

ガンマ線バーストを用いた 初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM

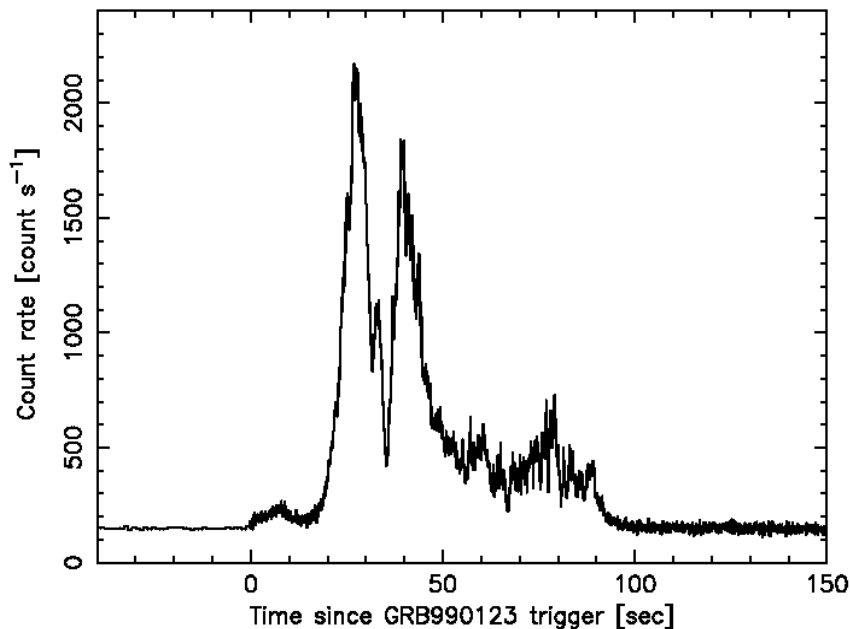
High-**z** Gamma-ray bursts for **Un**raveling the **D**ark **A**ges **M**ission

HiZ-GUNDAM WG メンバー

主査：米徳大輔（金沢大学）

2018年1月29日締め切りの公募型小型ミッションに提案予定

ガンマ線バースト(GRB)



Long GRBs ($T > 2$ sec)

- 大質量星の爆発 ($M > 40M_{\text{sun}}$)
- 超新星爆発との同期
(energetic Hypernovae)

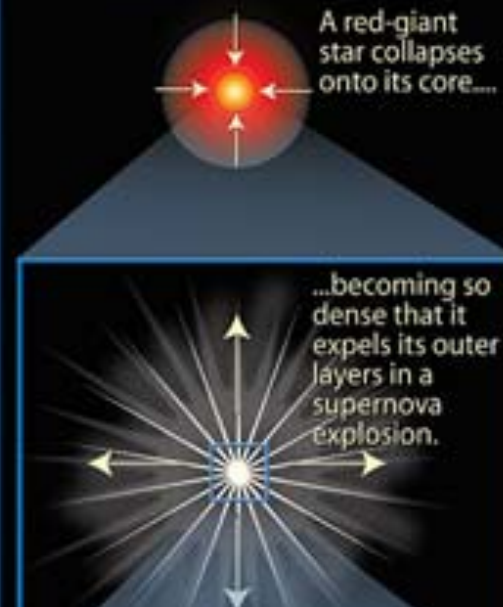
- $E = 10^{50} - 10^{54}$ ergs
- Black Hole + 相対論的ジェット

Short GRBs ($T < 2$ sec)

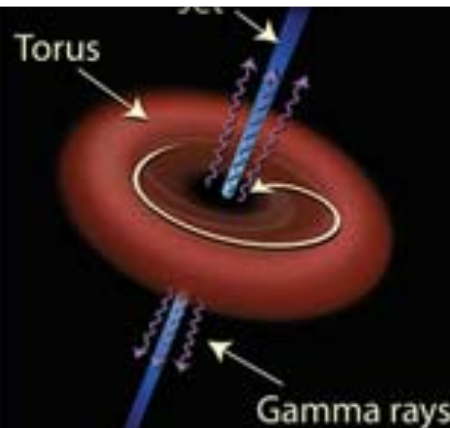
- コンパクト連星の合体・融合(?)
- $E = 10^{48} - 10^{51}$ ergs
- Black Hole + 相対論的ジェット (?)

Gamma-Ray Bursts (GRBs): The Long and Short of It

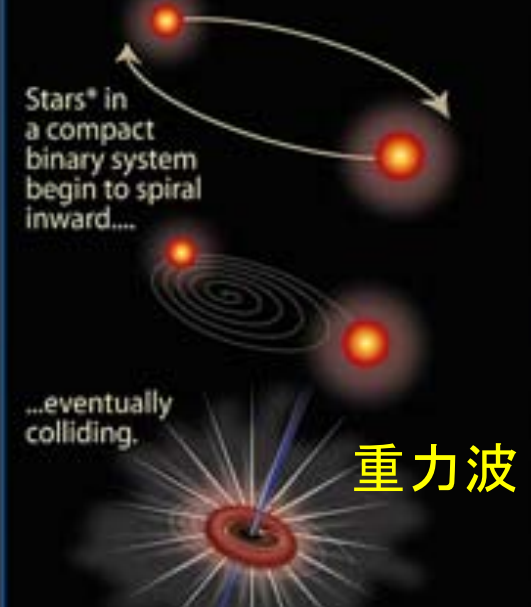
Long gamma-ray burst (> 2 seconds' duration)



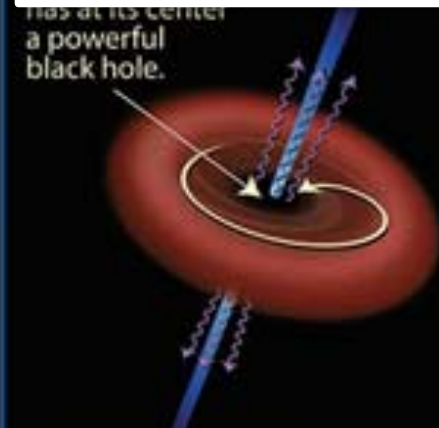
初期宇宙探査



Short gamma-ray burst (< 2 seconds' duration)

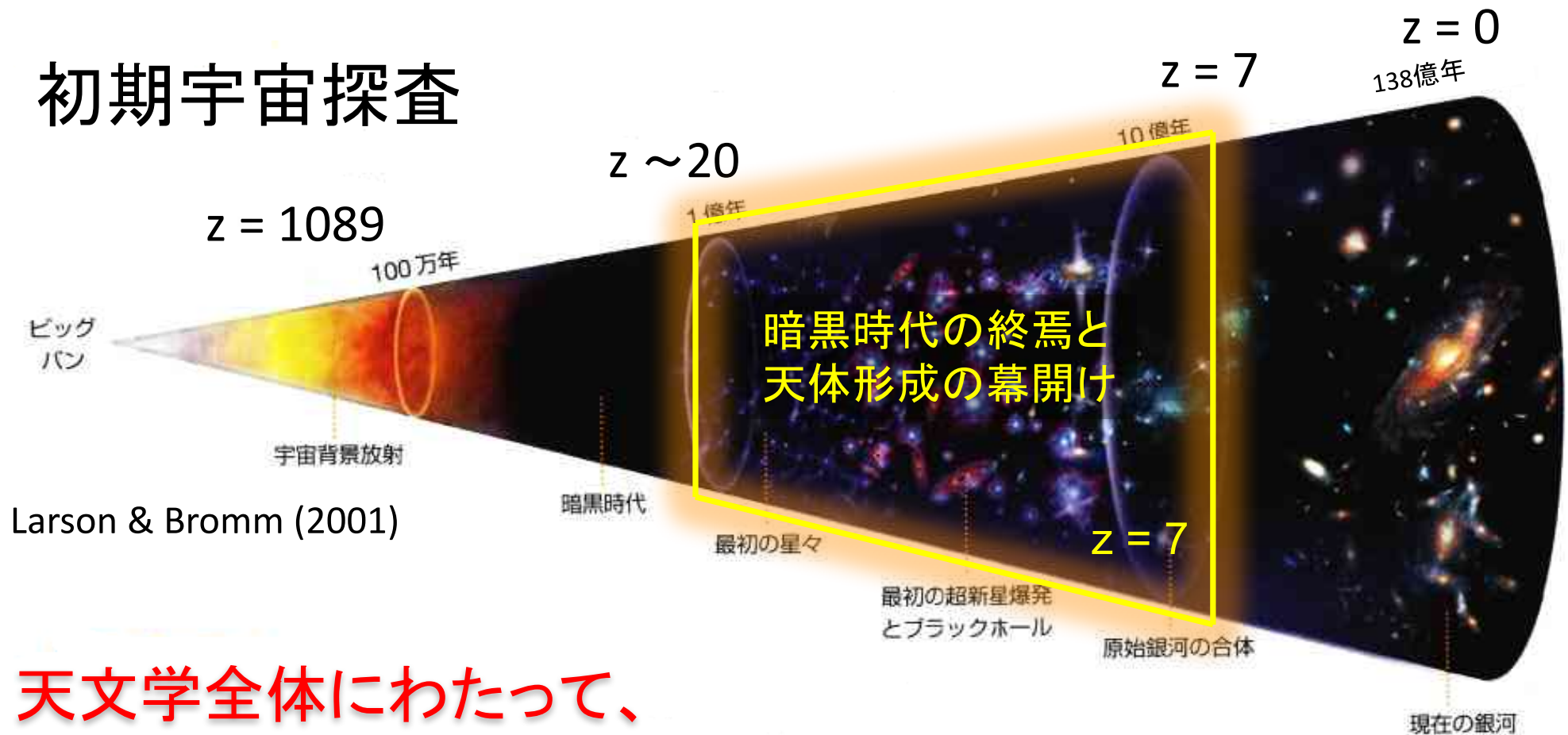


極限時空探査



*Possibly neutron stars.

初期宇宙探査



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

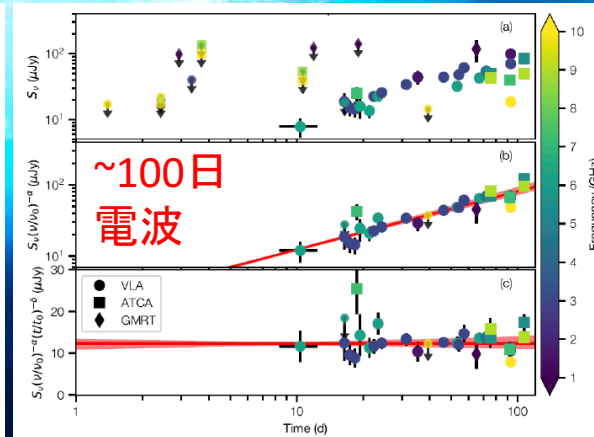
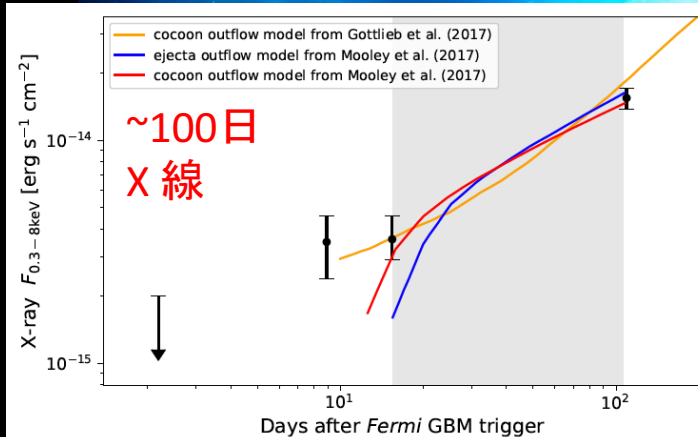
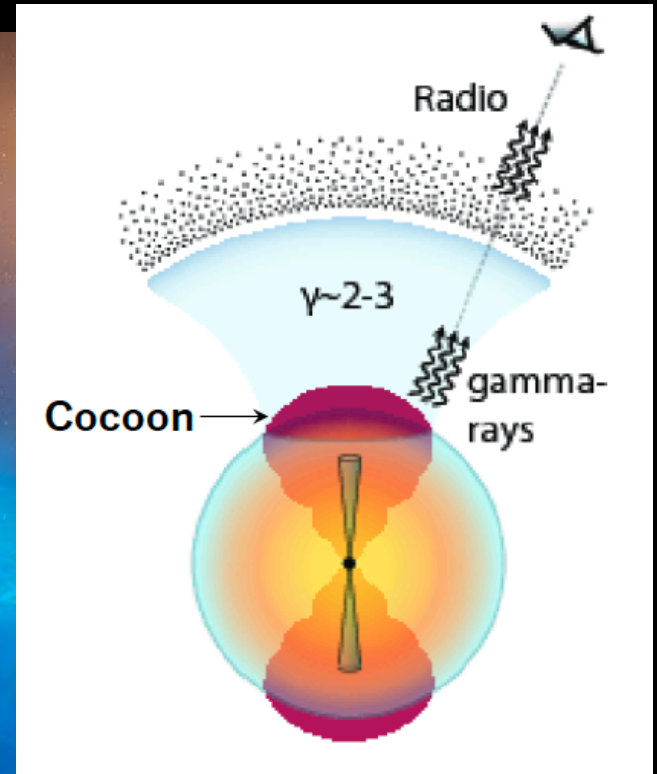
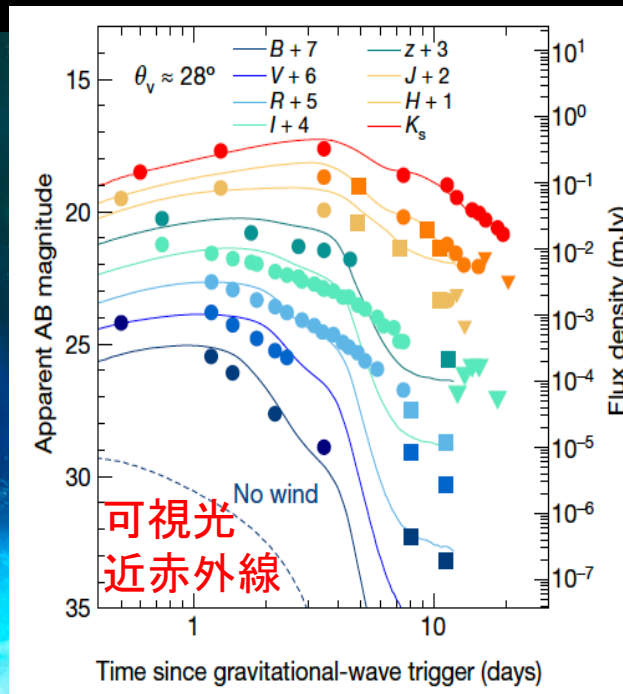
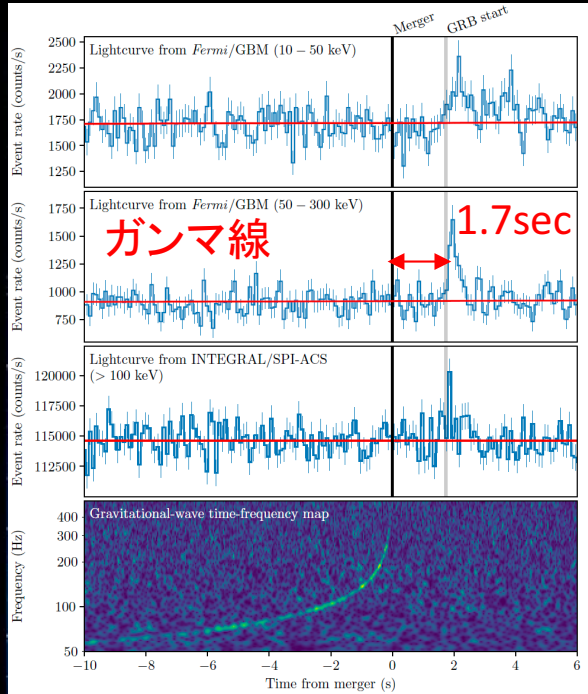
特に $z > 7$ の宇宙は、初代星の誕生、宇宙再電離、重元素合成、
宇宙最初のブラックホールの誕生など重要課題が多い

近赤外線

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

重力波天文学の推進(発見から理解へ)

2017年8月17日、連星中性子星の合体からの重力波・電磁波の観測



重力波天文学の推進(発見から理解へ)

2017年8月17日、連星中性子星の合体からの重力波・電磁波の観測

重力波と同期したX線突発天体の発見

- ・ ブラックホール誕生の瞬間
- ・ ショートガンマ線バーストは本当に連星中性子星起源か？

マクロノヴァの多様性 (近赤外線)

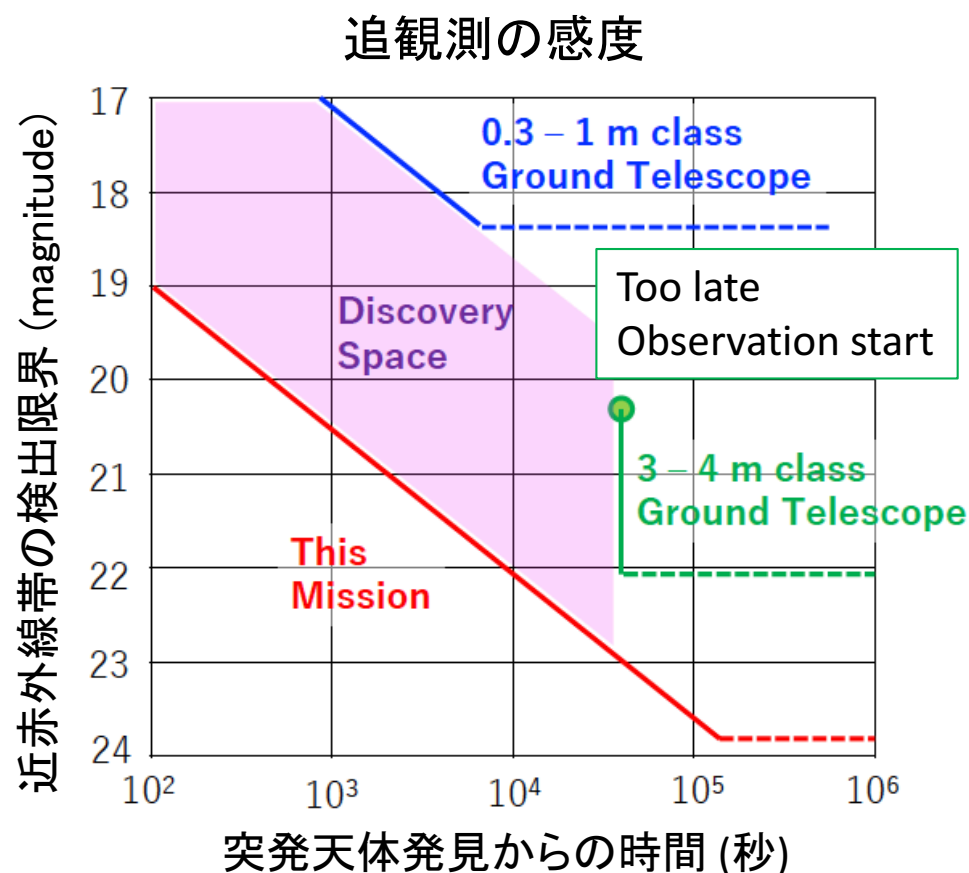
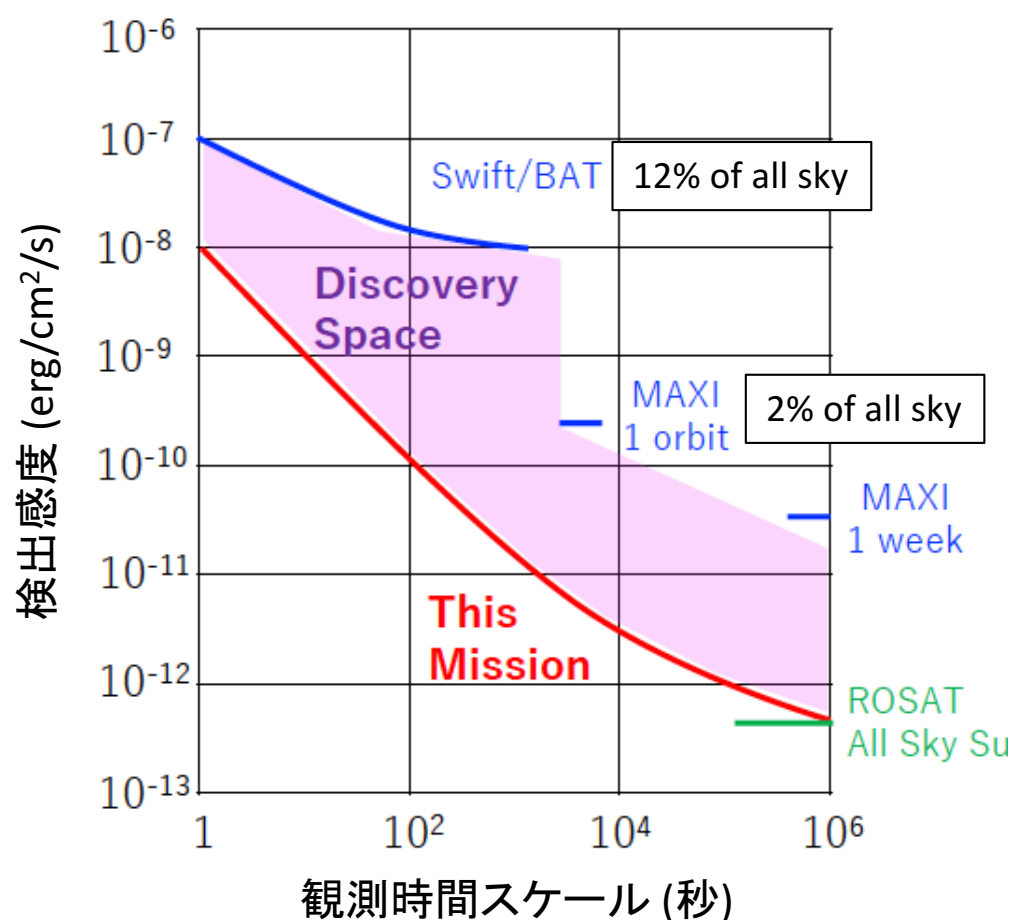
- ・ 物質量分布, 幾何学
- ・ 核物質の状態方程式
- 長寿命のHMNSのスピンダウン
エネルギーが物質に与える影響

宇宙の重元素の起源

- ・ rプロセスを経由した鉄よりも重たい元素合成量
- ・ 我々の知っている組成比を説明できるか？

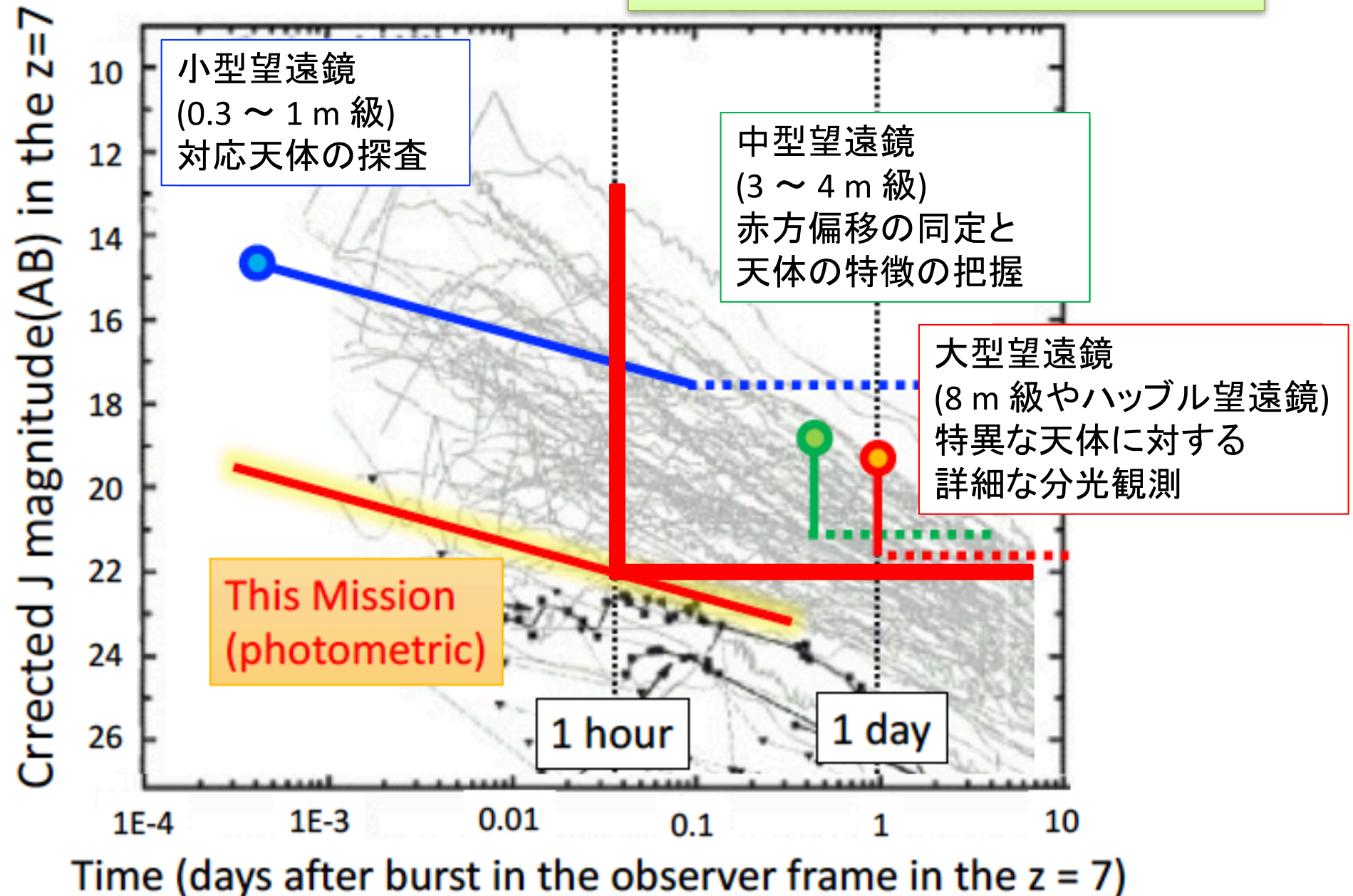
大テーマ：タイムドメイン天文学の飛躍的な進展

- (1) X線による突発天体 (GRB /SGRB など) の検出
- (2) 自律制御で姿勢変更、近赤外線で残光・マクロノヴァを追観測
- (3) 「詳細な方向」「赤方偏移」「明るさ」を1時間以内にアラート
- (4) 地上大型望遠鏡による詳細な分光観測



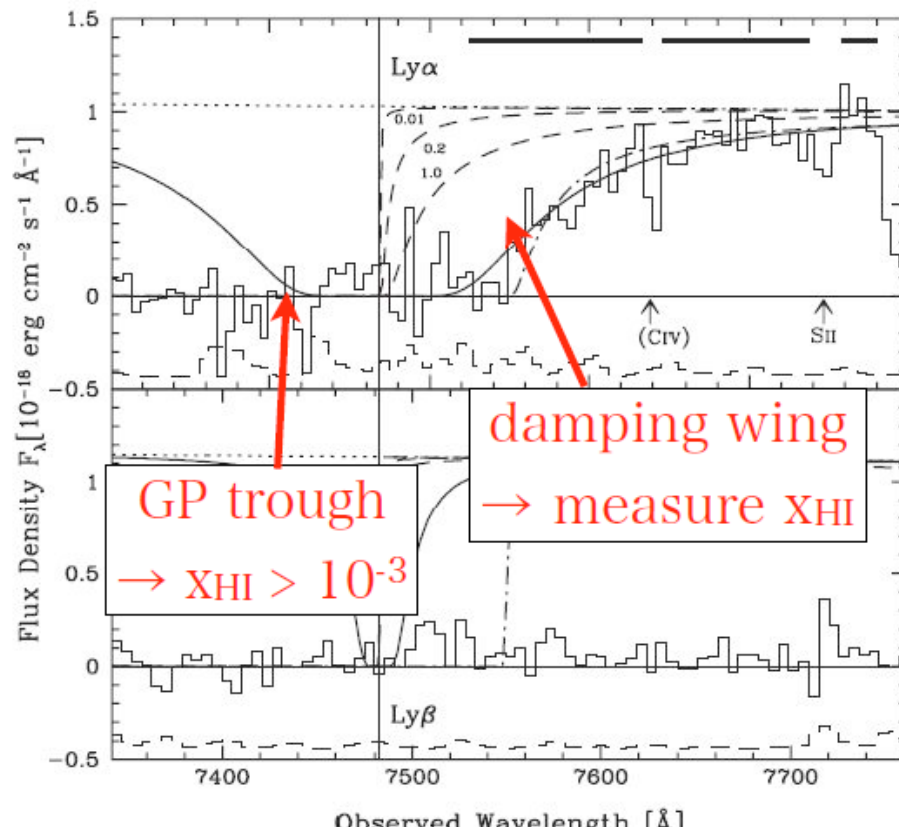
ガンマ線バーストの追観測

時間的な制約を打破し、
大型望遠鏡を動かす必要あり



高赤方偏移GRBの観測

GRB 050904 @ $z = 6.295$ (3.5日後)

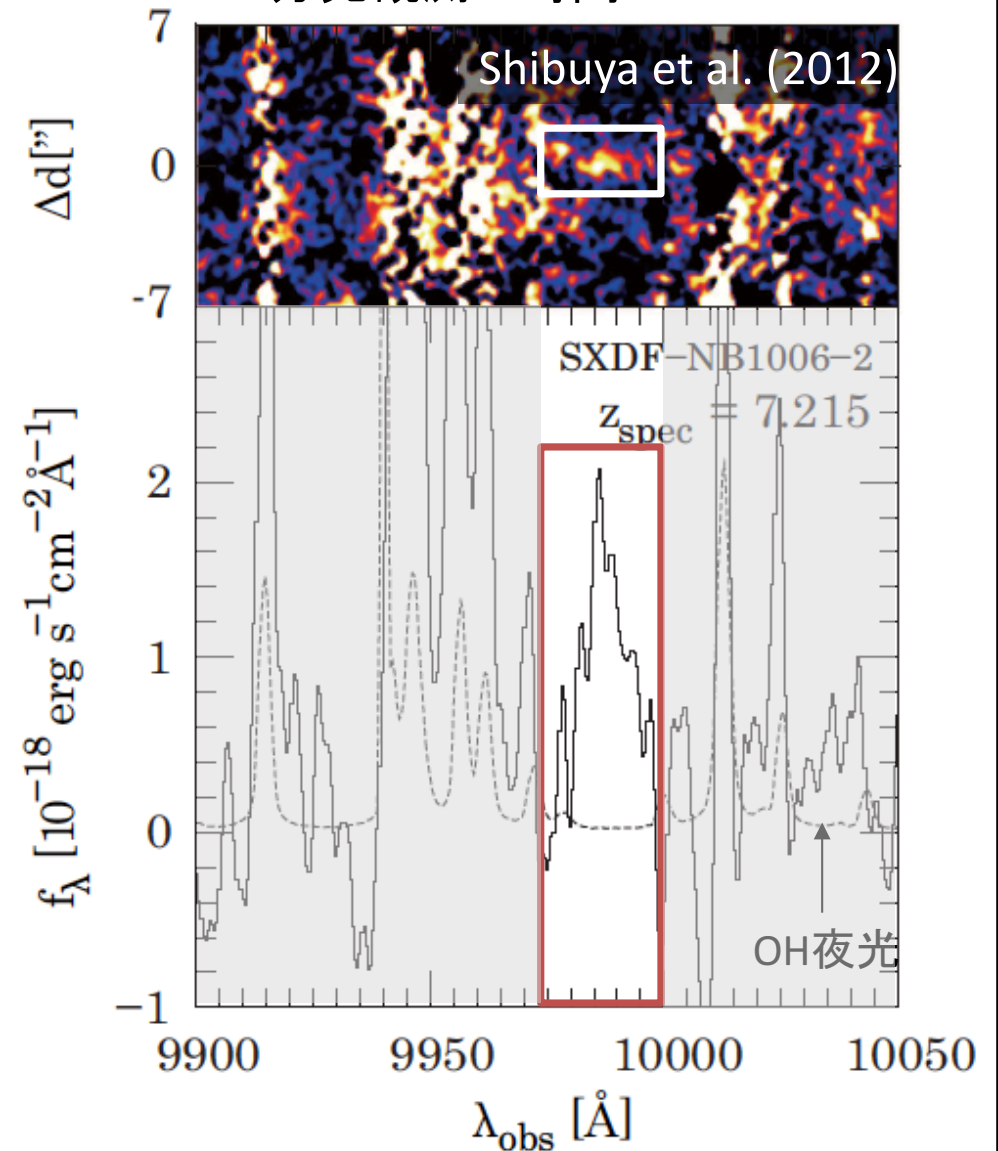


Kawai et al. (2006), Totani et al. (2006)

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

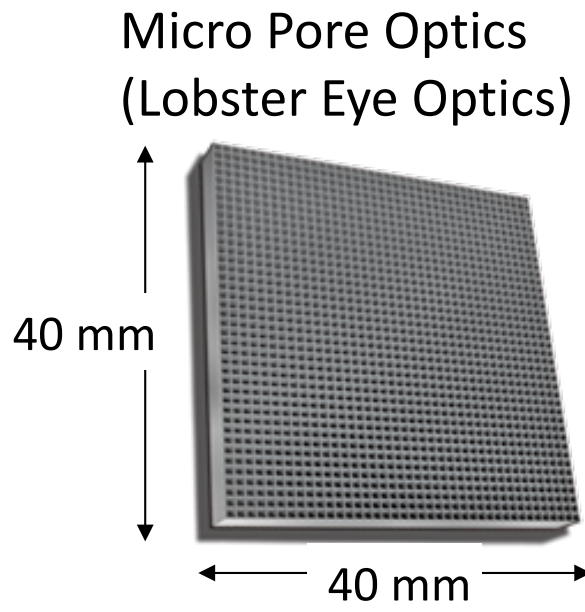
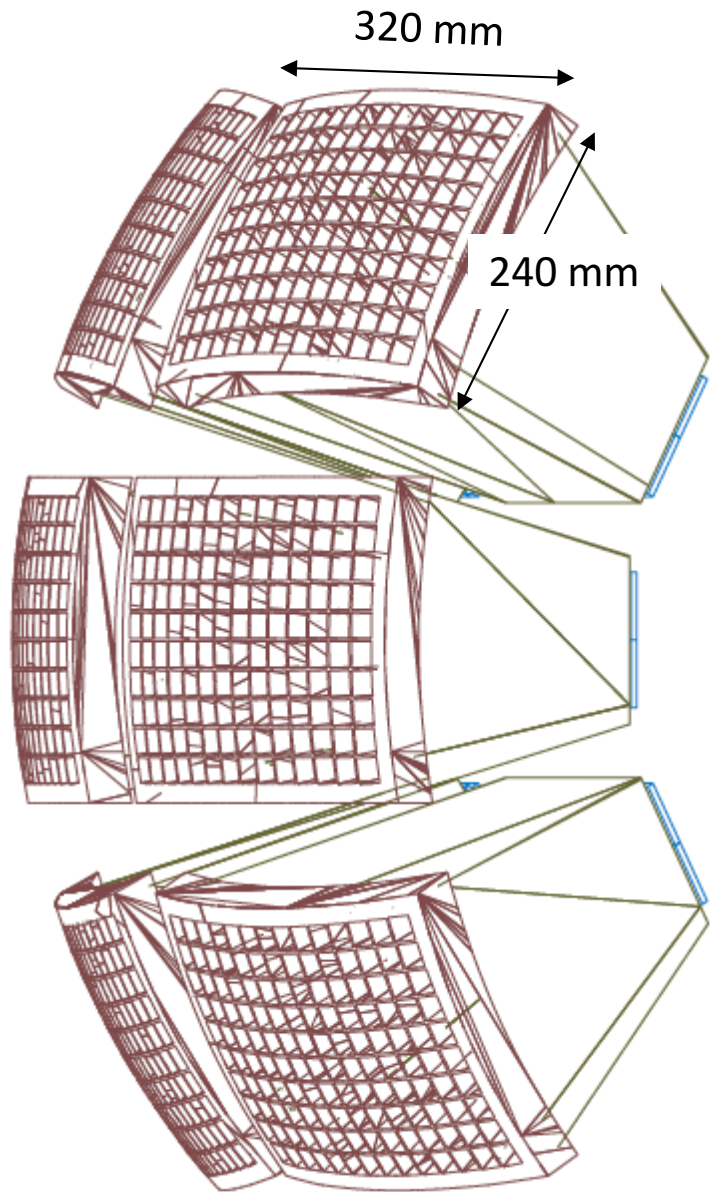
Subaru-XMM deep field 2 夜
+ 分光観測 4 時間



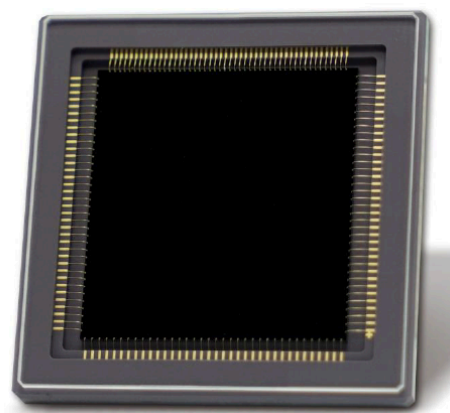
observer frame wavelength [Angstrom]

Totani et al. (2014)

広視野X線撮像検出器(ベースライン)



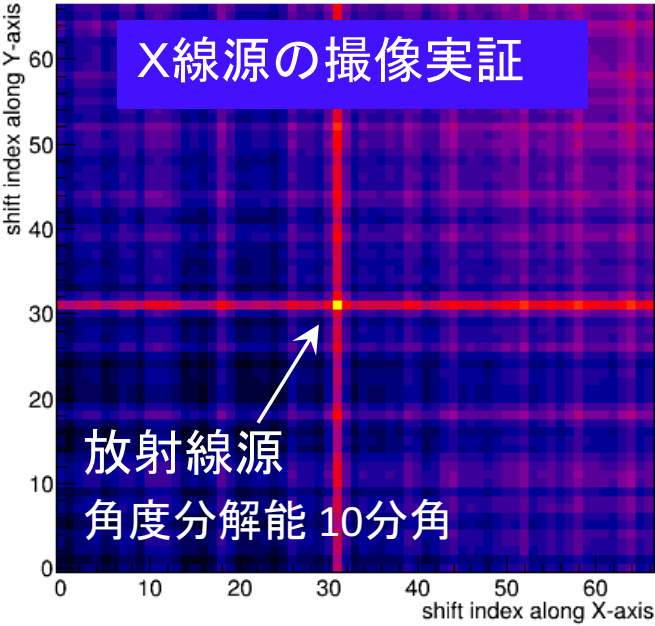
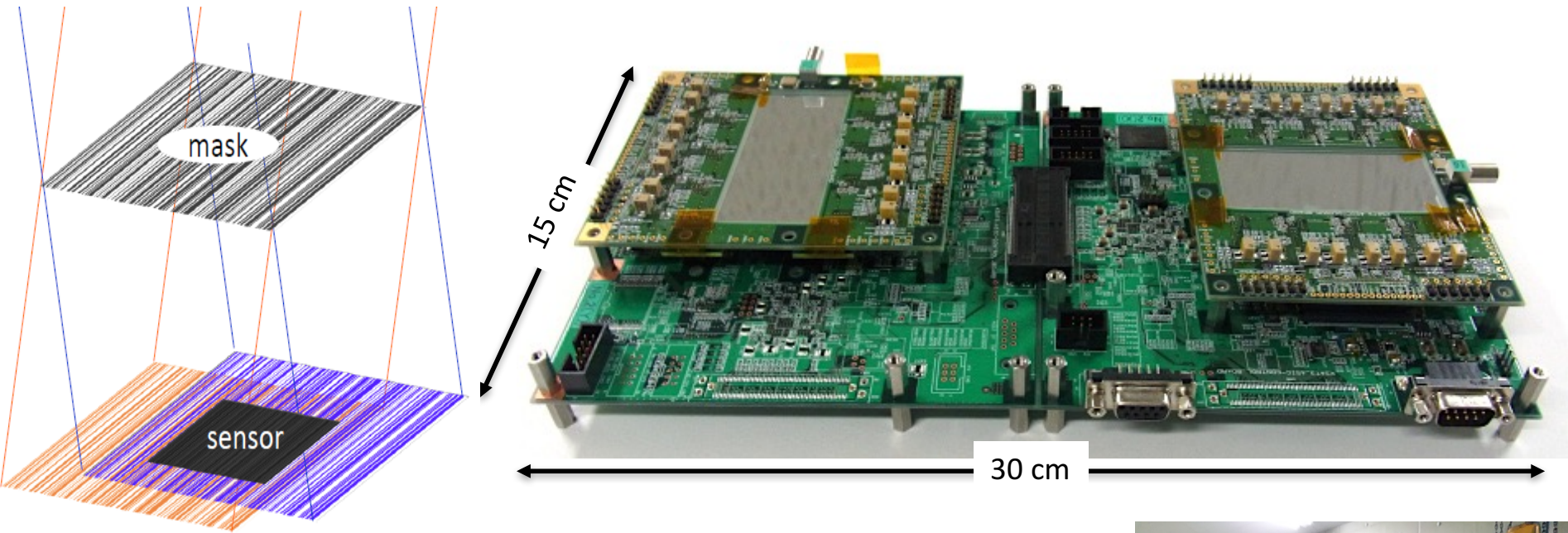
裏面照射 CMOS



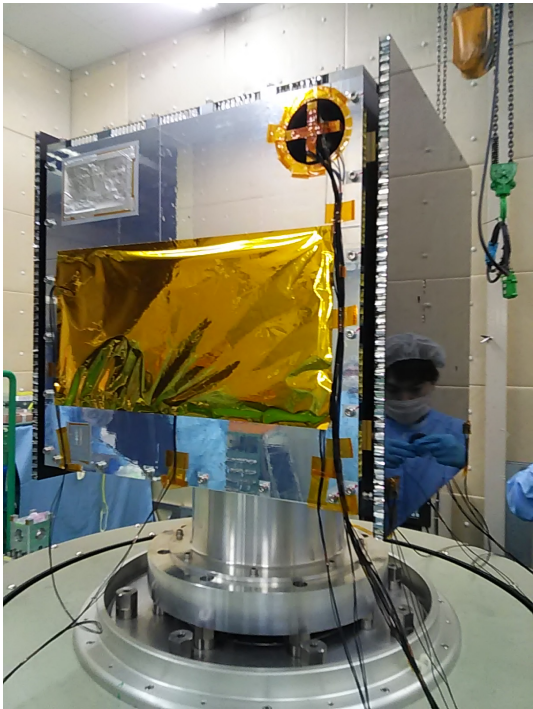
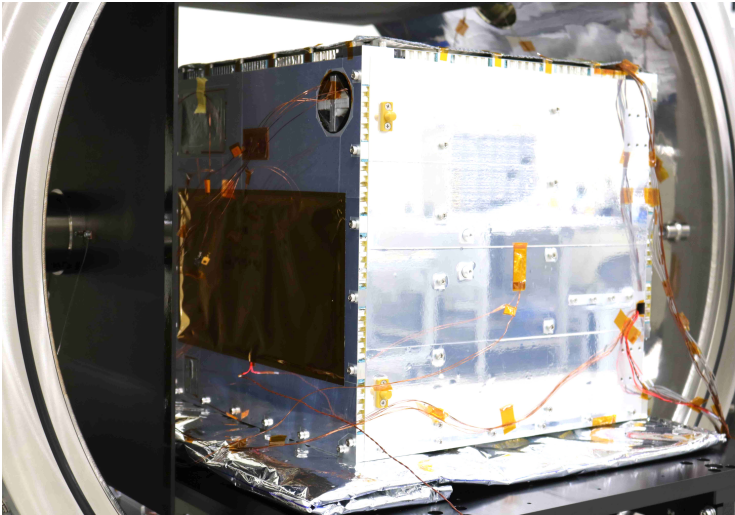
来年度に完成予定の
60mm x 60mm サイズの
CMOSを想定

	X線撮像検出器
観測帯域	0.5～4 keV (目標値)
観測視野	1ステラジアン
方向決定精度	2分角
時間分解能	100 ミリ秒
検出感度	10^{-10} erg/cm ² /s (100秒露光)

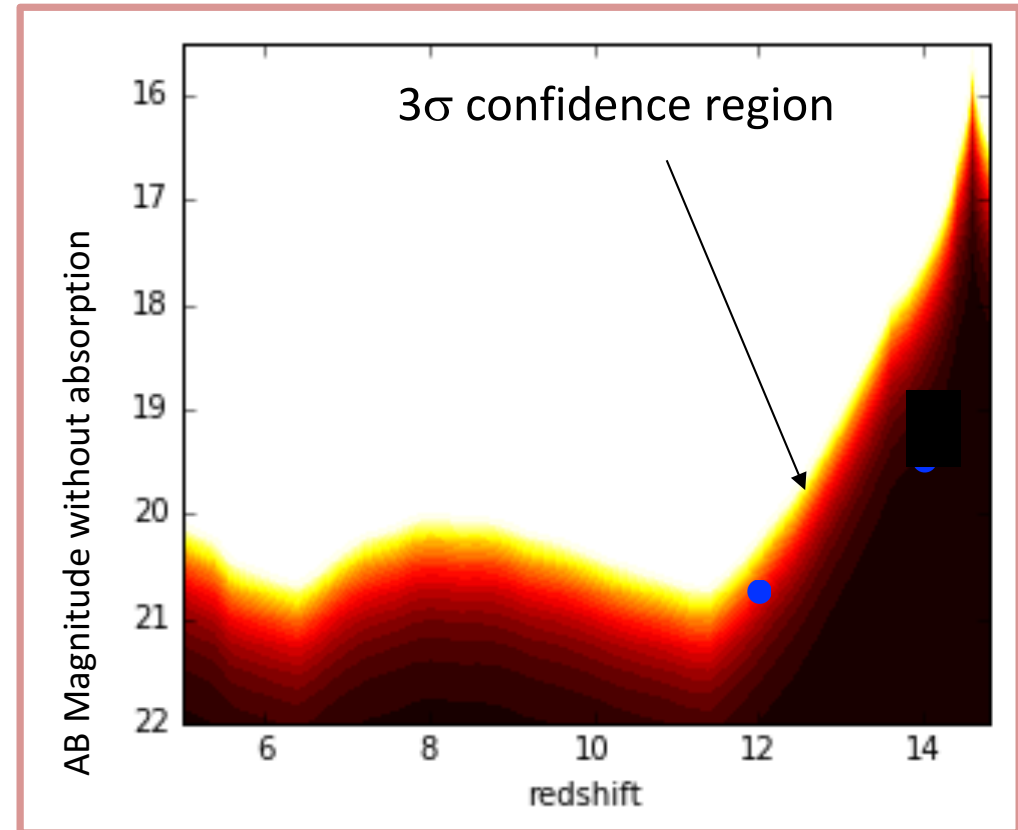
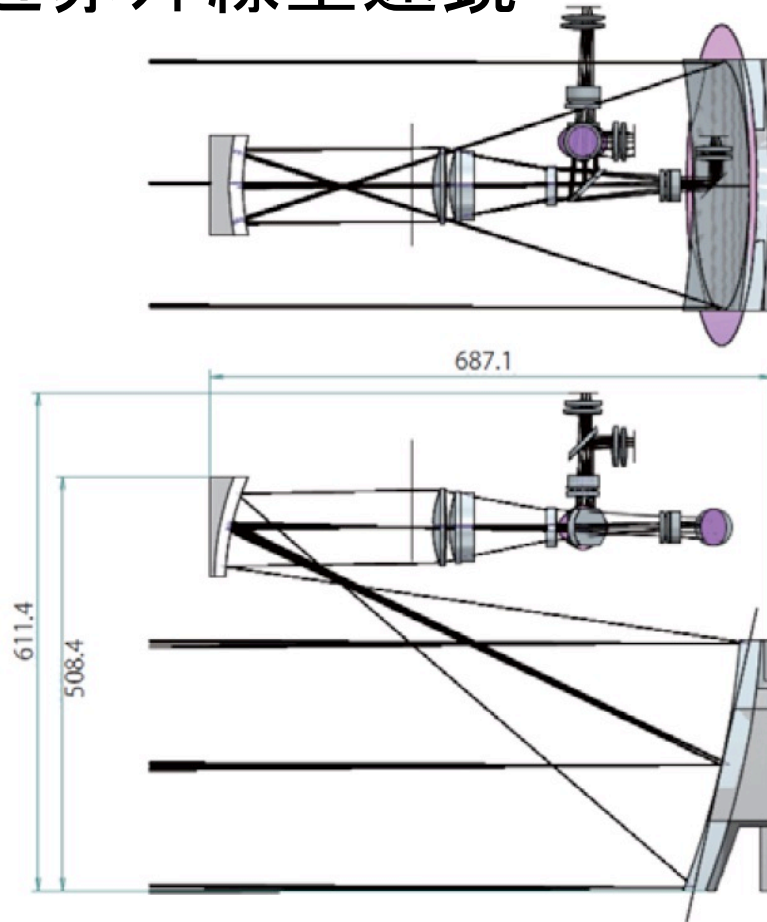
広視野X線撮像検出器(バックアップ)



金沢大学超小型衛星に搭載
FY2019の打ち上げ目標



近赤外線望遠鏡



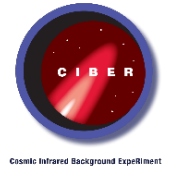
Optics	Offset Gregorian			
Aperture Size	30 cm			
Focal Length	183.5 cm			
F	F6.1			
Field of View	34 x 34 arcmin ²			
Pixel Scale	2 arcsec (assuming 1k x 1k)			

口径 30 cm
= 地上 4 m 望遠鏡に
匹敵する感度

Band	0.5 – 0.9	0.9 – 1.5	1.5 – 2.0	2.0 – 2.5
感度(10分露光, S/N=10)	21.4 mag	21.3 mag	20.9 mag	20.7 mag

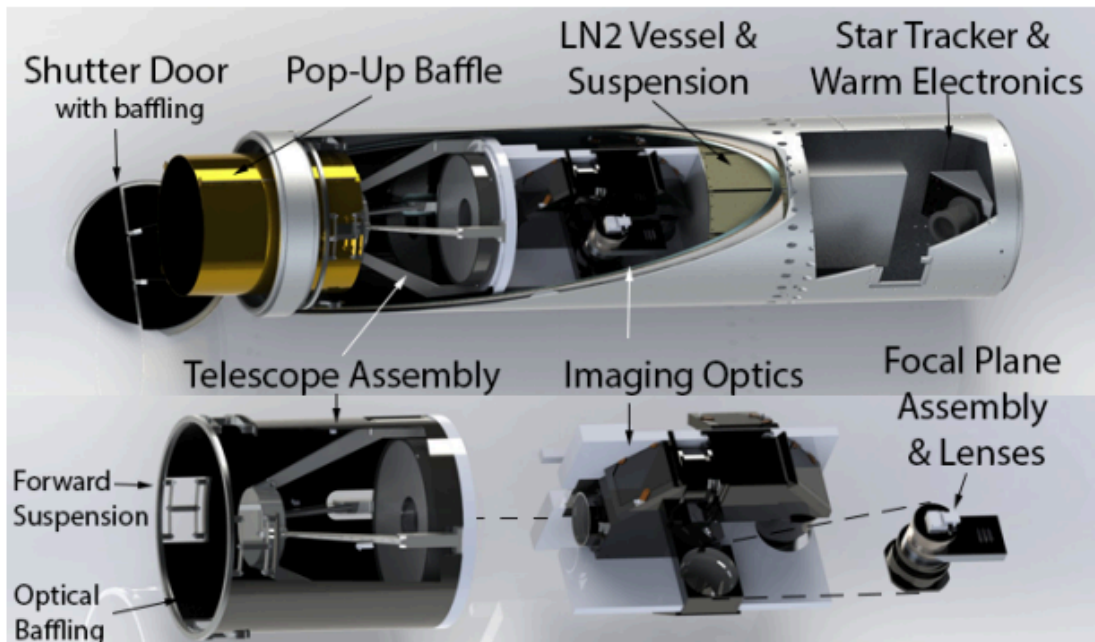
CIBER-2 Rocket Experiment

Lanz et al. (2014)



- NASA's rocket experiment for the near infrared background light
 - Telescope Size : 28.5cm cooled telescope \Rightarrow 30 cm
 - 3 band photometric observation in optical and NIR
- \rightarrow Verification for the NIR telescope aboard HiZ-GUNDAM

Flight Configuration

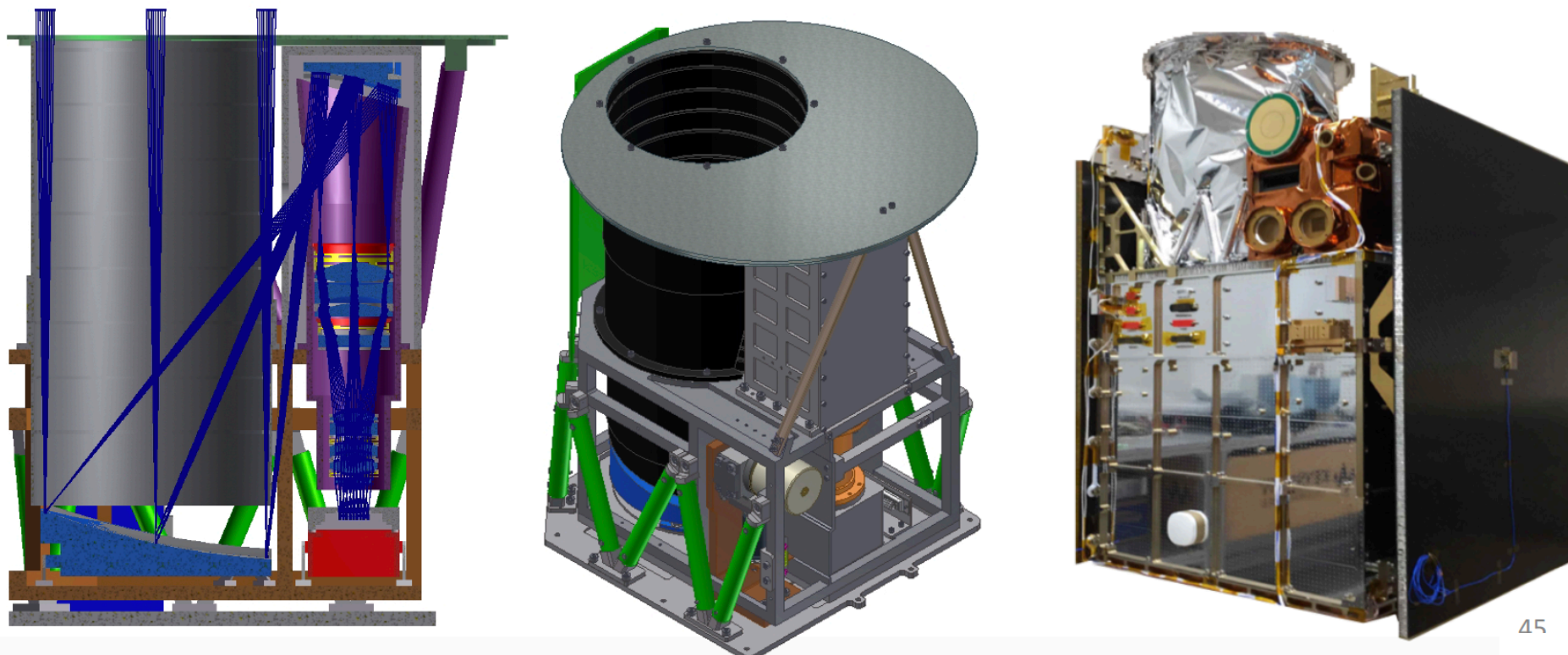


Flight Primary Mirror



韓国 NISS プロジェクト

口径 15 cm 近赤外線望遠鏡(オフセットグレゴリアン)を搭載
Falcon-X による打ち上げ Ready 状態



NISS の開発経験に基づいた共同開発を想定

まとめ

- GRBを用いた初期宇宙・極限時空探査プロジェクト
HiZ-GUNDAM を提案予定
- 突発天体観測の時間的な制約を打破し、
タイムドメイン天文学、マルチメッセンジャー天文学の
飛躍的な発展に貢献

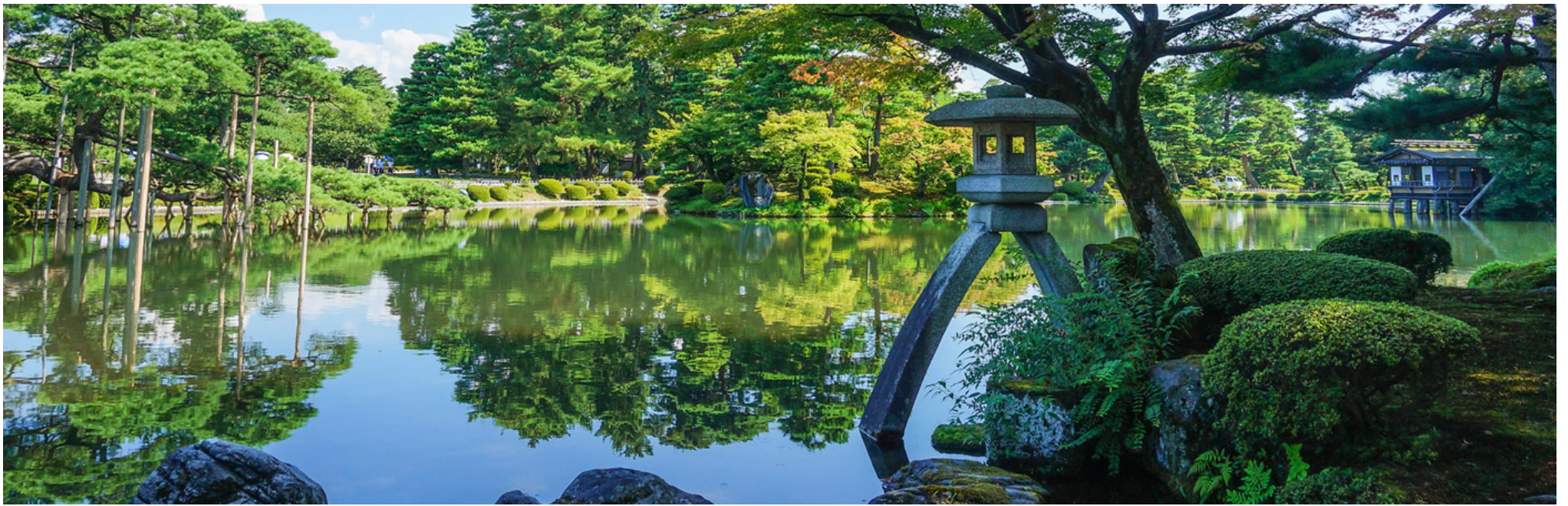
X線と近赤外線分野横断的な連携

毎月 $z > 9$ の GRB の観測機会 (現時点での best estimate)

初期宇宙の星・ブラックホール形成史、宇宙再電離の変遷、重元素合成、
第一世代星からの GRB を探査

LIGO/VIRGO/KAGRA が網羅する全領域の SGRB, マクロノヴァ観測

ブラックホール形成の瞬間の物理、超重元素の起源



Thanks

