

スペースガード研究センターの紹介

高橋 典嗣¹⁾・吉川 真^{1) 2)}

¹⁾ 日本スペースガード協会 ²⁾ JAXA

Introduction of The Research for spaceguard Center in Japan Spaceguard Association

Noritsugu TAKAHASHI¹⁾ and Makoto YOSHIKAWA^{1) 2)}

Abstract

Among NEAs with the diameter of 1 km or more, which are considered to significantly affect the earth environment when hitting the earth, most of them have already been discovered. However, many of small NEAs are considered to be undiscovered. It is therefore considered that promptly discovering large asteroids with the diameter of larger than 150 m, so called potentially hazardous asteroids (PHAs) which would bring damage when hitting, and precisely determining their orbits, will lead to elimination of the danger of asteroidal collision to the earth. Moreover, it is necessary to handle space debris in order to make outer space a base for human beings through the progress of space exploration. Thus, to detect 99% of PHAs as well as minute space debris is one of our international objectives to understand space environment surrounding the earth in the next generation and to protect the earth. Toward that end, it is necessary to establish an international joint observation network using large telescopes, while considering development of a special optical telescope for NEAs and space debris.

Research for spaceguard Center was established on April 1, 2007, we are engaged in research activities.

Key Words: Spaceguard, NEA (Near Earth Asteroid) , PHA (Potentially Hazardous Asteroid)
RSC (Research for Spaceguard Center)

1 はじめに（研究センター設立までの経緯）

日本スペースガード協会は、小惑星の観測・軌道進化等を研究する天文学者グループと小惑星を将来の資源と位置づけて研究する宇宙工学者グループが、学問的にも、また社会的にも関心の高まってきた小惑星の衝突問題に関して、研究者のコミュニティを越えた議論を踏まえながら、観測や研究をするべきであるとの認識に立ち、一般の人にも呼びかけて1996年10月20日に発足した。

翌年、科学技術庁から地球近傍小惑星（NEA）の危険に対する手段として観測施設建設の可能性についての検討要請を受けた。その結果、スペースデブリ観測を含め、光学観測とレーダー観測施設を建設することになった。文部科学省（当時の科学技術庁）の補助金によりJSF

（宇宙フォーラム）が建設主体となり、当協会とJAXA（当時はNASDA）、JSFの3者間の協議により観測施設が2004年に整備された。NEAとスペースデブリから地球を護るためのスペースガードの光学観測は、それに先立って2000年から毎夜、当協会が行っている。

地球に衝突すると地球環境に大きく影響すると思われる直径が1 km以上のNEA（地球接近天体）のほとんどは既に発見されているが、小さなものの多くは未発見と考えられている。衝突すると被害がもたらされる潜在的に危険な直径150 mより大きな小惑星（PHA）を早期に発見し、厳密な軌道を決定することが、地球衝突の脅威を取り除くことにつながる。また、宇宙開発の進展により宇宙空間が人類の活動の拠点としていくためには、

スペースデブリの問題を避けられないことができない。

そこで、PHAの99%を検出すること、またより微小なスペースデブリを検出することが次世代の地球を取り巻く宇宙環境を知り、地球を守るための一つの国際的な目標となっている。そのためには、大型望遠鏡による国際的な共同観測網を整備、NEAとスペースデブリ専用の光学望遠鏡開発の検討が必要である。

日本スペースガード協会では、これらの国際的な展望と目標の実現に向けての本格的な研究を進めるために2007年にスペースガード研究センターを開設し、地球接近天体部門、スペースデブリ部門、スペースガード部門、教育普及研究部門の4つの切り口で、地球を守るための先駆的研究に取り組んでいる。

これまでの研究活動の概要、成果、現状について報告する。

2 スペースガード研究センターの目的と組織

スペースガード研究センターは、地球接近小惑星、スペースデブリ、スペースガードに関する観測、理論、実験の研究活動を行うことを目的として設置した。図1の組織図のように地球接近天体部門、スペースデブリ部門、スペースガード部門、教育普及研究部門の4部門を設け、研究者の自主性、自由な発想を尊重して、スペースガードに関する様々なテーマについて研究を進めている。

地球接近天体部門では、はやぶさ2のターゲット候補天体である1999JU3など地球接近小惑星をはじめとする太陽系小天体の観測を中心とした研究を推進している。

スペースデブリ部門では、主に美星スペースガードセンターの施設を利用して、人工衛星やスペースデブリの新しい観測手法などの研究を進めている。

スペースガード部門では、天体の衝突が及ぼす影響の研究や、衝突現象そのものに関する研究を進めている。

また教育普及研究部門では、はやぶさ2人気の動向と受容に関する調査や研究会、講演などを通じて、スペースガードやスペースデブリに関連する啓発活動に取り組んでいる。

各部門は横方向にも有機的に結びつき、刺激しあいながら、また他分野との連携も深めながら研究、普及活動を推進している。

3 研究課題

(1) 地球接近天体部門

地球接近天体部門では、地球近傍小天体を中心にして、太陽系小天体の観測、理論及び実験的研究活動。そのための地上観測システムの整備と国際的観測ネットワークの構築、はやぶさ2ターゲット天体の観測的研究などに取り組んでいる。これまでに行った主な研究テーマは、次の通りである。

- ・接近天体観測システムの構築（図2）

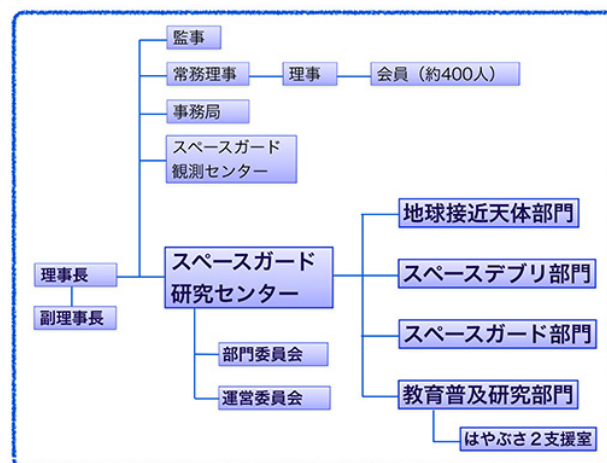


図1 組織図

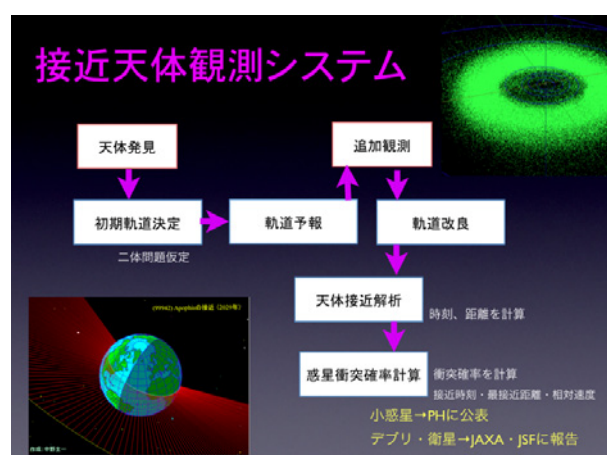


図2 接近天体観測システム構想

- ・NEAの多色側光サーベイ観測
- ・光度曲線解析による地球近傍小惑星の構造解析
- ・地球近傍小惑星の物理特性の解明とカタログ化
- ・小惑星8567の多色側光
- ・107P/4015 Wilson-Harringtonの物理状態の解明
- ・ライトカーブから探る小惑星の物理状態の解明
- ・多色側光及び分光観測による地球近傍小惑星のスペクトル分類
- ・小惑星の自動検出プログラムの高速化及び汎用化
- ・小惑星の新しい自動検出方法の構築
- ・BSGC25cm望遠鏡を用いた地球近傍小惑星の広域自動サーベイシステムの構築

(2) スペースデブリ部門

スペースデブリ部門では、人工天体の観測、理論及び実験的研究活動。特に、光学望遠鏡を用いた人工天体の観測手法に関する研究に取り組んでいる。これまでに行った主な研究テーマは、次の通りである。

- ・スペースデブリ観測データの高精度化と効率的観測システムの開発

- ・TDIモードを応用した微小静止デブリの検出
- ・微小デブリに特化した観測手法・解析方法の研究
- ・TDIを応用した短時間光度変動観測の研究
- ・低軌道デブリ観測における指向誤差の調査
- ・光速度移動天体の観測
- ・低軌道デブリの自転速度の決定
- ・低軌道デブリのライトカーブモデルの構築

(3) スペースガード部門

スペースガード部門では、天体の衝突現象に関する物理学的、化学的研究。天体の衝突が地球環境に及ぼす影響と環境保護に関する理論的、実験的研究、リスク評価に取り組んでいる。これまでに行った主な研究テーマは、次の通りである。

- ・天体衝突確率計算
- ・衝突回避の検討

(4) 教育普及研究部門

教育普及研究部門では、地球を取り巻く宇宙環境の現象、天体衝突、太陽惑星空間、スペースデブリなどの研究啓発活動に関する研究、教材開発を行っている。普及実践活動ではスペースガード探偵団、サイエンスカフェ、はやぶさアウトリーチ活動などに取り組んでいる。これまでに行った主な研究テーマは、次の通りである。

- ・宇宙時代の天文教育への提言
- ・宇宙時代の天文教育を目指した科学教育活動の展開
- ・はやぶさ人気の動向と受容
- ・教育実践

(スペースガード探偵団、はやぶさ地球帰還1周年記念講演会、金環日食フォーラムなどの開催)

4 研究成果(活動の記録)

2007年4月から現在(2012年11月)までの活動成果を展望する。

(1) 研究会の開催

- ・第1回スペースガード研究会
2008年3月22日～23日 明星大学(東京・日野)
- ・第2回スペースガード研究会
2009年12月21日～23日 北海道大学(札幌)
- ・第3回スペースガード研究会(図3)
2010年12月16日～17日
JAXA 航空技術研究所(東京・調布)
- ・第4回スペースガード研究会
2011年12月17日 九州大学(箱崎キャンパス)
- ・第5回スペースガード研究会
2012年11月25日
JAXA 宇宙科学研究所(神奈川・相模原)

(2) 講演会の開催

- ・はやぶさ地球帰還1周年記念講演会
2011年6月12日 東京(三輪田学園講堂)
- ・金環日食フォーラム
2012年5月14日 神奈川(海老名市文化会館大ホール)

(3) 招待講演

- ・奥村真一郎, 美星スペースガードセンターにおけるスペースガード活動, 第133回談話会(群馬県立ぐんま天文台), 2007年12月.
- ・高橋典嗣, 宇宙からの贈り物・小惑星から探る太陽系誕生の謎, 千葉県税理士会船橋支部(船橋グランドホテル), 2008年1月.
- ・高橋典嗣, 地球近傍小惑星の観測, 札幌学院大学, 2008年3月.
- ・高橋典嗣, 人類滅亡の危機・小惑星地球衝突, 千葉大学教育学部同窓会総会特別講演(千葉大学けやき会館), 2008年8月.
- ・奥村真一郎, スペースガード活動について, 倉敷ロータリークラブ講演(倉敷国際ホテル), 2008年11月.
- ・高橋典嗣, 宇宙からの贈り物・小惑星から探る太陽系誕生の謎, 千葉県地学教育研究会・招待講演(千葉県立博物館), 2008年12月.
- ・高橋典嗣, 小惑星衝突から地球を護る方法, スペースガードシンポジウム(神奈川県海老名市中央公民館), 2008年12月.
- ・奥村真一郎, 国内外におけるスペースガード活動について～天体衝突による人類の絶滅を防ぐために～, 第751回天文学普及講演会(国立科学博物館), 2009年7月.
- ・西山広太, 天体衝突から人類をまもる, 徳島県立あすたむらんど子ども科学館講演, 2011年1月.
- ・西山広太, 宇宙のふしぎを体験しよう, 美星図書館科学教室講演(井原市美星図書館), 2011年7月.
- ・西山広太, 星を見よう!～手作り望遠鏡で月を見よう, 笠岡市大井児童館イベント講演(笠岡市大井児童館) 2011年8月.
- ・奥村真一郎, 生まれくる星と滅びゆく星～生命を生み出す宇宙の活動～, 総社高校サイエンスセミナー講演(岡山県立総社高校), 2011年12月.
- ・高橋典嗣, 25年ぶりの金環日食, 駿台学園天文講座, 2012年5月.
- ・高橋典嗣, 地球に接近する天体のお話, 入間市(天文講演会), 2012年10月.

(4) 刊行物(図4)

- ・スペースガード研究, Vol. 1 (2009年6月5日発行)
- ・スペースガード研究, Vol. 2 (2009年6月5日発行)
- ・スペースガード研究, Vol. 3 (2009年6月5日発行)
- ・スペースガード研究, Vol. 4 (2009年6月5日発行)



図3 第3回スペースガード研究会
JAXA 調布にて第4回スペースデブリワークショップと共催（2010年）。



図4 スペースガード研究 (Vol. 1～Vol. 4)

(5) 公表論文

- ・高橋典嗣・宮本晃・山崎良雄・有賀理香, 宇宙時代の天文教育への7つの提言, 日本学際会議学会誌 (日本学術会議広報協力学術雑誌), 20,(1), 59, 2007.
- ・高橋典嗣, 人類滅亡の危機・小惑星の地球衝突, 青淵 (渋沢栄一記念財団), Vol. 701, 32, 2007.
- ・高橋典嗣・山崎良雄・三井和博, 宇宙時代の天文教育を目指した科学体験活動の展開, 日本学際会議学会誌 (日本学術会議広報協力学術雑誌), 21,(1), 36, 2008.
- ・高橋典嗣・富川奈津子・山崎良雄・吉川真・黒田大介・西山広太, 宇宙時代のための天文軌道シミュレーション教材の開発, 科学教育研究報告書 (日本科学教育学会), 22 (3), 53, 2008.
- ・高橋典嗣, 地球近傍小惑星の観測, 情報科学 (札幌学院大学), 28, 1, 2008.
- ・Takahashi, N., Astronomy Education for The Space Age - Proposals Based on the Present State of Popularization of Astronomy -, Studies on Humanities and Social Sciences of Chiba University, 17, 215, 2008.
- ・Urakawa, S., Okumura, S., Nishiyama, K., Sakamoto, T., Takahashi, N., Abe, S., Ishiguro, M., Kitazato, K., Kuroda, D., Hasegawa, S., Ohta, K., Kawai, N., Shimizu, Y., Nagayama, S., Yanagisawa, K., Yoshida, M., and Yoshikawa, M., Photometric Observations of 107P/Wilson-Harrington, Icarus, 215, 17, 2011.
- ・Okumura, S., Nishiyama, K., Urakawa, S., Sakamoto, T., Takahashi, N., and Yoshikawa, M., Wide-Band Optical Filter Optimized for Deep Imaging of Small Solar System Bodies, PASJ, 64, 47, 2012.



図5 スペースガード研究センターのホームページ
<http://www.spaceguard.or.jp/ja/index.html>

5 まとめ

スペースガードは、人類が地球環境を護り、この地球上で永く生存していくために、そして宇宙空間を人類の活動の場に加えていくために、人類のリスクマネージメントに加えてはならない重要な課題である。

スペースガード研究センターでは、この重要な人類の課題の解決のため、様々な観測研究と教育普及の活動を推進していきます。RSCのホームページ(図5)に活動の様子を随時紹介していくのでご覧下さい。

(2013年2月2日受付, 2013年2月11日受理)