



新年のごあいさつ

所長 森 大吉郎

あけましておめでとうございます。

本年は、研究所は発展と苦労の織り交った年でありましょう。

「発展」については、申すまでもなく宇宙科学の研究と観測、およびロケット・科学衛星・気球の研究開発についての大小の魅力あるプロジェクトが軒を並べて進行しております。また、駒場はじめ各センターで施設の増改築が進められ、所に活気を与えております。まさに大輪の花が何本も咲き競っている感さえ致します。しかし、この現状はこれまでの永年の皆の努力による蓄積とポテンシャルのおかげであって、その上にいつまでも安閑としているわけにはいきません。

「苦労」については、財政低迷によりプロジェクトの遂行にあたっての予算上の苦労があります。

さらに科学観測研究にしろ、輸送系の研究開発にしろ、将来どの方向に進むべきかを見定めることも今後の極めて大きな課題です。

現在私共は中小型科学衛星の長期計画について、これまでの成果を誇りとしており、当面これを軸として継続発展させる方針に自信を持っています。しかし、宇宙の探究と解明という素晴らしいビジョンと目的を持つわれわれが、今後、自らの未来を切り拓くには、基本的には優れた基礎研究の花芽が数多く足元に育ち、その基盤の上にプロジェクトが策定され、築かれるというのが最高の望ましい姿でしょう。

第一歩として、各研究室から内外にアピールするそれぞれの出し物を揃えた「所内公開」を計画するのも一つの促進策かも知れません。

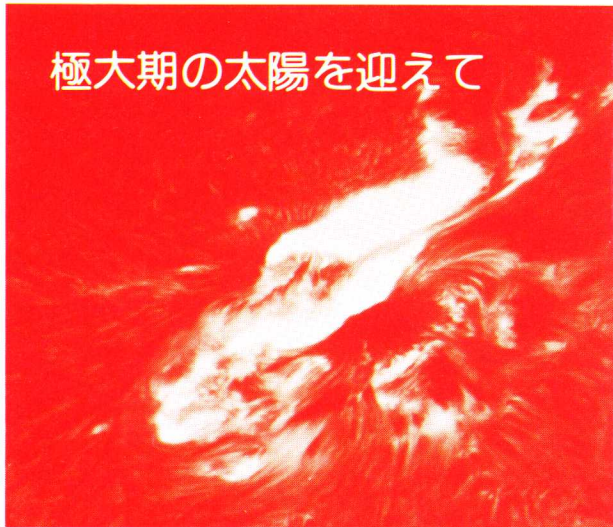
特集にあたって

編集委員長 平尾 邦 雄

昭和58年の新春を迎えるにあたり、特集「科学衛星ものがたり—ひのとり」の誕生をおとどけることにした。宇宙科学研究所の事業の一つとして、所内外の皆様の緊密な協力によって進められ

ている科学衛星の生い立ちを一貫した物語として皆様に実感をもって味わっていただくとして編集委員総出演で書き上げたものである。行間ににじむ苦労のあともお読みとり頂きたい。

極大期の太陽を迎えて



1. 母なる太陽

地上の生き物すべての命の源泉である太陽。静かに輝き続けるように見える太陽も、じつは様々な変動をしている。その様子は、太陽面上に出没する黒点にも見られる。黒点の数は11年周期ではっきり増減しており、黒点が多い時期には、フレアと呼ばれる爆発現象が太陽面上でたて続けに発生する。こうした太陽活動の消長は、地球の磁気圏や電離層に影響を及ぼすことはもちろん、ひいては気候、海流、農業などをも左右していると考えられる。太陽のごきげんは、私達の日常生活に直接かかわる重大なことがらなのである。

2. 「ひのとり」計画のスタート

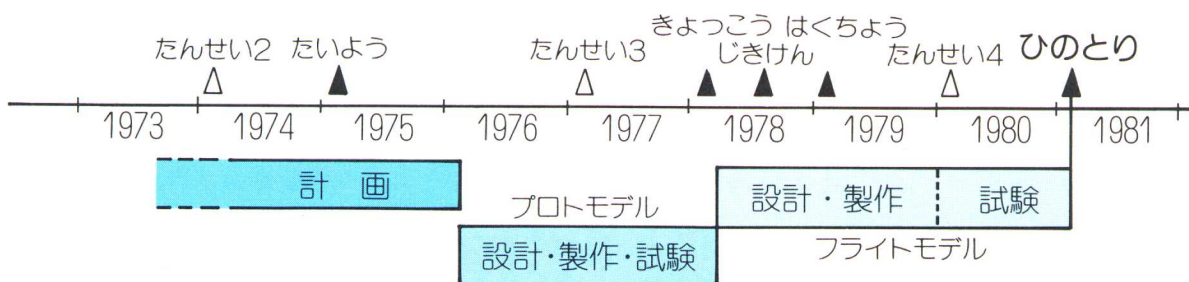
1960年代に、人類は飛翔体という新しい手段を

手にし、大気を透過できないX線や紫外線を用いて天体の姿を見られるようになったし、地球外圏の現象をその現場に臨んで調べることが可能になった。そして、これら新しい手段を用いて太陽を調べる絶好のチャンスが巡ってきた。1969～71年の太陽活動の極大期である。研究者たちは、飛翔体を用いて、太陽フレアのなまなましい姿をかいま見ることができた。この経験をもとに、11年後（1980～82）にやって来る次の極大期に熱い期待がよせられたのも当然といえよう。

当時のわが国の状況をみるため「科学衛星シンポジウム」の集録をひもといてみると、衛星による太陽観測への要望が高まりつつあったことが知られる。多くの研究グループが地道に基礎開発を続け、手ぐすねをひいて待ちかまえていた。折しもわが国ではミューロケットによる科学衛星打上げが着実な歩みを始めており、80年代初めにはM-3S型ロケットで、地球低高度軌道に300kgクラスの衛星の打上げが可能になろうとしていた。こうした背景をふまえ、第7号科学衛星は、極大期の太陽観測に向けられることが決まった。これがASTRO-A、のちに「ひのとり」と名づけられる衛星の計画のスタートである。時に1974年、来たるべき極大期に先立つことほぼ6年であった。

3. 出そろった観測機器

1974～75年にかけ、「ひのとり」に搭載される観測機器の公募・選定が行なわれた。衛星は大き



「ひのとり」のスケジュール

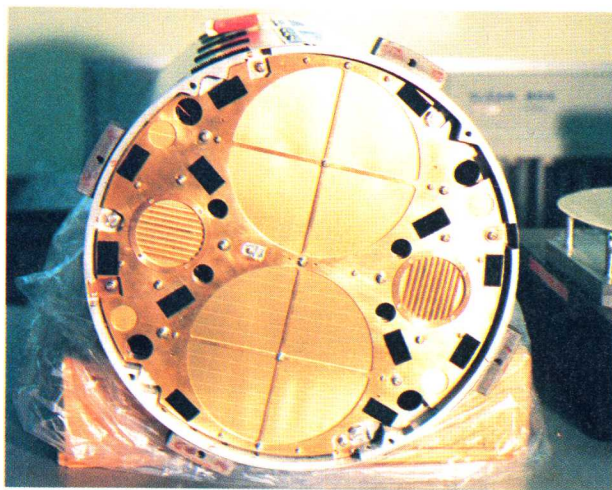
さ・重さ・電力とも厳しい制限をうけるから、観測機器をあれもこれも載せるわけにはいかない。では、搭載機器はどんな基準で選定されるのだろうか。まず第一に、多額な費用をかけて打ち上げるに価する、新しい重要な成果が期待されねばならない。また、機器は小さく、軽く、低電力でなければならない。そして、打上げ時の厳しい振動・衝撃に耐え、その後も宇宙の苛酷な熱真空環境の下で生き延びるだけの信頼性が要求される。これら厳しい条件をみたす装置を開発するためには、実験室での十分な基礎実験に加えて、ロケットや気球での予備実験が必要となる。開発に携わる研究者にとって、苦しいけれどやりがいのある仕事である。

こうして、表に示す8個の装置が「ひのとり」に載ることになった。このうちはじめの5個は、太陽面上でおきるフレアを直接に観測する。SXTやSOXは日本のお家芸、またFLMはK-10-12号ロケットで基礎実験を済ませた新型検出器である。いっぽうPXM, TEL, IMPの3機器は、太陽活動が地球周辺に与える影響を調べるもので、太陽活動極小期に働いた第3号科学衛星「たいよう」とのデータの比較に興味をもたれる。

4. 衛星への要求

観測機器が出そうと、衛星のおよその青写真の検討が始まる。まずどんな軌道が望ましいか。これについては、バン・アレン帯を避けるため、高度500 km前後の略円軌道が採用された。後に述べるように、軌道が決まるとロケットの能力から、許される衛星の重量が決まることになる。

次に、姿勢制御への要求。「ひのとり」は観測上、スピン軸を太陽に向ける必要がある。衛星の



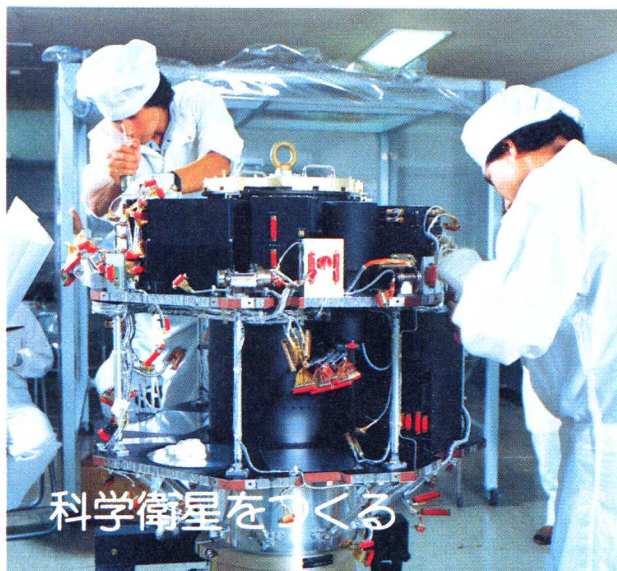
太陽硬X線望遠鏡 (SXT)

向きを変えるには、衛星のコイルに電流を流して磁場を発生し、それと地磁気との相互作用を利用する。この技術は、「たいよう」「はくちょう」などですでに確立済みである。しかし、太陽は1日に1度ずつ、天空を動いてゆく。そこで「ひのとり」は、この太陽を自動的に追尾できるような新しい性能をあわせもつことになった。これまでの衛星で確立済みの技術を最大限に活かしつつ、そこに着実に新しい技術やアイデアをつけ加え、積み上げてゆく。これは、わが国の科学衛星プログラムに一貫して流れる考え方である。

太陽フレアは、いつ発生するか予測がつかない。これを逃さず、しかも精度よく捕えるため、「ひのとり」のデータ処理系には数々のアイデアが凝らされた。即ちフレアが発生するとHXMとFLMがこれをキャッチし、データ処理装置(DP)に通報する。DPはただちに各機器に警報を送り、衛星に臨戦体制を敷く。観測データを記録するテープレコーダ(DR)は速回しになって、データの記録精度が8倍に向上する。

名 称	観 測 の 内 容 ・ 目 的
SXT 硬X線望遠鏡	すだれコリメータにより、フレア硬X線の位置と2次元像を観測する
HXM 硬X線モニタ	フレア硬X線(20-300keV)のスペクトルと時間変化を調べる
SOX 軟X線分光器	ブラッグ結晶により、フレア軟X線の精密なスペクトルを観測する
FLM フレアモニタ	蛍光比例計数管を用い、フレアX線のスペクトル(2-20keV)を調べる
SGR ガンマ線検出器	CsI結晶を用いて、フレアに伴うガンマ線(200-9000keV)を検出する
PXM 粒子X線観測器	フレアX線と放射線帯を識別し、また地球周辺の荷電粒子を調べる
IMP 電子密度測定器	インピーダンスプローブにより、プラズマ電子密度を測定する
TEL 電子温度測定器	プラズマ電子温度を測定し、太陽活動の地球周辺への影響を調べる

「ひのとり」の観測機器



科学衛星をつくる

1. きびしい省エネルギー

観測側からの青写真をうけて、衛星本体の詳しい設計が始まる。どんな共通機器が必要か、どんな骨組みを作り、そこに機器をどう配置するか。重さをもっと減らせないか。電力は、熱問題は…。宇宙研とメーカーの緊密な連繫プレーによって、衛星のすみずみまで細かく目が配られる。

衛星の機器には、地上の機器といろいろ異なる配慮が必要となる場面が多い。電力を例にとってみよう。衛星の電力はすべて、太陽電池の発電でまかなわれる。「ひのとり」は日本の科学衛星として初めて4枚の太陽電池パドル(羽根)を展開して、電力アップをはかることになった。それでも昼夜平均した発電量は、たかだか70ワットたらず。家庭用テレビ1台をようやくまかなえる程度にすぎない。この乏しい電力をわけ合うのだから、衛星の各機器は、文字通り千分の1ワット単位で省電力化を強いられる。かけ声だけでなかなか実の上らない地上の省エネとは、たいへんな違いである。

2. 許されぬ故障

衛星にとって、省エネにも増して大切なのは、高い信頼性であろう。軌道に上ってから故障が生じたら、まず修復は望めない。わずかな設計・製造ミスが命とりになりかねない。そこで、機器の信頼性を高めるため、最大限の努力と注意が払われる。電子回路の例では、トランジスタ1個にしても高信頼性のおスミつき部品を使うし、ハンダづけ1点たりともおろそかにできない。観測用機器の中には、高電圧(1~5キロボルト程度)を用

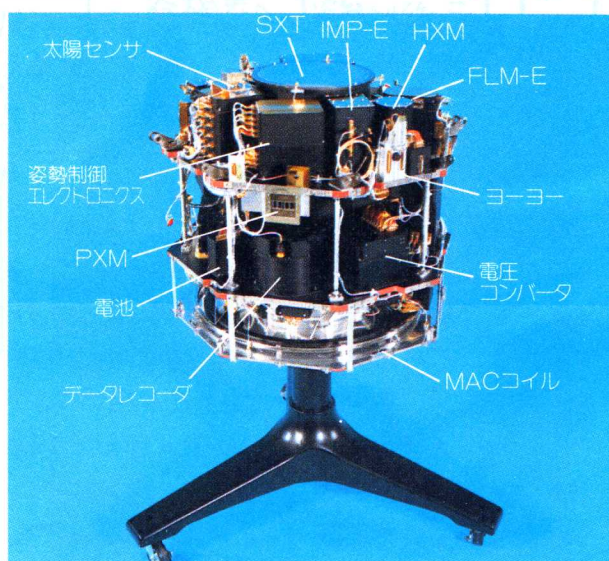
いるものが多いが、真空中での放電を防ぐため、高電圧が加わる部分はシリコンゴムなどで完全に覆い隠す(ポッティング)方法がとられる。

衛星にとって特に重要な機能は、二重にして信頼性を高めることも多い。例えば「ひのとり」の観測データの送信には、Uバンド(400MHz)とSバンド(2280MHz)の2つのテレメータ送信機を使う。こうすればリアルデータと再生データが同時に送信できるし、万一どちらかが故障しても“音信不通”といった事態にはならずすむ。

このように、信頼性を高めるとひと口に言っても、その内容はたいへん多岐にわたる。この作業を支えてくれるのは、「おおすみ」の時代から着実に積み重ねて来たわが国の科学衛星技術と、毎日のたゆまぬ研究開発である。結局、衛星の値段のうち多くの部分が、信頼性という目に見えぬものに費されていると言っても過言ではあるまい。そして後に述べるように、打上げに先立って衛星は厳しい試練を経るが、ここで初めて、信頼性が目に見える形で確認されるのである。

3. 真空とたたかう

宇宙空間は真空の世界であり、およそ地上の常識からは想像できないことが起こりうる。機械的に擦り合わされる部分が互にくっついてしまう、という現象はその好例であろう。これは接触面の“きれいな”原子どうしが直接結びつくため、可動部分が全く動かなくなる危険性をはらんでいる。このため衛星では可動部分を極力さけるのが原則だが、どうしても必要な場合は、真空中でも蒸発しない固体潤滑剤を使うなど、特別の配慮が



「ひのとり」衛星の内部

必要とされる。

真空中の熱の問題も重要である。熱はふつう対流、伝導および輻射によって運ばれるが、宇宙空間では大気による対流が全くない。このため電気抵抗などの発熱部は大気中で使う場合よりずっと熱くなり、へたをすると焼けてパンクしてしまう。さらに「ひのとり」はスピン軸をつねに太陽に向けるので、衛星の上面は直射日光で灼けつく熱さとなり、反対に下面は酷寒の宇宙空間にさらされ

て冷える一方となる。放っておけば、熱すぎたり寒すぎたりして変調をきたす機器が出るに違いない。「ひのとり」が焼き鳥や冷凍チキンになったのでは話にならない。そこで、伝導と輻射によって衛星内部がほぼ一様に快適な温度になるよう、キメ細かく気を配ってやらねばならない。これは衛星の熱設計と呼ばれる。また軌道に上ってからも、衛星各部の温度は、温度センサ(HK)で常時監視される。



1. 紳士たちの話合い

衛星計画は、ロケット抜きには語れない。ハードウェアとしてのロケットの記述は機会を改めるとして、ここでは衛星との接点という立場でロケットを眺めてみよう。最も重要な接点は、衛星の重さである。衛星側から要求軌道が示されると、ロケットの能力から衛星の重さが決まる。ここで注意したいのは、宇宙研ではロケットもつねにあわせて開発を進めている、という点である。従って衛星計画の初期には、使うべき型のロケットはまだ存在せず、ロケット側は開発上の不確かさを見込んで、重量の見積りは控え目にならざるをえない。他方、衛星側は少しでも機器を増やしたいから、しばしばロケットの搭載能力を越えた重量をふっかける。かくて衛星屋とロケット屋の間で熾烈なせめぎ合いが続くが、衛星側としては“オリる”とは言えないから、結局両者の間で合意が得られる。その後もロケットの開発の進行に伴って衛星重量の見積りは次第に改訂され、衛星側と調整が行われる。こうして実際の打上げでは、ロ

ケットの能力をほとんど最大限に生かす状態になっているのが普通である。

「ひのとり」の場合に関して言えば、幸か不幸か衛星側とロケット側の応酬は比較的小となしかった。これはM-3S型に先行してほぼ同じ能力のM-3H型ロケットがすでに3機も打上げられ、ロケットの能力がおおよそ確定していたこと、衛星自体も初期の計画の段階からあまり肥満せず優等生であったことなどのためである。

2. M-3S型ロケット

「ひのとり」を打ち上げたM-3S型ロケットは、M-4S、M-3C、M-3Hと改良を重ねてきたミュー・シリーズの第4世代のものである。全長23.8m、直径1.41m、「ひのとり」を積んだ場合の全重量は49.5トンの全段固体推進剤使用の3段式ロケットで、第1段の横腹に4ペア(計8本)の補助ブースタを抱えている。各段の諸元は表の通りである。先行のM-3C、M-3Hが第2段に推力方向制御(TVC)システムを導入し、軌道精度の向上を図ったのに続き、このM-3Sでは第1段にもTVCを導入し、軌道精度の一層の向上と打上げ条件の緩和が実現された。

ところで、打上げロケットのペイロード能力は、投入する軌道の性質(遠・近地点高度、軌道傾斜

	補助 ブースタ	第1段	第2段	第3段
モータ名称	SB-310	M-13	M-22	M-3A
総重量(トン)	49.5	45.4	11.1	1.4
ステージ重量(トン)	0.52×8	34.3	9.7	1.2
推進剤重量(トン)	0.34×8	27.1	7.2	1.1
有効燃焼秒時(秒)	5.5	56	55	45
平均推力(トン)	109(地上)	114(地上)	36(真空)	6.8(真空)
比推力(秒)	219(地上)	236(地上)	277(真空)	284(真空)

M-3S-2ロケットの諸元

角)によって変わってくる。M-3Sを内之浦から真東に向けて発射し、その後意図的に飛翔径路を曲げることで(ドッグ・レッグ)をしなければ、軌道傾斜角は自動的に31°になる。もし衛星が31°より大きな傾斜角を必要とする場合は、発射方位を90°(真東)より南向きにとらざるを得ず、場合によっては飛翔径路をドッグ・レッグさせる必要も出てくるので、速度損失が大きく、ペイロード能力も傾斜角の増大につれて落ちてくる。「ひのとり」の場合は、近地点560km、遠地点730km、軌道傾斜角約31°という計画値なので、ほぼ真東(北から、96°)に向けて発射することとし、衛星の重量は188kgと算出された。

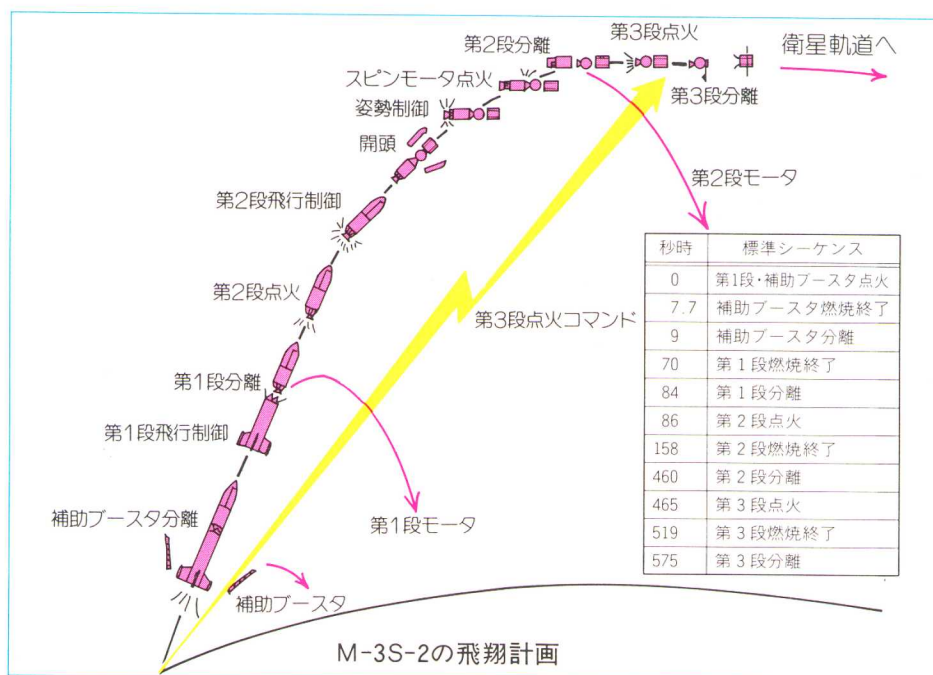
3. でき上がった飛翔計画

衛星やロケットの重量その他の細目が決まると、所定の軌道に衛星を確実に投入するための飛翔計画が作成される。

ところで飛翔計画は、衛星を目標の軌道に投入するという目的に加えて、飛翔保安という大切な要素をも考慮したものでなければならない。即ち燃焼終了したロケット各段の分離、各種付属物の切り離しなどに伴い、地上に危険が及んではならない。具体的には、第一に、正常な飛翔においてロケット各段が落下する区域(落下予想区域)が陸地や諸外国領海の外にあり、

また主要な船舶航路や航空路を含まないようにすること。第二に、万一異常な飛翔が生じた場合、落下物体が陸地・航空機・船舶に与える危険を避けるような処置を構想することである。こうして「ひのとり」打上げのために策定された飛翔シーケンスが、下の図に示されている。

飛翔計画の細目が決定されると、打上げ場所・日時・飛翔径路・各段落下予想区域などについて、海上保安庁や航空局等を通じて海と空への通報を送り、安全確保につとめることになる。また発射直後の保安および補助ブースタの落下については、海上保安庁や鹿児島県にお願いして巡視船・飛行機による海上警戒を行って頂いているほか、KSC内のレーダ・光学観測でも直接安全を確認する。



1. 進む準備

ロケットの開発を横目で見ながら、「ひのとり」計画はスケジュールに沿って進む。1976~77年度にはプロトモデルの製作と試験が行われた。この結果をふまえて設計に反省が加えられると、こんどはフライトモデルの製作開始である。1978~79年にかけて、表面的に目立った動きはないが、衛星の各機器の製作は着々と進行している。「ひのとり」の卵が暖められている時期、と言えようか。

1980年1月、いよいよ1次噛合せが始まった。製作完了した各機器は宇宙研に持ち寄られ、衛星

の形に組み立てられる。そして、衛星が機械的にも電気的にも設計通りであることが、綿密に調べられる。「ひのとり」はついに卵から孵化し、その全ぶを現わしたわけである。

折しもこの噛合せの最中に、試験衛星「たんせい4号」がM-3S型の1号機によって無事に宇宙へと旅立って行った。この先駆者は新型ロケットM-3Sの性能を立証し、また「ひのとり」および後続の科学衛星で必要となる多くの新しい技術を確認したのである。

2. ひな鳥から若鳥へ

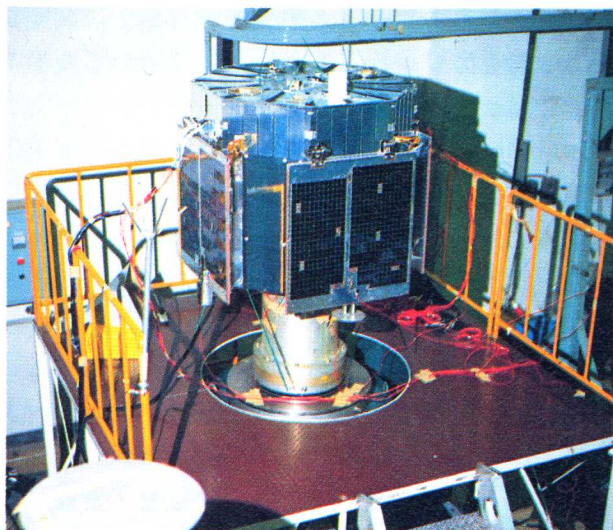
1980年夏、いよいよ宇宙研で総合試験が開始された。1次噛合せでは、衛星は“巣の中のひな鳥”のようにそっと大切に扱われたが、もはやここではそんな甘えは通用しない。「ひのとり」が自分の羽で飛べる立派な“若鳥”に成長するまでに、半年に及ぶ辛い環境試験が待ちかまえている。

衛星は、地上とは著しく異なる環境下に置かれる。そのひとつは、ロケットモータの燃焼時に経験する激しい振動・衝撃などで、これらは機械的環境と呼ばれる。この環境が少しでも穏やかなものになるよう、ロケットの開発や飛翔計画の作成にあたって地道な努力が続けられていることはもちろんである。次に無事に軌道に乗った衛星を待ち受けているのは、ほぼ完全に真空状態の宇宙空間である。すでに述べたようにそこでは熱対流が無いので、衛星は極端に熱くなったり凍えたりする。こうした特殊な状態は、熱真空環境と呼ばれる。これらの環境はたいへん厳しく、地上で使う通常の機器ならば大半が故障を起こしてしまうだろう。

しかし、高信頼性を標榜する衛星は、これらの環境に耐えるよう設計されている。そして、打上げに先立ってそれを確認するのが環境試験の目的である。「ひのとり」はその名の名誉にかけて、これらの厳しい環境に耐えねばならない。

3. 温度試験

多くの電子機器にとって、温度変化はたいへん厳しいストレスとなる。そこで衛星が軌道上で経験する可能性のある全温度範囲にわたり、機器の動作が正常であることを確かめる必要がある。この目的で行われるのが温度試験で、ふつう1気圧中で行う。これは機器の温度を早く試験温度に近



加振器の上の「ひのとり」(駒場)

づけるためである。真空中では外から暖めたり冷やしたりしても、対流がないので衛星の温度はなかなか思うように変化してくれない。「ひのとり」の場合、試験温度範囲は -20°C から $+50^{\circ}\text{C}$ にわたった。「ひのとり」にとっては、北極と赤道直下を往復するような辛い旅だったに違いない。

4. 機械環境試験

機械環境試験の一番手は、衝撃試験である。衛星をある高さから落下させることで、10ミリ秒ほどの短い時間に、25G(地表の重力加速度の25倍)もの衝撃を加える。たいていの場合、この関門は簡単に通過してしまうが、ここで安心してはいけない。次に控えているのは、恐怖のゆすり屋、振動試験である。

振動試験では衛星は大きな加振器に載せられ、10~2000ヘルツの振動が加えられる。この試験は衛星にある程度ダメージを残す可能性があるため、加える振動の大きさは、同型ロケットの打上げ時の実測データに基づき必要最小限に止められる。この振動試験の恐ろしさは、機器が“永眠”させられる可能性が大きいことであろう。関係者一同は、加振器の上で悲鳴を上げてゆすられる衛星を見ながら、わがことのように心を痛めるのである。

5. 対ロケット噛合せ

衛星の試験と並行して、打上げロケットM-3S-2号機の組立・試験も進行している。秋も深まったある日、「ひのとり」はロケットと初の“ご対面”をすることになった。対ロケット噛合せである。

ここでは衛星とロケットの機械的な結合に問題がないことを確認するとともに、電気的にも両者の間で干渉がないことが確認される。干渉のうちとくに恐ろしいのは、衛星のテレメータがロケットの電子機器に誤動作を引き起こす場合で、衛星にしてみれば自らの命を託すべき相手の足を引っぱることになるから、自殺行為に等しい。

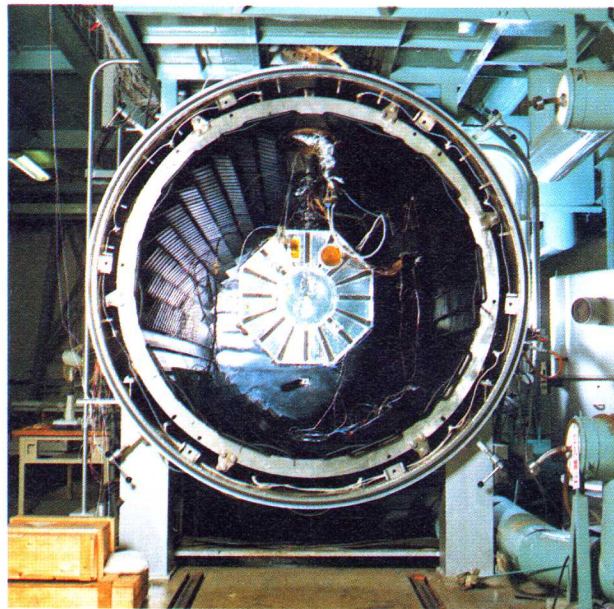
6. 熱真空試験

熱真空試験は文字通り環境試験のクライマックスである。宇宙空間では熱的環境がたいへん厳しく、熱伝導と熱輻射だけを頼りにした綿密な熱設計が必要なことは、すでに述べた。熱真空試験はこの熱設計のよしあしを地上で確認する唯一の手段である。あわせて、軌道に上ってからの“生きるつらさ”を多少なりとも衛星に経験させ、弱音を吐く機器がないかを事前にチェックする目的も持っている。弱音を吐く機器が無い方が珍しい、という苛酷な試験である。

「ひのとり」は直径2.4m、長さ4.2mのスペース・チェンバー(真空槽)に入れられ、延々7日間にわたって真空中に引き続けられ、同時に暖められたり冷やされたりする。このチェンバーは我が国

初の人工衛星「おおすみ」以来、宇宙研が打ち上げたすべての衛星に試験を行ってきた。慈悲深くも厳しい父親、という役柄である。

この試験の期間中、関係者は交代で徹夜を続ける。試験が終わる頃には、いよいよスケジュールもおし詰ったという感が濃くなり、打上げに向けてのあわただしい雰囲気が漂い始める。



熱真空試験のためスペース・チェンバーに入れられた「ひのとり」



宇宙への旅立ち

1. 鹿児島へ

半年を越す厳しい試練をくぐり抜け冬を迎えた「ひのとり」はもはや、ひ弱な“ひな鳥”ではない。自分の羽で立派に飛べる“若鳥”に成長した衛星は、いくつかの最終的な確認試験(磁気モーメント測定、センサアラインメント、動釣合など)を経たのち、晴れの舞台に向かう。衛星は、振動を防ぎ、また浮世の風で汚されぬよう、大きな特製のコンテナに入れられて駒場を出発する。貴重な美術品

を運ぶように三日がかりで運ばれ行き着く先は、九州は大隅半島の中ほどにある、内之浦町の鹿児島宇宙空間観測所(KSC)である。衛星はこの科学衛星センターのクリーンルームにおさめられたのち、再び動作の確認やいくつかのチェックが行われる。

2. 整備塔へ

KSCの組立て室では、M-3S-2号機ロケットの第3段球型モータが第2段計器部に取り付けられ、衛星の到着を待っている。準備万端整った衛星はクリーンルームからコンテナで組立室内のクリーンブースに運ばれて第3段ロケットの上に取り付けられ、さらにノーズフェアリングがそのまわりにつけられる。こうして完成した頭胴部は門型クレーンで整備塔の下まで運ばれる。整備塔内ではすでに第2段目までが組み上っており、頭胴部はクレーンで吊りこまれて2段目の上に組付けられ、約10日間の組立て行程の一切が完了する。ノーズフェアリング内にはたえず乾燥窒素が流され、衛星を汚れや湿気から手厚く保護している。

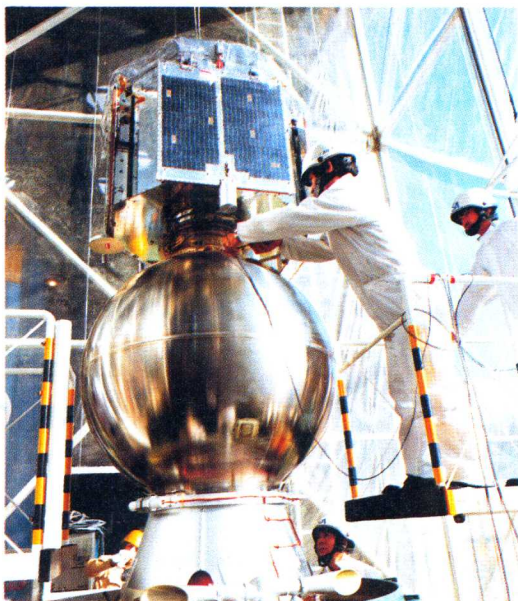
3. 最後の準備

衛星打上げ前の最後のチェックとして、電波テストが一日がかりで行われる。この日は衛星ばかりでなく打上げロケットの搭載機器もチェックされ、さらにロケット発射作業の手順の確認も行われる。今まで何度も衛星を打上げてきた洗練されたチームであるが、年に一度の発射作業とあって緊張の色は隠せない。ロケットそのものを扱う人々の緊張もさることながら、ロケットを電波誘導方式で正しい軌道に導くための誘導練習や、いかなる非常事態にも対処できるような飛翔保安の練習にも、毎度のことながらおのずと熱が入る。衛星は衛星で毎回新しくそしてより複雑になるので、チェックの手順もよりこみ入ってくる。限られた時間内で必要なチェックを完了するため、強い注意力が要求される。

これらのチェックが済むと、最終的にロケットの点火薬類の結線が行われ、また細心の注意を払ってそれらの点検が行われる。テレメータ、レーダ、コマンド、管制装置などの地上系も、すべて遺漏のないよう点検がなされ、あとは発射の日を待つばかりとなる。

4. 好天を待つ

「ひのとり」の当初の発射予定日は、1981年2月16日だったが、途中整備のつごう上、17日に延期され、さらに15日になって17日の天候が良くないと予想されたので18日に延期された。衛星発射の際は外国の航空管制所にも通知するため、2日前のアナウンスが必要なのである。



衛星組付け作業 (KSC)

この頃になると、気象班の苦しい日々が始まる。様子を探りに来る実験班の人も多くなる。「いつ頃になるでしょうかね」というわけである。結局この度は、18日、19日ともタイムスケジュールに入っては雨に降られた。20日は、翌日に確実な晴天が期待されたのでスケジュールに入らぬこととした。

5. 轟音を残して

明けて2月21日、まさに好天が訪れた。朝5時、まだ暗いうちから発射作業スケジュール開始。ロケットを収めた整備塔の回転作業に入ると同時に気球があげられ、上空の風をはかる。その結果に従って整備塔の概略の方位が決定され、コントロールセンタからの場内放送に従って次々と作業が進行する。発射時刻の9時30分をめざし、いよいよ4時間半の作業が始まったのである。姿勢制御用エンジンに燃料を入れる配管のカプラー、ロケット搭載機器や衛星をコントロールする電線コネクタ等がとりつけられる一方、ジャイロを含む姿勢制御系電気部のドリフトチェックが行われる。次いでこれらカプラーやコネクタを遠隔操作ではずすテスト。これがうまくはずれないとロケットは発射できない。かたずをのむ一瞬である。これと並行して、保安や誘導の大役を担う計算機のテストも行われる。これがすむのが約3時間前である。

続いての作業は、ロケットを扱う人々にとってひとつの正念場となる。即ち、非常の場合に第1段ロケットをこわすための雷管をセットし、ロケットをのせたランチャを、整備塔内から出す。そして各種の点火系を十分にチェックするのである。



前方海面を警戒中の巡視船



緊張高まるM管制室

この作業は約1時間半続き、発射前1時間15分をむかえる。これから先の作業はまさに分秒必争、最後の仕上げである。一方では姿勢制御エンジン用の過酸化水素の充填、第1段TVC用フロンタンクの加圧や、第2段に対する同様な作業が行われるし、他方ではロケット搭載機器と科学衛星の最後のチェックが行われる。各作業班をつなぐ指令電話では次々と交信が交され、割り込むすきもない。またこの間、上空の風はほぼ1時間おきに測られているが、発射1時間前の最終測定によって発射時の風の影響が予測され、その補正を含めてランチャ角度が微調整される。発射8分前、搭載機器等はすべて内部電源に切り替えられる。

一方、発射2時間前から発射場前方海域に到着して警戒をしていた海上保安庁の巡視船や鹿児島県の漁場監視船から、補助ブースタ落下水域には船が入っていないことの確認が伝えられる。鹿児島空港、東京および沖縄の航空管制センターからは航空機が警戒地域を飛行していないことが告げられ、場内の総員退避が確認されてすべての保安チェックが完了する。4分30秒前、4分前と順にカプラやコネクタが無事にはずされる。3分前には姿勢制御系内の基準値がセットされる。

1分前、いよいよコントローラがスタートして秒読みが始まる。50秒前、28秒前、10秒前といくつかのチェックポイントが確認される。「3,2,1,0」轟音と共にロケットはランチャを離れ宇宙へとむかう。補助ブースタの離脱確認!! 飛翔保安担当者はスクリーン上のレーダによる飛翔径路に神経を集中する。指令電話はロケットの姿勢やスピン等の情報を伝えてくる。一方、電波誘導担当者は、計算機のスクリーン上での予定軌道と実軌道の差や、それから計算されるコマンドによる軌道修正

値に目をこらす。保安上問題なし、ロケットの破壊コマンド必要なし。軌道修正値OK、予定時刻にラジオコマンド送信。スクリーン上の実軌道は確かに修正されてゆくのがわかる。ついで第2段目の最高高度と到達時刻、および第3段の点火時刻が計算される。スピンモータ点火。衛星搭載タイマー、スタート。第3段点火確認!! 計算機が衛星の予測軌道を計算して表示する。すべてよし!! 発射からここまで10分たらずの短い間にすべてをかけてきてほっと放心状態になり、かつての失敗のときの記憶が走馬灯のように頭の中を駆けめぐ。しかし今は、あと第3段目が無事に燃えてさえくれれば衛星は軌道にのる。

6. 「ひのとり」はばたく

3段目を無事に分離、衛星はついにひとり立ちする。NASAを通じ、グアム、ハワイと次々に衛星の受信を伝えてくる。約50分後には、地球の裏側、南米サンチャゴも受信を知らせてきて、いよいよ地球を回り出したという実感が湧いてくる。早くもNASAから「おめでとう。国際標識番号1981-017-Aの予定」といつてくる。

そして内之浦では11時11分41秒「ひのとり」の声が聞こえ出した。総員拍手のうちに第1周目の受信。衛星のスピンを落とすヨーヨーデスピナの展開、太陽電池パドルの展開を無事完了し、ああほんとうによかったという感激にひたったのである。これまでASTRO-Aの名称で呼ばれてきた衛星は、ここで実験班から募集した「ひのとり」の日本名をもらってはばたくことになった。



発射!!



1. 昼夜をとわず

科学衛星「ひのとり」は無事軌道にのった。よかったよかった、ということでシャンシャンと手始め、挨拶、記者会見。夜には祝盃、焼酎の雨が降る。しかし、本当の仕事はこれから始まる。「ひのとり」は1日に15回、地球を回り、そのうち5回だけ内之浦上空を通過する。1回の通過時間はわずかに10分間。この短い間に、衛星からのデータを受信するとともに、衛星の健康状態に細かく気を配り、おもりをしてやらねばならない。この作業は「トラッキング」と呼ばれる。

「ひのとり」がとらえた太陽の姿は、まず衛星のテープレコーダに記録される。「ひのとり」が貴重なデータをかかえて内之浦上空に戻って来ると、地上からのコマンドでテープレコーダは高速再生され、今まで蓄えられていたデータをいっきに地上へ送信する。この信号は10mおよび18mパラボラ・アンテナで受信され、一連の信号処理のち計算機の磁気テープに収められる。また一方では、クイックルック装置によって、頭上を通過中の衛星の健康状態がその場で診断され、またキャッチされた太陽フレアの概略の様子が知られる。



トラッキング風景

トラッキングは、取りたてホカホカの生データをその場で待ち受けるという喜びと興奮もあるが、それなりに苦労も多い。まず、衛星が内之浦にやって来るのは昼間とは限らず、深夜、明け方と時刻を選ばない。また衛星がつねに健康とは限らず、病気がちの場合は短時間に判断して必要なコマンドを送り、手当てをしてやらねばならない。まるで世話のやける赤ん坊のようなものである。こうした地味な作業がくる日もくる日も続いて、初めて「ひのとり」の使命が達成できるのである。

2. 信号を翻訳する

磁気テープに入ったデータは空路で東京に運ばれ、宇宙研の大型コンピュータに格納される。また姿勢・温度データのように緊急性の強いデータは、電話回線で即日伝送することもできる。宇宙研では科学衛星用データベース“シリウス”が完備しており、誰でも簡単に必要なデータを取り出し、解析できる。内之浦ではデータの概略を眺めるにすぎなかったが、ここで初めて本格的な詳しいデータ解析が始まるのである。

「ひのとり」は次から次へとデータを送ってくる。その膨大な情報を整理し、そこから太陽の活動のありさまを描き出し、さらにこれまで未知だった事実を発見する。そのためには、メーカーや研究者の作ったソフトウェアを駆使し、大型コンピュータをフル回転させねばならない。かくてコンピュータは苛酷な労働を強いられるが、それにつき合う研究者も楽ではない。早朝から深夜まで、そして時には週末も返上で働くことになる。しかし、夜更けにコーヒーをすすりながら計算機ディスプレイに描き出される太陽の姿を眺め、宇宙について語りあうのもまた楽しいものである。

3. 「ひのとり」は語る

「ひのとり」の観測の主要テーマは、フレアと呼ばれる太陽面での爆発現象である。フレアが発生すると、高エネルギーのプラズマの雲が放出され、強い太陽電波、紫外線、X線、ガンマ線などが放出される。「ひのとり」の使命は、X線からガンマ線に至る波長域でフレアの物理を調べることで、いわばフレア現象の核心部をさぐることになる。

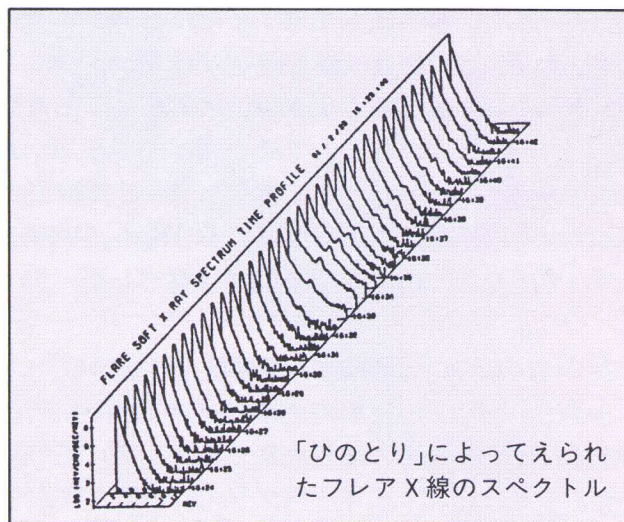
打ち上げ以来、太陽の活動は予想以上の活発さを呈し、「ひのとり」は数多くの大きなフレアに恵まれてきた。「ひのとり」の観測装置は、フレ

アに伴って生ずる温度数千万度の熱いプラズマの雲をとらえ、その軟X線スペクトルを詳しく調べている。そのスペクトル(左下図)には、高度に電離した鉄、チタン、イオウなどの輝線が見え隠れして、プラズマの物理的状態について重要な手がかりを与えてくれる。またフレアがまるで巨大な加速器のように働き、粒子を加速している様子もとらえられている。さらに「ひのとり」は多くのフレアについて、そのX線の形状を、太陽直径の400分の1という驚くべき精度で描くことに成功した。X線で見たフレアの姿は極めて多様だが、中にはみごとなループ状のものがあ、また右下図のように太陽表面から1万kmも上空のコロナの中に浮んだフレアも発見されている。この美しい成果を記念すべく、前ページ見出し写真のようなネクタイピンとペンダントも作られ、みなさんに喜ばれている。

「ひのとり」はまた国内・国外の光や電波の望遠鏡と協力し、極大期の太陽の激しい活動を総合的に浮きぼりにしつつある。フレアがなぜ、どのように生じるのか、それが太陽や地球にとってどんな意味をもつのか、といった太陽の謎が、一段と明らかになる日も遠くないだろう。

4. 今日も空の上で

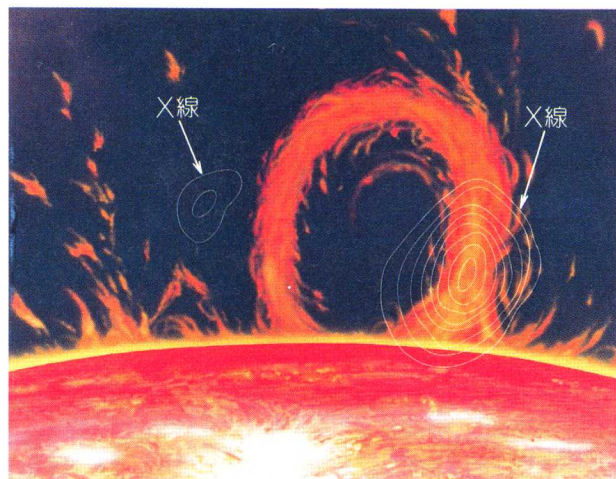
「ひのとり」の活躍は、太陽の研究に新しいべ



大型計算機によるデータ処理(駒場)

ージを開いた。折しも昨年9月に東京で開かれた太陽フレアについての国際シンポジウムには、国内・国外の多数の研究者たちが参加した。その席上、「ひのとり」の発見した数々の新事実、海外からの参加者たちは大きな衝撃を受けたという。わずか200kgたらずの小型衛星でよくぞここまで質の良い観測ができたものだ、というのが、彼等の正直な感想だったようである。

「ひのとり」の成果は、じつに数多くの人々の努力の結晶である。その計画・製作・試験・打上げからトラッキングやデータ解析に至るまで、さまざまな分野からの支援があった。それに応え、人類共通の財産としての学問の進歩に貢献するのが「ひのとり」の使命である。この重責を果たすべく、「ひのとり」は今日も観測を続けている。



太陽フレアに伴うX線放射



新春特集号お気に召して頂けましたか? 編集委員一同、ニュースの一層の向上のため今年もがんばります。なお

「ひのとり」の名称を初め、美しい絵の使用も快諾して下さった手塚治虫先生に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。(牧島)

ISAS ニュース

No.22 1983.1.

ISSN 0285-2861

発行: 宇宙科学研究所(文部省) 153 東京都目黒区駒場4-6-1 TEL 03-467-1111

The Institute of Space and Astronautical Science