

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

2022 年度
年次報告書

佐藤 茂雄

東北大学 電気通信研究所
教授

スピンエッジコンピューティングハードウェア基盤

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)

深見 俊輔 (東北大学 電気通信研究所 教授)

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、これまでに材料・デバイス、回路、アーキテクチャそれぞれの階層で得られている要素技術の融合を図ると共に、エッジコンピューティングなど工学的応用についても研究を進めた。また中間評価に向けて試作 LSI を用いたリザーブコンピューティングの実装や、社会実装を意識した企業との共同研究も進めた。

佐藤グループでは不揮発素子を活用したデジタル CMOS ニューラルネットワークの最適化や、低消費電力アナログ CMOS ニューラルネットワーク LSI を用いたリザーブコンピューティングの動作検証を行った。従来のデジタル回路実装と比較して、圧倒的な省電力で時系列認識が可能であることなどを明らかにした。

羽生グループでは不揮発 FPGA を基本構成要素とした Deep Neural Network (DNN) や BCNN (Binarized Convolutional Neural Network) の実用的な規模での実現に向けて、具体的なハードウェア構造の考案と実装に取り組んだ。また、最適化問題において著しい解収束性能を有する stochastic-computing を用いたシミュレーテッドアニーリングを、高効率に FPGA に実装する方法を明らかにした。

深見グループでは、アナログスピン演算回路、及び確率論的スピン演算回路向けのスピン素子の動作様式の詳細な理解に基づくデバイスモデルの構築、及びデバイス特性の向上に継続的に取り組むのと同時に、小規模回路での原理実証を行った。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Local bifurcation with spin-transfer torque in superparamagnetic tunnel junctions”, Nature Communications vol. 13, 4079, 2022.
- 2) “External-Field-Robust Stochastic Magnetic Tunnel Junctions Using a Free Layer with Synthetic Antiferromagnetic Coupling”, Physical Review Applied, vol. 18, 054085, 2022.
- 3) “Experimental evaluation of simulated quantum annealing with MTJ-augmented p-bits”, 2022 International Electron Devices Meeting (IEDM), Digest of Technical Papers, 22.4.1, 2022.
- 4) “Memory-Efficient FPGA Implementation of Stochastic Simulated Annealing,” IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems (JETCAS), vol.13, issue 1, pp.108-118, March 2023.
- 5) “A fully analog CMOS implementation of a two-variable spiking neuron in the subthreshold region and its network operation,” Proc. 2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), pp. 1-7, 2022.