

N7 2次元微小回転角計測システムの高機能化—微小回転面での計測—

菅原 陽平\* 鈴木 孝昌\*\* 佐々木 修己\*\*

\*新潟大学大学院自然科学研究科 \*\*新潟大学工学部

1. はじめに

微小回転角の測定は光計測における古くからのテーマであり、従来から光波干渉計やオートコリメータを使う方法が提案されている。しかし光波干渉計は、振動や空気の擾乱などの外乱に弱いという欠点がある。また特殊な光学部品を必要とするため、非常に高価である。一方、オートコリメータは計測が簡単に行えるという利点があるが、測定精度が低い。また計測に時間がかかり、自動化処理に適さない。

これに対し、我々は上記の計測法とは原理的に全く異なる画像処理を用いた方法を提案し、さらに1次元から2次元の測定へと測定範囲を拡大してきた。しかし従来の方法では大きな反射面をもつ物体の回転角しか測定できないという問題が残されていた。

本研究では新たにレーザ光を用いた縞投影システムを構成し、反射面の小さな物体に対する回転角の測定を試みた。

2. 原理

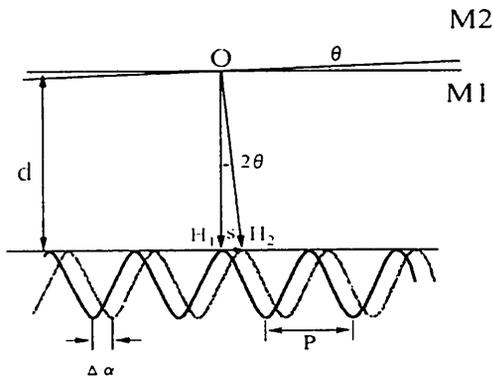


図1. 回転角計測の原理

ここでは簡単のために1次元システムについて説明する。図1のように観測面から距離dだけ離れたミラーを考える。まず測定対象のミラーに縞画像を投影する。ミラーを $\theta$ 回転させることによって観測面における縞画像の位相は $\Delta\alpha$ だけ変位するため回転角 $\theta$ は次式で与えられる。

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left( \frac{P}{2\pi d} \Delta\alpha \right)$$

回転させる前とさせた後の縞画像から位相差 $\Delta\alpha$ を求め、上式を使って回転角 $\theta$ を算出する。

3. 実験装置の構成

微小な反射面を持つ物体の2次元微小回転角計測システムの構成を図2に示す。また、実際に実験で用い

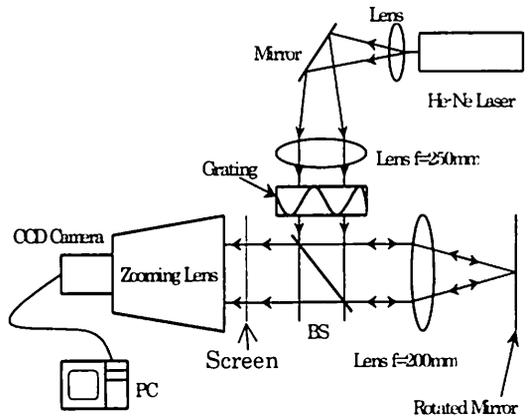


図2. 微小物体の2次元微小回転角計測システム

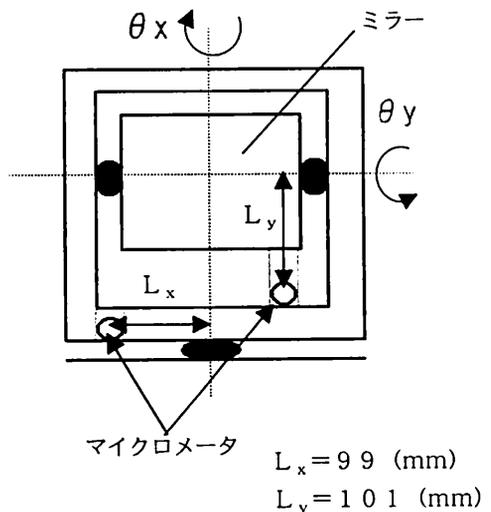


図3. 測定物体 (Rotated Mirror) の構成図

$L_x = 99 \text{ (mm)}$   
 $L_y = 101 \text{ (mm)}$

た測定物体を図3に示す。平行光を2次元の Grating に透過させる。ビームスプリッタ (BS) で反射した光をレンズで集光し、レンズの焦点面に測定物体を置く。ミラーから反射した光は同一経路をたどってBSを透過し、薄紙で作った透過型のスクリーンに投影される。この画像をレンズ、CCDカメラ、イメージキャプチャボードを用いてコンピューターに取り込む。これが基準の画像となる。次にマイクロメータを使ってミラーを回転させる。マイクロメータは図3に示すように、X軸、Y軸それぞれについて変化させることができる。また、X軸、Y軸それぞれの回転軸からマイクロメータまでの距離を $L_x$ 、 $L_y$ とするとマイクロメータの移動量より回転角の理論値が求まる。

ミラーの回転によって位置ずれを生じた縞画像を、基準画像と同様にコンピューターに取り込み、基準画像に対する位相差を算出する。

図4にGUI(グラフィカル・ユーザー・インターフェイス)による位相差算出の画面を示す。左上の Source Window にCCDカメラを用いて取り込んだ画像を取り込む。ここで上半分の画像は基準画像、下半分は測定する画像である。この画像から演算処理処理を施す部分の領域選択を行う。選択された縞画像は右上の Object Window に表示される。この選択した画像についてフィルタ処理(LPF, BPF)、フーリエ変換法から位相分布を計算する。この処理結果は右下の Process Window に表示され、処理内容を画像やグラフの形で確認できる。左下の I/O Field はでは縞画像のピッチや測定対象となるミラーまでの距離など種々のパラメータ入力、計算結果から得られた数値データの表示を行う。

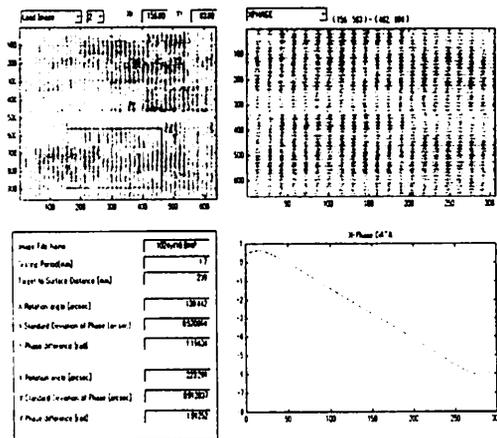
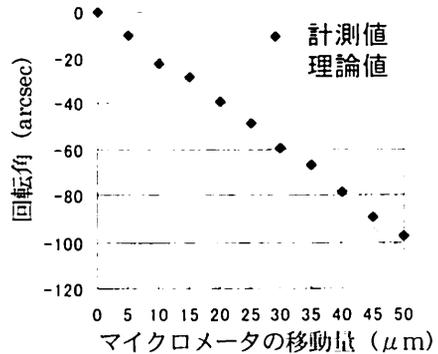


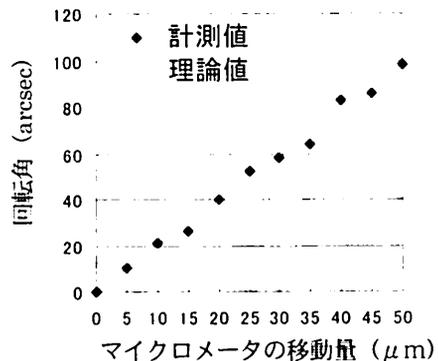
図4. GUIによる位相差算出

#### 4. 実験結果

図5にX方向、Y方向それぞれについての微小回転角測定結果を示す。マイクロメータによる移動ピッチは $5\mu\text{m}$ であり、縞のピッチ間隔はX方向 $1.5\text{mm}$ 、Y方向 $1.7\text{mm}$ である。測定対象ミラー上のレーザー光のスポットサイズは約 $1\text{mm}$ であった。測定誤差は標準偏差でX方向が $3.78\text{arcsec}$ 、Y方向が $3.16\text{arcsec}$ であり、高精度な測定が実現できていることが確認できた。



(a) X方向の回転角



(b) Y方向の回転角

図5. 実験結果

#### 5. まとめ

微小な反射面を持つ物体の回転角測定のため、レーザー光を用いたシステムを提案、構築し、実験によりその動作と測定精度を確認した。

#### 【参考文献】

- 1) 塚本 他、第61回応用物理学会学術講演会 講演予稿集, pp.872 (2000)。
- 2) 塚本 他、第10回電気学会東京支部新潟支所研究発表会予稿集, pp.20 (2000)。