

トポロジカル材料科学と革新的機能創出  
2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

速水 賢

北海道大学 大学院理学研究院  
准教授

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

## 研究成果の概要

本研究の目的は、らせん磁気構造から構成されるトポロジカル磁性体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。さらにトポロジカル磁気構造の指標となるスカラーカイラリティを起源とする新規物性現象を明らかにすることである。以下に本年度で得た主な成果を記す。(1)  $PT$  対称性をもつ磁性体を示す非相反伝導現象の解析。(2) 磁気トロイダル四極子を伴う反強磁性体を示すスピン伝導特性の解析。(3) 3層三角格子系における磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(4) 有効スピン模型を用いた正方格子スキルミオンと斜方格子スキルミオンの安定性の解析。(5) 電気トロイダル双極子秩序が示す反対称熱分極の理論形式の構築。(6) らせん軸をもつ格子構造下における磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(7) 点群  $D_{3h}$  下における磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(8) スピン軌道相互作用に頼らない非相反伝導機構の理論提案。(9) 歪んだ三角格子系での磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(10) 反転対称な立方格子系における磁気ヘッジホッグ相の安定化機構。(11) スカラーカイラリティを伴う非共面磁気構造に由来した非相反伝導機構の解析。(12) 強磁性-反強磁性接合を利用した磁気スキルミオン結晶相生成。(13) 磁気渦構造によって誘起されるフェロアキシヤルモーメントの発現条件の解明。(14) ハバード模型で実現する磁気スキルミオン結晶相および磁気渦結晶相の安定化機構。(15) ゼロ磁場で実現する磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(16) 磁気対称性に基づいたトポロジカル磁性体を探索するための有効スピン模型構築法の理論提案。(17) 磁気スキルミオン物質  $\text{EuAl}_4$  を念頭においた理論模型の構築と解析。(18) 磁気スキルミオン結晶の層状構造が生み出す非相反伝導現象の提案。(19) ハニカム構造下で実現する反強磁性およびフェリ磁性的な磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(20) 広い有限温度-磁場領域におけるトポロジカル磁性体探索。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Hayami and M. Yatsushiro, "Nonlinear nonreciprocal transport in antiferromagnets free from spin-orbit coupling", *Phys. Rev. B* **106**, 014420 (2022).
- 2) S. Hayami, "Ferroaxial moment induced by vortex spin texture", *Phys. Rev. B* **106**, 144402 (2022).
- 3) K. Kobayashi and S. Hayami, "Skyrmion and vortex crystals in the Hubbard model", *Phys. Rev. B* **106**, L140406 (2022).
- 4) R. Yambe and S. Hayami, "Effective spin model in momentum space: Toward a systematic understanding of multiple-Q instability by momentum-resolved anisotropic exchange interactions", *Phys. Rev. B* **106**, 174437 (2022).
- 5) S. Hayami and Y. Kato, "Widely-sweeping magnetic field-temperature phase diagrams for skyrmion-hosting centrosymmetric tetragonal magnets", *J. Magn. Magn. Mater.* **571**, 170547 (2023).