

# スピン誘導型マルチフェロイック物質研究における 一軸圧力下の中性子散乱

東京理科大学理学部物理学科 中島 多朗

## Neutron diffraction study on spin-driven multiferroics under applied uniaxial pressure

Faculty of Science, department of physics, Tokyo University of Science, Taro Nakajima

2003年の  $\text{TbMnO}_3$  における巨大電気磁気効果の発見[1]以降、磁気秩序が強誘電性を誘起するスピン誘導型マルチフェロイック (Spin-driven multiferroic) と呼ばれる物質群が数多く精力的に研究されている。例としては、 $\text{TbMnO}_3$  の他に、 $\text{MnWO}_4$ ,  $\text{Ni}_3\text{V}_2\text{O}_8$ ,  $\text{LiCu}_2\text{O}_2$  等があげられるが、その多くがノンコリニアな磁気構造を持っており、そのスピン配列が系の反転対称性を破ることによって強誘電性が生じている。このような複雑な磁気秩序を示す物質の多くは、「スピンフラストレーション」を内包していることから、スピンフラストレーションは(スピン誘導型)強誘電性の起源となり得ると考えることができる。また一方、スピンフラストレーション系における磁気秩序形成ではしばしば自発的な格子歪みが生じる事が知られている[2]。これは、系が格子自由度を使ってフラストレーションを部分的に解消する事で磁気秩序を安定化していると理解される。

このように、スピンフラストレーション系では「スピン」「電気分極」「格子」等の自由度が強く結合した新奇な交差相関物性が現れる事が知られているが、我々はその中でも格子自由度に直接影響を与える事が出来る「圧力」に注目し、これによって磁性と誘電性を同時に制御する事を試みた。対象物質としてはフラストレーション系の典型例である三角格子反強磁性のモデル物質であり、マルチフェロイック物質でもある鉄酸化物  $\text{CuFeO}_2$  を用いて、その磁性と誘電性に対する一軸圧力効果を中性子散乱を用いて探査したのでその結果を紹介する。

### (1) 強誘電相を基底状態に持つ $\text{CuFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_2$ ( $x=0.035$ ) における電気分極の圧力応答

$\text{CuFeO}_2$  は磁場印加及び磁性  $\text{Fe}^{3+}$  サイトへの非磁性置換によってスクリュウ型の磁気秩序を持ったマルチフェロイック相が出現する。また、この系の磁気秩序相では、trigonal から monoclinic への結晶構造相転移も起こり、図1に示したような3種類の monoclinic 結晶ドメインが形成される。それぞれのドメイン内において、monoclinic  $b$  軸が伸びるように格子が歪み、また強誘電相で誘起される電気分極の方向(磁気構造のらせん軸と平行)は monoclinic  $b$  軸に固定されている。我々はゼロ磁場で強誘電性を示す  $\text{CuFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_2$  ( $x=0.035$ ) 試料に異方的な圧力(一軸応力)を加える事で、3種類の磁気ドメインの体積分率を変化させ、それに伴い電気分極の大きさを”その場制御”出来る事を見いだした。

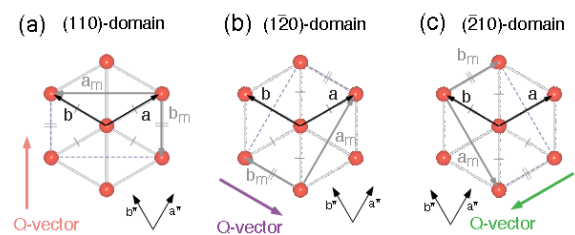


図1 3種類のmonoclinic結晶ドメイン。

### (2) 一軸圧力下での中性子非弾性散乱による $\text{CuFeO}_2$ の“エレクトロマグノン”の探査

最近、 $\text{CuFeO}_2$  の基底状態であり、強誘電性は持たないコリニア-four-sublattice(4SL)相において、スピンと電気分極の動的な交差相関とも言われる「electromagnon」が存在している事がテラヘルツ分光の実験から報告されている。我々は  $\text{CuFeO}_2$  単結晶試料に一軸応力を加えて単ドメイン状態の 4SL 相を実現し、その状態で中性子非弾性散乱実験を行う事により、4SL 相のスピン波分散関係の全体像を明らかにした[5]。当日は理論計算との比較も含めて、この electromagnon 励起の微視的な描像についても議論する予定である。

**References:** [1] T. Kimura et al., Nature **426** 55 (2003), [2] Yamashita et al., PRL **85** 4960 (2000), [3] T. Nakajima et al. PRB **79** 214423 (2009), [4] S. Seki et al., PRL **105** 097207 (2010). [5] T. Nakajima et al., JPSJ **80** 014714 (2011).