

## Nd-Fe-B 系焼結磁石のトポロジカル欠陥に基づく磁区解析

小野寛太、三俣千春、岩野薫、塚原宙、矢野正雄、庄司哲也、真鍋明、加藤晃  
(高エネルギー加速器研究機構、物質材料研究機構、トヨタ自動車)

Magnetic domains analysis of Nd-Fe-B sintered magnet using topological defect model

Kanta Ono, Chiharu Mitsumata, Kaoru Iwano, Hiroshi Tsukahara, Masao Yano, Tetsuya Shoji,  
Akira Manabe, Akira Kato  
(KEK, NIMS, TOYOTA Motor Co.)

Nd-Fe-B 系焼結磁石の高保磁力化は持続可能な社会を実現する上で重要な課題であり、高保磁力磁石の開発には永久磁石の保磁力メカニズムの解明が不可欠であるとわれわれは考えている。焼結磁石の保磁力メカニズムを考える上で、磁化反転核の生成および結晶粒間の磁氣的結合の分断は重要な概念であるが、磁化反転核の生成過程や、結晶粒間での磁壁の連続性について実験的に直接観察することは難しい。

われわれは高空間分解能の X 線顕微鏡を用いた磁区観察により、薄片化した Nd-Fe-B 系焼結磁石の観察を行った[1]。X 線顕微鏡を用いた磁区観察の特徴としては、高い空間分解能で元素選択的な磁気イメージを観察できることや、得られた磁化分布像から磁気双極子エネルギー密度の分布を得られることなどが挙げられる[2]。Nd-Fe-B 系焼結磁石薄片の磁区構造は複雑な迷路状の構造をしている。これまで行った磁区の解析では、磁区幅と試料の厚さとの関係から磁壁エネルギーを求めることができた。本研究では、トポロジカル欠陥の理論に基づく磁区解析を行い、焼結磁石の磁区を特徴付けるパラメータを明らかにすることを目的とした。

2次元の強磁性体に現れる磁壁はトポロジカル欠陥であることが知られている[3,4,5]。X 線顕微鏡を用いて観測した磁区の形状を解析することにより、巻き数(トポロジカルチャージ)  $k$  の異なるトポロジカル欠陥を見いだした。観察されたトポロジカル欠陥は2種類存在し、図1に示すように  $k=+1/2$  のエンドポイント(磁区の終端点)と、 $k=-1/2$  のブランチポイント(磁区の分岐点)で特徴付けられることが分かった。トポロジカル欠陥の理論では磁区中で巻き数の和は保存するため、このモデルを仮定することにより、結晶粒内の磁化反転核の密度は(エンドポイントの数 - ブランチポイントの数) / 2 により求めることができる。講演では Nd-Fe-B および(Nd,Dy)-Fe-B 焼結磁石の磁区についての解析結果の詳細を報告する。焼結磁石薄片のトポロジカル欠陥理論に基づく磁区解析により、磁化反転核の生成過程や、結晶粒間での磁壁の連続性に関する情報が得られることが期待される。

本研究は、(独)科学技術振興機構(JST)による産学共創基礎基盤研究「革新的次世代高性能磁石」の支援を受けて行われたものである。

### 参考文献

- 1) K. Ono *et al.*, IEEE Trans. Mag., **47**, 2672 (2011).
- 2) H. Ohtori *et al.*, J. Appl. Phys. **115**, 17A717 (2014).
- 3) P. M. Chaikin and T. C. Lubensky, Principles of Condensed Matter Physics, Cambridge Univ. Press (2000).
- 4) O. Tchernyshyov *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 197204 (2005).
- 5) M. Seul *et al.*, Science **254**, 1616 (1991).

endpoint      branch point  
 $k = -1/2$        $k = 1/2$

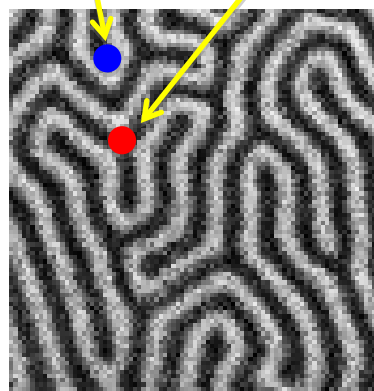


Fig. 1 End point and branch point in magnetic domains of Nd-Fe-B sintered magnet