

5-4 横滑りら旋磁性と磁気交換相互作用による分極の区別に成功 —マルチフェロイック材料における横滑りら旋磁性の重要性—

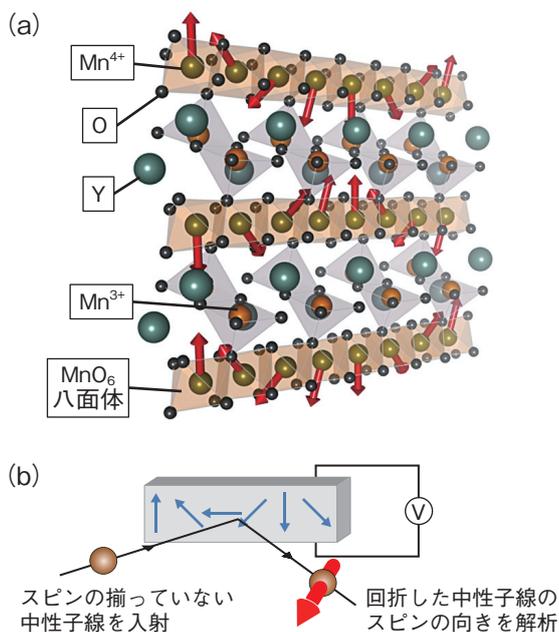


図 5-15 (a) YMn₂O₅ の横滑りら旋構造 (b) 実験の模式図
(a) MnO₆ 八面体の中心にある Mn 原子スピン(→)が、ら旋状に伝搬します。
(b) ら旋構造(→)があると回折した中性子のスピンの向きを解析する実験を行います。

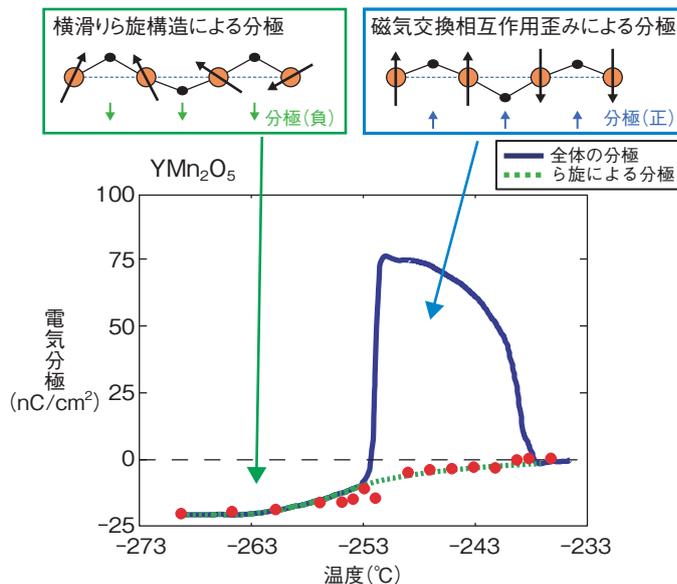


図 5-16 YMn₂O₅ の分極発生機構
-238 °C から -253 °C で交換相互作用歪みによる正の分極、-253 °C 以下で横滑りら旋による負の分極が発生します。データ点は中性子回折実験結果から見積もった横滑りら旋由来の分極を表します。

偏極中性子散乱と電気分極を同時測定する方法により、マルチフェロイック材料における分極発生メカニズムにおいて、横滑りら旋構造から発生する分極と、磁気交換相互作用歪みから発生する分極の区別に成功しました。

マルチフェロイック材料は磁性と強誘電性が相互作用し合うことで、磁場による分極の変化、若しくは電場による磁性の変化(これを磁気電気効果といいます)が見られる物質群で、将来的には低消費電力の大容量メモリなどへの応用が期待されています。本研究対象としているマルチフェロイック物質 RMn₂O₅ (R: 希土類金属, Y, Bi) は、約 -240 °C 以下で図 5-15(a) のようにマンガン(Mn) 原子の持つスピンの横滑りら旋構造に揃うのと同時に電気分極を発生し、更に低温の約 -250 °C 以下で、R 元素の種類に応じてとても変化に富んだ磁気電気効果を示します。この物質の磁気電気効果の起源として、Mn スピンの横滑りら旋構造に由来するモデルと、それらスピン同士の交換相互作用により格子が歪むことに由来するモデルの 2 種類が提唱されてきましたが、結論は得られていませんでした。

今回私たちは、偏極中性子回折手法により横滑りら旋

構造を検出できることを利用して、2 種類のモデルによる分極を区別できる特長に着目しました。そのため、電場をかけて分極を制御できるようにした YMn₂O₅ 単結晶を用いて中性子回折実験を行い、分極を測定しながら同時に回折した中性子のスピンの向きを解析する実験を行いました。その実験を図 5-15(b) に模式的に示します。温度と電場の様々な履歴後に発生する分極と、中性子スピンの解析することにより決定できる横滑りら旋構造の巻き方向を比較した結果、図 5-16 のように、-238 °C 以下でまず交換相互作用歪みによる正の分極が発生するのに対して、-253 °C 以下では横滑りら旋構造に由来する負の分極が発生することを見いだしました。豊富な磁気電気効果を示す -253 °C 以下の低温領域での分極が横滑りら旋由来であることから、横滑りら旋構造による分極がマルチフェロイック材料に重要な要素であることが明らかになりました。この結果は将来の実用化に向けて、横滑りら旋磁性を持つ物質開発が重要であるという指針を示しました。

本研究は、国立大学法人東北大学多元物質科学研究所との共同で行われ実施しました。

●参考文献

Wakimoto, S. et al., Role of Magnetic Chirality in Polarization Flip upon a Commensurate-Incommensurate Magnetic Phase Transition in YMn₂O₅, Physical Review B, vol.88, issue 14, 2013, p.140403-1-140403-5.