

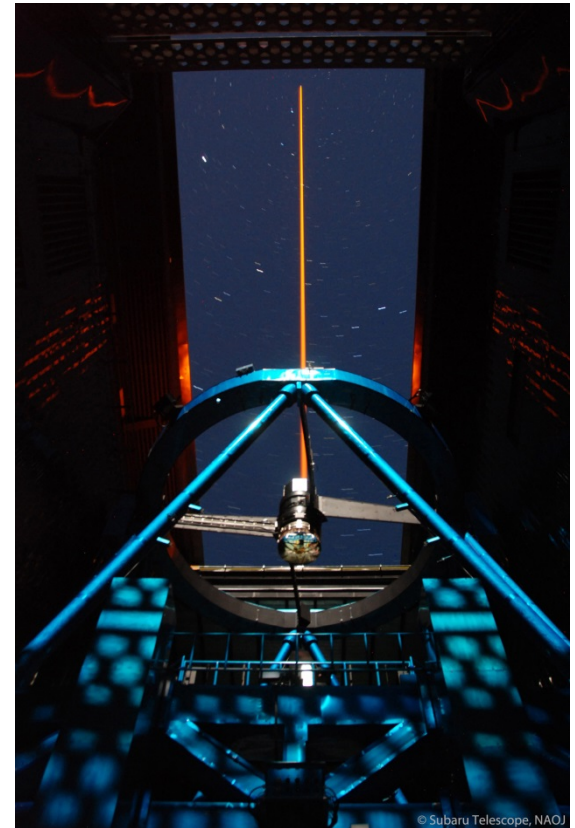
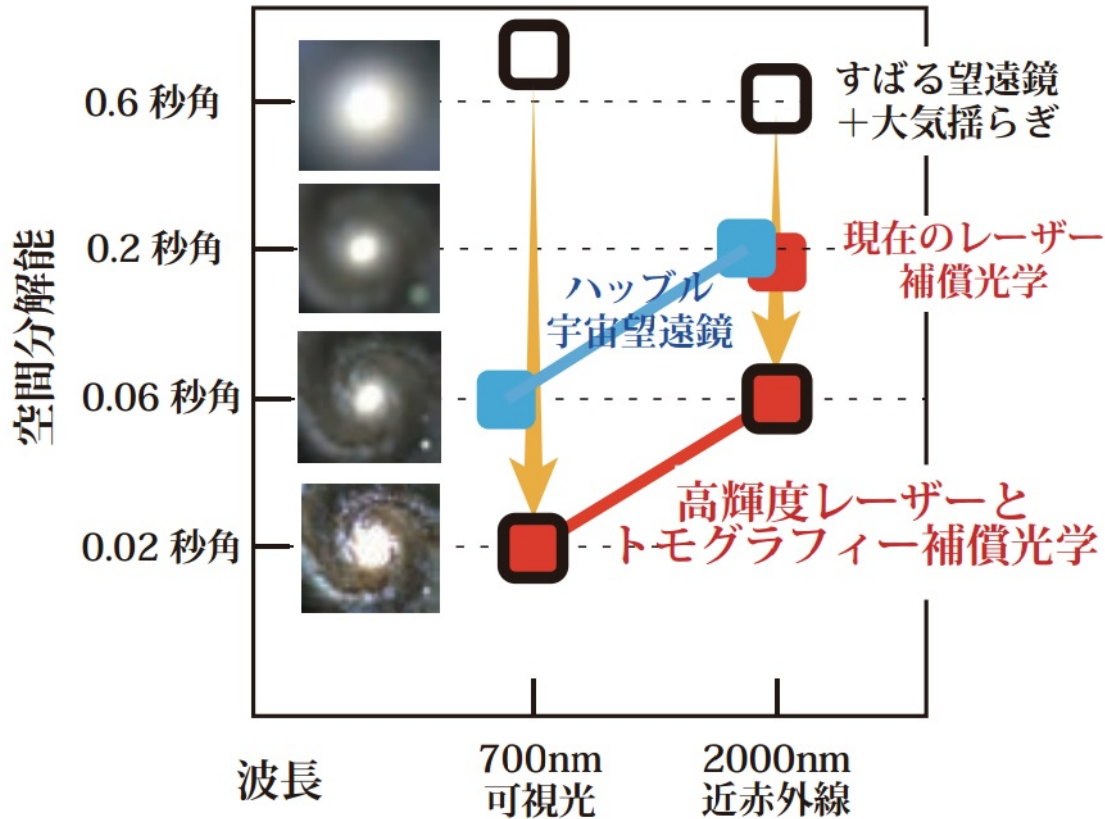
第6回 可視赤外線観測装置ワークショップ  
2016年11月24-25日 @国立天文台

# すばる望遠鏡レーザートモグラフィー 補償光学用波面センサーユニットの開発

東北大学 修士1年 渡邊達朗

秋山正幸(東北大学), 大屋真(国立天文台), 美農和陽典(ハワイ観測所)

# すばる望遠鏡のAO



現在のAOシステム：1つのレーザーガイド星 + 188素子の可変形鏡



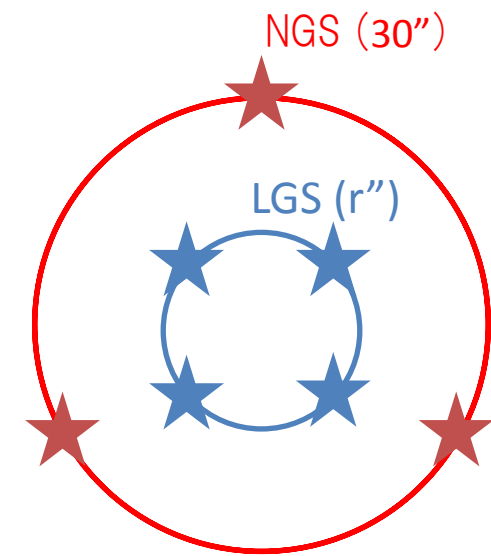
4つの高輝度レーザーガイド星 + 500素子の可変形鏡

# 補償性能シミュレーション

- 可変形鏡の素子数＝マイクロレンズアレイの素子数
- レーザガイド星(LGS)のAsterismは中心からの半径  $r''$
- 自然ガイド星(NGS)×3 ( $r=30''$ )
- 大気モデルーマウナケアで典型的なシーイングに対応するモデル

素子数	LGSs	4Asterism	補正遅れ (s)	全波面誤差 rms (nm)	高次波面誤差 rms (nm)	高次波面誤差 増加
64x64	6 LGSs	35"	1/150	156	103	
64x64	6 LGSs	20"	1/150	127	96	<b>Nominal</b>
64x64	4 LGSs	35"	1/150	234	197	
64x64	4 LGSs	20"	1/150	140	129	+86
64x64	4 LGSs	10"	1/150	132	100	+28
64x64	6 LGSs	20"	1/75	228	166	+135
64x64	6 LGSs	20"	1/300	76	65	-70
32x32	6 LGSs	20"	1/150	136	105	+42
32x32	4 LGSs	10"	1/300	86	83	-48
16x16	4 LGSs	10"	1/300	123	122	+75
16x16	4 LGSs	10"	1/600	129	123	+75

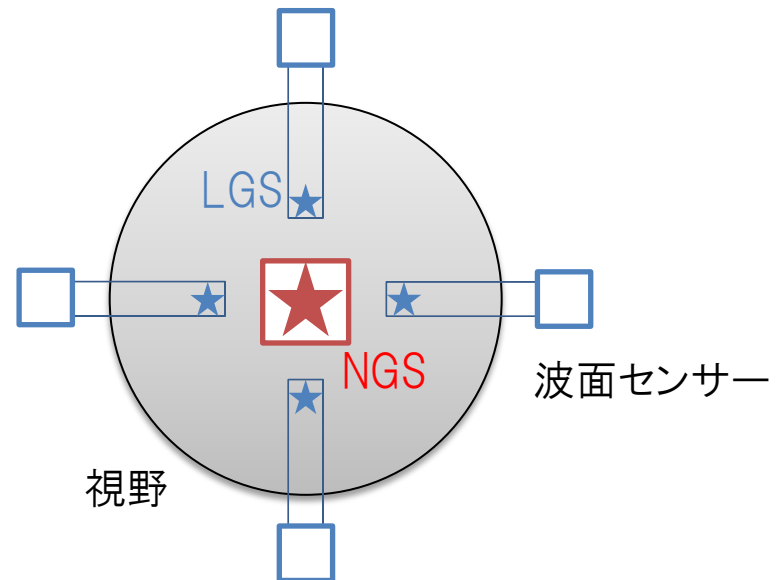
2000nmで  $\lambda / 15$   
700nmで  $\lambda / 5$



Akiyama

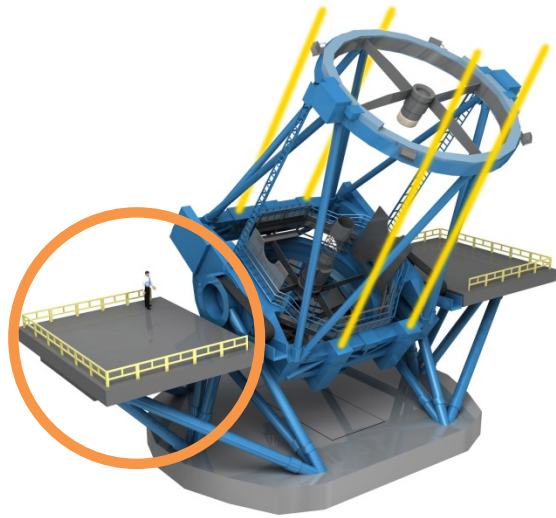
# 波面センサーユニット

- レーザーガイド星(LGS)用Shack-Hartman高次波面センサー×4  
瞳(開口)を25×25分割  
検出器:低ノイズ高速読み出しCMOSセンサー Orca Flash 4.0  
最小配置間隔:10秒角
- 自然ガイド星(NGS)用Shack-Hartmann高次波面センサー×1  
瞳を25×25分割  
検出器:Orca Flash 4.0

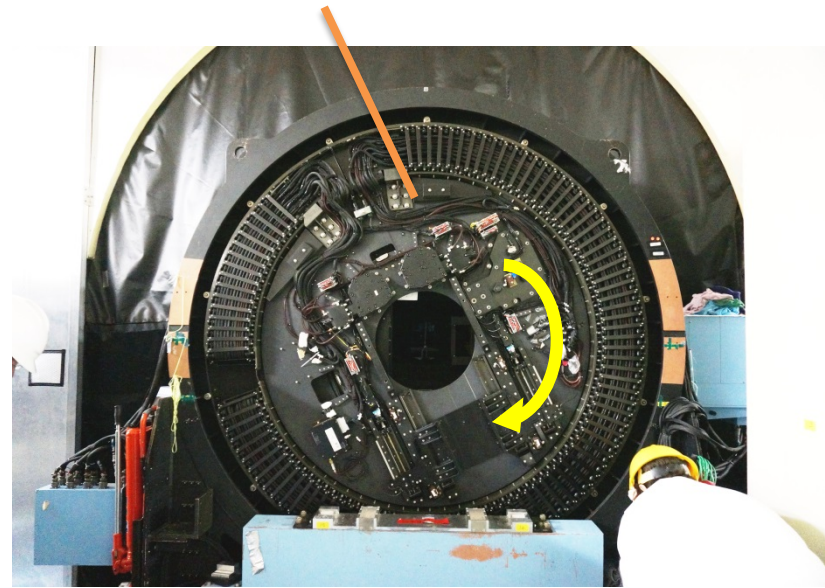


# 波面センサーユニット

波面センサーユニットは赤外ナスミスに設置



Auto Guider / Shack-Hartmann ユニット



赤外ナスミス台から

LGS波面センサーユニットはAG/SHに設置

AG/SH

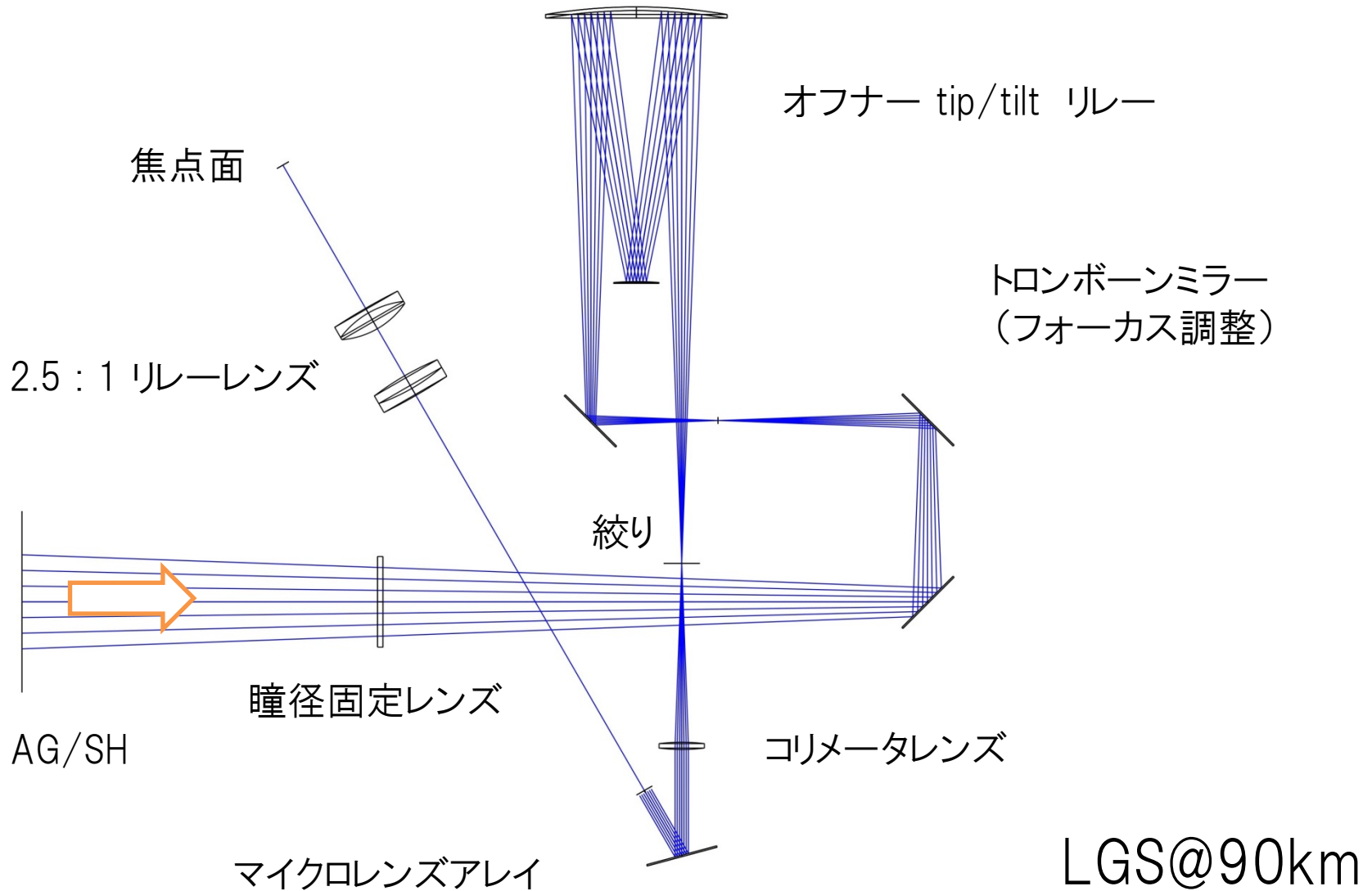
LGSユニット



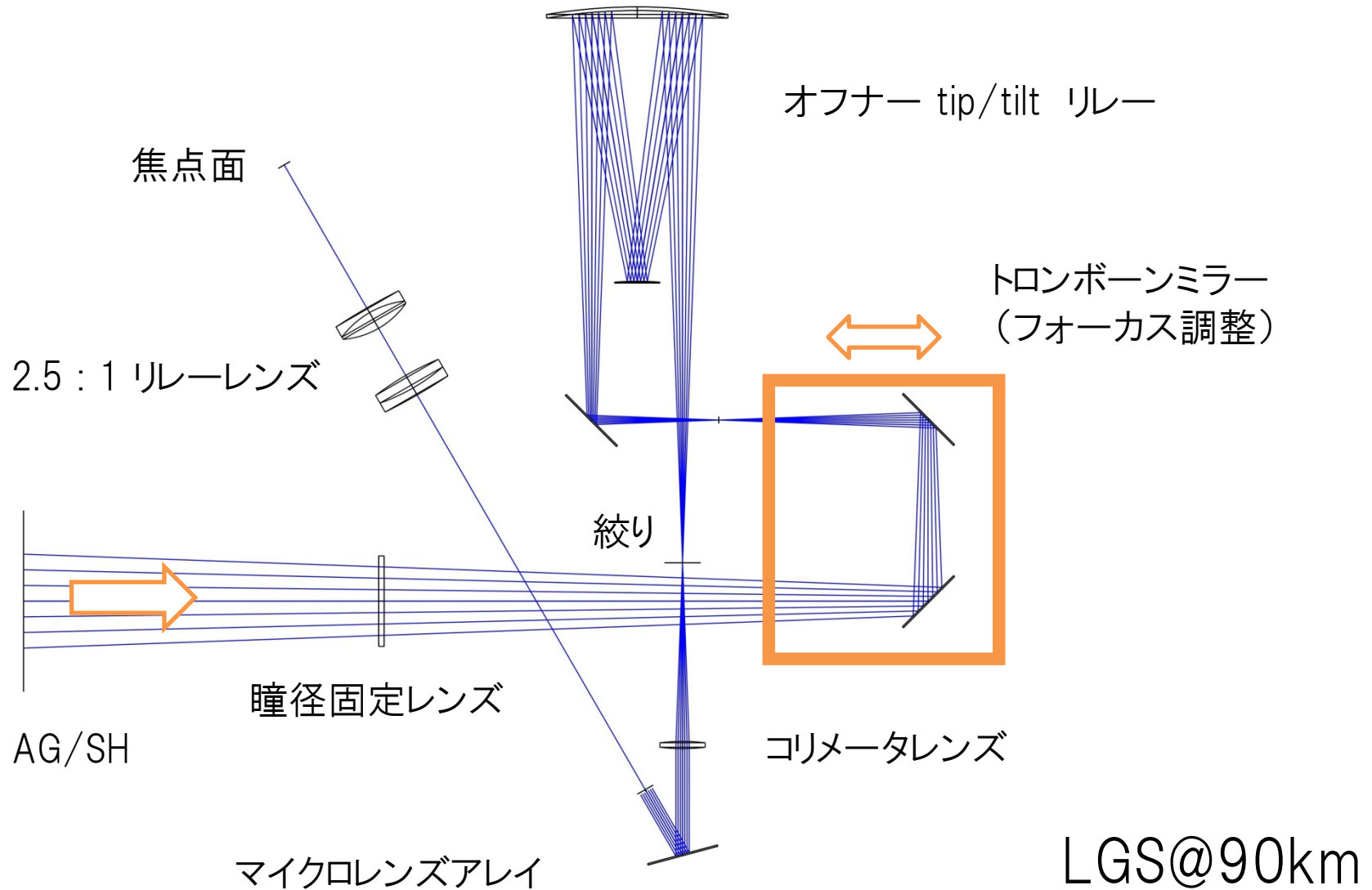
波面センサーユニット

観測装置

# LGS用高次波面センサーの光学設計

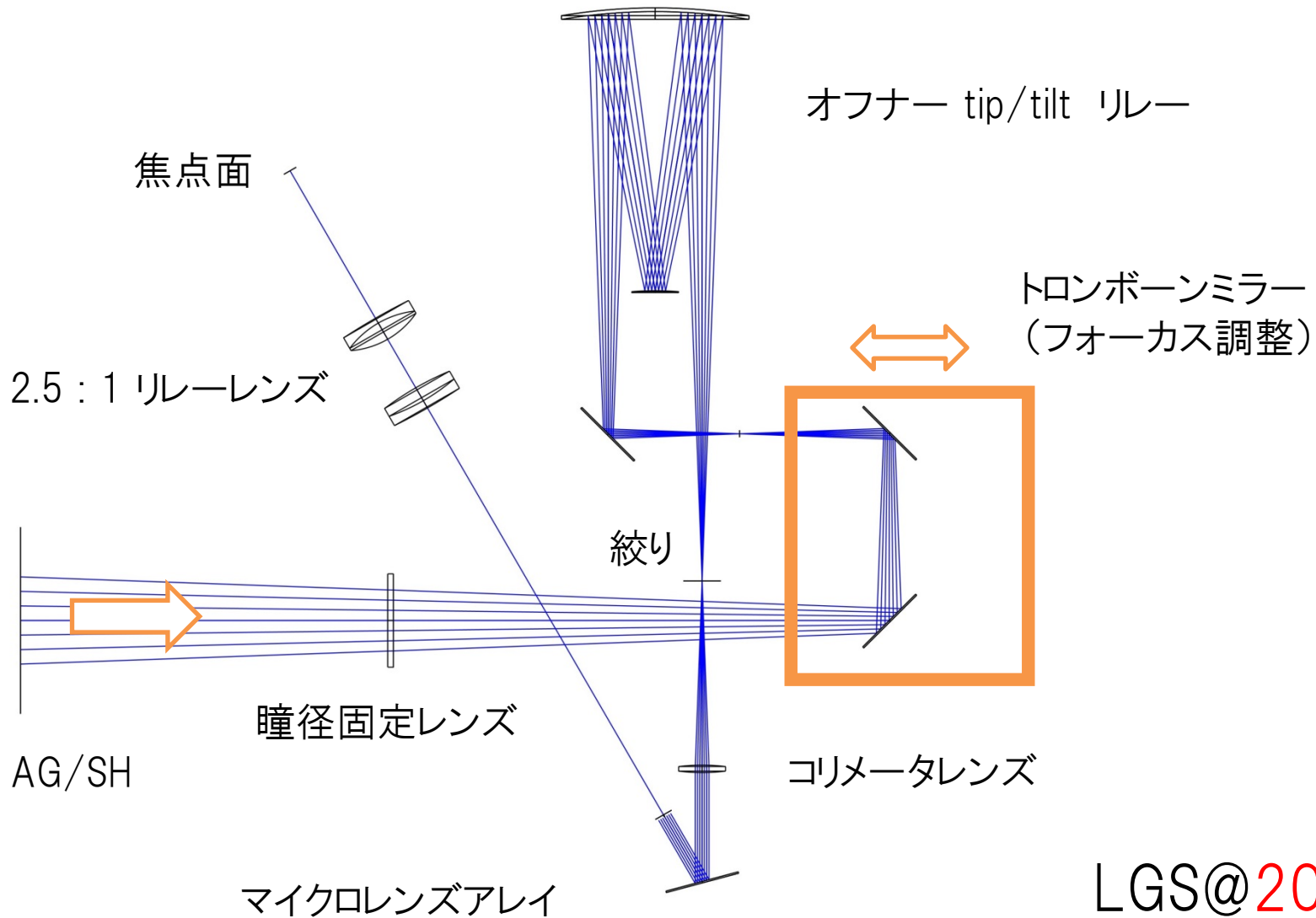


# LGS用高次波面センサーの光学設計





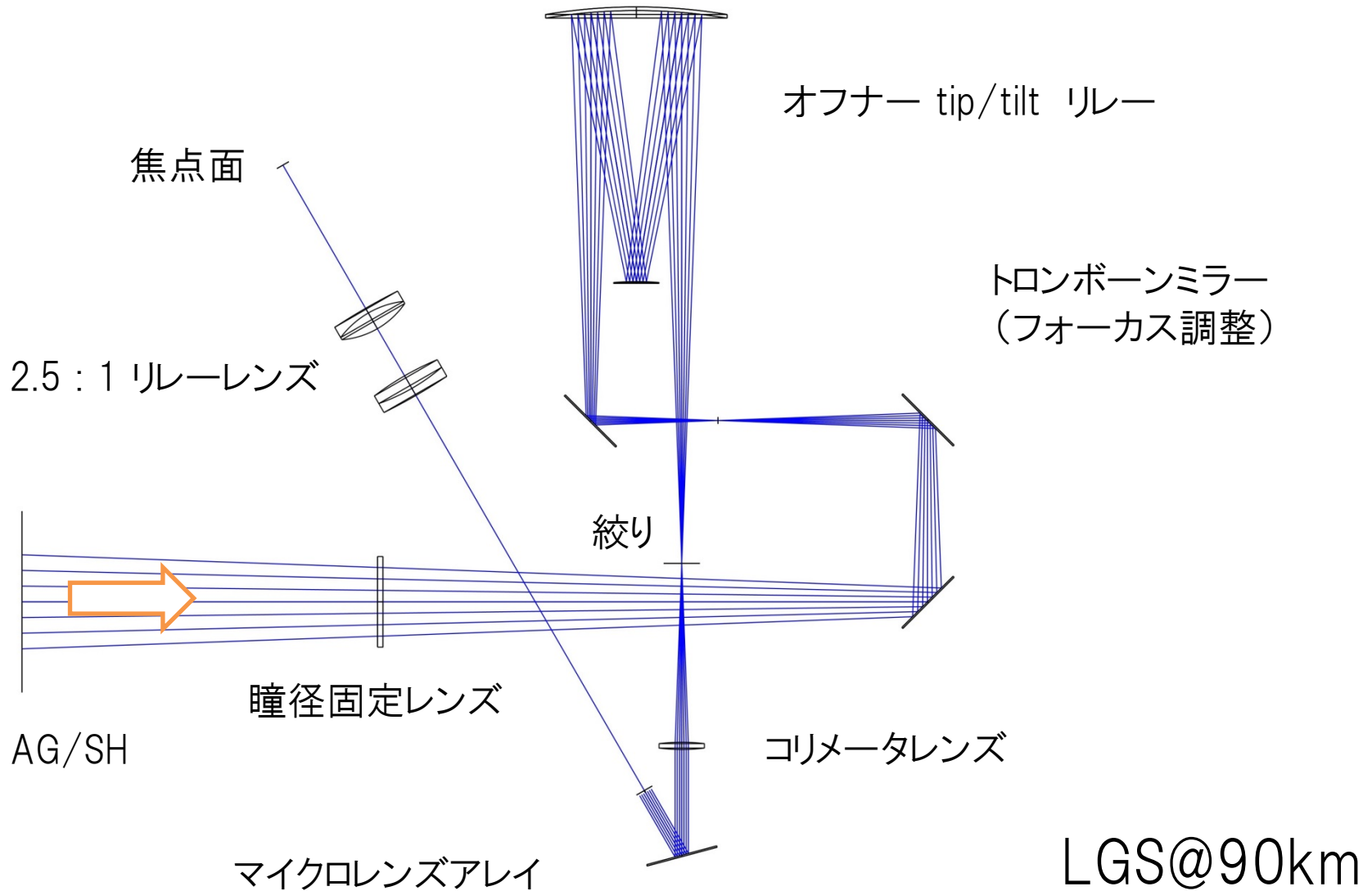
# LGS用高次波面センサーの光学設計



LGS@200km



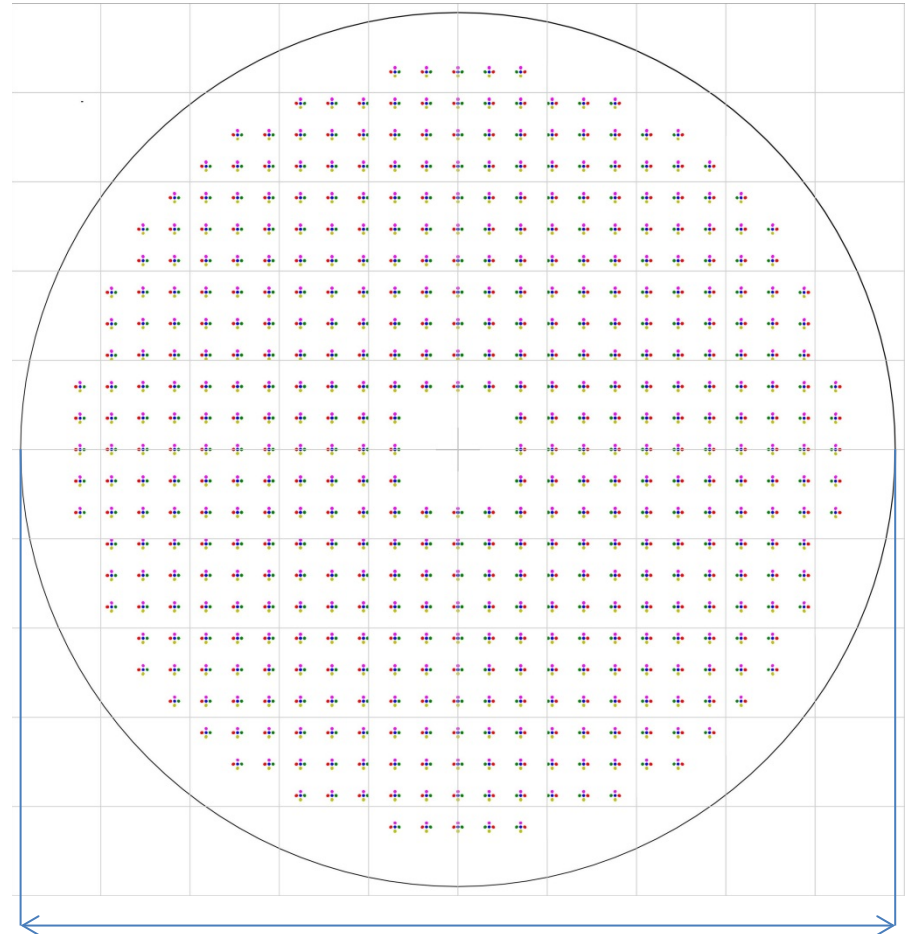
# LGS用高次波面センサーの光学設計



# 設計結果

設計結果	
Sub-apertureの数	25 × 25
主鏡に対応する Sub-apertureの大きさ	0.328m
読み出し速度	> 400fps
Sub-apertureのFoV	7.22"
瞳径の変化 (LGS@90km -@ 200km)	0.2 μm
Sub-aperture あたりの ピクセル数	18.5 × 18.5
ピクセルスケール	0.391"
マイクロレンズアレイ 上での瞳径	7.35mm

最終像面における像



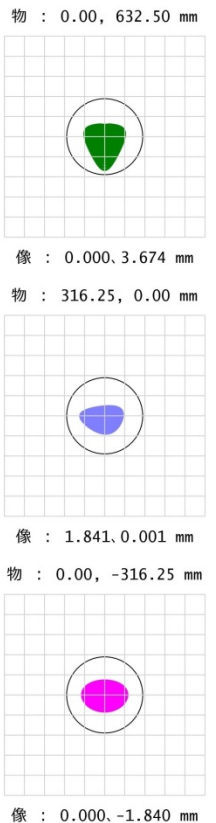
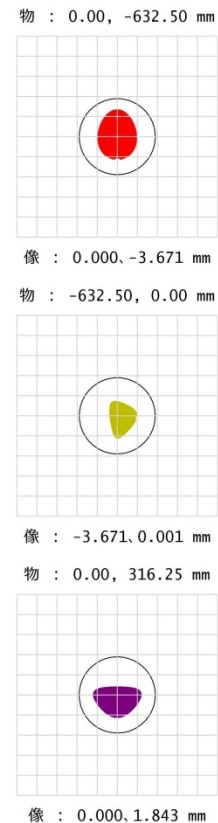
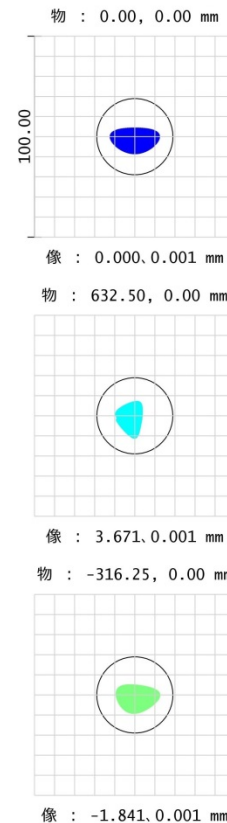
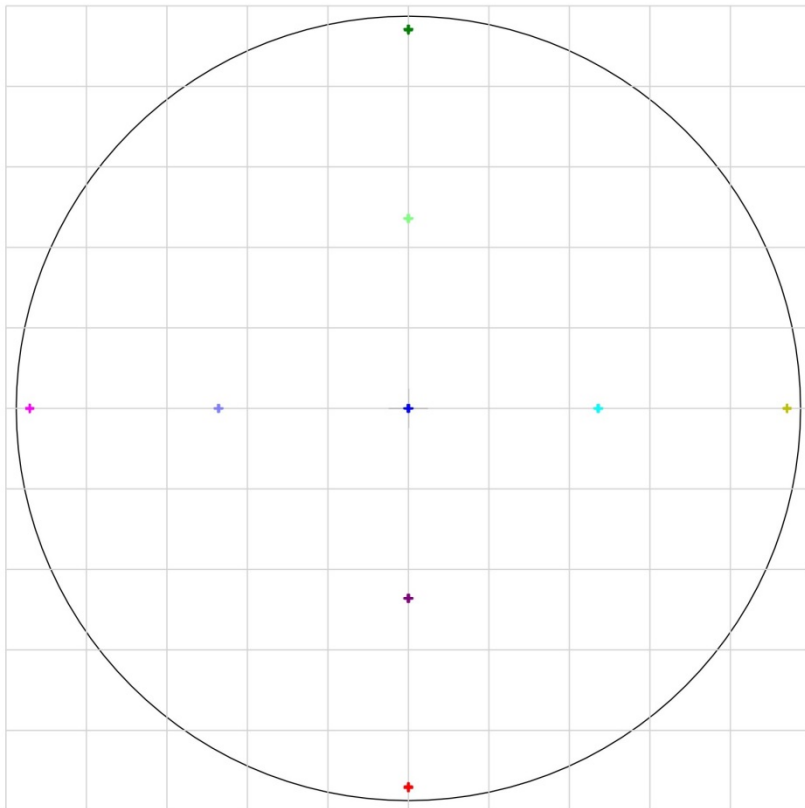
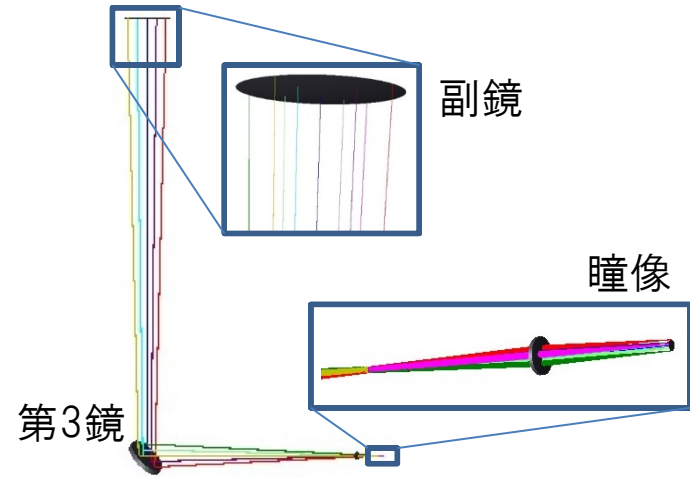
3.33mm (読み出し速度400fps)

# 瞳像の評価

- 副鏡(絞りの中心・外周(4点)・中点(4点))から出た光の結像性能

左図: フットプリント(=副鏡の瞳像)

右図: フットプリント上の各点のスポットダイアグラム( $\sim 25 \mu\text{m}$ )



# まとめ

## □まとめ

- ✓ すばる望遠鏡のAOさらなる高性能化計画  
( レーザー×4, 素子数188→500 )
- ✓ レーザーガイド星用の波面センサーの光学設計を行った。
  - 素子数  $25 \times 25$
  - 読み出し速度  $> 400\text{fps}$
  - フォーカスの変化による瞳径の変化  $0.2 \mu\text{m}$
  - 瞳像のスポットダイアグラム  $\sim 25 \mu\text{m}$

## □Future work

- ✓ 高素子化+読み出しの高速化を実現する光学系
- ✓ レーザーのレイリー散乱光を考慮したSub-apertureの視野の決定
- ✓ 組み上げ後、実験室における性能評価
- ✓ LGSのピックオフ・トロンボーンの光学・機械設計
- ✓ すばる望遠鏡にて観測、評価