



小型JASMINEおよびNano-JASMINEのデータ解析

山田良透¹⁾, 吉岡諭²⁾, 穂積俊輔³⁾, 郷田直輝⁴⁾, 小林行泰⁴⁾, 上田暁俊⁴⁾, 矢野太平⁴⁾, 白旗麻衣⁴⁾, 鹿島伸悟⁴⁾, 宇都宮真^{4,5)}, 安田進⁵⁾, 他JASMINE ワーキンググループ 1) 京都大学, 2) 東京海洋大学, 3) 滋賀大学, 4) 国立天文台, 5) JAXA

位置天文データ解析

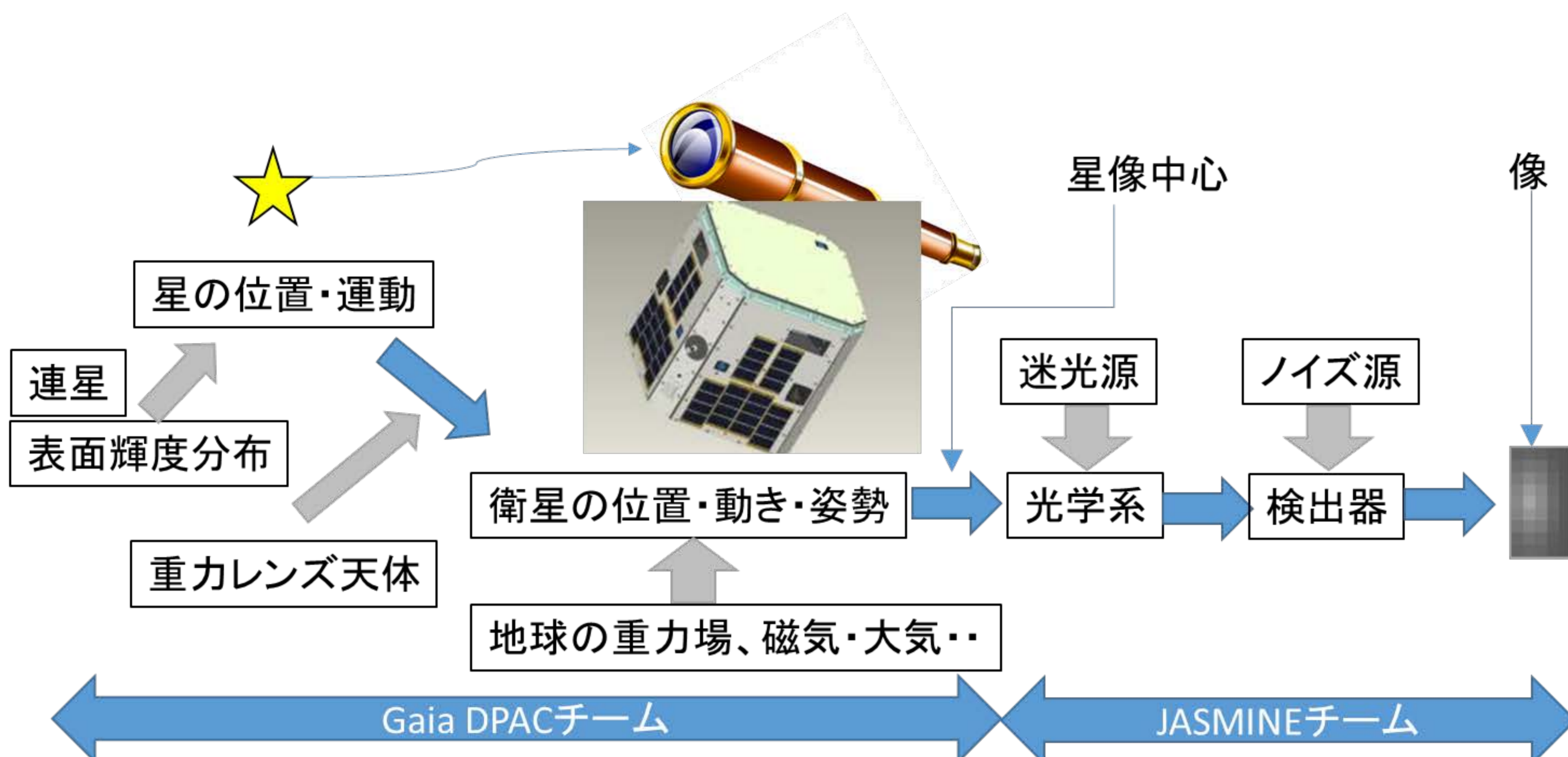


図: 位置天文解析の全体像

位置天文観測では、関係する要素を全てモデル化して、最小二乗で逆問題を解く形で、星の位置・運動を衛星の姿勢や装置の変形とともに解く。左図に示すように、天文学的に興味がある星の運動だけでなく、様々な要素をモデル化しなければならない。

衛星の運動、光学系の変形等のモデル化に要求される精度は熱や外力トルクなどの物理的知識から導出可能なレベルをはるかに超えていて、直交多項式やBayes推定などのempiricalなモデルと未定パラメータを含む物理モデルを組み合わせ、星の観測データから係数を決めてゆく。そのモデル化が無バイアスで、観測数を増やすと統計的にVN則に従ってノイズが減ることを、実証実験などによって示して、このモデル化が有効であることを確認してゆく。

Nano-JASMINE データ解析の体制と準備状況

Nano-JASMINEの観測手法は、ESAのGaia衛星と同じで、spinする衛星のspin軸垂直方向の2視野を同時観測し、spin軸を歳差させて全天を掃いて全天のmapを構築する方法である。そこで、Nano-JASMINEの解析は、coreの部分はGaiaチームで開発されたAGIS(Astrometric Global Iterative Solution)を用いる。AGISは、衛星特有のパラメータを一つのクラスで管理しており、このクラスをNano-JASMINEのパラメータに書き換えることで、同じコードが異なる衛星の解析に使える。同じソフトウェアを異なる衛星に用いることは、ソフトウェア的にも画期的である。検出器で取得される像と星像中心の間の最小二乗解は、主にJASMINEチームで開発される。

Nano-JASMINEのパラメータ(口径・運用年数等)を用いて得られる精度を評価したところ、年周視差で2~3mas程度の精度が得られる見込みが立っている。(右図)

2007年よりGaiaのデータ解析チーム(DPAC)と共同研究としてAGISをNano-JASMINEに適用する取り組みが始まっている。AGIS側の作業はほぼ完成し、Nano-JASMINEのテレメトリ処理を含む生データ処理の部分のデバッグ作業が続いている。2015年3月には宇宙研や天文台の専門家にレビューとしてNJ解析のレビュー会を行い、有益なアドバイスを多数いただいた。また、2015年内に、Hipparcosを経験している以下の専門家、2月にはF. van Leeuwen氏(ケンブリッジ大学)、6月にはF. Mignard氏(コートダジュール天文台)からもアドバイスをいただいた。2013年からは、Gaiaのデータ公開グループのプロジェクトの一員としての活動も開始されており、日本からのGaiaデータの公開、キャリアレーションの共同研究などを推進する。

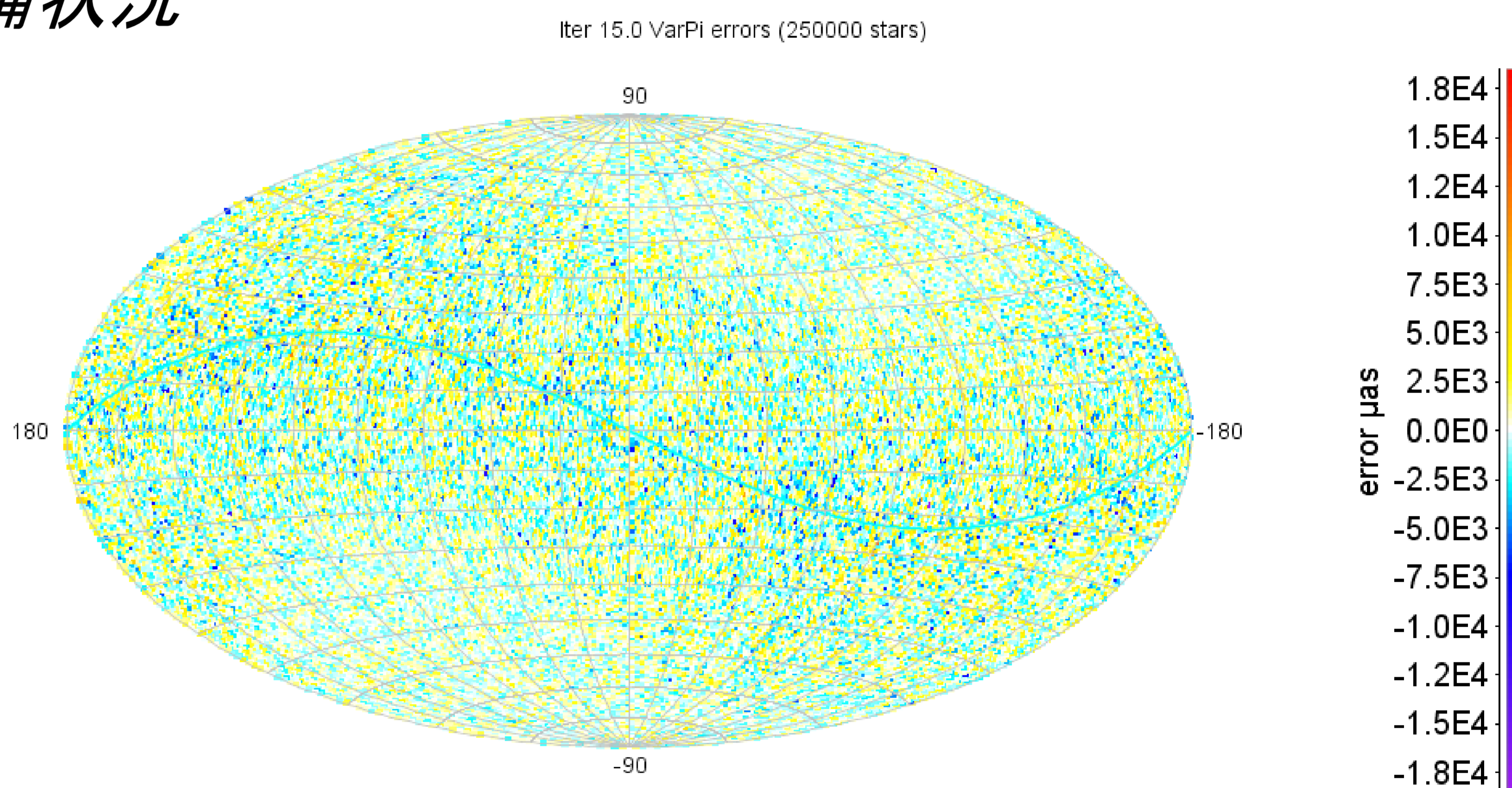


図: AGISをNano-JASMINEに適用した場合の年周視差精度。カラースケールの単位はμas。

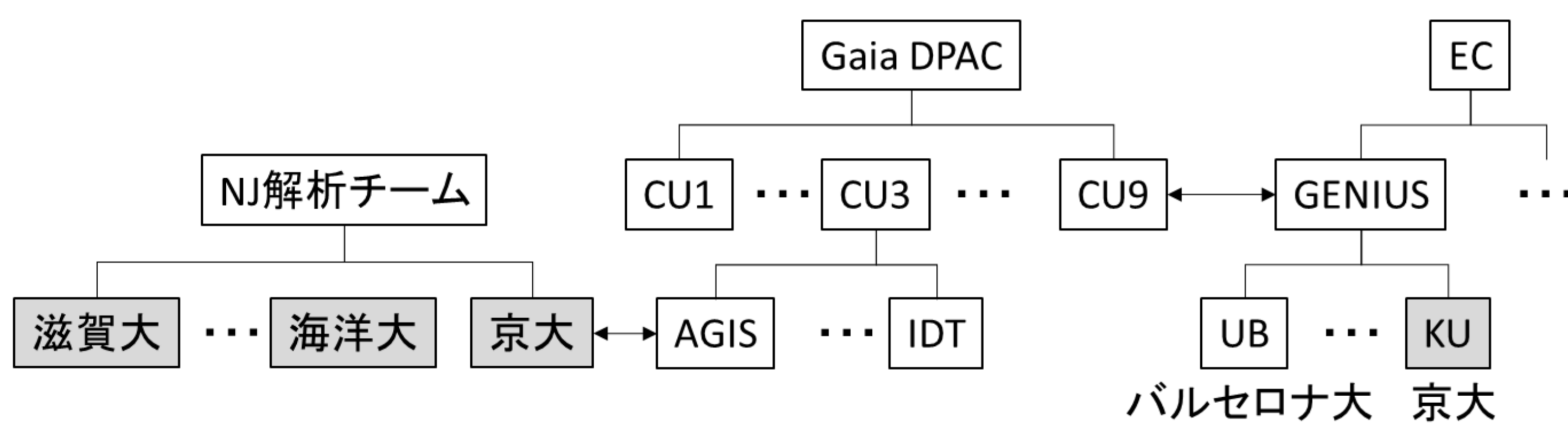


図: Gaiaの組織との関係を含めた、データ解析の組織図。

項目	指摘内容
データ管理	最上流、最下流だけでなく、中間データのバージョン管理を行うべき。
ICD	ICDにまだ不明瞭な点が残っている印象を持つ。
運用計画	打ち上げ後にもキャリアレーションの人員が一定数常時必要。
モデル化	PSFモデルについて、研究的要素と開発的要素の識別が必要。宇宙環境の影響のモデル化が不十分。姿勢モデル化の検討が不十分。

図: 解析レビュー会、および海外の専門家からの指摘事項のまとめ。

小型JASMINE データ解析

小型JASMINEのデータ解析も、興味ある天文学的モデル以外の、衛星や装置など様々な要素のモデル化が必要という点は、Nano-JASMINEやGaiaなど他の位置天文ミッションと共通するところがあり、従来の知見の延長上にあると考えて良い。しかしながら、例えば1撮像データから星像中心を求める精度はおおよそ1/100ピクセルのオーダーで小型JASMINEでもNano-JASMINEでもGaiaでも同じだが、目標とすべきskyの上での精度がpixel座標でどの程度になるかは、Nano-JASMINEは1/600ピクセル程度、小型JASMINEは3万分の1pixel程度と全くことなる。無バイアス性がこの精度で達成されていなければならない、モデル化精度についてはさらに慎重な取り扱いが必要である。この点については、統計数理研究所の専門家とも共同して研究を進めている。

姿勢モデルについても、Hipparcosは重い衛星であり、Gaiaは太陽地球L2点での運用で、地磁気の影響はそれほど大きくない。観測中に制御を行う必要はほとんどない。一方、Nano-JASMINEや小型JASMINEは、撮像中にも細かく姿勢制御を行わないと、撮像に要求される姿勢安定度が達成しない。制御入りの観測を行った時のモデル化精度と、モデルの無バイアス性については、現在IT企業と共同研究を行っている。

Gaiaでは、First Lookによりサイエンスアラートや装置の不具合のチェックなどを行っている。高度な相対論モデルの導入なども行っている。これらを担当しているグループが、小型JASMINEのデータ解析にも興味を持っており、小型JASMINE採択後の協力を約束してくれている。Heidelbergのグループは、以下の実績を持つ。Hipparcosの時分から知られていたことだが、Micro meteoriteが衝突すると衛星の角速度が不連続に変化する。Gaia衛星でもこれと似た現象が観測されているが、予想より頻度が高かった。これを詳細に検討した結果、Micro meteorite衝突以外に非常に微小なクランチが頻繁に起こっていることが分かった。この識別を行ったHeidelbergのグループが、小型JASMINEのデータファーストロックの部分の協力を申し出てきている。

サイエンスや装置チェックの部分、モデル化の部分、その統計処理の部分にそれぞれの専門家の協力が得られることになっており、現在のNano-JASMINEの解析チームに加えてこれらのチームの協力を得つつ、解析を進めてゆくことを想定している。