

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

2021 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

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。以下に本年度で得た主な成果を記す。(1) 水平鏡映対称性の破れた結晶構造における高いトポロジカル数をもつ磁気スキルミオン結晶の新しい安定化機構の解明。(2) 磁場方向に敏感な短周期磁気スキルミオン結晶の安定化機構の解明と  $f$  電子化合物  $\text{EuPtSi}$  への適用。(3) 容易面型の異方性を有する磁性絶縁体における磁気スキルミオン結晶の解析。(4) 122 の磁気点群に対する多極子の分類論の構築。(5) 遍歴電子フラストレーション機構により誘起されるトポロジカルスピン構造に関するレビュー論文。(6) 空間反転対称性の破れた三角格子上でのメロン-反メロン結晶相の発見。(7) 多重  $Q$  磁気構造下での電荷秩序形成の微視的理論の構築。(8) 容易軸異方性をもつ遍歴磁性体における磁気スキルミオン結晶-磁気バブル結晶の有限温度相転移の解析。(9) スピンの波の位相変化を用いたスキルミオン結晶の新しい制御法を発見。(10) 空間反転中心な離散格子上におけるスキルミオンコアに関する解析。(11) 長距離相互作用のもとで安定化するらせん磁性体に対するスピン波励起の理論。(12) 非相反マグノンバンドを促す微視的模型パラメタの抽出法の理論。(13) 交替的なジャロシンスキー・守谷相互作用を有する空間反転対称な結晶構造のもとでの磁気スキルミオン結晶相の安定化機構。(14) らせん磁気構造下での電子バンドに生じる反対称スピン分裂の理論。(15) 波数空間におけるフラストレーションが誘起する多重磁気スキルミオン相の発見。(16) 面内磁場下において  $\text{GdRu}_2\text{Si}_2$  が示す多彩な多重  $Q$  磁気秩序状態に対する理論模型の構築。(17) 三方晶・六方晶系における単一イオン異方性下での磁気スキルミオン結晶の安定性の解析。(18)  $C_{4h}$  点群下での磁気スキルミオンが示すヘリシティロッキング。(19)  $\text{EuAl}_4$  で観測された多重磁気スキルミオン相に対する理論模型の構築。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) R. Yambe and S. Hayami, "Skyrmion crystals in centrosymmetric itinerant magnets without horizontal mirror plane", *Sci. Rep.* **11**, 11184 (2021).
- 2) S. Hayami and R. Yambe, "Field-Direction Sensitive Skyrmion Crystals in Cubic Chiral Systems: Implication to 4f-Electron Compound  $\text{EuPtSi}$ ", *J. Phys. Soc. Jpn.* **90**, 073705 (2021).
- 3) S. Hayami and Y. Motome, "Charge density waves in multiple- $Q$  spin states", *Phys. Rev. B* **104**, 144404 (2021).
- 4) S. Hayami, T. Okubo, and Y. Motome, "Phase Shift in Skyrmion Crystals", *Nat. Commun.* **12**, 6927 (2021).
- 5) N. D. Khanh, T. Nakajima, S. Hayami, S. Gao, Y. Yamasaki, H. Sagayama, H. Nakao, R. Takagi, Y. Motome, Y. Tokura, T. Arima, and S. Seki, "Zoology of Multiple- $Q$  Spin Textures in a Centrosymmetric Tetragonal Magnet with Itinerant Electrons", *Adv. Sci.* **9**, 2105452 (2022).
- 6) R. Takagi, N. Matsuyama, V. Ukleev, L. Yu, J. S. White, S. Francoual, J. R. L. Mardegan, S. Hayami, H. Saito, K. Kaneko, K. Ohishi, Y. Onuki, T. Arima, Y. Tokura, T. Nakajima, and S. Seki,

"Square and rhombic lattices of magnetic skyrmions in a centrosymmetric binary compound", Nat. Commun. **13**, 1472 (2022).