

## 拡張型ランダウ自由エネルギーモデルに基づく迷路状磁区の保磁力メカニズム解析

### Analysis of the coercivity mechanism of labyrinth magnetic domain based on the extended Landau free energy model

東理大基礎工<sup>1</sup>, 物質・材料研究機構<sup>2</sup> ○(M1)増澤 賢<sup>1</sup>, 國井創太郎<sup>1</sup>,

(P)Alexandre Lira Foggiatto<sup>1</sup>, 三俣 千春<sup>2</sup>, 小嗣真人<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of Science<sup>1</sup>, ○Masuzawa Ken<sup>1</sup>, Kunii Sotaro<sup>1</sup>,

Alexandre Lira Foggiatto<sup>1</sup>, Chiharu Mitsumata<sup>2</sup>, Masato Kotsugi<sup>1</sup>

E-mail: 8221547@ed.tus.ac.jp

電気自動車の急速な普及を背景に、モーターのエネルギー変換効率を決定付ける保磁力メカニズムの理解が求められている。保磁力は磁化反転におけるエネルギー地形の鞍点と関係づけられるが、従来のランダウ理論は平均場を前提としているため、実材料の保磁力を説明することができなかった。特に、微視的な磁区構造と巨視的な磁気ヒステリシスの関係性が未構築であることが原因で、保磁力メカニズムは未だ完全に理解されていない。

そこで本研究では、磁区構造の不均一性を取り扱いながら、磁化反転現象を説明可能な、「拡張型ランダウ自由エネルギーモデル」の設計を試みた。開発では実材料への応用を踏まえ、磁区構造からの磁気自由エネルギー推定、さらにパーシステントホモロジー(PH)による特徴抽出と主成分分析(PCA)による大規模データの次元削減を行い<sup>[1]</sup>、エネルギー地形を描画した。実験は、異なる膜厚を持つ単結晶 Bi 置換鉄ガーネット(YIG)を対象に、Kerr 顕微鏡を用いて磁区構造の垂直磁場依存性のデータを取得した。各々の磁区構造画像から、交換エネルギーに加え静磁エネルギーの2種類を算出した。また PH 解析と PCA を用いて特徴量を2次元に削減することで、磁区構造と磁化反転過程と各種エネルギーの対応関係を可視化した。

Fig.1 は、3種類の YIG の磁区構造データから得られた交換エネルギー地形である。PC1 と PC2 は互いに直交する基底であり磁区構造の微細組織の特徴を表している。いずれの試料でも飽和、核生成、保磁力の磁化反転に伴い連続的なデータ分布となり、保磁力は主に PC1 の関数として表現される。また静磁エネルギー地形および交換エネルギー地形を詳細解析した結果、保磁力近傍において微細なエネルギー障壁を確認することができた。さらに各エネルギー項は相互に関係しており、磁区形状変化に応じてエネルギーの授受が行われている可能性が示唆された。本手法は保磁力メカニズムの理解に貢献できると期待される。

[1] T. Yamada and M. Kotsugi et al., Vac. Surf. Sci. 62, (2019) 15

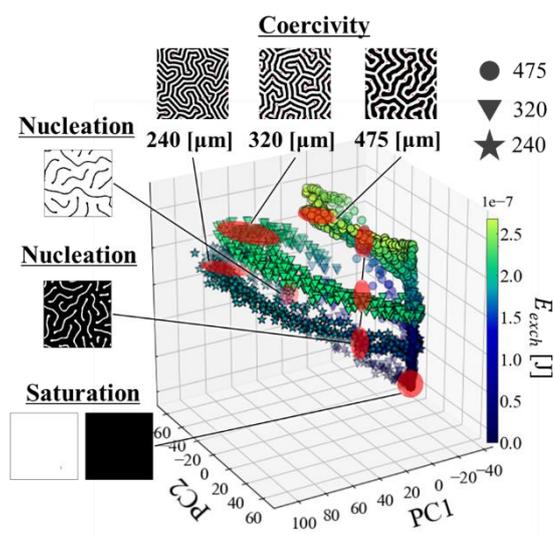


Fig1. Expanded Landau Free Energy model