

## 放射光ナノビームによる磁気イメージングと局所磁性解析への応用展望

豊木研太郎：高輝度セ, ESICMM、David Billington：高輝度セ, ESICMM、  
岡崎宏之：高輝度セ, ESICMM、小谷佳範：高輝度セ, ESICMM、  
廣澤哲：ESICMM、中村哲也：高輝度セ, ESICMM

高性能永久磁石材料の保磁力発現機構の解明を目指し、強磁場下（最大 8 T）で磁区観察が可能な走査型軟 X 線磁気円二色性(MCD)分光顕微鏡を開発した[1]。永久磁石材料では磁化過程において磁区が形成されるが、これは磁化過程が空間的に不均一に進行することを意味し、局所磁化曲線の空間積分が保磁力などの磁石性能を成している。したがって、局所磁化過程の空間分布を明らかにすることでマクロな磁性の理解につながると期待される。そこで我々は、Nd-Fe-B 焼結磁石の内部と同等の保磁力を有する破断面[2]を対象とし磁区観察を行った。その際、段階的に印加磁場を変化させ取得した 66 枚の磁区像における 150 nm 角相当のピクセル毎の MCD 強度から、各ピクセルに対する局所磁化曲線を得た。その局所磁化曲線から求めた保磁力分布を図 1(a), (b)に示す。図 1(a), (b)はそれぞれ正から負、負から正に磁場を掃引した際の結果である。これらは同視野内に対して観測したものであり、2 条件間の絶対値の差は多くの領域ではほぼゼロとなった。しかし、破線の領域に関しては条件間で 0.4 T 以上の大きな差を示した。この現象の詳細な検討のため、破線内の 1 ピクセルから抽出した局所磁化曲線を図 1(c)に示す。磁化曲線はそれぞれ磁場軸に対して異なる向きにシフトしている。この磁場軸方向のシフトは、各結晶粒の磁化反転が熱揺らぎの効果で確率的に生じ、より低い絶対値の磁場で反転した領域が試行ごとに異なったこと、および片方の領域の反転後は静磁気相互作用を通して両領域が結合しエネルギー的に安定化されたことによると考えられる。すなわち、これは微視的スケールの現象である熱揺らぎ過程でも、それらを要素とした集合体である永久磁石内では長距離相互作用である静磁気相互作用を通してマクロな特性に対して複雑に影響を与えることを示唆する。このように、ミクロとマクロを繋ぐシームレスな磁化過程の理解や、それに基づく材料設計のため、磁区像の統計的な解析技術の開発が重要になると考えられる。

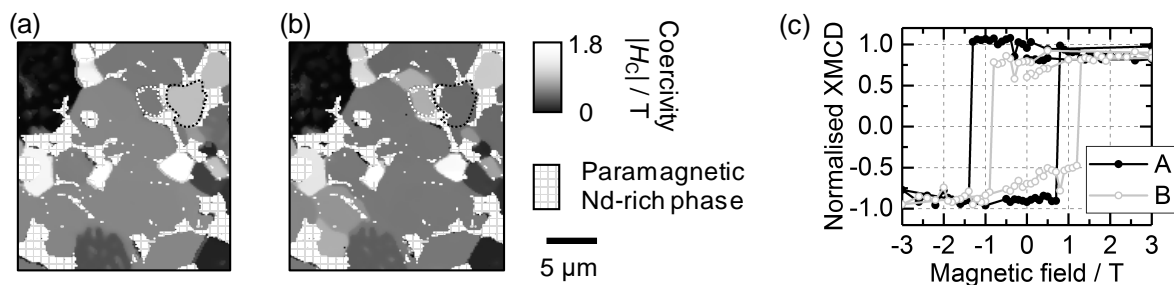


図 1. Nd-Fe-B 焼結磁石破断面の(a)正から負、(b)負から正へ磁場掃引した際の保磁分布。格子模様箇所は常磁性 Nd リッチ相に対応。(c)磁気イメージング結果より抽出した局所磁化曲線。黒丸、白丸はそれぞれ(a), (b)における黒破線、白破線領域内の 1 ピクセルより抽出。

### 参考文献

- [1] Y. Kotani *et al.*; *in preparation*.
- [2] T. Nakamura *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, **105**, 202404 (2014).

### 関連 web

<http://www.spring8.or.jp/wkg/BL25SU/instrument/lang/INS-0000000489>