

表面性状評価法の最適化に関する研究

小船 諭史*¹⁾ 中西 正一*²⁾

Study of Optimization for Surface Texture Evaluation Methods

Satoshi Kobune*¹⁾, Shoichi Nakanishi*²⁾

キーワード：表面性状、表面粗さ、面領域の表面性状

Keywords：Surface Texture, Raughness, Areal Surface Texture

1. 研究背景及び目的

表面性状を測定する測定方式は複数種類存在するが、測定方法及び解析方法は輪郭曲線方式のみ規格が整備されている状況である。そのこともあり、輪郭曲線方式とそれ以外の測定方式間で測定結果あるいは解析値が異なるとの報告が寄せられている^{(1),(2)}。都産技研においても、特に面領域の表面性状等の測定の際に同様の事例を確認している。この問題を解決するため、測定者は測定方式間の結果の違いを考慮した上で測定対象に好適な測定方法及び解析方法を選定する必要がある。しかし、現在のところ、これらの選定基準は明確には存在しない。そこで本研究では、測定対象に対して適切な測定方式及び解析方法の選定基準の確立を目指し、構造的に分類した試験片を測定方式の異なる測定機による比較測定を行った。

2. 研究内容

2.1 測定機 実験に用いた測定機は触針式表面性状測定機（以下A方式）、レーザー触針式表面性状測定機（以下B方式）、走査型白色干渉測定機（以下C方式）、共焦点式レーザー顕微鏡（以下D方式）、走査型プローブ顕微鏡（以下E方式）の5種類とした。表1に測定機の方式を示す。

2.2 試験片 実験に用いた試験片は(1)微小周期構造体 (2)周期構造体 (3)非周期構造体 (4)鏡面体 (5)球面体 (6)段差試験片の6分類である。各試験片の仕様を表2に示す。

2.3 評価方法 評価方法はA方式及びB方式は輪郭曲線方式、C方式、D方式及びE方式は面領域（フィルタ処理なし）による評価とした。

C方式及びD方式については異なる倍率の対物レンズが複数あるため、これらの違いによる比較も行った。倍率はC方式では2.5倍、10倍、50倍とし、D方式では5倍、20倍、100倍とした。

表1. 測定機の方式

測定方式	測定機
A方式	触針式表面性状測定機
B方式	レーザー触針式表面性状測定機
C方式	走査型白色干渉測定機
D方式	共焦点式レーザー顕微鏡
E方式	走査型プローブ顕微鏡

表2. 試験片の仕様

試験片名	特徴	一例
微小周期構造体	Rc=0.1~0.15 μm、 RSm=1~5 μm	電子線描画を施したシリコン基板
周期構造体	Rc=1~25 μm、 RSm=15~300 μm	校正用粗さ標準片
非周期構造体	Ra=0.06~0.5 μm	コーティング膜
鏡面体	Ra=0.0005~0.005 μm	平面基準原器
球面体	直径=0.5~20mm	鋼球
段差試験片	段差=0.1~20 μm	校正用段差原器

評価する表面性状パラメータはJIS B0601⁽³⁾で定められている平均高さ Rc、平均長さ RSm、算術平均粗さ Ra の3パラメータとした。

3. 結果及び考察

表3に測定結果の一例を示す。表3の結果は微小周期構造体についてはRSm=2 μm、Rc=0.1 μmに設計した試験片、周期構造体はRSm=100 μmに設計された試験片、非周期構造体はコーティング膜、鏡面体は平面基準原器、球面体はφ5mmの鋼球、段差片は設計値の段差が20.81 μmの試験片である。

3.1 微小周期構造体 図1にRSm=2 μmの試験片における各方式で得られた断面プロファイルを示す。この試験

事業名 技術支援事業

*¹⁾ 電子・機械グループ*²⁾ 高度分析開発セクター

片において、Rc 値は A, B, C, D 方式では設計値と異なる値を示した。これは、A 方式では触針形状（先端半径： $2\mu\text{m}$ 、 60° 円錐）の影響、B 方式ではレーザースポット径の影響、C 方式では水平方向の分解能の影響を受けたためと考える。D 方式では、一方、 $\text{RSm}=5\mu\text{m}$ の試験片においてはすべての方式で設計値と同等の値を示した。

3.2 周期構造体 RSm 値が $15\sim 150\mu\text{m}$ の試験片において、Rc 値は全ての測定方式で同等の値であった。一方、RSm 値が $300\mu\text{m}$ 程度の場合、B 方式、C 方式、D 方式で設計値と異なる値を示した。この原因は、C 方式、D 方式では RSm が大きくなると測定視野内の凹凸形状数が減少するためと考える。

3.3 非周期構造体 $\text{Ra}=0.06\sim 0.38\mu\text{m}$ において、B 方式を除き Ra 値は同等の値であったが、 $\text{Ra}=0.5\mu\text{m}$ 以上においては一致しなかった。これは、Ra 値が大きくなると C 方式及び D 方式において測定視野内の凹凸形状数が減少するためと考える。そのため、C 方式及び D 方式で $\text{Ra}=0.5\mu\text{m}$ 以上の対象を測定する場合はステッチング処理が必要と考える。

3.4 鏡面体 Ra 値に関係なく、B 方式では大きく異なり、C 方式では他の方式より低い値を示す傾向となった。また、C 方式ではレンズ倍率が低いほど測定値が小さい値を示した。これは、鏡面を測定する場合、水平方向の分解能の影響を受けるためと考える。D 方式では、他の方式より大きい値を示す傾向を示した。

3.5 球面体 A 方式では曲率半径が 0.5mm 以下の場合、触針の幾何形状の影響で触針先端部での測定が困難となり測定値が C 方式と異なった。また、測定面の曲率に依らず、B 方式と D 方式では他の方式より大きい値を示した。そのため、D 方式については種々の条件のフィルタ処理を施したが有効な値は得られなかった。

3.6 段差試験片 段差が $0.1\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$ の試験片において、各方式の測定値は設計値と同等の値を示した。しかし、段差が $20\mu\text{m}$ の試験片においては C 方式、D 方式で設計値より最大 $0.2\mu\text{m}$ (1%) 程度小さい値を示した。

4. まとめ

本研究では触針式表面性状測定機、レーザー触針式表面性状測定機、走査型白色干渉測定機、共焦点式レーザー顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡の 5 つの方式による表面性状の測定結果を比較検討した。その結果、測定対象の分類に応じた測定方式の選定が必要であることがわかった。また、全ての測定対象において万能な測定機は存在しないため、信頼性向上には測定事例の蓄積が重要である。今後、今回得た結果では検討が不可能だった事項に対してさらに調査をする必要がある。また、A 方式及び B 方式は輪郭曲線方式による測定としたが、他の方法と測定条件を合わせるために面領域による測定を試みる必要がある。

表 3. 測定結果の一例

試験片名		微小周期構造体	周期構造体	非周期構造体	鏡面体	球面体	段差試験片	
評価パラメータ		Rc (μm)	Rc (μm)	Ra (μm)	Ra (nm)	Ra (nm)	段差 (μm)	
測定方式	A 方式	0.08	9.90	0.24	0.7	3.0	20.89	
	B 方式	0.23	9.40	0.25	3.0	15.0	20.85	
	C 方式	2.5 倍	—	10.30	0.20	0.2	—	20.70
		10 倍	—	10.20	0.22	0.2	3.0	20.72
		50 倍	0.07	—	0.20	0.2	3.0	20.79
	D 方式	5 倍	—	—	—	—	—	20.34
		20 倍	—	9.20	1.0	44.6	800	20.88
		100 倍	0.15	—	0.20	2.8	235	20.89
	E 方式		0.10	—	—	—	—	—

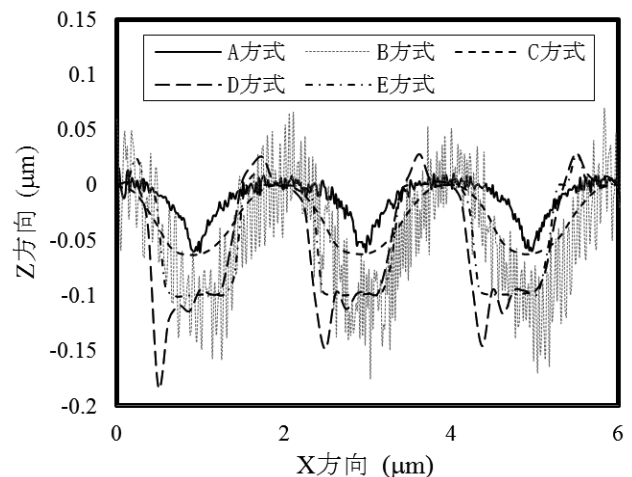


図 1. 微小周期構造体における断面プロファイル

(平成 24 年 5 月 18 日受付, 平成 24 年 7 月 5 日再受付)

文 献

- (1) 関根俊彰, 宇野彰一, 島崎景正, 信本康男: 「接触式・非接触式粗さ測定結果の相関性について」, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 第 6 巻 (2008)
- (2) 西川孝: 「白色光干渉顕微鏡による表面トポグラフィ測定」, 精密工学会誌, vol.76, No.9, pp.999-1002 (2010)
- (3) 日本工業規格 JIS B0601