

# 赤外線位置天文観測衛星JASMINE: 計画進捗状況と国際連携への取り組み

**JASMINE: Japan Astrometry Satellite Mission for INfrared Exploration**



鹿野良平, 郷田直輝, 和田武彦, 大澤亮(国立天文台),  
片坐宏一, 河原創, 磯部直樹, 高橋葵, 臼井文彦, 近藤依央菜(宇宙研/JAXA),  
山田良透(京都大), ほかJASMINE チーム

## 科学目標 Science Objectives

### ■ SO1: 【銀河系中心核構造の探究】

#### ➤ 位置天文観測

年周視差精度: **25 $\mu$ as** ~ 125 $\mu$ as

固有運動精度: 25 $\mu$ as/y ~ 125 $\mu$ as/y

### ■ SO2: 【地球型系外惑星の探索】

#### ➤ トランジット惑星探索

トランジットシグナル ~ **0.3%**

## JASMINE衛星

### ■ 口径36cm 超高安定望遠鏡

### ■ 国産赤外線センサ (InGaAs)

- 2k $\times$ 2k画素  $\times$ 4

- 観測波長: 0.9-1.6 $\mu$ m

(参考: Jバンド 1.1-1.4 $\mu$ m)

### ■ 衛星重量 ~600kg(wet)

### ■ イプシロンSロケットにて打ち上げ

### ■ 太陽同期軌道、高度 ~550-600km 3年間観測

# 科学目標S01：銀河系中心核構造の探究

## (1) 銀河系中心核ディスク(NSD)の解明

- ▶ 形成時期 (←ミラ型変光星)
  - **バー構造の形成時期**
- ▶ 軌道構造 (→重力場ポテンシャル)
- ▶ 内部バー構造の存在？
  - **中心巨大ブラックホールの成長**
- ▶ NSD内での場所毎の星形成史

## (2) 中心核楕円構造の解明

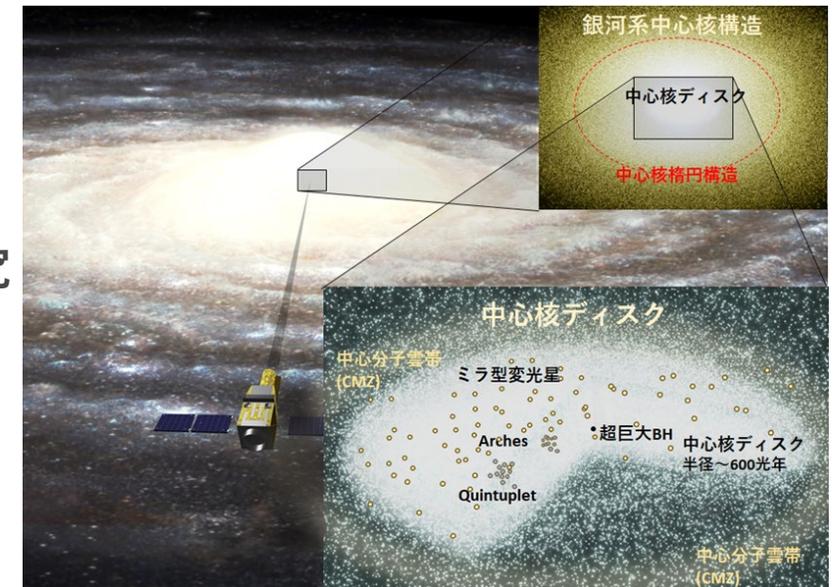
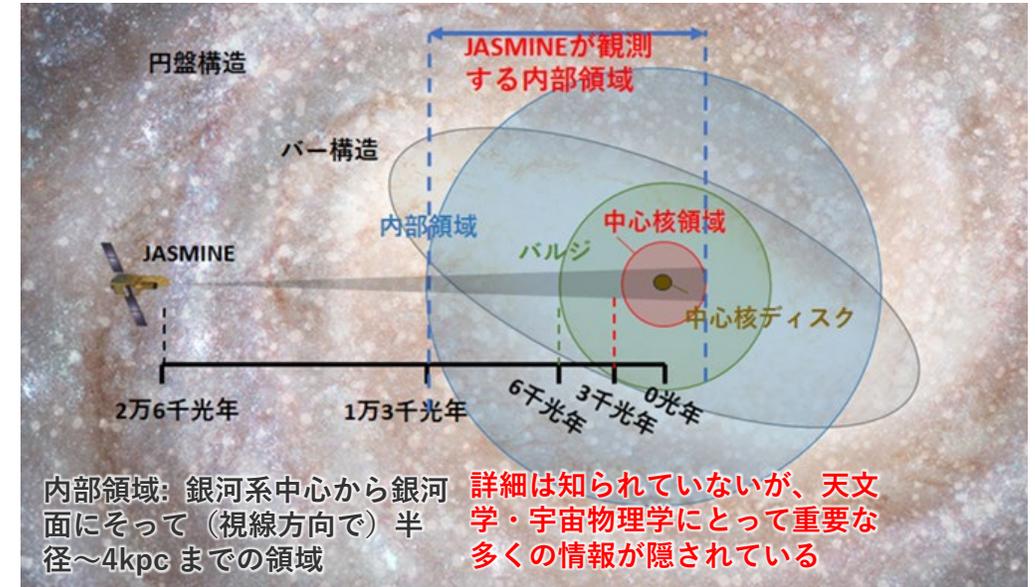
- ▶ 古典的バルジ or 巨大BH落下による“熱的緩和状態” or ?
  - **銀河系初期進化**

その他：

- ・ 内部領域内でのバルジ・バー・(内部)円盤など、各種構造の探究
- ・ 中心核領域 & 内部領域内での、宇宙解明の鍵を握る天体の探索

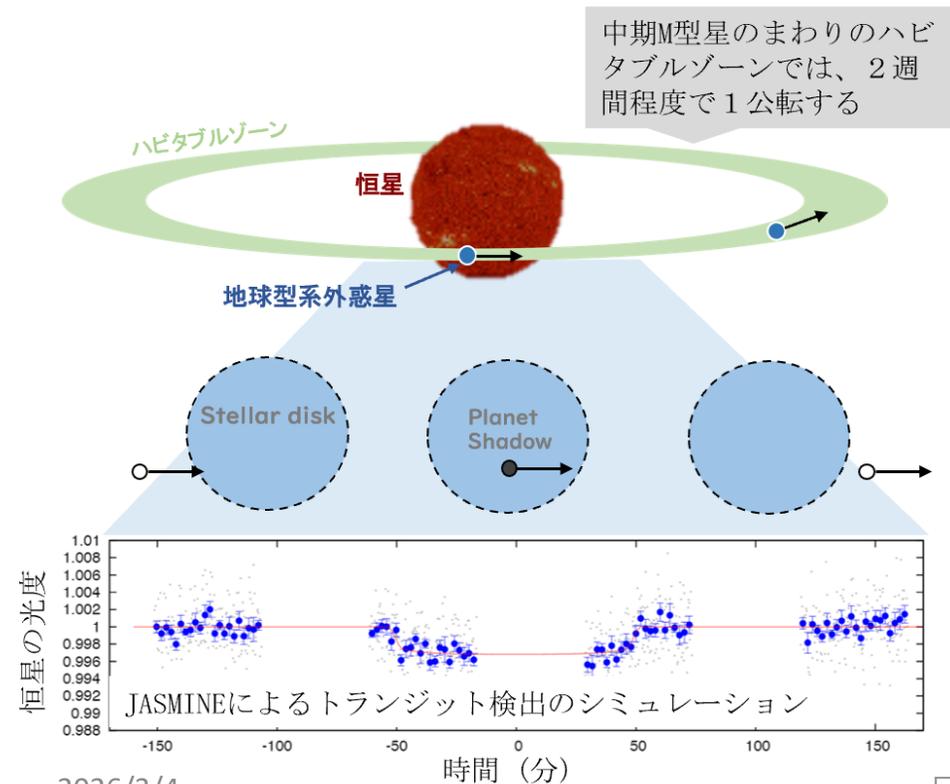
天文学・宇宙物理学の  
多岐に亘る分野に関わる

- ▶ ダークマター探究
  - ▶ X線連星系探究
  - ▶ 磁場構造探究
- ブラックホール探索  
星団の探索

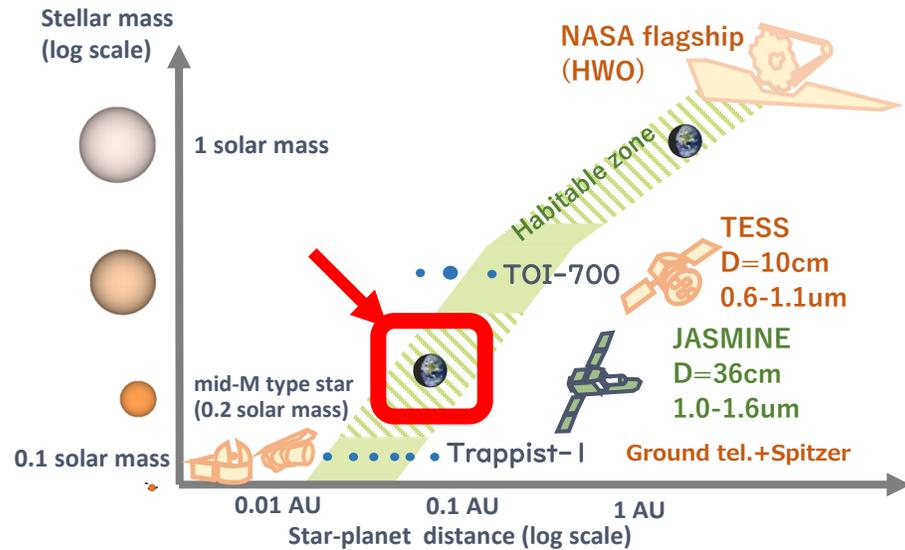


# 科学目標S02：地球型系外惑星の探索

- ▶ 生命探査として、系外惑星の大気中の生命の痕跡“バイオシグニチャー”を探りたい
- ▶ 生命探査の重要な第一ステップが、**生命居住可能領域**に位置する大気分光観測が可能な惑星の発見  
→ 「トランジット惑星探索」



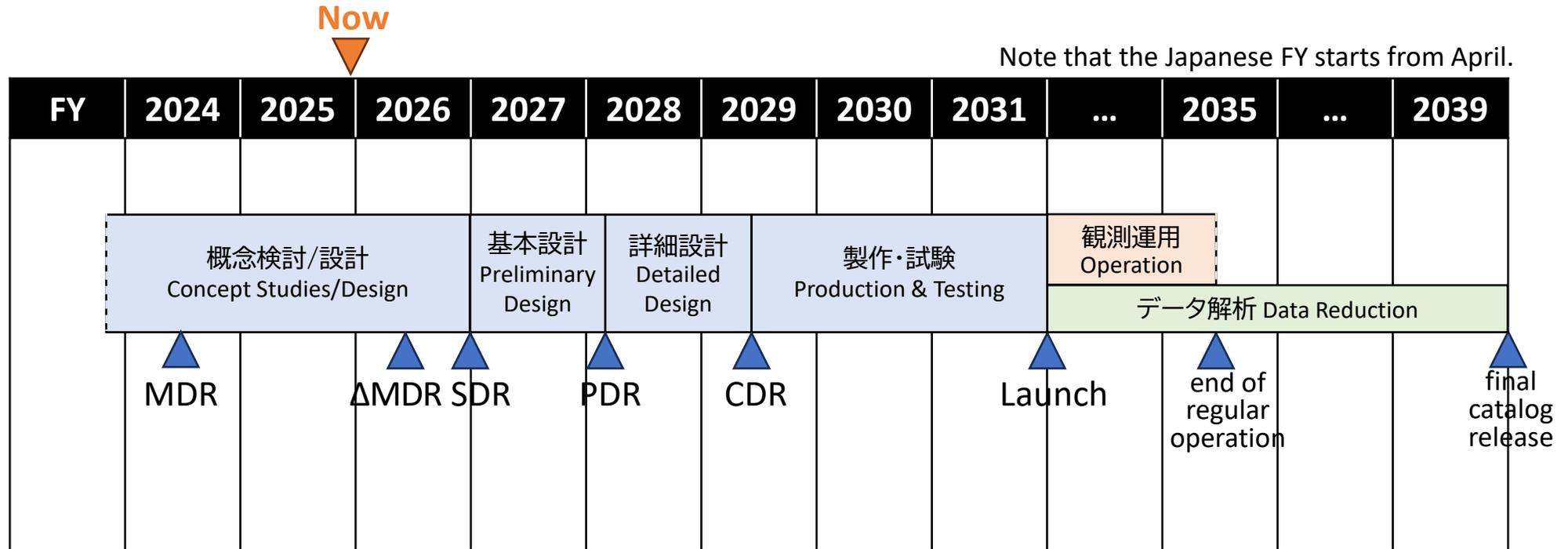
- ▶ JASMINEのターゲットは“**中期M型星まわり**”  
トランジットシグナルが小さく(～0.3%)、星も暗いので、安定して高測光精度観測を行える中口径望遠鏡が必要。



- 早期M型星まわり：  
トランジットシグナルはとても小さい(～0.1%)が、**比較的明るいため**可視の小口径宇宙望遠鏡(e.g. TESS)で可能。
- 晩期M型星まわり：  
星は暗いが、**トランジットシグナルが大きい(～1%)**ので、大口径な地上望遠鏡が有利。

# スケジュール概要

宇宙研での“ミッション定義審査(MDR)”を 2024/7 に完了。  
2032年春の打上げに向けて計画推進中。



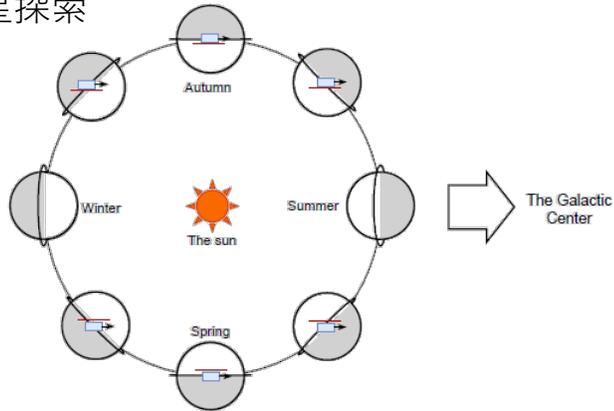
打上げは2031年度の予定で、内閣府 宇宙基本計画 工程表(2024/12版)にも明示;  
<https://www8.cao.go.jp/space/plan/keikaku.html>

## 観測運用

cf. 笠木 et al. (V210b)

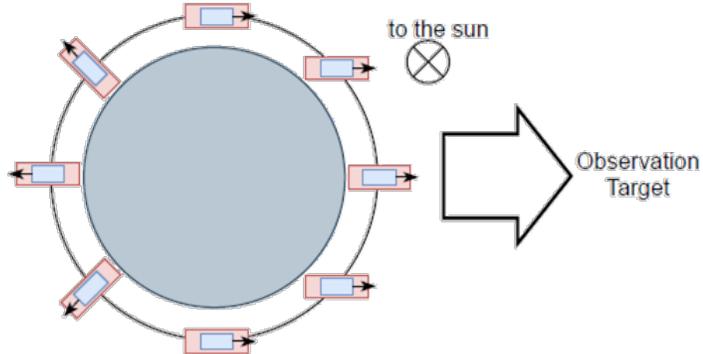
### 年間の観測割当

- 春秋：位置天文観測
- 夏冬：系外惑星探索



### 日々の観測運用

- 太陽同期極軌道を周回
- 基本的に太陽は側面照射
- 半周=観測、半周=地球回避



## データ量(位置天文観測)

12.5秒露光で繰り返し撮像。

但し、国内地上局のみで取得可能データは

- 主に、**<14.5等の星(〜12万★)の周辺画像**：〜22 Gbits/day\*
- 全面画像は**低頻度**で取得(1枚/10周回として〜0.18 Gbits/day\*)

ESAによる地上局支援での高頻度化も模索  
4枚/周回とすると〜7 Gbits/day必要

### Image Cutout and Downlink Rate

笠木 (2025, JCM)

Estimated data volume

Obs. mode	Data volume (per 1 plate) [Mbits/plate]	# of images [plates/day]	Data volume (per 1 day) [Gbits/day]	Reduced by compression [Gbits/day]	
				R = 1/2	R = 1/3
Star cutout	19	2,304	44	22	15
Full-frame	244	1.5	0.37	0.18	0.12

R: data compression ratio  
\* latest estimate R~1/2

JASMINE mock image of GC (single detector)

Example of a 9x11 pixel extracted image

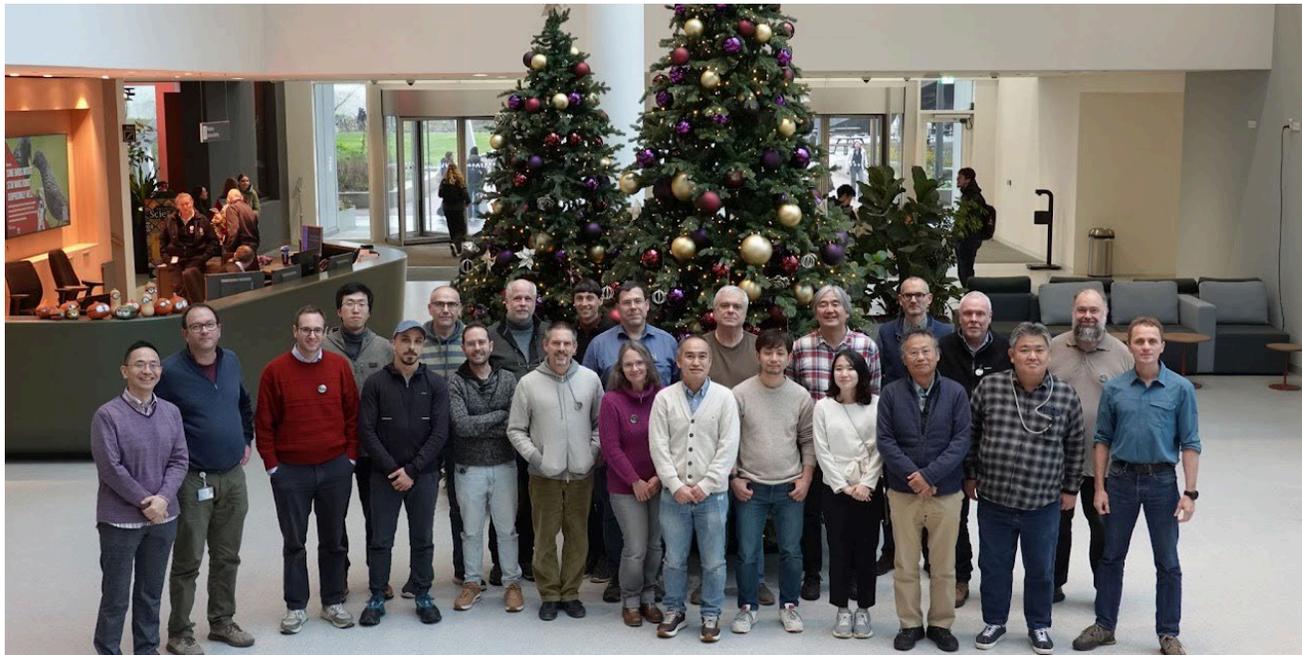
Total: ~22 Gbits/day

Available downlink rate: 17.3 Gbits/day

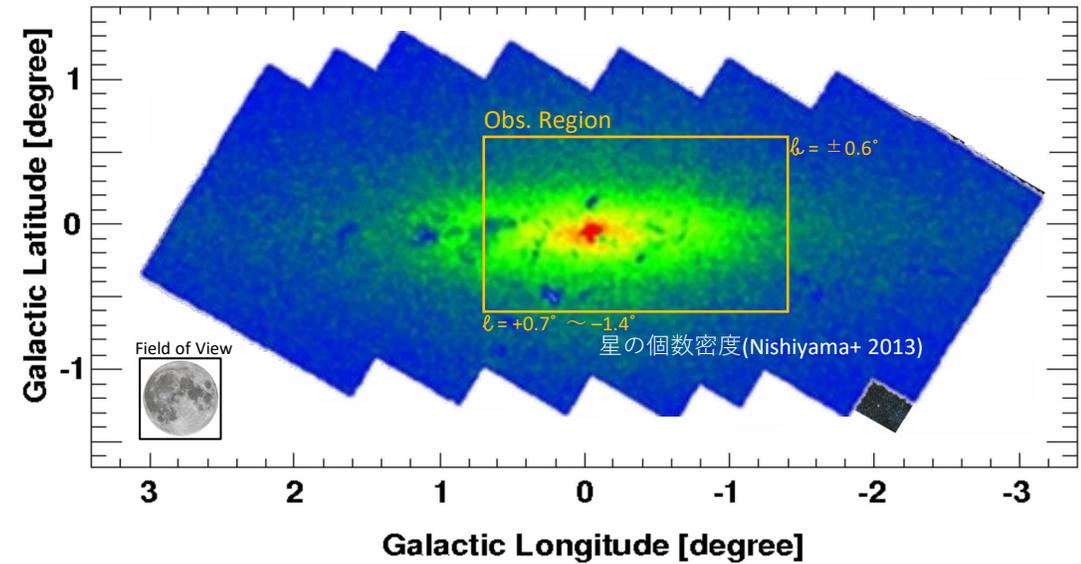
- Reconsider the downlink rate of FFI
- Other reduction approaches (e.g. ROI-based cutouts, image combine)
- For extra success: preparing to explore cooperation with ESA

## 欧州研究者とのkick-off会合: 2025年11月 @Leiden大学

- 銀河系中心領域を広くカバー(右図)する位置天文情報は非常に有用。
- JASMINE連携に向けて、  
欧州研究者によるWhite Paperの作成へ。



JASMINEの位置天文観測領域



### 関連項目 (cf. [tennet:3490])

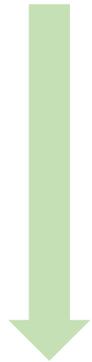
- Sormani氏講演 **2026/4/8** @ ISAS談話会
- 研究会: **2026/4/9-10** @ 国立天文台・三鷹:  
“Dynamics and Evolution of the Galactic Center”

## 位置天文のためのデータ解析の流れ

400  
mas/pixel



~4 mas



0.04 mas  
= 40  $\mu$ as  
(25  $\mu$ as)

### Step0 (機上処理):

12.5 s(TBD)毎に撮像し、対象の星(~12000個)の周囲 $9 \times 11$ 画素を切り出し、可逆圧縮。

### Step1:

PSFが全ての星で同一だとみなすことでeffective PSF法にて、星像位置を~0.01画素の精度で算出。

### Step2:

短時間では星が動かないと仮定して、隣り合い重なり合う視野の撮像データから画像歪みを算出し、理想的な観測装置による星像位置を算出。

### Step3:

星の動きは単純(e.g. 年周視差と固有運動)と仮定し、多数回Nの撮像データにてランダム誤差を $1/\sqrt{N}$ で減少させ、位置天文パラメータを算出。

Helderberg大/ARIと連携し、独立した2つの解析手法を開発中。

- **AJAS**: ARI JASMINE Astrometric Solution ([Ryabinin et al., 2025, J. Comp. Science](#))  
GaiaのAGIS(Astrometric Global Iterative Solution)を基本とする解析手法
- **JAXBIS**: JASMINE Astrometry fleXible Block Integrative Solver ([Ramos et al., X74a; Ramos et al., 2026, SPIE](#))  
自動微分機能を持つJAXを用いて最適化を実行する解析手法

# JASMINE観測装置

位置天文のためのデータ解析の流れ

高精度位置天文観測(e.g.  $25 \mu\text{as}$ )のためには、**良い観測装置**と**適切なデータ解析**が必要。

適切なデータ解析ため、以下の装置性能が必要：

- 撮像をしている間、**指向性能が安定**していること
- 広い視野にわたり光学性能(特にPSF)が良好で  
一様であること → **コルシユ光学系**
- 時間的に光学性能(特に画像歪み)が安定している  
こと → **望遠鏡の熱的安定性**

**Step0 (機上処理):**

**12.5 s(TBD)毎に撮像**し、対象の星( $\sim 12000$ 個)の  
周囲 **$9 \times 11$ 画素**を切り出し、**可逆圧縮**。

**400  
mas/pixel**

**Step1:**

**PSFが全ての星で同一だとみなす**ことで**effective PSF法**にて、星像位置を **$\sim 0.01$ 画素**の精度で算出。

**$\sim 4$  mas**

**Step2:**

**短時間では星が動かないと仮定**して、隣り合い重なり合う視野の撮像データから**画像歪みを算出**し、理想的な観測装置による星像位置を算出。

**Step3:**

**星の動きは単純**(e.g. 年周視差と固有運動)と仮定し、多数回 **$N$** の撮像データにて**ランダム誤差を** **$1/\sqrt{N}$** で減少させ、位置天文パラメータを算出。

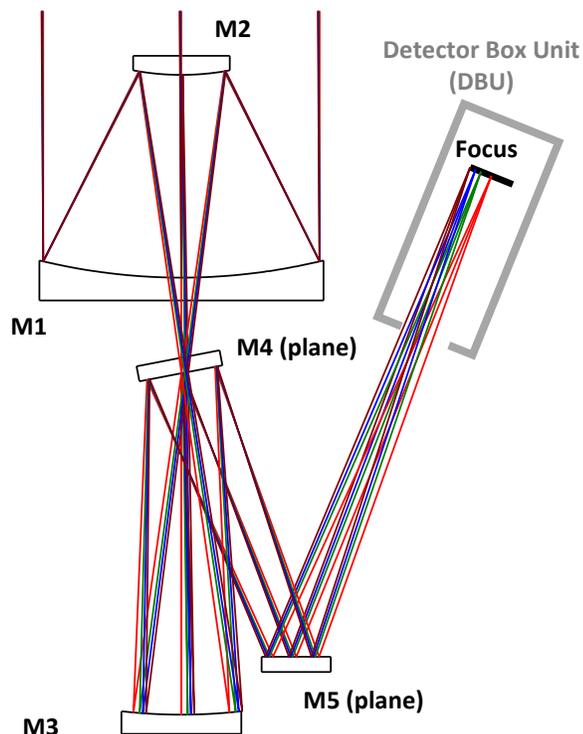
**0.04 mas  
= 40  $\mu\text{as}$   
(25  $\mu\text{as}$ )**

# JASMINE観測装置: 望遠鏡sub-system

観測装置・概観 (磯部 et al., 2025秋, V236a)

高性能・高安定な望遠鏡の開発

- ・ 像面湾曲の無い**コルシュ光学系**
- ・ ゼロ熱膨張材の使用:  
鏡材: **クリアセラム**  
構造: **低温ゼロインバー(IC-LTX)**
- ・ 望遠鏡ケースによる一定温度に**保温**
- ・ 熱環境が安定する**太陽同期極軌道**



光学系	コルシュ光学系
口径	36 cmφ
焦点距離	4.37 m
視野	0.55° × 0.55°
波面精度	Strehl ratio ≥ 0.9 @波長1.3 μm

2025年9月10日 日本天文学会2025年秋季年会: 観測機器 (光赤外線・重力波・その他) 5

STOP解析にて画像歪みを定量評価

(高橋 et al., 2025秋, V237a; Takahashi et al., 2026, SPIE)

cf. IC-LTXについては、Fujii et al. (2026, SPIE)

STOP = Structure, Thermal and Optical Performance

# JASMINE観測装置: 検出器sub-system

検出器	InGaAsハイブリッドCMOSセンサ × 4素子 1952 × 1952画素/素子 10 μmピッチ(～0.5秒角相当)
観測波長	0.9～1.6 μm
撮像頻度	12.5 s (TBD)

## 検出器を **173 K** に冷却

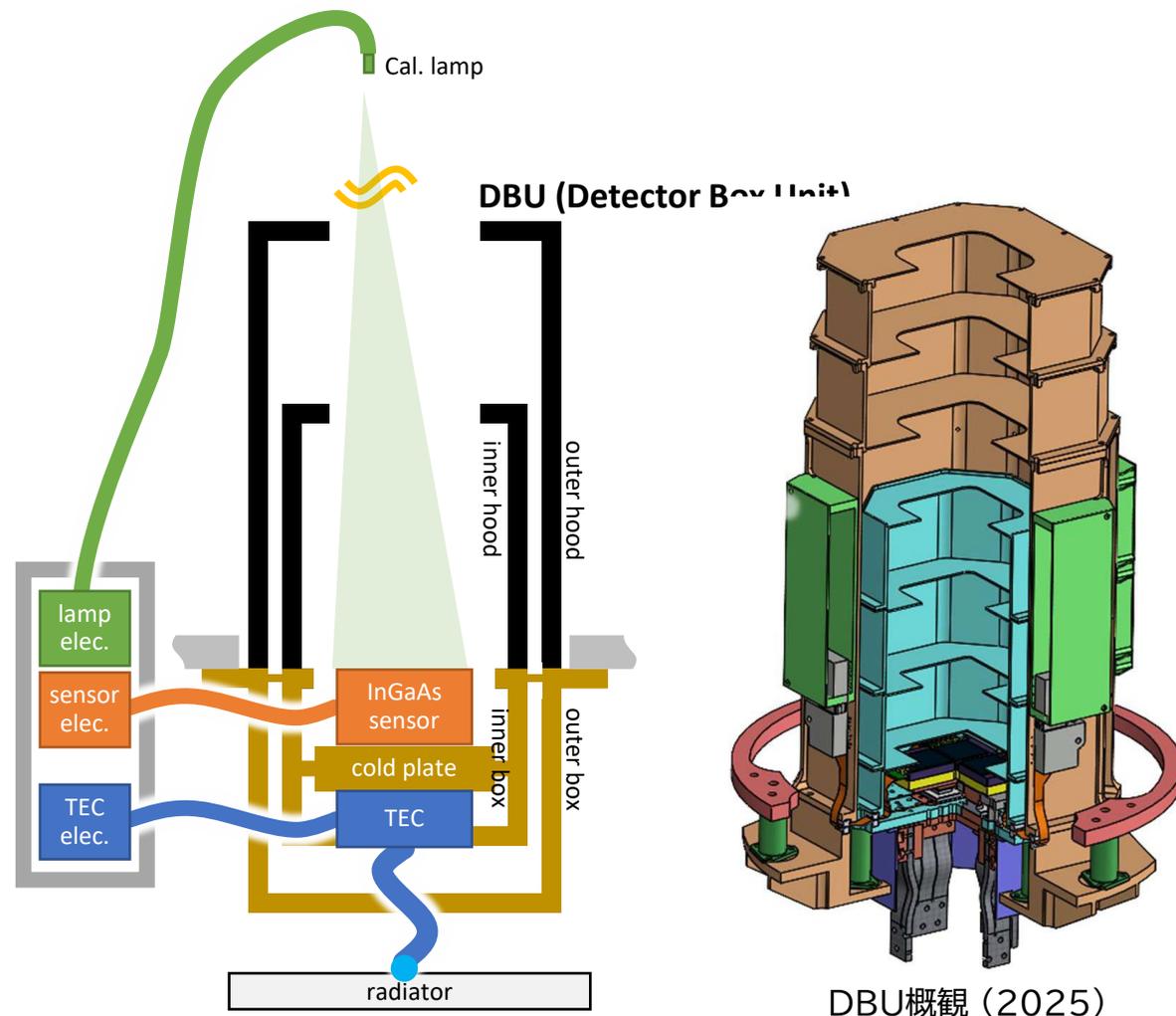
- **Outer & Inner** の2重構造による断熱
- **Radiator & Peltier素子(TEC)** の2段階の無擾乱な冷却
  - **Radiator**: Inner構造を 200 K に冷却
  - **Peltier素子**: 検出器をさらに 173 K まで冷却

## 検出器に **band-pass機能**

- 長波長端=InGaAsセンサの感度特性
- 短波長端=表面に残すInP基板の厚さ管理
  - ← 光学フィルタの製造誤差&設置誤差で生じる色収差が、星像位置決定に与える系統誤差の懸念を回避

## **フラット補正用光源**の搭載

- 放射線劣化等があっても**0.1%**の精度でフラット補正を行うため(星自身もフラットの大局構造の把握のために併用)
  - ← 検出器の耐放射線性は別途検証中



DBU概観 (2025)

多田 et al., V202a: 検出器開発状況

細川 et al., V209b: DBU検討状況

Uraguchi et al. 2026, SPIE: DBU検討状況

## 科学目標 Science Objectives

### ■ SO1: 【銀河系中心核構造の探究】

#### ➤ 位置天文観測

年周視差精度: **25 $\mu$ as** ~ 125 $\mu$ as

固有運動精度: 25 $\mu$ as/y ~ 125 $\mu$ as/y

### ■ SO2: 【地球型系外惑星の探索】

#### ➤ トランジット惑星探索

トランジットシグナル ~ **0.3%**

## JASMINE衛星

### ■ 口径36cm 超高安定望遠鏡

### ■ 国産赤外線センサ (InGaAs)

- 2k $\times$ 2k画素  $\times$ 4

- 観測波長: 0.9-1.6 $\mu$ m

(参考: Jバンド 1.1-1.4 $\mu$ m)

### ■ 衛星重量 ~600kg(wet)

### ■ イプシロンSロケットにて打ち上げ

### ■ 太陽同期軌道、高度~550-600km 3年間観測

**2032年春の打上げ**に向けて計画推進中

# JASMINE Consortium (since 2019)

JASMINEが創出する観測データをより多くの科学者にとって有益なものとし、JASMINEの科学目標を達成するために設立。  
<https://sites.google.com/site/smalljasmineconsortium2019/>

## ■ 年次会合 (since 2019): JASMINE Consortium Meeting

• 2026年は未確定 (7/29-30@京都大学を想定)

## ■ White Paper

- Kawata et al. (PASJ, 2024, Vol.76, pp.386-425)  
<https://doi.org/10.1093/pasj/psae020>
- 著者 89名 (うち、海外機関所属 31名)



2025/8@Miyagi U. of Edu.

Publications of the Astronomical Society of Japan, 2024, 76(3), 386-425  
<https://doi.org/10.1093/pasj/psae020>  
 Advance access publication date: 2024 April 10



### JASMINE: Near-infrared astrometry and time-series photometry science

Daisuke KAWATA<sup>1,2,\*</sup> Hajime KAWAHARA<sup>3,4</sup> Naoteru GOUDA<sup>1,5</sup> Nathan J. SECREST<sup>6</sup>  
 Ryouhei KANO<sup>1,3</sup> Hirokazu KATAZA<sup>1,3</sup> Naoki ISOBE<sup>3</sup> Ryou OHSAWA<sup>1</sup> Fumihiko USUI<sup>3</sup>  
 Yoshiyuki YAMADA<sup>7</sup> Alister W. GRAHAM<sup>8</sup> Alex R. PETTITT<sup>9</sup> Hideki ASADA<sup>10</sup> Junichi BABA<sup>1,11</sup>  
 Kenji BEKKI<sup>12</sup> Bryan N. DORLAND<sup>6</sup> Michiko FUJII<sup>4</sup> Akihiko FUKUI<sup>13</sup> Kohei HATTORI<sup>1,14</sup>  
 Teruyuki HIRANO<sup>15</sup> Takafumi KAMIZUKA<sup>16</sup> Shingo KASHIMA<sup>1</sup> Norita KAWANAKA<sup>17</sup>  
 Yui KAWASHIMA<sup>3,18</sup> Sergei A. KLIONER<sup>19</sup> Takanori KODAMA<sup>20</sup> Naoki KOSHIMOTO<sup>21,22</sup>  
 Takayuki KOTANI<sup>5,15</sup> Masayuki KUZUHARA<sup>15</sup> Stephen E. LEVINE<sup>23,24</sup> Steven R. MAJEWSKI<sup>25</sup>  
 Kento MASUDA<sup>26</sup> Noriyuki MATSUNAGA<sup>4</sup> Kohei MIYAKAWA<sup>1</sup> Makoko MIYOSHI<sup>1</sup>  
 Kumiko MORIHANA<sup>15,27</sup> Ryoichi NISHI<sup>28</sup> Yuta NOTSU<sup>29,30</sup> Masashi OMIYA<sup>15</sup> Jason SANDERS<sup>15,31</sup>  
 Ataru TANIKAWA<sup>15,32</sup> Masahiro TSUJIMOTO<sup>15,3</sup> Taihei YANO<sup>1</sup> Masataka AIZAWA<sup>15,33</sup>  
 Ko ARIMATSU<sup>15,34</sup> Michael BIERMANN<sup>35</sup> Celine BOEHM<sup>36</sup> Masashi CHIBA<sup>37</sup> Victor P. DEBATTISTA<sup>15,38</sup>  
 Ortwin GERHARD<sup>39</sup> Masayuki HIRABAYASHI<sup>1</sup> David HOBBS<sup>40</sup> Bungo IKENOUE<sup>1</sup> Hideyuki IZUMIURA<sup>41</sup>  
 Carme JORDI<sup>42,43,44</sup> Naoki KOHARA<sup>1</sup> Wolfgang LÖFFLER<sup>35</sup> Xavier LURI<sup>42,43,44</sup> Ichiro MASE<sup>1</sup>  
 Andrea MIGLIO<sup>45,46</sup> Kazuhisa MITSUDA<sup>1</sup> Trent NEWSWANDER<sup>47</sup> Shogo NISHIYAMA<sup>48</sup>  
 Yoshiyuki OBUCHI<sup>1</sup> Takafumi OOTSUBO<sup>1</sup> Masami OUCHI<sup>1,49,50</sup> Masahito OYAMA<sup>1</sup>  
 Michael PERRYMAN<sup>51</sup> Timo PRUSTI<sup>52</sup> Pau RAMOS<sup>15,1</sup> Justin RAY<sup>1</sup> Masahito OYAMA<sup>1</sup>  
 Ralph SCHÖNRICH<sup>15,2</sup> Minori SHIKAUCHI<sup>55,56</sup> Risa SUGIYAMA<sup>57</sup> Takayuki TATEKAWA<sup>57,58</sup>

Downloaded from https://academic.oup.com/pasj/article/