

ガンマ線バースト観測の将来構想

- 大型望遠鏡時代のGRB 観測 -

米徳大輔、 村上敏夫（金沢大学）
筒井亮、 中村卓史（京都大学）
高橋慶太郎（名古屋大学）

JWST (2014)

大型望遠鏡が活躍する時代に GRBで $z = 10 \sim 20$ を切り開く

望遠鏡 : 6.5m
観測帯域 : 0.6 – 27 μm
視野 : 4分角程度

SPICA (2017)

望遠鏡 : 3.5m
観測帯域 : 5 – 200 μm
視野 : 4分角程度

観測帯域 : 30 – 950 GHz

TMT (2018)

ALMA (2012)

観測帯域 : 30 – 950 GHz

空間分解能 : 0.01 – 0.1 秒角

空間分解能 : 0.01 – 0.1 秒角

視野 : 15分角程度

視野 : 20秒角程度

**GRB 宇宙論を展開し、
ダークエネルギーの解明につながる
独自のミッションを築き上げる**

Gamma

high-z GRB ($z > 10$) を検出するためには

- 遠方で発生した暗い GRB でも方向決定ができる X線・ガンマ線検出器の搭載
- Swift のように、すぐにフォローアップ観測ができる 近赤外線・可視光望遠鏡の搭載

GRB 宇宙論を強力に推進するためには

- 1 MeV 程度まではスペクトルが測定でき、 E_{peak} を決定できる検出器の搭載
- 早い時間分解能で光度曲線が取れ、 lag , V などを測定できる検出器の搭載

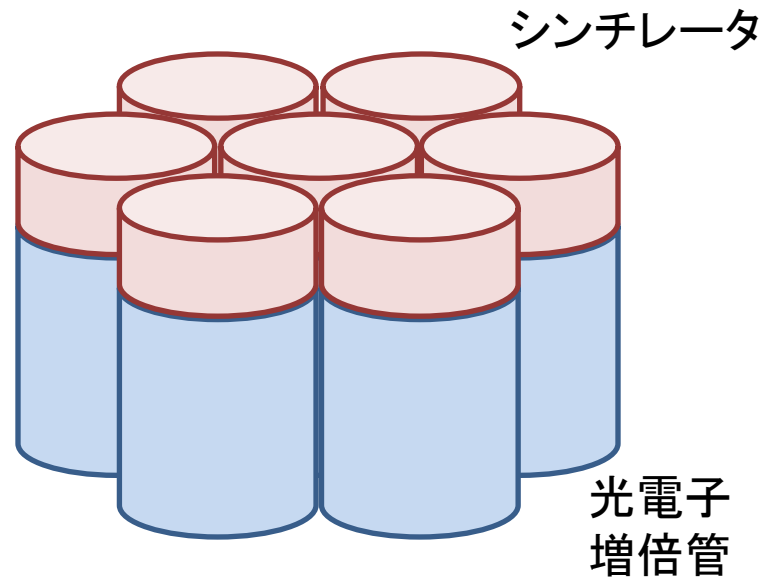
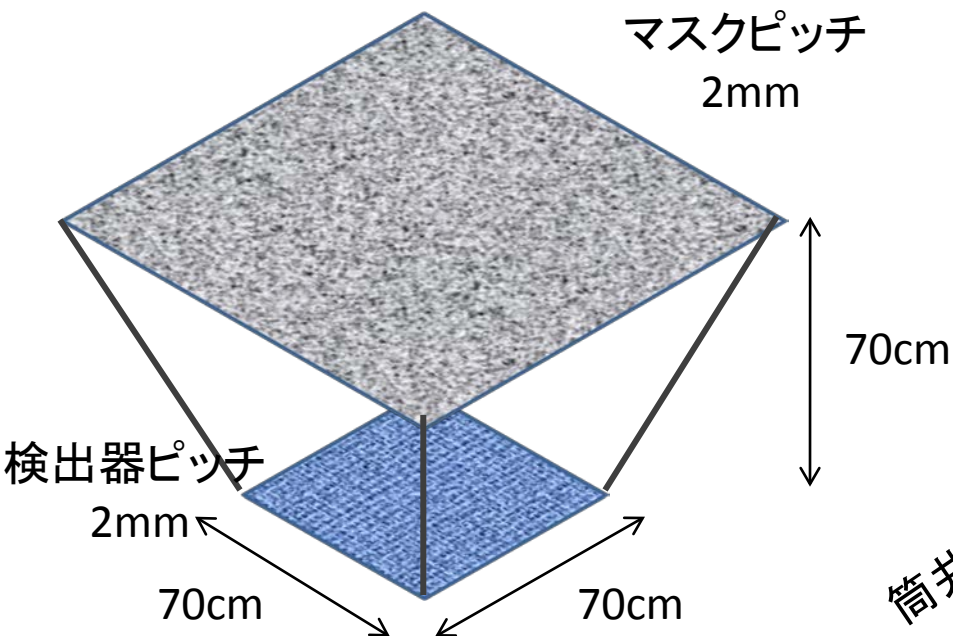
GRB	z	Epeak (keV)	Fluence (5- 50 keV) (erg/cm ²)	Peak Flux (ph/cm ² /s)
090423A	20	36 +/- 7	(2.6 +/- 0.2) x 10 ⁻⁷ ✓	0.3 +/- 0.1 ✓
080913	20	48 (+83, -18)	(2.1 +/- 0.2) x 10 ⁻⁷ ✓	0.2 +/- 0.1 ✓
050904	20	152 (+116, -52) !?	(1.7 +/- 0.1) x 10 ⁻⁶ ✓	0.1 +/- 0.1 ▲
060927	20	23 (+8, -3)	(0.3 +/- 0.1) x 10 ⁻⁶ ✓	0.3 +/- 0.1 ✓
060510B	20	27 +/- 17	(1.2 +/- 0.1) x 10 ⁻⁶ ✓	0.1 +/- 0.1 ▲
060223A	20	18 (+26, -3)	(1.7 +/- 0.1) x 10 ⁻⁷ ✓	0.1 +/- 0.1 ▲
060206	20	18 +/- 5	(2.0 +/- 0.1) x 10 ⁻⁷ ✓	0.2 +/- 0.1 ✓

z = 20 では...

- Epeak は 20～50 keV 程度
- Fluence としては BAT でも十分検出可能
- ピークフラックスが低い 0.1 photon/cm²/sec くらいがほとんど

方向決定のためには光子統計が重要

BAT より低エネルギー側へ感度を伸ばす (ex. 5 ~ 50 keV)



筒井講演

GRB宇宙論と距離指標

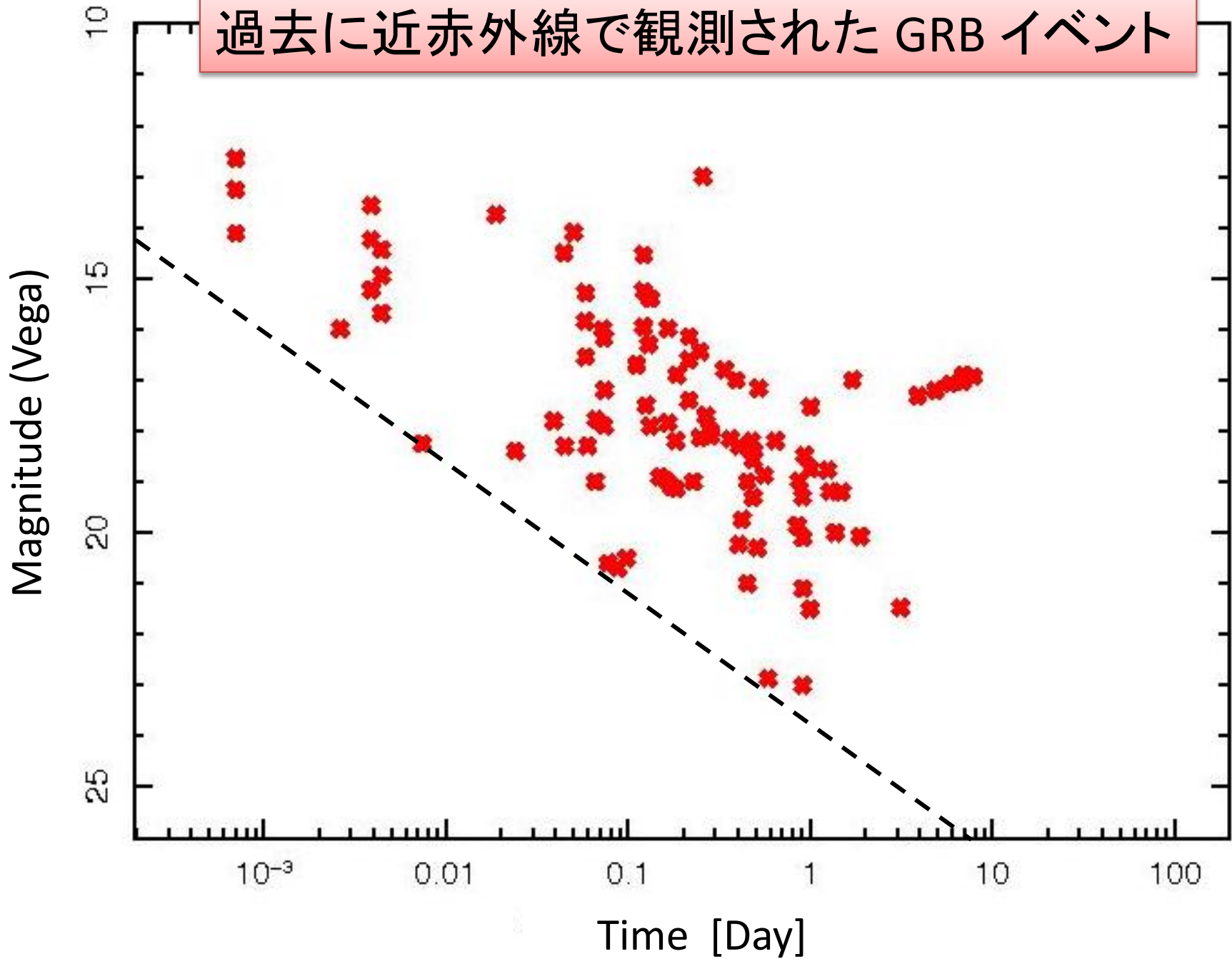
Type Ia SNe、BAO など ($z < 2$) と相補的なGRB 宇宙論を展開する

- 30 keV – 1 MeV 程度の帯域で
- スペクトルをきちんと測定する
(E_p , α , β , フラックス)
 - 時間変動をきちんと捉える
(lag, V , 16msec は必要)

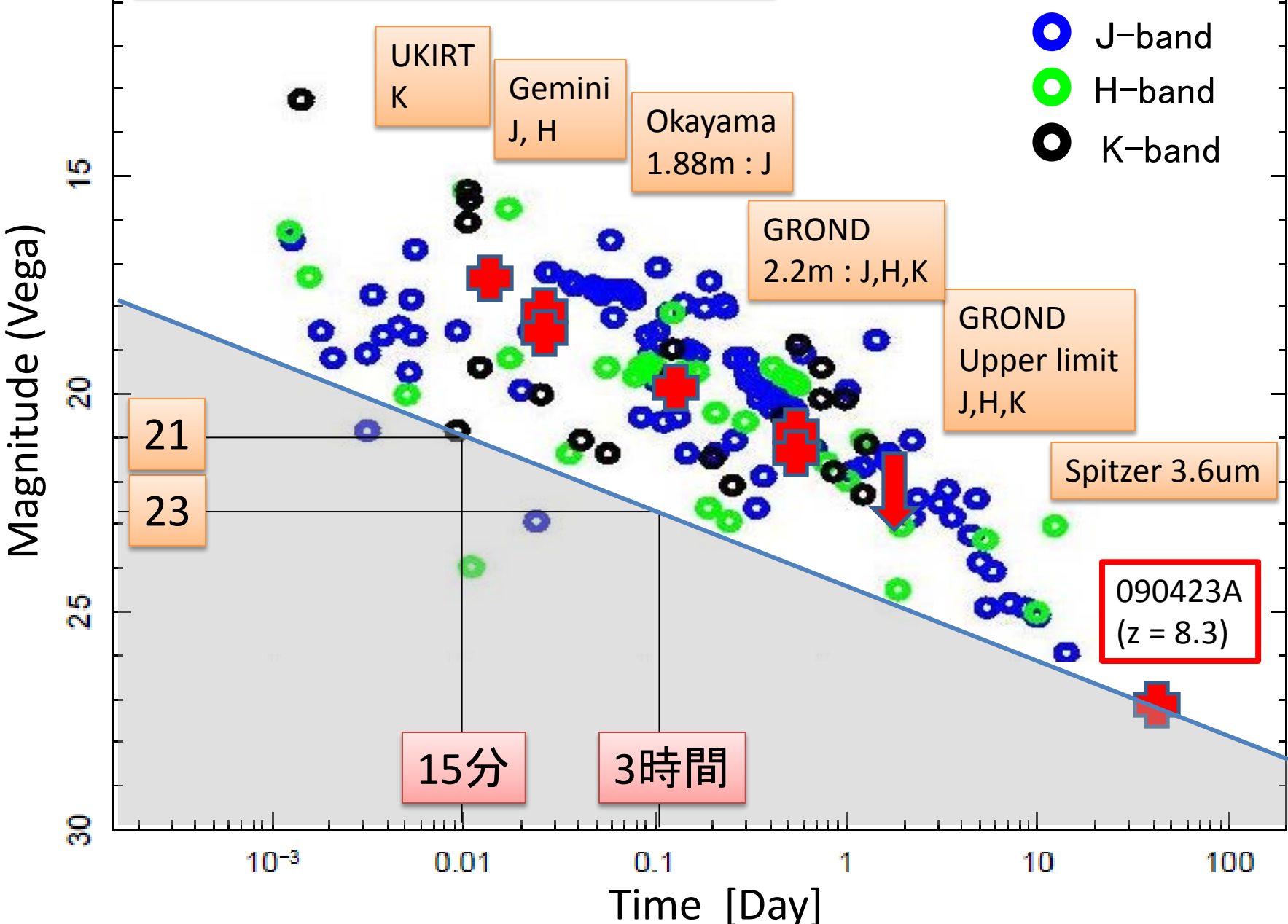
エネルギー範囲	5 – 50 keV 程度
視野	1 – 2 str 程度
方向決定	幾何学的形状で 10 arcmin より良い精度
有効面積	5000cm ² (70cm x 70cm) (半分はマスクで隠れる)
検出器ピクセル	2 x 2mm (CdTe ? ガス ?)
マスクパターン	2 x 2mm

NIR

過去に近赤外線で観測された GRB イベント



Z = 7 ~ 8 程度の予想等級



- J-band
- H-band
- K-band

UKIRT
K

Gemini
J, H

Okayama
1.88m : J

GROND
2.2m : J,H,K

GROND
Upper limit
J,H,K

Spitzer 3.6um

21

23

090423A
(z = 8.3)

15分

3時間

Z = 20 の予想等級

- GRB検出後、5分以内に観測を開始
- 15分以内にKドロップを検出
- すぐにTMT, ALMA, SPICAへ連絡し、3時間後くらいから観測

● K-band
● L-band
● M-band

Magnitude (Vega)

10
15
20
25
30

23

25

15分

3時間

Time [Day]

10^{-3}

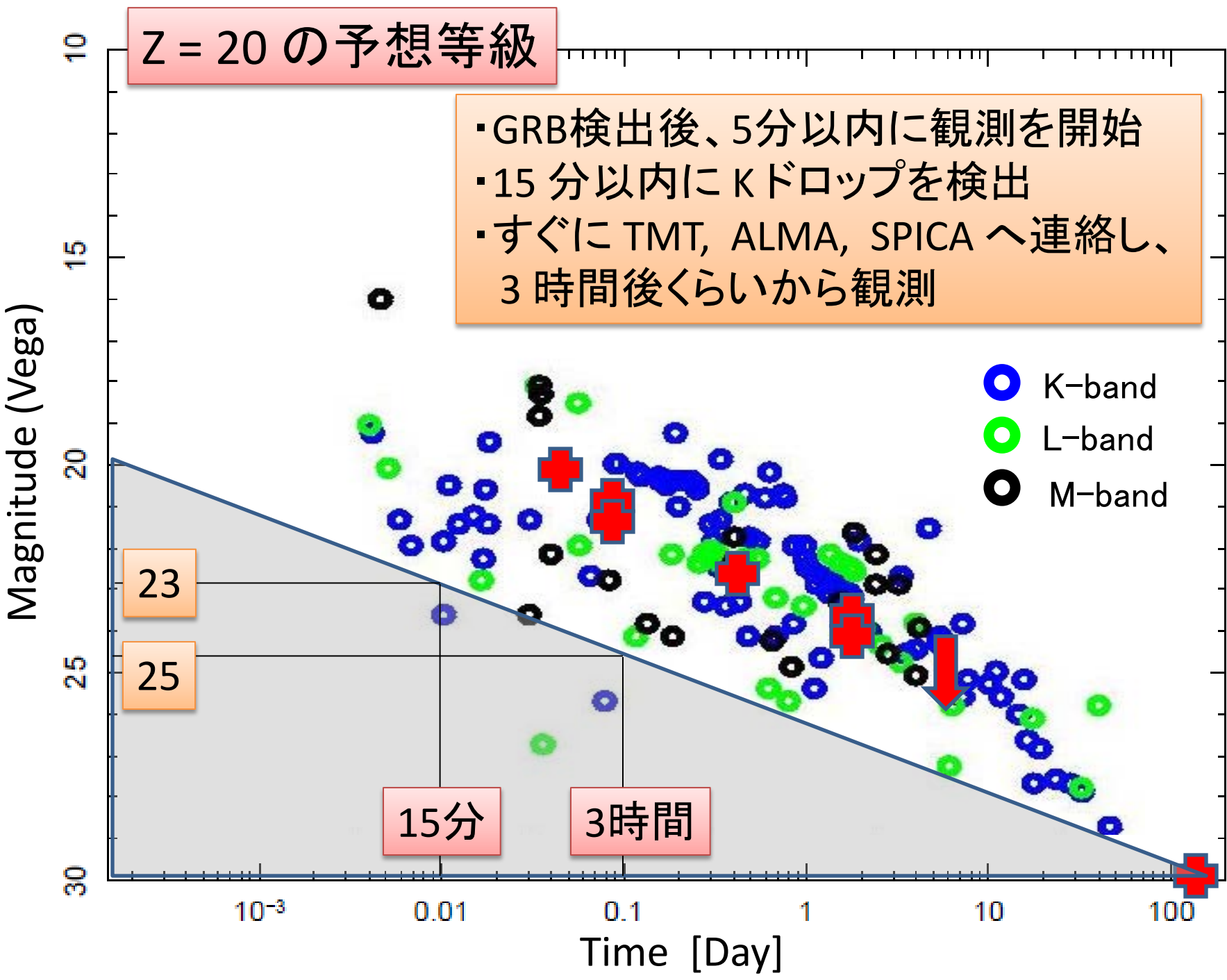
0.01

0.1

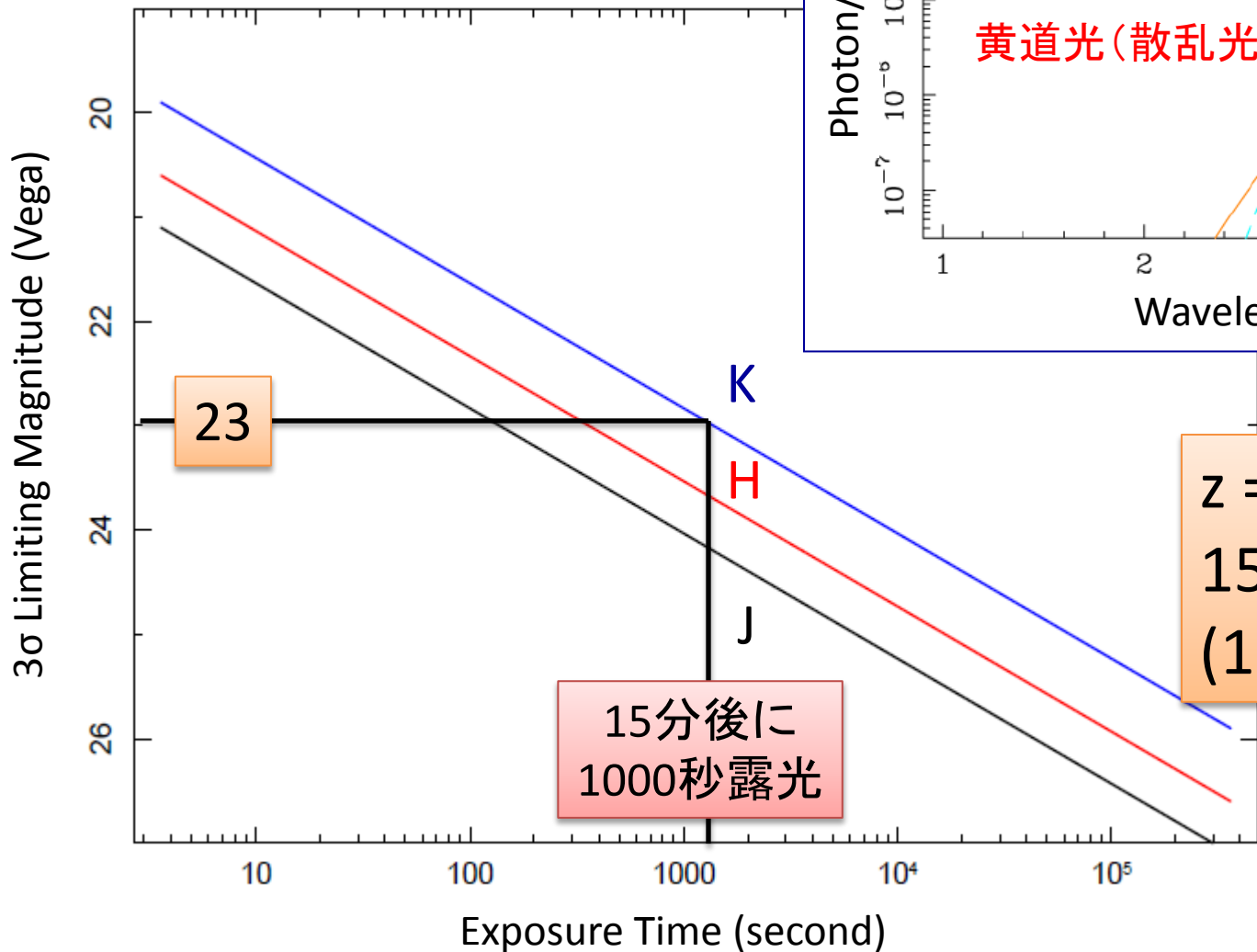
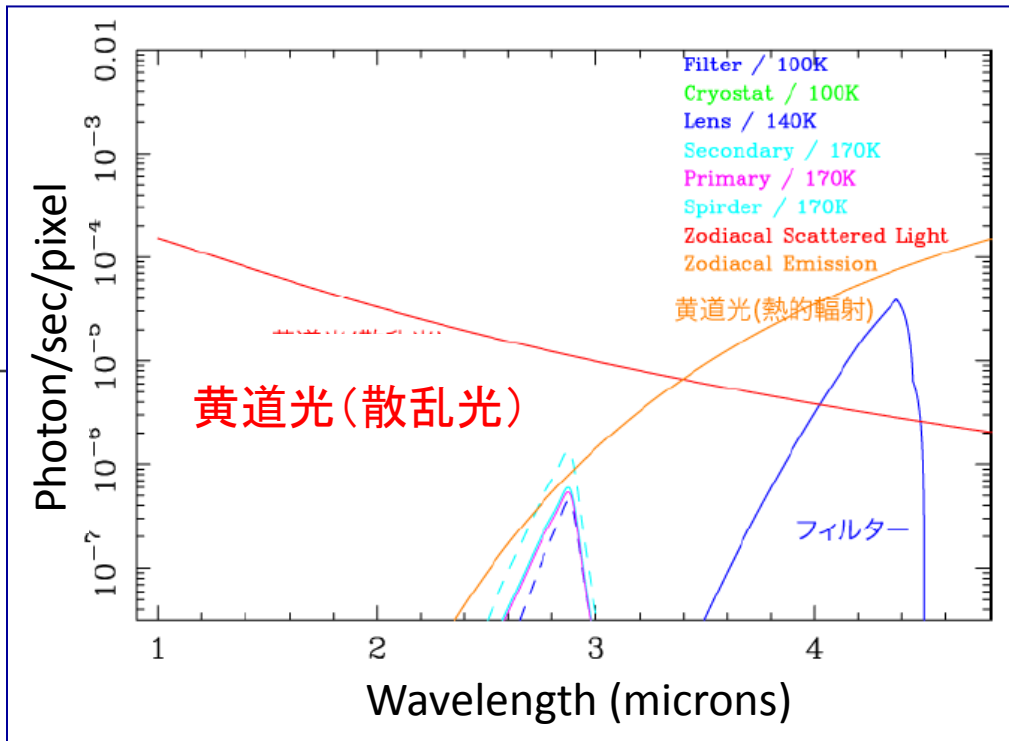
1

10

100

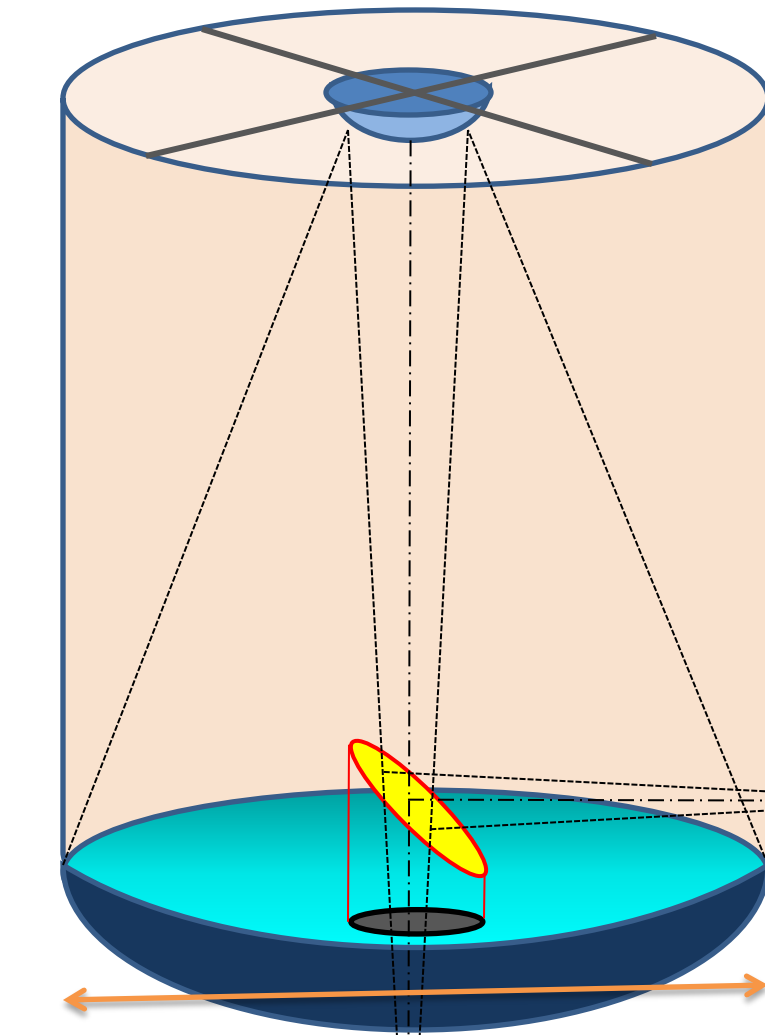


1m 望遠鏡で回折限界を達成
 黄道光が主なBGD、
 視野 10分角で 0.2 秒角/pixel
 限界等級はどの程度になるか？

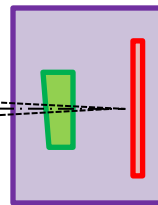


z = 20
 15分後に 23 mag
 (1000秒露光)

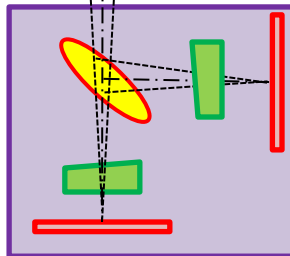
望遠鏡の直径は 1m 程度



1m鏡



Optical
Detector Module



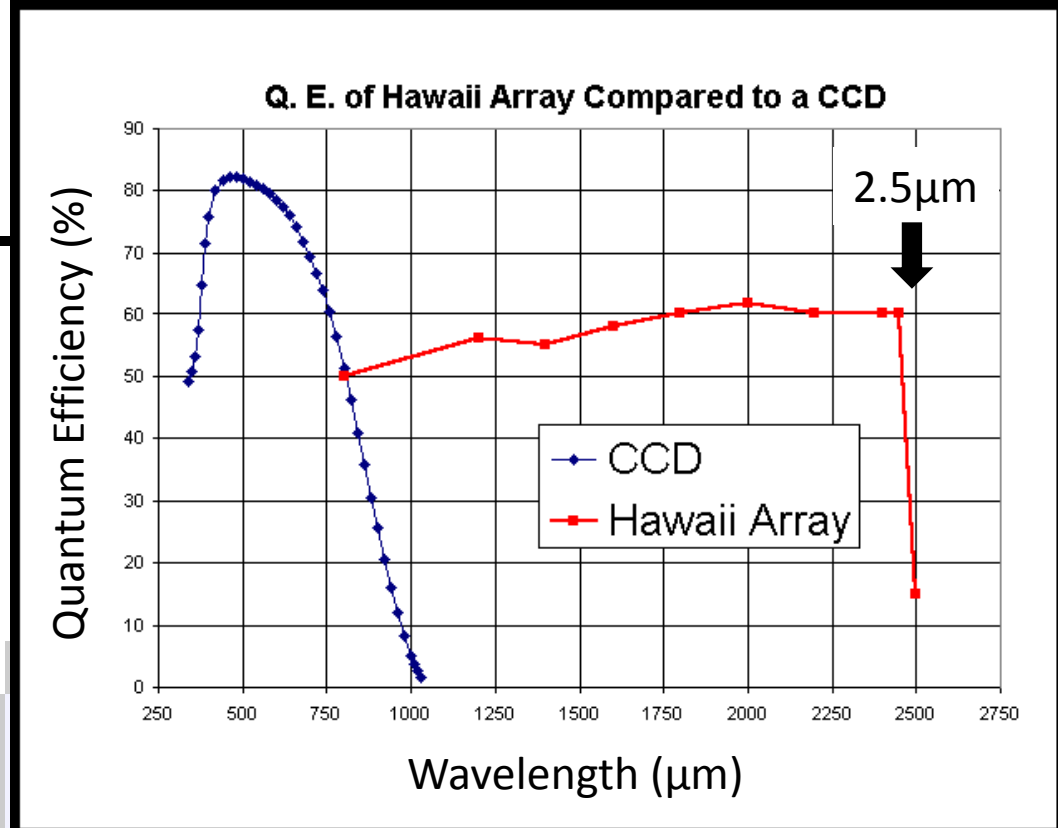
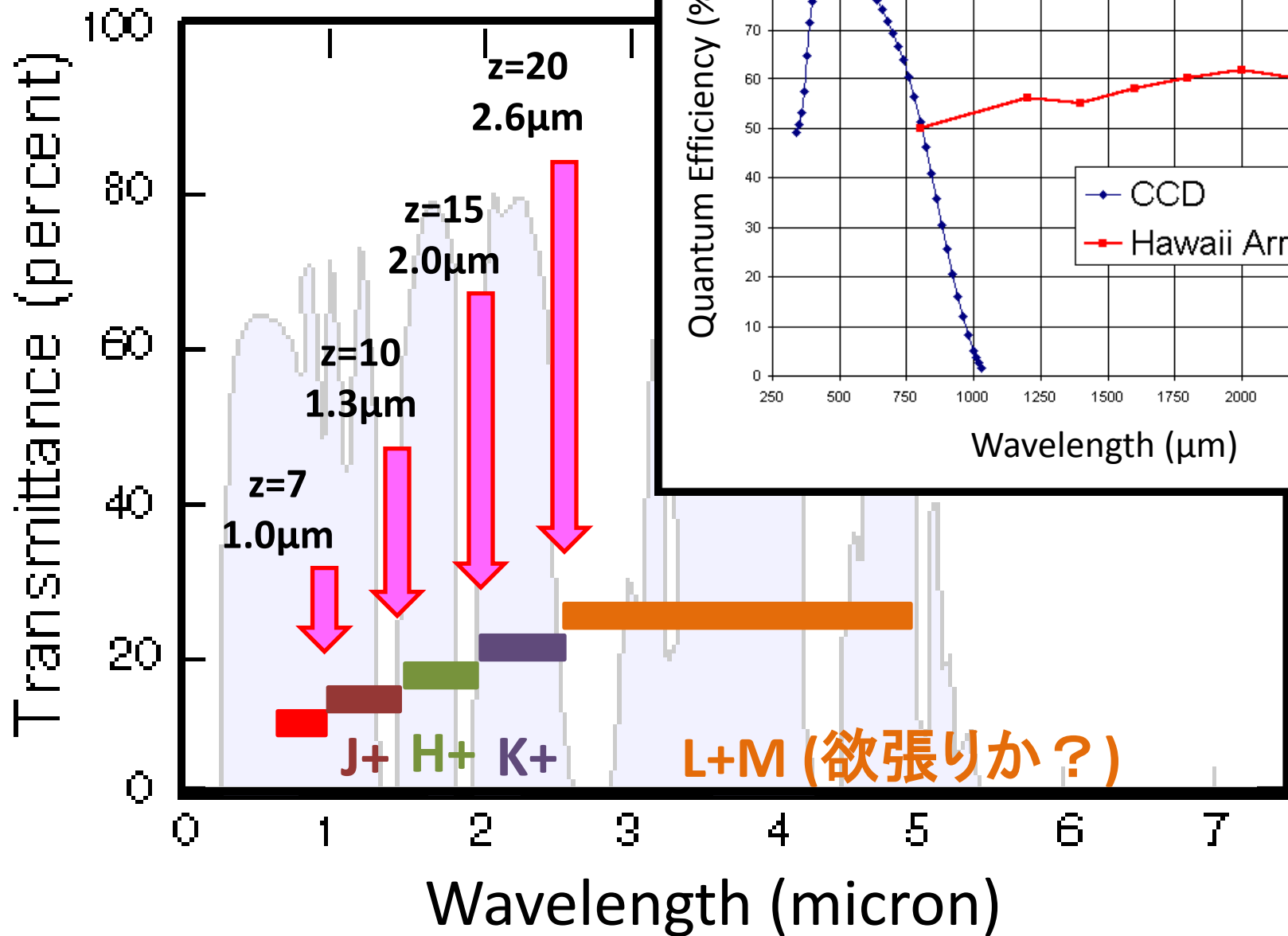
NIR
Detector Module



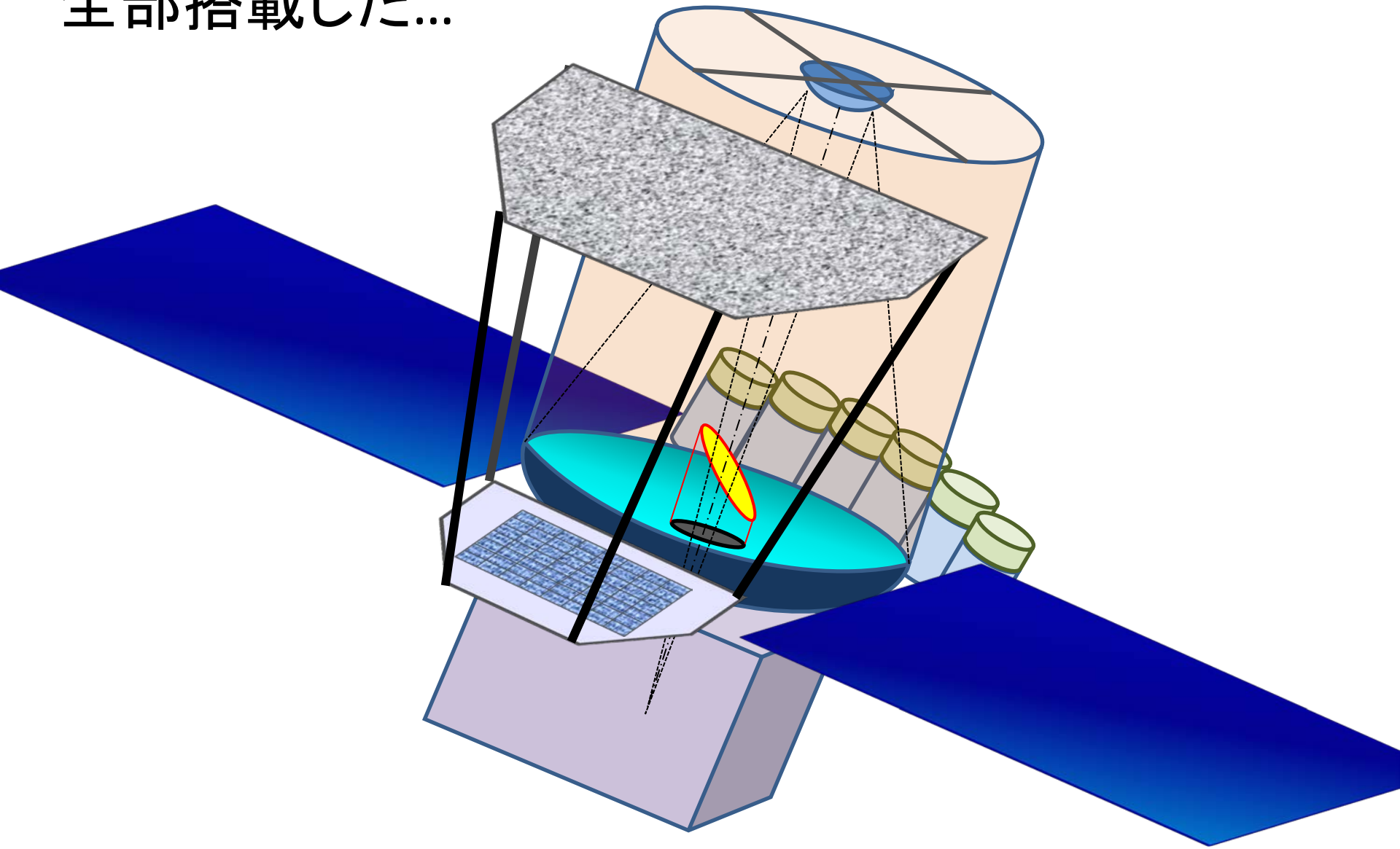
AKARI: 直径 71cm、重量 11kg
シリコンカーバイト(SiC)

面積比で概算すると
1m鏡: 重量 22 kg
2m鏡: 重量 88 kg

GRBは短時間勝負なので
フィルターホイールは使わない



全部搭載した...

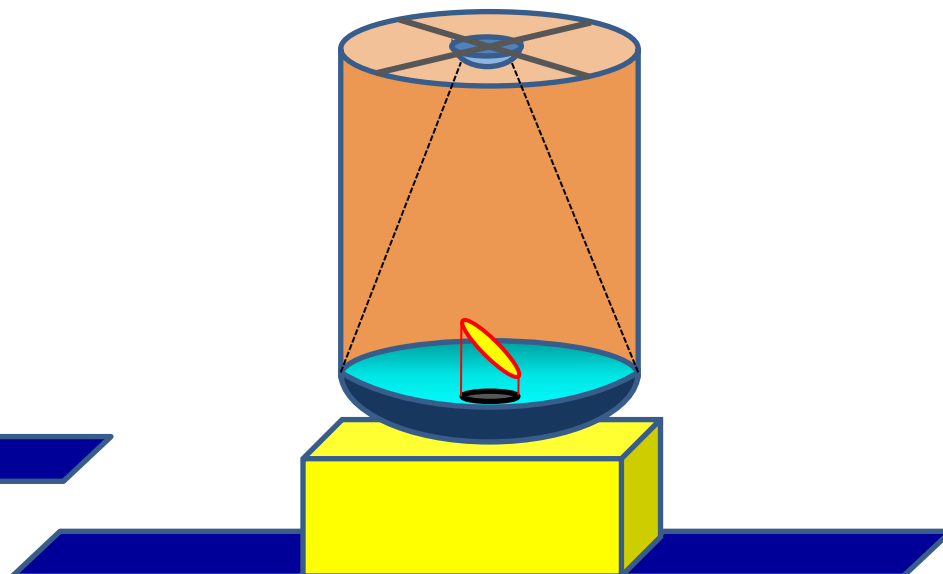
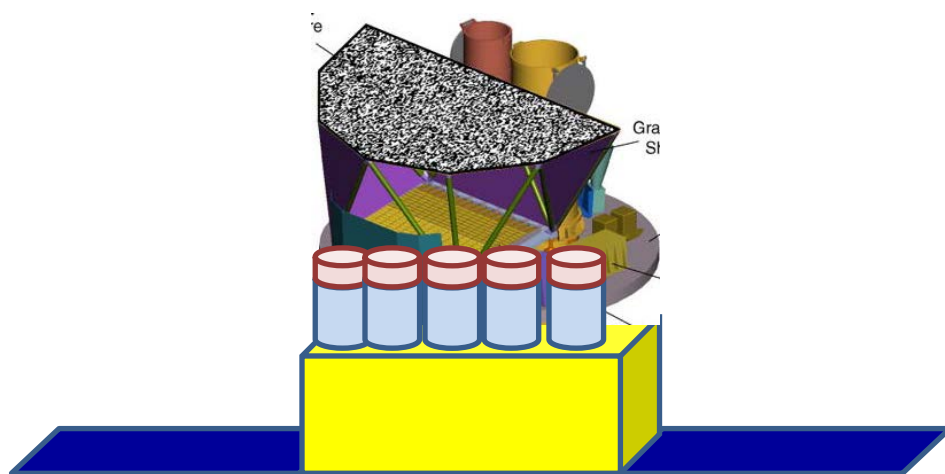


巨大ミッションで攻めるか？

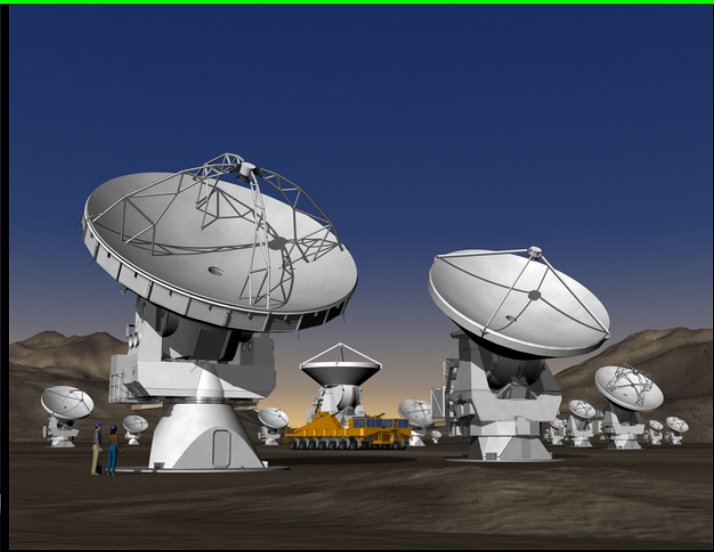
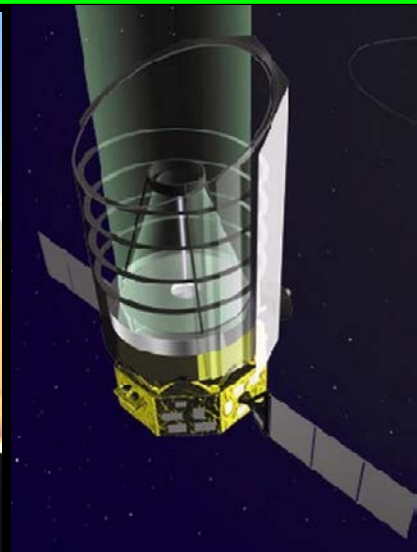
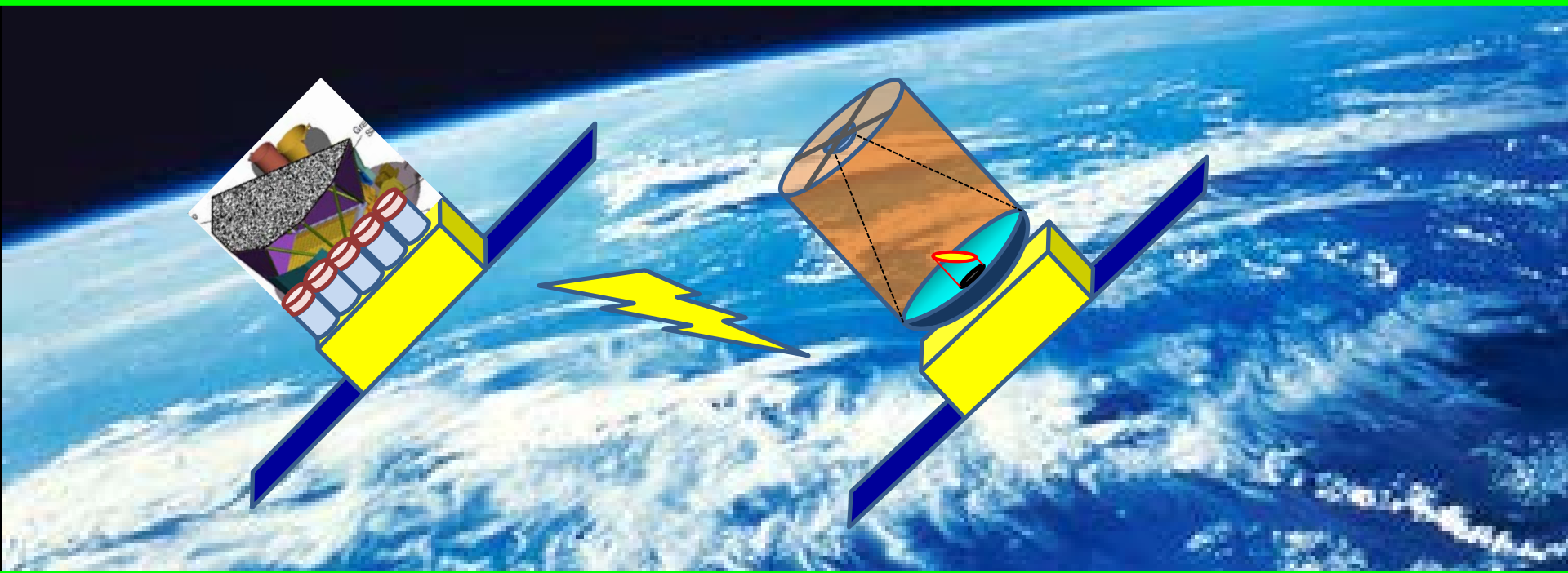
JAXA 小型衛星シリーズで攻めるか？

ミッション要求を包括する標準バスの仕様案

ペイロード重量	200kg以下（衛星全体で400kg以下）	観測装置 200 kg
ペイロード電力	300W以下	
ペイロード機器サイズ	取り付け面積1m×1m程度（高さはTBD）	
姿勢制御方式	三軸／スピンの両方式に対応可能	姿勢制御がネック
三軸姿勢制御精度	1分角以下	
三軸姿勢制御安定度	10msで0.1秒角以下	
三軸姿勢決定精度	0.5分角以下	
姿勢マヌーバ能力	10分間で180度の姿勢マヌーバ可能	



ガンマ線衛星が検出したら、近くにいる赤外線衛星に方向を教える？



A01

- ★河合 誠之 (東工大)
- ★吉田 篤正 (青山学院)
- ★村上 敏夫 (金沢大)
- 冷藤本 龍一 (金沢大)
- γ山岡 和貴 (青山学院)
- X富田 洋 (JAXA)
- γ中森 健之 (東工大)
- X小谷 太郎 (青山学院)
- 冷佐藤 浩介 (金沢大)

WISH
1.5m 望遠鏡

A02

- ★太田 耕司 (京都大)
- ★戸谷 友則 (京都大)
- 渡部 潤一 (国立天文台)
- IR吉田 道利 (国立天文台)
- IR柳沢 顕史 (国立天文台)
- IR山田 亨 (東北大)
- IR青木賢太郎 (国立天文台)
- IR服部 堯 (国立天文台)
- ★松原 英雄 (ISAS/JAXA)
- γIR米徳 大輔 (金沢大)

SPICA

TMT

A03

- ★家 正則 (国立天文台)
- ★柏川 伸成 (国立天文台)
- 長尾 透 (愛媛大)

- IR本原 顕太郎 (東京大)
- 田村 陽一 (国立天文台)

TAO

ASTE

- ★中村 卓史 (京都大)
- ★野本 憲一 (東京大)
- ★長滝 重博 (京都大)
- ★大向 一行 (国立天文台)
- ★井岡 邦仁 (KEK)
- ★山崎 了 (広島大)
- ★井上 進 (京都大)

- IR川端 弘治 (広島大)
- γ田代 信 (埼玉大)
- γ郡司 修一 (山形大)
- γ水野 恒史 (広島大)
- 筒井 亮 (京都大)
- 富永 望 (甲南大)
- 茂山 俊和 (東京大)
- IR衣笠 健三 (ぐんま)
- γ大野 雅功 (ISAS)
- X前田 良知 (ISAS)
- γ中川 友進 (理研)
- 関口 雄一郎 (国立天文台)
- 辻本 拓司 (国立天文台)

提案

Gamma-NIR

- 超大望遠鏡時代を前に、
GRB で $z = 20$ を観測する手段を考えなくてはならない。
- GRB トリガー後、数10分が勝負。
近赤外線モニター、広視野硬X線モニター撮像も可能。
- あらゆるコミュニティーの方々に参加していただく

来年度にでも
ワーキンググループが立ち上げられるよう
本気で検討しましょう！

国際協力が必要か？ JANUS？