

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(国立天文台JASMINE検討室)、JASMINEチーム一同

★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。

* 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)

- * **ミッションの意義(Science goals of the mission)**
大目標: 宇宙の物質と空間の起源
==>
Science goals:
銀河系(天の川銀河)探求を通じての銀河の形成と進化の解明
- * **ミッションの科学目標(Scientific objectives of the mission)**
銀河系構造(バルジ、バー、ディスク)と巨大ブラックホールの進化の解明に結びつく中心核バルジ領域の探求を科学目標とする。
~5次元天文データによる銀河系と巨大ブラックホールの進化を結びつける
銀河系中心核の解明

- * **小目標**
(小目標1)ミラ型変光星をトレーサーとした、中心核ディスク(または内部バー)の存在の検証とその軌道構造および形成時期の解明
(小目標2)中心核バルジでの重力ポテンシャル、特に、回転する棒状(扁平なディスク形状も含む)ポテンシャルの存在の検証とその回転速度(中心核ディスクまたは内部バーの形状(パターン)の回転速度に対応)や傾度、扁平度などの物理的特徴の解明
(小目標3)星の位相分布関数を用いた、中心核ディスク(または内部バー)周りの拡がった空間の力学構造とその起源の解明
- 観測プログラム:
(1)銀河系中心核バルジ領域(7万個程度のバルジ星):
9mag < Hw < 15magの10万個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: 系外惑星系、Cyg X-1、ガンマ線連星系、など)
夏と冬のの一部に観測(観測方向に制限有り)
★**新たな副次目的と独立なサイエンス検討チームの立ち上げ**
*トランジット観測によるM型星周りのハビタブルゾーンにある地球型惑星の探査
→河原創(東大) + exo JASMINE検討チーム
(増田賢人(プリンストン)、小谷隆行(ABC/NAOJ)、山田亨(ISAS))

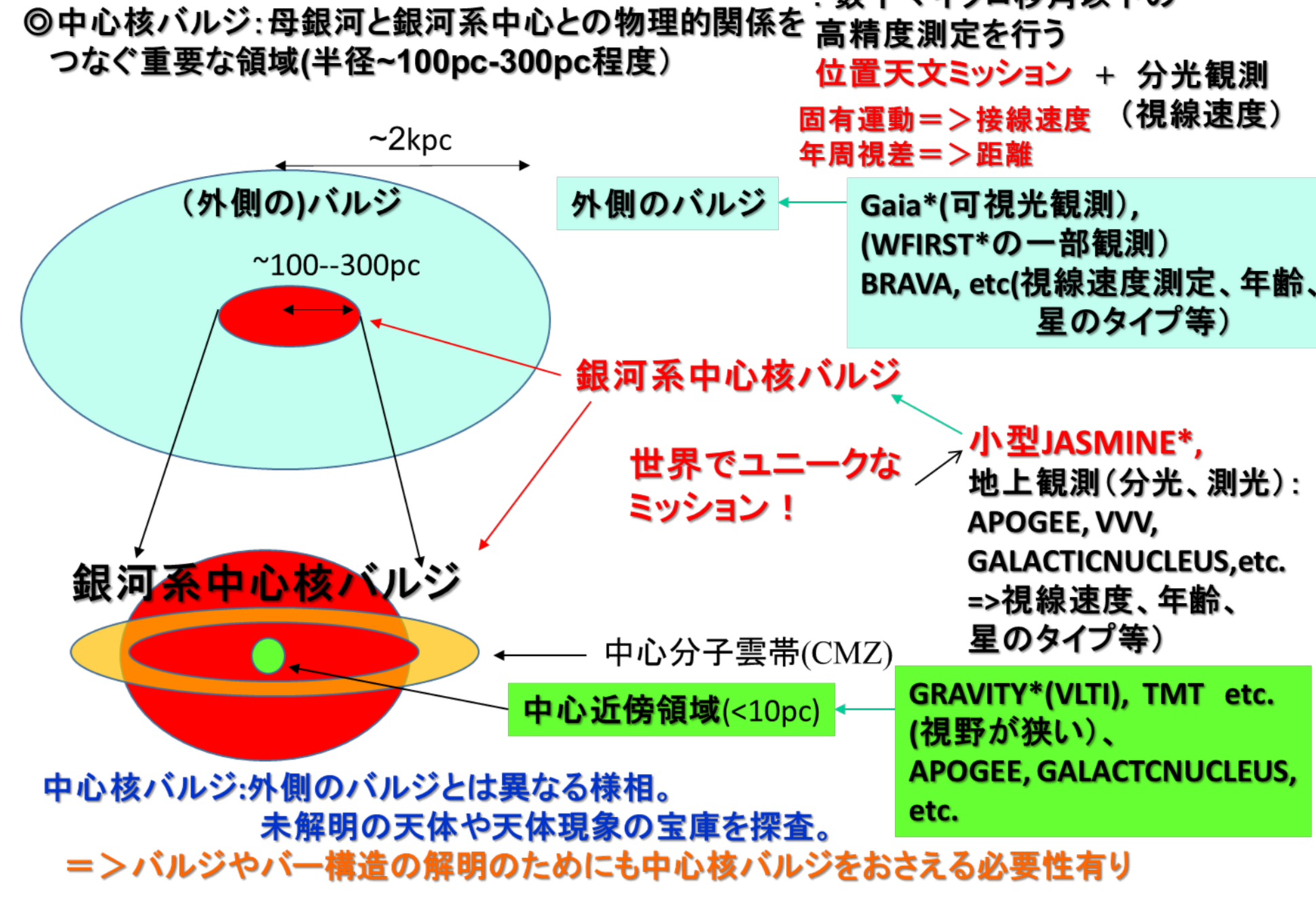
ミッシングリンク!

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

高精度位置天文観測のミッシングリンク:

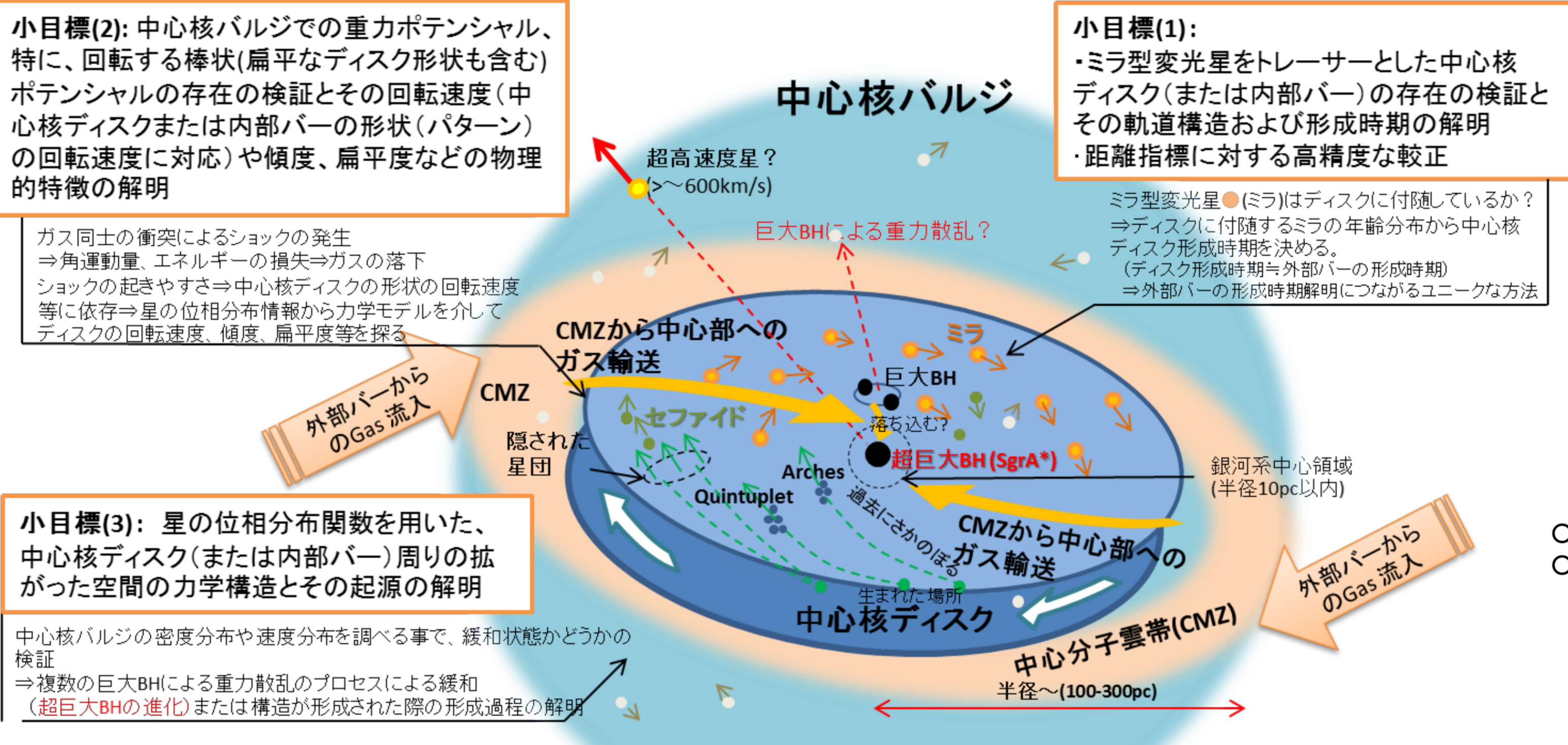
* 運動情報は不足。この領域を高精度でサーベイする位置天文観測は小型JASMINE計画のみ。

★小型JASMINEは中心核バルジに注目!



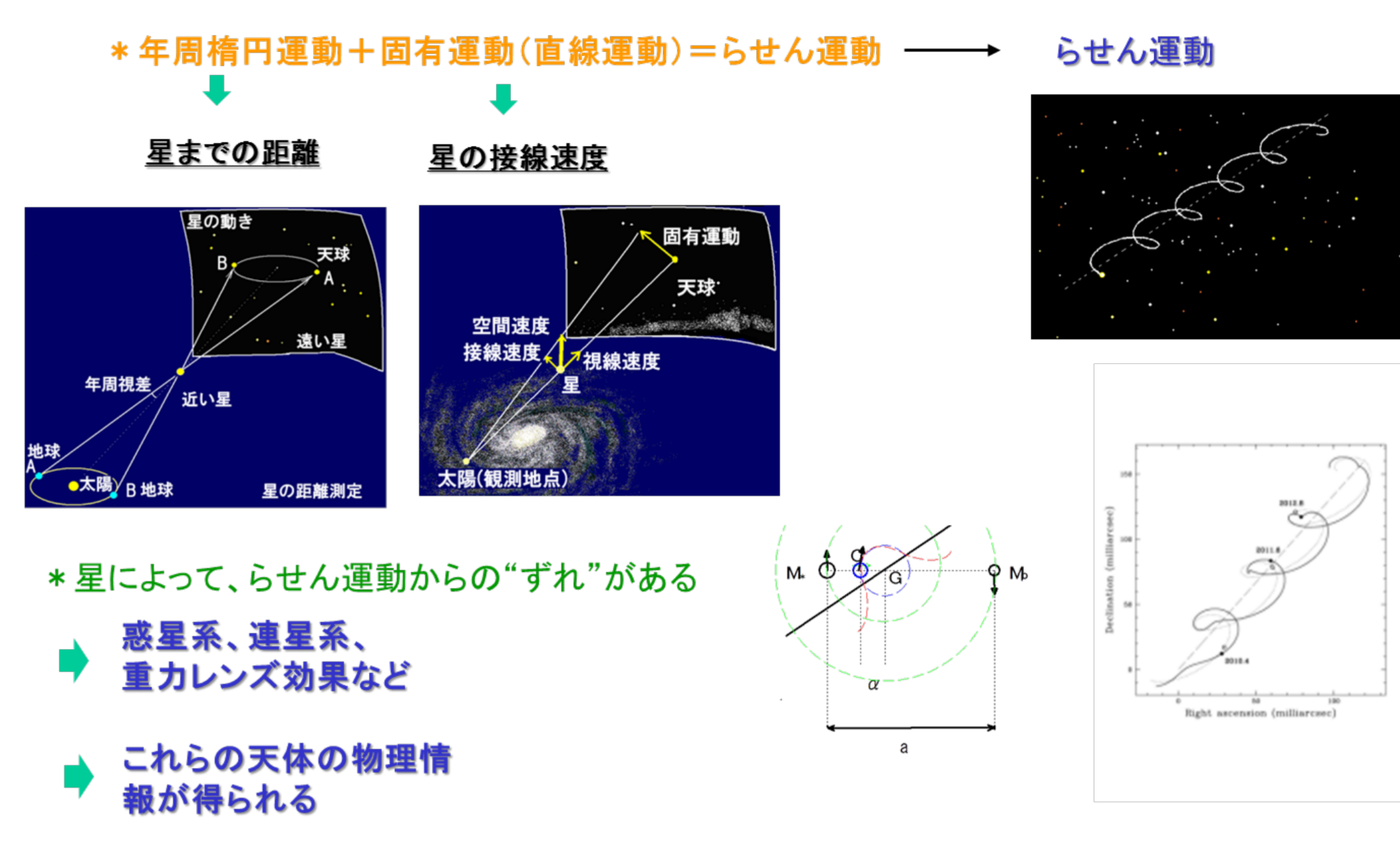
小型JASMINEの科学目標

—中心核バルジで、小型JASMINEが世界で初めて解明する研究課題—



小型JASMINEは何を観測するのか?~位置天文観測~

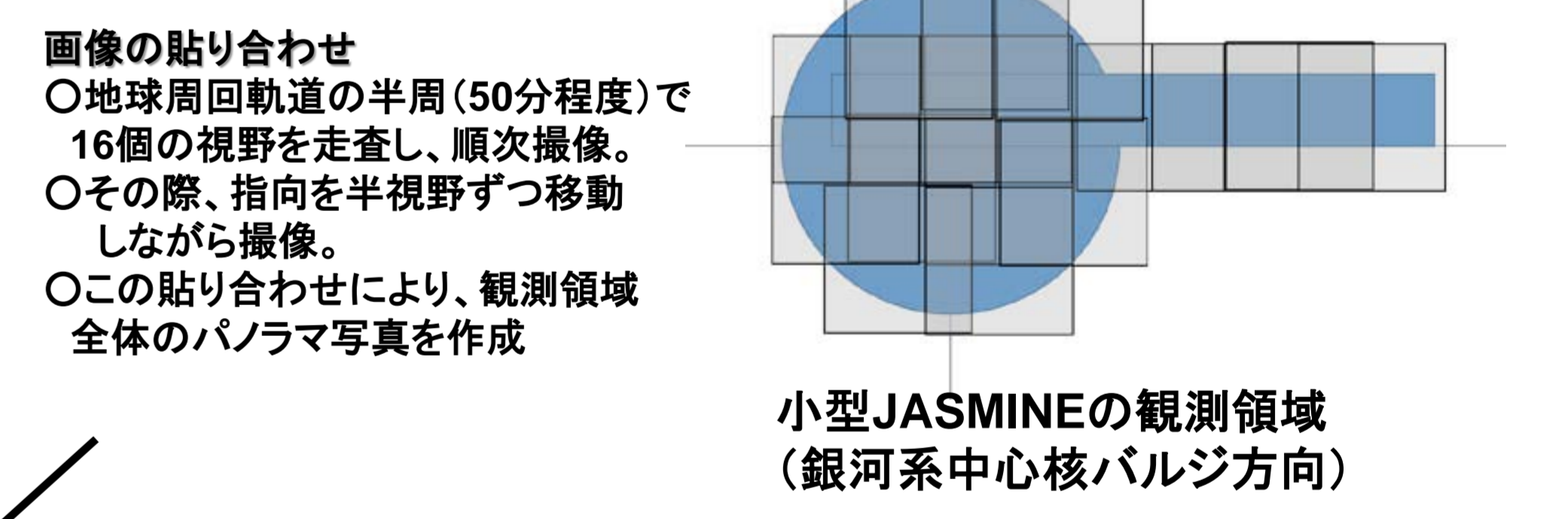
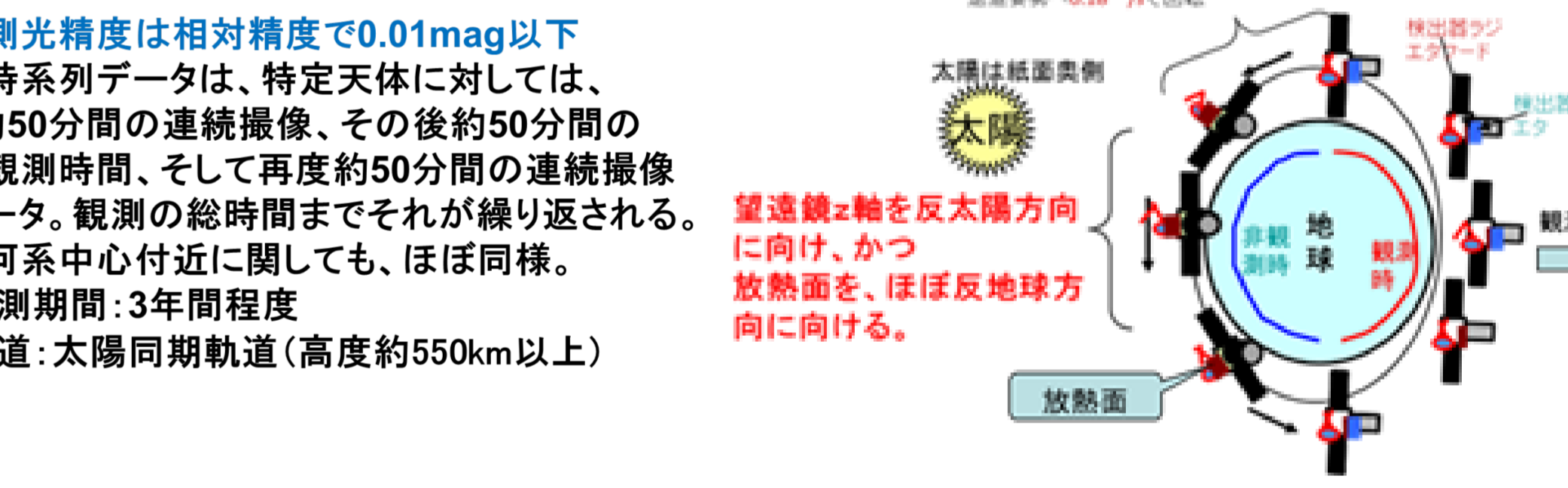
★位置天文観測とは
* 星の撮像観測を行い、その観測で得た**天体の天球面上での位置の時間変動(時系列データ)**とそこから導かれる**年周視差と固有運動**等の位置天文パラメータを供出する。



★小型JASMINEのミッション概要

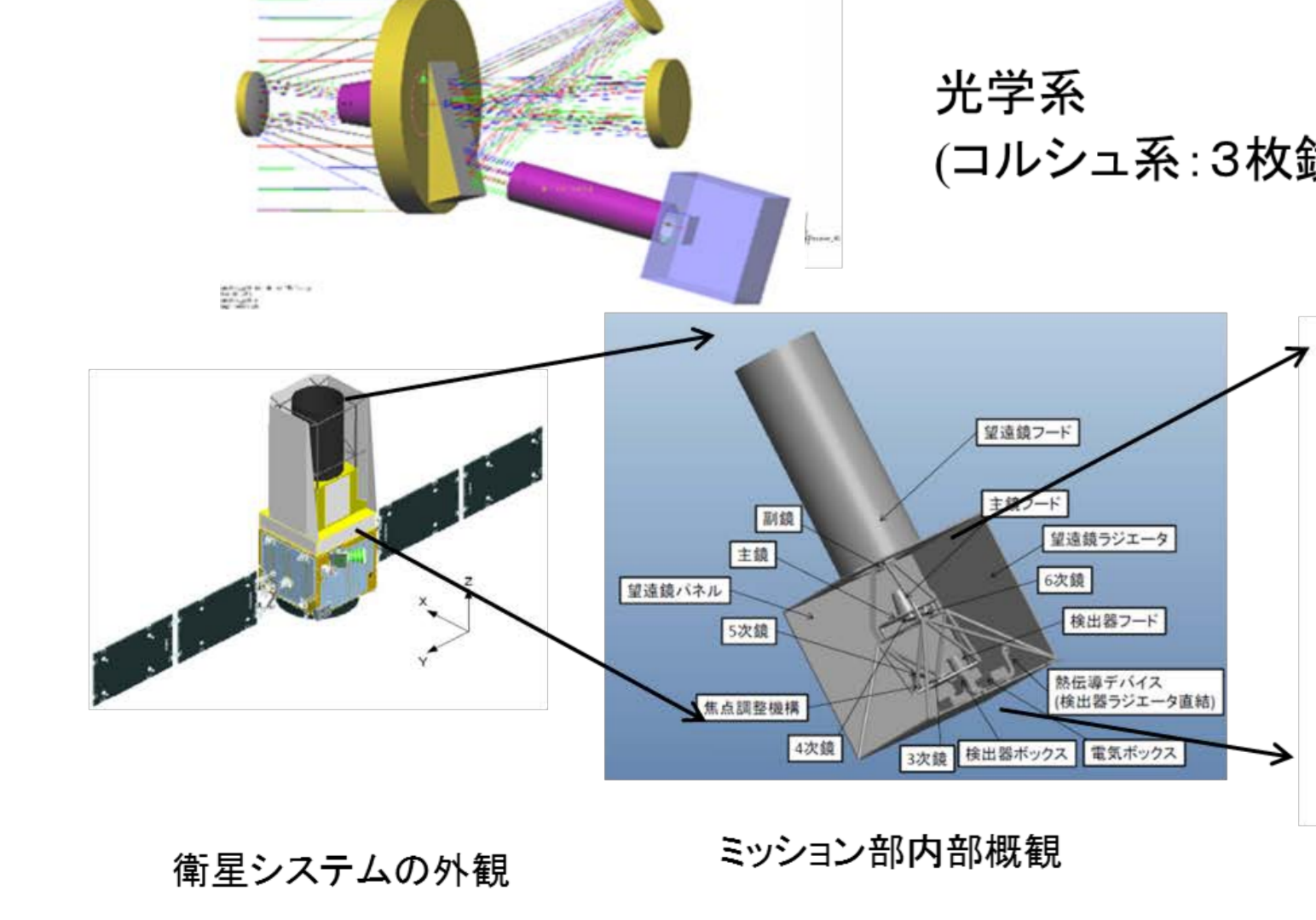
* Hwバンド(1.1~1.7 μm)の波長域における撮像観測を高頻度(同じ星に対して約100分に1回)で行い、その観測で得た**天体の天球面上での位置の時間変動(時系列データ)**とそこから導かれる**年周視差と固有運動**等の位置天文パラメータの情報等をカタログとして公開。

- 銀河系中心核バルジ領域に対して、67000個のバルジの星および31000個のディスクの星を測定(Hw<15等級)
- サーベイ領域:
プロジェクトサーベイ: 銀河系中心核バルジ方向の領域 : 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~0.7, 銀緯0.0度~0.3度の範囲の領域
- 観測精度(目標)、等級、個数:
年周視差精度: 25μ秒角程度以下
固有運動精度: 25μ秒角/年程度以下
=> Hw<12.5等級
- => 観測個数の見込み(全観測領域) *領域1: 5000個程度のバルジ星
7000個程度のバルジ星 *領域2: 3000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=> 4000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)
- 固有運動精度: ~125μ秒角/年程度以下 (25μ秒角/年程度以上) => ~12.5等級<Hw<15等級
- => 観測個数の見込み(全観測領域) *領域1: 45000個程度のバルジ星
60000個程度のバルジ星 *領域2: 26000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=> 21000個程度、領域2=> 9500個程度



★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(1.1~1.7μm)
photometry用観測波長: J, Hバンド、HgCdTe(1k x 1k)2個



★データ解析の原理

星の天球上での運動: らせん運動(年周楕円運動+直線運動(固有運動))
星の天球上での位置の時系列データから、年周楕円運動の長半径(年周視差)を推定。
小型JASMINEのミッション要求=>年周視差の精度が25マイクロ秒角程度以内

小型JASMINEの場合
・同じ星に対して約15~60万回の測定
・1回撮像精度(~4ミリ秒角)の200倍程度の高精度(20マイクロ秒角)での年周視差推定
多数回撮像: 同じ星や同じ星同士のペアが検出器上の異なった場所で撮像される。

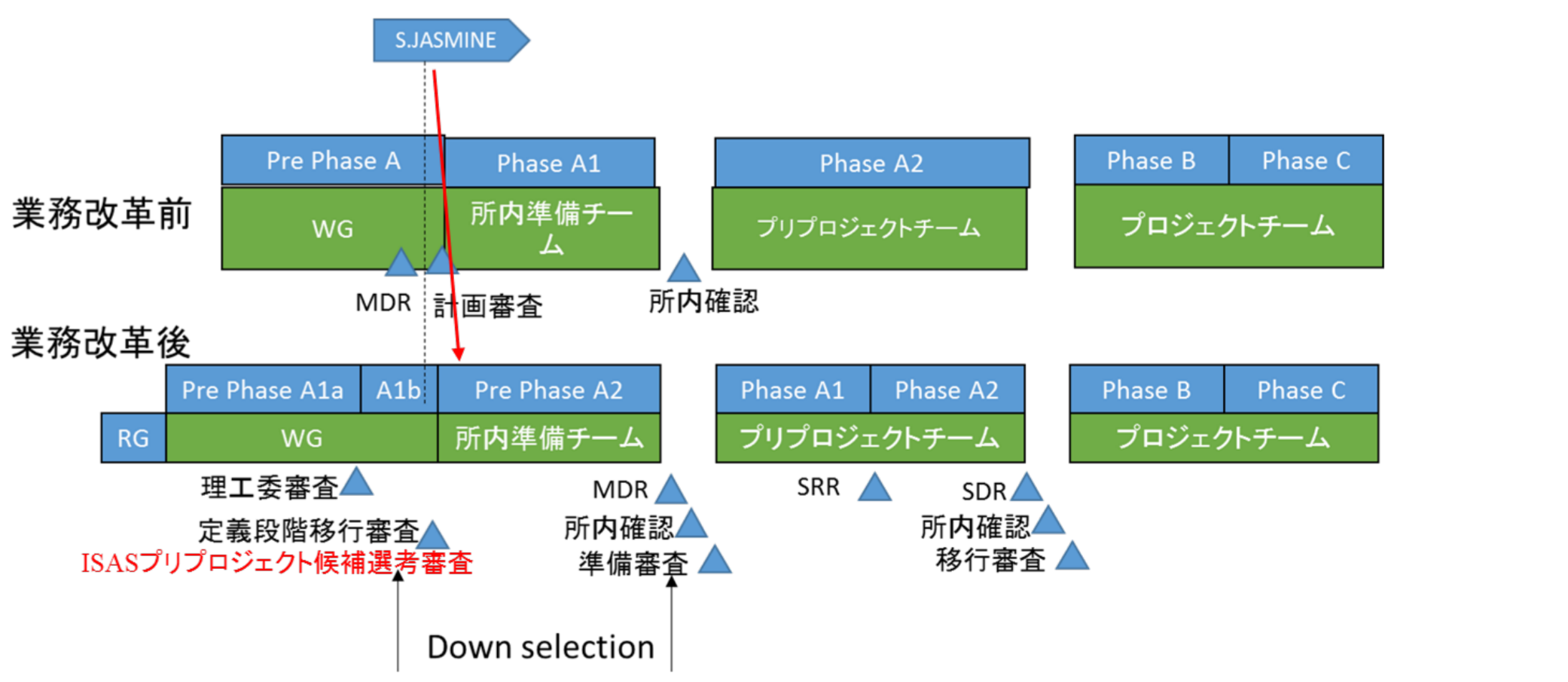
統計誤差(ランダム成分): 1/N則で減少
系統誤差=>“推定”: モデル化(ある数値でfit)と推定残差(測定値と最適なモデル値との差、無相関)の減少(1/N則)
モデル化残差(系統誤差)が残っていれば、それを検知し、モデルの改良

Self-calibration

星の相対位置関係とその運動について制限を課すことにより、推定(モデル化)可能:
年周期運動と直線運動以外の変動は、系統誤差成分
* 短時間では(多くの)星の相対距離は“不変”と見なせる。
* 長時間変動は単独星の動きのモデル化(らせん運動)により同時に解算。
* 但し、星の運動と縮退する系統誤差成分は、星の運動が既知の観測データを用いて校正
* Gaia等の高精度測定データもキャリブレーションに使用する

○モデル化の具体例: 多項式(主に光学歪みなどの大域的歪み)、フーリエ級数、ベイズ型スプライン回帰法
*ただし、系統誤差をover fittingしないように赤地情報量基準を適用するモデル関数の妥当性の判断に用いる。
=> モデルの単純化が必要 => システムに工夫が必要=>熱構造安定、指向安定性など

★JAXA宇宙研による審査段階



* 小型JASMINEは、宇宙理科学委員会によるMDR相当(旧式)の審査を通過(2017年5月)。ミッション意義、科学目標、データ解析の原理と手法、検証方法等
* その後、計画審査の分科会として、国際審査を受けた(2017.12.6-12.7に終了)。=>有用なアドバイス、課題を頂き、次のフェーズで検討・開発を進めるように。
* 国際審査での課題の一部を解決し、次期フェーズへ進むのが妥当かどうかについてISASプリプロジェクト候補選考審査(計画審査を受け(2018.7-8)合格し、次のフェーズ(Pre Phase A2)に進むこととなった。宇宙研に所内準備チームが立ち上がった(宇宙研の専任スタッフとしては片山氏がチームメンバーとなった)
* Pre-Phase A2に入り、CML4確認会は終了

★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。