

固体物理学における中性子・X線散乱の相補利用と同時利用

大阪大学大学院理学研究科 教授 廣田和馬

X線は電子で散乱されるのに対し、中性子は原子核で散乱されるため散乱因子が原子番号に比例しない。この違いを利用すると、複数の元素が関係している構造相転移において変位モデルを効率よく構築することができる。また、原子核位置と電子雲の広がりを独立に決めて重ね合わせることで、原子間の結合の様相を明確にすることも相補的利用の一例である。さらに、固体の回折に一般的に用いられる波長でのエネルギー分解能が、中性子では meV 程度なのに対し、X線では通常は eV 以上である。したがって、同じ弾性散乱といっても、X線では自動的にエネルギー積分され「瞬間写真」を撮っているのに対し、中性子では時間平均した構造を観測することになる。この差異を上手く使うと、とくに相転移近傍のダイナミクスのエッセンスを得ることが可能である。

中性子とX線を独立に使っても、上述のような相補性を利用することでより有用な情報が得ることができるが、同時観測が可能になれば試料依存性や転移点の曖昧さなどを排除することが可能となる。固体物理学の大きな潮流となっている強相関係物質では、不純物や外場によるわずかな摂動で大きく変化するものが多いため、このような特徴はとくに重要である。さらに強相関係物質には、X線を含む電磁波によって相転移を引き起こせる系も存在する。強力なX線は、したがって、測定プローブとしてのみならず、中性子散乱における外場としての役割を果たすことも期待される。系によっては、X線を照射することで励起状態に維持して、その状態での構造解析なども可能となるかもしれない。

生体遮蔽や検出器を中性子とX線の双方に適合させるためにどのようにすべきかなど技術的な課題は多くあるが、中性子・X線散乱の同時利用によって可能となる固体物理学のフィールドは極めて大きい。講演では相補的利用による具体的な成果と、同時利用によって可能となる研究の可能性について議論したい。