

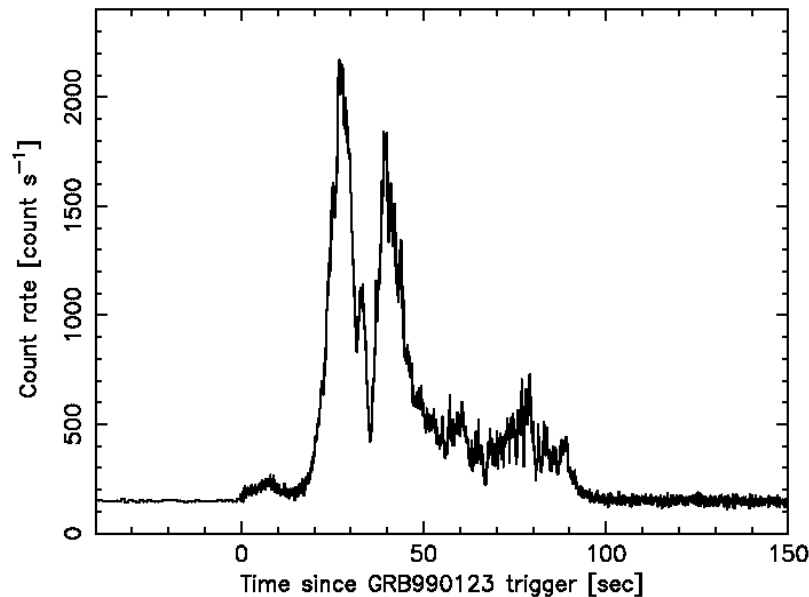
ガンマ線バーストを用いた 初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM

High-**z** Gamma-ray bursts for **Un**raveling the **D**ark **A**ges **M**ission

2022/09/20-22 光赤天連シンポジウム
「2030年代の天文学と光赤外地上・スペース計画: 日本の戦略」

HiZ-GUNDAM プリプロジェクト候補チーム

ガンマ線バースト(GRB)



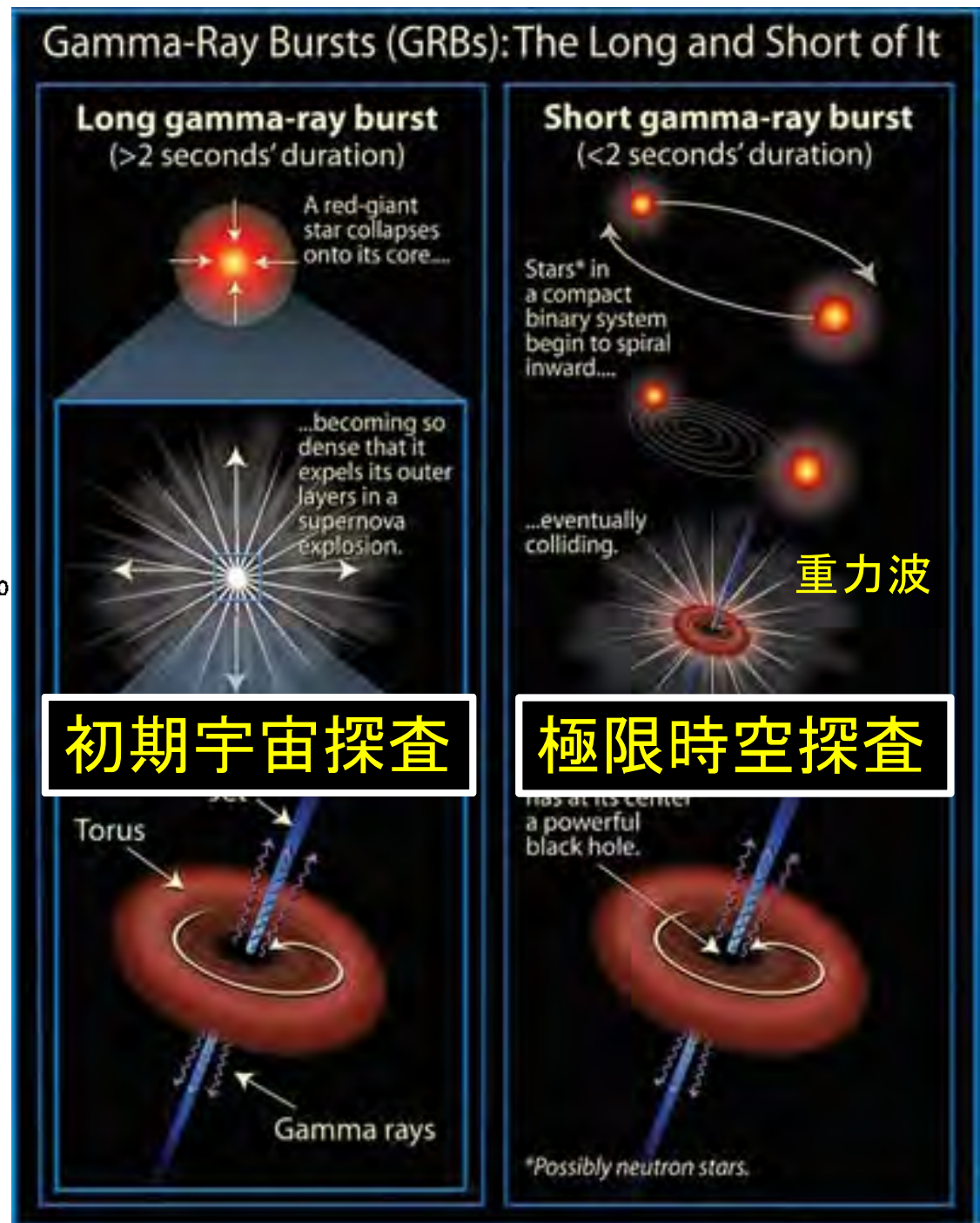
Long GRBs ($T > 2$ sec)

- 大質量星の爆発 ($M > 40M_{\text{sun}}$)
- 超新星爆発との同期
(energetic Hypernovae)

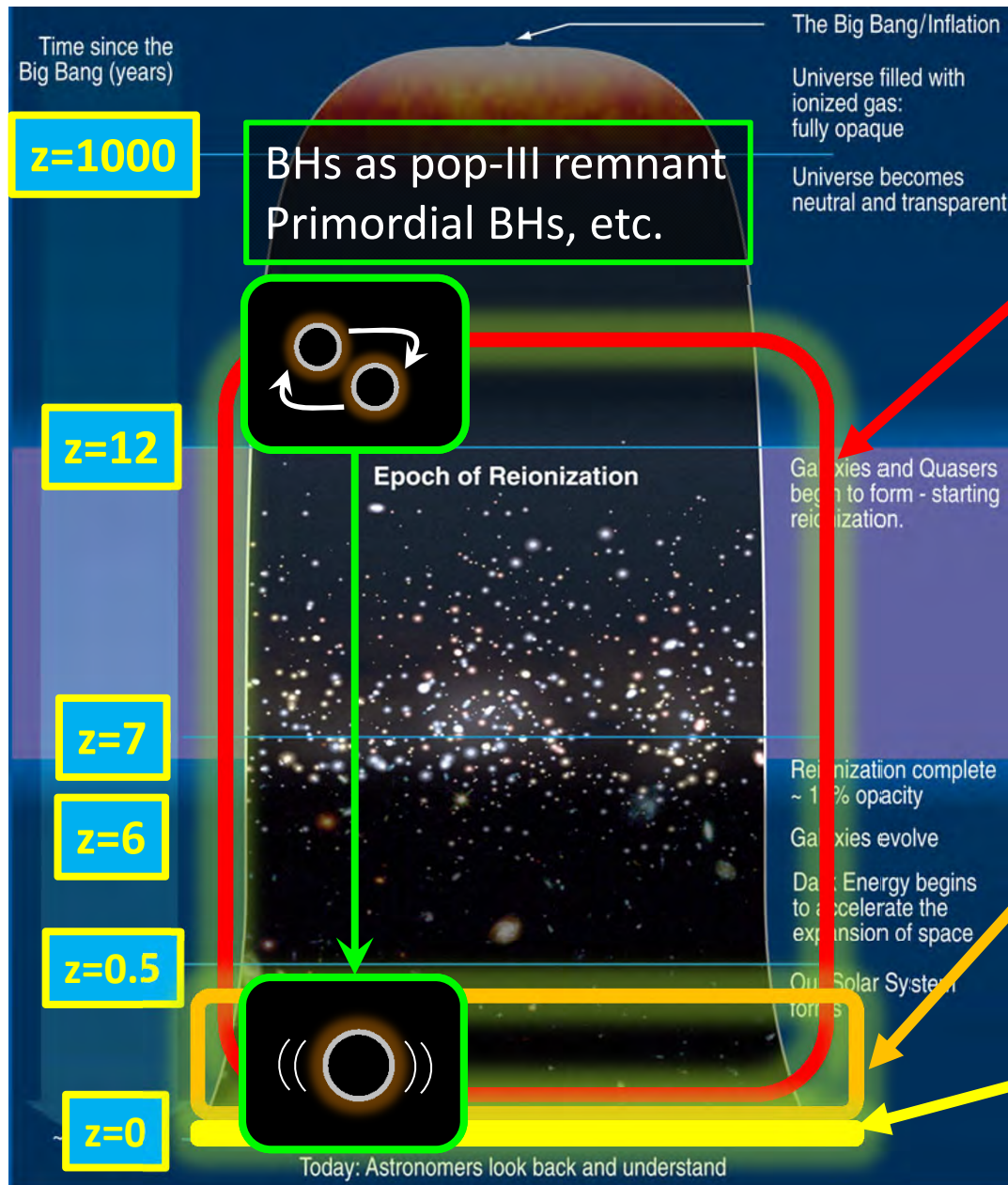
- $E = 10^{50} - 10^{54}$ ergs
- Black Hole + 相対論的ジェット

Short GRBs ($T < 2$ sec)

- コンパクト連星の合体・融合(?)
- $E = 10^{48} - 10^{51}$ ergs
- Black Hole + 相対論的ジェット (?)



Time Domain Astronomy & Multi Messenger Astronomy



・ガンマ線バースト(GRB)

初代星 (Pop-III)
宇宙再電離
重元素合成

・重力波 (Short GRB?)

NS-NS, NS-BH, BH-BH
macronova/r-process

・TeV/PeV ニュートリノ

・SN Shock Breakout

・Tidal Disruption

・Fast Radio Burst

・AGN

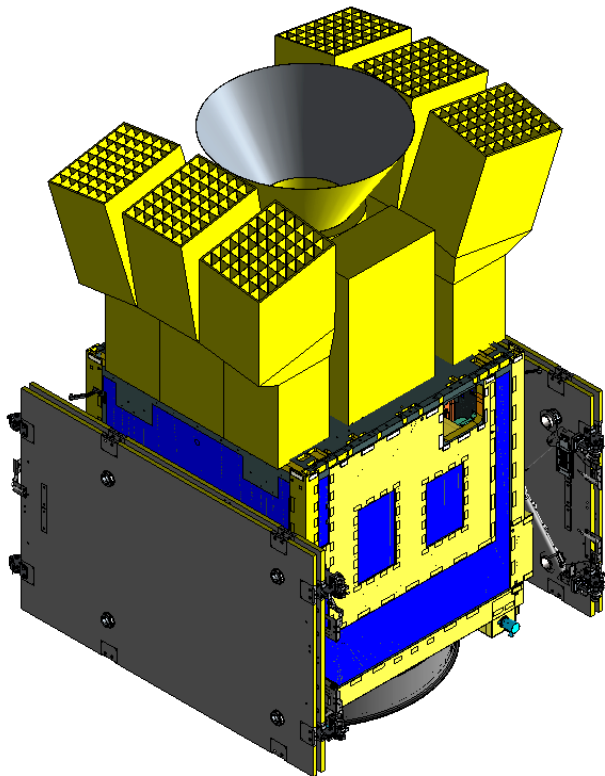
etc.

・恒星スーパーフレア

・銀河系内突発天体

観測の流れ

- (1) X線による突発天体 (GRB /SGRB など) の検出
- (2) 自律制御で姿勢変更を行い、300秒以内に追観測を開始
可視光・近赤外線望遠鏡で残光・キロノヴァを追観測
- (3) 「詳細な方向」「測光赤方偏移」「明るさ」を1時間以内にアラート
- (4) GRB発生から 1.5 時間以内に大型望遠鏡による詳細な分光観測
TAO, すばる, VLT, Keck, Gemini, JWST, E-ELT, GMT, TMT, etc.

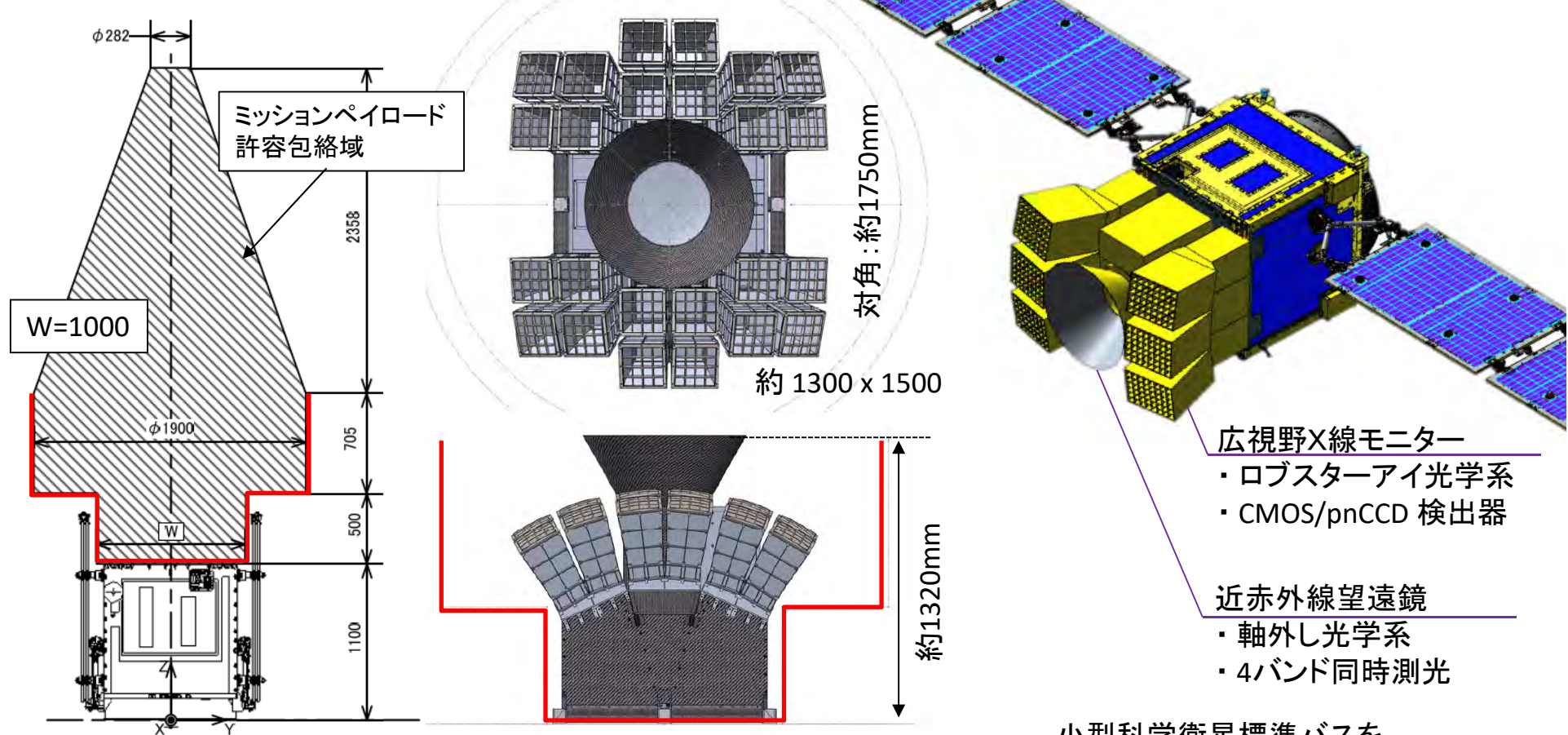


ミッション機器:

広視野X線モニター: 136.3 kg (6 units + 支持構造)
近赤外線望遠鏡 : 35.6 kg
ベースフレーム : 15.5 kg
衛星バス : 約 250 kg Total: 約 440 kg

	HiZ-GUNDAM
打ち上げスケジュール	2030 年頃 (公募型小型5号機)
衛星軌道	太陽同期極軌道 (twilight)
姿勢変更速度	1 deg/sec
衛星質量	約 440 kg
ミッション期間	> 3 years
アラート送信方式	イリジウム SBD, VHF (SVOM地上局)
メンバー数	84名/32機関 (韓、英、伊、等を含む)

High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission

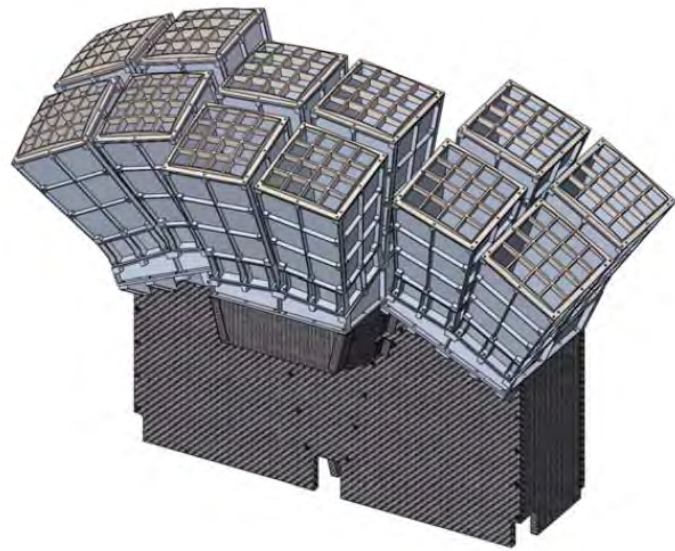


HiZ-GUNDAM衛星主要諸元

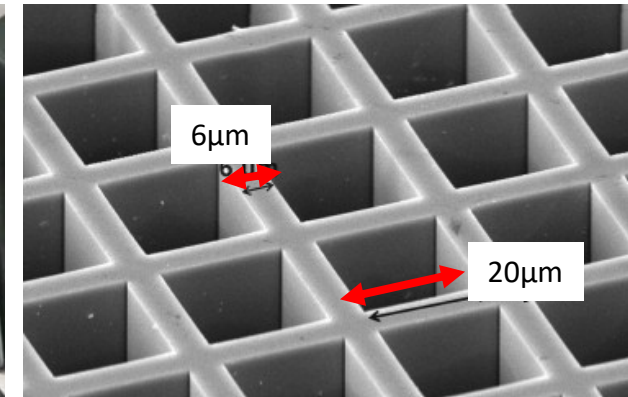
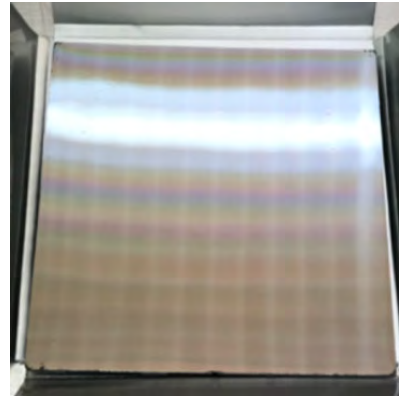
小型科学衛星標準バスを
想定したコンフィギュレーション図

	パラメータ
想定打上げ時期	2030頃
衛星軌道	太陽同期極軌道 (昼夜境界線)、高度 600 km 程度
衛星質量	約 440 kg (ミッション機器 187.4 kg, 衛星バス 250 kg を想定)
ミッション期間	> 3 years

広視野X線モニター



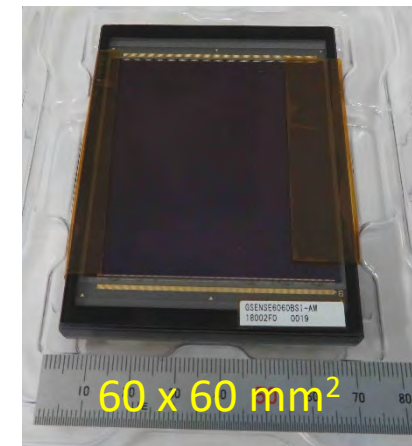
ロブスターアイ光学系 (Micro Pore Optics)



CMOS/pnCCD 制御基板BBM

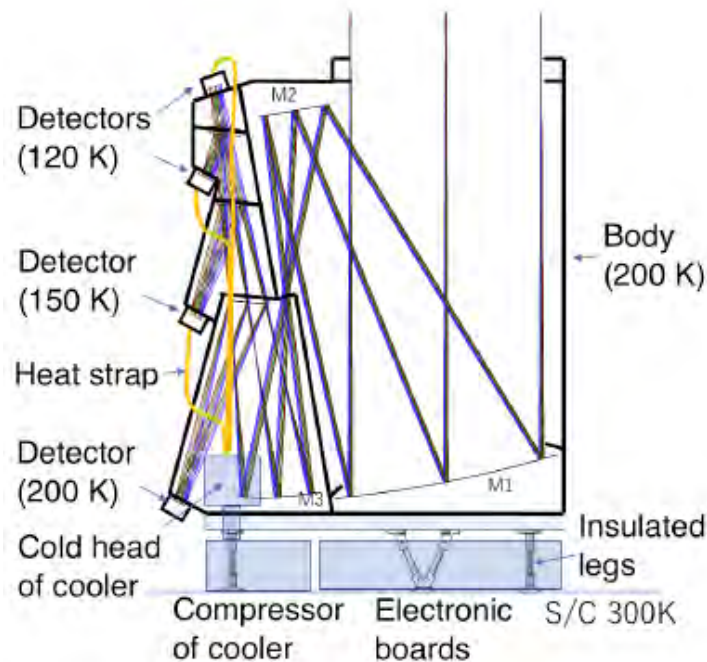
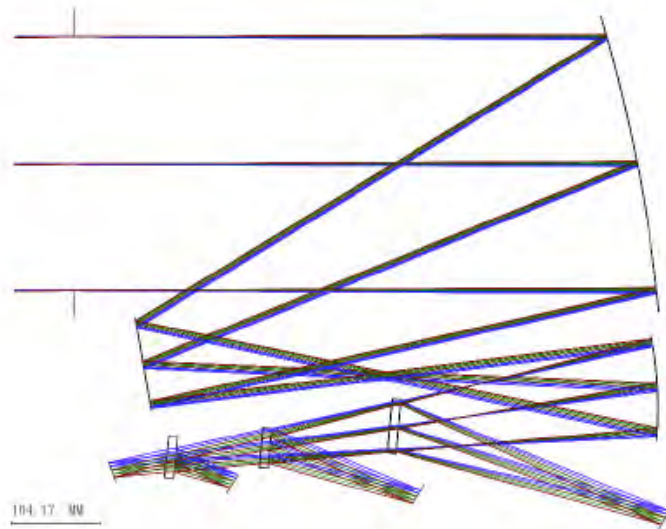
大型CMOS 検出器

Items	Parameters
Energy band (keV)	0.4 – 4 keV
Telescope type:	Lobster Eye Optics
Module aperture size	192 x 192 mm ²
Number of module	24
Field of View	> 1.0 str (total)
Focal length	300 mm
Focal plane detectors	CMOS/pnCCD array
Number of detectors	24
Sensitivity	~ 1e-10 (erg/cm²/s) For 100 sec
Position Accuracy	~ 3 arcmin



- ・ X線イベント抽出／フレーム撮像 (小型 CMOS)
- ・ 画素ビニング処理
- ・ 小型 CMOS の放射線耐性試験
- ・ 大型CMOS の性能評価

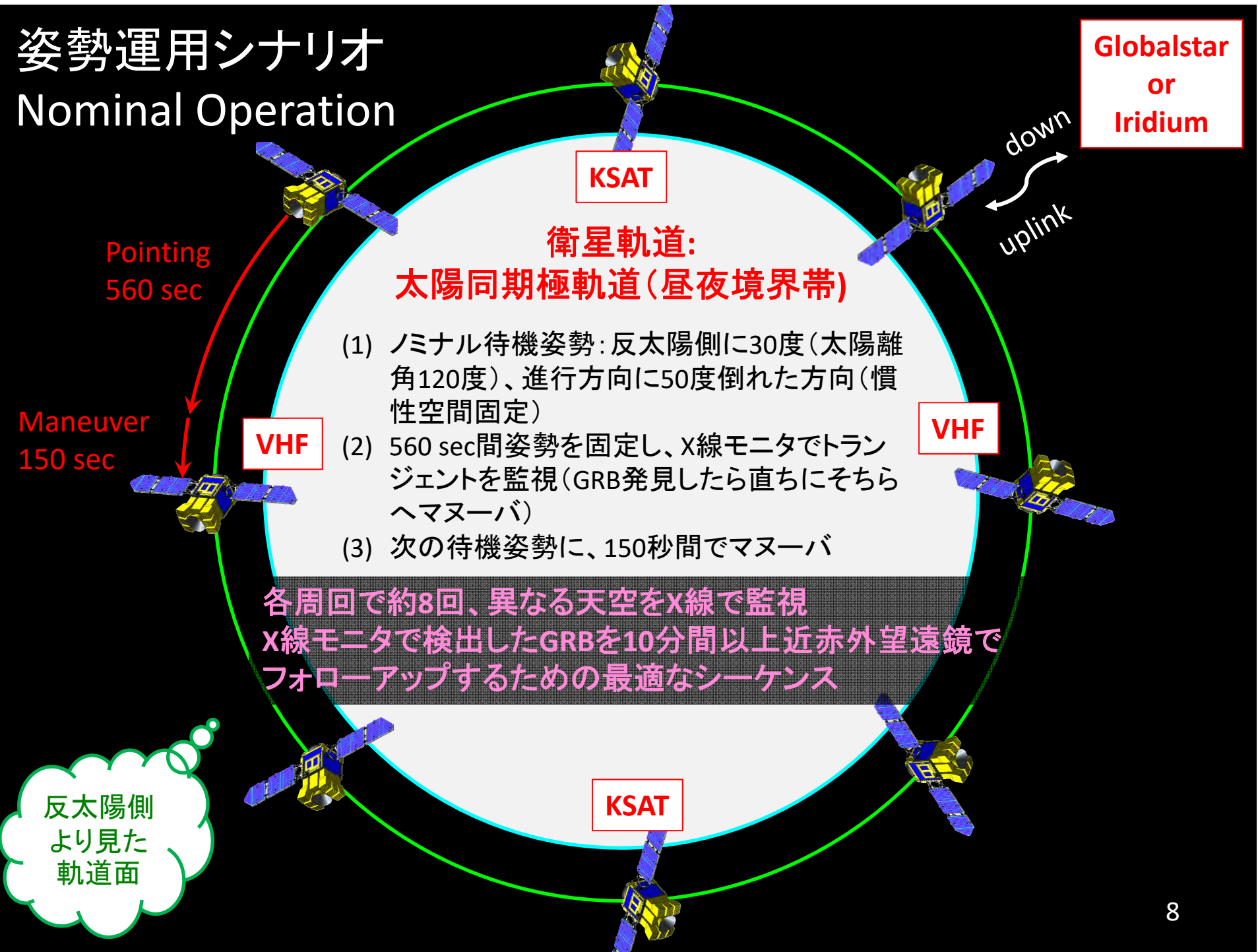
近赤外線望遠鏡



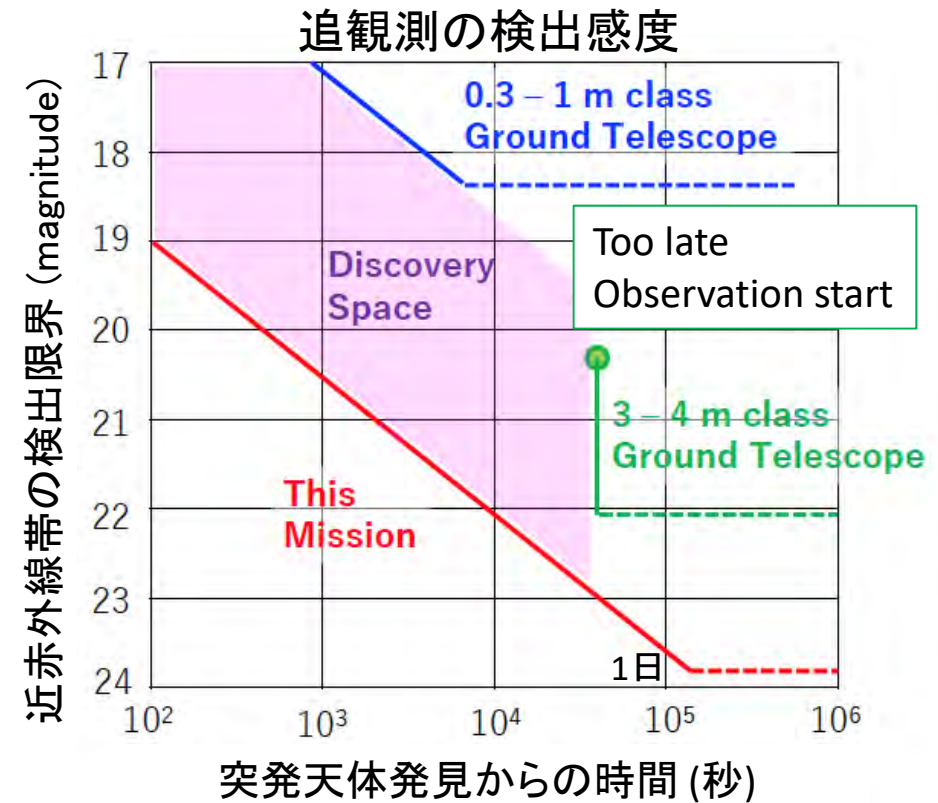
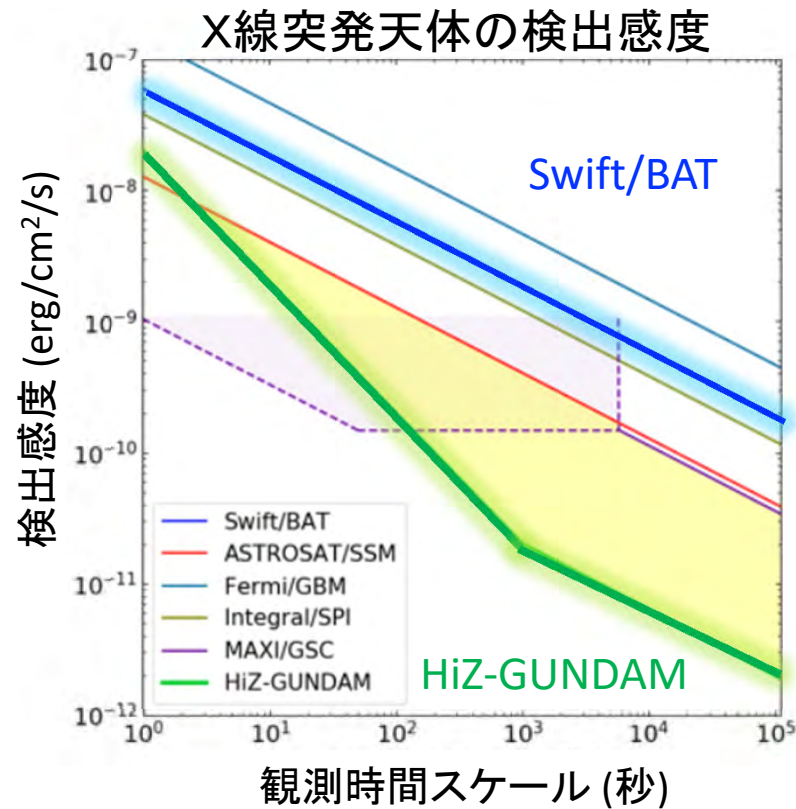
- 軸外し光学系＋フィールドストップによる迷光除去
- 0.5 – 2.5 μm を4バンドに分割し、4バンド同時測光
- オールアルミで熱収縮を相似変形として吸収
常温アラインメント → 200 K 低温環境で
結像性能を保つ
- 光学系案、光学素子／検出器の配置案
- 検出器冷却用の機械式冷凍機を含めた熱検討・
構造検討を実施中

Items	Parameters			
Telescope type	Three Mirror Anastigmat (TMA)			
Aperture size	30 cm			
Focal length	183.5 cm			
F number	F6.1			
Field of view	34 arcmin $\times$ 34 arcmin			
FoV per pixel	2 acsec $\times$ 2 arcsec			
Image size	3 pixel $\times$ 3 pixel			
Integration time	10 minutes (2 minutes $\times$ 5 frames)			
Observation Band (μm)	0.5–0.9	0.9–1.5	1.5–2.0	2.0–2.5
Band width	0.4 μm	0.6 μm	0.5 μm	0.5 μm
Limiting Magnitude mag (AB)	21.4	21.3	20.9	20.7
Focal detector	HyViSi	HgCdTe	HgCdTe	HgCdTe

姿勢運用シナリオ Nominal Operation



検出期待値



X-ray	event/yr	X-ray	event/yr	Near Infrared	event/yr
GRB ($6 < z < 12$) best	26	Tidal Disruption	60	afterglow ($6 < z < 12$) best	13
GW/SGRB prompt	~8	SN Shock Breakout	> 5	macronova	~8 + α
GW/SGRB E.E.	~8	Stellar Flare	many	Supernovae	40
GRB/SGRB	~700	Direct collapse BH	a few	afterglow of GRB/SGRB/XRF	many
Low-Luminosity GRB	> 5	Accretion induced collapse	~10	Variable stars	many
X-Ray Flash	50				

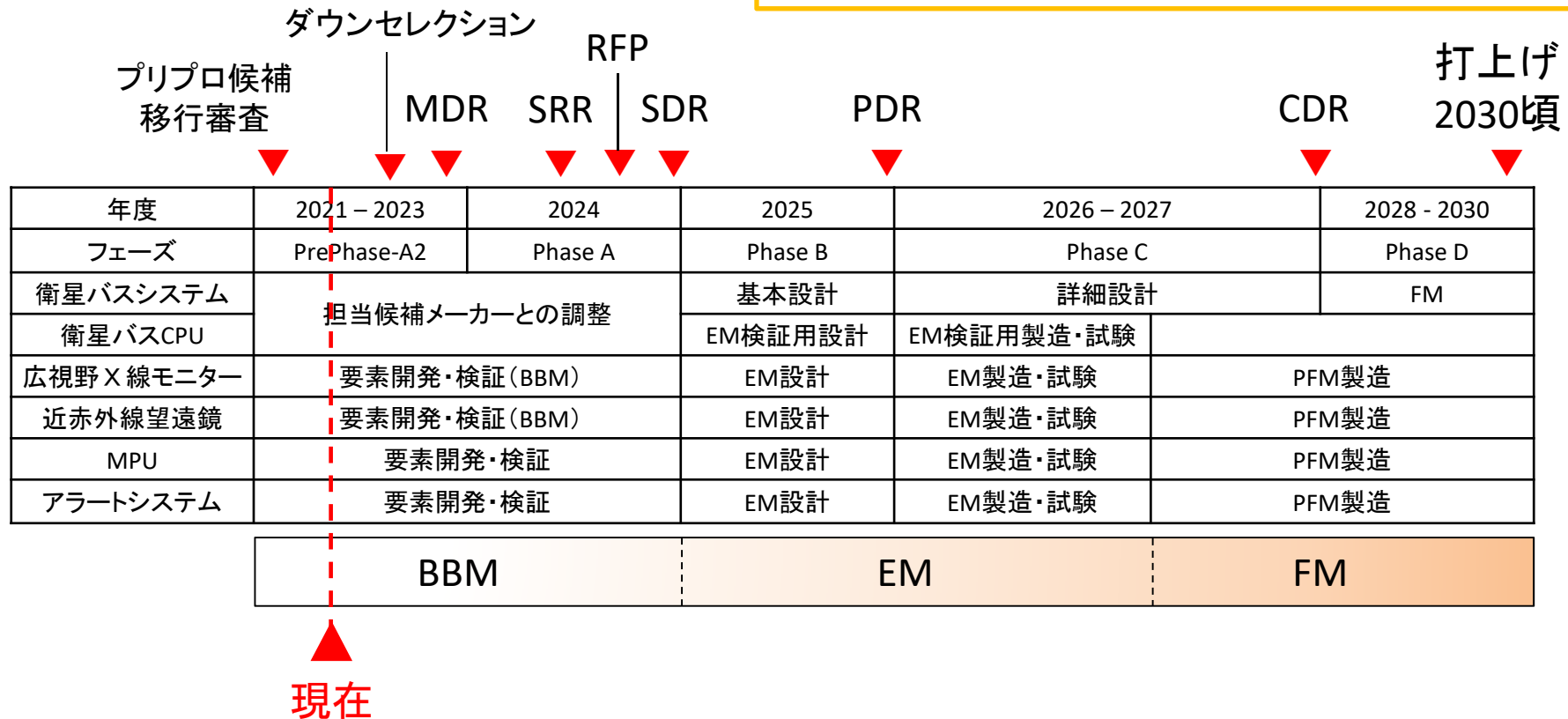
Swift 時代: 赤方偏移 $z > 6$ の GRB は約 0.5 event/yr
良質な分光スペクトルは 0.1 event/yr

→ HiZ-GUNDAM は約 20~30倍
→ HiZ-GUNDAM は約 100倍

スケジュール・マイルストーン

MDR: ミッション要求審査
SRR: システム要求審査
RFP: Request for Proposal

SDR: システム定義審査
PDR: 基本設計審査
CDR: 詳細設計審査



- 2021年末にプリプロジェクト移行審査に合格
- 2022年度は、衛星バス・X線モニター・近赤外望遠鏡・MPUそれぞれについて、メーカーを交えての概念検討を実施中
- 2022年12月頃にダウンセレクション

ダウンセレクションに向けて(1): コスト推定の精度をあげる

- 2022年12月予定のダウンセレクションに勝ち抜くために、コストキャップにおさめることは絶対条件
- **コスト推定の精度を上げる**
 - A) 複数のメーカー検討を通して、衛星・ミッション部のコスト推定の精度を高める
 - B) HZGチームが主体の観測装置検討においては、技術課題を洗い出し、開発計画を明確化することがコスト推定の精度向上につながる

ダウンセレクションに向けて(2): 観測装置仕様の変更について

- コスト推定の精度向上のために、観測装置仕様の変更も視野に入れる。具体的には以下:
 - 広視野X線モニター：6台 → 4台
 - 視野が2/3になる → 検出期待値が2/3になる
 - 近赤外線望遠鏡：
 - 温度要求の緩和 (200K → 270K)
 - ⇔ 観測波長域 $<2.5\ \mu\text{m}$ → $<2.1\ \mu\text{m}$

ダウンセレクションに向けて(2): 観測装置仕様の変更について

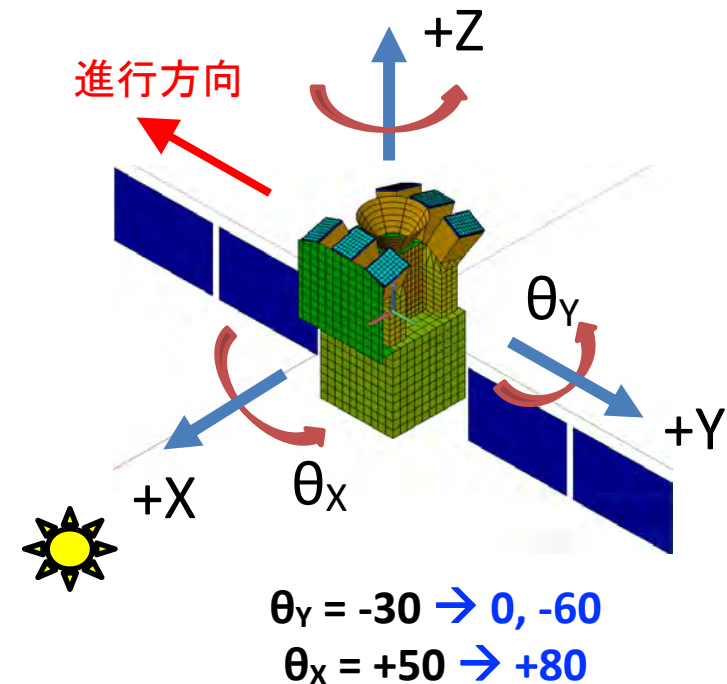
- コスト推定の精度向上のために、観測装置仕様の変更も視野に入れる。具体的には以下:
 - 広視野X線モニター：6台 → 4台
 - 視野が2/3になる → 検出期待値が2/3になる
 - 近赤外線望遠鏡：
 - ~~温度要求の緩和 (200K → 270K)~~
~~⇔ 観測波長域 <2.5 μm → <2.1 μm~~
 - 検出器数の削減 → 視野の削減（この後述べます）

仕様の変更には、コミュニティとの議論と合意が必要

ダウンセレクションに向けて(2) 近赤外線望遠鏡の開発課題

- 熱構造設計の詳細化

- 熱構造概念設計の成立性の確認
 - 常温打ち上げ・軌道上で冷却
 - アサーマルな光学設計とその実現性
 - 断熱支持構造
- GRBフォローアップ姿勢(最悪姿勢)での熱的成立性？

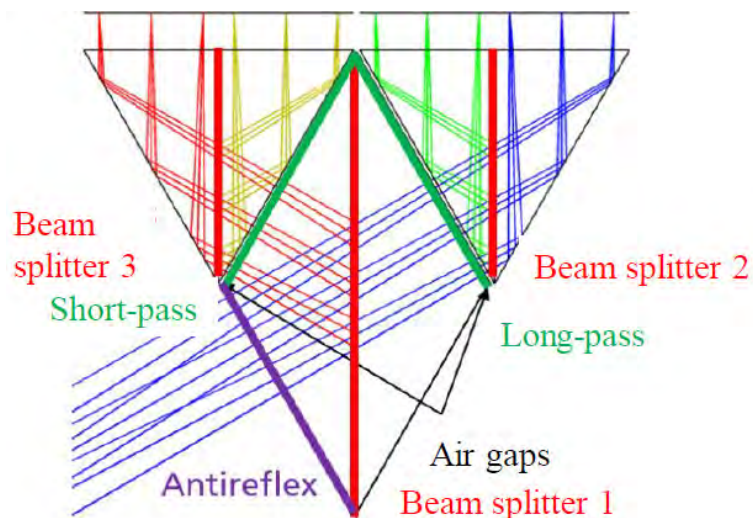


- 検出器の選択

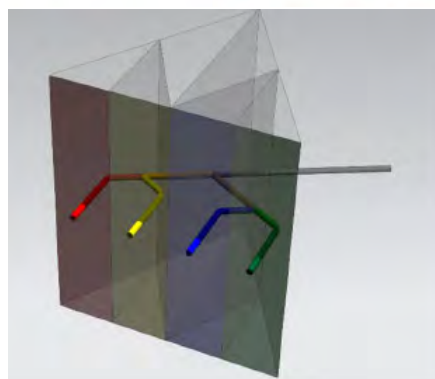
- ベースラインはTIS社のH1RG × 3チャンネル
- JASMINEで開発中のInGaAsを使用？
- ケスター(Kösters-type)プリズムの導入による検出器個数の削減？

近赤外望遠鏡の課題 (Cont.)

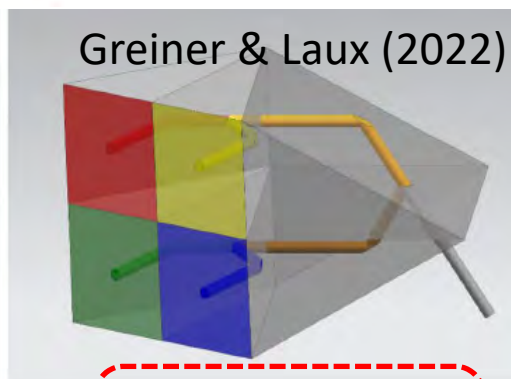
ケスター (Kösters-type) プリズムの導入？



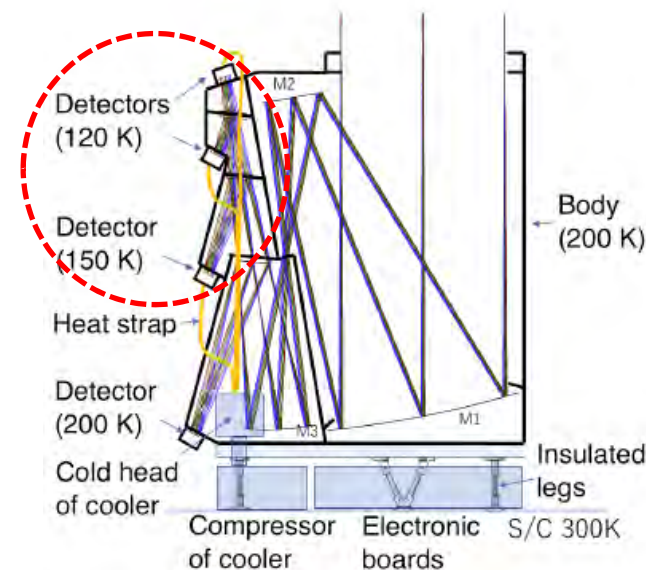
- 現在ビームスプリッターで3つの検出器に振り分けているところを1個に (波長帯は4分割)
- コスト削減／視野は減少



1 × 4 短冊分割:
FoV = 8.5' × 34'



2 × 2 田型分割:
FoV = 17' × 17'

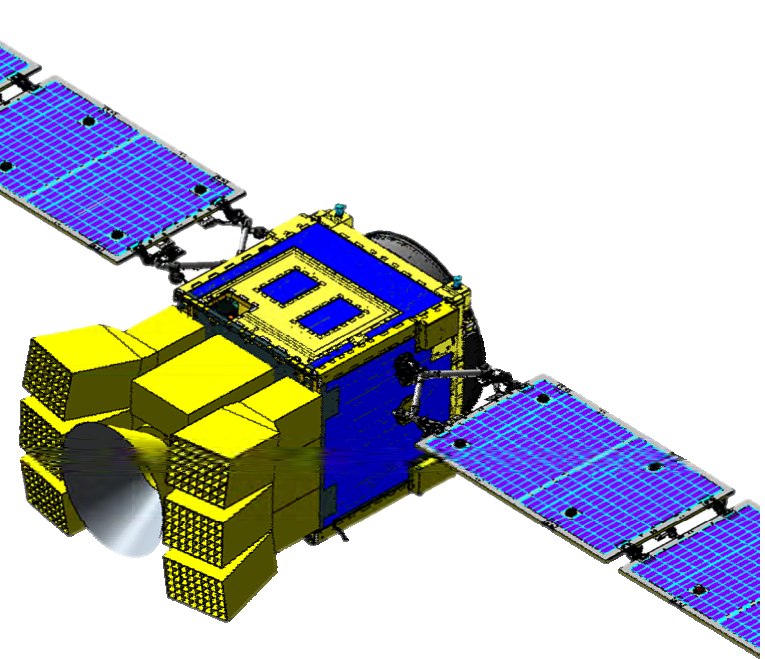


製作経験のある国内メーカーと、
衛星搭載仕様を満たすものが低
コストで作れるか、検討中

視野はX線モニターによるGRBの位
置決定精度から10分角は必要

HiZ-GUNDAM 計画まとめ

- ガンマ線バーストを用いた「初期宇宙探査」と「極限時空探査」を推進する計画
- 2018年に公募型小型衛星としてのミッションコンセプト案が採択され、2021年末にプリプロジェクト移行が認められた
- 2030年頃の打上げを目指し(公募型小型5号機)概念検討をメーカーも含めて実施中
- 2022年12月頃、ダウンセレクション
- コスト削減／ミッション成立性を高めるため、観測装置仕様の変更も視野に入れて検討中(X線モニター の台数、**ケスタープリズムの導入の是非**)
→**コミュニティとの議論と合意をする機会(ミニワークショップ)を再度設けます**



Wide Field X-ray Monitor

Items	Parameters
Energy band (keV)	0.4 – 4 keV
Field of View	~ 1.2 str (6 units)
Sensitivity	1e-10 (erg/cm ² /s) For 100 sec exposure
Position Accuracy	3 arcmin
Angular accuracy	~ 60 arcsec

Near Infrared Telescope

Items	Parameters			
Aperture size	30 cm			
Field of view	34 arcmin × 34 arcmin			
Integration time	10 minutes (2 minutes × 5 frames)			
Observation Band (μm)	0.5–0.9	0.9–1.5	1.5–2.0	2.0–2.5
Limiting Magnitude (AB) 10 min exposure, S/N=10	21.4	21.3	20.9	20.7