



Jasmine

# P-039

## 小型JASMINE(赤外線位置天文観測衛星)計画

### の全体的概要



Small-JASMINE

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**( $1.1 \sim 1.7 \mu\text{m}$ )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**

★ **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**

### ★科学目的とフルサクセスレベル:

観測された時系列データをもとに、以下のような科学目的の達成を目標としている。

#### 主目的: 宇宙に巨大ブラックホールはなぜ存在するのか?

銀河系は、巨大ブラックホールの形成を調べるために他の銀河では適応できない**研究手法(恒星の精密かつ詳細な運動学的情報を使う)**を用いることが出来て非常に**良い"実験場"**となる。

#### (1)銀河形成標準理論の検証につながる銀河系の巨大ブラックホールの合体形成の観測的検証

中間質量ブラックホールが中心領域に落ち込み、中心領域の星へのブラックホールによる**力学的摩擦**の効果が効いているか効いていないかを星の位相分布関数を用いて、統計的に**高信頼度(フルサクセスレベルで99.7%以上)**で判断

#### (2)巨大ブラックホールへのガス供給機構解明につながる銀河系中心核バルジの重力場の解析

銀河系中心核バルジの棒状構造モデル(重力場モデル)における棒状パターンの回転角速度といったパラメータへの制限を与える。特に、中心核バルジに、半径5kpc程度の棒状構造とは異なる、より小さな**内部棒状構造**が存在しているかどうかを、運動学的に、つまり棒状構造のパターンの回転角速度の違いを用いて統計的に**高信頼度(フルサクセスレベルで99.7%以上)**で判断できることを目標

### ★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、 $200\mu\text{as/yr}$ 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 $-2$ 度 $\sim 0.5$ 度、銀緯**0.2度 $\sim 0.5$ 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、 $150\mu\text{as/yr}$ 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**。

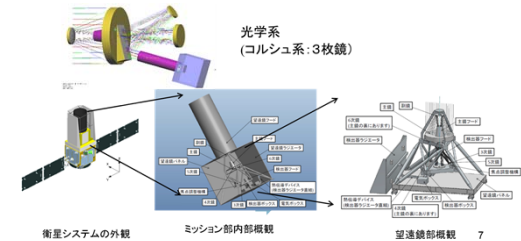
#### 要求(iii)

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出された星の年周視差、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**できること。

### ★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:  $0.6 \times 0.6$ 度  
アストロメトリ用検出器: HgCdTe ( $4k \times 4k$ ) 1個  
アストロメトリ用観測波長: Hw-band ( $1.1 \sim 1.7 \mu\text{m}$ )  
photometry用観測波長: J, Hバンド、HgCdTe ( $1k \times 1k$ ) 2個



★ **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。

○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系、活動恒星など)**に対象を特化し、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。**

### ★副次的な科学目標(例)

I. 小型JASMINEが、他のミッションに比べて威力を発揮できる銀河系中心付近での天体物理学

- (1)中心付近の星団の運動→**星団の起源**
- (2)バルジ内の**共生X線連星**と**X線点源**の解明
- (3)星間吸収物質の3次元分布
- (4)中心付近の**変光星**の物理的解明
- (5)重力レンズ効果→**重力レンズ天体(太陽系外惑星系系も含む)**の物理的解明
- (6).....

### ★小型JASMINEサイエンスWGによる検討

II. 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系、活動恒星など**に対象を特化し、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 $10\mu\text{as}$ 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

○**系外惑星系系**(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**

○既知の系外惑星系の軌道要素決定→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

★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。

★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。

★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。

### ○観測プログラム:

- (1)**銀河系中心方向の領域(1万個程度の星数):  $9\text{mag} < \text{Hw} < 13\text{mag}$ の星のデータをダウンロード**
  - (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-038,P-042参照)

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

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ブレーションに使える。
- ★長時間変動は単独星の動きのモデル化(らせん運動)により同時に解析。
- ★Gaia等の高精度測定データもキャリブレーションに使用。
- ★モデル残差がホワイトノイズ化。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、VN則で達成

★しかし、何でも解けるわけではない。

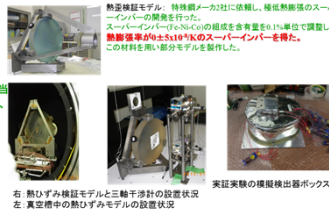
#### モデルの単純化が必要

- ★多項式ならば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、**重要なキー技術**

### ★キーとなる技術要素の技術実証実験 (P-040,P-041参照)

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)環境
  - (3)光学系調整
- ★システムの詳細評価: ミッション部のインテグレート検討担当の衛星メーカーとバス部メーカーにより、開発計画、コスト評価などが進んでいる。



### ★宇宙研公募型小型計画宇宙科学ミッションでの審査状況

#### ○評価結果と現状

- ★このままでは推薦できない。与えられた課題2件を検討し、再度の評価(AMD)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(優先順位1)
- ★課題1: JASMINEチームと宇宙研が連携し、必要十分な体制構築を行う
- ★課題2: 位置決定精度の実証。特に多数放散像、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、実データを使用し示すこと。
- 課題1, 2とも宇宙研の正式なサポートを得て、検討が進行中。
- さらに、課題2に関しては、Gaiaのデータ解析チーム@ハイデルベルグ大学や八木雅文氏(NAOJ)等の協力も得ながら、検討を進めている。