

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

渡部 昌平

芝浦工業大学 工学部

准教授

虚時間量子ツールボックスの開発

## 研究成果の概要

社会的に重要な組合せ最適化問題を中心に複雑な問題に対する量子情報処理基盤の創出を目指して研究を進めている。2023年度は、提案する量子アルゴリズムの性能評価をさまざまな現代的手法を用いて広範囲に調べており、その成果は2024年度に投稿予定である。また、組み合わせ最適化問題の1つである巡回セールスマン問題では、これまで量子探索による最適経路の探索を中心に議論されてきたが、その前段階として実行可能解をいかに効率よく準備するかという問題が残されてきた。これについて、実行可能解を量子探索で増幅し、かつ分割統治法を用いてより効率的に行う手法を提案した。また、別の組合せ最適化問題として電波伝搬解析問題が知られており、この問題に対する量子アニーリングと擬似量子コンピュータの性能比較を行った。これらは企業との共同研究である。また、英国 Loughborough 大学の Zagoskin 教授と共同で、ランダム系で議論されてきたパーコレーション理論を高次元ヒルベルト空間に拡張し、ヒルベルト空間上の量子ウォークとパーコレーションとの違いを明らかにし、集中不等式を用いた議論などの研究成果をまとめた。また、社会には WWW などいたるところで複雑ネットワークが存在する。複雑ネットワークとしてスモールワールドネットワークやハブ構造を持つスケールフリーネットワークがよく知られている。これまでの複雑ネットワークに対する量子空間探索の解析では、ネットワーク科学のようにそれぞれの個々のネットワークを統一的にとらえる手法・視点が欠けていたが、ネットワーク理論のパス長を量子空間探索に導入することで普遍性が現れることを明らかにした。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Shohei Watabe, Michael Zach Serikow, Shiro Kawabata, Alexandre Zagoskin Continuous percolation in a Hilbert space for a large system of qubits, *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 232, 3545 (2023).
- 2) Rei Sato, Kazuhiro Saito, Tetsuro Nikuni, Shohei Watabe, Embedding All Feasible Solutions of Traveling Salesman Problem by Divide-and-Conquer Quantum Search, *2023 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE)*, 2, 270 (2023).
- 3) 木原章太郎, 井形凌也, 菊浦三太郎, 瀬尾俊, 須藤渉一, 宮下真行, 渡部昌平, 組み合わせ最適化問題に対する量子および擬似量子コンピュータのベンチマーキング 第46回情報理論とその応用シンポジウム (SITA) 会議録 (2023).
- 4) Rei Sato, Tetsuro Nikuni, Kayoko Nohara, Giorgio Salani, Shohei Watabe Universal scaling laws of quantum spatial search in complex networks, *arXiv:2401.11922*.