

コヒーレント軟 X 線回折による磁気イメージングと スパース位相回復法

Coherent Soft X-ray Diffraction Magnetic Imaging and Sparse Phase Retrieval Algorithm

山崎裕一（物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門）

可干渉なコヒーレント X 線を用いた X 線回折は、集光レンズを用いずに実空間イメージングが可能となる手法である。軟 X 線領域においては磁性材料に多く使われる 3d 電子遷移金属の L 吸収端があり磁気モーメントの情報が検出可能なため、コヒーレント共鳴軟 X 線回折を用いるとナノメトリック領域の磁気イメージングを行うことも可能となる。回折像は実空間における磁気モーメントの空間分布像をフーリエ変換した絶対値として観測されるため、実空間像に戻すためには位相情報を回復する必要がある。位相情報を得る方法を大別すると参照波を回折像と干渉させるホログラフイー計測と、オーバーサンプリング条件を満たす試料を用いて反復フーリエ変換によって求める位相回復アルゴリズム法が知られている。

本研究では、ナノメトリックな磁気構造体である磁気スキルミオンに着目し、コヒーレント軟 X 線回折による磁気イメージングを行ってきた。PF BL-16A の共鳴軟 X 線小角散乱装置を用いて、磁気スキルミオンが発現するカイラル磁性体 FeGe の磁気構造をホログラフイー法と位相回復法のそれぞれの手法により、実空間観測することに成功している[1]。しかし、高精度な実空間像を再構成するためには、統計精度の良い回折図形を観測する必要があり、必然的に計測時間が長時間となってしまう、ダイナミクス測定などへの適用は難しい。また、本計測手法ではダイレクトビームキャッチなどによる情報欠損が避けられないため、不完全な回折図形から実空間像を再構成しなければならない。

そのような問題を解決するため、磁気スキルミオンにおける磁気モーメント分布のスパース性に着目し、スパースモデリングに基づく位相回復法（スパース位相回復法）を適用し、精度の良くない計測データからの磁気スキルミオンの可視化を試みた。モデル画像を用いたシミュレーションでは、従来法と比較しても高精度に磁気スキルミオンの可視化ができる結果が得られることを確認している[2]。講演では、コヒーレント共鳴軟 X 線回折による磁気イメージング実験の現状と、スパース位相回復法による磁気スキルミオン可視化の詳細について紹介する。

[1] Victor Ukleev, Yuichi Yamasaki, et al., QuBS 2, 3 (2018)

[2] Y. Yokoyama, T. Arime, M. Okada, and Y. Yamasaki, JPSJ 88, 024009 (2019)