

○藤原嘉一郎（北海道大学工学部）， 三好隆志（大阪大学工学部）  
 斎藤勝政（北海道大学工学部）， 五十嵐悟（北海道大学工学部）

要旨

本研究は、He-Neレーザー光の強度情報を基にした非接触式3次元形状測定法のうちでも、特に、エッジ形状に関して高精度な測定を行うことを目的としたものである。本報では、被測定面を完全拡散反射面と仮定し、この面での反射光に対して、Lambert拡散反射モデルを適用し、計算機シミュレーションを行った結果を報告する。

1. 緒言

複雑な3次元形状の高精度な測定を目的とした非接触式形状測定法の研究が、数多く進められているが、これらの方法においても、エッジ部の高精度な測定は困難である。本報では、“光リング式3次元形状測定センサ”に関して、シミュレーションモデルを構築し、計算機を利用して、エッジ形状に対する光リング像のシミュレーションを行ったので報告する。

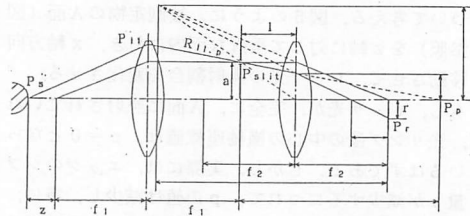


図1 光リング式センサ測定原理図

2. 測定原理

図1に“光リング式センサ”の測定原理を示す。レンズL<sub>1</sub>の焦点距離からの変位が、zであるような被測定面に対して、レーザー光を照射した時、その反射光はレンズL<sub>1</sub>を通過し、さらに、円形スリット、レンズL<sub>2</sub>を通過して、結像面上に、半径rの光リング像となって結像する。この時、Newtonの結像公式等により、次のような線形関係が成り立つ。

$$r = (a \cdot f_2 / f_1^2) z$$

ただし、レンズL<sub>1</sub>およびL<sub>2</sub>の焦点距離は、ともに、f<sub>1</sub> = f<sub>2</sub> = 70 [mm]であり、円形スリットの半径は、a = 18 [mm]である。

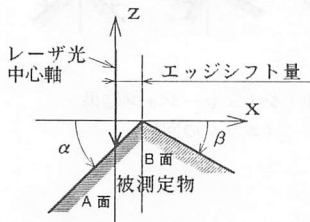


図2 被測定物エッジ形状モデル

3. シミュレーション原理

レーザー光は、ビームの中心から半径方向に、ガウス分布型の強度分布をしているものとする。また、被測定物の反射面は完全拡散反射面であると仮定し、そのエッジモデルを図2のように定義する。このとき、レーザー光は被測定面上で、図3に示すようなLambertモデルにしたがって、反射すると考えられる。

本研究では、レーザー光を図4に示すような点光源群モデルに置き換え、各点光源が、それぞれ、被測定面に照射され、反射光を生ずると考える。また、そのビーム径は、300 μmに設定されている。

まず、被測定面からの拡散反射光の一部が、レンズL<sub>1</sub>に到達する。ここで、光線ベクトルは、L<sub>1</sub>により

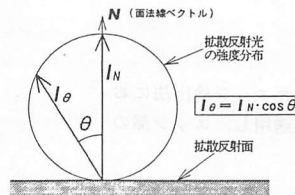


図3 Lambert拡散反射モデル

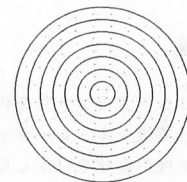


図4 レーザビーム点光源群モデル

光路を曲げられ、仮想結像点  $P_p$  の方向へ向かう。この時、途中におかれた円形スリットを通過したもののだけが、レンズ  $L_2$  に到達し、再び、 $L_2$  によって、光線ベクトルの向きが変化し、結像面上に結像する。これを各点光源に適用すると、結像面上の光強度分布は、各点光源からの反射光を重ね合わせたものとなり、その結果として、光リング像が形成される。

#### 4. シミュレーション結果

##### 4-1 直角エッジの平行移動

具体例として、直角エッジ ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta = 90^\circ$ ) について考える。図5のように、被測定物のA面(図2参照)をz軸に対して垂直な面内におき、x軸方向に移動させて、レーザ光の照射割合を変化させる。

もし、レーザ光が、完全に、A面に照射されていれば、光リング像の中心の横軸座標値は、 $p = 0$  となっているはずである。しかし、実際には、エッジのシフト量  $s$  が減少するにつれて、 $p$  の値は減少し、特に、 $s < 0.04$  [mm] では、その変化は、急激である。したがって、光リング像の中心は、左に偏って見えるが、これは、入射レーザ光のうち一部しか、被測定面に反射されないためである。

##### 4-2 直角エッジの回転

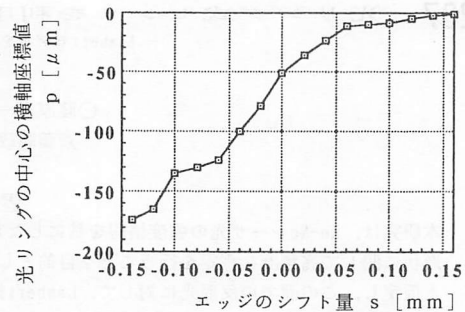
次に、直角エッジをy軸(図6において紙面に垂直方向)に関して回転させた場合について考える。この時、 $\alpha$ ,  $\beta$  の値は、ともに変化するが、 $\alpha + \beta = 90^\circ$  に保たれている。図6は、角度  $\alpha$  に対する  $p$  の値の変化の状態を示している。ただし、 $\alpha = 0^\circ$  の場合は、4-1における  $s = 0$  の場合と同一形状である。

$\alpha < 15^\circ$  の範囲では、反射光の強度は、A面からの反射光が支配的で、 $p$  の偏位量も大きい。 $\alpha$  が、増加するにつれて、B面からの反射光による影響が大きくなり、 $\alpha = 45^\circ$  の場合、 $\beta$  も  $\beta = 45^\circ$  となり、A, B両面から対称的な反射光を受け取ることとなり、 $p$  の偏位量が、最も少なくなる。

#### 5. 結論

“光リング式センサ”を利用したエッジ検出法において、計算機シミュレーションを適用し、エッジ部の光リング像の変化を推定した。

- 参考文献 : 1) 藤原他, 1992年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p. 359.  
 2) 青木他, 1991年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p. 409.  
 3) 藤岡他, 昭和63年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, p. 65, (1988).



被測定面とレーザ光の位置関係(代表例)

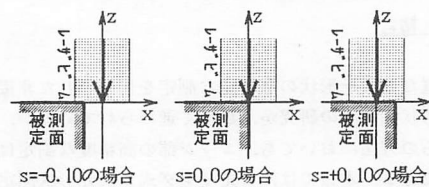
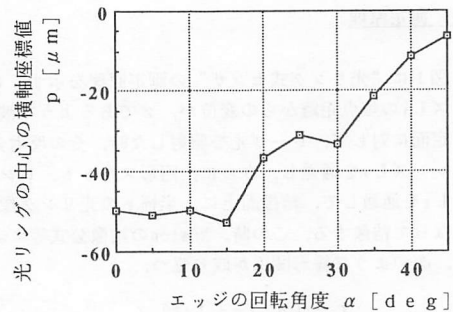


図5 シミュレーション結果  
(エッジの平行移動)



被測定面とレーザ光の位置関係(代表例)

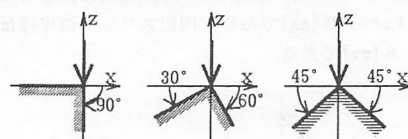


図6 シミュレーション結果  
(エッジの回転)