

電子顕微鏡における接触事故の原因分析による改善効果

○長野 健太郎^{a)}、魏 威凜^{a)}、宮澤 佳甫^{b)}、福間 剛士^{a)}

^{a)}国立大学法人 金沢大学 ナノ生命科学研究所

^{b)}国立大学法人 金沢大学 理工研究域 フロンティア工学系

1. 背景

電子顕微鏡、収束イオンビーム装置（FIB）、ナノプローブを用いた観察・加工は研究現場で広く行われている。しかし、利用者数の多さから、操作ミスや装置設定の不備による事故が発生しやすく、高額な修理費用や装置停止期間の増大を招く事例が多い。我々の研究所で運用している電子顕微鏡は複数台存在するが、特にサーモフィッシャー製 Helios G4 CX は電子顕微鏡、FIB、ナノプローブを備えた観察・加工が可能な FIB-SEM であり、熟練者であれば高度な操作やナノオーダーでの微細な加工が可能である一方、他機種と比較して物理的なセーフティロックが少なく、不慣れたユーザーが利用した際には接触事故が発生しやすいという特徴がある。本発表では、実際に発生した接触事故の事例を提示し、その原因分析と改善策、さらに改善後の成果について報告する。

2. 目的

電子顕微鏡および関連装置におけるトラブルの要因を明確化し、再発防止に向けた運用改善策を提案・実装し、その効果を評価することを目的とした。

3. 具体的な運用改善策

過去の事故記録および装置ログを収集し、事故の種類・発生状況・操作手順との関連性を分析した。特に、ステージ操作ログやレンズ距離設定履歴を用いて、事故発生時の操作パターンを詳細に解析した。分析結果に基づき、以下の改善策を実施した。

- ① **マニュアルの新規作成とノウハウの共有化**：事故要因を明確化し、禁忌事項を赤字で強調するなど視認性を向上。
- ② **接触エラーログの定期チェックと危険操作の特定**：事故が起きやすい操作パターンを抽出し、注意喚起を強化。
- ③ **ユーザーに対して教育講習会の開催**：不慣れたユーザーに対し、Helios G4 CX の特性と禁忌操作を重点的に指導。

4. 事故事例の分析

改善策実施後の分析で、事故は大きく以下の 2 種類に分類された。

- ① **ステージ操作ミスによる接触事故**：移動量の誤設定や操作方向の誤認により、検出器やレンズに接触し破損する事例。
- ② **プログラムバグに起因するレンズ距離設定異常による接触事故**：設定値と実際のレンズ距離が一致せず、予期せぬ接触が発生した事例。

ログ解析の結果、対策前には接触トラブルが最大で週 10 回以上発生していたが、改善策導入後は年間数回にまで大幅に減少した。これは講習会の実施、適切なマニュアルの作成により不慣れたユーザー

の操作理解度が向上し、事故の再発防止に寄与した。また同時期に発生していたプログラムバグについても原因発生時の特徴的な症状を把握することができ、接触事故以前に問題を切り分け、対応することが可能になった。

5.結言

接触事故の分類と原因分析に基づく運用改善は、電子顕微鏡および収束イオンビーム装置の接触事故低減に有効であることが示された。特に、操作手順の標準化、危険操作の可視化、教育体制の強化は事故発生件数削減に大きく寄与し、装置稼働率の向上と修理費用削減に貢献した。

謝辞

本発表にあたり、金沢大学 ナノ生命科学研究所 福間教授、ならびに金沢大学 理工研究域 フロンティア工学系 宮澤助教の両名から多数の助言をいただきました。ここに誠意の意を表します。