

2024 年度年次報告書

未踏探索空間における革新的物質の開発

2023 年度採択研究代表者

関 真一郎

東京大学 大学院工学系研究科
教授

第三の磁性体「Altermagnet」の物質設計と機能開拓

主たる共同研究者:

有田 亮太郎 (東京大学 大学院理学系研究科 教授)

塚崎 敦 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

速水 賢 (北海道大学 大学院理学研究院 教授)

研究成果の概要

研究開始から2年目にあたる 2024 年度に取り組んだ内容としては、

- ① 新しい Altermagnet 物質の実験的開拓と、光による情報の読み出しの実証(関 G.)
- ② 第一原理計算に基づく Altermagnet 物質カタログの拡張と、効率的な計算手法の開発(有田 G.)
- ③ 対称性に基づく Altermagnet の分類学の整備と、新物性の理論予測(速水 G.)
- ④ 室温 Altermagnet 物質の成膜条件の検討(塚崎 G.)

が挙げられる。多極子による分類学と第一原理計算に基づく物質カタログを理論的に構築した上で、室温で情報の読み書きが可能な世界初の Altermagnet 物質の発見に成功しており、さらなる新物質開拓や薄膜化への取り組みも進みつつある。また、従来の電気的手法に加えて光学的手法による情報の読み出しにも成功しており、当初の計画以上のペースで極めて順調に研究が進展していると考えられる。

本研究における、室温で $[\uparrow\downarrow]/[\downarrow\uparrow]$ 状態の読み書きが可能な Altermagnet 物質群の発見は、強磁性体に代わる新しい情報材料として Altermagnet が有望であることを示唆している。次年度以降は、理論的な物質カタログの拡張・精緻化と、実験的な Altermagnet 新物質の開拓に引き続き取り組むとともに、磁気光学効果を利用した $[\uparrow\downarrow]/[\downarrow\uparrow]$ 磁気ドメインの空間イメージングや、磁気情報のさらなる読み書き手法の開拓、薄膜・界面系の作成と機能評価に取り組んでいくことで、新しいスピントロニクス学理の構築を行っていく予定である。また、これまでは結晶構造と磁気構造の単位胞が同一で、単純な反平行スピン配列を持つ物質のみに対象を絞って研究を行ってきたが、理論的にはこれらの制約を緩めた系でも、仮想磁場やスピン分裂といった特徴的な応答が得られる場合があることが指摘されており、こうした「広義の Altermagnet」あるいは「Beyond Altermagnet」の系の開拓も今後積極的に行っていく方針である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) R. Takagi, R. Hirakida, Y. Settai, R. Oiwa, H. Takagi, A. Kitaori, K. Yamauchi, H. Inoue, J. Yamaura, D. Nishio-Hamane, S. Itoh, S. Aji, H. Saito, T. Nakajima, T. Nomoto, R. Arita, S. Seki, “Spontaneous Hall effect induced by collinear antiferromagnetic order at room temperature”, Nature Materials **24**, 63 (2025).
- 2) H-Y Chen, T. Nomoto, M. Hirschberger, R. Arita, “Topological Hall Effect of Skyrmions from first Principles”, Phys. Rev. X **15**, 011054(2025).
- 3) J. Matsuda, H. Watanabe, R. Arita, “Multiferroic collinear antiferromagnet with hidden altermagnetic split”, Phys. Rev. Lett. (in press).
- 4) K. Hattori, H. Watanabe, J. Iguchi, T. Nomoto, R. Arita, “Effect of collective spin excitations on electronic transport in topological spin textures”, Phys. Rev. B **110**, 014425 (2024).
- 5) S. Hayami, “Linear and nonlinear spin-current generation in polar collinear antiferromagnets without relativistic spin-orbit coupling”, Phys. Rev. B, **109**, 214431 (2024).