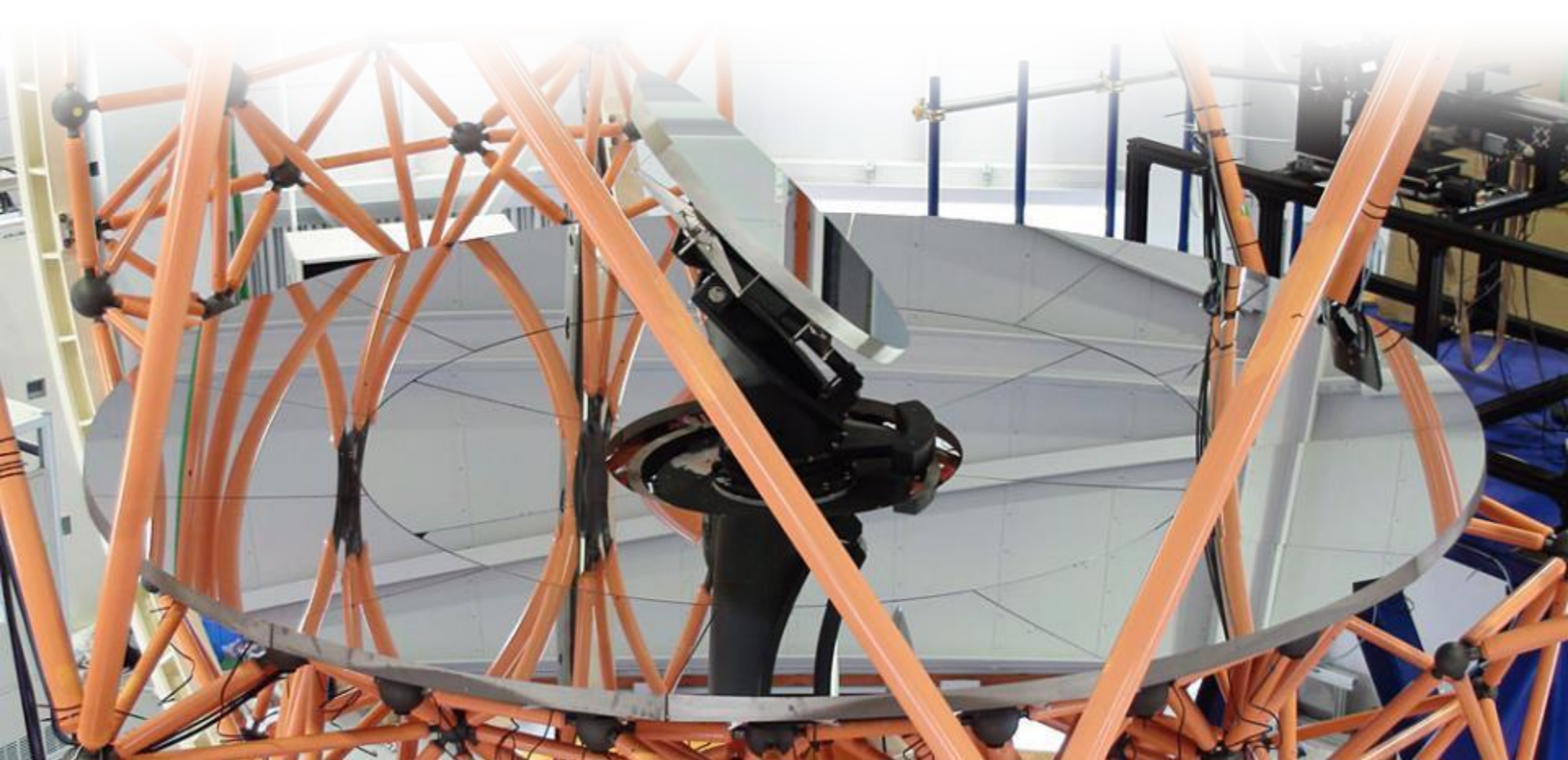


# セグメント主鏡の光学調整と制御

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  
:  $\sim 100$   $\mu\text{m}$  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

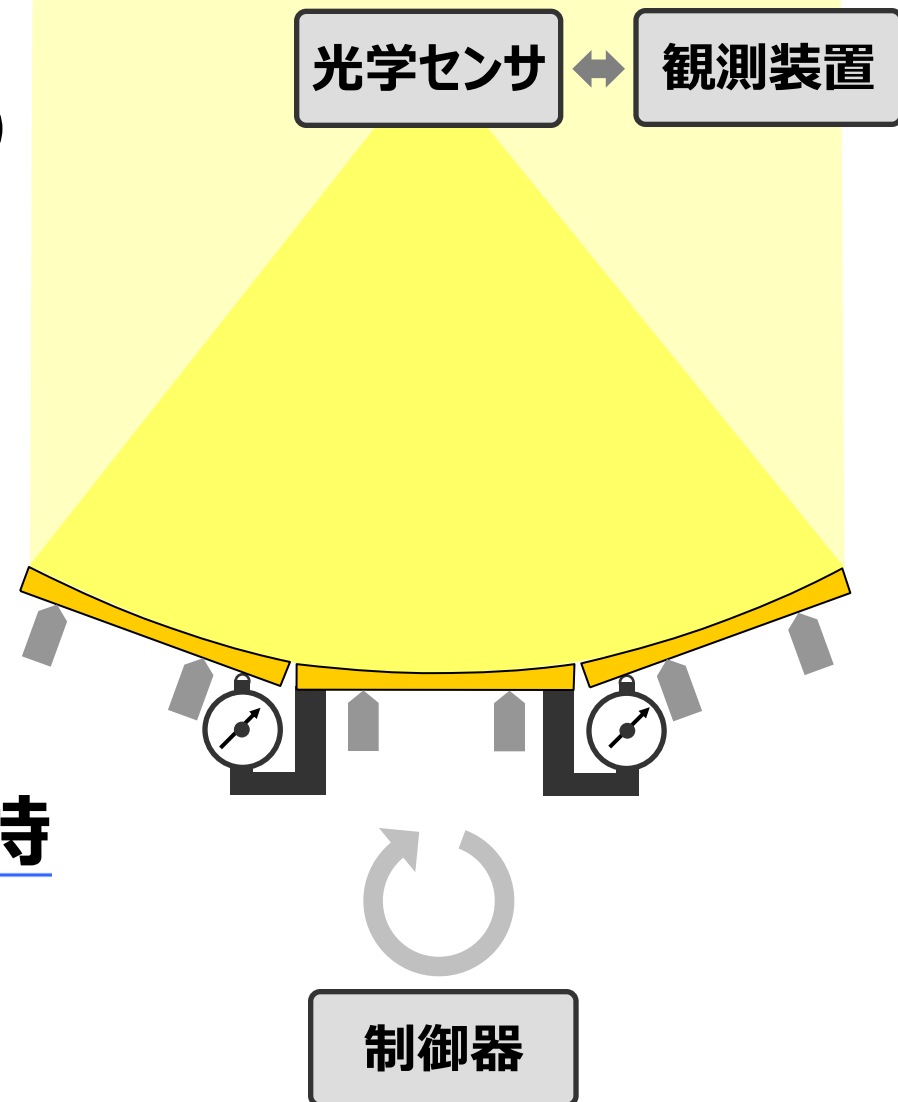
### 焦点に2種類の光学センサ

- ▶ 傾斜センサ (SH)
- ▶ 段差センサ (PCS)

## 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



# 光学的な位置決定

- 2018年 12月12日 Engineering First Light  
12月14日 副鏡の光軸調整  
12月19日 SHによる分割鏡の自動調整  
12月27日 [KOOLS-IFU Eng. F. L.](#)
- ~2019年1月20日 分割鏡・副鏡の調整を追い込み  
1月23日 焦点位置を移動し球面収差成分を改善  
(FWHM~2".2)

10"

12/12

12/14

12/19

1/20

1/23

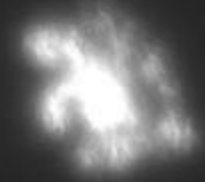
- 2019年2月12日 エッジセンサの取り付けを開始
- 2月28日 京大時間での初観測(制御なし)
- 3月 5日 一部のセグメントで制御試験を開始
- 3月12日 18セグメントでの制御に成功
- 3月22日 共同利用時間での初観測
- 3月29日 72ヶ所のセンサを取り付け完了



SHでの調整後



約 $10^\circ$ 離れた星に移動



10"

制御を開始

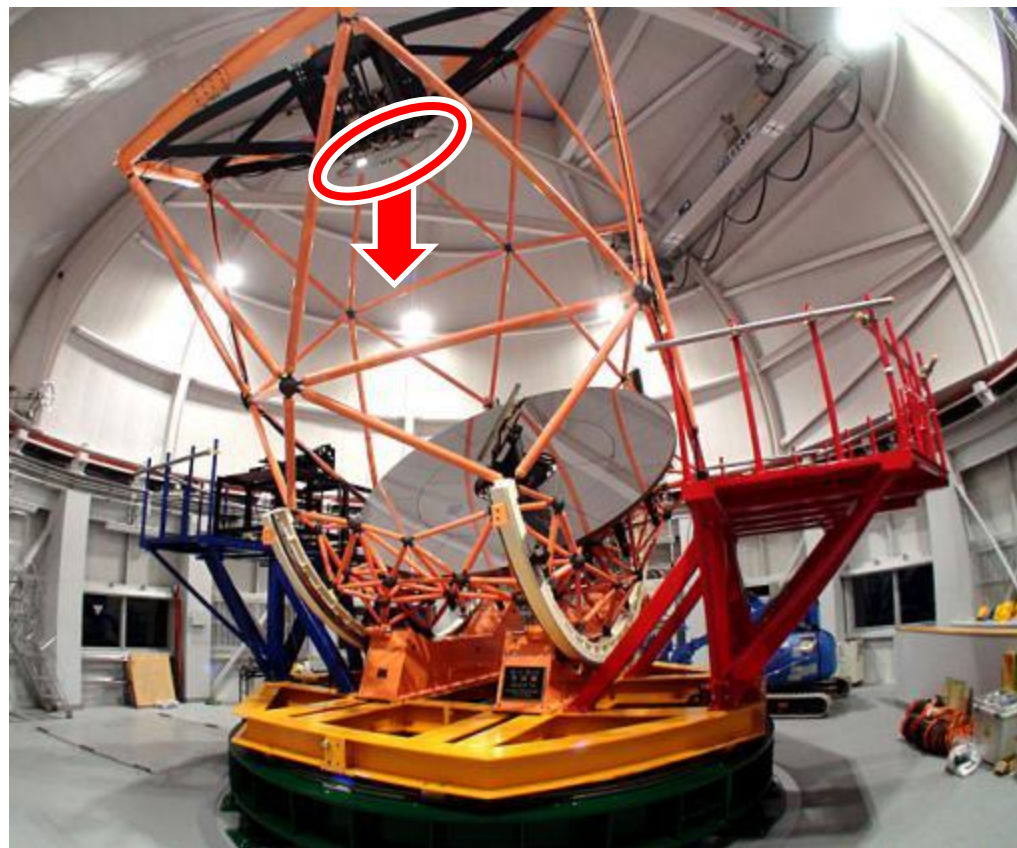
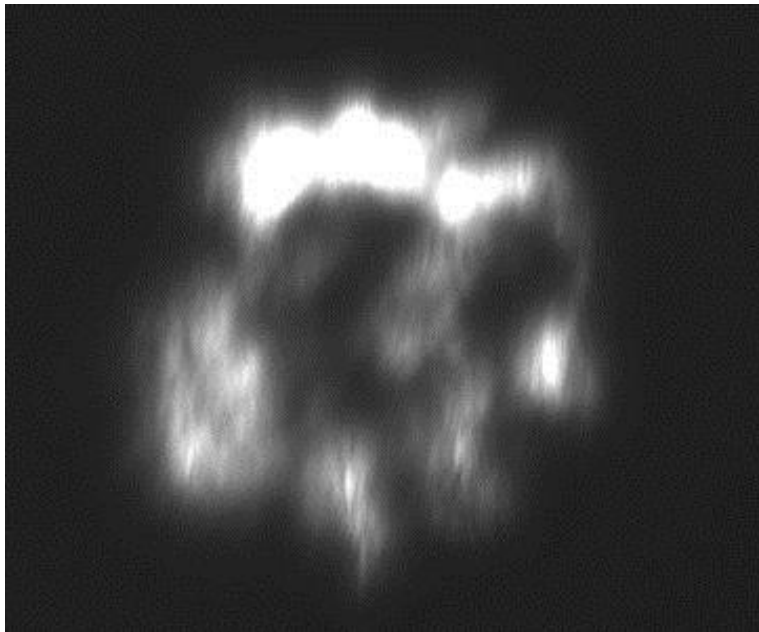


高度80°での星像



重力で副鏡が下がる  
水平 ↔ 天頂で～1.8mm

高度30°での星像



高度80°での星像

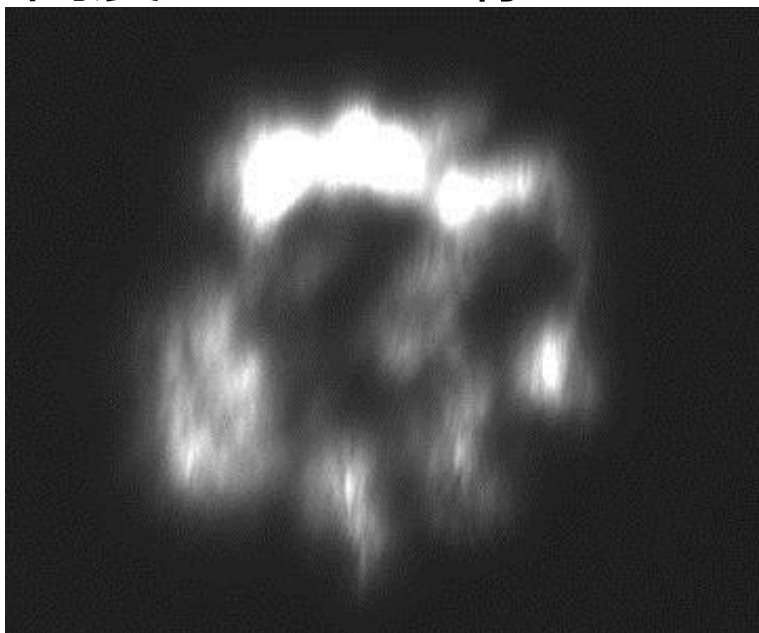


重力で副鏡が下がる

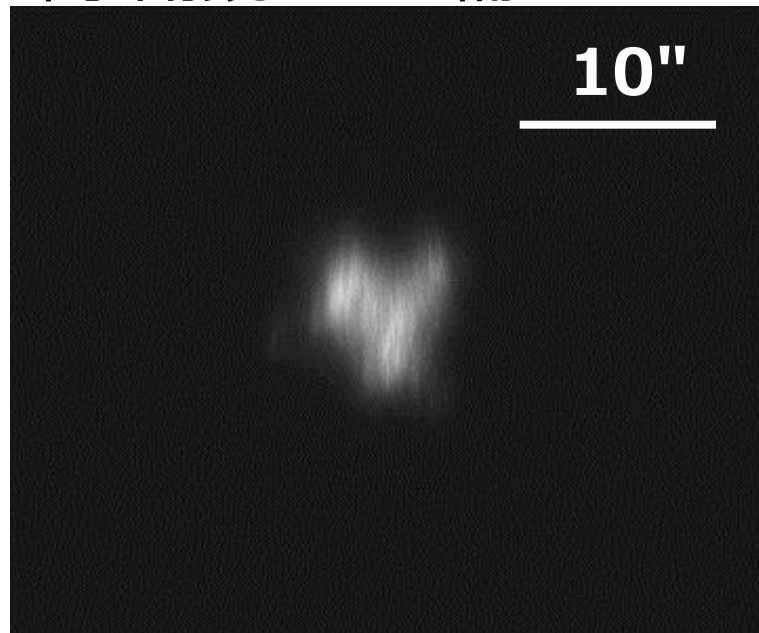
水平 ↔ 天頂で～1.8mm

副鏡の傾斜( $\theta_y$ 軸)も補正したい

高度30°での星像



同 副鏡focus補正



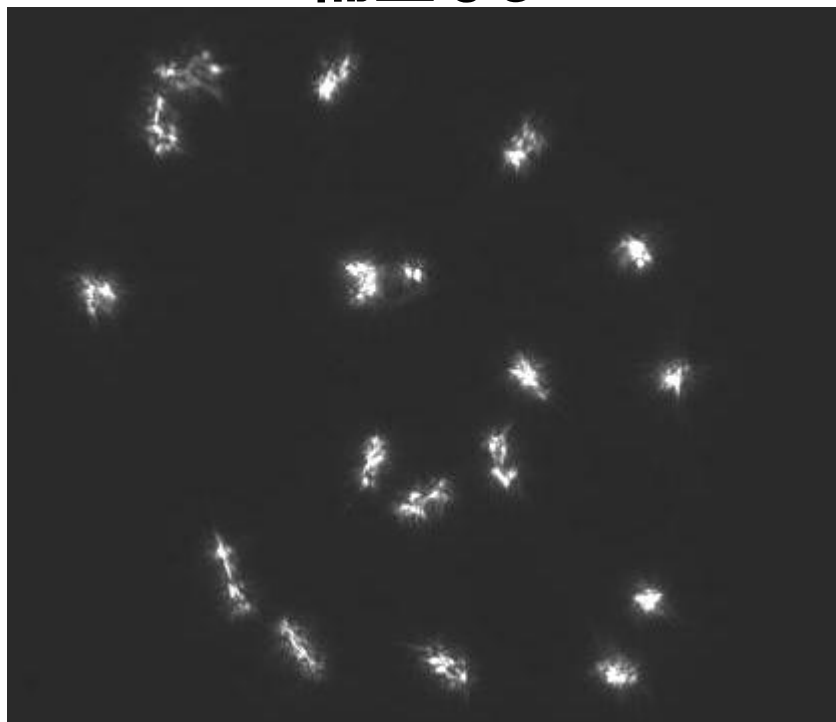
## 観測開始時の星像

- SHでの分割鏡調整前
- 前夜からの温度変化 5~10°C

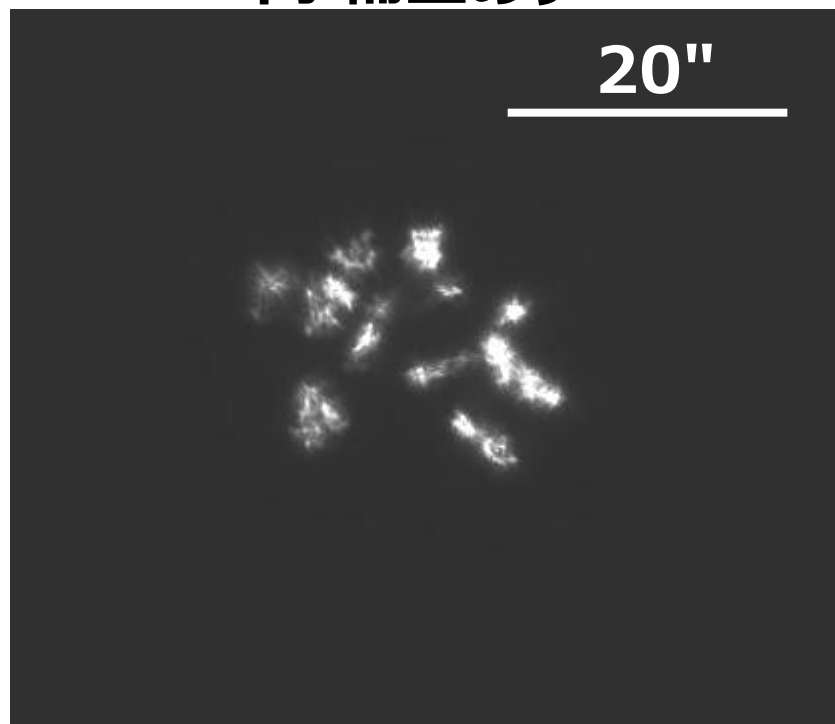
参照センサで補正



補正なし



同 補正あり





# 制御ソフトUI

## Webブラウザに表示

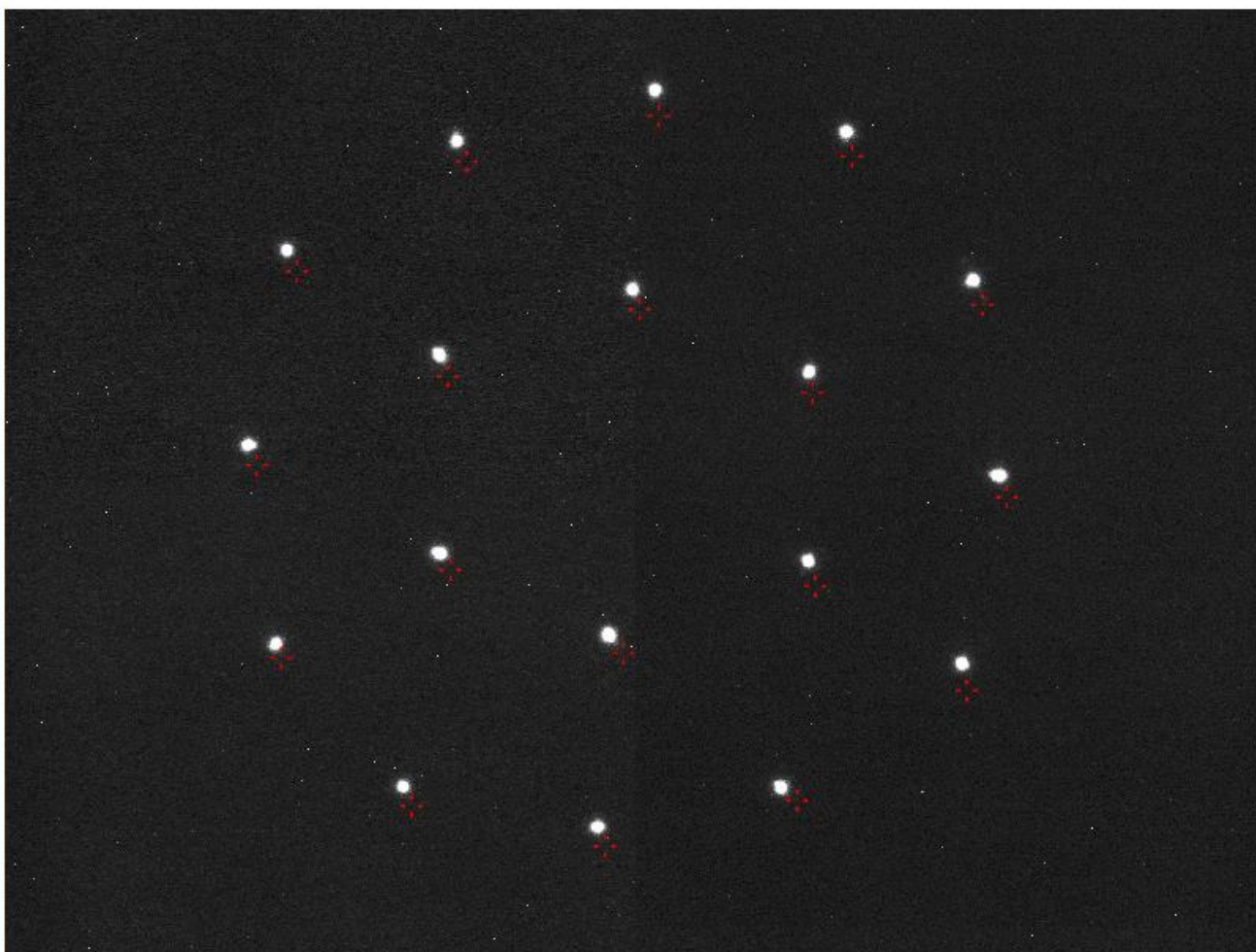
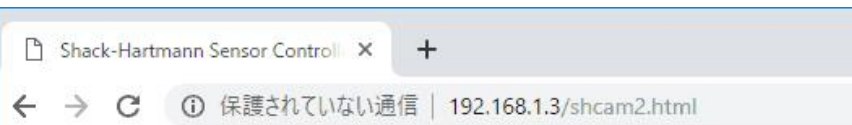
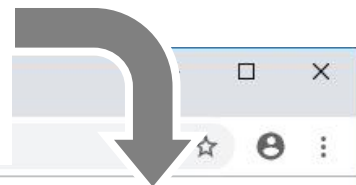
## 観測前にフィードバック Start 完了後に Stop

The screenshot shows a web browser interface for an M1 controller. It features 18 time-series plots for different segments (Ring, Seg1 to Seg18) and a control panel. The plots show data over a 20-second period. The control panel includes 'Feedback Control' buttons (Start, Stop) and 'Actuator Control' buttons (Org, Preset). Below the plots is a circular diagram of actuator positions and a table of actuator positions in millimeters.

| ID | Pos[rad]    | Disp[mm] | Disp[mas] |
|----|-------------|----------|-----------|
| 00 | -0.00090014 | 32.6     |           |
| 01 | -0.00004172 | -39.2    |           |
| 02 | 9.54922279  | -110.9   |           |
| 03 | -0.00079189 | -25.9    |           |
| 04 | -0.00495121 | 42.0     |           |
| 05 | 7.22803601  | -73.4    |           |
| 06 | -0.00019305 | -18.1    |           |
| 07 | -0.00504496 | 3.1      |           |
| 08 | 6.33930414  | -79.4    |           |
| 09 | 0.00084262  | 39.5     |           |
| 10 | -0.00531481 | -0.8     |           |
| 11 | 6.88648853  | -48.1    |           |
| 12 | 0.00050408  | 22.3     |           |
| 13 | -0.00537193 | 22.6     |           |
| 14 | 7.26244891  | 47.4     |           |
| 15 | 0.00102046  | -9.6     |           |
| 16 | -0.00505580 | 44.8     |           |
| 17 | 7.78844488  | -54.5    |           |
| 18 | -0.00039195 | 8.5      |           |
| 19 | -0.00385495 | 73.9     |           |
| 20 | 8.08748500  | -73.9    |           |
| 21 | -0.00052353 | -16.8    |           |
| 22 | -0.01345921 | -4.3     |           |
| 23 | 0.00000000  | 0.0      |           |
| 24 | -0.00146595 | 7.6      |           |
| 25 | -0.01450829 | -2.5     |           |
| 26 | -0.42502620 | -63.1    |           |
| 27 | 0.00090272  | -10.7    |           |
| 28 | -0.01439895 | -3.0     |           |
| 29 | -0.30711571 | -124.9   |           |
| 30 | -0.00025972 | 22.3     |           |
| 31 | -0.01405184 | 23.7     |           |
| 32 | -0.27087896 | -194.6   |           |
| 33 | 0.00114572  | 35.1     |           |
| 34 | -0.01358635 | 26.7     |           |
| 35 | 0.00000000  | 0.0      |           |
| 36 | 0.00010819  | -13.9    |           |
| 37 | -0.01388037 | 20.7     |           |
| 38 | 0.32704006  | 76.1     |           |
| 39 | -0.00019745 | -11.5    |           |
| 40 | -0.01384925 | 65.3     |           |
| 41 | 0.32112147  | 166.8    |           |
| 42 | -0.00046561 | 12.5     |           |
| 43 | -0.01504153 | 28.0     |           |
| 44 | -0.36854283 | 106.6    |           |
| 45 | 0.00292960  | -17.6    |           |
| 46 | -0.01482752 | 17.2     |           |
| 47 | 0.00000000  | 0.0      |           |
| 48 | 0.00095933  | -2.4     |           |
| 49 | -0.01331661 | -7.8     |           |
| 50 | 1.50709770  | -63.1    |           |
| 51 | -0.00097192 | -18.9    |           |
| 52 | -0.01271256 | -10.4    |           |
| 53 | 1.77860817  | -54.3    |           |
| 54 | -0.00113679 | -12.3    |           |
| 55 | -0.01350847 | 27.3     |           |
| 56 | 0.83670788  | 22.4     |           |

## Webブラウザに表示

電源 ON/OFF  
プレビューの ON/OFF  
撮影と補正適用



Power : ON

Preview :

Last update 22:40:54.5

Exposure time [msec] :

Gain(0-20) :

M1 Alignment :

Exposure time [msec] :

Number of frames :

[Download Fits Image](#)

Reference LED :

Pupil Mask :

```
SH:/$ Already running!  
SH:/$
```

## 望遠鏡制御

- 副鏡focus軸・傾斜 $\theta$ y軸の自動補正

## 分割鏡制御

- 参照センサによる補正精度の向上
- 内周リング用アーム台座、内周リング用対向板ホルダを低熱膨張材料で再制作
- 位相カメラの実装

1~2週間

半~1年

## 鏡面精度の向上

- Warping Harness用アクチュエータの配線
- SH多点モードとWarping Harnessによる鏡面補正

1~2ヶ月