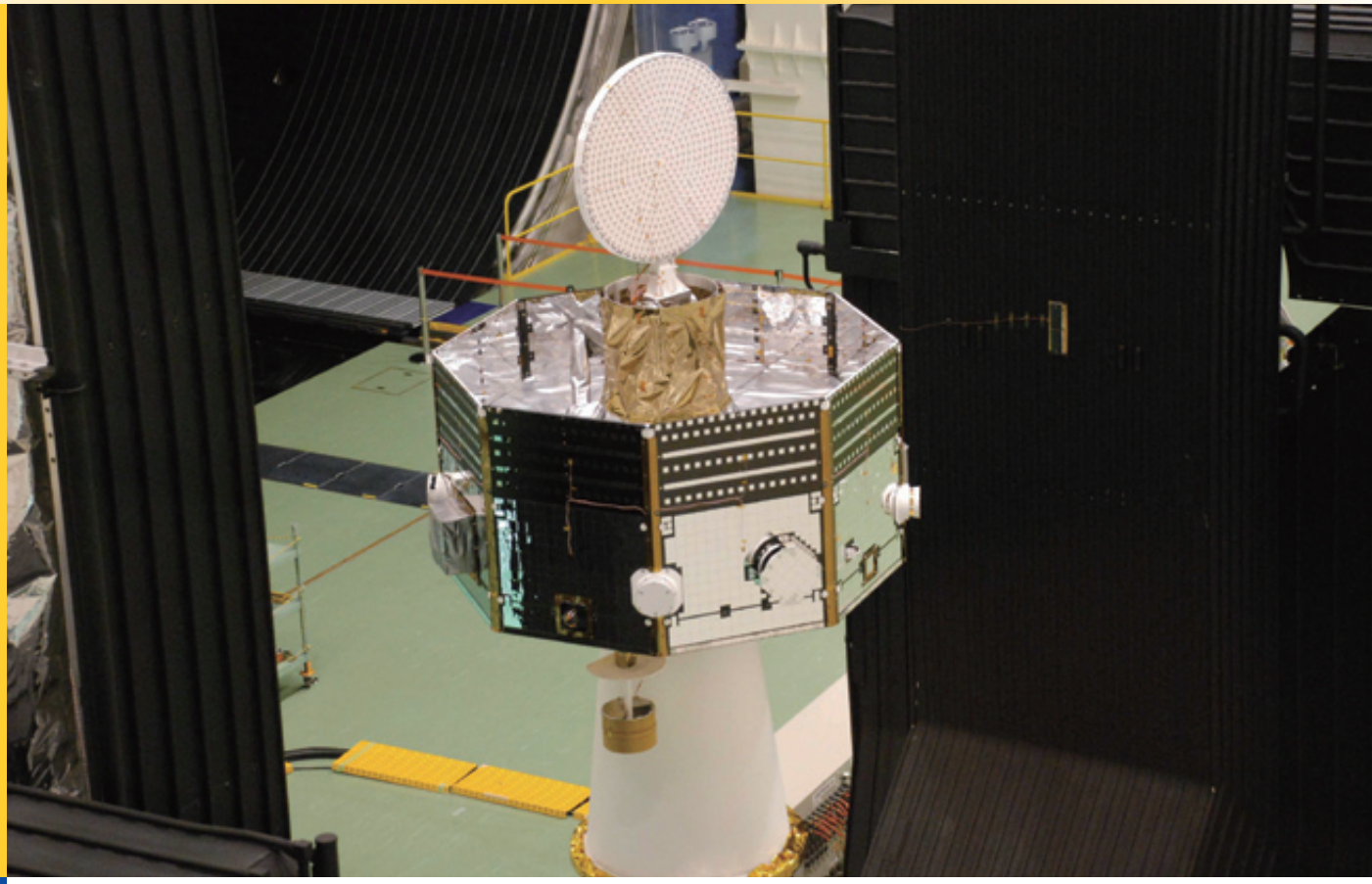
空へ挑み、宇宙を拓く
JAXA 宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究本部
ISSN 0285-2861
ISAS ニュース
2010.1
No. 346



水星探査機 BepiColombo/MMO 熱モデル

新年のごあいさつ

小野田淳次郎
宇宙科学研究本部 本部長

明けましておめでとうございます。

一昨年施行された宇宙開発基本法を受け，昨年６月には宇宙基本計画が策定されました。同計画は，宇宙科学プログラムを主要な柱の一つと位置付け，活力ある未来のために，世界をリードする成果を創出することを求めています。これは我々の責務にほかなりません。

軌道上の科学衛星，特に「すざく」「あかり」「ひので」は世界的な成果を挙げ続けており,昨年任務を終了した「かぐや」も大きな成果を残しました。幾多の困難を乗り越え今年６月の地球帰還を目指して苦闘を続けている「はやぶさ」が小惑星イトカワのサンプルを持ち帰ることができれば，人類的な成果をさらに追加することになります。

しかし，現在得られつつあるこれら成果は先達の並々ならぬ努力に負うところ大であり，今後も世界的な成果を創出し続けるには，我々のたゆまぬ努力と知恵が必要です。まず，今年打ち上げる金星探査機「あかつき」および小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS と，以降続く諸科学プロジェクトの確実な実施に万全を期すべきことは当然ですが，同時に状況の変化に応じて，宇宙科学研究を行うにふさわしい体制を強化していくことも不可欠と考えられます。

ご存じのように，現在，宇宙開発戦略本部による我が国全体の宇宙開発体制の議論の途上にあります。また JAXA では，宇宙基本計画の制定と宇宙三機関統合後の状況を踏まえて，JAXA における宇宙科学の展開すべき方向とそれを支える組織と資源の在り方などについての検討が，理事長の諮問委員会である宇宙科学研究推進検討委員会の場で有識者により行われています。我が国の宇宙科学が世界をリードする成果を創出し続けるにふさわしい体制の構築に向けて，宇宙科学研究本部各位の自覚と努力，関係の皆さまのご協力，ご支援をお願いして，年頭のごあいさつに代えさせていただきます。　（おのだ･じゅんじろう）

「あかり」が照らし出す彗星の素顔

大坪貴文
赤外・サブミリ波天文学研究系 研究員※

『ISASニュース』2009年4月号の赤外線天文衛星「あかり」特集では，「太陽系からのあかり」というタイトルで，太陽系小天体の代表として黄道光（惑星間塵）と小惑星の観測についての記事が掲載されました。これらの観測は，まだ「あかり」が液体ヘリウムで冷やされている期間のもので，主に中間赤外線（5～25マイクロメートル）での結果の紹介でした。

「あかり」は，2007年8月に液体ヘリウムを使い切った後も，機械式冷凍機によって望遠鏡と観測装置は冷却されており，現在も近赤外線波長域（2～5マイクロメートル）で観測を続けています。そこで本記事では，現在も鋭意継続中である彗星の近赤外線観測について紹介したいと思います。

雪だるま？ 泥だんご？

皆さん，彗星のことはご存知だと思います。夜空に長い尾をさまざまにたなびかせる彗星は，天体の中でも非常に美しいものの一つだといえるでしょう。彗星は，「汚れた雪だるま」とも呼ばれ，その本体（彗星核）は氷と塵（砂粒や小さな石ころのようなもの）からできています。遠くからやって来た彗星は，太陽に近づくにつれて氷が昇華し気体となり，塵とともに彗星核の周囲に淡く広がった「コマ」や長い尾をつくります。我々がよく知る「ほうき星」の姿はこうしてできるわけです。彗星の氷と塵の割合に関してはまだ分からないことも多いのですが，最近の研究では塵も意外に多く，「汚れた雪だるま」よりは「凍った泥だんご」に近いのでは，という説も出ていたりします。こうしたキャッチフレーズを付けて大まじめに議論しているところは，何となく微笑ましいですね。

さて，彗星核の主成分である氷は，80%程度は水の氷で，残りの約20%を二酸化炭素（つまりドライアイス）や一酸化炭素などが占めていると考えられています。そのほかには，メタン，エタン，エタノールなどをはじめとした炭化水素やアルコール（！），さらにアンモニアなどが微量成分として含まれているようです。水の氷とドライアイスがこうした物質を中に閉じ込めた「雪だるま（泥だんご？）」が太陽系の中を飛び回っている。それが彗星なのです。

ルーリン（鹿林）彗星と「あかり」

ところで，皆さんにとって一番記憶に残っている彗星はどれでしょうか？ 1970年代にはベネット彗星やウェスト彗星，80年代には76年ぶりに戻ってきたハレー彗星，そして90年代にはヘール・ボップ彗星と百武彗星が話題になりました。分裂して木星に衝突したシューメーカー・レビー彗星もニュースをにぎわせました。どの彗星になじみがあるかで，その人の世代が分かるかもしれませんね。そして，2009年初頭には，ルーリン彗星（C/2007 N3）が明るくなるというニュースが報じられました。実際の明るさは肉眼でかろうじて見える程度でしたので，直接見た方は少ないかもしれませんが，その緑がかった青白色の姿と長く伸びた尾の印象的な写真を目にされたことがあるかと思います。

ルーリン彗星は，2007年7月に台湾のルーリン（鹿林）天文台によって発見されました。ルーリン天文台は台湾の国立中央大学天文研究所が運営している観測所で，ルーリン彗星は台湾の観測施設で発見された最初の彗星です。中央大学天文研究所には，「あかり」の太陽系チームに参加している木下大輔さんが所属しており，今回いろいろな情報交換も行いました。太陽系小天体の研究では，世界各地の小中口径の望遠鏡やアマチュアの方々の観測も非常に重要ですが，今後もこうしたアジアの協力関係が生かされることを期待しています。

「あかり」はこれまでにルーリン彗星を異なる時

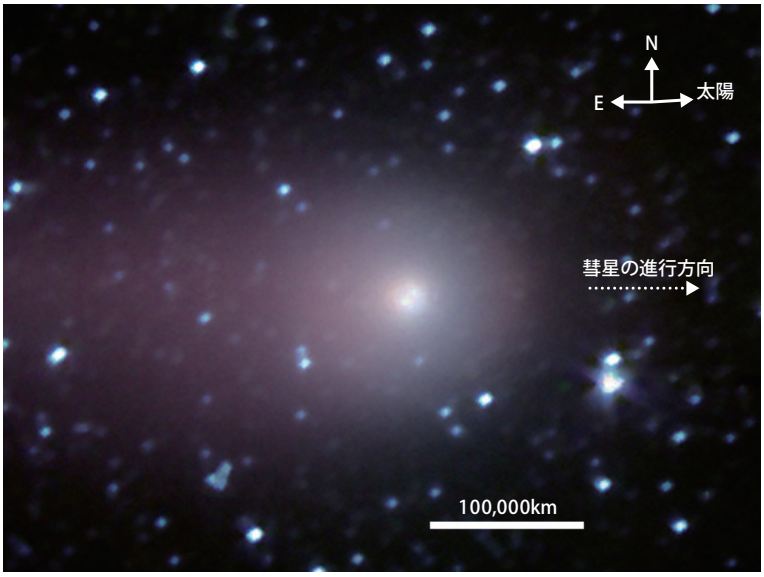


図1 「あかり」近・中間赤外線カメラIRCが観測したルーリン彗星（C/2007 N3）の3色疑似カラー写真
2，3，4マイクロメートルで撮像し，それぞれを疑似的に青，緑，赤に色をつけて重ねたものである。10万km以上にコマが広がっているのが見える。

期に数回観測したのですが，今回紹介するのはそのうちの近日点（太陽に最も近づいたとき）通過後の2009年3月30日，31日の観測結果です。「あかり」の近・中間赤外線カメラIRCは，撮像観測・分光観測の両方が可能です。我々は30日に波長2～5マイクロメートルでの近赤外線分光観測，31日に2，3，4マイクロメートルでの3色撮像観測を行いました。図1は，その3色疑似カラーの写真です。「あかり」の撮像の視野は約10分×10分なのですが，その視野いっぱいに広がっているルーリン彗星のコマがよく見えると思います。

さて，彗星の氷のほとんどが水，二酸化炭素，一酸化炭素でできていると書きましたが，水や一酸化炭素分子は近赤外線や電波などの波長なら地上からでも観測が可能で，その存在量について精力的に研究が進められています。しかし，ドライアイスのもとである二酸化炭素だけは地上からの観測ができません。4.26マイクロメートルや15マイクロメートル付近で分子振動による放射を出すのですが，これを観測するには地球大気を避けるためにロケットや衛星での観測が必要となります。「あかり」が観測する近赤外線波長域（2～5マイクロメートル）は，二酸化炭素が出す分子振動放射の4.26マイクロメートルをカバーしています。さらには，2.66マイクロメートルの水分子と4.67マイクロメートルの一酸化炭素も同時にカバーしており，彗星核に含まれる分子の観測には，「あかり」はまさにうってつけの衛星なのです（図2）。

実は彗星の二酸化炭素分子の観測は世界でもこれまで例が少なく，探査機による彗星近傍でのその場観測による2つの彗星（ソ連のベガ探査機によるハレー彗星とNASAのディープインパクト衝突探査の際のテンペル第1彗星），そしてヨーロッパの赤外線天文衛星ISOによるヘール・ボップ彗星とハートレー第2彗星くらいしかありませんでした。しかも，水・二酸化炭素・一酸化炭素の主要3分子を「同時に」「同じ観測装置で」きちんと検出できたのは，ISOによるヘール・ボップ彗星だけでした。たくさんの彗星をさまざまな日心距離で観測できれば，こうした分子の存在比がより正確に求まることになります。「あかり」の観測は，彗星核に含まれる二酸化炭素の観測データを一気にこれまでの5倍以上に増やす画期的なものなのです。

「あかり」はタイムマシン

では，こうした観測から何が分かるのでしょうか？その前に，そもそも彗星核の生い立ちについて考えてみましょう。彗星の中には，数年～数十年の周期を持つものから，太陽系の外縁からやって来てそのまま太陽系の外へと去っていき，二度と戻ってこないと思われるものまでありますが，実はこれらのほとんどは，元をたどれば原始太陽系星雲のやや外縁の比較的限られた領域，木星から海王星の外側にかけてが故郷だと考えられています。45億年前の原始太陽系星雲の円盤中では，ガスと塵から数～数十km程度の微惑星がたくさんできました。これら微惑星が合体成長し原始惑星が生まれ，さらに現在の惑星に成長した，というのが標準的な太陽系形成理論です。木星付近より外側の冷たい領域で生まれた微惑星は，氷をたくさん含んでいました。多くの微惑星はお互いに衝突したり，原始惑星や惑星に取り込まれたと思われますが，衝突はせずに惑星の重力で軌道を変えられ太陽系の外縁へはじき飛ばされたものもたくさんあったと考えられます。それが彗星の起源なのです。

そう考えると，彗星は45億年前の太陽系形成の際のさまざまな情報を内部に閉じ込めた，いわば太陽系の化石といえます。その化石から放出されたガスの組成は，原始太陽系星雲時代の太陽系の素顔を知るための重要な手掛かりの一つなのです。45億年前の太陽系の，さらにガスと塵の円盤の奥深くという，通常ならうかがい知ることができない場所で彗星核はできるわけですが，氷と塵の比率，水と一酸化炭素と二酸化炭素の比率，これらすべてがその大昔の原始太陽系星雲の奥の奥を知る手掛かりになるわけです。

さて，「あかり」が観測したルーリン彗星のスペクトルの例（図2）を見ていただくと分かるように，2.6～2.7マイクロメートル付近の水と4.2～4.3マ

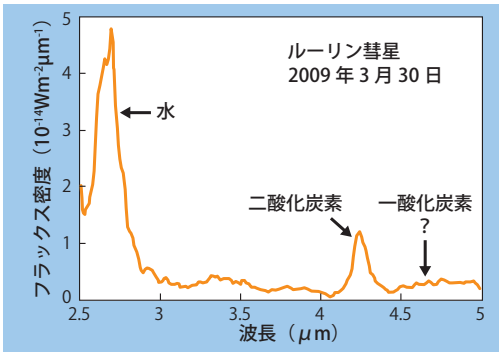


図2 「あかり」IRCが観測したルーリン彗星の近赤外線スペクトル
2.66と4.26マイクロメートル付近の強度が強く，水（水蒸気）と二酸化炭素が彗星から大量に放出されていることが分かる。

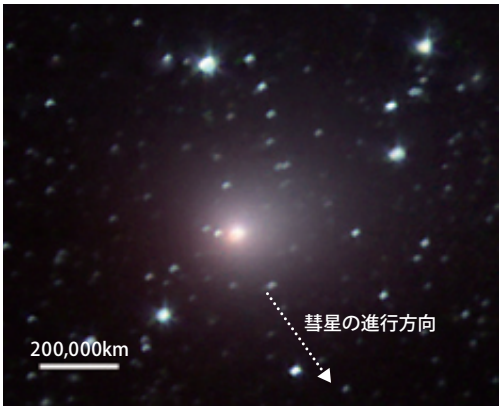


図3 「あかり」IRCが観測したクリステンセン彗星（C/2006 W3）の3色疑似カラー写真

イクロメートル付近の二酸化炭素の放射が強く受かっていました。一方で4.7マイクロメートル付近にあるはずの一酸化炭素の放射は弱いことが分かります。彗星コマ中の物質分布を仮定したモデルを適用してルーリン彗星のコマ中の分子存在比を導き出してみると，水分子の数を100%と考えた場合，相対的な個数として二酸化炭素は4～5%程度，一酸化炭素は2%以下しか存在していないという結果を得ました。これら二酸化炭素と一酸化炭素の値は，過去の彗星の観測例と比較しても低めです。二酸化炭素（ドライアイス）は水（氷）よりも，一酸化炭素は二酸化炭素よりも低い温度で気体になってしまいます。ルーリン彗星は原始太陽系星雲中の彗星核ができる領域の中でも比較的温かい場所，つまり，より太陽に近い場所で形成された可能性が高いのではないかと考えられます。

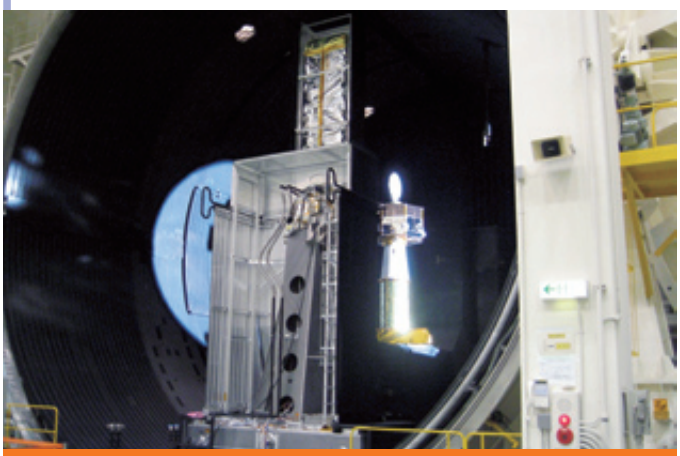
こうした彗星の二酸化炭素に着目した観測と研究はまだ発展途上で，現段階では，数個の彗星で分子の存在比が分かっても，彗星核が過去の太陽系のどこでできたかをすぐに言い当てることはできません。しかし，「あかり」は現在も元気に彗星の観測を進めています（例えば図3）。今後も観測例が増え統計的な議論ができる程度までデータが蓄積されれば，はるか45億年前，原始太陽系星雲の塵円盤の奥深くでどういう進化が起こり，彗星核（微惑星）や原始惑星がどのような物質からできたのかを探る，大きな手掛かりの一つになると期待しています。「彗星」と「あかり」の組み合わせ，それはいわば太陽系の生い立ちを探るタイムマシンともいえるかもしれません。　（おおつぼ・たかふみ）

※2010年1月より東北大学 大学院理学研究科 天文学専攻 准教授

ISAS 事情

BepiColombo/MMO熱モデル試験

2009年11月5日から12月11日まで，筑波総合環境試験棟の直径13mスペースチャンバにて，水星探査機BepiColombo/MMOの熱モデル試験を実施しました。MMOは水星周回軌道上において，最大で地球近傍の10倍の強度の太陽光にさらされるため，太陽光の影響を正確に評価する必要があります。そのために本試験ではソーラシミュレータを使用しました。またMMOはスピン衛星なので，供試体支持装置（TFX）を使用し，スピンを模擬した試験を行いました。今回の試験では模擬太陽光強度を設備限界の1.8kW/m^{2}まで上げ，また4日間にわたって供試体を回転させ続けました。こういった特殊な運用は設備にとって初めてだったそうですが，まったく問題なく試験を続けることができました。供試体もヒータ断線や熱電対のはがれなど計測欠損はまったくなく，試験も予定通りで，すべてのデータを問題なく取得することができました。また試験後の外観検査でも問題はありませんでした。設備関係の皆さま，メーカー関係の皆さまに，この場をお借りしてお礼申し上げます。



スペースチャンバ内のBepiColombo/MMO熱モデル（中央右寄り奥）

スペースチャンバ内でソーラシミュレータに照射されスピンしている状態がチャンバ窓から観察できましたが，その様子は水星軌道上の状態を容易に想像できる，とても美しく印象的なものでした。

本試験には宇宙科学研究本部熱グループに全面的に協力いただきました。熱グループの若い方々に熱試験に参加していただき，観察や記録，データ整理をしていただきました。科学衛星で，筑波の施設を使用してソーラシミュレータを用いた試験は初めてです。その意味で，かなり貴重な経験が得られたと思います。得られた経験や知識や人脈を，それぞれの今後の業務に生かしていただけるものと期待しています。

MMO熱モデルは今回の試験結果を評価した後，2月に宇宙科学研究本部でのIR（赤外加熱法）試験，7月にESA（欧州宇宙機関）での10ソーラ（地球近傍の10倍の太陽光）試験に供され，熱設計検証と熱数学モデルの検証を行っていきます。　（小川博之）

新しい固体ロケットの研究（2）――Challenge after challenge

早いもので，固体ロケットの研究についてこのコラムに書かせていただいたのは、もう2年も前のことになります。その間，総合科学技術会議による「減速」の提言や，厳しい予算状況などで，外的環境はまるで荒野を行くがごとく厳しいものでしたが，おかげで大いに鍛えられました。困難も見方によっては幸運であって，かつてはプロマネの戯言みたいな夢のようなスローガンが，地道な研究の積み重ねによって，今や現実のものとして手の届くところまで来ています。

新しい固体ロケットの超軽量モータケース（直径30cmの試作モデル）

例えば，新しい固体ロケットの管制室は個人用のコンテナに収まるくらい小さなものにしよう（コンテナ管制）という当初の目標は，もはやノートパソコンを小脇に抱えるくらいコンパクトなものになろうとしています。世界でも初めての夢のような「モバイル管制」の登場です。それから，面倒なロケットの点検作業をこれからはロケット自身にやらせようという試み（自律点検）はさらに進化を遂げ，異常が見つかったときの原因究明までもロケットにやらせようとしています。まさにSFのような知能を持ったロケットの誕生です。加えて，もともと世界最軽量のM-Vのモータケースをさらに軽量化，かつ製造プロセスも簡素化して，高性能と低コストの両立を図ろうとしています。このような，新しい固体ロケットのキーとなる研究テーマに対しては，小さいながらも試作試験などを行うことによって実現性の確認作業を進めています。こうした慎重な取り組みは「フロントローディング」と呼ばれていて，本格的開発の段階に入ったときに，手こずってコストの超過やスケジュールの遅延を招いたりすることのないようにするための大切なステップです。

さて，ありがたいことに，最近になってようやくJAXA内の審査に合格し，開発へ移行する準備が整ったとの判定が下りました。固体ロケットの未来に向かって大きな前進です。これから宇宙開発委員会での審査などがありますが，あともう少しでこの船も出港です。申し分のない航海となるでしょう。

（森田泰弘）

「宇宙学校・くろべ」開催

2009年度3回目となる宇宙学校を，11月の3連休の中日,11月22日に富山県の黒部市吉田科学館で開催しました。黒部というと峡谷やダムのイメージが強く，山あいのとても寒いところなのではないかと覚悟して行ったのですが，科学館のある生地（いくじ）は富山湾に面した穏やかなところでした。

今年度の宇宙学校では，限られた予算と人員でできるだけ多くの会場を回るために，1回当たりに派遣する講師の数を少し削っています。そのため個々の講師にかかる負担は少し増えていますが，私も今回は校長と1時間目の講師という2つの役回りです。

当日は，インフルエンザの影響で直前のキャンセルがかなりあったものの，富山では初の開催となることもあって，134名の親子連れに参加いただきました。地元黒部市や富山県内だけでなく，福井や石川，新潟など，北陸エリアのかなり遠いところからもわざわざお越しいただいたようです。

会場の様子

1時間目は私が「見えないひかりでみる宇宙」と題して電波・赤外線・X線などの観測で見えてきた宇宙の姿を紹介し，2時間目には吉川真さんが「『はやぶさ』の壮大な宇宙の旅」について紹介。クイズなどもしながら楽しいやりとりとなりました。最後の1時間は地元黒部市の出身で国立長野高専教授の大西浩次さんも交え，3人で自由な質問を受け付けることにしました。北陸の子はおとなしいので質問はあまり出ないのではないかと事前に言われていたのですが，ふたを開けてみると，質問が尽きることはありませんでした。

会場の受付付近では，金星探査機「あかつき」に載せるメッセージの寄せ書きも実施。皆さん，楽しげに書いていました。準備の関係で，移動を含めて3連休が丸つぶれとなりましたが，前夜と当日の夜も魚津の街を徘徊し，日本海の幸をたっぷり堪能してきました。

1月には岩手県大船渡と徳島の2ヶ所で宇宙学校を開催します。2010年度分の共催団体の公募開始も間もなくです。

（阪本成一）

小型ロケットによる微小重力実験をESAと共同で実施

射点から打上げ直後のTEXUS 46号機。2009年11月22日12時15分(現地時間)。(写真：ESA/SSC/Astrium)

2009年11月22日，スウェーデン・キルナ郊外のスウェーデン宇宙公社エスレンジ射場から，微小重力実験用小型ロケットTEXUS 46号機が打ち上げられました。TEXUS 46号機には，JAXAが開発した燃焼実験モジュール（JCM）がほかの相乗りペイロード1個とともに搭載され，約6分間の微小重力時間を利用した燃焼実験（PHOENIX）が行われました。

今回の実験は，宇宙環境利用科学委員会による支援を受け活動中の「液滴群燃焼ダイナミクス研究ワーキンググループ」と，ESAの支援を受け活動している欧州の燃焼研究グループ「CPSチーム」の研究協力をもとに，JAXAとESAの国際共同ミッションとして実施されました。日欧研究者チームの実験要求をもとにした実験計画の作成とJCMの開発をJAXAが，TEXUSロケットによるフライト実験機会の確保をESAが行うという役割分担で，準備が進められてきました。

PHOENIXは，燃焼機器で広く用いられている，燃料を霧状にして燃焼させるときの火炎伝播メカニズムの解明を目指した基礎実験です。現象を単純化して火炎伝播メカニズムの理解を図るため，燃料噴霧のモデル系として燃料液滴列を用い，液滴列に沿って伝播する火炎の構造，火炎伝播速度，および燃焼生成物である窒素酸化物（NOx）濃度などに与える燃料予蒸発進行度の影響を明らかにすることを目的としています。

フライト中の実験機器の操作は，ブロックハウスに入った3名の実験運用チームがリアルタイムダウンリンクされた画像データ・テレメトリを確認しつつ，テレコマンドにより行いました。今回の打上げキャンペーンでは気象条件がなかなか整わず，1週間にわたる計6回のカウントダウンでようやく打上げ実施に至ったという経緯もあり，打上げ時の実験チームは“緊張感”よりも“よし，いくぞ！”という雰囲気が勝っていたように思います。

ロケットの飛行およびJCMを含むペイロード部の回収は順調に行われ，目的とした実験データは無事取得できました。本実験で得られた貴重なデータについては日欧研究者チームにより今後詳細に解析を行い，論文として公表していく予定です。

最後に，本ロケット実験の成功に当たり，これまでご支援，ご協力いただいたすべての方々に，この場を借りて深くお礼させていただきます。（菊池政雄）

「世界天文年2009」閉幕

世界天文年2009の世界企画の一つ「天文学者のブログ（Cosmic Diary）」

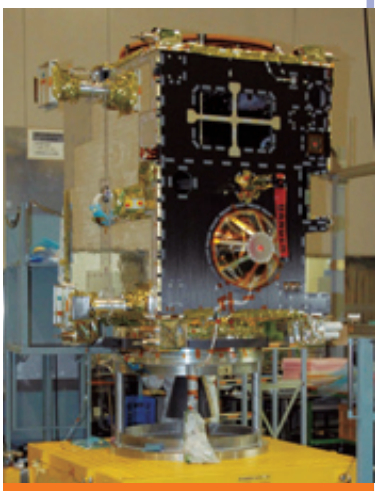
ガリレオ・ガリレイが自作の望遠鏡で宇宙を初めて観察してから400年に当たる2009年。国際天文学連合では国連やユネスコに呼び掛けてこの年を「世界天文年2009」と定め，宇宙を身近なものにする取り組みを世界的に進めてきました。イタリアと並び共同提案国となった日本では，これを一部の経済的に豊かな国で進めるのではなく，世界全体で実施するよう働き掛け，12月の閉幕までに148の国と地域が参加しました。

日本国内での取り組みは，世界天文年2009日本委員会の事務局を務めた国立天文台や我々JAXAなどの研究機関，全国に展開する科学館・プラネタリウム・公共天文台などが緊密な情報交換をしながら組織的に動いたことに加え，高い意識を持つ一般市民が参加したことで，世界的に見ても傑出したものとなりました。日本委員会が公認したイベントは実に約2900件にも及び，それを実施した約840団体の多くは，世界天文年を通じて初めて天文関係のイベントを企画したという集計結果が出ています。JAXA宇宙科学研究本部でも，国内にとどまらず，NASAやESAなどの大組織に伍して世界企画に参加しました。私個人も世界企画の取り組みの一つとして，和英併記のブログを2日に1回以上のハイペースで更新し，ユニークな日本国内での取り組みを世界に発信しました。

世界天文年は閉幕しましたが，1年かけて燃え上がった火をここで絶やすことのないよう，活動をなにがしかの形で継続するための検討が進められています。国際天文学連合では“Beyond International Year of Astronomy 2009”と題して，2010年にも活動を継続することを決めました。日本でも，神戸市で12月5日から6日にかけて開催されたグランドフィナーレで「世界天文年2009から未来へ」と題した宣言を採択し，やり方は少し変えるにしても，取り組みを継続することになりそうです。

2月には「おおすみ」の打上げ40周年を迎え，その後，「あかつき」と小型ソーラ電力セイル実証機IKAROSが金星へと向かい，小惑星探査機「はやぶさ」の地球への帰還が期待されています。2010年も宇宙ファンにとって目が離せない年となることでしょう。（阪本成一）

金星探査機「あかつき」の報道公開


報道関係者に公開された「あかつき」

金星は日没後の宵の空に，あるいは夜明け前の暁の空に，全天で一番明るく輝く星として知られています。その金星に向けて，間もなく金星探査機「あかつき」が打ち上げられます。

現在「あかつき」は，本物の探査機（フライトモデルといいます）を用いての地上試験を相模原キャンパスで継続中です。ロケット打上げ時に発生する過酷な振動や衝撃に対する健全性を確認するための機械環境試験（約1ヶ月間行いました）を無事終了し，続いて，宇宙空間航行中の厳しい熱環境に対する健全性を確認するための熱真空試験（これも約1ヶ月かかります）の準備作業に入りました。

機械環境試験では大型の振動衝撃試験装置の上に探査機を載せるため外部からの見学が容易ですが，熱真空試験では宇宙空間を模擬的につくり出すために大型の熱真空チャンバに探査機全体を入れるので，外部から探査機の様子を見ることが難しくなります。そのため，熱真空試験が始まる前，探査機の全貌がよく見える時期を選んで，「あかつき」を報道関係者に公開することになりました。報道公開当日の2009年11月27日は，13社18名の報道関係者が相模原キャンパスを訪れ，2グループに分かれて衛星環境試験棟のクリーンルームに入り，探査機本体とその周辺で作業するプロジェクト関係者を撮影しました。ちょうどこの時期は，「お届けします！ あなたのメッセージ，暁の金星へ」と題し，一般の人の名前や金星人への手紙や質問といった短い文章をアルミプレートに刻み探査機と一緒に金星へ届けるというメッセージキャンペーンを実施中でした。このキャンペーンの紹介と併せて，「あかつき」の様子が新聞やニュースで取り上げられました。

打上げ前の地上試験はほぼ最終段階となり，いよいよ新年度には種子島でH-ⅡAロケットに搭載されます。きっと，たくさんの人の夢と期待を，見事金星に届けてくれることでしょう。

（石井信明）

太陽から惑星間空間の新描像－第3回「ひので」国際シンポジウム－

若手の口頭発表は好評を博した。

2006年9月23日（土）の飛翔以来，はや3年の歳月が流れた。Xバンド受信の不具合は，JAXA・ESA・NASAの協力により，Sバンドダウンリンク局を最大限確保し，サイエンスへの影響を最小限に食い止めている。その努力も実り，太陽観測衛星「ひので」の鮮明な画像（可視光・X線），磁場データ，紫外線スペクトルは，相変わらず世界を席巻している。

国際「ひので」科学会議という名称を冠したシンポジウムも今回で3回目を迎えた。第1回目は英国が音頭を取ってアイルランドの首都ダブリン市で，第2回目は2008年米国コロラド州ボルダー市で，いずれも世界の研究者200名前後を集めて成功裏に開催されたが，今回は満を持しての東京開催である。2009年11月30日～12月4日の1週間を使って学術総合センター・一橋記念講堂において開催されたこの国際シンポジウムは，中国・インドを含むアジアの研究者も初めて数多く参加し，参加総数は200名を優に超えるところとなった。

『PASJ』（日本天文学会欧文研究報告誌）特集号，『Science』特集（いずれも2007年），『Astronomy & Astrophysics』特集（2008年）の初期成果を踏まえ，「ひので」のデータを用いる研究は，光球下から太陽風・惑星間空間までの幅広い天体プラズマを対象として，詳細研究の段階に入ってきている。静穏領域にダイナミックに現れる水平磁場やプロミネンス・黒点内のプラズマの微細で複雑な運動，これまで時間的にも空間的にも分解できていなかったスピキュールの振る舞いや活動領域磁気ループの足元に局在化して見られる超過輝線幅など，「ひので」がそのミッション目的としているコロナ加熱や太陽大気の磁気的な結合・エネルギー輸送の機構解明に迫りつつあるとの感を強くした。

また複数の「ひので」搭載望遠鏡を用いた研究や，HOP（Hinode Observation Proposal）と呼ばれる地上太陽望遠鏡やほかの太陽観測衛星・ロケット・気球などとの共同観測による成果などが数多く紹介されたのも，今回のシンポジウムの大きな特徴ということができよう。

設計軌道寿命の3年は過ぎたが，第24太陽活動周期の立ち上がりは依然遅れており，来るべき極大期に備えて「ひので」の観測性能を維持して万全の観測体制を継続したいものだと意を新たにした。

（国立天文台・渡邊鉄哉）

「はやぶさ」カプセル回収のための電波方向探査実験

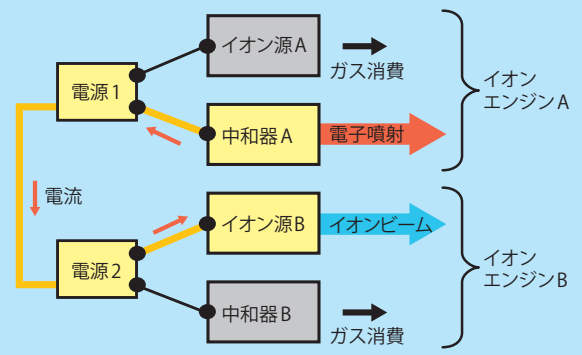
今年地球に帰還する予定の小惑星探査機「はやぶさ」のカプセルは，地球大気に突入し減速した後，落下傘を展開しゆっくり降下しながらビーコン電波を発信します。これを周辺地域に配置した複数の電波方向探査局で受信して電波飛来方向を測定し，三角測量の要領で着地点を特定する計画です。この技術検証のため，2009年11月30日より12月10日まで，内之浦宇宙空間観測所と，直線距離で約30km隔てた対岸の都井岬の2ヶ所にて，「はやぶさ」カプセル回収のための電波方向探査実験を実施しました。本番ミッションに備えた精鋭23名が参加しました。空中のカプセルを模擬するために，セスナ機やガス気球にビーコン送信機を乗せて，目視確認できるほどの近場や100kmも先のはるか海上の彼方に飛ばし，方向探査と位置決定技術の検証および技量の向上を目指しました。同時に，機材の野外における組み立てや較正，衛星電話など各種通信機材を用いた複数遠隔局間の情報交換の実施訓練を行いました。

セスナ機の飛来を待つ内之浦班員と方向探査機材。上空に小さくセスナ機を望む（矢印）。

天候に恵まれ当初の予定を120%こなすことができ，方向探査技術も所定の性能が確認され，地球に帰還した「はやぶさ」カプセルからのビーコンの検出に自信を深めることができました。最大の収穫は何といっても，1週間以上の団体生活を介して，回収班員のチームワークが醸成されたことでしょう。実験場や都井岬近隣の方々にご協力いただきまして大変ありがとうございました。　（國中 均）

「はやぶさ」，中和器故障から動力航行再開へ

地球～小惑星往復航行のため軌道変換量約2200m/sが必要であるのに対し，小惑星探査機「はやぶさ」は2009年10月末の段階でその90%を達成し，地球帰還に向けてあと200m/s弱を残すところまで来ていました。が，イオンエンジンの消耗が激しく，特に中和器の健康維持に腐心していました。11月4日に，気をもんでいた中和器の作動電圧が突然急上昇し，イオンエンジンDが運転停止に追い込まれました。とうとう中和器Dの寿命が尽きてしまったのです。いくつかの実験運転を試みましたが，いずれも功を奏しませんでした。残る手段として，クロス運転に挑戦し，イオン加速に成功しました。11月12日から動力航行を再開し，本原稿を書いている12月半ば現在までイオンエンジン運転を継続しています。「はやぶさ」の地球帰還に向けて，引きちぎれそうな細い糸を今回は何とかつなぎ留めることができましたが，今後も多くの困難が予見されており，依然として予断を許さない状態です。



イオンエンジンAとBのクロス運転の電気回路構成

クロス運転とは，中和器故障のためすでに運転を中止したイオンエンジンBのうち作動可能なイオン源Bと，イオン源不調で待機状態にあったイオンエンジンAのうち中和器Aとを，バイパス回路を介して電気接続し，新たな一式のイオンエンジンとして動作させるものです。この回路構成は，「こんなこともあろうか」と打上げ前にあらかじめ組み込んであったものです。正常なイオンエンジンの使用方法では，探査機が宇宙の電位と同じになるように，中和器の作動電圧を常に制御しながら推力を発生させます。ところが，このクロス運転では，中和器と探査機は電気的に短絡されており，探査機全体を宇宙電位からマイナスに帯電させて，その電圧に応じて中和器から電子を噴射させます。この運転方式がマイクロ波放電式イオンエンジンの宇宙作動にて実現可能かどうかは未検証でした。電気推進技術として大変興味深く，技術者としてかねてより宇宙実験したいと思っていましたが，図らずも「はやぶさ」ミッション存亡にかかわる重要案件となってしまい，挑戦の機会が与えられ，幸

運にも成功することができました。

マイクロ波放電式イオンエンジンが宇宙において1万時間（連続作動にて約1年2ヶ月）運転できているということは，電気推進技術としてある一定の完成の域にあると信じています。しかし深宇宙探査においてはさらなる寿命が要求されており，それに対応するにはまだまだ技術的に未熟であることが明らかとなりました。さらなる技術向上に努力しなければならないことを痛感しています。　（國中 均）

N_2O（笑気ガス）/エタノール推進系の燃焼実験

宇宙科学研究本部では，次期固体ロケットシステムのPBS（Post Boost Stage）など，次世代宇宙輸送系への適用を目指して，常温貯蔵可能，低凝固点，無毒を主な特長とするN_2O/エタノール推進系の研究を続けています。2008年度から秋田県能代市の能代多目的実験場において，真空推力2kN級の推進系試作モデルBBM（Bread-Board Model）によるシステム形態の地上燃焼試験を開始しました。

本年度は，エンジンの性能とロバスト性を向上させる先進的技術要素として，繊維強化セラミックスSiC/SiC製の放射冷却式燃焼器を取り入れたエンジンの技術実証が目標です。着火試験に成功した2009年4月の試験（『ISASニュース』2009年6月号参照）に引き続き，7月に30秒間の長秒時試験を試みました。梅雨の雨間を縫っての実験は無事成功し，SiC/SiC燃焼器は，現在実用されている金属製の放射冷却式燃焼器の耐熱温度を200℃ほど超える条件でも使用できることが確認できました。11月には設計のための基盤データを補強する実験を追加して，先進技術の応用を伴うN_2O/エタノール推進系の実証研究は，ようやく次の段階に進んだといえます。個別の要素技術についてはまだまだ課題がありますが，本年度実施された37回の燃焼実験によって，ゴールに向けた見通しがだいぶ良くなりました。次はエンジン設計基準の確立と高空性能試験による技術実証を目指します。

ところで，今年度も地元，秋田県立能代高校のインターンシップ学生13名を受け入れました。7月22日，23日の2日間の研修を終えた学生さんの一人から「仕事はつらいものと聞かされていますが，どうして実験班の人たちは楽しそうなのですか？」と真剣なまなざしで質問されたことが特に印象に残っています。回答を考えながら，好きな仕事に熱く取り組む姿に楽しさがにじみ出ているのは大切なことだと，あらためて深く感じ入りました。

作業期間中の10月30日の午前，実験場から東南東方向約2kmにある浜浅内地区から東側の一帯が竜巻に襲われました。実験班員が上空から黒い渦巻き状の雲が降りてくるのを目撃したといいます。人的な被害はほとんどなかったものの，場所によっては木造の建屋が半分以上消失するというすさまじい被害状況でした。被災された方々には早く回復されることをお祈り致します。　（徳留真一郎）

熱い！ SiC/SiC燃焼器と実験班。能代高校の生徒さん13名と。

ロケット・衛星関係の作業スケジュール（1月・2月）

	1月	2月
あかつき	総合試験（相模原）	
IKAROS	総合試験（相模原・筑波）	

「宙博ソラハク2009」開催

盛況だった「宙博2009」の会場の様子。隣のバーゲン会場より混んでいました。

世界天文年2009のクロージングイベントの一つとして位置付けられた「宙博ソラハク2009」が，有楽町の東京国際フォーラムで12月3日から6日まで開催されました。世界天文年を機に企画されたこのイベントをJAXAも後援しており，私自身も企画段階から深くかかわってきました。広い会場は，宇宙・天文のコーナーと，環境・エネルギーのコーナー，講演会場，そして工作などができる体験コーナーの4つに区分され，大人も子どももそれぞれが楽しめる工夫が凝らされていました。宇宙・天文のコーナーでは，JAXAの最新のプロジェクトの紹介や，個性豊かな月探査ロボットのデモンストレーション，「宙博認定 第1回宇宙飛行士検定試験」などが行われ，環境・エネルギーのコーナーでは宇宙太陽光発電を紹介しました。体験コーナーでは宇宙服の試着体験や的川泰宣さんの「宇宙の学校」が開催されたので，JAXA主催のイベントのように感じた人も多かったようです。

2日目の午前中には長期滞在を終えた若田光一宇宙飛行士がスペースシャトルSTS-127ミッションクルーを引き連れて登場。平日にもかかわらず，10時の開場前にはすでに長蛇の列で，会場は活気に満ちていました。船長と若田宇宙飛行士によるビデオ映像を用いたミッションの紹介の後，若田宇宙飛行士から世界天文年2009日本委員会の海部宣男委員長に，STS-119の公式飛行記念品として飛行した世界天文年旗が返還されました。受け取った海部委員長のコメントは，「私も旗になりたかった」。同感です。

週末には家族連れでにぎわい，1時間待ちの入場制限となりました。入場者の合計は4日間で2万6000人強，日曜1日だけで1万1000人を超えたとのことで，会場まわりの長蛇の列は，東京国際フォーラム開館以来の新記録だったそうです。

宙博は今年以降も開催予定で，どんなふうに進化するのか楽しみです。今回を逃した方も，次回にはぜひご来場ください。

（阪本成一）

ESAコスミック・ビジョン公開ミーティング

Institut Océanographiqueで行われた「Cosmic Vision M-class missions presentation event 2009」の様子（写真：ESA/P. Sebirot）

2009年12月1日，「コスミック・ビジョン（Cosmic Vision）」の中型ミッション・ダウンセレクションに向けた公開ミーティングが，フランス・パリで行われました。コスミック・ビジョンは，ESA（欧州宇宙機関）が2015年から2025年にかけて打ち上げる科学衛星の構想です。大型と中型のミッションのうち，まずは中型の選定が行われました。日欧協力が前提のスピカ（赤外天文），クロス・スケール（宇宙プラズマ），マルコポーロ（小惑星サンプルリターン）の3つを含め，全部で6つのミッションが対象です。

公開ミーティングでは，パリに450名以上もの科学者が集まり，各ミッションのヨーロッパ代表がそれぞれ1時間ずつ発表を行いました。発表は，ほかの分野の専門家に自分のミッションの魅力をいかに伝えるかという点に重きが置かれ，非常に熱意のこもったものでした。当日の発表資料は，発表の録音，ミッション検討の結果（Yellow Book）とともに，http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=44880にまとめられています。

今回，日欧協力提案についてJAXAにおける位置付けと日欧の役割分担について話すよう，JAXAに依頼がありました。これは，それぞれのチームの発表が国際パートナーの意図するところと齟齬（そご）がないことを確認するという性格のものです。私がJAXAの立場で3つのミッションに対するプレゼンテーションを行いました。

ミーティングの最後に，ESAが自らのレビューとコスト見積もりに基づいたまとめの発表を行いました。今後は，ESAのもとに置かれた科学委員会でサイエンスの評価が行われます。さらに，本当に必要なコストや国際協力の可能性などを考慮に入れた上で，2月には，この中から最大で3つから4つのミッションが選ばれ，次のステージに進みます。

（高橋忠幸）

第15回
きぼうの科学

日本初の無人宇宙船 宇宙ステーション補給機（HTV）

HTVプロジェクトチーム ファンクションマネージャ
佐々木 宏

宇宙ステーション補給機（HTV）は，国際宇宙ステーション（ISS）へ宇宙飛行士の食糧，衣料や実験機器およびメンテナンス機器などの補給物資を運ぶ，日本が開発した大型無人宇宙船です。技術実証を目的とした初号機（技術実証機）は2009年9月11日，種子島宇宙センターからH-ⅡBロケットによって打ち上げられ，9月18日に当初の計画通りの時刻に，ISSへの最終接近およびドッキングに成功しました。日本実験棟「きぼう」の完成，H-ⅡBロケットの打上げに続く，このHTV初号機のほぼ完ぺきな運用は，国際的に日本の宇宙開発の技術力の評価を高める結果となり，2009年はHTVのみならず日本の宇宙開発にとって大変意義深い年となりました。

HTVの最大の特徴は，日本が独自開発したランデブー飛行技術によりISSへ接近し，ロボットアームを用いてISSへドッキングすることです。NASAにも実績がない無人機による有人施設への接近のためには，高い安全性・信頼性の世界トップレベルの無人ランデブー技術が必要であり，ロシアのドッキング機構を使用しない新しい方式として，今後開発される宇宙船の手本となるものと考えられています。

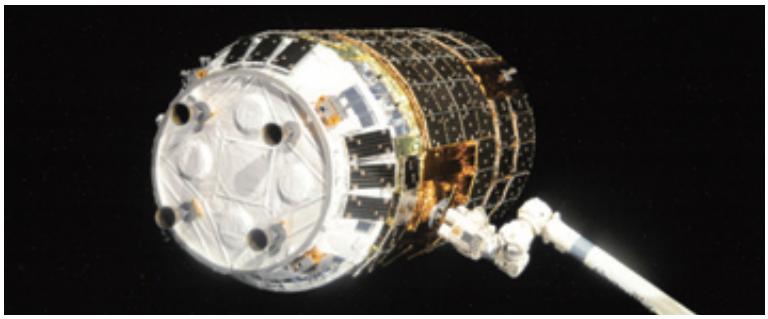


図1　ISSロボットアーム（SSRMS）により把持される宇宙ステーション補給機（HTV）

図2　ISS出発前のHTV内部と宇宙飛行士

HTVは，9月11日午前2時1分46秒にH-ⅡBロケットで打ち上げられ，当初の計画より低い高度で飛行しているISSへ延べ8日間かけて，地上からの支援のもと，自動で高度と距離を合わせるランデブー飛行を行いました。なお，この期間に，ISSへの最終接近の許可を得るため，退避する機能（アボート機能）を軌道上で実証しました。最終接近では，まず「きぼう」に搭載した近傍通信システム（PROX）と通信を行いながらGPSによる相対航法でISSの約500m下に投入し，その後，ランデブーセンサのレーザレーダにより「きぼう」に取り付けられた反射器との距離を計測しながら，ゆっくりISSに向かって上昇しました。途中，ISSの宇宙飛行士からのコマンド受信機能の確認などを行いながら，最終的に「きぼう」の直下約10mに速度差2mm/s以下でほぼ相対的に停止しました。そして，9月18日午前4時51分にISSロボットアーム（SSRMS）により把持され，ISSに取り付けられました。その後，43日間係留され，SSRMSや宇宙飛行士により輸送物資の搬出と廃棄物資の搬入が行われ，10月31日午前2時32分にSSRMSにより放出された後，3回の軌道離脱マヌーバを実施し，11月2日午前6時25分に大気圏に再突入し，一部はニュージーランドの東方沖の所定の海域に落下しました。

今回の飛行では，JAXAの超伝導サブミリ波リム放射サウンダ（SMILES）とNASAのHREP（Hyperspectral Imager for Coastal Ocean［HICO］/ Remote Atmosphere and Ionosphere Detection System［RAIDS］Experimental Payload）が曝露パレットに搭載されて打ち上げられました。この2つの曝露部実験装置は，SSRMSと「きぼう」のロボットアーム（JEMRMS）を使って，所定の曝露部のポートに取り付けられ，予定通り観測が開始されています。与圧部には，食糧や衣料以外に，船内実験室で使われる実験試料，「きぼう」の交換部品や子アームなどが搭載されました。さらに打上げ直前には，低温を保つ必要があった植物の種子もレイトアクセスカーゴとして，HTVがフェアリングに収納された状態で積み込まれました。すべての物資が，計画通りISS側に運び込まれています。

HTV技術実証機は，すべてのミッションを完了しましたが，現在は運用結果の詳細評価を行って次号機以降への反映事項を検討しています。今後2015年まで年1機程度の打上げ・運用が計画されており，ISSへの着実な物資補給を通して，「きぼう」での科学の発展に貢献する予定です。特にスペースシャトルの退役以降は，大型与圧ラックや曝露搭載品を輸送できる唯一の補給船となります。今後もHTVの運用を通して，将来の有人宇宙活動に必須となる技術の蓄積を図っていき，回収機能の追加や回収機への発展も検討していきます。　（ささき・ひろし）

ケープタウン出張記

堀 恵一
宇宙輸送工学研究系 准教授

化学推進関連の国際シンポジウム「International Symposium on Special Topics in Chemical Propulsion」が2009年11月2～6日，ケープタウンで開催され，参加してきました。南アフリカは治安が悪く，ある意味悪名高い国として知られています。正直な話，行く前，情報を収集すればするほど，果たして無事に過ごせるのだろうか，渡航をやめた方がいいのでは，と考え込みました。しかしこの学会は前回京都で開催された際に自分が主催したということもあり，私にとって大変重要な学会です。ましてやケープタウンです。あの喜望峰を見てみたいという強い願望と，少しの勇気を振り絞って，参加を決意しました。日本から南アまでの直行便はなく，シンガポール経由で行きましたが，成田→シンガポールが6時間半，シンガポール→ケープタウンが11時間半と長旅です。

Cape Pointから見た喜望峰。岬の向こう側が大西洋，こちら側がインド洋。

ケープタウンは非常にきれいな街でした。少なくとも我々が行くような場所では。中心街は高層ビルが立ち並び，メインストリートはきれいな建物が続きます。ベイエリアにあるWaterfrontと称される非常に大きなモールは，店舗のバラエティも豊富で，日本では見られないような一帯です。こういった場所では，間近に控えたサッカーのワールドカップ向けに強化していることもあるのでしょう，セキュリティは大変しっかりしています。Public Safetyの人がトランシーバー片手にそこら中を徘徊しています。少しでも怪しいことがあればすぐに通報，警官が飛んできて，怪しい人がいれば連行していきます。ただし，夜は「出歩くな」と言われ，夕食はタクシーで往復するWaterfrontか，宿泊先のホテルに限られました。

今回の学会参加者は通常よりもやや多めで，各セッションとも盛況でした。セッション立ては前回までとほぼ同様でしたが，環境に関するセッションが新設されたことが時代の変化を感じさせました。会場はケープタウン・コンベンションセンター。アメリカ各都市に見られるような大きく立派な会議場でした。ただ，現地のインターネット事情はやや世界水準からは遅れており，通信速度の遅さに閉口させられました。

会期3日目にチェアパーソンズディナーがあり，海の見えるレストランでおいしい料理に舌鼓を打ちました。ケープタウン周辺は魚がおいしいことで有名です。日本からもはるばるマグロ漁にやって来ます。そして何といってもワインです。コストパフォーマンスは世界でもトップレベルでしょう。料理もレベルが高く，まるでヨーロッパで食事をしているかのようでした。4日目には全員参加のガラディナー。郊外にあるアフリカンテイストのレストランで行われました。料理はBBQがメインのバイキング方式で，高級というわけではなかったのですが，レストラン全体の雰囲気がまさにアフリカン（たぶん）。歌や踊りのショーはお客さんたちの拍手喝さいを浴びていました。

最終日はテクニカルツアーで，午前中に企業の研究所訪問，午後が観光の予定でしたが，直前に研究所訪問がキャンセルになり，うれしいことに一日観光となりました。その研究所は軍事関連の設備が多く，政府筋から圧力がかかったのではないかと推測しています。観光ツアーの目玉は何といっても喜望峰です。ケープタウンをバスで南下し，約1時間半で到着です。実は少し東にあるCape Pointが最南端なのですが，まあ細かい話はいいでしょう。さすがに喜望峰では先生方も大はしゃぎ。延々と記念写真撮影が続きました。写真はCape Pointから見た喜望峰で，岬の向こう側が大西洋，こちら側がインド洋になります。

最後に南アの経済格差について触れておきます。車の移動中，何度か貧しい人たちの住居帯を見掛けました。立方体形のコンテナが住居で，その密集帯が延々と続きます。電気は通っていますが（プリペイドカード方式），彼らにとって料金が高くなかなか使えないそうです。国民のほとんどが黒人で失業率も実は40%に達し（発表されている数字は20%強），我々の行くような安全な場所はどこも客は白人，従業員は黒人です。現政府は格差是正を推し進めているそうですが，まだはっきりと目に見える形で効果が出ているようには思えません。今年のワールドカップの経済効果を疑問視する向きはありますが，南ア経済は観光収入が柱だそうです。皆さま，どうぞお出掛けを。

（ほり・けいいち）

科学衛星プロジェクトに従事して

名取 通弘
宇宙航空研究開発機構 名誉教授
早稲田大学 客員教授

宇宙科学研究本部は，大学を軸とした活動を通じて，我が国の宇宙開発に貢献することを目的としている。宇宙科学として宇宙理学と宇宙工学のバランスが取れたユニークな研究・教育機関である。実際，「おおすみ」から「はるか」「はやぶさ」に至る工学試験衛星は，その後の多くの理学観測衛星プロジェクトを可能にした。また，工学試験衛星でなくても，工学的にさまざまな独自の試みもその都度なされてきた。私自身は構造工学という工学サイドから，「あけぼの」「SFU」そして「はるか」などにかかわってきた。多くの先輩や他分野の先生方にいろいろに指導していただいて，またメーカーの方々にも助けられて有意義な時を過ごすことができたのは，何物にも替え難い。

手探りで始めた展開構造研究の出発点は，長さが30cm程度の伸展マストの模型づくりからであった。小さな模型にしても，いくつもつくっていくと何が問題点なのかが分かってくる。それらはやがて我が国独自のヒンジレスマストに結実していった。その一つは「SFU」のサブシステムとして，「フレキ」と略称した膜面太陽電池アレイに使われた。しかしこのアレイは収納時に逆折れを起こして，宇宙空間に投棄せざるを得なくなった。投棄後のSFU回収成功に沸き立つ管制室の廊下で，メーカーの方々と頭を抱えながら善後策を論じたのを思い出す。

この現象は国際宇宙ステーションのアレイでも起きて（2006年），宇宙飛行士がアレイ面をつついて逆折れを直していた。それより以前，我が国では同様のアレイに対策を施した「かけはし」が，何回もの軌道上での伸展収納に成功している(1998年)。「SFU」や「はるか」では，より強力な関節型の伸展マストを試み，それらは多くの成果を生み出すこととともなった。この関節型のマストと膜面アレイとを組み合わせたフレキは「みどり」に採用されたが，軌道上での材料の伸びやハーネスのリークなどの不測の事態により，衛星本体の全損事故につながってしまった。

そんな経過をたどって，将来の大電力発電に対応できる先進的なフレキは，我が国として十分な技術的蓄積ができてきたにもかかわらず，その後はまったく用いられなくなった。こうして見ると，我が国の宇宙工学の底の浅さも見えてくる。衛星の大型化に伴って，宇宙研が直接担当する衛星のフライト機会は減少し，メーカーや宇宙研自身のさまざまなノウハウの継続維持や新しい試みは著しく制限されている。十分な宇宙産業は育ち得ないし，ミッションがより高度化して難しくなってきているのに，それに対応する宇宙研工学部門の充実は望むべくもない。多くの大学が宇宙の名を学科名に冠しても，学生たちの卒業後の受け皿は非常に限られているのが現実である。国際宇宙ステーションに投じられた総費用を100億円規模のミッションに振り替えれば，1540回分に相当する。その意味では，現在始まった小型科学衛星プロジェクトなどを通して新しい工学的試みの機会をどんどん増やしていくことが，今までの宇宙研のユニークさをさらに継続発展させていくことにつながるのではないかと期待している。

宇宙科学の進展は，私たちに宇宙の広大な広がりと深さを明らかにしてきた。地球上の生物種でそのことを理解できるのは，私たち人類だけである。それにもかかわらず，その人類の現実は争いを繰り返すしかない情けないものである。それでも多くの人々が，アポロ17号の宇宙飛行士が撮影した地球全面が鮮明に写っている1枚の写真（ブルーマーブル，1972年）から，青い惑星としての地球の美しさと同時に，広大な宇宙空間の点にすぎない地球のはかなさやもろさを端的に感じ取った。外から私たち自身を見ることの大切さと宇宙開発の意味が分かる。現在の我が国は，今までのさまざまな矛盾が蓄積して，閉塞感に満ちている。矛盾が大きかった旧ソ連や東欧諸国はうまい解決ができず，すでに崩壊してしまった。そんな中でも限られた予算と人員で，より高度化したミッション達成に向けて頑張っている宇宙研の現役の皆さんに，心からエールを送りたい。

私の手元に1枚の写真がある，「はるか」アンテナ展開後の記念写真である。それに携わってきた方々の，疲れたけれども満足そうな笑顔が写っている。「はるか」は当時の宇宙研としてたぶん適正な規模のプロジェクトであったろうし，世界初の大型展開アンテナ開発にメーカーの方々も予算を度外視して協力してくださった。緊張感がありながらも何かノビノビとした雰囲気があったと思う。懐かしいひとこまである。（なとり・みちひろ）

「はるか」アンテナ展開後の笑顔の記念写真

宇宙・夢・人

大気球で高度60kmへ

大気球実験室 副室長
松坂幸彦

まつざか・ゆきひこ。1952年，北海道生まれ。1975年，武蔵工業大学（現・東京都市大学）電気工学科卒業。同年，東京大学宇宙航空研究所非常勤技官。1982年，宇宙科学研究所技官。2002年，「科学観測用薄膜型高高度気球に関する研究」で博士号（学術）取得。2008年より現職。一貫して大気球システムの開発に従事してきた。

―― 気球でどのような観測を行っているのですか。

松坂：高度30～50kmに実験装置を運び，天体や宇宙線，オーロラ，成層圏大気などの観測，最近では高度約40kmからカプセルを自由落下させる無重力実験も行っています。現在，国内で年間10機ほどの気球実験を実施しています。また，米国やオーストラリア，中国，インド，ブラジル，ノルウェーなどで大気球による共同実験を進めてきました。私は2002年，南極観測夏隊に参加し，南極での気球実験にも携わりました。

―― 気球実験のメリットは？

松坂：ロケットや人工衛星と比べて格段に低コストで，準備期間も短くて済み，数多くの実験機会を提供できる点です。そのため，学生や若手研究者が大気球を使って独創的な実験をいち早く行うことができ，気球実験は人材育成においても大きな役割を果たしてきました。また，人工衛星として打ち上げる前に，開発した実験装置を気球でテストすることもあります。例えば2003年，東京大学と東京工業大学の学生たちがそれぞれ独自に作製した超小型衛星「キューブサット」が打ち上げられましたが，その前の通信試験を気球で行いました。宇宙を目指す両大学の学生たちが競い合い切磋琢磨している姿は，まさに若さの特権という感じで，頼もしさを感じました。気球は宇宙への懸け橋です。

―― どのくらいの時間，観測できるのですか。

松坂：現在は数時間，長くて1日程度です。ポリエチレン気球は，夜になると気球内のヘリウムガス温度が下がり，収縮して降下してきます。大気球実験室では，長期間観測ができるスーパープレッシャー気球の開発を進めています。気球内に圧力をかけて収縮を防ぐことで，100日間の観測を目指しています。大気球が超低高度衛星になるのです。そのような大気球をたくさん浮かべて温暖化ガスなどを詳細に観測する日が来ると思います。

―― 学生のころから気球に興味があったのですか。

松坂：いいえ，気球のことはまったく知りませんでした。大学では電気工学を学んだのですが，就職活動に失敗して，指導教官の後輩がいる東京大学宇宙航空研究所を紹介されたのです。そこが大気球実験を担当する部署でした。

非常勤だったので，就職活動を続けていました。そして5年くらいたったころ，やっといい転職先が見つかったのですが，山上隆正先生から「おまえはどこへ行っても通用しないよ。ここにいるのが一番だよ」と言われました（笑）。私が試作した通信機器を，「おれが責任を持つから，気球実験で試してごらん」と言ってくれる上司でした。結局，転職せず，ずっと山上先生と一緒に大気球システムの開発に携わり，2002年には高度53kmという気球の世界最高高度記録をつくることができました。

―― どのような方法で世界記録を達成したのですか。

松坂：気球の重量が軽く，大きいほど高い高度まで行けます。日本でつくられた最大の気球は長さ約160m，満膨張時の直径は約110mで，東京ドームくらいの大きさです。しかし飛揚場の広さや放球の難しさを考えると，大きさよりも気球の軽量化を追求することが得策だと思いました。

私たちは気球皮膜のポリエチレンフィルムを可能な限り薄くすることで，気球の重量を軽くすることに取り組みました。そして厚さ3.4μmのポリエチレンフィルムで気球をつくり，世界記録を達成しました。家庭で使う食品用ラップの厚さは10μm前後です。その3分の1の薄さにすることで，1972年に米国のチームが巨大気球でつくった高度51.8kmという記録を，小型気球で30年ぶりに塗り替えることができたのです。さらに現在，厚さ2.8μmのポリエチレンフィルムで気球をつくり，高度55kmを目指しています。1～2年のうちには達成できるはずです。

―― 将来，どこまで記録を伸ばせそうですか。

松坂：ぜひ高度60kmへ行きたいですね。高度約50～80kmは中間圏です。高度55kmはその入り口ですが，高度60kmになると完全に中間圏に入ります。現在，中間圏にとどまりリアルタイムで観測できる方法はありません。きっと面白い観測ができるはずです。

―― 転職しなくてよかったですね。

松坂：私は子どものころからものづくりが大好きでした。気球はずっと夢中になれるものづくりのテーマで，たくさんの感動を味わうことができました。

ISAS ニュース No.346 2010.1 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
本ニュースは，インターネット（http://www.isas.jaxa.jp/）でもご覧になれます。
デザイン／株式会社デザインコンビビア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記 昨今は，事業仕分けなどもあり，科学の内容や意義を国民に理解いただくことが重要です。科学者は，「理解されやすい研究」を行うのではなく，簡単には理解困難な難しい先端研究を分かりやすく説明する努力が必要でしょう。（橋本樹明）

＊本誌は再生紙（古紙100%），大豆インキを使用しています。
R100 古紙配合率100%再生紙を使用しています
PRINTED WITH SOYINK