

ヘリカル磁気構造の理論

発表者 仲間健治

指導教員 梯 祥郎

物質の磁性の起源は、原子を構成している電子によってもたらされる。電子は電荷を持つので、電子の軌道運動により軌道角運動量が生じる。また、電子自身が角運動量をもっていて磁気モーメントが生じる。これはスピン角運動量と呼ばれる。3d 軌道が閉殻となっていない遷移金属元素を含む絶縁体では、電子のスピンにより磁気モーメントが生ずる。フント則によると、電子の原子内交換相互作用エネルギーを最低にするように、最外殻電子の全スピンの平行に配列して、この原子のスピン磁気モーメントを形成する。

電子が作るこれらの原子磁気モーメントが、結晶中にどのように配列しているかに従って、物質の磁性が変化する。例えば、各原子の磁気モーメントが平行に並んだ強磁性体、反平行に並んだ反強磁性体がある。しかし、各原子の磁気モーメントの原子間相互作用が競合するときには、磁気モーメントの配列が上下などの2方向だけではなく、回転を伴う特異な磁気配列、即ち、ヘリカル磁気構造が出現することが知られている。本研究では、このような特異なヘリカル磁気構造を磁性体の Heisenberg 模型に基づいて解析し、この構造が出現する条件を理論的に明らかにする。

原子磁気モーメント間の交換相互作用を記述する Heisenberg ハミルトニアンは、

$$H = -2 \sum_{\langle ij \rangle} J_{ij} \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j$$

のように表される。ここで J_{ij} は、 i 番目の原子磁気モーメントと j 番目の原子磁気モーメントの間の交換相互作用エネルギーであり、簡単のため、異方性エネルギーを無視している。さらに、磁性イオンは Bravais 格子を作っているとし、原子の磁気モーメントは十分大きいとして絶対零度におけるスピンの零点振動を無視し、この Heisenberg ハミルトニアンを古典化して取り扱う。そして、その最低エネルギー状態を求めてスピン配列を決定する。次に、この理論を、Rutile 型結晶に適用して、現実の系においてヘリカル磁気構造がどのように形作られているかを議論する。