

定常中性子源を使った磁気スキルミオン格子と

その駆動状態の研究

東北大学多元研

奥山大輔

A moving state of magnetic skyrmion lattices studied by small angle neutron scattering

IMRAM, Tohoku University

Daisuke Okuyama

カイラル磁性体 MnSi では、15 nm 程度の大きさで渦状の磁気構造の磁気スキルミオンが三角格子を形成する安定相の存在が、中性子小角散乱で磁場に垂直面内の 6 回対称の反射を観測することで示されている[1]。MnSi の磁気スキルミオン格子は、従来の磁性体の磁気ドメインの駆動に必要な電流密度の 3 桁以上小さな閾電流密度を印加すると駆動を開始することが判明し注目を集めている[2]。電流で駆動中の磁気スキルミオン格子の駆動状態を明らかにすることが望まれていたが、高電流中でナノサイズの磁気渦が駆動している様子を観測することは困難でありその駆動状態の解明は進んでいなかった。我々は試料内の熱勾配を可能な限り抑えた条件下で MnSi の磁気スキルミオン格子に電流を印加し、中性子小角散乱で観測される 6 回対称の磁気スキルミオン反射の変化を観測することでその駆動状態を調べた。中性子小角散乱実験はスイス PSI の SINQ 及び米国 NIST の NCNR で行った。施設の横磁場マグネットの試料ホルダーに、MnSi の磁気転移温度($T_c \sim 30$ K)付近で 3 Ampere 程度の電流をかけても試料内の熱勾配が十分小さく保つよう改造を行った。また、電流反転時の磁気スキルミオン格子変化の過渡過程を調べるため、変動電流下の電流反転をトリガーとし中性子小角散乱強度を時分割測定する実験を行った。

実験の結果、MnSi の磁気スキルミオンは閾電流密度 $j_c \sim 1 \times 10^6$ A/m² 以上の電流密度を印加しても 6 回対称の磁気スキルミオン反射は保たれ、すなわち三角格子を保つまま駆動していることが分かった。さらに、試料端のみに中性子を照射して磁気スキルミオン反射を測定することで、磁気スキルミオン格子は試料端の影響を受けて塑性流動していることを示すデータを得た[3]。また、変動電流に対する応答を調べた結果、電流反転に追従する塑性変形の緩和時間は数秒程度であり、磁気的現象としては非常に遅い応答を示すことも分かった。当日は、このような駆動中の位相幾何学的な欠陥のダイナミクスの研究を JRR-3 で行うのに必要な性能を他施設での実験と比較しながら議論する。

[1] S. Muhlbauer et al., Science 323, 915 (2009). [2] F. Jonietz et al., Science 330, 1648 (2010); T. Schulz et al., Nat. Phys. 8, 301 (2012). [3] D. Okuyama et al., Communications Physics 2, 79 (2019).