

革新的な量子情報処理技術基盤の創出
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

秋笛 清石

日本電信電話(株) コミュニケーション科学基礎研究所
研究主任

高機能量子通信プロトコルにおける量子操作の分散効率化と評価

研究成果の概要

【確率的コンパイラに関する成果】

FTQC における量子回路実装や、Hamiltonian シミュレーションでは、離散個のユニタリゲートを用いて所望のユニタリゲートを実装する、または所望の量子状態を準備することが求められる。本研究では、その様な際に近似精度の最適性と動作時間の高速性が保証された確率的コンパイラを開発した [1,2]。ユニタリのコンパイラについては、今後東大との共同研究により現実的な状況での性能評価を実施する計画である。状態準備のコンパイラについては、準備したい状態が対称性を持つ際に更なる高速化が可能となることを示した[2]。

量子操作の分散効率化では全体として決定的に実行される操作であっても、一般にはそれを構成する操作を確率的に実施する必要がある、個々の操作の最適化とそれらを実施する確率の最適化が求められる。それに対して、確率的コンパイラのコア技術である確率分布の最適化方法を用いることで、分散効率化の基礎となる量子もつれ量の代数的計算の簡略化や数値的計算の高速化が達成されることを示した。本成果に関しては学会発表や論文投稿、大学や企業の研究グループにおける招待講演を実施した。

【量子もつれ厳密最小化に関する成果】

高機能量子通信プロトコルの一例である量子ネットワークセンシングでは、ネットワークノード内での推定回路の分散効率化が重要である。推定回路は一種の測定回路なので、多数の先行研究が存在する測定回路の分散効率化という問題に帰着できる。今回まず、2量子ビットの推定回路について、先行研究を拡張することで、分散実装した際に量子もつれが必要ないクラスに属するかの判定方法を導出し、学会発表を実施した。また、量子もつれが必要となる推定回路については、必要な量子もつれ量を計算する新たな手法を提案し、応用的にも重要な推定回路について新手法を用いて初めて量子もつれ量が計算できる例を発見した。今後は本手法を用いて他の高機能量子通信プロトコルの分散効率化を実施すると共に、立命館大との共同研究により数理的限界を模索する計画である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Seiseki Akibue, Go Kato, and Seichiro Tani, Probabilistic unitary synthesis with optimal accuracy, arXiv: 2301.06307, 2023
- 2) Seiseki Akibue, Go Kato, and Seichiro Tani, Probabilistic state synthesis based on optimal convex approximation, arXiv: 2303.10860, 2023