

革新的コンピューティング技術の開拓
2019年度採択研究者

2021年度 年次報告書

陳 オリビア

東京都市大学 情報科学科
准教授

アルゴリズム・ソフトウェア・ハードウェアの融合による超低電力ニューラルネットワーク
の構築

§ 1. 研究成果の概要

ここ数年で深層学習は沢山の注目を集め、様々なアプリケーションに応用されながら劇的な精度向上を果たしている。これらの多くは数百万から数十億の素子で構成され、複数の GPU と CPU の組み合わせによる超高速計算能力が重要な役割を果たしている。このような計算には大きな消費電力がともない、莫大なコストを必要とする。そこで本研究は、アルゴリズム、ソフトウェア、及びハードウェアを統合した超低電力ニューラルネットワークを提案する。一方、ストカスティク演算は確率情報に基づき演算を行い、面積効率の良いハードウェアを実現しやすい方式として知られている。近年、画像処理やディープラーニングなど、エラーを許容可能なアプリケーションへの応用が盛り上がっている。本研究では、低電力かつ高速動作などの特徴を持つ超伝導回路を用いることで、ストカスティク演算に基づくニューラルネットワークのハードウェア実装を目指している。

本年度ではおもに、下記の成果を得られた。

- ① AND ゲートとマルチプレクサを用いた積和演算器を提案し、4.2K の動作実証に成功した。また、バイナリビットを確率列に転送する精度を評価した。さらに、確率的メモリを使用して重み生成のハードウェアコストを削減する手法を提案した。
- ② マルチフラックスストレージループを用いたシグモイド関数発生器と重みメモリの低温下の動作実証に成功した。
- ③ タイミングを考慮した配置配線手法を提案した。本手法では、AQFP 回路のタイミング制約および配線長制約の範囲内で、タイミング違反を大幅に削減することに成功した。
- ④ 探索研究として、ニューラルネットワークを加速するため、超伝導フーリエ変換器を用いた畳込み演算を提案し、産総研9層ニオブプロセスでフーリエ変換器部分の試作を行った。また、4.2K の動作実証に成功した。これは今までに、最大規模の超伝導ニューロモーフィックコンピューティング回路であり、超伝導接合数は 17455 である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “TAAS: A Timing-Aware Analytical Strategy for AQFP-Capable Placement Automation”, Design Automation Conference (DAC’22) (To be appeared).
- 2) “Demonstration of a 47.8 GHz high-speed FFT processor using single-flux-quantum technology”, vol. 31, No. 5, pp.1-5, 2021.