

量子の状態制御と機能化
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

森 立平

東京工業大学 情報理工学院
助教

定数時間量子アルゴリズムの設計

§ 1. 研究成果の概要

ランダムな量子回路の出力サンプリング問題の古典的困難性について研究した。近年 Google は超伝導量子ビットを用いた 53qubit の量子コンピュータを開発し、ランダムな量子回路を実行した結果をある程度の信頼性でサンプリングした。そして同様の計算を現在のスーパーコンピュータで行うには 100 万年かかると主張した。しかし一方で、IBM は同様の計算は現在のスーパーコンピュータで 2 日で実行できると主張した。この、Google のおこなったランダム量子回路の出力のサンプリング問題が古典コンピュータにとって困難であることを理論的に示すことは重要な問題である。我々の研究ではサンプリング問題に関連した出力確率の近似問題の古典的困難性を示した。具体的には量子ゲートを m 個含むランダム量子回路の出力確率を誤差 $\exp(-\Omega(m \log m))$ で計算する問題が BPP^{NP} 帰着で $\#P$ 困難であることを示した。

また、グラフ彩色問題に対する量子アルゴリズムを開発した。グラフ彩色問題は基本的な NP 困難問題である。現在最速の古典アルゴリズムは $2^n \text{poly}(n)$ 時間でグラフ彩色問題を解く。我々の研究では $O(1.914^n)$ 時間の量子アルゴリズムでグラフ彩色問題が解けることを示した。この研究では最近示された動的計画法を量子アルゴリズムで高速化する手法を用いている。また、さらにこの手法を用いてより複雑な格子上の動的計画法の量子アルゴリズムの計算量を解析した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Shimizu and R. Mori, “Exponential-time quantum algorithms for graph coloring problems,” LATIN, Lecture Notes in Computer Science, vol.12118, Springer, Cham, pp.387–398, 2020.