

物質と情報の量子協奏
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

山崎 雅人

東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構
教授

固有状態熱化仮説の破れと場の理論の量子シミュレーション

研究成果の概要

本年度は固有状態熱化仮説の破れの典型的な例の一つである可積分系の量子シミュレーションに着手した。可積分系は系の自由度と同じ数の保存量を持っており、これらの保存量は理想的な状況下では全て保存することが期待される。しかし、実際の量子デバイスはさまざまなノイズの影響下にあり、実際には保存量は定数に保てない。したがって、保存量の変化を調べることで、量子デバイスに対するノイズの性質を定量的に調べることができると考えられる。

論文 1 においては XXX スピン鎖の量子シミュレーションを行った。2022 年 8 月の論文では超伝導 qubit でのシミュレーションの結果を示したが、本研究期間中に作業を進め、2023 年 4 月の改訂版においてはイオントラップ qubit によるデバイスでの結果を示した。超伝導 qubit とイオントラップ qubit では実験系としては全く異なるが、どちらの種類デバイスでも保存量は急速に減少し、ノイズの性質に大きな違いがあるようには見えなかった。

量子シミュレーションのための理論的な定式化についても研究を進めた。一例として、Kramers-Wannier 変換と呼ばれる双対変換が知られているが、近年これの操作を量子回路により実現しより物理的な変換を考える文献が見られるようになった。今年度はこの変換を部分系対称性の場合に拡張する研究を進めた。

本年度秋にはアメリカのカリフォルニア大学サンタバーバラ校に 2 ヶ月滞在し、プログラム「Integrability in String, Field and Condensed Matter Theory」を組織委員の一人として運営したほか、同時に開催されていたプログラム「Quantum Many-Body Dynamics and Noisy Intermediate-Scale Quantum Systems」にも参加し、新たな研究の着想を得た。

【代表的な原著論文情報】

1) “Conserved charges in the quantum simulation of integrable spin chains” (coauthors: Kazunobu Maruyoshi, Takuya Okuda, Juan W. Pedersen, Ryo Suzuki and Yutaka Yoshida), J. Phys. A 56, 165301 (2023), arXiv: 2208.00576 [quant-ph]