩擦特性が世界で初めて示された
- (2) 水素エンジンで生じる凝縮水が水素エンジン特有の潤滑油劣化特性をもたらす可能性を明らかにした
- (3) 水素エンジン内で生じる水素脆化の診断・分析手法を立ち上げた
- (4) 供給水素圧が直噴水素エンジンの機関性能に与える影響を実験と数値解析の両面から明らかにした
- (5) 二輪用水素エンジンの燃焼室壁面における流入熱流束を初めて測定した

#### ◇ 次年度への展開

- (1) (NEDO GI 低フリクション研究) e-fuel (グリーンな合成燃料) や水素エンジンの摩擦低減研究を継続
- (2) (国土交通省) 水素エンジンのトライボロジー/熱効率向上/水素脆化診断法の研究を継続
- (3) (NEDO 水素) 大規模調整電源となる水素ガスエンジンの技術開発を継続
- (4) (FVV-AICE) 日本-ドイツ研究開発協力事業(CORNET)) 水素エンジンの異常燃焼研究を日独共同で申請
- (5) マレーシア工科大学 (UTM) との共同研究 (HiCOE プロジェクト) の構築, SATREPS 申請に向けた準備

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】ウルトラファインバブル(UFB)による摩擦低減の研究 (NEDO GI 低フリクション研究)

水素エンジン等の代替燃料を前提に、燃費向上のための摩擦低減技術の創出として、直径  $1\mu\text{m}$  未満の気泡であるウルトラファインバブル(UFB)に着目した。潤滑油中にウルトラファインバブルを発生させ、ピストン系の摩擦特性を評価する浮動ライナエンジン(図1左)およびクランクシャフト-すべり軸受間の摩擦特性を評価するエンジン軸受試験機(図1右)を用いた評価を実施した。その結果、浮動ライナエンジンおよび軸受試験機の両方で特定領域における摩擦低減の発現を見出した。エンジン軸受試験機での摩擦低減率を図2に示す。

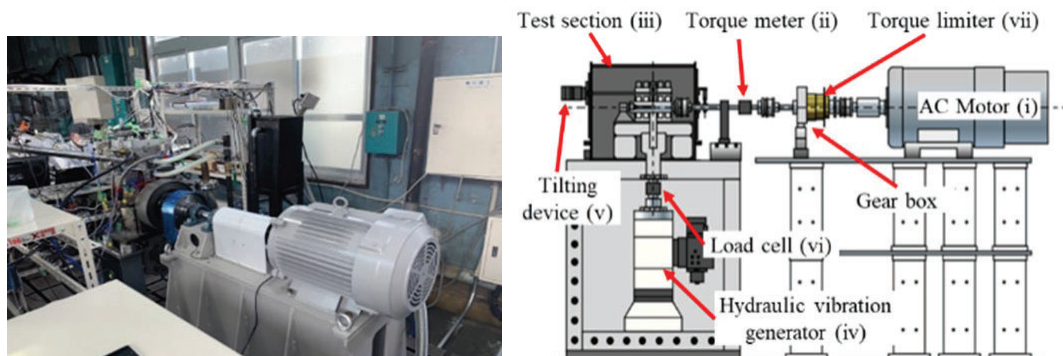


図1 浮動ライナエンジン(左)とエンジン軸受試験機(右)

潤滑油は、UFB を発生させていない潤滑油 (UFB w/o)、UFB 発生部長さを 200mm、400mm、600mm と変更した潤滑油 (UFB w/1, UFB w/2, UFB w/3) を使用し、軸回転数と負荷荷重の違いによる効果検証を行った。軸回転数 3000 rpm と 5000 rpm ではどちらも摩擦低減傾向を示し、UFB 発生部長さを増加させることで効果が拡大することが示された。これより、カーボンニュートラル社会に向けた全く新しい機械のエネルギー損失低減の可能性を見出した。

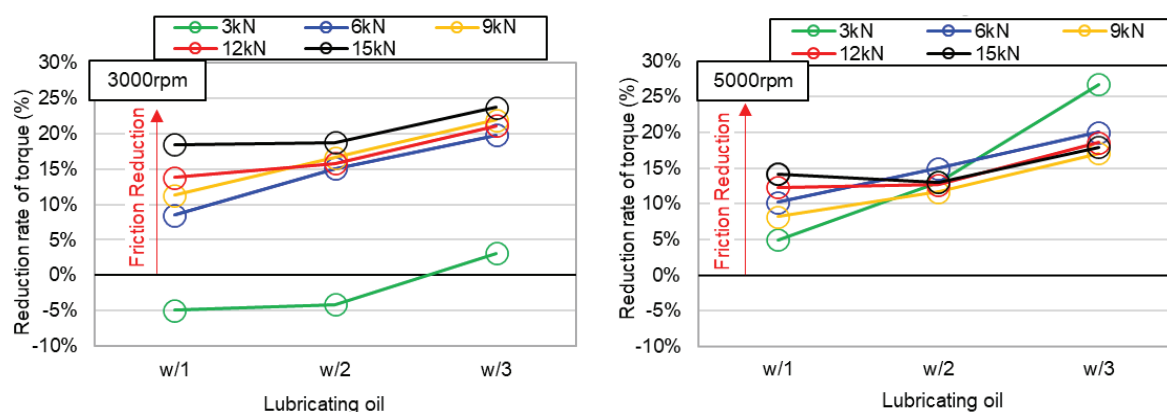


図 2 UFB による摩擦低減率の比較

## 【テーマ 2】水素エンジン特有の凝縮水発生メカニズムの研究 (AICE 萌芽研究)

水素は燃焼時に水が発生し、発生した水が潤滑油に混入した場合の影響およびについて研究を実施した。単気筒水素エンジンのライナー部温度を 40℃とした状態でファイヤリング運転を行い、時間経過に伴う潤滑油の変化をサンプリングと分析により明らかにした。図 3(上)はサンプリングした潤滑油の外観で、時間経過に伴い水分混入による白濁が進む。このサンプリング油を静置保管すると図 3(下)のように分離が生じた。分離した液体を分析した結果を図 4 に示す。「上澄み液」中には水分が含まれておらず、「沈殿物」には潤滑油添加剤元素が含まれていることから、混入した水分が添加剤を巻き込んで沈殿したことが明らかになった。

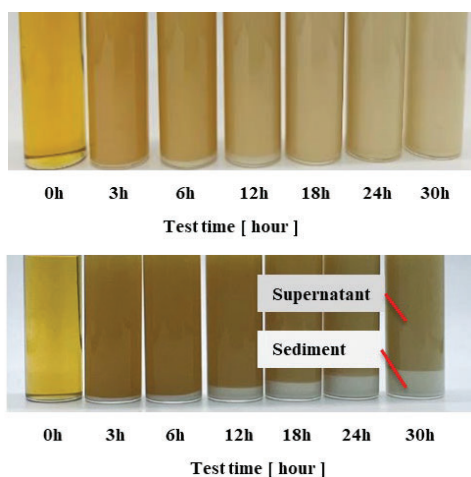


図 3 サンプリングオイル外観  
(上)サンプリング直後、(下)静置保管後

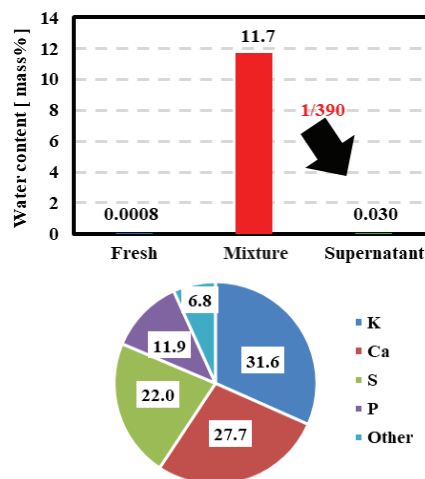


図 4 オイルの分析結果  
(上)水分量、(下)沈殿物中の元素割合

## 【テーマ 3】二輪用水素エンジンの水素供給方式や運転条件が熱流束に与える影響の研究 (水素小型モビリティ・エンジン研究組合 HySE 共同研究)

二輪用水素エンジンの燃焼室壁面における流入熱流束測定は前例がなく、一方で水素は従来燃料比で壁面近傍まで火炎が接近するため損失の定量化が非常に重要である。そこで本研究では同軸型熱電対(開発品)を用い



て対象エンジンでの流入熱流束を測定した。図 5 に示すようにエンジンヘッドに 2 点の同軸型熱電対を取り付け、各条件における熱流束を測定すると共に、図 6 のようなセンサごとの絶対値の変化も確認した。この成果より、二輪用水素エンジンの熱効率向上の検証手法が本学により確立された。

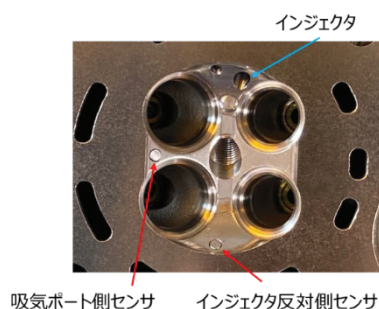


図 5 同軸型熱電対取り付け位置

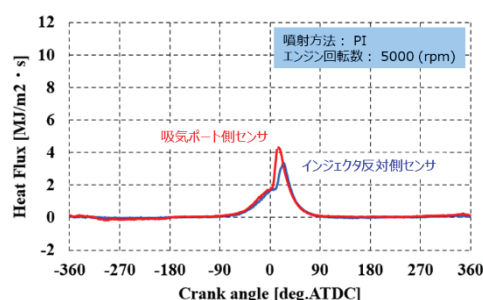


図 6 熱流束測定結果代表例

(ページ制限の都合で 3 つのテーマのみを記載)

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計 6 件

- (1) Takumi Iwata, Masaya Fukuda, Masakuni Oikawa, Makoto Kano, Yuji Mihara ・ Acoustic emission analysis of seizure transition process between steel journals and aluminum alloy plain bearings ・ Tribology International ・ Vol.202, pp110324-110324 ・ 2025 年 2 月 ・ <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.110324>
- (2) Natsuko Sugimura, Le Van Sang, Yuji Mihara, Hitoshi Washizu ・ Mesoscale smoothed particle hydrodynamics simulation of seizure and flash temperature for dry friction of elastoplastic solids in a newly developed model ・ Journal of Computational Science ・ Vol.82, pp102325-102325 ・ 2024 年 10 月 ・ <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2024.102325>
- (3) J. Shamim, Y. Takahashi, M. Lee, J. Choi, W.L. Hsu, K. Nawaz, N. Miljkovic, H. Daiguji, Coalescence-induced spontaneous shedding of microdroplets on superhydrophobic surfaces featuring enclosed micropillars with hierarchical roughness, ACS Applied Materials and Interfaces, 17, 8 (2025) 12782-12796. <https://doi.org/10.1021/acsami.4c17859>
- (4) A. Farghali, K. Iwasa, J. Kim, J. Choi, Atomic scale smoothing of nanoscale quartz mold using amorphous carbon films, Journal of Physics D: Applied Physics, 57 (2024) 455202 (13pp). <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ad67ec>
- (5) Z. Yang, M. Gao, J. Choi, Smart walking cane based on triboelectric nanogenerators for assisting the visually impaired, Nano Energy, 124 (2024) 109485. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2024.109485>
- (6) M. Gao, Z. Yang, J. Choi, C. Wang, G. Dai, J. Yang, Triboelectric Nanogenerators for Preventive Health Monitoring, Nanomaterials, 24, 4 (2024) 336 (26pp). <https://doi.org/10.3390/nano14040336>

### ◇ 招待講演 計 9 件

- (1) 及川 昌訓・水素エンジンに関する研究開発と将来展望・自動車技術会関東支部 第 9 回講演会(自動車用パワーtrainの脱炭素に向けた研究開発)・2025 年 3 月
- (2) 三原 雄司・水素エンジンの運転条件とシリンダー壁温の違いが潤滑油中の水分及び添加剤割合に与える影響・自動車技術会 ガソリン機関部門委員会 シンポジウム・2024 年 12 月
- (3) 及川 昌訓・噴射圧力低圧化と噴流形状が直噴水素エンジンの機関性能に与える影響・自動車技術会 ガソリン機関部門委員会 シンポジウム・2024 年 12 月
- (4) 及川 昌訓・水素燃焼から見た水素エンジンのトライボロジー・第 35 回内燃機関シンポジウム・2024 年 12 月
- (5) Yuji Mihara ・ Research on Loss Reduction in Internal Combustion Engines for Effective Use of Future Synthetic Fuels -Trends in Tribology Research for Reducing Friction Losses- ・ トライボロジー会議 2024 秋 名護(5th Japan-Korea Tribology Symposium: Automotive Tribology) ・ 2024 年 10 月
- (6) Masakuni Oikawa ・ Research on High Efficiency and Tribology of Direct Injection Hydrogen Engines ・ トライボロ

ジー会議 2024 秋 名護(5th Japan-Korea Tribology Symposium: Automotive Tribology)・2024 年 10 月

- (7) 三原 雄司・水素エンジンの燃焼とトライボロジーにおける課題・トライボロジー会議 2024 秋 名護(S2 カーボンニュートラルに挑む自動車のトライボロジー技術の最前線)・2024 年 10 月
- (8) 三原 雄司・瞬時の現象を計測する薄膜センサの構造とその応用 ―エンジン燃焼室への熱流束センサの応用例―・2024 年度 日本燃焼学会 夏季研究会 (夏の学校 2024@秩父)・2024 年 9 月
- (9) Yuji Mihara・Research Trend of Hydrogen Internal Combustion Engines and Introduction of Engine Research in Tokyo City University・KMITL-TOKAI JOINT SEMINAR PROGRAM・2024 年 7 月

◇ 国際会議 計 13 件

- (1) Kotaro Hata, Seiya Yamada, Kentaro Minoda, Shota Tsukamoto, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara・Effects of Modified Combustion Chamber Configuration and Supercharging on Hydrogen Concentration in Blow-by Gas in Direct Injection Hydrogen Engines・SETC2024・2024 年 11 月
- (2) Kai Horiba, Shusuke Hoshino, Masaya Fukuda, Daisuke Shimooki, Takumi Iwata, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara・Reduction of Piston Friction with Engine Oils Containing Ultra Fine Bubbles・Tribology Conference 2024 Autumn Nago(5th Japan-Korea Tribology Symposium: Automotive Tribology)・2024 年 10 月
- (3) Masaya Fukuda, Shusuke Hoshino, Yuta Kawamura, Takumi Iwata, Makoto Kano, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara・Friction Reduction by DLC Coating in Combination with Aqueous Xylitol Solution and Effect on Surface Properties・Tribology Conference 2024 Autumn Nago(5th Japan-Korea Tribology Symposium: Automotive Tribology)・2024 年 10 月
- (4) Shusuke Hoshino, Masaya Fukuda, Kai Horiba, Takumi Iwata, Yuji Mihara, Masakuni Oikawa・Friction Reduction of Engine Bearings by Lubricating oil with Ultra-Fine Bubble・2024 International Conference on Engineering Tribology and Applied Technology・2024 年 10 月
- (5) Shinnosuke Higashino, Dengda Zhu, Yuji Mihara・Effect of combustion in hydrogen-fueled internal combustion engines on engine oils・2024 International Conference on Engineering Tribology and Applied Technology・2024 年 10 月
- (6) Kai Horiba, Takumi Iwata, Mitsuru Urabe, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara・Friction Reducing Effect by Low-Barrel Shape Piston Rings Measured with Improved Floating Liner Engine・2024 International Conference on Engineering Tribology and Applied Technology・2024 年 10 月
- (7) Takumi Iwata, Masaya Fukuda, Shusuke Hoshino, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara, Makoto Kano・Friction Reduction and Improve Seizure Resistance of Engine Bearing by a-C:H:Si Coated Journal ASIATRIB2024・2024 年 9 月
- (8) Dengda Zhu, Yuya Hirose, Shinnosuke Higashino, Yuji Mihara, Takumi Iwata, Masakuni Oikawa, Michiyasu Owashi・Research on The Effect of Water Contamination on Lubricating Oil Properties In Premixed Hydrogen Engine・ASIATRIB2024・2024 年 9 月
- (9) Yifeng Mao, Yuki Kawamoto, Kento Sugawara, Yuji Mihara, Takumi Iwata, Masakuni Oikawa, Akihiko Azetsu, Masayuki Ochiai・Prediction of Lubricating Oil Flow Around Piston Rings in Automotive Engines Using Computational Fluid Dynamics・ASIATRIB2024・2024 年 9 月
- (10) Takumi Iwata, Masaya Fukuda, Shusuke Hoshino, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara, Makoto Kano・Analysis of Seizure Interface between Steel Crank Journal and Aluminum Alloy Plain Bearing・49th Leeds-Lyon Symposium on Tribology・2024 年 9 月
- (11) Masaya Fukuda, Takumi Iwata, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara, Makoto Kano・Friction Reduction by the Combination of Xylitol Solution and DLC Coating・49th Leeds-Lyon Symposium on Tribology・2024 年 9 月
- (12) Kento Sugawara, Yifeng Mao, Takumi Iwata, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara, Shuzo Sanda, Akihiko Azetsu, Yuki kawamoto, Masayuki Ochiai・Observation of Oil Film Behavior around Piston Land and Oil Control Ring of Internal Combustion Engine by Improved Photochromism Method・10th International Conference MECHANICS AND MATERIALS IN DESIGN・2024 年 9 月

(13) Kenji Matsumoto, Yuji Mihara・Measurement of Wear Debris in Oil Released During Endurance Testing of Bearings and Gears・78th STLE Annual Meeting & Exhibition・2024 年 5 月

◇ 国内会議 計 11 件

◇ 受賞

- (1) 福田 将也・日本機械学会「三浦賞」・2025 年 3 月 19 日
- (2) 川村 優太, 星野 秀介, 福田 将也, 堀場 海, 岩田 拓実, 及川 昌訓, 三原 雄司・2024 年度自動車技術会関東支部学術研究講演会「ベスト・ペーパー賞」・2025 年 3 月 6 日
- (3) 岩田 拓実・2024 年度「学生論文奨励賞」・2025 年 3 月

■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務    | 専門分野           |
|----------|--------|----------|----------------|
| センター長・教授 | 三原 雄司  | [理工学部]兼務 | 内燃機関工学、トライボロジー |
| 教授       | 崔 竣豪   | [理工学部]兼務 | 内燃機関工学、トライボロジー |
| 准教授      | 及川 昌訓  | [理工学部]兼務 | 内燃機関工学、水素エンジン  |
| 客員教授     | 三田 修三  |          | 内燃機関工学、トライボロジー |
| 客員准教授    | 杉村 奈都子 |          | 分子シミュレーション     |
| 客員研究員    | 浦辺 満   |          | トライボロジー        |
| 客員研究員    | 幸島 元彦  |          | トライボロジー        |
| 特別研究員    | 鈴木 雄三  |          | 内燃機関工学         |

◇ 学生数 博士後期課程：1 名、博士前期課程：8 名、学部 4 年生：11 名

■ 主要な外部資金実績 <センター総額：12,634 万円>

|                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ①自動車用内燃機関技術研究組合（AICE） 2024 年度経費：1,415 万円<br>「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/グリーンイノベーション基金事業/CO2 等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト/乗用車および重量車の合成燃料利用効率の向上とその背反事象の改善に関する技術開発」研究代表（三原） |
| ②独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 2024 年度 2,145 万円<br>「国土交通省 脱炭素に向けた産学官連携による次世代大型車両開発促進事業/水素エンジンの性能向上に向けた熱流束と潤滑性等に関する技術調査」研究代表（三原）                                           |
| ②共同研究（一般受託）自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）萌芽研究 2024 年度経費：220 万円<br>「水素エンジンの燃焼ガスやブローバイからの凝縮水の発生と潤滑油成分の変化要因の解明及びこれらの現象がエンジントライボロジーに与える影響の基礎研究」研究代表（三原）                             |
| ③共同研究（一般受託）自動車用内燃機関技術研究組合（AICE） 2023 年度経費：1,362 万円<br>「AICE 燃焼研究」研究代表（三原）                                                                                             |
| ④その他共同研究・受託研究 計 8 社で 4,110 万円 研究代表（三原）<①～④総計：9,252 万円>                                                                                                                |
| ⑤自動車用内燃機関技術研究組合（AICE） 2024 年度経費：645 万円<br>「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/グリーンイノベーション基金事業/CO2 等を用いた燃料製造技術開発プロジェクト/乗用車および重量車の合成燃料利用効率の向上とその背反事象の改善に関する技術開発」研究代表（及川）   |

|                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ⑥NEDO 事業 2024 年度経費：1505 万円<br>「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）/競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業／大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発／大規模調整電源となる水素ガスエンジンの技術開発」 研究代表（及川） |
| ⑦共同研究（一般受託）自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）萌芽研究 2024 年度経費：220 万円<br>「直噴水素エンジンの噴射特性と過給圧が筒内気柱振動とブローバイガス中の水素濃度に与える影響」 研究代表（及川）                                     |
| ⑧その他共同研究・受託研究 計4社で1012万円 研究代表（及川） <⑤～⑧総計：3,382万円>                                                                                                   |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 1 件、国際会議 12 件、国内会議 9 件

### ◇ 学生の主な就職先

トヨタ自動車（株）、いすゞ自動車（株）、（株）SUBARU、（株）小糸製作所等

## ■ 社会貢献

### ◇ 第 227 回 総研セミナー開催（2025 年 3 月 31 日）

（東京都市大学－東海大学合同シンポジウムとの共催）

講演タイトル「水素内燃機関のトライボロジーと信頼性に関する研究の取り組み」

「筒内直噴水素エンジンの混合気形成がブローバイガス中の水素濃度に与える影響」

### ◇ 委員

| 氏名    | 委員名一覧                                                                                                                                                  |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 三原 雄司 | 自動車技術会：代議員、関東支部理事/学生担当理事、伝熱技術部門委員会委員、SETC2024 実行委員会/SETC2025TC 対応委員会/2026 実行委員会 委員                                                                     |
| 三原 雄司 | 日本機械学会：ISO/TC123 平軸受国内委員会幹事/ ISO/TC123 議長/ JIS 原案作成委員会委員、日本滑り軸受標準化協議会理事、エンジンリサーチジャーナル（IJER）編集委員会委員、ゼロ CO2 エンジン研究会委員、次世代 2 ストロークエンジン技術研究会委員、RC298 オブザーバ |
| 三原 雄司 | 日本トライボロジー学会：第三種研究会エンジン潤滑研究会主査、水素のトライボロジー研究会委員                                                                                                          |
| 三原 雄司 | 日本マリンエンジニアリング学会：代議員、学会賞等審査委員会委員                                                                                                                        |
| 三原 雄司 | 自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）：ゼロエミッションモビリティパワーソース研究コンソーシアム幹事、研究実施支援事業 Gr. リーダー                                                                                  |
| 三原 雄司 | 潤滑油協会：潤滑油品質委員会 副委員長                                                                                                                                    |
| 三原 雄司 | 日本陸用内燃機関協会：ピストンリング JIS 原案作成委員会委員長、陸内協技術フォーラム委員                                                                                                         |
| 三原 雄司 | （公財）北海道環境財団 自立分散部会 審査委員会委員                                                                                                                             |
| 及川 昌訓 | 日本機械学会：エンジンシステム部門 基礎教育講習会企画委員会委員                                                                                                                       |
| 及川 昌訓 | 日本機械学会：ゼロ CO2 エンジン委員会委員                                                                                                                                |
| 及川 昌訓 | 日本トライボロジー学会：編集委員会委員                                                                                                                                    |
| 及川 昌訓 | 日本トライボロジー学会：第三種研究会エンジン潤滑研究会幹事、水素のトライボロジー研究会委員                                                                                                          |



## インフラと災害制御のマネジメントに関する研究センター

インフラと災害制御のマネジメントに関する研究センター  
センター長 伊藤 和也

### ■ センター概要

昨今の激甚化する自然災害と、それに対するインフラ施設の老朽化とが相まって、被災の程度が増大しつつある。このような現状を改善するため、本学における横断的な自然災害への防災・減災研究を発展・進化させるとともに、地域貢献可能な災害対策研究拠点を形成して本学の地域での貢献度を高めることを目的として 2023 年度に地盤環境工学研究センターとインフラ維持管理と災害制御に関する研究センターが統合して、新たに、「インフラと災害制御のマネジメントに関する研究センター（略称：MIND）」が設立された。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

令和元年東日本台風（2019 年台風 19 号（Hagibis））では、東日本を中心とした各地で浸水による災害が発生しました。多摩川、丸子川、谷沢川の 3 つの川に囲まれた玉堤・田園調布地区でも多くの建物が浸水被害を受け、本学世田谷キャンパスでも大きな被害を受けました。本センターはこのような激甚化する自然災害とインフラ設備の老朽化による被災増大を防止し、地域貢献可能な災害対策研究拠点となることを目指して研究活動を行っています。2024 年度は、市町村別の自然災害リスク指標の利活用、遠心模型実験装置を利用した老朽化石積み宅地擁壁の耐震補強方法や豪雨・地震の複合災害による大規模造成盛土の安定性に関する検討に加えて、令和 6 年 1 月 1 日に発生した令和 6 年能登半島地震の被害調査等も実施しました。

#### ◇ 次年度への展開

自然災害の災害制御について、力学的背景を中心とした技術開発だけではなく、直接的に市民の安全性向上のために、災害情報の共有や避難のあり方、法律、保険・補償等の社会システムを含めた改善点を提示して、激甚化する自然災害に対応できる社会を目指します。令和元年東日本台風に関係する内水氾濫による浸水被害を中心とした研究に注力したが、それらを発展させ、都市域での防災・減災を検討する上で重要な様々な情報を蓄積・可視化することで、国土強靱化に資する防災・減災に貢献していきます。さらに、人口減少時代の災害後の復旧・復興の在り方なども検討したい。また、2022 年に導入されている遠心模型実験装置を利用した様々なプロジェクトについて進めていく予定です。

### ■ 成果の紹介

#### 【テーマ 1】市町村別の自然災害に対するリスク指標の開発とその応用

自然災害に対するリスク指標 GNS（Gross National Safety for natural disasters）は東日本大震災による未曾有の地震・津波災害の経験と復興の方向性の議論の過程の観察と考察から着想され、都道府県版の試算から市町村版の開発が進められている。

2024 年度は市町村版 GNS について WEB ページの開発を行い地盤工学会関東支部のページに公開した（図-1）。また、GNS のリスク管理手法として、茨城県を対処として実施し自然災害リスク

## GNS

Gross National Safety for natural disasters

2023

GNS

不透明度:

2020

### 東京都文京区

標高値

ymax:

脆弱性

ymax:

Ver. 2024-03-31

([https://jibankantou.jp/group/gns2\\_2023.html](https://jibankantou.jp/group/gns2_2023.html))

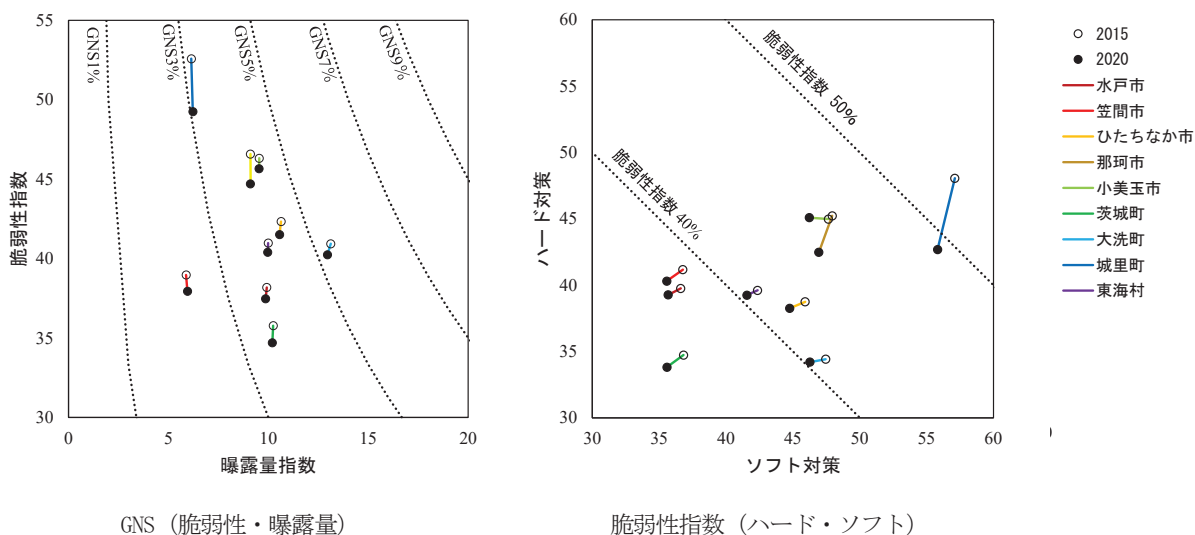


図2 県央地域の GNS・脆弱性指数の経年変化

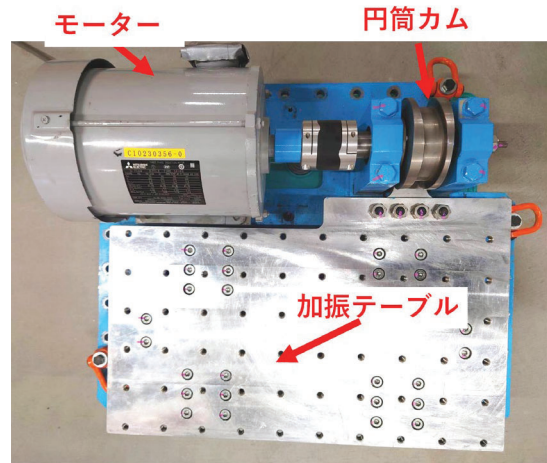


## 【テーマ2】遠心模型実験装置を利用した地盤や土構造物の補強方法に関する研究

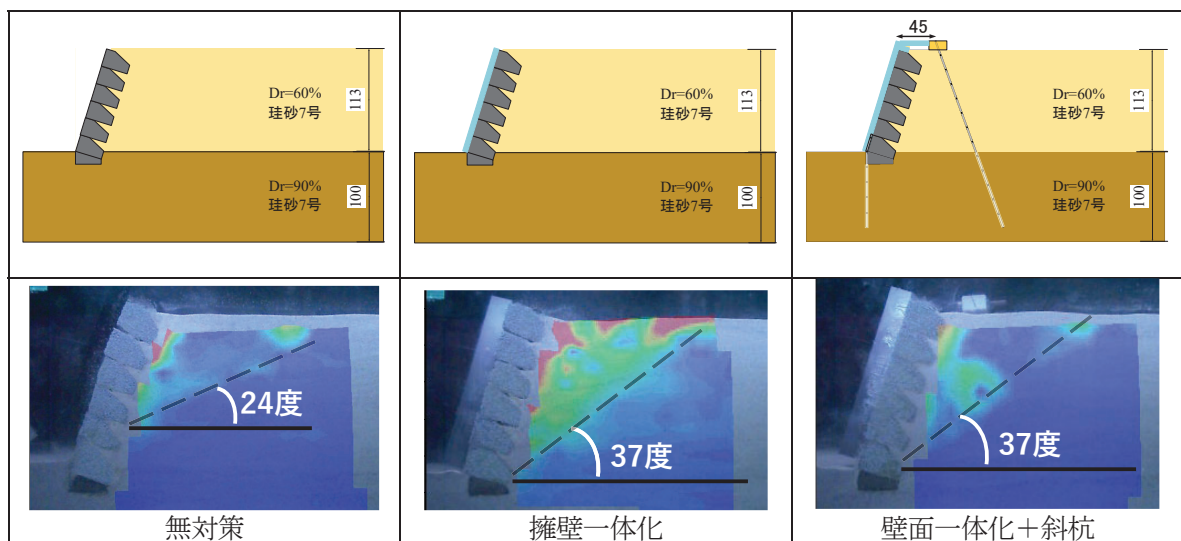
地震や降雨による土砂災害を防止する工法や、軟弱地盤を補強し不同沈下を防止する工法、また不同沈下した構造物を修正する工法、既存不適格擁壁の耐震補強工法の開発など、安心で安全な生活の基盤作りに関する研究を行っています。ここでは、一例として 2022 年度に導入された遠心模型実験装置を用いた動的加振実験の結果を紹介する。東京都市大学の遠心場振動台（写真・2）は円筒カム式を世界で初めて採用した。正弦波加振のみであるが再現性の高い地震外力を与えることができる。図・3 は、老朽化石積み宅地擁壁の耐震補強方法に関する事例である。高速度カメラを利用した崩壊時の挙動から対策の有無により崩壊メカニズムが異なることが分かった。図・4 は豪雨・地震の複合災害による大規模造成盛土の安定性に関する検討事例である。背面から地下水浸透された状態を再現して遠心場振動台実験を行った事例である。本ケースは入力加速度 200gal の加振を連続した場合の挙動であるが、4 回目の加振で法先が崩壊して進行的な崩壊となることが確認された。今後、様々な条件での実験・解析から複合災害時の大規模造成宅地の安全性や対策方法について検討する予定である。



写真・1 遠心模型実験装置  
TCU-Mark III Centrifuge



写真・2 新たに開発された  
円筒カム式遠心場振動台



図・3 老朽化した石積み擁壁の対策工法に関する遠心場振動台実験

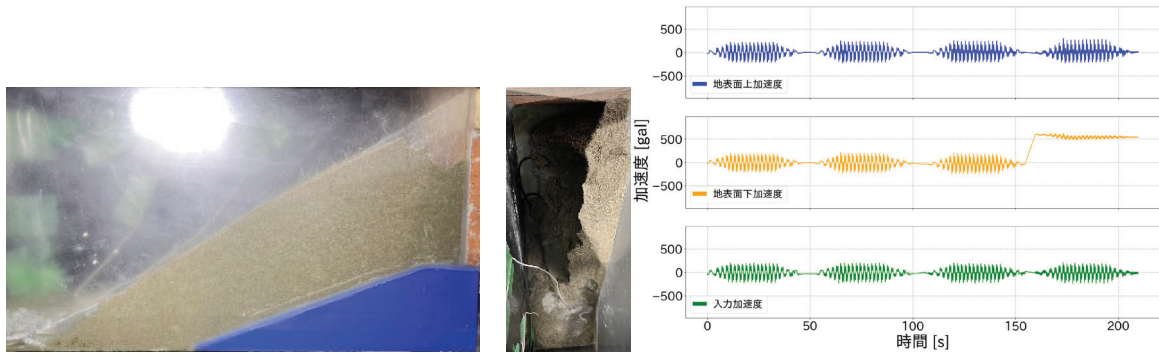


図-4 豪雨・地震の複合災害による大規模造成宅地の安全性に関する遠心場振動台実験

### 【テーマ3】令和6年能登半島地震の被害調査

令和6年1月1日16時10分に発生した能登半島を震源とする地震(M7.6)は石川県、富山県、新潟県に甚大な被害をもたらした。新潟県では1964年に発生した新潟地震にて液状化した場所が再液状化している。特に石川県では内灘町室地区にて液状化や液状化に伴う地盤の側方流動によって局所的な被害が発生した(写真-3)。このような液状化被害についてメカニズム解明の一助となるように現地調査を行った。また、その後に発生した能登半島豪雨によって再び被災した現場等も土木学会の調査団として調査を行っている(写真-4)。



液状化に伴う側方流動被害



原位置調査 (SDS 試験)

写真-3 内灘町室地区での被害調査



写真-4 地震・豪雨後の被害調査 (中屋トンネル坑口手前付近)



## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文

- (1) Anurag Sahare, Kazuya Sano, Kazuya Itoh, Naoaki Suemasa, Tsuyoshi Tanaka, Mitsuyoshi Torita, Ryoma Takeoka: Development of a novel cylindrical cam shaking table for geotechnical centrifuge modelling, International Journal of Physical Modelling in Geotechnics, Vol. 25, Issue 2, pp. 66-85, 2025.  
<https://doi.org/10.1680/jphmg.24.00032>
- (2) 佐野 和弥, 伊藤 和也, 田中 剛, 末政 直晃, 小浪 岳治, 谷山 慎吾: 宅地の既設空石積擁壁に適用可能な補強方法の力学特性と補強効果に関する遠心模型実験, 土木学会論文集 80(11) 24-00014, 2024. <https://doi.org/10.2208/jscej.24-00014>
- (3) Tatsuya Sibata, Kazuya Itoh, Naotaka Kikkawa, Nobutaka Hiraoka, Surendra B Tamrakar, Yasuo Toyosawa: Analysis of labour accidents caused by slope failure during slope cutting and application of a rapid checklist for risk management in Japan., International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE 1-12 2024 年 6 月 5 日 <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2356350>
- (4) 中島 卓哉, 尾崎 匠, 牛田 貴士, 松丸 貴樹, 仲山 貴司, 平岡 伸隆, 吉川 直孝, 伊藤 和也: 遠心模型実験による掘削過程を考慮した掘削土留め工の変形・土圧評価, 地盤工学ジャーナル 19(2) 183-196 2024 年 6 月 1 日 <https://doi.org/10.3208/jgs.19.183>
- (5) 渡邊 諭, 赤塚 洋介, 高柳 剛, 吉田 郁政, 五艘 隆志: 洗掘が懸念される鉄道河川橋脚の抽出への機械学習の有用性の検証, AI・データサイエンス論文集/5 巻 (2024) 1 号/  
[https://doi.org/10.11532/jsceii.5.1\\_43](https://doi.org/10.11532/jsceii.5.1_43)
- (6) 佐々木 隆光, 末政 直晃, 伊藤 和也, 島田 俊介: 三軸圧縮試験におけるひずみ速度と背圧が薬液改良土の強度・変形特性に及ぼす影響, 土木学会論文集 80(4), 23-00268, 2024.  
<https://doi.org/10.2208/jscej.23-00268>
- (7) Hazarika, H., Kubota, S., Sahare, A., Ohta, S., Tanaka, T., Ishizawa, T., Murai, M., Fujishiro, T., Michi, Y., Hu, Y., Hyodo, T., Matsumoto, T., and Kokusho, T.: Damage due to Liquefaction and Associated Lateral Flow during the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan, Report of GEER Association, University of Berkeley, USA, 1-63, 2025. <https://doi.org/10.18118/G65M23>
- (8) 窪田 上太郎, 太田 史朗, ハザリカ ヘマンタ, 松本 樹典, 田中 剛, 村井 政徳, 藤白隆司, 道 勇治: 令和 6 年能登半島地震による内灘町室地区の液状化被害メカニズム解明に向けた調査報告(その 1), 自然災害科学 J.JSNDS 43-3, 631-639, 2024.
- (9) 窪田 上太郎, 太田 史朗, 越智 義和, 今井 利宗, ハザリカ ヘマンタ, 松本 樹典, 田中 剛, 村井 政徳: 令和 6 年能登半島地震による内灘町室地区の液状化被害メカニズム解明に向けた調査報告(その 2), 自然災害科学 J.JSNDS 43-3, 641-648, 2024.

### ◇ 招待講演

- (1) 伊藤和也: 「自然災害に対する安全性指標」, 日本技術士会 応用理学部会技術士による発表講演会, 2024

### ◇ 国内会議

紙面の都合上割愛(土木学会全国大会, 地盤工学研究発表会, 土木学会関東支部研究発表会を中心として 72 件発表)

### ◇ 国際会議

- (1) Hazarika, H., Ohta, S., Kubota, S., Michi, Y., Sahare, A., Tanaka, T., Ishizawa, T., Murai, M., Fujishiro, T., Matsumoto, T., and Hyodo, T.: Lateral Flow in Reclaimed Land due to Liquefaction during the 2024 Noto Peninsula Earthquake, Japan~ Insights from Remote Sensing and Field Survey ~, Plenary Lecture, 8th

International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, Guwahati, India, 2024.

- (2) Kazuya Sano, Naotaka Kikkawa, Kazuya Itoh, Naoaki Suemasa, Tsuyoshi Tanaka, Takeharu Konami, Shingo Taniyam: Research on anti-seismic reinforcement method of existing residential dry masonry retaining wall by centrifuge tilting test and 3D DEM, The 8th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Osaka, OS-7-05, 202405
- (3) Gyuchan Choi, Anurag Sahare, Kyohei Ueda: Sensitivity Analysis of a Sheet-Pile Wall Retaining a Liquefiable Backfill using the strain space multiple mechanism model, The 8th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Osaka, SS-1-02, 202405
- (4) Anurag Sahare, Kyohei Ueda: Novel Insights on the Soil-Pile Dynamic Interaction Considering the Spatial Mobilization of Kinematic Effects, The 8th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Osaka, OS-28-04, 202405
- (5) Susumu Yasuda, Kohei Tsuji, Shusuke Oji, Takafumi Seiki, Naoaki Suemasa: Estimation of liquefaction-induced settlement of houses using simple Screw Weight Sounding (SWS) test, The 8th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Osaka/SS-5-05, 202405
- (6) A. Sahare, G.C. Choi, K. Ueda: SEISMIC RESPONSE OF EMBEDDED CANTILEVER RETAINING WALL USING A STRAIN SPACE MULTIPLE MECHANISM MODEL, WCEE2024 - 18th World Conference on Earthquake Engineering/GEO9 - STRUCTURES AGAINST LIQUEFACTION, 202407
- (7) Kota Iwasaki, Naoaki Suemasa, Tsuyoshi Tanaka, Kenichi Takahashi: A study on the influence of pile extraction from surrounding ground, Geomate 2024, 202411
- (8) Yuki Nakajo, Nobutaka Hiraoka, Kazuya Itoh: ENTRY CRITERIA FOR ANOMALY DETECTION IN SURFACE STRAIN VELOCITY POST-SLOPE EXCAVATION USING LINEAR REGRESSION MODEL, Geomate 2024, 202411
- (9) Jemy Chua, Naoaki Suemasa, Takamitsu Sasaki, Koichi Nagao: PERMEATION GROUTING USING ALKALI-ACTIVATED GROUT FOR LIQUEFACTION CONTROL, Geomate 2024, 202411

◇ 受賞

- ・ 伊藤和也：「地盤工学会誌」令和5年度年間優秀賞  
受賞業績名／業績発表文献：地盤工学における模型実験 第3回 模型地盤作製技術，2023年11月号掲載

■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名          | 氏名            | 専任／兼務              | 専門分野                        |
|-------------|---------------|--------------------|-----------------------------|
| センター長<br>教授 | 伊藤 和也         | [建築都市デザイン学部]<br>兼務 | 自然災害科学，地盤工学，社会システム工学・安全システム |
| 教授          | 末政 直晃         | [建築都市デザイン学部]<br>兼務 | 地盤工学                        |
| 研究講師        | Sahare Anurag | 専任                 | 地盤工学，耐震工学                   |

|       |        |                    |                            |
|-------|--------|--------------------|----------------------------|
| 教授    | 関屋 英彦  | [建築都市デザイン学部]<br>兼務 | 橋梁工学，鋼構造                   |
| 教授    | 秋山 祐樹  | [建築都市デザイン学部]<br>兼務 | 空間情報科学，都市・交通計画，<br>都市地理学   |
| 准教授   | 五艘 隆志  | [建築都市デザイン学部]<br>兼務 | 建設マネジメント，災害マネジメント，<br>行政経営 |
| 技士    | 田中 剛   | [建築都市デザイン学部]<br>兼務 | 地盤工学                       |
| 学外研究員 | 永尾 浩一  | 佐藤工業               | 地盤工学                       |
| 学外研究員 | 佐々木 隆光 | 強化土エンジニアリング        | 地盤工学                       |

◇ 学生数 博士後期課程：2名、博士前期課程：8名、学部4年生：16名

## ■ 主要な外部資金

### 受託研究

末政直晃・伊藤和也・田中剛：強化土エンジニアリング 700 万 他 9 件、 総額 2475.5 万円

### 共同研究

末政直晃・伊藤和也・田中剛：若築建設 220 万 他 1 件、総額 440 万

寄付金 2 件 総額 150 万

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 6 件，国際会議 4 件，国内会議 72 件 作品 件

### ◇ その他

### ◇ 学生の主な就職先

土木研究所、清水建設、大成建設、大林組、熊谷組、西松建設、日本工営、いであ、オリエンタルコンサルタンツ、東電設計、東急電鉄、川崎地質、JR 東日本、中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京、首都高メンテナンス神奈川、長谷工コーポレーション、スターツコーポレーション、本学大学院

## ■ 社会貢献

### ◇ 第 226 回 総研セミナー開催（2025 年 2 月 5 日）

#### 講演タイトル

#### 基調講演

地盤工学におけるベイズモデリング～地盤のモデル化から観測施工まで～  
一般発表

浮体式洋上風力発電用アンカー基礎の引き抜き特性に関する遠心模型実験／傾斜地における表層侵食メカニズムとその対策方法についての研究／豪雨による盛土崩壊抑止のための排水マットに関するカラム土槽降雨浸透実験／自然災害安全性指標 GNS の防災対策への利活用に関する研究／遠心場における砕石パイルの築造とその支持力評価／透明地盤を用いた機械攪拌工法の高品質化に関する実験／流動化砂を用いた静的締固め工法の模型実験／杭の施工過程の違いが支持力特性に与える影響／発砲ウレタンを用いた杭状地盤改良体の開発～簡易孔内水平載荷試験装置及び試験法の検討～／屈折率整合法による SP の貫入機構の解明／大径杭の液状化特性に関する遠心場振動実験／海陸産物の廃棄物を活用したジオポリマーの提案／トンネル切羽における肌落ち災害防止対策の効

果に関する有限要素解析／高圧噴射攪拌工法の噴射挙動の可視化に関する遠心模型実験／単眼画像による掘削斜面の異常検知手法／ソイルセメント地中連続壁におけるマッドケーキ形成過程の基礎的研究～遠心模型実験による検証～

◇ 出張授業

東京都市大学附属等々力高等学校（末政直晃）

東京都立小石川中等教育学校（末政直晃）

◇ 委員

| 氏名  | 委員名一覧                                                                                                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 伊藤  | 土木学会 地盤工学委員会斜面工学小委員会 委員長，地盤工学会関東支部 防災戦略の意思決定プロセスに資する総合的な自然災害安全性指標（GNS）実現に関する研究委員会 委員長，厚生労働省大臣審査（労働安全衛生法第 88 条）委員会 委員 他                   |
| 末政  | 港湾施設の護岸等における簡易・簡便な耐震調査手法及び耐震改修工法に関する検討委員会 委員長，地盤調査規格・基準委員会 委員長，地盤・基礎技術審査委員会 委員，建築基準法に基づく評価委員会評価員 他                                       |
| サハレ |                                                                                                                                          |
| 五艘  | 土木学会 建設マネジメント委員会 地方自治体における災害マネジメント研究小委員会 委員長，防衛省 公正入札調査会議 委員，内閣府 政府調達苦情検討委員会専門委員 他                                                       |
| 秋山  | 地理情報システム学会 代議員，マイクロジオデータ研究会 会長，九州経済調査協会 研究委員，国土交通省「今後の国土数値情報の整備のあり方に関する検討会」委員，国土交通省土地・建設産業局不動産市場整備課「地域の不動産市場動向把握のための面的データ等活用手法検討委員会」委員 他 |
| 田中  | CREST2023 実行委員 他                                                                                                                         |



## 子ども家庭福祉研究センター

子ども家庭福祉研究センター  
センター長 早坂 信哉

### ■ センター概要

福祉・心理・医療分野において、子どもやその保護者、高齢者を取り巻く幅広い課題を研究するため各機関をつなぐ「ハブ」の役割を果たす。問題解決に理系学部や行政、企業の協力も得て、その結果を広く福祉施設等へ還元することを目指す。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

渋谷区民の福祉の向上を目指して、渋谷区内の福祉事業に携わる人や興味関心のある区民や学生等が、福祉の実践活動での問題・課題について研究した成果を発表し、互いに学び合う場を設定した。渋谷福祉学会第7回大会を2024年11月9日（土）に渋谷区役所にて開催（ハイブリッド、参加者183名）し、区民、福祉事業所の事業者、学生、教育関係者、研究者等が参加した。その他、報告集の発行、参加者同士の情報交換と交流等実施した。

#### ◇ 次年度への展開

渋谷福祉学会開催・運営：各方面からの継続の要望は大きく今年度から地域連携・地域貢献における重点推進プロジェクトとして施行した。今年度で7回目を迎え、会議体の規模は年々拡大し、渋谷区長が挨拶や会場に参加するなどの形で関与するようになる程重要度の高い会議となり、渋谷区と本学との区長対応レベルの福祉分野における連携の基盤として確固たる位置づけとなった。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】渋谷福祉学会開催・運営

人間科学部の教員と渋谷区役所の職員と共に打ち合わせを重ね、渋谷福祉学会は第1回大会（2018年11月17日（土））「渋谷のユニバーサル未来社会を考える」をテーマに東京都市大学渋谷サテライトクラス（参加者65名）にて開催した。基調講演、シンポジウムや研究発表を行った。その後、渋谷区の福祉事業所の施設長等や区役所の職員、本学教員による運営委員会が2019年3月に発足した。大会責任者は子ども家庭福祉研究センターセンター長早坂信哉、実行委員長は第1回から第3回は人間科学部准教授園田巖、第4回から第6回は人間科学部教授井戸ゆかりであった。第2回から第6回と毎年11月に渋谷区役所にて定期的実施した。第2回大会開催（2019年11月16日（土））「切れ目のない支援を目指して一人材をどう育成していくのか」、第3回大会開催（2020年11月14日（土））「切れ目のない支援を目指して一新しい日常における支援のあり方を考える」（※コロナのためオンライン開催）、第4回大会開催（2021年11月13日（土））「切れ目のない支援を目指して一住み慣れたまちで自分らしく生きる」（※オンライン開催）、第5回大会開催（2022年11月12日（土））「切れ目のない支援を目指して一地域の人とつながる・つなげる」（ハイブリット開催）、第6回大会（2023年11月11日（土））「切れ目のない支援を目指して一Wellbeing—幸せな社会と暮らし—の実現に向けて」（ハイブリット開催）であった。第5回からポスターによる実践報告会を実施した。第6回大会は、参加者は200名を超えて202名となった。

今年度の第7回大会（2024年11月9日（土））「切れ目のない支援を目指して一Wellbeing—幸せな社会と暮らし—の実現に向けて」（ハイブリット開催）であった。本大会は、参加者が183名であり、高い数値で維持されている。区長、学長が挨拶、基調講演ではオリンピック金メダリストの一般社団法人日本パラリンピアンズ協会理事大日方邦子氏が講演を行い、学生にも好評であった。また、ポスター発表では15団体がエントリーし、活動について掲示を行い、様々な活動をしている者同士の交流の場となった。

第7回を迎え、渋谷区関係者の参加も徐々に増加傾向にある。しかし、福祉活動に興味のある区民や福祉事業所の方の参加はまだハードルが高いようで、もっと気軽に参加できるポスター発表を充実させ、交流の場となるようさらなる工夫が必要である。

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計8件

- (1) Shinya Hayasaka, Toshiyuki Ojima, Akio Yagi, Katsunori Kondo. Association between Tub Bathing Frequency and Onset of Depression in Older Adults: A Six-Year Cohort Study from the JAGES Project. J. Balneol. Climatol. Phys. Med. 87(2): 49-55. 2024. <https://doi.org/10.11390/onki.2359>
- (2) 関口陽一, 早坂信哉. 短期間の温泉地滞在における入浴以外の活動の主観的な効果：全国「新・湯治」効果測定調査プロジェクトデータに基づく二次研究. 日本健康開発雑誌 (45) 21-31 2024 年 6 月 <https://doi.org/10.32279/jjhr.202445G03>
- (3) 早坂信哉, 三橋浩之, 早坂健杜, 加藤典嗣. 温冷交代浴・サウナの自律神経活動への影響. 日本健康開発雑誌 46 号掲載予定 2024 年 11 月 1 日 J-Stage 早期公開済 <https://doi.org/10.32279/jjhr.202546G03>
- (4) 青木駿介, 野々山昌生, 早坂信哉. 多様な入浴方法が生体情報に与える影響：マイクロバブル入浴とウルトラファインバブルシャワー浴の比較検証. 日本健康開発雑誌 46 号掲載予定 2024 年 11 月 20 日 J-Stage 早期公開済. <https://doi.org/10.32279/jjhr.202546G05>
- (5) Hideaki Watanabe, Hirokazu Inoue, Yuki Iijima, Shinya Hayasaka, Katsushi Takeshita. Can Japanese medical students correctly bandage a patient's upper arm? A retrospective study. Medical Education Japan 55(2) 189-192. 2024 [https://doi.org/10.11307/mededjapan.55.2\\_189](https://doi.org/10.11307/mededjapan.55.2_189)
- (6) 松橋圭子, 高橋風葉, 田中稲子, 大西達也. アンケート調査に基づく保育者を取り巻く音環境とストレスに関する研究. 日本健康開発雑誌 46 号掲載予定. 2024 年 7 月 30 日 J-stage 早期公開済 <https://doi.org/10.32279/jjhr.202546G01>
- (7) 松橋圭子, 種市慎也, 田中稲子. コロナ禍の園長の意識から見た都心部の保育施設の課題: 換気を中心としたヒアリング調査の考察. 日本健康開発雑誌 46 号掲載予定. 2025 年 2 月 14 日 J-stage 早期公開済. <https://doi.org/10.32279/jjhr.202546G06>  
2025. 2. 14 公開
- (8) 宮川哲弥, 早坂信哉, 堀口祐太, 土田夕紀. 児童相談支援におけるバーチャルリアリティロールプレイの可能性-生理的指標に基づく検討-日本健康開発雑誌 46 号掲載予定. 2024 年 11 月 1 日 J-stage 早期公開済. <https://doi.org/10.32279/jjhr.202546G04>

### ◇ 招待講演 計14件

- (1) 第89回日本温泉気候物理医学会総会・学術集会特別セッション「新・湯治」の新たな展開（座長）、「全国「新・湯治」効果測定調査（2018-2022年度）」（発表者）2024年6月1日和歌山県白浜町 早坂信哉
- (2) 社会保険中部特別研究会 「今晚からできる！医師がすすめる 健康になる入浴法」2024年9月3日 愛知県名古屋市 早坂信哉
- (3) 環境省第8回全国温泉地サミット及び第6回チーム新・湯治全国大会 「全国「新・湯治」効果測定調査プロジェクト」 2024年11月1日 東京都中央区 2024年11月1日 早坂信哉
- (4) 山形県温泉協会創立100周年記念式典 記念講演「高齢化社会における温泉入浴の効果について」2024年11月14日 山形県上山市 早坂信哉
- (5) 第28回日本統合医療学会学術大会基調講演「温泉・公衆浴場と地域共生社会」 2024年12月15日 栃木県宇都宮市 早坂信哉

- (6) JR 東日本「大人の休日倶楽部」特別講演会「健康づくりに役立つ温泉の入り方」2025 年 2 月 8 日 福島県福島市 早坂信哉
- (7) JR 東日本「大人の休日倶楽部」特別講演会「体調に合わせた正しい温泉の選び方健」2025 年 2 月 8 日 福島県福島市 早坂信哉
- (8) 滋賀県草津市東医師会地域保健研修会講演「入浴医学の基礎-正しい入浴法-」2025 年 2 月 22 日 滋賀県草津市 早坂信哉
- (9) 第 54 回日本慢性疼痛学会市民公開講座 「いい湯だな～痛みも和らぐ入浴の効用～」 2025 年 2 月 23 日 宮城県仙台市 早坂信哉
- (10) 日本原子力学会 関東・甲越支部第 18 回 学生研究発表会 原子力・放射線分野 特別講演 「温泉・入浴で健康づくり」 2025 年 2 月 28 日 東京都世田谷区 早坂信哉
- (11) 日本生命財団 児童・少年の健全育成助成「第 3 回 実践的研究助成ワークショップ」2024 年 11 月 17 日 宮川哲弥
- (12) 平塚市社会福祉協議会 「子どもの発達を理解する」2024 年 6 月 28 日 井戸ゆかり
- (13) 調布市保育園協会 「保護者に対する相談援助」 2024 年 9 月 6 日 井戸ゆかり
- (14) 東京都市大学川崎市校友会 「児童期：青年期の発達理解とより良いかかわり方」2024 年 10 月 19 日 井戸ゆかり

◇ 国内会議 計 4 件

## ■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務      | 専門分野        |
|----------|--------|------------|-------------|
| センター長・教授 | 早坂 信哉  | [人間科学部] 兼務 | 医療・医学・公衆衛生  |
| 教授       | 井戸 ゆかり | [人間科学部] 兼務 | 発達臨床心理学・保育学 |
| 准教授      | 園田 巖   | [人間科学部] 兼務 | 福祉・社会的養護    |
| 准教授      | 横山 草介  | [人間科学部] 兼務 | 教育人間学・臨床教育学 |
| 准教授      | 松橋 圭子  | [人間科学部] 兼務 | 社会基盤・子ども環境  |
| 准教授      | 宮川 哲弥  | [人間科学部] 兼務 | 福祉・社会的養護    |
| 研究員      | 亀田 佐知子 | 専任（非常勤）    | 発達心理学・保育学   |

◇ 学生数 博士後期課程： 0 名、博士前期課程： 0 名、学部 4 年生： 0 名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| 2024 年度「渋谷区障がい者福祉に関する理解促進・啓発活動補助金」交付（10 万円/年） |
|-----------------------------------------------|

## ■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 0 件、国際会議 0 件、国内会議 2 件 作品 0 件

◇ 学生の主な就職先

警視庁、渋谷区役所、横浜市役所 他

■ 社会貢献

◇ 第224回 総研セミナー開催（2024年11月9日（土））

渋谷福祉学会第7回大会「切れ目のない支援を目指して-Wellbeing-幸せな社会と暮らし-の実現に向けて(Ⅱ)」

会場：渋谷区役所大集会室（ハイブリッド開催）

◇ 委員等

| 氏名    | 委員名一覧                           |
|-------|---------------------------------|
| 早坂 信哉 | 環境省 新・湯治の効果に関する協同モデル調査事業審査委員会委員 |
| 早坂 信哉 | 静岡県 ICOI プロジェクト実証事業委託企画審査委員会委員  |
| 早坂 信哉 | 港区公衆浴場経営対策会議委員                  |
| 早坂 信哉 | 公益財団法人中央温泉研究所理事                 |
| 早坂 信哉 | 一般財団法人日本健康開発財団温泉医科学研究所所長・倫理委員長  |
| 早坂 信哉 | 一般社団法人日本温泉気候物理医学会理事・日本医学会連絡委員   |
| 早坂 信哉 | 一般社団法人日本銭湯文化協会理事                |
| 早坂 信哉 | 一般社団法人日本温泉協会学術部委員会委員            |
| 井戸ゆかり | 渋谷区子ども・子育て会議会長                  |
| 井戸ゆかり | 渋谷区社会福祉協議会評議員                   |
| 井戸ゆかり | 渋谷区赤い羽根共同募金推薦委員                 |
| 井戸ゆかり | 公益財団法人成長科学協会 心の発達研究委員会委員        |

## インテリジェントロボティクスセンター

インテリジェントロボティクスセンター  
センター長 野中 謙一郎

### ■ センター概要

人と共存できるレベルのロボットシステムの構築を目指して、ロボティクス、AI、制御、生体信号計測、信号処理、画像処理、計算システムなどの幅広い分野の研究を統合し、国内外の研究機関と連携した先端的なロボットの研究を進める。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

モデル予測制御により電動車いす等の人と協調したビークル制御の実現に取り組んだ。ドローンでは協調搬送システムを構築し実機検証を行った。ヒューマノイドロボットを実作業に応用するためのシミュレーション検証とバランス制御理論の有用性を高めた。また、提案してきた全身制御手法を実験機 HRP-2 に適用し、基礎的な運動制御検証を開始した。メカトロニクス機器の精密サーボ技術を発展させ、磁気浮上装置の開発、精密ステージ制御技術の開発を行った。

#### ◇ 次年度への展開

モデル予測制御で計算量と精度を保証する最適制御に取り組む。ドローンの協調搬送システムは状態推定器やオンボードコンピュータ内への制御アルゴリズムの移植をおこない実験室外での実験を目指す。本年度の研究開発から得られた知見を元に、不安定なダイナミクスを考慮した制御系設計の設計論の構築、また高精度、かつ高速に制御可能なサーボ系の実現を目指す。ヒューマノイドロボットのために提案開発してきた全身制御手法を実際のロボットに適用し、実作業への応用を開始する。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】ビークルのモデル予測制御と人のトラッキング

人流に適合した電動車いすの自動運転を実現するために歩行者の位置を車載の LiDAR で計測・追跡し、地面のベクトル場をベイズフィルタで推定し、その流れに沿った電動車いすのモデル予測制御による移動制御に取り組んだ(図1(a))。その結果、複雑な流れにある程度適応できる電動車いすの自動運転を実現した(AIM2024)。さらに、歩行者ごとに追跡するのではなく、LiDAR 点群の密度から存在確率の確率分布を推定し、確率的モデル予測制御における障害物回避として実装した(IECON2024)。これらの研究では近接する歩行者の位置・速度を精度よく推定する必要がある。この課題にも取り組み、PDAF とハンガリアン法によるロバストな追跡(IECON2024)、楕円モデルのフィッティングによる姿勢の推定(ECC2024・図1(b))、距離に応じた点群の疎密に対応するためのモデルの切り替えによる追跡(SII2025・図1(c))などの研究に取り組んだ。また、脚車輪型移動ロボットが複雑な地形で安全な経路計画を実現するためのモンテカルロモデル予測制御の研究にも取り組み、実機実験でその効果を検証した(IECON2024)。またトラックの自動運転に関する研究や、電動車いすの搭乗者の加減速特性の機械学習による速度制御(MSCS2025)などに取り組んだ。

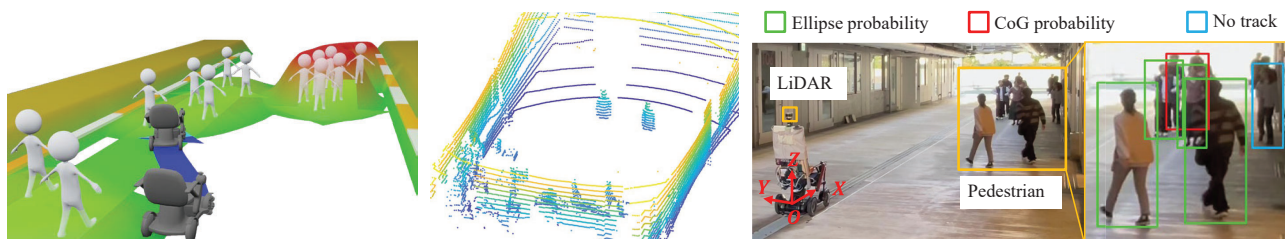


図1(a) 電動車いすの人流適合

図1(b) LiDAR の歩行者検出

図1(c) 距離に応じた適合モデル



### 【テーマ2】ドローンの協調搬送制御

一つの剛体を複数のドローンを用いて協調搬送する問題に対して、牽引物を仮想的に分割し一機のドローンに対して一つの牽引物を持つ複数ドローンのフォーメーションフライトという問題に変換するというアイデア（図 2(a)）を提案した。これにより、単機牽引モデルというドローン単体で入手しやすい情報だけで制御則が構築可能となる。単機牽引モデルに対する制御則としては、これまでにモデルの非線形なダイナミクスを考慮した非線形コントローラを提案している。協調搬送問題における仮想分割モデルでは牽引物間の相互作用が生じるが、この作用に対応するため牽引物の質量をオンラインで推定する手法と組み合わせる形に制御則を拡張した。これにより、動的な動きにおいても安定して協調搬送することができるようになった。提案する仮想分割モデルと、それに合わせ開発した制御則の実証として4機での協調搬送をおこなえる実験システムを構築（図 2(b)）し実証実験をおこなった。その結果、搬送物を任意の姿勢で指定した経路に添わせる飛行が実現できることを示した。図 2(c) は鞍型の軌道に搬送物重心を添わせる軌道追従制御実験の結果である。得られた結果を雑誌論文として投稿していく予定である。



### 【テーマ3】ヒューマノイドロボットやモジュラーホームロボットの制御

運動量平衡原理をベースとして角運動量の分配および四肢先端の CWC に基づき摩擦を考慮した接触レンチ分配（図 3(a)）に特徴を持たせて、開発してきたヒューマノイドロボットの全身運動制御手法およびその制御コントローラの性能をより向上させた。また、この実用性を検証するため、カワダロボティクス社製の HRP-2 における全身運動制御の基礎的な動作検証を実施した（図 3(b)）。

さらに、次年度以降での実験を計画している ROBOTIS 社製の THORMANG3 による実応用課題の橋梁点検作業において、基本動作となる作業現場における移動動作や膜厚点検作業の動作生成と運動制御をシミュレーションにより確認した（図 3(c)）。加えて、角運動量の分配に関する全身運動制御能力の向上を目的に、後方宙返り、水平回転跳躍、ハンドスプリングなどの角運動量をダイナミックに変化させる全身運動を生成し、シミュレーションによる検証も進めた。モジュラーホームロボットの研究においては、まず、VR 環境を活用した生体情報の計測データから機械学習を利用した感情推定手法の有用性検証を進めた。また、独自に提案してきた家庭用品操作モデルと、YOLOv8 に基づく物体判別、Contact-GraspNet を用いた把持計画（図 3(d)）を融合することで、モジュラーホームロボットのための把持計画システムを構築した。

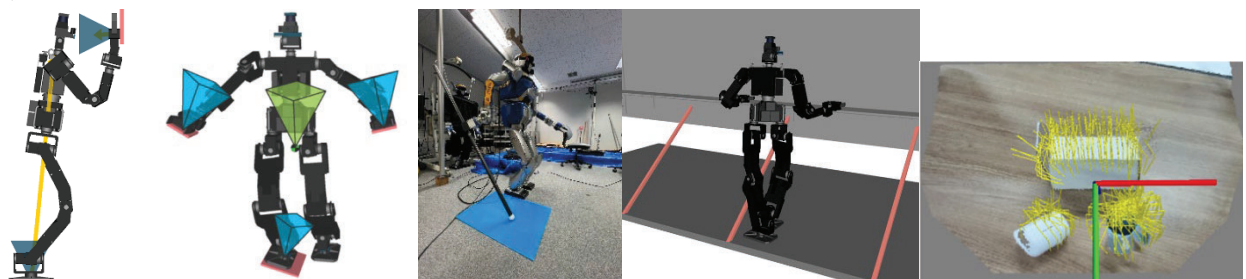


図 3(a) 接触レンチ分配

図 3(b) HRP-2

図 3(c) 橋梁点検作業

図 3(d) 把持計画

### 【テーマ4】メカトロニクス機器の振動解析・精密サーボ技術

本年度は磁気浮上装置、そして精密位置決めステージに着目し、制御技術の研究開発を行った。まず磁気浮上

装置に関しては、レール側に永久磁石等の反力が全く存在しない中で、浮上装置に取り付けられたアクチュエータのみで6自由度を安定浮上するという、他に類を見ない制御を実現した(図4(a))。本成果により、鉄鋼レール上をオイルフリー、摩擦フリーで磁気浮上、かつ滑走可能なモジュラー型の磁気浮上搬送装置の実現が期待できる。永久磁石など高価かつ希少な部材を使うことなく、環境にも優しい搬送システムは工場のラインなど様々な分野での活躍が見込まれる。精密位置決めステージに関しては、こちらも搬送時など繰り返し同じ動作が要求されるシステムにおいて、各動作時の制御信号をオンラインで学習し、動作中に制御性能を向上させるアルゴリズムを開発した(図4(b))。さらに、学習した結果からデータベースを作成し、あらゆる動作に即時に高精度に追従可能なアルゴリズムの開発に着手している。

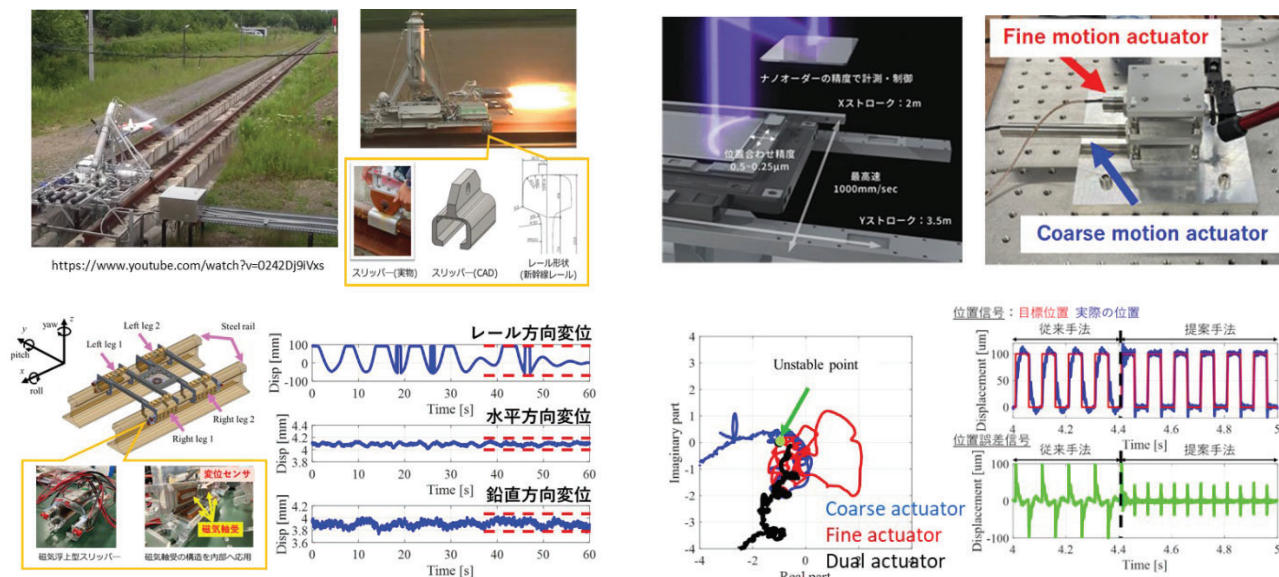


図 4(a): 小型衛星による宇宙開発促進に向けた磁気浮上型ロケットスレドの開発

図 4(b): 適応学習と不安定制御を用いた精密位置決めステージの制御アルゴリズムの開発

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計 5 件

- (1) S. Yabui and H. Inoue, "Development of Noncontact Active Magnetic Levitation System Without Magnetic Guidance on Guideway," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 114242-114262, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3439857.
- (2) Takenori Atsumi, Toshiki Saito, Shota Yabui, Yuki Nakata, Shinsei Noshiro, Shigeyuki Nakadai, Feedback Controller Optimization for Mechatronic Systems with Unexpected Plant Perturbations Using Support Vector Machine, *IEEJ Journal of Industry Applications*, 2024, 13 巻, 3 号, p. 270-279, <https://doi.org/10.1541/ieejjia.23007317>,
- (3) S. Yabui, H. Murakami, T. Atsumi and Y. Uchiyama, "Adaptive Feedforward Cancellation for Precise Repetitive Motion in Coarse-Fine Control System," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 60299-60309, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3393837.
- (4) T. Atsumi, S. Yabui and S. Nakadai, "Optimization Method for Magnetic-Head Positioning Control System in HDD Against Unexpected Plant Perturbations by Using Data Mining Techniques," in *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 60, no. 1, pp. 1-14, 2024, Art no. 3300114, doi: 10.1109/TMAG.2023.3333945.
- (5) Yabui S, Kotsuchihashi H, Inoue T. Analysis of low-frequency vibration in a steam turbine based on closed-loop system identification. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. 2023;42(2):525-538. doi:10.1177/14613484221123181

### ◇ 招待講演 計 2 件

- (1) T. Atsumi, S. Yabui, A. Okuyama and M. Mae, "Loop-Shaping Method with Unstable Poles for Magnetic-Head Positioning Control in Hard Disk Drive," *2024 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, Boston, MA, USA, 2024, pp. 818-823, doi: 10.1109/AIM55361.2024.10637224.

- (2) S. Yabui and T. Atsumi, "Repetitive positioning control for DISO systems by adaptive feed-forward cancellation," 2024 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), Boston, MA, USA, 2024, pp. 812-817, doi: 10.1109/AIM55361.2024.10637164.

◇ 国際会議 計 10 件

- (1) M. Imoto, H. Muhammad, K. Sekiguchi, Z. H. Ismail and K. Nonaka, "LiDAR-based Pedestrian Tracking Adapting to Sparse Point Cloud Utilizing Interacting Multiple Model\*," 2025 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), Munich, Germany, 2025, pp. 1266-1273, doi: 10.1109/SII59315.2025.10871087.
- (2) T. Onizawa, K. Sekiguchi and K. Nonaka, "Model predictive obstacle avoidance for a leg/wheel mobile robot utilizing sample-based optimization," IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Chicago, IL, USA, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/IECON55916.2024.10905179.
- (3) T. Okada, T. Ashiwa, K. Sekiguchi and K. Nonaka, "JPDAF-based Pedestrian Trajectory Estimation and Combination Leveraged by the Hungarian Method in Crowded Environments," *IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Chicago, IL, USA, 2024, pp. 1-8, doi: 10.1109/IECON55916.2024.10905569.
- (4) R. Narita, T. Nakano, K. Sekiguchi and K. Nonaka, "Particle Filter Based Pedestrian Tracking Using Point Cloud toward Obstacle Avoidance Control\*," IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Chicago, IL, USA, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/IECON55916.2024.10905470.
- (5) K. Kudo, N. Kawaguchi, M. Adachi, K. Sekiguchi and K. Nonaka, "LiDAR-Based Pedestrian Flow Estimation and its Application to a Self-driving Electric Wheelchair," *2024 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, Boston, MA, USA, 2024, pp. 1061-1067, doi: 10.1109/AIM55361.2024.10636953.
- (6) H. Muhammad, M. Matsuyama, K. Sekiguchi and K. Nonaka, "Pedestrian LiDAR Tracking Utilizing Elliptical Model-Based MHE Through MLESAC," 2024 European Control Conference (ECC), Stockholm, Sweden, 2024, pp. 148-153, doi: 10.23919/ECC64448.2024.10590921.
- (7) Yoshiaki Komatsu, Kohei Kiyama, Yuuki Isobe, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Quadcopter Modeling by Koopman Linearization and Application of Model Predictive Control to Actual Machine, 63rd Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan, pp. 375-378, 2024
- (8) Go Nakamura, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka and Hideaki Takayanagi, Pedestrian Modeling Using the Koopman Approach and Investigation into the Effects of Autonomous Mobile Robot Intervention, The Thirtieth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2025 (AROB 30th 2025), pp. 1307-1312
- (9) Takahiro Shinpuku, Shota Yabui, Yusuke Uchiyama Modeling of Electric Servo Injection Molding Machine Based on Gray Box Model, The 56th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (SSS '24), December 13-14, 2024, Maizuru Brick Park
- (10) Maho Yamamoto and Daisuke Sato, "Motion Analysis of Rotational Jump with Arm Swing Using Whole-Body Motion Control by Human Model," 2024 JSME 8th International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM2024), Fukuoka, Japan, November 6--8, 2024, TC3-6, pp. 113--114.

◇ 国内会議 計 16 件

- (1) 藪井 将太, ロケットスレッドへの応用に向けた完全磁気浮上スリッパの開発, 電気学会研究会資料. MD, 東京: 電気学会, 2024-12, 2024, 124-136・138-155, 143-148
- (2) 長谷川 開, 藪井 将太, 人体を模倣したキーボード入力可能な義手の開発, 自動制御連合講演会講演論文集, 2024, 67 巻, 第 67 回自動制御連合講演会, セッション ID 21J-4, p. 1142-1146
- (3) 油井 蒼生, 藪井 将太, HDD 磁気ヘッド位置決め制御系における各アクチュエータ特性を考慮した制御系設計手法に関する研究, 自動制御連合講演会講演論文集, 2024, 67 巻, 第 67 回自動制御連合講演会, セッション ID 24J-1, p. 1482-1486
- (4) 赤井 遼, 藪井 将太, PQ design と FRIT を用いた DISO 系の制御系設計, 自動制御連合講演会講演論文集, 2024, 67 巻, 第 67 回自動制御連合講演会, セッション ID 24J-2, p. 1487-1491
- (5) 関口和真、野崎太貴、野中謙一郎 可観測度に基づくアクティブ状態推定手法の提案、第 68 回システム制御情報学会研究発表講演会, 24I-5, pp. 686-692



- (6) 百瀬雄真, 関口 和真, 野中 謙一郎, 単機牽引モデルによる牽引物の質量推定, 第 67 回自動制御連合講演会, pp. 1441-1445
- (7) 福本泰己, 望月勇希, 関口和真, 野中謙一郎, 個人の運転特性を反映させた自動運転車椅子の速度制御の研究, 第 12 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 3A4-5, 2025 年 3 月
- (8) 平林勇人, 千頭和直記, 佐藤大祐, 小水内俊介, 辻田哲平, 近野敦, “仮想反発点 (VRP) に基づくレンチ分配を用いたヒューマノイドロボットによる力作業シミュレーション”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024 (ROBOMECH2024), 宇都宮, May 29--June 1, 2024, 1A1-D05.
- (9) 平林勇人, 千頭和直記, 佐藤大祐, 小水内俊介, 辻田哲平, 妹尾拓, 近野敦, “仮想反発点 (VRP) に基づくレンチ分配を用いたヒューマノイドロボットによる壁押し動作”, 第 25 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2024), 盛岡, December 18--20, 2024, 3E5-09, pp. 3667--3669.
- (10) 小田島もも, 千頭和直記, 山本希帆, 佐藤大祐, “ヒューマノイドロボット THORMANG3 による力作業の実現のための Choreonoid と ROS を利用したシミュレーション環境の構築”, 第 25 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2024), 盛岡, December 18--20, 2024, 3F2-04, pp. 3746--3747.
- (11) 小杉幸穂, 千頭和直記, 小田島もも, 山本希帆, 佐藤大祐, “VRP-GI に基づくモーション/フォース制御を用いたヒューマノイドロボットによるクローザ付き押し開き戸の操作シミュレーション”, 第 25 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2024), 盛岡, December 18--20, 2024, 3E5-11, pp. 3674--3675.
- (12) 山本希帆, 佐藤大祐, “ヒューマンモデルを用いた水平軸および矢状軸回りの回転跳躍動作シミュレーション”, 日本機械学会スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス部門講演会 2024 (SHD2024), 湘南藤沢, November 15--17, 2024, A-5-2. 【日本機械学会若手優秀講演フェロー賞】
- (13) 坂根由樹, 佐藤大祐, 安孫子聡子, 辻田哲平, “心地よい共存のための生体情報に基づいたホームロボットの動作に対する不快感情の推定”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024 (ROBOMECH2024), 宇都宮, May 29--June 1, 2024, 2P2-F01.
- (14) 和田勇樹, 佐藤大祐, 辻田哲平, 安孫子聡子, “人の生体情報に基づいたホームロボットの動作に対する不快感情を推定可能な教師あり機械学習モデルの検証”, 第 26 回日本感性工学会大会, 船堀, September 12--14, 2024, P3-18.
- (15) 和田勇樹, 佐藤大祐, 辻田哲平, 安孫子聡子, “マルチモーダルな生体情報に基づく GBDT モデルを用いたホームロボットの動作に対する人の不快感情の推定”, 第 20 回日本感性工学会春季大会, 京都, March 5--7, 2025, 1B02-04.
- (16) 松高和輝, 潘燁辰, 佐藤大祐, “家庭用品操作モデル・YOLOv8・Contact-GraspNet を用いたホームロボットのための把持計画システムの構築”, 第 25 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2024), 盛岡, December 18--20, 2024, 1B5-10, pp. 417--418. 【SI2024 優秀講演賞】

#### ◇ 受賞

2024 年電気学会産業応用部門表彰 部門活動功労賞 (藪井)

### ■ 研究体制

#### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務     | 専門分野   |
|----------|--------|-----------|--------|
| センター長・教授 | 野中 謙一郎 | [理工学部] 兼務 | 制御工学   |
| 教授       | 関口 和真  | [理工学部] 兼務 | 制御工学   |
| 准教授      | 藪井 将太  | [理工学部] 兼務 | 制御工学   |
| 准教授      | 佐藤 大祐  | [理工学部] 兼務 | ロボティクス |

◇ 学生数 博士後期課程：2 名、博士前期課程：29 名、学部 4 年生：31 名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽) 2024 年度経費 195 万円<br>「群集流動とその不確定性に適応する電動車いすの自動運転」研究代表(野中)                                            |
| 経済安全保障重要技術育成プログラム 2024 年度経費 2,900 万円<br>「空域利用の安全性を高める複数の小型無人機等の自律制御・分散制御技術及び検知技術(自律制御・分散制御技術)」研究分担(関口)(代表:末岡裕一郎(大阪大学)) |
| SIP 第3期 人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備 93.6 万円 「人-ロボット協調を実現するスマートビルの社会実装に関する研究開発」研究代表(野中), 分担(関口, 佐藤)                    |
| 科学研究費補助金 基盤研究(C) 2024 年度経費 130 万円<br>「自然変換に基づく自然な制御システム表現の探求」研究代表(関口)                                                  |
| 科学研究費補助金 基盤研究(B) 2024 年度経費 130 万円<br>「形式手法と融合したクープマン・モデル予測制御の研究」分担(関口)(代表:薄 良彦(京都大学))                                  |
| 科学研究費補助金 基盤研究(B) 2024 年度経費 78 万円「歩行群集の非定常特性に着眼したグランドビークルによるアクティブ人流制御手法」分担(関口)(代表:高柳 英明)                                |
| 科学研究費補助金 挑戦(萌芽) 研究 2024 年度経費 分担(佐藤) 60 万円<br>科学研究費補助金 基盤研究(B) 2024 年度経費 分担 18 万円                                       |
| 受託研究 計1社 850 万円(野中), 計2社 557 万円(関口), 計3社 450 万円(藪井)                                                                    |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 1 件、国際会議 10 件、国内会議 14 件

### ◇ 学生の主な就職先

トヨタ自動車, 日産自動車, いすゞ自動車, デンソー, 日本電気, ソフトバンク, セコム, カシオ, タカラトミー, ヤマハ発動機, 住友重機械工業

## ■ 社会貢献

◇ 国際学会 Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization 2024 (2024 年 3 月 22 日) Special session: Precision Control Methodologies for Next Generation Mechatronic Systems

◇ 電気学会 メカトロニクス制御研究会 (2024 年 9 月 18 日)「HDD ベンチマーク問題」「精密サーボ技術 (1)」「精密サーボ技術 (2)」「精密サーボ技術 (3)」

◇ 国際学会 Nonlinear Model Predictive Control 2024 (2024 年 8 月 21-24 日) NOC 委員

◇ 国際学会 SICE Annual Conference2025 実行委員

◇ 第222回 総研セミナー開催 (2024 年 10 月 23 日)「Nonlinear Data-Driven Predictive Control Based on Koopman Operators and quasi-LPV Models」

◇ 出張授業 埼玉県立浦和西高等学校(佐藤), 私立開智日本橋学園高等学校(佐藤)

### ◇ 委員

| 氏名    | 委員名一覧                                                                                                                                  |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 野中謙一郎 | NMPC2024 NOC General co-chair, SICE 表彰委員会副委員長, SICE_FES2024 Award Committee chair, Asian Control Association Steering Committee member |
| 関口 和真 | SICE メカトロニクスシステム部会副主査、SICE プラントモデリング部会副主査、制御理論部会委員、NMPC2024NOC メンバー、SICEFES2025 実行委員                                                   |
| 藪井 将太 | 精密サーボシステムによる次世代技術に関する調査専門委員会 委員長, 電気学会論文委員会 (D7 グループ) 幹事, モーションコントロールの高性能化に関する調査専門委員会 委員, 電気学会 広報委員会 委員, 国際会議 AIM2024 Board member, 他  |



## 宇宙科学研究センター

宇宙科学研究センター  
センター長 高橋 弘毅

### ■ センター概要

宇宙をテーマに、理工連携・文理融合の研究・開発・教育体制を構築することを通して、「最先端の宇宙科学研究の実現」と「それを達成するための小型計画を通じた人材育成」を実現する。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

- ・ ガンマ線バースト探査衛星 HiZ-GUNDAM の概念検討を進め、衛星の成立性を高めた。
- ・ 超小型衛星 VERTECS の 2025 年夏の打ち上げに向け、7 号館屋上に受信アンテナを設置するなど準備を進めた。
- ・ 重力波望遠鏡 KAGRA による第 4 次国際共同観測に向け準備を行った。また、人工知能を用いた重力波データの解析手法の開発を進めた。
- ・ 超小型衛星 TCU-01 の OBC 基板、ソフトウェアの開発を継続した。また、模擬人工衛星 MugSat を開発して児童、学生とワークショップを実施した。
- ・ ハイブリッドロケット打上用地上配管系システムならびに搭載電装系システムを構築した。
- ・ 10 年間 40kWe の発電を行う微濃縮 U 燃料月面用原子炉の核熱設計を行った。
- ・ 電磁加速装置で推進する原子力駆動電磁推進宇宙船の概念検討に着手した。
- ・ 原始の地球で稼働した可能性のある地球原子炉 (Geo Reactor) の検討を行った。

#### ◇ 次年度への展開

- ・ HiZ-GUNDAM: JAXA 公募型小型科学衛星5号機としてミッションを実現させることを目指す。
- ・ 可視光背景放射観測プロジェクト VERTECS: JAXA SMASH プログラムとして 2025 年の打ち上げを目指して衛星の開発を進める。
- ・ KAGRA: 国際共同観測を通じて重力波物理学・天文学を開拓。
- ・ TAC: 超小型人工衛星 TUC-01 の試作機の完成、打ち上げのための資金を調達する。ロケット打ち上げ機会の検討を行う。
- ・ 日本原子力学会に新たに設立した宇宙原子力研究専門委員会の検討状況を踏まえ、原子力技術の宇宙応用研究を推進する。

### ■ 成果の紹介

#### 【テーマ 1】宇宙望遠鏡の開発と最先端天文学

##### ガンマ線バースト観測衛星 HiZ-GUNDAM 搭載の宇宙望遠鏡の開発

本研究計画において、JAXA 宇宙科学研究所に提案中のガンマ線バースト (GRB) を観測する人工衛星計画 HiZ-GUNDAM の開発を進めている (図 1 左)。GRB とは宇宙最大の爆発現象と呼ばれる現象であり、大質量星の寿命の最期に重力崩壊を起こす際に起こす爆発、および、中性子星連星が合体した際に重力波を伴っておこす爆発現象である。GRB の観測により、初期宇宙における星形成の様子、および、重力波をともなう極限的な強重力環境におけるブラックホール形成の物理を観測的に探ることが可能となる。この開発において、本センターの理工連携の枠組みを活かし、津村が搭載する赤外線宇宙望遠鏡開発のとりまとめ、宮坂が搭載装置の熱設計を担当している。

2024 年度の HiZ-GUNDAM 衛星の開発では、衛星搭載装置製造メーカーと共に搭載装置の概念検討を進め、人工衛星に搭載する赤外線宇宙望遠鏡の実現性を高めることができた。

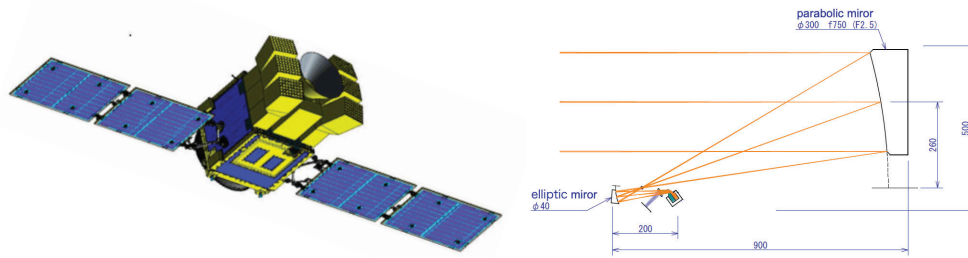


図 1 HiZ-GUNDAM 衛星の全体図（左）と搭載する宇宙望遠鏡の光学設計（右）

### 超小型衛星 VERTECS の開発

本研究計画において、JAXA SMASH 計画にて採択された超小型衛星 VERTECS を 2025 年夏の打ち上げに向けて開発を進めている（図 2）。VERTECS により、長期間（年オーダー）・広範囲（>10 度）の銀河系外背景光の観測を実現することで、従来の観測ロケットによる観測を凌駕するデータを獲得し、宇宙の星形成史の解明を目指している。

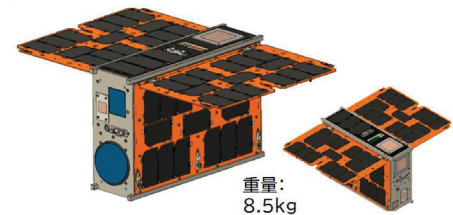


図 2 VERTECS 衛星

現在までに衛星の試験用試作品（Engineering Model, EM）に対し各種試験を実施した。その成果を受け、2025 年度からはいよいよ実際に打上げられる実機（Flight Model, FM）の製造を開始する。また、VERTECS からの観測データを受信するための X-band 受信アンテナを 7 号館屋上に設置した（図 3）。

### 【テーマ 2】大型低温重力波望遠鏡 KAGRA

KAGRA は、2023 年 4 月から 1 ヶ月間の間、第 4 次国際共同観測に参加した。2024 年 1 月 能登半島地震により、機器などに不具合が生じたため、復旧作業を進め感度向上を行い 2025 年には第 4 次国際共同観測に再度参加する予定である。

図 3 7 号館屋上のアンテナ

人工知能（AI）と Hilbert-Huang 変換（HHT）を用いた重力波データ解析手法の開発として、(1) 畳み込み深層ニューラルネットワークを用いた突発性雑音の分類手法を提案し評価を進めている。この手法は、大きく 2 つのプロセス（特徴量学習と分類）から構成している。具体的には、変分オートエンコーダにより突発性雑音の潜在変数（特徴量）を抽出し、スペクトラルクラスタリングにより分類する手法を開発・評価し、論文としてまとめた。さらに、(2) AI と HHT を用いた重力波探査手法の開発も進め論文としてまとめ出版をした。特に、2024 年度は、重力崩壊型超新星の重力波信号からの原始中性子星のパラメータ推定手法の開発に重点を置き進めた。(1)(2)ともに改良が来年度の中心的なテーマとなる。

### 【テーマ 3】文理融合の宇宙教育による人材育成 ハイブリッドロケットの設計と製作

ハイブリッドロケットとは、円筒状にした固体燃料の内側に液体の酸化剤（亜酸化窒素）を流して点火することにより燃焼ガスを生成し、推進力を得るロケットシステムである。東京都市大学学生宇宙団体 TAC（Tokyo City University Aerospace Community）では、2019 年度からハイブリッドロケットの設計製作を開始したが、学外での実施が基本となるロケットエンジン燃焼試験とロケット打上実験は 2020 年以降実施が不可能となったため、2022 年度から機体設計と地上試験設備の整備をおこなった。2024 年度は打ち上



図 4 ハイブリッドロケット

げ用地上配管設備と搭載電装系システムを構築した。

図4に製作したロケットを示す。製作したロケットは、全長 1920 mm、最大直径 152 mm、全質量 7713g であり、GPS センサ、気圧高度計、3 軸加速度センサを搭載し、無線通信にてデータの送受信が可能である。最大到達高度は射場の制限から 254m である。2024 年度は、ロケット打ち上げ時に必要な酸化剤供給系（亜酸化窒素、酸素ガス）を構築し、ロケットエンジン燃焼試験や打ち上げ時に使用できるようになった。研究については、室蘭工業大学との共同研究を実施し、室蘭工業大学白老実験場におけるハイブリッドロケット燃焼特性取得実験に参加した。また、酸化剤である亜酸化窒素の流量係数を数値流体シミュレーションにより算出し、実験値を再現できることを確認した。

#### 超小型衛星の製作と模擬人工衛星の活動

2024 年度は、IU の超小型衛星 TCU-01 の開発を継続した。TCU-01 は「地域連携衛星」を目指し、地域で増加する不登校児童などと TCU-01 の電波を地上で受信したり、信号で動作する工作物を作ったりする活動を行い、不登校児童の自己肯定感を上げて、地域に貢献する。また開発には本学 TAC の学生も参加している。TCU-01 の OBC には革新的衛星技術実証 2 号機、月探査機 SLIM に搭載された SORA-Q に使用され、宇宙空間での実績があるニーセミコンダクタソリューションズのマイコンである Spresense を採用した。今後は OBC のソフトウェアを完成させ、TCU-01 の打ち上げ費用を獲得する。構体、OBC 基板、電源基板は、愛知工科大学の協力を得て開発している（図 5）。OBC にはソニーの高性能ジャイロセンサーと赤外線センサーを接続して衛星の姿勢推定を行う。

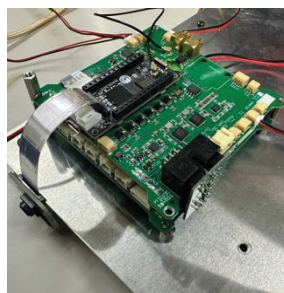


図 5 TCU-01 の OBC 基板

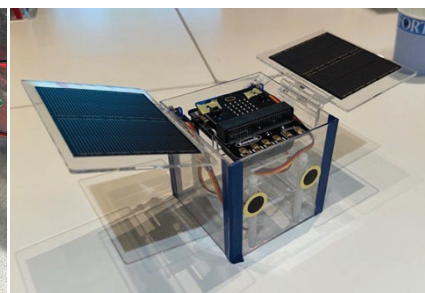


図 6 模擬人工衛星 MugSat-m

TCU-01 にはイギリスの BBC が開発し、世界で 1000 万台使用されている子供用のマイコンである micro:bit を搭載予定であり、イギリスの micro:bit 教育財団から宇宙専用の micro:bit である Astro Bit の提供を受けた。また、micro:bit を使用した模擬人工衛星「Mugbot-m」と、Spresense を使用した模擬人工衛星「Mugsat-S」を開発し（図 6）、本学の科学体験教室などで擬人工衛星を使用して人工衛星の仕組みについて学ぶワークショップを展開した。

#### 【テーマ 4】月面用原子炉の開発

原子炉は大気の無い空間においても稼働し長期の熱電供給が可能であるため、月面での発電方法の一つとして注目されている。本研究では、総重量 6000kg 以内、燃焼期間 10 年以上、比出力が 20W/kg 以上の達成を目標として、40kWe 出力の月面炉の概念設計を行った。打ち上げ失敗に伴う水没時の臨界事故の可能性を排除するため、燃料には微濃縮ウランを用い、豊富な実績を有する発電用軽水炉の技術をベースとした。結果として、濃縮度 2.3%の微濃縮ウラン燃料を用い、炉心周辺に制御ドラムと Be 反射体、炉心中心に炉停止棒を配置した小型長寿命月面炉が設計可能である見通しを得た（図 7）。

検討実施体制：

- 原子力安全工学科 原子力システム研究室 M2 矢口陽樹、坂口 旺、B4 田遠 英敏、准教授) 西山潤、教授) 高木直行
- 機械システム工学科 宇宙システム研究室 B4 山田健太郎、准教授) 渡邊力夫

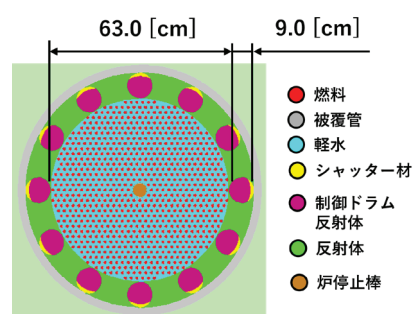


図 7 微濃縮ウラン燃料小型長寿命月面炉



## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 10 件

- (1) Kazuki Sakai, Sodtavilan Odonchimed, Mitsuki Takano, Hiroataka Takahashi, “Automated design of digital filters using convolutional neural networks for extracting ringdown gravitational waves”, Machine Learning: Science and Technology, Vol. 5, No 4, 045043 (2024).  
[doi: 10.1088/2632-2153/ad8b94](https://doi.org/10.1088/2632-2153/ad8b94)
- (2) Seiya Sasaoka, Yusuke Sakai, Diego Dominguez, Kentaro Somiya, Kazuki Sakai, Ken-ichi Oohara, Marco Meyer-Conde, Hiroataka Takahashi, “Parameter estimation of protoneutron stars from gravitational wave signals using the Hilbert-Huang transform”, Physical Review D, Vol.110, No.10, 104020 (2024).  
[doi: 10.1103/PhysRevD.110.104020](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.110.104020)
- (3) Naoki Koyama, Yusuke Sakai, Seiya Sasaoka, Diego Dominguez, Kentaro Somiya, Yuto Omae, Yoshikazu Terada, Marco Meyer-Conde, Hiroataka Takahashi, “Enhancing the rationale of convolutional neural networks for glitch classification in gravitational wave detectors: a visual explanation”, Machine Learning: Science and Technology, Vol. 5, No 3, 035028 (2024).  
[doi:10.1088/2632-2153/ad6391](https://doi.org/10.1088/2632-2153/ad6391)
- (4) 坂井佑輔, 寺田吉壺, 高橋弘毅, “重力波観測における突発性雑音の教師なし分類”, 応用統計学, Vol.53, No.1, pp.33-54 (2024).  
[doi:10.5023/jappstat.53.33](https://doi.org/10.5023/jappstat.53.33)

その他 6 件

### ◇ 招待講演 4 件

- (1) 高橋弘毅, “機械学習の重力波データ解析への応用”, 重力波物理学・検出器ミニ研究会, 大阪公立大学杉本キャンパス学術情報総合センター研究者交流室, 2024.10.24.
- (2) 津村耕司, “HiZ-GUNDAM 衛星計画の現状” JASMINE Consortium Meeting 2024 国立天文台, 2024.8.6.
- (3) 津村耕司, “パネルディスカッション 装置系次世代育成” 2024 年度光赤天連シンポジウム「光赤天連の長期的ロードマップおよび若手育成支援, 国立天文台, 2024.9.19.
- (4) 津村耕司, “宇宙最大の爆発現象であるガンマ線バーストを探索する HiZ-GUNDAM 衛星” 第 17 回 小型衛星の科学教育利用を考える会, 成城大学, 2025.3.7.

### ◇ 国際会議 11 件

- (1) Marco Meyer-Conde, Yusuke Sakai, Takahiro S. Yamamoto, Hiroataka Takahashi, "Bridging GW and HEP: Next Generation AI at the Frontier", Artificial Intelligence and High Energy Physics (AI+HEP) in East Asia, Institute for Basic Science, Daejeon, Korea, 2025.2.
- (2) Kohji Tsumura, "HiZ-GUNDAM mission: Cooperative Observations with ELTs in 2030s", ELT Science in Light of JWST, Tohoku University, Miyagi, Japan, 2024.6.
- (3) Kohji Tsumura, Hideo Matsuhara, Koji Kawabata, Hiroshi Akitaya, Shuji Matsuura, Haruki Fukui, Akihiro Miyasaka, Keisuke Shinozaki, Akihiro Doi, Daisuke Yonetoku, "Development of an optical and near-infrared telescope onboard the HiZ-GUNDAM mission", SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Pacifico Yokohama, Kanagawa, Japan, 2024.6.

その他 8 件

### ◇ 国内会議 31 件

- (1) 大橋正弥, 横澤孝章, 押野翔一, 鷺見貴生, 高橋弘毅 on the behalf of the KAGRA collaboration, “ニューラルネットワークを用いた KAGRA におけるマイクロサイスミック・モーションの予測” (D-20-08), 電子情報通信学会 2025 年総合大会, 東京都市大学, 2025.3.26.
- (2) Hiroki Yaguchi, Naoyuki Takaki, "Conceptual design of a long-life small lunar reactor using slightly enriched uranium",

Proc. of Global2024, Tokyo

- (3) 津村耕司, 宮坂明宏, 松原英雄, 土居明広, 篠崎慶亮, 松浦周二, 川端弘治, 秋田谷洋, 米徳大輔, HiZ-GUNDAM チーム, “ガンマ線バースト探査衛星 HiZ-GUNDAM 搭載の可視光・近赤外線望遠鏡開発の現状” 日本天文学会 2024 年秋季年会, 関西学院大学, 2024.9.11.
- (4) 津村耕司, 影山璃音, 益子瑛任, 宮坂明宏, 松原英雄, 土居明広, 篠崎慶亮, 富田洋, 川端弘治, 秋田谷洋, 松浦周二, 米徳大輔, HiZGUNDAM チーム, “初期宇宙ガンマ線バースト探査衛星 HiZ-GUNDAM 搭載の可視光・近赤外線望遠鏡開発の現状” 日本天文学会 2025 年春季年会, 水戸市民会館, 2025.3.18.
- (5) 小池星多, 小倉信彦, micro:bit, Spresense を使用した模擬人工衛星による宇宙科学教育, 3N13 第 68 回宇宙科学技術連合講演会, 2024.11.5
- (6) 小池星多, 地域連携衛星 TCU-01 のデザイン (2), JAXA 超小型衛星利用シンポジウム 2025, 2025.3.18
- その他 25 件

◇ 紀要 1 件 小池星多, 眞田正弘, 超小型衛星のための地上局, 第 25 号東京都市大学情報メディアジャーナル, 印刷中

## ■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名                | 専任／兼務           | 専門分野   |
|----------|-------------------|-----------------|--------|
| センター長・教授 | 高橋 弘毅             | [デザイン・データ科学部]兼務 | 重力波物理学 |
| 准教授      | 津村 耕司             | [理工学部]兼務        | 赤外線天文学 |
| 教授       | 宮坂 明宏             | [理工学部]兼務        | 宇宙機熱構造 |
| 准教授      | 渡邊 力夫             | [理工学部]兼務        | 数値流体力学 |
| 教授       | 小池 星多             | [メディア情報学部]兼務    | 情報デザイン |
| 講師       | 門多 顕司             | [理工学部]兼務        | 宇宙線物理学 |
| 准教授      | 西村 太樹             | [理工学部]兼務        | 原子核実験  |
| 教授       | 高木 直行             | [理工学部]兼務        | 原子炉物理  |
| 准教授      | 西山 潤              | [理工学部]兼務        | 原子炉物理  |
| 研究講師     | Marco Meyer-Conde | 専任              | 重力波物理学 |
| PDII     | 坂井 佑輔             | 専任              | 重力波物理学 |

◇ 学生数 博士後期課程：0 名、修士課程：14 名、学部 4 年生：15 名

## ■ 主要な外部資金実績（間接経費や共通管理費を含めた総額、複数年資金は年割）

|                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 2024 年度直接経費: 610 万円<br>「Hilbert-Huang 変換と人工知能を組み合わせた非モデル化重力波探索の研究」研究分代表者（高橋）     |
| 科学研究費補助金 学術変革 (A) 公募研究 2024 年度直接経費: 100 万円<br>「人工知能と適応型時間-周波数解析を利用した突発性雑音の分類とバースト的重力波探査」研究分代表者（高橋） |
| 科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 2024 年度直接経費：40 万円<br>「重力波望遠鏡のサファイア鏡に潜む非一様な複屈折の診断プログラム開発」研究分担者（高橋）               |
| 東京大学 宇宙線研究所 共同利用研究 2024 年度予算額: 35 万円（予算執行は宇宙線研究所）<br>「機械学習・深層学習を用いたノイズの特徴の分析と干渉計診断への応用」研究分代表者（高橋）  |
| 科学研究費助成事業 基盤研究 (A) 2024 年度直接経費：1500 万円                                                             |



|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| 「超小型衛星による銀河系外背景光観測で切り拓く次世代光赤外スペース天文学」研究代表者（津村）        |
| 科学研究費補助金 新学術公募研究 2024 年度直接経費: 51 万円                   |
| 「重力波源からのガンマ線バーストを観測する衛星搭載赤外線望遠鏡の開発」研究分代表者（津村）         |
| 科学研究費助成事業 学術変革領域研究 (A) 公募研究 2024 年度直接経費: 500 万円       |
| 「多波長同時観測を効率的に実現する宇宙用ケスタープリズムの開発」研究代表者（津村）             |
| 科学研究費助成事業 基盤研究 (A) 2024 年度直接経費: 5 万円                  |
| 「ロケット実験による近赤外宇宙背景放射の超過解明と原始ブラックホールの探査」研究分担者（津村）       |
| 科学研究費助成事業 国際共同研究加速基金 (海外連携研究) 2024 年度直接経費: 10 万円      |
| 「NASA ロケット実験による可視光・近赤外線宇宙背景放射の超過強度の起源解明」研究分担者（津村）     |
| 科学研究費助成事業 基盤研究 (A) 2024 年度直接経費: 13 万円                 |
| 「超小型天文衛星 VERTECS による多波長観測で解き明かす宇宙可視光背景放射の起源」研究分担者（津村） |

## ■ 学生の受賞

[第 32 回衛星設計コンテスト アイデア部門にて東京都市大学で日本天文学会賞を受賞](#)（2024 年 11 月 23 日）

## ■ 学生教育

- ◇ 学生の論文発表件数 論文 0 件、国際会議 3 件、国内会議 18 件
- ◇ 学生の主な就職先 警視庁、江東区役所、日清オイリオグループ(株)、(株)ミネピアミツミ、(株)セック、日本アビオニクス(株) など

## ■ 社会貢献

- ◇ [まちなかキャンパス長岡 サイエンスカフェ「宇宙の不思議、その後のその後 宇宙物理学の最前線」](#)（2024 年 6 月 15 日）
- ◇ [「喫茶室 かぐら」作家と学者が出会うところ@東京都市大学](#)（2024 年 8 月 24 日）
- ◇ ベネッセコーポレーション 進研ゼミ小学講座「かがく組」小学 5 年生 4 号「遠い未来 宇宙に住むなら月と火星どっち？」監修（2024 年 7 月）
- ◇ 第 17 回 天文学検定 2 級試験問題解説（2024 年 6 月 10 日）
- ◇ 駿台学園中学・高等学校 駿台天文講座 第 704 回月例天文講座「ガンマ線バースト観測衛星 HiZ-GUNDAM 計画」（2024 年 11 月 16 日）
- ◇ 第 18 回 天文学検定 2 級試験問題解説（2024 年 11 月 18 日）

## ◇ 委員

| 氏名 | 委員名一覧                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 高橋 | Associate Editors of ICIC Express Letters (Scopus paper)<br>Japan Gravitational Wave Community 運営委員会委員長<br>Board member of the KAGRA Scientific Congress<br>The 18th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2024) プログラム委員 |
| 津村 | 日本天文学会 天文月報編集委員長・天文教育普及賞選考委員<br>日本天文教育普及研究会 副会長・広報担当理事・コンプライアンス委員<br>国立天文台 研究交流委員                                                                                                                                                                                   |
| 渡邊 | 日本機械学会 宇宙工学部門 部門長                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 西村 | 日本物理学会 実験核物理領域 運営委員                                                                                                                                                                                                                                                 |

## サステナビリティ学連携研究センター

サステナビリティ学連携研究センター  
センター長 古川 柳蔵

### ■ センター概要

東京都市大学総合研究所の「サステナビリティ学連携研究センター」は、本学における持続可能社会構築に向けた研究を発展・進化するとともに、本学の SDGs への研究・教育におけるプレゼンスを高めることを目的とする。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

当センターは 3 年目を迎え、持続可能社会の構築に不可欠で、かつ、最先端の研究を推進し、本学がリードする SDGs に関連した独自性の高い研究活動を行い、環境学や情報学に関連する研究水準を高めつつ、科学技術の発展と未来社会の構築を、産官学連携を通して研究に取り組んできた。2024 年度は公的研究費 2 件を含む研究を実施し、査読付き論文 5 件等の成果を挙げた。山形県酒田東高等学校の探究活動と地域組織との連携を強化することに貢献した。

#### ◇ 次年度への展開

JST 共創の場形成支援プログラム COI-NEXT「美食地政学に基づくグリーンジョブマーケットの醸成共創拠点」の 3 年目となり、成果を発信する重要な年となる。消費者・生産者の行動変容を促進する動画を用いて、ワークショップ等を開催し、その効果の実証研究を進める。成果に関する英語の本を 2 冊出版し、企業との新たな連携を促進し、成果を普及する計画である。また、当センターメンバーを強化し、新たな外部資金獲得を積極的に行う。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ 1】消費者・生産者の行動変容（古川柳蔵）

JST 共創の場形成支援プログラム COI-NEXT「美食地政学に基づくグリーンジョブマーケットの醸成共創拠点」（2023～2032 年度（10 年間））の参画機関などと連携し、都市部の消費者を対象として、志摩市における環境配慮した食を体験できる試食会や廃材を用いた絵画展など実証のためのイベントを開催し、ナラティブ情報が人の価値観や行動変容を促すかについてアンケートにより分析した。次に、持続可能なフードシステムに必要な価値観が普及するために、人々の価値観の転換や行動変容を促すきっかけづくりのシステム構築に取り組んだ。このシステムを「アスカジ（未来（あす）をもっとカジュアルに）」と呼び、持続可能なフードシステムに必要な 8 つの価値観（①自然を活かし共存していく、②物を大事にする・感謝する、③自然を理解し寄り添う、④制約の中の豊かさを自分で見つける、⑤多様性の豊かさを重視する、⑥地域で役割を持つ、⑦都市部が地域を支援する、⑧自然の中に役割を持つ）を含む理想的な料理づくり及びものづくりの動画を制作し（アスカジ動画）、動画の視聴により人々が人と地球の理想の未来を見据え、その未来像に近づくきっかけを生み出すかについて検討した。アスカジ動画は、若年層をターゲットに SNS 等で発信した。本企画専用の YouTube チャンネルを開設し 40 本の動画を掲載したところ、2025 年 2 月現在の累計再生回数は約 87 万回となった。

## 【テーマ2】製造業における高度デジタル化と環境負荷量算定の支援（大久保寛基）

本研究では、カーボンニュートラルへの取組みが増えている現在、製造業で必要性が増している製品別のカーボンフットプリント算定を、効率的で透明性が高い方法で実施できるようにするべく地方自治体とも連携しながら、産官学の連携によって取組みを進めている。2024年度は、（一社）グリーンCPS協議会と連携し、オープンイノベーションをキーコンセプトとして、学生も含めた企業との共同研究を行った。本取組みの成果を学会発表も行うことで、本研究の波及効果を高めている。さらに、製造業の生産効率向上や環境負荷量算定を支援するために、タイとインドネシアにおける製造人材育成支援を日アセアン経済産業協力委員会（AMEICC）事務局関連事業に参画することで行った。

## 【テーマ3】生涯探究空間の創出による地域活性化（古川柳蔵、佐藤真久）

本研究では鉄道や駅等の地域のインフラの役割を踏まえ、地方での生活を豊かにするための地域活動の活性化と地域の良さを都市に伝え、それをきっかけに、都市の人が地方へ向かう人の流れを生み出すしくみを検討している。2024年度は、継続して、山形県立酒田東高等学校と連携し、高校生がSDGs探究・地域探究活動を支援すると共に、高校生が地域企業と連携して探究活動するためのきっかけをつくる発表会（駅近探究発表会）を開催し、地域の人と高校生の交流の場を生み出した。また、高校生を支援したいという意味である「温かい目」を活性化させるために、酒田東高等学校の高校生を含む若者を支援する組織の立ち上げを支援し、新たに新組織が2025年4月から立ち上がることになった。今後、高校生、地元企業、自治体等と連携を強め、本プロジェクトの波及効果を生み出していく。

## 【テーマ4】再生可能エネルギー導入における合意形成（馬場健司）

全国と地域、サイバー空間と現実空間にて重層的にマルチレベルで合意を形成する方法を明らかにし、各種再エネの導入に伴って発生し得る対立を未然に防止するための合意形成・コミュニケーション手法をガイドラインとして取りまとめようとしている。まず、全国的傾向分析として、全国での再エネの立地事例/撤退事例等を対象とした対立構造をテキストマイニングにより可視化しつつあり、立地地域住民と都内在住市民を対象とした質問紙調査により再エネへの態度行動要因の明確化を行った。第2に、事例分析として、各地域における立地事例/撤退事例等を対象としたステークホルダー分析による対立構造をテキストマイニングにより可視化している。第3に、オンライン熟議システムの開発として、専門知、SNS上の言語データ、審議会等の議事録データ、Web全体から構築した汎用の大規模言語モデルに基づく生成AIの情報等、多様なレベルの情報を収集・統合し、ファクトに基づいてステークホルダーが熟議を行うプラットフォームの開発を行っているところである。

## ■ 研究業績

◇ 査読付き論文 計5件

- (1) Toshiro Semba, Atsushi Inaba, Ryuzo Furukawa, Norihiro Itsubo, The Carbon Footprint of Clothing Considering the Relationship Between Clothing Layering and Heating Usage, Sustainability 2025, 17(2), 470; <https://doi.org/10.3390/su17020470>
- (2) 桑原賢司, 古川柳蔵, 行為分解木手法によるものづくり職人の共通概念構造分析とモデル化: 陶芸品職人を事例として, 研究技術計画, Vol. 39, No. 2, 152-167 (2024).
- (3) Sovanna Ly and Ryuzo Furukawa, Factors That Influence Clothing Upcycling Behavior in Japan: Extending the Theory of Planned Behavior, Sustainability 2024, 16(14), 6116; <https://doi.org/10.3390/su16146116> (2024)
- (4) Toshiro Semba, Ryuzo Furukawa and Norihiro Itsubo, Carbon Footprint for Jeans' Circular Economy Model Using Bagasse, Sustainability 2024, 16, 6044. <https://doi.org/10.3390/su16146044> (2024).
- (5) Runya Liu, Haruka Ohashi, Akiko Hirata, Longlong Tang, Tetsuya Matsui, Kousuke Terasaki, Ryuzo Furukawa and Norihiro Itsubo, the Global Extinction Risk for 6569 Species by Applying the Life

Cycle Impact Assessment Method to the Impact of Future Land Use Changes, Sustainability, 16, 5484. <https://doi.org/10.3390/su16135484> (2024).

◇ 招待講演 計3件

- (1) 古川柳蔵, ライフスタイル変革ー持続可能なフードシステムの実現に向けてー, 化学工学会第90年会・SP-3 SDGs達成に向けた札幌宣言の実行ー持続可能で充足する食生活の探索, 2025年3月14日
- (2) 古川柳蔵, バックキャストでデザインしたライフスタイルをどのようにビジネスに落とし込むかーオートロジー工学の行為分解木手法を用いてー, 第1回OPaRL企業研究会, 2024年11月6日, オンライン
- (3) 古川柳蔵, 市民一人一人が環境学習都市の実現を目指すために行うこと, 「環境学習都市にしのみやで持続可能な生活の実践」シンポジウム, 西宮市男女共同参画センター, 2024年10月24日

◇ 国際会議 計2件

- (1) 古川柳蔵・田村綾海, 持続可能なフードシステムにおける行動変容, エコバランス国際会議・美食地政学セッション, 仙台国際センター, 2024年11月3日
- (2) Ryuzo Furukawa, Behavioral change for sustainable food system, Seminar on Co-creation platform for fostering a green job market based on gastronomy geopolitics, Stockholm Resilience Centre (SRC), Stockholm University, 9/9/2024

◇ 国内会議 計11件

- (1) 胡キンキ, 大久保寛基, OJTを考慮した生産スケジュールに関する事例研究-, 日本生産管理学会第61回全国大会, 愛知工業大学, 2025年3月9日
- (2) 古川柳蔵, 田村綾海, 第7回ほそばのアカデミー, 東京都市大学, 2024年12月2日
- (3) 古川柳蔵・林家染左, 古典落語から見る暮らし, 海賊サミット2024, 志摩市商工会館, 2024年11月17日
- (4) 古川柳蔵, 田村綾海, 第6回ほそばのアカデミー, 東京都市大学, 2024年10月29日
- (5) 古川柳蔵, 田村綾海, 第5回ほそばのアカデミー, 麴町塾, 2024年9月18日
- (6) 大久保寛基, レイアウト作成支援のためのSLP活用事例における一考察, 日本生産管理学会第60回全国大会, オンライン開催, 2024年9月1日
- (7) 古川柳蔵, 田村綾海, 第4回ほそばのアカデミー, 東京都市大学, 2024年8月29日
- (8) 古川柳蔵, 田村綾海, 第3回ほそばのアカデミー, 麴町塾, 2024年7月11日
- (9) 古川柳蔵, 田村綾海, 第2回ほそばのアカデミー, 東京都市大学, 2024年6月27日
- (10) 古川柳蔵, 田村綾海, 第1回ほそばのアカデミー, 麴町塾, 2024年5月13日
- (11) 古川柳蔵, ナラティブ・アプローチを用いた行動変容と課題ー未利用資源を活用した試食会の事例ー, 第218回総研セミナー, 東京都市大学横浜キャンパス, 2024年4月15日

■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務           | 専門分野         |
|----------|--------|-----------------|--------------|
| センター長・教授 | 古川 柳蔵  | [環境学部]兼務        | 環境イノベーション    |
| 特別研究員    | 田村 綾海  | 専任              | 行動変容/画家      |
| 特別研究員    | 古岩井 翔子 | 専任              | 行動変容・加工食     |
| 特別研究員    | 栗山 康孝  | 専任              | データ解析        |
| 教授       | 大久保 寛基 | [デザイン・データ科学部]兼務 | 経営工学         |
| 教授       | 佐藤 真久  | [環境学部]兼務        | 環境教育         |
| 教授       | 馬場 健司  | [環境学部]兼務        | 環境政策学, 合意形成論 |



## ■ 主要な外部資金実績

古川柳蔵, JST COI-NEXT 「美食地政学に基づくグリーンジョブマーケットの醸成共創拠点」, 2023 年度～2032 年度 (直接・間接経費の都市大分 207,025 千円, 2024 年度の直接経費の都市大分 21,540 千円, 間接経費 6,462 千円) (研究分担者)

古川柳蔵, 科研費基盤研究(C), 「ナラティブ・アプローチによるボトムアップ型ライフスタイル転換と定着メカニズム」, 2022～2024 年度 (直接・間接経費の総額 4,160 千円うち都市大分 4,160 千円, 2024 年度の直接経費の総額 1,560 千円, うち都市大分 1,206 千円, 間接経費 361 千円) (代表)

## ■ 社会貢献

### ◇ 報告・講演等

- (1) 大久保寛基, 海外産業人材育成協会 インドネシア国デジタル・エンジニアリング製造人材育成を推進する普及・実証・ビジネス化事業の支援, 2024 年 6, 8, 10 月の 5 日間
- (2) 大久保寛基, 日アセアン経済産業協力委員会 (AMEICC) 事務局関連事業における人材育成教育プログラムの開発, 2024 年 10 月から 2025 年 1 月
- (3) 大久保寛基, カーボンニュートラルをデザインする～持続可能なモノづくりのためのグリーン CPS 協議会の活動～, IE レビュー誌, 61-69, 2025 年 3 月

### ◇ メディア

- (1) 古川柳蔵, アスカジ～未来をもっとカジュアルに考える, YouTube チャンネル, <https://www.youtube.com/@asucasually/shorts> (40 本の動画を作成し, 合計 87 万回以上の視聴あり)
- (2) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2025 年 3 月 29 日
- (3) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2025 年 3 月 22 日
- (4) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2025 年 3 月 15 日
- (5) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2025 年 3 月 8 日
- (6) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2025 年 3 月 1 日
- (7) 古川柳蔵, 佐藤真久, 山形新聞, 酒田の地域課題解決学生ら取り組み発表, 2025 年 2 月 26 日
- (8) 古川柳蔵, 佐藤真久, 荘内日報, 未来のまちづくりへ新たな可能性 酒東高・大正大生「探究と社会実装をつなぐ」テーマに成果発表, 2025 年 2 月 26 日
- (9) 古川柳蔵, 佐藤真久, 荘内日報社ニュース, 未来のまちづくりへ新たな可能性 酒東高・大正大生「探究と社会実装をつなぐ」テーマに成果発表, 2025 年 2 月 26 日
- (10) 古川柳蔵, 田村綾海, NNA パワーアジア <https://www.nna.jp/news/2749648>, 2025 年 1 月 17 日
- (11) 古川柳蔵, 田村綾海, ウェルス <https://wealth.nna-au.com/env/161816/>, 2025 年 1 月 17 日
- (12) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 一つの地球で心豊かに暮らす社会をデザインする, 2024 年 8 月 23 日
- (13) 古川柳蔵, 神戸新聞, 城崎の記憶, 歳時記に, 2024 年 7 月 25 日
- (14) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 6 月 29 日
- (15) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 6 月 22 日
- (16) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 6 月 15 日
- (17) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 6 月 8 日
- (18) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 6 月 1 日
- (19) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 5 月 25 日
- (20) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 5 月 18 日
- (21) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」私たちのライフスタイルデザイン, 2024 年 5 月 11 日
- (22) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2024 年 4 月 27 日
- (23) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2024 年 4 月 20 日
- (24) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2024 年 4 月 13 日
- (25) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」90 歳ヒアリング トキの架け橋, 2024 年 4 月 6 日



◇ 委員

| 氏名          | 委員名一覧                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Kenshi Baba | Frontiers in Climate, Research Topic Editor/PLOS One Climate, editor              |
| 馬場健司        | 土木学会 環境システム委員会 委員兼幹事                                                              |
| 馬場健司        | 川崎市 環境審議会 委員                                                                      |
| 馬場健司        | かながわ脱炭素推進会議 委員                                                                    |
| 大久保寛基       | 日本経営工学会 関東支部 支部長                                                                  |
| 大久保寛基       | 日本生産管理学会 理事                                                                       |
| 大久保寛基       | 日本ロジスティクスシステム協会 ロジスティクス強調月間推進委員会 委員                                               |
| 大久保寛基       | グリーン CPS 協議会 CND 分科会 幹事                                                           |
| 古川柳蔵        | 鮫川村総合戦略計画策定委員会アドバイザー                                                              |
| 古川柳蔵        | 山形県循環型産業事業評価委員会 委員                                                                |
| 佐藤真久        | UNESCO Chair on Education for Sustainable Lifestyles 国際理事会 (IAB) 理事 (ノルウェー応用科学大学) |
| 佐藤真久        | 東南アジア教育大臣機構(SEAMEO)-JAPAN ESD Award 国際審査委員会委員                                     |
| 佐藤真久        | JICA 教師海外研修 (東京, 新潟, 群馬, 埼玉, 千葉) 学術アドバイザー                                         |
| 佐藤真久        | 文部科学省・WWL コンソーシアム構築支援事業運営指導委員                                                     |
| 佐藤真久        | 文部科学省・高校コーディネーター全国プラットフォーム構築事業 委員                                                 |
| 佐藤真久        | 環境省・国連大学 地球環境パートナーシッププラザ運営委員会 委員                                                  |
| 佐藤真久        | 休眠預金事業 (北海道エリア) 審査委員                                                              |
| 佐藤真久        | 地球環境基金 評価委員                                                                       |
| 佐藤真久        | 世田谷区環境審議会 委員                                                                      |
| 佐藤真久        | 横浜市・ESD 推進コンソーシアム コーディネーター                                                        |

## 電子物性計測技術研究センター

電子物性計測技術研究センター  
センター長 三宅 弘晃

### ■ センター概要

当研究センターでは、誘電体材料の電子物性の計測技術の開発、及び評価を中心に行っている。特に当研究室で開発された誘電体内の帯電分布を計測する手法であるパルス静電応力法の高分解能化や高温や放射線、真空環境下での環境適応型の計測装置の開発を中心に、センサ当の要素技術の開発を行っている。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

MEMS 製造技術を用いて製膜された 1  $\mu\text{m}$  膜厚の単結晶 PZT を用いた圧力波センサを作製し、空間電荷測定装置に実装した。空間電荷測定を可能とした。このセンサにより 25  $\mu\text{m}$  厚の薄膜絶縁体を 170 $^{\circ}\text{C}$  の高温環境下で空間電荷分布の計測を世界で初めて可能とした。また、空間電荷測定装置を応用し、直流課電時の比誘電率を評価することが可能な測定手法の開発に成功した。

#### ◇ 次年度への展開

まず、100  $^{\circ}\text{C}$  以上の高温で 25  $\mu\text{m}$  厚の試料の空間電荷分布を計測評価できる技術は世界でも存在せず、産業界に与えるインパクトは非常に大きい。現状 170 $^{\circ}\text{C}$  まで達したが、パワーモジュールの使用環境である 200 $^{\circ}\text{C}$  を目指して改修を進める。また、一旦休止をしていた、半導体の空乏層を圧電素子の分極構造に見立てた半導体センサの開発も再開する予定である。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ 1】MEMS-PZT センサを適用した空間電荷測定装置の高温・高分解能化

本研究の目的は、空間電荷分布測定の高分解能化・高耐熱化・高耐放射線化を実現するために、圧電素子に薄膜の PZT を用い、薄膜絶縁材料の空間電荷分布計測装置を開発する事とし、厚さ 25  $\mu\text{m}$  の絶縁材料を 170  $^{\circ}\text{C}$  環境下で測定可能としたので、以下に報告する。

#### 1.1 薄膜 PZT

圧電素子として、厚さ 1  $\mu\text{m}$  単結晶の PZT を使用した。この PZT は MEMS 製造技術で製膜されており、製膜時にすでに自発分極をしている。表 1 に従来の高分解能用センサである P(VDF-TrFE) との比較を示す。同表より、音速で約 48 %、厚さで 50 % 以上向上させることが可能である。PEA 法の位置分解能の決定要素としては主たるものは、パルス電圧の時間幅と圧電素子の時間幅(厚みを音速で除した値)となるため、PZT をセンサとして用いた場合、P(VDF-TrFE) と比較しても表 2 に示すように、高分解能が期待できる。また、測定可能温

Table 1. Comparison of PVDF and PZT properties

|                     | Piezoelectric Material    |                            |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|
|                     | P(VDF-TrFE)               | PZT                        |
| Material            | Polymer                   | Ceramics                   |
| Thickness (minimum) | 2.0 $\mu\text{m}$         | 1.0 $\mu\text{m}$ or less  |
| Time Width          | 0.84 ns                   | 0.29 ns                    |
| Sound Velocity      | 2370 m/s                  | 3500 m/s                   |
| Curie Temperature   | $\sim 80^{\circ}\text{C}$ | $\sim 600^{\circ}\text{C}$ |
| Dielectric Constant | 6.2                       | 140                        |

Table 2. Schematic diagram of a PZT

|                      | P(VDF-TrFE)       | PZT                      |
|----------------------|-------------------|--------------------------|
| Position Resolution  | 2.5 $\mu\text{m}$ | 1 $\mu\text{m}$ or less  |
| Measurable Thickness | 25 $\mu\text{m}$  | 10 $\mu\text{m}$ or less |

度が P(VDF-TrFE) の脱分極温度の関係で、80 °C が計測上限であるが、PZT の場合は脱分極温度が 600 °C となるため先行研究より高い分解能を維持したままで、高温化が望める。

## 1.2 140, 170°C 下におけるポリイミドフィルム(Upilex-S®)の空間電荷分布測定

厚さ 25  $\mu\text{m}$  の Upilex-S® を試料に用い、室温、140、170 °C 環境下で空間電荷分布を測定した結果を説明する。測定条件は、印加電圧 +2.5 kV、印加時間 60 分、短絡 10 分、測定間隔 20 秒で測定を行った。図 1 に、空間電荷分布波形と電界分布波形を示す。同図中のカラーチャートの縦軸は測定時の経過時間  $t[\text{min}]$  を示しており、横軸は試料の厚さ方向の位置  $x[\mu\text{m}]$  を示している。また、それぞれ図の上端に示したカラーバーに対応した蓄積電荷量  $\rho(z)[\text{C}/\text{m}^3]$  を色で表している。そして、空間電荷分布波形の縦軸は  $\rho(z)[\text{C}/\text{m}^3]$  を示しており、横軸は試料厚  $x[\mu\text{m}]$  を示している。また、電界分布波形の縦軸は電界  $E[\text{kV}/\text{mm}]$  を示しており、横軸は試料の厚を示している。

同図(a)より、室温と 140、170°C 時を比較すると、(A)の室温においては、陽極近傍に微量のホモ電荷の蓄積が確認された。(B)の 140°C においては、印加時間の経過とともに両極から正負のホモ電荷が注入され、試料中央付近までドリフトし、電荷が蓄積しているのが確認された。さらに、(C)の 170°C では、140°C で観測された電荷蓄積挙動が早まり、印加直後から両極にホモ電荷が蓄積していく挙動が得られた。また、同図(c)からは 140、170°C において、試料中央部で 20% 程度の電界強調が確認された。

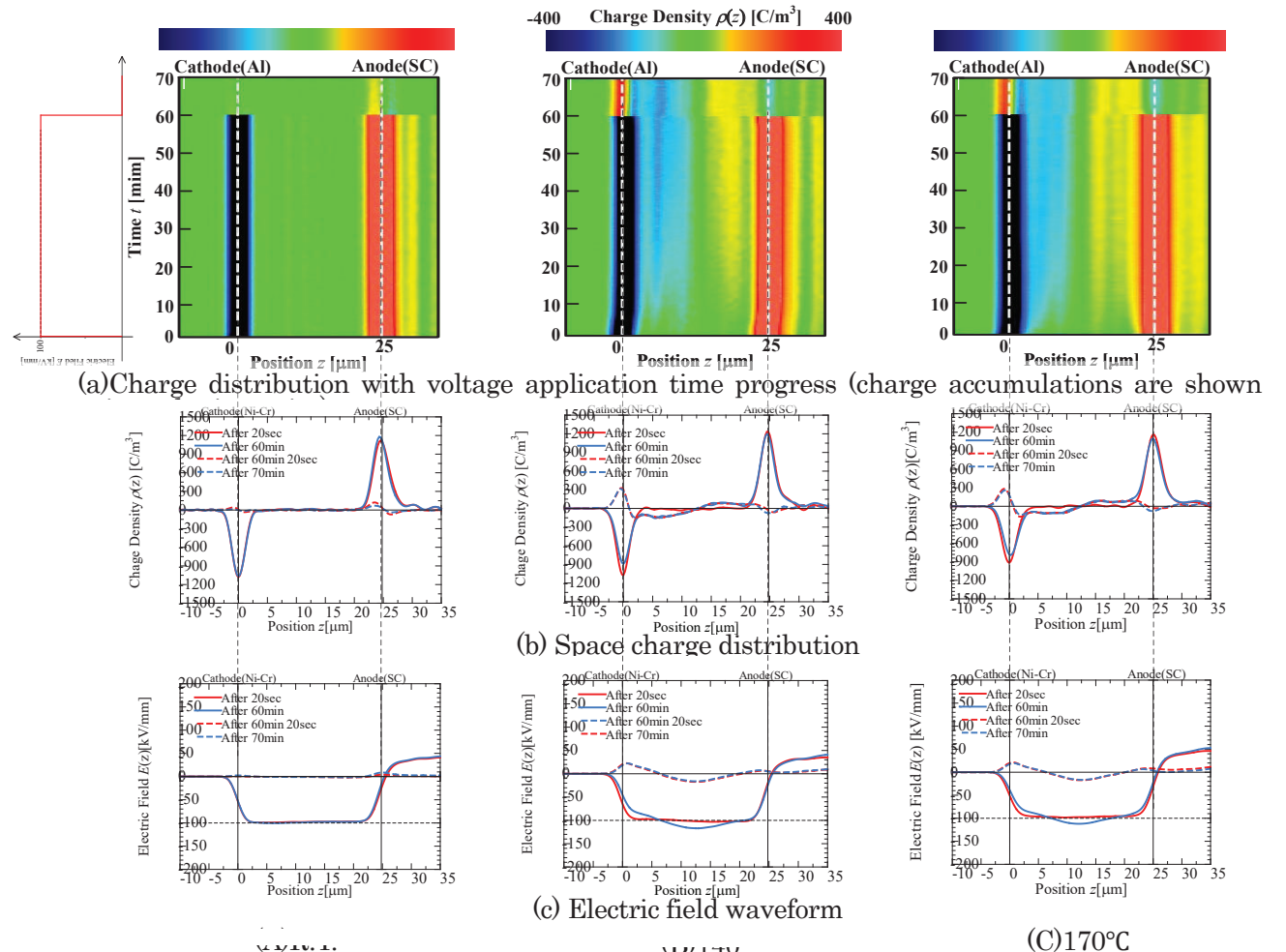


Fig.1 Space charge distribution and electric field distribution of Upilex-S 25  $\mu\text{m}$  at room temperature, 140 and 170 °C

## 【テーマ2】直流課電下における比誘電率の評価技術の構築

パルス静電応力(PEA)法を用いた空間電荷分布測定方法を改良し、空気ギャップを介して直流及びパルス電圧を印加する新たな計測技術を開発した。その結果、測定試料と高電圧電極を物理的に分離する事で、試料-空気界面における電荷分布情報を検出する事が可能となった。この計測技術を応用し、誘電率評価を目的とした分極電荷計測や部分放電検出に関する新規手法を提案した。

特に、直流電圧の極性により取得波形の極性が双極子分極によって同界面に存在する分極電荷の極性と一致した事から、同界面の信号は分極電荷を捉えていると考えられた。無極高分子では比誘電率の増加に伴い線形的に信号強度は増加したものの、極性分子材料においては理論値との乖離が見られた。その乖離した傾向は、分極率と逆相関の関係にある事を示唆した。以上より、PEA 法を用いた空間電荷分布測定によって高分子材料の比誘電率を評価できる可能性を示唆した。

次年度に計測法として特許申請を行う予定であるため、詳細については特許申請後に明らかにする予定である。

### ■ 研究業績

◇ 査読付き論文 計4件

- (1) Wang Q., Tanaka Y., Miyake, H., Endo, K., An, Y., Chen, X., Paramane A.: “New Diagnosis Method for Space Charge-Dependent Interfacial Electrical Tree in Packaging Insulation Using Current Integrated Charge Measurement”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, <https://doi.org/10.1109/TIM.2024.3441024>, 2024
- (2) Wang Q., Tanaka Y., Miyake H., Endo K., An Y., Du H., Chen X., Paramane A.: “Enhanced high-temperature electrical properties and charge dynamics of inorganic/organic silicone elastomer nanocomposites via nanostructure grafting and molecular trap construction”, Polymer Composites, <http://doi.org/10.1002/pc.28570>, 2024
- (3) S. Muranaka, N. Horikawa, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: “Anisotropic wet etching of WSe<sub>2</sub> and MoS<sub>2</sub> for twist-angle extraction of heterobilayers”, *The Journal of Physical Chemistry C*, 128, 7211, <http://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c01228>, 2024,
- (4) T. Yoshimura, H. Shigeno, R. Yamamura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: “Electrical and optical properties of hBN capped MoTe<sub>2</sub> monolayers fabricated by gold-mediated exfoliation”, *Physica Status Solidi (b)*, 2400374, <http://doi.org/10.1002/pssb.202400374>, 2024

◇ 国際会議 計15件

- (1) Investigation of the Relationship between Impulse Pre-stress and Subsequent AC Partial Discharge, Yuri Nagatani| Koki Miyazaki| Masahiro Kozako| Masayuki Hikita| Hiroaki Miyake| Yasuhiro Tanaka| Yuuki Fujii| Yusuke Nakamura| Daiki Ito| Tetsuo Nakamae| Kimiharu Oyama| Tamon Ozaki, 2024 10th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2024, <https://doi.org/10.23919/CMD62064.2024.10766165>, 2024
- (2) Fundamental Analysis of Interfacial Signal in Double-Layer with Different Permittivity Using PEA Method, An, Y.| Miyake, H.| Tanaka, Y., Proceedings of the 2024 IEEE 5th International Conference on Dielectrics, ICD 2024, DOI://10.1109/ICD59037.2024.10613329E16, 2024
- (3) Investigation for Shared Voltage of DC and Pulsed in PEA Measurement for Double-Layer Sample, An, Y.| Miyake, H.| Tanaka, Y., 2024 10th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2024, DOI://10.23919/CMD62064.2024.10766272E16, 2024
- (4) Simultaneous Measurement of Space Charge Distribution and Partial Discharge by PEA Method, Endo, K.| Kondo, K.| Kobayashi, J.| Miyake, H.| Tanaka, Y.| Kozako, M.| Hikita, M., Proceedings of the 2024 IEEE 5th International Conference on Dielectrics, ICD 2024, DOI://10.1109/ICD59037.2024.10613200E16, 2024

- ( 5 ) Proposal of a Method for Evaluating Amounts of Space Charge Using the Current Integrated Charge Method, Shinogi, S.| Suwama, Y.| Miyake, H.| Tanaka, Y., 2024 10th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2024, DOI://10.23919/CMD62064.2024.10766152E16, 2024
- ( 6 ) Proposal of Diagnostic Technique of Partial Heating Q(t) Method for Partially Degraded Long Cable, Maruyama, N.| Kawasaki, K.| Miyake, H.| Tanaka, Y., 2024 10th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2024, DOI://10.23919/CMD62064.2024.10766205E16, 2024
- ( 7 ) Investigation of the Relationship between Impulse Pre-stress and Subsequent AC Partial Discharge, Nagatani, Y.| Miyazaki, K.| Kozako, M.| Hikita, M.| Miyake, H.| Tanaka, Y.| Fujii, Y.| Nakamura, Y.| Ito, D.| Nakamae, T.| Oyama, K.| Ozaki, T., 2024 10th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2024, DOI://10.23919/CMD62064.2024.10766165E16, 2024
- ( 8 ) Annealing Effect with High DC Stress in Epoxy Resin on Insulating Degradation, Shindo, A.| Sato, K.| Miyake, H.| Tanaka, Y., Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, DOI://10.1109/CEIDP61745.2024.10907696E16, 2024
- ( 9 ) Effect of Thermal Treatment with High DC Stress on the Conductivity in Imide-Based Insulating Materials, Kobayashi, J.| Mima, M.| Miyake, H.| Tanaka, Y., Annual Report - Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP, DOI://10.1109/CEIDP61745.2024.10907508E16, 2024
- ( 1 0 ) Space Charge Distribution Measurements of Thin-Film Insulating Materials with Slow Sound Velocity using a High-Resolution PEA System, Kobayashi, R.| Sato, K.| Miyake, H.| Tanaka, Y., Proceedings of the 2024 IEEE 5th International Conference on Dielectrics, ICD 2024, DOI://10.1109/ICD59037.2024.10613312E16, 2024
- ( 1 1 ) Measurement of the Space Charge Distribution in the Imide-Based Material Under Square Wave Voltage Application at High Temperature, Sakakibara, K.| Sato, K.| Miyake, H.| Tanaka, Y., 2024 10th International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, CMD 2024, DOI://10.23919/CMD62064.2024.10766204E16, 2024
- ( 1 2 ) T. Yoshimura, R. Yamamura, H. Shigeno, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrical properties of hBN-capped MoTe<sub>2</sub> monolayers fabricated by gold mediated exfoliation", The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-9 (Sep. 1 2024, Kochi).
- ( 1 3 ) T. Yoshimura, H. Shigeno, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrostatically Tunable PN Junction in 1L-MoTe<sub>2</sub> Formed By Gold-Mediated Exfoliation", PRiME2024, D02-1830 (Oct. 9 2024, Honolulu).
- ( 1 4 ) T. Yoshimura, H. Shigeno, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi, "Effect of Environmental Conditions on the Electrical Properties of MoTe<sub>2</sub> Monolayers with hBN Cap Layer", PRiME2024, G03-2338 (Oct. 9 2024, Honolulu).
- ( 1 5 ) T. Yoshimura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Effect of Adsorption Molecules on Charge transfer in MoTe<sub>2</sub> Monolayers Prepared by Gold-Mediated Exfoliation", ISNTT2024, We-54 (Dec. 4 2024, Kanagawa)

◇ 国内会議 計 18 件

◇ 受賞

第 80 回電気学術振興賞 論文賞 2024 年 6 月

宮路 仁崇, 三宅 弘晃, 田中 康寛, 「陽子線照射した Polyimide 内の空間電荷挙動のメカニズム推定に関する一検討」, 電学論 A, Vol.143, No.7, pp.258-266, <https://doi.org/10.1541/ieejfms.143.258>, 2023



## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務    | 専門分野           |
|----------|-------|----------|----------------|
| センター長・教授 | 三宅 弘晃 | [理工学部]兼務 | 計測工学、電子物性、宇宙環境 |
| 教授       | 田中 康寛 | [理工学部]兼務 | 計測工学、電子物性      |
| 准教授      | 渡邊 力夫 | [理工学部]兼務 | 計測工学、航空宇宙工学    |
| 准教授      | 星 裕介  | [理工学部]兼務 | ナノテク・材料、結晶工学   |

◇ 学生数 博士後期課程：3名、博士前期課程：13名、学部4年生：17名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>原子力規制庁：1,260万円</p> <p>令和6年度原子力施設等防災対策等委託費（実機材料等を活用した経年劣化評価・検証（電気・計装設備の健全性評価研究））研究代表（田中）</p> <p>基盤研究C：234万円</p> <p>高分子絶縁材料の高温高電界下における劣化メカニズムの解明と余寿命推定方法の開発 研究代表（田中）</p> <p>基盤研究C：208万円</p> <p>局所電場制御による近赤外円偏光検出と円偏光検出方向制御の実現 研究代表（星）</p> |
| <p>経常費補助金特別補助〈共同研究〉：143万円</p> <p>「宇宙機と放射線・電磁環境の相互作用及び推進系数値解析に関する研究」研究代表（三宅）</p>                                                                                                                                                            |
| <p>受託研究：計7社で約5,700万円 研究代表（三宅）</p> <p>計7社で約570万円 研究代表（田中）</p> <p>計1社で約550万円 研究代表（星）</p> <p>寄付金：計2件で約100万円研究代表（三宅）</p>                                                                                                                       |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文4件、国際会議15件、国内会議18件

### ◇ 学生の主な就職先

三菱電機、首都高速道路、NTTドコモ、タカラスタンダード

## ■ 社会貢献

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                                                                                                                                                                           |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 三宅弘晃 | IEEE DEIS Japan Chapter Treasurer<br>電気協同研究会 専門委員会 委員<br>宇宙航空研究開発機構 衛星設計標準 WG1 サブリーダー<br>日本航空宇宙工業会 SC14/ISO 国際標準化委員 委員<br>経済産業省 宇宙産業プログラム事業評価検討会・第三者審査委員会 委員<br>等、他国内・国際会議委員等多数 |
| 星裕介  | ・ International Conference on Solid State Devices and Materials, Area 8 Program Committee                                                                                       |
| 渡邊力夫 | 宇宙航空研究開発機構 衛星設計標準 WG1 委員<br>日本機械学会宇宙工学部門 部門長<br>衛星設計コンテスト 実行委員                                                                                                                  |

## ウェルビーイング・リビングラボ研究ユニット

ウェルビーイング・リビングラボ研究ユニット

ユニット長 坂倉杏介

### ■ ユニット概要

尾山台地区に設置した学外研究拠点「おやまちリビングラボ」において個人と社会のウェルビーイングの実現を目指す多様な研究・デザインプロジェクトを実施、コミュニティとの協働により日々の暮らしと社会システムをイノベーションする基盤を構築する。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

「おやまちリビングラボ」の3年目の実験的運用を行なった。本年度は国プロや科研費、民間との共同研究など合計11件のプロジェクトに加え、尾山台共栄会商店街と東京都未来を創る商店街支援事業を受託3年間の共同研究がスタートした。論文3件のほか国際学会、国内学会でデザイン、地域活性、情報技術、人材育成、医療福祉など多様な分野で成果を発表した、2/22には OYAMACHI LIVINGLAB MEETING FESTIVAL 2024-25」を実施、学外の多様なセクターから160名以上の参加者を集めた。

#### ◇ 次年度への展開

次年度も「おやまちリビングラボ」の運用を継続する。Moonshot09の継続が決まり、また慶應 COI-NEXT 関連事業、NTT、メルカリ、富士通など研究期間・民間企業との研究も継続予定である。コミュニティマネジャー研究の出版が決まり、また尾山台商店街との協働事業も本格化する。賃料や人件費など運営基盤の予算や人員などのリソース不足が依然として深刻だが、今年度は研究成果のアウトプットと並行して、持続可能な運用体制について可能性を探りたい。

### ■ 成果の概要紹介

【テーマ1】国プロ「Child Care Commons わたしたちの子育てを実現する代替親族のシステム要件の構築」（500万円）JST/Moonshot9。ブロックチェーン技術などを用いて、第三者が子育てに関わる社会像とそのシステム要件を研究。ムーンショット目標9（2050年までに、こころの安らぎや活力を増大することで、精神的に豊かで躍動的な社会を実現）の研究プロジェクト。CCCラボとして子育て家族とともにリアルライフセッティングの実験を行なっている。26年度までの継続が決定。

#### 【テーマ2】共同研究「コミュニティマネージャーの人材要件に関する研究」

株式会社ファイアープレイス。共創による価値創造に不可欠な職種として地域づくりや都市創造、スタートアップビジネス分野で注目が集まるコミュニティマネージャーについて、職域や働き方の要点をさぐるリサーチプロジェクト。英治出版から2025年に出版を予定。

#### 【テーマ3】共同研究「ウェルビーイングの学びに関する共同研究」

（100万円）（尾山台中学校、NTT社会情報研究所）子どもが自律的に自他のウェルビーイングを学べるカリキュラムを尾山台中学校と連携して設計。本年度は複数の学校での授業実践のほか、中学校のウェルビーイングコンピテンシー測定的设计を行なった。

#### 【テーマ4】共同研究「多様なステークホルダーが主体的に関わり合うウェルビーイング商店街」

東京都未来を創る商店街支援事業の助成を受け、尾山台商栄会商店街と共同して開始。本年度は、来年度の本格的な調査、ワークショップに向けての企画検討を行なった。

#### 【テーマ5】共同研究「野毛町公園拡張事業にともなうコミュニティ形成に関する研究」

（世田谷区役所、E-DESIGN、水辺総研）玉川野毛町公園拡張部分の住民参加設計ワークショップに継続的に参加。使いながら設計し、住民による管理運営コミュニティを形成するプロジェクトを実施。本年度は住民組織を立ち上げ、次年度「パークらぼハウス」の運用計画設計、住民活動の支援を行う。

#### 【テーマ6】地域事業「おやまち暮らしの保健室」

（ふくろうクリニック等々力）リビングラボ1階のタタタハウスを拠点に、日常の困りごとを気軽に相談できる暮らしの保健室を実施。区内の多様な住民団体との連携で子育てから高齢者、外国人まで様々な立場の人が集う場づくりを行っている。

#### 【テーマ7】「人と人とがつながる素材以上家具未満の何かのデザイン」

尾山台商店街ハッピーロードをパブリックライフの空間にしていくための商店街のプロジェクトの一環で、VUILD、コクヨとの共同で、本年度は「人と人とがつながる素材以上家具未満の何か」というテーマでデザインプロジェクトを実施。ハッピーロードでのリサーチからテスト、モックアップ制作を通じて、新しい3種類のプロトタイプを提案。コクヨショールームで次年度展示予定。

#### 【テーマ8】科研費「地域の共創基盤としてのリビングラボのアウトカムを評価する標準フレームワークの構築」

（100万円）「おやまちリビングラボ」の実装を通じて行なってきたリビングラボのマネジメントに関する実証的な研究。本年度から科研費に採択され、主にプラットフォームとしてのリビングラボのロングタームの地域への波及効果を測定するフレームワークの設計を、おやまちリビングラボほか複数の事例の調査を通じて行う。

#### 【テーマ9】「海士町関係人口のウェルビーイングに関する研究」

（100万円）海士町との共同研究。島外から島に関わるアンバサダーや大人の島留学による滞留人口など、住民ではないが関係する多くの人がいる海士町で、関係人口のウェルビーイングを特定する研究を行っている。本年度はアンバサダーに対するインデプスインタビューを通じて関係人口のウェルビーイングを構造化した。次年度は定量的な調査を実施する予定。

#### 【テーマ10】「COI-NEXT ヘルスケアコモンズ・リビングラボの運営」

COI-NEXT 共創の場形成支援プログラム「誰もが参加し繋がることでウェルビーイングを実現する都市型ヘルスコモンズ共創拠点」（慶應義塾大学）の一環として実施される「ヘルスケアコモンズ・リビングラボ」の運営業務。おやまちリビングラボを拠点に、地域コミュニティや地域のケア事業者との連携を構築し、そこから実証研究やサービス開発をリビングラボアプローチで実現していく方法を模索する。

#### 【テーマ11】「循環型社会の実現に向けた地域のLivingLabにおけるサービスデザイン」

多くのユーザが利用するデジタルプラットフォームであるメルカリだが、トップダウンでのサービス提供ではない新しいサービスデザインの方法論を模索している。おやまちリビングラボのコミュニティでメルカリを自由に試してみるワークショップを実施することを通じて、新たなコ・デザインによるサービス設計の方法論を探索する。

## 【テーマ12】「富士通 ライフフィットストア・プロジェクト」

富士通デザインセンターのプロジェクトで、地域のウェルビーイングを高めるリテール（小売店）の可能性について検討するデザインリサーチの機会を提供した。デザインファームの Consent と共同で、12 月から 3 月まで尾山台商店街でのリサーチ実施。商業取引以外にも日常の多様な人々の交換が暮らしをつくっていることが明らかになり、こうした知見をもとに、次年度は共同研究費を受け入れ、具体的なプロジェクトを進めていく予定である。

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計 3 件

- (1) 三木裕子、坂倉杏介、川村佳恵「コミュニティ施設を地域と接続する『中間領域』の効果 — 徳島県神山町『鮎喰川コモン』の利用実態からみる『縁側性』の考察 —」、日本建築学会技術報告集 30 巻 76 号、1440-1445 頁
- (2) 大野佳祐、坂倉杏介「地域活性化における移住者と地元出身者の相互変容に関する研究 — 島根県海士町を事例に」、地域活性研究 Vol. 21、21-30 頁
- (3) Fumiya Akasaka, Kyosuke Sakakura, Yuko Miki, *Consciously drifting: Exploratory design practices that embrace influences from local community*, PDC '24: Proceedings of the Participatory Design Conference 2024: Exploratory Papers and Workshops - Volume 2, pp. 60-66

### ◇ 招待論文 計 1 件

- (1) 坂倉杏介「創発するコミュニティと近接都市—「近くに住んでいること」の意味の変容をめぐって—」、コミュニティ政策 22、64-87 頁

### ◇ 国内会議 計 9 件

- (1) 荒川あゆみ、田中利枝、坂倉杏介、渡邊淳司、丸谷和史「第三者が子育てに関わる「チーム家族」の実践とその社会関係性可視化の検討」、INTERACTION 2025 第 29 回 一般社団法人情報処理学会シンポジウム、2025 年 3 月
- (2) 伴英美子、渡邊知、坂倉杏介「コミュニティマネージャーのスキルセットに関する一考察 -Web 調査の結果から-」人材育成学会第 22 回年次大会、2024 年 12 月
- (3) 平真由子、横山実紀、渡邊淳司、田窪真樹、加瀬光太郎、坂倉杏介、清田哲男「ウェルビーイング・コンピテンシーの育成に向けて「わたしたちのウェルビーイングカード」を活用した学校教育の実践から」、日本教育心理学会総会発表論文集、168 頁、2024 年 9 月
- (4) 伴英美子、渡邊知、坂倉杏介「コミュニティマネージャーの働き方とスキルレベルおよびワーク・エンゲイジメントに関する研究」、ヘルスコミュニケーションウィーク 2024 in Yokohama、2024 年 9 月
- (5) 永野真代、坂倉杏介「官民連携体制による移住者間の定住支援」、地域活性学会第 16 回研究大会論文集、247-250 頁、2024 年 9 月
- (6) 滝本美奈代、坂倉杏介「共創の場におけるグラフィックレコーディングの展開」、地域活性学会第 16 回研究大会論文集、179-182 頁、2024 年 9 月
- (7) 久保圭輔、坂倉杏介「関係人口の創出に寄与するスタディツアーの設計とその効果に関する研究」、地域活性学会第 16 回研究大会論文集、315-318 頁、2024 年 9 月
- (8) 岸川楽、坂倉杏介、黒川成樹、川崎舞、渡邊淳司「“Super Happy Birthday”を用いた中学校の授業プログラムの開発と有効性検証」、日本デザイン学会第 71 回研究発表大会予稿集 C5-02、2024 年 6 月
- (9) 赤坂文弥、坂倉杏介、三木裕子、藤井靖史「ソーシャルイノベーションのためのリビングラボ：共創のための地域基盤としての非公式組織の形成」、サービス学会第 12 回国内大会講演論文集、260-267 頁、2024 年 3 月



◇ 受賞

(1) インタラクティブ発表賞 (PC 推薦)

「第三者が子育てに関わる「チーム家族」の実践と その社会関係性可視化の検討」

荒川 あゆみ, 田中 利枝, 坂倉 杏介 (東京都市大学都市生活学部), 渡邊 淳司, 丸谷 和史 (日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所)

INTERACTION 2025 第 29 回 一般社団法人情報処理学会シンポジウム、2025 年 3 月

■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名       | 専任／兼務      | 専門分野                 |
|----------|----------|------------|----------------------|
| ユニット長・教授 | 坂倉 杏介    | [都市生活学部]兼務 | コミュニティマネジメント・参加型デザイン |
| 准教授      | 末繁 雄一    | [都市生活学部]兼務 | 都市計画・エリアマネジメント       |
| 教授       | ドミニク・チェン | 早稲田大学      | 情報学・ウェルビーイング         |
| 教授       | 安藤 英由樹   | 大阪芸術大学     | 情報通信・ヒューマンインターフェイス   |

◇ 学生数 博士後期課程：1 名、博士前期課程：2 名、学部 4 年生：11 名

■ 主要な外部資金実績

|                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| JST/Moonshot09「Child Care Commons：わたしたちの子育てを実現する代替親族のシステム要件の構築、(PM：細田千尋)」, 5000 千円、2022～2024 年度 (総額 12,000 千円) |
| NTT 社会情報研究所「ウェルビーイングの学びに関する共同研究」1000 千円                                                                        |
| 科研費基盤 (C)「地域の共創基盤としてのリビングラボのアウトカムを評価する標準フレームワークの構築」1,000 千円、2024～2026 年度 (総額 3,500 千円)                         |
| 神山つなぐ公社「地域創生事業組織のプラットフォームとしての間接的アウトカムの特定に関する研究」650 千円                                                          |
| 海士町「海士町関係人口のウェルビーイングに関する研究」1,800 千円                                                                            |
| 慶應義塾大学 (COI-NEXT)「ヘルスケアコモンズ・リビングラボの運営」1,000 千円                                                                 |
| 株式会社メルカリ「循環型社会の実現に向けた地域の LivingLab におけるサービスデザイン」330 千円                                                         |

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 1 件、国際会議 0 件、国内会議 3 件 作品 0 件

◇ 学生の主な就職先

日本公営都市開発、NENGO、星野リゾート、リリカラ、西武トップツアーズ、UDS ほか

## ■ 社会貢献

### ◇ 寄稿

- (1) 坂倉杏介「ウェルビーイング・コンピテンシーを育む」、『月刊日本教育』2024年8月号、公益社団法人日本教育会。2024年8月

### ◇ 講演

- (1) 坂倉杏介「市民とともにウェルビーイングな暮らしを共創するリビングラボの実践」、『エッセンス特別講義シリーズ』、オンライン、2024年4月（4/19）
- (2) 【シンポジウム】「『都市』で働き暮らすことの現在：『職住』関係再編下における『地域の居場所』構築に向けて」、2024年度関東都市学会春季大会、東洋大学白山キャンパス、2024年5月（5/18）
- (3) 坂倉杏介、渡邊知「コミュマネのトリセツ～コミュニティマネージャーに関する研究～」、「大手町ラボフェススピンオフ企画 vol.1 私からはじめる！～新規事業・まちづくりに欠かせないコミュニティの作り方～」、3×3Lab Future、2024年5月（5/24）
- (4) 「まちにかかわるイノベーター人材とは <私を生かして、まちを活かす>新しい地域づくりの『主体』をめぐって」、「三鷹「まち活」塾「好きなコト できるコト やりたいコト×社会にいいコト」をデザインする」、三鷹ネットワーク大学、三鷹市市民協働センター（東京都三鷹市）、2024年6月（6/1）
- (5) 坂倉杏介、「世代を超えて楽しくつながるコミュニティづくりの実践」、「場づくりファシリテーター実践塾 BA-School バススクール」、福津市 未来共創センター キッカケラボ、宮司コミュニティセンター（福岡県福津市）、2024年7月（7/7）
- (6) 坂倉杏介「居場所をまちにひらく 「芝の家」から「おやまち暮らしの保健室」へ」、在宅ケア学会 シンポジウム1 地域における居場所づくりの課題と展望」、鎌倉文学館（神奈川県鎌倉市）、2024年8月（8/24）
- (7) 坂倉杏介「気に掛け合う関係を可視化する ケアするコミュニティとオープンスペース」、ササハピゼミ、ササハタハッピープルまちづくりサポート（ササハピ）事業（渋谷区）、2024年8月（8/27）
- (8) 【コメンテーターとして登壇】「大人の島留学都市と離島のコミュニティを考える 大人の島留学とともに描く、地域の未来」、島前ふるさと魅力化財団、離島百貨店（東京都中央区）、2024年9月（9/8）
- (9) 坂倉杏介「おやまちリビングラボ 「ラボる」文化と創発的なコミュニティ」、ちよだプラットフォームスクウェア20周年記念イベント『これまでの20年、これからの20年』～文化・実験・創造性～、（東京都中央区）、2024年10月（10/11）
- (10) 坂倉杏介「気に掛け合う公共空間をつくる ケアするコミュニティとオープンスペース」、ケアミーツアート in みなと 第2回「コミュニティと地域対話」、SHIBAURA HOUSE（東京都港区）、2024年10月（10/28）
- (11) 坂倉杏介「『おやまちリビングラボの2024年を（時間が許す限りすべて）お話しします！』、esse-sense パトロン向け特別講義シリーズ、オンライン、2024年12月（12/18）
- (12) 坂倉杏介「ウェルビーイングと地域活動と私たちの暮らし」、第6回静岡シチズンカレッジ・ここに、静岡市役所、2024年12月（12/21）
- (13) 岡村充泰、渡邊剛、坂倉杏介、市川文子、工藤七子、西村勇哉「地域の価値の再興をめぐる共創の旅」、ミラツク年次フォーラム2024、ミラツク、国連大学（東京都港区）、2024年12月（12/23）
- (14) 坂倉杏介「丁子田にみんなの居場所づくりませんか」、愛知淑徳大学まちづくり研究会（愛知県長久手市）、2025年3月（3/17）

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                           |
|------|---------------------------------|
| 坂倉杏介 | 世田谷区教育委員会 教育委員                  |
| 坂倉杏介 | 観光庁「第2のふるさとづくりプロジェクト」モデル実証事業 委員 |
| 坂倉杏介 | 世田谷らしい空き家等の地域貢献活用モデル事業 審査委員     |

## 先端生命工学研究ユニット

先端生命工学研究ユニット  
ユニット長 坂口 勝久

### ■ ユニット概要

次世代再生医療製品や細胞から構成する食肉や、毛や皮などの細胞性バイオマテリアルの製造に必要な多量細胞生産システム、細胞・組織・臓器の評価システムの開発を行う研究ユニットである。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

本年度は、当ユニット設置の初年度になり細胞培養可能な環境工事（耐薬剤床、セパレーター設置）、ならびに細胞培養装置等の大型機器の設置を行った。一通りの細胞培養環境が整い、再生医療研究・細胞性製品開発のバイオ研究が推進状態を構築した。

#### ◇ 次年度への展開

パラフィン切片法による形態観察装置、電気刺激培養装置、そして遺伝子解析装置を設置し、よりバイオ評価解析を行える環境を整える。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】フィブリンを用いて積層した3次元心筋細胞シートの移植効率の向上

組織工学技術の進歩により、欠損によって機能不全に陥った臓器の修復が期待されている。3次元の心筋組織を構築する方法として、コラーゲンなどの細胞外マトリックスを心筋細胞と混合する方法、脱細胞化組織に目的の細胞を播種する方法、さらには3次元バイオプリンターを用いる方法が開発されている。このように、心筋の組織工学は著しく進歩しているが、迅速な構築と移植の効率に関しては、依然として課題が残されている。

一方、温度を下げることで培養皿表面に親水性を誘導し、細胞を剥がしてシート状に回収する技術が存在する。細胞シート技術は、様々な種類の細胞に由来する組織の生成を可能にし、トリプシンなどの酵素処理とは異なり、自然に付着した細胞外マトリックスを保持するため、高密度細胞群を移植可能とする有用な方法である。そのため、現在では細胞シート技術の臨床応用として、心臓、角膜上皮、食道、中耳腔の粘膜組織の治療が進められており、将来的には子宮、脳、肺組織の治療への応用が期待されている。

これらの背景を踏まえ、本研究では細胞シートを複数層重ねた厚い3次元組織を作製し、移植することで細胞シート技術の治療効果を向上させることを目的とした。

3次元積層化細胞シートの作製方法として、ゼラチンゲルを塗布したスタンプ装置上に細胞シートを繰り返して生着させ、細胞シートを積層する方法がある。しかし、細胞同士が自然に接着する積層法では、細胞シート同士が接着するまでに30分以上の時間を要し、複数層を積層する際に組織が壊死してしまうという課題があった。そこで、生体接着剤として臨床でも使用されているフィブリン糊を用いた細胞シート的高速積層技術を開発した。フィブリンは接着剤としての役割を果たすだけでなく、高い血管形成作用を有するため、移植先で誘導される血管融合が生着を促進し、より効率的な細胞治療につながると考えられる。

本研究では、ラットおよびヒトiPSC由来心筋細胞シートの積層化およびラット皮下移植の評価、さらにラット心筋梗塞モデルにおける損傷組織への心筋細胞シートの移植効果について報告した。

図1は、積層方法と積層化させるスタンプ装置を示し、図2は心筋細胞シートを積層化したあとの切片（断面）の形態観察を示している。図3は積層化した心筋細胞シートを心筋梗塞部位へ移植した切片画像となる。左から正常、心筋梗塞後2週間、心筋梗塞させて10層心筋細胞シート移植後2週間後の観察画像を示す。

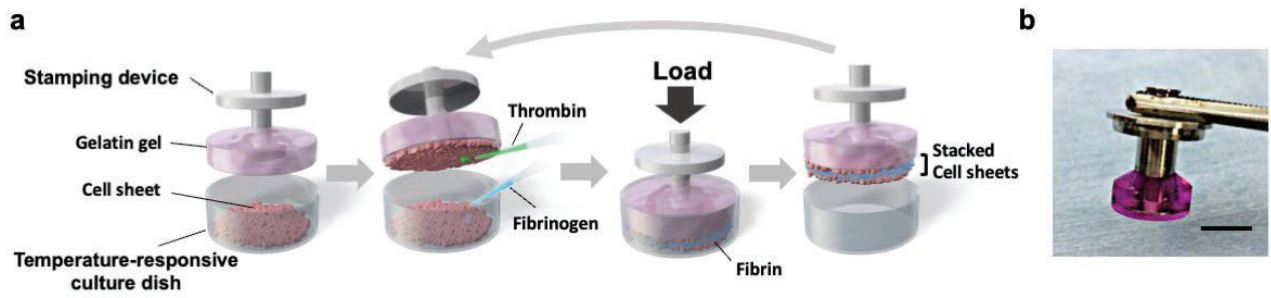


図1 細胞シート積層化方法 (a, 方法イラスト図、b, スタンプ装置)

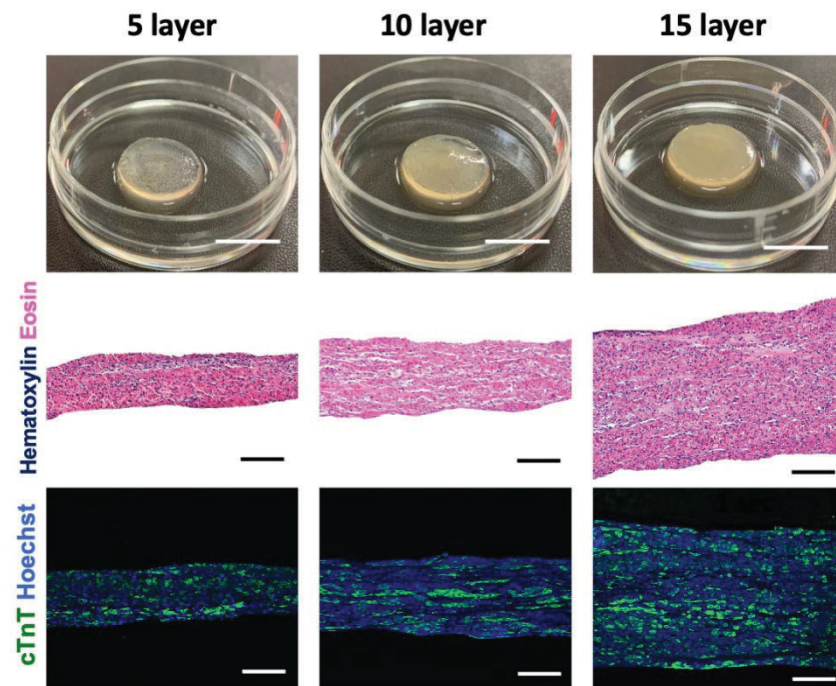


図2 心筋細胞シートの積層図と切片染色

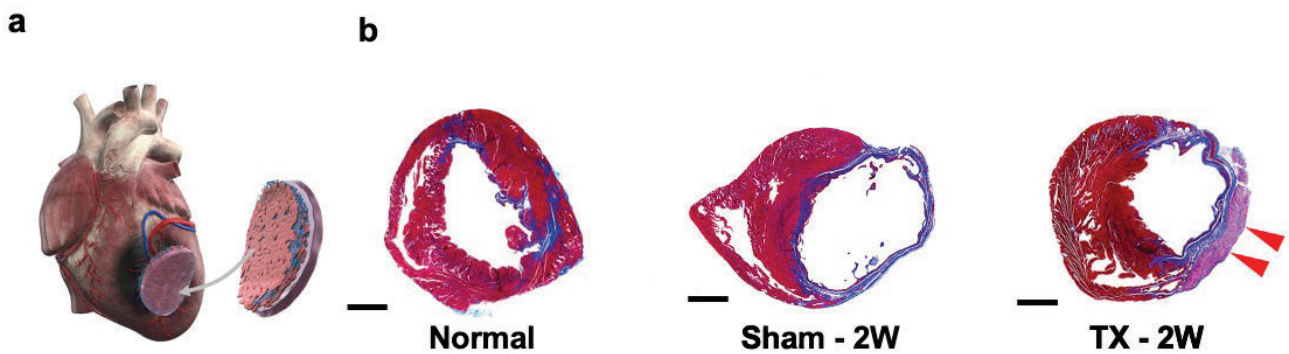


図3 心筋梗塞部位への心筋細胞シート移植 (a, イメージ図、b, 移植後の切片)



## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計 3 件

- (1) Takashi Morikura, Katsuhisa Sakaguchi, et al., Conditioned serum-free culture medium accomplishes adhesion and proliferation of bovine myogenic cells on uncoated dishes, npj Science of food, 108, 2024, <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00355-x>
- (2) 田中龍一郎・坂口 勝久, 廃棄食品からのアップサイクルで作られる培養肉の可能性, 生物工学会誌, 456-459, 2024, [https://doi.org/10.34565/seibutsukogaku.102.9\\_456](https://doi.org/10.34565/seibutsukogaku.102.9_456)
- (3) Ryu-ichiro Tanaka, Katsuhisa Sakaguchi, et al., Efficient expansion culture of bovine myogenic cells with differentiation capacity using muscle extract-supplemented medium, Food Bioscience, 104610, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104610>

### ◇ 招待講演 計 2 件

- (1) World Biomaterials Congress, Degu, 2024
- (2) Food Bio plus, Tokyo, 2024

### ◇ 国際会議 計 4 件

### ◇ 国内会議 計 13 件

### ◇ 受賞

- (1) 優秀ポスター賞, 毛包シートの気液界面培養による動物繊維の生体外作成法の開発, 日本バイレオロジー学会年会, 加藤 等, 戸部 友輔, 坂口 勝久, 岩崎 清隆, 清水 達也, 2024 年 6 月
- (2) 優秀ポスター表彰, 動物繊維の生体外培養作製を目指した培養毛包シートの気液界面培養の検討, 第 36 回バイオエンジニアリング講演会, 加藤等、戸部友輔、坂口勝久、岩崎清隆、清水達也、2024 年 5 月
- (3) 優秀ポスター表彰, 組織工学技術で構築した培養肉の食感評価, 第 36 回バイオエンジニアリング講演会 西丸達也、清水達也、坂口勝久, 2024 年 5 月

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名            | 氏名    | 専任／兼務     | 専門分野 |
|---------------|-------|-----------|------|
| ユニット長・<br>准教授 | 坂口 勝久 | [理工学部] 兼務 | 医用工学 |

### ◇ 学生数 博士前期課程： 8 名、学部 4 年生： 12 名



## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 事業名 ムーンショット型研究開発事業 2024 年度経費：2375 万円<br>「藻類と動物細胞を用いたサーキュラーセルカルチャーによるバイオエコノミカルな培養食料生産システム」研究機関代表（坂口勝久） |
| 事業名 JST 創発的研究支援事業 2024 年度経費：975 万円<br>「移植・生着・機能する動静脈付き 3 次元組織の創成」研究代表（坂口勝久）                           |
| 受託研究：計 2 社で 200 万円 研究代表（坂口勝久）                                                                         |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

国際会議 2 件、国内会議 13 件

### ◇ その他

東京女子医科大学・博士学生（医師）指導、早稲田大学修士学生指導

### ◇ 学生の主な就職先

日産自動車、ニコン、NEC

## ■ 社会貢献

### ◇ AMED 成果報告会（2025 年 3 月 4-5 日）

### ◇ 出張授業

世田谷6大学 国士舘大学

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧         |
|------|---------------|
| 坂口勝久 | 学生部委員・生活指導分科会 |

## イノベーションマネジメント研究ユニット

イノベーションマネジメント研究ユニット  
ユニット長 宇都正哲

### ■ ユニット概要

物流、次世代交通、ヘルスケア・医療、社会インフラ、都市といったテーマについて、本学と包括連携協定を締結した沖電気工業と協働して、オープンイノベーションを推進する。沖電気工業の全社イノベーション活動である「Yume Pro」を加速するとともに、社会・事業イノベーションにおける産学連携のあり方を探る。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

OKI のイノベーションチームと都市大の3研究室にてワークショップを行い、以下の3テーマについて検討した。

- ① 地域のウェルビーイングソリューション
- ② 商業施設の顧客アテンド・ソリューション
- ③ マンション内覧・点検ソリューション

#### ◇ 次年度への展開

今年度、検討した3テーマを社会実装するにあたって、より精緻な検討を進めるとともに、OKI の「Yume Pro」に提案することとなり、そこで採択されれば共同研究に進む方針で合意した。

### ■ 成果の概要紹介

| テーマ案                                                                                                                              | 想定される課題・手段                     |                        |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | 現状の課題A                         | ありたい未来の姿B              | 不可逆なシフト・手段                                 |
| <b>【坂倉先生研究室とのテーマ】</b><br><b>①地域のウェルビーイングソリューション</b><br>地域住民の心身の健康対策等の実態を現場調査して検討する<br><br>※リビングラボを活用した調査やアイデア検討を想定                | 医学や薬だけでは解決できない地域住民の心身の健康促進上の課題 | 地域住民の心身が健康になる街         | 行動変容、バイオセンサー、ロボット、リビングラボ                   |
| <b>【高柳先生研究室とのテーマ】</b><br><b>②商業施設の顧客アテンド・ソリューション</b><br>商業施設や飲食店等での顧客アテンド業務の実態を現場調査して検討する                                         | アテンド業務の人手不足や、満足のできるアテンド提供上の課題  | 無人でも質の高いアテンドを提供できる商業施設 | 高度遠隔運用、行動変容、ビジュアルサイネージ、ロボット・ドローン、AIによる行動分析 |
| <b>【宇都先生研究室とのテーマ】</b><br><b>③マンション内覧・点検ソリューション</b><br>マンション仲介業者の内覧案内や点検業務の実態を現場調査して検討する<br><br>※仲介業者の調査が難しい場合は、消費者の内覧の実態を調査して検討する | 不動産仲介業者の生産性・業務効率上の課題           | マンションの内覧案内や点検業務の効率化    | VR・3D映像化、フライングビュー、高度遠隔運用、ロボット・ドローン、        |

## ■ 研究業績

イノベーション活動のため、研究業績という内容にはそぐわない。

## ■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務     | 専門分野   |
|----------|-------|-----------|--------|
| ユニット長・教授 | 宇都 正哲 | 都市生活学部/兼任 | 都市ビジネス |
| 教授       | 坂倉 杏介 | 都市生活学部/兼任 | リビングラボ |
| 教授       | 高柳 英明 | 都市生活学部/兼任 | 群衆行動   |

◇ 学生数 博士前期課程：12名、学部4年生：3名

## ■ 主要な外部資金実績

OKI とのイノベーション協創に関する MOU に基づく活動

## ■ 学生教育

◇ 学生の主な就職先

沖電気工業 1名

※ワークショップに参加した学生がそのまま沖電気工業のイノベーション部署へ就職することとなった。

## ■ FUTURE-PV 研究室の概要

ペロブスカイトを対象とした太陽電池材料開発、ナノ界面制御技術開発、デバイス技術開発や PV システム技術開発を実施する。また軽量フレキシブルなフィルム基板ペロブスカイト太陽電池やペロブスカイト/Si タンデム太陽電池などの新型太陽電池を開発する。

## ■ 研究成果の概要

### ◇ 主要な研究成果

ポリイミド基板を用いたペロブスカイト (PVK) 太陽電池で変換効率 15%、スルーホール電極を設けた太陽電池で 12.3% の変換効率を得た (世界初)。両面受光・シースルー Si 太陽電池で、表面、裏面照射共に変換効率 13% を達成。軽量 PVK/Si タンデム太陽電池で 26.7% の変換効率を得るとともに両面受光のための要素技術を開発。PVK 太陽電池の屋外発電特性測定を行い、高温時における PVK の相転移が主たる劣化原因であることを解明。

### ◇ 次年度への展開

軽量太陽電池の超高効率化を目指し、ペロブスカイト(PVK)をトップセルに用いた各種タンデム太陽電池の要素技術開発、ならびに高効率化のためのデバイス技術開発を行う。グリーンイノベーション基金事業の一環として、スルーホールを用いた PVK 太陽電池の要素技術開発を引き続き実施する。高効率 PVK 太陽電池の信頼性向上に資するため、PVK 太陽電池、PVK/Si タンデム太陽電池の屋外発電特性の計測を継続するとともに劣化対策を提案する。

## ■ 成果の紹介

### 【テーマ 1】スルーホール電極を設けたペロブスカイト太陽電池の要素技術開発

ペロブスカイト(PVK)太陽電池の高効率化が進展するとともに、大面積モジュール化技術開発が急ピッチで進められている。特にフレキシブル基板を用いた PVK モジュール開発に注目が集まっている。PVK フレキシブル太陽電池モジュールの量産化には、roll-to-roll 方式の採用は欠くことができない。また低コスト化のために厚さが 30~70  $\mu\text{m}$  程度の非常に薄い polyimide 基板の採用が望まれる。

本研究では、モジュール化した際の面積効率を改善するためアモルファス Si で開発された through-holes electrodes を有する PVK 太陽電池の開発を行っている (図 1)。昨年度、スルーホール電極付き PVK セルの試作を行い、変換効率 11.9% を得た。また変換効率向上に向けた技術課題の抽出を行った。

令和 6 年度は、スルーホール周辺での膜厚の均一化、膜質の向上、PVK 製膜後のパッシベーション処理などの改善策を施した。さらに、走査電子顕微鏡による断面イオン研磨処理による詳細な構

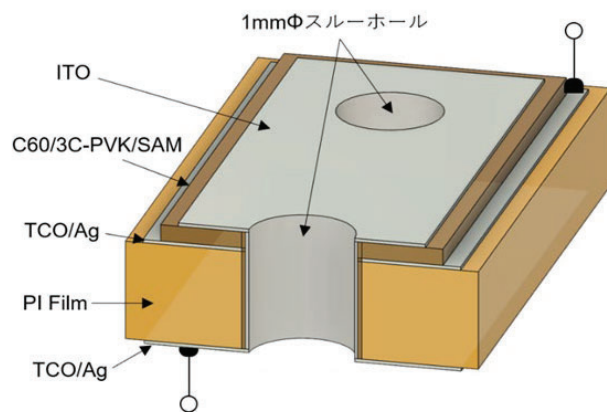
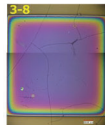


図 1 スルーホール電極を設けたペロブスカイト太陽電池の構造。

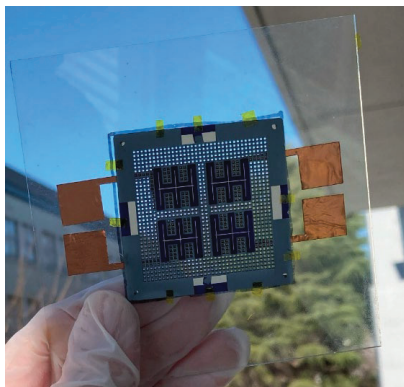
造観察、カソードルミネッセンス(CL)やロックイン (DLIT, Dark Lock-In Thermography)などの評価解析を行い、性能向上に努めた。その結果、スルーホール付きのポリイミド基板 PVK 太陽電池で 12.3%、スルーホールなしの PVK 太陽電池で 15%の変換効率が得られた(表 1)。

表 1 ポリイミドフィルム上に形成された PVK 太陽電池の特性

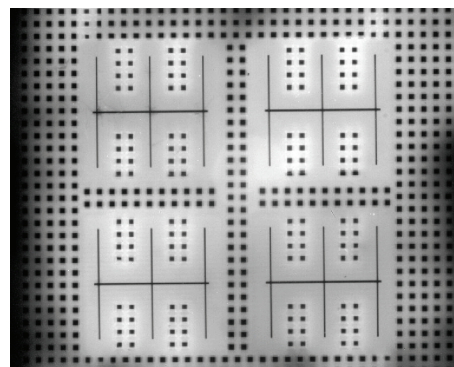
| 太陽電池の形状                                           | Jsc<br>(mA/cm <sup>2</sup> ) | Voc<br>(V) | FF    | η<br>(%) | 表面<br>光学顕微鏡写真                                                                       |
|---------------------------------------------------|------------------------------|------------|-------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ポリイミド厚 : 75 μm<br>面積 3mm x 3mm<br>スルーホールなし        | 17.6                         | 1.20       | 0.708 | 15.0     |  |
| ポリイミド厚 : 75 μm<br>面積 4mm x 3mm<br>1mm φ のスルーホールあり | 17.8                         | 1.01       | 0.683 | 12.3     |  |

## 【テーマ 2】シースルー・ヘテロ接合型 Si 太陽電池の高効率化・高機能化

本研究室では、これまで非常に薄いヘテロ接合型 Si 太陽電池の実現を目指して、Rib 加工技術の開発と変換効率を向上させるためのデバイス技術開発に取り組んできた。令和 6 年度は、これらの技術を発展させたものとして、シースルー・ヘテロ接合型両面受光 Si 太陽電池の要素技術開発を行った (図 2(a))。最近、ZEB などへの応用を目的に、窓に設置されるシースルー太陽電池の開発が進んでいる。この研究開発のポイントは、異方性エッチングで形成したシースルーホールの側面への高性能パッシベーション膜の技術開発である。同図(b)は、スルーホールセルのフォトルミネッセンス(PL)イメージングの結果を示しており、ホール周辺での少数キャリア寿命の低下は認められない。その結果、表裏、どちらの面から光照射した場合でも、変換効率 13%以上が得られた。



(a) 本研究で作製したシースルー太陽電池。ホールのサイズ：縦横 0.48mm。ウエハ 4cm 角での透過率 11.8%



(b) (a)のサンプルのフォトルミネッセンス (PL)イメージング。

図 2 異方性エッチングを利用したシースルーSi 太陽電池



### 【テーマ3】軽量・フレキシブルなペロブスカイト/シリコンタンデム型太陽電池

薄型 Si 基板を用い、高効率・軽量かつ屈曲性を有するペロブスカイト (PVK) /Si ヘテロ接合 (SHJ) タンデム型太陽電池の開発を行っている。これまでに、Si の厚さが  $84\mu\text{m}$  で 26.7% の変換効率が得られている(図 3)。一方、薄型化するため、長波長域における外部量子効率低下によるボトムセル電流の低下という問題を有していた。そこで、本年度は、これを改善すべく両面受光・薄型 PVK/SHJ タンデムセルの研究開発を行った (図 4)。

SHJ ボトムセルは、厚み $\sim 80\mu\text{m}$  の CZ Si 基板に対し、トップセル側表面には高さ $< \sim 1\mu\text{m}$  のマイクロテクスチャ ( $\mu\text{-Tex}$ )、裏面側表面には高さ  $2\sim 3\mu\text{m}$  程度の通常テクスチャを形成し、裏面電極に Ag グリッド電極を用いることで裏面受光可能な構造とした。一方、トップセル PVK については、裏面への照射光強度により電流バランスする PVK 膜の最適バンドギャップ ( $E_g$ ) が変化することから、今回は  $E_g \sim 1.5\text{eV}$  の組成  $\text{Cs}_{0.05}\text{FA}_{0.95}\text{PbI}_3$  とした膜を用いた。PVK 膜の狭バンドギャップ化によるトップセル吸収端の長波長シフトにより、トップセル電流が  $3.4\text{mA}/\text{cm}^2$  増大して  $22.1\text{mA}/\text{cm}^2$  が得られた。裏面光照射によるボトムセル電流増大によりトップセルとの電流バランスが実現できれば、薄型 Si 基板を用いても  $I_{sc} > 22\text{mA}/\text{cm}^2$  のタンデムセルが形成できることが示唆された。

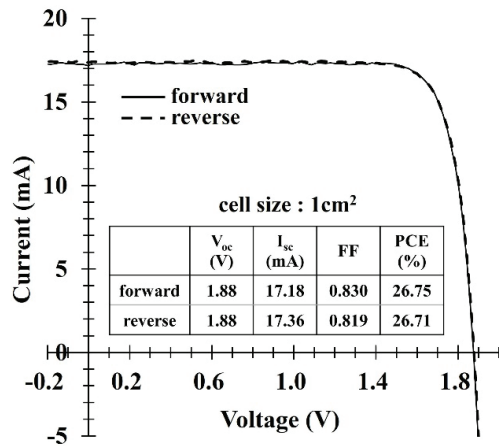


図 3 変換効率 26.7%の両面受光・PVK/Si タンデム太陽電池

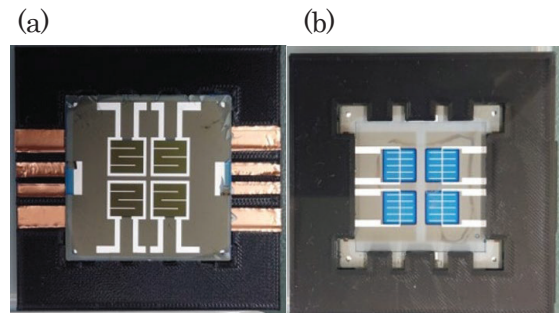


図 4 表側から(a)でも、裏側から(b)でも光照射可能な両面受光・PVK/Si タンデム太陽電池

### 【テーマ4】ペロブスカイト太陽電池の屋外発電特性評価と光劣化現象の解明

ペロブスカイト太陽電池を電力用太陽電池として広く普及させるには、耐久性向上が最も重要な課題となっている。本研究では、これまで NIMS で試作された高効率ペロブスカイト (PVK) 太陽電池(glass/ITO/NiO/perovskite/C60/BCP/Ag)の屋外発電特性を報告してきた。令和 6 年度は、これらの太陽電池の屋外測定を継続するとともに、ペロブスカイト/Si タンデム太陽電池 (東芝エネルギーシステムズ社提供) の屋外発電特性の測定を開始した。

(1) 高効率ペロブスカイト(PVK)シングル接合太陽電池 NIMS から提供されたペロブスカイト太陽電池の初期変換効率は 20% から 23%であった。これらの太陽電池を南向き仰角 35 度固定設置、ならびに 2 軸追尾

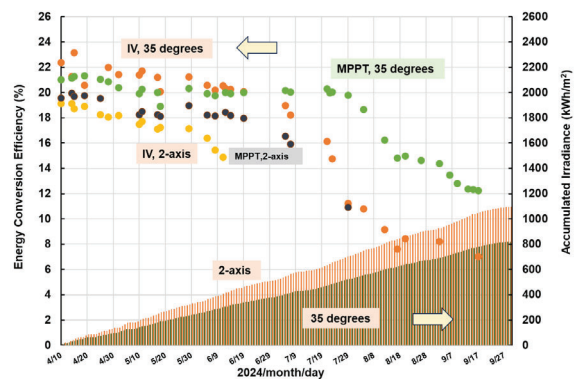


図 5 2024 年 4 月からのペロブスカイト太陽電池の屋外発電特性推移。変換効率の劣化は、曲線因子 FF の劣化によるところが大きい。

装置に設置した。太陽電池特性の測定は、IV カーブを測定する IV curve tracing 法と、常に最大出力動作点をトラッキングする MPPT (Maximum Power Point Tracking) 法を併用した。測定の結果を図 5 に示す。どの測定条件、方法でも夏の期間、セル温度が高くなると、急速に劣化の進むことが分かった。

本研究室では、昨年度までに、屋外試験で劣化したサンプルをカットして断面の SEM 観察を行うと、高抵抗層が観察されることを見出している。これは、セルが高温になった際、 $\alpha$  相から  $\delta$  相に相転移したためであると考えられる。図 6 に示したサンプルについても同様に断面の詳細な SEM 観察を行ったところ、これまでと同様に高抵抗層の出現が観察された。これらの結果をもとに、現在、動作時のセル温度を下げるためのモジュール構造を考案中である。

## (2) 高効率ペロブスカイト(PVK)/Si タンデム太陽電池の屋外発電特性

ペロブスカイト/Si タンデム太陽電池は、変換効率 30%以上を期待される高効率太陽電池として期待されている。一方、タンデム太陽電池においても、耐久性の向上が大きな技術課題となっている。本研究では、東芝エネルギーシステムズ社との共同研究のもと、令和 6 年度よりペロブスカイト/Si タンデム太陽電池の信頼性評価に関する研究を開始した。用いたタンデム太陽電池は、円筒型のガラスに封止されたものである。

図 6 は正午の太陽電池特性の変化を示したものである。曲線因子の劣化等により、変換効率は 18%から 7%まで劣化している。このように、PVK/Si タンデム太陽電池においてもシングル接合 PVK 太陽電池と同様の劣化現象が観察される。今後は、耐久性の向上に向けた改善策が必要である。

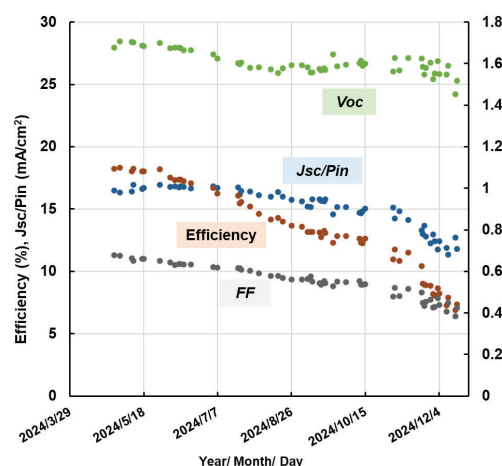


図 6 ペロブスカイト/Si タンデム太陽電池の屋外発電特性推移。

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文

- (1) Takahito Nishimura, Chihiro Mizushima, Ryouyuke Ishikawa  
“Peeling - Off Process for the Fabrication of Flexible, Lightweight Bifacial Perovskite/Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Tandem Solar Cells”, *Energy Technology*, 2500020
- (2) Hirotaka Shishido, Ryo Sato, Daisuke Ieki, Gakuto Matsuo, Kimihiko Saito, and Makoto Konagai, Ryouyuke Ishikawa  
“High-efficiency perovskite/silicon tandem solar cells with flexibility”, *Solar RRL*, 202400899

### ◇ 国際会議招待講演

- (1) Makoto Konagai  
(Invited) “Advancements in through-hole contact techniques for perovskite solar cells on flexible film substrates”, K-C-J Joint Workshop, GPVC 2024, Daejeon, Korea, August 11-14, 2024
- (2) Ryouyuke Ishikawa  
(Invited) “Perovskite solar cells: Candidates as photoreceivers for optical wireless power transmission”, LEDIA2022, Yokohama, April 26, 2024

### ◇ 国際会議

- (1) Makoto Konagai, Yuya Momose, Naoki Suyama, Ryouyuke Ishikawa,  
“IMPROVING EFFICIENCY OF FILM-TYPE PEROVSKITE SOLAR CELLS WITH CURRENT COLLECTION THROUGH-HOLE ELECTRODES”  
41<sup>st</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU-PVSEC)

- 23-27 September, Austria Center Vienna, Austria (2024)
- (2) Hayato Okawa , Ryousuke Ishikawa , Masatoshi Yanagida , Yasuhiro Shirai , Makoto Konagai,  
“The Indoor and Outdoor Photovoltaic Performance and Degradation Mechanisms of Perovskite Solar Cells”  
35<sup>th</sup> International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-35)  
10-15, November 2024, Numazu, Japan
  - (3) Ryousuke Ishikawa , Yuya Momose , Yuto Shinya , Hayato Okawa , Naoki Suyama , Makoto Konagai,  
“Progress of Film-Type Perovskite Solar Cells with Current Collection Throughhole Electrodes”  
35<sup>th</sup> International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-35)  
10-15, November 2024, Numazu, Japan
  - (4) Daiki Haruta , Kimihiko Saito , Ryousuke Ishikawa  
“Study of semi-transparent normal-structured perovskite solar cells for flexible perovskite/silicon tandem  
solar cell applications” 35<sup>th</sup> International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-35)  
10-15, November 2024, Numazu, Japan

#### ◇ 国内会議

- (1) **（招待講演）** “ペロブスカイト太陽電池の基礎・最新動向からタンデム化による高効率化まで”, 情報機構、オンライン、2024 年 4 月 24 日
- (2) **（招待講演）** “ペロブスカイト太陽電池の基礎・研究と実用化の最新動向からタンデム化による高効率化および今後の展望”, AndTech セミナー、オンライン、2024 年 6 月 21 日
- (3) **（招待講演）** “次世代太陽電池研究：ペロブスカイト太陽電池を中心に”, 物性物理化学研究の最先端、東京科学大学、2024 年 11 月 30 日
- (4) **（招待講演）** “次世代太陽電池研究における界面技術”, 表面技術協会第 151 回講演大会、東京都市大学、2025 年 3 月 12 日
- (5) **（依頼講演）** “ペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池”, 日本化学会第 105 春季年会、関西大学、2025 年 3 月 26 日
- (6) 応用物理学会学術講演会：秋季 7 件、春季 4 件
- (7) 第 20 回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム：5 件

#### ◇ 受賞

瑞宝中綬章（小長井 誠）

#### ◇ 記事掲載

- (1) 小長井 誠、“50 年間の太陽電池研究開発を振り返って”、太陽エネルギー、四季雑感、2024, vol. 50, No. 4, p. 1
- (2) 石川 亮佑, “軽量かつベンダブルなペロブスカイトシリコンタンデム太陽電池の開発”, クリーンテクノロジー (学術雑誌), 2024. 11. 1
- (3) 石川 亮佑, “ベンダブルなペロブスカイトシリコンタンデム太陽電池の開発”, 「ペロブスカイト太陽電池の開発技術と最新実用化指針」技術教育出版 (書籍), 2025 年 1 月
- (4) 石川 亮佑, “軽量フレキシブルなペロブスカイトシリコンタンデム太陽電池の作製技術”, 「次世代有機系太陽電池開発の最新動向」エヌティーエス (書籍), 2025 年 4 月予定

#### ◇ 新聞等への研究成果掲載

- (1) 小長井 誠、瑞宝中綬章, “太陽電池の礎築く” 2024 年 4 月 29 日、読売新聞朝刊

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務    | 専門分野      |
|----------|-------|----------|-----------|
| 特別教授     | 小長井 誠 | 専任       | 半導体工学     |
| 教授       | 石川 亮佑 | [理工学部]兼務 | 電子・電気材料工学 |
| 特別研究員 AF | 陶山 直樹 | 専任       | 半導体評価     |
| 特別研究員 AF | 齊藤 公彦 | 専任       | プラズマ工学    |
| アルバイト要員  | 古川 公子 | 専任       | 研究支援      |

◇ 学生数 博士後期課程：0名、修士課程：5名、学部4年生：10名

## ■ 主要な外部資金

|                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NEDO グリーン事業「サイズフリー・超薄型の特長を活かした高性能ペロブスカイト太陽電池の実用化技術開発（大項目）高信頼性デバイス・モジュール技術開発（中項目）スルーホール集電技術の開発（小項目）」(株)カネカからの再委託。2024年度 900万円（直接経費：794万円、間接経費：106万円）研究代表者（小長井）、研究分担者（石川） |
| NEDO・太陽光発電主力電源化推進技術開発、<br>「ペロブスカイト太陽電池の新市場創造に向けた高効率化材料技術と製膜技術の開発」、<br>2024年度直接経費：880万円、間接経費：132万円、研究分担者（石川）                                                             |
| NEDO・太陽光発電主力電源化推進技術開発、<br>「フィルム型超軽量モジュール太陽電池の開発（重量制約のある屋根向け）」、<br>2024年度直接経費：609万円、間接経費：91万円、研究分担者（石川）                                                                  |
| 科学研究費補助金、基盤研究（C）2024年度直接経費：150万円、間接経費：45万円<br>「電場誘起 pn 接合を利用した近赤外光放射する電流注入型円偏光発光素子の創製」研究代表者（星）、研究分担者（石川）                                                                |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

国際会議 2 件、国内会議 7 件

### ◇ 学生の主な就職先：

NTT、三菱電機、日本電波工業など

## ■ 社会貢献

◇ 第 22 回科学体験教室「半導体（太陽電池）で遊んでみよう!」、2024 年 9 月 8 日

◇ 第 35 回太陽光発電国際会議市民講座「親子でソーラーカーを作りませんか?」2024 年 11 月 10 日

### ◇ 委員

| 氏名    | 委員名一覧                              |
|-------|------------------------------------|
| 小長井 誠 | 応用物理学会運営懇談会委員、応用物理学学術・教育奨励基金委員会委員長 |
| 小長井 誠 | 日本太陽光発電学会 理事                       |
| 小長井 誠 | NEDO・壁面設置太陽光発電システム技術開発・技術検討委員会委員長  |
| 小長井 誠 | 一般財団法人材料科学技術振興財団 評議員               |
| 小長井 誠 | International PVSEC 国際諮問委員会 委員長    |
| 石川 亮佑 | 日本太陽光発電学会 理事                       |
| 石川 亮佑 | 応用物理学会 太陽光エネルギー変換機能材料・デバイス開発研究会 監事 |
| 石川 亮佑 | PVSEC-35 総務委員長                     |



## マイクロナノシステム研究室

マイクロナノシステム研究室  
教授 藤田 博之

### ■ 研究室の概要

半導体加工技術を活用してマイクロやナノの機械を作る MEMS/NEMS 技術を、バイオテクノロジー、ナノサイエンスや環境発電エネルギーなどの異分野と融合して、様々の応用に向けたマイクロナノシステムを研究する。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

- ① 生体の生理学的な情報（例：バイオマーカー）を検出して常時表示するセンサ・ディスプレイの新たな手法を提案し、概念実証した。東京大学、理化学研究所との共同研究。
- ② 慢性的な低酸素では活性型ビタミン B6 が減少し、炎症が悪化すること、この制御に酵素 PNPO が慢性低酸素のセンサとして働くことを明らかにした。東北大学との共同研究。
- ③ マイクロ化学プラントの精密な制御をめざして、極低流量を測れる薄膜流量センサを開発した。台湾国立清華大学との共同研究。

#### ◇ 次年度への展開

- ① 皮膚リビングディスプレイに関しては、実証した概念に基づき、生体内の生理学的情報を長時間で計測するシステムを構成するとともに、ウェアラブル読み出しデバイスを研究する。
- ② ナノテクノロジーに関して、水中の化学反応を電子顕微鏡で観察する手法を高度化する。
- ③ マイクロ流体システムの高度な制御を行うため薄膜流量センサの利用を検討する。

### ■ 成果の紹介

#### 【テーマ1】生体情報を常時表示するリビングセンサ・ディスプレイ

##### 技術の特長

- 直接測定が困難な極微量のバイオマーカーを、生体細胞をセンサとして利用して一分子レベルの微小シグナルを増幅し、光学的応答信号を簡便な装置で直接測定する画期的な手法である。
- 生体情報に対する細胞そのものの応答を利用するため、生理的な変化を直接的かつ高感度に測ることができる。交換やエネルギー供給が不要で、皮膚に永続的に定着して働き続ける。
- 信号を光学的に読み出して無線伝送することで、非拘束、連続的な計測ができる。
- 対象となる生体反応は、本研究で扱う炎症性マーカーだけでなく、肺炎等による低酸素ストレス、外部侵害刺激である紫外線やその下流に位置する酸化ストレス等、広い可能性がある。
- 皮膚は最大の生体器官系であり、全身に張り巡らされた毛細血管や神経を通じ生体情報系と直結している。生体表面を覆っているため外部からのアクセスが容易な利点がある。
- 表皮基底層幹細胞、並びにその分化した表皮細胞は垂直方向に増殖、分化するため、遺伝子改変細胞は移植場所にとどまり、他の部分へ浸潤する恐れがない。



## 今年度の成果

科学研究費補助金基盤研究（A）「皮膚の遺伝子改変により生体情報を表示するリビングディスプレイの基礎研究」の研究代表者として、東大竹内昌治教授、理研辻孝グループリーダーと研究を実施中である。日々の健康の維持や生活の質の向上のため、健康状態を常に把握し早期に対応することが重要であり、生体内情報を個々人が簡単に知ることができるセンシング技術の開発が期待される。そこで本研究では、多様な生体反応に応じた情報を皮膚の表面に表示するリビングディスプレイを作ることを目指して研究を行った（図1）。皮膚の細胞に健康維持と密接に関連する生体情報を感知し、光信号に変換する機能を付与する。細胞からの信号を、目視やウェアラブルデバイスで光学的に検知する。生体そのものをセンサに用いるため、多様な生体情報を高感度、非侵襲に測るだけでなく、センサの更新や電力供給が不要な、革新的な生体計測法を実現しヘルスケアに貢献する。

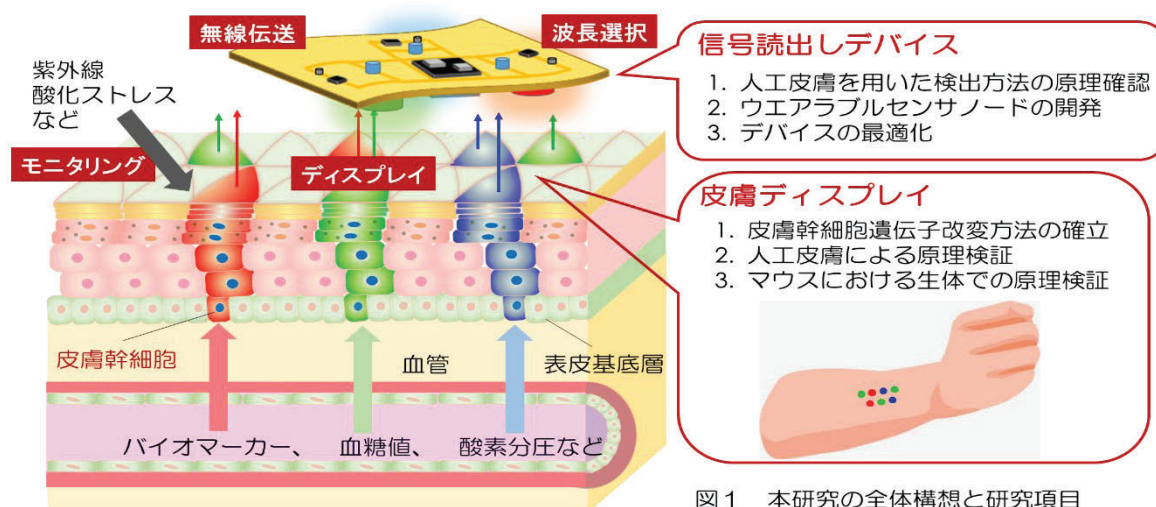


図1 本研究の全体構想と研究項目

初期炎症マーカーである NF- $\kappa$ B 経路の活性化に伴い GFP を発現する系（図2左）を対象に、HEK293 細胞で刺激と応答の相関の確認後、培養表皮ケラチノサイトの遺伝子改変を行った。この遺伝子改変皮膚幹細胞を用いた人工皮膚に対して TNF- $\alpha$  を添加し、炎症反応を惹起したところ、刺激に応じた GFP 生産が、微弱であるが確認された（図2中央上段）。また、CMV プロモーター下で異なる蛍光タンパク（緑、赤、青）をそれぞれ産生する遺伝子改変ケラチノサイトを混合し、人工皮膚を作製することにより、各蛍光タンパクを一細胞レベルで分光し画像識別できることが明らかとなった（図2中央下段）。さらに GFP を定常的に発現する人工皮膚を移植し、マウスの皮膚に「光る表皮」を 50 日以上維持できることを確認した（図2右）。

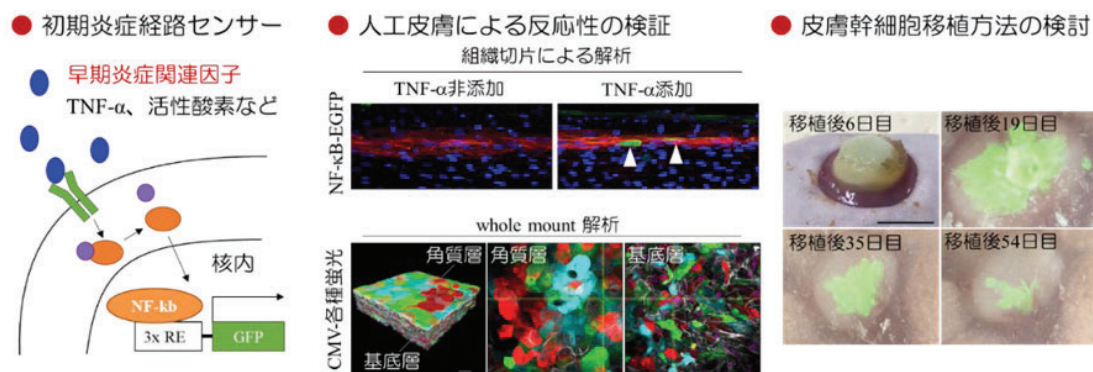


図2 皮膚ディスプレイの予備検討結果

## 【テーマ2】慢性的な低酸素状態に対する新たな酸素感知機構を発見

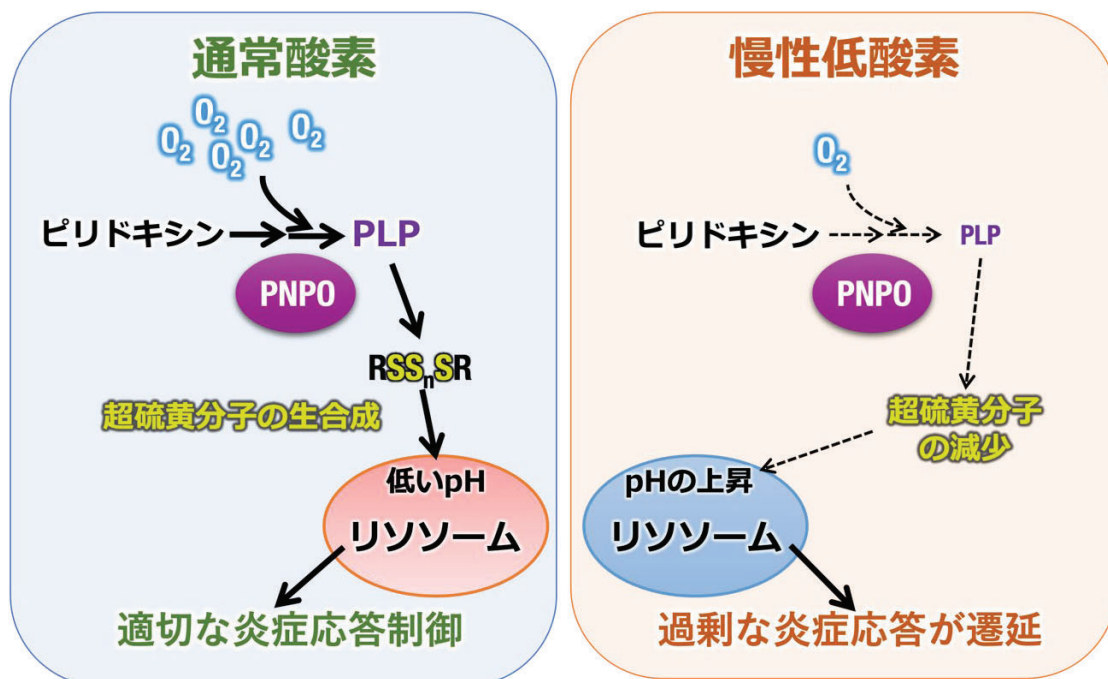
### 技術の特長とこれまでの成果

- 慢性的な低酸素状態が、炎症を悪化させる。
- 多くの酵素の補酵素として働くビタミン B6 が、酸素感受性ビタミンとして炎症細胞（マクロファージ）の炎症応答を制御する。
- この制御系は、従来から知られている低酸素に対する応答機構（PHD-HIF 制御系）とは異なる経路で働く。
- PNPO-PLP 制御系の理解はがんや循環器疾患、呼吸器疾患など慢性的な低酸素を伴う病態の診断・治療への応用につながることを期待される。

### 今年度の成果

東北大学加齢研究所の本橋ほずみ教授と共同研究を行い、慢性的な低酸素では活性型ビタミン B6（PLP）が減少し、炎症が悪化すること、そして、PLP の生成に必須の酵素 PNPO が慢性低酸素のセンサーとして炎症を制御することをモデルマウスによる実験で解明した。これらの分子機構を解明した本研究成果は、慢性的な低酸素状態にあるがん、循環器疾患、呼吸器疾患などに対する診断・予防・治療への応用が期待される。

虚血などにより引き起こされる急激な低酸素に対する応答の分子機構 PHD-HIF 制御系は、2019 年のノーベル生理・医学賞の対象となったこともあり、広く知られている。その一方で、持続する低酸素を感知する分子機構については未解明のままだった。本研究成果は、2024 年 5 月 31 日に Nature Metabolism 誌に掲載された。



PNPO-PLP 経路。酸素濃度が高い環境では、PNPO の作用により PLP（活性型ビタミン B6）の産生が促進されている。それにより PLP を必要とする超硫黄分子産生も促進されている。酸素濃度の低下が持続すると、PNPO の働きが抑制されて、PLP が徐々に減少し、超硫黄分子の量も減少する。マクロファージの中では、これにより、激しい炎症応答が長く続く。

詳細は、下記の東北大学ウェブサイトを参照のこと：[新たな酸素感知機構を発見 酸素によるビタミン B6 活...](#) | プレスリリース・研究成果 | 東北大学 -TOHOKU UNIVERSITY-

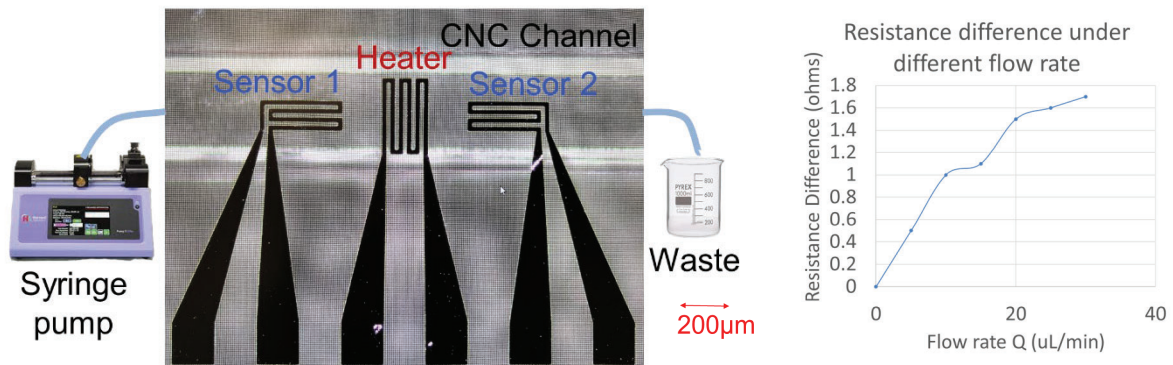
### 【テーマ3】マイクロ流体システムの高度な制御を目指す薄膜流量センサ

#### 技術の特長

- ー 半導体微細加工を利用し、ガラス製のマイクロ流体チップに薄膜熱型流量センサを集積化した。
- ー 従来困難であった、極低流量域のセンシングが可能になった。

#### 今年度の成果

台湾国立清華大学 iNEMS 研究所の Chihchen Chen 教授、Sheng Shian Lee 教授と共同研究を行い、マイクロ流体チップを多数結合した化学合成プラントの高度な制御を目指して、薄膜熱型流量センサを集積化する研究を行った。従来の流量センサは、チップ間の接続チューブを切断して挿入する必要があり、多数点での測定は困難であった。さらに、低流量の測定も困難であった。本センサは、半導体微細加工によりガラスチップ上の薄膜をパターンニングし、マイクロヒータとその両脇に一对の温度センサを形成することにより、熱型流量センサを個々のチップに集積化するものである。このため、化学合成プラント内の任意の場所の流量を測定して、高度な制御を行える。またヒータとセンサの微細化により熱特性が向上し、数  $\mu\text{L}/\text{分}$  の極低流量が測定可能になった。



#### ■ 研究業績

##### 生体情報を常時表示するセンサ・ディスプレイ

###### ◇ 査読付き論文

*Nature Communications* 投稿済、査読中（第一回査読に回答済）

###### ◇ 国際会議

- (1) Jun Sawayama, Yuki Takayama, Shogo Nagata, Hoshimi Aoyagi, Aki Takimoto, Miki Takase, Miho Ogawa, Makoto Takeo, Koji Yano, Shoji Takeuchi, Takashi Tsuji, and Hiroyuki Fujita  
“Self-Powered Living Sensor Display Implanted on Skin for Long-Term Biomarker Monitoring”  
*23rd International Conference on Micro and Miniature Power Systems, Self-Powered Sensors and Energy Autonomous Devices*, 18-21 November 2024, Tønsberg, NORWAY (2024/11)
- (2) Hiroyuki Fujita, “Living Sensor that Constantly Displays Biometric Information”, *International scientific-practical conference «MEDICINAL PLANTS: BIOECOLOGY, BIOTECHNOLOGY, BIOECONOMICS» Ashgabat, Turkmenistan*, 14 March 2024, (2024/5) **Invited Talk**

###### ◇ 国内学術誌（招待論文）

- (1) 澤山 淳、高山由貴、高瀬美樹、青柳星見、滝本 晶、長田翔伍、小川美帆、矢野亨治、武尾 真、辻 孝、竹内昌治、藤田博之  
「光って病気を知らせる皮膚リビングディスプレイ」  
*化学とマイクロ・ナノシステム学会学会誌* 23 巻 1 号 19 頁 (2024.3)



#### 慢性的な低酸素状態に対する新たな酸素感知機構

◇ 査読付き論文

- (1) Hiroki Sekine, Haruna Takeda, Akihiro Kishino, Hayato Anzawa, Takayuki Isagawa, Nao Ohta, Nobufumi Kato, Shu Kimura, Zun Liu, Koichiro Kato, Norio Suzuki, Fumiki Katsuoka, Masayuki Yamamoto, Fumihito Miura, Takashi Ito, Masatomo Takahashi, Yoshihiro Izumi, Hiroyuki Fujita, Hitoshi Yamagata, Norihiko Takeda, Takeshi Bamba, Kengo Kinoshita, Hozumi Motohashi  
“PNPO-PLP Axis Senses Prolonged Hypoxia in Macrophages by Regulating Lysosomal Activity”  
*Nature Metabolism* (2024) <https://doi.org/10.1038/s42255-024-01053-4>

#### マイクロ流体システムの高度な制御を目指す薄膜流量センサ

◇ 国際会議

- (1) Shao-Yang Hung, Zhong-Wei Lin, Hiroyuki Fujita, Kyojiro Morikawa, Sheng-Shian Li, Chihchen Chen, Takehiko Kitamori  
"Develop a flow rate sensor integrated in microfluidic chip for microfluidic chemical system"  
*International Conference on Smart Sensors, July 1-2, 2024, Lakeshore Hotel, Hsinchu, Taiwan* (2024/6)

#### その他

◇ 査読付き論文

- (1) Matthieu Denoual, Nicolas Lobato-Dauzie, Luis Saluden, Takaaki Sato, Laurent Jalabert, Hiroyuki Fujita, "Parallel-beams magnetic actuator for in-situ transmission electron microscope observation of mechanical testing," *Measurement Science and Technology* **35**(11) (2024/8) DOI: 10.1088/1361-6501/ad66f4
- (2) Saeko Tachikawa, Jose Ordonez-Miranda, Laurent Jalabert, Yunhui Wu, Roman Anufriev, Yangyu Guo, Byunggi Kim, Hiroyuki Fujita, Sebastian Volz, Masahiro Nomura,  
“Enhanced Far-Field Thermal Radiation Through a Polaritonic Waveguide”  
*Physical Review Letters* **132**, 186904 (2024.3) DOI: 10.1103/PhysRevLett.132.186904
- (3) Daiki Tanaka, Shengqi Zheng, Masahiro Furuya, Masashi Kobayashi, Hiroyuki Fujita, Takashiro Akitsu, Tetsushi Sekiguchi and Shuichi Shoji  
“Efficient Separation of Methanol Single-Micron Droplets by Tailing Phenomenon Using a PDMS Microfluidic Device” *Molecules*, **29** (9), 1949; 2024  
<https://doi.org/10.3390/molecules29091949>

#### ■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名   | 氏名    | 兼務     | 専門分野       |
|------|-------|--------|------------|
| 特別教授 | 藤田 博之 | [理工学部] | マイクロナノシステム |

◇ 学生数 0 名

#### ■ 主要な外部資金

- |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ・科学研究費補助金、基盤研究 (A) 2024 年度 直接経費 (代表) : 1,031 万円「皮膚の遺伝子改変により生体情報を表示するリビングディスプレイの基礎研究」研究代表者 (藤田博之)     |
| ・科学研究費補助金、基盤研究 (B) 2024 年度 直接経費 (分担) : 10 万円「階層性多孔構造形成過程の TEM in-situ 観察で解明するガラスのマイクロ構造」研究代表者 (藤間卓也) |

#### ■ 客員教授

◇ 台湾国立清華大学 奈米工程與微系統研究所 (Institute of NanoEngineering and MicroSystems)  
Yushan Honorary Chair Professor (2022 年 2 月 1 日から 6 年間)

◇ 委員

|      |                                                        |
|------|--------------------------------------------------------|
| 藤田博之 | 科学技術振興機構（JST）CREST「熱制御」アドバイザー                          |
| 藤田博之 | NEDO 未踏チャレンジ2050 プログラム・オフィサー                           |
| 藤田博之 | 科学技術振興機構（JST）A-STEP 育成型 ICT・電子デバイス、ものづくり分野<br>評価アドバイザー |
| 藤田博之 | 文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ プログラム運営委員会専門委員                    |
| 藤田博之 | 神奈川県立産業技術総合研究所 研究課題評価委員会委員                             |
| 藤田博之 | 神奈川県立産業技術総合研究所 戦略的研究シーズ育成事業選考委員会委員                     |



## デジタル都市空間情報研究開発ユニット

デジタル都市空間情報研究開発ユニット

ユニット長 秋山 祐樹

### ■ ユニット概要

本ユニットは都市の空間情報を GIS と AI を用いて解析し、都市問題を理解し解決するための研究を展開することを目的とする。また、研究成果を官民と連携し、都市計画支援と都市の DX 推進に貢献することを目指す。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

2022 年度より「政府統計マイクロデータと機械学習を活用した日本全土の将来空き家分布推定デジタルマップの開発」という研究を行っている。2024 年度は、まず最新の住宅・土地統計調査（2023 年）を用いて前年度までに開発した全国マップの信頼性検証を行い、予測モデルが高い精度を有することを確認した。また、小地域単位の空き家予測マップの開発技術が実現した。さらに、研究成果の社会実装に向けた自治体へのヒアリングも引き続き実施した。

#### ◇ 次年度への展開

重点推進研究としては今年度で終了となるが、研究ユニットは来年度以降も継続する予定である。来年度以降は空間情報科学全般に研究対象を広げ、研究成果の実装を希望する自治体や企業とも連携しながら、研究室発ベンチャーを通じた迅速な横展開を図る。産官学連携の過程で明らかとなる課題は研究室に還元し、研究課題としてその解決に取り組む。そして、実務と研究の両面から資金獲得と社会実装を循環させる仕組みを構築する。

### ■ 成果の概要紹介

今年度で重点推進研究としての研究活動は完了となるため、2022～2024 年度の主な研究成果を紹介する。

**【テーマ1】政府統計マイクロデータと機械学習を活用した日本全土の将来空き家分布推定デジタルマップの開発**  
本テーマの主な実施内容は以下の通りである。

#### ① 日本全国の将来の空き家分布状況を予測する機械学習モデルの開発

まず、国勢調査から得られる人口動態、世帯構成、住宅の築年数、様々な経済指標（所得水準や失業率など）などを説明変数、住宅・土地統計調査から得られる空き家率や空き家数を目的変数とする機械学習モデルを構築することで、将来の市区町村ごとの空き家率や空き家数を予測するモデルを日本で初めて実現することができた。同手法を用いることで、最長で 2043 年の空き家率や空き家数を日本全国で予測可能になった。また、統計マイクロデータも活用することで、市区町村単位だけでなく小地域（町丁目）単位にダウンスケーリングすることも可能になった。加えて、自治体での活用を考慮して、対策優先度を可視化する技術も実現した。

#### ② 既存統計および自治体調査結果を用いたモデルの信頼性検証

実際の空き家データ（統計値および現地調査の結果）とモデルによる予測結果を比較することでモデルの信頼性検証を行った。現地調査は自治体の協力の元、日本各地（前橋市、和歌山市、山形市、吉備中央町、白馬村など）の様々な規模、地理的特性を有する地域の空き家の分布状況を把握できるデータを整備した。交差検証手法を用いて学習と評価を繰り返し、予測精度を確認した結果、市区町村単位、小地域単位ともに全体的に高い精度を達成した。また、変数の重要度分析によると、人口減少率や住宅の築年数が空き家発生に最も影響を与えていることが判明し、都市部と農村部で空き家発生の要因に違いがあることも確認された。

### ③ 研究成果発信ウェブサイト開発と研究成果の発信・提供方法の検討

市区町村単位の予測結果をウェブ上で閲覧可能なデジタルマップである「空き家予測マップ」(<https://www.akiyama.jp/wp/>)を開発し、公開した(図1)。2023年度に実施したプレスリリース以降、数多くの問い合わせが寄せられている。また、小地域単位の空き家予測マップは地域の不動産価格や治安に影響を与える可能性が考えられるため、公開には慎重な検討が必要だが、自治体等へのヒアリングにより明らかになった。そこで、小地域単位の成果は適切な公表・共有方法について引き続き検討を進めていく予定である。

### ④ 産官学のステークホルダーへのヒアリング

本研究の成果の有用性、課題、および限界を明らかにし、今後の研究の方向性や発展性を明らかにするために、産官学の関連する研究や事業を実施しているステークホルダーを対象にヒアリングを実施した(官:国土交通省、和歌山県、山形市、前橋市など 民:東急株式会社、株式会社ジェクトワンなど)。さらに、本研究成果の海外展開の可能性を探るため、海外の研究機関へのヒアリングも実施した(仁川大学(韓国)、タマサート大学・JICA(タイ)など)(図2)。その結果、本研究で得られた将来の空き家数の将来予測は自治体の空き家対策立案に有益であること、特に小地域単位の詳細な予測結果は空き家に関する中長期的な計画を立案する上で有用であることが分かった。また、近い将来アジアの先進国や大都市において空き家問題が顕在化する可能性が明らかとなり、本研究が今後アジアを中心とする海外に展開できる可能性を有することが分かった。

その他、本ユニットに関連する主な研究成果は以下の通りである。

#### 【テーマ2】行政データを活用した空き家分布推定技術の開発

自治体が保有する行政データ(住民基本台帳データ、水道使用量データなど)を活用し、これらのデータをAIで解析することにより、建物ごとの空き家確率を予測する技術開発を行った。本技術は複数の自治体で検証が行われ、多くの自治体で90%以上の精度で空き家、非空き家の分布予測ができることが確認された。

#### 【テーマ3】建物外観画像を用いた空き家判定技術の開発

建物の外観画像と空き家の分布データをデジタル地図上で統合し、空き家と非空き家の建物外観画像を大量に生成し、それらを学習データとして深層学習を行うことで、建物外観から空き家判定を行うAIを開発した。また、対象地域をドローンで撮影し、その成果を3Dモデルにするとともに、同成果をVRワールドに展開することで、対象地域のデジタルツイン空間で現地調査を実施することができる環境構築が実現した。

#### 【テーマ4】開発途上国における衛星画像とAIを用いた建物スケールのミクロな人口統計の実現

アジアのメガシティ(バンコク)をフィールドに、深層学習を用いて衛星画像を分析することにより、建物単位のミクロな人口の空間的分布を把握するための手法を開発した。

#### 【テーマ5】人流ビッグデータを活用した一連の研究

人流ビッグデータを用いて、都市で起こる様々な現象を把握するための研究を実施した。主な成果として、新型コロナウイルスに伴う経済的インパクトの空間分析、リアルタイムな経済センサスの開発、災害発生直後の避難行動の分析などが挙げられる。

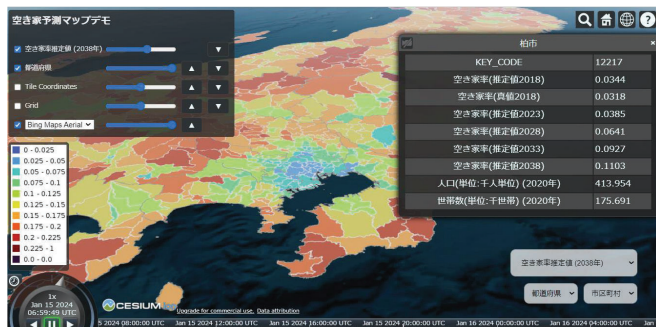


図1. 空き家予測マップ  
(<https://www.akiyama.jp/wp/>)



図2. タイ・バンコクにおけるJICAへのヒアリング  
と現地視察の様子(2024年12月13日実施)

■ 研究業績 ※いずれも 2024 年度の業績のみ掲載しています。

◇ 査読付き論文 計 6 件

- (1) Mizutani, K., Akiyama, Y. and Baba, H.: Estimation of Future Vacancy Rates Throughout Japan Using Government Statistics, *Urban and Regional Planning Review*, 184, 2025. (in press)
- (2) Maneepong, K., Yamanotera, R., Akiyama, Y., Miyazaki, H., Miyazawa, S., and Akiyama, M. C.: Towards High-Resolution Population Mapping: Leveraging Open Data, Remote Sensing, and AI for Geospatial Analysis in Developing Country Cities—A Case Study of Bangkok, *Remote Sensing*, 17(7), 1204, 2025. (IF=4.2)
- (3) Maneepong, K., Yamanotera, R., Akiyama, Y., Miyazaki, H., Miyazawa, S., and Akiyama, M. C.: Open Data-Driven 3D Building Models for Micro-Population Mapping in a Data-Limited Setting, *Remote Sensing*, 16(21), 3922, 2024. <https://doi.org/10.3390/rs16213922> (IF=4.2)
- (4) Iizuka, K., Akiyama, Y., Takase, M., Fukuba, T., Yachida, O.: Microscale Temperature-Humidity Index (THI) Distribution Estimated at the City Scale: A Case Study in Maebashi City, Gunma Prefecture, Japan. *Remote Sensing*, 16, 3164, 2024. <https://doi.org/10.3390/rs16173164> (IF=4.2)
- (5) 秋山祐樹, 富田健人, 水谷昂太郎, 馬場弘樹: 自治体保有データと機械学習を活用した非空き家住宅の特定による空き家現地調査の負担軽減方法の提案—群馬県前橋市における事例—, *GIS-理論と応用*, 32(1), 13-24, 2024.
- (6) Zhou, Y., Guan, C. H., Wu, L., Li, Y., Nie, X., Song, J., Kim, S. K., Akiyama, Y.: Visitation-based classification of urban parks through mobile phone big data in Tokyo, *Applied Geography*, 167, 103300, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103300> (IF=4.0)

◇ 招待講演 計 13 件

- (1) 秋山祐樹, これからの社会課題解決に向けた空間情報と人流データを活用した研究の最前線, 2040 独立自尊プロジェクト×人流ビッグデータが横浜を変える～未来社会の課題解決に向けて～, 基調講演, 2025. (2025/03/25)
- (2) 秋山祐樹, 自治体保有データと統計データで実現する自治体の EBPM 推進に向けた取組, 金沢市様職員向けセミナー, 招待講演, 2025. (2025/02/10)
- (3) 秋山祐樹, 空間情報×オープンデータで開拓する新しい都市マネジメントの可能性, 埼玉県オープンデータ・ラウンドテーブル, 招待講演, 2025. (2025/02/06)
- (4) 秋山祐樹, 空間情報×AI で開拓する新しい都市工学研究への挑戦, 品川区技術会議, 招待講演, 2025. (2025/01/23)
- (5) 秋山祐樹, AI を活用した空き家対策の DX 推進への挑戦, 関西広域データ利活用 官民研究会, 招待講演, 2025. (2025/01/21)
- (6) 秋山祐樹, 不動産 ID を活用した空き家分布推定の取組とその課題, 資産評価政策学会、公益社団法人都市住宅学会、公益社団法人日本不動産学会合同シンポジウム「不動産 ID は社会を変えることができるか」, 招待講演, 2024. (2024/11/23)
- (7) 秋山祐樹, 水道データを活用した空き家分布推定技術の開発とその可能性, スマート水道メーター普及促進のための情報共有会 in 四国, 招待講演, 2024. (2024/11/18)
- (8) Akiyama, Y., Smart Decision-Making with DX: Utilization of AI and Spatial Data for Vacant House Management, 2024 Hanyang Urban Forum, Invited Speech, 2024. (2024/11/01)
- (9) 秋山祐樹, 不動産 ID を活用した空き家分布推定技術の開発とその課題, 株式会社リクルート SUUMO リサーチセンター勉強会, 招待講演, 2024. (2024/10/28)
- (10) 秋山祐樹, 空間情報×AI で挑む自治体の空き家分布把握に向けた取組, 令和 6 年度統計データ利活用推進事業成果報告会, 特別講演 3, 2024. (2024/08/27)
- (11) Akiyama, Y., Development of MGD (Micro Geodata) for Disaster Risk Reduction (DRR), Understanding Risk Global Forum 2024 (UR24), Invited Speech (lighting talk + market stall), 2024. (2024/06/20)
- (12) 秋山祐樹, 都市空間情報と AI で開拓する新しい都市工学研究への挑戦, 令和 6 年度柏門技術士会総会 特別講演会, 基調講演, 2024. (2024/06/08)



- (13) 秋山祐樹, 空間情報 × AI が拓く新しい空間情報科学分野の研究への挑戦, GISA/GeoAI Seminar 2024' Spring 「GeoAI からみた人流データの表と裏」, 招待講演, 2024. (2024/04/19)

◇ 国際会議 計 11 件

- (1) Akiyama, Y., Smart Municipal Decision Making by DX Using Urban Spatial Information and AI -Case Studies for Vacant House Monitoring-, Special Session on ICAPPS 2024, Invited Speech, 2024.
- (2) Yoshimi, T. and Akiyama, Y., Development of Household-based Future Demographics, Proceedings of ICAPPS 2024, 178, 2024.
- (3) Mizutani, K., Akiyama, Y. and Baba, H., Estimation of Future Vacancy Rates Throughout Japan Using Government Statistics, Proceedings of ICAPPS 2024, 184, 2024.
- (4) Saito, K. and Akiyama, Y., Development of Method for Housing Damage Assessment and Disaster Prevention Relocation Optimization in Flood Hazard Areas, Proceedings of ICAPPS 2024, 328, 2024.
- (5) Horiuchi, J., Yamanotera, R., Akiyama, Y., Hayashi, K., Sakurai F. and Oride K., Development of Automatic Selection Method for Suitable Development Sites from Aerial Photographs Using Deep Learning, Proceedings of ICAPPS 2024, 367, 2024.
- (6) Yamanotera, R., Akiyama, Y., Miyazaki, H. and Miyazawa, S., Development of a Machine Learning-Based Method for Classifying Building Use Using Building Polygon Data and POI Data, Proceedings of ICAPPS 2024, 375, 2024.
- (7) Kokubo, K., Mizutani, K. and Akiyama, Y., Development of Store Closure Prediction Model Using Digital Telephone Directory Data, Proceedings of ICAPPS 2024, 380, 2024.
- (8) Shu, X. and Akiyama, Y., Development of a Model for Assessing the Population Attraction Capacity of Transit-Oriented Development (TOD) Service Areas, Proceedings of ICAPPS 2024, 105, 2024. 2024 International Conference of Asian-Pacific Planning Societies YUPN Best Paper Presentation Award 受賞
- (9) Yamanotera, R., Akiyama, Y., Miyazaki, H. and Miyazawa, S., Development of a Machine Learning-Based Method for Classifying Building Use Utilizing Satellite Image and POI Data, International Conference of Earth Observation & Social Impacts (ICEO&SI 2024) and International Association of Geo-informatics (IAG'I 2024), C1-1.5, 2024.
- (10) Mizutani, K., Akiyama, Y. and Baba, H., Development of a Digital Map for Predicting Future Vacancy Rates Using Government Statistics, International Conference of Earth Observation & Social Impacts (ICEO&SI 2024) and International Association of Geo-informatics (IAG'I 2024), C1-1.6, 2024.
- (11) Maneepong, K. and Akiyama Y., Morphological Methods for Estimating Building Height Using Open-Access DEM and Their Applications in Urban Analysis, International Conference of Earth Observation & Social Impacts (ICEO&SI 2024) and International Association of Geo-informatics (IAG'I 2024), C-3.5, 2024.

◇ 国内会議 計 24 件

◇ 受賞

- (1) 秋山祐樹・飯塚浩太郎・山内啓之・杉田暁, ドローンで撮影した画像から生成したバーチャルリアリティ (VR) 空間を用いた空き家現地調査の効率化の検討, 第 33 回地理情報システム学会 ポスターセッション賞, 2024.
- (2) 寺田遣都・山野寺瞭太・堀内仁・秋山祐樹・林浩司・桜井富士夫・折出康輔, 深層学習を用いた開発適地の自動抽出技術の開発, 第 33 回地理情報システム学会 ポスターセッション賞, 2024.
- (3) 宮田涼・山野寺瞭太・秋山祐樹, 建物外観画像と機械学習を用いた建物単位の空き家判定手法の開発, 第 33 回地理情報システム学会 若手分科会優秀発表賞, 2024.
- (4) 水谷昂太郎・清水貴仁・秋山祐樹, デジタル道路地図を用いた日本全国の道路メッシュデータセットの整備, 令和 6 年度土木学会全国大会 第 79 回年次学術講演会優秀講演者賞, 2024.
- (5) Shu, X. and Akiyama, Y., Development of a Model for Assessing the Population Attraction Capacity of Transit-Oriented Development (TOD) Service Areas, 2024 International Conference of Asian-Pacific Planning Societies YUPN Best Paper Presentation Award, 2024.

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名            | 氏名    | 専任／兼務                           | 専門分野                       |
|---------------|-------|---------------------------------|----------------------------|
| ユニット長・教授      | 秋山 祐樹 | 建築都市デザイン学部<br>都市工学科 兼務          | 空間情報科学、都市地域分析、<br>データサイエンス |
| 研究分担者・准教授     | 馬場 弘樹 | 中央大学理工学研究科ビジネス<br>データサイエンス専攻 兼務 | 都市計画、住宅政策、<br>空間解析、都市の魅力   |
| 研究分担者・副主査     | 音喜多 智 | 和歌山県データ利活用<br>推進センター 兼務         | ---                        |
| 研究分担者・ユニット長補佐 | 明石 洋祐 | 総務省統計局統計データ<br>利活用センター 兼務       | ---                        |

◇ 学生数 博士後期課程：1名、博士前期課程：7名、学部4年生：9名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 科学研究費補助金（基盤研究(B)：24K00243）2024年度経費：663万円<br>「開発途上国における衛星画像とAIを用いた建物スケールのミクロな人口統計の実現」（2024～2026年度：総額1,846万円）研究代表（秋山祐樹）   |
| 科学研究費補助金（基盤研究(B)：24K01790）2024年度経費：80万円<br>「気候変動適応とネイチャーポジティブを両立させるためのマルチスケール空間計画手法」（2024～2026年度：総額1,846万円）研究代表（一ノ瀬 友博） |
| 東京カートグラフィック株式会社との共同研究 2024年度経費：165万円<br>「土地利用メッシュデータの自動生成技術開発の検討」（2024年度：総額165万円）研究代表（秋山祐樹）                             |
| 日本デジタル道路地図協会との共同研究 2024年度経費：100万円<br>「道路データと各種データを連携させた日本全国の道路データセットの開発」（2024年度：総額100万円）研究代表（秋山祐樹）                      |
| 株式会社オオバとの共同研究 2024年度経費：50万円<br>「AIを活用した開発適地の自動抽出技術の開発」（2024年度：総額50万円）研究代表（秋山祐樹）                                         |
| 中部大学国際GISセンターとの共同研究 2024年度経費：48万円<br>「ドローン等で撮影した画像から生成したバーチャルリアリティ（VR）空間を用いた空き家現地調査の負担軽減に向けた研究」2024年度：総額48万円）研究代表（秋山祐樹） |
| 公益財団法人水道技術研究センターからの寄付金 2024年度経費：18万円<br>「水道スマートメーターを活用した空き家分布推定技術の検討」（2024年度：総額18万円）研究代表（秋山祐樹）                          |
| 科学研究費補助金（若手研究：23K13467）2024年度経費：143万円<br>「不動産登記情報からみた不動産流動の実態と流通促進策の検討」（2023～2026年度：総額481万円）研究代表（馬場弘樹）                  |
| 科学研究費補助金（基盤研究(A)：21H04376）2024年度経費：39万円<br>「不動産登記情報からみた不動産流動の実態と流通促進策の検討」（2021～2025年度：総額4,147万円）研究代表（原正一郎）              |
| 学術知共創プログラム（JPJS00124016566）2024年度経費：65万円<br>「人口動態予測に基づく空間格差の解消に向けたシナリオ」（2024～2029年度：総額9,347万円）研究代表（蕭耕偉郎）                |



■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 30 件、国際会議 11 件、国内会議 18 件、作品 0 件

◇ 学生の主な就職先

株式会社パスコ、三井住友建設株式会社、アビームコンサルティング株式会社  
株式会社都市空間総合研究所（研究室発ベンチャー）  
東京都市大学、東京大学、一橋大学（大学院進学）

■ 社会貢献

◇ 研究会・シンポジウム等主催：1 件

1. 第 19 回マイクロジオデータ研究会「国土数値情報をはじめとするオープンなマイクロジオデータの活用  
最前線と今後の展望」開催（日時：2024 年 10 月 27 日 9:00～12:20 場所：京都大学宇治キャンパス）

◇ 依頼論文の執筆：4 件

1. 秋山祐樹, AI を活用した日本における現在および将来の空き家分布予測手法の開発とデータ駆動型空き  
家対策の可能性, 市街地再開発, 658 (2025 年 2 月号), 60-67, 2025.
2. 秋山祐樹, G 空間社会の未来を拓く：地位空間情報技術と人材育成の挑戦, 測量, 75(2) (2025 年 2 月号),  
6-7, 2025.
3. 東京都市大学総合研究所 デジタル都市空間情報研究開発ユニット（ユニット長 秋山祐樹）, G 空間  
EXPO2023 Geo アクティビティコンテスト受賞作品紹介 奨励賞「我が国初の日本全土をカバーする現在  
および将来の推定空き家分布マップの開発とデータ配信環境の整備」, 測量, 2025 年 1 月号, 58-59, 2025.
4. Akiyama, Y., Smart Municipal Decision Making by DX Using Urban Spatial Information and AI -Case Studies for  
Vacant House Monitoring-, Proceedings of ICAPPS 2024, 467-486, 2024.

◇ 海外メディアからの取材対応：2 件

1. Thai PBS, Silver Society ผลัดฤดูดอกเลา EP.1 : ญี่ปุ่นในสังคมสีดอกเลา | หันโลก กับ | (花の季節への移り変わり  
EP.1: 日本の高齢化社会 | 世界の今を知る) (2024/12/24 放送)
2. CNN World, Super-aged Japan now has 9 million vacant homes. And that's a problem (2024/5/7 掲載)

◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 秋山祐樹 | 1. 国土交通省「地理空間情報課ラボ」スペシャルサポーター<br>2. 国土交通省不動産・建設経済局 不動産 I D 官民連携協議会 アドバイザリー会<br>合 委員<br>3. 九州経済調査協会 研究委員<br>4. 国土交通省「今後の国土数値情報の整備のあり方に関する検討会」 有識者委員<br>5. 公益財団法人水道技術研究センター New-Smart プロジェクト 委員<br>6. 日本建築学会 都市と産業に関する小委員会 委員<br>7. 地理情報システム学会代議員 |

## エネルギー・コミュニティ研究ユニット

エネルギー・コミュニティ研究ユニット

ユニット長 加用現空

### ■ ユニット概要

都市部のエネルギーマネジメントでは、建物側でのエネルギー需要調整が不可欠となる。本研究では、大学キャンパスを「Positive Energy Lab」と位置づけ、都市環境のエネルギー理解促進と、ポジティブなエネルギー行動実証に取り組み、大学・地域を含めた国際的な実践拠点となることを目指す。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

横浜キャンパス 3 号館に構築・導入したエネルギー・環境計測システム IoT 計測センサーにより取得する環境情報を通じて、建築実空間に介在するエネルギーを情報化する手法開発を試行し、積極的エネルギー行動を支援する方法論を検討した。海外共同研究者 Ivo Martinac 教授（KTH Royal Institute of Technology in Sweden、5 月）、Jonathan Natanian 先生（Technion - Israel Institute of Technology、9 月）を東京都市大学に招聘し、研究課題の推進と今後の共同研究基盤を構築するとともに重点推進研究課題に取り組んだ。

#### ◇ 次年度への展開

産学連携共同研究テーマ「エネルギーマネジメントのための在室者動態の情報化－室内環境計測に基づく在室者数推定法の開発－（23TC01）」（研究代表者：永野秀明先生）、科研費基盤研究（C）研究題目「建築デジタルツインを具現化する建築環境モデルのデータ同化手法に関する研究」（研究代表者：加用現空）、および科研費基盤研究（A）研究課題「デジタルツイン BES を用いた寒冷中小自治体のエネルギーセキュリティに関する研究」（研究代表者：森太郎先生、北海道大学）を通じて、本研究課題を継続・展開する。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ 1】AI を応用した建物エネルギー運用最適化手法の開発と検証

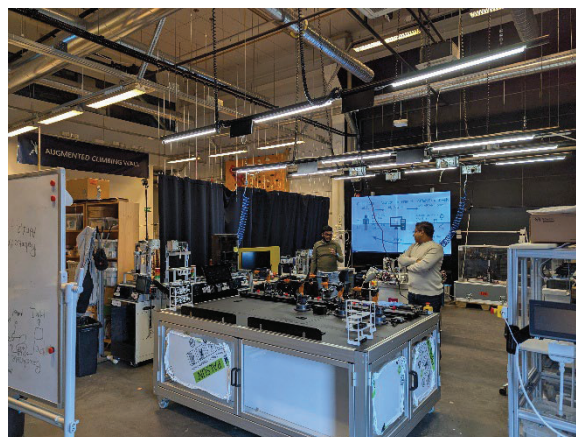
建築設備システムの要素機器や制御部位を個々として捉えず、動的にシステム全体を最適化する運用最適化手法を開発する。アアルト大学との共同研究を通じ、AI 研究の知見を応用した建築設備システム制御手法を開発し、大学建物エネルギーマネジメントへの適用を目指す。研究資源となる建物エネルギー運用データ収集を目的に、アアルト大学、スウェーデン王立工科大学の大学建物エネルギーシステムのデータ共有を調整した。Heikki Ihasalo 教授（アアルト）、Ivo Martinac 教授（スウェーデン）の協力を得て調整を試みたが、アアルト大学の計測システム（Smart Otaniemi）の計測インフラは、開発者に連絡がとれず適用不可との結果に終わった。しかしながら、機械学習を用いた制御システム研究では、Valeriy Vyatkin 教授の研究チームと連携関係を構築し、建物設備の制御系に組み込む最適化アルゴリズムの研究を企画・実施する共同計画の準備を進めている。一方、KTH では、Undervisningshuset、KTH Live-in Lab のデータセットが共有されることで調整を完了

した。今後の研究発展段階にて、機械学習アルゴリズムとの連携を進めることが期待できる。



HVAC Lab

Helsinki Metropolia University of Applied Science



Aalto Future Labs

Aalto University

図1 エネルギー最適化研究のための Testbed 事例

## 【テーマ2】建築環境・エネルギーフローの理解を促すライフハックツールの開発と試行

IoT 計測センサーにより取得する環境情報と機械学習アルゴリズムを適用した建築シミュレーションの連成を通じて、建築実空間に介在するエネルギーを情報化するツールキットを開発し、積極的エネルギー行動を支援する。文科省事業「デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業 DX をけん引する高度専門人材育成事業」の一環で、横浜キャンパス3号館に構築・導入したエネルギー・環境計測システム IoT 計測センサーにより取得する環境情報と機械学習アルゴリズムを適用した建築シミュレーションの連成を通じて、建築実空間に介在するエネルギーを情報化するツールキットを開発し、積極的エネルギー行動を支援する。

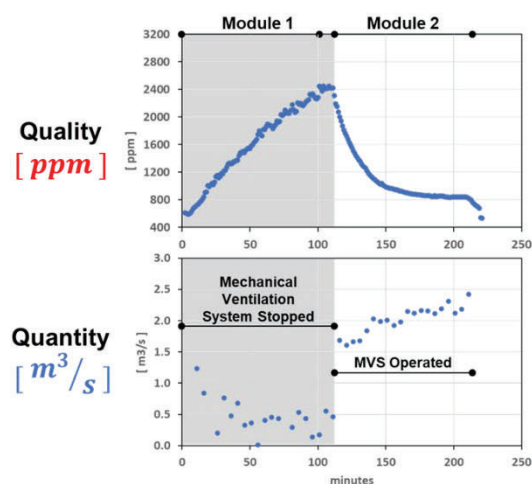


図2 二酸化炭素収支モデルを用いた教室換気量の推定



### 【テーマ3】地域エネルギー行動計画を支援するシミュレーターの開発と実践

地域エネルギー行動計画作成やエネルギーシナリオ検討のための「Energy Simulator for Communities」を開発し、大学・地域を含めた行動計画作成と実践、行動変容のための分析を行なう。大学・地域を含めた行動計画作成と実践、行動変容のための分析を行なった。IEA EBC Annex83 – Positive Energy Districts 研究会合での活動を中心に本研究課題を展開し、Annex83 メンバーとの研究連携を進めている。OA を務める Dr Hassam ur Rehman (VTT Finland) が主催する新規 Annex93 に参加し、エネルギーシステムのレジリエンスに関する議論を進めている。また、日本建築学会の脱炭素都市推進特別調査委員会の幹事を担当し、シンガポールの地域エネルギーシナリオモデリング、キャンパスエネルギーマネジメントに関する共同研究基盤を構築した。さらに、ヨーロッパ圏を中心に環境施策実施者が参加する国際会議 Sustainability Research and Innovation Congress (フィンランド) にて Roundtable セッションを企画・実施し、事例調査とステークホルダ分析を行なった。



図3 SRI2024 Congress での Roundtable Session の実施

#### ■ 研究業績

##### ◇ 国際会議 計 12 件

- (1) Matthias Haase, Ursula Eicker, Caroline Hachem-Vermette, Genku Kayo, Hassam ur Rehman, Lessons learned from analyzing PED case studies, IEECB&SC'24 and ESCO Europe 2024 Conference
- (2) Guo, Yichen; Kayo, Genku, Comparison of the onsite thermal measurement and simulated indoor climate to test building digital twin concept, Asia Conference of International Building Performance Simulation Association 2024
- (3) Liu, JunLiang; Kayo, Genku, A method to measure window opening areas by image processing technique, Asia Conference of International Building Performance Simulation Association 2024
- (4) Hashbullah, Umi Nasrah Binti; Shukuya, Masanori; Kayo, Genku, Exergy Analysis of PV-Based Electric Lighting, Asia Conference of International Building Performance Simulation Association 2024
- (5) Puapattanakul, Apinya; Shukuya, Masanori; Kayo, Genku, Exergetic Analysis for Enhancing Air Circulation in Commercial Buildings in Thailand, International Conference on Energy Engineering 2024
- (6) Guo, Yichen; Kayo, Genku, Enhancing Building Digital Twin Models by Minimizing Discrepancies Between Calculated and Measured Air Temperatures, International Conference on Energy Engineering 2024
- (7) Liu, JunLiang; Kayo, Genku, Feasibility Study on Applying Image Processing Techniques and Optimization Algorithms for Passive Ventilation Modeling, International Conference on Energy Engineering 2024
- (8) Hashbullah, Umi Nasrah Binti; Kayo, Genku, Exergy Analysis of Daylighting, International Conference on Energy Engineering 2024

- (9) Puapattanakul, Apinya; Kayo, Genku, Study of applying Positive Energy Districts concept in Thailand, 9th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE 2024)
- (10) Yuito Arakawa, Eito Arakawa, Noriko Otani, "Improvement of the Anomaly Detection Method for Noise Level Data of Environmental Noise Measurement," The 27th SANKEN International Symposium, P31-S, 2024.

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名  | 氏名    | 専任／兼務         | 専門分野            |
|-----|-------|---------------|-----------------|
| 准教授 | 加用 現空 | [環境学部] 兼務     | エネルギー・建築環境      |
| 教授  | 大谷 紀子 | [メディア情報学部] 兼務 | 進化計算アルゴリズム、帰納学習 |
| 教授  | 馬場 健司 | [環境学部] 兼務     | 合意形成、行動科学、環境政策  |

◇ 学生数 博士後期課程：2名、博士前期課程：4名、学部4年生：11名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>科研費基盤研究（C） 予算：1,100 千円</p> <p>研究題目「建築デジタルツインを具現化する建築環境モデルのデータ同化手法に関する研究」</p> <p>研究代表者：加用現空</p>                     |
| <p>科研費基盤研究（A） 研究課題 予算：12,130 千円</p> <p>研究題目「デジタルツイン BES を用いた寒冷中小自治体のエネルギーセキュリティーに関する研究」</p> <p>研究代表者：森太郎教授（北海道大学）</p> |
| <p>大林財団研究助成金</p> <p>研究題目「寒冷地における避難訓練参加者を対象とした避難環境の厳しさに関する研究」</p> <p>研究代表者：森太郎教授（北海道大学）</p>                            |
| <p>簡易受託研究 受託研究費 10 万円</p> <p>研究題目「欧州を中心に展開する Positive Energy District に関する調査研究」</p>                                   |

## ■ 社会貢献

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                                                                                                                                                                                                                             |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 加用現空 | IEA EBC Annex83 – Positive Energy Districts (Francesco Guarino, Francesco Reda, Vicky Albert-Seifried, Caroline Cheng, Sergio Diaz de Garayo, Ursula Eicker, Andrea Gabaldón, Matthias Haase, Hassam ur Rehman, Rosaria Volpe, 他) |
| 加用現空 | 日本建築学会 地球環境本委員会 委員<br>日本建築学会 脱炭素都市・建築推進特別調査委員会 幹事                                                                                                                                                                                 |



## 高熱伝導耐熱コンポジット研究開発ユニット

高熱伝導耐熱コンポジット研究開発ユニット

ユニット長 小林 亮太

### ■ ユニット概要

高熱伝導性かつ低比重、さらに高度な耐熱性や耐食性を有する窒化物セラミックス粒子を耐熱合金と複合化させた材料を開発し、ジェットエンジンなど高温を利用するシステムのサーマルマネジメントに貢献する。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

耐熱合金材料として Inconel や SUS を選択し、高熱伝導性窒化物として AlN や BN の粒子を添加して通電加圧焼結を行うことで、緻密なコンポジットの作製に成功し、窒化物粒子の添加量に応じた軽量化と高熱伝導化を確認した。さらに、異方性の強い針状の窒化物粒子である AlN ウィスカーの合成を行い、粒子のサイズや形状、生成量に及ぼすプロセスパラメーターの影響を明らかにした。

#### ◇ 次年度への展開

コンポジットの作製と評価については、緻密化と基本的な特性評価は達成されており、高温強度や動的酸化試験など、実使用環境に近い試験にシフトしていく。また、窒化物の効率的合成プロセスを検討しつつ、コンポジット中での粒子配向制御による特性制御を本格化させる。複数件の論文投稿や学会発表に加え、本テーマでの科研費基盤研究 (B)、JST や NEDO などの外部資金の獲得を目指す。

### ■ 成果の概要紹介

2023 年度に引き続き、以下の 3 つのテーマを実施した。

#### 【テーマ 1】窒化物の効率的合成プロセスの検討

伝導性の異方性制御を可能にするアスペクト比の大きな AlN ウィスカーの効率的な合成を継続して検討した。昨年度に引き続き、研究代表者が保有する合成技術である金属メルト常圧直接窒化法を利用しながら、よりスケールアップ可能な合成法として、容積の大きな多孔質アルミナるつぼと本研究予算で導入した昇降式高温電気炉を組み合わせたプロセスを本格的に導入した。

結果として、AlN ウィスカーの合成自体は確認できたが、炉内に残存する酸素によって副生成物として  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が生成し、収率が低下するという課題が明らかとなった。これに対して、炉内を Ar ガスで十分に置換した後に  $\text{N}_2$  ガスを導入する方法や、カーボン粉末・シートを炉内に設置して残存酸素を CO または  $\text{CO}_2$  として除去する工夫を導入しており、現在その有効性の検証を進めている。また、従来から用いていた高周波誘導加熱炉による合成プロセスも引き続き活用し、コンポジット試作に必要なウィスカー量は十分に確保されている。

#### 【テーマ 2】耐熱合金/窒化物コンポジットの作製プロセスの確立

高温環境下での使用を想定し、Ni 基耐熱合金である Inconel718 および Fe 基の SUS430・SUS316 を母材とし、これらに AlN ウィスカー、粗大な AlN 粒子、または板状 BN 粒子を加えた耐熱コンポジットの成形と焼結を行った。焼結プロセスには放電プラズマ焼結 (SPS) を用いることで、いずれの組み合わせにおいても緻密化が可能であることを確認した。特に、Inconel718/AlN ウィスカーコンポジットにおいては、30 vol% のウィスカー添加によって、熱伝導率が無添加に比べて 2 倍以上に向上し、この成果は国際誌 (Materials Letters

誌)に掲載された。他の組み合わせにおいても熱伝導性の向上と十分な緻密化を実現し、順次論文投稿を進めている。

上記に加えて、得られたコンポジットの実用性を確認するための特性評価として、耐酸化性と機械的特性の評価も一部実施した。昇降式高温電気炉を用いた 1100℃での静的酸化試験においては、表面に合金元素由来の酸化物層は形成されたものの、酸化による重量変化は見られず、内部の構成相に変化はなかった。機械的特性については、室温での三点曲げ試験により、高い破断応力 (Inconel718 ベースで 2500 MPa 以上) を確認し、ひずみ 2~3.5%までの変形に耐えられることから、構造部材として実用的な強度を有することが確認された。

### 【テーマ3】コンポジット中での粒子配向制御による特性制御

熱伝導性の異方性制御を目的として、粒子の形状と成形プロセスを工夫することで、配向性を高める試みを実施した。具体的には、Inconel718 に AlN ウィスカーと板状 h-BN 粒子を共添加し、粒子の組み合わせによる熱伝導パスの最適化を図った。その結果、合計 10~15 vol%の粒子を共添加した場合、単独添加よりも高い熱伝導率を示すことが確認された。また、配向性を制御する成形手法として、1) 金型の水平方向および垂直方向への加振しながら粉末充填成形、2) シート状成形体を積層、の 2 つを比較した結果、積層シート法の方が平面配向を得やすいが、熱伝導性については加振成形の方が高くなるという結果が得られた。

これらと並行して、粒子配向と熱伝導性の関係をより定量的に評価するため、本研究で導入したデジタルロックインアンプを用いて、周期加熱法による熱拡散率測定系の構築を進めた。初期テストでは、加工を伴わずに試料の垂直・平行方向における熱伝導率を測定可能であることを確認したが、厚みの大きな試料や平行方向での測定において外乱の影響が大きく、満足できる結果が得られなかった。現在、プリアンプを追加して測定信号の増幅を試みており、今後より高精度な異方性評価が可能な体制を確立する予定である。

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計 1 件

- (1) Ryota Kobayashi, Kaito Seki, Yuichiro Kubota, Satofumi Maruyama, Fabrication and evaluation of dense and high-thermal conductive Inconel 718/AlN composites, *Materials Letters*, **383**, 138035 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2025.138035>

※上記のほか、審査中の論文 1 件あり

### ◇ 国内会議 計 1 件

- (1) 小林亮太, 関海渡, 窪田雄一郎, 放電プラズマ焼結による Inconel718/AlN 複合材料の作製と特性評価, 粉体工学会 2024 年度春期研究発表会, 一般-12 (2024).

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名        | 氏名    | 専任／兼務     | 専門分野            |
|-----------|-------|-----------|-----------------|
| ユニット長・准教授 | 小林 亮太 | [理工学部] 兼務 | セラミックス、複合材料     |
| 准教授       | 丸山 恵史 | [理工学部] 兼務 | 物理工学、材料工学       |
| 准教授       | 桃沢 愛  | [理工学部] 兼務 | バイオマテリアル、航空宇宙工学 |

◇ 学生数 博士後期課程：1 名、博士前期課程：5 名、学部 4 年生：7 名

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 科学研究費補助金 基盤研究(B) 2024 年度経費: 91 万円<br>「窒化アルミニウムウィスカーをホストとした高熱伝導・高信頼性蛍光体の開発」研究代表 (小林亮太)    |
| 科学研究費補助金 基盤研究(B) 2024 年度経費: 1196 万円<br>「高エンタルピー環境下の気流計測技術を用いた宇宙往還機熱防御システムの高度化」研究代表 (桃沢愛) |
| 受託研究: 計 2 社で 149 万円 研究代表 (小林亮太)                                                          |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 3 件、国内会議 7 件

### ◇ 学生の主な就職先

太平洋セメント(株)、(株)堀場テクノサービス、グローブライド(株)、他

## ■ 社会貢献

### ◇ 委員

| 氏名    | 委員名一覧              |
|-------|--------------------|
| 小林 亮太 | 日本学術振興会 R055 委員会委員 |

## スマートインフラマネージメント研究ユニット

スマートインフラマネージメント研究ユニット

ユニット長 白旗 弘実

### ■ ユニット概要

多くの社会基盤施設の老朽化が深刻な問題となっている。日常点検、常設センサのデータなど異種のセンサデータを統合的に監視することによって構造物の異常を早期に検知するシステムの構築を目指す。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

本研究では構造物の維持管理の高度化として以下を検討している。第一は定期点検の効率化を目的として、デジタル野帳を開発している。昨年度以前に作成した野帳を使いやすいように改良した。第二は有限要素解析をベースとした力学挙動モデルを作成した。荷重車や地震時の応答からモデルの精度を確認した。第三は日常巡回点検を想定し、センサを乗用車に取り付け、データ収集を行った。舗装の劣化と思われる箇所を検知することができた。

#### ◇ 次年度への展開

重点推進研究としては2024年度が最後である。今後の検討としては、以下があげられる。デジタル野帳および有限要素解析においては三次元モデルを作成する必要があるが、モデルの作成を比較的容易に行えるような工夫を検討している。具体的には、点群データ取得である。有限要素解析においては、具体的に劣化や災害異常時を想定した解析を行い、弱点箇所を予測することである。日常巡回点検では、より多くのデータを取得して機械学習を行い、異常検知の項目および精度を高めていくことである。

### ■ 成果の概要紹介

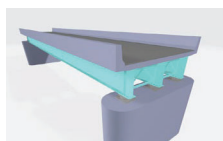
#### 【テーマ1】定期点検のデジタル化

定期点検は5年に1度、近接目視で行われる。定期点検は2014年度より始まったので2サイクル目は終わったことになる。結果はウェブなどで公開されているが、判定のばらつきが各道路管理者で大きく異なることがわかった。定期点検は紙媒体が基本となっており、記録性に問題があると考えられた。

デジタル野帳の特徴は5つある。1つは、点検前に橋梁の形状がどのようになっているか把握することが可能である。これにより部材の板組などがわかるので、どこに劣化が生じやすいかをある程度予想することを可能にする。2つ目は、点検結果をパソコン空間上に保存できることである。野帳はタブレット端末に実装され、検査員が持ち運ぶ。劣化の写真を撮影した際に、劣化の箇所も記録することができる。3つ目は過去の点検データを参照することができる。今回の結果と前回の結果を現場で比較することが可能となる。4つ目は判定事例集を参照できることである。国土交通省より判定例、検査要領がまとめられており、ウェブで確認することができる。判断の基準も記載されているので、一貫した判断ができるものである。5つ目は点検重点箇所を示すことができる。点検では溶接箇所など、過去の事例からき裂が発生しやすい部分がある程度わかっており、該当箇所を示すことができる。図-1.1に野帳の概略を示す。

2024年度はこれらの改善を継続するとともに、実際の点検者に携帯して野帳を使ってもらった。検証に参加したのは経歴20年以上の熟練点検員1名、点検歴8年の中堅点検員1名、点検歴が5年と3年の点検員1名ずつの合わせて4名である。対象橋梁に関して塗膜割れの検出件数で比較した。熟練点検員が検出した22か所を正值として、中堅、若手点検員がどれだけ検出できるかを調べた。野帳なしの場合と携帯した場合で、検出割合は35%程度向上した。結果の一部を表-1.1に示す。

1. Sketchup, Blender で  
橋梁の 3D モデル作成

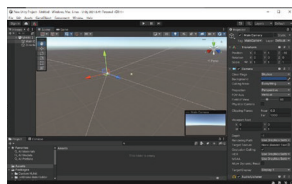


2. 事例，過去の点検記録：  
点検漏れ防止，判定区分参照



3. Unity

ゲーム開発ソフトウェア C#で機能を  
プログラム，写真撮影，メモの記録



4. タブレット端末：  
カメラ機能，点検記録  
現場へ携帯



- ・ 検査箇所に応じた診断結果(I~IV)が  
箇所とともにタブレット上に記録される
- ・ 写真の記録
- ・ 手書きのメモの記録
- ・ 点検重点箇所お知らせ
- ・ 過去の点検記録の呼び出し
- ・ 報告書自動作成

メモ



報告書

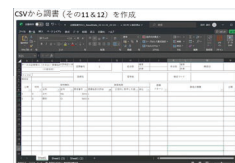


図-1.1 デジタル野帳の概略

表-1.1 デジタル野帳による点検の効率向上

| 点検員                        | 損傷発見数（塗膜割れ） |            | 発見割合の<br>向上 |
|----------------------------|-------------|------------|-------------|
|                            | 従来手法        | デジタル野帳     |             |
| 熟練点検員 詳細点検<br>(点検歴 20 年以上) | 22 か所       |            |             |
| 中堅点検員<br>(点検歴 8 年)         | 10 か所       | 18 か所      | 37%向上       |
|                            | 45%(10/22)  | 82%(18/22) |             |
| 若手点検員①<br>(点検歴 5 年)        | 5 か所        | 13 か所      | 36%向上       |
|                            | 23%(5/22)   | 59%(13/22) |             |
| 若手点検員②<br>(点検歴 3 年)        | 0 か所        | 8 か所       | 36%向上       |
|                            | 0%(0/22)    | 36%(8/22)  |             |

## 【テーマ2】橋梁の力学的挙動把握のためのモデル構築

検査は5年に1度行われている。その際、軽微な損傷が検出される可能性がある。その損傷が構造物にとって有害かどうか、あるいはどれくらい進行すると有害になるかという判断は非常に重要となる。しかし、軽微な損傷が短時間のうちに急激に進行することはほとんどない。

構造物の劣化の進行予測の他に、劣化後の構造物の挙動を予測することが必要となる。これをコンピュータ上でシミュレーションするのが当テーマの主な目的の一つである。劣化以外では構造物は地震などの災害によ



り破壊されるといわれている。災害の直後にも臨時的点検を行うことがあるが、その際に構造物の弱点を把握しておけば、検査すべき箇所を速やかに確認することができる。構造物の災害時の弱点把握もシミュレーションが可能であり当テーマの目的の一つである。

2024 年度はもう一つの橋梁をモデル化して、載荷試験を行った。2023 年度は重量制限を超える特別荷重車で静的に載荷したが、2024 年度は簡略化も目的に法定内の最大荷重車(20tf)で動的試験を行った。載荷試験結果の一部を図-2.1 に示す。図は横軸に荷重車の位置、縦軸に第一径間中央部の桁の下フランジのひずみを示した影響線である。荷重車はなるべく車線の中央を走行するようにしたが、実測値と計算値はよい一致を示した。車線位置、つまり橋軸直角方向の位置に荷重車が多少変化してもひずみはそれほど変わらないとした昨年度の結果を反映しての判断である。

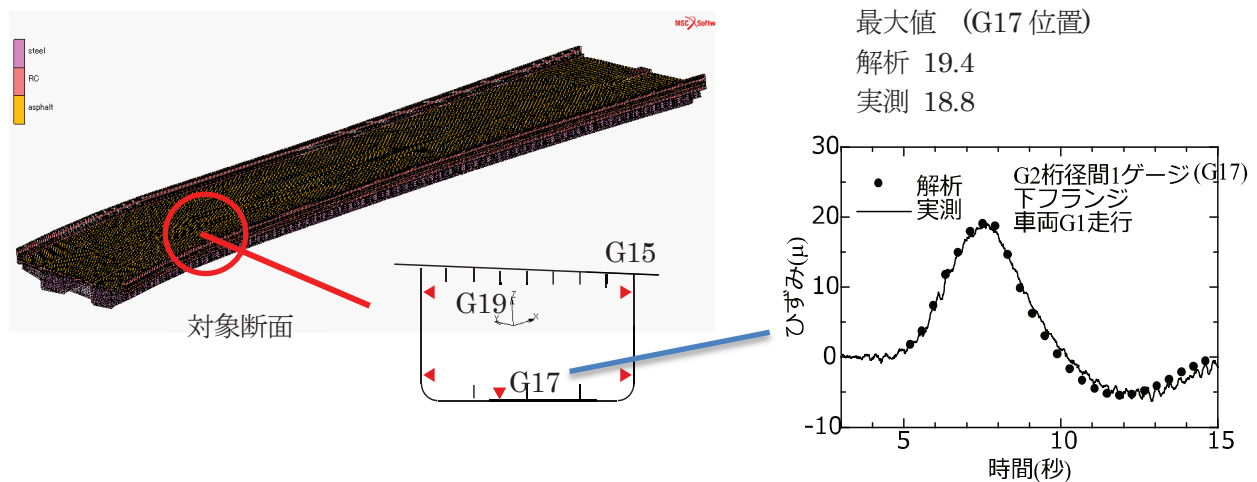


図-2.1 動的載荷試験結果

### 【テーマ3】複数センサーを用いた点検車両によるマルチモーダルデータ分析

予防保全がインフラ点検において潜在的な利点を持つにもかかわらず、いくつかの課題がその広範な採用を妨げている。課題の一つは点検技術の変動性である。インフラ点検を実施する人員の熟練度は、地域や個人によって大きく異なり、この一貫性の欠如が、点検の品質と信頼性における格差につながる可能性がある。第二に、訓練の困難さも課題となっている。効果的なインフラ点検に必要なスキルを開発することは、時間と資源を要するプロセスである。現代のインフラシステムの複雑さにより、点検者は様々な技術や方法論について深い理解を持つ必要がある。第三の課題は予算の制約である。限られた財源がインフラ点検の頻度と徹底度を制限することがよくある。予算の制約により、機関は特定の点検を他よりも優先せざるを得なくなり、重要なインフラが脆弱な状態に置かれる可能性がある。

経験豊富な点検者の暗黙知を AI のための分析モデルに組み込むことで、より正確な判断を行うことが可能になる。このアプローチはまた、AI ベースの診断を活用することにより、経験の浅い点検者のスキルを向上させ、全体的な診断レベルを改善し、診断エラーを減少させることにも貢献すると考えている。

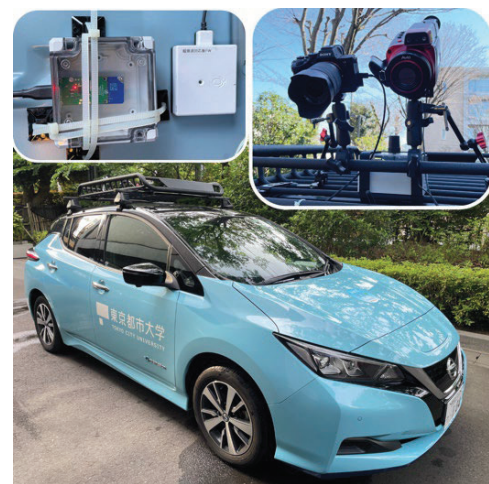


図-3.1 点検車両と設置されているセンサー

本研究では特に日常巡回点検に焦点をあてて研究・分析を行った。日常巡回点検では、たとえば道路管理者が自動車で管内を走行し、落下物などの交通の障害を確認すると共に標識や構造物、轍ばれやひび割れ、ポットホールなどの変状の目視による確認が基本となる。問題となりそうな変状については、写真撮影などを行い報告書にまとめる必要がある。これらの作業では、収集したデータを複合的に判断して確認結果をまとめる必要がある。

ここでの研究ではデータ収集ツールと熟練した点検者の専門知識の統合に焦点を当てている。本研究で利用した点検車両には、GNSS レシーバー、高解像度カメラ、赤外線カメラ、加速度計、MEMS マイクロフォンが装備されている。これらのセンサーにより包括的なデータを収集し、分析することで、異常の微妙な兆候、構造的な弱点、その他の潜在的な問題を明らかにすることができる。



図-3.2 対象とした橋梁

前述の目標を達成するために、様々なセンサーを搭載した点検車両を用いてマルチモーダルデータを取得・分析した結果を報告する。各センサーの特性を考慮してマルチモーダルデータを分析することにより、異常の分類や重要性に関する洞察が得られる可能性が示唆された。この分析で使用したインバリエント分析技術（SIAT: System Invariant Analysis Technology）は、様々なセンサー

データに適用可能な異常検出技術であり、複合データ分析にも適用できることが確認された。

調査対象の橋梁構造は全長 405.6 メートルであり、2 つの鋼製アーチ橋と 3 径間連続プレストレストコンクリート箱桁橋で構成されている。図-3.2 に示すように、断面は幅 17.0 メートルの車道と、その両側に幅 4.0 メートルの歩道が設けられている。橋の長さに沿って 4 つの伸縮装置が設置されており、熱膨張、収縮、およびその他の動的荷重による構造的な動きに対応している。

点検システムには、総合的な構造評価のために複数のセンサーを搭載した電気自動車を使用され、約 60 km/h で走行した。計測機器パッケージには、三軸加速度計、音響センサー、GNSS レシーバー、熱赤外線カメラ、路面撮影用の高解像度カメラ、および構造要素検出用の前方向きカメラが含まれていました。データ品質を最適化するため、加速度計と音響センサーは車両の後部貨物室内、後輪車軸付近に設置された。熱赤外線カメラ、GNSS レシーバー、および高解像度カメラは、特別に設計されたルーフキャリア上に取り付けられた（図-3.1）。前方向きカメラは、最適な視野を確保するためにフロントガラスの内側上部に配置された。ノートパソコンベースのデータ収集システムが、センサーの一元的な制御とデータ保存機能を提供した。

センサーデータの分析においては、インバリエント分析技術（SIAT）を採用した。SIAT は、異なる運用条件下での測定値間の一貫した関係に基づいて、複雑なシステム動作をモデル化し理解するための強力な技術である。これらの不変関係はシステム設計と運用における基本原則を表しており、正常なシステム状態を判断し異常を検出するためのベースラインを提供する。

本研究では、SIAT をビデオカメラ、赤外線カメラ、マイクロフォンなど複数のセンサータイプから収集された道路および橋梁表面点検データに適用している。この方法論では、センサーデータストリームのペア間の包括的な相関分析を行い、それらの相互関係をモデル化する。異常検出は、実際のセンサー測定値とこれらのモデルによって予測された値を比較することで実行され、大きな偏差は潜在的な構造的問題を示す指標となる。

赤外線サーモグラフィカメラは、路面温度のデータを測定し、カメラ映像の 1 ショットは、640×480 ピクセルの温度データマトリックスで構成されている。連続的な路面温度プロファイルは、連続する熱画像フレーム（640×480 ピクセル）からのデータを連結することによって再構築された。各フレームについて、車両の移動によるフレーム間のピクセル変位に対応する下部 80 行を抽出した。これらの抽出されたセグメントを車

両の軌跡に沿って順次結合し、連続的な縦方向の温度分布を構築した。(図-3.3)

データの品質と効率を向上させるために、連結された温度マトリックス (640×80n ピクセル, n はフレーム数) は5×5 のプーリング操作を用いて処理した. 各プーリングウィンドウは、最大値または平均値の操作を用いて単一の値に凝縮され、図-3.3 に示すようにデータの次元を 128×16n に削減した. この前処理ステップは、ストレージ要件を削減すると同時に、測定ノイズと熱画像における遠近法によって引き起こされる幾何学的歪みの両方を抑制すると考えられる.

前処理されたデータを SIAT を用いて分析することにより、図-3.4 に示すように時系列に沿った異常スコアを得た. 最大プーリング結果には多数の小さなピークが、平均プーリング結果にはいくつかのピークが観察された. 機械学習モデルが検査対象とは異なる橋梁の車線 (A1-A2) からの比較的きれいな路面データを使用して構築されたため、検査対象となった車線はかなり多くの損傷を有しているようである.

最大プーリングはより感度が高く、より多くの異常ピークを抽出する一方、平均プーリングでは少なく限定的な異常ピークとなるが、最大プーリング

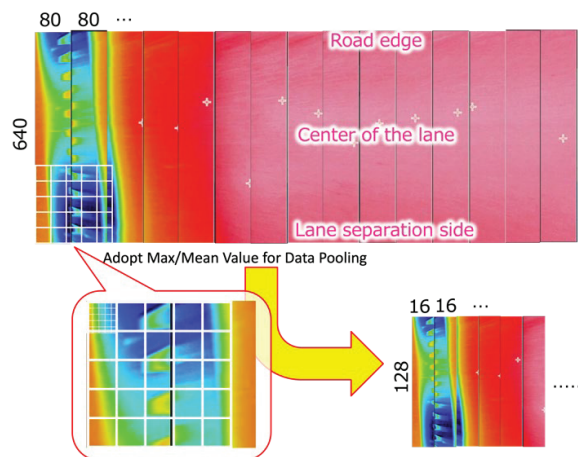


図-3.3 赤外線カメラ映像からのデータの抽出

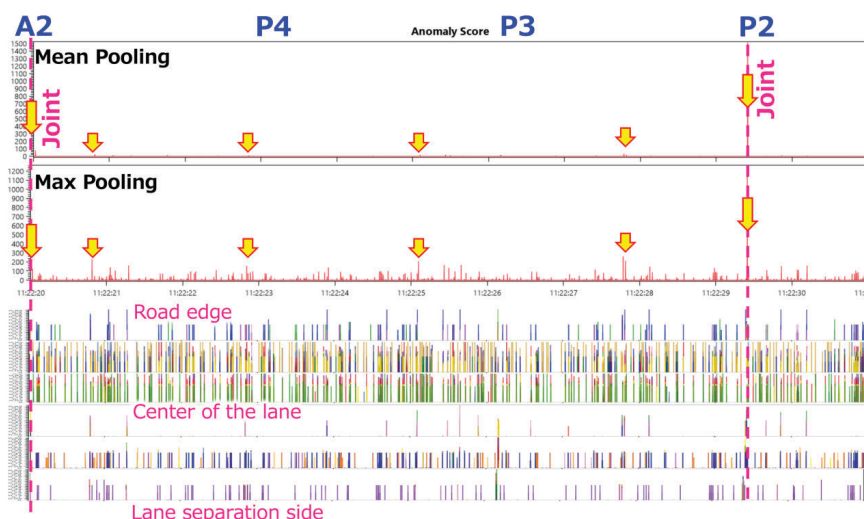


図-3.4 上のグラフは道路に沿った総異常スコアを示し、下のグラフは路肩から車線分離側までの6つのセクションでの異常度スコアを分割して表示している。

と同様にいくつかの重要なピークも検出していることが明らかである. 本研究で取り上げた路面のような比較的清い路面では、最大プーリングによる詳細な異常検出が有用であると考えられる.

図-3.4 の下部のグラフでは、異常スコアが道路の端から車線分離側まで、道路に平行に6つの領域に分けられ、それぞれに対して表示されている. 異常信号が道路の領域に依存していることがわかり、これは道路の実際の損傷状態を反映していると考えられ、道路の端に近い路面は車線分離側に比べて異常状態が多いことが分かる.

図-3.5 は車両の後部貨物エリアに設置された MEMS マイクロフォンで記録された音データについて、各周波数帯域のパワースペクトルをフーリエ変換によって抽出し、時系列データとして分析した. すなわち、路面位置に対応するセンサーデータである. 図-3.5 の左側のグラフは、いくつかの周波数帯域にわたるパワースペクトルを示している. 横軸は時間を示し、縦軸は周波数を示している. スペクトルのパワー強度はカラーチャートで表されている. SIAT によるデータ分析から、図5の右側に示されているように、IR カメラの結果と



同様に、道路の位置に対応する時系列データとして異常スコアを得た。ここでは、最大プーリング前処理を行った IR カメラの結果と比較する。現在の結果は、最大プーリング前処理を行った IR カメラのデータに比べて、音データの異常が少ないことを示している。橋の接合部では、両方のグラフでいくつかの明確なピークが見られるが、異常のピーク高さはそれぞれのデータセットで異なり、これらの違いが本質的なものであるかどうかを明確にするためには、より詳細な検討が必要であると考えられる。

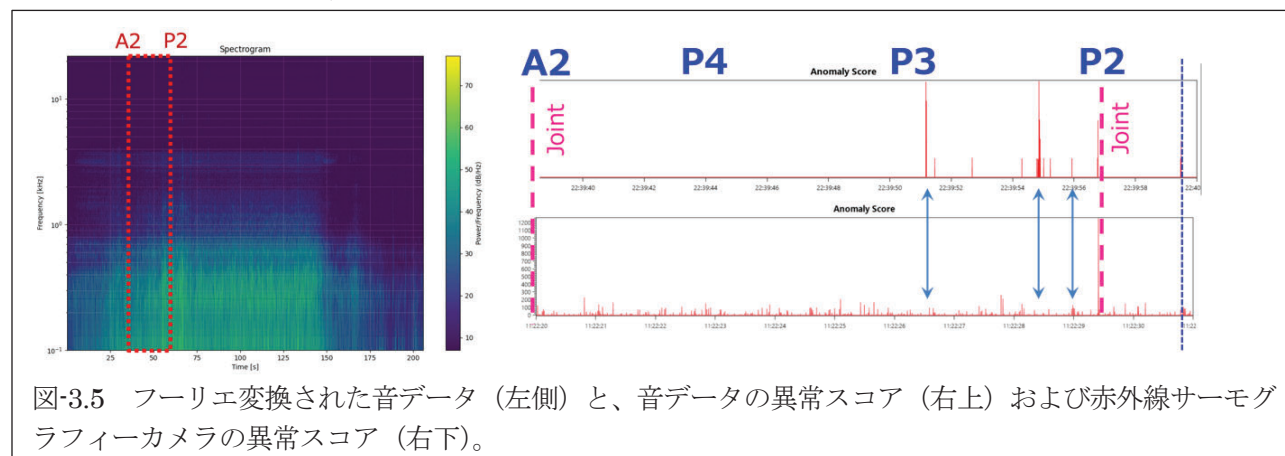


図-3.5 フーリエ変換された音データ（左側）と、音データの異常スコア（右上）および赤外線サーモグラフィカメラの異常スコア（右下）。

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計4件

- (1) 田井 政行, 白旗 弘実, 青木 工, 芦田 洋祐, 高木 千太郎: 橋梁用デジタル野帳の改良と実装検証, インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.4, No. 1, pp. 48-57, 2025. 2.
- (2) 木本和志, 白旗弘実, 中畑和之, 八木尚人, 判治剛, 服部雅史, 筒井康平: 我が国の鋼橋の超音波探傷試験の現状とNDE4.0への展望(その1), 非破壊検査, Vol. 73, No. 7, pp. 302-306, 2024. 7.
- (3) 木本和志, 白旗弘実, 中畑和之, 八木尚人, 判治剛, 服部雅史, 筒井康平: 我が国の鋼橋の超音波探傷試験の現状とNDE4.0への展望(その2), 非破壊検査, Vol. 73, No. 7, pp. 307-311, 2024. 7.
- (4) 白旗 弘実, 田井 政行, 河合 孝純, 青木 工, 原 廣敬, 高木 千太郎: 橋梁の維持管理システムを考慮した有限要素解析による力学モデル作成に関する一考察, AI・データサイエンス論文集, Vol. 5, No. 1, pp. 412-150, 2024. 5.

### ◇ 招待講演 計1件

- (1) 土木学会第79回全国大会 研究討論会「DX時代における鋼構造物の非破壊検査ー現状, 課題, 展望ー」2024年9月3日(オンライン)

### ◇ 国際会議 計3件

- (1) M. Tai, H. Shirahata, T. Kawai, T. Aoki, H. Hara, and S. Takagi : Development and implementation of digital inspection notebook for bridges, International Association of Bridge Management and Safety, 2024
- (2) H. Shirahata, T. Kawai, M. Tai, T. Aoki and H. Hara : FE model and verification as digital twin of structural behavior for infrastructure management, International Association of Bridge Management and Safety 2024.
- (3) T. Kawai, M. Tai, and H. Shirahata : Multimodal data collection by routine inspection vehicles and integrated data analysis for prognostics and health management of roads/bridges, PHMAP2024

### ◇ 国内会議 計4件

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務           | 専門分野       |
|----------|-------|-----------------|------------|
| ユニット長・教授 | 白旗 弘実 | [建築都市デザイン学部]兼務  | 構造工学，非破壊検査 |
| 教授       | 河合 孝純 | [デザイン・データ科学部]兼務 | データサイエンス   |
| 総研，特別研究員 | 田井 政行 | 摂南大准教授          | 鋼構造，維持管理工学 |

◇ 学生数 博士前期課程： 1 名、学部 4 年生： 2 名

## ■ 主要な外部資金実績

|                             |
|-----------------------------|
| 受託研究：1 社で 33 万円 研究代表（白旗弘実）  |
| 受託研究：1 社で 100 万円 研究代表（田井政行） |

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

国際会議 1 件、国内会議 1 件

### ◇ 学生の主な就職先

横河ブリッジ，長大，日立社会情報サービス

## ■ 社会貢献

### ◇ 第 221 回 総研セミナー開催（2024 年 8 月 26 日）

#### 講演タイトル

「Analytical study on stress concentration zone of aseismic reinforced deck type arch bridge, Mirei Ouchi (Tokyo City University) 」

「Performance of Seawater-derived Mg(OH)<sub>2</sub> as a Sustainable Coating Solution for Hydrogen Sulfide-induced Corrosion Mitigation in Concrete Pipes by Co, Coo and Moa (De La Salle University) 」

「Parametric study of BWIM considering autocorrelation in bridge dynamic response, Kohei Maruyama (Tokyo City University) 」

「The Use of Mechanical Impedance Test for Detecting Internal Cracks in Concrete Slabs by Su (De La Salle University) 」

「FE model and verification as digital twin of structural behavior for infrastructure maintenance, Hiromi Shirahata (Tokyo City University)」

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                                   |
|------|-----------------------------------------|
| 白旗弘実 | 土木学会 鋼構造物における先進的非破壊検査・評価技術 に関する調査研究小委員会 |
| 河合孝純 | 日本応用数理学会：応用数理ものづくり研究会幹事<br>日本応用数理学会代表会員 |
| 田井政行 | 土木学会 鋼床版の維持管理と更新に関する調査研究小委員会            |



## ■ ユニット概要

現在成長を続けるアジアの大都市圏も、今後30年程度で人口減少／縮退フェーズへのシフトが予測されている。目下の「成長への対処と促進」と近い将来の「縮退フェーズへの備え」の両方を視野に入れた都市マネジメントを行うための検討フレームワークの構築を目指す。

## ■ 研究成果の概要

### ◇ 主要な研究成果

地方中核都市における空き地・空き家の現状把握と住宅地開発動向や市の将来計画との整合について、成果の報告および意見交換を行った。（業績2および3）。また9月と10月にベトナム／マレーシアの研究協力者を訪れ、打ち合わせ及び現地フィールド調査を行った。郊外型住宅地開発の販売現場の視察および地元不動産業者へのヒアリングや交通インフラ整備との関連など現状について調査を行った。

2024年度における研究では、当初の研究計画に基づき以下の点について実施・検討を行った。

### 【24年度の研究進展状況（上半期）】

- (1) 統計データ（主に人口動態・建物ストック変化）からみる都市成長状況の把握／学会での成果発表・共有
- 国内学会での成果発表・意見交換（2024年6月@日本建築学会・札幌／業績2）
    - － 地方中核都市（北海道函館市）における空き地・空き家の現状把握と住宅地開発動向、市の将来計画（マスタープランおよび立地適正化計画）との整合について、成果の報告および意見交換を行った（図1）。
    - － 上記研究発表を行った地方中核都市における空き地・空き家の現状把握と住宅地開発動向等について、追加の現地調査および函館市都市計画課へのヒアリング調査等を行った
  - 収集データの分析作業の継続
    - － 上記発表論文と追加調査資料等をベースに国内査読論文への投稿準備を行った。平行して、海外都市データの空間・統計分析等を継続して行った
  - 国際学会での成果発表・意見交換（2024年7月@アジア不動産学会・台湾／業績1）
    - － 日本の不動産開発・投資の状況について、東京を対象として不動産価格や投資利回りの要因分析を行い、その成果の報告および意見交換を行った



図1. 日本建築学会北海道支部研究発表会@札幌市立大学（2024年6月）

### 6. 都市計画マスタープランとの突合せ

図2、図3から、函館駅前・大門地区周辺における空き地増加・空き家件数の双方が目立つ  
⇒1999年から継続して、都市のスポンジ化が見られ、マスタープランで示している方針とは逆行

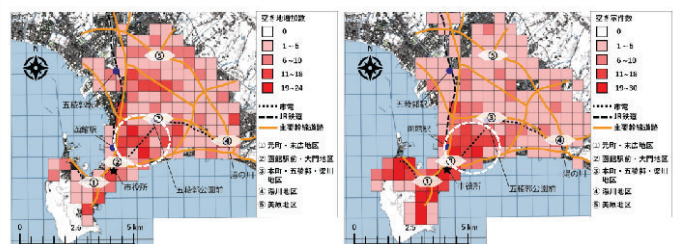


図2 函館市市街地の2015年と2020年の空き地の増加

図3 函館市市街地の2022年の空き家件数

13

## 【24年度の研究進展状況（下半期）】

### (2) 海外統計／GIS データ収集および海外研究者との研究ミーティング／学会での成果発表・共有

- 第7回合同ミーティング・現地踏査（2024年9月および10月@海外）
  - 2024年9月にベトナム（図2）、10月にマレーシア（図3）を訪れ、研究協力者であるホーチミン工科大学 Dr. Vinh Nguyen Quocおよびホーチミン市建築大学のDr. Tran Mai Anhら、マレーシア工科大学のDr. Teoh Mei Yeeとの打ち合わせ、および、各都市の現地踏査を行った
  - ベトナム／ホーチミン市では郊外型住宅地開発の販売現場の視察および地元不動産業者へのヒアリングなど、またマレーシア／ジョホールバル市およびクアラルンプールでは郊外型住宅地の視察を行った
- 地方中核都市の空き地・空き家・住宅地開発の現地踏査およびヒアリング調査（2024年11月@国内）
  - 地方中核都市として大阪府寝屋川市、栃木県宇都宮市において、現地踏査を行うとともに、寝屋川市住宅政策課および宇都宮市生活安心課にヒアリング調査を行った
- 国内学会での成果発表・意見交換（2025年2月@日本建築学会・名古屋／業績3）
  - 地方中核都市（大阪府寝屋川市）における空き地・空き家の現状把握と住宅地開発動向、市の将来計画（立地適正化計画）との整合などについて、成果の報告および意見交換を行った（図4）
- ベトナムの現地情報収集および現地住宅開発デベロッパーへのヒアリング（2025年2月@オンライン）
  - ベトナムホーチミンの大規模住宅開発に関して、その経緯や評価について、ベトナムのエージェントを通じて現地情報を収集した。また、現地で住宅開発を行っている日系デベロッパーへヒアリングを行い、ホーチミンの住宅開発状況のヒアリングを行った



図2. 統計・空間データ収集及び郊外型住宅地開発調査@HCMC（2024年9月）



図3. 統計・空間データ収集及び郊外型住宅地開発調査@Johor Bahru（2024年10月）

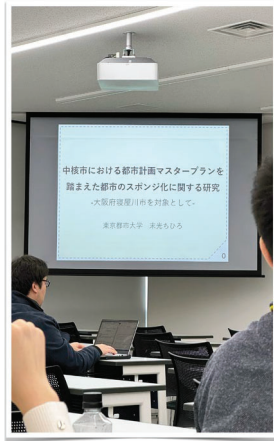


図4. 日本建築学会東海支部研究発表会@大同大学／名古屋（2025年2月）

## ■ 研究業績

（二重下線は本ユニット所属の国内研究者を示す。）

### ◇ 国際会議（査読有り）

- (1) Naoki Toyoyoshi, Kei Saito, Hiroshi Takahashi, Toshiyuki Kaneda and Akira Ota, A Study on Factor Analysis for Cap Rate of Property Using Space Syntax Indicators, 2024 Asian Real Estate Society Annual Conference, Hsinchu, Taiwan, 25-28 July, 2024

### ◇ 国内会議

- (2) 斉藤 圭, 沖浦 文彦, 太田 明：都市計画マスタープランを踏まえた中核市のスポンジ化の実態に関する研究 函館市を対象として，日本建築学会北海道支部研究報告集，No.97, pp.281-284, 2024 年 6 月
- (3) 末光ちひろ, 太田 明, 沖浦 文彦, 斉藤 圭：中核市における都市計画マスタープランを踏まえた都市のスポンジ化に関する研究 大阪府寝屋川市を対象として，日本建築学会東海支部研究報告集，No.63, pp.465-468, 2025 年 2 月

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務       | 専門分野        |
|----------|-------|-------------|-------------|
| ユニット長・教授 | 斉藤 圭  | [都市生活学部] 兼務 | 都市環境デザイン    |
| 准教授      | 太田 明  | [都市生活学部] 兼務 | 都市開発ビジネス    |
| 教授       | 沖浦 文彦 | 大阪経済大学      | プログラムマネジメント |

### ◇ 学生数 学部4年生：2名（太田研および斉藤研）

## ■ 主要な外部資金実績

科研費基盤研究（C）2024年度経費：221万円（3年間合計468万円）

「東南アジアの郊外型住宅地開発に適応可能な伝統知・地域知ベースの空間緑化手法の検討」

研究代表（斉藤 圭）



## ■ 学生教育

本重点推進研究プロジェクトは、国際共同によるグローバル都市研究プラットフォームとしての展開にも併せて取り組んでいる。3カ国4大学による共同研究として構築・連携してきた大学間の関係を活用しながら、相互に学び合う教育プログラムを以下の通り実施した。

- ✧ 2024年11月23日-29日に、24年度さくらサイエンスプログラムとして、本研究プロジェクトの共同研究のカウンターパートであるマレーシア工科大学から1名の教員+7名の学生を都市大に招へいし、本研究と関連した内容（TODと都市マネジメント）で国際ワークショップを実施した。都市生活学部の学生12名が参加した。
- ✧ 2025年2月23日-3月2日に、24年度JST若手人材交流事業+学内STEP事業による研修として、本研究プロジェクトの共同研究のカウンターパートであるマレーシア工科大学を訪問した。本研究と関連した内容（都市環境デザイン+TODと都市マネジメント）を通して、現地学生と本学学生が共同しながら海外研修を実施した。都市生活学部の学生10名が参加した。

## ■ 社会貢献

- ✧ 斉藤 圭：講演『エビデンスベースドな「歩きたくなる」環境まちづくり』，第9回二子玉川エリアマネジメントシンポジウム（2024年6月23日）
- ✧ 太田 明：国土交通省とタイ証券取引所・タイ証券委員会とのディスカッションの支援（2025年1月）
- ✧ 太田 明：国土交通省「海外不動産官民ネットワーク総会」成果報告  
タイ証券取引所・証券委員会とのこれまでの議論の報告 -タイREITと不動産情報に関して-（2025年3月）

## QOL 指向型都市公共空間マネジメント研究ユニット

QOL 指向型都市公共空間マネジメント研究ユニット  
ユニット長 末繁 雄一

### ■ ユニット概要

公共空間滞留者のアクティビティと、パーソナルモビリティビークル (PMV) の動態を解析し、最終的に人間のアクティビティと PMV が共存する公共空間に対する都市生活者が感じる空間幸福感を評価し、未来都市のあるべき公共空間マネジメントに資する知見を得る。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

2024 年度は、公共空間における PMV の走行経路設計パラメータの最適化については、歩車混在の公共空間を想定し、VR 空間を用いて 10 km/h と 20 km/h の速度域に対する PMV の自動走行経路を設計し、2022 年度から 2024 年度までに得た知見をもとに最適な走行経路設計パラメータについて検討した。人間と PMV の共存状態に対する滞留者の空間幸福感評価については、前年度の滞留者の幸福感評価に続いて、PMV 搭乗者の幸福感評価を実施し、前年度の結果と統合し、滞留者・PMV 搭乗者双方の受容性の差を評価した。

#### ◇ 次年度への展開

2024 年度は最終年度であったが、今後も本研究プロジェクトは継続していく予定である。これまでにシミュレーション環境下での高い研究成果は導出できたが、実地環境においては一部項目のテストフィールドでの成果に留まった。今後は、実際の都市空間における実証実験などによる成果の社会実装化を目指す。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ 1】公共空間滞留者アクティビティと PMV の最適挙動モデル構築

公共空間における滞留者アクティビティと PMV の最適挙動モデル構築では、市販三輪車をベースとして製作した模擬車両を用いて走行実験を実施し、PMV に接近される滞留者とその状況を観察する滞留者の受容性を総合的に分析し、PMV との相対距離に対する滞留者の精神的負荷をストレスポテンシャル関数としてモデル化した。また、PMV の乗員の危険感に基づくリスクポテンシャル関数と滞留者のストレスポテンシャル関数に基づく PMV の走行経路を設計し、シミュレーション実験によりその有効性を実証するとともに、車速域の変化に対する変容を評価した。その結果、滞留者のストレスを低減しつつ、安全かつ PMV の乗員の受容性も考慮した経路生成するための知見を得た。



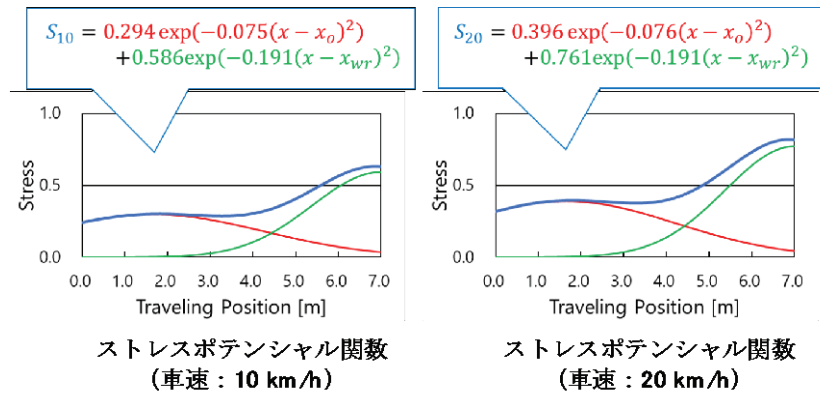


図 1. ストレスポテンシャル関数

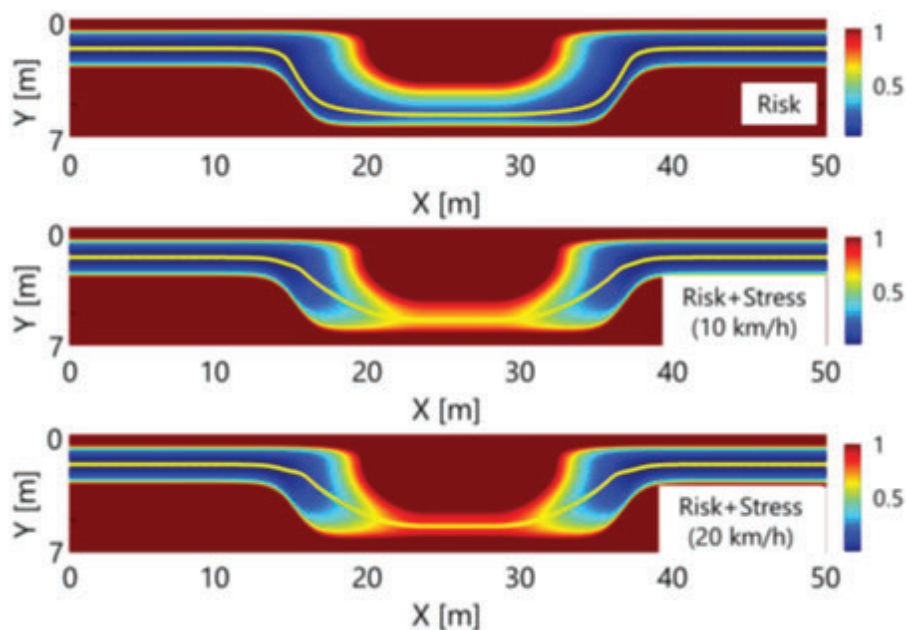


図 2. 構築した PMV のリスク+ストレスポテンシャルマップ

## 【テーマ 2】 滞留者アクティビティと PMV の共存状態に対する滞留者・PMV 搭乗者の空間幸福感評価

人間と PMV の共存状態に対する滞留者・PMV 搭乗者の空間幸福感評価については、ゲームエンジン Unity を用いて仮想空間を構築し、そこに滞留者と PMV の 3D モデルを設置した。このシミュレーション環境下で被験者実験により、2023 年度に公共空間で滞留者が感じる幸福感が PMV 走行によって受ける影響を評価し、2024 年度に PMV 搭乗者が感じる幸福感が滞留者によって受ける影響を評価した。幸福感評価は短期的感情であるヘドニアと長期的感情であるユーダイモニアという 2 つの観点から実施した。最終的に、2023 年度に実施した滞留者の幸福感評価結果と 2024 年度に実施した PMV 搭乗者の幸福感評価結果を統合し、双方の受容性の差を評価し、次世代の公共空間マネジメントに資する知見を得ることができた。

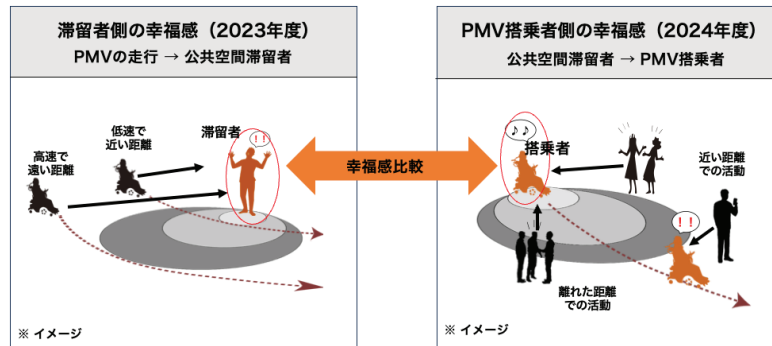


図 3. 研究概念図

表 1. PMV 搭乗者の幸福感評価結果

| 走行環境 |      | ヘドニア   |            |            |      |            |            |     |            |            |     | ユーダイモニア    |            |      |            |            |          |            |            |      |            |            |     |            |            |     |    |  |  |  |
|------|------|--------|------------|------------|------|------------|------------|-----|------------|------------|-----|------------|------------|------|------------|------------|----------|------------|------------|------|------------|------------|-----|------------|------------|-----|----|--|--|--|
|      |      | 快 - 不快 |            |            |      |            | 覚醒 - 沈黙    |     |            |            |     | 自律性        |            |      |            |            | 積極的な他者関係 |            |            |      |            | 人生満足度      |     |            |            |     | 感謝 |  |  |  |
|      |      | 滞留者無   |            | 4.5m       | 2.0m |            | 滞留者無       |     | 4.5m       | 2.0m       |     | 滞留者無       |            | 4.5m | 2.0m       |            | 滞留者無     |            | 4.5m       | 2.0m |            | 滞留者無       |     | 4.5m       | 2.0m       |     |    |  |  |  |
| 速度   | 活動内容 | 平均値    | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値  | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値 | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値 | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値  | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値      | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値  | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値 | 有意判定<br>p値 | 有意判定<br>p値 | 平均値 |    |  |  |  |
| 5    | 社会任意 | —      | —          | —          | —    | *          | *          | —   | *          | *          | —   | *          | *          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | *          | *   |    |  |  |  |
|      | 社会任意 | 0.55   | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   | —          | —          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   |    |  |  |  |
|      |      | —      | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   | —          | —          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   |    |  |  |  |
|      |      | —      | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   | —          | —          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   |    |  |  |  |
| 10   | 社会任意 | —      | —          | —          | —    | *          | *          | —   | *          | *          | —   | *          | *          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | *          | *          |     |    |  |  |  |
|      | 社会任意 | 0.55   | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   | —          | —          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   |    |  |  |  |
|      |      | —      | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   | —          | —          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   |    |  |  |  |
|      |      | —      | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   | —          | —          | —    | —          | —          | —        | —          | —          | —    | —          | —          | —   | —          | —          | —   |    |  |  |  |

表 2. 滞留者と PMV 搭乗者の幸福感への影響比較

| 評価因子    |          | 速度     | 評価視点    | 滞留者量 | 滞留者・PMVとの距離 |      |       |      |       |      |
|---------|----------|--------|---------|------|-------------|------|-------|------|-------|------|
|         |          |        |         |      | 無           |      | 4.5m  |      | 2.0m  |      |
|         |          |        |         |      | 平均値         | 有意判定 | 平均値   | 有意判定 | 平均値   | 有意判定 |
| ヘドニア    | 快 - 不快   | 5 km/h | 滞留者     | 多    | 0.65        | *    | 0.40  | *    | -0.17 | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 多    | 0.55        | —    | 0.73  | *    | 0.42  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | —           | —    | 0.67  | —    | 0.47  | —    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | —           | —    | —     | —    | —     | —    |
| ユーダイモニア | 覚醒 - 沈黙  | 5 km/h | 滞留者     | 多    | -0.83       | *    | -0.54 | *    | 0.15  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 多    | -0.38       | *    | -0.02 | *    | 0.31  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | -0.38       | —    | -0.33 | *    | 0.07  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | —           | —    | —     | —    | —     | —    |
| ユーダイモニア | 自律性      | 5 km/h | 滞留者     | 多    | 3.37        | *    | 3.40  | *    | 2.70  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 多    | 4.43        | *    | 3.88  | *    | 2.67  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | 4.43        | —    | 4.15  | *    | 3.18  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | —           | —    | —     | —    | —     | —    |
| ユーダイモニア | 積極的な他者関係 | 5 km/h | 滞留者     | 多    | 3.08        | —    | 3.28  | *    | 2.93  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 多    | 2.62        | —    | 2.88  | *    | 2.57  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | 2.62        | —    | 2.98  | *    | 2.65  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | —           | —    | —     | —    | —     | —    |
| ユーダイモニア | 人生満足度    | 5 km/h | 滞留者     | 多    | 3.10        | *    | 3.40  | *    | 3.17  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 多    | 3.07        | —    | 3.12  | *    | 2.88  | *    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | 3.07        | —    | 3.18  | —    | 3.12  | —    |
|         |          |        | PMV 搭乗者 | 少    | —           | —    | —     | —    | —     | —    |

## ■ 研究業績（2024 年度）

### ◇ 査読付き論文

- (1) 天野友紀, 杉町敏之, 末繁雄一, 宮地英生, 櫻井俊彰: VR 技術を用いた超小型モビリティの走行経路に対する歩行者の感性モデルの構築, 第 60 回日本交通科学学会学術講演会講演集, vol.24, p.48, 2024.9
- (2) 岡本渉平, 衣笠涼花, 末繁雄一, 高柳英明, 杉町敏之, 宮地英生: 公共空間における人間とモビリティの共存状態に対するモビリティ搭乗者の幸福感評価, 日本建築学会技術報告集, 2025.2 投稿（査読中）

### ◇ 国内会議

- (1) 岡本渉平, 末繁雄一, 高柳英明, 杉町敏之, 宮地英生: 公共空間における人間とモビリティの共存状態に対する滞留者の空間幸福感評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 都市計画, pp761-762, 2024.8
- (2) 天野友紀, 平塚旭, 杉町敏之, 末繁雄一, 宮地英生, 櫻井俊彰: 歩行者と親和する超小型モビリティの自動走行経路の設計, 自動車技術会関東支部 2024 年度学術研究講演会, 2025.3

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名        | 氏名    | 専任／兼務         | 専門分野                 |
|-----------|-------|---------------|----------------------|
| ユニット長・准教授 | 末繁 雄一 | [都市生活学部] 兼務   | 都市プランニング・アクティビティスケープ |
| メンバー・准教授  | 杉町 敏之 | [理工学部] 兼務     | 自動車工学・車両挙動評価         |
| メンバー・教授   | 宮地 英生 | [メディア情報学部] 兼務 | 可視化情報工学・コンピュータグラフィクス |

◇ 学生数 博士後期課程：0 名、修士課程：1 名、学部 4 年生：2 名

## ■ 主要な外部資金実績（間接経費や共通管理費を含めた総額、複数年資金は年割）

科学研究費補助金、基盤研究（C）2024 年度経費：143 万円  
「次世代道路空間マネジメントのための路上滞留者とモビリティの協調モデルの構築」研究代表（末繁）

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

論文 2 件、国際会議 0 件、国内会議 2 件 作品 0 件

### ◇ 学生の主な就職先

株式会社 TOC、東京都市大学大学院

## ■ 社会貢献

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                            |
|------|----------------------------------|
| 末繁雄一 | 日本建築学会情報システム技術委員会情報システムシンポジウム WG |
| 末繁雄一 | (一社)中目黒駅周辺地区エリアマネジメント 理事         |
| 末繁雄一 | (一社)おやまちプロジェクト コアメンバー            |
| 末繁雄一 | ナカメをデザインする会議。委員                  |
| 末繁雄一 | 都市再生推進法人ジェイ・スピリット 自由が丘のまち運営会議 委員 |
| 杉町敏之 | 自動車技術会 モビリティ社会部門委員会 委員 (幹事)      |
| 杉町敏之 | SIP モビリティ・イノベーション推進連絡協議会 委員      |
| 杉町敏之 | (一社)モビリティ・イノベーション・アライアンス 会員      |
| 宮地英生 | 可視化情報学会 理事                       |
| 宮地英生 | VCAD システム研究会 監事                  |
| 宮地英生 | シミュレーション学会 学会誌編集委員会 委員           |
| 宮地英生 | 計算工学会 PSE 研究会 主査                 |
| 宮地英生 | VR 学会 テレイマージョン技術研究会 幹事           |

## 信頼型 AI 基盤システム研究ユニット

信頼型 AI 基盤システム研究ユニット

ユニット長 塩本 公平

### ■ ユニット概要

未来都市実現へ向け、「分散型識別子と完全準同型暗号を用いた連合学習の研究」と称し、データを暗号化したまま深層学習を行う技術を研究し、連合学習と準同型暗号でプライバシーを保護する。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

分散型識別子を活用した連合学習基盤の通信・オンボード手順を設計し、IEEE 主催の国際会議に論文を投稿した。Indy/Aries を用いた API 調査と NVMe-over-TCP による学習基盤を実装・評価し、国内外の学会で発表した。実数での加算と乗算が可能な準同型暗号の CKKS 方式の理論と Bootstrap の整理を行い、勾配漏洩攻撃の文献調査と連合学習モデルの脆弱性評価を進めた。

#### ◇ 次年度への展開

分散型識別子を活用した連合学習基盤の通信・オンボードに関する通信手順と API 調査に基づくシステムアーキテクチャを論文にまとめ IEEE が出版するジャーナル論文誌へ投稿予定。CKKS 方式の改善と TFHE 方式の分析を進め、国内研究会 ISEC に成果を発表予定。医療画像診断を対象に連合学習の実用性を評価し、プライバシー保護と AI 性能の両立を目指す。

### ■ 成果の概要紹介

高い認識精度の深層学習モデルを構築するためには、大規模なデータセットが必要となるが、大規模なデータセットを構築する際に、データのプライバシーの問題が大きな課題となる。本研究では、データを持ち出さずに深層学習モデルの集約を行う連合学習において、準同型暗号を用いて暗号化したまま深層学習モデルを集約し、分散型識別子を用いることで、暗号鍵と復号鍵を安全に管理し、改ざんやなりすましを防ぐアーキテクチャを研究する。ユースケースとして患者のプライバシー保護の厳格な要件がある医療画像診断へ適用する。以下の四つの課題に分けて、検討を進めた。

- ①プロトコルの検討（分担：塩本）
- ②デモシステムの実装（分担：塩本）
- ③準同型暗号アルゴリズムの評価と検討（分担：林，塩本）
- ④医療画像診断のユースケースの検討（分担：塩本）

#### テーマ1：プロトコルの検討（分担：塩本）

##### 研究背景

連合学習においては、学習データを保持したまま各クライアントが協調的にモデル学習を行うため、セキュアかつ認証された通信が不可欠である。分散型識別子（DID）を用いた新しい識別・認証の枠組みの適用を試みる。

##### 実施内容と成果

- ・ クライアント・サーバが DID を管理する**ブロックチェーン基盤にオンボード**するプロセスを設計。
- ・ 認証方式としてゼロ知識証明（ZKP）を導入し、第三者による傍受・改ざんを防止。



- 通信内容（モデルや勾配などの暗号データ）は、ブロックチェーンとは別のオフチェーンストレージに保存し、ブロックチェーン上にはメタデータのみを記録する構成を提案。
- 提案プロトコルは IEEE NetSoft 2025 に投稿済み。現在はプロトコルの実装と評価環境の構築を進行中。

#### 今後の展開

オンボーディングおよび通信手順を実装・評価した上で、2025 年度中に IEEE TNSM へのジャーナル投稿を計画している。

### テーマ 2：デモシステムの実装（分担：塩本）

#### 研究背景

本課題では、分散型識別子（DID）を用いたセキュアなオンボーディングおよび通信機構のデモ実装と並行して、連合学習および生成 AI システムを支える深層学習基盤の整備に取り組んだ。特に今年度の実装と性能評価を通じて、**学習基盤のアーキテクチャが全体システムの信頼性・スケーラビリティ・性能に直結する重要な要素であることを再認識した。**

加えて、学術研究支援を目的とした RAG（Retrieval-Augmented Generation）システムの構築にも着手し、GPU リソースと大規模ベクトルデータベースを統合的に扱う必要性が顕在化した。RAG は生成系 AI の応用例として急速に注目されており、特に論文や専門文献を対象とした**高信頼な情報抽出と生成の実現には、システム全体の設計最適化が不可欠である。**

このような実践的知見を踏まえ、今後は DID や HE に加えて、**深層学習基盤を研究の主要テーマの一つとして明確に位置づける方針とした。**

#### 実施内容と成果

- DID の実装に関しては、Hyperledger Indy/Aries の API を用いてオンボーディングプロセスを構築。
- NVMe-over-TCP を活用したストレージ分離型アーキテクチャを構築し、SPDK を用いたスループット・レイテンシ・CPU 負荷の詳細な評価を実施。
- 実験により、MTU 変更の効果は限定的であること、RoCE の方が NVMe SSD の性能を最大限に発揮できること、NVMe-over-TCP は 100GbE ネットワークでのスループットを完全には引き出せないことを確認。
- GPU クラスタにおける ResNet152 のレイヤー分割実験を通じて、GPU 間でのメモリ使用量・使用率のバランス最適化に関する知見を獲得した。

#### RAG システムの構築と評価（追加成果）

- LLaMA 3.1 ベースの RAG システムを開発し、Max Token 値の変化による GPU リソースの使用傾向を評価した。
- ベクトルデータベースの規模と検索時間の関係についても評価を行い、大規模化による検索遅延やキャッシュ効率低下、メモリアクセス遅延などの課題を定量的に確認。
- 今後は、GPU 最適化や並列データ転送手法を用いたシステム最適化を進め、RAG を活用した大規模知識統合の社会実装へと展開する。

#### 今後の展開と位置づけ

今年度の実装・評価を通じて、深層学習基盤は DID や HE と並ぶ基幹技術領域であることを確認した。今後は、信頼性と性能を高めるためのスケーラブルかつセキュアな計算基盤の設計・運用に重点を置き、国際論文誌（IEEE TNSM など）への投稿および学会展開を進める。

### テーマ 3：準同型暗号アルゴリズムの評価と検討（分担：林、塩本）

#### 研究背景

連合学習におけるモデルのセキュリティは重要課題であり、準同型暗号 (Homomorphic Encryption, HE) による保護が注目されている。特に、CKKS 方式は実数演算に適しており、深層学習モデルの重み・勾配の暗号化に適する。

#### 実施内容と成果

- **CKKS 方式**の理論的背景を詳細に調査。特に以下の構成要素を整理：
  - LWE/RLWE 問題とセキュリティの関係
  - Canonical Embedding、Vandermonde 行列によるエンコード
  - 加算・乗算演算、Relinearization、Rescaling 操作
  - 円分多項式の活用と精度向上の設計論
- 実装には **TenSEAL ライブラリ** を用い、 $100 \times 100$  行列に対する暗号化・復号、重みベクトルの処理性を評価。
- 実行時間・メモリ消費量・オーバーヘッドを定量化。
- 精度劣化への対応策として、**Bootstrap 方式**や IH 法の分析も実施。

#### 今後の展開

- 結果を ISEC 研究会 (2025 年 7 月) にて発表予定。
- TFHE や CKKS-SIMD など、ハードウェア実装への展開可能な方式についても調査を進める。

### テーマ 4：医療画像診断のユースケースの検討 (分担：塩本)

#### 研究背景

医療データは高いプライバシー要件を持つため、連合学習による分散型学習が有効である一方、勾配情報からの**データ復元攻撃**のリスクも存在する。

#### 実施内容と成果

- COVID-19 患者の胸部 X 線画像を含む BrixIA データセット (約 200 枚) を使用。
- ResNet アーキテクチャを用いて学習し、各クライアントから送信される**勾配情報**を用いて再構成攻撃を実施。
- 評価指標：MSE (平均二乗誤差)、PSNR (ピーク信号対雑音比)、SSIM (構造的類似度)。
- 結果：
  - ランダムシードにより再構成精度にばらつきあり。
  - 特に SSIM が 0.6 以上で安定するケースも確認され、**構成次第で攻撃に対する耐性が変動することを実証**。

#### 今後の展開

- 勾配の難読化やスパース化、HE との組み合わせによるセキュリティ強化策の検討。
- 医療機関との連携を視野に、**プライバシーと診断性能のバランス最適化**を探る。

#### まとめ

本年度の研究では、連合学習におけるセキュアな通信、識別子管理、準同型暗号、実データによる攻撃耐性評価といった多面的な視点からの検討を通じて、実装および理論の両面で重要な知見を得ることができた。来年度はこれらの成果をまとめ、国際論文誌や学会発表を通じてより広く展開する予定である。

### ■ 研究業績

◇ 査読付き論文 計 1 件

- (1) T. Oyama and K. Shiimoto, "Implementation of NVMe Over TCP Using SPDK and Its Performance Measurement," 2024 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR), Seattle, WA, USA, 2024, pp. 13-18, doi: 10.1109/CQR62340.2024.10705884.

◇ 国際会議 計 4 件

- (1) Chikara Yako, Masahiro Hayashi, "Rounding-Error-Free over Real Numbers, IPOP2024, T1-3, June 2024.
- (2) Eishun Yokozeki, Masahiro Hayashi, "Concealing formulas in fully homomorphic encryption used in network reliability", IPOP2024, T3-2, June 2024.
- (3) T. Oyama and K. Shiimoto, "Implementation of NVMe Over TCP Using SPDK and Its Performance Measurement," 2024 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR), Seattle, WA, USA, 2024, pp. 13-18, doi: 10.1109/CQR62340.2024.10705884.
- (4) Alessio Sacco and Kohei Shiimoto, "Modeling Networking Problems and Stochastic Environments with Multi-Agent Reinforcement Learning," Tutorial, IEEE Global Communications Conference (GlobeCom), Cape Town, South Africa, December 2024

◇ 国内会議 計 2 件

- (1) 大山, 塩本, 「NVMe over TCP の SPDK を用いた実装と性能測定」, 電子情報通信学会 PN 研究会 6 月 2024 年
- (2) 塩本, 「深層学習のための大規模並列計算基盤に関する研究動向」, 電子情報通信学会 PN 研究会 8 月 2024 年

## ■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務     | 専門分野               |
|----------|-------|-----------|--------------------|
| ユニット長・教授 | 塩本 公平 | [情報工学部]兼務 | コンピュータネットワーク、データ科学 |
| 准教授      | 林 正博  | [理工学部]兼務  | 信頼性、セキュリティ         |

◇ 学生数 博士後期課程： 0 名、博士前期課程： 0 名、学部 4 年生： 4 名

## ■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 1 件、国際会議 3 件、国内会議 1 件

◇ 学生の主な就職先

キャノン IT ソリューションズ株式会社、SB テクノロジー、NTT データ、NEC、ソフトバンク、大学院進学

## ■ 社会貢献

### ◇ 出張授業

横須賀大津高校(塩本)

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------|
| 塩本公平 | 電子情報通信学会 総合大会 プログラム委員長                                             |
| 塩本公平 | IEEE HPSR 2025, General Co-Chair                                   |
| 塩本公平 | IEEE Transactions Network and Service Management, Associate Editor |
| 塩本公平 | 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究専門委員会 委員長                                   |
| 林 正博 | 電子情報通信学会 総合大会 実行委員                                                 |
| 林 正博 | 東京都「島しょ地域情報通信環境に関する調査検討委託技術審査委員会」特別委員                              |

## 住環境デジタルツイン研究ユニット

住環境デジタルツイン研究ユニット

ユニット長 岩下 剛

### ■ ユニット概要

「住環境デジタルツインを用いたフェーズフリー室内環境調節手法に関する研究」と称し、実際の住環境における環境要素（温湿度、CO<sub>2</sub>濃度等）モニタリングと住環境スペック（換気設備、冷暖房設備、窓、扉、平面計画等）の360°画像VRデータをリンクさせたものを、「住環境デジタルツイン」とし、「住環境デジタルツイン」が在室者の住環境アフォーダンスを向上させ、省エネにも対応できる的確な「フェーズフリー」環境調節法を提案する。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

研究対象フィールドとして、冷暖房設備が新しく導入され、その操作方法が定着しておらず、冷暖房エネルギー消費量の多い学校体育館である東京都市大学付属等々力中高体育館を選択した。当体育館において温湿度、CO<sub>2</sub>濃度の計測を行った。計測結果を施設管理者へのリアルタイム計測データの開示は行っていなかった第一期間、インターネットを介したCO<sub>2</sub>濃度・室温計測データの学校事務担当者へのリアルタイム開示を行った第二期間を設定した。これと併行して、住環境スペック（冷暖房設備、窓、扉、平面計画等）を360°画像データ化し、ウォークスルーできる3D空間映像を作成した。

#### ◇ 次年度への展開

冷暖房設備の設置による当該体育館のエネルギー消費量（電気料金）への影響をふまえた上で、リアルタイムの計測データの施設管理者・教育担当者への開示が、その後の冷暖房稼働状態へ及ぼす影響を分析する。2024年度に作成した住環境スペックの3D画像を施設管理者・教育担当者へ見せることによって、その後の冷暖房稼働状態へ及ぼす影響を分析する。リアルタイムの計測データの開示と住環境スペックの3D画像を組み合わせた画像を作成する。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】住環境デジタルツインを用いたフェーズフリー室内環境調節手法に関する研究

##### 1.はじめに

夏期における熱中症事例は数多く報告されており、熱中症は学校事故の中でも深刻な問題として捉える必要がある。近年、熱中症対策や学習意欲向上を図るため教室内冷房導入が進んでいるが、学校体育館への冷房導入率は教室に比べ高くはなく、令和6年9月の時点で全国では22.1%である。しかし、学校体育館は災害時の避難施設としての機能があり、実際に東京都世田谷区では、令和元年東日本台風の際、区立の6つの小中学校体育館が避難所として使用された。令和6年9月の時点で東京都の公立小中学校体育館における冷房設置率は88.3%、東京都の公立高校体育館における冷房設置率は62.2%である。冷房設置が進む一方、学校体育館における冷房使用実態に関する研究は少ない。

学校体育館の場合、設備管理の専門家の常駐は無く、体育館を利用する教員が冷房機器の稼働/非稼働を行うことが多い。冷房稼働時の体育館室温状態を把握することなしに教員、生徒、学校管理者は体育館冷房を利用している。省エネおよび健康性を考慮し、合理的な体育館冷房機器の運用をするためには、居住者（ユーザー）に室内各場所のリアルタイムの室温を提示することが重要と考え、室内の3D画像と室内環境（温湿度、



CO<sub>2</sub>濃度) のリアルタイムモニタリングをリンクさせ「住環境デジタルツイン」とするシステムを構築することを目的とした。ここで 2024 年夏季に冷房を設置した、都市大等々力中高体育館における冷房稼働状況について報告する。

## 2. 実測方法

### 2.1 実測箇所

2024 年夏期に 4 馬力 (11.2 kW) の壁掛け型エアコンが 10 台設置された都市大等々力中高体育館において温湿度・CO<sub>2</sub>濃度の実測を行った。計測点を図 1 に示す。なお、2 階キャットウォーク部にも、温湿度・CO<sub>2</sub>濃度の計測点を設置している。

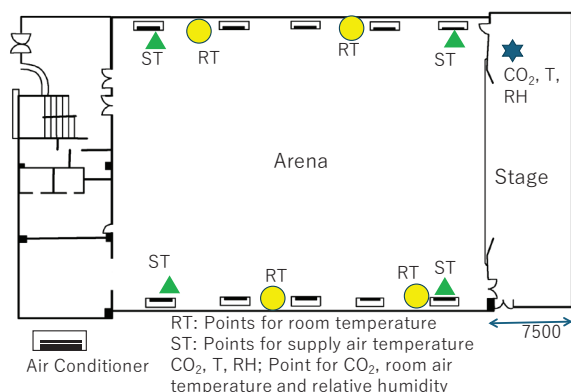


図 1 体育館計測点

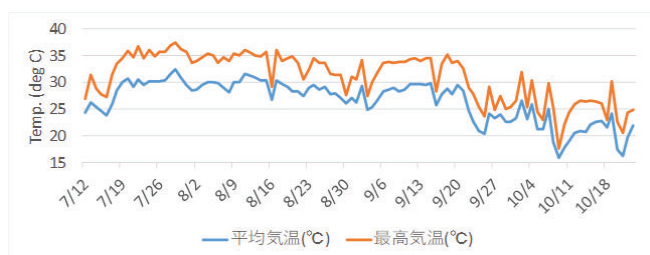


図 2 2024 年 7 月 12 日～10 月 22 日の東京気象台データ

### 2.2 実測期間

当体育館には、2024 年 7 月上旬に冷房機が設置され、7 月 11 日から冷房稼働が開始された。一方、CO<sub>2</sub>濃度・室温の計測は 2024 年 7 月 11 日から開始したが、9 月 1 日までは、計測結果をメモリーに記録するのみで施設管理者へのリアルタイム計測データの開示は行っていなかった（第一期間）。その後、2024 年 9 月 2 日に、インターネットを介した CO<sub>2</sub>濃度・室温計測データの学校事務担当者へのリアルタイム開示システムを設置し、情報を開示した（第二期間）。

## 3. 実測結果（第一期間、第二期間）

### 3.1 外気温

図 2 に 2024 年 7 月 12 日から 10 月 22 日までの東京気象台の外気温データ（日平均気温および日最高気温）経時変化を示す。日平均気温は 9 月 22 日以降 30℃を下回るようになっている。

### 3.2 冷房稼働時の室温

図 3 に体育館が在室状態でかつ冷房稼働時の 2 階 CO<sub>2</sub>濃度 (2F\_CO2)、体育館 1 階の平均室温 (RT\_1F\_Av) および吹出口温度の平均温度 (ST\_Av) の経時変化を示す。上段が第一期間、下段が第二期間である。ここでは在室状態として CO<sub>2</sub>濃度 (2F\_CO2) が 600ppm 以上のデータのみを、冷房稼働時として「室温－吹出口温」が 3℃以上のみを用いて図を作成した。在室状態でかつ冷房稼働時では、室温は第一期間では 28～30℃程度の範囲に、第二期間では 25～28℃程度の範囲に収まっていることがわかる。CO<sub>2</sub>濃度もほぼ 1000ppm 以内に収まっている。

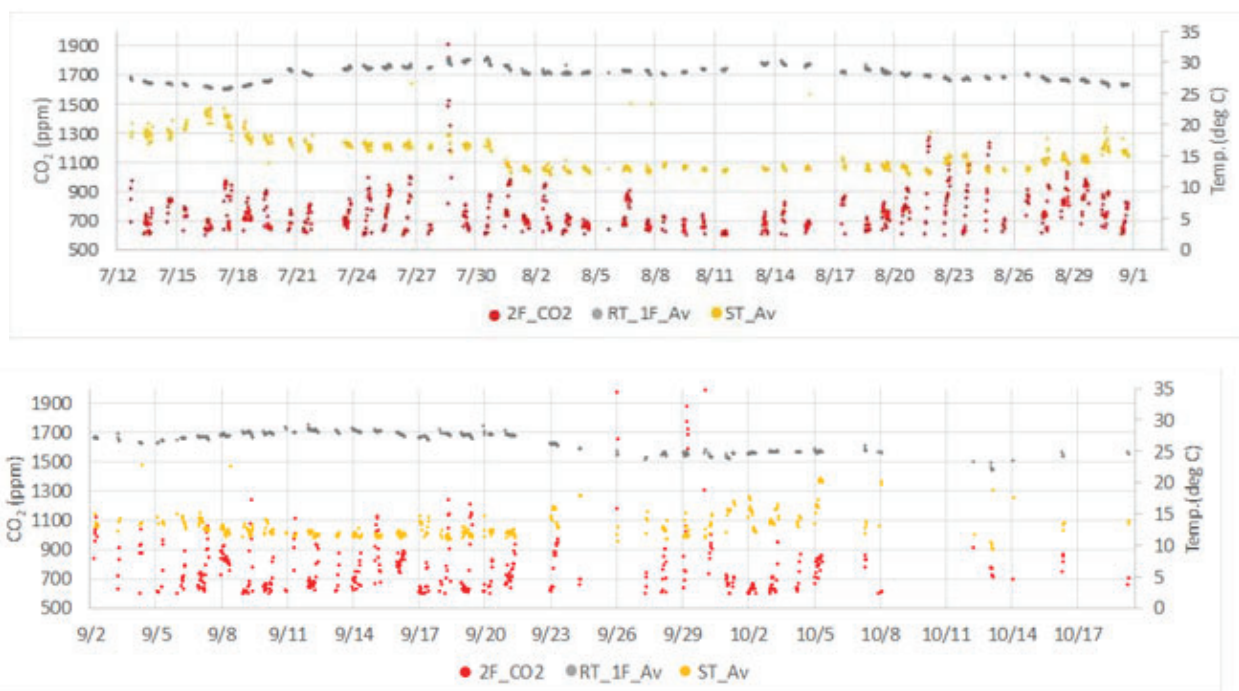


図3 在室状態で、かつ冷房稼働時の2階CO<sub>2</sub>濃度(2F\_CO2)、体育館1階の平均室温(RT\_1F\_Av)および吹出口温度の平均温度(ST\_Av)。上段が第一期間、下段が第二期間

### 3.3 WBGT からみる冷房稼働の効果

暑さ指数(WBGT(湿球黒球温度): Wet Bulb Globe Temperature)は、熱中症を予防することを目的として1954年にアメリカで提案された指標であり、以下の式で算定される。

(屋外の場合)  $WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$

(室内の場合)  $WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.3 \times \text{黒球温度}$

体育館の場合、室内の式を用いるが、日射の影響は無いと想定すると、黒球温度の代わりに乾球温度(通常の室温)を代入してWBGTを算定することができる。

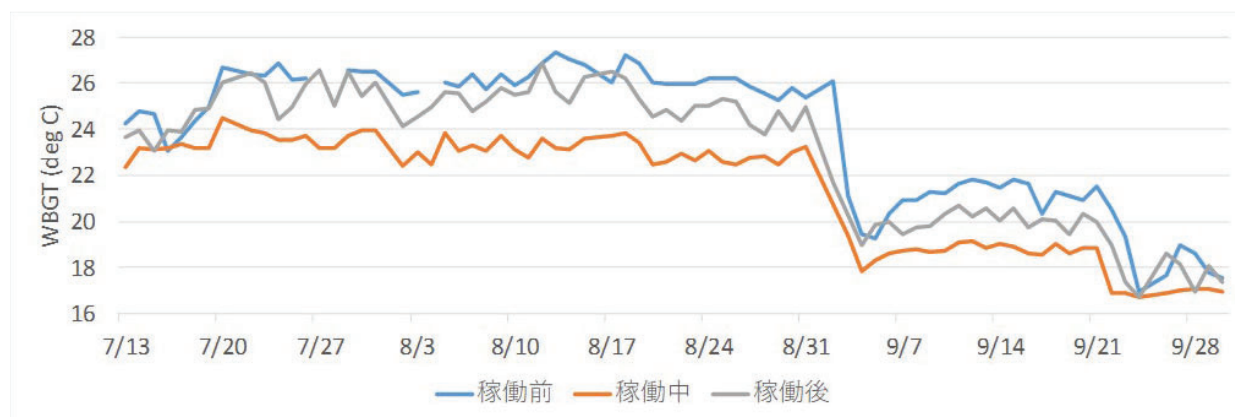


図4 1日における冷房稼働前の平均WBGT、冷房稼働中の平均WBGT、冷房稼働後の平均WBGTの経日変化

上記したように室温は冷房稼働により低下し、冷房稼働を停止することにより上昇する。すなわち冷房開始前の6:00~7:30頃のWBGTは高く、冷房稼働中はWBGTは低下し、19:00頃の冷房停止以降は再びWBGTが上昇することが想定される。そこで、7月13日~9月30日の期間の各冷房稼働日における冷房開

始前の時間帯の平均 WBGT、冷房稼働中の平均 WBGT、冷房稼働後の平均 WBGT を図 4 に示す。各冷房稼働時において、時間帯として朝は 6:00 から、夜は 22:00 までを設定している。7～8 月は冷房稼働前の WBGT は 25℃以上である温熱環境が冷房稼働により 24℃以下に低減されることがわかる。冷房稼働により運動環境が警戒レベルから注意レベルに移行することがわかる。

### 3.4 秋季における冷房稼働

図 2 に示す通り、9 月下旬を過ぎると、平均外気温は 25℃を下回り、冷房を必要としない日も散見されるが、図 3 を見ると、冷房稼働日は多い。9 月および 10 月における外気温階級別の等々力中高体育館における冷房稼働率を図 5 に示す。図 5 を見ると 25℃以下の外気温においても 40%程度の稼働率となっていることがわかる。6～7 月の冷房開始時期は、在室者が「暑さ」を知覚し冷房開始を行うが、冷房稼働が習慣化された後、秋に入り外気温が低下し、冷房稼働が必要でなくなった時に冷房稼働を止める意思決定は難しいのではないと思われる。秋に「寒さ」を感じるほど外気温が低下していれば、当然、冷房稼働は停止するであろうが、「それほど暑くない」という状態を在室者が知覚するには、温湿度のリアルタイムデータを在室者や管理者に提示することが重要なのではないかと考え、リアルタイム温湿度データが学校管理者による教室冷房稼働へ及ぼす影響を分析した。なお、この考察で用いる環境は等々力中高体育館ではなく、宮崎県の T 小学校教室である。この学校は中央式の冷房設備を有する小学校であり、教頭が冷房稼働を任意に決定している。この学校で①リアルタイムデータを教頭に提示した年度（2021、2022 年）場合と、②教頭に提示しなかった年度（2023 年）を設定した。図 5 に 9 月および 10 月における外気温階級別の T 小学校教室における冷房稼働率を示す。これをみると、住環境リアルタイムデータの教頭への提示を行った 2021 年、2022 年は外気温が 22℃以下での冷房稼働が無かった一方、提示をしなかった 2023 年は外気温 22℃以下での冷房稼働があったことがわかる。住環境リアルタイムデータの教頭への提示によって、適切な時期における冷房停止行動の促進が期待される。

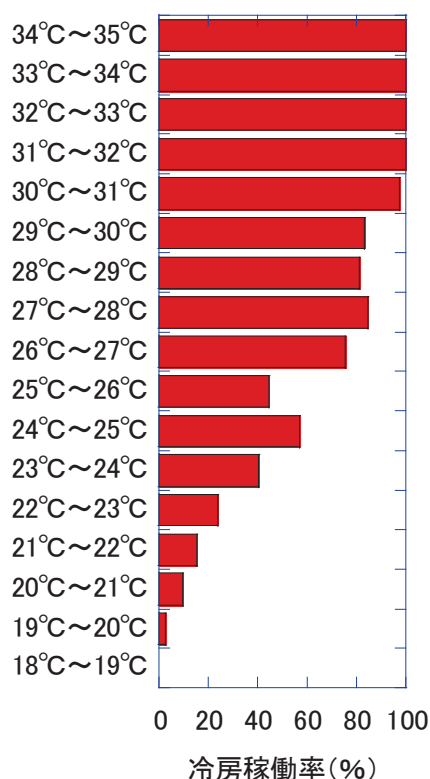


図 5 等々力中高体育館の 9、10 月の外気温別冷房稼働率

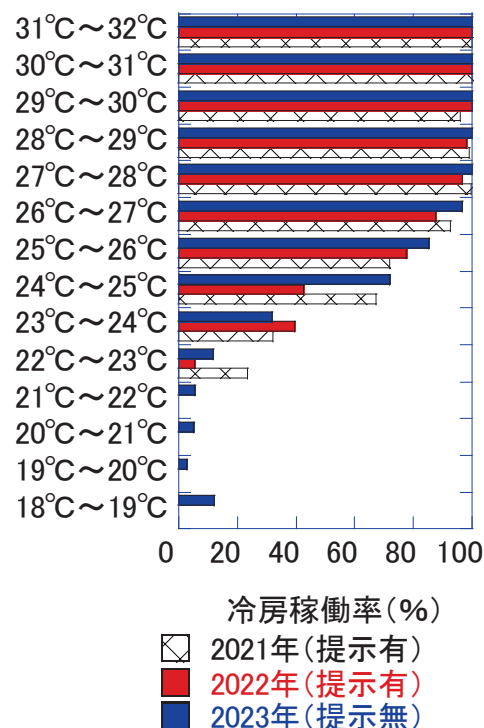


図 6 T 小学校教室の 9、10 月の外気温別冷房稼働率

## ■ 研究業績

◇ 国内会議 計 1 件

(1) 学校冷房使用における住環境デジタルツインの活用に関する基礎的研究 その 1 冷房設置後の学校体育館の温熱環境と計測データの提示について、岩下、佐久間、小見、中川、2024 年度日本建築学会関東支部研究報告集、2025 年 3 月

## ■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務          | 専門分野         |
|----------|-------|----------------|--------------|
| ユニット長・教授 | 岩下 剛  | [建築都市デザイン学部]兼務 | 建築環境         |
| 教授       | 小見 康夫 | [建築都市デザイン学部]兼務 | 建築生産         |
| 准教授      | 中川 純  | [建築都市デザイン学部]兼務 | 建築計画         |
| 准教授      | 須藤 美音 | [建築都市デザイン学部]兼務 | ファシリティマネジメント |

◇ 学生数 博士後期課程：0 名、博士前期課程：2 名、学部 4 年生：2 名

## ■ 主要な外部資金実績

事業名 基盤研究 (B) 2024 年度経費：210 万円  
「福祉・教育施設の環境モニタリングを用いたコロナ禍後の環境調整手法の有効性評価」研究代表 (岩下剛)

## ■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 0 件、国際会議 0 件、国内会議 7 件 作品 0 件

◇ その他

◇ 学生の主な就職先

JR 東日本、川崎市役所、横浜市住宅供給公社、警視庁、NTT ファシリティーズ

## ■ 社会貢献

◇ 出張授業

横浜隼人高校(岩下剛、テーマ「学校環境を科学する」)

## 重点推進研究ユニット

「人工知能と信号処理技術を駆使した重力波探査と重力波物理学・天文学」

ユニット長 高橋 弘毅

### ■ ユニット概要

重力波の探索では、非常に大きなノイズの中から微かな重力波信号を取り出す必要がある。本研究では、人工知能（AI）を用いた超新星爆発などから放射される波形の予測が難しい“バースト的”重力波を探索する手法の開発を行う。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

- (1) 人工知能（AI）と Hilbert-Huang 変換（HHT）を用いた突発性雑音分類手法の開発を進めた。
- (2) AI と HHT を用いた重力波探査手法の開発を進めた。
- (3) (1)と(2)の深層学習を用いた突発性雑音分類、重力波探査手法の開発と並行して、HHT を用いたデータ処理の改良を進めた。
- (4) 計算コストの増大を想定して、2024 年度前半には、サーバラックの拡張とサーバラックへの電源の引き込みを実行して、後半には、既存のデータ解析システムに計算ノード（計算サーバ）を追加導入し、既存のデータ解析システムとの統合作業を進め、現在安定に運用中である。

#### ◇ 次年度への展開

上記(1)(2)ともに、HHT により作成した高解像度な時間-周波数マップを入力に使用する、または、HHT により得られた瞬時振幅や瞬時周波数を直接入力に使用するなどの改良が来年度前半の中心的なテーマとなる。さらに、要素技術は 2024 年度まででそろいつつあるため、2025 年度は目標に実現に向けて、さらに発展・統合していくフェーズとなる。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】人工知能（AI）と Hilbert-Huang 変換（HHT）を用いた突発性雑音分類手法の開発

畳み込み深層ニューラルネットワークを用いた手法を提案し評価を進めた。この手法は、大きく2つのプロセス（特徴量学習と分類・除去）から構成している。具体的には、変分オートエンコーダにより突発性雑音の潜在変数（特徴量）を抽出し、スペクトラルクラスタリングにより分類する手法を開発・評価している。2024 年度は、特に、Uniform Manifold Approximation and Projection を用いた潜在変数の可視化、および、その可視化を用いた突発性雑音の分類の理解に力を入れ進めた。概ね予想していたパフォーマンスとなったため評価結果などを論文としてまとめ出版した（学術論文 3, 4）。

KAGRA のテスト観測データを用いて、開発した突発性雑音分類の解析パイプラインのテストと評価を実施し、現在、その結果を論文としてまとめる作業を進めており、Physics Letters B 誌に投稿予定である。

#### 【テーマ2】AI と HHT を用いた重力波探査手法の開発

深層学習（1次元畳み込みニューラルネットワーク（1D-CNN）や2次元畳み込みニューラルネットワーク（2D-CNN））を用いた重力探査手法についてはプロトタイプを作成を終え、LIGO O3 のノイズデータと超新星爆発のシミュレーション、および、ブラックホールや中性子星などのコンパクトな星の連



星の合体から得られる重力波波形を用いたテストを進め結果が得られた。1D-CNN と 2D-CNN の推定結果はお互い着目している波形部分が違うということを定量的に示し、1D-CNN と 2D-CNN の両方を使用しアンサンブルした方がより検出効率がよくなることを示した。従来の研究では定性的には予想されていたが、定量的に初めて結果を得て論文としてまとめ昨年度末に出版をした。また、超新星爆発から放出される重力波を検出した際に用いることを念頭に HHT を用いた超新星爆発の原始中性子星のパラメータを推定する新たな手法を開発・評価をして、その結果をまとめ *Physical Review D* 誌に掲載をした（学術論文 2）。

(1)(2)ともに、HHT により作成した高解像度な時間-周波数マップを入力に使用する、または、HHT により得られた瞬時振幅や瞬時周波数を直接入力に使用するなどの改良が来年度前半の中心的なテーマとなる。

### 【テーマ 3】データ解析の実行

#### (3-i) AI+HHT を用いた探査

(1)と(2)の深層学習を用いた突発性雑音分類、重力波探査手法の開発と並行して、HHT を用いたデータ処理の改良を進めている。特に、HHT の中で用いているアルゴリズムの改良をすることで、昨年度の改良より大幅にデータ処理の精度を上げることに成功したため、その成果を論文としてまとめる準備を進めている。

#### (3-ii) 観測データへの適用

今年度も、観測（O4）のデータに対して、オフラインで解析を行う計算コストの増大を想定して、2024 年度前半には、サーバラックの拡張とサーバラックへの電源の引き込みを実行して、2024 年度後半には、既存のデータ解析システムに計算ノード（計算サーバ）を追加導入し、既存のデータ解析システムとの統合作業を進め、現在安定に運用中である。

オフラインの解析は、より詳細なデータを各望遠鏡のデータセンタセンタより取得する必要がある。一方で、横浜キャンパスの基幹スイッチからサーバ室までの学内ネットワークが 1Gbps のネットワークでありボトルネックとなり得る可能性があることが判明した。そのため、来年度前半に、ネットワーク構成の再検討を進めることとした。

### 【テーマ 4】プログラム群のライブラリー化

IGWN（International Gravitational-Wave observatories Network）ソフトウェア開発チームにコンタクトを取り、ソフトウェアのライブラリー化に向けての意見交換を始めている。具体的には、HHT の主要部分に関しては、すでにライブラリー化はほぼ完了しており、IGWN Conda 環境に組み込むための作業について、意見交換を進めている。

### ■ 研究業績

研究業績や外部資金実績などは、宇宙科学研究センターの項目を参照

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務                       | 専門分野                    |
|----------|--------|-----------------------------|-------------------------|
| ユニット長・教授 | 高橋 弘毅  | [デザイン・データ<br>科学部]兼務         | 重力波物理学・天文学，お<br>よび，人工知能 |
| 准教授      | 津村 耕司  | [理工学部]兼務                    | 天文学                     |
| 教授       | 大橋 正健  | 東京大学<br>宇宙線研究所<br>重力波観測研究施設 | 重力波物理学・天文学              |
| 准教授      | 内山 隆   | 東京大学<br>宇宙線研究所<br>重力波観測研究施設 | 重力波物理学・天文学              |
| 教授       | 宗宮 健太郎 | 東京科学大学<br>理学院 物理学系          | 重力波物理学・天文学              |
| 講師       | 大前 佑斗  | 日本大学<br>生産工学部               | 人工知能                    |

## 重点推進研究ユニット

### 「ペロブスカイト太陽電池の社会実装を目指した包括的研究」

ユニット長 石川 亮佑

#### ■ ユニット概要

高効率・高耐久ペロブスカイト太陽電池の開発から屋外発電特性の評価まで包括的に研究することでペロブスカイト太陽電池の社会実装を目指す。

#### ■ 研究成果の概要

##### ◇ 主要な研究成果

【テーマ①】軽量フレキシブルなペロブスカイト太陽電池の開発においては、薄型シリコンヘテロ接合太陽電池をボトムセルとした軽量フレキシブルなペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池を開発し、セル面積  $1\text{cm}^2$  で 26.8% という高効率を達成した。

【テーマ②】ペロブスカイト太陽電池の評価においては、ペロブスカイト/電子輸送層の界面の状態に関して SPring8 放射光施設の HAXPES 分析を試みた結果、実デバイスと同じ積層構造におけるバンドアライメント状態を評価できることが明らかになった。

【テーマ③】屋外発電特性の評価解析においては、本支援で昨年度導入した MPPT 測定を用いて、測定法が高効率・高耐久ペロブスカイト太陽電池（他研究機関との共同研究）の劣化特性に与える影響を調査し、新たな知見が得られた。本年度から新たに企業との共同研究が始まり、ペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池の屋外発電・劣化特性を評価し、季節によるスペクトル変化が劣化特性にも影響することを明らかにした。

##### ◇ 次年度への展開

高効率化が達成された軽量フレキシブルなペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池の屋外発電特性の評価と実証試験に取り組む。本組織の特色を活かして、今年度から始めたペロブスカイト/カルコパイライト系タンデム太陽電池についても高性能化を目指す。

#### ■ 成果の概要紹介

##### 【テーマ1】軽量・フレキシブルなペロブスカイト/シリコンタンデム型太陽電池

薄型 Si 基板を用い、高効率・軽量かつ屈曲性を有するペロブスカイト (PVK) /Si ヘテロ接合 (SHJ) タンデム型太陽電池の開発を行っている。これまでに、Si の厚さが  $84\mu\text{m}$  で 26.7% の変換効率が得られている(図 1)。一方、薄型化するため、長波長域における外部量子効率低下によるボトムセル電流の低下という問題を有していた。そこで、本年度は、これを改善すべく両面受光・薄型 PVK/SHJ タンデムセルの研究開発を行った(図 2)。

SHJ ボトムセルは、厚み  $\sim 80\mu\text{m}$  の CZ Si 基板に対し、トップセル側表面には高さ  $< \sim 1\mu\text{m}$  のマイクロテクスチャ ( $\mu\text{-Tex}$ )、裏面側表面には高さ  $2\sim 3\mu\text{m}$  程度の通常テクスチャを形成し、裏面電極に Ag グリッド電極を用いることで裏面受光可能な構造とした。一方、トップセル PVK については、裏面への照射光強度により電流バランスする PVK 膜の最適バンドギャップ ( $E_g$ ) が変化することから、今回は  $E_g \sim 1.5\text{eV}$  の組成とした膜を用いた。PVK 膜の狭バンドギャップ化によるトップセル吸収端の長波長シフトにより、トップセル電流が  $3.4\text{mA}/\text{cm}^2$  増大して  $22.1\text{mA}/\text{cm}^2$  が得られた。裏面光照射によるボトムセル電流増大によりトップセルとの電流バランスが実現できれば、薄型 Si 基板を用いても  $I_{sc} > 22\text{mA}/\text{cm}^2$  のタンデムセルが形成できることが示唆された。

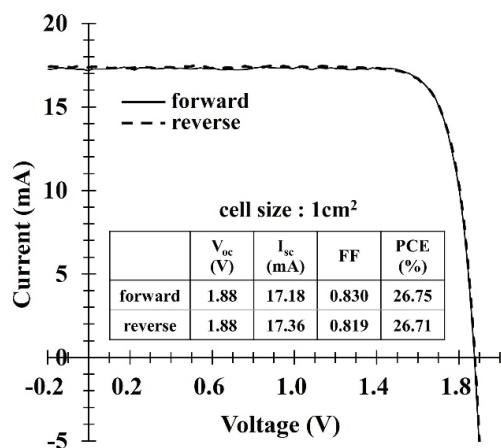


図 1 変換効率 26.7%の両面受光・PVK/Si タンデム太陽電池

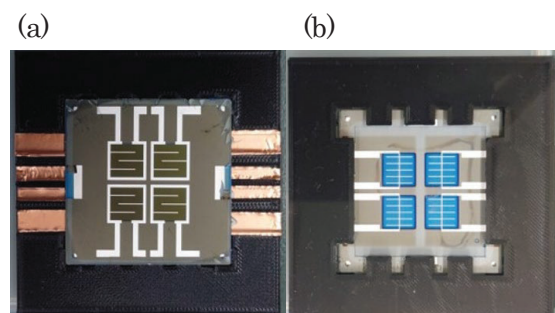


図 2 表側から(a)でも、裏側から(b)でも光照射可能な両面受光・PVK/Si タンデム太陽電池

### 【テーマ②】光電子スペクトル解析およびデバイス解析によるペロブスカイト太陽電池の評価

ペロブスカイト太陽電池の評価においては、ペロブスカイト/電子輸送層の界面の状態に関して SPring8 放射光施設の HAXPES 分析を試みた結果 (図 3)、実デバイスと同じ積層構造におけるバンドアライメント状態を評価できることが明らかになった (図 4)。

装置: BL09XU @SPring-8

( $h\nu = 7935.0 \text{ eV}$ )



Detected Photoelectron: Sn 4d, Si 1s, VB

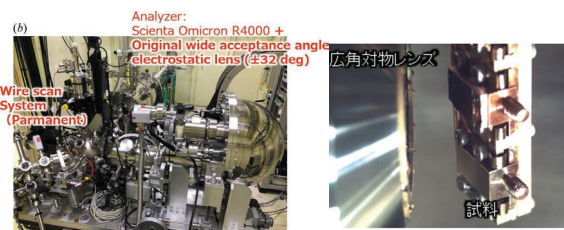


図 3 SPring8 放射光施設の HAXPES 分析

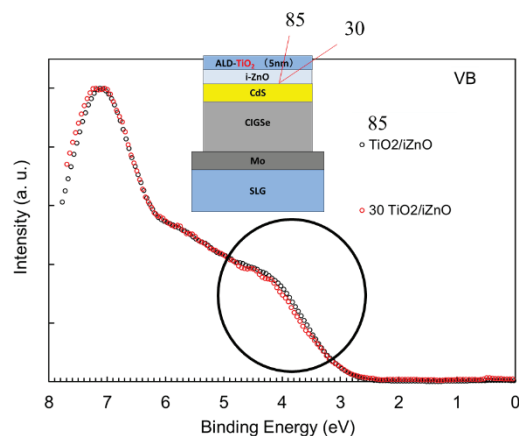


図 4 実デバイスの構造で評価した結果例

### 【テーマ③】ペロブスカイト太陽電池の屋外発電特性の評価解析

屋外発電特性の評価解析においては、本支援で昨年度導入した MPPT 測定を用いて、測定法が高効率・高耐久ペロブスカイト太陽電池 (他研究機関との共同研究) の劣化特性に与える影響を調査し、新たな知見が得られた (図 5)。本年度から新たに企業との共同研究が始まり、ペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池の屋外発電・劣化特性を評価し、季節によるスペクトル変化が劣化特性にも影響することを明らかにした (図 6)。

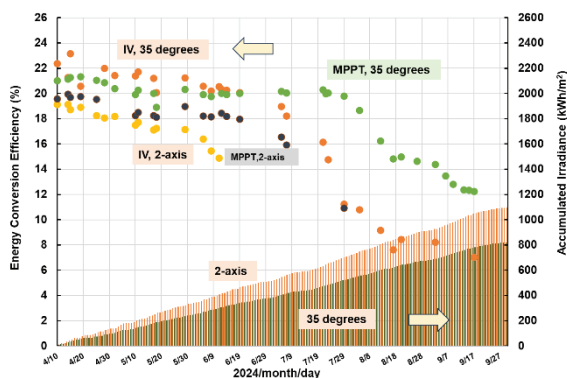


図5 2024年4月からのペロブスカイト太陽電池の屋外発電特性推移。変換効率の劣化は、曲線因子FFの劣化によるところが大きい。

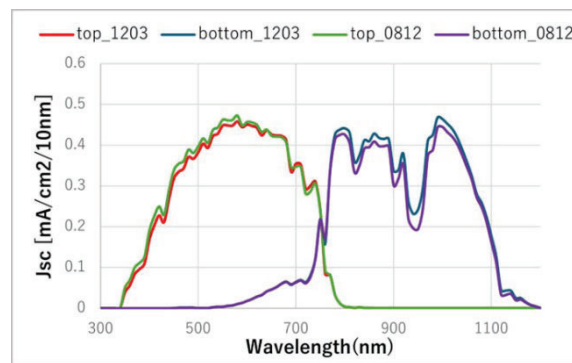


図6 季節による太陽光スペクトルの変化に伴うタンデム太陽電池の量子効率の変化がタンデム太陽電池の劣化にも影響する。

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名     | 専任／兼務    | 専門分野        |
|----------|--------|----------|-------------|
| ユニット長・教授 | 石川 亮佑  | [理工学部]兼務 | 太陽光発電、原子層科学 |
| 特別教授     | 小長井 誠  |          | 太陽光発電、半導体工学 |
| 教授       | 野平 博司  | [理工学部]兼務 | 界面科学、半導体工学  |
| 教授       | 三谷 祐一郎 | [理工学部]兼務 | 記憶素子、半導体工学  |

◇ 学生数 博士後期課程：0名、修士課程：5名、学部4年生：10名

## ■ 学生教育

### ◇ 学生の論文発表件数

国際会議 2件、国内会議 7件

### ◇ 学生の主な就職先：

NTT、三菱電機、日本電波工業など

## ■ 社会貢献

◇ 第22回科学体験教室「半導体（太陽電池）で遊んでみよう!」、2024年9月8日

◇ 第35回太陽光発電国際会議市民講座「親子でソーラーカーを作りませんか?」、2024年11月10日

### ◇ 委員

| 氏名    | 委員名一覧                              |
|-------|------------------------------------|
| 小長井 誠 | 応用物理学会運営懇談会委員、応用物理学学術・教育奨励基金委員会委員長 |
| 小長井 誠 | 日本太陽光発電学会 理事                       |
| 小長井 誠 | NEDO・壁面設置太陽光発電システム技術開発・技術検討委員会委員長  |
| 小長井 誠 | 一般財団法人材料科学技術振興財団 評議員               |
| 小長井 誠 | International PVSEC 国際諮問委員会 委員長    |
| 石川 亮佑 | 日本太陽光発電学会 理事                       |
| 石川 亮佑 | 応用物理学会 太陽光エネルギー変換機能材料・デバイス開発研究会 監事 |
| 石川 亮佑 | PVSEC-35 総務委員長                     |



## 重点推進研究ユニット

### 「イオン液体/金属有機構造体複合材料を利用した原子層チャネル 電気二重層トランジスタの開発」

ユニット長 星 裕介

#### ■ ユニット概要

半導体層状物質の単分子膜と、イオン液体を金属誘起構造体(MOF)の細孔に閉じ込めた IL/MOF 複合材料を組み合わせて、低消費電力かつ集積化に適した高性能全固体型電気二重層トランジスタの開発を進めている。

#### ■ 研究成果の概要

##### ◇ 主要な研究成果

単層二テル化モリブデンをチャネル材料として FET を作製し、その電気的特性を調べた。素子を配置する周囲の真空度に応じて伝達特性( $I_d$ - $V_G$ )が大きく変化することが分かった。この変動は、チャネルへの酸素分子および水分子の表面吸着によるキャリアトラップが大きく起因していることを明らかにした。

電気化学合成を用いて作製した HKUST-1 薄膜へのイオン液体の充填に成功した。また、その膜厚を 170 nm まで薄くすることに成功しており、電気二重層トランジスタのゲート絶縁膜として利用できる可能性を示した。

##### ◇ 次年度への展開

TMD チャネル FET と、ゲート絶縁膜となるイオン液体を充填した HKUST-1 薄膜を組み合わせ、単層 TMD チャネル電気二重層トランジスタ(EDLT)の開発を進める。TMD チャネル FET は、従来の半導体プロセスを使い素子作製すると酸化の影響で電気特性が劣化することを発見している。このため、新たに保護膜堆積などの単層 TMD の結晶品質劣化を検討しながら、集積化に適した FET および EDLT 作製プロセスの開発を進める。

#### ■ 成果の概要紹介

##### 【テーマ 1】単層 TMD チャネルトランジスタ開発と電気伝導特性の解明

研究開始当初、遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)の材料群の中から広くチャネル材料を選定する予定であったが、研究を進めた結果、電気的特性が優れている単層  $\text{MoTe}_2$  を用いて素子開発を行った。単層  $\text{MoTe}_2$  を用いた FET 素子を作製し、その電気的特性を調べた。図 1 に示すように素子周辺の真空度に依存して、ドレイン電流-ゲート電圧( $I_{\text{SD}}$ - $V_{\text{BG}}$ )特性における閾値電圧・ヒステリシス電圧( $V_{\text{H}}$ )が大きく変化することがわかった。素子周辺の真空度を  $3 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  にした後に、Air、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$  ガスで大気圧に戻した。各種ガスで大気圧にした後の  $V_{\text{H}}$  の時間変化を調べたところ、ガス種により  $V_{\text{H}}$  の時間変化が大きく変わっていることが分かった。今回実施した測定の結果から、大気中の  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  ガス分子の 1L- $\text{MoTe}_2$  表面への分子吸着が 1L- $\text{MoTe}_2$  の電気的特性に大きく影響を与えていることを明らかにした。

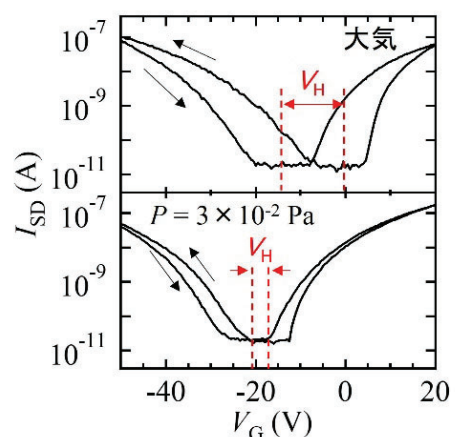


図 1. 大気圧下と圧力  $3 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  の真空度での単層  $\text{MoTe}_2$  チャネル FET の  $I_{\text{SD}}$ - $V_{\text{BG}}$  特性。

## 【テーマ2】② マイクロ鋳型を用いたゲート絶縁層用の平板単結晶 HKUST-1 の合成

ソルボサーマル法による平板型単結晶 HKUST-1 はすでに作成可能となったため、現在は有機配位子を変えた HKUST-1 類似体も視野に入れ、より薄い結晶を作成できる合成条件を検討している。また、イオン液体を高充填できる HKUST-1 の薄膜も試作した。DC スパッタ法で Si 基板上に堆積した銅を MOF 構造の金属イオン源とし、電気化学合成法で膜を成長した。銅薄膜(膜厚 300 nm 以下)に対して合成された緻密な膜の膜厚 100nm~200nm であった (図 2)。ここにイオン液体を導入したあと、FT-IR で物質同定の評価をおこなった。

(図 3) HKUST-1 の構造に由来する Cu-O や C=O 結合の信号やイオン液体に由来する S=O 結合等の信号がみられ、HKUST-1 の薄膜が形成されたことが確認できた。今後は結晶性を向上させるとともに、この薄膜を MoS<sub>2</sub> などの TDM 上に成長させる方法を検討する。

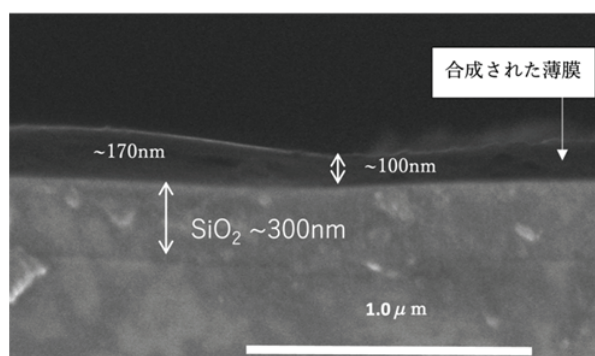


図 2. Si 基板上に堆積した銅を用いて電気化学合成した HKUST-1 薄膜の断面 SEM 像

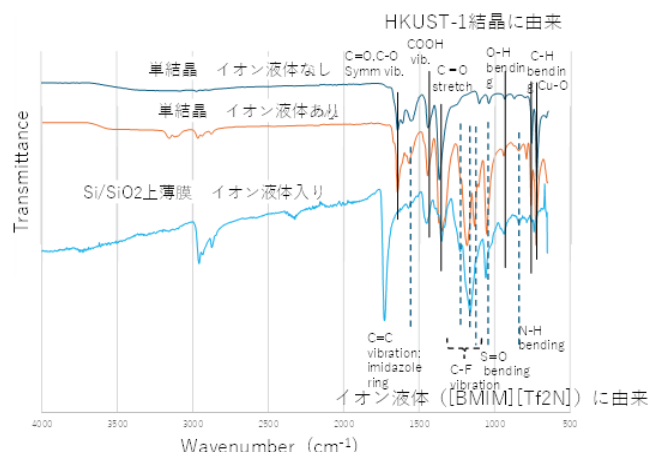


図 3. イオン液体@HKUST-1 薄膜の FT-IR スペクトル

## ■ 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計 4 件

- (1) S. Muranaka, N. Horikawa, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Anisotropic wet etching of WSe<sub>2</sub> and MoS<sub>2</sub> for twist-angle extraction of heterobilayers", *The Journal of Physical Chemistry C*, 128, 7211 (2024), doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c01228
- (2) T. Yoshimura, H. Shigeno, R. Yamamura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrical and optical properties of hBN capped MoTe<sub>2</sub> monolayers fabricated by gold-mediated exfoliation", *Physica Status Solidi (b)*, 2400374 (2024), doi.org/10.1002/pssb.202400374
- (3) N. Kojima, M. Itoi, A. Okazawa, M. Enomoto: "Dynamical Phenomena of Extended Spin Crossover System", *J. Phys. Soc. Jpn.* 93, 121001 (2024), doi.org/10.7566/JPSJ.93.121001
- (4) M. Itoi, K. Yoshimi, H. Ma, T. Misawa, T. Tsumuraya, D. Bhoi, T. Komatsu, H. Mori, Y. Uwatoko: "Combined x-ray diffraction, electrical resistivity, and ab initio study of (TMTTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> under pressure: Implications for the unified phase diagram", *Phys. Rev. Research* 6, 043308 (2024), doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.043308

### ◇ 招待講演 計 1 件

- (1) Y. Hoshi: "Development of electronic devices using transition metal dichalcogenides", Colloquium at National Yang Ming Chiao Tung University (Oct. 24 2024, Taiwan)

◇ 国際会議 計 4 件

- (1) T. Yoshimura, R. Yamamura, H. Shigeno, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrical properties of hBN-capped MoTe<sub>2</sub> monolayers fabricated by gold mediated exfoliation", The 67th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 1P-9 (Sep. 1 2024, Kochi).
- (2) T. Yoshimura, H. Shigeno, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Electrostatically Tunable PN Junction in 1L-MoTe<sub>2</sub> Formed By Gold-Mediated Exfoliation", PRiME2024, D02-1830 (Oct. 9 2024, Honolulu).
- (3) T. Yoshimura, H. Shigeno, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi, "Effect of Environmental Conditions on the Electrical Properties of MoTe<sub>2</sub> Monolayers with hBN Cap Layer", PRiME2024, G03-2338 (Oct. 9 2024, Honolulu).
- (4) T. Yoshimura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi: "Effect of Adsorption Molecules on Charge transfer in MoTe<sub>2</sub> Monolayers Prepared by Gold-Mediated Exfoliation", ISNTT2024, We-54 (Dec. 4 2024, Kanagawa)

◇ 国内会議 計 4 件

- (1) 吉村拓、滋野博史、山村陸斗、渡邊賢治、谷口尚、星裕介：「hBN/単層 MoTe<sub>2</sub> チャネル FET における電気的特性の環境依存性」第 85 回応用物理学会秋季学術講演会、17a-P01-59、2024 年 9 月 17 日
- (2) 星裕介、滋野博史、吉村拓、渡邊賢治、谷口尚：「単層 MoTe<sub>2</sub> 面内 PN 接合のキャリア密度変調による光生成電流変化」第 72 回応用物理学会春季学術講演会、15p-P05-61、2025 年 3 月 15 日
- (3) 星直人、松土拓幹、糸井充穂、横田麻莉佳、古川哲也、山中隆義、佐々木孝彦、開康一：日本物理学会第 79 回年次大会、16aPS-112 (2024 年 9 月 16 日)
- (4) 糸井充穂：日本物理学会第 79 回年次大会一般シンポジウム講演、17pE310-5 (2024 年 9 月 17 日)

■ 研究体制

◇ 教員・研究員

| 職名        | 氏名    | 専任／兼務     | 専門分野  |
|-----------|-------|-----------|-------|
| ユニット長・准教授 | 星 裕介  | [理工学部] 兼務 | 半導体工学 |
| 教授        | 糸井 充穂 | [理工学部] 兼務 | 固体物性  |

◇ 学生数 博士前期課程： 2 名、学部 4 年生： 9 名

■ 主要な外部資金実績

|                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 科学研究費補助金、基盤研究(C) 2024 年度 208 万円「局所電場制御による近赤外円偏光検出と円偏光検出方向制御の実現」研究代表（星）、研究分担者（石川） |
| 受託研究（株）パナソニック 2024 年度 550 万円「光触媒応用に向けた新材料の物性調査に関する研究」研究代表（星）                     |

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 2 件、国際会議 4 件、国内会議 1 件

■ 社会貢献

◇ 委員

| 氏名 | 委員名一覧                             |
|----|-----------------------------------|
| 星  | SSDM2024 Area 8 Program Committee |

## 重点推進研究ユニット

「 Development of 6-degree-of-freedom magnetic levitation slipper for rocket sleds using high precision servo technology 」

ユニット長 藪井 将太

### ■ ユニット概要

ロケットスレッドは地上にて高速度・高加速度の試験環境を作り出すことができ、実証機会、実績づくりにつながる。このロケットスレッド装置の加速性能向上・効率化に向け、精密サーボ技術を用いた完全磁気浮上型ロケットスレッド用スリッパの開発を目指す。

### ■ 研究成果の概要

#### ◇ 主要な研究成果

- ① ガイド側に永久磁石が存在しない鋼鉄レール（新幹線レール）を使用し、「スリッパ単体で磁気浮上し、鋼鉄レール上を接触で滑走可能なシステム」を世界に先駆けて達成した。
- ② 現行の試作機を大型化するにあたり、システムの特性が変わることを見据え、状況に応じて制御パラメータを更新する適応制御アルゴリズムを開発した。
- ③ 本装置の開発する中で、機構的な支持やレール側からの反力がない中で、不安定な磁気力を安定化させる制御系設計手法を開発した。

#### ◇ 次年度への展開

ロケットスレッド試験場への実装に向けハードウェアを大型化するとともに、それに耐えうる制御系（ソフトウェア）の開発を行う。また、試験時に発生する外乱を補償するため適応制御系の実装を進める。試作機において完全磁気浮上を達成できたが、制御系設計は実験的に検証・検証が中心であった。そこで、汎用化・一般化を目指し、機構的な支持や反力が存在しない中での制御系設計の体系化を行う。

### ■ 成果の概要紹介

#### 【テーマ1】完全磁気浮上可能なスリッパの試作機の開発

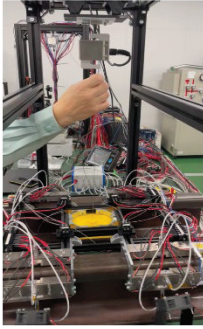
ガイド側に永久磁石が存在しない鋼鉄レール（新幹線レール）を使用し、脚部に電磁石を設置した磁気浮上型スリッパの製作を行った。試作機での検証ではあるものの、「進行方向以外の5自由度全てを安定化した上で安定浮上し、鋼鉄レール上を接触で滑走可能なシステム」を世界に先駆けて達成した（図1）。成果をまとめた論文をIEEE Access（オープンアクセス, Q1 journal）へ投稿し、採択された。また、その制御系設計に関し、電気学会 産業応用部門の研究会にて成果発表を行った。

#### 【テーマ2】スリッパの特性変動に考慮したロバストな制御アルゴリズムの開発

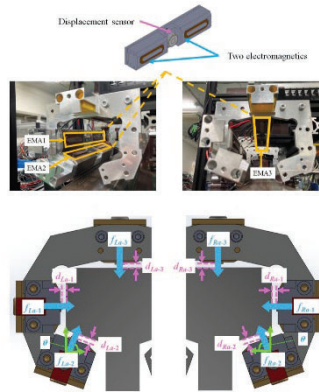
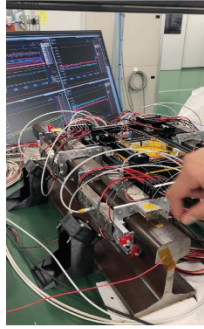
現行の試作機を大型化するにあたり、システムの特性が変わることを見据え、状況に応じて制御パラメータを更新する適応制御アルゴリズムの開発に着手した。装置の重量（磁気軸受に要求される磁気力）に応じて、制御パラメータが自動的に変更され、装置の重量変更に対応できるソフトウェアとなってことを確認した。本技術に関し電子情報通信学会へ論文投稿を行い、採択に至った。



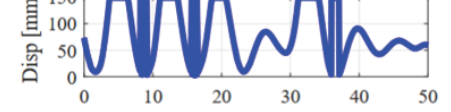
完全浮上の瞬間：吊下フックを外しても軌条に接触せず



軌条上での滑走に成功  
手で押しても浮上状態をキープ



0 - 150mmでレール上を滑走



縦方向の変位は0.05mm未満

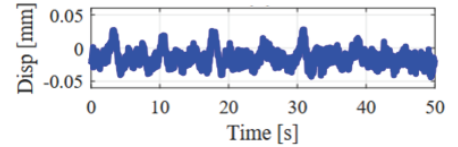


図1 試作機を製作し非接触で完全な磁気浮上を達成できることを確認。滑走中の縦方向の変位を 0.05mm 以内に抑えており、レールと脚部との距離をほぼ一定に保ちながら移動できることを確認。

### 理論式の導出とモデル化

$$F_X = K_X \left( \frac{i_{X0} + i_X}{g_0 - x} \right)^2 - K_X \left( \frac{i_{X0} - i_X}{g_0 + x} \right)^2$$

$g_0$  (初期距離) 周りで線形化

$$\begin{aligned} f_{La-b}(t) &= K_{m1} d_{La-b}(t) - K_{m2} \delta i_{La-b}(t) \\ f_{Ra-b}(t) &= K_{m1} d_{Ra-b}(t) - K_{m2} \delta i_{Ra-b}(t) \end{aligned}$$

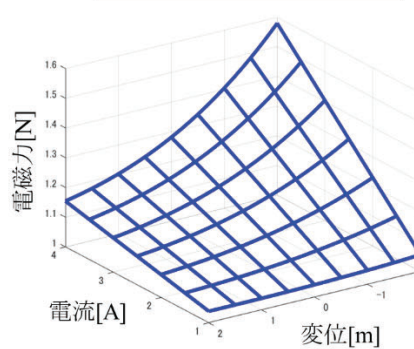
電磁石係数 \*  $K_{m1} = \frac{2K_m i_0^2}{d_0^3}, K_{m2} = \frac{2K_m i_0}{d_0^2}$

$$P_c(s) = P_{emaz} + P_{framez}$$

$$= \frac{-1}{K_{m2}(M_z s^2 - K_{m1})} + \sum_{i=1}^6 \frac{\alpha_{zi}}{s^2 + 2\zeta_{zi}\omega_{zi}s + \omega_{zi}^2}$$

$$= \frac{\alpha_{z0}}{s^2 - \omega_{z0}^2} + \sum_{i=1}^6 \frac{\alpha_{zi}}{s^2 + 2\zeta_{zi}\omega_{zi}s + \omega_{zi}^2}$$

### 装置が発生する磁気力の特性



### 浮上に必要な周波数特性

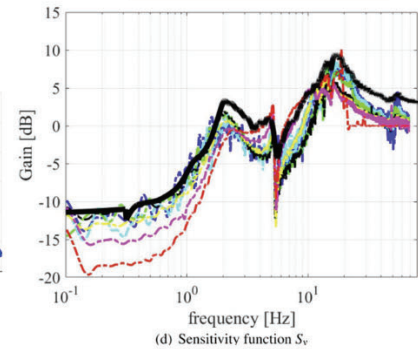


図2 理論式・実験的解析を通して磁気力の特性や安定浮上に必要な周波数特性を予測できるモデルを作成し、重量の変化に応じて磁気力を自動調整可能な制御アルゴリズムを開発

## 研究業績

### ◇ 査読付き論文 計2件

- (1) S. Yabui and H. Inoue, "Development of Noncontact Active Magnetic Levitation System Without Magnetic Guidance on Guideway," in IEEE Access, vol. 12, pp. 114242-114262, 2024
- (2) 藪井将太 (東京都市大)・井上秀行, 磁気浮上型ロケットスレッド実現に向けた閉ループシステム同定と制御系設計, 信学技報, vol. 124, no. 407, SANE2024-58, pp. 19-23, 2025

### ◇ 国内会議 計2件

- (1) 藪井 将太, 井上 秀行, 磁気ガイドを必要としないアクティブ磁気浮上システムの開発, 電気学会 メカトロニクス制御委員会, 2024, MEC-24-021
- (2) 藪井 将太, ロケットスレッドへの応用に向けた完全磁気浮上スリッパの開発, マグネティックス研究会, 2024, MAG-24-107-138/MD-24-124-155/LD-24-061-092

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名        | 氏名    | 専任／兼務     | 専門分野  |
|-----------|-------|-----------|-------|
| ユニット長・准教授 | 藪井 将太 | [理工学部] 兼務 | 制御系設計 |
| イーグル工業 部長 | 佐藤 宏治 | 技術本部      | 機構系解析 |

## ■ 主要な外部資金実績

|                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 永守財団 2024 研究助成 2024 年度経費：100 万円<br>「宇宙開発用ロケットスレッドに向けた永久磁石を必要としない磁気浮上スリッパの開発」研究代表<br>(藪井 将太) |
| 受託研究：イーグル工業 200 万円 研究代表 (藪井 将太)                                                             |

## ■ 社会貢献

◇ 国際学会 Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization 2024 (2024 年 3 月 22 日)

Special session: Precision Control Methodologies for Next Generation Mechatronic Systems

◇ 電気学会 メカトロニクス制御研究会 (2024 年 9 月 18 日)

「HDD ベンチマーク問題」「精密サーボ技術 (1)」「精密サーボ技術 (2)」「精密サーボ技術 (3)」

### ◇ 委員

| 氏名   | 委員名一覧                                                                                                                                 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 藪井将太 | 精密サーボシステムによる次世代技術に関する調査専門委員会 委員長, 電気学会論文委員会 (D7 グループ) 幹事, モーションコントロールの高性能化に関する調査専門委員会 委員, 電気学会 広報委員会 委員, 国際会議 AIM2024 Board member, 他 |

## 重点推進研究ユニット

### 「廃材絵具により描かれた絵画に基づく価値観の転換・定着モデル」

ユニット長 古川 柳蔵

#### ■ ユニット概要

廃材絵具で描かれた絵画とナラティブを組み合わせ、持続可能なライフスタイルに必要な価値観に転換するモデルをオントロジー工学により構築・検証し、動画を配信することによる価値観の転換の波及効果を実証する。

#### ■ 研究成果の概要

##### ◇ 主要な研究成果

評価グリッド法・KJ法を用いて、廃材により描いた絵画作品を利用し、行動変容を促す共感要因（美しさを構成する要因）に関する評価項目を構築した。この廃材が存在した地域の100年後の未来の絵画を展示会で展示し、鑑賞者を対象にアンケート及びインタビューを実施し、評価項目を用いて価値観及び行動の変化の要因を分析した。その結果、3つの要因がその後の意識や行動に顕著に影響を与えていることが明らかとなった。

##### ◇ 次年度への展開

2024年度には社会・環境を見つめ直すことを促す絵画の社会的意義と個人の好みの芸術を提供する絵画の個人的意義を同時に満たす作品群が少ないことも明らかとなったため、2025年度には、個人的意義と社会的意義を同時に満たす絵画の実現の可能性についても検討し、行動変容を促す複数モデルを構築し、大規模アンケートによりその効果を検証することにより、持続可能なライフスタイルに必要な価値観に転換するモデルについて示唆を得る。

#### ■ 成果の概要紹介

##### 【テーマ1】絵画による行動変容の評価項目の構築

絵画により行動変容を促す共感要因（美しさを構成する要因）に関する評価項目の構築のために評価グリッド法調査用のサンプルを作成した。サンプルは12種類の絵画作品ごとにラミネートで覆った写真とし、絵の具のサンプルについては12色の絵の具カタログとした。ナラティブ情報については、各絵画作品の裏に記載し被験者に見せることができるにした。12種類の選定には、画家の観点により、類似作品の選定を避けた。評価グリッド法調査は年齢性別（20歳代～60歳代、男女）により10セグメントに分け、20人を対象とした。調査時間は最大で2時間程度必要とする質問量であった。評価グリッド法調査は2024年10月に終了し、その後、KJ法により評価項目の絞り込み個展開催までに評価項目を完成させた。



写真1: 廃材で描いた絵画の事例

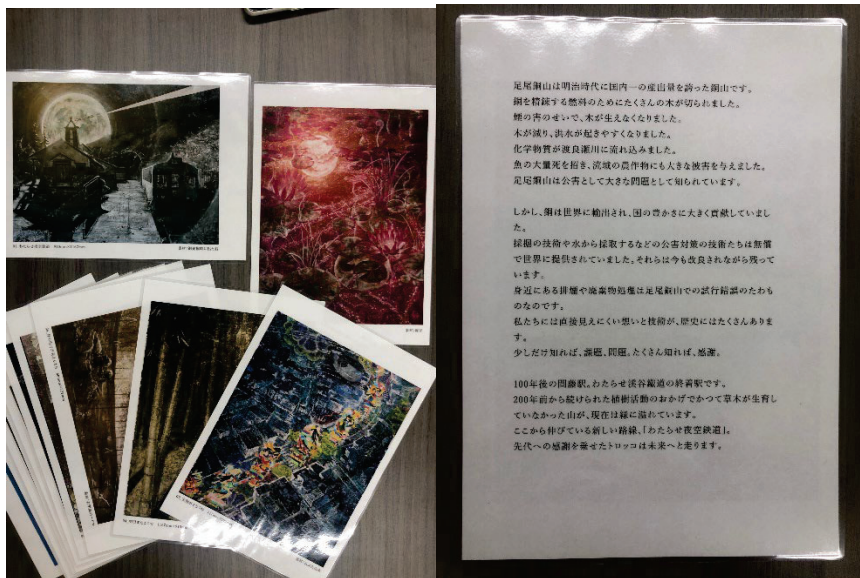


写真 2：評価グリッド法に用いる絵画（ラミネート）、右の写真は裏側のナラティブ情報事例



写真 3:絵画に用いた廃材の絵の具の素材

## 【テーマ 2】絵画が行動変容を促す行為・方式・外部要因の関係のモデル化（行為分解木手法）

廃材を用いて描いたその廃材の地域の 100 年後の未来の絵画を、展示会で展示し、鑑賞者を対象にアンケート及びインタビューを実施し、それらの絵画がどのような価値観及び行動の変化に影響を与えたのか定性的及び定量的な情報を収集した。アンケートデータを用いて統計解析を行い、インタビューデータを用いてオントロジー工学の行為分解木手法により行為分解木を作成し、鑑賞プロセスにおける概念構造を分析した。



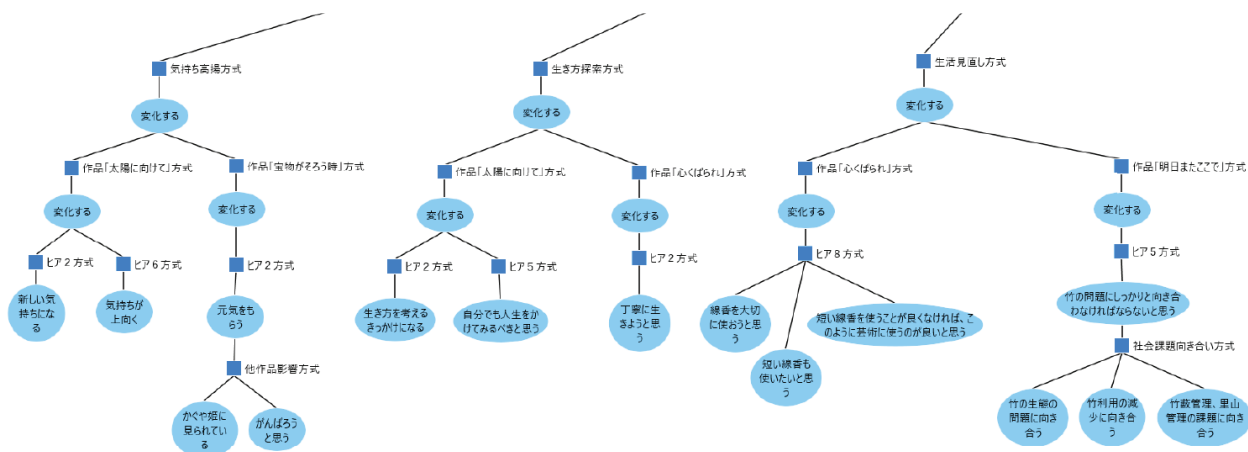


図1 行為分解木の一部の紹介

これまでの総括としては、廃材から描いた未来の絵画の鑑賞プロセスは、3つの構成要素が存在し、これらの構成要素が鑑賞者の意識や行動に顕著に影響を与えていることがわかった。

2025年度には、個人的意義と社会的意義を同時に満たす絵画の実現は可能か検討し、得られたデータに基づき、複数モデルを構築し、大規模アンケートによりその効果を検証する。

## ■ 研究業績

### ◇ 招待講演 計1件

1. 古川柳蔵,市民一人一人が環境学習都市の実現を目指すために,環境学習都市にしのみやで持続可能な生活の実践について,西宮市男女共同参画センター,2024年10月24日

### ◇ 国内会議 計1件

2. 古川柳蔵,バックキャストでデザインしたライフスタイルをどのようにビジネスに落とし込むかーオントロジー工学の行為分解木手法を用いてー,第1回OPaRL企業研究会,2024年11月6日

## ■ 研究体制

### ◇ 教員・研究員

| 職名       | 氏名    | 専任／兼務    | 専門分野      |
|----------|-------|----------|-----------|
| ユニット長・教授 | 古川 柳蔵 | [環境学部]兼務 | 環境イノベーション |

## ■ 社会貢献

### ◇ 報告・講演等にて研究紹介

1. まちはく 2025 出展, 2025 年 3 月 15 日
2. 日の出の勉利屋セミナー, 2025 年 1 月 25 日
3. 2050 未来のライフスタイルデザイン創造会議, ZAK mirai, 2025 年 1 月 16 日