

# SEICAの進捗

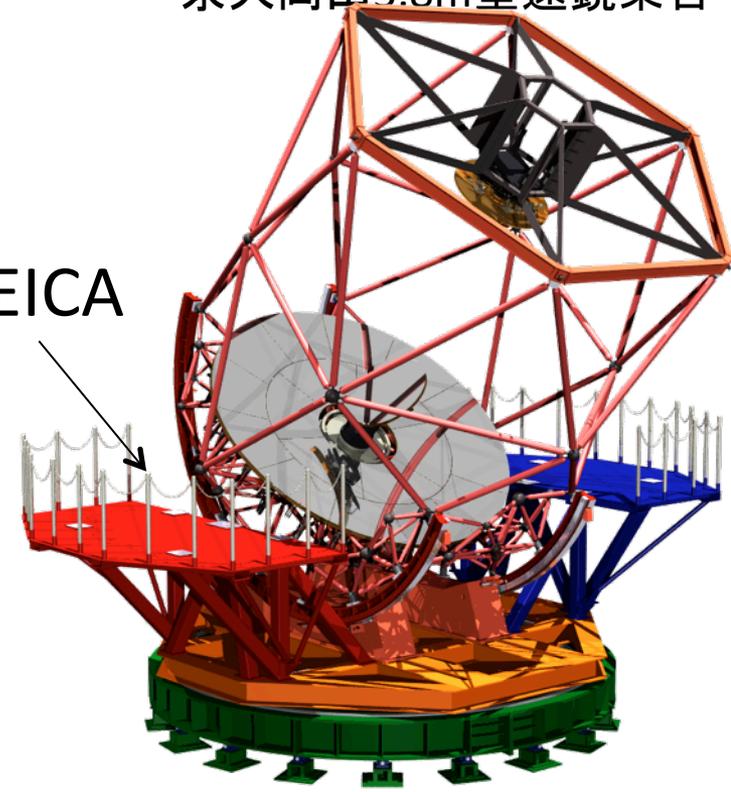
山本広大(京都大学)

SEICA開発チーム

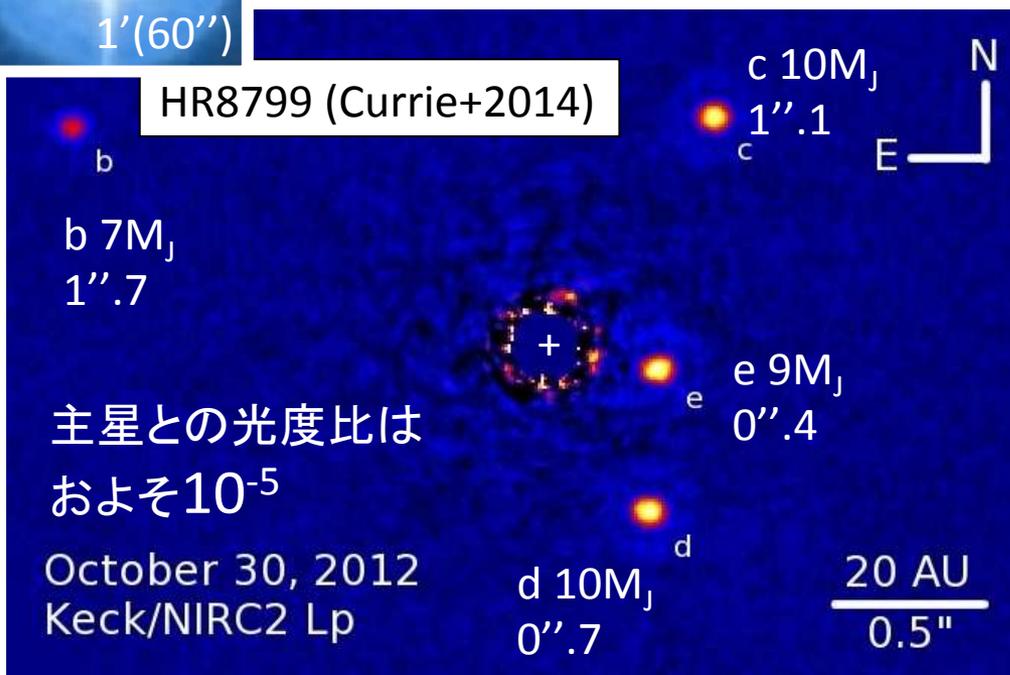
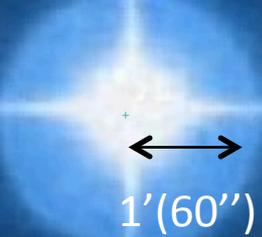
京大岡山3.8m望遠鏡架台

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

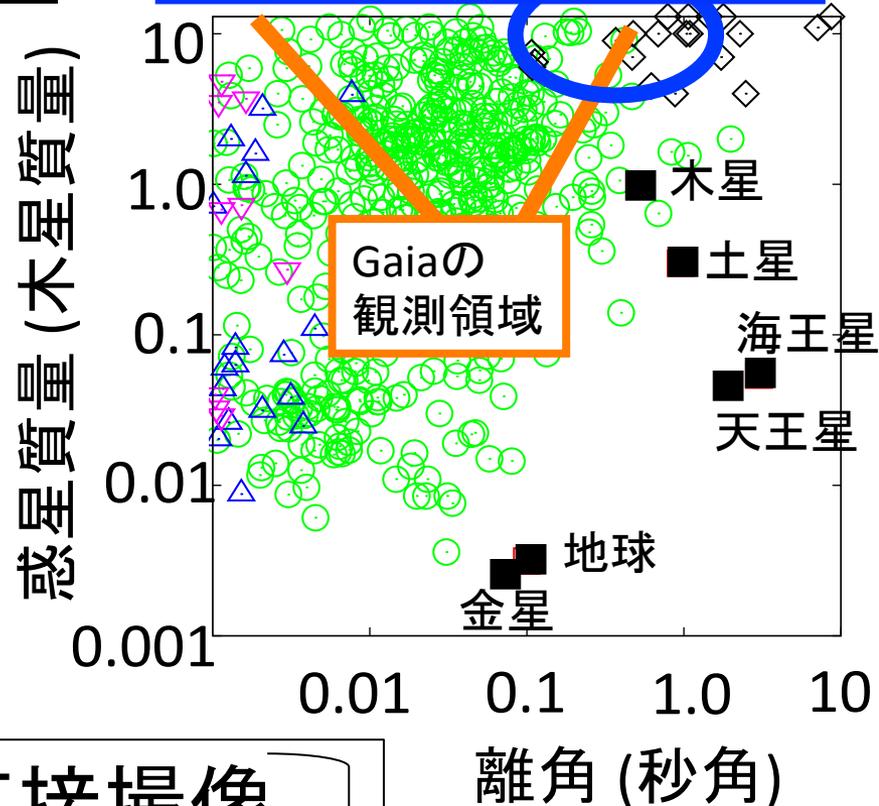
SEICA



# 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 $10^{-5}\sim-6$

◆先進技術のテストベッド [FPGA制御, PDI WFS, SPLINE, ポストプロセス]

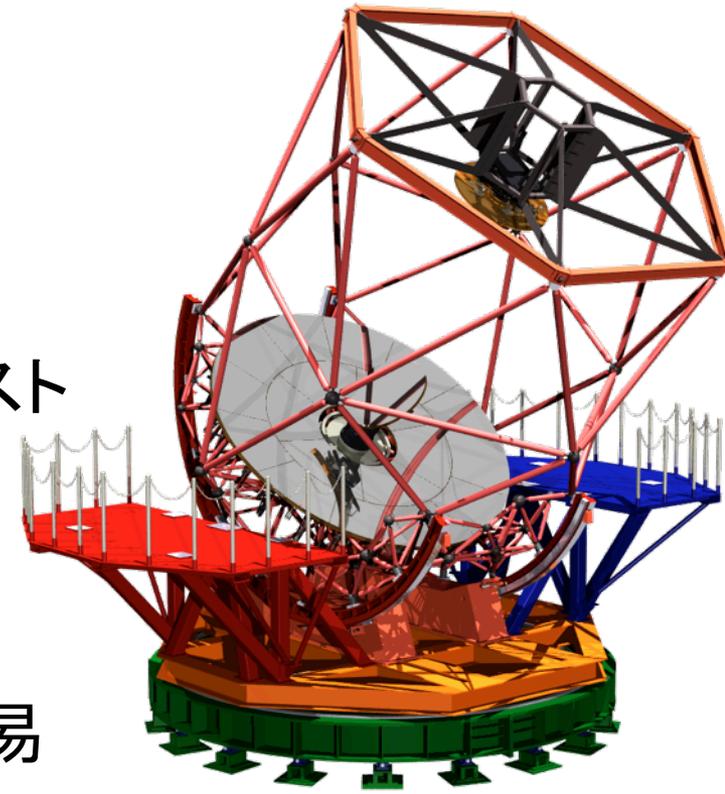
H31/2019  
にFL

# SEICA (Second-generation Exoplanet Imager with Coronagraphic Adaptive Optics)

## ◆ 目的:

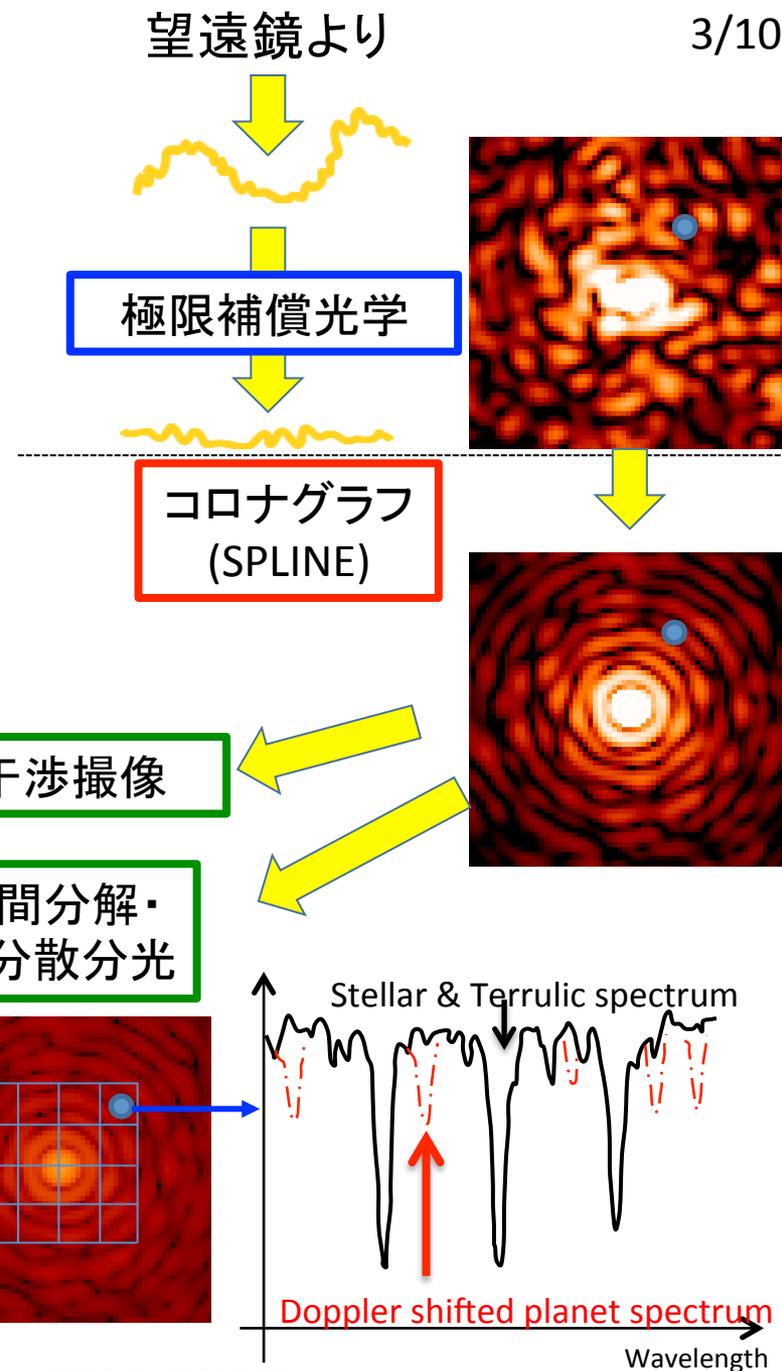
- ◆  $0''.2$ (2AU@10pc)以遠で木星型ガス惑星の検出 / キャラクターゼーション
- ◆ SEITに接続可能な(先進的)技術のテストベッド
  - ◆ FPGAによる補償光学制御
  - ◆ 位相計測型波面センサ
  - ◆ ナル干渉型コロナグラフ
  - ◆ スペックルナリング
  - ◆ 干渉撮像計
  - ◆ 分割鏡における高コントラスト技術の獲得 etc....
- ◆ 京大岡山3.8m望遠鏡に搭載予定
  - ◆ TMTと同じく分割主鏡(18枚)
  - ◆ 国内設置のためアクセスが容易

京大岡山3.8m望遠鏡

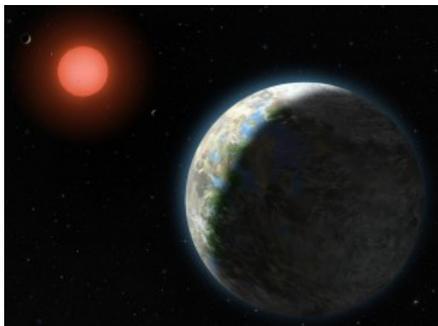


# SEICAの基本構成

- ◆ 極限補償光学: 波面補正
- ◆ コロナグラフ (ナル干渉計): 主星光を強く低減
- ◆ ポストプロセス装置  
(干渉計撮像/高分散分光装置など): コントラストのさらなる改善  
および惑星光のキャラクターゼーション



## 惑星系の再構成



獲得できる情報

- ◆ Planetary radial velocity (質量, 軌道)
- ◆ Planet spectrum
- ◆ Atmospheric characterization
- ◆ Albedo, etc

# 予算状況

- 獲得済

- ABCプロジェクト経費: Woofer WFS実機設計

- TMT戦略経費: SPLINE(コロナグラフ)実機設計  
+ Tweeter FPGA制御試験機開発

- 応募中

- 基盤S(代表長田): 5年(開発3年観測2年)1.66億

タスク名	H30		H31		H32		H33		H34	
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
ExAO総合							完了			
波面センサ				完了						
制御システム						完了				
コロナグラフ				完了						
ポストプロセス								完了		
温調チャンバー						完了				
分割鏡対応					完了					
装置チャンバー							完了			
観測遂行										
開発拠点	京都		北海道		国立天文台		岡山			

# SEICA: 全体進捗: 前回

- ExAO: Woofer AOの開発進行
  - 実験環境再整備: 岡山上空(フリード長10cm, 風速10m/s)
  - AO実験: 制御実験(@633nm)
  - 実機設計: 設計中 (ABCプロジェクト経費) 近赤外ではSR~0.1程度
  - Tweeter制御装置: 設計開始(TMT戦略経費)
- コロナグラフ: SPLINE
  - プリズム/サバール板  
確保・原理実証済, 環境試験中
  - 実機製作開始: 設計中 (TMT戦略経費)
- 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: 物品確保完了, 実証試験中
- 温度管理範囲
  - コロナグラフで温度測定、管理の試験

# ExAOパート(極限補償光学系)

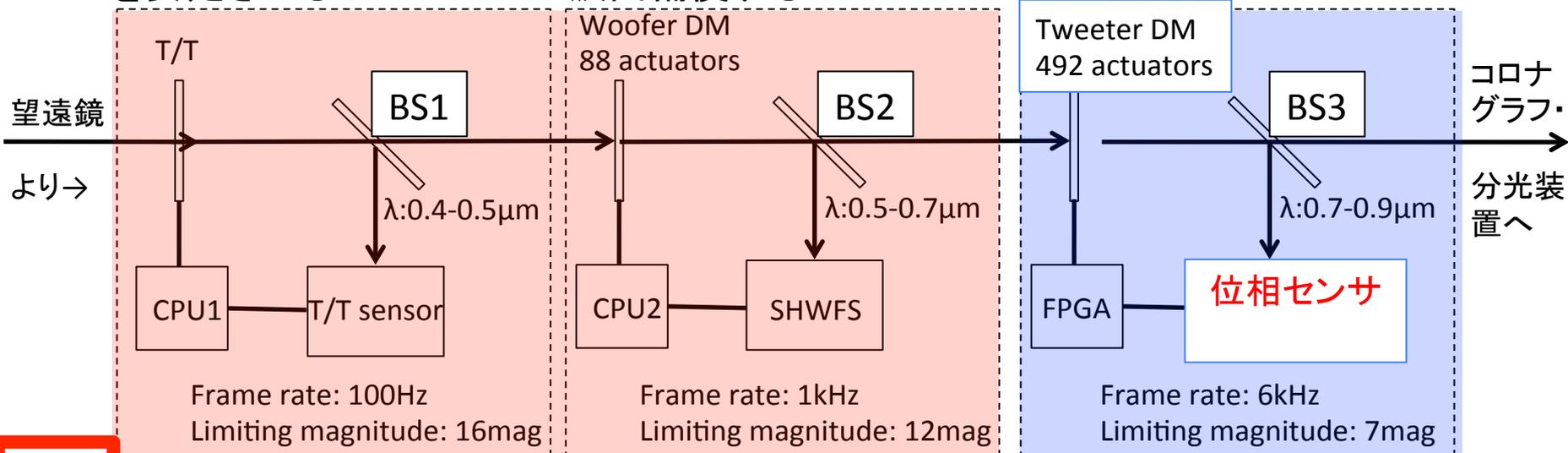
傾斜計測: T/T + Woofer  
 低速、粗い波面制御

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



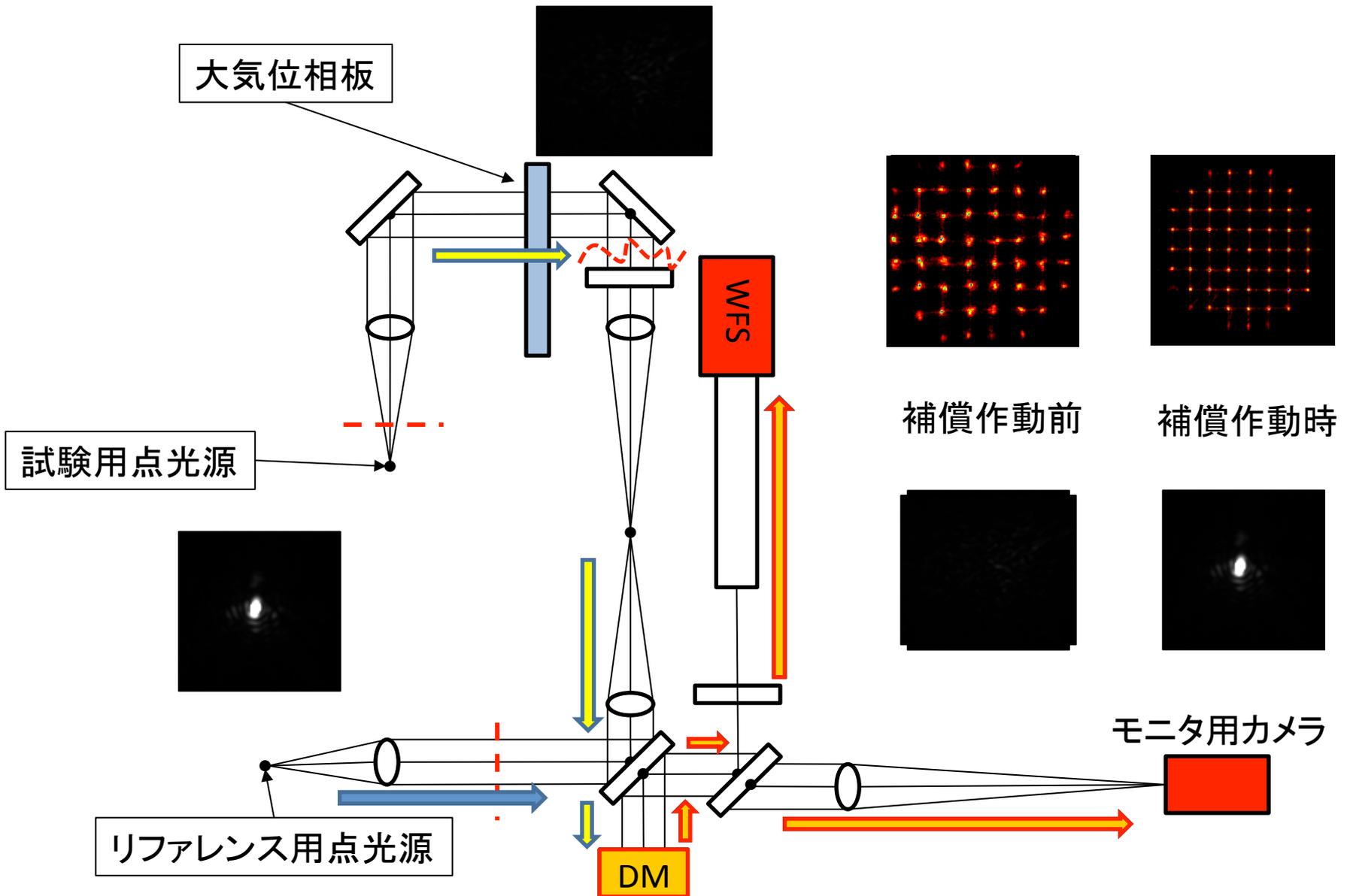
目標

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

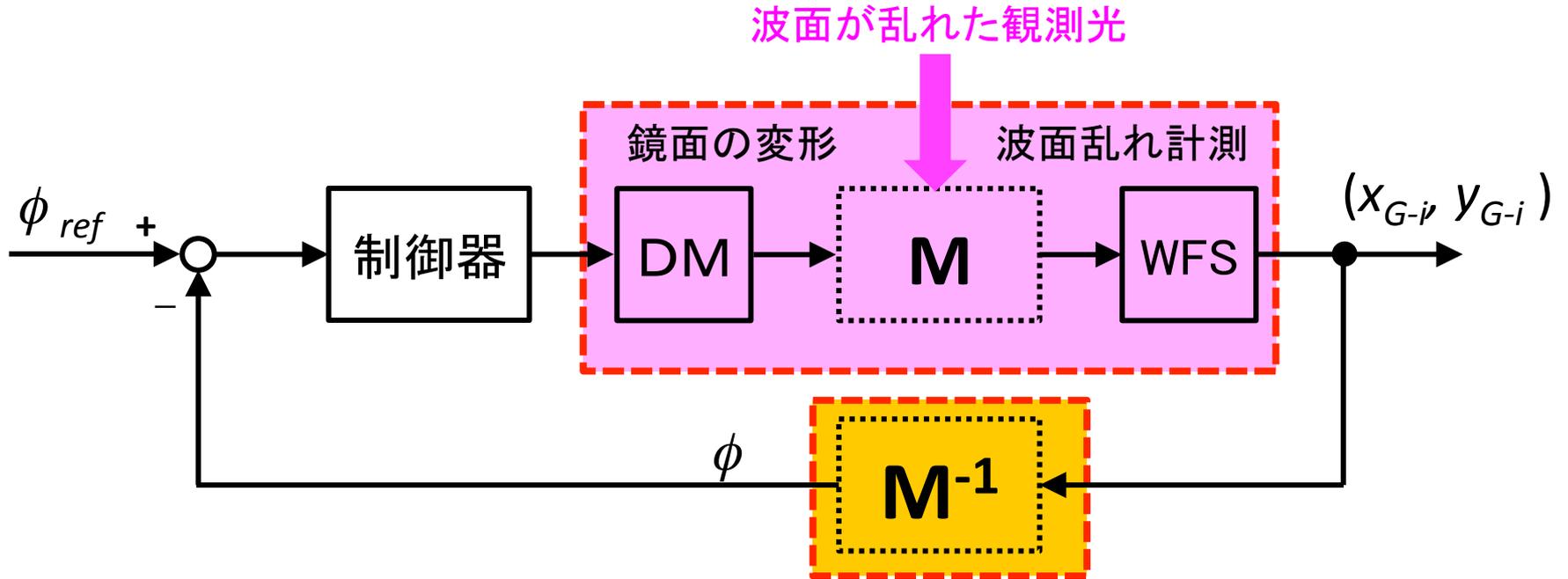
←コロナグラフにおいて何処までの精度が必要か再検討中

$0''.2 - 0''.3$ で $10^5 - 6$

# 2. 実験系概要



# 2. 実験系概要



$$\begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{inv-11} & M_{inv-12} & \cdots & M_{inv-1,2m} \\ M_{inv-21} & M_{inv-22} & \cdots & M_{inv-2,2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_{inv-n,1} & M_{inv-n,2} & \cdots & M_{inv-n,2m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_m \\ y_1 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}$$

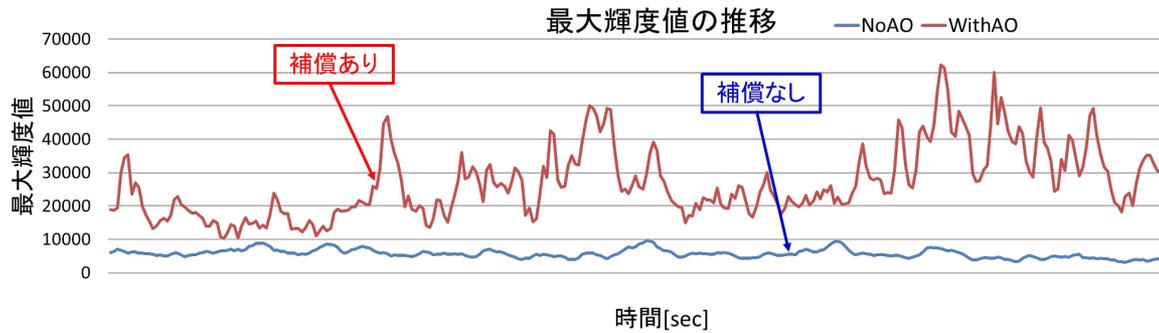
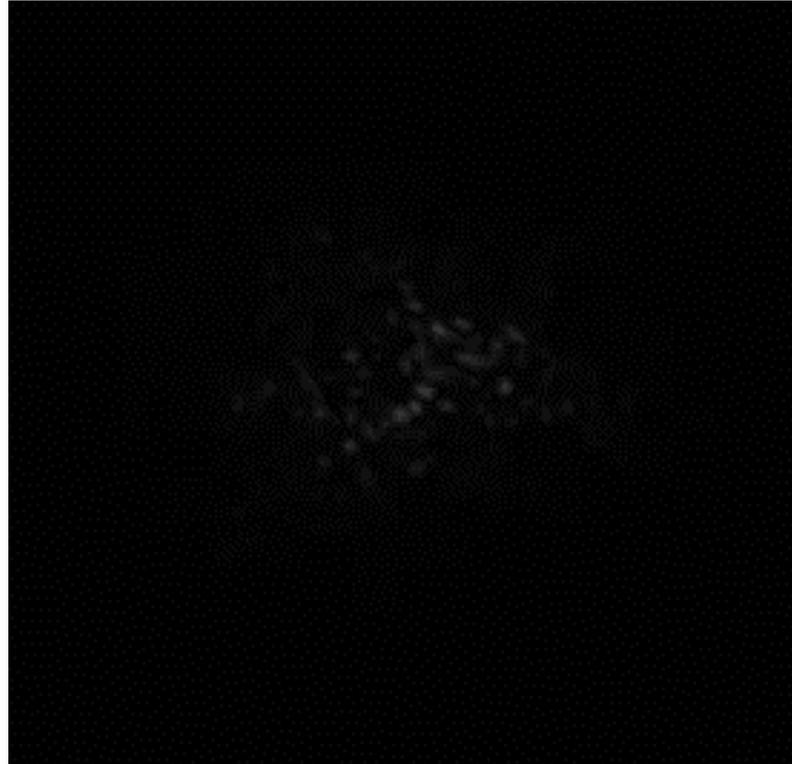
**M<sup>-1</sup>**  
疑似逆行列

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_m \\ y_1 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & \cdots & M_{1n} \\ M_{21} & M_{22} & \cdots & M_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ M_{m1} & M_{m2} & \cdots & M_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix}$$

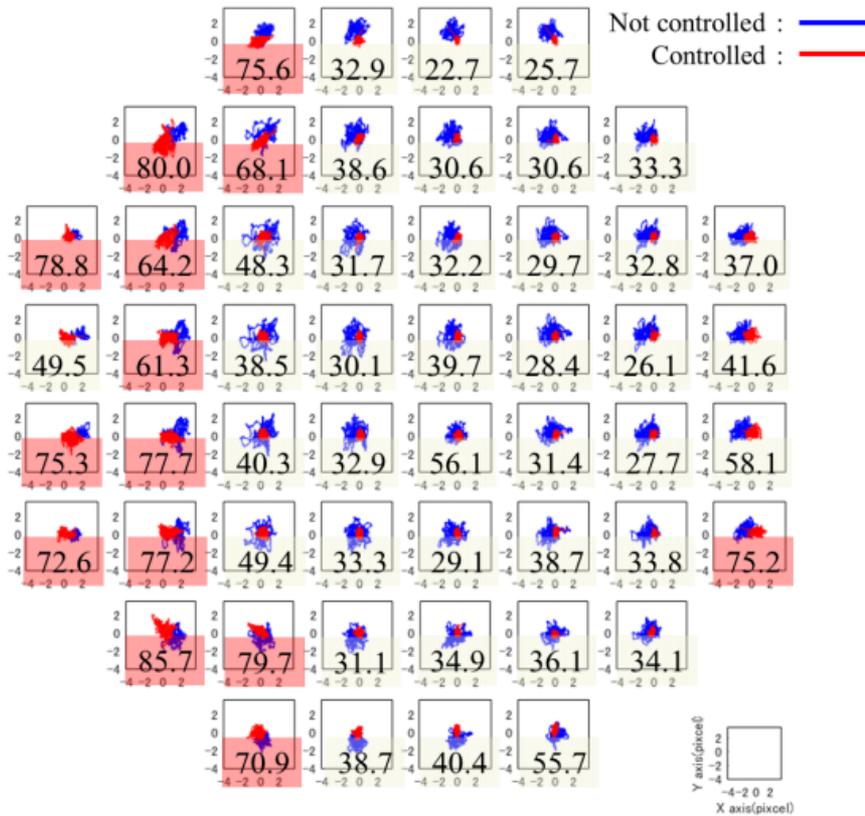
**M**  
非正則な写像

# 4.現在の状況と問題点

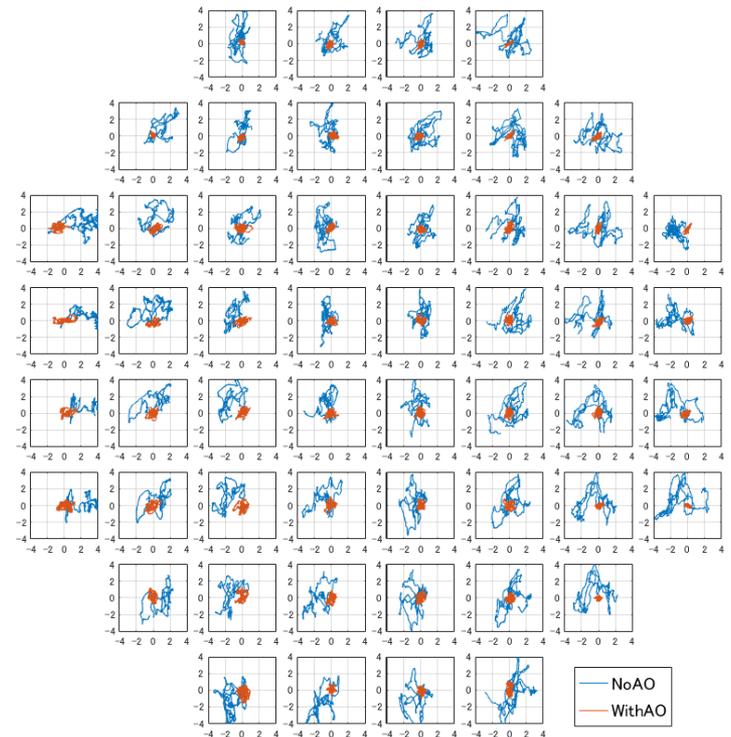
## 現環境での実験結果



# 4.現在の状況と問題点



昨年度

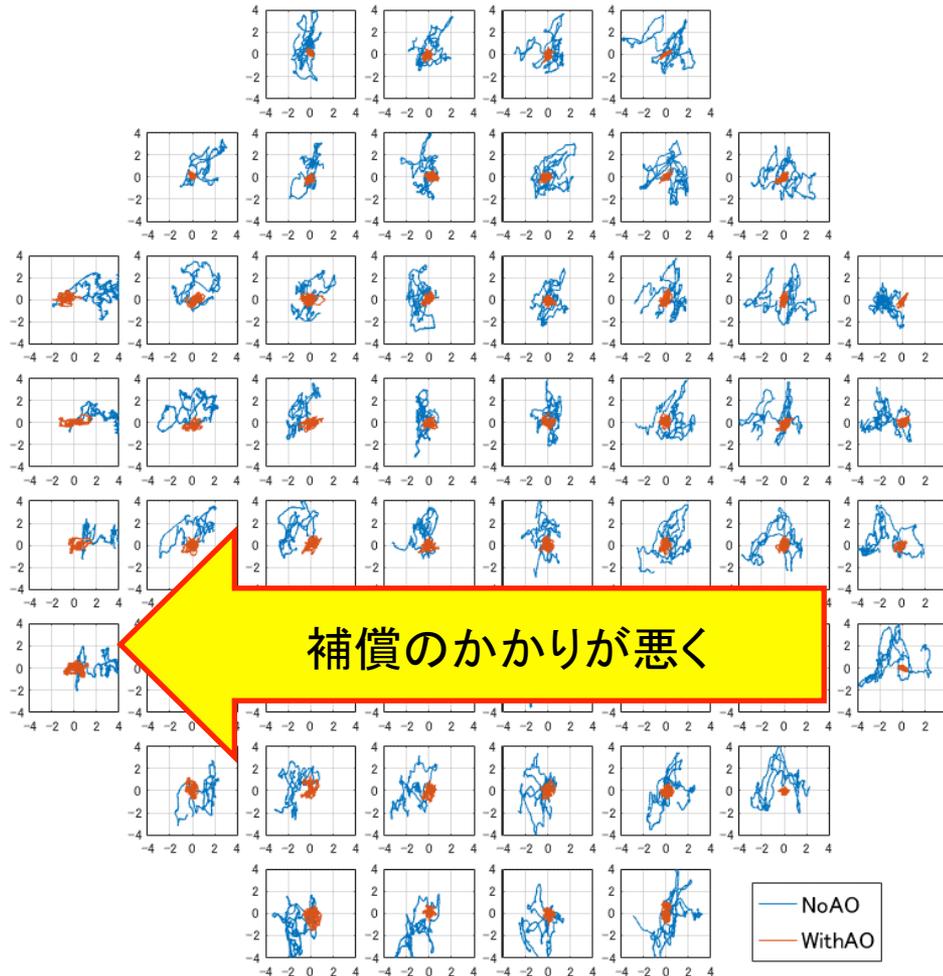


現在

外周側の素子が見るからに改善している様子がわかる.

# 5. 結言

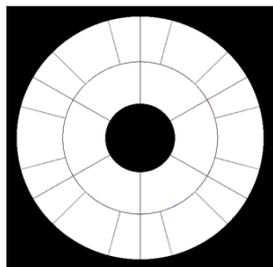
## 問題点



大気位相板なし  
→歪んでいない位相が中心に入っているはず  
→0.0[Pixel]にすべて集まるはずだが集まらない  
→実験環境内の**気流や塵に依る乱れ**  
**高次の収差**がある可能性.

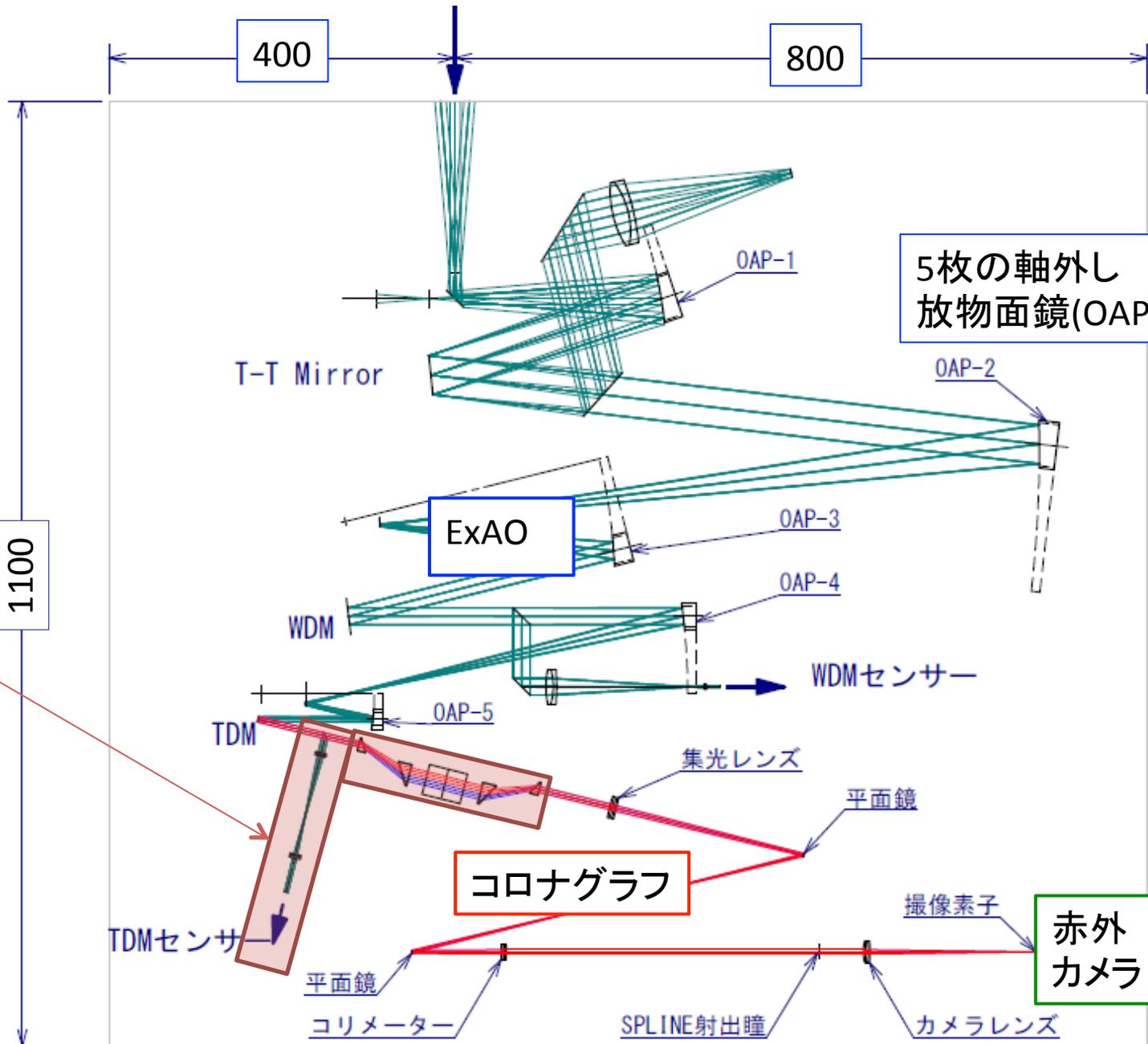
大気位相板あり  
右側より左側の補償のかかりが悪い  
→**光が中心に入っていない**

望遠鏡→前置光学系からの入射光線



恒温部分  
(中心20°C,  
0.1°C:p-v)

カメラ部は  
別途



# SEICA光学系設計

- 設計中
  - 1.2x1.2m
- Tweeter +SPLINE

Tip/Tilt

図面省略

Woofers

Tweeter

WoofersWFS設計中



SPLINE

# SEICA光学系設計

- Tweeter+SPLINE

図面省略

# SEICA: 全体進捗: 今回

- ExAO: Woofer AOの開発進行
  - 実験環境再整備: 岡山上空(フリード長10cm, 風速10m/s)
  - AO実験: 制御実験(@633nm)
  - 実機設計: 設計中 (ABCプロジェクト経費) 近赤外ではSR~0.1程度
  - Tweeter制御装置: 設計開始(TMT戦略経費)
- コロナグラフ: SPLINE
  - プリズム/サバール板  
確保・原理実証済, 環境試験中
  - 実機製作開始: 設計中 (TMT戦略経費)
- 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: 物品確保完了, 実証試験中
- 温度管理範囲
  - コロナグラフで温度測定、管理の試験

