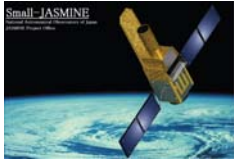




P-113

# 小型JASMINE(赤外線位置天文観測衛星)計画 ～全体的概要～



郷田直輝(国立天文台)、JASMINEワーキンググループ

## 小型JASMINEのミッション概要

- \* **Hwバンド**(1.1~1.7  $\mu\text{m}$ )の波長域における撮像観測を高頻度(約100分に1回)で行い、**天体の天球面上での位置の時間変動(時系列データ)**を10  $\mu\text{as}$ クラスの高精度で測定する(位置天文観測)計画。時系列データやそこから導出される年周視差、固有運動等を**カタログ**として提供。
- \* 可視光で見通すことが困難な**銀河系中心方向の数平方度の領域の星々**、および(高頻度測定を活かせる)興味ある**特定天体(X線やガンマ線連星系、低質量星の系外惑星系、活動恒星、星形成領域など)**に対して観測。
- \* **口径30cm**の望遠鏡を打ち上げる。
- \* 小型JASMINE計画は、JAXA宇宙科学研究所の**イプシロン搭載宇宙科学ミッション**に応募。

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

○主な目的(ミッション要求に直接つながるもの):

- 巨大ブラックホールと銀河バルジの共進化の解明**
- (i)銀河形成標準理論の検証につながる**巨大ブラックホールの合体形成説の観測的検証**
- (ii)巨大ブラックホールへの**物質供給機構**を決定づける**銀河系中心核バルジの重力場解析**

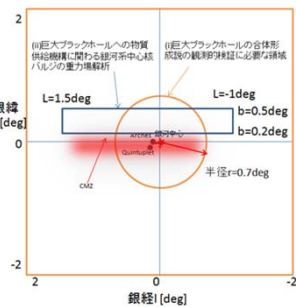
○副次的目的: 銀河系内天体で、**短時間変動現象を伴い近赤外線**で明るく物理的に興味がある、いくつかの**特定天体(例えば、高エネルギー天体連星系、恒星が低質量系外惑星系、活動恒星など)**を対象を特化し、これらの天体の物理的解明。

★フルサクセスレベル: 主目的に対して、巨大BHの合体形成の是非: 99.7%以上の信頼度で判定  
中心核バルジの重力場に対する制限  
=> 銀河系中心にガスが落ち込むかどうか: 99.7%以上の信頼度で判定。

### ★ミッション要求:

銀河系中心付近の特定領域方向に対して、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。

- (i) 特定領域は、銀河系中心を含む領域で銀経-1度~1.5度、銀緯0.2度~0.5度の範囲の領域(青)と半径0.7度程度の円の領域(橙)を含む領域とする
- (ii) 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、50 $\mu\text{as}/\text{yr}$ 程度以下で測定できる半径0.7度程度の円の領域の銀河系バルジに属する星の個数が、6000個程度以上。
- (iii) 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、50 $\mu\text{as}/\text{yr}$ 程度以下で測定できる銀経-1度~1.5度、銀緯0.2度~0.5度の範囲の領域での銀河系バルジに属する星の個数が、3000個程度以上。
- (iv) 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。

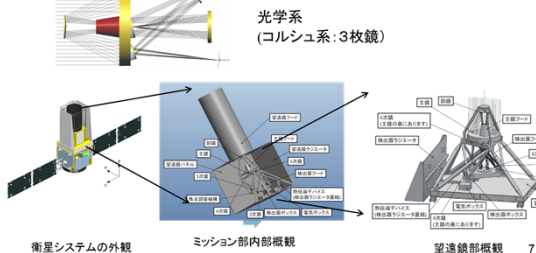


## ★小型JASMINEミッション部の仕様案

### ○観測装置仕様案

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

光学系  
(コルシユ系: 3枚鏡)



### ○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):  
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。
- 観測精度(目標):  
(1) 銀河系中心方向: 年周視差 10~20 $\mu\text{as}$ 、固有運動 10~50 $\mu\text{as}/\text{yr}$  (Hwバンドで11.5等級より明るい星に対して達成)  
\* 9mag < Hw<12magの星のデータをダウロード  
(2) 特定天体方向:  
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  
○時系列データは、特定天体に対しては、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。銀河系中心付近に關しても、ほぼ同様。  
○観測期間: 3年間程度  
○軌道: 太陽同期軌道(高度約550km以上)

## ★主目的の具体的科学目標 (P-114参照)

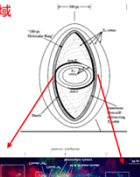
### (1) 巨大BHの合体の検証による銀河形成標準理論の検証

- 巨大BHの形成問題は、**半世紀におよぶ天文学の大問題**
- \* 中間質量BH同士の合体か? ガスの降着か? それとも両方の効果か?
- \* 銀河形成の標準理論(銀河同士の合体)との関連は? 天の川銀河中心の巨大BHでは合体が起こったか? => 中心付近の星の位相空間分布へ影響。その痕跡を調べる。合体の是非の判断(99.7%以上の信頼度)
- (2) 巨大BHへの物質供給機構(角運動量損失)を決定づける重力場モデルの制限
- ★巨大BHの進化<=>ガスや星、中間BHの供給
- 巨大BHへのガスや星、星団の中間質量BHの供給=>角運動量の損失が必要 \* 銀河系中心付近での活動性にも関連
- バルジ: **回転する棒状構造** (星や星団(super star cluster)形成など)
- \* 同じエネルギーで2つのX1とX2軌道群が共存領域あり。
- \* X1軌道は内縁部で自己交差。
- 供給機構=>軌道群の特徴や存在領域 => 重力場に強く依存: 今後、銀河中心は活動化するか?
- \* ガスの角運動量、エネルギー損失。
- \* X2の軌道によって分子雲が生まれる。
- \* 分子雲で生まれた星や星団が中心に落下?!
- 星の軌道分布(位相空間分布) => 重力場モデルを制限  
e.g. パターン速度が大=>中心にガスが落ち込みやすくなり、活動的になるかも。

### 過去を調べる



### 未来を調べる



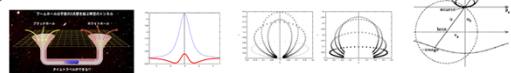
## ★副次的な科学的目標 (P-115参照)

### (1) 銀河系中心領域

- 中心付近の星団の運動=>星団の起源、中心付近の重力ポテンシャルの解明
- バルジ内の共生星X線連星やX線点源の解明
- 星間吸収物質の3次元分布
- 中心付近の変光星の物理的解明
- .....

### (2) 中心方向以外にある特定天体

- 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
- 重力レンズ効果=>重力レンズ天体の物理的解明  
ワームホールの発見?!
- .....

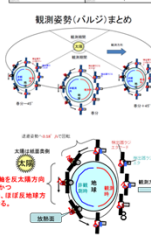


## ★ミッション・システム要求を満たすシステム仕様案 (P-116, 118, 119, 120参照)

### ○観測装置性能:

- \* 遠光対策
- \* コンプレックスアウトガス対策
- \* 望遠鏡、検出器の温度と熱設計
- \* 熱機安定性
- \* 望遠鏡の指向安定性
- データ通信: 科学データ用にミッション部でXバンド使用
- データ処理系: 特に問題は無い。
- 姿勢: 特に大きな問題は無い。
- 電力: マージンあり。
- 衛星重量: 制限を満たす(約335kg(RCS搭載の場合は、約400kg))
- 標準バスとのインターフェース: 特に大きな問題は無い。
- データ解析手法: 同一天体の高頻度観測=>同一フレームが多数枚。  
\* 星の相対位置は長時間では変化しない、長時間では単独星は天球面上でらせん運動をする。  
=> 自然の校正装置により、系統誤差の推測。  
残差はランダム化=>多数フレームにより、誤差が減少。  
\* 年周視差の高精度測定や長年変動=>GaiaやUCAC4の観測データを校正に使用
- コストリスク込みで、公募条件にある上限予算内の見込み

Criticalな技術要素に関しては、多段階(部分試作、BBM、EM、FM)の実証計画を立てている



★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) Commission8から正式な推薦を受けた。