



## 10歳になった「すざく」

井上 一

〈明星大学理工学部 東京都日野市程久保2-1-1〉

e-mail: hajime.inoue@meisei-u.ac.jp

➤ の7月10日に「すざく」は、軌道上での10歳の誕生日を迎えました。最近、足腰にガタがきて  
 ◯ しまいましたが、日本のX線天文衛星としては最も長く働いてきてくれました。

衛星は、打ち上げまでにあちこちに不具合を出して、われわれにたいへんな苦勞をさせたあと、打ち上げという過酷な環境を経て軌道上の晴れ舞台に出ていきます。そして、軌道上でも、毎日毎日、その日の仕事の指令を出す世話が必要となり、時には具合も悪くなります。まさに子どもを育てるようなものですが、新しい観測データというおいしい対価をたんと送り返してくれます。「すざく」には、よくがんばってきてくれたと心から感謝の気持ちを贈りたいと思います。

今回、この機に、天文月報が「すざく10周年」の特集を組んでくださることになりました。天文月報編集委員会の御配慮に感謝申し上げます。「すざく」が生み出した成果については、本特集号のいくつもの記事を読んでいただくこととして、ここでは、「すざく」が生み出されてきた歴史や、軌道上運用に至るまでのさまざまなきごとについて、簡単に紹介させていただきます。

### 1. Astro-E 前史

「すざく」のもととなったAstro-Eの構想は、1980年代の終わり頃に始まります。1987年2月に打ち上がった「ぎんが」が新しい成果を出し始め、1993年2月に打ち上がることになる「あすか」の開発が始まったばかりのころでした。検討した次期X線天文衛星構想は、1989年5月、DUET (Deep Universe Exploration Telescope) 計画として、宇宙理学委員会に、ワーキンググループの設置が申請され、承認されました。そして、DUET計画は、ほどなく、M-V-1号機によるMUSES-B (のちの「はるか」) 計画、M-V-2号機によるLunar-A計画 (その後、計画断念) に続く、次期科学衛星計画として、宇宙理学委員会に提案されました。そこでは、「あすか」に向けて開発中のものをさらに発展させた軟X線反射望遠鏡と、当時東大におられた釜江常好先生のグループが開発してきていた硬X線観測装置の組み合わせが目玉とされました。

このときには、同時に、火星ミッションも提案され、2計画の評価作業が行われました。そして、宇宙理学委員会において結論が出され、「次期理学ミッションとしては、火星ミッションを1996年度の実施として選定するが、特例として、DUETも、1998年度より遅くならずに実施するよう最大限努力する」とされました。こうして、M-V-3号機によるPlanet-B (のちの「のぞみ」) 計画、M-V-4号機によるAstro-E計画が、決められました。

はじめは、CCDを中心に考えられ始めた軟X線反射望遠鏡の焦点面検出器でしたが、1992年頃から、

米国のAXAF計画（Einstein衛星に続く米国の大型X線望遠鏡計画。最終的にChandra衛星となった。）のために開発が進められていたX線マイクロカロリメータを、Astro-Eに搭載する案が検討され始めました。この頃、非常に大型の計画であったAXAF計画は、現実的な進め方として、最高の撮像能力に的を絞ったAXAF-I計画と、最高のエネルギー分解能に的を絞ったAXAF-S計画の二つに分けられ、当面AXAF-Iに重点を絞る方向に舵が切られつつありました。そして、AXAF-Sの主要装置であるマイクロカロリメータを開発してきたSteve Holt先生率いるNASAゴダードフライトセンター（GSFC）のグループからは、Astro-Eに協力することでその目的を実現しようとする動きが生まれたのでした。日本側からも田中靖郎先生が積極的に動かれて、1993年末には、田中先生からNASAへ、AXAF-Sのために開発されたX線マイクロカロリメータ（XRS）をAstro-Eに搭載することの協力申し入れが行われました。それらの結果、Astro-E計画は、X線反射鏡（XRT）-X線マイクロカロリメータ（XRS）、X線反射鏡（XRT）-X線CCDカメラ（XIS）、硬X線検出器（HXD）の、三つの観測システムから構成されることになったわけです。そして、小川原嘉明先生のリーダーシップの下で、1995年度より、1999年度夏期打上げを目指した（その後1999年度冬期の打上げ予定に変わった）Astro-E衛星計画が正式にスタートしました。

## 2. Astro-Eの開発

Astro-Eの開発においては、たくさんの問題を抱えましたが、なかでも一番たいへんだったのは、やはり、XRS装置の開発でした。絶対温度60ミリ度に冷やす極低温冷却装置は、周りからの熱入力を極力減らすため、衛星本体とできるだけ細い吊り具でつなぐ必要があります。しかし、吊り具があまり細いと打ち上げのきびしい衝撃・振動環境にもちません。ぎりぎりの最適解を求めて悪戦苦闘の努力が行われました。また、XRS装置では、液体ヘリウム容器を囲む冷媒として固体ネオンが採用され、その容器としてドーナツ状のアルミ製タンクが設計されました。しかし、固体ネオンの極低温での物性がわからず、固体ネオンとアルミの熱収縮率の違いによる容器の塑性変形が大いに懸念されました。実際にネオンを固化したいくつかの実験・観察が行われた結果、ネオンタンク変形は深刻な問題にはならないことがわかり、ほっと胸をなで降ろしました。これらの冷却装置の中心に据えられるX線検出部（マイクロカロリメータ）の開発や、その検出器部を絶対温度60ミリ度まで冷やす断熱消磁型冷凍機の開発も、いくつもの難問に遭遇しました。

そして、Astro-Eは、多くの難関を何とか乗り越え、ついに2000年2月10日の打上げを迎えたわけでした。しかし、M-V-4号機の不具合により、予定の軌道に入れず燃え尽きてしまいました。たいへん残念なことでした。

## 3. Astro-EからAstro-E2へ

Astro-Eチームにとって打ち上げ失敗はたいへんなショックだったわけですが、悲嘆にくれているひまはありませんでした。再挑戦への動きが、すぐに始められました。2月10日の打上げ失敗直後、アメリカに帰ったGSFCのグループは、1週間後の2月17日には、NASAの小規模計画（SMEX）プロジェクトに、カロリメータを中心に据えたJoule計画を提案しました。一方、日本では、Astro-Eと同じ内容の再挑戦計画を立ち上げるか、その頃開発が進んでいた多層膜技術を用いた硬X線望遠鏡を主観測装置にすえた新しい計画を立ち上げるか、等、いろいろな案が検討されました。結局、故小田稔先生のアドバ

イスや、宇宙研M-Vグループからの「一緒に再挑戦しよう」の声に励まされ、3月23日には、宇宙理学委員会にAstro-E計画をほぼ踏襲したAstro-E2計画を提案するに至りました。そして、宇宙科学各コミュニティがこのAstro-E2計画を支持してくださり（特に、Solar-B（現在の「ひので」）チームは、Astro-E2計画の後ろに回ることを受け入れてくださいました。）、Astro-E2計画は、2001年度からの4年計画としてスタートすることとなりました。Astro-E2計画が立ち上がったことを受けて、NASA-GSFCグループは、Joule計画を、Astro-E2へ参加する計画として再定義し、NASAの判断を仰ぎました。それらの結果、Astro-E2計画においてもAstro-Eのときと同じ日米協力が動くこととなりました。

#### 4. 「すざく」誕生

Astro-E2計画は、その後、ほぼ順調に開発が進められ、2005年7月10日12時30分（日本時間）、打上げを迎えることになりました（図1、図2）。そして、不具合対策が十分なされたM-V-6号機によって無事軌道に投入されて、「すざく」と命名されました。打ち上げ後には、3段目による姿勢反転とスピニングアップ、分離、ペリジーアップ。その後も、スピンドアウン、太陽捕捉、ホイール回転、太陽電池パドルの展開、光学ベンチの伸展と、息つく間もないクリティカルな運用が順調に進められ、観測体制が着実に整えられていきました。そして、先に述べた三つの観測システム各観測装置の立ち上げが順を追って進められていきました。

そのさなかの、8月8日11時ころ（日本時間）、XRSのヘリウムタンクの温度が上昇し、液体ヘリウムが一気に気化してすべて失われる不具合が発生しました。このため、XRSによる観測は不可能となってしまいました。

XRS装置は、絶対温度60ミリ度（摂氏マイナス273.09度）で動作させる検出器（X線マイクロカロリメータ）を断熱消磁型冷凍機で冷却し、その外側を絶対温度約1.3度の液体ヘリウムのタンクが取り巻き、そのさらに外側を絶対温度約17度の固体ネオンが取り巻いている構造になっています。この冷却装置は、打上げ以来必要なバルブを開け、冷凍機に電源を投入するなど順調に装置の立ち上げを行い、7月27日には、検出器を絶対温度60ミリ度に冷却することに成功しました。これは宇宙空間で人工的に作り出した世界で最も低い温度です。そして、その後、XRS装置に装着されたX線源により、この動作温度においてX線マイクロカロリメータが予期したとおりのX線分光性能を示していることが確認されました。そして、いよいよX線天体を観測するためのX線入射窓をあける準備に取り掛かっていた折、今回の不具合が発生しました。

この不具合は、液体ヘリウムから蒸発したヘリウムガスが完全には宇宙空間に排気されず、その一部がXRS真空断熱容器内部に侵入した結果、容器の断熱性能が劣化し、液体ヘリウムの蒸発が加速されて短時間で液体ヘリウムの全量を失う事態に至ったものでした。これは、ヘリウムガスの排気先についての十分な配慮を欠いた、衛星システム設計上の完全な見落としによるものでした。何でもこんな基本的なことが考えられていなかったのかと思うと、衛星開発に責任をもってきた者として、ほんとうに恥ずかしい、悔やんでも悔やみきれない痛恨の見落としでした。X線マイクロカロリメータによる天体観測は、1回目の挑戦がAstro-Eの打ち上げ失敗によりついで、この「すざく」による2回目の挑戦も、この不具合によってついでにしまいました。Astro-Hによって、3度目の挑戦が実ることを祈らずにはられません。



図1 打ち上げ直前、最終整備状態の「すざく」  
(2005年6月15日内之浦宇宙空間観測所衛星  
クリーンルームにて)。



図2 M-V-6号機により打ち上げられた「すざく」  
(2005年7月10日12時30分)。

## 5. 「すざく」の活躍と今後

XRSは脱落を余儀なくされてしまいましたが、「すざく」には、ほかにも世界に誇る高性能の観測システムが二つありました。これらの性能を最大限に活かした軌道天文台としての運用が始められました。そして、広いエネルギー範囲と広い視野にわたってすぐれたエネルギー分解能をもったXRT-XISシステムと、硬X線領域でこれまでにない感度をもったHXDによって、その後次々と新しい成果を生み出してくれました。それらについては、この特集号の記事をお読みいただきたいと思います。

今や、「すざく」の次を担うAstro-H衛星が大詰めの総合試験の真最中で、まもなく宇宙に飛び立ちます。この衛星には、X線マイクロカロリメータの再挑戦装置だけでなく、最新鋭の硬X線反射望遠鏡や、これまでになかった新しい硬X線-軟ガンマ線観測装置が搭載されます。必ずや、思ってもいなかった新しい宇宙の姿を次々と明らかにしてくれるものと思います。この「すざく10周年」特集号に続いて、新しい衛星によるすばらしい成果を盛った特集号が組まれることを期待して、巻頭言を結ぶことといたします。