

# 極限補償光学装置の開発状況

山本広大(京都大学)

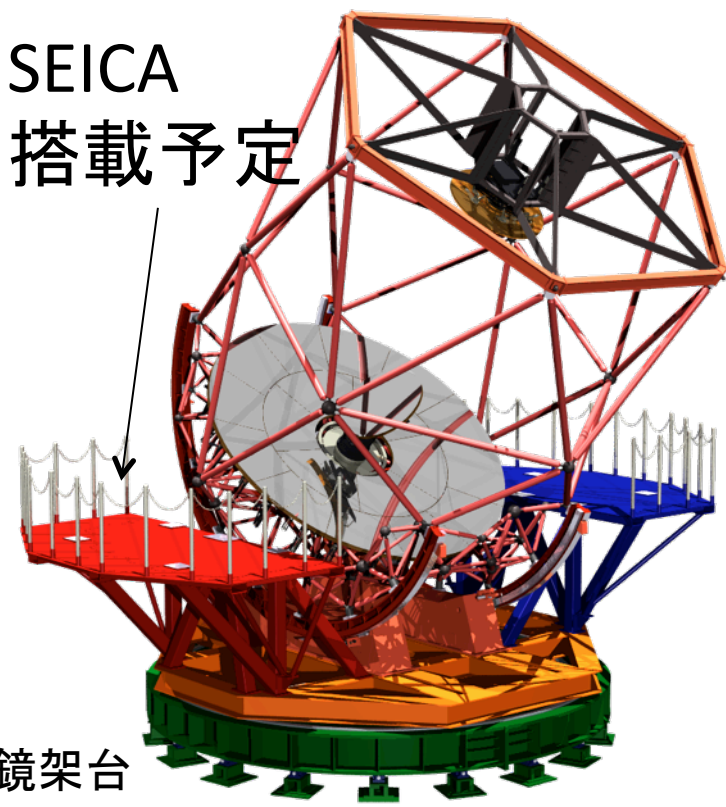
SEICA-AO開発チーム

[松尾太郎(大阪大学), 入部正継,  
中村祐一(大阪電通大), 木野勝(京都大学)]

惑星撮像装置SEICA[Second-generation  
Exoplanet Imager with Coronagraphic Ao]  
内容

- SEICAの意義・目的
- SEICA光学系概念図
- SEICA: ExAO
- SEICA: ExAO:: WooferAO実験
- SEICAスケジュール

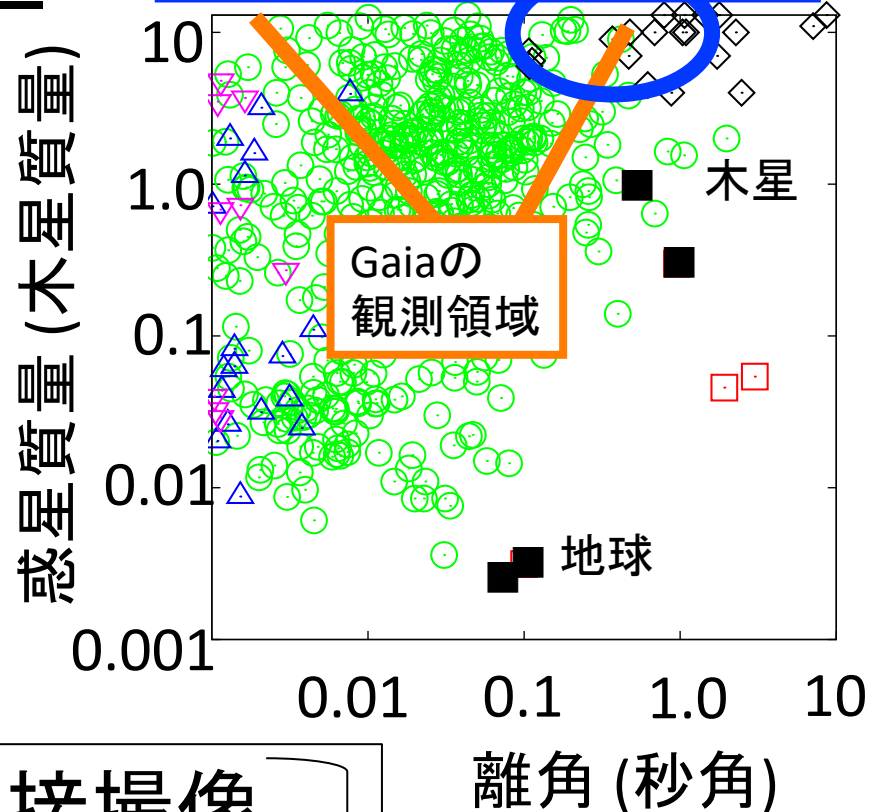
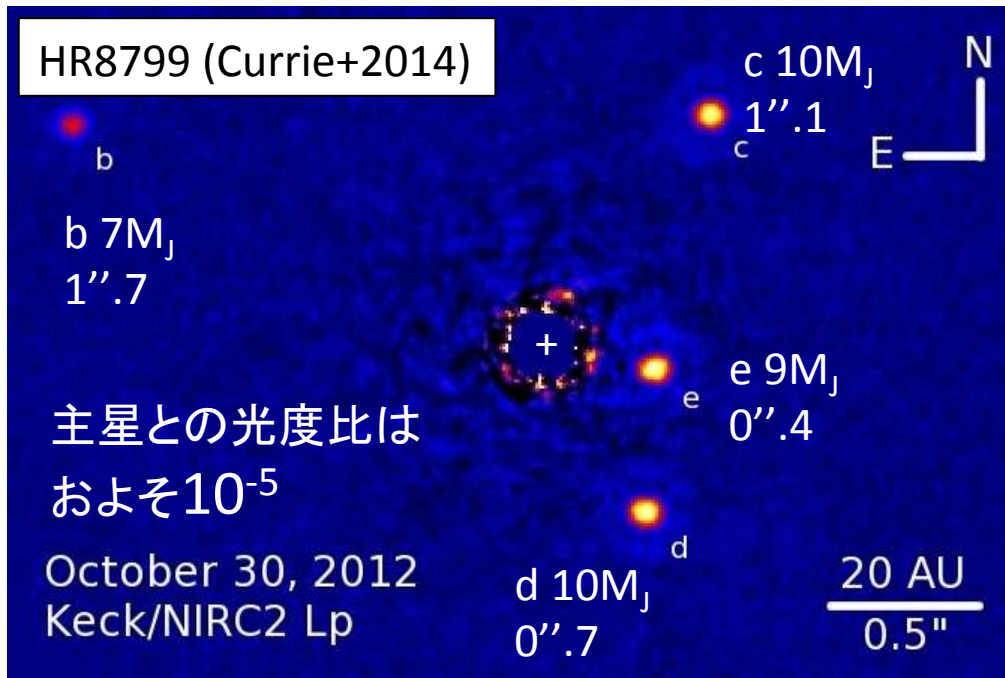
SEICA  
搭載予定



京大岡山3.8m望遠鏡架台

# SEICAの意義・目標

他観測で発見済の惑星を観測  
→キャラクターリゼーション



- 木星型太陽系外惑星の直接撮像  
→0".2-0".3で10<sup>-5</sup>~<sup>-6</sup>のコントラスト
- 先進技術のテストベッド[FPGA制御, PDI WFS, SPLINE, ポストプロセス]

H31/2019  
にFL

# SEICA: 光学系:: 概念図

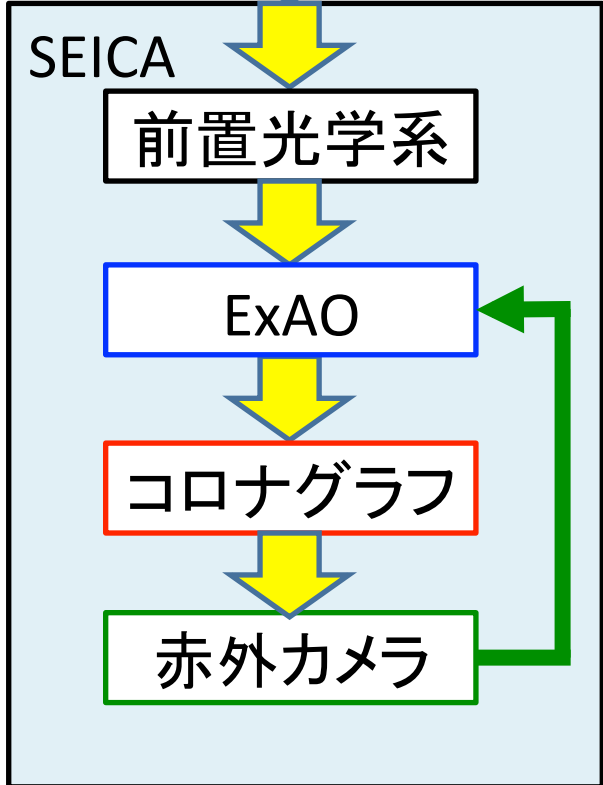
天体から



地球大気



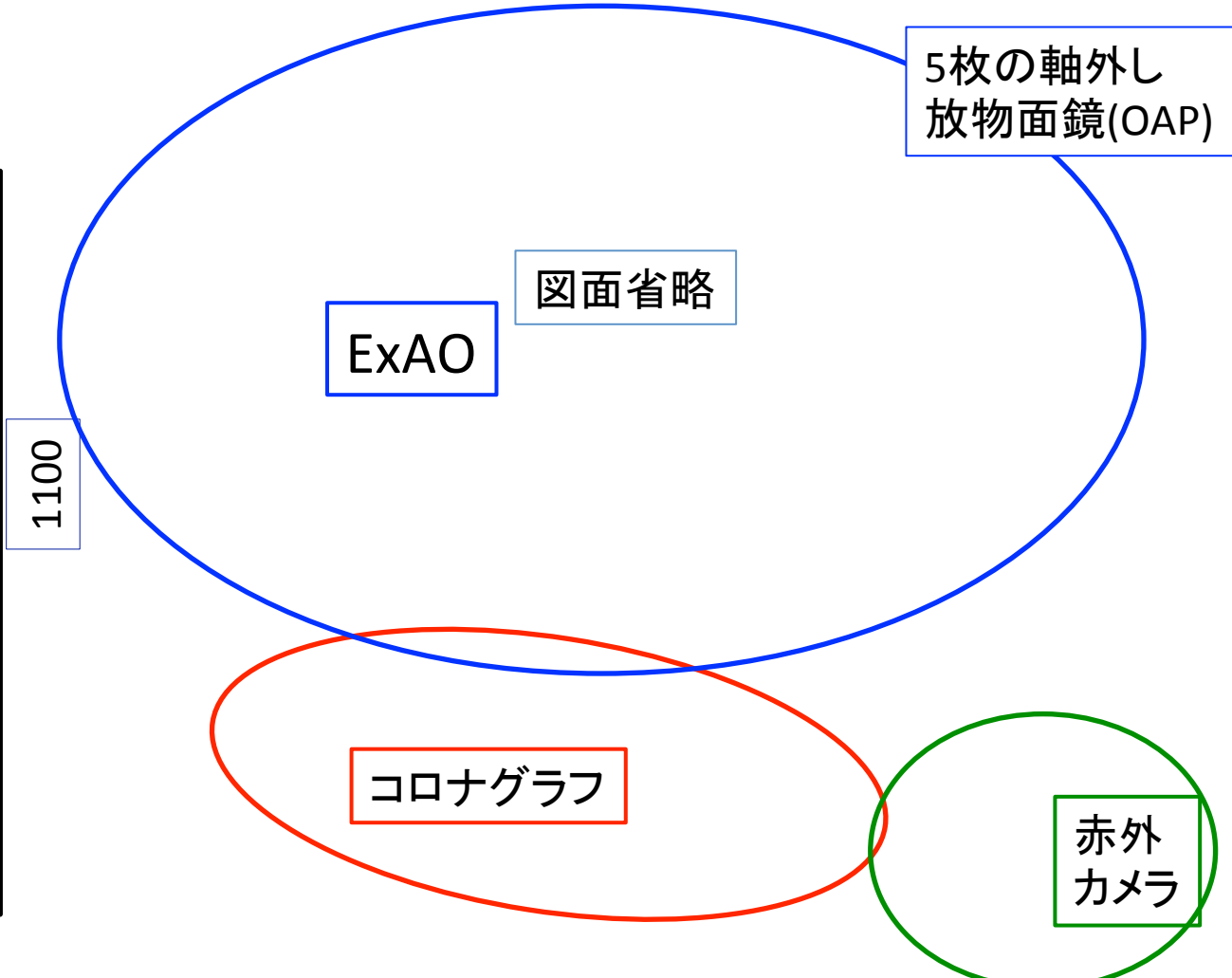
望遠鏡 (主-第三鏡)



望遠鏡→前置光学系からの入射光線

400

800



# SEICA: ExAOパート(極限補償光学系)

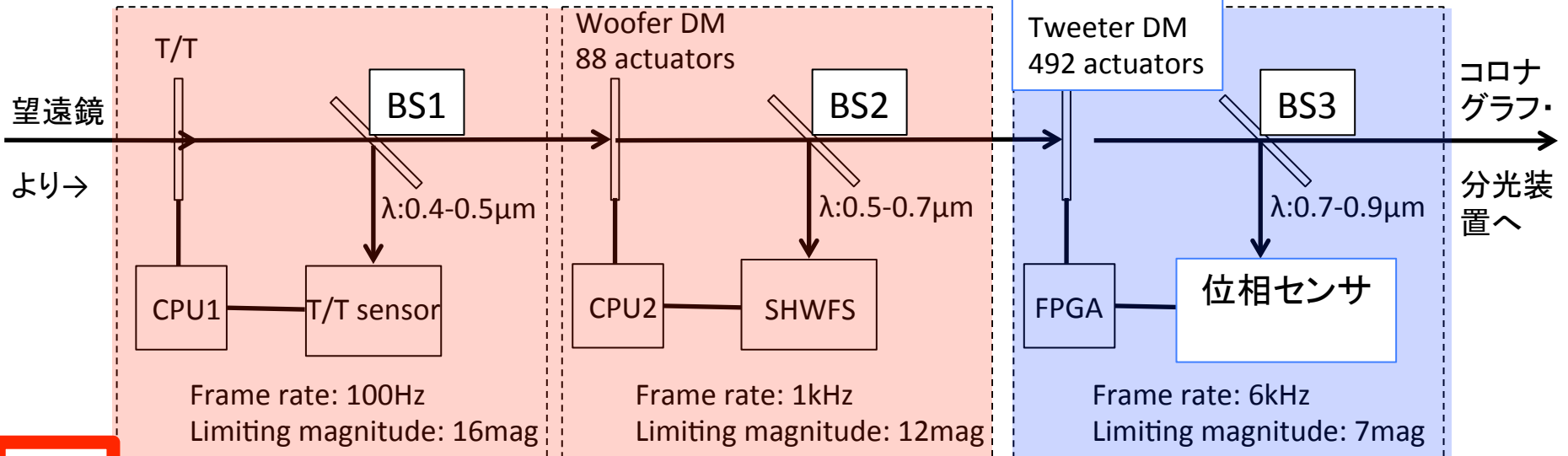
傾斜計測: T/T + Woofer  
低速、粗い波面制御

位相計測: Tweeter  
高速、高精度波面制御

Tip/Tilt部 視野内で星像を安定させる

Woofer部  $\lambda/4$ 程度まで波面補償する

Tweeter部  $\lambda/20$ 程度まで波面補償する



目標

高精度 ( $\lambda/20$ ; rms)  
高周波 (5-10 kHz)  
高空間周波数 (1辺24素子)

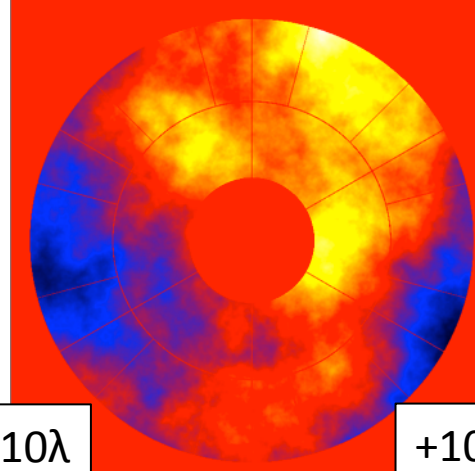
←コロナグラフにおいて何処までの精度が必要か再検討中

$0''.2 - 0''.3$ で $10^5 - 6$

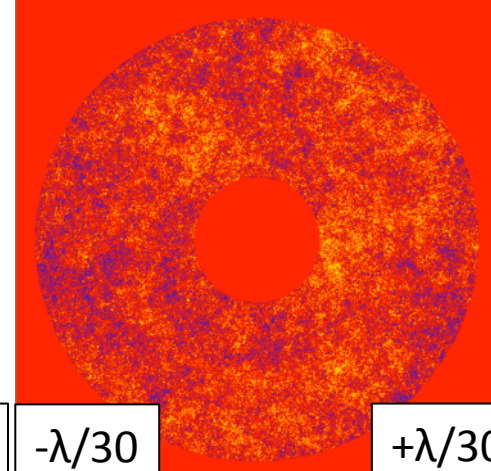
# SEICA: ExAO後のコントラスト

乱流層: 高度10km  
 フリード長: 10cm  
 風速: 10m/s  
 天頂角: 60度 (仰角30度)  
 センサー波長: 0.8 $\mu$ m  
 観測波長: 1.65 $\mu$ m  
 波面測定: 8.5kHz (制御850Hz)  
 補償点数: 差し渡し24素子  
 計495素子

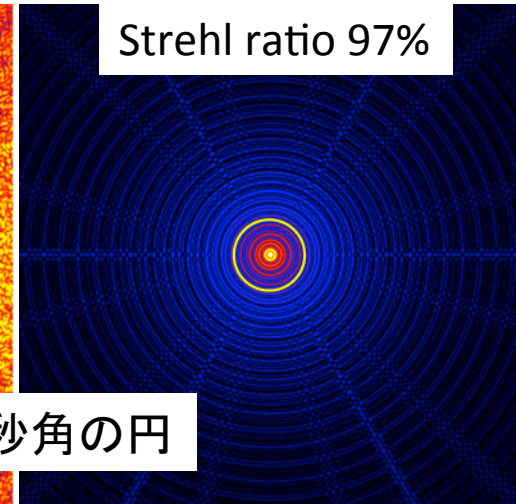
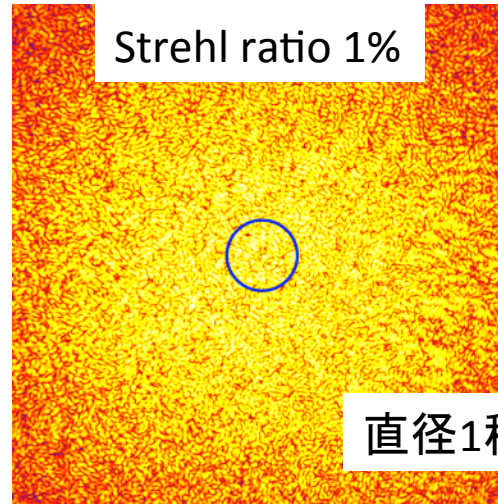
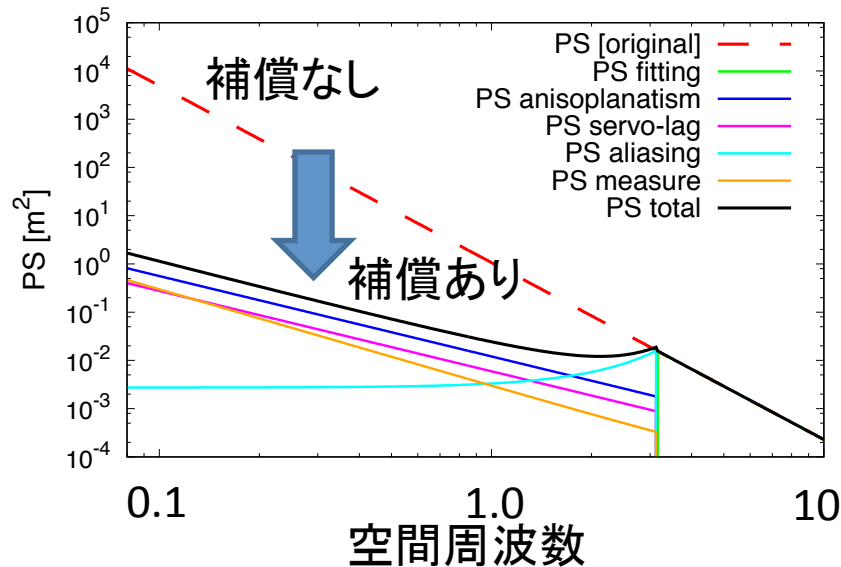
大気乱流のみ



ExAOによる補償



大気乱流と補償後のパワースペクトル

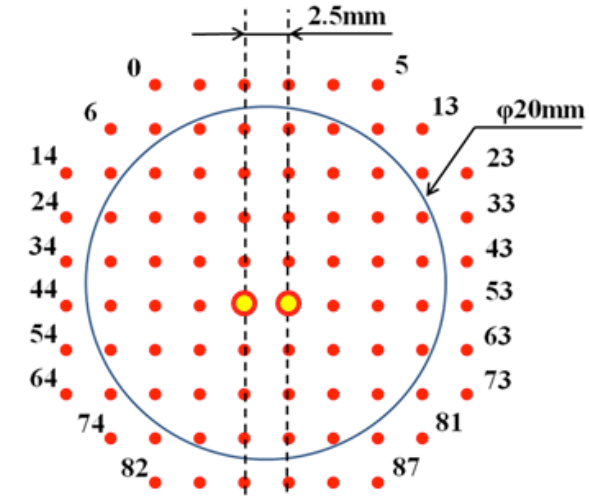
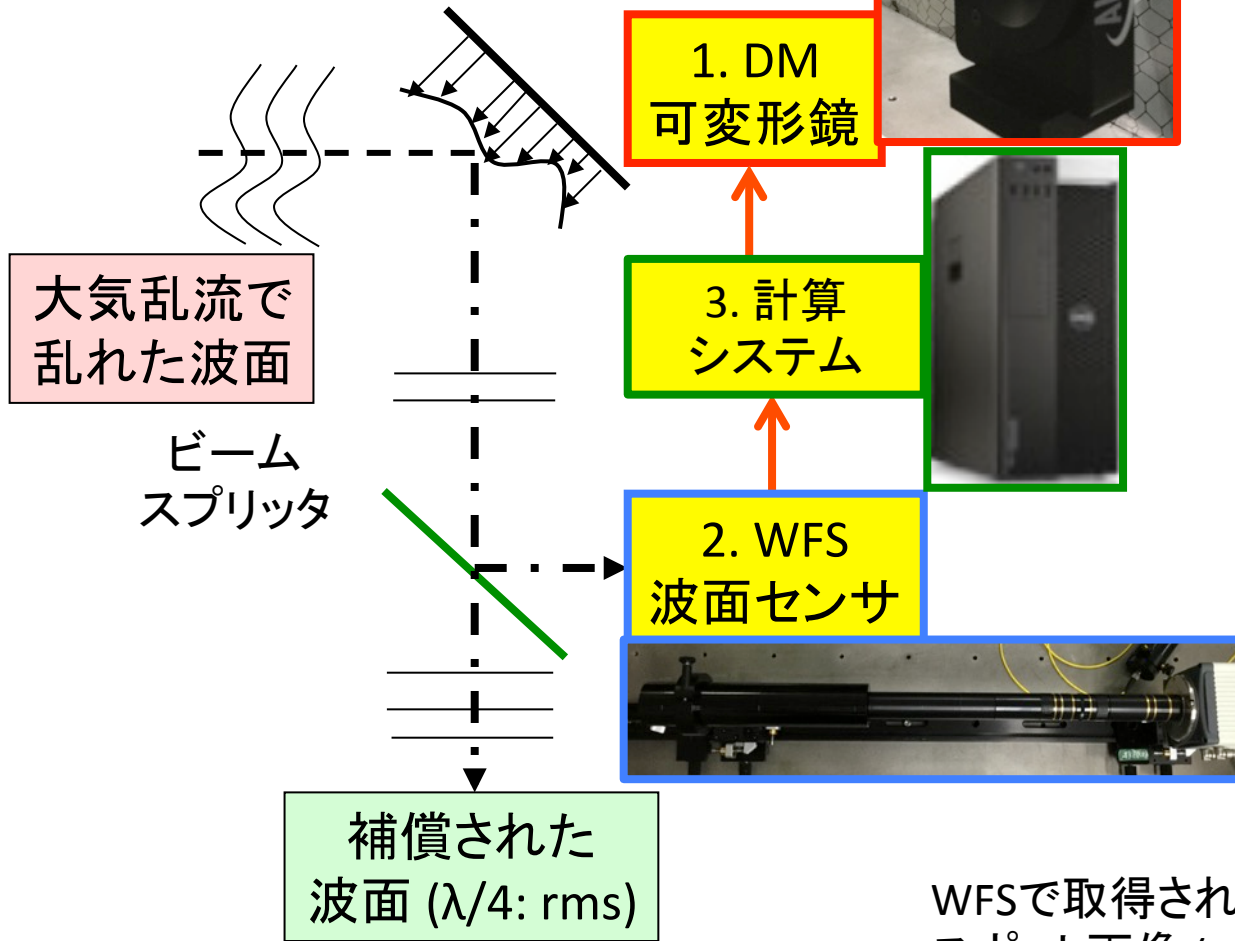


補償前/後の位相形状と星像

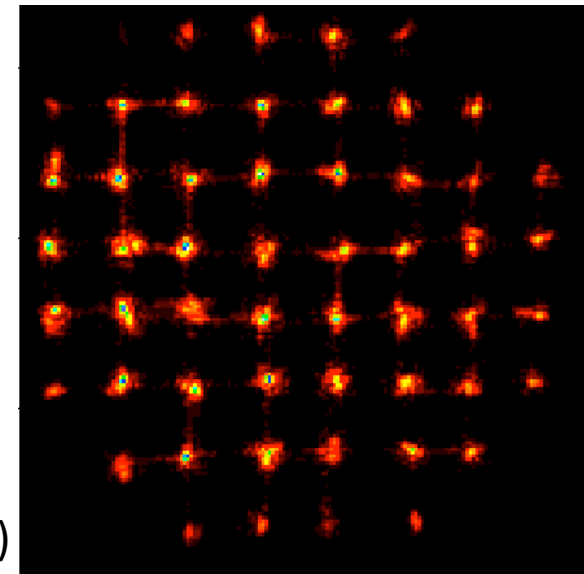
# SEICA: ExAOパート:: Woofer AO

低次の波面誤差を補償

- 差し渡し8素子

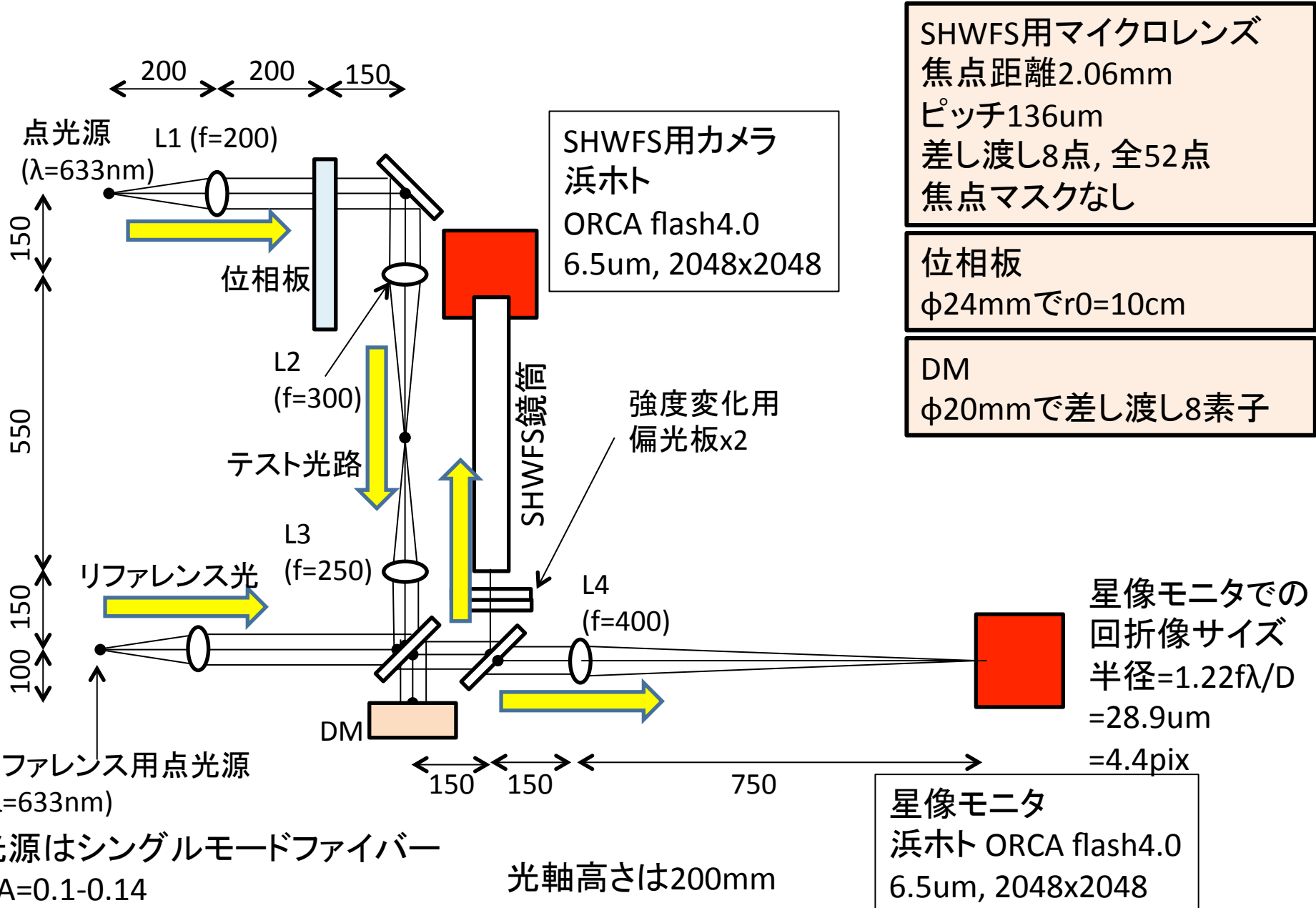


DMの制御点(88点)



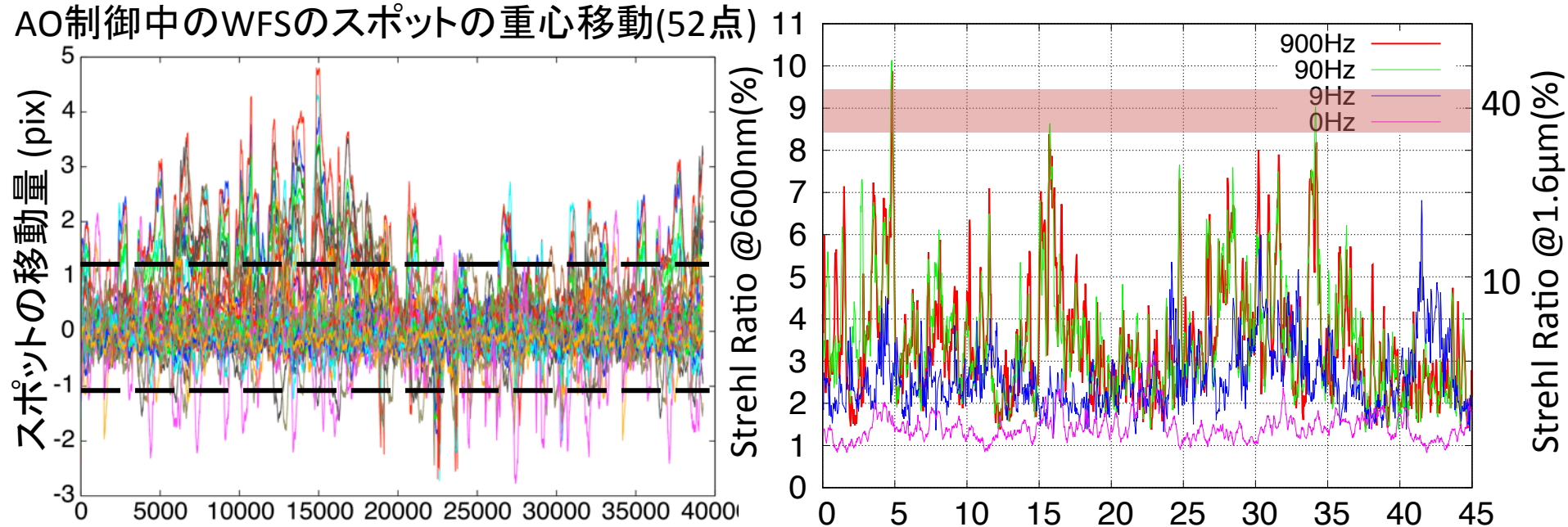
WFSで取得された  
スポット画像 (52点)

# SEICA: ExAOパート:: 性能評価試験



# SEICA: ExAOパート:: 現在の性能 (1/2)

- Woofer AOは $\lambda/4$  (rms): P-V:  $1\lambda$ を目標  $\rightarrow$  SR 10%



時系列(フレーム数)

風速: 10m/s  
制御: 900Hz

補償なしの場合  
P-Vの中央値: 3'.4

波面の傾斜@サブ開口

	rms (arcsec)	P-V (arcmin)
最大	39.5	4.2
最小	4.8	0.5
中央値	8.4	1.4

時間(秒)

サンプルレート(Hz)	平均SR	$1\sigma$
900	3.5	1.4
90	3.3	1.3
9	2.6	0.7
0(制御なし)	1.4	0.3

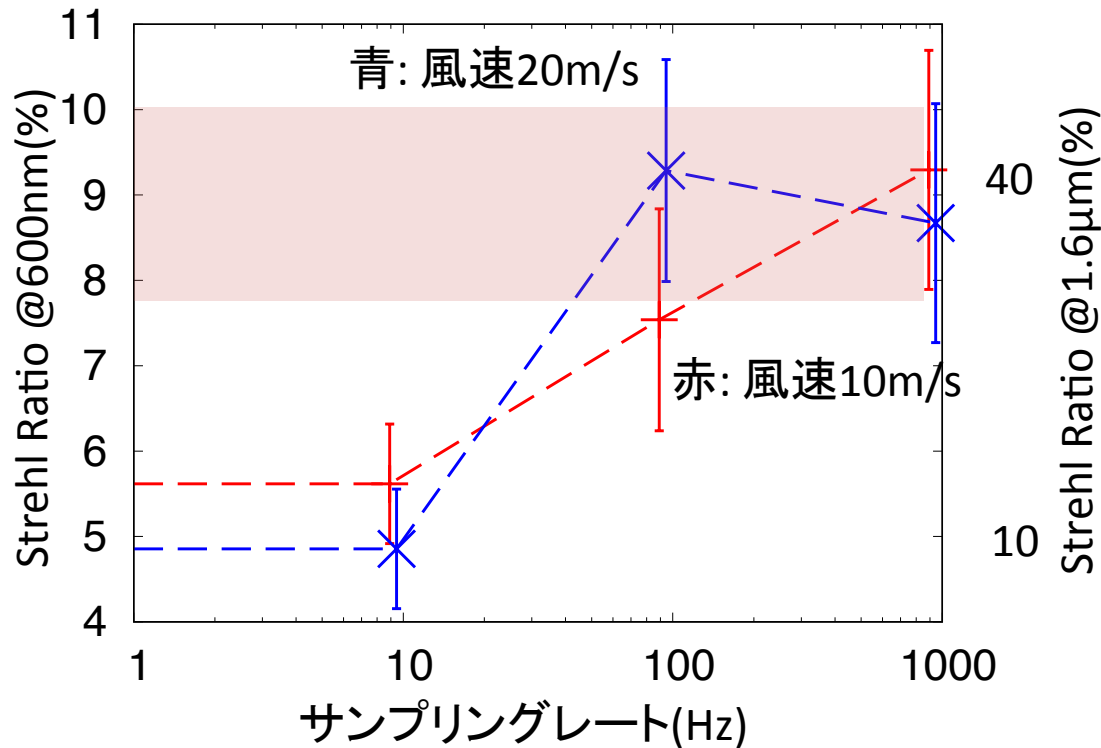


# SEICA: ExAO/パート:: 現在の性能 (2/2)

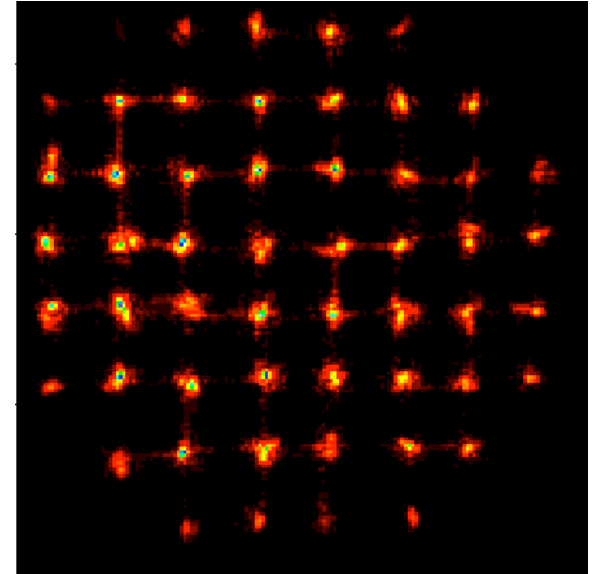
- Woofer AOの目標:  $\lambda/4$  (rms): P-V:  $1\lambda \rightarrow$  SR 10%

風速:: 10–20m/s

観測天体: 4-8等級(@500-700nm)



風速10-20m/sのとき  
100Hzで性能が飽和



今後の改善

- 測定点数を増やす
  - 制御アルゴリズムの最適化
- 高精度化

# SEICA: 開発スケジュール

- FY2016(H28)  
[本年度]
  - ExAO: WooferAOの制御/実機
  - PDI WFS(位相測定)開発(—H29)
  - コロナグラフ: SPLINE実機

---

- FY2017(H29)
  - ExAO: TweeterAOの開発(H30中まで)
  - FPGA制御
  - ポストプロセス開発
  - 前置光学系[イメージローテータ, ADC]
  - 赤外カメラ(J, H, (+K?))

---

- FY2018(H30)
  - SEICA筐体[恒温/冷却, 除振, 電気系]
  - ExAO+SPLINE実験室試験

---

- FY2019(H31)
  - ↓
  - 望遠鏡でファーストライト

# Back-up