

2023 年度年次報告書

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

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

ランダム量子回路は様々な高機能量子通信プロトコル(通信・検証・センシングなど)で用いられる。しかし、従来の分散実装法ではランダム量子回路の実装の際に、量子ビット数に対して指数的な量子もつれを消費してしまうため、目的とするプロトコルに応じて量子もつれ消費量を削減することが研究項目1の目標である。当初計画では通信のためのランダム量子回路の分散実装を進める予定であったが、ノード当たりの量子ビット数が定数である限り、[W. Brown et al. (15)]によって提案された分散実装法(量子ビット数に対して準線形的な量子もつれで十分)を改善することは難しいことが分かったため、別のプロトコルにおけるランダム量子回路の分散実装を考えた。

その結果、今年度の**重要成果**の一つとして「検証のためのランダム量子回路の新たな分散実装法」を提案し、従来法で必要とされていた多項式的な量子もつれを**ゼロ**にできることを数値実験で示すことに成功した。

量子もつれの数値最小化アルゴリズムを開発し、高機能量子通信プロトコルのサブルーチンの分散実装において、量子もつれ最小化を実施することが研究項目2の目標である。当初計画していた「量子状態の識別可能性に着目した探索空間の削減」は難航しているが、「確率混合による量子状態近似」の理論⁽¹⁾を確立し、探索空間を二乗削減することに成功した。また、この理論⁽¹⁾の副産物として、量子コンパイラを開発し⁽²⁾、(ランダム量子回路に限らず)多くの量子回路の分散実装において、量子もつれ消費量を定数倍削減できることを示した。

本研究項目については、今年度の**重要成果**の一つとして「サブルーチンが定める部分空間に着目した探索空間の新たな削減方法」を開発した。本手法はサブルーチンによっては探索空間を指数的に削減することが可能であり、例えば、センシングのサブルーチン⁽³⁾に本手法を適用することで、量子もつれの必要最小量を特定することに成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Seiseki Akibue, Go Kato, Seiichiro Tani, Probabilistic state synthesis based on optimal convex approximation, npj *Quantum Information* 10(1)
- 2) Seiseki Akibue, Go Kato, Seiichiro Tani, Probabilistic unitary synthesis with optimal accuracy, *ACM Transactions on Quantum Computing* (accepted)
- 3) Jisho Miyazaki, Seiseki Akibue, Non-locality of conjugation symmetry: characterization and examples in quantum network sensing, *New Journal of Physics* 26(5)