



# JASMINE計画の 全体概要と現状

*JASMINE : Japan Astrometry/photometry Satellite Mission for Infrared Exploration*

郷田直輝（国立天文台JASMINEプロジェクト）  
JASMINEチーム一同





# 1.JASMINEの ミッションコンセプト

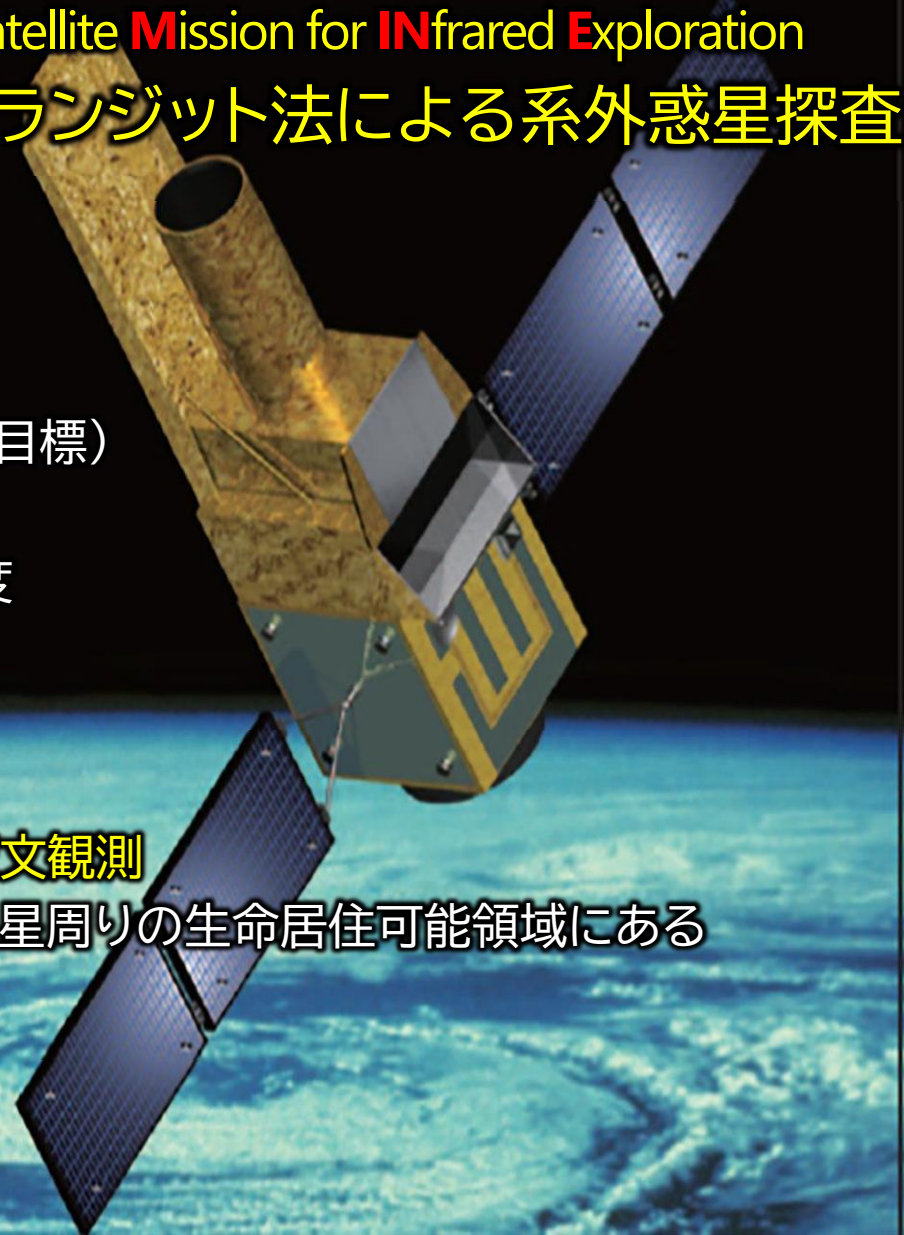
JASMINE: Japan Astrometry /photometry Satellite Mission for INfrared Exploration

高精度赤外線位置天文観測及びトランジット法による系外惑星探査

- 口径36cm程度 超高安定望遠鏡
- 国産赤外線検出器(InGaAs)
  - 観測波長: 1.0-1.6 $\mu\text{m}$ 、2k $\times$ 2k画素  $\times$ 4
- イプシロンSロケットによる打ち上げ(2028年目標)  
(JAXA宇宙研の公募型小型計画3号機)
- 衛星重量600kg (打上げ重量・燃料込み) 程度
- 太陽同期軌道・高度550km以上、3年間観測

## JASMINEのアウトプット

- 春と秋期→銀河系中心核領域方向の位置天文観測
- 夏と冬期→トランジット観測による中期M型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星の探査



# 1.JASMINEの ミッションコンセプト(続)

## ★JASMINEのアウトプットデータ

\*銀河系中心核領域方向の天球面上の星の位置変動の時系列データ  
 →星の年周視差、固有運動等のカタログ作成。世界の研究者へ公開。  
 さらに、系外惑星探査対象天体の時系列測光のデータカタログの公開。

春と秋期:

銀河系中心核領域方向のサーベイ (TBD)

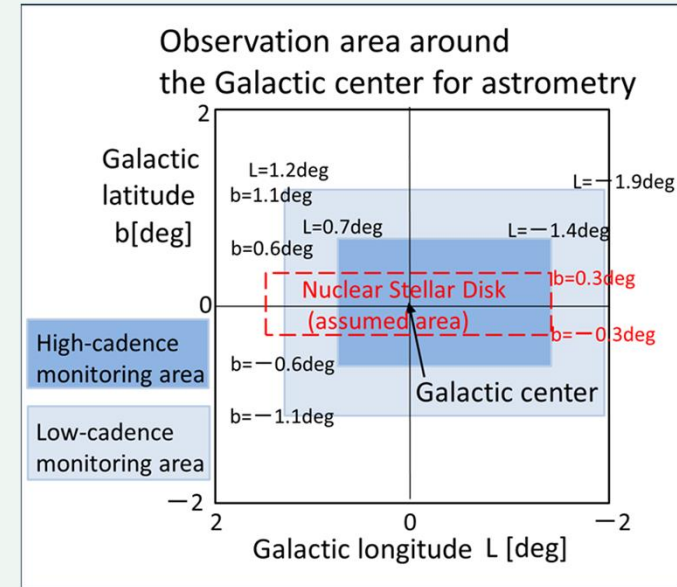
10秒間程度(TBD)撮像し、  
 ~9.5等級<Hw(1.0~1.6 $\mu$ m)<~14.5等級の  
 約12万個以上の星を切り出して、地上にダウン  
 ロード \*Hw~0.9J+0.1H-0.06(J-H)<sup>2</sup>

20回程度(TBD)に1回の割合で1視野の全画面  
 もダウンロード

年周視差精度:25マイクロ秒角~125マイクロ秒角 (25 $\mu$ 秒角=>銀河中心での距離の誤差が20%に相当)

固有運動精度:25マイクロ秒角/年~125マイクロ秒角/年 (銀河中心での接線速度の誤差が1km/s~5km/s)

Cf. Low-cadence monitoring area → 35 $\mu$ as ( $\mu$ as/y)~180 $\mu$ as ( $\mu$ as/y)



夏と冬期:

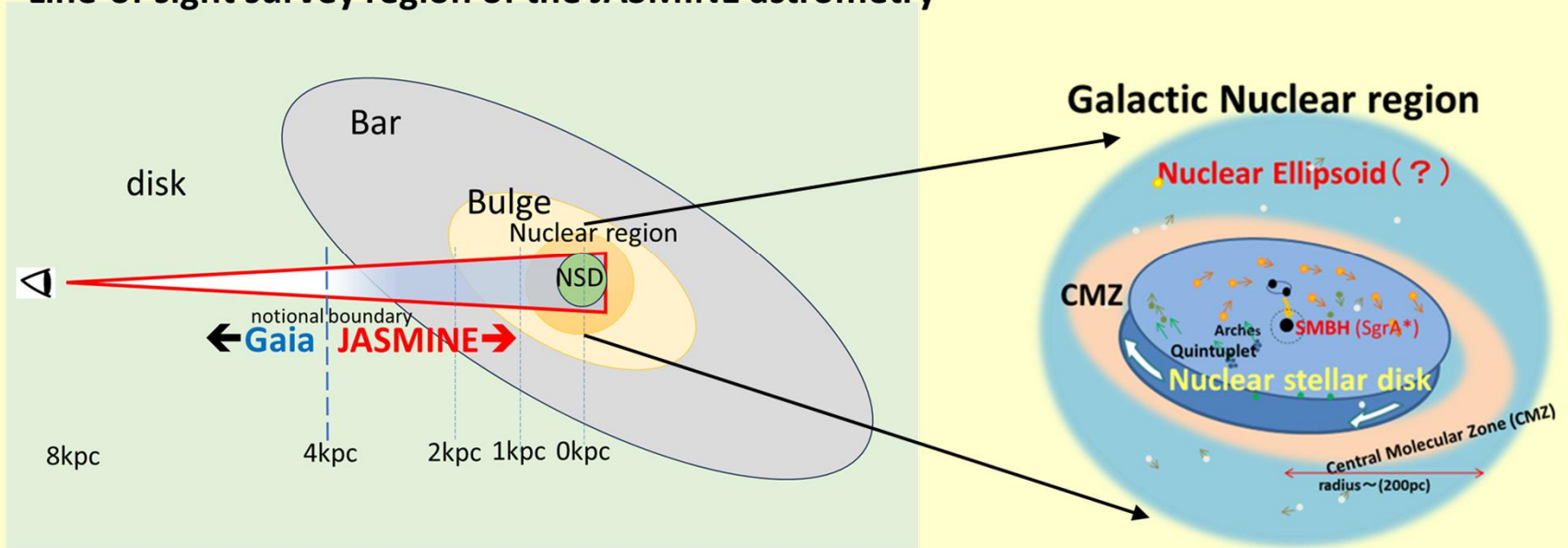
系外惑星探査を目的としたターゲット天体の時系列測光観測

17個以上の対象天体に対して、測光精度が0.3%以内の時系列測光データ(1つの対象に対して  
 観測期間が2-5週間以上)

# 2. JASMINEで拓くサイエンス

## 科学目標1: Astrometry *JASMINE explores beyond-Gaia universe*

Line-of sight survey region of the JASMINE astrometry



★内部領域: 銀河系中心から銀河面にそって(視線方向で)半径~4kpc までの領域

→Gaiaで高精度測定されている(年周視差の相対誤差が20%以内の)星は10個程度。  
一方、JASMINEは数万個の見込み。

- 1 中心核領域: 中心からの半径 $< \sim 0.5-1\text{kpc}$ 
  - 中心核ディスク(NSD)
  - 中心核楕円構造 (古典的バルジ?)
  - 中心核星団

- 2 銀河面に沿ってのバルジ +long bar+ 内部ディスク

中心からの半径:  $\sim 0.5-1\text{kpc} < r < \sim 4\text{kpc}$

内部領域は、まだ詳細は知られていないが、天文学・宇宙物理学にとって重要な多くの情報が隠されている

# JASMINE → 天球面上の星の軌跡情報を最大限に利用する

- 運動の3次元空間分布, ...
- + 銀河系内部領域の様々な天体の探査

## A. 銀河系内部構造 & 銀河中心考古学



### (1) 銀河系中心核ディスク(NSD)の解明

- \* 軌道構造
- \* 形成時期
- \* 内部バー構造の存在？

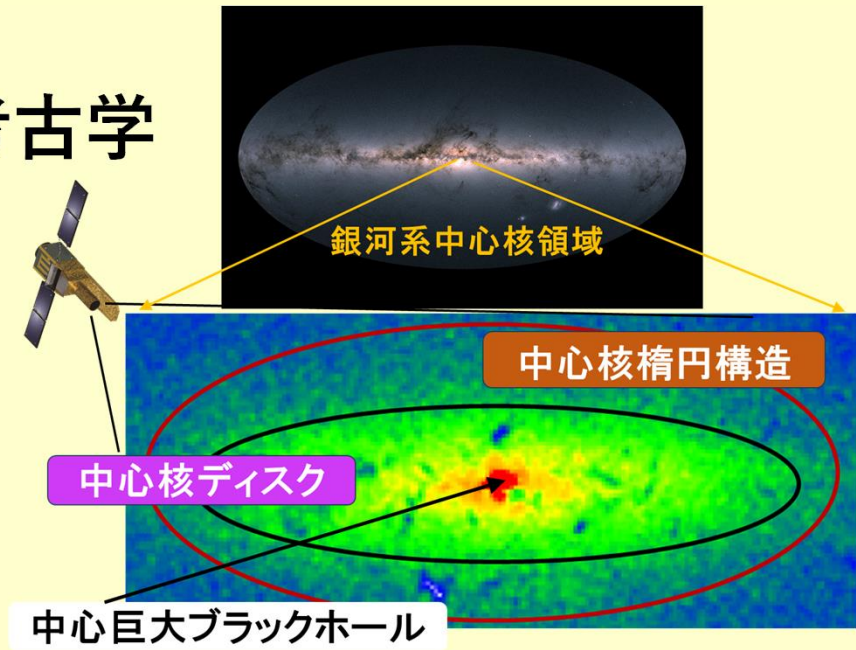
### (2) 中心核楕円構造の解明

- 古典的バルジ？
- 複数の巨大BHが落下してきたことによる力学的影響？

### (3) ミラ型変光星 → 広範囲での星形成史

### (4) 内部領域での隠れた星団の発見

### (5) 銀河面にそった中心から半径 $\sim 1\text{kpc} < r < \sim 5\text{kpc}$ の運動分布？ 力学構造？



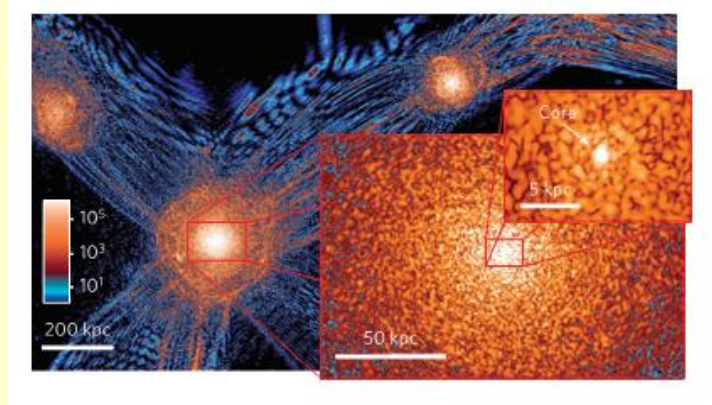
# B. 銀河系内部領域に隠れている宇宙解明の鍵を握る“天体”

## 様々な天体、物質の探査

### (1) ダークマター

- \* 銀河系中心DM(on the disk)の密度
  - ➡ WIMPの対消滅断面積の上限に強い制限
  - ➡ 素粒子の超対称性理論へ強い影響
- \* NSDでの星の運動情報 ➡ ULDMへの制限
- \* Primordial Black Holeの質量と存在量への制限 ← 重カマイクロレンズ効果

ULDMによる構造形成



Schive, et al. Nature Physics 2014

### (2) ブラックホール

- \* ブラックホールー恒星の連星系
- \* 孤立ブラックホール

恒星質量のブラックホール？ 中間質量ブラックホール？

### (3) X線連星系

- 
- 
-

# ★位置天文サイエンスコアチームの発足

メンバー: 西山(チーム長:宮城教育大)、河田(UCL)、松永(東大)、  
川中(都立大)、郡、矢野、郷田(NAOJ)  
オブザーバー: 河原(他にも必要に応じて招聘)

○サイエンス検討と強化・拡大

○他の観測プロジェクトとの連携強化(＊)

○Science data validation方法の検討と準備

\* サイエンスケースの妥当性の事前確認<==模擬カタログ

\* 実際のデータ解析後、要求通りのデータ性能があることの  
検証方法の準備検討

○若手の育成とコミュニティの拡大

(＊) Photometry+Astrometry: PRIME, Ultimate-Subaru, ROMAN,...

Spectroscopy: Subaru-PFS, MOONS, Milky Way Mapper, ...

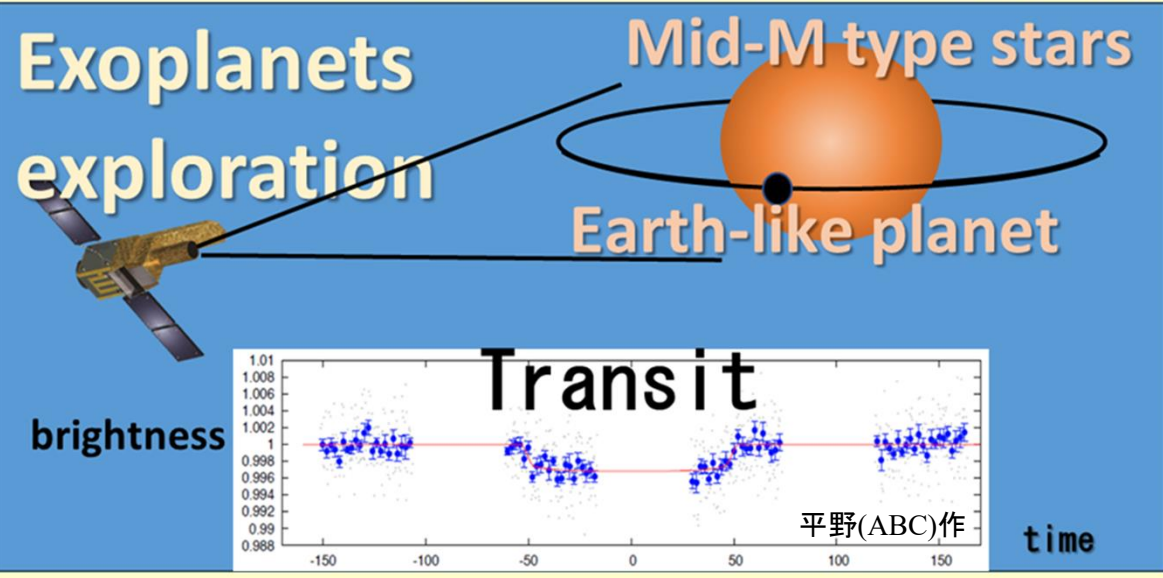
Observation at other wavelengths: JEDI,...

Remark: JASMINEのターゲット星は、Subaru-PFSで視線速度(+金属量)測定可能  
(西山)



銀河系内部領域の比較的広い範囲で星の6次元位相情報が揃う点でユニーク!

# 科学目標2:トランジット観測による中期M型星周りの生命居住可能領域 (ハビタブルゾーン)にある地球型惑星の探究



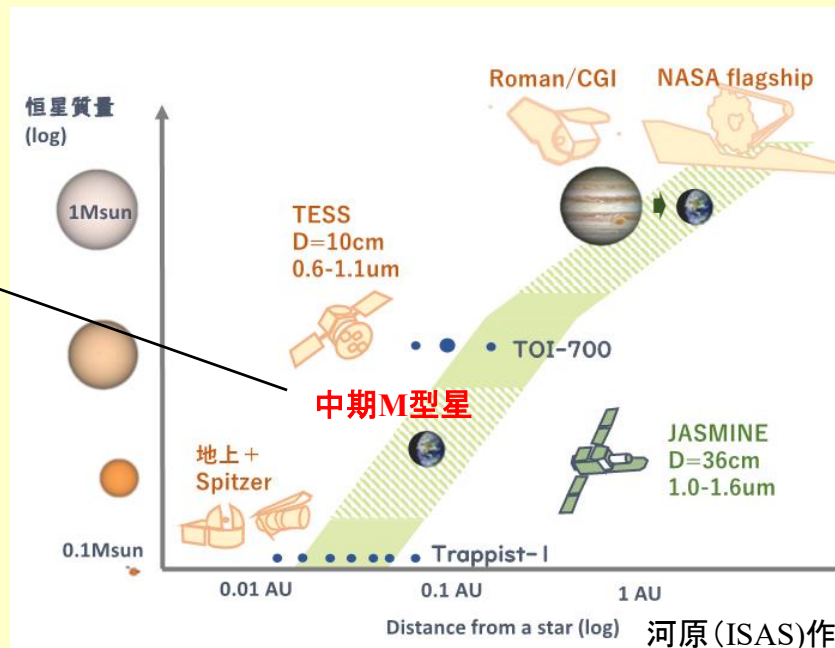
JASMINEの位置天文観測に要する性能があれば、生命探査に適した惑星発見の可能性あり！

JASMINEでのみ狙えるターゲットであり、他の衛星プロジェクトに対し有利

中期M型星:  
3000K, 0.2 R<sub>sol</sub>, 0.2 M<sub>sol</sub>

\*近赤外線観測が、光子数的にも恒星の活動に起因するノイズを抑えるのにも有利

\*地球型惑星のトランジットの深さ = 0.2-0.3%





# 3. ミッション概要と進捗状況

## ★ ミッション部の概念検討と進捗

### ○ 収差の少ない望遠鏡光学系

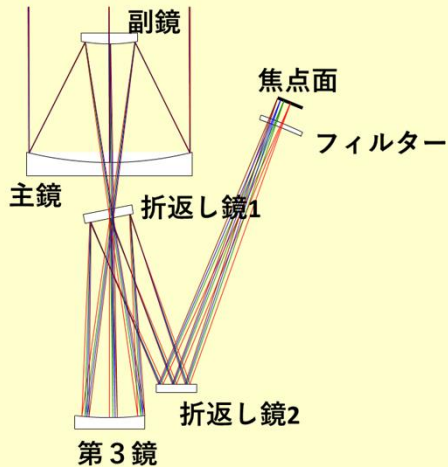
#### “コルシュ光学系(3枚鏡)”

望遠鏡主鏡口径： 360 mm

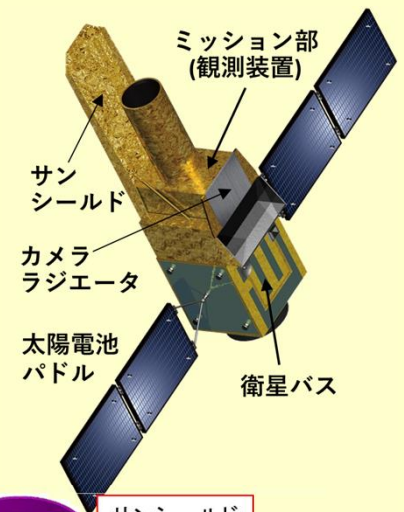
焦点距離： 4370 mm

フィルター波長域： 1.0~1.6  $\mu\text{m}$

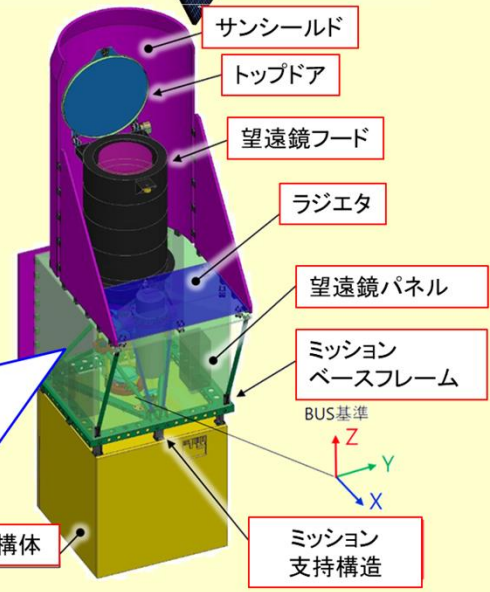
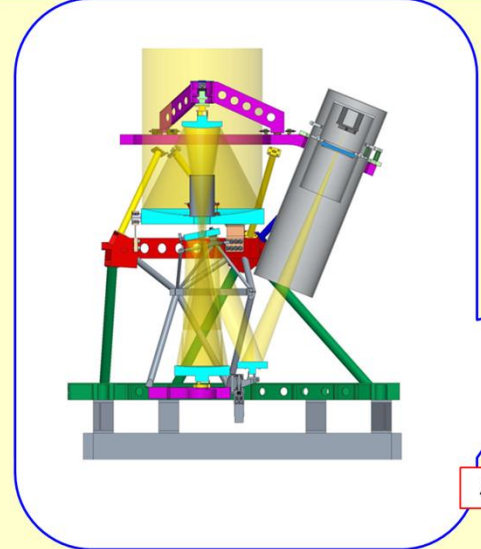
焦点面視野： 0.52° × 0.52°



V211b(末松)  
講演参照



望遠鏡魔パネル内の望遠鏡システム



(MELCO提供)

### ○ 進捗状況：

- \* メーカーとの望遠鏡構造案の検討。平面鏡の位置・角度の調整
- \* ミッション部単体での構造解析・熱解析。ヒートパイプレスで冷却可能を確認。
- \* 組立調整方法・試験計画案の検討
- \* 質量集計：ノミナルで588kg程度

# ★赤外線カメラ開発の概要と進捗

## 撮像

- 検出器: InGaAs (2k×2k) ×4個
- 観測波長: 1.0～1.6μm
- 視野: ～0.5度×0.5度
- 画素: ～0.5秒角
- 露光時間: ～10秒
- 読出時間: ～1秒

## 冷却

- 検出器動作温度: ～175K
- 方式: 放熱板+ペルチェ(TEC)

## 軌道上でのフラット校正

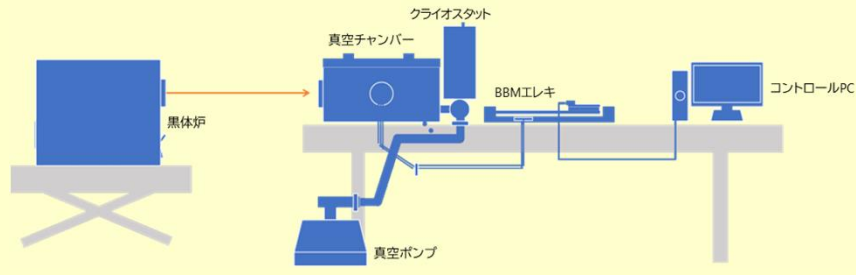
- LED+Single-mode fiber

## ○進捗状況:

\* 128×128素子の試作(FY2021)、2k×2k素子の試作(FY2022)によって、赤外線センサの宇宙用化に必要な要素技術(基板除去・ARコート)の実証に成功。

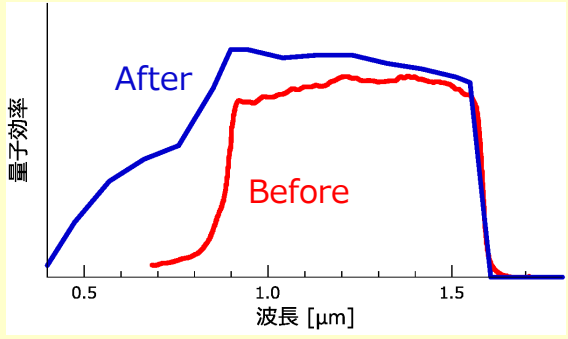
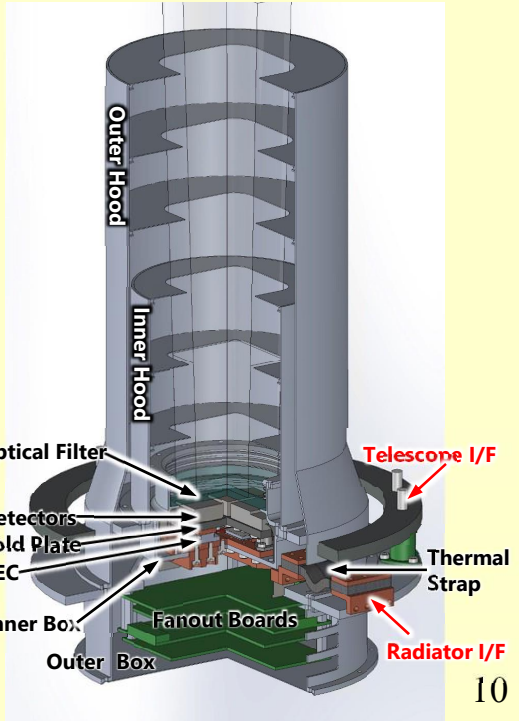


試作した大フォーマットセンサ  
受光部: 19.52×19.52mm

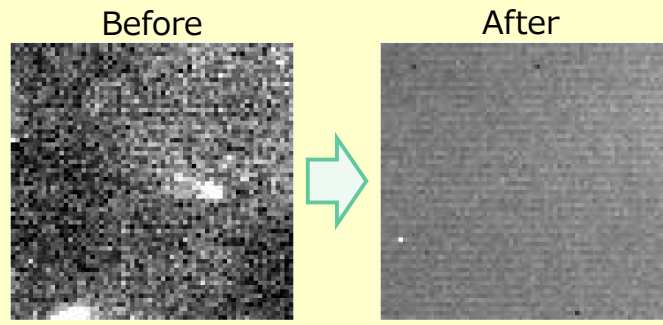


冷却性能評価試験システムの概念図

赤外線センサを搭載する検出器サブシステム全体の概念図



基板除去・ARコート前(赤線)と後(青線)におけるセンサ感度(量子効率)の比較



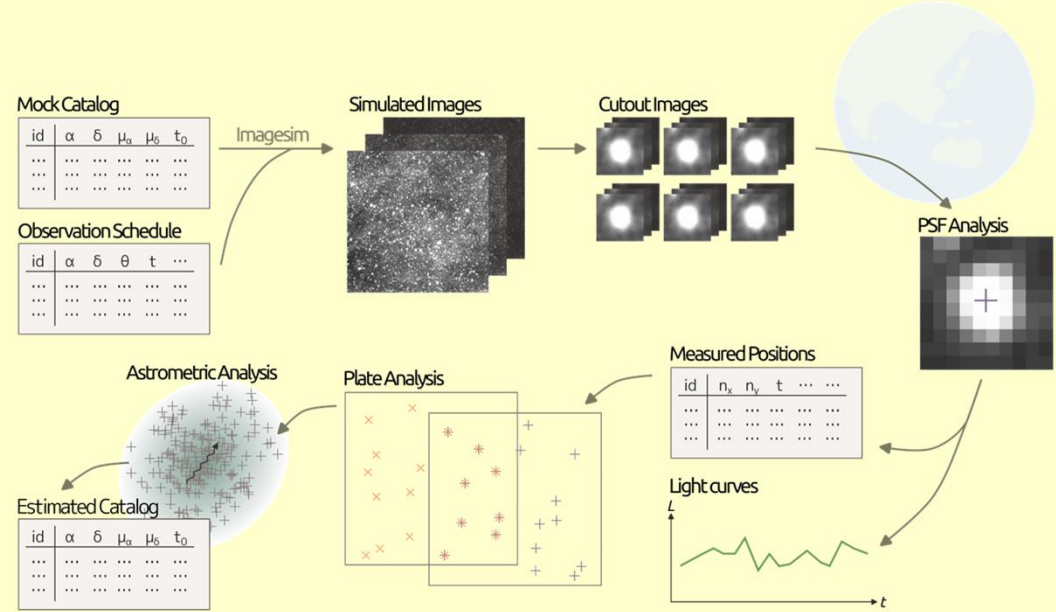
InP基板除去によって宇宙線による広がったノイズが低減 (国立天文台提供)

# ★ データ解析・End-to-End simulation(E2E)の概要と進捗

■ JASMINEのデータ解析 \* 最高目標精度：25  $\mu$  as  $\rightarrow$  名古屋大学から見て、100km先にある、大津市に立っている人の髪の毛1本の太さの約5分の1を見込む角度

## ■ JASMINEシミュレーションにおけるデータ解析の流れ

- 実際のデータ解析と同じ流れを実装して解析手法を検証している。
- さまざまなパラメータ（衛星システム仕様、ノイズ）でのデータ解析をシミュレーションすることで、衛星の概念検討（望遠鏡構造や光学設計の最適化、衛星の姿勢安定度要求など）へのフィードバックを行っている。



## ○進捗

\*実際の恒星カタログを用いた評価、試作中の赤外線センサーの実データや、衛星の実運用を考慮した誤差量を反映して達成精度の検証を実施中。

\*Gaiaメンバー（ハイデルベルグ大学）との国際協力が進行中

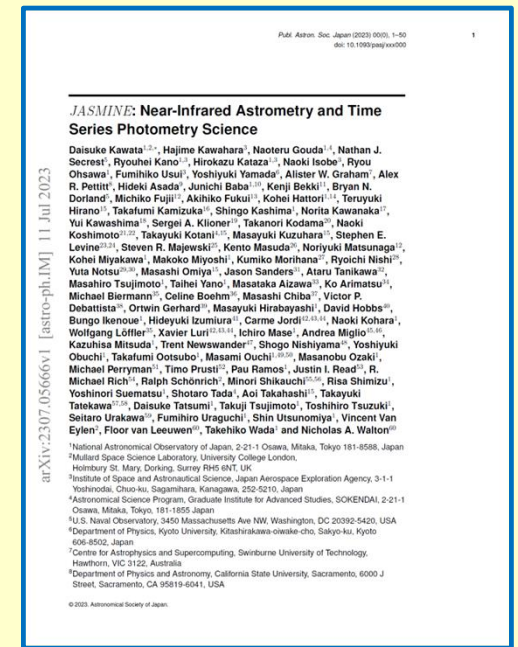
\*ハイデルベルグ大学のJASMINE担当メンバー（5名）のうち1名が国立天文台に来訪(8/1-8/4)。会合を開催し、iterationの方法等の議論を行った。

$\rightarrow$  Gaiaのデータ解析コード(AGIS)の手法を採用するオプションの検討を開始

# 4.コミュニティとの連携

## ■ White Paper

- これまでの科学的検討の内容をまとめたWhite Paperを学術誌に投稿した(2023/7)。 → <https://arxiv.org/abs/2307.05666>
- 著者数：88名（うち、27名が海外研究者）



## ■ JASMINE Consortium Meeting 2023

- 国立天文台三鷹キャンパスにて開催した(2023/8.1~8.2)。
- ハイブリッド開催(現地40名、リモート50名)
- 口頭20件・ポスター1件の講演

投稿済のWhite Paper (Kawata+)



JASMINE Consortium Meeting 2023 現地参加者の集合写真(2023/8/1)

# 5. 開発段階

○現在は、概念検討中（ミッション定義段階）

○年度内のミッション定義審査（MDR）@JAXA  
宇宙研の受審を目指して準備中

よろしく御願いたします

Jasmine

