

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

(1) 定数時間量子アルゴリズム

昨年度に引き続き、量子論の持つ非局所性に基づいた計算モデルについて研究した。昨年度は「この計算モデルでエラー無しで計算できる \Leftrightarrow F2 多項式としての次数が小さい」という特徴付けを証明した。今年度は小さなエラーを許した場合の計算能力について研究した。その結果、小さなエラーを許すと ACC0 という定数段古典回路のクラスに含まれる論理関数を計算できることが分かった。ACC0 は定数段古典回路の計算量クラスであるが、入力数が制限されていない AND, OR, MOD_m ゲートを用いるため、定数「時間」アルゴリズムとは言えない。本研究結果により定数時間量子アルゴリズムが非定数時間の古典アルゴリズムをシミュレートすることができるということが分かった。この結果は最近理論計算機科学の分野で導入された「トーラス多項式」という多項式と ACC0 の関係の研究を用いることで示すことができる。

(2) グラフ彩色問題に対する量子アルゴリズム

Ambainis らによって 2019 年に示された動的計画法を量子アルゴリズムによりスピードアップする手法を拡張し、グラフ彩色問題に対する $O(1.914^n)$ 時間量子アルゴリズムを開発した。グラフ彩色問題はグラフの頂点に対する彩色を発見する問題であるが、その際に辺で接続している頂点同士は異なる色で彩色されなければならない。この問題は基本的な NP 困難な問題のひとつであり、スケジューリング問題など社会の様々な問題がこのグラフ彩色問題に帰着できる。現在知られている最速の古典アルゴリズムは $O(2^n)$ 時間かけてグラフ彩色問題を解く。本研究では Ambainis らの手法を拡張し、より複雑なアルゴリズムに Ambainis らの手法を適用することで $O(1.914^n)$ 時間でグラフ彩色問題を解く量子アルゴリズムを開発した。