

# 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\*

青山学院大学理工学部



関 真一郎\*

理化学研究所 CEMS

1960年代に素粒子物理学の分野で提唱された「スキルミオン」が、最近になってある種の磁性体中で実現していることが発見され注目を集めている。この磁性体中の磁気スキルミオンは、磁化の空間配置が立体角 $4\pi$ を埋め尽くすようにあらゆる方向を向いた渦状かつ粒子的なナノスケールのスピントクスチャである。2009年にB20化合物と呼ばれる金属磁性体中で発見されたスキルミオンは、磁気テクスチャが作る有効磁場由来の伝導電子のホール効果（トポロジカルホール効果）や、スピン移行トルク機構を通じた電流による駆動現象など、その特異な「輸送現象」や磁気記憶デバイスなどへの「技術応用の可能性」に注目が集まった。それに対し、2012年に絶縁磁性体 $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$ でもスキルミオン相が発見され、さらにこの物質中で非共線的なスキルミオン磁気構造が強誘電分極を誘起していることが分かった。このような磁化と分極が結合したマルチフェロイック系では、興味深い電場と磁場の交差相関応答が期待される。最近の理論研究で、マイクロ波の振動磁場成分と振動電場成分の両方に活性なエレクトロマグノンと呼ばれる磁化と分極の固有振動モードの存在が明らかにされた。さらに、これらの複合自由度のモードが持つ磁場励起チャンネルと電場励起チャンネルの干渉効果を通じて、このマルチフェロイックスキルミオン相がこれまでに報告例がないほど巨大なマイクロ波の整流効果を示すことが明らかになった。具体的には、

スキルミオン相によるマイクロ波の吸収率がマイクロ波の照射方向によって最大20%も変化することが予言されている。この研究により、磁気スキルミオンが「記憶・論理デバイス」の素材としてのみならず、「マイクロ波デバイス」の素材としても有望であることが示され、スキルミオンをはじめとするトポロジカル磁気テクスチャの新しい研究の方向性が開拓された。

## —Keywords—

### 磁気スキルミオン：

空間反転対称性の破れたカイラル磁性体に磁場を印加すると渦状かつ粒子状のスピントクスチャであるスキルミオンが実現する。磁化は、渦の外側に磁場に平行、中心で磁場に反平行になっており、その間でゆっくり捻られている。

### トポロジカル磁気テクスチャ：

磁化の空間分布を連続的に捻っていてもスキルミオン構造を強磁性状態にすることはできないし、強磁性状態からスキルミオンを作ることでもできない。このように強磁性状態とトポロジカルクラスが異なる磁気構造をトポロジカル磁気テクスチャと呼ぶ。

### マルチフェロイックス：

従来は、複数の強制的秩序（強磁性、強誘電性、強弾性など）を同時に併せ持つ物質群を意味していたが、近年では「磁性」と「誘電性」が共存する物質群を指すことが多い。特に、スピン軌道相互作用や磁歪の効果を通じて、磁性と誘電性が強く結合している系では、様々な興味深い電気磁気交差相関現象が発現する。

### エレクトロマグノン：

磁化と電気分極が結合したマルチフェロイックスでは、電磁波（光やマイクロ波）の交流電場成分で電気分極を揺らすことによって、それと連動した磁化の固有振動（マグノン）を励起できる。この電氣的に励起されたマグノンをエレクトロマグノンと呼ぶ。

\* 科学技術振興機構さがけ