

鉄損解析のためのリアルタイム高速磁区構造計測システムの開発と機械学習応用

Development of real-time and high-speed magnetic domain measurement system for iron loss analysis and Application of machine learning

東理大¹, 岡山大学² 京都大学³○(M1)長岡 竜之輔¹, 増澤 賢¹, Foggiatto Lira Alexandre¹,三俣 千春¹, 山崎 貴大¹, 大林 一平², 平岡 裕章³, 小嗣 真人¹¹Tokyo Univ. of Science, ²Okayama Univ., ³Kyoto Univ.Ryunosuke Nagaoka¹, Ken Masuzawa¹, Alexandre Lira Foggiatto¹,Chiharu Mitsumata¹, Takahiro Yamazaki¹, Ippei Obayashi², Yasuaki Hiraoka³, Masato Kotsugi¹E-mail: 8223553@ed.tus.ac.jp

電気自動車の世界的な普及を背景に、低鉄損なモーター用磁性材料の開発が急務となっている。これまで我々のグループは、機械学習を活用した「拡張型ランダウ理論」をミクロな磁区構造に適用することで、準静的過程の保磁力のメカニズムを解析してきた^{[1]-[4]}。本研究では、交流磁界下での動的磁化反転機構に着眼し、鉄損のメカニズム解析を目標とした。具体的には、計測システムの開発と、大規模磁区データの計測と、拡張型ランダウ理論に基づく特徴量抽出までを一貫して行った。研究では、ハイスピードカメラと Kerr 光学顕微鏡と電磁石を組み合わせた装置系を構築し、磁区構造の動的挙動データを取得可能な計測プログラムの開発を行った。次に、それを用いて 5, 60, 240Hz の外部磁場下における磁区構造の大規模データを取得した。さらに、取得した磁区構造データに対してパーシステントホモロジー(PH)や主成分分析(PCA)といった特徴量抽出手法を検討し、周波数に依存した磁区構造変化を記述可能な特徴量の設計を行った。

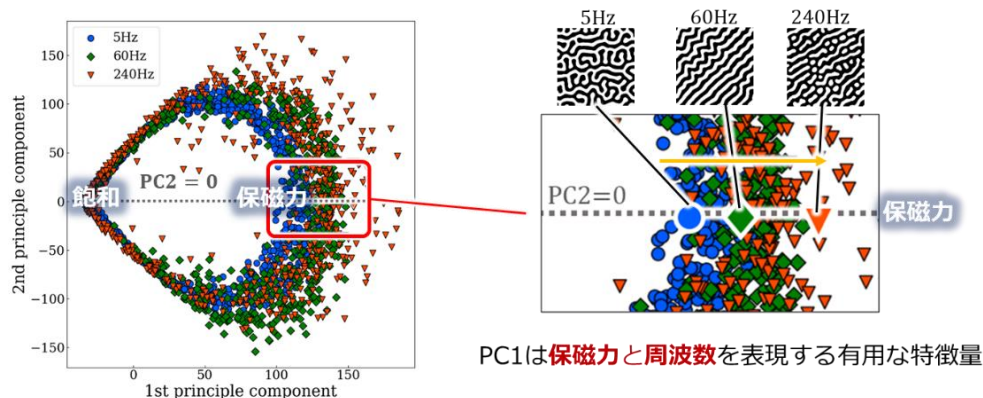


Fig.1 Feature extraction result by PH & PCA

特徴量抽出の結果を Fig. 1 に示す。情報空間上で磁区構造変化を描くことに成功した。また、外部磁場が高周波になるにつれて保磁力点の PC1 が増大し、PC1 が保磁力と周波数を表現する特徴量であると示唆された。さらに、逆解析により PC1 増大に寄与する磁区構造中の因子の可視化に成功した。このことにより、鉄損の起源をミクロな磁区構造まで遡って明らかにできる可能性が期待される。

[1] K. Masuzawa et al. T. Magn. Soc. Jpn. 6, (2022) 1-9

[2] S. Kunii, et al. Science and Technology of Advanced Materials: Methods, 2(1), 445-459. (2022)

[3] S. Kunii, et al. Sci Rep 12, 19892 (2022)

[4] A. Foggiatto et al. Commun Phys 5, 277 (2022)