

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

速水 賢

東京大学 大学院工学系研究科
講師

らせん構造に立脚した新規トポロジカル磁性体の理論的研究

§ 1. 研究成果の概要

幾何学的なスピントクスチャをもつ磁性体(トポロジカル磁性体)では、スピнкаイラリティというミクロな自由度に起因した多彩な電磁気応答現象が現れる。本研究の目的は、多様な結晶構造と微視的機構のもとで発現するトポロジカル磁性体を、らせん磁気構造がもつ内部自由度の視点から系統的に分類することで、それらが発現する結晶対称性およびその安定化機構を明らかにすることである。本年度においては、磁性金属におけるトポロジカル磁性体の発現機構の解析を有効模型の立場から行った。以下に本年度に得られた4つの研究成果を示す。(1) 正方格子磁性金属における正方格子型磁気スキルミオン結晶相の発現機構の解明: 正方格子上の遍歴磁性体模型に対して、ボンド型の磁気異方性と高次のスピン間相互作用の効果を取り込んだ有効スピン模型を構築し、基底状態相図を数値シミュレーションにより調べた。その結果、正方格子型の磁気スキルミオン結晶相が有限のボンド型の磁気異方性と高次のスピン間相互作用のもとで広く安定化することを明らかにした。さらに、得られた磁気相図が磁気スキルミオン結晶相を示す GdRu_2Si_2 の磁気相図をよく再現することを見出した。(2) 三角格子磁性金属における磁気スキルミオン結晶相と磁気メロン結晶相の発現機構の解明: 単一イオン異方性と6回回転対称な磁気異方性の競合により、異なるトポロジカル数をもつ2つの磁気スキルミオン結晶相と2つの磁気メロン結晶相を見出した。特に、磁気メロン結晶相の安定化には、6回回転対称性に由来する磁気異方性が重要な役割を果たしていることを示した。また、(3) 磁気スキルミオン結晶相を示す $\text{Gd}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$ 、および (4) 磁気バブル結晶相を示す CeAuSb_2 に対して、有効スピン模型を構築し、解析することで、実験で観測された磁気相図を再現することに成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Hayami and Y. Motome, "Square skyrmion crystal in centrosymmetric itinerant magnets", *Phys. Rev. B* 103, 024439 (2021).
- 2) S. Hayami and Y. Motome, "Noncoplanar multiple- Q spin textures by itinerant frustration: Effects of single-ion anisotropy and bond-dependent anisotropy", *Phys. Rev. B* 103, 054422 (2021).
- 3) M. Hirschberger, S. Hayami, and Y. Tokura, "Modeling a nanometric skyrmion lattice using anisotropic exchange interactions in a centrosymmetric host", *New J. Phys.* 23, 023039 (2021).
- 4) S. Seo, S. Hayami, Y. Su, S. M. Thomas, F. Ronning, E. D. Bauer, J. D. Thompson, S.-Z. Lin, and P. F. S. Rosa, "Spin-texture-driven electrical transport in multi- Q antiferromagnets", *Commun. Phys.* 4, 58 (2021).