

美星スペースガードセンターにおける小惑星162173 ライトカーブ観測の取り組み

浦川 聖太郎¹⁾

¹⁾ 日本スペースガード協会

Observation of Asteroid 162173 in the Bisei Spaceguard Center

Seitaro URAKAWA¹⁾

Abstract

We present the observation of asteroid 162173 (1999JU3) using the Bisei Spaceguard Center (BSGC) 1m telescope. Asteroid 162173 is an Apollo-type near-Earth asteroid and is selected as a target for Hayabusa-2 mission. In order to evaluate the mission feasibility from the perspective of rotational period, the ground observation campaign is conducted by many observatories. We participate in the campaign as the first activity of our science observations. In addition to the elucidation of rotational period, we assess the performance and the photometric stability for the BSGC 1m telescope. The rotational period was found to be 0.3178 day by the whole campaign data. The rotational period shows the sample return mission is possible. However, the rotational period was not derived from only the data of the Bisei Spaceguard Center. The reason for this is that the flux of asteroid 162173 is not enough due to the limit of exposure time on the situation of the high sky background. Moreover, there is possibility that the stray light in an optical system of the BSGC 1m telescope exerted a harmful influence. On the other hand, we achieved high photometric precision of 0.02 mag for the enough bright objects of approximately 14 mag.

1 はじめに

1990年代から世界各地で1mクラス望遠鏡を用いた地球近傍小天体(NEO)サーベイが行われている。これらのサーベイにより生態系に壊滅的な影響を与える1kmサイズのNEOの多くが発見された。今後は、Pan-STARRSに代表される2mクラスの望遠鏡により、数百mサイズのNEOの発見へと対象が変遷していくと思われる[1]。このような状況の中、美星スペースガードセンター1m望遠鏡では、物理観測によりNEOの諸物性を明らかにすることで、スペースガード問題に寄与することが必要となる。本研究では、美星スペースガードセンターにおける物理観測の第一歩として、はやぶさ2探査候補天体であるアポロ型小惑星162173(1999JU3)の地上観測キャンペーンに参加し、小惑星の相対測光観測に取り組んだ。さらに、得られたライトカーブから小惑星の自転周期を導出することを目指した[2]。また、今後の物理観測に向けて、美星スペースガードセンター1m望遠鏡の観測対象として適した天体の明るさと達成可能な測光精度の評価を行った。

2 観測

観測は2007年8月9、10、17、20日、9月6、10日と、2008年2月28日、3月1、7、8、10日に美星スペースガードセンター1m望遠鏡で実施した¹⁾。フィルターは可視波長域に広く感度のあるWavecutフィルターを用いた。2008年3月1、10日の観測は120秒積分で行い、それ以外の観測日については90秒積分で行った。観測時の小惑星162173の明るさはおおよそ18~19等級である。より効率的に光量を得るため、2×2のビニングモードでの観測を行った。測光は、IRAFを用いたアパーチャー測光で行った。相対測光のための比較星は、変光星でなく、小惑星162173の近傍に撮像されている3~7星を採用した。これらの比較星の光度平均を各画像で求め、大気変動による光度変化の代表的な値とした。この値を小惑星162173の光度に対して補正することで小惑星162173のライトカーブを得た。

3 結果

¹⁾ JAXA宇宙輸送ミッション本部統合追跡ネットワーク技術部軌道力学チームからの依頼による。

ライトカーブとその周期解析結果を図1から図4に示す。周期解析は Lomb Method[3]によるフーリエ解析を用いた。地上観測キャンペーンから自転周期は0.3178日と分かった[2,4]。一方、美星スペースガードセンターの観測だけで得られた自転周期は、0.3178日にも解があるものの、最も確からしい周期は2007年8、9月の観測に対しては0.2676日、2008年の観測からは0.0688日であった。

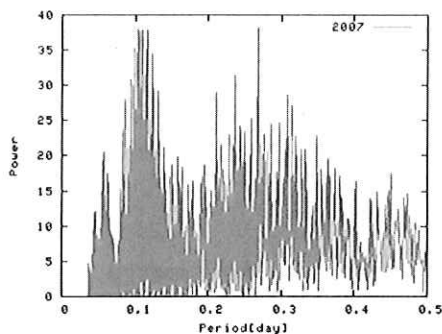


図1 2007年の観測から得られた周期解析の結果。横軸が周期、縦軸が信頼度に相当する Powerである。0.2676日に最も確からしい周期を示す。

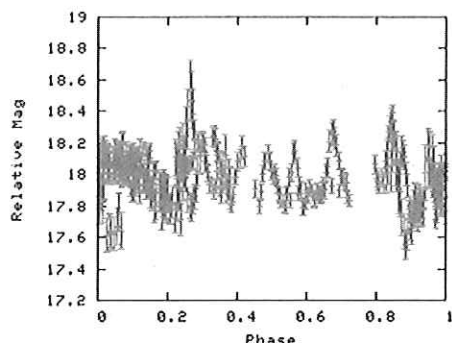


図2 2007年の観測結果を地上観測キャンペーンで得られた周期0.3178日で折り畳んだライトカーブ。横軸は位相である。縦軸は相対的な等級であり、全観測の光度平均を18等級で規格化している。

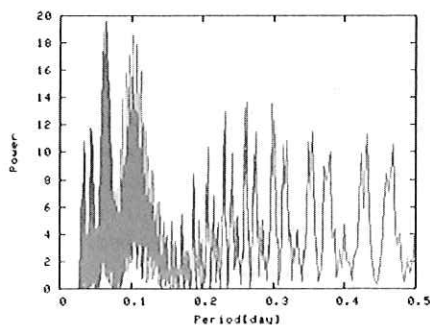


図3 2008年の観測から得られた周期解析の結果。横軸が周期、縦軸が信頼度に相当する Powerである。0.0688

日に最も確からしい周期を示す。

4 考察

小惑星162173の光度変化の振幅は地上観測キャンペーンの結果から 0.1等級程度であると分った[2,4]。0.1等級の光度変化を検出するためには $S/N=10$ 程度が必要となる。一方、本観測で小惑星162173に対して得られた S/N は3程度であった。この理由として、スカイバックグラウンドの影響を大きく受け、長時間露出を行えなかったため小惑星162173から十分な光量を受けることができなかったことが考えられる。複数のデータを重ね合わせることで精度の向上も試みたが、正しい周期を導くまでの改善はみられなかった。また、光学系における迷光が観測結果に悪影響を及ぼしている可能性もある。今後は、ビニングモードなしでの観測の試みや、十分な光量を受けることができなかった要因をさらに精査する必要がある。

一方、14等級程度の十分な明るさを持つ恒星に対して同様な手法で測光を行ったところ0.02等級の測光精度が達成された。ここで測光精度は、観測時間中の光度の平均に対する標準偏差と定義した。さらに、2008年3月10日に撮像された、任意の1枚の画像に写っていた全光源に対し測光を行った。この時の全光源の等級と等級誤差の関係を図5に示す。ここで、等級誤差とは光源のポアソン誤差とスカイバックグラウンドの誤差から求めたものである。ただし、図5の等級は小惑星162173の明るさが18等級になるようにオフセットしたものであり、正確な等級ではない。等級誤差は、理想的に時間経過に対する大気変動の値を補正できた場合、おおよそ測光精度に対応する。本観測時の小惑星162173の明るさは18~19等級であり、図5からこの明るさの天体に対する等級誤差は0.3等級程度であることが分かる。この等級誤差は、本観測で得られた3程度の S/N 値から想定される測光誤差の値と矛盾しない。また、16~17等級の天体に対しては0.1等級の測光精度が達成可能であり、14等級以上の天体に対しては0.01等級以上の高精度測光が達成可能であることを示唆している。

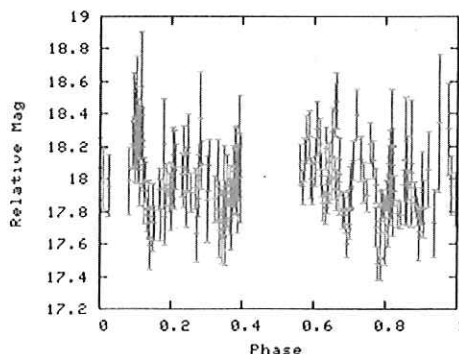


図4 2008年の観測結果を地上観測キャンペーンで得られた周期0.3178日で折り畳んだライトカーブ。全観測の光度平均を18等級で規格化している。

[6] Okumura, S. 2008 本集録

(2008年3月23日受付, 2008年7月9日受理)

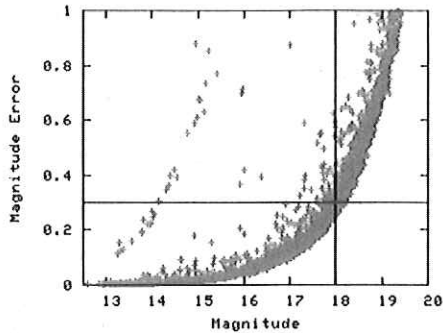


図5 2008年3月10日に撮像された、任意の1枚の画像中に撮像された全光源に対し測光を行った結果。

5 まとめ

美星スペースガードセンター1m望遠鏡を用いて、小惑星162173地上観測キャンペーンに参加し、小惑星162173の自転周期を導出することを目指した。地上観測キャンペーンの全観測では自転周期や光度変化量を求めることができたものの美星スペースガードセンター単独の観測では、これらの値の正確な導出には至らなかった。一方、測光精度評価から、本観測では16~17等級の天体に対して0.1等級の測光精度、14等級の天体に対して0.02等級の測光精度が達成されることを確認した。

本研究で美星スペースガードセンターにおいて、初めて本格的な物理観測に取り組んだ。その過程で、望遠鏡や現CCDの様々な問題点を洗い出すことができつつある。今後は、これらの洗い出された問題点の調査改善を行ない、新CCD「VOLANTE」[5,6]を用いたより高度な物理観測に向けて準備を行っていく。

参考文献

- [1] Jedicke, R., et al. 2007 Near Earth Objects, our Celestial Neighbors: Opportunity and Risk, Proceedings of IAU Symposium 236. Edited by G.B. Valsecchi and D. Vokrouhlický. (Cambridge: Cambridge University Press)
- [2] Abe, M., et al. 39th Lunar and Planetary Science Conference, held March 10-14, 2008 in League City, Texas. LPI Contribution No. 1391, 1594
- [3] Lomb, N. R. 1976, Ap&SS, 39, 447
- [4] Kawakami, K., et al. 2008 本集録
- [5] Sakamoto, T. 2008 本集録