

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 信頼性を持つ量子コンピュータ・アーキテクチャの研究

2. 個人研究者名

谷本 輝夫（九州大学大学院システム情報科学研究院 准教授）

3. 事後評価結果

本研究では信頼性を有する量子コンピュータ・アーキテクチャの開発を目的とした。量子コンピュータの実現にはハードウェアとソフトウェアをつなぐアーキテクチャが重要となるが、従来の量子コンピュータ研究はハードウェア開発とアルゴリズム研究が主であり、本格的なアーキテクチャ研究は不十分である。この状況でコンピュータ・アーキテクチャを専門とする本研究者が参入してきたことは意義のあることと言える。当初は Noisy Intermediate-Scale Quantum computer (NISQ) でのショット数を必要十分な回数に限定する手法の確立を掲げて大規模シミュレーションを計画していたが、有効かつ一般的な議論が難しいことが明らかになり方針を転換した。自身の研究の進展と外部情勢の変化に対応して機動的に研究を進めたことを評価したい。

NISQ については、Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA) を対象としたシステム・アーキテクチャを提案し、20 mK、4K、300K（室温）の各温度ステージでの最適な計算の割り振りと温度ステージ間の通信バンド幅を削減する手法を提案した。

さがけ領域内の研究者との交流もあり、誤り耐性量子計算 (FTQC) のアーキテクチャ上の課題について検討を進めた。将来の FTQC の実現に向けて潜在的な課題を明らかにし、対策を与えることは今後のハードウェア設計・開発の指針となり得るものである。大規模化の障害となる要素を抽出し、構成の改善により単一希釈冷凍機で 10 万以上の物理量子ビットを収容できる可能性を示した。また、宇宙線によるバースト的な誤りの増大は現実的な問題としても重要である。これに対して、誤りの検出と処理を行うことで論理誤り率を改善できることを示した。

本研究の成果は、コンピュータ・アーキテクチャにおけるトップコンファレンスである International Symposium on Computer Architecture (ISCA) や International Symposium on Microarchitecture (MICRO) に採択された。これは成果そのものに価値があるとともに、量子コンピュータがコンピュータ・アーキテクチャ分野でも認知されてきたことを示すものとして意義のあることだと考える。本研究者は、同時に国内外のコンピュータ・アーキテクチャ研究者ともネットワークを構築し、研究を進めている。また、ムーンショット型研究開発事業や CREST 量子フロンティア・徳永チームにも参画し、量子コンピュータ・アーキテクチャの専門家としての存在感を高めている。また、さがけ期間中に九州大学情報基盤研究開発センター 助教から九州大学大学院システム情報科学研究院 准教授に昇任した。