

ALCA-Next

「グリーンコンピューティング・DX」領域

2024 年度 年次報告書

2023 年度採択

[研究開発代表者名:田中 啓文]

[九州工業大学大学院生命体工学研究科 教授]

[研究開発課題名: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 : 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

§1. 研究開発成果の概要

ナノマテリアルを緻密に制御した最先端 CMOS-AI チップの開発のため今年度は以下を行った。

「項目 1a: マテリアルリザバーデバイス作製と評価」では、素子中の銀ナノ粒子の多様性を評価した。「項目 1b: マテリアルリザバーと結合する CMOS 集積回路の開発」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、シミュレーションを行った。「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」では、ナノ粒子ベースの原子スイッチングネットワーク型メモリストデバイスの条件探索のためグラフ理論に基づくシミュレーションを行った。「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」では、銀ナノ粒子デバイスの動作モードを、コンプライアンス電流の変化により高安定制御した。[\(論文1\)](#)。

「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、脳の予測符号化機構に基づき発展させたリザバー計算モデルにより、マルチモーダル音声認識や動的環境下でのセンサ情報統合処理を実現した。特に、モダリティごとの信頼性に基づく重み付け機構を導入、視聴覚情報の統合精度と耐雑音性を向上した。また、ヒステリシス特性を示す振動子をリザバー素子として用い、非線形動的特性に基づく高精度な音声認識を達成した。[\(論文2\)](#)

「項目 3a: 脳型モデルの開発」では、マテリアルごとに異なる時定数を活用するために、複数リザバーモデルを考案した。「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。[\(論文3\)](#)

「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 「Volatile and Nonvolatile Dual-Mode Switching Operations in an Ag-Ag₂S Core-Shell Nanoparticle Atomic Switch Network」
O. Srikimkaew, S. Ricci, M. Porzani, T. T. Dang, Y. Nakaoka, Y. Usami, D. Ielmini, **H. Tanaka**, *Adv. Elect. Mater.* 10, 2470033 (2024).
- 2 「Dynamical predictive coding with reservoir computing performs noise-robust multi-sensory speech recognition」
Y. Yonemura, **Y. Katori**, *Frontiers in Computational Neuroscience* 18, 1-12 (2024). DOI:10.3389/fncom.2024.1464603.
- 3 「Object recognition and grasping point detection using carbon nanotube - polydimethylsiloxane nanocomposite sensor」
S. Tokuno, K. Kimizuka, Y. Tanaka, Y. Usami, **H. Tanaka**, **H. Tamukoh**, *Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE* 15, Pages 883-898 (2024). DOI: 10.1587/nolta.15.883