

無限状態数を持つ量子ナノ系における内因性量子熱力学

Intrinsic Quantum Thermodynamics in Quantum Nanosystems with Infinite States

山梨大院工¹, 東洋大学² ○(D1)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: g20dte04@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、さらに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。IQT 理論の定式化では非自明な内因不可逆性因子を定める必要がある。これを Steepest-Entropy-Ascent (SEA)と呼ばれる仮説によって定め体系化した IQT 理論が存在し、Steepest-Entropy-Ascent QT (SEAQT)と呼ばれる [1]。「内因的自発散逸による孤立系内のエントロピー生成が常に最大化される」という SEA 仮説は現象論的に導入されたものであるが、SEAQT では、従来の熱力学が基本三法則を前提として理論を構築していくように、SEA 仮説を前提として新しく基本運動方程式が構築される。構築された SEAQT 基本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が記述される。

SEAQT はマクロ熱力学の第二法則と一貫し、また多くの一般的な非平衡理論と互換性を持つ優れた散逸緩和理論である。しかし、SEA 仮説の主張である「孤立系全体のエントロピー生成最大化」を詳細に定式化することから、SEAQT は無限状態数系の記述が困難となるという問題点がある。そこで本研究では、SEAQT による無限状態数系の相互作用過程を記述計算するための新しい近似手法を提案し、またその有効性を評価するために具体的なモデル(Fig.1)へ近似を適用し、解析を行う。Fig.1 は、2つの二準位系間の非共鳴励起移動が、動的フォノン系(無限状態数系)との相互作用により支援されるというモデルである [3]。結果として、モデル系の特徴的な相互作用による巨大励起移動現象が新しい近似手法を用いた SEAQT により適切に記述され、またこの巨大励起移動ダイナミクスが、寿命より遥かに長い時間スケールで自発的に緩和収束することが明らかとなった。

[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).

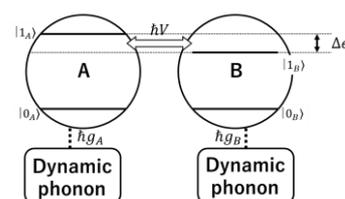


Fig. 1 モデルの概略図

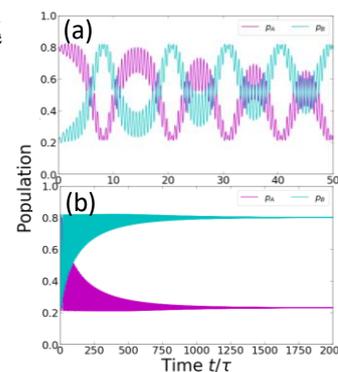


Fig. 2 ポピュレーションの時間発展 (TLS-A:赤紫, TLS-B:青緑)