

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

関 真一郎

東京大学 大学院工学系研究科
准教授

磁気構造と電子構造のトポロジーを利用した巨大創発電磁場の生成と制御

§ 1. 研究成果の概要

本研究では、非自明なトポロジを伴う磁気構造・電子構造を持つ新物質の開拓と、それに由来した巨大な創発電磁場の観察・制御を目的としている。2020年度は、前年度に引き続いて(1)ナノサイズの磁気スキルミオンを伴う新物質の開拓と機構解明・(2)時間反転対称性の破れた反強磁性体の開拓を行い、それぞれの系における創発電磁場にまつわる関連現象の観察を行った。

前者については、単一組成の物質として過去最小の直径のスキルミオンを生じる新物質 GdRu_2Si_2 に対し、STMを用いた電子状態観察、共鳴 X 線散乱実験による詳細な磁気相図・磁気構造の解明、および実験結果を再現する理論モデルの検討を行うことで、遍歴電子が媒介する新しいスキルミオン生成機構を実証・確立することに成功した。また、上記の理論モデルに基づいて、同様のナノサイズのスキルミオンを生じる新物質を複数発見することに成功した。

また、後者については、系の磁気対称性に基づく系統的・網羅的な物質設計の指針を考案することで、室温で創発磁場に由来した異常ホール効果を生じる、時間反転対称性の破れた新しい反磁性体を実験的に発見することに成功した。上記の結果は、従来強磁性体の磁化が担ってきた物質機能を、時間反転対称性の破れた反強磁性体における創発磁場で置き換えられることを示唆していると考えられる。

【代表的な原著論文情報】

- 1) N. D. Khanh, T. Nakajima, X. Z. Yu, S. Gao, K. Shibata, M. Hirschberger, Y. Yamasaki, H. Sagayama, H. Nakao, L. C. Peng, K. Nakajima, R. Takagi, T. Arima, Y. Tokura, S. Seki, “Nanometric square skyrmion lattice in a centrosymmetric tetragonal magnet”, *Nature Nanotechnology* 15, 444 (2020).
- 2) Y. Yasui, C. Butler, N. D. Khanh, S. Hayami, T. Nomoto, T. Hanaguri, Y. Motome, R. Arita, T. Arima, Y. Tokura, S. Seki, “Imaging the coupling between itinerant electrons and localised moments in the centrosymmetric skyrmion magnet GdRu_2Si_2 ”, *Nature Communications* 11, 5925 (2020).
- 3) R. Takagi, Y. Yamasaki, T. Yokouchi, V. Ukleev, Y. Yokoyama, H. Nakao, T. Arima, Y. Tokura, S. Seki, “Particle-size dependent structural transformation of skyrmion lattice”, *Nature Communications* 11, 5685 (2020).