

内因性量子熱力学に基づく量子ナノ系の散逸緩和理論

Quantum Relaxation Theory based on Intrinsic Quantum Thermodynamics

山梨大院工¹, 東洋大学² ○(M2)森下 天平¹, 石川 陽¹, 小林 潔^{1, 2}

Univ. of Yamanashi¹, Univ. of Toyo², ○Tenpei Morishita¹, Akira Ishikawa¹, Kiyoshi Kobayashi^{1, 2}

E-mail: g18tz015@yamanashi.ac.jp

量子デコヒーレンスや熱平衡化など、量子系における不可逆な散逸緩和現象を議論する際、従来は外因的な不可逆性因子として環境を熱浴と見なすことで記述してきた。これは孤立系が可逆であるという量子力学の前提に立っているためである。これに対し、孤立系自体に不可逆性が内在するという前提に立った内因性量子熱力学(Intrinsic Quantum Thermodynamics : IQT [1])と呼ばれる理論体系がある。外因として熱浴を導入する必要がないため、系と環境が強く結合する場合でも取扱うことができ、また近年観測されたと考えられている量子孤立系の緩和現象 [2]を直接的に議論することが出来る。

本研究では、Steepest Entropy Ascent (SEA)仮説に基づき体系化された IQT である SEAQT [1]に注目する。SEA 仮説とは、内因的自発散逸による孤立系内のエントロピー生成率が常に最大化(最適化)されるという現象論的に導入された仮説である。従来の熱力学が 3 つの仮説(熱力学の基本 3 法則)を前提として理論を構築していくように、SEAQT では SEA 仮説を前提として量子力学の基本運動方程式である Liouville-von Neumann 方程式が再構築される。この再構築された SEAQT 運動方程式に基づき、量子孤立系の自発的な散逸緩和過程を記述する。今回は具体的な物理モデルとして、無限系(動的フォノン)と相互作用する 2 つの二準位系(2TLS)というモデル(Fig. 1) [3]を考え、SEAQT による散逸緩和ダイナミクスを議論する。Fig. 2 は TLS-A, B のポピュレーションの時間変化を表している。短時間の様子(Fig. 2(a))から、非共鳴 TLS 間の励起移動が動的フォノン系により支援される特徴的相互作用 [3]が確認できる。また長時間の様子(Fig. 2(b))から、SEA 仮説に基づいた不可逆的なポピュレーション振動の収束が確認できる。なお Fig. 2 では TLS-フォノン間相互作用を平均場近似した場合の結果を示しているため、相互作用の効果を完全に取り込めていない。講演では、無限状態数系(フォノン)を記述するために導入した直交直和分解に基づく状態の近似手法と、またこれまで記述できていなかった TLS-フォノン相互作用を完全に取り入れた場合における SEAQT によるモデル系(Fig. 1)の散逸緩和ダイナミクスについて詳細に議論する。

[1] G. P. Beretta, Phys. Rev. E 90, 042113 (2014).

[2] M. Gring, et al., Science, 33, 1318 (2012);

[3] A. Ishikawa, et al., J. Phys. Soc. Jpn. 87, 054001 (2018);

K. Kobayashi, et al., Prog. Quantum Electron. 59, 19 (2018).

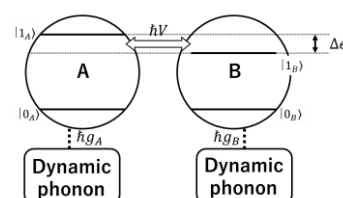


Fig. 1 モデルの概略図

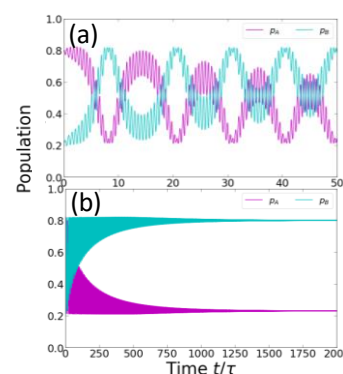


Fig. 2 ポピュレーションの時間発展 (TLS-A:マゼンタ, TLS-B:シアン)