

北海道大学工学部 ○福沢亮太、三好隆志、齊藤勝政

1. 緒言

現在、3次元測定機用プローブとしては接触式プローブが主流となっているが、接触式プローブにはプローブ半径の影響、軟らかい材料の測定が困難、高速測定が困難、などの問題がある。近年、接触式距離センサにかわる方法として非接触式距離センサが注目されている。本報では、3次元測定機用の小型高精度の非接触式プローブとして光リング式距離センサを設計したので、その基本特性について報告する。

2. 測定原理

光リング式距離センサの測定原理を図1に示す。被測定面にレーザー光を入射し、その拡散反射光をレンズL<sub>1</sub>によって集光し、リングスリットRSをとおしてリング像をつくり、レンズL<sub>2</sub>によって拡散板DF上に結像させる。さらにレンズL<sub>3</sub>によってリング像を拡大し、測定面上においてその半径を測定する。光学系を図1のように設計すると、測定面上のリング半径Rは、

$$R = \frac{d f_2 f_3}{f_1^2 (a - f_3)} z_1 \quad (1)$$

となる。ここで、

f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> : L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> の焦点距離

d : リングスリット半径

a : L<sub>3</sub> と測定面の距離

z<sub>1</sub> : 被測定面のL<sub>1</sub>の焦点よりの距離

である。すなわちRとz<sub>1</sub>の間に線形関係が成立する。本センサの特徴はL<sub>3</sub>による拡大機構であり、従来の光リングセンサより高分解能のセンサとなる。

3. 測定装置

f<sub>1</sub> = f<sub>2</sub> = 16.7 mm, f<sub>3</sub> = 70 mm, d = 5 mm, a = 22 mmとして設計した光学系を図2に示す。このときR = 3.95 z<sub>1</sub>となり、分解能15 μmのCCDを使用したとき本センサの分解能は3.8 μm、測定範囲は-0.8 < z<sub>1</sub> < 0.8 mm、プローブ全長は約200 mmとなり、3次元測定機に対応する小型高分解能のセンサとなる。

拡散板DFはスペckルパターンによるノイズを平均化するためDCモータによって回転できるようにした。BPFは、外乱カットのためのHe-Neレーザー用のバンドパスフィルターである。レーザーとしては、He-Neレーザーを使用した。

光リング像の半径は、画像処理により半径方向の最大輝度点の座標を2点もとめ最小2乗法により推定

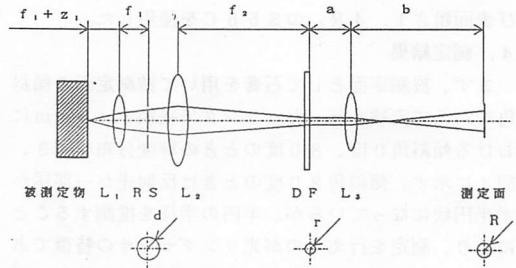


図1. 測定原理図

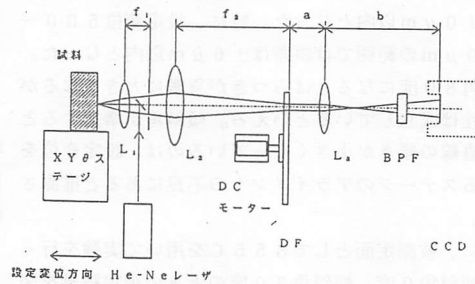


図2. 測定装置

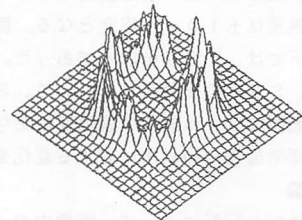


図3. 輝度分布 傾斜角0度

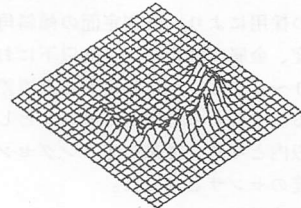


図4. 輝度分布 傾斜角80度

される。画像処理系はエルモ製CCDカメラ、EDE C製IMAGE-PC1182、PC9801VMから成っている。

被測定面としては、表面粗さ8.0R<sub>z</sub>の石膏、および表面粗さ1.4R<sub>z</sub>のS55Cを使用した。

4. 測定結果

まず、被測定面として石膏を用いて被測定面の傾斜角をかえて実験を行った。リング半径約1.8mmにおける傾斜角0度、80度ときの輝度分布を図3、図4に示す。傾斜角80度ときは反射光が一部届かず半円状になっているが、半円の半径を推測することにより、測定を行えるのが光リングセンサの特徴である。傾斜角0度、80度ときの設定変位を横軸、測定結果を縦軸にとったものを図5、図6に示す。傾斜角70度以下においては回帰直線に対する標準偏差は1.6μm以下となり、誤差は測定範囲全域にわたって±10μm以内となった。特に、設定変位500~600μmの範囲では誤差は±6μm以内となった。傾斜角80度になるとばらつきが急激に大きくなるが線形性は成立しているといえる。傾斜角が増加すると回帰直線の傾きが小さくなっているのは、設定変位を与えるステージのアライメントの不良にあると推測される。

次に、被測定面としてS55Cを用いて実験を行った。傾斜角0度、傾斜角30度ときの測定結果を図7、図8に示す。金属面は拡散反射性が悪いため、傾斜角30度程度になると拡散反射光が届かず急激にばらつきが大きくなり、設定変位500~600μmの範囲で誤差は±10μm程度となる。誤差は傾斜角20度以下では、±6μm以内であった。

石膏、S55Cそれぞれについて、500~600μmの範囲で5μm間隔で設定変位を与え測定したときの、標準偏差の傾斜角に対する変化を図9に示す。

5. 結論

1. 拡散板の回転によって、画像中のノイズを除去し、測定精度を高めた。
2. レンズL<sub>3</sub>による拡大機構を導入した光リングセンサの採用により、被測定面の傾斜角が石膏の場合で70度、金属の場合で20度以下において測定範囲を500~600μmに限定すると誤差は±6μm以内となる。すなわち位置決めセンサとしての精度は±6μm以内となり、従来の光リングセンサより約一桁も高精度のセンサとなった。

【参考文献】

- 1) 青木ほか 1990年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集p1149
- 2) 青木ほか 1990年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集p267

