

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	蘆田祐人
研究機関名	東京大学
所属部署名	理学系研究科
役職名	准教授
研究課題名	量子多体物理と量子光学の融合で探る強結合開放系の物理
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

初年度となる 2023 年度は、本課題の基礎となる準備期間も兼ねており、課題を進めるとともに今後を見据えたサーベイや準備研究にも重点をおきながら研究を進めた。この過程で、特に以下に挙げる成果を得た。(1) 連続的かつ複数の量子電磁場モードを持つ回路量子電磁力学系において、汎関数繰り込み群の枠組みを援用することで平衡状態の性質を調べるための理論手法を開発した。(2) 量子もつれを漸近的に解くユニタリ変換を、量子電磁場と強く結合した物質系のバンドトポロジーの解析に応用した。これにより、パイエルス代入などの超強結合領域で破綻し得る現象論的記述を用いずにチャーン数などのトポロジカル不変量やベリー位相を正確に計算することが可能となった。(3)これまでテラヘルツ領域においては集団増強効果がある状況では光物質超強結合が実現していたが、基底状態の制御で重要となる「単一電子レベルの超強結合」は未達成であった。これに対し、我々は hBN に代表される双曲分散を持つファンデルワールス物質を用いることで、単一電子での超強結合が実現できる可能性を理論的に指摘した。(4) 媒質中を伝搬する電磁波の固有値解析を行うために、ブロッホ理論を非エルミート系に拡張し一般化固有値問題を解くことに成功した。(5)浮揚ナノ粒子を規則的に複数並べることで、双極子相互作用に起因した非相反な長距離結合が生じることを指摘し、非エルミート物理を探索する理想的な舞台になり得ることを提案した。(6) 古典確率過程を非エルミート系と捉え、そのバンドトポロジーが緩和ダイナミクスの定性的な特徴を捉えていることを理論的に指摘した。(7) トポロジカル不変量であるチャーン数を非線形系に拡張することで、バンドトポロジーの概念が古典非線形の特に端状態の理解にも有用であることを理論的に指摘した。

以上の成果は複数の論文としてまとめ、国際誌から出版された。また国内外での招待講演やセミナーなどを通して発表された。