

## 共鳴軟 X 線小角散乱による (Fe,Co)Si の磁気散乱観測 Small Angle Resonant Soft X-ray Magnetic Scattering in (Fe,Co)Si

山崎裕一、中尾裕則、須田山貴亮、岡本淳、村上洋一、久保田正人<sup>A</sup>、  
于秀珍<sup>B</sup>、柴田基洋<sup>C</sup>、金澤直也<sup>C</sup>、小野瀬佳文<sup>C</sup>、十倉好紀<sup>B, C, D, E</sup>  
KEK 物構研 PF/CMRC, JAEA<sup>A</sup>, RIKEN-CERG<sup>B</sup>, 東大工<sup>C</sup>, RIKEN-CMRG<sup>D</sup>, ERATO-MF<sup>E</sup>

### 1 はじめに

B20 型結晶構造を有する (Fe,Co)Si は、ゼロ磁場においてヘリカル磁性体であるが、磁場中の A 相と呼ばれる温度・磁場領域ではスピンの渦上に配列したスキルミオン格子 (図 a) を形成することが、中性子小角散乱[1]やローレンツ電子顕微鏡[2]によって観測されている。本研究では、(Fe,Co)Si において磁気散乱の観測を目的に研究を行った。軟 X 線散乱法は、元素選択性や、スペクトル解析による電子状態の解析、MCD の総和則によるスピンと軌道モーメントの観測、円偏光軟 X 線を利用したスピンヘリシティの検出などの利点が挙げられる。

### 2 実験

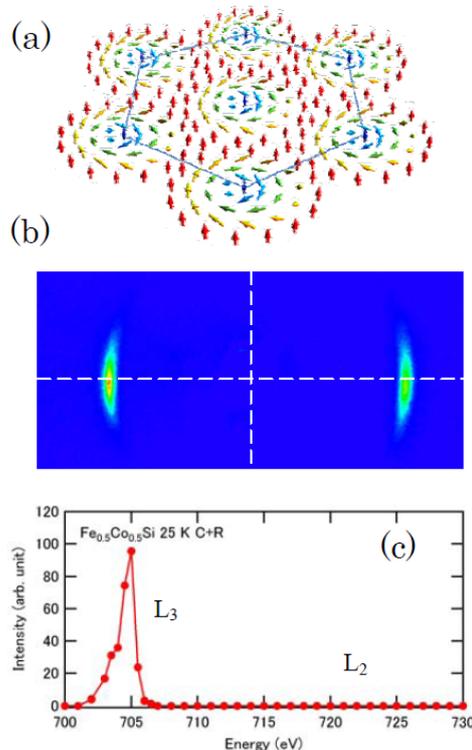
本研究では磁気変調波長が 90 nm に達する Fe<sub>0.5</sub>Co<sub>0.5</sub>Si を、イオンミリング法によって軟 X 線が透過する sub- $\mu$ m 程度まで薄く加工して実験を行った。小角領域の共鳴軟 X 線散乱を測定する装置を開発し、Fe と Co の L 吸収端において共鳴軟 X 線散乱実験を行った。装置にはヘルムホルツコイルを取り付け X 線入射方向に磁場を印加できるようにし、回折光は CCD カメラを用いて観測した。

### 3 結果および考察

図 b には CCD カメラで観測した Fe の L<sub>3</sub> 吸収端における共鳴軟 X 線磁気散乱を示している。2 つの回折光は Fe<sub>0.5</sub>Co<sub>0.5</sub>Si のゼロ磁場で観測されているヘリカル磁気構造からの反射に対応している。同じように Co の L 吸収端においても磁気散乱を観測しており、元素ごとに磁気散乱を観測できたことになる。図 c には Fe の L 端における共鳴軟 X 線磁気散乱のエネルギー依存性を示している。L<sub>3</sub> 吸収端ではピークが観測されているのに対して、L<sub>2</sub> 吸収端では磁気散乱がほとんど観測されていない。磁場をかけた状態で測定した XMCD スペクトルについても同じように L<sub>2</sub> 吸収端ではほとんど観測されなかった。磁気散乱強度は XMCD スペクトルに 2 乗に比例することからコンシステントな結果といえる。XMCD の総和則から、これらの結果は軌道モーメントが凍結していないことを示唆している。

このヘリカル磁気構造に磁場を印加したところ、磁場方向に変調ベクトルが揃い、さらに磁場を印加

すると、磁場と垂直方向に変調ベクトルが向くような変調ベクトルのフロップが観測された。このフロップ相はバルク試料に比べ低温まで広がっていることを確認した。これは、サンプルを薄くした効果によるものと考えられる。



(a) スカームイオン格子。(b) Fe L<sub>2</sub> 吸収端における軟 X 線磁気散乱と (c) そのエネルギー依存性

### 参考文献

- [1] W. Münzer et al., Phys. Rev. B 81, 041203(R) (2010)  
[2] X. Z. Yu et al., Nature 465, 901 (2010)

\* yuichi.yamasaki@kek.jp