

スパース位相回復法による磁気イメージング

山崎裕一

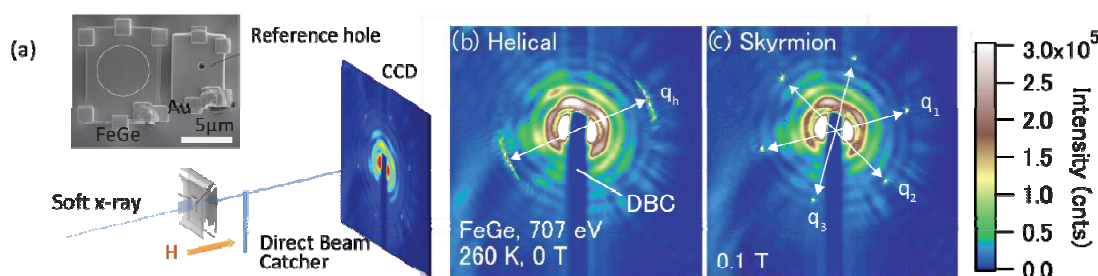
物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門

情報統合型物質・材料研究拠点

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。一例として図には 70nm 程度の直径をもつ磁気構造体である磁気スキルミオンが三角格子を形成したときに観測された共鳴軟 X 線回折像を示している[1]。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。そこから実空間像に戻すためには回折像を逆フーリエ変換すれば良いが、そのときには観測によって失われた磁気構造因子の位相情報を何かしらの手法で求める必要がある。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ィー計測と、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法が知られている。

本研究では、高い空間分解能や低温実験でも適用が可能な位相回復法に着目する。この手法は、反復フーリエ変換の過程において、逆空間では測定した回折像を、実空間では測定対象の試料が存在する範囲を束縛条件として課すことで最終的に実像が得られる。高精度な回折像のデータからは真の解が得られることが知られているが、実際の実験ではダイレクトビームキャッチャーによる低角領域の情報欠損や統計誤差などの影響を考えなければならない。本研究では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、従来の HIO アルゴリズム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。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したい。

[1] Y. Yamasaki et al., Phys. Rev. B 92, 220421(R) (2015)



図：(a) 軟 X 線小角散乱装置の実験配置図、(b) ヘリカル磁気構造と (c) スキルミオン格子で観測された共鳴軟 X 線小角散乱像

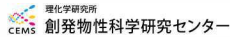
16:10 – 16:35 (20+5min), 2017.8.9 @ JST東京本部

スパース位相回復法による 磁気イメージング

Magnetic imaging
via Sparse phase retrieval algorithm

山崎裕一 (Yuichi YAMASAKI)

物質・材料研究機構 (NIMS) 統合型材料開発・情報基盤部門 (MaDIS)
理化学研究所(RIKEN) 創発物性科学研究センター(CEMS)



University of Tokyo & RIKEN-CEMS

V. Ukleev(Exp), Y. Okamura(Exp), D. Morikawa (FIB),

N. Kanazawa, S. Seki, K. Karube, Y. Taguchi,

M. Kawasaki, Y. Tokura, and T. Arima



NIMS & University of Tokyo

M. Okada (Sparse modeling)



Photon Factory (PF), High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

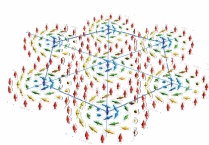
H. Nakao, T. Honda, I. Okamoto, T. Sudayama, & Y. Murakami

M. Sakamaki, K. Amemiya, M. Kubota, K. Ono

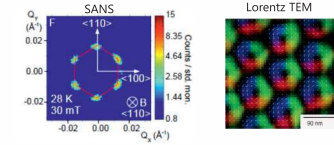


Motivation: Observing nano-metric spin structure

Skyrmion crystal (SkX)



Observation of skyrmion crystal



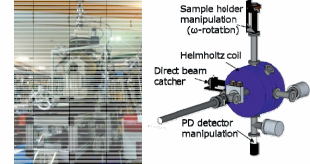
W. Münzer et al, PRB (2010) Yu, X. Z. et al. Nature 465, 901 (2010)

Development of a novel measurement technique in synchrotron facility

Photon Factory

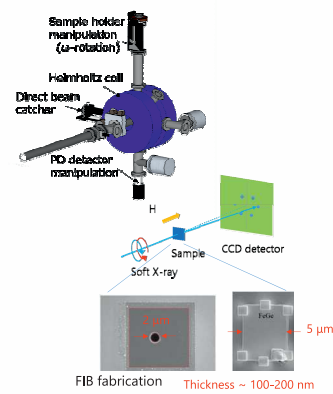
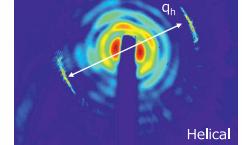


Small-angle resonant soft x-ray scattering

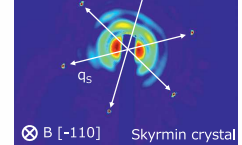


Small-angle x-ray scattering

Small-angle resonant soft x-ray scattering (SAXS)

FeGe, 707 eV
260 K, 0 T

Helical

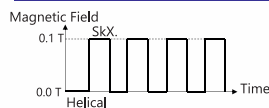
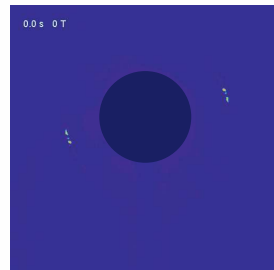
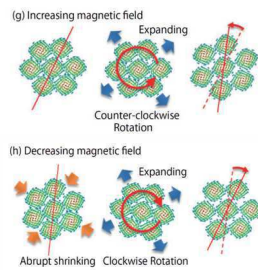
FeGe, 707 eV
260 K, 0.1 T

Skyrmion crystal

Y. Yamasaki et al., Phys. Rev. B 92, 220421(R) (2015)

Observation of skyrmion crystal in FeGe

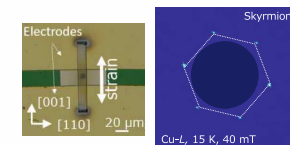
Real-time observation of transformation between helical and skyrmion crystal

High q-resolution
High spin sensitivity

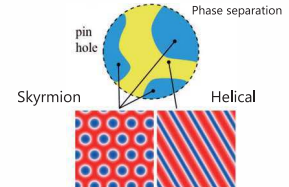
Y. Yamasaki et al., Phys. Rev. B 92, 220421(R) (2015)

Electric control of skyrmion in multiferroic Cu_2OSeO_3

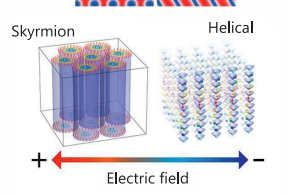
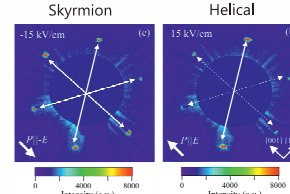
Micro-sample fabrication with electrodes



Electric field control of skyrmion



Diffraction images under applied electric field



Y. Okamura, Y. Yamasaki et al., Phys. Rev. B 95, 184411 (2017)

