

革新的な量子情報処理技術基盤の創出
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

品岡 寛

埼玉大学 大学院理工学研究科
助教

スパースモデリングを用いた固体の革新的量子計算技術の開発

研究成果の概要

①量子不純物問題に特化した量子回路設計

第二年次に用いた変分量子固有値ソルバーの Ansatz では、変分パラメータが系の軌道自由度 N に対して $O(N^4)$ で急速にスケールする。そこで、パラメータ数を $O(N^2)$ まで減らすため k-uCJ 法を導入した。典型的な量子不純物問題の基底エネルギーに対する精度を確認した。

②準量子技術 ("quantics tensor train") に基づいた高速な場の量子論計算法の提案

品岡が代表を務める科研費・基盤研究(B)「次元圧縮技術が拓く二粒子応答の第一原理計算」との連携によって予想外に得られた結果である。結果をまとめた論文は、Physical Review X 誌に、2022年3月2日受理、2023年4月27日出版された 1)。また、埼玉大学、京都大学、理化学研究所、JST と共同でプレスリリースを行った。

量子埋め込み理論を含む場の量子論計算では、量子系の応答関数の時空依存性の情報圧縮が長年の課題である。本研究では、指数的に異なる時空依存性を記述する自由度 "quantics" の導入、時空依存性データのテンソル分解を組み合わせることで、相関関数の大幅データ圧縮を可能にした。また、量子フーリエ変換などを用いた、圧縮した形式での場の量子論計算を数値的に実証した。これらの準量子技術は、古典コンピュータの性能を有効活用する方法であり、広い場の量子論計算に使われると期待される。

③スパースモデリングライブラリの開発・公開

ウィーン工科大学の共同研究者等とグリーン関数のスパースモデリングに関する Python/Julia ライブラリを開発・公開した 2)。

【代表的な原著論文情報】

1) "Multiscale Space-Time Ansatz for Correlation Functions of Quantum Systems Based on Quantics Tensor Trains", Phys. Rev. X, Vol. 13, 021015 (2023)

2) "sparse-ir: Optimal compression and sparse sampling of many-body propagators ", SoftwareX, Vol. 21, 101266 (2023)