

トーラス型磁気クラスターにおける異なる磁化過程

寺島 颯一、鈴木 健司、山口 克彦、内一 哲哉*、高木 敏行*
(福島大、*東北大)

Different magnetization process of torus magnetic cluster

K. Terashima, K. Suzuki, K. Yamaguchi, T. Uchimoto*, T. Takagi*
(Fukushima Univ. *Touhoku Univ.)

はじめに

近年、磁気還流構造をとるトーラス型磁気リングへの関心が高まっており、実験及び理論的な観点から盛んに研究が行われている。これまでに Co トーラスリングの実験などが行われており、磁化反転の途中で一度、安定状態になるという報告がなされている。さらに LLG 方程式を用いたシミュレーションもなされており、安定状態である還流構造か、磁化が概ね同一方向を向いている状態のどちらか一方を含んだ磁気的特性を持つ、と示されている。しかしながら、実験は多数のリングを纏めて測定したものであり、さらにシミュレーションの結果とはそぐわないものであった。よって、シミュレーションで得られたそれぞれの磁気特性を、実験と合うように足し合わせた統計的な解析が行われてきた¹⁾。

そこで本研究は、1つのリングが持つ磁気的性質を解析するために、半径の異なるトーラスリングクラスターを用いてモンテカルロ (MC) シミュレーションを行った。これによりトーラスリングの実際の磁化過程が明らかになると期待できる。

計算手法

クラスターは Fig.1 に示したようなトーラス型で、単純立方格子の格子点上に磁性サイトを配置し、 $r=3, R=8, 10, 15, 20$ の 4 個を用いた。計算はメトロポリスサンプリングによる MC シミュレーションで行い、ハミルトニアンには(1)式を用いた。第一項が交換相互作用、第二項が磁気双極子相互作用、第三項が印加磁場を与え、 S_i は i 番目のスピンベクトルである²⁾。

$$H = -\sum_{near} J_{ij} S_i \cdot S_j + D \sum_{all} \left(\frac{S_i \cdot S_j}{|r_{ij}|^3} - \frac{3}{|r_{ij}|^5} (S_i \cdot r_{ij})(S_j \cdot r_{ij}) \right) + B \sum_i S_i \quad (1)$$

結果

Figure 2 には $r=3, R=10$ のクラスターによるシミュレーション結果を示した。同一クラスターにおいて、2つの異なる磁化過程を含んでいることが分かる。1つは途中で還流構造をとるものである。還流構造は磁場の逆向きをとっている部分の内側からスピンが反転し、別の小さな還流構造を作る。磁場が大きくなるにつれ、小さな還流構造は外側へと移動し、最終的に磁化が反転する。もう1つはスピンの向きを維持したまま回転するように磁化反転をする過程である。これら2つの磁化過程を含む磁気特性は他のクラスターにおいても同様に見られた。

参考文献

- 1) F. Q. Zhu, et. al, *Adv. Mater.* Vol.16, Issue 23-24, 2004, pp.2155-2159.
- 2) K. Yamaguchi, et. al, *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 47, 2011, pp. 1118-1121.

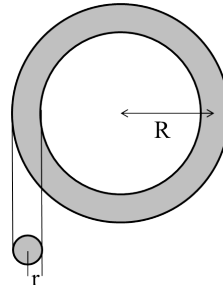


Fig.1 Schematic diagram for torus ring cluster.

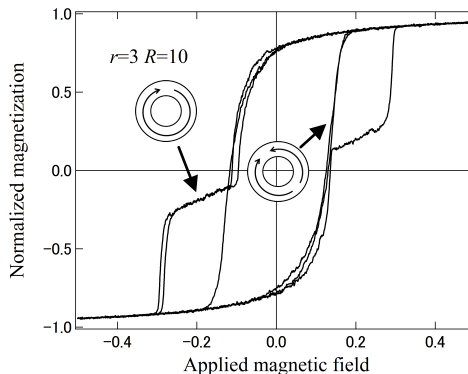


Fig.2 Hysteresis loops of torus ring cluster with $r=3, R=10$ repeat three times.