

# 赤外線位置天文観測/測光観測衛星 JASMINE

"JASMINE": Japan Astrometry/photometry  
Satellite Mission for INfrared Exploration



2024年9月17日  
鹿野良平(国立天文台)

光赤天連シンポジウム 2024

# JASMINE: Japan Astrometry Satellite Mission for INfrared Exploration

## 超高精度位置天文観測およびトランジット法による系外惑星探索

- 口径36cm程度 超高安定望遠鏡
- 国産赤外線センサ (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
- 衛星重量600kg (wet) 程度
- 太陽同期軌道・高度550-600km以上、3年間観測

### ■ 位置天文学(アストロメトリ)

- 赤外線による超高精度位置天文観測により、距離2万6千光年に位置する星の距離と運動を測定し、天の川銀河(銀河系)の中心核構造と形成史を明らかにする。また太陽系や惑星をもつ星の移動を引き起こす原因となる銀河系構造の進化の過程を明らかにし、人類誕生にも関わる銀河系全体の形成史を探求する。
- この目的のために、**大気揺らぎの影響を受けない宇宙空間からの観測**で精度の高い測定を実現する。さまざまな種類の天体が密集している銀河系中心核領域の探査のために、**塵やガスによる吸収の影響を受けにくい近赤外線での観測**を行う。さらに観測装置の安定性とデータ解析の工夫により**数万分の1秒角という超高精度を達成する。**

### ■ 系外惑星探査

- **赤外線位置天文観測で達成される高精度な測光能力を活かした時間軸天文観測**により、中期M型星周りの**生命居住可能領域にある地球型惑星を**探査する。

# Science Goals & Science Objectives

Science Goals	Science Objectives: SO
我々が住む銀河系の形成と進化の探究 ——とともに——	<b>SO1：【銀河系中心核構造の探究】</b> 恒星の距離と運動を測定することにより、銀河系形成の鍵を握る銀河系中心核構造を探究する。
生命居住可能領域に存在する地球に似た系外惑星の探究	<b>SO2：【地球型系外惑星の探査】</b> 将来の生命探査に有望な恒星に対し、生命居住可能領域に存在し、大気観測を行うことのできる地球型系外惑星の有無を明らかにする。

# 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**

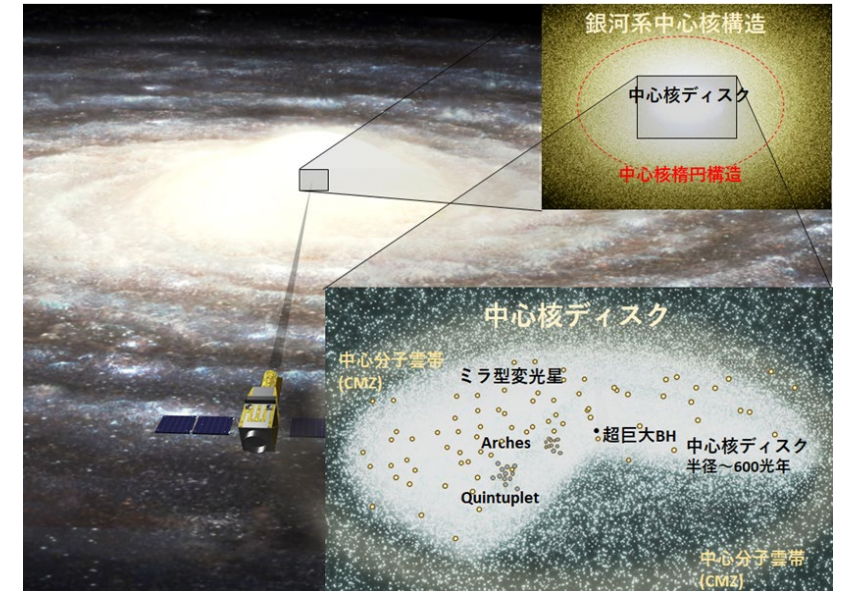
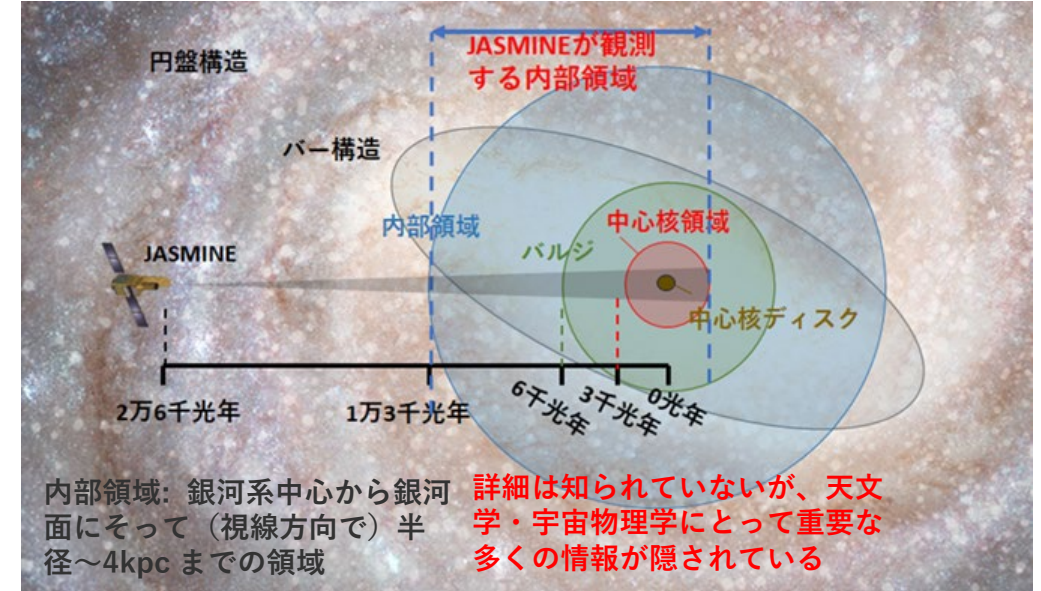
その他：

- ・ 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査

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**

**ブラックホール探査**  
**星団の探査**



# Science Investigations

## アウトプット目標 と ミッション要求

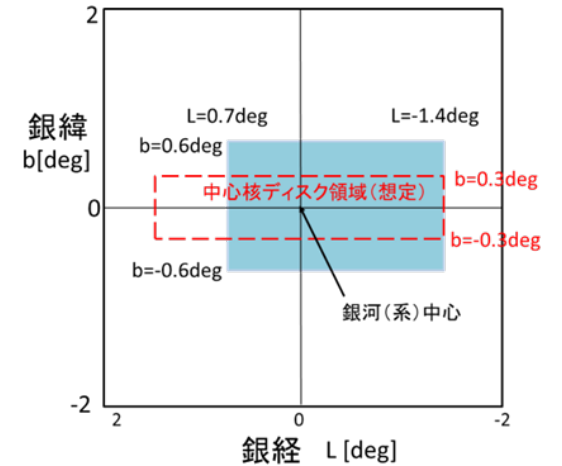
SO1 :  
銀河系  
中心核構造  
の探究

### 実施する研究(アウトプット目標) :

- 銀河系中心核領域の方向において、  
**位置天文データカタログとして作成し公開すること。**

### 観測データ性能への要求事項(ミッション要求) :

- MR-I** :  $-1.4^\circ < \text{銀経 } l < +0.7^\circ$  &  $-0.6^\circ < \text{銀緯 } b < +0.6^\circ$  の観測領域 (右図の青領域)での位置天文観測。
- MR-II** : 観測領域内の中心核構造にある2400個以上の恒星に対し、**年周視差を精度40 $\mu$ as(マイクロ秒角)以下\***で測定。
- MR-III** : 観測領域内の中心核構造にある45000個以上の恒星に対し、**固有運動を精度125 $\mu$ as/y(マイクロ秒角/年)以下\***で測定。



\* :  
エクストラサクセスで  
**25  $\mu$ as** & **25  $\mu$ as/y**と想定。

追加質問4

科学目標達成に必要な  
Thresholdレベルは、  
60 $\mu$ asと設定。

SO2 :  
地球型  
系外惑星  
の探査

### 実施する研究(アウトプット目標) :

- 中期M型星の測光観測を行い、時系列測光データを公開すること。

### 観測データ性能への要求事項(ミッション要求) :

- MR-IV** : トランジット惑星が検出されている17個以上の中期M型星に対し、観測の総期間が14ヶ月以上で、減光が0.3%以下の現象を検出できる時系列測光観測を行う。

“精度”は標準偏差を表す

# 他の位置天文観測プロジェクトとの比較

## データ性能に関する比較

比較項目:

- 星の年周視差精度
- 星の固有運動精度
- 観測領域の広さ
- 銀河中心の星からの光が地球に届く割合

比較対象:

- Gaia
- GaiaNIR
- James webb space telescope (JWST)
- 銀河系中心大規模サーベイ計画
- Nancy Grace Roman space telescope (Roman)

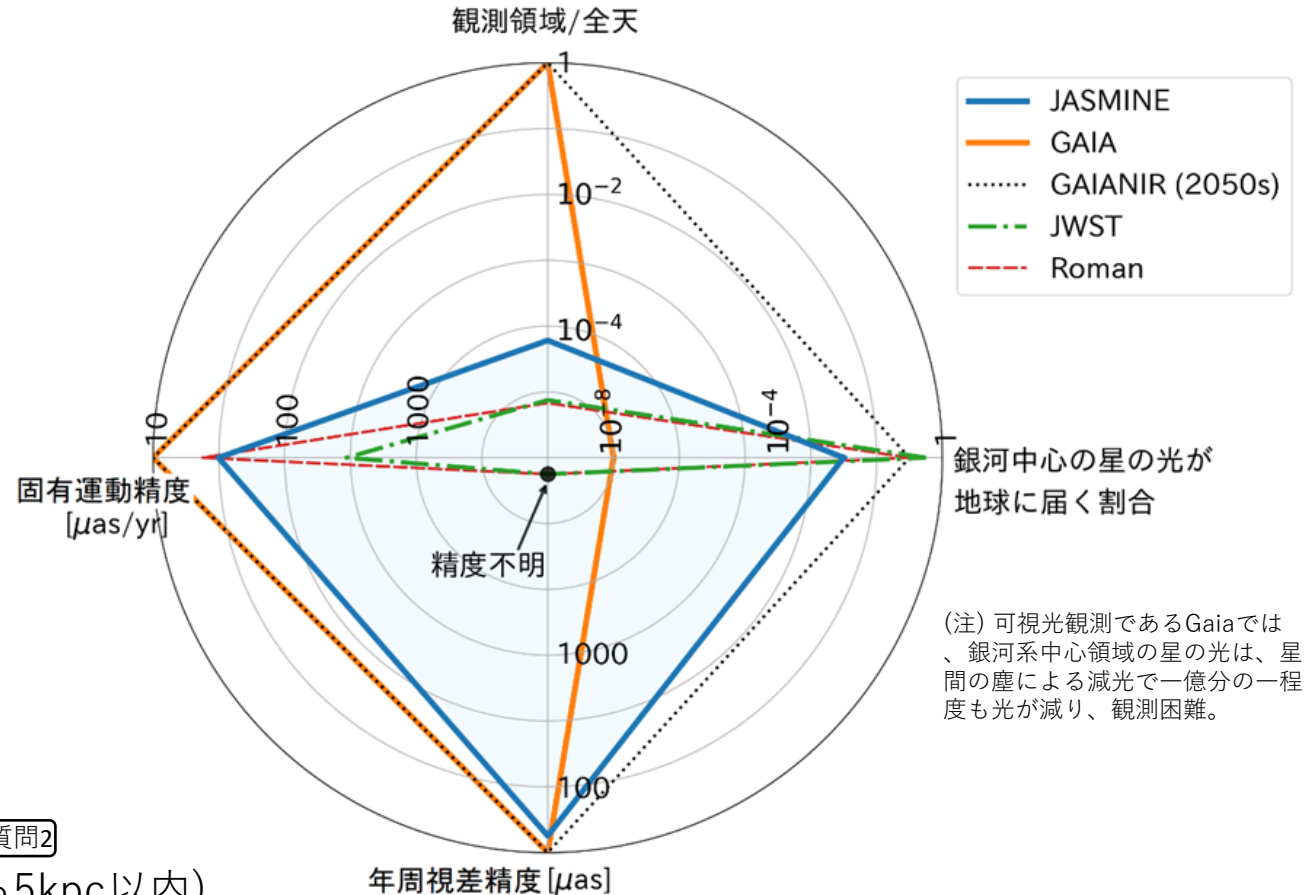
- (注)地上観測は以下の2つケースがあるが、比較対象として図示していない。
- (1) 高精度だが観測範囲が非常に狭いケース(補償光学や赤外線干渉法を使うと数 $10\mu\text{as}$ の精度は達成できるが、視野は数秒角に限られる)。
  - (2) 観測範囲は非常に広いが、精度が悪いケース(JASMINEより数~数10倍悪い)。

## 各対象の評価

- Gaiaでは、**中心領域の星は観測できない**(全て太陽から5kpc以内)。
- GaiaNIRは、いずれの値もJASMINEを凌駕しうるが、**実現するとしても2050年代の見込み**。
- JWSTに対しては、中心領域の星についてやや劣るものの**基本的にJASMINEが優位**。
- Romanに対しては、**年周視差精度\***と**観測領域に関してJASMINEは優位**。  
**固有運動精度\*\***についても**JASMINEのエクストラサクセスレベルと同程度**。  
**暗い星( $\geq 15$ 等)が対象 ← 明るい星(ミラ型星含む)が対象のJASMINEと相補的。**

9/17/2024

## 銀河系中心観測についてのレーダーチャート



(注) 可視光観測であるGaiaでは、銀河系中心領域の星の光は、星間の塵による減光で一億分の一程度も光が減り、観測困難。

追加質問2

追加質問1

\*:  $3\mu\text{as}$ を目指す提案はある。但し、統計誤差のみの評価で、系統誤差にて実現性があるか不明。

\*\* minimal値。HSTでの実績による見込みだが、HSTと同様な対応ができるか疑問で、精度の達成可能性も疑問。

# 科学目標SO2：地球型系外惑星の探査

## ▶ 生命探査における第一ステップ

大小さまざまな恒星の**生命居住可能領域**に位置する大気観測が可能な惑星の発見

∵系外惑星に直接探査機を送ることは困難。天文学的に大気観測を行い、大気中の生命の痕跡(バイオシグニチャー)や環境を知る

## ▶ 分光観測が可能な惑星を発見が重要

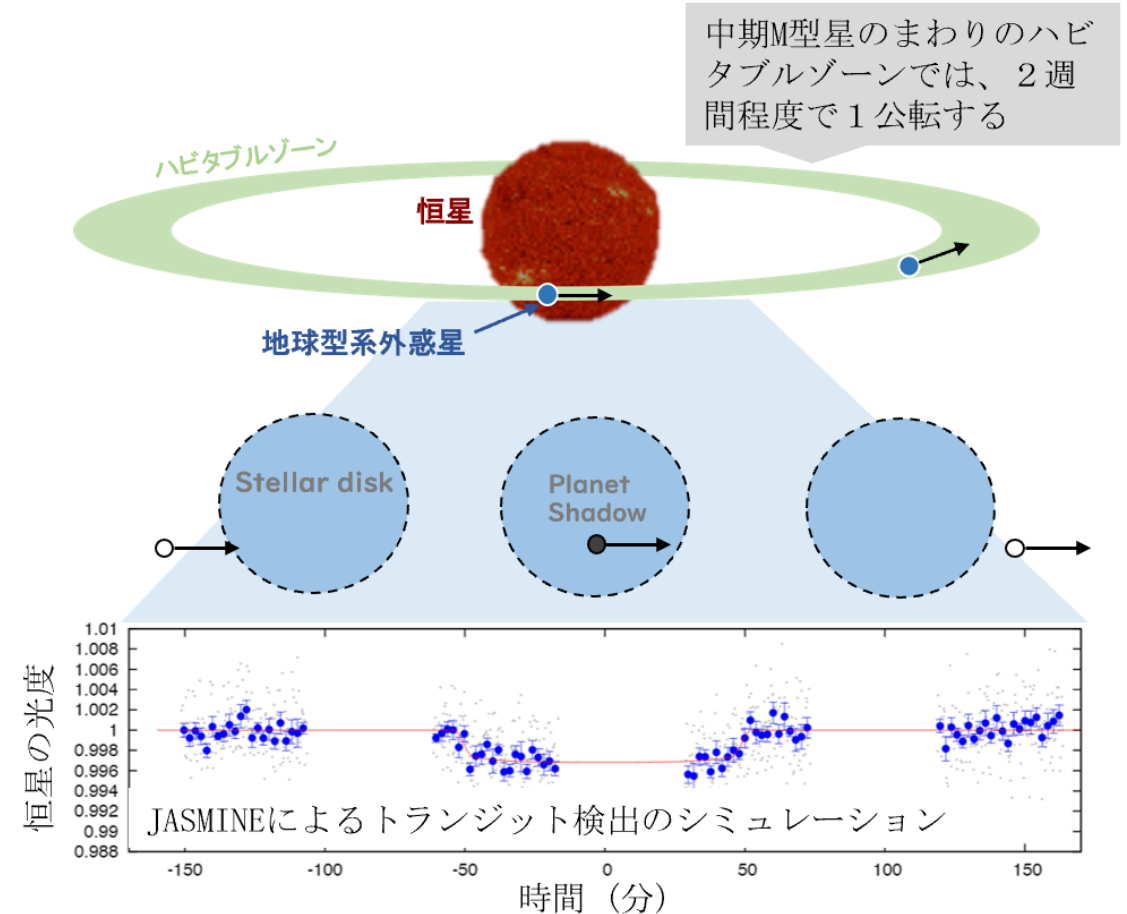
### 1. 星から分離して惑星を観測する「直接撮像惑星」

技術は未実証⇒NASAのフラグシップミッションとして2040年代以降の実現に向けた模索が始まった

### 2. 惑星が恒星の前面を通過する「トランジット惑星」

当面のターゲット

トランジット惑星の探査と発見は、惑星大気分光観測という**生命の探査の第二ステップ**につながるために非常に重要



# JASMINEによる中期M型星のトランジット観測

## 早期M型星まわり：

トランジットシグナル\*の深さは小さい(~0.1%)が、  
**比較的明るいため**可視で10cm口径のTESSでも発見が  
 容易にできる。

\*: トランジットによる恒星の特徴的な光度曲線

## 晚期M型星まわり：

星は暗いが、**トランジットシグナルの深さが大きい(~1%)**  
 ので、測光精度は低いが大口径な地上望遠鏡が有利。

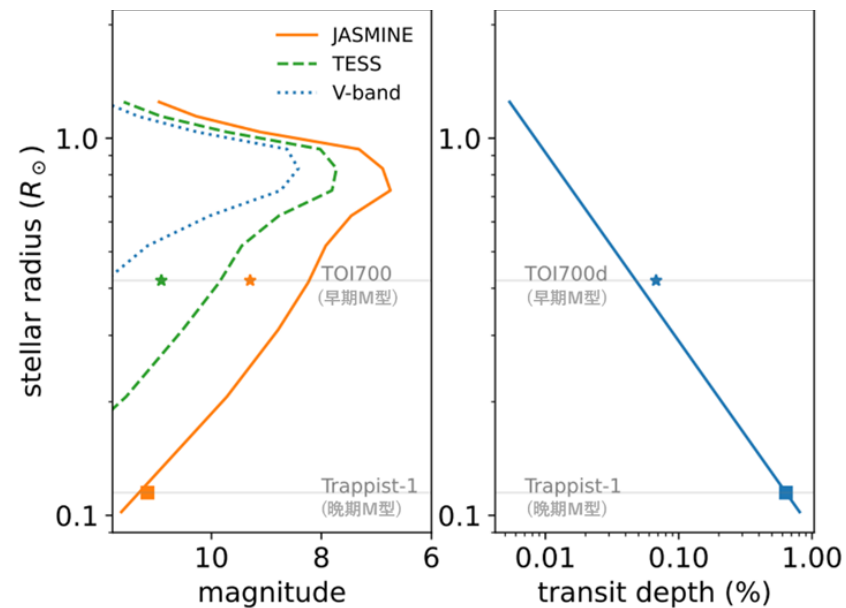
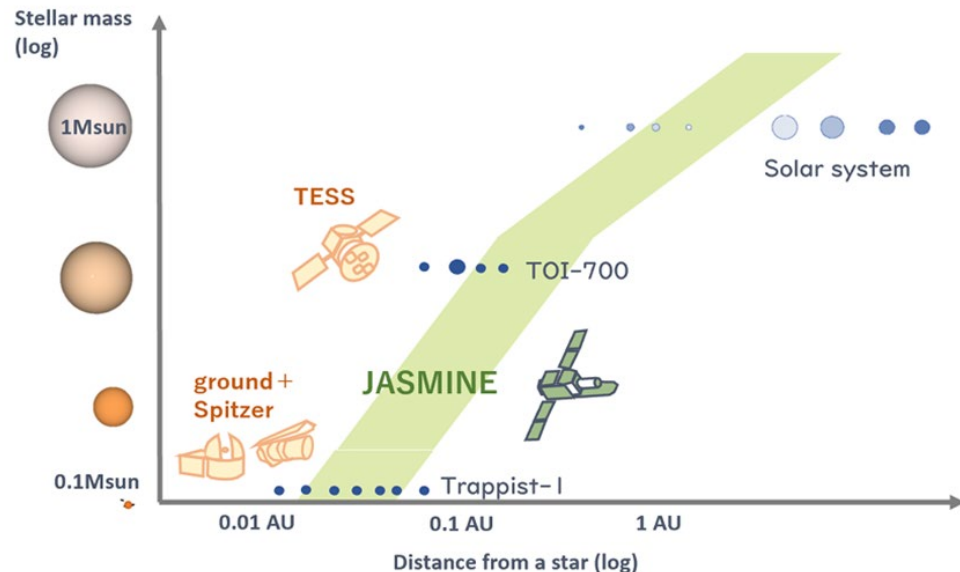
一方で、

## 中期M型星まわり：

トランジットシグナルの深さがやや小さく(~0.3%)、  
 星もやや暗い(特に可視)。

→ **安定した高い測光精度**の観測を行う**中口径望遠鏡**が必要。

→ **宇宙から観測を行うJASMINE**が最適。**近赤外線も優位。**



全天で250番目相当の明るさの星を想定

地球サイズの惑星を想定



# Science Investigations

## アウトプット目標 と ミッション要求

SO1 :  
銀河系  
中心核構造  
の探究

実施する研究(アウトプット目標) :

- 銀河系中心核領域の方向において、  
位置天文データカタログとして作成し公開すること。

観測データ性能への要求事項(ミッション要求) :

- MR-I :  $-1.4^\circ < \text{銀経 } l < +0.7^\circ$  &  $-0.6^\circ < \text{銀緯 } b < +0.6^\circ$  の観測領域  
(右図の青領域)での位置天文観測。
- MR-II : 観測領域内の中心核構造にある2400個以上の恒星に対し、  
年周視差を精度 $40\mu\text{as}$ (マイクロ秒角)以下\*で測定。
- MR-III : 観測領域内の中心核構造にある45000個以上の恒星に対し、  
固有運動を精度 $125\mu\text{as}/\text{y}$ (マイクロ秒角/年)以下\*で測定。

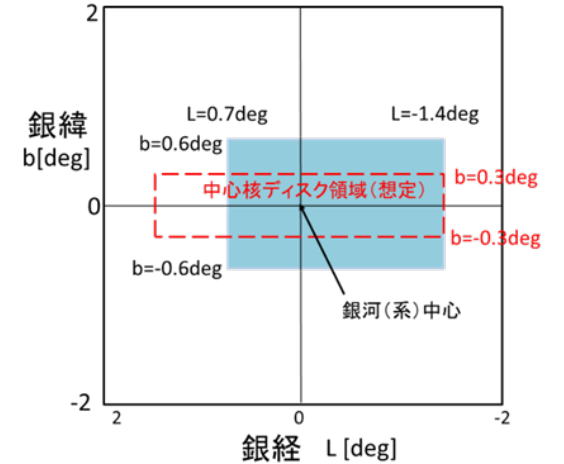
SO2 :  
地球型  
系外惑星  
の探査

実施する研究(アウトプット目標) :

- 中期M型星の測光観測を行い、**時系列測光データを公開すること。**

観測データ性能への要求事項(ミッション要求) :

- MR-IV : トランジット惑星が検出されている**17個以上の中期M型星**  
に対し、観測の総期間が14ヶ月以上で、**減光が0.3%以下の現象**を  
検出できる時系列測光観測を行う。



\* :  
エクストラサクセスで  
 $25\mu\text{as}$  &  $25\mu\text{as}/\text{y}$ と想定。

“精度”は標準偏差を表す

# White Paper

- これまでの科学的検討の内容をまとめた  
**White PaperがPASJにて出版(2024/2 accept)**

Kawata et al. (PASJ, 2024, Vol.76, pp.386-425)

<https://doi.org/10.1093/pasj/psae020>

- 著者数：89名（うち、31名が海外研究者）
- 位置天文関連 & 系外惑星関連の主な科学研究テーマや副次的・潜在的な科学研究テーマなどを網羅。

参考： GaiaNIR

[追加質問](#)

- ESAの計画。採択されても実現は2050年以降。
- JASMINEは、GaiaからGaiaNIRへつなぐ重要な橋渡しと認識されており、ヨーロッパのコミュニティからもGaiaNIRへの日本の貢献を打診。
- GaiaNIR White Paper: Hobbs, Brown, et al. (2021, Experimental Astronomy)**  
JASMINEから河田(UCL)と郷田(NAOJ)が執筆者に参加。

9/17/2024

光赤天連シンポ2024

## 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>1,3</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. KLONER<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>1,26</sup> Noriyuki MATSUNAGA<sup>4</sup> Kohei MIYAKAWA<sup>1</sup> Makoko MIYOSHI<sup>1</sup>  
Kumiko MORIHANA<sup>1,27</sup> Ryoichi NISHI<sup>28</sup> Yuta NOTSU<sup>29,30</sup> Masashi OMIYA<sup>15</sup> Jason SANDERS<sup>31</sup>  
Ataru TANIKAWA<sup>1,32</sup> Masahiro TSUJIMOTO<sup>1,3</sup> Taihei YANO<sup>1</sup> Masataka AIZAWA<sup>1,33</sup>  
Ko ARIMATSU<sup>1,34</sup> Michael BIERMANN<sup>35</sup> Celine BOEHM<sup>36</sup> Masashi CHIBA<sup>37</sup> Victor P. DEBATTISTA<sup>1,38</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>  
Carne JORDI<sup>42,43,44</sup> Naoki KOHARA<sup>1</sup> Wolfgang LÖFFLER<sup>35</sup> Xavier LURI<sup>42,43,44</sup> Ichiro MAZE<sup>1</sup>  
Andrea MIGLIO<sup>1,45,46</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> Masanobu OZAKI<sup>1</sup>  
Michael PERRYMAN<sup>51</sup> Timo PRUSTI<sup>52</sup> Pau RAMOS<sup>1</sup> Justin I. READ<sup>1,53</sup> R. Michael RICH<sup>54</sup>  
Ralph SCHÖNRICH<sup>1,2</sup> Minoru SHIKAUCHI<sup>55,56</sup> Risa SHIMIZU<sup>1</sup> Yoshinori SUEMATSU<sup>1</sup> Shotaro TADA<sup>5</sup>  
Aoi TAKAHASHI<sup>15</sup> Takayuki TATEKAWA<sup>57,58</sup> Daisuke TATSUMI<sup>1</sup> Takuji TSUJIMOTO<sup>1</sup> Toshihiro TSUZUKI<sup>1</sup>  
Seitaro URAKAWA<sup>59</sup> Fumihiko URAGUCHI<sup>1</sup> Shin UTSUNOMIYA<sup>1</sup> Vincent VAN EYLEN<sup>1,2</sup>  
Floor VAN LEEUWEN<sup>60</sup> Takehiko WADA<sup>1</sup> and Nicholas A. WALTON<sup>60</sup>

<sup>1</sup> National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

<sup>2</sup> Mullard Space Science Laboratory, University College London, Holmbury St Mary, Dorking, Surrey RH5 6NT, UK

<sup>3</sup> Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagami-hara, Kanagawa 252-5210, Japan

<sup>4</sup> Department of Astronomy, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

<sup>5</sup> Astronomical Science Program, Graduate Institute for Advanced Studies, SOKENDAI, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-1855 Japan

<sup>6</sup> US Naval Observatory, 3450 Massachusetts Ave NW, Washington, DC 20392-5420, USA

<sup>7</sup> Department of Physics, Kyoto University, Kitashirakawa-oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8502, Japan

<sup>8</sup> Centre for Astrophysics and Supercomputing, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australia

<sup>9</sup> Department of Physics and Astronomy, California State University, Sacramento, 6000 J Street, Sacramento, CA 95819-6041, USA

<sup>10</sup> Graduate School of Science and Technology, Hiroshima University, Aomori 036-8561, Japan

<sup>11</sup> Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima, Kagoshima 890-0065, Japan

<sup>12</sup> International Centre for Radio Astronomy Research, The University of Western Australia, 7 Fairway, Crawley, WA 6009, Australia

<sup>13</sup> Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

<sup>14</sup> Institute of Statistical Mathematics, 10-3 Midoricho, Tachikawa, Tokyo 190-8562, Japan

<sup>15</sup> Astrobiology Center, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

<sup>16</sup> Institute of Astronomy, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-0015, Japan

<sup>17</sup> Center for Gravitational Physics and Quantum Information, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Kitashirakawa-oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto, Kyoto 606-8502, Japan

<sup>18</sup> Cluster for Pioneering Research, RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan

<sup>19</sup> Lohrmann Observatory, Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, Germany

<sup>20</sup> Earth-Life Institute (ELSI), Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro, Tokyo 152-8550, Japan

<sup>21</sup> Code 667, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA

<sup>22</sup> Department of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA

<sup>23</sup> Lowell Observatory, 1400 W Mars Hill Rd, Flagstaff, AZ 86001, USA

Received: 2023 July 11; Accepted: 2024 February 27

© The Author(s) 2024. Published by Oxford University Press on behalf of the Astronomical Society of Japan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# 大まかなスケジュール

2024/7

MDR本審査会実施 → MDR終了

FY2031ころ 打ち上げ(MDRでチームが提示したスケジュール)

～2035ころ 運用期間：ノミナル4年(初期運用～1年を含む)

～2040ころ カタログ作成：運用終了後max.5年程度

## 科学成果創出について

位置天文観測： 項目や精度は限定されるが**カタログの段階的リリース**を想定。  
**銀河系中心の観測データも適宜公開**することを考えている。

系外惑星探査： 有効なデータが得られたら**適宜連携観測への対応**を想定。

## 他のプロジェクトとの関係

### 位置天文観測

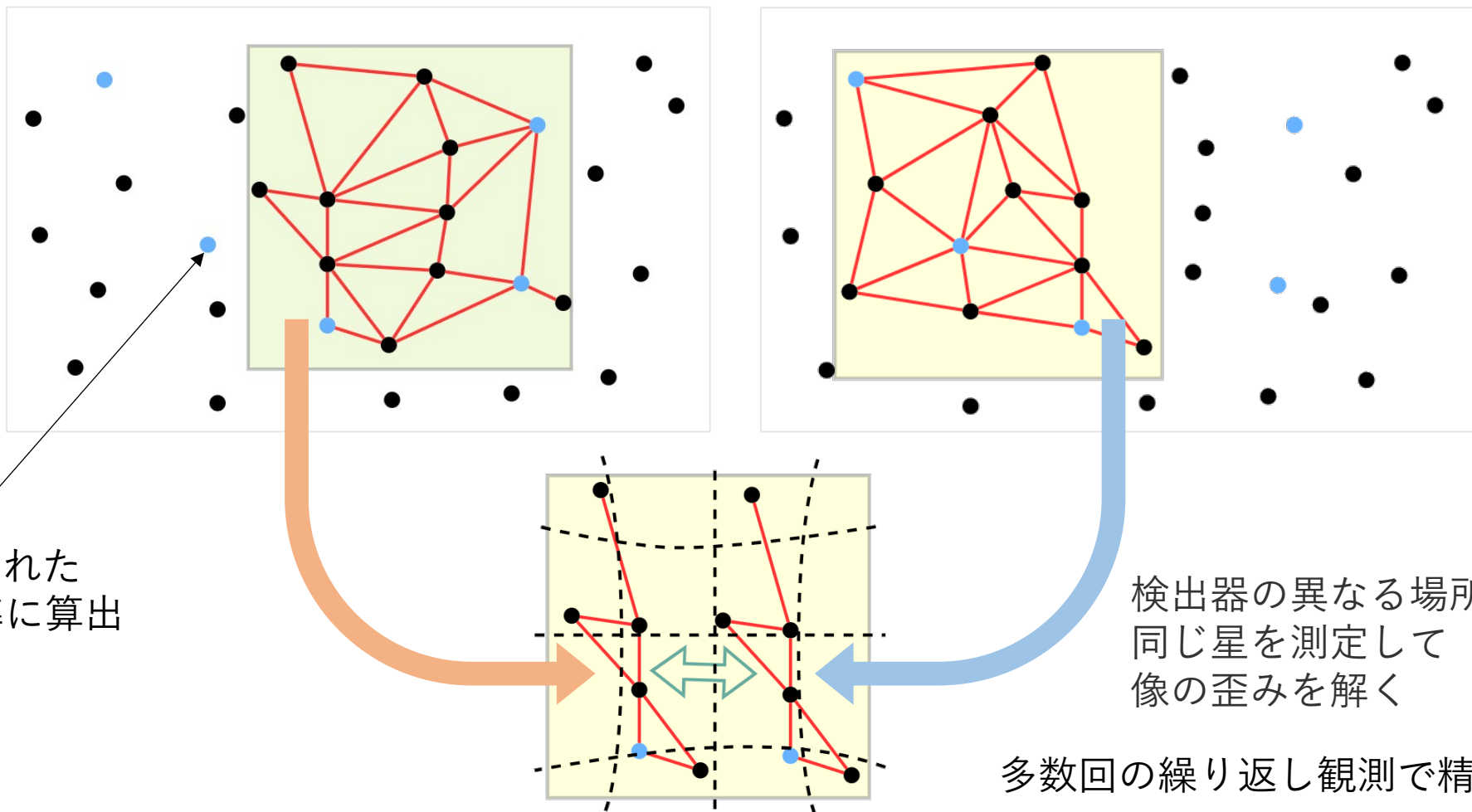
- Gaia：最終データリリース(2030年ころ)からあまり遅れることないデータ提供が研究活性化に有意義。
- Roman宇宙望遠鏡(2027～)：相補的な観測戦略上、同時期の観測が可能であることが望ましい。
- GaiaNIR(2050?)：銀河系中心の位置天文観測として、科学的・技術的な継承を期待。
- **PRIME**：銀河系中心領域の**ミラ型変光星をJASMINEに先行して多数同定されると期待。**

### 系外惑星探査

- JWSTやArielなど2030年までの大型宇宙望遠鏡：追観測のため、JASMINEを2030年台早期に打上げる緊急性。
- Roman宇宙望遠鏡(2027～)：観測対象の系外惑星の大きさや中心星からの距離において相補的な関係。

# JASMINEでの位置天文観測の戦略

視野をずらして観測領域をマッピング



絶対座標は、  
Gaiaで観測された  
前景星を基準に算出

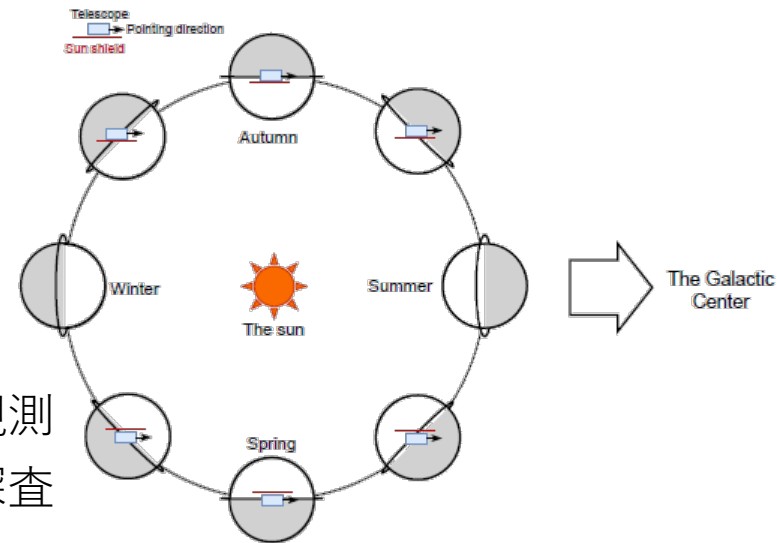
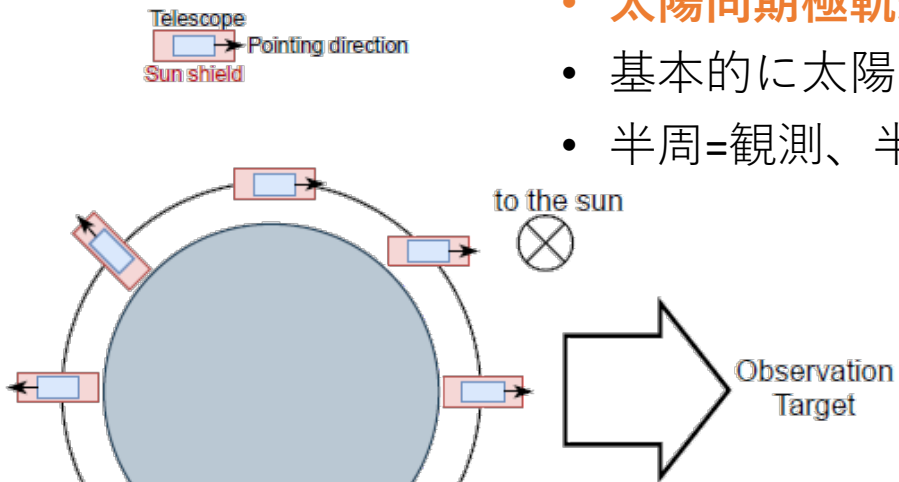
検出器の異なる場所で  
同じ星を測定して  
像の歪みを解く

多数回の繰り返し観測で精度向上

良像とマッピング中に歪みが変わらない光学系が必要

# 観測運用

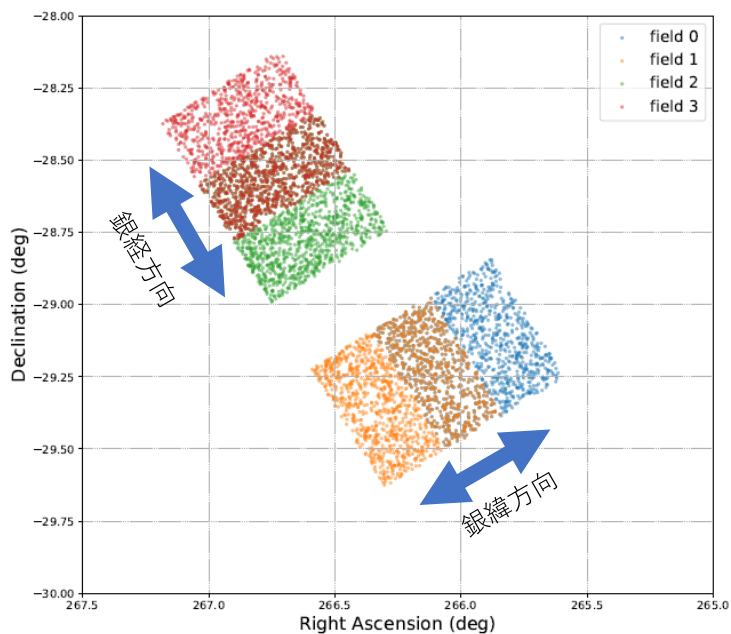
- **太陽同期極軌道**を周回
- 基本的に太陽は側面照射
- 半周=観測、半周=地球回避



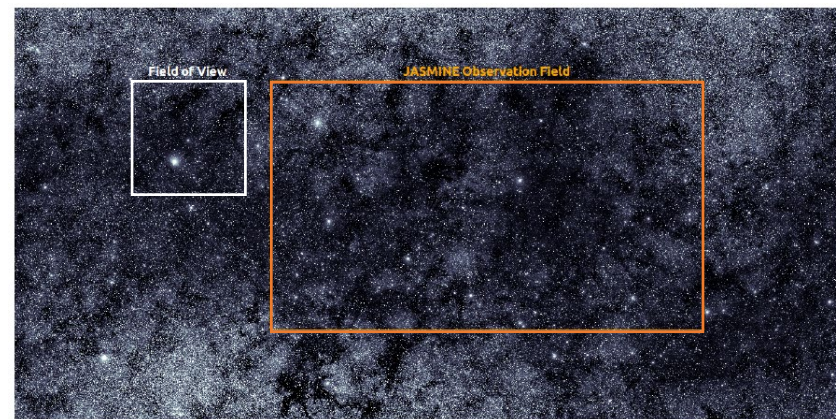
基本としては、

- 春秋：位置天文観測
- 夏冬：系外惑星探査

- 視野は銀経銀緯に沿わせる
- 半周中に4つの指向方向を観測 (<1日で観測領域をカバー)
- 画像歪み補正のため、銀緯方向・銀経方向に重ねる



(参) **観測領域**と視野サイズ

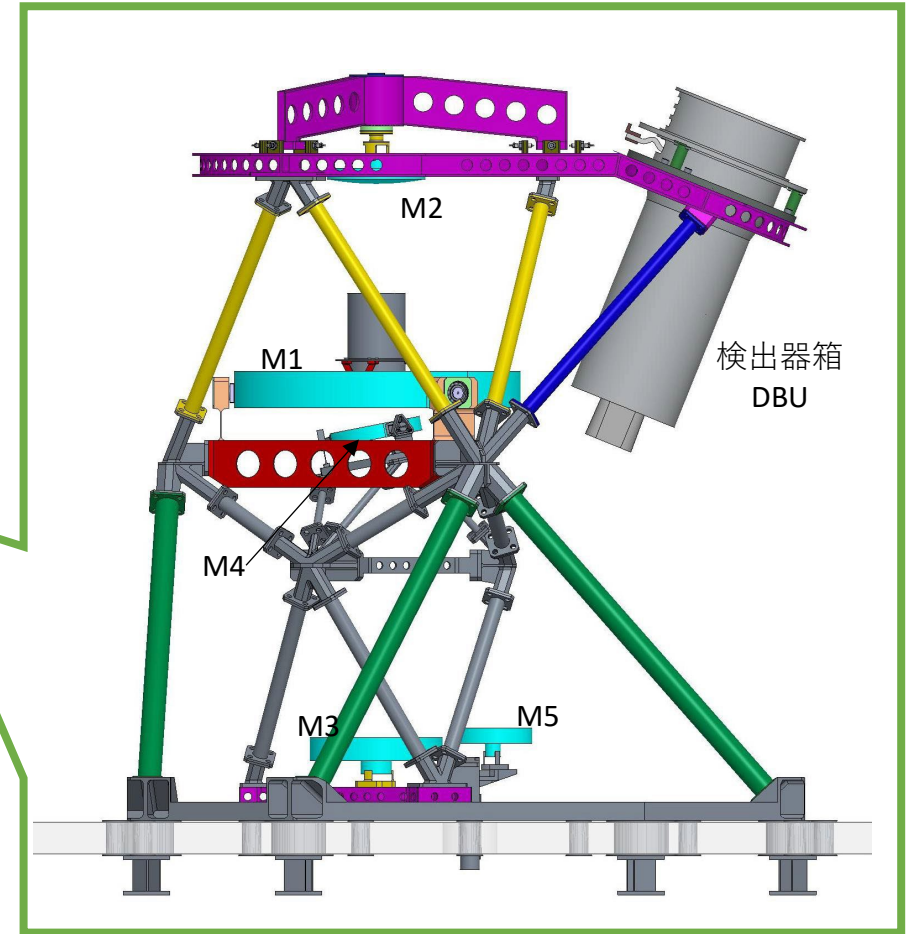
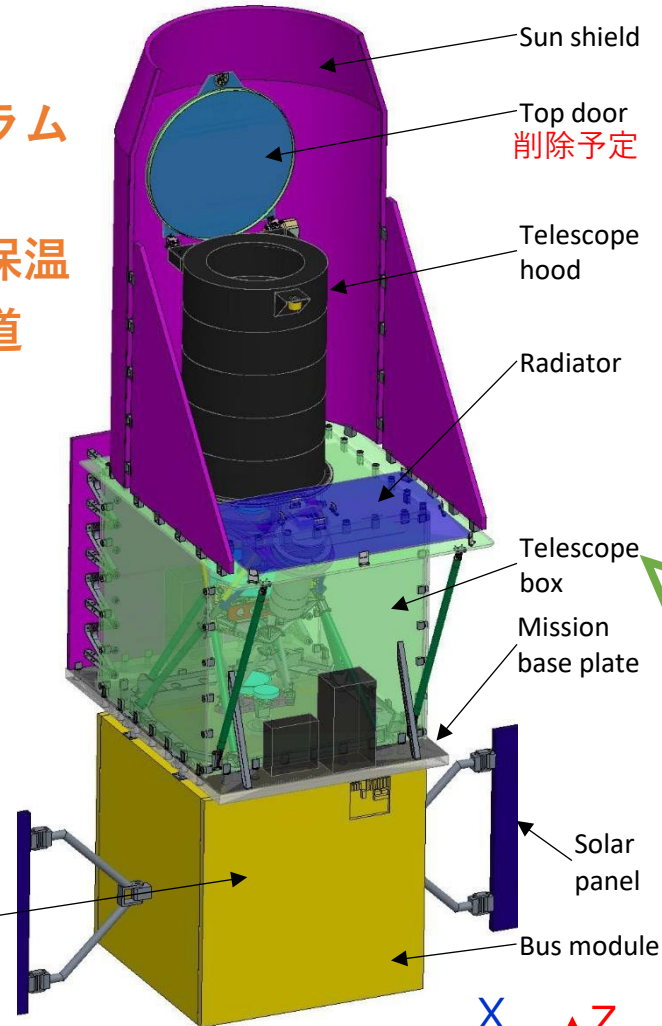


# 観測装置：望遠鏡

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：**クリアセラム**の鏡と**低温ゼロインバー**の構造
- 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

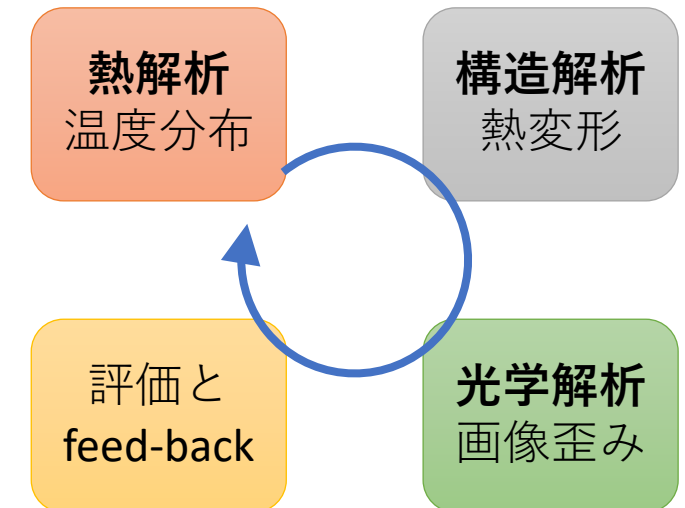
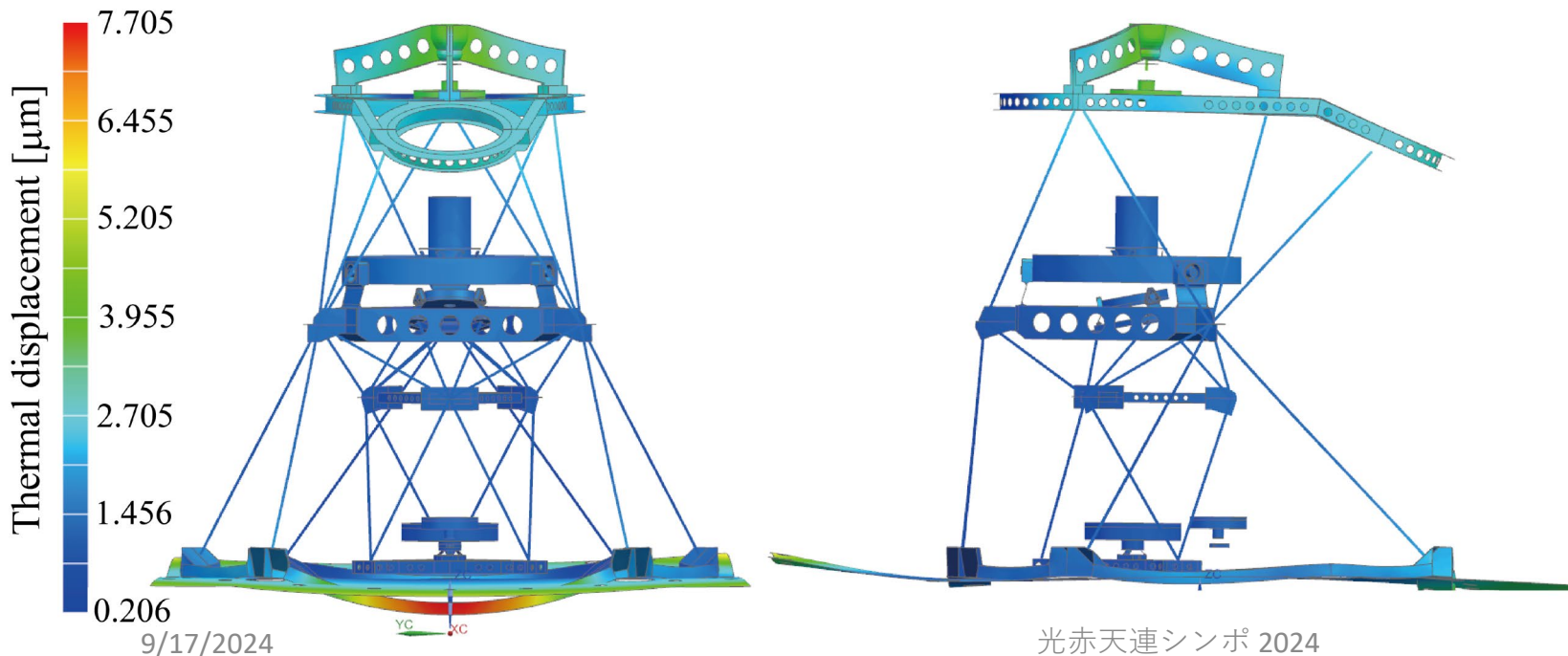


衛星バス

- 小型標準バスを使用
- 先行するプロジェクトと極力類似を想定

- 組立調整時と軌道運用時との温度環境差、および、軌道周回中の温度環境変化による熱変形で、光学特性（特に画像歪み）に与える影響の評価が重要。
- **Structure Thermal , and Optical Performance 解析(STOP解析)**を実施中。
- この性能を打ち上げ前に検証する方法を、合わせて検討中。

例： 20℃からの熱変形量(軌道周回中の主鏡高温時)

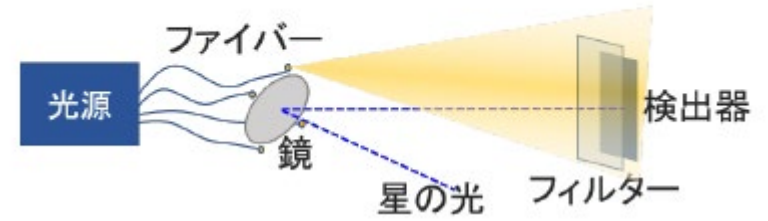
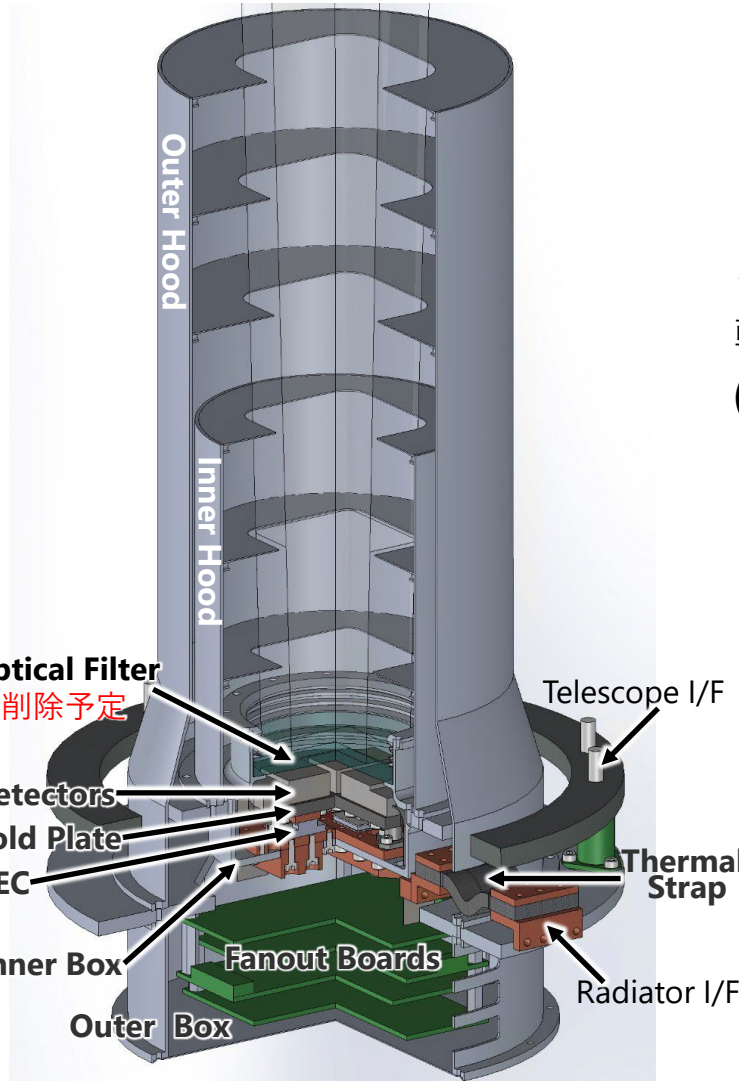
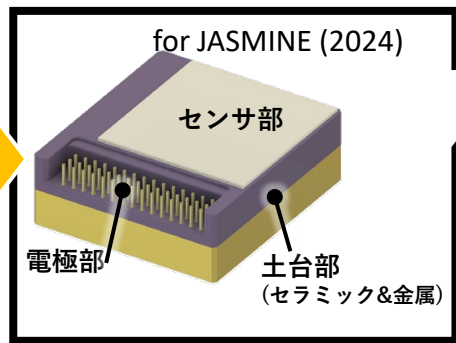
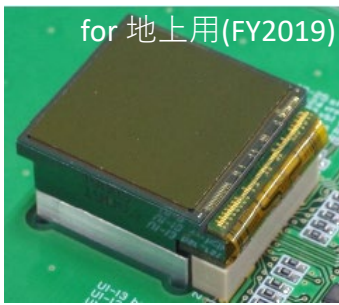


# 観測装置： 検出器

検出器	InGaAsハイブリッド CMOSセンサー × 4素子
画素	10 μmピッチ(～0.5秒角相当), 1952 × 1952画素/素子
観測波長	1.0～1.6 μm
撮像頻度	12.5 s (TBD)

国立天文台と浜ホトが開発した地上観測用 InGaAs赤外線撮像センサーを、ISAS技術のフロントローディングで衛星搭載用に改良中

- **大フォーマット化**：1.6M→4M画素へ
- **InP基板除去**で放射線でのノイズ(蛍光)の低減
- より**耐放射線性**の高い回路構成
- **可視光除去機能追加予定**



フラット補正のため、M5鏡近傍にシングルモードファイバー(SMF)による校正光源を設置予定 追加質問5  
 (地上試験では2本のSMFの干渉で、ピクセル位置ズレなどを測定予定)

- 2重構造での断熱構造と2段階の無振動な検出器冷却系
- **ラジエータ**で200Kまで冷却
  - **ペルチェ素子**でさらに173Kに冷却

Miyakawa et al. (2024, SPIE)

9/17/2024



# データ解析

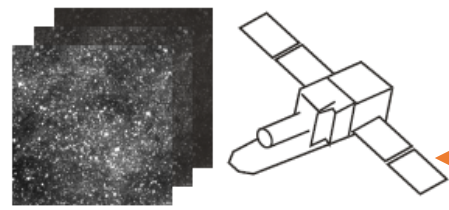
**機上処理:**  
12.5 s(TBD)毎の撮像データから、対象の星(〜12000個)の周囲**9×11画素**を切り出し、**可逆圧縮**。

**Step1:**  
9×11画素の画像から**effective PSF法**にて、星像位置を〜**4000 $\mu$ as程度(〜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:**  
**長期間でも星の動きは単純**(e.g. 年周視差と固有運動)だと仮定し、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、要求精度(40 $\mu$ as or 125 $\mu$ as/y)で**位置天文パラメータ**を算出。

Step Stare 方式による多数枚画像取得  
星像の切り出しと地上への転送



**機上処理:**  
12.5 s(TBD)毎の撮像データから、対象天体と参照天体(〜10個)の周囲**60×60画素(TBD)**を切り出し、**可逆圧縮**。

星像解析による中心位置と明るさの測定



検出器座標での天体位置

**地上処理:**  
時系列測光データカタログの作成

観測時刻での天体の天球座標

観測時刻での天体の明るさ

位置天文パラメータの推定

惑星トランジットの探索

# 位置天文パラメータの推定

三年間の観測で、年周運動と固有運動を求める

シミュレーションから  
40 $\mu$ asの年周運動  
125 $\mu$ asの固有運動が測定可能

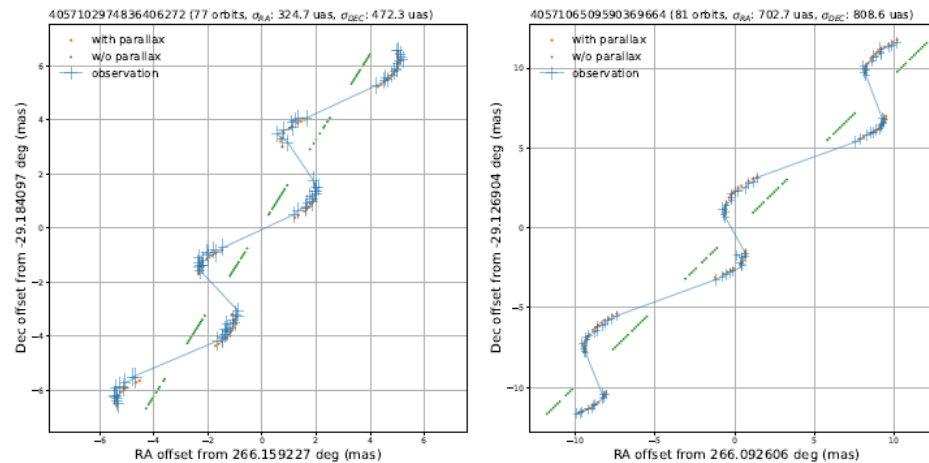


Figure 3.50: 天球面上での参照の解析結果。青が推定された座標で  $1\sigma$  のエラーバーとともに示している。緑は国際天文基準座標系 ICRS での星の位置で固有運動を示し、オレンジは、固有運動に加えて年周視差を与えた時の星の位置で、これらは真値としてシミュレーションの入力にしたもの。

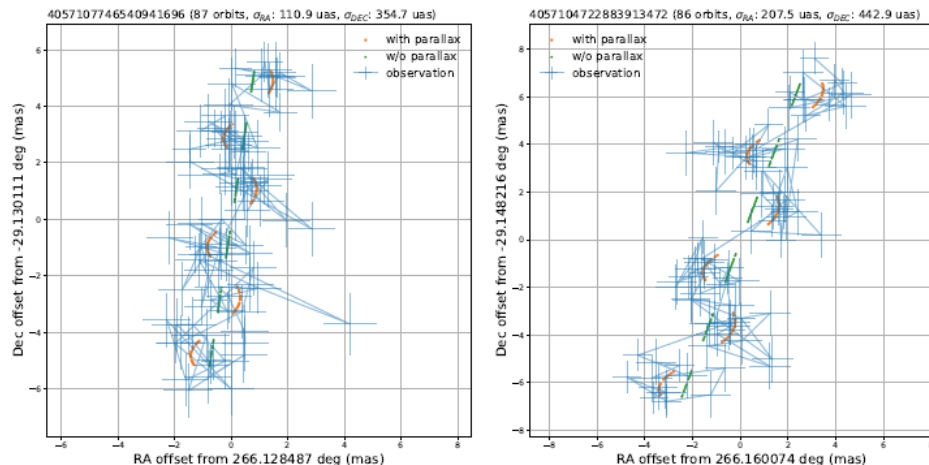
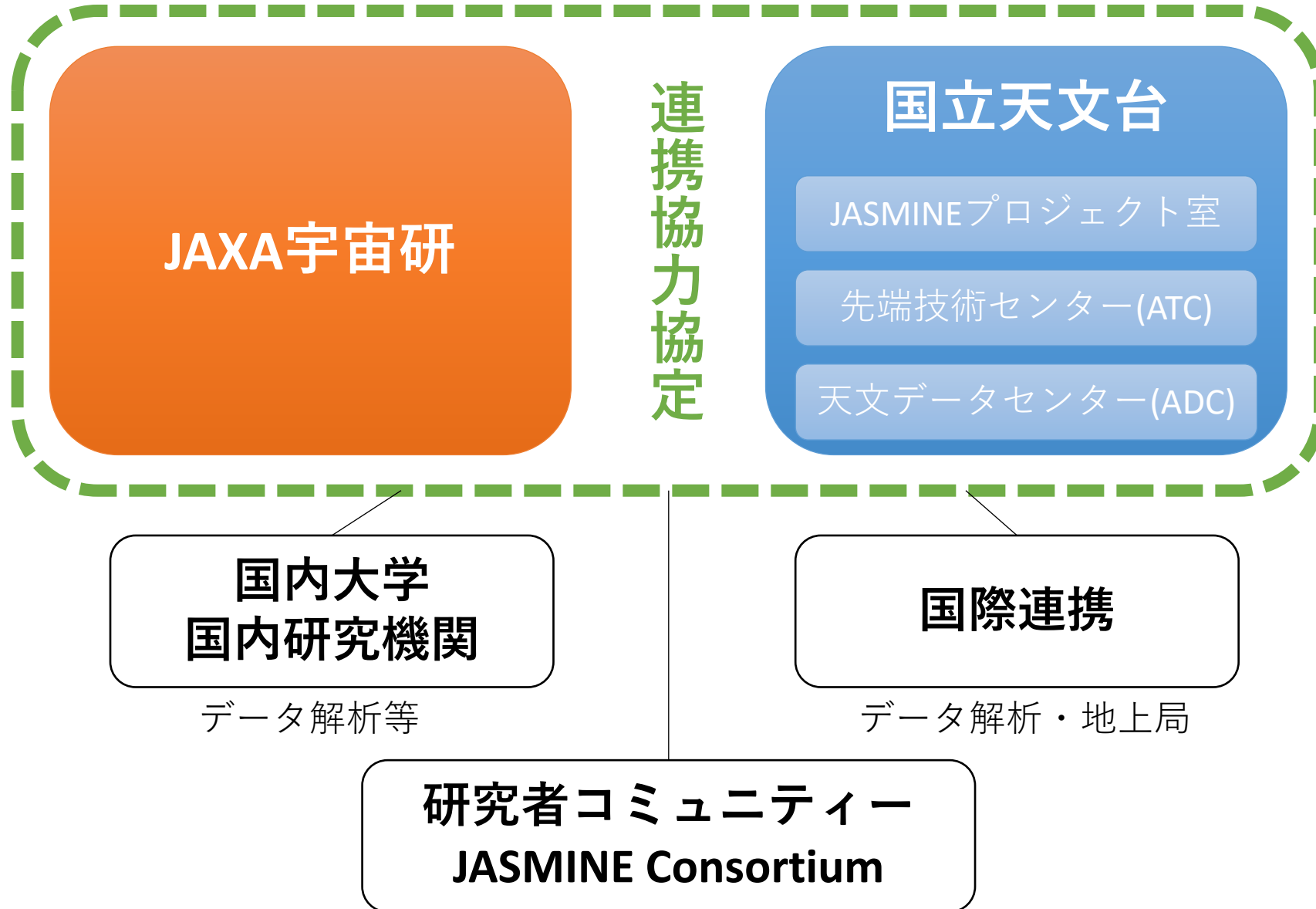


Figure 3.51: 銀河系中心領域内天体の天球面上での解析結果。青が推定された座標で  $1\sigma$  のエラーバーとともに示している。緑は国際天文基準座標系 ICRS での星の位置で固有運動を示し、オレンジは、固有運動に加えて年周視差を与えた時の星の位置で、これらは真値としてシミュレーションの入力にしたもの。

# プロジェクト実施体制

追加質問6



# 天文学コミュニティとの関係

**JASMINE Consortium (JC)**：2019年発足、代表・河田大介(教授; MSSL, UCL)

- 目的：JASMINEの科学目標を達成し、創出データをより多くの科学者にとって有益なものとするための目標共有
- メンバ： 国内60名程度(将来は海外メンバ加入も)
- JC Meeting開催： 2019年から毎年実施。  
(2022年は天文学会の特別セッション)
- White Paper発行： Kawata et al. (2024, PASJ)



## **JASMINE共同科学研究事業 @国立天文台(2024年度から)**

- JASMINEの位置天文観測データを用いた銀河系中心領域に関わる科学研究に向けた準備研究の推進。
- FY2024採択課題：「JASMINE 観測領域に存在するミラ型変光星の研究」松永(東大)

→ **特任研究員の公募中：2024/10/25 15:00JST 〆切**

## **望遠鏡開発の技術継承の可能性**

- STOP解析の重要性の認識共有@JAXA宇宙研
- 国立天文台・先端技術センター(ATC)との連携した技術検討

# まとめ: JASMINE計画の概要(再掲)

## ■ 位置天文学(アストロメトリ)

- 赤外線による超高精度位置天文観測により、天の川銀河(銀河系)の中心核近傍の星の距離と運動を測定し、銀河系の中心核構造と形成史を明らかにする。惑星をもつ星の移動をも引き起こす銀河系構造の進化の過程を明らかにし、人類誕生にも関わる銀河系全体の形成史を探求する。
- この目的のために、**大気揺らぎの影響を受けない宇宙空間からの観測**で精度の高い測定を実現する。さまざまな種類の天体が密集している銀河系中心核領域の探査のために、**塵やガスによる吸収の影響を受けにくい近赤外線での観測**を行う。さらに観測装置の安定性とデータ解析の工夫により**数万分の1秒角という超高精度を達成する**。

## ■ 系外惑星探査

- **赤外線位置天文観測で達成される高精度な測光能力を活かした時間軸天文観測**により、中期M型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星を探査する。

## JASMINE衛星

- 口径36cm程度 超高安定望遠鏡
- 国産赤外線センサ (InGaAs)
  - 観測波長:1.0-1.6 $\mu$ 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
- 衛星重量600kg (wet) 程度
- 太陽同期軌道・高度550-600km以上、3年間観測