

Nano-JASMINE衛星 ミッション部の現状

小林行泰, 郷田直輝, 矢野太平, 丹羽佳人(国立天文台), 原拓自(東京大学), 山田良透(京都大学)

我が国初の位置天文衛星Nano-JASMINE(NJ)の現状について、特にミッション部について報告する。何回かの打ち上げ遅延により、打ち上げが2014年年末以降に遅れているので、フライトモデルの完成から時間が大きく経過し、性能を維持することが重要となってきている。この間、軌道上での宇宙放射線によるCCDの性能劣化による星像決定への影響を評価するための、実証実験が進められ、解析手法も大きく改善されてきている。

なお、NJは口径5cmの超小型ながら、HIPPARCOS衛星に匹敵する位置天文観測が期待される。現在、ブラジルのアルカンタラススペースセンターから、ウクライナ製のロケット Cyclone-4を用いて2014年12月以降に打ち上げられる予定で準備が進められている。約2年間でZw-band($0.6\mu\text{m}-1.0\mu\text{m}$)を用いて、11mag以下の星(総数は270万個)について全天にわたる位置天文観測を行う。観測できる星数は通信可能なデータ量によって制限され、およそ100万個の天体の精密位置測定を行う。近傍の7.5magより明るい星約17000個については3masの精度での位置測定を行い、さらに、30pc以内の星については年周視差の測定により、距離測定ができる予定である。

nJフライトモデル

- ・望遠鏡部の開発終了
- ・衛星への組み立て終了
- ・現在は最終調整中
- ・今年は総合運用試験を行い打ち上げに備える予定
- ・データ解析のためのモデルデータを蓄積し解析環境の整備を進めている



衛星フライトモデル外観

Nano-JASMINE衛星とは

●JASMINE計画における最初の衛星であり、次世代スペースアストロメトリ(JASMINE)のための技術的蓄積(開発・軌道実験)宇宙開発の一連の作業を経験、学生・若手研究者にとって貴重な経験である。

●日本初のスペースアストロメトリ観測経験あり、世界でも三番目の位置天文観測となる。昨年12月にESAの位置天文衛星GAIAが打ち上げられた。

●NJは超小型ながら、ヒッパルコスと同程度の精度で観測が可能であり、ヒッパルコスミッション終了から15年が経過し、劣化したカタログ情報を長い観測スパンを利用して改善する。GAIAが打ち上げた現状で、GAIAの観測できない明るい星の観測で超小型衛星の特徴を活かす

衛星システム概要

NJ衛星仕様

衛星外形	50×50×50cm
質量	約35kg
打ち上げ	2014年年末以降
ミッション期間	2年(+1年)
観測等級	zw<11 mag
観測波長	zw-band($0.6-1.0\mu\text{m}$)

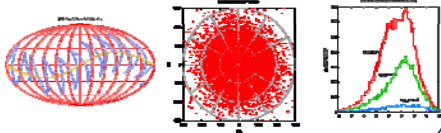


軌道上の想像図

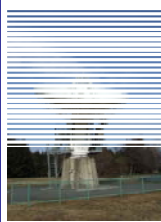
開発体制
ミッション部(望遠鏡など)→国立天文台&京都大学
バス部(無線器、姿勢制御、電源など)→東京大学&東京海洋大学

観測の概要

- NJは太陽同期軌道に打ち上げられ全天サーベイを行う。
- 太陽からの離角45度内上をスピン軸が振り子運動するように移動し掃天する。
- 左図で黄線が太陽の軌跡、青線がNJのスピン軸の軌跡を示す。
- 星像位置測定および年周視差測定による位置を行い、固有運動、距離などを測定する。
- 観測可能な星の分布を太陽からの距離で示したのが下中図で、
- 距離測定が可能な星の数を右図に示す。(system誤差に依存する)



地上システム



10mアンテナ@水沢

地上からのコマンドアップリンクとデータ受信
3mアンテナ(東京)
データ受信
10mアンテナ(水沢)
キルバ向(初期運用時のみ、スウェーデン)



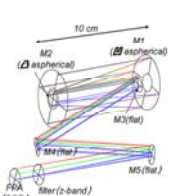
Mission部構成

Mission部は

反射望遠鏡 CCD、参照光源
TDIボード(CCD駆動用ボード)、プリアンプからなる



光学系



Nano-JASMINE光学系

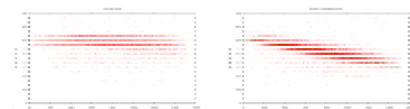
主鏡有効径 $\phi 5\text{cm}$
焦点距離 167cm
リッチーチレンタイプ
(非球面鏡2枚、平面鏡3枚)
ビーム混合鏡による2視野同時観測
(混合鏡相対角: 99.5 deg)
全アルミ合金製(表面は金蒸着)
視野 $0.5 \times 0.5\text{ deg}$



ビーム混合鏡

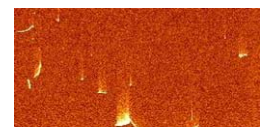
軌道上での宇宙放射線

CCDに10Mevのフロン $2 \times 10^{10}\text{個}/\text{cm}^2$ を京大のバンテグラフを用いて照射した。下図はフロンを照射したCCDと照射していないCCDの転送回数と出力を比較したものである。



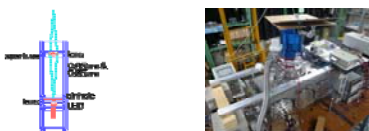
放射線によるCCDの劣化と星像位置決定

放射線が当たると電荷の転送に異常が起り、下図のように点であるべき像が尾を引くなど、星像決定に大きな影響がある。そこで、転送異常が起っているCCDを用いた場合の位置決定手法のための実験を始めた。簡単にCCDのpixel response function (PRF)と類似星像のimage profileを精密に測定し、これを用いて、CCD出力をノイズにシミュレーションすることで星像位置決定のためのパラメータを推定する。これと、実際の類似星像出力を比較することで、最終的星像位置決定精度を検証する。



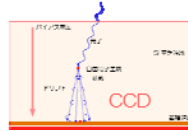
Pixel Response Functionの測定システム

放射線の影響を含めたNJの出力をsub pixelスケールでシミュレーションするためには、詳細なpixel response function (PRF)があることが容易に実現できる。PRFの測定は、微小光源を用い、これをCCD上をスキャンすることで行う。このような測定からPRFを求めるためには微小光源の像プロファイルと同様の手法で測定した。測定されたPRFを、この微小光源像のプロファイルでdeconvolutionすることで真のPRFを求めることができる。右図は測定システムの外観を示し左図は微小光源の構造を示す。左図では上部に結像する。

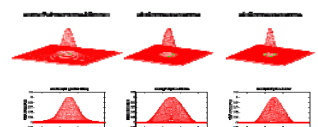


PRFのシミュレーション

ピクセル応答関数 (PRF) はあるピクセルに着目した時に、光子の入射位置に対する、そのピクセルに出力される確率分布関数である。光子がCCDに入射し、電荷とホールを発生し、ピクセル方向に運動することにより、ピクセルの大きさ以上に広がったものとなる。CCD表面に入射した光子はCCDの空乏層に侵入し、電荷とホールを発生する。発生したホールはバイアス電位により、CCDの蓄積部に誘導される。ホールの移動度、この間ホールは熱運動により、CCD面方向に運動拡散(charge diffusion)する。また光子が吸収される距離は波長によって異なり、これらは確率事象となる。



PRFの測定



図は0.85 μm の微小光源をCCD上をスキャンして得られた、PRFの測定値(左)。これを微小光源のプロファイルでdeconvolveすれば真のPRFが得られる。ここではgauss係数を用いて、モデルPRFに微小光源プロファイルconvolutionし、測定値と比較することでgauss係数をもとめた。中図はgauss係数が15 μm の場合、右図はgauss係数が10 μm の場合。図で線はピクセル15 μm を示す。0.65 μm のデータも取得した。