# ガンマ線バーストを用いた 初期宇宙探査計画 HiZ-GUNDAM 現状と国際協力について

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)

光赤天連進歩 (2017/07/24) @ 国立天文台

## 現在の 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	白簱麻衣	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	国立天文台バ	<b>\</b> 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		當真賢二	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	<del>بک</del>	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 Nationa	I Univ	山崎了	青山学院大
湯浅孝行	理研	Shiang-Yu Wang	台湾中央研究	2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	Jagiellonian Univ.
					Maxim Barkov	理研
🗌 GRB 待機時の近赤外線望遠鏡の 👘 🗌					Jirong Mao	雲南天文台
- 右効利田について他のっこっ ニティトの					Alexey Tolstov	Kavli IPMU
有別利用について他のコミューナイとの					Donald C. Warren	理研
議論を始めている						



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査

(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査

2020年代では(おそらく2030年代でも)、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 3







### 高赤方偏移GRBの観測



ガンマ線バーストの観測例



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<u>外線で残光を追観測</u>

(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 + <del>ミッション機器</del> 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



<u>X線イメージング検出器</u> 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 cm<sup>2</sup>

<u>可視・近赤外線望遠鏡</u> 口径 30cm, 軸外しグレゴリアン <u>視野34分角</u> 0.5 – 2.5 µm の4バンド測光



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

#### ミッション機器概略

	X線撮像検出器	近赤外線望遠鏡
観測帯域	2~20 keV (要求值) 1~20 keV (目標值)	0.5 μm < λ < 2.5 μm
観測視野	1ステラジアン以上	20分角(10分角よりも十分大きい視野)
方向決定精度	10分角 (目標2分角)	2秒角
赤方偏移の測定	—	可視光・近赤外線の4色測光以上
検出感度	10 <sup>-8</sup> erg/cm <sup>2</sup> /s (要求値) 10 <sup>-9</sup> erg/cm <sup>2</sup> /s (目標値) レートトリガーで10 <sup>-8</sup> erg/cm <sup>2</sup> /s イメージトリガーで10 <sup>-9</sup> erg/cm <sup>2</sup> /s	10分露光で20.7等級(AB) (S/N=10)
アラート情報	時刻、発生座標、明るさ	時刻、詳細な発生座標、明るさ、赤方偏移
アラート時間に 対する要求	30分以内	

検出器面積 1,000 cm<sup>2</sup> の 符号化マスク型広視野X線撮像検出器 口径 30 cm 近赤外線望遠鏡による 4バンド同時測光観測

X線による発見→近赤外線追観測→ 高赤方偏移GRB候補の抽出・30分以内のアラート

衛星ミッションの範囲

→ 1~2時間後に大型望遠鏡で追観測

# 符号化マスク型 広視野X線撮像検出器の開発





超小型衛星(Kanazawa-SAT<sup>3</sup>)用フライトモデルの開発 重力波源としてのX線突発天体の発見 (有効面積: 1/10 GUNDAM)

- FM ミッション機器は 10 月に完成予定
- ・FY2018末以降の早い時期の打ち上げを目指す

HiZ-GUNDAMプロジェクト化までに TRL 8~9



広視野X線撮像検出器 (HiZ-GUNDAM)

 $8\sigma$  detection



# 近赤外線望遠鏡 昭和オプトロニクス社による光学設計および迷光解析



## 迷光:全バンドで10-3以上のレベル 迷光:全バンドで10-6以下のレベル

#### 広範囲・広視野に対応できる近赤外線望遠鏡としては、オフセットグレゴリアンが有利

Optics	Offset Gregorian				
Aperture Size	30 cm				
Focal Length	183.5 cm				
F	F6.1				
Field of View	$34 \times 34 \operatorname{arcmin}^2$				
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 <b>-</b> 2.0 μm	2.0–2.5 μm	
Limiting Mag.	21.4	21.3	20.9	20.7	
Detectors	HyViSi	HgCdTe	HgCdTe	HgCdTe	

CIBER-2 ロケット実験 Lanz et al. (2014)



- ・ 近赤外線背景放射の観測を目的とした NASA のロケット実験
- 28.5 cm 冷却望遠鏡 ⇒ HiZ-GUNDAM では 30 cm
- 3 バンド測光観測の後置光学系(可視光および近赤外線)
   → HiZ-GUNDAM における多色同時測光の実証

#### **Flight Configuration**



**Flight Primary Mirror** 



# 想定される国際協力

# NISS: Near-IR Imaging Spectrometer

- Technical heritage from MIRIS
- Wavelength range: 0.9 ~ 3.8µm (continuous)
- Primary mirror 15 cm,
- Array format: 1024 x 1024, FoV: ~2 deg. X 2 deg. (15" resol.)
- 15cm aperture, Imaging & Low-Resolution Spectroscopy (R~20), Sensitivity ~17 AB mag. – survey area > 100 sq. deg.
- 2017.3Q : Launch (Falcone 9, SpaceX)



韓国 KASI

# **Optics Assembly Procedure**

Slide by W-S. Jeong







# the second secon

# ESA M5 Proposed,

technical and programmatic evaluation passed, and undergoing a scientific assessment

# **THESEUS** payload

- Soft X-ray Imager (SXI): a set of « Lobster-Eye » X-ray (0.3

   6 keV) telescopes covering a total FOV of 1 sr field with
   0.5 1 arcmin source location accuracy, provided by a UK
   led consortium (+ Czech Repubblic, + ...)
- InfraRed Telescope (IRT): a 70 cm class near-infrared (up to 2 microns) telescope (IRT) with imaging and moderate spectral capabilities provided by a France led consortium (+ ESA, + ...)
- X-Gamma-rays Spectrometer (XGS): non-imaging spectrometer (XGS) based on SDD+CsI, covering the same FOV than the Lobster telescope extending its energy band up to 20 MeV. This instrument will be provided by an Italian led consortium (+USA ?)

515 M€ by ESA evaluation





# Infrared Telescope (IRT)

#### Slide by L. Amati



			fold		
Telescope type:	Cassegrain				
Primary & Secondary size:	700 mm & 230 mm				
Material:	SiC (for both optics an	iC (for both optics and optical tube assembly)			
Detector type:	Teledyne Hawaii-2RG 2048 x 2048 pixels (18 μm each)				
Imaging plate scale	0".3/pixel				
Field of view:	10' x 10'	6' x 6'	2".1 x 2".1		
Resolution ( $\lambda/\Delta\lambda$ ):	2-3 (imaging)	20 (low-res)	1700 (high-res)		
			with 0".4 slit		
Sensitivity (AB mag):	H = 22.5 (30s)	H = 20.8 (300s)	H = 19.3 (1800s)		
Filters:	ZYJH	Prism	VPH grating		
Wavelength range (µm):	0.7-1.8 (imaging)	0.7-1.8 (low-res)	0.7-1.8 (high-res)		
Total envelope size (mm):		800 Ø x 1800			
Power (W):	95				
Mass (kg):	112.6				

- ・近赤外線望遠鏡の最適化を検討
   光学系のトレードオフ検討を実施、さらにアラインメント誤差等を
   定量評価する予定
- 韓国 KASI・NISS衛星グループ(WGメンバー)の経験は、
   HiZ-GUNDAM の近赤外線望遠鏡の開発に大変有益
- GRB衛星の運用は 7d/24h であるため、国際協力体制が必要。
   各イベントに対する duty scientist (to-ban) など。
   (ドイツ・イタリア・ポーランド・アメリカ・韓国・台湾・・・WGメンバー)
- ・特に M4 の段階では望遠鏡部分に対する貢献が求められていた。



# Thanks

