

階層的環境と結合した非平衡開放系の量子散逸ダイナミクス

Quantum dissipative dynamics in non-equilibrium open systems coupled to hierarchical environments

山梨大院工¹ ◯(M1) 秋山 祐樹¹, 石川 陽¹, 小林 潔¹Univ. of Yamanashi¹, ◯Yuki Akiyama¹, Akira Ishikawa¹, and Kiyoshi Kobayashi¹

E-mail: g18tz003@yamanashi.ac.jp

量子散逸はナノスケールの電子ダイナミクスを決定づける重要な素過程である。ナノ領域に閉じ込められた電子は有限の自由度を持つ局所環境を介して、無限の自由度を持つ熱浴と結合する。つまり、環境は局所環境と熱浴で構成された階層構造を成す。例えば、近接場光学顕微鏡 (SNOM) では、ナノスケールのプローブ先端がナノ物質と巨視的な測定器の間に位置する局所環境に相当すると考えられる。本研究の目的は、このような階層的環境がナノ電子系の量子散逸ダイナミクスに及ぼす影響を明らかにすることである。

図 1 (a) は本研究で考える理論モデルである。ここで、ナノ電子系 (Nanosystem) は二準位系、局所環境 (Local resonant nanoenvironment) はナノ電子系に共鳴した二準位系である。ナノ電子系の量子ダイナミクスは非平衡な局所環境によって変調されることが報告されている [1, 2]。本研究では、ナノ電子系の量子散逸ダイナミクスを次のように導き出した。まず、結合強度 g で結合したナノ電子系と局所環境を 1 つの結合系として取り扱う。結合系のエネルギーは Lindblad 方程式に従い、散逸レート γ で熱浴 (Heat bath) に散逸される。次に、時間依存射影演算子 [3, 4] を用いて、局所環境と熱浴で構成された階層的環境の効果を含んだナノ電子系の量子散逸ダイナミクスを導く。

図 1 (b) は $\gamma = 0$ と $\gamma = 10$ でのナノ電子系のポピュレーションの時間発展である。ナノ電子系、局所環境のポピュレーションの初期状態はそれぞれ 1, 0.5 とした。 $\gamma = 0$ のとき、ポピュレーションは単調に減衰し、0.5 に収束する。ナノ電子系は局所環境のみと結合し、ナノ電子系のエネルギーが局所環境に散逸することを表している。一方、 $\gamma = 10$ のとき、ポピュレーションは 0.5 以下に減衰した後、振動しながら 0.5 へ収束する。ナノ電子系は階層的環境と結合し、ナノ電子系と局所環境間のラビ振動が熱浴への散逸で誘起されることを表している。以上の結果から、環境の階層構造がナノ電子系の量子散逸ダイナミクスに影響を及ぼすことが明らかにされた。さらに、本研究では非平衡な局所環境による効果を調査し、局所環境を介したナノ電子系の量子散逸制御の提案へ繋げる。

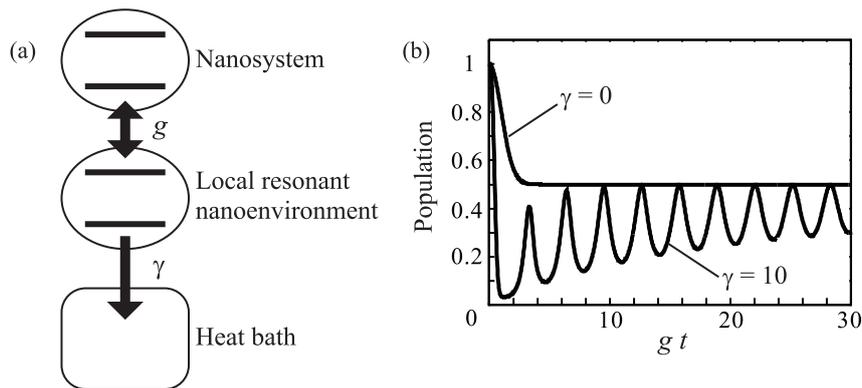


図 1 (a) 理論モデルの概略図。 (b) $\gamma = 0$ と $\gamma = 10$ でのナノ電子系のポピュレーションの時間発展。

参考文献

- [1] A. Ishikawa, R. Okada, K. Uchiyama, H. Hori, and K. Kobayashi, J. Phys. Soc. Jpn. **87** (2018) 054001.
- [2] K. Kobayashi and A. Ishikawa, Prog. Quantum Electron. **59** (2018) 19.
- [3] C. R. Willis and R. H. Picard, Phys. Rev. A **9** (1974) 1343.
- [4] O. Linden and V. May, Physica A **254** (1998) 411.