

2023 年度年次報告書

量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓

2023 年度採択研究代表者

竹森 那由多

大阪大学 量子情報・量子生命研究センター
准教授

k-RDM 推定量子アルゴリズムが拓く量子新奇テストベッド準周期系

研究成果の概要

多体量子系において、還元密度行列(RDM)は局所的な物理量の情報を理解する上で重要な役割を果たす。特に高次の RDM は、電子相関を正確に考慮する計算に不可欠である。しかし、量子コンピューティングにおける高次 RDM の推定は、統計的、ハードウェア、およびアルゴリズムの誤差に起因するスケーラビリティの問題に直面する。

本研究では、量子コンピューティングにおける高次 RDM 推定において、これらの誤差制約を最小化することを目的とした。フェルミオン影像法の枠組み内で、統計的、ハードウェア、およびアルゴリズムの誤差間のトレードオフにより、特にサンプル複雑性を減少させるためのキュムラント展開が有効となる例を実証した。

具体的には、数値解析を用いて、スピンレスハバードモデルの 1 次元および 2 次元系における量子部分空間展開法を解析した。この解析により、バイアスがかかったが効率的な推定が、励起状態計算におけるハードウェアノイズをより効果的に軽減することを示した。これにより、従来の推定方法と比較して、計算資源の効率的な利用が可能となる。

さらに、本研究は、現実の量子コンピュータにおいて、多様な誤差リソースを総合的に最小化するための手法を提案している。これにより、実用的な量子コンピューティングのコスト効率を向上させる道が開かれた。

本研究の結果は、量子コンピューティングの分野において、高次 RDM 推定の精度と効率を大幅に向上させる新たな手法を提供し、量子デバイスの実用化に向けた重要なステップとなることが期待される。