

物質中の電子密度や特定元素の分布観察

大阪大学大学院工学研究科の高橋幸生准教授、名古屋大学大学院工学研究科の是津信行准教授、理研播磨研究所放射光科学総合研究センターの石川哲也主任研究員らの研究グループは、物質中の電子密度や特定元素の分布を大視野／高空間分解能で観察できるX線顕微鏡を開発した。『Applied Physics Letters (オンライン版)』に掲載された。

X線顕微鏡は、高い透過性により厚い試料の観察が可能だがレンズによる制限で、空間分解能が他の顕微鏡手法と比べていまひとつ向上していない。一方、干渉性(コヒーレント)X線散乱と位相回復計算を用いる『コヒーレントX線回折顕微法』はレンズを必要としないこともあり、第三代放射光施設を中心に盛んに研究されている。

これまで研究グループでは、大型放射光施設Spring8でX線集光ミラーを駆使した高分解能コヒーレントX線回折顕微法を開発してきた。しかし、この手法は、空間分解能が向上する反面、観察

大視野・高分解能X線顕微鏡

範囲が限られ、200nm以下の孤立物体という超微小物しか観察できなかった。そこで、観察視野を広げるため、走査型コヒーレントX線回折顕微法(X線タイコグラフィ)が注目されている。

これは、X線照射領域が重なるように試料を二次元的に走査して、各点からコヒーレント回折パターンを測定するもので、正確にX線を試料に照射しないと空間分解能が下がる。研究グループでは、実験ハッチ内を恒温化して温度による照射位置変化を軽減したり、X線照射位置を修正する技術開発にも成功している。

今回、Spring8のビームラインを用いて、10nmから10μmまで観察できる元素識別X線タイコグラフィの開発に成功した。元素の吸収端近傍のX線異常散乱を利用して、特定元素の分布の可視化も可能にした。

集光ミラーで数百nmのスポットに集光し、そこに試料(金/銀ナノボックス粒子)を配置。二次元的に走査して、各点で前方方向に弾性散乱するX線強度のコヒー

阪大、名大、理研の研究グループ開発

レント回折パターンをX線CCD検出器で測定。各々のX線エネルギーで回折パターンを測定し、位相回復計算をすることで電子密度分布像を導き出した。ピクセル分解能は8・4nmで、各粒子の内部の中空構造を鮮明に捉えることができた。

また、2つのエネルギー密度分布像の差分を計算して、金元素のみの分布像を抽出。この画像から、金が表面に局在し、表面から20nmまでに多く含まれていることがわかった。この粒子が、金が多い領域、銀が多い領域の二層に分かれている可能性を示唆する。

今回のナノメートルからマイクロメートルまでの広い空間スケールを観察できる顕微鏡は、超微細粒金属や脳神経細胞など、様々な試料への応用が期待される。

現状では、回折パターンを取得するのに10時間程度と時間がかかるが、Spring8次期計画で高性能放射光源が整備されれば、測定時間が短縮でき、100nmの細胞を10nmの分解能で三次元観察できる可能性も出てくる。