

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	高橋陽太郎
研究機関名	東京大学
所属部署名	大学院工学系研究科量子相エレクトロニクス研究センター
役職名	准教授
研究課題名	ナノスピン構造とトポロジーがつくる光スピントロニクス
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

本研究では物質の持つトポロジーに由来した光学現象の探索を進めている。スピン秩序に由来するトポロジカルな構造の代表例は磁気スキルミオンである。渦状のスピン構造を持つスキルミオン上の電子はスカラースピカイラリティから生じる創発磁場を受け、トポロジカルホール効果と呼ばれる現象として観測されることが知られている。一方で、電子の光学遷移、つまりバンド間遷移においても素初磁場に由来した現象が起こる可能性がある。今回大きなトポロジカルホール効果が観測されている Gd_2PdSi_3 において、光の偏光回転現象として観測される磁気光学効果の測定を行った。その結果 0.8 eV 以下のエネルギーで、スキルミオン相でのみ生じる磁気光学カー効果が存在することを明らかにした。これは、伝導電子のみならずバンド間遷移においても創発磁場が有効に働くことを示している。また、磁気光学効果のスペクトルは、通常の磁化に比例する成分とは全く異なっており、特定のバンド間遷移にのみ創発磁場が働くことが明らかになった。この結果を基盤として、スキルミオンの光検出や光制御といった展開が期待できる。

トポロジカルな電子構造から生じる電磁気応答はしばしば量子幾何学的な量で記述され、場合によっては非常に大きな応答を引き起こすことが知られている。時間反転と空間反転対称性がともに破れたワイル半金属 $PrAlGe$ において、非線形光学効果の研究を行った。その結果、空間反転対称性の破れのみ由来する第 2 次高調波が最大級の大きさを示すことが明らかになった。また、強磁性転移後に生じる磁性由来の第 2 次高調波との干渉効果により、磁化や入射光の符号に依存して第 2 次高調波の強度が大きく変化することを明らかにした。この結果はワイル半金属のトポロジカル電子構造が効果的に光機能性を生じさせることを示している。