

2023 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	段下 一平
研究機関名	近畿大学
所属部署名	理工学部理学科物理学コース
役職名	准教授
研究課題名	テンソルネットワーク法と量子シミュレータで切り拓く新奇量子多体現象
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

ハミルトニアン中のパラメータを急峻に変化させる操作は量子クエンチと呼ばれる。量子クエンチ後のダイナミクスが興味を持たれている理由は多岐に渡るが、代表的なものとして、多体系における量子情報の伝搬の問題や孤立量子系の熱平衡化の問題が挙げられる。

本研究では、前者の量子情報の伝搬の問題に関して、光格子中の冷却気体や光ピンセットで配列した Rydberg 原子集団で量子シミュレーションすることが可能な横磁場 Ising 模型を考え、常磁性状態を初期状態として量子クエンチ後の相関伝搬ダイナミクスを理論的に解析した。まず、空間 1 次元系（2 次元系）において厳密な数値計算と近似的な線形スピン波理論（infinite projected entangled pair states (iPEPS) 法と線形スピン波理論）のそれぞれで同時刻相関関数を計算して比較した。結果として、この模型における相関伝搬速度を計算し、それが近年の研究[Z. Wang and K. R. A. Hazzard, PRX Quantum 1, 010303 (2020)]で与えられた相関伝搬速度の条件よりも数倍程度小さいことを明らかにした。

孤立量子系の熱平衡化の機構を理解するために、その反例である熱平衡化しない系を調べるのが重要だと考えられている。量子多体傷跡状態はそのような系が熱平衡化しない理由を与える機構として、近年に発見されて注目を集めている。本研究では、光格子中の Bose 気体からなる量子シミュレータを用いて量子多体傷跡状態を実現する方法を提案した。具体的には、Feshbach 共鳴を用いて 3 体損失を強くすると、量子ゼノン効果によって系の Hilbert 空間が制限されることで、量子多体傷跡状態が現れる。また、この状態が元の模型のあるパラメータ領域における基底状態であるため、断熱的操作によって実現可能であることを示した。