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）

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）、澤野達也（金沢大）、河合誠之（東工大）、
池田博一（ISAS/JAXA）、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）、谷森達（京都大）、村上敏夫（金沢大）、谷津陽一（東工大）、
山岡和貴（青山学院大）、吉田篤正（青山学院大）、Neil Gherels (NASA/GSFC)

■ 赤外線望遠鏡

川端弘治、吉田道利（広島大）、松浦周二（ISAS/JAXA）、津村耕司（東北大）、
松本敏雄（台湾中央研究院）、白籏麻衣、柳澤顕史、沖田博文（天文台）、
本原顕太郎（東大）
アドバイザ：金田英宏（名古屋大）、和田武彦（ISAS/JAXA）

■ 理論検討

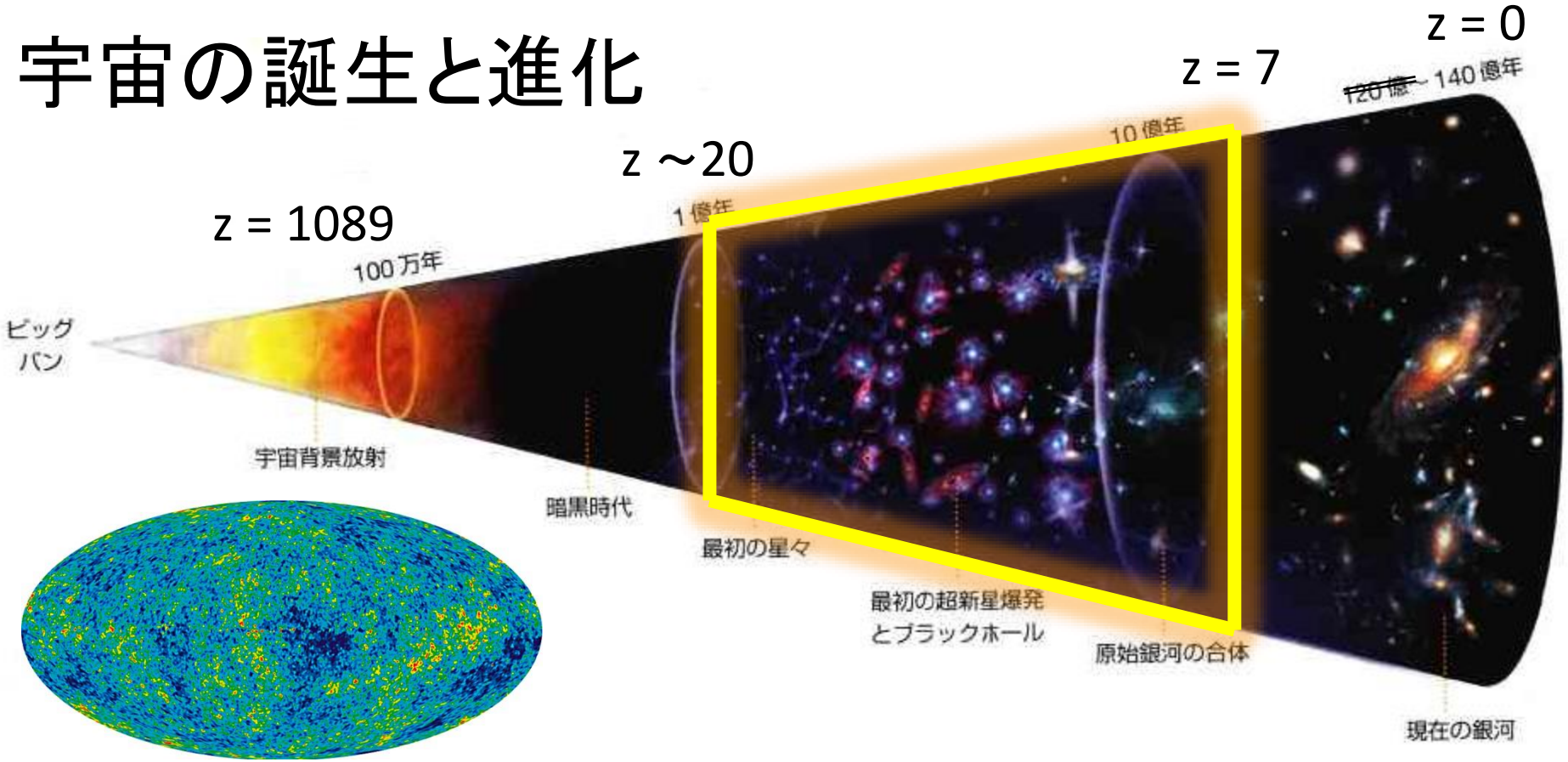
浅野勝晃（宇宙線研）、井岡邦仁（高エネ研）、井上進（宇宙線研）、川中宣太（東京大）、
諏訪雄大（京都大）、高橋慶太郎（熊本大）、當真賢二（東北大）、
戸谷友則（東京大）、長倉洋樹（京都大）、長滝重博（理研）、中村卓史（京都大）、
新納悠（国立天文台）、水田晃（理研）、山崎了（青山学院大）、横山順一（東京大）

■ 衛星システム検討

坂井真一郎（ISAS/JAXA）

42名／20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査し、
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、第一世代星の誕生、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

TMT の目指すサイエンス

http://tmt.nao.ac.jp/about/science.html

ブックマーク Google asahi.com Yahoo! JAPAN Yahoo!路線情報 Google カレン … のブックマーク

1 史上最大の光学赤外線望遠鏡 | 2 望遠鏡の進歩が宇宙像を一新する | 3 太陽系外惑星に生命を探る | 4

宇宙膨張の変化の直接測定

遠方の天体の赤方偏移が10年程度でどう変化するかを測ります。これにより、宇宙膨張の速さがどのように変化してきたのかを直接測定できます。

宇宙初代の大質量星の爆発

宇宙初代の大質量星が起こす超新星爆発は、ガンマ線バースト現象を引き起こす可能性があります。ガンマ線バーストの残光を観測し、初代の大質量星の正体を探ります。

銀河進化と超巨大ブラックホール形成

銀河の中心に形成され…大ブラックホールの質…塵がつくる周辺の構造…します。

宇宙初代の大質量星の爆発

宇宙初代の大質量星が起こす超新星爆発は、ガンマ線バースト現象を引き起こす可能性があります。ガンマ線バーストの残光を観測し、初代の大質量星の正体を探ります。

TMTで挑む天文学のフロンティア

30mの"巨大な目"は、天文学の最前線を一新する可能性を秘めています。
宇宙膨張や銀河の形成から太陽系の小天体まで、幅広い領域でこれまで困難だった観測を可能にします。

ページ先頭へ

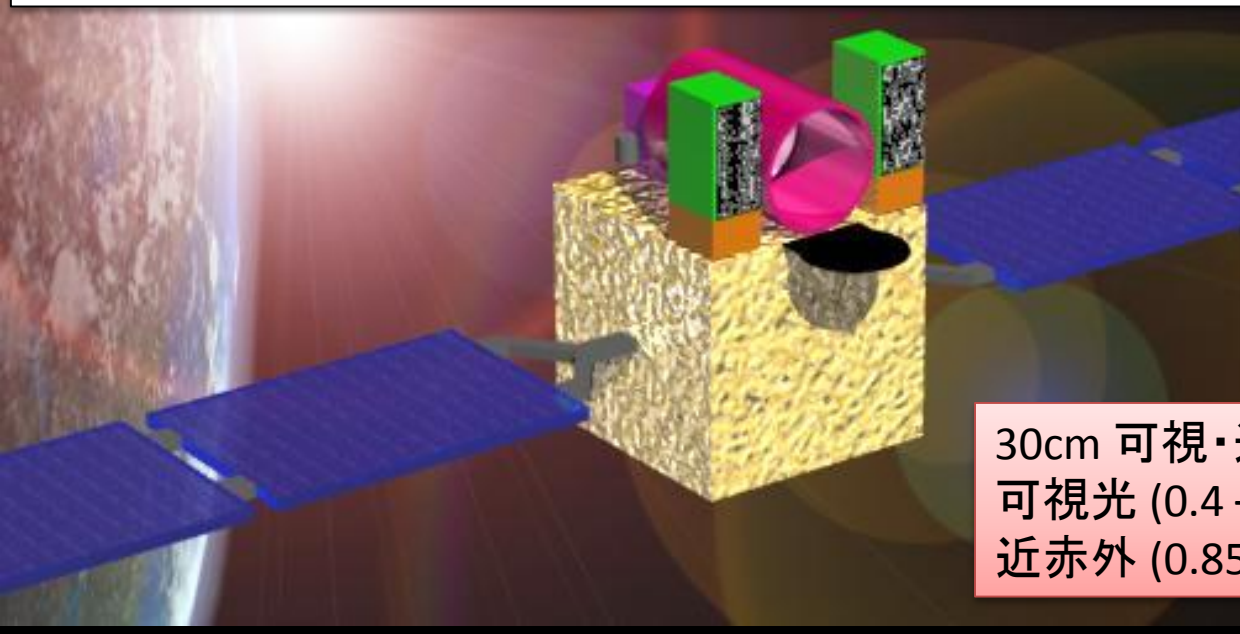
小型科学衛星 HiZ-GUNDAM の観測の流れ

(1) X線によるGRB 検出と発生情報の通報
(2) 自律制御で姿勢を変更し、近赤外線で追観測を開始
(3)「詳細な方向 」と「赤方偏移(high-z であること z>7)」を通報

ここまでがミッションの範囲。その後、

(4) 大型望遠鏡と協力して z>7 の高分散スペクトルを取得

高赤方偏移に対応するため、X線と近赤外線の融合が特徴

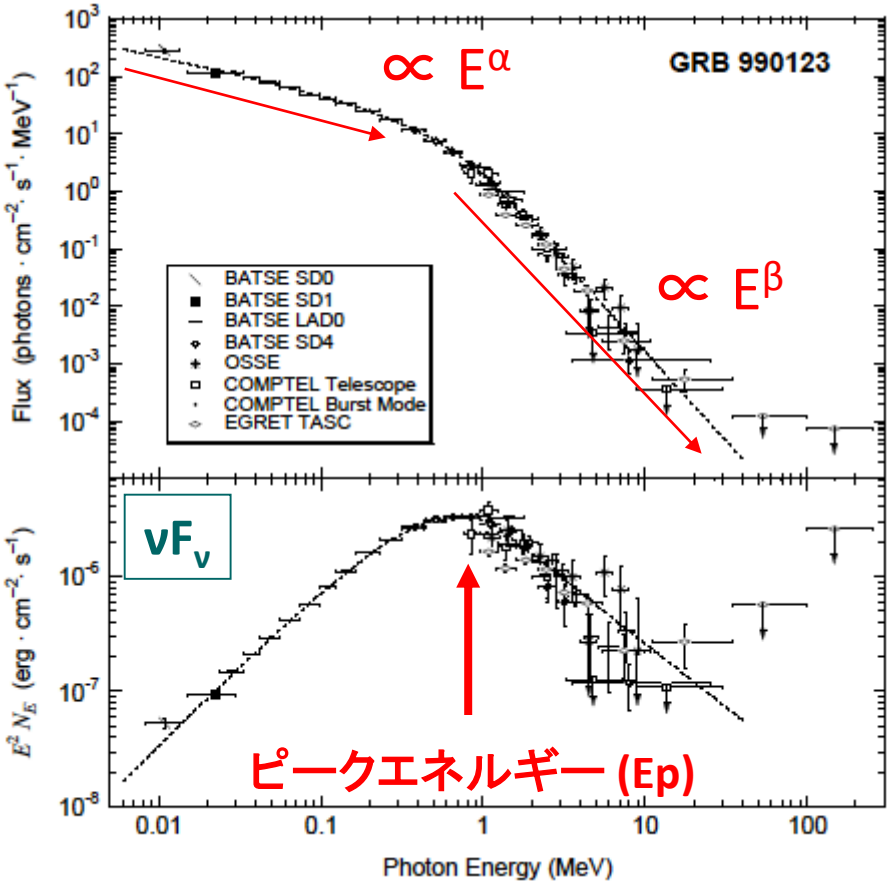


X線イメージング検出器
視野1ステラジアン
角度分解能5～10分角
Si ＋コーデッドマスク
(1 – 20 keV)

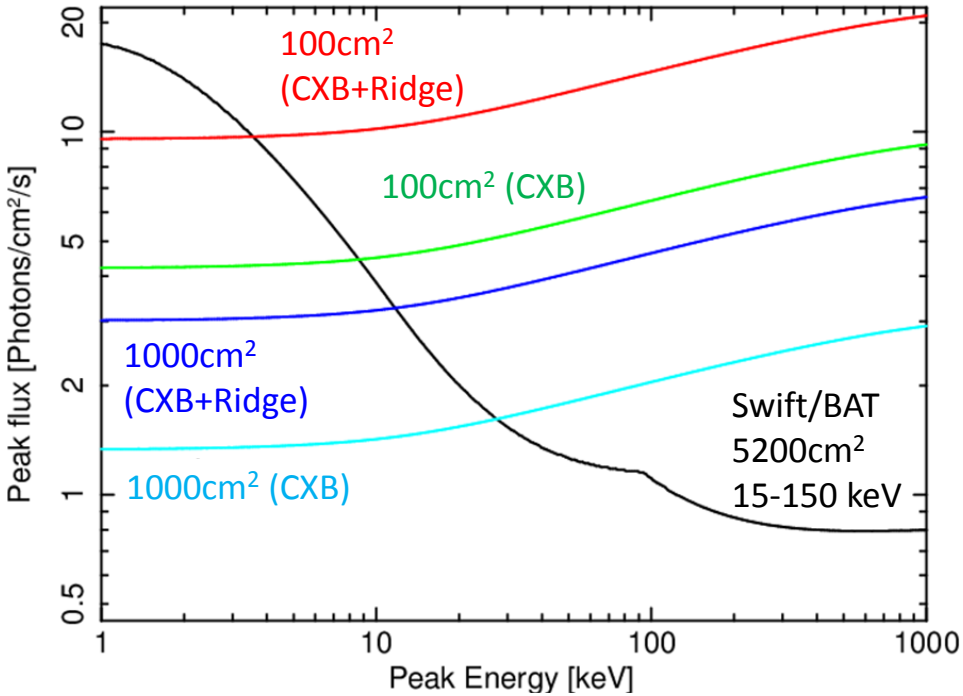
30cm 可視・近赤外線望遠鏡（視野34分角）
可視光 (0.4 – 0.85μm) 2バンド測光
近赤外 (0.85 – 1.7μm) 2バンド測光

GRB のスペクトル形状を考慮した感度計算

平均的な光子指数 α ~ -1, β ~ -2.5



視野 1 ステラジアン, 1 – 20 keV　8σ 検出

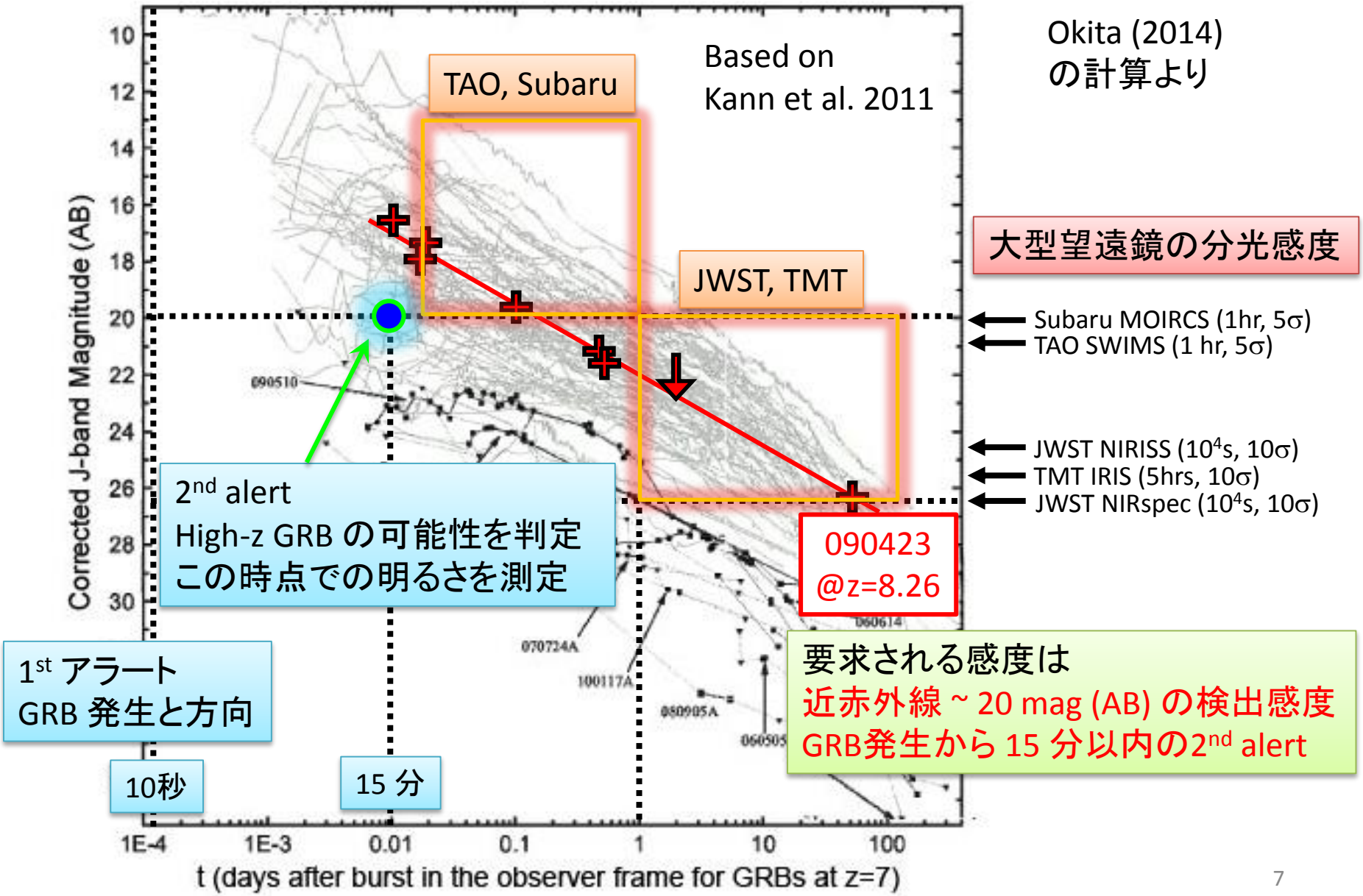


イメージングトリガーの場合は
もう1桁程度、良い感度となるだろう

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

検出器の最適化が必要
100 cm² の狭視野を複数？
1000 cm² を1つ？

赤方偏移 z=7 で発生した GRB の期待される残光光度曲線

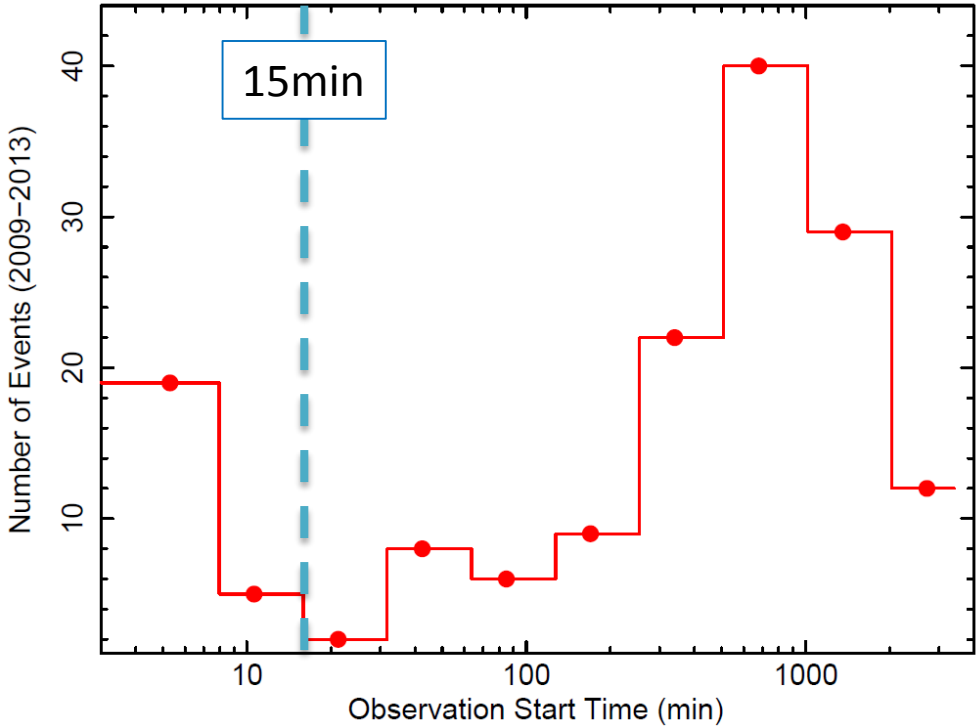


地上近赤外線観測の例

GROND
2.2m MPI/ESO 望遠鏡
La Silla Observatory (チリ)

2009 – 2013 年

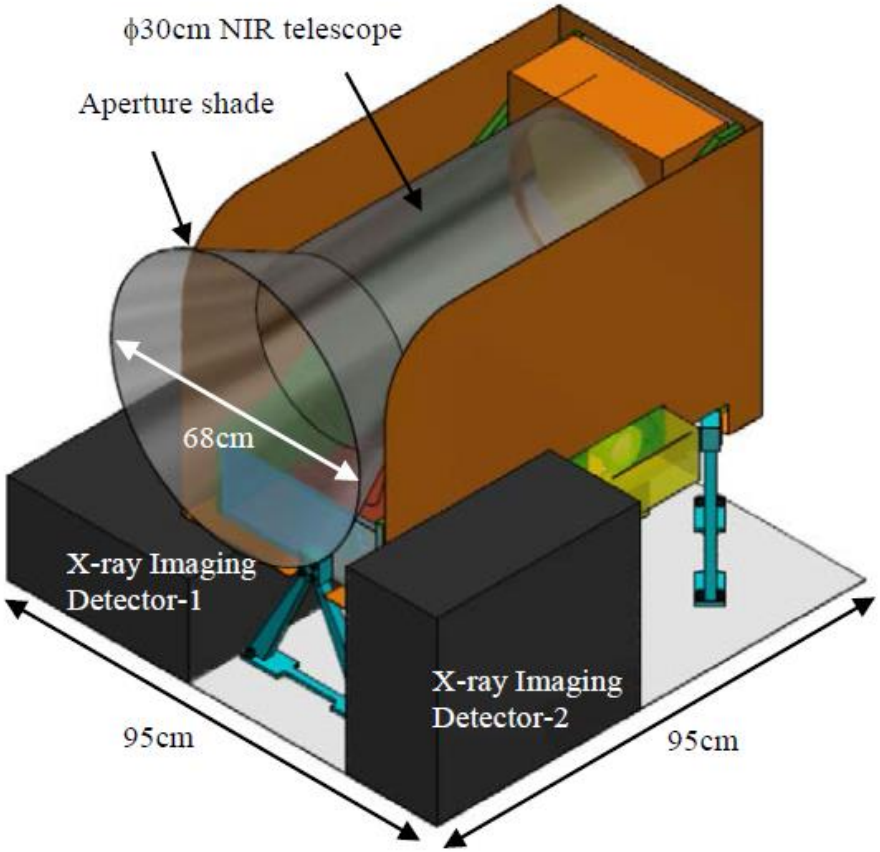
GRB の報告数	**573**
GROND の観測数	**152** (全体の26.5%)
15分以内の観測	**24** (**全体の4.2%**)

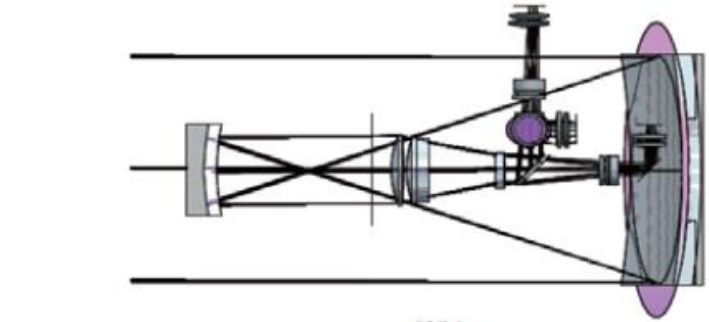


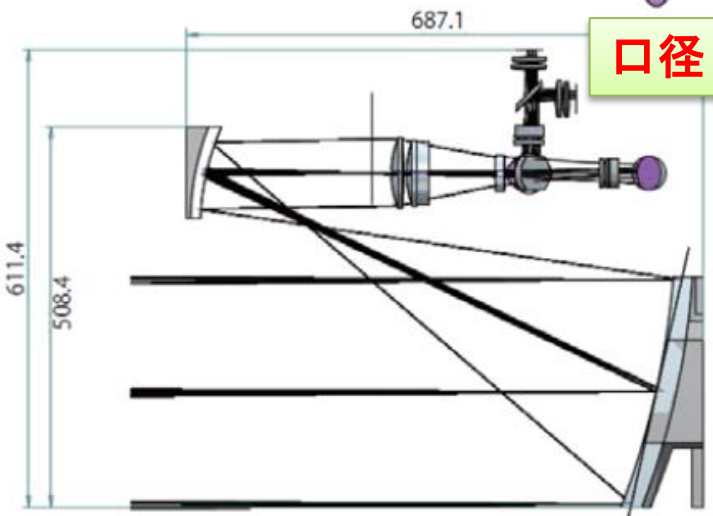
リアルタイム追観測の割合 :
夜時間**1/3**, 北/南半球**1/2**, 他の観測, 天候 **< 1/6** (16.7 %)

20mag(AB)/3分露光 ＝ 3〜4メートル級の近赤外線望遠鏡

High-z GRB を見逃さないためには、
人工衛星上に直径 30cm の近赤外線望遠鏡を搭載し、
系統的に (〜100%) 追観測する意義は高い





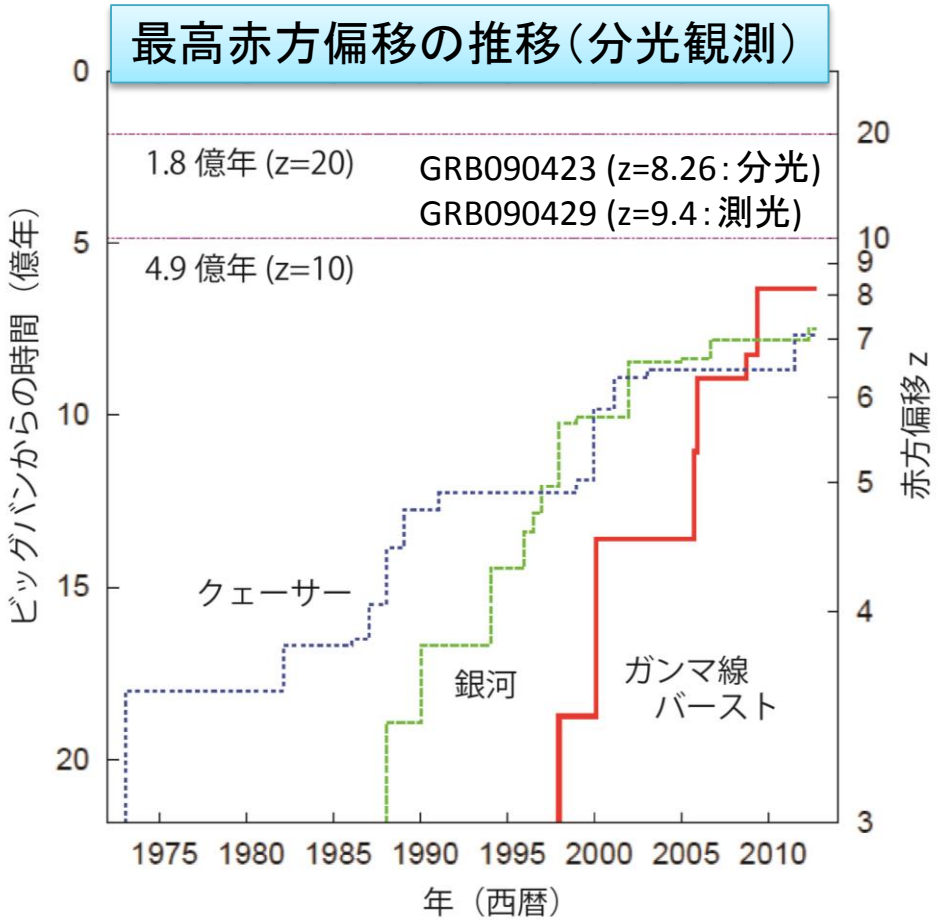


口径 30cm

・CIBER-2 と同等の光学系
・迷光を避け、広いvisibilityを確保
・副鏡を熱輻射から守れる
・副鏡による有効面積のロスが小

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 arcmin^2			
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 = 18μm)			
Operating temperature	< 230 K (for telescope tube), < 100 K (for detectors)			
Band	0.5 – 0.73 μm	0.73 – 1.00 μm	1.00 – 1.30 μm	1.30 – 1.70 μm
Sensitivity (10σ, 3 min)	20.5 mag(AB)	20.3 mag(AB)	20.1 mag(AB)	20.1 mag(AB)
Detector	HiViSI-Blue	HiViSI-NIR	HgCdTe	HgCdTe

高赤方偏移 GRB の検出期待値 = 約 10 event/yr/str



Swift の観測から

z > 6 が **~ 1** event/yr/str (lower limit)

(1) LF からの見積り (Niino 2012)

z > 7 が **2.5 ～50** event/yr/str

(2) Dark matter halo の進化 (Mao 2012)

z > 7 は **16** events/yr/str

(3) SFRから (Wanderman & Piran 2010)

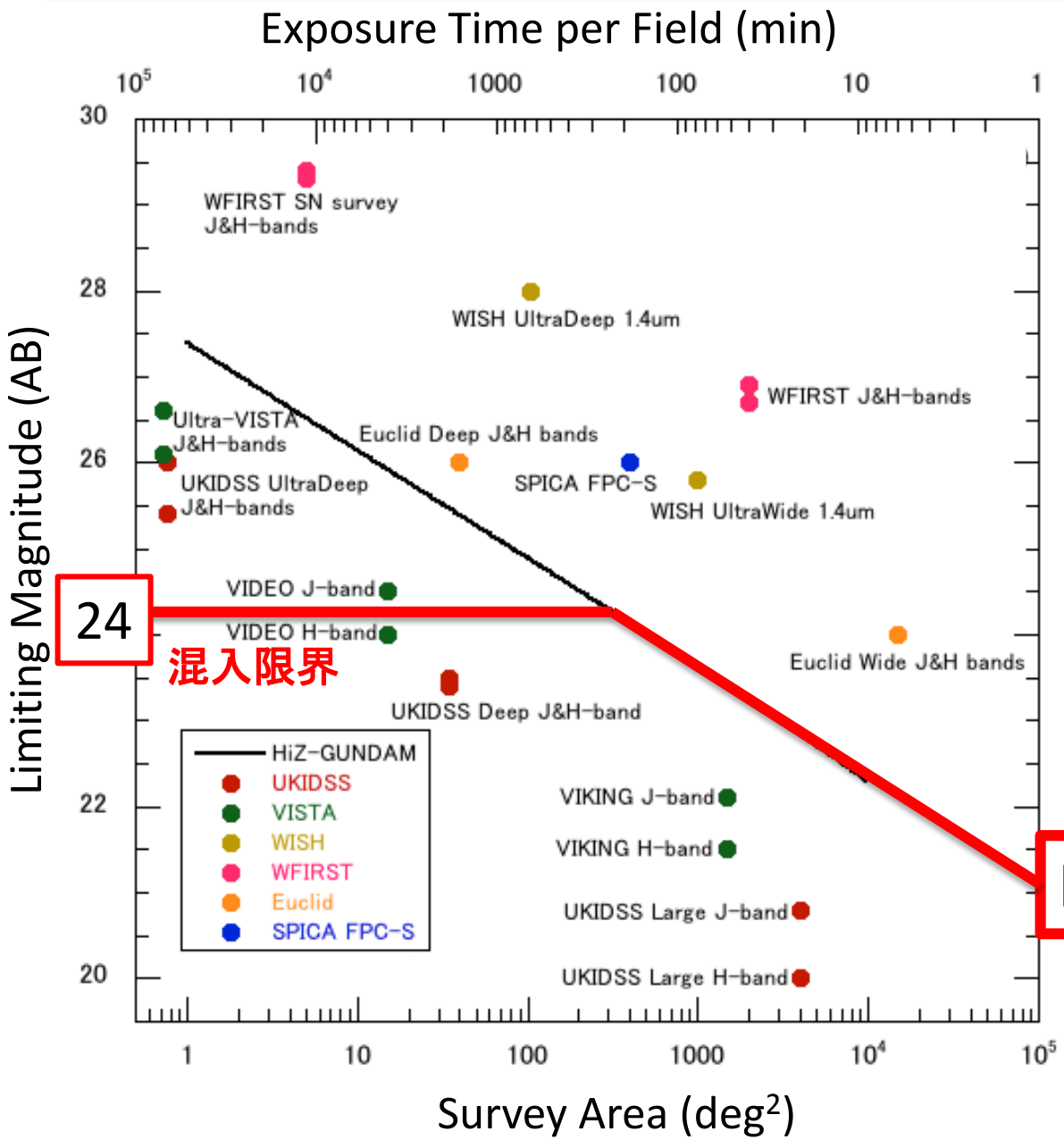
z > 10 は **3** events/yr/str

z > 7 は **~ 10** events/yr/str

通常のlow-z GRBは**~100** events/yr/str

観測頻度も高いと予想でき、
地上・宇宙の大型望遠鏡に観測の機会を提供できる

HiZ-GUNDAM (1.0-1.7 μm)



24

混入限界

HiZ-GUNDAM

Tsumura (2014)
の計算より

まとめ

■ HiZ-GUNDAM : GRB を用いて初期宇宙を探査する計画

■ HiZ-GUNDAM は X 線で発見した突発天体に対して、
可能な限りフォローアップ観測を行ないたいと考えている。

■ 混入限界 24～25 mag(AB) でモニター・サーベイ観測が可能

■ 高宇連コミュニティのロードマップ作成にむけて議論中

■ 中国・フランスが 2020年以降の打ち上げを目指して SVOM 衛星を検討しているが、
・X線検出器の感度 (HiZ-GUNDAM の方が数倍高い)
・近赤外線望遠鏡の搭載 (SVOM は可視光望遠鏡のみ)
の観点で、初期宇宙観測の点で優れている
※ 地上に 1.2m 近赤外線望遠鏡を設置する計画も含まれるが、
スペースにおける 30cm 望遠鏡の方が格段に感度が高い

議論していただきたいこと

■ 光赤天連ロードマップの中に、
多波長連携・分野融合型でなければ成し遂げられないような
サイエンスの重要性を明記していただきたい

■ 高宇連ロードマップの中に、HiZ-GUNDAM は赤外グループの
WGメンバー(＋αを希望)と開発することを含めさせていただきたい

■ 高赤方偏移GRB, 特異な突発天体, マルチメッセンジャー天体の
追観測を積極的に推進できるような枠組みが必要
※ 例えば letter of intent ➔ 大型プロジェクトでの議論
➔ letter of commitment

■ 大学間連携も大切な観点