

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

先端の電子顕微鏡では、収差補正レンズの深化と装置の安定化により、原子分解能での観察が比較的容易になった。しかし、得られる実験像は特定の結晶方位に投影された2次元の原子分解能像であり、物性や現象の発現起源を明らかにするには、3次元空間での原子位置を同定する新たな手法の開発が望まれる。本研究では、原子サイズまで収束した電子プローブを深さ方向に走査することで3次元データセットを取得し、情報理論に基づく解析により、3次元での原子分解能電子顕微鏡法の実現に向けた解析手法の開発を行う。

深さ分解能は収束角の2乗に反比例して向上する。本年度は、60 mrad 以上の大収束角での高い深さ分解能の追求を行った。昨年度に開発した高次収差のライブ補正法により、50 mrad 以上の大収束角でも原子分解能像の取得が可能となった。深さ分解能を決定するために、立方晶窒化ホウ素中にドーピングされた Ce 単原子を深さセクションング法(電子プローブの焦点位置を変化させて多数の像を取得する方法)により3次元データの取得を行った。その結果、63 mrad の大収束角により 2.1 nm の深さ分解能が実現した(R. Ishikawa et al. Phys. Rev. Appl. (2020))。実験により得られた深さ分解能は、結像理論から導かれる値と良い一致を示しており、更なる深さ分解能の改善には、情報理論に基づく解析手法の探索が必要不可欠となる。50 mrad 以上の大収束角の場合、動力学的な散乱効果が大きく抑制できるため、運動学的な近似が許容される。この近似の元で、次年度は実験により得られた3次元データをデコンボリューションすることで、深さ分解能の向上を目指す。