

離散時間量子ウォークに基づく量子ダイナミクス II

Quantum Dynamics Based on Discrete Time Quantum Walks II

山梨大院工¹, 東洋大² (M2)武井 紗由美¹, 石川 陽¹, 小林 潔^{1,2}

Univ. of Yamanashi¹, Toyo Univ. ², S. Takei¹, A. Ishikawa¹, and K. Kobayashi^{1,2}

E-mail: g18tz011@yamanashi.ac.jp

量子ウォーク (Quantum Walk : QW) は古典的なランダムウォーク (Random Walk : RW) の量子版として導入された概念であり^[1], 両者の数学的特性は著しく異なることが知られている. 近年では単一光格子に閉じ込められた原子測定など実験解析にも用いられている^[2]. 一方で, RW と QW の数学的關係や QW の物理的意味づけは十分には明らかにされていない. また, 実験解析への応用は連続時間 QW (Continuous Time QW : CTQW) が主であり, 離散時間 QW (Discrete Time QW : DTQW) の研究例は少ない. そこで本研究では, DTQW に着目して QW の物理的意味を明らかにするとともに, 具体的な系やモデルに適用しその特徴を明らかにすることを旨とする.

先行研究^[3,4]を拡張し, 非ユニタリーな時間発展演算子を導入することで散逸を考える. 図1に示すように, 環状経路を6分割したサイトと黒箱からなるモデルにおける QW を考える. サイト間遷移に伴い, 内部状態を変化させる演算子(コイン演算子)を以下のように定義した.

$$\hat{P} = \begin{pmatrix} \cos 2\theta & \sin 2\theta \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \hat{Q} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \sin 2\theta & -\cos 2\theta \end{pmatrix}$$

サイト1から5は左右に移動するときに, それぞれ \hat{P}, \hat{Q} で内部状態が変化する. サイト0から1へ移動できない代わりに \hat{Q} で内部状態が変化し, 黒箱へ移動すると仮定して散逸過程を導入する. コイン演算子の θ の値を変化させたとき, 経路上での粒子の全存在確率を図2に示す. 黒箱への散逸によって時間とともに減衰するが, θ に依存して散逸が抑制され定常的になることが分かった.

本講演では, 上記のような振る舞いの原因について詳しく議論する. さらに, 別の散逸モデルを用いたときの QW との違いについても議論し, QW に対する散逸の効果の特性を明らかにする.

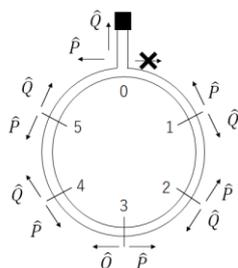


図1 散逸を伴う環状 QW : サイト0から黒箱へ散逸する.

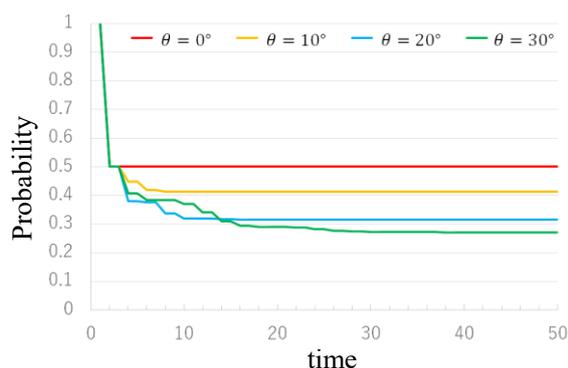


図2 環状経路上の粒子の全存在確率: θ を変化させることで散逸の様子が変化する.

[1] Jia-Yi Lin, Xuanmin Zhu, and Shengjun Wu, Phys. Lett. A **382** (2018) 889-903.

[2] Michał Karński, et al., Science **325** (2009) 174-177.

[3] N. Konno, Quantum Walk (Morikita, Tokyo, 2014) in Japanese.

[4] T. Machida, Quantum Walk: Introduction and Fundamental Theory (Shōkabo, Tokyo, 2018) in Japanese.