

Mn 酸化物薄膜に見られる “歪んだ結晶”中の電子の振る舞い

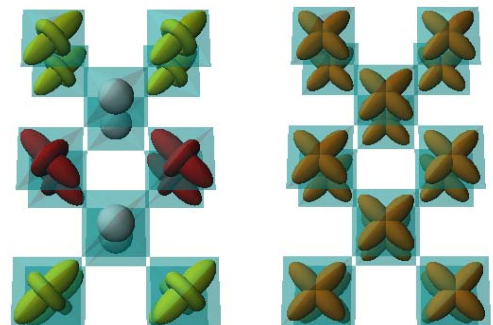
若林裕助
物質構造科学研究所

相互作用を及ぼしあう電子がどのように振舞うか、お互いの相互作用によってどのような状態が実現するか、という問題は、固体物理の中心的なテーマである。古くは単体の金属、絶縁体、半導体など、相互作用が無視できると思われる物の研究から始まり、今日では相互作用が強い場合に何が起こるか、という方向に興味に向かっていく。こうしたものの代表例は銅酸化物の高温超伝導であり、Mn 酸化物の超巨大磁気抵抗効果や軌道秩序も強相関係特有の現象として扱われている[1]。

(RE,AE)MnO₃ (RE:希土類 3+イオン,AE:アルカリ土類 2+イオン)で表される Mn 酸化物では、Mn 一つ当たり 3d 電子が 3.5 個入った状態の近傍で、(RE,AE)のイオン半径がある程度より小さい場合に Mn の d 電子の分布(=軌道)が異方的になる“軌道秩序状態”が観測されている。この d 電子の軌道は磁性や伝導に大きな影響を及ぼすため、物性物理として注目を集めた。軌道の自由度は格子変形と強く関連しており、軌道秩序が起これば格子変形が生じ、逆に格子を歪ませることで軌道状態を制御することができる。文献[2]では、格子定数の長い基板の(001)面上に Mn 酸化物の薄膜を作製することで、(001)面内に広がった軌道に電子を揃えることができると報告している。このように、人為的に歪ませた結晶を作ることで軌道状態を制御できることは知られていたのだが、逆に軌道が歪みに完全に支配されてしまい、薄膜化しないバルクの物質に見られた多彩な物性が見られなくなってしまった。

2005 年になり、ようやく薄膜化しても明瞭な一次の金属-絶縁体相転移を示す Mn 酸化物が発見された[3]。おそらくこの膜では軌道の状態がこれまでの薄膜と異なっているだろうとの期待を持ち、この薄膜の軌道状態を構造の観点から調べた。その結果、これまで薄膜中に見られた事の無かった反強軌道秩序状態が観測され[4]、また薄膜の物性と軌道状態の間に密接な関係があること、さらに、薄膜とバルクで異なる振る舞いが見られるなど、様々なことが明らかとなっていった。講演では、最新の結果まで含めて、歪みのモードと軌道状態のつながりについて紹介したい。

- [1] Y.Tokura and N.Nagaosa, Science **288** 462 (2000).
- [2] Y.Konishi *et al.* J. Phys. Soc. Jpn. **68** 3790 (1999).
- [3] Y.Ogimoto *et al.* Phys. Rev. B **71** 060403(R) (2005).
- [4] Y.Wakabayashi *et al.* Phys. Rev. Lett. **96** 017202 (2006).



図：反強軌道秩序状態と強軌道秩序状態。
四角が MnO₆ 八面体を、四角の中身が電子雲を模式的に表す。