

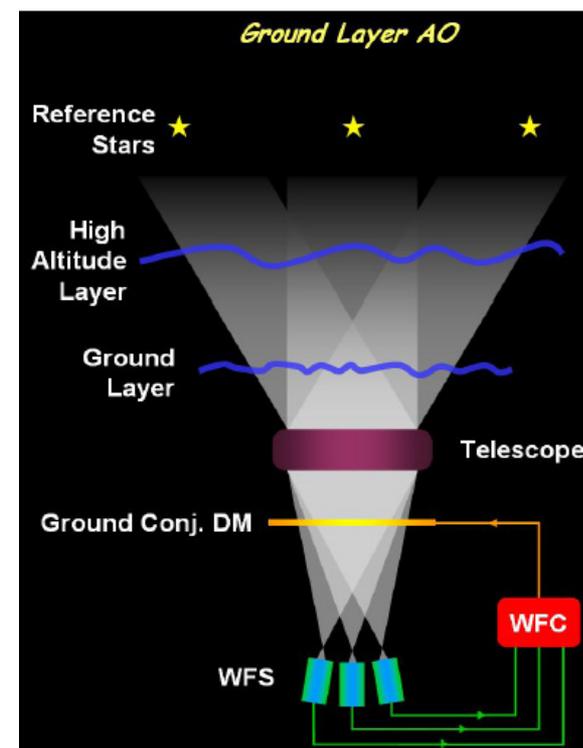
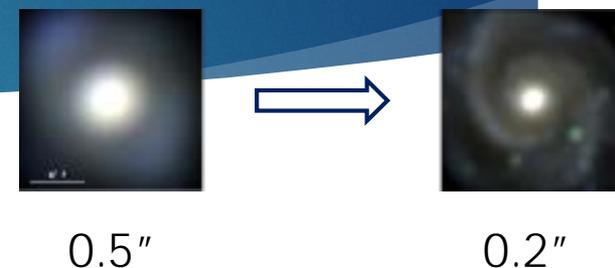
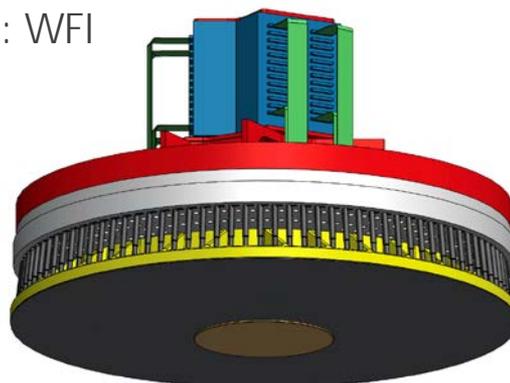
ULTIMATE-Subaru: WFIの概念設計

本原顕太郎(国立天文台・先端技術センター)

美濃和陽典、田中壱、服部堯、小山佑世、柳澤顕史、岩田生(国立天文台)、小西真広(東京大学)、王祥宇、周瞿毅、木村仁彦(ASIAA)

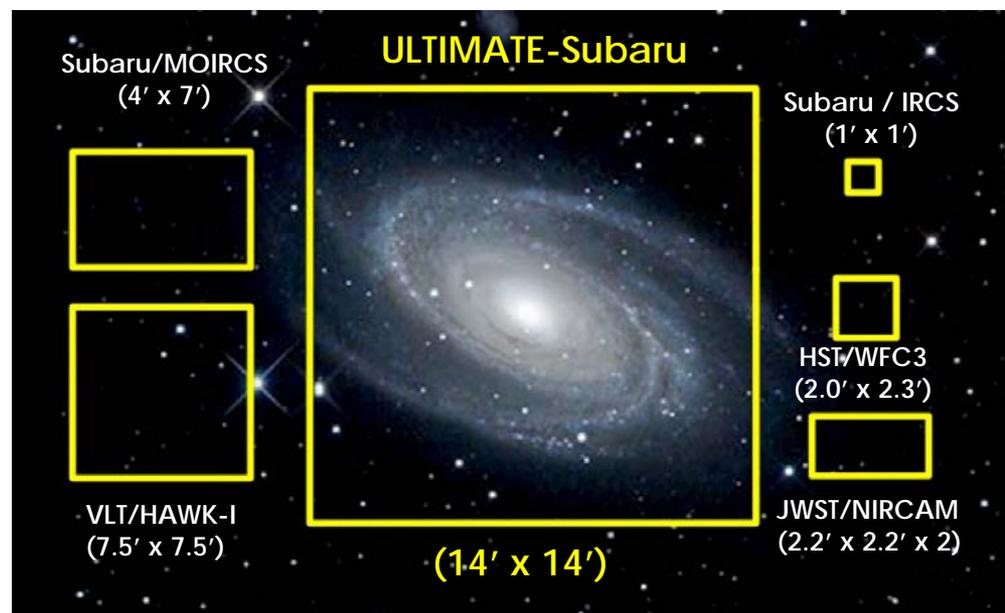
What is ULTIMATE-Subaru ?

- ▶ すばる望遠鏡の次期観測装置計画
 - ▶ 接地境界層補正光学(GLAO)
 - ▶ 可変副鏡
 - ▶ 視野20分角にわたって0.2"のシーイング
- ▶ 三つの観測装置
 - ▶ MOS spectrograph : MOIRCS at NsIR
 - ▶ Wide-field imager : WFI
 - ▶ Multi-object IFS



WFI光学系の要求仕様

- ▶ Effective FoV $> 190\text{sq}' \Leftrightarrow > 14' \times 14'$
- ▶ Spot size $\leq 0.11''$
- ▶ Pixel scale $\sim 0.11''/\text{pix}$
→ 8k x 8k pixels 以上が必要 : H4RGs 4台
- ▶ 0.9-2.5 μm
- ▶ カセグレン焦点に搭載
 - ▶ 光学系全長1.5m以内

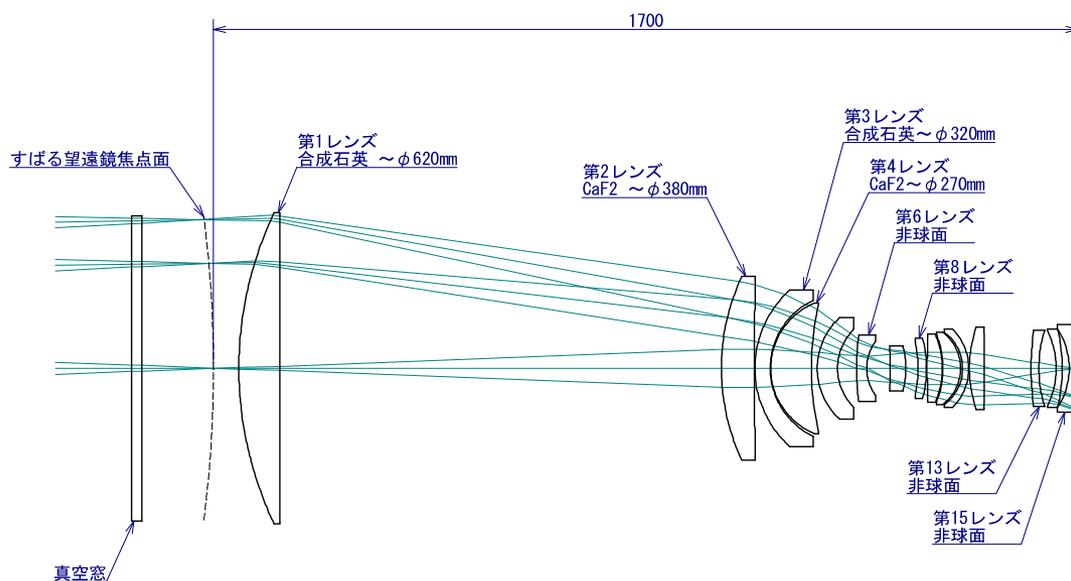


光学系設計への制限：レンズ材

- ▶ 視野 $14' \times 14' = \phi 20' \sim \phi 600\text{mm}$ @カセグレン焦点
- ▶ 現在入手可能な近赤外線波長域まで使える主な大型レンズ材
 - ▶ Fused Silica
 - ▶ $>\phi 1000 / t=80$: 信越石英 / Suprasil-P710C
 - ▶ CaF₂
 - ▶ $\phi 440 / t=?$: ニコン
 - ▶ $\phi 350\sim 400 / t=?$: キヤノンオプトロン

光学系デザイン：ボツ案

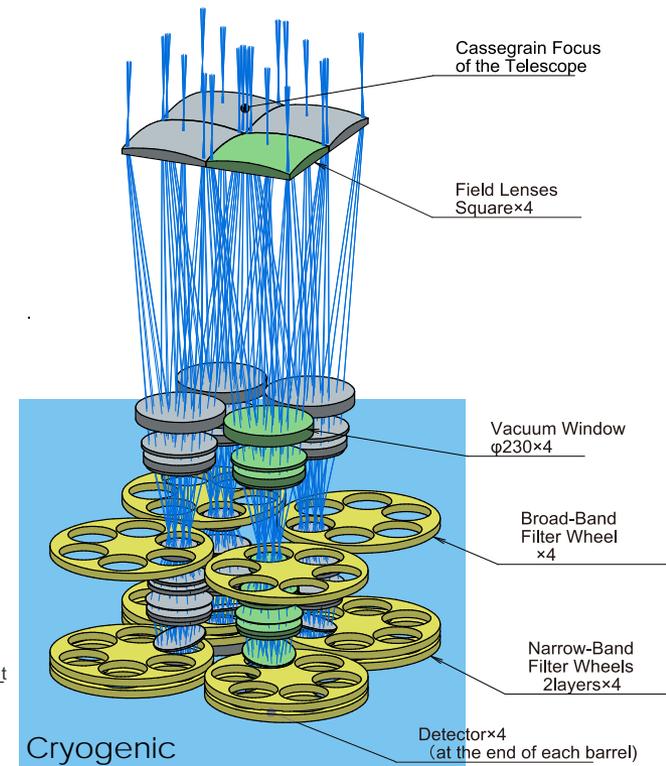
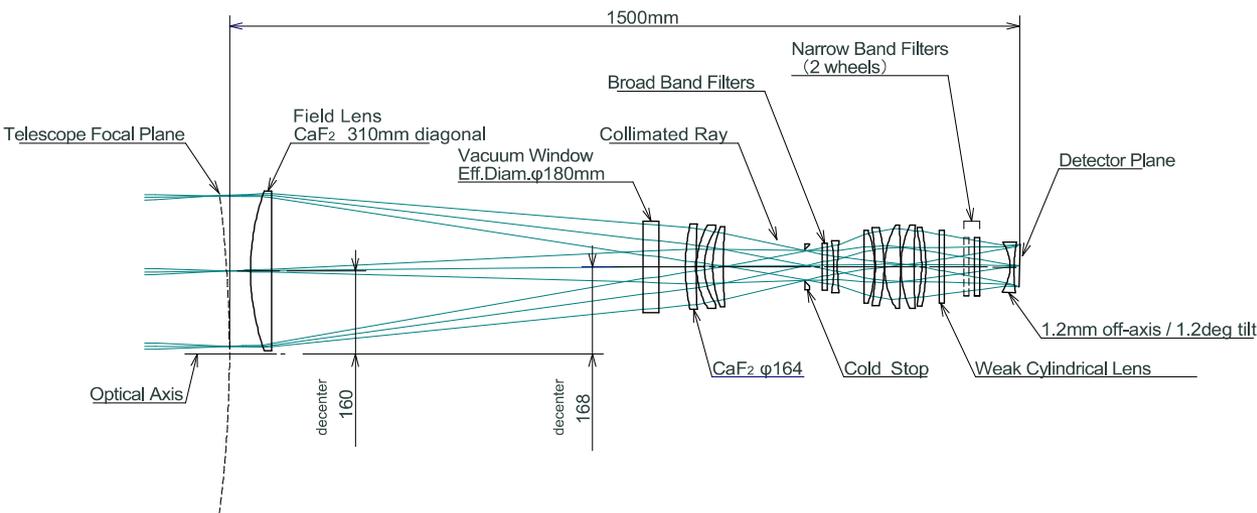
- ▶ Fused Silicaのフィールドレンズでコリメータをつくる
- ▶ スポット(max 0.16") と全長 (1.7m) が要求仕様を満たさず
- ▶ 冷却瞳もきれいに作れていない
- ▶ その他にもいろいろと問題が...



	$\lambda = 0.9 \mu\text{m}$	$1.25 \mu\text{m}$	$1.65 \mu\text{m}$	$2.2 \mu\text{m}$	$2.5 \mu\text{m}$
Center	0.12	0.14	0.11	0.16	0.16
5.4'	0.08	0.07	0.07	0.11	0.12
7.2'	0.10	0.05	0.06	0.10	0.14
10.2'	0.16	0.11	0.10	0.12	0.17

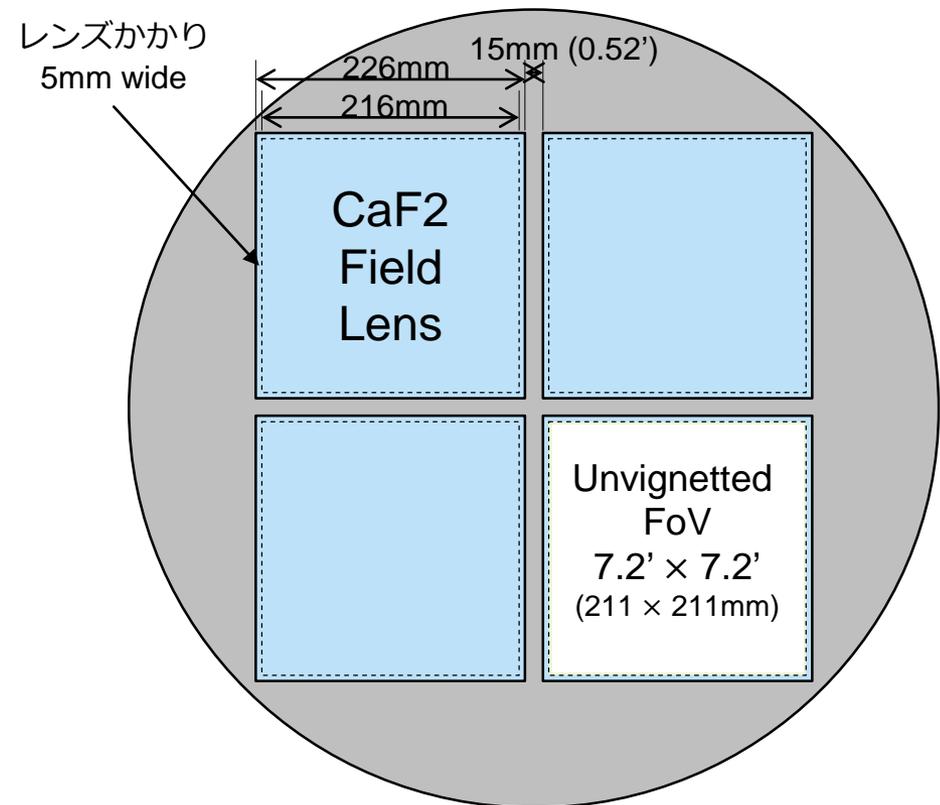
光学系：4分割デザイン

- ▶ 四角いフィールドレンズ
 - ▶ 常温常圧に設置
- ▶ フィルターはすべて4枚ずつ必要
 - ▶ 最大15種類装着が可能



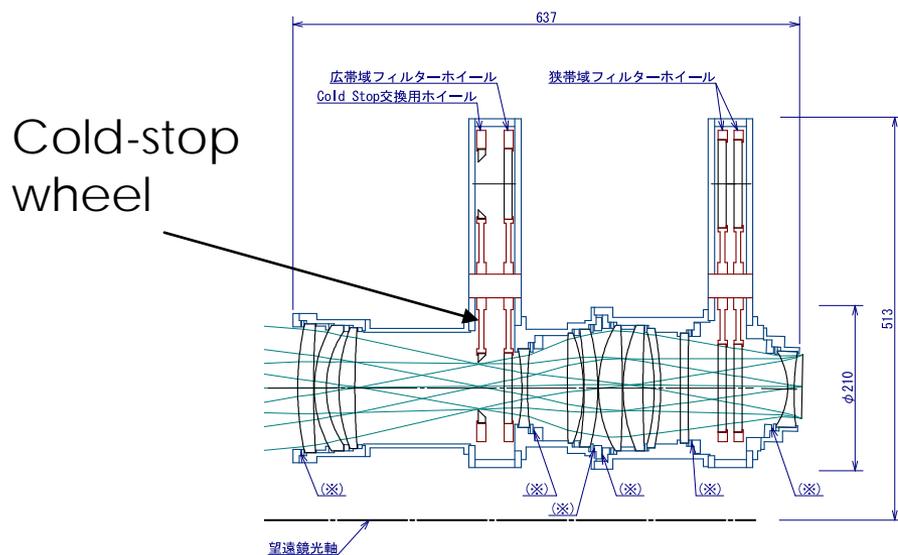
焦点面の配置

- ▶ フィールドレンズ
 - ▶ CaF₂ : 226mm x 226mm
 - ▶ 5mm 幅のかかり
- ▶ ケラレなし視野
 - $7.2' \times 7.2' \times 4 = 207\text{口}'$
- ▶ 視野間幅 : $\sim 30\text{mm} \Rightarrow \sim 1'$



結像性能

- ▶ スポット $\leq 0.1''$
- ▶ 強い像面歪曲は避けがたい
- ▶ 冷却瞳に強い色収差：位置が波長依存性を持つ(max 10mm移動)

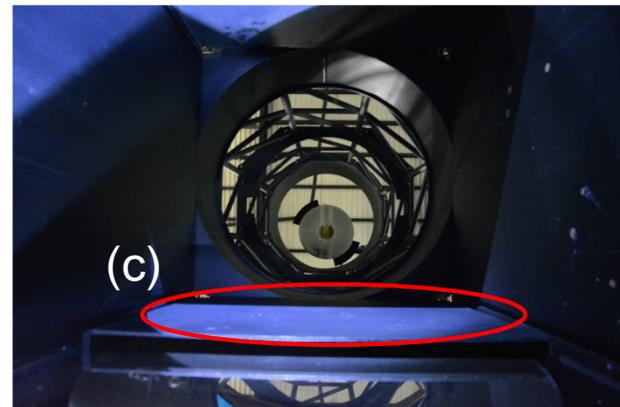
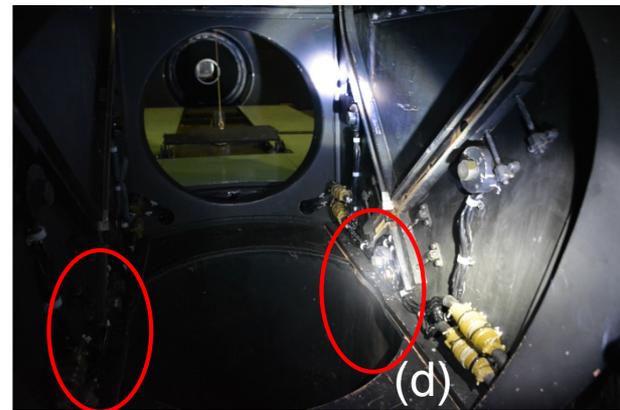
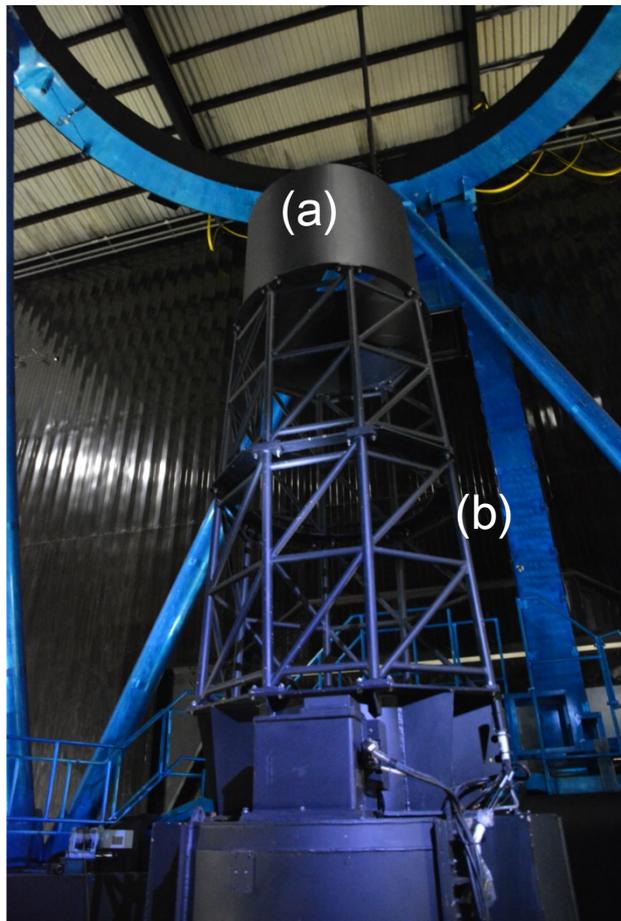


	Field x = 0'	1.25'	2.5'	3.75'	5'
Field y = 0.5'	 0.10"				
1.75'	 0.08"				
3.0'	 0.07"		 0.08"		
4.25'					
5.5'	 0.09"		 0.07"	 0.08"	 0.09"
6.75'					
8.0'	 0.06"		 0.07"		
9.25'	 0.07"				
10.5'	 0.10"				

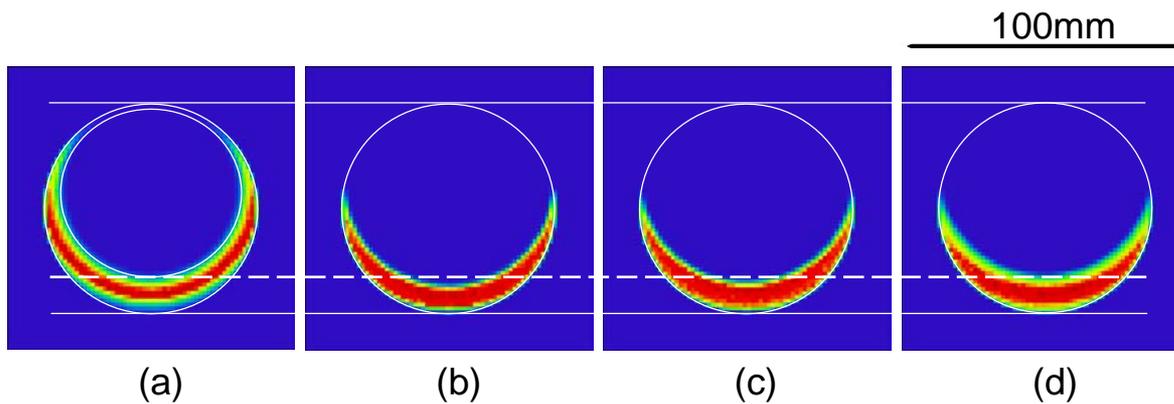
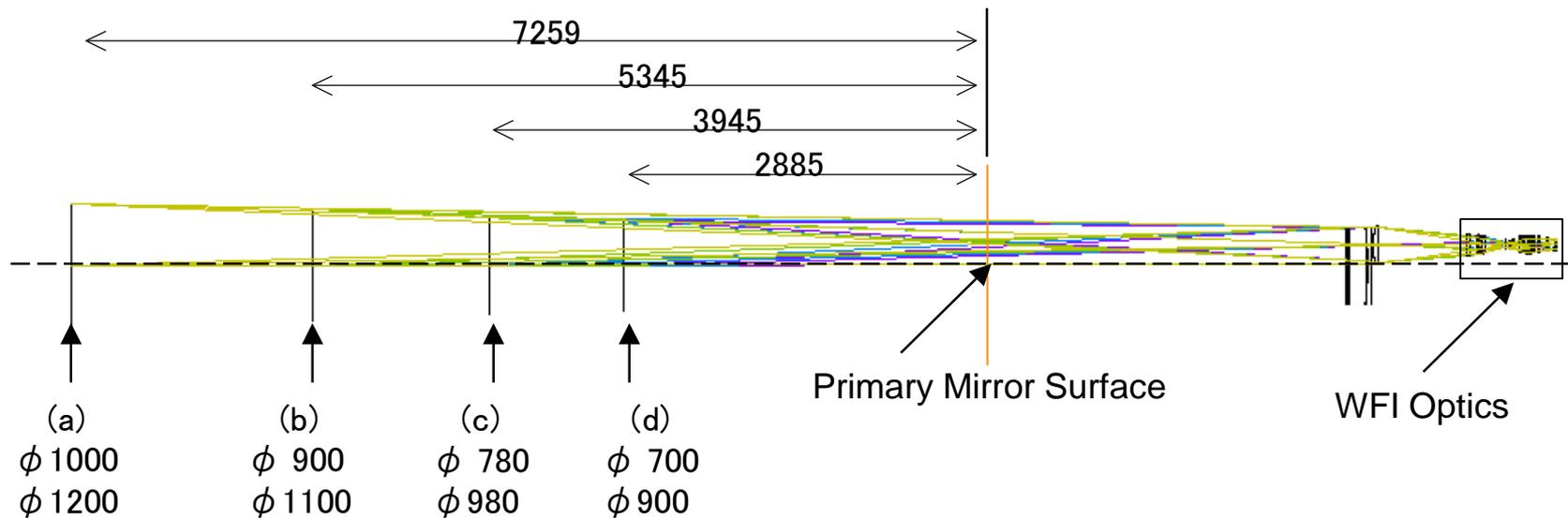
Wavelength (μm)

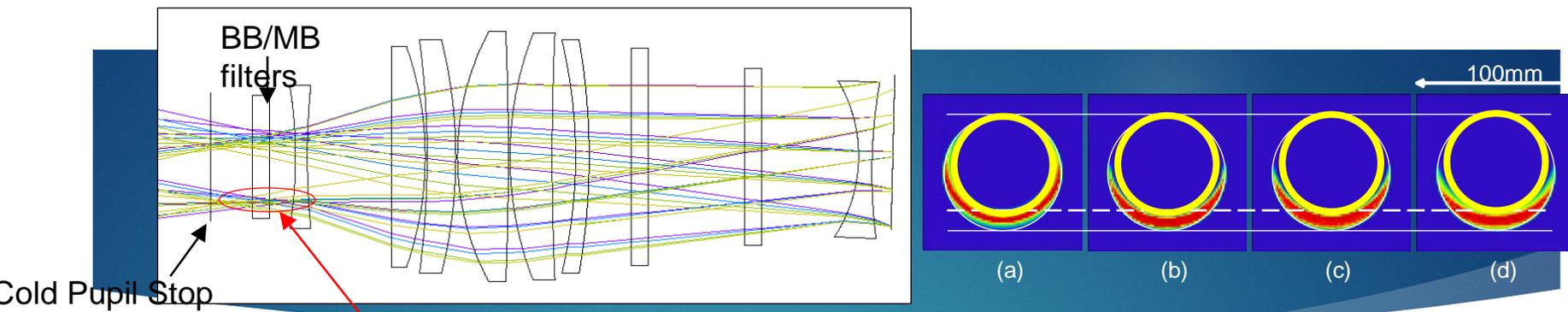
- 0.9000
- 1.2500
- 1.6500
- 2.3000
- 2.5000

望遠鏡構造の光路干渉

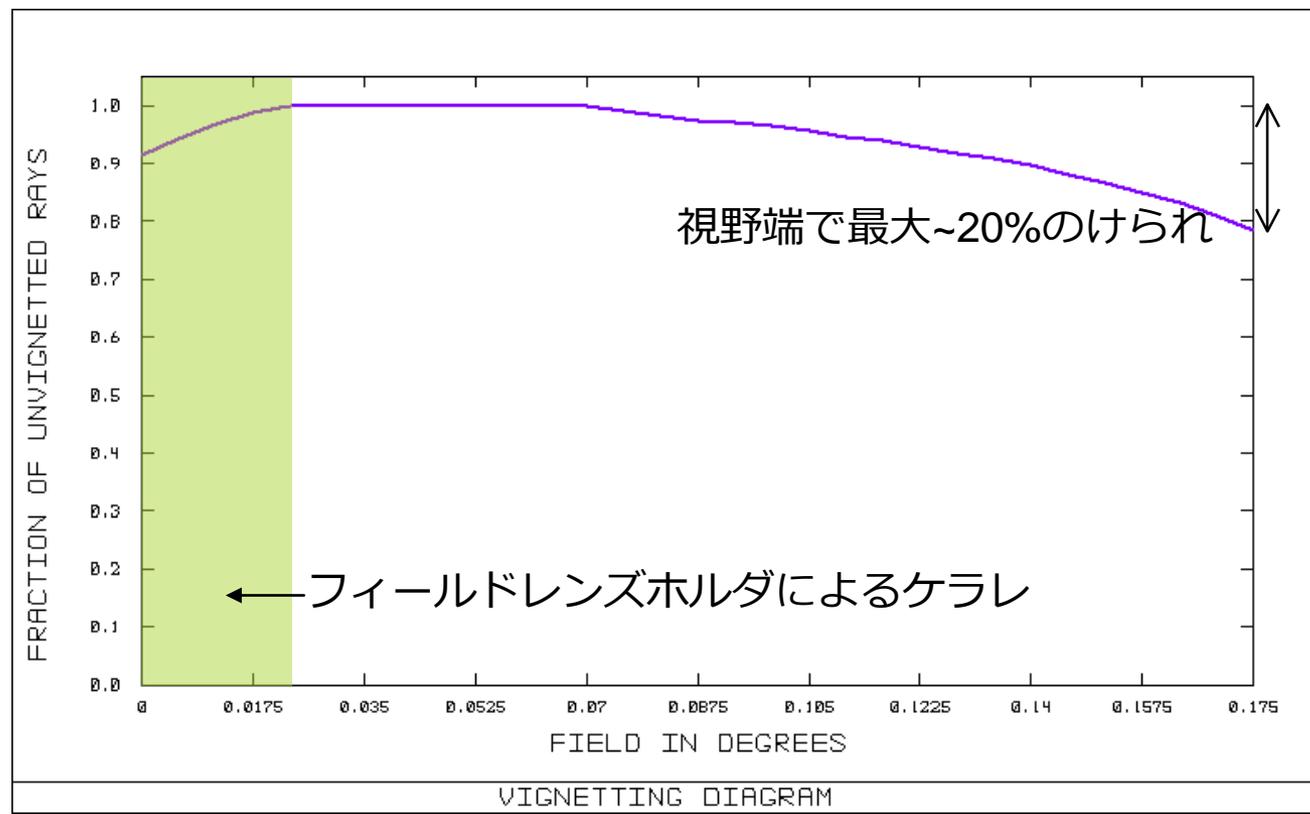


熱放射源になる



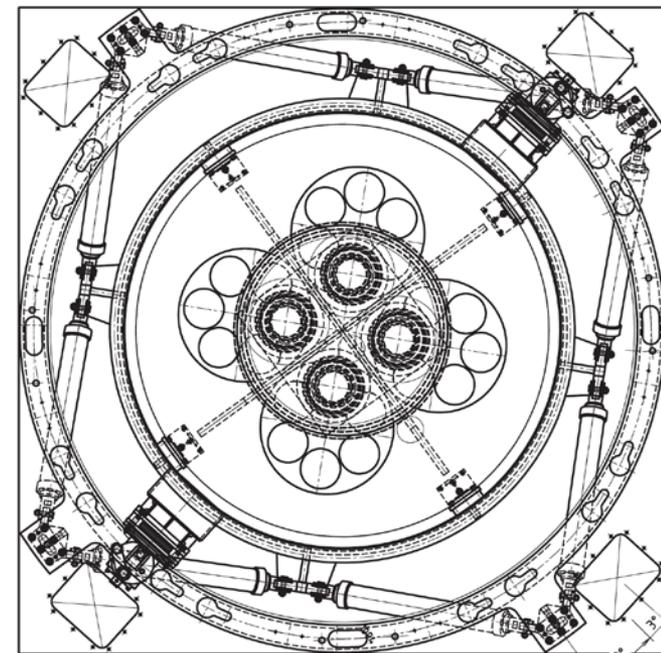
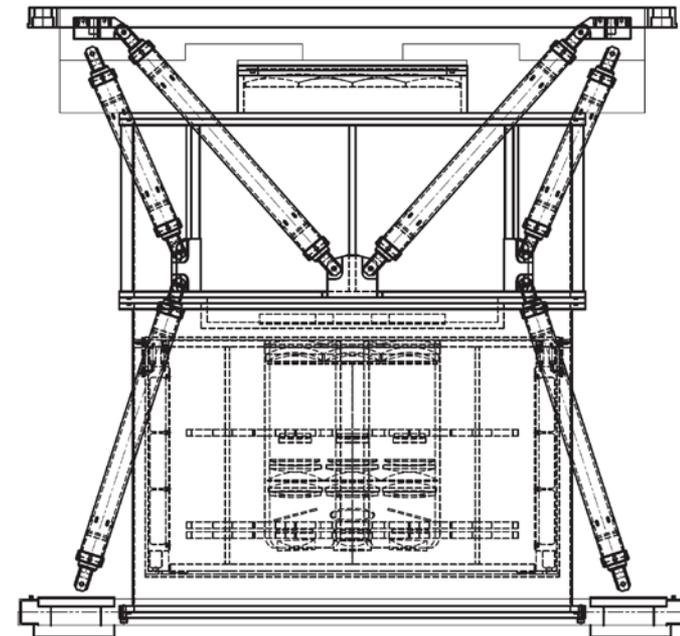


このあたりに干渉構造が結像する ⇒
ブロックするストップを挿入



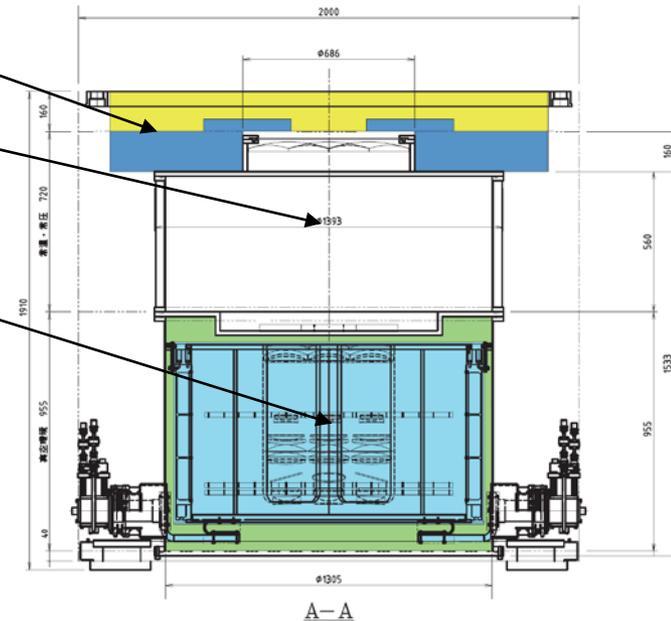
機械構造

- ▶ 住友重機デザイン
 - ▶ 円柱構造
 - ▶ カセグレンFフランジからトラス構造で釣られる
- ▶ すばるカセグレン装置の要求をおおよそ満たしている
 - ▶ 総重量 2.9ton
 - ▶ 高さ 1.91m



内部構造：3層

- ▶ GLAO WFS レイヤ
 - ▶ NGS-WFS and LGS-WFS layers
- ▶ フィールドレンズホルダ
- ▶ 冷却デューワー
 - ▶ $\phi 1.3\text{m}$, 高さ1m
 - ▶ 2台の GMサイクル冷凍機
 - ▶ 50K at optical bench
 - ▶ 入熱量130W
⇒うち90W がデューワー窓から

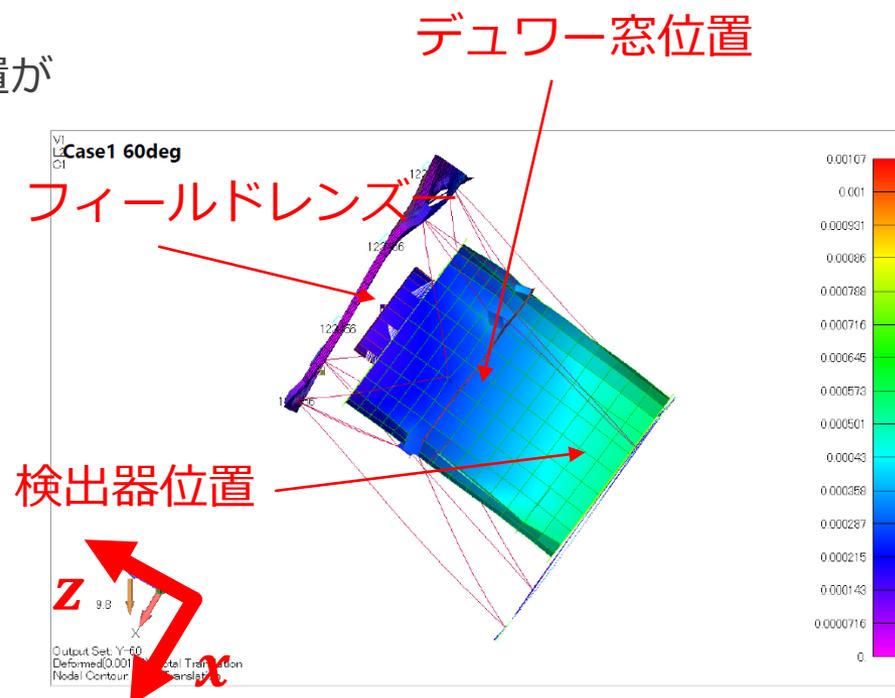


重力変形

- ▶ z-direction (光軸方向)
 - ▶ 光学素子間の間隔は変動しない
- ▶ xy-direction
 - ▶ 検出器とフィールドレンズの位置が最大0.5mm ずれる
 - ▶ 最終結像性能への影響はほとんどない (だろう)

Component	z-direction			xy-direction		
	El=60°	30°	0°	60°	30°	0°
Field lenses	0.16	0.09	0.00	0.10	0.17	0.19
Dewar window	0.18	0.10	0.00	0.21	0.37	0.42
Detector	0.18	0.10	0.00	0.31	0.54	0.62

Offsets in mm



まとめ

- ▶ すばるの次期観測装置としてULTIMATE-Subaruプロジェクトの広視野近赤外線カメラWFIの概念設計を行った
- ▶ 光学系
 - ▶ カセグレン焦点の視野 $15.7' \times 15.7'$ を、四角いフィールドレンズを持つ光学系4本でカバー
 - ▶ 実効視野 : $7.2' \times 7.2' \times 4 = 207\text{sq}'$
 - ▶ スポットサイズ : $\leq 0.1''$
- ▶ 機械構造
 - ▶ すばるかセグレンインターフェースを満たすサイズと重量
 - ▶ 2台のGMサイクルを持つデュワーで、内部温度50K
 - ▶ 重力変形は十分に小さい($<0.5\text{mm}$)