

照明技術を活用した非接触測定法に関する研究

古屋雅章・萩原義人・米山陽・中込広幸

Study on the Non-Contact Dimension Measuring Method Using Lighting Technology

Masaaki FURUYA, Yoshihito HAGIHARA, Akira YONEYAMA and Hiroyuki NAKAGOMI

要 約

非接触測定技術は、様々な機構部品、電子部品などの測定が可能であり、製造現場でも幅広く活用されている。しかし近年、製品材質の多様化ならびに製品形状の複雑化から、測定箇所が認識できず、測定が実施できないなどの問題が発生している。そこで本研究では、非接触測定技術の向上を目指し、照明条件を用いて製品の端面（エッジ）の見極めが難しい丸面取り部（以下 R 面）、角面取り部（以下 C 面）の評価サンプルにて、照明システムにより、赤、緑、青の光の強度と照射角度を変化したときの画像を取得・評価を行い、R 面、C 面のエッジが良好となる照明条件を求めた。得られた照明条件により測定顕微鏡を用いて、R 面、C 面の距離を測定し、接触式による実測値と比較した結果、C 面に関してはほぼ同等の結果を得ることができた。

1. 緒 言

電子部品、自動車部品などの微細化、高精度化に伴い、非接触による寸法計測及び形状測定的重要性がますます大きくなっている。また、生産のオートメーション化に伴い、計測検査工程において、大量に、迅速に、かつ高精度に測定できることが強く求められている。

非接触測定技術は、様々な機構部品、電子部品などの測定が可能であり、製造現場でも幅広く活用されている。しかしながら、近年、製品材質の多様化ならびに製品形状の複雑化から、測定箇所が認識できず、測定が実施できない等の問題が生じている。また、これまでの取り組みから、赤（Red）、緑（Green）、青（Blue）の各 LED が出力調整できるファイバー照明装置等を使用し、照明条件が調整できる照明システムを作製している^{1),2)}。

そこで本研究では、既存の画像測定機に上記の照明装置を用いて、測定箇所の判別が難しい R 面、C 面などのエッジ検出を、照明装置の赤、緑、青の各光量、照射角度といった各パラメータを操作することで、可能とし、非接触測定技術の向上に寄与することとする。

2. システム構成

システムの概要を図 1、外観を図 2 に示す。本システムは、一台の PC とマイコンをコントローラとして照明用電源を制御し、各 LED の光量はそれぞれ任意に調整を行うことができる。また、3 軸ロボットに搭載した RC サーボ回転軸上にファイバヘッドを固定することにより、照射角度を任意に調整することが可能となってい

る（図 3）。任意の照明条件で USB カメラを用いた撮像を行い、測定ワーク画像を PC に取り込み、解析するシステムである。

光量調整は、ファイバー照明専用電源への印可電圧を制御することにより RGB の各 LED の光量を調整する。位置制御は、3 軸直交型ロボットに回転軸を加えた 4 軸ロボットを使用し数値制御（NC）により行った。

また、評価サンプル上方向に USB カメラを使用し、ソフトウェアとして OpenCV2.2、Visual StudioC++.net を使用して、画像取得を行った。

3 軸ロボットは株式会社オリジナルマインド製 3 軸ロボットキットを、サーボ回転軸は、株式会社タミヤ製 TP-S3003 を使用した。コントローラとしての PC は HP 製を、マイコンは ARM 社製 mbed を使用した。ファイバー照明はシーシーエス株式会社製 HLV2-3M-RGB-3W を、USB カメラは株式会社マイクロビジョン製 MCM-4302LED を使用した。また、画像処理には OpenCV2.2 を用いた。

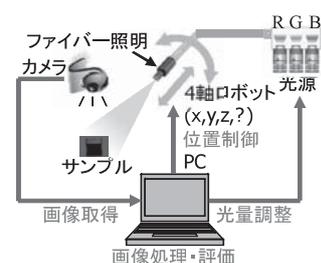


図 1 システム概要

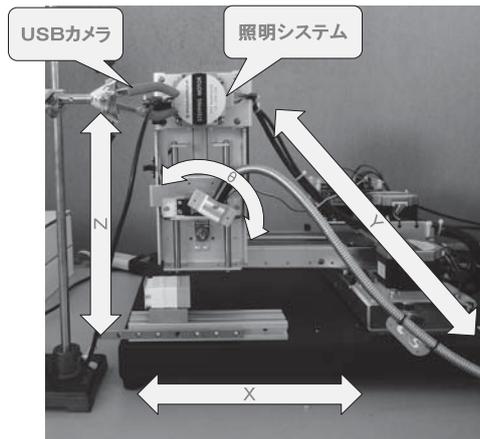


図2 システム外観

3. 取得方法と評価方法

3-1 画像の取り込み

RGB 各 LED の印可電圧を 0 V, 0.2 V, 0.4 V, 0.6 V, 0.8 V の 5 段階, サンプルに対する角度 θ (図 3) を 10° , 15° , 20° , 45° , 60° の 5 段階に変化させ, 625 ($5 \times 5 \times 5 \times 5$) 通りの画像を取得した。

3-2 評価方法

試験品は, SUS303 の金属ブロックを, ワイヤ放電加工機 (三菱電機株式会社製 SX-10 型) を用いて R3 と R10 の R 面と面取り角度 10° , 30° , 45° の C 面の計 5 種類, 放電加工を行ったものである。本来, C 面とは角面の面取り角度 45° のときのみ使用するが, 本報は全ての角度において C 面とした。作製したサンプルを図 4 に示す。今回は特にエッジの検出が難しい上面からの R 面, C 面の立ち上がり部分 (図 4 (a) α 点) に着目し, 前項の条件で取得した画像について, 始めに目視において確認を行い, エッジ部が良好に確認できる画像の選定を行った。その後, 選定した画像について ImageJ³⁾⁴⁾ を用いて 1 方向について輝度のプロファイルを取得し, エッジ部の輝度差が最も大きく急峻となる条件を良好なものとした。

その後, 得られた条件を基に検証用照明システムを搭載した測定顕微鏡 (株式会社ミットヨ製 MF-B2010D) を用いて, 測定を行い, 接触式の測定器との測定値との比較を行った。測定顕微鏡を図 5 に示す。

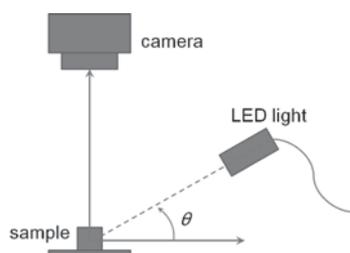
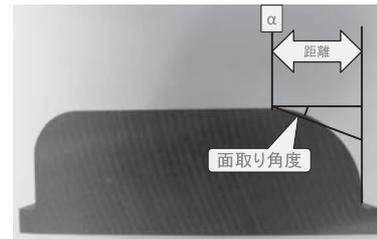
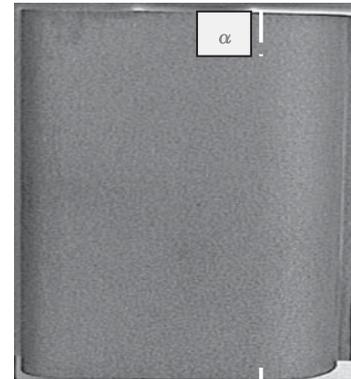


図3 照射角度



(a) 側面



(b) 上面

図4 試験品

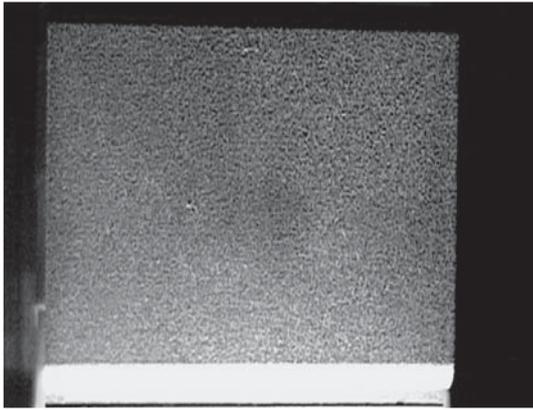


図5 測定顕微鏡

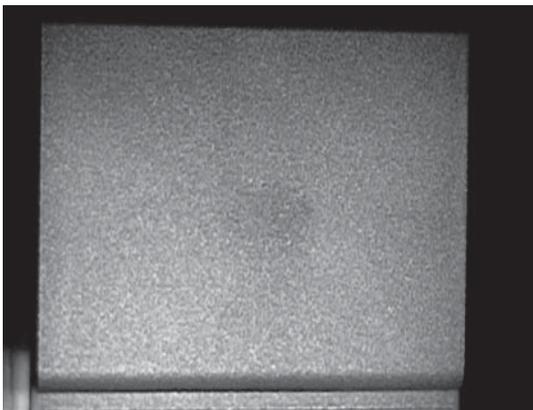
4. 結果と考察

図 6 (a) にエッジ部に良好に確認できる照明条件において取得した画像を, 図 6 (b) に良好ではない照明条件において取得した画像を示す。照明条件を変更することにより, R 面, C 面のエッジ部の検出を行うことができた。

表 1 に各サンプルに対する良好な照明条件を, R 面 (3 mm , 10 mm) と C 面 (10° , 30° , 45°) において, 良好な照明条件において撮像された写真と輝度のプロファイル, サンプルの表面粗さ輪郭形状測定機 (小坂研究所 Surfcoorder DSF1000 型) を用いて取得したエッジ部付近の輪郭形状をそれぞれ図 7, 図 8, 図 9, 図 10, 図 11 に示す。輝度プロファイルは横軸が写真の中央左端を 0 点としたときに右端までの X 軸方向に沿った距離 (図 4 (b) 一点鎖線部分) を示し, 縦軸は輝度の強度を示している。



(a) 良好な照明条件



(b) 良好ではない照明条件

図 6 R 面 3 mm 上面からの撮像

表 1 から、R 面については青の光量がある方が、C 面については青の光量が低い方が、エッジ部が良好に確認できる傾向が得られた。これは、青色は他の色に比べて光の散乱が大きい事が、R 面のエッジ部に対しては良好な影響が、C 面のエッジ部に対しては悪影響を与えている可能性が考えられる。また、照射角度については R 面、C 面にいずれも 10° が一番良好な照明条件が得られることが分かった。これについては、照射角度を低くすることで、R 面部、C 面部のみに照明が照射されやすく、それがエッジ部の検出に寄与すると考えられる。

図 7 (a) , 図 8 (a) , 図 9 (a) , 図 10 (a) , 図 11 (a) から C 面については、表 1 の照明条件により、エッジ部との境界部が明瞭に見分ける事が分かった。R 面についても C 面ほどではないが、エッジの境界線を確認することができた。また、図 7 (b) , 図 8 (b) , 図 9 (b) , 図 10 (b) , 図 11 (b) についても良好な照明条件にすることで R 面、C 面部分とそうではない部分において、輝度の明瞭な差とエッジ部の急峻な段差を確認することができた。

図 12 に C 面のエッジ部において従来の照明システムを使用した測定顕微鏡より取得した画像と今回検討した

表 1 良好な照明条件

	照射角度 [°]	照明 印可電圧条件		
		Red[V]	Green[V]	Blue[V]
R 3 mm	10	0	0.6	0.4
R 10 mm		0.2	0.4	0.4
C 10°		0.2	0.4	0
C 30°		0.2	0.2	0.2
C 45°		0.2	0.4	0

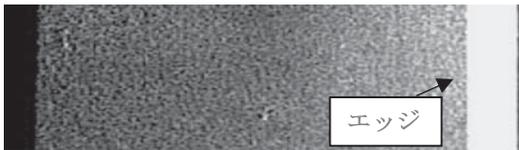
照明システムにより取得した画像の比較を示す。図 12 から検討した照明システムの方が目視からでもエッジ部が明瞭に出ていることが分かった。

また、良好となる照明条件を基に、測定顕微鏡を使用して、R 面、C 面の寸法を測定し、前述の表面粗さ輪郭形状測定機を用いた実測値と比較を行った。実測値は、図 13 に示す形で、表面粗さ輪郭形状測定機に付属している解析ソフトを用いて、R 面については取得された形状結果の曲面部から円を求め、その半径値を、C 面については上面部と斜面部の直線を算出しその交点と側面部との距離を実測値とした。その結果を表 2 に示す。表 2 には表面粗さ輪郭形状測定機において得られた値を基準としたときにエッジ部が良好となる照明条件下における測定顕微鏡により得られた測定結果との差を示している。表 2 より、C 面については実測値とほぼ同等の値を得ることができた。R 面については C 面と比べると差は大きく 100 分台の誤差であった。これは C 面と比較してもエッジの境界がより厳しく、拡大した状態においても、エッジ部の判断が難しいこと、表面形状による影響を受けやすいことなどが考えられる。

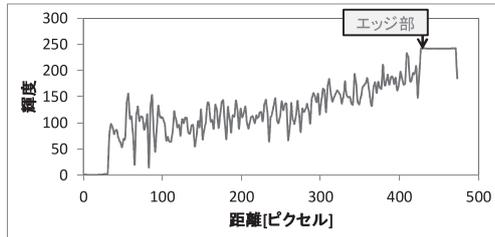
本結果から照射角度が低い方がエッジ検出は良好となりやすい傾向が確認されたため、本研究で検討した検証用照明システムでは照射角度 10° 未満にすることは難しいが、今後はさらに低角度となるような照明システムを検討する必要があると考えられる。

5. 結 言

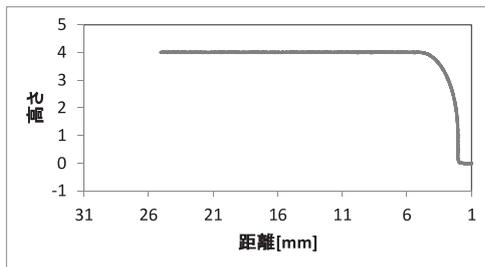
測定顕微鏡や画像測定機などの非接触測定技術の向上を目的とし、照明システムを用いて、端面の見極めが難しい R 面、C 面の検出を可能とする照明条件を求めた。その結果、R 面については Blue の光量がある方が、C 面についてはない方が良好な照明条件が得られること、また、照射角度については、R 面、C 面ともにサンプル接地面に対してできるだけ低角度である方が良好な照明条件が得られることが分かった。得られた照明の条件により、各 R 面、C 面のエッジを確認することができた。



(a) 撮像



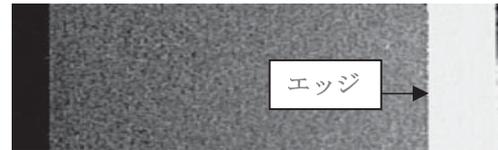
(b) 輝度プロファイル



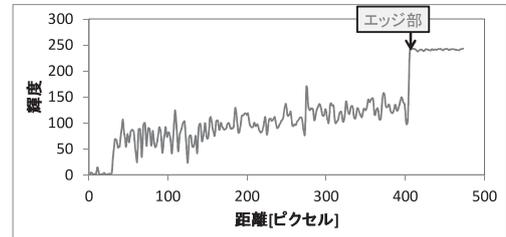
(c) エッジ部付近の輪郭形状

図7 R面3mm 良好な条件

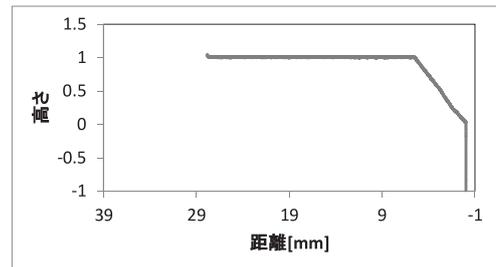
(照射角度 10°, Red:0.2 V, Green:0.4 V, Blue:0.4 V)



(a) 撮像



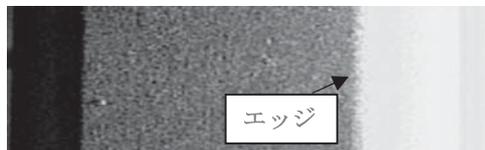
(b) 輝度プロファイル



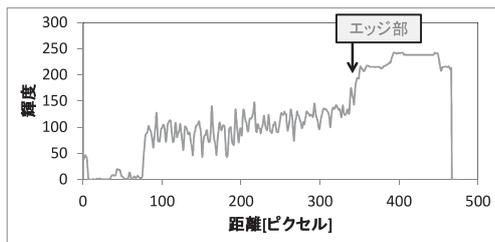
(c) エッジ部付近の輪郭形状

図9 C面10° 良好な条件

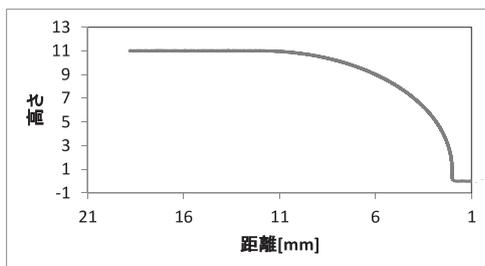
(照射角度 10° Red:0.2 V, Green:0.4 V, Blue:0 V)



(a) 撮像



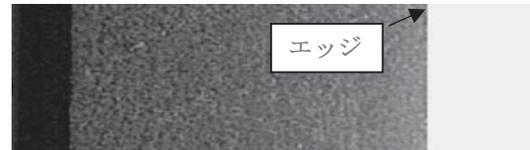
(b) 輝度プロファイル



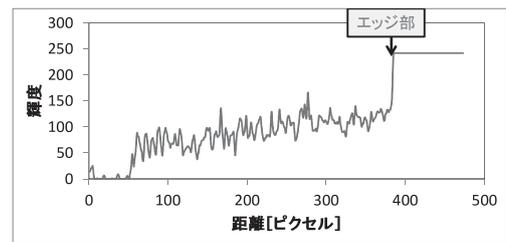
(c) エッジ部付近の輪郭形状

図8 R面10mm 良好な条件

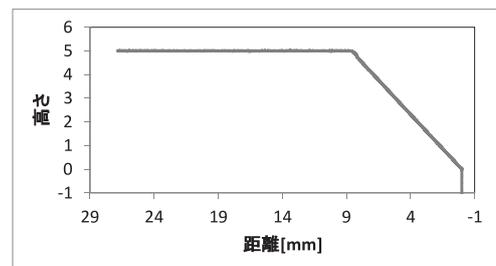
(照射角度 10°, Red:0 V, Green:0.6 V, Blue:0.4 V)



(a) 撮像



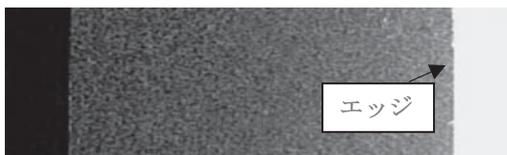
(b) 輝度プロファイル



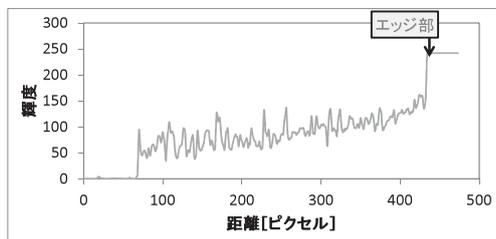
(c) エッジ部付近の輪郭形状

図10 C面30° 良好な条件

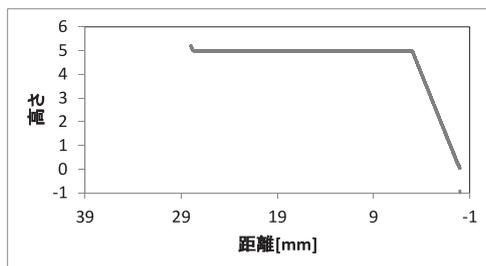
(照射角度 10°, Red:0.2 V, Green:0.2 V, Blue:0.2 V)



(a) 撮像



(b) 輝度プロファイル



(c) エッジ部付近の輪廓形状

図 11 良好な条件での撮像

(照射角度 10° , Red:0.2 V, Green:0.4 V, Blue:0 V)

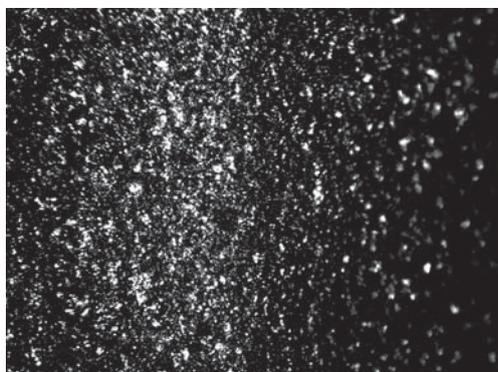


図 12 (a) 従来の照明システムにより取得した C 面エッジ部

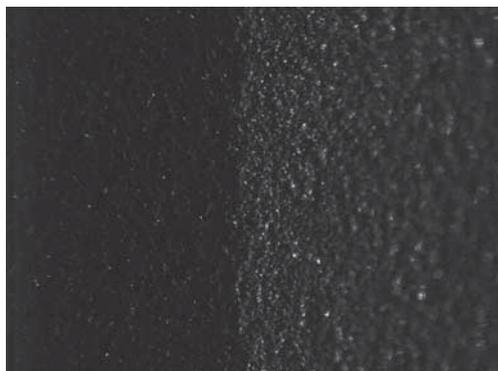


図 12 (b) 検討した照明システムにより取得した C 面エッジ部

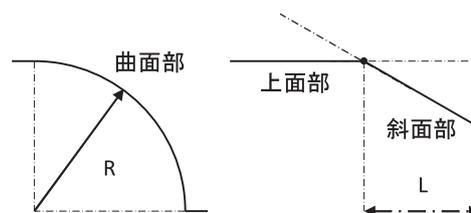


図 13 実測値の算出方法

表 2 実測値との差

	誤差[mm]
C 10°	0.004
C 30°	0.002
C 45°	0.000
R3	0.018
R10	0.044

求められた照明条件を用いて、測定顕微鏡にて長さを測ったところ、R 面については 100 分台の誤差があったが、C 面に関しては実測値とほぼ同等の値が得られた。今回、検証したサンプルは SUS303 であるが、樹脂成形品などの他のサンプルについても検証を行う必要があると考えられる。また、本研究で検討した手法は市販されている測定顕微鏡などの画像測定機に、赤、緑、青の各光量が制御できる照明を追加することによって構築できるため、画像測定機を用いて複雑形状の寸法測定を実施している県内企業等に、本研究で得られた知見を基に技術支援につなげていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 古屋雅章, 吉村千秋, 山田博之, 阿部治, 布施嘉裕, 小谷信司, 渡邊寛望: 画像処理に用いる照明の調整方法に関する研究, 山梨県富士工業技術センター平成 24 年度業務・研究報告, pp.73-76 (2013)
- 2) 古屋雅章, 中村聖名, 山田博之, 阿部治, 小谷信司: 画像処理に用いる照明の調整方法に関する研究 (第 2 報), 山梨県富士工業技術センター平成 25 年度業務・研究報告, pp.77-80 (2014)
- 3) Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA: <<http://imagej.nih.gov/ij/>> (1997-2012)
- 4) Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W.: NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis, Nature Methods, Vol.9, pp.671-675 (2012)