

中小口径望遠鏡で行う惑星科学 -太陽系小天体と系外惑星-

浦川聖太郎¹⁾・浜野和弘²⁾・大島修³⁾・奥村真一郎¹⁾・坂本強¹⁾・西山広太¹⁾・吉川真^{1,4)}

¹⁾ 日本スペースガード協会 ²⁾ 浜野和天文台 ³⁾ 水島工業高校 ⁴⁾ JAXA

Planetary Science using Small and Medium Sized Telescope -Small Solar System Bodies and Extrasolar Planets-

Seitaro URAKAWA¹⁾, Hiromi HAMANOWA²⁾, Osamu OHSHIMA³⁾, Sin-ichiro OKUMURA¹⁾,
Tsuyoshi SAKAMOTO¹⁾, Kota NISHIYAMA¹⁾, and Makoto YOSHIKAWA^{1,4)}

Abstract

The light-gathering power of small and medium sized telescopes is less than that of 8m-class telescopes. On the other hand, a long monitoring observation can be done with small and medium sized telescopes. The unknown physics information for small solar system bodies is clarified by such monitoring observations. We present the long monitoring observations of near-earth asteroid (8567). The results reveal that asteroid (8567) has a rotational period of 0.364409 ± 0.00003 day, two possible rotational directions of $(\lambda=105 \pm 15^\circ, \beta=35 \pm 15^\circ)$ and $(\lambda=295^\circ, \beta=75 \pm 15^\circ)$, a color of S-type asteroid, and Itokawa like shape: contact binary asteroid. Besides, we introduce the observation of extrasolar planets and mission target objects as adequate research targets for small and medium sized telescope.

Key Words: NEO, small solar system bodies, extrasolar planets, photometry

1 はじめに

口径 0.3-2.0m 程度の中小口径望遠鏡は、大口径望遠鏡に集光力では劣るものの、比較的長期にわたる観測が可能という優位性がある。また、日本国内には口径 1m クラスの望遠鏡を備えた公開天文台や、口径 0.3m クラスの望遠鏡を持ったアマチュア天文家が多く、そのような施設・個人と連携することで様々な研究を行うことが可能である。本稿では、このような中小口径望遠鏡を使った研究課題のうち、我々がこれまで行ってきた惑星科学分野のトピックについて紹介する。

2 観測対象

2-1-1 太陽系小天体 -NEO-

これまで、美星スペースガードセンター(BSGC)では地球近傍小天体(NEO -Near Earth Objects-)の発見・監視を行うための観測を実施してきた。BSGCを含めた世界のスペースガード望遠鏡により、人類の存続に影響を及ぼすような直径 1km を超える NEO の約 90% が発見された。一方、NEO はこれまで発見に主眼がおかれてきたため、その諸物性を詳細に調べられている天体は一部だけである。NEO の諸物性を明らかにすることは、万が一 NEO が地球に接近・衝突するような場合の回避方法を検討するために必要であるばかりでなく、太陽系の形成過程を解き明かすための手がかりともなり重要である。

このような観点のもと、我々は地球近傍小惑星 8567 のライトカーブ観測と多色測光を行った。ライトカーブ観測は浜野和天文台(口径 0.4m)において、2008 年 7 月 28 日から 10 月 12 日に実施し、得られたデータから

自転周期 0.364409 ± 0.00003 日を導出した。次にエポック法とアンプリチュード法¹⁾を用いて自転軸方向の推定を行った。Fig. 1 がその結果である。解 1 ($\lambda=105 \pm 15^\circ, \beta=35 \pm 15^\circ$) と解 2 ($\lambda=295^\circ, \beta=75 \pm 15^\circ$) の二つの解がもっともらしい結果となった。二つの解の信頼度は同程度であり、一つの解に限定する事はできなかった。解 2 は自転軸が極方向を向いていることを示唆しており、そのため λ 方向の不定性が大きくなる。さらに、ライトカーブからカサライネンモデル²⁾による形状モデルの作成を行った。解 2 の結果を初期値にして得た一例を Fig. 2 に示す。このモデル結果は、イトカワのライトカーブ観測から得た形状モデルと良く似ている。形状モデルでは凹面を表現することがやや難しく、小惑星 8567 の実際の形状は、イトカワの形状のように、コンタクトバイナリ小惑星である可能性が考えられる。小惑星 8567 は、アレシボ天文台においてレーダー観測が行われており、解像度は十分でないものの、コンタクトバイナリ小惑星である可能性を示している³⁾。

続いて、小惑星スペクトル型の分類と表面カラーの不均一性を調査するために、美星スペースガードセンター 1m 望遠鏡を用いて多色測光観測を行った。観測日は、2008 年 10 月 9 日から 18 日、使用したフィルターは SDSS の g', r', i', z' である。本観測では、ライトカーブの極小期付近(位相 A, C)と極大期付近(位相 B, D)の四箇所について多色測光を実施した。得られた結果を color-color diagram にまとめたものを Fig. 3, Fig. 4 に示す。図中のアルファベットは、Ivezic 2001⁴⁾を参照に color-color diagram 上での小惑星スペクト

ル型がどこにプロットされるか示したものである。本観測の結果、位相 B, C, D において小惑星 8567 の表面は S 型小惑星と同様なカラーをしていることを示している。また位相 A においては、A 型小惑星の特徴を持つ事を否定できないものの、S 型小惑星の特徴が最も確からしいと思われる。従って、小惑星 8567 は位相 A 付近にわずかな表面の不均一性のある S 型小惑星であると考えられる。なお、本観測の測光誤差は、主に測光標準星の光量が十分でなかったことと、標準等級へ変換する際の誤差に依存している。

以上のように、中小口径望遠鏡を用いた様々な測光観測から小惑星の物理情報を導出することが可能である。このような観測を多くの太陽系小天体に対し実施することで、各物理量の相関関係といった統計的な議論も可能となる。

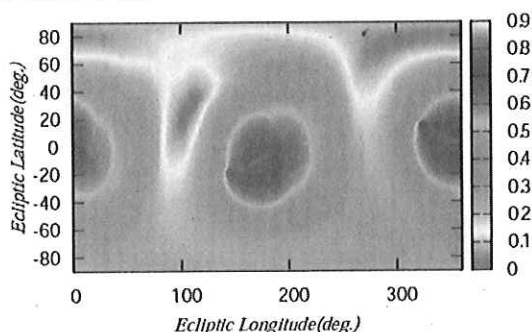


Fig. 1. エポック法とアンブリチュド法から推定した自転軸方向。解 1 ($\lambda=105\pm 15^\circ$, $\beta=35\pm 15^\circ$) と解 2 ($\lambda=295^\circ$, $\beta=75\pm 15^\circ$) の二つの解が考えられる。

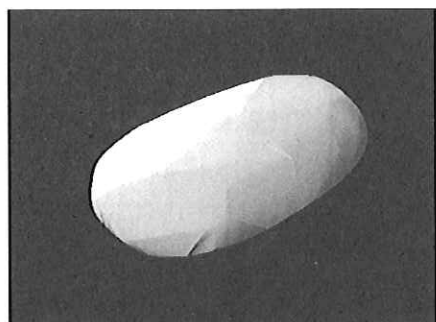


Fig. 2. ライトカーブから得られた形状モデルの一例。小惑星を回転楕円体と仮定したときの、短軸方向からの俯瞰。

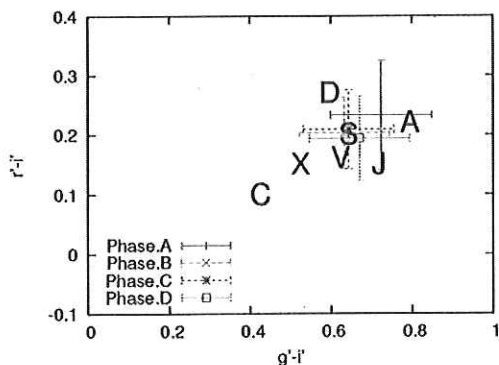


Fig. 3. $g' - r'$ 等級, $r' - i'$ 等級の color-color diagram.

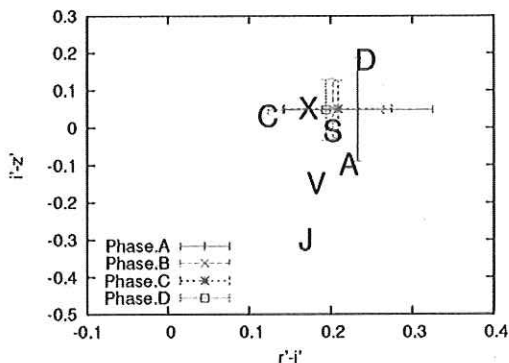


Fig. 4. $r' - i'$ 等級, $i' - z'$ 等級の color-color diagram.

2-1-2 太陽系小天体 -NEO/探査候補天体-

はやぶさによるイトカワの探査が行われ、理学、工学の両面にあたり非常に大きな成果をもたらした⁹⁾。はやぶさに続き、はやぶさ2、はやぶさ Mk2 などの始原天体探査ミッションが検討されている。はやぶさ2では地球近傍小惑星である C 型小惑星 1999JU3 が探査候補天体に上がっている。また、はやぶさ Mk2 では小惑星・彗星遷移天体と考えられている 107P/4015 Wilson-Harrington が探査候補の一例として想定されている。これらの探査のためには、事前に対象天体に対して長期的な地上観測を行い、自転周期や形状などできるだけ詳細の情報を収集することが重要である。1999JU3 に関しては、これまで中小口径望遠鏡で十分な地上観測が行われ、サンプル回収が可能な程度の自転周期であることや球形に近い形状をしていることが分かっている¹⁰⁾。107P/4015 Wilson-Harrington に関しては、2009 年から 2010 年にかけてプロ・アマが協力した地上観測キャンペーンが実施されている。最新の情報については <http://staff.aist.go.jp/r.nakamura/campaign/index.html> を参考にされたい。

2-2 系外惑星

これまで 400 個を超える系外惑星が発見されている。代表的な系外惑星の発見方法に、ドップラーシフト法とトランジット法がある。いずれの方法も中小口径望遠鏡で実施可能であるが、ドップラーシフト法は高分散分光器やヨードセルといった装置が必要となり、公開天文台やアマチュア天文家が実施するには困難である。ここでは、トランジット法による系外惑星観測を紹介する。トランジット法とは、系外惑星がその主星を掩蔽することで起こる主星のわずかな減光を検出する方法である。トランジット法による系外惑星の発見は、COROT⁷⁾や Kepler⁸⁾のような宇宙望遠鏡、WASP⁹⁾や HAT¹⁰⁾のような地上観測チームによりなされている。日本の晴天率や、公開天文台等の設備を考慮すると、これらの観測チームのように、新たな系外惑星系を発見することは困難である。しかしながら、既知の系外惑星系の追観測は十分可能である。特に、近年、TTV(Transit Timing Variation)というトランジット観測が盛んになってきている。これは、トランジットが起こる既知の系外惑星系のライトカーブを詳細に観測し、減光が発生する時刻のずれから、その系外惑星系に新たな惑星を検出する方法である。これまで、既知の系外惑星系 HD17156 に対しての TTV 観測が、アマチュ

ア天文家を含めた国内の観測者で行われている。このようなトランジット観測は、悪天候のリスク回避や、相互の観測・解析技術向上のため観測ネットワークを構築することが重要である。すでに国内では、いくつかの中小口径望遠鏡施設やアマチュア天文家が協力し、トランジット法による系外惑星の観測体制が構築されている。(日本トランジット観測ネットワーク:
<http://www.geo.titech.ac.jp/lab/ida/transit/pukiwiki/index.php>)。このようなネットワークに参加し、トランジット観測を行う事で、比較的口径の小さな望遠鏡であっても、科学的に価値の高い観測を実施することが可能である。

3 まとめ

中小口径望遠鏡を用いた観測対象のうち、惑星科学分野のトピックについて紹介した。長期間の測光観測が可能という特徴を生かすことで、太陽系小天体の自転周期、自転軸方向、形状の解明が可能である。これらの情報は、惑星科学、スペースガードの両面において重要である。また、系外惑星や探査候補天体の地上観測を行う事で、最新の天文研究や始原天体探査計画に、公開天文台やアマチュア天文家が携わる事ができることを紹介した。このような観測は、科学的に価値が高いだけではなく、生涯学習機会の提供、天文文化の普及という公開天文台が担う役割にも非常に大きな効果を生むと思われる。国内には、口径 1m クラスの公開天文台が多く、名寄 1.6m 望遠鏡も完成を間近に控えている。このような中小口径望遠鏡をうまく連携させることで、惑星科学分野に多くの成果を生み出すことが可能である。

参考文献

- 1) Magnusson, P., 1986. *Icarus* 68, 1-39.
- 2) Kaasalainen, M., Torppa, J., Muinonen, L., 2001. *Icarus* 153, 37-51.
- 3) Benner, Lance A. M., et al., 2008. DPS meeting #40, #25.03; *Bulletin of the American Astronomical Society* 40, 432.
- 4) Ivezić, Z., et al., 2001. *AJ* 122, 2749-2784.
- 5) Fujiwara, A., et al., 2006. *Science* 312, 1330-1334.
- 6) Abe, M., et al., 2008. 39th Lunar and Planetary Science Conference, held March 10-14, 2008 in League City, Texas. LPI Contribution No. 1391., p.1594.
- 7) Barge, P., et al., 2008. *A&A* 482, L17-20.
- 8) Borucki, William J., et al., 2010. AAS Meeting #215, #101.
- 9) Cameron, A. Collier., et al., 2007. *MNRAS* 375, 951-957.
- 10) Bakos, G.A., et al., 2007 *ApJ* 656, 552-559.

(2010年1月22日受付, 2010年2月14日受理)