

スパイラル磁性強誘電体 TbMnO_3 における磁場誘起分極フロップの理論
青山学院大学理工学部, 科学技術振興機構さきがけ 望月 維人

Magnetic-Field-Induced Polarization Flop in Spin-Spiral Multiferroics TbMnO_3

Aoyama Gakuin University, JST-PRESTO Masahito Mochizuki

磁性と強誘電性が共存するマルチフェロイック物質は、磁化と電気分極の結合を通じて多彩で劇的な交差相関応答を示し、基礎・応用両方の観点から興味を集め研究されている。その典型物質である希土類 Mn ペロフスカイト TbMnO_3 では、Mn スピンのスパイラル磁性が逆 DM 機構を通じて大きな強誘電分極を誘起している。この物質にスパイラル磁性の変調方向である b 軸に平行に磁場を印加すると、スパイラル磁性面が変化することに伴い、強誘電分極の方向が c 軸方向 ($P||+c$ あるいは $P||-c$) から a 軸方向 ($P||+a$ あるいは $P||-a$) に 90° フロップする。

これまで、この磁場下での $P||a$ 相の磁気構造は、単純な ab 面スパイラル磁性と考えられてきた。また、この強誘電分極フロップにおいて、 $P||+c$ (あるいは $P||-c$) が $P||+a$ と $P||-a$ のどちらにフロップするかは、この両者がエネルギー的に縮退していることから、確率的決まっていると考えられてきた。しかし、松原正和氏 (東北大, ETH Zurich) らの磁気光学観察により、この電気分極フロップの方向が決定論的に選択されていることが示唆された[1]。

この実験結果に触発されて、 TbMnO_3 における磁場誘起強誘電分極フロップの詳細を微視的なスピンモデルを用いて、モンテカルロ法と LLG 方程式の数値解析により調べた。その結果、磁場中 $P||a$ 相の磁気構造はこれまでの素朴な期待と異なり、傾いた横コニカル磁性であることが分かった。また、電気分極のフロップする方向は、印加磁場が Mn スピンに与える磁気トルクによって決定論的に決まることが分かったので報告する。さらに、この機構により、以前文献[2]において報告されていた TbMnO_3 の「磁場掃引履歴に依存した分極フロップのメモリ効果」が矛盾なく説明できることを議論する。この物理機構は、 TbMnO_3 のみならず、その他のスパイラル磁性強誘電体の磁場誘起分極スイッチ現象でも成り立っているはずである。例えば、文献[3]で報告されている MnWO_4 の分極フロップの磁場掃引履歴依存性も説明できると期待される。

[1] M. Matsubara et al., Science 348, 1112-1115 (2015).

[2] N. Abe et al, Phys. Rev. Lett. 99, 227206 (2007).

[3] H. Mitamura et al., J. Phys. Soc. Jpn. 81 (2012), 054705