

2023 年度年次報告書
信頼される AI の基盤技術
2022 年度採択研究代表者

酒見 悠介

千葉工業大学 数理工学研究センター
上席研究員

脳型アナログ演算を支える数理モデリング

研究成果の概要

本研究課題では、スパイクニューラルネットワーク(SNN)の専用ハードウェアである脳型アナログ集積回路を高い信頼性で動作させる数値手法の確立、及び、回路試作による検証を目的としている。今年度は以下の成果が得られた。

・SNN の学習アルゴリズム開発

SNN は専用ハードウェア化したときに高い電力効率を示す期待されているが、高い電力効率と高い学習性能を両立することは困難である。今年度は、学習性能を低下させずに、発火率を低減することで、電力効率を向上させる学習アルゴリズムを開発した¹⁾。さらに、各ニューロンの発火回数が1回以下に限定されていた従来の学習アルゴリズムを任意回数発火可能に拡張し、電力効率と学習性能のトレードオフの最適化に成功した²⁾。

・オープンソース環境を活用した SNN のハードウェア開発

昨年度までに、非理想的な特性をもつアナログデバイスを用いた場合にも、物理モデルを構築し、それを学習させることで、AI ハードウェアとして動作させられることを数値シミュレーションで示してきた。このアプローチが実際のハードウェアを動作させられるかを調べるために、SNN 回路をオープンソース環境で設計した。さらに回路シミュレーションによって、上記アプローチが有効であることがわかってきた。より定量的に評価を行い実用化における課題の整理を行う。

・より脳らしいニューラルネットワークアーキテクチャの提案

レザバコンピューティング(RC)は再帰結合を含んだネットワークであり、かつ、ハードウェア実装が容易な学習モデルである。一方で、RC は学習性能が一般的な RNN に比べて性能が劣る。そこで、RC に神経修飾機構を模した自己変調機構を導入し、学習性能とハードウェア実装性を両立するアーキテクチャを提案した³⁾。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yusuke Sakemi, Kakei Yamamoto, Takeo Hosomi, Kazuyuki Aihara, “Sparse-firing regularization methods for spiking neural networks with time-to-first-spike coding”, Scientific Reports 13, 22897 (2023)
- 2) Kakei Yamamoto, Yusuke Sakemi, Kazuyuki Aihara, “Can Timing-Based Backpropagation Overcome Single-Spike Restrictions in Spiking Neural Networks?”, The IEEE World Congress on Computational Intelligence (IEEE WCCI2024), accepted
- 3) Yusuke Sakemi, Sou Nobukawa, Toshitaka Matsuki, Takashi Morie, Kazuyuki Aihara, “Learning Reservoir Dynamics with Temporal Self-Modulation”, Communications Physics 7, 29 (2024)