

# 美星スペースガードセンターの小惑星観測における バンド毎感度評価

奥村真一郎<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 日本スペースガード協会

## Sensitivity evaluations of each band in the case of the asteroid observations in the Bisei Spaceguard Center (BSGC)

Shin-ichiro OKUMURA <sup>1)</sup>

### Abstract

We are advancing the development of a new camera for the Bisei Spaceguard Center (BSGC) 1m telescope, by collaboration with Japan Space Forum and National Astronomical Observatory of Japan, with the assistance of Japan Aerospace Exploration Agency. In order to decide the specification of the filter system for the new camera, the sensitivity was evaluated for each filter available in the present camera system, in the case of the asteroid observations. Among four filters (V, R, I, W (500-900nm)), the observation efficiency is highest in W filter and lowest in V filter, and the efficiency in W filter is four times as high as that in V filter. In this paper, I discuss the results about the evaluations noted above, and also discuss the background brightness and the atmospheric transmittance at the BSGC.

Key Words: Bisei Spaceguard Center, CCD camera, Filter, Atmospheric transmittance

### 1 イントロダクション

日本宇宙フォーラムと国立天文台との共同開発研究に基づき、宇宙航空研究開発機構、日本スペースガード協会を含めた4者の協力により美星スペースガードセンター1m望遠鏡に搭載する新しいCCDカメラの開発を進めている。その仕様について検討を進めていく中で、導入するフィルターシステムについて決定する必要が生じた。既存のCCDカメラのフィルターシステムにはV、R、Iと、可視のほぼ全波長域をカバーするW(Wavecutフィルター: 500-900nm)が常備されており(図1)、通常、小惑星の探索観測ではWフィルターを用いてきた。常識的に考えると、透過波長幅を広く取って天体からの光をより多く捉えた方が信号対雑音比(S/N)を高くする事ができると考えられる。しかし、日本国内のように水蒸気量が多く大気の透過率の良くないサイトにおいては、やみくもに波長透過幅を広くとっても天体からの光量はあまり増えず、雑音ばかり増えるという可能性もある。そこで、新CCDカメラの開発にあたり導入するフィルターシステムの仕様を決定することを目的とし、小惑星(探索)観測に最も効率の良い波長域、波長幅を判断するための資料として、既存の4種類のフィルターについて、小惑星観測時のS/Nについて評価を行った。

### 2 観測、測定

測定は、同じ星を4種のフィルターで観測し、星の総カウント数とノイズの比を求めて比較した。現CCDカメラの2×2ビニングモード(ビニング後のピクセルスケールは1ピクセルあたり約2秒角)での撮像、星のカウントは5×5ピクセル(約10×10秒角)の範囲に対

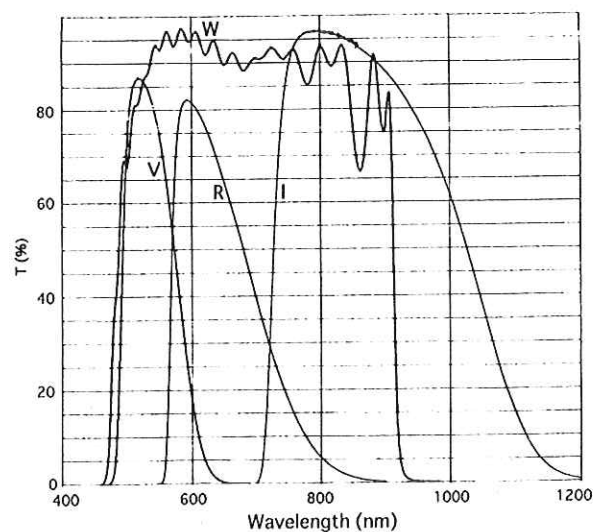


図1 美星スペースガードセンター1m鏡の現CCDカメラで使用している各フィルターの波長透過率曲線。

するアパーチャ・フォトメトリにより測定した。また1ピクセル当たりの背景(空)の明るさの平方根をとり、これをノイズと定義した。

測定対象は、本来は適当な小惑星にしたかったのであるが、フィルターの切り替え機構が昨年来故障しているためフィルターを切り替えて観測することができないので、切り替え機構の故障以前に試験的にフィルターを換えて取得した観測データを用いることとした。残念ながら撮影したフィールドの中に小惑星が写っていないだったので、視野に写っている恒星の中からV-Rのカラーが小惑星の値(S型: 0.5-0.6, C型: 0.3-0.4)に近いものを選び出し、その中から最終的にV=12等でV-R=0.5である恒星(以下、恒星1)とV=14等でV-R=0.5である恒星(以下、恒星2)について測定を行った。なお恒星1、恒星2のV等級とR等級の値については、それぞれGSC-ACTカタログとUCAC2カタログの値を採用した。

観測時の状況であるが、日時は2007年5月3日午前1時頃、天候は快晴、月齢15.2でほぼ満月であった。高度75°で月からの離角60°の領域を各バンドとも10秒露出で撮影した。望遠鏡の鏡面洗浄前であり、鏡の状態はよくない時期である。

### 3 結果

図2は恒星1と恒星2について、各バンドでのフラックスの総カウントと空の明るさをグラフにしたものである。1秒角×1秒角当たりの空の明るさは、各バンドとも約16等であった。(念のため繰り返すが、満月の夜、かつ鏡面洗浄前である。洗浄後の同条件の測定では約0.2等暗くなっている。また、洗浄後暗夜時の測定では約20等である。)

1ピクセル(2×2秒角)当たりの空のカウントに対してルートを取ってこれをノイズとし、星の総カウントとの比を算出したのが図3である。結果は、WバンドでのS/N比が最大、Vバンドが最小となり、VバンドではWバンドの場合に比べて4分の1程度しかS/Nが得られないことがわかった。

なお、V、Rバンドで空の透過率、検出器の量子効率を含めた全体のスループットを計算してみた。CCD読みだし回路のAD変換係数を1.6と仮定して計算すると、バンドにより異なるが2.1~2.5%と非常に悪い値である。鏡面の洗浄後は補正レンズの汚れを落とした効果が大きく効いているのか5倍程度改善されているが、それでもすばる望遠鏡Suprime-Camの効率と比べると1/5程度である。

### 4 考察

図2, 図3より、Vバンドについては星の光量がR、

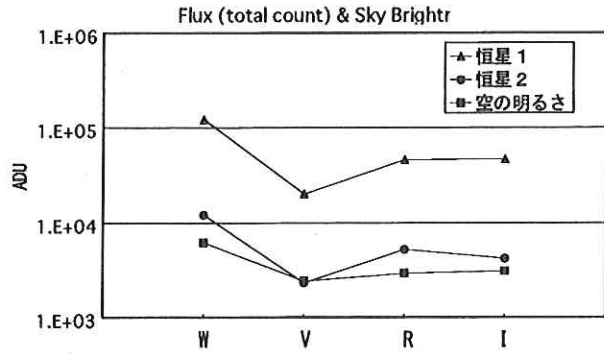


図2 各バンドでの星の総カウント(▲: 恒星1, ●: 恒星2)。■印は1秒角×1秒角当たりの空の明るさを表す。縦軸は対数表示。

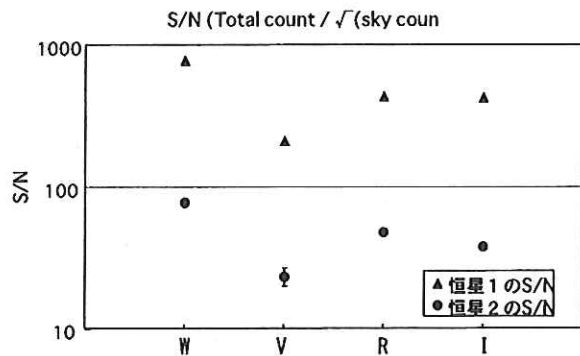


図3 各バンドでの星のS/N比を求めたもの。

Iバンドより少ないにもかかわらず、背景光の明るさが同等であるためS/N値が良くない結果となっている。この理由については以下の原因が考えられる。

1. CCDの感度がRバンド帯に比べて悪い。
2. ターゲットがV-R=0.5で、比較的赤いため元々のVバンド帯での光量が少ない。
3. 人工光(ナトリウム: 590nm, 水銀: 546, 577, 579nm) および酸素原子の夜光(558nm)が空を明るくしている。
4. 短波長の方が月光の大気散乱が多い

この結果をふまえ、新CCDカメラのフィルターについては、探索観測用には現在のWフィルターをそのまま使用、物理観測用にはV, R, Iフィルターに換えて大気の影響を受けにくいフィルターシステムである、SDSSで採用されているg', r', i', z<sup>1)</sup>(図4)を基本とし、さらに上記フィルターの隙間を埋める形で大気吸収の少ない860nm, 1020nmの狭帯域フィルターを加えたシステムとした。

Wフィルターについては、効率の悪いVバンド領域を避けて長波長側へシフトさせた「W'」フィルター(たとえば600~940nm)を用意することによって、より効

率の良い観測ができる可能性がある。

### 5 まとめ

日本宇宙フォーラムと国立天文台が中心となり、美星スペースガードセンター1 m望遠鏡の新しいCCDカメラを開発中である。このカメラのフィルターシステムの仕様決定に先駆け、小惑星の探索観測に使用する場合に最も効率の良いバンド（フィルター）を決定する事を目的とし、各バンド（フィルター）毎の感度（小惑星観測時のS/N比）について評価を行った。1 m望遠鏡の現カメラシステムで使用されている4種類のフィルター（V, R, I, W）について比較したところ、Wバンドが最も感度を稼ぐことができ、背景光の影響を最も受けやすいVバンドで最も効率が悪く、Wバンドとの比は約4倍異なることが明らかとなった。この結果をふまえ、新カメラでは小惑星探索観測用にはWフィルターをそのまま使用し、カラーの測定など物理観測用にはSDSSで採用されているシステムを基にしたものを導入することとした。

### 参考文献

- 1) Fukugita, M. *et al.*, *Astronomical Journal*, **111**, pp.1748-1756, 1996.

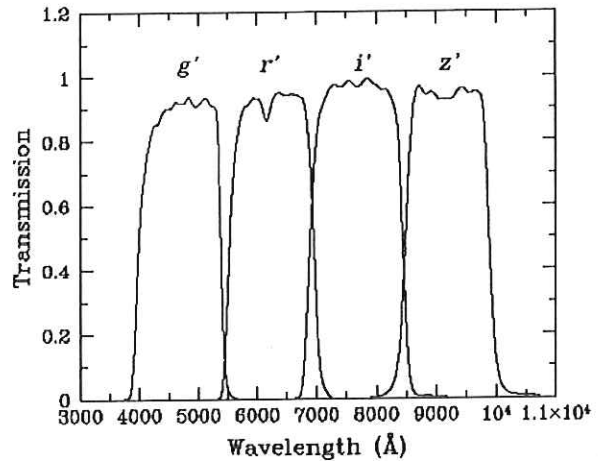


図4 SDSSで用いられているフィルターシステムの波長透過率曲線。546nmの水銀ライン、558nmの酸素輝線を避けるようになっている。すばるSuprime-Camでも採用しているシステムである。図はSuprime-CamのWebサイトから引用。

(<http://subarutelescope.org/Observing/Instruments/SCam/sensitivity.html>)

(2008年3月23日受付, 2008年7月9日受理)