

## 修士論文紹介コーナー

### 共鳴軟・硬 X 線散乱によるマルチフェロイック物質 $\text{SmMn}_2\text{O}_5$ の研究

東北大学大学院 理学研究科 石井祐太

#### 【修士号取得大学】

東北大学大学院理学系研究科  
(2016年3月)



#### 【実験を行ったビームライン】

BL-3A, BL-4C, BL-19B

#### 【論文趣旨】

マルチフェロイック物質  $\text{RMn}_2\text{O}_5$  ( $R$  = 希土類元素) は、強誘電性と反強磁性が共存し、温度や磁場等の外場によって同時相転移を起こす。さらに希土類元素を変えることで多彩な性質を示すことが知られ、物性基礎・応用の両面で研究が行われている。 $\text{SmMn}_2\text{O}_5$  の場合、 $\text{Sm}$  の大きな中性子吸収断面積のため、その微視的な磁性は明らかにされてこなかった。本研究では、共鳴軟・硬 X 線散乱実験を  $\text{Sm } L_{\text{III}}$  端、 $\text{Mn } K$ 、 $L_{\text{III}}$  端、 $\text{O } K$  端近傍において行い、 $\text{SmMn}_2\text{O}_5$  の微視的な磁性について元素選択的に調べた。

$\text{Sm } L_{\text{III}}$  端と  $\text{Mn } K$  端の硬 X 線共鳴散乱実験により、低温相 ( $T < 26 \text{ K}$ ) において  $\text{Sm}$  と  $\text{Mn}$  の磁気モーメントは磁気伝搬ベクトル  $\mathbf{q}_M = (1/2, 0, 0)$  で反強磁性秩序を持つことが明らかになった (図 1(a)(b))。また、散乱強度のアジマス角依存性から、 $\text{Sm}$  と  $\text{Mn}$  の磁気モーメントは  $c$  軸方向を向くことが判明した。この結果と群論的考察から、他の  $\text{RMn}_2\text{O}_5$  系では見られない  $\text{SmMn}_2\text{O}_5$  特有の磁気構造を提案し、この成果が最近学術誌に掲載された [1]。さらに  $\text{Mn } L_{\text{III}}$  端での軟 X 線共鳴散乱実験では、中間相 ( $26 \text{ K} < T < 34 \text{ K}$ ) において  $\text{Mn}$  の磁気モーメントが  $\mathbf{q}_M = (1/2, 0, 1/3+\delta)$  で反強磁性的に配列することが判明した (図 1(b))。この相では、 $\text{Sm}$  の磁気秩序は観測されず  $\text{Mn}$  の磁気秩序が支配的であり、一方で低温相では  $\text{Sm}$  の秩序化により  $\text{Mn}$  の磁気モーメントの再配列が起こると考えられる。さらに、 $\text{O } K$  端での測定から、酸素も低温相で反強磁性的なスピン偏極を起こしていることが分かった (図 1(c))。また、 $\text{O } K$  端のエネルギースペクトルの様相も他の  $\text{RMn}_2\text{O}_5$  系と異なることが判明し、 $\text{SmMn}_2\text{O}_5$  は他の系とは異なる強誘電性の起源を持つ可能性が考えられる。以上と、磁化率測定 (図 1(d)) や誘電率・電気分極測定 (図 1(e)) の結果から、図 1(f) に示すような  $\text{SmMn}_2\text{O}_5$  の誘電磁気相図を決定した。

[1] Y. Ishii, et al., Phys. Rev. B 93, 064415 (2016).

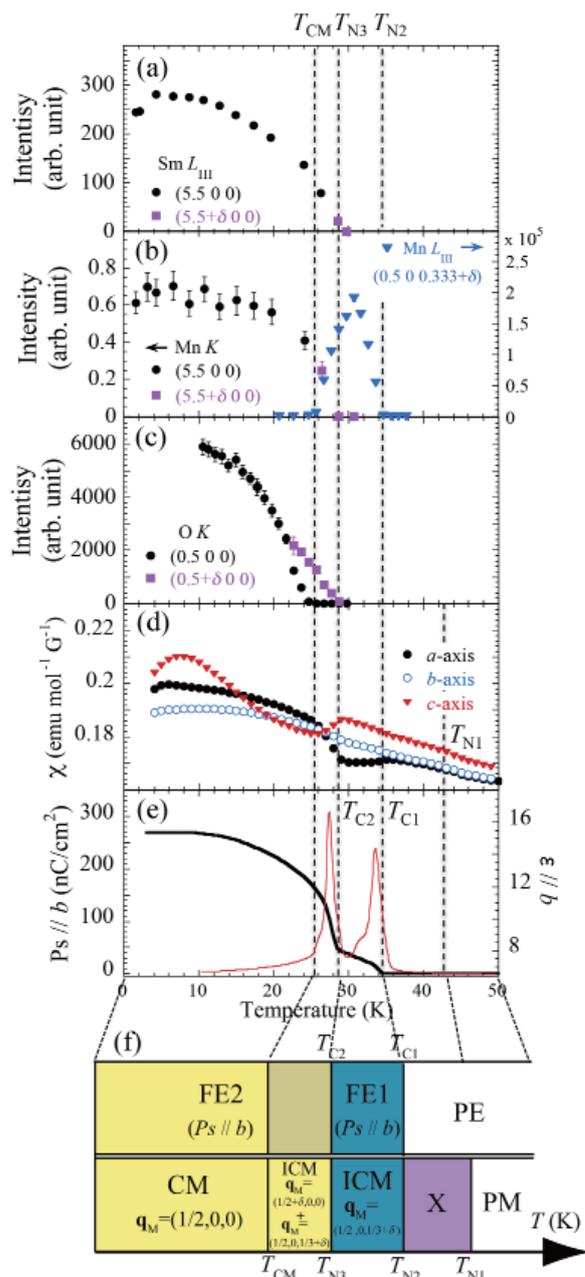


図 1 (a)  $\text{Sm } L_{\text{III}}$ -edge, (b)  $\text{Mn } K$ -,  $L_{\text{III}}$ -edge, (c)  $\text{O } K$ -edge における共鳴散乱強度と、(d) 磁化率と (e) 誘電率、電気分極の温度依存性。(f)  $\text{SmMn}_2\text{O}_5$  の誘電・磁気相図。

#### <最後に。。。>

以上の実験は、BL-3A, BL-4C, BL-19B の 3 つのビームラインで行いました。Mn  $K$  端における硬 X 線共鳴散乱実験 (BL-3A) では、元々 Mn  $K$  端のシグナルは非常に弱かったので観測に苦労した分、シグナルを観測できた時は大変嬉しかったです。今後も、軟・硬 X 線の両方を駆使して研究に従事していきたいと思っています。

## PF-AR で撮影した写真, 科学技術の「美」パネル展「最優秀賞」に

物構研トピックス  
2016年4月28日

平成27年度の科学技術週間において、科学技術団体連合主催の第10回科学技術の「美」パネル展に出品しておりましたPFユーザーの荒川悦雄さん（東京学芸大学・准教授）らの作品「X線で光る宝石と岩塩」が、最優秀賞に選定されました。この賞は、表記パネル展に出品していた作品を全国の科学館等で巡回展示した際に、見学者による投票アンケートにより選出されたものです。



図1 表彰式後の荒川悦雄さん（左）と有馬朗人会長（右）。作品は今号表紙に採用。

平成28年4月15日に国立研究開発法人・科学技術振興機構・東京本部別館にて、最優秀賞・優秀賞に対する表彰式が執り行われ、科学技術団体連合の有馬朗人会長より表彰状および盾が授与されました。

## PF トピックス一覧 (2月～4月)

KEKでは2002年より「トピックス」、「ハイライト」、「プレスリリース」と題して最新の研究成果やプレスリリースなどを紹介していますが、PFのホームページ (<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>) でも、それらの中から、またはPF独自に記事を作成して掲載しています。各トピックスの詳細は「これまでのトピックス」(<http://pfwww.kek.jp/topics/index.html>) をご覧下さい。

### 2016年2月～4月に紹介されたPF トピックス一覧

- 2.5 【物構研トピックス】放射光で確認、亜鉛で毛髪のハリコシ回復
- 2.15 【トピックス】足立区立千寿青葉中学校の生徒がKEKで職場体験
- 3.9 【物構研トピックス】タンパク質結晶の改善技術
- 3.18 【物構研トピックス】2015年度量子ビームサイエンスフェスタ開催
- 3.22 【物構研トピックス】チョコレート・サイエンスを開催
- 3.23 【物構研トピックス】KEKと産総研、産業利用での連携を目指した意見交換会を開催
- 4.1 【物構研トピックス】小角散乱を徹底討論！PF研究会を開催
- 4.11 【物構研トピックス】「水素」ポスター制作チーム、

市長を表敬訪問

- 4.14 【トピックス】マレーシア高等教育大臣がKEKを来訪
- 4.14 【トピックス】平成27年度KEK技術職員シンポジウム・KEK技術研究会の開催
- 4.26 【トピックス】科学技術週間で春のキャンパス公開を実施
- 4.28 【物構研トピックス】PF-ARで撮影した写真、科学技術の「美」パネル展「最優秀賞」に
- 4.28 【物構研トピックス】一家に1枚「水素」の深読みサイエンスカフェを実施

### 新しく博士課程に進級された学生さんへ PF ニュースであなたの修士論文を紹介しませんか？ 博士論文も歓迎します！

PFニュースでは、新しく博士課程に進級された学生さんの修士論文の研究内容を紹介するコーナーを設けております。PFで頑張っている博士課程の学生さん自身の紹介、また、その研究内容をアピール出来る場です。我こそはという博士課程の学生さんは、ぜひ下記のフォーマットに従い、あなたの修士論文の研究を紹介して下さい。また今年、修士課程から博士課程へと進学する学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、積極的に学生さんにPFニュースへの投稿を勧めて頂ければ幸いです。

【投稿資格】PF/PF-ARのビームラインを利用した研究に関する修士論文を執筆し、修士を取得した方。

#### 【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 連絡先メールアドレス（希望者のみで可）
4. 修士号取得大学、取得年月
5. 実験を行ったビームライン
6. 論文要旨（本文1000文字以内）
7. 図1枚

#### 【原稿量】

図とテキストで刷り上り1ページ（2コラム）。

#### 【提出物・提出方法】

文字データと図表データをメール添付でPFニュース編集委員会事務局・高橋良美 ([pf-news@pfqst.kek.jp](mailto:pf-news@pfqst.kek.jp)) までお送り下さい。