



磁壁のトポロジーが不変！：界面効果に誘起される

新しい磁壁移動機構の発見

概要

小野輝男教授、Kim Kab-Jin 助教、森山貴広助教、上田浩平氏（現マサチューセッツ工科大学研究員）、平松亮氏（現産業技術総合研究所研究員）、大学院生の吉村瑤子氏、谷口卓也氏、東野隆之氏（以上、京都大学化学研究所）らは、電気通信大学の仲谷栄伸教授、山田啓介氏との共同研究により、磁壁のトポロジーが不変である新しい磁壁移動機構を発見しました。この新しい移動機構によって磁壁が従来機構の数倍の速さで移動することも明らかとなり、本研究は基礎的にも応用的にも重要な知見といえます。

この成果は、英国科学誌「Nature Physics」誌に 2015 年 11 月 9 日【英国時間】にオンライン公開されました。

本研究の一部は、科学研究費補助金「基盤研究(S)」、「学術創成研究費」、「特別推進研究」、「特別研究員奨励費」、「京都大学化学研究所共同利用・共同研究拠点研究」によって支援されました。

1. 背景

強磁性体の磁区と磁区の境界を磁壁と呼びます。この磁壁は磁場によって移動させることができます（図 1）。小さい磁場では、磁壁内部の磁化が固定されて磁壁が動き (steady motion)、ある磁場 (Walker 磁場) より大きくなると、磁壁内部の磁化が歳差運動を伴って磁壁が移動 (precessional motion) します。このように磁壁が磁場で移動する機構はよく知られていますが、磁性層と非磁性層の界面における効果が磁壁の移動に与える影響はよく分かっていませんでした。

2. 研究手法・成果

研究チームは、磁壁移動に対する界面効果（ここではジャロシンスキー・守谷相互作用のことをさす）を調査するため、2 種類の異なるタイプの試料を用意しました。一つはコバルト (Co) とニッケル (Ni) を積層した強磁性薄膜の上下が白金 (Pt) で挟まれた対称構造の Co/Ni 薄膜、もう一つは Co/Ni 層と上部の Pt 層の間に酸化マグネシウム (MgO) を挿入した上下非対称構造の Co/Ni 薄膜です（図 2 挿入図）。上下対称構造の膜では、界面効果が上下で相殺されるので膜全体としての界面効果はありません。これらの薄膜を 1 ミクロン程度の幅の細線に加工し、細線中の磁壁を磁場で移動する実験を室温で行いました。その結果、上下非対称構造の界面効果のある系では、上下対称構造の界面効果のない系と比較して磁壁移動速度が 5 倍も速いことが分かりました（図 2）。

これらの磁壁移動速度の違いを解明するために、磁壁内部の磁化角度が時間とともにどのように変わっていくのかシミュレーションを行い調査しました。その結果、界面効果のない系 ($D = 0$) では磁化の角度が時間とともに周期的に変化している（歳差運動を伴う）のに対し、界面効果のある系 ($D = 1$) で

は磁化の角度が一定であることが分かりました (図3)。磁化の角度が時間に対して一定ということは、磁壁のトポロジーが一定であることを意味します。つまり、界面効果のある系では、Walker 磁場より大きな磁場を印加しても磁壁のトポロジーが不変である新しい磁壁移動機構を持つことが明らかとなりました。さらに、この移動機構は、細線が2次元の場合にのみ成り立ち、1次元の場合には成り立たないことも見出しました。

3. 波及効果

磁壁の移動を利用した磁壁メモリは次世代磁気メモリとして期待されています。本研究成果は、デバイスを設計する際に重要となる膜構造と次元性に対する指針を与えたという点でも特筆すべき成果といえます。

4. 今後の予定

本研究では、磁場によって高速移動する磁壁をリアルタイムで電氣的に検出することに成功し、新しい磁壁移動機構を発見しました。しかし、メモリとしての動作には電流による磁壁移動が不可欠です。今後は、同様の実験装置を用いて、電流による磁壁の移動をリアルタイムで測定することを目指します。電流による磁壁移動の高速動作、膜構造に関する知見が得られ、磁壁メモリの実用化が大きく前進すると期待されます。

<論文タイトルと著者>

論文タイトル

Soliton-like magnetic domain wall motion induced by the interfacial Dzyaloshinskii–Moriya interaction

著者

Yoko Yoshimura¹, Kab-Jin Kim¹, Takuya Taniguchi¹, Takayuki Tono¹, Kohei Ueda¹, Ryo Hiramatsu¹, Takahiro Moriyama¹, Keisuke Yamada², Yoshinobu Nakatani² and Teruo Ono¹

¹Institute for Chemical Research, Kyoto University

²Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications,

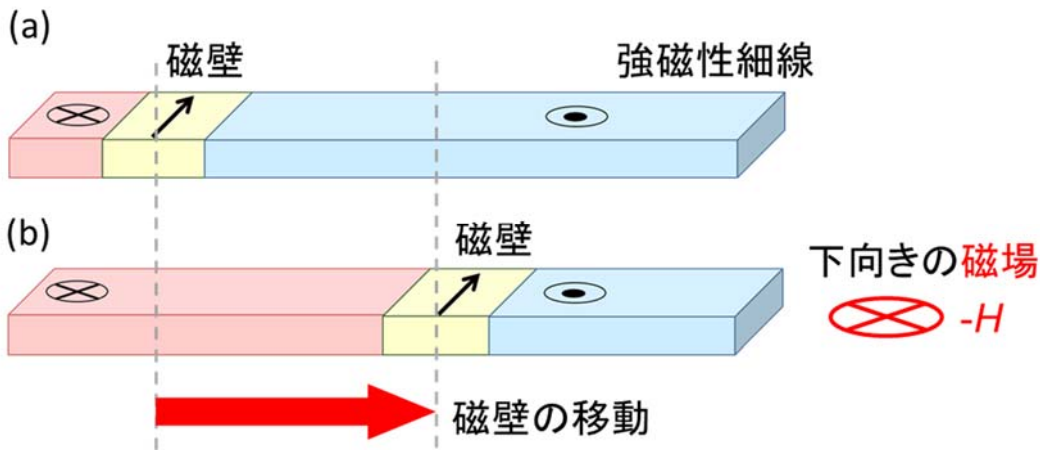


図1：磁場による磁壁移動の概念図。(a)初期状態。(b)下向きの磁場印加。印加された磁場と同じ向きの磁区が広がって磁壁が移動する。

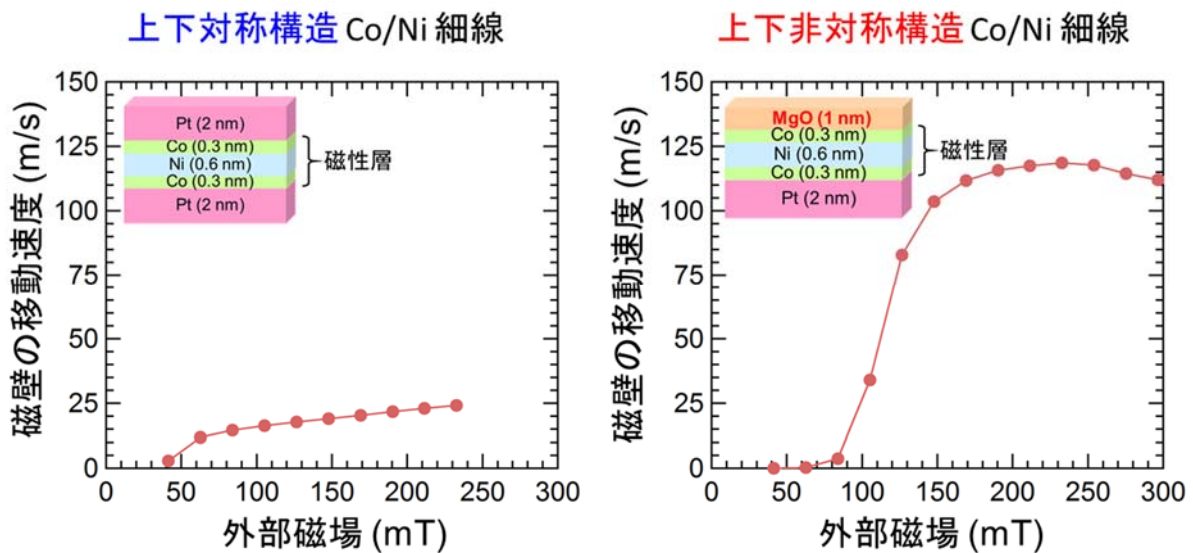


図2：(左)上下対称構造 Co/Ni 細線(右)上下非対称構造 Co/Ni 細線における磁壁移動速度と外部磁場の関係。それぞれの速度を比べると、上下非対称構造 Co/Ni 細線の方が上下対称構造 Co/Ni 細線よりも速度が5倍も速いことが分かる。

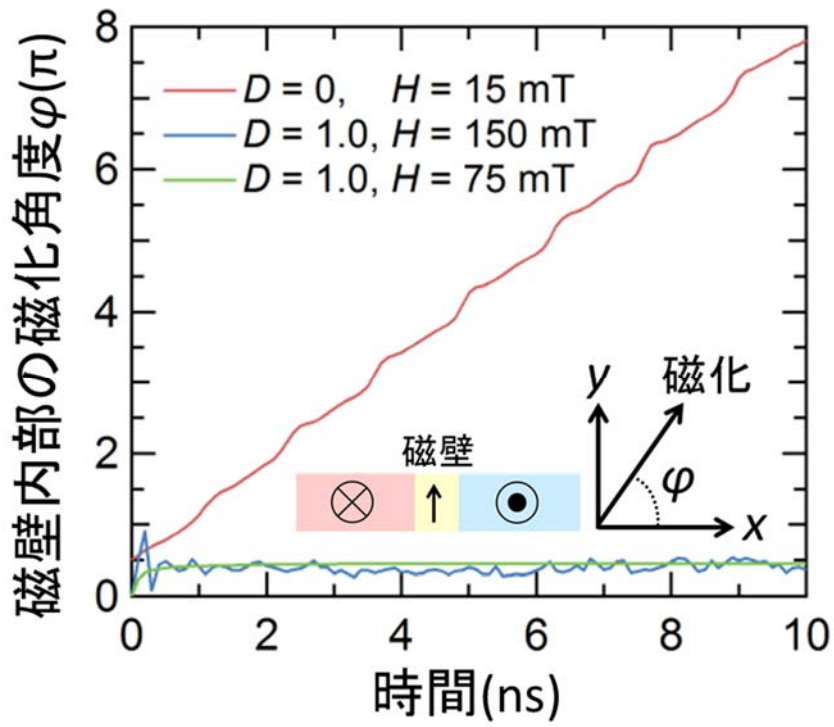


図3：磁壁内部の磁化角度の時間変化（シミュレーション結果）。Dは界面効果の大きさを表す。D = 0（界面効果のない系：赤色）では、磁化角度が周期的に変化しているのに対してD = 1（界面効果のある系：青色と緑色）では磁化角度が $\pi/2$ で一定である。