

# 非接触 CMM 用検査用標準器の光学特性に関する研究\*

和合 健\*\*、井山 俊郎\*\*\*

非接触座標測定は高速で面情報が取得できる反面、試料表面の性状や光学特性の影響により測定誤差が増大する可能性がある。ここでは、測定物表面の光学特性に起因する測定誤差の定量化を図るために複数の測定物表面の光学特性と表面粗さの関係を求めた。その結果、粗さの平均値を表す指標 Rz(JIS)、R3z や粗さの傾斜の指標 Rdq 及び負荷長さ率に関する指標 Rdc が散乱光を発生する面の評価に適することがわかった。

**キーワード：非接触 CMM、光学特性、表面粗さ、曲げ角度**

## Study of Optical Surface Characteristics of Artifact for Performance Evaluation Applied to Non-Contact type Coordinate Measuring Machine

WAGO Takeshi and IYAMA Toshiro

Non-contact coordinate measuring had been performed high efficiency measurement by wide area scanning, but the measurement error was increased by the influence of surface properties and optical characteristics. Here, Relation between optical characteristics and surface roughness were studied in order to determinate measurement error based on optical characteristics of workpiece surface. As a result, it is suitable for index of evaluation that Rz(JIS), R3z as roughness average present and Rdc as bearing ratio curve present was represented for scattering of surface.

**key words : Non-contact CMM, optical characteristic, surface roughness, bend angle**

### 1 緒 言

ステレオ画像式やレーザ変位プローブ式などによる非接触座標測定は高速に面情報が取得できる反面、試料表面の性状や光学特性の影響により測定誤差が増大する<sup>1)</sup>。ここでは、測定物表面の光学特性に起因する測定誤差の定量化を図るために複数の測定物表面の光学特性と表面粗さの関係を求めた。表面粗さと光学特性の相関が分かれば、表面粗さを調べることでその測定物の光学特性、更には非接触 CMM での測定誤差にたどり着けると考えられる。

### 2 実験方法

#### 2-1 光学特性測定装置

実験装置は図 1 に示すとおりレーザ波長が 635nm の赤色半導体レーザを 135°方向から入射させ、測定物からの反射光をシリコン系のフォトダイオードの受光器で受光する構造である。レーザを受光器に直射した時に受光器は 3.6V の最大出力を示し、レーザを照射しない無負荷状態では受光器は 0.0003V を出力した。この受光器の解像度は 12000 分割であり微弱な光を受光できる性能を

持つ。レーザによる照射部を固定して、対する受光器は 5 相ステップモータ駆動の回転ステージにより 0~180°の範囲で回転させる。この回転ステージの位置決め精度は 0.033°で繰り返し精度は±0.005°である。測定物の保持方法は自在治具の測定物保持部に強力マグネット 2 個を接着剤で取り付け、磁力で測定物を空中に保持する方法とした。本測定装置の制御は、プログラミング言語 Labview8.6 によりパソコンから行い、回転ステージと電圧を入力する A/D 変換器の二つの外部機器を制御した。制御アルゴリズムは回転ステージを 0°から開始し、1°毎の移動指令を回転ステージに与える。パソコンから移動指令を回転ステージに与えた直後から継続して回転ステージの動作中/停止中の状態監視を行い、停止と判断した時に光量の電圧を測定する。

#### 2-2 反射光分布の測定方法

反射光分布の測定方法は、レーザを測定物表面に照射して反射光の反射強度を受光器で受光する。回転ステージを 0°~180°の範囲で 1°毎に回転させ、その都度反射強度を測定する。測定物表面は上方向を Z 軸、測定物表面の法線ベクトル方向を Y 軸

\* 基盤的・先導的技術研究開発事業

\*\* 材料技術部

\*\*\* 岩手大学工学部

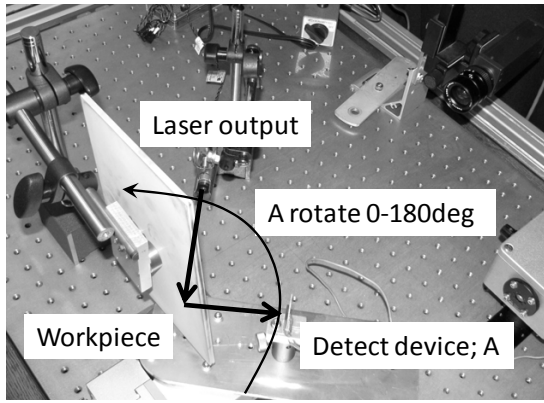


Fig.1 Measuring equipment of optical characteristics

とした時の ZY 平面において Y 軸方向に対し法線ベクトルが 0°とした FA=0 の二次元反射光分布と上向き 2°とした FA=2 の三次元反射光分布の二つの場合を設定した。FA=0 と FA=2 の設定は、手動式 CMM (ミットヨ製 A121) を使用した。この CMM の指示誤差は  $E=4+8L/1000\mu\text{m}$  (L は測定長さ mm) である。測定物の角度は、手作業で調整後に CMM でその角度を測定し  $\pm 20$  分以内を公差とした。

2-3 測定物表面の改質方法

光学特性が異なる複数の表面を測定するために 8 種類を設定した。以下にその表面の種類と呼び名を示す。(1)無電解ニッケルメッキ ; Ni、(2)炭化窒化チタン ; Ti-C-N、(3)硬質クロムメッキ ; Cr、(4)鏡面 ; Sp、(5)白色粉体塗布 (素地は鏡面) ; Wp(Sp)、(6)白色粉体塗布 (素地は研削面) ; Wp(Grd)、(7)研削 ; Grd、(8)フライス ; Mil である。

2-4 表面粗さ測定

測定物の表面粗さは接触式粗さ測定機 (テラーホブソン製 PGI1240) で測定した。接触式では測定出来ない Wp(Sp)と Wp(Grd)はレーザ変位式形状測定機 (三鷹光器製 NH-3SP) で測定した。その結果を図 2 に示す。白色粉体塗布の Wp(Sp)と Wp(Grd)で Ra、Rz が大きい傾向があり、Grd と Mil で RSm が大きい。

3 実験結果及び考察

反射光分布は曲げ角度  $\alpha_{agl}$  を指標として評価し、式(1)で示される。

$$\alpha_{agl} = a/2 \quad (1)$$

ただし、a は各平板の尖頭利得  $G_0$  をすべて 100% に校正した時の尖頭利得の 50%値 ( $G_0/2$ ) の分布の全幅である。図 3 は FA=0 での曲げ角度  $\alpha_{agl}$ 、図 4 は FA=2 での曲げ角度  $\alpha_{agl}$  である。鋼色の光沢面の Sp と Mil の二つが FA=0 と FA=2 の両方で反射光分布が狭いことを示しており、この二つの

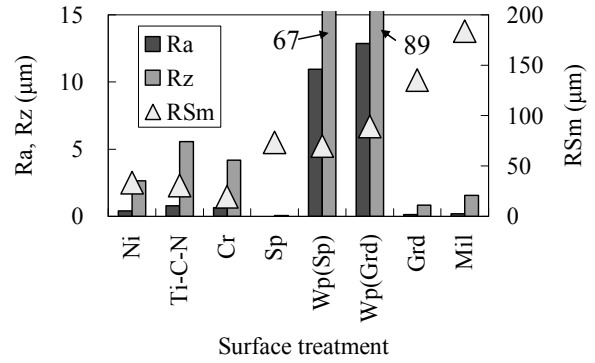


Fig.2 Surface roughness

Table 1 Coefficient of correlation between surface roughness and bend angle  $\alpha_{agl}$  (deg), BRDF

Roughness parameter	Unit	$\alpha_{agl}$ (deg)		BRDF	
		FA=0	FA=2	FA=0	FA=2
Ra	μm	0.12	0.22	0.44	0.06
Rz	μm	0.10	0.24	0.46	0.06
RSm	μm	0.38	0.31	0.44	0.14
Rsk	-	0.48	0.57	0.66	0.46
Rdq	deg	<b>0.78</b>	0.52	<b>0.92</b>	0.04
Rz(JIS)	μm	<b>0.83</b>	<b>0.59</b>	<b>0.90</b>	0.02
R3z	μm	<b>0.82</b>	<b>0.59</b>	<b>0.89</b>	0.01
RVo	Vol	<b>0.71</b>	0.50	<b>0.94</b>	0.17
Rmr(c)	%	0.48	0.44	0.30	<b>0.88</b>
Rdc	μm	0.49	0.22	<b>0.94</b>	0.28
RPC	pks/cm	0.34	0.01	0.78	0.21

表面は非接触 CMM に適する散乱光が発生しにくい。特徴的な反射光分布は、FA=0 の Wp(Sp)と FA=2 の Grd の二つである。FA=0 の Wp(Sp)は白色粉体塗布を施して散乱光が生じやすい表面に改質したにもかかわらず反射光分布が Sp と同等の分布を示している。それに対して FA=2 の Wp(Sp)では広い反射光分布となり非接触 CMM に適する散乱光を発生している。これは、FA=2 では測定物を 2°傾けた効果からレーザが白色粉体に遮られ素地の Sp まで届いていないことが理由と考えられる。つまり、白色粉体を塗布したとしても正対照射では素地の特性に大きく影響を受ける。FA=2 の Grd は図 2 に示すとおり表面粗さ Rz0.84μm の光沢面にもかかわらず散乱光を発生する非接触 CMM での測定に良好な面となっている。このことは、単に表面粗さの大きさのみで反射光分布が決定されるのではないことがわかる。

曲げ角度と反射特性を表す BRDF が非接触 CMM に適する表面が有する散乱光を表現する指標として有効であることが分かっている<sup>1)</sup>。そこで、表面粗さと曲げ角度  $\alpha_{agl}$  及び BRDF の関係を求めるためにそれぞれの相関係数を算出して表 1 に示した。その結果、曲げ角度  $\alpha_{agl}$  では Rz(JIS)

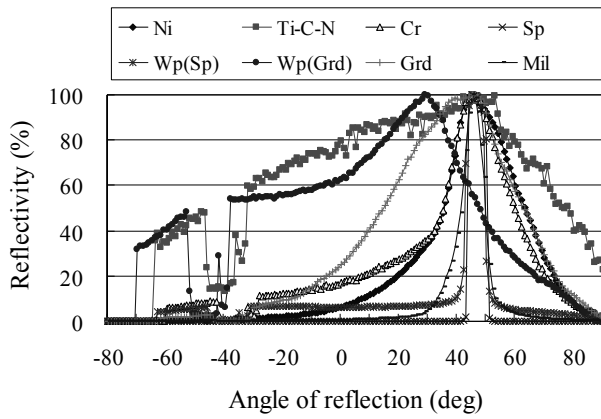


Fig.3 Surface scattering in case of FA=0 deg

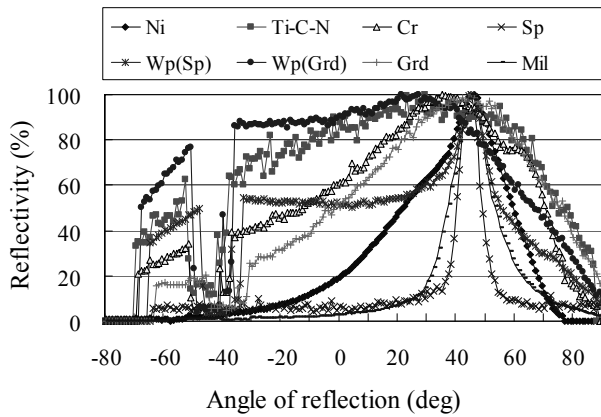


Fig.4 Surface scattering in case of FA=2 deg

と R3z で相関係数が高く、BRDF では FA=0 で R<sub>dq</sub> と R<sub>dc</sub>、FA=2 では R<sub>mr(c)</sub> で相関係数が高かった。これは粗さの平均値を表す指標 R<sub>z</sub>(JIS)、R<sub>3z</sub> や粗さの傾斜を表す R<sub>dq</sub> 及び負荷長さ率に関する R<sub>dc</sub> 等の指標が散乱光を発する面の評価に適することを表している。

#### 4 結 言

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 反射光分布を曲げ角度  $\alpha_{agl}^\circ$  で評価した結果、表面粗さが非常に小さい研削面(Grd)で曲げ角度  $\alpha_{agl}^\circ$  が大きい。これは、特徴的な散乱光の発生を示しておりその仕組み解明が今後の課題である。
- (2) 表面粗さと曲げ角度  $\alpha_{agl}^\circ$  及び BRDF の関係を求めるためにそれぞれの相関係数を算出した結果、粗さの平均値を表す指標 R<sub>z</sub>(JIS)、R<sub>3z</sub> や粗さの傾斜を表す R<sub>dq</sub> 及び負荷長さ率に関する R<sub>dc</sub> 等の指標が散乱光を発する面の評価に適する。

#### 文 献

- 1) 和合健、井山俊郎：非接触式座標測定機の検査用標準器に関する研究、設計工学、43、12(2008)、pp673-679.