

# 京都産業大学1.3m望遠鏡における 小型屈折光学系補償光学装置の開発

北尾栄司, 藤代尚文, 清水智, 松井卓也, 池田優二(京都産業大学), 大屋真(国立天文台)

## アブストラクト

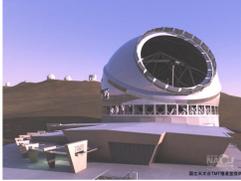
補償光学(AO)は、大気揺らぎによって生じた天体光の波面乱れをリアルタイムに補償し、望遠鏡の空間分解能を改善する光学技術である。TMTのような30mクラス望遠鏡における次世代AOでは、広視野化のために一台のAO装置に複数の波面センサーや可変形鏡を搭載する構成となっているため、必然的に小型で安価なAOの実現が求められている。さらに今後、1mクラスの小型望遠鏡においてもAOが必須の装置として展開されると考えられており、その意味でも小型かつ安価なAOの要求は高い。

このような背景のもと、我々は京都産業大学神山天文台1.3m荒木望遠鏡に搭載する小型屈折光学系AO(CRAO)の開発を進めている。従来型のAOは歴史的にも赤外線での応用が先行していた事も影響して、反射光学系が多く用いられている。それに対してCRAOは、独自に設計した色消しレンズを用いた屈折光学系に置き換える事によってコンパクトな光学系を実現していることが特徴である。2013年秋までに、京都産業大学神山天文台におけるサイト調査を行い、その結果を踏まえて主要部品の選定と、光線追跡ソフトウェアを用いた色収差を抑えた屈折光学系の光学設計などを実施した。さらに、設計した光学系を用いた補償性能シミュレーションを行った結果、V-bandにおいて神山天文台サイトにおける典型的シーイング2.5"を0.6"まで改善できる見込みであることが分かっている。本ポスターでは、前提となっているシーイング調査の結果、これまでの光学設計および製作結果の詳細、今後のスケジュールについても紹介する。

## イントロダクション

◎これからのAO

- ・30m望遠鏡時代のAO:  
大口径化/広視野化に伴い装置が大型化  
→小型化が必須

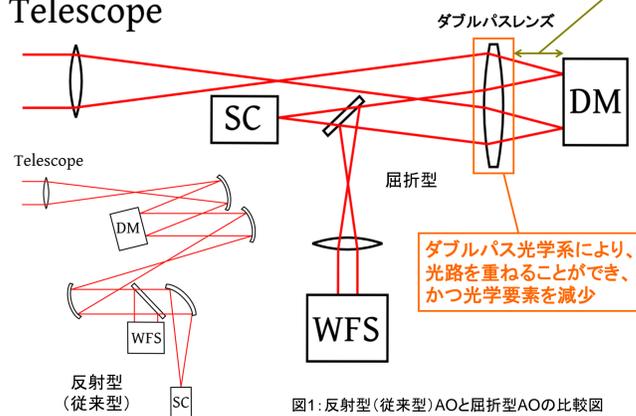


- ・小型望遠鏡でのAO:  
1mクラスの望遠鏡でもAOが必須の装置に  
→小型・低コスト化の要求

◎小型化へのアイデア

- ・屈折光学系AO(=CRAO)

### Telescope



ダブルパス光学系により、光路を重ねることができ、かつ光学要素を減少

項目	仕様値
方式	屈折光学系
補償波長	400~700nm
波面検出波長	400~700nm
限界等級	V = 4mag
補償性能	波面誤差(WFE)を446nm以下に改善(=Seeing2.5"を0.6"に改善)
設置面積	170mm × 170mm程度

表1: CRAO基本仕様

シーイング(FWHM)	2~3arcsec@I-band
フリード長r0	5cm
シンチレーション範囲	±2.86arcsec
望遠鏡追尾誤差	~0.36arcsec/min

表2: 神山天文台サイト観測条件

## 可変形鏡

◎要求仕様

- ・既製品を使用
- ・ストローク(Tilt成分): 20μm以上
- ・ストローク(高次波面成分): 2μm以上
- Tip/Tiltステージに可変形鏡をマウント

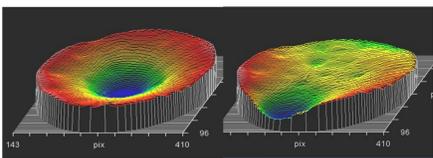


図3: 可変形鏡(SATURN)の変形の様子

◎選定結果

可変形鏡	形式	メーカー	方式	有効鏡面	最大ストローク
Tip/Tiltステージ	SATURN	Adaptica	48素子(fornt32+rear16)単一メンブレン	φ11mm	10μm
	PSH4	piezosystem jena	2軸Tip-Tiltステージ	-	44μm

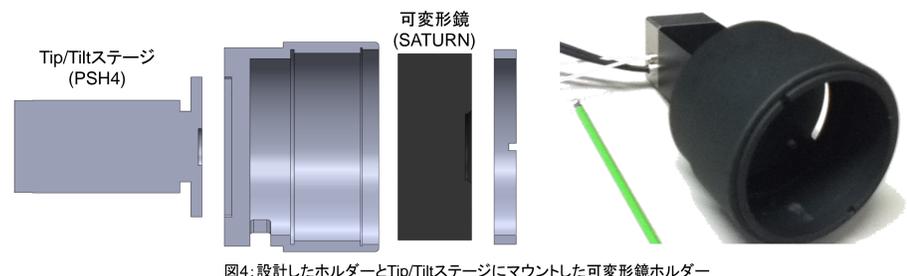


図4: 設計したホルダーとTip/Tiltステージにマウントした可変形鏡ホルダー

## 波面センサー

◎要求仕様

- ・Shack-Hartmann型
- ・動作速度200Hz
- ・瞳分割数 $N_d^2 = 12 \times 12$

◎選定結果

カメラ	形式	メーカー	pixサイズ	最大速度
	GE680	Allied vision	7.4μm	200Hz
マイクロレンズアレイ	形式	メーカー	MLA直径	焦点距離
	MLA150-5C	Thorlabs	150μm	5.2mm

◎波面評価法

- ・波面再生: Modal法
- 最大Zernike次数: 37項

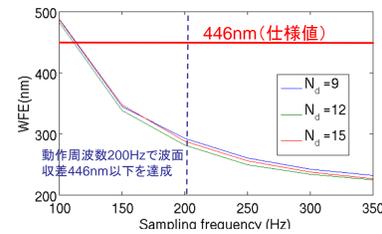


図5: 動作周波数の違いによる残存波面収差のシミュレーション結果

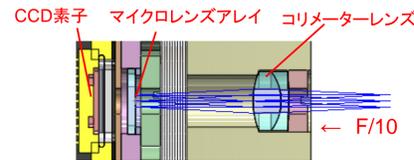


図6: Shack-Hartmann波面センサー光路図

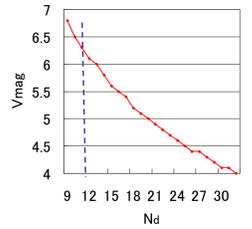


図8: 瞳分割数に対してマイクロレンズアレイの1スポットがS/N=10となる等級

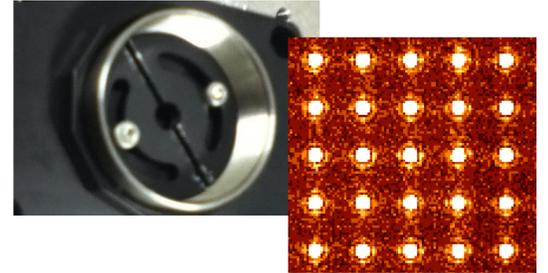


図7: マイクロレンズアレイホルダー近影と取得したスポットイメージ

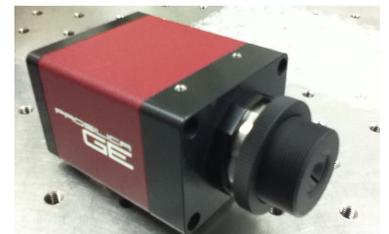


図8: 波面センサー組上げ概観

## ダブルパスレンズ光学設計

◎要求仕様と設計結果

要求仕様	設計結果
撮像視野	30arcsec
入射瞳径	10mm
焦点距離	100mm
収差(WFE)	0.07wave以下
波長	400~700nm
主光線傾角	0.1度以下
イメージサークル	φ6.9mm
バックフォーカス	50mm以上
光学系全長	200mm以下

現在製作中

表3: 設計した主レンズの性能

◎結像性能

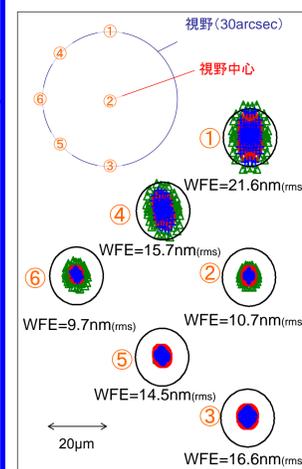


図9: ダブルパスレンズのスポットダイヤグラム (円は波長550nmでのエアリーディスク直径)

◎公差解析結果

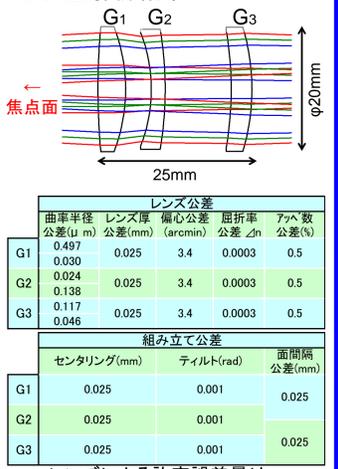
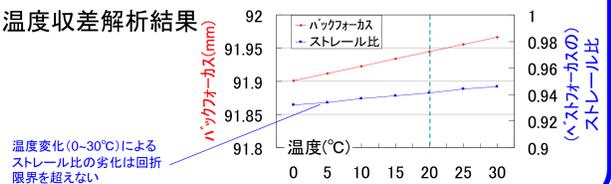


表4: レンズによる許容誤差量は波面収差で28nm以下として設定(ストレール比0.9以上)

◎温度収差解析結果



温度変化(0~30°C)によるストレール比の劣化は回折限界を超えない

## スケジュール

進捗	12月	1月	2月	3月
光学系 WFSユニット	設計、製作完了、組立中	組立		
ダブルパスレンズ	設計完了、製作中	製作、組立		
レンズ鏡筒	設計中	製作、組立		
機械 DMユニット	設計、製作完了、組立中	組立		
CRAO筐体	設計中	設計	製作、組立	
制御系 WFSコントローラ	コーディング完了			デバッグ
DMコントローラ	コーディング完了			デバッグ
CRAOコントローラ	コーディング完了			デバッグ
実験系 サイト調査	完了			
定盤上補償実験	実験系アライメント中	アライメント	補償実験	
本機室内実験			アライメント	実験
観測 オンスカイ観測				