

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

2020 年度 年次報告書

新居 陽一

東北大学 金属材料研究所
助教

トポロジカルフォノンクスと革新的な音波・熱物性の開拓

§ 1. 研究成果の概要

本研究はフォノンに対するトポロジカルな性質を開拓することで既存のデバイスでは実現しえない音・熱物性を実現することを目指している。2020年度はフォノンによる磁化制御、マイクロ波顕微鏡によるフォノンの可視化、キラル磁性体のフォノン分散などに関する成果を得た。

物質中を伝搬する音や熱は電気・磁気的には中性の粒子であるフォノンによって媒介される。したがって音や熱の性質を電気・磁気的に制御することは困難と予想され、また逆に音や熱によって物質の電気・磁気的な性質を変えることも難しいと考えられる。しかしスピン軌道相互作用や対称性の破れのもとでは、フォノンが(例えば)磁気的な性質を持っても良い。2020年度はこれに関連する成果としてキラル磁性体 MnSi におけるフォノンバンドの分裂、表面弾性波を用いた強磁性磁化の制御などの成果を得た。前者は対称性の破れがフォノン角運動量に依存したバンド分裂を引き起こすことを示した成果であり、後者は表面で生じたフォノン角運動量によって対称性の破れを制御(この場合磁化を制御)した成果である。また本年度はフォノンのトポロジーを追求する研究として昨年度から遂行してきたイメージング技術の構築に取り組んだ。マイクロ波顕微鏡を構築し、これによりナノスケールで数 GHz のフォノン波面を可視化する手法が確立された。加えて微細加工技術によって、昨年度シミュレーションで最適化したトポロジカルなフォノンニックデバイスを作成することに成功した。今後は、このデバイスのフォノンイメージングによってトポロジカルなフォノン伝搬など特異な音物性を直接実証することを目指す。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Nonreciprocal thermal transport in a multiferroic helimagnet”, Science Advances, 6, 40, eabd3703 (2020), Y. Hirokane, Y. Nii, H. Masuda, and Y. Onose