

量子ウォークモデルを用いた ドレスト光子エネルギー移動シミュレーション

Simulation of Dressed Photon Energy Transfer based on Quantum-Walk Model

(株)リコー¹, 長浜バイオ大², 東大院工³, ドレスト光子研究起点⁴

○三宮 俊¹, 西郷 甲矢人², 大津 元一^{3,4}

Ricoh Co. Ltd.¹, Nagahama Inst. Bio-Sci. Tech.², Univ. of Tokyo³, Res. Origin Dressed Photon⁴

○Suguru Sangu¹, Hayato Saigo², Motoichi Ohtsu^{3,4}

E-mail: suguru.sangu@jp.ricoh.com

近年、ナノスケール領域において生じる特異な光学現象が注目されている。例えば、間接遷移型半導体であるシリコンの発光現象[1]、近接場光エッチングによる原子レベル超平滑化[2]、巨大磁気光学効果の発現[3]などの報告がある。これらの光学現象は従来光学理論において常識的に扱われてきた光と物質のエネルギー保存則、運動量保存則を破る「ドレスト光子」描像、すなわち環境影響により質量をもった仮想光子を仲介した現象として解釈されている。

ドレスト光子の理論構築が数年来進められてきたが[4]、少数粒子のような理想物質と光の相互作用を表現するに留まっており、マイクロ系からマクロ系までを一貫して扱う解析手法の提案が望まれている。このような状況において我々は、量子ウォーク研究[5]とドレスト光子の振る舞い(局在現象)との類似性に注目し、ドレスト光子のエネルギー移動を離散量子ウォークとして記述する試みを行った。本試行はナノフォトニクス研究で多用される Maxwell 方程式に基づく電磁界シミュレーションとは異なり、ドレスト光子の存在を予め仮定した際に現れるダイナミクスから支配方程式を探るアプローチである。

以降では、量子ウォークとしてのモデル化と、数値解析事例について概説する。解析対象はマイクロ系とマクロ系が連続的に繋がるプローブ-プローブ構造とした。Fig.1 に示すように、

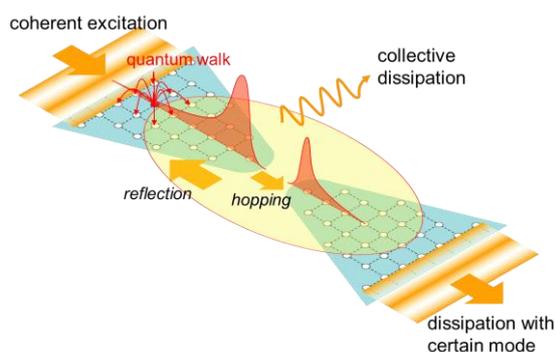


Fig. 1: プローブ-プローブ構造のモデル

プローブ構造をドレスト光子が占有する格子点で近似し、格子点間のホッピング伝導によりエネルギー移動を表現した。本モデルでは、外界またはプローブ自身に存在する(自由)光子場とドレスト光子の結合および散逸(すなわちリザーバ)が重要であり、取り扱う系に依存したリザーバを導入する必要がある。本系では、プローブ-プローブ構造が光の波長に対して十分に小さいという仮定の下、系全体の集団的な励起と光子場が相互作用するとした。Fig. 2 はドレスト光子の格子点位置に対するポピュレーション時間平均値を表わしており、空間を隔てたプローブ構造の先端にドレスト光子の局在が確認できる。(ただし、物理状況把握のため、コヒーレントな励起およびプローブ端からのエネルギー散逸は、本計算では無視している。)巨視的なモードが散逸する一方で、長寿命(電気双極子禁制)のドレスト光子成分のみがプローブ構造先端に停留すると解釈できる。

講演では、プローブ形状の最適化や従来 Maxwell 方程式による描像との対応についても議論したい。

- [1] 川添・他, 光学 43 巻 8 号 (2014) 366.
- [2] 八井, OPTRONICS 35(413) (2016) 204.
- [3] N. Tate, et.al., Sci. Rep. 5 (2015) 12762.
- [4] 例えば、大津, 「ドレスト光子」(朝倉書店, 2013).
- [5] 今野, 「量子ウォーク」(森北出版, 2014).

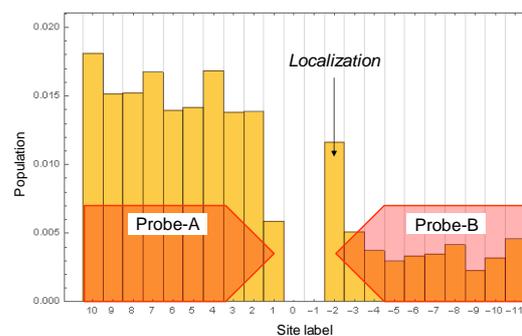


Fig. 2: ポピュレーションの局在現象