

**平成21年度春季大会  
講演概要集**

**期 日：平成21年5月19日(火)～20日(水)**

**会 場：アルカディア市ヶ谷**

# ナノレベルのデジタル高度相関法を用いた材料表面の同一領域認証

Regional Identification on Material's Surface Using Nanolevel Digital Height Correlation Method

○多田直哉  
NAOYA TADA

八木伸暁  
NOBUAKI YAGI

清水一郎  
ICHIRO SHIMIZU

岡山大学 大学院自然科学研究科  
Graduate School of Natural Science & Technology, Okayama University

## 概 要

デジタルホログラフィック顕微鏡 (Digital Holographic Microscope; DHM) を用いて、純チタン試験片の表面凹凸プロファイル (高度分布) をナノ・オーダーで測定し、その結果に基づいて同一領域認証を試みた。領域認証には、二つの対象領域内のデジタル化された表面凹凸プロファイルの間で相関値を計算し、その結果に基づいて同一領域の同定を行うデジタル高度相関法 (Digital Height Correlation Method; DHCM) を用いた。最終的に電解研磨により平滑化された材料表面においても、ナノ・オーダーでは領域毎に異なるプロファイルを示し、そのプロファイルの差違を利用することにより、領域の認証が可能であった。

キーワード: デジタル高度相関法, 同一領域認証, 表面凹凸プロファイル, 純チタン,  
ナノ・オーダー測定, デジタルホログラフィック顕微鏡

## 1. 緒 言

近年、デジタルホログラフィック顕微鏡 (Digital Holographic Microscope; DHM) が開発され、材料表面における数百 $\mu\text{m}$  角程度の比較的広い領域内の極めて微小な nm オーダーの凹凸を $\mu\text{s}$  単位の短時間で瞬時に測定することが可能となった。この顕微鏡の特徴を生かし、材料表面上の任意の微小領域に関して、ナノ・オーダーの表面凹凸プロファイル (高度分布) を測定し、それに基づく同一領域の認証が可能になれば、材料の局所変形解析や強度特性評価、さらには、非接触での製品認証への展開が見込まれる。そこで本研究では、DHM によって測定されるデジタル化された表面凹凸プロファイルに基づいて同一領域の認証を行うデジタル高度相関法 (Digital Height Correlation Method; DHCM) を提案するとともに、同手法を純チタン試験片表面に適用した。また、認証結果に及ぼす材料変形の影響を検討するため、試験片に微小な圧縮負荷を与えた場合についての認証も試みた。

## 2. デジタル高度相関法

デジタル高度相関法とは、従来のデジタル画像相関法 (Digital Image Correlation Method; DICM) の輝度値を高度値に置き換えることにより同一領域あるいは同一点の認証を実施する方法である。したがって、輝度値では判別が困難な場合でも高度に違いがあれば適用できる。本手法は、領域内での高さ測定が可能な電動ステージ付光学顕微鏡や走査型レーザー顕微鏡、あるいは、本研究で用いたナノ・オーダーの高さ測定が可能な DHM 等各種顕微鏡での利用が可能である。

## 3. 実験方法

純チタン試験片表面を対象に同一領域認証を行った。供試材は、厚さ 15mm、純度 99.5wt%の工業

用純チタン板であり、ワイヤーカット放電加工およびフライス加工により幅 5mm、高さ 5mm、長さ 10mm の角柱形状の試験片に加工した。その後、長手方向に平行な一表面を測定対象とし、同面を #2000 までの耐水研磨紙で機械研磨するとともに、残留応力除去および結晶粒調整のため、真空焼鈍熱処理（温度 1143K、2h 保持、炉冷）を施し、さらに、結晶粒の観察を容易にするため、電解研磨と化学腐食を行った。

圧縮試験には、精密バイス（日本オートマチックマシン（株）、DM30C）を用いた。試験片長手方向に段階的に圧縮負荷を与えると同時に、各段階で試験片表面の高度分布測定を行った。用いた顕微鏡は、反射型デジタルホログラフィック顕微鏡 R1000（スイス Lyncee Tec 社製）である。

同一領域認証は、変形前同士および圧縮変形前後の表面において異なる 4 個の結晶粒内に設けた計 23 箇所の注目領域 ROI について行い、ROI の大きさを  $40 \times 40$  ピクセル（1 ピクセル = 366nm）、走査（探索）領域 SR の大きさを  $80 \times 80$  ピクセルに設定した。なお、圧縮ひずみは、比較的判別が容易な結晶粒界近傍の注目点对（距離約  $180 \mu\text{m}$ ）を複数個設定し、それらの変位を基に評価した。

#### 4. 実験結果

圧縮負荷を加える前の高度分布の例を図 1(a)に、圧縮後の同分布において、図 1(a)と最も相関が高く同一領域と認証された箇所の高度分布を同図(b)に示す。まず、図 1(a)に示す変形前の高度分布を見ると、電解研磨を施した平滑な試験片表面においてもナノ・オーダーでは明確な凹凸を有することがわかる。この凹凸プロファイルは場所毎に異なるため、凹凸の周期より十分に広い  $40 \times 40$  ピクセルの ROI を設定し、その ROI のプロファイルと同じプロファイルを見いだすことにより、変形を与えない材料表面同士において領域認証が可能であった。

次に、同一領域として認証された図 1(b)に示す圧縮変形後のプロファイルと図 1(a)に示した変形前のプロファイルと比較すると、両者は類似している。本研究で試みた領域認証の条件は限られたものではあるが、この互いに類似したプロファイルを利用することにより、微小な圧縮変形を与えた場合においても認証が可能であることが確認された。

#### 謝 辞

本研究は、科学研究費補助金（萌芽研究、課題番号 20656021）の援助により実施した。また、表面プロファイルの測定に関しては、松田知足氏（（株）オムニセンスジャパン）、松永正史氏（愛知産業（株））、谷田俊和氏（（株）デジタルマイクロシステムズ）、内藤孝幸君（岡山大学大学院生）に協力して頂いた。ここに記して謝意を表す。

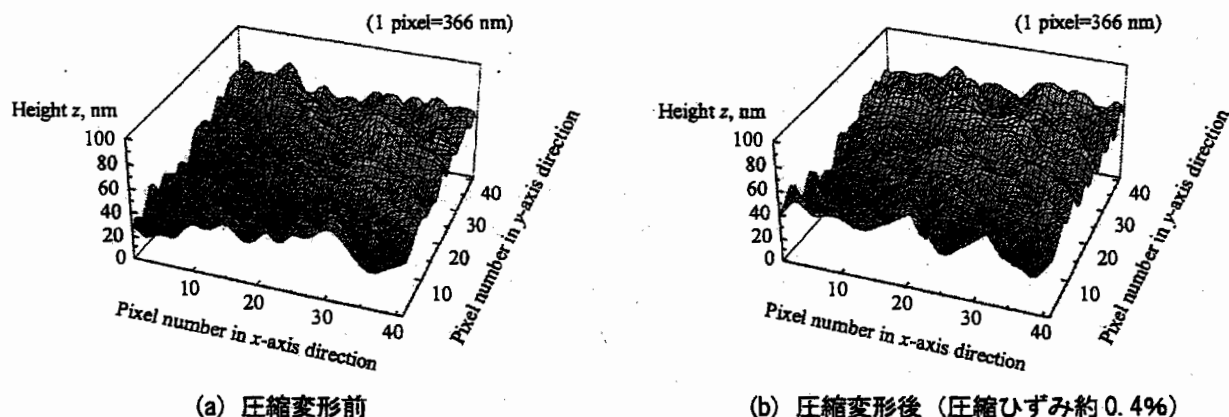


図 1 ナノ・オーダーの表面凹凸プロファイル