



左はASTRO-F（あかり）。右は2月10日、整備塔より初めて姿を現したM-V型ロケット8号機。（撮影：杉山吉昭）

「ISASニュース」300号に寄せて

平尾邦雄

宇宙科学研究所名誉教授
「ISASニュース」
初代編集委員長

うれしい!! 「ISASニュース」も300号になった。そうして、まだこれからも続きそうだ。

宇宙科学研究所が東京大学から独立して共同利用研究所となったときに、研究所の様子を全国の研究者や協力していただいているメーカーの方々に知っていただくことが大変必要だと思い、時の所長の森さんと相談して作りだした広報誌が「ISASニュース」である。研究系の方々に編集委員をお願いしたところ、皆さん同意してくださった。もちろん長く続けようという気持ちは皆さんにあったが、時にはカストリ雑誌と同じにならないかという声も聞かれた。しかし研究系の皆さんに編集していただければ、単なるお知らせにならず面白く読んでいただけるし、理学・工学両研究系の意味疎通も図れると思ったのである。それが功を奏して、いまだに好評を保って読んでいただいていると信じている。

さて、このところ観測ロケットや科学衛星の打上げや、その成果も広く世の中に認められるようになった。それは観測ロケット事業の初めから最も大事といわれた理工研究系の協力がなされてきているおかげであって、これは決して忘れてはいけないことであると思う。「ISASニュース」もこの点を重要視して、編集委員会として記事の内容を選ぶ際にもこの点を守っていただきたい。宇宙研は、全国共同利用機関としての模範であるといわれ続けなければならないと思っている。そうして、「ISASニュース」はそれに貢献できるように、絶えず研究者の意見を拾い上げることを忘れてはならないだろう。宇宙研の行う仕事は単なる国策ではなく、国民の支持を得て研究者の合意のもとに、人類の宇宙研究に貢献しようという大きな目的を果たさなければならないのである。（ひらお・くにお）

基礎科学分野における 宇宙環境利用科学の現状と 今後の展望

足立 聡

宇宙環境利用科学研究系助教授

宇宙環境利用科学とは、宇宙環境の特徴である微小重力、真空、太陽エネルギー、宇宙線などを利用して、科学的課題の解決を図る研究です。現在までのところ、特に微小重力の利用が主となっています。微小重力環境では、熱対流、比重差に伴う浮上・沈降・対流などを、地上に比べて大幅に抑えることができます。これらの特徴から、地上では得ることが難しい均質な結晶や合金を得ることを目的とした宇宙実験が、世界各国で行われてきました。ところが、当初期待していたほどには均質な物質を得ることができませんでした。そして、その理由を明らかにするための研究が行われた結果、少なくとも $2\sim 3\times 10^{-5}g$ 程度、理想的には $10^{-6}g$ 程度の微小重力が必要であることが分かりました。この微小重力レベルを最も容易に、かつ長時間にわたって実現できる手段が、建設中の国際宇宙ステーション(ISS)です。ISSにおける日本の実験モジュール「きぼう」は、2007年から利用可能になる計画です。宇宙環境利用科学の立場からは、長年の懸案であった長時間かつ必要十分な微小重力環境を、日本がようやく手に入れられる時代になりつつあると言えます。

基礎科学分野の研究活動

これまでの宇宙実験では、主として物質科学分野と生命科学分野の実験が行われてきました。このため、「きぼう」を利用した宇宙実験計画も、物質科学分野と生命科学分野の実験テーマで占められているのが現状です。これら主流ともいえる研究分野に加え、基礎科学分野の研究が近年盛んになりつつあります。現在では、これら3分野と関連する技術研究を総称して「宇宙環境利用科学」と呼んでいます。

JAXA宇宙科学研究本部には、我が国における宇宙環境利用科学をリードする責務があります。このため、2003年10月の宇宙関係3機関統合時に、宇宙科学研究本部長への諮問委員会として、宇宙環境利用科学委員会を新たに設置しました。この委員会には、宇宙環境利用科学にかかわる研究者コミュニティの代表者が委員として参加しています。この委員会のもとに、2005年度には60の研究班ワーキンググループ(WG)が組織され、将来の宇宙実験テーマ創出

を目指した研究活動を行っています。このうち、物質科学分野と基礎科学分野のWGの数は、それぞれ22と6となっています。平成17年度の基礎科学分野のWGは、

- 微小重力環境下微粒子プラズマ研究会
- 臨界点ダイナミクス
- 微小重力下における液体・固体ヘリウム
- 非平衡化学物理系の微小重力科学
- メゾスコピック系の微小重力化学
- 宇宙環境に適合する低温実験用冷凍機の開発

です。これらWG活動の中から、微粒子プラズマと臨界点ダイナミクスについて、以下に説明します。

微粒子プラズマ

微粒子プラズマは、ダストプラズマとも呼ばれ、プラズマ中にダスト粒子が混在している系のことです。惑星間塵、惑星環、彗星の尾などがこのような系であると考えことができ、研究が始まるきっかけとなりました。ところが、1986年Ikeziにより、粒子はクーロン結晶と呼ばれる規則正しい構造を形成し得ることが予測されました。1994年には複数の研究室で、ほぼ同時・独立に、クーロン結晶の形成に成功しました。前述のWGが対象としている微粒子プラズマは、このクーロン結晶形成を伴うダストプラズマです。

Ikeziにより予測されたクーロン結晶は反発系結晶でしたので、クーロン結晶形成には外部電極などを用いた粒子閉じ込めが必要であると、多くの研究者は考えています。ところが、引力も作用していると考えている研究者もいます。そのため、JAXAではクーロン結晶形成メカニズムを理解するための研究を開始しています。まず初めに、理論モデルを作り、粒子間距離に対する系全体のエネルギー変化を調べました。このモデルから、条件によっては特定の粒子間距離において系のエネルギーが低下することが分かりました。系のエネルギーが低下すれば、自発的に規則的構造が形成される可能性が生じます。

次に、自発的な構造形成が可能であるかどうかを実験的に調べるために、実験装置の設計・

製作を行いました。本装置を用いてプラズマを作り、その中に直径1mmの単分散粒子を投入することにより、図1に示すクーロン結晶を形成することに成功しました。光源には厚み1～2mmの緑色レーザーシート光を用いました。シート光の厚みがこの程度であっても、観察装置の被写界深度が浅いこと、およびシート光から外れかけた粒子は輝度が小さくなることから、シート光内に粒子が存在するかは判別可能です。図1の赤破線で示したように、微粒子は鉛直方向には直線状に配列しています。ところが、黄破線で示したように、水平方向には非直線状に配列しています。一方向からの観察なので構造を断定できませんが、面心あるいは体心構造のように見えます。今後観察装置を改良し、構造を明らかにする計画です。また、得られたクーロン結晶は上方ほど上下の粒子間距離が小さくなっていて、かつ上下方向の粒子数は5～6個程度です。これは、重力に逆らってクーロン結晶を保持するために、シース領域の電場を利用しているためです。微小重力環境を利用することにより、シースの影響を受けない等方的かつ大きなクーロン結晶を得ることができると期待されています。

また、JAXAで得られたクーロン結晶では、上

部の粒子よりも下部の粒子の方が活発に運動する傾向にあります。このため、下部の粒子が異なる格子点に移動する現象が観察されます。図2はその観察例です。(a)は初期状態です。

(b)は(a)から10フレーム後(約0.33秒後)で、黒矢印の粒子がシート光面内に近づいてきます。このとき、図において、赤矢印の粒子は右側、黄矢印の粒子は左側へ移動していきます。20フレーム後(c)には、黒矢印の粒子は、赤矢印の粒子が初期状態に結合していた格子に接近し、赤矢印と黄矢印の粒子は元の格子に対して、それぞれ一つ右側および左側の格子に結合します。30フレーム後(d)には、黒矢印の粒子も格子と結合します。結合という表現を用いた理由は、粒子が移動後、ある格子点にとどまる場合には、まるでポテンシャル井戸に捕捉されるような挙動を粒子が示すためです。今後モデルと実験結果を組み合わせ、捕捉メカニズム解明を進めたいと考えています。また、このような挙動はこれまであまり報告されおらず、実在結晶における表面拡散などのモ

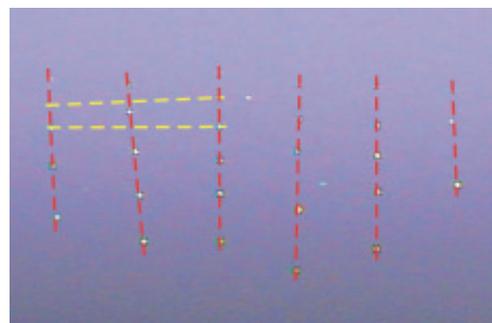


図1 クーロン結晶形成実験の代表的実験結果

図2 クーロン結晶における結晶成長のその場観察結果



(a) 初期状態



(c) 20フレーム後



(b) 10フレーム後



(d) 30フレーム後



図3 開発中の小型ロケット
用ピストン効果実験装置

デルとして利用できる可能性
があると考えています。

臨界点ダイナミクス

臨界点では、液体と気体の
区別がなくなり、圧縮率、
熱膨張率、比熱などが発散
するといった特徴があります。
また、熱拡散が悪くなるとい
われています。ところが、1985
年に実施されたドイツのD-1
ミッションにおいて、熱が異
常に速く輸送されることが発
見されました。その後、ヨー
ロッパを中心としてシャトルや小
型ロケットなどを用いた実験
が進められました。1990年に

は京都大学教授の小貫明らにより、この異常輸
送のモデルが提唱されました。この現象は、
1990年にフランス国立航空宇宙センター
(CNES)のZappoliらによりピストン効果と命名
されました。小貫らのモデルでは、わずかな温度
変化であっても、急激な熱膨張により衝撃波のよ
うな疎密波が生じ、その疎密波が高速熱輸送を
行うと説明されています。しかし、実際に疎密波
が伝播する様子を直接的にとらえた実験はこれ
までにありません。そのため本WGでは、疎密波
伝播を実験的に測定することによるモデルの検
証を目指しています。ところが地上では、臨界点
近傍での密度揺動は密度勾配を生じさせ、その
結果、一部の領域でしか臨界点近傍に到達でき
ません。このため、微小重力が極めて有効に作
用すると考えられます。

本WGでは、現在小型ロケットを利用した実験
を想定して、微小重力実験装置の開発を進めて
います。図3は開発中の実験装置です。図3には、

実験用試料セル部のみを示しました。セル部
には、最大3個の試料セルを搭載することが可能
です。また、このセル部を三重の熱シールドで覆い、
mKオーダーでの温度制御を可能にしています。
この熱シールドは構体を兼ねており、耐振動性を
向上させています。

今後の展望

ISS以外では、落下塔と航空機だけが現在、
我が国独自の微小重力実験手段です。さらに、
ISS搭載装置開発費は極めて高額となってしまう
ため、新規開発は困難な情勢です。そのため、科
学的意義の高い新規宇宙実験テーマがありなが
らも、我が国独自の実験機会がほとんど得られ
ない状況が続いています。この状況を打開する
方法の一つが国際協力であると考えています。

微粒子プラズマについては、ヨーロッパが長年
微粒子プラズマ研究に取り組んでいます。ドイツ
のマックスプランク地球圏外物理研究所(MPE)
とロシアの高エネルギー密度研究所(IHED)が
中心となって、PKE Nefedovという装置をISSの
ロシアサービスモジュールに搭載し、すでに実験
を完了させています。また、昨年12月には、PKE
Nefedovの後継装置であるPK3 Plusが同じくロ
シアサービスモジュールに搭載され、2008年ごろ
まで実験が行われる予定です。このプロジェクト
に日本も参加できるよう、MPE、IHED、欧州宇
宙機関(ESA)、ドイツ航空宇宙センター(DLR)
などとの協力を進めているところです。また、臨
界点ダイナミクスについても、欧州のTEXUS小
型ロケット利用を目指します。このため、ESA、
CNESとの協力を進めたいと考えています。固体
ヘリウムに関しても、重力によって変形するほど脆
弱なので、微小重力が極めて有効に作用します。
量子効果を伴う結晶成長の物理学として、今後
有望な宇宙実験テーマです。(あだち・さとし)

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			SOLAR-B FM総合試験	
				M-V-7号機 噛合せ試験
筑波			SELENE システムPFM試験	

(FM : Flight Model PFM : Proto-Flight Model)

「あかり」打上げと初期運用

天体の出す赤外線を観測する日本初の専用衛星ASTRO-Fが、日本時間2月22日午前6時28分、鹿児島県の内之浦宇宙空間観測所からM-V型ロケット8号機で打ち上げられました。1段目点火の瞬間、アンテナ設備の中に設けられた衛星管制室でも、夜明け前の窓の外が一瞬明るくなって轟音が響きました。その後、アナウンスや計算機の表示が、ロケットの順調な飛行を伝えていきます。内之浦の視界からロケットが消えていってから数分後、JAXA統合追跡ネットワークのオーストラリア・パース受信局が衛星からの電波をとらえました。「衛星分離確認！」の声、そして通話装置の向こうからロケットチームの拍手が聞こえてきます。ここからが本番の衛星チームも、とにかく互いに笑顔で握手。ほぼ予定通りの軌道に乗ったASTRO-Fには、「あかり」という新しい名前が付きましました。

実はこのとき、姿勢制御装置の担当者は、ちょっと首をひねっていました。太陽の方向から衛星の姿勢を知るための太陽センサーが、正しい姿勢情報を出せないという、理解しにくい状況に陥っていたのです。しかし、ここからが経験豊かな姿勢担当者たちの本領発揮。地上からの指令で太陽電池パネルを太陽方向に向け、太陽センサーに頼らずに電力を確保します。その後、姿勢の変更をガスジェットから微調整の効くりアクションホイールに切り替えたり、星を観測して姿勢を知るスタートラッカを立ち上げたりと、打上げから数日で、基本的な姿勢制御が確立されていきました。この期間中は、統合追跡ネットワークの海外の受信局も大活躍でした。衛星が日本上空にいないときでも、次々とデータが送られてきて、地上からの指令も送信できる、その威力を実感しました。

さて、ここまで来ると、次は軌道変更です。M-Vロケットが運んでくれた楕円軌道から、ガスジェットを

使って観測のための円軌道に移る必要があります。この操作も、数日をかけて順調に進みました。この原稿を書いている時点で、すでに「あかり」は高度約700kmの最終に近い軌道を飛んでいます。「あかり」が搭載している天体望遠鏡や赤外線観測装置は、液体ヘリウムと冷凍機によってセ氏マイナス270度近くまで冷却される特殊なものですが、この冷却システムと観測装置も順調に動作しているのが確認できました。

望遠鏡は冷却容器の中に納められていて、観測を開始するためには容器のふたを開ける必要があります。ふた開けは当初3月に行う予定でしたが、姿勢に何か異常が起きたときに対する備えを太陽センサーが使えない状況でも確実なものにするため、4月に延期することになりました。ふたを開けて、姿勢制御系と赤外線観測装置の最終調整を終えれば、いよいよ観測です。順調にいけば、5月には天体の赤外線画像など、初期のデータをお見せできると思います。

最後になりましたが、「あかり」の打上げにご声援を頂いた全国の皆さん、ありがとうございました。今後も、観測がうまくいって大きな成果が出せるよう頑張りますので、引き続きご支援をよろしくお願い致します。

(村上 浩)



内之浦の衛星管制室で奮闘中の姿勢制御担当者たち

宇宙学校・東京

福井、長崎に続いて、今年度の「宇宙学校」の最終となる3回目の興行が行われました。3月4日、会場は東京大学駒場キャンパスでした。

今回は打上げ直後のASTRO-F(あかり)のことも大切であろうということで、1時限目に片坐さんの講演を据えました。片坐さんは赤外線の基本なことを丁寧に説明したので、そのような質問が続きました。

2時限、3時限目はQ and Aの時間としました。2時限目は橋本、白石組による「ロケットと惑星探査」で、「小惑星探査機『はやぶさ』」を最初に上映しました。3時限目は海老沢、黒谷組による「宇宙と生命」で、「X線天文衛星『すざく』」を最初に上映しました。講師陣は手堅い布陣で、新人は白石さんだけでした。

4時限目は、的川さんによる「『はやぶさ』とイトカワ」の講演としました。的川さんは、ミッション外から「はやぶさ」広報に頑張ってきましたから適任です。若々しい「はやぶさ」グループの頑張りとかたくましく成長していった様子を、前向きに伝えました。

今回の修正点は、講演を二つにしたこと、時限ごとの人の入れ替えをしなかったこと、



昼休みに「M-V、宇宙へ」の映画を上映していたことです。少しずつ改良を図っているM-Vロケットのようですね。

従来は質問者に簡単な記念品を差し上げていましたが、今回はやめました。その都度記念品を差し上げることで適正な流れが滞ってしまうこと、それと、芸をしたアシカに砂糖をあげるようで何だか失礼だと思っていたからです。

入場者数は515名でした。大きな階段教室が1階席も2階席もちょうどよく埋まって、いい雰囲気でした。「はやぶさ」の頑張り、今年に入ってからロケットの連続打上げ成功などが、お客さんを引き寄せてくれたでしょう。

校長役は平林が務めました。校長役をして思い当たることがありました。集まっていたたくさんの方々に楽しんでいただくように心掛けました。司会役をこなし続けていくことに、気恥ずかしい思いがあるのです。時にひょうきんな発言で皆さんに楽しく笑っていただけると、自分もリラックスできるのです。(平林 久)

「スペース・サイエンス・ワールド in とっとり」に参加して

「あかり」の打上げからすぐの2月25日と26日に、鳥取県とJAXAの共催で「スペース・サイエンス・ワールド in とっとり」が開催され、請われて参加しました。的川執行役は、内之浦との往復という際どさで、打上げが1日でも遅れていたなら2人とも参加できないというタイミングでしたが、事なきを得ました。宇宙研玄関ホールにある「はやぶさ」の模型や宇宙服レプリカなどの宇宙関係の展示と、地球内部構造と地質化学関係の国際シンポジウム「小惑星からのサンプルリターン計画(はやぶさ)と、初期太陽系・初期地球の進化」、そして一般

向けの講演会、フリートークを組み合わせたイベントで、鳥取県中部の「倉吉未来中心」において2日間にわたって行われました。

シンポジウムは、岡山大学地球物質科学研究センター(鳥取県三朝町)の中村栄三センター長が中心となって企画を立てられ、小規模とはいえ国際会議として立派な運営がなされていて感心致しました。同センターは世界に誇る分析設備とスタッフを擁し、イトカワからの試料も分析をお願いすることになるかと考えられており、三朝町長さんの期待も大きく感じられたところ

です。

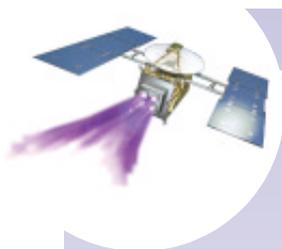
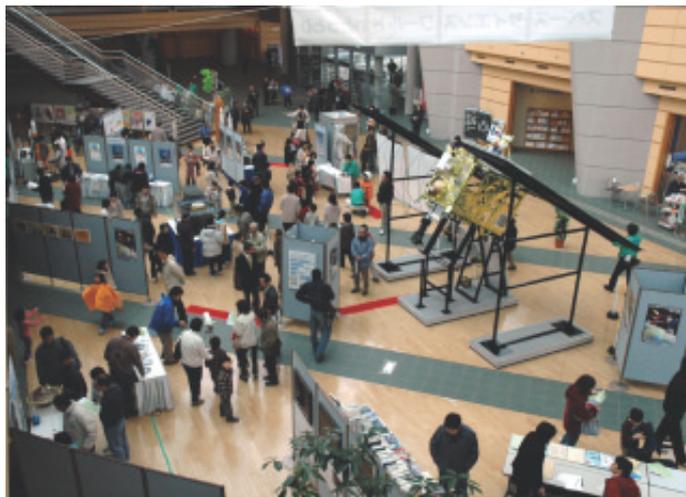
私は「はやぶさ」に関する講演を、ということでお話しさせていただきました。高校生もたくさんおいでになり、大変熱心に聴かれていたのが頼もしく感じられました。片山善博鳥取県知事には、大変にご多忙中であるに違いないにもかかわらず、講演はもとより、続くフリーターキングにも参加いただくなど、文化活動にかける意気込み、そのお志を強く感じたところです。

私も地方の出身であるだけに、宇宙開発

と地域の文化活動の接続性に漠然とした不安を感じておられる県庁の方々のお気持ちはよく分かるところで。しかし、宇宙への関心を培うのに場所は関係なく、

逆にきれいな夜空を眺め、自然に接する機会の多い方が、いろいろな意味で展望ができるとも考えることができます。いつの日か、鳥取をはじめとして、今の高校生の世代から、第二、第三の「はやぶさ」が提案されて実施していくことができればと、大いに期待したいところです。

(川口淳一郎)



はやぶさ近況

小惑星のかすかなX線の輝きをとらえるXRS

蛍光X線スペクトロメータ (XRS; X-Ray Spectrometer) は、小惑星表面の主要元素 (岩石の分類に重要なマグネシウム、アルミニウム、ケイ素、硫黄、カルシウム、チタン、鉄など) の組成を調べる装置です。太陽X線が小惑星表面に照射されると、光電吸収と呼ばれる現象によって表層岩石中の原子がエネルギーを吸収し、その一部をX線 (蛍光X線) として放射します。蛍光X線のエネルギーは元素に固有です。小惑星は蛍光X線がかすかに光っており、そのエネルギーの違いを計測すれば、元素組成を決定できます。



XRSセンサー部 (写真左)。写真の下方が小惑星方向で、鏡面のフード兼放射熱面の内側奥にCCDがある。左端部が標準試料 (写真右) 用の観測センサ開口部。

XRSには、各元素の出すX線を相互に区別できるエネルギー分解能と、観測精度を上げるために広い有効面積や高い検出効率が必要です。小惑星観測用にエネルギー分解能が良好で有効面積の広い1インチ角の電荷結合素子 (CCD; Charge-Coupled Device) を4枚搭載しました。惑星探査機として世界初で、大阪大学と浜松ホトニクスを中心に国内開発したものです。さらに検出効率の向上のために、5 μ mと極薄の遮光用ベリリウム膜を開発しました。CCDの開発とともに、打上げ時の厳しい機械環境への対策に苦労しました。XRSでは世界初のアイデアで、太陽X線の強さの変化を補正するための標準試料ガラス板を搭載し、イトカワ観測に威力を発揮しました。2005年は太陽活動が静穏で、XRSの観測には予想以上に苦戦しましたが、太陽フレアが発生した際には良好な観測を行い、貴重なデータを取得できました。

(岡田達明)

浩三郎の 科学衛星秘話



「ジオテイル」



井上浩三郎

射場での作業

ジオテイル衛星は、米国フロリダ州ケープカナベラルのケネディ・スペースセンター（KSC）からデルタⅡ型ロケットで打ち上げるため、同センターへ日本から空路輸送されました。現地での作業は初めての経験のため、ジオテイル・チーム内では事前に度重なる検討を行い、綿密な作業計画が立てられました。

現地でチーフとして作業に当たった元NECの上村正幸さんは、次のように語っています。

——米国での打上げに備えて射場作業計画チームが組織され、NASAから要求されたLaunch Site Operation (LSO) 計画書や手順書の作成に当たりました。事前に入手した資料や現地での打ち合わせ情報をもとに完成した資料は、NASAの担当者からも「立派な資料です」とほめられたほどでした。このLSOチームは先発隊として早めに現地入りし、衛星班の受け入れ準備として、射場作業で使用する設備などの確認準備を行いました。コンドミニアム（賃貸マンション）の手配や周辺環境（レストランや日本食材料も含めて）の調査も、このチームの仕事でした。また、KSCに到着した輸送航空機のドアが開かず、バルでこじ開けているのを見たときは先行き不安になりましたが、射場作業は大きなトラブルなく順調に進行しました。——

また、システム担当として現地での作業を進められた横山幸嗣先生も、その際の経過を「ISASニュース」のジオテイル特集号で次のように述べています。

——5月初めに現地入りしたLSO班は直ちに衛星の動作チェック、6月には観測グループ到着を待って輸送後の詳細動作チェックを行い、正常であることが確認されました。その後、DSNとの適合試験、ヒド

ラジンの注入、スピンバランス、軌道投入モータPAM-Dへの結合などを行い、7月14日、ジオテイルは発射塔LC-17へ移動、デルタⅡ型ロケットの3段目へ無事結合されました。こ



ジオテイル衛星のPAM-Dへの組付け作業風景

磁気圏尾部観測衛星ジオテイル その3

これらの作業が容易に進められたのも、支援してくれた現地スタッフとLSO班の努力によるところが大きかった。——

小生も短期間、現地の試験に参加しましたが、特に印象に残ったことでは、衛星試験場のセキュリティが厳しく、クリーンルームに入るのも大変だったことです。当時の宇宙研では考えられないことでした。また、この時期は雷が多く発生し、作業を中断することがたびたびで、作業に支障が生じたことも印象に残っています。15時半ごろから16時ごろまで雷が頻繁に発生するので、その時間を取り戻すため、作業開始を7時過ぎと早めに行っていたのが思い出されます。

自炊しながら長期滞在

射場に到着した衛星をロケットへ組み付けるまで、現地での試験作業は長期にわたりました。このため実験班の大半の方はスペースセンターの近くの賃貸マンション「サンドキャッスル」にグループに分かれて居を構えました。そこはオーナー付きの高層マンションで、夏の暑い時季の短期間部屋を貸しているところを、我々ジオテイル・グループが安く借り上げたものでした。設備は整っており、各自（数人のグループ）自炊しての滞在でした。5月から7月の試験期間に、長い人で3ヶ月以上も滞在しました。寝食を共にする、普通ではできない貴重な体験でした。

衛星軌道で行った

日陰リセット・オペレーション

打上げ後の初期観測を始めた直後に、この衛星の観測装置の中でも最も重要と思われるプラズマ観測装置（LEP）がラッチアップ状態に陥りました。すぐに検討ワーキング・グループが結成され、これを解消するための日米間の研究者による検討がなされました。その結果、日陰を利用して衛星を一度仮死状態にしてラッチアップを解消するのがLEPを回復させる唯一の方法であるとの結論に至りました。しかしながら、これを実際に実施するのは大変なリスクを覚悟の上でのことだったと聞いています。当時この観測装置を開発され、このオペレーションに立ち会った向井利典先生に、次号でその苦労について語ってもらいましょう。

（いのうえ・こうざぶろう）

宇宙の宝石屋さんたち

～ペリドットをめぐる話～

赤外・サブミリ波天文学研究系学振特別研究員 本田充彦

ペリドットという宝石をご存じでしょうか？8月生まれの人なら誕生石なので知っているかもしれませんね。オリーブ色のこの宝石は「かんらん石」という鉱物の結晶で、地球内部のマントルにたくさん含まれている物質なのだそう。地表にもこの宝石が露出している場所があり、例えば、すばる望遠鏡のあるハワイ島にもグリーンサンドビーチというペリドットを含んだ緑色の砂浜があります。

実は、この宝石を気前よく宇宙にまき散らしている天体がいるのです。それは彗星です。もう10年ほど前になりますが、ヘール・ボップ彗星がやってきました。あの勇姿を肉眼で見て感動された方も多いでしょう。筆者もピカピカの大学1年生で、この彗星を見るために夜な夜な遠出をしたのを思い出します。彗星はよく、“汚れた雪だるま”といわれます。太陽に近づくと、太陽光線で雪が融けて、“汚れ”と一緒に宇宙にばらまかれます。これが彗星のシッポとして見えるのですが、実はその“汚れ”に、この宝石が含まれているのです。ただし、目にも見えないような小さな粒ですが……。ヘール・ボップ彗星が現れたのは、幸運にもヨーロッパの宇宙赤外線天文台ISOが観測を行って

たときでした。この観測で、彗星が宝石をまき散らしていることがはっきりと分かったのです。

ところで、彗星によっては、宝石を持っている証拠を見せないものもいるのです。しかし最近、NASAのディープインパクト計画が、そのような天体の一つ、テンペル第1彗星に弾丸を撃ち込んでみました。すると、中にたくさんの宝石を隠し持っていることが明らかになりました*。というわけで、思ったよりも宝石を持つ彗星は多そうですね。

以上の話は赤外線観測による宝石探しについてでしたが、つい先日NASAのスターダスト計画が、本物の彗星のちりを持ち帰りました。現在分析が進められているので、ペリドット以外の宝石もたくさん見つかるかもしれませんね。結果が楽しみです。

さて、彗星には結構含まれていそうなペリドットですが、実は彗星や惑星の原材料となるはずの宇宙空間に漂うガスやちり（星間物質）にはほとんど含まれていないことが知られています。では、彗星のペリドットはどこから来たのでしょうか？ここ10年の赤外線観測の進展から、彗星のペリドットの起源は、46億年前に太陽系ができたときにさかのぼることが分かってきました。宇宙には今でも星や惑星、彗星が作られている場所があるので、そこを観測すると46億年前の太陽系が作られた状況を調べることが可能です。観測を行ってみると、惑星や彗星が作られている場所にペリドットが含まれているものがいくつも見つかってきました。図2に示してあるのは、そのような惑星や彗星の形成現場（原始惑星系円盤という）の赤外線スペクトルです。ヘール・ボップ彗星の赤外線スペクトルと、うり二つですよ。このことから、彗星に含まれるペリドットが、原始惑星系円盤で作られたのだろうということが分かります。では、どのようにして原始惑星系円盤でペリドットが作られたのでしょうか？今、世界中の研究者がそれを一生懸命調べているところです。

ペリドットは、このほかにも死にゆく星や、最近の一部の銀河からも見つかっています。宇宙にはいろいろな宝石屋さんがいるんですね。地球の宝石屋さんでペリドットを見つけたら、そんな話を思い出していただけると幸いです。

(ほんだ・みつひこ)

図1 地上にあるペリドット（かんらん石）の結晶

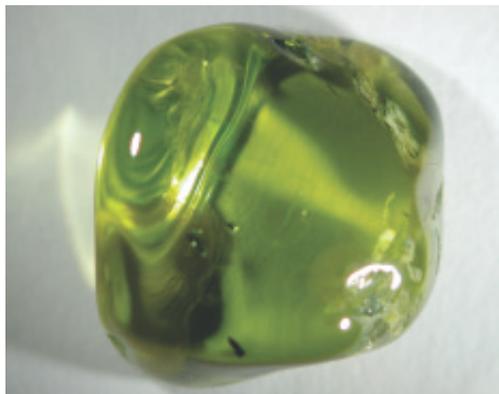
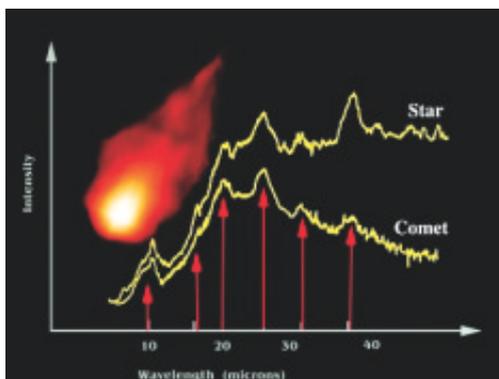


図2 ヘール・ボップ彗星と原始惑星系円盤を持つ星の赤外線スペクトル ©ESA



*Sugita et al. 2005, Science 310, 274

中国のハワイ

海南島

中国の科学衛星のワークショップ

中国の海南島で1月16日から20日まで開催された「硬X線モジュレーション望遠鏡 (Hard X-ray Modulation Telescope; HXMT) ミニワークショップ」で発表してきました。目的はISS科学プロジェクト室で開発中の全天X線監視装置 (MAXI) の宣伝と、世界の全天X線観測計画の近況把握です。

参加者は50名ほどで、外国人と中国人が半々でした。HXMT計画を本格的に進めるために、国際的なアドバイザー委員会による評価を受けるのが主催者側の目的で、中国の宇宙開発局と財務局の役人も出席していました。HXMTの評価は良好でしたが、現実的で信頼できる性能予測をするという課題が出ました。

イギリスがLobster (宇宙ステーション用に設計した全天X線モニタの遺産)の搭載を提案しています。またドイツが検出器開発で参加しています。

中国の若い参加者の中には、宇宙にかかわるのはHXMT衛星が初めてという検出器専門の人や電子回路専門の人もいて、黎明期の雰囲気と活気を感じました。

常夏の島で美肌料理

海南島の1月は最高気温が28度、最低気温が21度くらいだそうです、実際Tシャツで十分でした。到着してからインターネットで仕入れた情報によると、緯度はハワイと同じ北緯20度です。暑いわけですが。

食事は油っこいものや激辛のものはほとんどなく、蒸したりゆでたりした海鮮や野菜が盛りだくさんでした。コラーゲンを十分摂取できたせいか、肌がつるつるになりました。海南島の食生活を続けたら、どこまで健康になるか想像がつきません。

海南島の絵はがき

ホテルのフロントで「絵はがきを買いたい」と言うと、「ホテル内のビジネスセンターへ行け」というので行ってみました。売っていたのは海南島とは何の関連もない図柄の正月用の絵はがき1種類のみでした。ビジネスセンターの人が、デパートならあるかもしれないと教えてくれました。

海南島のデパートは夜10時まで営業していて便利です。デパートに売ってはいたのですが、めったに売れないためか写真がひどく色あせしていました。趣があるかとは思ったのですが結局買わず、ほかの店を回って5件目にやっと普通の絵はがきを見つけました。中国人は絵はがきを送る習慣があまりないのかもしれませんが。

最後に

中国の科学衛星も、この調子でいけば、すぐに国際レベルになるのではないかという印象を受けました。科学衛星の分野で日本が中国とどのように付き合っていくべきかを真剣に考える時期に来ているのかもしれませんが。

(うえの・しろ)



ワークショップが開催されたホテル「珠江花園酒店」とその前のビーチ。写真右手の階段に腰掛けているのはワークショップ参加者。

中国の開発体制と各国の取り組み

HXMTは2011年ごろの打上げを目指す2.7トンの衛星で、IHEP (高エネルギー物理研究所)と精華大学の研究者がミッション装置 (約1トン)を担当します。衛星工学や環境試験は、中国の宇宙空間研究所が協力します。HXMTの主観測装置は20-250keVをカバーするシンチレーションカウンター18個から成り、感度は既存の装置INTEGRAL/IBISより3倍良いと言っていました。20keV以下をカバーする二つの副観測装置 (軟X線と中間X線観測装置)も検討していて、

ISS科学プロジェクト室主任開発員

上野史郎



年金生活1年生

長瀬文昭

宇宙科学研究本部名誉教授

本コラムへの投稿を依頼されて、四半世紀前の「はくちょう」衛星の追跡・運用を思い出した。X線グループも当時は小所帯であり、小田・早川の両御大を除いて田中・宮本以下、当時若手(?)助手であった小山・井上・牧島から大学院生の常深・国枝・大橋に至るまで、2週間の内之浦お勤めを年4~5回行うのが通例であった。受信帯が昼間のときはよいが、深夜になったり早朝になったりすると、昼間に騒々しい環境にめげずに睡眠をとる必要があり、寢酒としてよく寝覚めもさわやかな芋焼酎は欠かせぬ友であった。私も内之浦では、「薩摩大海」や「小鹿」を愛飲したものである。

ところで、昨年3月に退職する際には人生4分割論などを唱え、養育・教育を受ける第1期、自己を確立すべき第2期、社会に貢献すべき第3期を経て、私もいよいよ自由人として生きる第4期に入るので、退職後は悠々自適、自由気ままに趣味に生きる、と高言しました。しかし、退職してみると衣食住以外の出費があれこれ想定外に多いことが分かり、悠々自適どころの騒ぎではない。年金生活も楽ではないことを悟った、この1年間でした。しかし精神的には自由人として人生最終章を全うしたいとの気持ちは変わらない。

私は退職時に今後やりたいこととして、年来の趣味である読書・ドライブ・囲碁に加えて、あれやこれや七つも八つも数え上げましたが、今振り返るとどれ一つとして軌道には乗っていません。昨年前半は私大での講義の準備で忙しい思いをしました。ある私大から新たに科学史の講義を依頼されて、気安く引き受けたのが敗着(囲碁用語)でした。そもそも事前に提出するシラバスで、天文学、数学、物理学、地球科学、生命科学と自然科学全般にわたり古代から現代まで科学の発展を解説するという大変欲張

った講義計画を立てたのが、そもそも布石戦略の誤りでした。おかげで昨年春から夏休みまでは毎週この科学史講義の準備に追われました。しかしこれは私自身にとって、自然科学の発展をおさらいするよい機会になりました。

多摩ニュータウン地域には落合・豊ヶ丘地域を中心として、会員300名以上を誇る豊友会という囲碁同好会があります。会員は県代表クラスから有級者までバラエティに富み、中級位(3~4段格)の私は暮仇に不自由ないので、現役時代から週に1度は出掛けていました。前段で述べた理由でしばらく出席できず、昨年夏休みに入ってからひょっこり出掛けると、「長瀬さん、しばらくお見えにならないから、お亡くなりになったかと思っていました」と冷やかされる始末でした。実際この同好会は退職者が過半数で、



南伊豆河津桜の下で
(青野川沿いにて3月7日撮影)

よくそのようなケースがあるのです。統合後JAXAの囲碁同好会の仲間に入れてもらい、今もOBとして大会や対抗戦など季節のイベントに参加しています。

私のドライブ好きは知られているところですが、通常家内を伴ってあちこち観光しながら温泉地目指して走る車の旅です。昨年の夏にはそれまで10年間乗った愛車を手放し、ロングツーリングに適したマークXに買い替え、車の旅もやっとエンジンが掛かってきました。昨年は宿場町シリーズと伊豆シリーズを始めました(共に未完)。宿場町訪問は家内の好みによりますが、昨年は東北旅行の折に大内宿、犬山への行き帰りに木曾路に迂回して馬籠宿、妻籠宿、奈良井宿を巡りました。伊豆はもちろん温泉巡りですが、今のところ熱海、熱川、伊東、稲取から下田まで東海岸を制覇し、これから順次、西海岸を松崎、堂ヶ島から土肥まで回る予定です。帰りはたいてい伊豆スカイライン・三国峠経由で富士山を眺めながら箱根を越え、御殿場に出ます。ようやくエンジンが掛かったところとはいえ、すでにこの半年のうちに走行距離は1万kmを超えました。車を運転できる間に、日本全国、北は北海道から南は九州まで(さすがに沖縄は飛行機)縦横に走破したいと思っています。

昨年は名誉教授室を再整備していただき(鶴田前本部長ならびに庶務課、施設課の皆さまに感謝)、新参名誉教授である私も気軽に部屋・机を使わせていただいております。おかげで古巣のX線グループの会議に参加したり、PLAINセンターを訪問したりする際にも大変便利です。もう少し落ち着いてきたら、この部屋で「すざく」のデータ解析などにも手を出したいと思っています。

芋焼酎のせいでだんだん酔いが回ってきたようなので、こらで筆を納めることにします。
(ながせ・ふみあき)

次は、月でインパクトのある写真を!

宇宙探査工学研究系教授
橋本樹明

—「はやぶさ」による小惑星イトカワへの接近、着陸・離陸で、最も印象に残ったことは何ですか。

橋本：私は、誘導・姿勢制御の責任者として、連日、管制室に詰めていました。緊張の連続ですべてが印象に残っています。中でも最も緊張したのは、世界中の人たちの期待がかかった88万人署名入りのターゲットマーカを、イトカワ表面に向けて分離するときです。私が分離や撮影のタイミングを決める担当だったんです。

—多くの人たちが、「はやぶさ」の活動をかたずをのんで見守りました。

橋本：今回、「はやぶさ」の状況を随時、速報的に皆さんにお伝えしました。すると、すぐにウェブサイトなどにいろいろな意見や感想が出ていましたね。私たちは、主なサイトをチェックして、こんな書き込みがあったよ、と管制室で話題にしていました。熱心な宇宙開発ファンばかりでなく、たくさんの方々から広報経由で電子メールもいただきました。「88万人が「はやぶさ」をイトカワへ導いた」といわれましたが、確かに、皆さんの注目の大きさがプレッシャーにもなり(笑)、私たちは必死になって頑張ることができました。

—「はやぶさ」プロジェクトは、いつスタートしたのですか。

橋本：私が宇宙研に入った1990年くらいから、将来の工学実験計画として何をを目指すか、30歳前後の若手を中心に議論を始めました。そして、まだ誰もやったことのないことをやろうと、小惑星の探査計画を選びました。しかしその後、米国が先にニア・シューメーカー探査機で小惑星エロスを探査しました。二番煎じは面白くないと、私たちは小惑星からのサンプルリターンに挑戦することにしたのです。

—ただし、着陸を目指すイトカワの地形は、「はやぶさ」が接近するまで分からなかったわけですね。

橋本：地上からの観測で、ラグビーボールのような形をしているらしいことは分かっていました。しかし表面の様子などはまったく分かりません。私たちは、ほとんどが砂に覆われていて、ところどころに小石があるくらいだと思っていました。しかし、実際に行ってみると岩だらけ。どこにも着陸できる場所はない、着陸はあきらめようという議論も出たほどです。とても困ったのですが、予想外のこと、驚きがあることが、宇宙開発の面白いところです。私たちは、



はしもと・たつあき。1963年、東京都生まれ。工学博士。1990年、東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。同年、文部省宇宙科学研究所助手。同助教授を経て、2005年4月より宇宙科学研究本部教授。専門は宇宙機制御工学。科学衛星全般の姿勢制御系担当。月惑星表面探査技術ワーキンググループ主査。大気球を用いた無重力落下システムの開発も行っている。

唯一着陸ができそうな「ミューゼスの海」と名付けた非常に限られた場所にチャレンジして、着陸・離陸に成功しました。世界で初めてのこと、誰もやったことのないことに挑戦するのは、大変ですが、本当に魅力的ですね。今回、

私自身とても感動しながら「はやぶさ」の運用に携わりました。

—「はやぶさ」のメンバーは、次に、どこを目指すのですか。

橋本：一つは、「はやぶさ」で実証したイオンエンジンを高性能化し、巨大な薄膜太陽電池と組み合わせたソーラ電力セルで木星を目指そうというグループ。もう一つは、「はやぶさ」の着陸・離陸技術を発展させて、月の北極や南極、山地やクレータ内部などを狙おうというグループがあります。私は月面探査に興味があります。アポロ計画では、月の海と呼ばれる安全な平地に着陸して探査しました。私たちは、着陸や探査が難しく、今まで行けなかった場所へ行きたいのです。そのために、自分で判断して岩を避けるなど、自律的に動ける探査機を検討しています。

—宇宙開発に携わるには何が必要ですか。

橋本：子供のころ、一番好きだったのは電車です。大学では新幹線のモータ制御の研究をしました。新しいことに挑戦するには、さまざまな分野の技術が必要です。大学で宇宙科学や宇宙工学に進まなくても、いろいろな形で宇宙開発に参加して、貢献できるチャンスがあります。また、宇宙開発以外にも魅力的な仕事はたくさんあります。若い人たちは、視野を狭めない方がいいと思います。

私はカメラにも興味があって、記念電車などの撮影が趣味でした。宇宙研では探査機に搭載するカメラの開発・運用にも携わってきました。火星を目指した「のぞみ」にもカメラを搭載して、月と地球のツーショットを撮影しました。「はやぶさ」に搭載したカメラは、イトカワの科学観測を行うとともに、分離したターゲットマーカの撮影なども行いました。探査機での撮影は、記念電車の撮影と似ています。チャンスは1度。アングルやシャッターチャンスを事前に計算して、ベストショットを狙います。月面でも、皆さんがあつと驚くような写真を撮りたいですね。

ISASニュース No.300 2006.3 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: newsedit@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。 古紙配合率100%再生紙を使用しています



編集後記 2月22日、待望の国産赤外線天文衛星「あかり」が誕生しました。この冬期連続打上げの有終の美を飾る、見事な打上げでした。「あかり」がこれからどんな宇宙を我々に見せてくれるか、とても楽しみです。

なお、今年生まれる女の子の名前は「あかり」が多いことでしょうか(特に関係者)。地上と宇宙の「あかり」ちゃんが、健康ですくすく成長しますように。(竹前俊昭)

デザイン/株式会社デザインコンビピア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト