

# 放射光共鳴 X 線磁気散乱と中性子回折を用いた 空間反転対称性を持つスキルミオン物質の研究 Synchrotron radiation x-ray and neutron diffraction studies on magnetic skyrmions in centrosymmetric crystals

中島多朗・東大物性研/理研 CEMS

磁気スキルミオンは磁性体中におけるトポロジカルな渦状スピン構造であり、2009 年にカイラルな結晶構造を持つ磁性体 MnSi において発見されて以降盛んに研究されてきた[1]。当初スキルミオンは MnSi に代表されるような反転対称性を持たない結晶構造を持つ磁性体において発見され、Dzyaloshinskii-Moriya 相互作用が渦状のスピン秩序の発現に重要な役割を果たしていることが知られていた。しかし近年反転対称性を持つ系においても幾何学的なフラストレーション[2]や伝導電子との結合[3]によってスキルミオン格子が実現し得るという理論的な提案がなされた。これを踏まえて我々は、スキルミオンのような非共面的な磁気構造を実現する異方性の小さい磁気モーメントを持ちかつ伝導電子を持つ磁性体として Gd を含む金属間化合物に着目し、様々な結晶系の物質において研究を展開してきた。具体的には三角格子磁性体  $\text{Gd}_2\text{PdSi}_3$ [4]、カゴメ格子磁性体  $\text{Gd}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$ [5]、正方格子磁性体  $\text{GdRu}_2\text{Si}_2$ [6]に注目し、Photon Factory BL-3A における磁場中共鳴 X 線磁気散乱や、J-PARC MLF における  $^{160}\text{Gd}$  置換試料を使った中性子散乱によって、これら全ての系で磁気スキルミオン格子相が現れることを明らかにした。 $\text{Gd}_2\text{PdSi}_3$  と  $\text{GdRu}_2\text{Si}_2$  においては先行研究によりゼロ磁場での磁気伝播波数 ( $q$ -vector) が報告されていたため、その  $q$ -vector に注目して PF BL-3A で Gd- $L_2$  吸収端での共鳴 X 線散乱を行うことにより  $q$ -vector の温度・磁場変化を探索し、さらに散乱 X 線の偏光解析によって、その磁気変調がスクリュウ型であることを明らかにした。また、 $\text{Gd}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$  については、当初磁気伝播波数が不明であったが、 $^{160}\text{Gd}$  を用いた単結晶試料と J-PARC MLF 大観(BL15)における大面積検出器を用いた中性子散乱実験で効率的に  $q$ -vector を決定することができた。これらの結果に最近の磁場中中性子散乱によって発見された新たな磁場誘起相の結果も含めて、中性子と放射光を相補的に用いた磁気スキルミオン物質研究について発表する。

[1] N. Nagaosa and Y. Tokura, Nat. Nanotech. **8**, 899 (2013).

[2] T. Okubo *et al.*, PRL **108**, 017206 (2012).

[3] S. Hayami, R. Ozawa, Y. Motome, Phys. Rev. B **95**, 224424 (2017).

[4] T. Kurumaji *et al.*, Science **365**, 914 (2019).

[5] M. Hirschberger *et al.* Nat. Commun. **10**, 5831 (2019).

[6] N. D. Khanh *et al.* Nat. Nanotech. **15**, 444–449 (2020).