

## ねじれた磁気秩序中に誘起される磁気-電気-熱交差現象に対する数値的研究

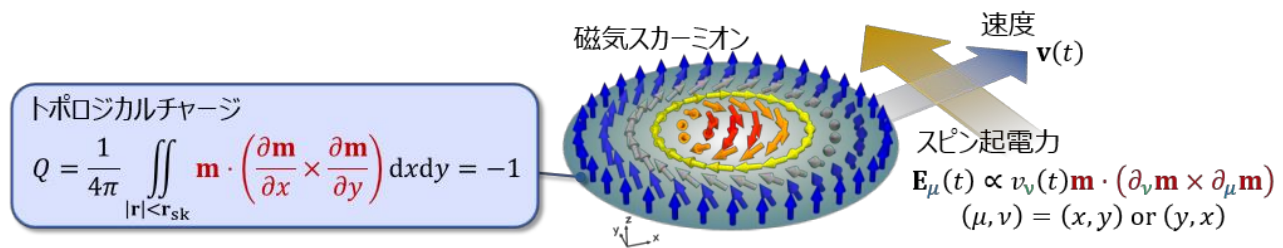
嶋田 裕樹 (物性理論)

電子スピンの情報をデバイス中で積極的に活用するスピントロニクス分野では、次世代スピン機能デバイス中の情報ビットとしてナノ磁化構造を用いる提案がある。近年では、パルス磁場などの外場を用いてねじれた磁化構造を記録/消去する試みがなされている。一方、ナノ磁化構造の読出しには、主に光学的手法が用いられている。しかしながら、磁化構造の光学的観測には、レーザー発振器や光センサーが必要になり、デバイスの集積化や省電力化には適さない。

本論文では、このナノ磁化構造、特にねじれた磁化構造を電氣的に読み出す手法について研究を行った。特に、磁性体内の磁化ダイナミクスから発生する「スピン起電力」と呼ばれる現象に着目し、磁気や熱勾配などの様々な外場から発生する電氣的応答について、数値計算を用いた解析を行った。本研究で扱ったねじれた磁化構造として、1次元的な空間構造を持つ磁壁や、2次元的な磁気渦構造がある。また、空間反転対称性が破れた結晶構造を持つカイラル磁性体では、静磁場中でスカーミオンと呼ばれるナノスケールの渦磁化構造が多数発現する。このときスカーミオンは三角格子を形成し、振動磁場によって回転モードが集団励起される。[1] このスカーミオン格子の集団励起に対して、スピン起電力の計算を行った。その結果、スカーミオン構造から決定されるトポロジカルチャージの運動に対して、下図のように、垂直方向にスピン起電力が誘起されることを明らかにした。また、スカーミオン格子の集団励起では、個々のスカーミオンから誘起されるスピン起電力が直列に繋がり、系全体として非常に大きな交流電圧（マイクロボルト程度）を取り出せることを明らかにした。[2,3] また、磁気ディスク上に形成されるスカーミオン格子についても同様の計算を行い、集団励起によって大きな電圧を取り出すための実験的な条件を明らかにした。1次元磁壁の運動から誘起されるスピン起電力に対する計算では、低周波数帯域で、印加する交流磁場の周波数の増大と共に、得られる電圧が増大することを示した。[4] さらに、熱勾配から発生するスカーミオン上の磁化ダイナミクスとスピン起電力についても研究を行った。計算の結果、熱勾配からは(1)スカーミオン構造の平行移動、(2)スカーミオン上を流れる交換スピン波、の2種類の磁化ダイナミクスが誘起される事を明らかにした。それぞれの磁化ダイナミクスから、熱勾配と垂直方向にスピン起電力が発生することを明らかにし、(1)からは直流電圧、(2)からは交流電圧のシグナルが得られることを示した。[5] 以上の研究結果より、ねじれた磁化構造を電氣的に読み出す手法を確立し、今後のスピントロニクス分野の発展に大きく貢献したといえる。

[1] M. Mochizuki, Phys. Rev. Lett. **108**, 017601 (2012).[2] J. Ohe & Y. Shimada, Appl. Phys. Lett. **103**, 242403 (2013).[3] Y. Shimada & J. Ohe, Phys. Rev. B **91**, 174437 (2015).[4] Y. Shimada & J. Ohe, JPS Conf. Proc. **1**, 012018 (2014).

[5] Y. Shimada &amp; J. Ohe, in preparation.



図：磁気スカーミオンのスピン起電力

スピン起電力の大きさはねじれた磁化構造のトポロジカルチャージとその速度の積に比例し、その方向は磁化構造の移動速度に垂直になる。磁気スカーミオンのトポロジカルチャージは整数値を取る。金属磁性体中において何らかの外力によって磁気スカーミオンが駆動されたときスピン起電力が生じ、電圧シグナルとして検出できる。