

スペースデブリの自動検出・測定アプリケーション開発とその効果

西山広太

日本スペースガード協会

Automatic detection and measurement application development of space debris

Kota NISHIYAMA

Abstract

We developed the application optimized for the space debris observation in the Bisei spaceguard center. This application detects and measures the space debris by the automatic operation. The observation efficiency of the space debris observation at the Bisei spaceguard center has improved by developing this application.

Key Words: Space debris, Spaceguard

1 BSGCにおけるデブリ観測

1.1 観測システム

美星スペースガードセンター（以下「BSGC」）の1.0m光学望遠鏡の制御計算機システムは、望遠鏡駆動系の制御計算機部分、CCDカメラ制御計算機部分、両者の連携をはかり観測システム全体を制御する部分（望遠鏡制御計算機）の3つの部分から構成されている（図1）。望遠鏡制御計算機はCCDカメラによって取得した画像に、駆動系制御計算機から得た望遠鏡の指向方向等の必要な情報を付加しFITSファイルとして内部に保存する。望遠鏡制御計算機内部のディスクは所内ネットワークにより他のパソコンに公開することで、天体の検出・解析等の処理を複数のパソコンで実行できるようになっている。

観測システム

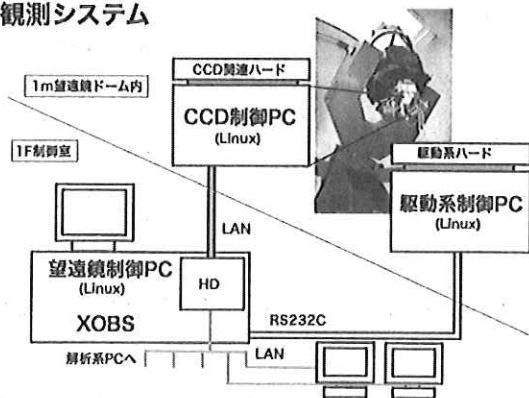


図1 BSGCの観測システム

1.2 デブリ観測の方法

スペースデブリ（以下「デブリ」）の観測は、基本的にデブリの動きに合わせて追尾しながら露出を行い画像取得する（図2）。追尾には主としてインターネット上で公開されている衛星の軌道データ（TLE = TwoLineElement）を使用する。露出時間は0.1秒～10秒程度と短い。デブリの観測画像では目的天体を追尾して撮像しているため、基本的に目的天体はCCD上で動かず点像になる。一方その他の恒星は線状になる。露出時間をより長くすることで、暗いデブリの検出確率は向上するが、背景の恒星がより長い線状になり画像の位置決定時の誤差を大きくすることになる。露出を短くすることで位置測定精度の向上が見込めるが、逆に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。

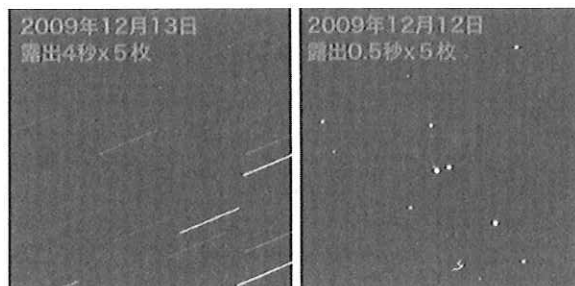


図2 デブリ観測画像

1.3 デブリの検出と位置測定

目的天体の検出は、連続して撮影した複数枚の画像を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により実行する。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（赤経、赤緯）を決定する

目的天体の「検出」と「位置測定」は従来二つのアプリケーションで別々に実施しており、前者は市販の画像処理ソフト、後者は小惑星検出用アプリケーションの流用となっていた。それゆえ、処理がふたつのアプリにまたがることによる時間のロスや、検出・測定のプロセスを観測者が正確には知り得ないという問題点があった。

2 自動検出・測定アプリケーション

2.1 アプリケーション開発

効率的なデブリ検出・測定処理によるデブリ観測作業の時間短縮、および検出・測定処理過程の透明化を目的とし、デブリ位置測定アプリケーションの開発を2007年より開始した。具体的目標として、まず、効率的な作業のために天体の検出・測定は計算機による自動処理とする。また、開発は観測を行っているBSGC観測グループによるものとし、実際の使用にあった変更・修正が柔軟・迅速に実施できるようにする。さらに、望遠鏡制御系との連携や開発のしやすさを考慮してLinux上で動作するものとした。

2.2 自動検出・測定処理の流れ

2007年に開発を開始し、2009年7月に基本的動作が可能なアプリケーションが完成した。全体は検出から測定結果のまとめまでを大きく3つのアプリケーション（“kfindsat”, “dbviewer”, “satedit”）で実施する構成となっている。最終結果までの流れは、

- 1) 観測画像の座標決定。恒星像の重心の算出（CCD上のXY座標）、星表との比較（赤経、赤緯値の決定）。
- 2) 点像物体のピックアップ。画像から任意のS/N以上の座標値を算出し、周辺3x3ピクセルの重心を計算（CCD上のXY座標）。
- 3) デブリ候補像の決定。複数画像の点像物体の座標値を比較、座標の変化の誤差が閾値以下かどうかの判定
- 4) 誤検出確認。観測者が画像を見て確認する。
- 5) 最終結果のまとめ

と大きく5つのプロセスに分かれており、1～3まではコマンドラインから一括処理（2～5分程度）する（“kfindsat”）。4、5、はそれぞれGUIを使って画面上で画像をみながら確認・処理を行うようになっている（“dbviewer”（図3）, “satedit”）。言語はC言語とPerlで、GUIにはPerl/Tkを使用した。

3 自動検出・測定の効果

過去半年間、自動検出・測定アプリケーションの使

用による効果として、まず、効率的なデータ処理、およびそれによる観測者の作業負担の軽減がある。目的天体の90%程度は自動での検出・測定を実現しており、従来に比べて検出・測定作業が50%～70%程度効率化したと考えている。処理の自動化によりこれまであった人為的な作業ミス、例えば目的天体の名称の間違いや移動天体の見逃し等、も減少した。また、柔軟なプログラム修正が可能となり、使いながらの修正、機能追加により日々BSGCの観測システムにマッチした検出・測定システムへと修正が図られ、効率的なシステムへと進化している。以上の効果から、当初アプリケーション開発を行うにあたり掲げていた目標は基本的に達成したと考えている。

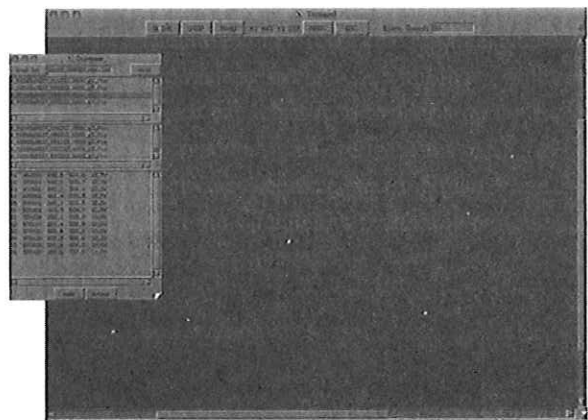


図3 誤検出確認アプリケーション（dbviewer）

4 まとめと今後

美星スペースガードセンターではスペースデブリの自動検出・測定アプリケーションを開発し以下のような効果を得ている。

- ・目的天体の90%程度を自動で検出・測定が可能となった。
- ・従来にくらべ効率的なデータ処理により観測者の負担が軽減した。
- ・開発と使用者同一のためより効率的なシステムへのプログラム修正が容易になった。

今後は、目的天体の検出確率向上と誤検出の減少、および、より効率的なシステムを目指す。

（2010年1月16日受付，2010年2月14日受理）