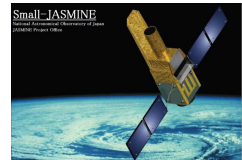




# P-115 小型JASMINE(赤外線位置天文観測衛星)計画の全体的概要

郷田直輝、JASMINEワーキンググループ一同



## ★小型JASMINEの概要

\* **Hwバンド(1.1~1.7 μm)**の波長域における撮像観測を**高頻度(約100分/1回)**で行い、その観測で得た**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。

\* Gaiaでは測定困難なパートを補完する観測が強く期待されている。

=> **天の川銀河(銀河系)の中心領域: 銀河系中心核バルジ**

\* **可視光観測のGaiaでは、高精度で多数の星を観測することは困難**

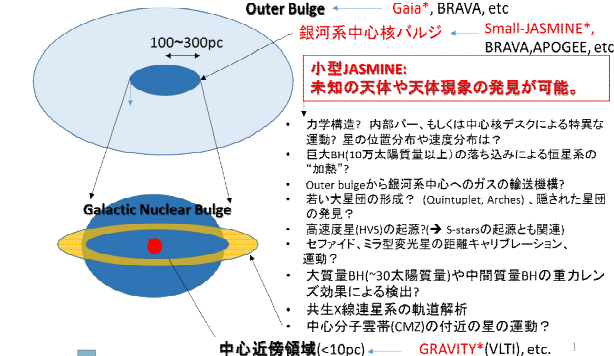
## ★科学目的(主目的)

### ★小型JASMINEの科学的意義

位置天文情報(運動学的情報)を用いた、銀河系中心核バルジ(ミッシングリンク)の解明!

銀河系中心核バルジの外側領域( $\sim 100\text{pc} \sim 300\text{pc}$ )と銀河系中心近傍領域( $< 10\text{pc}$ )の間の領域

Galactic Nuclear Bulge



## ★ミッション要求

銀河系中心核バルジ付近の下記で示す領域方向に対して、天体の天球面上での位置の時間変動を**近赤外線帯域**で、測定する。

### 要求(i)

銀河系中心を中心とする半径**0.7度**程度の円の領域(図中の橙色の円内)(以降、領域1とする)を観測する。その際、星の年周視差の誤差が、**20 $\mu\text{as}$** 程度以下、固有運動の誤差が、**20 $\mu\text{as/yr}$** 程度以下で測定できる。領域1内にある銀河系バルジに属する星の個数が、**3500個程度以上**。

### 要求(ii)

銀経 **$\sim 2$ 度**、銀緯 **$\sim 0.5$ 度**、銀経 **$0.2$ 度**、銀緯 **$\sim 0.5$ 度**の範囲の領域(図中で青色の長方形内)(以後、領域2とする)を観測する。その際、星の年周視差の誤差が、**20 $\mu\text{as}$** 程度以下、固有運動の誤差が、**20 $\mu\text{as/yr}$** 程度以下で測定できる。領域2内にある銀河系バルジに属する星の個数が、**2000個程度以上**。

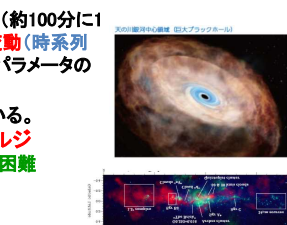
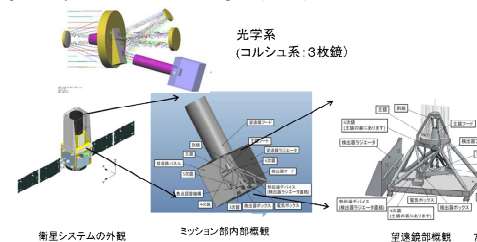
### 要求(iii)

特定領域において測定された星に対して、星の天球面上での位置変動の時系列データおよびそこから導かれた星の年周視差、固有運動等の必要な物理情報を**カタログ**として作成し、世界の研究者へ公開すること。

## ★小型JASMINEミッション部の仕様案

### ○観測装置仕様案

主鏡口径: 30cm, 焦点距離: 3.9m  
視野面積:  $0.6$ 度  $\times$   $0.6$ 度  
アストロトトリ用検出器: HgCdTe( $4k \times 4k$ )1個  
アストロトトリ用観測波長: Hw-band( $1.1 \sim 1.7$ ミクロン)  
photometry用観測波長: J, Hwバンド、HgCdTe( $1k \times 1k$ )2個



## ミッシングリンク!

天文学的、物理的ミッシングリンク:  
\*未知な星団、BH等の天体や複雑な力学構造など多種多様な謎観測のミッシングリンク:  
\*運動情報は不足、この領域を高精度でサーベイする位置天文観測は小型JASMINE計画のみ。

○主目的以外の副次的目的: 銀河系内天体で、**短時間変動現象を伴い近赤外線**で明るく物理的に興味がある、いくつかの**特定天体(例えば、高エネルギー天体連星系、恒星が低質量な系外惑星系、活動恒星など)**を対象を特化し、これらの天体の物理的解明。**共同利用の一環として公募を行い、対象天体を決定する予定。**

II. 銀河系中心方向以外(夏と冬の期間: 公募観測)  
銀河系内天体で、**短時間変動現象を伴い近赤外線**で明るく物理的に興味がある、いくつかの**特定天体: 高エネルギー天体連星系、恒星が低質量な系外惑星系、活動恒星など**を対象を特化し、これらの天体の物理的解明。

特定天体方向: 夏と冬の一部に観測(観測方向に制限有り)  
\* **共同利用の一環として、公募により、観測天体やその優先度を決定予定。**  
観測精度(目標): 対象天体の科学目的に応じて**10 $\mu\text{as}$** 以上の相対位置精度、測光精度は相対精度で**0.01mag**以下

○X線連星系(Cyg X-1など)の軌道要素決定→降着円盤やジェットの基礎的な物理に迫る  
○ガンマ線連星系の軌道要素解析→高密度星の正体判別、放射モデルへの強い制限

有力候補天体: Cyg X-1( $b=1^\circ$ )  
周期: 5.6日(Gaiaでは観測不可)  
伴星:  $1.5 \sim 2.0 \text{mag}$ (小型JASMINEで観測可能)、位置精度は、 $40 \sim 50 \mu\text{as}$   
→小型JASMINEで測定可能、測光精度は相対精度で0.01mag以下

○位置天文学的マイクロレンズ効果を用いた**野良ブラックホール**の質量確定(野良ブラックホールが飛び込んだと思われる巨大分子雲の情報からレンズ効果を予測)

○系外惑星探索(位置天文法による検出): 特に主星が低質量星の場合。  
\* **褐色矮星まわりの惑星発見。**  
○既知の系外惑星の軌道要素決定→惑星の質量決定、惑星形成モデルの制限など。  
○恒星表面上での活動(黒点等)  
\* **活動恒星の物理的解明**  
○星形成領域の3次元分布

主星が低質量星( $M_s < 0.1 M_{\text{sun}}$ , V-H $> 7 \text{mag}$ )の場合は、Gaiaより有利、3ヶ月間で感度を検出可能。  
褐色矮星まわりの惑星が発見されればインパクト大

## ○観測プログラム:

- (1) **銀河系中心方向の領域(1万個程度の星数):**  
**9mag < Hw < 13mag**の星のデータをダウンロード  
春と秋に観測
- (2) **特定天体方向(候補天体例: Cyg X-1, ガンマ線連星系、系外惑星系など)**  
夏と冬の一部に観測(観測方向に制限有り)  
\* **共同利用の一環として、公募により、観測天体やその優先度を決定予定。**

## ★位置天文測定精度の達成方法 (P-116, P-117参照)

システムに、**10 $\mu\text{as}$** 角クスの(安定)精度を要求する必要はない。

### 多重撮像が目標精度達成のための鍵!

- 要求精度を達成する方法: "系統誤差"も同時に解く  
\* 短時間では多くの星の相対距離は"不変"と見なせることをキャリアプレーションに依る。  
\* 長時間変動は単独星の動きのモデル化(あせん運動)により同時に解析。  
\* Gaia等の高精度測定データもキャリアレーションに使用。  
\* モデル残差がホワイトノイズ。多数回観測で誤差の減少  
=>適切な誤差配分とモデル化、データ解析により、**W/開で達成**

しかし、何でも解けるわけではない。

### ○データの単純化が必要

- \* 多項式ならなるべく低次の項まででモデル化可能  
システムに工夫が必要  
=>サブシステム要求(熱構造安定、指向安定性など)  
特に、要求の成立如何で誤差配分が敏感に変動するものは、**重要なキ一技術**



## ★キ一となる技術要素の技術実証実験 (P-118, P-119参照)

宇宙研の競争的資金である**戦略的開発経費**に毎年度採択され、試験、実験が進んでいる。

- (1) **観測装置の熱変動実証**
- (2) **熱環境**
- (3) **光学系調整**  
\* システムの詳細評価:  
ミッション部のシミュレーションデータ設計  
担当候補の衛星メーカーとシステム部担当メーカーにより、開発費、コスト評価などが進んだ。

右: 熱むき検証モデルと二軸多自由度の設置状況。左: 実証実験の振動検出部ボックス。

## ★宇宙研へのミッション提案と審査への対応、今後の課題への対応

ISAS/JAXAの公募型小型計画宇宙科学ミッション(イプシロンロケット搭載の小型科学衛星)

- ミッション提案: 2016年1月28日
- 2016年2月~3月: MDR(ミッション定義審査)相当の審査  
\* ヒアリング審査4回
- 2016年6月: 評価結果の通知  
\* 与えられた課題2件を検討し、再度の評価(AMDR)を受けること。  
理学委員会としては、課題が解決された場合は、小型2号機に推薦する  
\* 課題1: JASMINEチームと宇宙研で協議し、必要十分な体制構築を行う  
課題2: 位置決定精度の実証、特に多数枚撮像、貼り合わせ手法により精度達成が見込めることについて、実データを使用して示すこと。  
=> 1, 2とも宇宙研のサポートを得て、検討を行った。

- 2017年3月下旬、事前審査=>合格(本審査を受けてよい)  
=>4月初旬にAMDR合格  
(評価委員会から理学委員会へPhase A1へ進めることを推薦)  
=>5月: 宇宙理学委員会合格(理学委員会から宇宙研へPhase A1へ進めることを推薦) \* 主にPhase A1で行うべきいくつかの課題付き。
- 2017年6月: 宇宙研所長より、Phase A1に進める前に通常の計画審査を実施するとの通知。先ず、高度な専門性を要するため、国際審査を計画審査の一環として行う。国際審査の目的は、Phase A1での課題と優先度を明確にすること。
- 2017年12月6日~7日@宇宙研: 国際審査  
\* 国際審査: 審査委員は、外編7名、日本人1名、ヒッパルコス2のリーダー、Gaiaのリーダー、Gaiaのデータ解析のサブリーダー、HST/FWISPsより&romanceの専門家、GRAVITYのメンバー、BRAVAの内定者。
- 合格

科学的意義と現段階でのデータ解析方法や技術的要素の検討状況について高く評価していただいた。多くの有用なアドバイスと重要な課題も示唆頂いた。

★ **近赤外線帯域での高頻度な位置天文観測という世界でユニークな特徴があり、Gaiaの補完になる重要なミッション**ということで、世界の位置天文学コミュニティの組織であるIAU(国際天文学連合) Commission A1(astrometry)から正式な推薦を受けた。  
★ **Gaiaのデータ解析チーム(ハイデルベルグ大学とドレスデン大学)から 小型JASMINEへの参加意思表明の正式レター**を受け取っている。