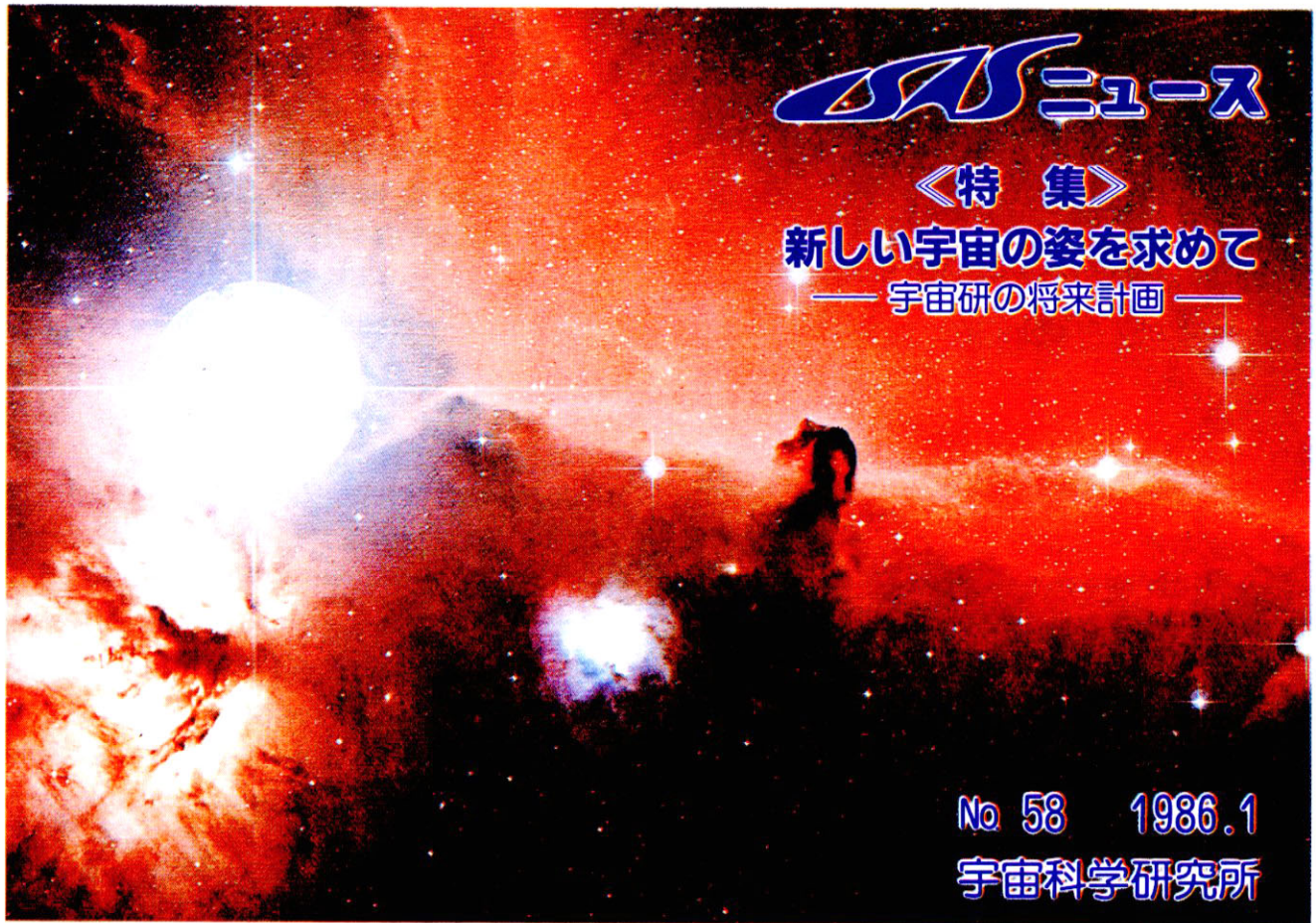




新年おめでとうございます

所長 小田 稔

昨年は宇宙研にとって大きな飛躍の年だった。

「おおすみ」から15年、我々の手で探査機を惑星間空間に、それも待ったなしのハレー彗星に合わせて送り込んだ。後から聞くと色々と心配事もありハラハラする場面もありながら、その場その場では淡々と肩の力を抜いて存分の力を発揮されたこと、あらためて皆さんに敬意を表したい。2つのハレー探査機は、臼田のアンテナをフルに活用して、既に幾つかの成果を挙げている。うまく3月のクライマックスを迎えたいものである。

「おおぞら」はその後も地球大気上層の微量成分の世界地図を作る等ユニークな働きを続けている。またX線天文学の分野では、6年間という異例の長寿命の観測を終えた「はくちょう」の後を受けた「てんま」が活躍し、その成果がASTRO-Cに受け継がれて行く。この分野はもう新しい発見の時代から素粒子論、宇宙論等物理学の根底に迫る時代に入っている。

その後、太陽・地球を包む系を総合的に理解しようとするEXOS-D, MUSES-A, GEOTAILの計画について、内外の人の往来が忙しい。また、「ひのと」の後を受けて次期太陽活動期にHESP (SOLAR-A) を実現することが日米の科学者の間で期待されている。そしてその先1990年代にはいくつもの優れた計画が練られているのである。

昨年、オーストラリアで行われた赤外線天文の気球観測の後を受けて、日中の間で東シナ海を越える気球の長時間飛揚が計画されている。また将来の輸送手段への途を拓く工学の基礎研究も、一方で米国の宇宙基地計画への参加という「新しい波」を見守りながら着々と進められている。昨年も申しあげたことだが、得意な事、苦手な事、我が国の学術の特徴を見極めて、総合的長期的な発展への途を皆さんとともに探りたい。言うは易く行いは難しいことだが。



1. その役割

ASTRO-C衛星は、1987年2月に打ち上げを予定しているX線天文衛星である。日本のX線天文学は、すだれコリメータ・薄膜カウンタ・蛍光比例計数管など特色のある観測技術と飛翔体技術に支えられて、順調な発展をとげている。ASTRO-Cはこれまでに活躍したX線衛星「はくちょう」および「てんま」の成果に基づいて計画されたものである。

X線を放射する天体の種類や数は感度の改善と共に多くなり、一般の天文学として定着しつつある。しかし特色はやはり、コンパクト源と呼ばれている白色わい星・中性子星・ブラックホールの研究にあるといってよいだろう。「はくちょう」および「てんま」はX線パルサーやX線バースタの観測を通して、コンパクト源の周辺の物質の状態を明らかにした。一方、銀河系外には活動銀河核と呼ばれる特異天体がある。クエーサー、BL-Lac天体、セイファート銀河などで、恒星状の中心核から、電波からガンマ線に至る強い非熱的放射を出している。宇宙では重力は最も効率のよいエネルギー源と考えられ、さきに述べた我々の銀河系内のコンパクト源の類推から、巨大ブラックホールの存在とそれに向って降着する物質が原因として提案されている。この観測にはX線の強度の時間的な変化を精度よく調べるのが最も適している。これまでの観測によれば、X線の変化が最もはげしく、1日以下の速い変動を示し、中心核に近い所から放射されていると考えられるからである。放射機構を知るには電波や赤外線・可視光などとの同時観測が重要で、「てんま」でも行われたが、感度や期間が十分でなく、本格的な研究はASTRO-Cによってはじめて行われる予定であ

る。活動銀河核から放射されるX線光度は大きい、遠方にあるため、観測される強度は小さく、銀河内X線源の1/100以下である。従って観測には高感度の検出器が必要である。ASTRO-Cには有効面積約5000cm²の大面积比例計数管が搭載される。このような感度の高い装置を銀河内のX線観測に用いると、これまで困難であったパルサーおよびバーストの速い変動を知ることができる。パルス周期の変化の詳しい測定は、中性子星の内部構造に関する情報をもたらすものと思われる。バーストの観測は中性子星表面での核爆発にともなう中性子星大気の状態を伝えるはずである。最近EXO SAT衛星が発見した擬似周期振動は低質量連星X線源に見られる1秒以下の速い現象で降着円板の構造に起因するものかもしれない。最も興味があるのはブラックホール候補と呼ばれているX線源であろう。この特徴の一つは雑音に似たランダムな強度変化を示すことで、この中に何らかの規則性を見出すことが、ブラックホールの存在を示す鍵であると思われる。

このように、ASTRO-CはX線の強度変化を1ミリ秒以上の単位で詳しく測定することによってX線源の構造を知ろうとするものである。

2. 衛星の構造としくみ

これに使用される大面积比例計数管は8個の計数管から成り、その内部は52個の小計数管に分割されていて、相互の反同時計数で低雑音にするようになっている。日以上の長期の変動観測には全天X線監視装置が用いられる。これは三方向の細長いスリットのついた比例計数管で、必要に応じて衛星を一回転することによって広い空を走査する。この他の観測器としてガンマ線バースト検出器が搭載される。ガンマ線バーストはいまだに発



大面积比例計数管

生源のよくわからない、10秒程続くガンマ線の爆発的放射である。今回はガンマ線を測定するシンチレーションカウンタの他に、X線も同時に測る比例計数管を備えているのが特徴である。大面積比例計数管とガンマ線バースト検出器は、それぞれ日英、日米の国際協力によって製作が進められている。

衛星の姿勢はモーメントムホイールと三軸の磁気トルカーによって、衛星の側面に取りつけられた大面積比例計数管が目標の天体の方向に安定に保持される。制御はジャイロを基準とし、ジャイロの変移は星像センサーで補正される。姿勢計としては、この他に太陽センサー、地磁気姿勢計が搭載される。星像センサー、太陽センサーはいずれも半導体画像センサーを用いたものである。制御の精度は0.1度、姿勢決定の精度は1分角を目標としている。観測データは40メガビットのバブルメモリーに記録される。従来の磁気テープに比べ可動部がないので姿勢に影響することがない。

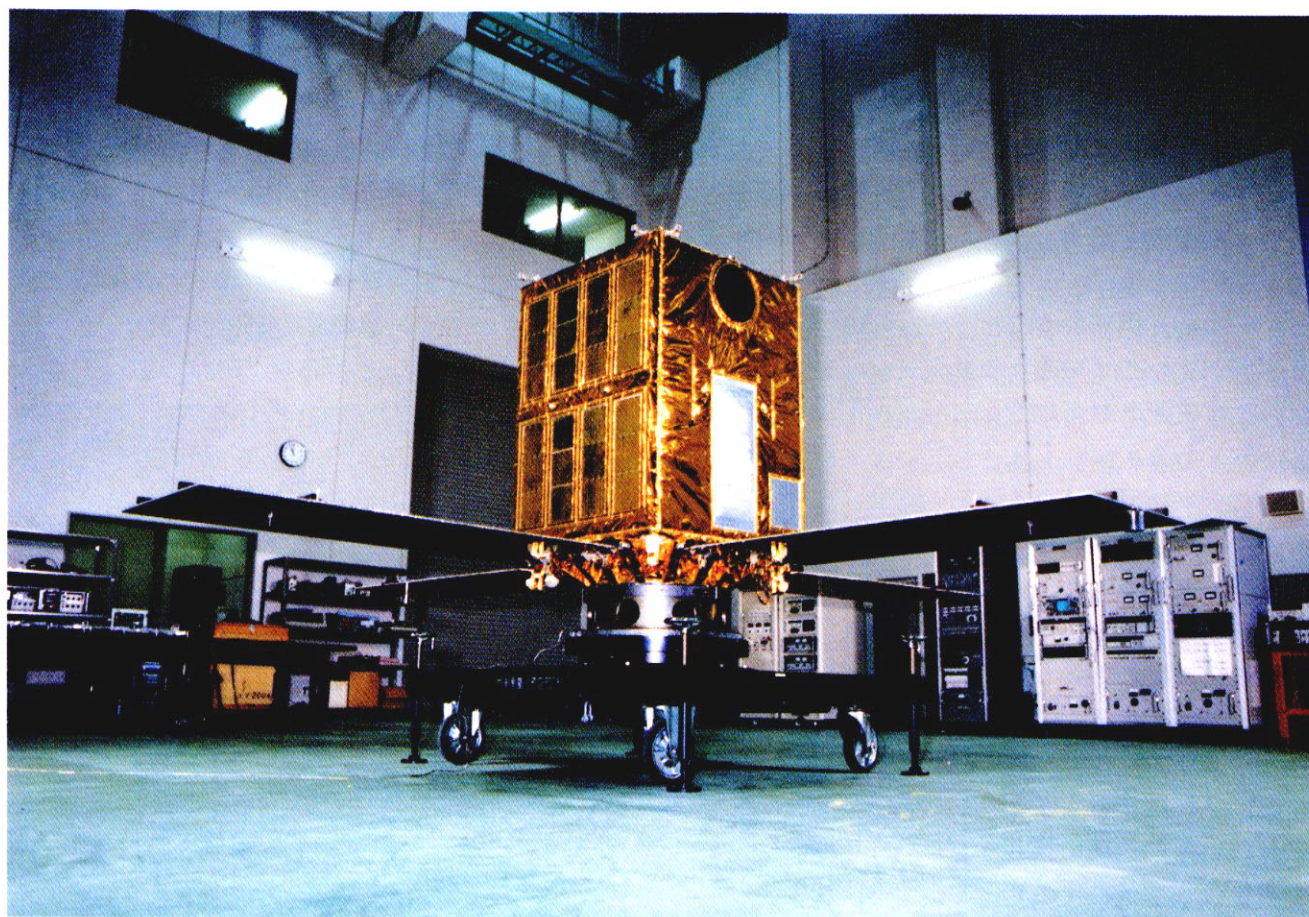
衛星の大きさは1m×1m、高さ1.5mの直方体に、4枚の0.7m×1.7mの太陽電池パドルが取り付けられている。重量は430kgで、大きさ・重さ共にこれまでの国産科学衛星のうち最大である。消費

電力は150Wである。M-3SIIロケットによって、軌道傾斜角31度、高度500kmの円軌道に投入される。このような軌道が選ばれる理由は、雑音となるオーロラ帯や放射線帯を避けるためである。

ASTRO-C衛星は、大型化にともなって構造・実装方法が従来の科学衛星とは異っている。姿勢制御方式やアクチュエータ、姿勢計も改良された精度の高いものになっている。これは将来の大型望遠鏡衛星の基礎技術としても重要なものである。将来の天文衛星では1分角以下の制御精度と1秒角以下の決定精度が必要である。ASTRO-Cに続くX線天文衛星としてASTRO-Dが提案されている。これは反射鏡によるX線望遠鏡で、X線観測のもう一つの側面であるスペクトル観測に重点が置かれる予定である。ASTRO-Cの観測結果および技術がこの設計に生かされて、新しい展望が開かれることを期待する。

(槇野文命)

(タイトルバック説明：ブラックホールは見えないけれども、強い重力をもち、相手の星から物質を吸い込んでドーナツ状の雲をつくる。その過程でその物質を高い温度に加熱してX線——図中同心円——を発生させる。ASTRO-Cは、これを衛星上から観測しようというわけである。)



ASTRO-Cの外観



1. EXOS-D衛星の狙い

冬、北国や南極大陸を訪れると、宇宙の舞とも言うべき美しいオーロラに出会う。このオーロラの謎を解明することは、地球を包む電磁現象、そしてそこに展開する物理を解明することにつながる。下図は、地球を取り囲む磁気圏に太陽風が衝突して来る様子を示したものである。このエネルギーは地球の磁場を後方へ吹き流し、地球磁場をまるで磁気彗星のように引き伸ばしている。この引き伸ばす過程で、磁気圏に流入するエネルギーは、一部地球に向かって襲って来る。その結果、地球周辺（地上3000km～12000km付近）に1kV～10kVに達する加速磁場を展開させる。

しかし実は、ここに描かれたプロセスは、今まで判明している事実、すなわち

- ・ 太陽風 ・ 地球磁気圏
- ・ 地球磁気圏尾部のプラズマ活動
- ・ オーロラ電波の放射 ・ オーロラの発生

といった事実を総合して組み立てたFictionと言ってもよい。実際いかなる事実が進行しているかは、まだ実証されていないからである。

そこで宇宙研では、このオーロラ粒子加速域の物理を解明するため、1989年2月、EXOS-D衛星を打ち上げることになっている。EXOS-Dは、極域上層3000km～12000kmの範囲に展開すると予想されている加速域に衛星を直接侵入させ、その電場・プラズマ・電波の

放射を捉えつつ、同時に極域超高層に展開するオーロラ像を映し出すことをめざしている。そしてこの磁気圏とつながるオーロラ粒子の加速域の究明は、単に地球物理学の範囲にとどまらず、その原形を他の惑星や更にパルサーのような宇宙現象へと応用して行くという重要な役割を持っている。

2. 観測機器と衛星のしくみ

こうした目的で選ばれた観測機器は8つある。

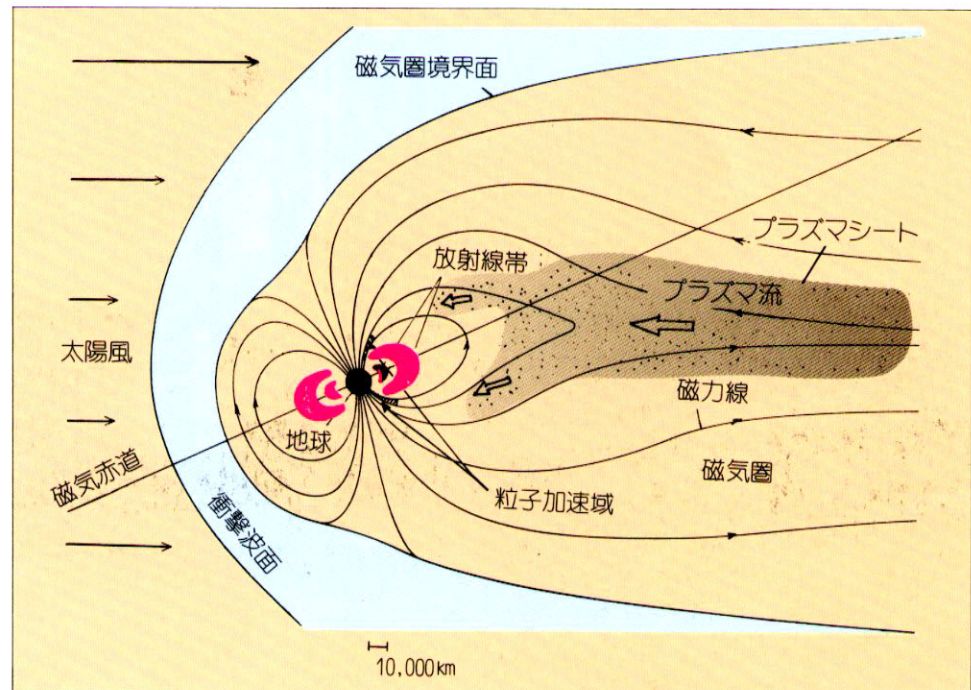
それらは、

- ・ 磁場計測装置
- ・ 電場計測装置
- ・ 高周波プラズマ波動及びサウンダー計測装置
- ・ 低周波プラズマ波動観測装置
- ・ 低エネルギー粒子観測装置
- ・ スプラサーマルエネルギー粒子質量分析装置
- ・ プラズマ温度計測装置
- ・ オーロラ撮像装置

である。

慎重な設計検討の結果、衛星は次頁下に示す形状にまとめられた。現在の設計重量は296kgである。衛星のエネルギー源は4枚の太陽パドルで、その初期には270W、そして1年後には240Wが確保される。姿勢はスピン安定式で、7.5rpmというスピン率である。地球磁場中で衛星搭載のコイルに電流を流す磁気トルク方式で姿勢を制御する。

衛星には高速のコンピュータが搭載されている。これは高信頼性を維持しつつ作動するようリダン



地球磁気圏とオーロラ粒子加速域

ゲンシーが持たされている。観測のメニューは複雑多岐にわたるが、そうしたオペレーション上の要求に単純に対処できるような複合コマンドシステムを持っていて、軌道投入後衛星が安定期に入った場合、1週間以上も自らのプログラム動作を継続出来る能力を備えている。

3. 地上局

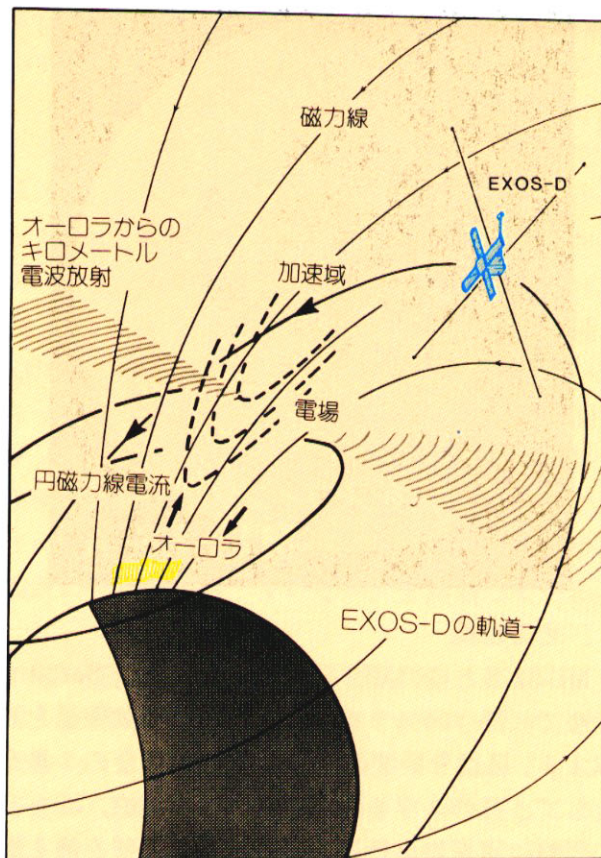
EXOS-Dの軌道は3時間近い周期を持つが、そのうち1時間以上はこの衛星のミッションの主目的であるオーロラ粒子加速域内またはその近傍にある。そしてここで観測されるデータは非常に多量であるため67Mbitsのデータレコーダでもすぐにデータで飽和してしまうことになる。

そこで現在KSC（内之浦）にある主基地のほか、南極昭和基地、カナダ北部およびスウェーデンのエスレンジにそれぞれ観測局を配置することが検討されている。

4. STETSプログラムとともに

地球物理は基本的には物理学である。しかし一般の物理学が、その謎に対しより狭く、深く、そして巧みに追究することによって問題を解き明かすとするれば、地球物理は地球規模で展開する相関現象をみることに重点のある連携の物理である。

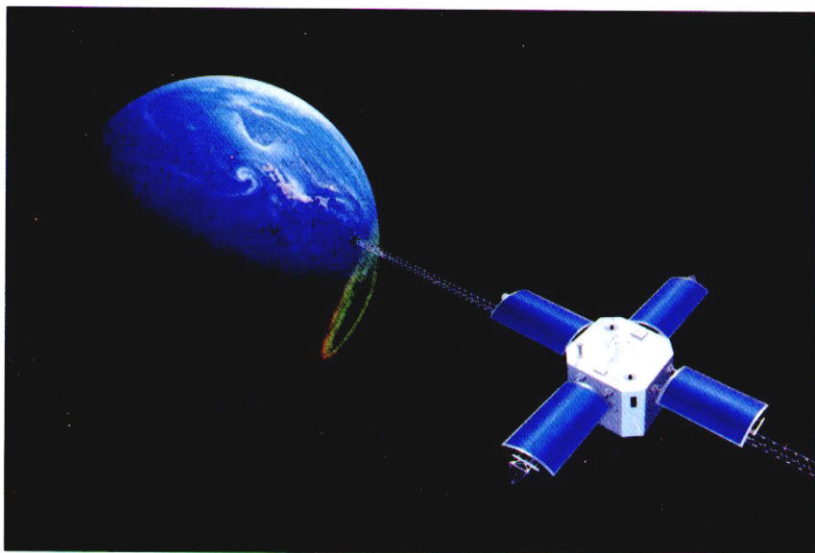
「狭く、深く、巧みに」というのに対し、「広く、多く、標準的」という基本情報があって、その上に初めて創造的概念の構築があるという性質は、そのまま地球物理の姿でもある。その理由は、物理学の本質は、極微の一点に凝縮して存在するのに対し、地球物理学の本質は、6378kmを基本単位として、地球規模で展開しているからと言っても

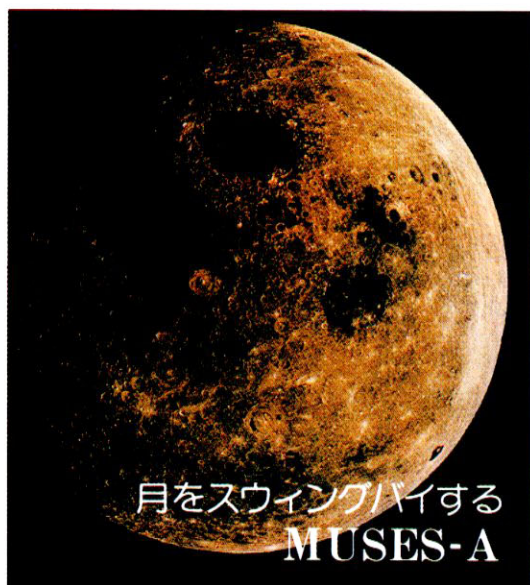


オーロラ粒子加速域に投入されるEXOS-D
(加速域に突入して行く軌道にある)

過言ではない。いま1987年から1996年まで10年間のスパンにわたるSTETS (Solar-Terrestrial Energy Transfer Study) 計画が立案されつつある。これは、太陽から地球上層大気に至る連鎖を解明するために、同時期に進行して行くさまざまな研究プログラムを広く協力させていこうとするものである。本号GEOTAILの項に紹介したISTPもその一環である。これは1990年代初頭の磁気圏協同観測計画であり、オーロラの物理、その粒子加速域の物理の解明に向かうEXOS-D衛星は当然このISTPとの協力を必要とするし、また地上で繰り広げられる観測網とも協力体制を保ちつつデータ解釈を的確なものにして行かねばならぬ。

こうした背景にあって、1989年2月の打上げを予定するEXOS-DはSTETSプログラムの核の一つとして重要な立場に置かれていると言える。
(大家 寛)





1. その意義

MUSESとは、MU Space Engineering Satelliteの略で、Muロケットによる宇宙工学実験衛星を意味する。第13号科学衛星MUSES-Aはその1番手として、月のスウィングバイ軌道の達成、即ち月の周期に同期した軌道を取り、月の近傍を通る際にその重力を利用して軌道変更を行うことを目的としており、1989年度の打ち上げを目標に現在プロトタイプの設計が行われている。

探査機を天体の重力場によって「ふりまわす」ところからスウィングバイと呼ばれるこの技術は、現在天王星に接近中のボエジャー2号が木星と土星を用い、またISEE-3(ICE)が月を用いてその有用性を実証したように、重力場を利用する分だけ探査機の推進系エネルギーを節約でき、且つミッション計画の多用化が可能になる等、将来の月・惑星探査には欠かせない技術である。MUSES-Aでは探査機の軌道上速度を増速させる場合にも、また減速させる場合にも月を利用するダブル・ルナー・スウィングバイと呼ばれる方式を採用して、一年間のミッション寿命の間になるべく多くのスウィングバイを実行し、技術の確立をはかることを目指している。

2. 軌道とその実験

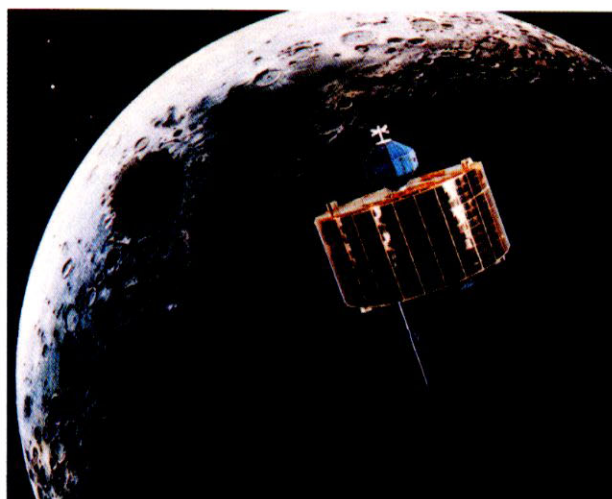
MUSES-Aの軌道は打上げ日時、遠近地点高度、月との接近距離、日陰時間、スウィングバイの間隔と回数等々多くのパラメータを考慮した上で決定しなければならないが、次頁下にその一案を示す。図中丸で囲んだ数字がスウィングバイの順番を表わす(但し打上げ後最初の月スウィングバイ

による増速で遠地点を高くしてから以降の軌道が示してある)。この案では1月に1回の割合でスウィングバイを実施し、その度に遠近地点高度を55万km~3万3千kmのいわゆる小軌道と91万km~9万9千kmの大軌道との間で変化させることになる。なおこの案では遠地点が常に地球の夜側に来る太陽同期軌道となっている。

このような複雑な軌道計画を実現するためには探査機に搭載する姿勢・軌道制御装置の高精度化はもちろんのこと、地上における精密な軌道標定及び制御のソフトウェア開発が不可欠である。また通信系(ダウンリンク)には今後の月・惑星ミッションにおいて主流となるXバンド通信系を採用し高効率データ伝送の実験を行う。

MUSES-Aを月軌道に到達させるために必要なキック・モータとしては、従来の固体ロケット・モータに代えて2液式(TEAL/NTO)モータの採用が検討されている。この場合ペイロード能力が約10kg程度増加し、衛星ミッション機器として概略20kgの搭載が可能と考えられる。そこで将来の月・惑星探査に貢献し得る工学実験という観点から議論が成された結果、次の3つの機器がMUSES-Aのミッション機器候補として挙げられ、現在詳細な検討が行われている。

- ① 月のオービター：MUSES-A本体上部に重量約6.5kgの小型衛星を搭載し、これを月接近時に分離、内蔵の減速モータを噴射して月の周回軌道に投入させる。
- ② オプティカル・ナビゲーション装置：スピン衛星に於いても作動可能な光学系を用い、月及び恒星撮像データを用いての航法実験を行う。
- ③ オンボード・コンピュータ：現在開発中のフォールト・トレラント・コンピュータを衛星搭載用



コンピュータとして機能確認を行う。このコンピュータを用いてパケット・テレメトリ、リード・ソロモン等新しいデータ伝送方式のデータ処理を行う。

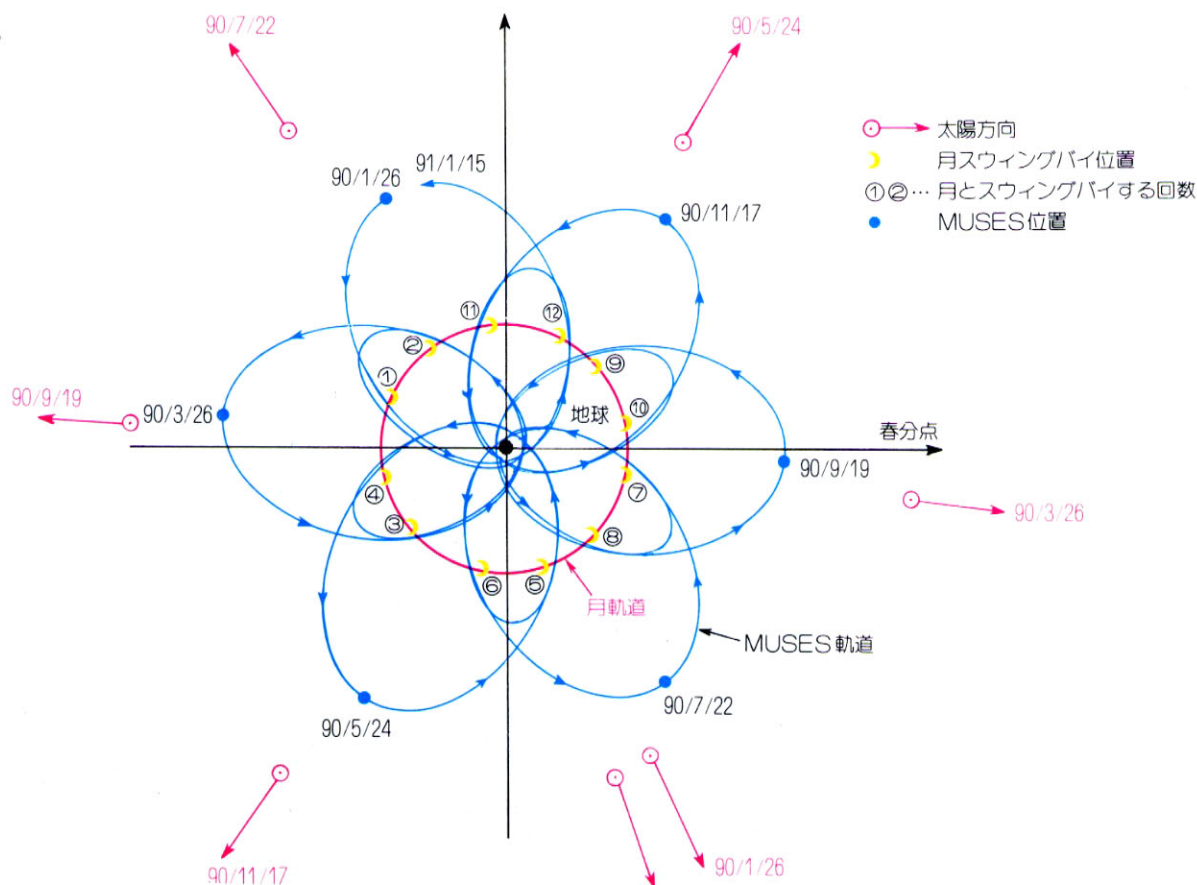
3. 衛星のしくみ

前頁の図は月オービターを搭載した場合のMUSES-A 外観予想図である。本体は直径1.4mの円筒型で、円筒部の高さは約0.85m、従って「さきがけ」、「すいせい」と直径は同じでやや高さが大きくなっている。重量は月オービターを含め約200kg、このうち40kgがRCS（リアクション・コントロール装置）用のヒドラジン燃料である。MUSES-Aでは複雑な軌道制御を行う関係上「すいせい」等に比べ約4倍の燃料を搭載し、RCSのスラスターも6基から12基へと倍増している。電力は円筒部に貼られた太陽電池から供給され、その発生電力約120Wは現在予想されている消費電力に対し余裕がある。また日陰時に用いられるバッテリーについては、その必要容量が日陰時間即ち軌道計画と密接に関連するため未確定ではあるが、原案では8AH程度のNi-Cd電池の搭載を考えている。通信系の大きな特徴としてはSバンドのアップリン

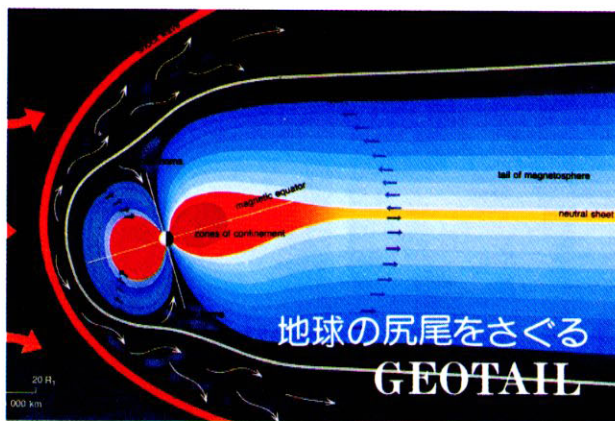
ク・ダウンリンクに加え、宇宙研の衛星としては初めてXバンド送信機を搭載する点があげられる。アンテナは「すいせい」のような高利得デスパンアンテナは必要とせず、Sバンド用、Xバンド用を一本のコリニアアレーにスタックした中利得アンテナと2本のSバンド用低利得クロスダイポール・アンテナが用いられる。姿勢・軌道制御装置はMUSES-Aのミッション遂行上心臓部にもあたり、前述のRCSに加え、センサ類も太陽センサ、スター・スキャナーの他可動式水平線検出器（SHCI）や測定レンジの異なる3種類の加速度計を搭載する等重装備となっている。その他の共通機器類は「すいせい」の設計を発展、改良した形式で、構造や熱設計の基本方針も「すいせい」を踏襲している。

MUSES-Aは今後の月・惑星探査に必須の工学的、技術的課題の達成を目指す使命を帯びており、直接的には1991年シャトルによって打上げられる予定のGEOTAIL（次頁）のさきがけとしての意味も持っている。1990年代の一番機としてMUSES-A成功の日を迎えたいものである。

（上杉邦憲）



MUSES Geomagnetic Tail 軌道（地球中心慣性座標系）90/1/26～91/1/15



1. 地球の尻尾

GEOTAIL計画は、地球の尻尾をさぐろうとする計画である。

長い尻尾は彗星の専売特許のように思われているが、地球の夜側にも何千万kmという長さの雄大な尻尾が存在する。この尻尾は太陽風と地球磁場の相互作用でできるもので、骨組みを作っているのは地球の磁場の磁力線である。北極と南極の極地方から伸びた磁力線が高度数万kmのところで太陽風の影響を受け、4頁やタイトルバックの図のように夜側に折り曲げられて尻尾をつくる。

この地球磁場の尻尾を磁気圏尾部という。磁気圏尾部は太陽風が地球の磁力線を無理やりに引張って作ったものだから、そこにはエネルギー（磁場のエネルギー）が蓄えられている。ちょうど引張ったゴムひもにエネルギー（この場合には弾性エネルギー）が蓄えられているようなものである。ゴムひもが縮む時にエネルギーがバチンコ弾に与えられて弾が飛出すように、磁気圏尾部の磁力線が縮む時にはイオンや電子が加速される。オーロラを光らせる電子や放射線帯（ヴァンアレン帯）を構成する粒子は、このようにして尾部の中でエネルギーを得てから地球に向かって流れてくる。

2. GEOTAIL衛星の観測

GEOTAIL衛星（右図）の主要な観測目的は、磁気圏尾部の中でイオンや電子が加速されるメカニズムを詳しく調べることである。加速が特に頻繁におきるのは、尾部の中のどのあたりだろうか。その領域はなぜ加速の発生に適しているのだろうか。加速は時々爆発的に成長するが、これはどのよう

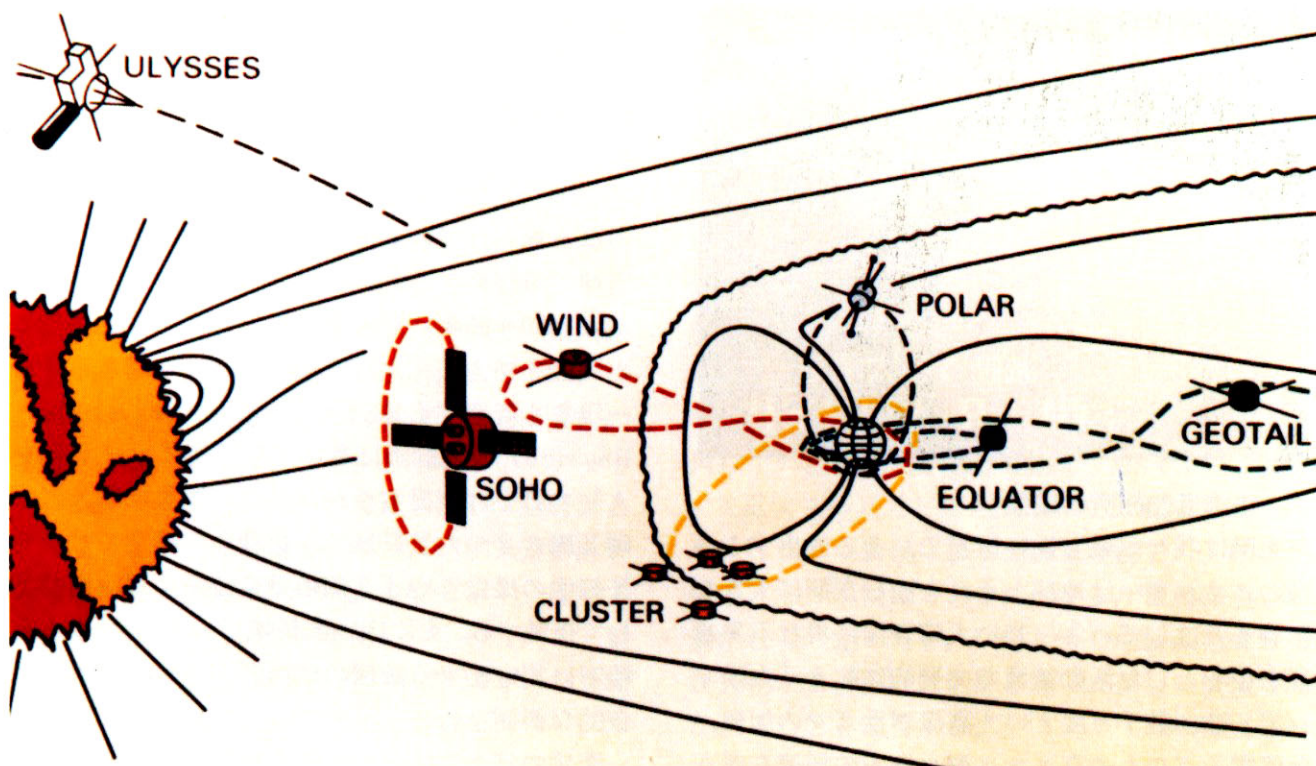
なきっかけによって起きるのだろうか。爆発的な加速の予兆現象は何だろうか。尾部の中にはいろいろな波動が存在するが、波動現象は加速とどのような関わりを持っているのだろうか。

GEOTAIL衛星の搭載計器は、磁場、電場、プラズマ、高エネルギー粒子、及びプラズマ波動を観測することになっている。磁場は磁気圏尾部の骨組みを作る基本的な量で、東大理学部は磁力計に加えてNASAの磁力計も搭載し、衛星自体の磁化による磁場をなるべく正確に取り除く。電場はイオンや電子の加速に直接かかわると共に、プラズマの流動を反映する量である。約百m離れた二つのプローブの間の電位差を測る従来の方法に加えて、宇宙研で開発中の電子のドリフト運動を利用する新しい計測方法を用いる。プラズマについては、イオンの質量分析を高速で実行し、イオンの発生領域の判定や加速メカニズムの決定に役立てる。宇宙研の装置とアイオワ大学の装置とを併用する。高エネルギー粒子計測はバースト的なフラックスの上昇をなるべく高い時間分解能でとらえることが課題で、早大理工研が担当する。またジョンズ・ホプキンス大学も、イオンの帯電状態の分析器を搭載する予定である。プラズマ波動の計測は京大超高層電波研究センターが担当し、波動の性格の判定を高い分解能で行うことを計画している。

3. その軌道計画

GEOTAIL衛星の軌道は、始めの一年半には尾部の月より遠い領域を調べるため、MUSES計画（前項）で開発する月スウィングバイの技術を用





いて遠地点を約80Re (Reは地球半径) から250Reの間に分布させる。後半では月の軌道よりも近い領域で尾部の構造や時間変化を詳しく調べるため、軌道を8×20Reに下げる。後半の期間には磁気圏の太陽風との境界領域も良くカバーすることができるので、磁気圏の尾部が作られそこにエネルギーが蓄えられる過程の研究も行うことができる。打上げと初期軌道への投入はNASAがスペースシャトルと上段ロケットPAM-Dによって行い、以後の制御は宇宙研が担当する。

4. ISTP計画とGEOTAILの役割

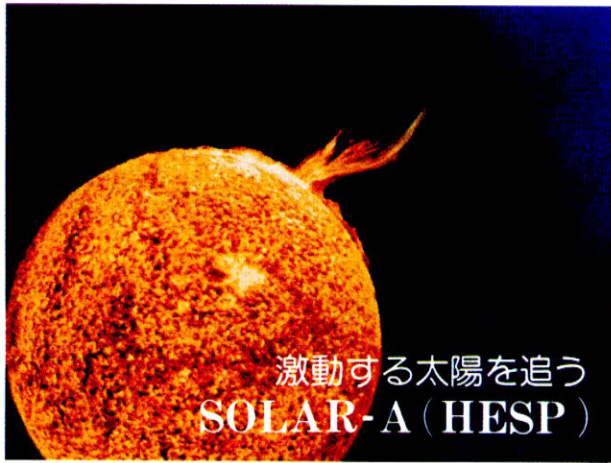
GEOTAIL衛星はISTP (International Solar Terrestrial Physics) Programの一翼を担うものである。ISTPは、アメリカのNASA、ヨーロッパのESAと日本の宇宙科学研究所とが力を合わせて、太陽風と磁気圏に関する研究を共同で推進しようとするもので、上図に描いた衛星群で構成されている。GEOTAILによる磁気圏尾部の観測を中心にして考えると、他のISTP衛星は次のような役割を持っている。WINDは磁気圏の上流側に位置し、尾部の状態を支配する太陽風をモニターする。POLARは高緯度の磁気圏境界領域を飛翔し、太陽風プラズマが尾部に侵入する様子を見る。また、尾部のプラズマが大気中に降下して発生させるオーロラの状態を監視する。EQUATORは放射線帯の中であって、尾部のプラズマが間欠的に地球に向かって流動し、放射線帯に粒子を補給

する過程を調べる。SOHOは太陽面を観測して、太陽風の状態変化がどのような太陽面現象に原因を持つかを調べる。CLUSTERは4機の衛星が編隊飛行を行う計画で、尾部で発生する現象がどのような空間的構造を持っているかという点について、特に詳しい情報をもたらす事ができる。

GEOTAIL衛星の打上げは1991年3月が予定されているが、他のISTP衛星も同じ頃に打上げられ、1990年代の前半に観測ネットワークを地球周辺の宇宙空間に形成する。またEXOS-DやSOLAR-A (HESP) などISTP計画とは独立に企画された衛星計画とも、共同研究を推進して行きたいと思っている。

GEOTAIL衛星からのデータ受信には、臼田の64mアンテナとNASAのDSNが持つ36mアンテナを併用したい。テレメトリレートはリアルタイム (臼田受信) が65kbps、連続観測データが16kbps (DSN受信) なので、データ量は膨大なものになる。しかもISTP計画に参加する夫々の衛星の観測データは公開して共同研究を推進することになっている。従って、米、欧の研究機関と同程度以上のペースで大量のデータを敏速に処理し、解析をすすめて行かなければならない。このためには、高速の演算装置及び大容量記憶装置と共に、宇宙研とNASAを結ぶデータ回線と、宇宙研と参加研究者とを結ぶデータ回線を整備する必要がある。

(西田篤弘)



1. 太陽活動研究の成果

太陽は我々に最も近い恒星で、その放出する各種のエネルギーは地球とそれを囲む空間に大きな影響を及ぼしている。特に太陽表面に現れる黒点群を中心とした活動領域で突発的に起る「太陽フレア」は、数千万度という高温プラズマの加熱、数億電子ボルトの高エネルギー粒子の加速を伴う爆発現象として多くの謎を秘めている。この現象を詳細に研究する事は、太陽の内部から表面にわたる物理的な現象を解明するだけに止まらず、広く宇宙空間で起っている高温プラズマの爆発的発生現象や、地上の実験室での高温プラズマの生成過程の研究にも大きな寄与するものである。

過去20年近くにわたり宇宙空間から「太陽フレア」を観測する試みが種々続けて来られたが、その中でも1970年代のスカイラブによる軟X線撮像観測、1980年代初頭のSMMと「ひのとり」との硬X線撮像、鉄輝線スペクトル精密観測、核ガンマ線と中性子発生の検証等数々の成果を上げた。これらの観測結果によって、「太陽フレア」に伴う高エネルギー現象には、構造や場所についても、熱的プラズマからの放射と非熱的電子からの放射の比についてもさまざまな様相を示すものが存在する事が明らかになった。この様な多様性が何に

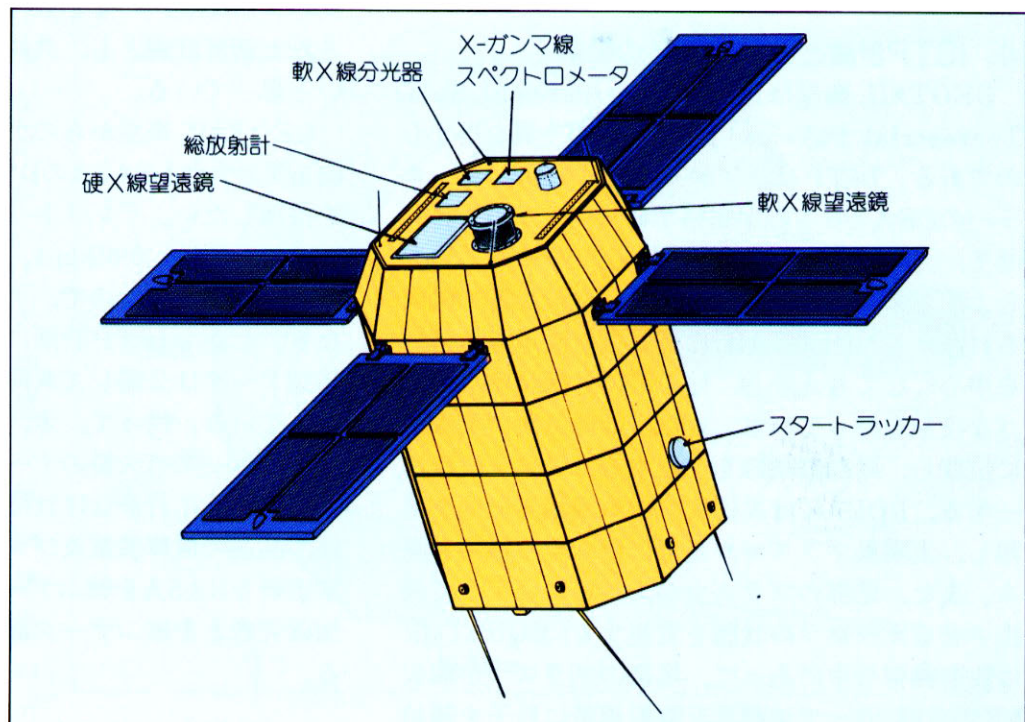
起因するのかを解明するためには更に広いエネルギー範囲でフレア現象の撮像とエネルギー分布の同時測定を行う事が必要となっている。

2. HESP研究計画とSOLAR-A衛星

良く知られている様に、太陽活動はほぼ11年の周期で最盛期を迎える。従って次の太陽活動極大期は1990～93年に起るものと思われる。そこでこの機会を捕えて「太陽フレア」に伴う高エネルギー現象を研究するHESP (High Energy Solar Physics) 研究計画に基づいて科学衛星 (SOLAR-A) の打上げが提案された。この衛星は軟X線と硬X線の2つの波長域で、数秒角の精度で2次元X線像の撮像を行う2個の望遠鏡を主観測機器として搭載する。更に広い波長域でのスペクトラムを精密に測定出来る数個の検出器が組みこまれ、総合的な観測を行う。

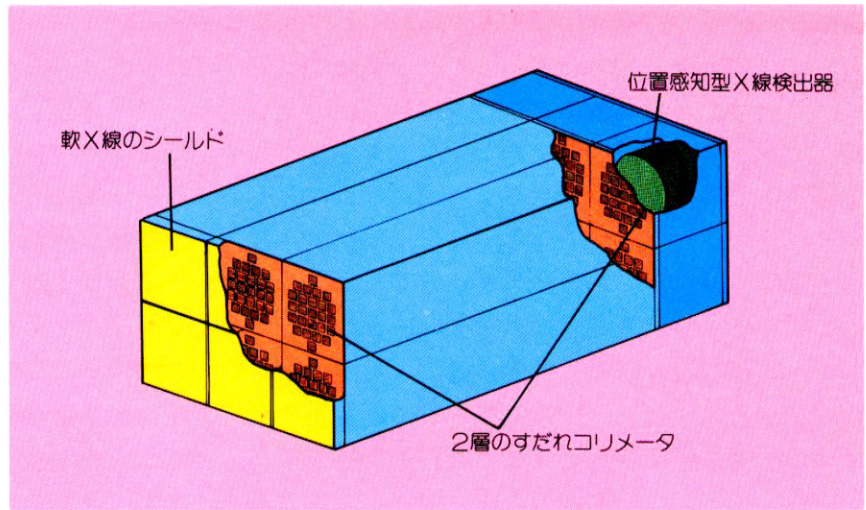
衛星の打上げは次期太陽活動極大期に合わせて1991年夏とし、M-3S II型ロケットを使用して行い、総重量約400kgの衛星を高度500～600km、傾斜角31°の軌道に投入する予定である。現在考えられている衛星の形は下図に示す様に1辺約1m長さ2mの角型で、そのスピン軸を常に太陽方向に向け、4枚の太陽電池板からは400W以上の電力が得られる。姿勢制御装置は衛星の姿勢を3軸制御によって高い精度で維持し、太陽表面のX線像を高い角度精度で捕える様にする。

「ひのとり」で示された硬X線撮像の技術は今



回も「フーリエ型すだれコリメータ」という世界で初めての技術に発展されて使われる。また「スカイラブ」で使われたミラー望遠鏡の技術が、最新の2次元画像検出器（例えばCCD検出器）と組み合わせられ、NASAとの国際協力で、SOLAR-Aの軟X線撮像に役立つ事になる。

太陽フレアの様な突発現象をその立上りからの確に捕えるには、衛星上に高度なデータ処理能力と大容量の記憶装置が必要である。姿勢制御についても、従来の衛星より一段高い性能のものが要求される。これらの問題は検出器の開発と併行して既に研究が始められ、1991年の打上げを目標として今後一層の努力が続けられる。1990年以降の太



陽観測衛星は今のところ、世界中でSOLAR-Aのみしか計画されていない。この重要な役目が十分に果される様一層の努力を続けていきたいものである。（近藤一郎）



まず、「その後」の定義から入ることが妥当だろう。この特集号の流れからいくとSOLAR-Aの後と考えるのが順当であるが、そこを勝手に捻じまげて「今より一回り大きい衛星を計画できるようになった後」と決めてかかることにする。スペースステーションが夜空に浮かぶその頃になっても、衛星の大きさが現状のままというのでは、あまりに夢のない話になってしまうから。地球まわりの衛星に関しては諸外国にひけをとらない性能のものを打ち上げることが出来、さらに去年は小粒とはいえハレー彗星探査機を飛ばすことが出来るまでになったのだから、と考えるむきもあるかも知れないが、一歩夢の範囲を地球廻りから広げると、これでは不十分である。科学衛星の水準をここまで引き上げてきた大きな力となったのは1年1機の衛星打上げという宇宙研の良き伝統であるが、これを崩さない程度のものとしては、まず金星あ

たりの内惑星へ300~400kgの探査機を送るというのが妥当なところであろう。この程度のものが実現できるとあれば、まず当面夢をふくらませていくことが可能である。

多分、我々が夢を語る時代には、米ソ両国の大型飛翔体の影響が我が宇宙研にも及んでいると考えるのが妥当であろう。特に天文学の分野では、大型の軌道望遠鏡といった形で中・小型衛星との間で役割分担が起きると考えられる。大型の軌道望遠鏡は、莫大な費用と長い開発期間を要して初めて実現するものであるから、ホットな研究テーマに迅速に対応するには必ずしも適さない側面を持っている。小まわりのきく中・小型衛星での特色ある観測の意義は失われないだろうし、むしろ大型を補充するという意味で必要性が増すのではないだろうか。ASTRO-D計画として考えられているX線観測衛星は、大型化の波打ち際で小振りな高性能衛星の長所を世に示すことになるはずである。一方で赤外線観測のように冷却機構を要し、大型が不可欠のものはSIRTf計画への参加計画などにみられるように、特色ある計測技術を持ち込んでの共同研究という形をとることも必要になるかと思われる。月・惑星探査や太陽圏の研究といった直接目標の近くに探査機を送り込んで研究を行う分野では、もっと規模の大きい探査機が可能であるならば独自の戦略のもとに夢をふくらますことができる。ミッションの成否が宇宙における種々の特殊な技術を如何に発展させ得

るかにかかっているからである。話題にのぼっている計画の一つ、月探査を例にとって考えてみよう。これは、月をまわるオービタから地（月）震計（ペネトレータ）を投下して、月の内部構造を探り、太陽系の歴史に新しい視点をもたらそうという意欲的な計画であるが、オービタから投下した地震計がうまく作動するかどうかには計画の全てがかかっている。このペネトレータ技術がうまくいけば一流の研究が行えるはずである。さらには、ペネトレータの技術を生かして、金星や火星の内部構造の探査へと発展させ得る内容を持っている。ペネトレータに限らず、アイディアと進んだ技術があれば押し進めていける分野は他にもいくつか考えられる。金星や火星の大気プラズマの探査もその一つであろう。この場合過去の諸外国の探査機の成果をふまえて、一歩先へ進めるには明確な問題意識とそれを解決する技術力が要請される訳である（例えば高精度の中性大気質量分析器と浮遊定圧バルーンのトレースといった技術）。これも目標を設定して、計画的に技術開発を行えば決して不可能とは考えられない。この他にも、飛翔体を一つの受信点とみなし、長い基線を持った電波干渉計を作り、星雲の中のガスの運動を調べようという計画、小惑星へ軟着陸して、そのサンプルを取って太陽系生成期の化石として地球へ持ち帰る計画、少し先の話であろうけれど電気推進を使った高速探査機で太陽系の勢力圏を出て星間物質の直接探査をやろうという計画、太陽へ出来るだけ近づいて太陽面現象、太陽風の機構を調べようとする計画等々と夢をふくらますことができる。これ等の夢を宇宙研単独で実施するか諸外国との共同で実施するかということはあまり重要でなくなるだろう。重要なことは今後の宇宙の研

究で宇宙研が世界に互して、あるいはリーダーとしてやっていくために、宇宙研がどれ程独自の技術力を獲得していくかであると思える。宇宙研が今後つちかっていく技術力こそが宇宙研に夢をもたらす鍵となると思う訳である。

技術を獲得していく最善の方法は技術開発を要する目標を設定することである。今、小惑星サンプルリターン計画を例にとって、これを実現するためにどんな技術が必要かを少し考えてみる。まず、地上からの位置決定があやふやな目標の近くまでたどりついて、自分で軌道修正の情報を獲得するためにオプティカルナビゲーションの技術が必要である。軌道修正には電気推進の力が必要かも知れない。また、サンプルを取ったり、これをコンテナに納めるためにはスペースロボティクスの技術が必要となろう。さらに地球軌道に戻ってきた探査機を地球大気による汚染をさけて回収する技術も必要となる。小惑星の場合、もし主ベルトのものをねらうとするとエネルギー源の問題も当然顔を出してくることになる。同じようにスペースVLBIにしても、軽量大型のアンテナ展開技術、目標を正確に補捉するためのポインティング技術、さらに干渉計を構成するためのクロック同期方法を含む通信技術、が必要となろう。太陽系辺境ミッションの場合はこれ等に加えて計測技術として、超高真空での計測の技術も必要となろうし、太陽突入プローブの場合は高温エレクトロニクスの開発等がさらに必要な技術となってくる。私は、これ等の主要技術を組織的に発展させていけるうまい戦略を宇宙研が見出して90年代後半から21世紀へ向けて飛躍を続け夢を現実に変えていくことを望んでやまない。

（鶴田浩一郎）



明けましておめでとうございます。

ハレーに明けハレーに暮れた昨年。今年も今しばらくは大変そうですね。

1986年の新年号としては「ポスト・ハレーの将来計画」を特集してみました。地球周辺から太陽系を経て遙かな宇宙を見つめる科学の目が、これらのプロジェクトを経てどのような新しい宇宙像を描いてくれるのでしょうか。

ISAS ニュースも発足後もうじき満5年になります。編集のマンネリ化に陥らぬよう気をひきしめて頑張っていきたいと思っています。とはいえISAS ニュースはあくまで皆さんの精力的な活動を生き生きと伝えるための一手段に過ぎません。1990年代そして21世紀をめざして、宇宙に挑む力強いスクラムを、皆さん、今年もよろしくお願いします。

（的川）

ISAS ニュース

No.58 1986.1.

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