

2021年度 SIT総合研究所 研究センター・重点分野研究支援プログラム（S-SPIRE事業）研究成果報告書

1) グリーンエレクトロニクス国際研究センター

財団法人新機能素子研究開発協会からの寄付金を基金とし、同財団で実施されてきた新機能素子の研究などエレクトロニクスを中心に、持続可能な社会を実現する鍵であるグリーンエレクトロニクスに関して、人材育成を図りながら学内および学外との国際的な共同研究を推進する。

2) 社会システム科学研究センター

社会システム科学分野の研究をリードする拠点を構築し、分野横断的な社会課題について、以下の技術・方法論を用いて解決を目指す。

1. 大規模データとデータサイエンスによる現象（因果）の理解
2. 因果を組み込んだモデルの構成と未来の予測
3. モデルのシミュレーションによる未来のシナリオの作成・政策提言
4. 必要に応じてハードウェアを用いたデータ収集

3) グローバル建築技術研究センター

次のテーマを主軸に、体系的に設定した研究課題を解決するために研究活動を行う。

- 1) 建築生産やストック活用に関わる法制度の課題抽出及び改革の提言
- 2) 設計から施工にかけた建築生産プロセスやマネジメント手法の再定義とBIMとの関連
- 3) 多能工やICTなど施工計画・管理や施工の生産性向上や人材育成の課題抽出及び提言

4) サステナブル居住工学センター

ゼロエネルギー建築技術や木質建築研究等、持続可能な都市実現のための建築技術を研究する「グリーン建築領域」と国際的な持続可能な社会実現を担う技術を研究する「アジア・アフリカ工学領域」の2領域を設置し、サステナブル社会実現を目的に、人々の居住に関わる技術を軸にした研究活動を進めている。

重点分野研究支援プログラム（S-SPIRE事業）

5) ソフトマシンの学理構築

様々な分野において「やわらかさ」に関する研究領域が勃興しており、我々はパラダイムシフトだと捉えている。そこで、Soft Machineは「やわらかさ」に根ざした異分野融合型の研究領域を開拓する。Soft Machineの研究テーマの一つとして誘電エラストマーアクチュエータ (Dielectric Elastomer Actuator: DEA) について研究を実施する。

6) 新規複合化ゼオライトによる分離・センサ素材の開発

分子認識作用をもつゼオライトを、フッ素系を中心としたアルコキシド等で後処理することで、新たな分離・センシング用デバイスを開発する。ここでは、応化（豊洲・大宮：野村、堀）・材料（新井）・電子（六車）の分野で、個々に、合成、分離、センシングなどの研究を行っていた研究者が協力し、出口まで見据えた新規なデバイスの開発を目指す。

7) Bio-Intelligence (BI) for well-being

視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚・痛覚・圧覚・機械感覚・運動感覚などの感覚すなわちBio-Intelligence (BI) に関する基礎研究と応用研究を融合し、ヒトが近い未来において、身体的・精神的・社会的に良好な状態、すなわちwell-being な社会を実現するために役立つ新たな技術開発を目指す。

8) VR建築教育のための3D アーカイブ作成に関する研究

本研究は建築の複数分野において既にVRを用いた研究を行っている教員が協働し、新しい良質な建築教育コンテンツの制作を行う。最終的には授業コンテンツの要となる3次元データをアーカイブ化し、その利用を容易とするプラットフォーム策定のための指針をまとめることを目指す。

9) City as a Serviceを実現する情報ネットワーク基盤

これからのまちづくりにおいては情報ネットワーク基盤が主役になる。スマートシティ概念の中でも特にCaaS (City as a Service) では、スマホアプリと同じように暮らしに必要な「まちサービス」を個人で取捨選択できる。本プロジェクトでは、情報ネットワーク分野の7名の教員が学部学科の枠を超えてチームで取り組む実質的な共同研究体制を確立し、CaaS実現のための情報ネットワーク基盤技術の研究開発を精力的に行う。

10) テクノロジーを活用する新たなスポーツの創出と本学体育科目への実践

センシング技術や情報提示技術を活用した、運動を伴う新たなスポーツが提案されている。それらのスポーツを本学の体育科目に導入することで、教育効果の向上と本学のブランド力向上を図る。さらにeスポーツを含む別のスポーツの創出および開発フレームワークの構築を進めていくことで、体育科目と情報系科目あるいは他の科目が融合した新たな体育科目の確立を目指す。

11) 月・惑星探査ローバの走行制御に関する研究

探査ロボット、制御、デジタル解析、デザイン工学等の各専門を集約させて、先端的な月・惑星探査システムを構築していく。また、この研究に関連させて宇宙開発人材育成を行っていく。数年以内に開拓される月面や火星において先端的な技術提案やミッションに関わっていくこと、そしてそういった関連組織・企業で活躍できる人材育成を行っていく。

12) 医工産学連携を通じた血液検査装置の学際的研究開発

医工学、医学生理学、流体工学、精密機械加工、ロボティクス、生化学の分野における学内研究者間で協力しオリジナル実験装置を構築する。さらにそれを応用し、国内外の医学研究者らと共同研究を実施し、機械式血液循環装置が血液に与える影響に関して学術的知見を深める。さらには埼玉県内企業と協力し、得られた研究成果を応用した新しい血液検査装置の開発を目指す。

SIT 総合研究所 研究センター
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 グリーンエレクトロニクス国際研究センター
2. 研究組織所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5, 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
上野 和良	工学部電子工学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 18 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
上野 和良	電子工学科・教授	材料・デバイス	ナノカーボンデバイス (ハーベスタ、高周波、不揮発メモリ)
Paolo Mele	先進国際課程・教授	材料・デバイス	エネルギーハーベスタ用熱電薄膜
Lei Miao	先進国際課程・教授	材料・デバイス	ウェアラブル (フレキシブル) 熱電材料、低温熱電材料
Miryala Muralidhar	先進国際課程・教授	材料・デバイス	低コスト超電導材料
Marco Fronzi	先進国際課程・准教授	材料・デバイス	2次元材料を使ったヘテロ構造熱電材料、シミュレーション
関 宏範	SIT 総研・特任准教授	材料・デバイス	ナノ・マイクロ加工
重宗 宏毅	電気工学科・准教授	材料・デバイス	3次元ペーパーアンテナ (フレキシブル)
弓野 健太郎	材料工学科・教授	材料・デバイス	低温 Ge 成長 (トランジスタ、太陽電池)
石川 博康	電子工学科・教授	材料・デバイス	オール酸化物、オールカーボン太陽電池
横井 秀樹	電子工学科・教授	材料・デバイス	光集積回路、ナノカーボン集積、ファイバーセンサ
山口 正樹	電子工学科・教授	材料・デバイス	圧電体ナノキューブによるセンサ、ハーベスタ
小池 義和	電子工学科・教授	回路・システム	風力発電、海洋モニター、超音波応用
前多 正	電子工学科・教授	回路・システム	電波エネルギーハーベスタ
田中 慎一	情報通信工学科・教授	回路・システム	高効率レクテナ素子、左手系小型高周波デバイス

宇佐美 公良	情報工学科・教授	回路・システム	低消費電力 LSI、不揮発メモリ
柴田 英毅	学外・客員教授	デバイス・システム	IoT デバイス・システム
谷本 智	学外・客員教授	デバイス・システム	パワーデバイス
Ploybussara Gomasang	学外・客員研究員	材料・デバイス	ナノカーボンデバイス

研究の概要

A 計画の概要

世界的に地球温暖化の防止に向けた具体的な活動の重要性が高まっている。本学では、財団法人新機能素子研究開発協会からの寄付金を基金とし、2013年からグリーンイノベーション研究センターにおいて、エレクトロニクスを中心に低炭素化に向けた研究推進と人材育成、研究基盤の整備を行い、所属する研究室の研究活動がさかんになってきた。この基盤を活かし、また研究室間の共同によってさらなる成果の実現が期待される。そこでFig.1に概念を示すように、本学に新たに赴任した若手や先進国際課程（IGP）所属の教員を加え、IGP教員の国際的なネットワークの活用と学内研究者との連携を図り、研究室間の協力による共著論文、共同発明、共同での外部資金獲得等を目指し、グローバルな課題である地球温暖化の防止に向けた本学研究力の向上とブランド力の向上を図る。

初年度は、ワークショップや定期ミーティングを通じて、各研究員の研究活動に関する情報の共有化を図り、共同研究テーマの発掘と立案を行った。

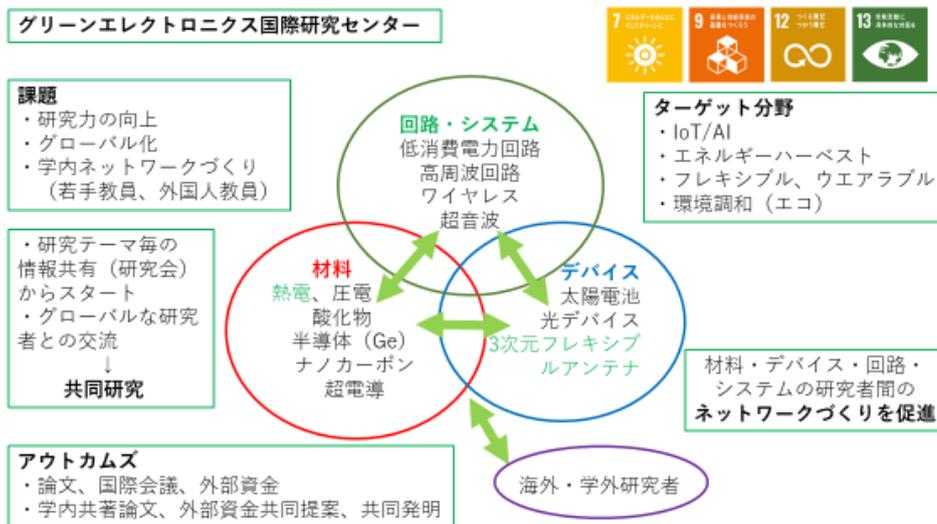
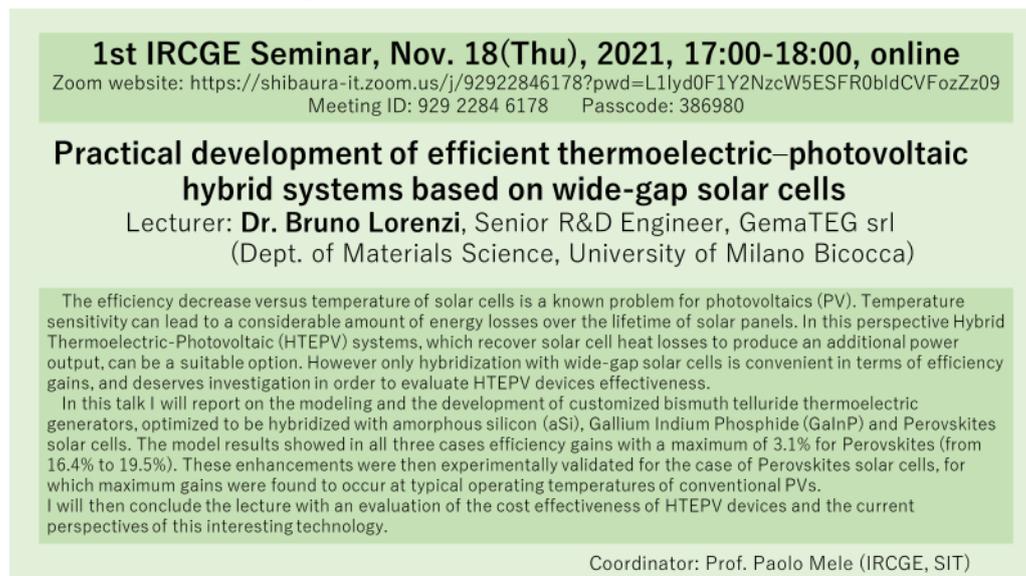


Fig. 1. グリーンエレクトロニクス国際研究センター概念図.

B 成果の概要 (前年度からの進捗が明確になるように記載してください)

初年度の 2021 年度は、所属する研究員間の情報共有を図るため、3 回のワークショップを開催し、加えて毎月、月例のセンターミーティングを開催した。また、Fig. 2 に示すように、ミラノビッコカ大学の Lorenzi 氏による太陽電池と熱電のハイブリッド発電システムについてセミナーを開催し、Mele 研究員をはじめセンター研究員との交流、議論を行った。



1st IRCGE Seminar, Nov. 18(Thu), 2021, 17:00-18:00, online
Zoom website: <https://shibaura-it.zoom.us/j/92922846178?pwd=L1lyd0F1Y2NzcW5ESFR0bldCVFozZz09>
Meeting ID: 929 2284 6178 Passcode: 386980

Practical development of efficient thermoelectric-photovoltaic hybrid systems based on wide-gap solar cells
Lecturer: **Dr. Bruno Lorenzi**, Senior R&D Engineer, GemaTEG srl
(Dept. of Materials Science, University of Milano Bicocca)

The efficiency decrease versus temperature of solar cells is a known problem for photovoltaics (PV). Temperature sensitivity can lead to a considerable amount of energy losses over the lifetime of solar panels. In this perspective Hybrid Thermoelectric-Photovoltaic (HTEPV) systems, which recover solar cell heat losses to produce an additional power output, can be a suitable option. However only hybridization with wide-gap solar cells is convenient in terms of efficiency gains, and deserves investigation in order to evaluate HTEPV devices effectiveness.

In this talk I will report on the modeling and the development of customized bismuth telluride thermoelectric generators, optimized to be hybridized with amorphous silicon (aSi), Gallium Indium Phosphide (GaInP) and Perovskites solar cells. The model results showed in all three cases efficiency gains with a maximum of 3.1% for Perovskites (from 16.4% to 19.5%). These enhancements were then experimentally validated for the case of Perovskites solar cells, for which maximum gains were found to occur at typical operating temperatures of conventional PVs. I will then conclude the lecture with an evaluation of the cost effectiveness of HTEPV devices and the current perspectives of this interesting technology.

Coordinator: Prof. Paolo Mele (IRCGE, SIT)

Fig. 2. 第一回セミナー開催通知。

以上のような研究員間の情報共有と議論を通じて、熱電材料・デバイスの Mele 研究員、第一原理シミュレーションの Fronzi 研究員、低消費電力 LSI の宇佐美研究員による、「熱電材料を用いたエネルギーハーベストによるバッテリーレス IoT センサ」の共同研究の検討を開始した。また、エネルギーハーベストや高効率の電力伝送・通信への応用に向けて、上野研究員がグラフェンアンテナの検討・試作を田中研究員の協力のもとに行った。また、Mele 研究員と上野研究員で、PLD を用いたダイヤモンドカーボンの AI デバイス応用の可能性検討を開始した。以下には各研究員の成果の概要を報告する。

(上野和良) ナノカーボンデバイス： グラフェンを使った高効率高周波デバイス他

同じ電気の流れ（電流）でも、銅などの金属中では、電流は多数のキャリアが散乱されながら全体としては、ゆっくり移動する（いわば多数の車が一般道を渋滞しながら進む）のに対して、多層グラフェン（MLG）中では少数のキャリアが、散乱少なく高速で移動する（いわば少数の車が高速道路を渋滞なしで走る）という違いがある。この違いにより、MLG は高周波に対する応答性が良く、光学インダクタンスの効果でインダクタの小型化が期待できる。そこで、グラフェンを使った Fig. 3 に示すよう

なパッチアンテナを試作し、18GHz で従来の銅よりも抵抗が高いにも関わらず反射が少なく、電波放射の改善が期待できるアンテナ特性が得られた。今後、電波や電力の効率的な伝送につながる可能性があり、電波エネルギーハーベストや IoT デバイス用 RF 素子への応用が期待できる。その他、グラフェンデバイス応用に向けた成膜プロセスや、キャリアを増加するドーピングプロセスなどの検討を行った。

抵抗、アンテナ反射特性の材料比較

	Cu	MLG/Ni	DMLG/Ni
シート抵抗 (Ω/sq)	0.0318	0.403	0.34
18GHzにおける S_{11} ピーク (dB)	-18.1	-26.6	-18.8

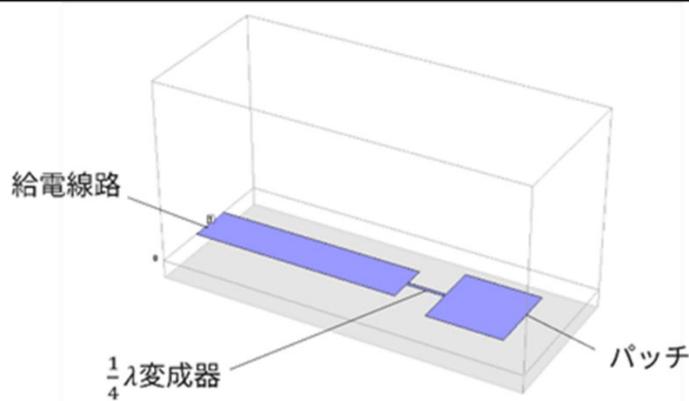


Fig. 3. 試作したグラフェンを使ったパッチアンテナ外観と材料による特性比較.

(Paulo Mele) エネルギーハーベストのための熱電薄膜

In AY2021 I focused on the study of RE-filled skutterudite thermoelectrics. At first, the bulk was considered, discovering a correlation between the composition of the material and its electronic properties. Therefore, the first thin films ever of these specific compositions were fabricated by pulsed laser deposition (PLD) and resulted to have excellent performances.

I also fabricated transparent oxide thin films by metal-organic deposition (MOD), looking forward to optoelectronic other than thermoelectric applications. Currently, I am developing a full-printed thermoelectric module on paper substrates, for room temperature thermoelectric harvesting.

The results were published in peer-reviewed journals and presented in online and onsite international conferences.

(Miriyala Muralidhar) 超電導材料の低コスト化と高性能化

Major of our work on MgB_2 is focused in three streams:

- 1) We strived towards optimizing the novel cheap ultrasonication technique to

produce high performance/cost MgB_2 bulks. In the initial studies we successfully obtained 35% J_c improvement in ethanol medium. Since then we changed the viscosity parameter by exploring other mediums such as hexane, distilled water and 2-propanol. The results of Hexane is 20% improvement (less due to low viscosity) distilled water seemed equivalent to that of ethanol i.e. 35% J_c enhancement and this work is ready to be communicated in journals. Below is the schematic explaining our results in ultrasonication with water media

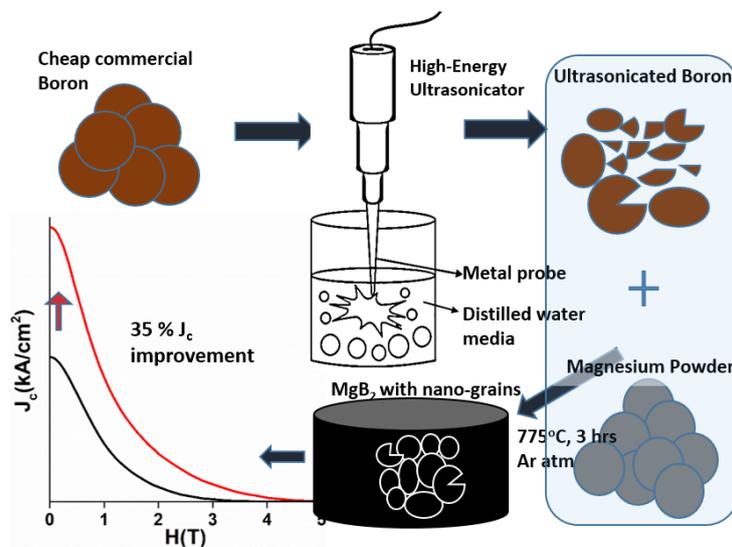


Fig. 4. Low-cost fabrication method for superconductor using ultra-sonication.

2) Simultaneously, we are continuously looking to enhancing flux pinning in MgB_2 using various techniques including processing, dopants and others. Recently we published on how the trapped field (TF) is distributed in large SPS MgB_2 magnetized using Pulse field. It emphasizes about mechanical strength, heat generation and TF behavior of bulks at various stages of magnetization.

3) We also worked on $(Gd,Y,Er)Ba_2Cu_3O_y$ bulk superconducting system processed via infiltration growth to pursue Low-cost Superconductors with Unexplored Materials. We investigated the ternary $(Gd_{0.33}Y_{0.33-x}Er_{0.33+x})-123$ bulk system, optimizing its composition by tuning the ratio of Y and Er in the 211 precursor (specifically, $x = 0, 0.05, 0.1, 0.15, \text{ and } 0.2$). These findings provide a notion of how to implement a low-cost production of high-performance (Gd, Y, Er)BCO bulks for real-life applications such as magnetic levitation, superconducting bearing, flywheel energy storage, magnetic resonance imaging, rotary motors, drug delivery, and water purification

(Marco Fronzi) 2次元材料を使ったヘテロ構造熱電材料、シミュレーション

Since April 2021, I have been involved in a few research projects concerning the application of state-of-the-art theoretical/computational techniques for the discovery of novel materials, mainly in view of energy conversion applications

1. Machine learning for novel 2D Van der Waals hetero-structures discovery
2. Density functional theory applied to the identification of novel materials for thermal to electric energy conversion
3. New layered materials for mechanical to electrical conversion through piezo-electric effect
4. Exotic ferromagnetism in metal oxides

As a result of my research I:

Built very large databases that include millions of novel crystal structures for potential energy conversion applications.

The databases are publicly available online:

<https://data.research.uts.edu.au/publication/fae85210bd1e11eba4d3adb3c726e5fe>

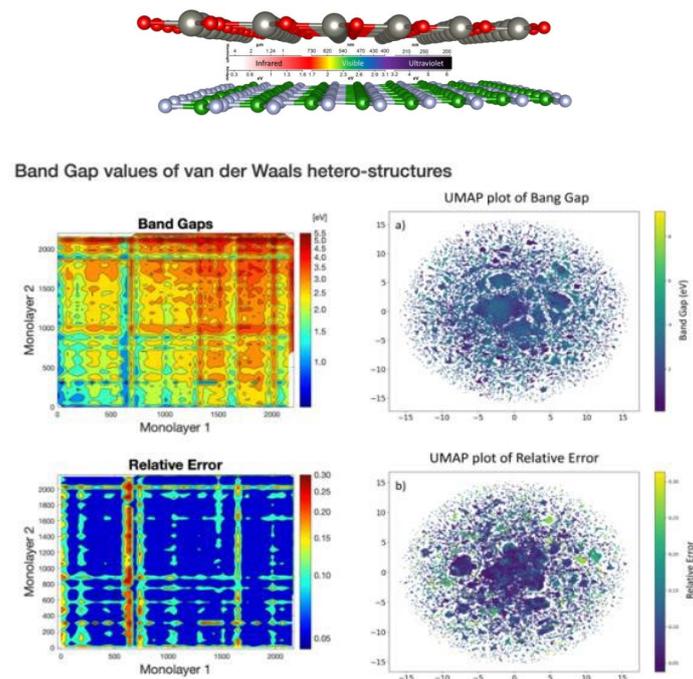


Fig. 5. Bandgap (top) and relative error (bottom) of the bilayers as a function of the two monolayers building blocks. Absolute errors have been calculated as the standard deviation of the response distribution, using a dropout approach with probability 0.1. Detailed information can be found in Bayesian Neural Networks section. The heatmaps have been generated by interpolating the function $BG1/4f(x,y)$ and so that the images can provide information by showing potential clustering.

(関宏範) ナノ・マイクロ加工： マイクロプラスチック検出デバイス

近年マイクロプラスチックによる海洋汚染が問題視されている。特に $350\ \mu\text{m}$ 以下のサイズのマイクロプラスチックは物理的なメッシュ状のフィルタで捕集することが困難であるため、我々は海洋 MP に見立てた $1\ \mu\text{m}$ サイズのポリスチレン粒子の捕集に焦点を当て、下記の研究活動を行った。

(1) 電界をかけると誘電体が引き寄せられるという誘電泳動現象を利用した新しいサンドイッチ構造デバイスの作製。

(2) (1) のデバイスを用いたポリスチレン粒子の捕集ピット及びピット間における捕集の確認。

(3) 豊洲河川におけるマイクロプラスチックの連続回収システムの構築と、電子顕微鏡によるマイクロプラスチックの観察。

(4) (1) のデバイスの大面積化、大量生産性、透明可視化性を目指したドライフィルムレジストの適用と、陽子線描画装置に対する感光性能の評価。

(重宗宏毅) 3次元フレキシブルペーパーアンテナ

We conduct research to develop a disposable printed paper antenna with excellent prototyping performance. Since conventional printed electrodes have too high a resistance to be used as the antenna, we explored ways to form low-resistance electrodes on paper substrates. First, we developed a method to increase the density of silver nanoparticles by utilizing the thermal response of paper. By utilizing the shrinkage characteristics of the base material, we have developed a fabrication process that reduces the sheet resistance even when the amount of material used is the same. In the second method, we established a method for cutting copper electrodes with a cutting plotter to form complex circuitry. The second method is to cut copper electrodes with a cutting plotter to form complex circuitry, which has high prototyping performance because components can be mounted on the electrodes in the same way as with conventional methods (Fig. 6).

As an energy harvesting technology, we have developed a wearable and soft electrostatic generator based on streaming electrification. By optimizing the materials and design, we succeeded in driving the electrostatic actuator from the motion of the human body.

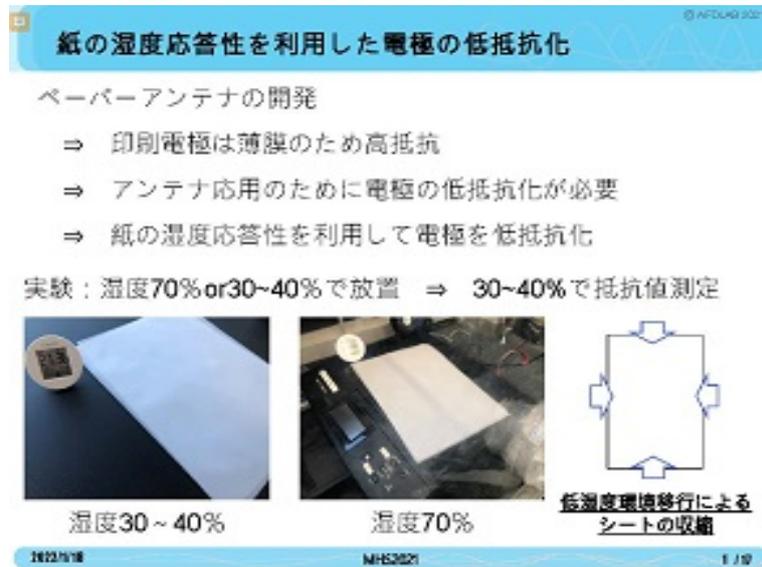


Fig. 6. 低抵抗ペーパーアンテナの開発.

(弓野健太郎) 低温 Ge 成長 (トランジスタ、太陽電池)

Au などの金属触媒を利用して、Ge の結晶薄膜を低温で作成するためのプロセス開発に取り組んでいる。Au と非晶質 Ge の二層膜を加熱すると、層の上下の位置が入れ替わり、同時に Ge が結晶化することが知られているが (MIC 法)、詳細なメカニズムについては、まだ明らかにされていない。結晶化機構を解明し、プラスチック上に高品質の Ge 結晶薄膜を作製することができれば、プラスチック基板における薄膜トランジスタのチャンネル層や III V 族半導体による太陽電池のボトム層として利用することが可能となる。

今年度は主として Au を触媒として結晶化させた Ge 薄膜の構造について調べた。その結果、Al/Si や Al/Ge 系で報告されているのと同様の二層構造となっていることを確認した。下の層はほぼ、もとの Au 層と同じ厚さを有しており、高い結晶性を有しているのに対して、上の層は結晶性が低いことが分かった。もとの Au と非晶質 Ge の厚さを調節すると、ほぼ下層のみから構成される結晶性の高い膜構造が実現し、その結果として ~30nm の結晶 Ge 薄膜で 80cm²/Vs 以上のホール移動度を達成できた。

(石川博康) オール酸化物、オールカーボン太陽電池

①酸化物薄膜 (CuO) : MOCVD 法で作製した CuO 薄膜は高抵抗であり、p 型伝導を示さない。本年度は、ポスト処理による電気的特性改善を行った。まず、Na 化合物を用いた粉末パック法により Na ドーピングを試みた。酢酸ナトリウム粉末中で室温付近の抵抗値およびその活性化エネルギーが低減したが、熱起電力は観察されなかった。さらに、酸素雰囲気中で熱処理を行ったところ、抵抗値の低減と熱起電力 (高

温側が負の p 型) が観察された。比較のため、酸素雰囲気中でのみ熱処理を施したところ抵抗値・活性化エネルギーの低減、熱起電力が観察された。酸素雰囲気での熱処理が低抵抗化に効果的であることがわかった。

②酸化物薄膜 (CuAlO₂) : 透明な p 型酸化物半導体として CuAlO₂ の研究を始めた。Cu と Al 粉末をターゲットとし、スパッタ法により作製した。Cu:Al 比依存性を調べ、Cu:Al=1:8 で報告値に近い光学バンドギャップを得た。

③a-C 薄膜 : 薄膜の低抵抗化および光導電性改善のため、a-C への Ti ドーピングを行った。スパッタ法により、焼結グラファイトターゲット上に Ti チップを置いて Ti ドープ a-C を作製した。ノンドープ試料では高抵抗で光伝導性が不明であったが、Ti ドープ試料では 3 桁以上導電率が向上し光伝導性を観察した。

(横井秀樹) 光集積回路、ナノカーボン集積、ファイバーセンサ

電力消費が少ない光配線技術のさらなる高機能化、高集積化を目的として、波長多重通信用光マルチプレクサ、導波路型光非相反素子に関する研究を行った。光マルチプレクサに関する研究では、FDTD 法を用いて素子を構成する MMI カプラ、交差光導波路を設計し、光波の伝搬特性を明らかにした。光非相反素子に関する研究では、超音速フリージェット PVD 法を用いて Si 基板上に磁気光学導波路を製作した。局所的な成膜により、素子を構成する干渉計の一方の導波路のみに上クラッド層として磁性ガーネットを有する構造を提案した。ナノカーボンの光デバイス応用の可能性検討を上野研究員と開始した。

(前多正) 電波エネルギーハーベスト

昨年度設計した、抵抗圧縮回路を利用した地デジ(500MHz 帯)及び、無線 LAN(2.4GHz 帯)のデュアルバンド環境電波エネルギーハーベスト回路の検討で、整流回路のリアクタンス成分が変動すると、整合条件が大きく変化してしまうことを明らかにした。この問題に対応して整合条件を維持できる、インピーダンス圧縮(ICN : Impedance Compression Network)を用いた整合回路を設計し、プリント基板上に実装・評価して、基本動作を確認した。(Fig. 7)

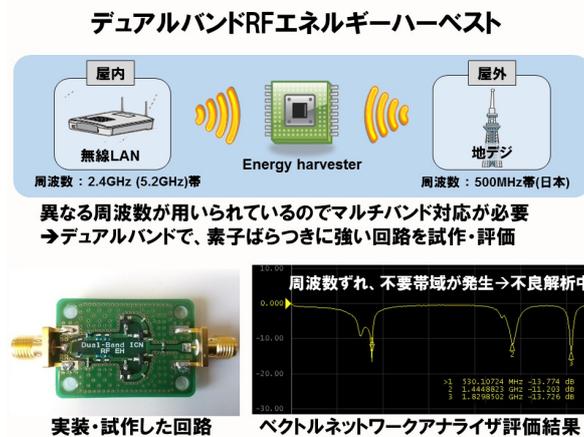


Fig. 7. 2 種類の電波を使ったエネルギーハーベスト技術.

(田中慎一) 高効率レクテナ素子、左手系小型高周波デバイス

次世代移動体システム向け高効率・広帯域 GaN 増幅器

近年注目されている連続 F 級動作増幅器を実現するため、左手/右手系複合 (CRLH) 線路を用いる独自の回路を提案し、実験で基本性能を実証した。連続 F 級動作は周波数が変わっても連続して高調波処理の効果を持続させる技術だが、回路が大型化する上、高調波処理の精度に難があった。今回、我々が提案してきた 1 ポート型の CRLH 線路を応用することで、これらの課題を克服することを示した。1.8-2.2GHz の周波数帯で F 級動作をする 10W 出力の GaN FET 高効率増幅器を設計し、小型化を実現した整合回路については実験とシミュレーションの良い一致を見た。

一方、連続 F 級増幅器の設計手法についても理論的な考察を行った。FET が理想素子であるならば連続 F 級動作の理論をそのまま適用すれば増幅器の設計が可能になるが、実際には存在する寄生成分の外から理論的な負荷インピーダンスを与えても所望の動作は得られない。そこで寄生成分が真性 FET から見える負荷インピーダンスにどのような影響を与えるということを考慮しながら設計する手法を提案した。

エネルギーハーベスト向けマイクロ波整流器

将来において活用が期待される環境電波は、都市部を中心に全体としての資源は豊富であるものの、整流器が受信できる電波は微弱であるため整流が困難である。その主な原因の一つとして、整流器への入力信号が有限の値をもつダイオードの閾値電圧を超えられないことが挙げられる。今回、FET と誘導コイルを組み合わせることで、交流動作においてゼロ閾値電圧の動的 I-V 特性を有するダイオードを実現した。シミュレーションでは整流器の最小入力電力として -30dBm を確認した。今後、さらに改良を加えて実験で効果を確認していく予定である。

(宇佐美公良) 低消費電力 LSI、不揮発メモリ

電源を切っても記憶内容を保持できる磁気素子 (Magnetic Tunnel Junction, MTJ) を半導体チップ内の記憶回路 (SRAM) に組み込み、読出し/書込みの高速動作を維持しつつ低消費電力化を達成できる不揮発性記憶回路を考案し、回路設計を行った。MTJ を用いる不揮発性記憶回路として MRAM が有名であるが、MRAM では通常動作時にも毎回 MTJ に書込んで記憶するため、書込み動作の速度を上げられない欠点があった。これに対し、本提案の回路 (Fig.8) では SRAM セルに MTJ 素子を付加し、通常動作では MTJ には書込みを行わず SRAM セルのみに書込みを行い、電源遮断の前だけ MTJ に書込みを行う点が特徴である。これにより、通常動作では高速な読出し/書込みが行える。さらに、MTJ への書込み (ストア動作) に大きなエネルギーを消費することが課題であったため、「MTJ の記憶されている値とこれからストアしようとしている値が同じであれば、そのビットではストアを行う必要が無い

のでストア動作を行わない」という Data Aware Store (DAS) 回路を考案し、上記回路に組み込んだ。回路シミュレーションにより評価した結果、従来方式に比べ DAS 機能により、ストア時の消費エネルギーを最大で 58%低減できることが明らかになった (Fig.9)。データの変化が少なければ少ないほど (即ちデータ反転率が低いほど)、消費エネルギーが低減できる。本研究成果を、電子情報通信学会／情報処理学会共催の研究会で 12 月に修士 2 年の学生が発表し、優秀発表賞を受賞した。さらに、この回路構造と制御方式を特許提案し、9 月に出願済である。

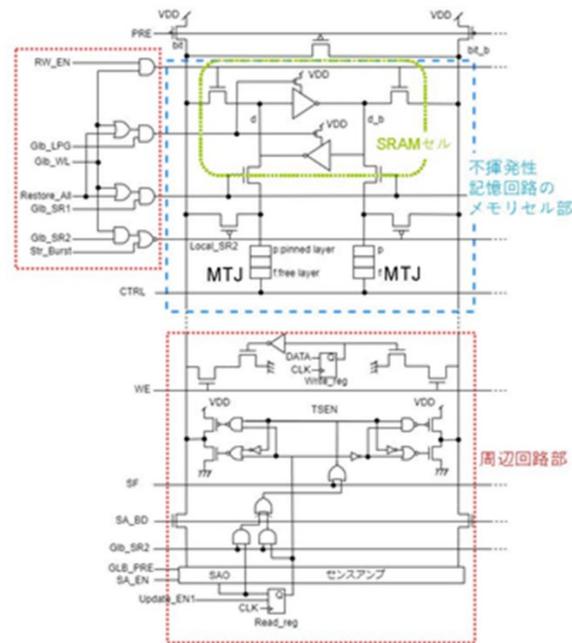


Fig. 8. 提案する不揮発性記憶回路の構造.

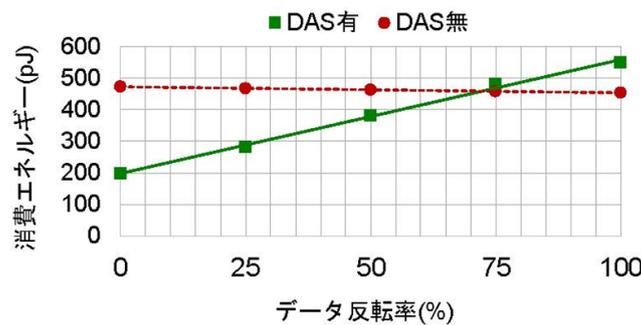


Fig. 9. 提案する不揮発性記憶回路のストア時の消費エネルギー評価結果 (シミュレーション)

C 研究発表等の状況 (今年度のものを記載)

【雑誌論文】 (査読有)

1. E. Ketsombun, K. Ueno, "Optimization of MoCl₅ intercalation for low-resistance and low-damage exfoliated highly oriented pyrolytic graphite", *Microelec. Eng.* 252 (2022) 111666.
2. P. Gomasang, S. Nakajima, K. Ueno, "Nitrogen-doped amorphous carbon coating on copper pads for direct wire bonding with a long-term humidity reliability", *Jpn. J. Appl. Phys.* 60, SCCD03. (2021).
3. K. Deva Arun Kumar, Paolo Mele, Prashanth Murahari, Ahmed A. Abdeltawab, Sayed Z. Mohammady, Mohd Ubaidullah, Mohammad Shahzad Samdani, S. AlFaify, "Enhancement of performance of Ga incorporated ZnO UV photodetectors prepared by simplified two step chemical solution process" *Sensors and Actuators A*, 333 (2022) 113217
<https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113217>
4. Karuppiyah Deva Arun Kumar, Paolo Mele, Sergii Golovynskyi, Aslam Khan, Ahmed M El-Toni, Anees A Ansari, Ravindra K Gupta, Hamid Ghaithan, S. AlFaify, Prashantha Murahari, "Insight into Al doping effect on photodetector performance of CdS and CdS: Mg films prepared by self-controlled nebulizer spray technique" *J. of Alloys and Comp.* 892 (2022) 160801 <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.160801>
5. Giovanna Latronico, Saurabh Singh, Paolo Mele, Abdalla Darwish, Sergey Sarkisov, Sian Wei Pan, Yukihiro Kawamura, Chihiro Sekine, Takahiro Baba, Takao Mori, Tsunehiro Takeuchi, Ataru Ichinose, Simeon Wilson, "Synthesis and characterization of Al-and SnO₂-doped ZnO thermoelectric thin films" *Materials* 14 (2021) 6929
<https://doi.org/10.3390/ma14226929>
6. Giovanna Latronico, Paolo Mele, Cristina Artini, Pietro Manfrinetti, Sian Wei Pan, Yukihiro Kawamura, Chihiro Sekine, Saurabh Singh, Tsunehiro Takeuchi, Takahiro Baba, Cédric Bourgès, Takao Mori, "Investigation on the Power Factor of Skutterudite Sm_y(Fe_xNi_{1-x})₄Sb₁₂ Thin Films: Effects of Deposition and Annealing Temperature" *Materials* 14 (2021) 5773
<https://doi.org/10.3390/ma14195773>.
7. Veeraswamy Yaragani, Kamatam Hari Prasad, Karuppiyah Deva Arun Kumar, Paolo Mele, Arulanandam Jegatha Christy, Kugalur Venkidusamy Gunavathy, Sultan Alomairy, Mohammed Sultan Al-Buriah, "Structural, Magnetic and Gas Sensing Activity of Pure and Cr Doped In₂O₃ Thin Films

Grown by Pulsed Laser Deposition” Coatings 11 (2021) 588

<https://doi.org/10.3390/coatings11050588>.

8. H.A.Eivari, Z.Sohbatzadeh, P.Mele, M.H.N.Assadi, “Low Thermal Conductivity: Fundamentals and Theoretical Aspects in Thermoelectric Applications” Mat. Today Energy 21 (2021) 100744 <https://doi.org/10.1016/j.mtener.2021.100744> .
9. Anitha, M.; Deva Arun Kumar, K.; Mele, P.; Anitha, N.; Saravanakumar, K.; Sayed, M.A.; Ali, A.M.; Amalraj, L. “Synthesis and Properties of p-Si/n-Cd_{1-x}Ag_xO Heterostructure for Transparent Photodiode Devices” Coatings 11 (2021) 425. <https://doi.org/10.3390/coatings11040425> .
10. Karuppiyah Deva Arun Kumar, Paolo Mele, M Anitha, S Varadharajaperumal, Devarajan Alagarasan, Norah S Alhokbany, Tansir Ahamad and Saad M Alshehri, “Simplified chemical processed Cd_{1-x}Al_xS thin films for high-performance photodetector applications” J. Phys.: Condens. Matter 33 (2021) 195901 <https://doi.org/10.1088/1361-648X/abf199>
11. Rapaka S C Bose, Dilip K M, Paolo Mele, K Ramesh, “Role of Grain-alignment and Oxide-impurity on Thermoelectric properties of Textured n-type Bi-Te-Se Alloy” J. Phys. D: Appl. Phys., 54 (2021) 235503 <https://doi.org/10.1088/1361-6463/abeb3e>
12. Cristina Artini, Alessandro Cingolani, Fabrizio Valenza, Umberto Anselmi-Tamburini, Giovanna Latronico, Paolo Mele, “Effect of the sintering pressure on structure and microstructure of the filled skutterudite Sm_y(Fe_xNi_{1-x})₄Sb₁₂ (x= 0.50-0.80, y= 0.17-0.55)” Mater. Res. Bull. 139 (2021) 111261, <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2021.111261>
13. K. Haunsbhavi, K. Deva Arun Kumar, P. Mele, O. M Aldossary, M. Ubaidullah, H.M. Mahesh, P. Murahari, B. Angadi, “Pseudo n-type behaviour of nickel oxide thin film at room temperature towards ammonia sensing”, Ceramics International 47 (2021) 13693 <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.01.23>.
14. K. Deva Arun Kumar, D. K. Meena, R. S.C. Bose, R. Meena, P. Murahari, P. Mele, K. Ramesh, “Optical and thermoelectric properties of Sb₂Te₃/ZnTe nanostructured composites” J. of Alloys and Compd. 865 (2021) 158621 <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.158621>
15. Sai Srikanth Arvapalli, Muralidhar M, Pinmangkorn S, Jirsa M and Murakami M, Superconducting properties of sintered bulk MgB₂ prepared from hexane-mediated high-energy-ultra-sonicated boron, Materials Science

- and Engineering: B, Vol. 265, 115030, 2021. (IF – 4.051) (peer-reviewed)
16. Sai Srikanth Arvapalli, Muralidhar M, Jirsa M, Saki N and Murakami M, Pinning behaviour in bulk MgB₂ prepared using boron powder refined via high-energy-ultrasonication, Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, Vol. 34, pp. 1297–1301, 2021. (IF – 1.506) (peer-reviewed)
 17. Muralidhar Miryala, Sai Srikanth Arvapalli, Naomichi Sakai, Masato Murakami, Hidehiko Mochizuki, Tomoyuki Naito, Hiroyuki Fujshiro, Milos Jirsa, Akira Murakami, Jacques Noudem, Complex pulse magnetization process and mechanical properties of spark plasma sintered bulk MgB₂, Materials Science and Engineering: B, Vol. 273, 115390 (10pp) 2021. (IF – 4.051) (peer-reviewed)
 18. Pinmangkorn S, Miryala M, Sai Srikanth Arvapalli, Tetsuo O, Jirsa M, Saki N and Murakami M, (Gd,Y,Er)Ba₂Cu₃O_y bulk superconducting system processed via infiltration growth, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 881, 160535, 202. (IF – 5.316) (peer-reviewed)
 19. P. C. Sherrell, M. Fronzi* (co-first author), N. A. Shepelin, A. Corletto, D. A. Winkler, M. J. Ford, J. G. Shapter, A. V. Ellis “A Bright Future for Engineering 2D Crystal Piezoelectricity” Chem Soc Rev, DOI: 10.1039/D1CS00844G (2022)
 20. M. N. Assadi, M. Fronzi, D. A. H. Hanaor “Unusual Ferrimagnetic Ground State in Rhenium Ferrite” Eur Phys J Plus 137(1), 1-10 (2022)
 21. M. Fronzi*, O. Isayev, D. A. Winkler J. G. Shapter, A. V. Ellis, P. C. Sherrell, N. A. Shepelin, Al. Corletto, and M. J. Ford “Active learning in Bayesian neural networks for the bandgap predictions of novel Van der Waals heterostructures ” Adv Int Sys 2100080, 1-7 (2021)
 22. M. D. Umar, K. Ishida, R. Murayama, D. P. Sari, U. Widayaiswari, M. Fronzi, I. Watanabe, and M. Iwasaki “Muon-spin Motion at the Crossover Regime between Gaussian and Lorentzian Distribution of Magnetic Fields” Prog Theor Exp Phys, 083I01, 1-17 (2021)
 23. Y. Xu, X. Xu, N. Cao, X. Wang, X. Liu, M. Fronzi*, L. Bi “Perovskite ceramic oxide as an efficient electrocatalyst for nitrogen fixation” Int J Hydrog 46(17), 10293-10302 (2021)
 24. X. Xu, J. Ma, Y. Yin, N. Cao, M. Fronzi, M. J. Ford, X. Wang, L. Bi “Tailoring electronic structure of perovskite cathode for proton-conducting solid oxide fuel cells with high performance” J Power Sources 489, 229486 (2021)
 25. Murakami, T., Kuwajima, Y., Wiranata, A., Minaminosono, A., **Shigemune, H.**, Mao, Z., & Maeda, S. (2021). A DIY Fabrication Approach for Ultra-Thin

Focus-Tunable Liquid Lens Using Electrohydrodynamic Pump. *Micromachines*, 12(12), 1452.

26. Takuya Taniguchi, Kazuki Ishizaki, Daisuke Takagi, Kazuki Nishimura, **Hiroki Shigemune**, Masahiro Kuramochi, Yuji Sasaki, Hideko Koshima, and Toru Asahi, (2021), Superelasticity of a photo-actuating chiral salicylideneamine crystal, *Communications Chemistry*, in press.
27. Kamiyauchi, S., Yokoyama, Y., Kuwajima, Y., Seki, Y., Awaki, S., Maeda, S., & **Shigemune, H.** (2021). Fabrication of Soft and Wearable Electrostatic Generator Based on Streaming Electrification. *Advanced Intelligent Systems*, 2100131.
28. **Shigemune, H.**, Pradidarcheep, K., Kuwajima, Y., Seki, Y., Maeda, S., & Cacucciolo, V. (2021). Wireless Electrohydrodynamic Actuators for Propulsion and Positioning of Miniaturized Floating Robots. *Advanced Intelligent Systems*, 2100004.
29. Minaminosono, A., **Shigemune, H.**, Murakami, T., & Maeda, S. (2021). Untethered rotational system with a stacked dielectric elastomer actuator. *Smart Materials and Structures*, 30(6), 065007.
30. N. Sunthornpan, K. Kimura and K. Kyuno, "Crystallization of Ge Thin Films by Au-Induced Layer Exchange: Effect of Au Layer Thickness on Ge Crystal Orientation", *Jpn. J. Appl. Phys.* (accepted)

【雑誌論文】（査読無）

1. Paolo Mele, "Conference Report: The 2nd Virtual Conference on Thermoelectrics (VCT2021)" *Journal of Thermoelectric Society of Japan*, January 2022
2. Sai Srikanth Arvapalli, Muralidhar M, Saki N, Murakami and Jirsa M, Quick boron ultra-sonic refinement in distilled water for a cheap and mass production of enhanced bulk MgB₂, SSRN, 3967332, 2022.
3. 田中慎一「右手/左手系複合線路を用いるマイクロ波電力増幅器の高効率化技術」(特集記事) *エレクトロニクス実装学会誌* Vol.24, No.5, 2021.
4. 上野和良「ナノカーボンのインダクタおよびメタライゼーションへの応用」*エレクトロニクス実装学会誌* Vol.24, No.5, 2021, p.410.

【図書】(Review articles)

1. "Fabrication of (Nd_{0.33}Eu_{0.33}Gd_{0.33})Ba₂Cu₃O_y Superconducting Thin Films by Pulsed Laser Ablation of Melt-Textured Targets" S. J. Singh, M. Miryala

and P. Mele, Chapter 10 in “Surfaces and Interfaces of Metal Oxide Thin Films, Multilayers, Nanoparticles and Nano-composites - In Memory of Prof. Dr. Hanns-Ulrich Habermeier”, DOI10.1007/978-3-030-74073-3_10 , Springer 2021

2. “ Surfaces and Interfaces of Metal Oxide Thin Films, Multilayers, Nanoparticles and Nano-composites - In Memory of Prof. Dr. Hanns-Ulrich Habermeier” Editors: Roca, A.G., Mele, P., Kijima-Aoki, H., Fantechi, E., Vejpravova, J.K., Kalbac, M., Kaneko, S., Endo, T., pp. xi -287 Springer Nature (2021) DOI 10.1007/978-3-030-74073-3 ISBN 978-3-030-74073-3. Web site: <https://www.springer.com/gp/book/9783030740726>
3. High T_c Superconducting Technology: Towards Sustainable Development Goals” M. Muralidhar. Jenny Stanford Publishing Pte. Ltd., Singapore, 2021
4. Sai Srikanth Arvapalli, “Ultrasonication-A cost effective way to high J_c bulk MgB_2 ” accepted for the publication at the book entitled “High T_c Superconducting Technology: Towards Sustainable Development Goals” Jenny Stanford Publishing Pte. Ltd., Singapore, 2021, ISBN-13: 978-9814877657.
5. Miryala M, “Development of MgB_2 superconducting super-magnets: Its utilization towards sustainable development goals (SDGs)” accepted for the publication at the book entitled “High T_c Superconducting Technology: Towards Sustainable Development Goals” Jenny Stanford Publishing Pvt. Ltd., Singapore, 2021, ISBN-13: 978-9814877657.
6. Quasi 1D Layered $Nb_2Pd_xS_y$ Superconductor for Industrial Applications, Reena Goyal, Masato Murakami, and Muralidhar Miryala, *published at the book entitled “High T_c Superconducting Technology: Towards Sustainable Development Goals”* Jenny Stanford Publishing Pvt. Ltd., Singapore, 2021, pp. 315-338 ISBN-13: 978-9814877657.

【学会発表】

1. R. Hasumi, K.Ueno, “Selective CVD of uniform multilayer graphene on Ni catalyst pattern”, ADMETA Plus 2021, October 2021, 5-4.
2. P. Gomasang, S. Nakajima, K. Ueno, “Thinning of nitrogen-doped amorphous carbon barrier against moisture on a flat copper surface”, ADMETA Plus 2021, October 2021, LN-2.
3. K. Ueno, Invited “Present status and prospect of graphene interconnect applications”, 2021 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Application of

- Advanced Semiconductor Devices (AWAD2021), Aug. 27, B4-1.
4. E. Ketsonbum, T. Akimoto, K. Ueno, "Fabrication of highly doped MLG patterns using selective CVD and MoCl₅ intercalation," 2021 International Interconnect Tech. Conf. (IITC2021), July 2021, PS-1-11.
 5. 松永 健太、秋本 知輝、ケトソンブン エッカフオップ、上野 和良、「ドーブ多層グラフェンを用いたパッチアンテナの作製」、電気化学会 2022 年電気化学春季大会 (2022 年 3 月 15 日ハイブリッド) 1R15.
 6. 時田 純平、上野 和良、「電流印加多層グラフェン CVD の Ni 触媒層における電流の影響」、電気化学会 2022 年電気化学春季大会 (2022 年 3 月 15 日ハイブリッド) 1R16.
 7. 土田 龍太郎、上野 和良、「電流を印加した多層グラフェンの層交換成長」電気化学会 2022 年電気化学春季大会 (2022 年 3 月 15 日ハイブリッド) 1R17.
 8. 中島 駿、上野 和良、「下地 Cu 膜の作製方法による窒素ドーブアモルファスカーボン膜の耐湿バリア性変化」、電気化学会 2021 年電気化学秋季大会 (2021 年 9 月 8 日オンライン) 1I13.
 9. 蓮見 玲乃、上野 和良、「パターン Ni 触媒を用いた多層グラフェンの選択 CVD 成長」、電気化学会 2021 年電気化学秋季大会 (2021 年 9 月 8 日オンライン) 1I04.
 10. 大山 嵩太、 Ekkaphop Ketsombun、上野 和良、「フォトリソグラフィで形成した Ni パターンへの選択 CVD による高濃度ドーブ MLG パターン形成」、第 85 回半導体・集積回路技術シンポジウム講演予稿集 (2021 年 8 月 30 日、31 日 オンライン) P7.
 11. Abdalla M Darwish, Sergey S Sarkisov, Darayas N Patel, Simeon Wilson, Eboni Collins, Paolo Mele, Brent Koplitz, "Quantum cutting organic-inorganic nanocomposites" Photonic Fiber and Crystal Devices: Advances in Materials and Innovations in Device Applications XV 1182606 (2021) doi: 10.1117/12.2594612
 12. Paolo Mele ,"Nanoengineering approach to modulate the thermoelectric properties of Al-doped ZnO thin films", MRM2021, December 13-17 2021, Yokohama, Japan
 13. Paolo Mele, "Nanostructured Oxide Thin Films for Energy Transport and Harvesting", European Research Day 2021, December 7 2021 (online)Patent application
 14. Paolo Mele, "Thermoelectric properties of nanostructured Al-doped ZnO thin films", Alloys and Compounds for Thermoelectric and Solar Cell Applications X, 2022 TMS Annual Meeting & Exhibition (Anaheim Convention Center - US)(online), 1 March 2022

15. Hironori Seki¹, Keiya Kawamura¹, Hidetaka Hayashi², Yasuyuki Ishii³, Nitipon Puttaraksa⁴ and Hiroyuki Nishikawa¹ “Utilizing a photosensitive dry film resist in proton beam writing” ¹ Shibaura Institute of Technology ² NPO Ecodesign Promotion Network ³ Takasaki Advanced Radiation Research Institute ⁴ King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Thailand MNC2021 online and on-demand conference, October 26, 2021
16. 関宏範¹, 林秀臣², 内田諭³, 西川宏之¹ タイトル「水環境中のポリスチレン微粒子の捕集に及ぼす誘電泳動用ピットの影響」¹ 芝浦工業大学、²NPO エコデザイン推進機構、³ 東京都立大学、電気学会 A 部門大会 2021 年 9 月 2 日オンライン
17. Invited: Muralidhar Miryala et al., “Importance of Superconducting Materials in the Endeavour to Stop Climate Changes”, 12th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting Bulk Materials” - PASREG (2021), Shanghai (China).
18. Keynote: Muralidhar Miryala “How Superconducting Materials Can Disrupt Climate Change”, the 12th International Fundamental Science Congress 2021, UPM, Malaysia, August 24-26, 2021.
19. Invited Oral Presentation: Sai Srikanth Arvapalli et al., “Improved properties in sintered MgB₂ bulk superconductors by novel technique”, 12th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting Bulk Materials” - PASREG (2021), Shanghai (China).
20. Oral: Muralidhar Miryala et al., “Superconducting Super-Magnets Compatible with Sustainable Developmental Goals”, The 34th International Symposium on Superconductivity (ISS 2021), Web-based Symposium, Tsukuba (Japan).
21. Oral Presentation: Sai Srikanth Arvapalli et al., “Effect of boron precursor ultra-sonicated in hexane medium on the critical current density of sintered bulk MgB₂” The 34th International Symposium on Superconductivity (ISS 2021), Web-based Symposium, Tsukuba (Japan).
22. Invited: Muralidhar Miryala, “Superconducting Technology and its Significance Towards United Sustainable Development Goals”, VEBLEO-Science, Engineering and Technology, March 20, 2021.
23. Sai Srikanth Arvapalli, Milos Jirsa, Masato Murakami, Muralidhar M, Effect of boron precursor ultra-sonicated in hexane medium on the critical current density of sintered bulk MgB₂, Journal of Physics: Conference Series, 2022. (Under review)
24. 阿部圭太、桑島悠、松本睦希、重宗宏毅「発光したワイヤレス LED の電流流体現象による自律位置制御」電気情報通信学会 2022 年総合大会 2022-03-15 (発表)

予定)

25. 西村一紀、細矢直基、重宗宏毅 「動作認識を目的とした帯電物体表面電位と人体表面電位の関係調査」、電気情報通信学会 2022 年総合大会 2022-03-15 (発表予定)
26. 上野 聡司、重宗宏毅、「帯電物体を用いた非接触型動作検出システムにおける特微量選択が与える影響」、情報処理学会 第 84 回全国大会 2022-03-03 (発表予定)
27. 星野大地、重宗宏毅、「動作認識を目的とした帯電物体表面電位と人体表面電位の関係調査」、情報処理学会 第 84 回全国大会 2022-03-03 (発表予定)
28. 深津侑希、Vito Cacucciolo、重宗宏毅、「印刷パターンによる剛柔さを併せ持つ波状自己強化構造の解析」、第 22 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2021-12-15、2E1-04
29. Hiroki Shigemune, “Origami Mechatronics Composed of a Self-folded Paper” 2021 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science、(招待講演)
30. 重宗宏毅、「紙の自律構造形成技術にて作製した折り紙構造体のメカニクス」、Dynamics and Design Conference 2021 (招待講演)
31. 重宗宏毅、「インクジェットプリンタを用いた折り紙メカトロニクス設計法」、一般社団法人日本印刷学会 第 145 回 研究発表会 (招待講演)
32. 阿部 圭太、関 夢太、南之園 彩斗、桑島 悠、前田 真吾、重宗 宏毅 (芝浦工大)、「電気流体现象による物体位置制御の低電圧駆動」ROBOMECH2021 in Osaka 2021-06-29
33. 上谷内 翔太、横山優希、桑島悠、関夢太、栗木理志、前田真吾、重宗宏毅 (芝浦工大)「帯電現象を利用した発電システムの提案」、ROBOMECH2021 in Osaka 2021-06-29
34. 西村 一紀(芝浦工大)、山田 賢杜、岩名 紘基、澤田 秀之 (早大)、重宗 宏毅 (芝浦工大)「形状記憶合金ワイヤスピーカーの開発に向けた予歪み付加方法の検討」、ROBOMECH2021 in Osaka 2021-06-29
35. 星野 大地 (芝浦工大)、武者 茜 (早大)、西村 一紀 (芝浦工大)、澤田 秀之 (早大)、重宗 宏毅 (芝浦工大)「画像解析を用いた切り紙 Physical Reservoir Computing の検討」、ROBOMECH2021 in Osaka 2021-06-29
36. 上野 聡司 (芝浦工大)、平野 夢得、澤田 秀之 (早大)、重宗宏毅 (芝浦工大)「動作認識を目的とした帯電物体表面電位と人体表面電位の関係調査」、情報処理学会 第 83 回全国大会 2021-03-19
37. 森脇 航 (芝浦工大)、重宗宏毅 (芝浦工大)、「紙の自律構造形成メカニズムにおけるインク浸透の観察と評価」、情報処理学会 第 83 回全国大会 2021-03-19

38. N. Sunthornpan, N. Tezuka, K. Kimura and K. Kyuno, "In-situ observation of low-temperature crystallization process of germanium thin films by gold-induced layer exchange", The 8th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2021), June 1-3, 2021.
39. N. Sunthornpan, K. Kimura and K. Kyuno, "Controlling the Morphology of Ge Thin Films Crystallized by Gold-Induced Layer Exchange at Low Temperature (220°C)", International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2021), September 6-9, 2021.
40. N. Sunthornpan, K. Kimura and K. Kyuno, "Influence of Gold Layer Thickness on the Metal-Induced Crystallization Behavior of Ge Thin Films", The 67th American Vacuum Society Symposium (AVS 67), October 25-28, 2021.
41. N. Sunthornpan, K. Kimura and K. Kyuno, "Low Temperature Crystallization of Ge Thin Films for Channel Layers of Thin-Film Transistors by Gold-Induced Layer Exchange", Materials Research Society Fall Meeting & Exhibit (MRS 2021), December 6-8, 2021.
42. 成島, 伊勢, 川合, 石川, "MOCVD 堆積 CuO 薄膜のポストアニール処理による電気抵抗低減", 2021 年第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 13a-S203-6 (2021).
43. 道野司, 横井秀樹, 湯本敦史, "超音速フリーズジェット PVD 法による Si 導波層を有する磁気光学導波路の製作": 第 82 回応用物理学会学術講演会, 11a-N207-1, September 2021.
44. 辻, 平出, 前多 「光・無線ハイブリッドエネルギーハーベスト回路の検討」、2021 年電子情報通信学会ソサイエティ大会、C-12-2、p.38。
45. 深谷, 平出, 前多, 「インピーダンス圧縮回路を用いたデュアルバンド 無線エネルギーハーベストの検討」、2021 年電子情報通信学会ソサイエティ大会、C-12-4、p40。
46. 辻, 前多, 「0.18 μ m MOS を用いた低消費電力反射型増幅回路の設計」、2021 年電子情報通信学会ソサイエティ大会、C-12-22、p.58。
47. S. Tanaka and N. Iisaka, "A 2-GHz 79%-PAE Power Amplifier with a Novel Harmonic Tuning Circuit Using Only CRLH TLs" European Microwave Conference (EuMC 2021)
48. 辻, 田中: 「CRLH 線路を用いる連続 F 級モード電力増幅器の検討」電子情報通信学会ソサイエティ大会 (C-2-7 9 月 14 日 口頭発表)
49. 辻, 田中: 「1 ポート CRLH 線路を用いる 1.8-2.2GHz 帯連続 F 級増幅器の設計」電子情報通信学会総合大会 (3 月口頭発表予定)
50. 青沼, 田中: 「FET 寄生成分を考慮した連続 J 級増幅器の設計方法に関する検討」電子情報通信学会総合大会 (3 月口頭発表予定)

51. 川島, 田中: 「1 ポート CRLH 線路を用いる広帯域・高効率逆 E 級増幅器の検討」電子情報通信学会総合大会 (3 月口頭発表予定)
52. 梶江, 田中: 「誘導ゲート駆動 FET を用いるゼロ閾値電圧ダイオード」電子情報通信学会総合大会 (3 月口頭発表予定)
53. 宮内陽里, 宇佐美公良, “データウェア・ストア機能を持つ MTJ ベース不揮発性 SRAM 回路の提案と評価”, 電子情報通信学会/情報処理学会共催研究会 (デザインガイア), 信学技報 VLD2021-19(2021-12), 2021 年 12 月 1 日発表.

【参考】投稿済み

1. S. Tanaka, H. Hirotsuka, T. Suzuki, “2-GHz Class-E Power Amplifier with Enhanced PAE Bandwidth Using Compact CRLH-TL Harmonic Tuning Circuit (Invited),” submitted to IEICE Transaction on Electronics, 2022.
2. H. Seki, K. Kawamura, H. Hayashi, Y. Ishii, N. Puttaraksa, H. Nishikawa " Utilizing a photosensitive dry film resist in proton beam writing ", Jpn. J. Appl. Phys. 29-Nov-2021 投稿

【特許等出願】

1. (意匠) 紙性緩衝材、重宗宏毅、前田真吾、細矢直基、安藤元輝、芝浦工業大学
2. (特許) 緩衝材、水性媒体付き緩衝材展開体、及び緩衝材の製造方法、特願 2021-070566 号、2021 年 4 月 19 日、重宗宏毅、前田真吾、細矢直基、安藤元輝、芝浦工業大学
3. (特許) 紙含有立体構造体を作製するための塗布型容器及び塗布型容器セットとそれを用いた紙含有立体構造体の製造方法」、特願 2021-042407 号、芝浦工業大学、株式会社マルアイ
4. 特願 2021-148090 「不揮発性メモリ回路」(発明者: 宇佐美公良, 出願日: 2021 年 9 月 10 日) .

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テ マ	共同研究 先	研究費 (千円)
1	IRCGE, Innovative Global Program	Paolo Mele	Out-of-the- grid powered thermoelectri c modules for volcanic sensors	Prof. Fronzi, Prof. Usami (IRCGE)	5,000 for FY2022~2 024 (tentative)

2	電子工学科	上野和良	グラフェン RF デバイス	田中愼一 前多正	5,000 for 2022 ~ 2024 (tentative)
3	University of Technology Sydney	Marco Fronzi	Novel vdW structures for energy conversion application s	Mike Ford	0
4	電気工学科	重宗宏毅	青果物の選別 省力化に向け たウェアラブル デバイスと 包装容器	国立研究 開発法人 農業・食 品産業技 術総合研 究機構	0
5	電気工学科	重宗宏毅	フレキシブル な医療機器の 設計開発	国立研究 開発法人 産業技術 総合研究 所	0
6	電気工学科	重宗宏毅	展開可能折り 紙スピーカー の開発	早稲田大 学	1100
7	電気工学科	重宗宏毅	紙の自律構造 形成技術のため の塗布具の 開発	株式会社 マルアイ	300
8	情報通信工	田中愼一	次世代高出力 増幅器のシミュ レーション	国内メー カ	300
9	情報通信工	田中愼一	メタマテリア ル回路を用い るプラズマ加 工装置	国内メー カ	500

10	Physics	Prof. Chen, Malaysia	Enhancing the critical current density of MgB ₂	Prof. Miryala Muralidhar	-
11	CRISMAT, CNRS	Prof. Miryala Muralidhar	Development of high-density bulk MgB ₂	Prof. J. Noudem France	Under the Double Degree Program
12	Physics	Prof. Miryala Muralidhar	Characterization of bulk MgB ₂ materials	Prof. S. Baris Turkey	Under Erasmus+ program
13	Institute of Physics	Prof. Miryala Muralidhar	Flux pinning mechanisms on MgB ₂	Prof. M. Jirsa CZ	0

E 外部資金

	学科	学内研究代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	電子工学科	上野和良	デジタルデータの長期保管のための高信頼メモリシステム (高信頼性配線技術)	JST-CREST	800 (研究期間延長)
2	電子工学科	上野和良	電流印加による多層グラフェン固相析出プロセスの低温化と低抵抗化	科学研究費助成事業 日本学術振興会	1,200 (研究期間延長)
3	電子工学科	上野和良	半導体デバイスにおける BEOL 最新技術動向調査	荏原製作所	1,000

4	IGP	P. Mele	「環境調和熱電ハーベスタ実現のための高分子ナノ粒子導入された酸化物薄膜の開発」	Nippon Sheet Glass (NSG) Foundation	1,000 for FY2019~2022
5	IGP	P. Mele	「IoT 用のオールプリント熱電発電機」	Thermal and Electric Energy Technology (TEET) Foundation	1,000 (12/2020 - 12/2021)
6	SIT 総合研究所	関宏範	海洋マイクロプラスチックの表面形態観察と分析によるナノ粒子化の機構解明	日本学術振興会 研究活動スタート支援	3,120 (2年間)
7	電気工学科	重宗宏毅	プリントドスマート緩衝材の開発 (代表)	国立研究開発法人 科学技術振興機構	1,540
8	電気工学科	重宗宏毅	可逆的アクチュエーションによって自律的に駆動する印刷紙ロボットの開発 (代表)	科学研究費助成事業 日本学術振興会	700
9	電気工学科	重宗宏毅	形状記憶合金の高速変態制御による触覚提示と双方向触覚コミュニケーションの実現 (分担)	科学研究費助成事業 日本学術振興会	600
10	電気工学科	重宗宏毅	化学反応に基づく油滴の内部対流を使った自走制御と水上物体搬送への適用	科学研究費助成事業 日本学術振興会	250

			(分担)		
11	電子工学科	横井秀樹	超音速フリージェットPVD法を用いた磁性薄膜集積型光非相反素子の創成	科学研究費助成事業 日本学術振興会	1,300
12	電子工学科	前多正	トリプルバンド無線/光エネルギーのコンカレント・ハイブリッドハーベスト技術の開発	科学研究費助成事業 日本学術振興会	780 (2021年度) (2340千円: 3年間)
13	情報通信工	田中慎一	次世代高効率増幅器に向けたCRLH線路のみで構成される超小型高調波処理回路の実現)	科学研究費助成事業 日本学術振興会	4,030 (令和3年~5年) 令和3年度 780 (直接+間接)
14	情報工学科	宇佐美公良	不揮発性パワーゲーティングを用いた低電力技術	ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)	2,500

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	40 件		査読有 30 査読無 4 図書 6
学会発表	55 件		投稿済 2 件含
特許出願件数	4 件		
共同研究件数	13 件	12,200 千円	
外部資金獲得数	14 件	16,570 千円	
参加学生数	約 50 名程 (内留学生 約 10 名)		論文投稿者、 学会発表者と シンポジウム 参加者見込

参加企業数	7社	共同研究・外部資金の内の企業のみ (公益社団法人、大学も入れるなら+6)
公開イベント数	1件	

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

3

今後の計画

2022年度は、2021年度に具体化した共同研究テーマに取り組む。具体的には、Mele, Fronzi, Usami 研究員による「熱電材料を用いたエネルギーハーベストによるバッテリーフリーIoTデバイス」、上野、田中、前多研究員による「グラフェンを用いた高効率高周波デバイス」等の研究に取り組む。センターでは、熱電、太陽電池、圧電、高周波など様々なエネルギーハーベスト技術や、低消費電力回路、高効率RF回路の研究者が所属しており、その技術融合によって、Fig.10に示すようなバッテリーフリーのIoTデバイスの実現し、さまざまなセンサと融合することで、地球環境のモニターなどへの応用を目指す。また、このようなシステムの鍵となる、環境エネルギーで駆動できる高効率で低消費電力のRF発信器 (Fig. 11) に向けた材料やデバイスを研究する。

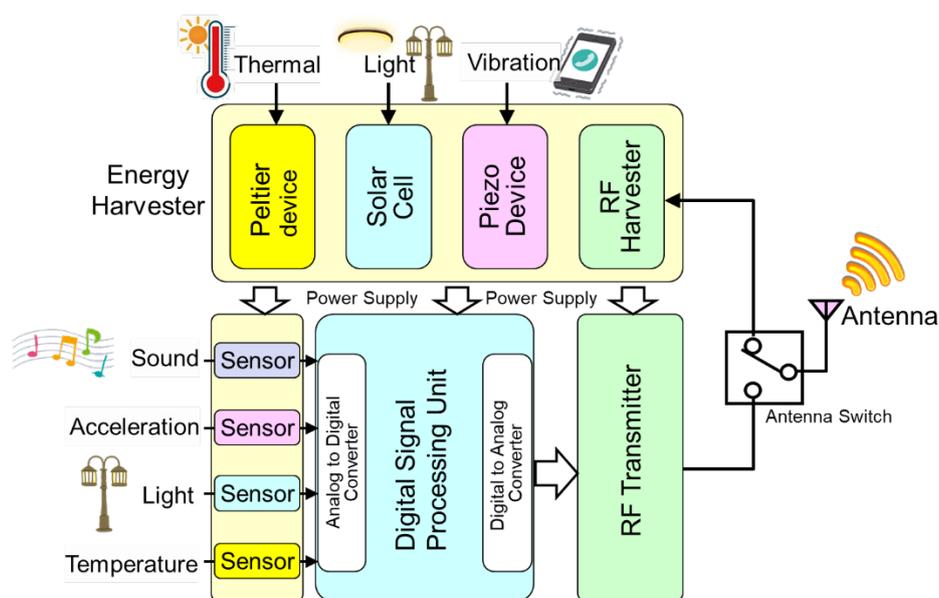


Fig. 10. 種々のエネルギーハーベスト技術によるバッテリーフリーIoTセンサネットワークデバイスのブロックダイアグラム。

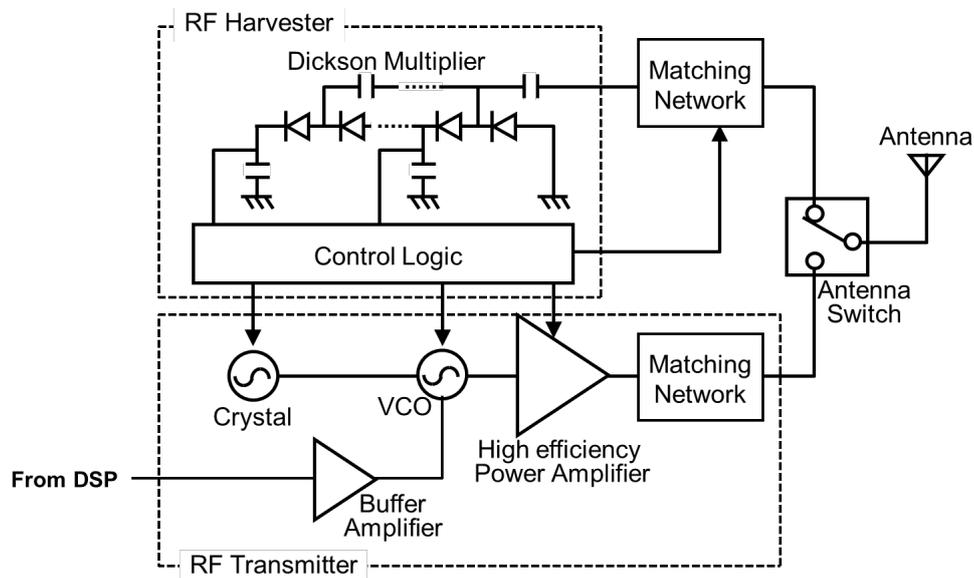


Fig. 11. RF エネルギーハーベスタおよび RF 発信器の構成.

以下に各研究員の計画を示す。

(上野和良)

グラフェンアンテナに関して、グラフェンの作製条件による特性への影響を明らかにし、プロセスの改善によりデバイスの高性能化を検討する。また、現状では触媒の Ni との積層構造になっているため、積層構造の影響について明らかにし、必要があれば Ni 層を除去するプロセスを構築する。さらに、インダクタなど他の RF デバイスへの応用を検討し、田中研究員や前多研究員の RF 回路への適用を目指す。

ナノカーボンの応用として、環境からデバイスを保護するパッシベーション膜（耐湿バリア膜）や抵抗変化素子への応用可能性を検討する。抵抗変化素子では、Mele 研究員と共同して PLD による DLC 薄膜の抵抗変化層の可能性を検証する。また横井研究員と共同して、グラフェンの光デバイス応用の可能性を検討する。

(Paulo Mele)

In AY2022 my research will be devoted to accelerating the wide introduction of thermoelectric devices into society.

I will focus on two directions:

- a) obtain a larger energy conversion performance of novel TE materials ($ZT > 2$, $\eta > 20\%$) to justify large-scale commercialization
- b) work on novel materials composed of widely diffused, cheap, and

environmentally friendly elements.

The extensive adoption of highly efficient and sustainable novel TE materials and harvesters based on them would be hugely beneficial for the realization of a zero-carbon society, realizing the improvement of energy efficiency, the drastic reduction of the overall CO₂ emissions, the extensive adoption of battery- and electric-grid free devices and sensors for IoT, the implementation of wearable electronics, etc.

The compounds predicted by density functional theory (DFT) and machine learning (ML) having high ZT will be prepared in thin films shape by two different techniques:

i) Pulsed laser deposition (PLD) - TE films will be fabricated in a vacuum chamber on a substrate by ablating a dense target which can be prepared in a short time by SPS (spark plasma sintering).

ii) Metal-organic deposition (MOD) - MO solution is spin-coated on the substrates, then converted to films by thermal treatment, and post-annealed.

ZT will be enhanced by the introduction and control of nano-defects of different sizes, working as phonon scatterers. The DFT and ML calculations will be conducted by Prof. Fronzi of IRCGE in the framework of an already well-established collaboration.

In parallel with the discovery and fabrication of n-type and p-type materials, modules based on alternating legs of highly performant n-type and p-type thin films added with nanodefects will be produced by PLD and MOD. At first, 0.5~1 cm² rigid single-crystal substrates will be used. Therefore, I will improve the design of the TE modules by depositing oxide thin films legs on flexible substrates, to harvest heat from surfaces that may assume a variety of shapes (curved, zigzag, irregular, and so on). The goal is to realize an output power density $P = 10 \text{ nW/cm}^2 \sim 100 \text{ }\mu\text{W/cm}^2$ at $T = 300\sim 600 \text{ K}$, superior to current technology and with reduced cost. These modules will be used in the IRCGE joint project with Prof. Fronzi and Prof. Usami.

(Miryala Muralidhar)

Currently we various tasks as our future plans. They are

- We are working on the MgB₂ preparation via ultrasonication of boron in 2-propanol medium, which is underway. We finished the boron ultrasonication and looking forward to characterize it.
- Later this powder will be used to fabricate bulk MgB₂ and further studied.
- Similar studies will be done with other medium, most likely Acetone, a low viscosity medium as well as a high viscosity medium. Currently we are researching to find a suitable high viscosity solvent, as the previous candidate proved to be difficult to handle.

- Parallely, we are going to work on SPS processed MgB₂ bulks as well as search for perfect dopant or combination of them to enhance J_c. On same bulks, we are planning to perform extensive microstructural studies to understand the pinning centers formed during SPS.
- On the other hand, we are also looking forward for enhancing and studying the REBCO bulks by OCMG process combined with IG. Especially finding ways to improve the c-axial growth characteristics, flux pinning, uniformity, etc.,

(Marco Fronzi)

1) The 2D crystals, due to their planar or planar-like structure, form in only two class of symmetry D and C. Therefore, in most cases the piezoelectric properties absent in the z-direction, when considered in their isolated conditions. However, several conventional techniques may induce the monolayers into a non-centre symmetric and with piezoelectric behaviour. These are induced strain, doping, thought ad-hoc stacking configuration of the van der Waals monolayers. The last one being the most interesting on view of the huge number of configurations that is possible by stacking two different monolayers. Considering that at the moment there are more that 6000 known monolayers, theoretically predicted, among which more than 700 thermodynamically stable at ambient conditions, the resulting number of possible combinations is enormous. My research in the next year will be oriented to the discovery of novel vdW layered structures for piezo-electric applications.

2) Thermoelectric (TE) energy harvesting is a promising approach used to convert waste heat into electric energy. This is based on the Seebeck effect, as the electrical current is generated in the direction parallel to the temperature gradient (∇T). However, the main problem with TE devices is the low conversion efficiency, that currently limit their applications. I will focus my research in the application of machine learning models for the discovery of novel exotic materials for thermoelectric conversion.

(関宏範)

数 100 nm~10 μ m のマイクロプラスチックの誘電泳動原理を利用した捕集デバイスについてその捕集ピットサイズの影響、ピット間距離の影響、印加電圧および周波数の影響、捕集する粒子のサイズの影響など定量的に調べる。

河川によるマイクロプラスチックの観察に関しては、水酸化ナトリウム水溶液およびフェントン反応を用いて、有機物の除去を行い、マイクロプラスチックそのものの

観察および、表面分析を行い、ナノ視点からの評価を行う。

ドライレジストフィルムに関しては、陽子線描画装置及び導電性膜を組み合わせ、マイクロプラスチックの捕集デバイスとして活用できることを確認する。

(重宗宏毅)

Since we have developed a method to form low-resistance electrodes on paper substrates, we will be investigating for printing patterns and considering applications as the antennas.

(弓野健太郎)

今後は、結晶化機構の解明に取り組み、結晶化させた Ge 薄膜をチャネル層とした薄膜トランジスタの特性の向上に取り組む。具体的には、移動度、オンオフ比の向上が必要であると考えている。

Au 層と非晶質 Ge 層の厚さの調整により、均一な厚さの結晶 Ge 薄膜を得るための条件は明らかとなりつつあるが、結晶粒のサイズが $1\mu\text{m}$ 以下と非常に小さく、結晶粒のサイズの増加が必要であると考えている。また、オンオフ比の向上には、オフ電流の低減が必要となる。現状、大きなオフ電流が流れてしまうのは不完全な層交換による結晶 Ge 層内への Au の残留によると考えており、これについても結晶化機構を明らかしつつ、改善に努める。

(石川博康)

①酸化物薄膜 (CuO) : 酸素雰囲気での熱処理が低抵抗化に効果があることがわかった。雰囲気ガスや処理温度・時間を変えて最適な条件を調べる。また、低抵抗化のメカニズムを研究する。さらに、 $(\text{Al})\text{ZnO}$ などの n 型酸化物半導体と組み合わせ、太陽電池を試作する。

②酸化物薄膜 (CuAlO_2) : スパッタ法によりストイキオメトリに近い CuAlO_2 薄膜を作製することができた。一方、電気的特性は高抵抗であり、熱起電力が観察されなかった。ドーピングや熱処理により、低抵抗化を試みる。

③a-C 薄膜 : a-C への Ti ドーピングにより低抵抗化し、さらに光導電性を観察することができた。比較対象のノンドーブ試料の光導電性はまだ観察できていない。金属電極を蒸着してギャップセル構造を作製し、光導電性を測定する。また、他の金属材料のドーピングを試み、光導電性を高めることを試みる。

(横井秀樹)

光配線技術のさらなる高機能化、高集積化をめざして、波長多重通信用光マルチプレク

サ、導波路型光非相反素子に関する研究を継続する。光マルチプレクサに関する研究では、FDTD法を用いたMMIカプラの設計において、素子の入出力導波路の構造について検討し、光伝搬損失を低減する。光非相反素子に関する研究では、超音速フリージェットPVD法を用いてSi基板上に磁気光学導波路を製作し、光伝搬損失を評価する。また、導波路型光素子に磁性薄膜を成膜し、光非相反素子と薄膜磁石の一体集積化を目指す。これまでスラブ導波路構造の磁気光学導波路において非相反移相量を計算してきたが、三次元導波路構造の磁気光学導波路における非相反移相量を計算するモデルを構築する。光導波路へのグラフェンの応用を目的として、グラフェンの光学特性を評価する。

(前多正)

2021年度に試作したデュアルバンドエネルギーハーベスト回路の周波数ずれの原因を究明し、修正設計、実証する。加えて対応周波数をトリプルバンドに拡張すると同時に、太陽電池とのハイブリッド動作を実現する。

(田中慎一)

2021年度、シミュレーションで基本性能を確認した「連続F級高調波処理増幅器」および「FETを用いるゼロ閾値ダイオード」を実験で検証する。

(宇佐美公良)

2021年度、回路を考案しシミュレーション評価で有効性を明らかにした不揮発性記憶回路について、来年度はチップ試作を行い、実測にて、動作速度および低消費電力化の効果を評価する計画である。

また、近年IoTの広がりとともに半導体の需要が著しく増大する中、コロナ禍で半導体チップが不足し、正規品に似せた模造品のチップが市場に出回る事態を招いている。対策として正規品を認証するIDをチップに記憶させておく方式では、敵対者にIDのデータを解読されてしまう危険性があるため、当研究室では、IDを記憶せずに、チップの個体ごとに異なる半導体素子の製造ばらつきを個体認証に使うPUF(Physically Unclonable Function)技術の研究を行っている。今年度、リーク電流の製造ばらつきを利用する新しい回路を考案し、基礎的なシミュレーション評価を行った。来年度はこの技術をさらに進め、IoTのセンサーノード向けに超低電圧(0.2V付近)で動作するPUF回路を設計し、Prof. Mele研究室で開発中の温度差発電で動作できるように、超低消費電力のPUF回路の実現を目指す計画である。

以上

添付 1 : 公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	2月25日	第1回グリーンエレクトロニクスシンポジウム	グリーンエレクトロニクス国際研究センター	グリーンエレクトロニクス国際 研究員、学生、 一般	オンライン (zoom)

SIT 総合研究所 研究センター
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 社会システム科学研究センター
2. 研究組織所在地 337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
市川 学	システム理工学部 環境システム学科	准教授

4. プロジェクト参加研究者数 10 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
中井 豊	システム理工学部 電子情報システム学科	社会システム科学	社会システム・計算社会科学
長谷川 浩志	システム理工学部 機械制御システム学科	社会システム科学	最適システム
武藤 正義	システム理工学部 機械制御システム学科	社会システム科学	数理社会学
澤田 英行	システム理工学部 環境システム学科	社会システム科学	建築システム
後藤 裕介	システム理工学部 電子情報システム学科	社会システム科学	経営情報学
Manahan Siallagan	研究所・客員准教授	社会システム科学	経営システム
村田 忠彦	研究所・客員教授	アドバイザー	
高橋 真吾	研究所・客員教授	アドバイザー	
寺野 隆雄	研究所・客員教授	アドバイザー	

6. 研究の概要

A 計画の概要

近年、我が国の社会は、世界に先駆けた少子高齢化、環境問題に由来する自然災害の甚大化、長期低迷する経済・産業活動、国家間のパワーバランスの変化に伴う国際関係の複雑化など、文明史的な大変革期の中にあり、様々なレベルの社会的な諸課題が山積している。一方で、人工知能、IPS細胞、新素材・エネルギー、IoT技術など、多くの革新的な科学技術が生まれつつあり、諸課題の解決の切り札として期待されている。そして、複雑な社会の諸課題の解決は、従来の専門領域における知識・手法だけでは解決が難しいこと多く、革新的技術を活用した分野横断的な取り組みの必要性が長く叫ばれてきた。この難しさの根源には、社会の諸課題の因果構造の複雑化がある。

ところが近年、計算能力の向上を背景にデータサイエンス・シミュレーション技術が飛躍的に発展し、この根源的課題に挑戦しうる具体的な筋道が見え初めてきた。すなわち、

- ① 大規模データとデータサイエンスによる現象（因果）の理解
- ② 因果を組み込んだモデルの構成と未来の予測
- ③ モデルのシミュレーションによる未来のシナリオの作成・政策提言
- ④ 必要に応じてハードウェアを用いたデータ収集

以上の一連の教育研究（社会システム科学）を進め得る環境が整いつつある。

社会システム科学研究センターでは、本学の関連する研究者、特に若手の研究者を中心に、社会システム科学分野の研究をリードする拠点を構築し、分野横断的な社会課題の解決を目指す。また、創世記における社会システム科学の領域において、一定の成果をこれまでに挙げてきた研究者がアドバイザーとして参画することで、次世代の社会システム科学者の育成も行う。

B 成果の概要

社会システム科学研究センター2年目の2021年度は、昨年度から継続する新型コロナウイルス感染症の流行もあり、本センターの中核を担う市川研究室、中井研究室、後藤研究室、長谷川研究室に所属する大学院生・学部生を中心に、社会問題解決に向けたデータ分析、システム構築、シミュレーションによる予期・予測、ハードウェアを用いたデータ収集などの研究を個々に行なった。

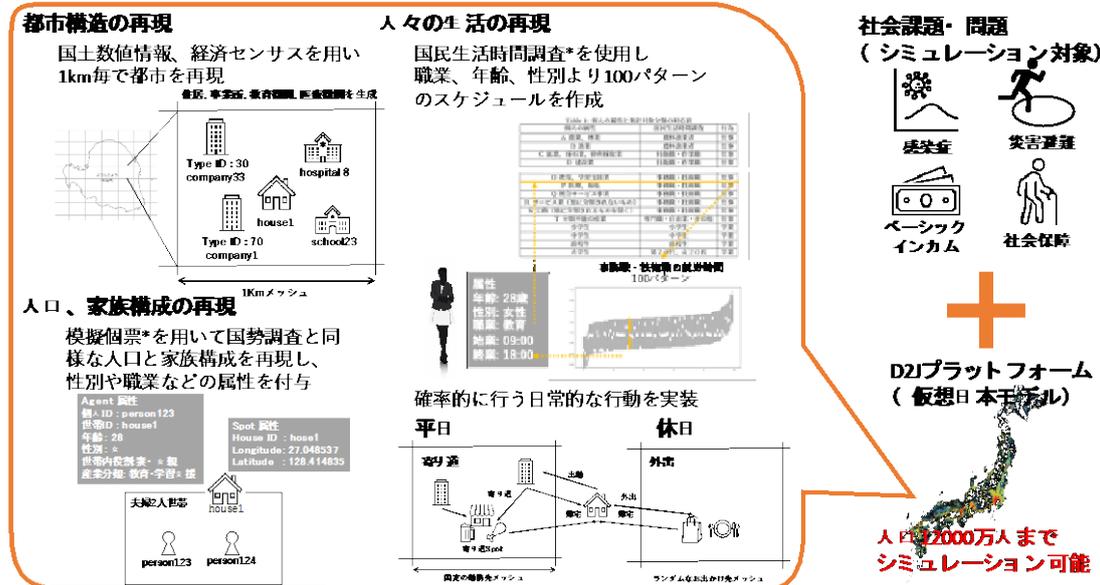
1) 防災

災害時に保健・医療・福祉の領域において被災地で活動する支援チームに対して、被災地の保健・医療・福祉の状況及び需要が可視化されるシステム、災害時保健医療福祉活動支援システム（D24H -Disaster/Digital information system For Health and well-being-）のプロトタイプ（2020年度開発）を用いて、保健・医療・福祉の各研

プラットフォーム名を Digital Twin Japan(D2J)と名づけ、社会シミュレーションにおけるエージェントベースの共通プラットフォームにすべく、1億2千万の人口がうごくシミュレーションモデルの試行を行なった。

D2J(Digital twin Japan)

コア技術(既存技術)



4) その他

本センターに関する研究を下記に列挙する

- エージェントベースモデルによる震災時避難者推計手法の研究
 - 保健・医療の連携及び行政政策のためのゲーミングシミュレーションの設計
 - MaaSに向けたロコミ情報とステークホルダーを考慮した観光ルートの最適化
 - オンラインおよび対面環境で即興教育が行動特性に基づくチームワーク能力に与える影響の比較
 - 住民の不在と時間指定配達を考慮した配送シミュレーションと施策評価
 - ミクロシミュレーションモデルを用いた帰宅困難者シミュレーション
 - 小学生を対象とした理数教材向けゲーミング教材の活用の検討
- など

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】(査読有)

1. Yui Miyagawa, Kayoko H. Murakami, and Hiroshi Hasegawa. Research on the Use of Low-Cost Carriers and Regional Airports: Changing Long Layovers to New Value of Tourism. Journal of Global Tourism Research, International Society for Tourism Research, Vol. 5, No. 1, 2020.04

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgtr/5/1/5_31/_article/-char/ja/

2. 中井豊, 瀧川裕貴, 大谷仁哉, 雨宮俊貴. クラウドファンディングにおける過去の行為が支援獲得に及ぼす影響: 計算社会科学によるクラウドファンディング内部の社会関係資本形成の研究. 数理社会学会, 「理論と方法」 34 巻 2 号 pp.124-137, 2019.8
3. Kondo Yuji, Ichikawa Manabu, Kondo Hisayoshi, Koido Yuichi, Otomo Yasuhiro. Current Disaster Medicine in Japan and the Change Brought by Information Sharing . Journal of Disaster Research 14(2) 292-302 2019 年
4. 小田中悠, 中井豊, 意味世界の計算社会科学的分析に向けて: 社会学におけるトピックモデルの意義の検討. 数理社会学会, 「理論と方法」 34 巻 2 号 pp.68-83, 2019.8
5. 市川学. 医療分野におけるリスクマネジメント 地理情報分析と社会シミュレーション技術を用いた検討 , 計測と制御 57(6) 407-412 2018 年

【雑誌論文】 (査読無)

1. 市川 学, 原田 奈穂子, 近藤 祐史. 「災害医学・医療への先端技術の活用」 避難所ラピッドアセスメントシステムの開発 人工知能を用いた文字認識機能の活用 , Japanese Journal of Disaster Medicine 23(3) 291-291 2019 年 2 月
- 2.

【図書】

- 1.
- 2.

【学会発表】

1. 塚本純也, 市川学. 交通視点における高齢者が生活しやすい都市評価, 第 24 回社会システム部会研究会 2021 年 3 月 7 日
2. 佐藤陽, 市川学. 避難所への食糧物資支援の最適支援方法の選定. 第 24 回社会システム部会研究会 2021 年 3 月 7 日
3. Kanokporn Boonjubut and Hiroshi Hasegawa. Multivariate Time Series Analysis Using Recurrent Neural Network to Predict Bike-Sharing Demand. Smart Transportation Systems 2020, Proceedings of 3rd KES-STIS International Symposium, Smart Innovation, Systems and Technologies Vol. 185, Springer, 2020.06
4. 嶋直紀, 松井陽太郎, 市川学. 国内の COVID-19 感染シミュレーション. 第 24 回社会システム部会研究会, 2021 年 3 月発表予定.
5. 松井陽太郎, 嶋直紀, 渡邊康平, 市川学. SOARS Toolkit を用いた社会シミュレーションプラットフォームの構築. 第 24 回社会システム部会研究会, 2021 年 3 月発表予定.
6. 渡邊康平, 小田中悠, 中井豊, 市川学. エージェントベースモデルによる避難行

- 動シミュレータの構築. 第 24 回社会システム部会研究会, 2021 年 3 月発表予定.
7. 関海斗, 中井豊. 在宅勤務就業者数予測マップの作成. 第 24 回社会システム部会研究会, 2021 年 3 月発表予定.
 8. 山中宏幸, 田口尚樹, 中井豊. ベイジアンネットワークを用いた高齢者の社会参加の因果関係の探索. 第 24 回社会システム部会研究会, 2021 年 3 月発表予定.
 9. 高田晃大, 山中宏幸, 中井豊. 高齢者の社会参加予測マップの作成. 第 24 回社会システム部会研究会, 2021 年 3 月発表予定.
 10. 濱田咲紀, 市川学. 局所的空間における感染シミュレーション. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, GS1-4-1.
 11. 渡邊康平, 佐藤陽, 小田中悠, 中井豊, 市川学. エージェントベースモデルによる避難行動シミュレータの構築と避難者推計への活用. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, GS6-2-2.
 12. 松井陽太郎, 嶋直紀, 小田中悠, 市川学. 感染症まん延時の行動変容を加味した感染症シミュレーションの構築. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, GS6-2-6.
 13. 塚本純也, 中村和希, 藤田楓, 市川学. マクロとミクロの視点からみる都市評価指標. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, GS6-3-3.
 14. 小野功, 市川学, 出口弘. 大規模エージェントベースシミュレーションのための SOARS Toolkit の提案. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会, GS6-4-5.
 15. 市川学, 中井豊. 大阪市浄水場におけるビックデータの解析-水質の異常 検知と影響予測-. 第 79 回日本公衆衛生学会総会, C2-4-3, p.192.
 16. 渡邊康平, 佐藤陽, 小田中悠, 中井豊, 市川学. 災害発生時の避難行動に影響を与える要因に関する調査. 第 79 回日本公衆衛生学会総会, O-13-2-3, p.275.
 17. 松井陽太郎, 嶋直紀, 小田中悠, 市川学. 感染症まん延時の予防行動選択に影響する要因の整理. 第 79 回日本公衆衛生学会総会, O-13-2-4, p.276.
 18. 夏目恵子, 市川学, 岡田まゆみ. 保健所プロジェクトチームによる災害対応訓練の実践報告. 第 79 回日本公衆衛生学会総会, P-13-3-6, p.438.
 19. 鈴木隆介, 鈴木啓太, 長谷川浩志. MaaS に向けたステークホルダー顧客ニーズを考慮した観光ルート最適化. 日本計算工学会 第 25 回日本計算工学講演会, 2020.06
 20. 田口尚樹, 中井 豊. オープンデータを用いた医療機関単位での医療需要のベイズ推計. 第 23 回社会システム部会研究会.
 21. 山中宏幸, 中井豊. 高齢者の社会参加モデル構築による地域社会と政策の評価. 第 23 回社会システム部会研究会

22. 関海斗, 中井豊. テレワーク就業推計マップの作成構想. 第23回社会システム部会研究会

23. 鈴木貴洋, 中井豊. テキストマイニングによる感染症予防アプリ COCOA の普及課題の検討. 第23回社会システム部会研究会

24. Yutaka NAKAI, Hiroki TAKIKAWA. “Buddy Effect to Facilitate Backings in Crowdfunding.” *Workshop “The Incentive System in the Moral AI society”, The 52nd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-52)*, Grand Wailea, Hawaii, USA. 2019.1

25. Yutaka NAKAI, Hiroki TAKIKAWA. “Triadic Social Structure Facilitates Backing for Crowdfunding Projects.” *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2018*, Seattle, USA, No 8621987, P4346-4351. 2018.12

【特許等出願】

- 1.
- 2.

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	環境システム学科	市川学	移動体の可視化に関する研究	株式会社 IP-NET	300
2	環境システム学科	市川学	地域包括ケアシステムに関する研究	地域医療振興協会	2000

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	環境システム学科	市川学	戦略的イノベーション創造プログラム	内閣府	50000
2	環境システム学科 電子情報システム学科	市川学 後藤裕介	未来社会創造事業	JST	3000

F 評価指標の集計

	件数（金額）		備考
論文数	6件		
特許出願件数	件		
共同研究件数	2件	2300千円	
外部資金獲得数	2件	53000千円	
参加学生数	約40名（内留学生名）		
参加企業数	5社		
公開イベント数	件		

G 研究の達成率（1（低）～5（高））

3

今後の計画

1) 短期的目標

2021年度も引き続き新型コロナウイルス感染症の流行もあり、参画する研究者ごとに社会システム科学の枠組みの中で研究活動を行なった。2022年度は、複数研究者が参画する研究課題を開始することを目標とする。また、社会システム科学研究センターで扱う研究課題は、短期的スケジュールで解決できるものが多い（社会問題は、早期に解決すべきものが多い）、得られた研究成果については、対象とした社会問題の特徴に応じて分類化しホームページを通じた研究成果の発信を行う。

2) 外部資金獲得に向けた助成事業への応募

社会システム科学は横断的な側面を持っていることから、複合領域を対象とする助成事業への応募を行う。なお、対象を絞った研究については、研究者個人による外部資金獲得を目指す。これらの外部資金獲得に向けては、定例会議内で議論を重ね応募内容の検討を行う。

3) 共同研究の獲得

企業では社会問題に絡んだ課題を持ち合わせていることも多く、システム構築、データサイエンス、シミュレーションの技術での解決可能性を示し、共同研究による解決を新たに複数社で行うことを目指す。

4) 育成

社会システム科学研究センターに所属する研究者研究室の学生の研究のうち、社会システム科学に関連するテーマを当研究センターの研究課題として紐付けて研究活動を行う社会システム科学研究会の活動を開始した。関係する学生には、対象とした社

社会問題について単なる技術による解決だけを示すのではなく、社会問題の背景、課題、社会実現の可能性、研究を行う社会的意義・貢献を意識した研究活動が行えるよう支援を行い、社会において分野横断的な取り組みができる人材となるよう育成を継続して行う。

以 上

SIT 総合研究所 研究センター
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 グローバル建築技術研究センター

2. 研究組織所在地 _____

3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
蟹澤 宏剛	建築学部 建築学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 18+大学院生等 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
志手 一哉	建築学部建築学科・教授	建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義	BIM を中心とした設計ワークフローの国際比較に関する研究
西沢 大良	建築学部建築学科・教授	建築生産のグローバル化	発注方式の多様化に関する研究
安藤 正雄	千葉大学・名誉教授	建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義	建設プロジェクトマネジメントの国際比較に関する研究
平野 吉信	広島大学・名誉教授	建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義	建築仕様のあり方に関する国際動向分析に関する研究
三根 直人	元 UTAR 教授	建築生産のグローバル化	東南アジアの建設プロジェクトに関する研究
田村 誠邦	株式会社アークブレイン・代表取締役	ストック社会に向けた課題の再整備	既存建物の価値評価に関する分析に関する研究
岩松 準	建築コスト管理システム研究所・主任	建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義	コストマネジメント手法の国際動向に関する研究
橋本 真一	株式会社エムズラボ・代表取締役	ストック社会に向けた課題の再整備	建物の価値の再定義に関する研究
濱地 和雄	オートデスク株式会社・SD エグゼクティブ	建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義	BIM の普及動向に関する国際動向に関する研究
田澤 周平	オートデスク株式会社 シニアコンサルタント	建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義	建築情報分類体系の国際比較に関する研究
曾根 巨充	前田建設工業株式会社・TPM 推進室長	ICT を活用した生産性向上施策の検討	建築生産プロセスへの ICT 活用に関する研究
中島春貴	株式会社フォトラクション・代表取締役	ICT を活用した生産性向上施策の検討	建築生産における AI の活用に関する研究

染谷俊介	株式会社竹中工務店・研究主任	ICTを活用した生産性向上施策の検討	建築生産プロセスへのICT活用に関する研究
小笠原正豊	東京電気大学・准教授	ICTを活用した生産性向上施策の検討	建設プロジェクトマネジメントの国際比較に関する研究
Tan Zi Yi	Universiti Tunku Abdul Rahman	建築生産のグローバル化	東南アジアの建設プロジェクトに関する研究
大越 潤	清水建設株式会社	ICTを活用した生産性向上施策の検討	建築生産プロセスへのICT活用に関する研究
後藤田 中	香川大学・准教授	ICTを活用した生産性向上施策の検討	ICTを活用した技能の継承方策の検討

6. 研究の概要

A 計画の概要

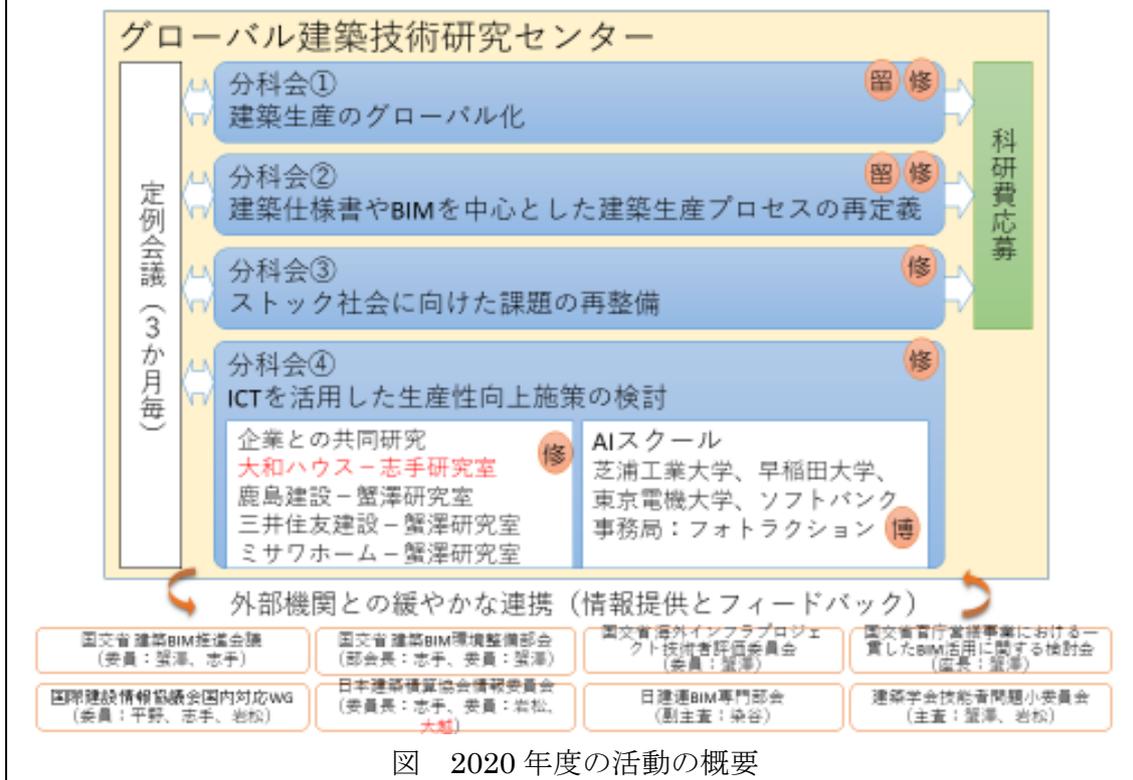
日本の建設産業は、技術者・技能者の不足、国際競争力の不足、ICT導入の遅れ、建設ストックの余剰など様々な問題を抱えているが、旧態依然とした体制を変えられず未来に対する活路を見いだせない状況にある。それに対して本研究センターは、下記の目的を達成するため、豊富な知見を有するベテラン層に支援を受けながら博士・修士の学生も参加して多様な視点から日本の建設産業のグローバル化、生産性向上、持続性のあるストック活用に関する研究を遂行している。

- ・ 建築生産やストック活用に関わる法制度の課題抽出及び改革の提言
- ・ 建築生産プロセスやマネジメント手法と BIM との関連の再定義
- ・ 多能工や ICT など生産性向上や人材育成の課題抽出及び提言

設立年度はセンターとしての活動の方向性を検討し、本年度からは下記に示す 4 つの分科会に分かれて研究を遂行することにした。

1. 建築生産のグローバル化
2. 建築仕様書や BIM を中心とした建築生産プロセスの再定義
3. ストック社会に向けた課題の再整備
4. ICT を活用した生産性向上施策の検討
5. その他

2021年度の活動：センターの体制



B 成果の概要

1. 研究センター全体

コロナ禍の影響で、海外現地調査については全て中止となったが、本年度はオンライン会議・勉強会を定期的実施した。

2. 分科会

1) 建築生産のグローバル化

- ・日本とマレーシアの建設労働安全衛生管理実態の比較の研究を実施（Tan 客員研究員、三根客員教授、蟹澤、志手、染谷客員研究員、M2 古賀、M1 大津）
- ・日本とベトナムの建築生産システムの比較（志手、M2 キエウ：8月5日にベトナム政府が協賛した合同セミナー、10月26日にベトナム政府及び日本の建築積算協会も参加した意見交換会を開催）

2) 建築仕様書やBIMを中心とした建築生産プロセスの再定義

- ・建物情報データの共有に向けた調査（志手科研、M2 馬、D1 朱：日本建築学会第36回建築生産シンポジウムに投稿）
- ・英国のBIM政策に関する文献調査（志手科研、M1 石原：日本建築学会大会に投稿）
- ・建設分類体系の分析（志手科研、M2 キエウ：日本建築学会技術報告集に採択、大和ハウス工業との共同研究：志手、M2 キエウ、B4 原田）
- ・建築生産のモジュール化・工

業化（蟹澤、志手、Tan 客員研究員、染谷客員研究員、M1 林：日本建築学会第 36 回建築生産シンポジウムに投稿）

・建築確認における BIM データの活用方策の検討（大成建設と連携した研究：志手、大越客員研究員、M1 下田、B4 渡邊：日本建築学会大会（東海）に投稿）

・BIM を活用したコストマネジメントの可能性検討（志手、橋本客員研究員、M1 内藤、B4 岡本：日本建築学会第 36 回建築生産シンポジウムに投稿）

3) ストック社会に向けた課題の再整備

・日本建築学会コストマネジメント小委員会と連携し、建物の価値や評価に関する研究会の実施（橋本客員研究員、岩松客員研究員、志手、M1 内藤：日本建築学会大会（東海）にてパネルディスカッションを開催）

4) ICT を活用した生産性向上施策の検討

・鉄筋工事への ICT 導入の可能性を把握するための研究（曾根客員研究員：博士の学位取得）

・建築生産における AI 活用の可能性検討と AI スクールの実施（中島客員研究員、小笠原客員准教授、志手、M2 岩本、B4 渡邊）

・建築生産における点群データ活用の可能性検討（染谷客員研究員、B4 藤井）

・スポーツ科学を応用した技能の見える化に関する研究（香川大学との共同研究：蟹澤、後藤田：日本建築学会第 36 回建築生産シンポジウムに投稿）

・PCa 工場の生産性向上に関する研究（三井住友建設との共同研究：蟹澤、M2 謝、M2 桑名、M1（仲村、松村、）

・多能工を活用した生産性向上に関する研究（鹿島建設との共同研究：蟹澤、M2 謝、M2 高木、M1 村松）

・バイタルセンターを用いた技能者の健康管理と生産性向上策の検討（ミサワホームとの共同研究）：蟹澤、M2 今田

5) その他（外国人研究者の支援）

UTAR の Shalini Sanmargaraja 氏および Gobi Kanadasan による日本人の職業意識に関する社会学的調査（住友財団助成）の支援：蟹澤、三根客員教授

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】（査読有）

1. KIEU TRI CUONG, 志手一哉, 「ファセット型分類体系を用いた WBS の構築におけるテーブル間連携の可能性に関する分析—OmniClass と Uniclass2015 を対象として」, 日本建築学会技術報告集, 2022 年 6 月以降の掲載予定
2. KIEU TRI CUONG, 志手一哉, 「建設情報標準分類体系を利用した WBS による BIM 情報データの利活用に関する考察 —OmniClass の UniFormat と MasterFormat、Uniclass2015 の Element/Function と Systems 及び Products

- を対象として」, 日本建築学会, 第 44 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, R102, 2021.12
3. KIEU TRI CUONG, 志手一哉, 「OmniClass と Uniclass2015 を利用した WBS の比較および、実務的適用や BIM とその WBS の連携に関する考察 — OmniClass の UniFormat と MasterFormat 及び、Uniclass 2015 の Elements/Function や Systems と Products を対象とした—」, 日本建築学会, 第 36 回建築生産シンポジウム論文集, pp.211-218, 2021.8
 4. 朱正路, 志手一哉, 「BIM データ標準仕様である IFC の情報解析」, 日本建築学会, 第 36 回建築生産シンポジウム論文集, pp.203-210, 2021.8
 5. 橋本真一, 志手一哉, 堤洋樹, 内藤海斗, 「ストック管理に向けた工事費内訳書の継続的活用に関する研究」, 日本建築学会, 第 36 回建築生産シンポジウム論文集, pp.141-148, 2021.8
 6. 平野吉信: 米国における「専門工事業者による設計」を組み込んだ建築プロジェクト運営方式の動向, 第 36 回建築生産シンポジウム論文集
 7. 林至仁, 小林達宏, 太原豊, 志手一哉, 「ハウスメーカーを事例としたモジュール化および DfMA に関する考察」, 日本建築学会, 第 36 回建築生産シンポジウム論文集, pp.17-22, 2021.8
 8. 後藤田中, 蟹澤宏剛: スポーツ科学を応用した建築技能の見える化に関する研究—その 1 モーションキャプチャ の適用可能性に関する検討—, 日本建築学会第 36 回建築生産シンポジウム論文集
 9. 松村千裕, 蟹澤宏剛, 番尚雄, 村山正丞, 謝子茜, 高木星子: 多能工の生産性に関する研究, 日本建築学会第 36 回建築生産シンポジウム論文集, 日本建築学会第 36 回建築生産シンポジウム論文集
 10. 仲村弥夏, 蟹澤宏剛, 桑名遥香, 蓮尾孝一: プレキャスト部材の製造工程の改善に関する研究,
 11. 曾根巨充, 遠藤裕太, 志手一哉, 「鉄筋加工場の不具合発生要因に関する調査研究 —不具合事象と加工工程および加工情報の関連性を対象として—」, 日本建築学会計画系論文集 第 85 巻 第 773 号, pp1535-1546, 2020.7
 12. 遠藤裕太, 曾根巨充, 志手一哉, 「鉄筋工事の加工と組み立てにおける作業能率に関する研究」, 日本建築学会計画系論文集 第 86 巻 第 783 号, pp1528-1539, 2021.5
 13. 篠原廉; 榎藤智之; 蟹澤宏剛; 林盛; 保坂至, 複雑形状の RC 建築生産における設計と施工の合理化, 日本建築学会計画系論文集 85 巻 773 号, 2020.7
 14. 曾根巨充, 田中大士, 志手一哉, 「鉄筋工事における生産情報のマネジメントに関する考察 — 総合建設会社と専門工事会社の事例を題材として —」, 日本建築学会計画系論文集 第 83 巻 第 754 号, pp.2359-2369, 2018.12
 15. 前川剛範, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 西夏実, 「シンガポールの外国人労働者受入関連

- 諸制度に関する研究」, 日本建築学会計画系論文集 第 82 巻 第 752 号, pp.1743-1753, 2018.10
16. 権藤智之, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 金容善, 「ベトナム・ハノイ市におけるペンシル住宅生産の実態調査」, 日本建築学会技術報告集, 第 24 巻第 56 号, pp.397-402, 2018.2
 17. 志手一哉, 朱正路, 洪流, 李雪菲, 蟹澤宏剛, 「中国における BIM の普及動向に関する考察—南部地域の現地調査を踏まえて—」, 日本建築学会, 第 35 回建築生産シンポジウム論文集, pp.131-138, 2019.7
 18. 田中大士, 志手一哉, 曾根巨充, 渡邊寛也, 「鉄筋工事における ICT の活用に関する考察 2」, 日本建築学会, 第 34 回建築生産シンポジウム論文集, pp.55-62, 2018.7
 19. 伊井夏穂, 志手一哉, 「多様化する発注契約方式の実態に関する研究 その 2—日英米の比較を通して—」, 日本建築学会, 第 34 回建築生産シンポジウム論文集, pp.203-208, 2018.7
 20. 三上智大, 田澤周平, 安藤正雄, 平野吉信, 蟹澤宏剛, 岩松準, 小笠原正豊, 志手一哉, 「英国の BIM に関連する社会システムに関する研究」, 日本建築学会, 第 34 回建築生産シンポジウム論文集, pp.209-216, 2018.7
 21. 羽田圭佑, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 佐藤秀昂, 「インドネシアの建築生産システムに関する研究」, 日本建築学会, 第 34 回建築生産シンポジウム論文集, pp.11-16, 2018.7
 22. 田中大士, 志手一哉, 曾根巨充, 「鉄筋工事における ICT の活用に関する考察」, 日本建築学会, 第 33 回建築生産シンポジウム論文集, pp.239-244, 2017.7
 23. 伊井夏穂, 志手一哉, 「多様化する発注契約方式の実態に関する研究—ヒアリング調査を通して—」, 日本建築学会, 第 33 回建築生産シンポジウム論文集, pp.137-144, 2017.7
 24. 田澤周平, 濱地和雄, 小笠原正豊, 岩松準, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 平野吉信, 安藤正雄, 「米国における Integrated Project Delivery (IPD)に関する研究—民間 IPD 約款の比較—」, 日本建築学会, 第 33 回建築生産シンポジウム論文集, pp.17-24, 2017.7
 25. 西夏実, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 井上淳, 前川剛範, 「シンガポール建設プロジェクトにおける諸制度運用に関する研究—建設プロジェクト主体者へのヒアリング調査を通じて—」, 日本建築学会, 第 33 回建築生産シンポジウム論文集, pp.11-16, 2017.7
 26. 原佑介, 蟹澤宏剛, 清水郁郎, 志手一哉, 「東南アジア大陸部における住居形態の変容に関する研究」, 日本建築学会, 第 33 回建築生産シンポジウム論文集, pp.5-10, 2017.7
 27. 石田航星, 志手一哉, 壹岐健章, 「建設会社の組織形態が BIM の導入に与える影

- 響に関する研究」, 日本建築学会計画系論文集 第 81 卷 第 726 号, pp.1743-1753, 2016.8
28. 横貝拓哉, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 安藤正雄, 「米国ユニオンにおける建設技能者の教育・訓練、評価、処遇のシステムに関する研究ーセントルイス及び周辺地区の事例ー」, 日本建築学会, 第 32 回建築生産シンポジウム論文集, pp.263-268, 2016.7
29. 前川剛範, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 権藤智之, 金容善, 西夏実, 松本有未子, 「シンガポールの建設業における外国人労働者受け入れ制度に関する研究」, 日本建築学会, 第 32 回建築生産シンポジウム論文集, pp.257-262, 2016.7
30. 西夏実, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 権藤智之, 金容善, 前川剛範, 松本有未子, 「生産性向上に向けた制度設計に関する研究ーシンガポールを事例としてー」, 日本建築学会, 第 32 回建築生産シンポジウム論文集, pp.217-222, 2016.7
31. 林晃士, 田澤周平, 井上淳, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 「米国における BIM を活用した民間発注者主導のプロジェクト運営に関する研究」, 日本建築学会, 第 32 回建築生産シンポジウム論文集, pp.169-174, 2016.7
32. 田澤周平, 林晃士, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 「米国建築産業における BIM に関連する標準・制度に関する研究」, 日本建築学会, 第 32 回建築生産シンポジウム論文集, pp.133-138, 2016.7
33. 志手一哉, 千葉優斗, 田村祐也, 橋本圭介, 出口弘, 市川学, 「エージェントベースモデルを用いた工程シミュレーションに関する研究」, 日本建築学会, 第 32 回建築生産シンポジウム論文集, pp.15-22, 2016.7
34. 渡辺千晴, 権藤智之, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 金容善, 岡安大地, 「ベトナムにおける町場の建築生産システムに関する研究ーチューブハウス施工チームの実態調査ー」, 日本建築学会, 第 31 回建築生産シンポジウム論文集, pp.161-166, 2015.7
35. 志手一哉, 権藤智之, 金容善, 吉川來春, 蟹澤宏剛, 「シンガポールの建築生産システムに関する研究ー日韓 6 プロジェクトへのヒアリングを通じてー」, 日本建築学会, 第 31 回建築生産シンポジウム論文集, pp.137-144, 2015.7
36. 市川学, 出口弘, 田澤周平, 志手一哉, 「ABM を用いた集合住宅内装工事モデルの構築」, 日本ソフトウェア学会, コンピュータソフトウェア第 31 巻第 3 号, pp.222-233, 2014.9
- 37.
- 【雑誌論文】(査読無)
38. 志手一哉, 「BIM モデルの属性情報の標準化」, 建築設備技術者協会, 建築設備士 2020 年 10 月号 第 52 巻 第 10 号 通巻 617 号, 【特集】 BIM の最新動向 2020, pp2-7, 2020.10
39. 志手一哉, 「つくるための建物情報とつかうための建物情報」, 日本建築学会, 建築雑誌 2020 年 10 月号 第 135 集 第 1742 号, 【特集 10】 BIM ・建築情報の拡張

- と進化, pp10-11, 2020.10
40. 安藤正雄, 「公共工事設計労務単価について考えるーISO 12006-2 : 2015、Uniclass 2015 の読解を中心にー」, 建築コスト研究 No.110, pp54-65, 2020.7
41. 蟹澤宏剛, ポストコロナ禍の働き方考, 高速道路と自動車 VOL.63 NO.10, 公益財団法人 高速道路調査会, 2020.10,
42. 蟹澤宏剛, 働き方改革と建設安全, 建設機械施工 vol.72 No.3, 一般社団法人 日本建設機械施工協会, 2020.3
43. 蟹澤宏剛, 担い手確保と人材育成, 建設マネジメント技術, 一般財団法人 経済調査会, 2019.4
44. 蟹澤宏剛, '働き方改革と建設業の安全問題, 建設業災害防止協会、2019.4
45. 蟹澤宏剛, 公共工事における働き方改革と生産性向上, 公共建築 Vol.60 No.215, 一般社団法人 公共建築協会, 2018.11
- 【図書】
46. 藤本隆宏, 野城智也, 安藤正雄, 吉田敏 (編), 「建築ものづくり論- Architecture as “Architecture”」, 分担部分 pp.296-358, 有斐閣, 2015.7.9
- 【学会発表】
47. 内藤海斗, 志手一哉, 「PFI 事業における維持管理指標を用いた評価に関する研究」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.39-40, 2021.9
48. 林至仁, 志手一哉, 「日本の工業化工法とシンガポールの DfMA 技術の比較」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.97-98, 2021.9
49. 石原喜平, 志手一哉, 「英国の BIM 政策に関する研究 英国の各種レポートを通じて」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.101-102, 2021.9
50. KIEU Tri Cuong, 志手一哉, 「BIM における 米国の分類体系及び工程計画表の関連性に関する一考察 その 2 UniFormat と MasterFormat を利用した WBS の構造化に関する考察」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.103-104, 2021.9
51. 岩本祐來, 志手一哉, 「建築空間におけるトイドローンの自律飛行に関する研究 単眼カメラによる深度推定技術の検討」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.167-168, 2021.9
52. 萱嶋誠, 志手一哉, 大越潤, 下田浩平, 「BIM による建築確認業務の効率向上に関する研究 その 1 建築確認の構造適判における現状と課題」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 情報システム技術, pp.173-174, 2021.9
53. 大越潤, 志手一哉, 下田浩平, 萱嶋誠, 「BIM による建築確認業務の効率向上に関する研究 その 2 部材配置情報・断面情報のデータ取得方法」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 情報システム技術, pp.175-176, 2021.9

54. 下田浩平, 志手一哉, 大越潤, 萱嶋誠, 「BIM による建築確認業務の効率向上に関する研究 その 3Dynamo による部材配置・断面情報の整合確認アルゴリズムとその検証」, 日本建築学会大会 (東海) 学術講演梗概集. 情報システム技術, pp.177-178, 2021.9
55. 林至仁, 志手一哉, 「シンガポール政府の DfMA 政策に関する研究 建設技能者削減の可能性に着目して」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.163-164, 2020.9
56. 李雪菲, 志手一哉, 「中国と日本の発注方式に関する研究 EPC 方式と DB 方式の比較を通して」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.177-178, 2020.9
57. 遠藤裕太, 志手一哉, 曾根巨充, 渡邊寛也, 「建築工事における改善促進に関する考察 鉄筋工事を対象に作業員ごとに見た稼働分析を通して」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.205-208, 2020.9
58. 岩本祐來, 志手一哉, 「深層学習を用いた建物部位の検出に関する研究 セマンティックセグメンテーションによる認識」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.231-232, 2020.9
59. 池田開, 小笠原正豊, 安藤正雄, 志手一哉, 岩松準, 「スウェーデンの建設情報分類体系の歴史と動向に関する研究」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.235-236, 2020.9
60. 馬天元, 志手一哉, 「IFC プロパティセットの構成に関する考察」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.245-246, 2020.9
61. 李曉琳, 志手一哉, 「RIBA Plan of Work 2020 における BIM の位置づけに関する考察」, 日本建築学会大会 (関東) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.247-248, 2020.9
62. 齊藤由姫, 志手一哉, 小笠原正豊, 平野吉信, 安藤正雄, 「米国におけるスペックライターの役割と現状に関する調査報告 実務者へのヒアリングを通じて」, 日本建築学会大会 (北陸) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.75-76, 2019.9
63. 李雪菲, 志手一哉, 「中国における EPC 発注方式に基づいて BIM 技術の応用」, 日本建築学会大会 (北陸) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.107-108, 2019.9
64. 峠貴基, 志手一哉, 「BIM モデルを利用した工程計画の自動作成に関する研究」, 日本建築学会大会 (北陸) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.135-136, 2019.9
65. 遠藤裕太, 志手一哉, 曾根巨充, 渡邊寛也, 「集約化された鉄筋加工場における加工計画の合理化に関する研究」, 日本建築学会大会 (北陸) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.179-180, 2019.9
66. 洪流, 志手一哉, 「中国における BIM の標準に関する動向調査」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.115-116, 2018.9
67. 齊藤由姫, 志手一哉, 「ガイドラインから見る BIM 普及傾向に関する考察 日本

- とフィンランドのガイドライン比較分析」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.117-118, 2018.9
68. 田澤周平, 三上智大, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 岩松準, 小笠原正豊, 平野吉信, 「英国の BIM に関連する社会システムに関する研究 その 1 BIM Mandate と関連する標準文書」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.119-120, 2018.9
69. 三上智大, 田澤周平, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 岩松準, 小笠原正豊, 平野吉信, 「英国の BIM に関連する社会システムに関する研究 その 2 NBS デジタルツールと BIM ワークフローに関して」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.121-122, 2018.9
70. 大場巧巳, 曾根巨充, 田中大士, 志手一哉, 「鉄筋工事の実態分析 その 1 加工図作成に必要な情報」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.143-144, 2018.9
71. 田中大士, 曾根巨充, 大場巧巳, 志手一哉, 「鉄筋工事の実態分析 その 2 加工図作成の手順」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.145-147, 2018.9
72. 伊井夏穂, 志手一哉, 「米国における発注方式の多様化に関する研究 CM 方式の多様化および IPD 方式との比較を通して」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.147-148, 2018.9
73. 羽田圭佑, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 佐藤秀昂, 「インドネシアの建築生産に関する研究 その 3 戦後賠償との関係性」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.151-152, 2018.9
74. 佐藤秀昂, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 羽田圭佑, 「インドネシアの建築生産に関して その 4 日系ゼネコンによる海外発注者案件獲得への工夫」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.153-154, 2018.9
75. 下河邊早紀, 田中麻紀子, 蟹澤宏剛, 「英国と日本の職業訓練及び見習い制度に関する研究」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.149-151, 2018.9
76. 高橋紡花, 蟹澤宏剛, 「タイの建築生産システムに関する研究 2」, 日本建築学会大会 (東北) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.155-156, 2018.9
77. 横貝拓哉, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 安藤正雄, 「米国ユニオンにおける建設技能者の教育・訓練、評価、処遇のシステムに関する研究 建設現場の実態調査」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.351-352, 2017.9
78. 田中大士, 曾根巨充, 志手一哉, 「鉄筋工事における ICT の活用に関する研究 その 2 建設現場の考察」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.339-340, 2017.9
79. 曾根巨充, 田中大士, 志手一哉, 「鉄筋工事における ICT の活用に関する研究 そ

- の1 専門工事会社の考察」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.337-338, 2017.9
80. 伊井夏穂, 志手一哉, 「発注契約方式の多様化における役割の変化に関する研究 実務者へのヒアリングを通して」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.325-326, 2017.9
81. 田澤周平, 濱地和雄, 井上淳, 小笠原正豊, 岩松準, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 「米国における BIM を活用した民間発注者主導のプロジェクト運営に関する研究 その3 Big Room(大部屋制度)の概要」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.323-324, 2017.9
82. 三上智大, 志手一哉, 「BIM を活用した建築マネジメントに関する研究 OmniClass Classification System の考察」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.213-214, 2017.9
83. 山崎主税, 志手一哉, 「BIM オブジェクトのプロパティに関する研究 National BIM Library を題材として」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.211-212, 2017.9
84. 朱正路, 志手一哉, 牧野能久, 「BIM による構工法計画に関する研究 設計モデルから構法モデルの自動変換に着目して」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.209-210, 2017.9
85. 志手一哉, 「BIM の多面性に関する一考察」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.203-204, 2017.9
86. 佐藤秀昂, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 羽田圭佑, 「インドネシアの建築生産に関する研究 その2 発注者の変化による主体者間の関係の変化」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.201-202, 2017.9
87. 羽田圭佑, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 佐藤秀昂, 「インドネシアの建築生産に関する研究 その1 施工現場の実態把握」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.199-200, 2017.9
88. 前川剛範, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 安藤正雄, 井上淳, 西夏実, 「シンガポールの建設業における外国人労働者受入制度に関する研究 外国人労働者の処遇と実情」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.197-198, 2017.9
89. 西夏実, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 安藤正雄, 井上淳, 前川剛範, 「シンガポールの建築生産に関する研究 その4 Quantity Surveyor の役割について」, 日本建築学会大会 (中国) 学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.191-192, 2017.9
90. 横貝拓哉, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 安藤正雄, 「米国ユニオンにおける建設技能労働者の教育・訓練、評価、処遇のシステムに関する研究」, 2016年度第87回日本建築学会関東支部研究発表会研究報告, CD-ROM, 2017.2
91. 前川剛範, 蟹澤宏剛, 志手一哉, 西夏実, 「シンガポールの建設業における外国人

<p>労働者受入制度に関する研究」, 2016 年度第 87 回日本建築学会関東支部研究発表会研究報告, CD-ROM, 2017.2</p> <p>92. 西夏実, 志手一哉, 蟹澤宏剛, 前川剛範, 「シンガポールの建設産業における諸制度の運用に関する研究」, 2016 年度第 87 回日本建築学会関東支部研究発表会研究報告, CD-ROM, 2017.2</p> <p>【特許等出願】</p> <p>93. 特願 2017-140993 (特開 2019-21190) 「施工支援方法、および、施工支援システム」 発明者: 曾根巨充, 細川浩, 尾澤聡, 志手一哉</p>
--

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	建築	蟹澤宏剛	建築工事における 労務状況の分析手 法の研究	三井住友建設株式 会社	1,100
2	建築	蟹澤宏剛	多能工の生産性に 関する研究	鹿島建設株式会社	3,570
3	建築	蟹澤宏剛	建設現場の生産性 向上に関する研究	株式会社ミサワホ ーム総合研究所	1,000
4	建築	志手一哉	BIM の情報の更な る活用を目指す BIM 情報構築の研 究	大和ハウス工業株 式会社	3,300 (本年度 1,650)

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	建築	志手一哉	BIM を利用した施 設のライフサイク ルマネジメントの 高度化に関する研 究	科研費 (基盤 B)	14,300

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	74 件		
特許出願件数	1 件		
共同研究件数	4 件	7,320 千円	2021 年度
外部資金獲得数	1 件	14,300 千円	2019～
参加学生数	15 名 (内留学生 4 名)		
参加企業数	8 社		
公開イベント数	件		

G 研究の達成率 (1 (低) ～ 5(高))

4

今後の計画

1) 各分科会の研究促進

2021年度は、「建設業界の変革に向けた提言をするために活動5年目(2023年)に出版を想定した報告書を書き上げる」という目標に対し、2019年度に設置した分科会において、オンラインを活用して積極的に研究を進めることができた。

2021年度は、①建築生産のグローバル化、②建築仕様書やBIMを中心とした建築生産プロセスの再定義、③ストック社会に向けた課題の再整備、④ICTを活用した生産性向上施策の検討の4分野における研究をさらに促進するために、ベテランメンバーには引き続き当センターへの参加を要請すると共に、新たなメンバーを加えることなどにより体制を強化する。分科会における研究の進捗は定例会議にて確認する仕組みとし、分科会の判断において学協会と連携した協力体制を許容するものとする。

2) 外部資金獲得に向けた戦略的な助成事業への応募

民間企業との共同研究に関しては昨年度よりも金額を積み増した。BIM、生産性向上など民間企業が推進している研究が多いので、さらなる共同研究費の獲得に務める。また、定例会議を中心に議論を重ね、分科会を主体とした新たな科研費の獲得を目指す。

3) 海外調査

引き続き海外視察は困難な状況であるが、オンラインにより出来る限りの情報収集を行い、建築生産システムの研究、BIMの標準化に関する動向調査を進める。視察の費用は現在獲得している科研費のほか、蟹澤・志手の研奨から拠出して実施する。調査には大学院生を同行させ、調査結果を論文としてまとめさせ、建築学会の大会やシンポジウム等で積極的に公表する。

4) 共同研究の拡充

当研究センターと企業が共同して研究できるテーマを検討する。実施体制は、共同研究契約のほか、コンソーシアム形式も視野に入れて検討を進める。また、研究メンバーが委嘱を受けている各種委員会の調査研究を支援する活動を実施する。

5) 研究者育成

建築生産系研究室所属の大学院生の研究を、当研究センターのテーマと関連つけて実施し、研究及び学術論文執筆の支援を当研究センターで行う。また、社会人博士課程、留学生を積極的に受け入れ、当研究センターで研究・論文執筆の指導を行う。2021年度は社会人博士課程1名、社会人修士過程1名が新たに加わった。また、マレーシアUTARとのワークショップ、AIスクールなどグローバル、データサイエンス人材の育成活動も継続する。

以上

6. 研究の概要

A 計画の概要

<グリーン建築領域>

エネマネハウス等のゼロエネルギー建築モデル実証をはじめ、低炭素社会に向けた建築に関する建築技術の研究を担う。建築・都市のゼロエネルギー化に資する技術開発を中心に、建築物の木質化など、CO₂削減に向けた関連技術の実証的研究を行った。

現在進行中のプロジェクトは以下の通り。

- ① ゼロエネルギー建築に関する実践的研究
- ② 都市木造の実現に関する研究
- ③ CLT 等の大型木質材料を用いた建築構法の開発に関する実践的研究
- ④ 鉄骨構造+大型厚板集成材による構法システムに関する研究
- ⑤ 中大規模木造建築の普及モデルの開発と情報ポータルサイトに関する研究

<アジア・アフリカ工学領域>

アジア・アフリカ各国で人口増加や経済成長により都市化が進む中、サステナブルな開発を進めていく上で重要な、現地の都市特性や建築技術、社会背景を尊重した開発を進めるための基礎研究を行う。建築都市分野や機械制御分野をはじめとして、工業発展を目指すこれらの国をフィールドに、研究分野の展開を担う。

現在進行中のプロジェクトは以下の通り。

- ① **【科研・国際 B】** アフリカ型都市建築保存手法の開発 都市における互助的ネットワークを使った試み (2019~23 年度)
 - ② エチオピア大統領府内の日本庭園と茶室の調査及び修復
 - ③ 東京都内における外国人居住空間の研究
 - ④ 日本建築学会アフリカ都市・建築 [若手奨励] 特別研究委員会 (2020~2021 年度, 青島, 岡崎が委員)
- ※①~④, ⑧については COVID-19 の影響により活動は限定的。
- ⑤ **【学内助成 S-SPIRE】** VR 建築教育のための 3D アーカイブ作成に関する研究
 - ⑥ **【国立民族学博物館・DiPLAS】** エチオピア建築写真データベース
 - ⑦ **【国際交流基金】** イラン「間」展及びワークショップの準備
 - ⑧ 東南アジアのメガシティにおける高密度集住の現在の様態に関する研究

B 成果の概要

<グリーン建築領域>

前身のゼロエネルギー建築研究センターにおける 5 ヶ年の研究を継続する形で、研究を進めている。大きくは環境工学に関する分野と、グリーン建築を先導する木質材料を活用した木造建築を中心とした環境型建築の開発や研究を行っている。

① ゼロエネルギー建築に関する実践的研究

エネマネハウス等のモデル建設に始まる研究成果を生かして、宿泊施設等の環境性能向上と省エネルギー化を目指した実践的なプロジェクトに展開する活動を行っている。

② 都市木造の実現に関する研究

NPO 法人 HEAD 研究会における「木の国際化 TF」を主体としたオンライン講演会やディスカッションを企画し、国内外の都市木造の可能性に関する研究を行った。また、WOODRISE 京都 国際会議への参加（発表者として山代教授らが参加）や、Ki-time ワークショップ（日本-フランス-ベトナムの 3 カ国から学生を招き、2021.10-2022.02 オンラインデザインワークショップを主導、3月に予定していた対面ワークショップは延期）、JIA 環境会議 オンラインセミナー 2021 ローカリティへの挑戦-日本ベトナム建築コロキウム-の主催など、国際的な研究議論の場を設け、研究展開を図った。

③ CLT 等の大型木質材料を用いた建築構法の開発に関する実践的研究

公益財団法人日本住宅・木材技術センター令和 3 年度 CLT 活用建築物等実証事業（中島農園作業所）において、鉄骨+CLT ハイブリッド構法の開発を担い、CLT 等木質構法の可能性のさらなる展開を目指した。

また、CLT 等木質建築部材技術開発普及事業として、日本 CLT 協会「CLT 建築物の事業性開発」委員会（主査 青島啓太）等を主導し、構法開発に加え実践的な事業開発に関する研究を行った。

④ 鉄骨構造+大型厚板集成材による構法システムに関する研究

ゼロエネルギー建築研究センターからの継続研究として、旭化成ホームズとプレファブ리케이션を中心とした構法システムの勉強会を実施した。木質材料にこだわらず多様な材料を対象に、国内外の事例を調査した。2022 年 1 月末までに 8 回の勉強会を行った。

継続研究として、旭化成ホームズと木質外装の耐久性向上を目指した高耐久塗装の技術開発を行った。本年は経過観測調査を行った。

⑤ 中大規模木造建築の普及モデルの開発と情報ポータルサイトに関する研究

林野庁発注によるウッドチェンジネットワーク内の「中規模ビル WG」の委員および WG 主査としてコロナ禍後の新たなワークスタイルと延床面積 3000m² ほどのオフィスビルのプロトタイプを提案し、3 回のオンラインセミナーを企画運営した。（山代悟）

国土交通省発注による日本住宅木造技術センター受託事業による中大規模木造建築ポータルサイト」の検討委員会および運営 WG 主査としてサイトの立ち上げ運用に参加した。現在公開運用中。（山代悟）

<アジア・アフリカ工学領域>

今年度は COVID-19 の影響で海外での調査活動ができなかったことから、文献調査やウェブ会議を通じた情報収集を主軸とした研究調査活動を行った。

- ① **【科研・国際 B】** アフリカ型都市建築保存手法の開発
- ② 在日エチオピア大使館にてヒアリング調査を数回に渡り実施。エチオピアの建築についてベルリン工科大学及び英国の NGO, INTBAU のレクチャーにて発表。
エチオピア大統領府内の日本庭園と茶室の調査及び修復
- ③ 東京都内における外国人居住空間の研究
昨年度行った調査について建築学会及びナイルエチオピア学会で発表を行った。国内の無国籍クルド人コミュニティの居住実態調査を行った。
- ④ 日本建築学会アフリカ都市・建築 [若手奨励] 特別研究委員会
COVID-19 の影響のため活動休止中
- ⑤ **【学内助成 S-SPIRE】** VR 建築教育のための 3D アーカイブ作成に関する研究
本年度から 3 年のプロジェクトがスタート。・研究活動を行いながら建築教育に 3D データを活用する方法を検討。1 月に学内で第 0 回・VR 建築コンペを実施。今年度は COVID-19 の影響で海外渡航ができなかったため国内を中心に建築の 3D データの収集を行った。
- ⑥ **【国立民族学博物館・DiPLAS】** エチオピア建築写真データベース 15 年以上に渡り撮り続けてきたエチオピアの建築写真を国立民族学博物館の DiPLAS プロジェクトでデータベース化を行う予定。
- ⑦ イラン「間」展及びワークショップの準備
2023 年度に計画されているイラン「間」展の準備のため、本学建築学部の学生がタブリーズの伝統住居についてレクチャーを受け、模型を制作した。
- ⑧ 東南アジアのメガシティにおける高密度集住の現在の様態に関する研究
COVID-19 の影響のため現地活動休止。オンラインで、共同研究を進める筑波大研究チーム他と数回の研究打ち合わせを行った。

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】 (査読有)

<論文>

1. Takuya Abe and Ikuro Shimizu, 'Mutual relationship between taboo of faith and house space: A case study of "licit architecture" in 70 Rai, Khlong Toei, slum improvement project area, Bangkok, Thailand'. in Japan Architectural Review, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2475-8876.12242>, 2021
2. 大型木質パネルを用いたユニット型居住空間の構法計画に関する研究, 青島 啓太,

博士論文（東京理科大学）, 2020年9月

3. Study on Environment Conscious Technologies at a super tall building: Evaluation of PV Performance considering Aerological Climate, Ryosuke Inomata, et al., REHVA 13th World Congress CLIMA 2019, Bucharest, Romania, 2019.5.26-29.
4. The Evaluation of Air Blowing Method of Variable-Air-Conditioning-System using Coanda Effect by Computational Fluid Dynamics, Hikari Sakakibara, et al., SBE19 TOKYO, 2019.8.7.
5. Investigation of Toilets with Reduced Ventilation Frequencies and Odor Simulation, Madoka Kimura, et al., SBE19 TOKYO, 2019.8.7.
6. The Examination of Air Blowing Method and Thermal Comfort of Variable Air Conditioning System using Coanda Effect, Hikari Sakakibara, et al., REHVA 13th World Congress CLIMA 2019, Bucharest, Romania, 2019.5.26-29.
7. The Effects of an Air Conditioning System using the Coanda Effect on an Indoor Office Environment, Hitomi Igarashi, et al., REHVA 13th World Congress CLIMA 2019, Bucharest, Romania, 2019.5.26-29.
8. Odor Problems in Toilets with Reduced Ventilation Frequencies, Madoka Kimura, et al., REHVA 13th World Congress CLIMA 2019, Bucharest, Romania, 2019.5.26-29.
9. Renovating a house to aim for net-zero energy, thermal comfort, energy self-consumption and behavioural adaptation: A method proposed for ENEMANE HOUSE 2017, Reina Oki, et al., Energy & Buildings 201 (2019) 183–193.
10. Comfortability of Tigray Traditional House, Keita Aoshima and Nobuhiro Shimizu, 20th International Conference of Ethiopian Studies (ICES20) 2018
11. 岩城 朱美,秋元 孝之,古橋 拓也, 知的生産と作業効率向上に適した上下温度差と局所気流に関する研究 夏期の室内温熱気流環境が人体に与える影響, 日本建築学会環境系論文集 (764), 927-936, 2019-10
12. 中川 純,秋元 孝之,他, 既存工業化住宅を用いた改修型ゼロ・エネルギーハウスの提案, 日本建築学会技術報告集 (59), 239-242, 2019-02
13. 青島 啓太,志手 一哉,岩岡 竜夫, 低層集合住宅における CLT 導入による施工効率化に関する研究:いわき CLT 復興公営住宅におけるパネル設計と労務工数の検証, 日本建築学会計画系論文集 84(765), 2271-2279, 2019
14. Rumi Okazaki, "Deterioration of Heritage by Informal Urbanization in Mekelle, Ethiopia", *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol.10 no.2, pp.343-350, 2011年11月
15. Rumi Okazaki, Riichi Miyake, "A Study on the Living Environment of Harar Jugol, Ethiopia", 日本建築学会計画系論文集 第77巻 第674号, pp.951-957, 2012年4月

16. Rumi Okazaki, "A Study on the Formation of an Imperial city in Tigray, Ethiopia, at the Turn of the 20th Century: Construction of Mekelle During and After the Reign of Yohannes IV", 日本建築学会計画系論文集 第 79 卷 第 702 号, pp.1753-1759, 2014 年 8 月
17. Nobuhiro Shimizu, Alula Tesfay, Rumi Okazaki, Ephrem Telele, and Riichi Miyake, "How Has A Local Settlement Urbanized in Mekelle, Ethiopia? Case of Īnda Mesqel's Development as One of the Aspects of Urbanization Process", *Annales d'Éthiopie n°32*, 2018-2019
18. Nobuhiro Shimizu, Ephrem Telele, Rumi Okazaki, Riichi Miyake, "URBAN" FORMATION OF MEKELLE, ETHIOPIA, AS APPLICATION OF TRADITIONAL SETTLEMENT TECHNIQUES, 日本建築学会計画系論文集 第 83 卷 第 750 号, pp. 1579-1589, 2018 年 8 月
19. Keita Aoshima and Nobuhiro Shimizu, Comfortability of Tigray Traditional House, *Proceedings of 20th International Conference of Ethiopian Studies (ICES20)*, 2018

<雑誌>

20. 「いわき CLT 復興公営住宅」新建築 2018 年 8 月号 | 集合住宅特集, 新建築社, 2018 年, pp88-
21. 秋元孝之・青島啓太「ゼロ・エネルギー・ハウスの標準化-「エネマネハウス 2014」5 大学と企業による実証」新建築社住宅特集、2014 年 5 月号、pp134,141-143
22. エネマネハウス 2017(最終回)この郊外の片隅に：わたしと家の約 80 年のものがたり：改修型ゼロ・エネルギーハウスの提案と実証評価, 田辺 新一, 秋元 孝之, 中川 純, 建築技術 (822), 50-53, 2018-07
23. 秋元孝之・青島啓太「ゼロ・エネルギー・ハウスの標準化-「エネマネハウス 2014」5 大学と企業による実証」建築資料研究社、住宅建築、2014 年第 445 号、pp106-117
24. ゼロエネルギーハウスへの憧憬—60 年後の住環境はどうなってゆくのか」日仏工業技術会誌、創立 60 周年記念特集号、第 60 号、28-32、2014

【図書】

25. 環境デザインマップ 日本, (一社) 建築設備総合協会 環境デザインマップ編集委員会 編 監修：秋元孝之, 2018 年 6 月 25 日発行, 株式会社 総合資格
26. 境界から考える都市と建築, 三宅理一監修, 2017 年 8 月 15 日 鹿島出版会 出版 (青島啓太, 岡崎瑠美 執筆・編集)

【学会発表】

27. 既存工業化住宅を用いた改修型ゼロ・エネルギーハウスの提案と実証評価 その1～5, 秋元 孝之, 2018年度日本建築学会大会学術講演会, pp311-320, 2018-07
28. 日本建築学会大会(国内)発表「国内における CLT を用いた建築物の実態, 高橋遼平(東京理科大)・細野拓哉・大村高広・堀越一希・青島啓太・片桐悠自・岩岡竜夫, 2018
29. WOODRISE AGORA(国外) Learning from wood, learning for wood, WOODRISE BORDEAUX 2017, 口頭発表 2017年9月12日
30. 日本建築学会広島大会 発表「エチオピア・メケレ周辺における「図面なしの建築」のつくり方と人体寸法 エチオピア歴史地区における基礎研究 その11」○清水 信宏, 青島 啓太, 三宅 理一
31. 日本建築学会大会(国内)発表「エチオピア・メケレ周辺における、図面なしの建築のつくり方と人体寸法 エチオピア歴史地区における基礎研究 その11」清水 信宏 / 青島 啓太 / 三宅 理一, 2017, pp951-952
32. 日本建築学会大会(国内)発表「BIMを用いた情報の一元管理とその可視化に関する研究」志手 一哉 / 牧野 能久 / 青島 啓太, 学術講演梗概集 2016, pp27-28
33. 日本建築学会大会(国内)発表「エチオピア・ティグレ地方における、建築工具の変遷に見る石造建築構法の変容 エチオピア歴史地区における基礎研究 その10」清水 信宏 / 青島 啓太 / 三宅 理一, 2016, pp767-768
34. 日本建築学会大会(国内)発表「エネマネハウス 2015 継ぎの住処」青島 啓太 / 五寶 智美 / 千葉 麻貴 / 林 晃士 / 志手 一哉 / 赤堀 忍 / 秋元 孝之, 2016, pp200-201
35. 日本建築学会大会(国内)発表「CLT パネル工法建築物の力学的挙動解析 実験棟の FEM 解析」高木 謙心 / 五十嵐 颯 / 青島 啓太 / 椋山 健二 / 隈澤 文俊, 2016, pp289-290
36. 日本建築学会大会(国内)発表「エネマネハウスで見た未来の住まい:ゼロエネルギーのその先へ(第1部 5色の理想の家-エネマネハウスで見る未来の住まい,<特集>建築を愉しむ-未来を変える力)」青島 啓太 / 粕谷 淳司 / 小林 恵吾 / 五明 遼平 / 丸毛 遼 / 樋山 恭助 / 水石 仁 / 川久保 俊, 1680, pp8-13
37. 日本建築学会大会(国内)発表「母の家 2030(エネマネハウス 2014,建築デザイン, 青島 啓太 / 秋元 孝之, 2014 年度日本建築学会大会(近畿)学術講演会・建築デザイン発表会 2014, pp100-101
38. 岡崎瑠美, 三宅理, 20世紀初頭のアジスアベバにおける公使館地区の形成と公使館建築 エチオピアにおける外交施設の研究 その1, 2021年度日本建築学会大会学術講演会 2021年9月7日

39. 眞田壱星, 清水郁郎, 岡崎瑠美, 青島啓太, 在留エチオピア人の異文化適応に関する研究 その1-生活財の調査による文化的行為の再現性の考察-, 2021年度日本建築学会大会学術講演会 2021年9月
40. 西山健太郎, 上野山波稔, 上野美紀, 岡崎瑠美, 青島啓太, 清水 郁郎, 渡辺洋子, 聖ミカエル東京エチオピア正教会における教会コミュニティの形成に関する研究, 2021年度日本建築学会大会学術講演会 2021年9月
41. 眞田壱星, 中川海人, 岡崎瑠美, 清水郁郎, 在留エチオピア人の文化的行為の再現に関する研究: 東京都葛飾区を対象として 日本ナイル・エチオピア学会第30回学術大会 2021年4月18日
42. 西山健太郎, 眞田壱星, 中川海人, 岡崎瑠美, 清水郁郎, 聖ミカエル東京エチオピア正教会の設立と運営, 日本ナイル・エチオピア学会第30回学術大会 2021年4月18日
43. 岡崎瑠美, 三宅理一, New Building Program During the Egyptian Rule in Harar, Ethiopia: Reconstruction of Rauf Pasha Mansion, 日本ナイル・エチオピア学会第30回学術大会 2021年4月18日
44. 清水郁郎「なぜスラムは改善されないのか? タイ、バンコクのクロントーイを事例に考える」『都市インフォーマリティから導く実践計画理論』2021年度日本建築学会大会(東海)[若手奨励]特別研究部門パネルディスカッション資料: 118-119, 2021
45. 庄司栄介・清水郁郎・山田協太・阿部拓也「東南アジアメガシティにおけるスラムの現代的様態に関する研究 その1-最貧困層による商店経営の実態-」『2021年度日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集』: 311-312, 2021
46. 坪崎伊吹, 渡辺洋子, 矢野航大, 青島啓太, 岡崎瑠美, 清水郁郎, アディスアベバ大統領府内日本庭園茶室の現状, 2020年度日本建築学会大会(関東), 2020年7月
47. 林至仁, 志手一哉, 「日本の工業化工法とシンガポールの DfMA 技術の比較」, 日本建築学会大会(東海)学術講演梗概集. 建築社会システム, pp.97-98, 2021.9
48. 林至仁, 小林達宏, 太原豊, 志手一哉, 「ハウスメーカーを事例としたモジュール化および DfMA に関する考察」, 日本建築学会, 第36回建築生産シンポジウム論文集, pp.17-22, 2021.8

他多数

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	—	—	—	—	—

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	建築学科	岡崎瑠美	アフリカ型都市建築保存手法の開発 都市における互助的ネットワークを使った試み	科研費	18,200

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	6 件		査読論文
特許出願件数	0 件		
共同研究件数	件	千円	
外部資金獲得数	1 件	18,200 千円	
参加学生数	10 名 (内留学生 名)		
参加企業数	0 社		
公開イベント数	0 件		

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

2

今後の計画

2015 年度から 5 年間の活動を行ったゼロエネルギー建築研究センターでの研究成果を継承する形で、持続可能な社会実現に帰する要素技術の研究と実践的な研究を続ける。特に木質建築に関する研究の必要性からグリーン建築研究領域として、より具体的な研究課題を迫行していく予定である。

また持続可能な社会実現には、当研究センターが着目している人口増加や経済成長著しいアジア・アフリカ諸国における工学技術が必須であり、科研研究を中心とした調査研究を継続していく予定である。

<グリーン建築領域>

来年度も研究内容は継続する予定である。欧州における木質プロジェクトの発注方式に関する研究等の、動向調査研究も同時に進める予定である。

<アジア・アフリカ工学領域>

本年度は COVID-19 の影響で海外調査が不可能となった反面、日本とアフリカの関係に着目した研究や、都内の外国人居住空間の調査等、新規のテーマを開拓することに繋がった。来年度は昨年度から続くプロジェクトに加え、本年度開始した新たなテーマを継続する。

本学の主要研究対象地の一つであるエチオピアは COVID-19 に加え、2020 年 11 月から北部を中心に政情が不安定であり、科研プロジェクトについては今後研究計画を変更する必要がある可能性がある。

本研究組織は研究のテーマや対象地域が広範囲に及ぶため、外部のネットワークを強化しながらサステナブル工学に結び付く研究成果を上げることを目指したい考えである。

以 上

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE 事業)

2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 ソフトマシンの学理構築

2. 研究組織所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5

3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
細矢 直基	機械機能工学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 90名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
石井 康之	機械工学科・教授	柔軟電極, 電気物性計測	
重宗 宏毅	電気工学科・助教	動特性計測, 電気物性計測	
田嶋 稔樹	応用化学科・教授	柔軟電極, 新材料	
Premachandra Chinthaka	電子工学科・准教授	モビリティ機器への実装, 動特性計測	
細矢 直基	機械機能工学科・教授	新材料, 動特性計測, モビリティ機器への実装	
前田 真吾	機械機能工学科・准教授	新材料, 動特性計測, モビリティ機器への実装	

6. 研究の概要

A 計画の概要

様々な分野において「やらかさ」に関する研究領域が勃興しており、我々はパラダイムシフトだと捉えている。そこで **Soft Machine** は「やわらかさ」に根ざしたい異分野融合型の研究領域として、我々はいくつかの研究テーマに取り組む。**Soft Machine** の研究テーマの一つとして誘電エラストマーアクチュエータ (**Dielectric Elastomer Actuator:DEA**)について研究を実施した。DEA は柔軟な電極でエラストマがサンドイッチされたキャパシタ構造を有し、高電圧を印加すると静電力によって平面方向に歪を生じる。本テーマでは DEA の応用研究、マテリアルの研究、機械力学について研究を推進する。他のテーマとして、やわらかさに代表される「ソフトマテリアル」「有機材料」「適応的な情報処理」「柔軟な力学」「柔らかいメカトロニクス」も展開する。横断的な研究領域であるため、領域メンバーとの融合をはかりつつ、研究を実施している。**Soft Machine** 以外の国内外の研究者達とも積極的に共同研究を実施できる体制を整備しつつ、インパクトある研究成果を世界に発信する。

B 成果の概要

DEA (**Dielectric Elastomer Actuator**)の研究では、誘電層にナノシートを用いたことで低電圧化 (100V 以下) と高周波数で駆動することを実証した (前田, 細矢の共同研究)。このような微小な変形量の計測に、本ブランディング予算で購入した高性能なレーザードップラー振動計が役立った。DEA や DEA 用の伸縮電極を CNT の粉体をエラストマ表面に直接塗布することで、実現した (前田, 細矢, 石井の共同研究)。この手法は簡単かつデバイスの物性が非常に良いためシステムインテグレーションに向いていることが分かった。自動的に CNT をエラストマに塗布する装置も開発し、プロセスの信頼性について研究を進めている。

DEA の実機搭載に向けたプロトタイプングして、振動制御と青果物の成熟度評価を検討した (細矢, 前田, 梶原 (北大) の共同研究)。従来のハードアクチュエータでは困難とされてきた柔軟な膜構造物の振動制御を、DEA を用いることで実現した。また、青果物に損傷を与えることなく、DEA によりやさしく振動させ、それらの固有振動数を計測することで、青果物の硬さ評価に成功した。

EHD (**ElectroHydroDynamics**)の研究では、**Self-sensing** 可能な仕組みを理論と実験で実証した (前田, 重宗の共同研究)。さらにこの **Self-sensing** を用いた EHD 吸盤を設計し自動的に物体を吸着するマニピュレータを開発した。

スポンジの弾性に関して、不均一性 (ランダムネス) の効果を取り入れた理論を考案し論文として採択された。さらにセンサへの応用を展開中である。

BZ ゲルに関する研究では、MEMS 技術と融合し化学エネルギーのみで自律的に駆動するマイクロポンプを開発した (理研との共同研究)。さらに BZ ゲルのデジタル

ファブリケーションについて Mons 大学と共同研究を進めている。これ以外にもシンプルな BZ ゲルのモデルを提案し、解析的な取り扱いに成功した。これを元に生物の振動現象との類似性に関する研究を開始した（九州大学との共同研究）。

新たな柔軟電極，柔軟電子素子の開発のための基礎研究として，有機伝導体の電気物性の研究を行っている。本年度は， λ -(BETS)₂X (X: アクセプター性分子) という分子構造をもつ有機伝導体に関して， $X=\text{GaCl}_4$ の特異な超伝導特性を明らかにした。また，TMTTF₂PF₆ という物質において，1 ケルビン以下という極低温で磁性が発生することが報告されているが，この磁性の起源を解明する目的で本ブランディング予算で極低温インピーダンス測定装置を開発し，測定を行った。現在解析を進めているところである。

購入した機械学習用マシンによって，重宗は帯電物体上を動作する人間の動作認識学習に必要な学習時間を大幅に削減した。その結果，時系列データから数百の特徴量を自動取得することに成功し，適当な特徴量を選択することによって従来より少ない特徴量でより高精度な認識に成功した。また，有限要素法に用いることで切り紙構造内の応力分布を高速で計算し，包装材に応用するために適した設計構造の探索にマシンが大きく貢献した。これらの成果は来年度の英文ジャーナル・国内学会にて発表予定である。

プレーマチャンドラ・チンタカは，音声・映像を用いた被災地での被災者探索と災害地における遺品の回収が可能なドローンの開発を行う。そのため，これまでは主に音声による被災者の探索と遺品回収用ソフトクリッパーの活用について検討を重ねてきた。更に，その成果で多くの論文を公開してきた。それらの引き続きとして，現在ブランディング事業予算で，昨年購入したハイパースペクトルカメラをドローンへ搭載し，上空から災害地の被災者探索と遺品探索ができる新たな機能の開発について取り組んでいる。そして，昨年ブランディング事業予算で，ハイパースペクトルカメラの購入したことで，本研究の新たな展開ができ，非常に大変助かっている。今後も本研究を継続し，多くの論文の公開にも力を入れたい。

柔軟電極作製のための有機伝導体として導電性高分子に着目し，その合成法について検討を行った。3,4-エチレンジオキシチオフェン (EDOT) の電解酸化重合をフロー電解リアクターで行うことで，溶媒に可溶性の低いポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン (PEDOT) を合成することに成功した。得られた PEDOT は溶媒に可溶であることから成型加工が容易であり，柔軟電極の作製に利用できるものと期待される。

C 研究発表等の状況

【招待講演，基調講演】

1. S. Maeda, Invited speaker, Soft Robotics, IEEE RAS Sri Lanka Section Chapter, 2021. (online)

2. S. Maeda, Invited speaker, Autonomous chemical machines, International Conference on Active Materials and Soft Mechatronics(AMSM) 2021, 2021. (online)
3. S. Maeda, Invited speaker, Soft and wet robotics, JST オンライン大学訪問イベント, 2021. (online)
4. 前田真吾, 自律性を有するソフトマテリアルとやわらかい機械, 日本機械学会イブニングセミナー, 2021年. (online)
5. S. Maeda, Invited speaker, Chemical and soft machines, 2021 Japan-America Frontiers of Engineering Symposium (JAFOE), 2021. (online)
6. H. Shigemune, 2021 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science、Origami Mechatronics Composed of a Self-folded Paper. (online)
7. 重宗宏毅, 紙の自律構造形成技術にて作製した折り紙構造体のメカニクス, 日本機械学会[No.21-23] Dynamics and Design Conference 2021 講演論文集 No. 366. 2021年. (online).
8. 重宗宏毅, 一般社団法人日本印刷学会 第145回 研究発表会, インクジェットプリンタを用いた折り紙メカトロニクス設計法. (online)
9. C. Premachandra, Cutting Edge Technique for Improving Omnidirectional Image Generation for Robotics Applications, The 3rd International Conference on Artificial Intelligence Technologies and Applications (ICAITA 2021), 2021. (online)
10. C. Premachandra, Vision based approaches for autonomous flight of aerial robots, The 5th International Conference on Artificial Intelligence and Robots (AIR 2021), 2021. (online)
11. C. Premachandra, Higher Studies Research Opportunities in Japan, Workshop organized by Srilanka Association for the Advancements of Science, 2021. (online)
12. C. Premachandra, Autonomous UAV Hovering/Landing Approaches with On-board cameras, 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Electromechanical Automation, 2021. (online)
13. C. Premachandra, Computing Approaches for Improving Omnidirectional Image Generation and Capturing, International Conference on Advanced Research in Computing 2021, 2021. (online)
14. 細矢直基, 非破壊検査と振動・音響試験技術, 日本技術士会 船舶・海洋/航空・宇宙部会, 2021年. (online)

【雑誌論文】(査読有)

1. S. Maeda, H. Shigemune and H. Sawada, Self-actuating and nonelectronic machines, J. Rob. Mechatron., 34, 2, 2022 (In press).
2. Y. Kuwajima, Y. Seki, Y. Yuhei, S. Awaki, S. Kamiyauchi, A. Wiranata, Y. Okuno, H. Shigemune, S. Maeda, Electro-chemical dual-transducer for fluidic self-sensing actuation,

- ACS Appl. Mater. Interfaces, 2022 (In press).
3. A. Wiranata, M. Kanno, N. Chiya, H. Okabe, T. Horii, T. Fujie, N. Hosoya, S. Maeda, High-frequency oscillations of low-voltage dielectric elastomer actuators, *Appl. Phys. Express*, 15, 011002, 2022.
 4. T. Murakami, Y. Kuwajima, A. Wiranata, A. Minaminosono, H. Shigemune, Z. Mao, S. Maeda, A DIY fabrication approach for ultra-thin focus-tunable liquid lens using Electrohydrodynamic pump, *Micromachines*, 12, 1452, 2021.
 5. A. Wiranata, Y. Ohsugi, A. Minaminosono, Z. Mao, H. Kurata, N. Hosoya, S. Maeda, A DIY approach for stretchable sensors using CNT powder toward wearable devices, *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 773056, 2021.
 6. Z. Mao, T. Iizuka, S. Maeda Bidirectional electrohydrodynamic pump with high symmetrical performance and its application to tube actuators, *Sens. Actuators, A*, 332, 113168, 2021.
 7. Y. Yamada and S. Maeda, Simple model for compression of cellular materials exhibiting serial buckling of the microstructure, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 90, 114003, 2021.
 8. A. Wiranata, A. Minaminosono, S. Maeda, Automatic Brushing Machine For Stretchable Electrodes, *The SEATUC Journal Science and Engineering*, Vol.2, pp.1-7, 2021.
 9. W. Thongking, A. Wiranata, A. Minaminosono, Z. Mao, S. Maeda, Soft robotic gripper based on multi-layers of dielectric elastomer actuators, *J. Rob. Mechatron.*, 33, 2021.
 10. A. Wiranata, S. Maeda, A deformable linear dielectric elastomer actuator, *Key Engineering Materials*, 884, 430-436, 2021.
 11. A. Minaminosono, H. Shigemune, T. Murakami, S. Maeda, Untethered rotational system with a stacked dielectric elastomer actuator, *Smart Mater. Struct.*, 30, 065007, 2021.
 12. Y. Aishan, Y. Yalikun, Y. Shen, Y. Yuan, S. Amaya, T. Okutaki, A. Osaki, S. Maeda, Y. Tanaka, A chemical pump actuated by self-oscillating polymer gel, *Sens. Actuators, B*, 337, 129769, 2021.
 13. A. Wiranata, Y. Ishii, H. Hosoya and S. Maeda, Simple and reliable fabrication Method for PDMS dielectric elastomer actuators using carbon nanotube powder electrodes, *Adv. Eng. Mater.*, 2001181, 2021.
 14. D. P. Sari, R. Asih, K. Hiraki, T. Nakano, Y. Nozue, Y. Ishii, A. D. Hillier, and I. Watanabe, Distorted Superconducting Nodal Line on Single Fermi Surface in Anisotropic Organic Superconductor λ -(BETS)₂GaCl₄, *Phys. Rev. B* 104, 224506, 2021. (**Top Download Article in 4th January 2021**).
 15. T. Taniguchi, K. Ishizaki, D. Takagi, K. Nishimura, H. Shigemune, M. Kuramochi, Y. Sasaki, H. Koshima, T. Asahi, , Superelasticity of a photo-actuating chiral salicylideneamine crystal, *Commu. Chem.*, XXX, XXX, 2021. (in press).

16. S. Kamiyauchi, Y. Yokoyama, Y. Kuwajima, Y. Seki, S. Awaki, S. Maeda, H. Shigemune Fabrication of Soft and Wearable Electrostatic Generator Based on Streaming Electrification. *Adv. Intell. Syst.*, 2100131, 2021
17. H. Shigemune, K. Pradidarcheep, Y. Kuwajima, Y. Seki, S. Maeda, V. Cacucciolo, Wireless Electrohydrodynamic actuators for propulsion and positioning of miniaturized floating robots. *Adv. Intell. Syst.*, 2100004, 2021.
18. S. Ono, C. Premachandra, Generation of panoramic images by two hemispherical cameras independent of installation location, *IEEE Consum. Electron. Mag.*, 11(1), 17–25, 2022.
19. Y. Endo, C. Premachandra, Development of a bathing accident monitoring system using a depth sensor, *IEEE Sens. Lett.*, (Early Access), 2021.
20. M. Tsunoda, C. Premachandra, Remote control of a wheeled robot by visible light for support in infectious disease hospitals, *IEEE Access*, 9, 124165–124175, 2021.
21. M. U. Sumagayan, C. Premachandra, R. B. Mangorsi, C. J. Salaan, H.W. H. Premachandra, H. Kawanaka, Detecting power lines using point instance network for distribution line inspection, *IEEE Access*, 9, 107998–108008, 2021.
22. S. Sasaki, C. Premachandra, Head posture estimation by deep learning using 3D point cloud data from a depth sensor, *IEEE Sens. Lett.*, 5(7), 1–4, 2021.
23. C. Premachandra, M. Tamaki, A hybrid camera system for high-resolutionization of target objects in omnidirectional images, *IEEE Sens. J.*, 21(9), 10752–10760, 2021.
24. S. Tokunaga, C. Premachandra, H. W. H. Premachandra, S. Sumathipala, B. S. Sudantha, Autonomous spiral motion by a small-type robot on an obstacle-available surface, *Micromachines*, 12(4), 1–17, 2021.
25. Y. Ito, C. Premachandra, S. Sumathipala, H. W. H. Premachandra, B. S. Sudantha, Tactile paving detection by dynamic thresholding based on HSV space analysis for developing a walking support system, *IEEE Access*, 9, 20358–20367, 2021.
26. T. Hiruta, N. Hosoya, S. Maeda, I. Kajiwaru, Experimental validation of vibration control in membrane structures using dielectric elastomer actuators in a vacuum environment, *Int. J. Mech. Sci.*, 191, 106049, 2021.
27. T. Hiruta, N. Hosoya, S. Maeda, I. Kajiwaru, Experimental evaluation of frequency response and firmness of apples based on an excitation technique using a dielectric elastomer actuator, *Sens. Actuators, A*, 330, 112830, 2021.
28. T. Hiruta, K. Sasaki, N. Hosoya, S. Maeda, I. Kajiwaru, Firmness evaluation of postharvest pear fruit during storage based on a vibration experiment technique using a dielectric elastomer actuator, *Postharvest Biol. Technol.*, 182, 111697, 2021.
29. N. Arai, M. Miyake, K. Yamamoto, I. Kajiwaru, N. Hosoya, Soft mango firmness assessment based on Rayleigh waves generated by a laser-induced plasma shock wave

technique, *Foods* 10(2), 2021, 323.

30. N. Hosoya, T. Katsumata, A. Kanda, I. Kajiwara, Measurement of S0 mode Lamb waves using high-speed polarization camera to detect damage in transparent materials during non-contact excitation based on laser-induced plasma shock wave, *Opt. Laser Eng.*, 148, 106770, 2022.
31. S. Wakata, N. Hosoya, N. Hasegawa, M. Nishikino, Defect detection of concrete in infrastructure based on Rayleigh wave propagation generated by laser-induced plasma shock waves, *Int. J. Mech. Sci.*, XXX, XXX, 2022. (in press)

【雑誌論文】（査読無）

1. 前田真吾, 化学反応でのみ駆動するゲルマシン, *milsil*, 国立科学博物館, 14(4), 13-14, 2021 年.
2. 細矢直基, みんなでおいしいものを食べて幸せになりたい —レーザー技術による果物の非破壊評価—, 公益財団法人渋沢栄一記念財団, *青淵*, 874(1), 22-24, 2022 年.

【図書】

1. 田嶋稔樹, 有機電解合成の新潮流 (渕上寿雄, 跡部真人, 稲木信介監修), シーエムシー出版, 2021 年, 第 21 章.

【学会発表】

1. T. Murakami, A. Minaminosono, A. Wiranata, H. Okabe, H. Shigemune, S. Maeda, Characteristic evaluation of Dielectric elastomer actuator based on the stretchable electrode density, 2021 IEEE 4th International Conference on Soft Robotics, RoboSoft 2021, 563-566, 2021.
2. 豊田涼真, 南之園彩斗, 村上泰智, 前田真吾, 単層ジャミンググリッパにおける補助機構, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
3. 村上泰智, 南之園彩斗, 大杉裕之介, 重宗宏毅, 前田真吾, 誘電エラストマアクチュエータの昇圧回路への実装提案, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
4. 南之園彩斗, 村上泰智, ワイラナタ・アルデイ, 大杉裕之介, 重宗宏毅, 前田真吾, 液体金属のソフトアクチュエータへの適用と性能評価, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
5. 大杉裕之介, 南之園彩斗, ワイラナタ・アルデイ, 毛澤兵, 村上泰智, 前田真吾, DEA モーターの制御を行うストレッチセンサの開発, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)

6. 栗木理志, 関夢太, 桑島悠, 上谷内翔太, 重宗宏毅, 毛澤兵, 前田真吾, 流体素子と流体 RC 回路の製作と評価, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
7. 大崎同仁, 毛澤兵, 前田真吾, カルシウムイオン濃度の調整によるハイドロゲルの強度制御, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
8. D. P. Sari, 石井康之, 他, μ +SR study of the out-of-plane London penetration depth in single crystals of λ -(BETS)₂GaCl₄, 日本物理学会第 76 回年会, 2021 年. (online)
9. D. P. Sari, Y. Ishii, et.al., Distorted Superconducting Nodal Line on Single Fermi Surface in Anisotropic Organic Superconductor λ -(BETS)₂GaCl₄, International Conference on Strongly Correlated Electron System 2020, Brazil, 2021. (online)
10. M. Yoshida, D. P. Sari, Y. Ishii, M. Enomoto, I. Watanabe, Magnetic Properties of One-Dimensional Organic Magnet (TMTTF)₂Br, Materials Research Meeting 2021 (MRM2021), 2021.
11. 阿部圭太, 桑島悠, 松本睦希, 重宗宏毅, 発光したワイヤレス LED の電気流体现象による自律位置制御, 電気情報通信学会 2022 年総合大会, 2022 年. (発表予定)
12. 西村一紀, 細矢直基, 重宗宏毅, 折紙展開構造を利用した音響デバイスの検討, 電気情報通信学会 2022 年総合大会, 2022 年. (発表予定)
13. 上野聡司, 重宗宏毅, 帯電物体を用いた非接触型動作検出システムにおける特徴量選択が与える影響, 情報処理学会 第 84 回全国大会, 2022 年. (発表予定)
14. 星野大地, 重宗宏毅, 動作認識を目的とした帯電物体表面電位と人体表面電位の関係調査, 情報処理学会 第 84 回全国大会, 2022 年. (発表予定)
15. 深津侑希, Cacucciolo Vito, 重宗宏毅, 印刷パターンによる剛柔さを併せ持つ波状自己強化構造の解析, 第 22 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2021 年.
16. 阿部圭太, 関夢太, 南之園彩斗, 桑島悠, 前田真吾, 重宗宏毅, 電気流体现象による物体位置制御の低電圧駆動, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
17. 上谷内翔太, 横山優希, 桑島悠, 関夢太, 栗木理志, 前田真吾, 重宗宏毅, 帯電現象を利用した発電システムの提案, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
18. 西村一紀, 山田賢杜, 岩名紘基, 澤田秀之, 重宗宏毅, 形状記憶合金ワイヤスピーカーの開発に向けた予歪み付加方法の検討, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
19. 星野大地, 武者茜, 西村一紀, 澤田秀之, 重宗宏毅, 画像解析を用いた切り紙

- Physical Reservoir Computing の検討, ロボティクス・メカトロニクス 2021 (ROBOMECH2021), 2021 年. (online)
20. 上野聡司, 平野夢得, 澤田秀之, 重宗宏毅, 動作認識を目的とした帯電物体表面電位と人体表面電位の関係調査, 情報処理学会第 83 回全国大会, 2021 年.
 21. 森脇航, 重宗宏毅, 紙の自律構造形成メカニズムにおけるインク浸透の観察と評価, 情報処理学会第 83 回全国大会, 2021 年.
 22. N. N. Senevirathna, P. M. Wijesinghe, S. Wijesinghe, C. Premachandra, P. Kuruppuarachchi, Development of a Raspberry Pi based soil nutrient analyzing system for crop cultivation, Proc. of 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2021.
 23. I. Thennakoon, P. Hewawasam, D. Wijesundara, N. Fernando, L. Gunawardena, C. Premachandra, A Framework for IoT-Enabled Smart Washrooms, Proc. of 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2021.
 24. A. Yanagisawa, C. Premachandra, H. Kawanaka, A. Inoue, T. Hata, E. Ueda, Medical incident prediction through analysis of electronic medical records using machine learning: fall prediction, Proc. of ICIEV/IVPR2021, 2021. (**ICIEV/IVPR2021 Emerging Researcher Award**)
 25. C. Premachandra, Autonomous drone landing with on-board vision systems, International Conference on Innovation and Emerging Technologies (ICIET) 2021, Workshop on Flying Robotics, 2021.
 26. C. Premachandra, Enhancements of omnidirectional image generation, The 2nd International Seminar on Artificial Intelligence, Networking and Information Technology (AINIT 2021), 2021.
 27. L. A. C. Lecointre, F. Mori, T. Yokozeki, N. Hosoya, S. Takeda, Analysis of Anisotropic Lamb waves propagation in composite laminates, 17th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE-17), 2A-05, 2021.
 28. S. Tonegawa, K. Mita, L. A. C. Lecointre, R. Higuchi, T. Yokozeki, S. Takeda, N. Hosoya, Non-contact and non-destructive Lamb wave generation in composites using a shock wave generated by laser plasma, 17th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition (JISSE-17), 2A-06, 2021.
 29. 若田祥, 前川知輝, 梶原逸朗, Ambroziński Łukasz, Pieczonka Łukasz, 細矢直基, 音響レンズを用いたレーザー誘起プラズマ衝撃波による加振法 (Lamb 波の生成), 日本機械学会[No.21-23] Dynamics and Design Conference 2021 講演論文集 No.335. 2021 年. (online)

30. 倉田晴行, WIRANARA Ardi, 前田真吾, 細矢直基, フレキシブルセンサによる振動応答計測, 日本機械学会[No.21-23] Dynamics and Design Conference 2021 講演論文集 No. 366. 2021 年. (online)
 31. 古怒田真悟, 荒井那由他, 梶原逸朗, 細矢直基, レーザー誘起プラズマによるインパルス加振を用いたマンゴーの非接触非破壊硬さ評価, 日本機械学会[No.21-23] Dynamics and Design Conference 2021 講演論文集 No. 367. 2021 年. (online)
 32. T. Hiruta, H. Ishihara, N. Hosoya, S. Maeda, I. Kajiwara¹, Vibration control of membrane structures using multiple dielectric elastomer actuators, The 21st International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2021), 2021. (online)
 33. 平田幸太郎, 森川颯日, 長田悠希, 丹羽隼人, 大沼隼志, 細矢直基, 偏光干渉計による振動モード形の可視化, [No.21-55] 日本機械学会 第 17 回「運動と振動の制御」シンポジウム (MoViC2021) B03, 2021 年. (online)
 34. 矢ヶ崎勇希, 三浦優作, 田嶋稔樹, ヘキサフルオロベンゼンの電解還元重合における重合条件の検討, 第 45 回有機電子移動化学討論会, 2021 年. (online)
 35. 橋本果南, 森翔太, 田嶋稔樹, 電解還元重合により合成したペルフルオロポリフェニレン膜の光学特性, 第 45 回有機電子移動化学討論会, 2021 年. (online)
 36. 三浦優作, 富岡慧太, 伊藤亘, 田嶋稔樹, ヘキサフルオロベンゼンの電解還元重合によるペルフルオロポリフェニレンの合成, 2021 電気化学秋季大会, 2021 年. (online)
 37. 岩崎和樹, 富岡慧太, 田嶋稔樹, ペルフルオロビフェニルおよびナフタレンの電解還元重合, 2021 電気化学秋季大会, 2021 年. (online)
 38. 浅野武蔵, 三田海人, 青木翼, 田嶋稔樹, 種々の有機塩基を用いた新規 HF 錯体の合成と電解フッ素化への応用, 2021 電気化学秋季大会, 2021 年. (online)
 39. 岩崎和樹, 富岡慧太, 田嶋稔樹, デカフルオロフルオロビフェニルおよびオクタフルオロナフタレンの電解還元重合, 第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021, 2021 年. (online)
 40. 五十嵐有生, 村岡慶一, 田嶋稔樹, エポキシドの開環フッ素化を利用した有機塩基-3HF 錯体の反応性評価, 第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021, 2021 年. (online)
 41. 矢ヶ崎勇希, 田嶋稔樹, 電解還元重合法によるペルフルオロポリフェニレンの合成と重合条件の検討, 第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021, 2021 年. (online)
 42. 清水省吾, 落合雄匠, 五十嵐有生, 村岡慶一, 田嶋稔樹, アミンおよび有機強塩基-3HF 錯体を用いたメシラートの求核的フッ素化, 第 11 回 CSJ 化学フェスタ 2021, 2021 年. (online)
- 【特許等出願】
1. 重宗宏毅, 前田真吾, 細矢直基, 安藤元輝, 緩衝材, 水性媒体付き緩衝材展開体, 及び緩衝材の製造方法, 特願 2021-070566 号, 2021 年 4 月 19 日, 芝浦工業大学

D 共同研究 2020-2021 (年度を超えているものも含まれる)

	学科	学内研究 代表者	共同研究 テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	機械機能工 学科	前田真吾	—	A 社	5,500
2	機械工学科 国際理工学 専攻	石井康之 山本文子	—	国立研究開発法人産業 技術総合研究所	0
3	電気工学科	重宗宏毅	—	早稲田大学	1,100
4	応用化学科	田嶋稔樹	—	K 社	1,000
5	機械機能工 学科	細矢直基	—	F 社	1,100
6	機械機能工 学科	細矢直基	—	東京大学, 宇宙航空研究 開発機構	0
7	機械機能工 学科	細矢直基	—	量子科学技術研究開発 機構	0
8	機械機能工 学科	細矢直基	—	Y 社	2,000
9	機械機能工 学科	細矢直基	—	Y 社	0
10	機械機能工 学科	細矢直基	—	北海道大学	0

E 外部資金 2020-2021 (年度を超えているものも含まれる)

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	機械機能工 学科	前田真吾	科研費 新学術領 域研究(計画班)代 表 18H05473	日本学術振興会	15,000
2	機械機能工 学科	前田真吾	科研費 新学術領 域研究(総括班)分 担 18H05465	日本学術振興会	100
3	機械機能工 学科	前田真吾	国際共同事業 JRPCs, 代表者	日本学術振興会	10,000
4	機械機能工 学科	前田真吾	科研費 基盤研究 (B) 代表	日本学術振興会	3,300

			21H01293		
5	機械機能工 学科	前田真吾	科研費 基盤研究 (A) 分担 21H04882	日本学術振興会	1,500
6	機械機能工 学科	前田真吾	科研費 挑戦的萌 芽(萌芽) 分担 19K21950	日本学術振興会	
7	機械工学科	石井康之	科研費 基盤研究 (C) 分担 19K03720	日本学術振興会	300
8	機械工学科	石井康之	科研費 基盤研究 (B) 分担 20H04463	日本学術振興会	300
9	電気工学科	重宗宏毅	A-STEP「トリア ウト」 代表	科学技術振興機 構	1,540
10	電気工学科	重宗宏毅	科研費 若手研究 代表 19K20377	日本学術振興会	700
11	電気工学科	重宗宏毅	科研費 基盤研究 (B) 分担 20H04214	日本学術振興会	600
12	電気工学科	重宗宏毅	挑戦的研究(萌芽) 分担 19K21950	日本学術振興会	250
13	電子工学科	プレーマ チャンド ラチンタ カ	科研費 基盤研究 (C) 代表 21K04592	日本学術振興会	364
14	応用化学科	田嶋稔樹	科研費 基盤研究 (C) 代表 19K05567	日本学術振興会	1,000
15	機械機能工 学科	細矢直基	2019 年研究助成技 術開発 代表	公益財団法人放 送文化基金	4,300
16	機械機能工 学科	細矢直基	2019 年度学術研究 助成 代表	公益財団法人飯 島藤十郎記念食 品科学振興財団	1,850

17	機械機能工 学科	細矢直基	2020 年度学術研究 助成 代表	公益財団法人浦 上食品・食文化振 興財団	3,300
18	機械機能工 学科	細矢直基	科研費 基盤研究 (B) 代表 21H01279	日本学術振興会	9,200
19	機械機能工 学科	細矢直基	A-STEP「トライア ウト」 代表	科学技術振興機 構	2,307
20	機械機能工 学科	細矢直基	科研費 基盤研究 (B) 代表 21H01293	日本学術振興会	500

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考 (前年 比)
論文数	(査読付きのみ) 31 件		1.3 倍
特許出願件数	1 件		0.3 倍
共同研究件数	10 件	10,700 千円	1.2 倍
外部資金獲得数	20 件	56,411 千円	1.2 倍
参加学生数	90 名 (内留学生 6 名) ポスドク, 短期留学生を含む. 他助教 2 名		≈1.0 倍
参加企業数	5 社		0.8 倍
公開イベント数	1 件		0.2 倍

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

5

今後の計画

2019 から 2021 年度までの 3 年間で, レーザードップラー振動計, インピーダンス計, マルチスペクトルカメラなどを導入し, 誘電エラストマーアクチュエータを実機に搭載するためのプロトタイピングまで検討した. 学術論文の業績は 1 人平均 5 本程度であり, これは現状の予算, 面積, 人を考慮すれば, 最大限の成果といえる. 各教員が 100%以上のリソースを投入していることが, 本成果と深く関連しており, 体調面での不安もあった.

成果と今後の方針を, 本学で設定している 3 つの研究フェーズに当てはめると以下のようなになる.

【プロトタイピング】

DEA では、青果物の非破壊検査、振動制御、ソフトグripperなどの成果が得られた。また、EHD では、Self-sensing 可能なマニピュレータの実現できた。今後は、これらの技術を磨き、社会実装につなげるための活動が重要となるため、活動規模やリソースを数倍程度に拡大しなければならない。

【コア技術・知財形成】

BZ ゲルでは、マイクロポンプの開発に成功し、デジタルファブリケーションも実現した。ペーパーメカトロニクスでも同様にデジタルファブリケーションによる緩衝材形成を実現し、特許出願をした。災害救助用ドローンに関しては、ソフトグripperなどを開発した。これらの成果を踏まえ、プロトタイピングにつながるような研究を進め、学術論文として公表をしていく。

【課題探索・原理確認】

柔軟電極のための誘起導電体を検討し、論文として公表した。今後は、これらをDEA, EHD, ペーパーメカトロニクスと融合し、知財形成に向け、検討していく。

3年間のプロジェクト研究としては、期待以上の成果が得られました。これらの成果を融合することで社会実装し、大学発ベンチャー企業を立ち上げるためには、莫大な予算を必要とする研究フェーズとなることが予想されます。今後も本学からのこのようなご支援をお願いすると共に、3年間のご支援について深く感謝の意を表します。

以上

添付1：公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	9月13日- 17日	[No.21-23] Dynamics and Design Conference 2021 オーガナイ ズドセッション	日本機械学会	細矢直基、 前田真吾	オンライン

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE 事業)
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 新規複合化ゼオライトによる分離・センサ素材の開発
2. 研究組織所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
野村 幹弘	応用化学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 4 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
野村幹弘	応用化学科・教授		膜分離
新井剛	材料工学科・教授		イオン回収
堀頭子	応用化学科・教授		低温吸着
六車仁志	電子工学科・教授		センサ

6. 研究の概要

A 計画の概要

新規複合化ゼオライトによる分離・センサ素材の開発を進めている。開発するデバイスは、ゼオライトという多孔性無機結晶をベースとする。ゼオライトは、分子認識作用があり、これまでも吸着材や触媒として用いられてきた。本提案では、このゼオライトを、フッ素系を中心としたアルコキシド等で後処理することで、新たな分離・センシング用デバイスを開発する。Si-O-Si 結合などゼオライト構造の骨格で固有の細孔を形成している。例えば FAU 型のゼオライトとでは、細孔サイズが 0.74nm とベンゼンなどの分子と同レベルとなることより分子認識機能が発現する。ここに、 $-C_6F_5$ などの置換基を導入することで、分子認識機能を制御する。ポイントは、ゼオライト固有の細孔より大きなアルコキシドを処理剤として用いることで、ゼオライトの分子認識機能のベースとなっている細孔を閉塞させずに、細孔表面のみに新たな機能を付与する。例えば、かさ高いフッ素系の置換基を導入することで、①物理的な細孔径の制御、②フッ素の電気陰性度に基づく四重極を利用した吸着性、③親水性・撥水機能を付与できる。特に、②に対し、フッ素系の導入は正の四重極モーメントを誘起することから、既存の有機系吸着剤や有機-無機ハイブリット多孔性材料とは異なり、負の四重極モーメントを有する無極性分子、例えば二酸化炭素やベンゼン誘導体の選択的認識に効果的にアプローチできる。これを、膜分離、低温吸着、金属イオン回収、センサへの展開を進めている。

B 成果の概要

膜分離では、本年度、高温での処理を行った。前年度までは、170℃以下の後処理によりゼオライト膜の分離性、新疎水性の制御を行っていたが、処理後の問題があった。そこで、本年度は装置改良を行い、処理剤としてアミノプロピルトリメトキシシラン (APrTMOS) を用い、250℃での MFI ゼオライト膜の処理の検討を行った。処理により、 C_2H_6/C_3H_8 透過率比が 16.6 から 35.9 に増加した。処理による C_2H_6 透過率の減少は、42%と、大きく透過性を損なうことなく、選択性が向上した。高温処理によっても、前年度までの検討同様、高精度な分子ふるい性能の制御が可能であった。250℃での加熱処理においても、処理後の膜性能は低下せず、安定性も向上した。この MFI ゼオライト膜を用い、本年度の目標である有機水溶液からの有機物濃縮を検討した。有機物としては、近年、環境規制が適用されたジオキサンに注目した。5wt% のジオキサン水溶液のパーバパーレーション試験を行ったところ、透過流束 $0.10 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 、分離係数 1.5 を得た。世界で初めてジオキサン水溶液をセラミック分離膜にて濃縮した結果となった。

さらに、本年度は新規なアプリケーション対応のため、ゼオライト処理と同じ処理剤を用いて二酸化炭素分離可能な膜の開発を行った。処理剤としてヘキシルトリメト

キシシランを用い、250℃にて、多孔質セラミック支持体の処理をした。処理前の多孔質セラミック支持体の細孔径は約 100nm と大きく、CO₂、CH₄の選択性はなかった。処理後は、CO₂/CH₄透過率比が 20.1 と高選択の膜が得られた。CO₂/CH₄分離は、低質天然ガスの改質や、二酸化炭素メタン化反応などへの応用が期待されており、今後の大きな分離マーケットの一つである。

最後に、ゼオライト膜の後処理を含め実用化のために膜の長尺化の検討を進めた。の処理準備を行った。これまで有効長さ 3cm の膜を開発してきたが、本年度は 40cm 長への長尺化を行った。40cm 長の多孔質チューブ基材用の処理反応器を準備し、多孔質セラミック支持体の処理をした。40cm 長の基材および処理後の膜を 5cm 長で切断し、評価を行った。基材の均質性に問題はなかった。180 min の処理後の膜は、N₂/SF₆透過率比が 340 と十分な選択性を示した。水素透過率は $3.2 \times 10^{-7} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ と有効長さ 3cm の蒸着結果である $3.1 \times 10^{-7} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ とほぼ同じであった。これらより、実用化に向けた開発も進んだと言える。

ガス吸着測定により詳細な検討を行うため BelsorpMax II に適したクライオスタットを購入し、低温測定ができるように準備した。今後フッ素化合物やフッ素導入ゼオライトの吸脱着現象の温度変化を明らかにする。

金属イオン回収では、フッ素化処理を施した FAU 粉末を中心に再処理工程等由来の劣化有機系溶媒に抽出された模擬核種(Zr(IV))の吸着試験を実施した。本研究の成果から、トリブチルリン酸とジブチルリン酸の混合相に抽出された Zr(IV)は、フッ素化処理を施した FAU 粉末により吸着除去できたが、吸着時間の増大に伴い吸着された Zr(IV)が脱離することが確認された。このことから、フッ素化処理した吸着サイトが不安定であることが示唆され、熱処理条件により改善できることが明らかとなった。また、構造の異なる合成ゼオライトを用いて Zr(IV)の吸着除去試験を行った結果、モルデナイトが良好に Zr(IV)を吸着できることが明らかとなった。さらに、モルデナイト充填層を用いてカラム吸着試験を実施し、モルデナイトは動的吸着特性にも優れることが確認された。

センサでは、糖尿病管理に必要な血中のケトン体濃度を検出するバイオセンサストリップを開発した。センサの感度や耐久性を向上させるためにゼオライトの有効性を示した。

C 研究発表等の状況 (事業開始以前から、今年度までのもの)

【雑誌論文】(査読有)

1. T. Fukuda, H. Muguruma, H. Iwasa, A. Hiratsuka, T. Tanaka, K. Tsuji, T. Kishimoto, "Xylose-Insensitive Direct Electron Transfer Biosensor Strip with Single-Walled Carbon Nanotubes and Novel Fungal Flavin Adenine Dinucleotide Glucose Dehydrogenase," IEEE Tran. Nanotechnology, 2021, 20, 610-618.

2. Yusuke Horiuchi, Sou Watanabe, Yuichi Sano, Masayuki Takeuchi, Fukuka Kida, Tsuyoshi Arai "Development of MA separation process for an advanced reprocessing with TEHDGA/SiO₂-P", *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 330(1), p. 237-244 (2021)
3. Y. Ikumura, Y. Habuka, A. Hori,* "Co-crystal Structures and Hirshfeld Surface Analysis of Mesitylene and/or p-Xylene Solvated Pseudopolymorphs of Fully Fluorinated Pd(II) Complex", *Polyhedron*, 2021, 197, 115035, 1-6.
4. "Reaction of methanol to olefin using a membrane contactor on a silica substrate ", Shusei Tanizume, Sota Maehara, Katsunori Ishii, Takamasa Onoki, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Mikihiro Nomura, *Sep. Purif. Tech.*, 254, 117647 (2020)
5. "Development of hydrogen permselective membranes for propylene production", Katsunori Ishii, Yousuke Kameda, Junko Yoshiura, Yuta Saito, Takaya Nagataki and Mikihiro Nomura, *J. Chem. Eng. Jpn.*, 54(5), 260-265 (2021)
6. "Pore size control of silica membranes by counter diffusion CVD method ", Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, *SEATUC J. Sci. Eng.*, 2(1), 15-20, (2021)
7. "Pure silica CHA zeolite membrane synthesized on porous silica substrate for CO₂ separation", Gabriel Gama da Silva Figueiredo, Mikihiro Nomura, Kouhei Suzuki, Souta Maehara, Katsunori Ishii, Takamasa Onoki, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, *SEATUC J. Sci. Eng.*, 2(1), 21-27, (2021)
8. "Development of pure silica CHA zeolite membranes for CO₂ separation", Gabriel Gama da Silva Figueiredo, Daishi Takayama, Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, Takamasa Onoki, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, *Membranes*, 11, 926, (2021)
9. "The evaluation of counter diffusion CVD silica membrane formation process for hydrogen separation by in situ analysis of diffusion carrier gas", Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, *Membranes*, in press

以下、前年度以前分

1. A. Hori, H. Kobayashi, G. Sakamoto, H. Yuge, "Crystal Structures and Charge Distribution of Partially Fluorinated β -Diketonate Copper(II) Complexes based on Hirshfeld Surface Analysis and DFT Calculations", *Polyhedron*, 2020, 192, 114825, 1-5.
2. Y. Habuka, E. A. Takeuchi, A. Hori, "Co-crystal Structure, Hirshfeld Surface Analysis and DFT Studies of 3,4-Ethylenedioxythiophene Solvated Bis-[1,3-bis(pentafluorophenyl)propane-1,3-dionato]copper(II)", *Acta Cryst.*, 2020, E76,

820-825.

3. T. Kusakawa, T. Goto, A. Hori, "Supramolecular Association of $M^{2+} \cdots \pi$ Induced by Different Electrostatic Properties using Naphthyl Substituted β -Diketonate Complexes (Metal = Cu, Pd, Pt)", *CrystEngComm*, 2020, 22, 3090-3094.
4. Y. Nakamura, N. Shibayama, A. Hori, T. Matsushita, H. Segawa, T. Kondo, "Crystal Systems and Lattice Parameters of $CH_3NH_3Pb(I_{1-x}Br_x)_3$ Determined using Single Crystals: Validity of Vegard's Law", *Inorg. Chem.*, 2020, 59, 6709-6716.
5. Y. Ikumura, Y. Habuka, S. Sakai, T. Shinohara, H. Yuge, I. I. Rzeznicka, A. Hori, "Enhanced and Heteromolecular Guest Encapsulation in Non-Porous Crystals of Perfluorinated Triketonato Dinuclear Copper Complex", *Chem. Eur. J.*, 2020, 26, 5051-5060.
6. R. P. Putra, Y. Ikumura, H. Horino, A. Hori, I. I. Rzeznicka, "Adsorption and Conformation of Bovine Serum Albumin with Blue-emitting Gold Nanoclusters at the Air/Water and Lipid/Water Interfaces", *Langmuir*, 2019, 35, 16576-16582.
7. R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, "Electrochemical Analysis of Coffee Extractions at Different Roasting Levels Using a Carbon Nanotube Electrode," *Analytical Sciences*, 2021, 37, doi.org/10.2116/analsci.20N021
8. R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, "New perspective on ECE mechanism of monohydroxycinnamic acid oxidation with carbon nanotube electrode," *Electrochimica Acta*, 2020, 359, 136964.
9. H. Iwasa, A. Hiratsuka, T. Tanaka, K. Tsuji, T. Kishimoto, Y. Watanabe, Y. Hoshino, H. Muguruma, "Xylose-Insensitive Direct Electron Transfer Biosensor Strip with Single-Walled Carbon Nanotubes and Novel Fungal Flavin Adenine Dinucleotide Glucose Dehydrogenase," *IEEE Sensors Journal*, 2020, 20, 12522-12529.
10. R. Wada, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, "Electrochemical Detection of Curcumin in Food with A Carbon Nanotube-Carboxymethylcellulose Electrode," *Analytical Sciences*, 2020, 36, 1113-1118.
11. Yoichi Araia, Sou Watanabe, Shimpei Ohno, Kazunori Nomura, Fumiya Nakamura, Tsuyoshi Arai, Noriaki Seko, Hiroyuki Hoshina, Naoto Hagura, Toshio Kubota "Microscopic analyses on Zr adsorbed IDA chelating resin by PIXE and EXAFS", *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B*, Vol. 477, p. 54-59 (2020)
12. Zhiwei Zheng, Tsuyoshi Arai, Koichiro Takao "Kinetic and Thermodynamic Requirements To Extend Solvent Compatibility in Thermal-Assisted Extraction of

Inert Platinum Group Metals” ACS Sustainable Chemistry & Engineering, Vol. 7, No. 11, p. 9750-9753 (2019)

13. " Reaction of methanol to olefin using a membrane contactor on a silica substrate ", Shusei Tanizume, Sota Maehara, Katsunori Ishii, Takamasa Onoki, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Mikihiro Nomura, Sep. Purif. Tech., 254, 117647 (2020)

14. "Permeation properties of ions through inorganic silica-based membranes", Junko Yoshiura, Katsunori Ishii, Yuta Saito, Takaya Nagataki, Yuhei Nagataki, Ayumi Ikeda, and Mikihiro Nomura, Membranes, 10, 27, (2020)

15. "Control of a methanol to olefin reaction through an MFI-type zeolite membrane contactor ", Shusei Tanizume, Toshihiro Yoshimura, Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, Membranes, 10, 26, (2020)

16. T. Fukuda, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, T. Shimizu, K. Tsuji, T. Kishimoto, "Electrochemical determination of uric acid in urine and serum with uricase/carbon nanotube /carboxymethylcellulose electrode," 2020, 590, 113533.

17. S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, "Selective Detection of Rutin in The Presence of Ascorbic Acid with A Carbon Nanotube Electrode," Japanese Journal of Applied Physics, 2020, 59, SDD02.

18. S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, "Electrochemical determination with a long-length carbon nanotube electrode of quercetin glucosides in onion, apple peel, and tartary buckwheat," Food Chemistry, 2019, 300, 125189.

19. S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, "Simultaneous Electrochemical Determination of Isoquercitrin and Epigallocatechingallate at A Carbon Nanotube Electrode," Electrochemistry, 2019, 87, 242-244.

20. Y. Yoshimi, D. Oino, H. Ohira, H. Muguruma, E. Moczko, S. A. Piletsky, "Size of Heparin-Imprinted Nanoparticles Reflects the Matched Interactions with the Target Molecule," Sensors, 2019, 19, 2415.

21. S. Murakami, S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, "Polyphenol analysis in black tea with carbon nanotube electrode," Analytical Sciences, 2019, 35, 529-534.

22. A. Suzuki, K. Ishida, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, K. Tsuji, T. Kishimoto, "Diameter dependence of single-walled carbon nanotubes with flavin adenine dinucleotide glucose dehydrogenase for direct electron transfer bioanodes," Japanese Journal of Applied Physics, 2019, 58, 051015.

23. Sou Watanabe, Tatsuya Senzaki, Atsuhiko Shibata, Kazunori Nomura, Masayuki Takeuchi, Kiyoharu Nakatani, Haruaki Matsuura, Yusuke Horiuchi, Tsuyoshi Arai “Improvement in flow-sheet of extraction chromatography for trivalent minor actinides recovery” *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume 322, Issue 3, p. 1273–1277 (2019)
24. Toshiki OTAKA, Tatsumi SATO, Simpei ONO, Kohei NAGOSHI, Ryoji ABE, Tsuyoshi ARAI, Sou WATANABE, Yuichi SANO, Masayuki TAKEUCHI, Kiyoharu NAKATANI “Extraction Mechanism of Lanthanide Ions into Silica-based Microparticles Studied by Single Microparticle Manipulation and Micro spectroscopy” *Analytical Science*, Vol.35, p. 1129-1133 (2019)
25. Sou Watanabe, Hiromichi Ogi, Yoichi Arai, Haruka Aihara, Yoko Takahatake, Toshio Kubota, Noriaki Seko, Tsuyoshi Arai, Tetsuji Moriguchi, Atsuhiko Shibata, Kazunori Nomura, Yuichi Kamiya, Noriko Asanuma, Haruaki Matsuura “STRAD project for systematic treatments of radioactive liquid wastes generated in nuclear facilities”, *Progress in Nuclear Energy*, Vol.117, p. 103090 (2019)
26. Sou Watanabe, Yuichi Sano, Shuhei Sanda, Shota Sakurai, Tsuyoshi Arai “Influences of Pore and Particle Sizes of CMPO/SiO₂-P Adsorbent on Extraction Chromatography Process” *Journal of Ion Exchange*, Vol.30, No.1, (2019)
27. R. Gonda, I. I. Rzeznicka, Y. Kinoshita, S. Uchida, A. Hori, “Guest Encapsulations in Non-porous Crystals of Fully Fluorinated Dinuclear Metal Complexes with M₂O₂ Core (M = Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺)”, *Dalton Transactions*, 2019, 48, 9062-9066.
28. T. Kusakawa, S. Sakai, K. Nakajima, H. Yuge, I. I. Rzeznicka, A. Hori, “Synthesis, Structures and Co-crystallizations of Perfluorophenyl Substituted β -Diketone and Triketone Compounds”, *Crystals*, 2019, 9, 175, 1-12.
29. A. Hori, E. Betsugi, Y. Ikumura, K. Yoza, “Polymorphic Crystals of Oxalix[4]arene with 1,3-Alternate Conformations of S₄ and C₂ Symmetry”, *Acta Cryst.*, 2019, C75, 265-270.
30. “Comparison of experimental and simulation results on catalytic HI decomposition in a silica-based ceramic membrane reactor”, Odtsetseg Myagmarjav, Tanaka Nobuyuki, Mikihiro Nomura, Shinji Kubo, *Int. J. Hydrogen Energy*, 44(59), 30832-30839(2019)
31. “Development of silica membranes to improve dehydration reactions”, Katsunori Ishii, Ai Shibata, Toshichika Takeuchi, Junko Yoshiura, Takumi Urabe, Yosuke Kameda, Mikihiro Nomura, *J. Jpn. Petrol. Inst.*, 62(5), 211-219 (2019)

32. "Removal of As(III) and As(V) from water using green silica-based ceramic hollow fibre membranes via direct contact membrane distillation", Siti Khadijah Hubadillah, Mohd Hafiz Dzarfan Othman, Siti Hamimah Syeikh Abdul Kadir, Zawati Harunc, Riduan Jamalludin, Mukhlis Rahman, Juhana Jaafar, Mikihiro Nomura, Sawao Honda, Yuji Iwamoto, Hamzah Fansuri, RSC Advances, 9(6), 3367-3376, (2019)
33. "Overvoltage reduction of membrane Bunsen reaction by using radiation-grafted cation exchange membranes", Takehiro Kimura, Mikihiro Nomura, Shin-ichi Sawada, Tetsuya Yamaki, Nobuyuki Tanaka, Shinji Kubo, QST Takasaki Annual Report 2017 1-19, (2019)
34. "Module design of silica membrane reactor for hydrogen production via thermochemical IS process", Odtsetseg Myagmarjav, Tanaka Nobuyuki, Mikihiro Nomura, Shinji Kubo, International Journal of Hydrogen Energy, 44(21), 10207-10217 (2019)
35. "Amine functionalized ZIF-8 as a visible-light-driven photocatalyst for Cr(VI) reduction", Chechia Hua, Yu-Chi Huang, Ai-Lun Chang, Mikihiro Nomura, J. Colloid Interface Sci., 553, 372-381, (2019)
36. "Research and Development on Membrane IS Process for Hydrogen Production using Solar Heat", Odtsetseg Myagmarjav, Jin Iwatsuki, Nobuyuki Tanaka, Shinji Kubo, Yoshiyuki Inagaki, Mikihiro Nomura, Shin-ichi Sawada, Tetsuya Yamaki, Xin Yu, Masakoto Kanezashi, Toshinori Tsuru, Masato Machida, Tatsumi Ishihara, Masahiko Mizuno, Yasuo Hosono, Keita Miyajima, Makoto Inomata, Yoshiro Kuriki, Nariaki Sakaba, Int. J. Hydrogen Energy, 44(35) 19141-19152 (2019)
37. "Silica-based RO membranes for separation of acidic solution", Katsunori Ishii, Ayumi Ikeda, Toshichika Takeuchi, Junko Yoshiura, Mikihiro Nomura, 9(8), 94, Membranes, (2019)
38. 河野壮馬, 新井剛, 鷹尾康一郎 "高レベル放射性廃液からの Mo(VI), Zr(IV)の効率的除去へ向けた [Hbet][Tf2N] の抽出特性の基礎研究" 日本イオン交換学会誌, Vol.29, No.2, p.25-34 (2018)
39. Soma Kono, Hiroyuki Kazama, Takahiro Mori, Tsuyoshi Arai, Koichiro Takao "Significant Acceleration of PGMs Extraction with UCST-Type Thermomorphic Ionic Liquid at Elevated Temperature", ACS Sustainable Chemistry & Engineering, Vol. 6, No. 2, p. 1555-1559 (2017)
40. 矢田祐士, 新井剛 "抽出剤-[Cnmim][Tf2N]混合相を用いた協同効果に伴う燃料デブリ由来の放射性核種の抽出挙動の基礎研究" 日本原子力学会和文誌, Vol. 16, No.

3, p. 161-167 (2017)

41. 山中拓実, 松本佑美, 矢田祐士, 新井剛 “Triphenylphosphine sulfide-[Cnmim][Tf2N]を用いた塩酸水溶液中における白金族元素の分配挙動” *Journal of MMIJ*, Vol.133, No.5, pp.84-91 (2017); 白金族元素の分離回収技術開発

42. 名越航平, 新井剛, 渡部創, 佐野雄一, 竹内正行, 佐藤睦, 及川博史 “抽出クロマトグラフィーに用いる含浸吸着材への表面処理が吸着・溶離挙動に及ぼす影響” *日本イオン交換学会誌*, Vol.28, No.1, p.11-18 (2017)

43. 松本佑美, 矢田祐士, 山中拓実, 新井剛 “[Cnmim][Tf2N]を溶媒とした Triphenyl phosphine による塩酸水溶液からの Pd(II), Pt(IV)の抽出挙動” *日本イオン交換学会誌*, Vol.28, No.1, p.19-28 (2017)

44. Ryoji Abe, Kohei Nagoshi, Tsuyoshi Arai, Sou Watanabe, Yuichi Sano, Haruki Matsuura, Yuichi Sano, Sou Watanabe, Haruki Matsuura, Kohei Nagoshi, Tsuyoshi Arai “Microanalysis of silica-based adsorbent for effective recovery of radioactive elements” *Journal of Nuclear Science and Technology*, Vol.54, Issue 10, No.10, pp. 1058-1064 (2017)

45. 矢田祐士, 松本佑美, 新井剛 “Tributyl phosphate-[Cnmim][Tf2N]を用いた塩酸溶液からの希土類元素の抽出および逆抽出” *Journal of MMIJ*, Vol.132, No.5, pp.89-95 (2016)

46. A. Hori, R. Gonda, I. I. Rzeznicka, “Enhanced Adsorption of Small Gas Molecules in Metal (Cu²⁺, Pd²⁺, Pt²⁺) Complexes induced by Ligand Fluorination”, *CrystEngComm*, 2017, 19, 6263-6266.

【雑誌論文】(査読無)

1. 堀 颯子, “フッ素が拓く分子間相互作用 四重極モーメントを活用した分子認識と固体材料, Intermolecular Interactions Induced by Full Fluorination: Molecular Recognition of Solid Materials Using Opposite Quadrupole Moment”, *色材協会誌*, 解説, 2019, 92 巻, 9 月号, 274-278; *J. Jpn. Soc. Colour Mater.*, 2019, 92, 274-278.

【図書】

1. “「2017 年 水処理・水利用の技術と市場」第 2 章 無機系逆浸透 (RO)膜の開発” 野村幹弘, 池田歩, 竹内淳登, 4p~17p, シーエムシー出版, 2017 年 9 月 13 日

2. “Current trends and future developments on (bio-) membranes” editors Angelo Basile and Kamram Ghasemzadeh, 25p~43p, elsevier, 2017 年 8 月 17 日 (Chapter 2 Preparation of silica membranes by CVD method)

【学会発表】

1. 斗米太一、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、平塚淳典、星野陽子、辻勝巳、岸本高英、カーボンナノチューブとフラビンアデニンジヌクレオチドグルコース脱水素酵素を用いる直接電子伝達型バイオセンサストリップ、2021 年秋季第 82 回応用物理学会学術講演会、2021 年 9 月 18 日
2. 関光洋、和田遼太郎、六車仁志、カーボンナノチューブ電極を用いたドーパミンとノルアドレナリンの同時定量、2021 年秋季第 82 回応用物理学会学術講演会、2021 年 9 月 18 日
3. 和田遼太郎、松島大秀、六車仁志、越坂部奈緒美、カーボンナノチューブ電極を用いるコーヒー中のクロロゲン酸類の定量、2021 年秋季第 82 回応用物理学会学術講演会、2021 年 9 月 18 日
4. 和田遼太郎、松島大秀、六車仁志、越坂部奈緒美、カーボンナノチューブ／カルボキシメチルセルロース電極を用いるコーヒー焙煎度の判定、日本分析化学会第 70 年会、2021 年 9 月 13 日
5. 阿久澤禎、**新井剛**、渡部創、佐野雄一、竹内正行“MOX 燃料再処理を見据えた MA(III) 分離技術への HONTA 含浸吸着材の適用性検討”日本原子力学会 関東甲越支部 第 20 回若手研究者・技術者発表討論会、on line、(2021.11.29)
6. 内藤 涼、**新井 剛**、田中 康介、大西 貴士、薄井 茜、松倉 実、三村 均“ガラスをバインダーとして用いた使用済みゼオライト焼結固化技術の開発”日本原子力学会 関東甲越支部 第 20 回若手研究者・技術者発表討論会、on line、(2021.11.29)
7. 石澤健太、阿久澤禎、木田福香、**新井剛**、渡部創、佐野雄一、竹内正行“放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究(91)MA+Ln 共回収のための TEHDGA カラムフローの改良”日本原子力学会 「2021 年秋の大会」、on line、(2021.9.10)
8. 榊村慶佑、阿久澤禎、木田福香、**新井剛**、渡部創、佐野雄一、竹内正行“放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究(92)MA/Ln 分離のための HONTA カラムフローの開発”日本原子力学会 「2021 年秋の大会」、on line、(2021.9.10)
9. 佐藤大輔、渡部創、矢野公彦、北脇慎一、**新井剛**、柴田淳広、竹内正行“放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究(95)MA 回収用 HONTA 含浸吸着材の吸着溶離性能評価ーホット試験ー”日本原子力学会 「2021 年秋の大会」、on line、(2021.9.10)
10. 阿久澤 禎、木田 福香、**新井 剛**、渡辺 創、佐野 雄一、竹内 正行“放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究(83)MA 回収用 TEHDGA 含浸吸着材の吸着溶離性能評価ーコールド試験ー”日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on line、(2021.3.18)
11. 佐藤 大輔、渡部 創、荒井 陽一、中村 雅弘、**新井 剛**、柴田 淳広、竹内 正行“放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究(85)MA 回収用 TEHDGA 含浸吸着材の吸着溶離性能評価ーホット試験ー”日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on

line、(2021.3.18)

12. 佐野 雄一、新井 剛、中谷 清治、松浦 治明、国井 茂 “合理的な MA 回収工程の構築に向けた溶媒抽出／低圧損抽出クロマトグラフィを組み合わせたハイブリッド型プロセスの開発 (1) 全体構想” 日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on line、(2021.3.19)

13. 江森 達也、森田 圭介、伴 康俊、佐藤 広盛、木田 福香、新井 剛、佐野 雄一 “合理的な MA 回収工程の構築に向けた溶媒抽出／低圧損抽出クロマトグラフィを組み合わせたハイブリッド型プロセスの開発(2) 高 TBP 濃度条件における FP 及び MA(III)の抽出挙動評価” 日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on line、(2021.3.19)

吉田 正明、根本 脩平、永瀬 緑、新井 剛、江森 達也、森田 圭介、伴 康俊、渡部 創、
14. 佐野 雄一、国井 茂 “合理的な MA 回収工程の構築に向けた溶媒抽出／低圧損抽出クロマトグラフィを組み合わせたハイブリッド型プロセスの開発 (6) MA/Ln 分離用吸着材の吸着・溶離性能評価” 日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on line、(2021.3.19)

15. 土屋 巽、岡田 諒、渡部 創、佐野 雄一、新井 剛、松浦 治明 “合理的な MA 回収工程の構築に向けた溶媒抽出／低圧損抽出クロマトグラフィを組み合わせたハイブリッド型プロセスの開発(7) MA/Ln 分離用吸着材中における吸着種の構造解析” 日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on line、(2021.3.19)

16. 崩 愛昌、宮川 晃尚、長友 重紀、中谷 清治、吉田 正明、根本 脩平、新井 剛、安倍 弘、長谷川 健太、佐野 雄一 “合理的な MA 回収工程の構築に向けた溶媒抽出／低圧損抽出クロマトグラフィを組み合わせたハイブリッド型プロセスの開発 (8) MA/Ln 分離用吸着材を対象とした顕微分光測定による吸着溶離速度評価” 日本原子力学会 「2021 年春の年会」、on line、(2021.3.19)

17. 榊村 慶佑、阿久澤 禎、木田 福香、新井 剛、渡部 創、佐野 雄一、竹内 正行 “使用済 MOX 燃料再処理からの MA(III)/Ln(III)群分離を指向した HONTA 含浸吸着材の分離条件の最適化” 日本原子力学会 関東・甲越支部 「第 14 回学生研究発表会」、on line、(2021.3.4)

18. 大西 誉幸、永瀬 緑、新井 剛、国井 茂、渡部 創、佐野 雄一 “MA(III) / Ln(III)高度群分離法の確立を指向した HONTA 含浸吸着材の構造最適化の基礎研究” 日本原子力学会 関東・甲越支部 「第 14 回学生研究発表会」、on line、(2021.3.4)

19. 石澤 健太、阿久澤 禎、木田 福香、新井 剛、渡部 創、佐野 雄一、竹内 正行 “使用済 MOX 燃料からの MA(III)・Ln(III)一括回収を指向した TEHDGA 含浸吸着材の分離条件の最適化” 日本原子力学会 関東・甲越支部 「第 14 回学生研究発表会」、on line、(2021.3.4)

20. 佐藤 広盛、吉田 正明、根本 脩平、永瀬 緑、新井 剛、渡辺 創、佐野 雄一 “重力駆動型抽出クロマトグラフィ法による MA(III)分離技術の構築を指向した HONTA 含浸吸着材の担体最適化研究” 日本原子力学会 関東・甲越支部 「第 14 回学生研究発表会」、on line、(2021.3.4)

21. 岩本 響、佐藤 広盛、新井 剛、渡部 創、佐野 雄一 “高濃度 TBP 溶媒を用いた溶媒抽出による MA(III)・Ln(III)共回収プロセスの構築に向けた基礎研究” 日本原子力学会 関東・甲越支部 「第 14 回学生研究発表会」、on line、(2021.3.4)
22. 内藤 涼、加藤 史大、新井 剛、薄井 茜、大西 貴士、田中 康介、松倉 実、三村 均 “Chabazite 型ゼオライト焼結固化技術の開発における固化体作製条件の検討” 日本原子力学会 関東・甲越支部 「第 14 回学生研究発表会」、on line、(2021.3.4)
23. H. Usui, Y. Ishida, Y. Habuka, A. Hori, "Guest encapsulation and gas adsorption of pentafluorophenyl substituted nickel complexes", Pacificchem 2021, Online, Hawaii, 2021. 12.
24. T. Jitsukata, H. Kobayashi, M. Yamada, A. Hori, "Synthesis of zinc complexes using fluorinated aromatic carboxylic acids and evaluations of physical properties", Pacificchem 2021, Online, Hawaii, 2021. 12.
25. H. Kobayashi, Y. Ikumura, A. Hori, "Encapsulation and crystal structure of benzophenone derivatives in the crystal of fluorine-substituted copper complexes", Pacificchem 2021, Online, Hawaii, 2021. 12.
26. Y. Ishida, E. Betsugi, A. Hori, "Crystallographic and adsorption studies of polymorphs of tetraoxacalix[4]arene derivatives", Pacificchem 2021, Online, Hawaii, 2021. 12.
27. 一杉礼央、堀 颯子、エチニルアントラセン骨格を持つピリジン誘導体の結晶構造と分光学的性質、日本結晶学会令和 3 年 (2021 年) 度年会、ポスター (オンライン)、2021. 11.
28. 臼井大智、石田裕己、羽深佑亮、堀 颯子、フッ素置換単核及び二核ニッケル錯体を用いた芳香族分子の包接、結晶構造解析及び蒸気吸着、第 71 回錯体化学討論会、ポスター (オンライン)、2021. 9.
29. 實方友輝、山田稔、小林大巡、堀 颯子、フッ素化安息香酸及びピリジン誘導体を用いた新規一次元及び二次元錯体の合成と結晶構造、第 71 回錯体化学討論会、ポスター (オンライン)、2021. 9.
30. 小林大巡、堀 颯子、フッ素置換トリケトナト二核銅錯体を用いたクマリン誘導体の包接及び結晶構造、第 71 回錯体化学討論会、ポスター (オンライン)、2021. 9.
31. 一杉礼央、佐々木達也、G. J. Richards、堀 颯子、アントラセンを導入した 3 種類の平面型ピリジン誘導体の合成、光反応および分光学的性質、第 79 回有機合成化学協会 関東支部シンポジウム、口頭 (オンライン)、2021. 5.
31. G. J. Richards, J. P. Hill, S. Yamada, K. Ariga, A. Hori, Synthesis and photophysical properties of extended pyrazinacenes, The 101st CSJ Annual Meeting, Oral (Online), Japan, 2021. 3.
32. 佐々木達也、一杉礼央、G. J. Richards、堀 颯子、エチニルアントラセン骨格を持

つピリジン誘導体と銅錯体の合成及び結晶構造、日本化学会第 101 春季年会、口頭（オンライン）、2021. 3.

33. 古渡雅人、小池翔太、安藤孝史、堀 顕子テトラフルオロフェニル基をもつカドミウム錯体結晶の熱安定性とゲスト包接、日本化学会第 101 春季年会、口頭（オンライン）、2021. 3.

34. 安井悠人、石田裕己、G. J. Richards、堀 顕子、テトラオキサリックス[4]アレーン誘導体の合成、構造及び DFT 計算、日本化学会第 101 春季年会、口頭（オンライン）、2021. 3.

35. 石田裕己、羽深佑亮、臼井大智、堀 顕子、フッ素置換二核金属錯体の蒸気吸着及びメタノールに対する高効率包接挙動、日本化学会第 101 春季年会、口頭（オンライン）、2021. 3.

36. 一杉礼央、G. J. Richards、堀 顕子、エチニルアントラセンを導入した 2,2'-ビピリジン誘導体の合成および光二量化反応、日本化学会第 101 春季年会、口頭（オンライン）、2021. 3.

37. 小林大巡、石田裕己、羽深佑亮、堀 顕子、フッ素置換トリケトナト二核銅錯体を用いた芳香族分子の包接、構造及び DFT 計算、日本化学会第 101 春季年会、口頭（オンライン）、2021. 3.

38. “Pore size control of silica membranes by counter diffusion CVD method”, Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, Proc. of the 15th SEATUC (South East Asian Technical University Consortium) Symposium, Virtual Online Symposium Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia (2021); February 26

39. “Development pure silica CHA zeolite membranes for CO₂ separation”, Gabriel Gama da Silva Figueiredo, Daishi Takayama, Kohei Suzuki, Gai Okamoto, Shusei Tanizume, Sota Maehara, Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, Takamasa Onoki, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Proc. of the 15th SEATUC (South East Asian Technical University Consortium) Symposium, Virtual Online Symposium Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia (2021); February 26

40. “High pressure organic liquid permeation through silica membranes”, Fumiya Ota, Junko Yoshiura, Yusuke Nakagaki, Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, Proc. of the 15th SEATUC (South East Asian Technical University Consortium) Symposium, Virtual Online Symposium Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia (2021); February 25

41. “Development of inorganic nanofiltration membranes for organic liquid permeation”, Chihiro Sugimoto, Mikihiro Nomura, Proc. of the 15th SEATUC (South East Asian Technical University Consortium) Symposium, Virtual Online Symposium Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia (2021); February 25

42. “MOR ゼオライト膜のイソプロピルアルコール透過性制御 (Control of isopropanol permeation through MOR zeolite membranes)”, 野村幹弘, 吉田有希, 山賀峻平、石井克典, 化学工学会第 86 年会, J113, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 20 日
43. “多孔質基材によるゼオライトコンタクターの酸点制御”, 野村幹弘, 谷詰周成, 前原爽太, 西山凌太, 石井克典, 日本膜学会第 43 年会, 2A-10, (2021), オンライン, 2021 年 6 月 5 日
44. “ゼオライト膜による有機液体高压透過分離 (Separation of high pressure organic liquid through zeolite membranes)”, 野村幹弘, 鎌田一輝, 松岡正秀, 石井克典, 石油学会 函館大会 (第 51 回石油・石油化学討論会), 1E05, (2021), 函館アリーナ (オンライン), 2021 年 11 月 11 日
45. “後処理による MFI ゼオライト膜の微量成分透過制御”, 野村幹弘, 岡本凱, 片野槇, 栗林雄太, 堀江紘生, 松岡正秀, 石井克典, 日本膜学会 膜シンポジウム 2021, O-105, (2021), 早稲田大学, 2021 年 11 月 16 日
46. “多孔質基材によるゼオライトコンタクターの酸点制御”, 野村幹弘, 谷詰周成, 前原爽太, 西山凌太, 石井克典, 第 37 回ゼオライト研究発表会, B8, (2021), オンライン, 2021 年 12 月 2 日
47. “MFI ゼオライト膜のアルコキシド処理の影響 (Effects of alkoxiside treatments on MFI zeolite membranes)”, 片野槇, 鎌田一輝, 石井克典, 野村幹弘, 第 23 回化学工学会学生発表会, D09, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 6 日
48. “ゼオライト膜合成における平滑多孔質セラミック基材の影響 (Effects of smooth syrface substrates on synthesis of zeolite membranes)”, 木村優香, 鎌田一輝, 石井克典, 野村幹弘, 第 23 回化学工学会学生発表会, D10, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 6 日
49. “シリカ膜による有機物分離 (Separation of organic liquids through silica membranes)”, 武山大輝, 石井克典, 野村幹弘, 第 23 回化学工学会学生発表会, E05, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 6 日
50. “表面処理無機分離膜の液体透過特性 (Liquid permeation through surface treated inorganic membranes)”, 中垣佑輔, 太田郁也, 吉浦詢子, 石井克典, 野村幹弘, 第 23 回化学工学会学生発表会, D25, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 6 日
51. “コンタクター型ゼオライト膜によるオレフィン選択合成 (Olefin synthesis through contactor type zeolite membranes)”, 前原爽太, 谷詰周成, 石井克典, 野村幹弘, 第 23 回化学工学会学生発表会, D14, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 6 日
52. “二酸化炭素選択透過ゼオライト膜の開発 (Development of carbon dioxide permselective zeolite membranes)”, 矢野遊大, 高山大史, Gabriel Gama da Silva Figueiredo, 石井克典, 野村幹弘, 第 23 回化学工学会学生発表会, D13, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 6 日

53. “オゾンを用いた対向拡散 CVD シリカ膜の膜特性 (Membrane properties of CVD derived silica membranes prepared by a counter diffusion method using ozone as a reactant)”, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 86 年会, J115, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 20 日
54. “吸着性を利用した有機液体高圧分離膜の検討 (Investigation of high pressure organic liquid separation membranes by using the adsorption effects)”, 太田郁也, 吉浦詢子, 中垣佑輔, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 86 年会, PC201, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 21 日
55. “CVD シリカ膜用多孔質基材へのセラミックコーティング法の検討 (Investigation of a ceramic coating method on porous substrates for CVD silica membranes)”, 齋藤優太, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 86 年会, PC216, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 21 日
56. “水素分離膜用セラミック基材のアルミナゾルコーティング (Coating of alumina sol on ceramic substrates for hydrogen separation membranes)”, 長滝貴哉, 長瀧悠平, 吉浦詢子, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 86 年会, PC226, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 21 日
57. “水素透過型膜反応器用 CVD 触媒複合型シリカ膜の開発 (Development of catalytic assisted CVD silica membranes for a hydrogen permselective membrane reactor)”, 長瀧悠平, 長滝貴哉, 吉浦詢子, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 86 年会, PC221, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 21 日
58. “CO₂ permeation through CHA zeolite membranes”, Gabriel Gama da Silva Figueiredo, 高山大史, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 86 年会, PC208, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 21 日
59. “イオン飛跡グラフト重合法で作製したカチオン交換膜の輸送特性解析 (Analysis of transport properties of cation exchange membranes prepared by ion-track graft polymerization)”, 宮下太志, 野村幹弘, 越川博, 澤田真一, 八巻徹也, 化学工学会第 86 年会, PC231, (2021), オンライン, 2021 年 3 月 21 日
60. “CVD シリカ膜による二酸化炭素分離”, 石井克典, 野村幹弘, 日本膜学会第 43 年会, 2A-8, (2021), オンライン, 2021 年 6 月 5 日
61. “Peameance improvement through CHA zeolite membranes”, Gabriel Gama da Silva Figueiredo, 高山大史, 石井克典, 野村幹弘, 日本膜学会第 43 年会, E-312, (2021), オンライン, 2021 年 6 月 4 日
62. “ゼオライトコンタクターによるエチレン・プロピレン選択性制御”, 前原爽太, 谷詰周成, 西山凌太, 石井克典, 野村幹弘, 日本膜学会第 43 年会, E208, (2021), オンライン, 2021 年 6 月 4 日
63. “MFI ゼオライト膜の細孔径制御におけるアルコキシドの影響”, 片野慎, 栗林雄太,

- 堀江紘生, 松岡正秀, 石井克典, 野村幹弘, 日本膜学会第 43 年会, E-311, (2021), オンライン, 2021 年 6 月 4 日
64. “低温対向拡散 CVD によるシリカ膜の製膜と膜特性 (Preparation of silica membranes by low temperature counter diffusion CVD and their membrane properties)”, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 52 回秋季大会, VK113, (2021), 岡山大学 (オンライン), 2021 年 9 月 22 日
65. “水素透過型膜反応器によるプロパン脱水素反応改善 (Improvement of dehydrogenation of propane by using a hydrogen permselective membrane)”, 長瀧悠平, 長滝貴哉, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 52 回秋季大会, VE205, (2021), 岡山大学 (オンライン), 2021 年 9 月 23 日
66. “CHA zeolite membranes for decomposition of organic hydrides”, Gabriel Gama da Silva Figueiredo, 高山大史, 石井克典, 野村幹弘, 化学工学会第 52 回秋季大会, VK107, (2021), 岡山大学 (オンライン), 2021 年 9 月 22 日
67. “シリカ膜による高圧液体透過”, 市原幸汰, 吉浦詢子, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P10, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
68. “セラミック基材改良による高水素透過膜の開発”, 入江恵, 齋藤優太, 長滝貴哉, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P14, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
69. “アルカリ処理 MOR ゼオライト膜の有機液体高圧透過”, 栗林雄太, 山賀峻平, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P2, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
70. “セラミックディストリビュータ型膜反応器による二酸化炭素のメタン化”, 佐藤友哉, 長瀬未旺, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P6, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
71. “低温蒸着によるシリカ膜の性能向上”, 永澤花夏, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P8, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
72. “MFI ゼオライトコンタクターによるプロピレンの選択的合成”, 西山凌太, 谷詰周成, 前原爽太, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P12, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
73. “FAU ゼオライト膜における多孔質基材凹凸の統計的評価”, 堀江紘生, 木村優香, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P5, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
74. “MFI ゼオライト膜による有機液体逆浸透分離”, 松岡正秀, 鎌田一輝, 石井克典, 野村幹弘, 分離技術会 年会 2021, S7-P4, (2021), オンライン, 2021 年 11 月 5 日
75. “ガス分析を活用した対向拡散 CVD 法によるシリカ膜の開発”, 石井克典, 野村幹弘, 日本膜学会 膜シンポジウム 2021, O-201, (2021), 早稲田大学, 2021 年 11 月 17 日

目

76. “Development of zeolote membranes for dehydration reaction of the organic hydride”, Gabriel Gama da Silva Figueiredo, 高山大史, 石井克典, 野村幹弘, 第 41 回水素エネルギー協会大会, 1A12, (2021), タワーホール船堀, 2021 年 11 月 29 日
77. “水素を利用した二酸化炭素メタン化膜反応器の開発”, 佐藤友哉, 市原幸汰, 石井克典, 野村幹弘, 第 41 回水素エネルギー協会大会, 1A02, (2021), タワーホール船堀, 2021 年 11 月 29 日

以下、前年度以前分

1. 羽深佑亮、堀 顕子、フッ素置換二核金属錯体のアルコールクラスター形成に及ぼす構造及び電子的影響、日本結晶学会 70 周年記念大会、2020. 11.
2. 實方友輝、山田 稔、小林大巡、堀 顕子、フッ素化安息香酸及びテレフタル酸を用いた新規金属錯体の結晶構造、日本結晶学会 70 周年記念大会、2020. 11.
3. (共著による成果公表) 小林大巡、生村義徳、前原爽太、野村幹弘、堀 顕子、フッ素置換銅錯体を用いた芳香族分子の共結晶化と分子間相互作用の解明、日本結晶学会 70 周年記念大会、2020. 11.
4. (共著による成果公表) 石田裕己、戸次恵里奈、鎌田一輝、野村幹弘、堀 顕子、テトラオキサカリックス[4]アレーン誘導体の結晶構造とガス吸着、日本結晶学会 70 周年記念大会、2020. 11.
5. 一杉礼央、羽深佑亮、中村朝夫、堀 顕子、2,2'-ビピリジンを導入したエチニルアントラセン誘導体の光二量化反応及び結晶学的研究、日本結晶学会 70 周年記念大会、2020. 11.
6. 羽深佑亮、草川拓海、生村義徳、堀 顕子、 β -ジケトナト金属錯体の会合状態及び包接現象に及ぼす中心金属イオンの影響、第 70 回錯体化学討論会、2020. 9.
7. 小林大巡、生村義徳、堀 顕子、フッ素置換銅錯体を用いたベンゾフェノン類似化合物の包接と結晶構造解析、第 70 回錯体化学討論会、2020. 9.
8. 木田 福香、新井 剛、渡部 創、佐野 雄一、竹内 正行 “抽出クロマトグラフィ法を用いた MA 分離システム技術開発” 日本原子力学会 関東甲越支部 第 19 回若手研究者・技術者発表討論会、on line、(2020.11.24)
9. 加藤 史大、新井 剛、田中 康介、大西 貴士、薄井 茜、松倉 実、三村 均 “Cs を吸着した chabazite 型ゼオライトの焼結固化条件の最適化検討” 日本原子力学会 関東甲越支部 第 19 回若手研究者・技術者発表討論会、on line、(2020.11.24)
10. 永瀬 緑、新井 剛、佐野 雄一、渡部 創、国井 茂 “H₂EHNTA 含浸吸着材の Ln(III)に対する吸着・溶離挙動の検討” 日本原子力学会 関東甲越支部 第 19 回若手研究者・技術者発表討論会、on line、(2020.11.24)

11. 長嶋一輝、成田友也、新井 剛、鷹尾康一郎 “TPEN-[C4mim][Tf2N]混合抽出相を用いた硫酸水溶液中における Co(II), Ni(II), Mn(II)の協同効果を伴う抽出挙動” エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム 2020、on line、(2020.11.17)
12. 成田友也、新井 剛、鷹尾康一郎 “[Hbet][Tf2N]を用いた塩酸水液中における Ru(III)、Rh(III)、Pd(II)の UCST 型相転移反応を伴う溶媒抽出挙動” エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム 2020、on line、(2020.11.17)
13. “セラミック基材の統計的評価を用いた FAU ゼオライト膜の開発”，野村幹弘，長田知士，吉田有希，矢野遊大，石井克典，化学工学会第 85 年会，I118，(2020)，関西大学，2020 年 3 月 15 日
14. (共著による成果公表) “フッ素処理によるゼオライト膜の改質”，野村幹弘，鎌田一輝，片野槇，山賀峻平，石井克典，一杉礼央，堀頭子，日本膜学会第 42 年会，1A-7，(2020)，早稲田大学，2020 年 6 月 1 日
15. “FAU ゼオライト膜合成における多孔質基材の統計的検討”，野村幹弘，長田知士，木村優香，石井克典，化学工学会第 51 回秋季大会，S315，(2020)，オンライン，2020 年 9 月 26 日
16. “シリカ基材上のピュアシリカ CHA 膜”，野村幹弘，鈴木航平，谷詰周成，高山大史，岡本凱，前原爽太，石井克典，小野木伯薫，奥野拓也，俵山博匡，石川真二，日本膜学会 膜シンポジウム 2020，O-1-8，(2020)，オンライン，2020 年 11 月 12 日
17. “プロピレン製造用ゼオライトコンタクターの開発”，谷詰周成，前原爽太，高山大史，岡本凱，石井克典，野村幹弘，小野木伯薫，奥野拓也，俵山博匡，石川真二，化学工学会第 50 回秋季大会，S208，(2020)，オンライン，2020 年 9 月 25 日
18. “MFI ゼオライト膜の後処理による分子ふるい性制御”，片野槇，鎌田一輝，石井克典，野村幹弘，日本膜学会 膜シンポジウム 2020，P-1-1，(2020)，オンライン，2020 年 11 月 12 日
19. “MTO コンタクター用ゼオライト膜の開発”，前原爽太，谷詰周成，高山大史，岡本凱，石井克典，野村幹弘，小野木伯薫，奥野拓也，俵山博匡，石川真二，日本膜学会 膜シンポジウム 2020，E-3-5，(2020)，オンライン，2020 年 11 月 12 日
20. (共著による成果公表) “基材改良による MTO コンタクター用ゼオライト膜の改良”，谷詰周成，前原爽太，高山大史，岡本凱，石井克典，野村幹弘，吉田正明，阿久澤禎，新井剛，小野木伯薫，奥野拓也，俵山博匡，石川真二，ゼオライト学会 第 36 回ゼオライト研究発表会，A25，(2020)，オンライン，2020 年 11 月 20 日
21. “有機ハイドライド膜反応器用ゼオライト膜の開発”，高山大史，谷詰周成，岡本凱，前原爽太，石井克典，野村幹弘，小野木伯薫，奥野拓也，俵山博匡，石川真二，第 40 回水素エネルギー協会大会，7P04，(2020)，タワーホール船堀，2020 年 12 月 2 日

22. " Essential properties of ceramic substrates for zeolite membranes - standardization for industrialization-" Mikihiro Nomura, Keynote, Proc. the Korean Membrane Society 30th Anniversary Meeting, online (2020); November 19
23. A. Suzuki, H. Muguruma, H. Iwasa, T. Tanaka, A. Hiratsuka, K. Tshiji, T. Kishimoto, Diameter dependence of single-walled carbon nanotube with flavin adenine dinucleotide glucose dehydrogenase for direct electron transfer biosensor, 32st International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Hiroshima, Japan, 30 October, 2019.
24. S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, Electrochemical determination of quercetin glucosides in food with a carbon nanotube electrode, 32st International Microprocesses and Nanotechnology Conference, Hiroshima, Japan, 30 October, 2019.
25. S. Takahashi, H. Muguruma, N. Osakabe, H. Inoue, T. Ohsawa, Simultaneous Electrochemical Determination of Isoquercitrin and Epigallocatechingallate Electrode with A Carbon Nanotube Electrode, 10th International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE10), Nara, Japan, 25-27 June, 2019.
26. A. Suzuki, H. Muguruma, H. Iwasa, A. Hiratsuka, H. Uzawa, A Biological Ink Composed by Glycan Chain Rich Enzyme and Single-Walled Carbon Nanotube/Surfactant Aqueous Solution for Printable Biosensor, 10th International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE10), Nara, Japan, 25-27 June, 2019.
27. 福田冬弥、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、平塚淳典、清水哲夫、辻勝巳、岸本高英、ウリカーゼ/カーボンナノチューブ/カルボシキメチルセルロース電極を用いる血中および尿中の尿酸の検出、2020 年春季第 67 回応用物理学会学術講演会、2020 年 3 月 16 日
28. 高橋翔太、六車仁志、越阪部奈緒美、井上均、大澤達也、カーボンナノチューブ電極を用いる食品中のケルセチン配糖体の定量、2019 年秋季第 80 回応用物理学会学術講演会、2019 年 9 月 18 日
29. 鈴木敦哉、六車仁志、岩佐尚徳、田中丈士、平塚淳典、辻勝巳、岸本高英、フラビンアデニンジヌクレオチドグルコース脱水素酵素と単層カーボンナノチューブからなる直接電子伝達バイオセンサの直径依存性、2019 年秋季第 80 回応用物理学会学術講演会、2019 年 9 月 18 日
30. Y. Habuka, Y. Yamaguchi, T. Sakagami, H. Iida, Y. Ozawa, M. Abe, A. Hori, "Crystal structures and emission properties of twisted π -conjugated compounds", 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI2019), Lisbon,

Portugal, 2019. 9.

31. Y. Ikumura, A. Hori, “Recognition and separation of guest molecules by per fluorinated coordination complex”, 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI2019), Lisbon, Portugal, 2019. 9.

32. T. Kusakawa, I. I. Rzeznicka, A. Hori, “Co-crystallization of fully-fluorinated copper complex and copper complex with naphthyl group”, 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI2019), Lisbon, Portugal, 2019. 9.

33. A. Hori, R. Gonda, M. Yamada, S. Uchida, “Guest encapsulations in non-porous crystals of fully fluorinated dinuclear metal complexes with M₂O₂ core”, 1st International Conference on Noncovalent Interactions (ICNI2019), Lisbon, Portugal, Oral, 2019. 9.

34. Y. Ikumura, I. I. Rzeznicka, A. Hori, “Guest-Adjusted Encapsulation of Non-Porous Fully Fluorinated Metal (Cu, Pd, Pt) Complexes” , 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, Japan, Oral, 2018. 8.
フッ素化合物の分子認識

35. T. Kusakawa, I. I. Rzeznicka, A. Hori, “Structures and properties of naphthyl substituted ligands and their copper(II) complexes”, 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, Japan, 2018. 8.

36. R. Gonda, A. Hori, “Enhanced recognition of guest molecules in metal complexes induced by ligand fluorination” , 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC2018), Sendai, Japan, 2018. 8. フッ素化合物の分子認識

37. 堀 颯子, “フッ素が付与する分子性結晶の特異な分子認識特性”, 平塚シンポジウム, 理学部, 神奈川大学 (神奈川), 2019. 3.

38. 堀 颯子, “フッ素が付与する分子性結晶の特異な分子認識特性”, 物質理学セミナー, 構造物性学講座, 兵庫県立大学 (兵庫), 2018. 12.

39. 堀 颯子, “フッ素置換が引き起こす金属錯体の分子間相互作用とゲスト包接機能”, 上野研公開セミナー, 理工学部, 群馬大学 (群馬), 2017. 11.

40. 堀 颯子, “ものづくりの楽しさを職業にする フッ素化で変わる分子性結晶の特異な分子認識挙動”, 女性研究者裾野拡大セミナー2016 in 工学部, 山形大学 (山形), 2016. 11.

41. “水素エネルギー社会実現に向けた高性能分離膜”, 野村幹弘, 第9回 CSJ 化学フェスタ 2019, (2019), タワーホール船堀, 2019年10月16日

42. “Gas permeation through silica membranes prepared by using a counter diffusion chemical vapor deposition”, Mikihiro Nomura, 9th International Symposium on Inorganic Membranes, 1, Jeju Korea, (2019); July 1

43. “Dehydration of acid solution through inorganic silica membranes prepared by a chemical vapor deposition”, Mikihiro Nomura, Toshichika Takeuchi, Katsunori Ishii, Shuluh Ashmarisya, Chihiro Sugimoto, Fumiya Ota, Proc. of the 12th Conference of Aseanian Membrane Society (AMS12), ThB1-1, Jeju Korea, (2019); July 4

44. "Potential for hydrocarbon separation through inorganic membranes" Mikihiro Nomura, Katsunori Ishii, Presentation 6, The 19th Kuwait/Japan Joint Symposium Advancements in Petroleum Refining Industries, Presentation 6, Shuwaikh, Kuwait (2020); February 3

45. “Post-treatment of MOR zeolite membranes”, Yuki Yoshida, Satoshi Oasda, Toshihiro Yoshimura, Noritaka Kato, Kazuki Kamata, Katsunori Ishii, Mikihiro Nomura, Proc. Of 32nd International Symposium on Chemical Engineering (ISChE 2019), PC21, Chungnam National University (CNU), Daejeon, Korea (2019); Dec. 7

46. “セラミック基材の統計的評価を用いた FAU ゼオライト膜の開発”, 野村幹弘, 長田知士, 吉田有希, 矢野遊大, 石井克典, 化学工学会第 85 年会, I118, (2020), 関西大学, 2020 年 3 月 15 日

47. “ゼオライト逆浸透膜の透過特性制御”, 野村幹弘, 加藤徳崇, 長田知士, 分離技術会 年会 2019, S7-2, (2019), 名古屋工業大学, 2019 年 5 月 24 日

48. “高温アルコキシド処理による MFI ゼオライト膜の細孔径制御”, 吉村俊洋, 鎌田一輝, 石井克典, 野村幹弘, 内田雅人, 摩庭篤, 日本ゼオライト学会 第 35 回ゼオライト研究発表会, C5, (2019), タワーホール船堀, 2019 年 12 月 5 日

49. “MOR ゼオライト膜の後処理検討”, 吉田有希, 長田知士, 矢野遊大, 石井克典, 野村幹弘, 日本ゼオライト学会 第 35 回ゼオライト研究発表会, C13, (2019), タワーホール船堀, 2019 年 12 月 5 日

【特許等出願】

1. ” フッ素複合化ゼオライト膜”, 野村幹弘, 堀頭子, 学内出願手続き中
以下、前年度以前分
2. 塩原秀久, 安松拓洋, 宮野征己, 新井剛, 津久井優介, 角田あやか; 「原子炉冷却材浄化装置及び原子炉水ろ過脱塩方法」、特願 2011-052513 (2011.3) ; 核種分離プロセスの開発
3. 新井剛, 韋悦周, 熊谷幹郎, 高島洋一; 「ウランの分離回収方法」、特願 2001-136574 (2001.2) ; 核物質分離プロセスの開発
4. ” 硫黄化合物除去用吸着材”, 摩庭篤, 内田雅人, 野村幹弘, 特願 2017-063269
5. ” 分離膜及び分離方法”, 野村幹弘, 池田歩, 特願 2017-049438 (2017)

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	電子工学科	六車仁志	バイオセンサおよび燃料電池の高性能化に関する研究	産業技術総合研究所、東洋紡株式会社	1,000
2	材料工学科	新井剛	放射性物質を含む廃液処理技術開発に関する研究	(国研)日本原子力研究開発機構	300
3	材料工学科	新井剛	低放射性廃液の分析技術に関する基礎研究	(国研)日本原子力研究開発機構	0
4	材料工学科	新井剛	めっき工程で発生する不純物の除去技術開発に関する研究	(有)ケミカル電子	700
5	材料工学科	新井剛	模擬濃縮廃液の定速昇温時の NOx 生成の研究	(株)UI 技研	1,000
6	材料工学科	新井剛	抽出クロマトグラフィによる MA 回収フローシート構築のための基礎研究	(国研)日本原子力研究開発機構	6,000
7	応用化学科	堀頭子	ハロゲン化金属ペロブスカイト型半導体混晶単結晶の結晶学研究	東京大学	0
8	応用化学科	野村幹弘	新規多孔質支持体を用いた無機分離膜に関する研究	住友化学株式会社	1,000
9	応用化学科	野村幹弘	膜分離技術に関する技術指導	株式会社ダイセル	500
10	応用化学科	野村幹弘	セラミックを用いた水処理膜の検討	株式会社デンソー	1,500

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	電子工学科	六車仁志	カーボンナノチューブと好熱菌酵素からなるナノバイオ融合デバイスの開発	科研費基盤研究 C	1,000
2	材料工学科	新井剛	合理的なMA回収工程の構築に向けた、溶媒抽出/低圧損抽出クロマトグラフィを組み合わせたハイブリッド型プロセスの開発	文部科学省	3,000
3	材料工学科	新井剛	水溶性錯化剤と相間移動触媒を用いる錯形成・相分配分離型難抽出性白金族迅速溶媒抽出技術の開発	(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構	1,000
4	応用化学科	堀頭子	多フッ素化による金属イオンの求電子/求核特性制御と高効率ゲスト分離材料の開発	科研費基盤研究 B	17,940
5	応用化学科	野村幹弘	高速二酸化炭素分離用ゼオライト膜の後処理技術の確立	科研費基盤研究 C	800

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	9 件		
特許出願件数	0 件		
共同研究件数	10 件	11,000 千円	
外部資金獲得数	5 件	23,740 千円	
参加学生数	51 名 (内留学生 1 名)		
参加企業数	0 社		
公開イベント数	0 件		

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高)) 5 (研究計画の達成状況、フェーズの状況を自己評価)

今後の計画

膜分離では、本年度の成果として、有機物水溶液からの有機物濃縮、二酸化炭素分離と大きなアプリケーションに対して適用できる可能性を示した。さらに、長尺化の検討も行い、パイロットプラントレベルに提供できる状況となった。これより、今後は有機物としてジオキサンより分離マーケットの大きい N-メチル-2-ピロリドン、ジメチルスルホキシドなどへの適用を検討する。これらの有機物は、これまで蒸留法により回収が検討されているが、有機物濃度が 10%程度より小さくなると蒸留法では、分離コストが大きくなりすぎて、燃焼処理されている。今後のカーボンニュートラル社会を想定すると、現在、燃焼処理されている低濃度有機物水溶液の分離には大きな受領があると思われる。また、二酸化炭素分離に関しても 2050 年に向けて効率的な分離が望まれており、プロセス化を目指した開発を継続する。

低温吸着では、本年度導入した低温吸着装置の結果をベースに、フッ素処理ゼオライト粉末を始めとした四重極モーメントを利用した、吸着材としての基礎研究を進める。特に、四重極モーメントの不飽和炭化水素類への影響を明確にし、新規吸着剤としてのアプリケーションを探索する。

金属イオン回収では、後処理したゼオライトを用いて劣化溶媒に抽出された代表的な核種 (安定核種) の吸着・回収の可能性が確認された。今後は、特許化を視野に入れて、新たなプロジェクトへの応募を含め、継続して開発を進めていく。

センサでは、今回想定したセンシング種の分子サイズが小さく、ゼオライト導入の影響が小さかった。今後は、メタノールなどゼオライト細孔に拡散可能な小分子量センシング種への適用を検討していきたい。

以 上

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE 事業)
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 Bio-Intelligence (BI) for well-being
2. 研究組織所在地 さいたま市見沼区深作 307、江東区豊洲 3-7-5
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
越阪部奈緒美	生命科学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 13 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
越阪部奈緒美	生命科学科	研究統括	全般
吉見靖男	応用科学科	ツール開発	分子インプリント
須原義智	生命科学科	ツール開発・メカニズム解明	化合物合成・ モデリングシミュレーション
福井浩二	生命科学科	ツール開発	分子インプリント
吉村建二郎	機能システム制御学科	ツール開発・メカニズム解明	モデルアラミドモス作成
北川理	応用科学科	ツール開発	化合物合成
廣田佳久	生命科学科	ツール開発・メカニズム解明	微量測定法開発 モデル細胞作製
佐藤大樹	生命科学科	ヒトにおける評価法開発	脳機能評価
赤木亮太	生命科学科	ヒトにおける評価法開発	骨格筋機能評価
堀江亮太	通信工学科	ヒトにおける評価法開発	脳機能評価
花房昭彦	生命科学科	ヒトにおける評価法開発	ヒト評価系開発
山本紳一郎	生命科学科	ヒトにおける評価法開発	骨格筋機能評価
アズハム・スルカケイン	生命科学科	ヒトにおける評価法開発	腸内環境評価

6. 研究の概要

A 計画の概要 (全体：テーマ1・2・3)

ヒトを含む生物は環境の変化を感覚器で捉え、神経活動を介して、それを認識し応答する。一方近年では、高齢化による退行性変化や慢性疾患の予防・治療に対して、運動・食・香り・音楽・会話・触れ合いといった感覚刺激の有効性が着目されている。更に現在、感覚機能を搭載する次世代型 AI の開発も進められている。しかしながら、このような生体応答を左右する“感覚”の認識メカニズムは十分に解明されているとは言えず、ヒトの脳機能を理解するための方法論も確立には至っていない。本コンソーシアムでは、感覚すなわち Bio-Intelligence (BI) に関する基礎研究と応用研究を融合し、ヒトに近い未来において、身体的・精神的・社会的に良好な状態、すなわち well-being な社会を実現するために役立つ新たな技術開発を目指し、以下のグループごとに研究を進めてきた。今年度の各グループの研究概要について以下に記す。

1) 感覚の認識メカニズムを解明するためのツール開発

- ・ 分子インプリント応用技術の開発：これまで知財化されたツール・評価法・知見の実装化を推進する<プロトタイピング>。
- ・ 感覚の認識機構解明のための化合物合成：感覚神経細胞とリガンドの相互作用を検討するために誘導体や標識化合物の生合成を更に進めるとともに、入手が困難な天然物を合成する。
- ・ 感覚の認識機構解明のためのクラミドモナスの作成：ヒト型 TRPV1 チャンネルを発現するクラミドモナスを作成し、リガンドとの反応を確認する。
- ・ 感覚の認識機構解明のための微量生体物質分析法の開発：トリプル四重極型質量分析計を用いて、感覚認識関連物質である尿中・脳内における神経伝達物質の微量分析法を開発する。

2) 感覚の認識メカニズムの解明

- ・ モデル動物を用いた感覚認識機構の解明：確立済みの実験動物評価系を用いて、1) で新たに開発された化合物の感覚神経を介した生理機能発現を評価する。
- ・ KOマウスを用いた感覚認識機構の解明：特有の感覚特性によって神経系を介して生理学的変化を促すことがわかっている化学物質について、野生型と侵害受容器 KOマウスとの反応性を比較することで、その受容体を明らかにする。
- ・ 化合物群の感覚刺激と生物活性の関係性についての数理モデル化：その感覚特性が神経系を介して生理学的変化を促すことがわかっている化学物質群は無限にある。これらの化合物それぞれの生理活性を実験的に検証することは不可能である。そのため、これまでに得られた研究結果を教師データとし、感覚刺激と生物活性の関係性をサポートベクターマシン(SVM)を利用した定量的構造活性相関

(Quantitative Structure-Activity Relationship: QSAR) 法を用いて数理モデル化する。

- ・ ドッキングシミュレーション法による感覚化合物と受容体の結合様式の推定：上記で明らかにされた受容体タンパク質の活性部位における、感覚化合物の配置を探索し、安定な結合配座を予測する。
- ・ 新たな暴露形態による感覚物質評価法の開発：委託研究先と共同で、吸引や塗布といった感覚物質の新たな暴露形態による動物実験評価法を開発する。

3) 感覚刺激が惹起する生体応答の臨床的評価法開発

- ・ 脳血流および認知課題を指標とした評価法の開発と検証：これまでに介入試験を通じて蓄積された脳血流測定結果や認知機能評価結果を集積し、前頭葉データベース構築に向けた標準タスクとその解析法を構築する。
- ・ 骨格筋機能を指標とした評価法の開発と検証：昨年度開発した超音波エラストグラフィ法を用いた筋損傷および筋疲労の評価法や、筋硬度測定による筋硬結度の評価法の有効性を介入試験によって評価する。
- ・ 感覚共鳴を指標とした評価法の開発と検証：複数人同時参加型仮想ライブ体験システムにおいて、複数視聴者間の脳波の個人差によらず、視覚効果を安定に生成する有効な手法を、数理モデルによる予測を併用し開発を進める。
- ・ 腸内環境を指標とした評価法の開発と検証：アジア人のチョコレート摂取による腸内環境変動についての介入試験を進める。

B 成果の概要

1) 感覚の認識メカニズムを解明するためのツール開発

1) 感覚の認識メカニズムを解明するためのツール開発

- ・ 分子インプリント応用技術の開発：これまで知財化されたツール・評価法・知見の実装化を推進する<プロトタイピング>。
血中バンコマイシン濃度を測定するセンサのプロトタイプの完成。2022年2月より埼玉医科大学総合医療センターにて臨床試験を開始した。
- ・ 感覚認識機構解明のための化合物合成：感覚神経細胞とリガンドの相互作用を検討するための誘導体として、エピカテキンのカテコール基の水酸基をメチル基で保護した誘導体を合成した。また入手が困難な天然物として、エピカテキンの重合体を化学合成により得る方法を確立した。エピカテキンの重合体は、一般に四量体までは天然からの抽出物として入手可能であるが、それ以上に重合した化合物の天然からの入手は困難である。そこで、化学合成によりエピカテキンを順次重合させて、これまでより重合度の高い五量体および六量体を合成した。
- ・ 感覚の認識機構解明のためのクラミドモナスの作成：TRPV1に作用する化合物を同

定するために、ヒト TRPV1 チャンネル遺伝子を単細胞生物クラミドモナスに発現させた。クラミドモナスは、通常、光に向かう走光性を示すが、ヒト TRPV1 チャンネルを発現させているクラミドモナスは、TRPV1 が活性化される高温やカプサイシンなどの活性化物質を与えると光から逃げる走光性を示した。すなわち、走光性の向きにより、TRPV1 の活性が検定できるバイオアッセイ系の構築に成功した。

- 感覚の認識機構解明のための微量生体物質分析法の開発: 脳内および尿中の神経伝達物質であるカテコールアミンおよびその代謝物の四重極質量分析計を用いた微量分析を確立した。

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】(査読有)

1. Eguchi, H., Hatano, A., Yoshimi, Y. Reagentless Sensing of Vancomycin Using an Indium T. Oxide Electrode Grafted with Molecularly Imprinted Polymer including Ferrocenyl Group, *Sensors* 2021, 21, 8338.
2. Terui R, Yanase Y, Yokoo H, Suhara Y, Makishima M, Demizu Y, Misawa T. Development of Selective TGR5 Ligands Based on the 5,6,7,8-Tetrahydro-5,5,8,8-tetramethylnaphthalene Skeleton. *ChemMedChem*. 2021.
3. Chen X, Furukawa N, Jin DY, Liu Y, Stafford DW, Williams CM, Suhara Y, Tie JK. Naturally occurring UBIAD1 mutations differentially affect menaquinone biosynthesis and vitamin K-dependent carboxylation. *FEBS J*. 2021.
4. Yoshimura H, Hirota Y, Soda S, Okazeri M, Takagi Y, Takeuchi A, Tode C, Kamao M, Osakabe N, Suhara Y. Study on structure-activity relationship of vitamin K derivatives: Conversion of the naphthoquinone part into another aromatic ring and evaluation of their neuronal differentiation-inducing activity. *Bioorg. Med. Chem. Lett*. 2020.
5. Saito, K.; Miwa, S.; Iida, A.; Fujimoto, Y.; Caytan, E.; Roussel, C.; Kitagawa, O. Detection of Isotopic Atropisomerism Based on ortho-H/D Discrimination. *Org. Lett*. 2021, 23, 7492-7496.
6. Kato Y, Uchiumi H, Usami R, Takatsu H, Aoki Y, Yanai S, Endo S, Fukui K. Tocotrienols reach the brain and play roles in the attenuation of body weight gain and improvement of cognitive function in high-fat diet-treated mice, *J. Clin Biochem Nutri*. 1-9. 2022
7. Ikeda Y, Hirayama A, Kofuji S, Hirota Y, Kamata R, Osaka N, Fujii Y, Sasaki M, Ikeda S, Smith EP, Bachoo R, Soga T, Sasaki AT. SI-MOIRAI: A new method to identify and quantify the metabolic fate of nucleotides. *J. Biochem.*, 170, 699-711 (2022)
8. Tanno A, Tokutsu R, Arakaki Y, Ueki N, Minagawa J, Yoshimura K, Hisabori T, Nozaki H, Wakabayashi K. The four-celled Volvocales green alga *Tetrabaena socialis* exhibits weak photobehavior and high-photoprotection ability. *PLoS ONE* 16: e0259138, 2021.
9. Yoshimura K, Iida K, and Iida H. MCAs in Arabidopsis are Ca²⁺-permeable mechanosensitive

channels inherently sensitive to membrane tension. Nat. Commun. 6074, 2021.

【雑誌論文】（査読無）

1. Kitagawa, O. A unique method for highly enantioselective synthesis of N-C axially chiral compounds. Chem. 2021, 7, 1696-1698.

【学会発表】

1. 須原義智 ビタミン K の生物活性の増強を目指した誘導体研究 日本ビタミン学会第 73 回大会
2. 古川奈津子、Tie Jian-Ke、須原義智 ビタミン K 依存性タンパク質に対するカルボキシル化活性を調節する誘導体の合成 日本ビタミン学会第 73 回大会
3. 原望遥、佐野翔、廣田佳久、須原義智 結合タンパク質を蛍光標識するビタミン K 誘導体の合成 日本ビタミン学会第 73 回大会
4. 古川奈津子、Tie Jian-Ke、須原義智 ビタミン K 依存性タンパク質に対するカルボキシル化活性を調節する誘導体の合成 日本薬学会第 141 年会大会
5. 齋藤和哉、三輪翔太、飯田明日美、藤本裕貴、北川 理 オルト-重水素化フェニル基を有する同位体アトロブ異性分子の創製 第 50 回複素環化学討論会
6. 竹谷修平、白井毅史、本間大貴、北川 理 N-アミノピリミジル基を有するオルト-置換アニリン誘導体を用いた多機能性プロトンブレーキ分子の創製 第 119 回有機合成シンポジウム
7. 深澤颯太、中村千里、菊池裕貴、豊田竜也、北川 理、2,6-二置換フェニル基を有する炭素-窒素軸不斉スルホンアミドの触媒的不斉合成 第 65 回日本薬学会関東支部大会
8. Yoshimi, Y., Umeta, K., Katsumata, Y., Imaging of Neurotransmitter Secretion in Living Brain Probed by Molecularly Imprinted Nanoparticles, Pachifichem 2021, Honolulu
9. 加藤優吾、内海速水、宇佐美涼、青木由典、福井浩二、肥満モデルマウスを用いたトコトリエノールの抗肥満作用および神経保護作用に関する検討、日本ビタミン学会 第 73 回大会
10. Fueki S, Kameda S, Sekiguchi M, Kurosawa S, Yoshida M, Yoshimura K. Negative thermotaxis in Chlamydomonas is controlled by transient receptor potential channels. 日本比較生理生化学会第 43 回大会
11. Britt M, Yoshimura K, Moller E, Anishkin A, Sukharev S. The role of electrostatic interactions in the stabilization of main functional states of the bacterial mechanosensitive channel MscS. 66th Biophysical Society Annual Meeting
12. 廣田佳久、佐野翔、朝海壮太、新井佑、鎌尾まや、須原義智、須原義智 PARP-1 によるビタミン K 変換酵素の遺伝子転写制御を介した HMGCR の小胞体関連分解の阻害機構 日本ビタミン学会 第 73 回大会
13. 浅野公志、鎌尾まや、須原義智、廣田佳久 生体内ビタミン K 変換の中間体 Menadione および Menadione 抱合体の定量法の検討 日本ビタミン学会 第 73 回大会

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	応用化学科	吉見靖男	血中抗てんかん薬濃度 測定用センサの開発	エーザイ株式会社	1,000
2	応用化学科	吉見靖男	分子インプリント高分子 固定電極とセラミック 基板を使ったバンコ マイシンセンサの開発	日本特殊陶業株式会 社	500
3	応用化学科	吉見靖男	血中抗菌薬センサの開 発	有限会社 ジーエヌ コーポレーション	1,000

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	生命科学科	須原義智	ニューロンを再生して 脳機能を回復 させる神経分化誘 導物質の創製	基盤 C	1,300
2	生命科学科	廣田佳久	脳血管障害の治療を目 指したビタミン Kによ る中枢神経再生機構の 解明	基盤 C	1,300

2) 感覚の認識メカニズムの解明

B 成果の概要

- モデル動物を用いた感覚認識機構の解明：
1) で合成されたエピカテキン五量体をラットに経口投与し、挙筋細動脈血流量を計測したところ、顕著な血流上昇が見られた。現在、六量体およびエピカテキンのカテコール基の水酸基をメチル基で保護した誘導体の評価を実施中。
- KOマウスを用いた感覚認識機構の解明
共同研究先である国立生理学研究所から入手した **transient receptor potential vanilloid 1 (TRPV1) KO** マウスあるいは野生型マウスにエピカテキン四量体である **cinntamtannin A2(A2)**を二週間経口投与し、骨格筋細胞の新生に対する影響を免疫組織学的に観察した。野生型マウスにおいては、A2 投与により、遅筋であるヒラメ筋における **Bromodeoxyuridine (BrdU)** および **Paired box protein (PAX7)** 陽性細胞数の顕著な増加、すなわち衛星細胞から骨格筋細胞への分化誘導が認められた。一方、**TRPV1KO** マウスでは、このような変化は認められなかった。以上のことから、エピカテキン重合物の標的分子の一つが消化管に発現する **TRPV1** であることが示唆された。
- 感覚刺激化合物と生物活性の関係性についての数理モデル化
これまでに得られた 30 種超の苦味 (フラボノイド類)・渋味 (カテキン重合物)・辛味 (カプサイシンなど) を示す感覚神経刺激物質とその交感神経活動亢進作用強度を教師データとして、統合計算化学システム **Molecular Operating Environment(MOE)®**を用いて、消化管 pH 条件 (口腔・十二指腸 pH6.8、胃 pH1、空腸 pH7.4) における、定量的構造活性相関 (QSAR) を行ったところ、苦味・渋味物質においては水素供与体を説明変数とする回帰式が導かれたが、辛味物質の活性はこの回帰式では説明されなかった。上述したように合成したエピカテキン五量体 (渋味) のデータを入力したところ、モデル式の妥当性が示された。
- ドッキングシミュレーション法による感覚化合物と受容体の結合様式の推定
上述したように、**TRPV1** がカテキン重合物の標的分子であることが示唆された。**TRPV1** のリガンドとしてはカプサイシンが代表的である。そこで、**TRPV1** とこれら化合物の **MOE** を用いてドッキングシミュレーションを実施したところ、カプサイシン結合部位におけるカテキン四量体の結合エネルギーは極めて低く、カプサイシンとは異なるメカニズムで **TRPV1** を活性化することが示唆された。
- 新たな暴露形態による感覚物質評価法の開発
共同研究先であるフジッコ株式会社と共同で、感覚刺激物質を吸引した場合の神経刺激作用について、また合同会社シャネルと共同で、塗布した場合の神経刺激作用を検出する動物実験法を開発中である。

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】（査読有）

1. Ishii Y, Muta O, Teshima T, Hirasima N, Odaka M, Fushimi T, Fujii Y, Osakabe N. Repeated Oral Administration of Flavan-3-ols Induces Browning in Mice Adipose Tissues through Sympathetic Nerve Activation. *Nutrients*. 2021 13, 4214.
2. Fujii Y, Sakata J, Sato F, Onishi K, Yamato Y, Sakata K, Taira S, Sato H, Osakabe N. Impact of short-term oral dose of cinnamtannin A2, an (-)-epicatechin tetramer, on spatial memory and adult hippocampal neurogenesis in mouse. *Biochem Biophys Res Commun*. 2021 585:1-7.
3. Goto T, Obara M, Aoki S, Okazawa K, Konisho K, Osakabe N, Shoji T. Evaluation of Polyphenolic Content and Potential Antioxidant Activity of Japanese Cultivars of Peaches, Prunes, and Plums Based on Reversed- and Normal-Phase HPLC and Principal Component Analyses. *ACS Food Sci. Technol*. 2021, 1: 2019–2029.
4. Suzuki K, Hirashima N, Fujii Y, Fushimi T, Yamamoto A, Ueno T, Akagi R, Osakabe N. Theaflavins decrease skeletal muscle wasting in disuse atrophy induced by hindlimb suspension in mice. Suzuki K, Hirashima N, Fujii Y, Fushimi T, Yamamoto A, Ueno T, Akagi R, Osakabe N. *J Clin Biochem Nutr*. 2021 68:228-234.
5. Fushimi T, Fujii Y, Koshino H, Inagawa K, Saito A, Koizumi R, Shibata M, Osakabe N. Method for detecting hemodynamic alterations following a single gavage in rats. *Exp Anim*. 2021 70:372-377.

【雑誌論文】（査読無）

6. 藤井靖之、羽里 直幹、越阪部 奈緒美 「食品の二次機能と三次機能のクロストーク」、アグリバイオ、2021年6月号
7. 伏見太希、藤井靖之、越阪部奈緒美 「ポリフェノール」、診断と治療、第109巻・第8号、2021年8月1日
8. 寺尾純二、越阪部奈緒美. 食事由来ポリフェノールの機能性研究の展望と社会実装化—ポリフェノールの摂取目安量の策定へ向けて— *化学と生物* 2021 59 : 254 - 261

【図書】

9. 越阪部奈緒美 食品免疫学事典 「6章 免疫調節食品、6-8 カカオ」 日本食品免疫学会編 朝倉書店 2021年11月

【学会発表】

10. 越阪部奈緒美、食刺激と生活習慣病、シンポジウム「機能性食品と肥満症を科学する」第 41 回日本肥満学会（招待講演）
11. 藤井靖之、坂田純、佐藤史隆、平修、越阪部奈緒美、カテキンオリゴマーは青斑核-ノルアドレナリン作動性神経網を介して脳を活性化する、第 69 回 質量分析総合討論会
12. 藤井靖之、坂田純、佐藤史隆、大西くるみ、坂田和生、大和悠希、越阪部奈緒美、Flavan 3-ols は青斑核-ノルアドレナリン作動性神経網を介して認知機能を向上させる、第 75 回 日本栄養食糧・学会大会
13. 伏見太希、藤井靖之、越野秀啓、稲川広大、齊藤晃子、小泉涼、柴田政廣、越阪部奈緒美、ラット強制経口投与時における循環動態の変動に対する測定法の開発、第 75 回 日本栄養食糧・学会大会
14. 大山栞、伏見太希、藤井靖之、越阪部奈緒美、Cinnamtannin A2 反復投与による骨格筋への作用の検討、第 75 回 日本栄養食糧・学会大会
15. 藤井靖之、坂田純、伏見太希、平修、越阪部奈緒美、Flavan 3-ols は青斑核-ノルアドレナリン作動性神経網を介して脳機能を向上させる、日本ポリフェノール学会第 14 回学術集会
16. 伏見太希、越野秀啓、門脇侑也、小川未来、平嶋千会、村松里莉、藤井靖之、越阪部奈緒美、渋味ポリフェノールの循環刺激作用の検証、日本ポリフェノール学会第 14 回学術集会
17. 藤井靖之、坂田純、佐藤文隆、大西くるみ、大和悠希、坂田和生、伏見太希、越阪部奈緒美、Cinnamtannin A2（エピカテキン四量体）の空間記憶及び成体神経新生への影響、第 26 回 日本フードファクター学会
18. 伏見太希、越野秀啓、小林紗子、門脇侑也、小川未来、平嶋千会、村松里莉、藤井靖之、越阪部奈緒美、渋味ポリフェノールの構造活性相関の検証、第 26 回 日本フードファクター学会
19. 大山栞、伏見太希、藤井靖之、越阪部奈緒美、Cyanidin3-O-glucoside による血圧低下作用及びそのメカニズムの解明、第 26 回 日本フードファクター学会
20. 坂田純、藤井靖之、坂田和生、伏見太希、越阪部奈緒美、Cinnamtannin A2（エピカテキン四量体）の覚醒作用に関する検討、第 26 回 日本フードファクター学会
21. 牟田織江、尾高南結、藤井靖之、伏見太希、越阪部奈緒美、非侵襲的手法を用いた社会的隔離ストレスの影響の検証、第 26 回 日本フードファクター学会
22. 越阪部奈緒美、渋味を呈するポリフェノールの認識機構とその生理学的意義、第 12 回岐阜薬科大学機能性健康食品研究講演会
23. 伏見太希、小川未来、須原義智、越阪部奈緒美、カテキンおよびその重合物の定量的構造活性相(QSAR)法を用いたモデリング解析、第 17 回 日本カテキン学会 年次学術大会

24. 越阪部奈緒美、ポリフェノールの健康効果におけるプロアントシアニジンの位置付け、信州機能性食品研究会
25. Yasuyuki Fujii, Jun Sakata, Fumitaka Sato, Kurumi Onishi, Yuki Yamato, Kazuki Sakata, Shu Taira, Hiroki Sato, Naomi Osakabe IMPACT OF SHORT-TERM ORAL DOSE OF CINNAMTANNIN A2, AN (-)-EPICATECHIN TETRAMER, ON SPACIAL MEMORY AND ADULT HIPPOCAMPAL NEUROGENESIS IN MOUSE、SEATUC 2022
26. Taiki Fushimi, Mirai Ogawa, Yuya Kadowaki, Chie Hirahata, Riri Muramatsu, Yasuyuki Fujii, Naomi Osakabe RELATIONSHIP BETWEEN BIOLOGICAL ACTIVITY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTY FOLLOWING A SINGLE ORAL DOSE OF POLYPHENOL、SEATUC 2022
27. Shiori Oyama, Yasuyuki Fujii, Taiki Fushimi, Naomi Osakabe、Cinnamtannin A2 delays the progression of disuse atrophy induced by hindlimb suspension、SEATUC 2022
28. Orié Muta, Minayu Odaka, Yasuyuki Fujii, Taiki Fushimi, Naomi Osakabe、Short-Term Social Isolation Increases Stress Hormone Secretion in Urine、SEATUC 2022
29. 藤井 靖之、手島 知洋、牟田 織江、伏見 太希、越阪部 奈緒美、UPLC-MS/MS システムを用いたマウス脳内カテコールアミンおよび代謝物解析メソッドの開発、日本農芸化学会 2022 年度京都大会
30. 伏見太希、小川未来、藤井靖之、越阪部奈緒美、渋味ポリフェノールにおける生物活性と化学構造間の数理モデルの構築、日本農芸化学会 2022 年度京都大会
31. 牟田織江、尾高南結、藤井靖之、伏見太希、越阪部奈緒美、尿中カテコールアミンを指標とした flavan 3-ols の交感神経活動亢進作用の検証、日本農芸化学会 2022 年度京都大会

【特許等出願・その他】

- ・越阪部奈緒美 藤井靖之 中枢神経賦活化剤 (PCT/JP2021/012174、2021.9.30)
- ・越阪部奈緒美、現役教授と考える忖度なしの「食と健康」トクホ・機能性表示食品編、芝浦工業大学オープンテクノカレッジ
- ・”Dietary flavanols may help lower body fat” Medical News Today 2022.1.21 掲載 (<https://www.medicalnewstoday.com/articles/dietary-flavanols-may-help-lower-body-fat>)

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	生命科学科	越 阪 部 奈 緒 美	ココア飲料摂取がアジア人腸内細菌叢に与える影響	森永製菓(株)	—
2	生命科学科	越 阪 部 奈 緒 美	黒大豆ポリフェノールの経鼻投与による中枢神経賦活化作用の検証	フジッコ(株)	700
3	生命科学科	越 阪 部 奈 緒 美	新規スキンケアコンセプトの開発	合同会社シャネル	1,700

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	生命科学科	越 阪 部 奈 緒 美	特異的味シグナルの消化管・脳・末梢臓器軸を介した機能性発現機構の神経生理学的解析	基盤 B	6,500
2	生命科学科	越 阪 部 奈 緒 美	食品成分による場違い脂肪制御法の開発	高橋産業経済研究財団助成	1,800
3	生命科学科	越 阪 部 奈 緒 美	渋味刺激の消化管感覚神経による認識メカニズムの解明	第 1 回農芸化学女性研究者チャレンジ研究助成	970

3) 感覚刺激が惹起する生体応答の臨床的評価法開発

B 成果の概要

- ・ 脳血流および認知課題を指標とした評価法の開発と検証：多チャンネルの機能的近赤外分光法技術では、統計解析において多重比較補正を行う必要がある。チャンネル数が多い場合、従来法では検出力が低下する傾向があったため、脳活動の空間的広がりを考慮した新しい多重比較補正法を開発、実際の前頭葉活動データを用いて有効性を検証した。
- ・ 骨格筋機能を指標とした評価法の開発と検証：昨年度開発した超音波エラストグラフィ法を用いた筋損傷および筋疲労の評価法の有効性を、介入試験によって評価した。具体的には、ハムストリングスを対象に、筋損傷を引き起こす運動前にストレッチングを実施することで、筋損傷の程度を軽減できるかどうかを、また、足裏に対する Instrument Assisted Soft Tissue Mobilization の効果を、当該評価法を用いることで検討した。
- ・ 感覚共鳴を指標とした評価法の開発と検証：複数人同時参加型仮想ライブ体験システムにおいて、複数視聴者間の脳波の個人差によらず、視覚効果を安定に生成する有効な手法として、ユーザーごとの脳波特徴量の分布に基づく手法を開発し、実験的に評価した。
- ・ 腸内環境を指標とした評価法の開発と検証マレーシア・プトラ大学で実施予定の介入試験実施中。また、次の介入試験として、チョコレート摂取と腸内環境および脳機能との変化についてのプロトコールを作成した。

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】(査読有)

1. Muñoz-González Á, Kobayashi S, Horie R. A multiplayer VR live concert with information exchange through feedback modulated by EEG signals. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems (Early Access)*. 2022
2. Numata T, Kotani K and Sato H. Relationship Between Subjective Ratings of Answers and Behavioral and Autonomic Nervous Activities During Creative Problem-Solving via Online Conversation. *Frontiers in Neuroscience* 15. 2021.
3. Shoji M, Ema R, Nosaka K, Kanda A, Hirata K, Akagi R. Muscle damage indicated by maximal voluntary contraction strength changes from immediately to 1 day after eccentric exercise of the knee extensors. *Front. Physiol.* 12: 775157, 2021.
4. Hirata N, Sato S, Imaizumi N, Tanimoto H, Hirata K, Akagi R. Individual differences in knee extensor fatigue induced by sustained mid-level contraction. *J. Physical Fit. Sports Med.* 10: 283-286, 2021.
5. Davidson B, Hinks A, Dalton BH, Akagi R, Power GA. Power attenuation from

restricting range of motion is minimized in subjects with fast RTD and following isometric training. *J. Appl. Physiol.* (1985). in press.

6. Ando R, Sato S, Hirata N, Tanimoto H, Imaizumi N, Suzuki Y, Hirata K, Akagi R. Relationship between drop jump training-induced changes in passive plantar flexor stiffness and explosive performance. *Front. Physiol.* 12: 777268, 2021.
7. Ando R, Sato S, Hirata N, Tanimoto H, Imaizumi N, Suzuki Y, Hirata K, Akagi R. Relationship between resting medial gastrocnemius stiffness and drop jump performance. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 58: 102549, 2021.
8. Ema R, Nosaka K, Kawashima R, Kanda A, Ikeda K, Akagi R. Muscle length influence on rectus femoris damage and protective effect in knee extensor eccentric exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 31: 597-609, 2021.
9. Hinks A, Davidson B, Akagi R, Power GA. Influence of isometric training at short and long muscle-tendon unit lengths on the history dependence of force. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 31: 325-338, 2021.

【学会発表】

1. Muñoz-González Á, Kobayashi S, Horie R. Threshold adjustment of beta-alpha ratio of EEG signal for generation of visual effects in a VR live concert, 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)
2. 井手康太、堀江亮太、演者と観客の脳波状態が提示される VR ライブストリーミングシステムの開発 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会
3. 井手康太、堀江亮太、VR 空間で演じられたディアボロジャグリングへの視聴者の評価 エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2021
4. 寒川史也、堀江亮太、事象関連電位を用いた「食べたい」感情の測定 電気学会電子光・量子デバイス研究会
5. Samukawa F and Horie R. Measuring event-related potentials evoked by desire to eat by using independent component analysis. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
6. Shiozawa K and Horie R. Personal authentication by using multi-channel electroencephalography. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
7. Nursyarizah Amirah Jasniah, Hiroki Sato (2021). Hemoglobin phase of oxygenation and deoxygenation in adults: an fNIRS study. International Society on Oxygen Transport to Tissue 2021 (ISOTT 2021).
8. 大貫絢加, 菅野栞, 星野剛史, 小路将徳, 佐藤大樹 (2021). 乳児における音楽テンポ変化の知覚 —機能的近赤外分光法による検討—. 第 23 回光脳機能イメージング学会.

9. 藤田麻瑚, 佐藤大樹 (2021). fNIRSにおける脳活動の空間的拡がりを考慮した多重比較補正法の提案. 第23回光脳機能イメージング学会.
10. 佐藤大樹, 鎌田隆史 (2021). 自己選択により実行したワーキングメモリ課題に伴う前頭極の活動. 第23回光脳機能イメージング学会.
11. Samukawa F and Horie R. Measuring event-related potentials evoked by desire to eat by using independent component analysis. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
12. Shiozawa K and Horie R. Personal authentication by using multi-channel electroencephalography. 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
13. 赤木亮太 関節位置覚と筋機能の融合がもたらす身体運動の最適化 第2回 Bio-Intelligence for well-being (BIW) 研究会
14. 野村祐太, 伊藤真理, 土屋勇真, 川島千穂, 大庭功将, 山田陽介, 吉田司, 平田浩祐, 赤木亮太 在宅での自重トレーニングが高齢者の筋パワー及び骨格筋細胞量にもたらす効果～膝関節伸展筋群を対象として～ 第34回日本トレーニング科学会大会
15. 吉武康栄, 平田浩祐, 渡邊裕宣, 鷲野壮平, 鈴木亮晴, 赤木亮太 超音波剪断波エラストグラフィ測定で得られる値の真は? 第76回日本体力医学会大会
16. 大久保幸香, 山本紳一郎ら: 電気刺激による確率共振を用いた触覚感度向上に関する研究, ライフサポート学会フロンティア講演会
17. 佐藤秀亮, 山本紳一郎ら: 確率共振を用いた立位バランス機能向上の白杖への応用, ライフサポート学会フロンティア講演会
18. 温井崇仁, 山本紳一郎ら: 確率共振を利用した手指触覚向上システムの開発 ～遠位部からの機械刺激が触覚感度に及ぼす影響～, ライフサポート学会フロンティア講演会

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	生命科学科	佐藤大樹	機能的食品摂取による脳活性度の評価方法開発	森永製菓株式会社	1,130
2	生命科学科	佐藤大樹	脳科学の知見を活用した商品開発支援	株式会社 NeU	1,000

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	生命科学科	赤木亮太	筋疲労の機序の解明ー筋力トレーニングに伴う筋疲労耐性向上を考慮したアプローチ	日本学術振興会 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〕）	4,000
2	生命科学科	佐藤大樹	神経生理学的「あがり」指標の開発とニューロフィードバックトレーニングへの応用	基盤C	500
3	生命科学科	花房昭彦	皮膚，軟部組織，骨格を有するダミーによる，変形が褥瘡の悪化に係るメカニズムの解明	国立障害者リハビリテーションセンター 学術研究助成基金	300
4	生命科学科	花房昭彦	生体構造に適した実空間に表示可能な4次元画像表示装置の開発とその臨床応用	東京慈恵会医科大学 高次元医用画像工学研究所 学術研究助成基金	100
5	生命科学科	花房昭彦	人工股関節置換手術時の下肢けん引力評価に関する研究	サージカルアライアンス株式会社 順天堂大学	500
6	生命科学科	花房昭彦	座面が傾斜する機能を持つ椅子の性能評価とそれに必要なデータ測定	株式会社ヤマザキ	500
7	生命科学科	花房昭彦	X-Finger の多機能化に向けたモジュール開発に関する研究	株式会社愛和義肢製作所 東京電機大学	300
8	生命科学科	花房昭彦	腫瘍摘出鉗子の開発	株式会社フジタ医科器械 東京女子医科大学	400
9	生命科学科	赤木亮太	皮膚のストレッチが骨格筋にもたらす効果とは？ー超音波剪断波エラストグラフィによる検討ー	中富健康科学振興財団研究助成	1,500

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	28 件		
特許出願件数	1 件		
共同研究件数	8 件	7, 000 千円	
外部資金獲得数	14 件	20, 500 千円	
参加学生数	65 名 (内留学生 4 名)		
参加企業数	7 社		
公開イベント数	2 件		

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

4

以 上

添付 1 : 公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	2021/11/8	第二回 BIW 研究会	BIW 研究会	越阪部 奈緒美, 赤木 亮太, 堀江 亮太, 吉村 建二郎, 北川 理, 吉見 靖男, 須原 義智, 福井 浩二, アズハム・ズルカルナイン, 花房 昭彦, 山本 紳一郎, 佐藤 大樹	オンライン開催
2	2022/3/16	2021 年度 『知と地の創造拠点』 フォーラム (予定)	芝浦工業大学 複合領域産学官民連携推進本部	越阪部 奈緒美, 赤木 亮太, 堀江 亮太, 吉村 建二郎, 北川 理, 吉見 靖男, 須原 義智, 福井 浩二, アズハム・ズルカルナイン, 花房 昭彦, 山本 紳一郎, 佐藤 大樹	オンライン開催

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE事業)

2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 VR 建築教育のための 3D アーカイブ作成に関する研究
2. 研究組織所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
岡崎瑠美	建築学科	准教授

4. プロジェクト参加研究者数 5 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
岡崎瑠美	建築学科・准教授	建築史研究室	・北海道建築 3D 化 ・豊洲キャンパス 3D 化 ・VR 環境実験 ・西荻窪 3D 化
秋元孝之	建築学科・教授	建築環境設備研究室	
志手一哉	建築学科・教授	建築精算マネジメント研究室	
篠崎道彦	建築学科・教授	空間デザイン研究室	
山代悟	建築学科・教授	プロジェクトデザイン研究室	

6. 研究の概要

A 計画の概要

3次元空間のデータ収集は技術の進歩や関連機器の低価格化により誰でも手軽に行えるようになってきている。特に2020年度は新型コロナウイルスの影響で観光地や建物のバーチャルツアーが急増し、インターネット上で多くのコンテンツを無料で閲覧することが可能になった。3次元データが溢れる時代になりつつあるが、それを用いて教育に活かす方法については試行錯誤が行われている状況である。

本研究は建築の複数分野において既にVRを用いた研究を行っている教員が協働し、新しい良質な建築教育コンテンツの制作を行う。最終的には授業コンテンツの要となる3次元データをアーカイブ化し、その利用を容易とするプラットフォーム策定のための指針をまとめることを目指す。コロナ禍を経てオンライン教育が普及した今、授業における「体験」がより一層問われるようになってきている。VRを使い従来と異なる体感型授業を様々な観点から検討することにより、新しい「体験」を味わえる授業をつくることを目指す。特に建築分野では初学者が大きな3次元空間を2次元の教材で理解をすることは難しく、従来の教育内容を分かりやすく初学者に説明するためにもVRを積極的に活用することを検討する。

B 成果の概要

今年度の実施状況を赤字で以下に示す。

<査読付き論文> (博士課程の学生が中心となって執筆)

- Environment and Behavior (IF 5.141), 2本
- Journal of Environmental Psychology (IF 3.55), 1本
- 日本建築学会計画系論文集/環境系論文集, 3本
→covid19の影響で実験の被験者を集めることが困難な状況がしばらく続き、実験の予定が遅延。
→今年度はVR環境実験を優先して行い、次年度以降に論文を投稿する予定。

<学会発表>

- 日本建築学会学術大会梗概投稿, 10本
→2022年度夏に実施される大会に投稿予定
- 国際会議, 5本
→2022年度SEATUCに1本の論文、2本のポスターセッションのアブストラクトを投稿済み
会議に参加すると同時に最新情報を収集し国際ネットワークを形成する

<企業との共同研究>

- World Scan Project, 他1社

以下3つの共同研究について協議中。来年度本格的に始動予定。

1. World Scan Project : 2021年12月に共同研究に向けた協議を実施。研究対象地の絞り込みのためのフィールドワークを実施。
2. 北海道上川町、NPO法人ペニウクル : 共同プロジェクトの立ち上げを検討中。

3. 日建設計：2022年1月末に打ち合わせを行う予定。

<3Dコンテンツの①作成、②活用>

①3Dコンテンツの作成

- 学生の技術的トレーニングおよび情報収集（写真撮影、ドローン飛行、実測の練習）
→ 2021年11月3～9日北海道旭川市及び平取町にて3Dアーカイブワークショップを実施。学生8名、教員3名が参加。
→ Photogrammetry workshop、2月下旬実施予定。
講師：九州大学・山船晃太郎
- 国内の名建築をフォトグラメトリや3Dスキャンで3D化
- 初学者が建築を学ぶために理解しやすい建築を選定。
- 上記で作成した3Dモデルに環境、生産、都市計画に関わる3次元情報を追加
→ 芝浦工業大学豊洲キャンパス、中銀カプセルタワー（東京都）、アイヌ伝統住居チセ（北海道）、甲府カトリック教会（山梨）の3Dデータを収集

②3Dコンテンツの活用

- 作成した3Dデータを授業および実験で活用。
→2022年1月7,11日にVR建築コンペの開催を予定。
→豊洲第二校舎建設中の3D画像を志手先生担当の1年生向け授業「建築ものづくり」で活用予定。（2021年12月1日授業）
→これまでに収集した3Dデータを岡崎担当の大学院生向け授業「建築・都市デザイン史特論」で紹介。
- 各教員が少なくとも1コマVRを用いた授業を実施する。
→ 結果を論文や発表にまとめる
→今後随時実施予定

③3Dコンテンツの共有

- 芝浦工業大学建築学部のHPで3DデータをVR公開する。
→これまで収集したデータを集約し、今年度中にHP立ち上げ予定
→Matterportプラットフォームで3Dデータを公開予定

<大型研究費への応募>

- 科研費基盤C又はBへ応募（9月・1回目）
→科研費基盤Bに応募中（2021年10月・岡崎）
「紅海ペルシア湾レバント地域の通交拠点群のアーカイブ化及びその活用に関する共同研究」
→2021年住総研研究助成申請予定（2022年1月・岡崎）

<国際会議への参加>

- VR建築教育や3次元空間に関する最新動向を探るため国際会議へ参加。
→CIPA 2021, 28th International Symposium にオブザーバー参加

<その他>

- 国立民族学博物館・地域研究画像デジタルライブラリ、公募プロジェクト採択（2021年11月・岡崎）

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】（査読有）

1. 無し

【雑誌論文】（査読無）

1. 無し
【図書】
1. 無し
【学会発表】
1. 3D Digital Archiving of Ainu Houses, SEATUC, 2022 (accepted, 投稿中)
2. 3D Digital Archiving of Masonry Warehouses: Case of Yoichi, Hokkaido, SEATUC, 2022 (accepted, 投稿中)
3. Research on Architectural Survey Using Photogrammetry of Mitsumine Shrine Zuishin Gate, SEATUC, 2022 (accepted, 投稿中)
【特許等出願】
1. 無し

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1					
2					
3					

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1					
2					
3					

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	0 件		
特許出願件数	0 件		
共同研究件数	0 件	千円	
外部資金獲得数	0 件	千円	
参加学生数	名 (内留学生 名)		
参加企業数	3 社		
公開イベント数	1 件		

今後の計画

<3D アーカイブ>

2021年度は3Dデータの収集を中心に行なった。2022年度は前年度の作業を継続しながら、収集したデータの活用方法について実践的な活動を交えながら検討を行う。3Dデータの収集については本研究チームの研究室間で情報交換や合同ワークショップを行い、手法が確立しつつある。しかし3Dデータ単体では教材としての活用は難しく、今後以下の点について検討が必要となる。

- ・3Dデータを説明するための情報収集
- ・3Dデータの使用及び公開に係る技術的な手法の検討。
- ・ヘッドマウントディスプレイを使用してVR授業をトライアル実施。

<3D アーカイブのプロジェクトでは以下の小プロジェクトを継続予定>

- ・豊洲(芝浦工大、産業遺構)
- ・東京(飲み屋横丁等)
- ・北海道建築、沖縄？
- ・アイヌ建築 (旭川、上川、二風谷)
- ・covid19が収束次第海外の建築も視野に入れる

<VR環境実験>

本研究はVR環境下で授業を実施するための基礎的研究を行う。研究チームの学生が主体となり実験を行っており、今後成果を国際ジャーナルに投稿する予定である。今年度は本チームの学生が第0回目として試験的にVR建築コンペを開催する。初年度の審査員はS-SPIREの研究チームの教員とし、次年度以降は外部審査員今年度の実施内容を見ながら来年度以降継続し、芝浦の建築VR教育を盛り上げる一

<広報計画>

- ・ウェブサイトの立ち上げ
- ・プラットフォームを利用したアーカイブの共有 (Sketchfab, matterport 等)
- ・Immersive Design Studio(仮称)立ち上げ、第二校舎竣工後2022年9月予定
- ・コンペやワークショップ等学生参加型プロジェクトの実施、発信
- ・SNSでの発信

以上

添付 1 : 公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	1月 7,11日	VR 建築コンペ	(仮称) SIT Immersive Design Center	岡崎瑠美 秋元孝之 志手一哉 篠崎道彦 山代悟 武田貞生	豊洲キャンパス・ 環境実験室

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE 事業)
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 SIT Network Research Unit (SIT-NRU)
 2. 研究組織所在地 豊洲校舎・大宮校舎
 3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
三好 匠	電子情報システム学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 7 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
三好 匠	電子情報システム学科 教授	A・B・D・E 代表幹事	位置情報に基づいた通信方式・通信サービスの提案と開発
新熊 亮一	情報工学科 教授	C・D・F 幹事	LiDAR を用いた高精度かつリアルタイムなオブジェクト検出およびデータ登録方式
山崎 託	電子情報システム学科 准教授	A・C・E・F 幹事	デバイス間通信制御方式, およびユーザ情報収集技術
上岡 英史	情報通信工学科 教授	B・D・F	ユーザに優しい情報提供技術, および大容量データ配送制御方式
行田 弘一	情報通信工学科 教授	A	自律マシンによるネットワーク構築技術
宮田 純子	情報通信工学科 准教授	D・F	大容量 IoT データの配送制御方式, および秘密情報の通信方式
森野 博章	情報通信工学科 教授	A・B・C	車両ネットワークの制御方式, および検知技術に基づいた交通予測と最適移動経路提示

研究グループごとの中テーマ

- A 自律マシンの協調
- B モビリティ
- C 見守り・リアル空間モニタリング
- D IoT データ流通プラットフォーム
- E 仮想空間・拡張空間サービス
- F セキュリティ・プライバシー保護

6. 研究の概要

A 計画の概要

従来のまち(街あるいは町)づくりにおいては政策が主役であったが、今後は情報通信、特に情報ネットワーク基盤が主役になる。スマートシティという広い概念の中でも、特に CaaS (City as a Service) においては、自分のスマートフォンのアプリを取捨選択するように、個人個人がまちでの暮らしに必要な「まちサービス」を取捨選択できる。例えば、今後の我が国においては、配車サービスや、カー・バイクシェアリング、自動運転タクシーといった MaaS (Mobility as a Service) に代表されるように「モビリティ」が鍵である。人々の移動は交通機関の利用や種々の消費行動を生むため経済活性化の源である。しかし、移動により事故や、犯罪、ウイルス感染といったリスクも生じる。そこで、異常な接点を検知し事故や犯罪を予測したり、ウイルス感染の経路を推定したりといったことが求められる。本研究では、モビリティ以外の多様な領域を含めたさまざまなまちサービスを実現するための以下の技術の研究に取り組む。

- A. 自律マシンの協調: 例) 複数の自動運転車, ロボット, ドローン群の協調
- B. モビリティ: 例) 自動車や人(健常者, 障害者)のナビも含む
- C. 見守り・リアル空間モニタリング
- D. IoT データ流通プラットフォーム
- E. 仮想空間・拡張空間サービス
- F. セキュリティ・プライバシー保護

図 1 のように、人々の移動以外にも、宅配や見守りのロボット・ドローンが自律的に移動し、効率的かつ安全に人々の生活をサポートしている。こういったまちサービスを実現するためには、上記 A や B といったモビリティに直接関係する技術だけでなく、C や D, E といった周辺データを収集し活用可能な形に集約して可視化する技術が必要になる。また、データ収集・活用時には F の課題にも合わせて取り組む必要がある。

これらの 6 つの課題分野に対し、学部学科の壁を越えて 7 名の教員がタッグを組み、実質的な共同研究を実施することとした。各教員の研究分野を図 2 に示す。各課題分野に複数の教員がすでに従事していることが確認されており、個々の教員が個別に研究する現状のスタイルから複数教員による有機的な共同研究へと発展させることで、研究業績の大きな進展が望めると同時に、本学の情報ネットワーク研究の拠点形成してブランド力の向上にもつながると考えられる。



図 1: CaaS による「まち」の姿

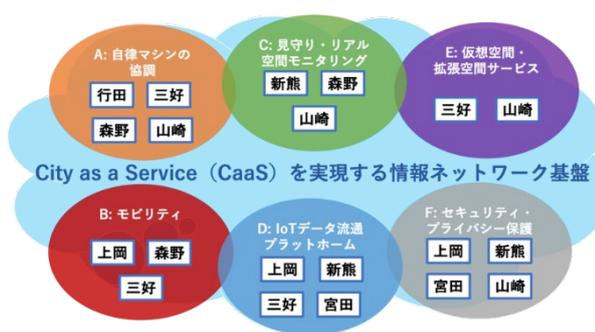


図 2: 本研究で取り組む研究課題と担当者分担

B 成果の概要

本チームは 2021 年度に活動を開始した。これまで各教員が独立に研究室を運営してきたが、本学に在籍する情報通信ネットワーク分野の教員がそれぞれの研究内容を共有し、協力して課題に取り組むことにより、シナジー効果を生み出すことを目標としている。また、各教員はそ

それぞれ独立に活動してきたとはいえ、研究内容がかなり重なっていることも分かっている。そこで、活動の最初の段階として A に記載した技術課題 A~F (中テーマ) について、本チームで検討すべき要素技術 (小テーマ) を以下のとおり洗い出し、方法論や実現されるサービスなどについて検討した。

- A. 移動経路制御, 通信経路制御, 自律ノード間情報共有
- B. 位置推定, 位置情報提示, 位置情報共有, 位置依存形通信
- C. 位置推定, 生体情報センシング, 3D イメージセンシング
- D. アクセス制御, マルチホップ, トラヒック制御, 分散コンピューティング
- E. AR・VR の品質評価・制御
- F. 秘密通信, プライバシー情報制御, ブロックチェーン

表 1: 各教員が担当する要素技術

中テーマ	小テーマ	中テーマの構成要素として小テーマで何を達成/確立するか	小テーマの成果を Integrate することで実現されるモノやサービス
A. 自律マシンの協調 (行田、宮田、三好、森野、山崎)	移動経路制御	ネットワーク技術に基づくドローンの自律管制制御(山崎) 車両間での情報共有に基づく自律的な速度制御と経路制御(森野)	高密度ドローン下において中央集権に囚われない誰でも参加できる自動車の道路網のような制御の実現(山崎)
	通信経路制御		
	自律ノード間情報共有	自律飛行ドローンを用いたネットワーク構成技術の確立(行田)	災害時における被災状況等の映像データ伝送を実現(行田)
B. モビリティ (上岡、森野、三好)	位置推定		
	位置情報提示	盲目者への障害物位置提示(上岡)	Cityとしてunpredicted objectsの発見と通知を行い、それをあらゆるユーザに通知する環境を整備(上岡)
	位置情報共有	プローブデータによる交通流予測・人流予測と最適移動経路提示(森野)	車両と公共交通機関の利用を組み合わせた移動において所要時間最短かつ「密」を避ける移動経路を提示する(森野)
	位置依存形通信	位置情報に基づいた論理ネットワークの構築(三好)	車車間通信・歩車間通信による交通事故防止システム(三好) 災害時などに近距離通信システムの実現(三好) 屋内外の事故予測と人や車両へのアラート送信(新熊)
C. 見守り・リアル空間モニタリング (新熊、三好、山崎)	位置推定		
	生体情報センシング	ユーザによる受動と能動を活用したユーザ情報収集技術の確立(山崎) WiFi信号やセンサ情報を用いた非接触でのユーザの異常検知(転倒検知など)(森野)	高齢者や一人暮らし世帯の人々が負担と感じないような見守りを行うスマートホームの実現(山崎)
	3D イメージセンシング	複数LIDARを用い高精度かつリアルタイムに人や車両を検知する方式の確立(新熊)	屋内外の事故予測と人や車両へのアラート送信(新熊)
D. IoTデータ流通プラットフォーム (上岡、新熊、宮田、三好、森野)	アクセス制御		
	マルチホップ	位置依存形通信を用いたデバイス間マルチホップ通信(三好)	位置情報を効率的に利用してマルチホップ通信の経路最適化を行う(三好)
	トラヒック制御	大量に発生する様々なIoTデータをスムーズに配送する方式の確立(宮田) 公平性を維持したストリーミングデータ配送制御方法の確立(上岡)	リアルタイムデータを含むIoTデータを低遅延で配送(宮田)
	分散コンピューティング		
E. 仮想空間・拡張空間サービス (三好、山崎)	AR・VRの品質評価・制御	位置情報やユーザ情報に基づいて動的かつ柔軟に通信相手を選択する技術の確立(山崎) 5Gを利用した際のAR・VR通信品質評価(三好)	人々の行動や状況に応じて柔軟に相手やグループを選択するコミュニケーション技術の実現(山崎) 5Gに対するユーザの要求品質の検討(三好)
F. セキュリティ・プライバシー保護 (上岡、新熊、宮田、山崎)	秘密通信	誤りなく秘密情報の埋め込み及び抽出を行う方式の確立(宮田)	プライバシーを守りつつ、IoTサイバートロなどの脅威に対して強固な情報流通網
	プライバシー情報制御	ユーザやデバイスの情報を秘匿したまま互いに協力して通信を行う技術の確立(山崎) 予期せぬ写真撮影に巻き込まれないように通知する技術の確立(上岡)	ユーザや設置した端末の情報を秘匿したままそれらに基づいた効率的な制御の実現(山崎)
	ブロックチェーン	LIDARやカメラで取得されるストリームデータをリアルタイムに登録する方式の確立(新熊)	

各教員が担当する具体的な研究課題を表 1 に示す。2021 年度の研究活動では、それぞれの課題について仮説検証を目的とするため、主に理論と計算機シミュレーションでの定量評価を行ってきた。A や D では 2 ノードを想定し、シンプルなモデルを用いて有効性を示したり、簡単なプロトタイプ実装を行ってサービスとしての動作検証を行ってきた。B, C, E では、研究用に入手可能なデータセットを用いて評価を行ってきた。F については理論的な検討を行ってきた。

各研究課題に対する今年度の研究成果を要約して以下に示す。

A. 自律マシンの協調

自律飛行ドローンを用いたネットワーク構成技術(行田)

協調動作機能を導入した経路制御プロトコルにおいて、協調動作時間を決定する関数を変更し、シミュレーションによる性能評価を行った。その結果、従来の関数を用いた場合に比べ、若干のデータ配信率の低下を許容することで、制御パケット送信量を大幅に減らすことができるこ

とがわかった。

無線環境を考慮したドローン移動方式(宮田)

無線ネットワークにおいて、ドローンなどの移動端末が、適切に移動しアクセスポイントに接続する手法を提案した。これにより、常に高いスループットを維持し続けることができるため、ドローンなどの移動端末であっても、常に IoT ストリーミングデータを送信可能となる。

高密度 UAV 環境下における UAV 管制システム(山崎)

高密度 UAV 環境において、地上に設置したビーコン装置群を用いて、自律分散する多数の UAV を分散制御する管制システムを提案した。このシステムでは、ネットワークの技術から着想を得て UAV をパケットにみたてて制御することで、中央管理せずに多数の UAV を制御できることが分かった。(電子情報通信学会総合大会発表予定)

B モビリティ

盲目者への障害物位置提示(上岡)

盲目者の歩行支援として眼内閃光を用いた障害物位置提示技術の研究を行っており、脳内視野の左側、中央、右側の 3 方向に閃光を誘起するための複数電極配置を明らかにした。また、盲目者にとって足元の情報は安全性から最も重要であるため、脳内視野の下部方向に眼内閃光を誘起するための電極配置も明らかにした。(2 件の学術論文発表済み)

音声対話による歩行者用ナビゲーション(上岡)

地図を理解できない人が既存のナビゲーションシステムを利用しても、目的地まで正確に早くたどり着けないという問題を解決するため、音声のみの対話によるナビゲーションシステムの検討を行った。本システムのプロトタイプを作成し評価実験を行ったところ、スマートフォンを見ることなくマイク付きヘッドホンのみで、目的地まで安心して早くたどり着けることが立証された。(卒業論文)

視覚障害者のための下腿部瞬時圧迫型危険回避システム(上岡)

盲目者が駅ホームから転落するのを防ぐため、駅ホームの端に近づいたときに歩行を停止させる手法を検討した。歩行するのに不可欠な足に圧迫刺激を与え、あえて歩行をし難くすることで確実に歩行を停止させるシステムの提案を行い、プロトタイプを作成した。評価実験の結果、危険を検出してから 80cm 以内で歩行者が歩行を停止することが可能であることが立証された。(電子情報通信学会 WIT 研究会発表済)

位置情報に基づいた論理ネットワークの構築(三好)

位置情報に基づいた論理ネットワークを効率的に構築するため、ユーザの移動速度に基づいて接続距離が変化する適応的なネットワーク構築手法を提案した。例えば、高速移動中の車両からはより遠くの前方車両と接続可能となり、周辺の状況を効率的に取得できるようになると考えられる。提案手法を用いることで、全体の通信量を抑えながら、重要領域の端末と密接に通信を行うことが可能になることが分かった。(国際会議 IWQoS2021 発表、電子情報通信学会総合大会発表予定)

プローブデータによる交通流予測・人流予測(森野)

走行する車両の一部(30%程度)から定期的に速度と位置を報告させ、数十秒後に数百 m 後方で渋滞による速度低下が生じることを機械学習により予測し、適切な速度制御を行うことで渋滞を大きく軽減する手法を提案した。実データを用いた交通流シミュレーションにより有効性を示した。(電子情報通信学会総合大会発表予定)

C 見守り・リアル空間モニタリング

複数 LiDAR を用い高精度かつリアルタイムに人や車両を検知する方式の確立(新熊)

システムを次のとおり実装した。デバイス 1 台につき 1 台の LiDAR ユニットが接続されている。取得部は Velodyne 製 VLP-16, VLP-32, Livox 製 Avia の仕様に対応して実装されており混在も可能である。エッジサーバの評価部が実空間の特徴を領域ごとの学習し、選択部が、リアルタイムに検出部にとって重要度の高いデータを選定する技術を開発した。実機の LiDAR のデータ

を PCAP ファイルとして記録し、TCPReplay で再生するという方法を採用することで、実機の LiDAR の数に制限されずセンサ数を増やせるようにした。実機の LiDAR のフレームレートを 10 フレーム/秒としセンサ数を 30 とした場合、従来は大半のデータが到達しなかったのが、提案技術によりほぼ 100%到達できた。

スマートフォンによる屋内行動推定での教師データ取得コストの低減(森野)

ユーザのスマートフォンセンサを使った屋内位置推定のベースとなる移動状態推定(歩き, 走り, 階段昇降)においては機械学習による推定が一般的に用いられるが, 対象とするユーザの各移動について事前に教師データを取得するコストが課題である。この研究では対象ユーザとは異なる少数の被験者から各移動状態でのセンサ値の教師データを取得して認識モデルを構築しておき, 推定時には対象ユーザが日常生活で容易に取得できる平地の歩行データだけを追加で入力することで, 教師データ取得のコストを抑えつつ高い精度で推定する手法を提案した。学習の被験者は 7 名, 認識対象の被験者は 10 名で実験を行い, 約 90%の再現率で推定できることを確認した。

WiFi センシングによる転倒と起立の検知(森野)

ひとり暮らしの高齢者を想定して, WiFi の端末で取得できるチャネル伝搬特性(CSI)の時間変動を解析し, 転倒とその後の起き上がりを検知する手法を提案した。CSI の変化に着目して転倒のみを検知する従来手法とは異なり, 被験者の現在の状態を判別することで転倒後の行動も識別できるようになった点に新規性がある。しゃがんで起き上がるなど類似の行動も混ぜて 20 人程度の被験者で実験し, F 値 0.9 以上の精度で検出できることを確認した。(卒業論文)

VUI 主体でのユーザ情報収集技術(山崎)

VUI を用いて, ユーザの情報を収集したり, 生活支援を実現したりするためには, VUI が主体となってユーザと対話することが重要となる。そのため, VUI 主体での対話を実現するための制御手法を提案した。これに加え, 制御手順を変更することで, 生活支援サービスの提供者が実現したいサービスを容易に導入できる手順を実現できた。(電子情報通信学会総合大会発表予定)

D IoT データ流通プラットフォーム

ショート・ストリーミングビデオプラットフォームにおける選択的データバッファリング(上岡)

ショート・ストリーミングビデオ閲覧時に, 閲覧予定のないビデオデータまで自動バッファリングされてしまうという無駄なトラフィック発生が問題となっており, それを解決するための新しいバッファリング手法の検討を行い, 選択的データバッファリングアルゴリズムを提案した。本アルゴリズムをテストベッドに実装し, 動作確認を行った。現在, 評価実験を行っているところである。(2022年2月に学術論文投稿予定)

大量に発生する様々な IoT データをスムーズに配送する方式の確立(宮田)

IoT で発生しうる様々なストリーミングデータの画質を, アプリケーションの特性やネットワーク中のボトルネック環境を想定しながら適応的に選択する方式を提案した。この方式はネットワーク内の負荷を把握しながら選択されるため, IoT データが大量に発生した場合でも, 常に把握しながら遅延を少なく最適なストリーミングデータを提供可能となる。

E 仮想空間・拡張空間サービス

位置情報やユーザ情報に基づいて動的かつ柔軟に通信相手を選択する技術(山崎)

複数人のユーザ間で柔軟に会話する相手を選択できる音声会話システムを提案した。従来, 複数人でグループ会話を行う際に, 会話が衝突した場合, 適宜会話の終了をまつことや, グループ切り替えが必要になったが, 本システムではユーザの位置や向きに応じて会話相手を決定するため, デバイスでの操作をせずに会話したい相手を直感的に選択することができるようになった。(電子情報通信学会総合大会発表予定)

F セキュリティ・プライバシー保護

入室時の行動・特徴を用いた部外者判別(上岡)

部外者が部屋に入ってくる時の挙動を明確化し、ビデオ映像から部内者と部外者を判別する手法について検討した。視線、歩行速度、扉の開け方、姿勢、所持品の 5 つに着目することが有効であることを明らかにし、このうち、視線と所持品に関しては実際にビデオ映像を用いて判別し、その手法が有効であることを示した。(卒業論文)

LIDAR やカメラで取得されるストリームデータをリアルタイムに登録する方式の確立(新熊)

イメージセンサデータのようなサイズの大きいデータをリアルタイムに登録し保護可能な IoT ブロックチェーン技術を開発し、新たに取得されたイメージセンサデータが 5 秒以内にブロックチェーン上のアクセス権限のある他のノードで参照可能にした。ブロックチェーンへの登録がオーバーフローしないよう、LiDAR のデータをフレームごとに登録するのではなく複数フレームに渡って集約したハッシュ値を登録する技術を開発した。エッジサーバで受信された LiDAR のデータはキューで待ち状態となる。スケジューラが各 LiDAR のデータのキュー長を把握し、オーバーフローが生じないようキューに貯まったデータをハッシュ計算部により一括でハッシュ化する。この手法によりオーバーフローせず登録が可能であることを示した。

誤りなく秘密情報の埋め込み及び抽出を行う方式の確立(宮田)

使用するデータに、誤りなく秘密情報を埋め込み検出を行う手法を提案した。本手法では、画像データの品質が下がらないように、データにある係数を適切に掛け合わせることで、性能を向上させた。これにより、秘密情報のデータ量に応じて、誤りなく IoT データに秘密情報を埋め込むことが可能となる。

秘匿化した位置情報に基づくデータ中継技術(山崎)

位置情報を用いる経路制御において、秘匿化した位置情報から得られる距離情報に基づきデータを中継する技術を提案した。提案手法では、秘密計算を用いることで、端末の位置情報を秘匿させたまま、端末間距離を得ることができる。そのため、位置情報の漏洩を防ぎながら、実際の距離に基づく効率的な中継制御が実現できる。(電子情報通信学会総合大会発表予定)

C 研究発表等の状況

【雑誌論文】(査読有)

1. Karin Umeda, Takashi Nishitsuji, Takuya Asaka, and Takumi Miyoshi, “Distributed Processing Method for Deep Learning in Wireless Sensor Networks,” IEICE Communications Express (ComEX), Vol. 10, No. 8, pp. 505-510, August 2021. DOI: 10.1587/comex.2021ETL0029
2. Eri Hosonuma, Taku Yamazaki, Takumi Miyoshi, Ryo Yamamoto, and Thomas Silverston, “On Treating Asymmetric Links in Backoff-based Opportunistic Routing: Problem and Solution,” IEICE Communications Express (ComEX), Vol. 10, No. 8, pp. 538-543, August 2021. DOI: 10.1587/comex.2021ETL0040
3. R. Otsu, R. Shinkuma, T. Sato, E. Oki, D. Hasegawa, and T. Furuya, “Spatial-importance based computation scheme for real-time object detection from 3D sensor data,” IEEE Access, 2022.
4. Ryo Otsu, Ryoichi Shinkuma, Takehiro Sato, and Eiji Oki, “Data-Importance-Aware Bandwidth-Allocation Scheme for Point-Cloud Transmission in Multiple LIDAR Sensors,” IEEE Access, Vol. 9, pp. 65150-65161, 23 April 2021.
5. Li, Chongyu, Ryoichi Shinkuma, Takehiro Sato, and Eiji Oki, “Real-time Data Selection and Merging for 3D-image Sensing Network with Multiple Sensors,” IEEE Sensors Journal, DOI: 10.1109/JSEN.2021.3102749, 5 August 2021.
6. Masamichi Oka, Ryoichi Shinkuma, Takehiro Sato, Eiji Oki, Takanori Iwai, Koichi Nihei, Eiji Takahashi, Dai Kanetomo, and Kozo Satoda, “Spatial feature-based prioritization for transmission of point cloud data in 3D-image sensor networks,” IEEE Sensors Journal, DOI: 10.1109/JSEN.2021.3106963, 24 August 2021.
7. Ai Oishi, Eiji Kamioka, Phan Xuan Tan, Manami Kanamaru, “Improving presence experience in live music videos by using adaptive zooming,” Journal of Image and Graphics (JOIG), (Accepted).
8. Keisuke Okada, Manami Kanamaru, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Exploiting MUSIC Model

to Solve Cold-Start User Problem in Content-Based Music Recommender Systems,” Intelligent Decision Technology (Accepted).

9. Yuna Matsumoto, Manami Kanamaru, Tan Phan Xuan, Eiji Kamioka, “Clarifying Optimum Setting Temperatures and Airflow Positions for Personal Air Conditioning System on Flight,” Bagdat Science Journal (BSJ) (Accepted).
10. Chanh Tran Minh, Tho Nguyen Duc, Tan Phan Xuan, Eiji Kamioka, “An Experimental Study of the Server-based Unfairness Solutions for the Cross-Protocol Scenario of Adaptive Streaming over HTTP/3 and HTTP/2,” Bagdat Science Journal (BSJ) (Accepted).
11. Tho Nguyen Duc, Chanh Tran, Tan Phan Xuan, Eiji Kamioka, “Generative Adversarial Network for Imitation Learning from Single Demonstration,” Bagdat Science Journal (BSJ) (Accepted).
12. Manami Kanamaru, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Designing of Electrodes Placement for Presenting Phosphene to Lower Visual Field Based on Electric Field Simulation,” Applied Science, Vol. 11, Issue 22, 10972, pp. 1-17, 2021.
13. Manami Kanamaru, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Simulation-Based Clarification of Appropriate Factors for Presenting Phosphene in Two Directions Avoiding Electrical Interference,” Bioengineering, Vol. 8, Issue 8, 111, pp. 1-22, 2021.
14. Chanh Minh Tran, Tho Nguyen Duc, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Cross-protocol Unfairness between Adaptive Streaming Clients over HTTP/3 and HTTP/2: A Root-Cause Analysis,” Electronics, Vol. 10, Issue 15, 1755, pp. 1-14, 2021.
15. Tho Nguyen Duc, Chanh Minh Tran, Tan Phan Xuan, Eiji Kamioka, “Domain Adaptation for Imitation Learning using Generative Adversarial Network,” Sensors, Vol. 21, Issue 14, 4718, pp. 1-14, 2021.
16. Kodai Tsukahara, Eiji Kamioka, Phan Xuan Tan, “Concept-based Recommendation System for Finding Serendipity,” Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, Vol. 12, No. 3, pp. 2184-2190, 2021.
17. Manami Kanamaru, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Investigation of Electrical Interference towards Phosphene-Based Walking Support System,” Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, Vol. 12, No. 3, pp. 2178-2183, 2021.
18. Nurzal Effiyana Ghazali, Khairiyah Mohd. Yusof, Fatin Aliah Phang, Rashidah Arsat, Nur Azliza Ahmad and Hiroaki Morino, “Engineering Students Learning Experience through a Unique Global Project-Based Learning,” International Journal of Emerging Technologies in Learning, DOI: ijet.v16i15.24803, August 2021.

【学会発表】(国際会議)

1. Takumi Miyoshi, Takuto Yamaguchi, Taku Yamazaki, and Thomas Silverston, “How Users Perceive Communication Quality of VR/AR Applications: Experimental Study,” to appear in South East Asia Technical University Consortium Symposium (SEATUC2022), Online, February 2022 (Accepted).
2. Yugo Sakuma, Takumi Miyoshi, Taku Yamazaki, and Thomas Silverston, “Service discovery mechanism on location-based P2P platforms,” International Conference on Emerging Technology and Communications (ICETC 2021), Paper No. P1-23, 4pages, December 2021. DOI: 10.34385/proc.68.P1-23
3. Tatsuya Yamazaki, Shunta Sasaki, and Takumi Miyoshi, “Dependency of audio and video for two types of online dialogue conference services,” International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2021), Paper No. P4-18, 4pages, December 2021. DOI: 10.34385/proc.68.P4-18
4. Rina Ooka, Takumi Miyoshi, Taku Yamazaki, and Thomas Silverston, “Unit Traffic Classification by Two-stage Clustering on P2PTV applications,” IEEE International Conference on Consumer Electronics Taiwan (ICCE-TW 2021), Penghu, Taiwan, Paper No. E7-3, 2 pages, September 2021. DOI: 10.1109/ICCE-TW52618.2021.9602901
5. Takahiro Suzuki, Kyoko Yamori, Cheng Zhang, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, “Relation between Warning Error and Vehicle Speed in Vehicle-to-Pedestrian Warning System,” 22nd Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS

- 2021), Tainan, Taiwan, Paper No. PS1-8, pp. 29-32, September 2021. DOI: 10.34385/proc.67.PS1-8
6. Hiroshi Katada, Taku Yamazaki, Takumi Miyoshi, Shigeru Shimamoto, and Yoshiaki Tanaka, "Adaptive Wireless Multi-hop Routing Less Affected by Processing Delay," 22nd Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2021), Tainan, Taiwan, Paper No. PS3-15, pp. 410-413, September 2021. DOI: 10.34385/proc.67.PS3-15
 7. Hiroki Hanawa, Takumi Miyoshi, Taku Yamazaki, and Thomas Silverston, "Adaptive Search Area Configuration for Location-based P2P Networks," IEEE/ACM International Symposium on Quality of Service (IWQoS 2021), Tokyo, Japan, 2 pages, June 2021. DOI: 10.1109/IWQOS52092.2021.9521300
 8. Ryoichi Watanabe, Eiji Kamioka, Manami Kanamaru, Phan Xuan Tan, "Ontology Based Slang Words Detection Focusing on Semantic Unnaturalness," Proceedings of the 16th South East Asia Technical University Consortium Symposium (SEATUC2022), Online, February 23-24, 2022 (Accepted).
 9. Keisuke Okada, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, "Five-Factor Musical Preference Prediction for Solving New User Cold-Start Problem in Content-Based Music Recommender System," Proceedings of the 12th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications 2021 (IISA2021), Chania, Crete, Greece (Online), pp. 1-7, July 12-14, 2021.
 10. Yoshihiro Inadama and Koichi Gyoda, "In-train Congestion Estimation Using Wireless Ad Hoc Networks", Proc. of ITC-CSCC2021, pp.275-278, Jun. 2021.
 11. Takumi Yanagisawa, Sumiko Miyata, "DASH Rate Control Using Game Theory to Consider User Video Preference," IEEE ICOIN2022.
 12. Ryo Kambe, Sumiko Miyata, "A Load Balancing Method Using K-means++ for P2P MMORPGs," IEEE CCNC2022.
 13. Taichi Kojima, Sumiko Miyata, "Flow Admission Control Method with Bounded Rationality Using Stochastic Evolutionary Game Theory," IEEE GLOBECOM2021.
 14. Zhaoxiong Meng, Tetsuya Morizumi, Sumiko Miyata, Hirotsugu Kinoshita, "Design scheme of perceptual hashing based on output of CNN for digital watermarking," In Proc. of IEEE COMPSAC2021, pp. 1345-1350.
 15. Ryusei Aiura, Hiroaki Morino, "Mitigating traffic congestion due to an accident with area-dependent jam absorption driving," Proc. of the 4th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle 2022), To appear.
 16. Chisaki Takahashi and Hiroaki Morino, "Motion Recognition Scheme for Supporting Indoor PDR by Partial Introduction of Reference Data," Proc. of The 13th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking 2021.

【学会発表】(国内学会)

1. 磯田知来, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, "端末間距離に基づく位置依存形 P2P ネットワーク構築手法," 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
2. 埜 大樹, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, "位置情報と道路情報に基づく車両ネットワーク構築手法," 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
3. 今中拓哉, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, "WebRTC と PWA による位置依存形 P2P 通信システムの実装," 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
4. 百枝和哉, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, 山本 嶺, 上田清志, "無線ジオフェンスによる飛行禁止領域回避のための UAV 起動制御手法," 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
5. 岩本怜子, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, 山本 嶺, 上田清志, "災害時における事前取得位置情報に基づいた UAV 移動基地局の経路決定法," 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
6. 石川真帆, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, "クラスタ形成に基づく歩車間危険通知システム," 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)

7. 橋本 樹, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, 朝香卓也, “スマートシティサービス基盤としての通信管理機能の提案,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
8. Hiromichi Yajima, Takumi Miyoshi, Taku Yamazaki, Shota Ono, and Thomas Silverston, “Reducing Device Processing Cost in Federated Learning Using Distillation,” 2022 IEICE General Conference, March 2022. (発表予定)
9. 渡邊直人, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, 山本 嶺, “ハニーポットと機械学習を用いた IoT トラフィックの異常検知,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
10. 山本祥平, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, “分散データベースにおける近隣ノード協調形パケット損失回復手法,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
11. 山崎拓真, 細沼恵里, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, “転送待機時間に基づく Opportunistic Routing におけるリンク対称性の連続的な確認,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
12. 原口隆彦, 片田寛志, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, 山本 嶺, 上田清志, “高密度 UAV 環境における地上ビーコンを用いた分散管理手法,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
13. 網代 航, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, 朝香卓也, “ユーザの位置と向きを用いた P2P グループ会話システム,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
14. 細沼恵里, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, “アドホックネットワークにおける動的な中継端末選択を用いたブロック伝送方式,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
15. 樊 天羽, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, “エージェント形 IoT による単身者向けの運動支援システム,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
16. 小林侑太, 細沼恵里, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, 新津善弘, “Opportunistic Routing を用いた LPWA メッシュネットワークにおける転送待機時間の解析実験,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
17. 小林礼堯, 細沼恵里, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, “秘匿化した位置情報と秘密計算を用いた Opportunistic Routing,” 2022 年電子情報通信学会総合大会, March 2022. (発表予定)
18. 本山 潤, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, “機械学習を用いた未知 IoT デバイスの検出,” 第 27 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, March 2022. (発表予定)
19. 平田和也, 三好 匠, 山崎 託, 小野翔多, シルバーストン トーマス, “SDN を適用した VANET における輻輳遅延削減手法,” 第 27 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, March 2022. (発表予定)
20. 三浦鷹将, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, 除村健俊, 井上雅裕, “様々な生活支援を実現するためのイベント駆動形 VUI 制御方式,” 第 27 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, March 2022. (発表予定)
21. 本山 潤, 三好 匠, 山崎 託, シルバーストン トーマス, “機械学習によるトラフィック分類を用いた未知 IoT デバイス認識,” 電子情報通信学会技術研究報告, March 2022. (投稿中)
22. 細沼恵里, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, “アドホックネットワークにおける動的中継端末選択を用いたブロック伝送方式の特性解析,” 電子情報通信学会技術研究報告, March 2022. (投稿中)
23. 三浦鷹将, 山崎 託, 三好 匠, シルバーストン トーマス, 除村健俊, 井上雅裕, “日常生活支援サービスのためのイベント駆動形 VUI 制御システム,” 電子情報通信学会技術研究

- 報告, March 2022. (投稿中)
24. 松尾優大, 山本 嶺, 大坐畠 智, 山崎 託, 三好 匠, “Opportunistic Routing における蟻コロニー最適化に基づく負荷分散手法,” 電子情報通信学会技術研究報告, March 2022. (投稿中)
 25. 小野翔多, 山崎 託, 三好 匠, 西山勇毅, 瀬崎 薫, “移動体通信併用形 MANET における経路要求送信回数に基づく経路構築手法,” 2021 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 分冊 2, B-14-7, p. 181, September 2021.
 26. Hajime Ozawa and Ryoichi Shinkuma, “3D image sensing for road safety from inside of window,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B15-008, 2021/8/31
 27. Kenta Azuma, Ryoichi Shinkuma, Koichi Nihei, Eiji Takahashi, and Takanori Iwai, “Selective point data transmission for real-time 3D sensing network with multiple sensors,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B15-009, 2021/8/31
 28. Kuon Akiyama and Ryoichi Shinkuma, “Real-time data aggregation with multiple 3D-image sensors for indoor monitoring,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B15-010, 2021/8/31
 29. 保坂康彦, 金丸真奈美, 上岡英史, “ログデータを用いた DSM-5 に基づくうつ病の検出,” 人工知能学会 SIG-AIMED, Technical Report, November 26, 2021 (in press).
 30. 横川晃平, 上岡英史, 金丸真奈美, “視覚障害者のための下腿部圧迫型危険回避システム,” IEICE Technical Report, Vol.121, No.203, WIT2021-22, October 19-20, 2021, pp.28-33.
 31. Tho Nguyen Duc, Chanh Minh Tran, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Imitation Learning: Learning Simple Tasks from a Single Demonstration using Generative Adversarial Network,” IEICE Technical Report, Vol.121, No.181, CNR2021-6, September 21, 2021, pp.12-15.
 32. Chanh Minh Tran, Tho Nguyen Duc, Phan Xuan Tan, Eiji Kamioka, “Cross-Protocol Performance Investigation between HTTP/3 and HTTP/2: An Experiment with Adaptive Streaming,” IEICE Technical Report, Vol.121, No.167, IA2021-23, September 8, 2021, pp.54-58.
 33. 黒川達也, 上岡英史, 金丸真奈美, “音響的特徴に着目した採譜精度改善手法,” 日本音響学会秋期研究発表会講演論文集, September 7-9, 2021, pp.1169-1172.
 34. 田島士勇真, 上岡英史, 金丸真奈美, “言語・非言語情報に着目した主体性の評価法,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.88, ET2021-7, July 3, 2021, pp.13-18.
 35. 大石あい, 上岡英史, “Zooming を用いた音楽ライブ映像の臨場感改善手法,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.121, No.23, PRMU2021-2, May 20, 2021, pp.7-12.
 36. 藤井悠貴, 行田弘一, “ドローンアドホックネットワーク用経路制御プロトコルにおけるドローン協調制御方法の検討,” 電子情報通信学会総合大会, 2022 年 3 月 (発表予定).
 37. 山田竜宇, 行田 弘一, “端末のバッテリー残量を考慮した災害救助通信用 MANET プロトコル AODV-SOS の性能評価”, 信学技報, ICTSSL2021-3, pp.11-15, May 2021.
 38. 鈴木理子, 行田 弘一, “メッセージフェリーを用いた災害時避難誘導のための情報配信システムに関する検討”, 信学技報, ICTSSL2021-17, pp.49-54, Jul. 2021.
 39. 板垣諒, 行田 弘一, “列車制御システム用無線アドホックネットワークの性能評価,” 信学技報, ICTSSL2021-38, pp.41-45, Jan. 2022
 40. 宮田純子, “ユーザの誤り行動も加味した長期安定戦略を考慮した定常状態トラフィック制御,” 電子情報通信学会総合大会企画セッション, チュートリアル講演, 2022 年 3 月 (発表予定).
 41. 加藤 祐, 謝 済全, 村瀬勉, 宮田純子, “ユーザ間干渉を考慮したシステムスループット最大化 AP 接続法,” 信学技報, IN 研究会, 2022 年 3 月 (発表予定).
 42. 猪又 一真, 宮田純子, “提携構造形成問題を考慮した DASH マルチサーバにおけるユーザ割当方式,” 信学技報, IN 研究会, 2022 年 3 月 (発表予定).
 43. 猪又 一真, 宮田純子, “協力ゲーム理論を考慮した DASH マルチサーバにおけるユーザ割当方式,” 電子情報通信学会総合大会, 2022 年 3 月 (発表予定).
 44. 加藤 祐, 宮田純子, 謝 済全, 村瀬勉, “ユーザ間の干渉を考慮したユーザの最適位置の

- 導出,” 電子情報通信学会総合大会, 2022 年 3 月 (発表予定).
45. 沼上 翔貴, 宮田純子, “共有ボトルネックリンクを考慮した DASH のセグメント長選択手法の改善,” 電子情報通信学会総合大会, 2022 年 3 月 (発表予定).
 46. 柳沢 拓実, 宮田純子, “MMORPG における領域内ノード数変更による負荷分散手法,” 信学技報, vol. 121, no. 253, CCS2021-27, pp. 55-60, 2021 年 11 月.
 47. 神戸 怜, 宮田純子, “MMORPG における領域内ノード数変更による負荷分散手法,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-7-15, 2021 年 9 月.
 48. 柳沢 拓実, 宮田純子, “ナッシュ均衡を用いた動画への嗜好性を考慮する DASH レート決定,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, N-2-9, 2020 年 9 月.
 49. 小島 汰一, 宮田純子, “確率進化ゲーム理論を用いたフロー受付制御による満足度評価,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, N-2-8, 2021 年 9 月.
 50. 大沼海仁, 宮田純子, “DCT ブロックに適応的にゲインを乗じる周波数領域利用型ステガノグラフィの検討,” 信学技報, vol. 121, no. 119, SITE2021-31, pp. 167-173, 2021 年 7 月. **学術奨励賞受賞**
 51. 柳沢 拓実, 宮田純子, “動画への嗜好性を考慮したゲーム理論による DASH レート決定法,” 信学技報, vol. 121, no. 113, CS2021-28, pp. 61-62, 2021 年 7 月.
 52. 小島 汰一, 宮田純子, “ユーザの選択ミスを考慮したフロー受付制御における満足度評価,” 信学技報, vol. 121, no. 113, CS2021-30, pp. 69-70, 2021 年 7 月.
 53. 山本芹香, 宮田純子, “エッジサーバ待機ジョブ数を用いたトラフィック負荷軽減を実現するジョブ割り当て方式,” 信学技報, vol. 121, no. 14, CS2021-7, pp. 19-24, 2021 年 5 月.
 54. 笹森淳志, 宮田純子, “利得関数を用いた複数到着ユーザのためのアクセスポイント選択手法,” 信学技報, vol. 121, no. 14, CS2021-6, pp. 13-18, 2021 年 5 月.
 55. 福丸哲矢, 森野博章, “高速道路における短時間車速予測と速度制御による渋滞軽減効果の評価,” 電子情報通信学会総合大会 2022 年 3 月. (発表予定)
 56. 相浦隆青, 森野博章, “エリアごとの適応車速制御による高速道路事故渋滞の緩和,” 情報処理学会 全国大会 2E-3, 2022 年 3 月. (発表予定)
 57. 鹿毛悠誠・森野博章, “高速道路サグ部渋滞時の車両間通信を利用した車線変更制御の性能評価,” 電子情報通信学会技術報告 SeMI2021-4, 2021 年 5 月.
 58. 高橋千彩季・森野博章, “屋内 PDR における教師データの部分的導入による階段昇降の推定,” 電子情報通信学会技術報告 SeMI2021-9, 2021 年 5 月.

【特許等出願】

1. 「イメージセンサデータ制御システム」2021-169461 (日本国), 新熊亮一, 芝浦工業大学, 2021/10/15 単独

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	電子情報システム学科	三好 匠 山崎 託	COVID-19 感染拡大・抑制シミュレーションにおける検査・医療リソースシミュレーション	三菱総研	8,000
2	電子情報システム学科	山崎 託	地理的分散したデータベースの整合・可用性保証方式	ビップシステムズ株式会社	491
3	情報工学科	新熊亮一 三好 匠 山崎 託	IoT サービス品質に基づくセンサデータ通信制御技術の研究	日本電気株式会社	1,100
4	情報工学科	新熊亮一	スマートモニタリングによる Activity Based Working のための環境づくりに関する研究	株式会社良品計画	無償 (共同研究先からの実験物品提供)
5	情報工学科	新熊亮一	ネットワークモデルと脳情報技術に基づく視聴覚情報の脳内処理の個人差に関する研究	国立研究開発法人情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター	無償 (共同研究先からの実験データ提供)

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	情報通信工学科	宮田純子 (代表者)	科研費, 若手(B)	JSPS	1,560
2	情報通信工学科	宮田純子 (代表者)	科研費, 基盤(C)	JSPS	1,560
3	情報通信工学科	宮田純子 (分担者)	科研費, 基盤(B)	JSPS	500
4	電子情報システム学科	三好 匠 (分担者)	科研費, 基盤(C)	JSPS	370

5	電子情報システム学科	山崎 託 (代表者)	科研費, 若手研究	JSPS	1,300
6	情報工学科	新熊亮一 (代表者)	科研費, 基盤(B)	JSPS	1,950
7	情報工学科	新熊亮一 (代表者)	SBIR フェーズ 1 支援	JST	7,200
8	情報工学科	新熊亮一 (代表者)	データ連携・利活用 による地域課題解決のための実証型 研究開発(第 3 回)	NICT	10,000
9	情報工学科	新熊亮一 (代表者)	さきがけ	JST	22,000

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	査読付論文 34 件		ジャーナル 18 件 国際会議 16 件
特許出願件数	1 件		
共同研究件数	5 件	9,591 千円	
外部資金獲得数	9 件	46,440 千円	
参加学生数	82 名 (内留学生 8 名)		Slack 参加者数
参加企業数	9 社		共同研究・イベント参加企業
公開イベント数	3 件		

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

4

今後の計画

まず、上記中テーマの A～F について 2021 年度の達成状況を教員間で共有し、今後の課題についてチームで議論する。特に、**2022 年度はチームワークを重視したい**。「スマートシティ実現のための情報ネットワーク基盤」の研究を推進する本チームの認知度を高め、芝浦工業大学のブランディング力を強化するため、これまでの「教員個人の研究活動」から「チームとしての研究活動」へと変身することが最大の目標である。そのためには、類似の研究課題をもつ教員間で意識や情報を共有し、共同で研究を進めるスタイルに変えていきたい。同時に、各教員がもつ他大学・企業とのつながりを最大限活用し、チームとしての学外共同研究を積極的に推進する予定である。

これと同時に、研究成果を広く公開するための広報活動についても積極的に執り行う予定である。特に参加者が 1 万人規模に上る電子情報通信学会総合大会が 2023 年 3 月に大宮キャンパスで開催される予定となっている。本学が共同主催となっており、広報活動のチャンスであると捉えている。本チームの研究活動をアピールできるような特別セッションを企画し広報するとともに、チームの研究活動スケジュールをこのイベントに合わせて設定する予定である。本チーム独自のワークショップ・シンポジウムなどのイベント企画や、本学の他のチームと合同での広報活動も積極的に行いたい。

個別研究課題については、2022 年度は当初の計画書に記載の研究目標につながるよう具体的な方策を設定し、更なる研究活動の推進に尽力する。当初の研究計画書に記載した達成指標を以下に示す。

- 通信経路制御 (A), 自律ノード間情報共有 (A), 位置情報共有 (B) : **遅延, 帯域利用効率**
- マルチホップ (D), トラフィック制御 (D) : **スループット, 遅延**
- 位置推定 (B), 生体情報センシング (C), 3D イメージセンシング (C) : **推定精度**
- 移動経路制御 (A), 分散コンピューティング (D) : **コスト**
- 位置情報提示 (B), アクセス制御 (D), AR・VR の品質評価・制御 (E) : **主観評価**
- 秘密通信 (F), プライバシー情報制御 (F), ブロックチェーン (F) : **頑強性, 遅延**

上記の指標に対して、今年度と同様に理論解析やシミュレーションを用いて定量評価を行うとともに、実用性も視野に入れた数値目標を設定する。具体的には、サービスレベルでのリアルタイム性を保証するのであれば、遅延は 100～500 ミリ秒程度に収める必要がある。また、推定精度に関しても最低でも 75%以上が求められる。

自律マシンの協調 (A) やモビリティ (B), 見守り・リアル空間モニタリング (C) IoT データ流通プラットフォーム (D) など多くの研究課題で利用可能な装置を 2021 年度予算にて購入し、無線通信に関する基本的な計測実験を始めている。これらの装置を今以上に活用して、実用化に伴うより詳細な実験を行う予定である。

以上

添付 1：公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	2021年 9月9日(木)	スマートシティ実現に向けた LIDAR データ活用アイデアソン	芝浦工業大学, 株式会社ガイアックス (共催: 株式会社エクサウィザーズ, 京都リサーチパーク株式会社, 公益財団法人京都高度技術研究所 (ASTEM))	新熊研究室 伊東研究室	京都リサーチパーク, 豊洲キャンパス 14Q32, オンライン
2	2021年 9月30日(木)	スマートシティ実現に向けた LIDAR データ活用ハッカソン	芝浦工業大学, 株式会社ガイアックス (共催: 株式会社エクサウィザーズ, 京都リサーチパーク株式会社, 公益財団法人京都高度技術研究所 (ASTEM))	新熊研究室 伊東研究室	豊洲キャンパス 14Q32, オンライン
3	2021年 11月9日(火)	2021 秋の ADAM 発表会 ～21 世紀のモビリティの新しい価値観創出を目指して～	芝浦工業大学	新熊研究室 伊東研究室 廣瀬研究室 松日楽研究室	豊洲キャンパス交流棟 401 教室 など

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE 事業)
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 S-SPIRE 事業「テクノロジーを活用する新たなスポーツの創出と本学
体育科目への実践」
2. 研究組織所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
真鍋宏幸	工学部情報工学科	准教授

4. プロジェクト参加研究者数 5 名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
石崎 聡之	情報工学科・教授	石崎グループ	体育科目への展開
井尻 敬	情報工学科・准教授	井尻グループ	新たなスポーツの提案, 情報系科目との融合検討
浜野 学	電子工学科・教授	石崎グループ	体育科目への展開
深野 真子	機械工学科・准教授	石崎グループ	体育科目への展開
真鍋 宏幸	情報工学科・准教授	井尻グループ	新たなスポーツの提案, 情報系科目との融合検討

6. 研究の概要

A 計画の概要

テクノロジーの進展により、スポーツの概念が広がりつつある。例えば、2019 年の国体でコンピュータゲームを用いた e スポーツ大会が実施され、義手や義足などを利用するパラリンピックもオリンピック同様に大きな注目を集めている。本研究では、(1)テクノロジーを活用する新たなスポーツを創出すること、(2)それを大学での体育科目へと展開することを目指す。(1)では、古典的なスポーツで重視される個々の身体能力だけでなく、アダプテッドスポーツや超人スポーツなどのように、テクノロジーを用いて個人の身体能力を制限あるいは拡張して行う新たなスポーツの創出を行う。また、(2)では、大学における体育教育の再定義を試みる。つまり、学生の身体的能力・運動スキルの向上、運動に関する知識の習得、運動習慣の獲得にとどまらない体育教育の実現を目指す。具体的には、他分野と融合した体育教育を行っていく。例えば、情報工学分野と融合させ、どのような UI/UX デザインやゲーミフィケーション

ン技術を適用すれば、より魅力的なスポーツを創出できるのかを考えさせたり、そのためのデバイスやシステムの構築を行わせたりすることを想定している。また、人文科目と融合させることで、ダイバーシティやインクルーシブなどについて身近に考え、具体的に取り組む機会とすることも考えている。

B 成果の概要

本プロジェクトは2021年7月にS-SPIRE事業に採択され、そこから具体的な活動を開始した。本年度の成果は以下の通りある。

1. 既存の類似スポーツとして豊洲・大宮両キャンパスにHADOおよびSASSENを導入し、HADOの豊洲キャンパス内常設を実現した
2. 学内関係者を対象としたHADOおよびSASSENの体験会を開催した
3. HADOを用いた試行的な授業を行った
4. HMDを用いたスポーツ開発のためのフレームワークの開発を行った
5. オンラインで行われる体育授業のための教材開発を行い、学会発表を行った

現時点では未達成であるが、本年度内に達成すると見込まれる成果として

6. 2022年度の体育授業にHADOやSASSENを取り込むための授業設計を行う
7. 本プロジェクトに関するプレスリリースおよびPR動画の配信を行う

C 研究発表等の状況

【学会発表】

1. 兼井あかり，真鍋宏幸，“オンライン体育授業のための対話しながら行うスポーツ，” WISS2021，2021年12月10日．浜松市．

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	—	—	—	—	—

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	—	—	—	—	—

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	0 件		
特許出願件数	0 件		
共同研究件数	0 件	0 千円	
外部資金獲得数	0 件	0 千円	
参加学生数	4 名 (内留学生 名)		
参加企業数	0 社		
公開イベント数	件		

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

4

今後の計画

2022 年度には、豊洲および大宮の両キャンパスで行われる既存体育科目への導入を進めていく。当該年度では、体育科目に適用した場合の教育効果の測定を行い、定量的な教育効果をエビデンスとする論文を投稿する予定である。また、体育科目と情報工学を融合した授業の設計を行い、その試行実験を行う。さらに効果的なタイミングでプレスリリースや取材対応、公開イベントの実施など、本学のブランド価値向上に向けた活動も進めていく。

2023 年度には、新たな体育科目として本格的な導入を進め、さらに情報工学と融合した体育科目の試験運用も開始する。また、情報工学以外の科目、例えば人文系科目や電子工学、機械工学などの分野との融合についても検討を進めていく。さらにブランド価値向上のための活動は積極的に継続することで、「芝浦工業大学は先進的な体育教育を行っている、分野融合的な教育を積極的に取り組んでいる」などのイメージを世の中に広めるとともに、課程制導入の新教育カリキュラムの典型事例としての活用も検討していく。

以上

添付 1：公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	12月13日	HADO, SASSEN 体験会	S-SPIRE 真鍋 PJ チーム	本学関係者 (職員, 学生)	豊洲キャンパス
2	3月16日	知と地の創造拠点フォーラム	芝浦工業大学	フォーラム参加者 (自治体、企業、学内教職員・学生、他)	オンライン開催

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム(S-SPIRE事業)
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 芝浦工業大学システム理工学部 月・惑星探査ローバの走行制御に関する研究
2. 研究組織所在地 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
飯塚 浩二郎	システム理工学部 機械制御システム学科	教授

4. プロジェクト参加研究者数 14名

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
飯塚 浩二郎	機械制御システム学科 教授	探査ローバ, 宇宙探査人材教育	ローバの脚ひずみ検知システムの構築と外部環境(軟弱地盤)との接触状態表現化)および宇宙探査人材教育
川上 幸男	機械制御システム学科 教授	特殊シャシーの開発	特殊シャシーの解析および計測
伊藤 和寿	機械制御システム学科 教授	自律移動システム	内部環境情報を用いた自律移動システム
渡邊 大	機械制御システム学科 准教授	特殊シャシーの開発	探査ローバと軟弱地盤のデジタル現象解析
高木 基樹	生命科学科 准教授	センシングシステム	複数ひずみのデータ取得システムの構築
池田 裕一	湘南工科大学 機械工学科 准教授	探査ローバ	軟弱地盤移動システムの構築(スリップ制御)
岩野 優樹	明石工業高等専門学校 校機械工学科 准教授	探査ローバ	軟弱地盤移動システムの構築(横断走行システム)
藤原 大佑	諏訪東京理科大学 機械工学科 助教	探査ローバ	軟弱地盤移動システムの構築(特殊移動機構)
藤井 勝仁	株式会社パーソル R&D	移動体の筐体	自律車両の製作
小西 雄介	株式会社パーソル R&D	移動体の筐体	自律車両の製作
牛越 弘彰	株式会社牛越製作所 社長	移動体の筐体	自律車両の製作
渡邊 智洋	理工学研究科 機能制御システム専攻 博士課程3年	軟弱地盤移動方法	軟弱地盤移動の方法論と実証実験
稲葉 康平	理工学研究科 システム理工学専攻 修士2年	関連モデル	ローバの脚ひずみ検知システムの構築と外部環境(軟弱地盤)との接触状態表現化)
一條 焼生	機械制御システム学科 学部4年	関連モデル	ローバの脚ひずみ検知システムの構築と外部環境(軟弱地盤)との接触状態表現化)

6. 研究の概要

A 計画の概要

○研究概要について

自律性が求められる月惑星探査ローバに、生物機能を模倣・応用した特徴的なセンシングシステムを組み込んだ走行制御に関する研究に挑戦する。月や火星のような重力天体の表面には、厚さ数 m から数 km のレゴリスと呼ばれる軟弱地盤が堆積している。この表面は軟弱地盤というだけではなく、斜面、穴、岩、石等も乱雑に置かれた不均一な状態となっている。こういった不均一状態において無人車両を移動させるのは大変難しい。昨今、センシング技術等が高くなってきており、視覚的な情報、形状情報および自分自身の姿勢情報は高い精度で獲得できるようになってきた。しかしながら、軟弱地盤を含んだ不均一地盤環境では、ローバの移動により動的な負荷が地盤に与えられると予想できない滑り、崩れ、破壊などが発生する。これは人間のよう生物においても同じような体験にて述べることができるが、突然地盤が崩れたり、突然脚が泥の中に埋没したりといった現象にて当てはまることができる。生物はこういった経験を繰り返し、足の裏の違和感や脚の筋肉の緊張差(図 1)から、外部環境を理解できるようになる。そこで、**探査ローバの移動時に発生する振動を減衰させる特殊なサスペンションを開発し、振動減衰という効果だけではなく、特殊サスペンションに与えられる動的負荷をセンシングし、外部環境を推定させ、走行時に発生する滑りと沈下現象を生物のように反射的に同定させ、経路計画のための走行アルゴリズムを構築**していく。

この研究における**中核的技術として特殊サスペンションの開発**を行っていく。宇宙環境においては無給油によるサスペンションとなるため、形状の剛性あるいは柔軟性をもちいたサスペンションとなる。ローバの脚にこのサスペンションを車輪と筐体との間に直列に配置していくわけだが、**異方性を持つ形状**とし、進行中の振動は減衰しつつ、外部環境を推定する信号を積極的に獲得することができる形状とする。この特殊形状において、試行錯誤的な展開で開発していくわけではなく、**コンピュータシミュレーションにより、滑った時または沈下した時など特別なあるいは突発的な外部とのイベント時に、このサスペンションである特殊形状部材のひずみにピークがしやすい形状を計算によって探していく**。すでに我々のチームでは、特殊形状の力学的シミュレーションおよび砂の動き(図 2)について、それぞれではあるがシミュレーションによる解析に成功している(後者は現在、論文投稿中)。また、材料のひずみによって滑り具合をモニタリングしていく研究はすでに実施・開始している(基盤 C, 2021~)(図 3)。本申請はこれらを応用展開および融合によってセットアップ・進化させた内容となっている。

次に、教育活動についても言及する。本申請メンバーである川上教授、伊藤教授、飯塚教授、渡邊准教授においては、宇宙デバイスに関する研究教育を共同で連携しながら実施している。また、高木准教授とともに、さいたま市と連携したプロトタイプ工房という企画(さいたま市から助成をうけている)にて、探査ロボットのタイヤ形状や移動機構を題材とした PBL を実施している(高木准教授は別テーマ)。さらに、JAXA が主催している衛星設計コンテストに毎年、指導した学生(低次学年から修士学生)が参加しており、このコンテストに出ることで宇宙探査を題材としたミッション立案教育が実施でき、宇宙に興味がある学生にとっては低次学年時に宇宙技術と関わることができ、逆に宇宙のことを知らない学生が宇宙に関わることで、強い興味に変わるというケースも増えてきている。本申請グループの教員や外部メンバーとの連携によりこの宇宙探査ミッション立案教育も積極的に実施していく。

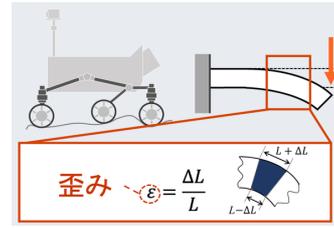
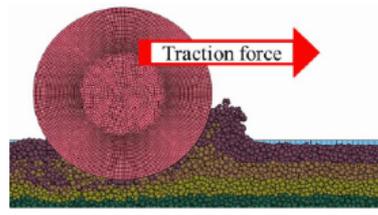
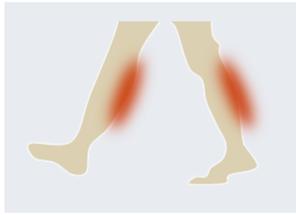


図1 筋肉の緊張差のイメージ 図2 砂粒子の動作シミュレーション 図3 ローバの歪み検知システム

○研究計画について

2021-2022 年度

外部環境と筐体の不均一状態を表現する特殊サスペンションの開発、およびその情報を用いた月・惑星探査ローバの走行制御アルゴリズムの構築。また宇宙探査ミッション立案教育の実施。

2023 年度

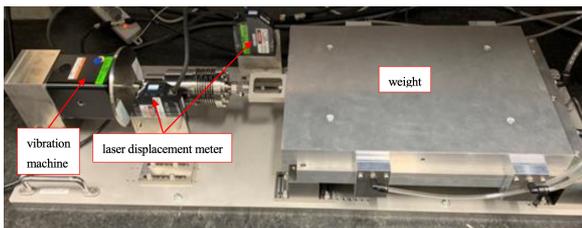
外部環境と筐体の不均一状態を表現する特殊サスペンションの開発、およびその情報を用いた月・惑星探査ローバの走行制御アルゴリズムの構築。また宇宙探査ミッション立案教育の実施。

B 成果の概要

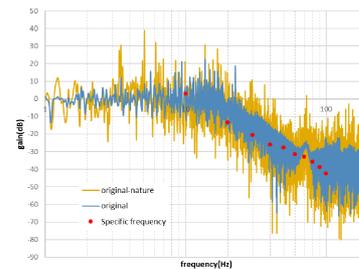
○外部環境と筐体の不均一状態を表現する特殊サスペンションの開発

1) サスペンションの測定装置について

図4(a)に示されるようにダンパに加振器とおもりが取り付けられている。取り付けられたおもりはエアベアリングプレートと呼ばれる機器により浮上し、加振方向に自由に動くようになっている。この実験は加振する前の円盤の変位とダンパを介した後のおもりの変位をそれぞれレーザー変位計で測定し、高速フーリエ変換(以下FFT)を行うことでダンパのゲインのピーク値、減衰性能を評価することができる。図4(b)に実験に測定データ例(ダンパに1から200Hzのスイープ振動と特定周波数の振動を加えた時の結果)を示す。



(a) 測定システムの外観図

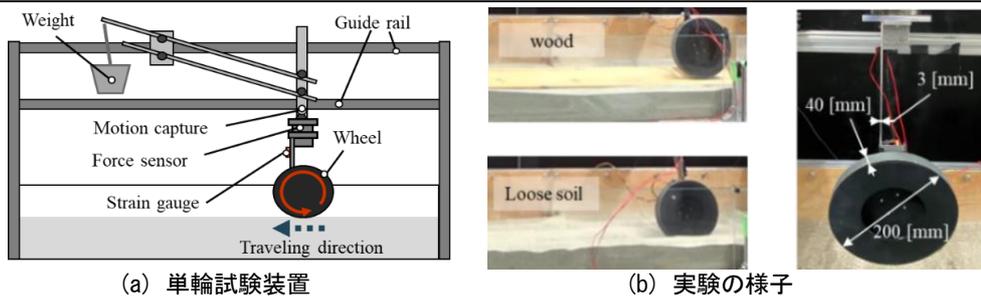


(b) 測定データ例

図4 測定システムについて

2) 内部情報を用いた走行態検知について

走行時に車輪脚部に働く歪み変化の現象を把握するために、様々な走行環境で車輪を走行した際の車輪脚部に働く歪みの変化を測定し評価する。図5(a)-(b)に実験環境と実験の様子を示す。軟弱地盤は珪砂5号が敷き詰められた環境、剛体地盤はその上に木材を設置した環境とする。今回使用する車輪試験機は、歪みの値をより顕著に測定するために、脚部の厚みを非常に薄くした剛性の低い形状を採用した。表1に今回使用する歪みゲージの詳細を示す。歪みゲージは2ゲージ法を採用し、付け根部



(a) 単輪試験装置

(b) 実験の様子

図 5 実験システム

分に脚部を挟む形で取り付けている。実験は、車輪を各地盤走行させ、その際に発生する歪みについてゲージを使用して測定する。荷重 27 N の車輪が軟弱地盤上を走行した際の歪みの様子を図 6 に示す。図 6 より、走行時に歪みは振動を繰り返すことがわかる。これは、脚部に加わる応力の影響で弾性変形を繰り返すことで、車輪と脚部上部が交互に前進する走行となり振動していると考えられる。また、図 7 に荷重 27, 54 N において剛体地盤、軟弱地盤を走行させた際の走行時の歪み量を平均した結果を、図 8(a)-(b) に各条件における実際の歪みのデータを示す。図 7 より、剛体地盤より軟弱地盤の走行ほうが歪み量が大きくなる傾向が見られ、図 8 より発生する地盤が異なることで発生する歪みの振動の変化が異なる傾向が見られる。つまり、歪みの量、歪みの振動の様子に変化があることから、滑りと歪みには相互関係があると言える。

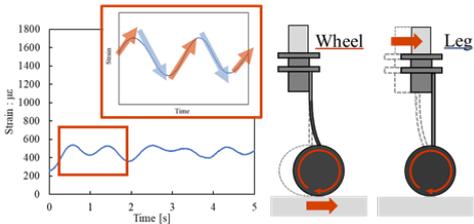


図 6 走行した際の歪みの様子

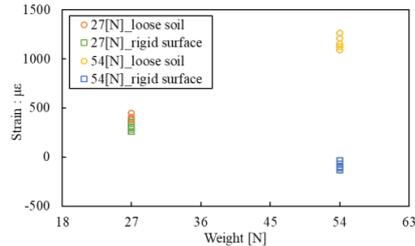
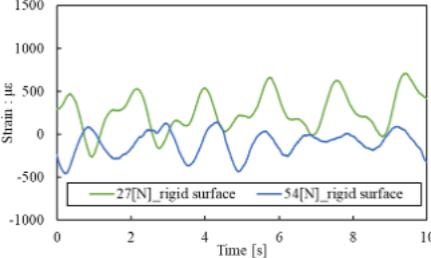
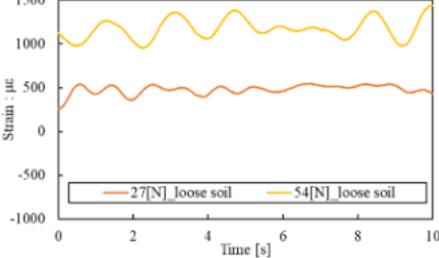


図 7 荷重に対する歪み



(a) 剛体地盤走行時

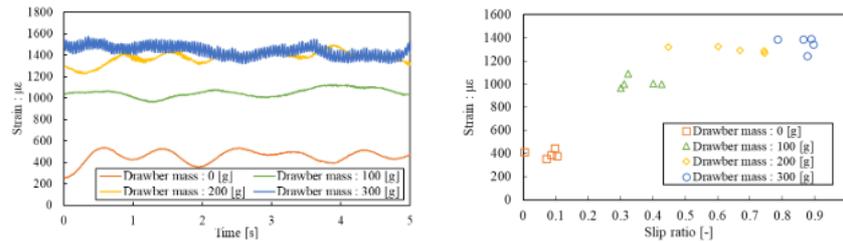


(b) 軟弱地盤走行時

図 8 剛体・軟弱地盤走行時の実時間歪みデータについて

○内部歪みとスリップ状態(走行状態 factor の一つ)関係について

内部情報を用いた走行制御アルゴリズムを構築していくには、軟弱地盤走行時の歪みとスリップ状態の関係性を把握する必要がある。そこで、車輪に牽引荷重させることでアクティブに滑り現象を引き起こし、その際の歪みデータを把握し、関係性について考察していく。実験装置としては、図 5(a) に示したものを利用し、進行方向とは逆向きに牽引荷重をかけるためにリンク機構の支持している垂直のガイド部品にロープを取り付け、その先にプーリをかえて荷重させる。図 9(a)-(b) にスリップ率および歪みデータを示す。



(a) 牽引負荷ごとの実時間歪みデータ (b) スリップ率 vs 歪みデータ
 図9 牽引負荷によって強制的にスリップさせた際の歪みデータについて

図9(a)から牽引負荷を変化させると歪みの値も変化するのがわかる。また図9(b)からスリップ率が上昇することで、歪み量も増加していることがわかった。特に、Slip率が増加した際には対数関係的に上昇しているのが特徴的である。牽引負荷させる部品の断面2次モーメント、材質によるところもあるのでさらなる調査を進めていく。

○宇宙探査ミッション立案教育の実施

第29回衛星設計コンテストにおいて、奨励賞、最優秀模型賞を受賞した。ミッション計画・提案内容について以下に述べる。

「近年の宇宙開発において、月面での持続的な活動を行うために必要な資源や技術への需要が高まっています。その中でも水資源を十分に確保することは、非常に重要な要素といえます。そこで本グループでは、水資源が存在するとされる領域を探索しサンプル採取することを目的としたロボットとその移手段を提案しました。このロボットは四角い形をしており、4つある面をパタパタと倒すように動かすことで進むことができます。面で地面を押さえるようにして進むため、崩れやすい砂場での登坂性能に優れています。さらに、限られた資源やエネルギーの中で効率的にこのロボットを運用する方法として、目的地までの移動方法に投てき移動を採用しました。投てき機がロボットを投げ、目的地に到着したロボットは探査・サンプル採取などを行い元の場所まで戻るといったのが、一連の流れとなっています。投てき機はモータの回転によってバネにエネルギーをため、一気に解放することで押し出すようにしてロボットを投げるような構造をしています。これにより繰り返しの投てきが可能であり、1機のロボットでも複数回の探査ができます。

今回の発表内容では、実際にロボットと投てき機を製作し、落下衝撃耐性を調べる実験や投てきした飛距離を調べる実験などを行いました。実験的に検証を行うことで、ロボットの破損箇所や投てきした際の挙動などを把握することができました。」

図10(a)に活動中の様子を、図10(b)の表彰状を手にする当学科の学生の様子を示す。実際に図11(a)-(b)に示すようなロボットを短期間で作成し、その実験結果を上記コンテストへ提案している。

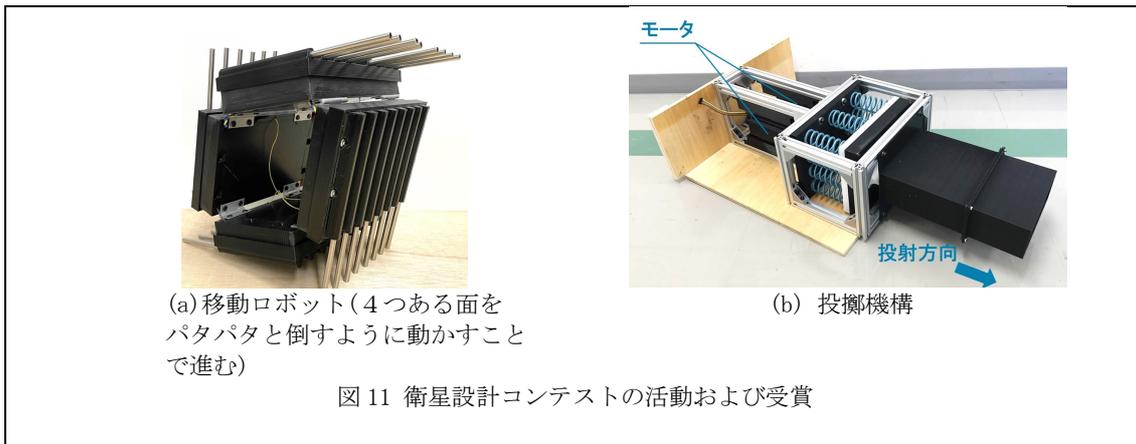


(a) 活動中の様子



(b) 奨励賞、最優秀模型賞を受賞

図10 衛星設計コンテストの活動および受賞



C 研究発表等の状況

【雑誌論文】(査読有)

1. 稲葉康平, 飯塚浩二郎, “斜面横断性能に関する沈下特性を利用した車輪移動機構搭載型月・惑星探査ローバの提案”, 日本ロボット学術論文(2021), (掲載予定)
2. Tomohiro Watanabe, Kojiro Iizuka, “Proposal of walking to prevent a fall of a planetary exploration legged rover using effect of loose soil caused by a propagation of vibration,”
Journal of Artificial Intelligence and Technology(2021), Vol. 1, No. 3.
3. 大淵陽, 飯塚浩二郎, 藤原大佑, 榎本洗一郎, 戸田真志, 栗原康裕, 三好晃治, “水中負圧を利用したホタテガイ収穫用グリッパの提案”, 日本設計工学会誌(2021), Vol.56, No.9.
4. Hiroyuki TAKAO, Dai WATANABE, Satoshi TANI, Hiroki OHASHI, Toshihiro ISHIBASHI, Kohei TAKESHITA, Shigeyuki MURAKAMI, Tetsuya NISHIMOTO, Kohei YUGE, Kostadin KARAGIOZOV, Toshiaki ABE, Yuichi MURAYAMA, “Use of a Simulation Model to Investigate the Mechanisms of Sports-related Head Injuries,”
Neurologia medico-chirurgica(2021).
5. Trung T. Nguyen, Tam N. Bui, Watanabe. Dai, Tinh V. Nguyen, Linh N. Tao, “Apply Some Meta-Heuristic Algorithms to Solve Inverse Kinematic Problems of a 7-DoFs Manipulator Robot,” International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research(2021), vol.10, No. 9.
6. Suphanut KONGWAT, Dai WATANABE, Helena NAVAS, Megumi YAMASHITA, Hiroshi HASEGAWA, “An Idea Creation Support System to Develop Creative Problem-Solving Skills for a Cross-cultural Engineering Project,” Journal of JSEE(2021), 69(3) 3_51-3_57.
7. 渡邊大, 長谷川浩志, “感動把握プロセスを導入した感性価値創出のためのエンジニアリングデザイン教育”, 日本工学教育(2021), 69(2), 2_56-2_62.

【雑誌論文】(解説記事, 特集記事)

1. 上原, 飯塚, 岩野, “水田畦畔管理の必要性と長野県における水田畦畔草刈機の開発について”, システム/制御/情報(2021), 第 65 巻, 第 12 号, pp. 471-476, (解説記事).
2. 飯塚, 伊東, 木村, 岩野, “安定した畦畔移動を可能とするタイヤ型除草車両の開発-タイヤの取り付け角度(キャンバ角)に関する研究”, システム/制御/情報(2021), 第 65 巻, 第 12 号, pp. 477-483, (解説記事).

3. 岩野, 関森, 史, 飯塚, “畦畔におけるクローラ移動機構の研究事例-小型クローラ移動機構の直進性向上に関する研究”, 第 65 卷, 第 12 号, pp. 483-488, (解説記事).
4. 藤原, 岩片, 飯塚, “ハウレンソウ自動収穫装置における根切り刃-土壌間の相互作用” 第 65 卷, 第 12 号, pp. 471-476, (解説記事).
5. 有山, 伊藤, “農業用搬送台車の自律移動における課題と開発事例”, 第 65 卷, 第 12 号, pp. 495-498, (解説記事).
6. 飯塚, “軟弱地盤の特徴を考慮した月・惑星探査ローバの移動に関する研究とその応用”, 応用物理学会誌, vol. 91, No. 1, 2022, (特集記事「最近の展望」).

【学会発表】

稲葉康平, 飯塚浩二郎	深部感覚的アプローチによる月・惑星探査ローバの走行状態推定	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2a1-b01
岩片洋人, 飯塚浩二郎, 藤原大佑	ハウレンソウ自動収穫機の根切り刃が土壌から受ける反力の推定	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	1p2-a03
大淵陽, 藤原大佑, 飯塚浩二郎	水中の砂かぶり対象物(ホタテガイ)に対するグリップ性能に関する研究	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	1A1-B09
高野紗会, 飯塚浩二郎	アルキメデスの螺旋原理を利用した月面地中探査ロボットのための排土機構に関する研究	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2a1-b07
佐藤宏樹, 稲葉康平, 飯塚浩二郎	月・惑星探査ローバの脚部構造歪み情報を利用した横滑り抑制手法の提案	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2a1-b02
三寄皓士, 飯塚浩二郎, 小西雄介, 藤井勝仁	AI を利用した UGV のための走行面地盤判別システムの提案	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2p2-b06
村中優里子, 飯塚浩二郎	月面探査ローバ用マニピュレータのための生体ゆらぎを模擬した制御に関する研究	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2a1-b04
藤原大佑, 太田夏波, 飯塚浩二郎	車輪沈下を利用した小型・軽量 Push-Pull Locomotion ローバの走行性能の実験的検証	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2A1-B16
手塚瑛介, 張鵬, 小山大賀, 飯塚浩二郎	ハンドル型電動車いすのスライダー機構を利用した段差乗り越え機構に関する研究	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	1P1-F02
管龍彦, 大許翔代, 稲葉康平, 藤原大佑, 飯塚浩二郎	Push Pull Locomotion を有する月・惑星探査ローバの車輪沈下による斜面横断性能の検討	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2a1-b05
佐々木航平, 新井俊希, 飯塚浩二郎, 小西雄介, 藤井勝仁	花形展開機構と剛柔交互構成トレッドを有する可変剛性車輪の提案	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2P2-B03

新井俊希, 飯塚浩二郎, 小西雄介, 藤井勝仁	UGVのための不整地走行用スポーク車輪に関する研究	ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集(2021)	2P2-B05
稲葉康平, 飯塚浩二郎	月・惑星探査ローバのための内部構造情報による走行状態認識	第31回 アストロダイナミクスシンポジウム	ASTRO-2021-B017
稲葉康平, 飯塚浩二郎	脚部の内部情報を利用した月・惑星探査ローバの走行状態推定に関する研究	第39回日本ロボット学会学術講演会 2021	1D2-01
渡邊智洋, 飯塚浩二郎	軟弱地盤における振動を与えた際に増加する水平牽引支持力の推定モデルの提案	テラメカニクス研究会	第42回
稲葉康平, 飯塚浩二郎	月・惑星探査ローバの内部構造の微小形状変化を利用した走行状態認識	テラメカニクス研究会	第42回
三寄皓士, 飯塚浩二郎, 新井俊希, 黒沼慈, 佐々木航平, 藤村寛大, 小西雄介, 藤井勝仁	地盤画像を利用したUGVの走行面地盤判別システムの提案	テラメカニクス研究会	第42回
佐々木航平, 新井俊希, 飯塚浩二郎, 小西雄介, 藤井勝仁	被災地支援ローバ用可変剛性車輪の走行性能に関する研究	テラメカニクス研究会	第42回
Kohei Inaba, Kojiro Iizuka	Study on Relationship between Traveling State and Chassis Strain at Traveling Loose Soil for Rovers	ICMERR021	
Tomohiro Watanabe, Kojiro Iizuka	Study on effectiveness of vibrating wheel's shape for improving running performance of small planetary exploration rovers with wheels on loose ground	ICMERR021	
佐々木 滉介, 小松 龍世, 湯浅 日和, 渡邊 大, 川上 幸男	振動絶縁装置のモデルベースデザインの検討	山梨講演会 2021, 日本機械学会	A23

【特許等出願】

1. キャンバアーム, 出願準備中(2022年3月出願予定)

D 共同研究

学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
機械制御システム制御学科	飯塚浩二郎	可変剛性車輪の開発	株式会社パーソル R&D	1,700
生命科学科	高木基樹	パーソナル・モビリティ・ビークルを用いた高齢買い物弱者の移動支援に関する研究	東洋大学	825
機械制御システム制御学科	飯塚浩二郎	キャンバアームを利用した不整地移動車両の開発	株式会社牛越製作所	0

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	機械制御システム制御学科	飯塚浩二郎	基盤研究(C)	日本学術振興会	4,030
2	機械制御システム制御学科	飯塚浩二郎	A-STEP	科学振興機構	2,000
3	生命科学科	高木基樹	さいたま市高度ものづくり 人材育成支援事業	さいたま市	700
4	機械制御システム制御学科	飯塚浩二郎	さいたま市高度ものづくり 人材育成支援事業	さいたま市	700
5	生命科学科	高木基樹	パーソナル・モビリティ・ビークルを用いた高齢買い物弱者の 移動支援に関する研究	公益財団法人交通エコロジ ー・モビリティ財団	825

F 評価指標の集計

	件数(金額)		備考
論文数	7 件		
特許出願件数	1 件		準備中
共同研究件数	3 件	2,525 千円	
外部資金獲得数	5 件	8,255 千円	
参加学生数	4 名(内留学生 名)		
参加企業数	2 社		
公開イベント数	0 件		

G 研究の達成率(1(低) ~ 5(高))

5

今後の計画

以下のことを今後の予定とする。

(1) 特殊サスペンションの開発について

外部環境から起きる内部情報の変化について、歪みゲージを用いることで表現化でき、かつ、地盤状態、スリップ状態における関係性を明確化することができた。次のステップでは、複数輪車両へと展開するための特殊サスペンションを基礎実験とデジタル解析を用いて設計し、試作していく。デジタル解析についてはすでに渡邊准教授が実施中であり、試作後、計測を川上教授が、走行試験を飯塚が行なっていく予定である。

(2) センシングシステム

歪みデータを獲得することは可能となったが、材料の変形特性は形状や材質に依存しており大変ポテンシャルの高く(選択肢がとて多という意味)、多くの提案ができると考えている。したがって、センシングシステムもマルチデータの獲得、そしてソフトウェアによる処理・解析ができるようにアップ

データしていく。これらは、現在高木准教授が実施中であり、車輪走行試験と合わせながら進めていく予定である。

(3) データ処理に関するリサーチ

(2)にてセンシングシステムについて言及をしたが、歪みデータはいろいろなバリエーションがあり、地盤状態や走行状態を示すことにおいて特性はあるものの、歪みゲージの位置や部品の形状・材質によって多くのパターンが存在する。そこで、FFT解析などを用いてその特徴の抽出に挑戦する。

(4) ミッション立案教育

2021年度は、前年度と比べて多少なりとも対面での活動が実施でき、ディスカッションやものづくり
に挑戦することができたが、まだまだリモートによる活動も多かったと言える。今後のそういう面を考
慮して、さらなる効率化、教育品質化の実質化をはかる展開を行っていく予定である。具体的なネット
ワークでデータを共有し、データのやり取りのみでものづくり(3Dプリンタの利用)や実験などを実施
し、共有のボード(miro等)を用いながら、安全かつ効率の良い議論、ものづくりの現場作りができる
ようにしていく。また、2021年度同様に衛星設計コンテストに挑戦し、より宇宙ミッションを意識した
立案を目指していく。※2021年度夏から10名の1年生が参加開始。

以上

添付1:公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	2021年 9月9日	キックオフ meeting	飯塚浩二郎, 高久コーディネー タ	飯塚浩二郎, 川上 幸男, 伊藤和寿, 渡邊大, 高木基 樹, 稲葉康平, 有 山達也, 高久 CD, 武田先生	リモート開 催 (Zoom)
2	2021年 11月22 日	新メンバー説明会	川上幸男	川上幸男, 飯塚浩 二郎, 小松龍世, 湯浅日和, 前田大 輝, 高野紗会	大宮キャン パス5合館
3	2021年 11月26 日	中間報告会	飯塚浩二郎, 高久コーディネー タ	飯塚浩二郎, 川上 幸男, 伊藤和寿, 渡邊大, 高木基 樹, 稲葉康平, 有 山, 高久 CD, 武田 先生	リモート開 催 (Zoom)

SIT 総合研究所 重点分野研究支援プログラム (S-SPIRE事業)
2021 年度 研究成果報告書

1. 研究組織 医工産学連携を通じた血液検査装置の学際的研究開発
2. 研究組織所在地 芝浦工業大学大宮キャンパス 6号館 6102 教室
3. 研究代表者

研究者名	所属	職名
渡邊 宣夫	システム理工学部生命科学科	准教授

4. プロジェクト参加研究者数 19名 (学内教員&ポスドク 7名、学外 6名)

5. 研究プロジェクトに参加する主な研究者と研究組織

研究者名	所属・職名	研究グループ	参画研究テーマ
角田 和巳	機械工学科・教授	流体工学グループ	流体実験による装置の妥当性評価研究
青木 孝史朗	機械機能工学科・教授	ものづくり支援グループ	旧装置再構築, ソフト+ハード統合による実験システム開発
花房 昭彦	生命科学科・教授	ものづくり支援グループ	旧装置再構築, ソフト+ハード統合による実験システム開発
福井 浩二	生命科学科・教授	生化学研究グループ	赤血球膜酸化現象とせん断負荷時の損傷現象との比較研究
Shahrol Mohamadan	生命科学科・特任准教授	ものづくり支援グループ	旧装置再構築, ソフト+ハード統合による実験システム開発
Kriengsak Masnok	渡邊研究室ポスドク研究員	ものづくり支援グループ、変形能評価グループ	旧装置再構築, ソフト+ハード統合による実験システム開発、赤血球変形能・人工臓器に起因した血液損傷現象解明
Dr. John Fraser	豪州クイーンズランド大学教授 兼 Prince Charles 病院研究所救命救急研究グループリーダー	医学研究グループ	人工臓器に起因した血液損傷現象解明

Dr. Michael Simmonds	豪州グリフィス大学准教授、メンツェル健康研究所バイオロロジー研究室リーダー	医学研究グループ	赤血球変形能・人工臓器に起因した血液損傷現象解明
Dr. Antony MacNamee	豪州グリフィス大学メンツェル健康研究所ポスドク研究員	医学研究グループ	赤血球変形能・人工臓器に起因した血液損傷現象解明
Dr. Jarod Horrobin,	豪州パース、パース血液研究所ポスドク研究員	医学研究グループ	赤血球変形能・人工臓器に起因した血液損傷現象解明
Dr. Chris Hoi Hoiung Chan 博士	豪州グリフィス大学工学系部門、ポスドク研究員	医学研究グループ	血液損傷共同研究
Dr. Ulrich Kertzscher	独 国 ベ ル リ ン Charite 病院 研究所	人工臓器研究グループ	人工臓器分野共同研究、血液ポンプ内流れ解析、せん断刺激と血小板研究、
大内 克洋	東京医科歯科大学実験動物センター准教授	医学研究グループ	医学分野共同研究
小澤 健太	株式会社東京チタニウム	ものづくり支援グループ、実用化支援グループ	実用化支援、ものづくり支援
秋山 里美	有限会社マグネオ技研	実用化支援グループ	実用化支援アドバイザー
柏田 満	株式会社アブレ	実用化支援グループ	実用化支援アドバイザー
樋口 誠	渡邊研 D2 学生	実用化支援グループ	実用化支援アドバイザー
井上 雅喬	次年度渡邊研博士課程入学予定	ものづくり支援グループ、変形能評価グループ	次年度以降参画予定
加藤 優吾	福井研 D3 生、次年度本学ポスドク研究員予定	生化学研究グループ	赤血球膜酸化現象とせん断負荷時の損傷現象との比較研究

6. 研究の概要

A 計画の概要

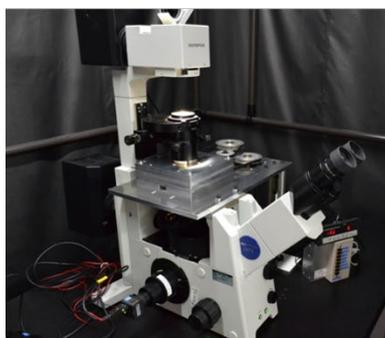
<プロジェクト3年間の計画概要>

本研究は、申請者が構築したせん断流れ実験装置を基に、学内の研究者と協力し、様々なせん断流れ発生装置を構築する。そしてそれを用いて、国内外の医学研究者と共同研究を実施し、機械式補助循環装置が血液に与える影響（血液細胞の機能変化・細胞とタンパクの損傷現象・血液損傷現象から生体が受ける影響）を解明し、学術論文に繋げる。

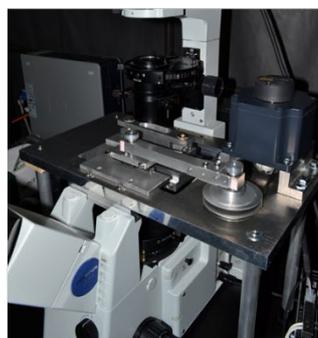
そしてそれらの解明したメカニズムや、研究成果の医学的意義を応用し医療技術に応用する可能性を検討する。これには企業に協力頂く。実用化分野としては血液研究、診療現場における血液モニタリング技術研究、内科医にとっての機械式補助循環患者の診断技術、あるいはそのような治療法としてのデバイス選定のための事前血液検査などの応用可能性が考えられている。なお、本事業は申請代表者基盤研究C課題番号20K12609（研究題目：一様・変動流れ発生装置を用いた血液細胞のせん断刺激に対する応答性解明）を更に発展させる研究プロジェクトである。本事業のキャッチフレーズとして、学際的研究&国際連携（医工学・医学生理学・生化学・ロボティクス・流体力学・精密機械加工・のマルチ学際的研究を国際的に遂行できる大学）といえば芝浦工業大学を目指す。

<計画の詳細>

本 S-Spire 事業プロジェクトリーダーの渡邊は、これまでに、逆回転式のせん断流れ下で細胞を観察する実験装置 (**Watanabe et al, *Int J Artif Organs.* 2018, *Antony and Watanabe et al, *SciRep* 2021***)、スライダクランク機構を取り入れた往復せん断流れ下で観察する装置 (**Watanabe et al, *J Biorheol* 2015.**)、さらに、せん断負荷後に血液サンプルを取得できるせん断負荷装置 (**Watanabe et al, *Int J Artif Organs.* 2016**)を構築し、せん断に起因した血液損傷現象について研究を行ってきた。



逆回転式のせん断流れ発生
実験システム



スライダクランク式往復
せん断流れ実験システム



血液サンプリング
用（5mL体積型）
せん断実験装置

図1：せん断流れ実験装置

本 S-Spire 事業は、それらの装置を用いた実験システムを応用し、国内外の医学研究者や生化学研究者らと共同研究を行い、膜型人工肺(エクモ)や血液ポンプなどの機械式補助循環装置使用時の患者内血液の高せん断に起因した損傷現象について知見を深め、提案する実験システムの血液検査システムとしての有効性を検証する事、さらに企業と連携した実用化の可能性を模索する事を目指している。血液検査システムに応用するためには、図1のいずれのせん断装置も、高精度動作可能に再構築する必要がある。この状況を踏まえて、21 年度本 S-Spire 研究プロジェクトの7つ達成目標と、それらの共同研究体制を図 2 に示す。

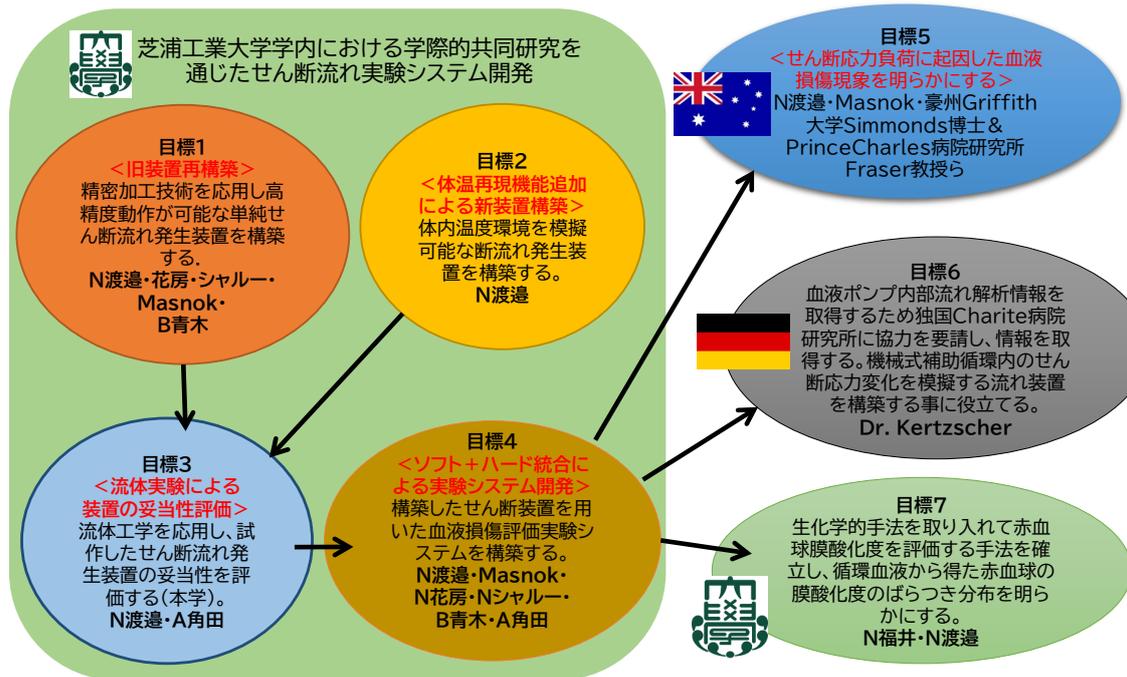


図2: 2021年度S-Spireプロジェクト達成目標と共同研究体制

達成目標 1(申請書記載の目標1):旧せん断流れ発生実験システムの再構築:

研究代表者研究室で構築した逆回転式のせん断流れ発生装置は、アクリル円錐部とガラス平板で血液サンプルを挟み、そこでせん断流れを発生させた環境下で、流れの可視化実験が可能な実験装置である。現在、この装置において、図3のように円錐部に小傷が生じており、単純せん断流れ発生の再現性に課題がある状況であり、今年度は再構築する。写真の装置内の

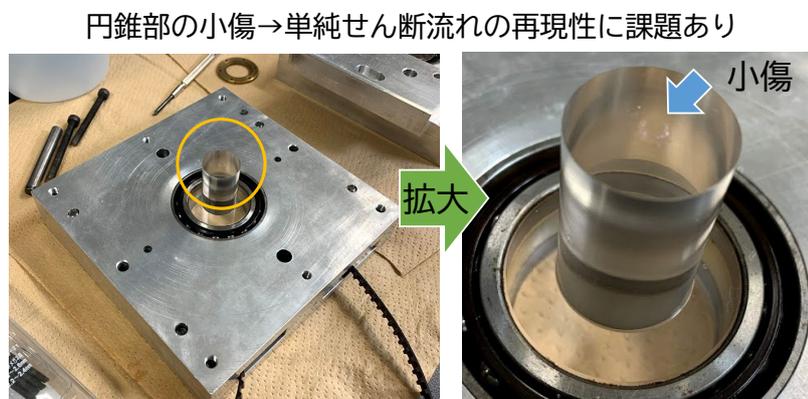


図3: 現行せん断装置の不具合

チャンバー部分の再構築には、精密加工、部品のはめあい、組み立て作業など、精密測定、精密加工のノウハウが必要な作業である。この再構築作業のため、精密加工技術研究で実績がある B 学科青木先生、マシニングセンタ利用経験がある N 花房先生をはじめ、シャルー先生、ポスドク研究員 Masnok 氏と研究協力する。加えて、必要に応じて東京チタニウムに加工委託を行う事や、元本学ワークショップ技術員の鳴嶋氏にも協力を要請して、実験装置を再構築する。

このタイプのせん断流れ発生装置に加えて、往復せん断流れ発生装置を、ポスドク研究員 Masnok 氏が設計した。その機構は、モータ軸回転を偏芯カムと一軸スライダを用いて往復運動に変換する機構を用いて、平行ガラス平板間に挟まれた血液サンプル内で往復せん断流れを発生させる仕組みである (図 4 参照)。今年度中にこの装置を構築し、その妥当性を検証する。

さらに、別の装置として、図1の右側のせん断装置を基にして、血液サンプリング用 (5mL 体積型) せん断流れ発生装置を構築する。この装置が開発されれば、せん断負荷を受けた血液のサンプリングが可能となり、せん断刺激と血液細胞の状態を調査する研究や、タンパク損傷を理解するための研究に応用できる。この装置のデザインは、N 渡邊研究室 M1 住谷君が担当している。それぞれの実験装置構築のため、ものづくり支援グループ (N 渡邊・N 花房・N シャルー・B 青木) で協力し、ワークショップのマシニングセンタ、ターニングセンタ、フライス盤、旋盤を活用し、実験装置を構築する。

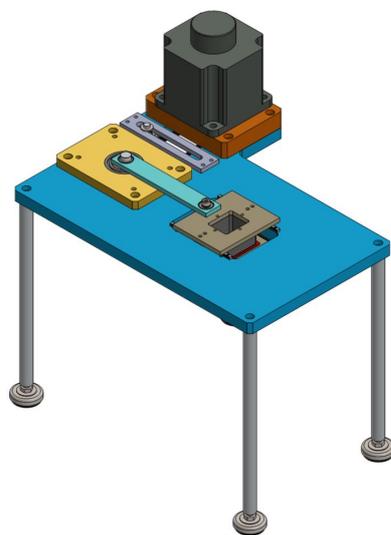


図 4 : スライダクランク式の往復せん断流れ発生装置デザイン

達成目標2(申請書記載の目標3):体温再現機能を追加したせん断流れ実験装置構築: 血液細胞の流動変形挙動に関するこれまでの研究は室温環境で行っていたが、体温環境下で研究する事が望ましい。国内外の共同研究中の医学研究者とのディスカッションからもそのようにご指摘頂いている状況である。そこで、体温再現機能を追加したせん断流れ発生装置を構築する。担当は、N 渡邊研究室所属学生 M1 松澤君および B4 吉井くんが中心となり、改良する。

達成目標3(申請書の目標2):流体実験を用いたせん断流れ装置の妥当性の検証: 上記の試作したそれぞれのせん断流れ実験装置の妥当性検証実験を行い流体工学的

観点から、実験システムの妥当性を検証する (A 角田・N 渡邊・Masnok)。

達成目標4(申請書の目標5):ソフトウェア・ハードウェアの両方について実験システムの開発:

実験装置のハード面の構築に加えて、血液細胞の流動挙動撮影、さらに、その連続画像から、細胞の変形能や、損傷度を診断評価する手法を確立する事で、ソフトとハードの両面から、実験システムを開発する必要がある。流動下の血液細胞の可視化実験には、すでに渡邊研究室においてノウハウがある。本研究においては、さらに血液細胞の損傷現象、変形能について評価するソフトウェアを構築する。担当は、N 渡邊、渡邊研究室学生、OB 井上および、豪州 Griffith 大学の共同研究者(Simmonds 博士、MacNamee 博士)である。

達成目標5(申請書の目標6):国内外の医学研究者と協力し、一様せん断応力負荷に起因した血液損傷現象の明確化:

構築した実験装置およびそれを用いた評価手法を応用し、豪州ゴールドコースト Griffith 大学医学部および豪州ブリスベン PrinceCharles 病院研究所救命救急研究グループ、Perth 血液研究所の研究者と協力し、一様せん断応力負荷に起因した血液損傷現象を明らかにする。そして、学術論文にまとめる。

達成目標6(申請書の目標4):独国 Charite 病院研究所実験流体メカニクス研究室 Kertzsch 博士に要請し臨床血液ポンプ内部流れの情報を取得し、機械式補助循環内を模擬方法の検討:

本プロジェクトリーダーの渡邊らは、これまでの研究活動 (基盤研究 C: #17K01370 および #20K12609) にて、おもに一様せん断流れなどの単純せん断応力を発生した環境において、血液細胞の流動変形挙動を研究してきた。エクモや血液ポンプ等の機械式補助循環装置の中ではせん断応力がさまざまに変化しながら、血液細胞に作用する事が想定される。それらの装置内で生じている血液損傷現象を理解するためには、そのような物理環境下で血液細胞をさらして、現象を明らかにする必要がある。N 渡邊研究室と独国 Kertzsch 博士研究室とは、共同研究中である。そこで、臨床で利用される血液ポンプ内部流れにおいて発生するせん断応力の情報をご提供頂き、我々が構築しているせん断流れ発生装置を用いてその環境を模擬する事を検討する。ちなみに、現在 N 渡邊研究室から M1 板谷君がただいま研究留学中であり協力してもらおう。

達成目標7:生化学的手法を取り入れた赤血球膜酸化度と細胞加齢との関係性検証
N 福井先生と協力し、生化学的手法により赤血球膜酸化度測定法を構築する。そし

て、赤血球膜の酸化度と細胞加齢現象との関係性について検証する。将来的には、赤血球損傷と膜酸化現象との関係性を明らかにする事を目指す。

B 成果の概要

<成果の概要>

S-Spire 事業として本年度 10 月より採択頂いた半年の期間において、学内の共同研究者間での連携協力を行って、本学ワークショップにおけるマシンングセンタ利用や、東京チタニウム社の技術提供を受けた結果、往復振動流れタイプのせん断装置はほぼ完成し、逆回転式のせん断流れ発生装置については、個々の部品に対する製作工程が概ね完了しつつあり、今年度末までに**目標1**を達成できる見込みである。さらに、現行せん断装置構造に対し、温度制御可能な機能を付与するよう改良を実施し、妥当性評価実験を行った結果、良好な温度制御能が実現可能である事を確認できた (**目標2の達成**)。今後せん断装置として機能するよう、各部品を高精度の位置決め関係で、組み立てを行ってから、装置の妥当性評価として、流れの可視化実験を検討している (**目標3対応予定**)。せん断装置を応用した血液細胞の変形能評価法としてシステム構築するにあたり、取得画像に対する検証方法として、豪州共同研究者らと連携協力しつつ、損傷赤血球の画像解析による同定方法を構築できた (**目標4の達成, 学術論文 Scientific Reports2021**)。さらに、一様せん断に起因した血液損傷を、溶血量、血小板活性度、変形能低下、血漿タンパク vWF 細分化について同時に調査し、血液損傷時の事象発生のプロセスを明らかにする事ができ、学術論文(**Journal of Biomechanics2022**)としてまとめる事ができた (**目標5の達成**)。

加えて、独国ベルリン Charite 病院研究所バイオ流体メカニクス研究室 (Ulrich Kertzscher 博士)、臨床血液ポンプ HeartMate3 についての数値流体解析結果を情報共有頂き、ポンプ入口から出口までの流路における流線上におけるせん断応力履歴についての情報をご提供頂く事ができた (**目標6の達成**)。この結果、機械式補助循環装置において発生するせん断応力状態をより理解し、そのような環境下にさらされる血液において生じうる事象を明らかにする事ができる可能性が示された。

次ページから、本研究プロジェクトの研究成果の詳細を記載させていただきます。

<2021 年度成果の詳細>

今年度に掲げた7つの目標計画のそれぞれについて、以下にその達成状況を述べさせて頂く。

<目標1の達成状況:せん断装置構築状況>

研究計画で示した逆回転式のせん断流れ装置については、チャンバを再度デザインしなおし（担当 N 渡邊研究室 M1 松澤 B4 吉井）、部品としての金属材料を発注し、各材料に対してマシニングセンタを利用した切削加工に取り掛かっている段階であり、今年度内の完成を目指している。チャンバー上部のケーシング加工が終わったところである（図5）。

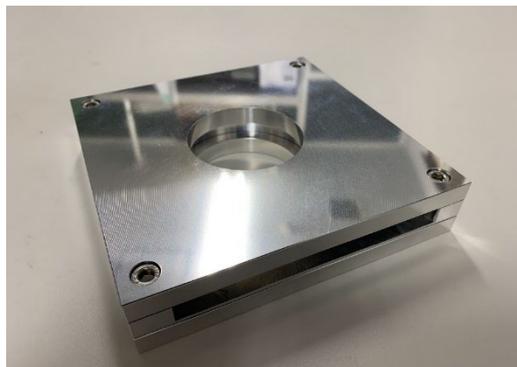


図5:マシニングセンタを利用して製作したせん断チャンバーケーシング

図1中央および図4に示した往復せん断流れ発生装置については、各部品を切削加工し、組み立てる事ができた所である（図6参照）。図1右に示した大容積タイプのせん断装置については、N 渡邊研究室 M1 住谷君が設計中である。



図6:試作したばかりの往復せん断流れ発生装置

<目標2の達成状況:逆回転式せん断装置の改良状況>

図7のように、上下から2枚の特注シリコンヒータを用いて、せん断チャンバーの金属部位を温める機構を採用したヒータをデザインした。この機構は、せん断チャンバーに対し周囲から間接的に加温する方式を用いている。このデザインでシリコンラバーヒータ製作を外注した。このヒータはすでに、納品され、それらをせん断チャンバーに取り付け作業を行った。さらにそのヒータを用いた温度制御機能の評価を行った結果、良好な温度制御能を確認できた（図9）。従って目標2は達成できたと言える。

図9。従って目標2は達成できたと言える。

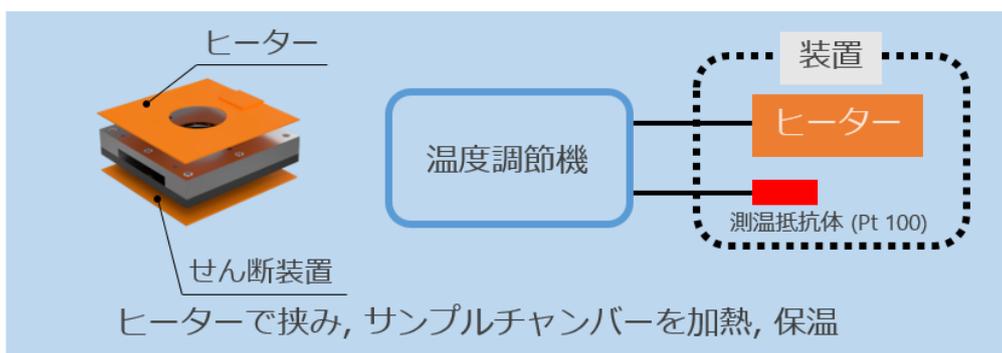


図 7:せん断チャンバー温度制御システム案



図 8:温度制御用特注ヒータを取り付けたせん断装置の内部写真

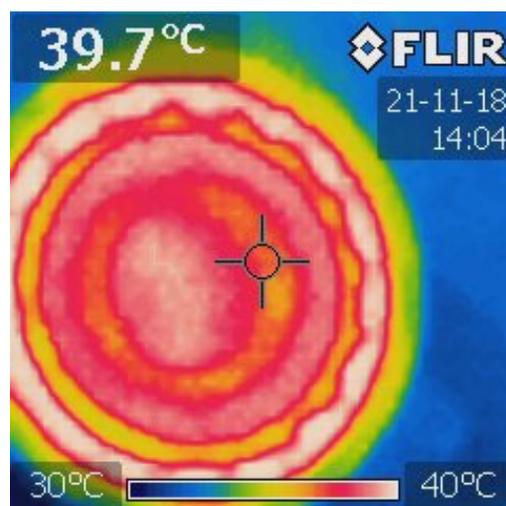


図 9: 温度制御機能評価実験にて確認された体内温度再現機能;
この温度分布図は、チャンバー底面から見た温度画像である。

<目標3の達成状況:流体実験を行い、試作装置の妥当性を検証>

装置の試作が完了次第、流体挙動可視化実験を実施し、その妥当性を検証する。流れの可視化実験結果を用いた装置の妥当性検証においては、流体工学ご専門の A 学科角田教授にご協力いただく予定である。この可視化実験実験のため本 S-Spire プロジェクト予算から、Nac 社製高速度カメラ Q2m を購入させて頂いた。

<目標4の達成状況:ソフトウェア・ハードウェアの両方について実験システム開発>

図 1 に示した旧せん断流れ実験装置はそれぞれ学术论文に繋がる程、その有効性が既に示されている。この結果、旧せん断装置のハードウェアのデザインについては、有効性が認められていると言える。そこで、さらに、それらの装置を用いた流れの可視化実験や、画像解析を実施して、細胞状態や細胞機能を評価する実験システムを構築した。一つの直近の成果として、高せん断に起因した赤血球の損傷現象について、豪州研究者らとの共同研究の成果として、直近の学術雑誌 *Scientific Reports*2021 に学术论文が採択されたばかりである (査読付き学术论文3)。この結果、ハードウェア面だけでなく、取得画像に対する画像解析を含めた損傷赤血球の同定法についても、その有効性が示された。以上の点から、目標4は達成できたと言える。

<目標5の達成状況:医学研究者と協力する事による一様せん断応力負荷に起因した血液損傷現象の解明>

先に紹介したせん断装置に加えて、容積型のせん断装置を用いた豪州研究者らとの共同研究の成果として、ヒト血液に対する一様せん断負荷の結果として、10 Pa を超えたせん断負荷に対して血小板活性と止血タンパク von Willebrand Factor (vWF) 細分化が認められた事、さらにそれに遅れて変形能低下、さらに溶血が生じる事を実験的に明らかにする事ができた (査読付き学术论文1, *Journal of Biomechanics* 2022)。また、溶血量の増大が血小板凝集を誘発する事を改めて我々のせん断曝露下で観察可能な実験装置を用いて学术论文にて報告する事ができた (査読付き学术论文2, *Journal of Biorheology*2021)。したがって、これらの採択を持って、その評価方法としてのソフトウェア面での開発が完了した事、および赤血球・血小板・血漿タンパクを含む血液に対する損傷現象について新しい知見を見つける事が出来たと見え、目標5が達成できたと言える。

<目標6の達成状況:臨床血液ポンプ内部流れの情報取得&機械式補助循環内模擬方法の検討>

独国 Charite 病院研究所実験バイオ流体メカニクス研究室は、流体解析や人工臓器に関する研究で先端的な研究活動を実施した実績があるため、臨床で利用される血液ポンプの情報提供を要請させて頂いた所、Berlinheart に関する情報提供は難しいというご連絡を10月のオンラインミーティングにて頂いていたところであった。しかしながら、11月実施のオンラインミーティングの結果、臨床血液ポンプ HeartMate3 のポンプ内部流れについての数値流体力学的 (CFD) 解析結果の提供を快諾頂いたところである (11月27日)。さらに幸いにして、その血液ポンプに対する数値流体解析結果として、入り口から出口へつながる流路における考えられる流線上で発生するせん断応力履歴情報のご提供を頂く事ができた。図10はその一例としてポンプ内流れ上の1本の流線上を血液が流れる間の受けるせん断応力履歴を示している。

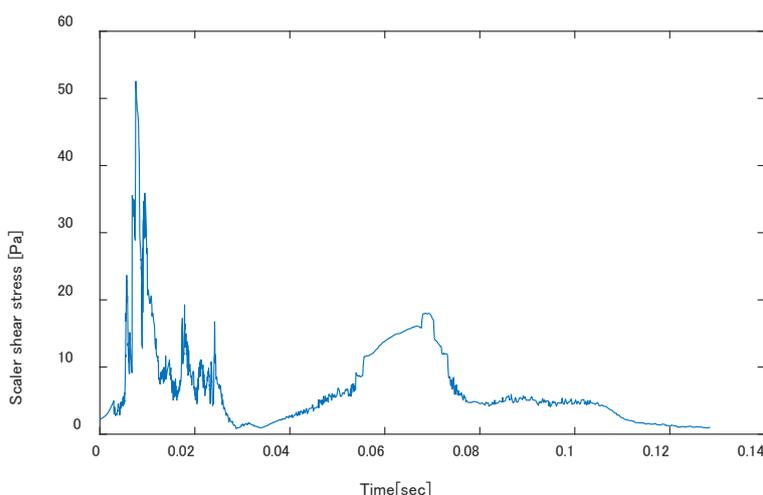


図 10: 臨床で利用される植え込み型補助人工心臓 HeartMate3 の内部流れについての数値流体解析結果から導いた流線上のせん断応力履歴の一例 (独国 Berlin Charite 病院研究所 Ulrich Kertzscher 博士研究室よりご提供)

血液ポンプ使用時の血液循環は、せん断が変動して血液に作用する環境である事を改めて実感できる。頂いたデータは5000本以上のポンプ内における流線上でのせん断応力履歴データであり、今後詳細に検討していく。

この結果、予定通り計画はおおむね達成したところであり、今後このデータを更に解析し血液ポンプ内のせん断環境を我々の装置を用いて模擬するアイデアを検討する。上記の成果より目標6も達成できたと言える。

<目標7の達成状況:生化学的手法を取り入れて赤血球膜酸化度評価の研究>

N 学科福井教授および福井研究室 D3 生加藤君の協力を得て、TBARS 法による赤血球の膜酸化現象については、研究実施済であるため、目標は半分達成された状況と言える。今後さらに、フローサイトメトリー (FACS) 法を用いた実験を重ねる予定である。ただいま、FACS 装置を利用した実験の為に、試薬を購入した所である。さらに前実験として、密度別に区分した赤血球に対する膜酸化度を FACS 法を用いて検証する実験を実施した。その結果、細胞加齢に伴うタンパク量の若干の欠落や、酸化度の亢進など、良好な実験データの手ごたえを得ている。さらに今後は、せん断応力負荷に対する細胞状態の生化学的評価のための実験を進める (渡邊研究室久保田、生命科学科福井、福井研究室加藤)。この達成目標は、次年度以降に達成する事を想定している。

C 研究発表等の状況 (事業開始以前から、今年度までのもの)

【雑誌論文】 (査読有)

1. **C.H.H. Chan**, **M.J. Simmonds**, KH. Fraser, K. Igarashi, KK.Ki, T. Murashige, M.T. Joseph, **J.F. Fraser**, G.D. Tansley, **N. Watanabe**, Discrete responses of erythrocytes, platelets, and von Willebrand factor to shear, **Journal of Biomechanics**, 2022 (130),110898, ISSN 0021-9290, <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110898> (Just accepted on 1st Dec. 2021)
2. **N. Watanabe**, N. Kawada, Preliminary study of the effect of hemolysis on platelet aggregation through microscopic observation under physiological shear flow, **J Biorheol** (2021) 35(2):62–67. <https://doi.org/10.17106/jbr.35.62> (Just accepted on 1st Dec 2021)
3. **A.P. McNamee**, **M.J. Simmonds**, **M. Inoue**, **J.T. Horobin**, Masaya Hakozaki, **J. F. Fraser**, **N. Watanabe**, Erythrocyte morphological symmetry analysis to detect sublethal trauma in shear flow, **Scientific Reports**2021 (Manuscript ID 0d0ab3ff-fe12-4f9d-9398-b493732b31c8) (Just accepted on 24th Nov 2021) <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02936-2>
4. **K. Masnok** and **N. Watanabe**, Catheter contact area strongly correlates with lesion area in radiofrequency cardiac ablation: An ex vivo porcine heart study, **Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology (J Interv Card Electrophysiol)** (2021) <https://doi.org/10.1007/s10840-021-01054-3>
5. F. Mahmud, K. Fikri Tamrin, **S. Mohamaddan**, and **N. Watanabe**, Effect of Thermal Energy and Ultrasonication on Mixing Efficiency in Passive Micromixers, **Processes**2021, 9, 891. <https://doi.org/10.3390/pr9050891>
6. **K. Masnok** and **N. Watanabe**, Relationship of catheter contact angle and contact force with contact area on the surface of heart muscle tissue in cardiac catheter ablation, **Cardiovascular Engineering and Technology**2021 <https://rdcu.be/cgPrt>
7. **C. H. H. Chan**, **M. Inoue**, K.K. Ki, T. Murashige, **J.F. Fraser**, **M.J. Simmonds**, G.D. Tansley, **N. Watanabe**, Shear-dependent platelet aggregation size, **ArtifOrgans** 2020; 44:1286-1295.

<https://doi.org/10.1111/aor.13783>

8. **J.T. Horobin, N.Watanabe**, M.Hakozaki, S.Sabapathy, **M.J. Simmonds**. Shear-stress mediated nitric oxide production within red blood cells: a dose-response. *Journal of Clinical Hemorheology and Microcirculation* vol. 71, no. 2, pp. 203-214, 2019
9. **N. Watanabe**, T Shimada, M Hakozaki, R Hara, Visualization of erythrocyte deformation induced by suprphysiological shear stress *Int J Artif Organs*. **2018**, Vol. 41(12) 838–844
10. **N. Watanabe**, S Ueda, K Nagashima, T Oguri, T Mita, Ratio of Surface Roughness to Flow Scale as Additional Parameter for Shear-induced Hemolysis, *Int J Artif Organs*. 2016; 39(4):205-210
11. **N.Watanabe**, T.Tsuzuki, Y.Suzuki, Feasibility study of a sinusoidal shear flow generator for using counter-oscillating flow fields in monitoring of individual red blood cells under shear flow conditions. *J Biorheol* 2015. 29:36-41

【雑誌論文】（査読無）該当なし

【図書】

12. **M.J. Simmonds, N. Watanabe**, D. Nandakumar, **J. Horobin**. Blood-device interaction. Page 597-626, Chapter19. of *Mechanical Circulatory and Respiratory Support 1st Edition* , Publisher: Elsevier(Published on 13th Oct 2017, Editors: Shaun Gregory Michael Stevens John F Fraser. eBook ISBN: 9780128104927, Hardcover ISBN: 9780128104910)

【2021 年度学会発表】

13. **K. Masnok, N. Watanabe**, Role of Catheter Contact Force on Biophysical Properties of the Ablation Lesion Formation in Radiofrequency Catheter Cardiac Ablation, 2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP) held through online on 23rd Aug2021.
14. **K. Masnok and N. Watanabe**, Effects of increased catheter contact force on the ablation impedance in the radiofrequency catheter ablation of cardiac arrhythmias, 3rd IEEE ECBIOS, Tainan, Taiwan, 28th May 2021
15. Reina Kato, Yugo Kato, **K. Fukui, N. Watanabe**, Examination of new method to express in detailed expression of plasma vWF for elucidation of their shear stress induced diminishment, 47th Annual European Society for Artificial Organs(ESAO) Congress, Brunel University, London, Uxbridge, which will be held during 7-11 September, 2021(Online, Oral Presentation, at Organized session “Blood Damaging in ventricular assist devices”)
16. **K. Masnok, N. Watanabe**, Role of Catheter Contact Force on Biophysical Properties of the Ablation Lesion Formation in Radiofrequency Catheter Cardiac Ablation, 2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP) held through online on 23rd Aug2021. (Oral presentation)
17. **N. Watanabe, A.P. McNamee, J.T. Horobin, J.F. Fraser, M. Inoue**, M. Hakozaki, F. Matsuzawa, **M.J. Simmonds**, Asymmetrical erythrocyte morphology to detect sublethal damage, 2nd Joint Meeting of ESCHM-ISCH-ISB Japan (The European Society for Clinical Hemorheology and Microcirculation (ESCHM), The International Society for Clinical

Hemorheology (ISCH) and The International Society of Biorheology (ISB).) 4th-7th July 2021. (Invited to Organized session) (Oral presentation)

18. **K. Masnok** and **N. Watanabe**, Effects of increased catheter contact force on the ablation impedance in the radiofrequency catheter ablation of cardiac arrhythmias, 3rd IEEE ECBIOS, Tainan, Taiwan, 28th May 2021(Online Oral presentation)
19. **K. Masnok**, **N. Watanabe**, Development of Experimental System Which Enables To set the catheter contact angle and contact force for study on radiofrequency catheter ablation, The 15th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium 2021: Virtual Online Symposium, Institut Teknologi Bandung (ITB), Indonesia February 25-26, 2021. (SEATUC 2021).(Oral presentation)
20. 川田尚輝, 柴田政廣, **渡邊宣夫**, せん断流れ下における血小板凝集の顕微鏡観察, 第44回日本バイオレオロジー学会年会, 2021年7月3日(土)・4日(日), オンライン式, 口頭発表(滋賀医科大学)
21. 加藤玲奈, **加藤優吾**, **福井浩二**, **渡邊宣夫**, 止血タンパク研究のための血漿アルブミン除去法の検討, 第44回日本バイオレオロジー学会年会, 2021年7月3日(土)・4日(日), オンライン式, 口頭発表(滋賀医科大学)

【特許等出願】

該当無し

D 共同研究

	学科	学内研究 代表者	共同研究テーマ	共同研究先	研究費 (千円)
1	生命科学科	福井浩二	赤血球加齢と膜酸化現象、血液損傷に対する生化学的評価研究	生命科学科渡邊	100 (基盤研究Cより一部捻出)
2	生命科学科	渡邊宣夫	せん断発生装置構築のための高精度金属切削技術	生命科学科花房・Shahrol・機械機能工学科青木、東京チタニウム小澤	200 (基盤研究Cより)
3	生命科学科	渡邊宣夫	せん断流れ発生装置の流体力学的方法による妥当性評	機械工学科 角田	2,980 (S-Spire今年度予算)

			価		
4	生命科学科	渡邊宣夫	血液ポンプ内せん断状態の In vitro 再現装置に関する研究	独国 Charite 研究所 Ulrich Kertzsher 博士	50 (基盤研究 C より)
5	生命科学科	渡邊宣夫	高せん断応力に起因した赤血球損傷現象解明	豪州 Griffith 大学医学部 M Simmonds 博士、AP MacNamee 博士	400 (基盤研究 C より)
6	生命科学科	渡邊宣夫	高せん断に起因した血小板活性、血漿タンパク損傷の研究	豪州 Griffith 大学工学部 CHH Chan 博士	400 (基盤研究 C より)
7	生命科学科	渡邊宣夫	攪拌技術の医療機器への応用	マグネオ技研秋山 里美	0

E 外部資金

	学科	学内研究 代表者	プロジェクト名	委託元	研究費 (千円)
1	生命科学	渡邊宣夫	せん断刺激に起因した赤血球と血小板の機能低下・損傷現象に関する総合的基礎研究	科研費・基盤研究 C	1,015
2	生命科学	渡邊宣夫	カーディアックアブレーション術支援研究—カテーテル角度、接触力、および局所インピーダンス等の物理条件が焼灼効果に与える影響の解明—	ポストンサイエンティフィックジャパン社	1,000
3					

F 評価指標の集計

	件数 (金額)		備考
論文数	11 件		本年度 7 件
特許出願件数	0 件		
共同研究件数	7 件	4,380 千円	
外部資金獲得数	3 件	2,015 千円	
参加学生数	10 名 (内留学生 0 名)		
参加企業数	4 社		
公開イベント数	2 件		

G 研究の達成率 (1 (低) ~ 5(高))

4

掲げた 7 つの達成目標のうち、5 つの目標を達成する事ができた事から、達成率の自己評価を 5 段階中 4 と判断した。

【次年度以降の研究計画】

次年度以降の本研究事業計画を図 11 に模式図で示した。

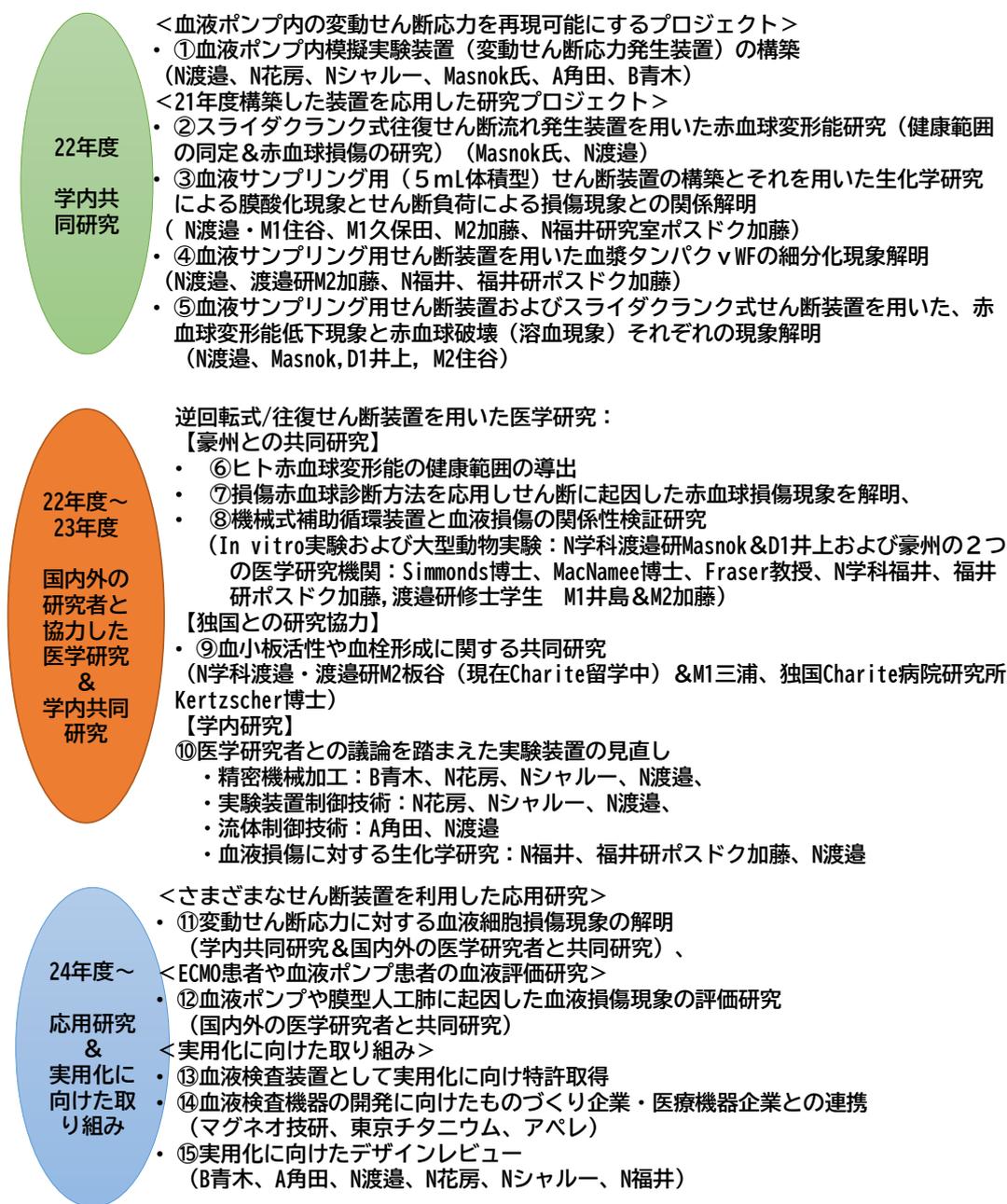


図 11：次年度以降の研究計画

以下のページにおいてこれらの研究計画の詳細を記す。

<22年度:学内の共同研究>

①血液ポンプ内模擬実験装置(変動せん断応力発生装置)の構築:

独国 Charite 病院研究所から得た血液ポンプ内せん断応力情報をもとに、変動せん断流れ発生装置を製作し、その妥当性を検証する。必要に応じて改良し、妥当な装置を開発する。変動せん断応力の発生は、モータ軸回転を制御する方法を採用して、発生させる機構を検討している。(本学 A 角田・B 青木・N 渡邊・N 花房・N シャルー)

②スライダクランク式せん断流れ発生装置を用いた赤血球の変形流動性評価研究:

装置の妥当性を流れ学的観点から検証する実験を実施した後で、正弦曲線的にせん断応力が変化する流れ場において、ヒト赤血球の流動変形挙動の詳細を明らかにする。そして、加齢度別に様々に混在する赤血球の変形能力のばらつきを解明する。加えて、このスライダクランク式せん断流れ発生装置を用いた、変動せん断応力に起因した赤血球の損傷現象を解明する。(妥当性評価実験における流体力学支援:A 角田、ヒト赤血球実験担当:N 学科渡邊研・ポスドク研究員 Masnok 氏)

③5mL の体積型せん断装置の構築とそれを用いた生化学研究による膜酸化現象とせん断負荷による損傷現象との関係解明:

血液サンプル用 5 mL せん断装置を応用し、赤血球の膜酸化現象とせん断刺激による損傷現象との関連性検証: 赤血球の膜酸化評価法については、福井研究室においてノウハウがある TBARS 法と、先端研共通機器のフローサイトメトリー法の FACS 装置を利用する予定である。(N 渡邊、渡邊研 M1 久保田、N 福井研ポスドク加藤)

④5mL の体積型せん断装置を用いた血漿タンパクvWF の細分化現象解明:

5 mL の体積型せん断装置を利用し、一様せん断応力・変動せん断応力負荷に対する血漿タンパク vWF の細分化現象を解明する (N 渡邊、N 渡邊研 M2 加藤)。

⑤5mL の体積型せん断装置およびスライダクランク式せん断装置を用いた、赤血球変形能低下現象と赤血球破壊(溶血現象)それぞれの現象解明:

血液サンプル用 5 mL せん断装置と、スライダクランク式の変動せん断装置を共に利用した赤血球変形能の低下現象および赤血球破壊(溶血現象)の解明: 血液サンプル 5 mL に対し、せん断応力とそれに晒される時間をパラメタとして、せん断を負荷し、その後に血液サンプリングを行って、スライダクランク式の変動せん断装置と顕微鏡システムを使って、流れの可視化実験を行う事で、せん断負荷に起因した赤血球の変形能の低下現象を明らかにする。(N 渡邊・ポスドク Masnok・渡邊研 D1 井上&M2 住谷)

<22年度～23年度:国内外の研究者と協力した医学研究>

【逆回転式/往復式せん断流れ装置を利用した豪州共同研究者らとの医学研究】

⑥ヒト赤血球変形能の健康範囲の導出:

ヒト赤血球変形能の健康範囲の導出:ヒト赤血球の変形能は加齢度に依存してばらつきがある事が解釈されているが定量的には明らかになっていない。そこで、本プロジェクトで開発する実験システムを用いて、ヒト赤血球変形能診断評価法を利用した場合における健康な赤血球の示す能力の範囲を明らかにする(N 渡邊、渡邊研 D1 井上)。

⑦損傷赤血球診断方法を応用しせん断に起因した赤血球損傷現象を解明:

今年度達成した損傷赤血球診断方法を応用した、せん断に起因した赤血球損傷現象の解明研究:我々は今年度赤血球形状の輪郭情報を詳細に評価する事で、従来の変形度では同定できない、異常形状の出現を検知可能にする画像解析手法を構築した (Scientific Reports 直近採択 (査読付き学術論文 3)、ならびに国際学会オーガナイズドセッション招待発表実績あり (学会発表 17))。この手法と、今年度開発した装置を応用し、ヒト赤血球変形流動応答性の健康範囲を明らかにする。さらにその範囲と比較する事で、せん断に起因した損傷現象を解明する事を目標とする。

⑧機械式補助循環装置と血液損傷の関係性検証研究(In vitro 血液実験および動物モデル実験):

医学研究者と協力し、血液ポンプや膜型人工肺などの機械式補助循環装置を付けた血液循環回路にさらした血液からサンプリングし、デバイス利用に起因した血液損傷についての In vitro 血液実験および大型動物実験を実施する。血液損傷についての評価項目として、赤血球、血小板、血漿タンパク vWF を総合的に検査する方法を検討している。vWF の評価法については、直近の成果として、アルブミンや IgG タンパク質を除去してからウエスタンブロッティング法を行ってタンパクバンドを可視化するとより詳細な画像取得が可能になる事が明らかとなり、今年7月の国内学会および9月の国際学会にて発表実績がある (学会発表 15, 21)。加えて Chris 博士は vWF 研究において実績があり、この研究に協力頂く予定である。(渡邊研 D1 井上、渡邊研 M2 加藤、渡邊研 M1 井島)

【逆回転式/往復式せん断流れ装置を利用した独国共同研究者らとの医学研究】

⑨せん断応力履歴が血小板活性や血栓形成に与える影響解明のための共同研究:

血小板はせん断応力履歴を受け、活性化や血液凝固カスケードを亢進する事が近年の機械式補助循環装置研究分野において知られている。その装置内部における変動せん断に晒された血小板の凝集・粘着挙動を明らかにする。この研究テーマについては、渡邊研 M1 三浦さんおよび M2 板谷君(現在独国 Charite 研究所 Ulrich Kertzscher

博士研究室に留学中)に協力してもらう予定である。

【学内研究】

⑩医学研究者との議論を踏まえた実験装置の見直し:

国内外の医学研究者と協力した医学研究を通じて、より医学的な研究成果につながるアイデアや臨床課題を踏まえた研究必要性のご指摘等・学術的なディスカッションを踏まえて実験システムの改良や再構築を実施し、医学研究者と研究を進める。

(精密機械加工:B 青木、N 花房、N シャルー、N 渡邊、実験装置制御技術:N 花房、N シャルー、N 渡邊、流体制御技術:A 角田、血液損傷に対する生化学研究:N 福井、福井研ポスドク加藤)

<23 年度以降:応用研究および血液検査システム実用化に向けた取り組み>

【さまざまなせん断装置を利用した応用研究】

⑪変動せん断応力に対する血液細胞損傷現象の解明:

学内共同研究者らで構築した変動せん断発生装置を応用し、国内外の医学研究者と共同研究を実施して、In vitro 実験を行い、変動せん断流れにおける血液損傷現象を解明する (M.Simmonds 博士、AMacNamee 博士、N 渡邊、渡邊研 Masnok 氏)。

⑫膜型人工肺(ECMO)の患者や血液ポンプ患者の血液サンプルを用いた血液損傷現象調査研究:

医療機関において倫理委員会にて許可されたのちに、血液ポンプや膜型人工肺装着の患者さんの血液サンプリングをさせて頂き、我々が開発した血液検査装置にて、実際の血液損傷度を検証する。(プリンスチャールズ病院救命救急研究所 Fraser 教授らの研究チームにご協力頂く。)

本研究で構築するせん断装置をより医学的な現象解明に役立てるための実験装置製作および医学的意味の検証:例えば、我々の身体の血流は拍動流であり、圧力変動を伴うが、その物理環境が血管内皮細胞に影響を与え、vWF 産生能に関係している可能性もある。医学的知見の検証に豪州医学研究者らと応用し、基礎研究に役立てる。

【血液検査機器実用化に向けた取り組み】

⑬血液検査装置として実用化に向け特許取得:

豪州 Griffith 大学医学部 Simmonds 博士研究室と協力した、せん断刺激に対する赤血球の NO 産生能や、光の回折像測定を応用した赤血球変形能評価装置 LORRCA (ロルカ)と我々の装置を用いた直接観察法とで、赤血球損傷について生理学的知見を深める研究を行う(N 学科渡邊、渡邊研 D1 井上)。さらに、LORRCA とデータを比較する事で、我々の提案する直接可視化法による変形能評価法としての妥当性を検証

する。そして、我々が構築した実験システムの血液検査機器としての妥当性を医学研究者らと共に明確にし、特許申請を検討する。

⑭血液検査機器の開発に向けたものづくり企業・医療機器企業との連携:

我々が構築した実験システムが、血液検査機器として実用化できるよう、ものづくり企業や医療機器企業、医学研究者らと実用化に向けた連携を目指す。この活動は応用研究を含む内容であり、医工学・流体工学・医学研究者や生化学研究者をはじめとする学際的な共同研究を想定している。開発した手法が医学的な血液検査法となりえるかその有効性を検証し、ものづくり企業と連携した実用化の可能性を模索する。(本学共同研究者、マグネオ技研、東京チタニウム、アペレ、国内外の医学研究者)

⑮実用化に向けたデザインレビュー:

装置の実用化に向けて、今一度学内研究者間で総合的に構造上の課題を見つめ、改良を施すデザインを検討する。さらに、ものづくり企業と連携し、実用化に向けて具体化に協力する。(B 青木、A 角田、N 渡邊、N 花房、N シャルー、N 福井)

以上

添付 1 : 公開イベントリスト

	月日	イベント名	主催	参加メンバー (敬称略)	場所
1	2021 年 12 月 16 日	サイエンス学術 広告 EurekAlert! を通じてた研究 成果(Scientific Reports 2021 の 学術論文)宣伝	the American Association for the Advancement of Science (AAAS)社、 EurekAlert !	Antony P. McNamee, Michael J. Simmonds, Masataka Inoue, Jarod T. Horobin, Masaya Hakozaki, John F. Fraser & Nobuo Watanabe	https://www.eurekalert.org/news-releases/938194
2	製作中	SIT LAB	芝浦工業大学 広報企画課	渡邊宣夫	芝浦工業大学生命 科学科渡邊研究室

3	2022 年3月 16日	2021年度 知と 地の創造拠点フ ォーラム 重点 分野研究支援プ ログラム研究発 表	芝浦工業大学 研究推進室	渡邊宣夫	オンライン開催
4					