

2011年度 修士論文要旨  
円偏光 X 線を利用した電荷・磁気散乱の分離による  
磁性誘電体  $\text{LuFe}_2\text{O}_4$  の磁気構造研究

関西学院大学大学院理工学研究科  
物理学専攻高橋功研究室 石本紘平

近年、誘電性と磁性とを有するマルチフェロイック物質が注目されている[1]。誘電性と磁性が相関を持つマルチフェロイック物質では、それらの発現機構を研究する場合、1つのプローブで調査を行うことが望ましい。しかしながら、誘電性をつかさどる電荷秩序構造の研究は X 線を用いて行い、磁性をつかさどる磁気秩序構造の研究は中性子線で行われるということが一般的であり、誘電性と磁気秩序の双方を同一条件で同時に観察することは行われてこなかった。さらにこのような系では、物性が化学量論比に大きく依存することから、同一の試料で研究することが極めて重要である。放射光 X 線は電荷散乱だけではなく磁気散乱の検出が可能であることから、マルチフェロイック物質の研究に利用できる可能性が高い。放射光 X 線を用いてマルチフェロイック物質の回折実験を行う場合、誘電性と磁性の構造周期が一致すると、それぞれの反射は逆空間上の同じ点に重なって現れる。要するに、電荷秩序構造と磁気秩序構造の情報が重なってしまう問題が生じる。それぞれ構造情報を得るには、電荷散乱と磁気散乱を分離する必要がある。これまで電荷・磁気散乱を分離する様々な手法が開発されてきたが、保磁力が大きい物質には適用できない、非常に大きな試料が必要になる等の問題を有していた。そこで本研究ではそれらの問題を解決するために、新たな電荷・磁気散乱分離手法の開発を行った。

本研究の対象である磁性誘電体  $\text{LuFe}_2\text{O}_4$  は、三角格子上に同数の Fe イオン( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ )が存在するため電荷フラストレーションを起こし、電気分極を持つように電荷が秩序配列した電子型誘電体である。また、この物質の磁気秩序構造も Fe イオンの規則配列に大きく依存することから、マルチフェロイック物質として注目されている。これまでに、この物質の磁気構造は中性子線回折実験により磁気変調ベクトル( $1/3\ 1/3\ 0$ )が見いだされ、この変調ベクトルを用いて磁気構造モデルが提案されている[2]。今回、大型放射光施設 Spring-8 の BL19LXU にて、電荷・磁気散乱を分離する新しい手法を用いて回折実験を行った。様々な超格子反射において、新規に開発した手法を用いて電荷・磁気散乱の分離を試みた結果、複数の反射において磁気散乱成分が含まれていることを確認し、新たな磁気変調ベクトル( $0\ 0\ 1$ ), ( $0\ 0\ 3/2$ ), ( $1/3\ 1/3\ 3/2$ )を見出すことができ、より精密な磁気構造の議論が行えるようになった。本研究により、放射光 X 線を用いた電荷・磁気散乱を分離する新手法の開発により、これまで困難であった、電荷・磁気散乱が同時に現れる超格子反射での議論が行えるようになった。

[1] N. Mathur: *Nature* 454, 591 (2008)

[2] A.D. Christianson et.al., *PRL* 100, 107601 (2008)