

# 固体表面をみる

## — 表面観察技術 —

研究、製品開発から品質管理まで製品のたどる工程の中で、表面観察は目視検査から顕微鏡を使用する検査まで様々な場面で活用する最も基本的な検査手法です。ここでは検査に使用する各顕微鏡についてご紹介します。

### はじめに

研究・製品開発や品質管理において最も基本的な検査方法として、目視や顕微鏡による表面観察があげられます。例えば機械加工や表面処理による状態確認、部品の寸法計測など各工程において表面の観察は欠かせません。品質管理の面では、製品に発生したき裂、異物付着、腐食や変色などを早期に発見できれば、トラブルを未然に防ぐこともできます。

このように表面観察は製品のたどる工程の中で様々な場面で活かされています。

本稿では表1に示す城南支所に設置されている顕微鏡について解説します。

### 表面を観察するとは

人が物を見ることを考えてみると、光が物体に当たって跳ね返り、瞳から入った光が水晶体を通過する際に屈折して網膜で結像され、脳の視覚野で物として認識されます(図1a)。このように人が物を見るプロセスでは、光源、光および瞳の三要素で構成されていることがわかります。

この三要素を顕微鏡に置き換えると、光源から放射されたプローブ(レーザー光、電子線やハ

ロゲン光など)が物体に当たり、表面での反射光または表層で生じる物理的效果により飛び出してくる光や信号が検出器に入り像として映し出されます(図1b)。

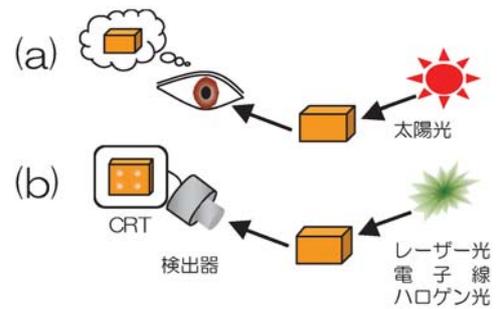


図1 物を見る概念

### 顕微鏡の原理

- (1) 走査型電子顕微鏡は、電子線をプローブとして用います。電子線が照射された表面からは、二次電子、反射電子や特性X線など様々な信号が放出されますが、走査型電子顕微鏡では二次電子を検出してモニタに像として描きます。電子線が試料表面に入射すると角度によって発生する二次電子の強度が変わるために試料表面の微細な凹凸を二次電子の強弱として検出し表すことができます。
- (2) レーザ顕微鏡は、試料表面をレーザーで走査し、反射光量をもとに画像が作られます。光源には短波長レーザー光源(バイオレット半導体レーザー: 波長408nm)と白色光源の2種類を用いることで、カラー超深度、光量超深度、高低画像を構築するために必要な、色、光量、高さの情報を得ています。レーザー顕微鏡では

表1 城南支所に設置されている顕微鏡

種類	機種	倍率	用途
(1) 走査型電子顕微鏡	S-3400N S-4800	5~30万 30~80万	高倍率、高分解能での表面観察 ※真空中で観察するため含水、油分を含む試料は不可
(2) レーザ顕微鏡	VK-9710	200~18000	機械部品や電子部品などの観察、計測、3D合成像
(3) マイクロハイスコープ	VHX-1000	1~5000	機械部品や電子部品などの観察、計測、3D合成像
(4) 金属顕微鏡	DMI3000M	50~1000	金属組織観察、めっきやアルマイト皮膜断面観察
(5) 実体顕微鏡	SMZ800	10~63	機械部品、電子部品などの観察
(6) 工具顕微鏡	TUM-220EH	10~200	機械部品などの寸法、角度や円弧の精密測定
(7) 走査型プローブ顕微鏡	Nanoscope IV	—	nmオーダーの微細形状の観察、粗さ測定

Z軸に対して1 nmの分解能を持つことから、深度を連結させて3D像を構築し3次元測定が行えます。

- (3) マイクロハイスコープは、光源にハロゲン光を用い、光学系レンズとCCDカメラを組み合わせることで、拡大画像上での形状観察、距離、面積、角度、半径などの計測が行えます。レーザ顕微鏡のように深度合成ができませんので、3D画像上でも各種計測が可能です。
- (4) 金属顕微鏡は、試料にハロゲン光を当てて、その反射光の明暗のコントラストから表面を観察します。本顕微鏡は倒立型で試料を下方から観察しますので、厚みのある試料を観察することができます。マイクロハイスコープと同様に計測機能および焦点の異なる画像を合成する機能を備えています。
- (5) 実体顕微鏡は、光源にハロゲン光を用いて、低倍率の領域で立体的かつ自然な色合いや状態を観察することができます。大きい試料の観察や顕微鏡を覗きながらの作業を想定し、試料と対物レンズの焦点距離（ワーキングディスタンス）が大きいのも特徴です。
- (6) 工具顕微鏡は、ガラステーブルに置いた試料に透過光または反射光を当てて、光学レンズにより微小部を拡大しモニタ画面に映し、寸法、角度や円弧等を精密に測定するものです。この顕微鏡は加工図面と照らし合わせて寸法確認などの作業が行い易いように、正像の状態で見ることができます。またゴム状、ゲル状や噴霧スプレーによる液滴の形状測定も行えます。
- (7) 走査型プローブ顕微鏡の一種である原子間力顕微鏡は、これまでに解説したプローブ光を用いる顕微鏡の原理とは異なり、探針と試料間に作用する原子間力を検出する顕微鏡です。原子間力顕微鏡は片持ちバネ（カンチレバー）の先端に取り付けられた探針と試料表面を微小な力で接触させ、カンチレバーのたわみ量が一定になるように探針-試料間距離をフィードバック制御しながら水平に走査することで、表面の微細な凹凸形状が観察できます。

## 観察事例

ここでは走査型電子顕微鏡を用いた観察事例を2件紹介します。

図2aは走査型電子顕微鏡（S-3400N）で撮影した写真です（倍率1500倍）。破損した

機械部品の破断面のミクロ観察例です。矢印はき裂の進展方向を表しています。ここに見える円弧状の様子は、繰り返し応力が作用したときに観察されるストライエーションです。

図2bには高分解能走査型電子顕微鏡（S-4800）で撮影した写真を示します（倍率30万倍）。純アルミニウム（A1050）に形成した水酸化皮膜です。14nm程度の厚みを持つ葉状の皮膜であることがわかります。

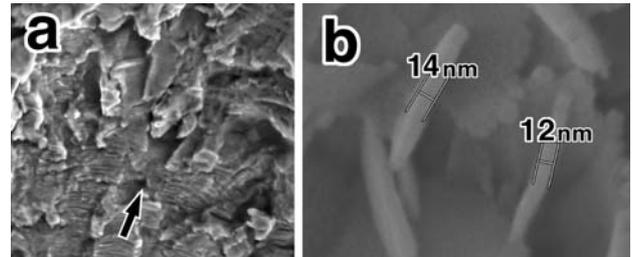


図2 走査型電子顕微鏡写真

## 試料の取り扱い・観察の注意点

表1に示した顕微鏡の中には表面の状態にとっても敏感なものもあり、表面汚染などは観察画像に大きな影響を与えます。観察面に影響を与えない範囲で、試料をアルコールで洗浄するなど、清浄な状態で観察を行うことが重要です。

例えば機械部品などの破損調査における破断面観察では、破断面同士を擦りあわせて破断面を傷つけない、錆びさせないなど、観察したい箇所を保護する必要があります。

このような破断面のマクロ観察では、光の当て方によって破断面の印象が大きく変わることでもありますので、ライティングを工夫することも正しい観察を行うための秘訣です。

## まとめ

表面観察を行う場合は、目的に合わせた顕微鏡を選ぶことが重要です。場合によっては、複数の顕微鏡を使いながら総合的に解析を行うこともあります。顕微鏡によっては、試料サイズに制限のあるもの、前処理を必要とするものなどがございますので、事前にお問い合わせください。

事業化支援本部 <城南支所>

中村 勲、植松 卓彦 TEL 03-3733-6233

E-mail: nakamura.isao@iri-tokyo.jp

E-mail: uematsu.takahiko@iri-tokyo.jp