

## 学位論文及び審査結果の要旨

氏名 黄海 仲星

学位の種類 博士(理学)

学位記番号 理工博甲第87号

学位授与年月日 令和5年3月23日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 理工学府・数物・電子情報系理工学専攻

学位論文題目 一次元量子ウォークにおける局在化の解析

論文審査委員	主査	横浜国立大学	教授	今野 紀雄
		横浜国立大学	教授	梶原 健
		横浜国立大学	教授	黒木 学
		横浜国立大学	教授	植木 誠一郎
		横浜国立大学	准教授	竹居 正登

## 論文及び審査結果の要旨

量子ウォークは、量子力学における粒子のダイナミクスを表すモデルであり、量子情報での研究を発端に、その応用可能性は多くの研究分野で広がりを見せている。特に一次元量子ウォークは量子ウォーク特有の性質である線形的拡散と局在化を示す基本的なモデルとして重要であり、時間発展が場所に依存する空間非一様型や三以上の状態数を持つ多状態モデルでは、線形的拡散と局在化が両立するようなモデルが存在することが明らかとなっている。本研究では、その発生条件が非自明な局在化現象に注目する。

空間非一様型は、応用的な側面から注目されており、原点のみで異なる作用をする一欠陥モデルは、量子探索アルゴリズムと、正と負の領域で異なる作用をする二相系モデルは、トポロジカル絶縁体の研究と関連があることが知られている。加えて、多状態量子ウォークもこれまで盛んに研究されており、その中でも、グローバウォークと呼ばれるクラスが非常に重要な研究対象となっている。空間一様型のグローバウォークの局在化については先行研究により調べられているが、空間非一様型の局在化についての議論は未だ不十分であると考えられる。

これらを踏まえ、上記の一欠陥、及び二相系モデルを包含するモデルに注目する。時間発展作用素の固有値解析が局在化の解析の基礎となるが、これらの空間非一様型モデルでは、Kiumi and Saito (Quantum Information Processing, 2021, 2022) の研究で構築された転送行列を用いた解析が有効である。本研究では転送行列による固有値解析法を発展させ、さらに一般性の高いモデルに適用することを考える。初めに、これまで扱われてきた二相系モデルでは、原点から十分離れた場所において、時間発展を構成するコイン行列が一様なものを扱っているが、Kiumi (International Journal of Quantum Information, 2022) での研究を基に、コイン行列が遠方で周期的に配置されたモデルであっても局在化の議論が可能であることを示す。続けて Kiumi (Journal of Physics A, 2022) での研究を基に、これまで二状態で行われていた固有値解析の議論を、多状態量子ウォークに拡張する方法を紹介する。この手法を用いることにより、グローバールウォークを包含する、三状態空間非一様型のクラスに関して、局在化の解析を行うことに成功した。

以上のように、本論文は博士（理学）として十分価値があるものとして認められる。