

位相的データ解析を用いた強磁性形状記憶合金 における自由エネルギー推定

仙井 遼平¹, Alexandre Lira Foggiatto¹, 小嗣 真人¹

(東京理科大学¹)

Prediction of free energy in ferromagnetic shape memory alloy by using topological data analysis

Ryohei Seni¹, Alexandre Lira Foggiatto¹, Masato Kotsugi¹

(Tokyo Univ. of Sci.¹)

はじめに

近年、IoTの急速な普及に伴い、デバイスの電源を安定的に確保する方法として注目されているのが、強磁性体形状記憶合金(FSMA)の磁歪を用いた環境発電である^[1]。FSMAはマルテンサイト変態によるマルチバリエーション組織を有しており金属組織と磁区構造の間には複雑な自由エネルギーのやりとりがあるため、微視的な組織構造と巨視的な機械的特性の対応関係は未だ完全に明らかにされていない。

そこで我々は位相的データ解析を用いて微視的な磁区構造と巨視的な弾性ひずみの対応関係を構築することを試みた。パーシステントホモロジー(PH)は上記の微細組織の特徴抽出をする上で有用な手法である^[2]。また本研究では弾性ひずみの背後にある弾性エネルギーに対し、教師なし学習による推定を試みた。

実験方法

研究ではFePdの磁区構造をLandau-Lifshitz-Gilbert(LLG)方程式で、マルテンサイト組織を時間依存のGinzburg-Landau(TDGL)方程式によって計算し、内部応力を共有することで、FSMAのマルチバリエーションと磁区構造を計算した(Fig. 1)^[3]。得られた磁区構造は実際に観察されたFe-31.2at%Pdの磁区と近い構造を有しており^[4]、妥当な計算結果と考えられる。得られた磁区構造に対してPHを適用し、パーシステンス図の主成分分析(PCA)を行った。

実験結果

第一主成分と磁気弾性エネルギーの間には相関があることが分かった(Fig. 2)。また他のエネルギー項についても、同様に正の相関があることが分かった。これによって磁区構造の幾何学的情報のみから内在する全エネルギー項の推定が可能であることが示唆された。

参考文献

- [1] T.Ueno, *Journal of Applied Physics* **117** (2015), 17A740.
- [2] T. Yamada, et al. *J. Vac. Surf. Sci.* **62**, (2019), 153.
- [3] Li, L. J., et al. *Acta Materialia* **59** (2011), 2648-2655.
- [4] Y.Murakami, et al. *Acta Materialia* **54** (2006), 1233-1239.

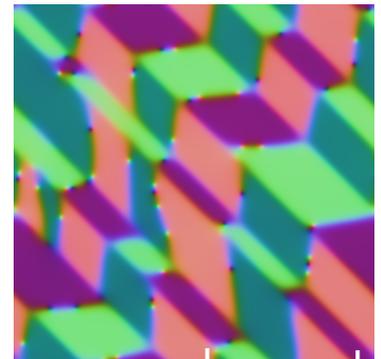


Fig.1 The magnetic domain structure simulated by LLG equation.

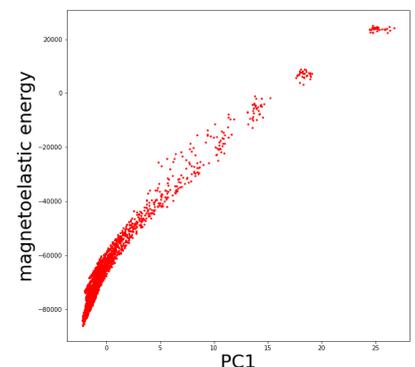


Fig.2 The plot diagram of first principal component (PC1) vs magnetoelastic energy