

共鳴 X 線散乱による磁気テクスチャとそのダイナミクスの観測

Observation of Spin Texture and its Dynamics by Resonant X-ray Scattering

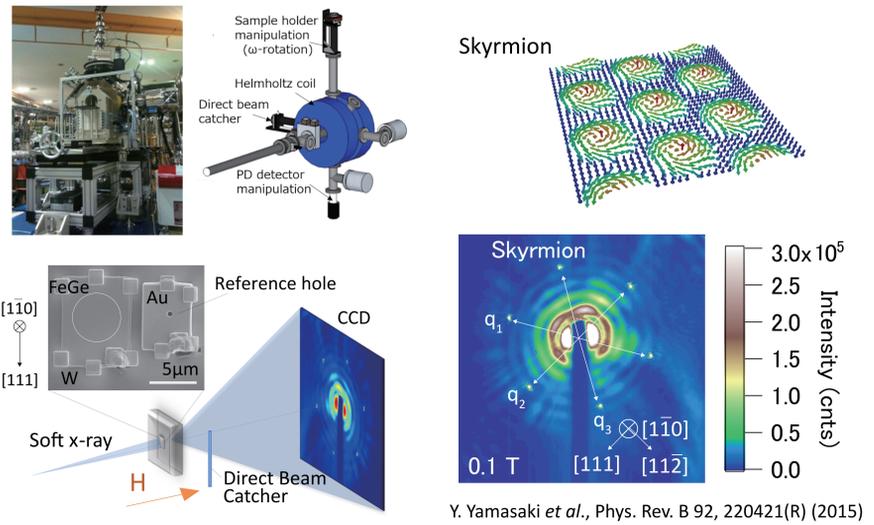
実験組織 研究代表者：山崎裕一（東京大学大学院工学系研究科量子相エレクトロニクス研究センター / 理化学研究所創発物性科学研究センター創発超構造研究ユニット）

本田孝志^A、中尾裕則^A、田端千紘^A、深谷亮^A、増田英俊^B、伊藤雅春^B、野本敦朗^B、高橋英史^B、酒井英明^{B*}、石渡晋太郎^B、岡村嘉大^B、藤岡淳^B、大川達也^B、阿部伸行^C、山本航平^D、横山優一^D、田久保耕^D、平田靖透^D、和達大樹^D、上西健太^E、網塚浩^E、森川大輔^F、有馬孝尚^{CF}、十倉好紀^{BF}

^A 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所、^B 東京大学大学院工学系研究科物理学専攻、^C 東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻、^D 東京大学物性研究所極限コヒーレント光科学研究センター、^E 北海道大学理学院、^F 理化学研究所創発物性科学研究センター、* 現所属：大阪大学理学部

課題情報 課題有効期間：2015年10月～2018年9月、利用した実験ステーション：3A, 4C, 8B, 13A/B, 16A、実施したビームタイム：3A (2週間)、4C (1週間)、8B (1週間)、16A (2週間)

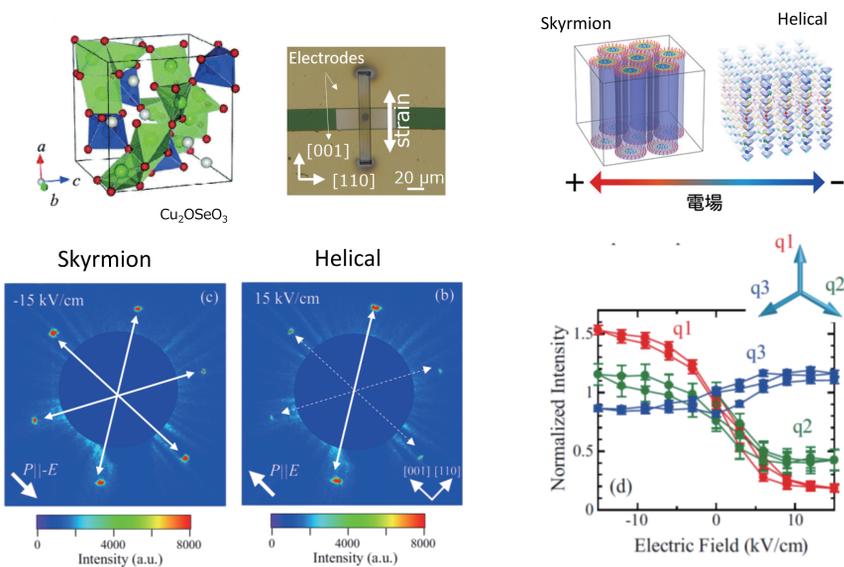
研究目的 近年、ナノメートルスケールのトポロジカルなスピントロニクス構造であるスキルミオンが注目されている。スキルミオンは電場や電流、温度勾配に対して巨大な応答を示すことから、次世代のスピントロニクスデバイスにおける新たな情報媒体への応用が期待されている。このようなナノスケールの磁気テクスチャは、電子自由度の秩序構造とも強く相関しており多彩な物性を創発している。その電子状態やダイナミクス、外場応答を直接的に観測することは、基礎物性の理解と共に、応用研究においても非常に重要となる。このような観点から、磁気テクスチャの秩序構造と電子状態を、高感度・高速・高い位置分解能で観測できる実験手法の必要性がますます高まっている。本S2型課題研究では、共鳴軟 X 線小角散乱を中心手法としてナノスケールの磁気テクスチャ、および、それと相関のある電子秩序構造の観測を行う。特に、共鳴 X 線散乱の特性を最大限に活かした、コヒーレント X 線回折によるホログラフィー測定や位相回復アルゴリズムによる磁気テクスチャの実空間イメージング、パルス放射光を使った時分割測定による磁気テクスチャの高速ダイナミクス観測、電流・電場・磁場・応力など多彩な外場に対する磁気テクスチャの応答観測を行っていく。これらの研究により、磁気テクスチャの基礎物性を構造物性・電子物性の観点から解明し、強相関電子系やスピントロニクス物質で観測される顕著な創発物性の発現機構解明を目指していく。



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

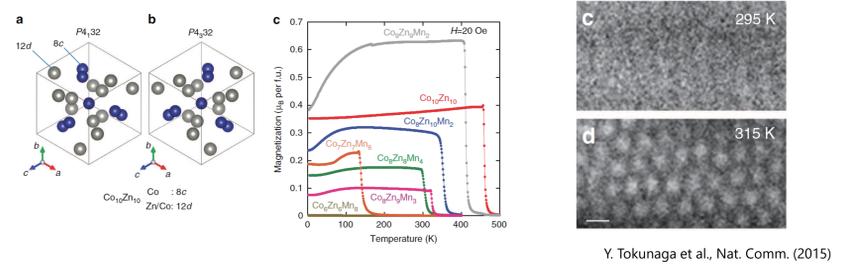
研究成果：スキルミオンの電場制御

磁性と誘電性が強く結合するマルチフェロイクスとしての性質を持つ Cu₂OSeO₃ では、各磁気相について誘電性（電気分極の大きさ）が異なるために、電場を印加することによってスキルミオンを生成・消滅させることができると期待される。スキルミオン格子の電場応答を解明するため、電極付きのマイクロサンプルを作製した。電場印加した状態で磁気散乱を観測することに成功し、電場の正負によってスキルミオンの生成・消失することが可能であることを実証した。



研究成果：元素選択的磁気イメージング

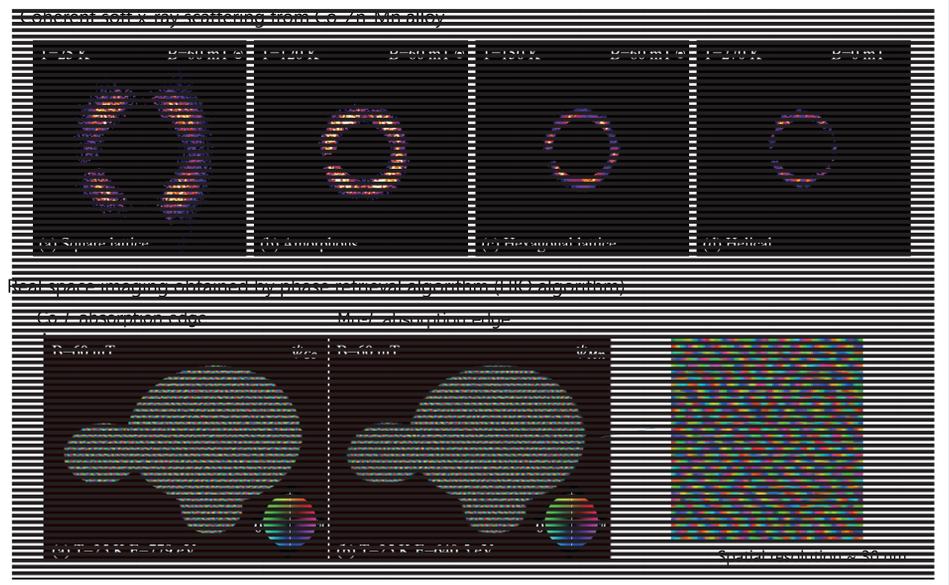
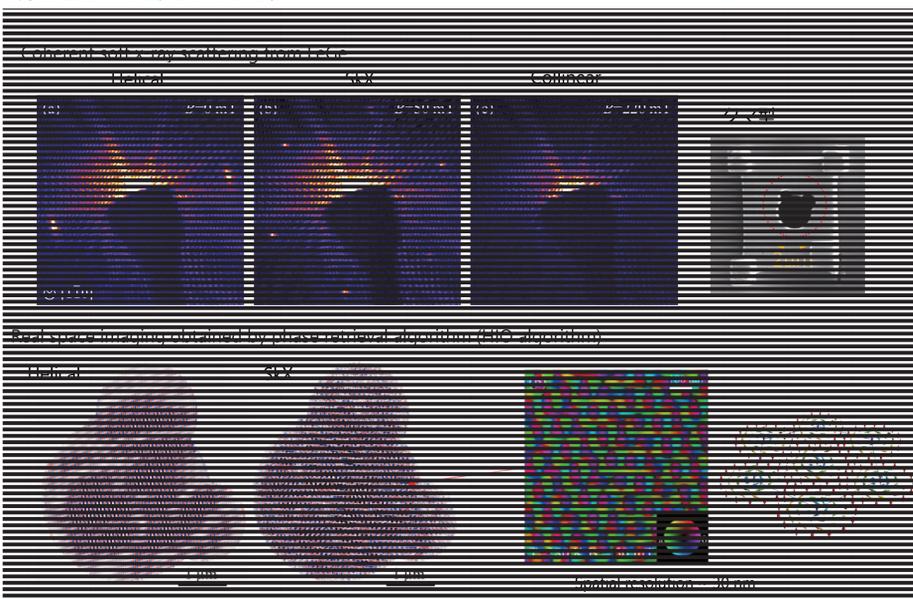
室温でスキルミオンが生じるβ型 Co-Zn-Mn 合金を用いて、Co と Mn のそれぞれの吸収端において、コヒーレント軟 X 線回折を用いたイメージング観測を行い、元素選択的に磁気モーメントの実空間分布を観測することに成功した。



Y. Tokunaga et al., Nat. Comm. (2015)

研究成果：コヒーレント軟 X 線共鳴回折による磁気イメージング

コヒーレント軟 X 線による共鳴軟 X 線回折像から実空間像観測を行った。位相情報が欠損した回折像から実像を得るため、オーバーサンプリング条件を満たすように試料をマスクングし、反復フーリエ変換法をもちいた位相回復アルゴリズムにより実像を得ることに成功した。また、低対称のマスクを用いることで位相回復アルゴリズムの収束性が向上し、より高精度での実空間像を得ることに成功している。



研究成果発表

- 「共鳴軟 X 線回折の新展開」 山崎裕一、中尾裕則、放射光学会誌 2017 年 1 月号
- “Directional Electric-Field Induced Transformation from Skyrmion Lattice to Distinct Helices in Multiferroic Cu₂OSeO₃”, Y. Okamura, Y. Yamasaki et al., submitted (2017)
- 他、投稿準備中 5 編
- PF 研究会「共鳴軟 X 線散乱を用いた構造物性研究の進展」(2016 年 9 月) を開催
- 国際会議 REXS2016、日本物理学会、日本放射光学会での招待講演、他、研究会での招待講演 5 件

次年度以降の計画

- 長周期磁気秩序構造の観測
スキルミオン格子などのナノメトリック磁気構造の観測、スピントロニクスデバイスのオペランド計測、超伝導におけるボルテックス格子の観測を目指す。
- コヒーレント軟 X 線を用いた磁気イメージング
スパースモデリングに基づく圧縮センシング技術などの情報処理技術を活用した解析技術を開発し、より高速・高精度なイメージング計測を実現を目指す。
- 時分割計測
放射光のパルス特性を活用し、磁気テクスチャに特徴的なダイナミクスの観測を目指す。