

2021 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
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	2021 年 4 月 1 日～2022 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、Projected-entangled pair stats (PEPS) 法という空間二次元の量子多体系を記述するのに適したテンソルネットワーク手法を用いて、二次元 Bose-Hubbard 模型の量子クエンチ後の量子非平衡ダイナミクスを解析した。一粒子相関関数の時間発展に注目し、光格子中の Bose 気体からなる Bose-Hubbard 模型の量子シミュレータによる結果と PEPS 法による結果を直接比較し、相関伝搬速度が抽出できる程度の時間スケールにおいて両者がよく一致することを確かめた。このように PEPS 法の性能検証ができたため、それを用いて相互作用を幅広く変化させた時に相関伝搬速度がどのように変化するかを定量的に与えた。この結果は今後の量子シミュレーション研究や量子情報伝搬の基礎理論研究のための有用なベンチマークになると考えられる。

閉じた量子多体系が熱平衡化する機構は量子統計力学の基礎として長年研究されている。量子系の実時間発展をシミュレーションして熱平衡化を解析することは古典計算機では困難であるため、冷却原子からなる量子シミュレータを用いた研究が盛んに実施されている。本研究では、トラップポテンシャルを有する一次元 Bose-Hubbard 模型の量子シミュレータを用いて、非エルゴード的なダイナミクスの新奇な機構として近年に提唱された Hilbert space fragmentation に起因するダイナミクスを調べる方法を提案した。具体的には、厳密対角化法と行列積状態法を用いて、奇数番目のサイトに粒子を 2 個、偶数番目サイトに粒子を 0 個持つ直積状態を初期条件とするダイナミクスを数值的に解析し、相互作用の強さが弱い時にはエルゴード的なダイナミクスが、強い時には非エルゴード的なダイナミクスが現れることを示唆した。