

量子技術の実装展開をめざす基礎理論 その1：量子多体系の緩和ダイナミクス

Keywords: 量子開放系, 非マルコフ効果, エネルギー伝送

研究の背景

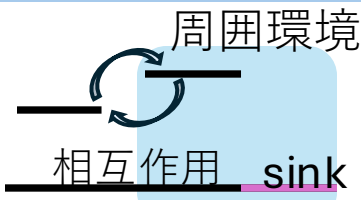
課題：量子コンピュータを始め、量子技術が飛躍的に進展しています。しかし、さらなる実用化・汎用化を目指すには、電磁場などの周囲環境が量子多体系に及ぼす影響（緩和ダイナミクス）の精密な取り扱いが必須となっています。

解決策：量子多体内部の相互作用が緩和ダイナミクスの短時間領域に果たす役割（非マルコフ効果）に注目しました。その結果、過去50年以上問題とされてきた課題（確率の負値や熱力学と矛盾した定常状態）を解決できることが明らかとなりました。

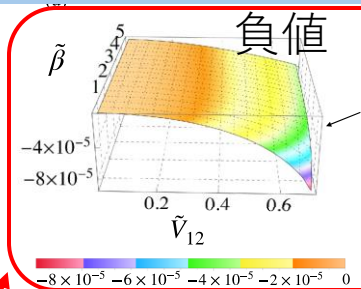
研究の成果

量子多体系の緩和ダイナミクスに関する理論研究

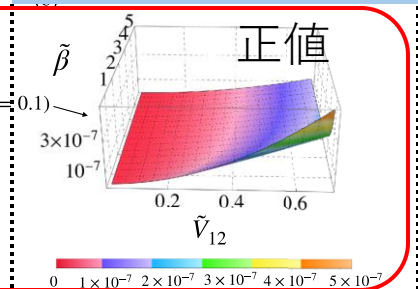
エネルギー伝送系



従来手法

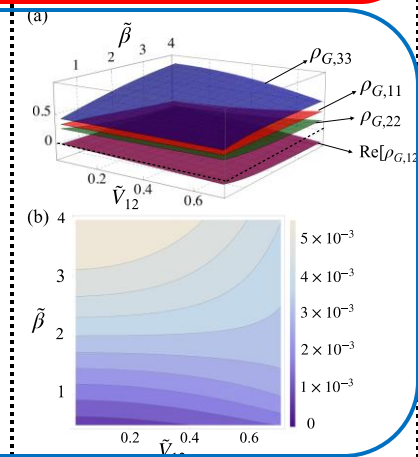
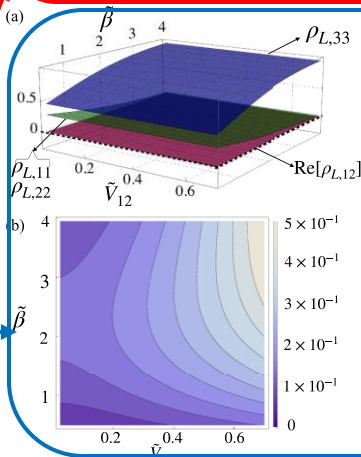


本研究



非マルコフ効果の
取り込みにより
確率の負値を解消

**熱力学と矛盾しない
定常状態の獲得**



C. Uchiyama, Physical Review A 108, 042212(2023)



量子技術の実装展開をめざす基礎理論 その2：量子熱機関の仕事抽出量向上

Keywords: 量子熱機関, 非マルコフ効果

研究の背景

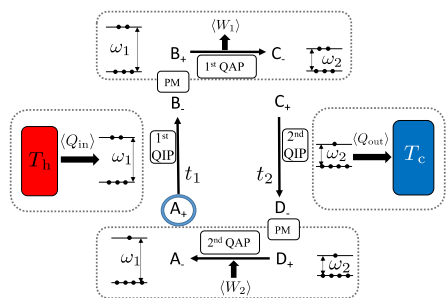
課題：現在の熱機関は媒質としてガソリンや蒸気等を用いています。量子技術の急速な進展を背景に、この媒質を量子系で置き換えることにより、ミクロな視点からの従来の熱力学の再検討と、熱機関仕事抽出量向上可能性の検討が期待されています。

解決策：最初の火花点火機関として知られるオットーエンジンに注目しました。媒質を2準位系とし、加熱・冷却部分での熱浴との接触時に、短時間領域での振る舞い（非マルコフ効果）を取り込んだところ、仕事抽出量の向上が明らかとなりました。

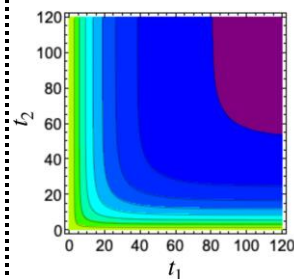
研究の成果

量子熱機関の仕事抽出向上に関する理論研究

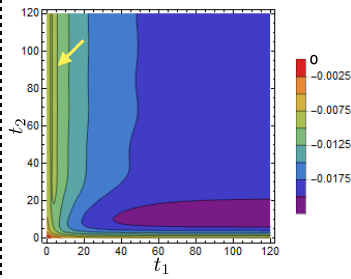
量子オットーエンジンモデル図



従来手法 (マルコフ)

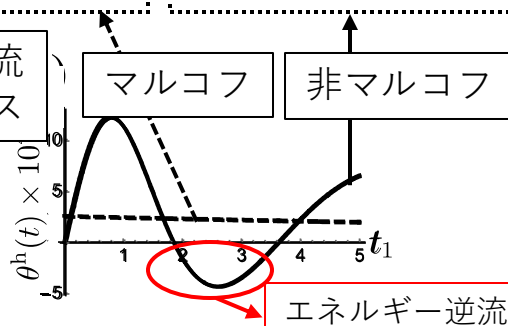


本研究 (非マルコフ)



非マルコフ効果の考慮が可能とした熱浴からのエネルギー逆流の取り込みにより仕事抽出量が向上

エネルギー流ダイナミクス



Y. Shirai et. al, Physical Review Reserach 3, 023078(2021)



量子技術の実装展開をめざす基礎理論

その3：量子エネルギー伝送の効率化

Keywords: エネルギー伝送, ノイズ, 時空間相関

研究の背景

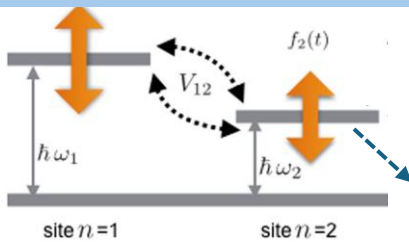
課題：量子技術の進展に伴い、異なる機能を有する複数の量子デバイスで構成される量子ネットワークの構想についての検討が行われています。量子ネットワーク内の量子デバイスを起動するための効率的なエネルギー伝送が期待されています。

解決策：従来はエネルギー伝送の阻害要因とみなされてきたノイズに注目しました。特に、時間的にも空間的にも相関を有するノイズを利用することにより、エネルギー伝送効率の向上が可能であることが明らかとなりました。

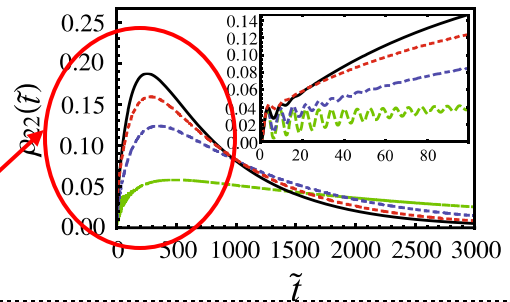
研究の成果

量子エネルギー伝送の効率化

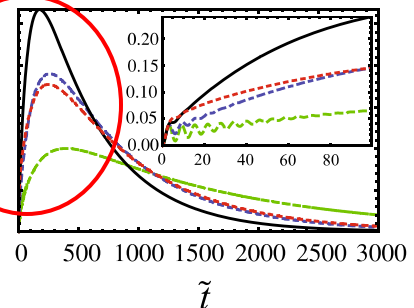
エネルギー伝送 2サイトモデル



空間無相関ノイズ



空間相関ノイズ



時空間相関を有するノイズの印加により
エネルギー伝送効率が最大40%向上

C. Uchiyama, W.J. Munro, and K. Nemoto, npj Quantum Information (2018)4:33

