

小角散乱で何が分かるか

瀬戸秀紀

KEK 物構研 KENS/CMRC

小角散乱（小角光散乱を除く）は数十Åから数千Å程度の構造を調べる手法で、高分子や膜のようなソフトマターから鉄鋼材料のようなハードマターまで、様々な物質系に用いられている。同様の空間スケールを測定する手法としては電子顕微鏡や原子力間顕微鏡などがあるが、in-situ で見ることが比較的容易なこと、表面だけでなく内部も見ることができることなど、小角散乱の他の手法に対する利点は大きい。ただその一方で、小角散乱で得られるデータは結晶からの回折に比べて単調なものが多く、的確なモデルを立てて解析しなければ何を見ているのか分からない、と言う弱点もある。

X線（特に放射光）をプローブとしたX線小角散乱の利点は、単位面積・単位時間あたりのフォトン数が中性子に比べて圧倒的に多いことと、波長分解能が高いことである。前者のメリットは、短時間でデータが得られるため時間分割測定がしやすいことと、ビームを絞っても十分なフラックスがあるため局所構造を見ることができるということ、及び試料が小さくて済むという点に集約される。それに対して（低角側のQ分解能は角度分解能で決まるので）後者の利点は限定的だが、ある程度以上の高角領域では役に立つ。

一方中性子小角散乱は、軽元素を多く含む物質の測定に強い、と言うメリットがある。特に水素等の特定の元素を同位元素置換することによってコントラストを変えて、見たい部分を「ラベリング」して構造を決定することができる。この点は、特に水素や炭素などの軽元素が大部分を占めるソフトマター系において重要である。また、中性子小角散乱で測定した試料を中性子スピネコー等の非弾性/準弾性散乱装置に持って行って測定すれば、構造の揺らぎや緩和を見ることがもできる。更に放射光では時に深刻な問題となる放射線損傷の問題が、中性子ではほとんど気にならないと言うメリットもある。

以上説明したように、X線小角散乱と中性子小角散乱は相補的な特徴を持っているので、双方の実験手法を的確に用いることが重要である。とりわけ溶液散乱などの解析が難しい試料の場合には、X線と中性子の両方の手法を用いて測定し、2つのデータを同時に満足するようなモデルを立てることが望ましい。

本講演では以上のような観点から、X線小角散乱と中性子小角散乱の特徴を生かした実験結果を紹介し、これらの相補的な利用の可能性について議論したい。