

# 広視野紫外線観測衛星 「うみつばめ」の開発

東京科学大学 福田美実

早津俊佑、関響、上嶋茂諒、萩尾陽菜、久保元由樹、庭野聖史、高橋一郎、笹田真人、谷津陽一、渡邊奎、小林大輝、小林寛之、天木祐希、安田萌恵、大坪恵人、荒井湧介、尾関優作、田代克樹、吉村大樹、吉田英生、川口雄生、斎藤遼、正木青空（科学大）、江野口章人、白旗麻衣、武山芸英（株式会社ジェネシア）、うみつばめ開発チーム

# 紫外波長の欠落

◆ 突発天体サーベイがフロンティア



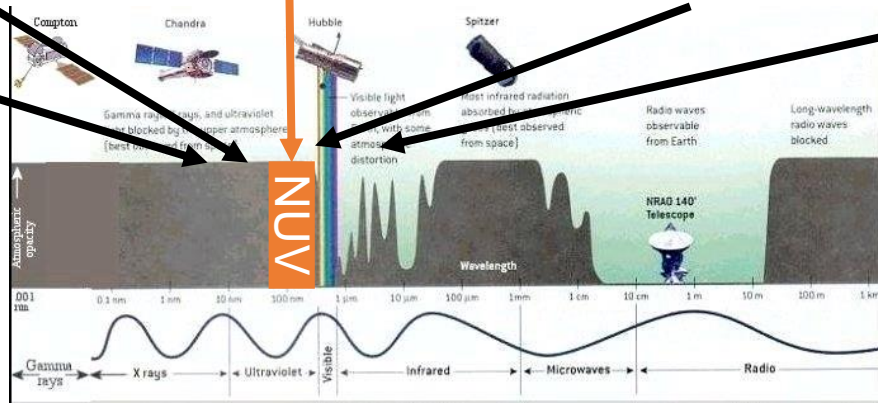
Einstein Probe

SRG eROSITA

vacancy

LSST

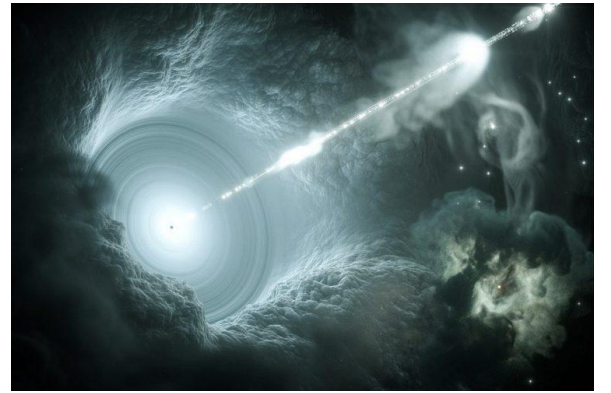
Euclid



NASA



超新星



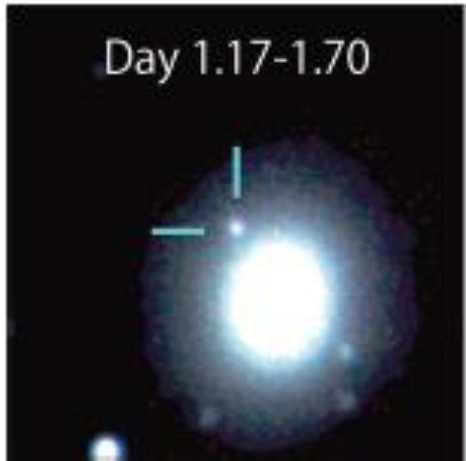
GRB



中性子星連星合体

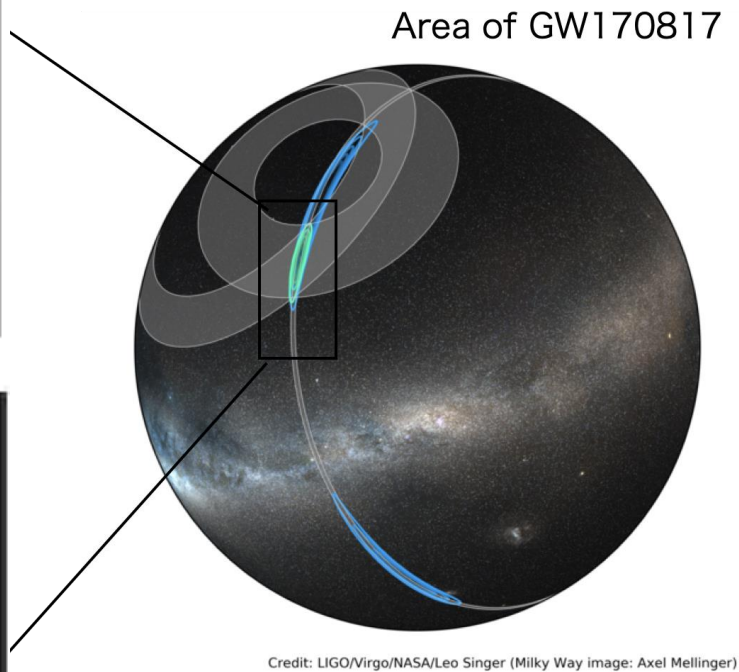
◆ GALEX以降 紫外波長は 未開拓

# GW170817

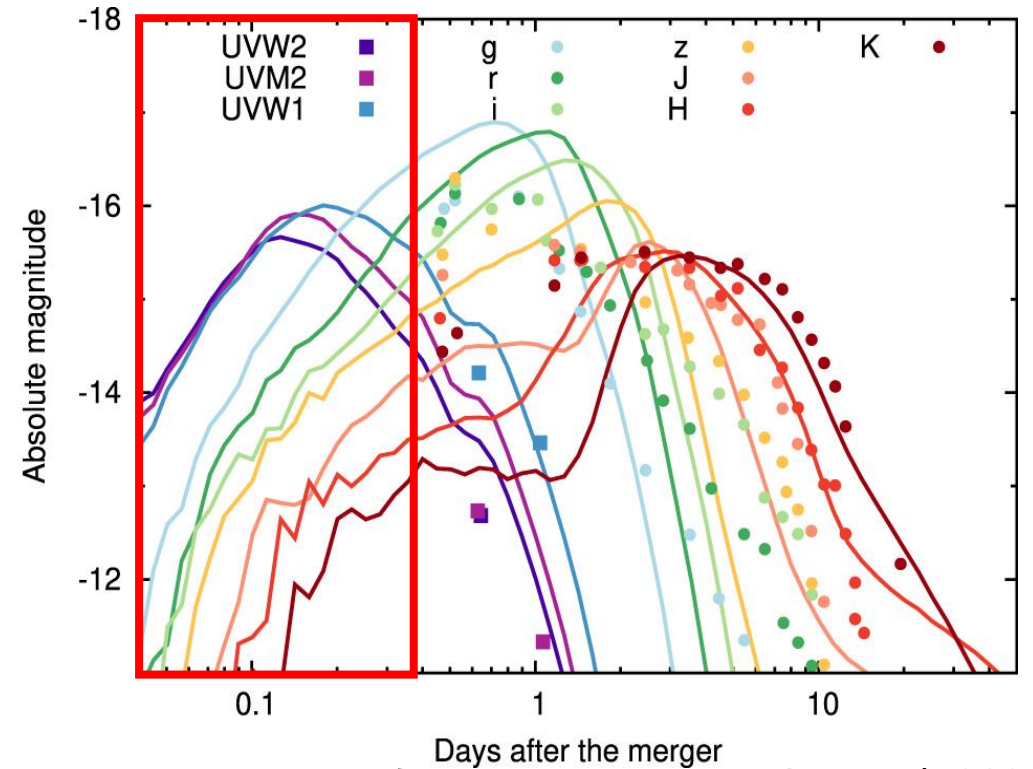


Utsumi+2017

◆発生初期の残光は **青かった**.発生メカニズムは未解明.  
ライトカーブシミュレーション



Credit: LIGO/Virgo/NASA/Leo Singer (Milky Way image: Axel Mellinger)



Banerjee et al, 2020

◆発生初期の残光を観測するのは困難  
**広視野サーベイ** と **即時観測** が必要.



# 重力崩壊型超新星

- ◆発生直後の紫外放射により大質量星の最期の10年を明らかにする.

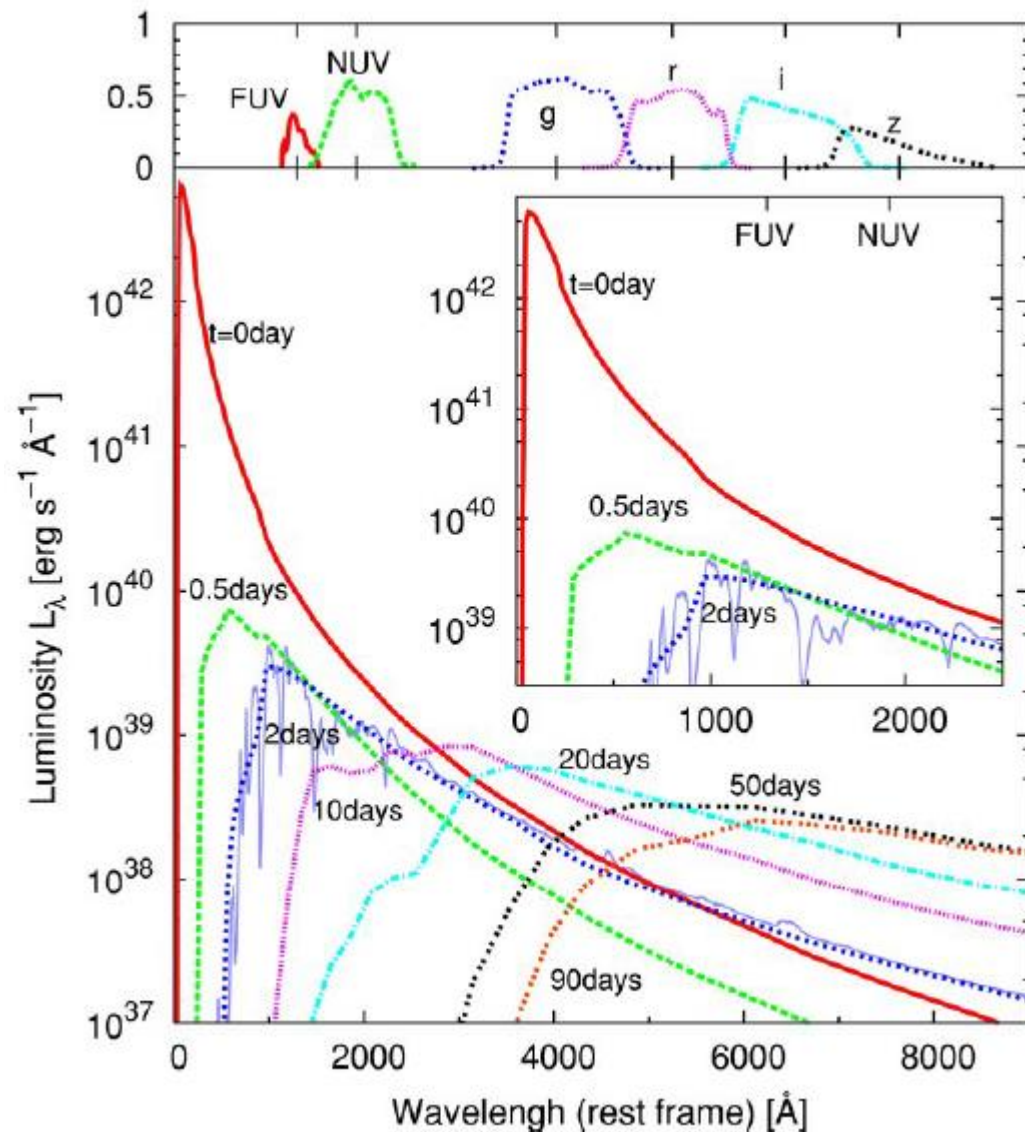
SN 2023ixf



Sebastian+2023

紫外波長における広視野観測・即時解析、アラート機能が必要.

スペクトルの時間発展



Tominaga+2009

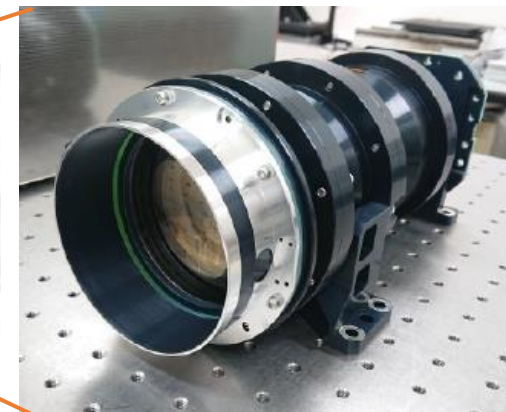
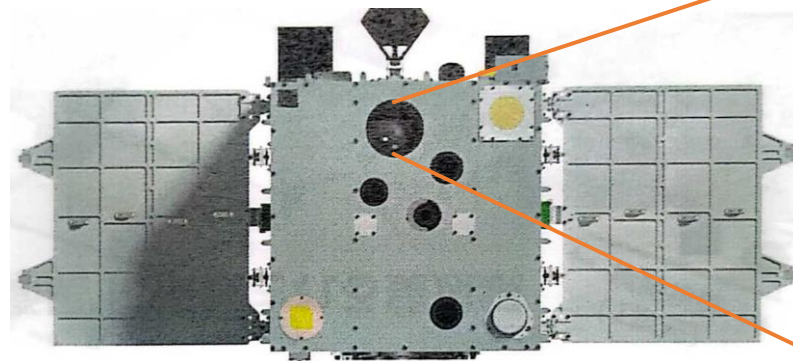
# 観測のためには...

- ◆ 広視野
- ◆ 紫外波長  
(衛星が必須)
- ◆ 柔軟な ToO観測



Do It Yourself !

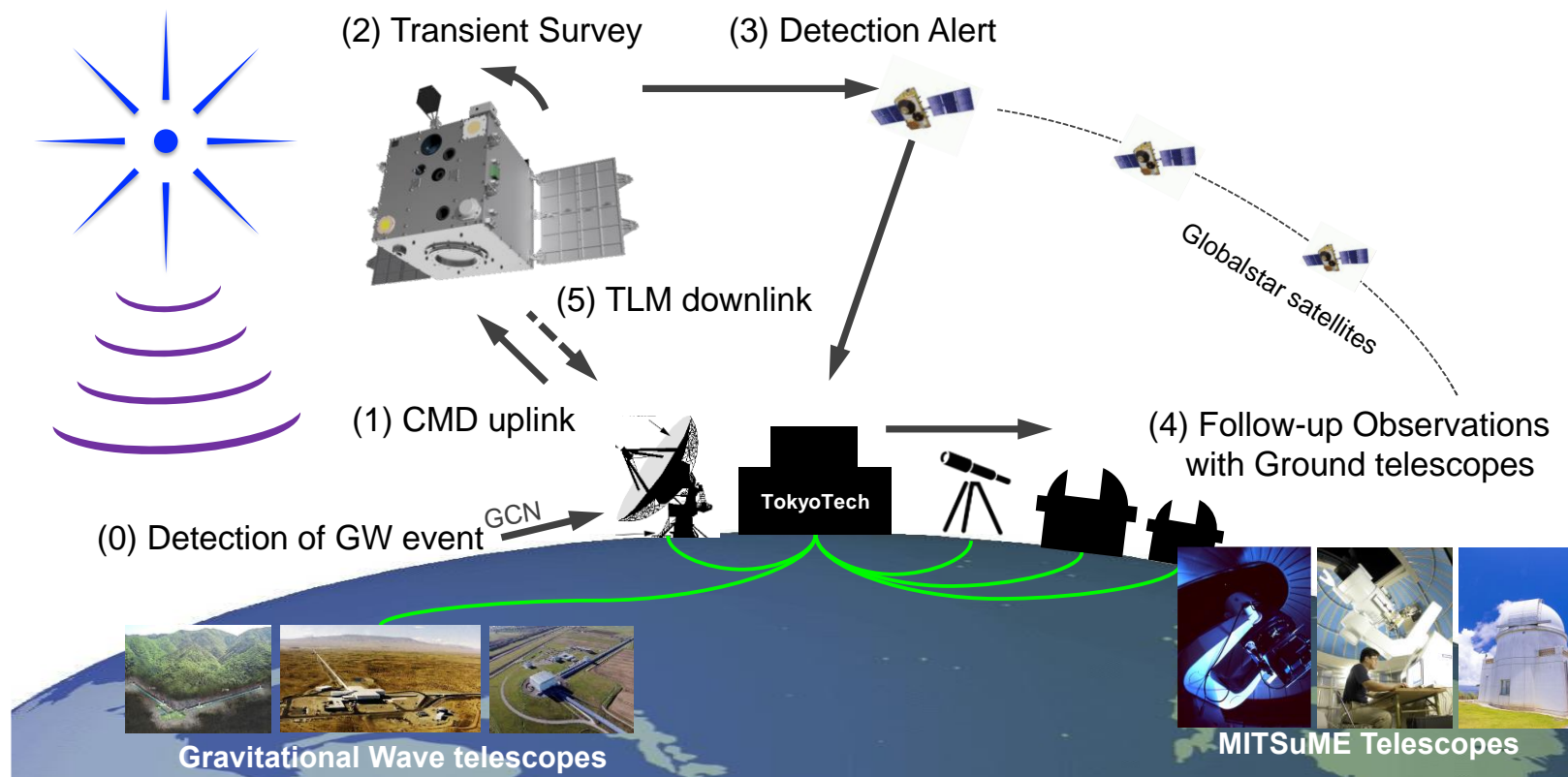
紫外線望遠鏡搭載  
「うみつばめ衛星」



世界初の紫外線波長域における突発天体サーベイ観測を実現

# ミッション目標

- ◆ 突発天体の超初期を紫外波長でいち早く発見
- ◆ 発見から1時間以内にフォローアップ観測を実現



OISTERの  
望遠鏡群

# ミッション要求

1. 広視野

50 degree<sup>2</sup>

2. 高感度の紫外線観測

250~300nm @ 20magAB

3. 軌道上解析

発見から30分以内に突発天体情報を  
地上へ速報



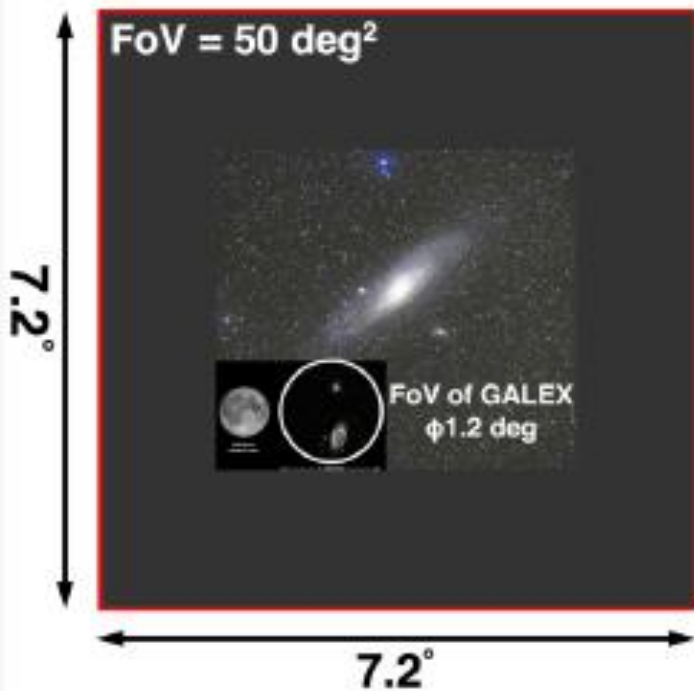
# 視野角の比較

◆ GALEXの約45倍の視野

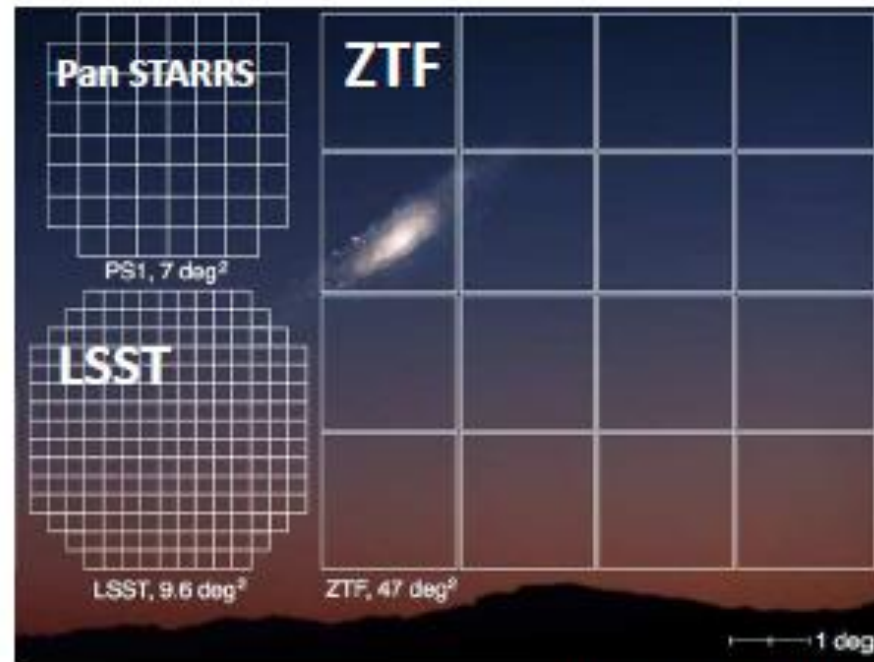
## ミッション要求

1. **広視野**
2. 高感度の紫外線観測
3. 軌道上解析

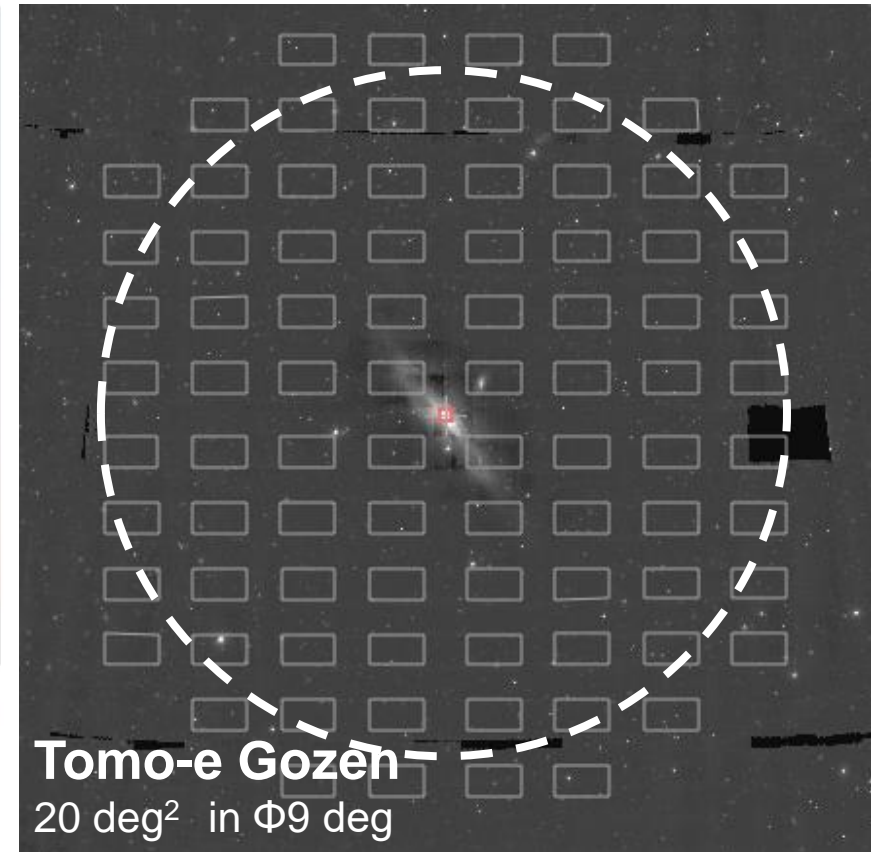
うみつばめ



他の波長でのサーベイ観測



Russ et al. 2017



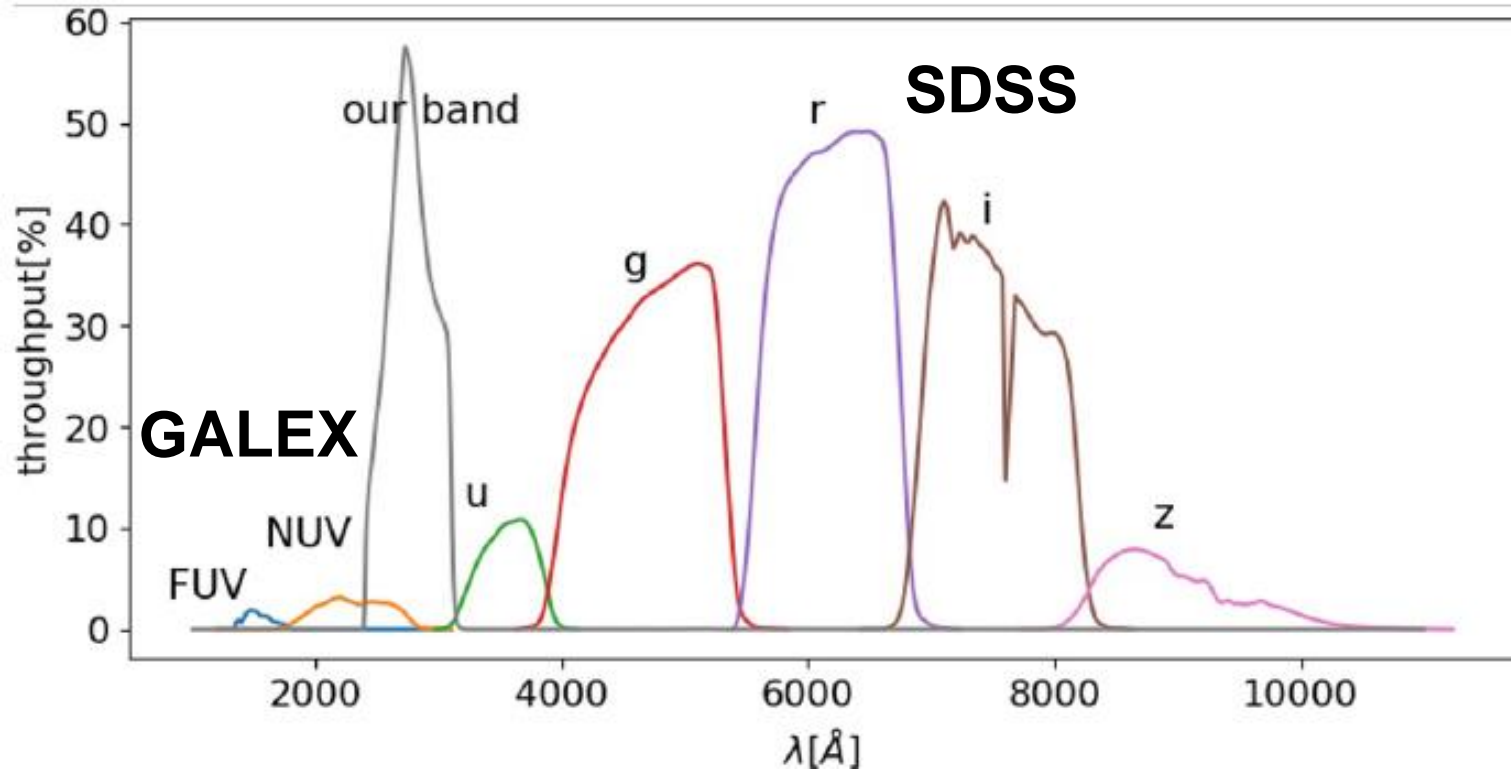
Tomo-e Gozen  
 $20 \text{ deg}^2$  in  $\Phi 9 \text{ deg}$

Tomo-e Gozen Field Checker



# 観測波長

250~300nm@FWHM

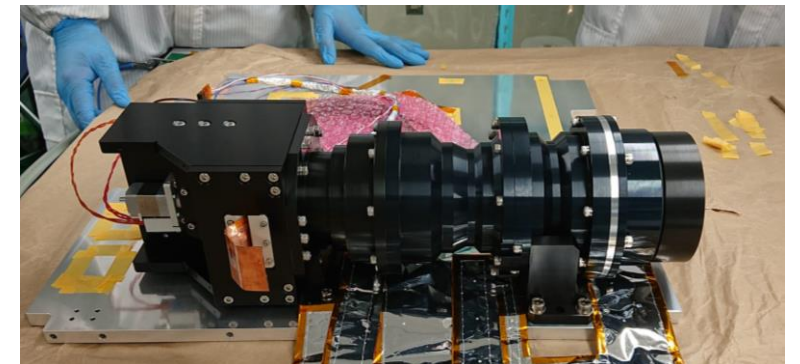


## ミッション要求

1. 広視野
2. **高感度の紫外線観測**
3. 軌道上解析

## ハードウェア設計

⇒上嶋発表(16:10~)



- ◆ オリジナルの測光標準星 (白色矮星) の選定 ・ アstrometri用のガイドスターカタログを開発

# 軌道上処理

位置決定



シフト・重ね合わせ



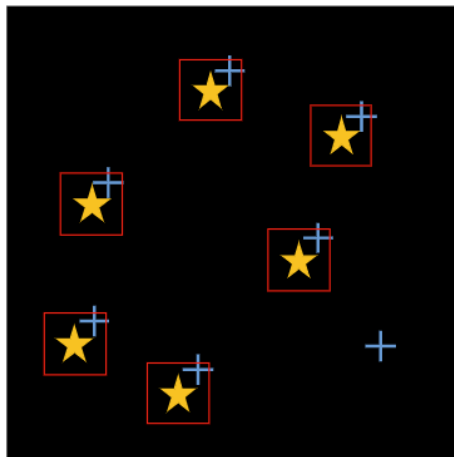
測光



突発天体検知

Robert+(2022)

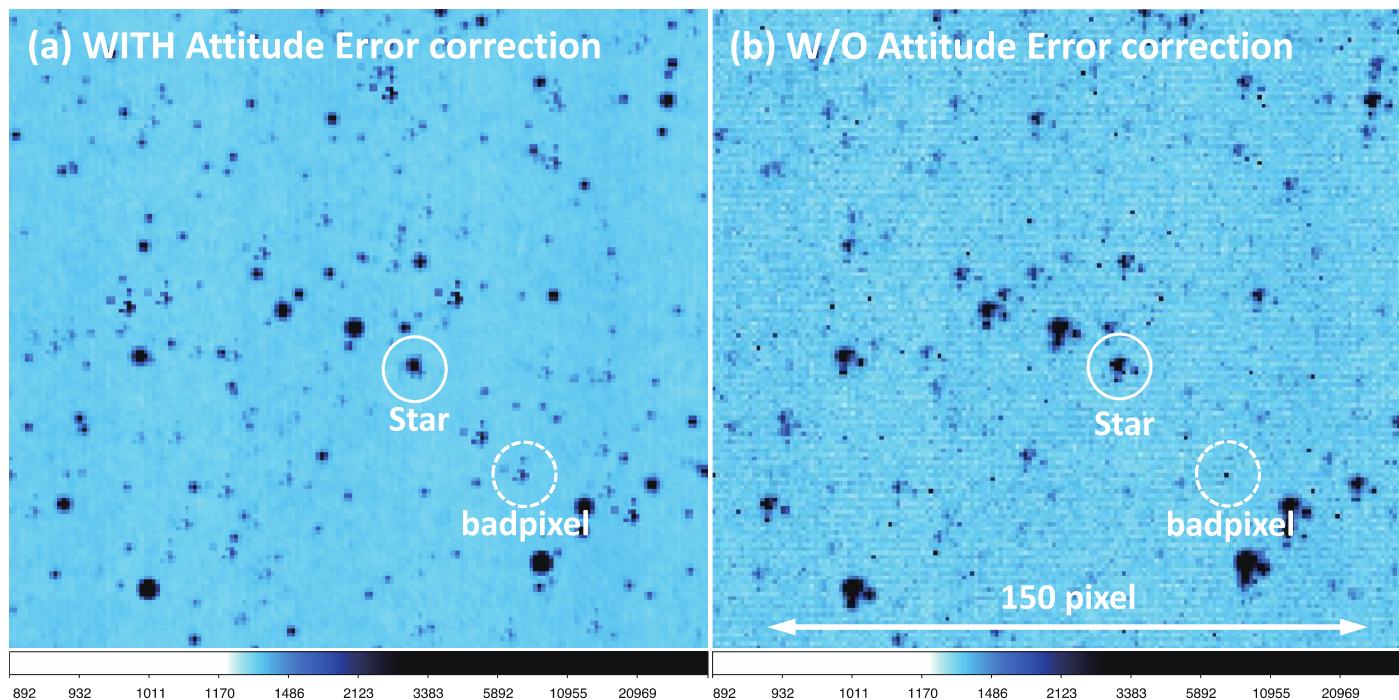
アラートシステム設計  
⇒関発表(15:55~)



- ★ 観測した天体像
- + 参照カタログの天体
- 探索窓：観測した天体像とカタログ天体が一致したと判定する枠

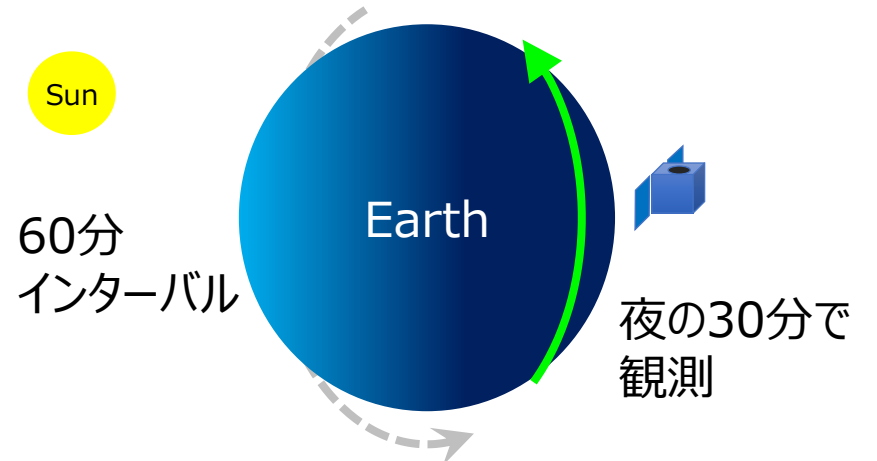
## ミッション要求

1. 広視野
2. 高感度の紫外線観測
3. **軌道上解析**

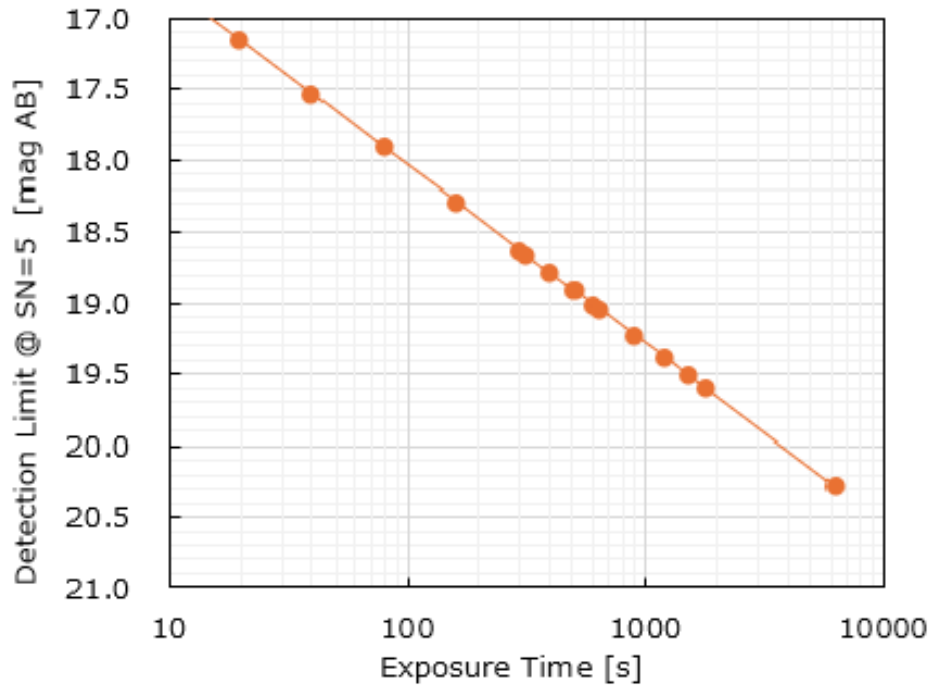


# 観測計画

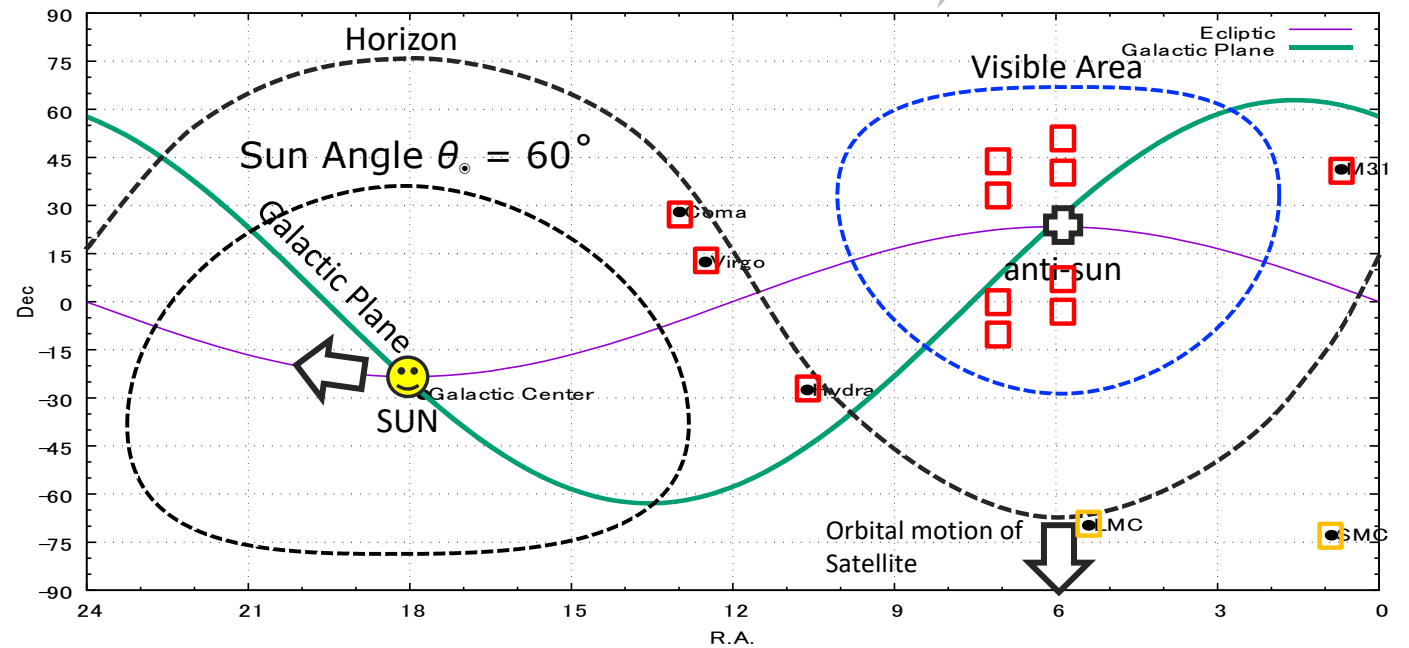
◆ 1周回90分のうち観測時間約30分



1周回の限界等級



観測可能領域



20 magAB @ 5 sigma, 90 min cadence

Coverage:  $\sim 2\pi$  str

**3500 deg<sup>2</sup> /yr @20 mag<sub>AB</sub> をサーベイ観測**

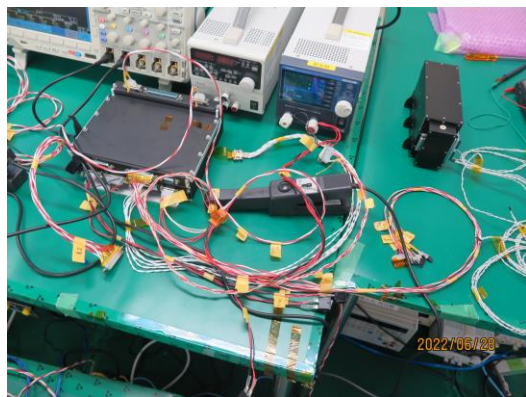
# イベントレート

Targets	contents
<b>重力崩壊型超新星爆発</b>	
Shock Breakout @星表面	1 evt/yr (< 100Mpc、0.1日分の観測×200deg <sup>2</sup> )
Shock Breakout @星周物質中	12 evt/yr (< 200Mpc、1日分の観測×200deg <sup>2</sup> )
<b>中性子星連星合体</b>	
GW170817を仮定したモデル	0.4 - 16 evt/yr (ピークより1等級暗い、<100Mpc)
ジェットからの紫外放射がないモデル	0.1 - 4 evt/yr (ピークより2等級暗い、<100Mpc)

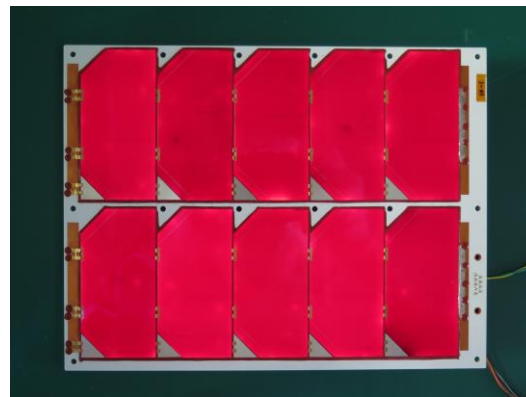
- ◆ 上記に加え, Ia型超新星, 新星, TDE, etc を観測ターゲットとする.
- ◆ OISTER との **連携観測** を実現.



# 開発状況



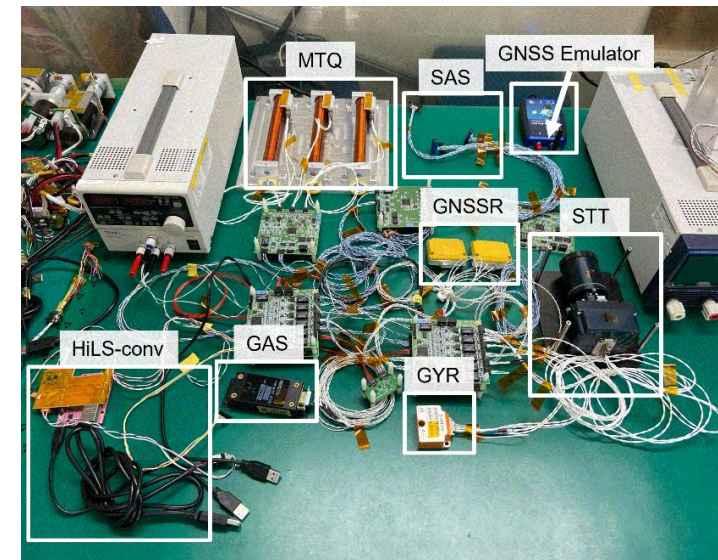
電源



太陽光パネル



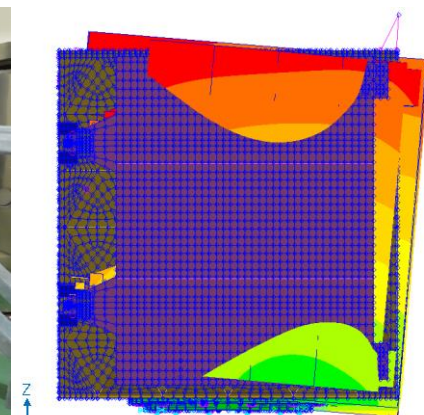
地上局試験



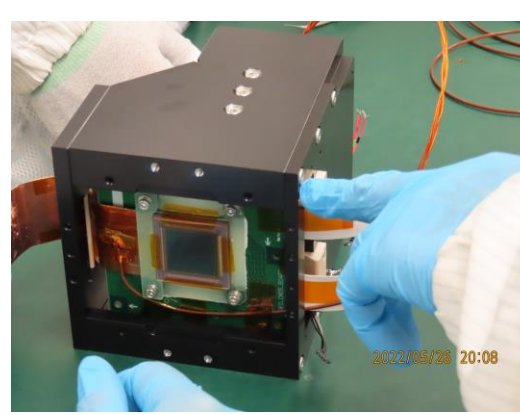
姿勢制御システム



熱真空試験

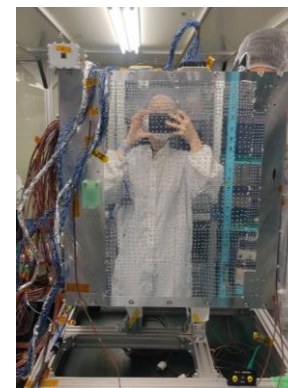


構造解析



望遠鏡のカメラボックス

Me →



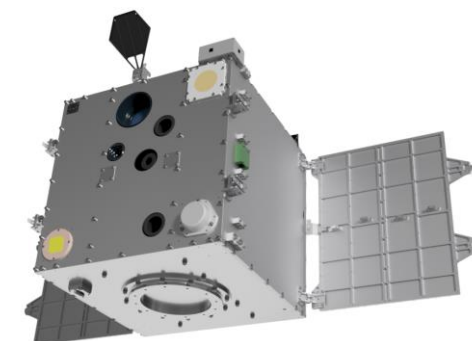
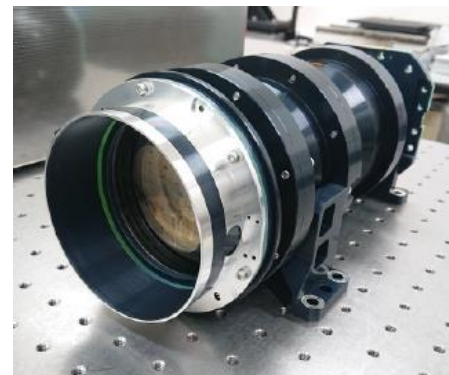
←姉

- ◆ 2025年7月打ち上げ予定
- ◆ 今後、E2E試験、最終性能評価試験を実施

女子大学生の土日

# まとめ

- ◆ 科学大 谷津研究室はうみつばめ衛星を開発している
- ◆ このシステムは以下の3つの要件から設計されている
  1. 広視野
  2. 高感度の紫外線観測
  3. 軌道上解析
- ◆ 開発試験により、ミッション要求 $20\text{magAB}@5\sigma$ を達成できることを実証
- ◆ 2025/07 打ち上げ予定



Fukuda+ @SPIE2024

世界初の広視野紫外線サーベイ観測を実現する



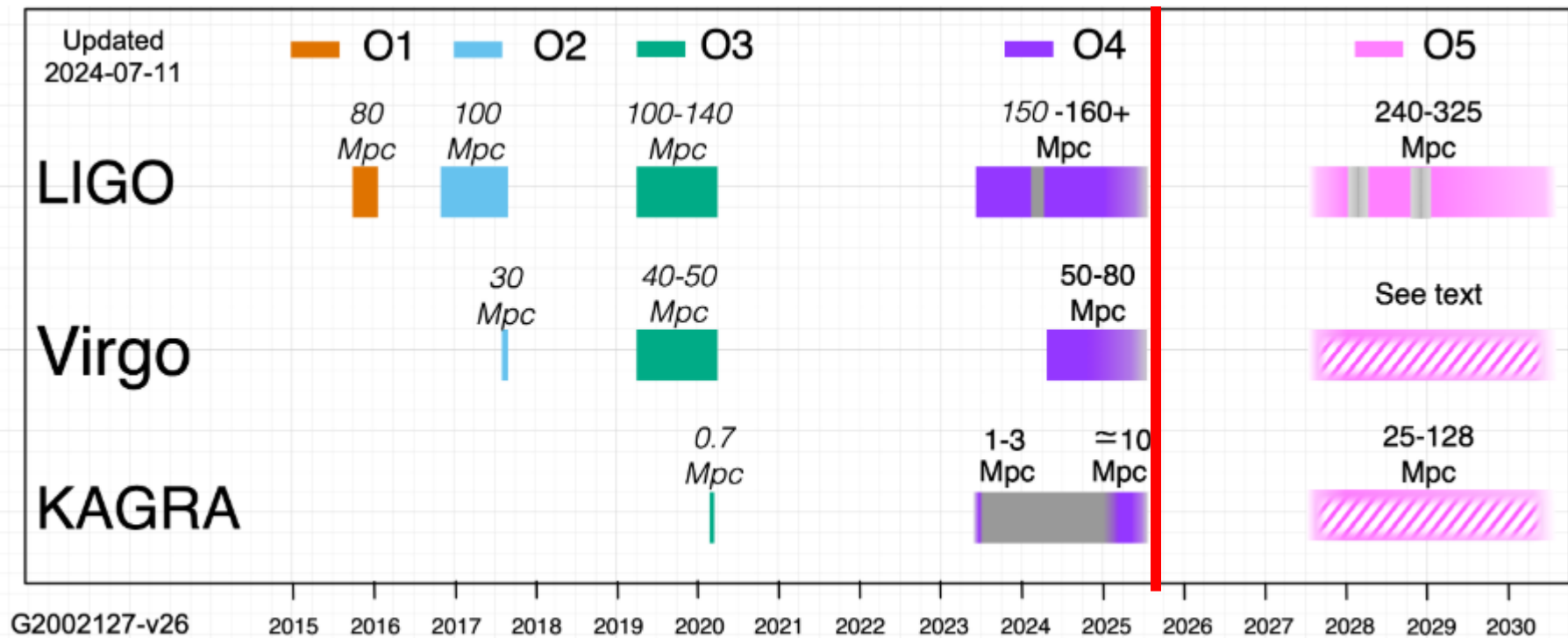
# appendix



# O5との関係

◆ O4終了予定日：2025/06/09

◆ O5再開時期：2027年～？（未定）→打ち上げから2年後に同時観測？



LIGO/Virgo/KAGRA  
(2024/11/15更新)

うみつばめ打ち上げ

# ダウンリンクデータ

S帯

HK

コマンド

X帯

2 ~ 4 GiB / day → 大容量通信が可能

**UV観測データ** 1 ~ 3 GiB / day

- 観測画像
- 校正用画像
  - バイアス、フラットなど
- 実行ログ

**地上観測データ** 1 GiB / day

衛星間通信

伝搬遅延：2~3分

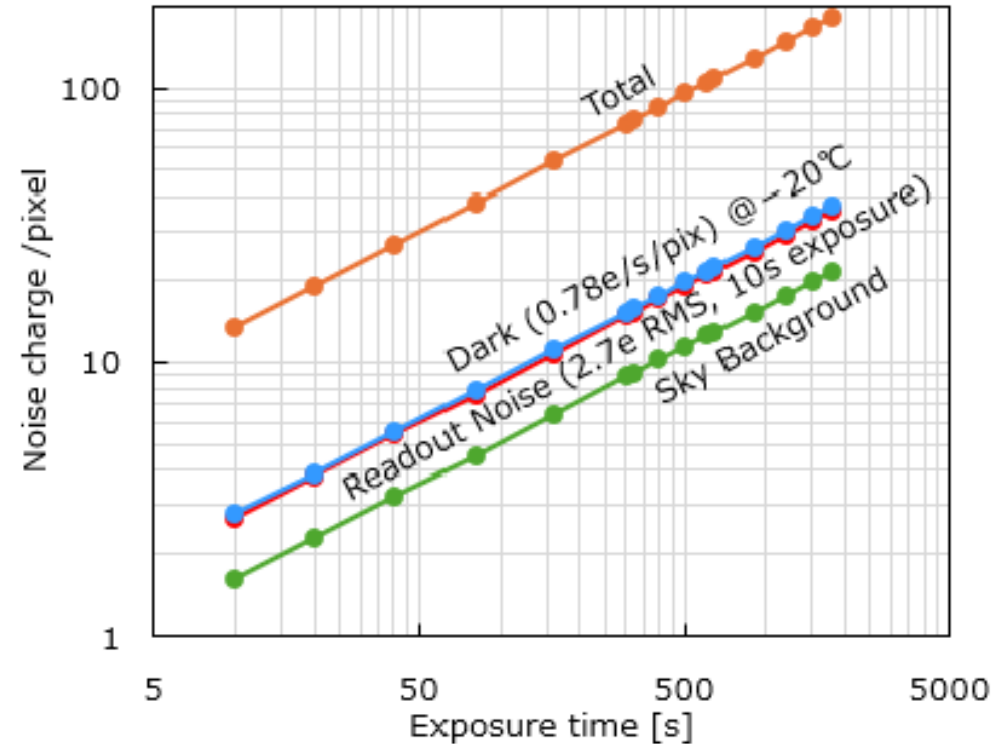
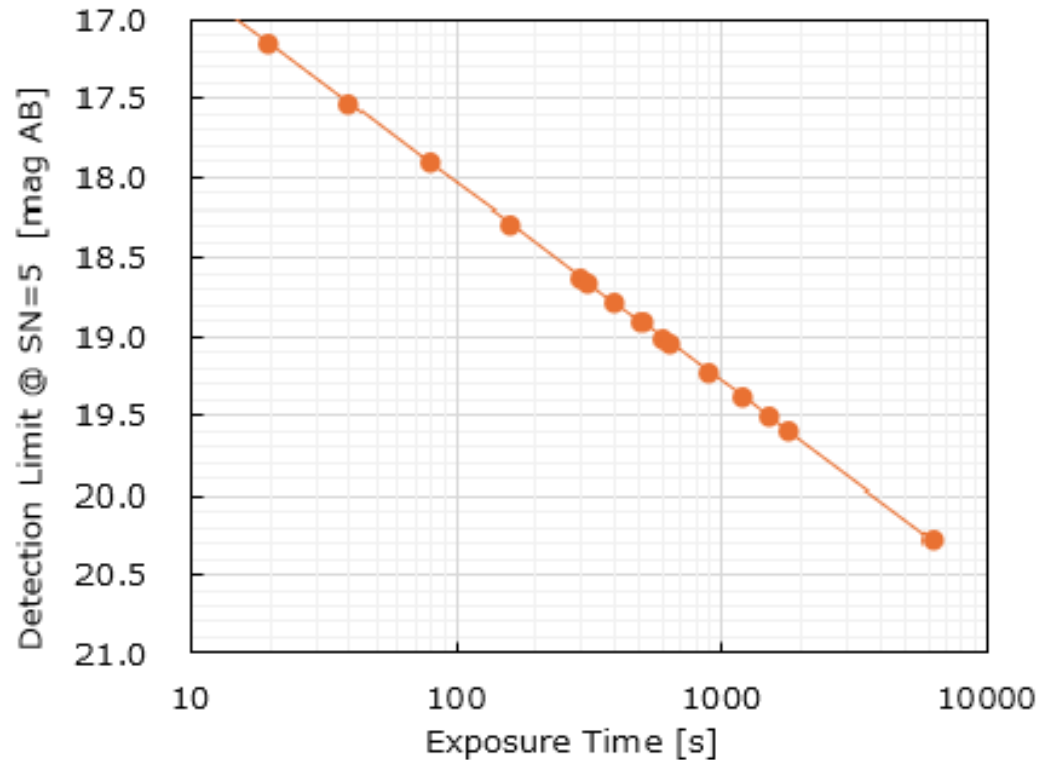
→ 迅速な通知

**突発天体アラート**

- RA, Dec
- 時刻
- 輝度

アラートシステム設計  
⇒ 関発表(15:55~)

# Expected Performance

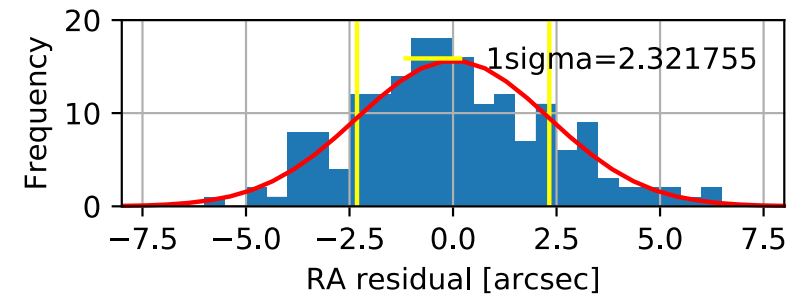
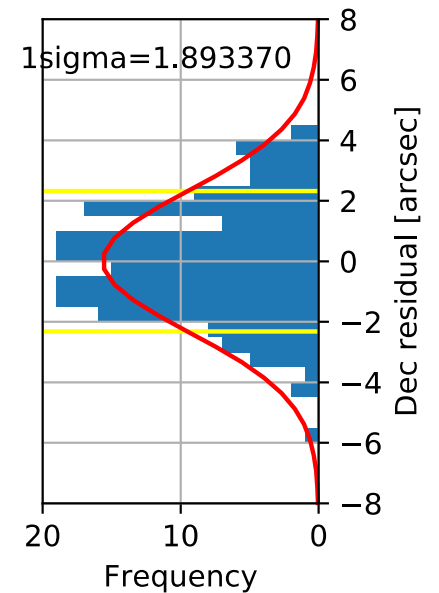
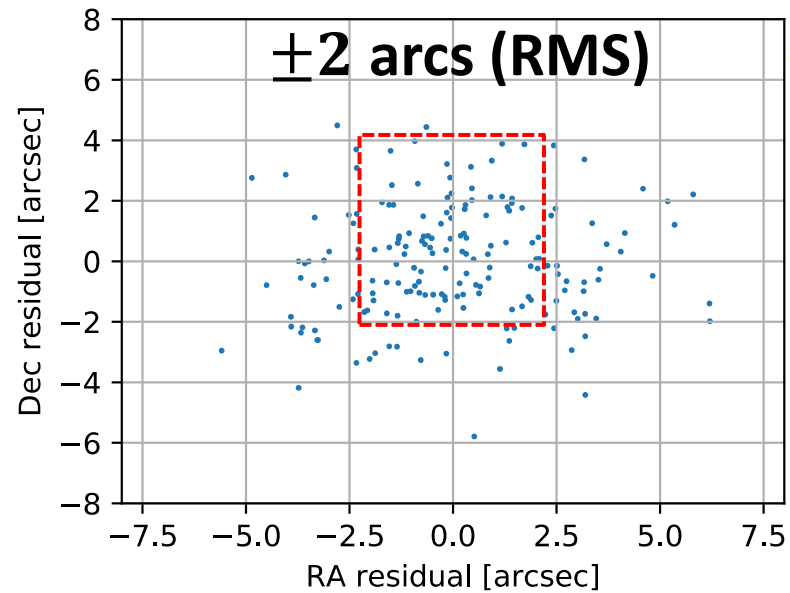
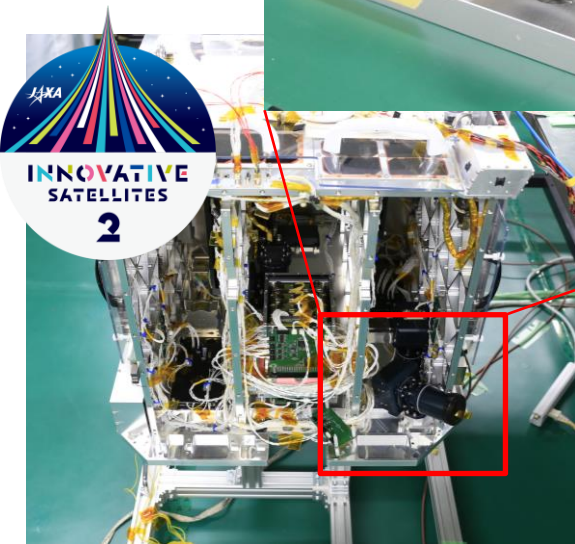
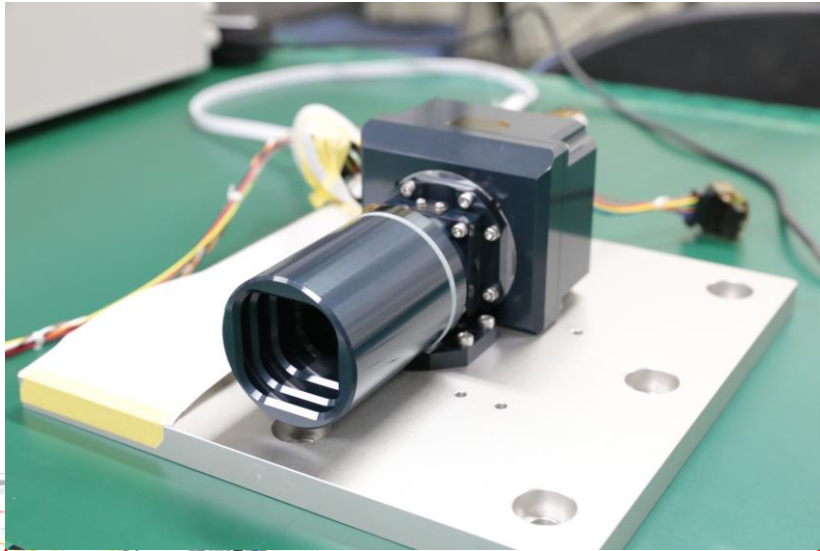


20 magAB @ 5 sigmaの限界等級を達成する

- ◆ 1800秒の露光が必要  
軌道上の劣化に対するマージンがない

# 軌道上実証済み 秒角精度のSTT

姿勢決定誤差~2arcsec

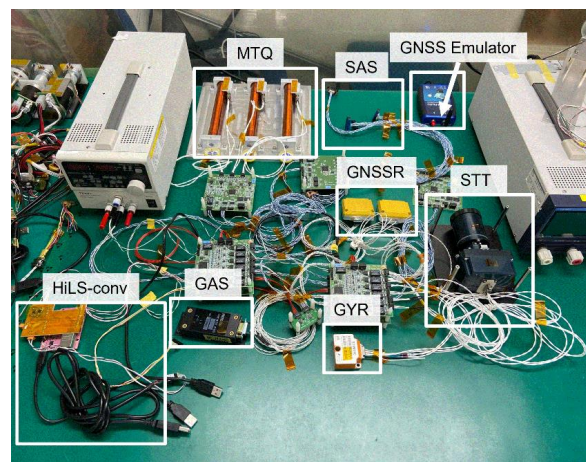


2021打ち上げ=> still working !!

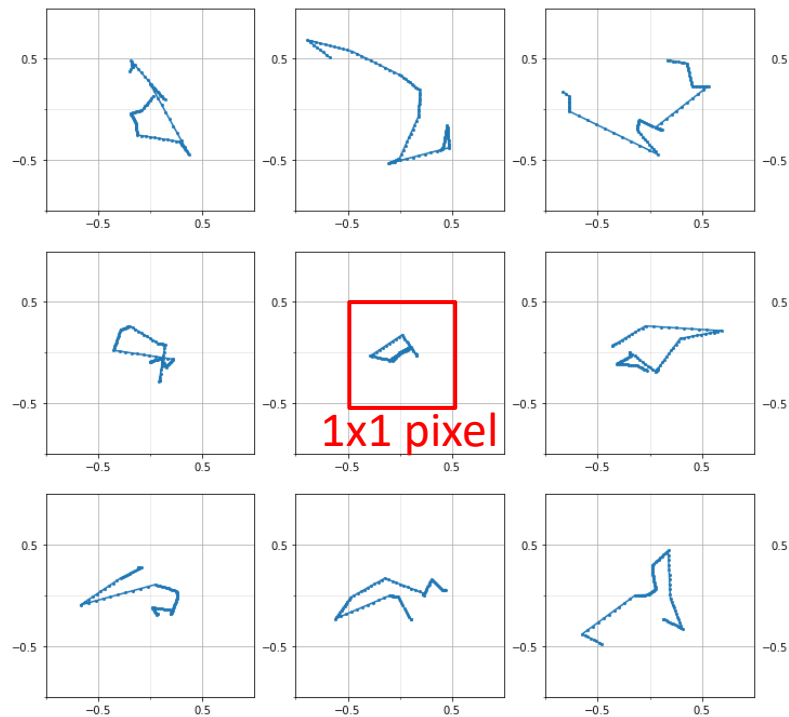


# 姿勢制御システムのシミュレーション結果

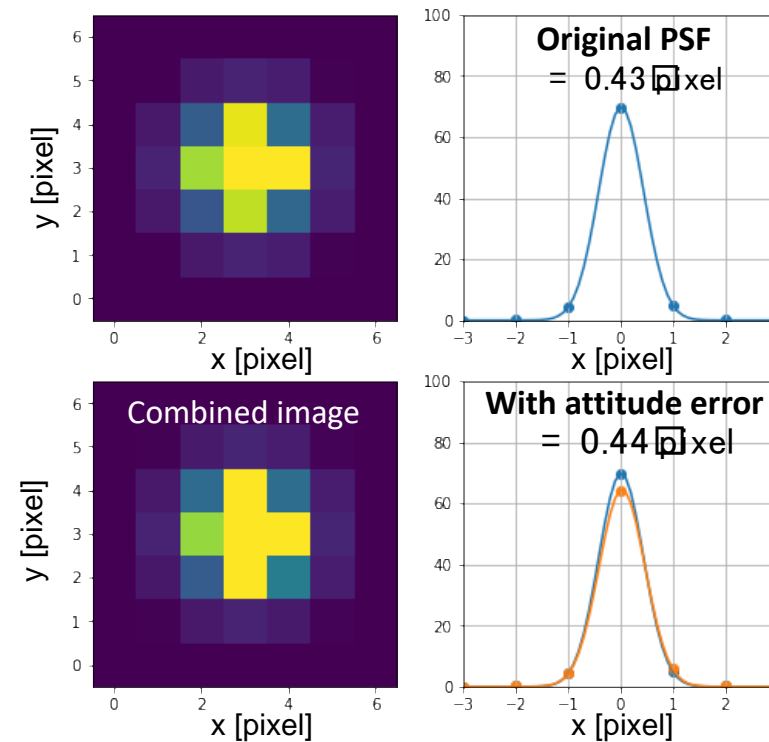
## HiLS



### 10秒間の姿勢ブレ



### 星像への影響

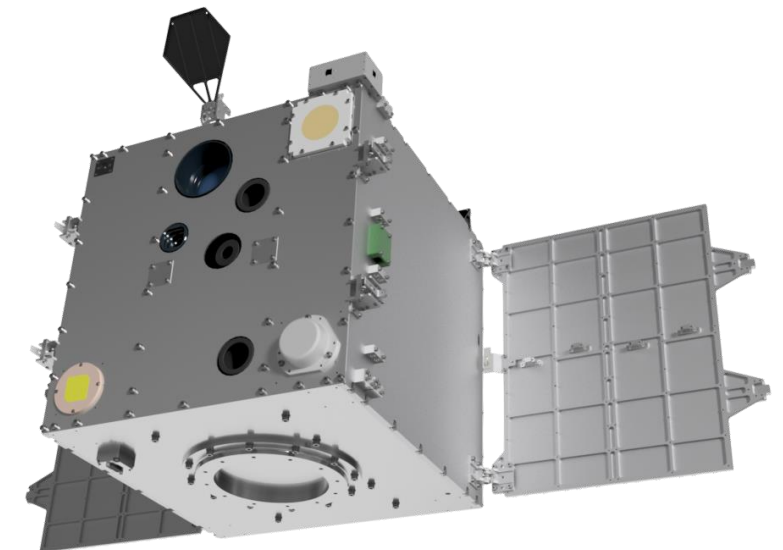
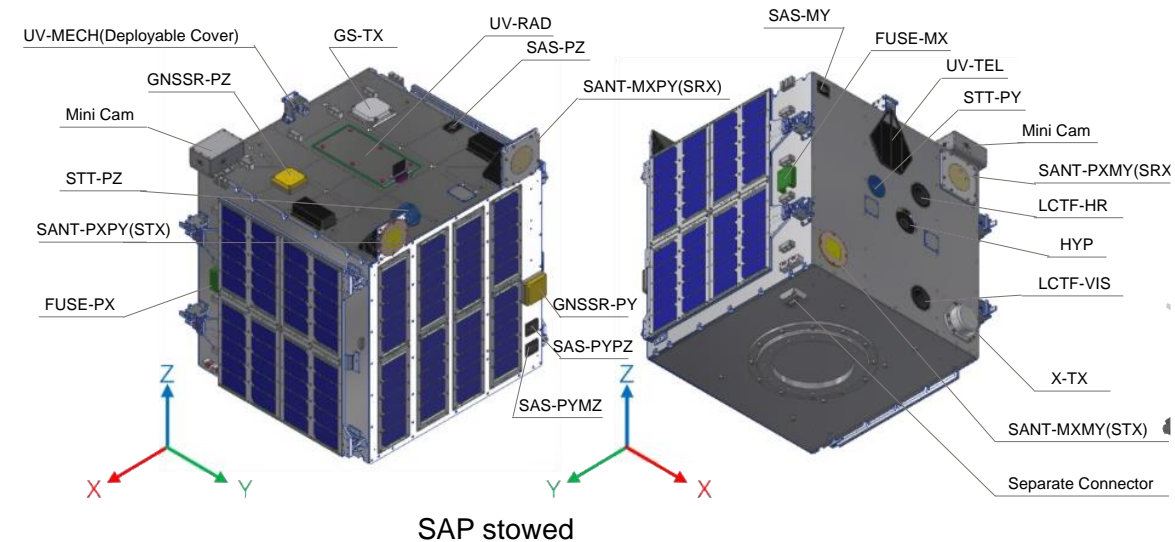


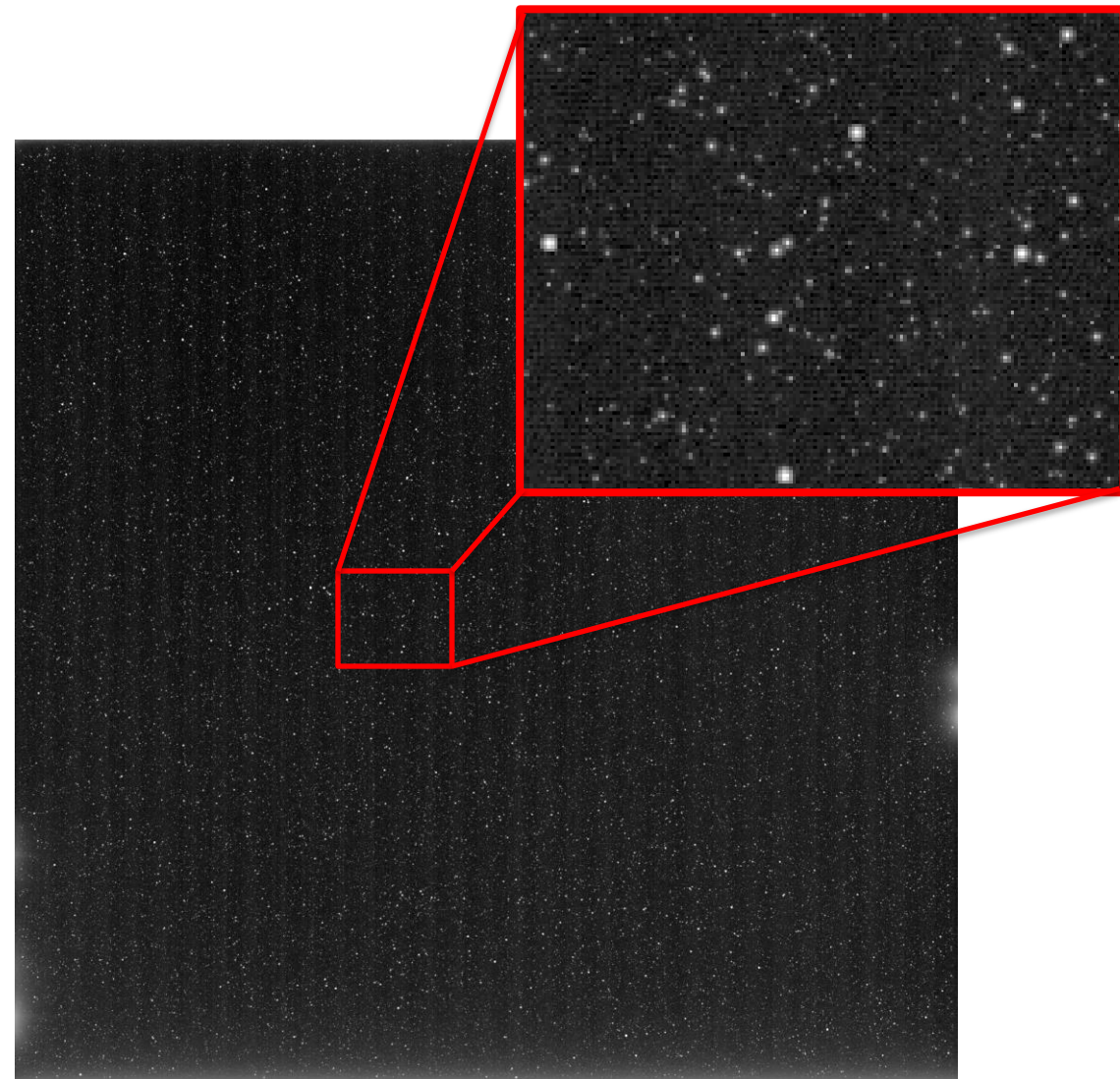
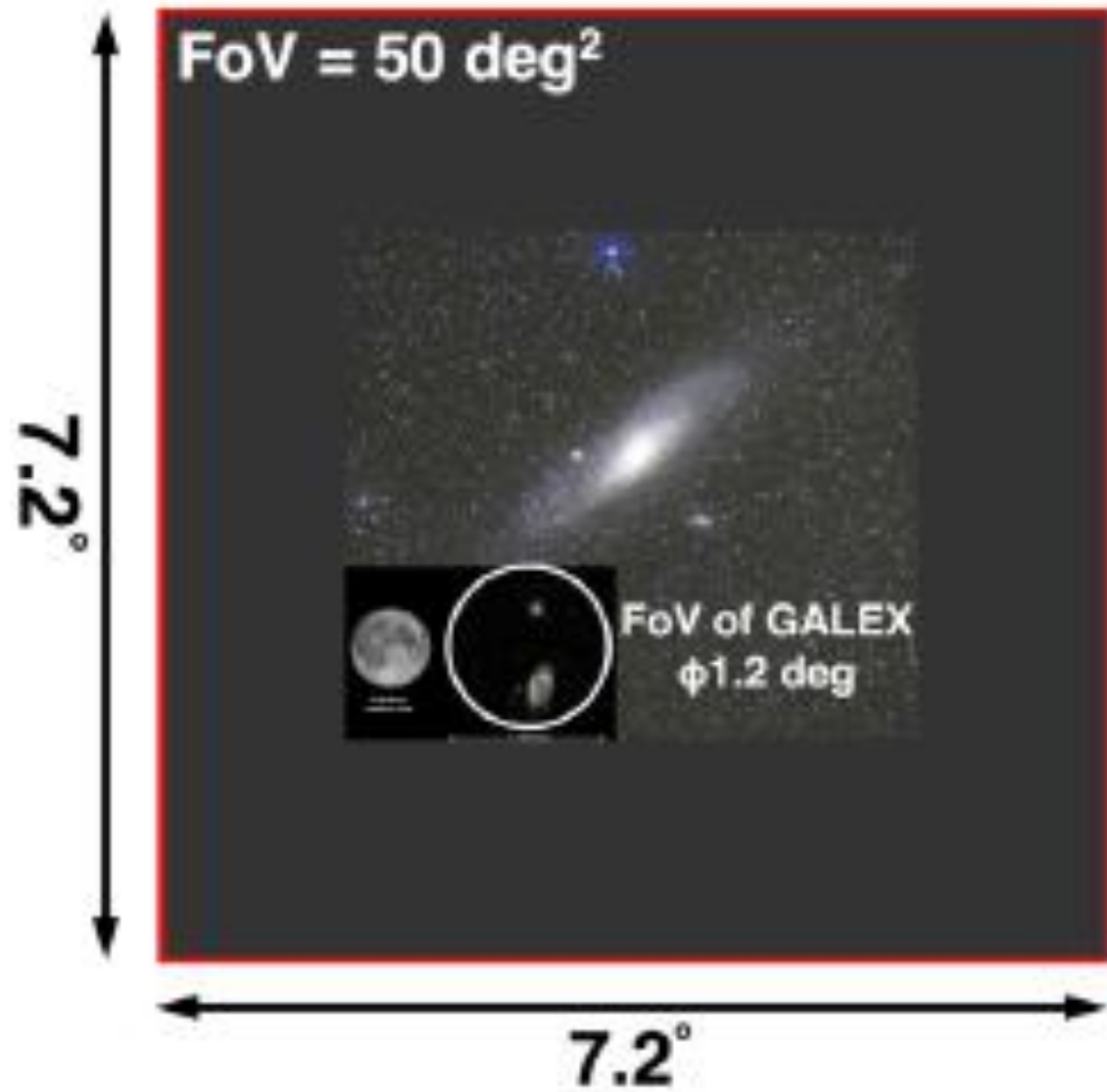
安定した姿勢制御を実現

# Satellite system

## ◆ 衛星の諸元

Parameter	Value
Mission	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyper/Multi spectral Earth observation</li> <li>• Ultraviolet Astronomical observation</li> </ul>
Size/Structure	470×1300×480 2-deployable Solar array padle
Mass	<65Kg
Power	Power generation : 150.7W BTT : 9600mAh Power cons: 30~50 W
Attitude Control	STT-based zero-momentum 3-axis control
Commutnication	S-UP : 1 Kbps(PSK) S-DOWN : 100K~100Kbps (BPSK) X-DOWN : 20Mbps (QPSK) Globalstar: 9 byte/packet (BPSK)
Data Recorder	Mission data (SHU) : 64 GBytex2 HK (DRU) : 2 GByte
Mission Life	2 yr (TBD)





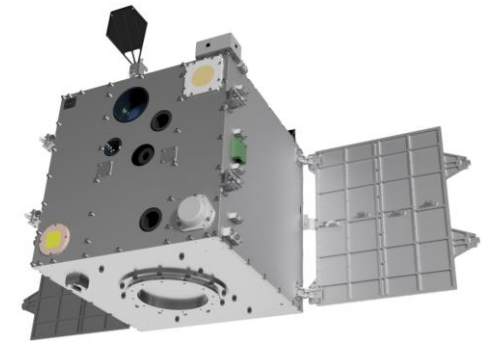
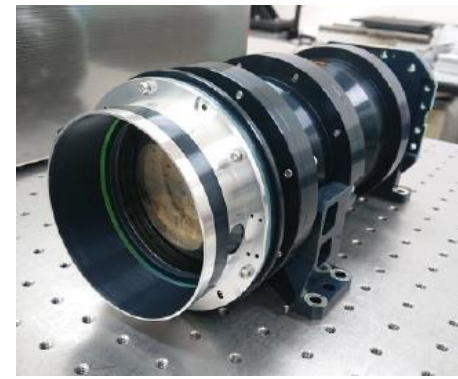
シミュレーション画像



# Summary

- ◆ We are developing UV telescope equipped with PETREL satellite for UV wide-field survey observation.
- ◆ This system is designed with three aspects
  1. wide FOV
  2. UV band with high sensitivity
  3. On board analysis
- ◆ Development testing has demonstrated that the UVT can achieve the mission requirement of a limiting magnitude of 20 magAB@5 $\sigma$
- ◆ 2025/03 Shipping

**We will achieve the first wide-field UV survey**



About system design of PETREL and OBC

Paper 13093-15

**Development of wide-field UV transient exploration satellite  
PETREL**

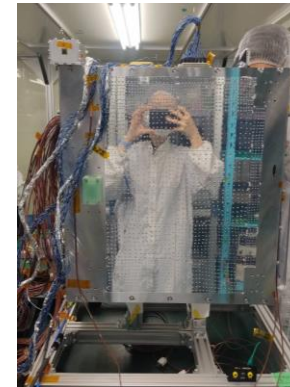
16 June 2024 • 14:30 - 14:50 Japan Standard Time | Room G414/415, North - 4F

 Add to My Schedule

**From Dr. Yatsu, Today 14:30- @This room**

**Weekend for college girls**

Me →



←My sis



**Development is wonderful !!**