

FIB-SEM による三次元観察の原理

2021.10.4

日本電子株式会社

EP事業ユニット EPアプリケーション部 松島 英輝

目次

- はじめに
- 走査電子顕微鏡 (SEM) の連続断面観察による三次元観察
- 複合ビーム加工観察装置 (FIB-SEM) による三次元観察
- まとめ

SEMによる三次元観察



走査電子顕微鏡 SEM による観察は
試料表面の二次元的な情報である
試料の**立体的な構造**を知りたい!!

表面形状の三次元化



ステレオ観察法

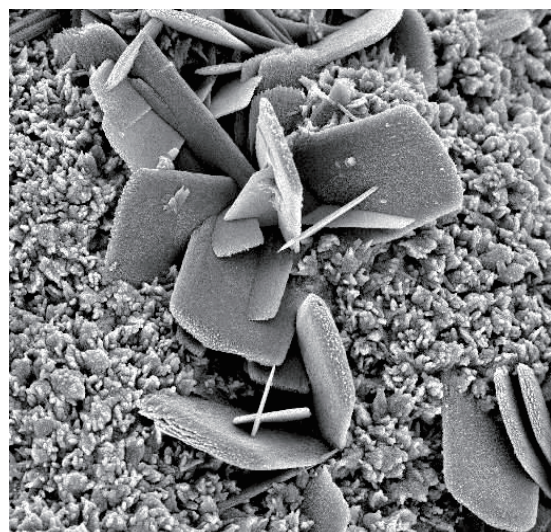
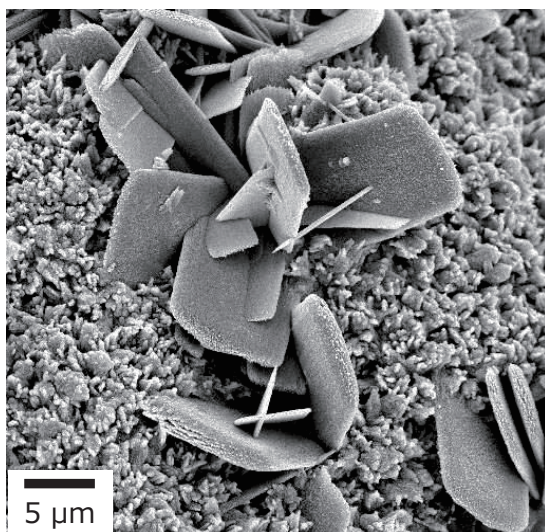


専用ソフトで高さ測定も可能

3

Solutions for Innovation JEOL

SEM画像の立体視



試料: 鉄さび

ステレオ画像
平行視法でご覧ください

<https://www.jeol.co.jp/applications/detail/827.html>
もしくは“JEOL ステレオ”でご検索下さい

4

Solutions for Innovation JEOL

SEMによる三次元観察



走査電子顕微鏡 SEM による観察は
試料表面の二次元的な情報である
試料の**立体的な構造**を知りたい!!

表面形状の三次元化

↓
ステレオ観察法

↓
専用ソフトで高さ測定も可能

内部構造の三次元化

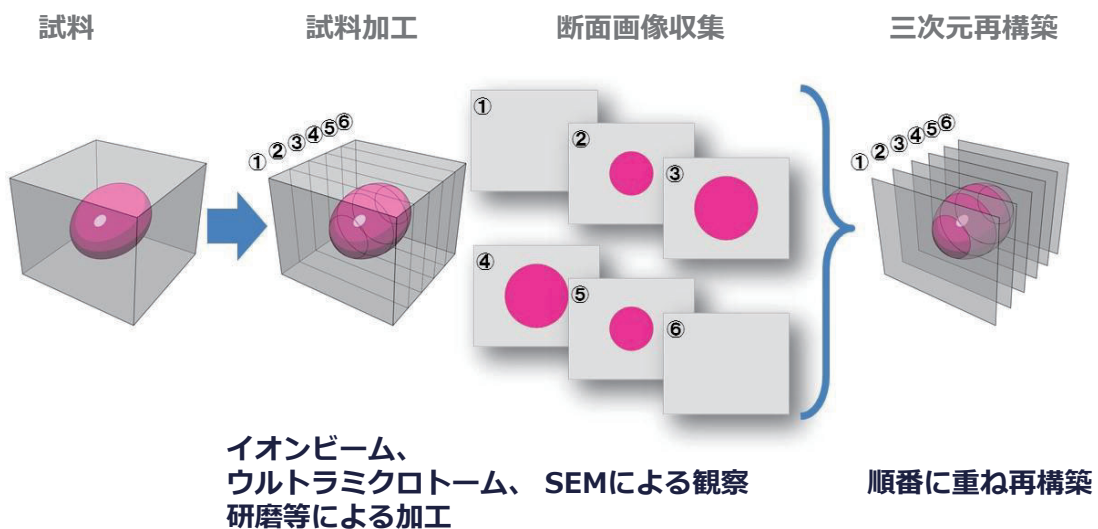
↓
試料加工(断面出し)

↓
加工/観察を繰り返し
連続断面観察による三次元再構築

5

Solutions for Innovation JEOL

SEM像の連続断面観察による三次元再構築の原理

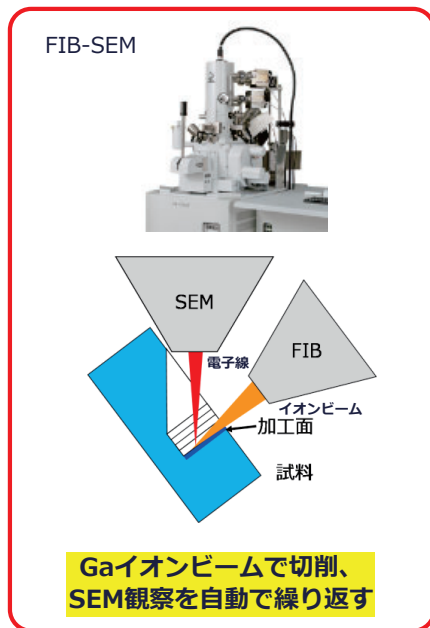


6

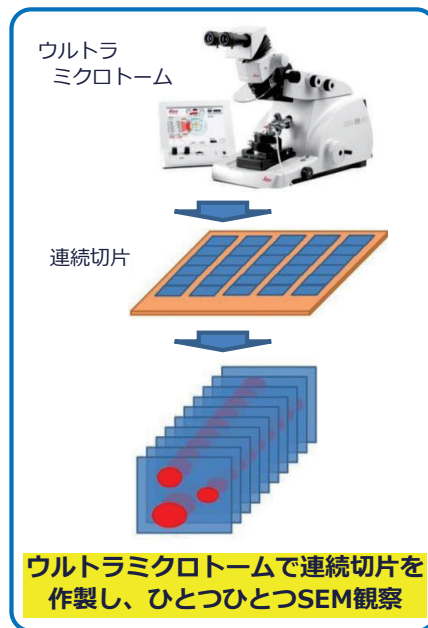
Solutions for Innovation JEOL

SEM像の連続断面観察手法

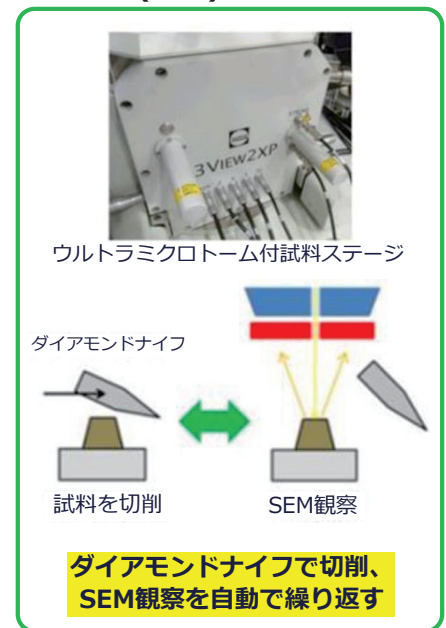
FIB-SEM法



アレイトモグラフィー法



シリアルブロックフェイス (SBF)-SEM法



Solutions for Innovation JEOL

SEM像の連続断面観察による三次元再構築法の比較

三次元再構築法 (加工方法)	最小加工 ステップ	画像取得範囲	帯電対策	コントラスト	位置合せ精度	その他
FIB-SEM法 (集束イオンビーム 加工観察装置: FIB)	5 nm~	比較的狭い 数十 μm	容易	低い	高い	・ 繰返し観察不可 ・ 試料の応用範囲が広い ・ 元素分析可能 ・ 結晶方位解析可能
アレイ トモグラフィー法 (ウルトラマイクローム)	30 nm~	広い範囲が可能 1 mm程度	比較的 容易	高い	低い	・ 繰返し観察可能 ・ ウルトラマイクローム で切削可能な試料 ・ 元素分析可能
SBF-SEM法 (ウルトラマイクローム)	15 nm~	広い範囲が可能 1 mm程度	難しい	低い	高い	・ 繰返し観察不可 ・ ウルトラマイクローム で切削可能な試料 ・ 元素分析が不可



複合ビーム加工観察装置 Multi beam FIB JIB-4700F

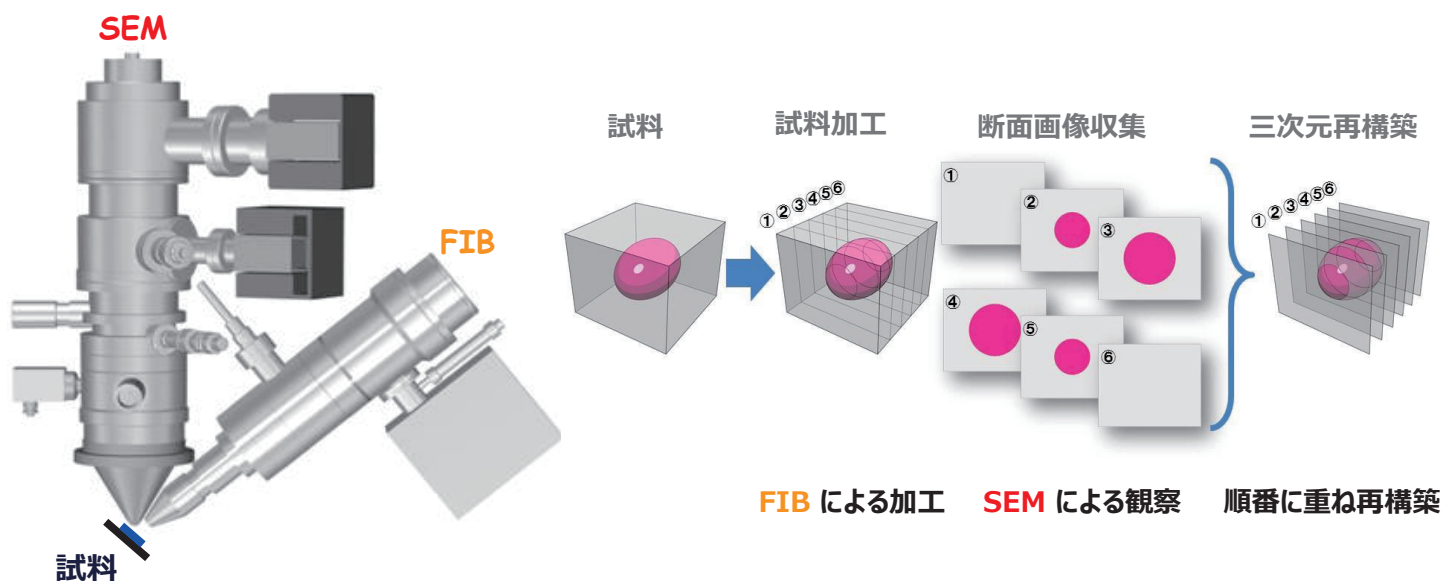
特長

- SEM像による視野確認が可能
- SEMの様々なアタッチメントが装着できる
EDS, WDS, EBSD 等の分析や試料冷却が可能
- 三次元測定が可能
(Three Dimensional View (3D-View))観察,
分析 (3D-EDS, 3D-EBSD)
- チップオンカートリッジでTEMと連携
- 分析時でも高分解能を実現 (SEM)
- 最大イオン電流 90 nA、大領域加工 (FIB)

9

Solutions for Innovation JEOL

3D-View



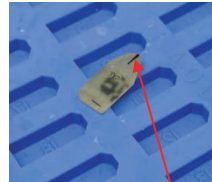
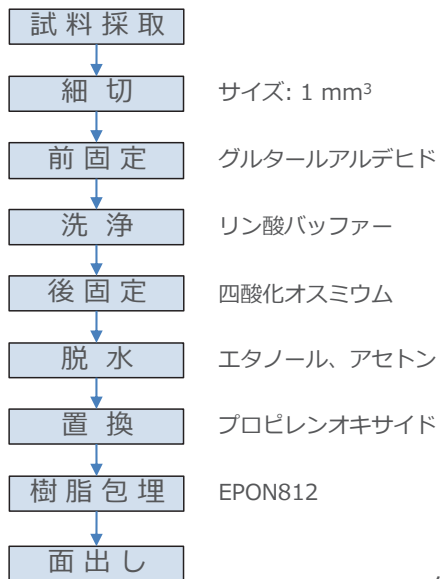
10

Solutions for Innovation JEOL

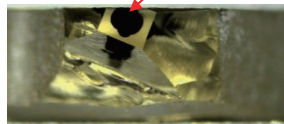
3D-View

ワークフロー

① 生物試料作製

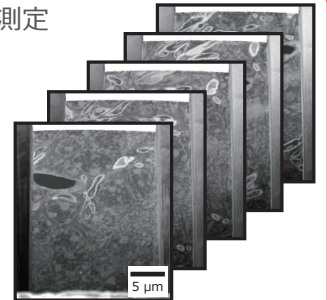
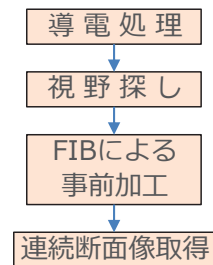


包埋板と包埋試料 試料



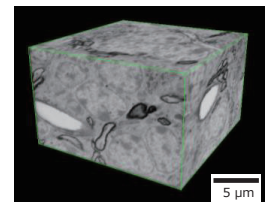
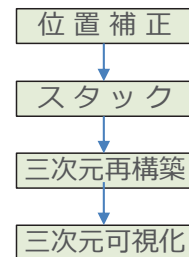
包埋試料の実体顕微鏡像

② FIB-SEMによる三次元測定



連続断面像

③ 三次元再構築



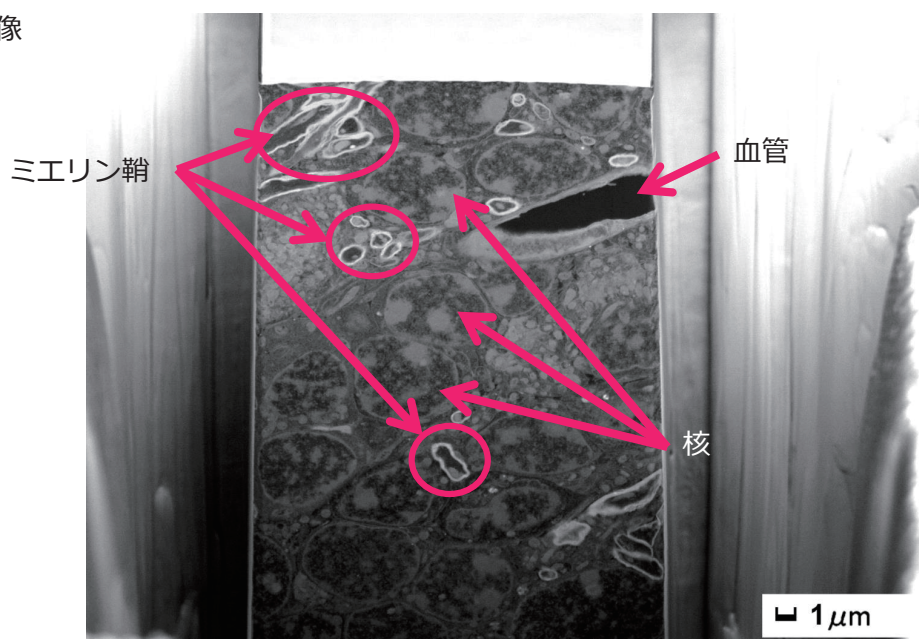
三次元再構築像

Solutions for Innovation JEOL

3D-View

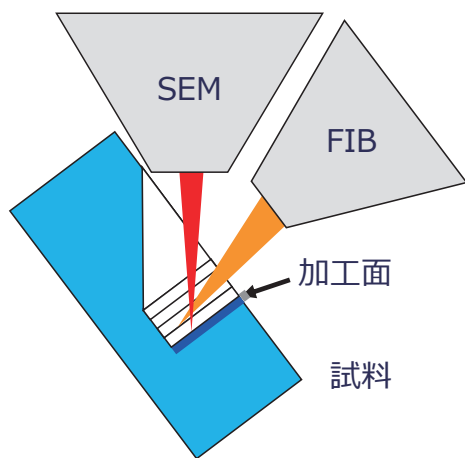
反射電子組成像

試料: ラット小脳

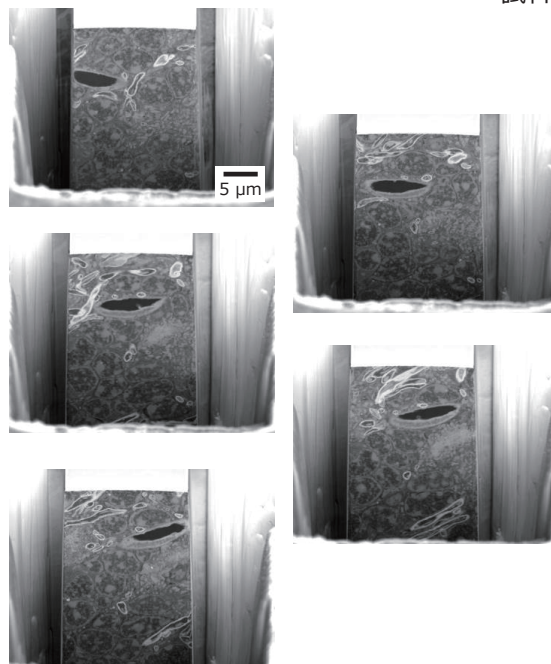


3D-View

試料: ラット小脳



観察、加工を自動で繰り返す
Three Dimensional View
(3D-View) 機能

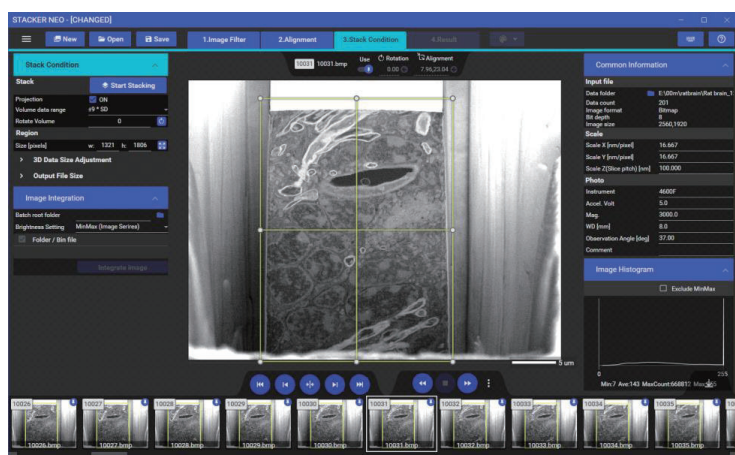


13

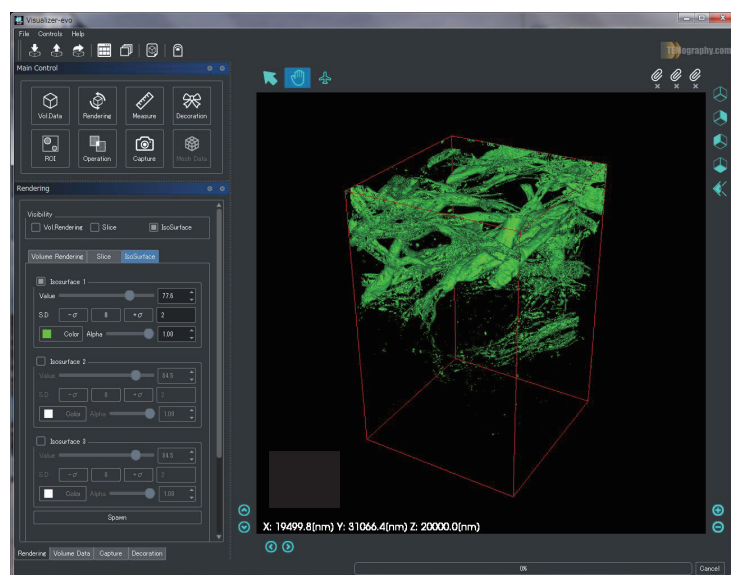
Solutions for Innovation JEOL

3D-View

三次元再構築ソフト Stack N Viz
(株式会社システムインフロンティア製)



「Stacker NEO」による
連続断面像からの三次元再構築

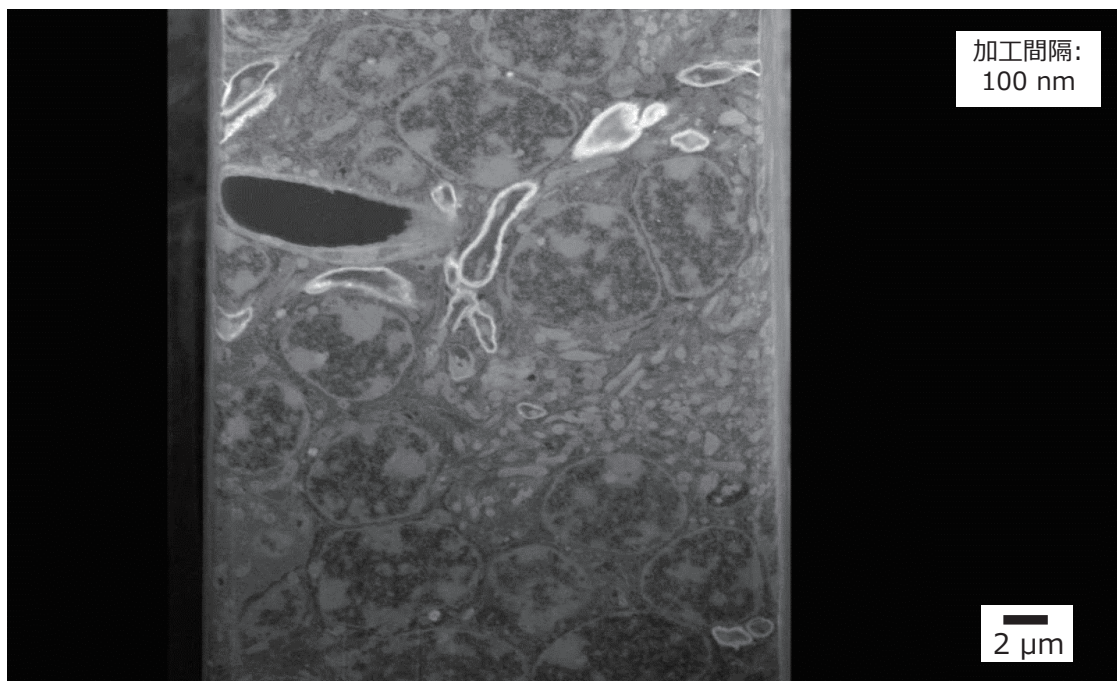


「Visualizer-evo」による三次元可視化

14

Solutions for Innovation JEOL

3D-View

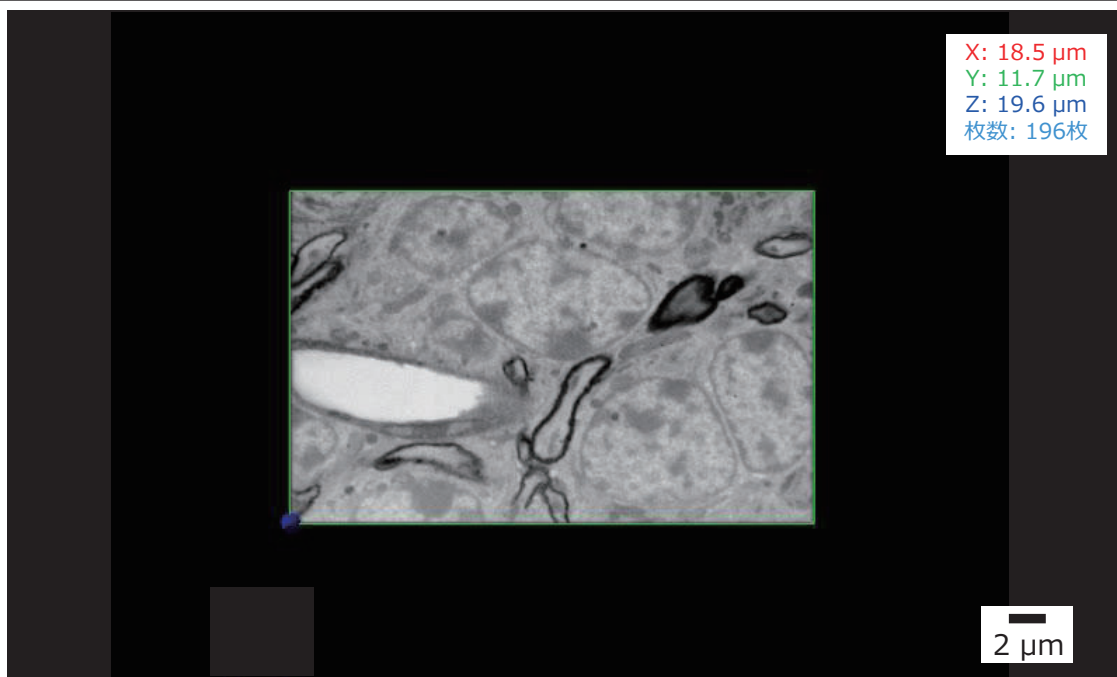


試料: ラット小脳

15

Solutions for Innovation JEOL

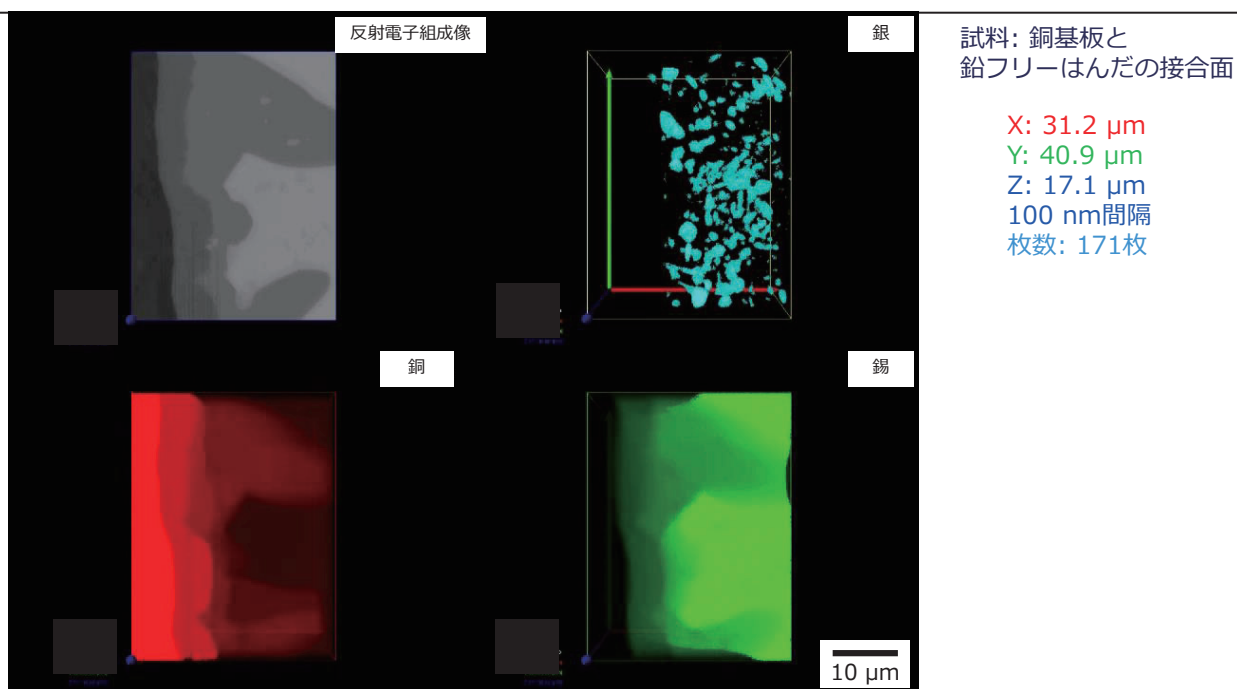
3D-View



試料: ラット小脳

16

Solutions for Innovation JEOL



17

Solutions for Innovation JEOL

まとめ

- **SEM による三次元観察**
 - ステレオ観察 ⇒ 表面構造の三次元化
 - 連続断面観察 ⇒ 内部構造の三次元化
- **連続断面観察法**
FIB-SEM法、アレイトモグラフィー法、SBF-SEM法
- **FIB-SEM による三次元観察**
 - 軟らかい試料だけでなく、硬い試料の加工も行える。
 - 三次元観察だけでなく、三次元元素マッピング等も可能である。

18

Solutions for Innovation JEOL