

共鳴 X 線散乱法による軌道秩序の研究：K 端共鳴散乱のメカニズム

村上洋一（東北大学大学院理学研究科）

ペロフスカイト型マンガン酸化物系の巨大磁気抵抗物質に代表されるような、軌道縮退の残る強相関電子系においては、電子軌道の自由度はその物性に対して重要な役割を果たすことが指摘され、多くの人々の興味を引いている。軌道自由度の問題は、古くから磁性との関連において議論されてきたが、最近の実験手法・理論解析の発展に伴って、再び脚光を浴びることとなった。特に、実験的には軌道自由度の秩序を直接観測する手段が極めて限られていたが、共鳴 X 線散乱法による軌道秩序観測の可能性が指摘されて以来、この手法による軌道の観測が多くの系において行われるようになった。講演では、この共鳴 X 線散乱法を簡単に紹介した後、この手法による研究の最近の発展を述べ、K 端での共鳴 X 線散乱のメカニズムに関して議論を行った。本稿では、共鳴 X 線散乱による軌道秩序観測の最近発展として 3 点を述べる。

1. 軌道短距離秩序の観測

これまでの共鳴 X 線散乱による軌道秩序の観測は、すべて長距離秩序に限られてきた。短距離秩序になると、共鳴散乱ピーク幅はブロードになり散乱強度は急激に減少し、観測が困難になるからである。しかし最近、エネルギー分解能を落として散乱強度を増やすことにより、Pr_{1-x}Ca_xMnO₃ 系に対して、電荷・軌道秩序転移点よりも高温側で、電荷秩序と軌道秩序に対応する超格子反射位置での共鳴散乱ピークの観測に成功した。その結果、転移点以上では、軌道秩序の相関距離は電荷秩序のそれよりも短くなっていることが分かった。このことは、簡単には軌道短距離秩序モデルにより理解することができる。本研究は、BNL の研究グループが中心となり行われた。

2. f 電子系での軌道秩序の観測

これまでの共鳴 X 線散乱による軌道秩序観測は、d 電子系を中心に行われてきた。一方、f 電子系においても古くから四極子秩序として軌道秩序の問題が議論されていた。最近、我々は f 電子系の典型的な軌道秩序系として、CeB₆ や DyB₂C₂ の軌道秩序の観測に成功した。特に、CeB₆ では磁場中での共鳴散乱を行うことにより、温度・磁場相図の中で軌道秩序状態がどのように現れるのかを詳しく調べた。

3. 干渉法による強的軌道秩序の観測

これまで共鳴 X 線散乱による軌道秩序観測は、すべて反強的軌道秩序に限られてきた。それは、強的軌道秩序の場合、共鳴散乱ピークは電荷散乱ピークと逆格子空間内で完全に重なるため、共鳴散乱ピークだけを抽出することが困難であったからである。しかし、最近我々は、電荷散乱と軌道散乱の干渉項をうまく取り出すことにより、強的軌道秩序からの共鳴散乱ピークを取り出すことに成功した。今後、本手法を使うことにより、多くの強的軌道秩序系の研究が進展するものと考えている。