

収束電子回折法によるナノ局所構造解析

東北大学 学際科学フロンティア研究所

津田健治

材料・デバイスの微細化に加えて、ナノスケールの局所構造自体に起因する新奇物性が多く見いだされ、ナノスケールの局所構造解析の重要性が増している。このような局所構造の解析は、現在の結晶構造解析の主流である放射光 X 線回折・中性子回折ではいまだ困難であり、透過電子顕微鏡法 (Transmission Electron Microscopy: TEM) および走査透過電子顕微鏡法 (Scanning Transmission Electron Microscopy: STEM) が有利である。しかしながら、TEM/STEM 像の原子位置分解能は、収差補正装置を装備した最新の装置でも放射光 X 線・中性子回折のレベルにはまだ達していない。この理由は、TEM / STEM 像では回折情報が高角まで活用できていないことにある。われわれのグループは、回折情報を最大限活用できる方法として、収束電子回折 (Convergent-Beam Electron Diffraction: CBED) を用いたナノ局所構造解析法の開発を行っている。

CBED 法は、TEM でナノ電子プローブを試料に照射して、試料のナノ局所領域から電子回折データを得る。われわれは、エネルギーフィルターを搭載した精密構造解析用透過電子顕微鏡および多重散乱 (動力学回折) 理論に基づく構造精密化ソフトウェアの開発を独自に行い、CBED 法による定量的な精密構造解析法を世界に先駆けて実現した[1-3]。CBED 強度データの定量解析により、試料のナノサイズの局所領域から、放射光 x 線・中性子回折に匹敵する分解能で原子変位の検出、さらに価電子密度分布の変化を反映する静電ポテンシャル分布の決定が可能となる。

さらに、STEM と CBED を組み合わせることで、局所構造のナノスケールの空間的变化・揺らぎを調べることが可能となる。試料上で電子線微小プローブの位置を系統的に 2 次元スキャンし、各位置から 2 次元の CBED 図形を記録する。この手法は STEM-CBED 法[4]、もしくは 4D-STEM 法 (実空間 2D スキャン+逆空間の 2D CBED 図形) と呼ばれている。

講演では、ペロブスカイト型強誘電体の局所構造揺らぎの解析や、STEM-CBED データの定量解析へのアプローチなどについても述べる。

References

1. K. Tsuda and M. Tanaka: *Acta Cryst.* **A55**, 939-954 (1999).
2. K. Tsuda *et al.*: *Acta Cryst.* **A58**, 514-525 (2002).
3. Y. Ogata, K. Tsuda and M. Tanaka: *Acta Cryst.* **A64**, 587-597 (2008).
4. K. Tsuda, A. Yasuhara, and M. Tanaka: *Appl. Phys. Lett.* **103**, 082908-1-4 (2013).