

# HiZ-GUNDAM搭載近赤外線望遠鏡の光学系の設計

大橋 秋聡、松浦 周二(関西学院大)、津村 耕司(東京都市大)、川端 弘治(広島大)、佐野 圭、米徳 大輔(金沢大)、野田 博文(大阪大)、新納 悠(東京大)、浦田 裕次(NCU)、他 HiZ-GUNDAM WG

## 概要

HiZ-GUNDAMは遠方のガンマ線バースト(GRB)をいち早く広視野のX線観測装置により位置特定するとともに、搭載した可視光・近赤外線望遠鏡による観測から高赤方偏移イベントの選定を速報する。小型衛星ミッションである。 $z>7$ のGRBを検出するために必要な、口径30cmの望遠鏡を装備しビームスプリッター光学系により、4波長バンド同時測光を行う。広い観測天域をカバーする為、太陽や地球からの迷光を低減する光学設計を行った。本講演ではこの設計の現状と期待される性能について述べる。

## 1. HiZ-GUNDAMによる高赤方偏移ガンマ線バーストの観測

### ＜HiZ-GUNDAMの科学目的＞

- ◆ 時々刻々と変光するGRB残光を4波長バンド同時に測光することで赤方偏移を推定する。
- ◆ 宇宙年齢が7.7億年よりも若い(赤方偏移が $z>7$ )の初期宇宙において最も明るい光源であるガンマ線バースト(GRB)の観測を通して、星形成率の測定や初代星を起源とするGRBの探査、宇宙再電離や重元素合成の歴史の解明など、初期宇宙の物理状態の観測を目指す。
- ◆ 重力波と同期した突発天体の観測により、ブラックホールが誕生する瞬間の極限時空環境における物理現象を探索し、重力波天文学を強力に推進する。

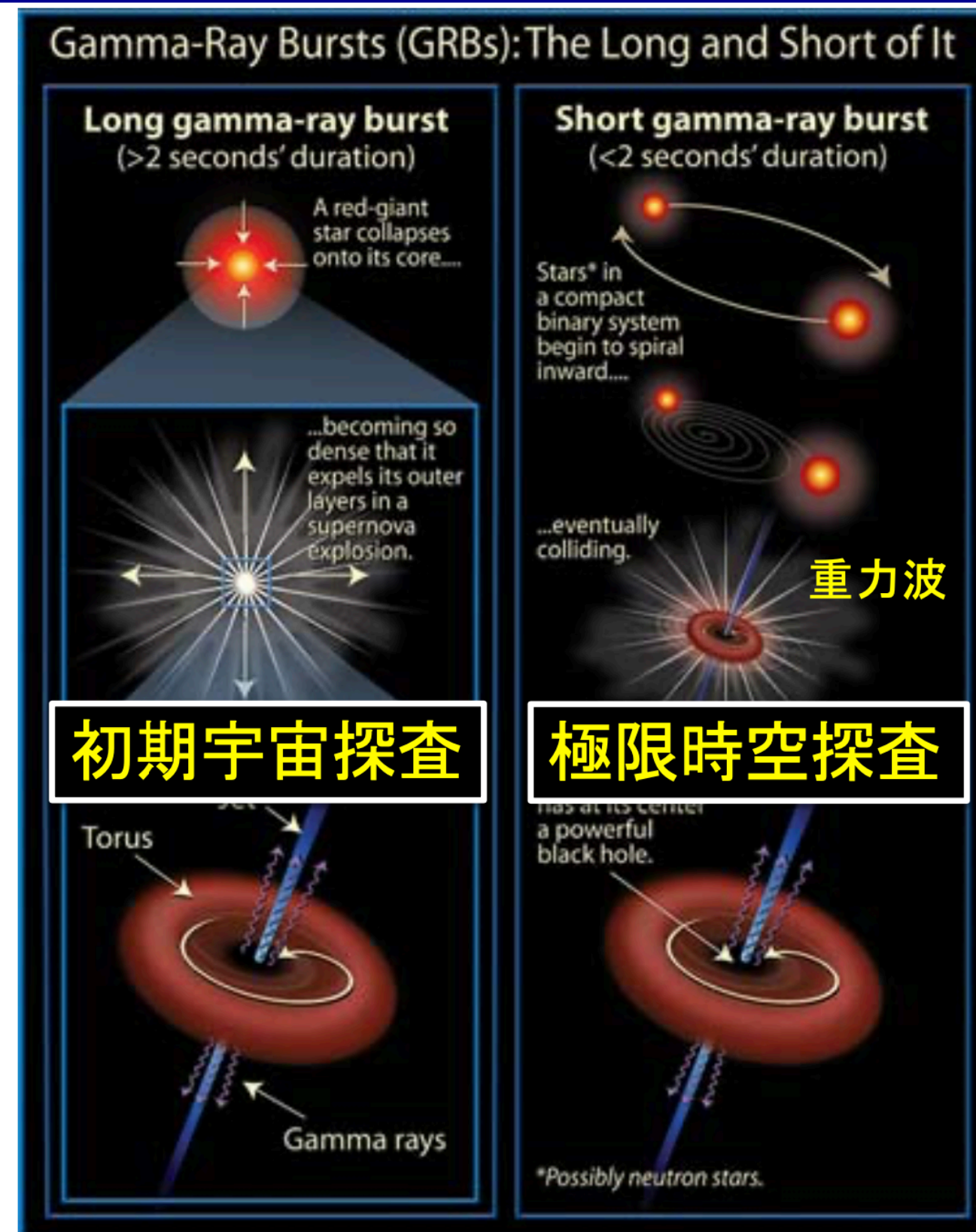
### ＜HiZ-GUNDAM計画＞

超高感度の広視野X線撮像検出器でGRBを発見し、位置を同定

自律制御でGRB方向へ衛星姿勢を変更

可視光・近赤外望遠鏡での観測により赤方偏移を推定

高赤方偏移のアラートを地上の大型望遠鏡に速報



Credits : NASA and A. Feild

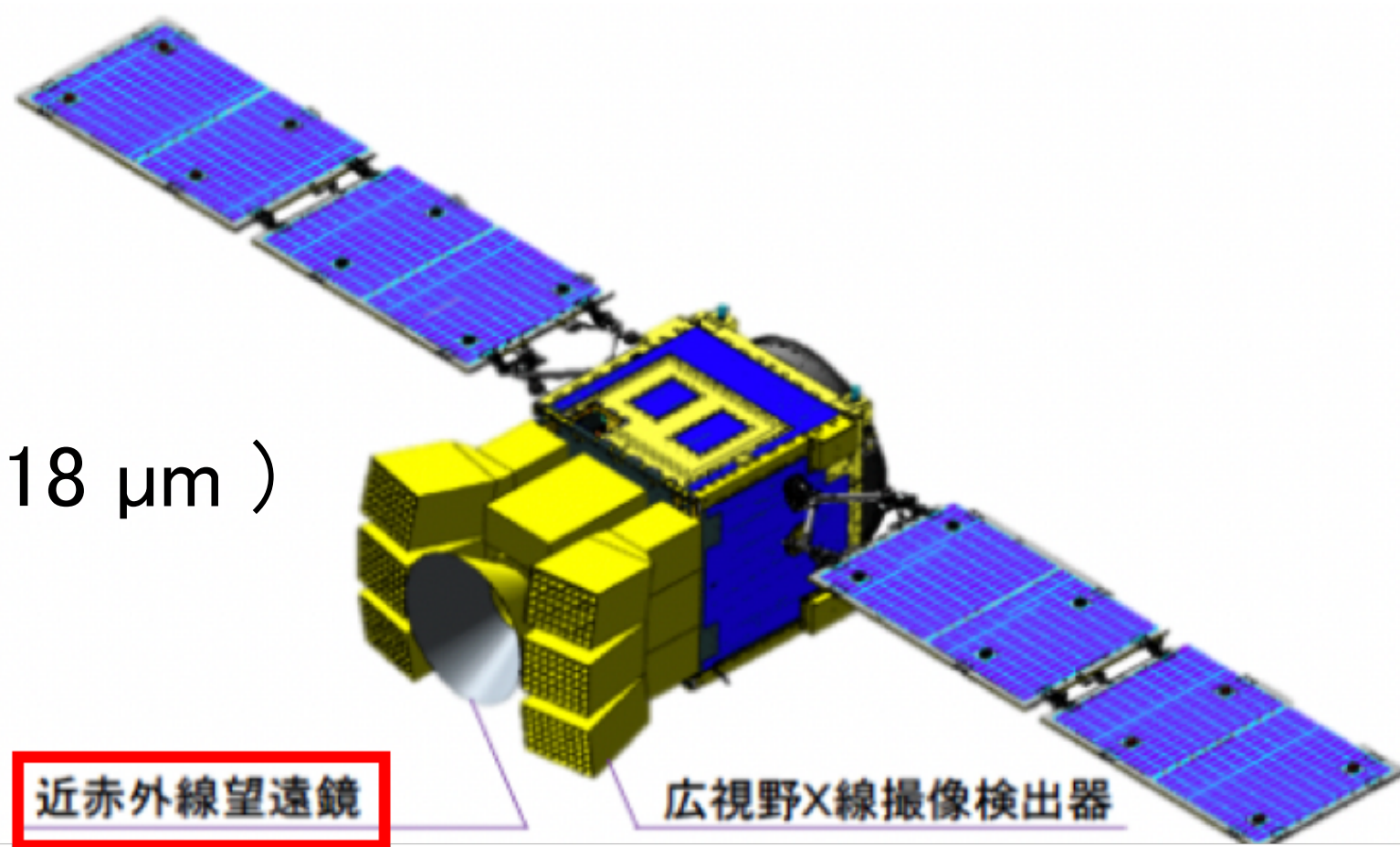
## 2. HiZ-GUNDAM 近赤外線望遠鏡

### ＜要求される性能＞

- 限界等級20.7(AB)(2.0–2.5  $\mu\text{m}$ )
- 視野10分角以上
- 4バンド同時測光
- 冷却光学系
- 高い迷光除去性能

### ＜検討モデルの仕様＞

- 望遠鏡有効口径  $\phi$  300 mm
- 視野角  $0.56^\circ \times 0.56^\circ$
- 角分解能  $< 6''$   
(カメラピクセル分解能  $2''/\text{pix} = 18 \mu\text{m}$ )
- 光学系温度 200 K (放射冷却)
- 観測波長 0.5–2.5  $\mu\text{m}$   
(4波長バンド分割/同時撮像)  
ch1: 0.5–0.9  $\mu\text{m}$ , ch2: 0.9–1.5  $\mu\text{m}$ , ch3: 1.5–2.0  $\mu\text{m}$ , ch4: 2.0–2.5  $\mu\text{m}$
- ミラーを含む全光学系がアルミニウム合金製

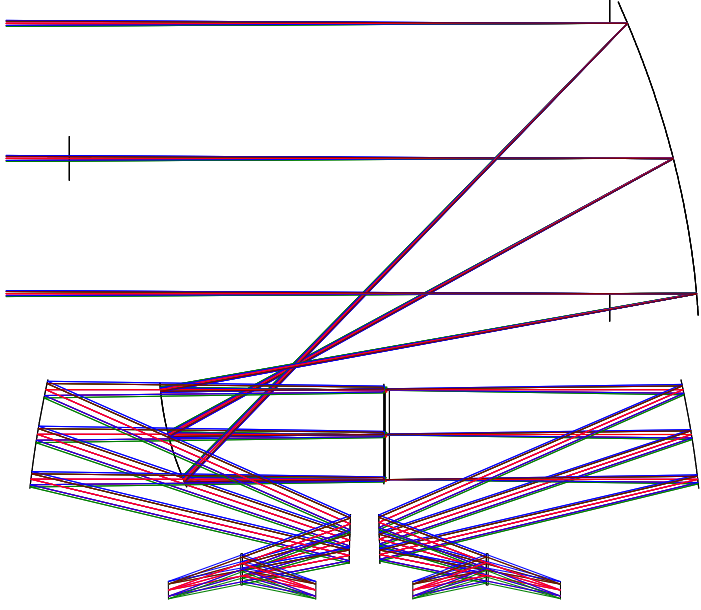


近赤外線望遠鏡

広視野X線撮像検出器

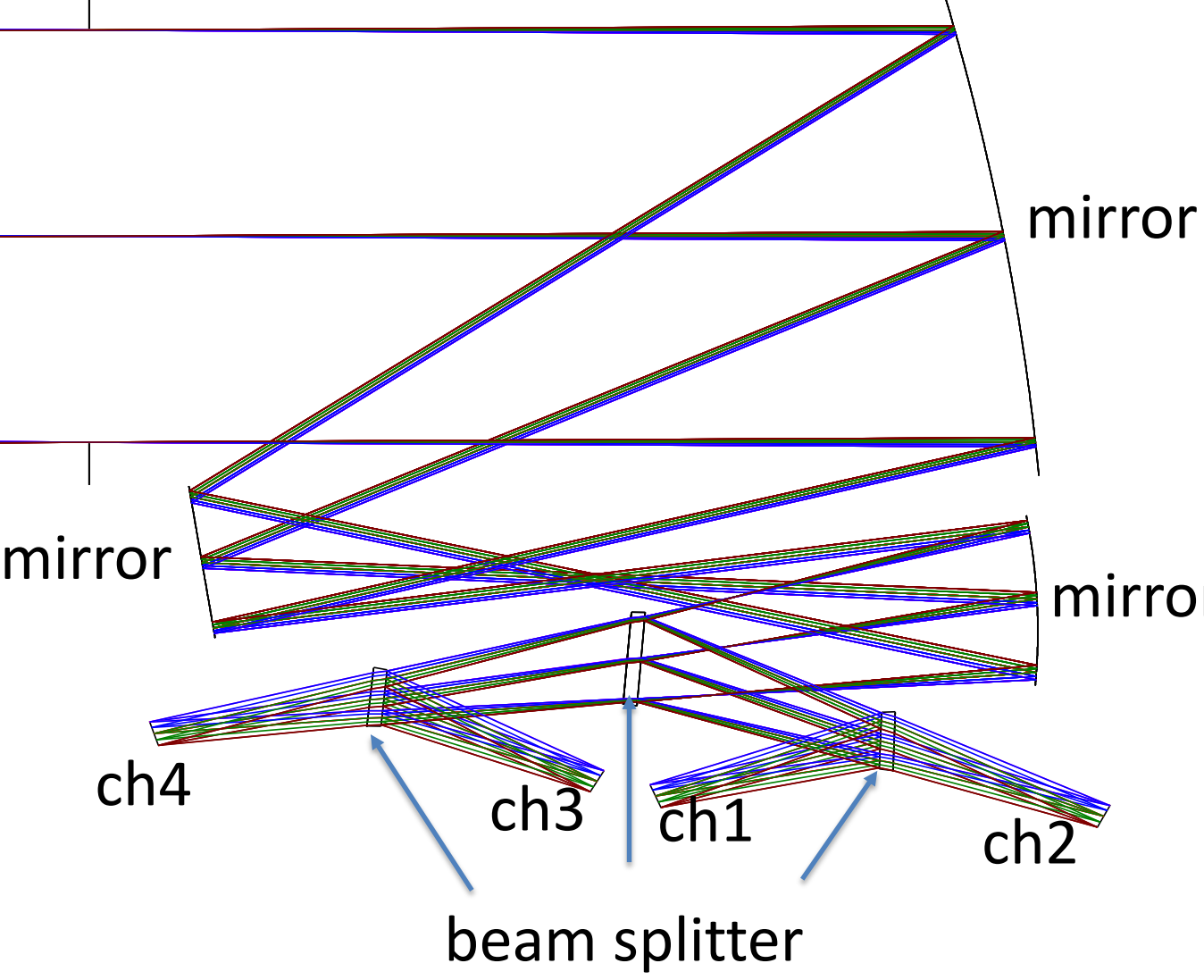
## 3. 検討モデルの光学性能

### ◆ オフセットグレゴリアン(model 1)

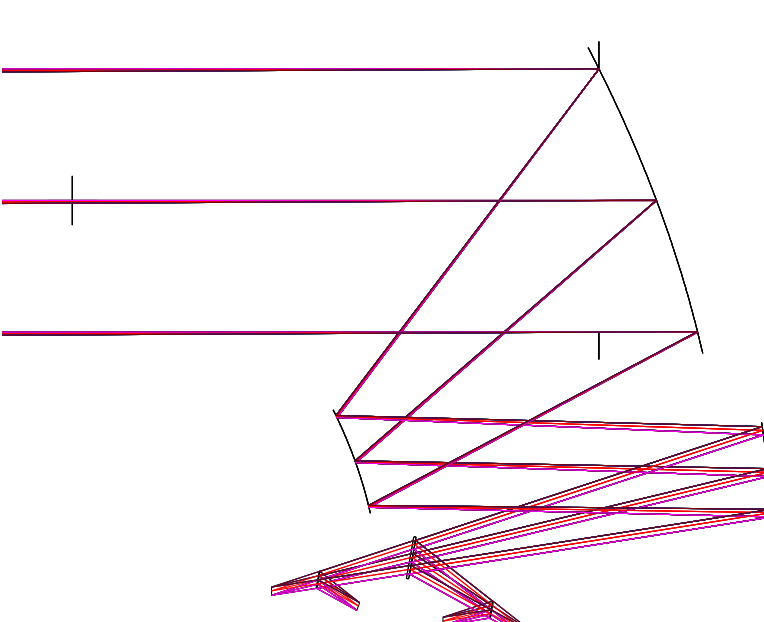


model1,2(関学大) model3(オプトクラフト)

### ◆ ハイブリッド(model 3)

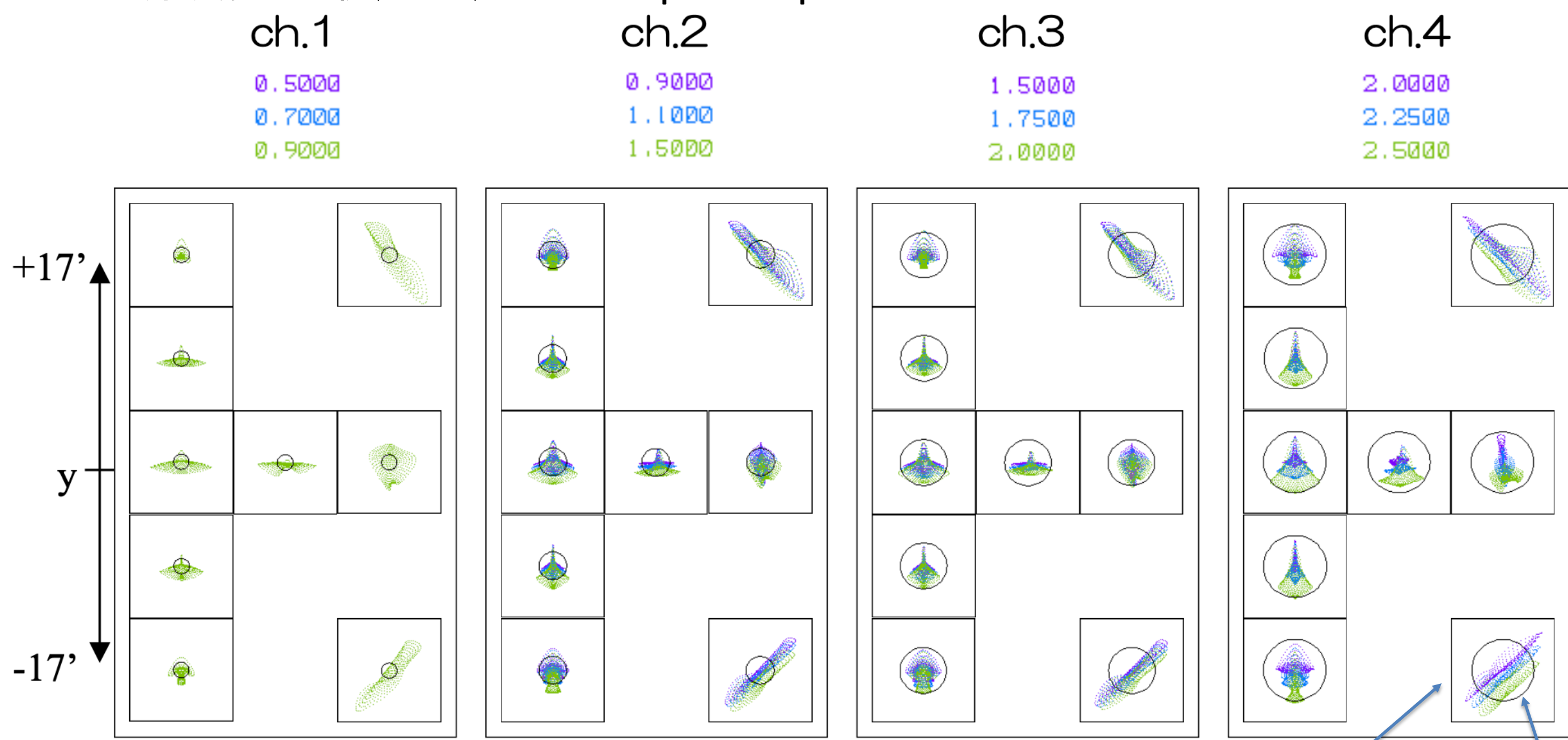


### ◆ オフセットカセグレン(model 2)



ミラー形状は同軸放物面・双曲面に収差補正多項式を付加した自由曲面とした

- 結像サイズは全て要求の3pix以下
- 長波長側のchannelほど色収差が大きくスポットの広がりが大きい
- 回折限界は最長波長でも27  $\mu\text{m}$ と2 pix以下



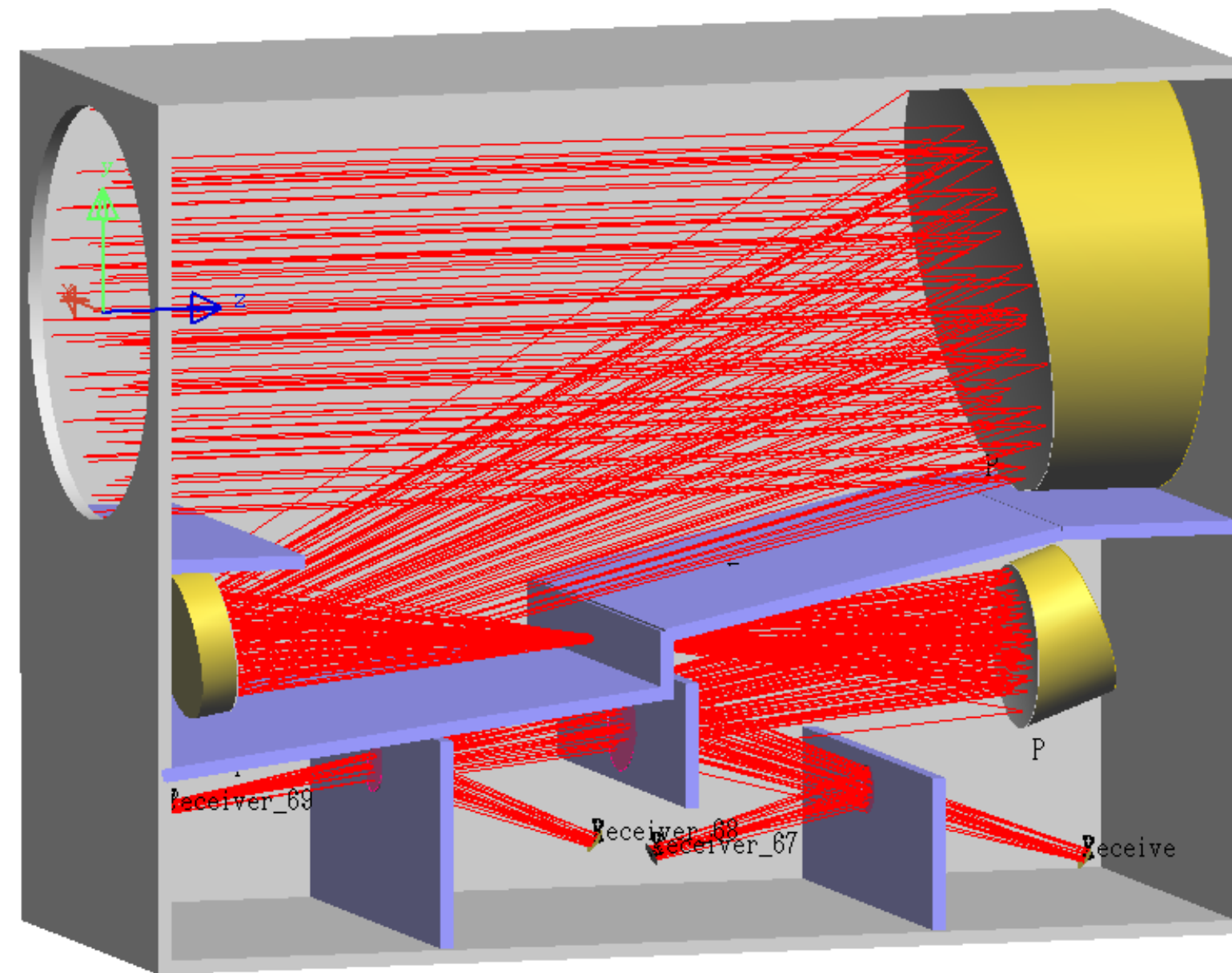
Model3 の各channelでのスポットダイアグラム

Airy Disk (回折パターン)

## 4. 検討モデルの迷光除去性能

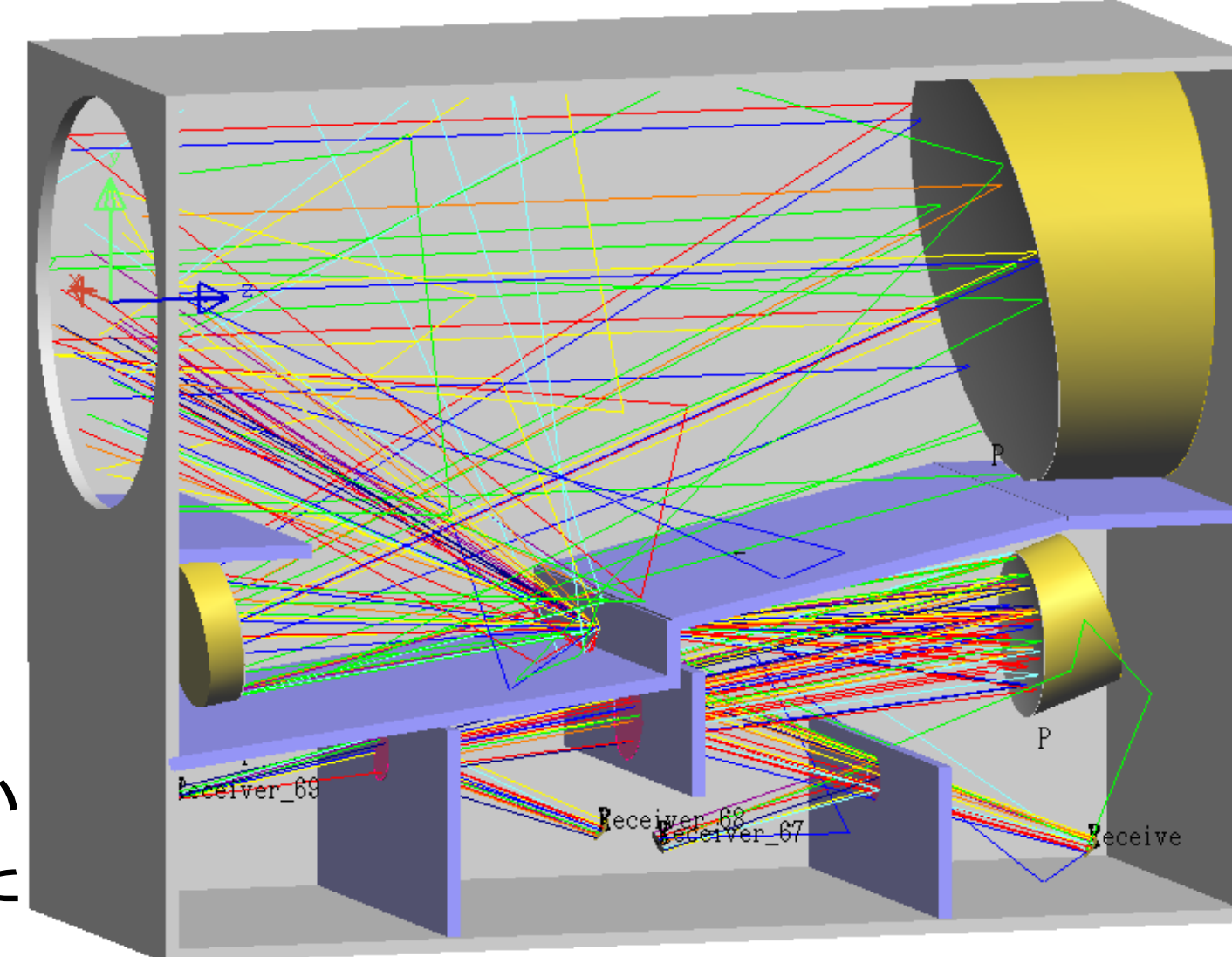
### ◆ 照明解析ソフトウェアを用いて解析

- 作成した光学モデルより、想定される位置関係にミラー、beam splitter を配置
- field stopが機能するように、想定される位置に構体を配置
- 開口面のあらゆる点から全方位に等方に光線を射出して、ミラー面、beam splitterではエネルギー損失なし、それ以外の構体では10%のエネルギーでランバート散乱する設定のもと、迷光のパスを発見し、強度を算出



model3より作成した迷光解析モデル(正規光線)  
黄色 mirror  
ピンク beam splitter  
青、銀 構体(アルミ)

迷光解析モデル(迷光)



迷光/正規光線(強度比)

model1	0.0000874
model2	0.00233
model3	0.0000254

Model1,3が迷光の強度は正規光線に対して5桁低いのに対して、model2は3桁と迷光が強い結果となった

- 現在は開口部バツフルなしのモデルで解析している為、さらなる迷光性能の向上が見込まれる。
- 今後、構体および遮光板の形状最適化により性能向上が見込まれるとともに、より低反射率の黒色塗装を前提とすることも現実的であるため、現時点でも十分な迷光除去性能が達成可能であると考えられる。

## 5. モデルの性能評価

	model1	model2	model3
結像性能	○	◎	◎
迷光除去性能	◎	△	◎
光学効率	○	◎	◎

結像性能を大きく差はなかったが迷光除去性能においてmodel2に難があり、model1にはmirror枚数による光学効率の低下が考えられる。よって3つのmodelの内、最も優れているmodel3を採用した。

## 6. 今後の課題

- ◆ ミラー(特に主鏡)の軽量化のため肉抜きを行なっても鏡面精度を保つことができるか
- ◆ 第一BSは1オクターブを超える透過/反射バンド幅をもつ現設計で現実的に製作可能か
- ◆ アルミミラーの金や銀のコーティングによるガルバニック腐食をいかに抑制するか
- ◆ 自由曲面ミラーをいかなる精度でアラインメントできるか