

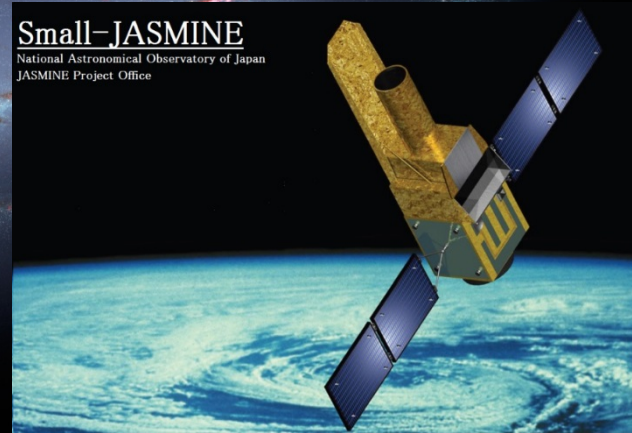
# JASMINE計画の全体概要と状況

*JASMINE : Japan Astrometry 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、Exo-JASMINEチーム

Small-JASMINE

National Astronomical Observatory of Japan  
JASMINE Project Office



# 1. Gaiaによる位置天文観測の大革命と 天の川銀河研究の大進展

光学大型位置天文観測衛星Gaia(ESA)は革命的：

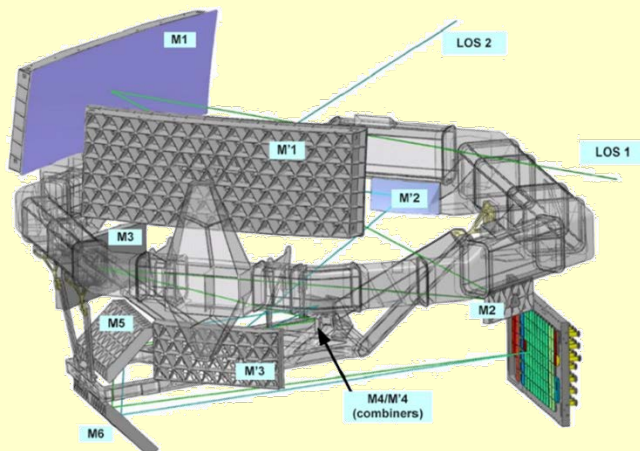
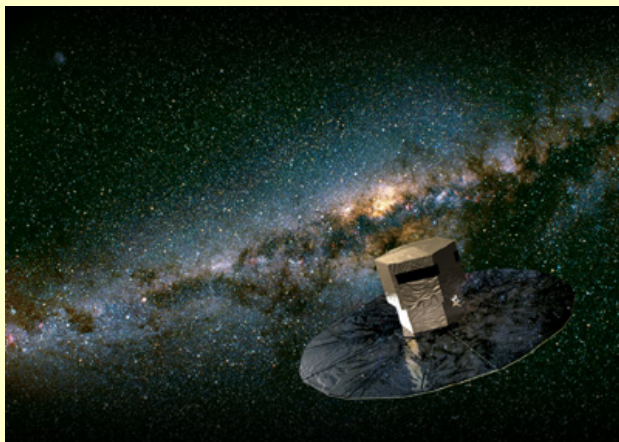
**質**（ $10\mu$ 秒角クラスの位置決定精度）、

**量**（十数億個の星）とも画期的な

星の位置、距離、速度情報が得られる時代に突入！

**天の川銀河の研究が大進展！！**

ESA





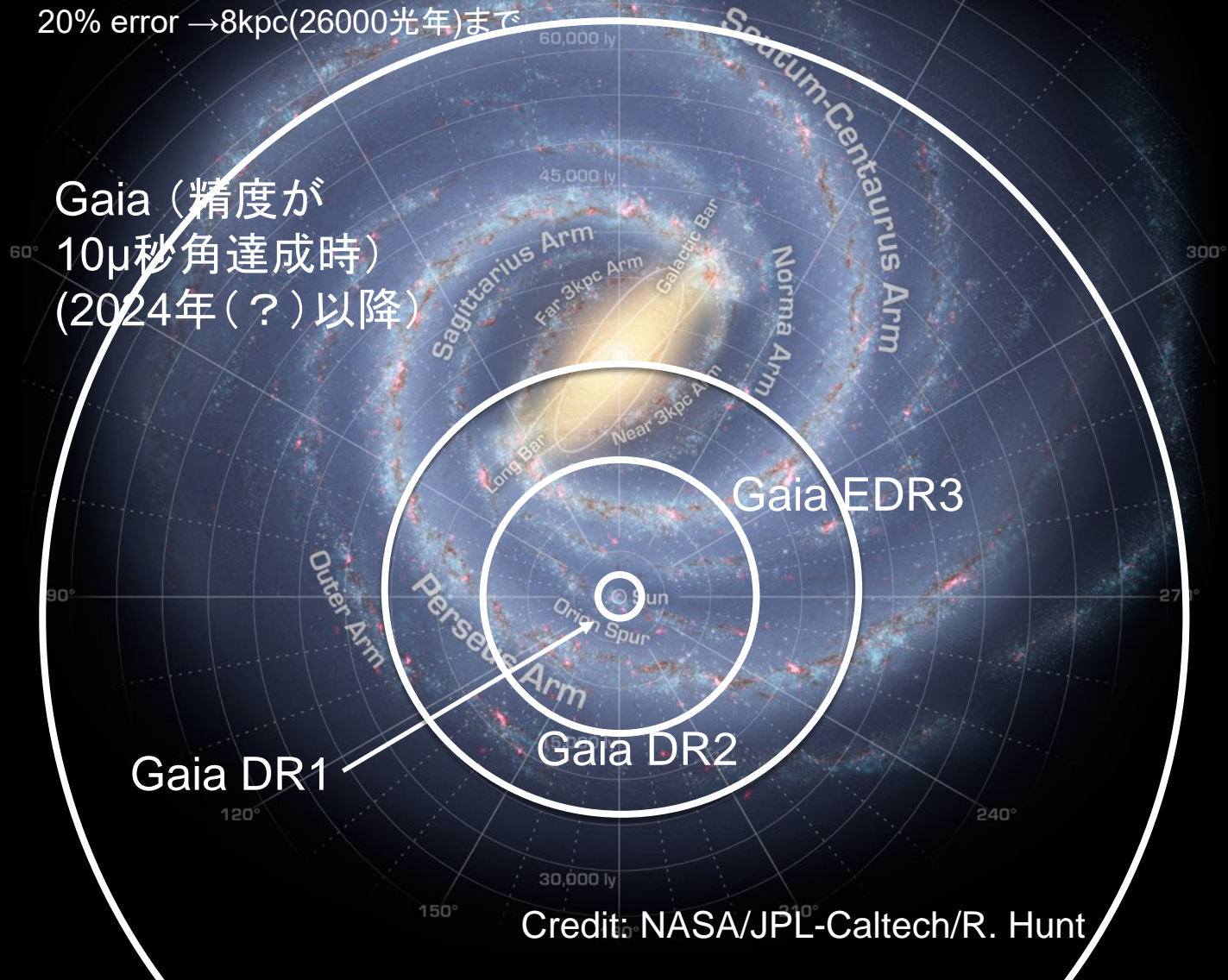
# 星までの距離の誤差 (3等級<G<15等級)

Gaia DR1(2016年9月公開): 年周視差の誤差:0.3 ミリ秒角,  
20% error →670pc(2200光年)まで

Gaia DR2(2018年4月): 年周視差の誤差:0.04 ミリ秒角,  
20% error →5kpc(16000光年)まで

Gaia EDR3(2020年12月): 年周視差の誤差:0.02 ~0.03 ミリ秒角,  
20% error →8kpc(26000光年)まで

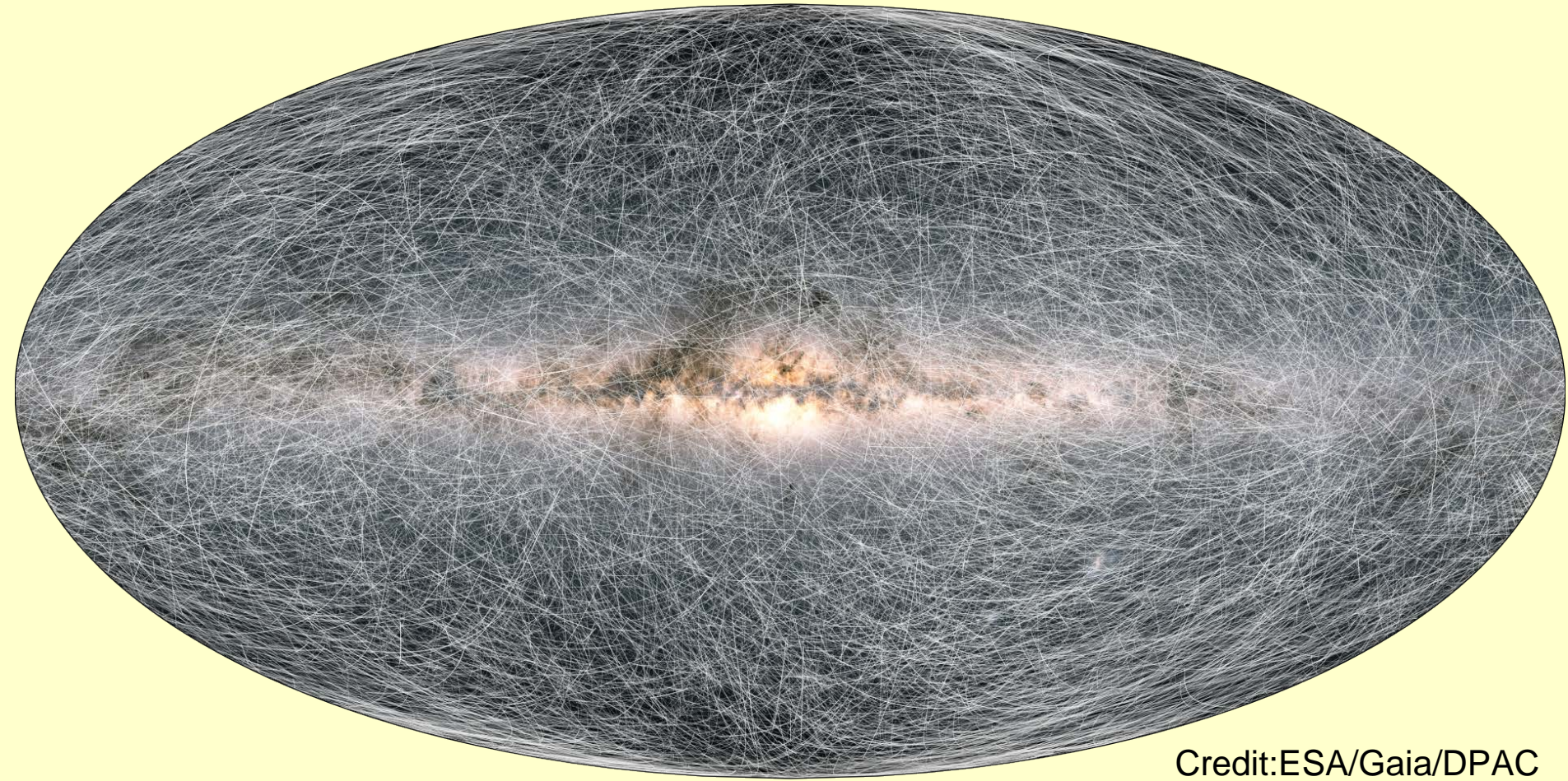
Gaia (精度が  
10 $\mu$ 秒角達成時)  
(2024年(?)以降)



Credit: NASA/JPL-Caltech/R. Hunt



# Gaia EDR3でとらえた星の運動

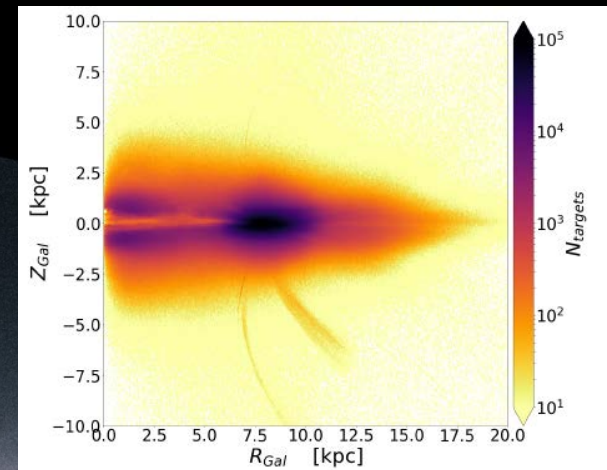
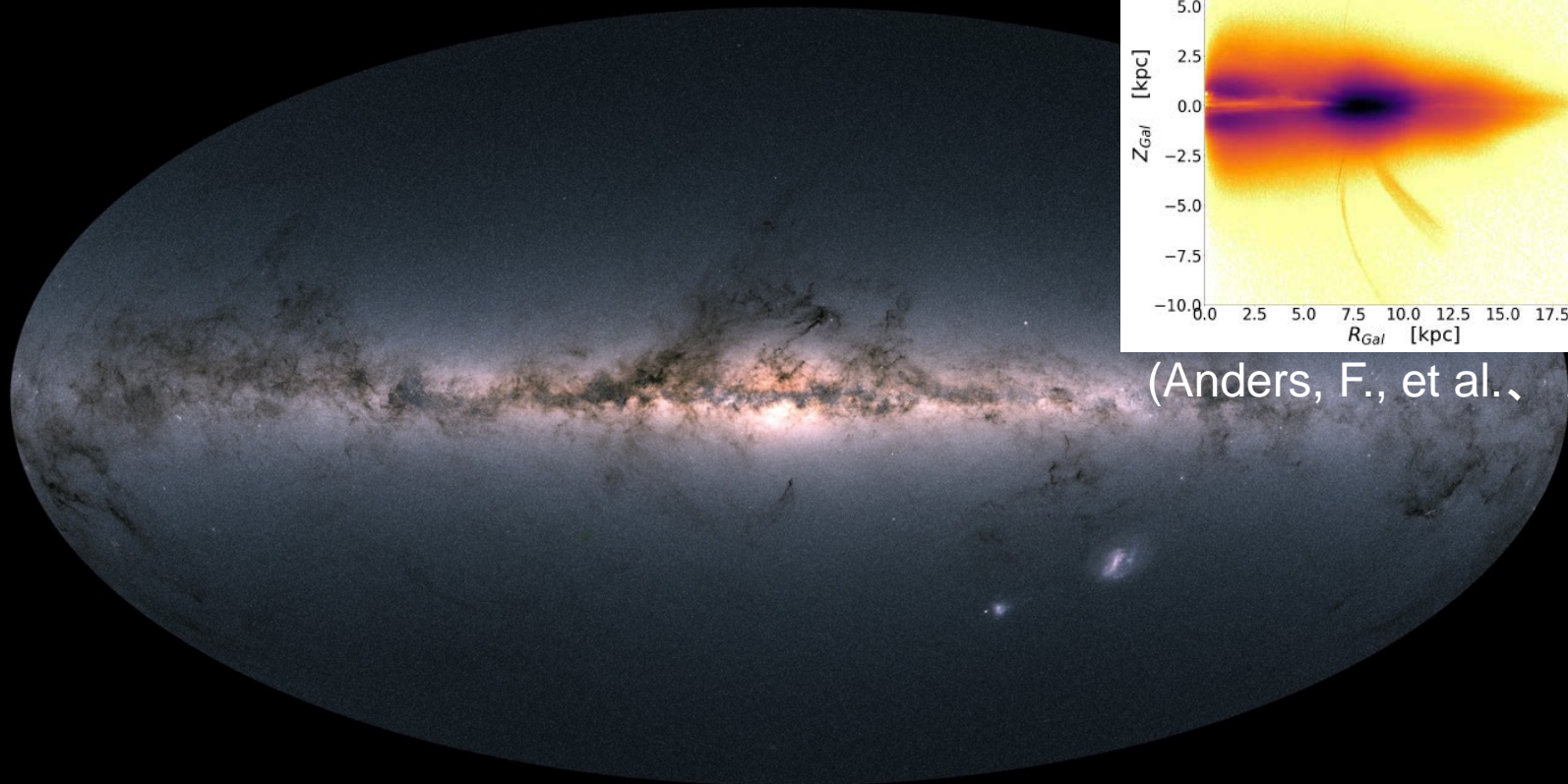


Credit:ESA/Gaia/DPAC

100pc以内の4万個の星に対する今後40万年間の軌跡(予想)



# Gaiaでは、よく見えないところが！ 天の川銀河の中心、銀河面など

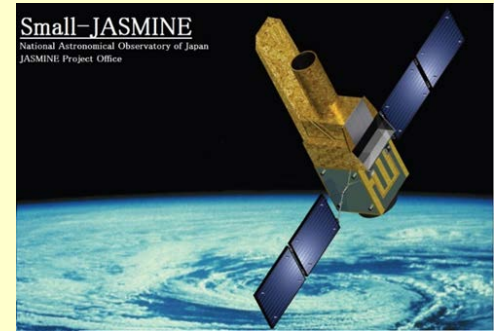


(Anders, F., et al., 2019)

Gaia DR2 (2回目のデータ) : 2018年4月  
Gaiaでみた天球の星

Credit: ESA/Gaia/DPAC

# 2. JASMINE計画



## 赤外線位置天文観測衛星計画

◎「小型JASMINEミッション」(以降、JASMINE)は、**2019年5月、JAXA宇宙研により公募型小型3号機の唯一の候補に選定していただいた。**



打上げ時期は、  
現在、内閣府宇宙政策委員会で  
検討された工程表改訂案では  
2028年。

イプシロンロケットでの打ち上げ(内之浦) 6

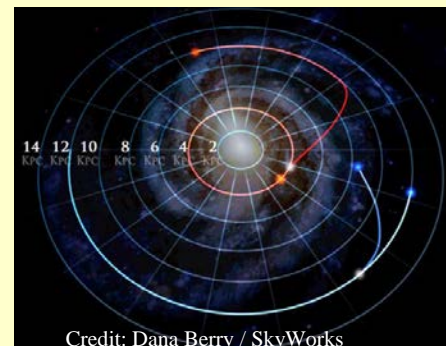
## 2-1 科学目標(Science Goal)

- 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、天の川銀河の中心核構造と形成史を明らかにする。

### 「銀河中心考古学」

- 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構造の進化の過程を明らかにし、人類誕生にも関わる天の川銀河全体の形成史を探求する。

- 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、生命居住可能領域にある地球に似た惑星を探索する。





# 可視光位置天文観測衛星Gaia(ESA: 2013年~2025年?)

Gaia



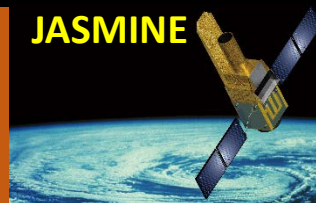
- ・太陽系近傍
- ・広域のハロー星
- ・バルジ/バー構造の上層部
- ・銀河円盤上層部

相補的

Gaiaでは測定困難な領域あり!

# 赤外線(1.1~1.6μm)位置天文観測衛星

JASMINE



- ・中心核バルジ
- ・中心近くの銀河円盤
- ・星間ガスに覆われた星形成領域

- ・全天サーベイ
- ・3回目公開(2020.12)の中間データでは、約15億個の星の位置天文情報。年周視差精度は明るい星で20~30μas

画期的! 天の川銀河研究の大革命が起きている!!

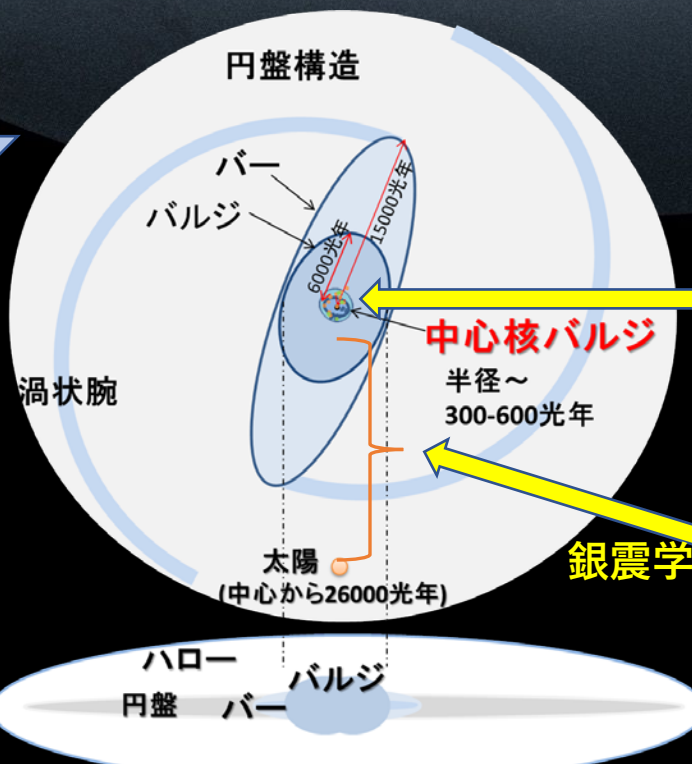
1. ハローの構造・形成史(銀河考古学)
2. 太陽系近傍や反中心方向の銀河円盤の速度構造
3. バー構造のサイズ・回転速度

中心核バルジは“歴史の宝庫”様々な年齢をもつ星が年代に応じて、異なった空間構造と系統的な運動分布をして今も存在している。

## 銀河中心考古学

1. 中心核バルジの構造(天の川銀河誕生時の構造の痕跡?)
2. 中心核バルジ内の円盤構造の形成時期
  - バー構造の形成時期を決定
  - 太陽系が銀河内部から移動を開始する時期
  - 地球誕生や人類の誕生にも影響
3. 超巨大ブラックホールの質量成長
4. 内部円盤の振動

## 銀震学



中心方向以外: 低質量星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星探査(日本初の系外惑星探査衛星でもある)



## 2-2: JASMINEのデータカタログ概要(プロジェクトサーベイ)

- ・Hwバンド(1.1~1.6  $\mu\text{m}$ )の波長域における撮像観測
- ・同じ星に対して約100分に1回の高頻度観測
- ・天体の天球面上での位置の時間変動(時系列データ)とそこから導かれる年周視差と固有運動等の位置天文パラメータの情報等をカタログとして公開。

\* 世界同時公開がプロジェクト目標

### ○サーベイ領域:

プロジェクトサーベイ: 銀河中心核バルジ方向の領域  
春と秋に観測

\*領域1 => 半径0.7度程度の円の領域  
(中心核バルジの半径~100pc程度に相当)

\*領域2 => 銀経 -2度~0.7度、銀緯0.0度~0.3度  
(中心核ディスク半径200~300pc程度、高さ45pc程度に相当)

### ○観測精度(目標)

Hw<12.5等級の星(TBD)

**年周視差精度: 25マイクロ秒角以下**

(銀河中心での距離の誤差が20%以下)

**固有運動精度: 25マイクロ秒角/年以下**

(銀河中心での接線速度の誤差が1km/s以下)

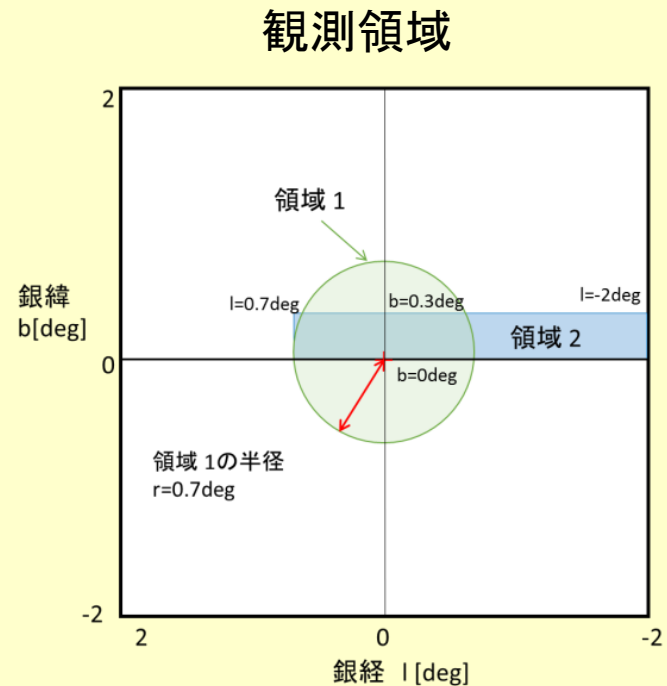
12.5等級<Hw<14.5等級の星

**固有運動精度: 25~125マイクロ秒角/年以下**

### ○観測個数(見込み)

バルジの星: 71,000個(うち7,800個 Hw<12.5) (TBD) 詳細は、講演V243a(矢野)

ディスクの星: 31,000個(うち4,500個 Hw<12.5)(TBD) 参照



## 2-3 科学目標3

詳細は、講演V244a(河原)参照

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、生命居住可能領域にある地球に似た惑星を探索する。

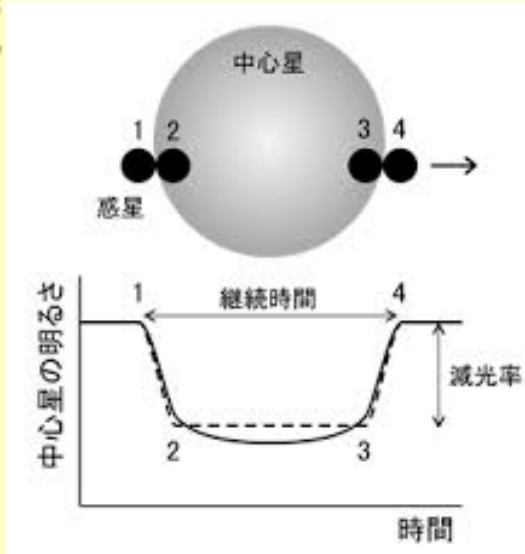
### トランジット観測によるM型星周りの ハビタブルゾーンにある地球型惑星の探索

JASMINEチームと独立なサイエンス検討チーム

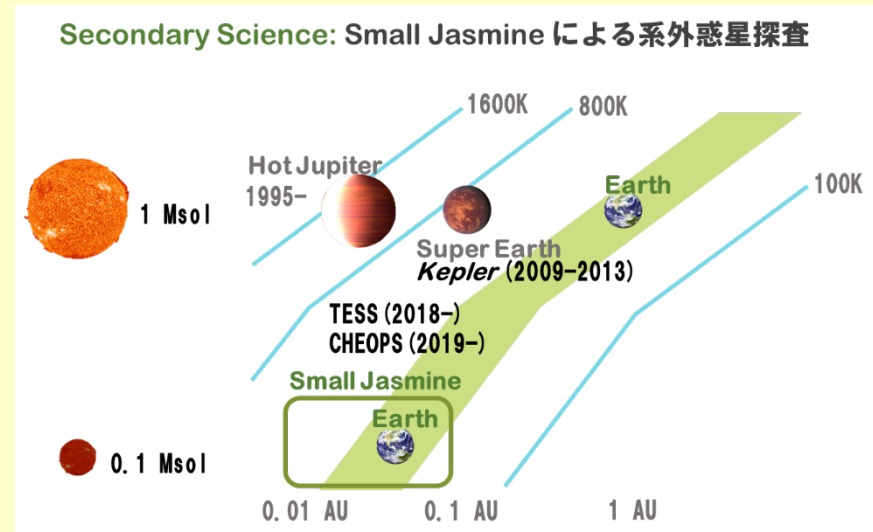
河原 創(東大) + Exo JASMINE検討チーム  
(増田賢人(阪大)、小玉貴則(東大)、  
葛原昌行、大宮正士、  
小谷隆行(ABC/NAOJ)、平野 照幸(ABC)  
福井暁彦(東大)、山田亨(ISAS) (敬称略))

\* JASMINEの位置天文観測の  
性能があれば、発見できる可能性あり！  
他の衛星プロジェクトより有利性あり

\* 日本で衛星による系外惑星探索観測は  
初めて！



Credit:天文普及研究会





## 2-4 JASMINEで成果が期待できる、 その他の様々なサイエンスケース

国内外の多数の研究者の協力を  
得て、White Paperの投稿準備中

1. **中心方向以外の銀河面探査** 銀河面にある恒星系の化学動力学
2. **中心領域でのブラックホール探査**  
位置天文学的なBH連星系の検出とBHの質量決定、位置天文学的重力レンズ  
効果を用いたBHや中間質量BHの発見
3. **系外惑星の探査**  
既知惑星のトランジットタイミングの精密測定による質量推定・トランジット暦の  
精密決定、位置天文学的惑星探査
4. **中心領域での共生星X線連星の探求**  
共生星X線連星の正体判別によるX線の銀河面リッジ放射の点源の種族制限
5. **星間吸収物質と磁場構造の3次元分布**
6. **高エネルギー天体連星(X線連星系や $\gamma$ 線連星系)のコンパクト天体  
の探求**軌道要素解析によるコンパクト天体の質量、公転面軌道等の決定
7. **恒星表面活動の探求**黒点、フレアの表面活動現象の時間的変化、星震学
8. **高速度星の起源とSgrA\*周りのS-starsの起源**  
高速度星の発見と軌跡を遡ることによる起源の探求、S-starsの起源の研究
9. **その他**:崩壊した球状星団探査、近傍の矮小銀河、太陽系内天体など

# 2-5 JASMINEのミッション概要

## ○JASMINEの仕様案(今までのベースライン)

主鏡口径:30cm、焦点距離: 3.9m

視野面積:0.6度×0.6度

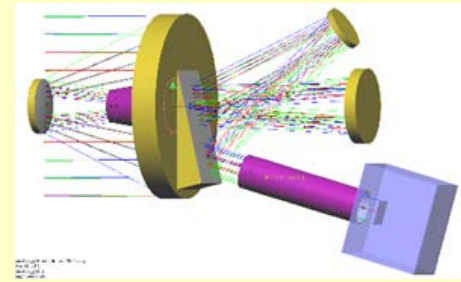
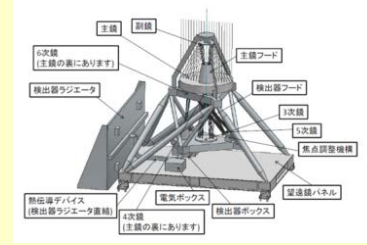
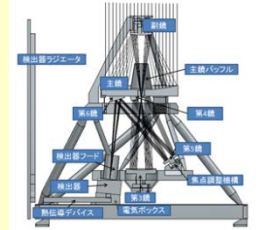
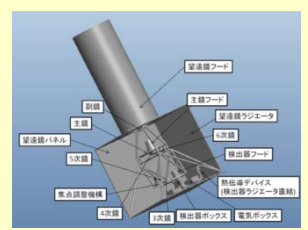
アストロメトリ用検出器:HgCdTe(4k×4k)1個

アストロメトリ用観測波長:1.1~1.7ミクロン

衛星重量:約550kg(RCS込み)

→ベースラインの変更を検討中(後述参照)

**H4RG**(Teledyne社)



○観測データは、天体の天球面上での位置および測光の時系列データ、およびそれを解析した、天体毎の年周視差、固有運動なども提供。

○軌道:太陽同期軌道(高度約550km以上)(tentative)

○観測期間:3年間程度

○時系列データは、約50分間の連続撮像、その後

約50分間の非観測時間、

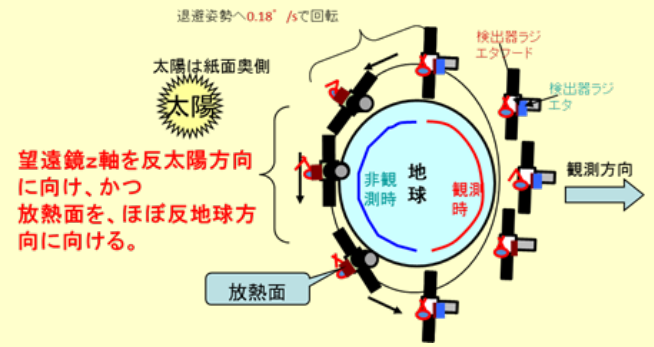
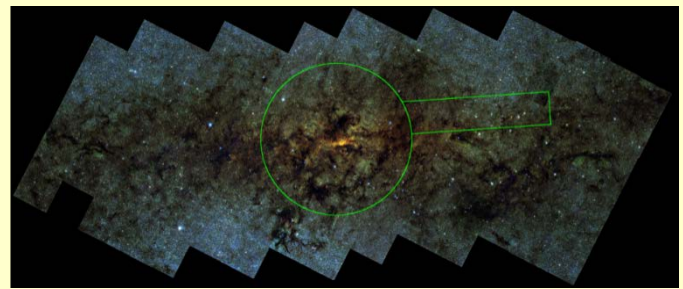
そして再度 約50分間の

連続撮像データ。

観測の総時間まで

それが繰り返される。

銀河中心方向の観測領域



J, H, K tricolor composite image of the Galactic center area(imaged by SIRIUS on the Nagoya University IRSF 1.4m telescope: Nishiyama et al.,2004 Spring Astronomical Society Press Release). The survey area of Small-JASMINE is written with the green line.



## 2-6 最近の状況

### ■ 赤外線検出器の宇宙用化開発と光学系要求事項の見直し

- 地上用に開発された天文観測に適する高性能な**国産赤外線検出器の宇宙用化**を進め、JASMINEにも搭載する方針に変更。  
講演V239a(鹿野)参照  
なお、本開発はJASMINE固有ではなく他のミッション共通の技術領域と位置づけ、JAXAの技術のフロントローディングの一環として開発を行うための技術内容および開発体制の構築を進めた。
- 検出器試作品に対して**放射線照射試験を実施**した。
- 国産検出器の特性を最大限に活かすため、光学系要求事項を含む**衛星検討ベースラインを変更**した。

講演V240a(片坐)、V241a(鹿島)参照

### ■ 衛星システムの成立性検討

- 衛星システムの実現可能性、光学系の実現可能性の見通しの**feasibility study**を複数の衛星メーカー候補と実施した。

### ■ データ解析・End-to-End simulation

講演V242a(山田)参照

- データ解析ソフトウェアの実装を進め、想定されるノイズ源を反映させた**End-to-End simulationを行うための開発**を十数名のメンバーで行っている。

### ■ サイエンス検討

- 河田氏(UCL)を中心として、国内外の研究者で**JASMINEのWhite Paper**(これまでのサイエンス検討をまとめた査読論文”JASMINE: Near-Infrared Astrometry and Time Series Photometry Science (仮)”)の投稿準備中。

## 2-7 JASMINE Consortium (JC) \* 河田氏(UCL)が代表

### Working Group

- WG-A: Data Analysis  
ミッション目標に向けたより多くのサイエンスに有益なカタログ作りの準備
- WG-B: Science Validation and Preparation  
科学目標達成に向けてのシミュレーションデータ(模擬カタログ)などを使っての準備
- WG-C: Outreach  
小型JASMINEの成果を広く社会に還元するためのアウトリーチ活動

### 打ち上げ前の準備:

シミュレーションデータ(JASMINEの模擬カタログ)やGaiaなどのすでに存在するデータを使っての科学的検証、end-to-end simulatorの開発とそれを用いた誤差解析とデータ解析方法の確立。また、それらの論文発表を行う。

### 衛星打ち上げ後

準備した体制を元に、データ公開に向けて、データ解析とカタログの作成、Science Validationの論文などの作成を行う。

アーリーキャリアの方達にも多く参加して頂いて、衛星プロジェクトへの貢献を通して、キャリア形成に繋げていただきたい。また、その支援もコンソーシアムとして、行なっていきたい。

**第2回の公開ミーティングを2020年11月24日、25日@オンラインで開催**

→80名程度の参加。他分野にわたり、若手も多かった。

2021年度も公開ミーティングを開催(8月頃の予定)

**\* ご興味がある方はJCへ是非ご参加ください。**



今後よろしく御願いたします

Jasmine

