

ALCA-Next

「グリーンコンピューティング・DX」領域

2023 年度 年次報告書

2023 年度採択

[田中啓文]

[九州工業大学大学院生命体工学研究科 教授]

[超低消費電力マテリアルベース AI エッジシステムの開発]

主たる共同研究者:

[香取勇一 (公立ほこだて未来大学 教授)]

[田向権 (九州工業大学 教授)]

実施期間 : 2023 年 11 月 15 日～2024 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

本課題ではナノマテリアル中のランダムネットワーク構造を制御し、ニューロモルフィック(脳型) AI の一種であるリザバー演算(RC)システムを開発する。マテリアルを緻密に制御し、先行する CMOS-AI ハードウェアと融合させ、脳型 AI システム技術を確立し、最先端 CMOS-AI チップより格段に高いエネルギー効率を目指す。さらに、ロボット実装・実証を行う。

田中グループでは以下の項目を行った。「項目 1a: マテリアルリザバーデバイス作製と評価」では多電極回路の各電極に寄生容量変化用アンプを設置させた回路を設計した。「項目 2a: 銀/硫化銀コアシェル構造のアナログメモリ機能と予備検討結果」、「項目 2b: メモリ R/W 特性・時間スケール」、「項目 2c: メモリ特性の再現性、保持特性、書換耐性等の課題解決方法」の3項目では3種のチオール、アリルメルカプタン、ドデカンチオール、ブタンチオールを用いた銀ナノ粒子を作製・素子化した。時定数内のデータ注入により過去認識能力が向上した(論文1)。

香取グループでは以下の項目を行った。「項目 3b: マテリアル脳型 AI システムのための情報処理機構の構築」、「項目 3c: マテリアルリザバー AI 素子の AI システムへの拡張」では、脳型 AI モデルの開発を中心に、多層構造を取り入れ学習効率を向上させる手法を提案した(論文2)。また、モータープリミティブの生成とスムーズな切替を可能にするリザバー強化学習モデルを開発した。

田向グループでは以下の項目を行った。「項目 3a: 脳型モデルの開発」ではマテリアル実装を指向したリザバーモデルを拡張した。マルチリードアウト RC のバッチ学習法を考案した。(論文3)。「項目 3c: マテリアルリザバー AI 素子の AI システムへの拡張」では、CNT-PDMS ナノ複合体センサによる把持物体の識別、把持点推定に成功した。「項目 4a: サービスロボット AI チップによる知的処理」では、マテリアルリザバー評価用に競技会向けロボットシステムを開発した。

【代表的な原著論文情報】

1 「Effect of nonlinearity induced by atomic switch in Ag/Ag₂S nanoparticles on performance of in-materio reservoir computing」

T. T. Dang, O. Srikimkaew, D. Banerjee, S. Azhari, Y. Usami, **H. Tanaka**, *Appl. Phys. Lett.* 124, 091903 (2024).

2 「Enhancing Reinforcement Learning in POMDPs with the Reservoir Soft Actor-Critic Model Incorporating Multi-layer Structures」

Tatsuro Nagai, **Yuichi Katori**, Proceedings on The 10th Anniversary Korea-Japan Joint Workshop on Complex Communication Sciences, 1-4 (2024).

3 「Self-organizing Multiple Readouts for Reservoir Computing」

Y. Tanaka, **H. Tamukoh**, *IEEE Access*, 11, 138839-138849 (2023).