

室温で情報の読み書きが可能なコリニア反強磁性体の発見

凝縮系物性研究部門 高木 里奈
附属中性子科学研究施設 中島 多朗
附属物質設計評価施設 山浦 淳一

磁性体の代表である強磁性体の歴史は古く、古代ギリシャでは磁鉄鉱が天然磁石として知られていたと言われています。強磁性体では、磁気モーメントが互いに平行に整列し、磁化(磁気モーメントの総和)を持ちます。現在、磁気情報の記録には主に強磁性体が利用されており、磁気モーメントがすべて上向きに揃った状態と下向きに揃った状態は、時間反転対称性の破れによって区別可能であることが利用されています。この時間反転対称性の破れがもたらす代表的な物理現象の一つに、ホール効果があります。導体に電場を加えると通常、電子は電場の方向に運動しますが、磁場が存在すると進行方向が曲げられ、横方向に電圧(ホール電圧)が発生するホール効果が生じます。強磁性金属では、外部磁場が存在しなくても磁化によってホール電圧が生じることがあり、これは異常ホール効果と呼ばれます。異常ホール効果によって生じる電圧は、磁化の向きによって符号が変化するため、磁気状態の電氣的な読み出し手法として利用することができます。

一方、隣接する磁気モーメントが互いに反平行に整列している反強磁性体では、全体としての磁化はゼロとなります。このため、反強磁性体では異常ホール効果の発現は期待されてきませんでした。しかし近年、非共線型や非共面型のスピン配列を持つ反強磁性体において、強磁性体と同程度の大きな異常ホール効果が観測されてきており、磁化ではなく、電子のバンド構造の幾何学的性質である「ベリー曲率」が電子系に対する仮想磁場としてはたらき、異常ホール効果の起源となっていることが明らかにされてきています。

さらに最近では、より単純な磁気構造のコリニア反強磁性体(スピンが同一直線方向に反平行に整列)であっても特定の結晶対称性を伴えば異常ホール効果を示すことが提案されています。たとえば、非磁性イオンが図 1(b)挿入図のように交互に配置されている場合、 $[\uparrow\downarrow]$ と $[\downarrow\uparrow]$ のスピン構造は空間的な並進操作によって一致せず、区別可能になります。

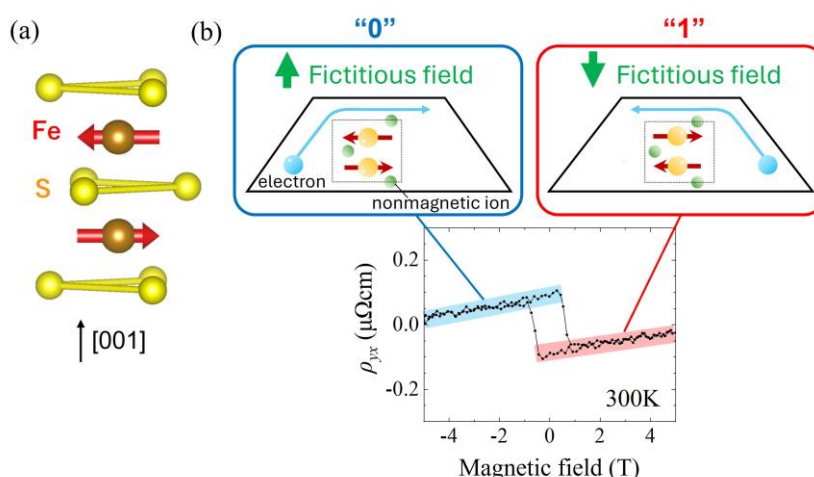


図 1: (a)FeS の原子配列と磁気構造。(b)室温で測定した FeS のホール抵抗 ρ_{yx} の磁場依存性。反強磁性秩序が誘起する仮想磁場によって大きなホール抵抗が観測されている。また、外部磁場を正→ゼロと変化させた場合と、負→ゼロと変化させた場合で、異なる符号を示していることから、外部磁場の向きによって異なる磁気状態を実現できることがわかる。したがって、「0」と「1」の情報に対応する 2 つの状態を、不揮発に保持・書き換え・読み出しが可能である。

