

透過型電子顕微鏡による環境・エネルギー材料の結晶構造 および磁気構造評価

利用者：早稲田大学 長尾全寛

研究支援者：物質・材料研究機構 長井拓郎, 木本浩司, 原徹

【研究目的】

磁気スキルミオン (図1(a)) は、高性能・省エネルギーの磁気素子として情報技術への応用が期待されている磁気状態である。磁気スキルミオンは空間反転対称のない磁性体で形成されるが、空間反転対称を有する強磁性遷移金属酸化物においてもスキルミオンの存在が議論されてきた。しかし、これまで直接その証拠を示した例は報告されていないため、冷陰極電界放出型ローレンツ顕微鏡を用いて直接観測を試みた。

【成果】

図1(b)は、ローレンツ顕微鏡像から強度輸送方程式法により得られた強磁性マンガン酸化物の常磁性中のナノ磁気クラスターの磁化分布である。この結果からマンガン酸化物のナノ磁気クラスターは磁気渦構造を持っており (図には示していないが反時計回りも存在)、スキルミオンと同様の平面磁化の強度分布を持っていることが明らかとなった。しかし、面直磁化成分を電子顕微鏡では得ることが出来ないため、面直磁場印加による応答を観察した。その結果が図1(c), (d)である。(c)では磁場により中心の面内磁化消失領域が拡大しているが、クラスターのサイズはほとんど変化がない。一方、(d)では磁場によりサイズが小さくなったが、中心の平面磁化消失領域に変化はなかった。この磁場に対する応答は磁気クラスターがスキルミオン構造を持っていると考えたと説明出来る。この結果は、スキルミオン構造が空間反転対称性を有する強磁性体のナノクラスターやナノ粒子において形成されている可能性を示唆している。また観測したスキルミオンは熱揺らぎによる渦反転現象が見られ (図2(a))、スキルミオンが近接する場合には同じ渦方向に同期して反転した (図2(b))。この結果は、スキルミオン間の相互作用を利用した磁気素子の開発に新たな知見を与えると思われる。本成果は *Nature Nanotechnology* Vol. 8 (2013) p.p. 325-328 に掲載された。

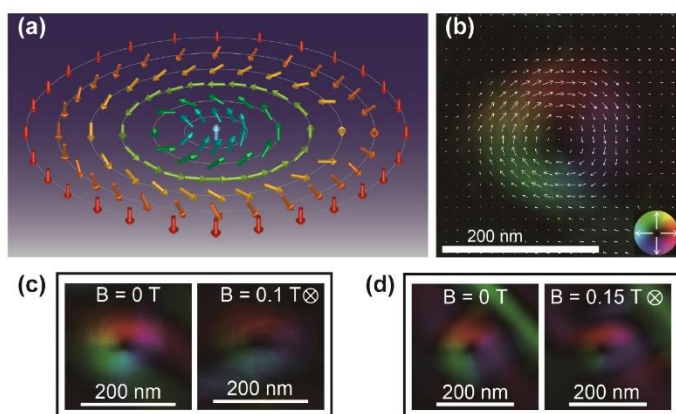


図1 (a) スキルミオンの模式図。(b) 磁気クラスターの磁化分布。(c),(d) 磁場応答

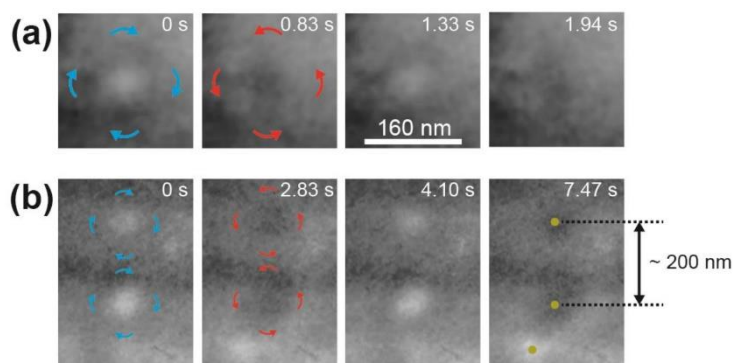


図2 (a) スキルミオンの渦反転。(b) スキルミオン間の渦反転の同期現象

【支援実施機関からのコメント】

本研究は300kV冷陰極電界放出型電子銃を備えたローレンツ顕微鏡を用いて実施された。加熱試料ホルダーを用いた温度制御、磁場印加観察、観察像の動画記録、磁化分布解析法、等についてサポートを実施し、強磁性体におけるスキルミオンの構造及び挙動を明らかにすることができた。

【参考文献等】

[1] M. Nagao, Y. So, H. Yoshida, M. Isobe, T. Hara, K. Ishizuka, and K. Kimoto, *Nature Nanotech.* 8, 325-328 (2013).