

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

2022年4月28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 理学研究科

職 名 准教授

氏 名 米澤 進吾

助成の種類	令和3年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費研究課題名	トポロジカル物質における対称性のベクトル制御と光検出			
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) 京都大学理学研究科 ・ 教授 ・ 前野悦輝 京都大学理学研究科 ・ 外国人共同研究者 (JSPS外国人特別研究員) ・ Yajian Hu 京都大学理学研究科 ・ 修士課程学生 ・ 山根聡一郎			
発表学会文献等	<ul style="list-style-type: none"> ●日本物理学会第77回年次大会 (2022年3月15日～19日 オンライン) 15pT24-9 Yajian Hu, et al., "Polar Kerr effect study on the time-reversal symmetry-breaking charge ordered state in Kagome superconductor CsV₃Sb₅" ●日本物理学会第77回年次大会 (2022年3月15日～19日 オンライン) 15pPSH-28 山根聡一郎, et al. "磁気 Kerr効果測定による超伝導体の時間反転対称性の破れの探索" ●新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (2022年2月 オンライン) Sochiro Yamane, et al., "Investigation of time-reversal symmetry breaking in a superconductor by magneto-optic Kerr effect" ●新学術領域研究「量子液晶の物性科学」領域研究会 (2022年2月 オンライン) Yajian Hu, et al., "Polar Kerr effect study on the charge ordered state in Kagome superconductor CsV₃Sb₅" ●Oxide Superspin 2021 (2021年12月13日～17日 日本、京都) 13-03 Y. Hu et al., "Kerr effect study on charge density wave and superconductivity of the Kagome metal CsV₃Sb₅" ●日本物理学会2021年秋季大会 (2021年9月20日～23日 オンライン) 20aH1-10 山根聡一郎, et al., "磁気光学Kerr効果によるSr₂RuO₄-Ru共晶での時間反転対称性破れの探索" ●日本物理学会2021年秋季大会 (2021年9月20日～23日 オンライン) 23aH3-7 Yajian Hu et al., "Kerr effect study on charge density wave and superconductivity of Kagome metal CsV₃Sb₅" ●他数件 			
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	1,000,000	円	
	使用した助成金額	1,000,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		半導体光増幅器	399,855	
		その他光部品	106,098	
		電子部品	38,922	
真空関連部品		111,595		
寒剤(液体ヘリウム・窒素)	199,669			
その他実験消耗品	143,861			
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。) 今回この助成をいただき、大変助かりました。科研費に惜しいところで落選してしまいましたが、本助成のおかげで研究をしっかりと継続・発展させることができました。申請書・報告書が比較的シンプルであるのも非常にありがたかったです。			

成果の概要

京都大学理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
准教授
米澤 進吾

研究内容

本研究助成では、物質における「時間反転対称性の破れ (Time-reversal-symmetry breaking; TRSB)」を光学的に検出できる磁気光学カー効果の超高感度測定装置の改良と、それを用いた物質における新奇な時間反転対称性の破れの研究を行った。時間反転対称性とは、概念的には「時間を"逆回し"にしたときに元と同じ状態とみなせる」ということであり、「時間反転対称性の破れた (TRSB) 状態」とは例えば外部磁場を印加した場合や自発磁化が生じた場合がそれに相当する。磁石などの強磁性体が TRSB 状態の典型であるが、一部の超伝導や電荷秩序などでも、非自明な TRSB 状態が実現しうる。これらの非自明な TRSB 状態を検出するのは非常に難しいが、特殊な Loop-less Sagnac 干渉計という光学装置を用いることで TRSB 状態を超高感度に検出することができる。

本研究では、これまで当研究室で立ち上げを進めてきた Loop-less Sagnac 干渉計を用いた磁気光学カー効果測定装置を、本格的に物質系に適用する実験を進めた。また、さらなる感度や安定性の向上を目指して、光学装置の改良等を行った。

研究成果

具体的に本研究に用いた物質は、カゴメ金属 CsV_3Sb_5 および Sr_2RuO_4 -Ru 共晶体である。

前者はバナジウムがカゴメ格子という興味深い構造を形成していることでこの数年非常に注目されている物質であり、94 K 以下で電荷秩序を、3 K 以下で超伝導を示す。この物質の電荷秩序状態において磁気光学カー効果測定を行い、この電荷秩序状態が時間反転対称性を破った状態であることを明らかにした。また、磁場によってカー回転角度を反転させることができることを明らかにし、非自明な TRSB 秩序と磁場との相互作用が明確に存在していることを明らかにした。これらは理論的に提唱されている "Loop-current" 秩序が実際に実現していることを示している。この成果については学会発表を複数回行い、現在論文も投稿直前である。さらに、低温の超伝導状態における TRSB についても実験を進めている。

Sr_2RuO_4 -Ru 共晶体は TRSB 超伝導である「カイラル超伝導」が実現している Sr_2RuO_4 中に Ru 結晶が析出したもので母物質 Sr_2RuO_4 ($T_c = 1.5$ K) よりも高い温度 (約 3 K) で超伝導を示す。この Sr_2RuO_4 -Ru 共晶体でも TRSB が破れているかについて興味を持たれる。そこで、実際にカー効果測定を行い、約 3 K 付近以下でカー角度が変化していくことを見出した。これは TRSB が起こっていることを示唆するが、さらに感度や安定性を向上する必要がある。この成果についても学会発表を複数回行った。

今後の見通し

本研究により、当研究室のカー効果測定装置が研究に使えるレベルの感度を持っていることを実証できた。今後は、他の幅広い物質系における TRSB の探索に活用したり、走査型測定や一軸ひずみ下での測定などの技術開発を行い、物質中の新奇な TRSB 状態の発見と制御の研究を進めていきたい。