

ガンマ線バーストを用いた 初期宇宙探査計画 HiZ-GUNDAM

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

HiZ-GUNDAM WG メンバー

主査: 米徳大輔 (金沢大学)

関連ポスター

- P-084 HiZ-GUNDAM: 近赤外線望遠鏡の設計とその機能の検討状況
川端 弘治 (広島大学) ほか
- P-085 HiZ-GUNDAM搭載へ向けた広視野X線撮像検出器を用いた撮像性能実験
澤野 達哉 (金沢大学) ほか

2016年1月28日締め切りの公募型小型ミッションに提案予定

2012年4月5日に小型科学衛星WGとして発足

■ X線・ガンマ線検出器

米徳大輔(金沢大)、三原建弘(理研)、澤野達哉(金沢大)、河合誠之(東工大)、有元誠(東工大)、池田博一(ISAS/JAXA)、榎戸輝揚(京都大)、大野雅功(広島大)、黒澤俊介(東北大)、郡司修一(山形大)、坂本貴紀(青山学院大)、芹野素子(理研)、田代信(埼玉大)、谷森達(京都大)、中川友進(ISAS/JAXA)、村上敏夫(金沢大)、谷津陽一(東工大)、山内誠(宮崎大)、山岡和貴(名古屋大)、湯浅孝行(理研)、吉田篤正(青山学院大)、Neil Gherels (NASA/GSFC), Lorenzo Amati (INAF)

23名

■ 赤外線望遠鏡

川端弘治、吉田道利(広島大)、松浦周二(関西学院大)、津村耕司(東北大)、白籬麻衣、柳澤顕史、沖田博文、田中雅臣、成田憲保、福井暁彦(天文台)、松本敏雄(台湾中央研究院)、浦田裕次(台湾国立中央大学)、本原顕太郎(東京大)、Woong-Seob Jeong, Minjin Kim, Yujin Yang (KASI), Myungshin Im (Seoul National Univ.) Jochen Greiner's group (MPE, + 約9名), Shiang-Yu Wang (台湾中央研究院)
アドバイザー: 金田英宏(名古屋大)、和田武彦(ISAS/JAXA)

28+2名

■ 理論検討

浅野勝晃(宇宙線研)、井岡邦仁(高エネ研)、伊藤裕貴(理研)、稻吉恒平(コロンビア大)、井上進(理研)、川中宣太(東京大)、諏訪雄大(京都大)、高橋慶太郎(熊本大)、寺木悠人(理研)、當真賢二(東北大)、戸谷友則(東京大)、長倉洋樹(京都大)、長瀧重博(理研)、中村卓史(京都大)、新納悠(国立天文台)、松本仁(理研)、水田晃(理研)、村瀬孔大(ペンシルバニア州立大)、山崎了(青山学院大)、横山順一(東京大)

23名

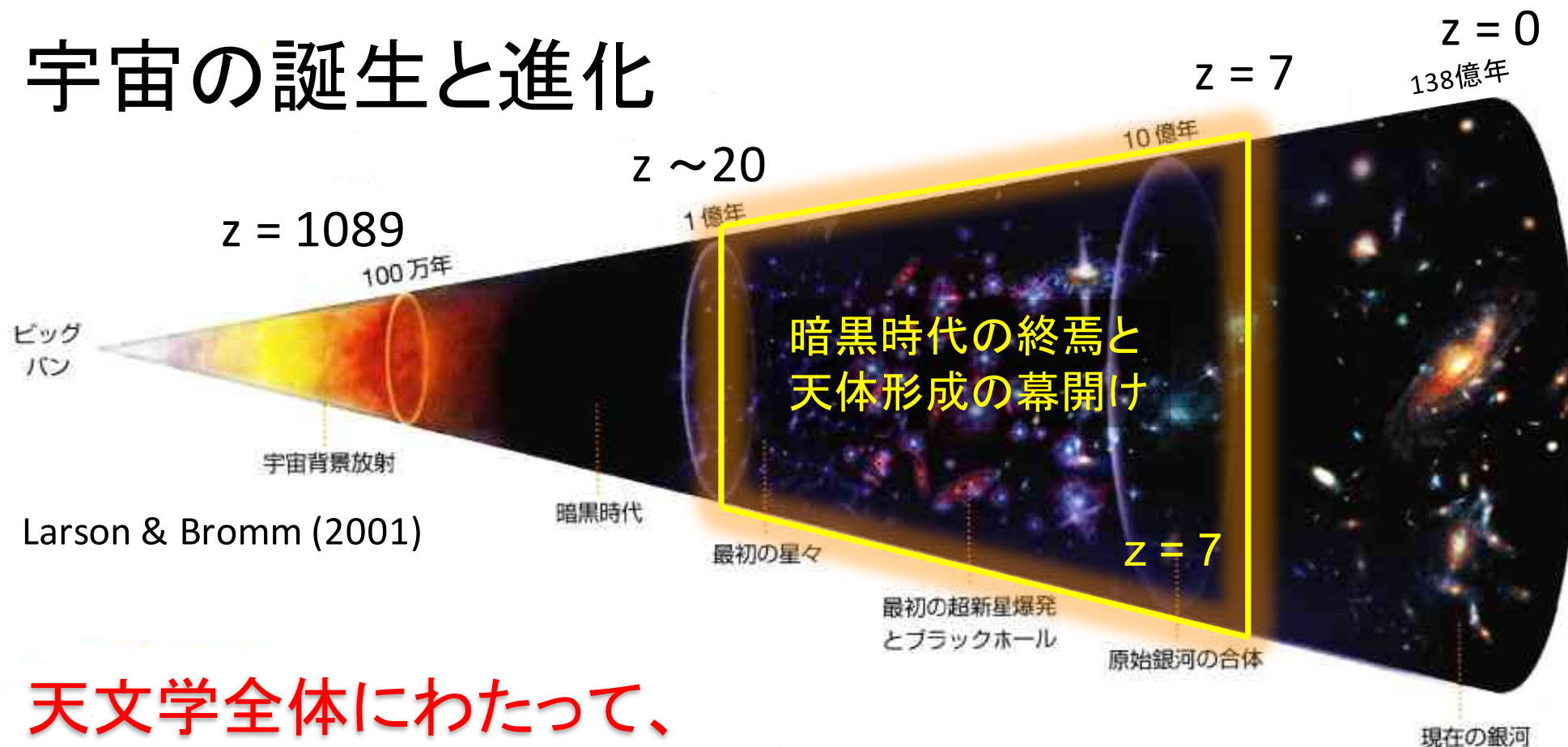
■ 衛星システム・アラート検討

山田和彦(ISAS/JAXA)

1名

73+2名 / 30機関

宇宙の誕生と進化

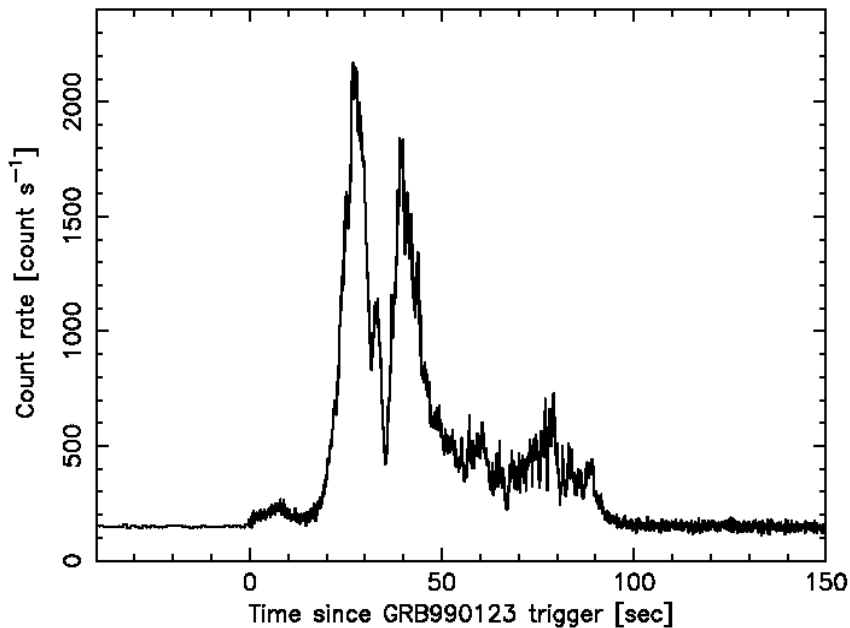


天文学全体にわたって、
宇宙で最初の星が生まれた頃の初期宇宙を探索し、
宇宙進化を解き明かす事が大きな目標となっている

特に $z > 7$ の頃は、初代星の誕生、宇宙再電離、重元素合成、
宇宙最初のブラックホールの誕生など重要課題が多い

2020年代においてでさえ、初代星 (Pop-III星) からの直接的な放射を
検出できるのは**ガンマ線バーストのみ**

ガンマ線バースト(GRB)



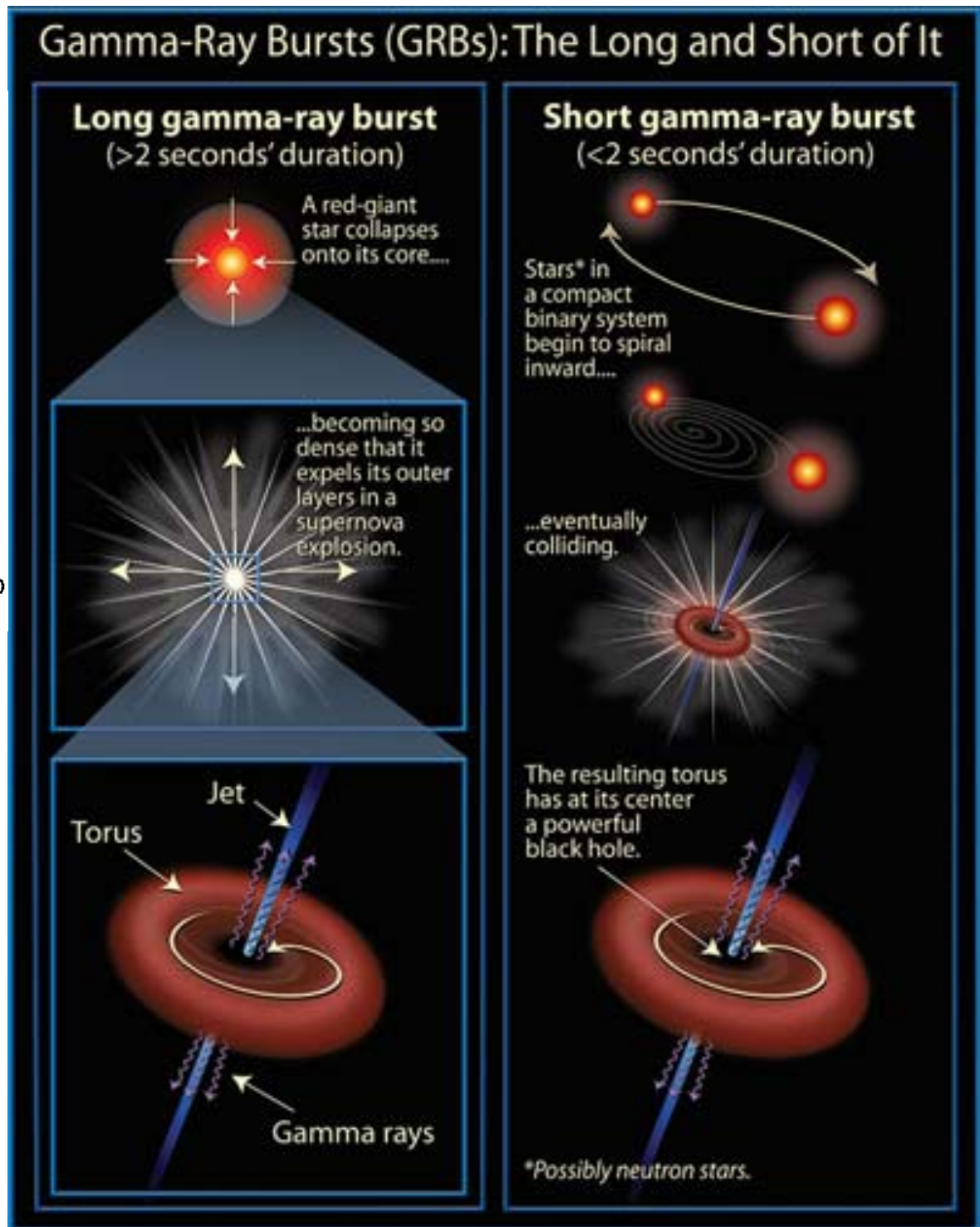
Long GRBs ($T > 2 \text{ sec}$)

- 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

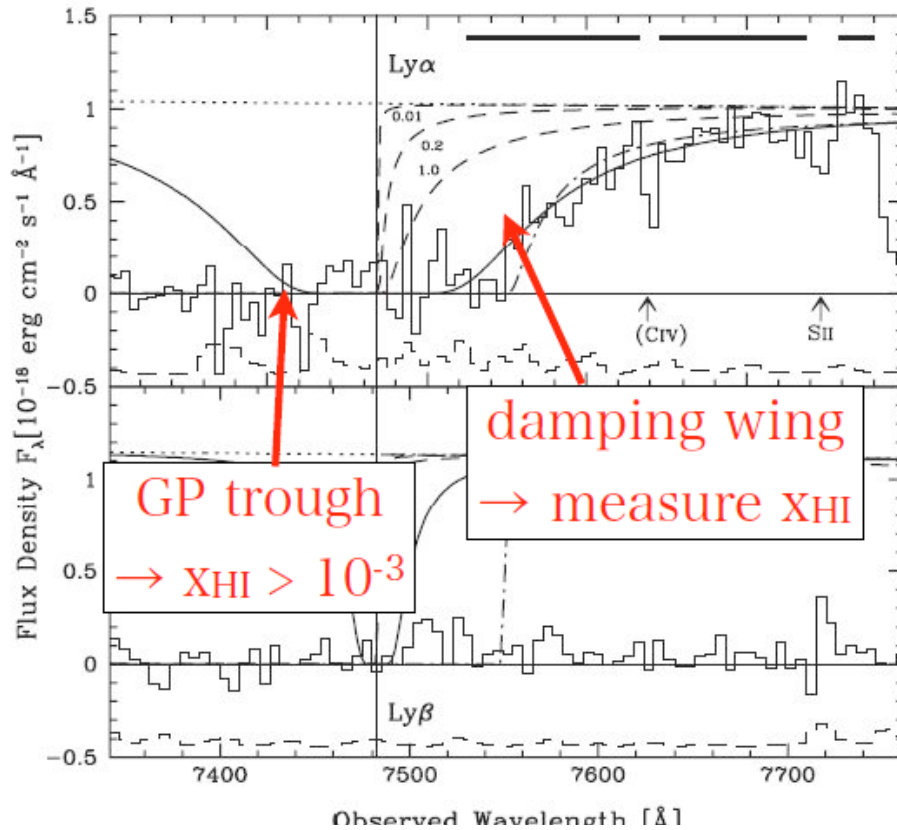
Short GRBs ($T < 2 \text{ sec}$)

- 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 (?)



高赤方偏移GRBの観測

GRB 050904 @ $z = 6.295$ (3.5日後)

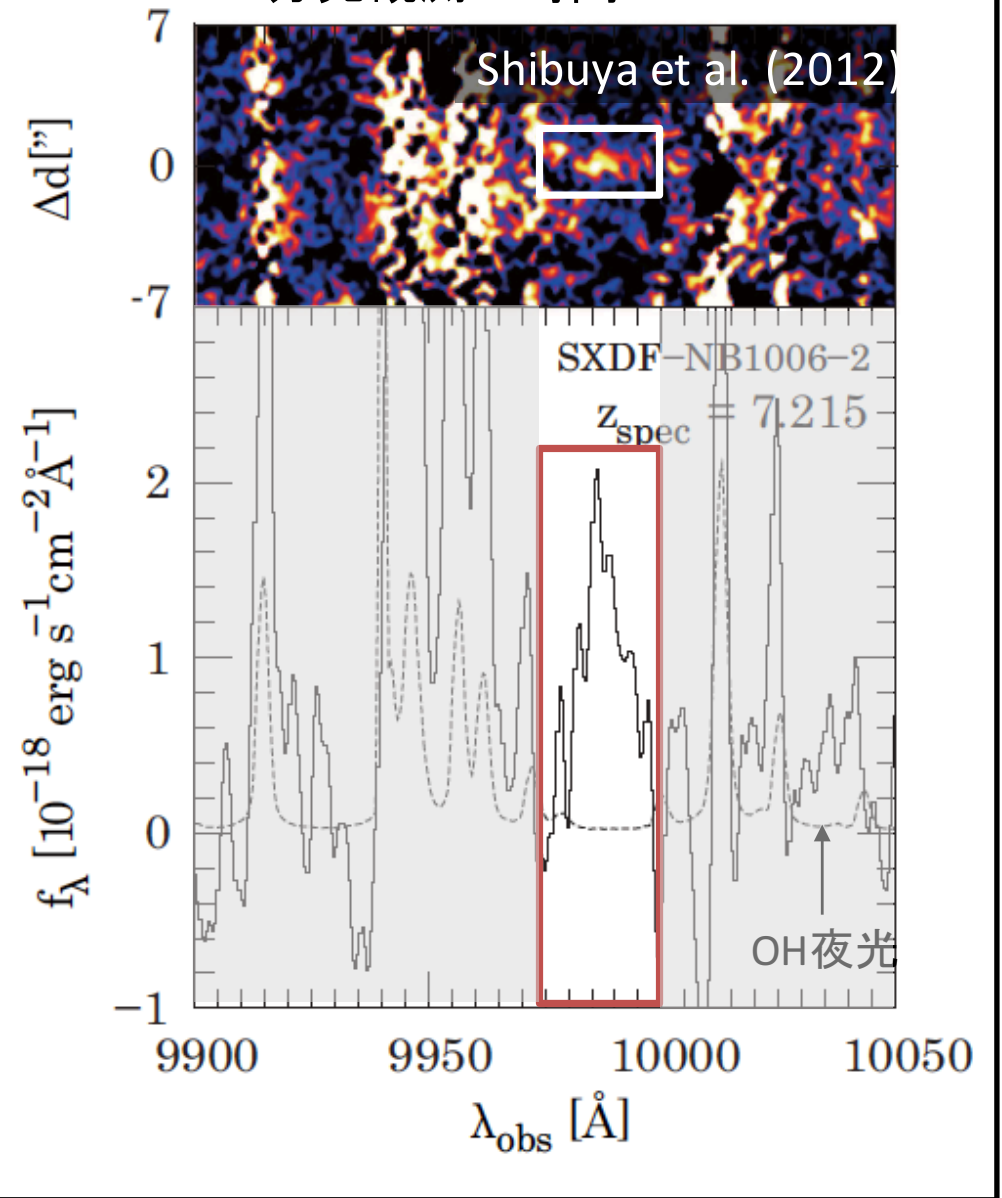


Kawai et al. (2006) Totani et al. (2006)

初めて 3σ 以上の有意度で、銀河間空間に中性ガスが存在する兆候を検出した

- ・ 銀河間空間に影響を与えない
- ・ スペクトルがベキ型なので減衰翼を測定しやすい
- ・ 矮小銀河に付随するので無バイアスな観測

Subaru-XMM deep field 2 夜
+ 分光観測 4 時間



observer frame wavelength [Angstrom]

Totani et al. (2014)

HiZ-GUNDAM (High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission)

ガンマ線バーストを用いて宇宙暗黒時代の終焉と天体形成の幕開けを観測する
初期宇宙の星形成、宇宙再電離、重元素合成の歴史的な変遷の解明を目指す

- (1) X線によるGRB検出と発生情報のアラート送信
- (2) 自律制御で姿勢変更、近赤外線で残光を追観測
- (3) 「詳細な方向」と「赤方偏移の情報」をアラート
- (4) 地上大型望遠鏡と協力して高赤方偏移GRBの分光観測

※ GRBの待機時は近赤外線での広域サーベイ観測
GRB以外のX線突発天体の監視, 重力波対応天体

衛星重量: バス 200kg + ミッション機器 100kg を想定
投入軌道: 太陽同期極軌道、ローカルタイム 9h-21h

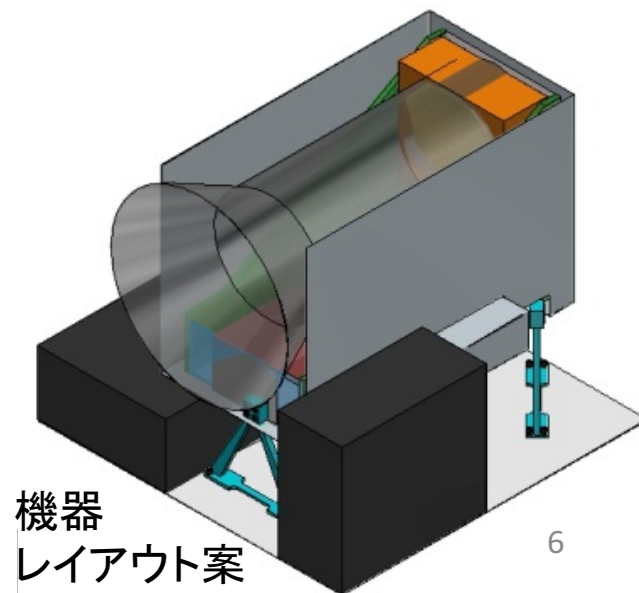
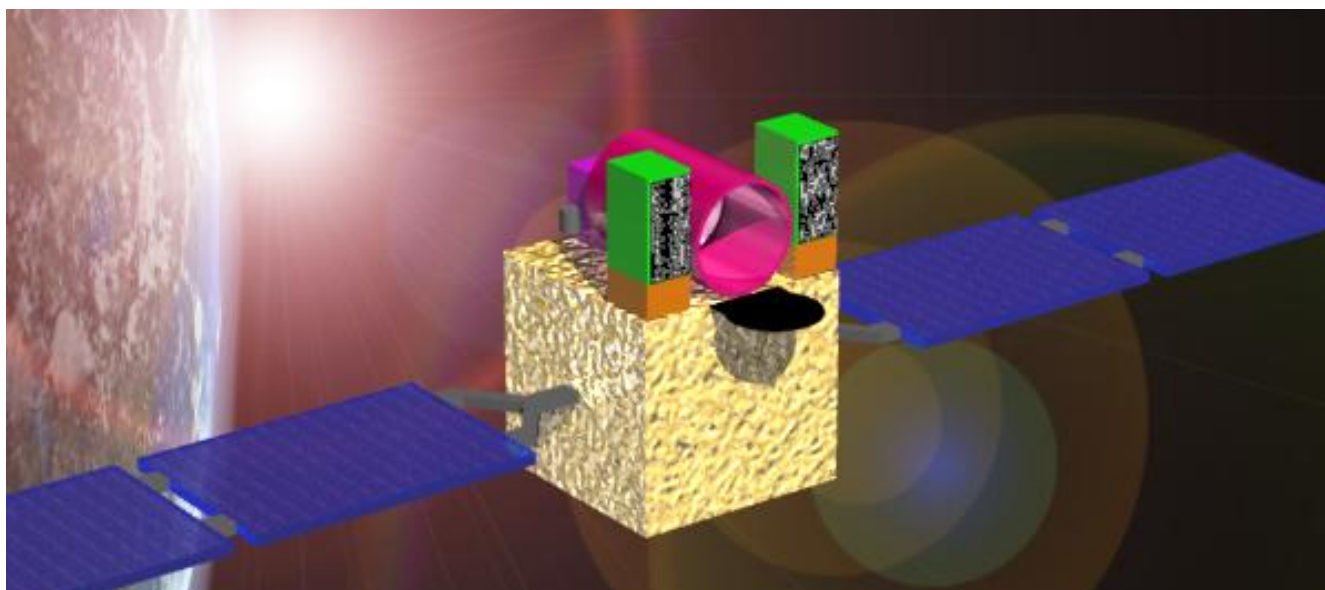
小型科学衛星の機動性を活かして即時追観測を実施

X線イメージング検出器

シリコン + コーデッドマスク
1 - 20 keV の広視野モニター
視野 1 ステラジアン以上
角度分解能 5 ~ 10 分角
有効面積 ~ 1000 cm²

可視・近赤外線望遠鏡

口径 30cm, 軸外シグレゴリアン
視野34分角
0.5 - 2.5 μm の4バンド測光

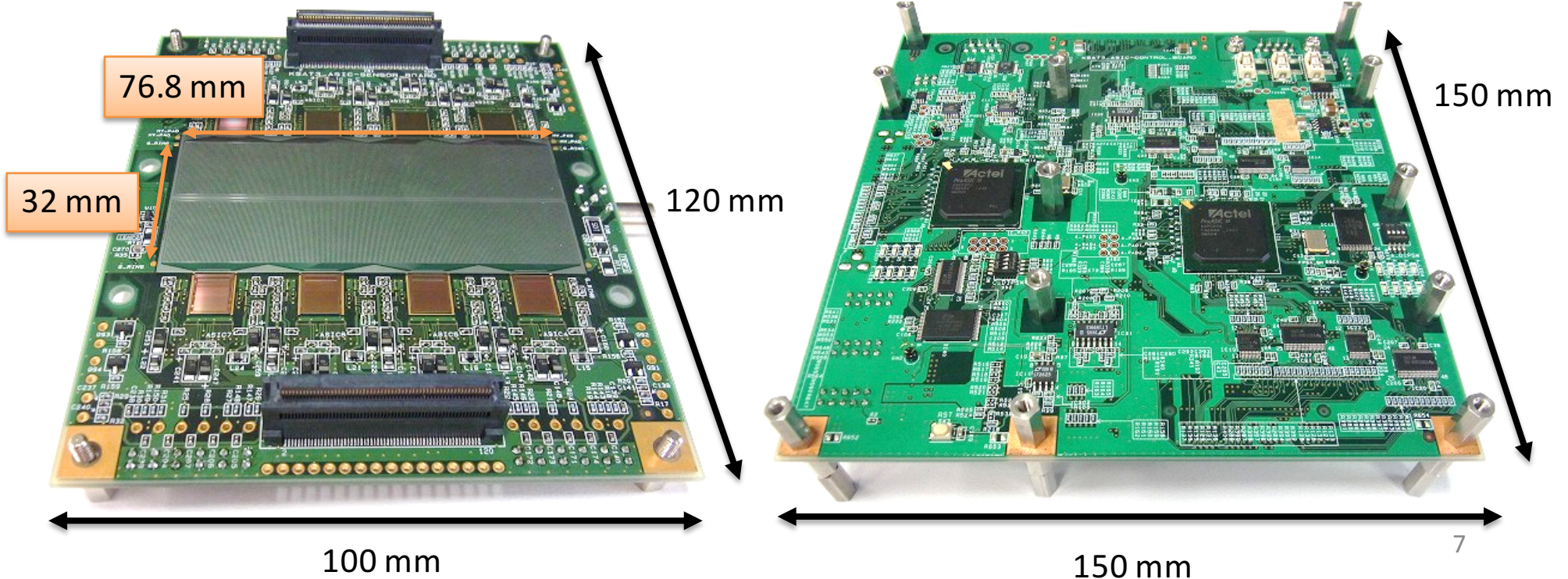
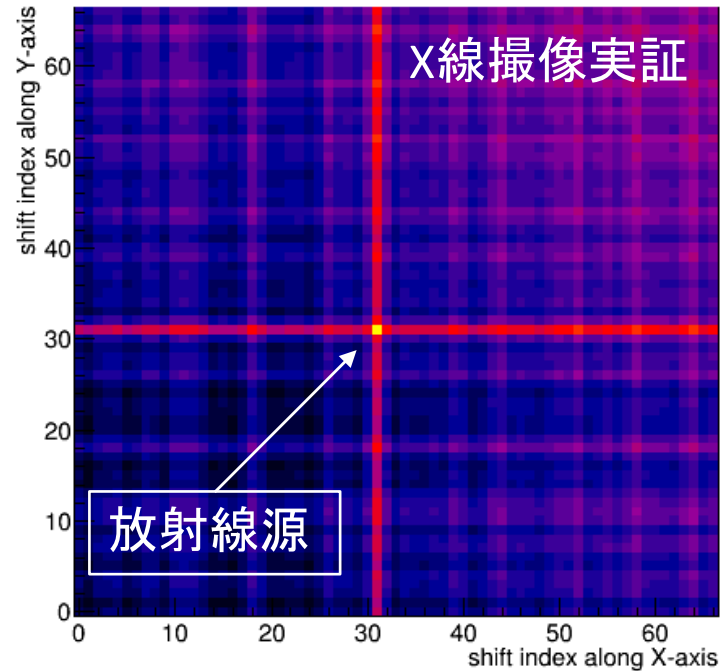


広視野X線撮像検出器 (1/40 モデル)

P-085 澤野ポスター

有感領域の面積は 25 cm^2
= FM は 1000 cm^2 必要 (1/40 モデルに相当)
= FM では ASIC 320 個程度を同時駆動

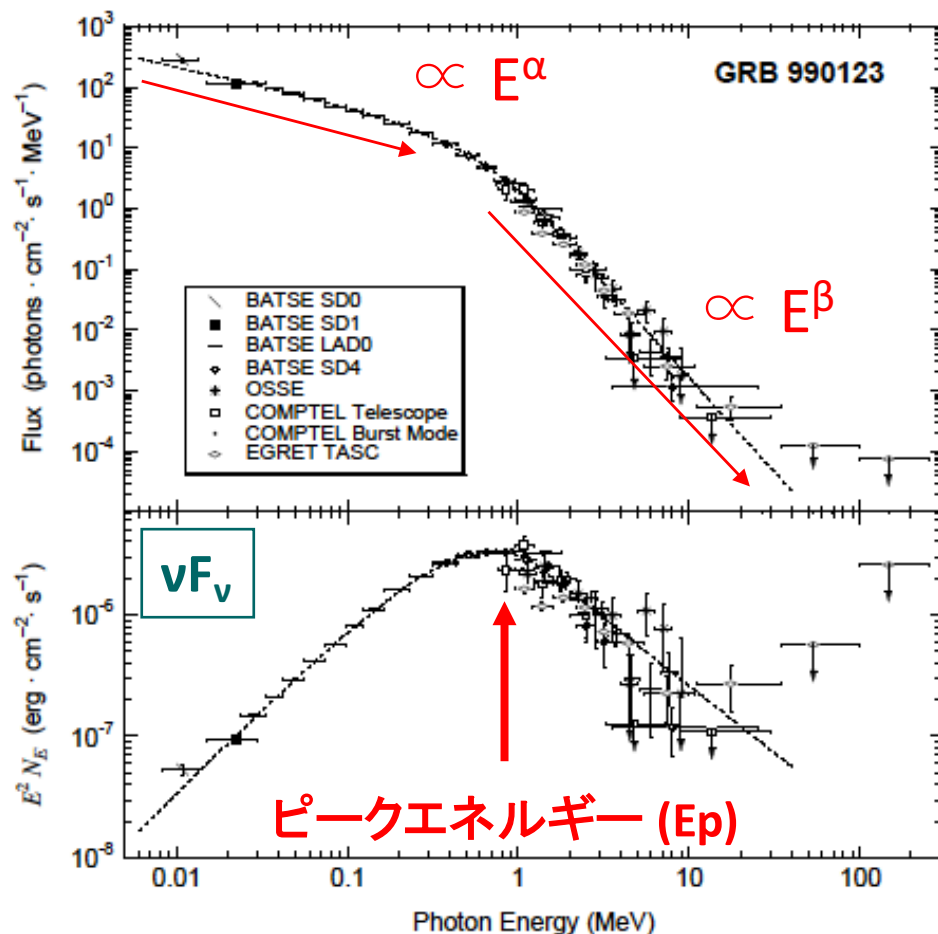
- ・ $300 \mu\text{m}$ ピッチ 256 ストリップ $\times 2$
- ・ 64ch Readout ASIC $\times 8$
- ・ 池田研/高橋研 (ISAS/JAXA) ASIC を低エネルギーX線用に改良



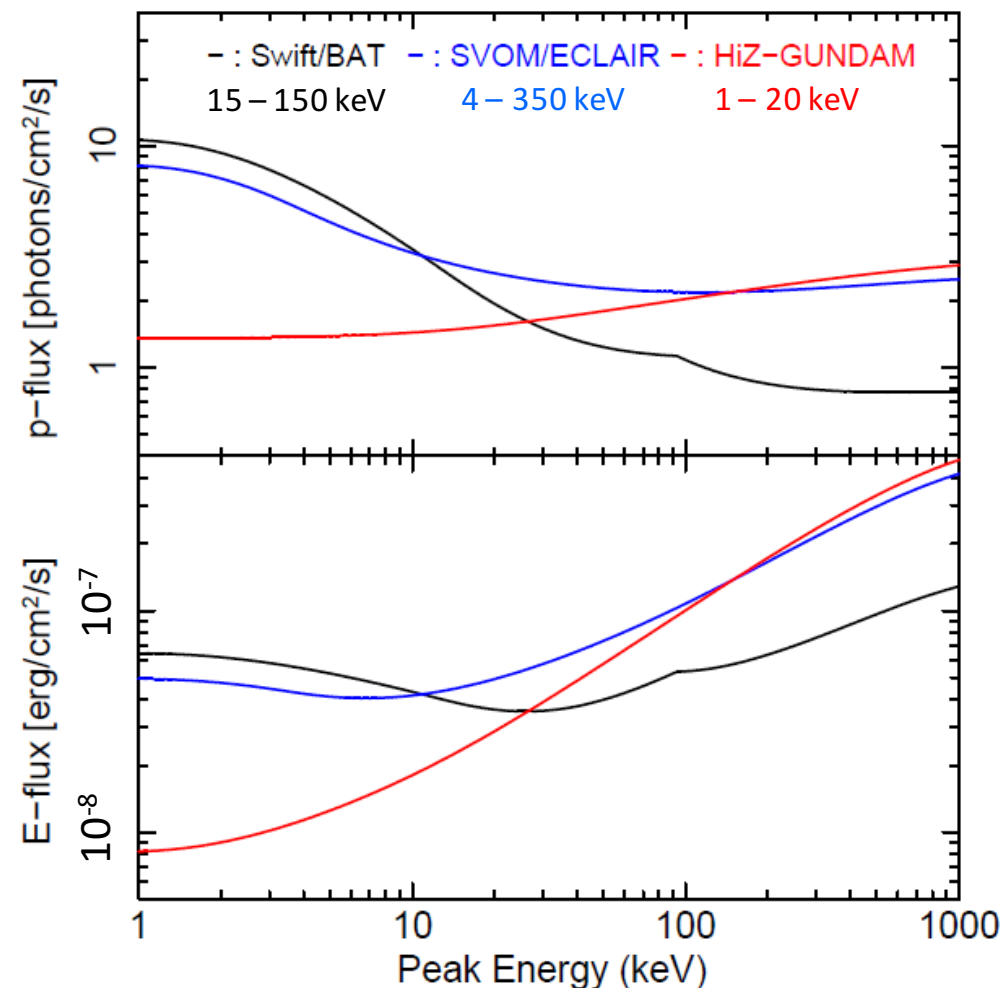
GRB のスペクトル形状を考慮した感度計算

8 σ detection

平均的な光子指数 $\alpha \sim -1, \beta \sim -2.5$



Peak flux in 1–1000 keV band GRB



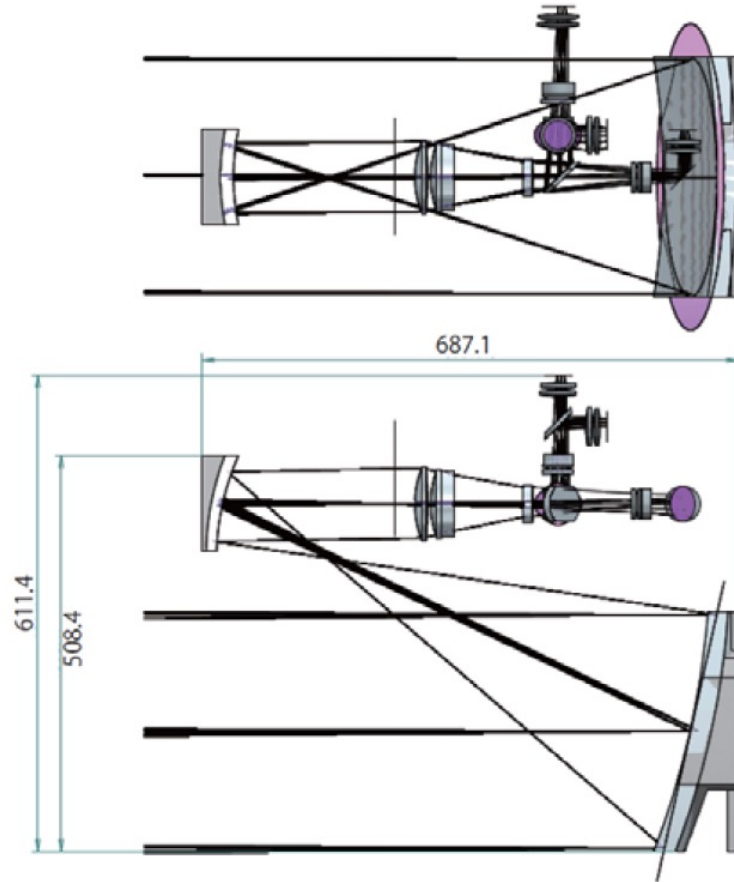
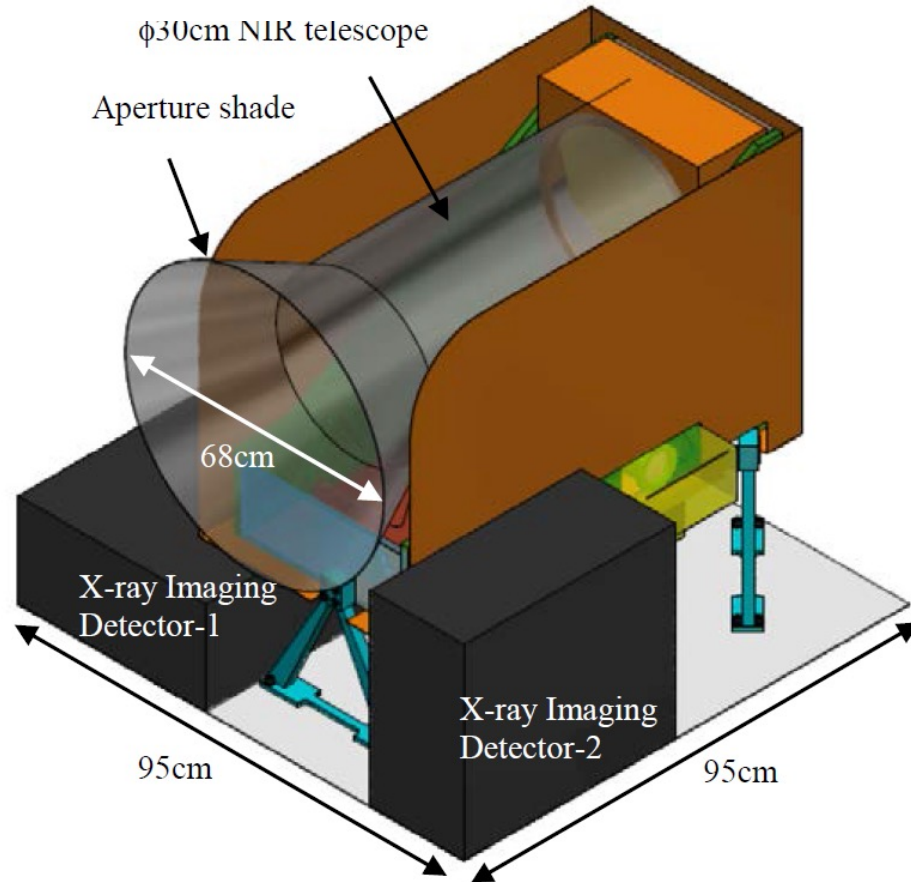
$E_p < 10$ keV の GRB (+ XRF などの突発天体) に対して、Swift よりも1桁程度良い感度

イメージングトリガーの場合はもう1桁程度、良い感度となるだろう

近赤外線望遠鏡

P-084 川端ポスター

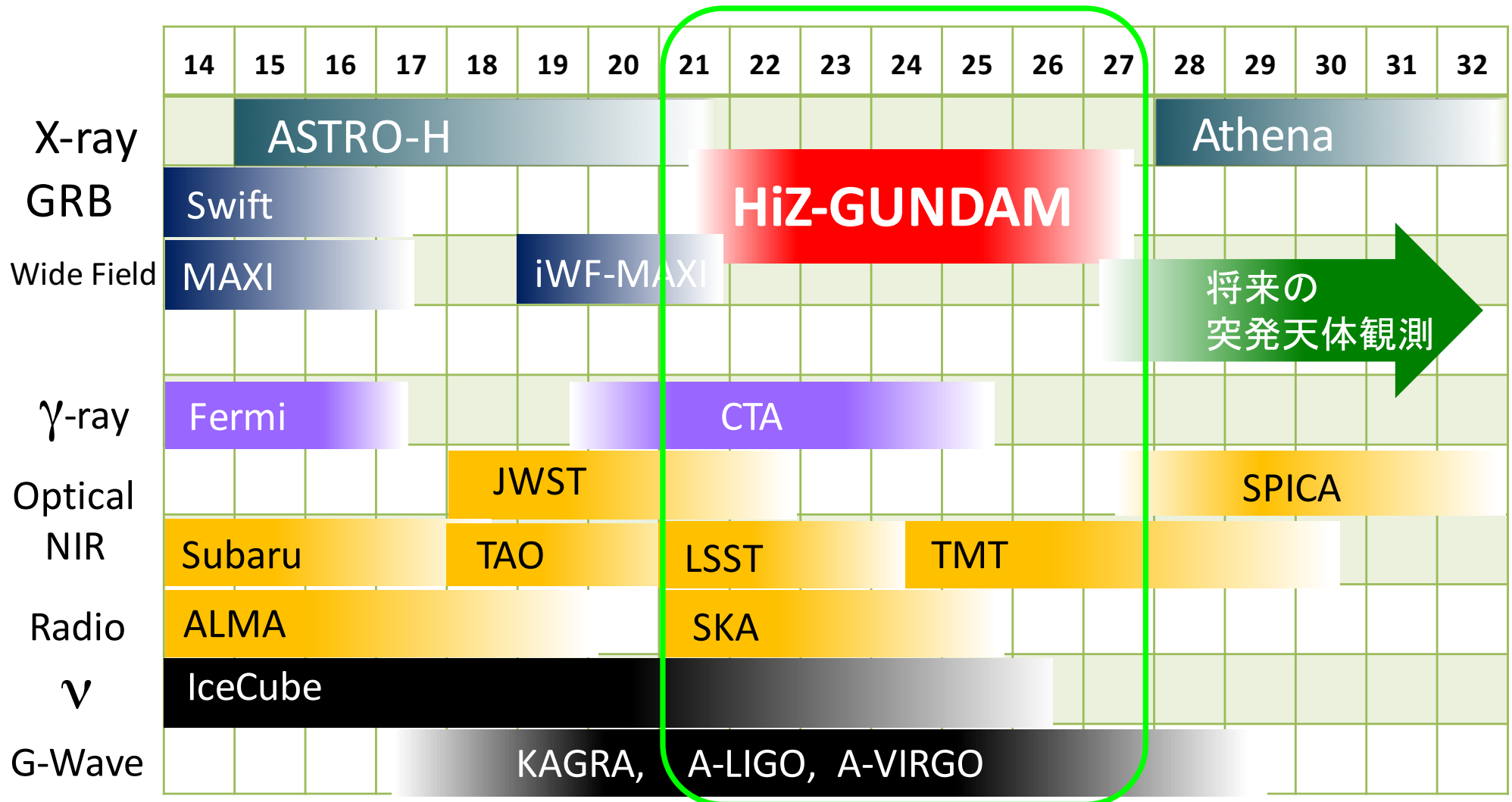
Offset Gregorian Optics



Aperture size	30 cm in diameter			
Optics	Offset Gregorian			
Focal length (F-number)	183.5 cm (F6.1)			
Size of aperture shade	68 cm in diameter, 30 cm in length			
Field of view	34 x 34 arcmin²			
Sky coverage	30 degree for the solar side, 56 degree for the earth side (depends on the orbital altitude)			
Plate scale	2.0 arcsec/pixel (1 pixel = 18 μ m)			
Band	0.5 – 0.9	0.9 – 1.5	1.5 – 2.0	2.0 – 2.5
感度(3分露光, S/N=10)	20.7 mag	20.0 mag	20.0 mag	20.6 mag

近赤外線帯では
地上の3～4m級の感度

将来の広視野X線・GRBミッションと分野横断型シナジー



突発天体の発見を主軸とした
Time Domain Astronomy や Multi Messenger Astronomy を牽引する

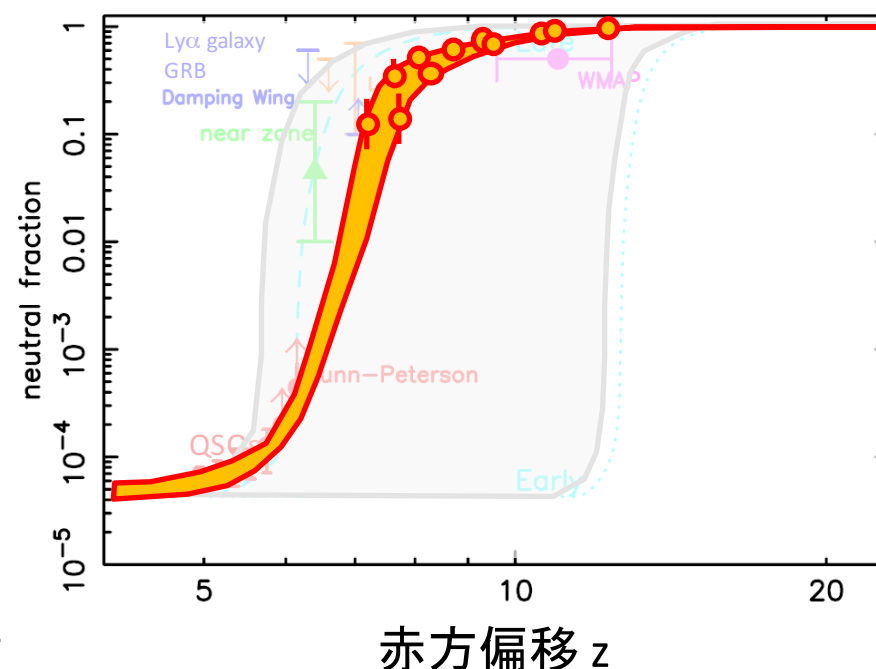
まとめ

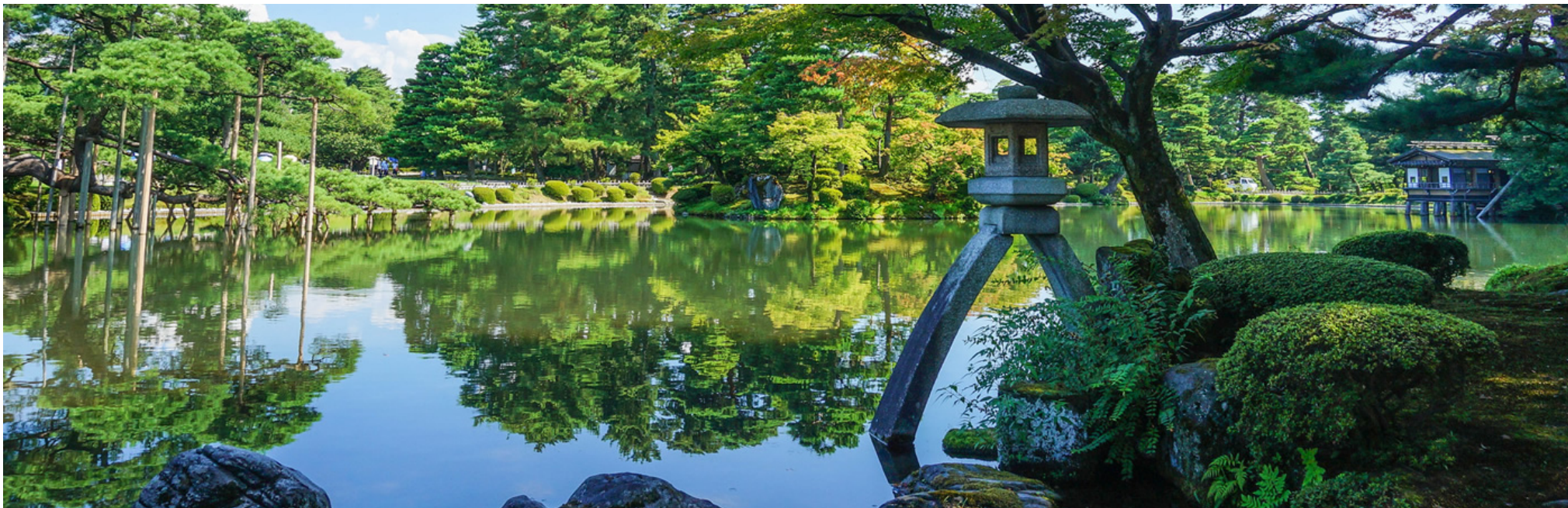
- GRBを用いた初期宇宙探査プロジェクト HiZ-GUNDAM を提案予定
- $z > 7$ の GRB 発生率(星形成率)を 30% よりも良い精度で測定
- 宇宙再電離の時期を特定し、その進化の不均一性を探査
- 宇宙最初期の元素合成・化学進化の過程を探査
- 初代星起源の GRB を検出した場合は、周辺環境をプローブ
2020年代において、単独の初代星の周辺を探れる唯一の手段

高赤方偏移GRBの検出期待数 (event/yr/str)
(赤字はミッション期間3年とした時の値 event/str)

	GRB 検出数	近赤外線望遠鏡 による検出 (赤方偏移の同定)	中性度50% 銀河間物質 の検出
$z > 7$	30~40 (約100)	5~12 (15~36)	1.5~3.7 (4.5~11)
$z > 10$	8~16 (24~48)	2~5 (6~15)	0.5~1.5 (1.5~4.5)

※ X線と大型望遠鏡(8m級)の稼働率を50%と想定した値





Thanks

