

革新的な量子情報処理技術基盤の創出
2021 年度採択研究者

2021 年度
年次報告書

遠藤 傑

日本電信電話(株) NTT コンピュータ&データサイエンス研究所
研究員

量子エラー抑制の基礎理論の構築および実用的手法の提案

§ 1. 研究成果の概要

本年度の成果としては以下の論文1~4がある。以下その詳細を述べる。

論文 1) 量子エラー抑制の誤り耐性量子計算への応用

我々は量子エラー抑制を誤り耐性量子計算に適応することによって、誤り耐性量子計算中の広範な種類のエラーを取り除けることを示した。量子エラー抑制を手法に組み合わせることによって量子エラー訂正の符号化に用いる量子ビット数を減らすことができ、論理空間上での量子超越を示せるようになる領域では80%の量子ビットの削減が期待できる。この結果はPRX Quantum 誌に出版された。

論文 2) 一般化部分空間展開法

仮想蒸留法も部分空間展開法どちらもエラーの詳細を知らずに計算エラーを取り除くことができる量子エラー抑制法として知られている。それぞれ、抑制することができるエラーの種類が異なっているが、我々は仮想蒸留法、部分空間展開法を統合、一般化した手法である一般化部分空間展開法を提案し、非常に高精度な量子エラー抑制法を提案した。この成果はPhysical Review Letters 誌に採択された。

論文 3) Hybrid tensor network 法における遷移行列計算

量子コンピュータのサイズ以上の量子シミュレーションを行うことを可能にするhybrid tensor network 法がこれまで提案されていたが、量子系の解析を行う上で重要な情報である遷移行列の情報を得るためのアルゴリズムは提案されていなかった。我々は、hybrid tensor network 法において、遷移行列計算を行うことを可能にする量子アルゴリズムを計算し、その効率性を評価した。この成果はPhysical Review A 誌で出版された。

論文 4) 量子誤り抑制の量子センシングへの適応

量子センシングは量子状態を用いて微小な外場を精度よく読み出すことを目標とする分野であるが、環境ノイズがゆらぐ際には信号に系統的なエラーが入るため、外場の推定誤差がセンシングにおける量子優位性が失われてしまうという問題があった。我々は量子エラー抑制を用いて環境ノイズを抑制することで、量子センシングの精度を飛躍的に向上する手法を提案し、arXiv に発表した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Quantum Error Mitigation as a Universal Error Reduction Technique: Applications from the NISQ to the Fault-Tolerant Quantum Computing Eras, Y. Suzuki, S. Endo, K. Fujii, and Y. Tokunaga, PRX Quantum 3, 010345 (2021).
- 2) Generalized quantum subspace expansion, N Yoshioka, H Hakoshima, Y Matsuzaki, Y

Tokunaga, Y Suzuki, S Endo, arXiv preprint arXiv:2107.02611 (2021).

- 3) Quantum algorithm for the calculation of transition amplitudes in hybrid tensor networks S Kanno, S Endo, Y Suzuki, Y Tokunaga, Physical Review A 104 (4), 042424 (2021).
- 4) Error-mitigated quantum metrology, K Yamamoto, S Endo, H Hakoshima, Y Matsuzaki, Y Tokunaga, arXiv preprint arXiv:2112.01850 (2021).