

分割主鏡シミュレーター (第3版バージョン7) — Index 導出テスト

岡山新技術望遠鏡グループ

平成 23 年 4 月 8 日

目次

1 概要	1
2 位相差分布図の表示	1
3 Zernike 分布	2
3.1 結果	2
3.2 考察	2
4 セグメント並進	3
4.1 結果	3
4.2 考察	3
5 結論と対策	4

1 概要

アクチュエータの制御位置に対して位相差分布上での並進・傾きの成分を差し引くようなアクチュエータの補正量分布を求めるシミュレータ用コードを作成し、その動作の確認を行う。

2 位相差分布図の表示

図は左が与えた初期値におけるアクチュエータ制御量から求めた位相差の分布、右が補正後のアクチュエータ制御量から求めた位相差の分布である。図の表示レンジはそれぞれのキャプションのとおり。

位相差分布の計算におけるパラメータは表 1 となる。

表 1: 位相差分布図計算パラメータ

ピクセル数	1024	pixels
ピクセル分解能	3.88623	mm/pixel
リファレンス波長	0.001	mm

3 Zernike 分布

3.1 結果

試験は以下のような方法で行った。

ある Zernike 0 次、1 次 X/Y の 3 つの値を与えて、それらの組からアクチュエータ制御量の分布を作成する。作成したアクチュエータ制御量の組を最適な Zernike のパラメータによる補正量を計算するルーチンにわたし、帰ってきたパラメータの組により逆補正をかけて、補正残差を求める。

これらについて単独のパラメータに初期値を与えた場合とすべてに与えた場合を試し、表 2 の結果を得た。

表 2: Zernike 分布の試験結果

図	初期値			結果		
	0	1x	1y	0	1x	1y
1	1e-5	0	0	1e-05	-2.76636e-24	1.19876e-24
2	0	1e-7	0	-3.84889e-14	1.00049e-07	-2.99689e-25
3	0	0	1e-7	-3.84889e-14	3.68848e-24	1.00049e-07
4	1e-5	1e-7	1e-7	1e-05	1.00049e-07	1.00049e-07

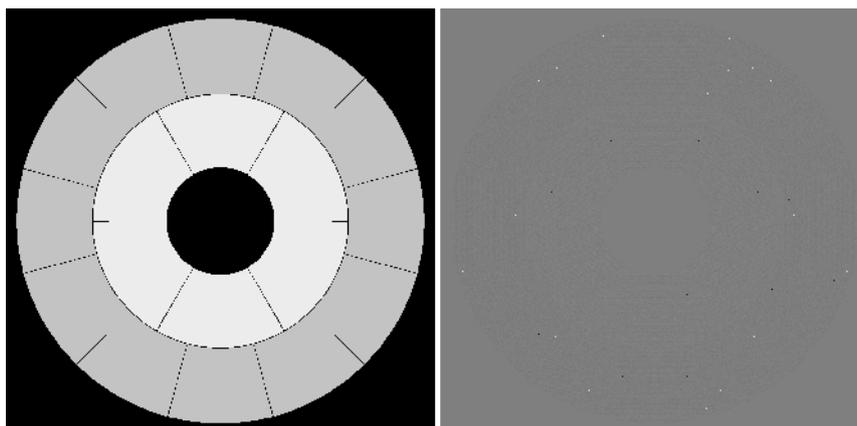


図 1: Zernike 0 次 (0.018 ~ 0.02, $\pm 1e-7$)

3.2 考察

最適として導出された Zernike パラメータは、与えた初期値に対しての差が 0.05% のレベル以下であり、理想的な状態における最適値導出はうまくいっていることが判明した。

ただし、図 1 の左側で顕著に見られるように、内周・外周間の境界部分で段差が発生している¹。この段差は、Zernike 1 次の位相差分布でも図 5 のように生じており、初期値として与えたパラメータに比例して大きくなる。このため、原因としてはグローバル系とセグメント系の 2 つの座標系間の変換パラメータの誤差²が考えられる。

¹内周側が 0.0198596、外周側が 0.0195376 で、差は 0.000322 (1.62%) である。

²座標変換や分割主鏡のグローバル系での位置情報に関する値は、別途計算された値を定数として入れているため、変換係数の定義間で桁落ちや三角関数逆変換などにおけるずれがある可能性がある。

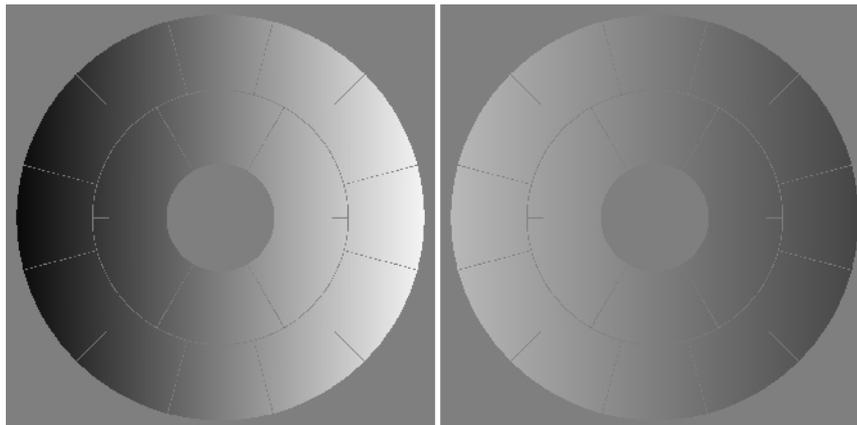


図 2: Zernike 1 次 X ($\pm 0.4, \pm 0.0004$)

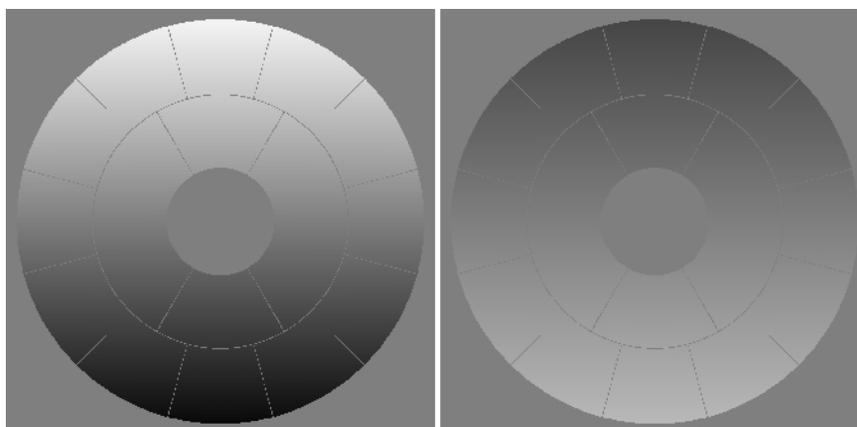


図 3: Zernike 1 次 Y ($\pm 0.4, \pm 0.0004$)

4 セグメント並進

4.1 結果

試験は以下のような方法で行った。

ある並進量をあたえた位相差分布と、その並進量から変換したアクチュエータによる補正制御量を適用した制御位置での位相差分布の二つを作成し比較した。Zernike パラメータによる当てはめは、そもそもアクチュエータに初期移動量を与えていないため行っていない。

4.2 考察

X 方向並進では、全体にわたって並進による位相ずれ量に比例した残差とセグメントの両端で大きくなる中心からの距離の 2 次 (以上) の残差の足し合わせのようになっている。両端で顕著に現れる 2 次 (以上) の残差は計算仮定上で微量として近似した分と考えられ、線形ではないためにアクチュエータでの補正は不可能である。また、比例分は内周セグメントで 0.34%、外周セグメントで 1.15% であり、並進量が変化しても比例係数はほぼ変わらない。このため、シミュレータに与えられている定数の誤差が原因と考えられる。

Y 方向併進では、各セグメントの中心からの距離の 2 次 (以上) に依存するような残差が見られ、こちらでは位相ずれ量に比例した残差は見られない。この 2 次 (以上) に依存するような残差は X 方向と同じく計算仮定上で微量近似した

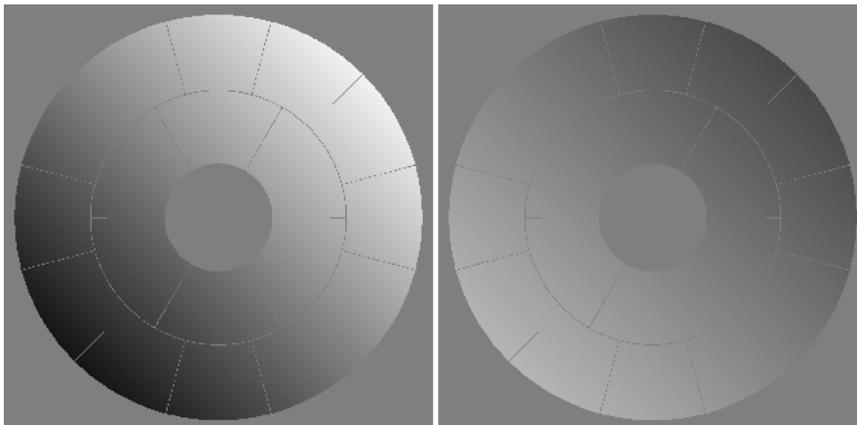


図 4: Zernike 0 次、1 次 X/Y ($\pm 0.6, \pm 0.0006$)

分であり、線形でないためにアクチュエータでは補正できない。

5 結論と対策

結論として、計算仮定や微量の近似、そして計算コードは正しいと考えられる。ただし、コードに与えている望遠鏡構造から決定される定数に誤差があると考えられるため、この部分については対応が必要³である。

³おそらく一番可能性が高いと思われる場所は、セグメント中心点におけるセグメント背面への垂線ベクトルと望遠鏡主軸との角度 (内周 4.8066772° 、外周 8.7456477°) であり、この部分を角度で無く三角関数の値として定義するなどの対応が必要かもしれない。

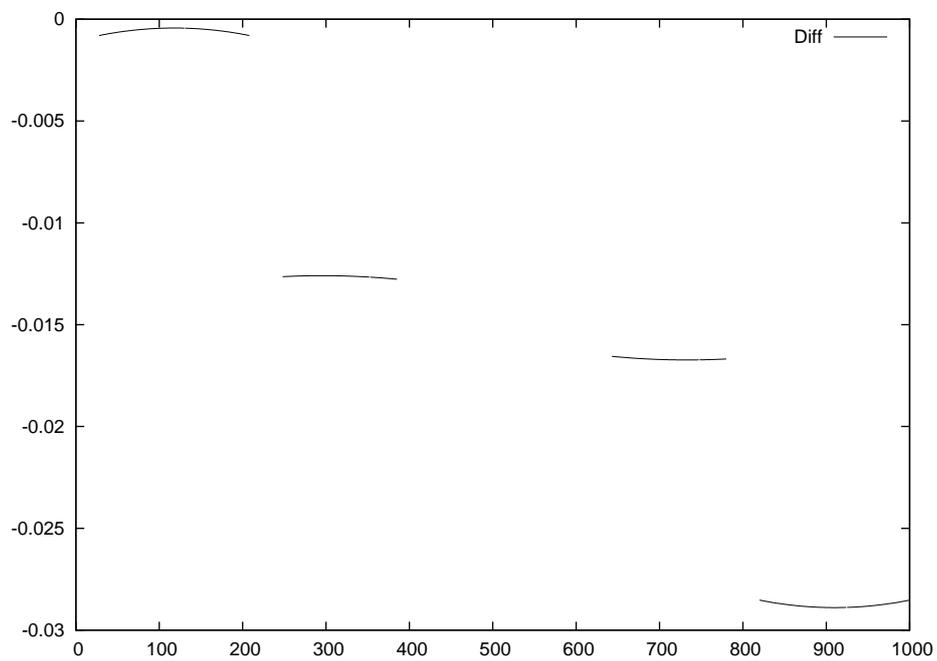


図 5: Zernike 1 次 X での傾きをのぞいた位相分布の残差 (セグメント中心: 512)

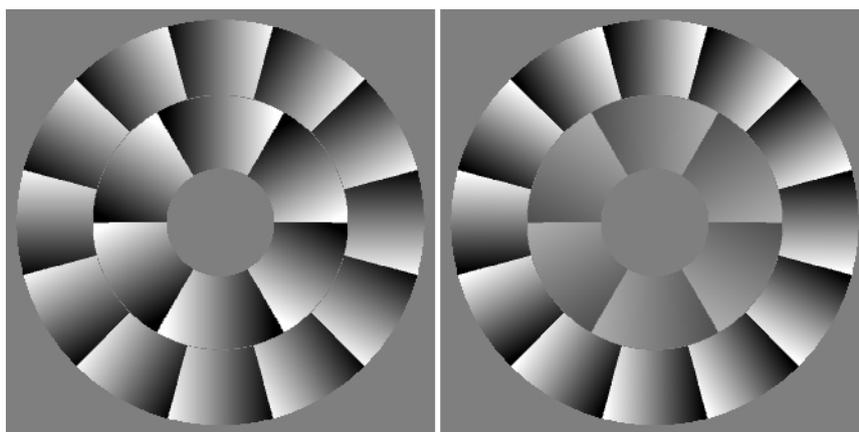


図 6: X 方向並進 $10\mu\text{m}$ ($\pm 1.0, \pm 0.01$)

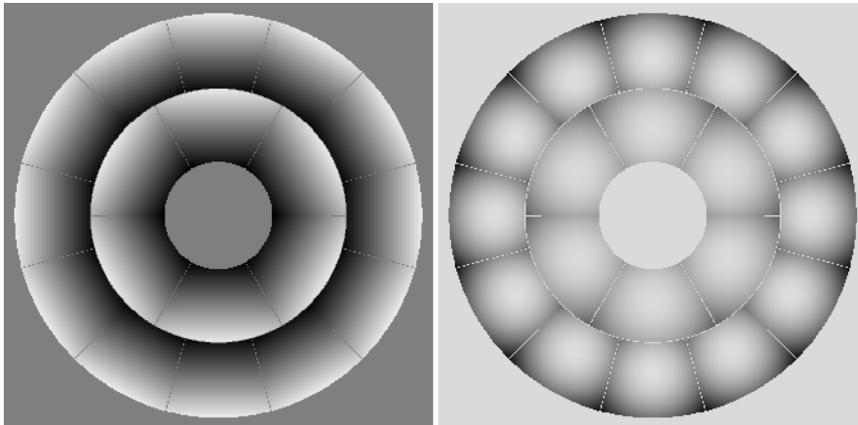


图 7: Y 方向並進 $10\mu\text{m}$ ($\pm 0.8, -0.006 \sim +0.001$)

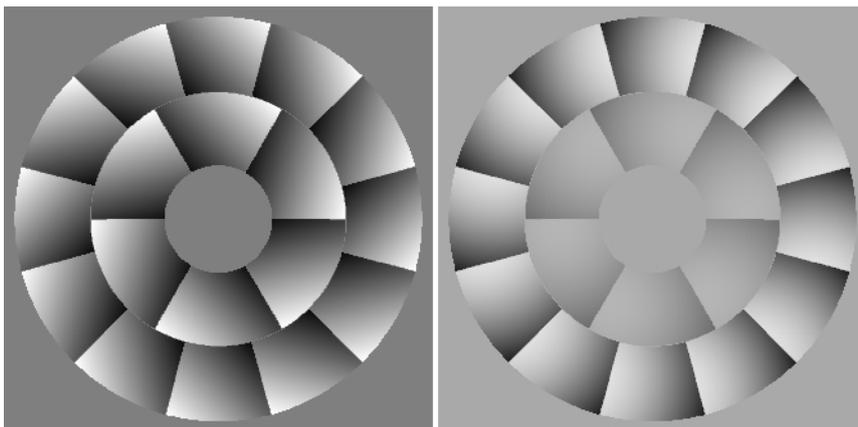


图 8: XY 方向並進 $10\mu\text{m}$ ($\pm 1.5, -0.02 \sim +0.01$)