

日本におけるスペースガード観測の取り組み ～これまでとこれから～

浦川 聖太郎¹⁾・高橋典嗣²⁾・吉川 真^{1,2)}

¹⁾ 日本スペースガード協会 ²⁾ JAXA

Spaceguard Observations in Japan

Seitaro URAKAWA¹⁾, Noritsugu TAKAHASHI¹⁾ and Makoto YOSHIKAWA^{1,2)}

Abstract

The impact hazard to the Earth by near-earth objects (NEOs) has recognized an important international issue. In order to prevent such a hazard, the wide survey observations of NEOs, so-called "Spaceguard Observation", have conducted all over the world. The observations of Bisei Spaceguard Center (BSGC) have taken charge in the "Spaceguard Observation" in Japan. We have obtained designated number for two NEOs and more than thousand main belt asteroids. On the other hand, Pan-STARRS and LSST, which are bigger and wider survey observations than the present spaceguard observations, rule in the discovery of NEOs since 2010's. On the era, in addition to the discovery of NEOs, the rule of the BSGC adds further weight to the follow-up observations and the physical observations. Besides, we have to plan to the new spaceguard telescope in Japan. In this paper, we summarized the previous observations of the BSGC, and suggest the future spaceguard observations.

Key Words: Spaceguard, NEOs

1 スペースガード

彗星や小惑星といった太陽系小天体の地球への衝突の脅威について、古くから提起されていた。1994年のシューメーカー・レビー第9彗星の木星への衝突事象が一つの契機となり、その脅威は現実のものであると広く認識されるようになった¹⁾。時を同じくして、1990年代より、地球へ衝突する可能性のある太陽系小天体(Near Earth Objects =NEO)の早期発見と研究を目的とした観測"スペースガードサーベイ"が行われるようになった。代表的なスペースガードプロジェクトとして、LINEAR, NEAT, Catalina Sky Surveyなどがあげられる。日本では美星スペースガードセンター(BSGC)で実施している^{2,3)}。初期のスペースガード観測の目標として、2008年までに人類存続に致命的な影響を与える直径1 km以上のNEOの90%以上を発見することが設定され⁴⁾、世界中で観測が実施されてきた。これらのスペースガード観測により、2010年12月までに、7000天体を超えるNEOが発見されている。このうち、約1000天体が直径1 kmを超えるNEOである。これは、NEOのサイズ分布⁵⁾から推定される直径1km以上のNEOとほぼ同程度であり、初期の目標はほぼ達成されたと思われる。一方、直径1 km以下の小惑星であっても、都市の破壊を起こすには十分なエネルギーを有し

ている。今後は、2028年までに直径140m程度のNEOの90%を発見することが、一つの目標として設定されている⁶⁾。本稿では、日本(主にBSGC)におけるこれまでのスペースガード観測を総括し、将来へ向けた提言を行う。

2 日本におけるスペースガード

美星スペースガードセンターは、口径1m望遠鏡、口径0.5m望遠鏡、口径0.25m望遠鏡からなる。これまで、口径1 m望遠鏡でNEOをはじめとする太陽系小天体の発見や、発見直後の天体に対する追観測を行ってきた。また、口径0.5m望遠鏡や口径0.25m望遠鏡では、既知天体の軌道をより正確に導出するための観測を行ってきた。これまで、BSGCの観測により、2000UV13、2007YZ (図1)の二つのNEOと1000天体を超える、メインベルト小惑星の仮符号を取得している。また、最近ではNEOの早期追観測にも力を入れている。一般に、太陽系小天体の軌道を正確に求めるためには、発見直後の入念な観測により初期軌道を求め、その後、ある程度の期間(次の観測好機、典型的には数ヶ月から~数年程度)の後の観測が必要となる。特に、主に米国で発見されるNEOの初期軌道を求めるためには、米国が昼間となる時間帯の、日本での観測が重要となる。例え

ば、2010年9月5日にCatalina Sky Survey(Mt Lemmon)で発見された、小惑星2010RF12は発見後、およそ7時間後にBSGCで即座に追観測を実施し、初期軌道の算出に貢献している。この天体は、9月8日には地球中心からからわずか79000kmを通過している。また、NASAのSentryシステム⁷⁾によれば、2095年に5.3%の確率で衝突すると予想されている。ただし、この天体の直径は10m以下と推定されているため、地上での被害はほとんど無視できるものである。

このようにBSGCでは、NEOの発見及び追観測によってスペースガードを行ってきた。また、BSGCだけではなく、日本では多くのアマチュア天文家による小惑星の発見と追観測が行われている。特に、2000年代前半までの日本のアマチュア天文家の活躍は目覚ましいものであり、スペースガードに重要な役割を果たしている。

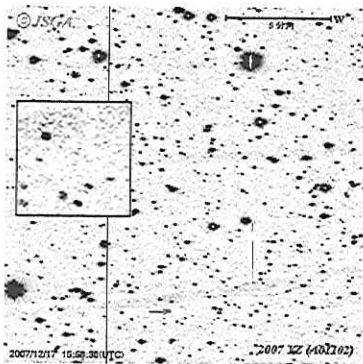


図1. 2007YZ発見時の画像。2007YZは軌道長半径1.043AU、離心率0.361、軌道傾斜角16.42°のアポロ型小惑星である。

3 今後のスペースガード

これまでのスペースガード観測は、主に口径1mクラスの望遠鏡によるNEO発見に主眼がおいたものであった。一方、今後、より直径の小さいNEOの発見を行うためには、口径が大きく視野の広い望遠鏡が必要となる。このような新しいスペースガード観測の一つにPan-STARRS計画⁸⁾がある。すでに、Pan-STARRSでは、観測を開始しており、2010年にはNEOの発見や新たな彗星の発見に成功している。また、WISE衛星といった宇宙望遠鏡でもNEOサーベイ観測が実施されており、多数のNEOが発見されている。さらに、口径8.4mを有するLSST(Large Synoptic Survey Telescope)も計画されており、さらなるNEOの発見が期待されている。

このような状況の中、日本におけるスペースガード観測も変化していくこととなる。これまで同様、NEOの発見を目指すとともに、NEOの追観測の重要性が大きくなるであろう。前述したとおり、NEOの軌道決定には発見だけでなく、追観測が重要である。これまで

発見されたNEOの発見時の明るさは、凡そ18~20等級であった。このような明るさの天体であれば、アマチュア天文家が所有可能な、口径0.3m~0.5m程度の望遠鏡で追観測が可能であった。しかし、Pan-STARRSで発見が予想される20等級より暗い天体は、BSGCのような口径1mを超える望遠鏡が必要となる。また、BSGC口径1m望遠鏡はスペースガードに特化した望遠鏡であるため、発見直後のNEOの軌道算出を即座に行い、そのNEOの動きに合わせた非恒星時追尾といった観測が可能である。実際、Pan-STARRS初の発見彗星であるP/2010 T2はBSGCにおける追観測が、その確認と軌道決定のために重要な役割を果たしている。今後もこのような追観測により、BSGCではスペースガードに貢献することができる。ただし、BSGCの口径1m望遠鏡を用いても、Pan-STARRSでの限界等級となる24等級程度の天体や、LSSTで発見が期待される、さらに暗い天体の追観測は難しい。日本におけるスペースガード観測の将来を考えると、24等級程度の天体を撮像することができる新たな望遠鏡の検討が必要な時期になっている⁹⁾。このような望遠鏡は、NEOだけでなく、これまで以上に小さなスペースデブリの発見、監視にも役立てることができるであろう。

これまで述べた、NEOの発見と軌道決定に加えて、スペースガードを行うためには、NEOの物理素性を明らかにすることも重要である。NEOの形成物質や構造が明らかになれば、万が一、NEOが地球に衝突するような場合に、その回避方法を検討するための重要な情報となる。NEOの素性をもっとも明らかにする方法は、探査を行うことである。小惑星探査機「はやぶさ」が訪れた小惑星イトカワはNEOであり、小惑星のラブルパイル構造の直接的発見^{10,11)}という知見は、スペースガードの観点においても重要なものである。一方、小惑星探査では訪れることができる小惑星の数が限られるため、地上望遠鏡による小惑星の物理観測が重要となる。地上望遠鏡により、小惑星のライトカーブ観測を実施すれば、小惑星の自転周期、自転方向、形状といった情報が明らかになる。また、多色測光を行うことで、小惑星のスペクトルタイプを明らかにすることができる。このような物理観測により、NEOの素性を明らかにすることからスペースガードに貢献することも、BSGCの観測で可能であり、今後さらにその重要性が増す。

参考文献

- 1) Gehrels, T., ed. (1994) *Hazards Due to Comets and Asteroids*. Univ. of Arizona, Tucson.
- 2) Isobe, S. (1999) Japanese 0.5m and 1.0m telescope to detect space debris and near-Earth asteroids. *Adv.*

- Space Res., 23, 33-35.
- 3) Isobe, S, et al. (2002) A new 1m telescope for NEO survey Observations. 34th COSPAR Scientific Assembly
 - 4) Shoemaker, E.M. ed. (1995) *Report of the Near-Earth Objects Survey Working Group*. NASA, Washington DC. (Available on line at <http://impact.arc.nasa.gov>.)
 - 5) O'Brien, D. P., & Greenberg R. (2005) The collisional and dynamical evolution of the main-belt and NEA size distributions. *Icarus*, 178, 179-212.
 - 6) Morrison, D. ed. (2006) *Report of NASA NEO Workshop*. NASA, Washington DC. (Available on line at <http://impact.arc.nasa.gov>.)
 - 7) Sentry Risk Table (Available on line at <http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>)
 - 8) Kinoshita, D. (2011) 本集録
 - 9) 高橋 典嗣 (2008) 日本におけるスペースガードの活動と将来, *スペースガード研究*, 1, 2-5
 - 10) Fujiwara, A. et al. (2006) The Rubble-Pile Asteroid Itokawa as Observed by Hayabusa. *Science*, 312, 1330
 - 11) Abe, S. et al. (2006) Mass and Local Topography Measurements of Itokawa by Hayabusa. *Science*, 312, 1334

(2011年1月21日受付, 2011年5月1日受理)