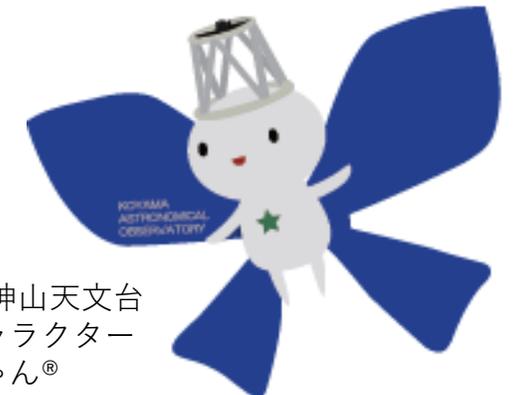


# 小型屈折型補償光学装置 CRAO : Onsky観測の初期結果

京都産業大学  
理学研究科物理学専攻  
坂部健太(D1)

樽田順、池田優二(京都産業大学)、大屋真(国立天文台)



京都産業大学 神山天文台  
マスコットキャラクター  
ほしみ〜るちゃん®

イントロダクション ~CRAO~

# 「小型AO(CRAO)の開発」

## CRAO開発年表

- 2011年度 開発着手
- 2014年度 ファーストライト
- 2016年度 開発休止
- 2018年度 開発再開

## 装置仕様 (北尾 2012)

光学系	透過型
補償方式	Modal- Control w/ closed Loop
波長域	400nm~700nm
動作周波数 (帯域幅)	200Hz
装置視野	30arcsec
限界等級	4mag(V-band)
補償性能	波面残差,(RMS) 1350nm→240nm
	Seeing 3.0 arcsec→0.8 arcsec

可変形鏡(DM)  
SATURN+  
TTステージPSH4

レンズを使用し、  
ダブルパス光路により  
光路を短縮

天体光

サイエンスカメラ(SC)

ダブルパスレンズ  
(DPL)

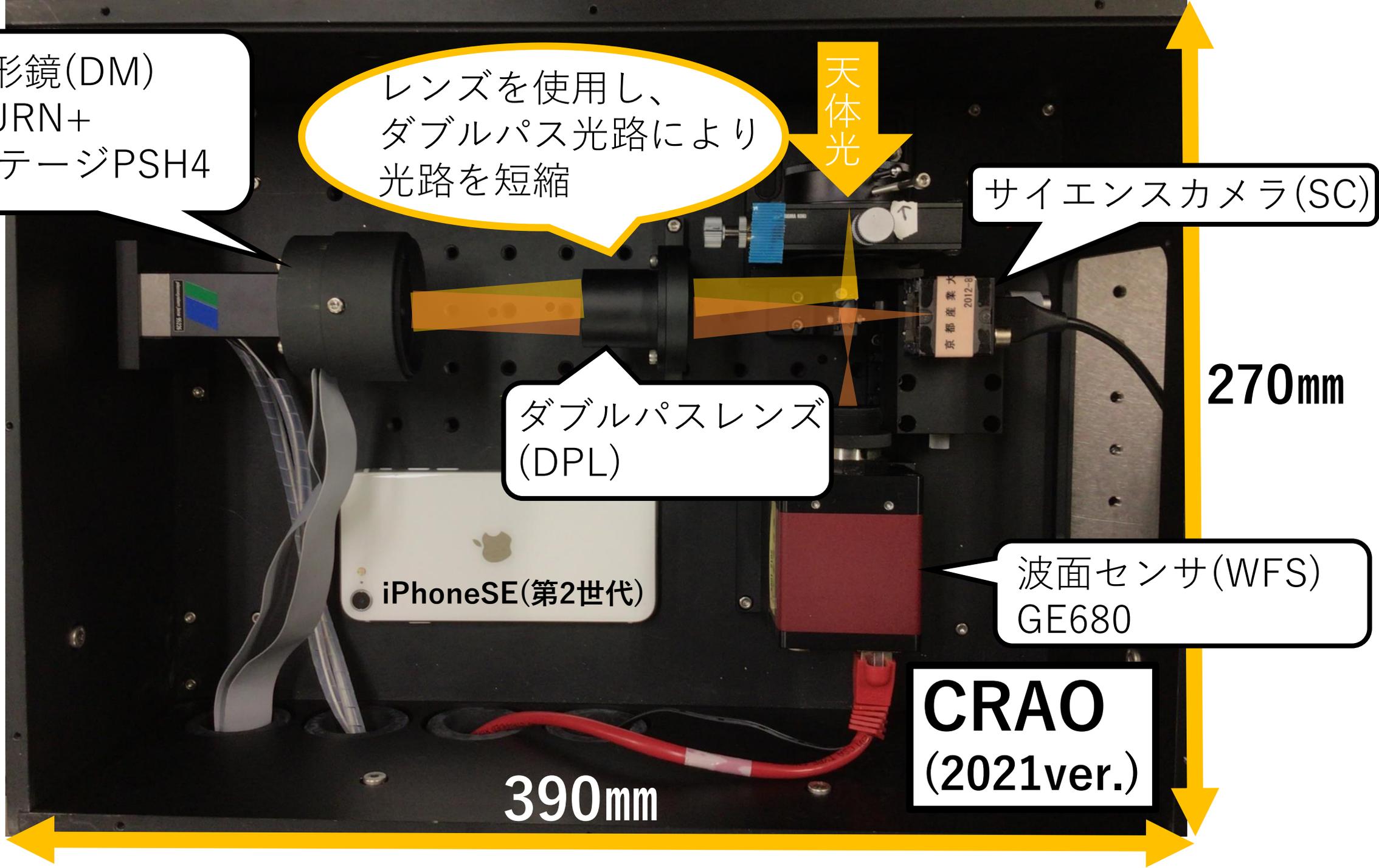
270mm

iPhoneSE(第2世代)

波面センサ(WFS)  
GE680

**CRAO**  
(2021ver.)

390mm



2020装置ワークショップより

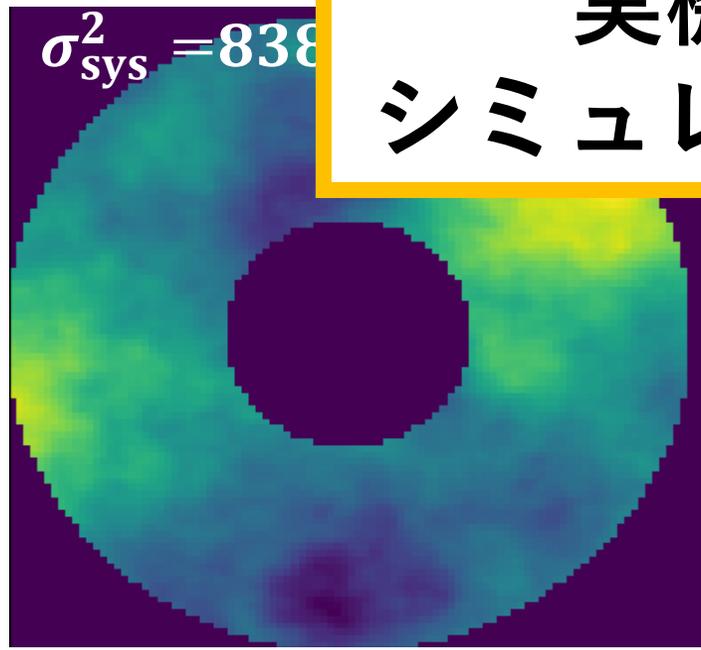
エラーバジレットのシミュレーション条件として

- センサーノイズなし ( $\sigma_M = 0$ と仮定)
- 大気を上空10kmの一層モデル

理想的なCRAOモデルでのエラーバジレットの解析を実施

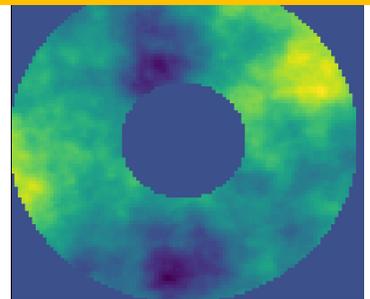
CRAOシステム評価式  $\sigma^2 = \sigma^2 + \sigma^2 + \sigma^2$

# 実機でのエラーバジレット シミュレーションの検証と原因究明



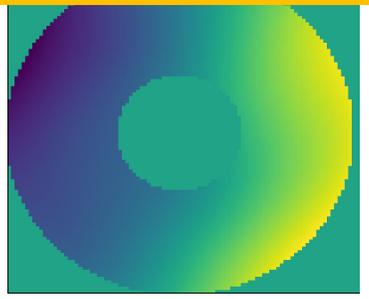
システム全体の波面残差

=



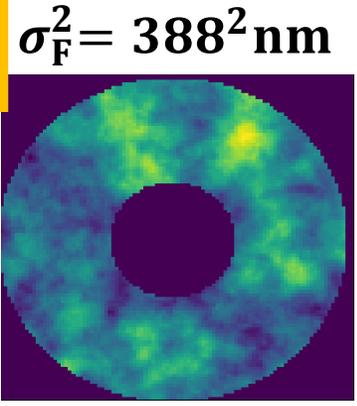
積分時間誤差波面

+



ループ遅れ波面

+

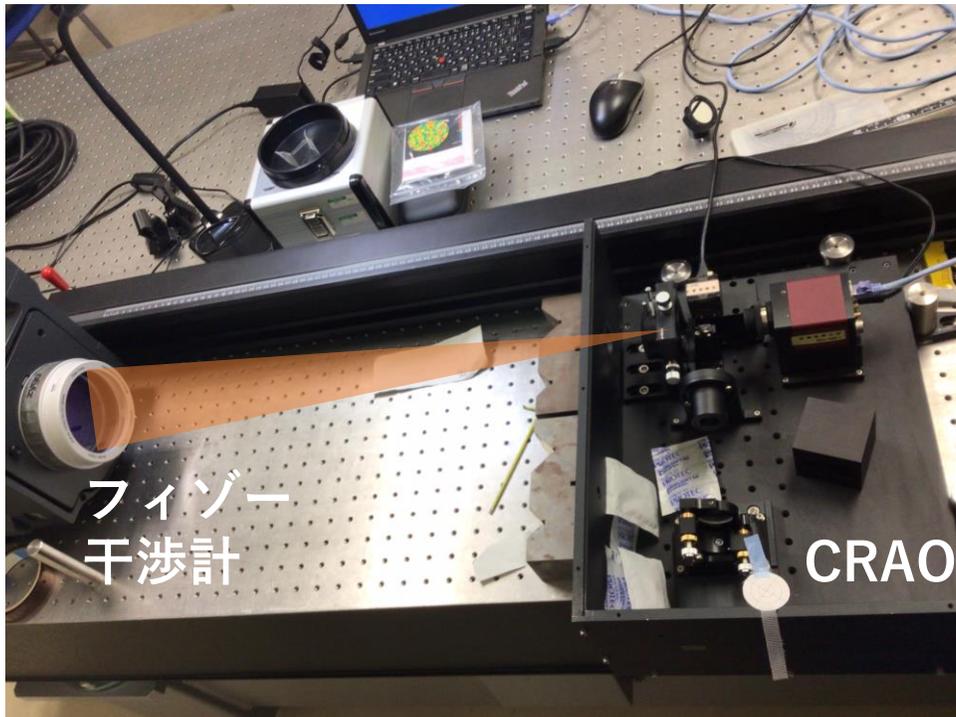


形状再現誤差波面

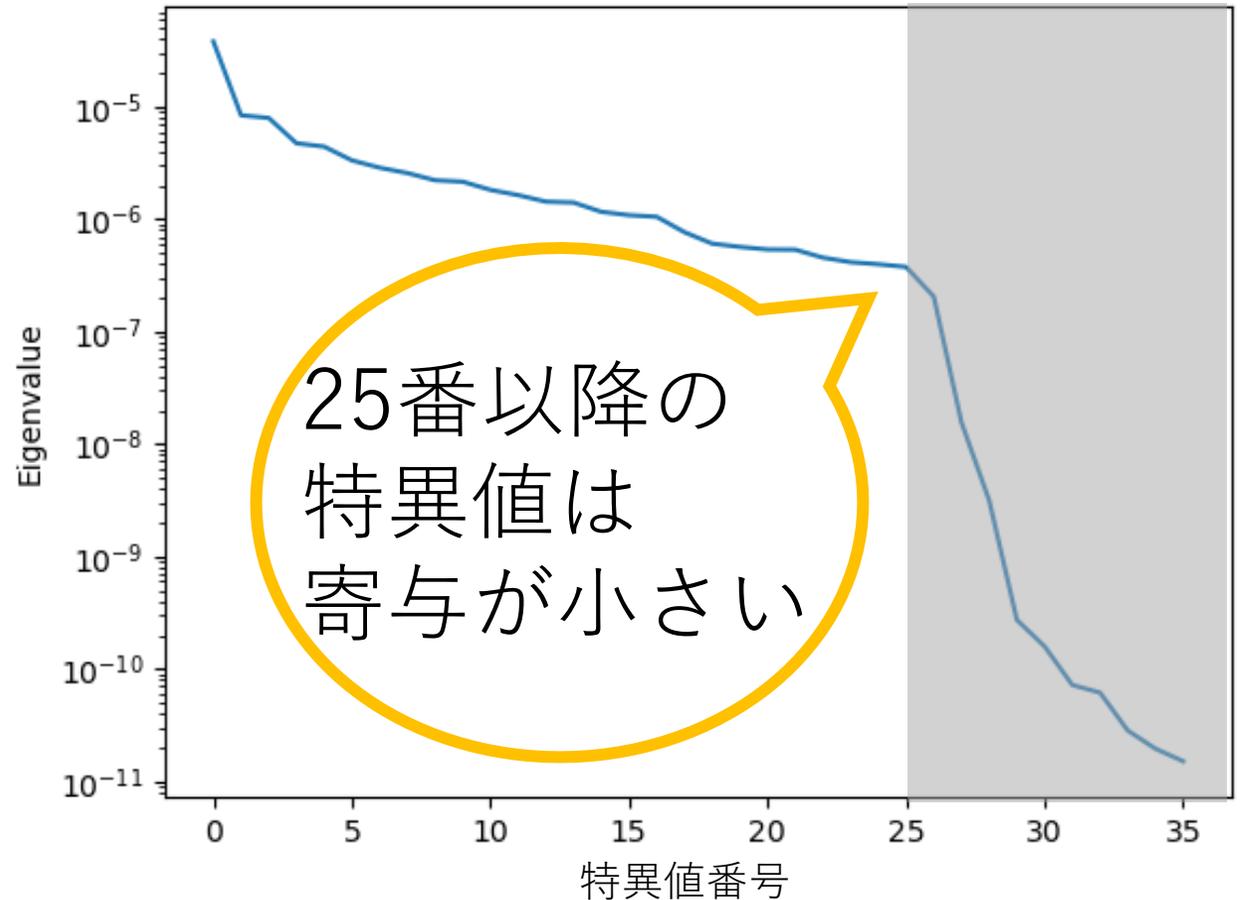
# ファーストライトからの改善

- 装置の再アライメント **小島, 卒論 2021**
- 制御行列の再作成
- **制御システムの改修**

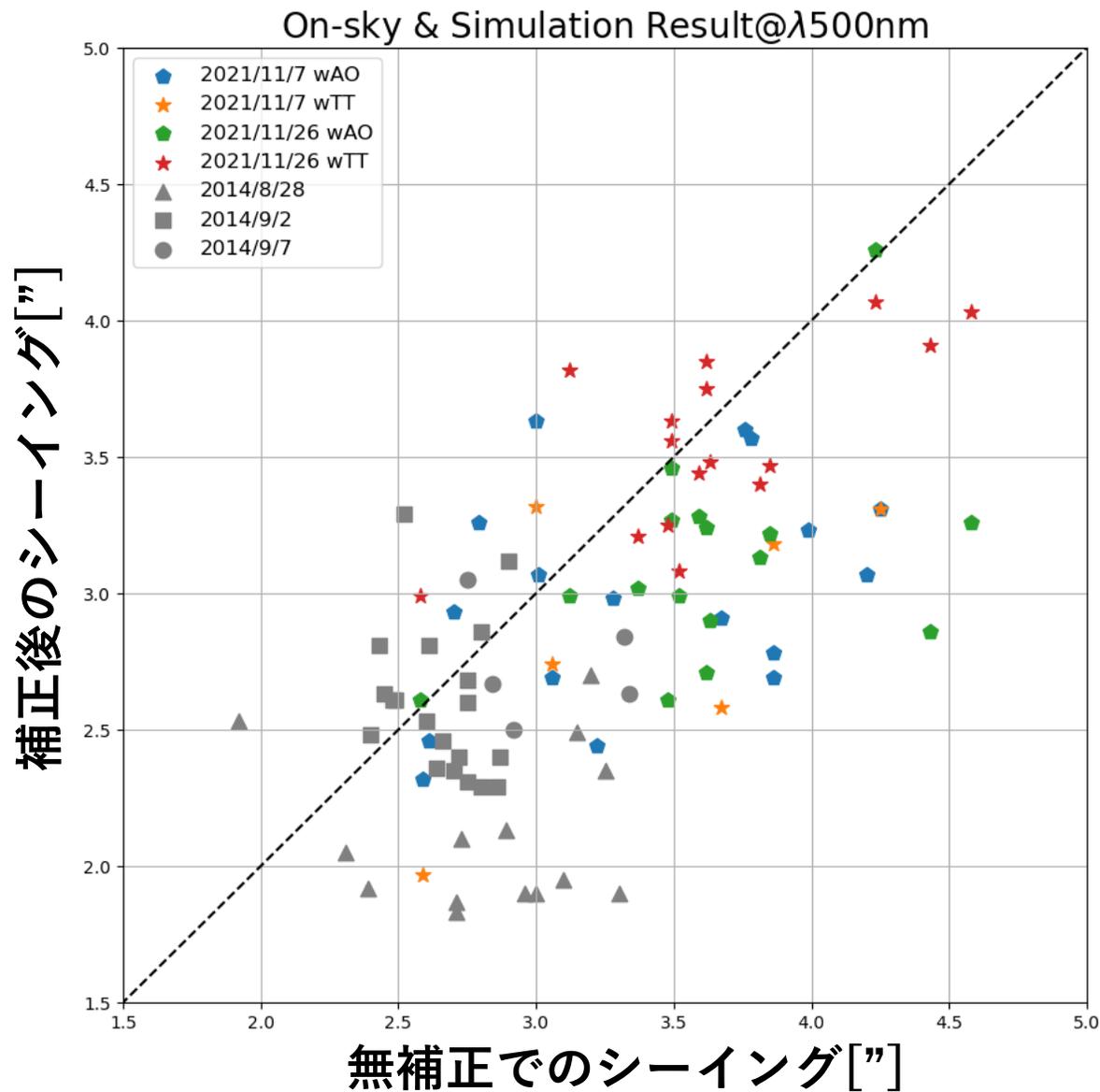
検査光でのアライメント



制御行列の特異値の最適化



# 観測結果



## 1.3m荒木望遠鏡

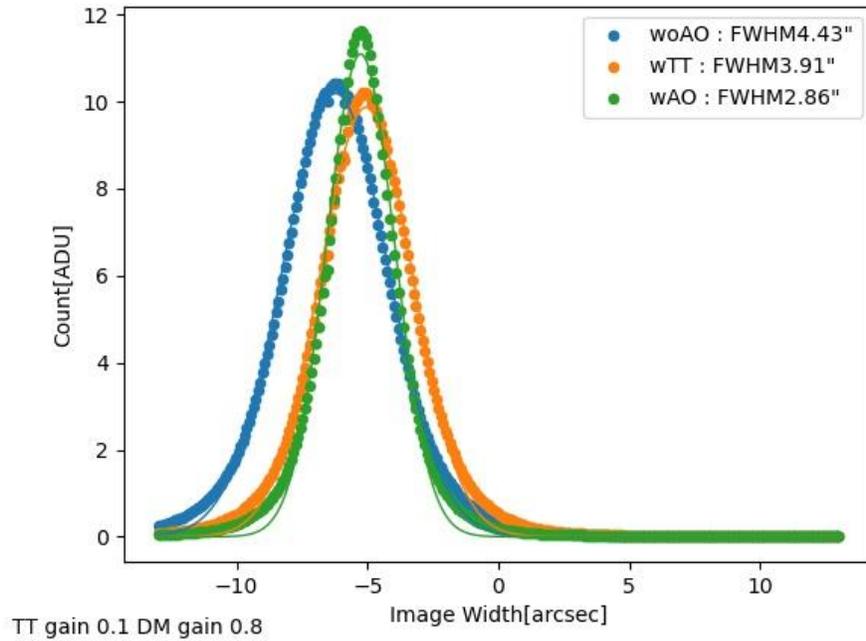


### 観測ログ

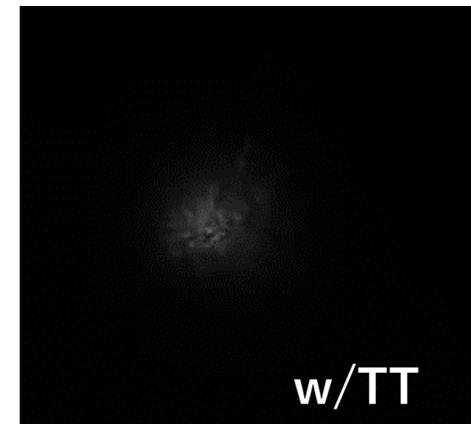
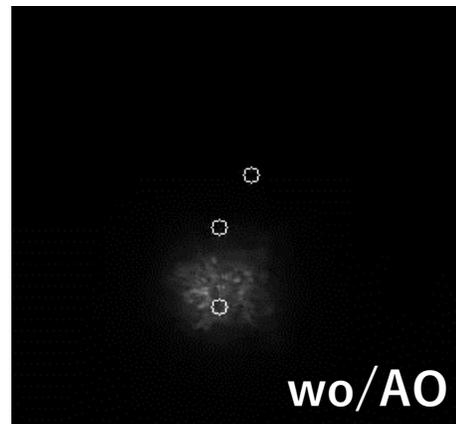
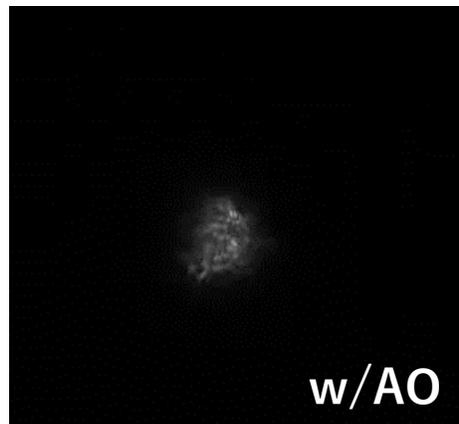
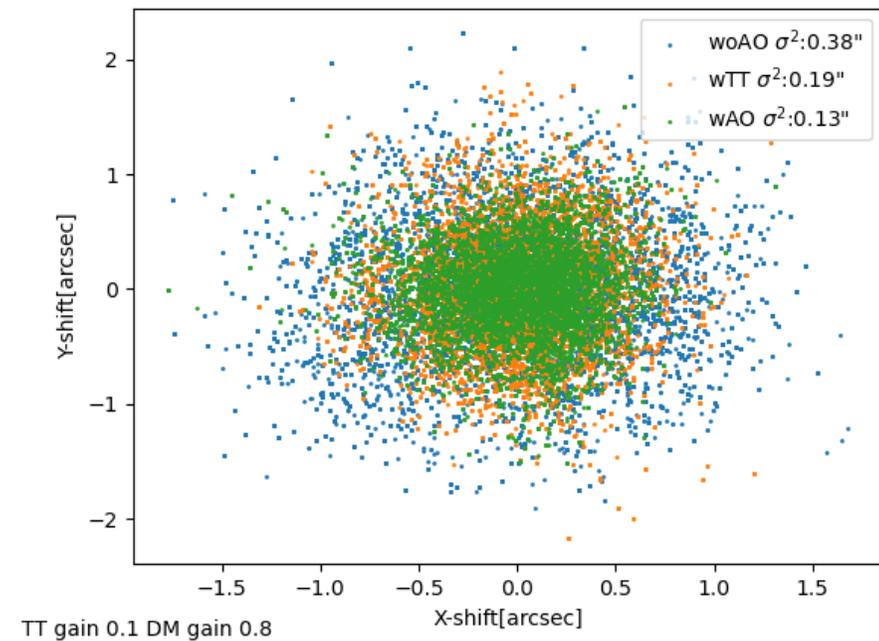
観測日	2021/11/7,26
観測天体	Vega, Capella, Sirius
動作周波数	170~190Hz

# 観測結果

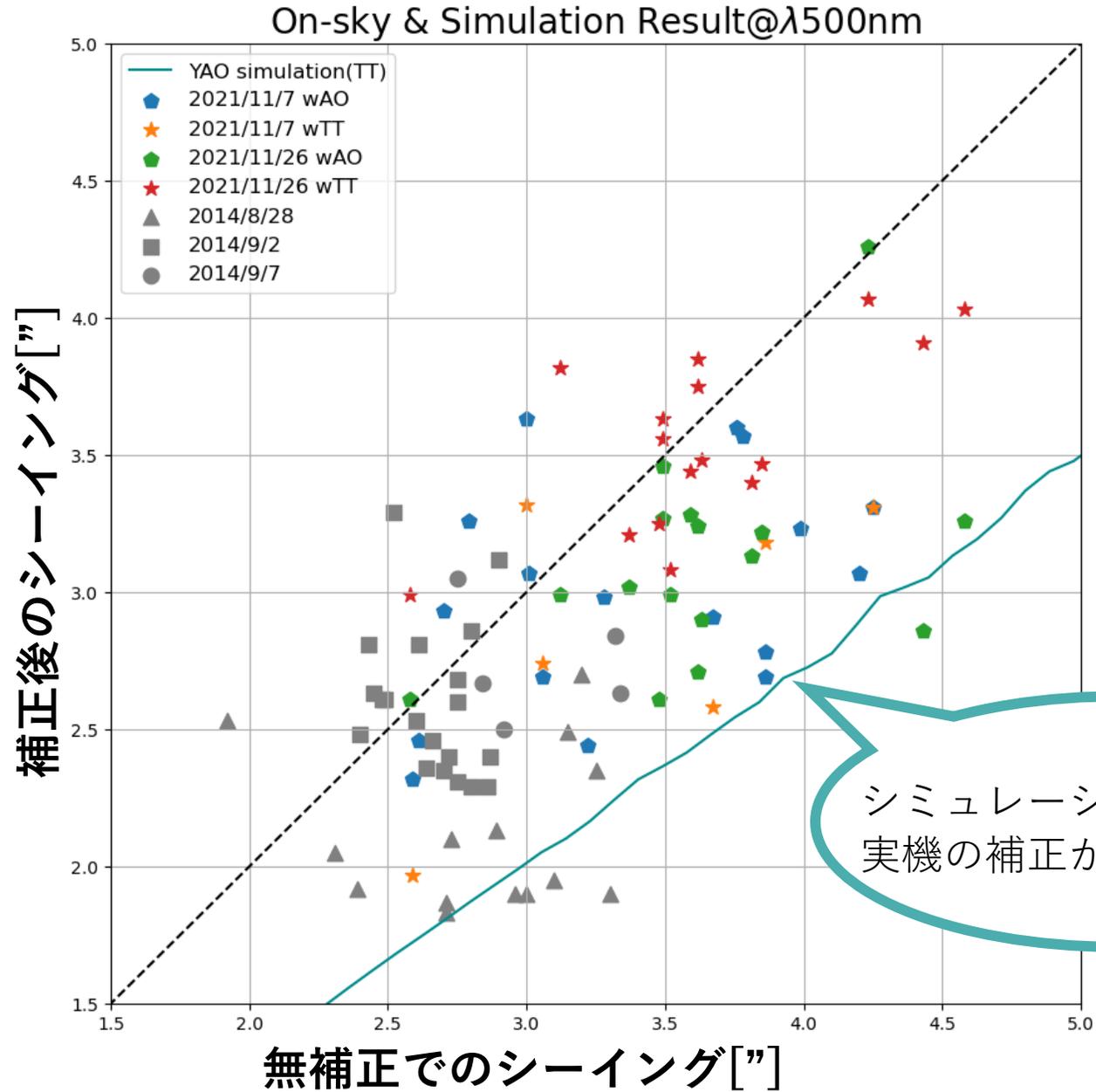
## 1次元PSF



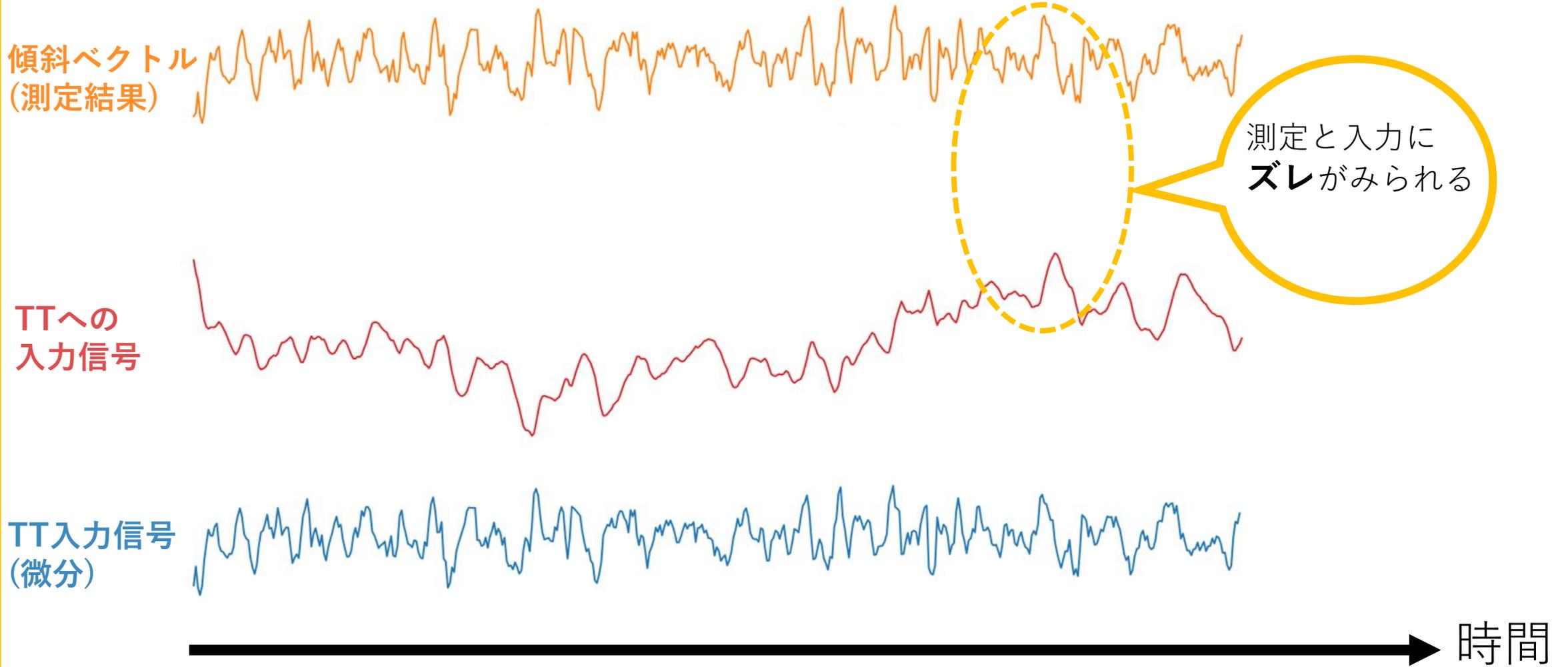
## 星像の重心移動



# 観測結果



# 傾斜ベクトルとTTステージに入力する信号



$$\text{入力信号 } TT_{now} = \Delta TT + TT_{pre} \quad TT_{pre}: 1\text{つ前の入力信号}$$

# まとめ

京都産業大学神山天文台では、

「**小型で安価なAO**」をテーマに**CRAO**を開発

1. 2014年の観測結果から、CRAOはFWHM $<0.8''$ を未達成、シミュレーションから**時間遅れの誤差が支配的**であると判明
2. シミュレーションの妥当性を検証するため、実機を再稼働し  
Onsky実験を実施
3. 星像の改善はみられたが、TT補正が不十分であり解析の結果、制御アルゴリズムに問題があることが判明
4. 制御システムの改修を進め、CRAOの性能が十分に発揮できたところで、エラーバジェットの評価を行い、シミュレーションとの比較を実施する