

共鳴 X 線散乱： f 電子系化合物における多極子秩序の観測

東北大学大学院理学研究科 松村 武

近年、放射光施設で得られる高強度の X 線を物性研究に利用した研究が世界各地で盛んに行われている。我々が研究対象にしている強相関電子系と呼ばれる物質で起きる様々な現象は、電子がもつ電荷・スピン・軌道の 3 つの自由度が複雑に絡み合うことに起因しているわけだが、それらを観測する手段として放射光 X 線が威力を発揮し、他の実験手法では得られない重要な情報が提出されるようになってきた。特に放射光の特徴である高強度・偏光・エネルギー可変性をフルに活用することで、X 線を単に結晶構造を調べる手段として使うだけではなく、価数（単極子）、磁気モーメント（双極子）や電気四極子、さらにはより高次の多極子の秩序構造やゆらぎまでが観測対象となり、実際にそれらを観測した例が最近多く報告されている。ここで用いられる手法は「共鳴 X 線散乱」と呼ばれており、X 線の散乱過程に原子内の準位間遷移が介在している。その意味で、実験室の装置で行われているような通常の X 線回折とは原理が異なっている。ここでは、共鳴 X 線散乱の原理から始め、実験方法、どのような情報が引き出されるのか、実際の物質への適用例、長所と短所について述べてみたい。以下の内容を予定している。

1. X 線散乱の理論

- (a) 電子と電磁場との相互作用
- (b) 電荷による散乱（Thomson 散乱）、X 線磁気散乱、共鳴 X 線散乱

2. 共鳴 X 線散乱

- (a) 電気双極子 (E1) 遷移と電気四極子 (E2) 遷移
- (b) 原子散乱因子テンソル
- (c) 偏光依存性と方位角（アジマス角）依存性
- (d) テンソル演算子を用いた共鳴散乱の理論

3. 実験方法

4. 実際の物質への適用例

- (a) DyB_2C_2 における四極子秩序と磁気秩序
- (b) $\text{Ce}_x\text{La}_{1-x}\text{B}_6$ における多極子秩序
- (c) NpO_2 における八極子秩序
- (d) スクッテルナイト化合物での共鳴 X 線散乱実験