

計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の
開発と応用

2018 年度
実績報告書

2018 年度年度採択研究者

石川 亮

東京大学大学院工学系研究科
助教

オンライン自動収差補正による 3 次元電子顕微鏡法の開発

§ 1. 研究成果の概要

物性発現の起源となるナノ領域において、3次元での原子構造解析を行う手法としては電子線トモグラフィが最も普及している。電子線トモグラフィでは、対象となる物体を回転させながら多数の2次元像を取得し、3次元の原子構造を再構築する。ごく最近に数万の原子からなるナノクラスターの全原子位置解析が報告され注目を集めている(Y. Yang et al, Nature (2017))。しかし、電子線トモグラフィも万能な手法ではなく、(i) 対象とする試料形状は球状に近いナノ粒子である必要がある、(ii) 機械的に試料を回転させるため、解析に十分耐えうる原子分解能の像取得(50—100枚程度)には長い時間がかかるなどの問題点がある。本研究では、これらの問題点を解決すべく、大収束角を用いた深さセクション法(試料を回転させずに光学的に焦点位置を変化させて多数の画像を取得する方法)の開発を行い、材料中に内在する点欠陥や表面原子構造を明らかにすることを目的とする。

大収束角を実現するために、我々は12極子を3段タンデムに配列した収差補正装置を用いており、6回非点までの幾何収差の補正が可能な光学系を用いている(S. Morishita et al, Microscopy (2018))。原子像を取得する際には、上述の高次の収差を手動で最適化する必要がある。しかしながら、手動では補正するにはパラメータが多く深さ分解能の高い電子プローブを容易に準備することが現状では困難である。本年度は、観察対象としている結晶性材料を用いてその原子像を評価しながら収差を補正するためのプログラムを作成した。特に焦点や2回非点については比較的容易に補正が可能であることが分かったが、外乱が多い状況下ではそれ以上の高次幾何収差は収束が難しいことが分かった。次年度はより収差に敏感な評価関数の検討を行う。

§ 2. 研究実施体制

- ① 研究者: 石川 亮(東京大学大学院工学系研究科 助教)
- ② 研究項目
 - ・画像解析に基づく自動収差補正技術の開発
 - ・画像のノイズ除去法の開発
 - ・大収束角深さセクションング法による欠陥構造解析