

# PONTA(5G)分光器を用いたサイエンスの展開

## - 偏極中性子を活用した交差相関物性研究 -

東京大学物性研究所 中性子科学研究施設

中島多朗

**Studies on cross-correlated phenomena in solids**

**by polarized neutron scattering at PONTA spectrometer**

*The Institute for Solid State Physics, University of Tokyo*

**T. Nakajima**

近年固体中における非共役な外場による交差相関応答が盛んに研究されている。代表例としては 2003 年に報告された  $\text{TbMnO}_3$  での磁気相転移に伴った電気分極の発現と磁場によるフロップ[1]が挙げられる。2009 年にはトポロジカルな渦型磁気秩序である磁気スキルミオンが発見され、これが電流や熱勾配、応力等によって操作可能であることが報告されている [2]。上記の例に共通するのは、「らせん型」のスピン秩序を示す(あるいは構成要素として持つ)ことである。らせん磁気秩序は磁気伝播ベクトルの方向とスピンの回転面の角度によりスクリー型、サイクロイド型などの形をとる。またそれぞれ右巻き/左巻き(あるいは時計/反時計回り)のスピン配列の自由度がある。これらは結晶の対称性やマクロ応答に密接に関連しており、上記の交差相関現象においても重要な鍵となる。

中性子散乱はこのようなスピンの回転面や巻き方を実験的に決定できる非常に強力な手法であり、特に定常炉中性子源における偏極中性子散乱は、2000 年代のマルチフェロイック物質研究の推進に大きな役割を果たしてきた[3]。JRR-3 に設置された偏極中性子三軸分光器 PONTA における代表的な成果としては前述の  $\text{TbMnO}_3$  における電場中偏極中性子回折が挙げられる[3]。この系はサイクロイド型の磁気構造の発現とともに電気分極を示すが、外部電場によって電気分極の方向を揃えた上で偏極中性子を用いて磁気散乱を観測することにより、時計/反時計回りのスピン配列が分極の極性に一対一対応していることが実験的に明らかになった。JRR-3 が稼働していた 2000 年代は絶縁体におけるスピン起源の電気分極の発現が注目を集めてきたが、近年はより広い意味での電気磁気効果として、金属磁性体における電流と磁気モーメントの結合も興味を持たれている。具体的にはトロイダル磁気秩序に起因すると見られる電流誘起磁化や[4]、金属らせん磁性体における電流によるスピンヘリシティ反転[5]などが挙げられ、これらの研究にも PONTA をはじめとした JRR-3 の中性子分光器が寄与することが期待される。

一方磁気スキルミオンに関しては、強磁性的相互作用とジャロシンスキー・守谷相互作用によって長周期らせん磁気構造を示す金属磁性体  $\text{MnSi}$  において発見されたため、これに倣って、カイラルな結晶構造を持つ長周期らせん磁性体を中心に物質探索が行われた。初

期に発見された磁気スキルミオンの大きさは 10-100 nm 程度であったため、実験手法としては中性子小角散乱が用いられてきた。しかし近年、結晶構造が反転対称性を持つ系においても磁気フラストレーションや伝導電子と磁気モーメントの結合によって磁気スキルミオン格子が実現することが明らかになり、その磁気変調周期は数 nm と比較的短いことがわかってきた[6,7]。このような系においては、三軸分光器を含めて熱中性子を使った回折実験が可能であるため、これを用いて研究を推進することが期待される。

本公演ではこれらサイエンスの展望を述べた上で、今後必要な装置の高度化などについても議論したい。

#### 参考文献

- [1] T. Kimura *et al.* Nature **426**, 55 (2003)., T. Arima, JPSJ **80**, 052001 (2011).
- [2] S. Muhlbauer *et al.*, Science **323**, 915 (2009)., N. Nagaosa and Y. Tokura, Nat. Nanotech. **8**, 899 (2013).
- [3] Y. Yamasaki *et al.* PRL **98**, 147204 (2007).
- [4] H. Saito *et al.*, JPSJ **87**, 033702 (2018).
- [5] N. Jiang *et al.*, Nat. Commun. **11**, 1601 (2020).
- [6] T. Kurumaji *et al.*, Science **365**, 914 (2019).
- [7] M. Hirschberger *et al.*, Nat. Commun. **10**, 5831 (2019).