

# 大規模量子ドット系における励起輸送ダイナミクスの情報理論的考察

## Information theoretical study on excitation transfer dynamics in large-scale quantum dot systems

東工大生命工<sup>1</sup>, 情通機構<sup>2</sup>, 東工大地球生命研<sup>3</sup>, 物材機構<sup>4</sup>, 山梨大医工<sup>5</sup>, 理研<sup>6</sup>

○若林 政光<sup>1,6</sup>, 成瀬 誠<sup>2</sup>, 青野 真士<sup>3</sup>, 金 成主<sup>4</sup>, 堀 裕和<sup>5</sup>, 中村振一郎<sup>6</sup>

Tokyo Tech<sup>1</sup>, NICT<sup>2</sup>, ELSI, Tokyo Tech<sup>3</sup>, NIMS<sup>4</sup>, Yamanashi Univ.<sup>5</sup>, RIKEN<sup>6</sup> ○Masamitsu

Wakabayashi<sup>1</sup>, Makoto Naruse<sup>2</sup>, Masashi Aono<sup>3</sup>, Song-Ju Kim<sup>4</sup>,

Hirokazu Hori<sup>5</sup>, Shinnichiro Nakamura<sup>6</sup>

E-mail: wakabayashi@riken.jp

量子ドット配列の作成がナノスケールで制御可能となり、高集積・高効率なナノフォトニクスデバイスとしての可能性が提案されている現在、量子ドット間の励起エネルギー移動の特徴を配列と関連付けながら理解することが必要となる。[1]

ある量子ドット配列が与えられたとき、近接場光相互作用の強さを湯川ポテンシャルから見積り、相互作用ハミルトニアン  $H_{int}$  を構成し、マスター方程式

$$\frac{\partial \rho(t)}{\partial t} = \frac{i}{\hbar} [\rho(t), H_{int}] + \sum_i \frac{\gamma_i}{2} (2a_i \rho(t) a_i^\dagger - a_i^\dagger a_i \rho(t) - \rho(t) a_i^\dagger a_i) \quad (1)$$

を用いることで、励起子の確率密度変化をシミュレーションすることが可能となる。確率密度の時間発展は近接場光相互作用による寄与(第一項)と、熱浴と相互作用することでのエネルギー散逸による寄与(第二項)の和として記述される。 $\gamma_i, a_i^\dagger, a_i$  はそれぞれ  $i$  番目の順位でのエネルギー散逸の時定数、生成演算子、消滅演算子である。

まず、孤立系を取り扱う。ここでは散逸は無く近接場光相互作用による寄与のみを考えればよい。配置と確率密度変化の固有振動数との間には直接的な関係がある。詳しく述べると、配置が決まれば、系内で起こり得る確率密度の時間変化の固有振動数が決まる。そして、初期状態  $\rho(0)$  が与えられれば時間変化の全容が決定される。この知見を活かして、励起エネルギーが系の一部に偏って分布する条件や、逆に系の全体に行き渡るような条件を設計できると考えられる。その具体例を、小規模な系とドット数 100 の大規模な系について、シミュレーション結果とともに紹介する。

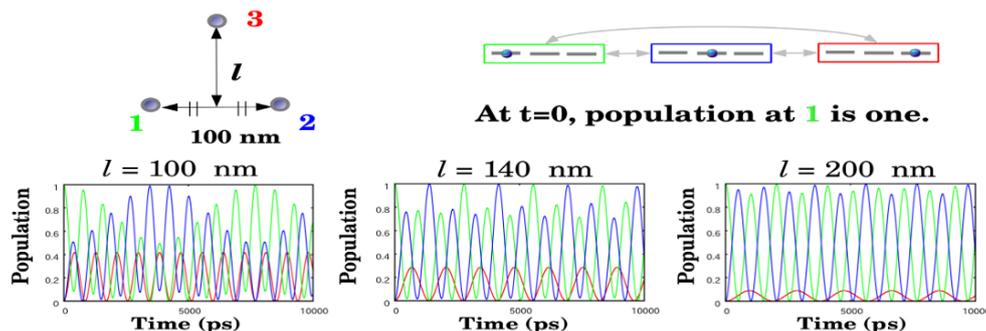


図 1: 二等辺三角形の配置をした量子ドット系における励起子確率密度の時間発展 (孤立系)

次にエネルギー散逸による寄与を無視できない開放系について述べる。エネルギーの高い状態から低い状態へと状態分布が徐々に移行し、最終的に基底状態へと戻る。その間に継続して起こる量子デコヒーレンスとエントロピー変化についてもまた量子ドット配置依存性があることが示唆される結果となった。系の状態が持ちうる情報量とその変化について考察する。

参考文献 [1] 「ドレスト光子 光・物質融合工学の原理」大津元一 著