

紫外可視光近赤外望遠鏡検討

Solar UV, Visible and near IR
Telescope (SUVIT)

Y. Suematsu (NAOJ)

Solar-C B案

「ひので」の成果を発展させるため、Solar-C B案では、太陽表面活動現象と関連して(光球)・彩層の加熱・ダイナミクス現象の磁気プラズマ物理の解明に重点を置く。

彩層スペクトル線での偏光観測 (S/N \sim 10⁴)

高時間分解能(<10sec)、高空間分解能(<0.1")

光子必要

大きい口径



この一つの装置として、口径1.5mクラスで紫外から近赤外での高精度偏光観測を検討。

- ・光学的成立性 (構造)

- ・熱的成立性

ひのでOTAの開発資産を生かす

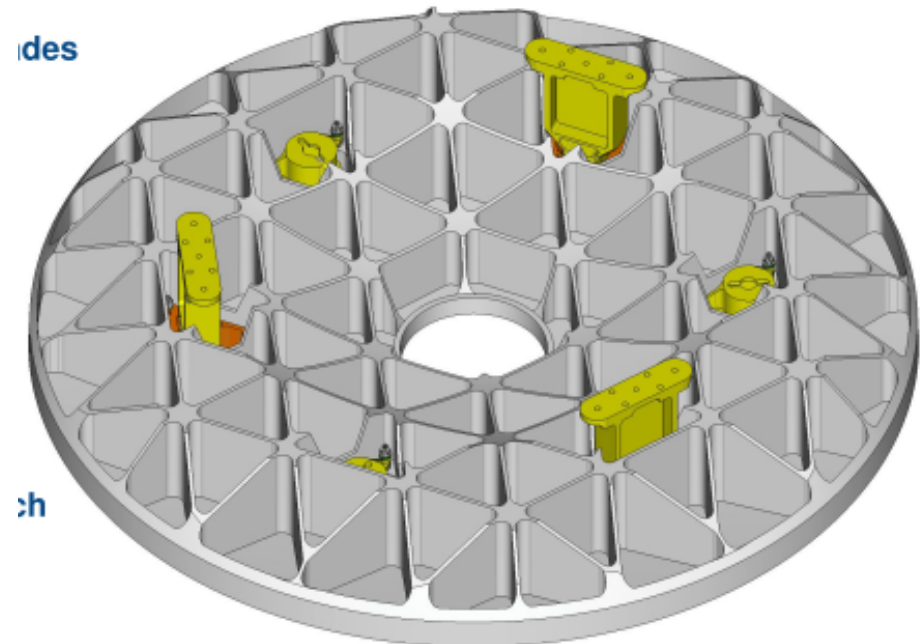
口径1.5m

サイエンスからは口径は大きいほど良いが、実現性の観点から

- ・主鏡の製作可能性(軽量化大事)、コーティング
- ・望遠鏡の排熱
- ・ロケット(HII)の能力、フェアリングサイズ
- ・地上試験
- ・他のプロジェクトとの共同開発(WISH1.5m)、地上試験設備のシェア

ひのでOTAの時より主鏡軽量化技術が進んでいる。口径1-2mクラスで90%の軽量化。

- ・Sunrise口径1m
- ・地上試験で重力変形軽減大事

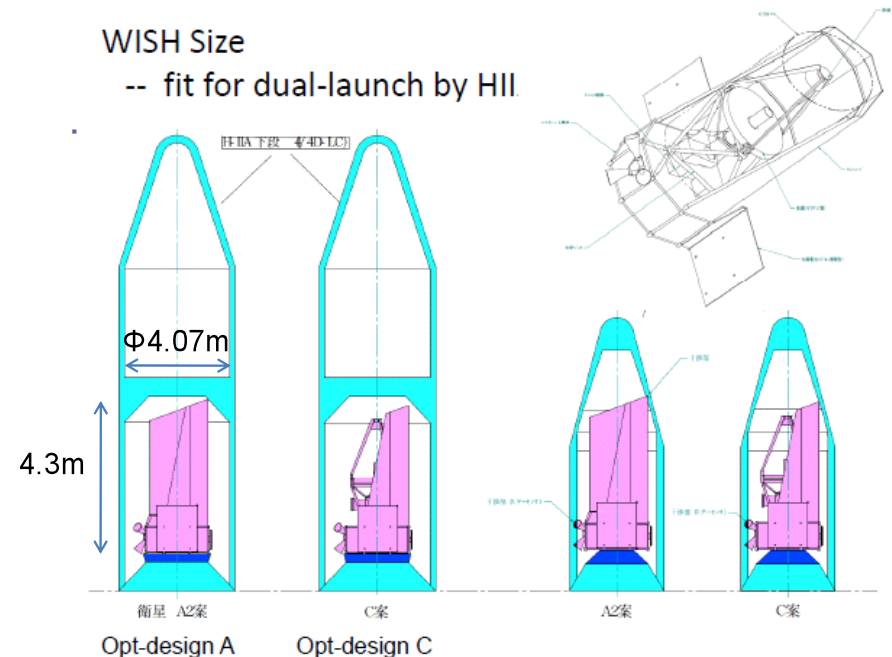


候補となる観測波長、スペクトル線

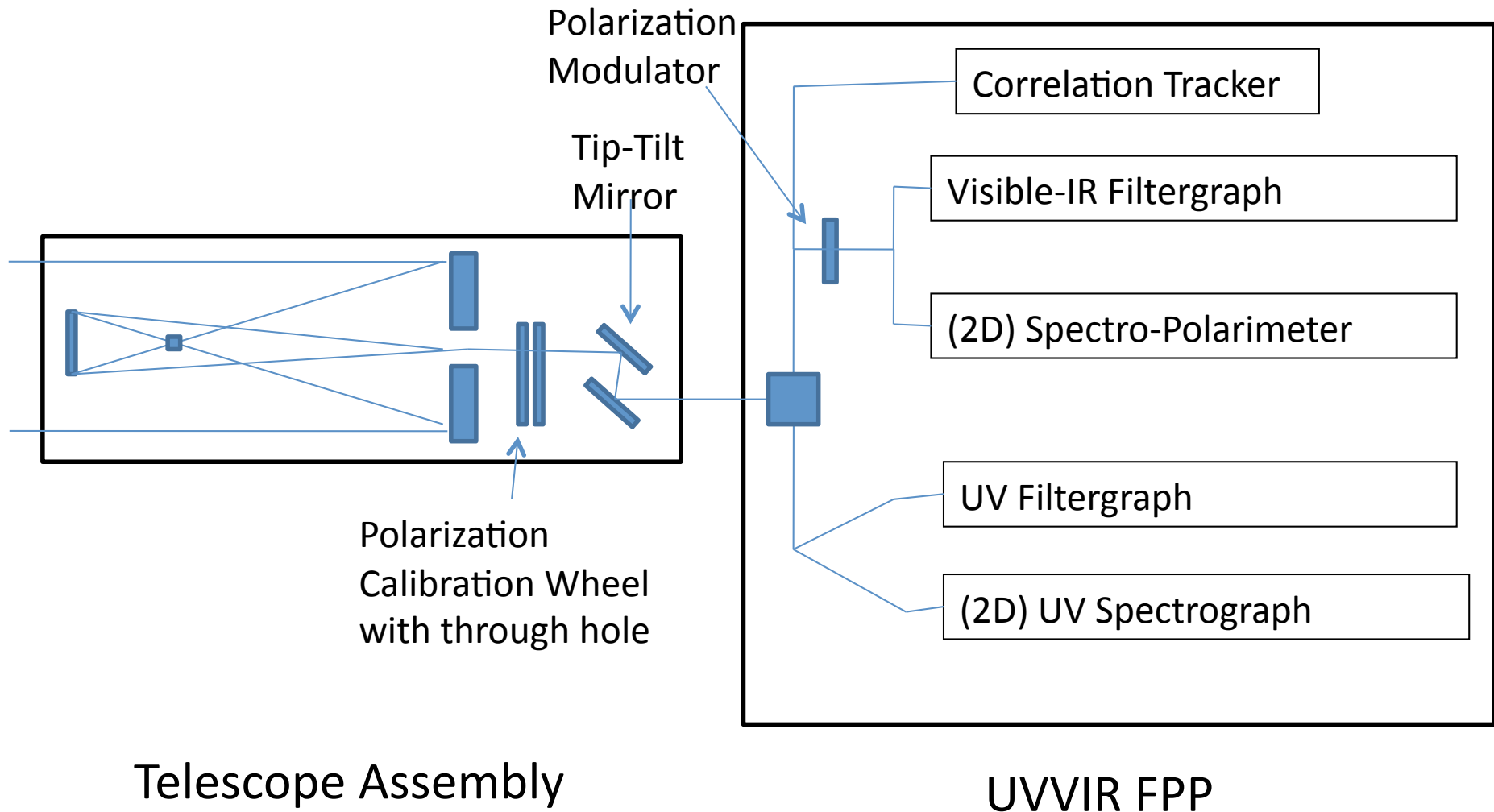
Instrument	Spectrum line	wavelength	Purpose
Vis/UV broadband imager	UV continuum	~250nm	High res. lmg of photosphere
	Mg II h/k	280nm	High res img of chromosphere
	CN band	388nm	Granules and magnetic elements
	<i>G-band</i>	<i>430nm</i>	<i>Granules and magnetic elements</i>
Vis/NIR narrowband imager +He D3	Mg Ib2	512nm	Low chromosphere V and B
	Fe I	525nm	Photosphere B
	Na ID1 (D2)	589nm	Low chromosphere V and B High photosphere
	H α	656nm	High chromosphere V
	Ca II IRT	854nm	High chromosphere T, V and B
UV/Vis/NIR spectrometer +Ca II IRT weaker line	Mg II h/k	280nm	High chromosphere T and V
	Ca II IRT	854nm	High chromosphere T, V and B
	He I	1083nm	High chromosphere V and B

光学系設計ガイドライン

0. 望遠鏡長を出来るだけ短く
for dual satellite launch < 3.8m
1. 観測波長範囲: 250 – 1100 nm
all mirrors telescope design?
2. 視野: at least 200" x200"
3. 高精度偏光観測(可視光、近赤外)要求
axi-symmetric optics before polarization calibration (or modulator) equipment
4. コリメート光による望遠鏡－焦点面装置間結合、射出瞳径 60~90mm
for loose positional tolerance



Conceptual Design



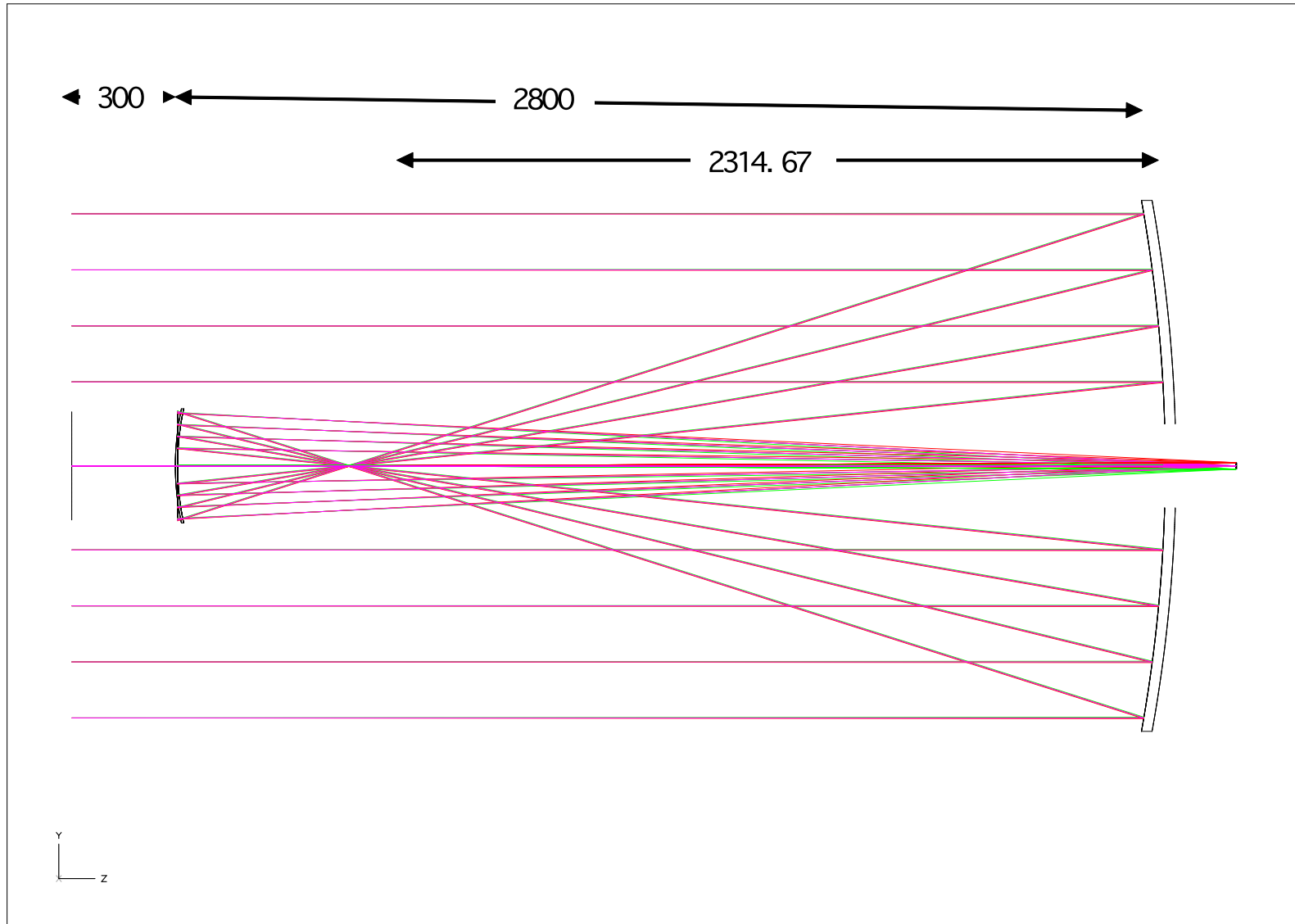
Positional Tolerance Study of $\phi 1.5$ m Gregorian

M1-M2 (cm)	300	280	250	220	OTA 150
f1 (cm)	246.6 (F1/1.64)	231.467 (F1/1.54)	208.467 (F1/1.39)	185.167 (F1/1.23)	116.9617 (F1/2.34)
f2 (cm)	45.7633	41.775	35.9961	30.4184	26.247
Defocus 1 μ A20 (Strehl)	0.0367 (0.983)	0.0415 (0.980)	0.0508 (0.968)	0.0636 (0.951)	0.0178 (0.997)
Defocus 3 μ A20		0.1245 (0.832)	0.1522 (0.748)		0.057 (0.967)
Decenter 10 μ A31	-0.0359 (0.994)	-0.0432 (0.991)	-0.0588 (0.983)	-0.0831 (0.966)	-0.0125 (0.999)
Decenter 50 μ A31		-0.216 (0.791)	-0.294 (0.653)	-0.4156 (0.4267)	-0.0625 (0.98)
Tilt 10'' B31	0.0908 (0.960)	0.0996 (0.952)	0.1161 (0.936)	0.1379 (0.910)	0.01897 (0.998)
Tilt 50'' B31	0.454 (0.362)	0.498 (0.289)	0.581 (0.190)		0.0948 (0.955)

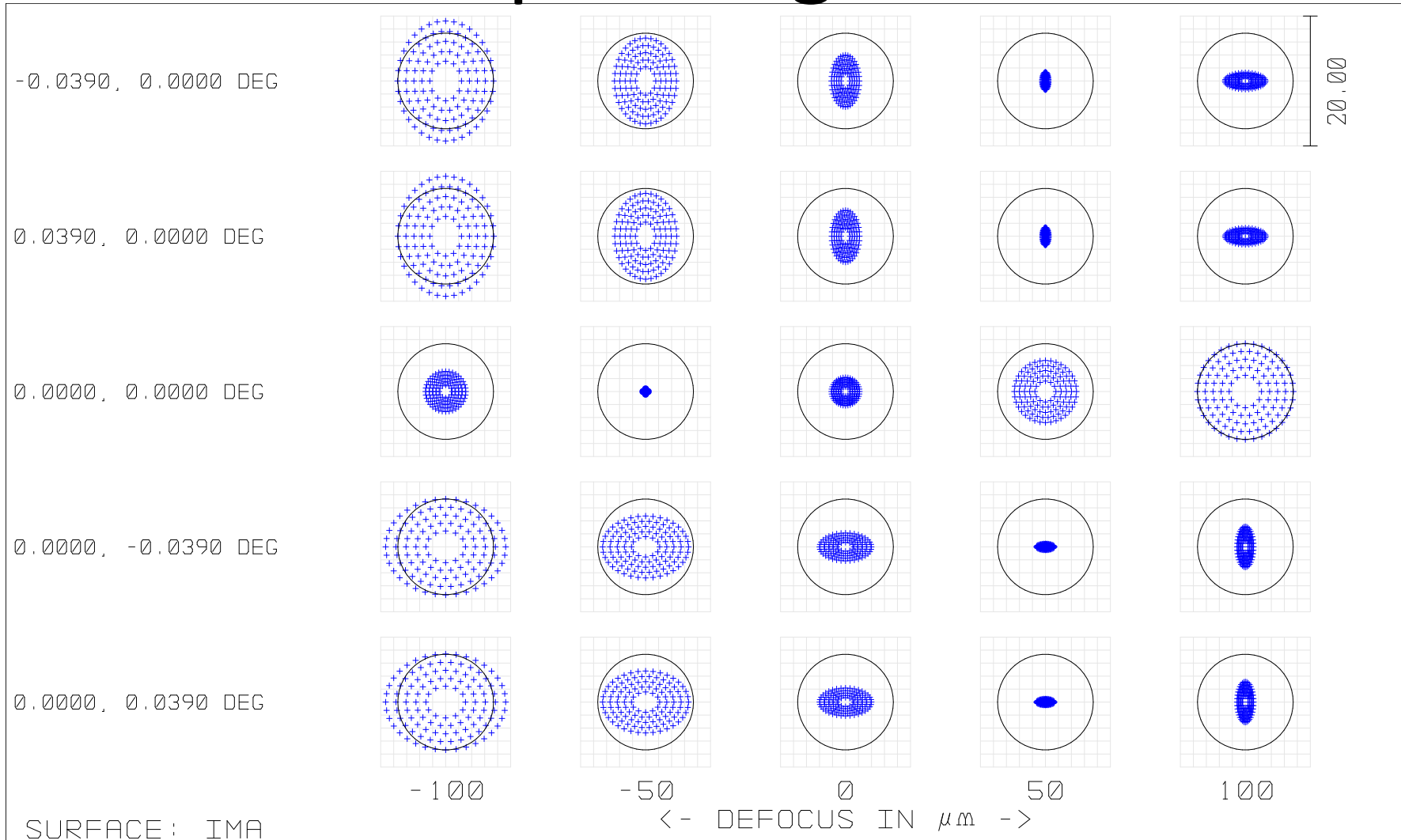
Baseline Optical Parameters

	SOT-OTA (SOLAR-B)	SUVIRT-OTA (SOLAR-C)
Entrance pupil (mm)	500	1500
M1-M2 distance (mm)	1500	2800
M1 outer diameter (mm)	560	1580
clear aperture	509	1513
radius (focal)	2339.4 (1169.7)	4629.34 (2314.67)
conic const.	-0.9706	-0.990927
M2 outer diameter (mm)	159	340
clear aperture	147	320.5
radius (focal)	524.94 (262.47)	835.494 (417.747)
conic const.	-0.3996	-0.548155
HDM outer diameter (mm)	32.83	48.37

Baseline Telescope Design



Spot Diagram

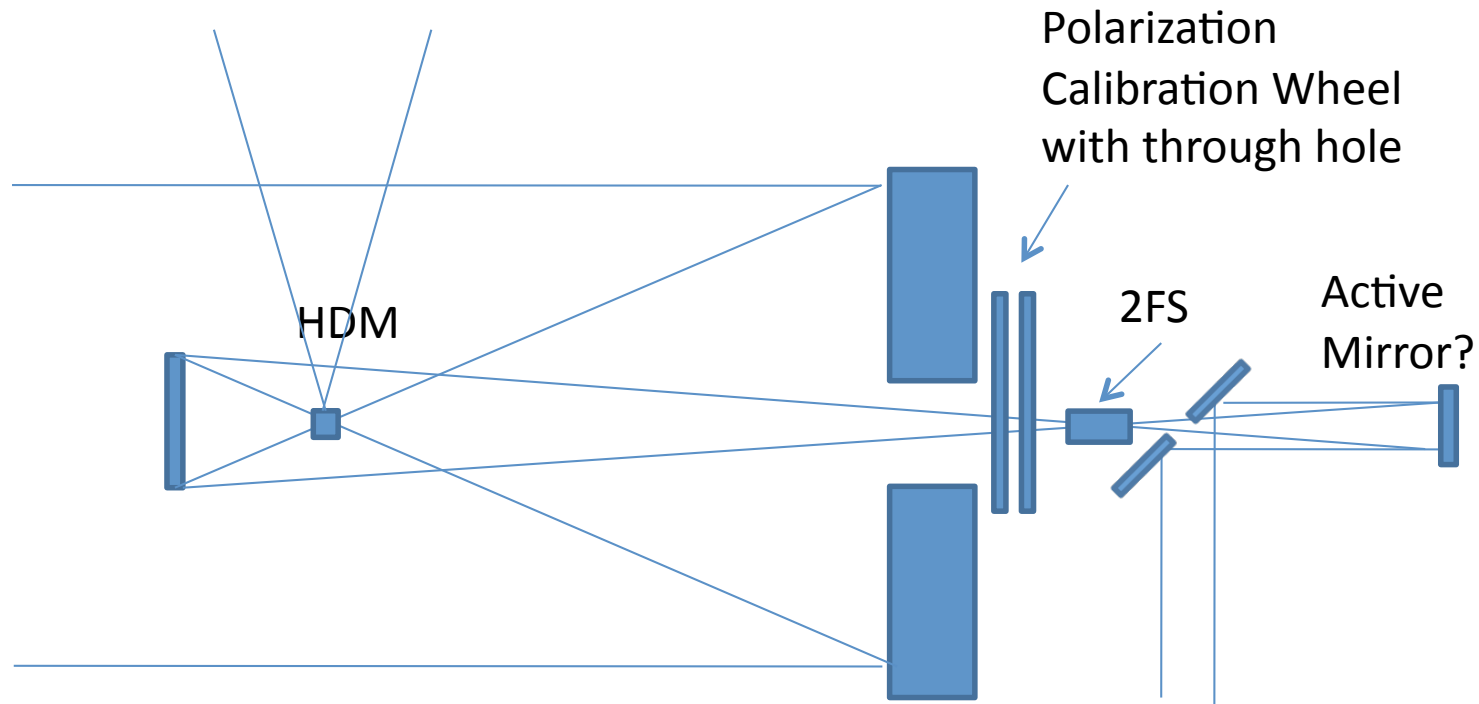


THROUGH FOCUS SPOT DIAGRAM

SOLAR-C GREGORIAN G3
 THU OCT 8 2009 UNITS ARE μm , AIRY RADIUS : 7.364 μm
 FIELD : 1 2 3 4 5
 RMS RADIUS : 2.478 2.478 1.703 2.478 2.478
 GEO RADIUS : 3.981 3.981 2.155 3.981 3.981
 SCALE BAR : 20 REFERENCE : CHIEF RAY

GREG_G3_2800.ZMX
 CONFIGURATION 1 OF 1

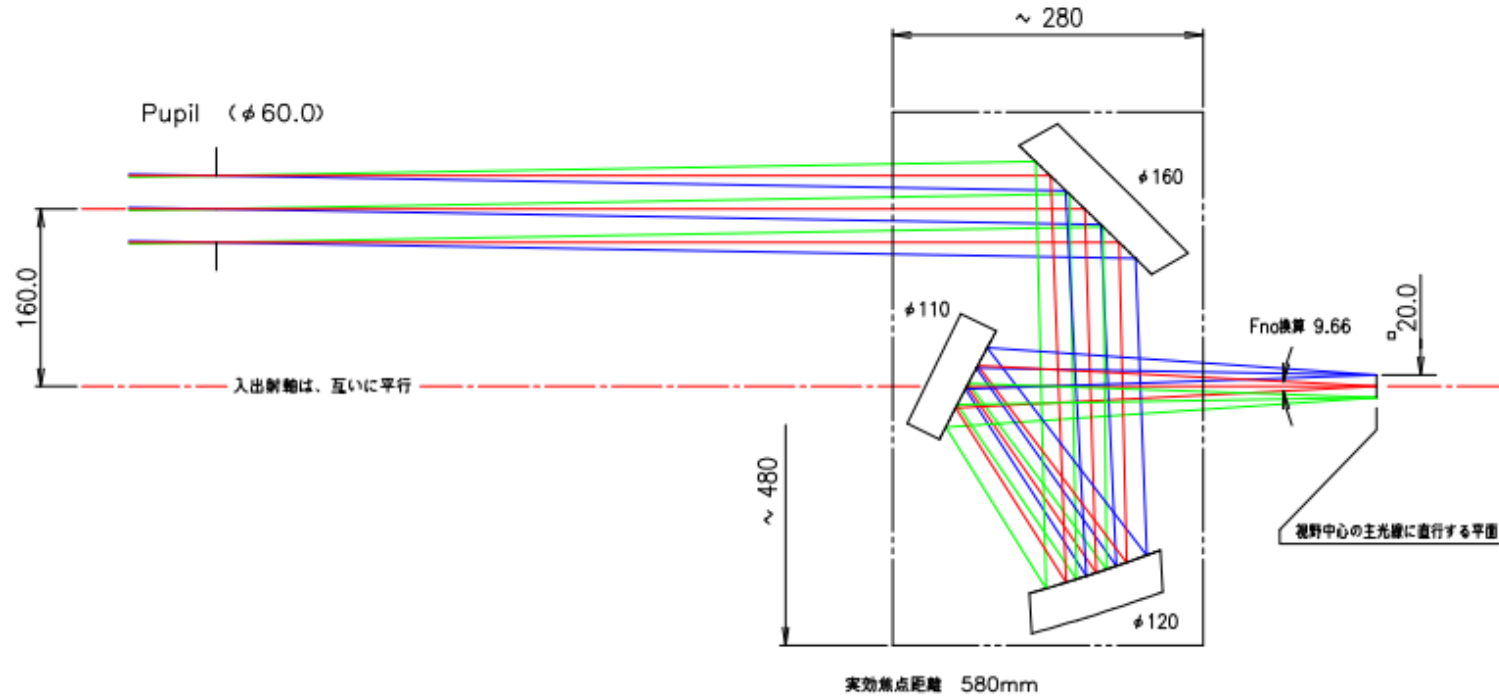
Telescope Assembly = 3-mirror Gregorian



3-mirror Gregorian

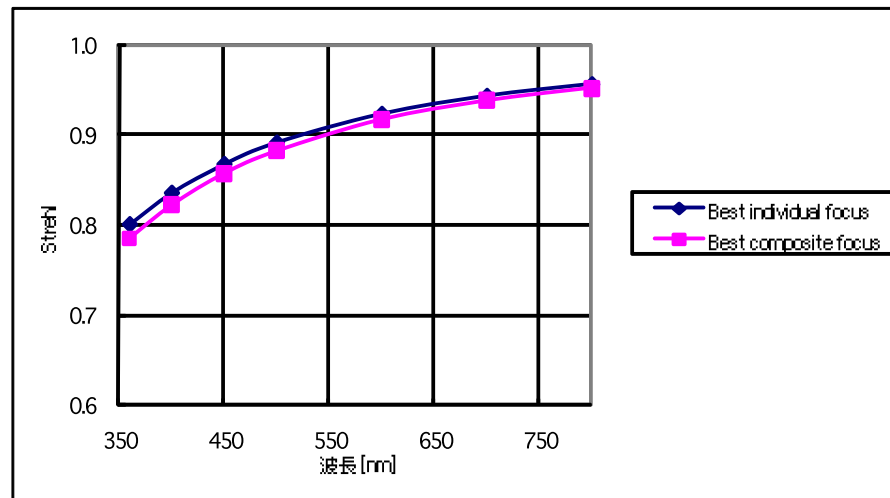
Cassegrain-type
Collimator : diameter is
equal to exit pupil

コリメート部： 3面反射（ジェネシア解の例）



File = GE1323_04_OptA

100mm
Scale: 1/5



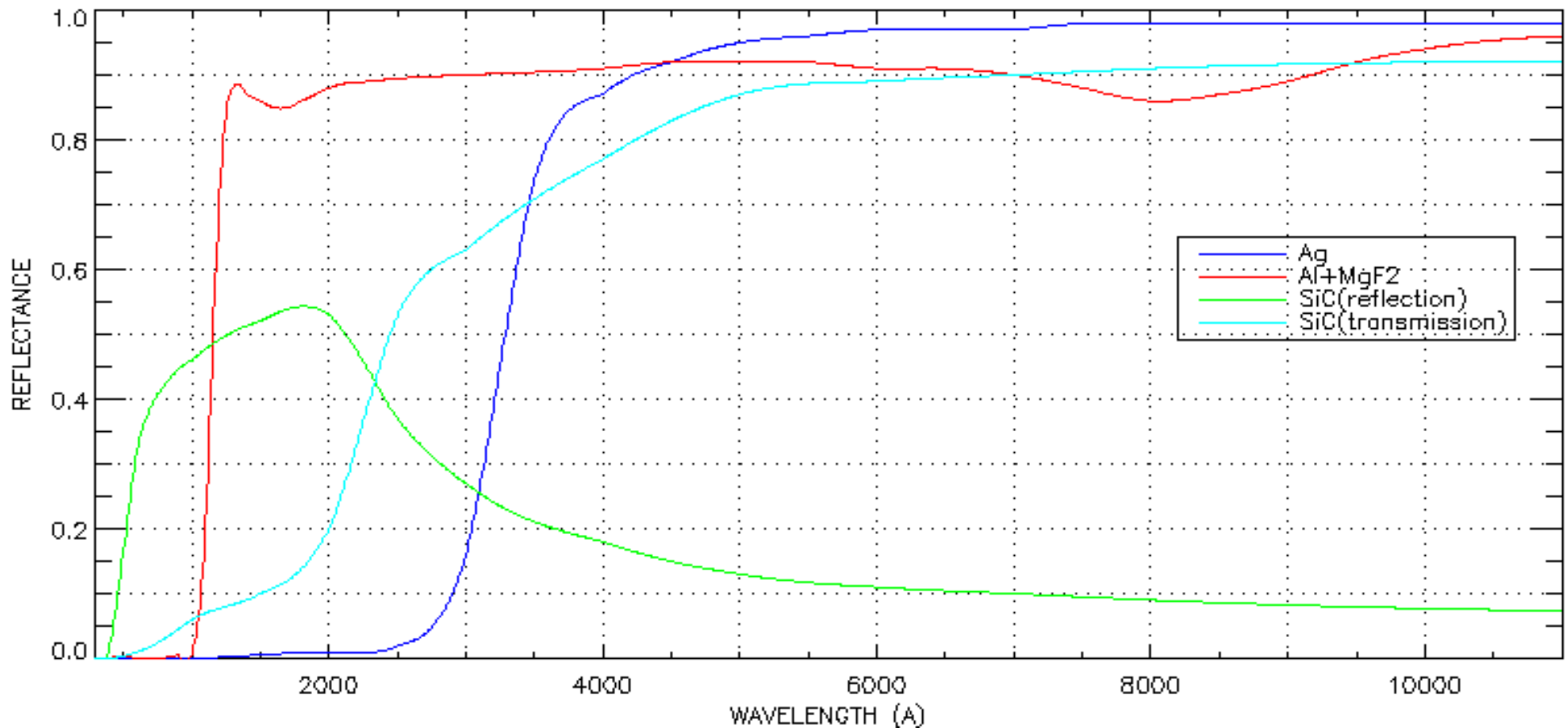
ミラー反射コーティング

ひのでOTAは保護膜付き銀コーティング(太陽光吸収率~6.5%)

360nm以下で反射率低下→ 紫外観測には不適

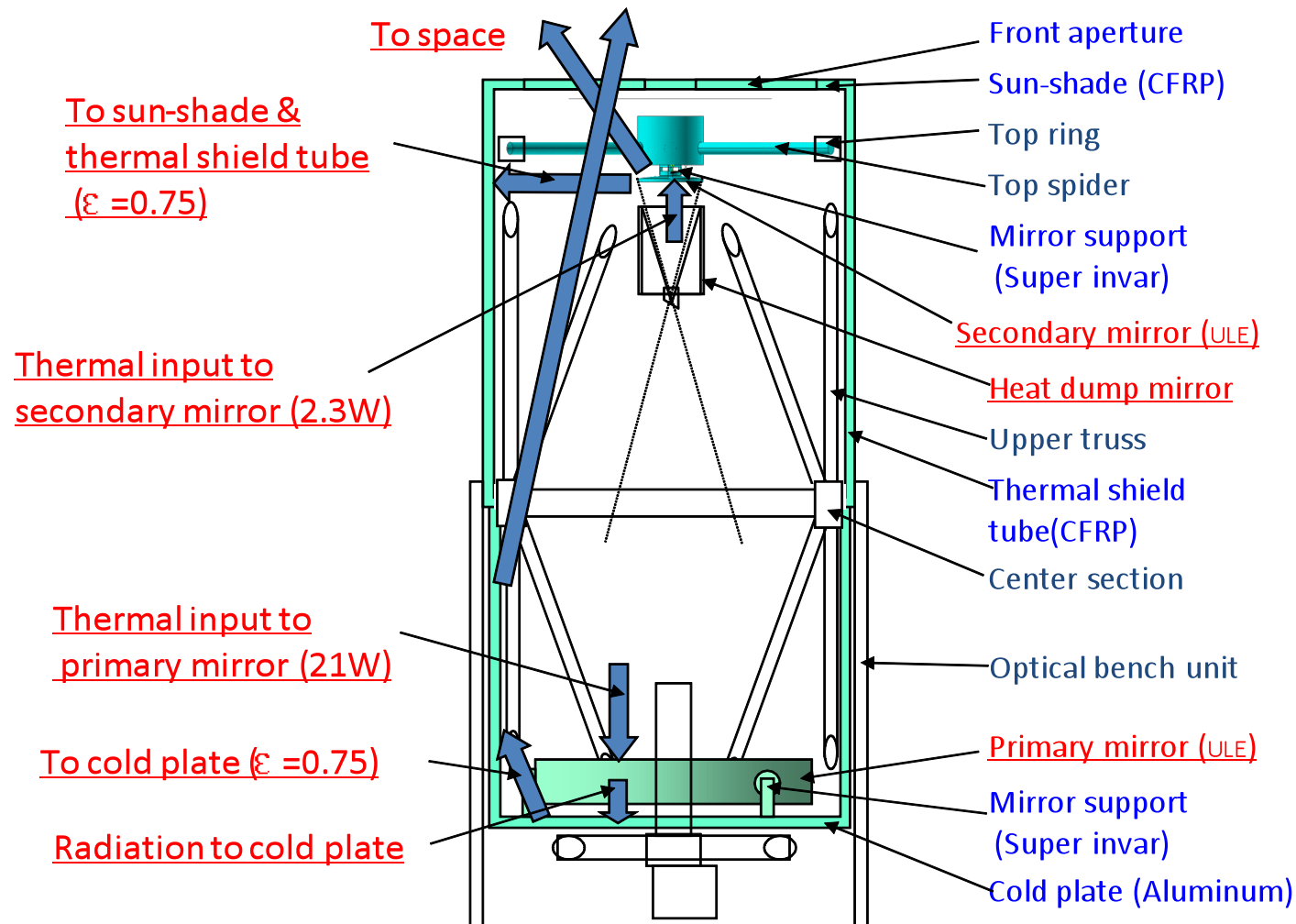
紫外観測には Al+MgF₂が候補 (太陽光吸収率 ~10%)

銀コーティングに比べ、全体的に反射率悪い(特に800nm前後)

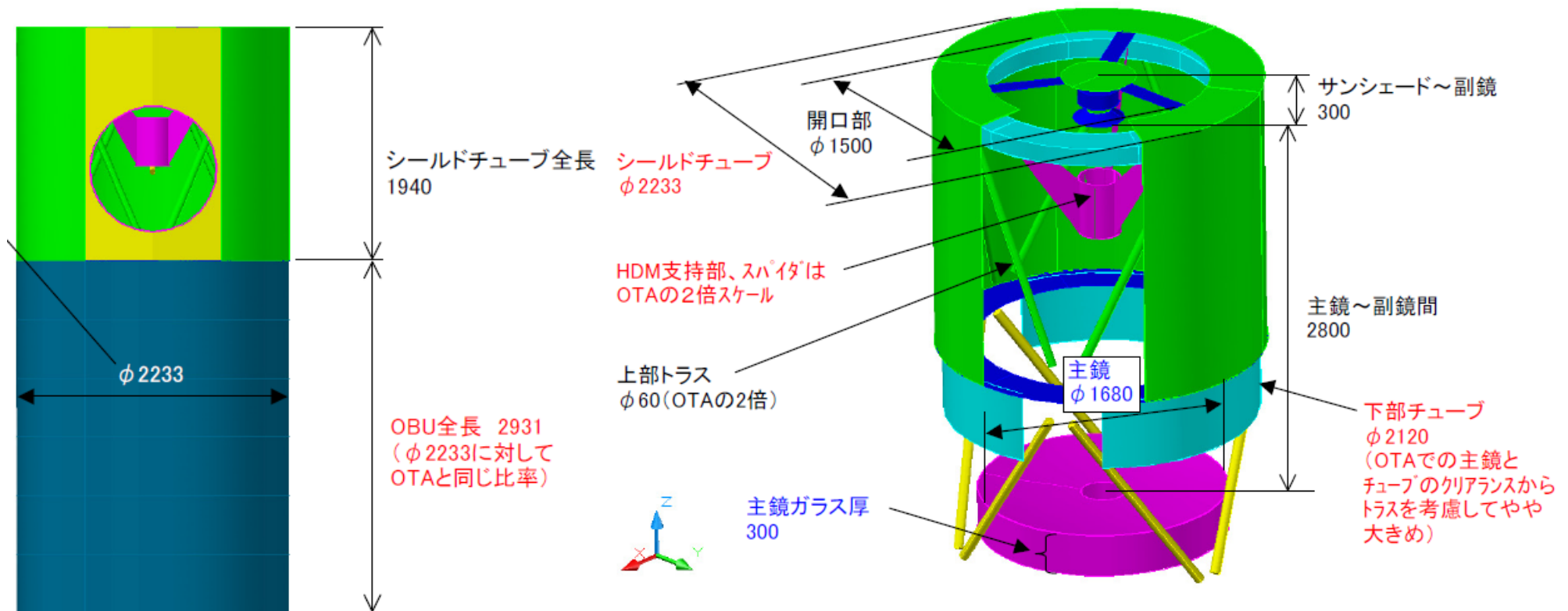


熱設計ガイドライン

- ・ひので可視光望遠鏡(OTA)の排熱方式を基本とする(開口及び上部ラジエターによる輻射排熱)
- ・約200ノードのOTAスケールアップモデル
- ・極軌道、静止軌道で高温状態を模擬



Structure Model of $\phi 1.5$ m Telescope: Scaled-up model of OTA



熱モデルの表面熱特性は高温状態を模擬するため、ひのでOTAのEOL時を想定。表は光学系の熱吸収を与える。

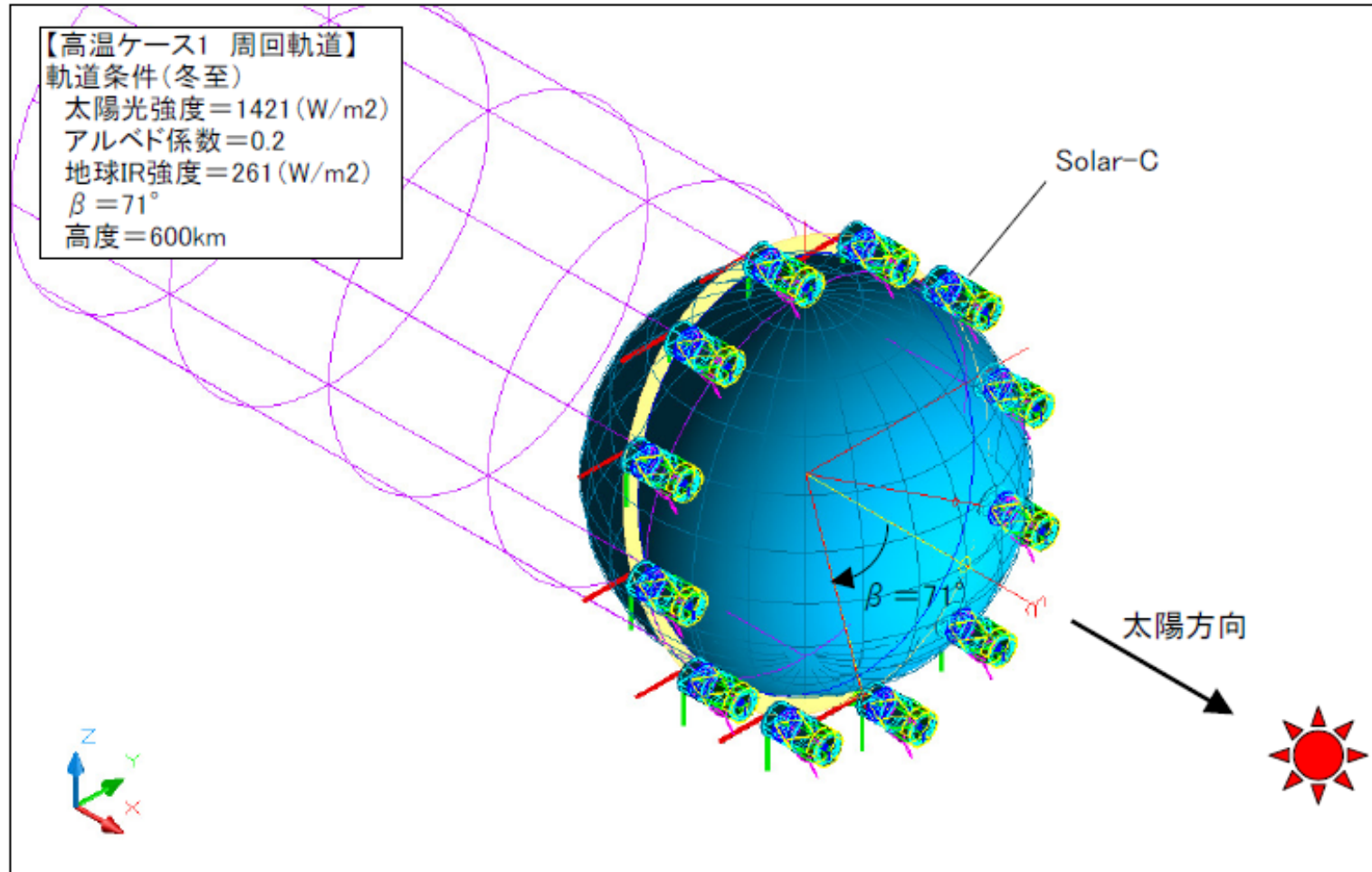
名称	吸収率 α		入射量(W)	吸収量(W)
主鏡	$\alpha 1$	0.118	2074.9	244.8
排熱鏡	αH	0.1	1830.1	175.4
副鏡	$\alpha 2$	0.118	76.2	9.0
コリメータ	$\alpha 3$	0.11	19.4	2.1
合計				431.4

※ α の値はICDパッケージより抜粋(中間報告と異なる)

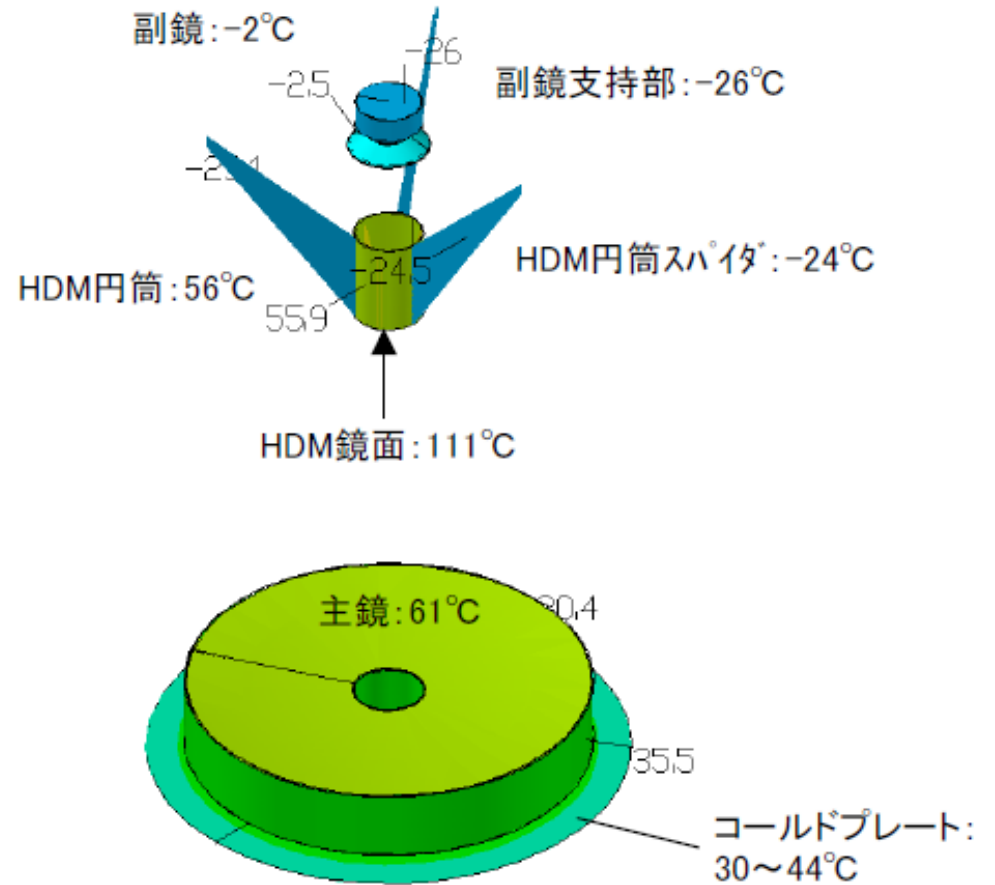
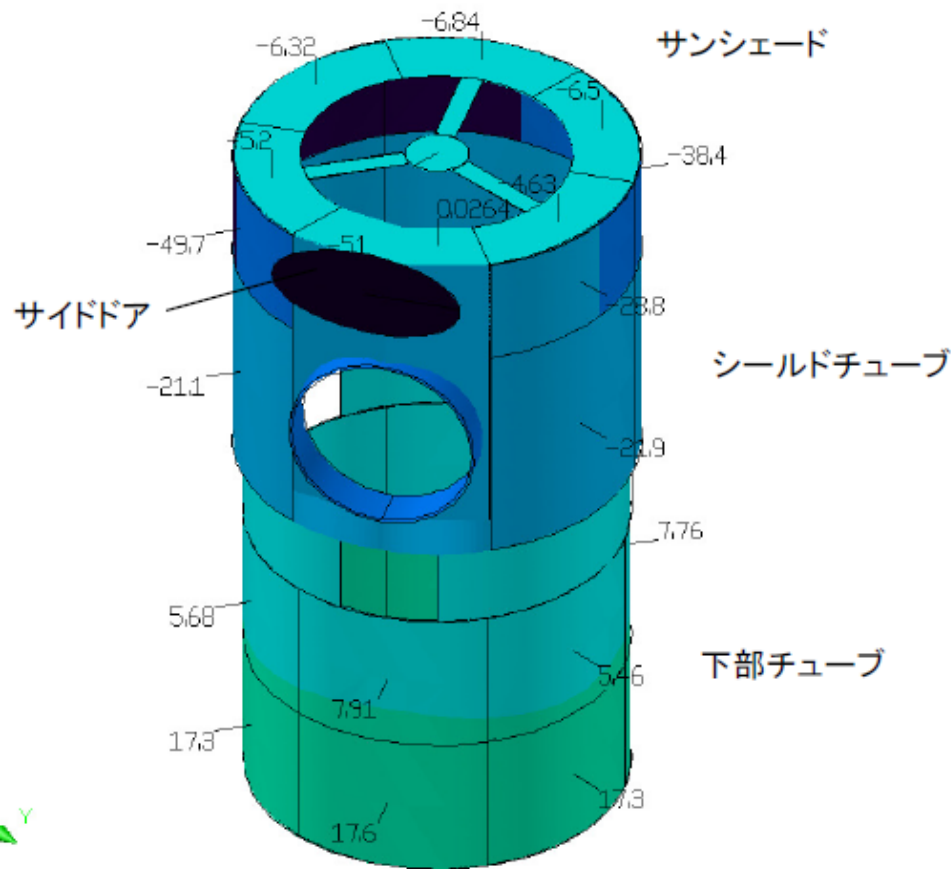
OTA	α	OTA吸収量(W)
	0.1	22.3
	0.15	27.2
	0.1	2
	TBD	0.5
合計		52

※OTA熱設計中間報告より

Solar-C Solar Synchronous Polar Orbit same as Hinode

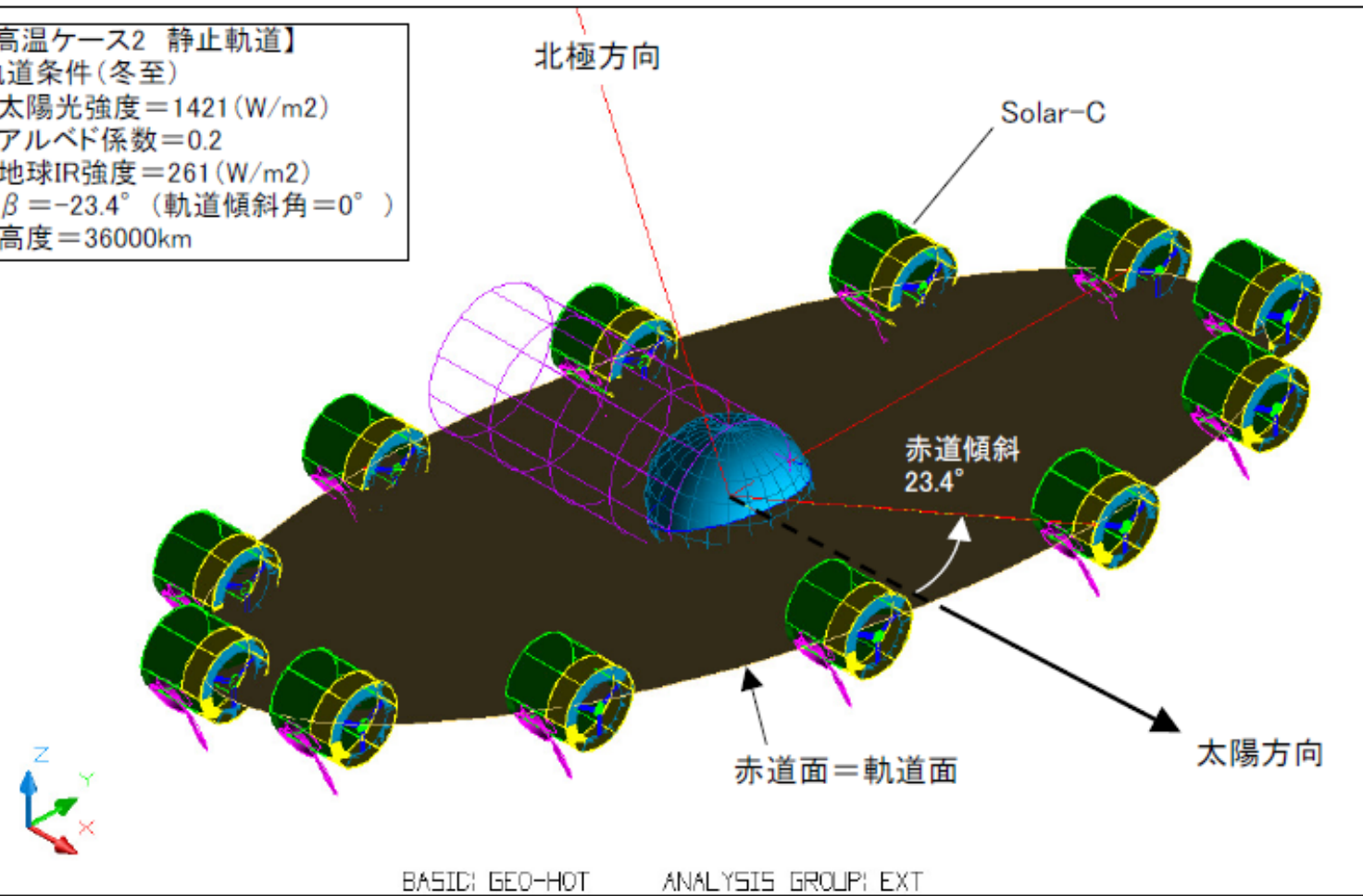


Temperatures for Polar Orbit

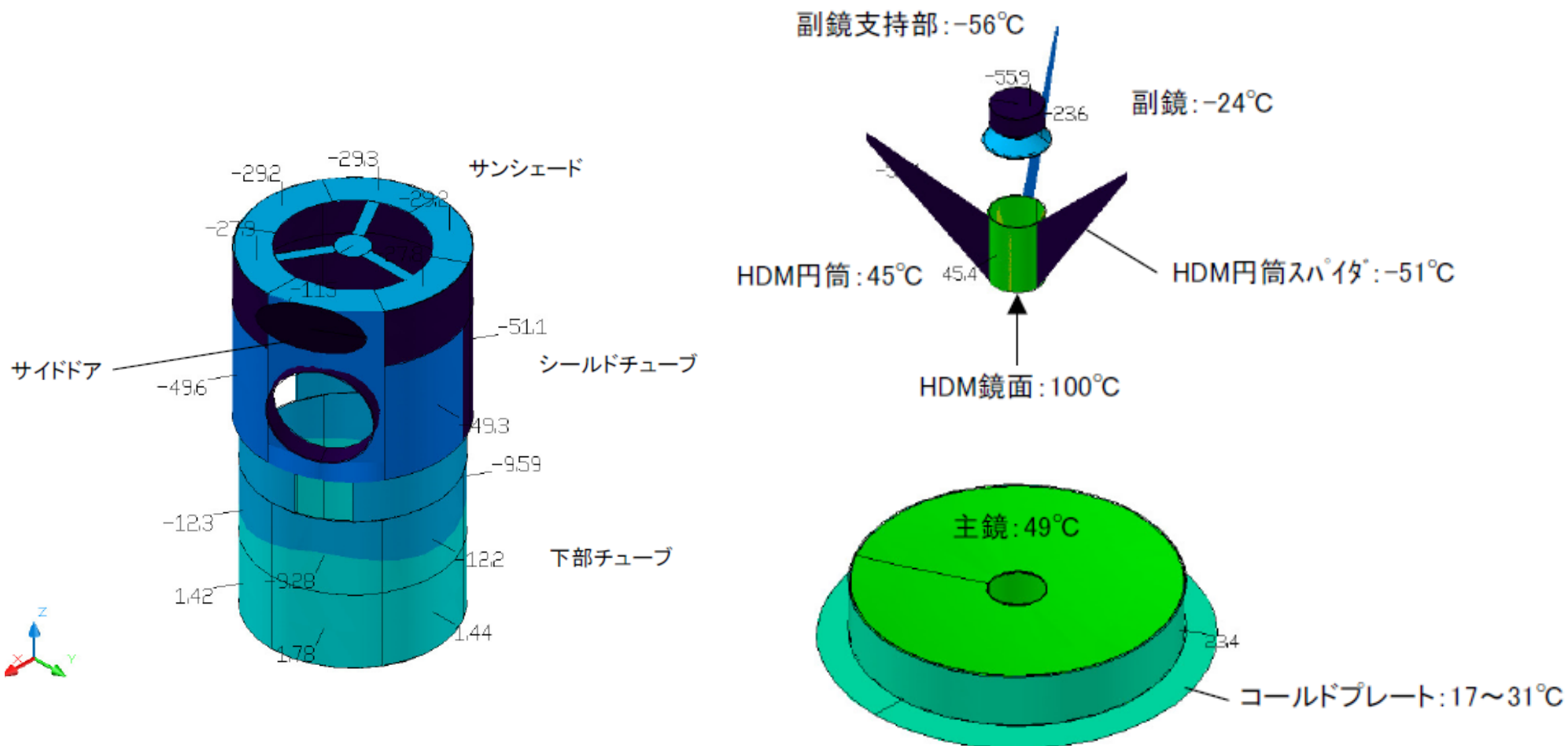


Solar-C Geosynchronous Orbit

【高温ケース2 静止軌道】
軌道条件(冬至)
太陽光強度=1421(W/m²)
アルベド係数=0.2
地球IR強度=261(W/m²)
 $\beta = -23.4^\circ$ (軌道傾斜角=0°)
高度=36000km

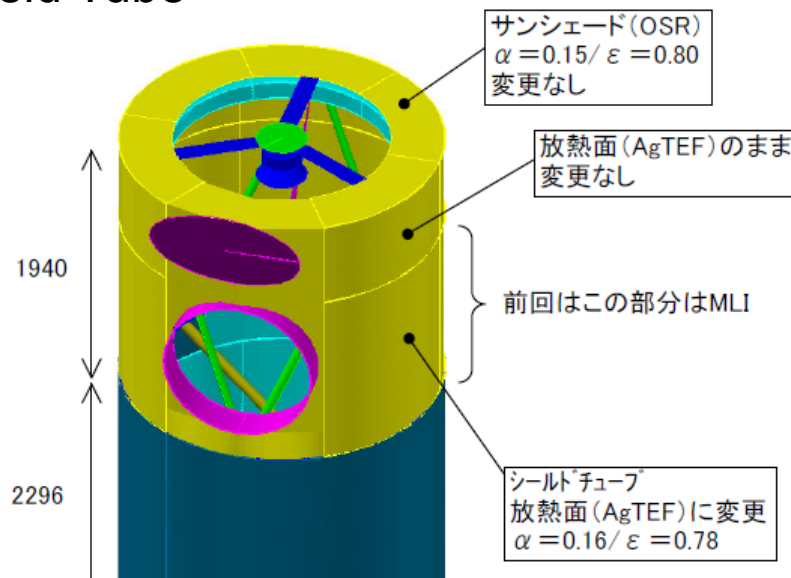


Temperatures for Geosynchronous Orbit



Sensitivity study with radiator area modification

1) Mod-1 Expand radiator area at Shield Tube



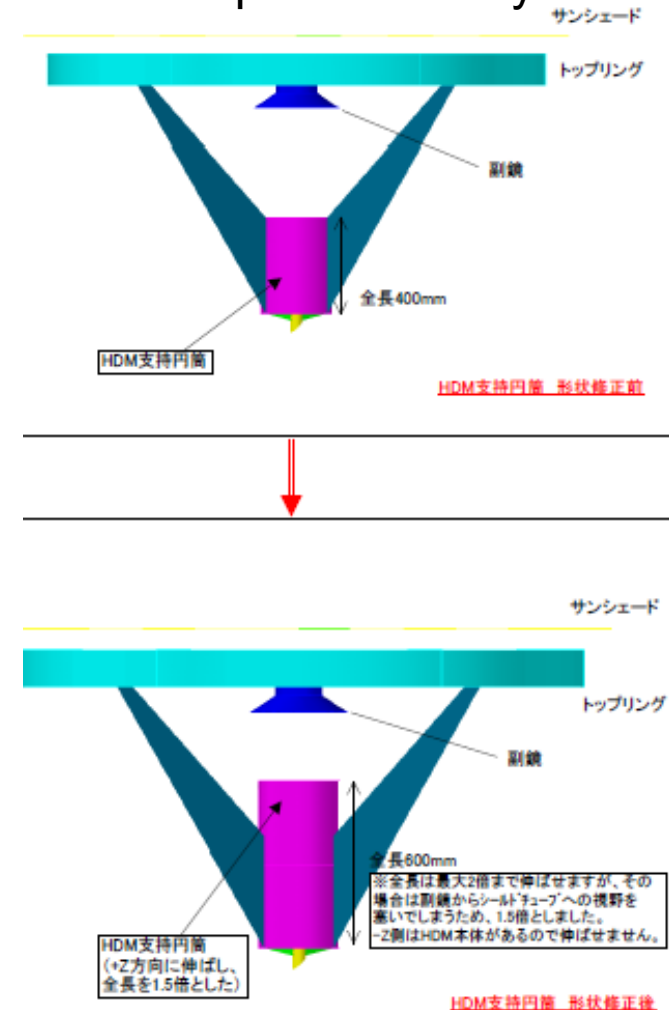
2) Mod-2 Enhance conduction at HDM inner spider

AlBe (210W/mK) x 3 spiders



AlBe (210W/mK) x 6 spiders

3) Mod-3 Expand HDM cylinder



コーティング反射率劣化時

Al+MgF₂コーティングを想定すると、OTAのEOLが初期状態である。この劣化時を模擬するため、主鏡・副鏡 α を0.05増やして検討。表はこの場合の熱吸収。

名称	吸収率 α		入射量(W)	吸収量(W)	変更前
主鏡	$\alpha 1$	0.168	2074.9	348.6	245
排熱鏡	αH	0.1	1726.3	165.4	175
副鏡	$\alpha 2$	0.168	71.9	12.1	9
コリメータ	$\alpha 3$	0.11	18.6	2.0	2.1
合計				528.2	431

Predicted temperatures for optics

温度 (°C)	太陽同期 極軌道	静止軌 道	極軌道 上部ラジエ ター拡張 (Mod-1)	極軌道 上部ラジ エター拡 張+HDM スパイ ダーλ増加	極軌道 Mod-1 +Md-2+ HDMシリ ンダー拡 張	太陽同 期極軌 道 +Mod-1 主鏡・副 鏡α +0.05劣 化	静止軌道 +Mod-1 主鏡・副 鏡α+0.05 劣化
M1 surface	61	49	52	52	52	80	70
M2 Surface	-2 ~ -7	-24	-12 ~ -8	-12 ~ -8	-12 ~ -7	0 ~ 4	-17 ~-16
HDM surface	109 ~ 111	100	103 ~ 104	77 ~ 78	60 ~ 61	63 ~ 64	51
CLU	34 - 37	22-24	24 - 27	24 - 27	24 - 26	41	29

Summary 1

口径1.5m、主鏡・副鏡間距離2.8m長のグレゴリアン望遠鏡の成立性

コリメータ部は

3面反射系 throughput $0.9^5=0.6$

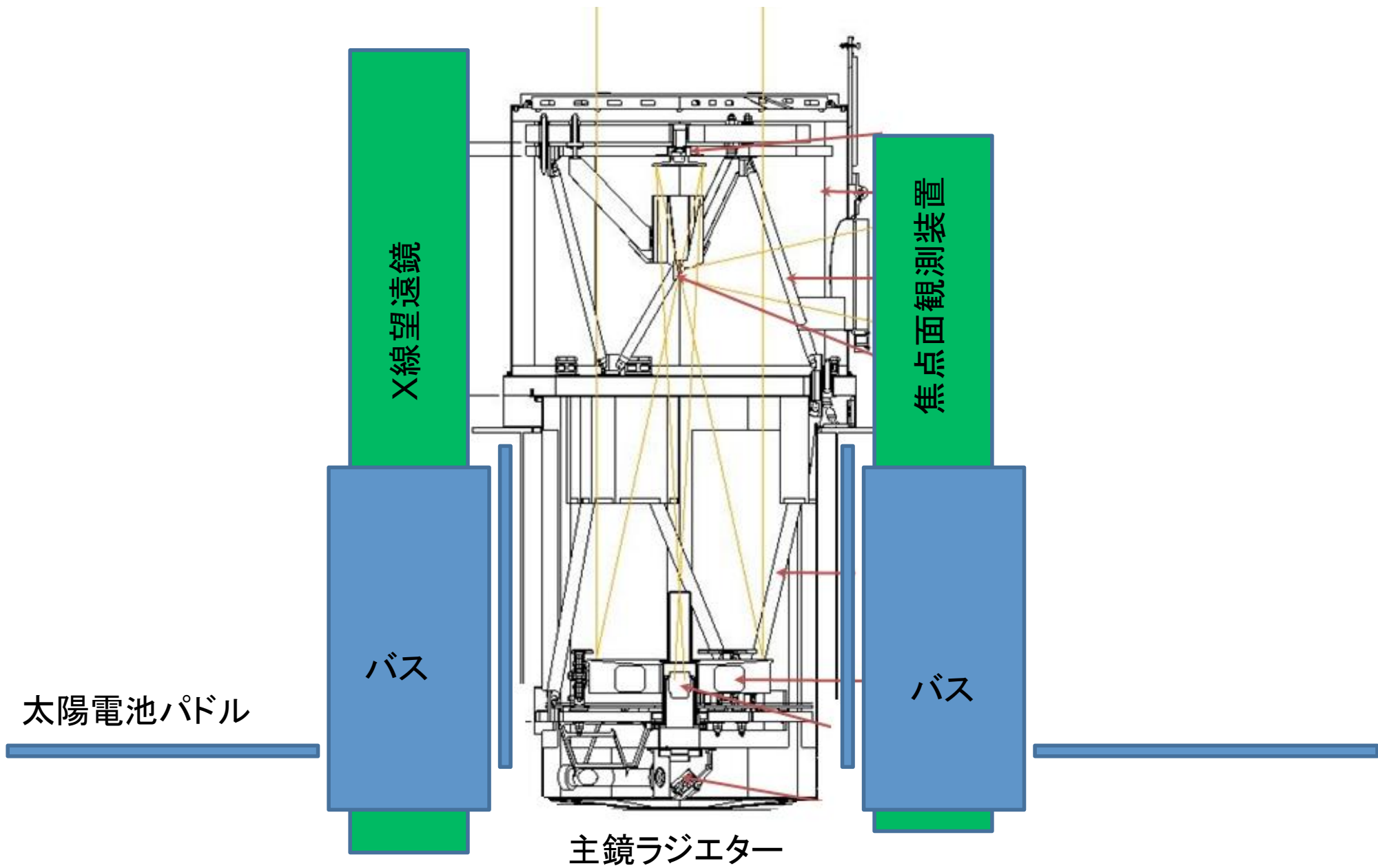
レンズ＋反射
でトレードオフ

軸外しグレゴリアンとのトレードオフ

Summary2

OTA式の熱設計を検討：

- ・極軌道より静止軌道の方が地球放射の影響が小さいため、望遠鏡温度が低く、軌道変動も小さい。
- ・望遠鏡長が相対的に短いため、上部ラジエター面積が小さくなり、主鏡が高温。排熱鏡も相対的に小さくなり(高熱集中)、高温となる。モデルを一部変更することで初期条件では許容温度範囲内に入る目処が立ちそうであるが、Al+MgF₂コーティング劣化時はOTA方式の排熱では温度を下げることができず、より反射率の高いコーティングの開発(SAGEMに検討依頼中)、主鏡周りからの直接排熱を検討(プラネットに依頼中)する必要がある。



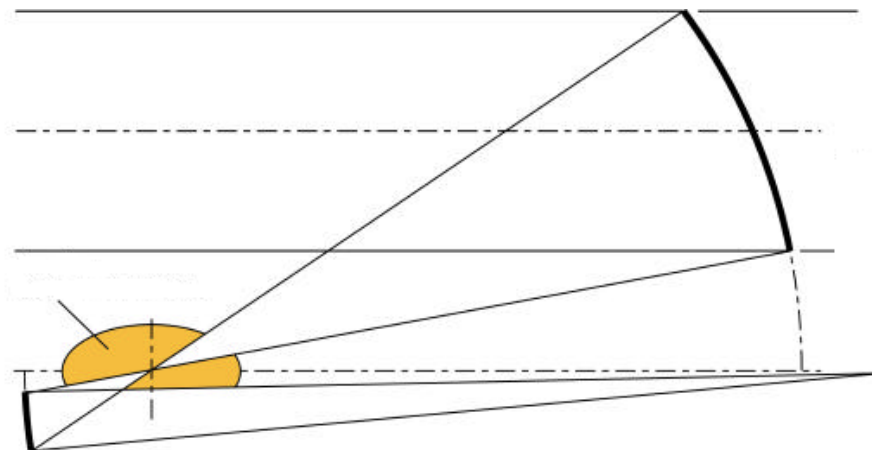
Off-axis Gregorian

利点

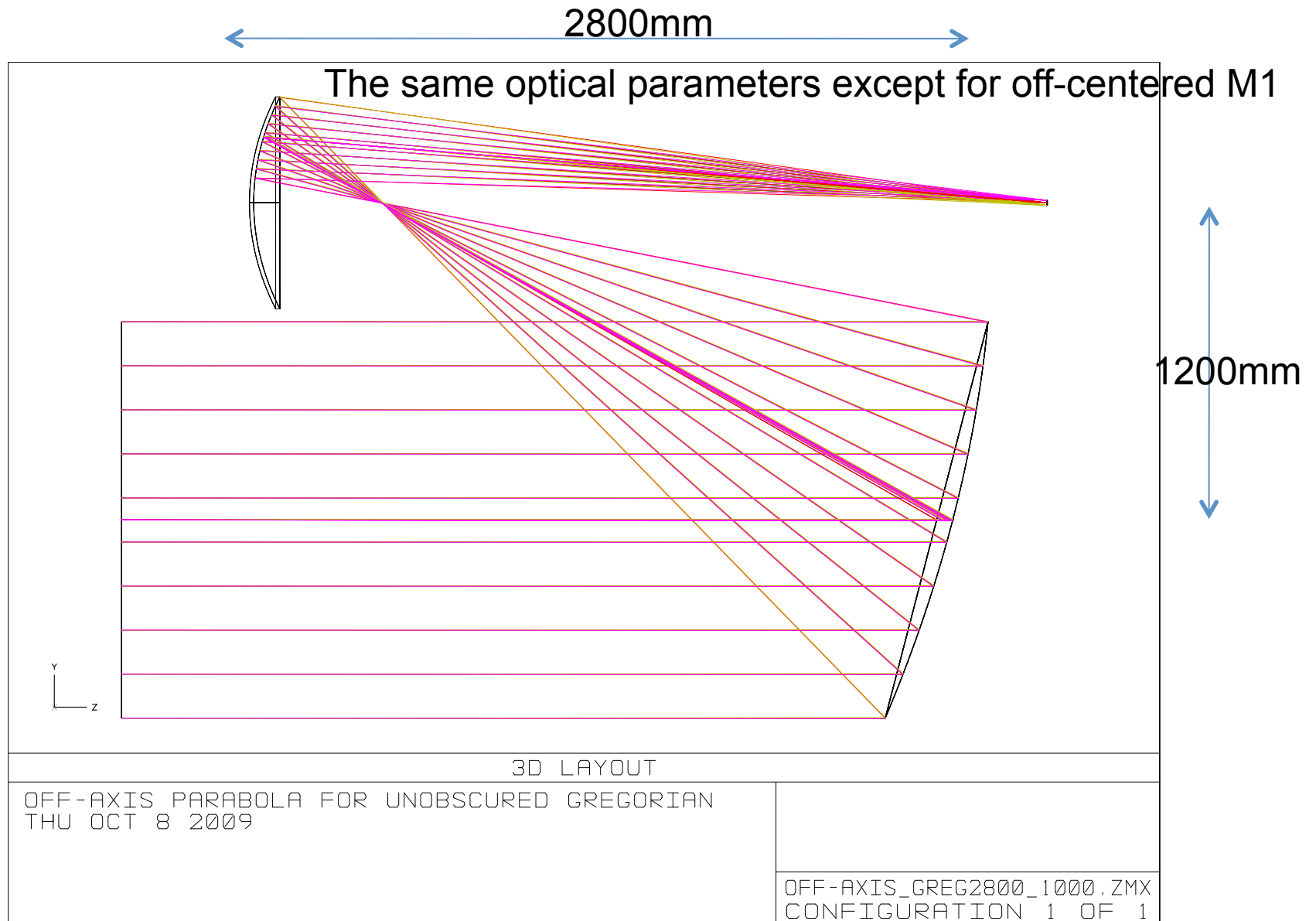
- ・ 中信遮蔽なし → 散乱光低、画像コントラスト大
- ・ 排熱鏡 (HDM) 部の排熱・冷却設計自由度大

欠点

- ・ 人為偏光大 観測データによる偏光較正の可能性
- ・ 主鏡、副鏡の製作、検証難しい、alignmentの難しさ
- ・ 非軸対称の構造変形、熱変形の影響



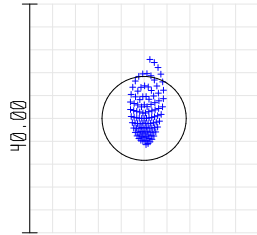
Off-Axis Gregorian



Spot Diagram

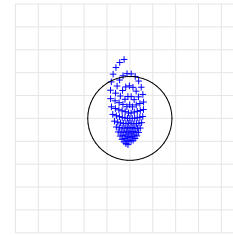
+ 0.6328

OBJ: 0.0390, 0.0000 DEG



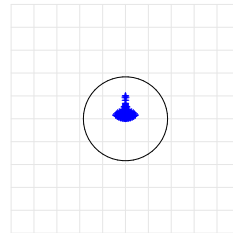
IMA: -9.739, 0.007 MM

OBJ: -0.0390, 0.0000 DEG



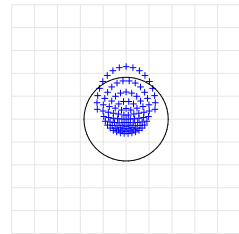
IMA: 9.739, 0.007 MM

OBJ: 0.0000, 0.0000 DEG



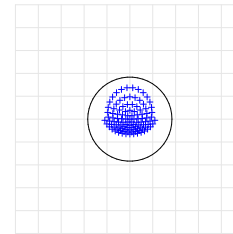
IMA: 0.000, -0.003 MM

OBJ: 0.0000, 0.0390 DEG



IMA: 0.000, -9.735 MM

OBJ: 0.0000, -0.0390 DEG



IMA: 0.000, 9.743 MM

SURFACE: IMA

SPOT DIAGRAM

OFF-AXIS PARABOLA FOR UNOBSERVED GREGORIAN

THU OCT 8 2009 UNITS ARE μm . AIRY RADIUS : 7.351 μm

FIELD	1	2	3	4	5
RMS RADIUS :	3.969	3.969	1.557	4.295	3.059
GEO RADIUS :	10.362	10.362	4.065	9.178	5.511
SCALE BAR :	40				

OFF-AXIS_GREG2800_1000.ZMX
CONFIGURATION 1 OF 1