

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05162

研究課題名（和文）脳神経マルチセルラバイオコンピューティングに関する総括

研究課題名（英文）Multicellular Neurobiocomputing (Administrative Group)

研究代表者

山本 英明 (Yamamoto, Hideaki)

東北大学・電気通信研究所・准教授

研究者番号：10552036

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,400,000円

研究成果の概要（和文）：本領域では、生物の脳（特に哺乳類の大脳皮質）が多細胞（マルチセルラ）ネットワークを物質基盤として情報処理を実現するメカニズムを理解し、数理モデルとして記述するために、学問分野の枠を超えた新たな学理体系の創成を目指した。生命科学・工学・情報科学を横断する異分野融合研究を推進し、大脳皮質の情報処理を模した生物規範的な情報処理モデルの提案、培養神経回路によるリザーバコンピューティングの概念実証、マウスの視覚情報処理系の自己組織化原理の解明、モデル動物脳で局所損傷後の自己修復過程を多細胞神経活動と行動解析の両面から解析できる独自の実験手法の開発などを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本領域活動により、生物の脳を構成する多細胞ネットワークを対象として、モデル動物を使った研究（in vivo）・培養細胞を使った研究（in vitro）・数理モデルを使った研究（in silico）の有機的な連携体制が構築できた。このような連携によって脳神経回路の計算機構の理解が深まることは学術的に重要なことはもちろんのこと、現代のAIや脳型ハードウェアが直面する電力効率や学習効率などの課題の解決にも結びつく可能性がある。

研究成果の概要（英文）：This Research Area aimed to establish a new platform for interdisciplinary collaboration that transcends the boundaries of academic disciplines in order to understand and model the mechanism by which the brain (especially the mammalian neocortex) realizes information processing using multicellular networks. We promoted interdisciplinary research that crosses the boundaries of life science, engineering, and information science, and succeeded in: (1) proposing a bio-plausible model that mimics information processing in the neocortex, (2) showing a proof-of-concept experiment for reservoir computing using cultured neuronal networks, (3) clarifying a self-organization principle of the visual cortical circuitry in mice, and (4) constructing a novel setup to study the self-repair process in the model animal brain after a localized injury.

研究分野：バイオコンピューティング

キーワード：多細胞バイオ計算 予測符号化 リザーバコンピューティング 培養神経回路 大脳皮質 バイオイメージング カルシウムイメージング 自発活動

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

制御部・演算部・記憶部を分けたノイマン型アーキテクチャに基づいて構成された電子計算機と異なり、脳では神経回路とその時空間発火パターンが演算・記憶・統御の機能を一手に担う。従って脳情報処理の本質は、「どの細胞同士が、どのような強度で接続されているか」「その接続はどのような発火パターンを内発的及び外因的に生成するか」という回路網の接続構造と機能との間の創発的關係に埋め込まれていると考えられるが、依然としてその実態は理解が不十分である。脳におけるこのような創発的性質を必要十分に明らかにするためには、多数の神経細胞が相互結合して形成された脳神経系マルチセルラネットワーク上での情報処理をモデル動物脳の直接計測(トップダウン)と培養神経回路の操作的解析(ボトムアップ)の双方向から解析し、さらに数理モデルとして記述する必要がある。

2. 研究の目的

学術変革領域研究(B)「脳神経マルチセルラバイオコンピューティング」の総括班は、領域代表者(山本)と計画研究代表者(A01 香取, A03 松井, A04 正水), 領域アドバイザー(7名: 内4名は海外研究者)より構成し、領域の運営方針の策定, 各計画班間の連携の効率化, 研究成果の発信・広報を行う。またアドバイザーの協力の下で、領域の計画や方針に関する助言を受ける。

3. 研究の方法

- (1)領域内での研究交流の推進: 領域会議・研究交流会・総括班会議の企画と実施
- (2)成果発信・アウトリーチ: 関連学会でのシンポジウムの企画, プレスリリース・メディア出演, 領域HP, 領域シンポジウムの開催
- (3)国際連携: 海外大型プロジェクトとの合同セッションの企画
- (4)若手育成: 若手学外インターンシップの企画, 学部生・大学院生による受賞

4. 研究成果

(1)領域内での研究交流の推進

■領域会議: 年2回程度の頻度で領域会議を開催し、領域内での最新情報の共有や連携強化を図り、さらに、国内アドバイザーから研究方針や領域運営などについて助言を受けた: 第1回(2021年10月1日), 第2回(2022年3月2日), 第3回(2022年9月7日), 第4回(2023年4月26日), 第5回(2023年8月18日), 第6回(2024年3月8日)

■研究交流会: 領域内でメンバー間の相互理解を深化させるために、研究室スタッフや学生も参加可能な研究交流会を開催した。時間調整を容易にし、また移動時間を削減するために、すべてオンラインで開催した: 第1回(2021年10月8日): A01 香取・代表/A02 山本。第2回(2021年11月12日): A03 松井・A04 正水。第3回(2021年12月17日): A01 保坂・A04 神谷。第4回(2022年1月19日): A01 加藤・A03 桂林。第5回(2022年3月3日): A01 徳田・A03 松井

■総括班会議: 以上に加えて、総括班メンバーで定期的に総括班会議を主としてオンラインで開催し、領域イベントの企画などについて議論した。



第5回領域会議 (2023年8月開催)



第3回研究交流会 (2021年12月開催)

(2)成果発信・アウトリーチ

■学会活動

関連学会でシンポジウムを企画し、領域メンバーが発表者として登壇することで、領域の取り組みについて広報すると同時に学術講演会の活性化にも貢献した: 第44回日本神経科学大会「神経回路創出のための先進的基盤技術開発とその応用」(オーガナイザー: A04 正水, 2021年7月), 第99回日本生理学会大会「計算論的神経生物学の新潮流」(オーガナイザー: A04 神谷他, 2022年3月), 第83回応用物理学会秋季学術講演会「次世代ICTと未来医療を支える神経科学・神経工学・脳型コンピューティング」(オーガナイザー: 代表/A02 山本他, 2022年9月), 2023年日本表面真空学会学術講演会「ソフトナノテクノロジーが拓く生体システムの機能計測とモデ

リングの新潮流」(オーガナイザー：代表/A02 山本他，2023 年 11 月)。

また，日本神経科学学会からの依頼を受けて「神経科学ニュースレター」(2022 年 2 月号)に領域の紹介記事を寄稿した。日本神経回路学会第 33 回全国大会のシンポジウム「若手が切り開く脳科学の未来」に代表/A02 山本が登壇し，領域の紹介を行った。

■プレスリリース・メディア出演

主要な業績についてはプレスリリースを行い，またラジオ・新聞・テレビ番組などのメディアを通じて非専門家に向けて研究成果を発信した。【プレスリリース】：「ヒト脳内の細胞環境を再現した標本の作製に成功」(福岡大学，A03 桂林，2022 年 8 月 3 日)，「大脳神経回路形成の新戦略—大脳皮質の多数の領野を結ぶ結合を効率よく作るための並列モジュール戦略を解明」(東京大学，A03 松井，2022 年 8 月 4 日)，「人工培養脳」が時系列データの処理を改善」(東北大学・公立はこだて未来大学，代表/A02 山本・A01 香取，2023 年 6 月 29 日)，「生物の脳神経回路の構造を模した培養系モデルを開発」(東北大学，代表/A02 山本，2023 年 8 月 28 日) 【メディア出演】：RSK 山陽放送・朝耳らじお GoGo「技術の森」(A03 松井，2022 年 6 月 15 日・22 日)，BS フジ・科学番組「ガリレオ X」(代表/A02 山本・A01 香取，2023 年 12 月 10 日・17 日)

■領域 HP

領域の HP を運営し，領域取り組みについて紹介すると同時に，イベントの告知や活動報告などに努めた。

■領域シンポジウムの開催

国際シンポジウム RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer の特別セッションとして領域国際シンポジウムを毎年企画した：1st Symposium on Multicellular Neurobiocomputing (2022 年 2 月 18 日，オンライン，参加登録者数 113 人，9 カ国)，2nd Symposium on Multicellular Neurobiocomputing (2023 年 2 月 17 日～18 日，東北大学+zoom，参加者数 104 人，6 カ国)，3rd Symposium on Multicellular Neurobiocomputing (2024 年 2 月 27 日～28 日，東北大学+zoom，参加者数 102 人，7 カ国)。

(3)国際連携

上記の領域国際シンポジウムに海外アドバイザーや関連分野で活躍する海外研究者を招聘し，領域の取り組みや新しい研究成果について意見交換を行った。国際会議 NOLTA 2023 (2023 年 9 月 26-29 日，イタリア)において，EU Horizon 2020 のプロジェクトの 1 つである“NeuChip.eu”と合同で特別セッションを企画し，領域の関連分野での国際的なネットワーク形成を進めた。

(4)若手育成

代表・A02 山本が研究指導を行う博士課程学生 3 名が A01 香取，A01 加藤，A04 正水・西村の研究室で 2 週間～4.5 ヶ月間の学外インターンシップを実施した。これにより，大学院生が自身の研究を推進しながら，異分野の専門家と直接議論し，研究スタイルを肌身で学ぶ機会を領域として整備した。

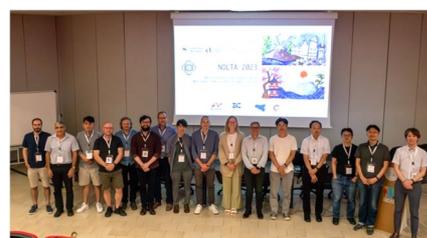
また各メンバーの研究室学生には国内外の学会での発表を積極的に促し，多くの受賞に繋がった：Neuro2022 Junior Investigator Poster Award (A01 香取研 M1)，Neuro2022 国内 Travel Award (A03 松井研 B4)，2022 年春季応用物理学会 Poster Award (A02 谷井研 M2 生) 2022 年秋季応用物理学会 Poster Award (A02 谷井研 M2)，国際会議 NOLTA2023 Best Student Paper Award (A01 香取研 M1)



ガリレオ X「脳をつくる～人工培養された脳が拓く新たな科学～」(2023 年 12 月放送)



2nd Symposium on Multicellular Neurobiocomputing (2023 年 2 月)



国際会議 NOLTA2023 での合同特別セッション (2023 年 9 月)



学生インターンシップ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 山本 英明
2. 発表標題 「多細胞バイオ計算」領域のご紹介（シンポジウム：若手が切り開く脳科学の未来）
3. 学会等名 第33回日本神経回路学会全国大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 H. Yamamoto, Y. Katori, T. Matsui, Y. Masamizu
2. 発表標題 "Multicellular Neurobiocomputing" and beyond
3. 学会等名 The 12th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer（国際学会）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山本 英明
2. 発表標題 趣旨説明（シンポジウム「次世代ICTと未来医療を支える神経科学・神経工学・脳型コンピューティング」）
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Yamamoto, Y. Katori, T. Matsui, Y. Masamizu
2. 発表標題 The launch of "Multicellular Neurobiocomputing"
3. 学会等名 The 1st Symposium on Multicellular Neurobiocomputing (The 10th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer)（国際学会）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

領域ホームページ https://www.mnbc.riec.tohoku.ac.jp/ 領域国際シンポジウムホームページ https://www.mnbc.riec.tohoku.ac.jp/symposium2021.html https://www.mnbc.riec.tohoku.ac.jp/symposium2022.html https://www.mnbc.riec.tohoku.ac.jp/symposium2023.html シンポジウム「次世代ICTと未来医療を支える神経科学・神経工学・脳型コンピューティング」(開催報告) https://www.jsap.or.jp/docs/jsap-meeting/report2022a/report2022a-symposiumT14.pdf

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	香取 勇一 (Katori Yuichi) (20557607)	公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	
研究分担者	松井 鉄平 (Matsui Teppei) (10725948)	同志社大学・脳科学研究科・教授 (34310)	
研究分担者	正水 芳人 (Masamizu Yoshito) (90608530)	同志社大学・脳科学研究科・教授 (34310)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計3件

国際研究集会 The 3rd Symposium on Multicellular Neurobiocomputing	開催年 2024年～2024年
国際研究集会 The 2nd Symposium on Multicellular Neurobiocomputing	開催年 2023年～2023年
国際研究集会 The 1st Symposium on Multicellular Neurobiocomputing	開催年 2022年～2022年

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
スペイン	バルセロナ大学			
オーストラリア	Cortical Labs			
米国	ミネソタ大学			
カナダ	カルガリー大学			
フランス	ボルドー大学			