

# 天体物理観測のための 超小型衛星プラットフォームの提案

2022/1/18

中川貴雄、松原英雄、宮崎康行（ISAS/JAXA）、  
佐野圭（九工大）、五十里哲（東大）、谷津陽一（東工大）

# 天体物理学の課題

この世界はどのように作られたのか？

銀河の誕生と進化

ブラックホールの形成と進化

高エネルギー現象

人類は一人ぼっち？

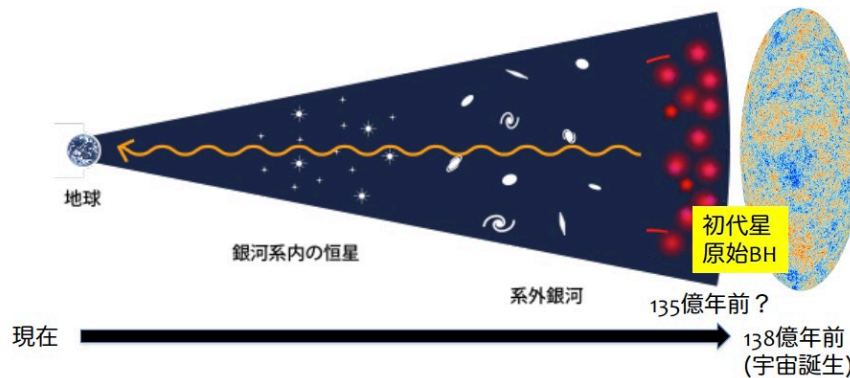
星形成

惑星系形成

系外惑星探査

# この世界はどのように作られたのか？

- 例：宇宙背景放射の観測が重要（佐野）
  - 宇宙初期から現在までに放出されたあらゆる放射の積算
  - 宇宙の天体形成史を解明するために重要な観測量



- 観測にとって大切なこと：集光力
  - 集光力  $\propto$  「集光面積」 x 「観測立体角」
  - **6Uの衛星による観測でも、広視野観測により、ハッブル宇宙望遠鏡を上回る「集光力」を達成できる**

# 天体物理学の重要課題に答える

- この世界はどのように作られたのか？

- 宇宙背景放射観測：（佐野）

広視野

- 高エネ現象：紫外線（谷津）

時間変動

- X線：NinjaSat（玉川）

- $\gamma$ 線：（谷津）、CAMELOT（大野）

- 太陽フレアX線観測：（成影）

X線撮像分光

- 人類は一人ぼっち？

- 系外惑星探査：LOTUS（河原）

長期間

- スノーライン探査衛星（中川）

高波長分解能

- **従来にない新しいパラメータ・スペースの開拓**により、天体物理学の重要課題に答える。

# 天体物理ミッションの問題と打開策

- 問題：ミッションの巨大化・長期化
  - 学問の発展に即した新しいアイデアの埋没
  - 宇宙科学を進める人材の枯渇
- 打開策：迅速・機動的なミッション実現
  - 方法：超小型衛星の活用
    - 超小型衛星の特性を活かし、「新しいパラメータスペースを拓く」特定目的に特化。迅速に、機動的に。
    - 大規模ミッションとの相補性
  - 確実に：プラットフォームの共通化
    - バス部のプラットフォームを、ある程度共通化することにより、迅速・確実・安価に実現する。
    - 科研費等外部資金は、個別のミッション部開発に。

# 共通化プラットフォーム

- 対応
  - 複数のミッションで共通のプラットフォーム活用（安価、高信頼性）
  - 共通性が高くかつ現実的な、リソース要求、姿勢制御要求の確立
- 利点
  - 迅速なミッション実現→単発ではなく、流れに！
  - 安価
  - 安定した運用
- 欠点
  - 共通化は生きるか？（使いにくいものにならないか？）
  - リソース制約（volume、mass、power、data rate..）
  - 指向要求制約
  - 運用制約

# Cube-Sat 要求

	宇宙背景放射 (佐野)	太陽フレア (成影)	NinjaSat (玉川)	CAMELOT (大野)	紫外線突発 天体 (谷津)
ミッション 体積	2.5 L	3 L	~3 L	~1L	3.5 L
絶対指向精 度	1 deg	10 arcmin	6 arcmin	...	10 arcmin
指向安定度	7 arcsec /min	1 arcmin /10s	6 arcmin	...	10arcsec /10s
データレー ト	Several GB/day	...	~60 MB /day	~300 MB /day	~1GByte/day
運用要求	太陽・地球 回避	地上運用で データ選択	数日/天体	複数機によ る時間差測 定	機上データ 解析、ToO
軌道	SSO/dawn- dusk	SSO/dawn- dusk	i=51.6 deg h=475km	i ~ 50 deg h ~ 500 km	SSO/dawn- dusk

# 数十kg 級衛星要求

	宇宙背景放射 (佐野)	LOTUS (河原)	太陽フレア (成影)	スノーライン (中川)	γ線突発天体 (谷津)	紫外線突発天体 (谷津)
ミッション ン体積	40 L	6 L	130 L	70 L	8 L	3.5 L
絶対指向 精度	10 arcmin	10 arcsec	10 arcmin	4 arcsec	30 arcmin	10 arcmin
指向安定 度	2 arcsec /min	10 arcsec	1 arcmin /10s	4 arcsec /1 min	(~ 1deg)	10arcsec /10s
データ レート	Several GB/day	3.57 GB/day	...	~1GB/day	~1GB/day	~1GB/day
運用要求	太陽・地 球回避	複数機を 継続打ち 上げ	地上運用 でデータ 選択	太陽・地 球回避	機上デー タ解析	機上デー タ解析、 ToO
軌道	SSO/dawn- dusk *	SSO/dawn- dusk	SSO/dawn- dusk	SSO/dawn- dusk	SSO/dawn- dusk or 赤 道	SSO/dawn- dusk

\* 地方時6hまたは18hの太陽同期極軌道



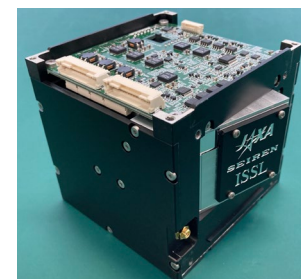
# 要検討事項

- 指向制御
  - 数十 kg 級の衛星を中心に  $\sim 10$  arcsec ( $\sim 3 \times 10^{-3}$  deg) の姿勢制御安定性要求あり。
- 軌道
  - $1 \sim 30$ -50 deg, 低軌道
  - SSO (Solar synchronous orbit)/ dawn-dusk の要求が多い。
    - 天体観測特有の事情。打上げ機会の確保が課題。
- 運用
  - Target of Opportunity 対応が必要なものもある。

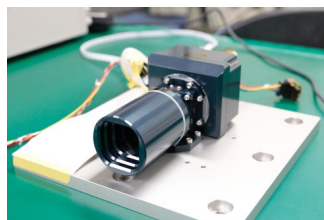
# バス部の革新：指向精度の向上

- CubeSat向け高精度姿勢制御ユニット（五十里）

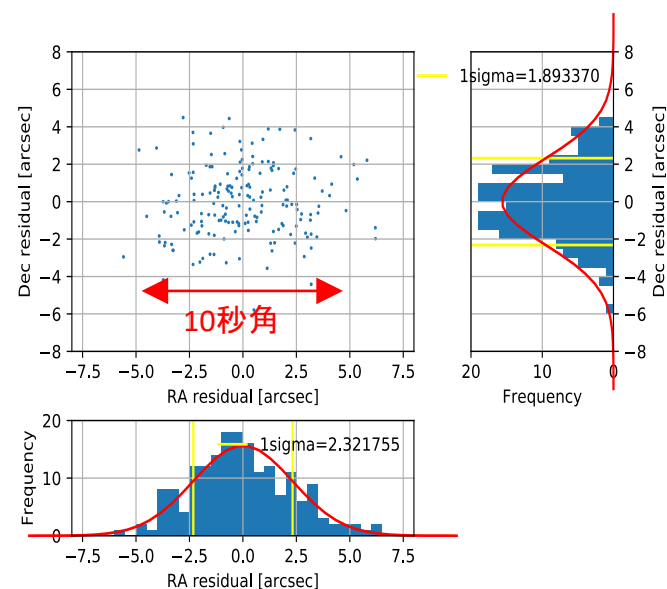
Item	開発したユニット
Size, mm	91 x 90 x 90
Mass, kg	1.2
Accuracy, deg ( $1\sigma$ )	0.003(目標) (10 arcsec)
Random noise of gyro sensor, rad/s/ ( $1\sigma$ )	4.36e-5 (~10 arcsec)



- 高精度 Star Tracker（谷津）
  - 計測精度 5.7 arcs@ $3\sigma$ （地上）
  - 東工大ひばり衛星による軌道上実証実験中

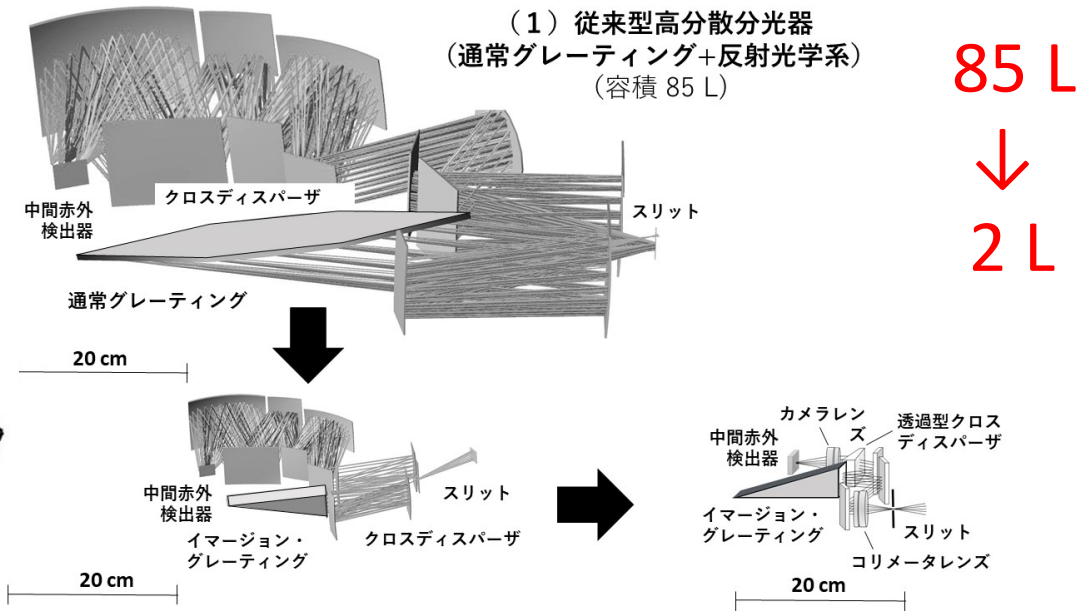
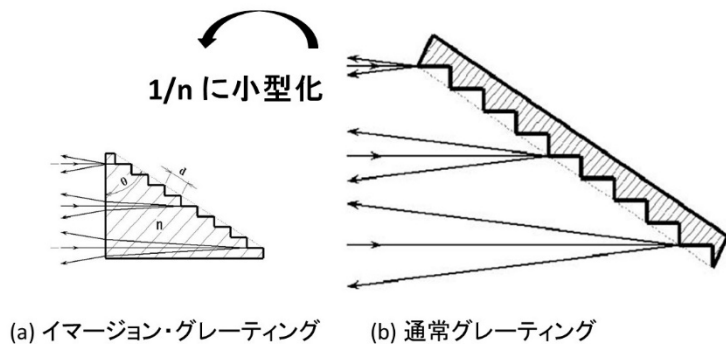


- Tip-tilt 系（要検討）



# ミッション部の革新：小型化

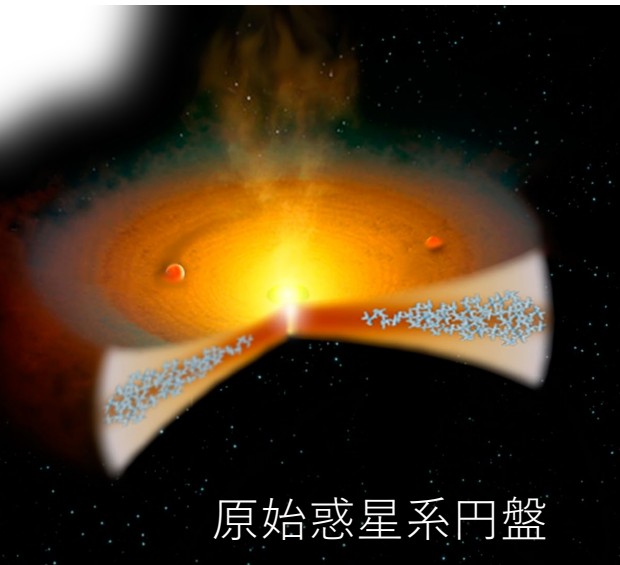
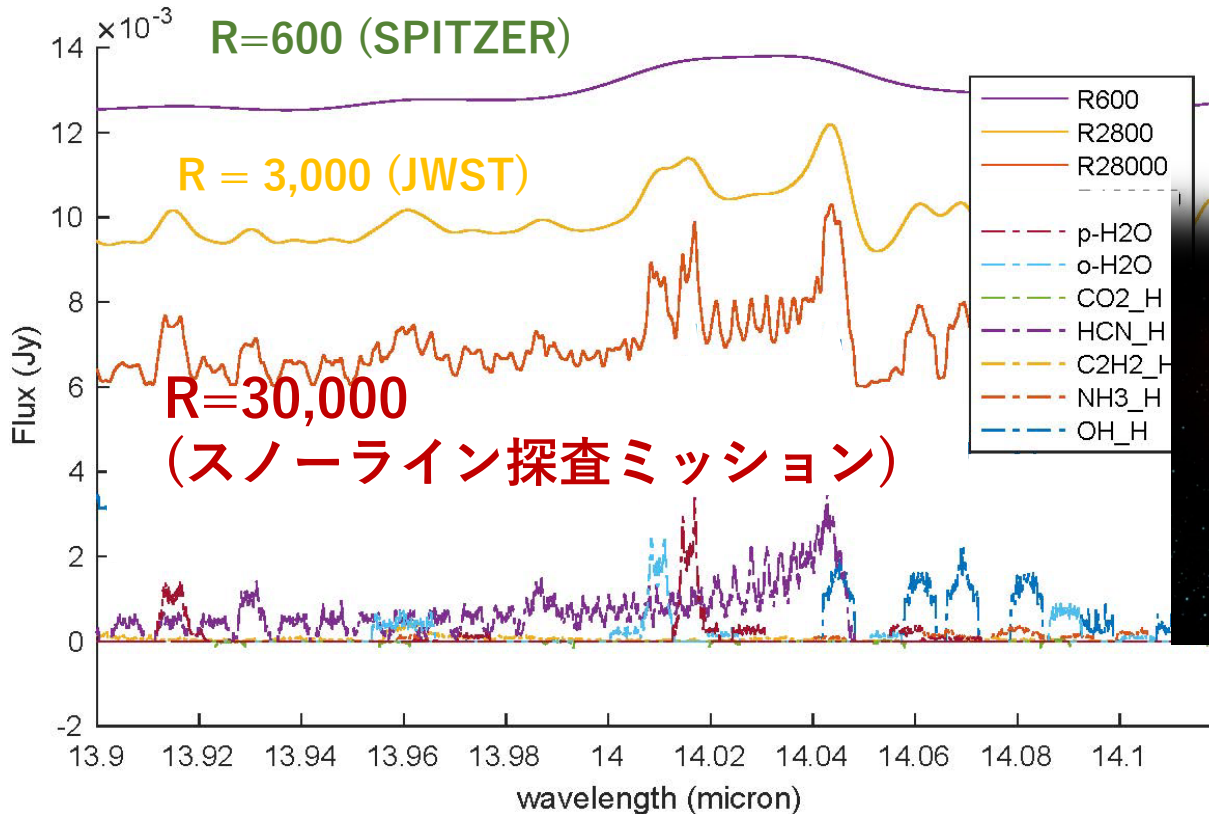
- 例：高分散分光器の小型化 ( $R = \lambda/\Delta\lambda = 30,000$ )
  - 通常グレーティング： $L \sim \lambda R$
  - イマージョン・グレーティング： $L \sim \lambda R/n$ 
    - $n$ : 屈折率



(2) SPICA搭載中間赤外高分散分光器  
反射光学系+イマージョン・グレーティング  
(容積10L)

(3) 超小型中間赤外高分散分光器  
屈折光学系+イマージョン・グレーティング (容積2L)

# ミッション部の革新： 高波長分解能観測の威力



- 原始惑星系円盤の化学組成解明のためには、**高波長分解能(R~30,000)**が本質的に重要 (JWSTにはない能力)
  - → スノーラインの検出

# まとめ

- 超小型衛星を活用して新しい天体物理観測の実現を目指すことを提案。
- バス部を共通プラットフォーム化。
  - ミッション実現の高信頼性化、迅速化、低コスト化
- ミッション部に新しいアイデアを積極的に導入して、新しいパラメータスペースの開拓
  - 超小型衛星による重要な科学成果創出
  - 将来の大型ミッションへの布石