

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発年次報告書

平成30年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：井上 弘士]

[九州大学大学院システム情報科学研究院・教授]

[研究開発課題名：低炭素 AI 処理基盤のための革新的超伝導コンピューティング]

実施期間：平成31年4月1日～令和2年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「井上」グループ(九州大学)

① 研究開発代表者:井上 弘士 (九州大学大学院システム情報科学研究院、教授)

② 研究項目

- ・SFQ 向けアーキテクチャ開発
- ・システム・シミュレーション環境の構築
- ・電力性能評価

(2)「田中」グループ(名古屋大学)

① 主たる共同研究者:田中 雅光 (名古屋大学大学院工学研究科、助教)

② 研究項目

- ・SFQ 主要構成要素の設計・試作
- ・SFQ 回路の特性評価

(3)「近藤」グループ(東京大学)

① 主たる共同研究者:近藤 正章 (東京大学大学院情報理工学系研究科、准教授)

② 研究項目

- ・SFQ 向けニューラルネットワーク・モデルの構築
- ・SFQ 向け機械学習アルゴリズムの開発

§2. 研究開発実施の概要

本研究で達成する POC は、来たるべく AI 社会を支える極低温コンピューティング基盤の実用化を念頭に、その主要構成要素となる AI 処理エンジン SFNuro を開発し、その実現可能性ならびに情報処理インフラとしての CO2 排出量削減効果を示すことにある。この目標を達成するためには、SFQ デバイスの特性を最大限に発揮し、その上で欠点を隠蔽するためのシステム構成法を、回路・アーキテクチャ・アルゴリズムの技術レイヤを跨いだ横断的最適化により導き出すことが必要となる。この目標を達成すべく、2019 年度は、①SFQ 向け 2 値化ならびにスパイクング・ニューラルネットワークに関する評価環境構築、②ビットパラレル型 SFQ ニューラルネットワーク・アクセラレータ・アーキテクチャを対象としたモデリング・評価環境構築・評価の実施、③ビット並列乗算器の拡張ならびに低電圧化技術の確立、を行った。①においては、ニューラルネットワークモデルを評価するための環境構築と、各種ソフトウェアや応用展開に関する研究を行った。電力効率に優れる 2 値化ニューラルネットワーク、および Spiking Neural Network (SNN)を主として検討し、2 値化ニューラルネットワークの電力効率を評価する環境がほぼ完成しつつある。②に関しては、低電圧 SFQ 回路の電力効率モデリング、SFNuro 構成要素を対象とした各種モデリング、評価環境構築、詳細なアーキテクチャ探索、を実施した。評価の結果、既存技術に対して大幅な性能向上を達成できる

ことを確認した。③では、SFNuroの基本データパス構造を念頭に、ビット並列ゲートレベルパイプライン構成を採用した4ビットプロセッサの設計を行い、32GHz動作を世界に先駆けて実証した。また、低電圧化や低電流化による積和演算器などの試作により、極めて高い電力効率の実現可能性を確認した。