

次世代大型望遠鏡の広視野補償光学の光学設計

東北大学 理学研究科 秋山研究室 高田 大樹

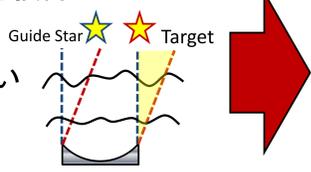
◆ 広視野補償光学(Wide Field AO, WFAO)

補償光学: 大気による波面の乱れを補償する技術

従来型の欠点

- ひとつのGSで補償できる範囲が狭い
- ターゲット近くにGSが必要

→ 狭視野



広視野補償光学

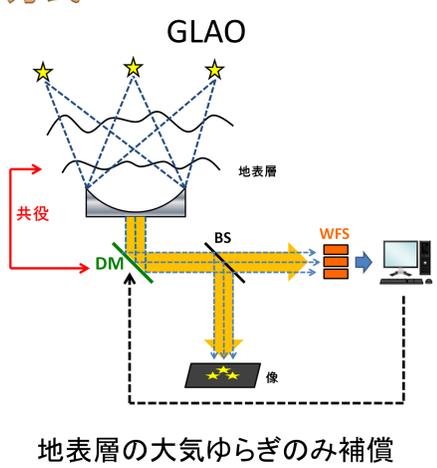
- 多数のGSを用いる
- 高さ毎に大気層を分け、揺らぎを推定

地表層補償光学
(Ground Layer Adaptive Optics, GLAO)

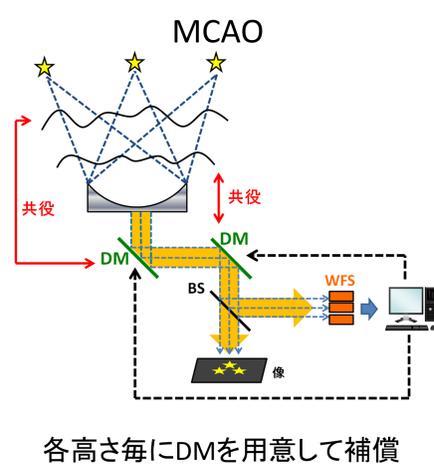
多層共役補償光学
(Multi Conjugate Adaptive Optics, MCAO)

多天体補償光学
(Multi Object Adaptive Optics, MOAO)

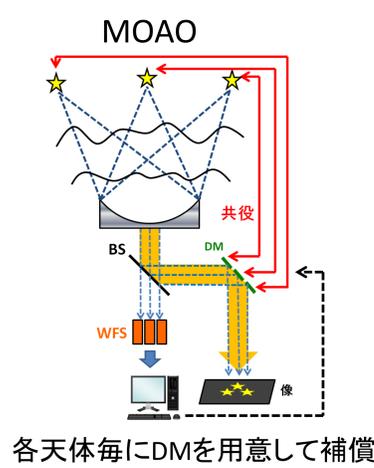
➤ 方式



地表層の大気ゆらぎのみ補償



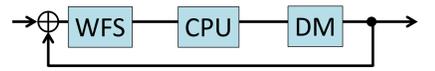
各高さ毎にDMを用意して補償



各天体毎にDMを用意して補償

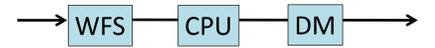
閉ループ

- 目標値との残差が0になるように補正
- GLAO, MCAOは閉ループでの補正



開ループ

- 目標値自体を測定し、目標値を達成するように補正
- MOAOは測定方向と補正方向(天体の方向)が異なるため開ループでの補正



	GLAO	MCAO	MOAO
メリット	一つのDMで広視野実現	広がった天体の補償可能	各天体に対して高精度
デメリット	低い補償精度	狭い補償視野	開ループ

◆ 前置補償光学系

次世代大型望遠鏡の
広視野補償光学

→ 視野10分を目標とするGLAO+MOAOの補償光学系

MOAOの前にGLAOを設置し、MCAOよりも視野が広く、GLAOよりも補償精度の良い補償を行う光学系

- メリット
- 補償光学系の一部が閉ループ化
 - 補償されたGSを用いるためMOAOの精度が上昇

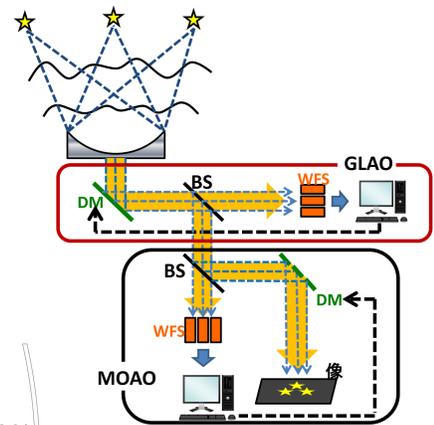
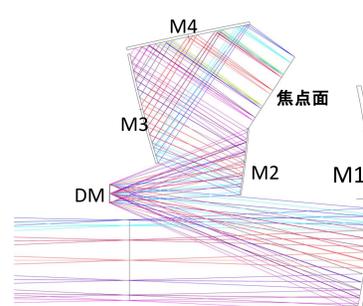
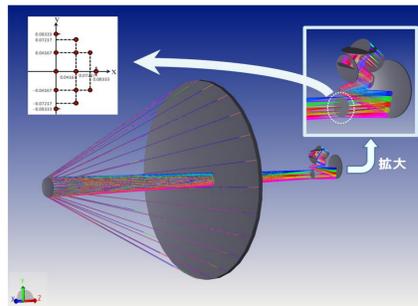
前置補償光学系の設計

図はフォトコーティング社が設計した前置補償光学系案
光の進行方向はTMTの主鏡→副鏡→前置補償光学系の順
右側の図は前置補償光学系の拡大図

目標: 右図の光学系評価に伴う設計の最適化

広視野の再結像光学系を補償光学で利用

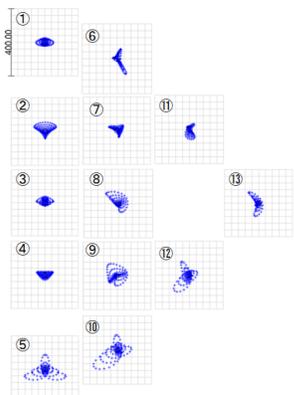
→ DM上での瞳収差を直径10分角の視野に対して5%以下



◆ 光学系評価

スポットダイアグラム

焦点面上の視野毎のスポットダイアグラム



	①	②	③	④	⑤	⑥
像x座標[mm]	0	0	0	0	0	-381.991
像y座標[mm]	-708.524	-371.861	-50.947	253.202	537.430	-593.606
RMS半径[μm]	24.826	38.257	24.716	29.393	52.941	36.173
GEO半径[μm]	51.018	70.194	50.499	48.467	129.685	100.022

	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
-365.720	-346.305	-329.182	-317.956	-631.203	-568.76	-689.50	
-351.216	-33.129	268.803	477.782	-301.486	300.008	19.830	
25.684	35.335	29.705	56.998	24.014	43.972	32.104	
52.017	92.934	84.243	169.108	59.751	127.047	87.045	

⑤, ⑪のRMS半径が大きい

DMに対する入射角が大きいと
スポットダイアグラムも大きくなる

最大瞳収差

DM上のフットプリント

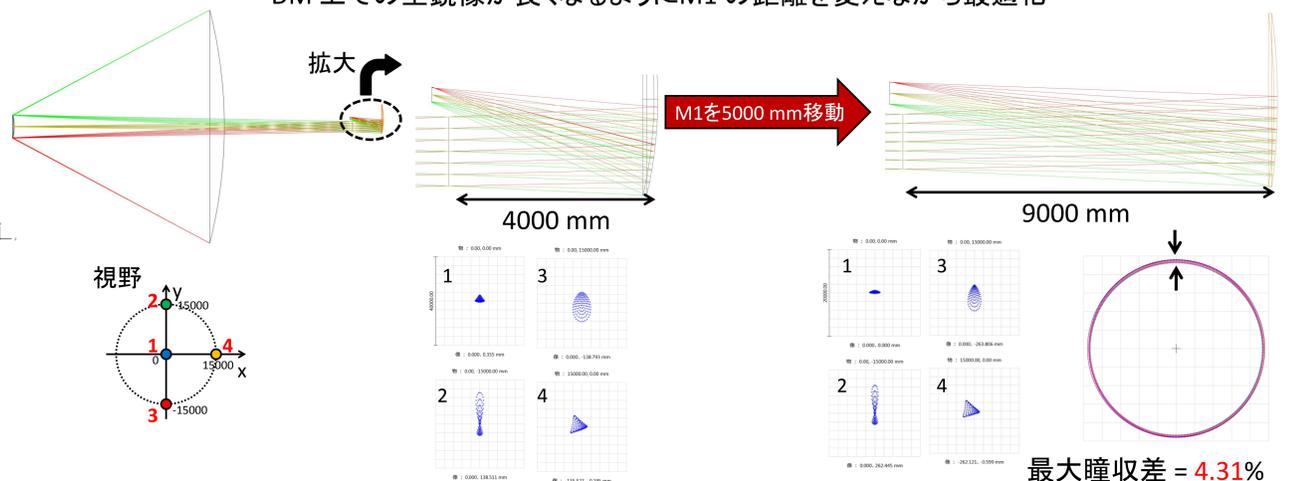
最大瞳収差 = 10.84%

→ 視野毎にDM上に当たる場所が異なる → フィッティングエラーの発生

最大瞳収差量が5%以下になるような設計を探す

瞳光学系

主鏡上から光を放ち、直径10分角の視野に相当する光がDM上で結像する瞳光学系を取り出し、DM上での主鏡像が良くなるようにM1の距離を変えながら最適化



最大瞳収差は小さくなったが、前置補償光学系のサイズが大きくなってしまふ

➤ 今後の課題

- 瞳収差を減らしつつ、前置補償光学系のサイズが適切な設計を検討
- 大気揺らぎのモデルを用いて、視野毎の影響を計算し、光学系を評価

→ 評価に基づく最適化