

逐次3点法による大型曲面形状測定器の開発 (第2報 零点誤差補正方法の実験による確認)

大阪電気通信大学大学院 ○緩目雄大 玉川智之

大阪電気通信大学 宇田 豊 島田尚一

精密測定研究所 清野 慧

株式会社ナガセインテグレックス 井村諒介

要 旨

逐次3点法には零点誤差が生じるという問題がある。第1報で提案している零点誤差補正方法を用い、光電式オートコリメータを使用し、測定の開始点と終了点での測定ヘッドの姿勢変化を検出する。その変化量から零点誤差の補正を行うことで有効性を確認した。

1. はじめに

近年、望遠鏡レンズなどに代表される1m台の大型光学素子の曲面形状を0.1 μm 以下の精度での測定が求められている。この要求を満たす一つの方法として、実態基準を用いず、測定装置の運動誤差を分離できる逐次3点法が挙げられる。本研究では第1報で提案した零点誤差補正方法の有効性を、開始点と終了点の測定に光電式オートコリメータを用いて確認する。

2. 実験装置・方法

実験装置の概略を図1に示す。実験装置構成は、走査ステージ(X軸直動ステージ)、変位計出力を曲面に合わせて測定レンジ内に収める微動ユニット(微動ステージとゴニオステージ)、測定ヘッド(3本の変位計)である。測定ヘッドは中央の変位計の零点が、ゴニオステージの回転中心になるように取り付けられている。

使用する機器の仕様を述べる。

走査ステージステージ：シグマ光機製 SGSP65-120

分解能：50 μm ，位置決め精度：0.200mm

微動ステージ：シグマ光機製 OSMS20-85

分解能：2 μm ，位置決め精度：10 μm

ゴニオステージ：シグマ光機製 OSMS-60A85R

分解能：約0.00229°/ステップ，繰り返し位置決め精度 $\pm 0.004^\circ$

変位計：シチズンセイミツ製 DTH-P20

測定レンジ： $\pm 25\mu\text{m}$ ，繰り返し精度：0.3 μm

アンプ：シチズンセイミツ製 DTM-EA

アナログ出力：DC $\pm 1\text{V}$ /フルスケール

A/D変換：NI製ADコンバータ(NI-USB-6210)

入力分解能：16bit 差動，15ビットエンド

実験では測定ヘッドの姿勢変化を測定するため光電式オートコリメータを用いて行った。ニコンのオートコリメータ6Bを使用し角度分解能は0.5sec，測定精度は1secである。図2に本実験装置の概要図を示す。測定物はリアエンコーダのガラススケールを使用し、自由端支持で中央をマイクロメータで押し出すことで曲面形状を作成している。

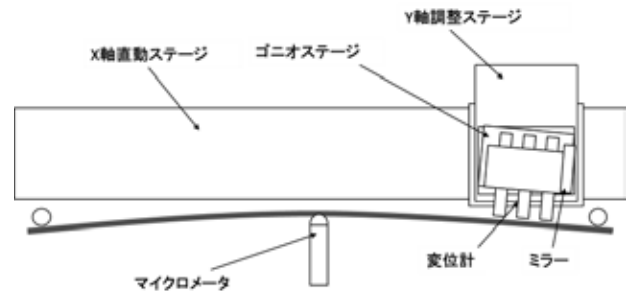


図1 実験装置概要図

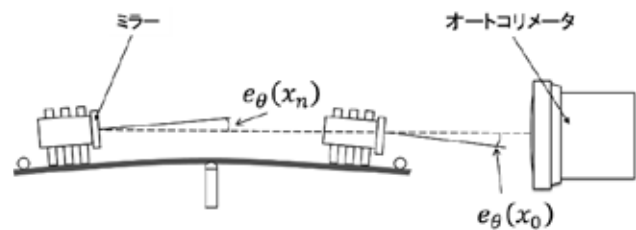


図2 光電式オートコリメータ設置図

3. 評価方法と結果

光電式オートコリメータ測定レンジから、ガラススケールの押出量を約1mmで測定を行う。また、逐次3点法は測定点数に応じて零点誤差の影響が大きく変化するため、変位計間隔を50mmと30mmに変えた場合について行う。

50mm間隔と30mm間隔での測定結果の比較し、零点誤差補正前を図3、補正後を図4に示す。零点誤差補正する前は大きく形状が異なるが、補正を行うことにより、ほぼ同じ測定結果が得られ、零点誤差補正の有効性が確認できた。形状が一致しない理由として押出量は変えていないが測定日が異なるため差が出ていると考えられる。測定は複数回行い、得られた結果のうち1回目を基準とし、他の結果と比較することで生じる誤差の再現性を評価する。変位計間隔を50mm，測定範囲を700mm(測定点数n:15点)の測定結果を図5，6に，変位計の間隔を30mm，測定範囲を720mm(測定点数n:25点)の測定結果を図7，8に示す。また，測定ヘッドの開始点と終了点のプローブ取り付けベースの姿勢変化の差を表1に示す。補正後のばらつきが約0.54 μm 程度に低減できた。変位計間隔が30mmの場合についても約0.56 μm 程度に低減できていることが分かる。

表1 開始点と終了点との差

	開始点と終了点との差[rad]	
	50mm 間隔	30mm 間隔
1 回目	0.00720	0.00750
2 回目	0.00714	0.00749
3 回目	0.00715	0.00749
4 回目	0.00715	0.00750

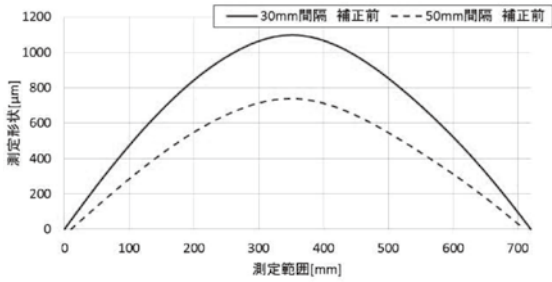


図3 50mm 間隔と 30mm 間隔比較 (補正前)

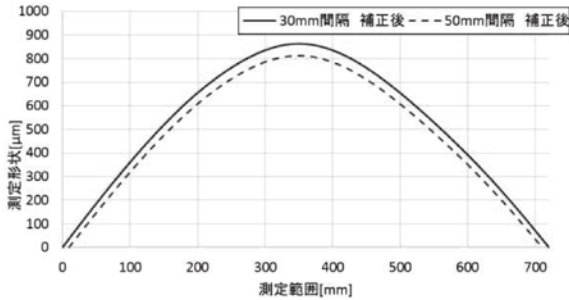


図4 50mm 間隔と 30mm 間隔比較 (補正前)

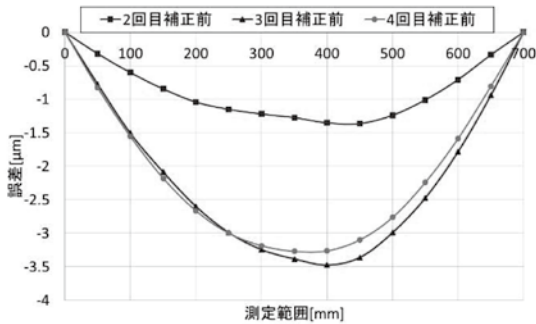
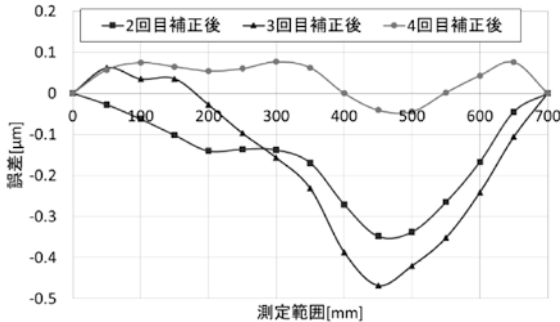


図5 50mm 間隔での零点誤差補正前比較



6 50mm 間隔での零点誤差補正後比較

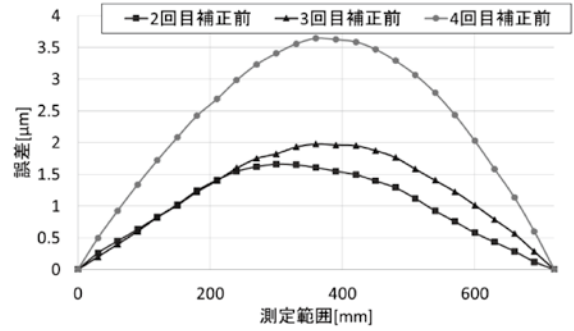


図7 30mm 間隔での零点誤差補正前比較

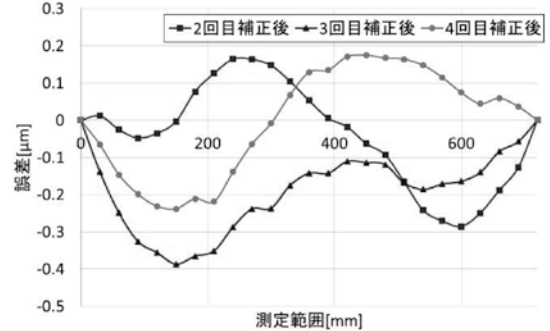


図8 30mm 間隔での零点誤差補正後比較

4. 結果の考察

零点誤差の影響を低減することはできたが、補正結果にはばらつきがある。その原因として測定ヘッドの開始点と終了点のプローブ取り付けベースの姿勢変化を測定しているオートコリメータは光電式であるため測定範囲内での空気揺らぎが測定精度に影響していると考えられる。使用しているオートコリメータの測定精度1secを考慮した場合のシミュレーションを図9に示す。シミュレーション上で求めた誤差は最大で約0.848μmとなる。従って、実験結果はこの誤差範囲内に収まる結果となっているため、補正原理の有効性が確認できたと言える。

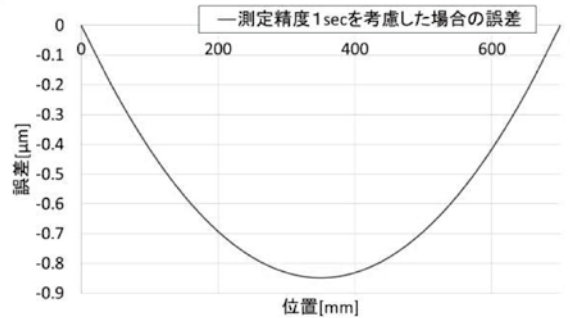


図9 オートコリメータの測定精度を考慮した場合

5. 結言

第1報で提案した零点誤差補正原理の有効性を試作機によって実験を行い、測定値を補正した結果、十分に有効であることが確認できた。今後、補正結果のばらつきを更に低減させる必要があるため、より高性能な角度測定器を用いて検討していく。

参考文献

- [1] 玉川 智之, 他: 逐次3点法による大型光学素子の形状測定機の開発, 2014年度精密工学会秋季大会

図