ノート

簡易な非接触粗さ測定法の研究

木嶋　祐太*　斎藤　雄治*

Simple Method for Non-contact Surface Roughness Measurement

KIJIMA Yuta* and SAITO Yuji*

1. 緒　　言

表面粗さは，測定物の表面性状（“つるつる”や“ざらざら”）を表すものである。一般的に表面粗さは，先端が尖ったダイヤモンド製の触針（プローブ）で測定物の表面をならうことにより，表面の細かい凹凸を計測して求める。しかし，樹脂のように傷がつきやすい測定物に対して上記の触針でならうと表面に傷をつけてしまう。このため，非接触による表面粗さ測定への需要が高まっており，非接触式の粗さ測定機も市販されているが，きわめて高価で普及が遅れている。

さて，物体表面に光ビームを当てたとき，その反射光は表面粗さが大きいほど広がる。この反射光の強度分布は理論上，ガウス分布（正規分布）となることが知られている。このため，反射光の強度分布をガウス曲線で近似して，その曲線の標準偏差で表面粗さを評価する方法が栗田ら[1)2)]により提案されている。

本研究は，上記方法により反射光の広がりから表面粗さを非接触で測定するための簡易な測定システムを試作して実験を行ったものである。

2. 測定システム

2.1 システムの概要

LED 白色光源，130 万画素の CMOS モノクロカメラ（（株）アートレイ製 ARTCAM-130MI-BW-WOM），コンピュータからなる測定システムを試作した。図 1 に試作した測定システムを，図 2 に図 1 の測定部を拡大したものをそれぞれ示す。図 2 において，LED 白色光源から試料に照射された光は試料表面で反射して CMOS モノクロカメラに取り込まれる。ここで，測定部の x 方向と y 方向を図 2 のように定義する。CMOS モノクロカメラに入射する反射光の強度の調整は，白色光源の調光ボリュームと，カメラのレンズに取り付けた ND フィルタ（1/10，$1/10^2$，$1/10^{2.5}$）によって行う。CMOS モノクロカメラに取り込まれた反射光はコンピュータに送られ，コンピュータのモニタに反射光強度分布が図 3 のように表示される。また，モニタには反射光強度分布の実測値の x 方向と y 方向の断面曲線およびそれに当てはめたガウス曲線，さらにガウス曲線の広がりを表す標準偏差（GCP[1)]と呼ぶ）も表示される。

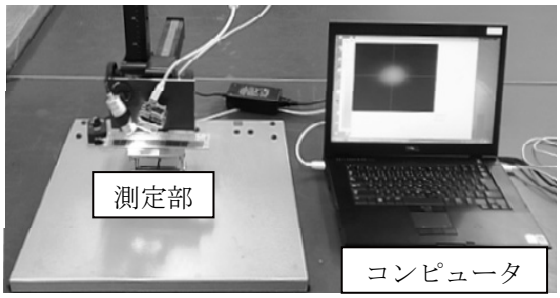

図 1　試作した測定システム

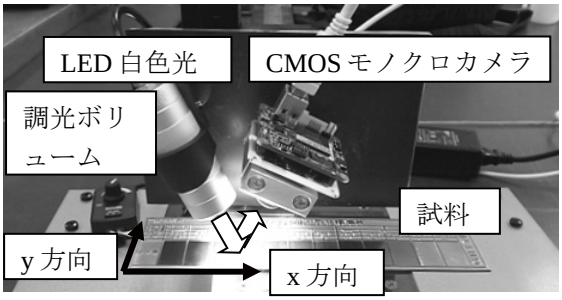

図 2　図 1 の測定部の拡大

*　中越技術支援センター

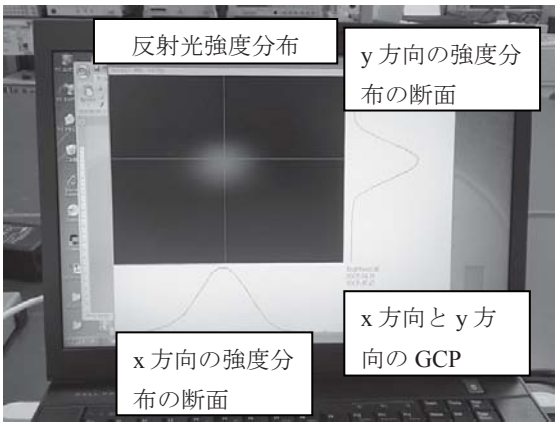

図 3　反射光の測定例

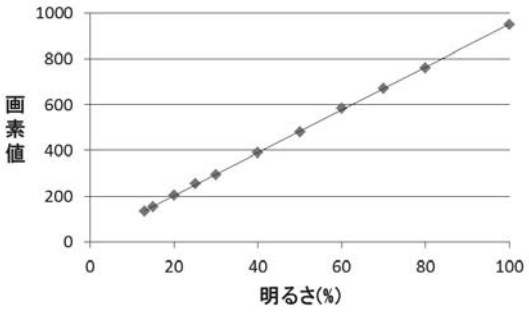

図 4　カメラの特性

2.2　カメラの特性について

測定システムに用いた CMOS カメラについて，明るさ（輝度値）と画素値を測定した。その結果，明るさと画素数の間には図 4 に示す比例関係が得られた。本研究ではこの結果を用いて，画素数に定数をかけて明るさを求めることとした。

2.3　ソフトウェア

位置 x と反射光の明るさ f(x)の関係を，最小 2 乗法を用いて正規分布関数に近似することで GCP が計算できる。次式の σ が GCP となる。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

CMOS カメラにより撮影された画像からマウスクリックにより指定した位置の縦ラインと横ラインの画素値を得る。それぞれのラインに対して GCP を計算するソフトウェアを作成した。

3.　実験

3.1　アラサ標準片の測定

接触式の粗さ計（（株）ミツトヨ製 CS-5000CNC）および本研究で試作した測定システムを用いて，以下の日本金属電鋳（株）の比較用表面アラサ標準片を測定した。

- ペーパー・平面研削：ペーパー0.8S，平研 0.8S～25S，形削 6.3～100S（図 2 のように標準片を置いたとき，x 方向に粗さ値が変化）
- フライス削：フライス 1.6S～50S，正面フライス 1.6S～50S（図 2 のように標準片を置いたとき，y 方向に粗さ値が変化）

ここで，これらの標準片を測定システムで測定すると，反射光が一つになる場合と複数になる場合があった。このため，本研究では反射光が一個になった以下の標準片についてのみ GCP を求めた。

- 標準片①：ペーパー・平面研削（ペーパー 0.8S，平研 0.8S～12.5S）
- 標準片②：フライス削（フライス 1.6S～50S）

ここに，S は JIS B0601（1970）の最大高さ（Rmax）を表す粗さパラメータである。

3.2　軟らかい材料の測定

接触式の粗さ計では測定困難な市販のコピー用紙について，測定システムで測定して GCP を求めてアラサ標準片の測定結果と比較した。

4.　実験結果および考察

4.1　アラサ標準片の測定

図 5 に標準片①の結果を示す。グラフの横軸は接触式の粗さ計で測定した算術平均粗さ Ra で，縦軸は測定システムで測定した GCP である。図 5 より，Ra が大きくなるとともに x 方向の GCP は大きくなるが，y 方向の GCP はほとんど変化しないことがわかる。これは，このアラサ標準片の粗さ値が変化する方向が x 方向となるためである。

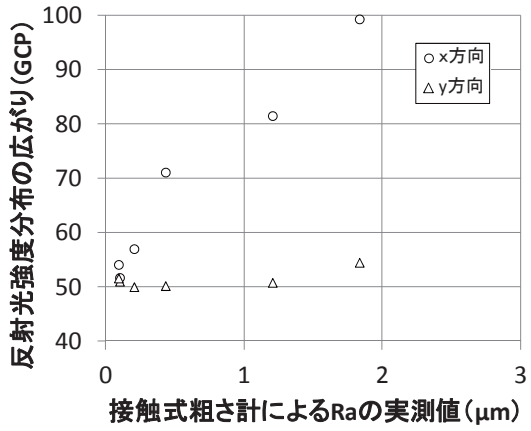

図 5　①ペーパー・平面研削の測定結果

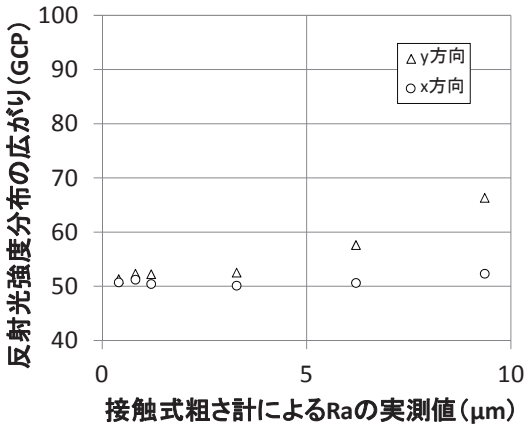

図 6　②フライス削の測定結果

図 6 に標準片②の結果を示す。グラフの横軸は接触式の粗さ計で測定した算術平均粗さ Ra で，縦軸は測定システムで測定した GCP である。図 6 より，Ra が大きくなるとともに y 方向の GCP は大きくなるが，x 方向の GCP はほとんど変化しないことがわかる。これは，標準片②の粗さ値が変化する方向が y 方向となるためである。ただし，図 5 に示した標準片①の結果に比べて，Ra に対する GCP の変化はかなり小さい。

ここで，標準片の種類により反射光の数が異なることや，同程度の粗さ値でも GCP の値が異なる理由については，標準片の表面状態に違いがあることが考えられる。このため，標準片①と②について，接触式の粗さ計で測定した粗さ曲線を比較した。

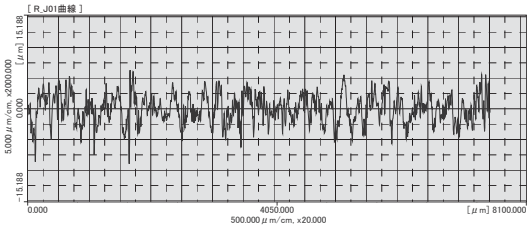

図 7　反射光が一個になる標準片の粗さ曲線の一例（標準片①の 12.5S）

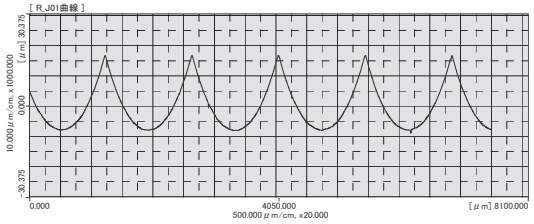

図 8　反射光が広がりにくい標準片の粗さ曲線の一例（標準片①の 25S）

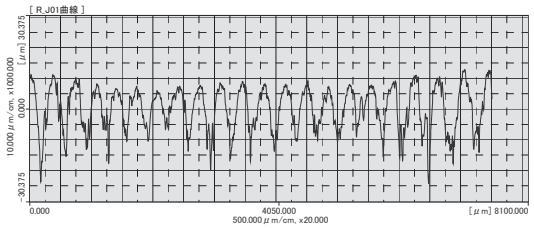

図 9　反射光が複数個になる標準片の粗さ曲線の一例（標準片②の 25S）

図 7 に標準片①の 12.5S の粗さ曲線を示す。規則性が見られないランダムな粗さ曲線になっていることが図 7 からわかる。標準片①の 0.8S～12.5S については，図 7 と同様なランダムな粗さ曲線を示した。

図 8 に標準片①の 25S の粗さ曲線を示すが，図 7 に示した 12.5S の粗さ曲線とは異なり，波形に規則性がみられる。このことから 25S については，光の反射がランダムに起こらなくなっていることが考えられる。

図 9 に標準片②の 25S の粗さ曲線を示す。波形に規則性が見られることから，この標準片についても光の反射がランダムに起こらなくなっていることが考えられる。

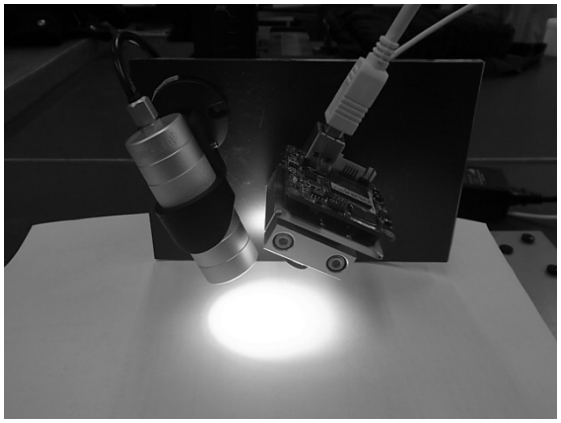

図 10　紙の測定

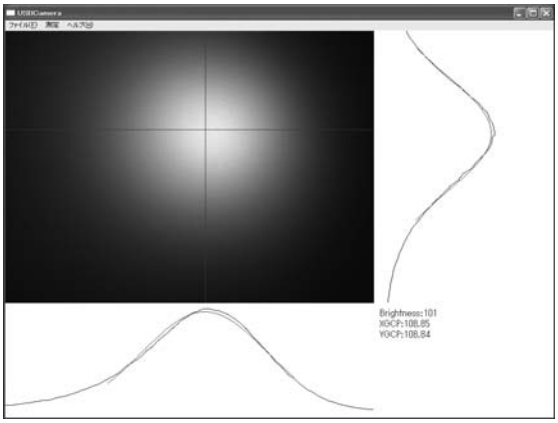

図 11　紙の反射光強度分布

本研究で測定した粗さ標準片を測定システムで測定した結果，粗さ曲線がランダムとはならず規則的な形状になる場合には，反射光が広がりにくかったり複数個になったりすることがわかった。

4.2　軟らかい材料の測定

図 10 と図 11 に，紙の測定結果を示した。図 11 の結果から，x 方向および y 方向とも GCP が約 109 となっている。ここで，紙の粗さ曲線が図 7 と同様にランダムになっていると仮定して図 5 に示したアラサ標準片の結果と比較すると，Ra は 1.9μm 程度と推定できる。

5.　結　　言

(1) 反射光の広がりから非接触で表面粗さを測定するため，市販の LED 白色光源，CMOS モノクロカメラ，ソフトウェアから構成される測定システムを試作した。

(2) 本研究で試作したシステムと接触式の粗さ計によりアラサ標準片を測定して結果を比較した結果，粗さが大きくなるほど反射光が広がることを確認した。また，接触式の粗さ計で測定した粗さ曲線がランダムな波形となる標準片については，反射光が一つとなり，かつ，粗さとともに反射光が大きく広がることがわかった。

参考文献

1) 栗田政則，佐藤誠，中野一馬，“レーザによる表面粗さの迅速な測定法”，日本機械学会論文集(A 編)，vol.56，no.532，1990，pp.2588-2592.

2) 栗田政則，山下洋正，日本機械学会論文集(C 編)，vol.59，no.560，1993，pp.1086-1090.