

MERIT インターンシップ報告書

工学系研究科 マテリアル工学専攻
博士課程 3 年 / MERIT7 期生
大江 耕介

- 実施期間

2021 年 9 月 1 日～2021 年 10 月 29 日

- 受け入れ先

日本電子株式会社 EM 事業ユニット EM 第 2 技術開発部

- テーマ

OBF STEM 法による高感度原子分解能イメージング手法の開発と実装

- 背景

走査型透過電子顕微鏡 (scanning transmission electron microscope: STEM) は、サブオングストロームサイズまで収束した電子線で試料を走査した際の透過電子を利用することで結像する顕微鏡である。STEM は極めて高い空間分解能が得られるが、近年の大きな課題として電子線照射に対する耐性の低い材料 (電子線敏感材料) の解析がある。電子線敏感材料の観察には、照射ダメージ軽減のため照射電子線量を低減した低ドーズ条件が必要になるが、低ドーズ条件では同時に画像の信号ノイズ比が低下するという問題を生ずる。

私の博士課程では、この電子線敏感材料の STEM 観察を可能にするための高感度イメージング手法の開発に取り組んでいた。その研究成果の一つとして、従来手法よりも 70 倍程度の感度を有する結像法である最適明視野 (optimum bright-field: OBF) STEM 法の開発に成功した。近年の世界的な低ドーズ観察への需要の高まりを受け、日本電子株式会社では本開発手法を製品として採用していただく運びとなった。そこで、OBF STEM 法の製品開発およびその実装に関わる機会として、日本電子株式会社において MERIT インターンシップを企画・実施した。本インターンシップを通して、電子顕微鏡の開発がどのように行われているのか、また民間企業での働き方や研究開発の現場がどのようになっているのかを学ぶことを目的とした。

- 活動内容

OBF STEM 法では、近年世界的に普及している分割型検出器というタイプの電子線検出器を利用する。分割型検出器では、電子線の検出面が複数のチャンネルに分割されており、それぞれから STEM 像を取得する。この同時取得した各 STEM 像に画像処理を施すことで OBF STEM 像を得るが、この検出面の分割形状およびチャンネル数が像の結像特性に影響する。そこで、本インターンシップでは OBF STEM 法における検出形状の依存性を実験・計算の両面から調査するとともに、より適した検出器形状の提案を目指した。

一般的に電子顕微鏡の結像特性を評価する方法として、位相コントラスト伝達関数 (contrast transfer function: CTF) の計算がある。CTF により、対象とする結像手法の空間周波数応答特性を知ることができる。これまで東京大学大学院工学系研究科では、日本電子株式会社との産学連携室を設置し、分割型検出器 (segmented annular all-field detector: SAAF detector) の研究開発を行ってきた。そこで、東京大学における SAAF 開発機と日本電子株式会社における製品版 SAAF 検出器を対象とした OBF STEM の CTF 計算を行った。また、同時に OBF STEM の像シミュレーションや、上記 SAAF 検出器を利用した OBF STEM 法の実証実験を日本電子株式会社および東京大学にて行い、比較検討を行った。結果として、SAAF 検出器のチャンネル数や分割形状は OBF STEM 結像特性に大きな影響を及ぼすことがわかり、特に重元素原子を観察する際に重要であることが示唆された。

- 所感

本インターンシップ活動を通して、これまで知る機会がなかった開発という立場から電子顕微鏡に触れる機会を得ることができた。また、民間企業での時間の過ごし方は大学の研究室とも大きく異なるものであり、その雰囲気を知ることができたことも今後の大きな糧になると強く感じられた。

- 謝辞

本インターンシップにて大変お世話になった日本電子株式会社 EM 事業ユニットの皆様にお礼申し上げます。特に、受け入れを行っていただいた同ユニットの大田繁正様、活動におけるご指導をいただいた中村明穂様・河野祐二様・瀬川裕大様、経営戦略室の熊本明仁様に感謝申し上げます。また、本インターンの機会を与えていただいた指導教員の柴田直哉先生、副指導教員の田中雅明先生、MERIT プログラムならびに事務局の皆様へ感謝いたします。