

偏極中性子非弾性散乱を用いた Y型ヘキサフェライトのелеクトロマグノンの研究

中島 多朗

理化学研究所 創発物性科学研究センター

磁気秩序による対称性の破れによって電気分極を誘起する spin-driven multiferroics は近年盛んに研究されてきたが、その中でもマルチフェロイック・ヘキサフェライトと呼ばれる物質群はひととき高い転移温度を持ち、比較的低い磁場でスピン起源の電気分極をコントロールすることができることから、基礎研究のみならず応用の観点からも注目を集めている [1]. 図 1 (a) にヘキサフェライトの代表例の一つである $\text{Ba}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$ (BMFO) の結晶構造を示す. 一般にヘキサフェライト系は c 軸方向に長い unit cell を持ち、その中には多数の磁性 Fe 原子が含まれていることから、中性子回折による磁気構造解析において、全てのスピンの方向を精密に決定することは非常に困難である. しかし過去の研究によると、この系を図 1 に示したように「S-block」「L-block」の2種類のブロックに分割し、それらのブロック内のスピンをまとめて有効的な磁気モーメント S_3^S, S_3^L と表すことによって、この系の磁気構造が比較的よく近似できるということが知られている. これらの系の多くは、基底状態において c 軸方向に伝播ベクトルを持つスクリー型もしくはコニカル磁気構造を持ち、これに c 軸垂直方向の磁場を加えてらせん面を傾けることにより、電気分極が c 軸と磁場方向の両者に対して垂直方向に生じることが報告されている [2]. この分極の起源については spin-current model でよく説明されることが分かっている.

上述の BMFO については、static な磁場誘起分極にとどまらず、磁場に依存した光吸収も観測されている. 貴田らのテラヘルツ分光測定 [3] によると、入射光の電場成分が c 軸方向に平行な配置で 3~5 meV のエネルギー帯に大きな吸収のピークが観測され、これが磁気相転移に対応して大きく変化することから、この励起が電場で励起可能な磁気励起「エレクトロマグノン」であることが報告された. しかし、光の振動磁場に対しては不活性な励起であるため、これが確かにスピン波励起であることを示すには、偏極中性子非弾性散乱を用いて、フォノン等の寄与を排除した純粋な磁気励起の観測が不可欠であった.

本研究ではこの BMFO が示す様々な磁気相のうち、特に大きな光吸収のピークを示す磁場誘起ノンコリニア・フェリ磁気相 [図 1(c)] について単結晶試料を用いた偏極中性子非弾性散乱実験を行い、光吸収のピークに対応するエネルギーに確かに磁気励起が存在することを確認した. さらに散乱中性子の偏極解析のデータからスピンの振動方向についての情報を得ることにより、このエレクトロマグノンに対応するスピン波モードのモデルを提案し、これに magnetostriction 機構を適用することで、この動的なスピン分極結合を定性的に説明することを試みた. さらに最近では室温でマルチフェロイック性を示すことが報告されている $\text{BaSrCo}_2\text{Fe}_{11}\text{AlO}_{22}$ の基底状態についても同様の実験を行った. 発表ではこれらの結果を比較しながら、ヘキサフェライト系におけるエレクトロマグノン励起の微視的な起源について議論する予定である.

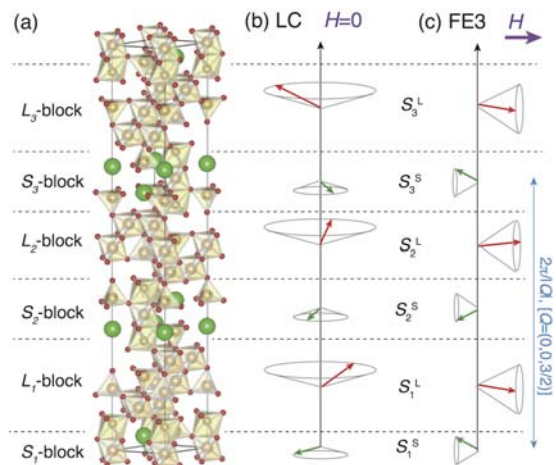


図 1: (a) BMFO の結晶構造. [(b),(c)]ブロック近似を用いて表した BMFO の基底状態である (b) Longitudinal conical (LC) 磁気構造, 及び (c) 磁場誘起ノンコリニア・フェリ磁気構造.

Reference

- [1] T. Kimura, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. **3**, 93 (2012).
- [2] S. Ishiwata *et al.* Science **319**, 1644 (2008).
- [3] N. Kida *et al.*, PRB **80**, 220406 (2009).