

HiZ-GUNDAMとTAO望遠鏡との 連携による初期宇宙探査

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

HiZ-GUNDAM WG メンバー

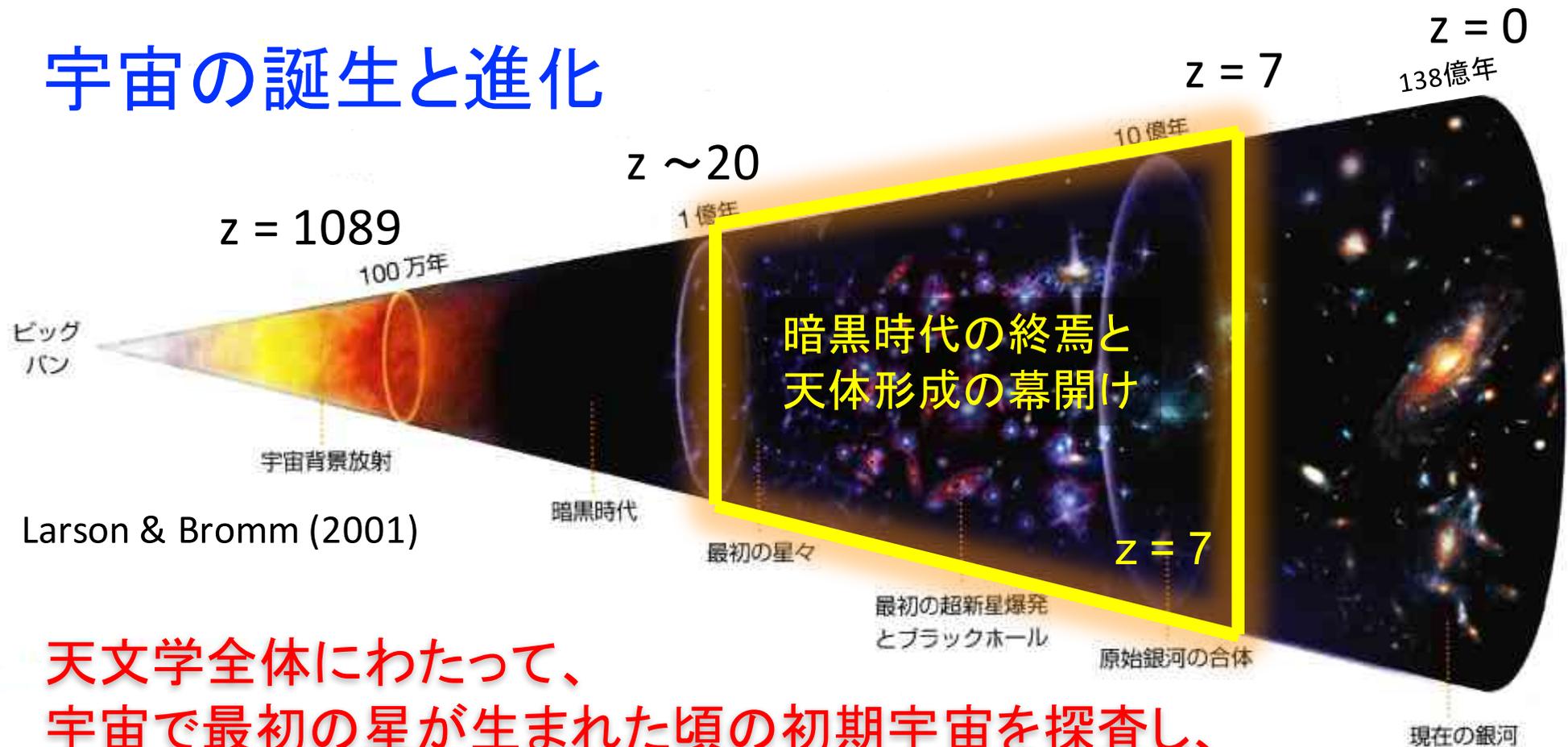
代表：米徳大輔（金沢大学）

2016/01/28 公募型小型ミッションへ提案

HiZ-GUNDAM WG メンバーリスト

広視野X線撮像検出器班		近赤外線望遠鏡班		サイエンス班	
米徳大輔	金沢大	川端弘治	広島大	浅野勝晃	宇宙線研
三原建弘	理研	吉田道利	広島大	井岡邦仁	高エネ研
澤野達哉	金沢大	松浦周二	関西学院大	伊藤裕貴	理研
河合誠之	東工大	津村耕司	東北大	稲吉恒平	コロンビア大
有元誠	東工大	松本敏雄	宇宙研	井上進	理研
池田博一	ISAS	白旗麻衣	東北大	川中宣太	東京大
榎戸輝揚	京都大	柳澤顕史	国立天文台	諏訪雄大	京都大
大野雅功	広島大	沖田博文	国立天文台ハワイ	高橋慶太郎	熊本大
黒澤俊介	東北大	田中雅臣	国立天文台	寺木悠人	理研
郡司修一	山形大	成田憲保	国立天文台	当真賢二	東北大
坂本貴紀	青山学院大	福井暁彦	国立天文台	戸谷友則	東京大
芹野素子	理研	浦田裕次	台湾国立中央大	長倉洋樹	京都大
田代信	埼玉大	本原顕太郎	東京大	長瀧重博	理研
谷森達	京都大	板由房	東北大学	中村卓史	京都大
中川友進	JAXA	Jochen Greiner	MPE	新納悠	国立天文台
村上敏夫	金沢大	Woong-SeobJeong	KASI	松本仁	理研
谷津陽一	東工大	MinjinKim	KASI	水田晃	理研
山内誠	宮崎大学	YujinYang	KASI	村瀬孔大	ペンシルバニア州立大
山岡和貴	名古屋大	MyungshinIm	Seoul National Univ	山崎了	青山学院大
湯浅孝行	理研	Shiang-Yu Wang	台湾中央研究院	横山順一	東京大
吉田篤正	青山学院大			中田好一	東京大学
Lorenzo Amati	INAF	工学		泉浦秀行	国立天文台
		山田和彦	ISAS	Maria G. Dainotti	スタンフォード大
				Maxim Barkov	理研
				Jirong Mao	雲南天文台
				Alexey Tolstov	Kavli IPMU
				Donald C. Warren	理研

宇宙の誕生と進化



Larson & Bromm (2001)

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查し、
宇宙進化を解き明かす事が大きな目標となっている

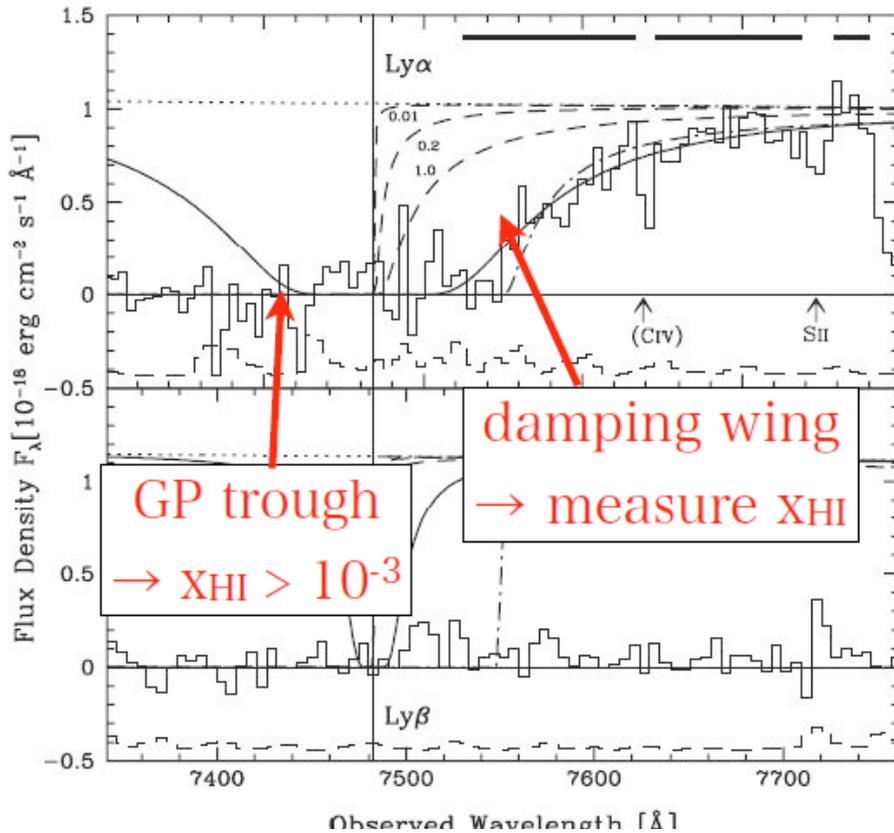
科学目標:

- (1) 宇宙再電離時期の同定と大規模構造形成の初期段階の探查
- (2) 初期宇宙の星・ブラックホール形成史の解明を目的とした高赤方偏移GRB発生率の測定
- (3) 低金属環境と宇宙最初の重元素の探查

2020年代では、初代星 (Pop-III星) からの直接的な放射を検出できる可能性があるのは**ガンマ線バーストのみ**

高赤方偏移GRBの観測

GRB 050904 @ $z = 6.295$ (3.5日後)

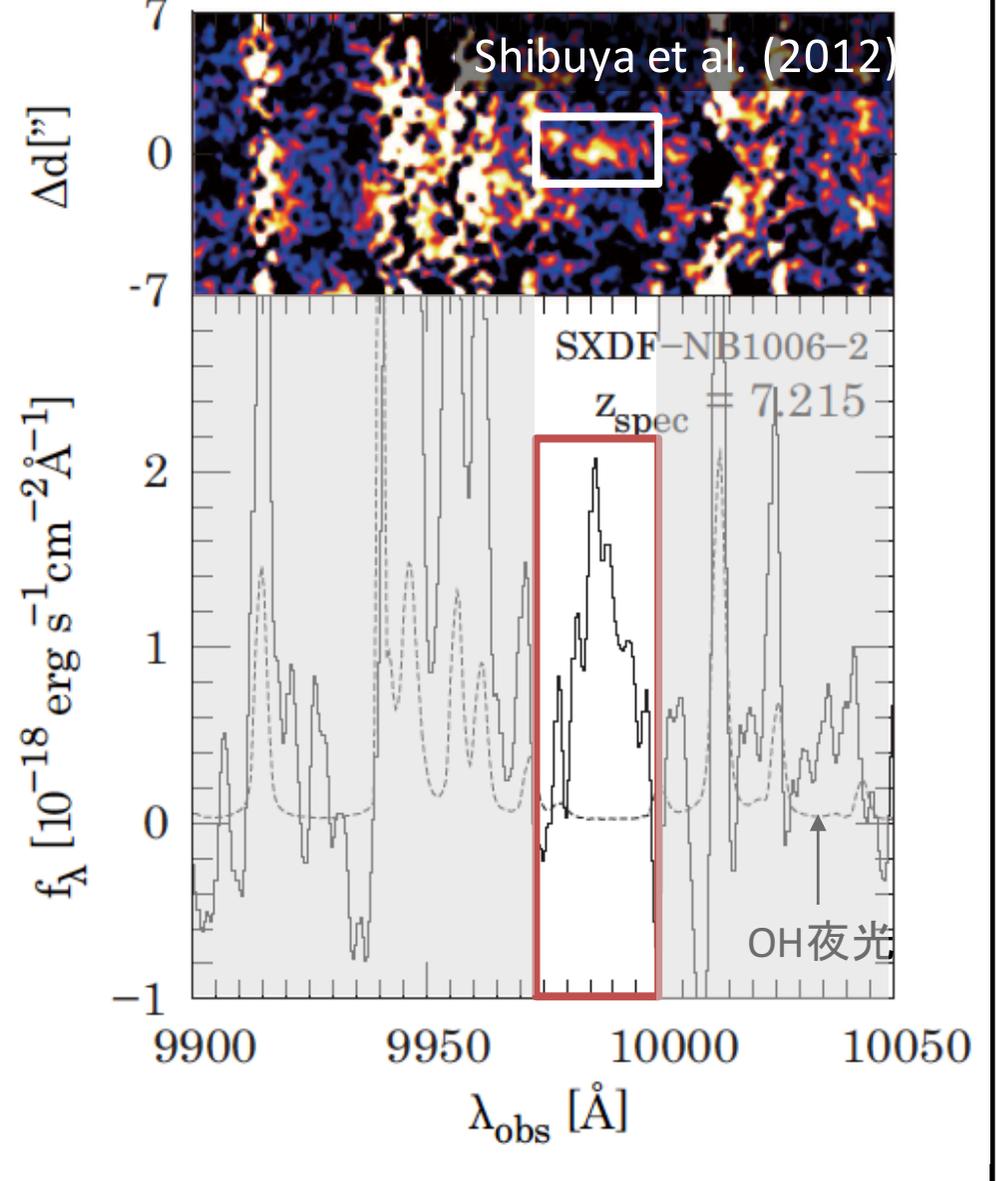


Kawai et al. (2006) Totani et al. (2006)

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
- ・矮小銀河に付随するので無バイアスな観測
- ・スペクトルがベキ型なので減衰翼を測定しやすい

Subaru-XMM deep field 2 夜
+ 分光観測 4 時間



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 (< 30分)
- (4) 地上大型望遠鏡と協力して高赤方偏移GRBの分光観測

高赤方偏移GRB発見直後に“TAO望遠鏡”にて分光観測
1~2時間後に8m級大型望遠鏡で追観測

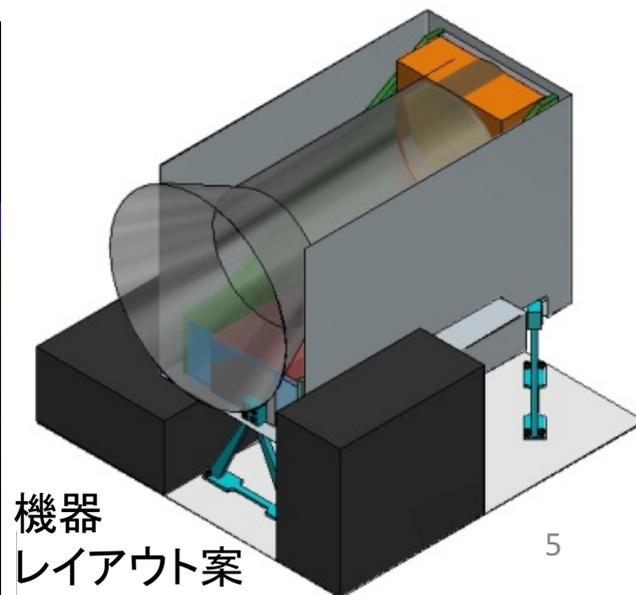
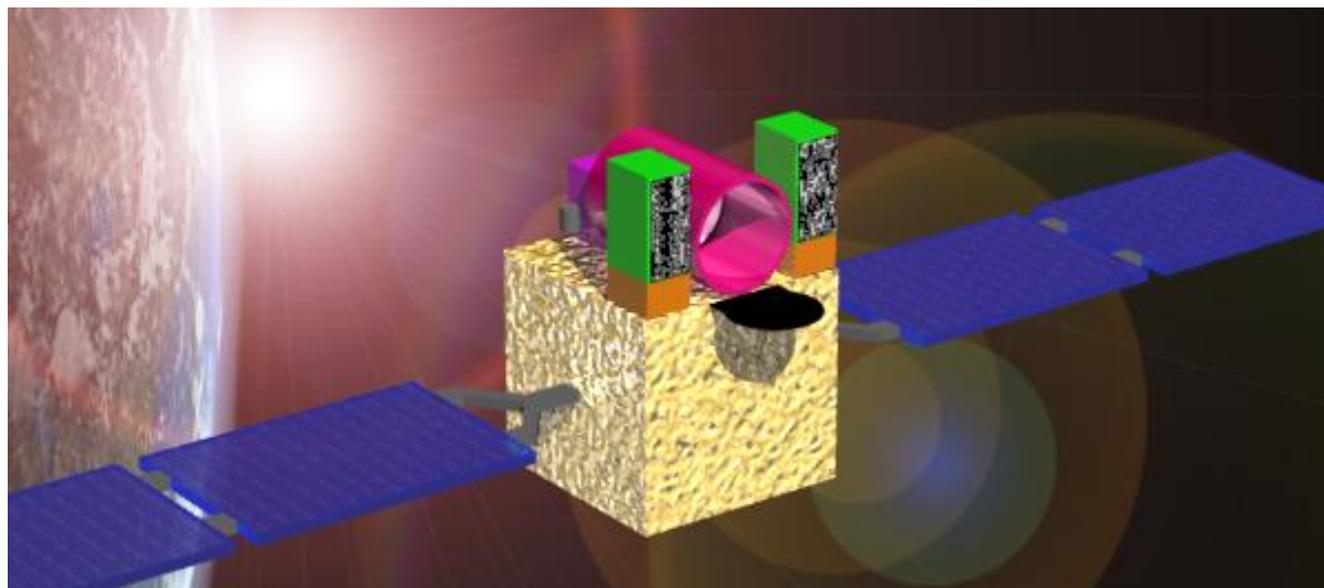
※ GRBの待機時は近赤外線での広域サーベイ観測
GRB以外のX線突発天体の監視, 重力波対応天体

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

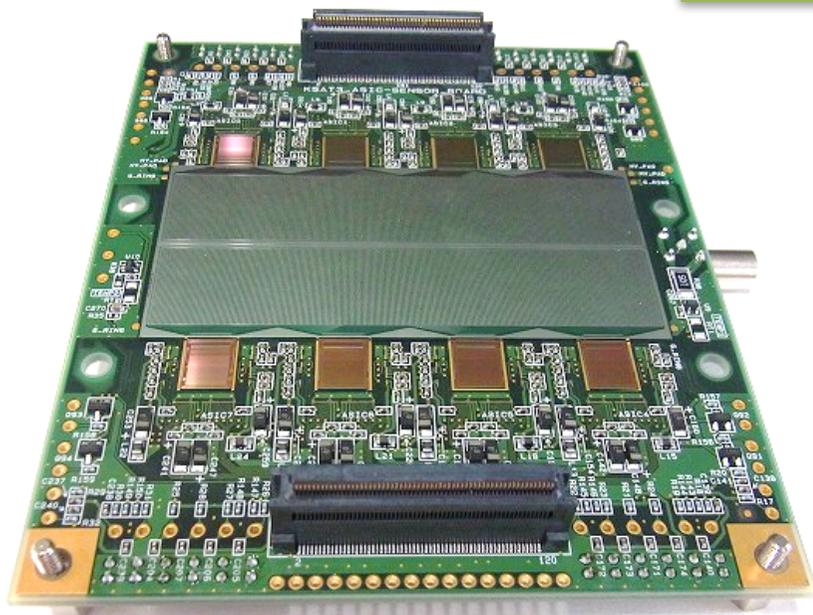
口径 30cm, 軸外シグレゴリアン
視野34分角
0.5 - 2.5 μm の4バンド同時測光



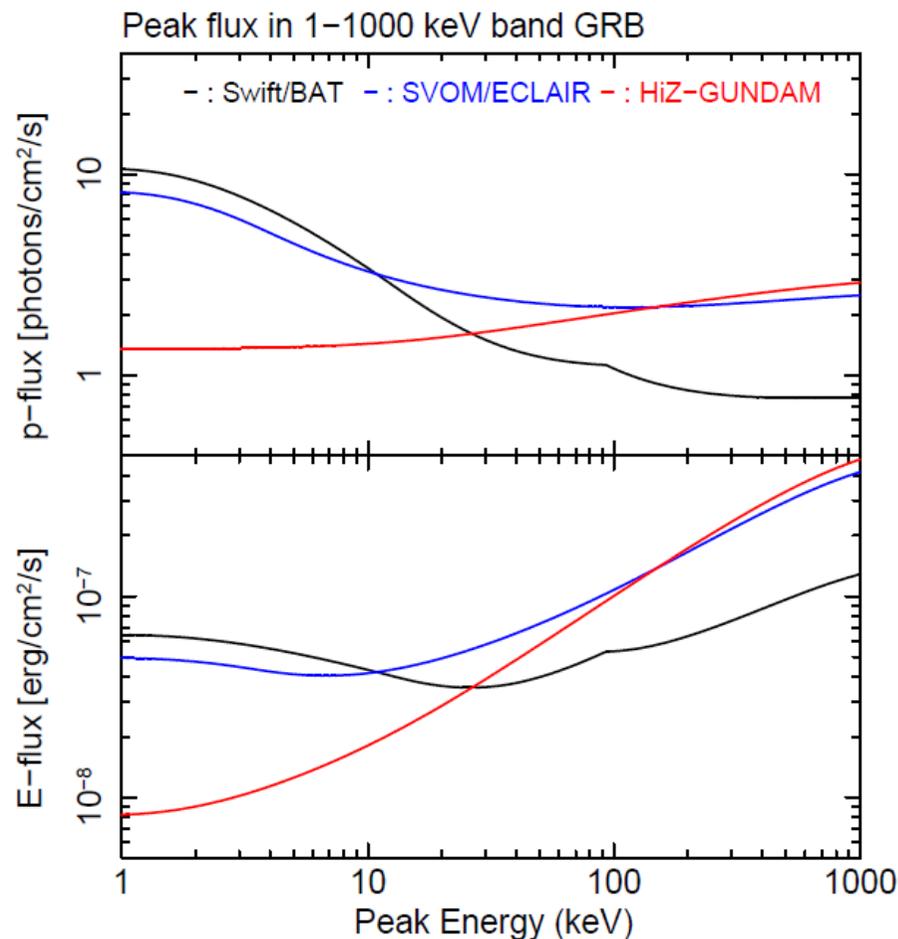
広視野X線撮像検出器

関連講演: V310b, V349a, V350a

8 σ detection



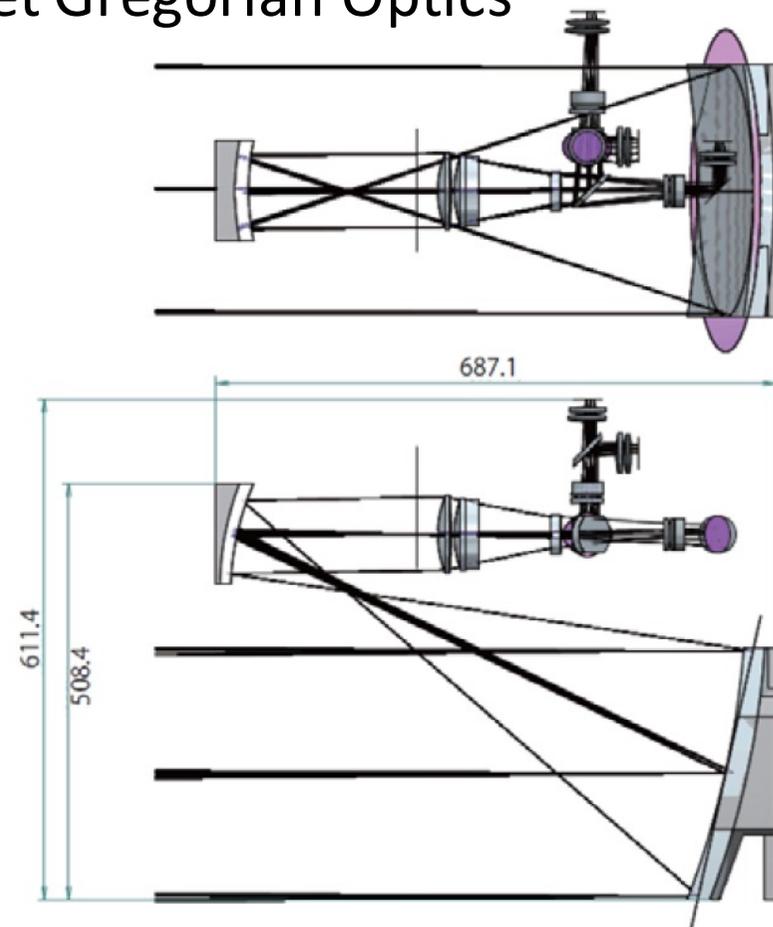
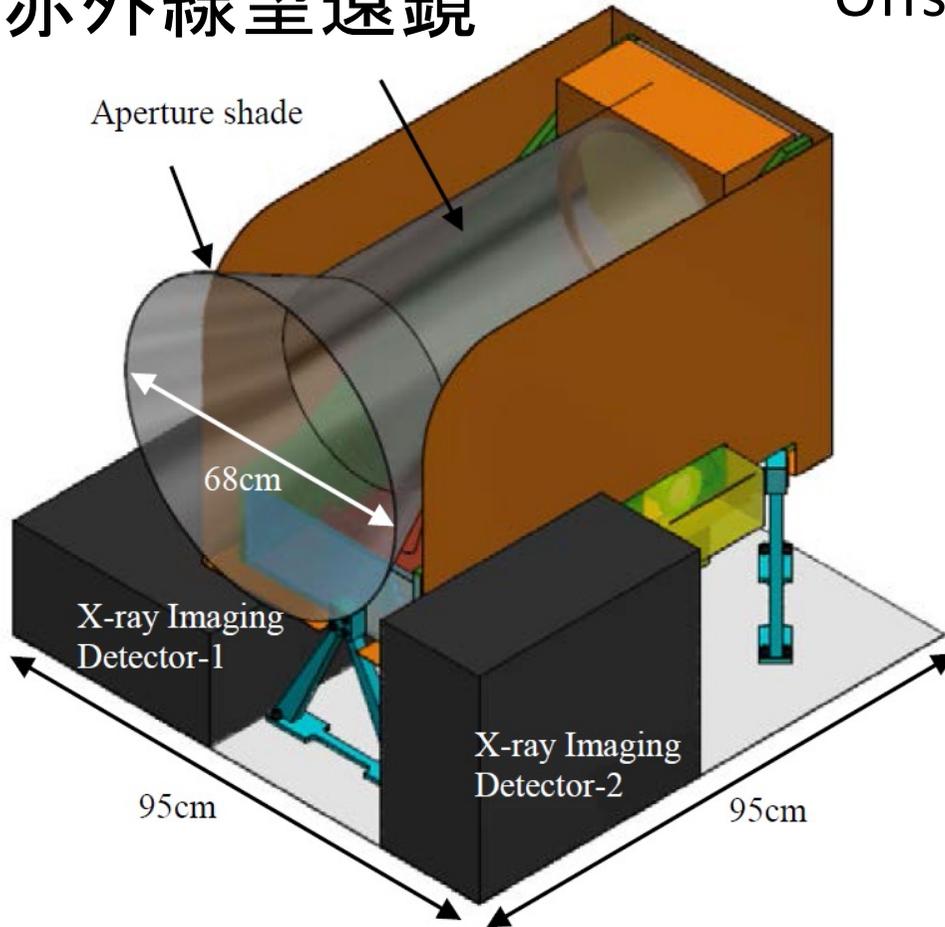
	X線撮像検出器
観測帯域	2~20 keV (要求値) 1~20 keV (目標値)
観測視野	1ステラジアン以上
方向決定精度	10分角 (目標2分角)
検出器面積	1,000 cm ²
検出感度	10 ⁻⁸ erg/cm ² /s (要求値) 1秒 10 ⁻⁹ erg/cm ² /s (目標値) 100秒 レートトリガーで10 ⁻⁸ erg/cm ² /s イメージトリガーで10 ⁻⁹ erg/cm ² /s



- 反太陽方向を網羅する指向
- 様々な時間スケールに対するトリガー (約100 ms ~ 100 sec および 軌道周回毎の差)

近赤外線望遠鏡

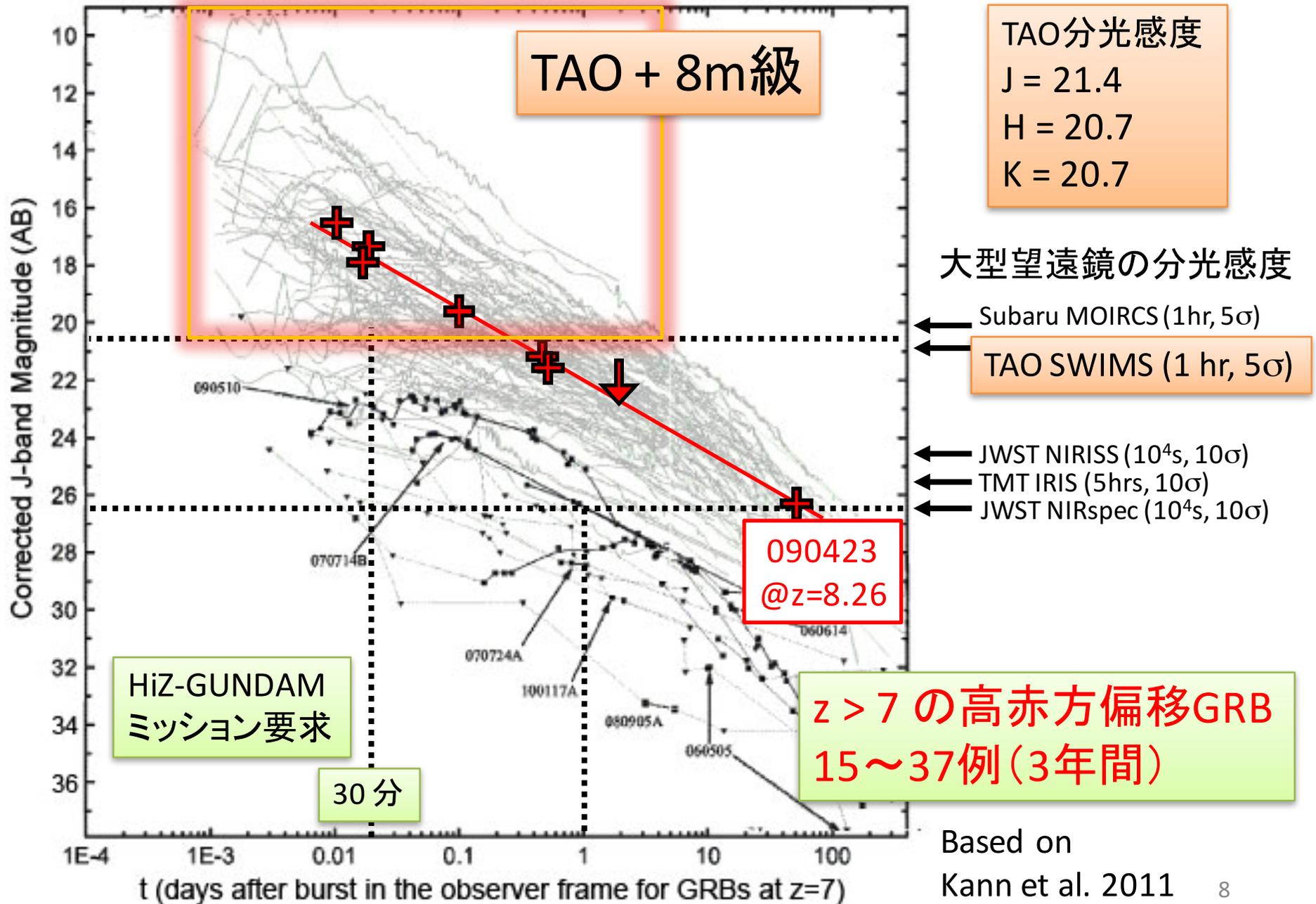
Offset Gregorian Optics



Optics	Offset Gregorian			
Aperture Size	30 cm			
Focal Length	183.5 cm			
F	F6.1			
Field of View	34 x 34 arcmin ²			
Pixel Scale	2 arcsec (assuming 1k x 1k)			
Temperature	Telescope : < 200 K Camera Optics : <170 K Detector : <80 K			
Band	0.5–0.9 μm	0.9–1.5 μm	1.5–2.0 μm	2.0–2.5 μm
Limiting Mag.	21.4	21.3	20.9	20.7
Detectors	HyViSi	HgCdTe	HgCdTe	HgCdTe

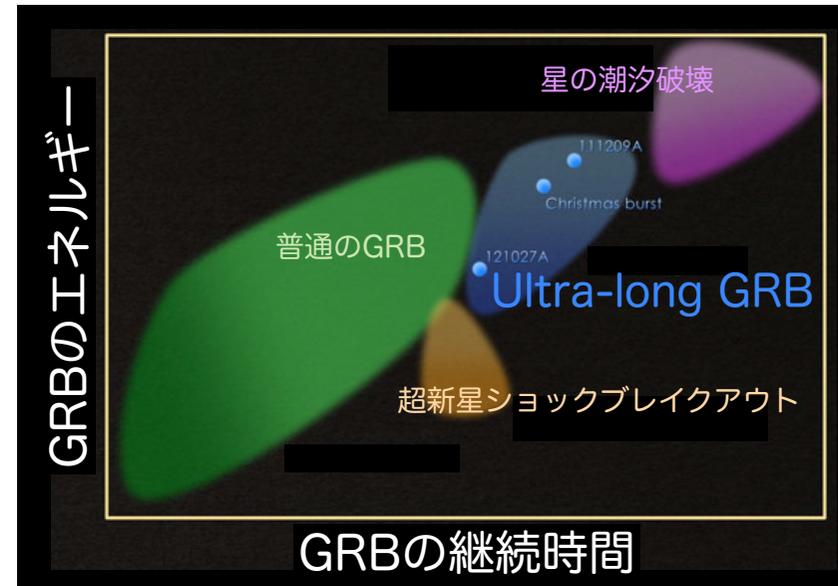
4バンド同時測光
10分露光, S/N=10

赤方偏移 $z=7$ で発生した GRB の期待される残光光度曲線



X線・ガンマ線

- GRB and SGRB
- Dark GRB
- Ultra-long GRB
- X-ray flash and X-ray Rich GRB
- Magnetar
- Tidal disruption event
- SN shock breakout
- Galactic XRT (MUSST)
- ULX
- Accretion induced collapse



近赤外線

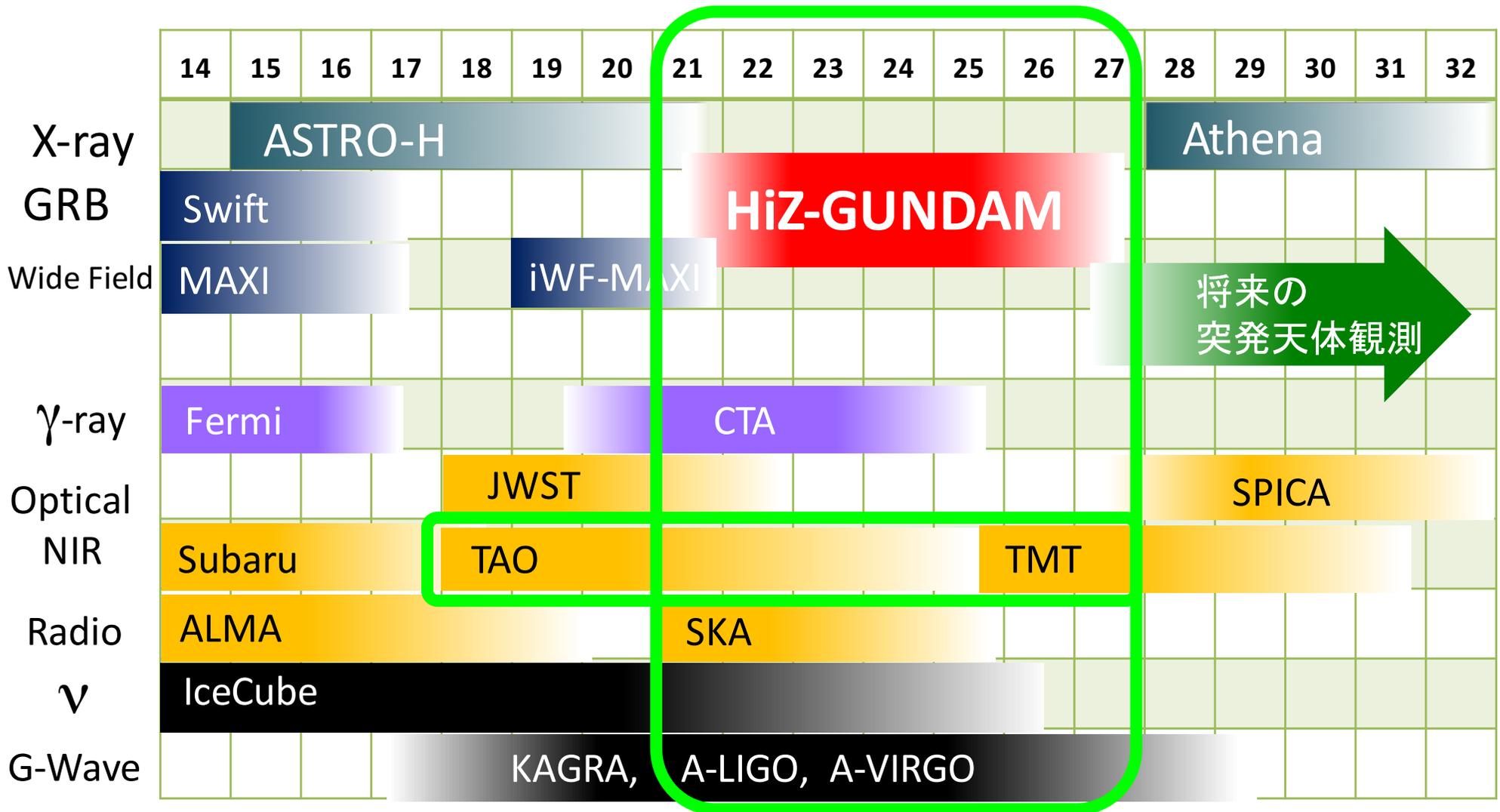
- Supernova
- Variable stars
- High-z QSO
- Exoplanet
- Extragalactic background light



多波長連携・マルチメッセンジャー天文学

- Gravitational wave
- Gamma-ray
- Neutrino
- Cosmic ray

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計画 HiZ-GUNDAM を提案している

- 機動性の高い TAO による分光追観測に期待

- HiZ-GUNDAM による高赤方偏移 GRB の発見期待数:

15~37 GRBs (3年間)

- 宇宙再電離

銀河間空間の水素の中性度が50%以上

$z > 7$ のGRBから中性 IGM を4.5~11例

$z > 10$ に対しても1.5~4.5例を検出

中性度が10%程度

$5 < z < 7$ の 4 例のGRBから中性IGMの検出

TAO および
8 m 級望遠鏡の
稼働率 50% を想定

- 宇宙最初の重元素合成

吸収線から $[M/H] = -2.0 \sim -3.0$