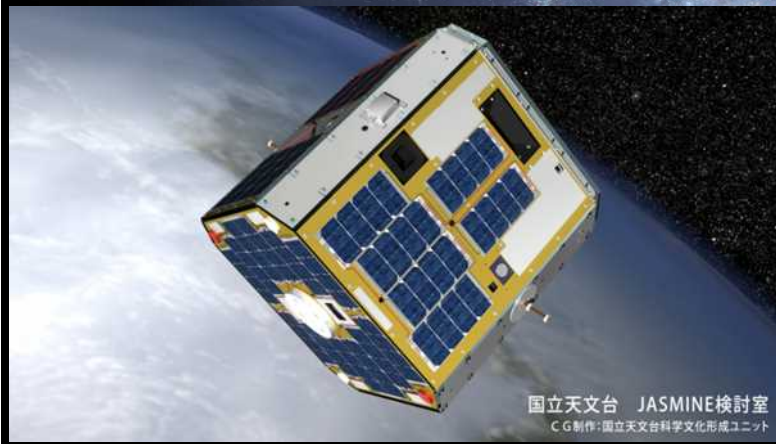


2030年代の光赤外分野のスペースミッションWS
2017.12.15

2030年代のスペースアストロメトリ計画

郷田直輝（国立天文台JASMINE検討室）



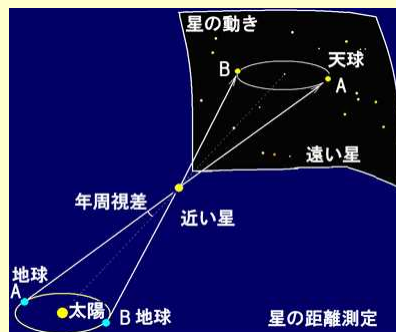
1. アストロメトリ(位置天文学)とは？

撮像観測を高頻度で行い、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。

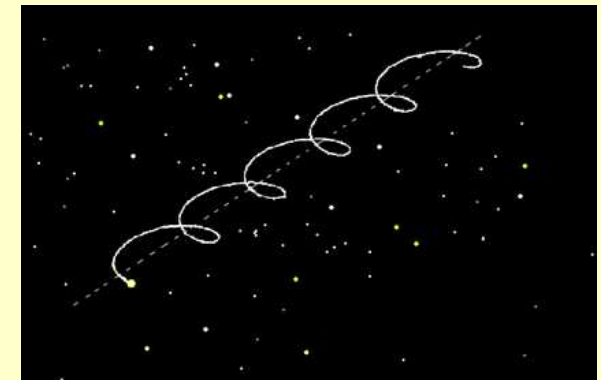
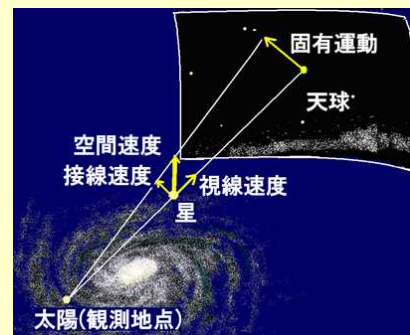
* 年周楕円運動 + 固有運動(直線運動) = らせん運動

らせん運動

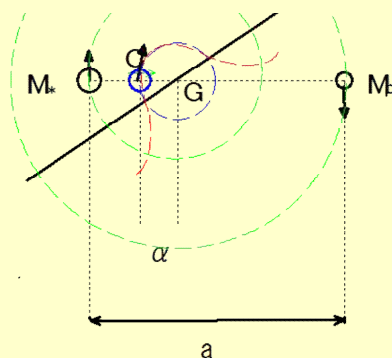
星までの距離



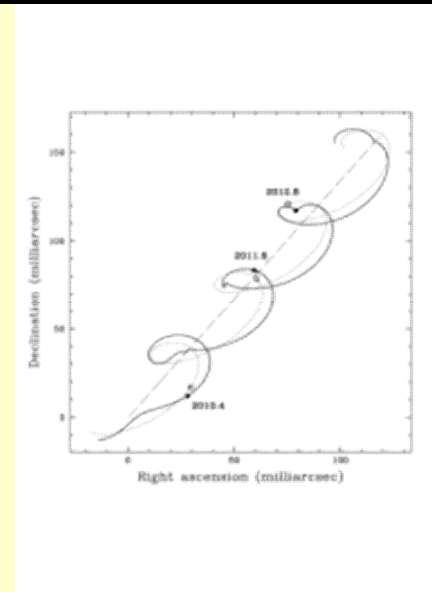
星の接線速度



* 星によって、らせん運動からの“ずれ”がある



惑星系、連星系、
重力レンズ効果など



★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**

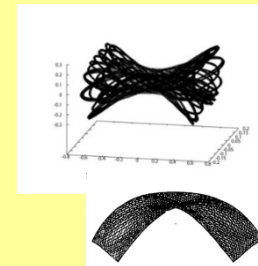
星の3次元空間分布 + 運動分布

見えないものが見える！

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**



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

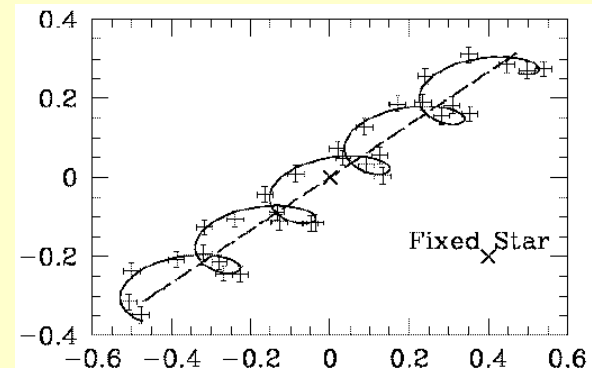
位置天文観測：天球上の星の位置とその時間的な動きを測定すれば良い。

しかし、実際は大変！ものすごい精度での測定が必要。

例えば、実際の星の年周視差の大きさが非常に小さい！

もっとも近い恒星であるケンタウルス座

プロキシマ・ケンタウリでも、その年周視差は0.77秒角(4.22光年)



* 天の川銀河の中心にある天体だと0.00012秒角=0.12ミリ秒角
(1度角の約3000万分の1)

精密測定が必要！

いかに高精度で測定できるか

いかに高精度で測定できるか、観測手段、データ解析方法、精密測定に適した装置の開発等で工夫を行う必要がある。



位置天文学とよばれる分野

- ★ 太陽系から300光年先の星の距離を正確に測定するために必要な精度：
1/1000秒角=1ミリ秒角
- ★ 太陽系から3万光年先の星の距離を正確に測定するために必要な精度：
10万分の1秒角=10マイクロ秒角
- * 東京から見て、富士山頂に立っている人の髪の毛1本の太さの約10分の1を見込む角度

★位置天文観測の精度の変遷

測定精度

紀元前150年：ヒッパルコス（天文学者） 1000秒角

(1秒角 = 1/3600 度)

↓
1838年：ベッセル（年周視差の発見！！） ~0.1秒角

* 地動説の直接証拠

↓
1988年：FK5 (Fifth Fundamental Catalogue) ~0.03秒角

↓
*地上観測では、大気ゆらぎ等の影響で観測精度に限界。

スペースへ(ヒッパルコス衛星(ESA)：1989年打ち上げ)

↓
1997年：ヒッパルコスカタログ ~0.001秒角

*1ミリ秒角

↓
2013年12月～：Gaiaの打ち上げ、観測運用中

注意：以上は、可視光での観測。

電波観測は、VERAが精度を上げて、10万分の1秒角程度を達成(ただし、星自体ではなく、メーザー源とよばれる星の周りのガスを見ている)



2. 位置天文観測衛星計画



◎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

★カタログのリリース：ノミナル運用の**最終カタログは2022年末頃**

それまでに中間リリースを3回：初回(DR1)は、2016年9月14日に公開開始した！

2回目のデータ公開は、2018年4月、3回目は2020年の中頃から末の間の予定。

*ノミナル運用は2019年までだったが、とりあえず、2022年まで延長の可能性がでてきた。
来年正式決定する見込み。

*JASMINEとGaiaとの協力の一環として、Gaiaのデータアーカイブは、
国立天文台天文データセンターにおいても公開中。

Positions (α , δ) and G magnitudes for all stars with acceptable formal standard errors on positions.

Positions and individual uncertainties are computed using a generic prior and Bayes' rule.

For this release, it is assumed that at least 90% of the sky can be covered.

At the beginning of the routine phase, a special scanning mode repeatedly covering the ecliptic poles on every spin was executed for calibration purposes. Photometric data of RR Lyrae and Cepheid variable stars based on these high-cadence measurements will be released.

The five-parameter astrometric solution - positions, parallaxes, and proper motions - for stars in common

between the Tycho-2 Catalogue and Gaia will be released. The catalogue is based on the *Tycho-Gaia Astrometric Solution*

★Gaia-JASMINE Joint meeting@国立天文台(三鷹) 2016.12.6~8

Gaiaのリーダー (project scientist)をはじめ、Gaiaチームから8名参加。

★IAUシンポジウム330@ニース(2017.4.24-28)が開催された

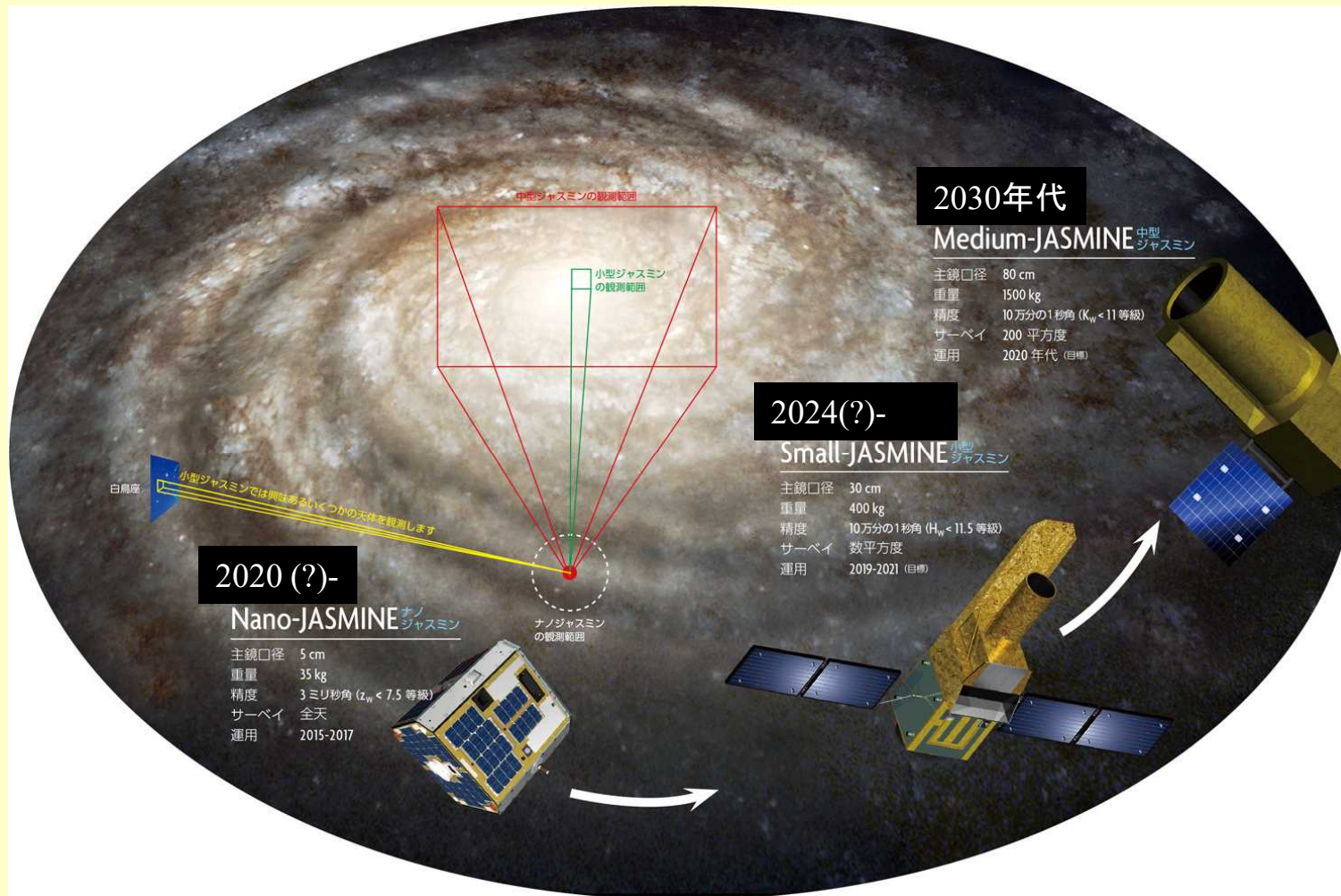
“Astrometry and Astrophysics in the Gaia sky”

★The science of Gaia and future challenges@Lund Univ.(2017.8.29-9.1)が開催された。

3. JASMINE (赤外線位置天文観測衛星) 計画シリーズ

Gaiaを補完するデータの必要性も高まっている

- 明るい星 (6等星以下) } → Nano-JASMINE
- Gaiaデータのvalidation } → Nano-JASMINE
- 天の川中心付近の観測 } → 小型JASMINE
- 高頻度観測 (短周期現象) } → 小型JASMINE



4. Nano-JASMINE(NJ)の概要と進捗

4-1 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

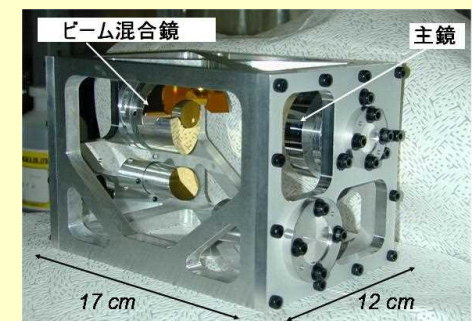
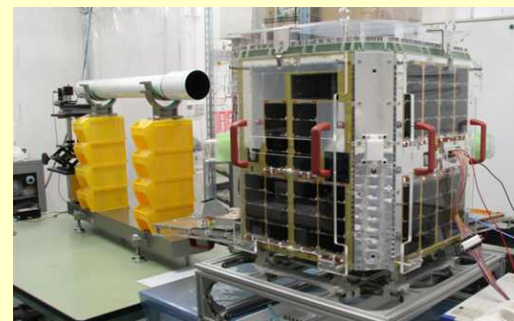
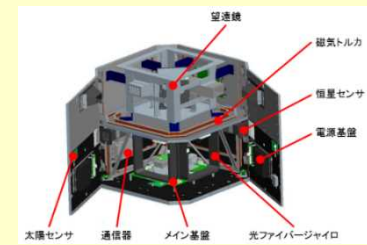
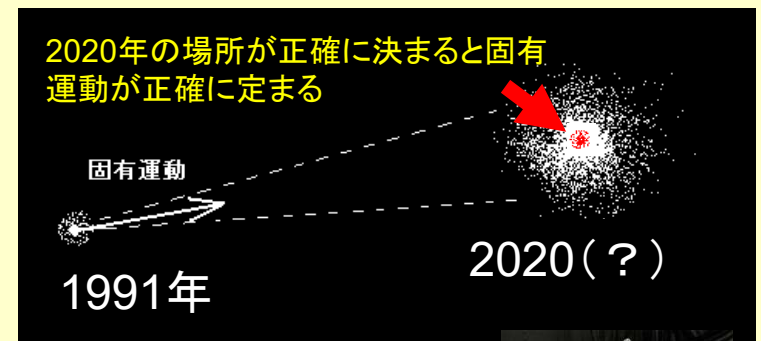
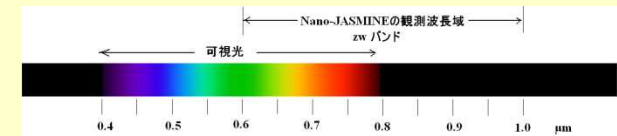
○ Gaiaでは解析が困難な明るい星(G<6)の
位置天文情報を提供可能。

4-2 NJの仕様概要

衛星FMは、2010年10月に完成済み

- 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

- 維持・管理を継続中
- 地上局の整備、試験も継続中



4-3 打上予定の状況

従来、ACS社(ウクライナ政府とブラジル政府によるbinational company)

との契約:ウクライナのロケット+ブラジルの射場 :

当初は、2011年8月に打ち上げ予定

(予算不足による射場の建設遅れで、3度も打ち上げ延期)

=>

そしてウクライナ政治情勢の不安定化(2014年2月)、ブラジル政府の経済問題によりACS社が倒産準備。

=>

(1) Gaiaチームの支援によりESAによる打ち上げを調整中:

* 当初は、2017年末~2018年初めにピギーバックで打ち上げ予定であったが、ESAの事情で変更となり、現在、打ち上げ機会の再度の検討となっている。

(2) 海外の小型ロケット会社による打ち上げにむけて交渉、調整を開始。

好条件で打ち上げられる可能性あり。

(3) ウクライナのユジノエ社のロケットがカナダの射場から打ち上げられる協定が締結。ユジノエ社との交渉を開始。

○海外の小型ロケットの会社から打ち上げの契約を結びたいとの連絡が先週きたところ。

5. 小型JASMINE計画の概要と進捗状況

* **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。

○サーベイ領域:

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-2度~0.5度、銀緯0.2度~0.5度の範囲の領域

○観測精度(目標):

銀河系中心方向:**年周視差: 20 μas 程度以下**

固有運動: ~20 μas /年以下を達成見込み

(Hwバンド(1.1~1.7 μm)で12.5等級より明るい星に対して達成)

* **Hw<13mag**の星のデータをダウンロード(星の個数は、バルジ、ディスクすべてで約22,000個)

*領域1=> 見込みは**4900個程度のバルジ星**

*領域2=> 見込みは**5000個程度のバルジ星**

#観測される手前のディスク星の個数:領域1=>3500個程度、領域2=>1600個程度

(測光精度は相対精度で<0.01mag程度の見込み)

* **観測領域1, 2に対するミッション要求は、後述する科学目的(1)、(2)から直結する。**

* 副次的目的

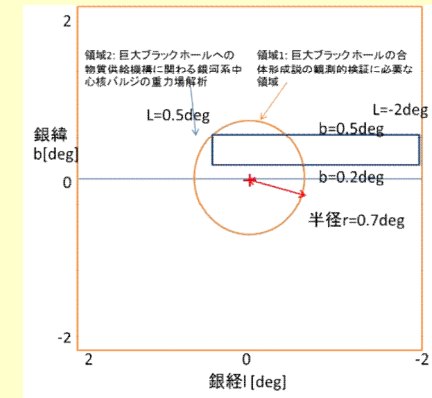
○サーベイ領域:

公募(共同利用)サーベイ=>審査の上決定: 特定の対象天体 夏と冬に観測

○観測精度(目標):

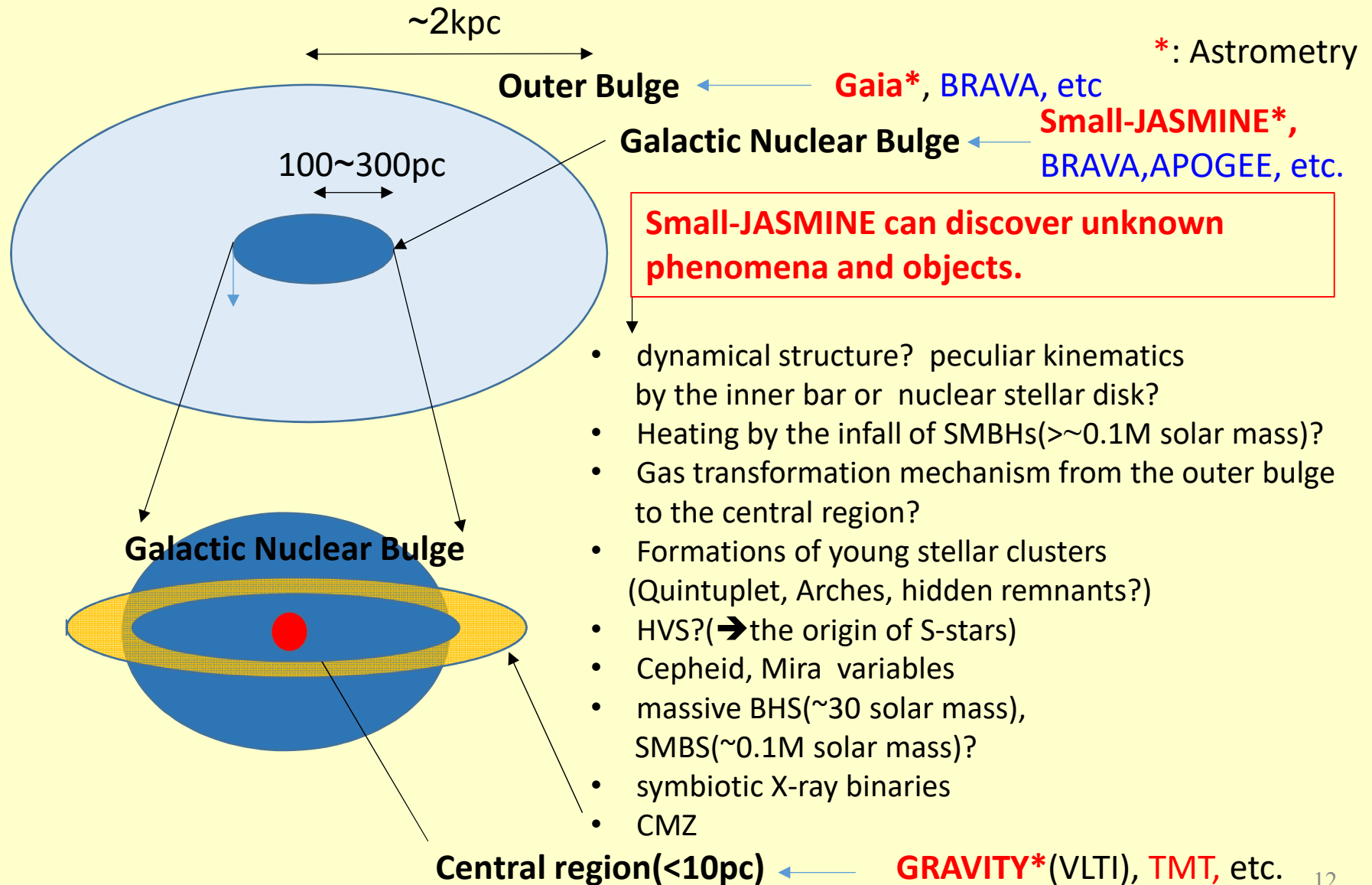
副次目的(公募サーベイ)=>**特定天体方向(候補天体例: Cyg X-1)**

* 精度は、各々の対象天体に対する科学目的による(10 μas クラスは達成見込み)



* Scientific significance of Small-JASMINE :

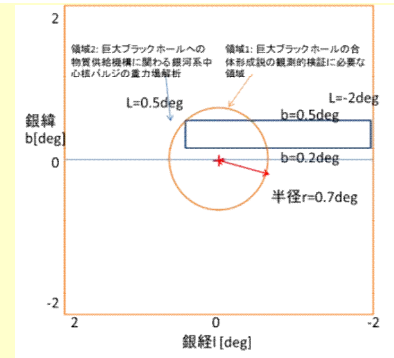
Clarification of the **missing link** between the outer bulge ($>\sim 100\text{pc}$ - 300pc) and the central region ($<\sim 10\text{pc}$) by the use of astrometric information!



★科学目的

1. 小型JASMINEが、他のミッションに比べて威力を発揮できる 銀河系中心核バルジでの天体物理学

銀河系は、巨大ブラックホールの形成や銀河の力学構造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) 銀河系で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)で判断できる。

(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**重力場に関する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**。

★その他の具体的な科学目的の例

I. 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) 中心核バルジ内の未知な星団の検知 (= > 星形成率に波及)
(お互いに平行な固有運動している星のグループの探査)

(3) 中心核バルジ内での高速度星(HVS)の発見 => HVSとS-starsの起源解明

* 連星 + SgA *

(4) バルジ内の共生星X線連星やX線点源の解明

or 単独星 + IMBH-SgA * 連星

(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) 未発見のBH検出

(i) BH-恒星の連星系の発見 → 軌道要素の解析が可能

(ii) 位置天文学的重力レンズ効果

* 参照: 太陽系外の星による位置天文学的マイクロレンズの
初検出! (HST: Sahu, et al. 2017)

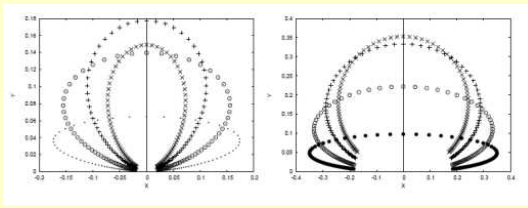
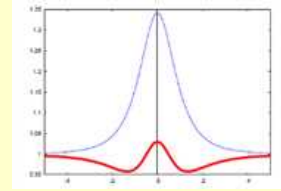
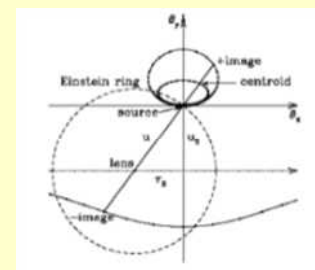
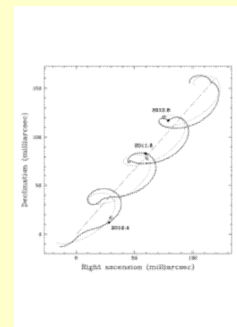
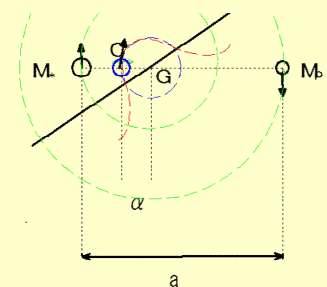
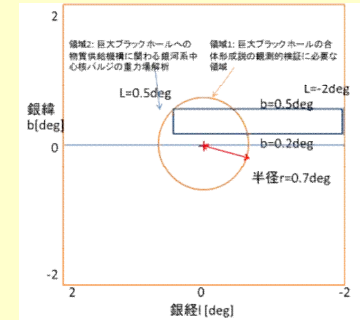
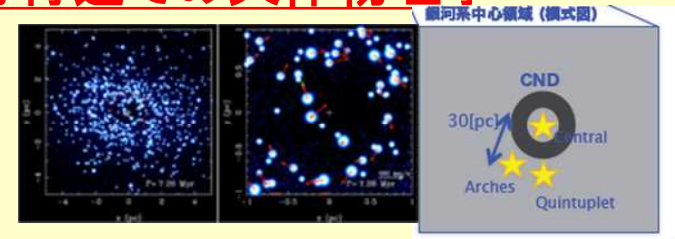
=> 白色矮星Stein2051Bの質量が決定!! (100年近くの論争が決着)

(8) 重力レンズ効果による系外惑星検出

(9) 重力レンズ効果による未知天体の発見

ワームホールの発見?!

(10) 距離の関数としての偏光の導出 (= > 銀河系磁場構造)



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

○**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: ($l=71^\circ$, $b=+3^\circ$)

* γ Cas: WD or NS=> 1σ degree of confidence, HESS J0632: NS or BH (2σ)

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

○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。

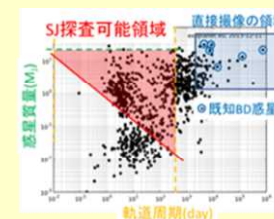
○既知の系外惑星の軌道要素決定→惑星の質量決定、

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

★ 小型JASMINEのミッション概要

○ 小型JASMINEの仕様

主鏡口径: 30cm、焦点距離: 3.9m

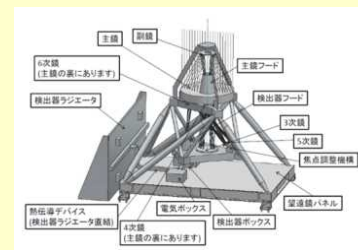
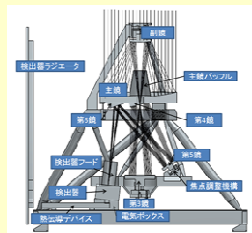
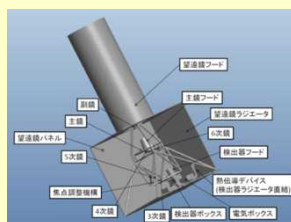
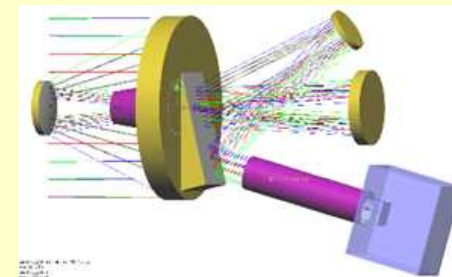
視野面積: 0.6度 × 0.6度

アストロメトリ用検出器: HgCdTe (4k × 4k) 1個 **H4RG (Teledyne社)**

アストロメトリ用観測波長: H α -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

衛星重量: 約400kg (RCS込み)



○ 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) (tentative)

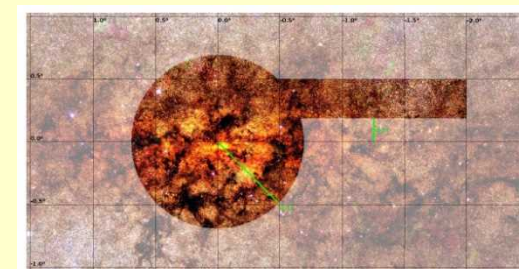
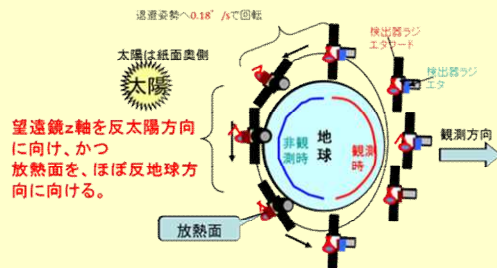


Figure 1: The two Small-JASMINE target regions near the Galactic centre: a centred circular target with a radius of 0.7° and a rectangular off-centre target with 0.3° × 2.5°. Coloured 2MASS image.

★小型JASMINEに対する国際協力

(1) 世界的なユニーク性と海外からの推薦、参加表明

- *IAU Commission A1のpresidentから正式な推薦
- *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。

(2) Gaiaとの密な協力体制

Gaia-JASMINE joint meetingの公開開催(2016.12.6~9)@国立天文台三鷹キャンパス

- * Gaia の概要、状況、DR1 (第1回中間リリースデータ) の説明、DR1を使ったサイエンス
- * JASMINEの概要、状況
- * お互いのデータ解析、validation方法、アーカイブについての意見交換、協力など
- * 電波位置天文と光赤外位置天文との協力、* Post-Gaiaといった将来計画

(3) 将来の国際的な計画への橋渡し

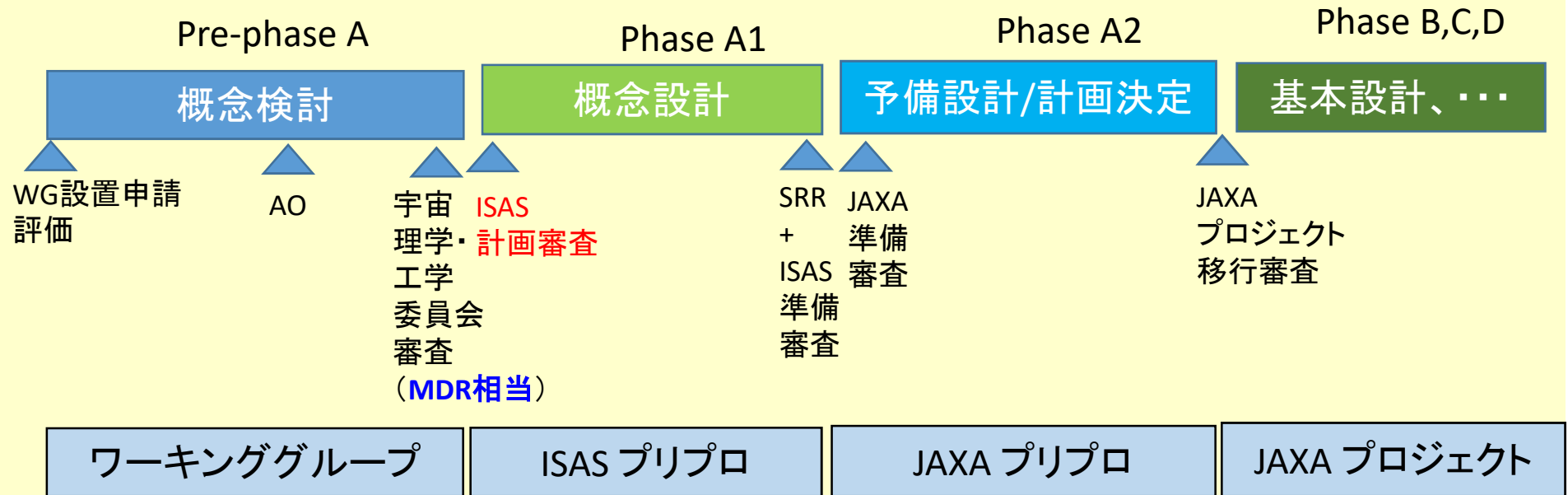
*Theia(可視光単一望遠鏡:フランス国立宇宙研究センター(CNES)へ申請予定)との協力

- *Theiaとはサイエンスとデータ解析等に関する協力でMOUを締結した。
- * GaiaNIRの計画提案メンバーとして協力。小型JASMINEが先駆けとなりうる。

(4) 中心核バルジ、巨大BH研究での国際的位置付け

- *バルジ星の視線速度と元素組成観測:APOGEE-2計画とBRAVAとの連携
サイエンス連携に関して、小型JASMINEとAPOGEE-2, SDSS-IVとでMOUを締結。
- *WFIRSTのmicrolensing field(小型JASMINEとは重ならない)における位置天文観測(高精度測定が可能な場合)と相補的でサイエンス連携も期待できる。

★JAXAによる審査段階 (* 従来の方式=>現在は変更)



* 小型JASMINEは、宇宙理学委員会による**MDR相当**の審査を通過(2017年5月)！！

* 小型JASMINEは、まもなく**ISAS計画審査(年度内)**。
その分科会として、先ずは国際審査(先週、終了)。

→ **国際審査に合格！！ 次のフェーズ(概念設計)に進むようにとの推薦**

* 概念設計終了後(1年間が目標)、SRRやJAXA準備審査等を通過できれば概算要求、本格的な開発開始。

+国際審査: 審査員は、外国人7名、日本人1名。ヒッパルコスリーダー、Gaiaリーダー、Gaiaのデータ解析のコアメンバー、HST/WFIRSTによるastrometryの専門家、GRAVITYのメンバー、BRAVAのPIなど。

◎Gaia、Nano-JASMINE,小型JASMINE,Theia,...

これからの位置天文観測データ:質、量ともに大革命!

電波(VERA)によるデータも揃う。

○地上の計画との連携:

*TMTとの位置天文観測に関するサイエンス連携:

IRISによる高精度(30 μ 秒角)狭領域(17秒角 \times 17秒角)での相対位置天文 \rightarrow 非常に暗い星まで測定可能

*SKAとのサイエンス連携(SKA: 1.6GHz OHメーザー源などの位置天文測定、 \sim 10 μ as)

位置天文のWGに参加し、サイエンスを検討中

★位置天文観測データを用いたサイエンス

星の立体分布、運動情報を用いた様々なサイエンス!

今後、益々重要かつ注目をあびる!

\rightarrow 今後の若手の活躍を期待!



◎また、分光観測による視線速度や元素組成の観測データの蓄積

\rightarrow 天の川銀河の研究が、世界的に盛り上がりつつある!!

◎位置天文観測衛星等のプロジェクトの進展とプロジェクト同士の

国際連携

*スペースミッションは時間がかかる

2030年代の計画は今から進める必要あり!!

6. 2030年代のアstrometri計画へ

オプション1: 海外の大型計画への参画

GaiaNIR

(近赤外線衛星、打上目標～2035以降: ESAへ申請予定)

Post-Gaia候補

PI: David Hobbs @ Lund observatory, Sweden

赤外線で全天サーベイを目指す

Motivation For GaiaNIR

- Gaia is that it only operates at optical wavelengths, but the GC and spiral arms are obscured by interstellar extinction.
- We need to switch to the NIR but this is not possible with CCDs
⇒ new NIR detectors.
- To scan the entire sky we need rotation ⇒
detectors correct for rotation - use Time Delayed Integration (TDI).

* 科学目標は、従来のJASMINEとほぼ同様。
それを全天に拡張。

★GaiaNIRの現状

○仕様候補

- * Gaiaと同様に全天サーベイが候補
- * 波長:0.4~1.8ミクロン
- * 精度:10 μ 秒角
- * 主鏡:1.6m \times 0.5mを1枚、
or 1.6m \times 0.25mまたは、1.6m \times 0.5mを2枚
- * 検出器:ヨーロッパで開発中。MCT+CCD

○検討状況

- * ESTECでのCocurrent Design Facility for GaiaNIRが9月に開始された。ESAのM-class slot(550M ϵ)に入るかどうかの評価。
- * M-classならば、最速2035年頃の打ち上げ。
もし、M-classでは無理で、L-classの場合は、2040年以降。
数年後のミッション公募を待つことになる。

1.1 Expert Group

The following expert group has been put together during the Spring 2017 to review and discuss the requirements in this document. The group may be expanded as needed.

Name	Main function	Institute
D. Hobbs	Principle investigator	Lund Observatory, Sweden.
A. Brown	Gaia DPAC representative	Leiden Observatory, Holland.
N. Hambly	Surveys and detectors	University of Edinburgh, UK.
C. Jordi	Photometry	Institut de Ciències del Cosmos, ICCUB-IEEC, Spain.
C. Fabricius	Initial data treatment	Institut de Ciències del Cosmos, ICCUB-IEEC, Spain.
E. Høg	Photometry	Copenhagen University (Retired), Denmark.
S. Klioner	Reference frames	Lohrmann Observatory, Germany.
L. Lindgren	Astrometry	Lund Observatory, Sweden.
N. Walton	Data and Surveys	IOA, Cambridge, UK.
M. Ness	Near-infra-red surveys	MPIA, Heidelberg, Germany.
C. Babusiaux	Milky Way surveys	Observatoire de Paris, France.
A. Cellino	Solar System	Osservatorio Astronomico di Torino, Italy.
D. Stello	Asteroseismology	University of New South Wales, Australia.
U. Heiter	Astrophysical parameters	Uppsala University, Sweden.
P. McMillan	Galactic dynamics	Lund Observatory, Sweden.
A. Sozzetti	Exoplanets	Osservatorio Astrofisico di Torino, Italy.
L. Eyer	Variability	University of Geneva, Switzerland.
P. Lucas	Infra-red surveys	University of Hertfordshire, UK.
J. Drew	Cluster surveys	University of Hertfordshire, UK.
D. Kawata	Galactic chemo-dynamics	MSSL, UCL, UK.
N. Gouda	NIR Jasmine	NAO, Japan.
C. Grillmair	Halo streams & IR	Caltech, Spitzer Science Center, USA.
F. De Angeli	Photometry	Institute of Astronomy, Cambridge, UK.
Frederic Arenou	Stellar statistics	CNRS/Observatoire de Paris, France.
Valeri Makarov	Astrometry	US Naval Observatory, Washington DC, USA.
Jeff Andrews	Wide Binaries	Foundation for Research and Technology, Greece.
Wolfgang Loeffler	Astrometric processing	ARI, Heidelberg, Germany.
Michael Andersen	Technology & Instruments	Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institute, Denmark.
Norbert Zacharias	Astrometry	US Naval Observatory, Washington DC, USA.
Laurent Loinard	Radio astrometry	Institute for Radio A&A, National University of Mexico.

* GaiaNIRの計画提案メンバーとして協力。

日本人は、河田氏(MSSL, UCL, UK)と郷田

○同じ近赤外線のスぺースアストロメトリである
小型JASMINEがGaiaNIRの先駆けとなりうる。

○(中型)JASMINEの機能はGaiaNIRに含まれる
可能性がある。

(むしろ、GaiaNIRが、中型JASMINEに近づく予感がする。。。)



○2030年代のスぺースアストロメトリ計画としては、
小型JASMINE以後として、その経験や成果(科学的成
果、赤外線位置天文のデータ解析手法や装置技術など)
を活かし、国際協力として日本もGaiaNIRへ何らかの形
で協力して進めるのが1つの候補。

オプション2:超小型衛星計画

15年～20年経てば、昔の大型衛星と同等な機能が小さな衛星でも可能になるかも。

e.g. Hipparcos衛星 ⇒ Nano-JASMINE

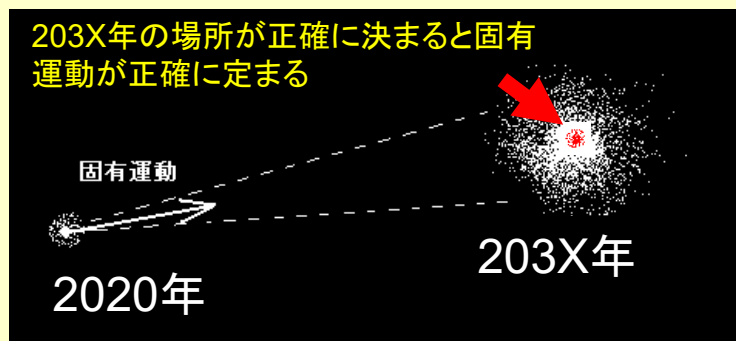
○位置天文の特徴

*星の位置カタログは、時間が経てば経つほど、固有運動の誤差により位置精度が悪化

→超小型で同等の精度でもよいので、十分な補正ができる。

*固有運動は、経過時間に反比例して精度が向上

→超小型での測定精度が昔の衛星と同等の精度でも固有運動の精度は上がる



*長周期の連星系や系外惑星の軌道要素解析も可能となる。

★おわりに: 30年代のスペース計画を目指して(一般的なこと)

◎M-class(小型科学衛星)以上: ISAS/JAXA

* RG、その他の競争的資金=>原理実証



* WG=>キー技術開発、システム検討: 3年後には
↓
ミッション提案が出来るレベルまで

* その後、多段階審査。審査の間は検討、実証、開発

とにかく時間はかかる。着実に実証、開発を進めていく。

早めの準備が肝要。

JAXAはフロントロー
ディングを重要視
→その分、経費の十分な
手当ても必要!

◎超小型衛星の多様な利用: 各研究機関や研究グループ

* 経験を積む。技術実証。

アイデア次第では世界最先端の科学的成果も狙える

* バス部は“買い物”の時代に。衛星製作の会社も増えていく。

* 小型ロケットの発展で打ち上げ機会の増加も見込まれる。

* 大型科研費程度の経費でも衛星製作は可能。

◎(海外の)大型計画への参入

“売り物”を用意して早めの売り込みが必要。

2030年代に向けてがんばってください！！

今後よろしく御願ひします

Jasmine

