

2018年12月15日 第48回 望遠鏡および観測装置会議 @京都

セグメント主鏡の光学調整

木野 勝 (京都大学)



セグメント鏡

分割数 : 6+12
大きさ : 対角~1.2 m
重さ : 約70 kg



設置精度 : rms \leq 50 nm

外乱

架台の重力変形・熱変形
: ~100 μ m 変動は遅い

風圧 : 300 nm @1 Hz
10 nm @10 Hz

鏡の段差・傾きをリアルタイムに計測して補正

光学的な位置決定

- 運用前の初期設定 (1~2回/夜)
- 観測時には退避

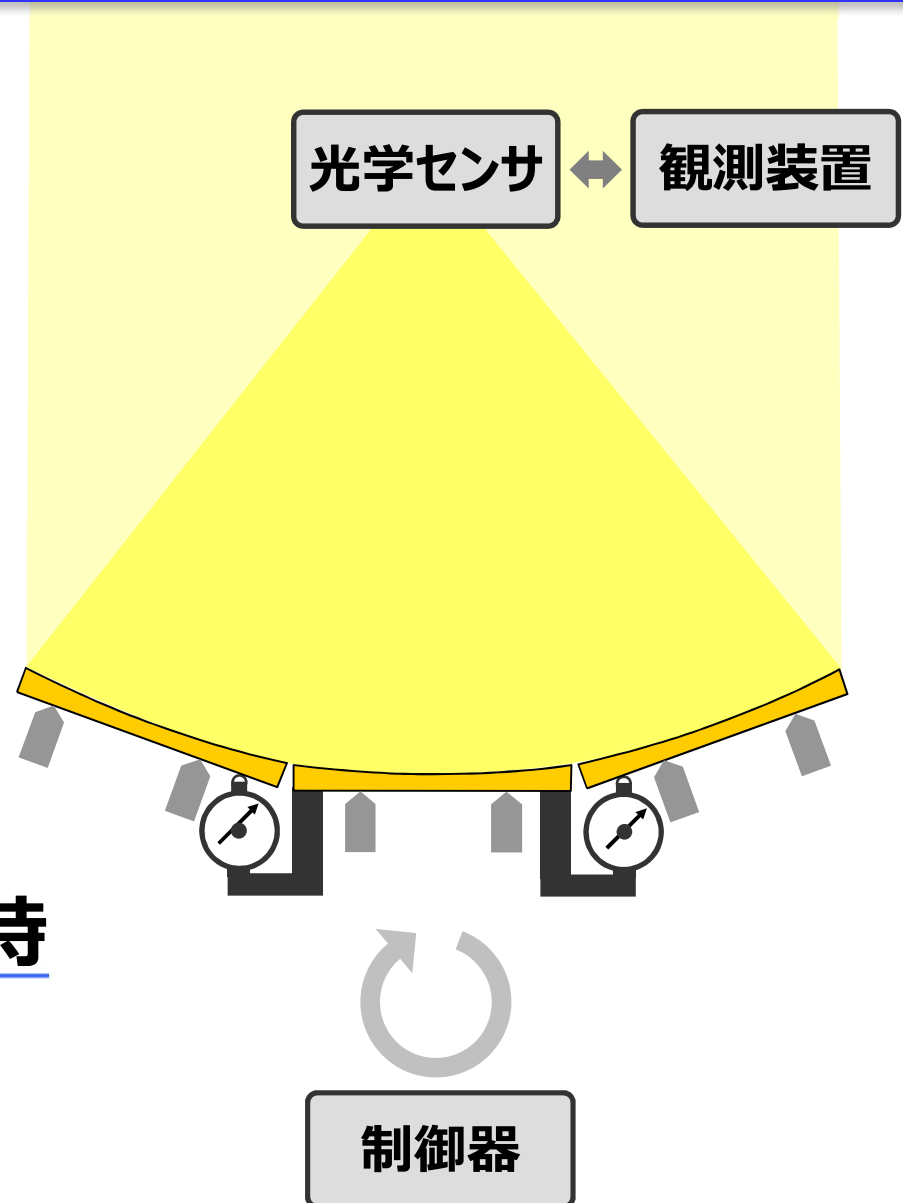
焦点に2種類の光学センサ

- ▶ 傾斜センサ
- ▶ 段差センサ

フィードバック制御による保持

- 観測中もリアルタイム制御

鏡の裏面に変位センサ



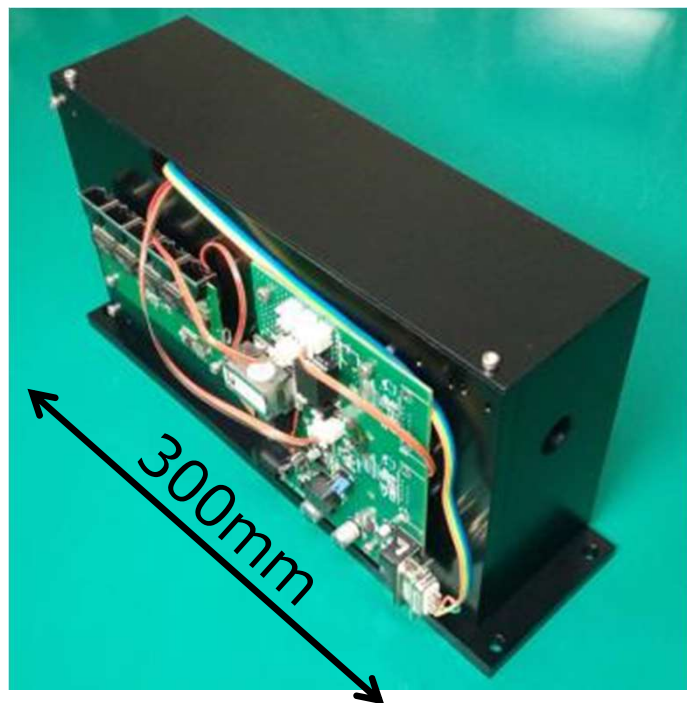
- 主鏡位置の粗調整
 - ▶ 主鏡面内方向の調整1 (～0.5mm) . . . 完了
 - ▶ 副鏡・第三鏡の光軸調整 (目視レベル) . . . 完了
 - ▶ **SH広域モードの実装** . . . 完了
 - ▶ 主鏡高さ・傾斜の調整 . . . **傾斜は完了**
 - ▶ 主鏡面内方向の調整2 (～0.1mm) . . . 完了
- 星像確認のための初期調整
 - ▶ アクチュエータ出力ロッドの追加工 . . . 完了
 - ▶ アクチュエータの取り付け . . . 完了
 - ▶ 主鏡制御回路の取り付け . . . 完了
 - ▶ **SH詳細・多点モードの実装** . . . **実行中**
 - ▶ 望遠鏡のバランス調整 . . . 完了
 - ▶ **星を使って主鏡・副鏡の角度調整** . . . **Eng. F. L.**
 - ▶ 結像性能の確認 . . . **実行中**

次ページへ

続き

- 分割鏡制御
 - ▶ 内周リング用アームの追加工
 - ▶ センサアーム台座の追加工 . . . 実行中
 - ▶ エッジセンサの取り付け . . . 実行中
 - ▶ エッジセンサ読出ケーブルの組立と配線
 - ▶ エッジセンサ出力値と変位の対応関係の計測
 - ▶ **分割鏡のフィードバック制御試験**
- 観測に向けた性能向上
 - ▶ 参照センサによるエッジセンサの安定化
 - ▶ Telescope Analysisによる指向精度の向上

(上記とは別にUI等の開発、ローテータ・観測装置との統合)
- **観測開始へ**



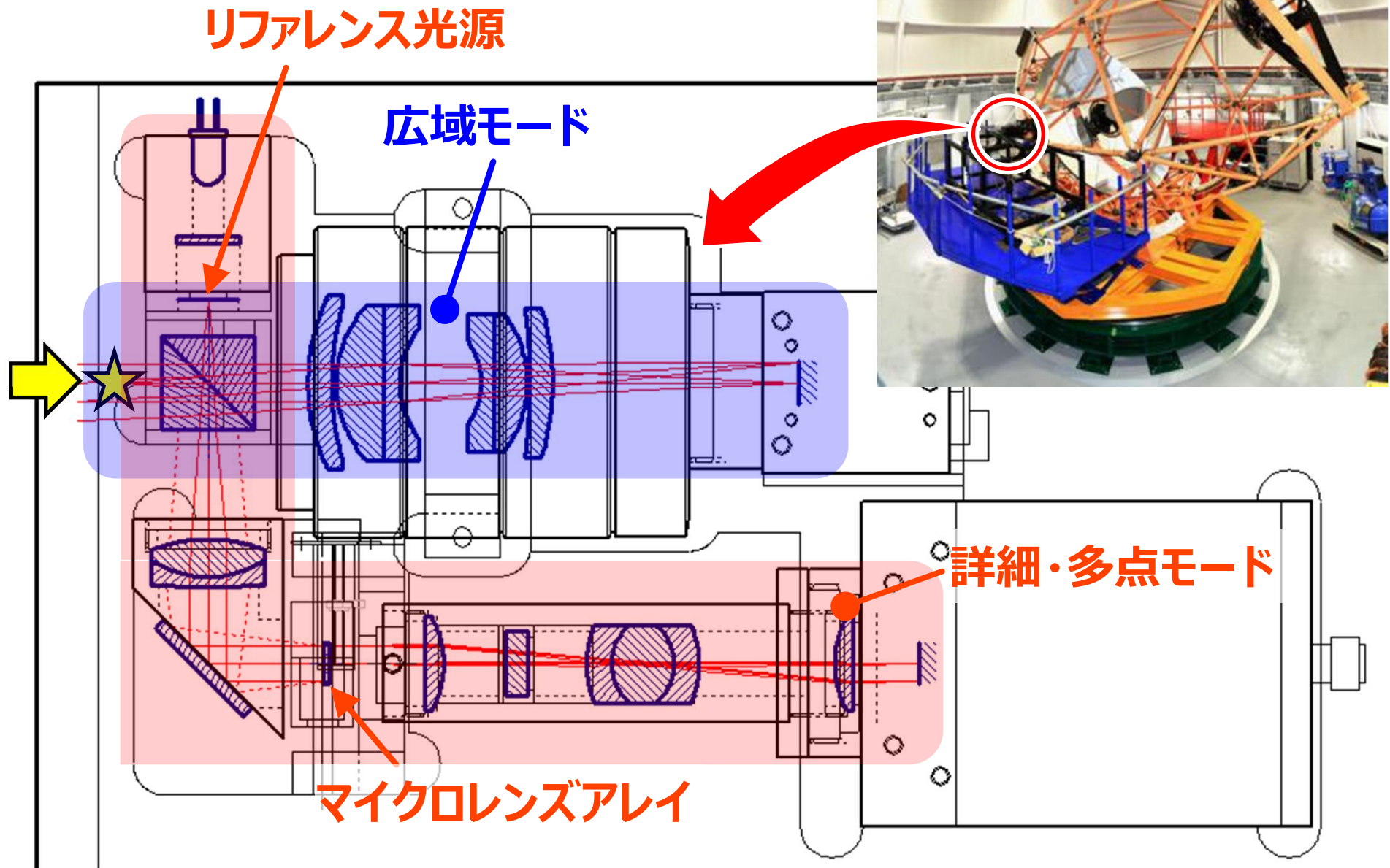
装置ローテータの片隅に設置

鏡を設置時の初期調整

鏡面形状の経年変化

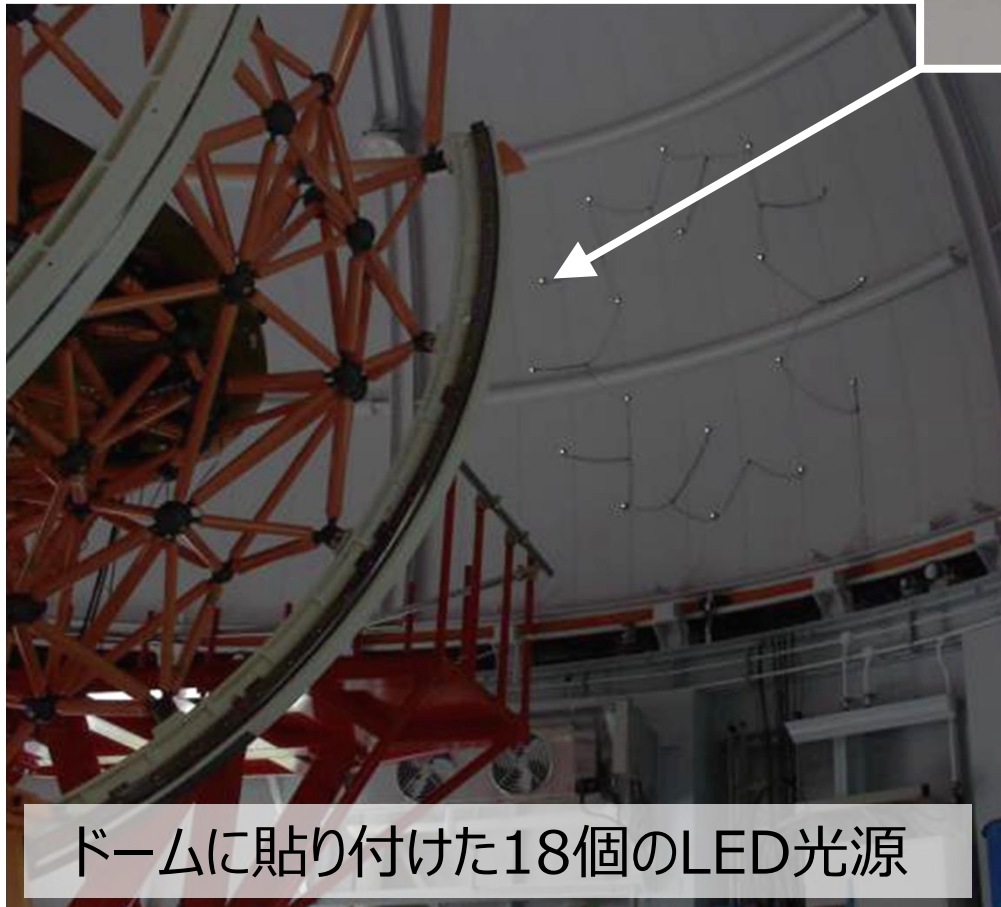
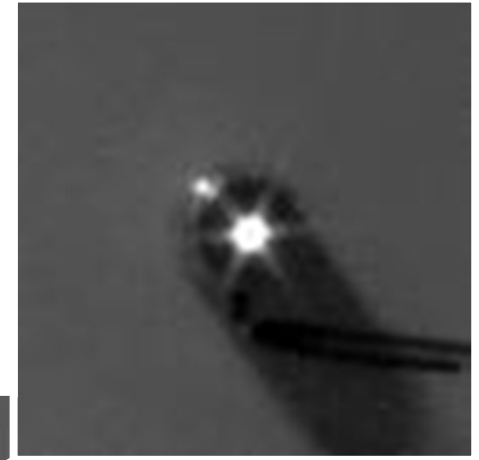
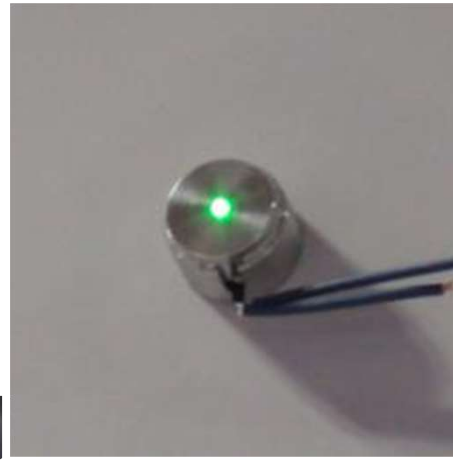
毎夜の観測前

モード	広域	詳細	多点
方式	deflectometry	Shack-Hartmann	
レンジ	±20分角	±38秒角	±4.3秒角
精度	±30秒角	±0.11秒角	±0.11秒角
点数/鏡	1	1	29~44

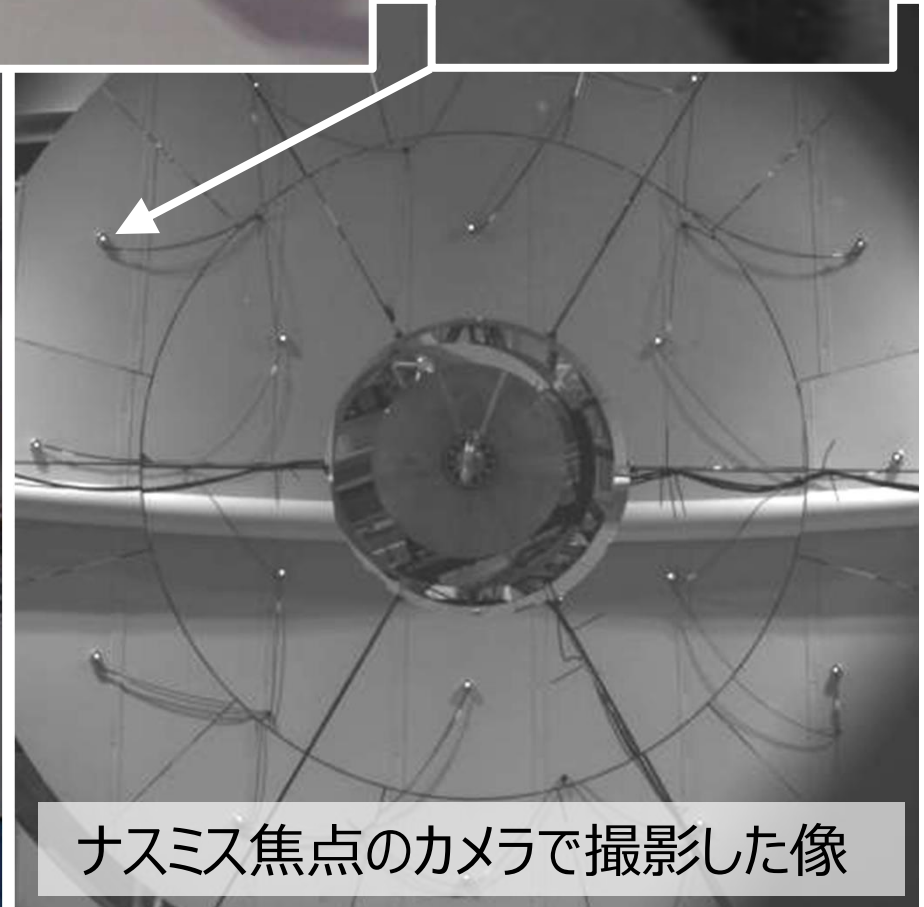


望遠鏡焦点に置いたカメラで
ドーム上の点光源を撮影

精度は低いが広レンジ



ドームに貼り付けた18個のLED光源

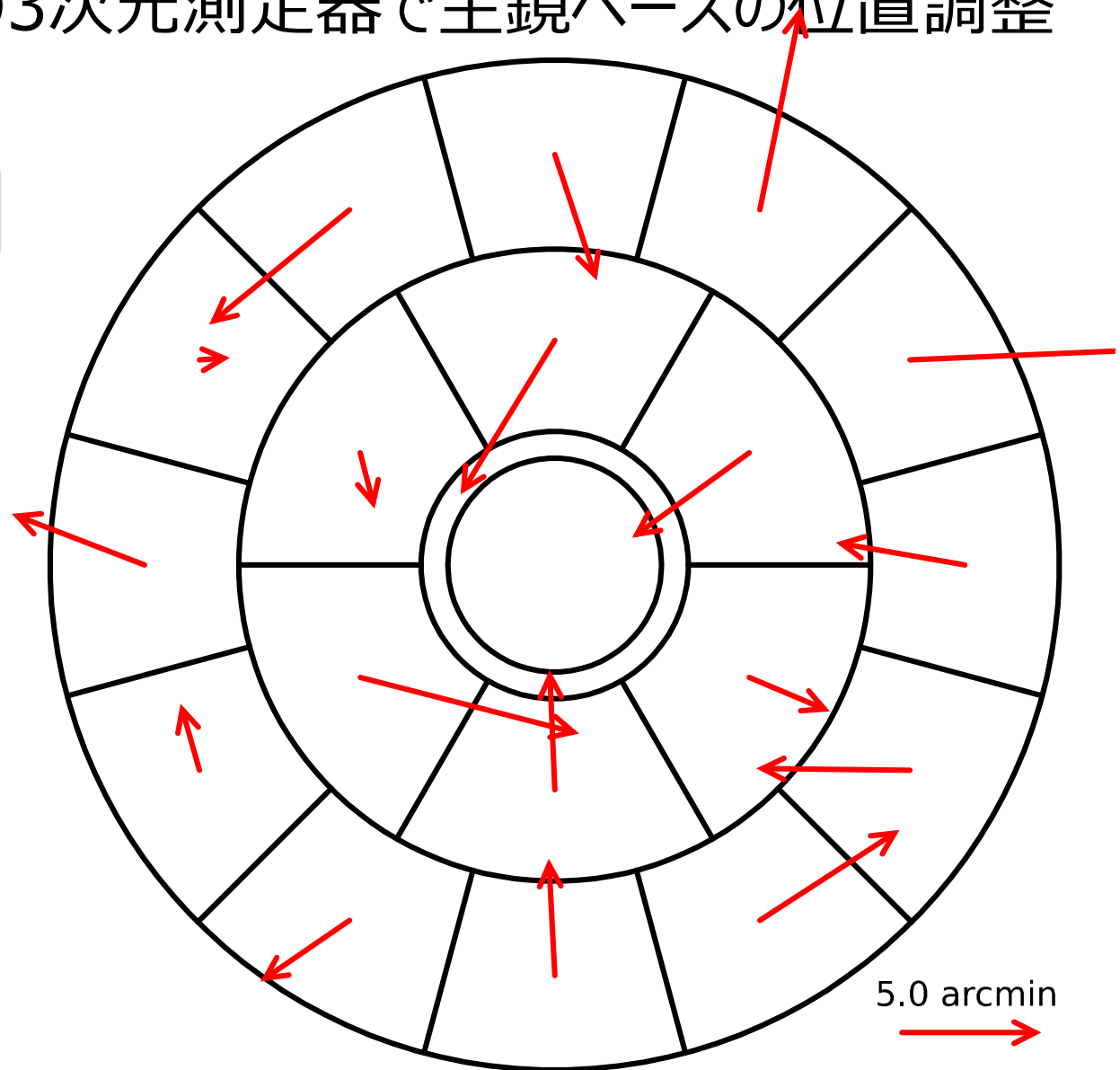


ナスミス焦点のカメラで撮影した像

主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

rms 5.7分角



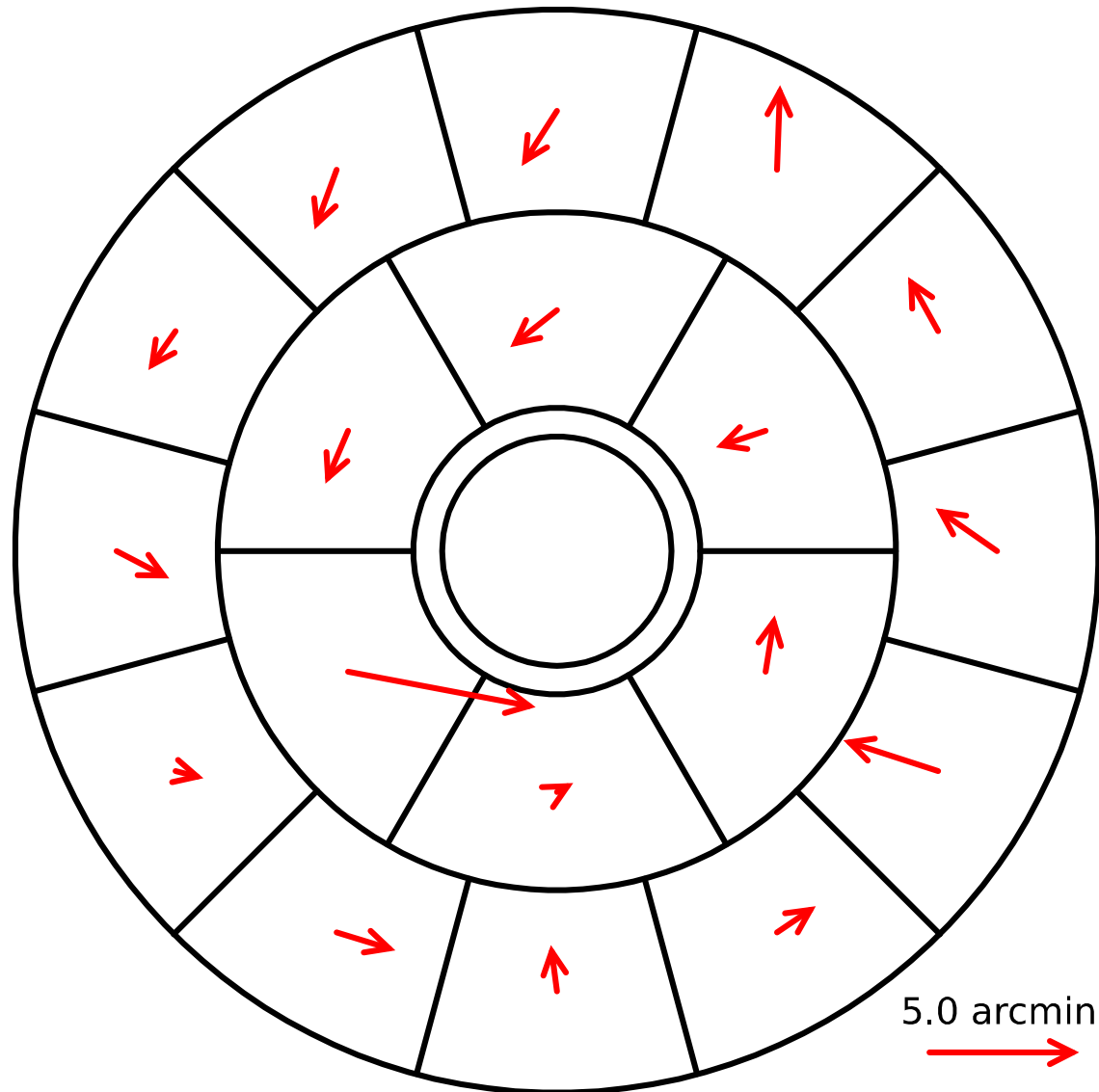
主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

rms 5.7分角

- 主鏡ベース調整後
(Seg4は別のネジが干渉)

rms 2.4分角



主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

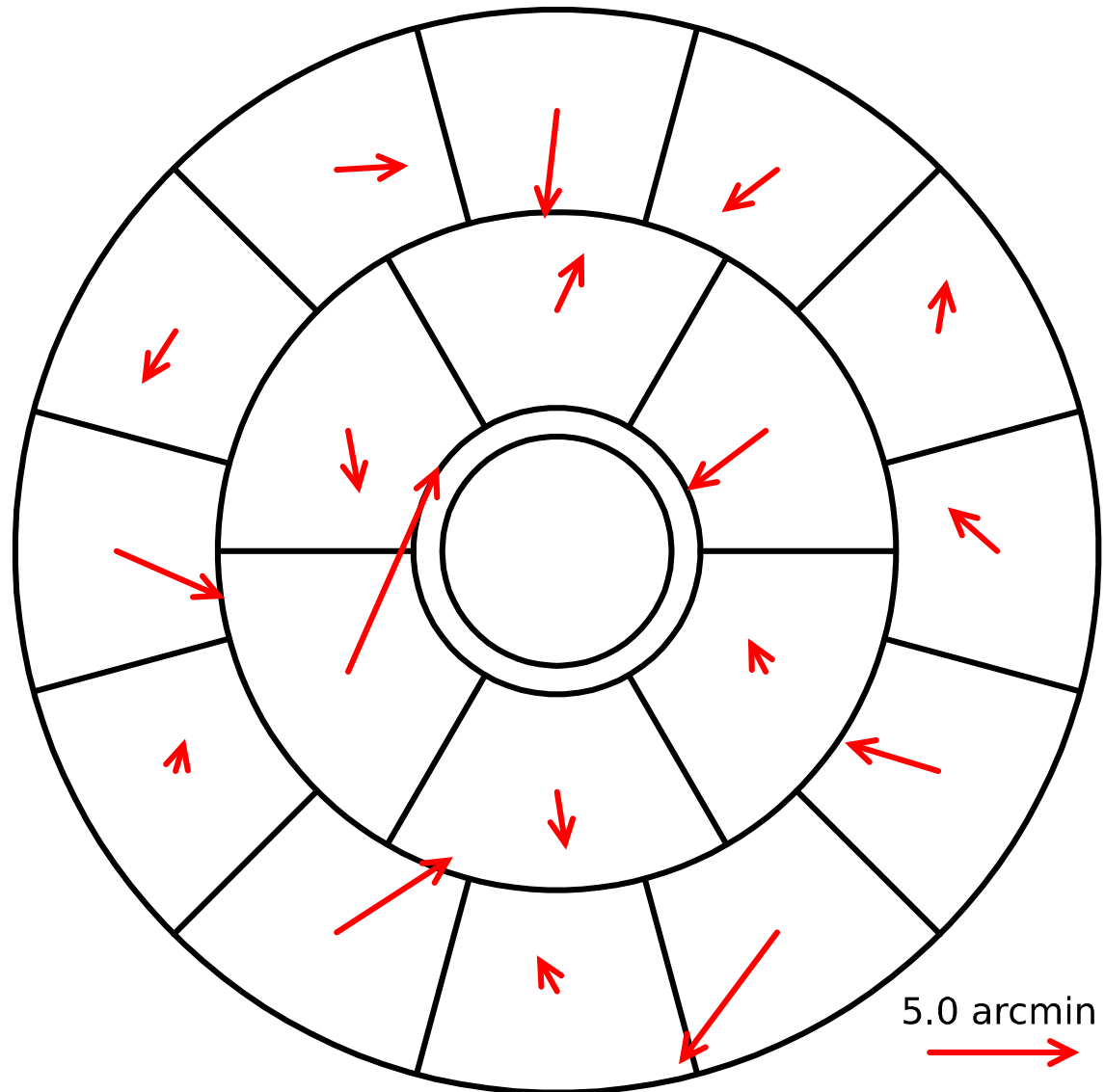
rms 5.7分角

- 主鏡ベース調整後
(Seg4は別のネジが干渉)

rms 2.4分角

- アクチュエータ取付後

rms 3.3分角



主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

rms 5.7分角

- 主鏡ベース調整後
(Seg4は別のネジが干渉)

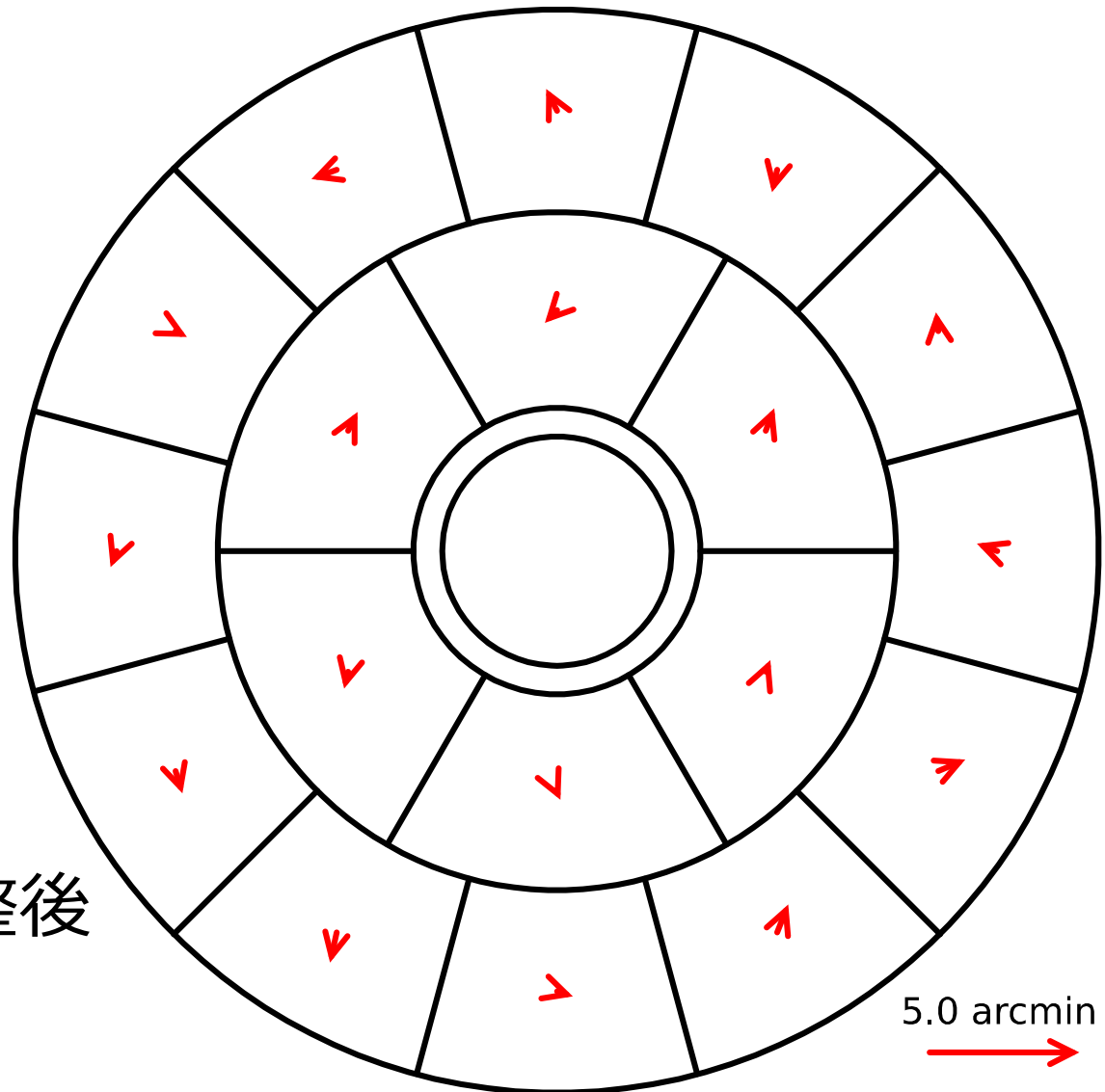
rms 2.4分角

- アクチュエータ取付後

rms 3.3分角

- アクチュエータでの調整後

rms 0.54分角



主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

rms 5.7分角

- 主鏡ベース調整後
(Seg4は別のネジが干渉)

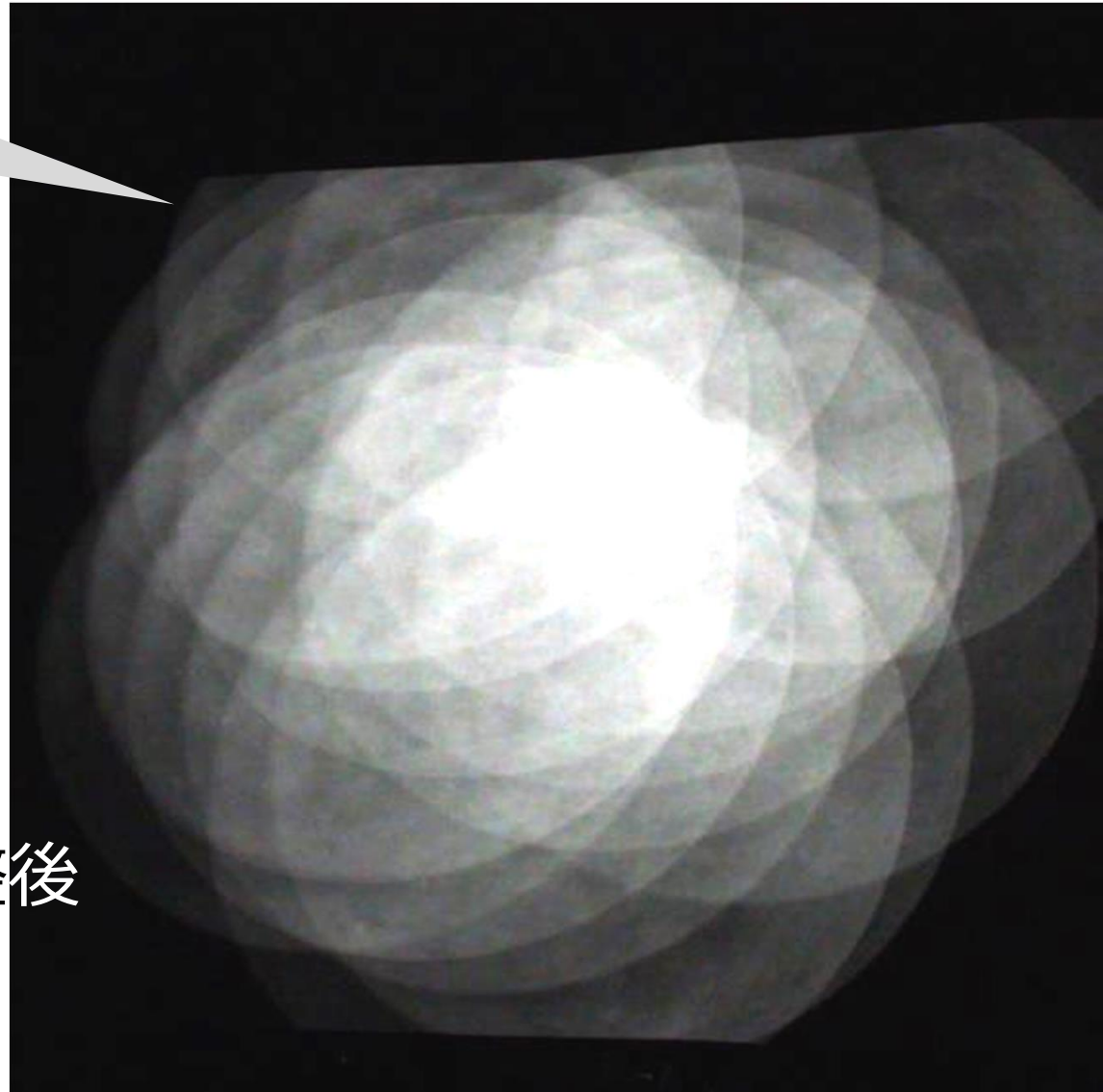
rms 2.4分角

- アクチュエータ取付後

rms 3.3分角

- アクチュエータでの調整後

rms 0.54分角



主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

rms 5.7分角

- 主鏡ベース調整後
(Seg4は別のネジが干渉)

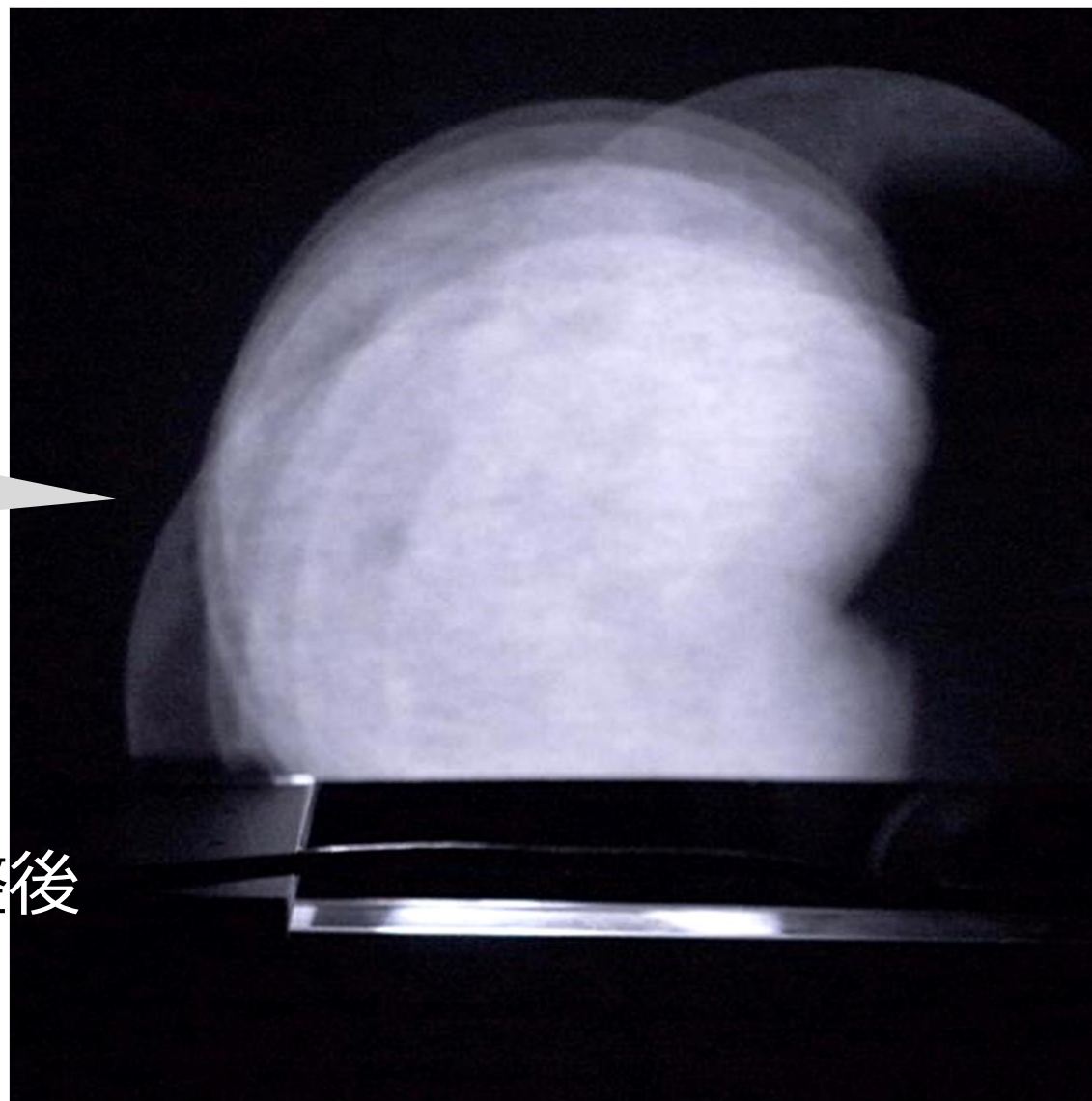
rms 2.4分角

- アクチュエータ取付後

rms 3.3分角

- アクチュエータでの調整後

rms 0.54分角



主鏡搭載前：FARO3次元測定器で主鏡ベースの位置調整

- 初期状態

rms 5.7分角

- 主鏡ベース調整後
(Seg4は別のネジが干渉)

rms 2.4分角

- アクチュエータ取付後

rms 3.3分角

- アクチュエータでの調整後

rms 0.54分角



広域モードでの調整後でも ϕ 3分角程度のばらつき

- ▶ 大半のセグメントは ϕ 1分程度のばらつき
- ▶ 4～5枚が誤差大

- LED光源の位置誤差
- 広域モード測定時からの重力・温度変形



フィードバック制御確立後に再評価が必要

とりあえず・・・星像を見ながらアクチュエータを操作

2018年12月12日 対象天体：カペラ

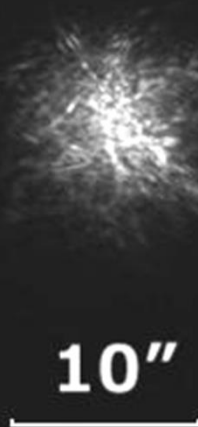
副鏡光軸を未調整なので星像が肥大



20"

2018年12月14日 対象天体：カペラ

手作業での分割鏡操作は限界
SH詳細・多点モードでの調整に移行予定



現在セットアップ・解析プログラムを調整中

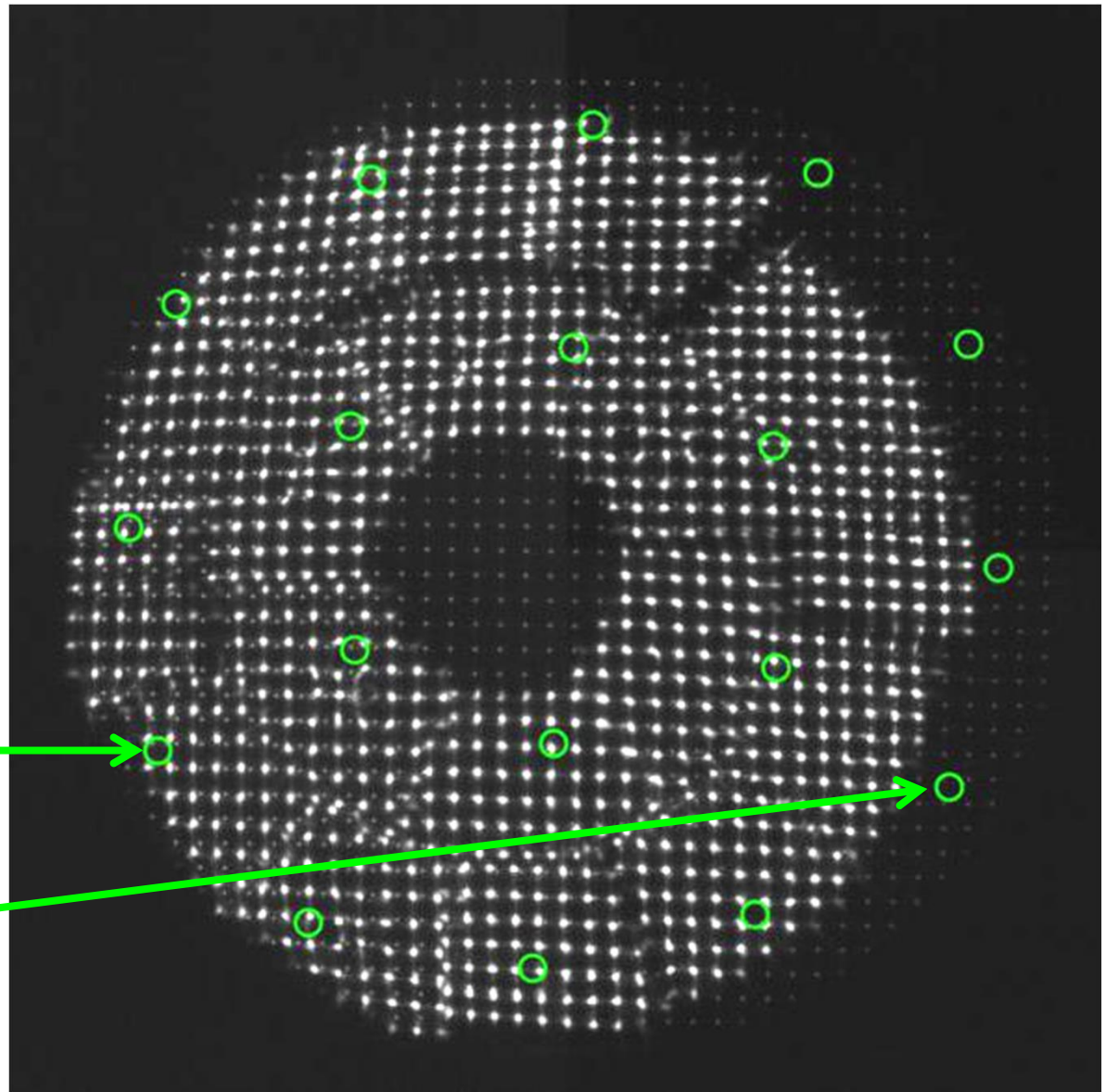
▶ 瞳の位置にズレ



SHもしくは第三鏡の
傾斜調整が必要

詳細モードでの測定点

光が届かないセグメント



- ▶ 主鏡高さ・傾斜の調整
- ▶ **SH詳細・多点モードの実装**
- ▶ **星を使って主鏡・副鏡の角度調整**
- ▶ 結像性能の確認
- 傾斜は完
- 実行中
- **Eng. F. L.**
- 実行中

- 分割鏡制御
 - ▶ 内周リング用アームの追加工
 - ▶ センサアーム台座の追加工
 - ▶ エッジセンサの取り付け
 - ▶ エッジセンサ読出ケーブルの組立と配線
 - ▶ エッジセンサ出力値と変位の対応関係の計測
 - ▶ **分割鏡のフィードバック制御試験**
 - 実行中
 - 実行中

- 観測に向けた性能向上
 - ▶ 参照センサによるエッジセンサの安定化
 - ▶ Telescope Analysisによる指向精度の向上

- **観測開始へ**