

拡張型ランダウ自由エネルギー地形に基づく 磁化反転過程の解析

Analysis of the magnetization reversal process
based on the extended landau free energy landscape

東理大基礎工¹, 物質・材料研究機構²

○(M1) 國井 創太郎¹, (P) Alexandre Lira Foggiatto¹, 三俣 千春², 小嗣 真人¹

Tokyo Univ. of Science¹, NIMS²,

°Sotaro Kunii¹, Alexandre Lira Foggiatto¹, Chiharu Mitsumata², Masato Kotsugi¹

E-mail: 8220513@ed.tus.ac.jp

電気自動車の急速な普及(EV シフト)を背景に、モータのエネルギー変換効率の向上が求められている。モーターでは軟磁性材料の保磁力の抑制が求められており、保磁力を決定付ける磁化反転現象の理解は極めて重要である。磁化反転は自由エネルギー図形の鞍点によって特徴づけられ、伝統的には磁化と外部磁場を説明変数とするランダウ理論が広く知られている。その一方で、ランダウ理論では平均場を仮定しているため、磁化分布の空間的不均一性を取り扱うことが困難であり、実材料の磁化反転現象の説明は困難であった。

そこで本研究では、Persistent Homology(PH)を用いて磁区構造の形状の特徴を抽出し、得られた特徴量を説明変数とする新たなモデル「拡張型ランダウ自由エネルギー地形」を描画した。本モデルの利点は、磁化分布の不均一性を取り扱え、教師無し学習によって磁化反転挙動を説明可能なモデルを定める点にある。

開発は、点欠陥を有する軟磁性材料を対象に、LLG 方程式によるシミュレーションを行い、PH 解析によって磁区構造の磁壁形状の特徴抽出を行った。機械学習は多次元尺度構成法(MDS)を用い、2次元に次元削減した。

Fig.1 に磁気ヒステリシスと磁区画像を示す。(a)は飽和磁化、(b)は前駆現象、(c)は保磁力、(d)はデピンニングに対応する。Fig.2 に MDS で得られた散布図を示す。同心円状に交換エネルギーが増減していることが確認できる。また(a)の飽和磁化では中心に位置し、磁化反転に伴い中心から外側に移動し、保磁力では(c)に位置する。(d)は保磁力近傍でのデピンニングによって、磁区形状と交換エネルギーの急峻な変化を可視化できている。すなわち、本図では磁区構造変化と交換エネルギーの変化の関係性を同時に表現できたと示唆される。

[1] T. Yamada *et al.*, Vac. Surf. Sci. **62**, (2019) 153

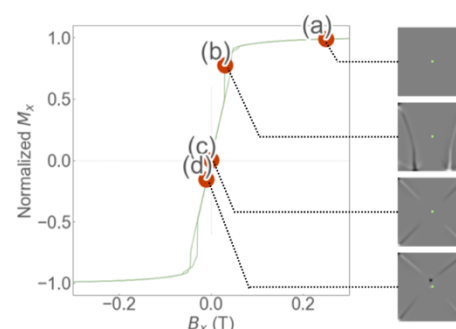


Fig.1 Hysteresis and magnetic domain.

(a) shows saturation, (b) shows nucleation, (c) shows coercivity, (d) shows depinning.

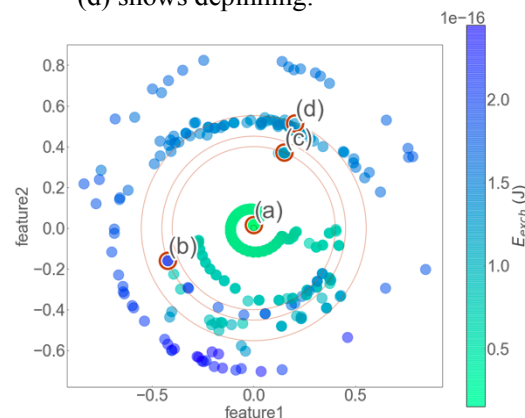


Fig.2 Scatter plot using MDS. (a)~(d) correspond to Fig.1. Dots show magnitude of exchange energy.