

【令和6年度実績】

1. 世界トップレベルの研究推進

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓
実績報告

(1) 論文指標が示す世界トップレベルの研究成果

図は、2024年に発表した文献(令和7年4月3日時点で Scopus データベースに登録されている199文献)の分野別 Top 10% 論文率を世界30傑大学(Times Higher Educationによる2025 ランキング)の平均値と比較したものである。なお、世界30傑大学では、30大学内での最大値と最小値の範囲も示している。

Scopus データベースによる Computer Networks and Communications 分野での本所の FWCI が上位10%に入る論文率(分野補正付 Top 10% 論文)は21.7%であり、本所の同分野の研究が世界トップレベルの成果をあげていることを示している。同様に、Instrumentation、Atomic and Molecular Physics, and Optics 分野、Artificial Intelligence 分野、General Computer Science 分野においても、本所の Top 10% 論文率は、世界30傑大学平均値を上回る値である。加えて、Energy Engineering and Power Technology 分野においては、**電子・通信デバイスの電磁波の高効率利用化を実現する研究成果が注目されている**。これらの数値は、本所の研究が世界トップレベル研究に引けを取らないことを示している。

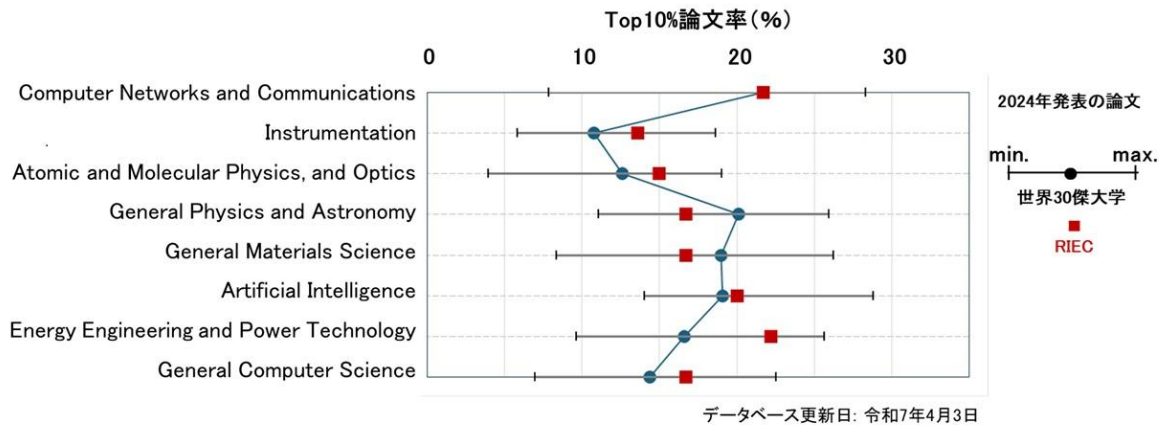


図: 論文指標による電気通信研究所の研究の世界での位置づけ

下表には、電気通信研究所の上述分野の中の Top 10% 論文率の推移を示す。緑色が濃くなるにつれて Top 10% 論文率が高くなることを示している。表より、Computer science 系分野の数値のここ3年の向上が特徴的である。一方、これまで本所の強みである材料・デバイス系分野の数値は安定的に高い値を維持している。

表: 電気通信研究所の主な分野の Top 10% 論文率の推移

【Computer science 分野】

分野	2022	2023	2024
Computer Networks and Communications	16.7	10.8	21.7
Artificial Intelligence	0	0	20
General Computer Science	0	14.3	16.7
Computer Graphics and Computer-Aided Design	15.4	0	14.3

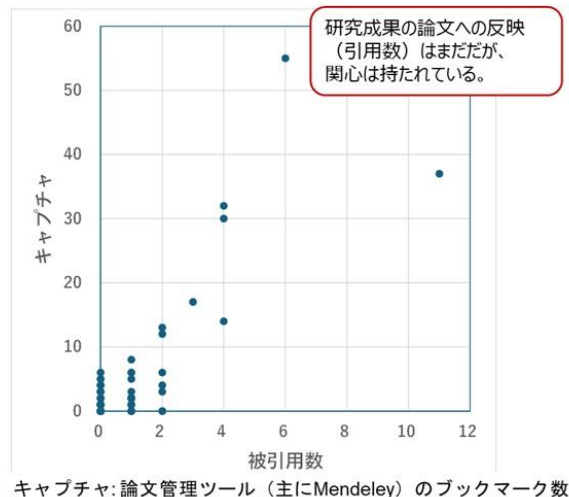
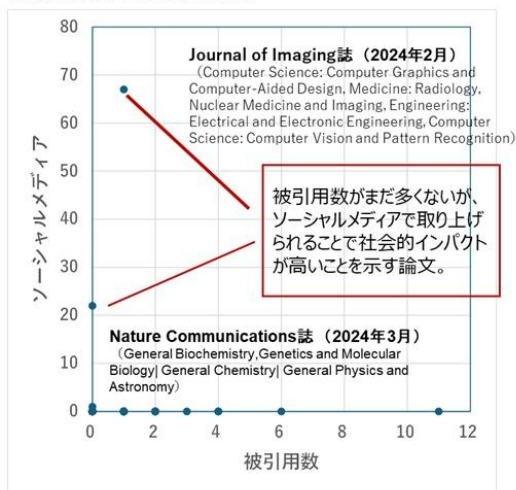
【Physics and Astronomy 分野】

分野	2022	2023	2024
Atomic and Molecular Physics, and Optics	13.9	10	15
General Physics and Astronomy	20	13.6	16.7
General Materials Science	10	18.8	16.7

(2) 多様な指標による評価 –例としてオルトメトリクス–

近年では、インターネット上で論文を公開することも一般的になりつつある。これに伴い、研究成果のインパクトを測定する指標として論文ダウンロード数、論文管理ツールの登録数、ソーシャルメディア書き込み数等を用いる、即時性及び社会的な話題性を知ることができるオルトメトリクスが注目を集め始めている。従来の論文の被引用数とオルトメトリクスの両側面から研究成果のインパクトを分析し、研究力の向上 & 強化に努める。

対象：2024年の通研の論文



キャプチャ：論文管理ツール（主にMendeley）のブックマーク数

図 2024年の文献におけるオルトメトリクスと被引用数

[1 Top10_RIEC vs Top30Univ.jpg](#), [2 Top10% vs year.jpg](#), [3 altmetrics.jpg](#)

2. Beyond 5G 宇宙ネットワーク向け送受信システム技術の研究開発

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓, No.20 (2)-1 社会の要請に応える研究の推進, No.29 (2)-2 大型研究施設等を積極的に活用した戦略的研究連携の推進

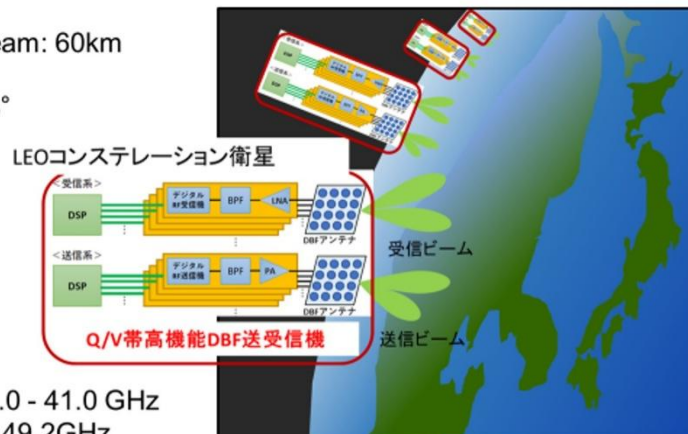
実績報告

(1) Q/V 帯低軌道(LEO)コンステレーション衛星通信システムの提案

B5G/6Gにおいては、陸海空を網羅し、地上系と階層的な構造を構築できる Non-Terrestrial Network (NTN) が注目されている。なかでも、スターリンクに代表される LEO コンステレーションは、衛星系にあって大容量・低遅延特性が得やすい。しかし、既に、グローバルサービスが Ku 帯、Ka 帯の周波数帯で開始されているため、ミリ波の Q/V 帯(40/50GHz 帯)の開拓が急務となっている。

本研究では、本所の末松教授、衛星機器メーカーである三菱電機、衛星オペレータであるスカパーJSAT、宇宙統合コンピューティング・ネットワーク事業を目指して NTT とスカパーJSAT により設立された Space Compass などの産学連携体制で、Q/V 帯 LEO コンステレーション衛星通信システム(図 1)の検討、提案を行っている。災害時やイベントなどの大きな通信トラフィックの変動にも対応可能とするため、よりフレキシブルなビーム形成が可能なフルデジタル DBF アンテナ(図 2)を提案し、宇宙通信関係の国際学会にて講演を行ったところ、欧州宇宙機関(ESA)から講演資料を引用されるなど国際的に注目されている。また、令和 6 年度から国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)にアカデミア会員として加入し、国際的な Q/V 帯の周波数権益の確保を目指した活動を行っている。ITU-R が発行する宇宙通信ハンドブックの改訂にむけた日本からの寄書に、本研究開発内容が掲載される見込みを得た。

- Altitude: 500km
- Diameter of each spot beam: 60km
- 3dB Beamwidth : 7°
- Beam steering angle : 45°
- Number of beams : 160



- Downlink Frequency : 39.0 - 41.0 GHz
- Uplink Frequency: 47.2 - 49.2GHz
- Channel bandwidth : 100/200/400MHz
- Fully digital beam forming functionality based on PAA for flexible beam formation

図1 提案しているQ/V帯LEOコンステレーション衛星通信システムの概要図

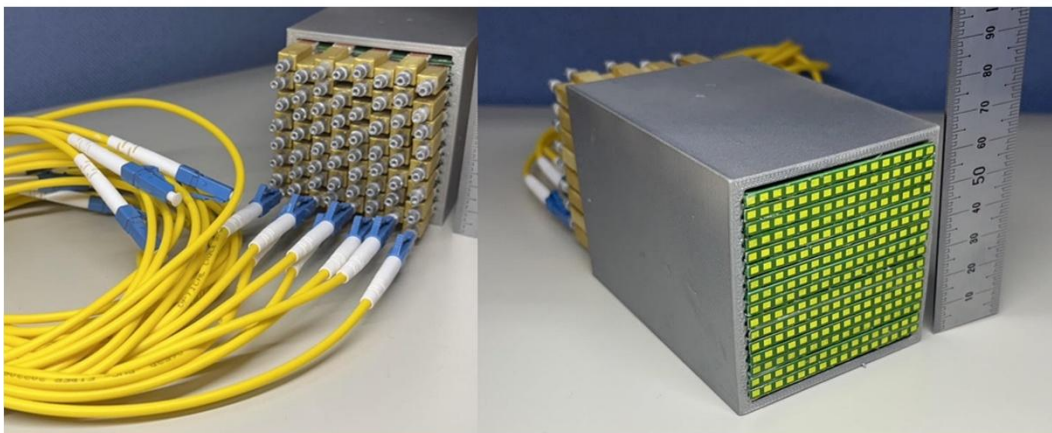


図2 衛星搭載用256素子DBFアンテナのモックアップモデル

(2) Q/V 帯 DBF アンテナへのダイレクトデジタル RF 送受信機の適用

フルデジタル DBF アンテナでは、アンテナ素子毎に独立した送受信機が必要となる。また、Q/V 帯アンテナ素子間隔は 4mm 弱であり、送受信機の小型化が必須である。デジタル回路は微細 CMOS プロセスの IC 化により小型化できるが、高周波アナログ回路は、ダイナミックレンジ(S/N) が必要なためトランジスタを小さくできない上、整合用インダクタの小型化も困難である。この問題に対して、高周波アナログ回路を極力デジタル回路で置換することで送受信機を小型化する、デジタル RF 技術が提案されている。しかし、デジタル回路で扱える周波数は通常、クロック周波数の 1/2(ナイキスト周波数)が上限であり、ミリ波帯の信号生成は困難であった。末松教授らは、送信系においては、デジタル-アナログ変換器(DAC)の出力信号に含まれる高次イメージ成分を強調する手法(図 3)を考案し、ナイキスト周波数を超えるミリ波帯の高周波信号をデジタル信号から直接生成することに成功した。さらに、Q 帯 DBF アンテナの部分試作品の動作検証にも

成功した(図 4)。受信系においても、V帯の高周波信号を、直接、高次アンダーサンプリングすることができる IC の試作に成功している(図 5)。

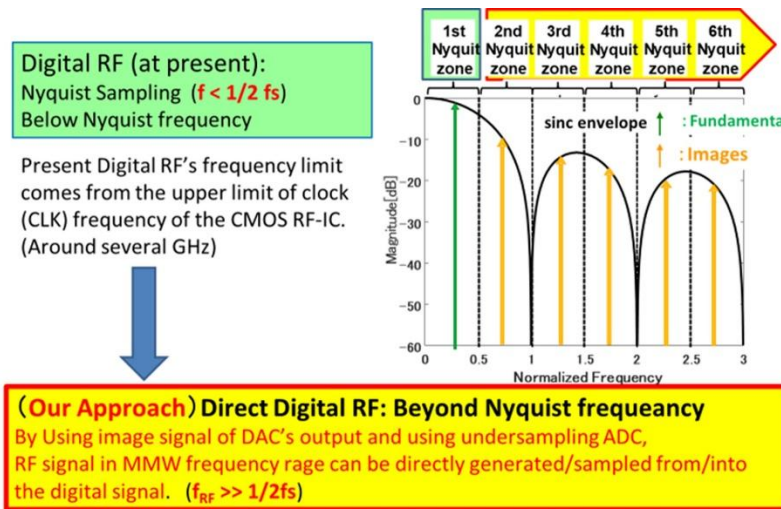


図3 超ナイキスト周波数動作を可能とするダイレクトデジタルRF送受信の提案

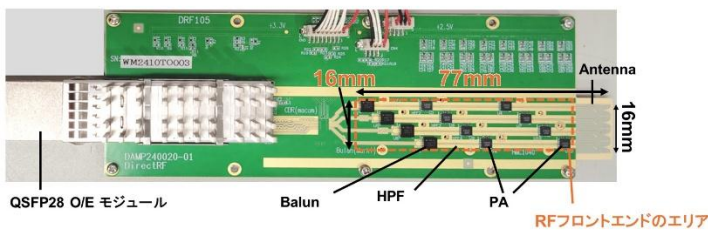
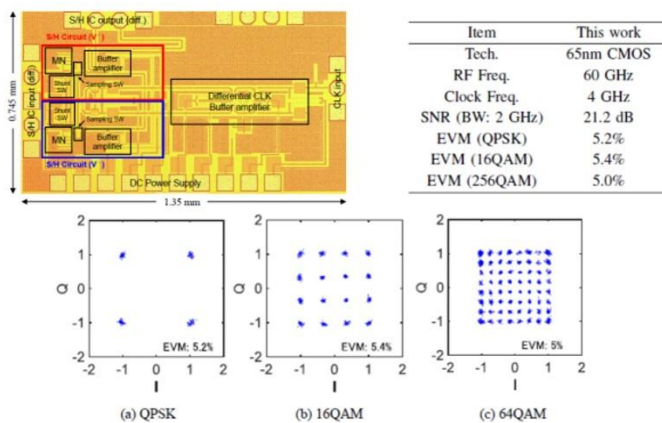
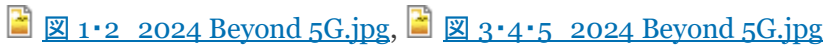


図4 Q帯送信DBFアンテナの4素子部分試作品



ref. T. Furuichi, N. Yoshino, M. Motoyoshi, S. Kameda, N. Suematsu, "A 60 GHz-band S/H CMOS IC for Direct RF Undersampling Receiver," 2022 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS), Jan. 2022. DOI: 10.1109/RWS53089.2022.9719927

図5 60GHzの高周波信号を4GHzのクロックでアンダーサンプリングする受信系ICを開発。64QAM変調信号の復調に成功。



3. 人間性豊かなコミュニケーション実現に向けた大規模研究プロジェクトの推進

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓, No.19 (1)-2 データ駆動型研究とオープンサイエンスの展開

実績報告

(1) AI 時代を支える省エネハードウェア技術の開発

省エネ AI チップの実現に向けた革新的スピントロニクス材料・素子研究

深見俊輔教授らのグループは、科研費基盤研究(S)「コヒーレントスピンダイナミクスを用いた省エネ・創エネデバイス」(R6-R10、2.0 億円)、JST ASPIRE「スピントロニクス確率論的コンピュータの大規模化に向けた材料・素子・回路・アルゴリズム融合研究」(R5-R9、5.0 億円)等で研究を推進し、今年度も次のような成果をあげた。

AI 技術の普及に伴い、AI 計算に適したハードウェアの重要性が高まっている。深見教授らは、ノンコリニア反強磁性体と強磁性体の積層構造での双方向制御を実現し、記憶と演算の機能を併せ持つスピン素子の原理実証に成功し、Nature Communications 誌に発表した(図1)。現在の汎用型半導体チップでは、演算と記憶が別の場所で行われており、この間の信号の送受信に多くの電力を要するが、演算と記憶の機能が統合された素子は省エネ AI チップへの究極の解決策となる。

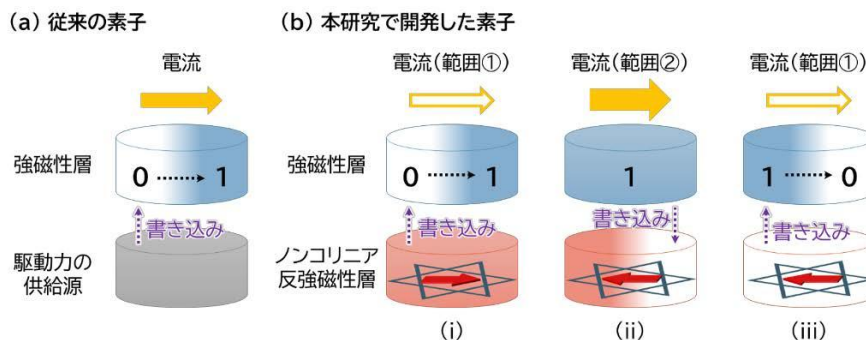


図 1. (a)従来の素子の動作方式。印加電流の符号(正または負)で強磁性層に書き込まれる情報(1 または 0)が一意に決まる。(b)今回開発した「双方向制御」が可能な素子の動作方式。強磁性層は CoFeB、ノンコリニア反強磁性層は Mn_3Sn で構成される。電流範囲①ではノンコリニア反強磁性層が強磁性層を制御し、電流範囲②では強磁性層がノンコリニア反強磁性層を制御する。

エッジ領域向け「CMOS/スピントロニクス融合 AI 半導体」により従来比 10 倍超えの電力効率を達成

羽生貴弘教授らのグループは、NEDO 省エネ AI 半導体及びシステムに関する技術開発事業「CMOS/スピントロニクス融合技術による AI 処理半導体の設計効率化と実証、及び、その応用技術に関する研究開発」(R4-R6、9.4 億円)、JST CREST「スピンエッジコンピューティング向け革新的アーキテクチャ」(R1-R6、1.5 億円)等で研究を推進し、今年度も次のような成果をあげた。

羽生教授らは、株式会社アイシンと共同で、大容量 MRAM を搭載したエッジ領域向け「CMOS/スピントロニクス融合 AI 半導体」により従来比 10 倍以上の電力効率と 10 分の 1 以下の起動時間が得られることを実証し(図2)、CEATEC AWARD ネクストジェネレーション部門賞を受賞した。これは、車載やサーベイランス(監視)システム等の高性能化に貢献する成果である。

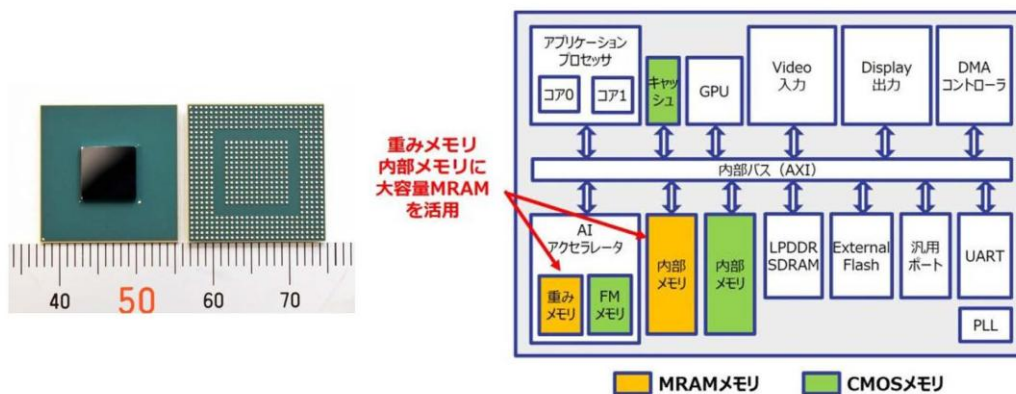


図2. 設計した実証チップと、そのブロック図

(2) 大容量メモリにも適用可能なメモリセキュリティ技術の開発

本間尚文教授らのグループは、JST-CREST「耐量子計算機性秘匿計算に基づくセキュア情報処理基盤」(R1-R6、1.2 億円)等で研究を推進し、今年度も次のような成果をあげた。

本間教授らは、日本電気株式会社(NEC)と共同で、安全性を担保したまま、性能と利便性(レジリエンス性)を飛躍的に向上させるメモリ暗号化機構の新方式を開発し(図3)、国際会議 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS)にて発表した。今後の多様なコンピュータにおいてデータの保護と安全な利活用に貢献する成果である。

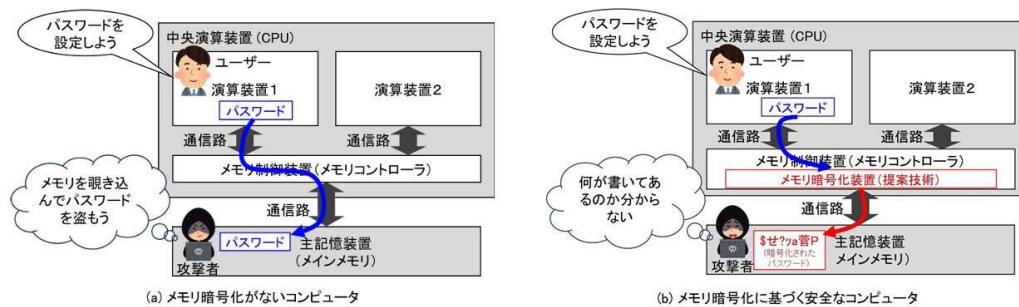


図3. (a)メモリ暗号化がないコンピュータでは、攻撃者はメモリを不正に読み出すことで秘密情報が漏洩してしまう恐れ。(b)メモリ暗号化によって不正にデータを読み出せる攻撃者に対して秘密情報を守ることができる。

 [図 1 2024 大規模研究プロジェクト.jpg](#),  [図 2 2024 大規模研究プロジェクト.jpg](#),  [図 3 2024 大規模研究プロジェクト.jpg](#)

4. 共同利用・共同研究拠点活動の推進による研究者コミュニティの牽引

「研究」

No.18 (1)-1 自由な発想に基づく基礎研究の推進および新興・分野融合研究の開拓, No.20 (2)-1 社会の要請に応える研究の推進, No.22 (3)-1 優秀な若手研究者の活躍促進, No.23 (3)-2 卓越した研究を基盤とした産業界等との共創教育の展開, No.28 (2)-1 国際共同利用・共同研究拠点及び共同利用・共同研究拠点の機能強化

実績報告

通研は、情報通信分野における COE (Center of Excellence)として、海外を含む所内外の研究者と本所教員との共同研究に基づく共同プロジェクト研究を遂行している。所からも毎年 1400 万円超の資金を支出してこれらの活動を推進している。参画者は毎年 1,000 名を超え、共同研究の件数も年間約 120~130 件にのぼり、幅広い情報通信分野の研究が進められている。この取り組みから、所内外で多くの研究成果が得られ、大型科研費、JST-CREST など、多くの大型プロジェクトへと発展している。共同プロジェクト研究を端緒として大型プロジェクトに発展した研究から、若手研究者を代表とする下記の2例を紹介する。

(1) 脳情報処理の物理基盤を解明し工学実装に結びつけるための学術変革領域の創成 (科研費 学術変革領域研究(A)、R6-R10)

山本英明准教授を研究代表者として申請した研究課題が、R6 年度科研費・学術変革領域研究(A)に採択された。本研究課題は、共同プロジェクト研究「マルチセルラバイオコンピューティングの新展開 (R05/A21)」(R5-R7 年度)および「多細胞ネットワークを基盤とする脳情報処理の構成論的解析 (R05/A18)」(R5-R7 年度)の参画者を計画班メンバーとして申請したものであり、共同プロジェクト研究が研究拠点形成のための中心的役割を担った。

本研究領域「脳神経マルチセルラバイオ計算の理解とバイオ超越への挑戦」では、生物の脳が高度な情報処理を実現する作動原理を理解し、数理モデルとして記述してシステム応用へと結びつける新たな学問領域を立ち上げる。令和6年度は、計画班代表者の研究が Nature Communications 誌に掲載された(Nat. Commun. 15, 10055 (2024))他、次のような成果が得られた。(領域 HP: <https://www.mnbc.riec.tohoku.ac.jp>)

山本准教授は、領域メンバーの平野愛弓教授らと共同で、マイクロ流体デバイス上で神経細胞を培養することで、哺乳類の脳皮質の配線構造を模した神経回路を再現することに成功し(図1)、Advanced Materials Technologies 誌に発表した。このような実験系は、脳の学習や記憶のメカニズム解明に向けた新たな実験モデルとして高い応用可能性をもち、神経科学分野の発展に大きく貢献できる。

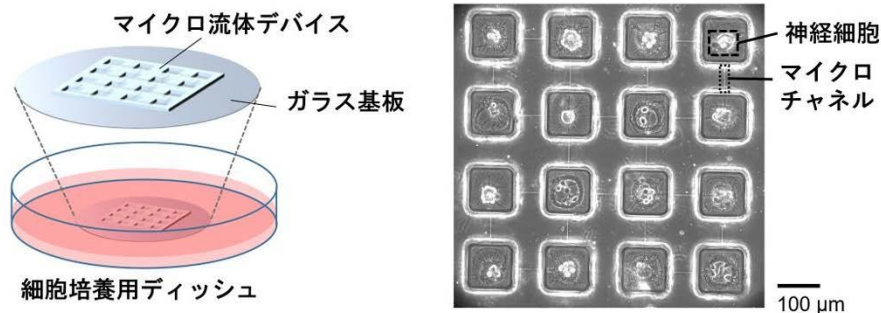


図1. マイクロ流体デバイス上に培養した神経細胞。

(2) 生物の運動制御エッセンスの理解と生物模倣ロボットの創生(科研費 基盤研究(A)、R6-R9)

福原 洗助教を研究代表者として申請した研究課題が、令和6年度科研費基盤研究(A)に採択された。研究分担者として、共同プロジェクト研究会「ブレインウェア工学研究会」のメンバーが参画しており、共同プロジェクト研究が研究グループ形成に貢献した。

この研究課題「食肉目哺乳類の多様な振る舞いから切り拓く四脚ロボットの多義化設計」では、生物が示す多才な振る舞いに通底する運動制御の原理を抽出して、環境に適応して柔軟に運動を生成できる次世代ロボットを創生することを目指している。令和6年度は、以下のような成果をあげている。

福原助教らのグループは、絶滅した古生物である首長竜の遊泳様式を、生物規範型の自立分散制御則を基盤技術として開発した首長竜型ロボットに復元することに成功し(図2)、Scientific Reports 誌に発表した。本研究の成果は、古生物の柔軟な運動様式を復元するための新たな手法として期待されるのみならず、未来の動物型ロボットのバリエーション拡大を推進する画期的な成果である。

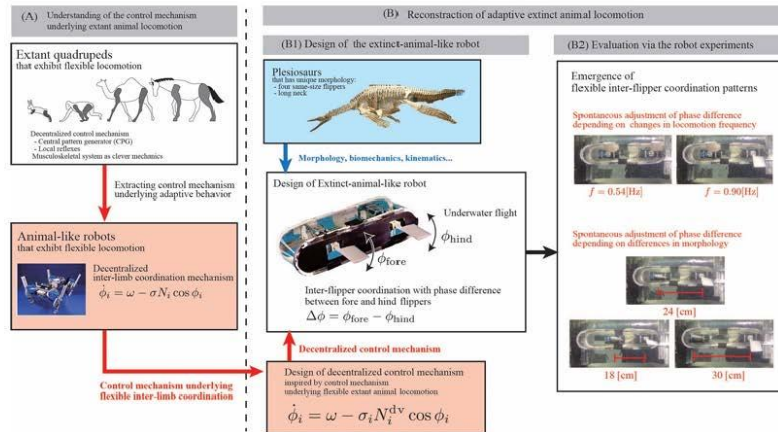


図 2. 生物規範運動制御に基づく古生物の運動復元。(A) 現生動物が示す柔軟な足並み（歩容）を再現可能な運動制御則の抽出。(B) 古生物型ロボットによる運動復元。(B1)古生物の形態を参考にした移動ロボットを開発し、(A)で抽出した生物規範運動制御を実装する。(B2)ロボットの運動周期や形態の変化といった様々な状況に対して効率的な運動様式が自己組織的に生成される。

 [図 1_2024 共同利用 共同研究拠点.jpg](#),  [図 2_2024 共同利用 共同研究拠点.jpg](#)