

# 電子顕微鏡における遠隔観察・遠隔操作の現状

平田 智 丈\*

## 1. はじめに

走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM) や透過電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope: TEM) は、金属材料を取り扱う研究者にとって、利用する機会が非常に多い装置である。特に、これらに元素分析用のエネルギー分散型 X 線分光器 (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy: EDS) や波長分散型 X 線分光器 (Wavelength Dispersive X-ray Spectroscopy: WDS)、あるいは電子線後方散乱回折 (Electron Backscatter Diffraction: EBSD) による結晶方位解析装置を装備した分析系装置は、材料の物性評価や新機能創出には、なくてはならない装置と言っても過言ではない。したがって、研究者にとっては、これらの装置を常時使用できる環境が担保されることが望ましく、その実現を目指し、弊所が最近注力している取り組みについて紹介する。

## 2. 電子顕微鏡の遠隔利用の普及状況

2020年、COVID-19、いわゆる新型コロナの感染が世界的に急拡大し、我々を取り巻く環境が激変した。最近では、以前と比べると落ち着きつつあるものの、この環境変化を機に働き方が大きく変化し、テレワークの採用など、多種多様な働き方が認められるようになってきた。ただし、研究者を対象とした場合、テレワークで対応できる仕事は、極めて制限されると考えられる。しかしながら、今日ではネットワーク環境が著しく発展し、一部の装置では遠隔利用が実現している。たとえば国内の大学を中心に、遠隔操作を利用した各種分析機器の相互利用<sup>(1)</sup>や、テレビ会議システムを利用した TEM の遠隔観察<sup>(2)</sup>など、遠隔利用システムの整備が進められている。さらに、電子顕微鏡を取り扱うメーカーにおいても、機器の遠隔操作や遠隔観察などが実現できる装置やシステムを開発し、積極的に提供し始めている<sup>(3)(4)</sup>。

以上のように、電子顕微鏡を中心とした一部の装置においては、研究者においても、現代に合わせた働き方を選択する

ことが不可能ではなくなってきた。このような状況の中、著者が所属する大阪産業技術研究所においても、新しい働き方を支援することを目的に、数年前から分析機器類の遠隔操作に係わる環境整備を推進している。

## 3. 遠隔操作システムの概要

前述の遠隔利用は、接続先が変わらない特定の機関が対象となることが多いと推測される。その場合、専用の回線を準備するか、あるいは VPN (バーチャルプライベートネットワーク) を利用して接続することで、遠隔利用が実現できる。しかしながら、その手法ではセキュリティを確保することはできないが、利用には複雑な操作が必要となる。

一方、弊所で保有する装置は、所内の職員が使用するだけでなく、外部の不特定多数の方が使用される。これは、利便性やセキュリティにおいて考慮すべき点となるが、弊所ではオープンソースソフトウェア<sup>(5)</sup>を使用し、図1のような仕組みで、汎用の Web ブラウザ上で遠隔操作できるシステムを構築した。これにより、利用者側の PC に専用のアプリケーションを導入することなく、装置を安全かつ手軽に遠隔操作

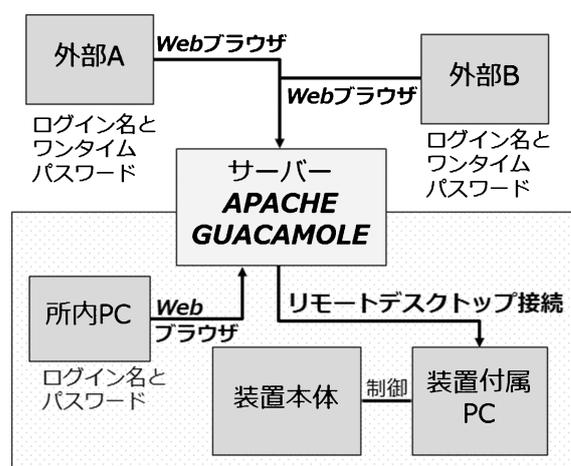


図1 遠隔操作システムの概要。

\* 地方独立行政法人大阪産業技術研究所和泉センター；研究室長(〒594-1157 和泉市あゆみ野 2-7-1)  
Current Status of Remote Observation and Remote Control in Electron Microscopes; Tomotake Hirata (Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology, Izumi)  
Keywords: electron microscope, remote, energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), electron backscatter diffraction (EBSD), electron probe micro analyzer (EPMA)  
2024年3月29日受理 [doi:10.2320/materia.63.554]

することが可能となった。遠隔操作の様子は、複数の別の接続先から遠隔観察することも可能である。なお、外部の方が遠隔利用される場合、予めログイン名と時間制限を設けたパスワードを発行し、装置使用を管理することができる。

#### 4. 遠隔操作可能な機器の紹介

現在、弊所において、遠隔操作による装置使用サービスを本格的に開始しているのは、SEM 関連の二つの装置になる。一つは、WDS を搭載した電界放出型(Field Emission: FE)の電子プローブマイクロアナライザ(Electron Probe Micro Analyzer: EPMA)で、もう一つは EDS と EBSD を装備した FE-SEM(SU5000: 株式会社日立ハイテク製)である。

FE-EPMA(JXA-8530F: 日本電子株式会社製)は、高度な分析ができるが、測定に長時間を要する。ただし、装置は測定中、自動制御されるが、遠方から弊所にお越しいただく場合は、その間に実施できる作業が限定される。そこで、一つの対策として、前述の遠隔操作システムを採用した(図2)。一方、FE-SEM に関しては、像観察のみ(SEM 本体のみ)遠隔操作する場合は、メーカーが準備している ExTOPE<sup>(4)</sup> というシステムを利用する。このシステムは、テレビ会議用アプリケーションとして知られる Webex を利用し、装置本体

PC とケーブルで接続された遠隔操作 PC に外部から接続し、遠隔操作を行う仕組みとなっている(図3)。ただし、EDS や EBSD に関しては、SEM 本体の像観察とは異なるソフトウェア上で操作するため、ExTOPE による遠隔操作には対応していない。そこで、分析系装置の使用に際しては、FE-EPMA と同じシステムを採用している。なお、いずれの装置においても、試料の出し入れに関しては遠隔操作ができないため、現地でのサポートが必要となる。

多くの SEM は、専用の操作盤(つまみやボタンにより調整するもの)により制御するが、装置用 PC 内の SEM 用アプリケーションの中でも、マウス操作により制御することができる。今回構築した遠隔操作システムでの操作機能は、弊所が独自に準備したのではなく、上記のマウス操作による制御を利用している。したがって、ネットワークに接続でき、マウス操作で制御できる装置であれば、本システムにより、遠隔操作できる環境を比較的容易に構築できる可能性がある。現地での慣れ親しんだ使用法と比べると、最初は若干の戸惑いがあるかもしれない。さらに、インターネット環境により、作業の軽快さも異なるが、少なくとも著者自身は、今ではそれほど苦に感じることなく使用している。是非一度、ご利用いただければ幸いである。

#### 5. おわりに

新型コロナが拡大したとき、学協会等の大会は、Web 開催が主流となった。Web 形式は大変便利なツールであり、新型コロナ収束後も、その形式が主流になることも予想されたが、実際は元の現地開催やハイブリッド形式を選択することが多くなっている。これは、Web 形式は手軽に参加しやすいが、現地に足を運べば、参加者との交流を通じた情報交換など、現地でしか得られない多くの利点があるからであろう。装置使用においても、現地での使用ならではの利点は存在し、遠隔利用がすぐに主流になっていくとは考えにくい。しかしながら、電子顕微鏡の遠隔利用は、地理的・時間的不利を解消し得るツールであることは間違いなく、実際、弊所においても遠方の機関との共同研究等は増加傾向にある。今後も需要が伸びていくものと期待しており、装置の遠隔利用の推進が、学術の発展に少しでも貢献できれば幸いである。最後に、今回の執筆機会を与えていただいた編集委員会の方々に感謝を申し上げ、弊所の取り組みに関する紹介を終える。

#### 文 献

- (1) <https://www.nagaokaut.ac.jp/project/share/index.html>
- (2) 市川 聡, 永瀬丈嗣, 西 竜治: 第103回鑄造先端プロセス研究部会講演用配布資料(2023.6).
- (3) 石丸雅夫: 第103回鑄造先端プロセス研究部会講演用配布資料(2023.6).
- (4) <https://www.hitachi-hightech.com/jp/ja/products/ict-solution/extope.html>
- (5) <https://www.designet.co.jp/ossinfo/apacheguacamole/>

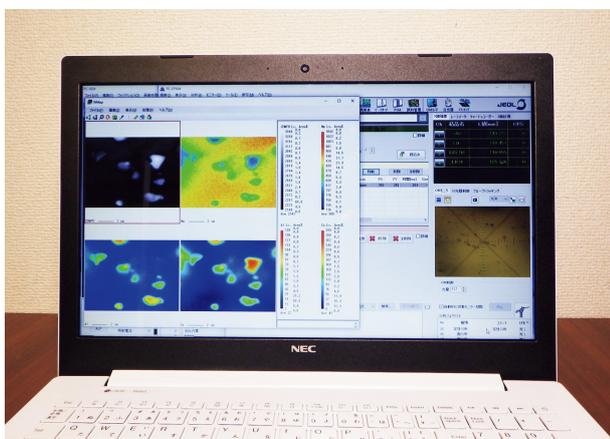


図2 FE-EPMA の遠隔操作(著者の自宅ノート PC より接続)。

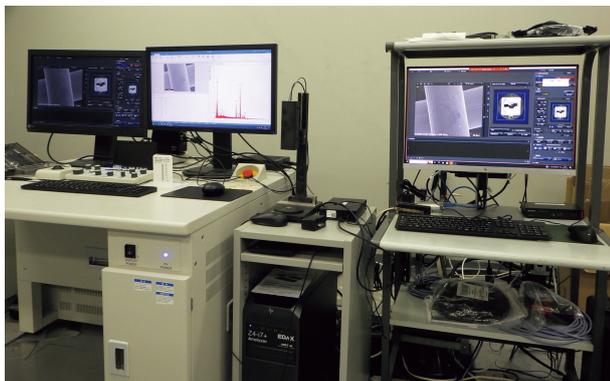


図3 ExTOPE による SEM の遠隔操作。左側は SEM 本体用 PC, 真ん中は分析用 PC, 右側は遠隔操作 PC。