

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム  
2020 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書
------------------

高木 里奈

東京大学 大学院工学系研究科  
助教

磁気メモリの革新に向けたスキルミオン物質の開発と機能開拓

## § 1. 研究成果の概要

本研究では、スキルミオン(電子スピンの渦構造)を次世代磁気記録の情報担体として活用するための物質・機能の開拓に取り組んでいる。これまでスキルミオンの生成には空間反転対称性の破れた特殊な構造を持つ物質が必要とされていたが、最近では遍歴電子が媒介する磁気相互作用を利用することで、空間反転対称性が保たれた結晶構造の物質中で高密度なスキルミオンを生成できるという新しい機構が提案されている。

本年度は、ナノサイズのスキルミオンを生成するための新機構の解明、物質設計指針の確立を目指して物質開発に取り組み、正方晶の磁性金属  $\text{EuAl}_4$  において直径 3.5nm の磁気スキルミオンの観測に成功した。さらに、スキルミオンの配列が磁場の強さによって正方格子・菱形格子と変化することを発見した。磁性金属の理論モデルを用いて正方格子における磁気構造のシミュレーション計算を行ったところ、遍歴電子が媒介する磁気相互作用のフラストレーションを取り入れることで、観測したスキルミオンの配列変化をよく再現することに成功した。

これまでの物質と比べて、より単純な二元合金において新機構によるスキルミオン生成を実証できたことから、シンプルな材料設計に繋がると考えられる。また、これまで新機構によって生成されるスキルミオンは結晶格子と同じ対称性に整列した状態でのみ観測され、その配列を外場制御できるか明らかでなかった。一方、今回の物質中では、スキルミオンが正方格子・菱形格子と配列変化できることが判明し、今後、より自由度の高い配列を有する物質探索を進めることで、次世代磁気記録材料への道筋が開けることが期待される。

こうしたナノサイズのスキルミオンを生じる物質に対し、今後は薄膜デバイスの作製を進めるため、本年度末に新たにスパッタリング装置を導入し、立ち上げ作業を完了した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Square and rhombic lattices of magnetic skyrmions in a centrosymmetric binary compound”, 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. Ōnuki, T. Arima, Y. Tokura, T. Nakajima, S. Seki, Nature Communications vol. 13, 1472 (2022).
- 2) “Zoology of Multiple-Q Spin Textures in a Centrosymmetric Tetragonal Magnet with Itinerant Electrons”, N. D. Khanh, T. Nakajima, S. Hayami, S. Gao, Y. Yamasaki, H. Sagayama, H. Nakao, R. Takagi, Y. Motome, Y. Tokura, T. Arima, S. Seki, Advanced Science vol. 9, 2105452 (2022).
- 3) “Direct visualization of the three-dimensional shape of skyrmion strings in a noncentrosymmetric magnet”, S. Seki, M. Suzuki, M. Ishibashi, R. Takagi, N. D. Khanh, Y. Shiota, K. Shibata, W. Koshibae, Y. Tokura, T. Ono, Nature Materials vol. 21, 181–187 (2022).
- 4) “Hybridized magnon modes in the quenched skyrmion crystal”, R. Takagi, M. Garst, J. Sahliger, C. H. Back, Y. Tokura, S. Seki, Physical Review B vol. 104, 144410 (2021).