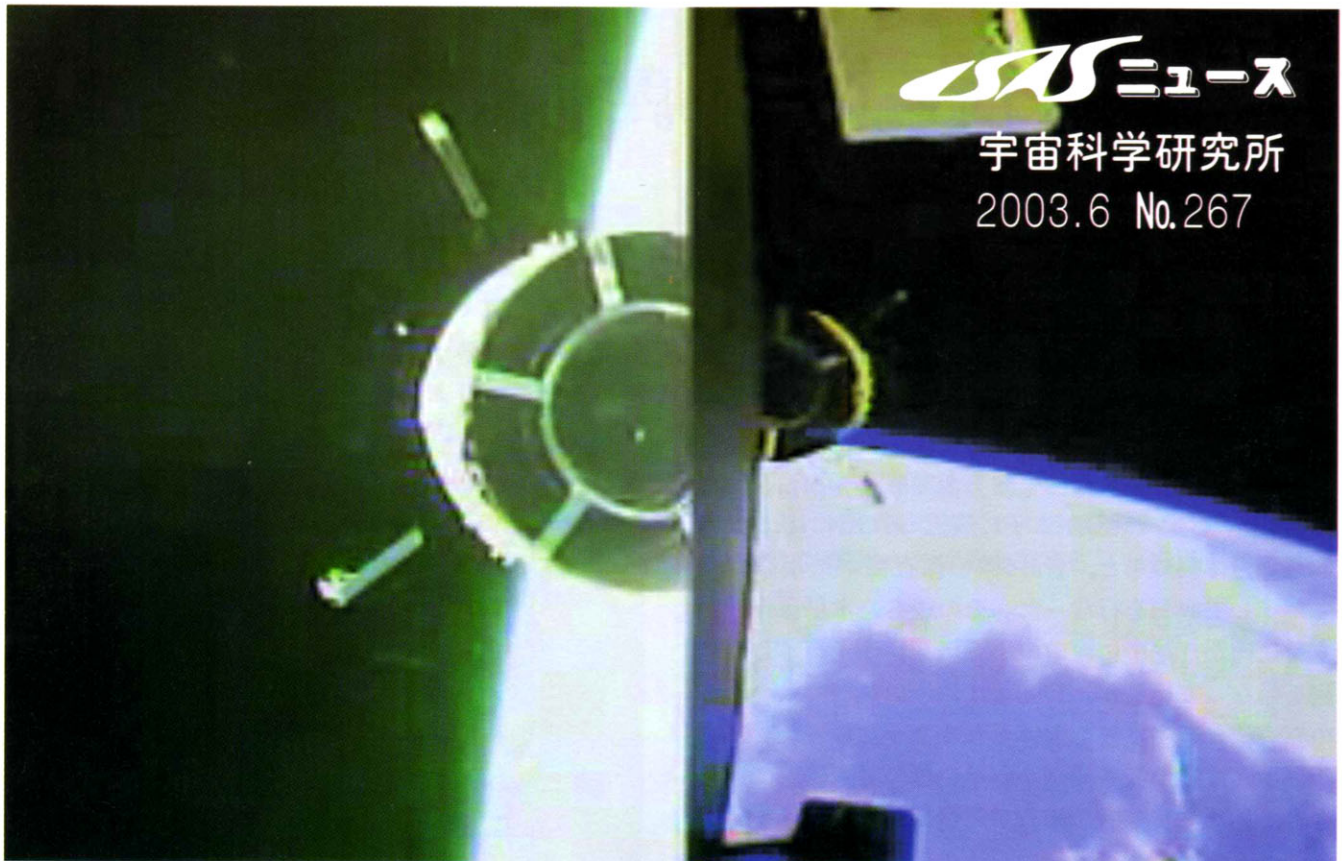




▲「はやぶさ」打上げ時に、M-V-5号機に搭載されたカメラの画像。2段目ロケットに搭載された2台のカメラが、分離して間もなく点火される3段目のロケットを後から捉えている。

就任にあたり

所長 鶴田 浩一郎

松尾前所長の後任として所長に就任して3週間が経過した。5月8日に辞令を頂戴しそのまま鹿児島に飛び、翌9日にはMUSES-Cの打上げ成功に立ち会うという非常に幸運なスタートを切らせて頂き、感謝している。

相模原での最初の仕事は、4ヶ月後に迫った3機関統合に向けた準備作業を「学ぶ」ことであった。この学習過程は、これまで長い時間をかけた議論の積み重ねを何も知らない「新」所長を議論に加えることによって行われ、少なからぬ混乱を引き起こすことになった。ある程度は「教育のため」と寛大に見て貰えたものと思うが、教育係を勤めていただいた企画調整主幹の松本先生や管理部長の中島さんは大変だったろうと、できの悪い生徒なりに反省している。

新しい宇宙航空研究開発機構の発足は10月1日と決まられており、それまでに非常に多くのことを考え、決めていかなければならない。私たちは大きな組織の設計については素人であるが、宇宙科学の進め方については自信を持って組織設計に寄与できると考えている。さまざまなデータが示すように宇宙科学研究所がこれまであげてきた研究面での成果は日本の学術、技術の珠玉の一点として世界に誇れるものだと考えている。世

界からもまたそのように評価されている。新機構はこの成果を継承し発展させ科学技術立国の一翼を担うべき責務を負っている。このために、私たちに出来、かつ、しなければならないことは、宇宙科学の今後の発展のために不可欠な要素をきちんと新しい組織に取り込むことである。これまで非常に有効に機能してきた大学共同利用機関として大学との共同作業は十分担保されているであろうか、同業研究者による相互批判のシステム、委員会での激烈な議論の末にミッションを選択するシステムは維持できるであろうか、自由な雰囲気、本音の議論と合理的な理念による組織運営は十分保障されているであろうか、大きな組織の一員となることの利点は宇宙科学の進展に十分生かされる形になっているだろうか等々…。宇宙科学研究所は日本の宇宙科学研究の中核を担ってきた組織として、気概と責任感を持って新機関への統合に臨みたいものである。



〈研究紹介〉

新しきチャレンジ 世界初の小惑星探査ローバ “MINERVA”

宇宙探査工学研究系 吉 光 徹 雄
久保田 孝

1. はじめに

太陽系に存在する小さな天体(小惑星や彗星)は、太陽系が誕生した当初の物的証拠を残していると考えられており、太陽系の起源を探る上で重要な存在である。

1986年にハレー彗星が太陽に接近した際には、世界的な協力体制のもと、合計6機の探査機が彗星をフライバイして観測を行なった。その後も、木星探査機が木星に向かう途中に複数の小惑星をフライバイして観測を行なっているが、1990年代後半になって、小天体の探査機が数多く打ち上げられるようになった。2000年には、NEAR探査機が小惑星Erosの周回軌道に投入され、初めて長期間の観測が可能になった。

これまでの探査機は、小天体に近づいたとはいえ、リモートセンシングにより観測を行なったにすぎない。今後は、小天体表面への着陸機や表面を移動探査するロボット(ローバ)による現地観測、小天体そのもののかけらを地球に持ち帰って詳細な分析を行なうサンプルリターンが大きな科学的成果を挙げる手法として期待されている。

宇宙科学研究所は、さる2003年5月9日に小惑星探査機“はやぶさ”(MUSES-C)を打ち上げた。“はやぶさ”は、次世代の小天体探査技術の工学試験を行う先進的な探査機である。“はやぶさ”は、2年間の惑星間航行の後、近地球型小惑星1998SF36にランデブする。その後、数ヶ月に渡って小惑星の近傍から観測を行い、小惑星にタッチダウンしてその破片を収集し、地球に持ち帰る(図1参照)。

“はやぶさ”には、日本初の惑星探査ローバが搭載されている。このローバは、探査機が小惑星のサンプル採取のため降下する時に、小惑星表面に向けて放出される。ローバは、その後数日間に渡って、小惑星表面を移動しながら観測を行なう。このローバはMINERVA (Micro/Nano Experimental Robot Vehicle for Asteroid)と命名されている。本稿では、探査ローバMINERVAについて紹介する。



図1 小惑星探査機“はやぶさ”とMINERVA
[Ikeshita/MEF/ISAS]

2. MINERVAの開発

2.1 小惑星の環境とMINERVAへの要求

小惑星探査機MUSES-Cに我が国独自のローバを搭載しようという計画がスタートしたのは1998年である。当時、MUSES-C探査機の初期設計はほとんど終了しており、新たなローバシステムを後付けするためには、なるべく探査機への影響を小さくする必要があった。このため、トータルの質量で1[kg]以下、大きさは10数[cm]立方以内とすることが要求された。

ローバを設計・開発するためには、実際にローバが動作する環境の情報として、小惑星の表面重力や小惑星表面からの脱出速度、小惑星の自転周期などが必要である。当時の探査対象は、1998SF36ではなく別の小惑星だったが、地球からの詳細な観測が行なわれていなかったため、その軌道以外ははっきりしたことは分かっていなかった。このため、小惑星表面の推定環境には大きな不確かさがあった。当時、筆者らが仮定した小惑星表面の環境は、表面の重力が $10^{-6} \sim 10^{-4}$ [G]、表面からの脱出速度が2~200 [cm/s]と非常に小さく、かつ、2桁程度の不確かさを持つものであった。ローバには、このような微小重力環境で安定に移動できるメカニズムが必要であった。

さらに、探査機と地球の間の通信帯域は非常に細く、数10分の往復の電波遅れ時間が想定された。このため、地球からの遠隔操縦は現実的でなく、ローバには、自律的に移動探査する知能が必要であった。

2.2 微小重力下での移動メカニズム

筆者らの研究グループは、長年、月や火星表面を探索するローバの研究を行ってきたが、小惑星のような重力が小さい環境は初めてである。さまざまな検討の結果、車輪型のような表面と接触を保ちながら移動するメカニズムは、以下のような理由から不利であるという結論に達した。

- (1) ローバが移動するために必要な力は、小惑星表面とローバの間の摩擦力である。小惑星表面は不整地であり、凹凸が存在する。ローバにわずかながらも鉛直方向の力が作用すると、簡単に小惑星表面から離れてしまい、ローバは小惑星表面と接触を保つことができない。接触を保つことができれば駆動力を伝えることもできない。
- (2) 摩擦力はローバと小惑星との間の接触力に依存してその大きさが変わるため、重力の小さい環境では摩擦力の大きさ自体が非常に小さい。このため、大きな駆動力をかけるとスリップし、小さな駆動力では移動速度が著しく遅くなる。

必ずしも接触を保つ必要のない移動メカニズムとして、ホッピング型の移動メカニズムがある。MINERVAの移動メカニズムは、ホップに特化したものを採用する方針を決めた。ホッピングメカニズムでは、ホップする際に、小惑星表面を押し付ける力が働くため、時間は短いながらも接触力を大きくすることができる。このため、移動速度の面からも有利である。続いて、ホッピングに特化した移動メカニズムに関して、アイデアの募集を行なった。「微小重力移動メカニズム研究会」を発足し、所内外の専門家や大学院生とブレインストーミングを行なった。ジェット推進で移動する方式や、表面を蹴って移動する方式などさまざまなアイデアが出されたが、最終的には、当時大学院生であった筆者が提案した内部トルカ方式を採用した。

MINERVAで採用した移動方式を図2に示す。ローバ内部のトルカによりローバを回転させ、この反力でローバをホップさせる。本方式は以下のような利点を持つ。

* 外部に可動部がない。このため、小惑星表面に存在する(と言われている)ほこり(レゴリス)対策を行な

う必要がなく、信頼性が高い。

- * ホップ後の姿勢制御を同一のトルカで行なうことができる。
- * 微小重力環境では、トルカとしてギヤなし小型DCモータで十分であり、小型軽量化が可能である。
- * モータ制御により、小惑星からの脱出速度を超えないようにローバがホップする速さを制御できる。

このホップメカニズムを提案した時には、シミュレーションによる検討結果を誰も信じようとはしなかった。その後、実際にプロトタイプのローバを製作し、落下塔(カプセルを自由落下させることにより、カプセル内部で数秒間の無重力状態を得ることができる)に足繁く通って実験をすることにより、ローバの動きが目で見て確認できるに至って初めて信用してもらえるようになった。

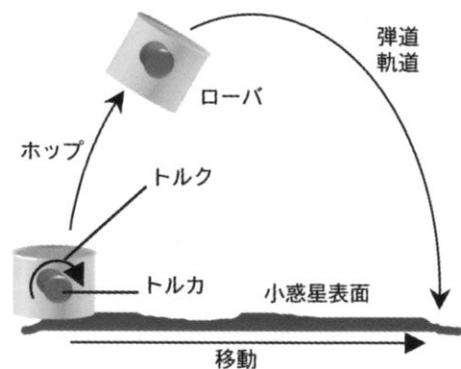


図2 トルカによるホッピング方式

2.3 MINERVAの開発

ミッションと移動メカニズムが決まったが、それを実現する探査ローバを設計・開発するには、まだまだ大きな壁があった。一番大きな問題は、質量とサイズである。MINERVAは、ホッピング機構の他に、電源、通信機、アンテナ、コンピュータ、データレコーダ、熱制御、姿勢制御、姿勢センサ、観測機器など、1つの衛星が有するあらゆる機能を持つ必要がある。さらに、母船からローバを分離するための機構や、母船との間でデータのやりとりを行なうインターフェースも必要である。それらすべてを含めて質量1[kg]以内で実現することは至難の技であった。また、上に挙げたことを1つのコンピュータで実現するためのソフトウェアの開発も苦労の連続であった。

ローバ開発に熱心であったIHIエアロスペースのロボットグループと共同研究をスタートさせて、ローバのハードウェアとソフトウェアの開発を進めた。大まかには、ハードウェアの開発をIHIエアロスペースが

行い、ソフトウェアの開発を筆者が担当した。また、設計や試験は共同で進めた。

その他にも、MINERVA開発プロジェクトにご賛同いただいた多くのメーカーに、多大な協力をしてもらった。CPUやモータは、宇宙用の部品をメーカーに特別に提供していただいた。また、搭載した超小型カメラやバッテリー、通信機は、宇宙とは縁のないメーカーの民生品を、メーカーの協力のもと宇宙仕様化し、各種環境試験をパスするものを開発した。特にバッテリーは重要であった。太陽電池セルによる発電だけでは、通信機やモータの動作に必要な瞬時の電力需要を満たすことができないため、ローバ内部にバッテリーを搭載することは必須であった。バッテリーとして電気二重層コンデンサを採用し、小惑星に到達するまでの2年間、極低温にさらされても劣化しないものを特別に開発した。

3. MINERVAシステム

3.1 MINERVAフライトモデル

MINERVAのフライトモデルを図3に示す。また、ローバの仕様を表1に示す。ローバの大きさは、直径120[mm]、高さ100[mm]の正16角柱(ほぼ円柱)であり、質量は591[g]である。その他の分離機構や探査機とのインタフェース部を含めると、最終的には1[kg]を大幅に超えてしまったが、1457[g]である。

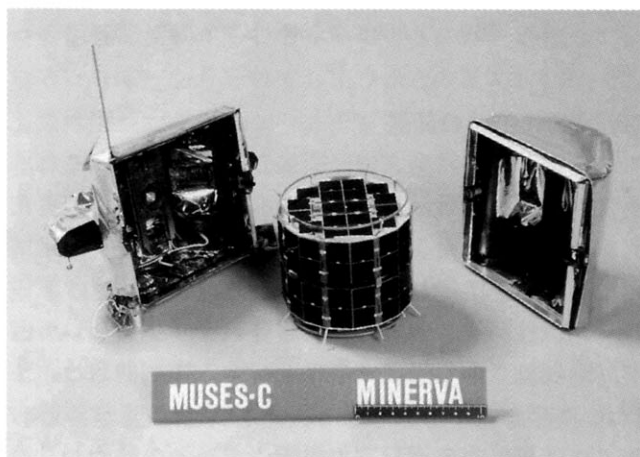


図3 MINERVAフライトモデルと保持・放出機構
(中央がローバ)

ローバの表面には太陽電池セルが全面に貼られており、どのような姿勢でも太陽が当たれば電力を得ることができる。着地時の衝撃緩和や太陽電池の保護のため、表面から針のようなピンが突き出ている。このピンは、ホップする際に小惑星表面の摩擦を大きくする

役割も持っている。内部にはモータが2つ内蔵されており、どの面で静止しても移動可能のように工夫している。観測機器として超小型カメラ3台と温度センサ6個を搭載し、小惑星表面の微細な3次元構造の構築、遠方の表面画像の撮影、表面温度の計測などを行なう。

表1 MINERVAローバフライトモデルの仕様

大きさ	正 16 角柱 (直径: 120[mm], 高さ: 100[mm])
質量	591[g]
搭載 CPU	32bit RISC CPU (約 10[MIPS])
メモリ	ROM: 512[KB], RAM: 2[MB] Flash ROM: 2[MB]
アクチュエータ	DC モータ×2 (ホップ用, 旋回用)
ホップ能力	最大 9[cm/s](速度可変)
電力供給	太陽電池: 最大 2.2[W] (距離 1[AU]) 二次電池: 電気二重層 25[F], 4.6[V]
通信	9,600[bps] (通信可能距離 20[km])
搭載センサ	CCD カメラ×3 (ステレオ+単眼) フォトダイオード×6, 温度センサ×6

3.2 自律探査行動

MINERVAローバは、探査機が小惑星表面に接近し、タッチダウン最終フェーズの高度約20[m]で小惑星表面に向けて放出される。ローバが小惑星表面に降り立った時には、地球と探査機と間には約30[分]の通信時間遅れが存在する。このため、ローバは、電気二重層コンデンサの充電量、内部機器温度、活動履歴などのローバの状態に応じて自律的に行動を判断する。

ローバには内部機器温度によって自動的にON-OFFする機能が備わっている。内部温度が高くなると一部の機能を停止させ、残りの機能で運用する。内部機器温度があまり高くない時間がローバの活動期間となるため、小惑星上の朝、あるいは夕方に活動することになる。また、搭載したフォトダイオードにより太陽方向を認識する。朝には夜の方に、夕方には昼の方にホップすることにより、内部温度を低くするようなサバイバル機能も有する。

4. おわりに

小惑星探査機“はやぶさ”に搭載されている探査ローバMINERVAを紹介した。日本のお家芸である民生小型軽量技術の利用、ミッションに特化した設計などにより、わずか600[g]のローバを世の中に出すことができた。関係者の尽力に感謝したい。

(よしみつてつお・くぼたたかし)



★宇宙研一般公開

今年も毎年恒例の一般公開が下記のとおり開催されます。

お問い合わせは宇宙科学研究所企画・広報係（電話 042-759-8008）までお願いします。

開催日：7月26日（土）10:00～16:00

公開・展示：ロケット・衛星模型展示
各研究プロジェクトの紹介
ミニミニ宇宙学校
映画上映
水ロケット教室 他



★体験学習プログラム

「第2回・君が作る宇宙ミッション」

宇宙科学研究所では高校生（相当年齢を含む）を対象に、体験学習プログラム「君が作る宇宙ミッション」の参加者を募集しています。

このプログラムは4泊5日の合宿形式で、宇宙科学研究所に滞在しながら、4人でチームを組み独自のミッション計画を創り上げます。まず、ミッションの目的を各チーム毎に討論して決めてもらい、その目的を達成する方法について自らの手で調査・解析し、最後に研究成果の発表を行ってもらいます。

実際に宇宙科学研究所で研究活動に従事している若い研究者たちと一緒に研究活動を行うことで、研究者の日常や研究の進め方を体験することができ、宇宙科学の最前線の雰囲気を味わうことができます。



期 日：8月18日（月）16:00～

8月22日（金）12:00

会 場：宇宙科学研究所

（神奈川県相模原市由野台3-1-1）

対 象：高校生または相当年齢の方 16名

参加費：12,000円程度

（5日間の宿泊費、朝・夕食代、傷害保険料含む）

応募方法：以下の2つを7月14日（月）必着で

宇宙科学研究所宛にお送りください。

1. 「私が作る宇宙ミッション」という題で、自分がやってみたい宇宙探査ミッション（太陽、惑星、衛星、小惑星、彗星探査など）に関わる内容をまとめたもの。図等を含めA4用紙3枚以内
2. A4用紙1枚に、氏名、生年月日、性別、住所、電話番号、学校名、学年、理科と数学の履修状況を明記したもの。

宛 先：〒229-8510

神奈川県相模原市由野台3-1-1

宇宙科学研究所「君が作る宇宙ミッション」係
（選考結果は7月中旬までに本人宛へ通知します。）

内容に関する問い合わせ：

君が作る宇宙ミッション事務局

はしもとじょーじ（共同研究員）まで

電話：042-759-8181

FAX：042-759-8457

電子メール：mission@pub.isas.ac.jp

ホームページ：

<http://www.pub.isas.ac.jp/home/mission/>

★人事異動

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現 (旧) 職等
		(採 用)	
15. 6. 1	三 田 信	次世代探査機研究センター助手	
		(客員部門)	
15. 6. 1	奥 野 誠	システム研究系助教授	東京大学大学院総合文化研究科助教授
〃	李 家 賢 一	宇宙探査工学研究系助教授	東京大学大学院工学系研究科助教授

★ロケット・衛星関係の作業スケジュール (6月・7月)

	6 月	7 月
相 模 原	M-V-6 B-1 仮組立 1 (IA富岡) 11 B-1 仮組立 2 16 IA富岡 20 M-V-6 M-25 システム試験 中旬 (IA川越) 下旬 ASTRO-F 総合試験	LUNAR-A 母船ーペネトレータ嚙合せ試験 中旬 ASTRO-E2 一次嚙合せ試験
能 代	設備定期点検 16 2	ATREXエンジンシステム燃焼試験 20 DOM-4真空燃焼試験 22 (あきる野)


★「はやぶさ」の今後のスケジュール
MUSES-C (「はやぶさ」) は、5月9日に無事打ち上げられ、その後も順調に飛行しています。搭載されている各種の観測機器や、姿勢軌道制御装置、データ処理装置の機能の確認も一通り完了し、現在はイオンエンジンの定常運転を開始したところです。

高性能のイオンエンジンと聞くと、F1 マシンさながらに、あるいは宇宙戦艦ヤマトのようにぐいと加速するイメージを持たれる方が多いのですが、それはかなり違ってきます。「はやぶさ」のイオンエンジンの推力は、1円玉で2枚分ほどの力でしかありません。こ

れで軽自動車くらいの「はやぶさ」を加速するわけです。それでも1年間駆動すると、時速で4500kmまでの加速をすることができます。これに必要な「燃料」(燃やすわけではありませんが) は、20kgほどです。ちょうど軽自動車を満タンにして加速させる場合と同じようなものですが、これだけで太平洋を2時間で横断するほどの速さまで加速することになります。

イオンエンジンは、今後9ヵ月くらいの間、ほぼ連続して運転される計画です。順調にいけば来年の3月くらいからは一旦運転を止め、5月に地球の重力の助けを借りてさらに加速させることになります。

(川口淳一郎)

★「はやぶさ」と「とらのこ」

宇宙科学研究所の人工衛星・探査機の打上げの度に、OP（オペレーション）班が作成する「性能計算書」という書類があります。ロケットの飛行計画、衛星・探査機の初期軌道計画をまとめたもので、関係する一部の実験班にしか配られませんが、その書類にはそれぞれ名前がつけられています。1966年のL-4S-1号機の「Hatellite」から始まり、「Seventh Star」などの『たばこシリーズ』、1980年のM-3S-1号機からは、現在に続く『酒シリーズ』で、衛星計画にちなんだ(?)酒のラベルを見つけてきてはオリジナル版を作ります。といっても「性能計算書」の表紙の上だけで、オリジナルラベルで売り出すわけではありません。

今回の「はやぶさ」の打上げ用に選ばれたのは佐賀県のお酒『虎之児』。選定者の川ISASニュース編集長の推薦の弁は、「MUSES-Cの性能計算書の表紙を飾る酒のラベルを考えていて、ふと山頭火を思い出しました。つたない記憶をもとに全集を紐解いていくと…。あったあった！まさにMUSES-Cがめざす小惑星にぴったり。小惑星は、太陽系の起源と進化を探るための、まさに「虎の児」ですから。

MUSES-Cが、イオンエンジン、高度な自律機能、独創的なサンプル収集、惑星間空間からの直接帰還などの技術を最大限確立して、来るべき小天体サンプルリターン時代の基礎をがっちりと築いて欲しいとの願いを込めて、ここに銘酒『虎の児』を送ります。奇しくも、このたび松尾弘毅先生を継いで宇宙科学研究所の所長になった鶴田浩一郎先生の故郷、佐賀の一品です。(後略)」

さて、お酒が決まれば、後はコントロールセンターに集まる若手の面々の出番です。「此君名聲走千里」が「此機宇宙翔千里」、「お酒は20歳になってから」が「回収は4年経ってから」、「開栓には十分注意して下さい。」はそのままだき、「製造年月」は「到着年月2005年6月」、電話は「1998SF36（目標の小惑星の名）」という具合。酒造会社名は「川口酒造」と探査機主任の名前を配させていただきました。一体いくつひねりが加えてあるか探すのが実験班のちょっとした楽しみとなりました。

打上げ成功後、ラベルを使わせていただいた井手酒造からは、「虎は千里往って千里還ると申しますが広い広い宇宙で勢いよく活躍し役目を果して無事帰還することを心より祈っております。虎がわが児を思う深い情のように、」とのお祝の言葉とともに銘酒『虎の児』が届けられ祝賀の宴を盛り上げてくれました。

(周東三和子)

M - V - 5 (MUSES-C)



★「宇宙航空研究開発機構」の理事長、英文名称等決定

5月20日、今年10月1日に宇宙科学研究所(ISAS)、航空宇宙技術研究所(NAL)、宇宙開発事業団(NASDA)が統合して発足する「宇宙航空研究開発機構」の理事長になるべきものとして現宇宙開発事業団理事長の山之内秀一郎氏が文部科学大臣より指名されました。

また5月23日には英文名称と略称、ロゴが発表されました。英文名称Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA=ジャクサ)は“Exploration”に探査だけでなく、研究・開発まで含む広い意味を持たせています。ロゴではAerospaceのAに星を意匠化していますが、星は「希望」、「誇り」、「探求心」の象徴であり、また私たちに道を示してくれる道しるべでもあります。

JAXAも日本の星となって、燦然と輝きたいとの願いを込めています。(統合広報チーム)



英文名称とロゴマークを発表する山之内初代理事長(左)と角野宇宙飛行士

賢兄愚弟の37年間 ～松尾所長を送る～

「今なら糸川先生に会えるからついて来るように」大学院学生として駒場に来てから1ヶ月、神没鬼没と言われた指導教官の御尊顔を拝することなく過ごしていた昭和41年（1966年）5月のある日、松尾先輩にこう言われたのが始まりで、以来37年間、人生の半分以上をずっと賢兄の後ろを愚弟がついていく形になりました。

当時の糸川研では、大学院学生もチームの中心となって衛星打ち上げ計画に邁進していました。昭和41年はちょうど重力ターン方式による衛星打ち上げを実証すべくL-4S打ち上げが始まった年で、D2の松尾先生はまさしく軌道計画、軌道計算の責任者でありました。その頃、駒場13号館の2階に国産最新鋭コンピュータHIPAC103が導入され、軌道計算に使われ始めました。最新鋭と言っても、大きさは会議室一杯を占領、メモリーはたったの4K、屋上の空調機をフル稼働しないと熱でダウン、演算速度といえはラムダのフライト1秒分を計算するのに10分以上かかるといった代物でした。これを改善すべく導入されたのが、いわゆるハイブリッド計算機で、3次元6自由度の計算のうち3自由度分即ち飛翔経路はデジタル部が、残り3自由度分即ち姿勢計算はアナログ部にやらせるというものでした。

ソフトには滅法強いがハードには弱い松尾先生にとって、デジタル部から何十本もの線をパッチ・ボードを介してアナログ部に繋ぐなどというのは迷惑千万ということもあったのでしょう、下請けがM1の私に回ってきました。アッセンブラ言語の勉強から始め悪戦苦闘しましたが、結果は惨憺たるものでした。原因は、デジタル部の演算速度を上げるためにはサンプリングを粗くせざるを得ず、そうするとその間のアナログ計算の誤差が大きくなり演算が発散してしまう、という始末で、L-4S-1打ち上げでKSCにいる松尾先生にギブアップを告げたところ、「そうか、じゃあしょうがないな」で終わりでした。

この計算が失敗すれば、ラムダが上がらないのではないかと僭越にも思って必死だったのですが、当然ながら肝腎要の軌道計算はとっくに出来ていて、ハイブリッド計算はよく言えばバックアップ、或いは試行実験プラス新入生の試験又は訓練だったのでしょう。これが松尾先生によるシステム工学の基本の一つ「常に先を読み、常にバックアップを」の実践教育その1でした。松尾先生が碁、麻雀、スクラブルに強いのも、まさにこれを実践されているから

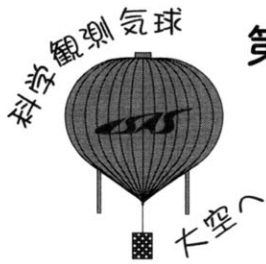
でありましょう。ただパチンコだけはシステム工学を以てしても克服出来ないようにお見受け致しました。

次の実践教育はそのすぐ後、昭和41年10月31日のことでした。その日、Mロケットの処女飛行となる1段目だけに燃料を入れたM-1-1の打ち上げがあり、私はM2の高野先輩と結託、学業をほったらかしてKSCに行っていました。真新しいM整備塔全体がぐると旋回、発射、雲一つ無い秋空にMロケットが吸い込まれていくのを見て興奮した私は、駒場の松尾先生に「上がりました、上がりました」と電話したところ「あー、わかってる」と素っ気無いお返事。この短い言葉を分析すると(1)情報は既に得ている、(2)やるべきことをやれば結果はついて来る、(3)小さなことで一喜一憂するな、等々システム工学上実に含蓄のある御言葉でありました。

松尾先生はこのように短い言葉で受け手に考えさせる特技をお持ちで、これは間違いなく糸川先生譲りだろうと思います。「情報を素早く的確に掴んでうろたえない」という考え方はその後、大小様々な失敗や不具合発生時において大事な教訓となりました。宇宙研きっての映画通松尾先生と日本映画の最高傑作という点で意見が一致している（と思っていますが）「七人の侍」の島田勘兵衛の台詞「うろたえるな、誰か野武士を見た者はおるのか」は、以後何かしら問題が起きた時の私と松尾先生の合言葉になり、一方大事な情報を知らなかった場合には「特落ち」と称して反省していました。

昭和42年3月20日、1、2号機を続けて失敗した後のL-4S-3の打ち上げ準備中、突然糸川先生は辞任され、結局御自分の手懸けられた我が国初の人工衛星「おおすみ」誕生の場におられなかった訳ですが、その36年後松尾先生が所長としては衛星打ち上げ成功の場に立つこと無く突然退任されることになったのは運命の悪戯でしょうか。しかし直後の5月9日、M-V-5による「はやぶさ」打ち上げ成功に立ち会って戴くことが出来、愚弟としてはホッとしております。

「はやぶさ」成功記念寄せ書きに署名後、「おおすみ」の寄せ書きを見上げて松尾先生がポツツと言われた「もうこの中で現役は君くらいになってしまったなあ」の含蓄は未だ解明できていませんが、今後は宇宙開発委員として日本の宇宙開発全体を現役として引張って行って下さることを信じてこれからもついて参ります。（上杉邦憲）



第9回

南極周回気球観測

国立極地研究所 江尻全機

昭和55年4月に東京大学宇宙航空研究所から国立極地研究所に移った直後、スウェーデン北部のエスレンジから打上げる大気球実験に誘われた。実験をする為の合意書の取交しに始まり、機器の設計・製作・試験・梱包・輸送と慌ただしい日々が過ぎ、8月に現地入りした。2機続けて飛揚し、打上げは成功した。青空の中へゆっくりと上昇する気球は何とも言えない美しさであった。この時生まれて初めてオーロラを見て感動した。翌々年には真冬に同じエスレンジで再び気球を打上げた。昔三陸で気球実験をしたことがあるが、これが私の極地での気球事始めである。

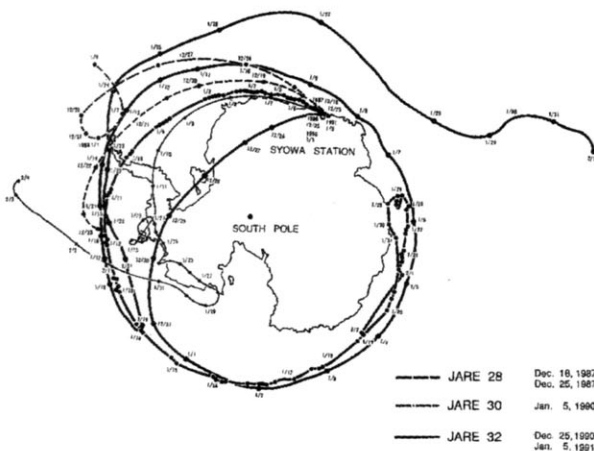
昭和58年11月南極昭和基地で観測ロケット実験を行うべく砕氷艦「しらせ」の船上の人となった。(気球もロケットも全面的に宇宙科学研究所にお世話になっている。)その11月30日に「気球観測に関する打合せ会」が開催されて、南極を周回する気球が討議された。年の明けた昭和59年2月の「第7回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム」の将来計画のセッションで西村純先生が、南極大陸の上空を周回して長時間観測を行うポーラー・パトロール気球(PPB/南極周回気球)は、高度約30kmにゼロプレッシャー気球を周回飛翔させ、バラストによる高度の維持で、夏期に約22日間で西周一周が可能であること、及び、衛星を使ったテレメータ伝送の可能性を指摘した。

同年夏には、「ポーラーパトロールバルーンの開発と利用技術」と題して研究小集会が開催され、技術面

の検討と、PPBによる観測の多くの提案がなされた。さらに、同年秋には三陸大気球観測所において、アルゴシステムとバラストによる自動レベル制御の気球搭載試験が行われている。翌昭和60年、PPB開発の一環として、ノルウェーからアイスランド上空を目指してバラストを搭載した長時間飛翔観測実験が実施され、多くの経験を蓄積することができた。

私が南極から帰って来たのは、昭和60年3月であった。南極での試験飛翔は、昭和61年に出発する第28次観測隊で行うことになった。テスト気球の放球後、昭和62年12月に1機目放球、南極大陸を1/3周することができた。2機目も放球したが、種々の不具合が発生した。その結果を踏まえ本格的な試験飛翔を第30次隊で行うべく準備をして、平成2年1月放球、南極大陸を約8/9周、28日間の飛翔に成功した。これまでの実験に基づき、太陽地球系エネルギー国際協同研究計画(STEP)の一環として本格的な南極周回気球実験が計画された。第32次隊が3機の気球を持込んだ。第一号機は平成2年12月に放球され、14日間の飛翔の後、南極大陸を一周して所期の目的を達成することができた。第二号機は、平成3年1月に放球、30日間の飛翔を行った。図にそれまでの航跡を例示する。第三号機は冬明け厳寒の9月に放球、オゾンホールを観測を行った。第34次隊と第33次隊ではB40を2機(4,5号機)とB60を1機(6号機)、各々9日間、43日間、27日間の飛翔を行い貴重な観測結果を得た。特に6号機は完全に一周して昭和基地上空を再び通過していった。総重量も約500kgであった。次の第二次実験として、B50の気球を磁気圏境界領域に同時に3機編隊飛翔させ、地球を取り巻く宇宙の空間及び時間変動を観測するバルーンクラスター計画と、B100の大気球により行う高エネルギー1次宇宙電子線観測計画が立案され、第44次隊で実施されることとなった。平成15年1月に2機の気球による編隊飛翔に成功し、貴重なデータを取得できたが、宇宙線の観測機器は放球できず、次の機会に託すことになった。

この南極周回気球実験には、南極の現場で苦勞した人も含め、20年の長きにわたり計画立案から実現まで大勢の人達が関与している。しかしこの計画は、故永田武先生が存在があって初めて実現したプロジェクトである。(えじり・まさき)



南極周回気球の飛跡(テスト及びPPB #1と#2)

LUNAR-Aペネトレータに搭載する改良型地震計の耐衝撃性確認のため、米国ニューメキシコ州ソコロ市にある貫入実験施設を訪れた。出発前日も宇宙研での別の試験が夜まで続き、残作業とともに徹夜同然で荷作りをして日本を発つことになった。久しぶりの海外渡航のため準備にぬかりはないかと内心ヒヤヒヤしながらも、徹夜しておけば時差ボケも弱まるだろうと開き直って目的地に向かった。最も近い空港のある同州アルバカーキ市からソコロ市までの約2時間の道程は道路沿いのわずかな灌木を除くと、西部劇に出てくるような荒野が見渡すかぎり広がり（というよりも点をする小高い丘以外に遮るものがない）、ほんとうにこんなところに街があるのか、人が住んでいるのかと思うほどの砂漠地帯であった。当たり前のことだが、そこにある風景はこの数ヶ月の間、連日メディアに映し出されたICHIROやGODZILLAがベースボールをするボールパークでもなく、大統領がこぶしを振上げて「自由と正義」を叫ぶ姿もなく、超高層ビルを背景にして「反戦と平和」を連呼する民衆のデモもなかった。その落差たるやほんの数週間前まで戦争や報復テロの影響で渡航することすらできるのかと心配していたこともすっかり忘れてしまうほどの雄大さであった。

貫入実験施設はニューメキシコ工科大学の敷地内にあるが、ペネトレータの開発研究を長年行ってきたエネルギー省管轄のサンディア国立研究所（本部はアルバカーキにある）が所有し運営しているものである。周囲の荒涼とした景色とは正反対に緑に恵まれた敷地内にはゴルフコースも整備されていて早朝からプレーを楽しんでいる人がいる。昼食に大学のカフェテリアを利用すると多くの学生達と席を隣り合わせることで、中庭のベンチに腰掛けて談笑をする姿やロビーで書籍やパソコンに向かっている姿にアカデミックな雰囲気を感じることができたのは意外であった。実験施設の現地スタッフはとても明るく賑やかで献身的に実験をサポートしてくれた。長年の経験から培われた作業や試験装置の創意工夫には学ぶものが多かったが、そのおおらかさからくる仕事のペースには宇宙研に籍を置く人間からみればかえってじれったい思いをすることもあった。都会の喧騒とは遠くかけ離れたこの環境がそんな性格をうえつけているのであろうとこれば

かりはなかばあきらめムード。

肝心の貫入試験はというと装置のトラブルに強風の影響も重なって遅々として進まず、帰国日程を延期せざるをえないかと心配していたが、試験最終日の夕刻になってようやく改良型地震計を搭載したペネトレータの打ち込みを行うことができた。現地スタッフにとっては終業時刻であるはずの午後5時を大幅に過ぎてしまったが、月面に似せた大量の砂に潜りこんだペネトレータの掘り出し作業を黙々と行ってくれたことにただただ感謝するばかりであった。その後は我々だけが研究所に残り、いつもの宇宙研モード(?)に戻って搭載機器の動作チェックを終了したのはちょうど日付が変わるころであった。翌朝、ソコロを発つため機材の撤収作業をしながら彼らにそのことを告げるとあきれたようにしていたが、動作確認の結果が良好であったことにとても喜んでくれた。日が暮れるまで掘り出し作業をした甲斐があったと満足してくれたのだと思う（ちなみにこの時期市内が暗闇に包まれるのは午後9時前）。半年後の最終認定試験での再会と成功を約束して研究所をあとにした。

帰国途中のサンフランシスコ空港で搭乗手続きをしていると、カウンタの日本人女性から「もし、よろしければホノルルで一泊して成田に帰国する便に変更できないでしょうか」とのこと。たずねると、新型肺炎SARSの余波で米国からアジア方面への直行便が大幅に減り、比較的便数が多く残っている成田経由のルートへの予約変更やキャンセル待ちであふれているらしい。「出発日も帰国日も日曜にぶつかったし、一日ぐらい避暑地で休暇もいいかな」と一瞬迷ったが、宇宙研の試験のことが気にかかり予約どおりの成田直行で帰国した。ソコロ滞在中は試験の進捗状況を知らせる電話とFAXを除けばテレビもインターネットとも縁のない一週間を過ごしていたが、日本に到着した途端に日曜日にもかかわらず何やら騒々しい話題が目飛び込んできた。一週間日本を離れていただけではいつものニュースフリーク症を抜け出せず、新聞を3紙も買い込んで空港からの帰宅途中に読みふけてしまった自分はやはりソコロのような場所にはとても住めそうにないことを痛感した次第である。

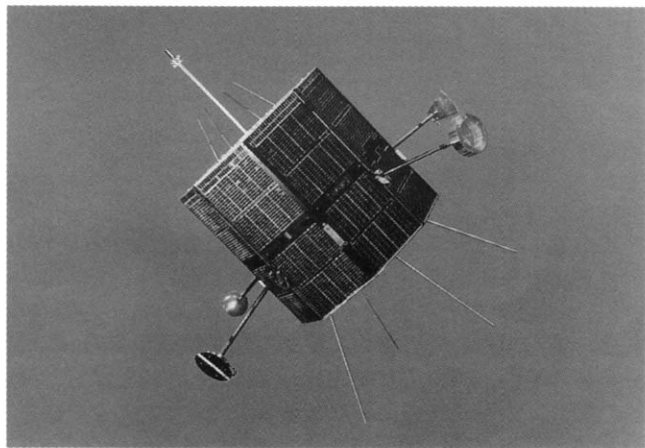
(しらいし・ひろあき)



第3号科学衛星「たいよう」

井上 浩三郎

打上げ前の名前はSRATS(スラッツ)といい、昭和50年2月24日14時25分M-3C-2号機によって打ち上げられ、近地点高度255.24km、遠地点高度3136km、軌道傾斜角31.5度、周期121分の軌道に載り「たいよう」と命名されました。東大理学部の高松教授が中心になって計画され、太陽輻射エネルギーを受けて様々に変化する熱圏の振舞いを調べるため、特に太陽活動静穏時を選んで軌道に投入されたものです。これによって静穏期の地球のプラズマ環境を決めることができたので、もし異常現象が発生したときは、明確にその影響を調べることが出来るようになりました。



電波誘導システムによる衛星軌道投入精度の向上

M-3C-1でテストされた電波誘導システムが、この「たいよう」の打上げで見事に働きました。このシステムは、精測レーダの追跡データを基に地上計算機上の電波誘導プログラムを走らせ、その結果を用い地上からのコマンドによって、第2段姿勢制御プログラムの修正、第3段打出し方向修正および最終段点火時刻の修正を行うものです。衛星の軌道投入を格段に向上させる見通しのできたことは何より嬉しいことでした。

搭載機器の動作状況

打上げ後の共通機器の動作はすべて良好で衛星温度も正常に維持され、第1周では、コマンドによるヨーヨーデスピナの作動でスピンを11.5rpmに低下させ、プローブの展開を行いました。発射後4日目から5日間かけて地球磁場を利用した衛星姿勢制御によってスピン軸を軌道面に直角にし、車輪がころがるような、いわゆるローリングホイールモードを実現させました。24日目と28日には観測器の高圧電源の投入を行い、その正常動作を確認後観測体制に入りました。

科学観測

科学観測は、太陽電池の出力と電池容量の関係ですべての観測機器の電源を同時にオン出来ない電力事情のため、こまめに電力計算しながら行ったのを思い出します。その結果、太陽活動が静かな時期の地球プラズマ環境のデータを数年にわたり取り続けました。主なものは南太平洋地磁気異常プラズマ現象に関するものであり、その後の衛星による電離層プラズマ研究がめざましい成果をあげる糸口を作った衛星として特記されます。

また、この衛星はホイールモードを保持しながら観測を行うことで、衛星の大気抵抗に対する断面積が一周軌道に亘って一定であり、そのドラッグを利用して大気密度及び大気温度を求める試みがなされました。さらに同じような観測を行う西ドイツのAEROS-B衛星と国際協力研究が進められました。

すばらしき「たいよう」チーム

この衛星チームは、平尾先生を中心に非常に良くまとまり、衛星の設計、製作、試験を通じてメーカーの方々と宇宙研メンバーとの人的信頼関係が深まりました。難しい局面に遭遇しても見事なチームワークでそれを乗り越える力を持つ素晴らしいチームでした。これは一連の長い総合試験の合間をぬってたびたび行った反省親睦会で杯を重ねて培われたのでしょうか。1999年4月18日「たいよう」の同窓会が行われました。25年振りにチームが一同に会し、当時の苦労話に花を咲かせましたのもこのチームならではのことでした。

(いのうえ・こうざぶろう)





私の人生と宇宙研

衆議院議員 小野 晋也

私は、昭和53年4月から55年3月までの2年間、修士課程の学生として、松尾研究室で多くの方々のご指導を頂きました。時丁度、アメリカでスペースシャトルが運行される直前の時期であり、日本の宇宙開発の進路に不透明感が漂う中、人生行路に迷い、そこで偶々、松下幸之助氏が創設された松下政経塾に入塾した結果、その後、政治の道に進むこととなり、現在、衆議院議員として3期目の仕事をしています。

今稿は随想コーナーであり、何を書いても良いということですので、“私の人生と宇宙研”といった少し漠然としたテーマで、思いつくままに一文をまとめてみたいと思います。

私は、自分自身のこれまでの歩みを振り返る時、人生というものは、基本的には、神様のいたずらとも言えるべき偶然の巡り合わせの中で、動いてゆくものだという気がしています。そこに本人の知恵と努力によって、多少の彩りが与えられてゆくといった感じでしょうか・・・。

先に、スペースシャトルのことを述べましたが、当時、アメリカの宣伝は相当なものでした。NASAは、“スペースシャトルを使うと、低軌道への衛星を使い捨ててロケットに較べると20分の1から50分の1のコストで打ち上げることが出来る”と、センセーショナルな発表を続けていました。すると、これまで例えば100億円かかった衛星打ち上げが、たったの5億円ないし2億円で出来るということになるわけですから、当時の宇宙研の中でも、特に45号館、56号館に集まっていた機体部門の人たちは、ほとんどロケットの独自開発路線には悲観的で、冗談半分に、“もう次の就職先を探さないとな”などと語り合っている時期でした。

私は、多感な中学2年生の時にアポロ11号の月面着陸という人類史上の偉業に接して以来、ロケットの研究を自分のライフワークにしたいと心に決めて、それ以外のことはほとんど何も考えていなかったものですから、ここで大きく迷ってしまったのでした。そこに、松下幸之助氏の夢を掲げた松下政経塾の話が飛び込んできたものですから、私も好奇心とあきらめが相半ばする気持ちで、この塾を受験したところ、塾としても、科学技術の分かる人間も必要だとして、採用されたという事の顛末でした。

結果的には、その後27才の時に松下政経塾第1号議員として、愛媛県議会議員に当選することになるのですが、その話題性もあって、当選決定の時には、随分多くの全国紙や雑誌の記者が取材に押し寄せてきました。彼らが開口一番、必ず質問を投げかけてきたのは、“あなたは、東大宇宙研でロケットのエンジニアを目指していたというのに、

何故松下政経塾に入り、政治の道になど入ることになったのですか”ということでした。私からは、多くの人の応援を頂いて当選したところですから、“これは全て神様のいたずらで、偶然の産物です”とも言うわけにもいかず、科学技術が公害問題や人間阻害等の問題を生み出しているから、それらの問題解決を目指してこの政治の道を志したのだなどと、随分肩に力が入ったことをお話し上げたのですが、結局記事になったのは、母親の一言。

“全く、日本のロケットというのは、どこへ向けて飛んでゆくものやら分からないですね！”（失礼！）

その時から数えれば、この春で政治人生も20年、こんな出自のこともあって、かの小泉純一郎総理からも“私はよく変人と言われるが、私以上に変人なのが小野君だ”と言われる始末。しかし、やはり東大宇宙研でロケットのシステム研究をしていたという経歴は、他の国会議員から見ると大変な葵の紋章であるらしく、お陰で、科学技術分野のことは、1年生議員の頃から私が発言すると、幹部皆さんも一目置いて聞いて頂きました。（勿論、これは通常の議論におけるものであり、予算の分取り合戦のようなドロドロとした血みどろの戦いになると、やはり政治キャリアを積んだ方々の腕力の世界なのですね。）

今、振り返ってみると、人生の中で宇宙研時代というのは、とても思い出深い期間でした。少し前にも、旧宇宙研（今の先端研）の近くに行く用事があったので、久しぶりにその構内を歩いてみたのですが、随分風景が変わった部分がある半面、門の辺りの大木、時計台、45号館、56号館、また、サッカー大会をしたグラウンド、テニスコート等、当時色々な人と共に過ごした日々が甘酸っぱい感慨と共に思い出されました。

私が去った後、宇宙研は文部省の管轄下に移り、また相模原に移転をして、更に、もうすぐ宇宙開発事業団や航技研と一体となるなど、随分変化し続けていますが、私にとっての宇宙研は、やはり駒場時代の宇宙研であり、人生の多くのものを学んだ場でもありました。

この誌面をお借りして、当時お世話になった多くの方々に深く感謝申し上げる次第です。（おの・しんや）



この号がお手元に届く頃には、火星探査機「のぞみ」の地球スウィングバイ、工学実験探査機「はやぶさ」のイオンエンジン始動などのニュースが流れている事でしょう。今まさに日本の惑星探査技術は、新たな段階に入っていくのです。

（竹前）

ISASニュース

No.267 2003.6

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>）。