

東京都市大学

2023年度 総合研究所 紀要

第20号

2024年4月

東京都市大学総合研究所

巻頭言

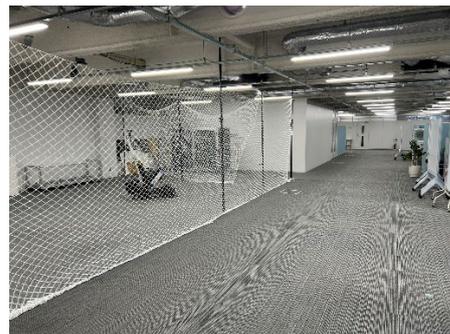
本研究所は、2004年4月に武蔵工業大学総合研究所として等々力キャンパスに設置され、2009年の大学名称変更に伴い、東京都市大学総合研究所となり、本学の特色ある先端的な研究を推進すると共に、大学院生、学部生に教育研究環境を提供して参りました。研究は、科学研究費補助金などの公的研究費、企業や財団などの支援の下で、外部資金により推進します。その成果は、総合研究所セミナーなどで広く学内外に公開しています。

2023年度は長年活動の拠点となっていた等々力キャンパスから離れ、世田谷キャンパス6号館に本拠を移して心機一転スタートする年となりました。総合研究所の諸規程も大幅に改定し、都市大の代表的な大型研究を実施する組織としての位置づけを明確にしました。2023年度の研究組織は、研究センターが8、研究ユニットが2、重点推進研究を実施する研究ユニットが8、研究室が3でした。次世代ゲルマニウム系スピンドバイスや太陽電池を開発する「ナノエレクトロニクス研究センター」、都市インフラのモニタリングとAIデータ解析の「都市基盤施設の再生工学国際研究センター(ARTIC)」、内燃機関のカーボンニュートラルに取り組む「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)」、グリーンインフラの「応用生態システム研究センター」、自然災害の災害制御に取り組む「インフラ維持管理と災害制御に関する研究センター」、渋谷福祉学会を運営する「子ども家庭福祉研究センター」、ドローンや車両の自動運転を実現する「インテリジェントロボティクスセンター」、宇宙科学を理工連携で取り組む「宇宙科学研究センター」、気候変動リスクの合意形成やグリーンジョブ醸成の「サステナビリティ学連携研究センター」など多様な分野で研究活動を展開しています。また8月のオープンキャンパスで総研オープンラボを開催し、参加した高校生や保護者に総研の研究紹介やデモを行いました。第211回総研セミナーは、JSTの次世代研究者挑戦的研究プログラム選抜学生が企画した研究発表会で、研究発表・ポスターセッションなどで交流を深めるなど、活動の場を広げています。

総合研究所は、都市大の全ての学部から教員が参加し、横断的な研究活動を展開できるユニークな組織であり、自由な研究活動を展開できる場です。気候変動や人口減など変化が加速する時代に、人間社会の求める研究をダイナミックな研究組織として発展を目指します。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。

2024年4月

東京都市大学 総合研究所 所長 野中謙一郎



等々力キャンパスの総合研究所全景と世田谷キャンパス6号館総研エリア

総合研究所構成員

所長 野中 謙一郎

副所長 澤野 憲太郎

イノベーション研究機構

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)
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	吉田 郁政	[建築都市デザイン学部]兼務	(地盤, 構造, 信頼性)
教授	丸山 収	[建築都市デザイン学部]兼務	(信頼性, 計測)
教授	白旗 弘実	[建築都市デザイン学部]兼務	(鋼構造, 非破壊)
准教授	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)
客員教授	Siu-Kui Au	専任	(計測, 信頼性)
客員研究員	田井 政行	専任	(鋼構造)
顧問 (学長)	三木 千壽	兼務	(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)
客員教授	村上 元一		(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	加納 眞		(材料工学)
特別研究員	中村 己喜男		(内燃機関工学, CAE)
特別研究員	鈴木 雄三		(内燃機関工学)

応用生態システム研究センター

センター長 特別教授	涌井 史郎		(造園学, ランドスケープ)
教授	飯島 健太郎	[環境学部]兼務	(環境緑地学)
教授	横田 樹広	[環境学部]兼務	(流域環境, 生態系サービス)
客員研究員	堀川 朗彦		(造園学, ランドスケープ)
客員研究員	山崎 正代		(造園学, ランドスケープ)
客員研究員	山下 律正		(育種)

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)
准教授	関屋 英彦	[建築都市デザイン学部]兼務	(橋梁工学, 鋼構造)
准教授	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)
客員教授	豊澤 康男	[仮設工業会]	(安全工学, 地盤工学)
学外研究員	永尾 浩一	[佐藤工業技術研究所]	(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	(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)
准教授	佐藤 大祐	[理工学部]兼務	(ロボティクス)
准教授	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)

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)

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 准教授	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)
准教授	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)

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	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)

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	専任	(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)
特別研究員 AF	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

未来知能研究ユニット

ユニット長 教授	田中 宏和	[情報工学部]兼務	(計算論的神経科学)
教授	森 博彦	[情報工学部]兼務	(人工知能)
教授	神野 健哉	[情報工学部]兼務	(機械学習)
教授	桂 卓成	[情報工学部]兼務	(ニューロマーケティング)

宇宙航空材料評価技術研究ユニット

ユニット長 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	星 裕介	[理工学部]兼務	(ナノテク・材料: 結晶工学)
教授	澤野 憲太郎	[理工学部]兼務	(ナノテク・材料: 結晶工学)

デジタル都市空間情報研究開発ユニット

ユニット長 准教授	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)
特任准教授	馬場 弘樹	[一橋大学大学院]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	
課長	高橋 良祐	[前橋市未来創造部 未来政策課]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)

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)

ユニット長 教授	白旗 弘実	[工学部]兼務	(構造工学, 非破壊検査)
教授	河合 孝純	[教育開発機構]兼務	(データサイエンス)
特別研究員	田井 政行	[琉球大准教授]	(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(未来都市研究)

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

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)

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)

RAC

コーディネーター	齋藤 公彦	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

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	清水 真美	研究推進課

目 次

1. 2023年度 活動報告	1
----------------	---

2. 2023年度 研究概要

[イノベーション研究機構]

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
	吉田 郁政

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	14
	三原 雄司

応用生態システム研究センター	20
	涌井 史郎

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	26
	伊藤 和也

子ども家庭福祉研究センター	35
	早坂 信哉

インテリジェントロボティクスセンター	40
	野中 謙一郎

宇宙科学研究センター	46
	高橋 弘毅

ウェルビーイング・リビングラボ研究ユニット	52
	坂倉 杏介

[サステナビリティ学連携研究センター]

57

古川 柳蔵

[研究室]

FUTURE-PV研究室

63

小長井 誠

マイクロナノシステム研究室

69

藤田 博之

[重点推進研究]

未来知能研究ユニット

75

田中 宏和

宇宙航空材料評価技術研究ユニット

81

三宅 弘晃

デジタル都市空間情報研究開発ユニット

86

秋山 祐樹

エネルギー・コミュニティ研究ユニット

92

加用 現空

高熱伝導耐熱コンポジット研究開発ユニット

97

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）

100

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）

106

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）

109

末繁 雄一

総合研究所 2023年度活動報告

月	日	活 動 内 容
5	10	2023年度第1回総合研究所評議会
	11	第88回総合研究所運営委員会
7	21	第89回総合研究所運営委員会
8	30	第200回所内会議
10	6	第210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）
	19	第201回所内会議
	25	第211回総研セミナー（次世代研究者挑戦的プログラム）
11	4	第6回都市大研究プレゼンコンテスト
	10	第212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）
	11	第213回総研セミナー（子ども家庭福祉研究センター）
	16	第202回所内会議
	20	第90回総合研究所運営委員会
12	13	第214回総研セミナー（マイクロナノシステム研究室）
	14	第215回総研セミナー（ナノエレクトロニクス研究センター）
1	18	第203回所内会議
2	6	第216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）
	9	2023年度第2回総合研究所評議会
	16	第91回総合研究所運営委員会
	22	第204回所内会議
3	21	第217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）
	28	第205回所内会議

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ndeバイs、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

次世代の光・電子・スピndeバイs、メモリーデバイス、太陽電池等の実現に向けて、シリコン・ゲルマニウム系材料や原子層材料の新規開発、さらにそのデバイス応用を進めた。独自提案したパターニング手法により歪み SiGe/Ge 多重量子井戸からの発光増大、さらに電流注入 EL 発光観測に成功した。また新規材料としてスマネンのメモリ実現性を実証した。

◇ 次年度への展開

シリコンプラットフォーム上の電流注入型レーザーデバイス、スピnde注入型受発光デバイsの実現を目指した、歪み SiGe/Ge ヘテロ構造、原子層材料を利用したデバイス開発、さらに新規強誘電体材料による次世代メモリーデバイス開発、高品質ペロブスカイト薄膜や原子層材料を導入した次世代高効率太陽電池開発を進める。さらに、これらの次世代材料のデバイス化に必須となる界面制御技術、界面物性の解明を進める。

■ 成果の紹介

【テーマ1】 歪み Si/Ge 電子・光・スピndeデバイスに向けた高品質 SiGe/Ge ヘテロ構造の形成

電子・光・スピndeデバイスに歪み SiGe が非常に重要であり、その高品質成長が必須である。そのために本研究テーマでは、パターニング法を独自に提案・開発してきた。これまでに、Si 基板上に形成した Ge-on-Si 基板にパターニングを行い、その上に歪み SiGe 層を成長することで、完全にクラック発生が抑制されることを明らかにした。今年度は、新たな方法として、結晶成長前に Si 基板にパターニングを施すことにより、図 1 に示すように、クラック発生率をメサパターンに寄らず、完全に 1% 以下に抑制することができた。これにより SiGe ヘテロ構造の歪み制御の自由度を大幅に広げ、デバイス応用への有効性が示された。

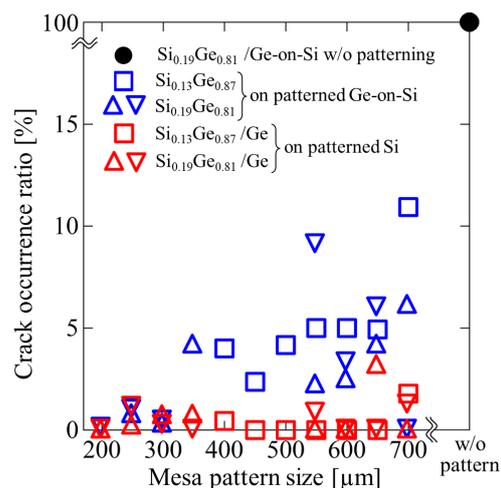


図 1 SiGe 層へのクラック発生率のメサパターンサイズ依存性。Si パターニング手法 (赤) により、発生率はほぼ 0% に抑制されている。

【テーマ2】 歪み SiGe 発光デバイス開発

シリコンプラットフォーム上の光配線実現に向けて Ge 発光デバイス開発を進めた。図2に示すよう、Si 基板上に SiGe/Ge 多重量子井戸(MQW)構造を形成した。MQW の歪みによるクラック発生等の結晶性悪化を抑制すべく、【テーマ1】で開発しているパターニング手法を適用することで、大きな発光強度増大が確認された。さらに、MQW における臨界膜厚の導出を行い、さらにそれがパターニングによって増大可能であることを実験的に初めて示した。以上の結果より、歪み SiGe MQW は任意波長制御と高効率発光が可能であり、光配線へ向けた発光デバイスとして非常に有望であることが示された。

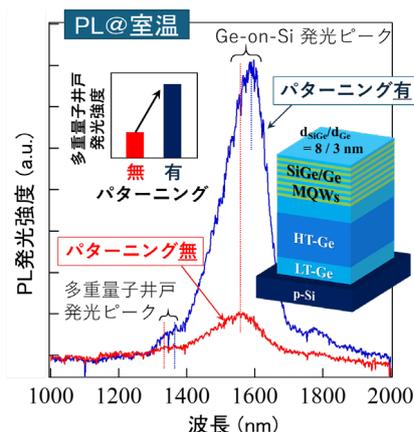


図2 歪み SiGe/Ge MQW からの室温 PL 発光。パターニングにより発光が大幅に増大している。

【その他のテーマ】 (成果内容は割愛)

- ・ 強磁性体電極を利用した Ge スピン LED 開発
- ・ 歪み SiGe マイクロブリッジ発光デバイス開発
- ・ 2次元原子層材料を用いた円偏光発生 LED やナノ 機械共振器開発
- ・ 貼り合わせによる大面積歪み GOI 基板開発
- ・ スマネンを用いた新規メモリ開発
- ・ 不揮発性メモリ向け薄膜デバイスの作製と評価
- ・ 次世代半導体デバイス (AlGaIn, Ge, ダイヤモンド、IZGO 等) の表面・界面構造評価
- ・ 高品質ペロブスカイト薄膜、及び 2次元材料を利用した次世代太陽電池開発

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) T. Suzuki, Y. Miyaki, Y. Mitani, "Study on relation between interface trap creation and MOSFET degradation under channel hot carrier stressing at cryogenic temperature," Jpn. J. Appl. Phys., 63, 04SP22.
- (2) R. Kawai, E. Ashihara, R. Ishikawa, Y. Mitani, "Stacked structure dependence on resistive switching characteristics in sumanene molecular memory," Jpn. J. Appl. Phys., 63, 04SP05.
- (3) Taisuke Fujisawa, Atsushi Onogawa, Miki Horiuchi, Yuichi Sano, Chihiro Sakata, Junji Yamanaka, Kosuke O. Hara, Kentarou Sawano, Kiyokazu Nakagawa and Keisuke Arimoto, "Influences of lattice strain and SiGe buffer layer thickness on electrical characteristics of strained Si/SiGe/Si(110) heterostructures", Materials Science in Semiconductor Processing 161 (2023) 107476
- (4) Keisuke Yamamoto, Takuro Matsuo, Michihiro Yamada, Youya Wagatsuma, Kentarou Sawano, Kohei Hamaya, "Electrical properties of a low-temperature fabricated Ge-based top-gate MOSFET structure with epitaxial ferromagnetic Heusler-alloy Schottky-tunnel source and drain", Materials Science in Semiconductor Processing 167 (2023) 107763
- (5) Shuto Muranaka, Satoshi Nogamida, Kosuke O. Hara, Kentarou Sawano and Yusuke Hoshi, "Tellurium nanosheets with structural anisotropy formed from defective MoTe2 multilayers", AIP Advances 13, 075219 (2023).
- (6) Michihiro Yamada, Shuhei Kusumoto, Atsuya Yamada, Kentarou Sawano, Kohei Hamaya, "Effect of Sn

doping on low-temperature growth of Ge epilayers on half-metallic Co₂FeSi”, *Materials Science in Semiconductor Processing* 171, 107987 (2024).

(7) Atsuya Yamada, Michihiro Yamada, Shuhei Kusumoto, Julio A. do Nascimento, Connor Murrill, Shinya Yamada, Kentarou Sawano, Vlado K. Lazarov, Kohei Hamaya, “Growth of all-epitaxial Co₂MnSi/Ge/Co₂MnSi vertical spin-valve structures on Si”, *Materials Science in Semiconductor Processing* 173, 108140 (2024).

(8) Michihiro Yamada, Shota Suzuki, Ai I. Osakae, Kazuaki Sumi, Takahiro Inoue, Azusa N. Hattori, Shinya Yamada, Kentarou Sawano, Marwan Dhamrin, Kohei Hamaya, “Al-Ge-paste-induced liquid phase epitaxy of Si-rich SiGe(111) for epitaxial Co-based Heusler alloys” *Materials Science in Semiconductor Processing* 174, 108232 (2024).

(9) Shuya Kikuoka, Rena Kanesawa, Michihiro Yamada, Kohei Hamaya, Kentarou Sawano, “Enhancement of room temperature electroluminescence from strained SiGe/Ge(111) multiple quantum wells light emitting diodes” *Materials Science in Semiconductor Processing* 176, 108299 (2024).

(10) R. Kanesawa, S. Kikuoka, Y. Shibahara, Y. Wagatsuma, M. Yamada, K. Hamaya and K. Sawano, “Fabrication of crack-free strained SiGe/Ge multiple quantum wells on Ge-on-Si(111) by the patterning method” *Materials Science in Semiconductor Processing* 177, 108300 (2024).

(11) Makoto Konagai, Hayato Okawa, Ryouyusuke Ishikawa, Masatoshi Yanagida and Yasuhiro Shirai, “Outdoor Performance Testing and Light-Induced Degradation of High-Efficiency NiOx-Perovskite Solar Cells” *Proc. of the 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-34)* (2023) pps.222-225

(12) Kimihiko Saito, Hiroataka Shishido, Ryouyusuke Ishikawa, “Fabrication of Thin Silicon-Heterojunction Solar Cells for Bendable Perovskite/c-Si Tandem Solar Cells”, *Proc. EUPVSEC2023*, 10.4229, 020009-001–007, 2023

(13) Kawashima, R., Nohira, H., Ishikawa, R., Mitani, Y., “Fabrication of metal/oxide/fluorographene/oxide/silicon capacitors and their charge trapping properties”, *Jpn. J. Applied Physics*, Vol.62, 2023

(14) Ashihara, E., Kawai, R., Ishikawa, R., Mitani, Y., “Resistive Switching Memory using Buckybowls Sumanene-inserted Bilayer Graphene”, *Jpn. J. Applied Physics*, accepted.

◇ 招待講演

(1) Kentarou Sawano, “Strain engineering of Si/Ge heterostructures based on Ge virtual substrates”
E-MRS 2023 Spring Meeting, Strasbourg, France, May 29 – June 2, 2023

(2) 三谷 祐一郎 「大容量フラッシュメモリ技術とその応用」
第 71 回 応用物理学会 春季学術講演会、東京都市大学 2024 年 3 月

◇ 国際会議

(1) T. Kobayashi, H. Omata, K. Nakagawa, Y. Mitani, "Depassivation of Fluorine in Silicon Nitride Films by Hydrogen Radical Treatment," IWDTF-2023

(2) T. Suzuki, Y. Miyaki, Y. Mitani, "Degradation on nMOSFET and Interface Trap Creation under Channel Hot Carrier Stressing at Cryogenic Temperature," IWDTF-2023, Young Researcher Award 受賞

(3) K. Goshima, T. Okazaki, Y. Kirihara, T. Tsutsumi, K. Kakushima, H. Nohira, Y. Mitani, "Impact of Plasma Nitridation on Resistive Switching in AlScN Ferroelectric Tunnel Junction Memory," IWDTF-2023.

(4) E. Ashihara, R. Kawai, R. Ishikawa, Y. Mitani, "Demonstration of Resistive switching memory devices using Buckybowls Sumanene inserted Bilayer Graphene," 36th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC-2023), 17P-1-12, 2023.

- (5) R. Kawai, E. Ashihara, R. Ishikawa, Y. Mitani, "Study on Resistive Switching Mechanism in Metal/Graphene/Sumanene/Graphene/N+ Si Nonvolatile Memory," 36th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC-2023), 17P-1-11, 2023.
- (6) Takahiro Inoue, Youya Wagatsuma, Reo Ikegaya, Ayaka Odashima, Masaki Nagao, Kentarou Sawano, "Fabrication of Si/Ge microbridges based on Ge-on-Si (110) and effect of bridge length", The Joint ISTDM-ICSI 2023, Como, Italy, May 21-25, 2023
- (7) Shuya Kikuoka, Youya Wagatsuma, Yuwa Sugiura, Rena Kanesawa, Michihiro Yamada, Kohei Hamaya and Kentarou Sawano, "Diode characteristics and room temperature EL emission of strained SiGe/Ge quantum well LEDs", The Joint ISTDM-ICSI 2023, Como, Italy, May 21-25, 2023
- (8) R. Kanesawa, Y. Wagatsuma, S. Kikuoka, Y. Sugiura, M. Yamada, K. Hamaya and K. Sawano, "Fabrication of crack free strained SiGe/Ge multiple quantum wells on Ge on Si(111) by the patterning method", The Joint ISTDM-ICSI 2023, Como, Italy, May 21-25, 2023
- (9) R. Yamamura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi, "Crystal quality of MoTe2 monolayer fabricated by gold-mediated exfoliation and its electrical properties", IWDTF2023, P-8 (Oct. 24 2023, Ishikawa)
- (10) N. Horikawa, R. Ishikawa, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi, "Anisotropic wet etching of tungsten diselenide multilayers by using H2O2-based etchant", The 65th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 3P-15 (Sep. 6 2023, Fukuoka)
- (11) S. Muranaka, S. Nogamida, K.O. Hara, K. Sawano, Y. Hoshi, "Formation of a tellurium nanosheet with structural anisotropy by annealing defective MoTe2 multilayers", The 65th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, 2P-18 (Sep. 5 2023, Fukuoka)
- (12) Ryousuke Ishikawa, Yuya Momose, Ryo Sato, Daisuke Ieki, Naoki Suyama, and Makoto Konagai, "Research on current collection through-holes for film-type perovskite solar cells", The 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-34) 6-10, November 2023, Shenzhen, China
- (13) Kimihiko Saito, Hiroataka Shishido, Ryousuke Ishikawa, "Fabrication of Thin Silicon-Heterojunction Solar Cells for Bendable Perovskite/C-Si Tandem Solar Cells", EU-PVSEC 18-22, September 2023, Lisbon, Portugal

◇ 国内会議 36件

■ 研究体制

◇ 教員

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
顧問・名誉教授	丸泉 琢也		半導体工学

◇ 学生数 博士学生：3名、修士課程：45名、学部4年生：41名

■ 主要な外部資金

科学研究費補助金、基盤研究(C) 2023年度 130万円(直接経費:100万円、間接経費 30万円) 「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) 2023年度 273万円(直接経費:210万円、間接経費 63万円) 「原子層積層構造を利用した近赤外放射する電流注入型円偏光発光素子開発」研究代表 (星)、研究分担者 (石川)
科学研究費補助金、基盤研究 (S) 2023年度 455万円(直接経費:350万円、間接経費 105万円) 「ゲルマニウムスピン MOSFET の実証」研究分担(澤野)
科学研究費補助金、基盤研究 (S) 2023年度 468万円(直接経費:360万円、間接経費 108万円) 「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) 2023年度 923万円(直接経費:710万円、間接経費 213万円) 「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 (A) 2023年度 143万円(直接経費:110万円、間接経費 33万円) 「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) 2023年度 65万円(直接経費:50万円、間接経費 15万円) 「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)
A-STEP トライアウト 2023年度 91.6万円(直接経費:70.5万円、間接経費 21.1万円) 「マイクロ波励起プラズマ処理によるシリコン窒化膜中水素濃度分布制御と電圧駆動型固体素子ニューロンの開発」研究代表 (三谷)
NEDO グリーンイノベーション基金事業・次世代型太陽電池の開発 2023年度 900万円(直接経費:794万円、間接経費 106万円) 「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」研究分担 (石川) (FUTURE-PV 紀要にも記載)
NEDO・太陽光発電主力電源化推進技術開発 2023年度 1012万円(直接経費:880万円、間接経費 132万円) 「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」研究代表 (石川) (FUTURE-PV 紀要にも記載)
JST・未来社会創造事業 (探索加速型)、2023年度 130万円 (直接経費:100万円、間接経費: 30万円) 「鉛フリーペロブスカイト太陽電池向けインターフェース材料開発」研究分担者 (石川)
受託研究 (株)キオクシア 2023年度 117.6万円(直接経費:100万円、間接経費 17.6万円) 「高速 CMOS 信頼性のモデリング」研究代表 (三谷)
受託研究 東芝 2023年度 200万円(直接経費:170万円、間接経費 30万円) 「GaN デバイス信頼性評価」研究代表 (三谷)
共同研究 東京エレクトロン 2023年度 200万円(直接経費:170万円、間接経費 30万円) 「SiN 膜中トラップ準位に関する研究」研究代表 (三谷)
共同研究 SCREEN 2023年度 150万円(直接経費:127.5万円、間接経費 22.5万円) 「フラッシュランプアニールによる薄膜材料の改質とその機構解明」研究担当 (三谷、野平)
受託研究 (株)アビット・テクノロジーズ 2023年度 170万円(直接経費:145万円、間接経費 25万円) 「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 (株)パナソニック 2023年度 220万円(直接経費:187万円、間接経費 33万円) 「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

査読付き投稿論文：7件、国際会議：11件、国内会議：34件

◇ 学生（大学院生）の主な就職先

ヒロセ電機、ルネサスエレクトロニクス、キオクシア、芝浦メカトロニクス、スタンレー、キヤノン、ウェスタンデジタル、ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング、ソシオネクスト、アンリツ、住友電設、日立 ICT ビジネスサービス

■ 社会貢献

◇ 第215回 総研セミナー開催（2023年12月14日）

◇ セミコンジャパン2023 出展 国際展示場（2023年12月13-15日）

◇ 学外授業

澤野、青山学院大学(2023年6月17日)

◇ 光機能材料研究会第91回講演会(2023年5月24日)

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”

◇ AndTech セミナー「ペロブスカイト太陽電池」(2023年10月23日)

石川亮佑、“軽くて曲げられるペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池”

◇ SPEED 研究会 2023年度第5回研究会(2023年12月26日)

石川亮佑、“ペロブスカイト型太陽光発電の開発に関する国内外動向”

◇ 新潟大学コアステーション「ユビキタスグリーンケミカルエネルギー連携教育研究センター」第14回研究シンポジウム(2023年3月12日)

石川亮佑、“次世代太陽電池研究：ペロブスカイト太陽電池を中心に”

◇ 学会委員等

澤野	・応物 代議員 ・応物 結晶工学分科会幹事 ・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 ・応物 プログラム編集委員 ・IWDTF 論文委員
野平	・応物 シリコンテクノロジー分科会 幹事 ・応物 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	・IEEE EDTM Program Committee (Semiconductor Devices) ・IEEE IRPS TPC Vice-chair (Memory +Technology) ・MNC Program Committee (Nanodevices) ・IEEE ICICDT Keynote Chair ・IWDTF 論文委員 ・IEEE IRPS (Chair) ・IWDTF (副プログラム委員長) ・MNC (プログラム委員) ・EDTM (プログラム委員)
星	・SSDM2022 Area 8 Program Committee ・『応用物理』編集委員
石川	・日本太陽光発電学会 理事 ・『応用物理』編集委員 ・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

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 吉田 郁政

■ 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4について成果の概要を紹介する

1. 橋梁の通行車両による応答に基づく健全度の評価
2. モニタリングに基づく埋立地の不同沈下予測
3. 画像センシングを用いた橋梁モニタリングに関する研究
4. 超音波探傷試験時の塗膜によるエコー低下の影響
5. 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のためのセンサーの配置
6. GPRを用いた基盤面推定及び物性値の空間分布推定
7. 列車走行時の変位応答に基づく、シールドトンネルの影響線算出
8. 圧電素子センサを用いた疲労損傷検知に関する研究

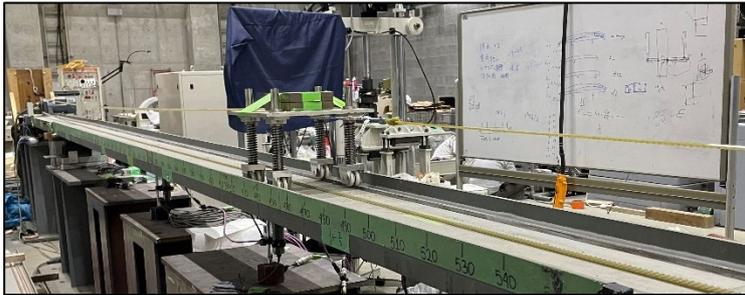
◇ 次年度への展開

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. 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

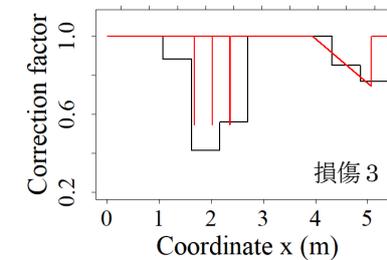
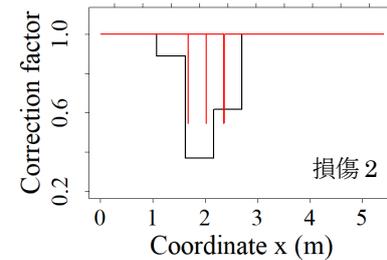
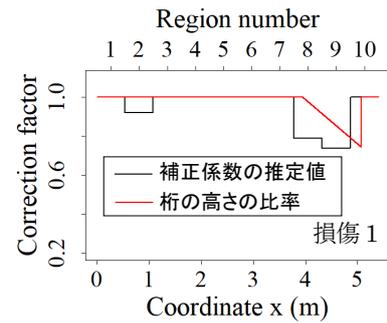
■ 成果の紹介

【テーマ1】橋梁の通行車両による応答に基づく健全度の評価

老朽化したインフラ施設の効率的維持管理は現代日本における重要かつ喫緊の課題であり、各種の健全度評価の研究が活発に行われている。橋梁を対象とした健全度評価では固有振動数などの振動特性や減衰比などに基づく手法が研究されてきたが、疲労き裂等の局所的な損傷を同定することは容易ではない。振動特性を用いる手法以外には、静的な応答特性に注目した影響線に基づいた手法がある。本研究では技術者による詳細な点検の前段階のスクリーニング的な用途を想定し損傷の大まかな箇所と程度を同定する影響線に基づく健全度評価の方法の提案を行った。損傷が与えられた模型橋梁による実験で得られた計測データを対象に提案手法の有用性について検証した。



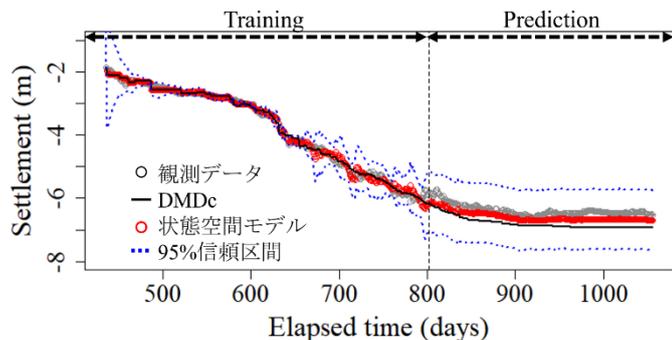
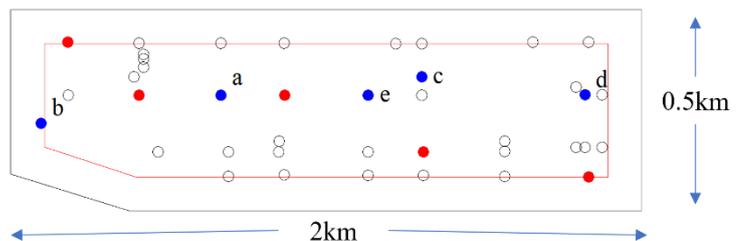
実験に用いた模型橋梁と車両（京都大学の実験施設を使用）の写真を上に表示。模型車両を走行させて模型橋梁の応答変位を計測することができる。応答変位から影響線を算定してこれを観測情報とした逆問題を解く。模型橋梁を10個の領域に分割し、健全時と損傷時の曲げ剛性に対する補正係数（変化の比率）を評価した。橋軸方向に1mm間隔で算出した模型橋梁の桁の高さについて損傷がない場合との比率を算出し右図の赤線で示した。損傷は3種類を考えており、損傷1は右端部で桁の高さが赤線のように減少している状態、損傷2は1.5から2.5m付近に3本のスリットが入っている状態、損傷3は両者を合わせた状態である。推定した補正係数の値の小さい領域と赤線の位置は良好に一致しており、損傷箇所を概ね良好に同定できることを示している。



【テーマ2】モニタリングに基づく埋立地の不同沈下予測

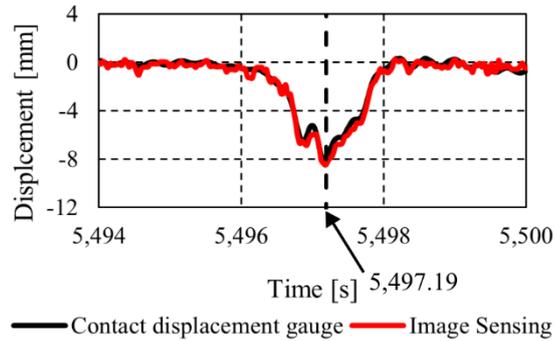
埋立地などの軟弱地盤において将来の沈下量を予測することは重要な課題となっている。観測された沈下データから将来予測を行う手法は、現在に至るまでに多くの方法が提案されている。近年、様々な分野で直接データからモデルの構築を行う方法であるデータ駆動型アプローチによる検討が行われている。本研究では Dynamic mode decomposition with control (DMDc) に Kalman Filter を適用し、予測の信頼幅を考慮した沈下量の将来予測の基礎検討を行った。

右上図に本研究の対象とした領域における観測地点を示す。約0.5km×2kmの領域に対して40地点の沈下量および盛土高の時系列データが得られている。右下図に示すように802日までの学習区間において全40地点の情報を用いてDMDcの学習を行い、その後の1057日までの区間を予測区間とした。例として右下図はa地点を対象とした予測結果及びその95%信頼区間を示している。a-c地点では比較的良好な推定となった。



【テーマ3】画像センシングを用いた橋梁モニタリングに関する研究

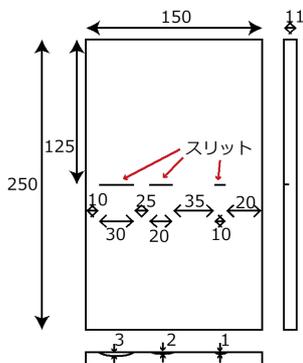
活荷重に対する橋梁の変位応答を計測することは、設計の検証、健全性の評価、疲労環境の評価、等において重要である。しかし、供用中の橋梁では、不動点の確保が一般的に困難なことから接触式変位計等の既往の計測機器の使用が困難なケースが多い。そこで、本研究では、遠隔かつ非接触にて変位を計測することを目的とし、画像センシングによる橋梁の変位計測に取り組んだ。また、画像センシングにより得られるデータの単位は、mmではなく、pixelとなるため、pixelからmmへの変換を目的とした基礎実験も実施した。計測結果の一例を下図に示す。画像センシングにより計測した変位応答と、接触式変位計にて計測した変位応答が良く一致していることが確認できる。



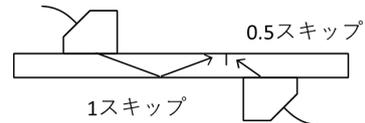
画像センシングによる変位応答の計測例

【テーマ4】超音波探傷試験時の塗膜によるエコー低下の影響

鋼構造物に生じる疲労き裂は塗膜割れとして検出される場合が多い。しかし、塗膜割れが生じたとしてもその下に疲労き裂があるとは必ずしも限らない。塗膜を切削することなくき裂を検出することができれば点検の効率化を図ることができる。そのためには非破壊検査の適用が必要でここでは超音波探傷試験を行う。ただし、塗膜がある場合とない場合とで超音波エコーの高さに影響が出ることが考えられる。本テーマではスリットを有する試験片のうち塗膜を施したものとそうでないものを用意し、両者のエコー高さを比較することで塗膜の影響を調べる。図に示す試験片を用意した。試験片は2つあり、一つは塗装されたもの、もう一つは塗装されていないものである。塗装試験片に対して、塗膜厚さを計測した。スリットのある側とない側で6回計測を行った。表にはスリット側の塗膜厚さを示すが、平均すると250~260μmであった。スリットに対して、直接入射と1回反射で超音波探傷試験を行い、エコー高さを計測した。塗膜がない場合に対して、塗膜がある場合の相対エコーの高さを求めた。塗膜がある場合には塗膜がない場合に比べてエコーが0.4~9.0dB低下することがわかった。この結果を利用して感度の補正が必要であることがわかった。



スリット側	10mm	20mm	30mm
	257	254	232
	263	263	263
	244	251	241
	277	250	240
	287	293	255
	234	241	278
	260.3	258.7	251.5



■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- 1) 塩井瑛大, 大竹雄, 吉田郁政, 村松正吾: 時間遅延埋め込みと動的モード分解に基づくデータ駆動型地震応答解析: 地表面および工学的基盤の同時観測学習による動力学特性の同定, 土木学会論文集, Vol.80, No.15, 23-15006, 2024. 2. <https://doi.org/10.2208/jscej.23-15006>
- 2) 斉藤大雅・大竹雄・Stephen WU・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, Vol.80, No.15, 23-15009, 2024. 2. <https://doi.org/10.2208/jscej.23-15009>
- 3) 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検討, 土木学会論文集, Vol.80, No.15, 23-15010, 2024. 2. <https://doi.org/10.2208/jscej.23-15010>
- 4) 渡邊諭, 藤原将真, 吉田郁政: 鉄道橋脚の洗堀被災事例の水文統計量に基づく洗堀発生危険度指標に関する基礎検討, 土木学会論文集, Vol.80, No.1, 23-00029, 2024. 1. <https://doi.org/10.2208/jscej.23-00029>
- 5) 鈴木悠也, 津田悠人, 吉田郁政, 西村伸一: モデル選択のための各種手法と地盤物性値の自己相関関数への適用, AI・データサイエンス論文集, Vol.4, No.3, p. 677-685, 2023.11. https://doi.org/10.11532/jsceiii.4.3_677
- 6) 堀田海陽, 中村朋佳, 吉田郁政, 大竹雄: Dynamic Mode Decomposition with Control による海上空港の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.4, No.3, pp.170-178, 2023.11. https://doi.org/10.11532/jsceiii.4.3_170
- 7) 中村朋佳, 堀田海陽, 吉田郁政, 大竹雄: 重要度サンプリングとガウス過程回帰による適応型代理モデルの基礎的検討, AI・データサイエンス論文集, Vol.4, No.3, pp.205-213, 2023.11. https://doi.org/10.11532/jsceiii.4.3_205
- 8) 津田悠人, 吉田郁政, 大竹雄: ガウス過程回帰を用いた基盤面の空間分布推定における地表面標高の考慮手法の比較, AI・データサイエンス論文集, Vol.4, No.3, pp.254-264, 2023.11. https://doi.org/10.11532/jsceiii.4.3_254
- 9) 丸山晃平, 吉田郁政, 関屋英彦, 金哲佑: 影響線に基づく支承部ばね定数推定の安定性に関する検討, 第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集 (A論文), Vol.10, 2023.9.
- 10) 堀田海陽, 中村朋佳, 吉田郁政, 大竹雄: 信頼性解析やベイズ更新のための適応型代理モデルに関する基礎研究, 第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集 (A論文), Vol.10, 2023.9.
- 11) 津田悠人, 吉田郁政: GPRによる地盤物性値の空間分布推定のためのスパースな共分散関数の基礎研究, 第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集 (A論文), Vol.10, pp.9-16, 2023.9. https://doi.org/10.60316/jcossar.10.0_9
- 12) Tsuda, Y., Tomizawa, Y., Yoshida, I., Wada M., Suemasa N., and Otake Y.: Estimation of foundation ground layer utilizing ground surface elevation in Gaussian process regression, *Computers and Geotechnics*, Vol.160, 2023.5.
- 13) 津田悠人, 吉田郁政, 中瀬仁: 落石のリスク評価に基づいた落石防護工の最適配置の意思決定のための支援手法, 土木学会論文集F4, Vol.79, No.5, 22-00159, 2023.4.
- 14) 丸山晃平, 吉田郁政, 関屋英彦: 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, 土木学会論文集F3, Vol.79, No.6, 22-00252, 2023.6.
- 15) Yoshida, I., Mustaf, S., Maruyama, K., and Sekiya, H.: Bayesian Bridge Weigh-In-Motion considering dynamic response in observation noise with application to multiple driving conditions, *Structural Safety*, Vol.103, 102350, 2023.4.

- 16) Mustafa, S., H. Sekiya and S. Hirano, "Evaluation of fatigue damage in steel girder bridges using displacement influence lines," *Structures*, Vol.53, p.1160-1171, July 2023.
- 17) Chanoknunt, S., H. Sekiya, M. Tai, S. Morichika, M. Hayama and M. Nagai, "Fundamental Study on Fatigue Environmental Evaluation for Steel Girder Bridges using Image Sensing," 第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集 (A論文), Vol.10, pp.54-58, 2023.9. https://doi.org/10.60316/jcossar.10.0_54
- 18) Chanoknunt, S., H. Sekiya, M. Hayama and M. Nagai: DISPLACEMENT MEASUREMENT OF 3-SPAN CONTINUOUS BOX-GIRDER BRIDGE WITH ORTHOTROPIC STEEL DECK USING MEMS ACCELEROMETERS, インフラメンテナンス論文集 (Accepted)
- 19) 丸山 収: 拡張カルマンフィルタを援用した部分安全係数推定, " 第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集 (A論文), Vol.10, pp.115-119, 2023.9. https://doi.org/10.60316/jcossar.10.0_115
- 20) Samantha Louise N. JARDER, Osamu MARUYAMA, Lessandro Estelito O. GARCIANO : Probabilistic Estimation Model for Seismic Physical Portfolio Loss of a Water Supply Pipeline System" 第10回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム論文集 (A論文), Vol.10, pp.101-106, 2023.9. https://doi.org/10.60316/jcossar.10.0_101
- 21) Samantha Louise N. Jarder, Osamu Maruyama, Lessandro Estelito O. Garciano : A probabilistic estimation model for seismic physical portfolio loss of a water supply pipeline system, *Resilient Cities and Structures*, Volume 3, Issue 1, pp.44-54, March 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rcns.2024.01.001>
- 22) Samantha Louise N. JARDER, Osamu MARUYAMA, Application of Regression Decision Trees for Scenario-Priority WDN Restoration Strategy, AI・データサイエンス論文集, Volume 4, Issue 2, pp.1-6, 2023. https://doi.org/10.11532/jsceii.4.2_1
- 23) 平山 繁幸, 加藤 舜大, 村野 益巳, 唐沢 博一, 児玉 智也, 白旗 弘実, 永井 政伸: 鋼床版デッキプレート・Uリブ溶接部に発生する疲労き裂に対する開口合成PAの適用, インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.3, No.1, pp-265-272, 2024.

◇ 国際会議及び国内会議

- (1) 国際会議 5件
- (2) 国内会議 20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	吉田 郁政	[学部]兼務	地盤, 構造, 信頼性
教授	丸山 収	[学部]兼務	信頼性, 計測
教授	白旗 弘実	[学部]兼務	鋼構造, 非破壊
准教授	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
客員教授	Siu-Kui Au	専任	計測, 信頼性
客員研究員	田井 政行	専任	鋼構造
顧問 (学長)	三木 千壽	兼務	鋼構造, 橋梁工学

◇ 学生数

博士後期課程： 5名

博士前期課程： 10名

学部4年生： 34名

■ 主要な外部資金

- (1) 科学研究費助成事業（科研費）、若手研究、2023年度直接経費: 10万円「MEMS センサと圧電素子センサを活用した鋼道路橋の疲労損傷検知システムの構築」研究代表（関屋）
- (2) 科学研究費助成事業（科研費 A, B 分担）（吉田） 80万円
- (3) 受託研究 3件約 900万円（関屋）、1件 335万円（白旗）、寄付金1件 50万円（吉田）

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 17件, 国際会議 1件, 国内会議 15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 212 回総研セミナー開催（2023 年 11 月 10 日）

◇ 委員

- (1) 鋼橋技術研究会 鋼橋の性能設計手法に関する検討部会：幹事（関屋）
- (2) 土木学会 応用力学委員会 委員（吉田）
- (3) 土木学会 原子力土木委員会 委員（吉田）
- (4) 土木学会 データ駆動型の信頼性設計およびリスク評価実装研究小委員会 委員（吉田）
- (5) 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

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内燃機関の熱損失・摩擦損失低減(トライボロジー)に加え、将来の環境規制を見据えた新しい潤滑油(糖アルコールやナノバブル)による潤滑油の研究を推進。

■ 研究成果の概要

◇ 主要な研究成果

- (1) 都市大独自の PCC 水素燃焼が主要企業の燃焼コンセプトに採用され、最先端のデータが 2023 年度の産学連携研究より得られた。
- (2) 水素エンジン特有のブローバイガスや気柱振動強度の新たな特徴を見出した。
- (3) 水素エンジンにおける凝縮水が潤滑油に与える影響を解明した。
- (4) エンジン潤滑油や噴射燃料の挙動を可視化し、燃料希釈・オイル消費機構を解明した。
- (5) 高熱効率化に向けた遮熱膜の瞬時断熱特性把握用薄膜センサを開発した。

◇ 次年度への展開

- (1) (NEDO GI 低フリクション研究) e-fuel や水素内燃機関の摩擦低減・潤滑油消費研究を継続
- (2) (AICE 萌芽研究) 水素燃焼によるブローバイ/凝縮水の発生メカニズム解明の研究を継続
- (3) (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
- (4) (NEDO GI モデル基盤研究) 日独連携研究(NEDO~2022FY)の発展・進化と解析モデル構築
- (5) (NEDO GI ハイパーリーン SI 燃焼研究) 熱効率向上用遮熱膜の瞬時特性を本学独自の薄膜センサで評価

■ 成果の概要紹介

【テーマ1】水素エンジン特有のブローバイガス特性に関する研究(AICE 萌芽研究)

水素エンジンは、冷却損失と窒素酸化物 (NO_x) 増加の課題があり、水素を含んだブローバイガスを吸気管に戻すことはバックファイアの原因や熱効率低下を招く可能性がある。また、燃焼速度が速い水素燃料は燃焼時に強い気柱振動を発生し、NV 特性の悪化を招く可能性がある。そこで本年度は直噴水素内燃機関(図1)を対象とし、噴射タイミング、燃焼室形状、空気過剰率 λ がブローバイガス中の水素濃度と気柱振動強度に与える影響を調査した。この結果、図2に示すように SOI 遅角側ほどブローバイガス中水素量の供給水素量に対する割合が低い傾向を示すが、気柱振動強度に関してはリエントラント燃焼室の λ 3.0において高い傾向を示し、SOI 40 deg. CA. BTDC では 135 kPa と高い値となった。燃焼室形状に関係なく噴射時期を遅角することでブローバイ中水素量の供給水素量に対する割合を低減するが、低 λ 側の運転条件では、遅角側ほど気柱振動強度が急激に悪化する可能性があることを確認した。



図1 直噴水素エンジン(研究用)

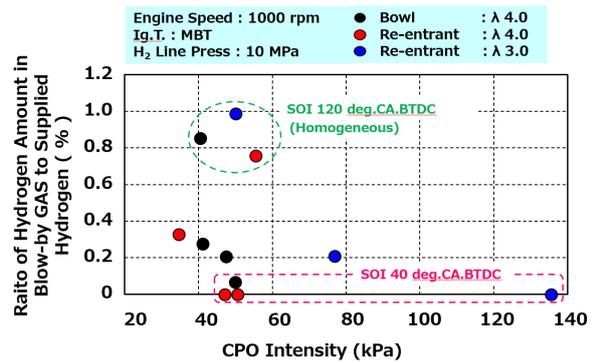


図2 供給水素量に対するブローバイ中の水素量割合と気柱振動強度の関係

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

水素は燃焼時に水が発生することは周知の事実であるが、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の検証事例がなく、これを研究対象とした。水素燃焼直後は水蒸気の状態である一方で、燃焼室内部は高圧にさらされることから圧縮により水蒸気が水に変化する可能性があり、これを凝縮水と呼ぶ。状態変化を支配するのは飽和水蒸気圧であり、これは温度の影響も受けることから、図3に示す単気筒水素/ディーゼルエンジンのライナー部の温度を最低40℃まで下げた状態でのファイリング運転を可能にし、運転条件や運転時間を変化させた時の潤滑油をオイルタンクからサンプリング・分析することで水分の影響を明らかにした。図4に示すのは潤滑油へ水分混入が確認された条件での運転時間の経過に伴う潤滑油外観の変化と潤滑油中水分量の変化で、外観からは潤滑油の乳化が確認でき、分析結果からは特定の条件下において30時間の運転後に潤滑油中の約10%が水に変化することが確認された。



図3 単気筒水素/ディーゼルエンジン

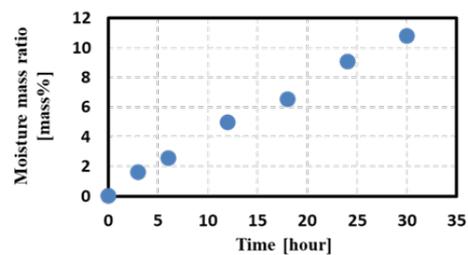
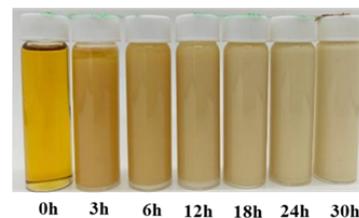


図4 運転時間の増加に伴うサンプリングオイル外観と油中水分量の推移

【テーマ3】ピストンリング周りのオイル挙動の明確化研究(国プロ)

オイル消費と呼ばれる問題がある。本研究では中でもオイル上がりと呼ばれるピストンリング-ピストンの隙間やピストンリング溝を上がるオイル流れに着目し、フォトクロミズム法を用いて油膜流れの可視化とオイル上がり経路の推定を推進した。フォトクロミズム法による計測ユニットは

図5に示す通りで、エンジンのライナー部に可視化窓を設けている。特定波長の紫外光をレーザーを用いて可視化窓部に照射することで潤滑油に混ぜたフォトクロミック色素が着色され、これをトレーサーとして画像解析によりオイル流れを把握する。今年度は特に可視化精度の向上に注力し、主に光学系の見直しと細部までの調整を行うことで、図6に示すように従来ノイズが多く発生した条件でのノイズを劇的に改善し、オイル流れの明確な把握が可能となった。

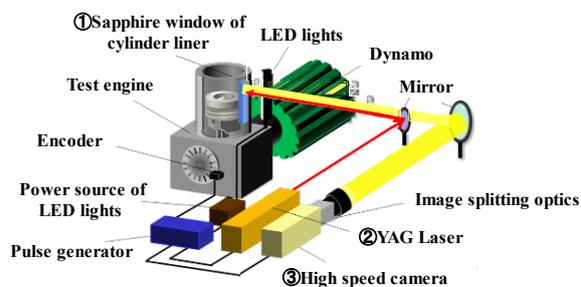


図5 フォトクロミズム法による
オイル流れ可視化システム

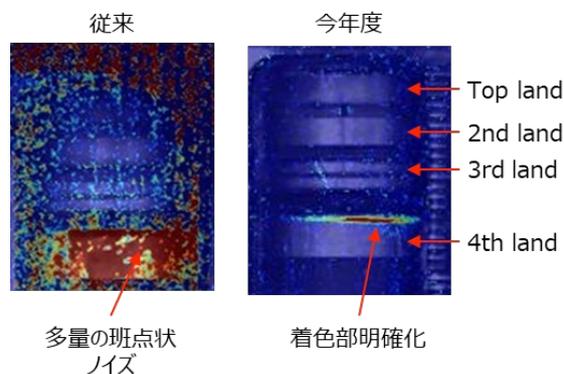


図6 フォトクロミズム法の精度向上
によるノイズ低減

(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

- (1) Hyun Jo, Yuta Kawai, Naoto Horibe, Hiroshi Kawanabe, Takuji Ishiyama, Daijiro Ishii, Yuji Mihara ・ Analysis of the relationship between near-wall velocity distribution and wall heat flux under diesel spray flame impingement in an RCEM ・ International Journal of Engine Research ・ OnlineFirst ・ 2024年2月 ・ <https://doi.org/10.1177/14680874231224530>
- (2) Masakuni Oikawa, Michiyasu Owashi, Yuji Mihara, Takashi Maeno ・ Development of Oil Film Pressure Measurement System for Engine Sliding Parts ・ Tribology Online ・ 2023 Volume 18 Issue 7 Pages 449-456 ・ 2023年11月 ・ <https://doi.org/10.2474/trol.18.449>
- (3) Masakuni Oikawa, Yuki Mogi, Mami Horiguchi, Keisuke Goma, Yasuo Takagi, Yuji Mihara ・ Effect of modified combustion chamber configuration and enhanced squish flow on improving thermal efficiency in jet-plume-controlled direct-injection near-zero emission hydrogen engines ・ International Journal of Engine Research ・ Volume 24, Issue 7, pp2897-2907 ・ 2023年7月 ・ <https://doi.org/10.1177/14680874221135277>

◇ 依頼論文

- (1) 三原雄司 ・ SIP 革新的燃焼技術成果集レポート「熱効率50%に貢献する摩擦損失低減の研究」 ・ JSAE エンジンレビュー ・ Vol.14, No.1 ・ 2024年2月
- (2) 三原雄司 ・ レポート：第34回内燃機関シンポジウムー燃料多様化社会における内燃機関ー「潤滑2」 ・ JSAE エンジンレビュー ・ Vol.14, No.1 ・ 2024年2月
- (3) 三原雄司 ・ エンジントライボロジー分野の最新動向 ・ トライボロジスト 特集企画「研究会がリードするトライボロジー分野の最新動向」 ・ 69巻, 1号, p. 7-8 ・ 2024年1月
- (4) 三原雄司 ・ 内燃機関の摩擦損失低減に向けた研究について ・ 会誌 自動車技術 12月号デジタルブック ・ 2023年12月
- (5) 三原雄司 ・ 水素を燃料とする内燃機関に関する動向について ・ bmt ベアリング&モーション・テ

ック・2023年9月

- (6) 三原雄司・すべり軸受への導入・トライボロジスト 特集「リファレンス オブ リファレンス ― 2023年版―」・68巻,8号, pp 524-526・2023年8月
- (7) 及川昌訓・会誌「自動車技術」年鑑号「14 代替燃料エンジン」共著・Vol.77, No.8, 2023年8月

◇ 招待講演

- (1) 及川昌訓・高圧縮比に伴う筒内直噴水素エンジンの機関性能と筒内気柱振動発生の特性・(公社)自動車技術会ディーゼル機関部門委員会主催シンポジウム・2024年1月
- (2) Yuji Mihara・Engine Friction Loss Reduction Research for Carbon Neutrality・ITC Fukuoka 2023・The 4th Czech-Japan Tribology Workshop 4, 30-B-01・2023年9月
- (3) 三原雄司・カーボンニュートラル社会の実現に向けた内燃機関の将来動向と産学連携研究・日本滑り軸受標準化協議会 2023年度 第1回総会・2023年6月

◇ 国際会議

- (1) Masayuki Okamoto, Takumi Iwata, Yuji Mihara, Kazuyuki Koda, Kazuya Matsuki・Measurement of Heat Flux Distribution in Hydrogen Engine and Effect of Hydrogen Mixing Rate on Heat Flux・・2023-2024 JSAE KANTO International Conference of Automotive Technology for Young Engineers (ICATYE)・2024年3月
- (2) Pang Jingcheng, Takumi Iwata, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara, Michiyasu Owashi, Shinya Kubota, Naoto Watanabe, Yoshinari Ninomiya, Yuzuru Shida, Kazuki Fukuma, Taro Amamo・Accuracy Verification of Engine Bearing Wear Calculation Model by Using Bearing Test Rig・2023-2024 JSAE KANTO International Conference of Automotive Technology for Young Engineers (ICATYE)・2024年3月
- (3) Yuta Ishibashi, Takumi Iwata, Masaya Fukuda, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara・Measurement of Oil Film Thickness on Plain Bearings in Bearing Test Rig by Using Laser Induced Fluorescence Method・2023-2024 JSAE KANTO International Conference of Automotive Technology for Young Engineers (ICATYE)・2024年3月
- (4) Yuta Ishibashi, Takumi Iwata, Masaya Fukuda, Masakuni Oikawa, Yuji Mihara・Measurement of Oil Film Thickness on Plain Bearings in Bearing Test Rig by Using Laser Induced Fluorescence Method・2023-2024 JSAE KANTO International Conference of Automotive Technology for Young Engineers (ICATYE)・2024年3月
- (5) Natsuko Sugimura, Mizuki Era, Ryo Tsuda, Keito Nitta, Yuji Mihara, Hitoshi Washizu・A Particle Method Simulation Approach to Boundary Lubrication Friction・ITC Fukuoka 2023・Contact Mechanics Simulation 1,28-J-05・2023年9月
- (6) Takumi Iwata, Masaya Fukuda, Yuji Mihara, Makoto Kano, Masakuni Oikawa・Effect of Forming Plateau Surface by Polishing of DLC Coating on Tribological Properties of Engine Bearings in Fluid Lubrication・ITC Fukuoka 2023・Sliding Bearings 1, 29-H-08・2023年9月
- (7) Yuji Mihara, Yuya Hirose, Masakuni Oikawa, Seikou Kyuu, Haruto Nakakouji, Shuzo Sanda, Akihiko Azetsu, Yuki Kawamoto, Naoki Inoue, Yuto Ito, Masayuki Ochiai, Shun Takahashi・Clarification of fuel and oil flow behavior around the piston rings of internal combustion engines・2023JSAE/SAE Powertrains Energy and Lubricants International Meeting・JSAE-20239207-SAE-2023-32-0047・2023年8月

◇ 国内会議 8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	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 俊豪	[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
客員教授	村上 元一		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	加納 眞		材料工学
特別研究員	中村 己喜男		内燃機関工学、CAE
特別研究員	鈴木 雄三		内燃機関工学

◇ 学生数 博士後期課程：2名、修士課程：12名、学部4年生：11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）

①自動車用内燃機関技術研究組合（AICE） 2023年度経費：1,425万円 「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 2023年度経費：220万円 「水素エンジンの燃焼ガス及びブローバイからの凝縮水が潤滑油及び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 「AICE燃焼研究」研究代表（三原）
④その他共同研究・受託研究 計7社で1,577万円 研究代表（三原）
⑤自動車用内燃機関技術研究組合（AICE） 2023年度経費：652万円 「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）
⑥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 2023年度経費：220万円 「直噴水素エンジンの噴射特性と燃焼室形状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）
⑦その他共同研究・受託研究 計4社で2,542万円 研究代表（及川）

■ 学生教育

- ◇ 学生の論文発表件数 国際会議 5 件、国内会議 2 件
- ◇ 学生の主な就職先 トヨタ自動車 (株)、本田技研工業 (株)、いすゞ自動車 (株)、(株) SUBARU、日野自動車 (株)、(株) 総合車両製作所

■ 社会貢献

- ◇ 第 217 回 総研セミナー開催 研究話題 6 件
(2024 年 3 月 21 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「自動車のカーボンニュートラルに向けた研究と今後の課題」

◇ 委員

氏名	委員名一覧
三原 雄司	自動車技術会：代議員、関東支部学生担当理事、伝熱技術部門委員会委員、SETC2023 対応委員会および SETC2024 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、日本滑り軸受標準化協議会委員、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、RC291 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	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
三原 雄司	(学) 工学院大学：外部評価委員会委員長
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

応用生態システム研究センター

応用生態システム研究センター
センター長 涌井 史郎

■ センター概要

未来の社会資本として人間社会と生態システムが調和した豊かな環境形成に資する国土、地方、地域、近隣の空間創出のため、造園学、環境緑地学、生理人類学、公衆衛生学を背景として、技術開発研究、計画学的研究を展開している。緑（緑地）のもたらす存在効用、利用効用の視点に立ち、安全で健康なそして持続可能な未来社会のあるべき姿の発信と推進に努めている。

■ 研究成果の概要

◇ 主要な研究成果

研究センターでは、グリーンインフラをキーワードに地域の課題解決に立脚した多様な生態系サービスの複合機能化と社会実装を目指すべく、減災、環境修復、健康ストレスマネジメントの体系とその要素技術の研究を行っている。2023年度は代表的な研究として、ウォークアブルな街づくりに資する舗装とグリーンインフラを複合機能化するための研究として、大型の受託研究を通じて、①舗装と歩行に関する臨床研究、②舗装と暑熱環境緩和について検証した。また、③緑地構造とその連結性の改善による雨水流出抑制効果に関する研究、④都市近郊の農林地における生態系サービスの地域活用に関する研究を推進した。

◇ 次年度への展開

前述の研究について、①舗装と歩行に関する臨床研究について、歩行時の心理・生理的影響、動画解析を通じた安定歩行の傾向、SD調査による主観的評価を通じて適正な舗装を提言、②舗装構造による暑熱環境緩和（鉛直温度プロフィールと輻射熱緩和）のよりランドスケープ的な用途に言及し未来社会の実装に向けた提案する。また、③土地条件と社会条件に応じた緑地機能の連結の観点から、国内外の流域を対象に集水域内の緑地環境を評価し、水害適応に向けた土地管理の指針を提案する。

■ 成果の概要紹介

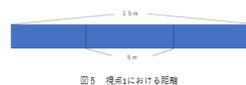
【テーマ1】舗装と歩行に関する臨床研究

まず受託研究契約とともに、日本道路の多大なご協力により YC のグラインド内にテストコースの敷設を実現した。具体的には、アスファルト（密粒、透水、遮熱塗料）、ゴムチップ、ウレタン、土系舗装、芝生である。



視点1
歩行速度・歩行率・歩幅

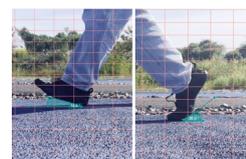
- 歩行速度(m/s) = 距離 ÷ 時間 (秒)
- 歩行率 (歩) = 歩数 ÷ 時間
- 歩幅 (m) = 距離 ÷ 歩数



視点2
着地角度・離地角度

着地角度・・・歩行開始における着目足が舗装面に接地した瞬間の角度であり、正常歩行ができていない場合、必ず前から着地している。必ず右足。

離地角度・・・歩行開始における足先が舗装面から離れる瞬間の角度であり、もう片方の足は舗装面に接している。必ず左足。



各テストコース歩行時の歩行感覚（SD 調査）、動画解析により、歩きやすさや負荷に関する臨床検査を行い、また歩行によるバランス感覚を鍛える効果などを検証するために、重心動揺と回復など動画解析に臨んでいる。2023 年度の臨床研究では 20 名の被験者により、裸足感覚シューズ着用による条件整備を図って検証に臨んだ。歩行時間中の離地、着地の安定性、クッション性の主観評価などから、ウレタン、ゴムチップ舗装の評価が高い結果となった。また SD 調査の因子分析からも、見た目の雰囲気、歩行感に関する項目が第一因子、第二因子を占めた。

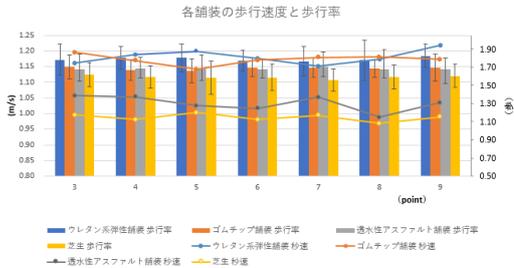


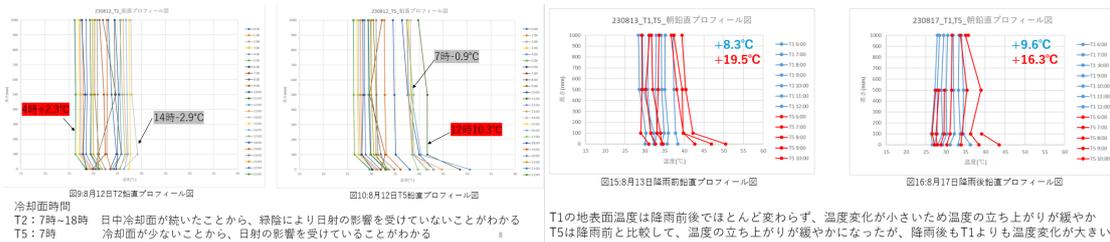
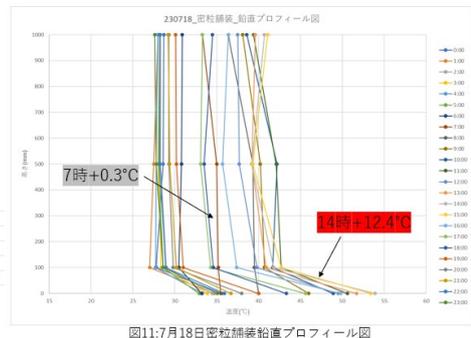
図7 各舗装における歩行速度と歩行率

- ・ウレタン系弾性舗装は歩行速度と歩行率ともに速く、高い。変化の波が少ない。
- ・ゴムチップ舗装は速度は速く波が少ない、歩行率が高くなったり低くなったりしている。
- ・開粒度アスファルト舗装は歩行速度は遅く変化の波が多い。歩行率が高くなったり低くなったりしている。
- ・芝生は歩行速度歩行率ともに遅く、低い。速度に波がある。

歩行速度の変化少ない、一步あたりの歩行率が高く、歩幅が大きい、着地、離地角度に変化がなく安定している状況を歩きやすい舗装と定義すると、今回の実験からゴムチップ舗装、ウレタン弾性舗装の評価が高い。

【テーマ2】透水性舗装の公園広場における気温の鉛直分布と熱的快適性に関する研究

透水性舗装が敷設された「ぎふ結の杜」(庁舎前広場)を対象に透水性舗装や雨水貯留浸透基盤が整備された空間で、地下水位、鉛直温度プロフィール計測等を行い、熱的快適性に与える影響について検討した。



冷却面時間
T2：7時～18時 日中冷却面が続いたことから、緑陰により日射の影響を受けていないことがわかる
T5：7時 冷却面が少ないことから、日射の影響を受けていることがわかる

T1の地面温度は降雨前後でほとんど変わらず、温度変化が小さいため温度の立ち上がりは緩やか
T5は降雨前と比較して、温度の立ち上がりが緩やかになったが、降雨後もT1よりも温度変化が大きい

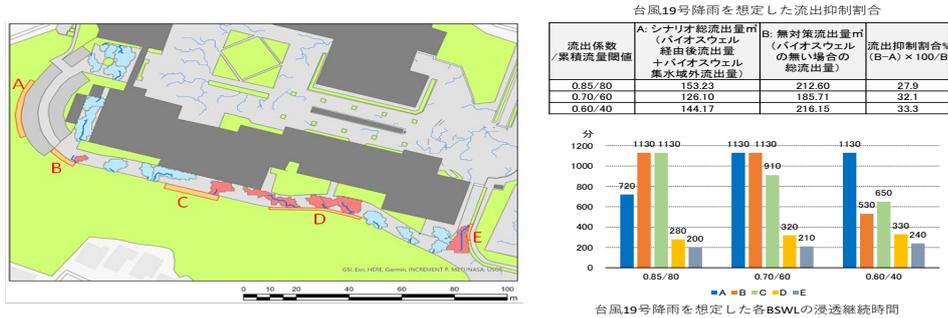
・降雨前の気流温度は同舗装条件で緑陰の有無に違いがある地点間で大きな温度差があった。緑陰がある舗装面は冷却面としての作用する時間が多かったことから熱的快適性が高く、緑陰がない舗装面では加熱面が目立った。降雨後の気流温度は全ての地点で加熱面が減少し、透水性舗装と雨水貯留浸透基盤の効果が認められた。午前中の温度の立ち上がりを比較したところ、日陰の舗装面は緩やかな立ち上がりとなり、緑陰のない舗装面は約 20℃急激に温度上昇した。これは日中の空気温度が高いことにより、夜間温度が下がりきらず朝を迎えていることによる。

【テーマ3】緑地構造とその連結性の改善による雨水流出抑制効果に関する研究

屋上の立体緑化とその接続効果の実証として、世田谷区内公共施設における屋上緑化とテラス緑化が連結したカスケード型立体緑化による雨水流出抑制効果の実測を行った（(株)佐藤総合計画受託研究）。じゃかご樋とテラス緑化の連結した屋上・4F・3F のモデル区間において、単独集中降雨（6日無降雨後 29.8mm～7日無降雨後 52.4mm）に対して流出抑制割合 95.5%～89.93%、流出遅延効果 30～54分、連続した台風（総降雨 157.0mm+142.6mm）で流出抑制割合 50.25%～8.77%の流出遅延効果 12～15分程度と推定された。

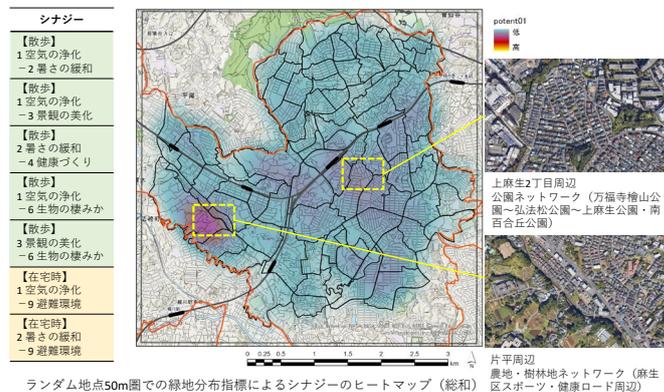
東京都市大学横浜キャンパスの車道では、雨水排水系統に隣接する緑地にカスケード型のバイオスウェル（BSWL）を設置した場合の雨水流出抑制効果のシナリオ評価を行った（清水建設(株)受託研究）。本分析では、AW3D50cm 解像度 DEM データを用いて表流水の流路・流出点と集水域の抽出を行い、道路沿いの植栽空間を活用して BSWL をカスケード状に整備するシナリオを評価した結果、34.9%～38.5%の表流水が BSWL に流入する結果となった。道路の集水面積が大きくなると、直接流入量も上流側 BSWL からの溢水量も大きくなるため、BSWL ごとの浸透継続時間を比較し、適切なバランスで BSWL を接続する必要があることを明らかにした。

また、緑道における雨水の一時滞留と生態系との関係性に関する研究として、港北ニュータウン緑道の園路を対象に、雨天後の一時的な水域の発生がトンボ類に与える影響に関する調査・分析を行った。樹冠の被覆が少なく水たまりの面積割合が大きいほど個体数が増加した。雨天後の個体数増加がオスよりもメスの方が大きな影響を受け、メス個体の捕獲が集中した地点は両条件を満たす環境であることから、水たまりを産卵の場としてとらえている可能性が考えられた。



【テーマ4】都市近郊の農林地における生態系サービスの地域活用に関する研究

川崎市麻生区を対象として、生活の機会（散歩、通学通勤・買い物、地域イベント、自宅）に応じて住民が認知する生態系サービスを全区を対象としたアンケートにより調査した（(一財)川崎新都心街づくり財団受託研究）。これをもとに生態系サービス間のシナジーごとに、回答者の居住する町丁目の緑被分布条件の指標を説明変数、機会ごとのシナジーの回答有無を目的変数として、ロジスティック回帰分析により両者の関係を分析し、シナジーのヒートマップを作成した。



また、高山市では、間伐集材を地域通貨を活用して促進する木の駅プロジェクトのメンバーと、助成金を使用して薪・ペレットストーブを導入した世帯を対象にアンケート調査を実施した（JSTRISTEX）。補助金活用市民は、地域資源とその機能への効果を高く意識できている一方、地域交流・社会福祉や包括的な景観改善等の効果の認知は「木の駅」参加者に至らない傾向があり、体験・調達活動などを通じて地域通貨を直接手にする機会を創出することで、両者のシナジーが期待される。

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- 1)横田樹広：屋上緑化とテラス緑化が連結した立体緑化による雨水流出抑制効果の実測、日本建築学会技術報告集、第30巻第74号、2024年2月、pp.211-215.
- 2)横田樹広、渡部陽介：高解像度 DEM を用いた街区内道路空間における雨水流出環境とバイオスウェル導入シナリオの評価、日本建築学会技術報告集、第29巻第72号、2023年6月、pp.904-909.

◇ 国際会議

- 1)Shigehiro Yokota: Awareness of basin residents on converting old river channels into functional greenways - Case study in Katabira river basin -. Asian-Pacific Planning Societies (APPS) 2023, 2023年8月18日, 2p.
- 2) Marika Muramoto・Longlong Tang・Norihiro Itsubo・Kentaro Iijima(2023): Ecotoxicity impact of pesticide use focusing on differences in application methods、EcoDesign 2023 Detailed Program

◇ 国内会議

- 1)奥井大介、横田樹広：緑道の園路における雨天後の一時的な水域の発生がトンボ類に与える影響、日本景観生態学会第33回淡路大会（JALE2023）ポスター発表、2023年5月27日
- 2)横田樹広、山崎慶太：木質バイオマスエネルギー利用における地域通貨を介した社会的価値の創出、一岐岐阜高山市における補助金活用市民と「木の駅」参加市民の意識の比較を通じてー。環境経済・政策学会2023年大会企画セッション「木質バイオマス熱エネルギーと地域通貨の活用による環境循環と社会共生に向けた政策提案」、2023年10月1日
- 3)村本麻里花・湯龍龍・飯島健太郎・伊坪 徳宏（2023）：日本の実態を反映した農薬のライフサイクル生態影響評価手法の開発、第19回日本LCA学会研究発表会

◇ 著書

- 1)飯島健太郎（2023）：キセロフィル・サボテン自生地探検記、グラフィック社、全ページ352P（監修出版）
- 2)横田樹広（分担執筆）：第2部第3章 「みどりの恵みのシナジーとその持続コスト」。『持続する郊外 住民主導のアーバニズム』。川崎新都心街づくり財団監修、平本一雄編著。2023年10月、青弓社。

◇ 紀要・総説等

- 1)涌井史郎・山中竹春（2024）：GREEN×EXPO2027がもたらす新しい価値、月間経団連72(2)、pp.13-22
- 1)飯島健太郎（2023）：土地利用から環境対策を講じるグリーンインフラ、ビルと環境、第182号、pp.35-45、日本建築衛生管理教育センター
- 2)飯島健太郎（2024）：グリーンインフラの拠点となる公園緑地、その用途拡大を担うグラウンドカバープランツ、芝草研究52(2)、pp.117-122
- 3)三浦紗瑛・阿部昂祐・伏屋和晃・藤原大音・小林邦隆・飯島健太郎（2024）：大橋ジャンクションの壁面緑化を対象とした刈り込みによる維持管理と暑熱環境緩和効果、東京都市大学環境学部紀要、

◇ 依頼原稿

1) 横田樹広：庭における雨の市民科学プログラム「雨の水みち TOKYO プロジェクト」、水循環 貯留と浸透、vol. 130、2023 年、pp. 4～7.

■ 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・特別教授	涌井史郎		造園学、ランドスケープ
教授	飯島健太郎	[環境学部]兼務	環境緑地学
教授	横田樹広	[環境学部]兼務	流域環境、生態系サービス
客員研究員	堀川朗彦		造園学、ランドスケープ
客員研究員	山崎正代		造園学、ランドスケープ
客員研究員	山下律正		育種

◇ 学生数 博士後期課程：1 名、修士課程：2 名、学部 4 年生：8 名（飯島）

学生数 博士後期課程：2 名、修士課程：3 名、学部 4 年生：12 名（横田）

■ 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）

2023 年度受託研究、日本興業株式会社、360 万円
2023 年度受託研究、日本道路株式会社（延長変更による増額）110 万円（2022 年度 385 万円）
2023 年度受託研究、全国鉢物普及プロジェクト協議会 30 万円
受託研究、(株) 佐藤総合計画 保水性堅樋（じゃかご樋）及びテラス緑化の性能に関する研究、83.5 万円（2022 年度）
受託研究、清水建設(株) 水と生態系からみた都市オープンスペースの複合評価技術に関する研究、150 万円（2021～2022 年度）
受託研究、(一財)川崎新都心街づくり財団 外住宅地の緑の効用についての研究～緑のストックにおける生態系サービス・ネットワークとその便益の評価、250 万円（2020～2021 年度）
国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）RISTEX 木質バイオマス熱エネルギーと地域通貨の活用による環境循環と社会共生に向けた政策提案、300 万円（2021～2024 年度）

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 1 件、国際会議 2 件、国内会議 3 件

◇ 学生の主な就職先

東急建設、箱根植木、日比谷アメニス、港区役所

■ 社会貢献

◇ 講演

・ 涌井史郎：世田谷ポータルランド都市文化交流協会話題提供、世田谷ポータルランド都市文化交流協

会、2023年6月17日

・涌井史郎：花とみどりが魅せる岐阜県の未来、第42回全国都市緑化ぎふフェア実行委員会 設立総会、2023年8月2日

・涌井史郎：温泉ガストロノミーで街を変え 観光の形態を変える、静岡・サンフロント21懇話会、2023年9月20日

・涌井史郎：しなやかな国土形成の基盤“みどりと公園緑地、都市公園制度制定150周年及び関東大震災100年講演会、日本公園緑地協会、2023年9月1日

・涌井史郎：「2027年国際園芸博覧会」(GREEN×EXPO 2027)に向けた「共創キックオフ・ミーティング」、(公社)2027年国際園芸博覧会協会・横浜市・横浜商工会議所の共催、2023年9月26日

・涌井史郎：KEYNOTE SPEECH、国際ランドスケープアーキテクト連盟アジア太平洋地域会議2023 日本大会、2023年11月16日

・涌井史郎：「2050年ビジョン『自然と共生する世界』を見据えた、企業、事業活動の在り方とは?」、2023年度 経団連自然保護協議会 生物多様性に関するシンポジウム、2023年12月5日

・涌井史郎、2023年12月

・飯島健太郎：グリーンインフラの拠点となる公園緑地、その用途拡大を担うグラウンドカバープランツ、日本芝草学会2023年秋季大会(2023年9月30日)

・横田樹広：多摩川流域懇談会主催「多摩川流域歴史セミナー」コメンテータ(2023年10月7日)

・横田樹広：世田谷GI研究会学習会 ―東京都市大学の取り組み―講演(2024年1月25日)

◇ 出張授業

・飯島健太郎：横浜瀬谷高校(担当者教頭 橋本洋郎)／瀬谷の森を守ろうPJに向けて／森林の課題・グリーンインフラの視点から(2023年11月27日)

◇ 委員

氏名	委員名一覧
涌井史郎	岐阜県立森林文化アカデミー学長、なごや環境大学学長、中部大学客員教授、東急不動産ホールディングス取締役、(一社)日本公園緑地協会副会長、都市緑化機構評議員、環境省 国立公園の宿舍事業のあり方に関する検討会座長、首里城再建に向けた有識者会議委員、環境省 自然公園制度のあり方検討会委員、まちなか公共空間等における「芝生地の造成・管理」に関する懇談会委員
飯島健太郎	日本芝草学会副会長・理事・評議員、神奈川県公園等審査会委員、横須賀市環境審議会委員、東日本道路(株)事業評価監視委員会常任委員、高速道路における緑地の適正な維持管理手法に関する検討委員会委員(高速道路調査会)、屋上緑化コンクール選定委員会委員(都市緑化機構)、鉢物類効用調査検討委員会委員(全国鉢物普及プロジェクト協議会)
横田樹広	日本造園学会理事、環境情報科学センター編集委員、東京都環境影響評価審議会委員、横浜市環境影響評価審査会委員、横浜市公共事業評価委員会委員、相模原市総合計画審議会委員、練馬区緑化委員会副会長、港区緑と水の委員会委員、青梅市生物多様性保全協議会副会長

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、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 (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。2023 年度は令和元年東日本台風での都市大周辺の分析、市町村別の自然災害リスク指標の利活用、災害に対するマネジメント手法の開発など多岐にわたった成果が得られました。また、新たに導入された遠心模型実験装置を利用して地盤災害に関する研究等を実施しています。

◇ 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、新たに導入された遠心模型実験装置を用い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】2019 年東日本台風による玉堤・田園調布地域における氾濫・流出特性の分析

2019 年台風 19 号時には、多摩川流域の全域に大雨が降ったことにより下流域で水位が大きく上昇し、下流域での多摩川への排水不良にもなって市街地で浸水が発生した。被災直後から都市工学科を中心とする関連学科の教職員と学生と共同で浸水調査を行った。その際に、大学も含めて当該地域の複数台の防犯ビデオ映像を入手することができた。ここでは、2 箇所の防犯ビデオ映像を用いた浸水位の時間変化、さらにそのうちの 1 箇所については浸水開始から水が引くまでの流向・流速変化について画像解析を行った結果をそれぞれ示す。

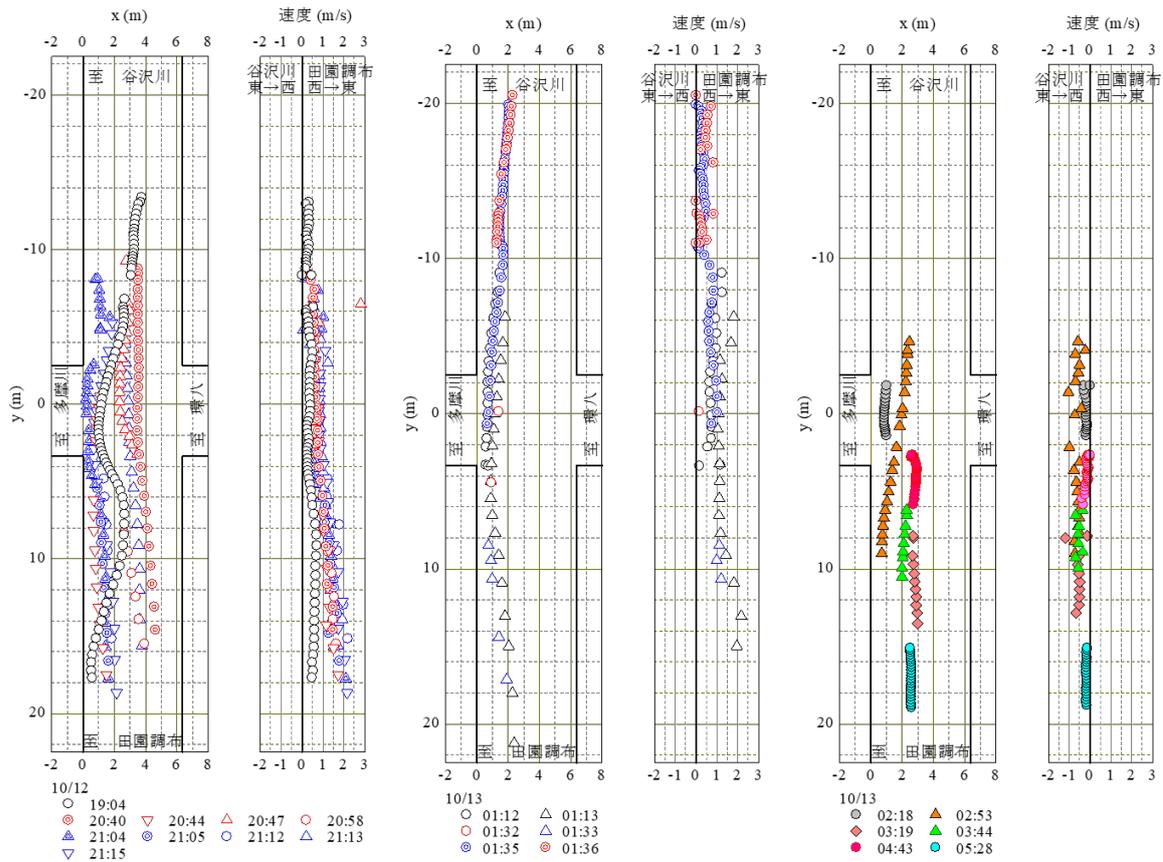


図1 ビデオ映像からの画像解析結果の一例（左：軌跡，右：y座標と合成速度の関係）

【テーマ2】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。

2023年度は市町村版 GNS のうち災害曝露量を震災から 100 周年となる大正関東大震災に当てはめて、被災状況と自然災害リスク GNS によるリスク評価を比較・検証することで、今後の災害に関する対策や国・地方自治体の防災・減災の進捗状況の可視化について確認した（図2）。また、GNS に人口を掛け合わせることで災害毎の死傷者数の推定が概略的に可能であることが分かった。今後、精度検証を行っていく。

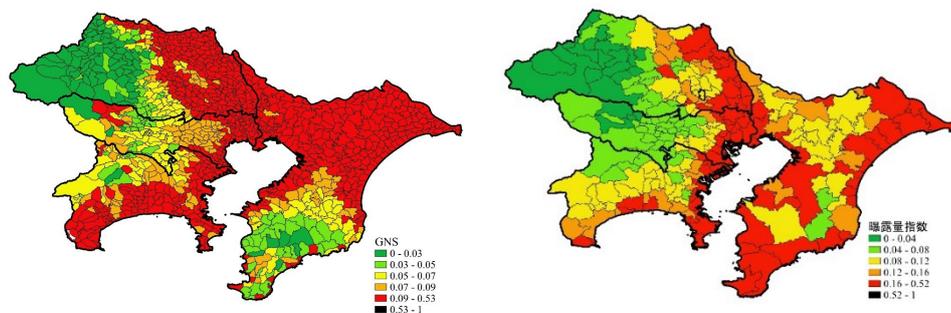


図2 大正関東大震災直前と現代の GNS（左：1920年，右：2015年）

【テーマ3】大規模災害時における地域の経済力を考慮した住宅単位の人口流出危険度と事前防災の有効性評価手法の開発

住宅における経済的被害を評価した事例は数多く存在するが、災害発生後に生じる人口流出の危険性や事前防災により流出を抑制できると期待できる人口を評価する手法はほとんど確立されていない。そこで本研究では、大規模災害発生に伴う世帯単位の損害額および地域の貯蓄高を推計の推計を行うとともに、建物単位の居住者情報を推定することで、世帯単位の人口統計の開発を行った。また、これらの手法を用いて大規模地震発生時に家屋が復旧できないことで流出してしまう可能性のある人口および、事前防災により抑えられる可能性がある流出人口を評価する手法を開発した。

まず、損害額推計に必要な建物の属性情報や居住者属性の推定を建物ごとに推定を行い、日本全国の戸建て住宅を対象としたマイクロジオデータの整備を行った。次に、日本全国で今後30年または50年以内に発生が予測される大規模地震を想定し、建物への被害と家財への被害を推定した。さらに、既存統計を組み合わせることで丁町字ごとの貯蓄高の推計を行い、地域の経済力の評価を行った。そして、貯蓄に対する地震の損害額の負担度の評価を行い、流出する危険のある人口の評価および事前防災により抑えられる人口流出の評価を行った。その結果、50年間超過確率2%以上の地震動シナリオが最も人口流出率が高くなる可能性が示唆され、多くの地域で30%以上の人口流出の可能性が確認できた(図3)。また、現状の補助金額の上限を上げることで多くの地域で人口流出率を10%以上抑えられることが確認できた(図4)。

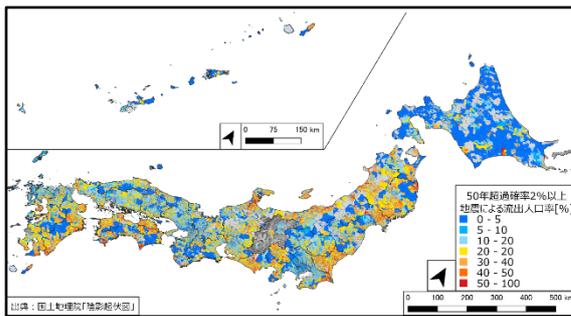


図3 50年超過確率2%以上シナリオ地震による流出危険人口率(小地域単位)

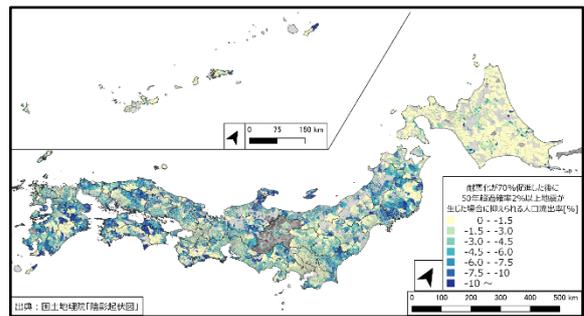


図4 70%の住宅が耐震化した場合に抑えられると期待される流出危険人口率(小地域単位)

【テーマ4】水害危険地域における住宅への被害評価と防災移転の最適化手法の開発

近年、日本では大規模な豪雨災害の発生頻度が増加している。また、住宅に対する被害額は被害額全体の約3割を占めている。そのため、大規模水害に伴う住宅への経済的被害を広域に亘って詳細に評価し、防災移転を行うために必要となるコストや、それに伴う影響などを評価することは、我が国の防災力向上を図る上で重要な取り組みであると言える。

そこで、本研究では従来の治水事業では防ぎきれない水害が将来発生するということを前提に、防災移転の対象となる住宅の中でも、最も件数が多い戸建て住宅を対象に、水害による被害額を推定した。まず、住宅地図と既存統計より推計される住宅ごとの構造と築年代に基づき、住宅毎の水害による損害額を推計した(図5)。さらに、防災移転の経済的支援の各種パラメータを、既存研究から得られた防災移転を促進する支援の影響度のアンケートを参考に設定し、住宅に対する支援額を推計した。最後に、防災移転に要する費用の総額を算出し、防災移転を行わなかった場合の損失額と比較することで、最適な防災移転の規模を検討する手法を開発した。

その結果、移転時の補助の割合を変えることで、防災移転の経済的な有効性を評価し、これを基に新たな評価手法を開発することができた(表1)。なお、使用したデータは全国規模で整備されていることから、全国の任意の空間単位で移転費用を評価することができる。そのため、これまで豪雨災害を想定していなかった自治体でも減災政策に貢献できることが期待される。

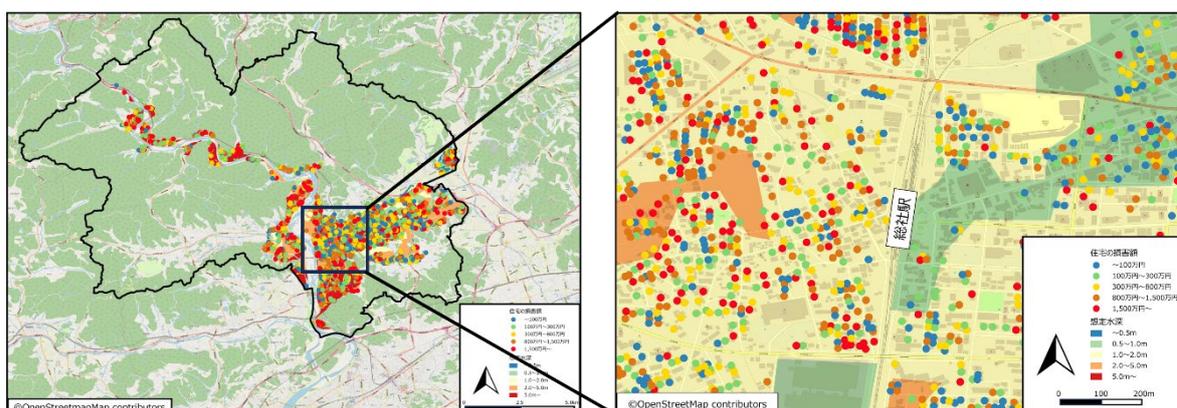


図5 建物毎の水害による推定被害額（岡山県総社市の例）

表1 補助率毎の移転率と防災移転費用の経済的有効性の評価の結果（岡山県総社市の例）

補助率	移転率	移転費用(億円)	損害額(億円)	経済的有効性(億円)
10%	5%	1.57	4.07	-2.5
20%	7%	4.61	5.81	-1.2
30%	8%	8.09	6.81	1.28
40%	10%	13.1	8.58	4.52
50%	12%	19.5	9.36	10.1
...
100%	21%	69.2	17.7	51.5

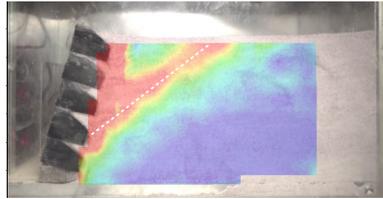
【テーマ5】基礎自治体の職員がもつ災害対応施策への認識に関する実態調査

基礎自治体職員に対し、各種災害対応施策に関する理解度や自身の役割に関する認識などに関するアンケート調査を実施した。アンケートでは災害のフェーズをⅠ.事前の防災計画、Ⅱ.発災時の応急対策、Ⅲ.発災後の復旧・復興期対策に分け、それぞれに対する各職員の回答を得た。その結果、各種計画の周知はある程度されているものの、理解度には部局ごとの差がみられた。また、建設や消防といった防災に関連が多い部局では各種計画において自身が活動する上での整合性や実効性に懸念を持っている状況も明らかとなった。今後の計画改定においては、こういった点を十分踏まえる必要があることが示唆された。これは土木学会建設マネジメント委員会「地方自治体に災害マネジメント研究小委員会」との連携活動によるものである。

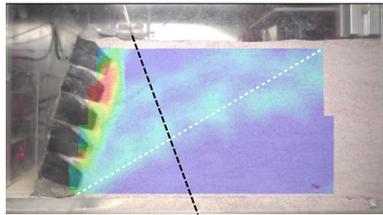
また、災害時のインフラ施設管理者（国、県、市町村）および、地方の建設業協会や建設コンサルタント協会への全国的なヒアリングを行い、支援要請伝達ルート of 輻輳、建設契約の締結、災害査定から予算措置のプロセスについて共通する課題があることが明らかとなり、取りまとめを行っている。これは土木学会建設マネジメント委員会「災害対応ガバナンス研究小委員会」との連携活動によるものである。

【テーマ6】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。写真は、遠心模型実験での空石積み擁壁の動的実験による対策の有無による崩壊挙動を示したものである。無対策の擁壁は水平震度 0.47 にて崩壊しているが、新たに開発した形式の補強方法（一体化傾斜補強）では、装置最大でも崩壊しなかった。今後は、新たに導入された遠心模型実験装置による動的実験などを通して様々な対策について検討したい。



無対策 水平震度 0.47 にて崩壊



新たに開発した一体化傾斜補強
装置最大（水平震度 0.58）でも崩壊せず



新たに導入された遠心模型実験装置
TCU-Mark III Centrifuge

図 6 遠心模型実験装置を用いた地盤工学にかかわる各種実験の一例

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) 田代怜, 末政直晃, 佐々木隆光, 永尾浩一, 伊藤和也: 高炉スラグ微粉末を混合した非セメント系微粒子注入材の検討, 土木学会論文集 79 (8), 22-00184 <https://doi.org/10.2208/jscej.22-00184>
- (2) 安國恭平, 伊藤和也, 大里重人, 平岡伸隆, 小山倫史, 菊本統: 大正関東大震災時のリスク評価から見る現状の自然災害リスク~自然災害リスク指標 GNS による検討~, 地盤工学会災害調査論文報告集, 1 (2), 317-331, 2023 https://doi.org/10.11512/jgsdr.1.2_317
- (3) T Goso, T Kakuzaki : Questionnaire on employee awareness of disaster mitigation measures in municipal governments IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1195(1) 012043-012043 2023 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1195/1/012043>
- (4) 伊藤和也, 三上貴仁, 田中剛, 末政直晃: 令和元年東日本台風による世田谷区・大田区の浸水被害に関する分析—防犯ビデオによる浸水位・流向流速の変化—, 自然災害科学 42 (3), 213-224 https://doi.org/10.24762/jndsj.42.3_213
- (5) 中根良太, 平岡伸隆, 中條優樹, 吉川直孝, 伊藤和也: 労働災害防止のためのアンサンブル学習による斜面崩壊の異常検知, 土木学会論文集 79 (24), 23-24014 <https://doi.org/10.2208/jscej.23-24014>
- (6) 柴田達哉, 伊藤和也, 吉川直孝, 平岡伸隆: 急傾斜対策工事現場での労働安全マネジメントとしての斜面ガイドラインの適用と機械分野の労働安全マネジメント手法との比較, 土木学会論文集 79 (24), 23-24016 <https://doi.org/10.2208/jscej.23-24016>
- (7) Kazuya Sano, Anurag Sahare, Kazuya Itoh, Tsuyoshi Tanaka, Naoaki Suemasa, Takeharu Konami, Shingo Taniyama : Novel performance-based seismic reinforcement method for the dry masonry retaining wall located in an urban residential area, <https://doi.org/10.1002/eqe.4099>, 2024
- (8) 中根良太, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也: 線形回帰モデルによる斜面表層ひずみデータを用いた異常検知, 地盤工学ジャーナル 19 (1), 127-141 <https://doi.org/10.3208/jgs.19.127>
- (9) A Sahare, GC Choi, K Ueda: Role of initial static shear on the cyclic response of saturated backfill retained by a sheet-pile wall: Insights from the strain space multiple mechanism model, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 179, 108542 <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108542>
- (10) A Sahare, K Ueda: Dynamic centrifuge modeling to investigate the deformation mechanism of an embedded cantilever retaining wall with submerged backfill conditions, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 179, 108510 <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108510>

◇ シンポジウム・紀要等

- (1) 佐野和弥, 伊藤和也, 田中剛, 末政直晃, 小浪岳治, 谷山慎吾: 動的FEMおよび模型実験による上載荷重が存在する擁壁の変形挙動の把握, 第16回地震工学シンポジウム(16JEES), 土木構造物(2), Day3-G418-17, 2023

◇ 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60件発表)

◇ 国際会議

- (1) Kazuya Sano, Kazuya Itoh, Tsuyoshi Tanaka, Naoaki Suemasa, Takeharu Konami and Shingo Taniyama: Centrifugal Tilting Tests on Vertical Reinforcement of the Dry Masonry Retaining Wall, CREST2023, Y2129, 2023
- (2) Kyohei Yasukuni, Kazuya Itoh, Tomofumi Koyama, Mamoru Kikumoto: Advance of Gross National Safety for Natural Disasters: GNS Calculation at the Municipal Level in Japan, CREST2023, S2487, 2023
- (3) Ryota Nakane, Nobutaka Hiraoka, Naotaka Kikkawa, Kazuki Hiranai, Kazuya Itoh: Anomaly Detection Method for Strain of Slope Surface Using Deep Learning, CREST2023, X7325, 2023
- (4) Kakeru Tasaki, Kazuya Itoh, Kazuya Sano, Masahiro Funamoto, Takahiro Nonaka: Collapse Behavior and Countermeasures by Centrifuge Field Rainfall Experiments on Model Slopes, CREST2023, E2442, 2023.
- (5) Matsuri Ozawa, Kazuya Sano, Anurag Sahare, Kazuya Itoh, Naoaki Suemasa: Estimation of Active Earth Pressure Acting on a Retaining Wall during an Earthquake by Logarithmic Spiral Method, CREST2023, V2514, 2023.
- (6) Kaho Fukuda, Kazuya Itoh, Arashi Shimano: Study on Agitating Blade Angle and Incident Angle in Mechanical Agitation Method, CREST2023, W3738, 2023.
- (7) Kenki Owada, Anurag Sahare, Kazuya Itoh, Naoaki Suemasa: Research on Methods for Determining and Understanding the Soundness of Retaining Walls using Image Analysis, CREST2023, S3585, 2023.
- (8) Anurag Sahare, Gyu Chan Choi, Kyohei Ueda: Influence of Initial Static Shear Stress on the Dynamic Response of Embedded Cantilever Retaining Wall with Saturated Backfill, CREST2023, H1265, 2023
- (9) Shuntaro Nada, Kazuya Sano, Naoto Iwasa, Sahare Anurag, Takuya Ishigaki, Hiroshi Kokuryo, Kazuya Itoh: Evaluation of slope protection works from shear strain in ground with soil nailing by centrifuge tests, 6th World Landslide Forum Florence Italy, 2023.
- (10) Owada Kenki, Development of a ground displacement sensor for prediction of seismic deformation of embankments, 6th World Landslide Forum Florence Italy, 2023.
- (11) Ryota Nakane, Nobutaka Hiraoka, Yuki Nakajo, Yuki Kasa, Naotaka Kikkawa, Kazuya Itoh: Anomaly detection using elastic net for slope strain measured by centrifugal model test, 6th World Landslide Forum Florence Italy, 2023.
- (12) Nobutaka Hiraoka, Ryota Nakane, Yuki Nakajo, Naotaka Kikkawa, Kazuya Itoh, Katsuo Sasahara: Auto Encoder-based anomaly detection for monitoring data in a full-scale model slope test excavation, 6th World Landslide Forum Florence Italy, 2023.

◇ 受賞

- (1) 安全問題討論会'23 論文奨励賞, 労働災害防止のためのアンサンブル学習による斜面崩壊の異常検知, 土木学会安全問題研究委員会 (中根良太, 平岡伸隆, 中條優樹, 吉川直孝, 伊藤和也)
- (2) 安全問題討論会'23 デザイン部門審査員特別賞, 自然災害安全性指標 GNS2022 の可視化～ホームページの作成～, 土木学会安全問題研究委員会 (安國恭平, 伊藤和也, 平岡伸隆, 小山倫史, 菊本統)
- (3) 第 32 回地理情報システム学会 大会優秀発表賞 (2023 年), 世帯推計データを用いた大規模災害時における経済的被害評価手法の開発 (武田直弥・秋山祐樹・古谷貴史)

◇ 雑誌・記事

- (1) 伊藤和也, 末政直晃: 豪雨: 想定外の内水氾濫から得た教訓, 大学マネジメント= University & college management 19 (8), 27-31

■ 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	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
准教授	関屋 英彦	[建築都市デザイン学部] 兼務	橋梁工学, 鋼構造
准教授	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
客員教授	豊澤 康男	仮設工業会	安全工学, 地盤工学
学外研究員	永尾 浩一	佐藤工業技術研究所	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：3名, 修士課程：11名, 学部4年生：18名

■ 主要な外部資金

- ・ 三上貴仁, 科学研究費補助金 (基盤研究 C, 22K04640) 「小河川を有する市街地における浸水災害の実態と流出特性・氾濫特性の理解」, 2022～2024 年度 (総額 3,770,000 円)
- ・ 五艘隆志, 科学研究費補助金 (基盤研究 C, 21K04218) 「機械学習を用いた建設現場の労働環境・生産性データ収集分析システム構築」, 2021～2023 年度 (総額 4,160,000 円)
- ・ 末政直晃・伊藤和也・田中剛, 受託研究 (強化土エンジニアリング) 5,000,000 円
- ・ 末政直晃・伊藤和也・田中剛, 受託研究 (日建設計) 5,000,000 円
- ・ 末政直晃・伊藤和也・田中剛, 受託研究 (ジャパンホームシールド) 3,000,000 円

・ 末政直晃・伊藤和也・田中剛, その他受託研究等 全 9 件合計 9,965,000 円

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 6 件, 国際会議 10 件, 国内会議 50 件 作品 件

◇ その他

◇ 学生の主な就職先

鹿島建設, 清水建設, 大成建設, 前田建設工業, 奥村組, 鉄建建設, 三信建設工業
ゼンリン, アジア航測, パシフィックコンサルタンツ, 長大, DATUMSTUDIO, 東電設計,
J-Power 設計コンサルタント, 八千代エンジニアリング, オオバ, 日本道路,
オリエンタルコンサルタンツ, 横浜市, いわき市, JR 東海, NEXCO 東日本,
本学大学院,

■ 社会貢献

◇ 第 216 回 総研セミナー開催 (2024 年 2 月 6 日)

講演タイトル

基調講演

宅地の既設空石積擁壁に適用可能な簡易補強方法に関する研究

一般発表

小型風力発電機の常時振動特性の把握/硬質発泡ウレタンを用いた杭状地盤改良工法の検討/遠心場における砕石杭の施工再現の試み/打ち込み杭を再現する遠心場杭貫入システムの開発/土塊混入が先端根固め杭の支持力に及ぼす影響に関する研究/テーバー杭に適した地盤調査方法の開発/簡易原位置透水試験(SDS-Rocket)の開発/鏡吹付けと一次吹付けによる切羽の押出変位の抑制効果の評価/多層パーセプトロンによる表層ひずみデータを用いた斜面崩壊の異常検知/排水マットによる盛土斜面崩壊防止に関する遠心場降雨実験/機械攪拌式地盤改良工法による改良地盤の高品質化に関する研究/TRD 工法時の掘削壁面に形成されるマッドケーキの生成実験/ゴムソンドを用いた静的締固め工法の開発/液状化抑止のための微粒子注入工法の開発/薬液の浸透固化メカニズムの解明/樹木根の土砂流出・崩壊防止に関する研究/画像診断による擁壁危険度の判定手法に関する研究/大規模盛土造成地における滑動崩落対策工に関する遠心模型実験

◇ 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, 地盤工学会 地盤工学会誌編集委員会 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6回大会を2023年11月11日（土）に渋谷区役所にて開催（ハイブリッド、参加者202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6回目を迎え、会議体の規模は年々拡大し、渋谷区長（副区長）が毎回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—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。

参加者は200名を超え、第6回大会では202名となった。今年度は副区長が挨拶、シンポジウムではシンポジストは東京ヴェルディ中村一昭氏、奈良彬氏、代官山ひまわりクラブ矢野美知代氏、渋谷区障害者福祉センター田邊由紀氏であり、渋谷なかよしぐるーぷ浦野耕司氏の司会で実施し、それぞれの渋谷区内での福祉活動を報告した。事業報告・研究発表では社会福祉法人パールの新谷弘子氏、新井伴明氏、渋谷区社会福祉協議会塙梨咲子氏、松本康宏氏、本学医工用学科教授桐生昭吾氏がそれぞれの活動や研究を紹介した。ポスター発表では12団体が活動について掲示し、様々な活動をしている者同士の交流の場となった。

第6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

- (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. The Journal of The Japanese Society of Balneology, Climatology and Physical Medicine. <https://doi.org/10.11390/onki.2359>
- (2) 小番 美鈴, 渡邊 智, 奥川 洋司, 石澤 太市, 松本 圭史, 綱川 光男, 園田 巖, 井戸 ゆかり, 早坂 信哉 未就学児における浴槽入浴による心身の変化と入浴剤使用頻度、保護者の入浴に関する背景因子との関連 日本健康開発雑誌, Vol. 44, 21-31, 2023
- (3) 早坂信哉, 古川真也, 松枝和輝. ウルトラファインバブルを含むシャワーの角層水分量・保湿への影響 日本健康開発雑誌, Vol. 44, 55-60, 2023

◇ 招待講演

なし

◇ 国際会議

なし

◇ 国内会議

- (1) 早坂信哉:平成30年~令和3年度(2018~2021年度)全国「新・湯治」効果測定調査プロジェクト結果報告 日本温泉気候物理医学会総会・学術集会プログラム・抄録集 88th 2023年5月
- (2) 早坂信哉, 小番美鈴, 渡邊智, 奥川洋司, 園田巖, 井戸ゆかり, 石澤太市, 中西信之, 松本圭史:乳幼児のしつけ・教育に入浴が有用と考える保護者の背景因子. 日本温泉気候物理医学会総会・学術集会プログラム・抄録集 88th 2023年5月

- (3) 渡邊智, 小番美鈴, 奥川洋司, 中西信之, 松本圭史, 園田巖, 井戸ゆかり, 早坂信哉: 入浴と熱中症予防, 意識要因との関連. 日本温泉気候物理医学会総会・学術集会プログラム・抄録集 88th 2023年 5月
- (4) 小番美鈴, 渡邊智, 奥川洋司, 中西信之, 松本圭史, 園田巖, 井戸ゆかり, 早坂信哉: 乳幼児を持つ保護者の入浴の世話に対する負担感の関連要因. 第82回日本公衆衛生学会総会 2023年 11月
- (5) 渡邊智, 小番美鈴, 奥川洋司, 中西信之, 松本圭史, 園田巖, 井戸ゆかり, 早坂信哉: 入浴習慣とQOL, 健康状況との関連. 第82回日本公衆衛生学会総会 2023年 11月
- (6) 早坂信哉, 石澤太市, 小番美鈴, 奥川洋司, 中西信之, 松本圭史, 綱川光男: 入浴頻度と生活の質, 気分状態, 歩行の関連: 横断研究. 第82回日本公衆衛生学会総会 2023年 11月
- (7) 石澤太市, 小番美鈴, 奥川洋司, 中西信之, 松本圭史, 綱川光男, 早坂信哉: 入浴習慣と注意力等の自覚症状および歩行との関連. 第82回日本公衆衛生学会総会 2023年 11月

◇ 作品

なし

◇ 特許

なし

◇ 受賞

なし

■ 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、修士課程: 0名、学部4年生: 0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)

2023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）

宮川哲弥・早坂信哉：日本生命財団児童育成分野1年 研究助成採択（2023年8月1日付）（85万円）

■ 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

渋谷区公立保育所、渋谷区社会福祉事業団、相模原市公立保育所など

■ 社会貢献

◇ 第213回 総研セミナー開催（2023年11月11日（土））

渋谷福祉学会第6回大会「切れ目のない支援を目指してーWellbeing-幸せな社会と暮らしーの実現に向けて」

会場：渋谷区役所大集会室（ハイブリッド開催）

◇ 早坂：テレビ出演・コメント・取材協力・監修 72件（主なもの）

2024年2月15日 TBS「ひるおび」スタジオ生出演（入浴法）

2024年2月11日 日本テレ「シューイチ」銭湯（制作協力）

2023年11月14日 NHK「首都圏ネットワーク」ヒートショックと入浴の効果（出演）

2023年11月14日 フジテレビ「めざまし8」でヒートショック コメント紹介

2023年11月13日 日テレ「ZIP」ヒートショック（出演）

2023年11月12日 NHK「NHKニュース7」若い人のヒートショック（出演）

2023年10月13日 NHK「NHKニュースウオッチ9」ヒートショック（出演）

2023年10月6日 NHK「チコちゃんに叱られる！」入浴・サウナ（医事監修）

2023年8月1日 NHK Eテレ「バリューの真実」発汗に関する入浴法（出演）

2023年7月23日 TBS「健康カプセル！ゲンキの時間」（新・湯治、温泉）スタジオ出演 等

◇ 早坂：研修会講師（主なもの）

2023年4月22日 早稲田大学オープンカレッジ

2023年6月7日 東京都社会医学系専門医研修会

2023年10月6日 厚生労働省通知準拠温泉利用指導者講習会

2023年10月24日 杉並環境衛生協会研修会

2023年10月31日 第61回温泉保護・管理研修会研修会

◇ 井戸：横浜市子育てサポートシステム提供・両方会員予定者研修会講師

2023年9月2日 横浜市青葉区福祉保健センター

2023年11月21日 横浜市都筑区あいたいコミュニティルーム

2024年2月22日 横浜市青葉区福祉保健センター

◇ 井戸：平塚市ファミリーサポートセンター 研修講師
2023年7月23日 平塚市福祉会館

◇井戸：障害児の巡回指導
調布市公立保育所障害児巡回指導（調布市子ども生活部保育課より委嘱）年間22回

◇井戸：出張授業新聞記事
2024年4月27日 「物事を長続きさせる方法は？」（「こまった！相談室」）朝日小学生新聞

◇宮川：研修会講師
2023年12月9日 「反発をされても、拒否されても 踏みとどまるために ～VR技術及び心拍変動解析を用いた対人支援技術向上研修」令和5年度新潟県福祉職員協議会 提案型研修
2023年10月8日 「VR技術を用いた児童相談業務のSVの役割と実践」大田区子ども家庭課
2023年9月22日 「VR技術を用いた児童相談業務のスキル向上、休職防止に関する研究～心拍変動解析」杉並区子ども家庭課
2024年1月24日 「江戸川区職員向け 子ども見守り強化研修」江戸川区

◇ 委員

氏名	委員名一覧
早坂 信哉	環境庁 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	別府市新湯治・ウェルネスツーリズム推進会議委員
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	(公財)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の連携も視野に入れ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

ビークルの自動運転と位置推定では、モデル予測制御など数値的最適化に基づく最適制御・障害物回避・推定手法の研究に取り組んだ。ヒューマノイドロボットの橋梁点検作業への応用と人間との心地よい共存を目標としたモジュラーホームロボットの設計開発と研究を進めた。メカトロニクス機器の振動解析・予知保全技術、および精密サーボ技術手法の研究に取り組んだ。

次年度への展開

◇ 次年度への展開

ビークルの自動運転と推定では、サンプルベースの手法を発展させるとともに、複雑な群衆流動を扱うための手法の構築を行う。ヒューマノイドロボットを実際に用いた橋梁点検における基本工程の作業実験の実施と人間の感情推定に基づいたモジュラーホームロボットの作業動作計画手法を提案する。メカトロニクス機器の振動解析・精密サーボ技術を発展させ、オイルフリー、摩擦フリーの磁気浮上装置の開発、また精密ステージ制御技術の開発を行う。

■ 成果の概要紹介

【テーマ1】ビークルの自動運転のための制御・推定手法

電動車いすや自動車・大型商用車を対象としたモデル予測制御による自動運転のための制御手法の研究に取り組んだ。その結果、サンプルベースの確率的モデル予測制御に基づいた、電動車いすや乗用車の障害物回避[I-12, I-13]や特性変化の大きいトラックの軌道追従制御[J-4, I-5]などの成果を得た。さらにビークルの周囲の人の動きを追跡するための推定手法[I-4, I-10, D-16, D-5, D-6]などの成果を得た。さらに自律移動ロボットの位置推定手法として、モンテカルロ法による自己位置推定[I-3, J-1]などの成果を挙げた。他にモデル予測制御の理論研究を発展させた[J-2]。

ドローンの軌道追従飛行のロバスト性を高めるため有限整定するコントローラへの拡張[I-11]やケーブルでの牽引による物資搬送のパラメータ不確定性に関するロバスト性の向上[J-3]をおこなった。サンプルベースモデル予測制御を用いた斜面への着陸動作生成[I-8]についても取り組んだ。

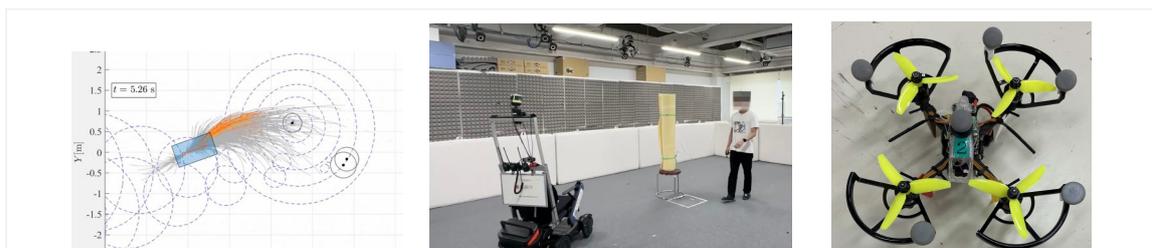


図1 電動車いすの障害物回避(左・中央)[I-12]と有限時間整定の実験用ドローン(右)[I-11]

【テーマ2】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接触レンチ分配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コントローラの実用性を検証するための研究を進めた。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り検証した[D-14]。また、橋梁点検作業を実用課題として決定し、その作業現場での移動動作の生成手法を提案、シミュレーションにより確認した[D-15]。またROBOTIS社製のTHORMANG3による実作業実験の実施に向けたシステム構築も進めた。モジュラーホームロボットの研究においては、人間の感情推定からの動作計画手法の研究を新たに開始した。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基礎を確立できたため、その研究成果を国内講演会において発表予定である。

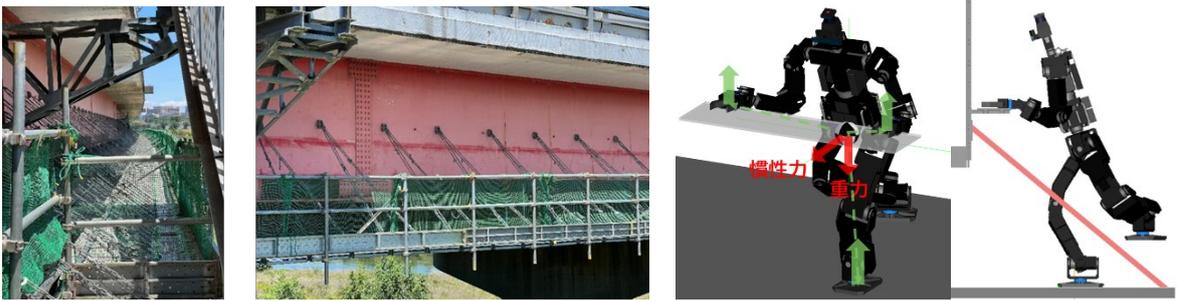


図2 ヒューマノイドロボットを応用する橋梁点検作業現場例（左2枚）と、本年度取り組んだ狭隘な環境内で構造部材を避けながら移動する全身運動制御シミュレーション例（右2枚）

【テーマ3】メカトロニクス機器の振動解析技術・精密サーボ技術

振動解析技術に関して、モータの回転に起因する振動解析、および予知保全技術を開発した。また、トラックの走行時に発生するヨーレート振動のモデル化、およびそれを補償する制御手法を開発した。精密サーボ技術に関して、HDDの磁気ヘッド位置決め制御系においてナノスケールオーダーの精度で位置決め可能な制御手法を開発した。

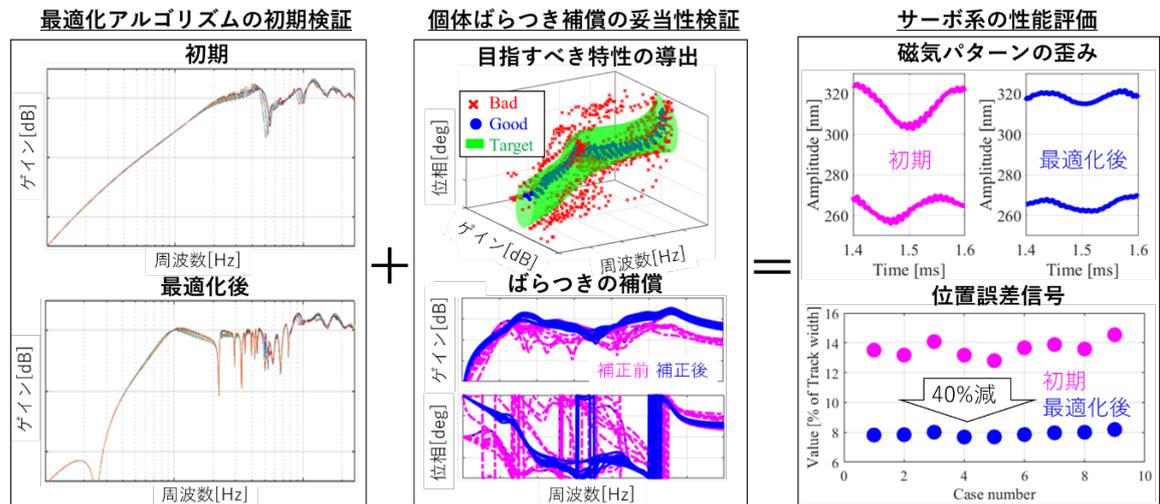


図3 HDDベンチマークモデルを用いた検討結果：サーボ系の最適化（外乱存在周波数におけるゲイン低減）、個体ばらつきの低減、そしてサーボ系の性能向上を確認できた

■ 研究業績

◇ 査読付き論文（J-*）

- (1) Haziq Muhammad, Yasumasa Ishikawa, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Online simultaneous localization and mapping with parallelization for dynamic line segments based on moving horizon

- estimation, *Artificial Life and Robotics*, 2024, <https://doi.org/10.1007/s10015-024-00937-8>
- (2) Naoto Kawaguchi, Isao Okawa, Kenichiro Nonaka, Bounded iteration for multiple box constraints on linear complementarity model predictive control and its application to vehicle steering control, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 16, pp. 237-246, 2023, <https://doi.org/10.1080/18824889.2023.2225922>
 - (3) Wataru Eikyu, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Differential Flatness-Based Parameter Estimation for Suspended Load Drones, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 35, pp. 408-416, 2023 <https://doi.org/10.20965/jrm.2023.p0408>
 - (4) 蛭名 浩志, 牧野 統真, 藪井 将太, 鈴木 元哉, 深沢 慎一郎, 野中 謙一郎, 階層構造により計算コストの削減を実現する自動運転トラックの非線形モデル予測制御, *自動車技術会論文集*, Vol. 54, pp. 485-491, 2023, <https://doi.org/10.11351/jsaeronbun.54.485>
 - (5) S. Yabui, M. Suzuki, S. Fukazawa, H. Ebina, T. Makino, K. Nonaka, Compensation for low-frequency vibration in lateral control of truck by adaptive feed-forward cancellation. *Journal of Vibration and Control*. 2023, <https://doi.org/10.1177/10775463231174681>
 - (6) T. Atsumi and S. Yabui, Loop-Shaping Technique for Quadruple-Stage Actuator System in Hard Disk Drive, in *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2023, <https://doi.org/10.23919/IPEC-Himeji2022-ECCE53331.2022.9807064>
 - (7) S. Yabui, H. Kotsuchihashi, T. Inoue. 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. <https://doi.org/10.1177/14613484221123181>
 - (8) T. Yilin, T. Inoue, S. Yabui, K. Katayama, S. Tomimatsu, Hybrid feature selection method for SVM classification and its application for fault diagnosis of wear and peeling in journal bearing with a little muddy water using long-term real data, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 2023. <https://doi.org/10.1177/14613484221118997>
 - (9) S. Yabui, T. Atsumi. High-bandwidth controller design for dual-stage actuator system in hard disk drives. *Journal of Vibration and Control.*, 2023. <https://doi.org/10.1177/10775463211062337>
- ◇ 招待講演 (K-*)
- (1) S. Yabui, T. Atsumi, Control Design Strategy for Coarse-Fine Motion Control in Dual-Input-Single-Output System, *Proceedings of IEEE International Workshop on SAMCON2024*, IS1-3
 - (2) S. Yabui, A. Okuyama, T. Atsumi, Control Scheme of RRO Compensation for Track Mis-Registration in HDDs, *The 21st IFAC World Congress 2023 (IFAC 2023)*, Paper WeB22.4.
- ◇ 国際会議 (I-*)
- (1) Taiki Nozaki, Kazuma Sekiguchi and Kenichiro Nonaka, EKF estimation of sensor installation parameters for sensor fusion in drones and its observability analysis, *IEEE 18th International Conference on Advanced Motion Control*, pp. AMC24-000082, Feb 2024
 - (2) Haruka Sawada, Kazuma Sekiguchi and Kenichiro Nonaka, Urban fire model reflecting detailed real-time weather information, *IEEE/SICE International Symposium on System Integration 2025*, pp. 1411-1416, Jan 2024, <https://doi.org/10.1109/SII58957.2024.10417265>
 - (3) Ryota Narita, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Simultaneous Object Tracking and Shape Reproduction Using LiDAR Point Cloud Data, *IEEE/SICE International Symposium on System Integration 2024*, pp. 490-495, Jan 2024, <https://doi.org/10.1109/SII58957.2024.10417166>
 - (4) Tomoki Ashiwa, Shogo Yamada, Ryota Narita, Manami Adachi, Kazuma Sekiguchi and Kenichiro Nonaka, Pedestrian Tracking Accommodating Point-Cloud Displacement between Multiple LiDARs Based on Joint Probabilistic Data Association Filter, *IEEE/SICE International Symposium on System Integration 2024*, pp. 881-887, Jan 2024, <https://doi.org/10.1109/SII58957.2024.10417515>

- (5) Hiroshi Ebina, Toma Makino, Shota Yabui, Motoya Suzuki, Yuta Ito, Shinichiro Fukazawa, Kenichiro Nonaka, Nonlinear Model Predictive Control for Trucks with Steering Dynamics Uncertainty, FAST-zero'23, pp. 1-2, Nov 2023
 - (6) Ryota Narita, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Improving rotational robustness of NDT-SLAM utilizing MCMC, SICE Annual Conference 2023, pp. 991-994, Sep 2023
 - (7) Kota Takano, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Physics-Informed Neural Networks : Discrete-time prediction for the double pendulum, SICE Annual Conference 2023, pp. 1404-1407, Sep 2023
 - (8) Yoshiki Komatsu, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Automatic Landing of a Quadcopter on a Slope Using Monte Carlo Model Predictive Control, SICE Annual Conference 2023, pp. 1521-1524, Sep 2023
 - (9) Shunsuke Irisawa, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Distributed Model Predictive Control Considering Wheel Load Ratio for a Leg/Wheel Mobile Robot, SICE Annual Conference 2023, pp. 705-709, Sep 2023
 - (10) Manami Adachi, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Tracking of multiple pedestrians in close proximity based on JPDAF and k-means method for point cloud data, SICE Annual Conference 2023, pp. 710-713, Sep 2023
 - (11) Yuma Momose, Wataru Eikyu, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Finite time settling controller for a hierarchically linearized quadcopter model, IFAC World Congress 2023, pp. 1776, Jul 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.1301>
 - (12) Eisuke Kawaguchi, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Self-Driving Electric Wheelchair in Crowded Environments Using a Fuzzy Potential Model Predictive Control, IFAC World Congress 2023, pp. 12689-12695, Jul 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.582>
 - (13) Naoto Kawaguchi, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Stochastic Model Predictive Control for Relative-Velocity Based Multimodal Risk Avoidance under a Vehicle Coming Scenarios, IFAC World Congress 2023, pp. 5441-5448, Jul 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.1274>
 - (14) M. Goto, T. Inoue, A. Heya, K. Katayama, S. Tomimatsu, D. Goto, S. Kimura, S. Yabui, Modeling of Sliding Bearings for Wear Diagnosis and Its Verification Using SVM, PHMAP 2023, 5pages
- S. Yabui, T. Atsumi, Compensation of Fan-Induced Disturbance by Using AFC in HDD Benchmark Problem, Motion Control and Related Technologies, Mechatronics&AISM2023-Yokohama, TS03-1

◇ 国内会議 (D-*)

- (1) 笠井 茉莉, 関口 和真, 野中 謙一郎, 能動的な歩行者群集制御のための移動誘導体の合流動作手法の提案, 第 11 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 1M8-5, Mar 2024
- (2) 山口 航輝, 関口 和真, 野中 謙一郎, 分散制御を用いた UAVs の領域探索における領域分割と飛行経路の検討, 第 11 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 3A3-4, Mar 2024
- (3) 藤井拓斗, 関口 和真, 野中 謙一郎, マルチドローンを用いた重量物牽引飛行における分割モデルの提案, 第 11 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 3M5-4, Mar 2024
- (4) 足立 愛実, 関口 和真, 野中 謙一郎, k-means と JPDAF を用いた歩行者追跡と電動車椅子を用いたモデル予測制御による障害物回避の検証, 第 11 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 2A7-4, Mar 2024
- (5) H. Muhammad, 井本 匡紀, 関口 和真, 野中 謙一郎, 楕円モデルによる LiDAR 歩行者追跡のための MSAC と MLESAC アルゴリズムの比較分析, 第 11 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, pp. 3A4-7, Mar 2024
- (6) 足立 愛実, 関口 和真, 野中 謙一郎, 車載 LiDAR を用いた複数歩行者の混雑環境における追跡, 第 66 回自動制御連合講演会, pp. 581-584, Oct 2023
- (7) 工藤 巧士, 関口 和真, 野中 謙一郎, LiDAR を用いた人流推定とモデル予測制御による障害

物回避, 第 66 回自動制御連合講演会, pp. 617-620, Oct 2023

- (8) 川口 直人, 関口 和真, 野中 謙一郎, 障害物に応じた目標軌道再計画と時間軸状態制御形によるモデル予測制御, 第 66 回自動制御連合講演会, pp. 496-499, Oct 2023
- (9) 川口 瑛介, 関口 和真, 野中 謙一郎, 障害物の確率分布を考慮したモンテカルロモデル予測制御における速度抑制の検証, 第 66 回自動制御連合講演会, pp. 613-616, Oct 2023
- (10) 中村 剛, 関口 和真, 西部 光一, 羽田芳朗, 天井効果を利用した屋内用小型マルチコプタの開発—第 3 報: 天井効果による消費電力低減の効果検証—, 第 66 回自動制御連合講演会, pp. 385-390, Oct 2023
- (11) 山口 航輝, 関口 和真, 野中 謙一郎, 移動体の群制御(4)群制御のための実験システムの構築: 異なるビークルを対象とした被覆制御, システム/制御/情報, pp. 349-355, Aug 2023
- (12) 関口 和真, 山口 航輝, 野中 謙一郎, スケーラブルな分散協調制御を可能にするシステム構築, 第 67 回システム制御情報学会研究発表講演会, pp. 211-2, May 2023
- (13) 関口 和真, 磯部 勇吉, 野中 謙一郎, クアッドコプタシステムに対する非線形状態方程式を観測量としたクープマン線形化の適用, 第 67 回システム制御情報学会研究発表講演会, pp. 332-2, May 2023
- (14) 山本 希帆, 佐藤 大祐, “ヒューマンモデルの全身運動制御シミュレーションを用いた腕振りを伴う前方跳躍動作の運動解析”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 (ROBOMECH2023), 名古屋, June 28--July 1, 2023, 1A1-E26.
- (15) 千頭和 直記, 小田島 もも, 佐藤 大祐, 安孫子 聡子, 辻田 哲平, “狭隘な環境下における両手による支持領域の拡大を用いたヒューマノイドロボットの鎖またぎ動作シミュレーション”, 第 41 回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2023), 仙台, September 12--14, 2023, 3B1-03.
- (16) 足羽智貴, 山田昇吾, 成田遼太, 足立愛実, 関口和真, 野中謙一郎, 複数の LiDAR を用いた混雑環境下での作業員追跡に関する研究, 第 46 回情報シンポ AIJISA 2023.

◇ 受賞

- (1) 令和 5 年度 科学技術分野 文部科学大臣表彰 若手科学者賞, 藪井 将太
- (2) 2023 年度 日本機械学会賞 (論文), 藪井 将太, 平木 博道, 井上 剛志

■ 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
准教授	佐藤 大祐	[理工学部]兼務	ロボティクス
准教授	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

◇ 学生数 博士後期課程: 2名、修士課程: 32名、学部4年生: 31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、挑戦的研究 (萌芽), 「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」, 2023 年度経費: 156 万円、研究代表 (野中)
科学研究費補助金、基盤研究 (C) 2023 年度経費: 104 万円 「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) 2023 年度経費: 47 万円

「形式手法と融合したクープマン・モデル予測制御の研究」研究分担（関口）
科学研究費補助金、基盤研究（B）2023年度経費：200万円 「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」研究分担（関口）
科学研究費補助金、挑戦的研究（萌芽）2023年度経費：109万円 「産婦人科医師と患者双方の信頼度向上のための羞恥心の定量化」，研究分担（佐藤）
民間企業との共同研究，のべ5社で2,412万円

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 9件、国際会議 15件、国内会議 15件 作品 0件

◇ 学生の主な就職先

本田技研工業、ボッシュ、デンソー、セコム、NEC、NTT データ、SCREEN ホールディングス、富士電機、古川電工

■ 社会貢献

◇ 国際学会 Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization 2024 (2024年3月2日)

Invited session: Precision Control Methodologies for Next Generation Mechatronic Systems

◇ 国際学会 IEEE 18th International Conference on Advanced Motion Control (2024年2月29日)

Special session: Novel Control Technology in Precision Motion Control for Mechatronic Systems

◇ 電気学会 メカトロニクス制御研究会 (2023年9月25日)

「精密サーボ技術 (I)」 「精密サーボ技術 (II)」 「HDD ベンチマーク問題」

◇ 国際学会 Mecatronics&AIMS2023-Yokohama

Special Session: Motion Control and Related Technologies

◇ 国際学会 IFAC world congress 2023 (2023年7月12日)

Open invited track: Benchmark Problem on Control System Design of Hard Disk Drive with a Dual-Stage Actuator

◇ 計測自動制御学会 メカトロニクスシステム部会講演会 (2023年11月16日)

◇ 計測自動制御学会 研究会「デジタルツイン構築のための最適化とモデリング」
(2023年10月23,27日)

◇ 第210回 総研セミナー開催 (2023年10月6日)

「Optimization approaches in identification, control and their applications」

講演者：Phanindra Varma Jampana, Indian Institute of Technology, Hyderabad.

Kenichiro Nonaka, Tokyo City University

◇ 出張授業 山梨県立吉田高校(関口)

◇ 委員

氏名	委員名一覧
野中謙一郎	IFAC Technical Committee 2.1/Member, NMPC2024/NOC General Co-chair 他
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 IFAC2023 Industrial committee member, 他
関口和真	NMPC2024/NOC Publication chair, SICE Annual 2025/NOC Finance Co-chairs, 計測自動制御学会 メカトロニクスシステム部会副主査、プラントモデリング部会副主査、制御理論部会 委員

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、ダウンセクション審査。
- ・ 「はやぶさ2」拡張ミッションにおける惑星間塵の太陽系内3次元分布に関する論文発表。
- ・ 第4次国際共同観測に向け準備 (KAGRA)、人工知能を用いたデータ解析手法の開発。
- ・ 超小型衛星 TCU-01 の OBC 基板の開発、模擬人工衛星を開発しワークショップの実施。
- ・ ハイブリッドロケット打上用地上配管系システムの構築。
- ・ 回転式宇宙発電用原子炉の概念設計を発展。
- ・ 微濃縮 U 燃料 Be 減速月面用原子炉の概念設計。
- ・ 原子力駆動電磁推進宇宙船の概念検討。
- ・ 地球原子炉の成立性検討。

◇ 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。
- ・ 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。
- ・ 日本原子力学会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。

■ 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。

2023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。2024年3月から実施されているダウンセクションにてJAXA宇宙科学研究所の公募型小型衛星5号機に採択されれば、JAXAの正式なプロジェクトとなり、2030年頃の打上げが現実味を増す。

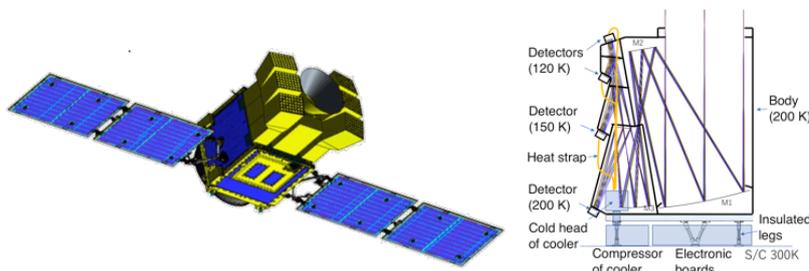


図1 HiZ-GUNDAM衛星の全体図(左)と搭載する宇宙望遠鏡(右)

はやぶさ2拡張ミッションにおける黄道光観測の検討

小惑星探査機「はやぶさ2」は、2020年12月6日に小惑星リュウグウのサンプルが入ったカプセルの帰還を成功させた後、はやぶさ2探査機の本体は地球圏を離脱し、10年近くかけて小惑星1998KY26へのランデブーを目指す「拡張ミッション」に突入した。本研究計画では、この「はやぶさ2拡張ミッション」における長期のクルージング期間を活用して、搭載カメラONC-Tを用いた地球周回軌道の外からの黄道光観測を実施することで、惑星間塵の分布と起源を探ることである。



図2 はやぶさ2で取得した観測画像

2022年度には、「はやぶさ2」による多数回の黄道光観測を実現できた(図2)。そのデータを解析した結果、目的とする道光の立体観測による太陽系内の惑星間塵の3次元分布の測定が目標の精度で達成された。この成果は2023年8月に論文発表し、プレスリリースやJAXAウェブサイトから成果を広く発信した。

【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、第4次国際共同観測に参加した。その後、より一層の感度向上を目的としたアップグレード作業を進め、2024年4月から再度、第4次国際共同観測に参加する予定であったが、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2024年後半には第4次国際共同観測に再度参加する予定である。

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・除去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・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、現在論文として投稿し査読中である。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。(1)(2)ともに今後、HHTにより作成した時間-周波数マップを各入力に使用するなどの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年度は機体設計と地上試験設備の整備をおこなった。



図3 ハイブリッドロケット

図3に製作したロケットを示す。製作したロケットは、全長1920mm、最大直径152mm、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。2023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

2023年度は、本学独自で1Uの超小型衛星TCU-01の開発を開始した。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。

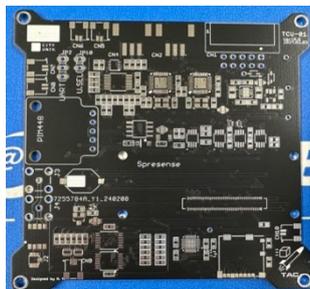


図4 TCU-01のOBC基板

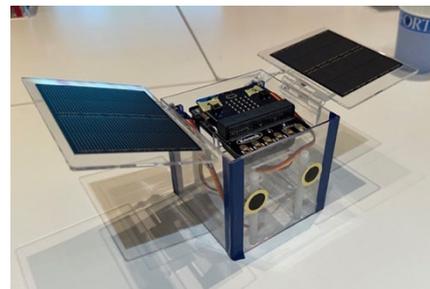


図5 模擬人工衛星 MugSat-m

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の打ち上げ費用について検討する。構体、OBC基板は、愛知工科大学の協力を得て開発している（図4）。TCU-01の電源ユニットは高専グループからの提供を受けた。

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教育財団とTCU-01のmicro:bitの活用方法について検討を開始した。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5）、本学の科学体験教室、学内の学生と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。さらに、横浜市内のNPOであるアーモンドネットワークコミュニティと協働で不登校児童と模擬人工衛星のワークショップを実施した。

【テーマ4】 回転式宇宙発電用原子炉の開発

太陽光に依存することなく長寿命かつ大出力の発電を行う宇宙用原子炉の概念設計を提案した。この炉は、原子炉の回転で生じる遠心力で熱水に浮力を生じさせ除熱を行い、熱電対によって発電を行う回転式原子炉である（図6）。軽水炉の炉心技術をベースにしているため、実績豊富な材料の応用が可能であり、軽水が減速と冷却の二役を担い炉心を軽量化している。さらに反応度制御も遠心力により行い機械部を排除して信頼性向上を図っている。

本炉は冷却材中にボイドが発生すると未臨界となるため、核熱解析により炉心サイズ、流路の幅

や形状、冷却材圧力や回転数（遠心力）等を適正化し設計成立条件を検討した結果、熱出力 20kWt、電気出力 1kWe、炉心寿命 12 年を達成しつつ、全重量を 420 [kg] とし、遠心力による軽水自然循環で除熱が成立する宇宙用小型炉の設計仕様を得た。

検討実施体制：

- ・ 原子力安全工学科 原子力システム研究室 M1 矢口陽樹、坂口 旺、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

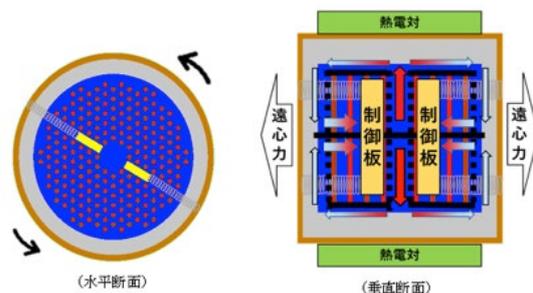


図 6 回転式宇宙発電用原子炉の概念図

■ 研究業績

◇ 査読付き論文 11 件

- (1) Seiya Sasaoka, Naoki Koyama, Diego Dominguez, Yusuke Sakai, Kentaro Somiya, Yuto Omae, Hirokata Takahashi, “Comparative study of 1D and 2D convolutional neural network models with attribution analysis for gravitational wave detection from compact binary coalescences”, *Physical Review D*, Vol.109, No.4, 043011 (2024).
[doi:10.1103/PhysRevD.109.043011](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.109.043011)
- (2) KAGRA Collaboration, “Overview of KAGRA : Data transfer and management”, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, ptad112 (2023).
[doi: 10.1093/ptep/ptad112](https://doi.org/10.1093/ptep/ptad112)
- (3) Kohji Tsumura, Shuji Matsuura, Kei Sano, Takahiro Iwata, Hajime Yano, Kohei Kitazato, Kohji Takimoto, Manabu Yamada, Tomokatsu Morota, Toru Kouyama, Masahiko Hayakawa, Yasuhiro Yokota, Eri Tatsumi, Moe Matsuoka, Naoya Sakatani, Rie Honda, Shingo Kameda, Hidehiko Suzuki, Yuichiro Cho, Kazuo Yoshioka, Kazunori Ogawa, Kei Shirai, Hirokata Sawada, Seiji Sugita, “Heliocentric distance dependence of zodiacal light observed by Hayabusa2#”, *Earth, Planets and Space* 75(1) 121 (2023).
[doi: 10.1186/s40623-023-01856-x](https://doi.org/10.1186/s40623-023-01856-x)
- (4) Ko Arimatsu, Kohji Tsumura, Fumihiko Usui, Jun-ichi Watanabe, “Cloud reflection modelling for impact flashes on Jupiter. A new constraint on the bulk properties of the impact objects”, *Astronomy & Astrophysics* 677 A165 (2023).
[doi: 10.1051/0004-6361/202346837](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202346837)
- (5) S. Go, Y. Tsuzuki, H. Yoneda, Y. Ichikawa, T. Ikeda, N. Imai, K. Imamura, M.Niikura, D. Nishimura, R. Mizuno, S. Takeda, H. Ueno, S. Watanabe, T. Y. Saito, S. Shimoura, S. Sugawara, A. Takamine, and T. Takahashi, "Demonstration of nuclear gamma-ray polarimetry based on a multi-layer CdTe Compton Camera", *Scientific Reports*, Vol. 14, 2573 (2024).
[doi:10.1038/s41598-024-52692-2](https://doi.org/10.1038/s41598-024-52692-2)

その他 6 件

◇ 招待講演 3 件

- (1) 高橋弘毅, “重力波データ解析への人工知能・機械学習の応用” (Z217r), 機械学習による天文学, 日本天文学会 2024 年春季年会, 東京大学 (本郷キャンパス), 2024.3.11.

その他 2 件

◇ 国際会議 1 件

- (1) Hiroataka Takahashi, Yusuke Sakai, Naoki Koyama, Seiya Sasaoka, Kentaro Somiya, Yuto Omae, “Classification of Glitch Noise and Burst Gravitational Wave Search with Machine Learning Technique”, International Conference on Machine Learning Physics, Kyoto University, Japan, November 13-18, 2023.

◇ 国内会議 9 件

- (1) 津村耕司, 松浦周二, 佐野圭, 岩田隆浩, 矢野創, 北里宏平, 瀧本幸司, 山田学, 諸田智克, 神山徹, 早川雅彦, 横田康弘, 巽瑛理, 松岡萌, 坂谷尚哉, 本田理恵, 亀田真吾, 鈴木秀彦, 長勇一郎, 吉岡和夫, 小川和律, 白井慶, 澤田弘崇, 杉田精司, 「はやぶさ 2 拡張ミッション (はやぶさ 2#) で観測した黄道光の日心距離依存性」、第 25 回惑星圏研究会 (SPS2024) 東北大学 青葉サイエンスホール, 2024.2.20
- (2) 矢口 陽樹, 高木 直行, 西山 潤 (東京都市大), 微濃縮ウランを用いた月面用長寿命小型炉の概念設計, 第 67 回宇宙科学技術連合講演会 R 会場 月探査・月面基地(4) 2R09, 2023.10.18
- (3) 大川友悠馬, 高木直行 (東京都市大), 原始地球における Geo-Reactor の成立性に関する中性子工学的解析, 2023 年度日本地球化学会年会 PR0217, 2023.9

その他 6 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	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

◇ 学生数 博士後期課程：1 名、修士課程：9 名、学部 4 年生：12 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) 2023 年度直接経費: 300 万円

「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 2023 年度直接経費: 100 万円

「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) 2023 年度直接経費： 30 万円 「重力波データ抽出方法の開発:新たな解析手法および分散型コンピューティングの導入」 研究分担者 (高橋)
科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 2023 年度直接経費： 40 万円 「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 2023 年度予算額: 35 万円 (予算執行は宇宙線研究所) 「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」
科学研究費助成事業 基盤研究 (A) 2023 年度直接経費： 1310 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 2023 年度直接経費: 192 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 基盤研究 (A) 2023 年度直接経費： 30 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(国際共同研究強化 (B)) 2023 年度直接経費： 25 万円 「ロケット実験 CIBER-2 による近赤外宇宙背景放射の強度とゆらぎ超過の起源解明」 研究分担者 (津村)
科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 2023 年度直接経費： 5 万円 「惑星探査機搭載望遠鏡を用いた深宇宙における光赤外線天文学の創成」 研究分担者 (津村)

■ 学生教育

- ◇ 学生の論文発表件数 論文 1 件、国内会議 4 件
- ◇ 学生の主な就職先 富士電機株式会社、野村総合研究所、日産自動車、高校教員 (静岡県) など

■ 社会貢献

- ◇ 第 2 回東京大学宇宙線研究所との学術連携記念講演会 (2023 年 12 月 6 日)
- ◇ プレスリリース 「はやぶさ 2#」の旅路から、惑星間塵の分布の検出に成功 ~NASA の探査機が観測して以来約半世紀ぶりの成果~ <https://www.tcu.ac.jp/news/all/20230822-52944/>
- ◇ プレスリリース 最先端宇宙観測技術で見る原子核の姿 -原子核からの「偏光」を捉える高感度カメラ- <https://www.tcu.ac.jp/news/all/20240209-55736/>
- ◇ AERA.dot データサイエンスと重力波と高橋弘毅

◇ 委員

氏名	委員名一覧
津村	日本天文学会 第 6 期代議員・天文月報編集委員長・天文教育普及賞選考委員 日本天文教育普及研究会 広報担当理事 国立天文台 研究交流委員
高橋	Associate Editors of ICIC Express Letters (Scopus paper) Japan Gravitational Wave Community 運営委員会委員 Board member of the KAGRA Scientific Congress The 17th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICIC2023) プログラム委員
西村	日本物理学会 実験核物理領域 運営委員

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

独自予算や重点推進（地域連携）事業として「おやまちリビングラボ」の実験的運用を継続した。継続の国プロや共同研究に加え、尾山台共栄会商店街と「ウェルビーイング商店街プロジェクト」を推進、ジャーニーマップ分析と活動プロトタイピング、Liveable Well-being City 指標を活用した住民調査および政策形成ワークショップを通じてビジョンをまとめた。国際学会、国内学会で発表、2/25にはOYAMACHI LIVINGLAB MEETING FESTIVAL 2023-24」を実施、学外の多様なセクターから120名以上の参加者を集めた。

◇ 次年度への展開

本年度と同様の体制で「おやまちリビングラボ」の運用を継続する。Moonshot09、NTT、ファイアープレイス株との研究は継続、コミュニティマネージャー研究の出版、世田谷区教育委員会とのウェルビーイング教育の展開、石畳維持に向けた商店街との協働を推進する予定である。また、科研費（採択）、複数自治体の地域イノベーション研究、慶應医学部 COI-NEXT との共同研究（調整中）を開始する。今後2-3年で持続的な運用体制の確立を目指し、国プロなど大型研究予算の獲得を目指す。

■ 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」（600万円）（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。

【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」

（170万円）（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。2年間の共同研究を経て中間報告をリリース、次年度は出版を予定。

【テーマ3】共同研究「子どものWell-learningを促進するツールと場の設計原理に関する研究」

(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び、使いこなせるようになるためのツールとしてデザインしたSuper Happy birthdayを中学校と連携して道徳の授業に活用し、研究成果をまとめた冊子「学校でのウェルビーイングの学び方」を作成した。

【テーマ4】共同研究「尾山台のウェルビーイング化プロジェクト」

(尾山台商業会商店街)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。ジャーニーマップ分析と活動のプロトタイピング、一般社団法人スマートシティ・インスティテュートとの共同によるLiveable Well-being City指標を活用した住民調査および政策形成ワークショップを通じて商店街のビジョンを作成した。

【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。3/30に一部開園、今後「パークらぼハウス」の運用計画、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】「地域事業おやまちカレー食堂」

(おやまちプロジェクト)社会的孤立を解消するコミュニティ食堂の実践。おやまちプロジェクトや学生有志、近隣の農家などの協力を得て月に一度の「カレー食堂」を開催している。

【テーマ8】「リビングラボマネジメント研究」

「おやまちリビングラボ」の実装を通じて、リビングラボのマネジメントに関する実証的な研究を行っている。Open LivingLab Days (バルセロナ)、サービス学会などで発表を行った。2024年度は科研費(基盤C)に採択され、主にプラットフォーム評価の研究を開始する。

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) Yuko Miki, Kyosuke Sakakura, Motivations and Incentives for Stakeholder Participation in Citizen-Driven Living Labs, OpenLivingLab Days 2023 Conference Proceedings e-book pp. 266-273.

◇ 国内会議

- (1) 高野雄太、滝本美奈代、白井空良、坂倉杏介「スモールワールドネットワークに着目した集合住宅と地域のコミュニティ形成モデルの提案」、地域活性学会第15回研究大会論文集、322-325頁
- (2) 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

◇ 作品

(1) 「はたらくウェルビーイングを体験するゲームワークショップ『いいゆ』」

カードゲームを用いた組織開発研修のデザインを行った。温泉旅館の従業員のロールプレイを通してウェルビーイングを実現するコミュニケーションを体験するプログラム。

■ 研究体制

◇ 教員・研究員

職名	氏名	専任／兼務	専門分野
准教授	坂倉杏介	都市生活学部	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	都市計画・エリアマネジメント
准教授	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、修士課程：1名、学部4年生：11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）

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)」，6000千円、2022～2024年度（総額12,000千円）
「コミュニティマネージャーの人材要件に関する研究」坂倉杏介，株式会社ファイアープレイス，1700千円(2023年4月～2024年3月)
「子どものWell-learningを促進するツールと場の設計原理に関する研究」坂倉杏介，NTT社会情報研究所，1000千円(2023年4月～2024年3月)

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 1件、国際会議 1件、国内会議 2件 作品 1件

■ 社会貢献

◇寄稿

- (1) 坂倉杏介「誰ひとりお客様にしない—おやまちプロジェクト流の“にぎわい”づくり」、『建築雑誌』2023年11月号 特集＝ 空疎と充実の“にぎわい”論、建築学会、2023年11月

◇講演

- (1) 「コネクタード | 智慧の焚き火を囲みトーク vol. 2—東京都市大学 坂倉杏介先生に聞く「都市とコミュニティ」の関係性」、株式会社GOLDLOCKS（東京都中央区）、2023年4月（4/11）
- (2) 坂倉杏介「連続3回企画『研究者と語る、働く×ウェルビーイング』第1弾『わたしたちを満たし活かす働き方を創るには?』」、三井不動産、Work Styling 東京ミッドタウン八重洲（東京都中央区）、2023年4月（4/26）
- (3) 坂倉杏介「コミュニティマネージャーのトリセツ」、COMMUNITY MANAGER'S SUMMIT Vol. 4、株式会社ファイアープレイス、SHIBUYA QWS（東京都渋谷区）、2023年5月（5/14）
- (4) 坂倉杏介「ウェルビーイングと成熟社会デザイン」、滋賀県立大学 近江環人地域再生学座 成熟社会デザイン特論（滋賀県彦根市）、2023年5月（5/19）
- (5) 「玉川野毛まちパークらぼ 住民協働の公園へ キックオフミーティング 新たな挑戦がはじまるよ！全員集合！」、世田谷区公園緑地課、玉川区民会館（東京都世田谷区）、2023年5月（5/21）
- (6) 坂倉杏介「地域につながる暮らしづくり 湯河原のいまとこれから」、一般社団法人ユガラボ、駅前居場所（神奈川県湯河原町）、2023年5月（5/26）
- (7) 坂倉杏介「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）、2023年5月（5/27）
- (8) 坂倉杏介「成果の地図化ワークショップ」、だいかい文庫（兵庫県豊岡市）、2023年9月（9/3）
- (9) 坂倉杏介「住み続けられるまちへ ウェルビーイングな次世代商店街とは?」、「高校生 SDGs（持続可能な開発目標）コンテスト」、日本経済新聞社、日経ホール（東京都中央区）、2023年9月（9/16）
- (10) 坂倉杏介「消費としての観光から関係性の旅へ ~『共同行為の段階モデル』から考える地域の『自分ごと化』~」、「第2のふるさとづくり推進ネットワークイベント」、観光庁、オンライン、2023年11月（11/6）
- (11) 坂倉杏介「ウェルビーイングな社会に向けたこれからの共創」、「第5回全国リビングラボネッ

トワーク会議」、第5回全国リビングラボネットワーク会議実行委員会、横浜市役所（横浜市中区）、2023年11月（11/12）

(12) 坂倉杏介「おやまちプロジェクトとリビングラボによるまちの共創」、「自治体連携フォーラム」、世田谷区役所、東京都市大学二子玉川夢キャンパス（東京都世田谷区）、2023年12月（2/8）

(13) 内田まほろ、坂倉杏介、羽藤英二、相馬千秋「『港／とびら』としての劇場～みなと芸術センターが目指すもの～」、港区、赤坂区民センター（東京都港区）、2024年1月（1/10）

(14) 坂倉杏介「おやまちプロジェクト 創発的なコミュニティとリビングラボによるまちの共創」、「JENESYS 中国社会科学院青年研究者代表団 セミナー」、日中友好会館、2024年1月（1/15）

(15) 坂倉杏介「“みんなのまち”があふれる世田谷区とは」、「語り合おう！わたしのまち あなたのまち みんなのまち『みなまちプロジェクト』」、世田谷区教育委員会、玉川区民会館（東京都世田谷区）、2024年2月（2/10）

(16) 坂倉杏介「そこにある、ウェルビーイング」、「キッカケラボ みんなで交流大作戦！」、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2月（2/17）

(17) 坂倉杏介「「場のウェルビーイングを高めるファシリテーション」、Soar、2024年3月（3/21）

(18) 坂倉杏介「自分から始まる地域づくりとウェルビーイング」、「大刀洗みらい共創プロジェクト 2024 対話するまちづくりフォーラム」、大刀洗町役場、大刀洗町中央公民館（福岡県大刀洗町）、2024年3月（3/24）

◇ 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	一般財団法人世田谷コミュニティ財団 アドバイザー
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

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 2022 年の設置以来、2 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。2023 年度は公的研究費 4 件、企業からの外部資金 16 件を実施し、査読付き論文 7 件の成果を挙げた。

◇ 次年度への展開

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))が採択され、本格的にプロジェクトを開始した。2023 年度途中から若手育成予算を含む追加予算が認められた。特に、特別研究員を 2 名雇用し、研究領域の幅を広げている。新しく生涯探究空間の創出も軌道にのりつつあり、サステナビリティ分野で独自のライフスタイル変革や新形態の外部連携研究領域を開拓していく。

■ 成果の概要紹介

【テーマ 1】シビックテックを目指した気候変動リスクの「自分事化」に基づくオンライン合意形成手法の開発と政策形成プロセスへの実装（馬場健司）

神奈川県相模湾沿岸域における各セクターの主要なステークホルダーを対象とした聞き取り調査結果や、ステークホルダー会議での専門家との対話結果等を基に、気候変動へ適応する将来社会シナリオの構築を行った。加えて、市民討議のためのオープンプラットフォームである Decidim を独自に拡張し、これとウェブ GIS との連携をさせる機能の開発を進め、C3S-PaaS(Climate Change Citizen Science Platform as a Service)のプロトタイプを完成させた。C3S-PaaS の本格活用に向けて、滋賀県では、地球温暖化防止活動推進員と共同で、県内の気象観測データと気候変動影響収集したデータを登録し、情報の蓄積を進めた。さらに、参画した若手の地球温暖化防止活動推進員とオンラインワークショップを実施し、シビックテックの技術開発状況とステークホルダー分析により特定された気候変動影響に関する論点を共有した上で、市民参加モニタリングを開始した。神奈川県では、申し出のあった 1 団体が毎夏に開催している河川の水温一斉調査に協力し、観察対象として決めた事象(河川の水温)の写真や観察記録、気象データ等をスマートフォンのアプリを用いてウェブ GIS にアップロードし、過去データについても同様にアップロードして蓄積を重ねた。今後は、このように可視化、共有化された市民参加型モニタリングデータを基に、C3S-PaaS を活用しながら、オンライン・オフラインの熟議を通じた自分事化への態度行動変容プログラムを検討する。

【テーマ 2】消費者・生産者の行動変容（古川柳蔵）

本プロジェクト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。イベントにおいては、著名な料理研究家やアーティストによるナラティブの発信がどの程度行動変容に効果があるのかについての検証を行った。次に、意識が高い消費者だけでなく、幅広い層の行動変容を促すための動画制作やソーシャルメディアサイトの制作を開始した。次年度にこれを運用し、美食地政学の概念や価値観に関心がある層の把握を行う。また、消費者及び生産者における美食地政学の概念の普及状況や普及拡大の可能性を評価するための指標づくりをインターネットアンケートにより行った。消費者の関心度の違いを考慮し、行動変容を促進する施策の設計を進めていく。

【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。2023年度は、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た。このような先進事例を社会に示し、波及効果を生み出していく。

【テーマ4】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り組みを進めている。2023年度は、鳥取県と（一社）グリーンCPS協議会と連携しながら、令和5年度サプライチェーンCO2排出量見える化事業への協力を行った。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を支援するため、インドネシアにおける製造人材育成支援を行った。

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- 1) Kosugi, M., and Baba, K., Five types on perception of global warming in Japanese, *Frontiers in Climate*, 5, 2023, doi:10.3389/fclim.2023.1227585
- 2) Aoki E. Shirai, N., Baba, K., Masuhara, N. and Taniguchi, M., Developing Behavioral Models of Citizens for Adapting to and Mitigating Climate, *Frontiers in Climate*, 6, 2024, doi:10.3389/fclim.2024.1283946
- 3) 山中美結奈, 馬場健司, 地方都市における消費者の次世代自動車に対する選好 — 北陸地域のケース —, *土木学会論文集 G (環境)*, 79(26), 1-8, 2023, DOI 取得中
- 4) 馬場健司, 小澤はる奈, シチズンサイエンスの担い手としての環境 NGO の可能性, *土木学会論文集 G (環境)*, 79(26), 1-11 2023, DOI 取得中
- 5) Akihiko Tsutsumi, Ryuzo Furukawa, Yusuke Kitamura and Norihiro Itsubo, G20 Tourism Carbon Footprint and COVID-19 Impact, *Sustainability* 2024, 16, 2222. <https://doi.org/10.3390/su16052222>(2024).
- 6) Toshiaki Mitsui, Ryuzo Furukawa, Thinking Model for Japanese Small and Medium-Sized Enterprises Innovation Explicated by OntoIS, *EcoDesign for Sustainable Products, Services and Social Systems I*, Springer, p.119-132(2024).

- 7) 三井俊明, 古川柳蔵, 行為分解木手法によるものづくり中小企業経営者の思考の明示化と地域性—米沢地域を事例として—研究技術計画, Vol. 38, No. 1, 130-145(2023).
- 8) Sato, M. and Kitamura, Y. Current Status of Climate Change Education and Suggestions for its Integrative Development in Japan., IATSS Research, 1-13(2023).

◇ 招待講演

- 1) 馬場健司, シチズンサイエンスと熟議による気候変動分野における研究 DX の具現化, 第 35 回環境工学連合講演会, 日本学術会議講堂+オンライン, 2023 年 5 月 30 日
- 2) 馬場健司, 脱炭素社会への移行に向けた政策過程と市民参加: 行動変容に向けた展望, 日本建築学会土木学会連携タスクフォース・脱炭素WG オンラインワークショップ, オンライン, 2024 年 3 月 29 日
- 3) 古川柳蔵, “Sustainable lifestyle toward carbon neutral society”, ジョイントディグリープログラム国際連携環境融合科学専攻開設シンポジウム, Tokyo City University, March 8th, 2024
- 4) 古川柳蔵, ライフスタイル・イノベーション—資源循環への道のり—, 令和 5 年度 廃棄物資源循環学会関東支部講演会, 東京都市大学横浜キャンパス, 2024 年 3 月 1 日
- 5) Sato, M., Implementing ESD and CCE; the Japanese experience, UNESCO/CAPS Unlock Meeting Concept: Building a Central Asian Climate Education Coalition, Keynote Presentation, UNESCO Almaty, Kazakhstan, 25th May 2023.
- 6) 佐藤真久, SX (Sustainability Transformation) の本質とその重要性—他者・外部を内在化し, 社会変容と自己変容を連動させる, P2M 学会, 基調講演, 東京都市大学, 2023 年 4 月 22 日
- 7) 佐藤真久, NbS に基づく生物多様性地域戦略と地域探究モードの連関へ—“地域の複雑性”に 向き合い, 学習と協働を連動させる, 生物多様性地域戦略支援業務, 環境省, 2024 年 2 月 26 日

◇ 国際会議

- 1) Baba., K. Realizing Research DX in the Field of Climate Change by Citizen Science, Sustainability Research + Innovation 2023 Asia Spotlight Event, 12 July 2023, Online

◇ 国内会議

- 1) 馬場健司, 参加型シナリオ構築手法によるネクサス思考の促進効果と課題の検討, 日本公共政策学会 2023 年度研究大会, 2023 年 6 月 4 日, コラッセ福島
- 2) 馬場健司, 気候変動政策における実効性と波及性のトレードオフを超えたガバナンス, 環境科学学会 2023 年会, 2023 年 9 月 8 日, 神戸大学 ※企画シンポジウム「地域と地球をつなぐ階層的環境ガバナンス」企画と発表
- 3) 馬場健司, 小澤はる奈, シチズンサイエンスの担い手としての環境 NGO の可能性, 第 51 回環境システム研究論文発表会, 2023 年 10 月 21 日, 郡山市中央公民館
- 4) 山中美結奈, 馬場健司, 地方都市における消費者の次世代自動車に対する選好 — 北陸地域の ケース —, 第 51 回環境システム研究論文発表会, 2023 年 10 月 21 日, 郡山市中央公民館
- 5) Ly Sovanna, 古川柳蔵, Exploring Factors Influencing Clothing Upcycling Behavior in Japan, 令和 5 年度 廃棄物資源循環学会関東支部講演会, 東京都市大学横浜キャンパス, 2024 年 3 月 1 日 (ポスター発表)
- 6) 梶原 隆志, 古川柳蔵, ダム流木管理における廃棄処分コスト削減と地域活性化のための研究, 令和 5 年度 廃棄物資源循環学会関東支部講演会, 東京都市大学横浜キャンパス, 2024 年 3 月 1 日 (ポスター発表)
- 7) 大久保寛基, 技術営業支援システムにおける成約確率を考慮した見積作成に関する研究, 日本生産管理学会第 58 回全国大会, 法政大学, 2023 年 9 月 9, 10 日

- 8) 田中佑樹, 西尾存人, 中村昌弘, 大久保寛基, IoT を駆使した 1 次データによるサプライチェーンとしての CFP 算定の事例研究 - 1 次データ方式による影響評価-, 日本生産管理学会第 59 回全国大会, 岡山商科大学, 2024 年 3 月 9, 10 日

■ 社会貢献

◇ 報告・講演等

- 1) 馬場健司, 神奈川県地球温暖化防止活動推進員基礎研修講座, シチズンサイエンスによる気候変動問題の自分事化, 2023 年 7 月 6 日, かながわ県民センター, 神奈川県主催
- 2) 馬場健司, 全国の地方自治体における 脱炭素施策の現状と事例, 脱炭素化をめざす島根ラウンドテーブル, 2023 年 8 月 30 日, タウンプラザしまね, 島根県主催
- 3) 馬場健司, C3S (Climate Change Citizen Science)-PaaS の近況, 近江淡水生物研究所学習会長浜 MLGMLG s CAFE 気候変動の現状を市民がアップするモニタリングプラットフォーム『シーパス』さらなる活動に向けて, 2023 年 12 月 24 日, さざなみタウン, NPO 法人近江淡水生物研究所主催
- 4) 馬場健司, 木村道徳, 熊澤一輝, スマートフォンとオンライン熟議プラットフォームを活用したシチズンサイエンスの推進による気候変動の「自分事化」, 第 23 回さがみ自然フォーラム, 2024 年 2 月 8 日, アミューあつぎ, NPO 法人神奈川自然保護協会主催
- 5) 小澤はる奈, 馬場健司, 神奈川県相模湾沿岸地域のステークホルダーによる気候変動認識, 第 23 回さがみ自然フォーラム, 2024 年 2 月 8 日, アミューあつぎ, NPO 法人神奈川自然保護協会主催
- 6) 古川柳蔵, 制約を味方につけたライフスタイル変革—価値なきものを価値あるものへ—, 会誌 ACADEMIA, No.191, 39-48(2023).
- 7) 古川柳蔵, バックキャスト思考, 株式会社三菱総合研究所, 2023 年 6 月 26 日
- 8) Ryuzo Furukawa, Building Sustainable Futures: Transforming Cities and Communities through SDG 11, AOFUA Summer Camp 2023, July 13th, 2023
- 9) 古川柳蔵, バックキャスト思考で自分の夢をさがし未来を描こう!, 日の出の勉利屋, 栃木県鹿沼市自然体験交流センター, 2023 年 9 月 24 日
- 10) 古川柳蔵, バックキャストで考える未来のライフスタイルをデザインしよう!, まちづくりサロン, 西荻 BASE, 2023 年 12 月 8 日
- 11) 古川柳蔵, サステナビリティと科学技術イノベーション, 日本研修プログラム「Japan Visiting Study Program」同志社大学新町キャンパス尋真館, 2024 年 1 月 27 日
- 12) 古川柳蔵, ライフスタイル変革 未来につなげる暮らし方, 杉並区立環境活動推進センター, 2024 年 1 月 28 日
- 13) 古川柳蔵, 佐藤真久, 山崎倫孝, 廣瀬辰平, 入江洋, 小長井由隆, 酒田市をフィールドとした地域活性化, 東京都市大学横浜キャンパス紀要第十一号, 52-61(2024).
- 14) 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, 2023 年 8 月と 10 月の 5 日間
- 15) 大久保寛基, 鳥取県 令和 5 年度サプライチェーン CO2 排出量見える化事業の支援, 2023 年 10 月から 2024 年 1 月
- 16) 永野龍典・佐藤真久, 定量データで見る探究学習と高校での活用, 東京都市大学横浜キャンパス紀要第十一号, 16-23(2024).
- 17) 佐藤真久・伊藤修陸 (2023) 「消費者教育教材資料表彰における受賞教材 (行政部門) の特性と経年変化—学習目的・形態・内容の特性に基づいて」, 『消費者教育』, 217: 10-12.
- 18) 佐藤真久 (2023) 「SX (Sustainability Transformation) の本質とその重要性—他者・外部を内在化し, 社会変容と自己変容を連動させる」, 『P2M マガジン』, 18: 14-22.

◇ 書籍

- 1) Baba, K., Tanaka, M. (2023). Clarifying Local Government Policymakers' Needs on Climate Change Science and Technologies: Experiences of Science and Policy Deliberation at Co-Design Workshops in Japan. In: Leal Filho, W., Kovaleva, M., Alves, F., Abubakar, I.R. (eds) Climate Change Strategies: Handling the Challenges of Adapting to a Changing Climate. Climate Change Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28728-2_24.

◇ メディア

- 1) 馬場健司, 「・・・1等米激減, 野菜高騰・・・農作物夏バテ 高温・少雨 農家「こんな年初めて」品種改良 後押し必要」, コメント, 読売新聞, 2023/10/7, 朝刊, 29面 6段
- 2) 馬場健司, 行政と市民をつなぐ仕組みをつくる, POLICY DOOR (Web Magazine), JST-RISTEX, 2024年2月, <https://www.jst.go.jp/ristex/stipolicy/policy-door/interview-07-1.html>
- 3) 馬場健司, 合意形成における研究者の寄与, POLICY DOOR (Web Magazine), JST-RISTEX, 2024年2月, <https://www.jst.go.jp/ristex/stipolicy/policy-door/interview-07-2.html>
- 4) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 海の森 消失に歯止めへ, 2023年4月20日
- 5) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 真珠養殖 入り江に波立つ, 2023年5月25日
- 6) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, ローカルフードに注目, 2023年6月22日
- 7) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 地域の「農力」を次代に, 2023年7月25日
- 8) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2023年8月1日 17時15分
- 9) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2023年8月5日 7時
- 10) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 地球沸騰に向き合う農業, 2023年8月23日
- 11) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2023年9月16日 17時
- 12) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, おいしく食品ロス削減, 2023年9月19日
- 13) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 規格外品活用, 地域のために, 2023年10月31日
- 14) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, 記憶に残る味, やりがい, 2023年11月27日
- 15) 古川柳蔵, 日刊工業新聞, アートで行動変容訴え, 2023年12月28日
- 16) 古川柳蔵, 朝日新聞デジタル, 医者も驚く93歳, 血管年齢は20歳, 2024年1月28日
- 17) 古川柳蔵, 朝日新聞, 医者も驚く93歳, 血管年齢は20歳, 2024年2月9日
- 18) 古川柳蔵, 荘内日報, 酒田の未来, 駅近どう描く?, 2024年2月29日
- 19) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2024年3月2日 7時~7時45分
- 20) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2024年3月9日 7時~7時45分
- 21) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2024年3月16日 7時~7時45分
- 22) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2024年3月23日 7時~7時45分
- 23) 古川柳蔵, ラジオ大阪, 「桑原あずさの as life」, 2024年3月30日 7時~7時45分

◇ 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

■ 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	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 (間接経費や共通管理費を含めた総額, 複数年資金は年割)

馬場健司, 科研費基盤研究(B), 「地方自治体における気候変動適応策の実効性と波及性・受容性の構造分析」, 2021~2023年度 (直接・間接経費の総額 17,160千円うち都市大分 12,025千円, 2023年度の直接・間接経費の総額 6,110千円, うち都市大分 4,680千円) (代表)
馬場健司, JST-RISTEX, 「シビックテックを目指した気候変動の「自分事化」に基づくオンライン合意形成手法の開発と政策形成プロセスへの実装」, 2020~2023年度 (直接・間接経費の総額 28,340千円, うち都市大分 14,352千円, 2023年度の直接・間接経費の総額 8,320千円, うち都市大分 4,550千円) (代表)
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, 2023年度の直接・間接経費の総額 1,560千円, うち都市大分 1,560千円) (代表)
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, 2023年度の直接・間接経費の都市大分 23,400千円) (研究分担者)

[2023年度受入れ実績額 46,635千円. その内, 民間からの受託研究等は計 16件で 12,445千円.]

FUTURE-PV 研究室

特別教授 小長井 誠

■ FUTURE-PV 研究室の概要

Si や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 タンデム太陽電池を開発する。

■ 研究成果の概要

◇ 主要な研究成果

異方性エッチングを利用したシースルーSi 太陽電池で変換効率 17 %、ガラス基板ペロブスカイト(PVK)太陽電池で変換効率 16%を得た。これらの成果に基づき、PVK/Si タンデム太陽電池を試作し、厚さ 83 μm のセルで 26%の変換効率を得た。大面積集積型 PVK 太陽電池実現のためスルーホールを用いた直列接続法の開発に着手し、小面積セルで 12%の変換効率を得た。さらに高効率 PVK 太陽電池の屋外発電特性評価を行い、光劣化に関する基礎データを得た。

◇ 次年度への展開

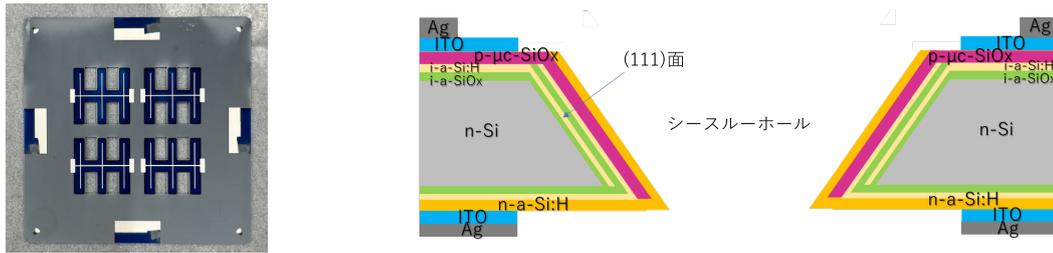
太陽電池の軽量化、超高効率化を目指し、ペロブスカイト(PVK)をトップセルに用いたタンデム太陽電池の要素技術開発、ならびに高効率化のためのデバイス要素技術開発、デバイス設計技術開発を行う。グリーン事業の一環として、スルーホールを用いた PVK 太陽電池の要素技術開発を引き続き実施する。高効率 PVK 太陽電池の最適設計、信頼性向上に資するため、PVK 太陽電池の屋外発電特性の計測を継続するとともに劣化機構を解明する。

■ 成果の紹介

【テーマ 1】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 5 年度は、これらの Rib 技術を発展させたものとして、シースルー・ヘテロ接合型 Si 太陽電池の要素技術開発を行った(図 1)。よく知られているように、最近では ZEB などへの応用を目的に、窓に垂直設置されるシースルー太陽電池の開発が進んでいる。本研究室では、最終的に両面受光でシースルー型ヘテロ接合型 Si 太陽電池の開発を進めている。これらの製造技術が確立されれば、窓のみでなく高速道路の防音壁など、多くの新しい分野に応用される。

本年度は、図 1 (a)に示すように、1cm 角の Si セル内に、4 つのスルーホール (光が透過する穴) を作製し、スルーホール端部でのキャリア再結合を抑制するパッシベーション技術の開発を行った。具体的には、図 1(b)の断面に示すパッシベーション膜の積層により、変換効率 17%を得ることが出来た。



(a) Si ウェハ上に作製された4つのスルーホールセル(1cm²)。 (b) スルーホール部分の接合ならびにパッシベーション構造。

図1 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2】ペロブスカイト太陽電池開発

(1) 低温プロセスによる半透明ペロブスカイト太陽電池

フレキシブルな樹脂基板やヘテロ接合型 Si 太陽電池上にペロブスカイト太陽電池を作製するためには 250°C以下程度の低温でセルを作製する必要がある。さらに、タンデム応用などを考えると表面から光入射する必要があるために上部電極も ITO などの透明導電膜で形成した半透明ペロブスカイト太陽電池を開発する必要がある。そこで、低温製膜可能な製膜法の導入や既存プロセスの低温化により、250°C以下で作製できる半透明ペロブスカイト太陽電池の開発に取り組んだ。

半透明のペロブスカイト太陽電池では電極である ITO を製膜する際にスパッタリングダメージが入ってしまうことが問題となっている。そこで ITO と電子輸送層 C60 の間に保護層を挿入することを試みた結果、ALD-SnO₂ を挿入したセルで FF が高くなり変換効率も良好であった。次に上部電極 ITO の製膜条件を変え、スパッタリングダメージを更に抑制させることを試みた。様々な条件を比較した結果 RF と DC の 2 段階製膜で変換効率が最も優れ 12.3% を示した。更にペロブスカイト/C60 界面をヨウ化水素酸塩によるパッシベーションを施し、開放電圧を向上することで最終的に 16.3%の変換効率が得られた。

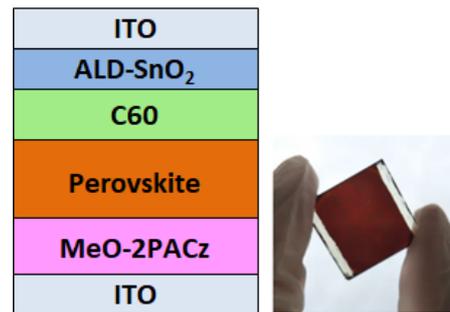


図2 半透明ペロブスカイト太陽電池

(2) 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

ペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池は次世代の高効率太陽電池として期待されている。一方、様々な用途への展開を可能とするペロブスカイト太陽電池のフレキシブル性能を活かすためには、ボトムシリコンセルにも柔軟性を与える必要がある。これまではシリコンの表面側を平坦にすることでトップのペロブスカイト層を塗布しやすくしていたが、シリコンでの発電量を増大するために表面側に微小なテクスチャ構造を形成するプロセスを開発した。さらにその上に (1) の半透明マルチチャオン逆構造ペロブスカイト太陽電池を作製し、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作製し、26.5%の変換効率が得られた。

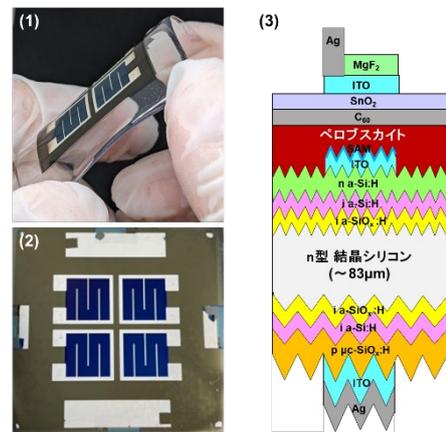


図3 軽量・フレキシブルなペロブスカイト/シリコンタンデム型太陽電池

【テーマ3】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。PVK太陽電池では、特にフレキシブル基板を用いたモジュール開発に注目が集まっており、すでに量産化の研究開発も数多く報告されるようになった。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。また低コスト化を目指して30 μm程度の厚さの非常に薄いpolyimide基板の採用が望まれる。薄膜太陽電池モジュール製造プロセス

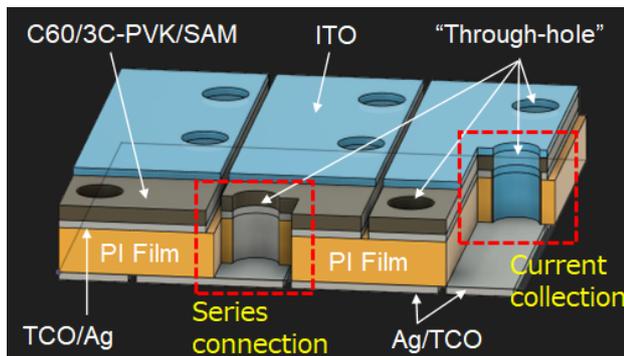


図4 スルーホール電極を設けたペロブスカイト太陽電池モジュールの構造。

では、通常、3回のレーザ加工が必要となる。この際、モジュールの面積効率を上げるためには、レーザ加工の精度向上が必要であるが、フィルム基板、特にロール方式で製造する場合は、フィルムの伸びなどの問題あり、位置精度に問題を残している。一方、フィルムを100 μm以上と厚くすれば、この問題は抑制されるが、フィルム基板が非常に高価なものとなる。

本研究では、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う。図4は、本研究で開発を目指しているモジュール構造を示している。このモジュール構造では、極端な言い方をすれば、幅1 cmのところ、どこでよいから直径1 mmのスルーホール列を形成すれば、裏面から集電可能となる。一方、スルーホール電極付き PVK 太陽電池では、スルーホール部分での漏れ電流抑制などが大きな開発課題となる。本年度は、まず、スルーホール付 PVK 太陽電池を試作し、これらの課題の解決に取り組んだ。表1は、厚さ35 μm、75 μmのポリイミドフィルム上に作製したスルーホール付 PVK 太陽電池の特性を示している。3 mm x 4 mmの試作段階の小面積セルではあるが、変換効率約12%程度のスルーホール電極付 PVK 太陽電池の試作に成功した。今後、スルーホール付近のペロブスカイト層の膜質、カバレッジのいっそうの改善により、大幅な特性向上が期待される。

表1 ポリイミドフィルム上に作成したスルーホール付 PVK 太陽電池の特性

Sample No. & PI thickness (μm)	Isc (mA/cm ²)	Voc (V)	FF	η (%)	remarks
No.231010 35 μm	18.3	1.04	0.62	11.9	without PZDI passivation
No. 240118M 75 μm	15.0	1.11	0.66	10.9	with PZDI passivation
No.231215Sn 75 μm	15.6	0.92	0.58	8.3	without PZDI passivation

【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

本研究では、これまで NIMS で試作、封止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5年度は、屋外測定を継続するとともに、劣化の原因を解明するため、劣化後のサンプルの光学顕微鏡ならびに断面SEMによる評価を行った。さらに屋内でソーラーシミュレータ光を照射しながら加熱劣化試験を行った。

測定に用いた封止セル (面積 1.26cm²) は、南向き仰角 35° ならびに 2 軸追尾測定系に設置されている。図5は2023年4月から10月までの仰角 35° 固定セルの特性変化 (正午、Pin ~1kW/m²、Reverse scanのみ表示) である。主に曲線因子の劣化により、変換効率は 20% から 9% まで劣化している。

屋外試験で劣化したサンプルの界面を光学顕微鏡(OM)で観察するとともに、断面SEM像の観察を行った。劣化後のサンプルには、多くの縞模様や点状の模様が現れた。このサンプルをカットして断面のSEM観察を行ったところ、図6に示すように、界面に起源を発すると思われる構造が見られた。これらの構造は、ペロブスカイトの相転移により生じた高抵抗層ではないかと考えられる。

屋外測定では、特に気温の高い夏の劣化が顕著であったため、屋内ソーラーシミュレータ光照射下でサンプルを 65°C 程度に保ち、太陽電池特性変化や、光学顕微鏡で見られる構造変化を観察した。その結果、紫外線カットフィルターの有無、バイアスのかけ方によって多少の差は見られるものの、屋外暴露で観察されたと同様の構造変化が見られた。

以上の評価結果より、現状でペロブスカイト太陽電池の光劣化の主原因は、セル温度であることが分かった。

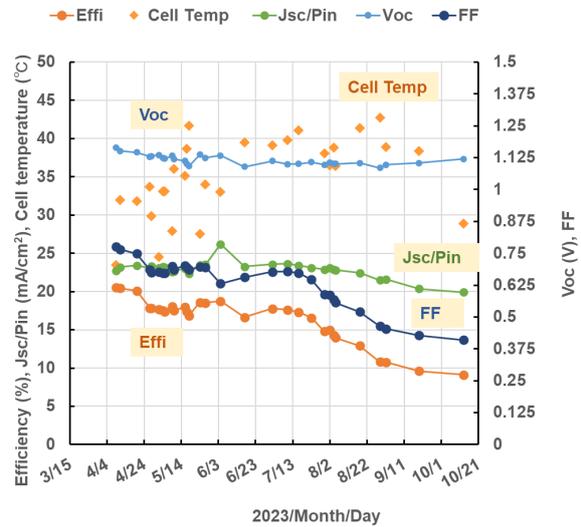


図5 ペロブスカイト太陽電池の屋外発電特性推

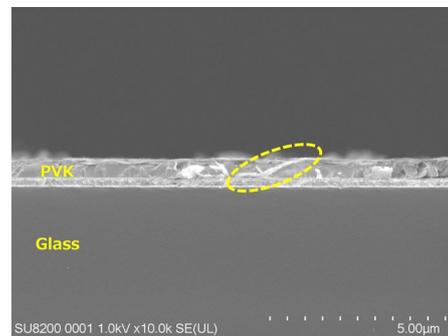


図6 劣化後のセルの断面SEM像。PVK層内に見える白い領域が相転移した部分。

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) Yulu He, Chisato Niikura, Porponth Sichanugrist, Takeaki Sakurai, Makoto Konagai, Ashrafur Islam, “Antireflection effect of high haze FTO for improving short circuit current density of perovskite solar cells” *Materials Science in Semiconductor Processing*, Volume 164, September 2023, 107605
- (2) Makoto Konagai, Hayato Okawa, Ryousuke Ishikawa, Masatoshi Yanagida and Yasuhiro Shirai “Outdoor Performance Testing and Light-Induced Degradation of High-Efficiency NiOx-Perovskite Solar Cells” *Proc. of the 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-34)* (2023) pps.222-225
- (3) Kimihiko Saito, Hiroataka Shishido, Ryousuke Ishikawa, “Fabrication of Thin Silicon-Heterojunction Solar Cells for Bendable Perovskite/c-Si Tandem Solar Cells”, *Proc. EUPVSEC2023*, 10.4229, 020009-001-007, 2023

- (4) Kawashima, R., Nohira, H., Ishikawa, R., Mitani, Y., “Fabrication of metal/oxide/fluorographene/oxide/silicon capacitors and their charge trapping properties”, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.62, 2023
- (5) Ashihara, E., Kawai, R., Ishikawa, R., Mitani, Y., “Resistive Switching Memory using Buckybowls Sumanene-inserted Bilayer Graphene”, *Japanese Journal of Applied Physics*, accepted.
- (6) Kawai, R., Ashihara, E., Ishikawa, R., Mitani, Y., “Stacked structure dependence on resistive switching characteristics in sumanene molecular memory”, *Japanese Journal of Applied Physics*, accepted.

◇ 国際会議招待講演

- (1) Makoto Konagai, Hayato Okawa, Ryouyusuke Ishikawa, Masatoshi Yanagida and Yasuhiro Shirai
“Outdoor Performance Testing and Light-Induced Degradation of High-Efficiency NiOx-Perovskite Solar Cells”, The 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-34)
6-10, November 2023, Shenzhen, China

◇ 国際会議

- (1) Ryouyusuke Ishikawa, Yuya Momose, Ryo Sato, Daisuke Ieki, Naoki Suyama, and Makoto Konagai
“Research on current collection through-holes for film-type perovskite solar cells”
The 34th International Photovoltaic Science and Engineering Conf. (PVSEC-34)
6-10, November 2023, Shenzhen, China
- (2) Kimihiko Saito, Hiroataka Shishido, Ryouyusuke Ishikawa, “FABRICATION OF THIN SILICON-HETEROJUNCTION SOLAR CELLS FOR BENDABLE PEROVSKITE/C-SI TANDEM SOLAR CELLS”, EU-PVSEC 18-22, September 2023, Lisbon, Portugal
- (3) Ryoichi KAWAI, Eito ASHIHARA, Ryouyusuke ISHIKAWA, Yuichiro MITANI, “Study on Resistive Switching Mechanism in Metal/Graphene/Sumanene/Graphene/N⁺ Si Nonvolatile Memory”, 14-17, November 2023, Sapporo, Japan
- (4) Eito ASHIHARA, Ryouyusuke KAWAI, Ryouyusuke ISHIKAWA, Yuichiro MITANI, “Demonstration of Resistive switching memory devices using Buckybowls Sumanene inserted Bilayer Graphene”, 14-17, November 2023, Sapporo, Japan

◇ 国内会議

- (1) 応用物理学会学術講演会：秋季3件、春季5件
- (2) 第20回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム：4件

◇ 新聞等への研究成果掲載

- (1) 2023年9月19日プレスリリース，“世界初、変換効率が30%に迫る、曲げられる太陽電池を開発—新構造の薄型シリコン太陽電池にペロブスカイト太陽電池を積層—”
9月19日付 日本経済新聞（電子版），9月28日付 日本経済新聞 他多数の新聞に掲載

■ 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	専任	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
特別研究員 AF	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：8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。2023 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、2023 年度直接経費：880 万円、間接経費：132 万円 「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」研究分担者（石川）
JST・未来社会創造事業（探索加速型）、2023 年度直接経費：100 万円、間接経費：30 万円 「鉛フリーペロブスカイト太陽電池向けインターフェース材料開発」研究分担者（石川）
科学研究費補助金、基盤研究（C）2023 年度直接経費：150 万円、間接経費：45 万円 「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 4 件、国内会議 4 件
- ◇ 学生の主な就職先：
アンリツ、住友電設、日立 ICT ビジネスサービスなど

■ 社会貢献

- ◇ 三田学園 Inspire Lectures
小長井誠、“カーボンニュートラル社会の実現に向けた太陽光発電の研究”、2023 年 10 月 10 日
- ◇ 第 206 回 総研セミナー「次世代の太陽光発電システム」開催（2023 年 1 月 18 日）
- ◇ 光機能材料研究会第 91 回講演会、2023 年 5 月 24 日
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”
- ◇ AndTech セミナー「ペロブスカイト太陽電池」、2023 年 10 月 23 日
石川亮佑、“軽くて曲げられるペロブスカイト/シリコンタンデム太陽電池”
- ◇ SPEED 研究会 2023 年度第 5 回研究会、2023 年 12 月 26 日
石川亮佑、“ペロブスカイト型太陽光発電の開発に関する国内外動向”
- ◇ 新潟大学コアステーション「ユビキタスグリーンケミカルエネルギー連携教育研究センター」
第 14 回研究シンポジウム、2023 年 3 月 12 日
石川亮佑、“次世代太陽電池研究：ペロブスカイト太陽電池を中心に”

◇ 委員

氏名	委員名一覧
小長井 誠	日本学術会議 連携会員 (2023.9 まで)
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

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、様々な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 MEMS 技術で作った微細なシリコン製容器の中にマイクロ液滴を閉じ込め、液滴内での化学反応過程を蛍光観測した。従来のシリコンラバー製容器に比べサンプル充填が容易で、反応過程の高感度測定が、温度変化等に対し安定した状態で行える。東京大学との共同研究。
- ③ クライオ電子顕微鏡を用いて、細胞内小器官の膜に存在する亜鉛トランスポーターの構造を、原子レベルの分解能で解析した。東北大学との共同研究。

◇ 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 環境エネルギー発電デバイスに関して、NEDO 等のプロジェクトへの関与を検討する。

■ 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。

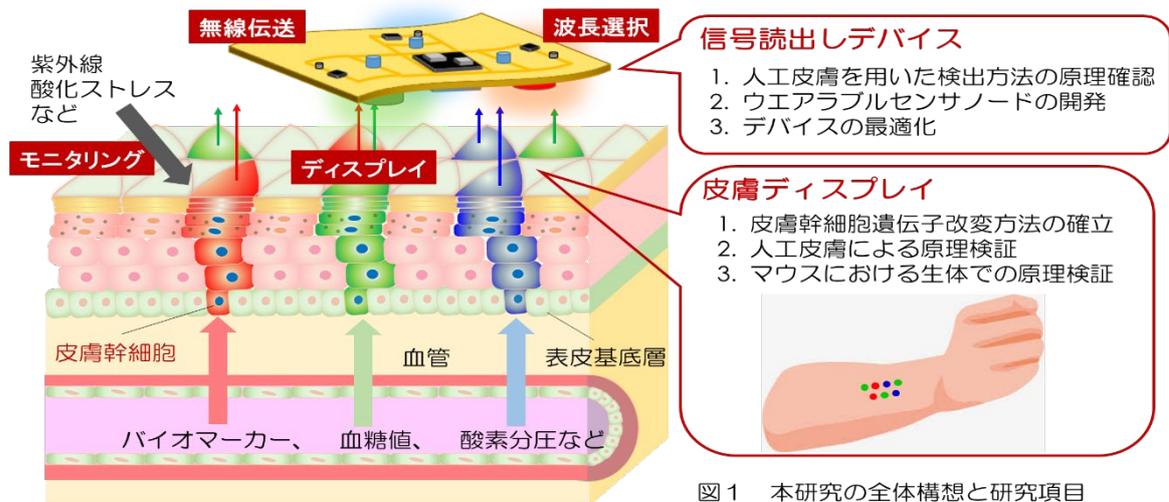


図1 本研究の全体構想と研究項目

初期炎症マーカーである NF- κ 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- α 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)。

化学とマイクロ・ナノシステム学会 第48回研究会 優秀研究賞を受賞

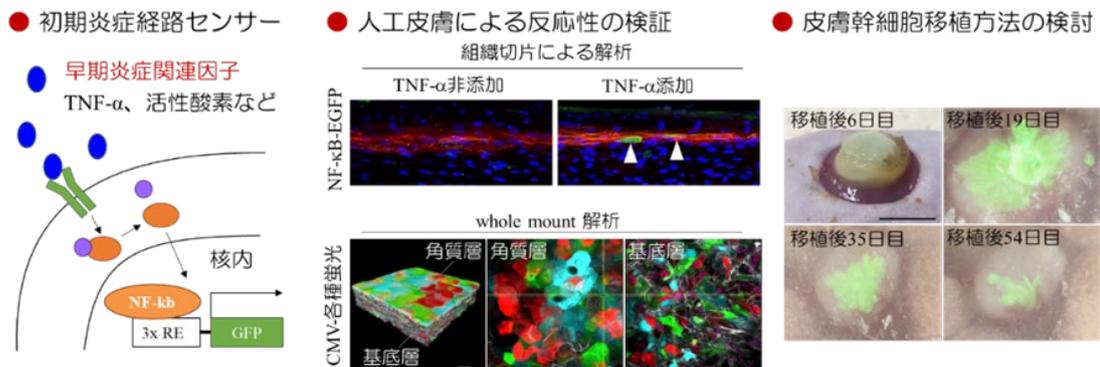


図2 皮膚ディスプレイの予備検討結果

【テーマ2】安定した反応と高分解能の画像観察を実現するマイクロ液滴アレイ捕獲用 MEMS 容器

技術の特長とこれまでの成果

- MEMS 加工したシリコン製容器の中にマイクロ液滴を閉じ込め、化学反応過程を蛍光観測。
- 大面積の顕微イメージングが可能で、フローサイトメトリーと同等以上のスループット。
- 従来のシリコンラバー（例：PDMS）製容器に比べ次の利点がある：
 - 平坦で変形せず、光学特性も良いため、蛍光測定のス/N比が3.5倍に向上。
 - 温度変化に対する追従性、均一性が良い。液滴の位置を安定に保つ。
 - サンプル液の滴下後に通常のカバーガラスをかぶせるだけで良く、充填が容易。
 - 蒸発が極めて少ない。
 - 1マスクのエッチング加工で、作製も容易で安価。

今年度の成果

微小流体デバイスで形成した多数のマイクロ液滴を用いた観察・反応系は、希薄溶液の高感度デジタル定量分析、単一細胞の遺伝子解析、あるいは化学反応の高速化などを実現する強力なツールである。ここで、微細な容器に多数の液滴をアレイ状に充填して観測する時に、安定した反応の維持や高感度の顕微画像の取得が極めて重要である。しかし、通常の微小流体デバイスの材料であるシリコンラバー（PDMS など）は、機械的・熱的に変形しやすく、大面積の高解像度顕微観測には適していない。

本研究では、シリコンが液滴容器として理想的な材料であることを示した。シリコン容器内に入れた液滴をカバーガラスで封じることによって、細密充填した単層アレイが得られる。シリコンは硬く、機械的・熱的な擾乱に対しても容器は平坦で変形しない。このため、大面積にわたる高解像度の顕微画像観測が可能である。直径 10 ミクロンの液滴 90 万個について、4つの異なった光波長での観測（図3）が25分で行えた。これは、フローサイトメトリーと同程度以上のスループットである。

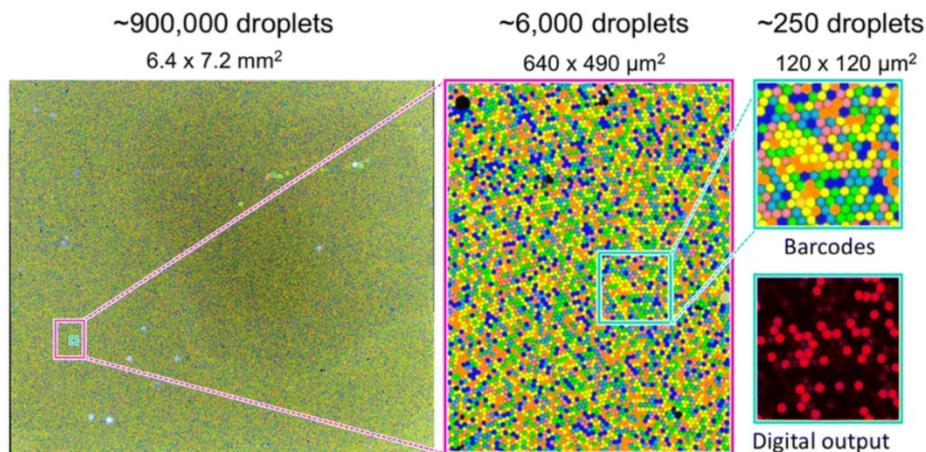


図3 多数のマイクロ液滴の高精細顕微画像とデジタル処理による計測

またシリコン容器の底面にアルミニウム薄膜を蒸着して、光の反射率を高めた。励起光と蛍光が反射する効果により、信号対雑音比が3.5倍に改善された。さらに、シリコンは熱伝導度が高く、体積膨張も小さく、ガラスの蓋とあいまって液体の蒸発もわずかであるので、温度を変化する測定にも向いている。温度変化に敏速に追従し、温度の均一性も良い。直径 50 ミクロンの液滴を使った実験では、60 度から 80 度の温度サイクルを与えても液滴の位置のずれは、液滴の直径よりも小さかった。また、容器に均一な温度勾配を与え（図4）、液滴中に温度に敏感な試薬を入れて検討した

ところ、設定温度と実際の液滴温度のずれは 2%に収まった (図 5)。全部で約 15 万個の液滴内の酵素反応を異なった場所で測ることで、反応の温度依存性を計測した。理論式 (ミカエリス・メンテン式) と極めて良く合致する熱依存性が得られた。

今回のシリコン容器は、1 マスクのエッチング加工で再現性よく作製できる設計であり、皆が容易で安価に作る事ができる。従来の PDMS の補完的な材料としてシリコンが使えることを示した (*Lab on Chip* **23** (12) 2854-2865 (2023/6))。東京大学生産技術研究所 金秀炫講師との共同研究。

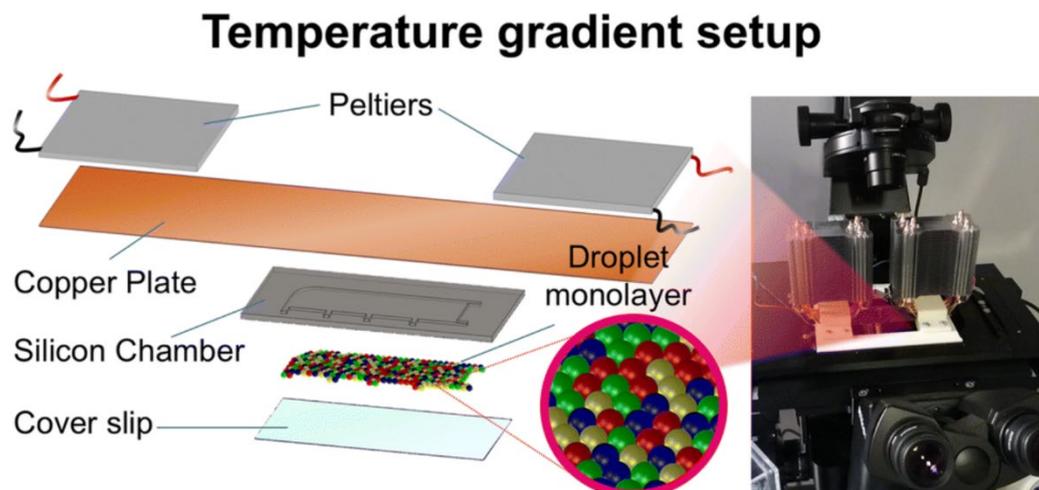


図 4 均一な温度勾配を与える実験系。

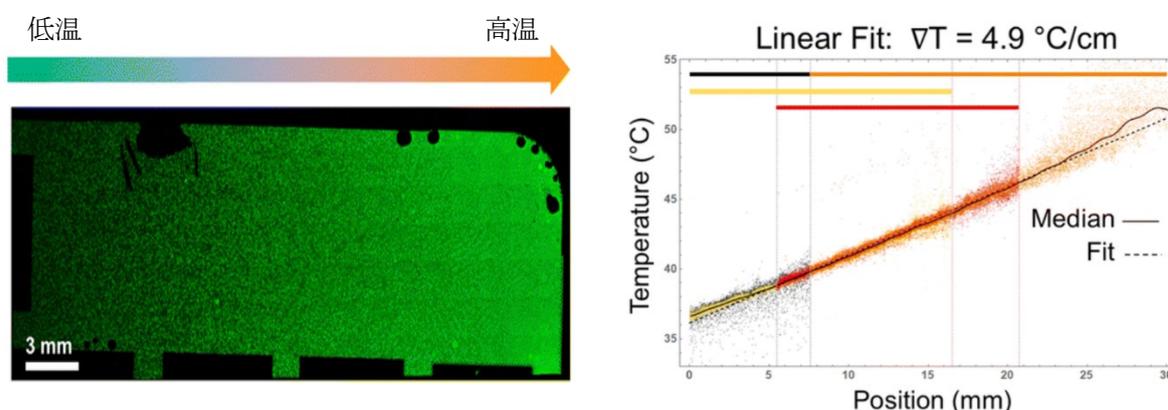


図 5 温度勾配によって、低温側から高温側に移るにつれて蛍光強度が増大した (左図)。蛍光強度を温度に変換したところ、 $4.9^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ の勾配で線形的に温度が変化していた。これは設定値の $5^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ に対して、わずか 2%のずれであった。

【テーマ 3】クライオ電子顕微鏡による生体分子の構造決定

技術の特長

- 生体分子の形を原子レベルで構造解析できる。
- イオン輸送に関わる分子構造変化も解明。

今年度の成果

東北大学多元物質研究所の稲葉謙次教授と共同研究を行い、細胞内小器官 (ゴルジ体) に亜鉛を取り込み、濃度を一定に保つ膜たんぱく分子 (亜鉛トランスポーター) の立体構造を精密に解析す

ることに成功した。生体分子を凍結し、極低温で観察するクライオ電子顕微鏡を用い、最高 2.2 Å という個々のアミノ酸がはっきりみえる分解能が得られた。トランスポーター分子が形を変えることで亜鉛のイオンを輸送する「分子の構造変化と機能の関係」について、生体膜の一方から亜鉛分子を取り込む形状から、他方へ放出する形状まで、イオン輸送の各ステップに対応する立体構造をスナップショットとして捉えることができた (*Nature Communication* **14**, 4770 (2023))。

詳細は、下記の東北大学ウェブサイトを参照のこと：

<https://www.sci.tohoku.ac.jp/news/20230828-12831.html>

■ 研究業績

生体情報を常時表示するセンサ・ディスプレイ

◇ 特許

出願済

◇ 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
“A LIVING SKIN DISPLAY THAT TELLS YOU WILL BE SICK”
27th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences, October 15-19, 2023, Katowice, Poland, T001.a, (2023/10)

◇ 国内会議

- (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 第 48 回研究会、2023 年 11 月 6～9 日、熊本城ホール、8P2-PC-44 (2023/11) 優秀研究賞を受賞

安定した反応と高分解能の画像観察を実現するマイクロ液滴アレイ捕獲用 MEMS 容器

◇ 査読付き論文

- (1) Nicolas Lobato-Dauzier, Robin Deteix, Guillaume Gines, Alexandre Baccouche, Benediktus Nixon Hapsianto, Shu Okumura, Guilhem Mariette, Djaffar Belharet, Samuel Queste, Laurent Jalabert, Matthieu Denoual, Yannick Rondelez, Hiroshi Toshiyoshi, Hiroyuki Fujita, Soo Hyeon Kim, Teruo Fujii, Anthony J. Genot,
“Silicon chambers for enhanced incubation and imaging of microfluidic droplets”
Lab on Chip **23** (12) 2854-2865 (2023/6)

クライオ電子顕微鏡による生体分子の構造決定

◇ 査読付き論文

- (1) Kenji Inaba, Bui Han, Satoshi Watanabe, Norimichi Nomura, Kehong Liu, Tomoko Uemura, Michio Inoue, Akihisa Tsutsumi, Hiroyuki Fujita, Kengo Kinoshita, Yukinari Kato, So Iwata, and Masahide Kikkawa
“Cryo-EM structures of human zinc transporter ZnT7 reveal the mechanism of Zn²⁺ uptake into the Golgi apparatus”
Nature Communication **14**, 4770 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40521-5> (2023/7)

その他

◇ 査読付き論文

- (1) Naoya Onizawa, Koji Yano, Seiichi Shin, Hiroyuki Fujita, Takahiro Hanyu
“Self-Adaptive Gate Control for Efficient Escape from Local Minimum Energy on Invertible Logic”, *IEEE Access*, Vol. **11**, pp. 44923-44931, (2023/5/3) 10.1109/ACCESS.2023.3272867

◇ 一般誌

- (1) 藤田博之「異分野で頼られる MEMS 技術」クリーンテクノロジー 2023 年 11 月号、日本工業出版社 (2023. 11)

■ 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

<ul style="list-style-type: none"> ・科学研究費補助金、基盤研究 (A) 2023 年度 直接経費 (代表) : 1,260 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) 2023 年度 直接経費 (分担) : 「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) ・科学研究費補助金、挑戦的研究 (萌芽) 2023 年度 直接経費 (分担) : 「多孔質ガラス表面上の Ge 量子構造創製と光電子融合素子への応用」研究代表者 (澤野憲太郎)

■ 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 3 年間)

■ 社会貢献

◇ 台湾国立中山大学 セミナー講演 (2023 年 3 月 24 日)

「Breakthrough Powered by Fusion of Disciplines」

◇ 台湾国立台湾大学 セミナー講演 (2023 年 12 月 19 日)

「Multi-Disciplinary Convergence: Key for Prospective Solutions」

◇ 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	NEDO 「IoT 社会実現のための革新的センシング技術開発」 ステージゲート審査委員会 委員長
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 評価アドバイザー
藤田博之	日本医療研究開発機構 (AMED) 革新的先端研究開発支援事業 「マルチセンシング」 領域 課題評価委員
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	技術研究組合 NMEMS 技術研究機構 理事長
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
Hiroyuki Fujita	Singapore National Research Foundation, Competitive Research Program, Expert Panel (Physical Sciences & Engineering)

未来知能研究ユニット

未来知能研究ユニット
ユニット長 田中 宏和

■ ユニット概要

本研究ユニットでは、深層学習や機械学習に代表される人工知能分野と、認知科学や神経科学といった生物知能分野を学際的に融合することで、実世界問題を解決できる人工知能の手法の開発と生物知能の獲得メカニズムの理解を目指します。そのため、動物知能班（田中・桂）、ヒト知能班（森）、そして人工知能班（神野）に役割分担し研究を推進します。

■ 研究成果の概要

◇ 主要な研究成果

動物知能班では仮想世界環境上における動物知能の獲得過程のモデル化と機械学習を用いた動物群行動の解析・モデル化を、ヒト知能班では実空間と仮想環境中でのロボット作業課題の強化学習を、そして人工知能班では深層学習における潜在変数の役割の解明を、それぞれ推進し、動物・ヒト・機械における知能獲得のメカニズムを研究しました。

◇ 次年度への展開

三班で推進している研究を統合し、動物知能・ヒト知能・人工知能の融合である未来知能の分野を開拓します。動物知能班とヒト知能班で得られた実環境での知能獲得過程を新たな人工知能の学習アルゴリズムとして定式化します。また、人工知能班で得られた潜在変数表現が動物・ヒトにどのように用いられているかを検証します。動物・ヒトから機械へ、そして機械から動物・知能へと学際的な知能研究を展開することで、科研費基盤Bに応募するなど、研究の深化を目指しています。

■ 成果の概要紹介

【テーマ1】動物知能班

本班では仮想世界環境上における動物知能の獲得過程のモデル化と、機械学習を用いた動物群行動の解析・モデル化、そしてデータ駆動型の脳波周波数解析法の提案を行いました。まず動物知能の獲得過程のモデル化では、動物の空間学習の例としてハチドリやマルハナバチの採餌行動をAnimal-AI環境上でモデル化しました。強化学習は試行錯誤に依るため学習時間が掛かることが知られていますが、動物では数回程度の試行で最適に近い行動を学習できることが知られています。

学習過程を加速するため、外部環境の内部モデルであるワールドモデルを導入することで学習時間が劇的に削減できることを示しました。次に動物群行動の解析・モデル化では、自然科学科の中島先生からカブトガニ歩容動画をご提供いただき、人工知能手法を用いて歩容解析を行いました。従来行われていた歩容解析では研究者が動画を一コマ一コマ確認していたのに対し、DeepLabCut という人工知能手法で自動的に行動を追尾することができ、従来手法に比べてより詳細な行動データを得ることができました。従来カブトガニの歩容は左右対称と考えられてきましたが、若干の左右非対称があることを発見しました。脳波信号解析法ではデータ駆動型の周波数解析法を提案しました。フーリエ解析では正弦波での分解を仮定しているため、非正弦的である脳波信号に適用した際にアーティファクトが生じるという問題がありました。提案手法では周波数成分の波形を仮定することなくデータから学習する方法を構築しました。提案手法により、フーリエ解析の問題点を解決し、より解釈しやすい周波数解析が行えることを示しました。

また、別の動き自動解析手法として MediaPipe を用いて、人の手指運動中の動画像を解析し、動きの時間変化パターンを抽出し解析することにより、利き手を自動的に判別できる可能性を示しました。認知行動に関する研究において、利き手は年齢と同等に記述されるべき被験者情報の一つですが、通常は左利きか右利きの 2 値情報です。しかしながら、遺伝的あるいは経験的な条件に応じて、利き手の側方化の程度は異なり、これは認知行動や脳活動に影響します。そのため、利き手の程度を定量化することは重要であると認識されてきましたが、その手法の煩雑さから利用されることは少なかったです。本研究で用いた手法では、30 秒程度の指運動中の動画像を取得し解析するのみで利き手の程度を定量化できる可能性があります。今後、さらに研究を進め、実用的な手法へとつなげたいと思います。

【テーマ 2】ヒト知能班

本班では、実空間に身体を持つ二足歩行ロボットと、使用したロボットと全く同じ構造を持つアバターを仮想空間上に作成し、コップの中に入った小さな玉をこぼさぬよう運ばせる行動を強化学習で学習させました。仮想空間上のアバターはバランスを取る行動を中心に学習していったのに対し、身体性を持つロボットは床から伝わる振動を吸収する行動を中心に学習を進めていくことがわかりました。また、仮想空間上での学習結果をロボットに入れて歩行させたところ、全くうまく歩行できないこともわかりました。すなわち、実空間では、仮想空間ではフレーム問題から表現できない微小な環境要因との相互作用が行動に大きく影響することがわかり、実空間での身体性がヒトの知能に大きな影響を与えていることがわかりました。

その後、センサーを搭載できるロボットに機種を変更し、歩行実験を行っています。また学習方法も Q-Learning からより人間の学習に近いと考えられている深層強化学習に変更しました。詳細な結果はまだ得られていないが、ロボットでは環境とのインタラクションについてより強く学習を行っている結果が得られ始めており、身体性は人間の知能に影響を与えていることがわかってきています。

【テーマ 3】人工知能班

本班では深層学習における潜在変数の役割とその構造を明らかにすることを目指し、画像分類タスクと自然言語処理での言語構造解析タスクを対象として潜在変数に関する解析を行いました。その結果、画像分類タスクにおいては入力画像から画像に含まれる特徴抽出を目的とした特徴抽出部と各画像の分類を行う分類器とに分けて考察を行い、特徴抽出器の出力である潜在変数がシステムに定義された損失関数によってどのような特徴を呈するかを解析しました。その結果、Softmax Loss、Center Loss など損失関数に応じて潜在変数空間において各クラスに対応した潜在変数がどのように分布するかを明らかにすると同時にそれらをどのように制御すれば画像分類性能が向上するかについて明らかにしました。これらの成果については査読付論文、国際会議にて公表しています。

一方、自然言語処理については大規模言語モデル (LLM) を用いて入力文章がどのような潜在変数ベクトルに変換されるのか、またそれらのベクトルがどのような性質を有しているのかを明らかにしました。さらに LLM に用いられる Transformer モデルが入力文章のどのような特徴量を Attention 機構によってどのように抽出しているのかについて簡素な人工言語を用いて解析を始めています。これらの成果についても査読付論文、国際会議、国内口頭発表で発表をしています。

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) Tanaka, H. (2023). Zebrafish Meets the Ising Model: Statistical Mechanics of Collective Fish Motion. In International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 301-309). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35132-7_22
- (2) Mitoma, H., Kakei, S., Tanaka, H., & Manto, M. (2023). Morphological and Functional Principles Governing the Plasticity Reserve in the Cerebellum: The Cortico-Deep Cerebellar Nuclei Loop Model. *Biology*, 12(11), 1435. <https://doi.org/10.3390/biology12111435>
- (3) Kakei, S., Manto, M., Tanaka, H., & Mitoma, H. (2023). Two Origins of Tremors Related to the Guillain-Mollaret Triangle: The Forward Model-Related Tremor and the Inferior Olive Oscillation-Related Tremor. In *Mechanisms and Emerging Therapies in Tremor Disorders* (pp. 75-98). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26128-2_4
- (4) Yokoyama, R., Ago, Y., Igarashi, H., Higuchi, M., Tanuma, M., Shimazaki, Y., Tanaka, H., ... & Hashimoto, H. (2024). (R)-ketamine restores anterior insular cortex activity and cognitive deficits in social isolation-reared mice. *Molecular Psychiatry*, 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41380-024-02419-6>
- (5) Manto, M., Adamaszek, M., Apps, R., Carlson, E., Tanaka, H., Yamashiro, K. (2024). Consensus Paper: Cerebellum and Reward, accepted to the Cerebellum.
- (6) Hoshi, K., Tanaka, H. (2024). Data-driven frequency analysis of EEG time series, accepted to HCI2024.
- (7) Masato Izumi, Kenya Jin'no, "Feature analysis of sentence vectors by image generation model using Sentence-BERT", *NOLTA, IEICE*, vol. 14, no. 2, pp. 508-519, April, 2023. (DOI: 10.1587/nolta.14.508)
- (8) Kenya Jin'no, Masato Izumi, Saki Okamoto, Mizuki Dai, Chisato Takahashi, Tatsuro Inami, "Fundamental Considerations on Representation Learning for Multimodal Processing", *Human Interface and the Management of Information, LNCS14015*, pp. 389-399, July, 2023. Springer (DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-35132-7_29)
- (9) Chisato Takahashi, Kenya Jin'no, "Zero-shot evaluation index based on robustness of CNN output", *Journal of Signal Processing*, Vol. 27, No. 4, pp. 65-68, July, 2023. (DOI: 10.2299/jsp.27.65)
- (10) Saki Okamoto, Kenya Jin'no, "A study on the role of latent variables in the encoder-decoder model using image datasets", *NOLTA, IEICE*, vol. 14, no. 4, pp. 652-676, October, 2023. (DOI: 10.1587/nolta.14.652)
- (11) Masato Izumi, Kenya Jin'no, "Investigation of the structure of the latent variable space in Sentence-BERT sentence vectors using an image generation model", *NOLTA, IEICE*, vol. E15-N, no. 2, April 2024 (in press)
- (12) Mizuki Dai, Kenya Jin'no, "Predicting Classification Performance of Convolutional Neural Networks", *NOLTA, IEICE*, vol. E15-N, no. 2, April 2024 (in press)

◇ 招待講演

- (1) 則武厚、田中宏和、磯田昌岐 (2023) 「社会的報酬処理における皮質-皮質下間の部分空間相互作用」、第 100 回日本生理学会大会。

◇ 国際会議

- (1) Tanaka, H. (2023). Zebrafish Meets the Ising Model: Statistical Mechanics of Collective Fish Motion. HCII2023, Copenhagen, Denmark.
- (2) Iversen, J. R., Kim, H., Miyakoshi, M., Kambara, H., Tanaka, H., Kagawa, T., Cho, W., Makeig, S., Yoshimura, N. (2024). Mobile Brain/Body Imaging of three-ball juggling: Dynamics of neurobehavioral interactions between motor execution and perception, MoBI 2024, Piran, Slovenia.
- (3) Saki Okamoto, Kenya Jin'no, "A Study of the Role of Latent Variables Using Three-Dimensional Shapes", 2023 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP 2023), pp. 466-469, Alamoana Hotel, Honolulu, Hawaii, 2023. 2. 28 - 3. 3.
- (4) Saki Okamoto, Kenya Jin'no, "Recognition of Shape in Rotation Transformations of Stereoscopic Images", 2023 International Conference of Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2023), pp.455-458, Cittadella Campus of the University of Catania, Catania, Italy, Sep. 26-29, 2023. DOI:10.34385/proc.76.C2L-14
- (5) Masato Izumi, Kenya Jin'no, "Investigation of relationships within the latent variable space of Sentence-BERT sentence vectors", 2023 International Conference of Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2023), pp.451-454, Cittadella Campus of the University of Catania, Catania, Italy, Sep. 26-29, 2023. DOI:10.34385/proc.76.C2L-13
- (6) Sora Togawa, Kenya Jin'no, "Investigation on the features extracted by CNN kernels from images", 2023 International Conference of Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2023), pp.513-516, Cittadella Campus of the University of Catania, Catania, Italy, Sep. 26-29, 2023. DOI:10.34385/proc.76.C3L-12
- (7) Sora Togawa, Kenya Jin'no, "Examination of the Relationship Between Feature Extraction by Kernels and CNN Performance", IEEE 2024 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2024), Resorts World Convention Centre, Singapore, May 19-22 2024. (in press)
- (8) Kenta Yokoyama, Kenya Jin'no, "Performance Study by Changing the Internal Structure of Hysteresis Reservoir Computing", IEEE 2024 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2024), Resorts World Convention Centre, Singapore, May 19-22 2024.
- (9) Takumi Owada, Kenya Jin'no, "Detection of Fake Images Focused on Few Local Blocks", IEEE 2024 International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2024), Resorts World Convention Centre, Singapore, May 19-22 2024.
- (10) Min Yang, Hirohiko Mori, "Detecting Signs of Depression for Using Chatbots -- Extraction of the First Person from Japanese", International of Human-Computer Interaction 2023, Copenhagen, Denmark.
- (11) Tomowa Kobayashi, Ryo Takeba, Hirohiko Mori, "Interaction between environment and embodiment using a biped robot", International of Human-Computer Interaction 2024, 採択, Washington DC.
- (12) Min Yang, Hirohiko Mori, "Automated diagnostics and its advantages of AI in mental health", International of Human-Computer Interaction 2024, 採択, Washington DC.

◇ 国内会議

- (1) 保志航輝・丸山大地・梶本翔太郎・田中宏和、「非正弦的な神経振動成分の周期成分分析」、電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会 (NC) 、近畿大学
- (2) 深谷拓実・田中宏和、「強化学習による動物知能の再現の World Model を用いた向上」、電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会 (NC) 、近畿大学
- (3) 泉 諒音, 神野 健哉, "画像生成モデルを用いた Sentence-BERT の文ベクトルの調査", 2023 年度 人工知能学会 全国大会 (JSAI2023), 2D6-GS-3-05, (熊本, 2023. 6.6-6.9)
- (4) 岡本 紗季, 神野 健哉, "画像データセットを用いた潜在変数の役割の検討", 2023 年度 人工知能学会 全国大会 (JSAI2023), 4Xin1-57, (熊本, 2023. 6.6-6.9)

- (5) 外川 宙, 神野 健哉, "CNN における畳み込み層の重層化と特徴抽出の関係に関する検討", 電子情報通信学会/情報処理学会 第 22 回情報科学技術フォーラム (FIT2023), H-018, (大阪公立大学, 2023, 9.6 - 9.8)
- (6) 泉 諒音, 神野 健哉, "Sentence-BERT の文ベクトルにおける色表現の構造についての調査", 電子情報通信学会/情報処理学会 第 22 回情報科学技術フォーラム (FIT2023), E-036, (大阪公立大学, 2023, 9.6 - 9.8)
- (7) 岡本 紗季, 神野 健哉, "encoder-decoder モデルによる回轉變換の色の影響に関する検討", 電子情報通信学会/情報処理学会 第 22 回情報科学技術フォーラム (FIT2023), H-017, (大阪公立大学, 2023, 9.6 - 9.8)
- (8) 若狭 春輝, 神野 健哉, "対照学習を利用した分割表現の学習に関する検討"
電子情報通信学会 2023 年ソサイエティ大会, N-1-7, (名古屋大学, 2023, 9.12 - 9.15)
- (9) 泉 諒音, 神野 健哉, "Sentence-BERT の画像生成モデルのデータセットの違いによる潜在変数空間の違いについての調査", 電子情報通信学会 非線形問題研究会, NLP2023-61 (名護市産業支援センター, 2023. 11.28 - 11.29)
- (10) 若狭 春輝, 神野 健哉, "潜在変数空間におけるメトリクスと画像分類精度の関連性", 電子情報通信学会 非線形問題研究会, NLP2023-99 (鳴門教育大学, 2024. 1.24 - 1.25)
- (11) 小林 朋和, 竹葉 凌, 岡 誠, 森 博彦。「二足歩行ロボットを用いた環境が学習に与える影響について」、情報処理学会 HCI 研究会、淡路夢舞台国際会議場
他 7 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	田中 宏和	情報工学部	計算論的神経科学
教授	森 博彦	情報工学部	人工知能
教授	神野 健哉	情報工学部	機械学習
教授	桂 卓成	情報工学部	ニューロマーケティング

◇ 学生数 博士後期課程：1名、修士課程：20名、学部4年生：29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) 2023 年度経費 100 万円 (田中)
科学研究費補助金、学術変革領域 B 2023 年度経費 160 万円 (田中)
情報通信研究機構 受託研究費 2023 年度経費 20 万円 (田中)
奨学寄附金 株式会社ブリヂストン 2023 年度経費 50 万円 (田中)
科学研究費補助金、基盤研究(C) 2023 年度経費 180 万円 (神野)
科学研究費補助金、基盤研究 (C) 2023 年経費 100 万円(森)

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 7件、国際会議 11件、国内会議 47件 作品 0件

◇ 学生の主な就職先

日立製作所、JR 東日本、日本航空、日本電気、セコム、東芝、Softbank、大塚商会、トッパン、NTT アドバンスドテクノロジー、ニトリ

■ 社会貢献

◇ 電子情報通信学会 IEICE ジュニア Webinar 「ICTのための数学高大接続」

講演タイトル：データの類似度を測るための距離の話 -直線・平面から点の距離-

◇ 法政大学情報メディア教育センターシンポジウム2024「AIと教育」

講演タイトル：AIに携わる技術者をどのように教育するか（2024年2月20日）

◇ 電子情報通信学会 IEICE Distinguished Lecture

講演タイトル：Swarm Intelligence Optimization and Machine Learning（2024年3月18日）

◇ 出張授業

田園調布高校（神野 2023.6.21）

大和西高校(森 2023.11.13)

愛日小学校(森, 2023.9月～10月)

◇ 委員

氏名	委員名一覧
田中宏和	電子情報通信学会 ニューロコンピューティング専門委員会 委員長
森博彦	International Conference on Human-Computer Interaction, Human Interface and Management of Information Thematic Area, Chair
神野健哉	電子情報通信学会 代議員会 代議員
神野健哉	電子情報通信学会 NOLTA ソサイエティ 運営委員
神野健哉	2024 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, Special Session Chair
神野健哉	International Conference on Nonlinear Theory and its Applications 2025, Technical Program Chair
神野健哉	信号処理学会 理事

宇宙航空材料評価技術研究ユニット

宇宙航空材料評価技術研究ユニット
ユニット長 三宅 弘晃

■ ユニット概要

サブ μm ~ 数十 nm の位置分解能による絶縁体の空間電荷分布が切望されている。空間電荷分布の標準測定手法であるパルス静電応力法の位置分解能をサブミクロンまで高める事を目標に、MEMS 作製技術を用いた圧電 PZT 薄膜と、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を行う。

■ 研究成果の概要

◇ 主要な研究成果

① MEMS 製造技術を用いた薄膜センサの開発

1 μm 膜厚の単結晶 PZT を用いて空間電荷測定装置に実装し、空間電荷測定を可能とした。このセンサにより 25 μm 厚の試料の計測を可能とした。PZT センサ素子自体は 150°C まで圧電性が生じていることを確認したが、ヒートサイクルに対して圧電性が低下する問題が生じていた。この問題には、PZT 膜を多様線中間膜を利用した結晶欠陥のない単結晶の 1 μm PZT を用いることで対応可能とした。尚、この素子では 600°C まで対応可能であり、当面の温度目標はクリアした素子のセンサの開発に成功した。使用するパルス電圧の半値幅を 1 ns 以下にすることで、1 μm 以下の位置分解能が実現できるセンサ的な目途が立った。

② 半導体空乏層の容量変位(圧電素子の分極構造)を利用したセンサ開発

原理検証の実証の段階でとどまっている状態である。まだ圧力波検出に成功できてない。

③ イオン液体電気二重層キャパシタ+MEMS-FET センサを利用した革新的なセンサ素子開発

イオン液体電気二重層 FET 型センサの開発としてイオン液体を滴下させゲート層として使用した FET センサの開発に成功した。今後はパルス圧力波を入力し、圧力波に対する FET の $I_d V_g$ 特性を評価する。

◇ 次年度への展開

まず、100 °C以上の高温で 25 μm 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。さらに、本センサを用いることで、200 °C以上の高温環境下での帯電計測へ適応でき、電動航空機や高効率な EV 用の高電圧パワーモジュールの開発評価が可能となる。つまり、本研究はカーボンニュートラル社会実現の基盤技術となりえ、社会的意義は非常に大きい。

今後の課題として放射線耐性の評価は必要であるが、現在衛星搭載用の帯電計測器に利用可能である。現在製造評価中の電気試験モデルでは、高分子性の圧電素子を使用しているが、衛星搭載用のフライトモデル製造時には本研究により開発した PZT に換装する予定である。このセンサの利用により、帯電計測器を真に環境耐性の高いセンサへと昇華させることが可能であり、都市大発の帯電センサが宇宙空間で定常的に使用されるセンサとして活用されることで、本学の技術力を世界に発信することが可能となる。

■ 成果の紹介

【テーマ 1】MEMS 製造技術を用いた薄膜センサの開発

本研究にて開発をした単結晶 PZTφ3 のセンサを図 1 に示す。このセンサを空間電荷測定用治具に設置し、PEN25 μm の空間電荷分布測定を行った。測定条件はパルス電圧 $v_p=200$ V ($t_p=1$ ns) とし、直流電圧 0.5、1、1.5、2 kV (20, 40, 60, 80 kV/mm) を印加時の空間電荷分布波形を図 2 に示す。同図より 1st ピークの半値幅は約 2.5 μm であることがわかる。PEN の音速は約 2500 m/s であり、時間幅としては 1 ns と、畳込み積分の理論値通りの分解能になっていることが確認できた。また、同図右図に示す電界分布も印加電界通りになっていることが確認できた。しかしながら、現在使用している単結晶 PZT では温度サイクル環境において圧電性が低下する問題も生じていたが、PZT 膜を多様線中間膜を利用した結晶欠陥のない 1 μm PZT を用いることで対応可能とした。

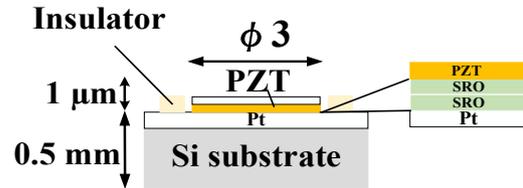


図 1 開発した単結晶 PZT センサ断面構造模式図

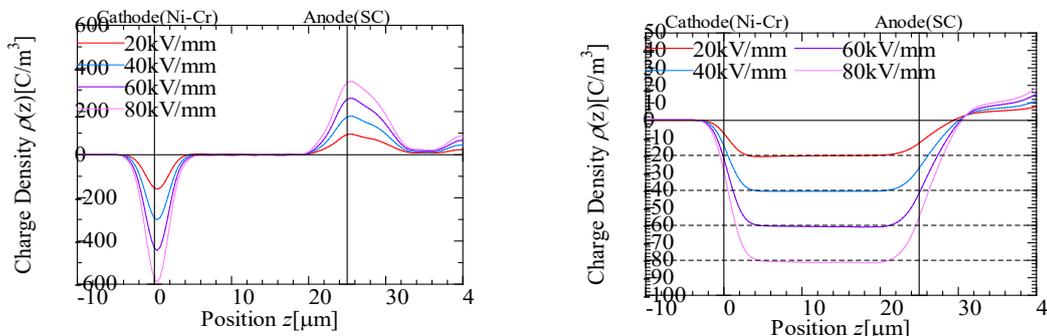


図 2 1 mm 単結晶 PZT を用いた 25 μm 厚 PEN の空間電荷計測結果
左図：空間電荷分布、右図：電界分布

【テーマ 2】MOS-FET 及び AlGaIn/GaN ヘテロ HEMT 圧力波センサの開発

当方で設計した AlGaIn/GaN ヘテロ HEMT 素子を実施に試作し、製造時の断線等の確認の為の製造確認試験とパルス圧力波に対する感度確認試験を実施した。まず素子の製造確認であるが、素子の基本性能の一つであるコンタクト抵抗を測定する事で確認を行った。コンタクト長 10 mm から 60 mm で 80 ~ 320 Ω で線形に増加していることを確認した。次にパルス圧力波を入力し圧力は観測試験を実施した。しかしながら、音波検出信号を観測する事は出来なかった。素子全体が数 10 mm の構造であるが線幅は μm オーダーであり、これまでの申請者が使用している cm オーダーサイズの圧力波発生治具の設置時に断線が生じてしまったものと推測する。今後共同研究者と善後策の協議を進める。

【テーマ 3】イオン液体電気二重層キャパシタセンサの開発

図 3 に開発したイオン液体電気二重層 FET 型センサ構造の概略図を示す。図 4 に Si 基板をゲート電極として利用し、単層 MoTe₂ チャンネル中のキャリア密度を変調した場合の $I_d V_g$ 特性を示す。大きく正または負にゲート電圧を印加した場合にソース-ドレイン電極間に電流が流れる両極性伝導特性を確認し、単層 MoTe₂ チャンネル FET が正常に動作していることを確認した。次に、イオン液体を介したトップゲート電極に印加する電圧を操作した場合の $I_d V_g$ 特性を示す(図 5)。図 4 と同様に両極性伝導特性が見られているが、バックゲートよりも小さい電圧で、ドレイン電流が大きく流れていることが分かる。これは、イオン液体中にて形成される電気二重層キャパシタを利用した FET 動作であることを実証している。また、そのオンオフ比は 10^3 - 10^4 程度であった。しかし、一度 $I_d V_g$ 特性を測定すると、図 6 に示すようにイオン液体表面に不純物が現れ、ソースドレイン間にてリーク電流が生じることが分かった。これは、各電極と金配線を接続するために導電性接着剤として銀

ペーストを用いており、この銀ペーストが移動し、試料表面を覆ったためであることが分かった。今後、導電性接着剤を変更し、ナノ秒パルス音波を入力した際の $I_d V_g$ 特性を評価する。

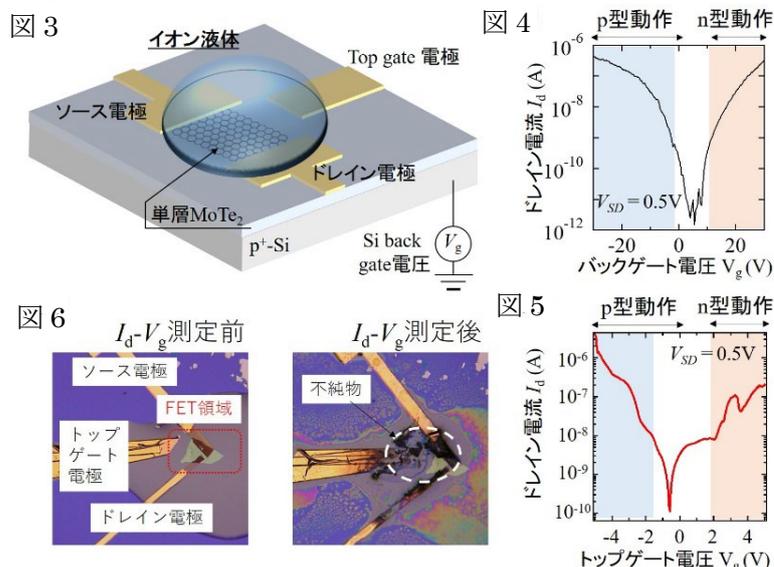


図3 イオン液体を用いた単層 MoTe₂ チャンネル FET 構造概略図。
 図4 バックゲートを用いてキャリア変調した場合の $I_d V_g$ 特性。
 図5 イオン液体トップゲートを用いてキャリア変調した場合の $I_d V_g$ 特性。
 図6 トップゲートを用いた $I_d V_g$ 特性の測定前後の光学顕微鏡写真。

■ 研究業績

◇ 国際会議

- (1) Shinya Yamanaka et al., Development of Space Charge Distribution Measurement System Using New PZT Piezoelectric Sensor for On-Bord Measurement, SCTC2024, France(2024年6月発表予定)
- (2) R. Yamamura, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Hoshi, "Crystal quality of MoTe₂ monolayer fabricated by gold-mediated exfoliation and its electrical properties" IWDTF2023, Ishikawa, October, 2023
- (3) S. Muranaka, S. Nogamida, K.O. Hara, K. Sawano, Y. Hoshi, "Formation of a tellurium nanosheet with structural anisotropy by annealing defective MoTe₂ multilayers" The 65th Fullerenes-Nanotubes-Graphene General Symposium, Fukuoka, September, 2023

◇ 国内会議

- (1) 滋野博史、山村陸斗、渡邊賢司、谷口尚、星裕介 ”熱処理による単層 2H-MoTe₂ チャンネル FET の電気的特性への影響” 第71回応用物理学会春季学術講演会、東京、2024年3月
- (2) 村中終都、桐原芳治、保井晃、野平博司、星裕介 ”NaCl をアシスト剤として利用した MoO₃ 薄膜のテルル化による MoTe₂ 成長” 第84回応用物理学会秋季学術講演会、熊本、2023年9月
- (3) 山村陸斗、渡邊賢司、谷口尚、星裕介 ”金剥離法で作製した単層 MoTe₂ の大気暴露による結晶性劣化” 第84回応用物理学会秋季学術講演会、熊本、2023年9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	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	星 裕介	[理工学部]兼務	ナノテク・材料：結晶工学
教授	澤野 憲太郎	[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：1名、修士課程：9名、学部4年生：9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）

総務省 2023年度経費: 350万円 「ひまわりの高機能化研究技術開発」研究代表（三宅） 経常費補助金特別補助〈共同研究〉：152万円 「宇宙機と放射線・電磁環境の相互作用及び推進係数値解析に関する研究」研究代表（三宅）
企業との受託研究 2023年度経費 計7社で3355万円
科学研究費補助金、基盤研究(C) 2023年度経費：78万円 「原子層積層構造を利用した近赤外放射する電流注入型円偏光発光素子開発」研究代表（星）
受託研究 (株)パナソニック 2023年度220万円 「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

国際会議 3件、国内会議 3件

◇ その他

◇ 学生の主な就職先

浜松フォトリクス、古河電工、日本電産、ルネサスエレクトロニクス（2名）、芝浦メカトロニクス、キヤノン、スタンレー、アンリツなど

■ 社会貢献

◇ 出張授業

実施なし

◇ 委員

氏名	委員名一覧
三宅弘晃	電気学会 基礎・材料・共通部門 役員(編集担当) 電気学会 基礎・材料・共通部門編修委員会 副委員長 電気学会・誘電・絶縁技術委員会 幹事 IEEE DEIS Japan Chapter Treasurer 電気協同研究会 専門委員会 委員 宇宙航空研究開発機構 衛星設計標準 WG1・WG 委員 等 日本宇宙工業会 SC14/ISO 国際標準化委員 委員 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 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 ・ 雑誌『応用物理』編集委員

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。2023 年度はまず、昨年度までに開発した空き家の将来分布推定モデルを改良し、2038 年までの市区町村ごとの空き家率を推定し、空き家予測マップとして web で公開した。また、小地域単位の空き家率予測や、その信頼性検証のための現地調査を行った。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

次年度は今年度完成した小地域単位の空き家数予測モデルを 2038 年の予測までできるよう拡張するとともに、今年度実施した現地調査結果と比較することで、同モデルの信頼性を検証する。また、次年度後半に 2023 年度の住宅・土地統計調査が公開されるため、同データを用いた市区町村単位の信頼性検証および、2043 年まで予測ができるようにモデルの拡張を行う。さらに、今年度以上に積極的な研究成果の公開・発信を行う。

■ 成果の概要紹介

【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

本年度の同テーマの主な成果は以下の 3 点である。

① 全国の将来の空き家分布を予測する将来空き家分布推定デジタルマップの開発

昨年度までに 2018 年、2023 年、2028 年の市区町村単位の空き家率予測が可能だったが、今年度は予測モデルを拡張し、2032 年と 2038 年の予測が可能モデルが実現した。また、このモデルを日本全国の国勢調査に適用することで、最長 2038 年までの日本全国全ての市区町村の空き家率を予測したデジタルマップの開発に成功した。また、この成果を公開するためのウェブサイトである「空き家予測マップ」(<https://www.akiyemap.jp/wp/>)を開発し、今年度より本格的に公開を開始した(図 1)。プレスリリースも行うことで、多数のマスコミでの紹介や受賞など、我が国初の成果が東京都市大学発の成果であることを広く外部に認知させることができた。

② 小地域単位の空き家分布予測技術の開発

①までに開発したモデル構築のアイデアを用いて、市区町村よりも空間解像度が高い空間単位における空き家数や空き家率を予測するための技術開発を行った。まず、空間解像度のさらなる向上

に向けて、基本単位区レベルのモデル開発を試みた。しかし、住宅・土地統計調査がサンプル調査であることから、基本単位区のスケールでは信頼性が高いモデルの構築は困難であることが分かった。そのため、町丁目単位までの予測モデルの構築が現実的であることが明らかとなった。

そこで、まずマイクロデータから作成した基本単位区レベルの空き家数を予測するモデルを開発し、日本全国の基本単位区に外挿することで、基本単位区ごとの空き家数を予測した。そして、その結果を小地域単位に集計することで、小地域ごとの空き家数を予測することが可能になった。同手法は既に日本全国の小地域単位の国勢調査に適用した処理が行われつつあり、2018年、2023年の日本全国の小地域単位の結果は既に得られている（図2）。

なお、複数の自治体の空き家担当者へのヒアリングにおいても、将来に亘る空き家対策計画の立案の際には、地域のまとまりの最小単位である町丁目単位の推計の需要が高いことが明らかとなった。また、そもそも小地域単位の空き家率に関する情報は存在していないため、学術的にも社会的にも有意義である。

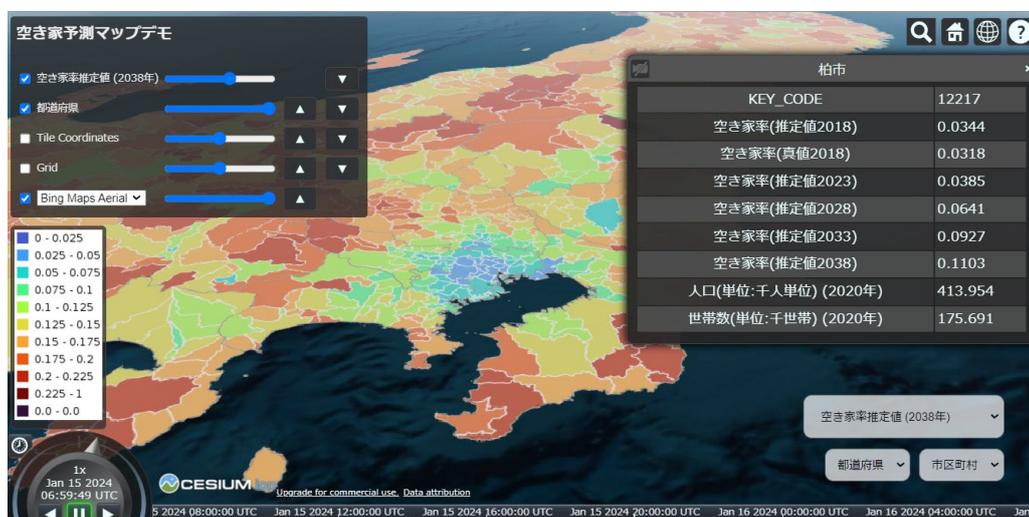


図1 2023年度より本格的に公開が開始された空き家予測マップ
(<https://www.akiyama.jp/wp/>)

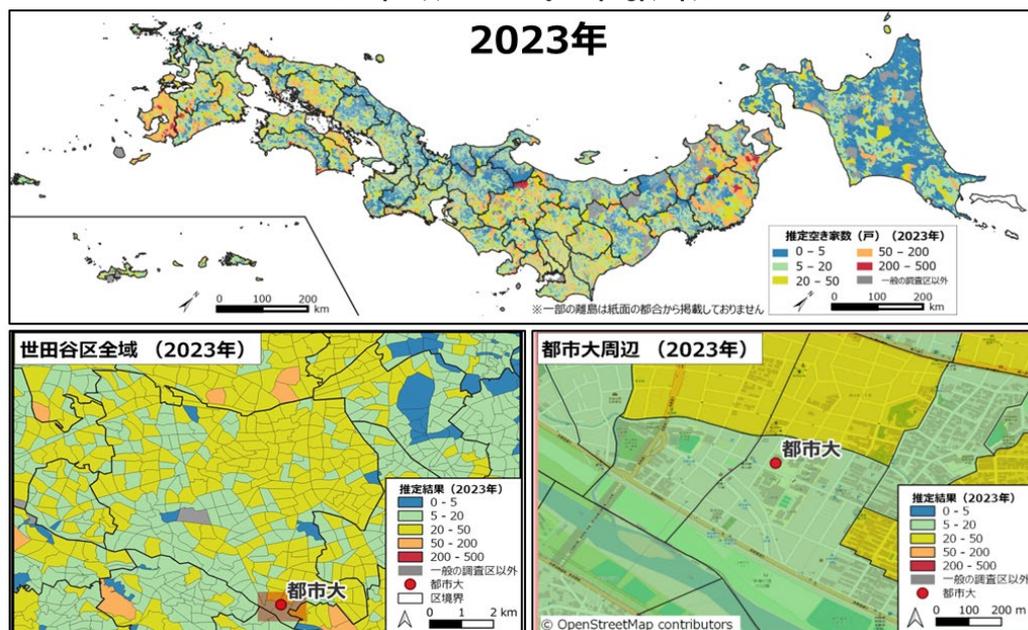


図2 小地域単位の空き家数予測結果

③ 小地域単位の予測結果と現地調査結果の比較によるモデルの信頼性評価

空き家の現地調査の実施に協力頂いた前橋市の一部地域、山形県山形市の中心市街地、岡山市吉備中央町のいくつかの地区（賀陽地区・加茂川地区・吉備高原都市）、長野県白馬村（全域）を対象に空き家の分布調査を実施し（図 3）、空き家分布の真値データを作成することができた。そして、以上の現地調査結果と小地域単位の空き家率の推定値を比較した結果、例えば山形市の場合、相関係数が 0.70 と強い相関となり、本研究で開発したモデルが一定の信頼性を有することが示された。

【テーマ 2】自治体保有データを用いた機械学習による空き家分布推定手法の開発

テーマ 1 に関連した研究として、昨年度から引き続き自治体が保有するデータと様々なオープンデータを用いて、地域特性を考慮した機械学習による空き家予測モデルを構築し、対象とする地域の空き家数、空き家率と空き家の発生要因を推定・把握する技術の開発を行った（図 4）。今年度は都市部である山形市に加えて、中山間地域である吉備中央町および白馬村からも自治体が保有するデータ（住民基本台帳、水道使用量等）を取得した上でモデル構築を行い、都市部だけでなく中山間地域においても高い精度でモデルの構築が可能であることを確認することができた。

【テーマ 3】建物外観画像と深層学習を用いた建物単位の空き家判定手法の開発

テーマ 2 と同じく、テーマ 1 と関連した研究として、外観目視による空き家調査を AI によって代替する技術の開発を昨年度に引き続き行った。群馬県前橋市を対象にまず、同市が作成した空き家分布調査データ、デジタル住宅地図、株式会社ゼンリンから入手した全国の道路上で撮影した 360 度撮影のパノラマ画像を建物単位で結合する技術を開発した。同手法により、合計約 10 万枚の空き家と非空き家画像のデータベースを構築した。続いて、同データを教師データとする深層学習（CNN）により、建物外観画像から空き家か否かを判定する技術を開発した。その結果、空き家、非空き家ともに 90%以上の精度で判定することが可能になった。

また、類似の取り組みを自治体自身が実施できるように、市販の安価なカメラ（1 台約 10 万円）を車両に取り付けて走行することで撮影した画像でも同様の成果が得られるかを実験した。その結果、特に非空き家は 90%以上の精度で判定できることが分かった（図 5）。



図 3 全国各地で実施した空き家の現地調査の様子

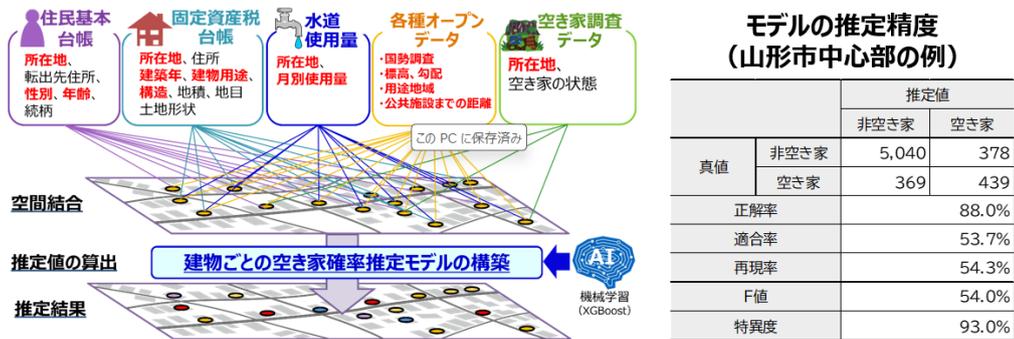


図 4 本手法による空き家確率推定モデル構築の流れと山形市中心部でのモデルの推定精度

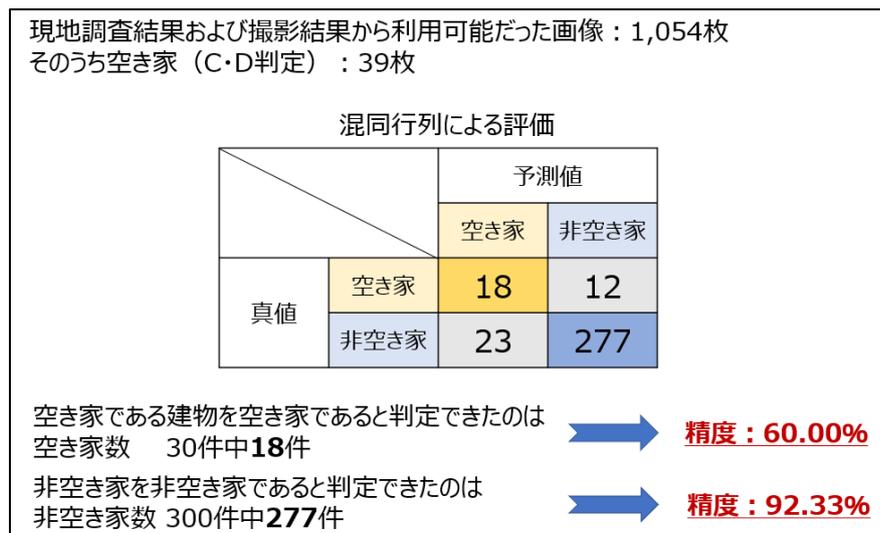


図5 市販カメラで撮影した画像を用いた深層学習モデルによる
空き家・非空き家判定精度（前橋市の例）

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) 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-, 33(1), 掲載決定, 2024.
- (2) Kim, H., Baba, H., Shimizu, C., & Hino, K. The relationship of single-family detached house prices with neighborhood walkability and disaster risk. *PLoS one*, 18(10), e0292657, 2023, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292657>
- (3) Yamanotera, R., Akiyama, Y. and Miyazaki, H., Examining Model Generality of Instance Segmentation for Building Mapping in Satellite Images - Case Study for Tokyo and Bangkok, *IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 5724-5727, 2023, <https://doi.org/10.1109/IGARSS52108.2023.10282156> (Acceptance rate: 30%)

◇ 招待講演

- (1) 秋山祐樹, 自治体のスマートな意思決定に向けた行政データ活用の挑戦～行政データと政府統計を活用した空き家分布推定の取組～, G 空間 EXPO 地理情報システム学会主催シンポジウム「スマートシティ構築のために空間情報通信技術が果たす役割」, 招待講演, 2024. (2024/01/16)
- (2) Akiyama, Y., Research for DXing Municipal Decision Making Using Urban Spatial Information and AI to Realize a Better Life, ICGIS 2023, Invited Speech, 2023. (2023/11/09)
- (3) 秋山祐樹, 空間情報×AIが拓く新しい都市工学分野の研究への挑戦, オオバ技術発表会 2023, 基調講演, 2023. (2023/09/27)
- (4) 秋山祐樹, 自治体保有データと政府統計を活用した空き家分布推定の取組, 2023 データ利活用シンポジウム in 高野山, 招待講演, 2023. (2023/08/26)
- (5) 秋山祐樹・大石崇・木澤英之, 和歌山県における自治体保有データ・政府統計を活用した空き家分布推定の取り組み, データサイエンス議員連盟第3回総会, 招待講演, 2023. (2023/04/19)

◇ 国際会議

- (1) Yamanotera, R., Akiyama, Y. and Miyazaki, H., Examining Model Generality of Instance Segmentation for Building Mapping in Satellite Images - Case Study for Tokyo and Bangkok, *IGARSS 2023 - 2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 5724-5727, 2023, <https://doi.org/10.1109/IGARSS52108.2023.10282156>
- (2) Mizutani, K. and Akiyama, Y., Estimation of Future Vacancy Rates Throughout Japan Using Government Statistical Information, *ACRS2023 Conference Proceedings*, ACRS2023263, 2023.
- (3) Tomita, K. and Akiyama, Y., Development of an extrapolation model for estimation of vacant house distribution using municipally owned data and machine learning, *ACRS2023 Conference Proceedings*, ACRS2023213, 2023.

◇ 国内会議

計 8 件の発表

◇ 受賞

- (1) 秋山祐樹・馬場弘樹・水谷昂太郎, 政府統計と AI を活用した日本全土をカバーする現在および将来の空き家予測マップの開発と成果発信のための WebGIS 環境の整備, シンフォニカ統計 GIS 活動奨励賞, 2023.
- (2) 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 (代表: 秋山祐樹), 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, G 空間 EXPO2023 ジオアクティビティコンテスト 奨励賞, 2023.
- (3) 秋山祐樹・水谷昂太郎, 統計情報と機械学習を活用した日本全土の将来空き家分布マップの開発, 地理情報システム学会 ポスターセッション賞, 2023.
- (4) Mizutani, K., Akiyama, Y. and Baba, H., Building a Model for Future Estimation of Vacant Houses Distribution Using Government Statistics, 令和 5 年度土木学会全国大会 第 78 回年次学術講演会 優秀講演者賞, 2023.

■ 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	秋山 祐樹	建築都市デザイン学部 都市工学科 兼務	空間情報科学、都市地域分 析、データサイエンス
研究分担者・ 特任准教授	馬場 弘樹	一橋大学大学院 ソーシャル・データ サイエンス研究科 兼務	都市計画、住宅政策、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 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 利活用センター 兼務	---
研究分担者・ 課長	高橋 良祐	前橋市未来創造部 未来政策課 兼務	---

◇ 学生数 博士後期課程：1名、修士課程：9名、学部4年生：9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）

※研究代表者分のみ記載

科学研究費補助金（基盤研究 B：21H03507） 2023 年度経費：403 万円 「開発途上国における衛星画像を用いた深層学習によるマイクロ人口統計の実現」（2020～2023 年度：総額 1,724 万円）研究代表（秋山）
国土交通省・株式会社パスコからの受託研究 2023 年度経費：509 万円 「不動産 ID を活用した空き家分布推定に関する支援業務」（2023 年度：総額 509 万円）研究代表（秋山）
長野県・白馬村からの受託研究 2023 年度経費：350 万円 「空き家分布推定の将来推計技術の開発に関する研究」（2023 年度：総額 350 万円）研究代表（秋山）
（一財）日本デジタル道路地図協会 令和 5 年度研究助成 2023 年度経費：100 万円 「道路の狭隘度を考慮した現在および将来の空き家分布推計マップの開発」（2023 年度：総額 100 万円）研究代表（秋山）
和歌山県・統計データ利活用センターからの受託研究 2023 年度経費：100 万円 「政府統計を活用した空き家の将来分布予測に関する研究」（2023 年度：総額 100 万円）研究代表（秋山）

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

論文 1 件、国際会議 7 件、国内会議 16 件 作品 0 件

◇ 学生の主な就職先

株式会社ゼンリン、アジア航測株式会社、パンフィックコンサルタンツ株式会社、清水建設株式会社、株式会社長大、DATUM STUDIO 株式会社、横浜市、いわき市 等

■ 社会貢献

◇ 第 18 回マイクロジオデータ研究会「人流データの現状と幅広い利活用の実現に向けた展望と課題」開催（2023 年 10 月 28 日）

講演タイトル「人流ビッグデータを活用した COVID-19 による地域経済へのインパクト評価の試み」、「公共における人流データの活用と課題」、「人流データのビジネス活用における現状と課題」等

◇ G 空間 EXPO 2023 （東京都立産業貿易センター浜松町館）出展（2023 年 11 月 7-8 日）

◇ 委員

氏名	委員名一覧
秋山祐樹	1. 九州経済調査協会 研究委員 2. 国土交通省スマートシティモデル事業等推進有識者委員会「スマートサービスによる Well-being の改善方策検討ワーキンググループ」委員 3. 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 4. 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 5. 日本建築学会 都市と産業に関する小委員会 委員 6. 電力データ管理協会 統計データ委員会 委員 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

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た。Dr Rosaria Volpe (University of Catania, Italy) を客員研究員として招聘し、地域エネルギーシナリオモデリングに関する共同研究基盤を構築した。また、本研究課題から得られた知見を応用・展開し、東急建設産学連携共同研究開発を企画・開始した。「2050年ゼロカーボンシティ宣言」を表明する自治体の脱炭素施策のインベントリを作成し、実効性と波及性について調査を実施した。

◇ 次年度への展開

海外共同研究者 (KTH Royal Institute of Technology in Sweden、Technion - Israel Institute of Technology、Aalto University、Princeton University) 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む。また、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 (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う。

■ 成果の概要紹介

【テーマ1】大学建物のエネルギー使用ビッグデータを用いたアルゴリズム開発

アアルト大学の教育棟 VÄRE の研究用オープンデータへのアクセスに関して開発担当者と協議し、一式を入手した。しかしながら、データ精度は不明確であり、データ欠損も多く見られたことから、本研究課題への直接的利用は望めないことが確認された。そこで、2022年度に採択された文科省事業「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号館のエネルギー・環境計測システムのデータセットを手がかりに研究アプローチを再検討している。また、次世代研究者挑戦的研究プログラムで受け入れている博士課程留学生の出身大学 (KMUTT) のキャンパスデータの収集も進め、本研究課題の遂行を試みる。

【テーマ2】IoT計測センサを用いたエネルギー計測把握ツールの開発

IoT計測センサ開発に代わり、上述の文科省事業「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号館のエネルギー・環境計測システムを基盤に研究作業を継続している。2023年度は、「画像処理技術を用いた窓開放面積算出方法の検討」において、Webカメラと画像処理アルゴリズムOpenCVを用いた窓開放状況の情報化に取り組み、コーディングの原型作成を完了した。また、「建築デジタルツイン構築に向けた室温計算値と計測値の誤差に関する考察」を通じ、横浜キャンパス3号館のデジタルツインモデルの作成を進め、建築物のエネルギー利用状況把握の環境構築を進めている。



図1 デジタルツインモデル



図2 画像処理技術を用いた窓開放面積算出方法の検討



【テーマ3】3D都市モデルPLATEAUを用いたエネルギーシミュレータの開発

PLATEAUが公開するデータを活用し「都市3次元モデルのオープンデータを用いた屋外放射熱算出手法の検討」を通じ、屋外放射環境を対象としたエネルギーシミュレータのプロトタイピングに取り組んだ。また、地域エネルギーマネジメントの試行として、静岡県沼津市を対象に「湾岸地域における災害時・平常時の再生可能エネルギー利用検討」に取り組んだ。CityGMLデータを建築環境解析、再生可能エネルギーポテンシャル推計に用いるための知見を得ることができた。

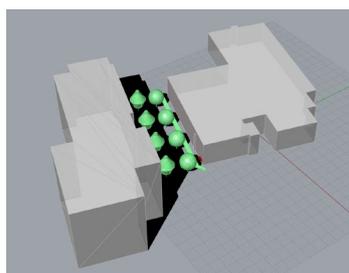


図3 都市3次元モデルのオープンデータを用いた屋外放射熱算出手法の検討

国際エネルギー機関の研究会 IEA EBC Annex83-Positive Energy Districts の作業会合 (Palermo, Lausanne, Pamplona) では、サブタスクリーダーの役目を通じて都市の脱炭素化に関する事例調査と議論を行なった。PEDの定義に関する議論を通じ、本研究課題の成果をインプットした。

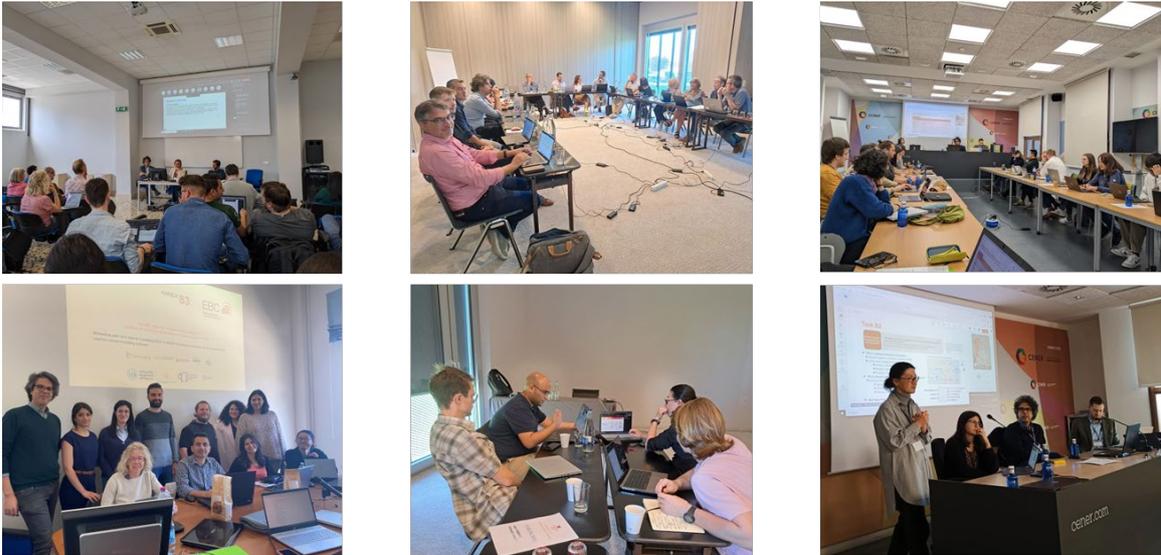


図4 IEA Annex 83 Working Meeting (左：Palermo、中央：Lausanne、右：Pamplona)

CISBAT2023 国際会議 (Lausanne) では、PED workshop の企画・実施に関わり、ファシリテータを務めた。参加者 (エネルギーモデリング研究者、再生可能エネルギー関連の専門家など) との意見交換を通じ、本研究課題の必要性を再確認した。また、Stardust Final Conference 2023 (Pamplona) では、パネルディスカッションに登壇し、日本の地域エネルギーシステムの動向について話題提供を行なった。環境省が進める脱炭素先行地域の事例と欧州の都市プロジェクトの比較考察を行なった。



図5 PED Workshop (左：CISBAT2023 国際会議、右：Stardust Final Conference2023)

国際エネルギー機関の研究会 IEA EBC での新しい Annex 「Energy Resilience of the Buildings in Remote Cold Regions」の準備会合に参加し、企画文書に本研究課題の成果をインプットした。

■ 研究業績

◇ 国際会議

- (1) Genku Kayo, Wonjun Choi, Masanori Shukuya, Ryoza Ooka, Exergy analysis on district-scale geothermal energy delivery system. IAQVEC 2023 (査読あり、発表済)
- (2) Genku Kayo, Nobue Suzuki, Measurement of air change behaviour at Finnish apartment, Nordic Symposium on Building Physics (NSB2023)
- (3) Genku Kayo, Nobue Suzuki, Perceive The Mechanism of Air Flow in Classroom - Teaching Trials for Understanding Built Environment After COVID-19, PLEA2024 (査読あり、採択済)
- (4) 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 (査読あり、査読中)

■ 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：1名、修士課程：1名、学部4年生：8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）

科研費基盤研究（C）2024年度経費：1,100千円 「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（加用）
簡易受託研究 受託研究費11万円 「欧州を中心に展開する Positive Energy District に関する調査研究」

■ 社会貢献

◇ 委員

氏名	委員名一覽
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 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微構造・熱伝導性の評価、窒化物の効率的合成プロセスの検討を継続し、論文発表に必要な追加データを取得する。さらに、得られたコンポジットの耐酸化性試験、熱伝導性の異方性の評価、機械的特性の評価に着手し、高熱伝導・高信頼性材料としてのポテンシャルを明らかにしていく。2024 年度も継続される科研費基盤研究に加え、JST や NEDO などの外部資金の獲得、産学連携活動にも積極的に取り組む。

■ 成果の概要紹介

2023 年度（2023 年 4 月～2024 年 3 月）の研究においては、以下の 2 つのサブテーマを並行して進めた。

【テーマ 1】耐熱合金/窒化物コンポジットの作製プロセスの確立

耐熱合金として Ni ベースの Inconel718、Fe ベースの SUS430（フェライト系ステンレス）と SUS316（マルテンサイト系）の粉末を用い、そこに窒化物として AlN や BN の粗大粒子、さらに AlN ウィスカーを添加して焼結を行った。焼結は、通電加圧焼結である放電プラズマ焼結 (SPS) により行ったが、一部試料では成形体を無加圧で焼結する常圧焼結 (PLS) も利用した。SPS により作製されたコンポジットの相対密度は、AlN、BN いずれを添加した場合でも、30vol% の添加量で 95% 以上に達しており、ほぼ完全に緻密化した試料が得られた。電子顕微鏡観察と元素マッピングを行ったところ、緻密な合金のマトリックス中に添加された窒化物粒子が分散して存在していることを確認した。また、熱伝導性をレーザーフラッシュ法で測定した結果、窒化物の添加量が増加すると熱伝導率も向上する傾向が確認された。一方、PLS を利用して試料を作製した場合、窒化物の添加量が 10vol% を超えると相対密度は 90% 以下に低下しており、熱伝導率も大きく低下する傾向がみられた。今後、PLS での緻密化を改善するため、成形体の一軸加圧成形の際に粉末充填の改善を目

的として加振を行うことを検討しており、加振に利用する振動ステージの製作のための部品を購入して製作を進めている。

【テーマ2】窒化物の効率的合成プロセスの検討

コンポジットの作製の際、異方性も含めた熱伝導性の制御・向上を目的として、アスペクト比の大きな針状粒子である AlN ウィスカーの合成を実施した。従来の方法では、収量が少なかったため、電気炉を複数回運転して必要量を合成していた。このテーマでは、より効率的な AlN ウィスカー合成を目指して、研究室で従来よりも容量が大きな多孔質アルミナるつぼを作製して利用した。さらに、作製したるつぼに原料となる Al 粉末を充填し、充填した粉末の上から Si 粉末を成長核として散布する方法により、ウィスカーの生成量の増加を可能とした。一方で、ウィスカー生成量には実験ごとにばらつきが生じている問題も生じた。そこで、重点推進研究の予算で新たに導入した炉底昇降式高温電気炉を利用してるつぼの予備焼成を実施した。さらに、この高温電気炉をウィスカー合成に利用するため、窒素ガスを流せるように準備を進めている。

■ 研究業績

◇ 国内会議

- (1) 小林亮太, 窪田雄一郎, 関海渡, Inconel718/AlN 粒子複合材料の作製と特性評価, 日本セラミックス協会 2024 年年会, 3M11 (2024).
- (2) 岩瀬和士, 小林亮太, SUS430L/AlN 複合材料の作製と特性評価, 日本セラミックス協会 2024 年年会, 1P161 (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、修士課程：2名、学部4年生：7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) 2023 年度経費（代表）：90 万円「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」研究代表者（小林亮太）
池谷科学技術振興財団、単年度研究助成 2023 年度経費（代表）：150 万円「高い熱伝導性を有する Ni 基耐熱合金/AlN ウィスカーコンポジットの開発」研究代表者（小林亮太）

■ 学生教育

◇ 学生の論文発表件数

国内会議 1 件

◇ 学生の主な就職先

(株)レゾナック・ホールディングス、東芝マテリアル(株)、(株)不二家、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

マルチモーダルデータ分析による
スマートインフラマネージメント研究センター
ユニット長 白旗弘実

■ ユニット概要

高度経済成長期に建設された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を目指している。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。野帳では点検結果を VR 空間に保存することができるものである。点検で検出された経年劣化を取り入れることのできる有限要素解析をベースとした力学挙動モデルを作成し、荷重車を走らせてモデルの精度を確認した。日常巡回点検を高度化するため、センサを選定し、乗用車に取り付けた。巡回し、データ収集を行った。

◇ 次年度への展開

大学協議会報告に転載します。

デジタル野帳を現場での使用に適したものになるように改良を行っている。2023 年度はいくつかの機能を追加し、実際の点検者へのヒアリングを行ったが、今後も改良を続けていく。有限要素解析法により対象橋梁を増やしてモデル化し、解析の妥当性を確認したが、今後も続けていく。巡回車について、センサ類やデータ収集方法を改善していく。AI を用いての異常検出のプロトタイプもできたので、改善を加えていく。

■ 成果の概要紹介

【テーマ1】定期点検のデジタル化

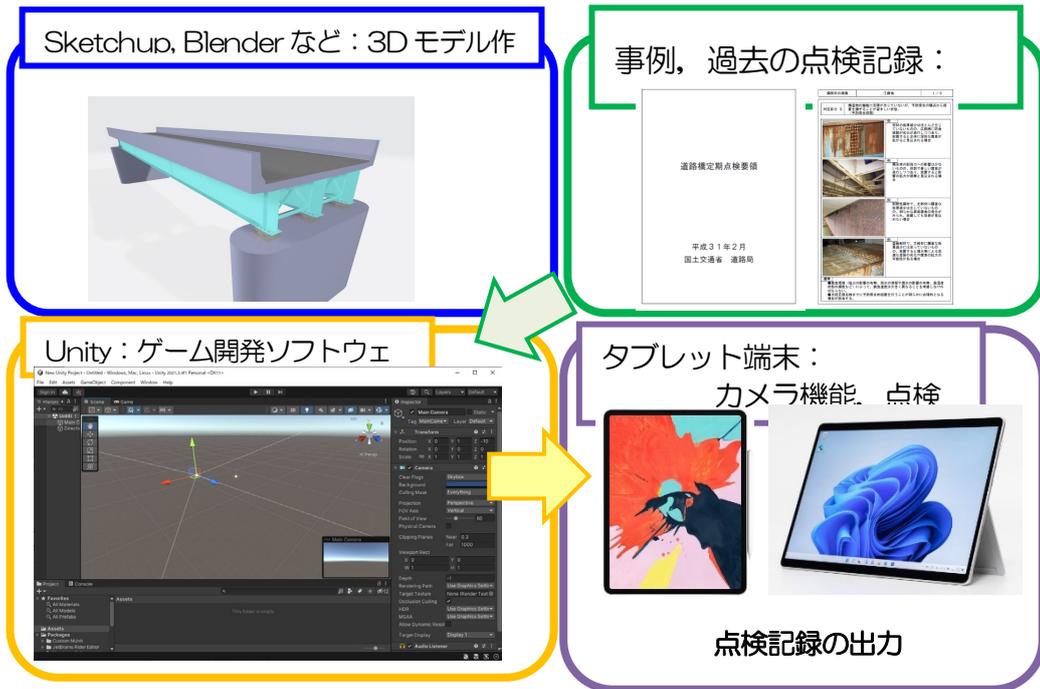
定期点検は5年に1度、近接目視で行われる。定期点検は2014年度より始まったので2サイクル目は終わったことになる。結果はウェブなどで公開されているが、判定のばらつきが各道路管理者で大きく異なることがわかった。定期点検は紙媒体が基本となっており、記録性に問題があると考えられた。

橋梁をコンピュータ空間上(VR上)に構築し、現場で点検した結果をコンピュータ上に記録するシステムを開発し、デジタル野帳と呼んでいる。デジタル野帳は3D構築ソフトで構築し、ゲーム開発ソフトUnityでVR空間を構築している。いくつかの3Dソフトを使用してみたが、現在では、AutoDeskのFusion 360を用いている。

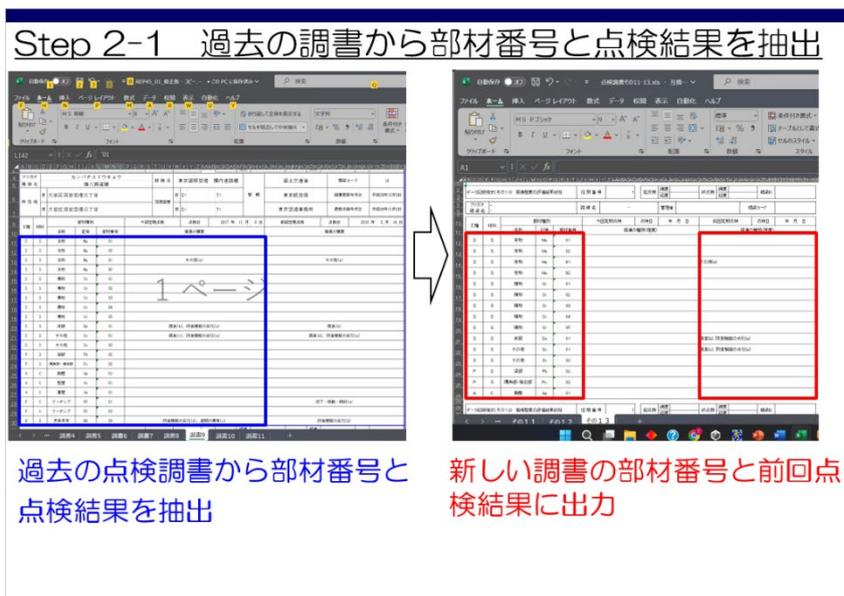
デジタル野帳の特徴は5つある。1つは、点検前に橋梁の形状がどのようになっているか把握することが可能である。これにより部材の板組などがわかるので、どこに劣化が生じやすいかをある程度予想することを可能にする。2つ目は、点検結果をパソコン空間上に保存できることである。野帳はタブレット端末に実装され、検査員が持ち運ぶ。劣化の写真を撮影した際に、劣化の箇所も記録することができる。3つ目は過去の点検データを参照することができる。今回の結果と前回の結果を現場で比較することが可能となる。4つ目は判定事例集を参照できることである。国土交通

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。

試作ソフトができたので橋梁管理者に携行していただき，検査を実施した。検査員として，検査歴の短い者(3 年程度)から長い者(10 年超)に依頼した。端末の可搬性，作業性には特に問題にならず，報告書作成が自動で行われることもあり，作業の効率化が図られたところは確認できた。



デジタル野帳の概略



調書自動作成機能の一例

【テーマ2】橋梁の力学的挙動把握のためのモデル構築

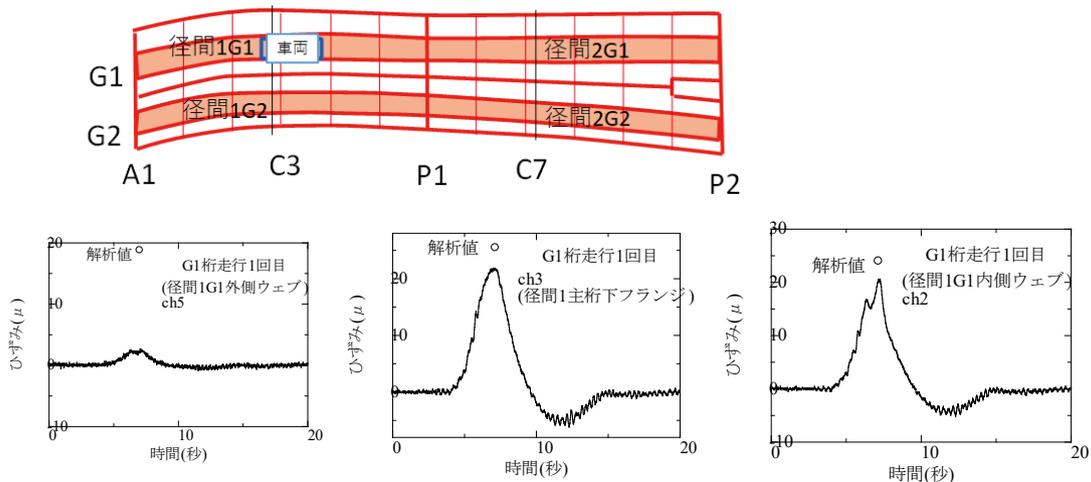
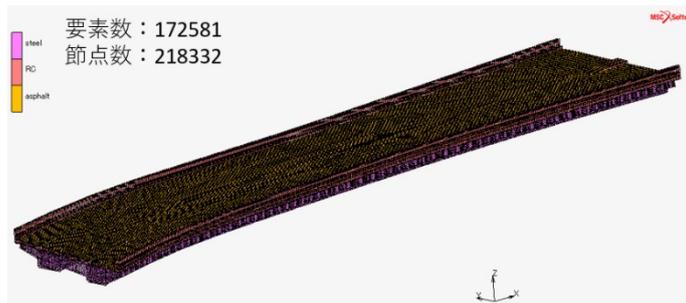
「定期点検のデジタル化」でも述べたように、検査は5年に1度行われている。その際、軽微な損傷が検出される可能性がある。その損傷が構造物にとって有害かどうか、あるいはどれくらい進行すると有害になるかという判断は非常に重要となる。しかし、軽微な損傷が短時間のうちに急激に進行することはほとんどない。

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。

2023年度はさらにもう一つの橋梁を対象にして、有限要素法による数値モデルを作成した。2022年度は荷重車を用いて静的な载荷を行ったが、超過荷重車であり、特別な許可が必要であったことや通行規制をする必要があった。昨年度は通行規制を行わず、動的な载荷を行った。また、超過荷重車は用いずに、法定荷重車を用いた。

径間中央部の主桁断面のひずみ分布を、3回の走行の平均で解析値と比較したが、下フランジで 30μ 程度であったものが解析においてもほぼ同じ値となることが確認できた。数値モデル化も前年の結果を活かすことができた。精度の向上についてもさらに検討を行っていく。

地震解析モデルを構築したので、今後は動的解析を行い、弱点箇所の検討を行っていく予定である。



現場载荷試験と数値解析モデル作成，解析と実測結果の比較(一部)

【テーマ3】日常巡回点検のスマート化

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、轍ぼれやひび割れ、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。

本研究は巡回点検車にカメラや各種センサを取り付けることで、様々な情報を取得し、ベテランの点検員のように複数の情報を統合して分析・判断することで、点検の精度を向上することが目的である。現在の車両では、高感度カメラ、赤外線カメラ、加速度計、マイク、RTK-GNSS受信機を設置し、RTK-GNSS受信機から得られる高精度の位置情報に紐付けて各種センサデータを収集し、統合的に分析することで種々の異常を高精度で検知することを検討している。高感度カメラや赤外線カメラの画像データを用いることで舗装のひび割れやわだちぼれ、標識や防音壁の変状の検知、さらに、加速度計あるいはマイクによる時系列データの分析によって段差や路面の性状を検出できるが、これらのデータを統合的に分析することによって変状の診断やより高い精度での劣化度判定を可能にする技術の開発を目指している。

共同研究では、これらのセンサデータに加えて専門車両による路面下レーダー(電磁波)データを上記位置情報に基づいて紐付けし、統合的に分析する検討も進めている。この研究から路面下の変状と表面状態を統合して分析することでその要因を明らかにでき、ドメインナレッジ(専門知)と合わせて対処方法の提案にも繋げることが可能と考えている。

これまでに、一般車両のルーフキャリアに各種カメラ、センサを設置し搭載したノートパソコンにデータを収集するシステムを構築し、各センサデータを用いて、既存のAIシステム(AI-Patrol)で分析することで舗装のひび割れや轍ぼれ、ポットホールが検出できることを確認しており、路面下レーダーデータでは舗装と橋梁デッキプレートとの空隙への水分の浸透が示唆される結果が得られた。従来、路面下レーダーデータは専門知による分析が必須であったが、インバリエント分析を用いることで、異常箇所や異常度などの専門知による結果を事前知識なしに再現できることが分かってきた。このことは専門家レベルの異常検知結果を点検者の知見・技量に寄らず再現できることを示している。点検作業は点検員の知見や技量に大きく依存していることが現場では大きな問題となっており、これらのシステムによる分析が点検レベルの向上に繋がると考えている。

また、点検車による取得データや分析結果のデータの保存形式・可視化についても検討を進めている。フリーウェアやオープンデータを用いたシステムにより、地図上に点検箇所や、劣化状況などの情報をJSON形式で保存・表示したり、さらに画像やデータにリンクして表示できることを確認した。取得データをこれらの技術を用いて保存し時系列変化を確認することで異常や劣化の早期検知に繋がれると考えている。最終的には取得データを自動的にアーカイブし可視化できることを目指す。

一般道での継続的な計測と分析を行うに当たり、新たに大学近隣の橋梁におけるデータ取得を開始した。対象となる橋梁は鋼ローゼ橋(2連)と3径間連続PC箱桁橋が連結した橋梁で路面下レーダーデータについても取得することになっており、構造物および路面の劣化検知、要因分析、経年変化などを継続的に測定し、フィンガージョイント部分の遊間距離の季節変化や劣化についても検知することを想定してデータ取得を開始した。

データの取得・分析に当たって、複数の計測機器からのデータの時刻合わせは非常に重要なプロセスであるが、現状は手動によるデータ連結を行っており、分析コストを高くしていた。データ取得段階の取り組みとしてPower Automate Desktopを使ったデータ取得開始の自動化を進めた。データの取得はセンサごとに異なるアプリケーションを用いているため、同期が難しい状況であったがデータ取得開始の自動化によって数秒以内の範囲で同期が可能になっている。一方GNSSデータはよりミリ秒単位でのデータとなっており、正確な位置情報の取得にはより高精度の同期が必要となるため、関係性の高いデータ間の相関性を用いたデータの同期についても今後進めていく予定である。



スマート点検車と取得データの可視化例

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) 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, デジタルツイン論文集, 土木学会, 2024. (論文受領)
- (2) 平山繁幸, 加藤舜大, 村野益巳, 唐沢博一, 児玉智也, 白旗弘実, 永井政伸: 鋼床版デッキプレート・Uリブ溶接部に発生する疲労き裂に対する開口合成PAの適用, インフラメンテナンス実践研究論文集, Vol.3, No.1, pp.265-272, 2024. (都市基盤施設センターにも記載)

◇ 招待講演

- (1) 白旗弘実: 鋼構造物の非破壊検査の課題と最新技術, 第44回鋼構造基礎講座鋼構造物の点検・診断に適用される非破壊検査技術～基礎と応用・新技術～ 令和5年10月17日 土木学会
- (2) 白旗弘実: デジタルツインモデル作成のための橋梁載荷試験, 先進センシング技術とデータ処理に関する萌芽研究会, 令和6年3月5日 土木学会・日本非破壊検査協会

◇ 国内会議

- (1) 田井政行, 白旗弘実, 河合孝純, 青木工, 原廣敬, 高木千太郎: 橋梁デジタル点検野帳の実装, 土木情報シンポジウム 2023.9. (研究発表)

■ 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	[工学部]兼務	構造工学, 非破壊検査
教授	河合 孝純	[教育開発機構]兼務	データサイエンス
総研, 特別研究員	田井 政行	琉球大准教授	鋼構造, 維持管理工学

◇ 学生数 博士後期課程：0名、修士課程：3名、学部4年生：9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）

パシフィックコンサルタンツ 338万円 2023～2024年度（共同研究）
科研基盤C（題目：高精度な橋梁3次元モデルを活用した橋梁点検・診断支援システムの構築） （代表：田井政行）

■ 学生教育

◇ 学生の主な就職先

国土交通省, 西松建設, 世紀東急工業

■ 社会貢献

◇ 第212回 総研セミナー開催（2023年11月10日）

講演タイトル「鋼溶接部の品質管理および非破壊検査」（白旗弘実）

◇ 出張授業

北里大学高等教育開発センター FD 講演会(河合孝純)

◇ 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
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
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 日本応用数理学会代表会員

アジア大都市圏マネジメント研究ユニット

アジア大都市圏マネジメント研究ユニット
ユニット長 齊藤 圭

■ 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

2年度目である23年度は、前年度から構築してきた海外研究者との連携をベースにしながら、研究遂行に必要な各国都市の統計データおよび空間データの収集を行った。データの回収後、詳細な分析を行った。結果としてベトナムと日本、ホーチミン市と東京近郊についての人口動態トレンド、両国における住宅団地開発の時期と人口流出／流入のトレンド等について明らかにした。これらは2つの国際会議に投稿・採択されベトナム（8月）と韓国（12月）において成果発表した。

◇ 次年度への展開

これまで海外カウンターパートとのミーティングおよび現地調査（海外4回、国内2回）を当初計画通り実施しており、引き続き連携強化・共同作業を行う。現在実施している各国状況および統計ベースデータの収集・分析作業を継続・展開する。併せて、これまでの2回の国際会議発表論文をベースに国内・海外ジャーナルへの投稿を計画・準備を進める。科研費（国際共同研究加速基金・海外連携研究）への申請を含め、関連する外部資金の獲得に努める。

■ 成果の紹介

2023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。

【23年度の研究進展状況（上半期）】

(1) 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構築・強化

- 海外データ収集・発注、回収・分析（2023年4月@海外）
 - 前年度下半期の第3回ミーティング（23年2月）において設定・依頼した具体の統計データ（地域別／地区別人口動態、工業団地に関する数・規模・位置、産業別GDP変化、世帯人口変化など）についてのデータ収集依頼をかけ、その後回収した。
 - 上記入手した詳細統計データについて、変換処理・詳細分析を行った。分析を通じ、ベトナムと日本、ホーチミン市と東京近郊についての人口動態トレンド、両国における住宅団地開発の時期と人口流出／流入のトレンド等について明らかにした。
- 国際会議（ベトナム・ダナン）での発表・意見交換（2023年8月）
 - 上記作業についての一連をまとめ国際会議ICAPPS2023に投稿・採択された。併せて、2023年8月にダナン（ベトナム）にて成果発表を行い活発な質疑応答が行われた（図1）。
- 第4回合同ミーティング（2023年8月@海外）
 - 国際会議出張と併せてマレーシア工科大学の現地研究者を訪問し、作業進捗報告のミーティングを行った。併せて、ベトナム及びホーチミンのデータ収集状況をベースにジョホールバ

ル都市圏およびマレーシアにおける同様の統計データの収集作業等を依頼した（図2）。

- ジョホールバル市近郊のイスカンダル開発における現況把握として、大規模オフィス・住宅地開発エリアのひとつであるForest Cityのフィールド調査を現地研究者とともに実施した。



図1. ICAPPS2023@ダナン建築大学（2023年8月）



図2. 研究ミーティング@マレーシア工科大学（2023年8月）

【23年度の研究進展状況（下半期）】

(2) 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

- 第5回合同ミーティング（2023年12月@東京）
 - 上半期の成果およびデータ収集等の現状についての報告・意見交換を行った。
- 国際会議（韓国・Gangneung）での発表・意見交換（2023年12月@海外）
 - 今年度上半期までの成果について、国際会議ASCON-IEEChE2023（韓国）に投稿・採択され、12月に成果発表を実施（大規模かつ長期的な社会的公共価値を創出する大規模な都市開発のマネジメントのあり方に関する国内事例との比較研究）した。
- 第6回合同ミーティング／現地調査（2024年2月@海外）
 - マレーシア、ベトナムにて打ち合わせ、および、各都市の現地踏査を実施した。
 - マレーシア工科大学Meiyee先生によるジョホールバル市街地における暗渠河川整備事業の説明および中国資本の巨大開発として有名なForest Cityの現地調査を実施した。
 - Binh Duong市の都市開発について調査実施（図3）と併せ、ベカメックス社のソーシャルハウジングモデルの取り組みについて視察実施と今後の研究打ち合わせを実施した。
 - 海外と比較する国内事例の調査として、日本の中核市の人口・世帯数変化、新築住宅着工件数の変化を収集し、比較分析を行った。その中で、都市のスポンジ化が進んでいる可能性が高い都市として函館市に着目した。市の協力を得て、空き家のデータを受領するとともに、開発と空き地のデータを収集した。この結果については24年度に学会発表を行う予定である。また、分析に函館市へのインタビュー等も加え、ジャーナルへの投稿を目指すものである。



図3. Binh Duong都市開発調査@Ho Chi Minh（2024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、下線は海外共同研究者を示す。)

◇ 国際会議

- (1) Fumihiko Okiura, Akira Ota, and Kei Saito, A Study on Sustainable Urban Management with the Comparison of Cases in Japan and Vietnam through Program Management Framework, *The 7th Asian Conference on Innovative Energy and Environmental Chemical Engineering* (ASCON-IEEChE 2023), Dec. 2023
- (2) Kei Saito, Akira Ota, Tran Mai Anh, Nguyen Quoc Vinh, Lee Yoke Lai, and Fumihiko Okiura, Implications for Desirable Metropolitan Area Management: Through Comparative Study on Housing Supply Projects between Tokyo and Ho Chi Minh City Metropolitan Areas, *International Conference of Asian-Pacific Planning Societies 2023* (ICAPPS2023), Aug. 2023

■ 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	斉藤 圭	[都市生活学部]兼務	都市環境デザイン
教授	沖浦 文彦	[都市生活学部]兼務	プログラムマネジメント
准教授	太田 明	[都市生活学部]兼務	都市開発ビジネス

■ 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。

- ◇ 2023年11月25日-12月1日に、23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ホーチミン市工科大学、ホーチミン市建築大学、マレーシア工科大学から3名の教員+17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17名が参加した。
- ◇ 2024年2月25日-3月3日に、23年度学内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ホーチミン市工科大学、ホーチミン市建築大学、マレーシア工科大学を訪問した。本研究と関連した内容 (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12名が参加した。

■ 社会貢献

- ◇ 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 (2024年2月)
- ◇ 太田 明：国土交通省「海外不動産官民ネットワーク総会」基調講演
タイREITからのインプリケーション (2024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

2023 年度は、公共空間滞留者アクティビティの動態モデル構築のため滞留者の身体方向別の移動傾向の抽出に取り組んだ。また、PMV の走行位置と歩行者の受容性の関係を表すストレスポテンシャル関数としてモデル化し、従来の経路生成手法に組み込み、歩行者の安心を考慮した自動走行経路を設計した。さらに、シミュレーション環境下で、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を実施した。

◇ 次年度への展開

2024 年度は前年度の成果を踏まえ、PMV の回避軌道に関するパラメータの最適化と車両運動と PMV のドライバモデルを考慮した経路を生成し、その有効性を評価する。その上で、これまで得られた知見を統合し、滞留者と PMV の最適共存モデルを構築する。空間幸福感評価については、滞留者側の評価結果を踏まえて、PMV 搭乗者の空間幸福感を評価する。

■ 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

路上滞留者アクティビティの解析を担当している末繁・宮地は、2022 年度に実都市フィールドでの滞留者アクティビティ観察調査が完了した。2022 年度後半から 2023 年度前半にかけて、この動画像解析を実施し、公共空間滞留者のアクティビティ動態モデル構築のために、滞留者のアクティビティ別の活動領域の大きさの解析を実施した。さらに 2023 年度後半は、身体方向別の移動傾向の解析を実施した。2023 年度前半までの成果である滞留者アクティビティの活動領域の大きさの解析については、日本建築学会技術報告集への投稿が完了し、現在は 2023 年度後半の成果である、滞留者の身体方向別の移動傾向の成果をまとめ、論文投稿の準備を進めている。PMV の車両制御を担当している杉町は 2022 年度までに、歩行者と PMV との相対距離が歩行者の心理的負荷に与える影響をシミュレーション実験結果からモデル化した (図 1)。

PMV の車両制御を担当している杉町は、リーン車両が人を対象とした回避する環境を仮想空間上に再現し、シミュレーション実験を行った。また、PMV の模擬車両を設計し、本研究で対象とする超小型モビリティの仕様を満たす車両を製作した。2023 年度においては、歩行者と超小型モビリティが親和する自動走行経路を設計することを目的とし、前年度製作した模擬車両を用いて走行実験を実施し、その実験結果から PMV の走行位置と歩行者の受容性の関係を表す関数 (ストレスポテンシャル関数) としてモデル化した。ストレスポテンシャル関数を従来のポテンシャル法による経路生成手法に組み込み、歩行者の安心を考慮した自動走行経路の設計を行った (図 2)。この自動経路生成の妥当性について、シミュレーション実験により評価を行い、歩行者の安心を考慮した経路は既存手法による経路と比較し、歩行者の受容性の向上が可能であることを確認した。その成果

は、International Journal of Automotive Engineering に投稿予定である。

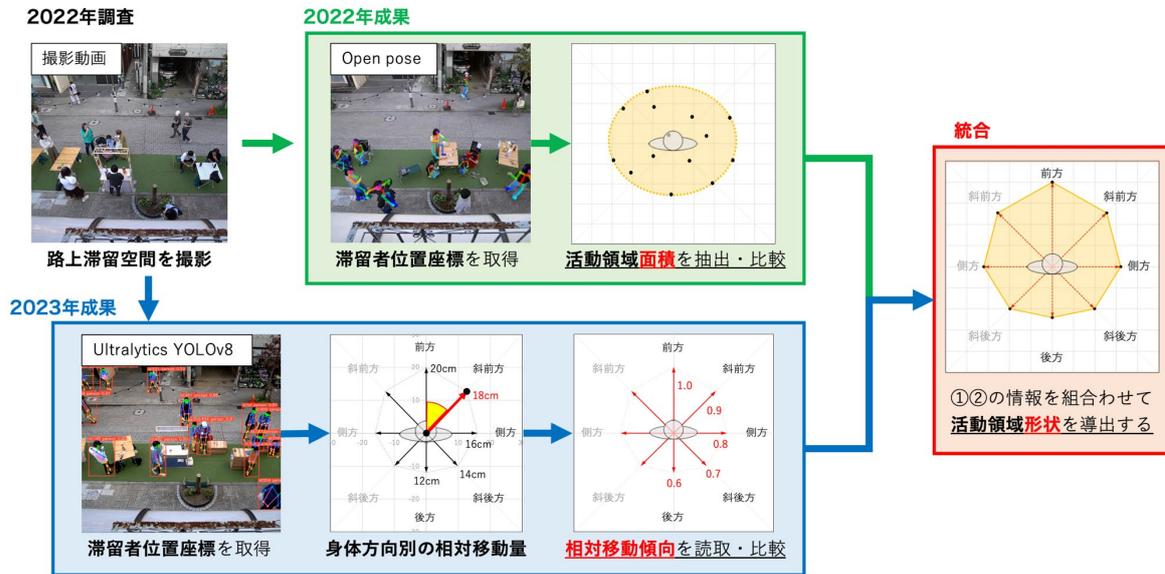


図1. 滞留者アクティビティ動態モデルの構築

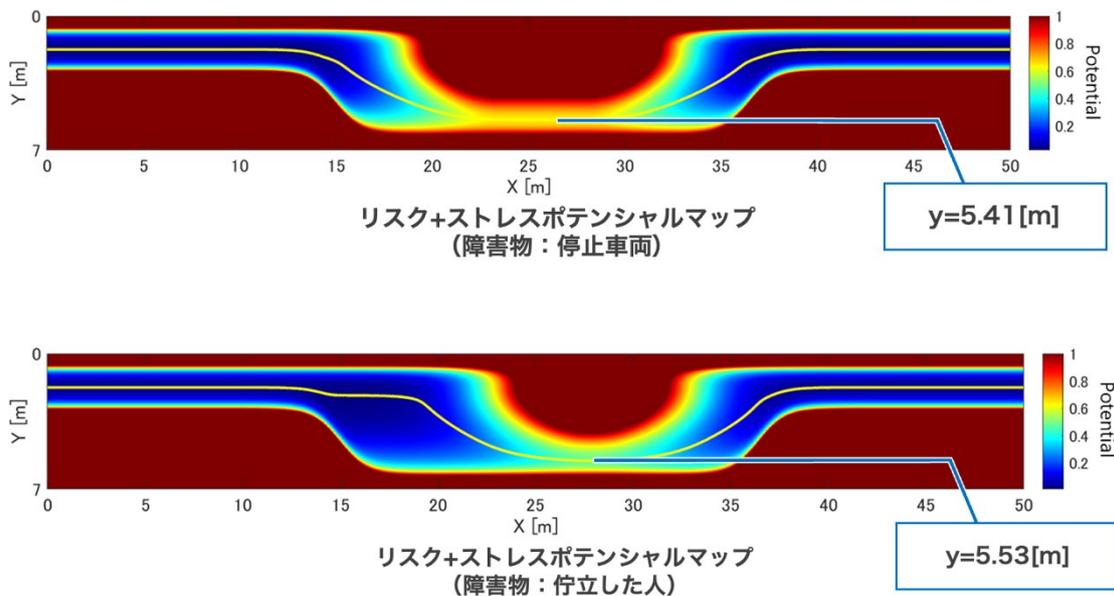


図2. 構築したPMVのリスク+ストレスポテンシャルマップ

【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

末繁が2022年度までに、実都市フィールドにおける滞留者アクティビティ観測調査・空間幸福感要素抽出基礎調査を実施した。この成果は日本建築学会大会にて発表した。2023年度前半は、末繁はシミュレーション環境下での人間とモビリティ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向けて、シミュレーション環境の構築に取り組んだ。具体的には、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モデルを設置して、被験者にHMDを装着し

てもらい実験を行うことを想定した。この仮想空間構築のため、この分野で技術的知見をもつ、熊本大学大学院先端科学研究部 本間里見教授から技術テクチャーを受けるとともに構築中のシステムデモを行い情報交換した。2023年度後半は構築し仮想空間に実験環境構築が完了し、60名の被験者を対象とした、公共空間滞留者のPMVとの共存状態に対する空間幸福感評価実験を実施した(図3)。現在はこれらのデータを解析しており、その知見を学会投稿するべく準備している。

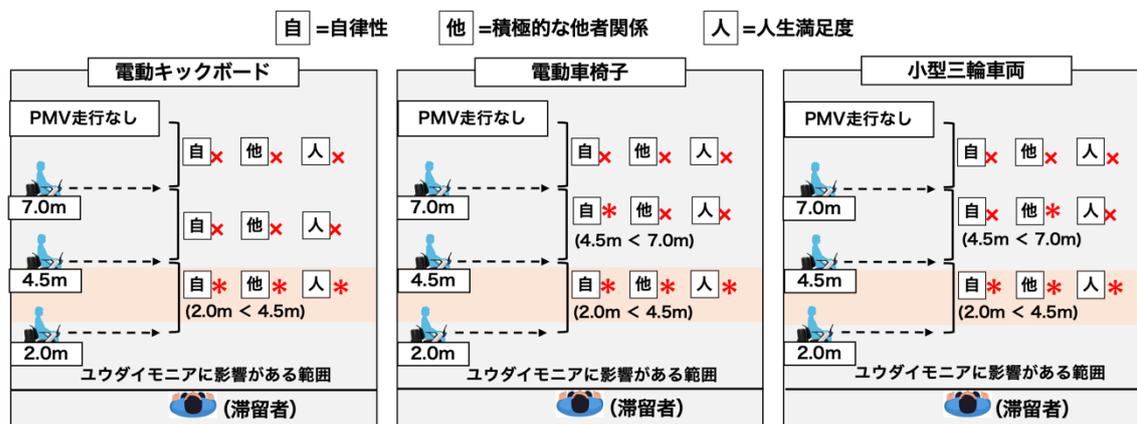


図 3. 公共空間滞留者の PMV 混在時の空間幸福感評価

■ 研究業績

◇ 査読付き論文

- (1) 三代川光風, 高柳英明, 末繁雄一, 宮地英生: Open Pose を用いた群集流動の検出向上に関する研究, 計算工学講演会論文集(CD-ROM)27, 2022
- (2) 末繁雄一, 菊池嵐, 杉町敏之, 宮地英生, 高柳英明: 道路上でパブリックライフを展開する人間のアクティビティ動態特性に関する研究 (その 1), 日本建築学会技術報告集, 2024.2 投稿済 (査読中)
- (3) Toshiyuki SUGIMACHI, Yuichi SUESHIGE, Hideo MIYACHI, Toshiaki SAKURAI, Tetsuo MAKI, Evaluation of Pedestrian's Sensitivity to the Trajectory of Ultra-Compact Mobility Using Biometric Measurement, the Society of Automotive Engineering of Japan, Inc., International Journal of Automotive Engineering (投稿予定)
- (4) 岡本渉平, 末繁雄一, 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, Journal of Asian Architecture and Building Engineering (JAABE), 2024.9 (投稿予定)

◇ 国際会議

- (1) Hideo Miyachi, Arashi Kikuchi, Daisuke Mochizuki, Yuichi Sueshige, and Toshiyuki Sugimachi: Categorization of Staying People's Activities in Public Space on the Road Using Camera Footage NBiS 2023, LNDECT 183, pp. 290-297, 2023. (査読あり)

◇ 国内会議

- (1) 三代川光風, 宮地英生: 姿勢推定 AI を用いた群集映像からの歩行者軌跡の抽出に関する研究、日本計算工学会第 24 回問題解決環境ワークショップ, 2022.9
- (2) 三代川光風, 宮地英生: 姿勢推定 AI を用いた群集映像からの歩行者軌跡の抽出に関する研究 (続報) 日本計算工学会 第 2 回 PSE 研究会、2022.12
- (3) 宮地英生, 三代川光風: 群衆映像からの歩行者の軌跡追跡に関する研究, 第 49 回テレマージョン技術研究会、2023.3
- (4) 菊池嵐, 末繁雄一, 杉町敏之, 宮地英生, 高柳英明: 路上滞留空間における人間のアクティビティの動態特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 都市計画, pp455-456, 2023.9
- (5) 末繁雄一, 河内沙那美, 菊池嵐, 杉町敏之, 宮地英生, 高柳英明: 公共空間での滞留行為が滞留者の幸福感に与える影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 都市計画, pp461-462, 2023.9

■ 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：3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) 2023 年度経費: 90 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 1 件、国際会議 1 件、国内会議 3 件 作品 0 件

◇ 学生の主な就職先

株式会社福山コンサルタント、マツダ株式会社、Sansan 株式会社

■ 社会貢献

◇ 出張授業

名城大学附属高校(末繁雄一)

◇ 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