



LSS（大型熱真空試験装置）内に設置された水星探査計画 BepiColombo の MMO（水星磁気圏探査機）熱モデルと関係者の集合写真 ©ESA/JAXA

宇宙科学最前線

データ公開サービス「AKARI Catalogue Archive Server」の開発・公開

山内千里

宇宙科学情報解析研究系
 宇宙航空プロジェクト研究員

AKARI Catalogue Archive Server とは

「AKARI Catalogue Archive Server」（以降 AKARI-CAS、図）は、赤外線天文衛星「あかり」全天サーベイ赤外線天体カタログを使った幅広い研究に応えるべく新規に開発されたデータ公開サービスで、科学衛星運用・データ利用センター（C-SODA）が運用する「DARTS」（<http://darts.jaxa.jp/>）の一部として公開されているものです。2010年3月30日の公開から3ヶ月で10万のアクセスを超え、現在でもコンスタントに月1万～2万のアクセスを集める、「世界に通用する」データ公開サービスです。

本稿では、「あかり」カタログについて簡単に紹介した後、「データ公開サービス」の基本的な話を交え

ながら、今回開発したAKARI-CASについて分かりやすくお伝えしたいと思います。

**日本の宇宙科学の画期的な成果
 「あかり」全天サーベイ赤外線天体カタログ**

『ISAS ニュース』2010年4月号でお伝えしたように、「あかり」の全天サーベイによる約130万天体に及ぶ赤外線点源カタログが、3月30日に世界中の天文学者に向けて公開されました。この「あかり」カタログの公開は、さまざまな研究テーマに取り組む世界中の天文学者にとって一大イベントとなりました。天文学者が挑む「宇宙の進化」という本質的な課題のためには多数の天体の観測データを使った統計解析が不可欠であり、「あかり」カタログのように均質で多数の天体を含む天体カタログは極めて科学的価値が高い

ためです。しかも、このカタログは望遠鏡を長時間独占しないとつれない“全天”カタログであるという点が、さらにその価値を高めており、これまで日本でつくられたデータプロダクトの中でも最も画期的といえるものです。

本稿を読まれる皆さんには、まず、こんなにすごいデータプロダクトが日本から世界へ発信されているんだということを、頭に入れておいていただきたいと思えます。

データ公開サービス開発の重要性

「あかり」に限らず、衛星を打ち上げて観測データを取得し、それを研究に利用できるようにするまでには、莫大な資金だけでなく、関係者の長期にわたる労力を必要とします。そうして得られたデータは、宝石の原石に例えることができます。研究者はそのデータ(原石)をさまざまな切り口で解析し、さまざまな科学的成果(宝石)に磨き上げていくわけです。

このとき、研究者がどれだけ効率的に必要なデータを取得して解析できるかが、大変重要なテーマになってきます。なぜなら、研究効率を上げることができれば、研究者はより多くの科学的成果を生み出すことができるからです。このように、原石(データ)からたくさんの宝石(成果)を取り出すためには、研究者の立場に立って開発された優れた解析ツールやデータ公開サービスが、十分に整っていることが非常に重要です。

このようなデータ利用環境は諸外国では重要視され、長く研究・開発がなされてきました。研究機関にはデータ処理のプロ集団が配置され、研究者は彼らとの情報交換により有利に研究を進められる体制となっています。しかし残念ながら、日本はこれまでこの分野にあまり力を入れてこなかったため、今では諸外国にかなり後れを取っています。データ利用環境は目に付きやすいこともあり、今のような状態では、日本の科学データ利用に対する考え方は未成熟という印象を与えかねません。

すでに述べた通り、「あかり」による赤外線天体カタログは画期的な日本のデータプロダクトであり、それには莫大な国費が投入されています。その成果物に対して、日本は最後まで責任を持って対応できるかが問われています。自国でデータ公開サービスを開発することは、国内の研究者が有利に研究を進めるためにも、諸外国に対するアピールのためにも、大切だと考えます。

カタログのデータ公開サービスとは、 どういうものか?

天体カタログというものは、カラムとして天体の座標、天体の明るさ、さまざまな観測情報などを持ち、天体(星や銀河)の数だけの行数を持つ「1つの表」と

して公開されるのが一般的です。「あかり」カタログの場合は、2つのカタログ(表)からなり、遠赤外(FIS)カタログで約43万、中間赤外(IRC)カタログで約87万の行数があります。ほかの大規模サーベイプロジェクトの場合、数億行に達するカタログがつけられることもあります。

研究によっては、このような大規模なカタログのほとんどすべてを解析に利用することもあります。多くの場合はある条件で研究対象となる天体を抜き出し、それらについて解析が行われます。従って、サービスとして必要な機能としては「検索」が主であり、そこに高速動作と柔軟性が求められます。

最近の計算機は非常に高性能ですから、「あかり」のIRCカタログ(約87万天体)ですら、何らかの条件で1つだけ天体を探すのであれば、上から下に順に探しても1秒くらいで終わると思います。しかし天文学では、天球面上の座標(経度・緯度)で、1万とか10万の天体を検索したいということもよくあり、その場合1ヶ所に1秒だと、数時間から丸一日以上かかってしまいます。

そのような検索は、AKARI-CASを使うと、1件あたり数千分の1秒~数万分の1秒で可能になります。よく利用される検索として「FISカタログとIRCカタログとのマッチアップ」がありますが、この場合にも高速検索性能は威力を発揮します。ここでいう「マッチアップ」とは、FISカタログの約43万の天体すべてについてIRCカタログの対応する天体を検索することを指しますが、AKARI-CASで行えばそれに30秒を要しませんが、このような高速検索性能は、我々データ処理のプロとしての腕の見せどころでもあります(AKARI-CASの計算機が超高性能、というわけではないのです)。

AKARI-CASでは、このようないくつかの座標による検索に加え、より高度な検索のニーズに応えるため、データベース用言語(SQL)の直接入力もサポートしています。これは一般にはかなり珍しい検索機能なのですが、柔軟性の高さが評判を呼び、若手を中心に利用者が増えてきています。さらに、検索した結果について、天体の画像を閲覧したい、あるいは世界各国のデータ公開サービスでその天体について調べたいということもあります。AKARI-CASでは、検索した天体についての画像と、ほかのデータ公開サービスへのリンクも提供しています。

このように、天体カタログの公開サービスというものは、座標検索機能にさまざまな付加的機能を持たせて、幅広い研究テーマに対応できるように開発します。各国のカタログのためのデータ公開サービスでも、座標検索がサービスの基本で、それ以外の部分でそれぞれの特色を出しています。当然、「あかり」カタログは誰でもダウンロードできますから、そのような諸外国のデータ公開サービスにも登録されます。従っ

て、AKARI-CASはそれらと競合することになります。基本的機能では使いやすさを競い、さらに独自の付加価値の高い機能を開発して優位に立つことが必要になってきます。

超便利なAKARI-CASの新ツール

すでに述べた、あらかじめ登録されたカタログ同士の「マッチアップ」やSQLの直接入力も、一般にはあまり提供されない機能ですが、AKARI-CASには諸外国のサービスにはない画期的なツールとして「Match-up AKARI catalogues with Cached SIMBAD/NED catalogs」がありますので、ここで紹介しておきましょう。

このツールは2010年6月に新たに追加されたもので、これを使うと「あかり」カタログの天体情報と、これまでに公開された膨大な天体カタログの中で対応する天体情報とを瞬時に結合し、その結果を取得することができます。

例えば、「メシエ天体カタログ」をご存知の方は多いと思いますが、「あかり」カタログにはメシエ天体はいくつ存在するのでしょうか？これを調べる場合、一般的には、まずメシエ天体のリストを用意し、それを公開サービスの何からのツール（AKARI-CASではCross IDツール）にアップロードするという手順が必要ですが、AKARI-CASのこの新しいツールを使うと、入力欄に「M_」と入力するだけで瞬時にその結果を取得できます。メシエカタログは110番までしかありませんから、自分でリストを用意するやり方でもそれほど手間ではありませんが、2MASS^{*1}カタログやSDSS^{*2}カタログのように億単位の天体を含む場合、それは「すぐに」とはいきません。このような巨大なカタログであっても、この新しいツールでは「2MASS_」[SDSS_]と入力するだけで瞬時に検索できます。

さらに、このツールを使って、天体の種別（銀河か星か、など）で「あかり」カタログを検索できます。天体種別によるカタログ検索は多くの研究において必要となるものの、「あかり」カタログ自体にはその情報は入っていませんから、このツールはその点でも価値が高いといえます。

従来、このような他カタログとのマッチアップや天体種別の情報の付加は、個々の研究者の「いつもの大変な作業」として行われることが多かったのですが、この新しいツールによってその部分が相当に省力化でき、研究者は従来よりも効率よく研究ができるようになるというわけです。

ところで、以下は数ヶ月前に実際あったお話です。たまたま宇宙研に来ていたある研究者に、このツールの話をしたところ、その彼は「おおっ！この入力欄に×××と入れるだけで僕のやりたいことがすぐにできる!!」と、ピンと来ていました。開発者と情報交換



図 AKARI Catalogue Archive Server 「あかり」カタログを使ったさまざまな研究に応えるべく、諸外国レベルの本格的な検索ツール、画像閲覧ツール、ドキュメントを備えている。

することで有利に研究が進むというのは、こういうことなのです。Webサーバのログを見ると、最近になってようやく外国の研究者もこのツールの存在に気付いてきたようです。

より完成度の高いサービスへ

現在、「あかり」全天サーベイの画像データは、一般には公開されていません。AKARI-CASの画像閲覧ツールでも「あかり」による画像は見ることができないという寂しい状態であり、「絵はいつ出るのか」という問い合わせもたびたびいただいています。

以前から「あかり」チームでは、高品質な全天サーベイの画像データを作成するためのプロジェクトが走っています。現在、かなりの完成度に達しており、1~2年以内には公開できるのではないかと見られています。カタログのバージョンアップも準備が進んでおり、新バージョンではより詳細な解析も可能になる予定です。

カタログに加えスキャン密度の情報と画像データがAKARI-CASで利用できるようになれば、いっそうサービスとしての完成度が高まりますし、カタログと画像データの両方を活用することで、新たな研究が可能になります。今後の「あかり」の新データリリースと、我々のデータ公開サービスの充実にご期待ください。

結び

「データ公開サービス開発の重要性」で述べましたが、AKARI-CASのようなサービスを開発し、効率よく研究できる環境を研究者に提供していくことは、我々「データ処理のプロ」にとって最も重要な研究テーマの一つです。宇宙研のデータセンターであるC-SODAでは、そのようなデータ公開サービスの開発とともに、アーカイブの整備やサポート体制をより充実させることで、宇宙科学に関する研究者を強力にバックアップできるようになればと思っています。

我々のこのようなサービスの開発・公開を通じて、日本でもデータ利用環境の整備の重要さが認知され、宇宙科学分野全体の研究・開発において日本がさらに成熟していくことを願っています。

(やまうち・ちさと)

*1 2MASS (Two Micron All Sky Survey)
口径1.3m地上望遠鏡による近赤外での全天サーベイプロジェクト。2MASSの天体カタログは約4億7000万の天体を含む。

*2 SDSS (Sloan Digital Sky Survey)
口径2.5m地上望遠鏡による可視光でのサーベイプロジェクト。DR7 (7番目のデータリリース) による天体カタログは3億5000万を超える天体を含む。

「はやぶさ」カプセル内の微粒子，イトカワ由来と判明

小惑星探査機「はやぶさ」のサンプルキャッチャーからのサンプル粒子回収を，日々慎重に実施しています。現時点では，まだ2部屋構成のキャッチャーのうち最初に開けたA室での回収作業を続けているところですが，特殊形状のテフロン製ヘラで回収し走査型電子顕微鏡（SEM）で観察・分析した多数の微粒子が，地球外物質（小惑星イトカワ起源）であると判明しました。大変うれしく思っています。

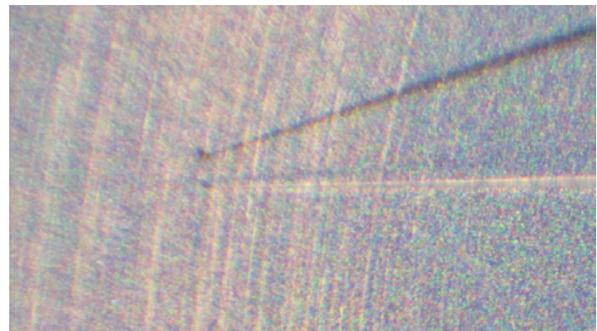
今でも，サンプルキャッチャーを開けたときの，「ふらっ」としたショックが忘れられません。ふたが開き，キャッチャー内部の純アルミ蒸着された壁が見えたのですが，リハーサルをしてきたプロトモデル（PM）のキャッチャーと比べても，長い間宇宙にいたにもかかわらず非常にきれいで，“何もない”というのが第一印象でした。“何度もリハーサルをするなど手はずを整えてみんなで待っていたのに，処理するものはないのか”という，血の気が引くような思いをしたのです。

新規開発して準備を整えていた静電制御マニピュレータは，光学顕微鏡で見ることができるとのサイズの粒子であればピックアップできます。サンプルが裸眼で目視確認できない場合のために事前に検討した手順に従って，試料回収作業を開始します。最初はキャッチャーA室の中の張り出し部を顕微鏡で観察しました。この場所からマニピュレータによってピックアップされた粒子の写真が，新聞紙上をにぎわせました。九州大学（現・東北大学）の中村智樹先生，茨城大学の野口高明先生，九州大学の岡崎隆司先生なども含めたキュレーションチームが最初のころにピックアップした粒子です。

サンプルキャッチャーA室内は，湾曲した壁面，上が狭くて形がいびつで狭くて深い底面，壁面と底面の間にあるすき間，途中に張り出している回転筒など，非常に複雑な形状をしています。この内部にマニピュレータの



クリーンチャンバー第2室内で，サンプルキャッチャーA室から特殊形状のテフロン製ヘラによって，試料回収を実施している様子。

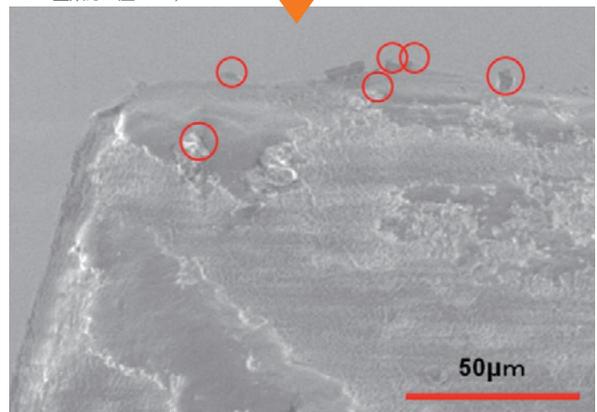


石英製プローブ先端が数十 μm の粒子（上側は影）

微粒子が付着したヘラの端部の光学顕微鏡画像

5mm

ヘラ端部の電子顕微鏡画像（観測条件／加圧電圧7kV・窒素ガス圧30Pa）



テフロン製ヘラで採取された微粒子の電子顕微鏡による観察。これらの粒子も後の分析（別条件）でイトカワ起源であると判明した。

プローブを入れるための特殊形状プローブの開発や，顕微鏡視野を確保するためキャッチャーを急角度に傾け回転させるなど，当初想定とは違った対応も行いつつサンプルの探索と回収を続け，今までに数十個の粒子を回収しました。

キャッチャー内部に付着した目に見えない小さなサンプルを，テフロン製ヘラで“こする”ことで回収する作業も試みています。現在までに，このヘラの片側に付着した粒子をSEMで観察・分析した結果，十数 μm 程度以下の粒子が大多数で，人工物を除くとその数は1500個程度，そして，かんらん石，輝石，斜長石，硫化鉄，そのほか微量鋳物からなることが分かりました。また，地球の火成岩（玄武岩，安山岩，デイサイトなど）の破片粒子（桜島の灰を含む）は見つかっていません。見つかった鋳物種，それらの存在量比，および鋳物の成分比率は，隕石（普通コンドライト）と一致し，地球上の岩石と合い

ません。さらに、「はやぶさ」によるイトカワ上空の観測から推定した物質と極めて似た特徴を備えています。これらより、観察・分析された1500個程度の微細な粒子は地球外物質(イトカワ由来)と判断されています。現在、SEMでヘラ上の粒子を観察しながら回収する装置を準備中で、今年度中にはこれらの微小粒子の個別回収も始める予定です。

まだキャッチャーB室のふたも開けておらず、サンプルの全体の状況把握ができていないので、初期分析の開始時期も決まっていますが、早く初期分析を開始し回収サンプルのカタログを準備し、二次分析である国際AO(公募)の開始ができるようにと努力しています。

サンプルキュレーション作業は、「サンプルを汚さず、なくさず」を常に心掛けて慎重に進めています。帰還サンプルは長期にわたるミッションの結果でもあり、波瀾万丈の「はやぶさ」の、イトカワでの科学観測、試料収集、

長期の惑星間往復飛行、そして、最後にはほぼ完璧な帰還をしたサンプルカプセルを見ても、その貴重さは分かります。

回収したサンプルに小惑星イトカワのものがあることが分かりましたが、これは、我々人類が初めて、始原天体である小惑星において直接採取し持ち帰ったものです。採取した場所も時刻も分かっているこのサンプルによって、隕石とイトカワ(S型小惑星)の関係が明らかになると思います。隕石のように大気摩擦による高温度も経験することなく、地球の酸素や水による変成も受けず、有機物汚染や同位体汚染も極力防止された環境で取り扱われている「はやぶさ」サンプルは、科学的に極めて貴重なものです。今後、惑星物質科学にブレークスルーをもたらす可能性を持った、我が国が誇る人類の財産になり、将来にわたってこのサンプルから価値ある科学的成果が生み出し続けられるものと思っています。(藤村彰夫)

「はやぶさ2」スタート準備完了

2010年は感動的な地球帰還で小惑星探査機「はやぶさ」が注目されましたが、その陰では「はやぶさ2」の検討も着々と進められていました。そもそも「はやぶさ2」は、すでに2006年に提案されています。これは、2005年に「はやぶさ」が小惑星イトカワで予定通りの表面物質採取ができなかったことを受けて、確実に小惑星の表面物質を採取して地球に持ち帰るべく提案されたものでした。2011年打上げの提案でしたが、予算がつかなかったため、現在では2014年(バックアップが2015年)のウインドウに打ち上げることを想定しています。

「はやぶさ2」も「はやぶさ」と同様な小惑星サンプルリターンのミッションですが、「はやぶさ2」では、その科学(サイエンス)にもかなり重点が置かれています。ですから、探査する小惑星はミッションの科学目標に合致したものである必要があります。現在のターゲットは、1999 JU3という小惑星で、これはC型に分類される小惑星です。C型の小惑星は、地球に隕石として落ちてきている炭素質コンドライトの母天体と考えられており、その表面物質には有機物や水が含まれていると考えられ



人工につくられたクレーターにタッチダウンする「はやぶさ2」

ています。「はやぶさ2」は、地球にある水や、生命をつくっている有機物の起源にも迫ろうというミッションなのです。

「はやぶさ2」は、基本的には「はやぶさ」がやったことを踏襲しますが、新しい試みとして「衝突装置」を搭載していき、人工的なクレーターをつくることも計画しています。人工クレーター内部からの物質採取ができれば、表面

だけでなく地下の物質も手に入れることができるのです。そのほか、一部の観測装置は「はやぶさ」から変更するなど、「はやぶさ」の経験をフルに活かして、より確実にミッションを行うことを目指しています。現在の計画では、小惑星到着が2018年、地球帰還が2020年末です。

「はやぶさ2」は、2009年末にJAXA内での審査であるシステム要求審査(SRR)が終了し、2010年8月には宇宙開発委員会の審査で了承されました。そして、2011年度からプロジェクトとして開始できるように、「元氣な日本復活特別枠」に予算要求がなされ、現在(2010年11月初め)はその結果を待っているところです。10年後の夢のために、ぜひ、ミッションがスタートできることを願っています。(吉川 真)

ESAにおけるBepiColombo MMOの熱試験

水星探査計画BepiColomboのMMO(水星磁気圏探査機)にとって、熱・構造モデル単体としての一連の試験の最後であり、一番の難関でもある10太陽光強度(10SC)下における熱モデル試験が、10月5～15日にESA(欧州宇宙機関)のESTEC(欧州宇宙研究技術センター)にある施設(LSS:大型熱真空試験装置)で行われました。この試験は、今年の2～3月に予定されていたものが、ほかのプロジェクトとの競合から延び延びになっていたものです。

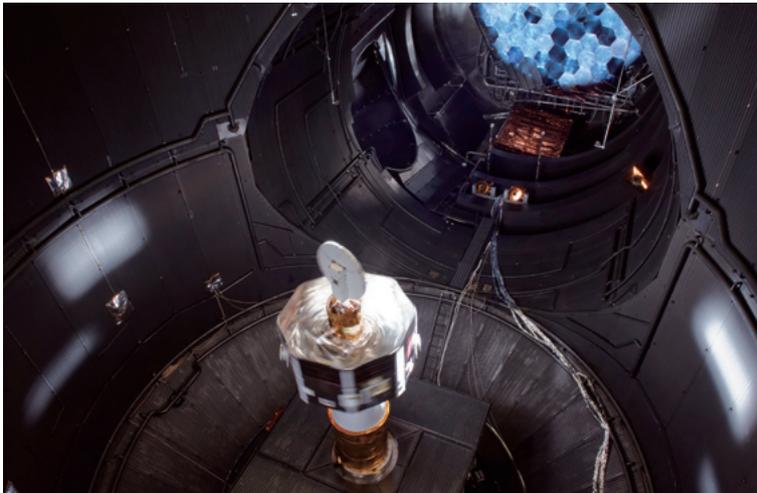
MMO熱モデルは9月中旬にESAへと搬入され、試験の準備作業を行った後、10月5日から試験を開始しました。ESA側の設備として10太陽光強度が出せるように改修した後の最初のユーザーによる試験ということで、供試体からのアウトガスに対してかなり神経質になっていました。試

験前確認審査まで熱モデルからのアウトガスに関して議論が続き、試験を開始できるかやきもきました。何とか予定通りに試験をすることができました。10SCの太陽光強度を出すために平行光ではなく7度程度の集光光になっているため、実際より厳しい試験となりますが、何とか乗り切ることができました。

写真は、真空引きを開始する前に擬似太陽光に対しての位置確認などを目的としてランプを1灯だけ点灯し、MMO熱モデルを回転させたときに撮影されたものです(10SC時は19灯を点灯)。このときの明るさはMMO熱モデルの位置で1/4SCでしたので、実際の試験では強度にしてこの40倍(!)の光にさらされたことになります。試験終了後の18日から概観チェックを始め、21日には試験後のデータレ

ビューを行いました。小さな問題はいくつか出ましたが、施設の運転を任されているメーカー(ETS)の関係者、ESAの関係者、日本の試験メンバーの協力のもと、大きな問題はなく無事終了することができました。試験の関係者、裏方として試験を支えてくださった方々すべての協力に、この場を借りてお礼を申し上げます。

MMO熱モデルは12月にMMOのためのサンシールド(MOSIF)と組み合わせた10SC試験を引き続き行い、来年初頭にいったん日本へ戻し構造モデルへと変更した後、再度ESA/ESTECへと輸送され、全体スタック(MCS)の機械環境試験へと供されます。(早川 基)



スピンしているMMO熱モデルと真空引き前の疑似太陽光ランプの確認試験
©Photo ESA/JAXA A. Le Floch

太陽物理の難問題解決に向けて 第4回「ひので」国際シンポジウム

今回で4回目となる「ひので」国際シンポジウムは、イタリアが音頭を取ってシシリア島にあるパレルモで開催されました。10月11～15日の合計5日間にわたりHotel la Torreにて、参加者総勢180名前後を集め、成功裏に終了しました。開催された場所の雰囲気が良かったのか、それとも温暖な気候のためか、参加者は皆、夜遅くまでシンポジウム会場の前の海に見えるバルコニーで活発に議論を行っていました。

2006年打上げの太陽観測衛星「ひので」が観測を始めて、今年で4年がたちました。「ひので」はそれまでとは別次元の空間スケールで連続観測を続けてきた結果、“非

常に活動的な彩層”“プロミネンスの微細渦構造”など、さまざまな新しい太陽の素顔を明らかにしてきました。それと同時に、これまで見えなかったものが見えるようになったことによって、我々が想定していなかった新たな問題も多数浮上してきました。そこで今回のシンポジウムでは“unsolved problems and recent insights”という副題で、「ひので」により何がどこまで解明されたか、またどこが解明されていない大事な点なのかを明確にし、今後どういった「ひので」による観測、またはほかの衛星や地上の望遠鏡との連携観測を行うべきか、などの議論が活発に行われました。「ひので」研究も初期の発見学問的な段階か

ら、天体プラズマの詳細研究の段階に入り、今が最も熟した状態であると感じました。そのため、基調講演や招待講演に使う時間をこれまでよりも長めにとるという試みもされました。

今回のシンポジウムでは、Solar Dynamics Observatory (SDO), SUNRISEなど、「ひので」より後に観測を始めた衛星または気球観測との共同観測に関する講演が多数あり、「ひので」とほかの望遠鏡との連携観測により、新たな太陽観測の時代が到来しそうな印象を受けました。今後も、唯一無二の武器である高空間分解能での連続観測という特徴を生かし



シンポジウム会場のバルコニーにて

て、「ひので」による太陽研究はますます発展していくと期待しています。

(今田晋亮)

世界に歓迎された「はやぶさ」の帰還

「はやぶさ」帰還後間もなくの7月にドイツのブレーメンでCOSPAR（国際宇宙空間研究委員会）が、そして9月末にはチェコのプラハにてIAC（国際宇宙会議）が開催され、参加する機会を得ました。今回の参加は、これまでとまったく違った意味で、大変に感慨深いものとなりました。それは、今年「はやぶさ」が地球帰還を果たしたからです。

IACでは、全体会（plenary）とSolar System Explorationセッションの両方で報告の機会をいただきました。どちらにも多くの参加があり、発表終了後も拍手が長く響き続け、非常に多くの方が駆け寄ってこられ、言葉をかけてくださいました。開会式のあいさつで会長から今年の成果として真っ先に「はやぶさ」を挙げていただいたこと、そして全体会での報告の後に中国の研究者が駆け寄ってきて「アジアの発信だ」と大きな声で語り掛けてきてくれたことが、特に印象的でした。IACでは、模型の展示のほか、ビデオも流していただきました。多くの方がじっと説明に聞き入っておられたのを、よく覚えています。

IACの後、「はやぶさ」カプセルの回収に協力いただいた豪州政府にお礼を申し上げるべくキャンベラの在豪日本大使館にてレセプションを開いていただき、また科学博物



IAC（国際宇宙会議）のJAXAブース

館（Questacon）にて「はやぶさ」の模型の贈呈と帰還の報告会を開催させていただきました。大臣などの要人も多数出席され、両国の協同、友好の成果が強調されたことは、プロジェクトに携わった者として、この上ない幸せです。

世界の方々の関心は、やはり微粒子の分析に向いていました。今回、実際にイ

トカワのサンプルと確認できて、夢のまたさらに夢が実現したと、信じられないでいます。でも、皆さんが「帰ってきたことだけでも素晴らしい」とおっしゃられ、意識が共有されていることをうれしく思いました。僭越ではありますが、今年のIACに日本から参加された皆さんも、きっと少しだけ胸を張っていただけたのではないのでしょうか。「はやぶさ」ミッションについては「野心的、挑戦的な計画だね」「できるはずがない」と言われ続けてきましたが、今回その帰還について、無言ではあっても、海外の方からもしっかり評価をしていただけたと思います。

「はやぶさ」という探査機が宇宙研で開発されたこと、そして宇宙工学が独創的に花開いたことを実感する中で幸運に助けられながらも先輩諸氏からの伝統・成果に報い、何とか貢献できたことを、誇りに思います。そして、皆さまにお祝いを申し上げたいと思います。

(川口淳一郎)

宇宙学校～なすこうげん・さっぽろ～

世界宇宙週間の10月9日、栃木県那須町にある那須高原海城中学校・高等学校(校長 清水一茂)において、「宇宙学校・なすこうげん」を開催しました。学校を会場とした宇宙学校は、これが初めてのことで。

今年の3月、インターネット上で宇宙学校開催地の公募を知り、思い切って応募したのが事の始まりです。本校の応募に対して、宇宙科学研究所の広報・普及担当者から電話が入りました。「宇宙学校は、特定の団体や学校のためのものではない。宇宙学校の広報活動や会場設営はできるのか」という確認でした。もちろん、開催校としては自校の生徒に的を絞ったものとして実施したいのはやまやまですが、開放的校風の本校に関して、その確認は杞憂に終わりました。

宇宙学校の当日、小雨が降るあいにくの天気でしたが、栃木県那須町、福島県白河市、同県西郷村の小中学生とその保護者が110人ほど、本校の体験入寮に来ていた小中学生と保護者



休憩時間、講師のまわりに集まる参加者たち。

が約30人、そして本校の中学1、2年生約50人が体育館に集まりました。その中には、宇宙少年団(白河分団)の子どもたち10名ほどいました。

午後1時の開校式に始まり、1時間目は、宇宙学校校長の阪本成一教授による「見えないひかりで見る宇宙」、2時間目は清水幸夫主任開発員による「小惑星探査機『はやぶさ』が目指したもの」です。

質問の口火を切ったのは、本校生徒の「ブラックホールってなんですか?」でした。それでいいんだと理解した参加者は、次々と質問の挙手をするようになりました。

学校実施ならではの特徴が二つありました。一つは、会場設営、駐車場案内そして質問のマイク渡しなどで、本校の生徒が協力したことです。もう一つは、参加者募集のため、本校教員が近隣の小中学校を訪問し、案内プリントの生徒配布を依頼したことです。その効果は絶大でした。

(那須高原海城中学校・高等学校 北川達彦)

10月23日、札幌市青少年科学館にて、「宇宙学校・さっぽろ」が開催されました。JAXAの嶋田徹先生からロケットのお話を、山田和彦先生から「はやぶさ」のお話をいただきました。宇宙学校校長の阪本成一先生には、特に質疑応答の際にお話をいただきました。

科学館側からはロケットのサイエンスショーを行い、見た目によく分かる面白い実験を見ていただきました。一つ目は、傘袋ロケットを飛ばす実験です。思いのほかヒューっと遠くまで飛んでいきます。初めてのお友達でもうまく飛ばすことができました。傘袋ロケットを巨大化したものも登場させました。長さが3～4mもあって存在感たっぷりです。飛ばすだけで迫力があり、皆さんに喜んでいただけたようです。この実験については、宇宙学校終了後、ロケットのプロ、嶋田先生より助言をいただきました。重さで袋が曲がる点について、「ロケットの長さ方向に1～2本ガムテープを貼っておくといい」とのことでした。次回は



巨大傘袋ロケットの迫力に歓声が上がった。

そのように改良したいと思います。二つ目にドライアイスロケットの実験を行い、そして最後は少し難しい実験を行いました。アルコールを使ってペットボトルのロケットを飛ばす実験です。ワイヤに設置したロケットに竹串を取り付け、飛んで行く先には紙吹雪を入れた風船を用意しました。うまく飛ばすとロケットが風船を割る、という仕掛けです。当日まで何

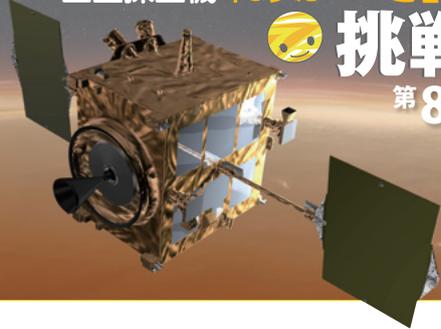
度も予備実験を繰り返しましたが、本当のところを言うと失敗してしまうことが多かったのです。成功するかどうか不安でしたが、本番では勢いよく飛んでいき、風船を割ることができました。紙吹雪の舞う中、会場からは拍手が起こりました。

参加者の方々からはたくさんの質問をいただき、大変盛り上がりしました。特に熱心にお話を聴いている子どもたちの姿がとても印象的でした。このような機会をつくってくださり、どうもありがとうございました。

(札幌市青少年科学館・佐々木絵美)

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(11月・12月)

	11月	12月
大気球		日本・ブラジル共同気球実験(ブラジル)



アツイ奴です 推進系

推進系グループ 開発員
中塚潤一

「あかつき」には、軌道や姿勢を制御するために使用する小型のロケットエンジンなどで構成される、推進系と呼ばれるシステムが、大きく分けて2種類搭載されています。

主に姿勢を制御する推進系として、比較的推力が小さい1液式スラスタを搭載しています。これは、燃料であるヒドラジンを触媒で分解して発生させた高温のガスを噴き出す力を利用したものです。構成がシンプルなので多くの衛星で利用されています。このシステムをRCS (Reaction Control System) といい、衛星がひっくり返らないように頑張っています。

もう一つ、金星軌道投入時など短時間で大きな軌道変換を行う場合に使用される、2液式スラスタといわれる高推力のスラスタ (OME: Orbit Maneuvering Engine) が搭載されています。これは、燃料であるヒドラジンと酸化剤である四酸化二窒素をヘリウムガスで勢いよく燃焼器に押し出し、混合して2000°Cにも達する高温の燃焼ガスを発生させるもので、「あかつき」には500N級のOMEが搭載されています。

これらのスラスタを搭載すると、使用する燃料・酸化剤・加圧ガス、およびそれらを搭載するタンクや配管類、さらに噴射を制御する弁などでかなり大きな質量になってしまい、「あかつき」の質量のおよそ半分を占めています。

そのため、推進系には軽量かつ高性能化することが求められており、特に燃費を示す比推力を高くする要求があります。比推力はスラスタの燃焼性能を表す値であり、向上させるためには燃焼温度を高温にして排気速度を増加させることが有効です。これまでの2液式スラスタでは、耐熱合金を使って温度の問題をクリアしていました。しかし、耐熱合金は酸化に弱いため、耐酸化コーティングをしていました。このコーティングがデリケートで、スラスタの寿命を左右していました。また、この技術は海外からの輸入であり、キー技術に関してはブラックボックスでした。

そこで、酸化剤への耐性があり、かつ耐熱温度も高い、日本のお家芸であるセラミックス系材料に注目しました。特に高温での比強度が高い窒化ケイ素系モノリシックセラミックスを選定し、それを使用した国産のセラミックスラスタを開発しました。図1に、セラミックスラスタの地上燃焼試験の様子を示します。「あかつき」には、500N級OMEをセラミックスラスタで開発して搭載しています。6月28日に軌道上噴射を行って、世

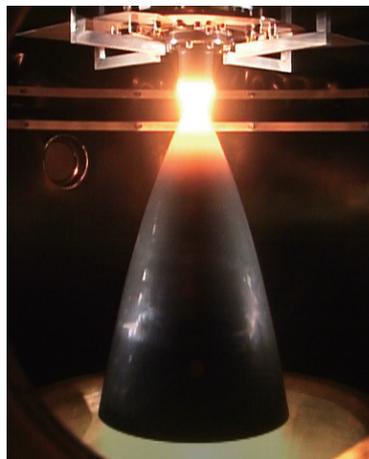


図1 セラミックスラスタの地上燃焼試験

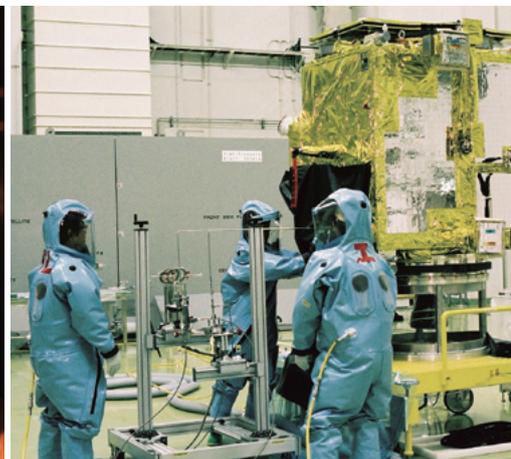


図2 推進薬充填作業

界で初めてのセラミックスラスタ軌道上実証は成功裏に終了しました。

新規開発のセラミックスラスタをはじめ、「あかつき」の推進系を開発するのは困難なことでしたが、推進系にはそれと双璧をなす作業があります。それは、スラスタに使用されるヒドラジンや四酸化二窒素の液体推進薬、そして高圧ヘリウムガスを充填する推進薬充填作業です。高圧ガスを充填するのも大変危険な作業なのですが、液体推進薬はどちらも毒性を持っており、高圧ガスにも増して細心の注意ならびに防護策を施しての充填作業になります。推進薬充填作業の様子を図2に示します。気密されたスクープスーツを着用して、黄色いホースで外部から新鮮な空気を供給していて、万が一推進薬が漏洩しても作業者が危険な状態にならないようにしての作業になります。十分な安全対策をしている一方で、身動きが取りにくく困難な作業環境です。この推進薬充填作業を問題なく終えて打上げ準備作業は完了しました。

H-II Aロケット17号機で地球から金星に向けて背中を強く押された「あかつき」は、12月初旬に金星に到着します。推進系は、推進薬充填作業で「あかつき」の衛星準備作業のシメを担いました。さらに金星軌道投入という、金星に送り届ける役目の工学分野から、金星を調べる観測分野へバトンを渡す最後のイベントも担います。金星軌道投入時に燃料と酸化剤をアツク噴き出して、アツい気持ちと一緒に観測分野へ引き継ぎたいと思います。有終の美を飾るOME噴射を成功させるためにも、間近に迫った軌道投入に全力を尽くします。
(なかつか・じゅんいち)

芸術的!!

ヨーロッパの心臓は

9月末に開催された第61回国際宇宙会議 (IAC) に参加してきました。今年の会場はチェコのプラハです。私が着いた日のプラハは小雨が降っていて、結構冷え込んでいました。ダウンを着てもおかしくないくらいの寒さです。前の週末は日本と同様に暖かかったらしいのですが。

IACは毎年秋に開かれる大きな宇宙関係の会議で、ISAS/JAXAからも大勢参加していました。エキシビションのJAXAブースはディスプレイのデザインも良く、「はやぶさ」人気もあり、とてもにぎわっていました。カプセルのカットモデル(レプリカ)も初公開していました。

私の発表は最終日だったので、プラハの街を満喫する気持ちの余裕がありませんでしたが、それでも私の見たプラハを紹介したいと思います。

チェコはヨーロッパ大陸のほぼ中央に位置し、「ヨーロッパの心臓」と呼ばれています。首都プラハは小さい街ですが、街全体が「芸術」でした。どの建物もまるで彫刻のようで、何百年もの歴史を残しており、絵画の中に迷い込んだような中世の風景が続きます。帰国後、家族が写真を見て、「まるで合成写真みたいにきれいな景色だね」と驚いていました。

このような美しい風景を残そうとするチェコの人々の努力には頭が下がります。

例えば、道路です。プラハの街路は石畳で、アスファルトはほとんどありません。至る所で道路の修繕工事をしていましたが、一つ一つ石を並べ、手間をかけてまさに「手づくり」で道路をつくっていました。万事がその調子で、建物を丁寧に修繕しながら、次の世代に文化をも伝え渡していくことを大切に考えている国でした。また、公共の場所はこまめに清掃がされていましたし、洗濯物が外に干されていることはありませんでした。何世紀も

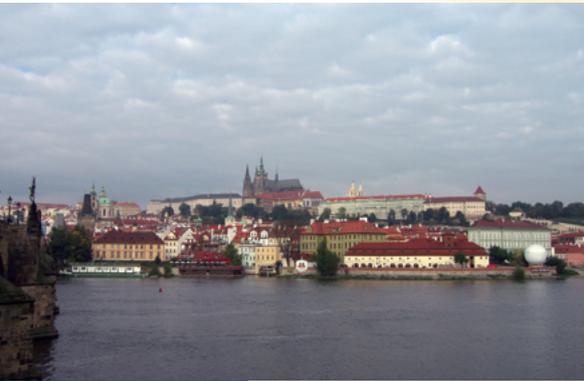
の努力の積み重ねで、あの美しい街並みが守られているんだなあ、と感心させられました。日本にも素晴らしい風景や伝統文化があります。日本もチェコを見習うべきではないでしょうか。

芸術は建築物だけではなく、伝統芸能である人形劇はチェコ語なのでセリフはまったく分かりませんが、本格的でとても楽しめました。チェコの国立芸術大学には人形劇学部があり、若い人たちがこの伝統芸能を学んでいるそうです。NHKで放送していた『三国志』の人形も、チェコで学んだ日本人がつくったそうです。また、街の至る所にある教会では毎日のようにミニコンサートが開かれていて、音楽も気軽に楽しめます。

ところで、チェコ名物といえば、旧ソ連がつくった傾斜のきつい、長くて動きの速いエスカレーターもその一つです。最近では日本でも勾配がきつい長いエスカレーターがありますが、日本のものよりずっと高速でした。でも観光客の多いところでは少し遅くなっていた気がします。また、チェコビールも名物の一つです。チェコのビールは麦芽の量が多く、口当たりが良く、とても飲みやすくおいしいです。それにコーヒーやジュースより安いのです。チェコは1人当たりのビール消費量が世界一の国です。自家醸造のビールを出す居酒屋も多く、ごつい体格のお兄さんが直径1mくらい大きなお盆にビールジョッキを15杯くらい載せて運んでくれます。ビール好きにはたまらないところ。料理もどれもおいしく、私の口に合っていました。

そのほかに面白いと思ったのは、キュビズム様式の建物です。ピカソの絵画の建築物版といったところでしょうか。斜めの面や線を強調し、まるで水晶の形を思わせる独特な建物です。「カクカク」としていますが、すっきりしていてモダンです。この様式はチェコのオリジナルだそうです。その建物は今でもカフェや住居として実際に使われています。そんな異彩を放つ20世紀の建築物ですが、周囲の中世の建物となじんでいるのが不思議でした。

プラハ市街は学生の街でもあり、トラム(路面電車)とメトロ(地下鉄)が使いやすく、物価も安く、比較的安いです。また、チェコの人たちは控えめで愛想が良く、親切でした。手先も器用で「ものつくりの国」の人でもあり、日本人と似たところがあるという印象を受けました。ヨーロッパ旅行の中ではあまりメジャーではありませんが、プラハはともお薦めです。(しもせ・しげる)



カレル橋から見たモルダウ川とプラハ城



キュビズム様式の建物

下瀬 滋

副グループ長
構造・機構・材料系グループ



私が学者をあきらめたわけ

里中満智子

小学校のとき、親にねだって初めて買ってもらった図鑑は『宇宙航空図鑑』だった。月の満ち欠け、太陽系、アンドロメダ銀河……。どのページを開いても、「へええ…こうなっているんだ」と驚かされ「へええ…へええ…」と感心しているうちに、すっかり「その気」になってしまった。「その気」とは、「いつか宇宙へ行く日がある。私が生きているうちに」と、もう一つ「物理学者になりたい」というものだ。

まだ小学校3年生だから物理学の何たるかが分かったわけではないが、何となく「こっち方面の学問」と思ったのだ。どうすれば物理学者になれるか？ なってそれからどうするのか？ 宇宙に出て行って、どこかの星で何かを調べて、運が良ければ宇宙人に会って……などとりとめのないことを考えて、それでも胸がワクワクしたものだ。大きい夢を持つことは、子どもの意欲をかき立てる。しかし……。

ある日、TVで古くさいB級アメリカSF映画を見た。宇宙へ行って戻ってくる宇宙船は、トラブルで予定通りの帰路をたどれなくなる。思わぬ状況に乗組員たちそれぞれの人間性がむき出しになり、いさかいが起こる。燃料が足りなくなる。地球へ戻る際の力が不足すると大気圏で跳ね返されてそのまま宇宙をさまようことになるかもしれない。当然、全員生きていられない。ここで登場したのが……何と、ややこしい数学の計算シーンだった。つまり、残りの燃料をどう有効に使えば大気圏突入のパワーが得られるか？ どの角度で入れば大気圏の層に跳ね返されずに済むか？ その場で登場したのが……何と！ 紙と鉛筆だった！ ややこしい計算を、宇宙飛行士は自分の知識と気力でこなそうとしているのだ！ その場面を見て私は「こりゃあかん……。私にはとてもじゃないが、こういう仕事はできない……」と悟ったのだ。

当時は小型のコンピュータなどない時代。電子計算機というばかどかい代物は、とても

ロケットに積み込めない。そういう前提でつくられた映画なのだから、紙と鉛筆でやり抜くしかなかったのだろう。映画のラストは、迫り来る地球を眺めながら、恋人同士が抱き合って死を覚悟するシーンだった。

宇宙飛行士は偉い。気力体力知力すべてを備え、かつ、チームの中でバランスを取る気配りも必要だ。そう悟った私にとって、その日から宇宙開発にかかわるすべての人々は、「あこがれ」から「尊敬」の対象に変わった。

米ソの宇宙開発競争、アメリカのアポロ計画、月着陸、アポロ13号の感動的な帰還（例の映画を思い出したものだ）、コロンビア号の事故……さまざまな出来事があった。私個人の事柄でいえば、アメリカの旅行代理店が売り出した「宇宙旅行」に申し込んだこともある。残念ながら、コロンビア号の事故により民間の宇宙旅行計画も中止にされてしまって実現

できなかったのだが、順調にいけば私は「日本人初の宇宙旅行経験者」になれたはず……だった（何の努力もしないでただ乗せてもらうだけなので、威張れるものではないけれど）。

米ソの競争や、近年の中国やインドの取り組みには、当然ながら軍事的優位に立とうとする側面がある。我が国は戦後アメリカの圧力のもと、航空関連の分野は手かせ足かせを掛けられながら地味に取り組んできた哀しい歴史がある。しかし、だからこそ、軍事的から離れたところで実力を付けてきた。これは胸を張っていいことだ。

「宇宙の平和利用」「地球と未来の人類の幸福のために」ということを、曇りのない心で言える国なのだ、日本は。

宇宙開発よりも、目の前の生活が大切という人も多くいる。しかし、宇宙開発にかかわる研究が、医学・エネルギー・環境・食糧など難題の解決に結び付くことを、もっと多くの人に知ってもらいたい。明日の生活だけ見ていては、100年後の未来はない。限られた予算しかない中で、H-IIAロケット、「はやぶさ」「かぐや」「IKAROS」「みちびき」に携わってこられたすべての人々に感謝したい。100年後の人類に代わって今、お礼を言いたい。

（さとなか・まちこ）



傷だらけのはやぶさ
©里中満智子

研究に集中できる環境を築きたい

科学推進部 計画サブマネージャ

清水輝久

——今年4月に宇宙研に赴任されました。

清水：1990年に宇宙開発事業団（NASDA）に入社し、総務部や経理部、人事部に所属しました。中でも人事部には10年間在籍し、職員採用などを担当しました。宇宙研では、所内の事業推進業務、いわゆる「所内の総務部」的なさまざまな仕事に携わっています。

——宇宙研の印象は？

清水：2003年にISASとNASDA、NALが統合してJAXAができる時、統合人事チームとして宇宙研の人たちとも一緒に仕事をした経験から、宇宙研の“文化”についてはある程度、理解しているつもりでした。しかし4月に実際に宇宙研に来て、事務部門の仕事の進め方の違いに驚いています。これまでヘッドクォーター(HQ)での経験しかなかったこともあり、「ライン・組織」で情報を共有しながら仕事をする、というスタイルが普通だと思っていました。一方、宇宙研では、あまり「ライン・組織」という意識がなく、それぞれの業務にキーパーソンがいて、その人と直接、相談しながら仕事を進める、というスタイルが主流であるような印象を持ちました。

HQでのやり方は、組織として手順を踏んで進めるため、意思決定に時間がかかってしましますが、ノウハウが組織に蓄積されるという利点があります。一方、宇宙研のやり方は意思決定が早く、円滑に進むという利点がある一方、上司が部下の業務内容を把握しにくく、ノウハウが組織に残らないというマイナス面があります。それぞれに長所と短所があるので一概に善しあしはいえませんが、将来、人事異動で担当者が代わった場合でも、所内の研究業務のサポートに支障が出ないように事務系業務をマニュアル化していくことが、私の課題だと思っています。

——宇宙の仕事を目指した理由は？

清水：子どものころから飛行機や宇宙にあこがれを抱いていて、理系を選択して大学に入学しましたが、学部選択時に結果的に農学部へ進学し、卒業時には「事務系」になっていました。それでもやはり航空や宇宙に関係する仕事がしたいと、NASDAの入社試験を受けました。当時、NASDAの存在は一般の人たちにあまり知られていなかったため、面接では広報の必要性を訴えました。そういえば入社したころ、宇宙開発事業団の“開発事業”という言葉から、「不動産屋さんですか？」と人から聞かれたこともあります(笑)。

——最近では、JAXAの活動は一般の方々から大きな注目を集



しみず・てるひさ。1966年、千葉県生まれ。北海道大学農学部農業経済学科卒業。1990年、宇宙開発事業団入社。総務部、経理部、人事部などの業務に携わる。2000年、社内国内長期派遣制度により経営学修士号取得。JAXA人事部給与厚生課 副課長、経営企画部 主任、総務部総務課 副課長を経て、2010年4月より現職。

めています。

清水：「はやぶさ」の活躍などで、とても有名になりましたね。赴任後、初めて迎えた特別公開は、まさに「はやぶさパニック」でした。

一方で、JAXAを含む独立行政法人(独法)に非常に厳しい目が注がれていることも事実です。独法化により、国から求められる事項が増え、研究者の事務負担も大きくなりました。さらに昨年の政権交代以降、独法を取り巻く環境がいつそう厳しくなり、事業仕分けのための資料作成など事務負担が一段と増大しました。国の要求に応えつつ、研究者の事務負担を減らし、研究に集中できる環境をつくり出さなければなりません。それが私たち事務系職員の腕の見せどころです。

——どうすれば、研究に集中できる環境を実現できますか。

清水：宇宙研の文化の良いところを残しつつ、発展させる必要があります。そのために、事務作業を簡便かつ効率的に行う方法を探り、提案していきたいと思っています。そして効率的な方法を組織のノウハウとして蓄積していくことが重要です。宇宙研に新たに赴任した職員でもノウハウに従って効率的に業務を進めることができる基盤を築いていきたいと思っています。数年後には、「ずいぶん研究に集中できるようになった」と研究者に実感してもらえるようにしたいですね。そのために自分の経験が少しでも生かせればと思います。

私たちは、自分たちの研究活動に自信と誇りを持っています。きちんとした活動を行っている独法には、もっと裁量を認めていただきたい。そうすれば、研究者の事務負担を大幅に軽減することができます。自主的な運営が独法の本来の趣旨だったはずですよ。

一方、事業仕分けがきっかけとなり、自分たちの研究活動を一般の方々に理解していただくことの重要性をあらためて認識しました。宇宙科学のサポーターを増やす活動は、さらに推進していく必要があります。

——宇宙研の研究者やスタッフに要望はありますか。

清水：私は、仕事での顔が怖く近寄り難いと言われます(笑)。宇宙研に来てから、「眉間のしわがさらに増えたね」とよく言われます。本来は柔和な性格なので、ぜひ気軽に声を掛けてください。

ISAS ニュース No.356 2010.11 ISSN 0285-2861

発行/独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 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ピビア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト

編集後記

「はやぶさ」が回収したイトカワ由来のサンプルについての朗報が、日本中を駆け回りました。急ぎ原稿を書いていただき、今月号に掲載しました。藤村先生ほか関係者の皆さん、ありがとうございました。そして、おめでとうございます。(石川毅彦)

*本誌は再生紙(古紙100%)、大豆インキを使用しています。

