

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2019 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

森本 高裕

東京大学 大学院工学系研究科
准教授

トポロジカル物質の非線形応答および非平衡現象の理論的研究

§ 1. 研究成果の概要

今年度も幾何学的位相に駆動された非線形・非平衡応答現象について理論的研究を行った。

非平衡トポロジカル現象については、周期とカイラリティが異なる二つの円偏光の重ね合わせである二周期外場が時間の軌跡として空間回転対称性を有するパターンを描くことに着目し、二周期外場による回転対称性制御・トポロジー制御について研究を行った。具体的には、二周期外場に駆動された系をフロケ理論に基づき有効ハミルトニアンを得ることで、系の回転対称性とバンドトポロジーが制御でき、それに伴って電気分極の誘起および方向の動的制御が可能であることを理論的に明らかにした[Ikeda, Kitamura, Morimoto PTEP (2021)]。さらに二周期外場駆動によるトポロジー制御を通じて反転対称性を破らない系においても光電流発生が可能であることも示した。

非線形光学応答・シフト電流については、BaTiO₃ のソフトフォノン励起に着目し、テラヘルツ光照射時におけるフォノン励起によるシフト電流発生を東大・高橋研との共同研究により実証した[Okamura et al. PNAS (2022)]。この光電流は、フォノンモードに対して顕著な依存性を示す上、光電流の大きさが外部電圧にも依存しないというシフト電流特有の性質を持つことを明らかにした。また、シフト電流機構に基づいた理論モデルを新たに構築しダイアグラム法をよび第一原理計算による解析を行ったところ、観測された光電流の大きさについてもおおよそ説明できることを示した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yuya Ikeda, Sota Kitamura, Takahiro Morimoto “Floquet engineering of electric polarization with two-frequency drive” Prog. Theor. Exp. Phys. ptab127 (2021).
- 2) Takahiro Morimoto, Sota Kitamura, Shun Okumura “Electric polarization and nonlinear optical effects in noncentrosymmetric magnets” Phys. Rev. B 104, 075139 (2021). [Editors’ Suggestion]
- 3) Kosuke Fujiwara, Sota Kitamura, Takahiro Morimoto “Thermal Hall responses in frustrated honeycomb spin systems” arXiv:2203.16853
- 4) Yoshihiro Okamura, Takahiro Morimoto, Naoki Ogawa, Yoshio Kaneko, Guang-Yu Guo, Masao Nakamura, Masashi Kawasaki, Naoto Nagaosa, Yoshinori Tokura, Youtarou Takahashi “Photovoltaic effect by soft phonon excitation” PNAS 119, e2122313119 (2022)
- 5) M. Mogi, Y. Okamura, M. Kawamura, R. Yoshimi, K. Yasuda, A. Tsukazaki, K. S. Takahashi, T. Morimoto, N. Nagaosa, M. Kawasaki, Y. Takahashi, Y. Tokura “Experimental signature of the parity anomaly in a semi-magnetic topological insulator” Nature Physics 18, 390 (2022).