

マイクロマグネティックシミュレーションにおける 中間磁化を用いた高速化の検討

安宅正、古屋篤史、藤崎淳、清水香壺、上原裕二、田中智大、大島弘敬*
(富士通株式会社、*株式会社富士通研究所)

Accelerating method of micromagnetic simulation interpolating magnetization vector

T. Ataka, A. Furuya, J. Fujisaki, K. Shimizu, Y. Uehara, T. Tanaka, H. Oshima*
(Fujitsu Limited, *Fujitsu Laboratories Limited)

はじめに

永久磁石の保磁力は結晶粒径や温度、結晶粒界の物性などに依存して変化することが実験的に知られているが、その詳細なメカニズムは今のところ十分に理解されていない。そこで近年、永久磁石の保磁力発現のメカニズムを解明するためにマイクロマグネティックシミュレーションが注目されている。この手法は磁石材料の磁化過程を理解する上で非常に有用であるが、磁壁の構造や磁壁移動を表現するために非常に細かいメッシュ分割が求められている。例えば、Nd-Fe-B 磁石では磁壁の厚さが 5nm と非常に薄いために 1nm 程度のメッシュ分割が必要である。一方で、結晶粒径は数百 nm～数 μm とメッシュ幅に比べ非常に大きく、粒界を含む多結晶の計算に必要なメッシュ数は膨大になり計算時間がかかる。計算時間を短くするため、空間刻みが大きくても磁壁の構造や磁壁移動が表現できる数値計算手法が求められており、この点について検討した。

計算手法

交換結合エネルギー、異方性エネルギーにより得られる有効磁界の計算において、(1) 式で与えられる、磁化の長さ条件を満たす中間磁化を仮想的に配置した (Fig.1)。式中の c はメッシュの形状や重心位置により決定される案分比である。

$$\vec{m}'(i, j) = \frac{c\vec{m}(i) + (1-c)\vec{m}(j)}{|c\vec{m}(i) + (1-c)\vec{m}(j)|} \quad \dots (1)$$

中間磁化はメッシュ上の磁化に対する LLG 方程式を計算する際に使用される一時的なものであり、一つのメッシュ上における磁化の計算コストが増えるが、メッシュを粗くすることで全体として計算時間を短縮することが可能となる。この中間磁化を用いたエネルギーの離散化を行い、各磁化の有効磁界を変分計算により求める。

計算結果

中間磁化を用いて 2次元の離散化を行い、保磁力を計算した (Fig.2)。保磁力の誤差はメッシュサイズが大きい領域において従来の要素中心のみに磁化を配置する方法より改善することがわかる。

参考文献

- 1) A. Sakuma et al; J. Magn. Magn. 84 (1990) pp.52-58

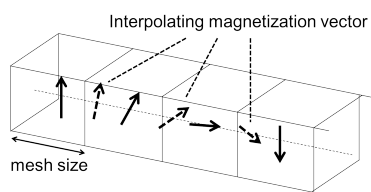


Fig.1 Conceptual diagram of interpolating magnetization vector

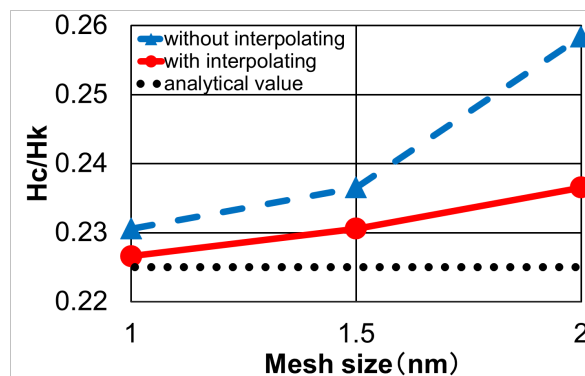


Fig.2 Normalized coercivity of 2D calculation