

Society 5.0 を支える革新的コンピューティング技術
2019 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書

佐藤 茂雄

東北大学電気通信研究所
教授

スピネッジコンピューティングハードウェア基盤

§ 1. 研究成果の概要

スピンエッジコンピューティングハードウェア基盤の構築のために、3つのグループすなわちスピンエッジコンピューティングハードウェア基盤(佐藤グループ)、スピンエッジコンピューティング向け革新的アーキテクチャ(羽生グループ)、スピンエッジコンピューティング向け材料デバイス技術(深見グループ)の協調により研究を進めている。今年度は、前年度に得られた知見をベースに、引き続き、材料・デバイス、回路、アーキテクチャそれぞれの階層で要素技術の開発・成熟化を図ると共に、階層間の融合も推し進めた。各グループの主な研究成果は次の通りである。

佐藤グループでは不揮発素子を活用した二値化デジタル CMOS ニューラルネットワークや、リザーブコンピューティング向け低消費電力アナログ CMOS ニューラルネットワークの回路設計を行い、数値シミュレーションによってその動作検証を行った。その結果、例えば、アナログ CMOS を用いた 10 ニューロン構成のリカレントニューラルネットワークにおいて、消費電力を 80 nW 程度に低減できることなどを明らかにしている。

羽生グループでは不揮発 FPGA を基本構成要素とした BCNN(Binarized Convolutional Neural Network)ハードウェアの回路設計を行った。また、高位レベル演算記述を不揮発 FPGA 上へ自動的にマッピングする一連の設計ツールフローも構築した。加えて、確率的演算回路のモデル化の初期検討を進めた。

深見グループでは、アナログスピン素子の電流に対する応答に関して、電流パルス幅依存性、及び複数のパルスが印加された場合のパルス間のタイミング依存性に関して、数理モデルの構築を念頭に系統的にデータを取得した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 佐藤グループ

- ① 研究代表者: 佐藤 茂雄 (東北大学電気通信研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・ディープニューラルネットワーク(DNN)基本要素回路
 - ・低消費電力アナログニューロン回路

(2) 羽生グループ

- ① 主たる共同研究者: 羽生 貴弘 (東北大学電気通信研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・デジタルスピン/アナログスピン演算回路向けエッジ AI アーキテクチャの開発
 - ・確率論的スピン演算回路向けエッジ AI アーキテクチャの開発

(3) 深見グループ

① 主たる共同研究者: 深見 俊輔 (東北大学電気通信研究所、教授)

② 研究項目

- ・アナログスピン演算回路向けニューロン素子、シナプス素子
- ・確率論的スピン演算回路向けスピン素子

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Nanosecond Random Telegraph Noise in In-Plane Magnetic Tunnel Junctions”, Physical Review Letters, vol. 126, 117202, 2021.
- 2) “Theory of relaxation time of stochastic nanomagnets”, Physical Review B, vol. 103, 094423, 2021.
- 3) “Computational Efficiency of a Modular Reservoir Network for Image Recognition”, Frontiers in Computational Neuroscience, vol. 15, 594337, 2021.
- 4) “不揮発記憶機能が拓く新概念ロジック LSI 設計技術とその将来展望,”電子情報通信学会論文誌 C, vol. J104-C, pp.185-192, 2021.