

ひさき衛星の始まりと当時の背景

吉川 一朗

〈東京大学大学院新領域創成科学研究科 〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5〉

e-mail: yoshikawa@edu.k.u-tokyo.ac.jp

イプシロンロケット初号機で打ち上げられたひさき衛星は、極端紫外線光 (EUV) を観測することで惑星磁気圏や惑星大気を研究する革新的な惑星観測用の宇宙望遠鏡だった。観測波長は50–150 nmと地上望遠鏡では捉えられない領域で、定常的な惑星観測に特化していた。木星磁気圏の継続的な分光データの取得は惑星を観測する斬新な方法として注目を集めた。ひさき衛星としての開発は2007年に突然始まり、既存技術の活用と事前の検討のおかげで迅速な開発が可能となった。ひさき衛星特集の最初の記事として、本稿では開発当時のことを振り返り、他所では書ききれなかったことを述べる。

ひさき衛星は太陽系内の惑星をくまなく観測する惑星観測用の宇宙望遠鏡 (分光器) であり、特に木星の内部磁気圏の観測によって大きな成果を挙げた。ひさき衛星は全体が望遠鏡 (分光器) であり、直径20 cmの主鏡、スリット、回折格子と光検出器であるマイクロチャンネルプレートから構成されている (図1)。観測波長は50–150 nmにあり、紫外線とX線の狭間にある極端紫外光 (EUV) とよばれるニッチな波長領域である。通常、観測対象からの光を焦点面に集めるために何枚ものレンズや鏡を使うが、この波長域では光学素子での反射や透過のたびに大きく減光するため、ひさき衛星では2枚の反射面しか持たな

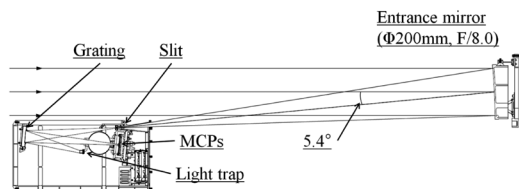


図1 ひさき衛星に搭載した望遠鏡 (分光器) の光学系の概略。主鏡 (Entrance mirror), 回折格子 (Grating), 検出器 (MCPs) からなる。

い (主鏡と回折格子)。反射面の材質は、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法で作ったシリコンカーバイドであり、極端紫外領域では高い反射率を持つ [1]。観測器に入射した光を、軸外し放物面鏡で集め、スリットを通過した光だけをトロイダル型回折格子で分光する。ひさき衛星が観測した木星イオプラズマトーラスの観測例を図2に示す。横軸が波長であり、縦軸が空間方向を表す。地球から見て、木星の東西が縦方向になる。

ひさき衛星の開発は突然始まった。

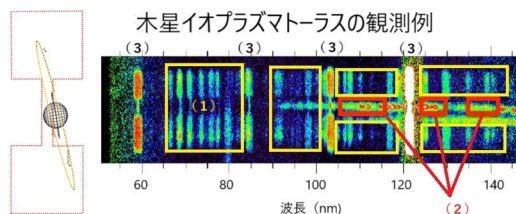


図2 ひさき衛星が観測した木星イオプラズマトーラスの例。横軸が波長、縦軸が空間方向を表す。ここには3つの成分が写っている。(1) 木星のイオプラズマトーラスの輝線 (主に、硫黄イオンからの発光) (2) 木星のオーロラ (主に、水素分子からの発光), (3) 地球大気からの発光。

2007年の正月休み、宇宙科学研究所の小型衛星シリーズを取りまとめる関係者の一人から突然の連絡があった。「イプシロン初号機の惑星望遠鏡衛星がこのままではあぶない。もっと魅力的なものにしてくれ」と。初夢でも見ているかのような気分になり、休み明けに事情を聴くことになったことだけは覚えている。当時、私は、宇宙科学研究所から東京大学に異動し、ベピコロンボ水星探査計画、月周回探査衛星かぐやをはじめとする大型計画の観測機開発に注力しており、地球を周回する小さな衛星に興味をあまり持っていなかった。惑星科学の分野で地球の周回軌道から惑星大気・プラズマを観測するという計画が進行中であるのは知ってはいたが、学会で話を聞く程度であり、協力や応援をするだけの体力もなかった。関係者から事情を聞くと、当時の設計は、可視波長域における惑星大気の観測に主軸を置き、地上の大型望遠鏡に勝る性能を、宇宙空間を飛翔する小型人工衛星で実現しようとしていたようである。一方、極端紫外光という領域は紫外線よりも波長は短く（エネルギーが高く）X線よりも波長は長く、X線天文学とはまた違うメンドクサイことが必要な波長領域である。しかし、この波長域は、惑星の大気分子が原子に乖離した状態や電離したイオンが散乱する光の波長が集中しており、1990年代の後半、地球のプラズマ圏が可視化された（ヘリウム一価イオンの共鳴散乱線波長30.4 nm）のもこの波長領域である [2]。この極端紫外光領域に観測の中心を置くことで話の筋はよくなった。この波長の光は大気に吸収されてしまうため、地上には届かず、地上の大型望遠鏡と性能を競う必要もない。そして、ハッブル宇宙望遠鏡などもこの波長域での観測が可能であるが、惑星観測専用の望遠鏡ではないため、定常的な観測は過去にほとんど例がないのである。

しかし、開発に残された時間が大きな問題だった。前述したように、すでに計画は何年前にスタートしていたが、突然の設計と責任者の変更、

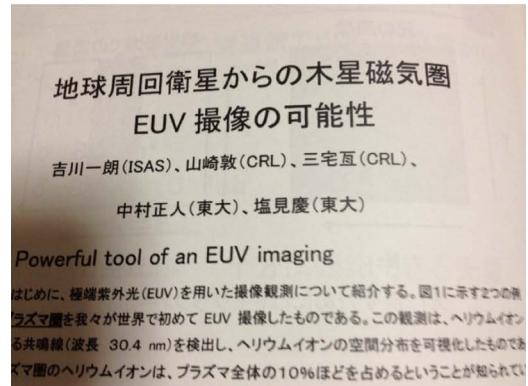
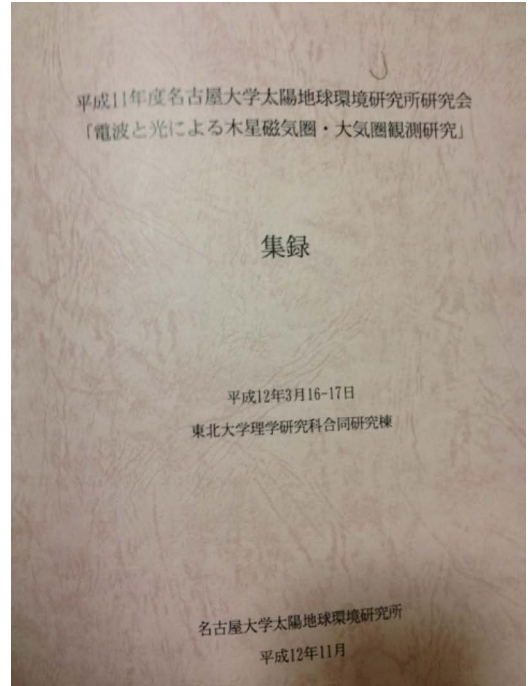


図3 ひさき衛星計画の原案となった資料。2000年3月に開催されたシンポジウムのプロシーディング。

「そんなに簡単に宇宙望遠鏡のデザインって決められるものなのか？」と思う方も多いと思う。

実は、2000年3月に東北大学でシンポジウム「電波と光による木星磁気圏・大気圏観測研究」があり、「地球周回衛星からの木星磁気圏 EUV 撮像の可能性」というお題を頂き、自分なりの検討結果を紹介する機会があった (図3)。1990年代は、世界各国が外惑星探査に乗りだした時代で

ある。火星や木星に数々の探査機が打ち上げられ、そのデータを何年間ものあいだ待ち続けた。日本も、固体ロケットM-Vを用いた火星探査を計画し、1998年に火星にむけのぞみ衛星を打ち上げ、1年足らずで到着の予定だったが、いくつかの原因が積み重なり、到着が延期になり最後は失敗に終わってしまった。米露の火星探査機が立て続けに失敗していたこともあり、火星には不吉なものがある、などという雰囲気になっていた。木星には、米国の探査機ガリレオが向かっていたが、通信機の不具合により、期待していたほどの成果は創出されそうになかった。なんの歯車が狂ったのか、うまくいかなくなり始めたのがこのころである。何年もかけて惑星まで巡行してもデータが取れない、というフラストレーションから生まれた発想は、まさに、「地球周辺から惑星の様子を望遠鏡で眺めたい」という欲求である。それができれば、待ち時間も節約できるし、巡行中に起こるかもしれないリスクを避けられる。

2000年3月に私は、極端紫外光を用いた地球周辺プラズマの撮像に成功した成果をもとに博士論文をまとめたところであったが、このころは惑星科学分野の将来に不安を感じていた。そんな中で開かれたシンポジウムで「地球周回衛星からの木星磁気圏 EUV 撮像の可能性」について意見を述べる事ができた。このときの設計案が、実はそのままひさき衛星に採用された。クイックな開発スタートができたのは(1)設計案を7年以上前に固められたこと(考える時間が十分にあった)、(2)この波長の光学系の設計に明らかな限界があり、詳細検討の余地はそれほどなかった(あれこれ考える必要がなかった)、(3)光学系

部品のそれぞれは、何10年以上も前に確立された技術を元にしており、開発遅延のリスクがなかった(古いものを工夫して使う)、(4)これまでの衛星観測に対し、ひさき衛星の優位性が明らかだった(波長範囲と継続性)、点にある。

2000年3月に、ひさき衛星の設計原案になるアイデアを与えてくれたシンポジウム主催者には感謝したい。

参考文献

- [1] Yoshikawa, I., et al., 2014, Space Sci. Revi., 184, 237
- [2] Nakamura, M., et al., 2000, Geophys. Res. Lett., 15, 141

The Beginning of the Hisaki Satellite Project and Its Background

Ichiro YOSHIKAWA

Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8561, Japan

Abstract: The Hisaki satellite, launched aboard the first Epsilon rocket, was an innovative planetary telescope designed to study planetary magnetospheres and atmospheres by the observations in the extreme ultraviolet (EUV) spectral region. Operating in a wavelength range of 50–150 nm, which is inaccessible to ground-based telescopes, Hisaki specialized in continuous planetary observations. It provided spectroscopic data of Jupiter's magnetosphere garnered attention as a groundbreaking method for planetary studies. The development of Hisaki began unexpectedly in 2007, enabled by the use of existing technologies and thorough preliminary assessments, which allowed for rapid progress. Reflecting on the development process, I will share insights and details that could not be fully conveyed in other writings.