

磁気スキルミオンが示す特異なダイナミクスの理論

望月維人^{1,2*}

¹ 青山学院大学理工学部物理・数理学科

² 国立研究開発法人科学技術振興機構さきがけ

キラルな結晶構造を持つ磁性体中に現れる「スキルミオン」と呼ばれる「渦状かつ粒子的な性質を持ち、量子化されたトポロジカル不変量で特徴付けられる、ナノスケールの大きさを持った磁気構造体が注目を集めている[1-7]。このスキルミオンは、キラル磁性体の空間反転対称性の破れに起因する「Dzyaloshinskii-守谷相互作用」(隣り合う磁化を 90 度ずつずらして回転させようとする)と、最近接磁性イオン間に働く「強磁性相互作用」(隣り合う磁化を平行に揃えようとする)が磁場中で強く競合することで発現する。

スキルミオンは最初、MnSi や FeGe、 $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{Si}$ などの B20 型結晶構造を持つ**金属磁性体**で発見されたこともあり、伝導電子との結合がもたらす現象に注目が集まった。代表的な例としては、スキルミオンが作る仮想磁束に由来するトポロジカルホール効果や、スピン偏極電流によるスキルミオン並進運動の駆動などである。それに対し、2012 年に Cu_2OSeO_3 という物質において初めて発見された**絶縁磁性体**中のスキルミオンは強誘電分極を発現し、マルチフェロイック特性を示すことが確認された。このマルチフェロイックスキルミオンは、電場による駆動・制御や、トポロジカルマグノンホール効果を通じた温度勾配による駆動、エレクトロマグノン励起に起因するマイクロ波整流効果など、電気分極と磁化のカップリングを通じて様々な興味深い動的電気磁気現象を示す。このようなスキルミオンの特異な非平衡現象は、基礎・応用の両面から研究者の興味を集めている。最近の研究成果と世界の研究の状況を紹介したい。

参考文献

日本語解説として

[1] 「磁気スキルミオンのダイナミクスとデバイス機能」

望月維人 (公社)日本磁気学会第 205 回研究会資料 pp.39-44 (2015).

[2] 「スキルミオンを作る・消す・動かす」

望月維人 日本磁気学会報「まぐね」第 10 巻第 4 号 (2015 年 8 月号特集記事) pp. 192-198.

[3] 「絶縁体中の磁気スキルミオン相が示す電気磁気ダイナミクス」

望月維人、関真一郎 日本物理学会誌 第 69 巻第 3 号 (2014 年 3 月号「解説」) pp. 132-139.

[4] 「磁気スキルミオンが示す特異な熱励起・電流誘起ダイナミクス」

望月維人、永長直人 固体物理 第 49 巻第 3 号 (2014 年 3 月号「トピックス」) pp. 25(125)-35(135).

レビューとして

[5] “Dynamical magnetoelectric phenomena of multiferroic skyrmions”

M. Mochizuki, and S. Seki, Journal of Physics: Condensed Matter 27, 503001 (2015).

教科書として

[6] “Skyrmions in Magnetic Materials” (Springer Briefs in Physics)

S. Seki, M. Mochizuki, DOI: 10.1007/978-3-319-24651-2

[7] “Current-Driven Dynamics of Skyrmions” (Springer Series in Materials Science)

A chapter contribution to a book entitled “Topological Structures in Ferromagnetic Materials: Domain Walls, Skyrmions and Vortices”