

ストロボスコピック中性子小角散乱による磁気スキルミオンの生成・消滅過程の観測

P47

Observation of creation and annihilation processes of magnetic skyrmions by stroboscopic neutron small-angle scattering

中島多朗 taro.nakajima@issp.u-tokyo.ac.jp

東京大学物性研究所 中性子科学研究施設

磁気スキルミオンは長周期らせん磁性体等において現れる渦状のスピ構造であり、その渦構造が連続場中のトポロジカル欠陥とみなすことができることから、渦の一つ一つが粒子的性質を持ち、高い安定性を持つことが期待されている。代表的な磁気スキルミオン物質である MnSi では、バルク試料を用いた場合、転移温度直下・有限磁場中の限られた領域(図 1(a)参照)において「スキルミオン格子(SkL)相(磁気スキルミオンが磁場に垂直な平面で三角格子を組んだ状態)」が現れることが過去の中性子散乱実験によって報告されていた [1]。熱平衡条件では SkL 相の領域はわずかであるが、最近の実験[2]により、低温有限磁場中において MnSi 単結晶試料に電流パルスを与えて転移温度以上に急加熱し、その後元の温度に向かって急冷される過程で、スキルミオン格子の過冷却状態が実現し、低温かつより広い磁場領域において準安定状態として存在し得ることが報告された。これらの実験では、電流パルスを与える前と後の定常状態においてホール効果、もしくは中性子小角散乱(SANS)パターンを測定し比較することで、確かに準安定スキルミオン格子が実現していることを確認した。しかし、実際に試料が急加熱・急冷されている最中に、どのように磁気秩序が変化し準安定状態が形成されているかは未解明であった。

本研究では J-PARC の中性子小角・広角散乱装置「大観(BL15)」において、中性子パルス(25 Hz)と電流パルス(0.1 Hz)を同期させた Stroboscopic SANS 測定を MnSi の磁気スキルミオン相に対して行い、急冷中の磁気状態の変化を調べた。J-PARC では陽子ビームパルスが水銀ターゲットに入射することによって中性子が発生し、モデレータを通して熱中性子領域に減速された中性子が試料に照射される。本実験ではこの中性子パルスごとにデータを分割して計測することで時分割測定を実現した。ただし、1つの中性子パルスから得られる散乱パターンでは統計精度が十分でないため、電流印加による急加熱・急冷プロセス自体を 300-1000 回繰り返し、パルス電流の立ち上がり時間を時間原点として同時刻の中性子パルス同士を積算することで十分な精度のデータを得ることができた。また、大観では中性子を単色化せず、その飛行時間によって波長を特定する Time-of-flight diffraction 法を用いているが、1つの中性子パルスに含まれる波長(速度)の広がりを考慮すると、本測定の時間

分解能は 13 ms 程度である。

図 1 に代表的な結果を示す。熱平衡状態においてはスキルミオンが存在しない温度 20 K、0.2 T 磁場中においてパルス電流を印加したが、準安定スキルミオン三角格子の存在を示す六角形の散乱パターンが、温度の上昇とともに一度消失し、冷却過程において再び形成され、最終的には再び準安定状態として低温まで残る様子が詳細に観測された。

本発表ではこの時分割測定によって得られた磁気スキルミオンの相転移キネティクスの詳細を紹介し、時分割中性子散乱法の今後の応用についても議論する。

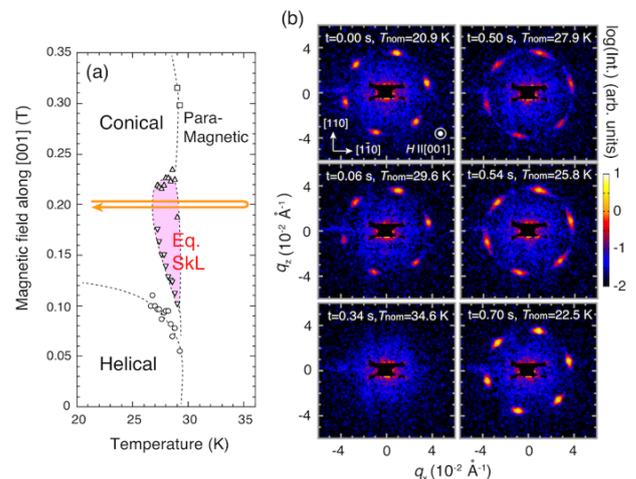


図 1 (a) MnSi の温度-磁場磁気相図上に今回試料に与えた急加熱・急冷の経路を示したもの。(b) 実際に観測された時分割 SANS パターンの一例。

【共著者(所属)】

稲村泰弘(J-PARC センター)・伊藤崇(CROSS), 大池広志(東大工), 賀川史敬(東大工), 吉川明子(理研 CEMS), 田口康二郎(理研 CEMS), 加倉井和久(CROSS), 十倉好紀(東大工), 有馬孝尚(東大新領域)

【参考文献】(最大3本)

- [1] S. Muhlbauer *et al.*, *Science* **323**, 915 (2009).
- [2] H. Oike *et al.*, *Nat. Phys.* **12**, 62 (2016). T. Nakajima *et al.* *Sci. Adv.* **3**, e1602562 (2017).
- [3] T. Nakajima *et al.*, *Phys. Rev. B* **98**, 014424 (2018).