

公益社団法人さかきテクノセンター様 主催  
第1回技術セミナー  
製造現場のトラブル解決に向けた金属材料の評価 分析技術セミナー



# 電子顕微鏡を使った微小部の解析

2024.6.12

日本電子株式会社

科学・計測機器営業本部 SI 販売促進室 Scanning 系グループ 中島 香織

1

## 講演内容

### **SEMの基礎と応用**

【基礎編】 SEM/EDS原理

SEMでできること

SEMで発生する各種信号（二次電子、反射電子、X線）でわかること

【応用編】 SEMを使った表面処理解析

### **最新の卓上SEM JCM-7000のご紹介と解析例**

卓上SEMのコンセプト

卓上SEMを使った簡易凹凸判定～Live3Dの紹介～

電子部品のSEM測定事例



Solutions for Innovation JEOL

2

1

## 講演内容

### SEMの基礎と応用

【基礎編】 SEM/EDS原理

SEMでできること

SEMで発生する各種信号（二次電子、反射電子、X線）でわかること

【応用編】 SEMを使った表面処理解析

### 最新の卓上SEM JCM-7000のご紹介と解析例

卓上SEMのコンセプト

卓上SEMを使った簡易凹凸判定～Live3Dの紹介～

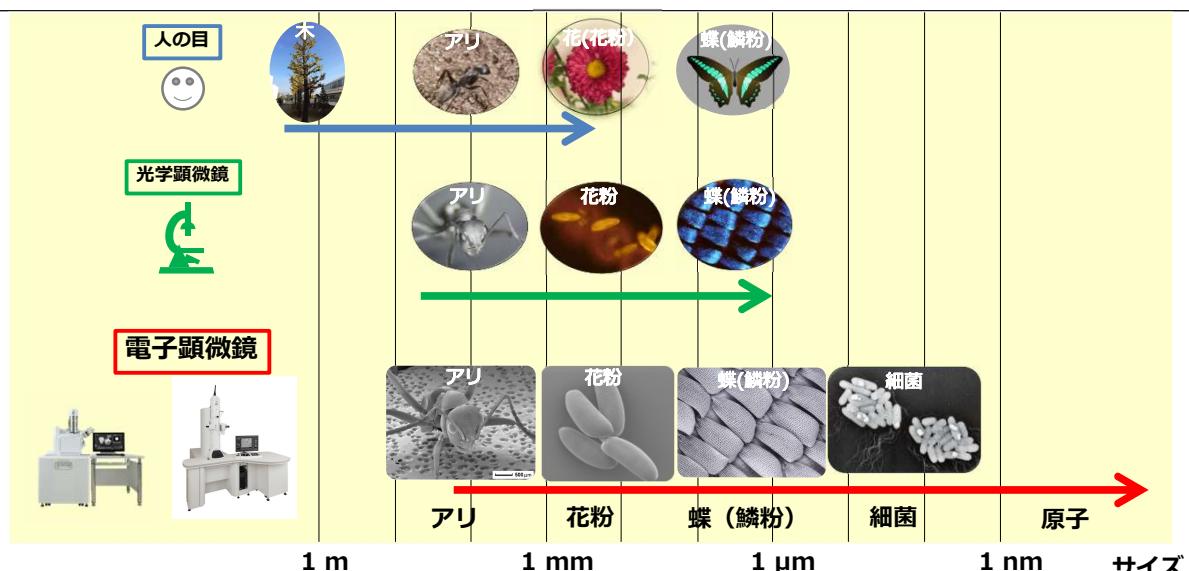
電子部品のSEM測定事例



Solutions for Innovation JEOL

3

### 被写体の大きさ 人の目、光学顕微鏡、電子顕微鏡の比較

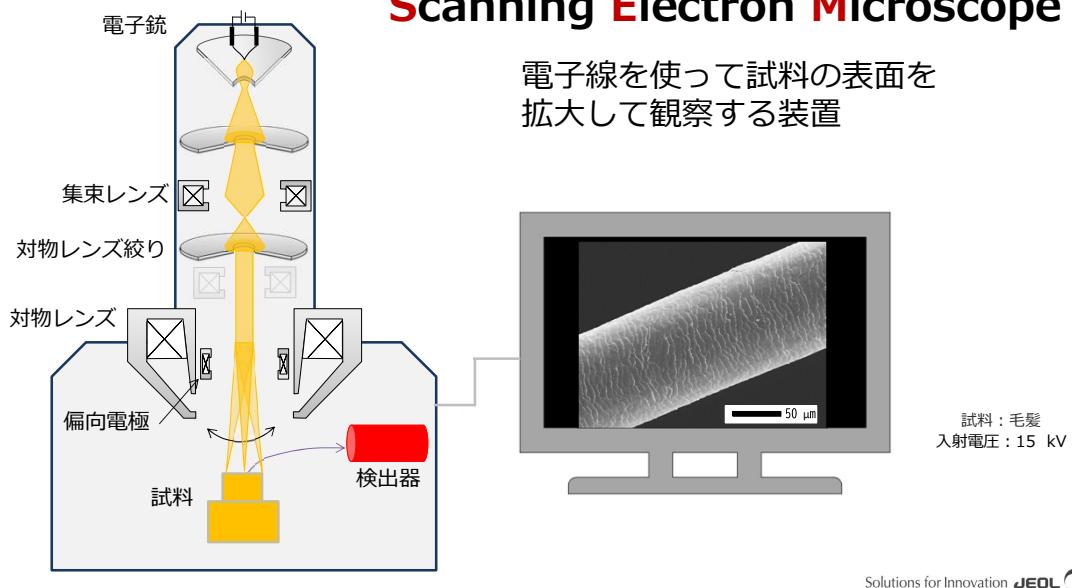


4

## 走査電子顕微鏡 (SEM) とは

### Scanning Electron Microscope

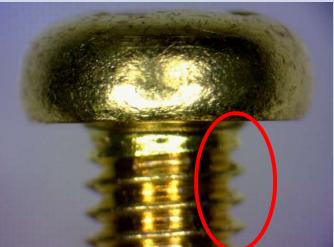
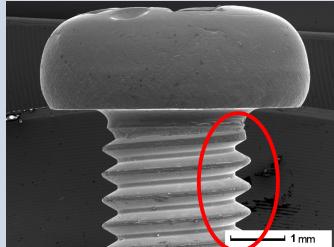
電子線を使って試料の表面を  
拡大して観察する装置



5

## 光学顕微鏡とSEMの比較

試料：ねじ  
入射電圧：15 kV

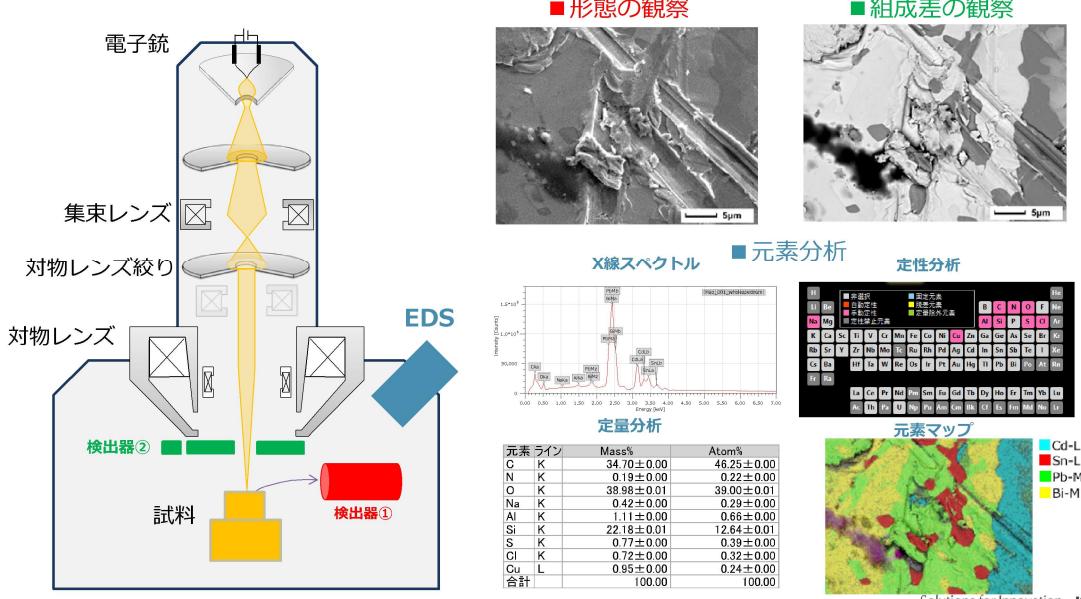
	光学顕微鏡	SEM
画像		
光源	光	電子
雰囲気	大気	真空
色情報	あり	なし
焦点深度	浅い	深い
観察対象物 のサイズ	mm~μm	mm~nm
元素分析	不可	可

Solutions for Innovation JEOL

6

## 【基礎編】 SEMでできること

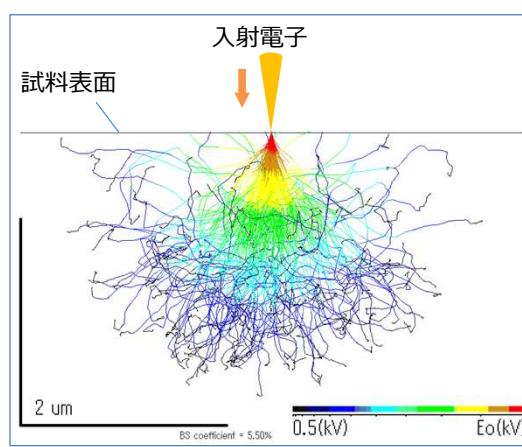
試料：電子基板接合部  
入射電圧：15 kV



7

## 【基礎編】 試料内部への入射電子の散乱

試料内部で入射電子は「散乱」しながら、徐々にエネルギーを失い、試料中にとどまる、もしくは試料ステージに流れる



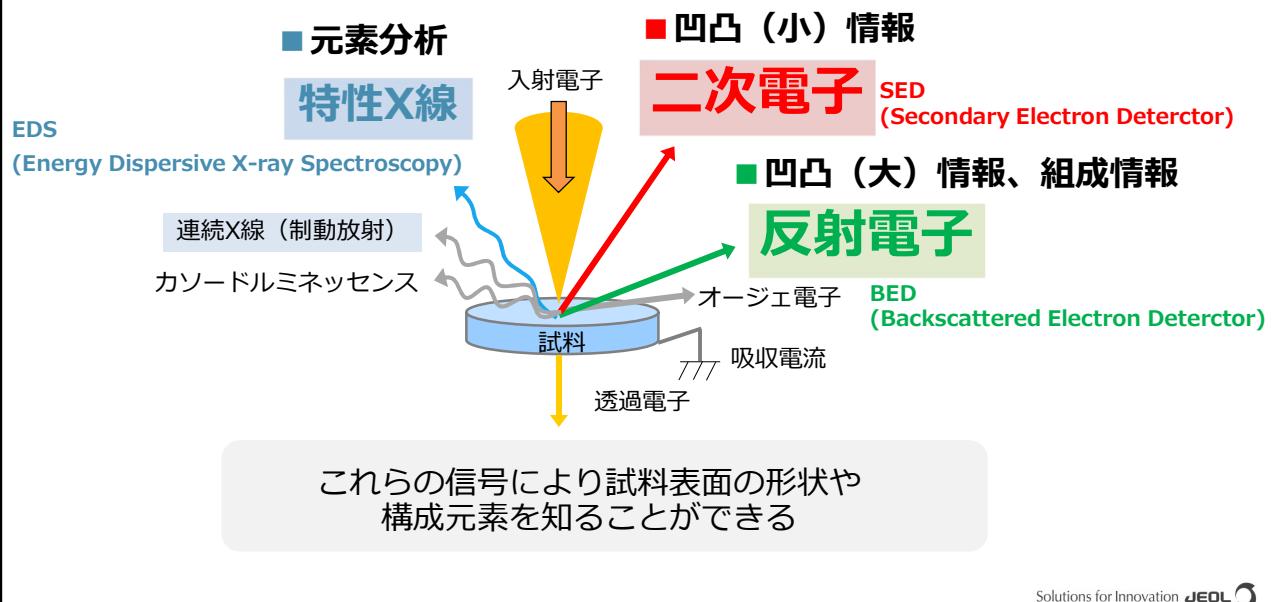
モンテカルロ法によるシミュレーション  
試料：炭素 入射電圧：15 kV

散乱の過程で  
 • 二次電子  
 • 反射電子  
 • 特性X線  
 などが発生する

Solutions for Innovation JEOL

8

## 【基礎編】電子線照射によって試料から発生する信号

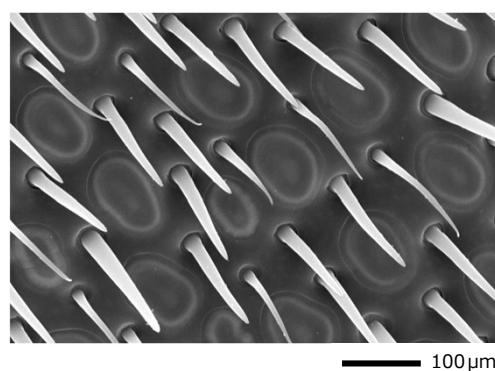


9

## 【基礎編】二次電子から得られる表面凹凸情報

試料：ハチの触覚  
入射電圧：15 kV

### ■ 二次電子像



表面の微細な凹凸構造がコントラストに現れる

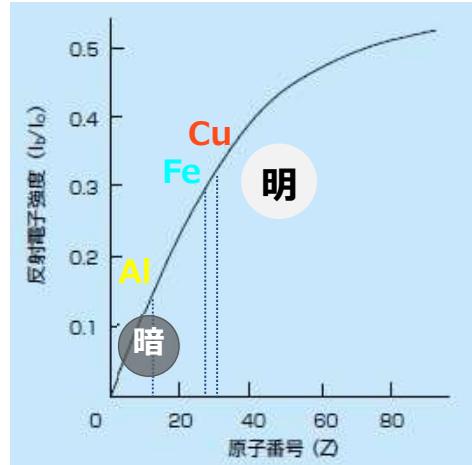
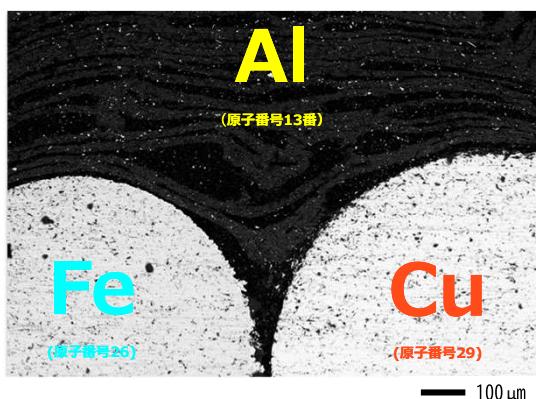
Solutions for Innovation JEOL

10

## 【基礎編】反射電子から得られる組成情報

試料：電子基板断面  
入射電圧：15 kV

### ■反射電子像

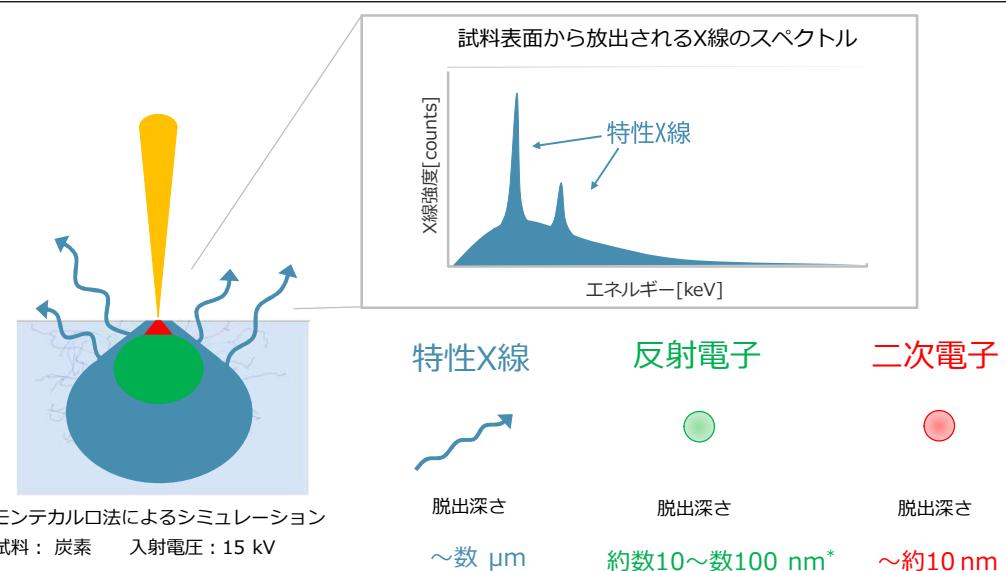


試料の元素組成差がコントラストに現れる

Solutions for Innovation JEOL

11

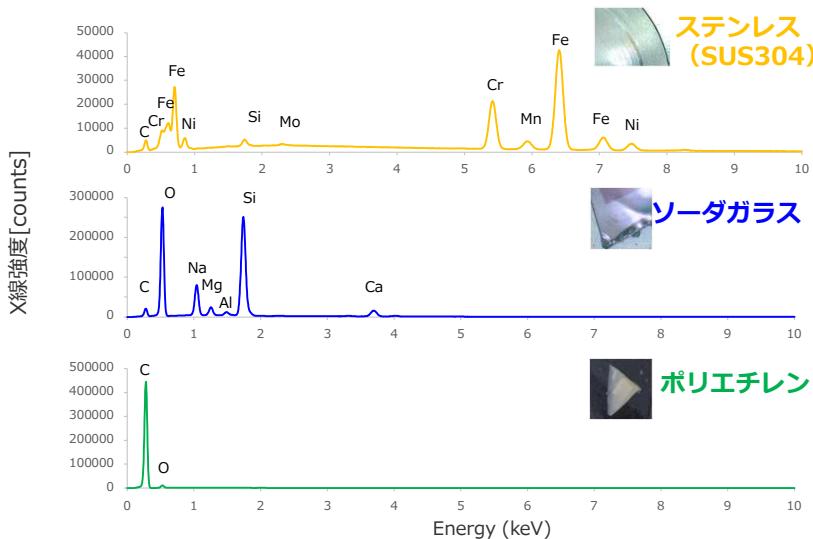
## 【基礎編】試料から放出されるX線



12

## 【基礎編】定性分析

試料：ステンレス(SUS304)/ソーダガラス/ポリエチレン  
入射電圧：15 kV



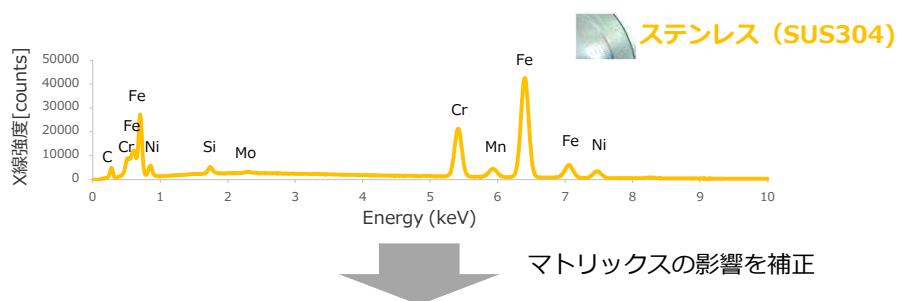
ピークのエネルギー位置から元素を定性する

Solutions for Innovation JEOL

13

## 【基礎編】定量分析

試料：ステンレス(SUS304)  
入射電圧：15 kV



元素	認証値(mass%)	EDS定量値 (mass%)
Fe	69.6	69.9
Cr	18.35	18.8
Ni	8.67	8.5
Mn	1.53	1.5
Si	0.72	0.8
Mo	0.41	0.5
Cu	0.32	-
他	0.4	

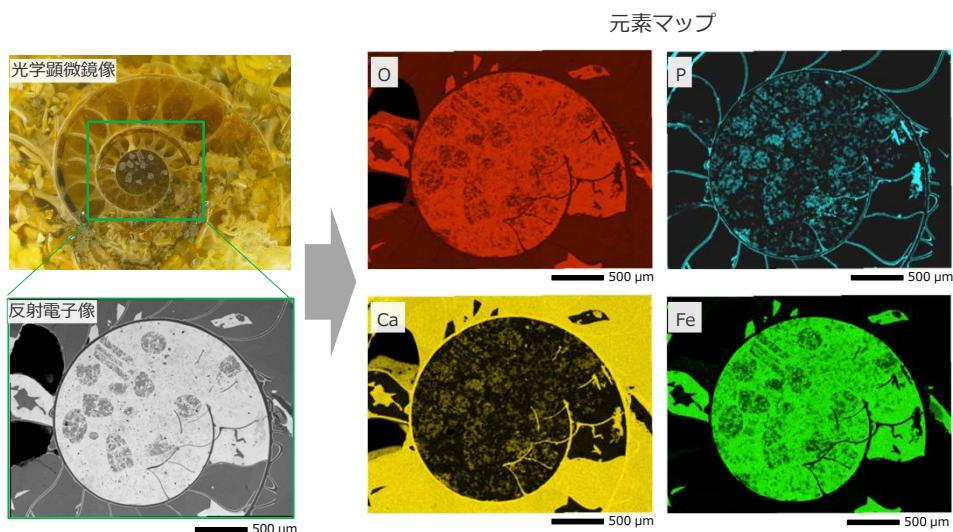
\*EDSはスタンダードレス定量 100%にノーマライズ済み

Solutions for Innovation JEOL

14

## 【基礎編】元素マップ

試料：アンモナイトの化石  
入射電圧：15 kV



Solutions for Innovation JEOL

15

## 【基礎編】まとめ

走査電子顕微鏡は電子を用いて試料表面を観察/分析する装置

二次電子…微細な凹凸観察

反射電子…組成情報、大きな凹凸観察

特性X線…検出元素、検出元素の量、元素の分布状況



Solutions for Innovation JEOL

16

## 講演内容

### SEMの基礎と応用

【基礎編】 SEM/EDS原理

SEMでできること

SEMで発生する各種信号（二次電子、反射電子、X線）でわかること

【応用編】 SEMを使った表面処理解析

### 最新の卓上SEM JCM-7000のご紹介と解析例

卓上SEMのコンセプト

卓上SEMを使った簡易凹凸判定～Live3Dの紹介～

電子部品のSEM測定事例



Solutions for Innovation JEOL

17

### 【応用編】 表面処理は様々

#### 表面処理

金属や樹脂、ゴムやセラミックスなどの素材表面に、  
素材の持つ特性とは別の特性を与えることができる技術

特に、機械部材に多い「金属」への表面処理では、  
「メッキ」「アルマイト」「溶射」「塗装」などの方法を用いて、  
素材そのものを変更することなく、離型性、硬度、潤滑性、耐摩耗性、耐食性、撥水性、美観、電気絶縁性などを向上させることが可能

引用HP  
[https://www.y-skt.co.jp/magazine/coating/surface\\_treatment/](https://www.y-skt.co.jp/magazine/coating/surface_treatment/)



層構造をもつ複合素材であることが多い

18

Solutions for Innovation JEOL

### 【応用編】測定可能な試料厚み（XRF（蛍光X線）の場合）



19

Solutions for Innovation JEOL

19

### 【応用編】測定可能な試料厚み（SEMの場合）



20

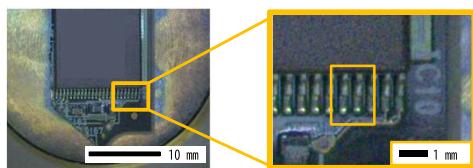
Solutions for Innovation JEOL

20

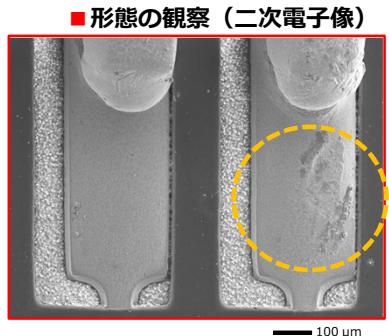
10

## 【応用編】電子基板リードの表面観察

試料：電子基板 (Auコート)  
入射電圧:15 kV



リードは表面にSnめっき処理している

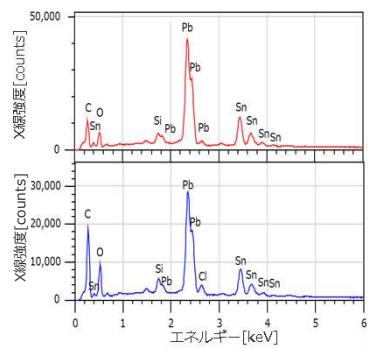


→付着物や傷を確認

### 組成差の観察 (反射電子像)

→付着物や傷のある領域で組成の違いを確認

### ■母材/付着物の点分析 (特性X線)



→付着物の成分 (C, O, Cl) を確認

Solutions for Innovation JEOL

21

## 講演内容

### SEMの基礎と応用

#### 【基礎編】SEM/EDS原理

SEMでできること

SEMで発生する各種信号 (二次電子、反射電子、X線) でわかること

#### 【応用編】SEMを使った表面処理解析

SEM観察するための試料調整

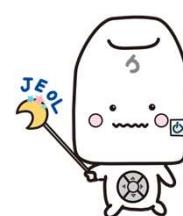
機械研磨法、CP法を使った断面解析

### JEOL 卓上SEM JCM-7000のご紹介

卓上SEMのコンセプト

卓上SEMを使った簡易凹凸判定～Live 3 Dの紹介～

電子部品の測定事例



Solutions for Innovation JEOL

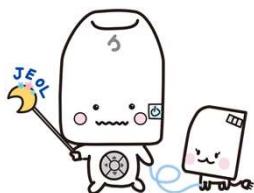
23



## JEOL 卓上SEM JCM-7000のコンセプト

光学顕微鏡ユーザーにも是非使って欲しい！  
観察も元素分析もできるエントリーモデルの電子顕微鏡！

コンパクトだけど  
スゴイ卓上SEM！



装置キャラクター  
ななまるくんとでんげんさん



開放機としての運用  
に最適！

簡単操作 3つのポイント！

- ① フローに従うだけで  
データ取得が可能
- ② 視野探し簡単
- ③ 充実のオート機能

※JEOLの卓上SEMをもっと知りたい方は弊社HPのJEOL Channelにアクセス！

24

Solutions for Innovation JEOL

24

## NeoScope™ JCM-7000

品質管理

卓上SEMを使った簡易凹凸判定！  
～Live3Dの紹介～

元素分析



Solutions for Innovation JEOL

26

12



## ミクロな凹凸を判断するのはとても大切！

近年各分野の製品、部品のサイズが小さくなっている

表面/内部観察を行うための研磨材も微細化されている  
→光学顕微鏡では難しい $\mu\text{m}$ オーダーの観察はSEMが得意！

一般的な光学顕微鏡とSEMの特徴比較

	測定雰囲気	色情報	大きさ	凹凸
光学顕微鏡	大気	カラー	mmオーダー	不得意
SEM	真空	白黒	$\mu\text{m}$ オーダー	得意

SEM観察では以下の解析ができる  
研磨材：砥粒サイズ、砥粒成分、など  
試料：研磨キズ、研磨残渣、異物付着、など  
→SEMの特性として、凹凸があるとエッジ部分の信号強度が高くなるため、  
付着なのか、穴なのかを判別可能  
この凹凸判定をSEMで簡単にできる機能を本講演で紹介！

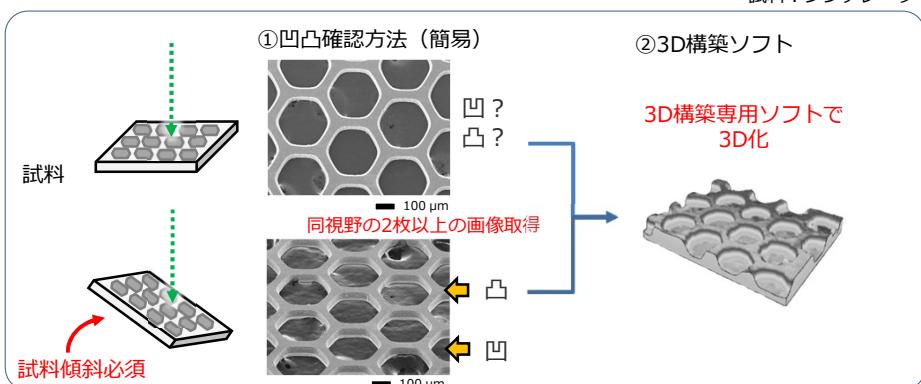


## SEMで凹凸構造を解析する一般的な手法

### 一般的にSEM観察は試料の真上から見ているイメージ

- ①試料自身を傾斜させ、検出器に対する影の付き方で、凹凸を把握する  
⇒試料傾斜作業、2回撮影が必要
- ②2方向以上の異なる角度から得られた陰影情報を3次元構築ソフトで3D化  
⇒試料傾斜作業、2回撮影、別ソフトの購入が必要

試料：シンチレーター



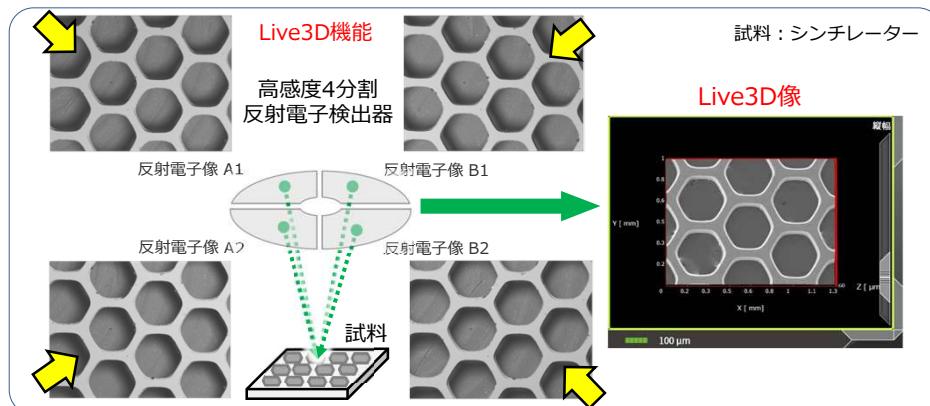


## 卓上SEMで使える簡便な凹凸解析！Live3D機能

- ・高感度4分割反射電子検出器を使って、4方向の異なる角度から得られた陰影情報で凹凸がわかる。
- ・SEM観察中にLive3D機能を起動するだけで三次元構築像（3D像）が得られるため、傾斜不要で凹凸構造の確認や解析ができる。



↑Live3Dを起動するだけ！



29

Solutions for Innovation JEOL

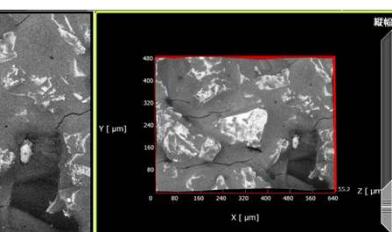
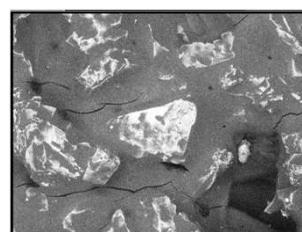
29



## Live3D活用事例② 研磨紙と研磨キズの観察

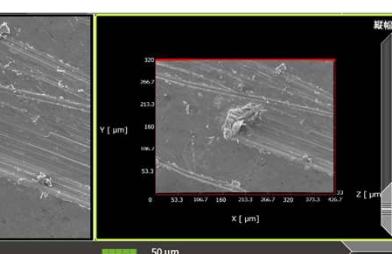
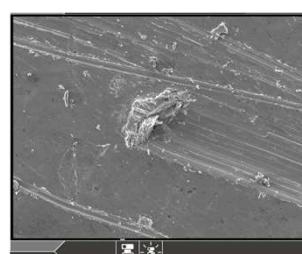
### SEM観察

研磨紙 #60表面



研磨紙内の砥粒分散状態、シートの空隙、亀裂、付着物を確認

真鍮表面を研磨紙 #60で3回往復後の真鍮表面



研磨によるキズ（溝）、金属の盛り上がりと付着を確認

31

Solutions for Innovation JEOL

## 講演内容

### SEMの基礎と応用

【基礎編】 SEM/EDS原理

SEMでできること

SEMで発生する各種信号（二次電子、反射電子、X線）でわかること

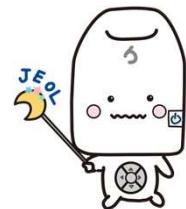
【応用編】 SEMを使った表面処理解析

### 最新の卓上SEM JCM-7000のご紹介と解析例

卓上SEMのコンセプト

卓上SEMを使った凹凸判定～Live3Dの紹介～

電子部品のSEM測定事例



Solutions for Innovation JEOL

32

NeoScope™

JCM-7000

### 電子部品のSEM測定事例

- 事例① BGA実装されたICチップの品質チェック
- 事例② 表面実装されたICチップの接合状態を確認する

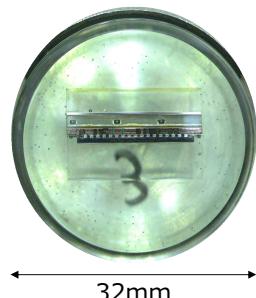
今回紹介するSEMデータは以下条件で取得  
使用装置：JCM-7000  
入射電圧（加速電圧）：15 kV  
信号種：BED-C（反射電子組成像）  
真空モード：CR Vac.（帯電軽減モード）

Solutions for Innovation JEOL

33

15

## 測定事例① BGA実装されたICチップの品質チェック



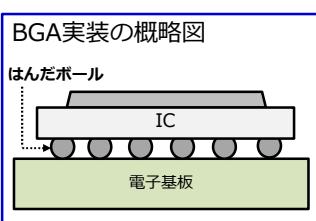
試料：BGA実装基板

着目：基板同士を接合しているはんだボールの接着面

目的：はんだボールの接合状態の確認

手法：モンタージュ（SEM像）、Live3D、EDS元素マップ

前処理：樹脂包埋後機械研磨



BGA (Ball Grid Array) 実装とは？

ICの裏面に接続端子となるはんだボール（バンプ）が並んでいるもの

BGA実装の具体的な着目点

アライメントズレ、濡れ性の良し悪し、ボイドとクラック、剥離などの有無を確認

参考文献：増田、伊東、曾我 BGAの接合不良解析事例 神奈川県産業技術センター研究報告No.15 (2000)

Solutions for Innovation JEOL

34

34

## 測定事例① モンタージュではんだボールを観察

光学像



約25mm幅

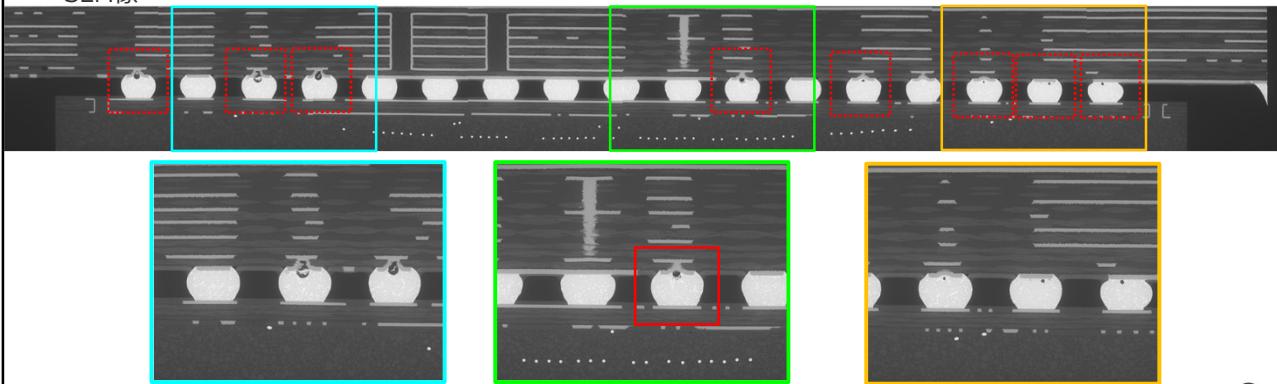


1視野あたりの倍率：x50

視野数：8x1視野

取得時間：約2分

SEM像



35

Solutions for Innovation JEOL

35

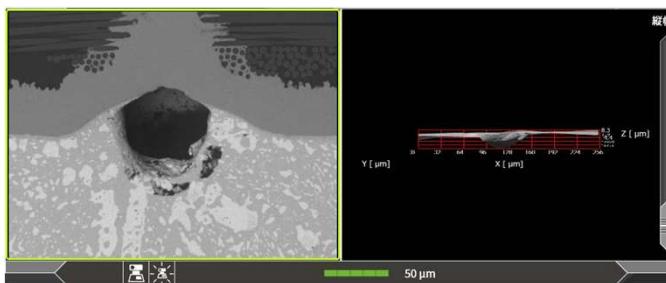
16

## 測定事例① はんだボール接合部を拡大して観察 & 分析

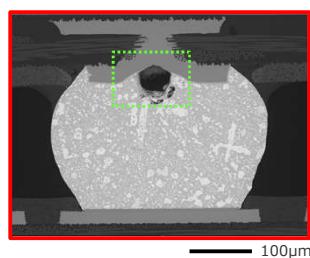


Live3D\*による凹凸解析  
倍率: x500

\*Live3D: BEDによる陰影で凹凸を確認できる機能  
傾斜不要でSEM観察中にLiveで確認できる  
メリットがある  
JCM-7000、JSM-IT510LV/LAIに標準装備



Live3D解析より  
凹み構造



EDS元素マップ

Ni-K

Cu-K

倍率: x200 元素マップ取得時間: 約2分

Sn-L

Pb-M

元素マップでは検出元素がない

⇒はんだボール接合部にボイドがあるが、クラックはないため、品質上問題ないことを確認

Solutions for Innovation JEOL

36

36

## まとめ

- **卓上SEM**では、電気を通す金属試料だけでなく、電子部品、ガラス、研磨紙のような非導電性（絶縁物）試料でもそのまま観察できる低真空機能がある。SEM1台で $\mu\text{m}$ オーダーの試料サイズ、凹凸、組成、構成元素が迅速に検査できる。
- **Live3D機能**は、傾斜機能を使わずに、短時間での試料表面の凹凸形状把握に有効。SEM観察中に立体視できるため、リアルタイムで凹凸判定が行える。

目に見えない溝、付着物、破断面の凹凸具合など、  
 $\mu\text{m}$ オーダーの簡便な凹凸判定は

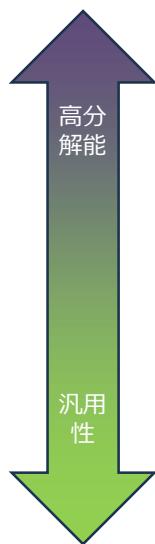
**JEOL 卓上SEMにお任せ！**



42

Solutions for Innovation JEOL

## 微小部の測定が得意な弊社装置ラインナップ



### SEM

微細観察、低真空、結晶方位解析  
(EBSD)、EDS/WDSなど豊富なアタッチメントで拡張性up

JSM-IT800series

JSM-IT710HR  
JSM-IT510  
JSM-210



JCM-7000

### EPMA

微小領域の微量分析、状態分析が得意

JXA-iHP200F  
integrated Hyper Probe



JXA-iSP100

integrated Super Probe

Solutions for Innovation JEOL

43

43

公益社団法人さかきテクノセンター様 主催  
第1回技術セミナー  
製造現場のトラブル解決に向けた金属材料の評価 分析技術セミナー

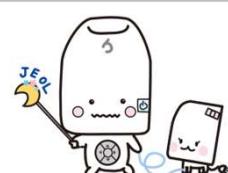


## 電子顕微鏡を使った微小部の解析

ご清聴ありがとうございました

※JEOLの卓上SEMをもっと知りたい方は  
弊社HPのJEOL Channelまでアクセス！

卓上SEMに興味のある方はお問い合わせください



44

18