

光近接場を介した二準位系間励起移動ダイナミクスにおける non-Markov 的効果の理論的解明

Theoretical elucidation of non-Markovian effects in excitation-transfer dynamics between two-level systems via optical near-field

山梨大院工¹, 東洋大学² ○矢崎 智昌¹, 石川 陽¹, 小林 潔^{1,2}

Univ. of Yamanashi.¹, Toyo Univ.², ○Tomoaki Yazaki¹, Akira Ishikawa¹, Kiyoshi Kobayashi^{1,2}

E-mail: g18dte12@yamanashi.ac.jp

我々はこれまでに free photon 場を介した二準位系間励起移動モデルを用いて、光の波長以下の空間スケールにおける光近接場を介した量子ナノダイナミクスの起源が過去依存性をともなう non-Markov 的過程にある事を明らかにした[1]。さらに、光近接場を介した量子ナノダイナミクスにおいては走査型光近接場顕微鏡のプロープの様にナノスケールの被測定系とローカルに結合した被測定系をダイナミクスに取り入れる必要がある。量子ナノ系とローカルに結合したナノプロープの効果を取り入れ、single mode photon 場を介したダイナミクスを解析した結果、プロープの効果によって photon-二準位系間相互作用を起源とする non-Markov 的過程が動的な変調を受ける事が定性的に明らかになった[2]。そこで、以上の効果をさらに詳細に議論するため non-Markovianity という指標を用いて定量的に評価する。Non-Markovianity とは任意の 2 つの密度行列の類似性の評価に用いられるトレース距離を用いて定義される[3]。一般に Markov 過程においてトレース距離は単調減少を示すが、non-Markov 過程においてはトレース距離が増加する時間領域が存在する。このトレース距離の増加量を最大になるまで積算した値を non-Markovianity と呼び、対象の non-Markov 度の大きさを表す指標として用いられている。本発表では、プロープ効果の有無など各種条件によって non-Markovianity の時間発展にどのような違いが生じるかに注目することでプロープ効果による non-Markov 的ダイナミクスの動的変調効果の解明を目指す。

Single mode photon 場を介して結合した 2 つの共鳴二準位系を考える。一方の二準位系を励起し、photon 場を介した他方の二準位系への励起移動を、その二準位系と局所的に結合しているプロープにより観測する。この励起移動ダイナミクスはプロープの効果を取り入れたルミネッセンス方程式により記述され、これによりそれぞれの二準位系の密度行列の各要素の時間発展が決定し non-Markovianity を求めることができる。具体的には、二準位系における分極の緩和係数と二準位系-プロープ間相互作用係数に対する non-Markovianity の依存性から、光子場を介した non-Markov 的ダイナミクスに対するプロープ効果を明らかにする。最終的には non-Markov 過程を起源とする光近接場相互作用の理解へとつなげることを目指す。

[1] 矢崎 智昌 他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-PA6-25 (北海道大学, 2019)

[2] 矢崎 智昌 他, 日本光学会ナノオプティクス研究グループ第 26 回研究討論会 (東京工業大学, 2019)

[3] Heinz-Pete Breuer et al, PRL, **103**, 210401 (2009).