

SPMとSEMの画像比較

SPM（走査型プローブ顕微鏡）とSEM（走査電子顕微鏡）を較べると、SEMはその歴史も長くあらゆる面で完成の域にあります。一方、SPMにおいては発展途上であり、ハードウェアやソフトウェアの開発だけではなく、アプリケーション技術の開拓も目を見張るものがあります。そして、SPMはSEMの歴史の上を辿るだけではなく、まったく新しい方向へと進むものと期待されています。それは、名前からは似た装置と受け取れますが「探針プローブ」と「電子プローブ」の違いは、似た部分が有ると共にまったく違う部分の二面性を持っているからです。

本稿では、身近な昆虫の複眼を観察することで両装置を比較し、更にSPMについてはSEMでは得られない高さ解析手法の一例をご紹介します。この昆虫の複眼の観察例が、あらゆる材料の観察・測定に通じることは言うまでもありません。

1. SPMとSEMの画像比較

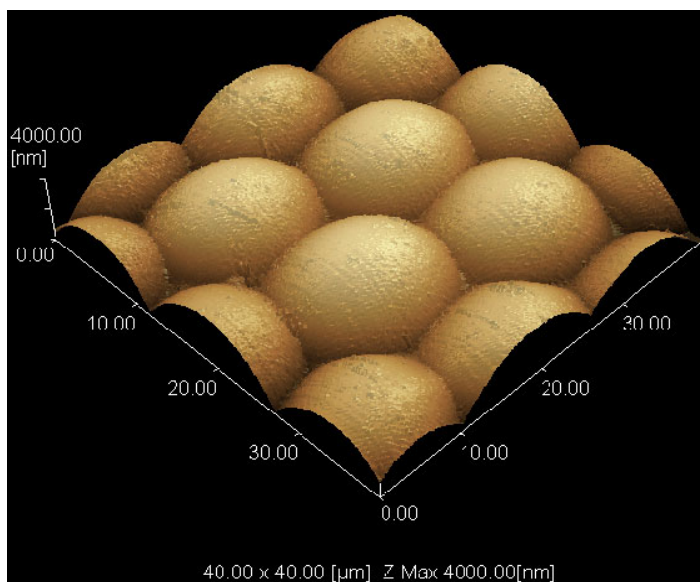


Fig.1 SPMによる蟻の複眼像（ミックス三次元表示）

・SPM像 (Fig.1)

三次元像で表示した蟻の複眼。正確に測定された各点の高さに基づき三次元の像を形成し、複眼の表面の凹凸がリアルに観察されています。

SPMは試料の色を観察出来ないため擬似カラーで表示しています。カラーは、試料の情報に応じた色付けや使い分けができます。

三次元像による表示は、高さによる処理と、照明効果の陰影を附加するミックス表示などがあります。

SPM像は、SEM像と較べて保存画像からの再処理が自在であり、事後の評価にも適しています。

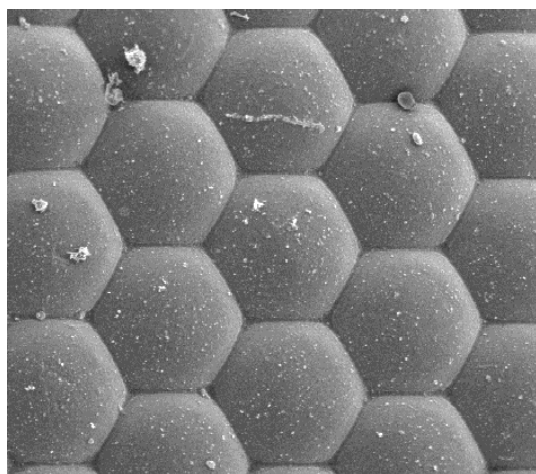


Fig.2 SEMによるハエの複眼像

・SEM像 (Fig.2)

SEM像の特長が出たエッジ効果のある画像です。SEM像のコントラストは、高さではなく信号（二次電子）の発生量に起因した、二次元の情報を持っています。従って、高さは読み取れませんが、複眼がシャープに観察されています。

SEM像は、取得された保存画像からの処理は限られています。例えば、試料を傾斜した像など、撮影時に条件毎に保存しなければなりません。

SPMと較べて、広い視野や凹凸の大きな試料に有利です。

2. SPMによる断面形状の観察と高さ分析

SPMの像が持つ三次元情報を使って、複眼表面の形を分析します。Fig.3はトポ像(*)であり、その画像中の分析線A-Bの断面形状をFig.4に示します。断面表示の縦方向スケールは、およそ3倍に強調して表示しています。表示から、赤い線で示された複眼の一個の高さは $2.91\mu\text{m}$ と読み取れます。また、緑の線から複眼一個の幅が $16.0\mu\text{m}$ と測定されています。

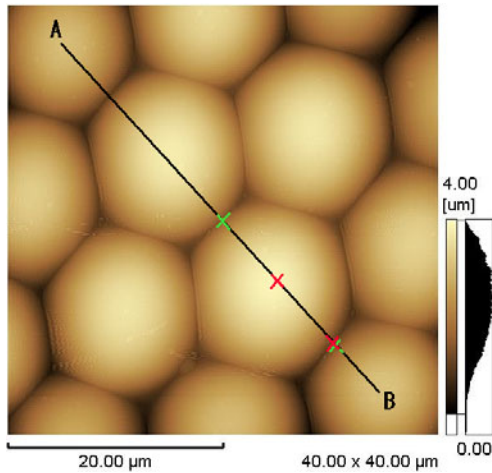


Fig.3 トポ像と分析線A-B

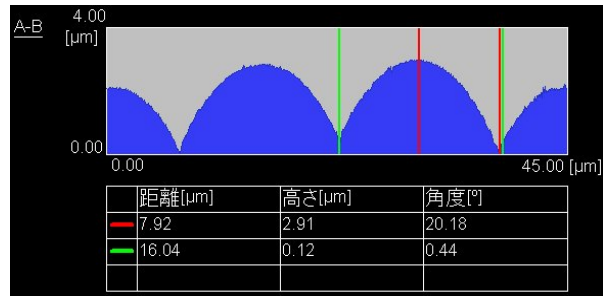


Fig.4 断面表示と高さ分析

トポ像(*): トポグラフィ (Topography) 像を意味し、像の右側に表示されているカラーバーとヒストグラムにより、高さとその分布が解析できます。

3. 複眼のラフネス (粗さ) 解析

SPMで複眼のラフネスを統計的な手法で解析しました。SPMの使用目的の中で、ラフネスの測定は多くを占めており、触針式粗さ計と比較して、線や面のマイクロラフネスから、最も得意とするナノラフネスまで正確に測定できます。SPMの三次元信号を自動解析しますが、一般的に良く使用される「平均粗さ」や「最大粗さ」などがFig.5のように表示されます。

長さ X・Y : 測定エリア

Ra : 算術平均粗さ

Rz : 最大粗さ (高さ)

Rzjis : JIS 十点平均粗さ

Rq : 二乗平均平方根粗さ

Rp : 最大山高さ

Rv : 最大谷深さ

$R_p + R_v = R_z$ の関係になります

注: 蟻の複眼をラフネス解析する事は、一般にありません。

長さX	40.000[μm]
長さY	40.000[μm]
面積	1600.000[μm^2]
Ra	662.704[nm]
Rz	4.403[μm]
Rzjis	2.178[μm]
Rq	795.501[nm]
Rp	1.708[μm]
Rv	2.695[μm]

Fig.5 蟻の複眼のラフネスデータ

4. SPMによる粒子解析

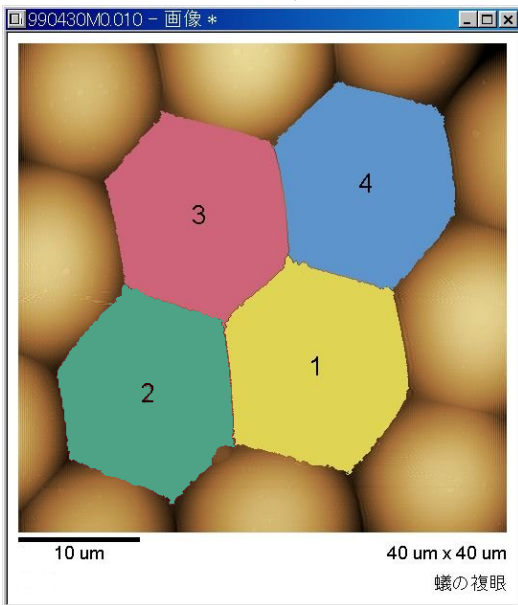


Fig.6 粒子解析ソフトウェアによる画像抽出

SPMの粒子解析ソフトウェアは、三次元の画像情報から、高さデータと面積を使って画像を輪郭抽出した上で、約30種類の特徴量の中から目的とする要素を選ぶと瞬時に統計処理を行います。そして、それらの特徴量は、自在に表やグラフで表示できます。本稿では、特徴量から次の4つを選び解析しました。

- ①平均半径 ②Zの最大値 ③表面積 ④体積

Fig.6は、輪郭抽出をして合計14個の粒子(目)を抽出した後、粒子として不完全なものを自動カットした結果、1から4までの完全な4個を抽出した例を示しています。

解析できる粒子の数は、1000個以上でも高速に処理できますから、微小なナノ粒子も対象になります。

Fig.7は、四つの特徴量を表にしたもので、Fig.6の番号1から番号4までと対応しています。この結果から番号1の粒子は、平均の半径が $7.86\mu\text{m}$ ですから直径では凡そ $15.7\mu\text{m}$ といえます。高さは、 $2.95\mu\text{m}$ です。これは直径の凡そ $1/5$ ですから、それほど目が飛び出しているとは言えません。

番号	平均半径 [um]	Zの最大値 [um]	表面積 [um ²]	体積 [um ³]
1	7.856	2.948	262.2	315.8
2	7.456	2.871	256.1	257.2
3	7.656	2.876	242.8	295.0
4	7.578	2.765	235.7	276.3

Fig.7 粒子解析結果シート

以上のように三次元の世界を持つSPMは、二次元のSEMでは不可能な解析ができるだけでなく、取得後の画像においても自在に活用できるなど、更に期待は高まります。



お問い合わせ先は弊社Webサイトにてお知らせしております。下記のURLをご覧ください。

<http://www.shimadzu.co.jp/surface/contact/branch.html>

W4721-051205-MA