

二準位系間の non-Markov 的励起移動ダイナミクス

Non-Markovian excitation transfer dynamics between two level systems

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

E-mail: g18dte12@yamanashi.ac.jp

我々はこれまでの研究で、multi-mode の photon 場を介した 2 つの独立した二準位系間の励起移動ダイナミクスにおいて、二準位系間の距離依存性を含んだプロパゲーターに注目し、そのメカニズムの解明を進めてきた。その結果、光の波長以下の空間スケールにおける励起移動の空間依存性は、Markov 過程では記述されず、過去に依存する non-Markov 過程を起源とすることを示唆する結論が得られた [1]。また、過去依存性が比較的弱い Markov 過程と non-Markov 過程の中間領域において、光と物質の相互作用を近似的に取り扱う理論手法を提案した[2]。本講演では、これまでに得られた知見を踏まえ、Markov 的ダイナミクスと non-Markov 的ダイナミクスの具体的な数値計算結果を示し、multi-mode の photon 場を介した励起移動ダイナミクスの空間依存性における non-Markov 過程の重要性を議論する。

Multi-mode の photon 場と相互作用する 2 つの独立した二準位系を考える。二準位系間の光を介した励起移動ダイナミクスは Heisenberg 運動方程式により導出されるルミネッセンス方程式によって記述される。このダイナミクスの特徴は、下記のような二準位系間の距離依存性を含んだ non-Markov プロパゲーター G によって表される[3]。

$$G(\mathbf{r}, \omega_l, t - t') \propto \int d\mathbf{k} \omega(\mathbf{k}) \exp\left[i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - i(\omega(\mathbf{k}) - \omega_l + i\gamma)(t - t')\right]$$

$\omega(\mathbf{k})$ は光の周波数、 ω_l は二準位系の共鳴周波数、 γ は二準位系の分極に対する横緩和定数、 \mathbf{k} は光の波数、 \mathbf{r} は二準位系間の相対ベクトルを表す。電子系の特徴的な時間スケールが分極の横緩和時間 γ^{-1} に比べ短い場合に non-Markov 性が顕著に表れる。光の波長以下まで近接させた二準位系間における励起移動は分極の横緩和時間に比べて速いことが予想されるので、そのような non-Markov 過程が重要であると考えられる。本講演では、non-Markov 過程と Markov 過程のダイナミクスを比較し、二準位系間の励起移動ダイナミクスにおける non-Markov 過程に起因した空間依存性を明らかにする。

将来的には、近接した二準位系間の photon 場を介した励起移動ダイナミクスを研究対象として、ナノ物質間の光近接場相互作用における特性が発現する起源を明らかにすることを目指す。

[1] 矢崎 智昌 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6p-PA3-4 (福岡国際会議場, 2017)

[2] 矢崎 智昌 他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 11p-PB1-16 (東京工業大学, 2019)

[3] N. Yokoshi et al., Phys. Rev. Lett. **118**, 203601 (2017)