

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

WG 代表 米徳大輔(金沢大学)
X線・ガンマ線 三原建弘(理研)、澤野達哉(金沢大)、河合誠之(東工大)、有元誠(早稲田大)、池田博一(ISAS/JAXA)、榎戸輝博(京大)、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(京大)、中川友進(海洋研)、村上敏夫(金沢大)、谷津陽一(東工大)、山内信(宮崎大)、山岡和貴(青山学院大)、湯浅孝行(理研)、吉田篤正(青山学院大)
赤外線望遠鏡 川端弘治(広島大)、松浦周二(ISAS/JAXA)、津村耕司(ISAS/JAXA)、松本敏雄(台湾中央研究院)、柳澤顕史(国立天文台)、沖田博文(東北大)、田中雅臣(国立天文台)、成田憲保(国立天文台)、福井暁彦(国立天文台)、吉田道利(広島大)、本原顕太郎(国立天文台)、浦田裕次(台湾国立中央大)、板由房(東北大)

ガンマ線バースト(GRB)は宇宙最大の爆発現象である。短時間ではあるが非常に明るく輝くため、初期宇宙を探るプローブとして利用されている。**本ミッションの目的は、GRBをプローブとして高赤方偏移観測のフロンティアを開拓することである。**具体的には、GRB検出後、自動的に衛星の姿勢を変更し、可視光・近赤外線望遠鏡を用いて明るい残光を観測する。バンド測光または低分散分光観測で、粗い赤方偏移を同定するまでを本ミッションの範疇で行く。高赤方偏移GRBを同定した場合は、いち早く地上大型望遠鏡(すばる、VLT, Keck, ALMAなど)や大型人工衛星(SPICA, JWSTなど)と協力して高分散スペクトルを取得し、 $z > 8$ の初期宇宙の物理情報を引き出せるだろう。GRBの明るい光源を利用することで、 $z \sim 10$ の宇宙における**第一世代星の誕生や宇宙再電離、銀河間空間の重元素汚染**などの宇宙論的に重要な未解決問題に挑戦できるだろう。また、10年後でも $z > 2$ の初期宇宙における観測的宇宙論を展開できるのはGRBのみと考えられ、**暗黒エネルギーや暗黒物質**といった21世紀物理学の最重要課題にも取り組みたい。

X線撮像検出器

赤方偏移の効果を強く受けたGRBを観測するために、約1 keVから感度を持つGRB撮像検出器を搭載する。

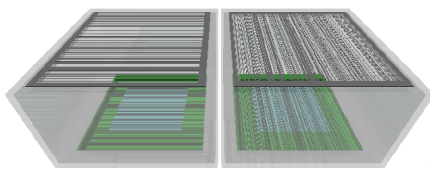


図1. 1次元シリコンストリップ検出器の前面に、ランダムにスリットを開けたコーデッドマスクを配置したX線撮像検出器の概念図。2台配置することで2次元の撮像を行う。

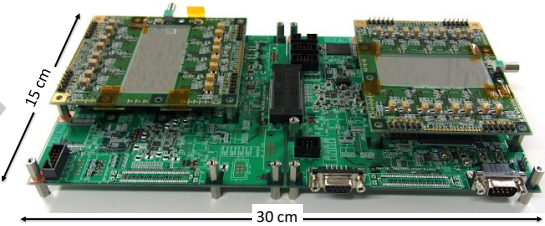


図2. 1/10の有効面積を持つプロトタイプ検出器(PM)

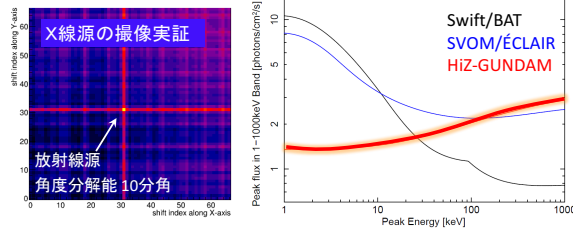
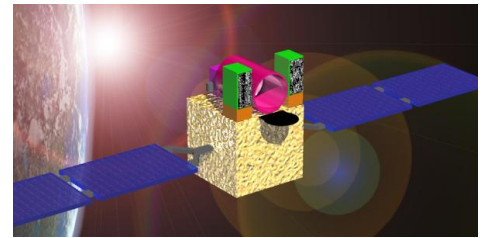


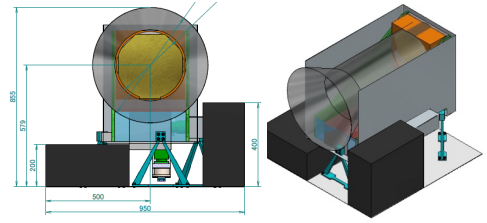
図3. PMを用いたX線撮像実験

図4. 予想される検出感度



リアルタイムで方向を決定し、衛星の姿勢を自立制御。可視・近赤外線望遠鏡で明るい残光の追観測を行う。

地上観測者に対して発生時刻・方向のアラート情報を出すことで、世界中の望遠鏡と協力して追観測を行う。



可視光・近赤外線

赤方偏移 $z > 7$ の天体は、水素のLy α 吸収端が近赤外線までシフトするため、可視光では全く観測できず、近赤外線での観測が本質的に重要となる。可視光・近赤外線の両方で同時に観測し、大まかな赤方偏移を同定する。

アパーチャーシェード(反射型パツル)

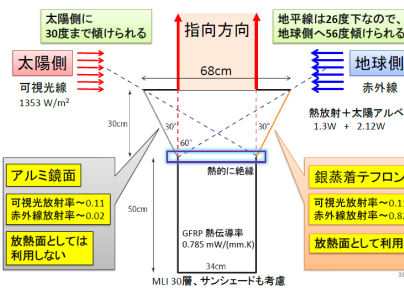


図5. 口径30cmのオフセットグレゴリアン望遠鏡の光学設計案。迷光に強く、広いvisibilityを確保でき迷光に強いため、GRBの追観測に適している。

可視光・近赤外線望遠鏡	
口径	30cm (200Kに放射冷却)
光学系	軸外シグレゴリアン光学系
波長帯	0.5 - 2.5 μm を4バンド
視野	34 arcmin x 34 arcmin
検出器	HAWAII-2 アレイ(近赤外線) HyVISIアレイ(可視光)
検出感度	全バンド20.7等級(AB)@10分 (S/N=10)

観測波長は4バンド用意し、Photometric redshiftを測定できるようにする。
 (1) 0.5-0.9 μm , (2) 0.9-1.5 μm ,
 (3) 1.5-2.00 μm , (4) 2.0-2.5 μm
 のようにした場合、10分露光, S/N=10で、どのバンドでも約21等級(AB)程度を実現できる。

太陽同期軌道 ローカルタイム9時(21時)線上

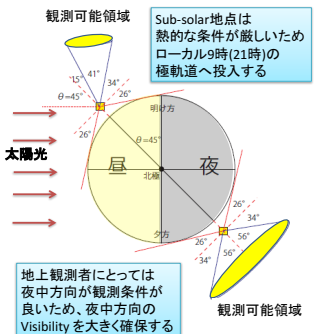


図6. 投入軌道は太陽同期軌道で、ローカル時9時の線上を想定している。

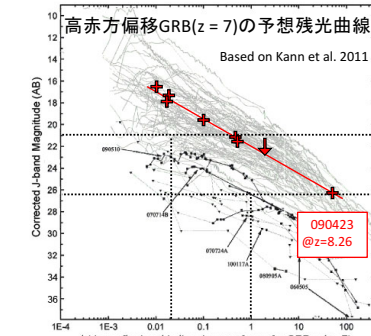


図7. これまでに赤外線残光が観測された例の明るさから、 $z > 8$ に存在する場合を予測した光度曲線。測光観測では非常に多くの残光を検出できる。低分散分光を含めた場合を検討する。

HiZ-GUNDAMで検出したGRBに対して包括的に残光を観測し、いち早く赤方偏移の情報を取得する。高赤方偏移イベントの場合は、大型地上望遠鏡と連携し、残光が明るいうちに高分散スペクトルを取得

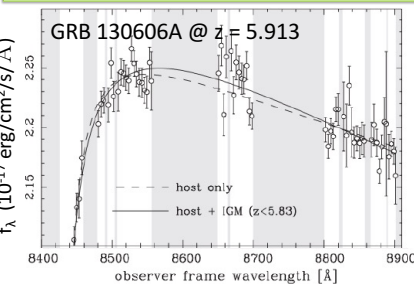


図8. すばる望遠鏡で得られたGRB130606A ($z=5.913$)の分光スペクトル。ライマン α 端の形状から、銀河間空間に中性水素が存在する兆候を検出した(Totani et al. 2013)。

GRB発生率は大質量星の生成率と直結しているため、宇宙の星生成歴を調べられるだろう。ライマン α 端のdumping wingから水素の電離度を測定し、宇宙再電離の時期を同定する。吸収線量から重元素量を測定し、宇宙初期の元素合成の歴史を議論できるだろう。

- 初代天体(第一世代星)からのGRB探査
 - 宇宙再電離の時期やその変遷の解明
 - 重元素量 ■ 第一世代星の観測
 - 星形成歴 ■ 暗黒エネルギー量の時間変化
- GRBを用いて宇宙論の重大問題の解明へ!