

ISAS 宇宙科学研究所
ニュース 1998.4 No.205

PLANET-Bの熱真空試験の直前の様子(ISAS事情欄参照)－左側はチェンバ内での準備、右側は扉を閉める直前－(写真撮影:杉山吉昭)

〈研究紹介〉

実用化に向けての電気推進の研究

東京大学大学院工学系研究科 荒川 義博

◆はじめに

電気推進は将来の宇宙推進といわれて久しく、その研究開発の始まりは60年代初頭にさかのぼる。それ以来、世界各国で研究開発が進められてきたが、実用化され始めたのはほんの最近のことである。この間、電気推進の研究は多少の波はあったものの大学や国の研究機関を中心として引き継がれてきた。このように電気推進が長年に亘って宇宙への出番がなかったにもかかわらず、その研究開発が続行されてきたのは以下の二つの理由からきているものと考えられる。

- 1) 電気推進の研究で培われたプラズマ技術を他の産業へ応用できたこと。
- 2) 電気推進の研究自体が興味深いこと。

ひとことで電気推進と言っても、いろいろな種類の電気推進機が存在する。加速方式で分類すると、静電

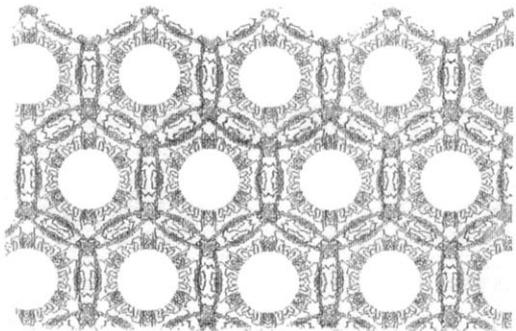
加速型のイオンエンジン、電磁加速型のMPD (magnetoplasmadynamic) 推進機、電熱加速(空力加速)型のアークジェット推進機などがある。それぞれには固有の放電技術やプラズマ技術が用いられ、また産業応用されている。電気推進の興味深さは、統合化する楽しみと細分化して個々の現象を分析する楽しみが共存するところにあるのではないだろうか? 研究者1人で一つの電気推進機を設計し実験を行い、性能の評価を行う。また、これと同時に、電気推進機の内部現象を調べモデル化を行う。イオンエンジンを例にとってみると、放電室、グリッドシステム、中和器などの構成要素では、それぞれ、放電プラズマの生成と閉じ込め、イオンシースの形成と静電加速、ビームプラズマの生成と中和といった異なったプラズマの形態や現象が存在する。それらの物理現象を分析し、モデリン

グした上で統合して一つのイオンエンジンを設計し作動させる。このような手法は、MPD推進機でも同じであるし、また最近次第に注目されるようになってきたホール推進機についても同様である。しかしながら、電気推進も実用化の段階にきた現在、研究の中心も性能向上や科学的・物理的興味から派生したものから、実用化にとって不可欠な課題、耐久性の向上や寿命評価に力点をおいたものになった。ここでは、研究室で進めている研究の一部を簡単にご紹介する。

◆イオンエンジンの耐久性評価

一般に電気推進は低推力機関であるため、長時間作動を必要とし、その耐久性の問題は実用化にとって最も重要な課題のひとつとなる。イオンエンジンはすでに実用化の段階に入っており、寿命の把握、特に耐久性の評価が極めて重要な課題となっている。しかしながら、実験による耐久性の評価は莫大な時間と費用を要するため、パラメトリックなスタディが事実上不可能であり、数値シミュレーションによる評価と設計支援が重要になってくる。これまでの長年にわたる研究からイオンエンジンの耐久性に影響を及ぼす因子はかなり把握されてきている。とりわけ加速電極のイオ

EROSION PATTERN OF THE DOWNSTREAM SURFACE OF ACCEL GRID FOR A TWO-GRID SYSTEM



EROSION PATTERN OF THE DOWNSTREAM SURFACE OF ACCEL GRID FOR A THREE-GRID SYSTEM

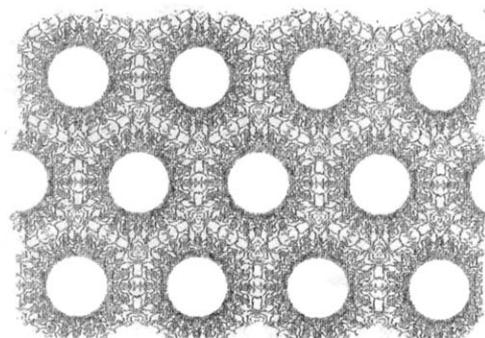


図1 加速電子の損耗分布

ンスパタリングによる損耗が重要な問題となってきた。これは、ビーム中のイオンと放電室から未電離のまま漏れ出てきた中性粒子との荷電交換反応により、低エネルギーのイオンが発生し、負の電位を持っている加速電極に向かって加速して、イオンスパタリングを引き起こすという現象である。一般にこのスパタリング損耗は加速電極下流側の面で激しく、特に互いに隣り合った多孔状電極の孔を結ぶ三角形の中心部分（通常Pitと呼ばれる）とそれを結ぶ線の部分（Grooveと呼ばれる）に集中する。この損耗は最終的には電極の貫通につながり動作不能に至る。

こうした問題に対処するため、研究室では数年前から荷電交換反応を考慮した三次元イオンビーム解析コードの開発を進めてきた。これまでも米国でPIC (Particle in Cell)法を用いたシミュレーションコードが開発されてはいるが、膨大な計算コストを費やすためパラメトリックな結果を出す段階に至っていない。研究室で開発したコードは、自己無撞着でビーム放出面を決める方式のもので、放出面を上流境界面とすることで、プラズマ領域での計算を回避することができ、効率的な計算を可能とするものである。このコードによるシミュレーション結果の一例を図1に示す。この図は加速電極下流側の電極面上の損耗分布を表したものである。2枚グリッド系において、前述したようにPitsとGroovesの箇所に損耗が激しく、この“Pits & Grooves”形状は実験でよく観察されるものである。これが3枚グリッド系になると、加速電極より下流に減速電極が存在するため、孔と孔の間よりも孔の周辺に損耗が集中する分布に変化する。このような変化も実験で観察されるが、定量的な一致までには至っていない。

◆ホール推進機の研究課題

ホール推進機は、円環状のチャンネルに静電界と外部磁界を印加してホール電流を誘起させ、プラズマ加速を行い推力を発生する推進機である。その原理はずっと以前からあるが、特に注目を集めるようになったのは、ロシアでの研究開発が広く公開されるようになってからである。ホール推進機は、比較的コンパクトで、1,000~2,000秒の比推力で50%程度の推進効率（エネルギー変換効率）が得られるため、地球近傍ミッションに適したものとして実用化が進められている。この推進機は、ホール電流と印加磁界の相互作用による電磁加速型の推進機ではあるが、イオンのラーマー半径と平均自由行程がチャンネルの代表長より長く設定するような作動条件の下では、イオンを静電界によって

加速するということになり、従って、静電加速型の推進機の側面を併せ持つ推進機と言えよう。しかしながら、ホール推進機は静電加速型を代表するイオンエンジンと異なり、その加速領域が準中性であるため、空間電荷制限電流則の制約を受けず電磁加速型のような推力密度が得られる。放電電圧（加速電圧）は推進剤の種類によって影響されるが100～400Vとアークジェット、MPD推進機に比べて高く、これがプラズマの生成に要するエネルギーの割合を低下させ、比較的高い効率を生む要因になっている。このように、ホール推進機はすぐれた特徴を持っているが、その反面、かなりの作動範囲で放電振動、プラズマ変動が観測される。特に、10～50kHzの低周波数帯域に大きな振動が観測され、電離不安定性に起因しているものと考えられている。この振動がどの程度加速チャンネル出口付近の壁損耗、推進機の耐久性に影響を及ぼしているのかは未だ明らかではないが、この問題を解決するため、プラズマ粒子モデルによるシミュレーションとプラズマ計測を主とした実験を行っている。実験室で作動中のホール推進機から排出されるプラズマプルームの様子を図2に示す。アークジェットやMPD推進機とかなり異なった、このプルーム形状は、ホール推進機に共通なものであり、印加磁界の影響が強く現れている。研究室のホール推進機は、ロシアなどの推進機と違って、ホローカソードは加速チャンネルの外側でなく中心軸上に位置している。これにより、放電振動は他の推進機に比較して低く抑えられている。しかしながら、こ

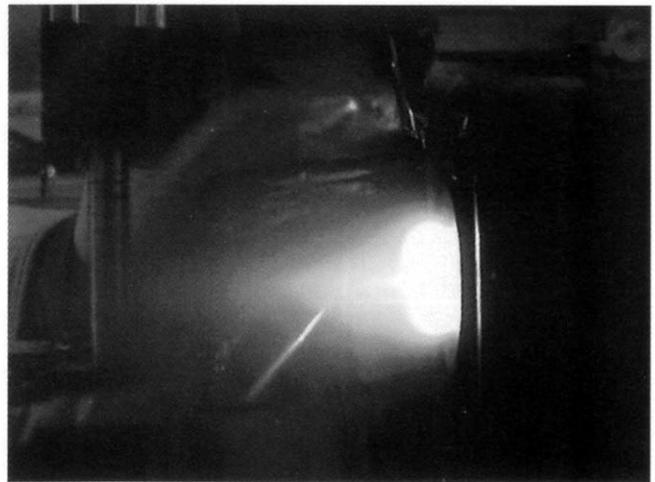


図2 ホール推進機の排気プルーム(左側が下流)

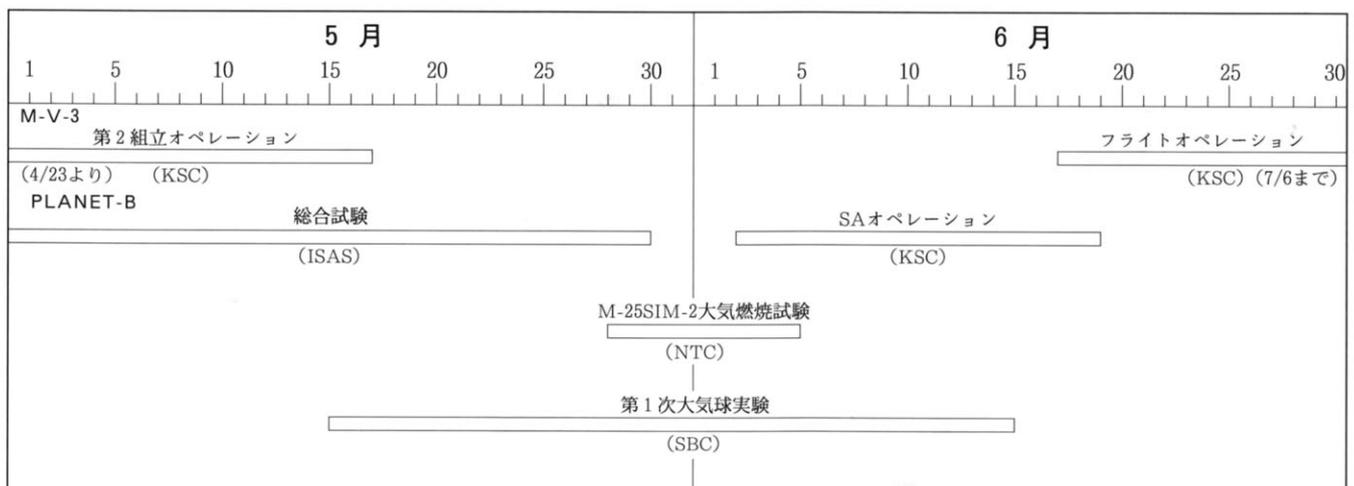
れがどの程度耐久性の向上につながるか未だ明らかでなく、今後早急に研究を進めていく必要がある。

◆おわりに

電気推進もやっと実用化の時代を迎えるようになった。米国PRIMEX社だけでもすでに50機以上の電気推進機が実用化されている。隔年ごとに開催される国際電気推進会議でもその雰囲気は感じられる。来年秋には日本で同会議が開催される予定であるが、この傾向は一層強まるであろうか？我々電気推進の研究に従事する研究者としては、科学的興味のある研究と実用化研究のどちらもより活発になってほしいと願う次第である。
(あらかわ・よしひろ)

お知らせ 

★ロケット・衛生関係の作業スケジュール（5月・6月）



ダイヤルイン化について

相模原キャンパスの電話交換業務を平成10年5月18日（月）よりダイヤルイン方式に移行致します。
 今後は交換手を通さないで直接担当者と通話ができるようになります。
 新番号は0427-59-8×××となり4月下旬に決まる予定です。
 なお、現在使用されている代表電話番号（0427-51-3911）は当分の間残ります。

★人事異動（教官）

発令年月日	氏名	異動事項	現（旧）職等
		(採用)	
10. 4. 1	よし かわ いち ろう 吉 川 一 朗	太陽系プラズマ研究系助手	
"	いま むら たけし 今 村 剛	惑星研究系助手	
"	ふな き いっ こう 船 木 一 幸	宇宙推進研究系助手	
"	お がわ ひろ ゆき 小 川 博 之	次世代探査機研究センター助手 (探査機システム分野)	
		(転入)	
10. 4. 1	まつ はら ひで お 松 原 英 雄	宇宙圏研究系助教授	名古屋大学大学院理学研究科助手
"	よし かわ まこと 吉 川 真	衛星応用工学研究系助教授	郵政省通信総合研究所主任研究官
		(転出)	
10. 4. 1	前 川 昭 子	神戸大学大学院自然科学研究科助教授	惑星研究系助手
		(辞職)	
10. 3.31	中 村 匡	辞職（福井県立大学生物資源学部助教授）	太陽系プラズマ研究系助手
		(停年退職)	
10. 4. 1	今 澤 茂 夫	平成10年3月31日限り停年により退職した	宇宙輸送研究系助手



★科学論説委員等との懇談会

恒例の標記懇談会が、さる3月3日に、霞ヶ関ビルの会場にて開かれた。新聞社・テレビ局の科学論説委員、解説委員等15社17人の方々が出席された。

西田所長による宇宙研の全体的な現況報告に続き、M-V（小野田）、はるか（平林）、あすか（井上）、GEOTAIL（星野）、MUSES-C（川口）の各プロジェクトについて紹介があった後、活発な質疑応答が行われた。各担当教官の説明には、本来難解な科学・技術の内容を解り易く話す努力が伺われ、好評であった。論説委員の方々からは、省庁統廃合や予算の頭打ちという外部状況の中で、宇宙科学の広報活動を活発化していく重要性についての助言を頂いた。（中谷一郎）

★「ようこう」の見たカリブの黒い太陽

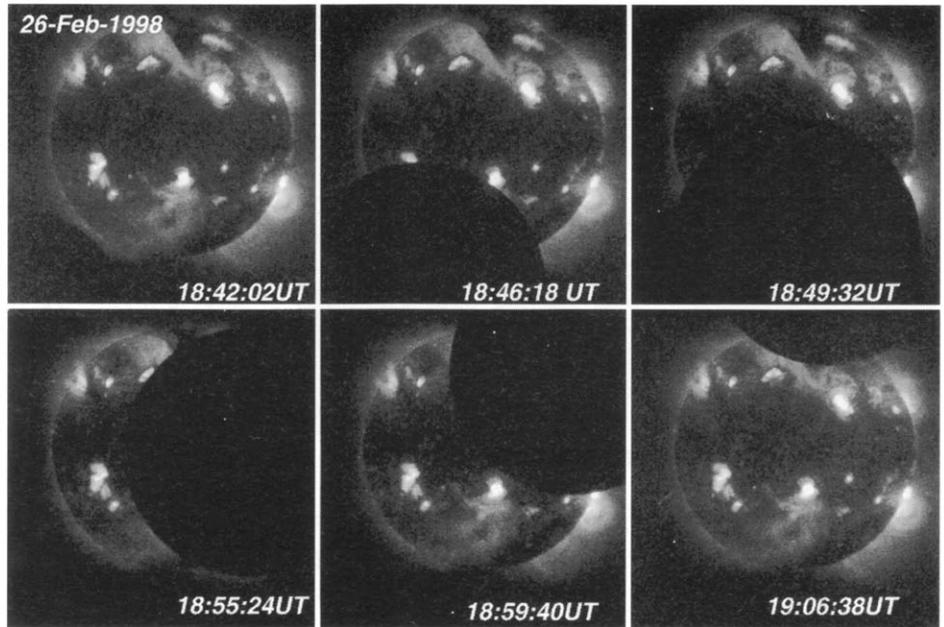
日本時間2月27日未明、カリブ海を中心とする地域に皆既日蝕が見られた——今世紀、最後から2番目の皆既日蝕である。地上観測隊が東の間のカリビアン・ナイトを楽しんでいる頃、「ようこう」も、皆既帯こ

そ逸したが、7年にならんとする観測期間の中で一番深い部分蝕に遭遇することができた。

大変な精度で太陽を自動追尾している衛星に、日蝕を観測させることは実に難しい。姿勢系には欠けて暗くなりゆく太陽を太陽とは思わず、観測系にはあれこそが太陽だと思わせる必要があるからだ。平成7年10月24日の時も観測はうまくいったものの、最後になってだまされ続けていた姿勢系が「太陽を見失なった」と騒ぐことがあった。今回はその経験も生かして慎重な準備を重ね、全てがうまくいく結果となった。

X線で部分蝕を観測するメリットは、一つには観測望遠鏡の散乱光特性の確認であり、もう一つは月の運動を利用して、本来観測器の持っている空間分解能を上回る観測ができることである。更に今回は、初めて「SOHO」衛星との共同観測が実現し、大いにその成果が期待できる。地上観測も成功したようだ。活動の極小期を通過した太陽面には、新周期起源の活動領域が中高緯度に点在し、軟X線分光観測との協力により、それらの活動領域の温度構造についても情報が得られるものと期待している。（国立天文台・渡邊鉄哉）

図説明：X線部分蝕：低周回衛星の対地速度は月のそれを上回り、蝕が多数回起こる。図は3回目かつ最甚のもの。月が東南から曲線を描いて、北へ抜けていく様子がわかる。



★PLANET-B 総合試験進む

昨年10月27日より始まった標記試験が、宇宙研の飛翔体環境試験棟にて進行中である。

PLANET-Bは、今年の夏期にM-Vにより打上げが予定されている火星探査機である。各サブシステムの組付けと各種試験が続き、2月には温度試験、3月には振動・衝撃試験が行われ、

担当者達は、自分の愛児がいじめられているような苦しみ(?)を味わうこととなった。

4月上旬には、次の「いじめ」、熱真空試験が始まる。表紙の写真は、スペースチェンバに入れた直後、扉を閉じる直前の探査機の様子を示す。扉を閉じた後、チェンバ内を真空に引き、熱サイクルの試験を約10日間にわたって行う。その後、5月下旬まで各種試験が続き、内之浦のフライトオペに向けての移動は、6月初め、打上げウインドーの初日は、日本時間7月4日である。

(中谷一郎)

★現役記者との懇談会

現在新聞・テレビ・雑誌各社で直接宇宙科学・宇宙開発の取材にあたっている記者(現役記者)のみなさんに、宇宙科学研究所の活動についてよりよく知っていただくことを目的とした懇談会が、さる3月19日に霞が関ビルの東海大学校友会館で開かれました。27名の記者が出席され、宇宙研からも西田所長他18名が出席しました。

所長の挨拶の後、昨年2月にデビューしたM-Vロケット(小野田)、はるか(平林)について説明し、現在活動中の衛星のうちあすか(井上一)、GEOTAIL(星野)の主要な成果を報告、さらに将来計画の中からPLANET-B(鶴田)、MUSES-C(川口)が紹介されました。

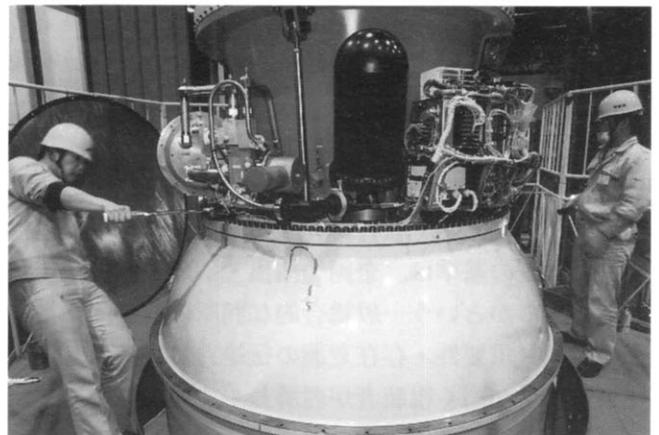
つづく質疑・懇談では、それぞれのプロジェクトについての立ち上がった質問がなされたり、所長が冒頭の挨拶で述べた行政改革・宇宙科学研究所予算の問題について、さまざまな議論が展開されました。この試み

は、長い間構想されていたもので、今回初めて実施にこぎつけました。出席した記者の側からは、「記者会見の時のトピックだけを追う情報だけでなく、宇宙科学研究所の日常業務や射程距離の長いプロジェクトなど生きた姿を知ることができて本当によかった」との感想が寄せられ、宇宙科学研究所の一同も、今後のジャーナリズム対応に大きなヒントが得られたものと確信しています。

(的川泰宣)

★M-V-3号機第一組立オペレーション

今年の7月に火星へ向けてPLANET-Bを打ち上げるM-V-3号機のKSCでの準備作業が3月10日から始められました。今回のオペから打上げ準備作業の効率化を図るため、TVCまわりの単体動作確認、ロケット各段の組立やノーズフェアリングの整備と、これらに伴う各種計測や計装の準備を中心とした第1組オペとして実施され、動作チェックや地上系のチェックなど搭



M-V 1段目ノズルの組み付け



M-14 TVC 可能ノズル駆動試験

載計器全体に火を入れて行う作業は4月後半から行われる第2組オペが初めてとなります。前回の1号機では初めての機体を扱う上での予期しない出来事が数多く発生しましたが、さすがにその反省が生かされ、今回のオペでは不具合は2件を数えるにとどまり、スムーズに次のオペにつなげることができたと思います。以後5月中旬までの第2組オペでの各段の結合とロケット全段での動作チェック、6月前半にはPLANET-BのKSCへの搬入、6月後半からロケットのフライトオペと作業は続きます。

(稲谷芳文)

★SFUのビデオ、コンクールで奨励賞を受賞

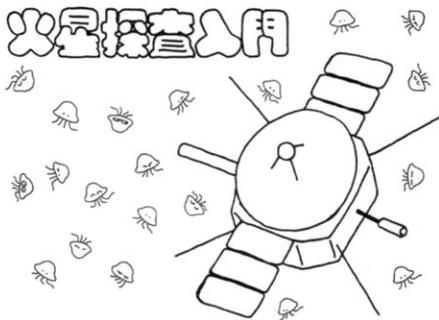
宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU)は1995年3月に宇宙開発事業団のH-IIロケット3号機によって種子島宇宙センタから打ち上げられ、翌1996年1月にスペースシャトル「エンデバー号」によって回収され、ケネディ・スペース・センタに帰還した日本で初めての再利用型宇宙プラットフォームである。

この衛星の設計・製作、地上で行われた数々の試験、打上げ、運用、回収、研究成果の発表までの全過程を分かりやすく説明したビデオ「再利用型衛星「SFU」—人類の果てしなき挑戦」が、(財)機械産業記念事業財団主催、通商産業省、(社)経済団体連合会、(社)映像文化製作者連盟が後援する「'98年TEPIAハイテク・ビデオ・フェスタ」に於て200作品の中から奨励賞を受賞した。審査員は、映像評論家、科学評論家、技術系大学・美術大学・教育研究所の専門家、後援団体代表者で審査の基準は、企画・演出・構成・映像表現が優れているかという一般総合的な判断の他に、ハイテクの役割・重要性・存在意義の伝達力があるか、演出技術の水準が高く視聴者が理解しやすい工夫をしているか、ハイテクを建設的な視点でアピールしているか、が問われた。第1次審査結果講評の一部を紹介すると、

「今回も前回同様、不況を反映してか企業関係に意欲的な作品が少ない。特に時代の先端を走っているはずの「電子」「機械」の分野では全く見るべきものがない。そこで結果的に「ハイテク総合」から選出が多くなった。」と手厳しい。その上で「この分野は業種分類の枠を越えてハイテクの意味を様々に捕らえている作品が集まっているので、その中でも人間とハイテクが良き共存共栄を築いていることを表現した作品に目が向いた。」と評している。そう言えば今回受賞した作品の中に、「SFUは故障しても、身が半分になっても必ず帰還することが最優先の要求である」が図らずも実践された太陽電池パドルの宇宙空間での切り離し、その作業を行う宇宙飛行士や相模原運用センタの緊迫した映像、切り離し成功の人々の歓喜、宇宙から帰還した衛星をいたわる関係者の姿などを映像として取り入れた。ひょっとしてこの様なシーンが評価されたのか、あるいは回収を終えた宇宙飛行士からお土産をもらっている嬉しそうな共和小学校児童の表情が評価されたのか？今回のビデオ製作で筆者が一番注意したのはビデオ作りの基本の「迷ったら切る」で、いかに短い作品に仕上げるかであった。これは本来の目的であるSFUプロジェクト全体を記録として残す事と判りやすく簡潔にまとめる事との妥協点を決める事である。作品の中では割愛され映像化されていない様々な苦労や困難がこのプロジェクトを成功に導いた事を特筆し、全てのSFUプロジェクト関係者と暖かく見守っていただいた宇宙科学研究所全職員を代表して授賞式に参加した。

SFUプロジェクトとビデオ編集に深く関係した者として今回の受賞は個人的にも本当に嬉しく関係者全員に感謝したい。このビデオは貸し出し用が用意してあるので、希望者は遠慮なく申し出て戴ければよい。写真は3月20日に行われた表彰式の様子。(清水幸夫)





第3回 PLANET-Bの目指すもの

早川 基

表面の様相が運河に見えるためかSFの影響かは分かりませんが、

“火星”という前回の記事にも出てきた「緑色の小人」やこの記事のタイトルバックに描いてあるような蛸のような火星人を思い浮かべるのが一般的なようです。この為かどうかは分かりませんが、昨年夏に火星に到着した Mars Pathfinder (皆さんの記憶にも新しいと思います) やついこの間の Mars Global Surveyor (MGS) までの殆どの衛星が地形、地質、気象、生命といった分野の観測を目的としています。火星からの隕石に生命の痕跡があった／無かった騒ぎや有人の火星探査をアメリカが計画しているおかげで、火星に対する上述の分野の観測がますます盛んになりそうですが、我々が計画している PLANET-B はそれとはちょっと異なり「火星上層大気と太陽風との相互作用」に主眼をおいています。(地形、地質、気象といった分野の観測も行いますが、大気やプラズマ関連の観測が主です。)

過去の衛星で PLANET-B と似たような観測を行っているのは軌道投入後2か月ほどで、フォボスへの接近中に死んでしまった、旧ソビエト連邦の Phobos-2 ぐらいでしょう。この衛星は短期間で死んでしまったのですが、それまでの間に火星の夜側で火星から大量の酸素が流れ出ていることを発見しました。どの程度の酸素が流出しているかといいますと、Phobos-2 で観測された物がいつでも全域にわたって流れ出しているとするとなんと1億年で現在の火星大気中の酸素が無くなってしまふほどの量です。(地面からの供給があるので、本当に1億年で火星大気中の酸素が全て無くなってしまふ訳では有りませんが。大変な量である事には違いありません。) この観測が PLANET-B を計画する動機の一つになっています。つまり、本当にこれほど大量の酸素が流れ出ているのだろうか、又、どういった機構が働いて酸素が流れ出しているのだろうかをきちんと調べようという訳です。

酸素流出の問題は火星の夜側の話ですが、全球にわたる問題としては、火星の固有磁場の問題があります。火星は地球とは異なり、惑星固有の磁場が無いが又は有っても大変小さなものです。(MGSの観測によれば、固有磁場と呼べる物はなく、局所的に帯磁した物が見

えるだけとの事ですが、まだはっきりと結論が出ている訳ではありません。) この固有磁場の有る・無しをきちんと調べるためには太陽風の中の磁場の影響から逃れるために、なるべく低い高度で観測をすることが望めますし、火星全域での磁場を測定するためには軌道は極軌道に近い事が望めます。また、火星には固有磁場が殆どないために、昼間側に於いては地球では磁場によって遮られている太陽風(太陽から流れ出ている高速のプラズマ流)が直接上層大気にぶつかっています。そしてこの太陽風との相互作用によって火星の大気が剥ぎ取られていきます。この大気の散逸の過程も PLANET-B の観測で明らかにしたい事柄の一つであります。これら、火星大気の散逸の過程を調べることで、火星大気の進化の歴史に対する手がかりが得られます。

ここに挙げた事柄などを解明するために PLANET-B には14個の科学観測器(そのうち、4個が海外機器でアメリカ、カナダ、スウェーデン、ドイツから夫々1つずつ供給されています)が搭載されています。(搭載機器ではありませんが、地球から見て衛星が火星の裏側に隠れる時と出る時と電波の掩蔽を用いて大気密度分布も調べます。) PLANET-B ではこれだけの観測器を積んでいくために徹底した軽量化が行われました。その結果、5mのマスト及び1本25mのワイヤアンテナ4本の駆動機構なども含めて、観測器の全重量は35kgと従来の衛星に比べて驚異的に軽い観測器重量となりました。(観測器の数が PLANET-B とほぼ同じである GEOTAIL 衛星では180kg程度でしたから、いかに軽くなったかお解りになると思います。) これらの観測器を総動員して、色々な未知の問題を調べていく訳ですが、個々の問題により観測に適した軌道は異なります。それらをなるべく満足し、尚且つ日陰の時間がバッテリー容量から許容される範囲内にはいるように、PLANET-B では近火点高度を一番低い時で150km程度に、遠火点高度は15Rm(1Rmは火星の半径で約3400km)程度に、初期の軌道傾斜角は75度という準極軌道の長楕円軌道に設計しています。

次回からこれらの観測器を用いてどのような観測を行なう事により、どの様な問題が明らかになるかについて、火星表面から遠い所、近い所へと順に紹介していきます。

(はやかわ・はじめ)

<PLANET-B 打上げまであと3ヵ月>

ワインに囲まれた充実した試練

佐藤 哲也

ATRエンジンの風洞試験に関する打合せ兼、宇宙往還機に関する研究調査という目的で有難くも40日間のフランス出張に行かせてもらった。移動が多く重い荷物を持って各地を転々としたが、どこへ行っても素晴らしい出会いがあった。イタリアとの国境付近、スキー場のすぐ側の盆地にオネラのモダン試験場は位置する。1940年代に作られたこの設備、その風洞設備の規模もさることながら、高さ800mの高低差を利用して山の上から水力タービンをまわし、直接大型風洞を運転するという方法には驚かされる。また、プレファ計画で進められたスクラムジェットエンジンの燃焼試験の緻密さ、炭素/炭素複合材料の独創的な製造技術、月産1台のアリアンロケットの組立て工場を目前にすると負けてはいられないとの意欲も湧いてくる。パリでは美術館のみならず街並みまでもが期待していた以上の華やかさで、ボルドーの赤ワインとチーズの取り合わせは日本酒と塩辛のように絶品であり、ブルジュで仲間と共に食べたディナーはまるで映画のワンシーンの様であった。

しかし、今回の出張で印象に残ったのはそれだけではない。最も痛感したのが言葉の壁である。米国とフランスにおける壁は種類が異なる（語学力次第なのかもしれないが）。米国では彼ら同士で話していることはほとんど聞き取れず、知らない単語を使われればパードンを繰り返すといった壁があるが、これはまだ良いほうである。なぜなら日本人が外国人の日本語に対して寛容であるように、私が話すことを彼らは全て良いほうに理解してくれるからである。フランスでは双方にとって英語が外国語であるため、このような斟酌はまずない。私などは宇宙研職員には珍しく気が弱く、日本語を話すときにはかなり余分な修飾語を使って言葉を和らげているが、英語になるとどうしても単刀直入な表現になってしまう。例えば、「すみません。よろしければ、見せていただけませんか」という気持ちで言ったことが、「見せられるのなら見せなさい」というふうに曲解されうるのである。もちろんこれは非常に極端な例であるが、会議をしているうちになぜか相手の声が荒いしていることも一度だけではなかった。かといって、下手にフランス語で「欲しいのですが、切符1枚、パリまで、二等車で」と言ってさっそうと札を出した後、「小銭ありませんか」と言い返さ

れて赤面したこともある。今思うと毎日トラブルの中で生活していたようである。しかし、ある夜ホテルで「チェックアウトを1日早めたい、数日後にまた来から予約がしたい、それまでトランクを預かって欲しい」と言うのを英語の話せないおばあさんに、電子辞典で単語を並べて伝えきったときの感動も忘れられない。これは研究においても同様で、分野が異なり普段は理解不能と思っていることでも、何とかして断片でもつかめれば新たな感動、発見が生まれてくるのではないか（この点では宇宙研は理想的な研究所であろうか）。

またフランス人との意識の違いも感じた。日本人は、特に私は、「出る杭は打たれる」、「謙譲は美德である」という意識が強く、ときに意志薄弱と思われることもままあるが、この考えはフランスでは全く通用しない。研究者の、レストランのボーイの、タクシードライバーの、とにかく私から見ると過剰とも思われる自信のある言動に、ちょっとおかしくもあり、しかしプロ意識や自国に対する誇りを感じる瞬間でもあった（具体例に関しては文章にすると語弊があるので割愛します）。彼等の自信が全力を尽くした結果から出てくるものであるならば、また実際そう感じられたのであるが、私は見習わなければならない。初めて海外出張のときホテルのロビーで両替をするのに「プ、プリーズ、エク、エクステンジ…」とたどたどしく言っている私の後ろから、「両替お願いね」と1万円札をドンと置いたおばさんもきっと自信に満ちた人生を送っているであろうとふと思った。そういえば、私の周りにも見習うべき人が少なくない。また彼等は日本人の勤勉さ(?)にも興味を持っており、幾度か「日本人は夜遅くまで働くというけど能率は上がっているのか」と聞かれ、「夕方以降は少し落ちますね」と謙虚に答えると、皆「そうだろう」という満足げな表情をした。

何はともあれ、研究面だけでなく人生経験をも積みかせてもらった今回の出張であった。特に、エアロスパシアルのブルジュの方々には並々ならぬお世話になったので紙面を借りてお礼を言いたい。家に帰って「今度の出張でひとまわり人間が大きくなったよ」と話したら、妻に「気のせいよ」と一蹴されたところを見るとまだまだ人生修業が足りないであろう。

(さとう・てつや)

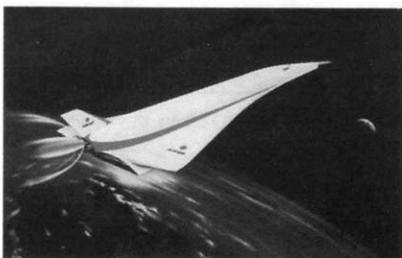
スペースプレーン—大気圏の新たな活用と挑戦

航空宇宙技術研究所 舞田 正孝

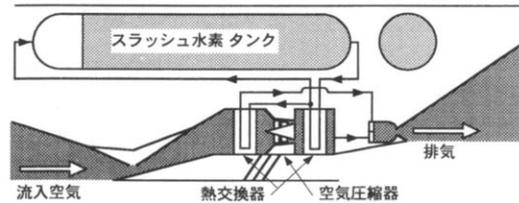
前回の解説で述べられたように、地上から軌道への輸送が今後の宇宙開発の進展の大きな障壁であると非難されては困りますので、現行の輸送システムの問題点や反省を基に、経済性の追求と運用性の向上等の要請に応えるべく、次世代宇宙輸送システムの実現に向けたプログラムが推進されています。航空宇宙機/スペースプレーンは、こうした21世紀の地球と宇宙を繋ぐ架け橋となる新しい宇宙輸送システムのコンセプトです。スペースプレーンは、宇宙輸送コストの低減のみならず、我々の誰もが容易に宇宙にアクセスできるように、高い信頼性と安全性を兼ね備えた有人輸送システムを目標としています。このためスペースプレーンは、従来のロケットのような使い捨て部分を無くし、くり返し何度も使用する「完全再使用性」と航空機のような運用方式をその設計の基本としています。

スペースプレーンの特徴は大気の積極的な活用にあります。帰還、再突入の必要性とともに、上昇中も大気圏を通過する間は主翼の揚力で機体重量を支えることで、ロケットと異なり小さな推力で上昇できるなど推進システムの負担を軽減する航空機のような飛行方式、形態をとります。また、大気中の空気を有効に取り入れて推進エンジンの酸化剤として利用し、その性能を大幅に向上させ、またロケットエンジンに必要な液体酸素に代表される重い酸化剤を極力減らすことができる、エアブリージングエンジンと呼ばれる新しい推進エンジンを用います。ロケットの場合は空気は単なる邪魔者ですが、スペースプレーンの場合はこれを積極的に利用し空気のあるところで加速を有効に行おうとするものです。軌道速度に近いところまでこの方式で加速するにはスクラムジェットエンジンと呼ばれる革新的なエンジンが必要で、さらに地上から連続的に加速するには複数の形式のエンジンが必要とされます。図に示した例はスクラムジェットエンジンと空気液化サイクルエンジン(LACE)を機体と一体化した単段方式のスペースプレーンと推進系の模式図です。

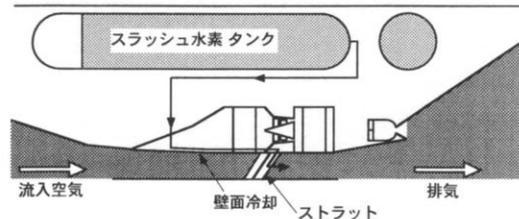
これによって航空機のように滑走路を水平に離着陸し、機体全体がそのまま宇宙に行って再び地球に帰還することが可能となります。また可能な限り航空機的设计、



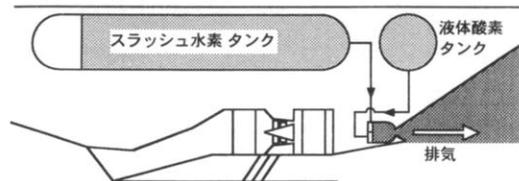
1) LACEモード



2) SCRAMモード



3) ロケットモード



インフラ等との共通性を持たせることにより運用性の向上を図ることを考えています。

こうした大気あるいは大気中の酸素を積極的に利用した「空力軌道」を飛行する宇宙輸送システムのコンセプトは決して今に始まったものではなく、1928年には既にオーストリアの Eugen Sängerにより研究され、またこの鍵となる極超音速エアブリージングエンジンについても Antonio Ferri, Fred Billingらにより1960年代にかけて先導されてきたところです。その後、弾道形態のロケット、スペースシャトル等の開発の中で埋没してしまいましたが、1986年スペースシャトル・チャレンジャーの悲劇的な事故以来、次世代システムの要請の中で研究活動が再開されることとなります。今日の先進複合材料等の技術革新も含め、スペースプレーンの実現がもう一步のところまで来るに至っています。スペースプレーンは21世紀に向けた技術チャレンジではありますが、それはもはや決して不可能な夢ではありません。着実な技術開発の積み重ねがそれを現実のものとし、国内の関係機関はもとより、諸外国とも力を合わせてスペースプレーンの実現に努力し、21世紀の宇宙新時代の展望を拓いていきたいと考えています。(まいた・まさたか)



浜浅内とロケット実験

平川 宏

M-V-1号機の成功おめでとうございます。

今更と思われるかもしれませんが、もう1度言わせて下さい。何故かと申しますと、内之浦で打ち上げたM-V型ロケットは、まだ1機ですが、能代では1段階目ロケットだけでも2機、合計10回以上の燃焼実験を行っているのです。加えて、後で述べますが、私自身、その開発実験に関わっているのです。

能代ロケット実験場が秋田県岩城町道川海岸より能代市の農業中心の浜浅内地区へ移転してきたのは1962年のことです。風の松原等で知られた能代市に、もう1つ名所が加わり、以来、30数年、宇宙科学研究所とのおつきあいが続いています。

それまでロケットという名前は漠然と知ってはいても、我々一般人の生活には無関係の分野と考えていたものが、突然身近にやってきたのです。当時は、夢と好奇心でいっぱいの子供でしたが、地区の住民共々実験場へ出入りし、実験の準備作業や場内の整備等、実験に関わるようになり、いつの間にかロケット実験の関係者になっていました。その間、実験場長も、初代の倉谷教授から現在の高野教授で4代目になりますが、それぞれ、親しく目を懸けていただきました。

私が浜浅内地区の自治会長を拝命したのは今から4年前、実験場は、宇宙研最大のロケットM-V型の開発に着手した頃でした。

ロケットの実験は音も大きいですが、燃焼ガスも大量に発生します。しかも、打ち上げと違って燃焼終了までその場に止まっているのです。従って風向が陸側（居住地区）と反対側でなければ実験を行わない旨の申し合わせがなされていました。そして、実験当日は自治会長として実験本部に出向き、風向測定装置のデータを慎重に検討し、実行の最終的な判断に加わる役割を担っておりました。

というわけで、最初に、実験に関わっていると申し上げた次第です。そして、それだけに、1号機の成功が我が事のように嬉しいのです。この喜びを嘯みしめるまでには多少の心配事項もいくつかありました。

「鶏が卵を生まなくなる」とか、「農作物等の被害」とかいろいろ懸念されましたが、宇宙開発の最先端を担う研究所としてできる限りの配慮をして頂いた結果、取り立てて挙げるような被害は無くこの成功をみたわけです。その他にも、地元住民としては、実験場や実験班の皆様との数え切れない程の思い出がよみがえってきます。浜浅内は、実験場も含め、あの忌まわしい日本海中部地震の被害から見事に立ち直りました。実験場の西側は日本海、その他の3方は有名な「風の松原」です。秋になれば、松茸にも匹敵するキノコ、「金茸」狩りでにぎわいますが、実験班員の中には地元の人よりよく採る人もおります。さらに、能代市の子供達の夢を膨らませる「宇宙科学体験教室」の開催や「宇宙研究のあゆみ」のビデオテープ資料など数々のご配慮を頂きありがとうございます。特に、恒例となった実験班員と浜浅内地区住民との親睦を深めるための野球の試合は印象深いものがあります。実験班チームのエースはなんと、初代Mロケット計画主任且つ2代目場長の松尾教授で、我がチームの年寄り連中を次々となぎ倒す投球ぶりは驚きです。しかし、私一人のみ相性がよく4割近い打率を今もって維持しているつもりです。でも、そろそろ3回位でリリーフを仰いだ方がよろしいのではないのでしょうか？先生は本ニュースの編集長も兼務されておるそうですが、この部分をカットされないよう祈っております。そして、今年の夏のM-V-3号機の打ち上げ成功を心よりお祈り申し上げます。

(能代市浜浅内地区自治会長 ひらかわ・ひろし)



初出張が能代ロケット実験場で月ペネトレータ貫入実験でした。その後、何度も能代で実験する機会がありました。どういう訳か食べ物豊富な実験場で、実験後に牡蠣やキスを腹一杯食べたことが思い出されます（さすがに「金茸」を腹一杯食べたことはありません）。最近訪れる機会が少なくて残念です。
(早川)

ISASニュース

No.205 1998.4

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆本ニュースに関するお問い合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)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>)。)