ノート

レーザ顕微鏡および粗さ測定機による表面粗さの比較

堀田　優*　吉田　正樹*　斎藤　雄治*

Comparison of the surface roughness by the laser microscope and the styus method

HOTTA Yu*, YOSHIDA Masaki* and SAITO Yuji*

1. 緒　　言

表面粗さを測定する方法には，大きく分けて「接触式」と「非接触式」の 2 つの方式がある。「接触式」は触針が試料を直接なぞることにより表面の凹凸を測定するもので，表面粗さ測定に最も広く用いられている。これに対して，「非接触式」は光を使用したものであり，共焦点方式を利用したレーザ顕微鏡，白色干渉方式を利用した白色干渉計などがある。これらの測定値は試料の表面状態，反射率，形状などに影響されやすいものの [1]，試料を傷つけることなく表面粗さを測定できるメリットがある [2), 3)]。

しかし，同一試料を接触式と非接触式で測定した場合，測定値がどの程度一致するのか検証したデータは少ない [2)]。

そこで本研究では，接触式と非接触式で表面粗さの異なる複数の試料を測定し，測定値がどの程度一致するのか検討した。

2. 実験方法

2.1 測定条件

表面粗さの測定は接触式の規格（JIS B 0633: 2001）に準拠して行った。測定試料は 23 種類とし，各試料につき 10 回測定した。測定方向は，加工方向が一定の試料は加工方向に対して直交方向に測定を行い，加工方向が不定の試料は任意の方向に測定を行った。粗さパラメータは算術平均粗さ *Ra*，最大高さ粗さ *Rz* を算出し，10 個の平均値および Student の t 分布による 95%信頼限界を求めた。

* 県央技術支援センター

2.2 測定試料

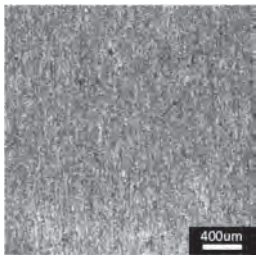
機械構造用炭素鋼 S45C φ20mm 丸棒を長さ 10mm に切断して樹脂込めを行い，切断面を#80, #220, #500, #1000, #2000, #4000 の SiC 研磨紙で表面仕上げした試料，ステンレス鋼板 SUS304，ステンレス鋼板 SUS430，チタン合金板を各種表面仕上げした試料を測定した。図 1 に SUS304 鋼板，SUS430 鋼板，チタン合金板の表面仕上げの概要を示す [4), 5)]。

2.3 測定機器

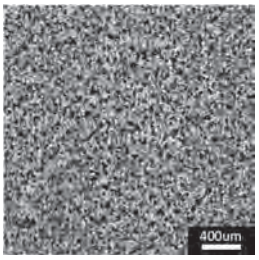
本研究では，接触式としてアメテック（株）製粗さ測定機（フォームタリサーフ PGI430），非接触式としてオリンパス（株）製レーザ顕微鏡（LEXT-OLS4100）を使用した。

接触式では先端半径 2μm，円錐角 60° のダイヤモンド製触針を使用した。高さ方向の測定分解能は 0.8nm である。

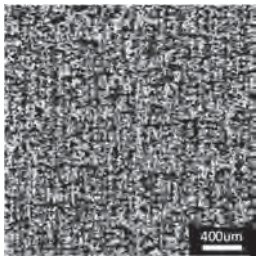
非接触式は対物レンズの高さを変えながら集光したレーザで走査することで，試料を水平に輪切りにしたような画像を取得し，これを重ね合わせることで立体画像を構築する顕微鏡である。立体画像には 1 画素ごとに高さ情報が含まれており，真上からみた立体画像に任意の直線を引くことで，その直線上の断面形状を表す曲線を得ることができる。この曲線に対して接触式の規格（JIS B 0632: 2001）に基づいた解析を行うことで各種粗さパラメータを算出する。集光したレーザは接触式の触針に相当するもので，本研究における理論径は 0.43μm（倍率 50×，開口数 0.95 の対物レンズ使用時）である。対物



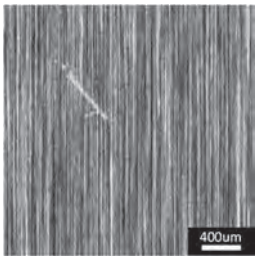
No.2D
・SUS304 鋼板
冷間圧延後，大気焼鈍，酸洗したもの。



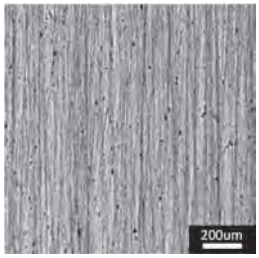
No.2D-S
・チタン合金板
冷間圧延後，大気焼鈍，ソルト焼入れ，酸洗したもの。



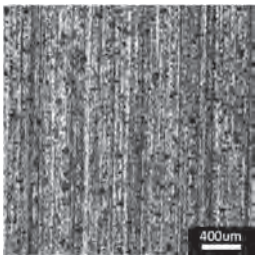
No.2B
・SUS304 鋼板
・SUS430 鋼板
・チタン合金板
No.2D 仕上げ後，スキンパス圧延したもの。



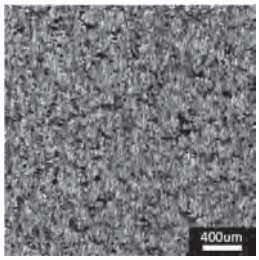
No.4
・SUS304 鋼板
・SUS430 鋼板
#150～#180 で研磨したもの。



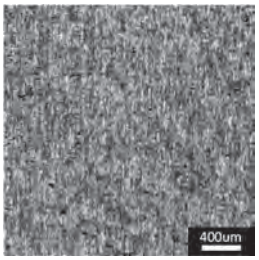
#400 バフ
・SUS304 鋼板
・SUS430 鋼板
No.2B 仕上げ後，#400 相当の反射率を持つようバフ研磨したもの。



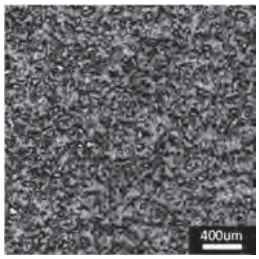
No.7
・チタン合金板
#400 バフ仕上げより反射率が良いようバフ研磨したもの。



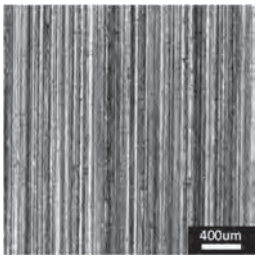
BA
・チタン合金板
冷間圧延後，真空焼鈍したもの。



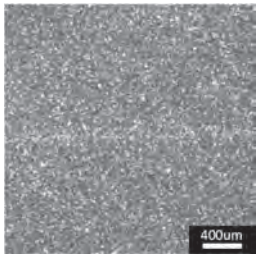
BA-S
・チタン合金板
冷間圧延後，真空焼鈍，スキンパス圧延したもの。



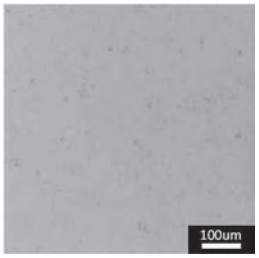
DS
・SUS430 鋼板
冷間圧延後，大気焼鈍したもの。



HL
・SUS304 鋼板
・SUS430 鋼板
適当な粒度の研磨剤で連続した磨き目が付くよう研磨したもの。



ブラスト
・チタン合金板
アルミナ，サンド，グラスビーズなど投射材によりブラスト仕上げしたもの。



電解複合研磨
・SUS304 鋼板
電気化学的な研磨と研磨剤による物理的な研磨を複合したもの。

図 1　測定した SUS304 鋼板，SUS430 鋼板，チタン合金板の表面仕上げの概要
各図は試料表面のレーザ顕微鏡像を示す。

レンズの高さ方向の移動分解能は 10nm である。

3. 実験結果および考察

図 2 に接触式と非接触式による粗さ曲線の代表例を示す。(a)SUS430 鋼板　DS 仕上げと(b)チタン合金板　No.2B 仕上げの粗さ曲線は類似しているのに対して(c)SUS430 鋼板　電解複合研磨では大きく異なっていることがわかる。

表 1 に接触式と非接触式による粗さパラメータの平均値とその 95%信頼限界を示す。数値の右肩に短剣符（†），二重短剣符（‡）が記載されているものは接触式と非接触式による 95%信頼区間が重ならない試料であることを示す。SUS304 鋼板　電解複合研磨を除き，接触式と非接触式による粗さパラメータはほぼ一致していた。SUS304 鋼板　電解複合研磨の粗さ曲線，粗さパラメータが大きく異なる理由としては，非接触式の対物レンズの高さ方向の移動分解能に近い微小な凹凸であることなどが考えられる。

表 1 の結果を用いて接触式と非接触式による粗さパラメータを比較したものを図 3 に示す（95%信頼区間が重ならない試料を除く）。図中の白丸は粗さパラメータの平均値をプロットしたもの，直線は最小二乗法により求めたものである。*Ra*，*Rz* ともに，直線の勾配が 1 に近い値を示したことから，非接触式による測定値は接触式による測定値と概ね一致していることがわかる。

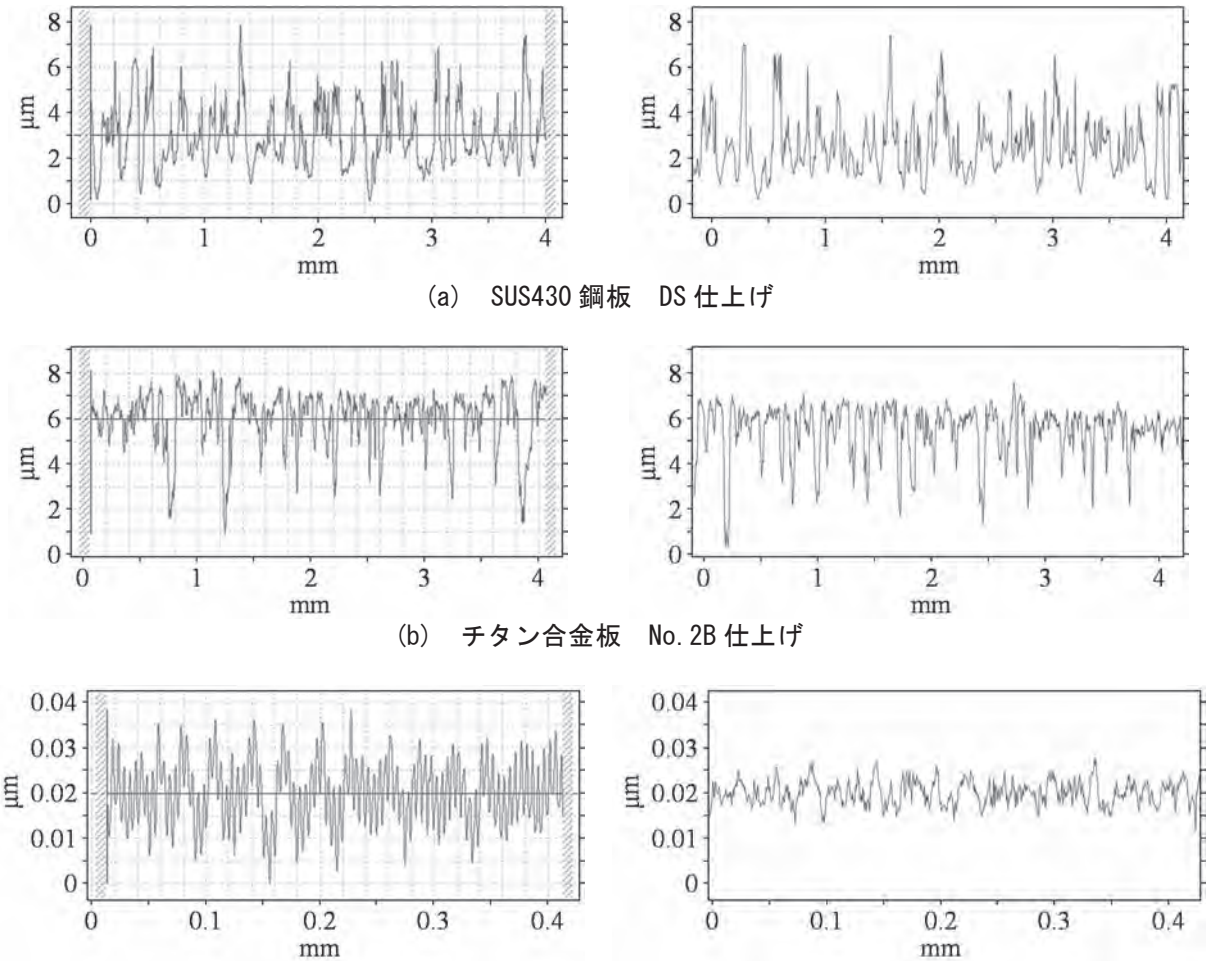


図 2　接触式と非接触式による粗さ曲線の代表例（左：接触式，右：非接触式）

表 1　接触式と非接触式による粗さパラメータの平均値とその 95%信頼限界

数値の右肩に短剣符（†），二重短剣符（‡）が記載されているものは
接触式と非接触式による 95%信頼区間が重ならない試料であることを示す。

		算術平均粗さ *Ra*(μm)		最大高さ粗さ *Rz*(μm)	
		接触式	非接触式	接触式	非接触式
S45C	#80	0.837±0.324	0.798±0.322	5.74±2.48	5.59±1.66
	#220	0.305±0.103	0.306±0.069	2.90±1.84	2.73±0.95
	#500	0.084±0.018	0.089±0.012	0.657±0.218	0.699±0.197
	#1000	0.076±0.020	0.076±0.013	0.614±0.194	0.648±0.174
	#2000	0.018±0.004	0.022±0.005	0.134±0.050	0.181±0.053
	#4000	0.010±0.002	0.010±0.003	0.060±0.017	0.061±0.014
SUS304 鋼板	HL	0.441±0.075	0.422±0.042	4.80±1.73	4.43±0.84
	No.4	0.164±0.018	0.167±0.019	1.73±0.43	1.60±0.34
	No.2D	0.147±0.014	0.154±0.016	1.37±0.24	1.46±0.26
	No.2B	0.064±0.013	0.072±0.018	0.864±0.286	0.874±0.215
	#400 バフ	0.030±0.005	0.031±0.004	0.252±0.092	0.246±0.050
	電解複合研磨	0.006±0.001†	0.002±0.001†	0.033±0.006‡	0.009±0.003‡
SUS430 鋼板	DS	1.16±0.25	1.12±0.24	6.42±0.71	6.37±0.64
	HL	0.480±0.043	0.481±0.039	4.94±0.66	5.14±0.65
	No.4	0.157±0.011	0.161±0.014	1.66±0.24	1.60±0.35
	No.2B	0.050±0.006	0.050±0.010	0.396±0.128	0.392±0.160
	#400 バフ	0.036±0.006	0.034±0.006	0.317±0.175	0.290±0.109
チタン合金板	ブラスト	1.01±0.07	1.05±0.10	7.66±0.66	8.07±1.35
	No.2B	0.767±0.222	0.731±0.168	5.17±1.71	4.86±1.05
	No.7	0.668±0.096	0.675±0.094	5.67±1.03	5.36±1.06
	No.2D-S	0.569±0.126	0.590±0.152	4.84±0.74	5.21±1.09
	BA	0.386±0.049	0.411±0.080	3.22±1.06	3.37±1.08
	BA-S	0.247±0.044	0.250±0.040	2.09±0.58	2.18±0.57

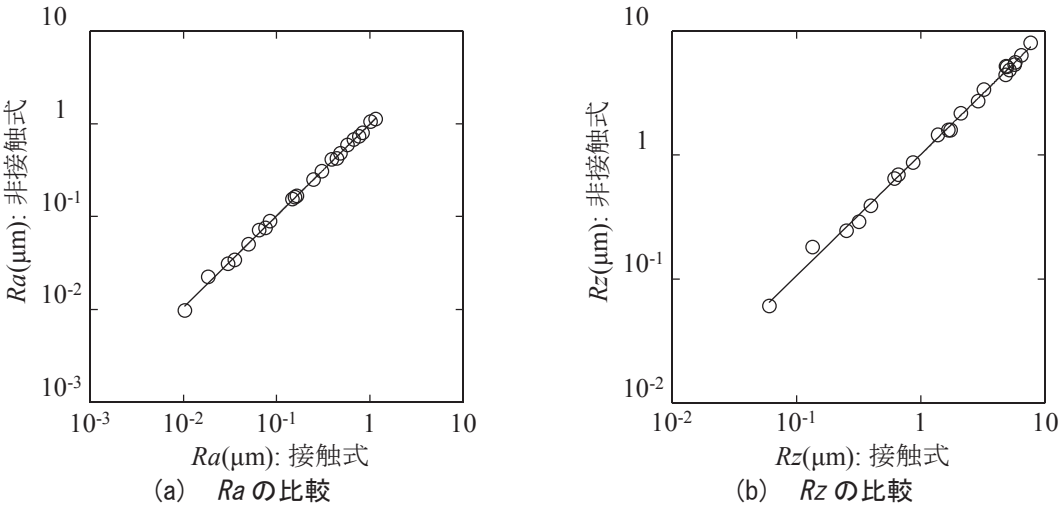


図 3　接触式と非接触式による粗さパラメータの比較

白丸は粗さパラメータの平均値をプロットしたものを示す。
（表 1　95%信頼区間が重ならない試料を除く）
直線は最小二乗法により求めた。

4. 結　　言

接触式と非接触式により S45C, SUS304 鋼板，SUS430 鋼板，チタン合金板を各種表面仕上げした試料の表面粗さを測定した。その結果，SUS304 鋼板　電解複合研磨を除き，粗さ曲線の形状は類似し，粗さパラメータはほぼ一致した。

参考文献

1）http://microscopelabo.jp/trend/009/，レーザー顕微鏡による非接触表面粗さ計測，「OLYMPUS ホームページ」，平成 28 年 3 月 14 日.

2）藤井章弘ら，“3D 測定レーザー顕微鏡 OLS4000 による 3D 表面性状計測”，OplusE　6 月号，2009，pp.1-5.

3）佐藤壽芳，“超精密非接触表面形状測定法について”，生産研究　第 39 巻　第 6 号，1987，pp.201-208.

4）（株）日本金属工業，“表面仕上げ記号の摘要”，NTK ステンレス鋼表面仕上げサンプルブック.

5）（株）神戸製鋼所，“表面仕上げ記号の摘要” チタン表面仕上げサンプルブック.