

# 「ひさき」衛星の開発戦略とつないだ櫛

山 崎 敦<sup>1,2</sup>

〈<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉

〈<sup>2</sup> 総合研究大学院大学 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1〉

e-mail: yamazaki@stp.isas.jaxa.jp

惑星分光観測衛星「ひさき」(SPRINT-A)は、宇宙航空研究開発機構の小型科学衛星として開発されました。「セミオーダメイド型バス」を導入することによって、開発着手から初観測まで5年という短期間で、タイムリーな科学観測を実施することに成功しました。2013年9月14日にイプシロンロケット試験機によって所定の軌道に投入され、同年12月から定常観測を開始しました。他ミッション・地上望遠鏡との協調観測を含む極端紫外分光観測を10年以上継続した後、経年劣化を理由に2023年12月8日に停波運用を実施し、惑星用の宇宙望遠鏡としての使命を終えました。本稿では、3つの柱で推進された「ひさき」衛星の開発戦略と「ひさき」衛星が次世代につないだ櫛を紹介します。

## 「ひさき」衛星の開発戦略

宇宙航空研究開発機構(JAXA)の小型科学衛星として開発された惑星分光観測衛星「ひさき」(SPRINT-A)は、3つの柱、惑星圏環境の研究・新しい衛星開発方法・新しい宇宙技術研究を開発戦略として推進されました。

まず、惑星圏環境の研究は、主要観測機器である極端紫外線分光器(EXCEED)によって、太陽系惑星の環境の維持と進化を理解することを目指し、非磁化惑星大気と太陽風の相互作用による物質輸送(散逸)過程の解明と、回転系磁気圏プラズマのエネルギー・物質輸送過程を解明することが目的です[1-3]。観測例がほとんどない高分解能・高感度の極端紫外分光観測を実施すること、同一システムで木星・金星など複数の惑星を観測できること、観測対象を太陽系内の惑星(特に木星・金星・火星)に限定し長期連続観測を実現することがコンセプトです。

次に、新しい衛星開発方法には、セミオーダメイド型バスであるSPRINTバスを使用することによって、短期間開発を実現しタイムリーな科学観測を実施する技術的な目的があります。ここで「バス」とは、各衛星で共通機能を実現する部分を示す言葉で、電力供給、地球との通信、姿勢、温度などを制御しています。過去の衛星では衛星毎に個別設計でしたが、SPRINTバスでは予め用意した標準的なモジュール群の組み合わせで実現し、かつ柔軟性を確保するべくモジュール群の組換えを容易にするためスペースワイヤと呼ばれる新しい衛星内通信ネットワーク規格で接続しています[4, 5]。独立に開発した搭載ミッション部を載せ替えるだけで別目的の衛星となることも特徴です。ただし、各ミッションからの個別要求には標準化のレベルを下げて対応可能となりますが、想定外に特殊性が増すとSPRINTバスの長所は徐々に失われることに留意する必要があります。図1にSPRINTバスの設計柔軟性を示します。

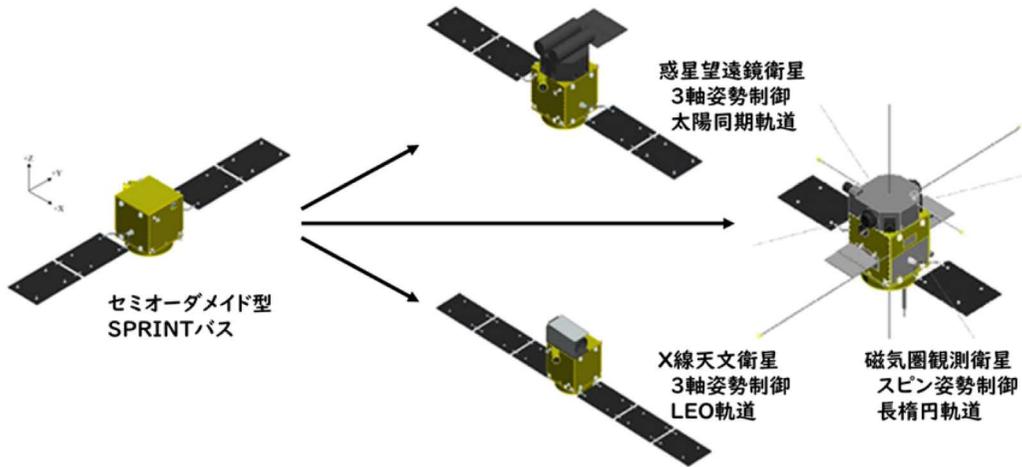


図1 様々なミッションに対応できるように柔軟性をもった SPRINTバス (©JAXA).

表1 「ひさき」諸元

国際標識番号		2013-049A
打ち上げ情報	日時	2013年9月14日14時00分(日本時間)
	射場	JAXA 内之浦宇宙空間観測所
	ロケット	イプシロンロケット試験機
衛星情報	質量	348kg
	寸法	高さ約4m×奥行き約1m×長さ約7m (長さは太陽電池パドル展開時の両翼端)
	指向精度(設計値)	±5秒(ガイドカメラ操作時)
軌道情報	投入軌道	高度近地点 947km, 遠地点 1157km
	傾斜角	29.7度
	周期	106分
極端紫外線分光器	観測波長	52-148nm
	波長分解能	0.4-1.0nm(使用スリット依存)
	視野角	360秒角

そして、新しい宇宙技術研究は、次世代電源技術の軌道上実証実験(NESSIE)による、薄膜太陽電池とリチウムイオンキャパシタの将来の電源系技術の獲得が目的です[6].

また、衛星内の技術開発だけではなく、モジュール化した新しい地上管制用ソフトウェアである「GSTOS」(Generic Spacecraft Test and

Operations Software; 汎用衛星試験運用ソフトウェア)をJAXA宇宙科学研究所の科学衛星運用・データ利用ユニット(C-SODA)と協力し開発しました[7]. 衛星打ち上げ前の試験から打ち上げ後の観測運用までを統一的に扱うことが可能となり、現在も数多くのプロジェクトで採用されています.

このように開発された「ひさき」は、内之浦宇宙空間観測所からイプシロンロケット試験機で打ち上げられました。開発着手から初観測まで5年という短期間で、タイムリーな科学観測を実施することができました。特にNASAの木星探査機JUNOが木星に到着するまでのクルージング期の太陽風観測と「ひさき」による木星観測の協調観測の成果[8]は、現在も継続する木星研究の国際研究グループを推進する礎となっています。表1に「ひさき」の諸元を示します。

## 「ひさき」衛星の科学観測と停波運用

2013年9月14日に所定の軌道に投入された「ひさき」は、11月19日にファーストライトを取得し、12月から定常観測を開始しました。直後の2014年1月と4月には、ハッブル宇宙望遠鏡やX線観測衛星Chandra, XMM-Newton, 「すざく」と木星の協調観測に初めて成功し、その後も他ミッションとの木星協調観測を継続しました。特にJUNOとの協調観測は、JUNOの軌道をよく見極め、JUNOが木星赤道域において内部磁気圏に接近するタイミングを狙って実施しました。また、「ひさき」単独成果としては、長期間にわたるデータ蓄積が効力を発揮しました。木星観測では、イオの大規模噴火や太陽フレアなど発生予想のつかない自然現象イベントに伴う木星内部磁気圏プラズマやオーロラの観測に成功し、太陽風や磁気圏内磁場・圧力エネルギーの相互作用について研究を遂行することができました。火星観測では、上層大気の季節変動・太陽活動周期変動をとらえることに成功しました。また、さらに金星探査機「あかつき」との協調観測として、金星上層大気の大气光観測を実施し、酸素原子・水素原子発光量の昼夜非対称性、大气重力波によると予想される上層大气と下層大气のカップリングを確認しています。その他にも、小回りの利く観測計画立案体制を構築したことにより観測直前に軌道決定される彗星観測や、金星・火星・木星の太陽離

角が小さい観測不適期間には、天文学分野の研究者との分野間連携研究として、天文学観測を実施しました。上記の観測データはすべて既にリダクション済みで、JAXA宇宙科学研究所のData ARchives and Transmission System (DARTS)にアーカイブされています[9]。

このように記述すると順調な観測期間と思われませんが、いくつかのトラブルにも見舞われています。2016年6月には、視野ガイドカメラ (FOV) [3]が、設計寿命を全うしたものの検出器の放射線劣化により観測中の惑星像を捉えることができなくなり、最高精度の観測視野制御のための観測中の惑星追尾を断念しました。また、2017年12月には、極端紫外分光装置 (EUV) [1, 2]のスリット動作不良が発生しましたが、惑星観測には適切な位置にスリットが保持されたため、その後の観測遂行には支障がありませんでした。さらに、2019年3月には、スタートラッカ (STT) の検出器の経年劣化に伴う姿勢制御異常が発生し一時観測中断をしましたが、STTのパラメータ更新により定常観測復帰しています。

打ち上げ以降10年以上にわたり、極端紫外分光観測を武器に惑星の磁気圏や高層大气観測から多くの成果をあげてきましたが、経年劣化により高い指向精度が要求される観測条件を満足する時間が徐々に短くなりました。姿勢制御の基準データを取得してきたスタートラッカーが、検出器の放射線劣化により感度低下やノイズレベル増加を引き起こしたため、軌道上での姿勢決定ができる時間が短くなったのです。この状態で観測運用を継続しても科学的に有意義な観測データを取得できないことから、その責務を全うしたと判断し、2023年12月8日停波運用を実施し、惑星用の宇宙望遠鏡としての使命を終えました。

## 「ひさき」衛星がつないだ樁

「ひさき」衛星は、セミオーダメイド型バスを用いた初めての衛星、スペースワイヤを本格的に

導入した初めての衛星、汎用衛星試験運用ソフトウェア (GSTOS) を初めて採用した衛星管制システム、そして打ち上げロンチャーとなったイプシロンロケットも試験機の位置づけとして初めての打ち上げと、初めてづくしのプロジェクトでした。セミオーダーメイド型のバスシステムは、ジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG)、小型地球観測衛星である先進的宇宙システム (ASNARO, ASNARO-2) や、政府開発援助を活用したベトナムの地球観測衛星 (LOTUSat)、開発中の公募型小型科学衛星「深宇宙探査技術実証機 (Destiny+)」, 「高感度太陽紫外線分光観測衛星 (SOLAR-C)」などで採用または一部採用され、後続する複数の公募型小型科学衛星で採用提案を得ています。また、発展的な科学的な研究課題は、公募型小型計画6号機候補に選定された紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA) に受け継がれています。

後続のミッションに貢献することを目指した実験的な要素も強く、多方面からのご指導・ご指南がなければ、叶わぬミッションでした。プロジェクト発足から15年、打ち上げ・観測運用開始から10年、当初の設計期間をはるかに超えて長きに渡りご支援・ご協力・ご声援いただきありがとうございました。科学成果については、このあとに続く「ひさき」特集号の各投稿記事をご一読ください。また、主な成果リストは「ひさき」プロジェクトサイト [10] も合わせてご参照いただければ幸いです。

## 参考文献

- [1] Yoshioka, K., et al., 2013, Planet. Space Sci., 85, 250  
 [2] Yoshikawa, I., et al., 2014, Space Sci. Rev., 184, 237

- [3] Yamazaki, A., et al., 2014, Space Sci. Rev., 184, 259  
 [4] 福田盛介ほか, 2009, 宇宙技術, 8, 1  
 [5] Nakaya, K., et al., Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan, 2012. 10, Tf\_5  
 [6] Kukita, A., et al., 2014, Proceeding of 33rd ISAS Space Energy Symposium.  
 [7] 西村佳代子 ほか, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 (JAXA-RR-14-009), 2015, 1  
 [8] Kimura, T., et al., 2017, Geophys. Res. Lett., 44, 4523.  
 [9] <https://darts.isas.jaxa.jp/missions/hisaki> (2025.2.25)  
 [10] <http://www.isas.jaxa.jp/home/sprint-a/> (2025.2.25)

## The Development Strategy of the 'Hisaki' Satellite and the Passed Baton

Atsushi YAMAZAKI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagamihara, Kanagawa 252-5210, Japan

<sup>2</sup>The Graduate University for Advanced Studies, SOKENDAI, 3-1-1 Yoshinodai, Chuo-ku, Sagamihara, Kanagawa 252-5210, Japan

Abstract: The 'Hisaki' (SPRINT-A) satellite was developed by the Japan Aerospace Exploration Agency as an Epsilon M-class mission. Adopting the semi-custom flexible satellite bus, it was able to successfully carry out timely scientific observations in a short period of only five years from the start of development to the first observation. It was launched into its designed orbit by the Epsilon launch vehicle on 14 September 2013, and began regular observations in December. After more than 10 years of continuous extreme ultraviolet spectroscopic observations, including coordinated observations with other missions and ground-based telescopes, the satellite was decommissioned on 8 December 2023 due to time-dependent degradation, and completing its mission as a planetary space telescope. This article presents three strategies for the research and development of the Hisaki satellite and the baton that the Hisaki satellite has passed on to its successors.