



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY



千葉大学
CHIBA UNIVERSITY

配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会、千葉県政記者クラブ

2026 年 10 月 19 日

報道機関 各位

人工磁性材料の“ひずみ”を設計し、新たな磁気機能を創出 ～省エネ磁気メモリなどの実現へ設計指針～

【本研究のポイント】

- ・磁性材料に加える「ひずみ」^{注 1)}を層ごとにすることで、これまでにない新しい磁気相互作用を生み出せることを実証。
- ・材料そのものを替えることなく、機械的な変形だけで磁石の性質を設計・制御する新たな手法を提案。
- ・次世代の超低消費電力メモリやスピントロニクス^{注 2)}デバイスの実現につながる、特殊な磁気構造(スキルミオン^{注 3)})の生成・制御への応用が期待。

【研究概要】

名古屋大学大学院工学研究科の岩田 悠楽(学部生・当時)、古牧 怜寿 博士前期課程学生、林 兼輔 助教、飯浜 賢志 准教授、森山 貴広 教授らの研究グループは、千葉大学大学院理学院の佐藤 正寛 教授らとの共同研究で、磁性材料に加える「応力(ひずみ)」を巧みに設計することで、これまでにない新しい磁気相互作用を創出できることを明らかにしました。

磁石の内部では、電子が持つ微小な磁気(スピン^{注 4)})が互いに影響し合いながら配列しています。その配列を決める重要な要素の一つが「Dzyaloshinskii-Moriya (DM)相互作用」^{注 5)}と呼ばれる現象であり、近年注目されているスキルミオンなどの特殊な磁気構造の形成に深く関わっています。

従来、DM 相互作用を生み出すためには、特殊な結晶構造や界面設計が必要と考えられてきました。本研究では、複数の磁性層を積み重ねた人工反強磁性体^{注 6)}に対し、層ごとに交互に異なる応力を導入するという新しいアプローチを採用しました。

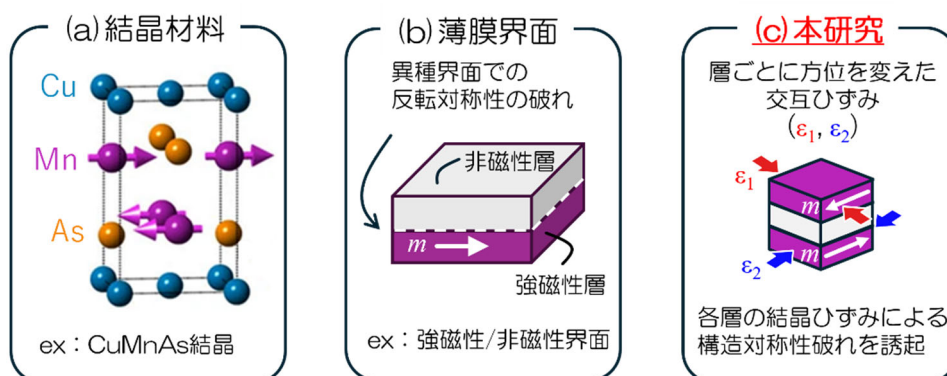
その結果、隣り合う層で向きが反転する「交互 DM 相互作用」^{注 7)}が自然に現れることを明らかにしました。今回の成果は、材料そのものを変えなくても、機械的な変形やひずみを利用して磁性を自在に制御できる可能性を示すものです。これは、将来の超低消費電力磁気メモリや次世代スピントロニクスデバイスの実現に向けた新たな設計指針となることが期待されます。

本研究成果は、2026 年 10 月 15 日付の国際学術誌『Physical Review Applied (Letter 版)』に掲載されました。

【研究背景と内容】

近年、磁石の性質を利用して情報を記録・処理する「スピントロニクス」技術の研究が世界的に進められています。その中でも、電子スピンのらせん状に配列した磁気構造や、ナノメートルサイズの磁気渦である「スキルミオン」は、省エネルギーな情報記録技術の実現につながることから注目を集めています。これらの特殊な磁気構造の形成には、「Dzyaloshinskii-Moriya (DM) 相互作用」と呼ばれる磁気相互作用が重要な役割を果たします。

従来、DM 相互作用を発現させるためには、特殊な結晶構造や、重金属と磁性体の界面など、材料そのものに反転対称性の破れを導入する必要がありました(図 1(a,b))。そのため、DM 相互作用の大きさや性質を自由に制御することには限界がありました。



帰結：ラシュバスピン分裂、ジャロシンスキー・守谷相互作用、交互磁性など

図 1: 既存研究(a,b)と本研究のねらい(c)

本研究では、磁性金属コバルト(Co)とルテニウム(Ru)から成る人工反強磁性体に着目しました。人工反強磁性体とは、複数の磁性層が互いに反対向きに磁化するように設計された人工磁性体であり、高密度磁気記録デバイスなどへ応用されています。

研究グループは、各磁性層に加わる応力(ひずみ)の向きを交互に変化させることで、層ごとに局所的な電場が反転する構造を考案しました(図 1(c))。

フレキシブル基板上に Co/Ru 磁性多層膜を形成し、成膜中に基板の曲げ方向を制御することで、各層に交互あるいは一様な応力を導入しました。この応力により各層内に局所電場が生じ、各層の対称性が変化します(図 2(a))。理論解析の結果、このような交互応力によって、隣り合う層で符号が反転する「交互 DM 相互作用」が自然に発現することを明らかにしました。さらに、この交互 DM 相互作用は従来型の DM 相互作用と比較して非常に大きな値を持ち、磁化反転過程に大きな影響を及ぼすことが示されました。

また、マイクロマグネティックシミュレーション^{注 8)}を用いて磁化過程を解析した結果、交互 DM 相互作用を考慮した場合にのみ実験で観測された磁気応答を再現できることが分かり(図 2(b,c))、本相互作用が実際に重要な役割を果たしていることが示されました。

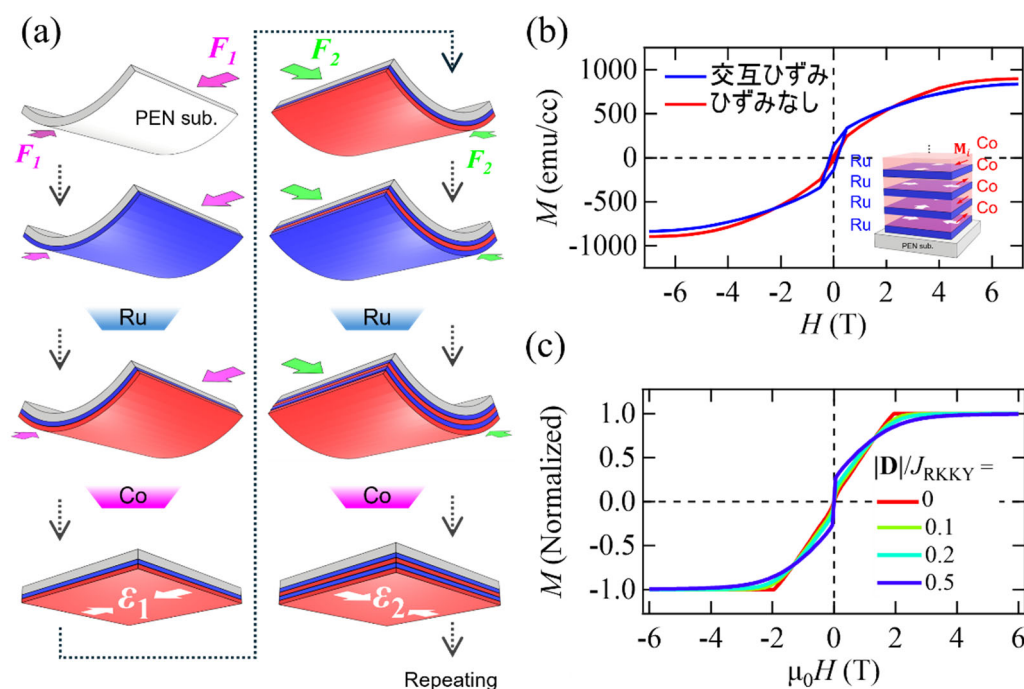


図 2: (a)フレキシブル基板を利用して Co/Ru 磁性多層膜中に交互に応力を導入する手法の概要、(b)Co/Ru 磁性多層膜中に交互ひずみがある場合とない場合の磁化曲線、(c)マイクロマグネティックシミュレーションで再現した磁化曲線。 $|D|/J_{RKKY}$ は交互 DM 相互作用の大きさ

【成果の意義】

本研究は、結晶構造や界面設計に頼らず、**応力の空間パターンを設計するだけで DM 相互作用を生成・制御できる新しい手法を提案した**ものです。これは人工反強磁性体やスピントロニクスデバイスにおける磁気構造制御の新たな指針となり、将来的な低消費電力磁気メモリやカイラル磁性体の開発につながると期待されます。

本研究の一部は、科学研究費補助金「基盤研究(S) JP26K21745」、「国際共同研究加速基金(海外連携研究) JP23KK0093」、国立研究開発法人科学技術振興機構「創発的研究支援事業 JPMJFR2242」などの助成を受けて行われました。

【用語説明】

注 1)ひずみ:

物体に力を加えたときに生じる変形の度合い。本研究では、磁性層に加えたひずみによって局所電場を生み出し、新しい磁気相互作用を誘起した。

注 2)スピントロニクス:

電子が持つ電荷だけでなくスピンの自由度も利用して情報処理や情報記録を行う技術分野。低消費電力・高速動作を実現する次世代エレクトロニクスとして注目されている。

注 3)スキルミオン:

電子スピンの渦状に配列したナノメートルサイズの磁気構造。小さな電流で移動可能であり、次世代磁気メモリの情報担体として期待されている。

注 4) スピン:

電子が持つ量子的な磁石としての性質。磁性材料の磁気特性は電子スピン同士の相互作用によって決まる。

注 5) Dzyaloshinskii-Moriya (DM) 相互作用:

隣接するスピンを平行ではなくねじれた方向に配列させる相互作用。スキルミオンやらせん磁気構造などの形成を支配する重要な相互作用である。

注 6) 人工反強磁性体:

複数の磁性層を非磁性層で挟み込み、隣接する磁性層の磁化が互いに反対方向を向くよう人工的に設計された多層膜構造。高い磁気安定性を持つことから磁気記録技術への応用が期待されている。

注 7) 交互 DM 相互作用:

本研究で着目した DM 相互作用の一種。多層膜の各層で DM 相互作用の符号が交互に反転している状態を指す。通常の DM 相互作用とは異なる磁気構造を生み出せる可能性がある。

注 8) マイクログマグネティックシミュレーション:

磁性体を微小な領域に分割し、それぞれの磁化の向きや動きを計算することで、磁化状態やそのダイナミクスを可視化する数値計算手法。

【論文情報】

雑誌名: Physical Review Applied (Letter)

論文タイトル: Giant staggered Dzyaloshinskii-Moriya vectors emerged in synthetic antiferromagnets with spatially alternating stress

著者: Y. Iwata¹, K. Hayashi¹, R. Furumaki¹, S. Iihama¹, M. Sato², T. Moriyama¹

1. 名古屋大学、2. 千葉大学

DOI: 10.1103/nfw7-1ft1

URL: <https://doi.org/10.1103/nfw7-1ft1>