

美星スペースガードセンターにおけるデブリ観測の現状

西山広太

日本スペースガード協会

Recent status of debris observations in the Bisei Spaceguard Center

Kota NISHIYAMA

Abstract

It reports on the accuracy of observation and the tracking accuracy in the space debris observation in the Bisei space guard center. It is an element that is extremely important the accuracy at time, and decide the quality of measurements in the observation of the space debris. We improve the accuracy of time by GPS system, and have decreased the error of a positional measurement. And, it was shown that it was possible by accuracy with an enough observation of the low-earth-orbit satellite.

Key Words:Space debris, Spaceguard

1 美星スペースガードセンター

美星スペースガードセンター(図1)は、スペースデブリ及び地球接近小惑星等の観測を目的とする施設として、財団法人日本宇宙フォーラム(JSF)が、文部科学省の特別電源所在県科学技術振興事業補助金により整備したもので(1999年に完成)、主な利用者は宇宙航空研究開発機構(JAXA)であり、観測業務はNPO法人日本スペースガード協会に委託し実行している。主な観測機器としては口径1m光学望遠鏡(F3、視野角3度)と口径50cm光学望遠鏡(F2、視野角2度)がある。発見・追跡を主目的としているため広い視野を持つことが特徴となっている。

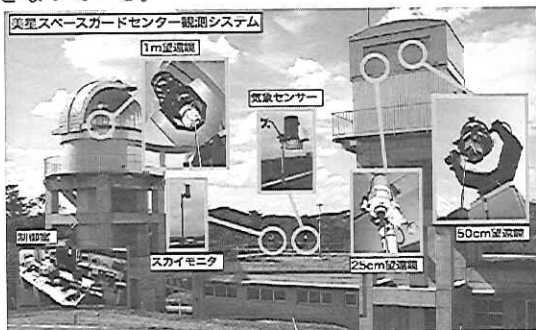


図1 美星スペースガードセンターと観測機器等

スペースデブリおよび地球近傍小惑星の発見・追跡を主目的とし、観測は365日体制で行っている。ここ数年の年間観測実施率は平均70%程度(約250夜)となっている(図2)。また、観測・解析環境の改善、観測機器・観測データの評価、新たな観測手法の検討・開発等を日常的に行っている

2 デブリ観測の概要

デブリの検出は、連続して複数枚の画像を撮影し、計算機の画面上で時系列に表示を切り替えることで、背景の恒星像との動きの違い等から判別しておこなう。検出した目的天体の位置測定は、まず、写っている恒星の位置をピックアップしこれを星表と比較、CCD画像の座標を決定する。そして、目的天体のCCD画像上の座標を測定し、画像の座標との比較から目的天体の位置を決定する。BSCではこれら撮像から天体の検出、位置測定に至るプロセスをほぼ自動で処理するシステムを独自に開発し、効率的な運用を行っている。暗いデブリの検出は困難となる。画像は連続して4枚から6枚程度を取得する。

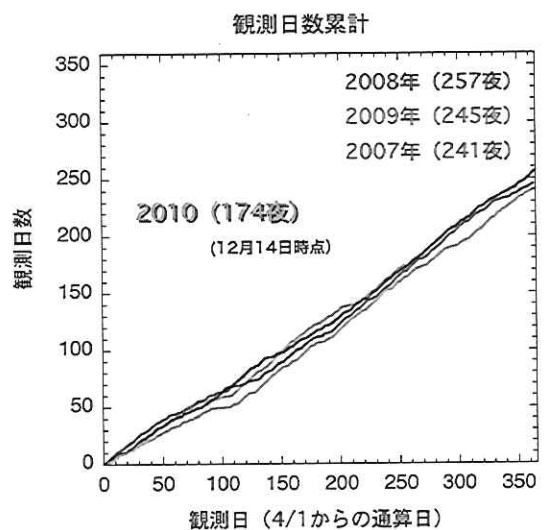


図2 美星スペースガードセンターの観測実施日数

3 位置測定誤差について

デブリ観測では、恒星や小惑星等と比べて天空上での見かけの動きが大きく異なることから、位置測定誤差が大きくなるという特徴がある。ひとつは画像の座標決定の誤差が大きくなる傾向があるというものである。これは画像の座標を決める基準となる恒星がデブリ観測では基本的に線像になるため、恒星の重心位置の誤差が大きく結果的に画像の座標値も誤差が大きくなる。もうひとつは時刻の誤差が位置誤差に影響するというものである。恒星に対して相対的に高速で移動しているデブリ（静止軌道衛星で15秒角/秒）では仮に時刻誤差0.1秒のシステムであっても1.5秒角（1.0m望遠鏡では1ピクセル=1秒角）の位置誤差を持つことになる。2008年に実施した調査では、デブリ観測の位置誤差が0.5秒角で時刻誤差が位置誤差の制限要因になっていることが分かった（恒星の位置測定誤差は通常0.3秒角以下）。そこで、2009年1月に導入された新CCDではシャッター開閉をGPSと同期させ撮影時刻を正確にモニタするシステムを開発した。今回その効果を、システム導入前と後の年間の観測データの測定誤差を解析することで確認した。その結果、赤経・赤緯成分共に位置測定誤差が0.3秒角程度（静止軌道上で60m程度に相当）に改善されたことが分かった。これは、シャッター開閉を正確にモニタしたことにより、撮影時刻の精度が向上し結果として位置測定誤差の改善につながったと考えられる。なお、今回の位置誤差から現システムの時刻誤差は20m秒以下であると推測される。

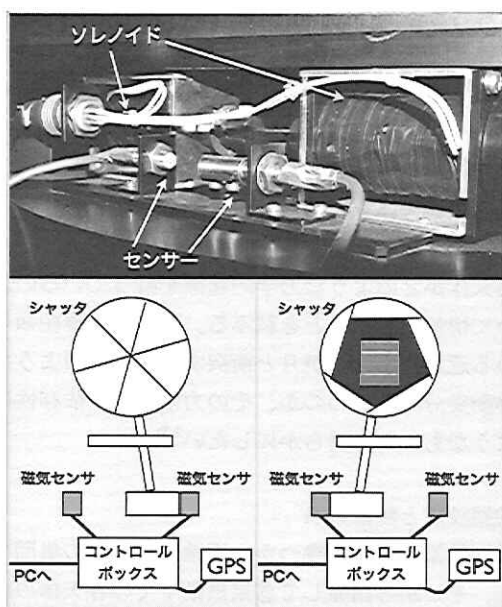


図3 GPS連動シャッター（上）と概念図（下）

4 高速移動天体（低軌道衛星）の試験観測

美星スペースガードセンターでは2006年から2007

年にかけて、1.0m望遠鏡の駆動軸の改修を行い恒星時追尾に比べ非常に高速な駆動速度においても高精度で追尾可能なシステムを実現している。改修後から2010年2月までの期間、制御ソフトウェアのプログラム上の問題から十分な性能を発揮できずにいたがその後プログラムの改修を行いほぼ実観測において期待される追尾性能を実現している。2010年3月には高度500km～800km程度の低軌道衛星の試験観測を実施した。美星スペースガードセンターから観測可能な明るめの衛星を12天体選び追尾・画像取得を行った結果、12天体中11天体、全135画像中125画像で天体の検出に成功（検出率93%）した。

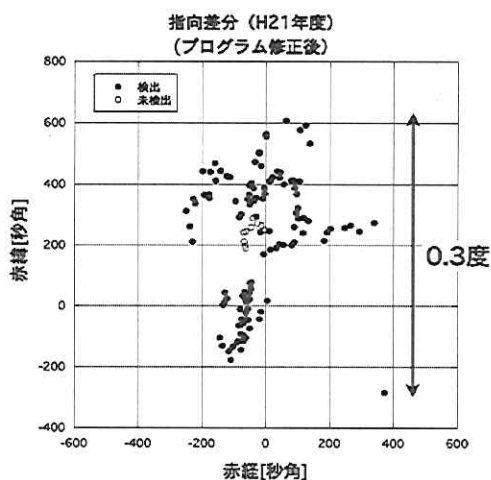


図4 全観測点における指向誤差の分布

未検出の1天体についても画像解析の結果、観測時の指向方向の誤差はきわめて小さい（100秒角以下）ことから、TLEの予報精度が未検出の原因である可能性が高いと考えられる（図4）。今回の試験観測の全結果から推定される高速駆動時の1.0m望遠鏡の指向誤差は0.3度角程度、また実際に検出した天体の位置と予報値との比較から求めたTLE予報誤差は0.6度角程度（望遠鏡の指向誤差のおよそ2倍）であり、現システムでは、低軌道衛星の検出の可否はTLE予報値の精度に依存するということがわかった。

5 まとめ

美星スペースガードセンターの現状として、主としてデブリ観測の誤差、および低軌道衛星の高速追尾観測の可能性について報告した。デブリ観測の位置測定精度については、GPSによるモニタシステム導入により誤差の制限要因であった時刻誤差の低減がはかられ、結果として位置測定精度が向上し、恒星・小惑星観測程度の精度を達成した。また、駆動軸の高性能化により高度600km程度の低軌道衛星であれば指向誤差0.3度角程度で十分追尾可能であることを示した。

(2011年5月19日受付, 2011年5月30日受理)