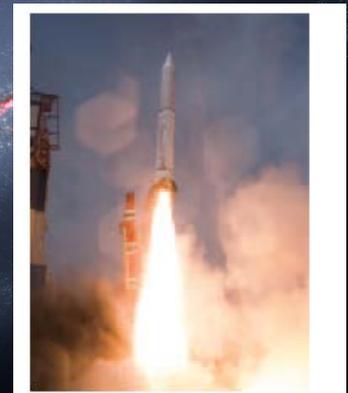
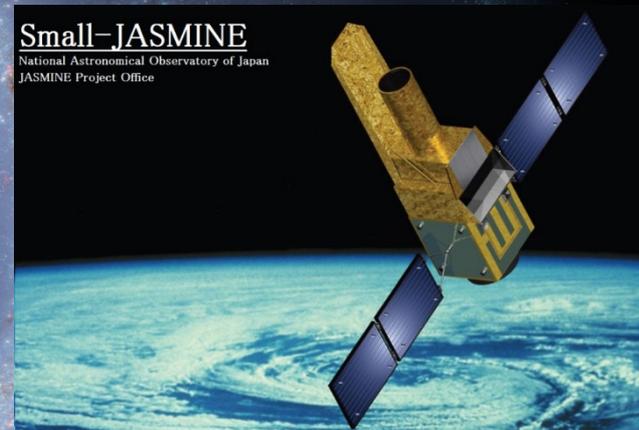
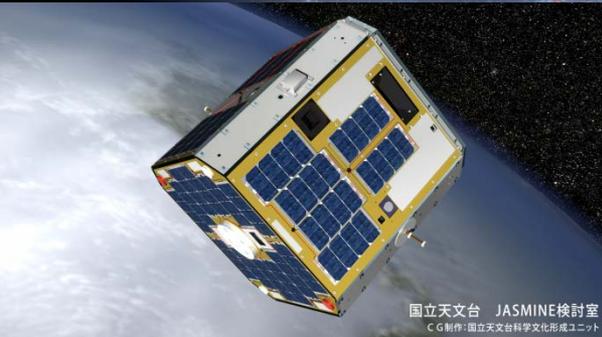


小型JASMINE計画

郷田直輝（国立天文台JASMINE検討室）
JASMINEワーキンググループ



イプシロンロケット

§ 1 序章： 今後は、画期的な位置天文観測データを用いた天の川銀河が益々盛んに！

★位置天文観測とは？： らせん運動

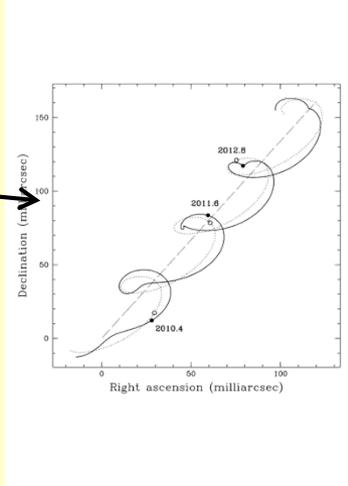
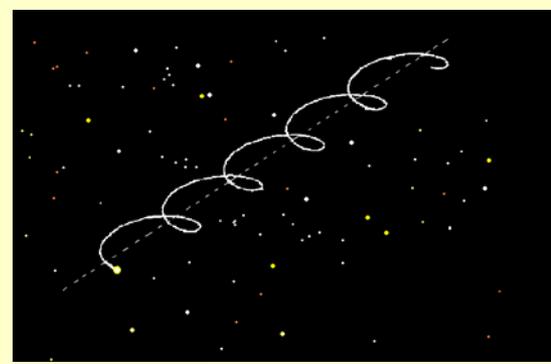
星の天球面上の位置とその時間変化を測定。

位置(方向)、年周楕円運動+固有運動、

(場合によって) **特殊な動き** らせん運動からの“ずれ”

観測終了後カタログを作成。

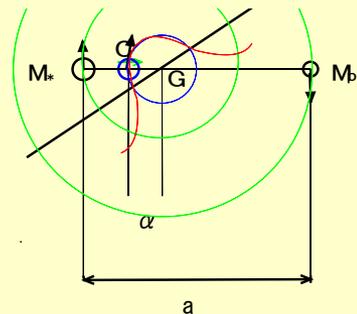
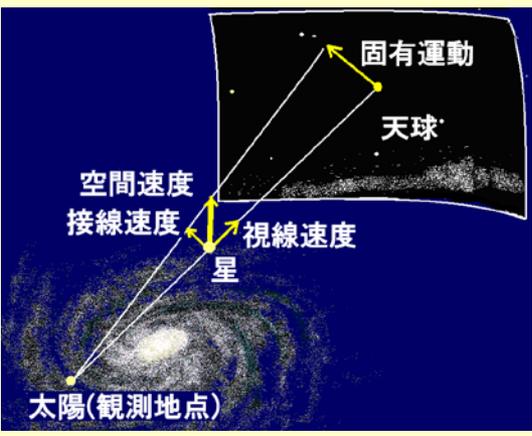
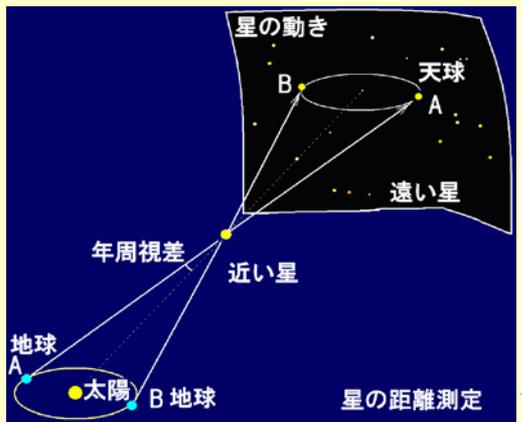
5つの位置天文パラメータ： $\alpha, \delta, \varpi, \mu_\alpha, \mu_\delta$
 (赤緯、赤経、年周視差、(赤緯方向の)固有運動、(赤経方向の)固有運動)
 +(らせん運動からの)ずれ



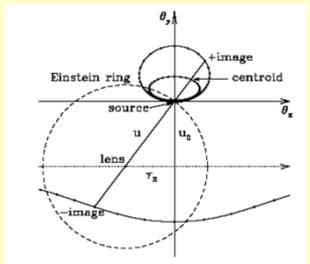
惑星系、連星系、重力レンズ効果など

年周楕円運動の長半径 (年周視差) => 距離

固有運動+距離=>接線速度



連星系(惑星系)



重力レンズ効果

星の重要な基本情報

～位置天文学は何の役に立つのか？～

年周視差

距離

星の**本当の明るさ**、放出している**本当のエネルギー**
距離はしごの**ベース** => 遠方天体の距離の推定

天球上の位置 + 距離

星の3次元空間分布

天の川銀河構造の**サイズ**、**形状**、**構造要素**など
星団の**サイズ**、**形状**など

固有運動 + 距離

星の**接線速度**

(視線速度に垂直方向)

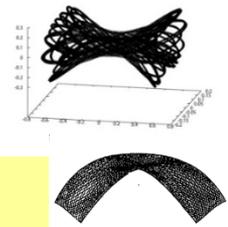
(視線速度情報を加味して) 星や星団の**3次元運動**

星の3次元

空間分布 + 運動分布

重力場や**位相分布関数の情報**

* (観測できていない) 星や**ダークマター**の
力学構造、**軌道**



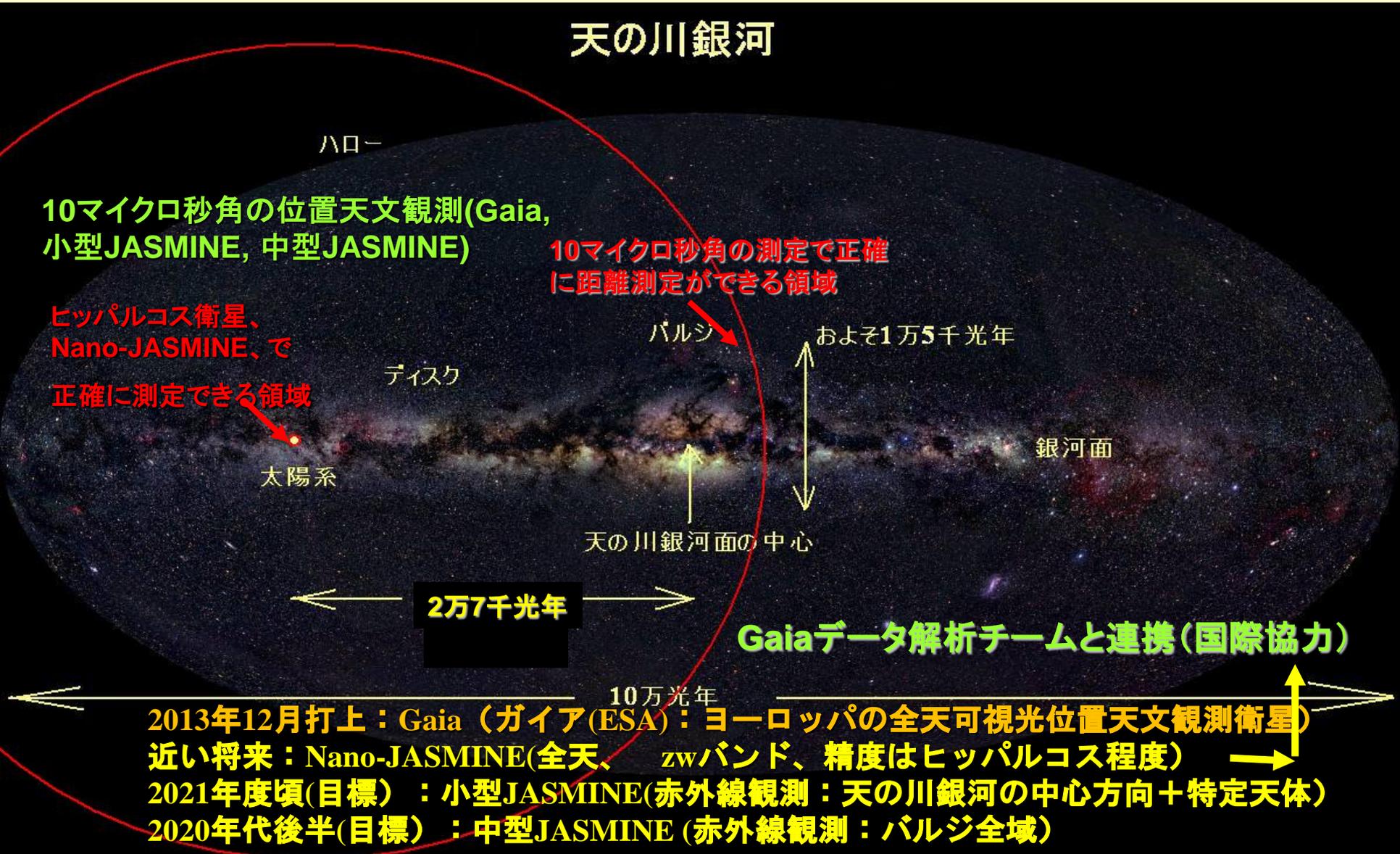
星、星団、銀河系構造の**形成**、**進化の痕跡**

見えないものが見える!

特殊な運動(らせん運動(年周楕円 + 固有運動からのずれ)

連星系の軌道、**連星の物理情報**、**系外惑星探査**と**惑星の物理情報**、**重力レンズ天体の物理情報**など

★ヒッパルコス衛星と今後の位置天文観測衛星計画



天の川銀河

ハロー

10マイクロ秒角の位置天文観測(Gaia, 小型JASMINE, 中型JASMINE)

10マイクロ秒角の測定で正確に距離測定ができる領域

ヒッパルコス衛星、Nano-JASMINE、で正確に測定できる領域

バルジ

およそ1万5千光年

ディスク

太陽系

銀河面

天の川銀河面の中心

2万7千光年

Gaiaデータ解析チームと連携(国際協力)

10万光年

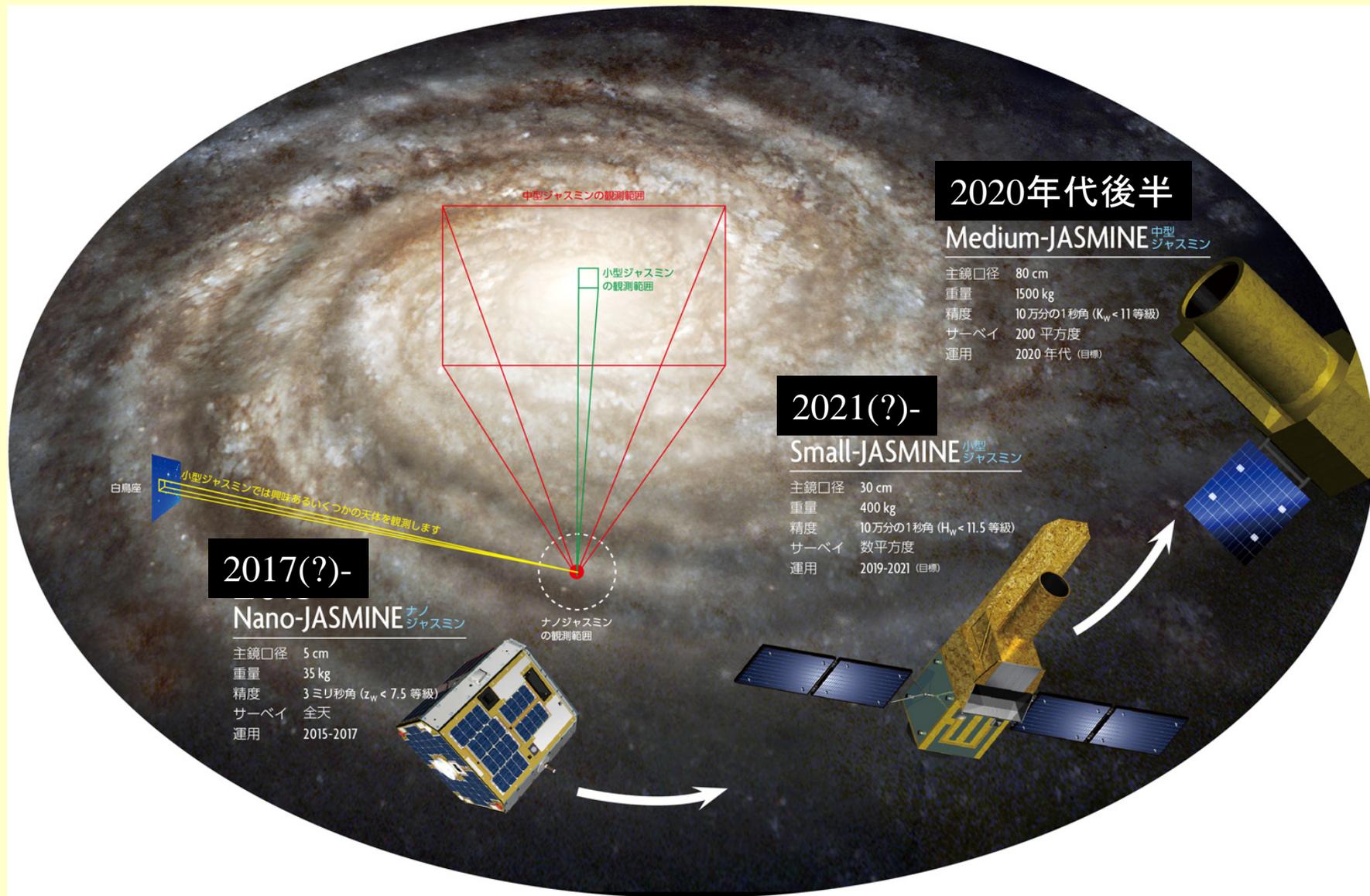
2013年12月打上: Gaia (ガイア(ESA): ヨーロッパの全天可視光位置天文観測衛星)

近い将来: Nano-JASMINE(全天、zwバンド、精度はヒッパルコス程度)

2021年度頃(目標): 小型JASMINE(赤外線観測: 天の川銀河の中心方向+特定天体)

2020年代後半(目標): 中型JASMINE (赤外線観測: バルジ全域)

★JASMINE計画シリーズ



位置天文観測の大革命時代の幕開



Gaiaは革命的：

質（ 10μ 秒角クラスの位置決定精度）、

量（約10億個の星）とも画期的

しかし、Gaiaだけあれば十分か？ \Rightarrow No!

○Gaiaは、現在、世界中で運用している唯一の位置天文衛星。意義が大きいという
メリットがあるとともに、1つしかないことによる懸念材料もある。

Gaia dataのvalidation \rightarrow 全天をサーベイする他の位置天文観測衛星のデータが望まれている：
Nano-JASMINE計画

○Gaiaは、大きな鏡なので、
明るい星（6等星以下）が、苦手。 \rightarrow 超小型の方が可能！ \Rightarrow Nano-JASMINE計画

将来、GaiaとNano-JASMINEのカタログをマージしたアーカイブを作成予定。
その検討のための予算(EU-FP7)を獲得済み。

○可視光観測 \Rightarrow 天の川銀河の中心付近の観測は苦手（塵が可視光を吸収）

\rightarrow 近赤外線帯域での観測が有利 \Rightarrow 小型JASMINE計画

○全天サーベイ \Rightarrow 同一天体の観測頻度が低い（2ヶ月程度に1回）

\Rightarrow 短周期変動現象は苦手 \rightarrow 高時間分解能(高頻度)な観測 \Rightarrow 小型JASMINE計画

IAU commission 8(astrometry)が、そのユニーク性から小型JASMINEを正式に推薦

2. Nano-JASMINE(NJ)の概要

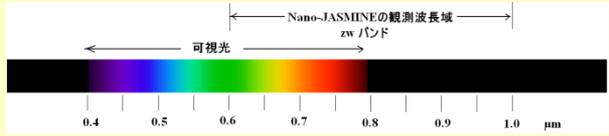
2-1 NJのミッション目標

zw-band(0.6~1.0ミクロン)での位置天文観測: 全天サーベイ
 zw<9等級をダウンロード(約50万個の星)
 位置測定精度: ~3mas(7.5等級より明るい星(20万個)に対して)

* ヒッパルコスカタログと結びつけると

- 固有運動精度は1桁程度向上(~0.1mas/year)
- 年周視差も精度向上(~0.75mas)
- 長周期(6年~40年程度)連星の判別と軌道要素決定

○Gaiaでは解析が困難な明るい星(G<6)の位置天文情報を提供可能。



Gaiaの補完となるため、Gaiaデータ解析チーム、ESAからの期待も大きい。

公式なサポートレターも得ている。

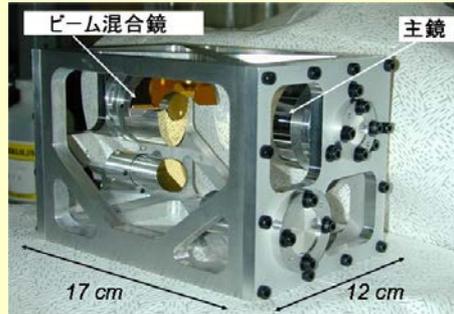
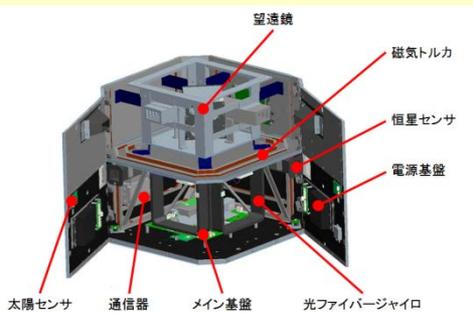
○ユーザーの利便性を考え、将来に、Nano-JASMINEの観測データとGaiaの観測データを一緒に公開

→公開の枠組み検討と技術開発を目的としてヨーロッパ基盤研究費(EU-FP7)へ申請していたが、(PI: Luri教授、バルセロナ大学)採択された！ 全額は、3年間で2.5Mユーロで、山田氏(京大)へ5万ユーロ配分された。

○ヒッパルコス衛星のリーダでかつ途中まで GaiaのリーダであったM.Perryman氏もサイエンス検討で国際的な協力。

★NJの仕様概要

- 主鏡口径: 5cm、焦点距離: 1.67m
- 衛星サイズ: 50×50×50cm
- 衛星重量: 約35kg
- 衛星軌道と高度: 太陽同期軌道、約800km
- 運用年数: 2年~3年



* 衛星フライトモデルは2010年10月に組み立て完了

2-2 Nano-JASMINEで期待される科学的成果の例

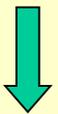
I.(ヒッパルコスカタログとの組み合わせによる)固有運動の精度アップ:

全天で50万個の星

~0.1ミリ秒角/年(1km/s@1kpc)@zw=7等

~0.2ミリ秒角/年(2km/s@1kpc)@zw=9等

NJサイエンス検討WG
西、奥山(新潟大)、半田、今井(鹿大)、
山岡(九大)、穂積(滋賀大)、板、小野里(東北大)、
田辺(東大)、吉岡(東京海洋大)、本間、
廣田、永山、坂井(NAOJ-VERA)、
JASMINEチーム



* Gaiaでは測定が苦手な明るい星(G<6等)の観測を補う意義もある。興味ある重要な個別天体が多数ある。

○星形成領域での星の位置と固有運動

* 例えば、オリオン領域での大質量星の固有運動
=>個々の大質量星の形成場所や形成起源の研究

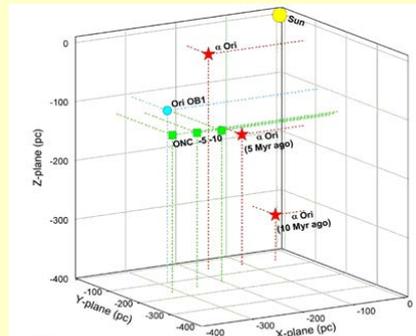


Fig. 1.3.2 Schematic representation of Betelgeuse's position as a function of age in galactic coordinates, compared to the position of the young Orion Nebula Cluster (ONC) and the older Ori OB1 association (Harper et al. 2008)

○重力的に束縛された連星かどうかの判別

* 例えば、ミザールとアルコル
(信頼度: 1.1σ(ヒッパルコスのみ), 8.3σ(ヒッパルコス+Nano-JASMINE))

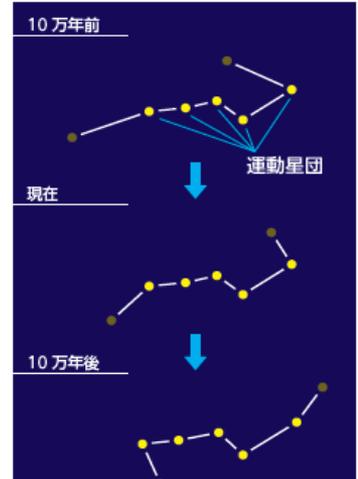
○太陽系近傍の変光星、星団の固有運動を用いた近傍の銀河力学、渦巻き構造

* 運動情報による星団の同定。星団に属する星の同定と星形成史。
* 近傍の共鳴軌道の判別=>天の川銀河の力学構造を反映

○周期が6年から40年程度の明るい連星の判別、軌道要素などの解明

* 北極星、アルビレオ、アルクトゥールスなど

○VERAとタイアップした星形成領域の構造、星の形成史など



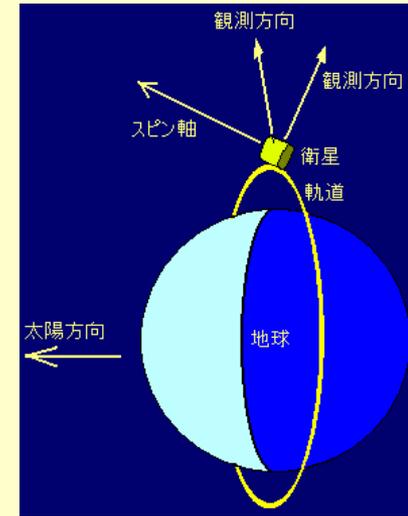
2-3. 打ち上げについて

軌道: 高度800kmの
太陽同期軌道

Nano-JASMINEは、打ち上げ会社（ACS社）との契約によれば、ウクライナのサイクロン-4 ロケット（初号機）を用いて2015年末までにブラジルアルカンタラ発射場から打上げ予定。



サイクロン-4 ロケット
© SDO Yuzhnoye



経緯: 最初は、2011年8月の打ち上げ予定。ブラジル政府の問題でブラジルの射場建設の遅れ。
2013年末にブラジル政府からの射場建設への追加予算を大統領が承認。
2014年4月にEM(試験機)によるロケットとのfitness試験@ウクライナの予定となった。
しかし、2014年2月にウクライナで政変=>fitness試験@ウクライナが、昨年4月からずっと延期。
* 2015年末までの打ち上げはかなり困難。
(ウクライナの政治情勢、ブラジル政府の予算状況などから射場建設が進んでいない模様。)

ところが最近動き出したのは... Gaiaチームによる全面的支援！！

- * ESAによる無償打ち上げ(打ち上げ時期の候補は、2017年12月頃)
- * 国際調整担当者との最初の会合(2015.3. 9)。交渉が開始された。
- * 技術調整中。今のところ大きな問題はない見込み。
- * JAXA宇宙研からもサポート。



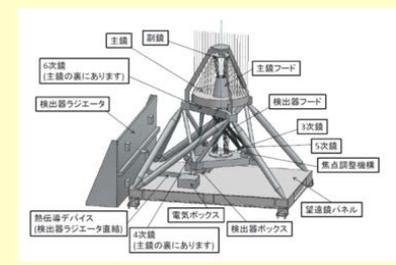
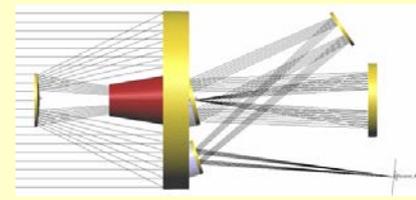
3. 小型JASMINE計画

3-1 ミッション概要:

- * 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**に応募予定。
- * **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分に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**位置天文パラメータの情報等をカタログとして公開**。

○小型JASMINEの仕様

主鏡口径:30cm、焦点距離: 3.9m
 視野面積:0.6度×0.6度
 アstrometri用検出器:HgCdTe(4k×4k)1個
 アstrometri用観測波長:Hw-band(1.1~1.7ミクロン)
 衛星重量:約400kg



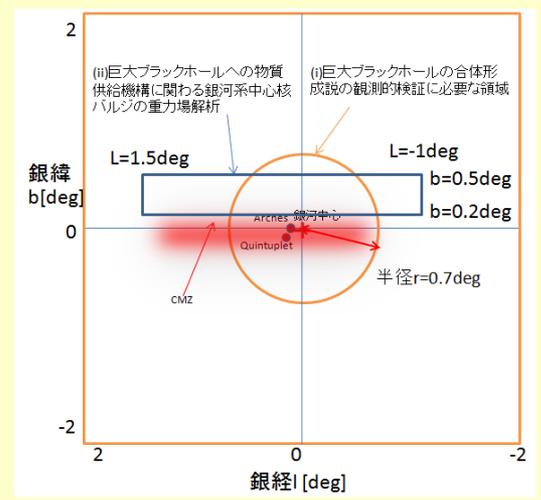
○サーベイ領域:

- I. プロジェクトサーベイ: **銀河系中心方向の領域** :春と秋に観測
 - *領域1=> 半径0.7度程度の円の領域
 - *領域2=> 銀経-1度~1.5度、銀緯0.2度~0.5度の範囲の領域

II. 公募サーベイ: 特定の対象天体

○観測精度(目標):

- I. 銀河系中心方向: **年周視差 10~20 μas** 、**固有運動 10~50 μas /年**
 (Hwバンド(1.1~1.7 μm)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ンロード
 *領域1=> 1000個以上の星(tentative)、*領域2=> 1000個以上の星(tentative)
- II. 特定領域サーベイ: **特定天体方向**(候補天体例:Cyg X-1)
 * 精度は、各々の対象天体に対する科学目的による



○測光精度は相対精度で0.01mag以下

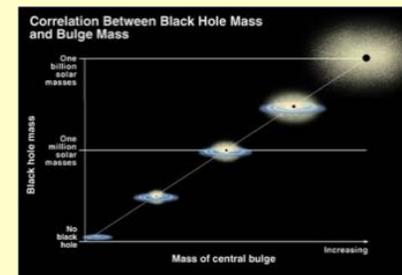
- 観測データは、天体の天球面上での位置および測光の時系列データ、およびそれを解析した、天体毎の年周視差、固有運動なども提供。
- 時系列データは、約50分間の連続撮像、その後約50分間の非観測時間、そして再度約50分間の連続撮像データ。
観測の総時間までそれが繰り返される。
- 観測期間:3年間程度
- 軌道:太陽同期軌道(高度約550km以上)

3-2. 科学目的と達成目標:

* 位置天文観測による時系列データとそこから導かれた年周視差、固有運動等の情報をカタログとして世界に公開する。



* 天文学、天体物理学の様々な分野で応用してもらえる。



○国内でのサイエンスWG: 小型JASMINEの科学的成果の検討

代表: 梅村雅之(筑波大)

バルジ班: 長島(長崎大、チーフ)、羽部(北大)、岡本(北大)、馬場(東工大)、河田(MSSL, ロンドン大学)、斉藤(東工大)、榎(東京経済大)、泉浦(NAOJ)

巨大ブラックホール・銀河中心班: 梅村(筑波大、チーフ)、谷川(理研)、藤井(NAOJ)、本間(NAOJ)

コンパクト天体班: 植村(広大、チーフ)、川口(NAOJ)、野上(京大)

星班: 西(新潟大、チーフ)、宮田(東大)、田辺(東大)、松永(東大)、板(東北大)、廣田(NAOJ)、中川(鹿児島大)

連星系・重力レンズ・系外惑星班: 浅田(弘前大、チーフ)、住(阪大)、福井(NAOJ)

特定天体の検討: CygX-1(植村氏(広大)等と検討中)、ガンマ線連星(山口氏(NAOJ)と検討中)、系外惑星(田村氏、須藤氏(東大)、松尾氏(京大)と検討中)、活動恒星(渡邊氏、関井氏(NAOJ)と検討中)

* 小型JASMINEの補完となる観測データ: 星の視線速度と元素組成

APOGEEチーム(PI: S.Majewski)とのAPOGEE-2計画 (南半球での高分散近赤外線分光観測)への共同プロポーザル提出。

さらに、小型JASMINEとAPOGEE-2、SDSS-IV collaborationとでサイエンス連携のMOUを締結した。

* IAU commission 8(astrometry)が、そのユニーク性から小型JASMINEを正式に推薦
(8月のIAU総会@ホノルルでも新たなAstrometry commissionからサポートの声)

★具体的な科学目的の例

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) 宇宙に巨大ブラックホールはなぜ存在するのか？

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

(2) 銀河系中心付近における活動性

* 中心付近へのガス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

(3) 中心付近の星団の運動 → 星団の起源

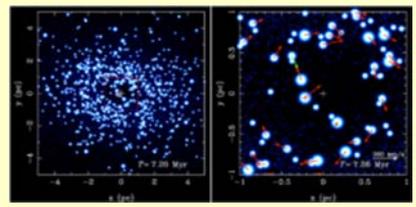
(4) バルジ内の 共生星X線連星やX線点源の解明

(5) 星間吸収物質の3次元分布

(6) 中心付近の変光星の物理的解明

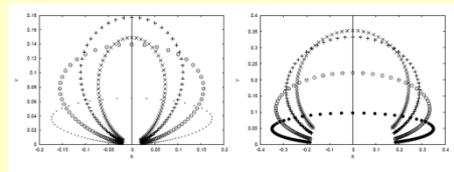
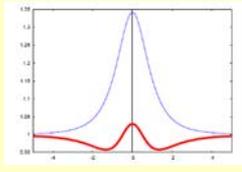
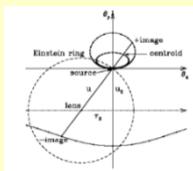
(7) 重力レンズ効果 → 重力レンズ天体

(太陽系外惑星系も含む)の物理的解明



ワームホールの発見?!

(8)



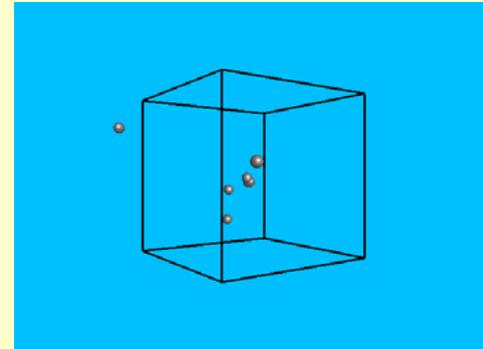
* 科学目的(1)、(2)とその達成目標 → ミッション要求、システム要求に直結する科学目的

ミッション要求(観測精度、観測領域、必要な星の観測個数等)を決めている、科学目的とその達成目標(フルサクセスレベル)。これは、宇宙研の審査では先鋭化、具体的な定量化が要望されている。

なお、ミッション要求をもとに、衛星のシステムへの要求が決まる。

* 科学目的(1)、(2)に対しては、光赤外分野のみならず、電波、理論、プラズマ分野とも関連し、関連分野の研究者コミュニティからもサポート。

★ 科学目的(1)の具体的達成目標過去を調べる



(1) 宇宙に巨大BHが存在するのは何故か？

○ 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？

○ 観測データが必要。系外銀河の巨大BHの情報を集めるとともに、詳細かつ精密なデータも必要。

➡ 一番、身近な巨大BHの観測も重要

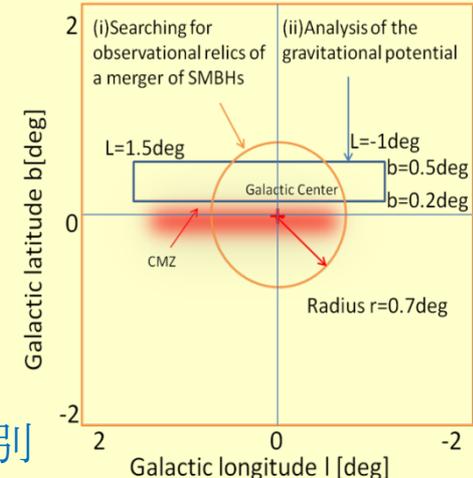
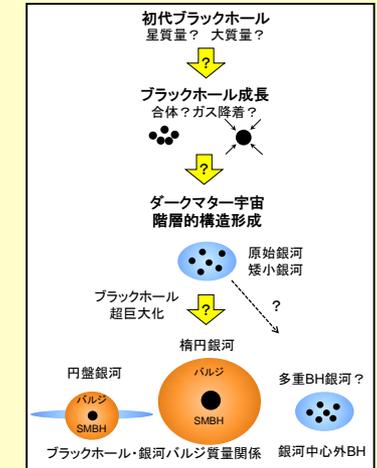
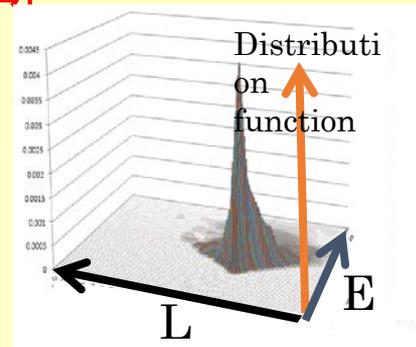
➡ 天の川銀河の中心にも巨大BHが存在！ (太陽質量の400万倍)

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(力学的摩擦)。
その痕跡を調べる。合体の是非の判断

(99.7%以上の信頼度)

小型JASMINE =>
年周視差や固有運動が必要な精度で
測定された星の個数が十分観測できる



Kullback-Leibler (KL) divergenceを用いて分布関数の違いを判別

$$D_{kl}(P_1(E_j, L_j) | Q_i(E_j, L_j)) = \sum_j P_1(E_j, L_j) \log(P_1(E_j, L_j) / Q_i(E_j, L_j)), \quad (P_1: \text{合体無しモデル } Q_i: \text{合体モデルの識別})$$

★ 科学目的(2)の具体的達成目標

未来を調べる

(2) 銀河系中心へのガスの供給:

中心付近での活動性、巨大BHの成長、爆発的星形成、巨大星団の形成にとって重要。

* 中心へのガスの供給機構(角運動量損失)の明確化

観測データが必要。系外銀河の巨大BHの情報を集めるとともに、詳細かつ精密なデータも必要。

➡ 一番、身近な銀河の中心と巨大BH

➡ 天の川銀河の中心の観測!

◎ガス供給機構の可能性の1つ:

中心核バルジでのバー構造!

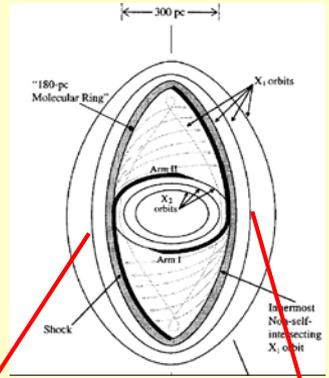
○回転する棒状構造(内部バー)

- * 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。

* 内部バーが存在! ?
 * 内部バーが存在した場合、そのバーの重力ポテンシャルの特徴は?

➡ ガスの角運動量、エネルギー損失。

中心核バルジ領域



CMZ(中心分子雲帯)



星の軌道分布(位相空間分布) => 重力場モデルを制限

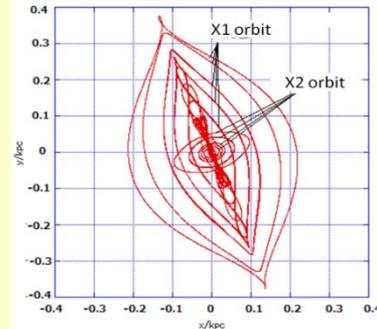
パターン角速度Ωで回転するバーポテンシャル

- * 銀河系モデル: 3次元バーポテンシャル (Ferresモデル)+バルジ (指数関数型モデル) + ディスク (Sofue model) + ダークハロー (NFW) + 巨大BH

◎例えば、Ωが、~150km/s/kpcより大きい小さいか?

99.7%以上の信頼度で判別できる。

If 大 ➡ 中心にガスが落ち込みやすい。

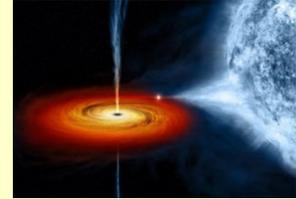


II. 銀河系内天体で、**短時間変動現象を伴い近赤外線**で明るく物理的に興味がある、いくつかの特定天体：**高エネルギー天体連星系、恒星が低質量な系外惑星系、活動恒星**などに対象を特化し、これらの天体の物理的解明。

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**

有力候補天体: Cyg X-1: ($l=71^\circ$, $b=+3^\circ$)

周期5.6日 (Gaiaでは観測不可能)

伴星: $m_v \sim 9\text{mag}$ (小型JASMINEで検出可能)、位置変化は、 $40 \sim 50\mu\text{秒角}$

→小型JASMINEで測定可能。測光精度は相対精度で **0.01mag 以下**

○**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

* γCas : WD or NS $\Rightarrow >1\sigma$ degree of confidence, HESS J0632: NS or BH (2σ)

○系外惑星探査(位置天文法による検出): 特に主星が低質量星の場合。

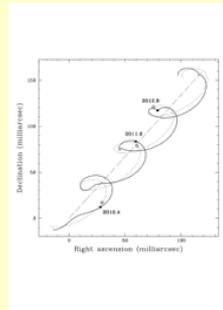
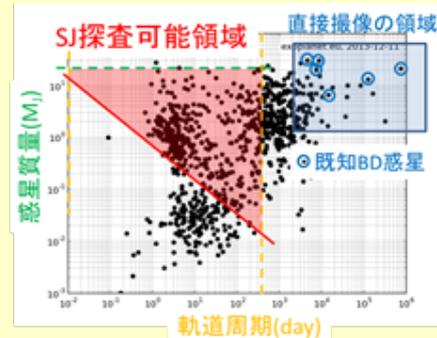
褐色矮星まわりの惑星発見。

○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ヶ月間で惑星を検出可能。褐色矮星周りの惑星が発見されればインパクト大

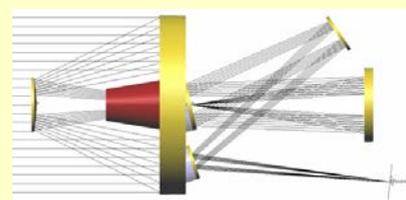
3-3. ミッション・システム要求を満たすシステム仕様案

○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 × 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: Hw-band(1.1 ~ 1.7ミクロン)
- photometry用観測波長: J, Hバンド、HgCdTe(1k × 1k)2個

○観測装置性能:

- * 迷光対策
- * コンタミ、アウトガス対策
- * 望遠鏡、検出器部の温度と熱設計
- * 熱構造安定性
- * 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))

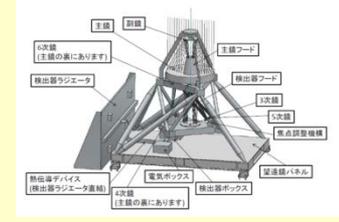
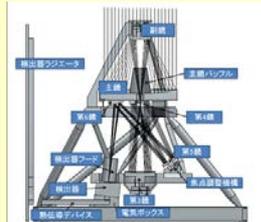
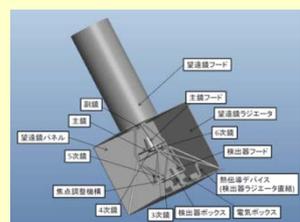
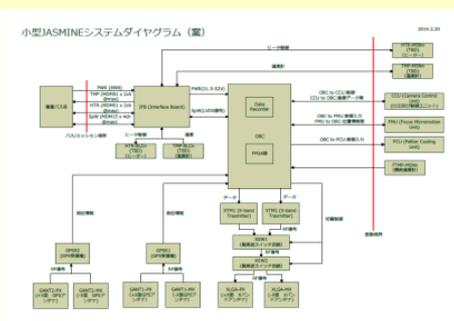
○標準バスとのインターフェース: 特に大きな問題は無い。

○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。

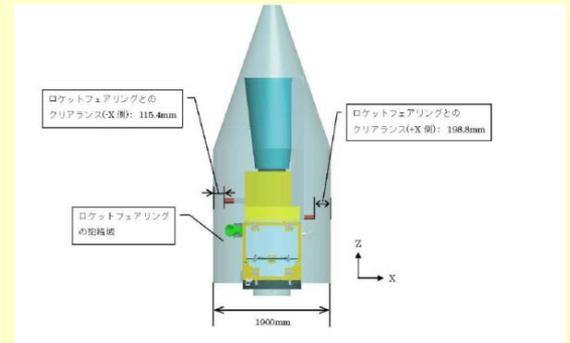
- * 星の相対位置は短時間では変化しない、長時間では単独星は天球面上でらせん運動をする。=> 自然の校正装置により、系統誤差の推測。残差はランダム化=> 多数フレームにより、誤差が減少。
- * 年周期の装置変動や永年変動=> GaiaやUCAC4の観測データを校正に使用

○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

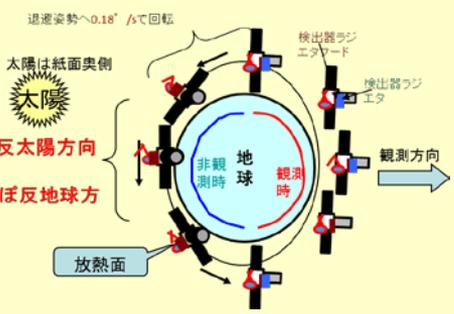
Criticalな技術要素に関しては、多段階(部分試作、BBM、EM、FM)の実証計画を立てている



* トラス構造(衛星取り付け部に静定トラスにより直接支持)



* フェアリング搭載性



○軌道、姿勢

- * 地球周回軌道(昇交点地方時6h太陽同期軌道)
- * 軌道高度550km
- ロケットチームによる飛行解析結果:
高度550kmの太陽同期軌道に重量402kgを打ち上げ可能

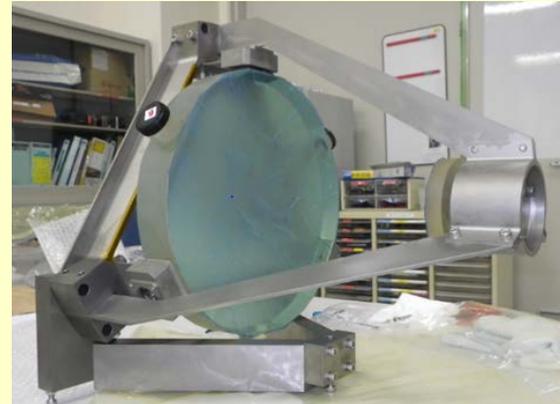
(注)RCSを搭載予定。

★キーとなる技術要素の技術実証実験

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

全スーパーインバー製望遠鏡の構造設計の成立性を実証することを目的として、部材試験および部分モデルによる熱膨張特性の実測を行った。インバー製ブラケットを接着したCFRPパイプとインバーパイプについて熱膨張特性を計測した。ブラケット接着が熱膨張に及ぼす影響は小さく $10^{-8}/K$ の桁までブラケット無パイプと熱膨張率が一致した。



(2) 熱環境

検出器は放射冷却とペルチェを組み合わせて、検出器の熱電流が許容範囲以下となる80K以下にまで冷却し、0.7K以下の温度安定性を実現させることを目標としている。このような熱環境を実現させるため、また常温から低温への温度変化によって生じる熱収縮率の違いが検出器アライメントに影響を与えないように、H26年度はMLIを巻いたアルミとガラエポを4重に折り返した構造を持つ検出器ボックスを設計した。また本構造の成立の鍵となるMLIの巻き方の検討と、それにより達成される実効輻射率の測定を行った。実効輻射率としておよそ0.2-0.3という値が得られ、熱構造解析により目標とする熱環境が成立する見通しが得られた。

熱歪検証モデル： 特殊鋼メーカー2社に依頼し、極低熱膨張のスーパーインバーの開発を行った。スーパーインバー (Fe-Ni-Co)の組成を含有量を0.1%単位で調整し、**熱膨張率が $0 \pm 5 \times 10^{-8}/K$ のスーパーインバーを得た。**この材料を用い部分モデルを製作した。

(3) 光学系調整

光学系のアライメント設計を企業に委託中。その後、アライメント調整の実証実験を行う。



実証実験の検出器ボックスダミー(左)と実験全体像

* コストの再評価:

ミッション部のインテグレート候補の衛星メーカーと、サブシステム担当メンバー、担当企業とによる検討を開始。

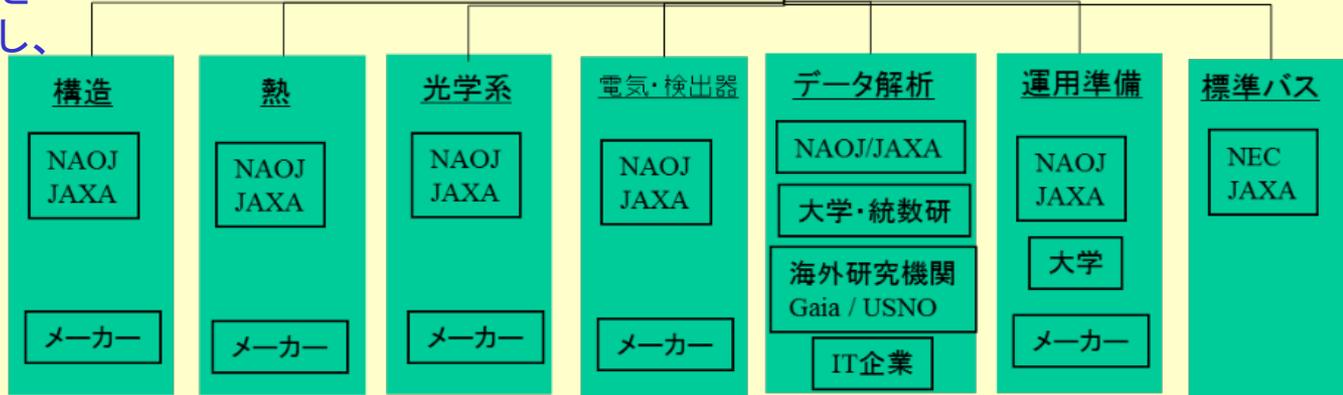
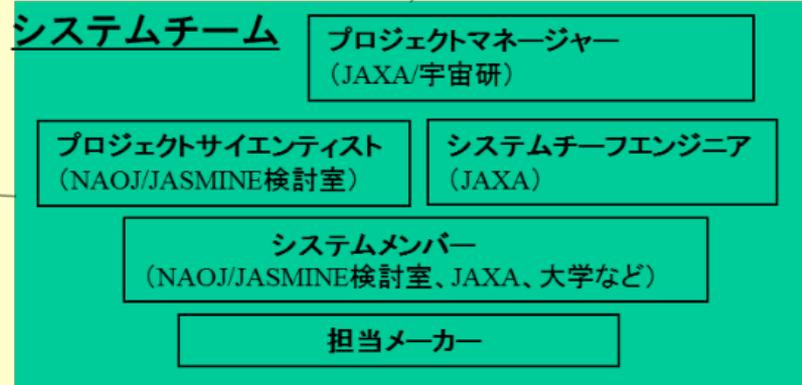
3-4. 将来の開発体制(案)

位置天文コミュニティー
日・米・欧・IAU



サイエンス検討チーム
梅村(筑波大)
西(新潟大)、長島(長崎大)、
浅田(弘前大)、他大学・研
究所研究者

国際連携担当
(NAOJ)



* 小型JASMINEは、観測装置を含め新規開発事項は極力無くし、“枯れた技術”で構成している。ただ、キーとなる技術要素に関しての開発、試験、調整等で衛星開発経験者のサポートが必要。

⇒ 構造、熱、電気、光学系のサブシステムに関しては、NAOJにおいて、経験豊かな方達を特任専門員で雇用することを希望している。

* データ解析は、Gaiaのデータ解析チームとの国際協力を視野に入れている。

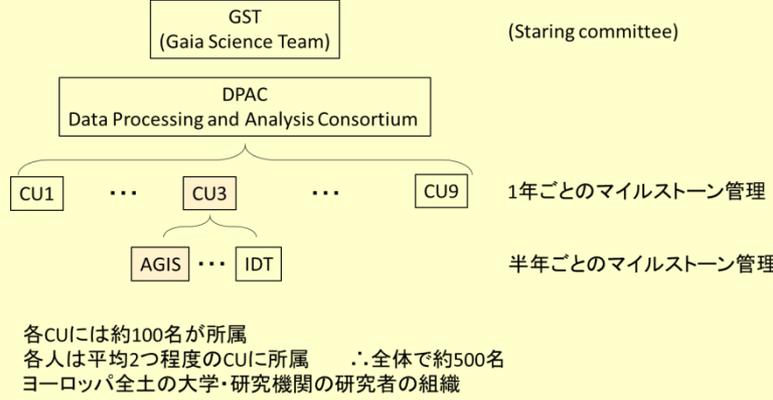
4. GaiaチームとJASMINEチーム、日本との協力関係

○Nano-JASMINEメンバーの一部はCU3 collaboratorとして登録されている

山田(京大)、吉岡(海洋大)、郷田、矢野、原(NAOJ)、穂積(滋賀大)、五十里、酒匂(東大)

Gaiaのメンバー専用リソースのほとんどにアクセス出来る。
Industry restriction (企業の作成したドキュメントは見られない)

Gaiaの開発体制の紹介(組織)



○Gaiaチームが構築した開発環境中で、

Nano-JASMINEのソフト開発を実施

○Gaiaのコアデータ解析の会合には、

山田氏が2011年春以来ほぼ毎回出席

○GENIUS (EU-FP7予算:公開系、2013/10～2017/3)のfull partner

○IAU symposiumに採択: Astrometry & Astrophysics in the Gaia sky@Nice, 5-9th Dec., 2016.

○GAIA-ITNをマリーキュリー財団へ共同申請の予定(再挑戦):

- * Gaiaデータを用いた科学成果の創出
- * Gaiaの限界や将来の発展の検討
- * 次世代の位置天文観測衛星計画の提案

若手研究者の育成を兼ねている
院生やポスドクのトレーニング

・予算の用途は、主にパートナー組織間での出張旅費、コア機関での若手研究者の雇用と各パートナー組織への短期的滞在、ワークショップなどの開催など。日本は、国立天文台を窓口とし、academic partnerとして参加予定。採択されれば、2017年2月から2021年1月までの4年間。

○Gaiaチームは、ESAによるNano-JASMINEの打ち上げを支援。

○小型JASMINEのデータ解析に関する国際協力も検討中。

★宇宙研のイプシロン搭載宇宙科学ミッションの公募について

* 予算制限: 85億円以内 (プロジェクト終了までの総予算)
+ 打ち上げ費用(～38億円 - 50億円)

★公募に関する説明会: 2015年6月23日(火)@宇宙研

○夏頃公募開始で秋頃に締め切りの予定。

○今回の提案は、今後の複数号機の候補となる: 今後は、MDRを早めにやり、それを通過したミッション(複数の可能性有り)は、宇宙研のプリプロジェクトとして宇宙研が支援。その後、1つに絞る。このとき選ばれなかった候補は、さらにプリプロジェクトを続けて次の号の候補になりうるが、その次の公募(2年後)で提案してくるミッションとの競争にはなる。

★本公募へのミッション提案を目指して準備中

○提出書類一式:

- 提案サマリ
- ミッション要求書(案)
- ミッション要求書根拠文書
- システム要求書(案)
- 運用およびデータ活用コンセプト(案)
- 概念検討書
- システム仕様書(案)
- プロジェクト計画書(案)
- リスク識別書(案)
- 国際協力
- 補足資料

○参考: 前回の公募審査:

*1 次選考(書類+ヒアリング): 理学、工学から各々最大2件を採択

→* 理学4件の内、2件(小型JASMINEは通過)、工学は3件の内2件
評価委員会からの検討課題を理学委員会のサポート付きで検討。

*6月に提案書改定版の提出。ヒアリング審査

* 理学委員会(6/23)への評価委員会の報告:

現状では、理学からは1件も推薦はしない。ただし、小型JASMINEは、提案内容のさらなる見直しをより詳細な検討に基づいて継続して実施した場合、イプシロン搭載小型計画の候補として認め得る水準に到達できる可能性がある。

(書類審査では高得点を頂いていた)

課題点: ○(小型科学衛星標準バスの保証寿命の1年を制限として課したが故に)10ヶ月間の科学運用をベースラインとしたが、その際の科学目的達成の信頼度の評価が1σ程度。→3σ以上にもっていく

(観測期間の延長(可能な見通し)と解析方法の改良により、見込みが立ってきている)。。

○体制の強化

5. 最後に

○小型JASMINEのタイムライン:

2015年度: JAXA宇宙研によるイプシロン搭載宇宙科学ミッション公募への応募

: MDR(ミッション定義審査)

: MDRをパスした場合は、ISASのプレプロジェクト

1~2年間、宇宙研のサポートを得つつ詳細検討。

=> SRR(システム要求審査) => JAXAプレプロジェクト

=> JAXAプロジェクト審査 → JAXAプロジェクト

衛星開発

2021年度: 打ち上げ目標

3年間の観測運用

観測データは、観測運用中の中間リリース、運用終了後、最終リリース。

○開発体制:

小型JASMINEは、“枯れた”技術で構成。観測装置の新規開発はない。

既存技術による、組み立て、試験、調整。

→ サブシステム開発は衛星開発の経験者(企業退職者等)を有期雇用で対応。

ミッションインテグレータは衛星メーカーに委託。

* 他の光赤外のプロジェクトの開発体制に影響を及ぼさない努力。

* スペース開発ができる院生、若手研究者の育成、将来のプロジェクトへの継続性を目指す。

○サイエンスコミュニティ:

- * Gaia時代を迎えて、アストロメトリのデータを用いた研究者コミュニティは拡大するはず(日本でも拡大しなければならない)。
- * Nano-JASMINEサイエンスワーキンググループ、小型JASMINEサイエンスワーキンググループの活動に加えて、光赤外分野のみならず、電波、理論、高エネルギー分野など、幅広い分野の研究者への拡大を努力。
- * Gaiaサイエンスチームとの交流による、国際的なコミュニティの拡大も目指す。

○光赤天連からのサポート:

- * 大型JASMINEに対しては、2010年代の将来計画報告書でSPICAの次にサポートと位置づけられる。
- * 2012年～2013年にかけて行われた光赤外天連合による中規模計画の評価、および学術会議天文学・宇宙物理学分科会による中規模計画への評価:
小型JASMINEは、高い評価を得ている。具体的には、光赤外天文学連合からは次のようなコメントを頂いている。**「本観測は、『赤外線観測』による位置天文学であり、銀河系バルジの星の距離を直接に測定できるものであり、意義は高い。今後、ESA/Gaia計画が、全天の位置天文観測を行うが、銀河系バルジは、Extinction(ダストによる減光)の影響のため、観測することができない。本計画は、世界的に見ても他に例がなくユニークであると同時に、Gaiaとも相補的である。さらにGaiaの打上(2013年)から、あまり遅れることなく、本ミッションも打ち上げられることが望ましい。JAXAの小型衛星計画として実現すべき計画である。」**

注:この当時の小型JASMINEの仕様と現在のものはほとんど違いは無い。

今後よろしく御願ひします

Jasmine

