

京都大学教育研究振興財団助成事業
成果報告書

2023年 4月 30日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 藤 洋 作 様

所属部局 基礎物理学研究所

職 名 助教

氏 名 塩崎 謙

助成の種類	令和4年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究課題名	量子多体系における相空間の高次ホモトピーと幾何学的物理量の研究			
上記以外で助成金を 充当した 研究内容				
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名)			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等)以下の2本の論文を投稿中です。[1] Shuhei Ohyama, Yuji Terashima, KS, "Discrete Higher Berry Phases and Matrix Product States", arXiv:2303.04252. [2] KS, Seishiro Ono, "Atiyah-Hirzebruch spectral sequence for topological insulators and superconductors: E2 pages for 1651 magnetic space groups", arXiv:2304.01827.			
成果の概要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会計報告	交付を受けた助成金額	600,000	円	
	使用した助成金額	600,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		出張旅費	211,990	
		書籍	33,462	
		数値計算ソフト購入	253,000	
AV機器購入		36,548		
学会参加費	65,000			
当財団の助成に ついて	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) ご助成いただいた研究費は、主に書籍の購入、数値計算ソフトの購入、出張費に充てられました。他の研究費がない状況下でも、円滑な研究進行が可能となり、論文の発表ができました。その結果、同じ研究課題で、今年度から科学研究費助成事業に採択されることができました。ご助成いただいたことに深く感謝申し上げます。			

成果の概要/塩崎謙

当助成を受けて、2022年度は以下の研究を行い、論文をプレプリントサーバーにて公開しました。

[1] Shuhei Ohyama, Yuji Terashima, KS, "Discrete Higher Berry Phases and Matrix Product States", arXiv:2303.04252.

[2] KS, Seishiro Ono, "Atiyah-Hirzebruch spectral sequence for topological insulators and superconductors: E2 pages for 1651 magnetic space groups", arXiv:2304.01827.

ここでは[1]について研究内容・研究成果・今後の見通しを説明します。

研究内容

物質の原子レベルのミクロな状態は量子力学によって記述されます。量子力学においては物理的な状態は複素ベクトル空間上のベクトルで記述されますが、物理的な状態はベクトルの $U(1)$ 位相に依存しない、という性質があります。この $U(1)$ 位相の不定性ですが、パラメタ付けられた量子力学的な状態の族を考えると $U(1)$ 位相が物理的意味を持つことが知られています。Berry 位相と呼ばれる現象であり、背後にパラメタ空間の 2 形式に値を取る Berry 曲率と呼ばれる仮想的な磁場の存在に由来します。Berry 位相は有限系、つまり空間 0 次元系の現象です。しかし近年、無限に広がった空間 1 次元系においては、パラメタ空間の 3 形式に値を取るより一般化された「磁場」の存在が、Kapustin と Spodyneiko によって提案されました[Phys. Rev. B 101, 235130 (2020)]。

研究成果

本研究では、Kapustin と Spodyneiko の提案する「高次 Berry 位相」を、空間 1 次元の波動関数を記述する強力な道具である行列席状態 (MPS) を用いて定式化を進めました。Gerbe と呼ばれる数学の幾何学的構造が MPS の背後に存在することを明らかにし、また、具体的な模型の例を構成し、実際に高次 Berry 位相の計算を行いました。

今後の見通し

既に、MPS を用いた高次 Berry 曲率のさらなる定式化と、密度行列くりこみ群法 (DMRG) を用いた数値計算結果の論文準備中です。さらに、空間 2 次元以上の一般化について理論の整備と数値計算手法の開発を進める予定です。