



マイクロ波放電式イオンエンジンの2台同時作動（地上試験）
上：開発モデル，下：プロトタイプモデル

宇宙科学最前線

宇宙大航海時代への予感

～小惑星探査機「はやぶさ」とイオンエンジン技術～

國中均

宇宙輸送工学研究系助教授

「はやぶさ」順調に航行中

漆黒の空間に3つの紫電の光を灯し「はやぶさ」は針路を地球にとり、航行を続けていることでしょう。管制室のコンソールに流れる数値だけでは飽き足らず、飛んで行って、イオンエンジンのグリッドの穴はどうなっているのかとのぞき込み、温度センサの貼っていないあそこの温度は大丈夫かと手をかざしたい衝動に駆られます。

2003年5月9日、MUSES-Cを搭載したM-Vロケット5号機は、ごう音とともに青空へ消えてゆきました。地球が1周して鹿児島局で再び電波をとらえたときには、「はやぶさ」という新しい名前が付いていました。15年間かけて研究開発したマイクロ波放電式

イオンエンジン^{ミューテン}μ-10が、やっと“宇宙生まれ（space-borne）”となった瞬間です。5月末から慎重に1台ずつプラズマ点火、イオン加速を行いました。通信波のドップラーシフトから、イオンエンジンによって「はやぶさ」が加速され速度が変化するさまを実時間で確認できたことは、望外の喜びでした。試験調整が終了して、7月からは地球からの実時間監視なしで24時間連続で加速を続ける巡航運転が始まりました。年末年始の休止期間を挟み、2004年2月末には作動積算時間1万時間・ユニットを達成しました。

「はやぶさ」は、2004年5月ごろに地球のそばをかすめる軌道を確認したことになります。このとき、これまでイオンエンジンによ

図1 小惑星探査機「はやぶさ」の深宇宙航行(想像図)



って加速してためた速度ベクトルを、目的天体である小惑星“ITOKAWA”の方向へねじ曲げます。その後も加速を続け、2005年秋、ITOKAWAに到着する計画です。

より遠くへ飛翔するために

宇宙で推進するには、質量を放出(ジェット噴射)したその反動を用います。より遠くに出掛けるには、より強いジェットが必要です。ジェットの強さは、放出質量(推進剤量)と噴射速度の積です。宇宙は真空で、吸い込むものがないので、推進剤はあらかじめすべてを持参しなければなりません。しかし、ほかの荷物を降ろさない限り、もうこれ以上は宇宙機に詰め込むことはできません。

そこで推進剤の量を増やす代わりに、速いジェットを作るのです。これまでのヒドラジン・スラストの噴射速度は秒速3kmでしたが、イオンエンジンはその10倍の秒速30kmを発生できます。このように噴射速度の速いことを「高比推力」といいます。軽い機体に高比推力エンジンが搭載されれば、ますます遠くへ飛翔することができます。

図2には、これまで宇宙科学研究本部(旧宇宙科学研究所)が打ち上げた人工衛星やロケットの燃料(推進剤)重量占有率と軌道変換能力を示します。「はやぶさ」以前の宇宙機システムはいずれもヒドラジン・スラストを用いていたから、燃料は宇宙機全体の重量の50%に達するにもかかわらず、軌道変換能力は1km/s前後でした。ところがイオンエンジンを搭載した「はやぶさ」では、推進剤はたった13%なのに、4km/sも発生できるのです。この数値は、打上げロケット1ステージ分の軌道変換能力を凌駕していることもお分かりでしょう。ロケットによって宇宙に放り出された後は惰性で慣性飛行するこれまでの人工衛星とは異なり、「はやぶさ」は自ら軌道変換して目的の方向に航行することのできる「宇宙船」なのです。その主推進・原動力こそがマイクロ波放電式イオンエンジンμシリーズであり、フォン・ブラウン先生のお言葉をお借りするなら「深宇宙への橋頭堡(foothold in deep space)」といえます。

イオンエンジンは、推進剤キセノン放電によってイオン化し、1.5kVにバイアスした電極でこのイオンを加速します。その後、別で作った電子と混ぜて高速プラズマビームとして噴射します。このときプラズマとなったキセノンは、紫色の輝きを見せます。私たちの作った新しい電気推進「マイクロ波放電式イオンエンジン」では、それまで耐久性に限界のあった放電電極を完全撤廃することに成功しました。

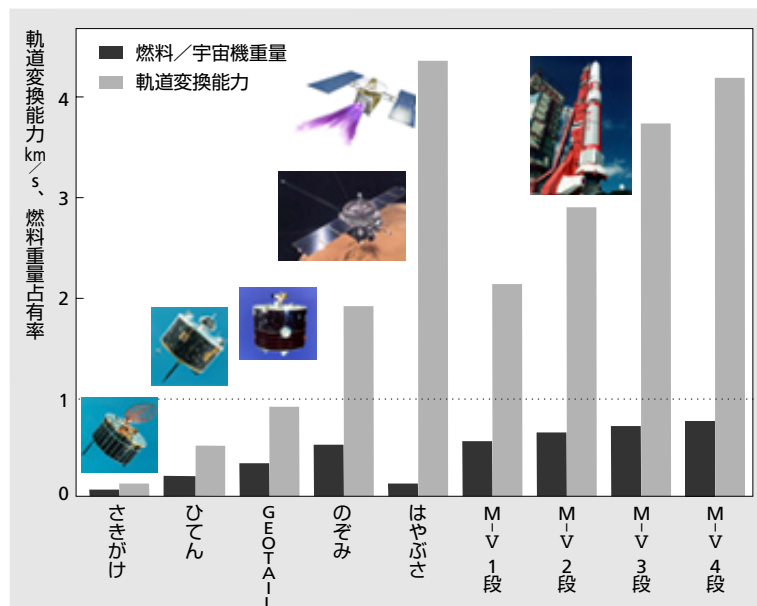
ここで名前の由来をお話ししましょう。「μ10」エンジンの名称は、マイクロ(μ)波駆動されるという意味と、ミュー・ロケットの最上段高比推力モーターとしての意義を、数値は有効直径を表します。

見たことのない新しい世界を切り開く

大型ロケットに頼らずとも宇宙機搭載推進系を高比推力にすることにより、中型ロケットM-Vで地球の周りの無限に続く回廊から脱出して、惑星空間を往来する深宇宙航行が可能になるのです。より遠くへ、見たことのない新しい世界を切り開く「宇宙大航海」へと思いをいざないます。

そこで、地球の大航海時代(15~16世紀)について少し勉強してみました。スペイン・ポルトガルは香辛料貿易を求め、それまでの陸路ではない新ルート、海路の開拓を目指し

図2 宇宙研が運用した深宇宙機とM-Vロケットの軌道変換能力と燃料重量占有率



ます。それを支えたのは船舶技術です。それまでは、たくさんの櫂で漕ぐガレー船が主流でした。多くの人力が必要なため、寄港なしの長期航海はできません。また、櫂を水面に届かせるために吃水が低く、耐波性がありません。外洋航海を可能にしたのは、全装帆ガレオン船です。海賊船に見られるような船尾にかけて段階的に高くなる形式です。3本か4本のマストを立て、追い風を受ける横帆と、風上に帆走するための三角帆(ラテンセイル)を装備しています。マストにより背丈が高くなる分の船体のバランスをとるために、砂や石が船底に入れられました。

造船技術だけでなく、航海技術も進歩しました。北を指し示す羅針盤(コンパス)に、北極星の仰角から緯度を測るアストロラーベ、船から投げ入れたひも付き木片(ハンドログ)の繰り出し長さから船速を計り、さらに海図(ポルトラーノ)が整備されました。これらにより陸地を確認しながらの近海航法に離別し、外洋へと乗り出すことができたのです。

それとて、決して安穏とした航海ではありませんでした。海難事故は大敵ですが、それよりも壊血病によってたくさんの船員が死にました。170人でインド航路開拓(1498年)に出発したヴァスコ・ダ・ガマの一行の帰還者は44人、世界一周(1519年)を成し遂げたマゼラン一行250人中、帰還したのはたったの18人だったそうです。そんな危険があるとしても、コロンブスはポルトガル・イギリス・フランスへと自己の計画を持ち込み、とうとうスペイン女王を説き伏せて新大陸への航海(1492年)を達成しました。

μ20, そしてμ10Hispエンジンへ

さて、宇宙航行も彼らの航海に相通じるものがあります。宇宙船は宇宙の極低温や強烈な放射線に耐えられる強じんなシステムを備え、太陽と星の方角から自分の姿勢を知り、円盤を高速回転させ姿勢を保ち、通信電波の波数を数えて地球からの距離と方向を割り出し、風の代わりに光を集めます。これを電気に変え、または直接運動量に変換し推進力とします。

受ける光の量が宇宙航海の質を決める、と言っても過言ではありません。大きな推力を得るためにはたくさんの電力が必要です。そのためには、広い面積でたくさんの光を集めなければなりません。重いパネル構造が使え

ないほど大きな太陽電池ならば、薄い膜面を使いましょう。そう、まさに帆(セイル)のようです。発生した電力を推力に変換するのは電気推進です(私の専門分野ですから特に強調して書かせてください)。「はやぶさ」よりも迅速に往復ミッションを達成するとか複数の目的地を巡るなら、推力を大きくしましょう。μ10より大型で現在研究開発中の

μ20が最適です。もっと遠くの深い宇宙航行となれば、推進剤消費を増やさないために、さらに速くて強いジェットが必要です。高い加速電圧でイオン噴射することになるでしょう。「はやぶさ」よりも2倍の推進剤を詰め込んで、3倍の噴射速度のμ10Hispエンジンを使えば、軌道変換能力は20km/sを超えます。これは打上げロケットの全体能力に匹敵します。これこそ「宇宙船」そのものです。

そしてそれを操作するのは、地球にいるわれわれ船員です。直接事故や病気で命を落とす心配はありませんが、慢性的人員不足と昼夜を問わない激務で生命の危険を感じるの、大航海時代とさほど変わりません(help!)

漆黒の大海原へ

宇宙大航海への技術はそろっています。科学探査という目的を達成するために、「宇宙船」を仕立てて漆黒の大海原へ乗り出そうではありませんか!

技術講演会、シンポジウム、μ20研究成果報告書、「はやぶさ」宇宙運用報告書、技術提案書、次期宇宙計画提案書、μ10Hisp研究計画書、次年度研究提案等々に加え、このISASニュースの原稿と、日々締め切りに追い立てられる今日このごろは、まさに新大陸への探検を憧憬し、スポンサー巡りに明け暮れたコロンブスの日々と重なるように思われてなりません。

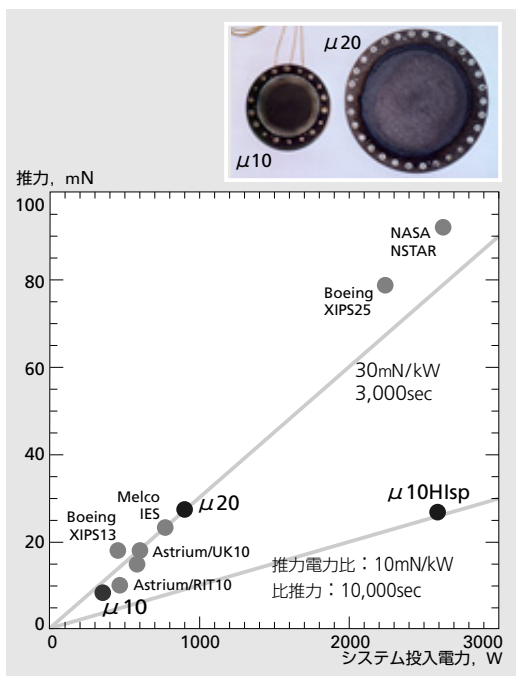


図3 μイオンエンジンファミリー(μ10, μ20, μ10Hisp)と世界のイオンエンジンの推力と消費電力の分布

(くになか・ひとし)

SELENEの噛合せ試験進行中

月周回衛星SELENEの電氣的・機械的インターフェイスを確認するための噛合せ試験が、現在筑波宇宙センターの総合環境試験棟(SITE)で行われている。衛星に観測機器を組み付けた状態での電気総合試験は、噛合せ試験の一つの山場であるが、年末から年始にかけて実施し、無事完了した。2月には電波試験棟、磁気試験棟に場所を移し、電磁干渉試験を行う予定である。電波試験棟では電波干渉試験に先立ち、リアクションホイールなどから発生する微小振動が高感度のセンサに悪影響を及ぼさないことを確認するためのマイクロフォニック試験も行う。

SELENEは、大きさが約2m×2m×5m、重量が2.9トン弱と、科学衛星としては巨体のため、各試験に時間がかかり、現場の担当者としてはこの半年苦勞の絶えない日々が続いている。このまま順調に進めば、3月には噛合せ試験の全作業を完了し、衛星はいったん分解される。その後、各観測機器は単体環境試験を行い、2004年秋から予定している総合試験に備えることになる。

(飯島祐一)



噛合せ試験中のSELENE衛星



「おおすみ」郵便切手に!

日本郵政公社は、日本の科学技術を題材にした郵便切手「科学技術とアニメ・ヒーロー・ヒロイン・シリーズ第4集」の中に、「おおすみ」を選びました。一世を風靡した「ガッチャマン」と同じシートに載って、2004年3月23日(火)に発行されます。

「おおすみ」は日本初の人工衛星で、1970年2月11日、鹿児島宇宙空間観測所から打ち上げられ、発射場のある大隅半島にちなんで「おおすみ」と命名されました。これで日本は、ソ連、アメリカ、フランスに次いで、世界で4番目の衛星自力打上げ国になりました。

「おおすみ」は33年間地球を回り続けていましたが、2003年8月2日に大気圏に突入し、長い長い旅路を終えました。そしてその2カ月後、3機関統合により宇宙科学研究所もJAXAの宇宙科学研究本部として新しい道を歩むことになりました。

実は、2000年2月11日の「おおすみ」打上げ30年にあたり、「記念切手発行」を日本郵政公社に依頼したことがありました。宇宙先進国の仲間入りの象徴である第1号衛星を生み出してから30年の月日が流れたことを記念することは、日本国民の

共通の誇りを思い返し、鞭撻する意味で重要であるという的川先生の発案で、1999年6月に申請しました。審議会まで提出されたのですが、そのときは残念ながら選ばれませんでした。なんと今回は、日本郵政公社側からの提案だったのです。

今回の切手発行は、宇宙研の活動について内外の関心と理解を深める上で、極めて意義の大きい事柄ではないでしょうか。

(渡辺遊喜枝)

ロケット・衛星関係の作業スケジュール (3月・4月)

		3月		4月	
相模原	始		LUNAR-A FM総合試験		末
				始	末
				始	末
	始	ASTRO-F FM姿勢系評価試験	中旬		
			下旬	始	末
筑波	始	M-V-6号機モーションテーブル試験	下旬		
	始	SELENE FM噛合せ試験	末		
			下旬	始	末

(FM : Flight Model)

シンポジウム「月で拓く新しい宇宙開発の可能性と日本」開催

2004年(平成16年)1月23日(金)、シンポジウム「月で拓く新しい宇宙開発の可能性と日本」が、経団連会館の経団連ホール(東京都千代田区)において開催されました。約530名の方が参加され、立ち見も出るほどの盛況ぶりでした。出席者には、一般や学生の方も多く見受けられました。また、講演やパネル討論において多くの質疑応答もあり、活気に満ちた会合でした。

月探査の意義

まず、シンポジウムの主催者である宇宙航空研究開発機構(JAXA)を代表して、間宮馨 副理事長があいさつしました。次に、五代富文 IAF(国際宇宙航行連盟)前会長が、「日本における月探査と将来展望」と題する基調講演をされました。月は古来、文化的活動の題材として親しみのある存在であること、月探査には科学的意義に加え、総合科学技術、国際協力、国民の夢と希望、利用などの意義が考えられると述べられました。また、中長期的な月探査計画を産学官で議論することを提案されました。

世界の月探査計画

次に、第1部「世界の月探査計画と将来戦略」に移り、NASA、ESA、インド、中国の月探査計画が紹介されました。

まず、米国の新宇宙政策を推進するために、NASAに新設された“Office of Exploration System”のMankins氏が、新宇宙政策を説明しました。コロンビア号の事故を受け、NASA内で、今後の宇宙開発をどうすべきかについて徹底した議論がされたそうです。その結果、新宇宙政策は策定されたとのこと。フロンティア拡大を目的とし、まず月面で本格的活動を実施し、その結果を見極めた上で、火星などに人間を送ろうとする計画です。

次にESAのFoing氏が、SMART-1(電気推進の技術実証を目的として

2003年9月に打ち上げられ、現在月に向かって飛行中。月の周回観測を予定)の現状と月・火星探査を目指すESAの長期計画“Aurora”について説明しました。Aurora計画は、約20年後に人とロボットが協調して火星を探査することを最終目標とし、その前段階として、ロボットを中心とした月探査を継続的に実施しようとするものです。その全体計画は2001年のESA閣僚会議で了承されているとのこと。

インド宇宙研究機関のGoswami氏は、2008年打上げを目指して開発を進めている月探査機Chandrayaan 1号の説明を行いました。

中国からは「嫦娥計画」の全体構想と1号機の周回衛星などのミッションが提示されました。当日は旧正月にあたるため、講演者は来日できませんでしたので、佐々木進 宇宙科学研究本部教授が論文を代読されました。

月探査への熱い期待

第2部「日本における月探査の取り組み—過去・現在・未来—」では、水谷仁 宇宙科学研究本部教授が「我が国の月探査の目指すもの」、滝澤悦貞 月探査技術開発室長・SELENEプロジェクトマネージャが「SELENE計画の目指すもの」、松本甲太郎 総合技術研究本部チーフマネージャが「将来の月探査で目指すもの—科学と利用—」を講演しました。

第3部では、「今なぜ再び月を目指すのか—日本の選択は?」を論題として、パネル討論が行われました。パネリストは、井田茂 東京工業大学理学部助教授、海部宣男 国立天文台台長、川勝平太 国際日本文化研究センター教

授、野本陽代 宇宙開発委員会委員、松本信二 CSPジャパン株式会社社長、吉田和男 京都大学大学院経済学研究科教授で、的川泰宣 執行役が司会を務めました。

月科学、技術開発だけでなく、経済、社会、文化などの多様な視点から活かな議論が展開されました。以下に主な提言を列挙します。なお、会場からも多くの意見が述べられました。

- ・月面上の活動は、その実現に多くの技術開発を必要とし、技術開発の動機となる。また逆に、技術開発の大きなシーズ(種)ともなる。
- ・月面天文台が実現すれば、現状の100倍以上の精度が得られ、21世紀に天文学が目指す太陽系外の惑星観測が可能となる。
- ・熱意を分かりやすく国民に説明すべき。特に母親層へアピールすることが重要である。
- ・月探査計画そして宇宙開発計画を国家戦略として策定すべきである。米国の新宇宙政策への対応は、この戦略をもとに検討するのが望ましい。
- ・産学官で、将来の月探査計画を検討する場を設けるべきである。

このシンポジウムで寄せられた月探査への一般の人々の熱い期待や、基調講演やパネル討論での提言を受けて、私たちも月探査計画に対する長期ビジョンを作っていく必要性を強く感じました。

(滝澤悦貞)



第2部講演後の質疑応答の様子



宇宙教育の現場から 宇宙学校の一断面

宇宙科学研究本部では、子どもたち向けの催しをいくつか実行しています。例えば、天文学・太陽系・宇宙技術という3時限に分けて、朝から晩まで子どもたちから質問を受けて答え続ける「宇宙学校」は、非常に人気のあるイベントです。講師になった研究者は、いわゆる「宇宙おたく」の子どもたちの独壇場にならないように、質問に対しては一つ一つ丁寧に、原理的なことにさかのぼって答えていきます。私は、この宇宙学校の「校長先生」をすることが多いのですが、子どもたちの質問には際限がありません。特にブラックホールは彼らのお気に入りです。始まったが最後、さまざまな種類のブラックホールの質問が押し寄せて、講師を困惑させてくれるのです。

分かりやすいだけが能ではない

何年前のこと、ある子どもが「ミニ・ブラックホールって何ですか?」と質問しました。ちょうどこの質問を受ける巡り合わせになったのは、実はガンマ線というエネルギーの高い電磁波によってミニ・ブラックホールを見つけられないかな、と考えている高橋忠幸さんでした。ツボに入った質問に出会った高橋さんが、この小学校高学年と思われる子どものややこしい問いにどのように答えるかな、と司会の私は興味深く見ていました。しばらく天井を見据えて考えていた彼は、分かりやすさなどには気を配らず、一気呵成に自分自身の研究計画をまくしたてました。これまで分かりやすい説明で参加者を感心させていた講師のひょう変に、会場はどよめきました。

彼は、どこかの本を読みかじったらし

い子どもの質問に、どう反応したらいいかを考えた末に、なまはんに分かったと思わせてはならないと決心し、研究の現場の雰囲気を伝えるために、この挙に出たのだそうです。呆気にとられていた質問者の子どもに、その時限が終わってから私は声を掛けました。「高橋先生の答え、どうだった?」幾分顔を紅潮させて、彼は答えてくれました。「うん、ちっとも分からなかったよ。でもあの先生、迫力あるなあ。ボクは将来宇宙科学者になりたいんだけど、あんな情熱にあふれた科学者になれたらいいなあと思った」——分かりやすいだけが能ではない。高橋先生の意図は、見事に達成されたのです。

何だか学校で勉強したくなった……

またあるときは、宇宙学校を終えて約1カ月後に、あるご婦人から手紙をいただきました。初めて出会う名前に不審を覚えながら封を切ると、「一人息子の不登校が、宇宙学校で直った」とうれしいニュースが書いてありました。その子は当時小学校の3年生でした。図鑑が大好きだったその子は、1年前に小学校で先生から「図鑑なんか読むのはよしなさい」とたしなめられ、図鑑を読むことを厳重に止められ、その上、学校に持っていった図鑑を取り上げられてしまいました。ノイローゼになり、約1年間、1日も学校へ行きませんでした。母一人子一人の身で、そのお母さんは絶望的な気持ちで1年を過ごしました。

ある日、その子をコンサートに連れて行って、ホルストの「木星」を聴いた帰り道、見上げた2人の目に木星が輝いていました。その瞬間、お母さんの頭の中で

何かがピカッと光ったような気がしたそうです。最近何か宇宙のことを新聞で読んだような……。家に帰ってから、お母さんは新聞を急いでめくりました。あったあった! 宇宙科学研究所の「宇宙学校」の予告記事でした。数週間後、東京大学の教養学部で開催された宇宙学校にその母子の姿がありました。一日中、その子は飽きもしないで宇宙学校の3時限すべてを聴講して帰っていきました。それが土曜日。翌日の日曜日の夕食をとって、その子が突然お母さんに話し掛けてきました。「ママ、ボク明日から学校へ行くよ」。お母さんは腰が抜けるほどびっくりしました。

聞けば、「宇宙学校で同じ年ごろの子どもたちが非常に熱心に質問をし、講師の先生たちがそれに誠意をもって答えていた。その熱気に触れて、何だか学校で勉強したくなった。勉強して、あの講師の先生たちのような科学者になりたい」と。そして月曜日から学校へ通い始めてから1年ちょっと経ち、お母さんが再び手紙をくれました。

——「あれからこの子は1年間を皆勤で過ごしました。立ち直る、あんなすてきなきっかけを与えてくださった宇宙科学研究所の皆さんに心から感謝します。あの日、この子を抱っこして高い高いをして、『お相撲さんに抱っこされると丈夫になると言うからね』と笑い掛けてくださった川先生の言葉を、私もこの子も一生忘れることはないでしょう」

私も涙の中でうなずきながらつぶやきました。「私もきっと忘れないよ」と。

(的川泰宣)

「ベネルクス3国はベルギー、オランダ、ルクセンブルグ。地理の授業で呪文のように暗記させられたっけ。F1グランプリはベルギーでも開催されるし、ベルギーワッフルはお店でも見掛ける。だけど、いったいベルギーってどこにあるの？」などと考えながらパリに到着。「ベルギーの首都ブリュッセルは、パリからTGVで北上すること約1時間30分です」という旅行会社の言葉を信じて疑わず、確かにその通りで、場所は知らなくても何とか到着するものです。

世界最大のプラズマトロンを訪ねて

惑星表面への着陸、大気突入など、直接的な惑星探査の面では、残念ながら日本は欧米に遅れをとっています。ぜひとも金星に気球を浮かべて観測したいし、木星にも探査プローブを投下してみたい。そんなことを実現させる惑星突入カプセルのヒートシールドの開発には、大気へ突入する際の空力加熱環境を模擬して高温の気流を発生させる装置が不可欠です。二酸化炭素でも水素でもアンモニアでも、ガス種を選ばずに高温化できる重宝な方式は、高周波誘導加熱原理を応用したもので、「プラズマトロン」あるいは「インダクションヒータ」などと呼ばれています。わがJAXA内でも100kWクラスの(世界的に見れば決して大きくありませんが)装置が稼働を始めましたが、世界最大の1MWのプラズマトロンがブリュッセル郊外にあるのです。

そんなわけで、ちょうど良い機会がありましたので、論文を頼りにシャザー博士と連絡を取って、やって来たのでした。

「小パリ」なんて言ったらブリュッセルの人が怒るかもしれませんが、そんな印象を受ける街でした。ちょっと粋なファッションの紳士淑女が足早に朝の通勤。その都会の喧騒を離れることバスで30分。周りを木々に囲まれ、環境の良さそうな、いかにも研究のできそうな雰囲気の中に、目指すフォン・カルマン・インスティテュートはありました。

世界は広くて狭い

見学をさせてもらう際には、全世界共通のお決まりの儀式ですが、こちらのアクティビティを集まった関連の研究者や学生さんの前で話して、また、あちらのも伺います。IHNASDAの某氏2人について尋ねられ、なんだ、こんな果て(自分の中ではベルギーは「果て」だったのです)まで、彼らはもう見学に来ていたのかと。「知ッテイマス。同じ分野デスシ友人デス……。ゴメンナサイ、イチバン下品ナノガ、最後ニ見学ニ来テシマイマ

シタ」とまずは自己紹介。

さて、トントンとOHPをそろえて壇上に上がった一人の男性が、「ヤマダサン、MUSES-Cノコロ、エイムズデ、オアイシマシタネ」とニコリ。Dr.フレッチャとの再会です。「アレ〜、ナンデコチラニラッシャルノデスカ?」などと新鮮な驚き。彼はNASAエイムズ研究所の60MWアーク風洞でレーザー計測をしていたのですが、聞くところによると、最近「飽きた」そうで、この新しいプラズマトロンこそ宝の山ザクザクとみて、はるばるベルギーまで来たのだとか。知り合いがすでに見学に来ていたり、働いていたりのブリュッセル・ベルギー。知らぬは自分だけで、世界は広くて狭いです。

ベルギーに来たら……

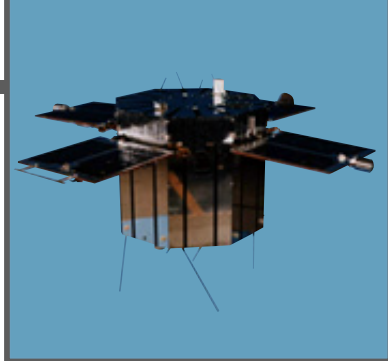
プラズマトロンの面倒を主にしている方はギリシャ出身だそうです。また、こちらのプレゼンテーションに熱心に質問してくれた学生さんの一人はイタリア出身で、もう一人はドイツとか。僕が夜、「ブリュッセルMIDI駅」の「MIDI」を「MIDIUM」の略、つまり「中央駅」と思い込んで、道に迷った話をしますと、「MIDIはイタリア語やフランス語では“南”のこと。大変でしたね」と爆笑されてしまいました。こういう世界的なインスティテュートには、地理的な好条件も重なり、世界各国から研究者や学生が集まるものなのですね。そうした文化的背景を異にする人々が集まり、共通の課題に向けて研究し、議論を交わす際に新しい創造が生まれるのだなあと、妙に納得させられました。

食事をしながらシャザー博士が言うには、ベルギーに来たら、ウォーターツォーイ(鳥肉と野菜のホワイトソース煮込み)を食べて、それからチョコレート、それも地元ベルギーっ子の間で人気のレオニダスを買って帰りなさいとのこと。夜中まで買い物客が並ぶチョコレート屋に「たかがチョコに面倒くさ〜い」とは思ったのですが、買って帰ると、家内たちはヤンヤの大騒ぎ。後に鎌倉で支店を見つけましたが、何と3倍もの値段。う〜ん、もっと買っておけばよかった。(やまだ・てつや)



イルミネーションが映えるブリュッセル市庁舎

浩三郎の 科学衛星秘話



「ひのとり」



井上浩三郎

1981年2月21日9時30分、M-3Sロケット2号機によって打ち上げられたASTRO-A衛星は、近地点高度576km、遠地点高度644km、軌道傾斜角31.3度、周期96.9分の軌道に投入され、「ひのとり」(火の鳥)と命名されました。

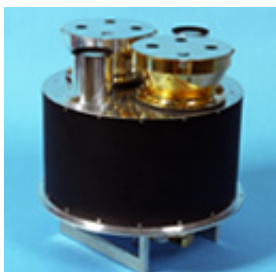
「ひのとり」は、わが国初の太陽観測衛星で、重量190kg。硬X線像を中心とした太陽フレアの多角的観測を目的として、1980～81年をピークとする第21太陽活動期を狙って打ち上げられたものです。

搭載した太陽X線二次元像観測装置(SXT)をはじめとする8個の観測機器は、太陽フレアを総合的に観測できるよう、構成に十分配慮されていました。軌道に投入された「ひのとり」の搭載機器はすべて正常で、順調に観測を続け、多くの良好な太陽フレアデータを記録しました。

ワイヤーカッターの不具合と改良試験

1980年12月には、半年にわたる総合試験が最終段階に入りました。内之浦へ運ぶ寸前に行った太陽電池パドル展開試験で、パドルを押さえているワイヤーが切れない不具合が発生しました。検討の結果、その原因はワイヤーを切るカッターの不具合によるもので、ヨーヨー・デスピナにも同じものを使用しており、先に打ち上げた「たんせい4号」でスピンドウンが2段階で下がった不具合もこのカッターによるものと推定されました。

緊急に対策会議を開き、ハードなカッターの試験を繰り返しました。刃の材質や形状を変えたり、刃を受ける台座の材質を硬いものや軟らかいものにしたり、またワイヤーの材質やテンションを変え、高速度カメラを使って多くのデータを、夜を徹して取得しました。この試験で中心的な役割を担ったのは、今は亡き齊藤敏さんでした。関係者の努力によって出来上がった改良カッターはフライトに間に合い、軌道上ではヨーヨー・デスピナの作動と太陽電池パドル展開が正常に行われました。現在、軌道上で何の抵抗もなく行っているこれらのオペレーションも、当時苦労して確立したシステムによるもの



太陽X線二次元像観測装置(SXT)

のと思います。

内之浦での磁気試験

打上げ3週間前に内之浦に到着した衛星は、衛星整備センターへ運ばれて、ロケットに結合するまで綿密な最終チェックが行われました。その中に衛星を磁気シールドルームへ運び、衛星がどれだけ帯磁しているかをチェックする作業がありました。コンテナに入れた衛星を、実験場の端にあるシールドルームまで、おそろおそろミュー橋を渡り谷を越え、2kmの道のりを約1時間かけて運びました。衛星をコンテナから取り出し、衛星との余裕が数cmしかない狭い入り口からシールドルームへ時間をかけて搬入し、磁気試験を行いました。無事終了したとき、衛星主任の田中靖郎先生は「こんな危険な作業は、ほんとはやりたくない」と本音をもらしておられました。大切に育てた「箱入り娘」に嫁入り前に何かあったら大変……という心境でおられたと推察します。

「ひのとり」の命名

この名前は漫画「火の鳥」にちなみのもので、命名する前に、手塚治虫事務所に電話で仁義を切りました。手塚さんは快く了解してくださいました。小生も「ベレー帽をかぶると手塚さんによく似ていますよ」



手塚治虫作漫画「火の鳥」
©手塚プロダクション

と言われたこともあって、気に入った名前でした。また、亡くなった田中捷雄さんとともに「ひのとり」の命名の立役者になった的川泰宣先生は、「『ひのとり』の得票率は80%以上で、少し派手ではないかという意見もありましたが、結果的には大変好評でした」と当時のことを語っています。

「ひのとり」は高い精度で太陽フレアを観測し、大きな成果を上げました。1981年度(昭和56)から組織を新たにして文部省宇宙科学研究所として発足するのを前に、東京大学宇宙航空研究所の最後の衛星にふさわしく、世界の太陽研究に大きな貢献をして役割を立派に果たしました。

(いのうえ・こうざぶろう)

太陽物理学衛星「ひのとり」



大艦巨砲主義と貧乏物語

過去を振り返ると

いきなり、穏さを欠くタイトルが登場しているが、これは「いわゆるビッグプロジェクト予算が、わが国の科学技術予算全体の弾力性や在り方を阻害している」といったたぐいの訳知り顔の強硬論にくみしたり、おもねたりしているわけではない。

タイトルの「大艦巨砲主義」は、わが国の旧海軍の明治・大正・昭和初期を通じた基本戦略思想となっていたものである。

近代的海軍兵力による世界初の大海戦であった日本海海戦を制した日本海軍は、結果的には第2次大戦の終結まで、この思想の呪縛から逃れられなかったことになる。世界で初の航空機による敵国不沈戦艦の撃沈をなし得たのも日本海軍であったことと照らし合わせると、何とも奇妙な感慨を持たざるを得ない。しかも、心ある（当時では少数派の）軍上層部の将官たちの、航空母艦中心の航空機による戦略思想は、重厚長大的事大主義の艦隊決戦思想の前で実を結ばなかったのである。

さらに、明治・大正・昭和初期を通じて、わが国は基本的に貧しいこともあって、「物を大切に」「節約をする」という普遍的な美風はともかくとして、お国の大事なお金で作られた（あがなわれた）兵器である戦艦が撃沈されたときには、司令官や艦長が戦艦と運命を共にするというような事態もあり、単なる兵たんの確保・維持と

中島節夫

新国立大学協会設立準備室長

というような物質面での観点もさることながら、総合的な継戦能力の確保面において、甚大かつ深刻な影響が生じたことは論を待たない。

しかし、このことは、わが国の過去の戦争に結果的に当てはまることとしても、現代・現在のさまざまな事象に当てはまってもらいたくないものである。

歴史的教訓を生かして

特に宇宙開発という分野は、世界的に鳥瞰して、もはやすべての分野で米国が一人勝ち的な傾向が強まっている今日、単なる国威発揚というような事大主義的な理念のみで、仮に膨大な資金を投ずるといような事態になれば、それこそ悪しき「大艦巨砲主義」

に陥っていることとなろう。

しかし、巨額な予算を要するからといって、わが国の宇宙開発が今日に至るまでに、独創的な科学研究の振興に多大な貢献をなしてきている事実や、先端的科学技術の開発面で産業応用への豊かな地平を切りひらいてきた実績など、地味ではあるが、営々として築き上げられた着実な成果を顧みずに（忘却して）、ひいては、単なる予算の多寡のみに重点を置いた存廃論・是非論が横行することの愚は、ぜひとも避けるべきであろう。

宇宙開発を行う限りは、国として「腹をくくる」覚悟の上で、例えば日本の「宇宙科学」分野のように、世界的に認知され尊敬を集めているような、世界に冠たる分野について、まずは的確な予算投下を行うべきで、予算の減額は研究・開発ポテンシャル（継戦能力：国家全体の科学技術力）を衰退させるだけで、いわば言葉の正しい意味での「国富」の減少（「貧乏物語」の始まり）という結果を招来することとなろう。

何よりも、わが国の宇宙開発の振興のためになすべきは、わが国独自の強みを生かすことを主眼とした宇宙開発分野の精選を行いつつ、これに十分な投資を行いながら、挑戦的・野心的分野の開拓にも意を用いていくこととであり、このことこそが、大艦巨砲主義が残した歴史的教訓であろう。

（前・科学推進部長 なかじま・せつお）



宇宙の“妙なガス”の正体に迫る

高エネルギー天文学研究所助教授

山崎典子

—X線でどんな天体を観測しているのですか。

山崎：私が観測しているのは、ブラックホールやパルサーといった名前の付いた天体ではありません。宇宙に“うようよ”と広がっている高温ガスを観測しています。それらの一部は、星になり損ねたものだったり、星から放出されたものもあるでしょう。原子や陽子といった普通の物質から成る、たいへん希薄なガスです。

宇宙には真空という状態はありません。銀河の中で今まで何もないと思われていたと

ころ、銀河と銀河の間、銀河団の周り、さらには銀河団の外側にもきっとガスが広がっているはず。そういうガスの中でも、なぜその場所にあるのかよく分からなかったり、どうやって熱くなったのか分からない高温の“妙なガス”を調べています。

—なぜガスに注目しているのですか？

山崎：宇宙でとても普遍的な存在だからです。理論的な計算によると、宇宙にある普通の物質のうち、星になっているものはごくわずか、9割くらいはガスの状態です。さらに宇宙でもっと普遍的な物質が、正体不明のダークマター（暗黒物質）です。ダークマターは、普通の物質の数倍以上はあると考えられています。ダークマターの分布を知るためにも、その重力に引き寄せられている高温ガスの観測が役立ちます。宇宙全体の物質やエネルギーの動きや、化学的な進化を探るには、高温ガスの観測が必要なのです。

—ガスを研究しようと思ったきっかけは何ですか？

山崎：実は、宇宙にはあまり興味はなかったのです。もともとは素粒子物理学をやるつもりで、「トリスタン」と呼ばれる日本の加速器で素粒子実験をされていた釜江常好先生の研究室に入りました。しかしあるとき突然、釜江先生が「SN1987Aを見に行こう」と言われて、“はあー？”と思いながら、取りあえず付いて行きました。

—小柴昌俊先生のノーベル物理学賞受賞のきっかけとなった、マゼラン銀河での超新星爆発ですね。

山崎：私たちは大きな気球で検出器を上空に上げて観測を行いました。実験場はサンパウロとリオデジャネイロの間です。アマゾンのジャングルの中ではなかったのですが、いろいろ大変でした。実験室のプリンターに猛毒を持つガラガラヘビ



やまさき・のりこ。1966年、山口県生まれ。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程中退。専門は高エネルギー宇宙物理学。1993年、東京都立大学理学部物理教室助手。2002年、宇宙科学研究所助教授。X線による宇宙の高温ガスの観測、宇宙の力学進化・化学進化の観測的研究、新しい検出器の開発を行っている。

がいて、大騒ぎになったこともあります。

何回もブラジルに行きましたが、最後にいったとき、当時あまり観測されていなかったエネルギーの極めて高いX線の検出器を上げました。しかし観測角度を変える装置が故障して、予定した観測ができなくなりました。

仕方がないので、銀河面でも見ようと、観測を続けました。すると何かがぼーっと光っていたのです。X線天文学の専門家に聞いたら「その場所にそんな放射はあるはずがない」と言われました。でも、あるのです。自分で作った検出器なので確信が持てました。何か妙なガスが光っていたのです。そのときから私は“妙なガス系”の研究者になってしまいました(笑)。その後、X線天文衛星「あすか」を使った銀河団の高温ガスの研究などを行ってきました。

—銀河団のガスの観測では、どのようなことが分かっていたのですか。

山崎：銀河団の高温ガスをよく調べてみると、あるところだけ温度が高かったり、形がはみ出しているところがあります。それは銀河衝突の跡など、銀河団の形成史を示すものかもしれません。銀河団の高温ガスがなぜとても熱いのかもよく分かっていません。ダークマターの重力の影響だとはいわれていますが、どうしたら本当にガスが熱くなるのか、その詳細な過程は謎のままです。

—これからどんなガスを見つけたいですか？

山崎：まだ観測されていないガスが宇宙にはたくさん広がっていると理論的には予測されています。しかし本当にそうなのか、観測的に分かっていることがたくさんあります。ガスに含まれている酸素からの輝線をとらえられれば、ガス全体の量や温度が推定できるはず。全天の広い範囲をエネルギーの低いX線で観測してガスの分布を調べる小型衛星DIOSを、将来計画として検討しています。何もないと思われていたところに、妙なガスがきっとあるはず。見つけるつもりではなかったものが見つかる、面白いですね。まだよく分からない、すっきりと解釈できない、妙なものに挑むのが好きなんです。

ISASニュース No.276 2004.3 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースに関するお問い合わせは、下記のメールアドレスまでお願いいたします。
E-Mail: newscedit@adm.isas.jaxa.jp

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

*本誌は再生紙(古紙100%)を使用しています。

編集後記

怒濤の平成15年度が終わろうとしている。私個人は、機関統合による日常の仕事の大きな変化はなかったが、周りを飛び交う書類は確実に増えた。これまでと異なった「文化」に違和感を持つことも多い。まだ統合の混乱の最中にある。統合のメリットを考える余裕が必要なのだが、日々の仕事に紛れてしまう。国立大学、文科省直轄研究所などもこの4月で法人化。関係者からやはり移行作業の大変さを耳にする。大学などとの関係がこれまで以上のものとなることを期待したい。(紀伊恒男)

デザイン/株式会社デザインコンピビア 制作協力/有限会社フオンクリエイト