

革新的な量子情報処理技術基盤の創出  
2019年度採択研究者

2021年度 年次報告書
-----------------

上田 宏

大阪大学 量子情報・量子生命研究センター  
特任准教授(常勤)

テンソルネットワークによる量子状態圧縮技術の高度化

## § 1. 研究成果の概要

本研究ではテンソルネットワーク(TN)法と呼ばれる数値的手法を量子計算機と古典計算機の混合環境下で活用することで、多様な量子状態をよりコンパクトに表現する手続きを構築することを目的としている。2021年度は、TN法の状態最適化の知見を活用した勾配フリーの最適化手続きに従って、所望の精度の範囲で与えられた量子状態と等価な量子回路を生成する自動量子回路符号化アルゴリズムを開発した<sup>1)</sup>。また、2020年度に開発した物性応用に適した高い対称性を持つ量子回路に特化した1000量子ビット級の数値的厳密シミュレーションを可能とする計算ライブラリQS<sup>3</sup>(キュー・エス・キューブ)のユーザーマニュアル整備を進め、GitHub上で公開するに至った<sup>2)</sup>。本ライブラリはTNスキームに基づいた量子計算シミュレータの開発に資する環境構築にも寄与しており、実際、量子多体系の解析に資する分割統治法の量子・古典ハイブリッドアルゴリズムの有用性を検証するための参照データを提供した<sup>3)</sup>。非公開版QS<sup>3</sup>の高度化は更に進んでおり、任意の長さの量子スピンや超格子構造を持つ並進対称性および点群対称性にまで適用範囲が及んでいる。これらの拡張によりQS<sup>3</sup>を量子回路計算におけるリーケーゼラーの数値シミュレーションに転用することが可能となった。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Automatic quantum circuit encoding of a given arbitrary quantum state”, T. Shirakawa, **H. Ueda**, S. Yunoki, arXiv: 2112.14524 (2021) [25 pages].
- 2) “Quantum spin solver near saturation: QS<sup>3</sup>”, **H. Ueda**, S. Yunoki, T. Shimokawa, arXiv:2107.00872, to be published in Comput. Phys. Commun.
- 3) “Deep Variational Quantum Eigensolver: A Divide-And-Conquer Method for Solving a Larger Problem with Smaller Size Quantum Computers”, K. Fujii, K. Mizuta, **H. Ueda**, K. Mitarai, W. Mizukami, Y. O. Nakagawa, PRX Quantum **3**, 010346 (2022) [12 pages].
- 4) “Developments in the Tensor Network – from Statistical Mechanics to Quantum Entanglement”, K. Okunishi, T. Nishino, H. Ueda, arXiv:2111.12223 [34 pages], to be published in J. Phys. Soc. Jpn.