機械学習を用いた撮像スケールの異なる磁区画像からのパラメータ推定

Estimating parameters from magnetic domain images with different imaging scales using machine learning

豊田工大 [1]，電気通信大 [2]　○(B) 橋本 周 [1]，仲谷 栄伸 [2]，粟野 博之 [1]，田辺 賢士 [1]

TTI [1], Univ. of Electro-Comm. [2], ○(B) S. Hashimoto[1], Y. Nakatani[2], H. Awano[1], and K. Tanabe[1]

E-mail: sd21069@toyota-ti.ac.jp

磁性分野では、成膜した薄膜の磁気特性を評価するために、磁気パラメータの測定実験が行われる。それらのパラメータの中には、ジャロシンスキー守谷相互作用（DMI）定数のような、測定が困難であったり、測定に時間がかかったりするものがある。そこで、我々はより簡便なパラメータ測定法を確立するために、薄膜に現れる迷路状の磁区構造に着目した[1,2]。先行研究では、機械学習を用いて磁区画像から DMI 定数や飽和磁化などの磁気パラメータを推定できると報告されている[1-3]。我々は、撮像スケールの違いが推定に与える影響について研究し、ある条件下で撮像スケールの異なる画像から磁気パラメータを推定できることを明らかにしてきた[4]。本研究では、どのような条件でパラメータが推定できるかを詳細に調べたので報告する。

マイクロマグ計算を用いて、DMI 定数を 0.1～1.0 mJ/m^2 まで 0.1 mJ/m^2 刻みで変化させながら、1,000 枚ずつ合計 10,000 枚の磁区画像を作成した。その後、0.5, 1.0, 1.5 μm 角となるように切り抜いた画像群を用意した（Fig. 1）。2.0 μm 角の画像群で学習したモデル A と、4 つのスケールをまとめた画像群で学習したモデル B に対し、4 つのスケールの画像群をテストデータとして DMI 定数の推定を行った。その結果、モデル A では 2.0 μm を除くすべてのスケールで推定がうまくいかなかった（Fig. 2(a)）。この結果は、先行研究[4]にて報告された「1.5 μm 角の画像群で学習した際、2.0 μm 角の画像群における推定がうまくいく」という実験結果からは予期しないものである。またモデル B では、すべてのスケールにてうまく推定できた（Fig. 2(b)）。このことから、磁区画像からのパラメータ推定には、撮像スケールの異なる画像群を学習させることが重要であることが示唆される。

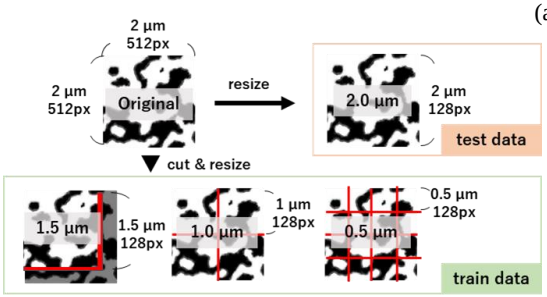

Fig. 1 Process of producing training and test data from original magnetic domain images.

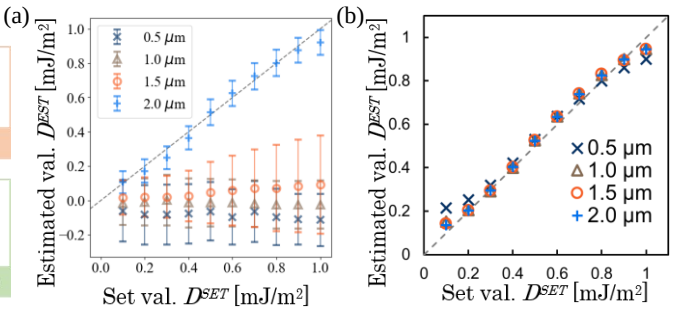

Fig. 2 Trained on a group of 2.0μm square images and estimated each of the four respective scales (a).
A group of images of the four scales was trained together and each of the four scales was estimated (b).

[1] M. Kawaguchi et al., npj Computational Materials **7**, 20 (2021).

[2] S. Kuno et al., APL Machine Learning **1**, 046111 (2023).

[3] H. Y. Kwon et al., Science Advances **6**, eabb0872 (2020).

[4] A. Watanabe et al., arXiv: 2408.12181 (2024).