

2022 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	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

近年の実験において、光格子中の 2 成分 Fermi 気体において成分間にラビ結合があり、ホッピングが成分に依存する状況が実現できるようになった。本研究では、密度行列繰り込み群法を用いて、空間 1 次元の場合に、この系の基底状態相図を数値的に求めた。特に一方の成分のホッピングがゼロの場合を考え、ラビ結合の強さがオンサイト相互作用と同程度になるときに共鳴的に超流動性が増進されることを明らかにした。

量子多体状態のエンタングルメントを定量化する量として、二分割エンタングルメントエントロピー (EE) がよく用いられる。なかでも von Neumann 型の EE が理論的に良い性質を持っているため、理論解析によく利用されるが、実験で観測するのが難しいというデメリットがある。それに対して、Rényi EE は von Neumann EE の下限を与える量であり、二次の Rényi EE は Bose-Hubbard (BH) 系やイオントラップ系の実験ですでに観測されている。近年の理論研究から、EE が量子情報の伝搬や長時間発展後の熱平衡化などの非平衡ダイナミクスの特徴づけに利用できることが明らかになってきていて、この量の重要性が増している。しかしながら、大きいサイズでの長時間のダイナミクスの数値計算は一般的に困難で、実験で Rényi EE が観測されている BH 系は局所的な Hilbert 空間が大きいことも相まってとりわけ難しい。そこで本研究では、相互作用のない BH 模型において、二次の Rényi EE を計算する方法を新たに開発した。これにより従来の 2 倍程度のサイズの系を取り扱えるようになった。今回の手法の実証例として、相互作用を無限大から 0 にクエンチした後の二次の Rényi EE の長時間発展を計算した。比較的短い時間スケールでは線形に増大し、体積に比例する緩和値に達したところでその増大がやむ、という期待どおりの振る舞いを確認した。