

第 73 回応用物理学会春季学術講演会シンポジウム報告

T18 バイオ・エレクトロニクス・フォトニクスの融合による ニューロモルフィックコンピューティング

Neuromorphic computing at the convergence of biology, electronics, and photonics

企画：有機分子・バイオエレクトロニクス分科会

日時：2026 年 3 月 17 日（火） 13:30～18:15

会場：東京科学大学 WL1_301（西講義棟 1）

シンポジウム世話人： 山本英明（東北大学）、砂田哲（金沢大学）

概要

生体神経の動作原理に着想を得たニューロモルフィックコンピューティングは、従来の計算アーキテクチャの限界を打破する革新的技術として、近年急速に発展している。また、その社会実装に対する期待も高まりつつある。応用物理学分野においてもニューロモルフィック計算に関する研究発表は年々増加しているが、その対象領域は極めて広く、バイオ、エレクトロニクス、フォトニクスなど複数のセッションにまたがって分散しているのが現状である。このような状況において、分野横断的な視点からの議論と研究者間の交流は、今後の発展に不可欠である。

こうした背景のもと、本シンポジウムでは、バイオ、エレクトロニクス、フォトニクスという異なる分野で発展してきたニューロモルフィック技術を横断的に俯瞰し、分野融合による新たな知能システム創出の可能性を探ることを目的として開催した。

当日は、各分野の最前線で活躍する研究者 8 名を招待講演者として迎え、さらに一般講演 3 件を加えた計 11 件の講演が行われた。これにより、バイオ・エレクトロニクス・フォトニクスといった基盤技術の観点に加え、理論・デバイス・システムに至る階層的視点を含む多角的な観点から最新の研究動向が共有された。その結果、分野間の相互理解が深化するとともに、今後の連携に向けた活発な議論が展開された。

参加者は、会場参加 82 名、オンライン参加 33 名（合計 115 名）に達し、終始活発な質疑応答が行われるなど、非常に熱気に満ちたシンポジウムとなった。本シンポジウムは、分野横断的な連携を加速し、次世代ニューロモルフィック技術の発展に向けた重要な契機となったといえる。



各発表の概要

【招待講演 8 件】

ナノ材料を用いた物理リザバーの構築と知的システム応用の可能性

田中 啓文(九工大)

ナノ材料の非線形性を活用した物理リザバー計算デバイスを開発し、低消費電力 AI やインセンサ計算、ロボット応用への展開可能性が示された。

培養神経回路網を理解するための柔らかいバイオエレクトロニクス

酒井 洸児(NTT 物性研、NTT BMC)

柔軟バイオエレクトロニクスと MEA を用いて培養神経回路の構造制御と計測技術を開発し、軸索や三次元神経ネットワークの機能解析が示された。

軸索配線を介した大脳オルガノイドの機能向上

池内 与志穂 (東京大学)

オルガノイド研究の概要、Brain Processing Unit (BPU) の概念とともに、その分野の課題についても言及し、大脳オルガノイド同士を接続し、回路構造の機能的変化を誘導する手法や知的機能の発現の可能性に関する興味深い結果が示された。

リザバーコンピューティングに基づく予測符号化モデルによる多感覚統合とノイズ適応型神経計算

香取 勇一(公立はこだて未来大学)

リザバー計算に基づく予測符号化モデルを提案し、多感覚統合やノイズ適応を実現する生体的情報処理の計算原理が示された。

光発振器ネットワークを用いた組合せ最適化と脳型情報処理への展開

稲垣 卓弘 (NTT 物性研)

光発振器ネットワーク (DOPO) を用いた大規模スパイクングニューラルネットワークを構築し、組合せ最適化問題の高速解探索などが示された。

無線通信システムにおけるリソース選択問題へのレーザカオス意思決定の応用

長谷川 幹雄 (東京理科大)

レーザカオスを利用した超高速意思決定手法を無線通信に応用し、チャンネル選択や NOMA、ビーム選択の最適化性能を向上させた結果が示された。

クープマン作用素によるニューラルネットワークの線形化と応用

大久保 潤 (埼玉大院理工)

クープマン作用素によりニューラルネットワークの非線形性を線形化する手法を提案し、光回路など線形ハードウェアへの応用可能性を示された。

超低消費電力 AI を実現するアナログ・インメモリ計算の数理基盤

酒見 悠介(千葉工大、東大)

アナログ・インメモリ計算の数理基盤を整理し、非理想性を考慮した設計手法と超低消費電力 AI 実現に向けた回路技術を提示された。

【一般講演：3件】

リザーバー計算に基づく強化学習モデルの実細胞実装

齋藤 新(東北大)

実細胞神経回路を用いたリザーバー強化学習系を構築し、迷路探索タスクを通じてネットワーク規模が学習性能に与える影響が示された。

再構築可能な入力機構を備えたオンボード非線形アナログネットワークの高速機械学習機実装

広井 賀子(神奈川工科大工、慶應義塾大医)

再構成可能な非線形アナログネットワークによる機械学習ハードウェアを実装し、従来計算機と比べて桁違いに高速・低消費エネルギーな学習が達成できることが示された。

光超次元ベクトル生成に基づく脳型コンピューティング

岩田 卓也(金沢大機)

光による超次元ベクトル生成に基づく脳型計算手法を提案し、高次元表現によるノイズ耐性と全光型高速推論の有効性が示された。

まとめ

以上のように、本シンポジウムでは、生体神経の理解に基づくバイオ研究から、ナノ材料・アナログ回路・光システムといったハードウェア実装、さらには予測符号化や強化学習などの計算原理に至るまで、階層横断的な進展が示された。光・アナログ技術による低消費電力化の方向性は、従来計算の限界を補完する有力なアプローチである。また、生体神経系と人工システムの双方向的な知見の還流が進みつつあり、分野融合による新たな知能創発の可能性が強く示唆された。

謝辞

本シンポジウムの開催にあたり、企画をご承認いただいた日本応用物理学会ならびに、企画運営をサポートいただいた有機分子・バイオエレクトロニクス分科会に深く感謝申し上げます。また、ご多忙の中ご講演をお引き受けいただいた招待講演者の先生方、ならびに長時間にわたりご参加いただいた聴講者の皆様に心より御礼申し上げます。さらに、会場運営を円滑に進めていただいた会場系の皆様、ならびに事務局の皆様に深く感謝申し上げます。

