

スキルミオン結晶相のマイクロ波吸収に見られる 巨大非相反方向二色性の理論

東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 望月維人

Nonreciprocal Directional Dichroism of Microwave in Skyrmion Crystal Phase

Dept. of Applied Physics, Univ. of Tokyo, Masahito Mochizuki

MnSi や $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{Ge}$ などの B20 構造を持つ金属系の **カイラル磁性体** において、強磁性交換相互作用と DM 相互作用、そして面直磁場のゼーマン相互作用の競合により実現する **スキルミオン** と呼ばれる渦状のトポロジカルなスピントクスチャーと、それが三角格子状に結晶化した **スキルミオン結晶相** が興味を集めている [1]。これらの金属磁性体中では、スキルミオンが持つスカラースピнкаイラリティが数百テスラにも相当する巨大な仮想磁場として伝導電子に働き、トポロジカルホール効果などの特異な量子輸送現象が現れる。それに対し、今年になって絶縁体のカイラル磁性体 **Cu_2OSeO_3** においても、スキルミオン相が出現することが発見された。このような系では、スキルミオンがスピン軌道相互作用を通じて誘電分極を誘起することで、**マルチフェロイクス** としての特性と、スキルミオン由来の新しい電磁気現象の発現が期待されている。

その重要な一例として本研究では、この物質が 20-30% にも及ぶ巨大な **マイクロ波の非相反方向二色性** を示すことを、微視的モデルを用いた LLG 方程式の精密な数値解析により予言した。この物質に [110] 方向に磁場を印加すると、磁化 $\mathbf{M} \parallel [110]$ を持つスキルミオン結晶が、[001] 方向に強誘電分極 \mathbf{P} を誘起する。このような有限のトロイダルモーメント $\mathbf{T} = \mathbf{P} \times \mathbf{M}$ を持つ系では、ある直線偏光のマイクロ波を \mathbf{T} に平行に入射すると、その入射方向の正負によって、マイクロ波の吸収強度が 20-30% も異なることを発見した。この電磁波ダイオードにも応用可能な巨大な効果は、マイクロ波の周波数領域では過去に報告例がない。

この現象は、マルチフェロイクスである Cu_2OSeO_3 中の磁性と誘電性の結合により、ある種のマグノンモードがマイクロ波の電場 \mathbf{E}^0 と磁場 \mathbf{H}^0 のどちらにも活性であることに由来する。 \mathbf{E}^0 と \mathbf{H}^0 は、このマグノンモードの励起に関して、マイクロ波の進行方向に依存した相対的な配置を通じて、協力的あるいは相殺的に働く。このような干渉効果のために、マグノンを協力的（相殺的に）に励起する場合はマイクロ波の吸収が大きい（小さい）という、方向に依存した吸収強度の差が現れることになる。本研究の予言は、マルチフェロイクス特性を持つトポロジカルスピントクスチャーの **光/マイクロ波機能** の研究を切り拓く先駆けとなる。

[1]: Yu et al, Nature 465, 901 (2010). [2]: Seki et al, Science 336, 198 (2012).