

I-03 柴田直哉

東京大学大学院工学系研究科総合研究機構

shibata@sigma.t.u-tokyo.ac.jp



先進電子顕微鏡による原子分解能電磁場イメージング

透過型電子顕微鏡(TEM)の空間分解能は今世紀に入り飛躍的に向上した。その要因は 20 世紀末に実現した磁界レンズ収差補正技術にある。この技術は、それまで補正困難であった対物レンズの球面収差をハードウェア的に補正することを可能にし、日常的に 0.1nm 以下の空間分解能を実現する。この収差補正技術の到来とともに材料研究分野で主流になってきた手法が、走査型透過電子顕微鏡法 (STEM) である。STEM は細く絞った電子線を試料上で走査し、試料下部の環状検出器で各点における透過散乱電子を検出し、その強度をモニター上にプロットして像を形成する手法である。その空間分解能は電子プローブの大きさによって決定されるが、収差補正技術の高度化が進むにつれて電子プローブを 50pm 以下にまで細く絞れるようになり、水素やリチウムなどの超軽元素原子の直接観察や原子レベルでの組成分析も可能になっている。

我々のグループでは、原子分解能 STEM の更なる可能性を開拓することを目的として、多分割型 STEM 検出器を開発し、この多分割検出器を用いた微分位相コントラスト法 (Differential Phase Contrast: DPC) により、原子スケールでの電磁場分布の直接観察の可能性を見出し、その開発と応用に取り組んできた^(1,2)。この手法は、現行の原子分解能 STEM を大きく発展させる可能性を秘めており、材料・デバイス研究分野において極めて有益な情報である局所領域の電磁場分布や電荷密度分布の可視化を可能にすると期待されている。本講演では多分割 STEM 検出器を用いた DPC STEM の結像原理を概観するとともに、その最新の応用研究についても紹介する。更に、近年開発中の原子分解能磁場フリー電子顕微鏡⁽³⁾について、その可能性やデバイス解析応用に関して展望を議論する。

参考文献

- (1) N. Shibata *et al.*, *Nature Phys.*, **8**, 611-615 (2012).
- (2) N. Shibata *et al.*, *Acc. Chem. Res.*, **50**, 1502-1512 (2017).
- (3) N. Shibata *et al.*, *Nature Comm.* **10**, 2380 (2019).