

極限補償光学装置の進捗

山本広大(京都大学)

SEICA開発チーム

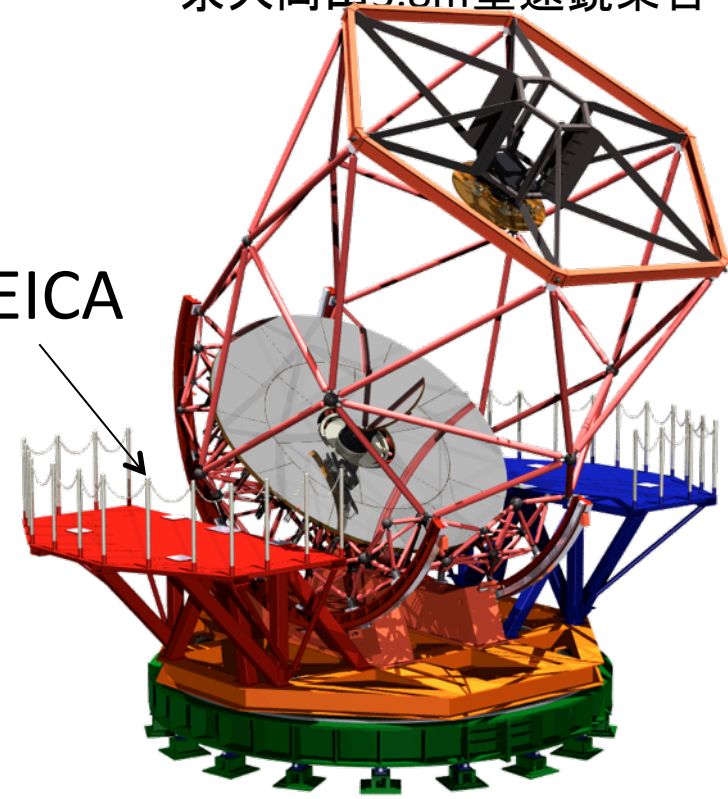
京大岡山3.8m望遠鏡架台

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

内容

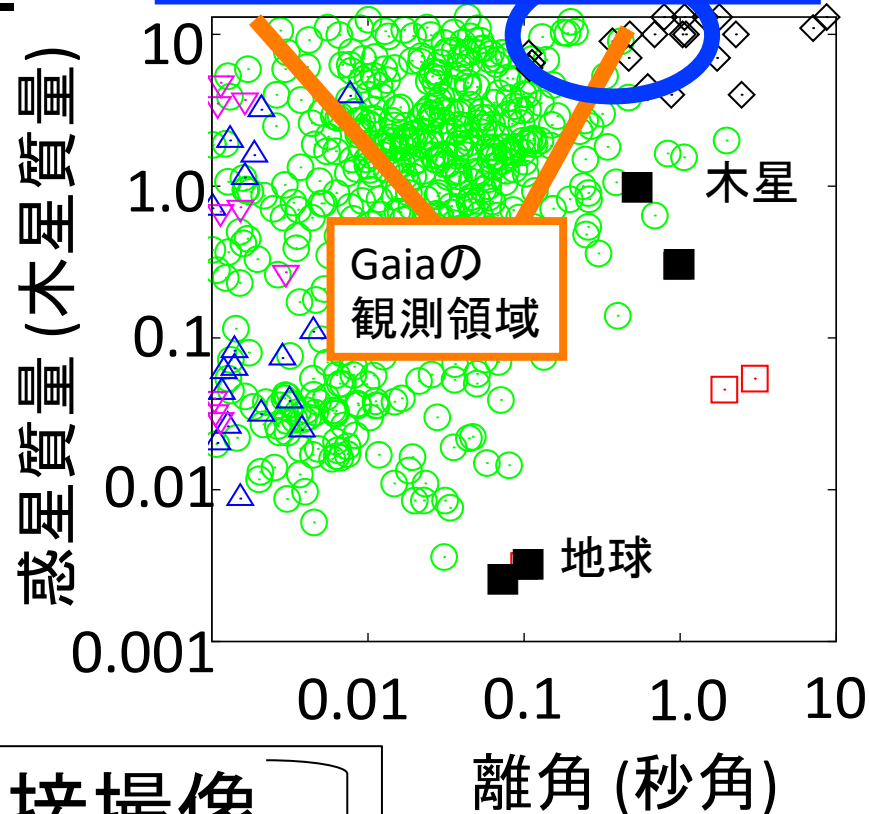
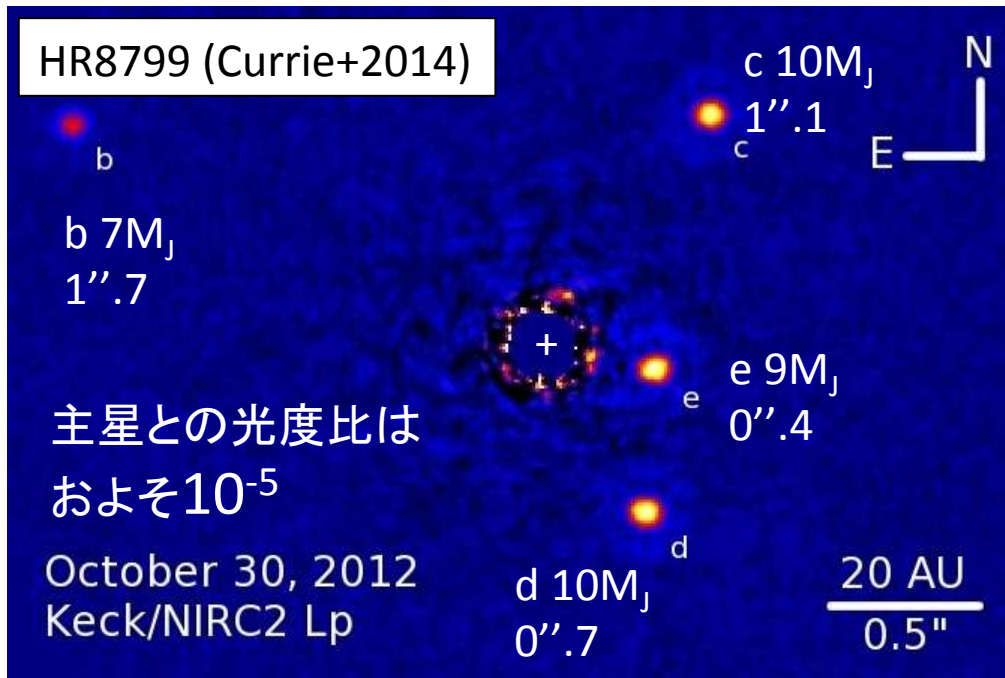
- SEICAの意義・目的
- SEICA光学系概念図
- SEICA: ExAO
- SEICAスケジュール

SEICA



SEICA: 意義・目標

他観測で発見済の惑星を観測
→キャラクターゼーション



- 木星型太陽系外惑星の直接撮像
→ $0''.2-0''.3$ で $10^{-5}\sim-6$ 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

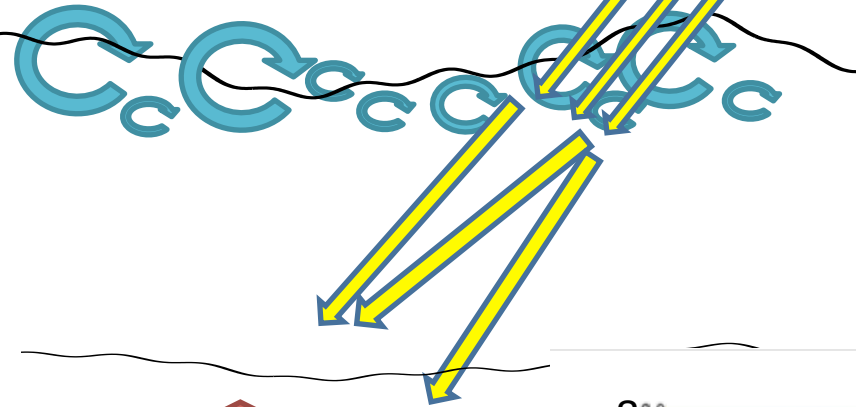
地上から直接撮像観測する流れ

天体からの光は大気乱流で乱れる

温度ムラ→密度ムラ→屈折率ムラ
乱流渦の大きさ 数cm—数十m



大気乱流(~10km)

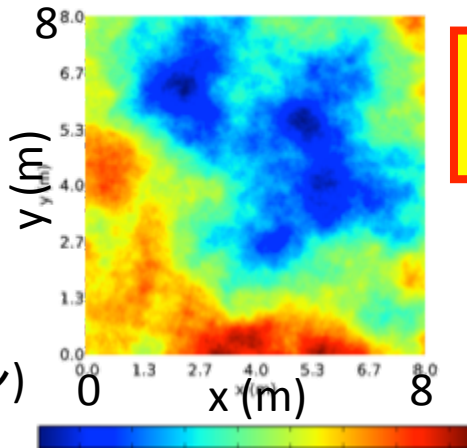


地上



望遠鏡

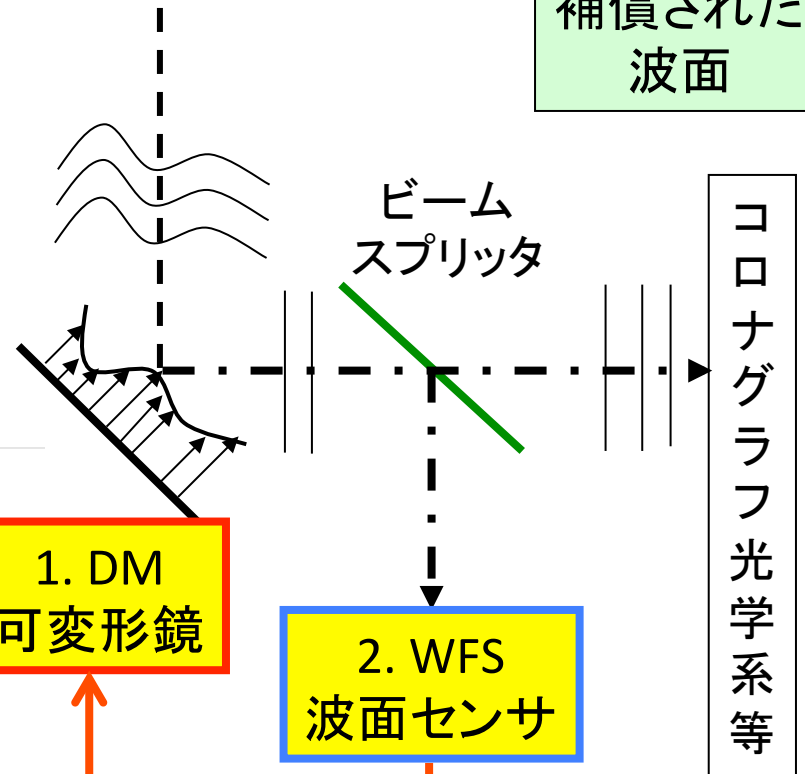
望遠鏡主鏡面での
位相ムラ(シミュレーション)



(奥) -6.4λ 0.0λ $+6.4\lambda$ (手前)

大気乱流で
乱れた波面

補償された
波面



1. DM
可変形鏡

2. WFS
波面センサ

3. 計算システム

コロナグラフ光学系等

SEICA: 光学系:: 概念図

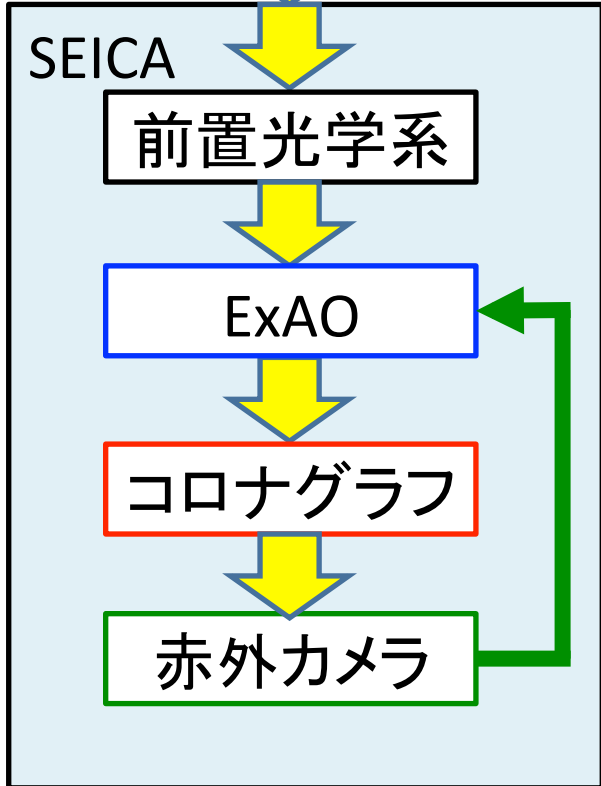
天体から



地球大気



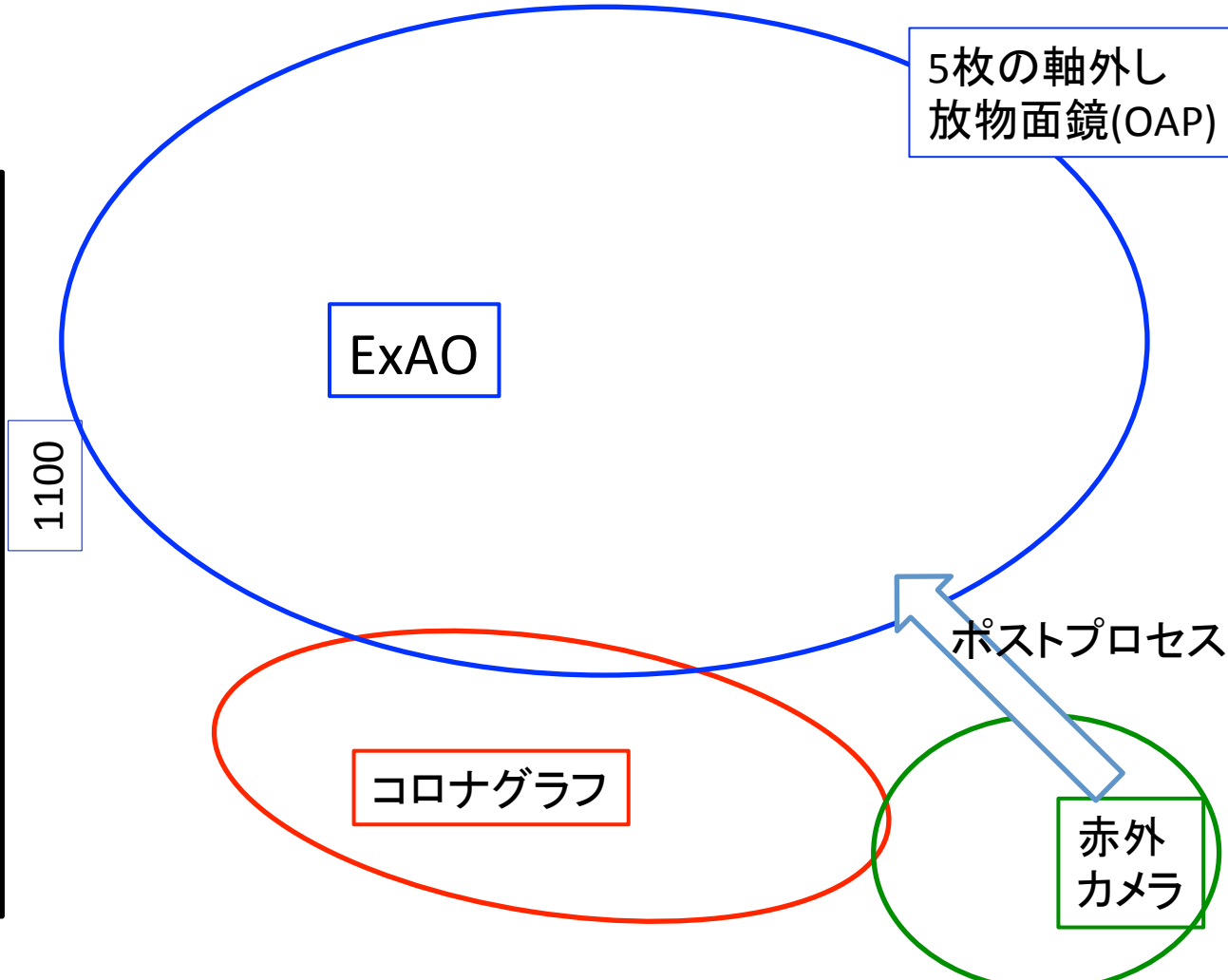
望遠鏡 (主-第三鏡)



望遠鏡→前置光学系からの入射光線

400

800



SEICA: 開発グループ

- Second-generation Exoplanet Imager with Coronagraphic Ao
 - 全体: 山本(PI)
 - 極限補償光学(ExAO)部: 木野(京大), 松尾(阪大),
入部, 中村(阪電通大)
 - コロナグラフ部: 村上, 黒田(北大)
 - ポストプロセス部: 小谷(国立天文台), 河原(東大)
- 6拠点, 9名
- 隔週程度のビデオミーティング

SEICA: ExAOパート(極限補償光学系)

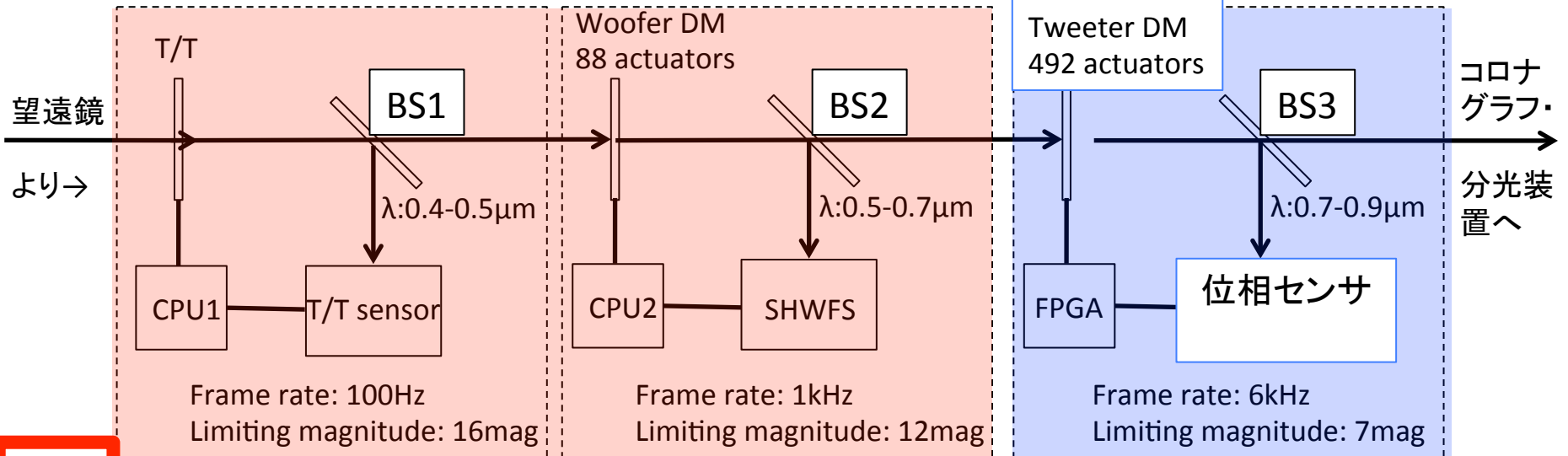
傾斜計測: T/T + Woofer
低速、粗い波面制御

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

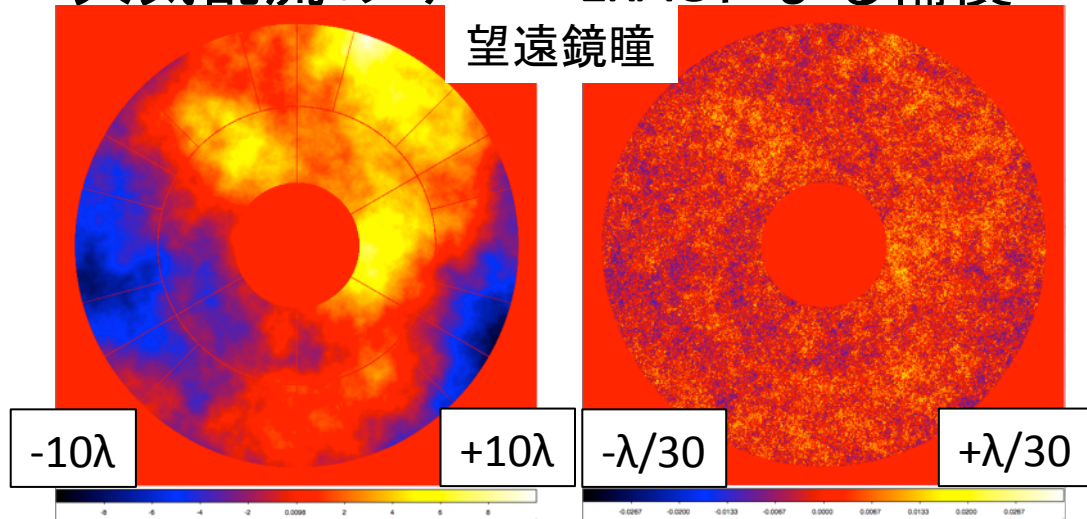
$0''.2 - 0''.3$ で $10^5 - 6$

SEICA: ExAO後のコントラスト

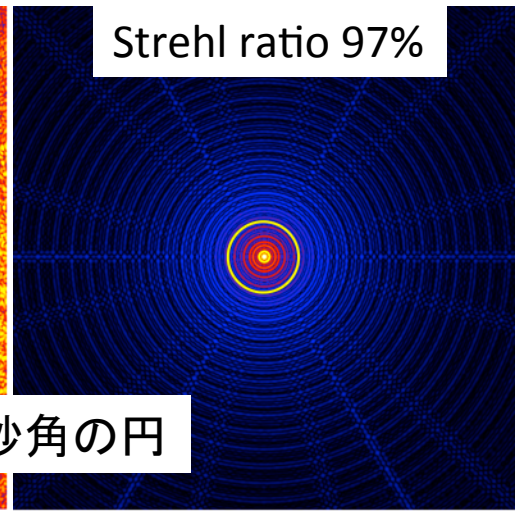
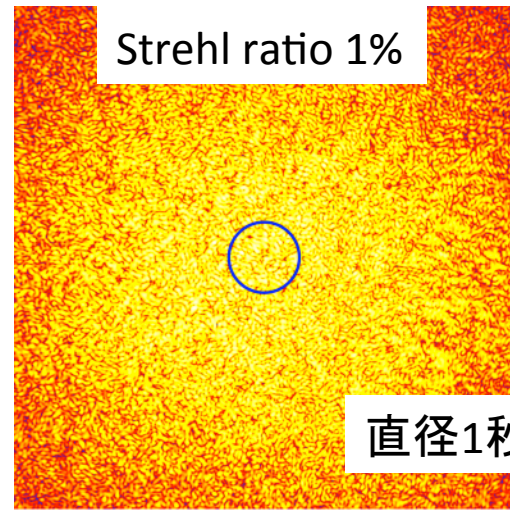
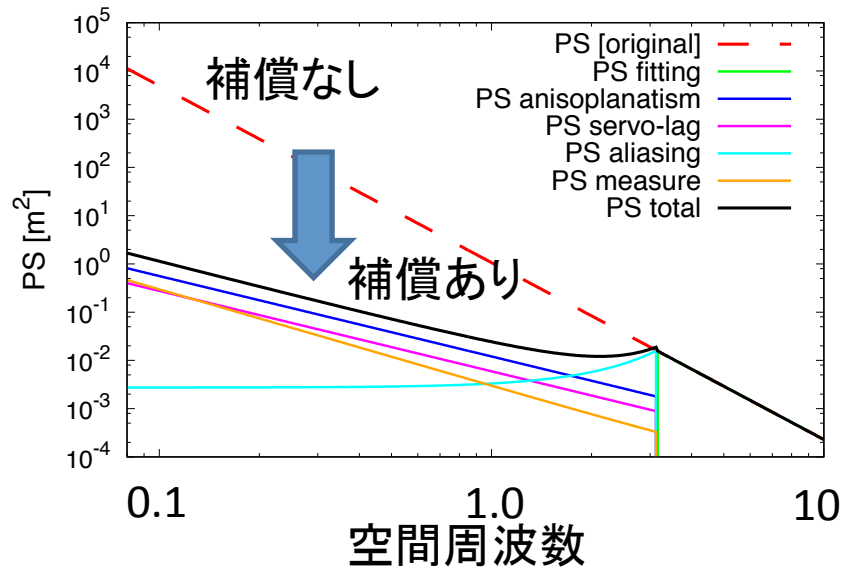
乱流層: 高度10km
 フリード長: 10cm
 風速: 10m/s
 天頂角: 60度 (仰角30度)
 センサー波長: 0.8 μ m
 観測波長: 1.65 μ m
 波面測定: 8.5kHz (制御850Hz)
 補償点数: 差し渡し24素子
 計495素子

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



直径1秒角の円

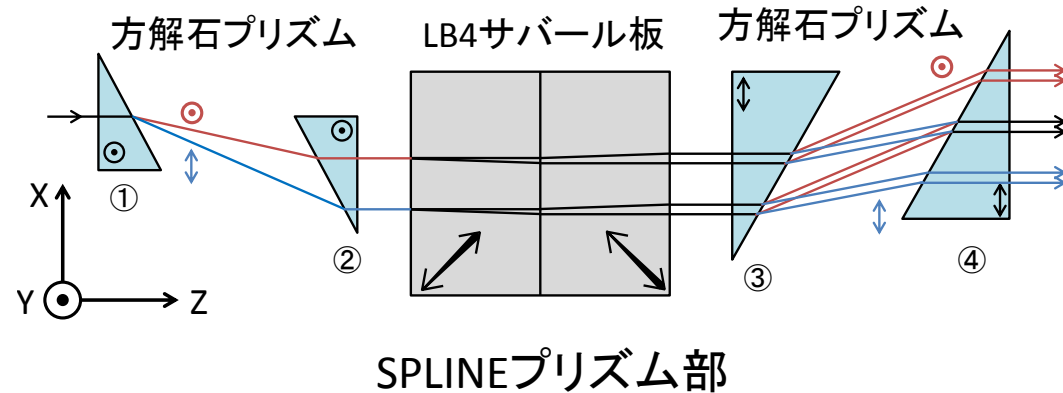
補償前/後の位相形状と星像(時間平均なし: 10msec)

SEICA: 全体進捗

- ExAO: Woofer AOの開発進行
 - 実験環境整備: 岡山上空(フリード長10cm, 風速10m/s)
 - AO実験(中村さん発表) **SR=0.03—0.05程度(@633nm)**
近赤外ではSR~0.1程度
 - 実機設計開始: ABCとの協同で。

- コロナグラフ: SPLINE

- [H27年度末まで]
プリズム/サバール板
確保・原理実証済
- [現在]実機製作開始



- ポストプロセス: スペックルナリング方式

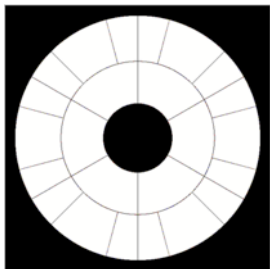
- 原理実証試験準備開始

- 温度管理範囲

望遠鏡→前置光学系からの入射光線

400

800



5枚の軸外し
放物面鏡(OAP)

1100

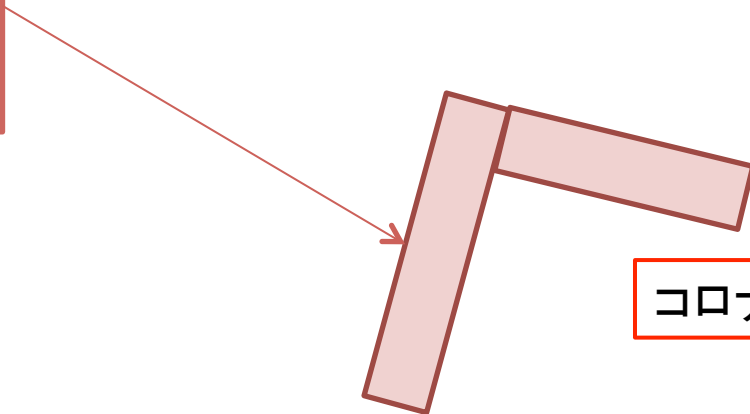
ExAO

恒温部分
(中心20°C,
0.1°C:p-v)

カメラ部は
別途

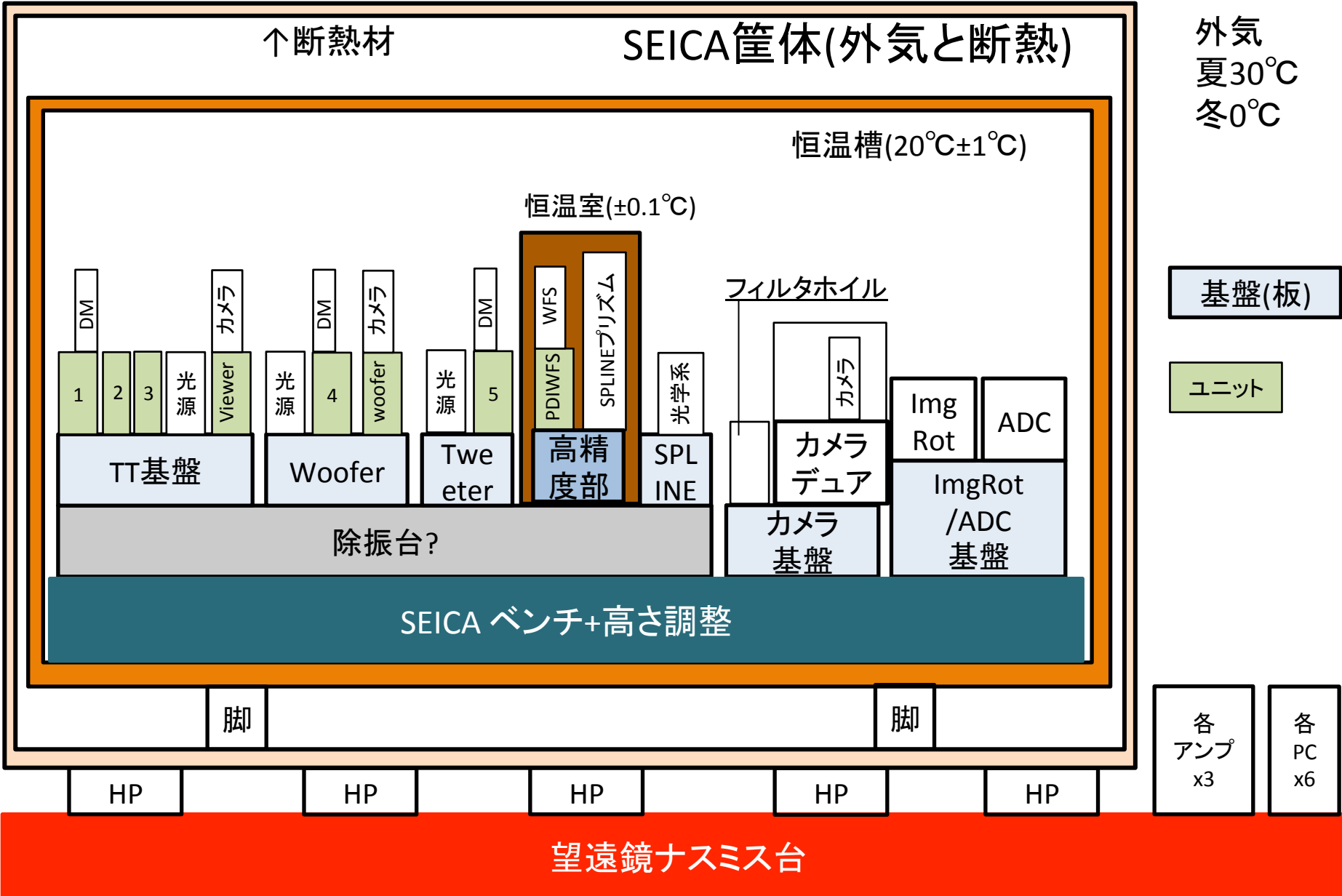
コロナグラフ

赤外
カメラ



各パートの接触関係案

※実際の高さを表しているわけではない
各ユニット上の光学系は省略



↑断熱材

SEICA筐体(外気と断熱)

外気
夏30°C
冬0°C

恒温槽(20°C±1°C)

恒温室(±0.1°C)

フィルタホイール

基盤(板)

ユニット

各
アンプ
x3

各
PC
x6

HP

HP

HP

HP

HP

望遠鏡ナスミス台

ExAO進捗:

1. AO制御実験[Woofer AO]

1. Woofer実験環境整備

1. 要:光学系調整

2. Woofer実験開始

1. 基準実験系での試験 [AO基本性能, 風速, 等級etc...]

2. WFSパラメータの最適化試験[マイクロレンズ, ROI etc...]

3. 近赤外対応

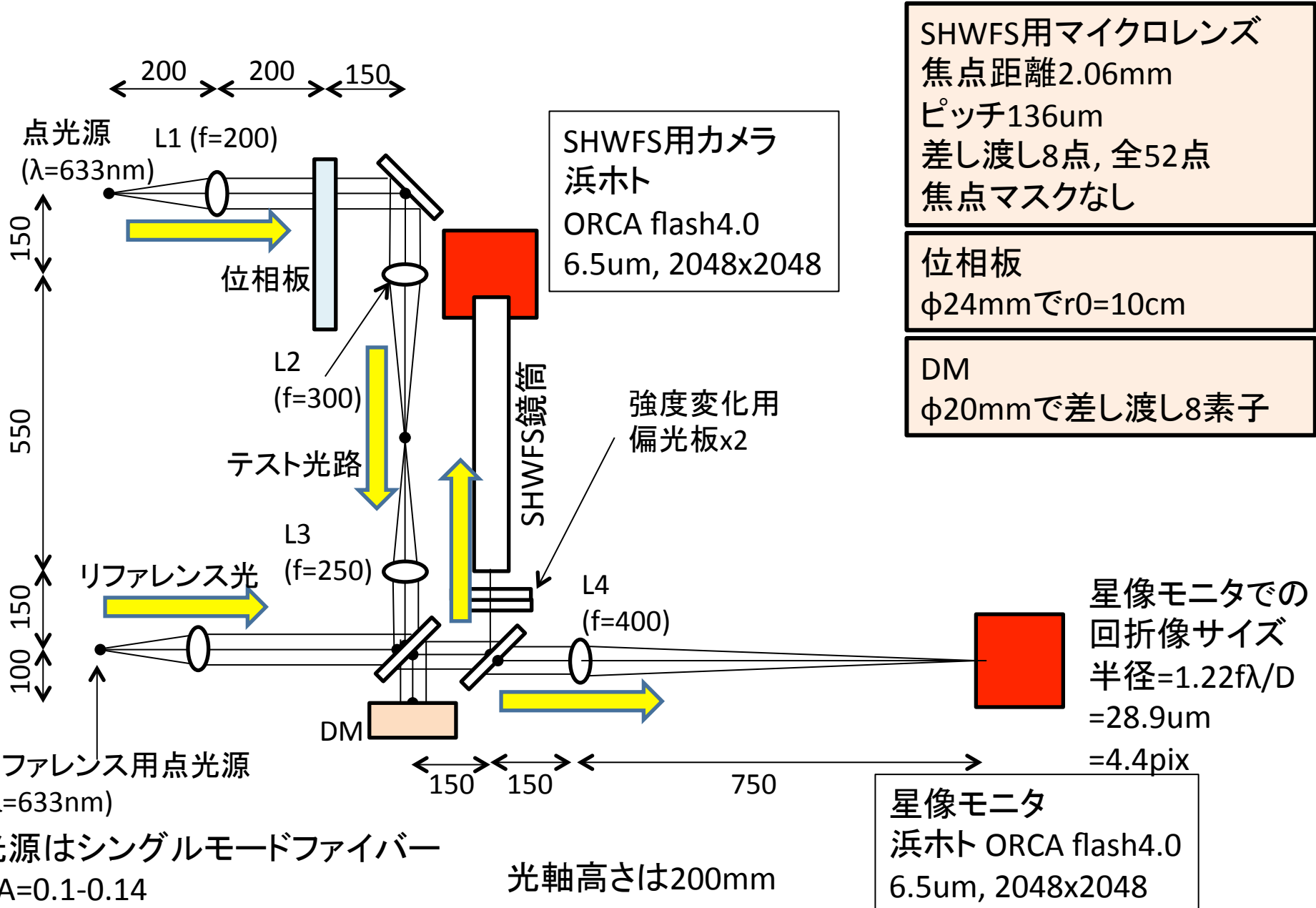
2. SEICA実機設計: Woofer AO

1. Woofer用SHWFS構造体概念設計

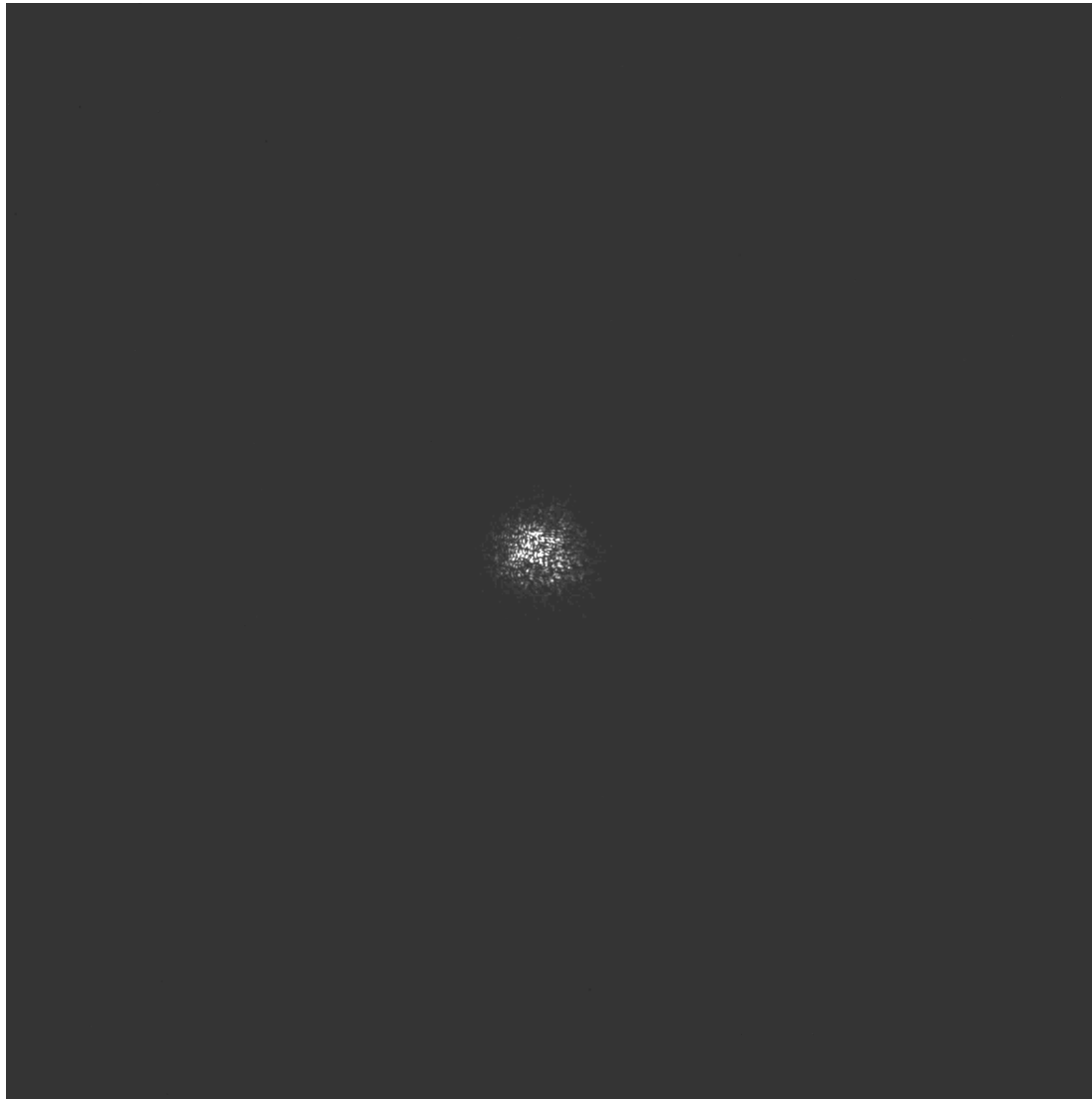
3. H28年度購入物品検討

1. WooferAO部構造体:設計製作

SEICA: ExAOパート:: 性能評価試験



SEICA: ExAO:: WooferAO動作

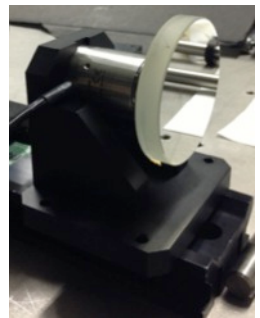


AO時
FWHM ~ 6 pix
回折限界
FWHM 4.5pix

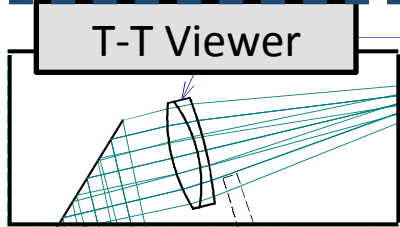
Woofer AO動作時の星像 (He-Neレーザー光源, 風速10m/s, 制御900Hz)

ExAOノード

T/Tパート



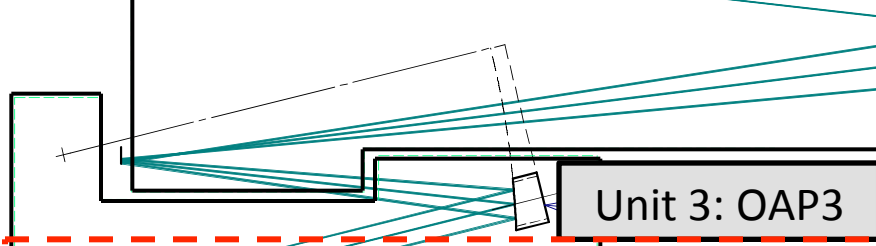
望遠鏡焦点



T/T鏡

Unit 1: OAP1 (完了)

Unit 2: OAP2



Unit 3: OAP3



低次DM

Unit 4: OAP4

Woofersパート

高次DM

Unit 5: OAP5

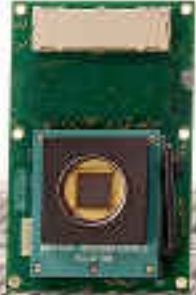
惑星撮像カメラ
(コロナグラフ・
ポストプロセス部)へ



Woofers
波面センサ(完了)

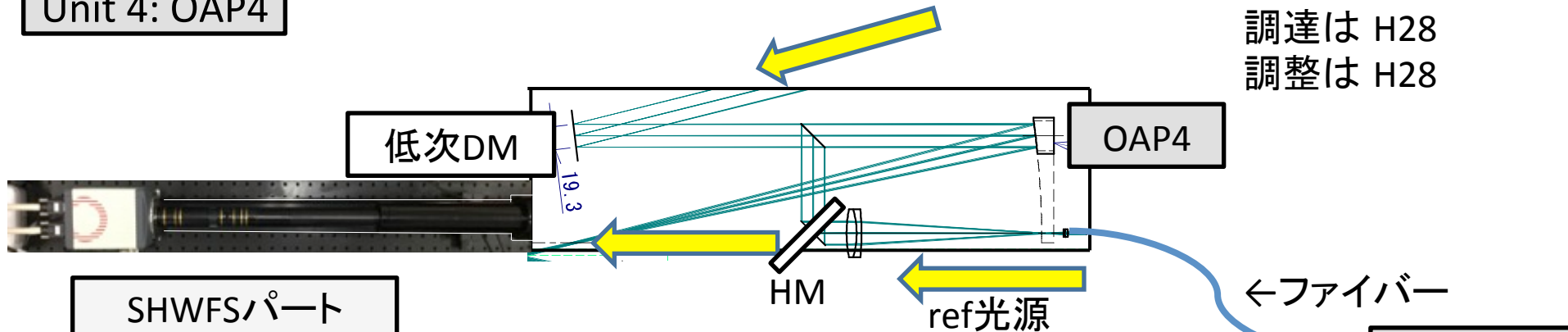
Tweeter
波面センサ

Tweeterパート



Unit 4: OAP4

調達は H28
調整は H28



SHWFSパート

Unit台	設計	H28
	製作	H28
	組み立て	H28
OAP調整		H28
AO制御	単体ループ	H28

ref光源とWFSの位置関係は
HMの向きと共に逆

		k円	
調達	Unit台	?	H28
	SHWFSパート	?	別頁
	OAP4	-	完了
	ダイクロ (0.5-0.7um)	-	完了
	HM: ハーフミラー (パール光学)	300	別頁
	アクリマートレンズ+ ファイバコネクタ?	100?	
	He-Ne光源(Thorlab?)	150?	
	シングルモードファイバ	10?	

OAP設置精度

	要求	現状
X	0.1 mm	
Y	0.1 mm	
Z(光軸)	1.0 mm	
φX	1分角	
φY	1分角	

SEICA: WAO: Unit4製作の問題

- DMの設置精度: 望遠鏡瞳との位置関係調整の要求精度、調整方法の検討
→大屋さんに問い合わせ中
- HMの鏡面精度: 誘電体膜処理による変形がどれくらいか
→パール光学に問い合わせ中

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

