

## 人工反強磁性積層構造における磁気スキルミオンの形成と電流駆動

研究者所属・職名：電気通信研究所・教授

ふりがな ふかみ しゅんすけ

氏名：深見 俊輔

主な採択課題：

- [挑戦的萌芽研究「スピン軌道トルクを用いた新規磁化制御方式の研究と3端子磁気メモリ素子への応用」\(2015-2016\)](#)
- [国際共同研究加速基金\(国際共同研究強化\(B\)\)「反強磁性ヘテロ構造におけるスピン軌道トルク磁化反転の空間・元素・時間分解観察」\(2018-2020\)](#)
- [基盤研究\(S\)「ノンコリニアスピントロニクス」\(2019-2023\)](#)

分野：スピントロニクス、電子工学

キーワード：スピントロニクス、磁気スキルミオン、ノンコリニア磁気構造、トポロジー、反強磁性

### 課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

磁気スキルミオン（図1）とは特殊な磁性体において現れる渦状のノンコリニアな磁気構造で、電流によってその位置を駆動できる。10年程前に初めて実験で観測され、それ以来基礎・応用の両面で盛んな研究が行われてきた。磁気スキルミオンを工学的に利用する上では、導入する電流に対して磁気スキルミオンが斜め方向に動いてしまう「スキルミオンホール効果」が大きな課題であり、それを抑制して電流で効率的に駆動するためのブレイクスルーが求められていた。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

本研究ではスピントロニクスの諸原理を巧みに利用することで、スキルミオンホール効果を抑制して効率的な運動を実現できる人工反強磁性積層膜を開発した。この材料系では、右斜め方向と左斜め方向に動く磁気スキルミオンを貼り合わせた「人工反強磁性スキルミオン」が安定して形成でき、かつ低電流で駆動できるように設計されている。これによってこれまで不可能であった室温での磁気スキルミオンの電流による直進動作が実証できた。

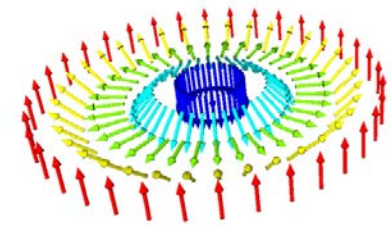


図1 磁気スキルミオン

## 人工反強磁性積層構造における磁気スキルミオンの形成と電流駆動

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

今回我々は、スキルミオンホール効果が磁気スキルミオンの持つトポロジー（位相幾何学的性質）に由来していることに着目し、スキルミオンホール効果を抑制して効率的な電流駆動を実現できる人工反強磁性積層構造を開発した。開発した人工反強磁性積層構造は2層の強磁性層の磁化が反平行方向に結合しており、トポロジーが実効的に相殺されるように設計されている。野球のボールで例えると、上の層はシュート回転、下の層はスライダークラートの角運動量を持ち、この結合により直進運動が実現される（図2上段）。加えて、強磁性層に隣接する非磁性層の材料を適切に選択することで、スピン軌道相互作用に由来する磁気トルクが磁気スキルミオンに効率的に作用する。

図2下段に示すように、比較対象として作製した従来の研究で用いられていた単層強磁性積層構造と比べ、人工反強磁性積層構造では同じ移動速度を達成するのに必要な駆動電流密度を1桁以上低減できることを確認した。また磁気光学効果を利用して磁気スキルミオンの電流駆動の様子を観察したところ、従来構造では速度の増加に伴ってスキルミオンホール効果が顕在化するのに対して、人工反強磁性構造では誤差範囲以下に留まることが明らかになった。

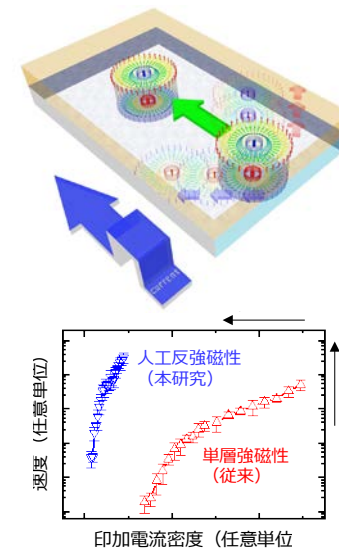


図2 人工反強磁性スキルミオンの模式図(上)と、電流駆動の実験結果(下)

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

今回の成果により、磁気スキルミオンの工学利用上の懸案であったスキルミオンホール効果を抑制し、室温にて電流で効率的に駆動するための方法が明らかになった。今後、今回確立した技術を発展させることで、従来にない機能を持ったスキルミオンレーストラックメモリ（図3）などの情報デバイスの実現へと繋がり、同時に物性物理学におけるトポロジーの理解を発展させる上での一助となることが期待される。

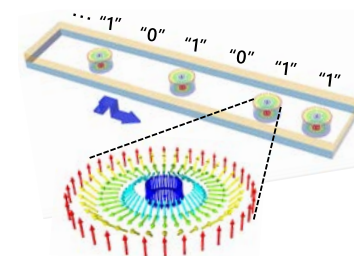


図3 スキルミオンレーストラックメモリ