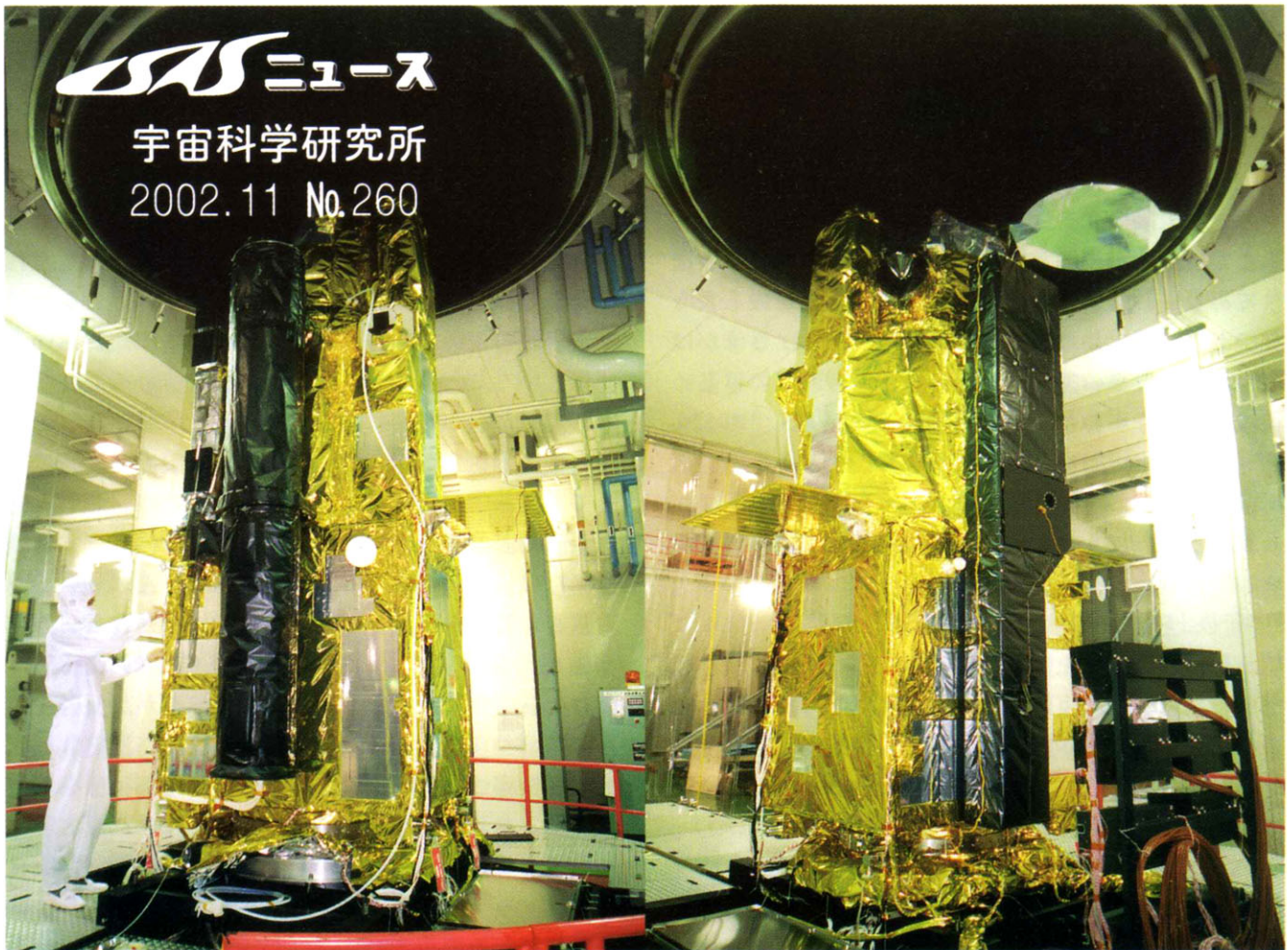




▲チャンバ内に収められた「SOLAR-B」熱構造モデル（撮影：前山勝則 本文記事参照）

〈研究紹介〉

惑星周辺プラズマを写真に撮る

宇宙科学研究所 中村正人

我々はいわゆる磁気圏の研究をしていますが、実を申しますと、この研究は蟻が象の背中をなでて世界を判断しているようなまだるっこしい所があります。磁気圏といいますのはまあ宇宙におけるその惑星の勢力範囲（領土？）と言っても良い領域で、その惑星の磁場と太陽風とのせめぎ合いによって境界が決まります。地球の磁気圏を例にとってみても地球の太陽側に約10地球半径、太陽と反対側には何百地球半径といった距離まで磁気圏は伸びていて大変広大な領域です。そこに小さな探査機を飛ばして、その場その場で観測データを取得していくのですから、ちょうどこれは象どころではなくサハラ砂漠を蟻ん子が旅をしてその地図を作ろうというようなものです。（もっとも、探査機にはすばらしく早い足があるという違いはありますが。）

そこで、1990年代にはアメリカ、ソ連（後にロシア）、ヨーロッパ、日本が協力して複数の探査機を磁気圏の中に万遍なく配置して、その全体像を掴もうというISTP計画がスタートしました。日本からはジオテイルがISTP一番機として1992年に打ち上げられています。

ジオテイルがまだOPEN-Jと呼ばれていた頃、私は宇宙研への進学を決め（拾って頂いた？）、大林、西田、鶴田先生たちの居る研究室に入って、プラズマの流れや加速に重要な役割を果たすプラズマ中の電場観測器を鶴田先生、早川基さんと一緒に作り始めました。一連のロケットによる基礎実験ではなかなか思うような成果が出ず、私は論文が書けず博士4年目に進学（留年ともいう）しようとしていた頃、鶴田先生とこ

んな会話を交わしました。私「こんなマダルッコシイこと止めて、地球から離れて磁気圏の写真を撮ればいいじゃないですか」、鶴田先生（あきれた顔で）「あのね、中村君、光の散乱断面積っていう概念、知っている？」つまり先生のおっしゃりたいことは磁気圏のプラズマは太陽の光を受けて輝くには希薄すぎると言うことです。確かに通常の可視光の散乱であればその通りであり、私は愛用のペンタックスで写真を撮るようなつもりで居ましたので、そこで深く頷き、さすがは先生だと思ったのでした。幸いにして1987年のはじめ改良に改良を重ねた電場計測器EFDを搭載したS-520-9では世界で最初の時間計測法（TOF）による精密電場測定に成功し、私は無事博士論文を仕上げドイツへと旅だったのでした。（就職口がなかったものですから。）

3年後ドイツから帰ってきて宇宙研の助手になった頃、鶴田先生が私を部屋にお呼びになり、にこやかなお顔で「中村君、実はあれ写るんだよ」とおっしゃいました。「はあ？何のことです？」「いや、だから、あの磁気圏のプラズマだけだ」「3年前、写らないと断言されたじゃないですか」「中村君、検算しなかったの？」「してません」「駄目じゃないですか」「...」。実は可視の光ではなく、極端紫外線、つまりX線に近い紫外線（空气中を通らないので真空紫外とも言います）を浴びた磁気圏中のある種のイオンや原子はその最外殻電子のエネルギー状態が、浴びた極端紫外線のエネルギーと同じだけ変化（吸収）して、それがすぐに元の状態に戻る（放出）時に浴びたのと同じエネルギーの光を出します。これを共鳴散乱と言ひ、エネルギーを光の波長で言い換えると水素原子では121.6nm（ライマン α 線）、ヘリウムの一価イオンでは30.4nm、ヘリウム原子では58.4nm、酸素の一価イオンでは83.4nmといった具合です。（ちなみにプロトンや二価のヘリウムなど電子をまとわない裸の粒子はこの共鳴が出来ません。）これらの光はX線に近いのでかなりのエネルギーを持っていますから、通常の反射鏡などでは物質の中に潜り込んでしまって反射率は極端に悪いのです。その為、効率の良い光学系が以前は作れず、宇宙空間でこれらの微弱な光を捉えることは至難の業でした。しかし、その当時X線天文学の分野で発達してきた多層膜反射鏡という技術を使えば、このような光学系を作ることが出来るのではないかというのが鶴田先生のお話でした。

地球の磁気圏には、特に地球の近傍でプラズマの密度が高いところがあります。たとえば低緯度で地球半

径の四倍くらいの所までは冷たい電離層起源のプラズマが満ちていてプラズマ圏と呼ばれています。このプラズマ中の正の粒子中90%はプロトンですから共鳴散乱をしません、残りの10%程は主にヘリウムの一価イオンで、太陽光中にも強い成分を持つ30.4nmの光を共鳴散乱します。鶴田先生と話した後、この光の量を計算してみますと、どうも確かに検出可能かもしれない。しかし、ロケットや衛星に搭載できる10cm級の反射鏡を用いるのなら反射鏡の反射率が20%は必要だということもわかりました。

1990年に私が日本に帰ってきた頃、すぐ傍のお部屋に山下広順先生が居られました。反射鏡の多層膜に関してご相談申し上げるのにこれ以上の方は居られません。「304Åでも出来るでしょうか？」と伺いますと煙草をくゆらせながら「やってみればええんじゃ」との力強いお答えを頂きましたので、早速ロケット実験の準備が始まりました。S-520-19に搭載されたHEMはそれから数年後に飛ぶことになりましたが、反射鏡からMCP、フィルターにいたるすべてのことで山下先生のご指導（というより、ほとんど先生が仕様をお決めになった）を頂きました。1993年に私は東京大学に移りましたが、その後山下先生も名古屋大学へ移られ、結局ロケットの準備は名古屋大+東大で行うようになりました。そのときのHEMのデータが図1に示したもので、学生だった吉川君の修士論文となりました。

当時、D棟で吉川君と滝澤君（現理研）の二人がフィルターやMCP等の較正を行うチェンバーを整備していたときのこと、滝澤君が「一寸見に来てください」と情けなさそうな顔で言うので行ってみると、本来ならば極端紫外光の発生装置の中で放電していなければ

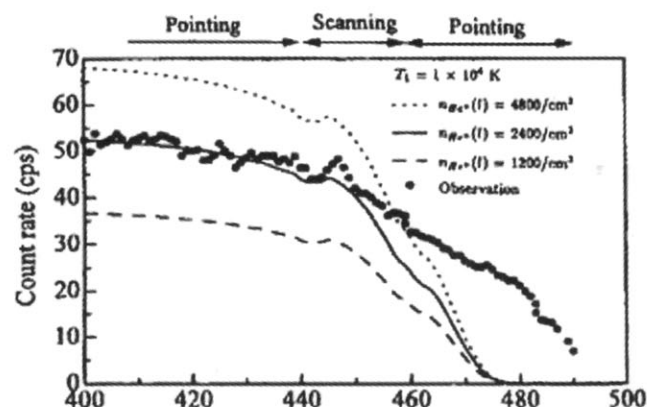


図1 観測ロケットS-520-19号機に搭載したHEMの観測結果。横軸は打ち上げ後の時間、縦軸はHEMのカウント数。100カウントが1レイリーに対応する。3本の曲線は電離圏のヘリウムイオンの密度を仮定した場合に予想されるプラズマ圏からの光量を表す。

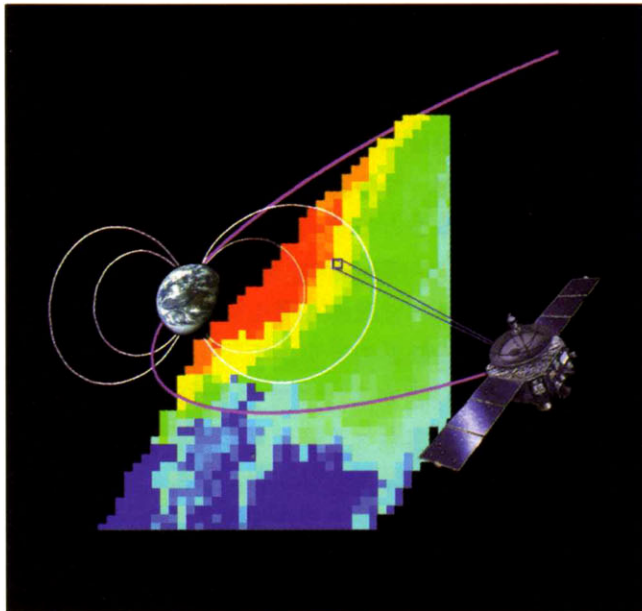


図2 火星探査機「のぞみ」に搭載された極端紫外光スキャナー(XUV)によるプラズマ圏の映像。光量は最大で約10レイリーとなり、理論的予測と良く合っている。図中の地球は「のぞみ」搭載マーズイメージングカメラ(MIC)による画像である(向井正(神戸大理)、野田寛大(東大院 理)提供)。白い線は双極子磁場を仮定した時の、地方時6、18時のL=4、6の磁力線である(L値は、磁力線が赤道面を切る位置と地球中心の距離で地球半径で表した値)。ピンクの線は「のぞみ」の軌道を示す。

いけないはずのガスが、そこへつながるボンベとの間のガスチューブの中で綺麗に光っていて、彼らには悪いけれど大笑いしたこともありました。高価なレジスティブアノードをチェンバーで取り落として割ったり、初期の頃はうまく行かないことばかりで、山下先生には随分お叱りも受け、鶴田先生は「あの調子で大丈夫だろうか?」と首をひねって居られたとのこと。それでも、見捨てずに支援して下さいました先生方のおかげで次第に実験室の陣容も整い、SS-520-1にはHEMをパワーアップしたEPSという装置を乗せ、これは滝澤君のD論の一部となっています。

「のぞみ」に極端紫外の撮像装置を搭載することを目指していましたが、搭載までには多くの関門がありました。何度もプロポーザルを書きましたが、提出する度に突き返され最後に鶴田先生から「これならば載せるだけのサイエンスがあるから搭載重量400gを許す」と言われたときには、その少ない重量にもかかわらず、非常に嬉しかったことを覚えています。が、しかしそこからがやはり大変なものでした。400gという重量をクリアするために採用したフレキシブル基盤上のアノードは一寸した取り付け方の違いでノイズを拾ったり拾わなかったりしますし、円形のフィルターを半月型に

分けて違う波長に使うというアイディアはフィルター位置がアノードから離れすぎていて、他の波長の混入を受ける、挙げ句の果てにはフードの大きさが十分でないことがかなり後の段階になって分かり、今は亡き山本達人さんに大目玉を喰らいながらも、助けてもらったことなど、あまり書きますと人に怒られた話だけで終わってしまいますからもう止めますが、とにかくプラネットBの劣等生と言っても間違いではない状態でした。正直言いまして私のイモ設計が元で迷惑をかけ

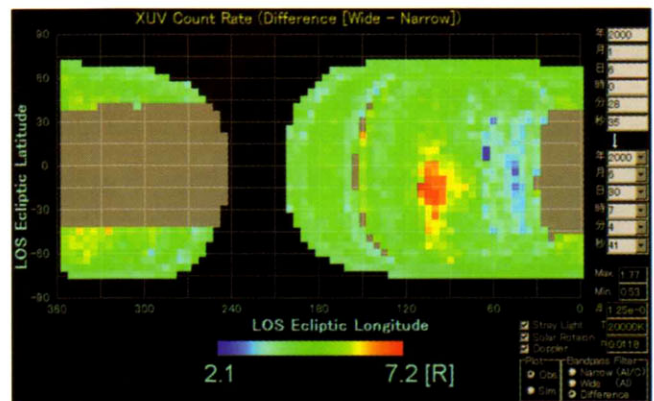


図3 のぞみから観測したヘリウム原子の全天マップ。赤径(横軸)-赤緯(縦軸)で表示。黒と灰色の部分は、まだ観測は行なわれていないが、火星に到着するまでには全天マップが完成する。

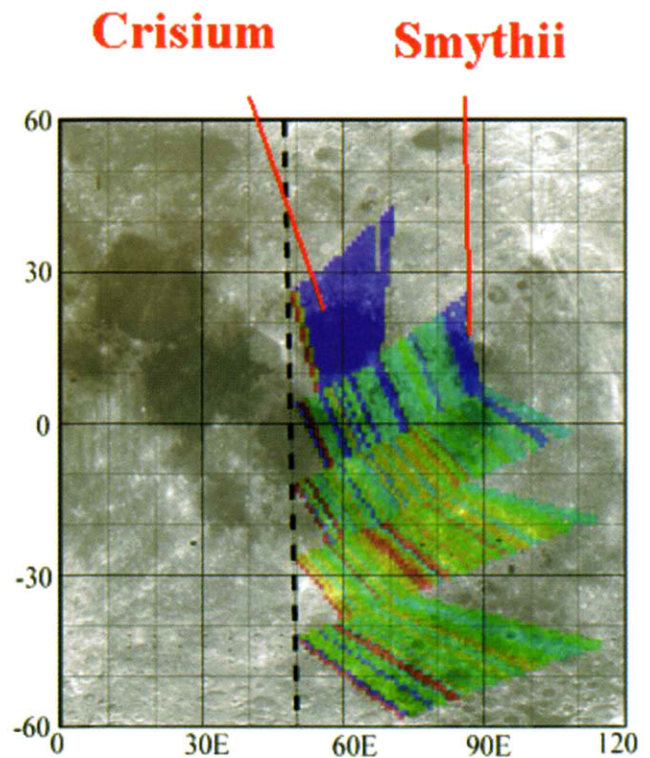


図4 のぞみ衛星で観測した月のアルベド(カラー)を月の表面写真(白黒)の上に重ねた写真。月の海は、高地よりもアルベドが低い。

た当時の学生諸君には本当に申し訳なかったと思います。

この劣等生だった装置XUVを一人前に較正し、そこから取得されたデータで博士論文をものにしたのも、この学生さんたちでした。吉川君の博士論文は最初に話しました地球プラズマ圏の撮像を元にしたもので、この画像（図2）は新聞にも載りましたし、当時のISASニュースの表紙にさせていただいたこともあります。今、CRLにいる山崎君の博士論文は太陽系に侵入してくる星間風に関するもので、「のぞみ」がクルージングしている間のデータをかき集めてヘリウム原子の全天マップを作りました（図3）。この研究はやはり我々の研究室にいて、現在天文台に職を得た野田君の博士論文のテーマとも深く関わっており、野田君の粒子計測データ、山崎君のリモートセンシングデータで互いの検証も出来るという嬉しいものになりました。塩見君は「のぞみ」が月をスウィングバイした時に、月表面で反射される極端紫外光（図4）から表面の組成を議論したもので、ユニークなものです。「のぞみ」XUVの本来の任務は火星大気中のヘリウムガスやヘリウムイオンの全量を測定し、火星に存在するであろう水の存在に迫るというのですが、そこに至る前に3つの博士論文に結びついた（前哨戦となるロケット実験での滝澤君のものを入れれば4つ）という幸運に恵まれました。地球のプラズマ圏観測では、その後追いついてきた米国のイメージ衛星に多くの成果を攫われてしまいましたが、火星に着いた暁には火星周辺のプラズマ撮影に関しては独壇場になると楽しみにしています。

プラズマ圏以外にも、プラズマ分布の写真を撮って大いに科学的成果を挙げられると考えているのが、地球の極域から宇宙空間に向かって流れ出している酸素イオン分布です。この領域の地球磁場は太陽風との相互作用の結果太陽と反対側に吹き流され、いわゆる「開いた磁力線」となっています。そこでは太陽風が吹き出すのと類似のメカニズムが働いてポーラーウィンドとして電離層のイオンが磁力線に沿って外向きに流れ出すのです。ジオテイルの観測によれば地球磁気圏の尾部、特にローブと呼ばれる磁場が卓越して構造を維持している領域に冷たい酸素イオンがあることがわかりました。素直に考えると、一見ポーラーウィンドが直接ローブを流れているように思えますが、我々の磁気圏の現在の理解からすれば、磁気圏内にかかっている（太陽風起源の）電場による力を受けて、酸素イオンは遠くの尾部領域に行きつく以前にプラズマシー

トと呼ばれる熱いプラズマ領域に運ばれてしまい、ローブには残れないはずなのです。どの様な経路を通して、どの様なときに、どの様な加速を受けて酸素イオンが遙か遠くの尾部領域にまでたどり着くのでしょうか？これを研究する上で一つの有力な方法が、酸素イオンの流れを写真に撮ることです。先にも述べましたように一価の酸素イオンは83.4nmの極端紫外光を共鳴散乱しますから、プラズマ圏の写真を撮るのと同様の方法で写真に撮れそうに思えます。原理的にはその通りですが、一つ難しい事があります。それは、83.4nmという波長の傍には水素ライマンアルファ線の121.6nmが存在して、地球の周りを取り巻く中性水素のガスから桁違いに強いライマンアルファ線の放射が出ているという事です。この強いバックグラウンドの中で酸素イオン分布の写真を撮ろうとしますと、ライマンアルファ線を強力に落とすフィルターなり、反射鏡の特性が必要となります。

東大・宇宙研・通総研の極端紫外撮像グループはこの問題をクリアするため、新しい反射鏡とフィルターの開発をしてきました。反射鏡の方は特別な干渉膜を鏡表面に作ってライマンアルファ線の反射率を極端に落としてやるというアイディアです。しかし、これはまだ研究途上で完成には至っていません。フィルターの方はインディウムを適切な厚みでフィルター材に使うことで83.4nmと121.6nmでの透過率の比を十分大きく出来る事が解りました。

この技術を試験するために、北極域のスヴァールバードから打ち上げられたSS-520-2観測ロケットの先端にこの技術を応用したフォトメーターを搭載させてもらい、

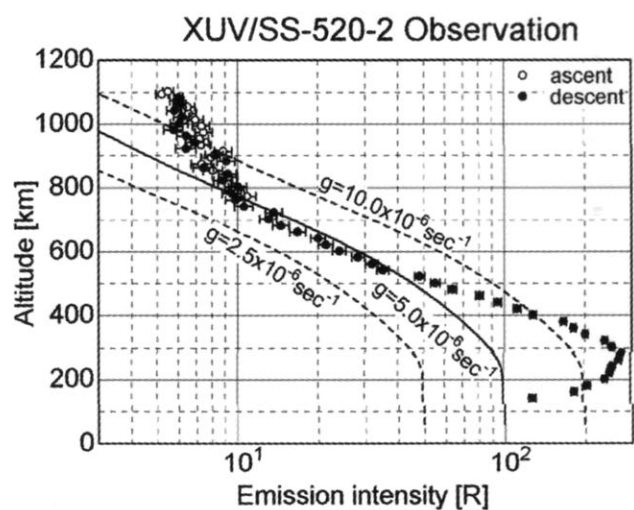


図5 SS-520-1号機に搭載したXUVが捉えた電離圏酸素イオン (O II 83.4nm) の光量分布。3本の曲線は、太陽活動度の違いを考慮した時の光量の予想曲線。

データを取得しました。目標は、電離層中の酸素イオンが散乱する光を、電離層の外側で光っている中性水素からの光に妨げられずに捉えて、電離層の酸素イオンプロファイルと比較すること、さらに、うまく行けば極域から吹き出している酸素イオンの痕跡を捉えることです。前者に関しては完全にその目的を達することが出来ました(図5)。フィルターは予想されたとおりの働きをして、電離層からの光だけを検出器に送り込んでいます。後者に関しては、未だ解析の途中ですが、はっきりしたことは言えません。主な問題は太陽光が迷光としてフォトメーターのフード内側を照らすフェーズがあることです。これは、打ち上げ前から予想されていた問題でしたが、ロケットの観測目的(カスプ領域での粒子加熱メカニズムの解明)から決められた軌道からやむを得ないことでした。将来はフォトメーターなり、カメラなりを完全に遮光する、あるいは太陽の当たらない条件で運用することによって避けることが出来る問題です。

このようなシステムを太陽からの光が当たらない月の極域のクレーター内に置いたらどうでしょうか? 図6は写るであろう写真をEXOS-Dなどのデータを元にシミュレートしたものです。月は地球の夜明けの位置にあるとしています。この写真は平均的なポーラーウィンドのデータを元にしてしていますが、実際には太陽風の変化に呼応してダイナミックに変動する磁気圏の活動度に応じて、様々な描像を見せてくれるでしょう。

この先のプラズマの写真活動はどうなるのでしょうか? 紙数も尽きてきたので、ごく簡単に目標だけを

述べますが、一つには地球磁気圏全体の写真を撮りたいと思います。このとき、磁気圏内でプラズマが高速で移動しているためにドップラーシフトを受け、共鳴散乱の光量が少なくなるという問題がありますが、幸い酸素イオンの共鳴散乱線は9つの散乱線が83.4nm近辺に集まったものであり、比較的広いバンド幅を持っています。この為速いイオンの流れも捉えることが出来るはずですが、そこでのスピードを確実に知るためには「その場観測 (*in situ*)」の衛星の助けが必要です。恐らく相補的な観測となってより多くの情報が得られることになります。さらに検出器としては現在理研で開発がほぼ終了したSTJという素子を使いたい。これはトンネル接合を利用した素子ですが、画像を捉えると同時にエネルギー分解が可能で、量子効率も良いという素晴らしいものです。

もう一つの目標としては地球以外の星、特に金星と火星から吹き出す酸素イオンの分布や量を写真に撮る事が挙げられます。これら二つの惑星は磁場を持たず、太陽風が電離層や大気と直接相互作用して惑星の大気をはぎ取っていると考えられますが、その大気散逸プロセスは惑星の大気の進化を考える上で重要なものです。もちろん、この写真だけで大気進化の問題が解けるわけではありませんが、写真というものは非常に多くの情報を含んでいます。必ず、大きな成果を挙げられると考えています。

思えば子供の頃から写真を撮ることが好きでした。今、我が家にはその頃からのカメラが多数保管庫に入っていて、被写体も小学校の友人から、風景写真、家族の写真と移ってきました。ここ10年はここに述べた極端紫外のカメラでプラズマを撮ることに専念してきましたが、これらの技術も若い人たちが発展させてくれています。これからは、今日ここに述べられなかった赤外カメラでヴィーナスの写真を撮ることになります(つまり金星探査のことです)。キャパの様な写真家にはなれませんでした、幸せな研究生活を送らせて頂いていると思います。こんな写真を探査機で撮ってほしいという希望があれば是非教えてください。カメラを携えて駆けつけます。

(なかむら・まさと)

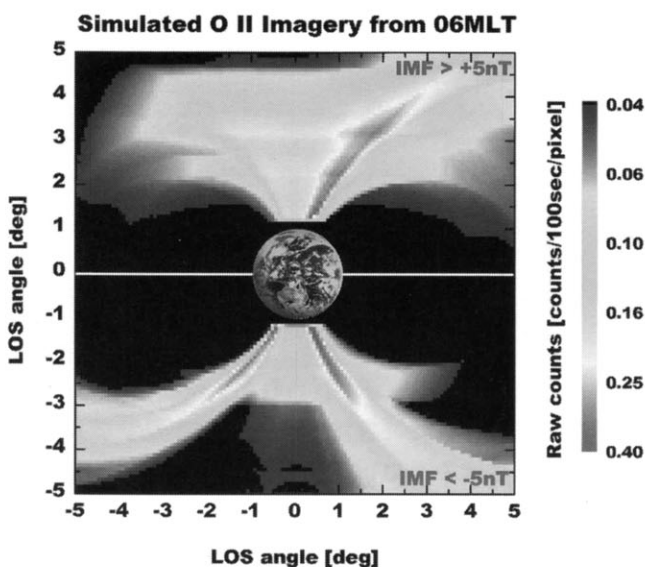


図6 月から見た地球のポーラーウィンド(O II 83.4nm)。EXOS-D衛星のプラズマ観測器から得られたデータを元にして、シミュレートした結果。

お知らせ



★シンポジウム

「大気球シンポジウム」 開催日：平成14年11月7日（木），8日（金） 場 所：宇宙科学研究所新A棟2階会議室A	「宇宙航行の力学シンポジウム」 開催日：平成14年12月2日（月），3日（火） 場 所：宇宙科学研究所本館2階会議場
「第18回宇宙構造・材料シンポジウム」 開催日：平成14年11月8日（金） 場 所：宇宙科学研究所本館2階会議場	問い合わせ先： 宇宙科学研究所管理部研究協力課共同利用担当 TEL：042-759-8019

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール（11月・12月）

	11 月	12 月
相模原	MUSES-C 総合試験	
	SOLAR-B熱真空試験 下旬	
能代		M-V-5TVCオペレーション (日程調整中)
	再使用型ロケットエンジン燃焼試験 下旬（IHI相生：日程調整中） 上旬	

★人事異動(教官)

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現（旧）職等
		（ 転 入 ）	
14. 11. 1	たかしま たけし 高 島 健	次世代探査機研究センター助手	名古屋大学大学院理学研究科助手



★「SOLAR-B」熱構造モデルの熱真空試験

「SOLAR-B」熱構造モデルによる熱真空試験が10月16日から10月30日まで宇宙環境を模擬した大型スペースチャンバにおいて行われた。この衛星にはバス部を取り囲むように可視光，X線を観測する2台の大型望遠鏡と極紫外線を撮像する分光装置が搭載されている。したがって熱設計ではバス部と各望遠鏡や分光装置との熱結合を如何に調整するか，また，各望遠鏡内の熱をどのように排熱するかが設計の狙いどころとなった。熱解析はシステム部で約1000ノード，望遠鏡や分光装置部では約1500ノードの計2500ノードの熱数学モデルを構築して行われてい

る。その設計の良し悪しがこの熱真空試験で問われている。試験では太陽光による熱入力と搭載機器の発熱を模擬したヒータを約200チャンネル，温度計測に約600チャンネルが準備された。試験は11項目について行われ，システムの設計評価に止まらず，望遠鏡等についても詳細な設計の検証が行われた。表紙の写真はチャンバ内に収められた「SOLAR-B」熱構造モデルである。左の写真は中央の可視光望遠鏡（上）と箱型のバス部（下），それを取り囲むように左から可視光望遠鏡の一部である焦点面検出装置と中央に黒い円筒のX線望遠鏡を示す。右の写真の黒色の箱は可視光望遠鏡を背にした極紫外線撮像分光装置を示す。

（大西 晃）

★世界宇宙会議2002展示会

第34回COSPARと第53回IAFの合同の世界宇宙会議（World Space Congress）2002と展示会が、10月12日から19日までテキサス州ヒューストンで開かれ、2万人もの参加者でにぎわいました。

展示会は32,500m²の広大な会場で行われ、350の会社、機関からブースが出展されました。中でも会場の半分を占めるNASA関連のブース群にはスペースシャトルのエンジンや宇宙ステーションのモジュールのモデルなどが持ち込まれ、NASAのすべてのフィールドセンターが展示するなど、さすが地元という展示風景でした。また、会場の中央にはライト兄弟の飛行機の復元模型も展示され人目を引いていました。

宇宙科学研究所は、昨年と同様、宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所と一緒に日本ブースという形で展示に参加しました。展示期間は10月14日（月）から19日（土）で、前半は会議関係者や関連企業の営業活動が盛んで、一般への公開は最後の2日間だけでした。ヒューストンという土地柄、今さら宇宙といってもあまり興味が無いのか、一般公開日の入場者がそれほど多くなく今まで参加した各国の展示会に比べて寂しく感じました。恒例のようにになっている折り紙のデモンストレーションには興味を示す人が多く、ミニ折り紙教室となる場面もしばしばでした。展示会への総入場者数は7,000人でした。

（周東三和子）



★コズミックカレッジ開かれる

コズミックカレッジのアドバンストコースが、8月7日から12日までの6日間にわたって開かれました。場所は筑波エキスポセンターでした。子供たちは、全国から集まった約30人の組がふたつで、総勢約60人、全員全日泊まり込みです。

交流、講義、実験、体験などが織りまぜられました。

講義は、飛ぶ科学、調べる科学、宇宙と人間、進化する生命とおおきく分けられました。学長は宇宙研の的川さん、副学長に全日本中学校理科教育研究会顧問の宮崎總一氏。講師陣は教授という肩書きでしたが、小中学校の熱心な先生方と、宇宙研からの的川、黒谷、平林とが、あい勤めました。実験、体験としては、熱気球とばし、探査機づくり、筑波宇宙センター見学、化石探し、スターウォッチング、研究発表と盛りたくさんです。スターウォッチングでは、軌道予測に基づいて、筑波の空に衛星イリディウムの光を見ることができました。これは、思わず歓声上がるほどに迫力がありました。

小中学校の先生方の授業をみていて、おもしろいのです。こういうところに出てくる先生は、生きがいです。それから、何十年も子供たちを相手にしている専門家と、いわゆる科学の専門家で子供たちを教えることに慣れていない私たち、うまく言葉にできませんが、どこか違います。先生たちは授業の組立ということをよく考えてしています。私たち研究者は、そこをうまく取り入れた上で、自分のいいところを出せばいいのでしょう。

開催に先立って、「宇宙へのとびら」という読本（リーダー）をつくりましたが、これはなかなかの力作となりました。以前に使われていたものに較べて、カラー版になり、内容も、より魅力的になりました。このコズミックカレッジだけで使うのはもったいないという意見が多く出ているほどです。ホームページに載せようという話も出ました。

コズミックカレッジは、すでに何年も続いています。アドバンストコースは今年が初めてでした。コズミックカレッジはおもしろい枠組みでおこなわれてきました。NASDAと宇宙少年団（YAC）とが構想と資金と陣容とを受け持ち、宇宙研は構想と講師陣提供とで、協力してきました。コズミックカレッジの発足には、NASDAとYACの渡辺勝巳氏、秋葉倫子氏の情熱が引き金となり、的川さんは、初回以来ずっと学長として勤めてきました。誰よりも若々しい感性の人たちによって始められ、おなじような人が集まって続いてきていると、私は見えています。

開催後も、NASDAに集まって、反省会がおこなわれましたが、講師陣のほとんどが集まって、実のある総括がおこなわれました。なんだか職員室に坐っているような気分です。授業を受け持つ、先生方の授業を参観する、子供たちの様子を見る、総括に参加する、これは、なかなかの経験になると思います。私自身は、

初回に参加して以来の2回目、参加も一部期間だけという中途半端なことでしたが、今後、いろいろな人が講師として参加してみるとよいでしょう。

年々模索を重ねて、いい方向をめざして、このよう

な教育活動が続けられてきました。宇宙3機関統合が1年以内に迫りましたので、そのなかで、よりよい方向への舵取りが大事な発展の時であると思います。

(平林 久)

新宇宙機関個別法「独立行政法人宇宙航空研究開発機構」国会上程される

昨年8月に遠山文部科学大臣から宇宙3機関統合の方針が示され、それ以後青山副大臣主宰の統合準備会議等で統合後の新宇宙機関の目的、機能、組織等について議論がされてきました。その結果が独立行政法人通則法にそった個別法として法律化され、10月半ばから始まった臨時国会に上程されました。

法律の名称「独立行政法人宇宙航空研究開発機構」からわかるように、新機関の名称は「宇宙航空研究開発機構」です。この機構の目的、業務の内容等が法律に書かれていますが、当然ながら、これまでの宇宙3機関の目的、業務を引き継ぎ、宇宙科学、人工衛星の開発・打ち上げ・追跡・運用や宇宙航空に関する基盤的研究開発等について詳しく記述されています。宇宙科学にかかわる項としては、新機関の目的に「大学等との共同等による宇宙科学に関する学術研究」が第一にあげられており、業務としても「大学等との共同その他の方法による宇宙科学に関する学術研究を行なうこと」とともに「大学の要請に応じ、大学院における教育その他その大学における教育に協力すること」と書かれています。なお、ここで言う「宇宙科学」は、宇宙理学及び宇宙工学の学理及びその応用」とされており、科学衛星開発は宇宙科学の業務の範囲となります。また、学術への配慮についても文部科学大臣が中期目標を通じて「研究者の自主性の尊重その他の学術研究の特性への配慮」を指示することとされています。これらの点から、これまで統合に際し宇宙科学研究所が主張してきた「大学共同利用機関の性格を維持し、研究者の自主性にそった学術研究を進めること」また「東大、総研大等を通じての大学院教育の実施」等の主要な点が法律に盛り込まれているといえます。

新機関全体としてかわることの一つに宇宙開発委員会の役割があります。これまで宇宙開発委員会は宇宙開発事業団のみをその所掌範囲としてきましたが、今回の法律では主務大臣は宇宙開発委員会の議決を経て主務大臣が定める「宇宙開発に関する長期的な計画」に基づいて中期目標を定める、とされ

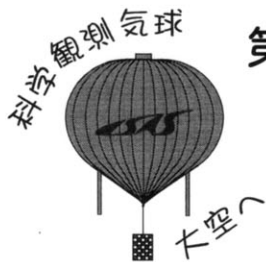
ています。この結果、宇宙科学についてもその長期計画について宇宙開発委員会が責任を持つことになります。宇宙開発委員会において科学の評価を可能とするシステムを考える必要があるものと思われます。

法律では新機関の目的、業務等について書かれています。内部組織については一切書かれていません。理事長の裁量によって内部組織は決められるという通則法にのっとっているためです。このため、宇宙科学研究所、宇宙開発事業団、航空宇宙技術研究所の宇宙3機関では各機関の代表によって構成される幹事会を中心に事務局、各種ワーキンググループを組織し新機関の組織、制度等について以下のような検討を進めています。

独立行政法人は文部科学大臣が指示する中期目標に基づいて中期計画を定め、独立行政法人評価委員会の評価を受ける必要があります。中期計画には当然衛星計画が含まれますから、新機関としても国民に対する説得力のある計画を作り、その重要性を訴える必要があります。また、現宇宙3機関は人事・給与制度、年金制度等が異なっており、統合後の新機関においては一体となった制度を設計する必要があります。さらに、事務・管理組織の効率化を図るとともに、活力ある組織作りが求められています。宇宙3機関側としては、このような課題に対しての検討結果を年内を目処にとりまとめ、文科省、宇宙開発委員会との協議を進めるとともに、新機関執行部にできるだけ早い時期にその作業を引き継ぐことができるよう、検討を進めています。

国会審議が順調に進めば、年内には法律が国会を通り、新機関発足は平成15年10月1日と想定されています。新機関発足まであと一年を切る状況となりました。このスケジュールに対応し、組織設計を行うことはかなり厳しい状況ではありますが、後世に誇る事ができる「宇宙航空研究開発機構」設立に向け、皆様方の協力を得て一層の努力して行いたいと思います。

(松尾 弘毅)



第3回

大気球の飛翔

斎藤 芳隆

地上を離れた気球は毎分300mの速度で上昇し大空に吸いこまれてゆく。上昇するにつれて気球に詰められたヘリウムガスは膨張し、気球の容積いっぱいになると、底に開けられた排気口から流れ出して、気球の上昇が止まり水平に浮遊する。なかには、オゾンゾンデのように排気口のない気球もあり、この場合は、ゴム風船と同じく、容積いっぱい膨らむと破裂する。

気球の航跡は風まかせではあるが、よい風を選ぶことで制御をしている。そもそも、日本上空では偏西風が吹いており、通常東へ流される。一方で高度20kmを越える高度の風は季節によって逆転し、夏は東風、冬は西風である。我々は、適切な風が吹く季節、日、時間を選んで気球の放球を行っている。三陸で気球実験を5月下旬と9月上旬に行うのは、偏西風で流された気球が放球地点へと戻ってくる夏の始まりや終りの風の弱い時期にあたるからである。うまい風を選ぶと図に示したように、一度、東へと進んだ後に西へと帰ってくる航跡をたどらせることができ、気球と搭載機器の回収が楽になる。当然のことながら、風向きや風速は高度によって異なっているため、飛翔中は適宜飛翔高度を変えながら、適当な風を探し続けている。この意味で、風のデータは貴重であり、気象庁のデータや全世界の気象予測データベースであるUARS Assumulated Dataも利用している。

気球と地上との通信は無線で行い、周波数1,680 MHz帯のダウンリンクで測定データを取得し、72.3 MHz帯のアップリンクによってコマンドを送信している。人工衛星と同様に、観測機器に関連するコマンドもあるが、気球に特有なものとして排気弁とバラスト弁の制御がある。排気弁は気球頭部に取り付けられており、開くことでヘリウムガスを放出することができる。この結果、浮力が減少し、気球の高度は下がる。また、バラスト弁を開くことで、1mmにも満たない小さな鉄の粒子を放出し、全重量が減らすことで、気球は上昇する。

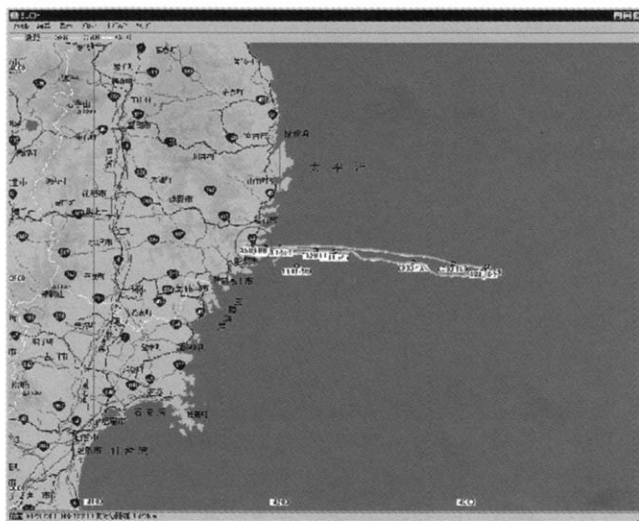
気球の飛翔高度の制御は、上記のように、飛翔航跡の制御という点でも重要であるが、日没時の高度制御という点で必要不可欠である。気球に働く浮力は、気

球の容積に比例しており、日没にともなってヘリウムガスの温度が下がると浮力が減ってしまい、気球は高度を下げ始める。これを防ぐため、バラスト弁を開き重量を軽くする。

天体観測を行う搭載機器に関連して、観測器の姿勢制御も行っている。衛星と異なって重力が働くため、方位角制御と仰角制御とを経緯台方式で行うことが多い。観測器は気球という大きな慣性を持った物体にぶら下がっているため、気球との連結を強めたり弱めたりすることで、適宜、方位角の制御を行なっている。この目的のため、より戻しモーター、リアクションホイールが用いられる。気球の飛翔速度は時速100 kmを越えることも珍しくないが、風とともに移動しており、残留大気も少ないため、制御を乱す外乱は極めて小さい。

最後に観測器と気球との分離信号を送信し気球実験を終了する。この信号により、吊りひもが切断され、観測器はパラシュートで降下する。このとき、観測器は気球皮膜に取り付けた引裂きひもを引張りながら降下するため、気球に大きな穴があき、気球も降下する。気球、および、観測器は海上に緩やかに降下する。これらは、ヘリコプターと回収船によって搜索され、手早く回収される。

(さいとう・よしたか)



図：気球到達高度世界新記録を達成した気球の航跡

子供の頃繰り返し読んだ童話集の中に、アンデルセンの『絵のない絵本』が入っていた。月が世界のあちこちで見てきたことを、夜ごとアンデルセンに語って聞かせる想定のお話である。まだ日本以外の国を知らなかった私は、遠い国々に想像を大きく膨らませたものであった。先日、そのアンデルセンを生んだデンマークの首都コペンハーゲンで開かれた研究会へ出席した。

デンマークはヨーロッパ大陸から突き出たユトランド半島と500以上の小島、グリーンランドから成り、500万人余の人々が暮らしている。日本と同じく資源に乏しいので、酪農と高い工業技術を生かした加工業に力を入れているということである。コペンハーゲンはメルヘンチックなおとぎの国というイメージとは裏

腹に、シックな景観の街である。建造物や内装は、シンプルで機能的であることに気づく。人々はこざっぱりとした格好をし、温和で親切である。どこでも英語が良く通じることには感心する。研究会を主催したデンマーク工科大学(DTU)は、単科大学とは思えない程広くて立派であった。決して大国ではないデンマークは、周辺国との調和を保ちつつ勤勉に得意分野を伸ばしているという印象を受けた。

訪問したDTUの研究室では、コーヒーと一緒に「最もデンマーク的なおやつ」として、甘く煮た果物が入ったパイ生地のパンを出して頂いた。日本では所謂デニッシュであるが、これは英語Danish pastryを日本人が短くして「デンマーク的」と決め付けたものである。デニッシュが主力商品である、淵野辺駅前にも支店のある某パン屋の店名は先のアンデルセン作の「人魚姫」にちなんでいる。デンマークのデニッシュは日本でのそれと殆ど同じだったが、本場で食べているという気分が手伝って殊更おいしく感じた。

研究会では、1999年に打ち上げられたデンマーク初の人工衛星Ørsted（エルステッド）による磁場計測に関する技術とサイエンス、将来の磁場計測についての

報告や議論が行なわれた。衛星の名前は、電磁気学の基本原理の発見で有名なデンマーク人物理学者の名前にちなんだものである。磁場の単位としてご存知の方もおられるであろう。

衛星で磁場を精度良く測るためには、伸展マストを出して先端にセンサーを搭載するのが常套手段である。Ørsted衛星は磁場観測に特化しているため、衛星本体

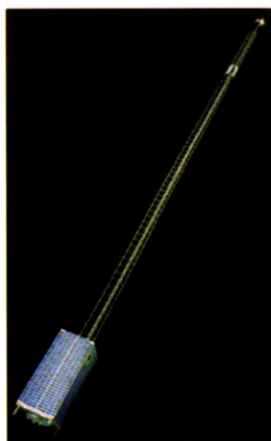
はみかん箱程度の大きさでありながら、6mの長さの立派なマストを持っている。絵を見ると、衛星からマストが出ていると言うよりは、マストの片側に衛星本体、逆側に磁場のセンサーが付いていると言えあわす方がしっくりする。

研究会はデンマークにおける磁場計測の歴史のレビュー講演で始まった。写真はデン

マーク気象研究所(DMI)で1936年に作られた地上観測用磁力計である。小さな磁石の動きを光学的に測定し、磁場強度に換算する。磁場計測技術は、デンマーク人が力を注ぎ、また歴史に誇りを持っている技術の一つだということが強調された。人工衛星による地球の磁場計測は、デンマークの磁力計研究者の長年の夢であったに違いない。地球の磁場を正確に測定した人工衛星としては、1979年に打ち上げられたアメリカのMAGSAT衛星が有名である。その20年後にØrsted衛星はデンマーク人の念願をかなえ、MAGSATよりも良質のデータを提供した。

Ørsted衛星は偉大な物理学者Ørsted先生から続く磁場計測の歴史と誇りをかけた、デンマークの国をあげてのプロジェクトであったという。彼らにとってはこの衛星こそが紛れもない「デニッシュ」なのである。一方で衛星製作にはESAの支援を仰ぎ、打ち上げはアメリカのデルタIIロケット、データは世界中の研究者に提供し、良好な国際協力体制を取っている。ディナーのあいさつでプロジェクトマネージャーのStauning氏が“Danish international satellite”と表現していたのが印象的だった。

(まつおか・あやこ)





試験衛星「たんせい」(後編)

井上 浩三郎

内之浦において第1週の受信が14時50分40秒(日本時間)から15時9分12秒の間に行われ、人工衛星軌道に乗ったことが確認されました。衛星寿命は酸化銀電池の容量から1週間と決まっていたましたが、内之浦における観測は、2月23日15時(第96周)まで実施しました。この間太陽電池の性能を計測する機器以外の搭載各機器はいずれも正常に作動し、37回行ったデータレコーダの再生データから周回中の衛星各部の温度、電源電圧、電流、姿勢、スピンなどに関する豊富な資料を入手する事ができました。また、テレメータ、コマンド系の試験も良好に行われました。

その結果、衛星内部の温度、環境がほぼ予測通りの良好な状態に保たれ、姿勢もきわめて安定に保たれていることが確認されました。また、電池の寿命もほとんど当初の予定どおりでした。太陽光を反射させ地上からの光学観測を行うための反射鏡も目的を果たしました。

Mロケットで打ち上げた衛星へ初めてコマンド電波を送ったときのことを述べたいと思います。軌道上の衛星をコントロールできるのは唯一地上からの送信コマンドです。地球を1周回した衛星がコマンドをちゃんと間違いなく受け付けてくれるだろうか?これが不調に終わればミッションはすべてだめになってしまう。地上で何カ月もかけて試験を行ってきたので絶対大丈夫、PN符号(Pseudo-Noise Code)から作ったコマンドで誤る確率は非常に小さいはずですが、自信と不安が錯綜して胸を締め付けられました。結果はすべて良好でしたが、後日、ある新聞社から「どんな気持ちでコマンドを打ちましたか」とインタビューを受けた時、野村民也先生が「『神に祈る思いで打ちました』と言いなさい」とアドバイスしてくださったのに、インタビューでは「淡々と打ちました」と強がりを言ったことが思いだされます。今はすべてコンピュータがやってくれますが、貴重な経験をさせていただきました。

今では笑い話になりますが、無重量の軌道上でデータレコーダの回転を止めると2度と回転しないのではないかと真剣に議論したものでした。結局ミッションが終わるまで1度も止めることがありませんでした。なにしろ地球1周したときのデータ(特に日本から見

えないところのデータ)を出来るだけ多く集めることがミッションの目的を達成できるカギを握っているというわけで、データレコーダがすべてでありました。

衛星で記録されたデータを内之浦の上空で19倍の速さで再生し、それを地上で受信するという、記録と再生の繰り返しで、データレコーダには過酷な耐久試験をしたことになりましたが、宇宙環境下での貴重なデータを取得することが出来ました。ともあれ、この「たんせい」衛星の成功は、我々実験班の大きな自信となり、Mロケットによる日本の科学衛星の時代が始まりました。当時の皇太子殿下(現在の天皇)が駒場キャンパスに見学に見えたことがあります。写真はその時のもので高木昇先生と糸川英夫先生が説明されています。

(いのうえ・こうざぶろう)



★訂正

ISASニュースNo.259(2002.10)の「浩三郎の科学衛星秘話」の記事中に誤りがありましたので訂正いたします。

左欄35行目

(誤) 衛星の外形図を図1に示します。

(正) 衛星の写真を図に示します。

写真のキャプション

(誤) 図1 マイクロ固体ロケットアレイクラスターの構造

(正) 写真 ロケットに結合した「たんせい」



見学案内あれこれ

平田 安弘

定年退職を機に第二の人生と言うならば、まだその人生の設計もままならないうちに、見学者への説明案内を主とする仕事に従事することになるとは思ってもいませんでした。

私がこの仕事に就く以前までは、見学者の訪問時間に都合のつけられる教官がこれに対応をしていましたが、宇宙開発事業団には見学案内を専門とする部署があり、研究所としてもこの機会にテストケースとして設けたものと思っております。昨年長きに亙り努めたロケット稼業を、定年退職した後に引き継ぎやらせて頂いている見学者への対応も、こんにちで既に30回を数えるほどとなりました。

在職中は試験棟であらゆる衛星・探査機やロケットの諸試験の実施に従事してきましたので、その間に職種柄多くのメーカーの技術者や、大学関係者と出会うという恵まれた機会を得ることができました。

そして現在、見学の当日などは対応に入る前に試験棟へ出向いて、かって共に仕事をした仲間やメーカーの方々に会い、たとえ短時間でも見学者の人数や時間帯について知らせ、あわせて作業内容の把握をといった事前の下見に快く協力して頂いてますが、それは見学者に対する案内を効率よく行うための礼儀でもあると共に、この仕事をやっていく上での大いなる助力となっております。とはいえ長年やってきた技術的な仕事と違って、当初は老若男女といった幅広い層に対しての説明案内は、全くの素人でしたから正直なところ大いに戸惑いました。そして本格的にこの仕事に臨むと決めるにあたり、2回ほどは要領を掴むためにかつての仕事仲間の案内に同行させていただきました。

説明案内としては、研究所の活動内容や成果を収録編集したビデオで紹介した後、試験棟へ案内して作業状況を実際に身近で見て頂きながら説明をしております。さらには見学者が中学生の場合にはロケットや衛星の案内の他に、カエルやイモリなどの生物が宇宙環

境での形態形成や、宇宙機材料をも研究する教官の協力で講話を盛り込むこともありました。

また、小中学校の総合学習に向けて先生方の研修もさることながら、校外学習で訪れる生徒たちにとって、未来はあらゆる可能性を持っており、その中で少しでも宇宙を身近に思う豊かな感性を抱いて帰ってもらえるように、宇宙に関連するニュース・話題で案内の仕方に工夫を取り入れるようにしています。

見学者から企画・広報係に提出される「見学依頼書」に記載された見学の要旨は、どのような団体でどんな希望をもって来られるのか、あらかじめ考えておく上で必要かつ大事な情報です。私としてもこの依頼書に記載された要望に添えるような案内を心がけていますが、郵送されてきた質問・疑問内容についての回答は宇宙関係の雑誌や経験からと、また、時には理工の教官の知恵をお借りすることもあります。

今までに訪れた主な団体は、小中学校の他にNASDA、警察、消防、電力、硝子、無線、敬老会、市議会、火薬学会、機械学会など国内は元より台湾、アメリカといった国外からの見学者もありました。在職時に多くの人々との出会いがあって、こんにち新たに宇宙について学ぼうとする人々とのふれあいの中で、特に小中学生には宇宙への夢を育ませてあげたい気持ちでおります。そして、‘また今度来るよ’ ‘またおいでね’ などと云った帰り際の言葉のやりとりからは、私自身実に遣り甲斐のある気分にさせてもらっています。

いつの日にもいかなる出会いをも大切にするのを教えてくれる仕事、この見学案内への対応かと思っております。
(ひらた・やすひろ)



編集委員から皆様に切なるお願い：原稿の締め切りを守ってください！と言いつつ、今回私も2日遅れました。申し訳ありません。

(松岡)

ISASニュース

No.260 2002.11

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部科学省) ☎229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 042-759-8008

The Institute of Space and Astronautical Science

◆本ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話(庶務課企画・広報係)までお願いいたします。(無断転載不可)

*なお、本ニュースは、インターネットでもご覧になれます (<http://www.isas.ac.jp>)