

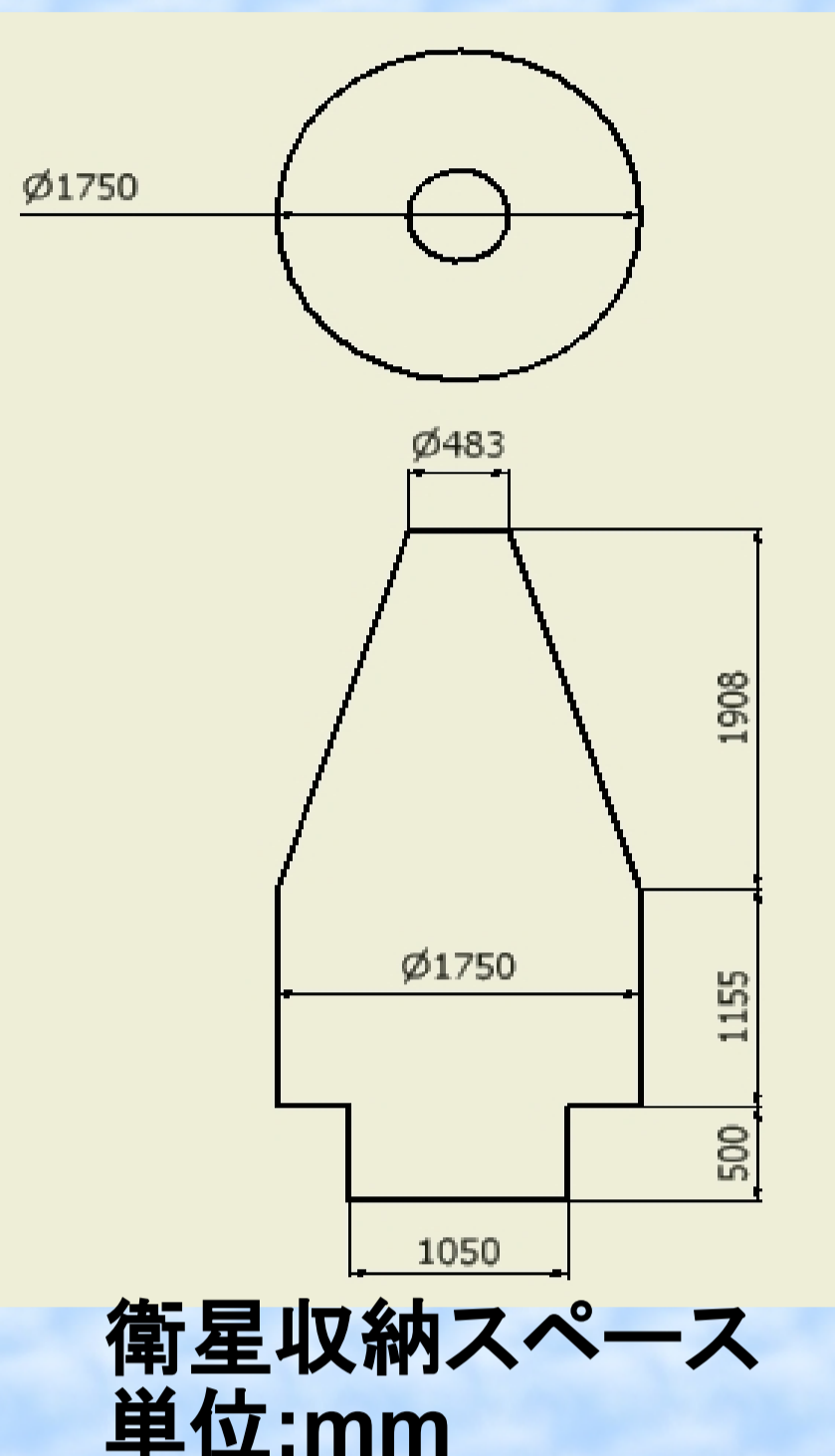
LiteBIRD：衛星搭載光学系の検討

大田 泉(近畿大), 松村知岳(Caltech), Huan Tran, Adrian Lee (UC Berkeley), 吉田光宏, 羽澄昌史(KEK),
 他 LiteBIRD WG[福家英之, 松原英雄, 満田和久, 吉田哲也 (ISAS/JAXA), 篠崎慶亮, 佐藤洋一, 杉田寛之 (ARD/JAXA), 石野宏和, 樹林敦子, 美馬覚, 三澤尚典 (岡山大),
 松村知岳 (Caltech), Julian Borrill, William Holzappel, Bradley Johnson, Adrian Lee, Paul Richards, Aritoki Suzuki, Huan Tran (UC Berkeley/LBNL),
 大田泉(近畿大), 吉田光宏(加速器/KEK), 片山伸彦, 佐藤伸明, 住澤一高, 田島治, 西野玄記, 羽澄昌史, 長谷川雅也, 樋口岳雄 (IPNS/KEK), 柳沼えり(総研大),
 高田卓(筑波大), 木村誠宏, 鈴木敏一, 都丸隆行(低温セ/KEK), 小松英一郎(UT Austin), 鶴澤佳徳, 関本裕太郎, 野口卓(ATC/NAOJ), 茅根裕司, 服部誠(東北大), 大谷知行(理研)]

Lite (light) satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection

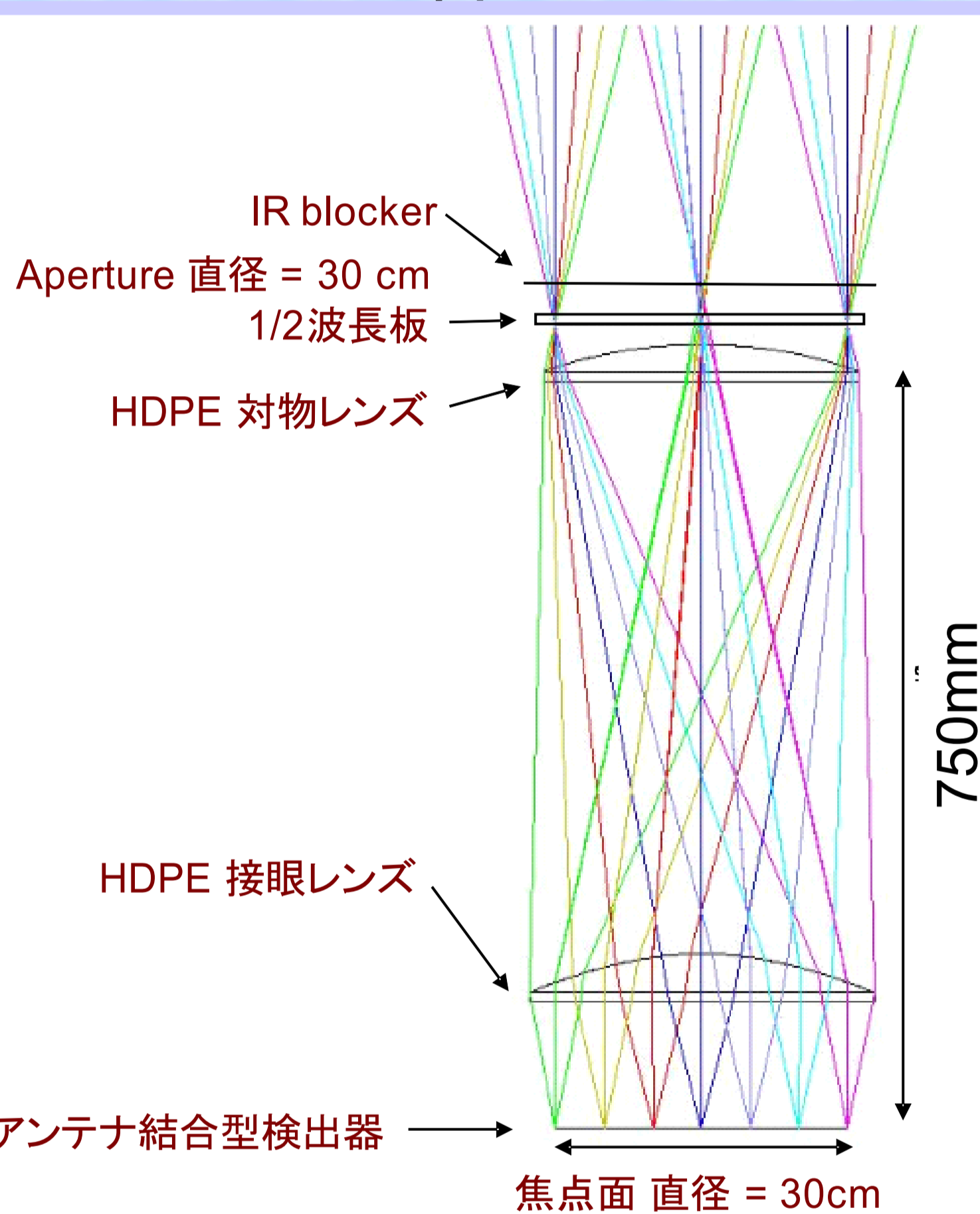
衛星搭載望遠鏡光学系の条件:

- 1. 軽量・コンパクト化**
総重量<400kg, 全長 < 1m
- 2. 広視野でテレセントリックな焦点面**
検出器数を増やし統計誤差を下げる
検出器数>1000, 直径=30cm,
視野30°×30°
角度分解能<1°
- 3. Low sidelobeでシンプルな光学系**
装置偏光による系統誤差を減らす
- 4. 広帯域**
前景放射を差し引く広い帯域
60 GHz ~ 250 GHzをカバー



屈折型望遠鏡の検討

光軸対称の屈折望遠鏡
 視野: 30°×30°
 平面焦点面全域 @ 300GHzにて
 Strehl ratio > 0.8 (回折限界)
 レンズ: 高密度ポリエチレン
 (高密度ポリエチレンの放射耐性、酸化への影響によってはSiレンズを用いる)
 光学系温度: 2Kを保持
 偏光測定:
 半波長板を用いた偏光変調、偏光角度を回転
 今後の課題
 メインビームの系統誤差
 サイドローブのコントロール
 条件を満たした上でのApertureサイズの小型化



搭載望遠鏡の光学系

- 屈折型:**
 利点: 光軸に対し光学系は対称、装置偏光が軽減
 欠点: 望遠鏡レンズの波長依存性(反射防止膜等は必須)
 光学系の焦点距離がそのまま望遠鏡の長さ
- 反射型:**
 利点: 波長依存性が小さく、望遠鏡をコンパクトにしやすい
 欠点: 光軸に対し光学系は非対称、反射による偏光特性
 アパーチャーの位置と大きさの最適化が複雑

反射型望遠鏡の検討

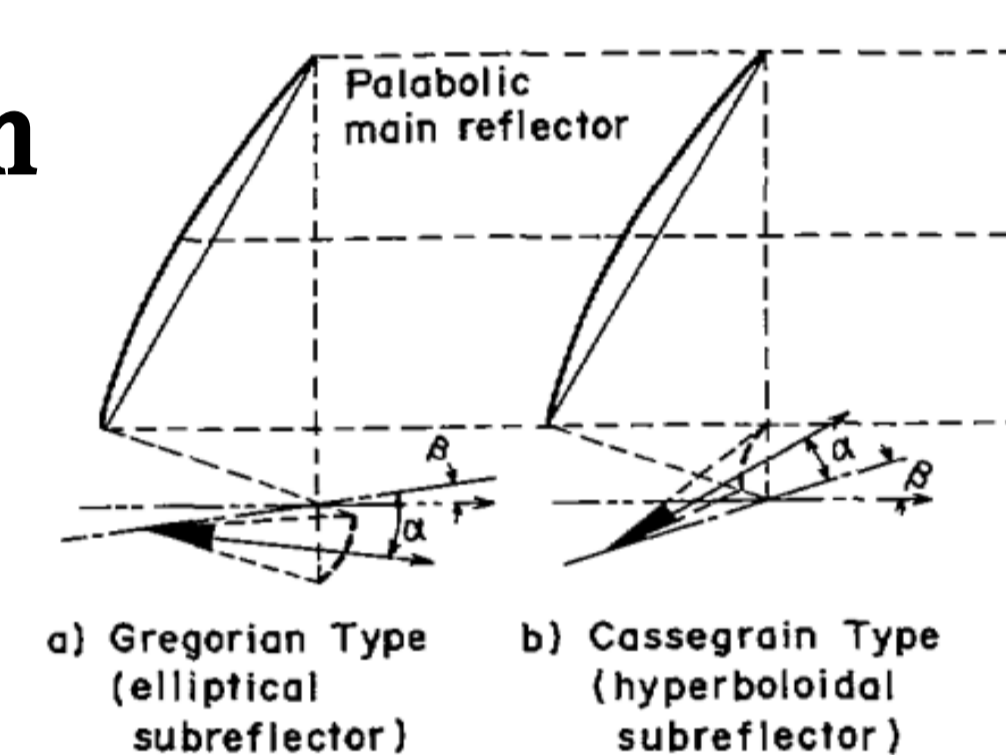
軸外し反射鏡二枚で構成
 反射鏡一枚での非対称性をもう一つの鏡の非対称性で相殺し交差偏波を軽減(Mizugutch-Dragone condition)
 on-axisより光量をロスせず、サイドローブが小さい

Mizugutch-Dragone condition

$$\tan \alpha = \frac{|1-e^2| \sin \beta}{(1+e^2) \cos \beta - 2e}$$

α : feedと副鏡の回転軸とがなす角
 β : 副鏡の回転軸と主鏡の回転軸とがなす角
 e : 副鏡の離心率

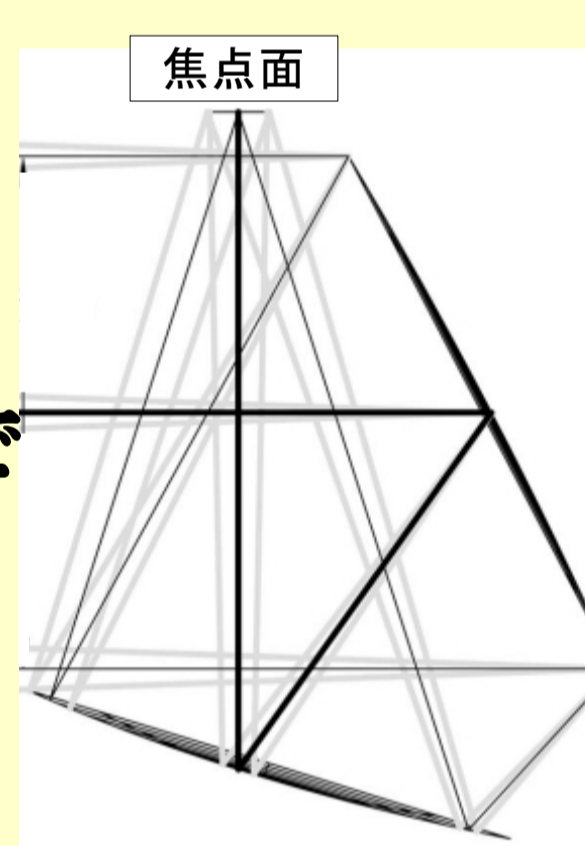
[Mizugutch et. al (1976)]



Crossed type:

主光線は交差
 光学系が大型化

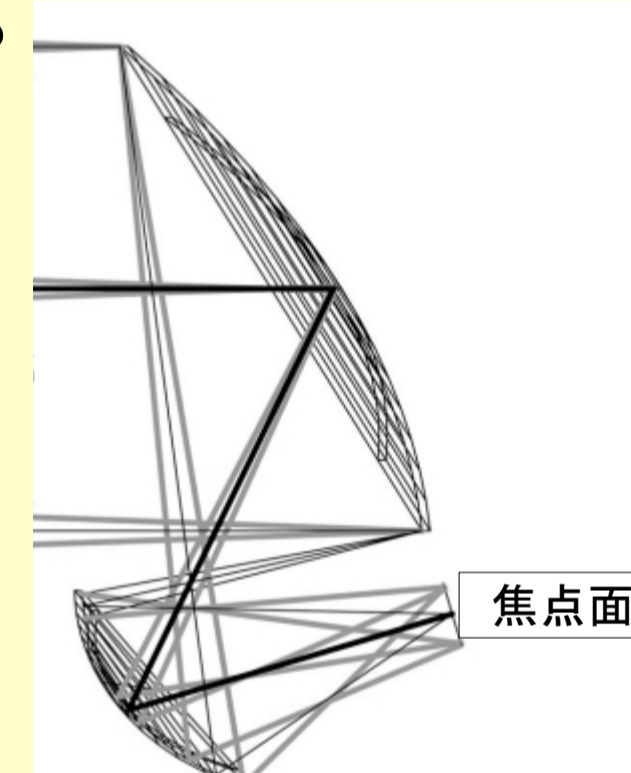
Gregorianと同F値で
 焦点面が広い



Gregorian type:

主光線はジグザグ
 副鏡はコンパクト

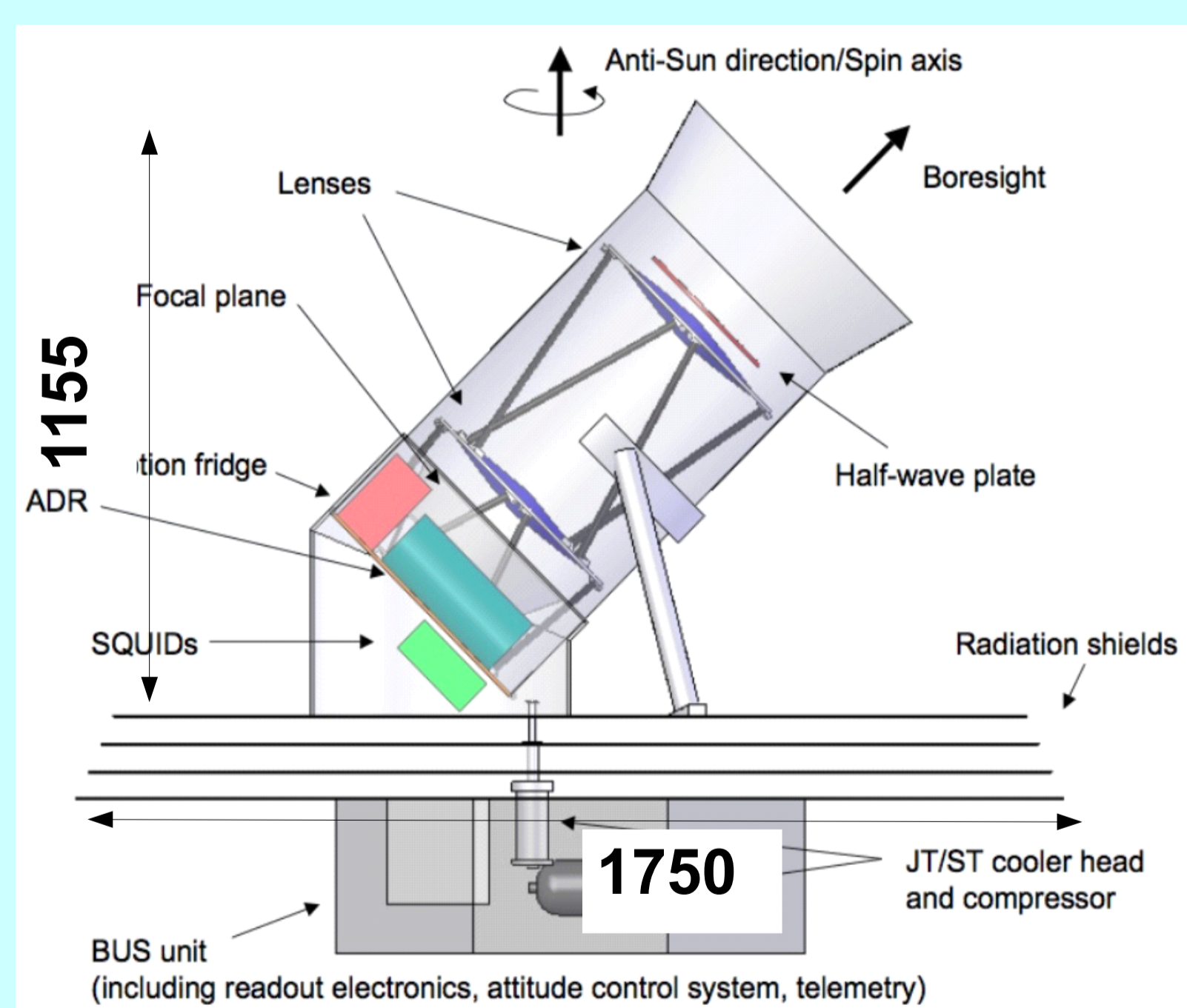
Crossedと同F値で
 焦点面が狭い



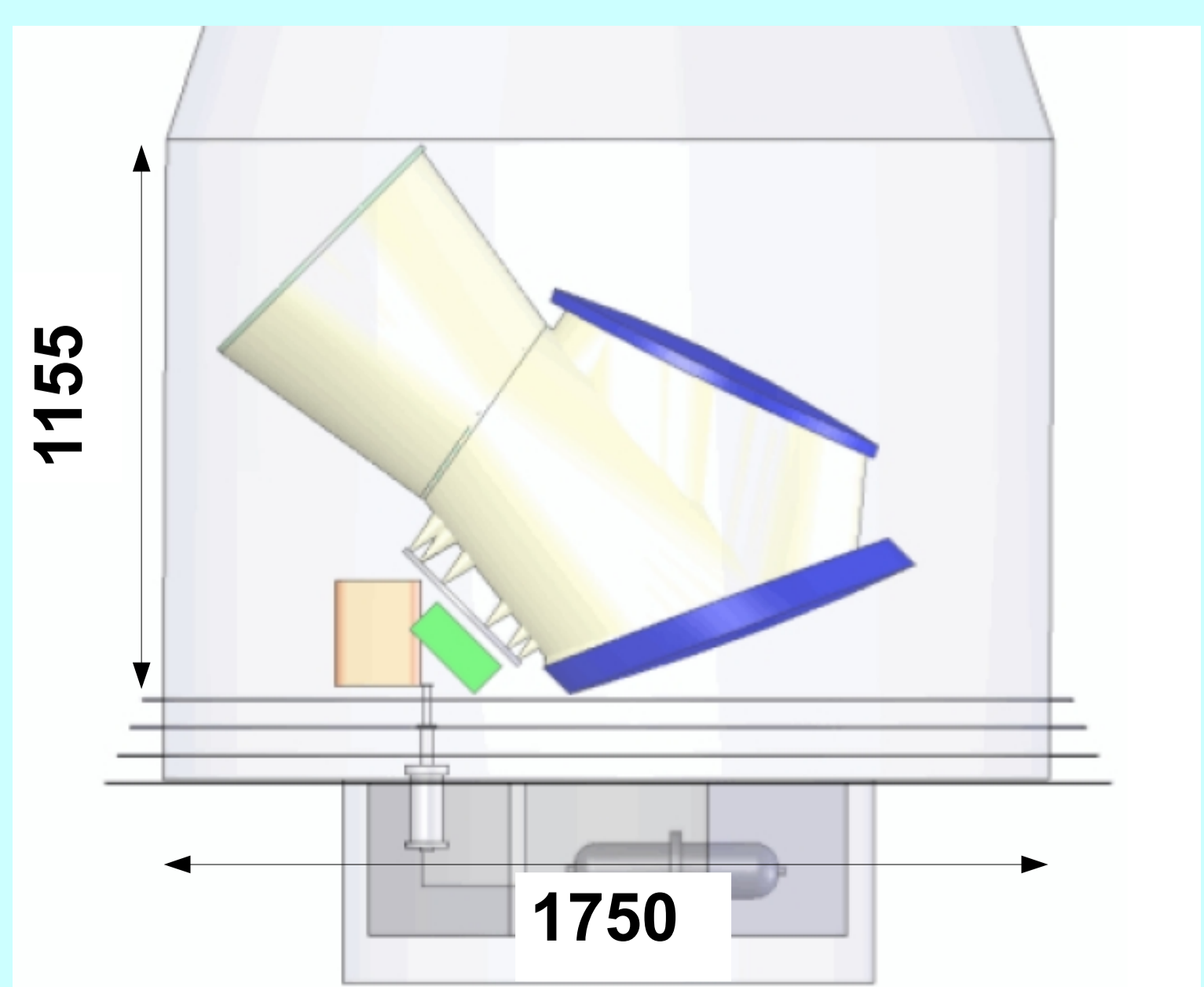
衛星搭載時の望遠鏡光学系

望遠鏡の配置制限
 $\phi 1500\text{mm} \times 1000\text{mm}$ 内
 (バツフル込)

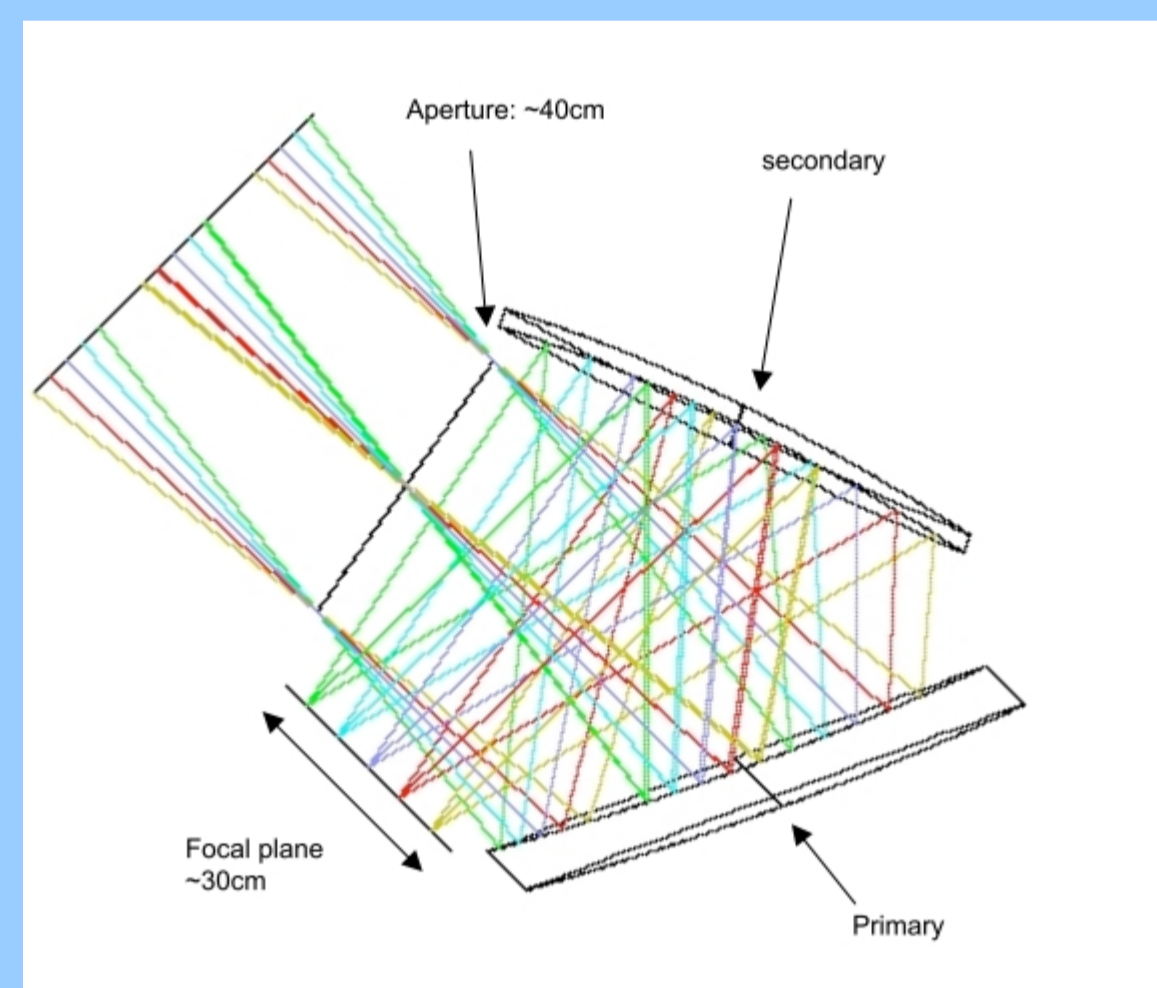
屈折型



反射型



反射型の評価

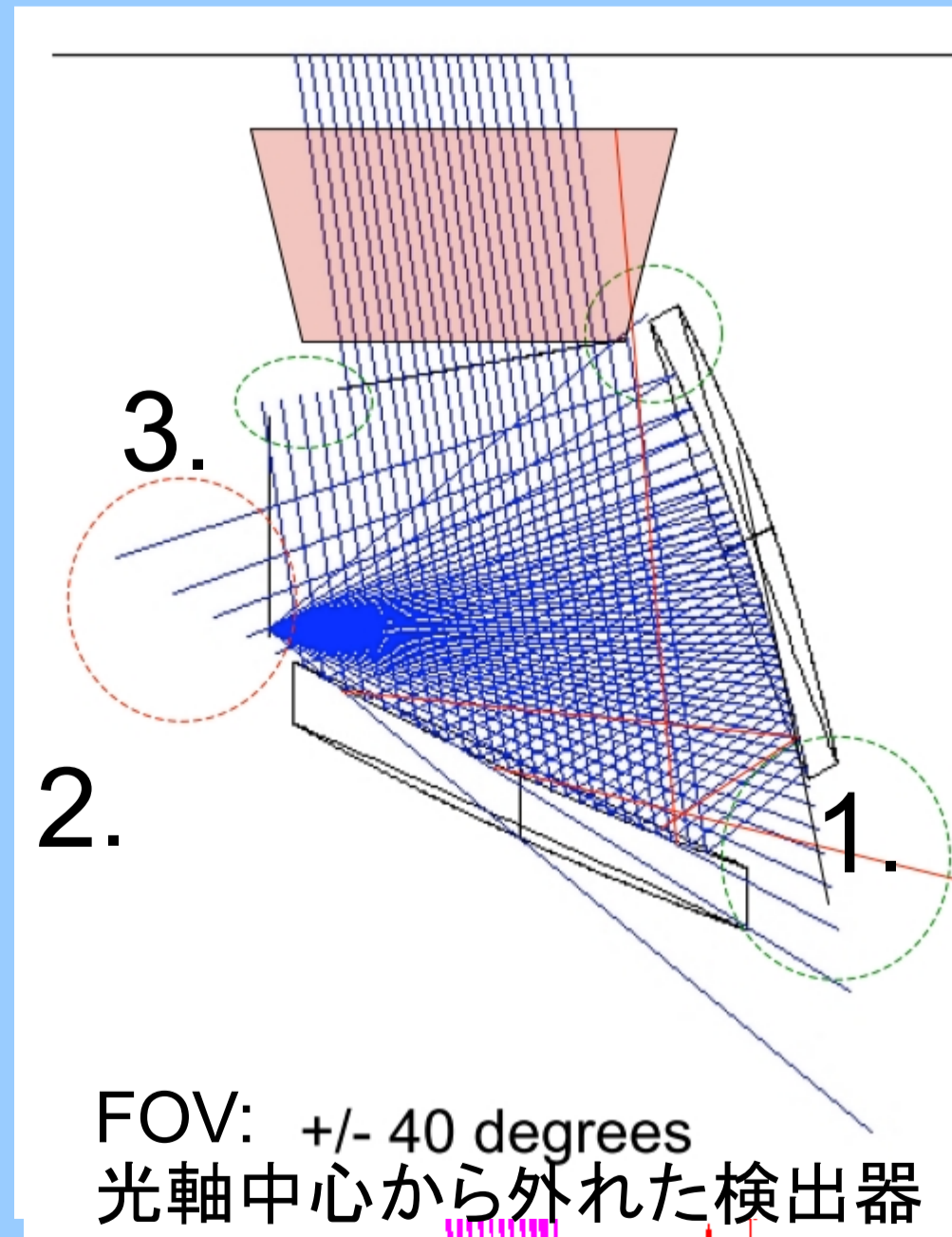


視野: 30°×30°
 平面焦点面全域 @ 300GHzにて
 Strehl ratio > 0.8 (回折限界)
 レンズは不要
 光学系温度: 2Kを保持
 偏光測定: アンテナ結合型

光線追跡では屈折型と同等の条件を確保
 物理光学での評価はGRASP9 (SE)にて評価中

課題

- 装置偏光の特性
 検出器が空以外を見る効果
1. 検出器が副鏡の外を見る効果
 2. 副鏡の反射が検出器面に戻る効果
 3. 副鏡から主鏡への反射が検出器や副鏡でけられる効果



参考文献

- Mizugutch et. al. IEEE 1976 AP-S Int. Symp., pp. 2-5, 10-76
- Huan Tran et. al Applied Optics 2008 pp103-109, 47-2
- Study of the Experimental Probe of Inflationary Cosmology - intermediated Mission for NASA's Einstein Inflation Probe (4 June, 2009)
- Bolli et al. INAF-IRA Internal report #428/2009