

極限補償光学の進捗

山本広大,

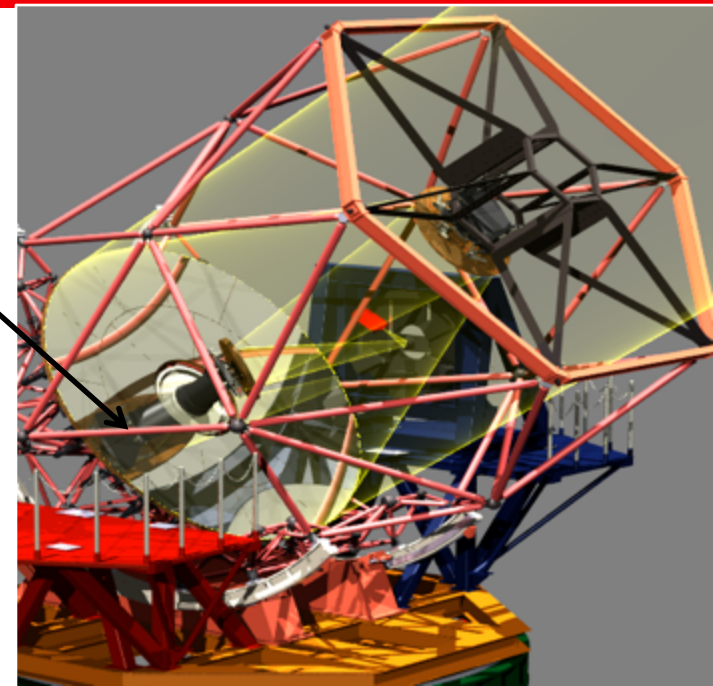
木野勝, 西岡秀樹, 津久井遼(京都大学)

入部正継, 藤田勝(大阪電気通信大学)

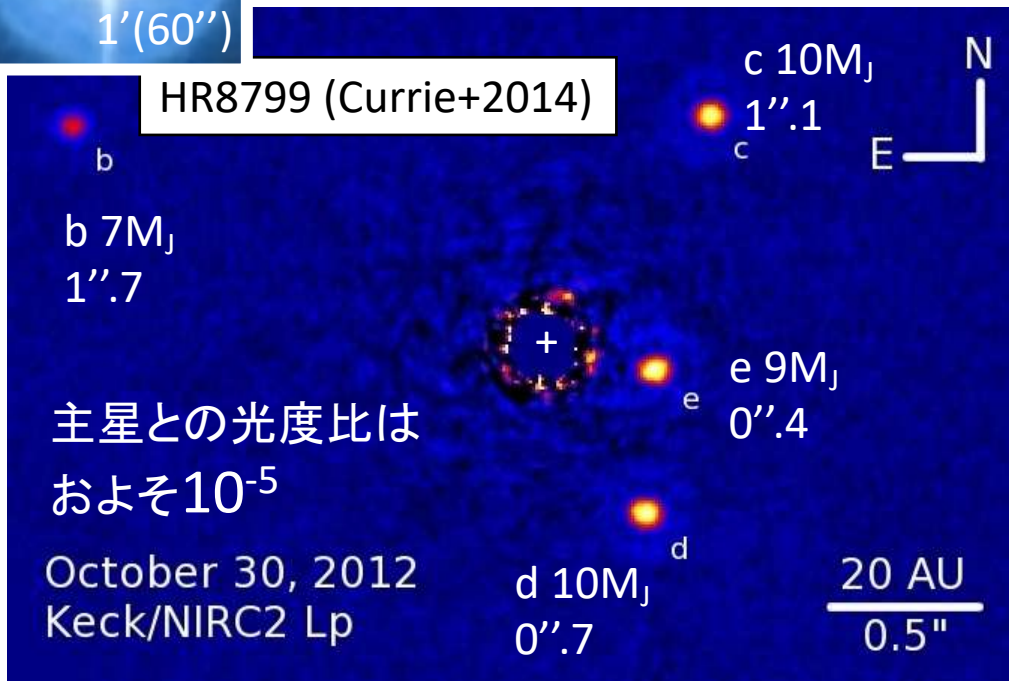
惑星撮像装置SEICA[Second-generation
Exoplanet Imager with Coronagraphic Ao]

SEICA

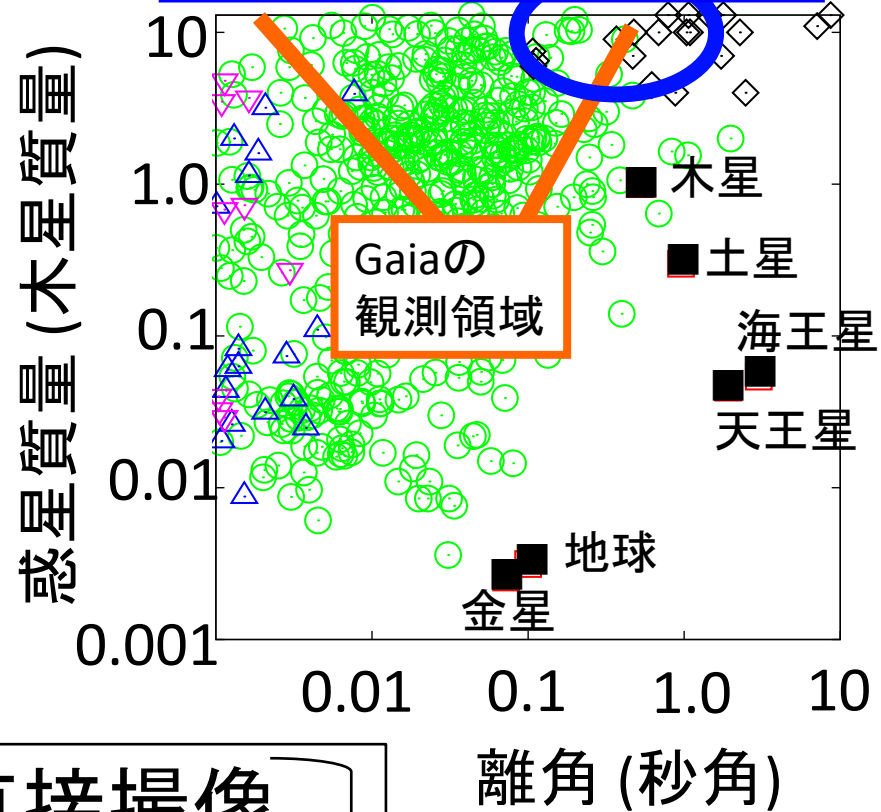
京大岡山3.8m
せいめい望遠鏡架台



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



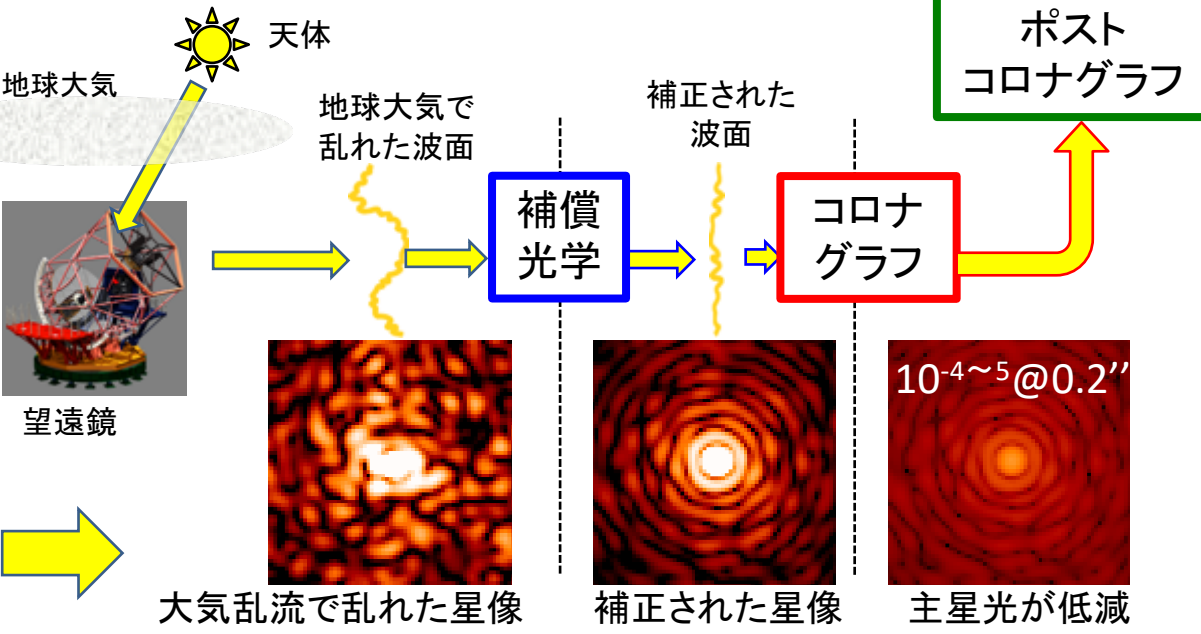
◆木星型太陽系外惑星の直接撮像

→ $0''.2-0''.3$ 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

高コントラスト技術



~高コントラスト装置の状況~
[旧世代の技術の発展系]
 ➤ Gemini/GPI
 ➤ VLT/SPHERE
 ➤ Keck/NIRC2

[新世代の概念と技術]
 ✧ すばる/SCEXAO [競合]
 ✧ **本研究**

本研究で開発する技術

京都
 極限補償光学 ◆ FPGA 制御装置
 ◆ 点回折干渉型センサ

北海道
 コロナグラフ ◆ ナリング干渉計型

東大/国立天文台
 ポスト-コロナグラフ ◆ スペックルナリング
 ◆ 高分散分光器(目標)
 ◆ 瞳再配置撮像(将来)

~補償光学性能向上~
従来の10倍
 - 高速 (→10kHz)
 - 精細 (→2000素子)
 - 精密 (→50nm)
の計測・制御が可能に

SEICA: 全体進捗: 前回

◆ ExAO: Woofer AO

- 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)=>シミュレーションへ
- 実機設計: 設計中 近赤外ではSR~0.1程度

◆ ExAO: Tweeter AO

- 波面センサ: 点回折干渉計WFS原理実証中 + SHWFS開発中
- FPGA制御装置: 原理実証試験(カメラ読込)(TMT戦略経費)

◆ コロナグラフ: SPLINE

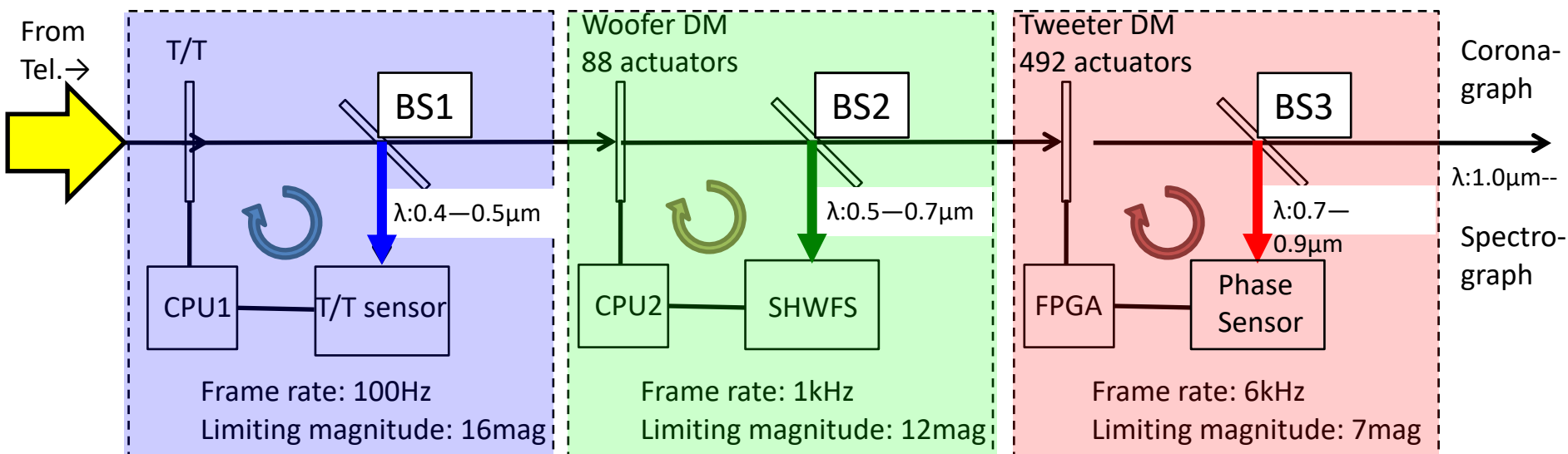
- プリズム/サバール板: 確保・原理実証済, 環境試験中
- 実機製作開始: 設計中 (TMT戦略経費)

◆ 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

SEICA: 極限補償光学

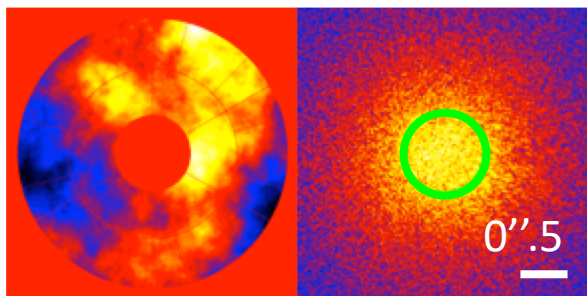
◆要求仕様: 精度: $\lambda/20$, 速度: 5—10kHz, 測定点: 492 elements



Tip/Tilt: 10mas pointing

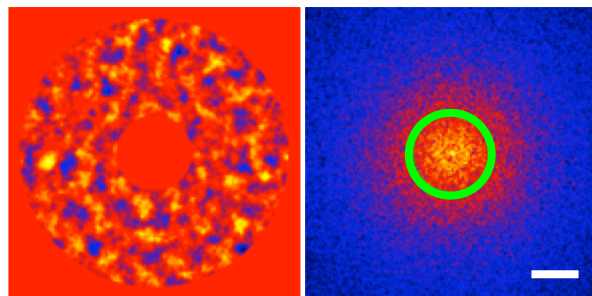
Woofer: 低速 [1kHz]
大まか [$\lambda/4$]
大-ダイナミックレンジ

Tweeter: 高速 [6.5kHz]
高精度 [$\lambda/20$]
高空間周波数: 24^2



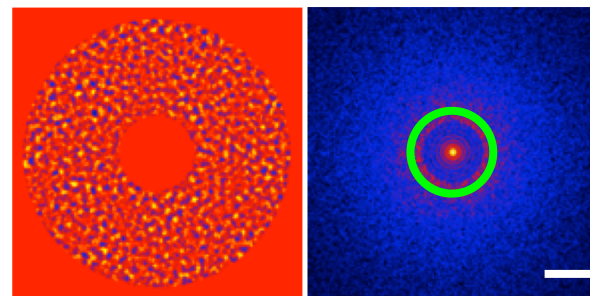
No AO

Strehl ratio 0.02



after Woofer AO

0.3



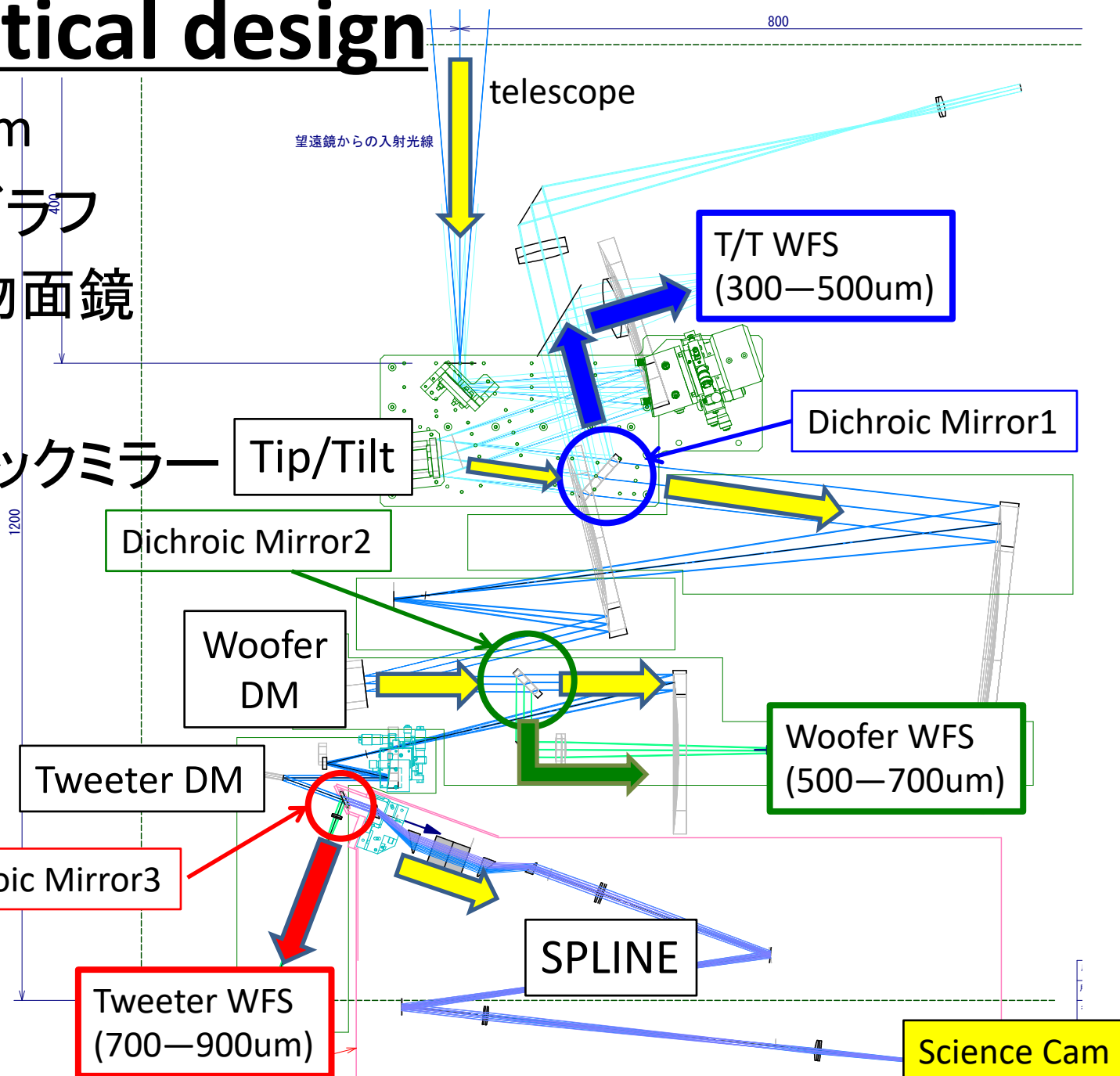
after Tweeter AO

0.9

SEICA: optical design

- ◆ size: 1.2x1.4m
- ◆ AO+コロナグラフ
- ◆ 5 軸外し放物面鏡
- ◆ 3 可変形鏡
- ◆ 3 ダイクロイックミラー
- ◆ 3 WFS

T/T WFS: ガイダー兼用
 W WFS: SHWFS
 T WFS: 位相型WFS



本日の報告

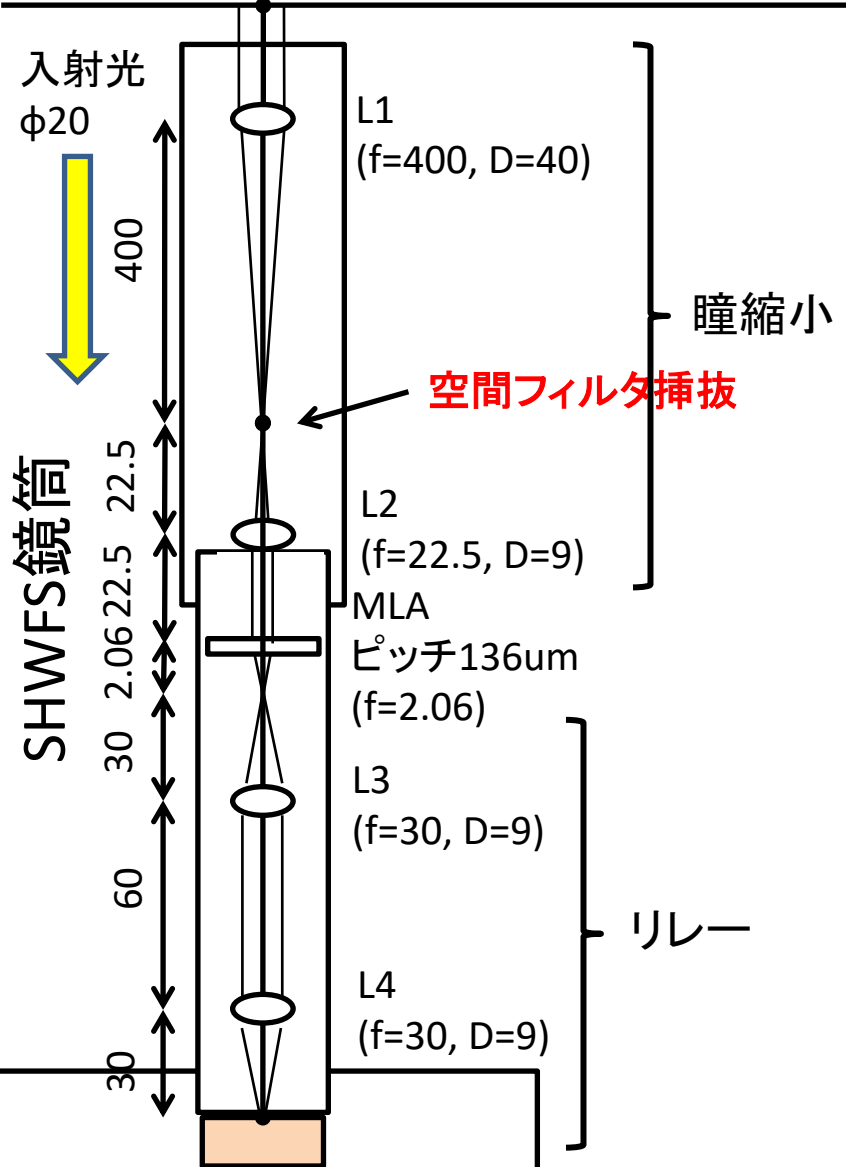
◆ Woofer AO

– センサー系: 実機設計

◆ Tweeter AO

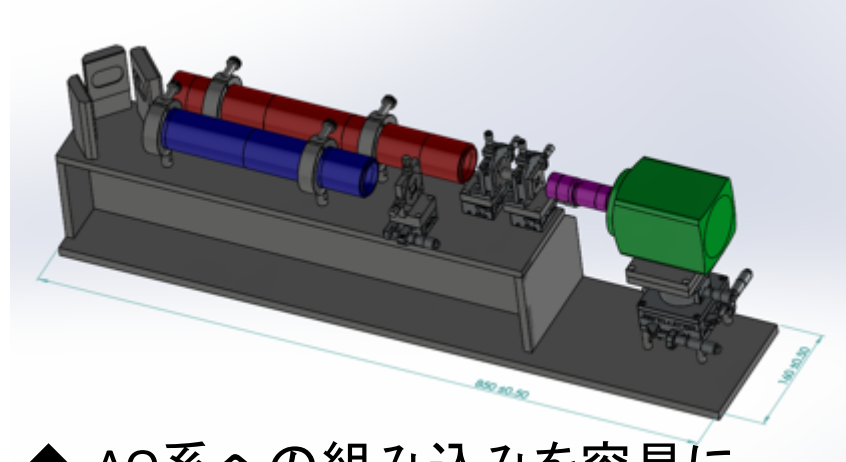
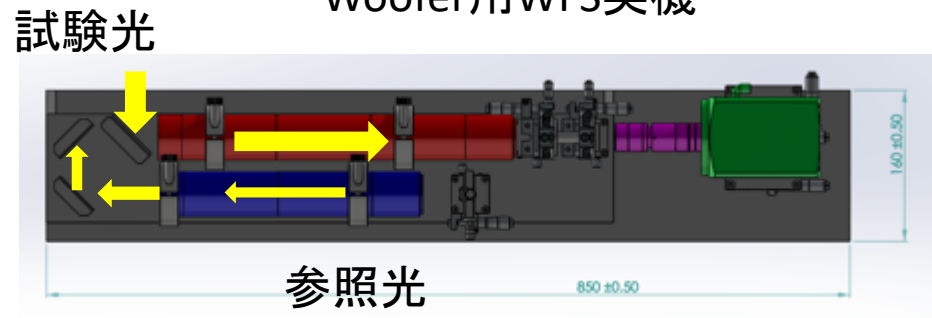
– センサー系: SHWFS波面センサ (津久井/山本)

Woofler AO: センサー系:: 設計



sCMOS[浜ホトORCA flash4.0]
6.5um, 2048x2048

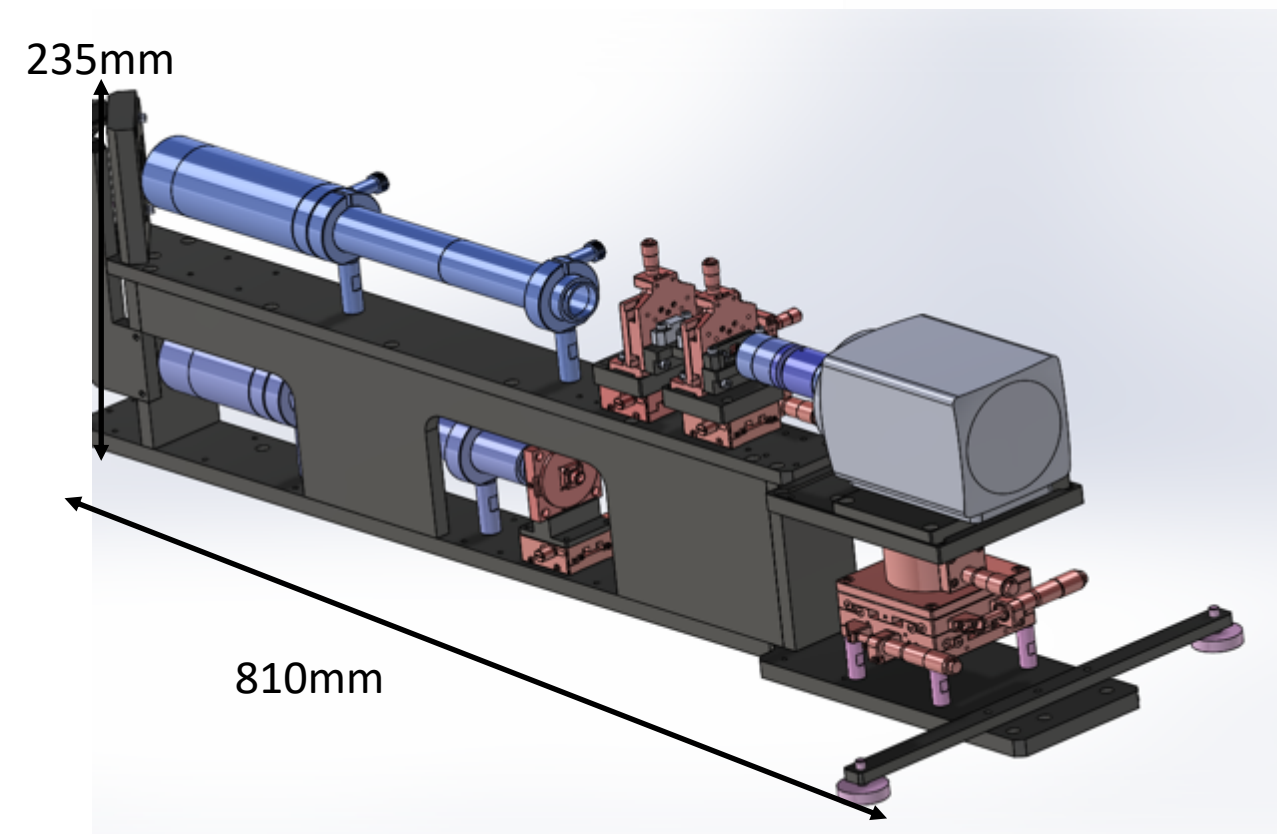
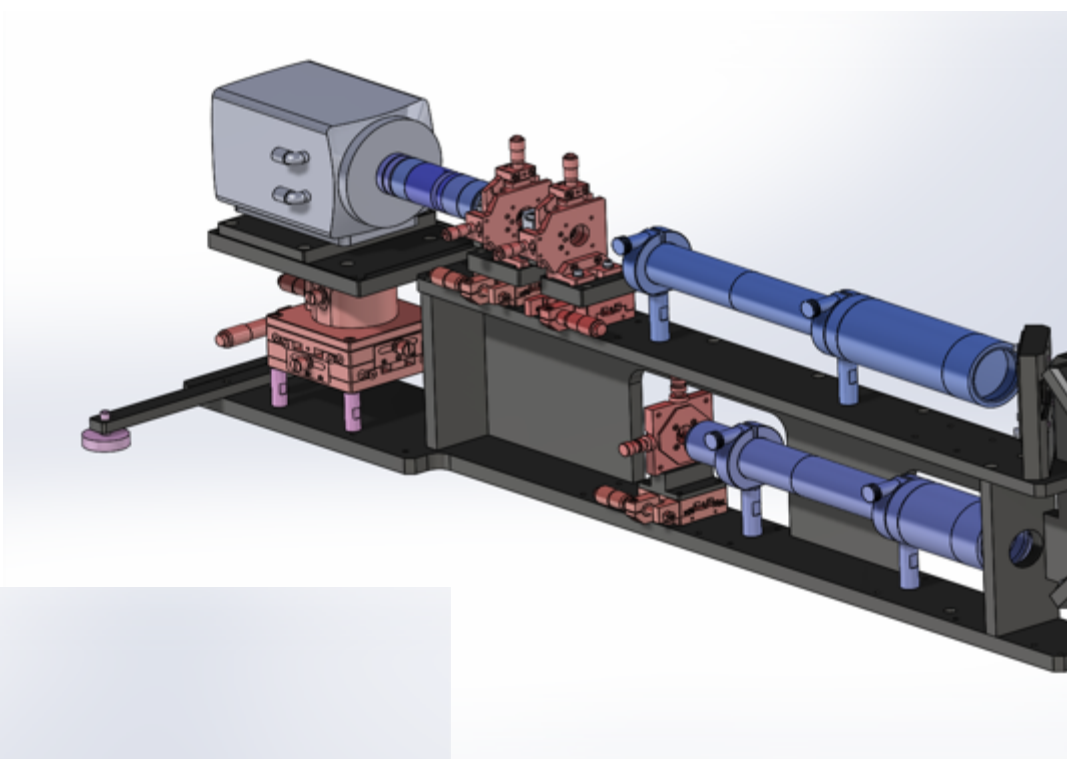
Woofler用WFS実機



- ◆ AO系への組み込みを容易に
- ◆ ハーフミラーで可動部なし
- ◆ 高次の波面エラーをカットする空間フィルタを導入可能

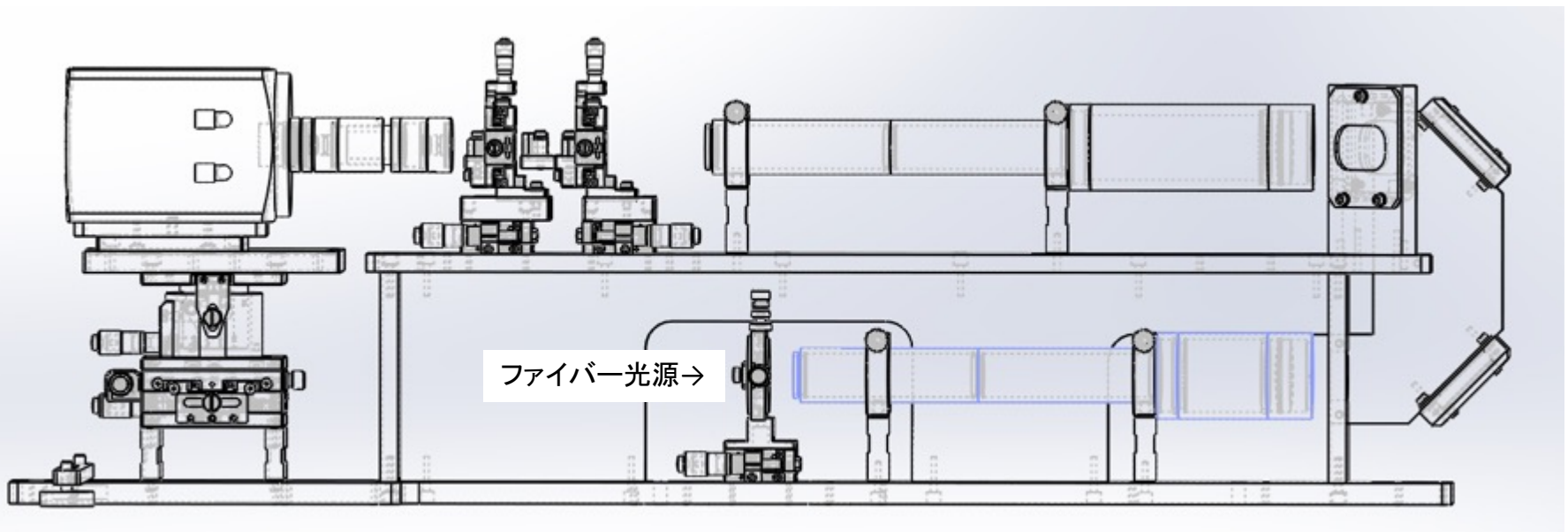
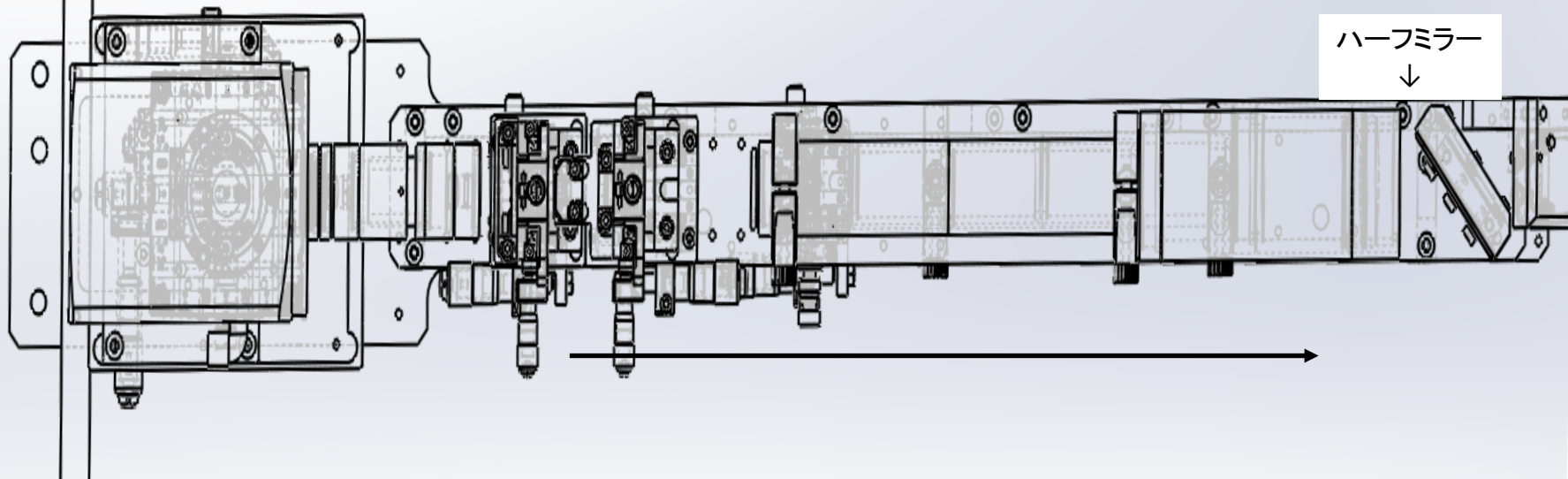
近日中に設計完了、製作へ

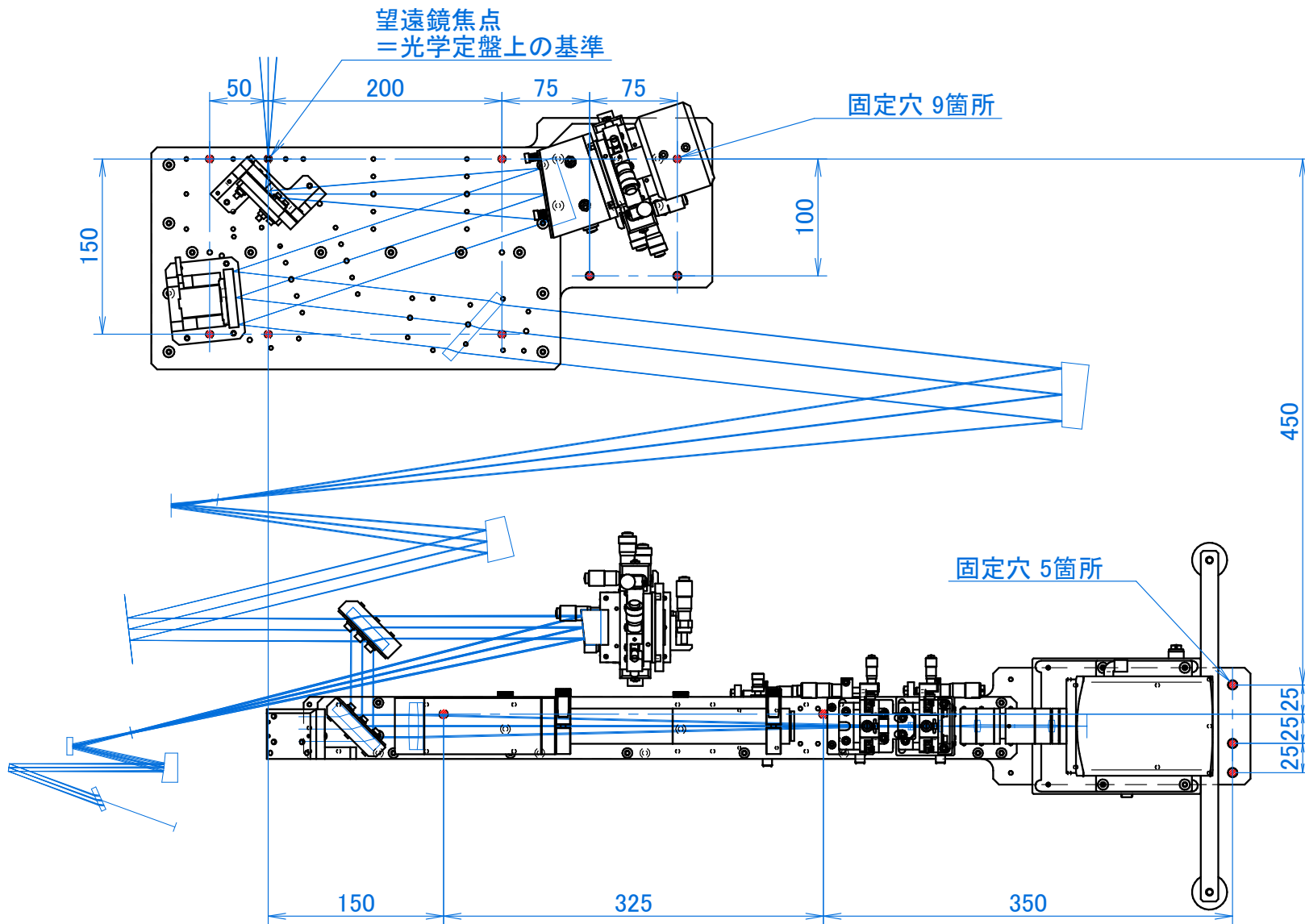
全体組み立て図



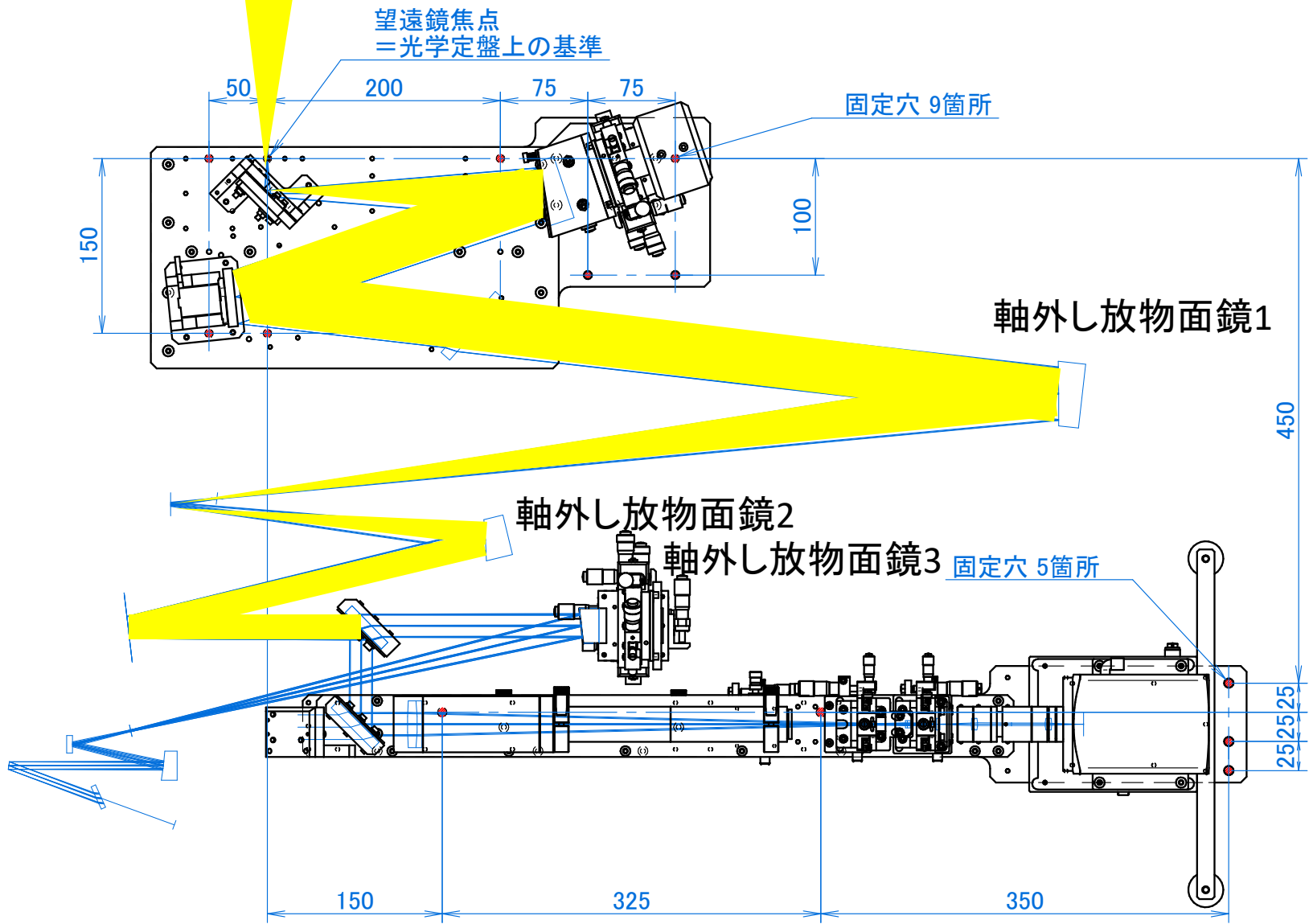
黒: 大阪電通大製作
青: Edmund
赤: Sigma
ピンク: MISUMI

構造





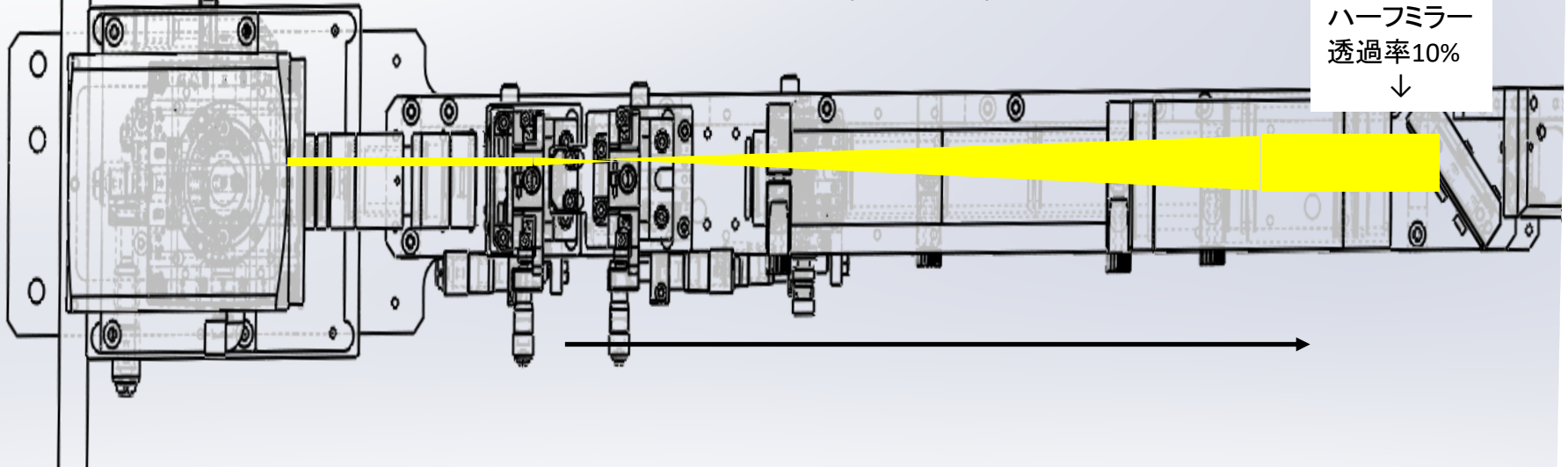
尺度	- / -	日付	2018.12.10.
用紙サイズ	A4	作図	T.Y.
名称	SEICA - 定盤への固定ネジ		
図番	CP0063-TM181210-01		



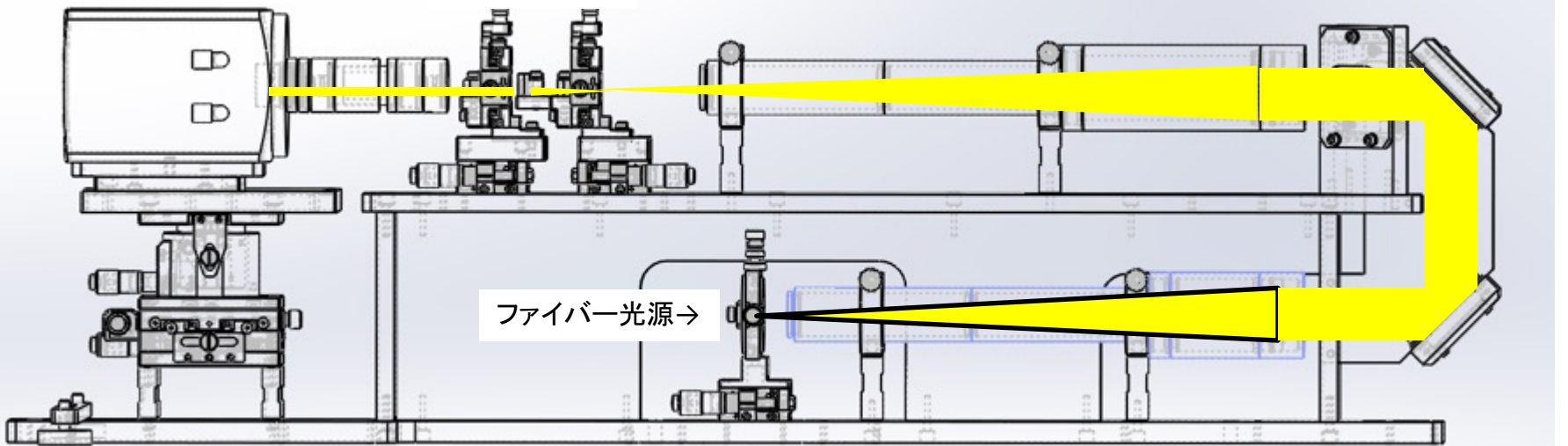
尺度	- / -	日付	2018.12.10.
用紙サイズ	A4	作図	T.Y.
名称	SEICA - 定盤への固定ネジ		
図番	CP0063-TM181210-01		

機能: キャリブレーションモード

観測前に毎回キャリブレーションを行う(初期は)

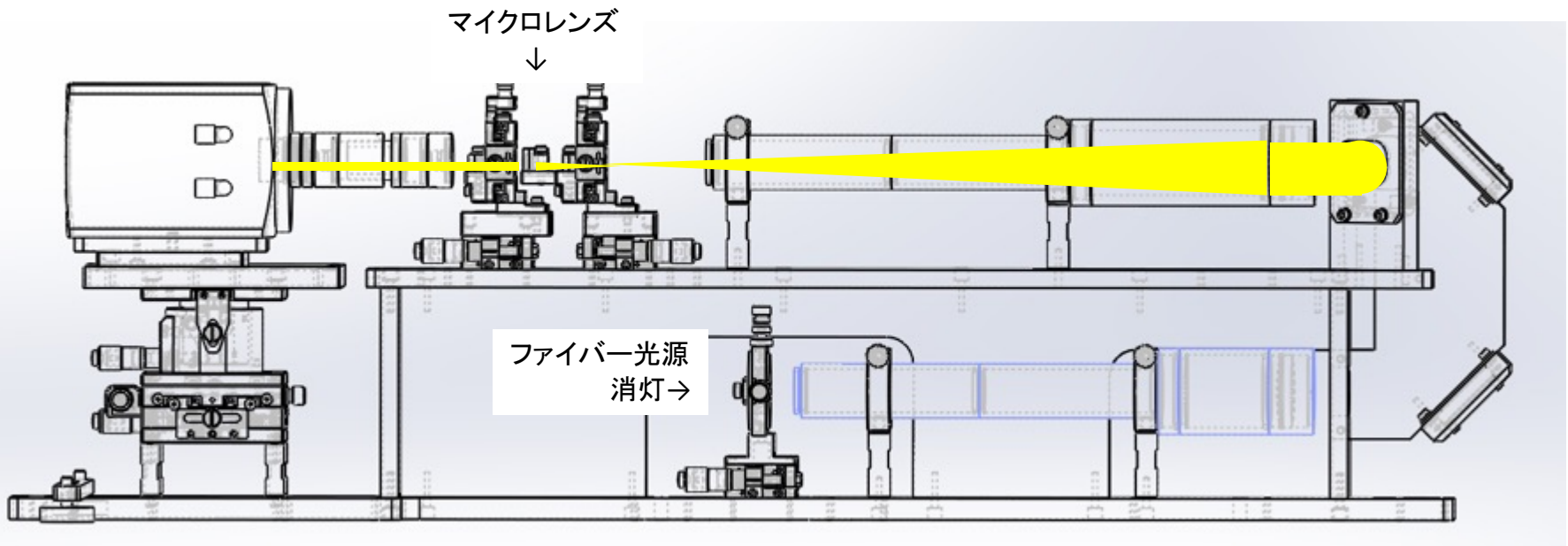
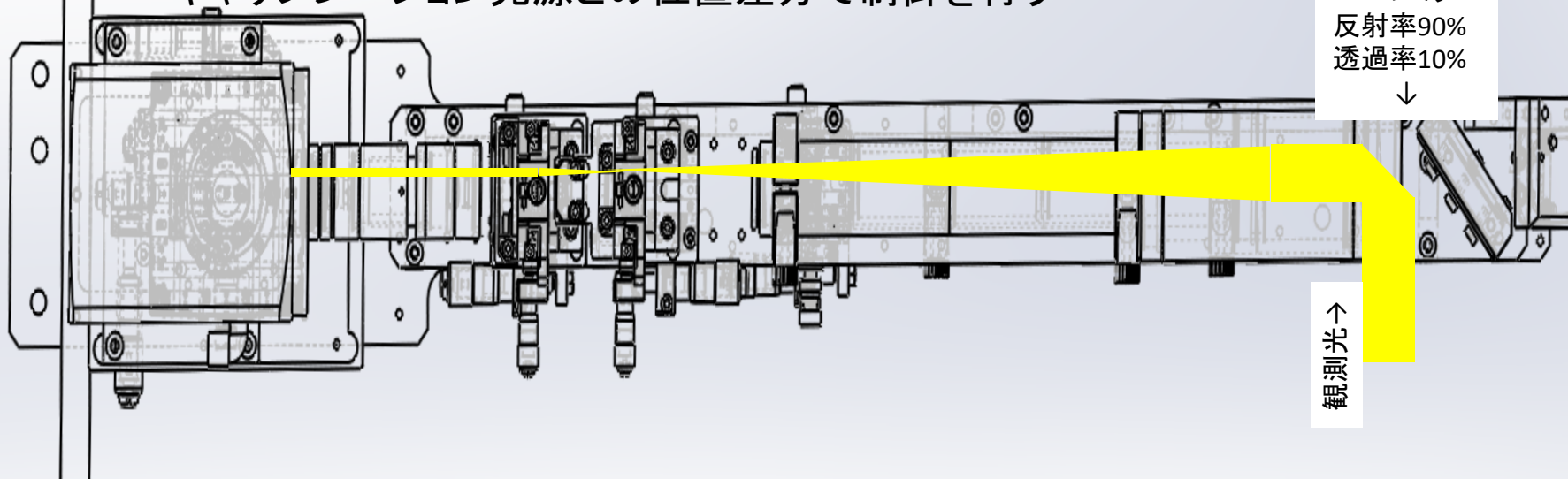


マイクロレンズ



機能: 観測モード

キャリブレーション光源との位置差分で制御を行う



WoofersWFS実機製作

◆H30.12

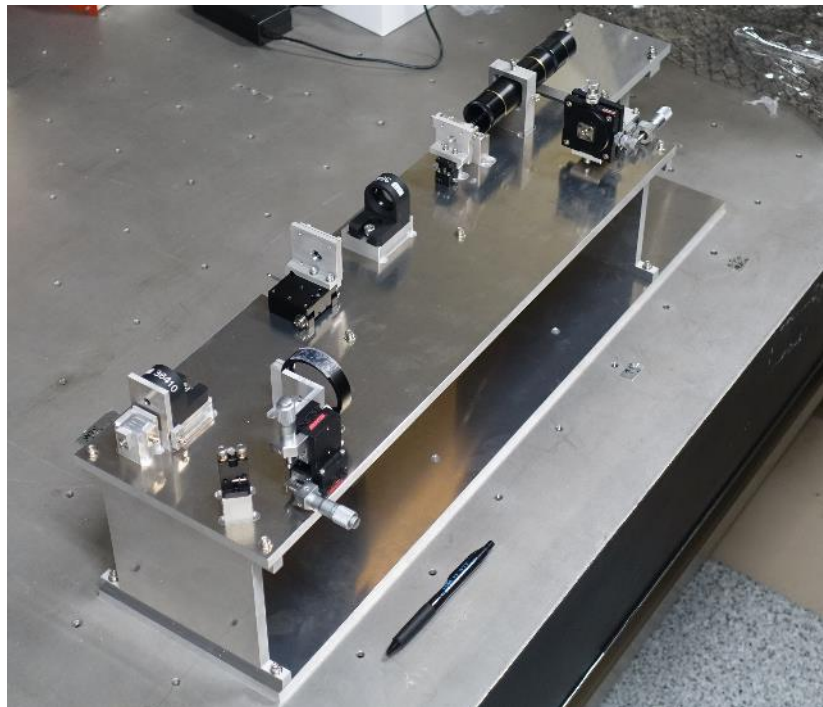
- 設計完了
- 物品購入 + 製作@大阪電気通信大学

◆H31.1～

- 物品納品
- 組み立て
- 性能評価
- シミュレーションと組み合わせた試験へ

Tweeter AO用 SHWFSの開発

京都大学 M1 津久井遼



背景

▪ Tweeter AO の開発にあたり、**FPGAによる制御実験**が必要

- 室内でAOループを回して補償能力を評価

▪ Tweeter AO用PDI WFS(新方式)は原理実証中

→制御実験の初期段階では**SHWFSで代用**

▪ SHWFSの利点/欠点

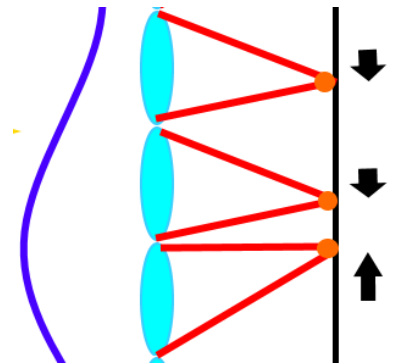
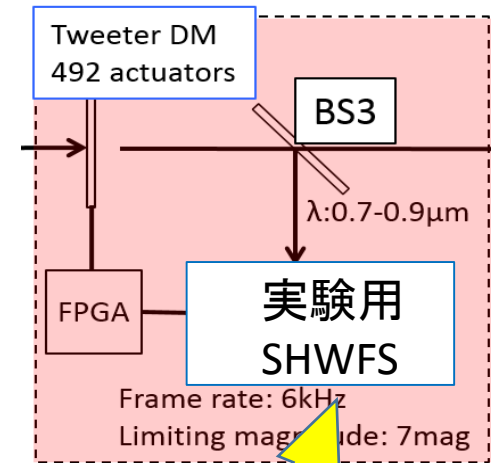
○ 光学系が(比較的)単純, 高い信頼性

× 計測負荷大

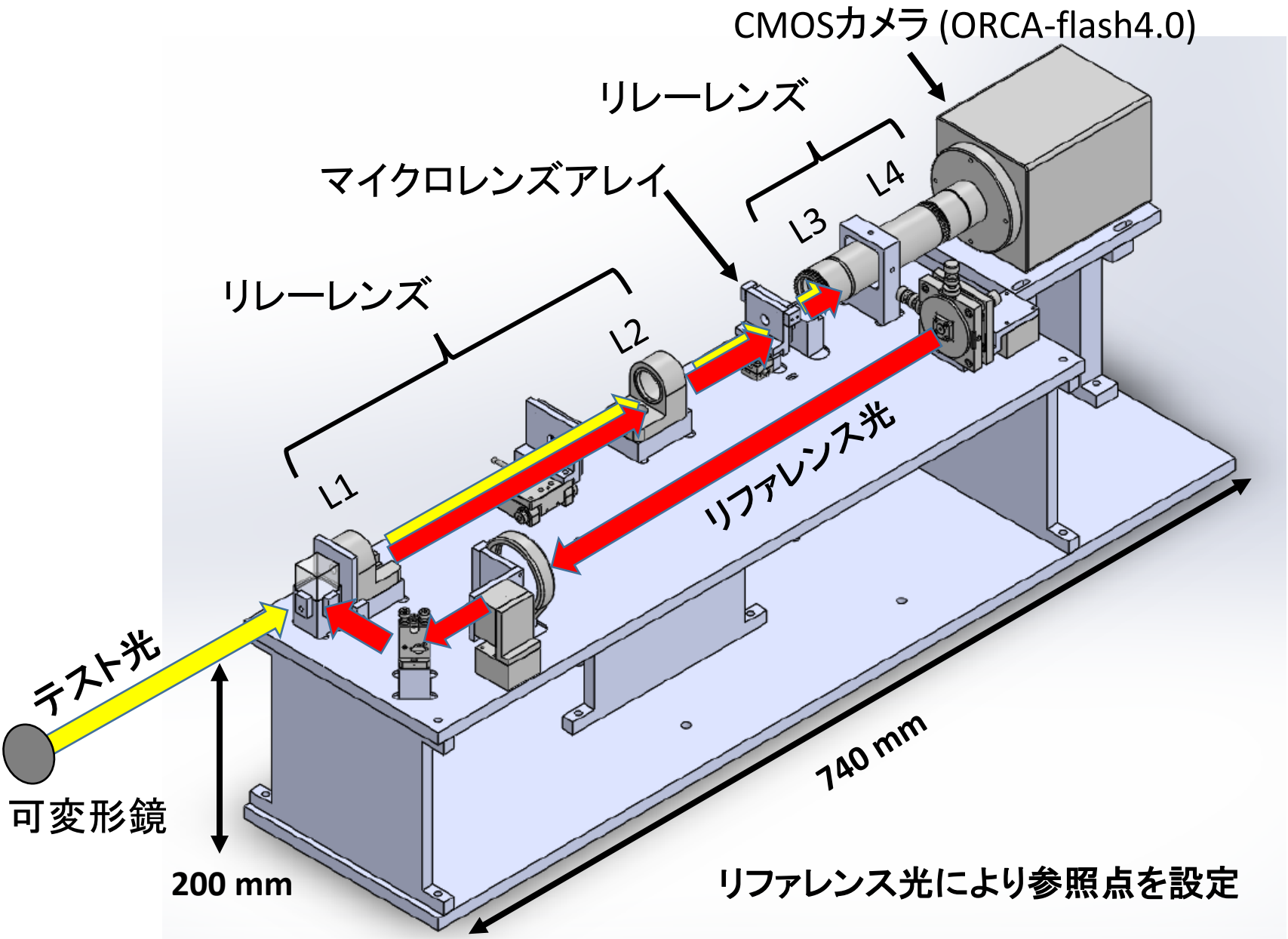
(Tweeter AOの目標6.5kHz ↔ SHWFS 0.4kHz)

× 高精度の計測には高いS/Nが必要

(暗い天体に対して不利)



装置の概要



リファレンス光によるspot

▪ spotのサイズ(FWHM)が設計と異なる

- 設計(Zemax): 1.7 - 1.8 pix

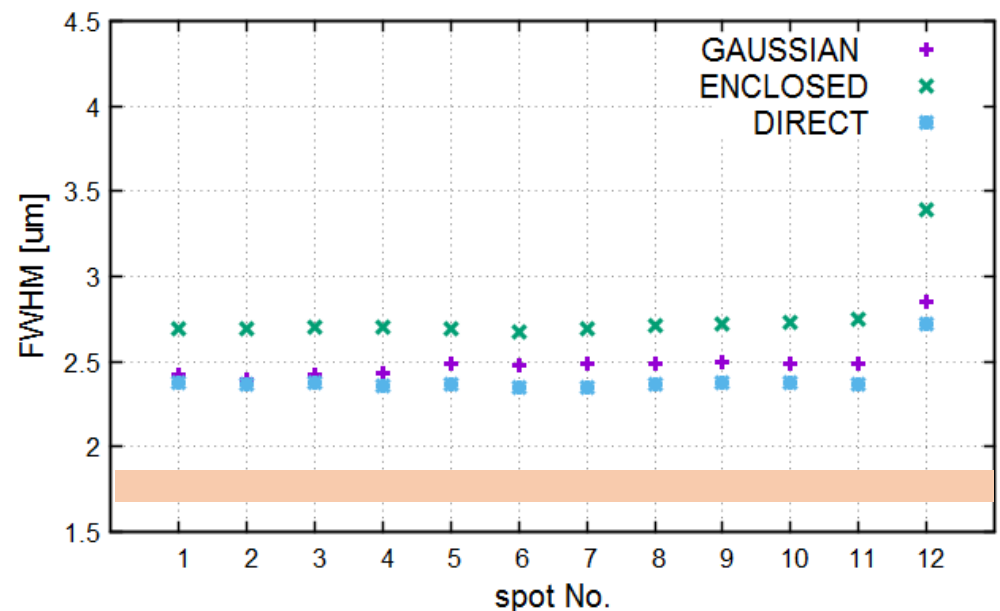
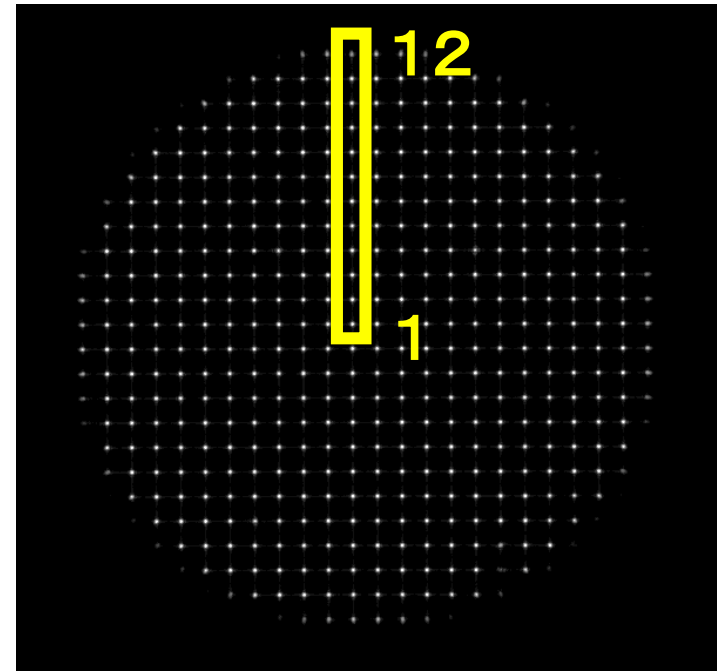
- 実際(iraf) : > 2.4 pix

▪ 重心検出の精度には問題ない

▪ ミス, 素子の不良などを

反映している可能性

→ 念のため原因を調査

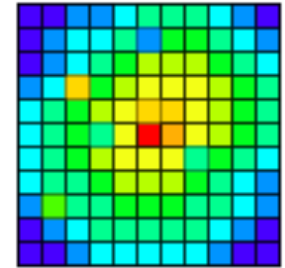


重心検出/波面誤差シミュレーション

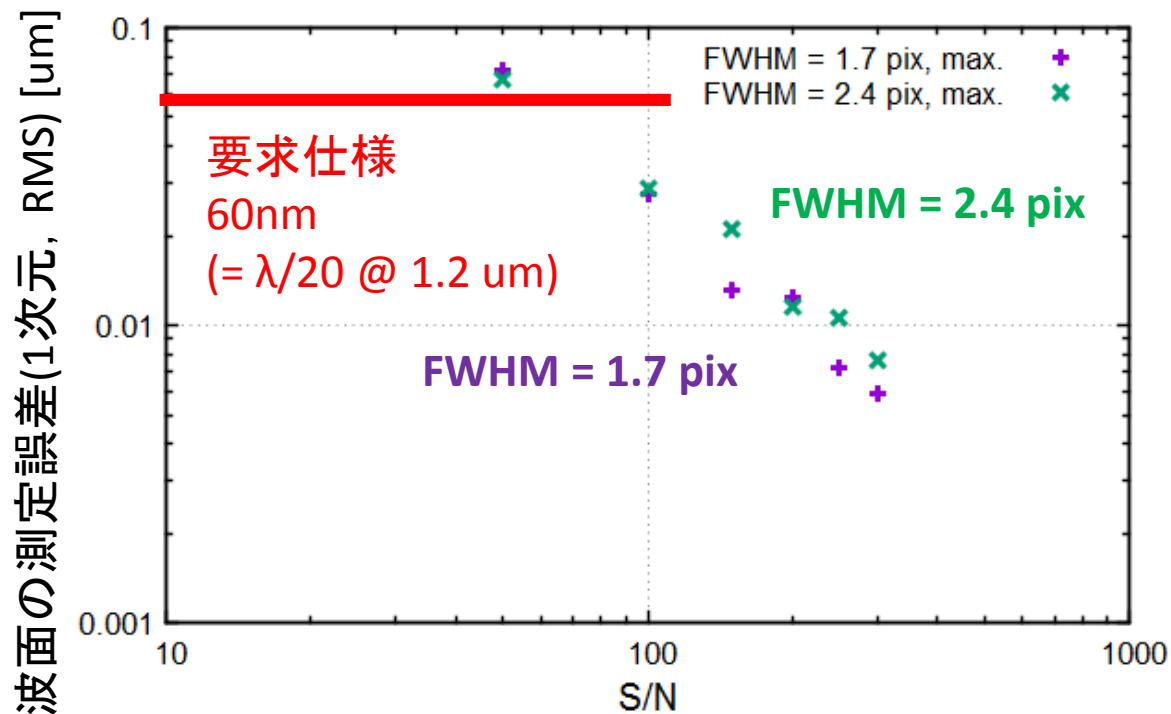
- ・ノイズ(読み出しノイズ, ポアソンノイズ)がある状態で spotの重心位置の検出にどれだけ誤差が生じるか？



- ・この誤差が積み重なったとき、波面形状の測定にどれだけ誤差が生じるか？



▲ 検出器上での spotのイメージ



まとめと今後の課題

- Tweeter AO用SHWFSのspotの肥大が発覚
- 重心検出の精度には問題ない
- 原因はMLAの形状にあると考えられる
- 今後やること
 - 入射する平面波の波面を傾けた際のspotの移動を確認
 - DMとの組み合わせ

SEICA: 全体進捗: 今回

◆ ExAO: Woofer AO

- 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)=>シミュレーションへ
- 実機設計: 設計中 → 製作 近赤外ではSR~0.1程度

◆ ExAO: Tweeter AO

- 波面センサ: 点回折干渉計WFS原理実証中 + SHWFS開発中
- FPGA制御装置: 原理実証試験(カメラ読込)(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

まとめ

- ◆ Woofer実機の製作進行中
- ◆ Woofer試験の最終評価=>論文へ
- ◆ Woofer制御のシミュレーション
- ◆ Tweeterセンサー2種開発中
 - 試験用SHWFSは完成、DMと組み合わせた試験へ
- ◆ Tweeter制御用FPGA開発中