

学位論文及び審査結果の要旨

氏名 成松 明廣

学位の種類 博士(理学)

学位記番号 理工博甲第44号

学位授与年月日 令和4年3月24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 高次元格子上的量子ウォークの局在化に関する研究

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	准教授	竹居 正登
		横浜国立大学	准教授	本田 淳史

論文及び審査結果の要旨

量子ウォークは、通常のランダムウォークを量子化したモデルとして提案されたモデルである。その中で、Hadamard walk に代表される1次元量子ウォークは、1次元ランダムウォークに対応するものとして多くの研究が行われており、「線形的な拡がり」と「局在化」が、量子ウォークの特徴的な性質として知られている。前者の「線形的な拡がり」は、粗く述べると、一般的な1次元ランダムウォークの分布が出发点から時刻の2分の1乗に比例した標準偏差を持つのに対し、1次元量子ウォークの分布は時刻に比例する標準偏差を持ち、より遠くまで拡散しやすいというものである。一方、「局在化」は十分長い時間を経た後に量子ウォーカーが特定の場所に留まり続けるという現象である。本論文では、後者の局在化について、高次元格子上的量子ウォークで議論を行った。

量子ウォークの局在化について議論する際には、その時間発展を決める作用素のスペクトル解析が重要な位置を占めている。Tate (2019) による先行研究では、フーリエ解析を利用して、量子ウォークで局在化が起こるための必要十分条件が得られているが、これを利用するためには d 次元正方格子上的量子ウォークについて、 $2d$ 次方程式を解くことが必要で

あり、 d が 3 以上の場合に具体的な量子ウォークに対して議論を行うことが難しかった。

以上のような状況から、前述の通り、1次元量子ウォークは多くの性質が明らかにされているが、2次元またはより高次元の量子ウォークは、**Grover walk** の場合を除き、明らかになっていなかった。例えば本論文で扱う **Fourier walk** は、1次元の場合には **Hadamard walk** となる量子ウォークであり、多くの性質が明らかにされているが、それ以外の次元においては、2次元の場合に局在化が起こらないことが知られている程度であった。

本論文では、量子ウォークの局在化について、先行研究で与えられた結果を基に議論を進め、局在化が起こる際には分布が時間発展作用素の固有関数と関係することに着目した。そのことにより、局在化の条件を整理し、一般の次元の量子ウォークに対し、局在化の議論を行うことが可能となるような条件を与えることができた。また、その応用例として、2次元以上のすべての次元における **Fourier walk** では、局在化が起こらないことを示した。

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。