

有限膜厚の強磁性体薄膜におけるスキルミオン半径の マイクロマグネティックシミュレーション

Micromagnetic simulation of skyrmion radius in ferromagnetic thin film with finite thickness

北海道大学

三隅亮汰, 植村哲也, 山ノ内路彦

Hokkaido University

Ryota Misumi, Tetsuya Uemura, Michihiko Yamanouchi

1. はじめに

スキルミオンを用いたメモリ, ロジックは, 低消費電力かつ高集積化可能であるため, 近年, 研究が盛んに行われている [1]. スキルミオンは渦状のトポロジカルな磁気構造であり, その大きさは応用上重要なパラメータである. スキルミオン半径は, 交換相互作用, 垂直磁気異方性, ジャロシンスキー-守谷相互作用(DMI), 磁気双極子相互作用に依存する. スキルミオン壁の幅に対して膜厚が十分薄い強磁性体薄膜中に形成されるスキルミオンの解析では, 垂直磁気異方性定数を, 膜面垂直方向の反磁場エネルギーを差し引いた実効垂直磁気異方性定数で置き換えて磁気双極子相互作用(反磁場と漏れ磁場の効果)を無視する膜厚無限小の薄膜近似が良く用いられている. この近似により解析が容易になり, スキルミオン半径の解析解 [2]も求められているが, 有限の膜厚をもつ強磁性体薄膜において, 薄膜近似の場合と磁気双極子相互作用を考慮した場合でスキルミオン半径にどの程度の差が現れるか明らかになっていない. 本研究では, 薄膜近似の場合と磁気双極子相互作用を考慮した場合のそれぞれについて, マイクロマグネティックシミュレーションでスキルミオン半径を求め, その強磁性体膜厚依存性を比較した.

2. 実験方法

スキルミオンの磁気構造やダイナミクスをマイクロマグネティックシミュレーションで実績のあるOOMMF (Object Oriented Micro Magnetic Framework) [3]を用いてスキルミオン半径を求めた. シミュレーションで使用したパラメータは, 飽和磁化 760 kA/m (1T), 交換スティフネス定数 10 pJ/m, 垂直磁気異方性定数 463 kJ/m, DMI 定数 0.9 mJ/m²である. また, 計算セルは一辺が 0.5 nm - 2 nm の立方体である. 強磁性体薄膜の厚さを 0.5 - 2.0 nm で変えて, 磁気双極子相互作用を考慮した場合と, 考慮しない場合(薄膜近似)のそれぞれについて, スキルミオン半径を求めた.

3. 結果と考察

Fig. 1 に磁気双極子相互作用を考慮した場合と, 薄膜近似のスキルミオン半径の膜厚依存性を示す. 薄膜近似の場合には, スキルミオン半径は膜厚に依存しない. また, 薄膜近似で求めたスキルミオン半径は, 前述の薄膜近似の解析解と一致した. 一方, 磁気双極子相互作用を考慮した場合には, スキルミオン半径は, 膜厚が 0.5 nm 以下では薄膜近似の結果と一致するが, それ以上の膜厚ではスキルミオン半径は薄膜近似の場合よりも大きくなり, 膜厚の増加とともに急激に増加した. スキルミオン周辺の強磁性体表面からの漏れ磁場, 及びスキルミオン内の膜面内方向の反磁場は, スキルミオン半径を増加させるとともに, 膜厚の増加にしたがって増加する. したがって, 磁気双極子相互作用を考慮した場合と, 薄膜近似の場合の差は, これらの影響を反映していると考えられる.

参考文献

- [1] M. Mochizuki, *Magnetics Jpn.* **10**, 192 (2015).
- [2] Y. H. Yuan, R. X. Wang and S. X. Wang, *Comm. Phys.* **1**, 1 (2018).
- [3] M. J. Donahue and D. Porter, "NIST," [Online]. Available: <http://math.nist.gov/oommf>.

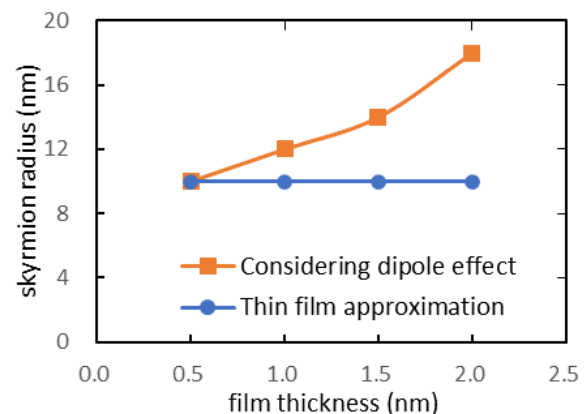


Fig. 1 Simulation result for dipole effect and thin film approximation

