

宇宙科学最前線

国際宇宙ステーションのロボットアームから宇宙ステーション補給機 (HTV) の曝露パレットを受け取る日本実験棟「きぼう」のロボットアーム。2009年9月23日。

全天 X 線監視装置 MAXI 激動する宇宙が見え始めた

上野史郎

ISS 科学プロジェクト室 主任開発員

『ISAS ニュース』2009年8月号「きぼうの科学」では、MAXIの概要と全天X線モニタリングの意義について書きました。本記事では電源投入後の状況を報告します。

MAXI 始動

国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟「きぼう」への取り付けを2009年7月24日早朝 (日本時間、以下同) に完了した全天X線監視装置「MAXI」に、8月3日9時41分、実験電力が投入されました。筑波宇宙センターの運用卓画面にテレメトリデータが表示され始めると、MAXI誕生を祝う拍手がわき起こりました。

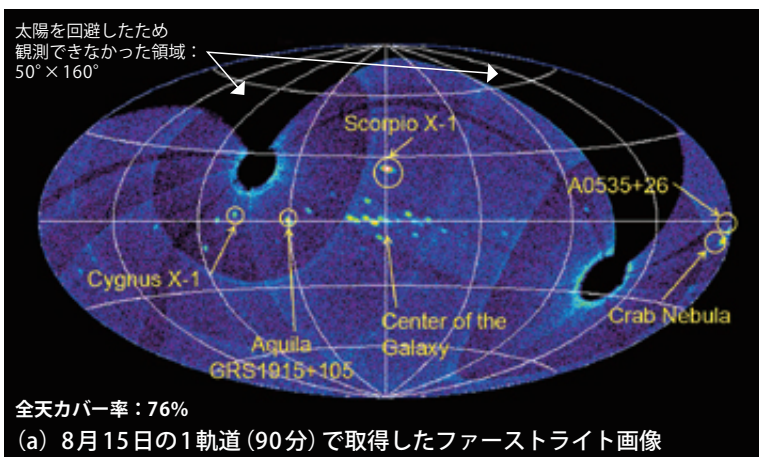
8月8日、MAXIのX線ガスカメラ (Gas Slit Camera : GSC) の検出器 (全12台の比例計数管)

への高電圧印加を開始しました。高電圧 (1650ボルト) を印加すると、X線光子を検出し始めます。明るいX線源の一つであるかに星雲を無事検出し、検出器と機上データ処理系が正しく動作していることを確認しました。8月13日、全12台への印加を完了しました。

8月15日、もう一つの観測装置であるX線CCDカメラ (Solid-state Slit Camera : SSC) が試運転を開始しました。X線光子を検出するために、全32枚のCCD素子を冷やします。18日、CCD素子の背面に配置した電子冷凍機 (ペルチェ素子) に電流を流し始め、冷却目標 -60°C を達成しました。

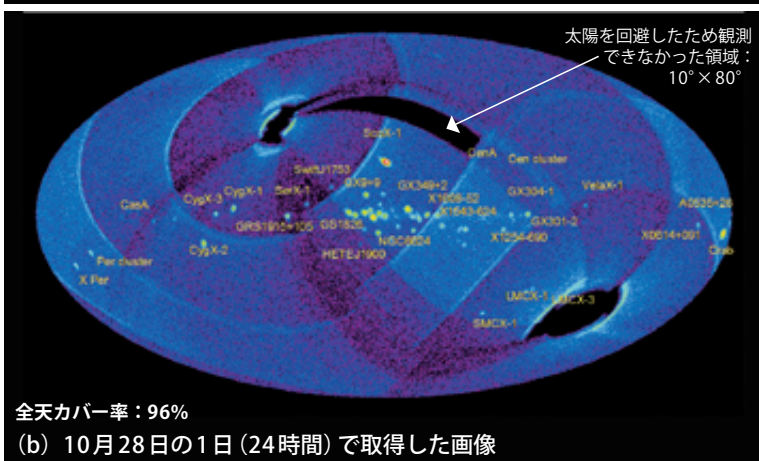
MAXIで見た全天のX線画像

図1 (a) は8月18日に記者発表したMAXIファー



全天カバー率：76%

(a) 8月15日の1軌道(90分)で取得したファーストライト画像



全天カバー率：96%

(b) 10月28日の1日(24時間)で取得した画像

図1 X線ガスカメラ(GSC)による全天画像露出時間やバックグラウンドを未補正なので、画像に筋や濃淡など、むらが目立つ。補正済みの全天画像を現在準備中。

ストライプ画像です。ISS軌道1周回(約90分)の間にGSCで検出したX線光子データから作成しました。中央の水平軸は銀河面(天の川)です。露出時間と位置ずれを補正する前の画像ですが、主要なX線天体が30個ほど、はっきり見えています。かに星雲の約40分の1のX線強度の天体まで観測できており、計算機シミュレーションで打上げ前に予測した1周回での感度の達成を確認しました。最も明るいのは、さそり座(Scorpio) X-1という、中性子星と小さな恒星の連星です。ブラックホール候補天体として最初に見つかったはくちょう座(Cygnus) X-1や、西暦1054年に観測された超新星の残骸であるかに星雲(Crab Nebula)も見えています。

図1(b)は10月28日に取得した1日分のデータで作成した画像です。ファーストライト取得以降、太陽回避角の設定を徐々に小さくしたので、観測できない領域の幅は50度から10度に縮小され、

図2 はくちょう座(Cyg)領域のX線天体画像の比較



全天カバー率96%を達成しました。観測できない領域は天球上を移動します。図1(b)時点で観測できない領域も、その10日後には観測可能になります。

一方SSCは、観測効率を上げるために、駆動およびデータ処理パラメータを調整しながら運用を進めています。図2はGSCとSSCで撮像した、はくちょう座領域です。低エネルギーのX線光子に感度を持つSSCのみでCygnus Loopという名の超新星残骸が鮮明に検出できています。この低エネルギーにまで伸びた感度と、高いエネルギー分解能力を活かして、SSCは宇宙に大きく広がったガスの分布地図づくりや、低エネルギー側で特に明るい天体の観測で活躍します。

MAXIは今後少なくとも2年(目標5年)にわたり「全天を見渡すX線の眼」として活躍することが、国際的に期待されています。全天で、1000個を超えるX線天体の1日から数ヶ月にわたるX線の強度とエネルギースペクトル(色)の変化を、90分に1回の間隔で監視します。この時間の尺度で、クエーサーなど銀河系外の活動天体を系統的にモニタするのは初めての試みです。今後観測を重ねて従来の全天モニタ(X線天文衛星RXTEのASM)の10倍を超える感度に到達する見込みで、RXTE/ASMからMAXIへの引き継ぎが国際的に期待されています。

MAXIによる増光天体の検出

現在、観測データを蓄積するとともに、X線天体の位置やエネルギー強度を正確に決定するための較正処理作業を優先して実施中です。ただし、明るい増光天体については解析を行い、重要な結果は天文コミュニティの国際的な速報メーリングリストへ投稿しています。いくつか例を紹介しましょう。

2009年8月21日、MAXIの観測データから突発増光天体を探し出すソフトウェア(以下ノバサーチシステムと呼ぶ)を運用中の当番が、MAXI画像の中に一時的に明るく輝く天体を見つけました(図3)。すぐに青山学院大学と日本大学の学生がそのデータを解析し、4U1724-307という名の天体がX線バーストを起こしたであろうという結論に至りました。X線バーストは、中性子星表面にたまったガス(主にヘリウム)が熱核融合して起こる突発増光で、数秒から数十秒間続きます。今回のバーストは、10キロ電子ボルト以上のX線光子で見ても明るく検出できており、従来の全天X線モニタ(RXTE/ASM)をしのぐMAXIの威力が発揮されました。

MAXIは図4の細長い視野で、約90分かけて

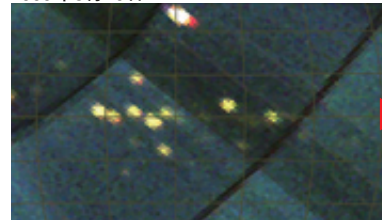
ほぼ全天を見渡します。継続時間の短い増光は、速く視野内で起こったものだけ検出できます。MAXIで見逃さずに検出できるのは、数十分以上継続する増光です。その一つの例は、ほかの衛星で報告されているスーパーバーストです。エネルギー放射量が通常のX線バーストの1000倍にも達するスーパーバーストの継続時間は数十分から数時間にも及ぶため、MAXIの格好の観測対象の一つに挙げられています。

2009年8月31日、MAXIとして初のガンマ線バースト(に伴うX線放射)を検出しました(図5)。ガンマ線バーストは宇宙で知られている最も光度の明るい増光現象です。短いものは数秒以下、長いものでも数分しか継続しないため、X線バーストと同様、MAXIをもってしても見逃す可能性の高い観測対象です。MAXIでの検出確率を年2個程度と見積もっていますが、9月27日、早くも2個目のガンマ線バーストがMAXI視野内で起こり、検出に成功しました。MAXIの解析結果は、8月のバースト(GRB 090831A)については2件、9月(GRB 090926B)は1件を、ガンマ線バースト速報ネットワーク(GCN)に投稿しました。ガンマ線バーストのX線検出は放射モデルの解明に寄与します。MAXIによる検出は、GRB 090831Aの位置決定に大きく貢献しました。また、GRB 090926Bでは、ガンマ線バースト観測衛星Swiftによる自動検知の17秒も前から、偶然MAXIがX線を検出し始めていました(注:ガンマ線も出始めていたが自動検知までに時間遅れがあったようです)。常に全天を監視し続けるMAXIによって、科学的に貴重な瞬間を観測できるチャンスが生まれます。

2009年10月24日にX線新星(ブラックホール候補天体)の出現をメーリングリストATEL(Astronomer's Telegram)で知ったMAXIチームは、すぐに蓄積データを調べました。X線新星(XTE J1752-223)が10月23日から25日にかけて明るくなる様子をMAXIがとらえていました。結果はすぐにATELに報告しました。X線新星は数日かけて明るくなり、その後数ヶ月かけて暗くなります。MAXIのスキャン周期(90分)に比べて十分長いために、MAXIで見逃さずに発見し監視できる重要な観測対象です。

ほかに、パルサー(中性子星)の増光を2件(A0535+26, 4U2206+54)、近接連星系(UX Ari)の巨大X線フレアを1件、国際学会と物理/天文学会で発表し、4U2206+54の増光はATELに投稿しました。このように早く(速く)、これまでより深く全天を見せられるのは初めての成果です。現在は目視で明るい増光天体だけを見つけていますが、間もなくノバサーチシステムが本格稼働し

図3 MAXI初のX線バースト検出
2009年8月19日



2009年8月21日

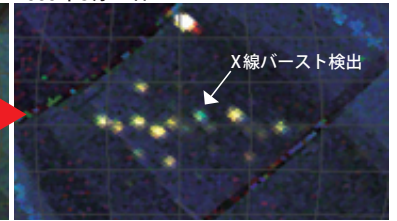
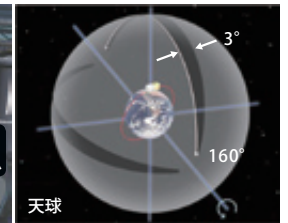
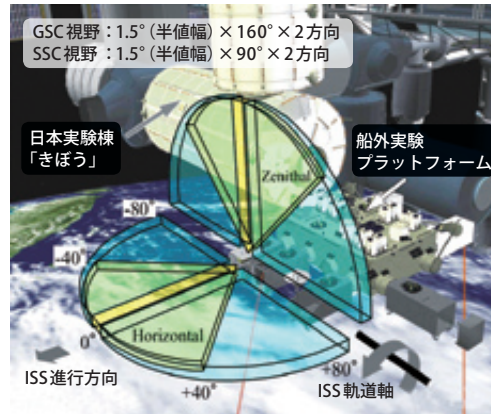


図4 MAXIのX線カメラの視野



自動検知が始まります。

おわりに

新しい天体の出現を見逃さず正確な座標を迅速に報告できるよう、較正結果を取り込んでソフトウェアの整備を進めています。今後、露出時間と位置ずれの補正を施した全天画像を発表し、速報とデータの一般公開を始めます。最新情報はウェブページ(<http://maxi.riken.jp/>)に掲載中です。

ミッションリーダー松岡のもと、MAXIにはJAXA(松岡、川崎、上野、富田、小浜、鈴木、足立、石川、板本、小林、片山、海老沢)、理化学研究所(三原、杉崎、中川、山本)、大阪大学(常深、木村)、東京工業大学(河合、森井、杉森)、青山学院大学(吉田、山岡、中平、高橋)、日本大学(根来、中島、三好、石渡、小澤)、京都大学(上田、磯部、江口、廣井)、宮崎大学(山内、大休寺)が参加しています。またMAXI運用は有人宇宙環境利用ミッション本部および協力会社とタッグを組んで実施しています。

(うえの・しろう)

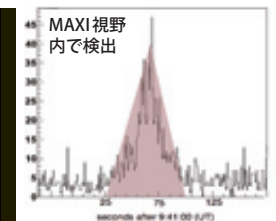
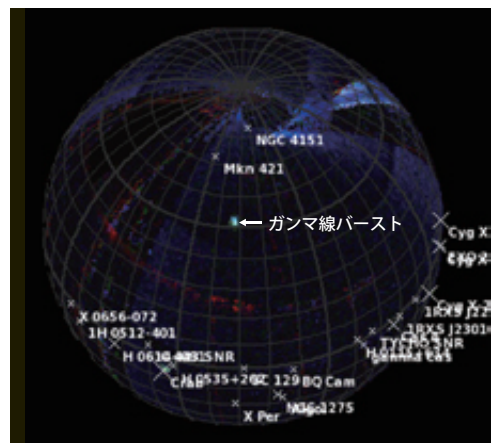
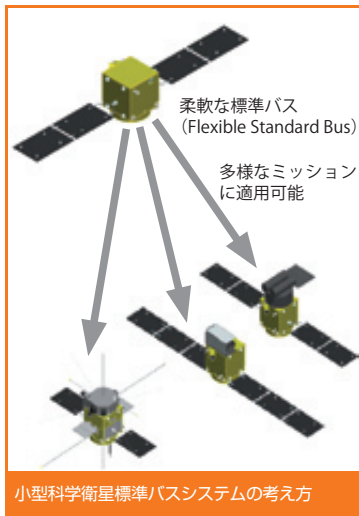


図5 MAXI初のガンマ線バースト(GRB 090831A)の検出

小型科学衛星，シリーズ化が認められました

9月、小型科学衛星計画が、シリーズをひとつくりとしたプロジェクトとして承認されました。小型科学衛星計画は、昨年度末に、柔軟性の高い標準バスと1号機衛星を開発することとしてプロジェクト化しましたが、その際、プロジェクト作業と並行して、小型科学衛星計画のシリーズとしての進め方を検討することが宿題として残っていました。

当初は3月末までの結論を目指していたのですが、予想外に手間取り、結局9ヶ月を要することになりましたが、今回、3号機までをひとつくりとしたシリーズプロジェクトとして認められました。それによって、小型科学衛星2号機以降の立ち上げに際して、プロジェクト化のための一連の機構内審査が簡略化されることになりました。このことは2号機以降のミッション遂行にとって朗報で、審査や事務手続きなどの簡素化の結果、より多くのコミュニティに小型科学衛星を利用してもらうきっかけ



小型科学衛星標準バスシステムの考え方

けになると期待しています。

また、これと同調するように、機構内の安全審査などについてもシリーズとして受けるべく準備を進めています。最初は大変ですが、2号機以降、安全審査なども簡素化されるため、その意味でも利便性が高まります。これらを含めて、いろいろな仕掛けによって、小型科学衛星シリーズが、より魅力的になるよう努力していきたいと考えています。

ちなみにプロジェクトチーム内では、小型科学衛星シリーズの1号機をSPRINT-Aと呼んでいます。SPRINTは、

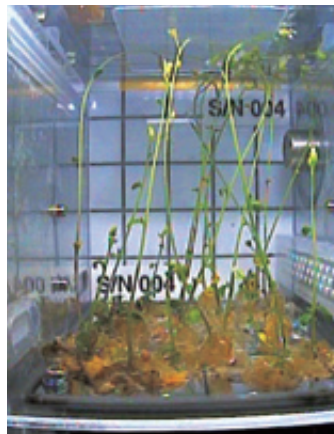
Small scientific satellite Platform for Rapid Investigation and Testの略であり、迅速に科学コミュニティの要望に応えられるシリーズになる、という決意を込めて名付けています。関係者一同、今後、この呼び方が定着し、SPRINT-B、Cと盛り上がっていくことを願っています。

(澤井秀次郎)

「きぼう」船内実験室も順調に稼働中

宇宙ステーション補給機 (HTV) の打上げ、国際宇宙ステーション (ISS) への到着から超伝導サブミリ波リム放射サウンド (SMILES) 取り付けまで、船外実験プラットフォームのイベントが目白押しの中、船内実験室でも順調に実験が進められています。現在行われているのは、タンパク質結晶育成実験と、Space Seed (シロイヌナズナの生育実験：詳細は『ISAS ニュース』2009年10月号「きぼうの科学」参照) です。いずれも1ヶ月以上の長きにわたる実験で、ISSがもたらす長時間の微小重力環境を存分に活かすものです。

細胞培養実験装置の微小重力実験区および人工重力区 (回転による遠心力によって人工的に重力をつくり出す) にそれぞれ4個取り付けられた供試体の中で、シロイヌナズナは順調に成長し、すでに花も確認されています。写真は微小重力実験区のサンプルの様子です。微小重力下では茎



給水後32日目、微小重力実験区の様子。

が真っすぐ成長しないのではないかと懸念された方がいるかもしれませんが、植物には重力に反して伸びる屈性に加えて光の方向に伸びる性質もあるため、LEDのライトに向かって茎が伸長しているようです。

10月13日には宇宙飛行士によって1回目の収穫作業が行われました。今回は、植物体と根を含むロックワールが採取されましたが、2回目の収穫 (11月予定) では種子を含む植物体を回収する予定です。採取されたサンプルは冷蔵または冷凍で保管後、来年3月に地上に持ち帰ら

れ、詳細な解析に供せられることになります。

また、船内実験室では11月から、HTVで輸送された供試体を用いて液柱マランゴニ対流実験が開始されます。今回の供試体には超音波流速計が取り付けられており、乱流状態の流れの詳細観察を中心とした実験が行われる予定です。船内実験室の実験からも目が離せません。(石川毅彦)

2009年度JAXA国際ナショナルトップヤングフェロー決まる

JAXA国際ナショナルトップヤングフェローは、我が国の宇宙科学研究のさらなる発展を目的として、本年度から募集が開始されました。この制度は、世界から優れた若手研究者を宇宙研に招聘するもので、厳しい競争を勝ち抜いた若手研究者には格段の待遇が与えられます（詳細はhttp://www.jaxa.jp/employ/index_e.htmlを参照）。彼、彼女らに期待されるのは、宇宙研を研究拠点とした活動から世界レベルの研究成果を創出することであり、それによってJAXAおよび関連科学コミュニティが刺激を受けて宇宙科学分野がさらに活性化し、JAXA長期ビジョンにうたわれているトップサイエンスセンター実現への第一歩となることです。

制度設計や手続きが遅れたため募集期間は大変短くなってしまいましたが、書類審査とプレゼンテーションを経て10



プレゼンテーションの様子

倍以上の競争率を勝ち抜いた、特徴ある、そして世界でもトップレベルの若手研究者4名が最終決定されました。プレゼンテーションには審査委員のみならず多数の研究者に参加いただき、多様な質問が飛び交い、研究交流としても有意義な場となりました。

この制度は、次年度以降も継続して毎年数名を採用し、最終的に

10名以上の世界トップクラスの若手研究者が宇宙研に常駐して優れた研究に邁進してくれることを期待しています。次年度はさらに多数の研究者に応募していただけるように、年明けには募集要項を公開する予定です。

皆さまには、新たな制度下で宇宙研における研究活動を始める彼、彼女らがその能力を遺憾なく発揮できるよう、研究のみならず生活面においてもぜひご協力をよろしく願い申し上げます。（藤井孝蔵）

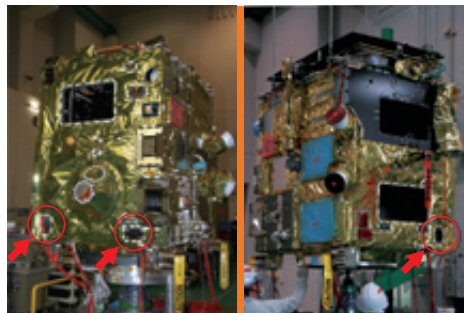
金星探査機「あかつき」(PLANET-C)、メッセージキャンペーン始まる

JAXAでは2010年度に、金星探査機PLANET-Cの打上げを予定しています。PLANET-Cとは惑星探査関連の3番目のプロジェクトという意味で、ハレー彗星探査機「すいせい」(PLANET-A)、火星探査機「のぞみ」(PLANET-B)に続くラインナップです。

従来の科学衛星は打上げ成功後に名付けられるのが通例でしたが、それまでは無機質なプロジェクト名で呼び慣わさなければなりません。今回は事前に名称を付け、それを公開してキャンペーンを実施することで、この探査機をより身近なものに感じていただくことを目指しました。

プロジェクト関係者で検討を進めた結果、PLANET-Cの名称は「あかつき」となりました。

日の出直前の、東の空が白み始めるころを指す「暁」は金星が最も美しく輝く時間で、「あかつき」は金星がまさに明けの明星として暁の空に輝くころに金星に到着します。金星の気象観測により、「惑星気象学」という学問分野を新たにつくり出そうというイメージにも合致します。一日の始まりである



名前とメッセージが刻まれるアルミプレートの搭載位置

夜明けを意味するこの言葉には、情景の美しさだけでなく物事の実現への力強さがあり、ミッション成功への想いと敬意が込められています。

これを踏まえ、「あかつき」に搭載するメッセージを集めるキャンペーンを開始しました。これは、以前、火星探査機「のぞみ」や小惑星探査機「はやぶさ」、月周回衛星「かぐや」で行ったのと同様のものです。キャンペーンを通じて集めたメッセージをアルミプレートに縮小印刷して金星探査機に搭載することで、多くの皆さんに宇宙や地球への関心を高めていただこうというのが基本的な考え方です。日本国内だけでなく海外からもメッセージを募集することで、世界中の人

たちの願いを一つにまとめ、金星の周回軌道に投入します。今回のキャンペーンは世界天文年2009日本委員会との共同で進められており、同委員会が募集窓口となるウェブサイトを運用します。応募窓口は<http://www.jaxa.jp/event/akatsuki/>で、締め切りは今年の12月25日。この機会をお見逃しなく。（阪本成一）

IKAROS 出航へ向けて

8月より相模原キャンパスにて、小型ソーラー電力セイル実証機 IKAROS（イカロス）の総合試験を実施しています。

IKAROSは、来年、金星探査機「あかつき」と相乗りで打ち上げられた後、超薄膜の帆（セイル）を広げ、太陽の光の圧力を受けて、深宇宙を航行します。帆の一部には、薄膜の太陽電池が取り付けられており、太陽光発電も行います。いずれも、成功すれば世界初の快挙となります。

ソーラーセイルのアイデア自体は昔からあり、SFの世界にも登場します。最近になり、広くて薄くて丈夫な膜が入手可能となり、現実味を帯びてきました。IKAROSでは、厚さ7.5 μ mのポリイミド膜を貼り合わせて、差し渡し20mの正方形の帆をつくりました。帆には、姿勢制御デバイスや理学観測用センサなども搭載されています。IKAROSはスピン運動によって帆を展開し、展張状態を維持するため、本体は円柱形状（直径1.5m、高さ1m）であり、帆は本体側面のミッション部に巻き付けます。

総合試験では、各機器を組み合わせてすべての機能を確認



IKAROSの外観。円柱の本体の側面に差し渡し20mの正方形の帆が巻き付けられている。

認めます。IKAROSは相乗りで打ち上げられるため、スケジュールの遅延が許されません。後戻りを最小限に抑えるため、まず8月頭から噛合せを実施し、8月下旬から一部の機器の修正および追加の単体試験を行いました。10月末までにすべての機器を搬入し、パネルへの取り付けを完了しました。また、9月

下旬には展開機構に帆を巻き付けました。そして、11月頭に各パネルおよびミッション部を本体に組み付け、ついにIKAROSが勇姿を現しました。

しかし、これからが総合試験の山場です。組み上がった状態での電気試験・熱真空試験・振動試験など、非常に重要な試験が続きます。これらを一つずつ確実に実施し、同時に、打上げ・運用の準備も着々と進めていく予定です。

2007年秋にスタートした計画もあつという間に2年がたち、IKAROSの出航が少しずつ近づいてきました。IKAROSが世界で初めてソーラー電力セイルを実証し、太陽系大航海時代を先導することを目指して、最後まで全力で頑張りたいと思います。（森 治）

「宇宙学校・東京」成功裏に終了

今年度から共催団体を公募して地方開催を強化した「宇宙学校」ですが、もちろん首都圏も力は抜きません。今年は11月3日の文化の日に「宇宙学校・東京」を開催しました。開催日が例年の2月から変更になっていますが、首都圏で4月に開催している「宇宙科学講演と映画の会」や、7月末



休み時間中も参加者の質問は途切れることがなかった

の相模原キャンパス一般公開でのミニミニ宇宙学校や宇宙科学セミナー、来年2月に予定されている「おおすみ」40年記念行事などのバランスをとるためのもの。日程こそ半日に抑え込みましたが、4人の講師がロケット、宇宙ステーションでの実験、太陽系探査、スペース天文学という4分野をカバーし、1時間目と2時間目の合間には映画も楽しんでいただきました。また、開始前や休み時間には金星探査機「あかつき」に搭載して金星に届けるための寄せ書きを集めました。

今年も会場がほぼ満席となる347名の方々に参加いた

き、宇宙学校のメインである質問時間には、会場のあちこちから手が挙がり、当ててもらおうと立ち上がって両手を振る子も登場。宇宙の果て、宇宙の始まりの前、ブラックホール、ダークマターの正体など、天文学者を殺す定番の質問のほか、星の中での元素合成や、スペースデブリの除去法、固

体燃料ロケットの二酸化炭素排出量など、まだあどけない顔の子どもたちから矢継ぎ早にするどい質問が繰り出されます。休み時間にも講師は質問待ちの親子の対応に追われ、トイレにも行けない始末。それでも講師陣やスタッフはにこやかに対応するのです。翌日から海外に旅立つ人あり、上野発の夜行列車で能代に戻る人ありと、忙しいメンバーではありますが、再登板の機会を心待ちにしているようでした。近くの飲み屋で行った反省会も、会場での面白かった問答の話ばかり。あー、いつも宇宙学校は楽しい。（阪本成一）

「かぐや」がとらえた新鮮な月のクレーター

中世に起こった月面巨大発光現象との関連は？

月周回衛星「かぐや」の観測運用は2009年6月の月面への制御落下により終了しましたが、その後も科学解析は続けられ、月の起源・進化の解明にかかわる多くの成果が得られています。このたび我々「かぐや」搭載撮像/分光機器 (LISM) チームは、国際科学雑誌『METEORITICS & PLANETARY SCIENCE』誌に“Formation age of the lunar crater Giordano Bruno”というタイトルの論文を投稿し、当該分野の研究者たちによる厳しい査読を経て、10月、ついに発行されました。そして、この研究に関連した月面クレーターの「かぐや」画像が、本論文掲載号 (Vol. 44, No. 8) の表紙を飾ることになりました (<http://meteoritics.org/>)。本研究の成果を簡単に紹介させていただきます。

1178年、時は中世、月に突如として明るい巨大な発光があったとの記載が、イギリス・カンタベリーのガーベスが記した古文書にありました。それから約800年後、アポロやルナーオービターなどの探査機が月を訪れることが可能になり、月の裏側が初めて撮像され、そこに極度に明るく、非常に新しいと思われるクレーターが見つけられました。Giordano Bruno クレーター (ジョルダノ・ブルーノ、直径20km) です。初めてそのクレーターの画像が得られた当時、画質が悪くなかったため、クレーターの形成年代はわかりませんでした。しかし、中世の古文書における記述に近い場所に位置し、大変新しいであろうことから、Giordano Brunoこそ中世に見られた大発光現象をもたらした衝突によってできたクレーターに違いない、と研究者たちは考えました。

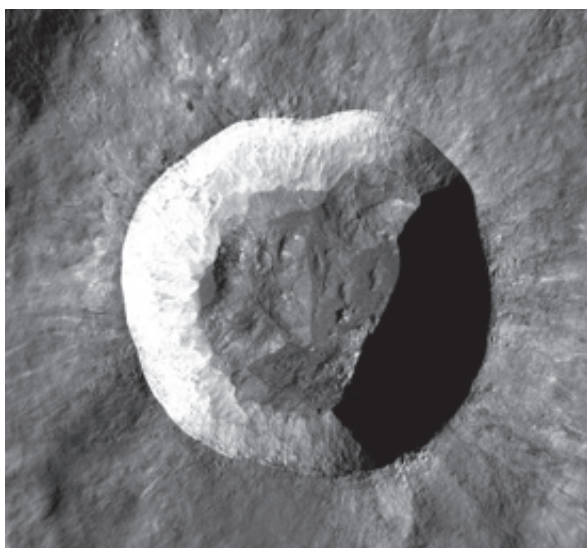
しかしそうすると、地球のすぐ脇の月において、20kmサイズのクレーターを形成するような大衝突が、ここ1000年の間に生じたこととなります。20kmサイズのクレーター

が形成されるような衝突となると、一つの文明が甚大な被害を被るとさえいわれています。そのような現象がつい最近、本当に起こったのでしょうか？ 一方、月に残された過去40億年間のクレーターの記録から、一般に直径20kmスケールのクレーターは約3000万年に一度の頻度で形成されると考えられています。つまり、Giordano Bruno クレーターの形成が中世に起きていたとするなら、我々が理解している地球-月系における衝突史についての理解を根本的に見直さなければなりません。Giordano Bruno クレーターの形成年代を調べることは、太陽系における地球-月系の衝突環境を知る上でも大変重要な問題でした。

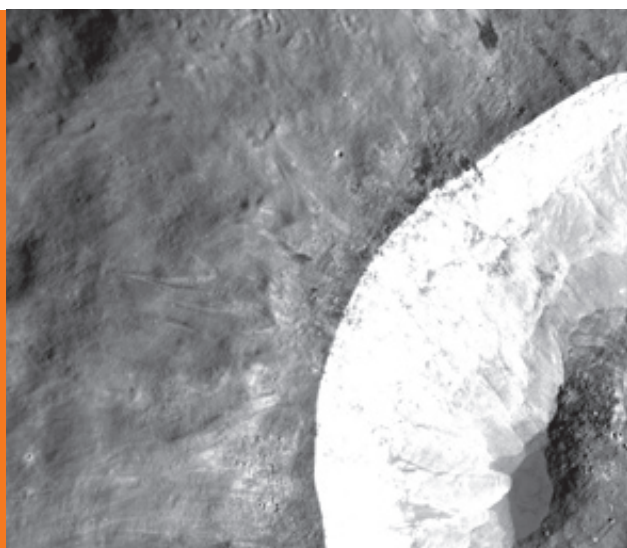
そのような中、我々は2008年2月、「かぐや」搭載地形カメラにより、初めてGiordano Bruno クレーターの高解像度画像を得ることに成功しました。そしてGiordano Brunoの放出物の上に、多数の数十mサイズの小クレーターが形成されていることを発見したのです。Giordano Brunoより上位に存在することは、それらの小クレーターはGiordano Brunoより最近につくられたことを意味します。そして、Giordano Brunoより若いクレーターが多数存在することは、Giordano Brunoがそれほど若くないことを意味します。実際に、その小クレーターの数密度から、Giordano Brunoクレーターが100万年～1000万年前に形成されたことを示すことができました。また、この結果から、過去数千万年のクレーター生成率に極端な増加は起こらなかったという、重要な結論を導いたのです。

さて、それでは、中世の古文書に記された発光現象は何だったのでしょうか？ それは、いまだ謎のままです。

(諸田智克)



「かぐや」搭載地形カメラで得られたGiordano Brunoクレーター (直径20km) の高解像度画像



Giordano Brunoクレーターの放出物の拡大図。複数の数十mサイズの小クレーターが存在していることが分かる。

地元のお祭りに出没中

宇宙研では地域との連携強化を重点的に行っていますが、独自にイベントを主催し集客するには限界があり、来場者も宇宙に関心がある人に偏りがちです。ならば、人が集まるところに私たちが出掛けていけばよいはず。そこで、地元のお祭りやイベントに積極的に参加することにしました。

手始めに、8月2日には最寄り駅の淵野辺駅前で行われた「ふちのべ銀河まつり」に参加。日中にJAXAブースをセットアップしました。観望会こそ雨のため断念しましたが、国際宇宙ステーションに滞在中(当時)の若田光一宇宙飛行士から相模原市民に向けて届けられたビデオレターの上映を行い、ステージでJAXA相模原キャンパス常時公開の告知もさせていただきました。

翌週8月8日は「橋本七夕まつり」での観望会。この日も天気はいにくのベタ曇りでしたが、口径8cmの屈折望遠鏡ではるか彼方にある七夕飾りの短冊の文字を観察。思いのほか楽しんでいただけたようです。

9月5日には「大野南ふるさとまつり」に出展。天文ボランティア



万灯の下で「中秋の名月」をめぐる。さがみおおの大野万灯祭りにて。

ア集団「星空公団」の方々にお手伝いいただきました。今度は天候に恵まれ、大小4台の望遠鏡群と双眼鏡を使って木星と満月を、相模原市の山口副市長をはじめ延べ1000人を超える大勢のお客さんにご覧いただくことができました。

10月3日も「さがみおおの大野万灯祭り」で観望会。「星空公団」などの先発隊に準備を進めておいていただき、私は千葉県富津市での講演会を終えて18時過ぎから合流しました。時折厚い雲に覆われるというコンディションにもかかわらず、延べ1000人程度の方々に中秋の名月や木星を楽しんでいただきました。

相模大野北口商店会が企画した「ハロウィンフェスティバル」(10月25日)での宇宙服試着体験や、「さがみ風っ子文化祭」ふれあいコーナー(10月31日～11月1日)でのストローロケット工作やたこづくりなどの参加型イベントも好評。地域に私たちの存在がかなり浸透してきているのではないかと考えています。

(阪本成一)

「本の精」からののお知らせとお願い

皆さん、初めまして。僕は相模原キャンパスの「本の精」。

ここはどの部屋も本がいっぱいあって大好き。特に本館1階ロビーの相模原文庫は最高だよ。もちろん宇宙に関する本がズラッと並んでいるんだけど、子ども向けから難しい専門書まで、ビジターの皆さんも気軽に手に取って楽しめるんだ。

2007年7月、みんなの本を持ち寄ってできたこの相模原文庫の蔵書数も、この夏、東京事務所から寄贈された約2000冊を合わせると、なんと3000を超えたんだ。



そこで皆さんにお願いがあります。

これからも相模原文庫をもっともっと充実させるために、皆さんからの寄贈をお待ちしています。僕は照れ屋で皆さんとなかなかお話しできないから、まず対外協力室に連絡をくれるとうれしいな。

それからもう一つ。最近、本を持って帰り、何日も返さない人が増えているようなんだ。基本的に持ち出しは禁止だけど、じっくり読みたい人は対外協力室に一声掛けてくれると、僕も心配なくて済むんだけどな。

以上、よろしくお願いします!

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
あかつき		総合試験(相模原)
IKAROS		総合試験(相模原・筑波)

第14回
きぼうの科学

地球の大気を診断する超伝導サブミリ波リム放射サウンダ

ISS科学プロジェクト室 開発員
佐野琢己

超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)は、宇宙ステーション補給機 (HTV) 技術実証機に搭載され、H-II B ロケット試験機によって2009年9月11日午前2時01分に、種子島宇宙センターより打ち上げられました。そして、9月25日午前1時12分、国際宇宙ステーション (ISS) の日本実験棟「きぼう」ロボットアームにて、船外実験プラットフォーム装置交換機構 (EFU) 3番ポートに取り付けられました (図1)。続いて同日午前9時26分、筑波宇宙センター (TKSC) からのコマンドによりSMILESは起動され、初期機能確認を開始しました。……というのが、本原稿を執筆している時点での状況です。

SMILESは、機械式冷凍機によって絶対温度4K (-269°C) に冷却した超伝導ミキサを使用した検出器により、大気分子の放出する微弱なサブミリ波を計測する地球大気観測センサです。検出器を極低温にまで冷却することで測定ノイズを極限まで抑え、装置の測定性能を向上させています。同じ測定原理を採っている既存の衛星観測センサと比べて、1桁以上高い観測性能を発揮することや、従来は測定が困難とされていた分子種のより精密な観測を行うこ

図1 移設中のSMILES (右) 左は「きぼう」の船外実験プラットフォームと全天X線監視装置 (MAXI)。



図2 SMILESの観測イメージ

分かりやすくするため、地球大気の層の厚さを地球自身に対して誇張してある。実際は、地球半径 (約6400km) に比べて大気 (約100km) はごく薄い層にすぎない。

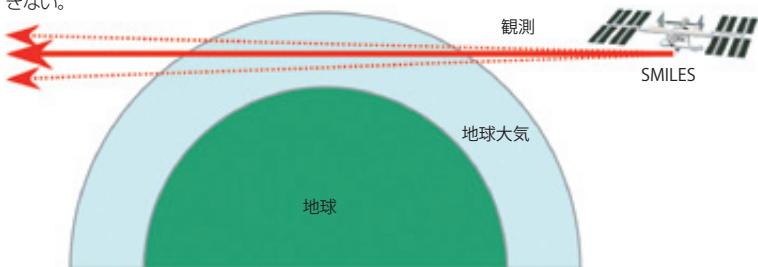
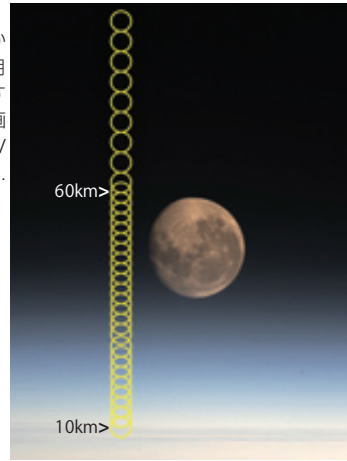


図3 SMILESの観測

高度10~60km (上部対流圏から下部中間圏) の地球大気を満月の5分の1程度の解像度で観測する。高度分解能は3.8km程度。(画像出典: http://blogs.yahoo.co.jp/koichiwakata_blog/18246924.html)



とが期待されています。

また、SMILESの「リム」が表す「リム」は、大気の縁 (へり) 方向を観測することを意味します。はるか彼方の地平線を見

渡すことを思い浮かべていただくと、SMILESの観測のイメージがつかみやすいと思います (図2, 3)。

SMILESの観測により研究を進めるべき地球大気科学の課題としては、無機塩素化学 (大気オゾンの変動をとらえるための一酸化塩素 (ClO) / 塩化水素 (HCl) 比率・次亜塩素酸 (HOCl) 生成量、従来は観測が困難であったClOの背景値を把握するためのClO分布観測など)、臭素 (Br) 収支 (成層圏オゾンの回復期における化学反応で重要な鍵となる)、人工衛星などで観測した成層圏・中間圏水素酸化物 (HOx) の数密度が大気の光化学モデルによって再現できない問題への寄与などが挙げられ、オゾン化学を中心とした成層圏化学に重点を置いています。いわゆる「オゾン層問題」への取り組みが多くを占めているわけです。

オゾン層問題というと、とかく地球温暖化問題の陰に隠れてしまい、すでに解決した「過去の環境問題」ととらえられがちです。しかしながら、現在でも大気中のオゾンにかかわる化学過程などには不確定な部分があり、また回復に向かっているというオゾン層の動向予測についても諸説が分かれている状況です。また、オゾン層の増減と温暖化の進行は相互に影響し合っていると考えられることから、オゾン層破壊や温暖化といった要素を個別の環境問題としてとらえるだけでなく、全体として総合的に地球大気を考えていくことが重要です。

したがって、地球大気にかかわる諸問題の解明に貢献する意味で、現在でもSMILESの観測の意義は大きいと考えられます。

SMILESは、この後約1ヶ月にわたって各部の機能確認を行った後、定常観測に移行する予定です。定常観測においては、ISSの1周回当たり約100点、1日当たりでは約1600点 (ただし、ISSの運用制約がまったくない場合) の観測データを取得する見込みです。

観測データを処理することで、オゾンをはじめとした10種類ほどの大気微量分子の分布をとらえ、前述のような地球大気科学の解明に貢献することが期待できます。 (さの・たくき)

We Have a Connection

Houston,

軌道上に存在するスペースデブリの分布状況を推定する環境モデルORDEMを開発しているNASAのOrbital Debris Program Office (ODPO)が所在するLyndon B. Johnson Space Center (JSC)への滞在(1ヶ月以上)は、今回で3回目になる。紀行文というよりは回想録になってしまうが、NASA ODPOとの出会いから話を始めたい。

今から十数年前のこと、九州大学工学集報に掲載した論文「地球静止軌道を想定したスペースデブリ衝突の模擬実験」中の1枚の図に関する照会が、NASA ODPOからあった。もちろん和文論文であるが、英文タイトルと英文アブストラクトからこの論文が抽出されたようだ。

また、図の説明が英文だったので嬉しいらしい。このときほど論文を書いてよかったと思っただけではない。

1998年秋に、九州大学工学部国際学術交流資金による長期海外渡航の話が挙がり、その滞在先として選んだのがNASA ODPOが所在するJSCである。早速Chief ScientistのNicholas L. Johnsonと面識を持つべく、11月にフランス・トゥールーズで開催された国際機関間スペースデブリ調整委員会(IADC)に参加した。これがきっかけで、それ以降もIADCに参加するようになった。

最初は1999年11月1日から1年間滞在した。初めての海外生活となるが、放射線医学の研究で滞在していた保田先生(放射線医学総合研究所)、宇宙塵の研究で滞在していた三河内先生(東京大学)のおかげで、スムーズに生活を始めることができた。2年先輩の若田宇宙飛行士にも大変お世話になった。

最初の滞在中で記憶に残っているのは、野口宇宙飛行士率いる宇宙開発事業団ヒューストン駐在所チームと保田先生率いる日本人研究者チームでソフトボールをしたことだろうか。なぜか山崎宇宙飛行士とバッテリーを組むことになった、楽しい思い出が残る。ちなみに私がピッチャーである。勝敗は記憶にない。

不在中の業務を負担してくださった同僚の先

生方には申し訳ない話だが、雑務のない環境がいかに研究をはかどらせるか、多に実感した。ODPOのスタッフの勧めもあり、滞在を延長すべくNational Research CouncilのResearch Associateship Programsに応募したが、採択通知が届いたのは帰国後、応募したことさえ忘れていた2001年の秋だった。そのころ、九州大学では宙空環境研究センターの設立に向け、いろいろと動きのある時期だったので、2002年7月の設立祝賀会後に渡米することにした。

2度目は2002年8月1日から1年間滞在した。この滞在中にスペースシャトル、コロンビア号の事故があった。事故当日はすこぶる天気が良く、私は何も知らずに妻子とともにメキシコ湾で遊んでいた。帰路JSCの前を通ると、ゲートの看板に花束を捧げる人々と、それを取材する報道陣を見掛けた。帰宅後にTVニュースを見て初めて事故を知った。しばらくは研究どころではなかった。コロンビア追悼式典にも出席したが、このような追悼式典が再び行われずに済むようお願いばかりだった。

今回は、8月3日から8週間滞在した。最初の滞在中のときは、車に許可証が掲示してあればバッジがなくても中に入れたので、中まで妻に送迎を頼めた。米国同時テロ後の2度目の滞在中のときはバッジがないと中に入れなくなったので、妻の送迎はゲートまで、中は歩いた。今回は、要エスコートのバッジしか取得できなかったため、ゲートで拾ってもらって毎日が続いた。もちろん帰りもゲートまで送ってもらわなければならなかった。

さて、今回の滞在中で記憶に残っているのは、Farewell Lunchになろうか。最初の滞在中を申請したときに交わした11年前のメールのコピーを渡された後、10年に及ぶ交流が紹介され、最後にSustained Superior Professional Achievement Awardを頂いた。心憎い演出である。表彰に値する貢献ができたか、いささか疑問ではあるが、あらためて貢献を誓う自分がそこにいた。

最後に……。学生時代からずっと親元から大学に通っている。今も通っている。最初と2度目の滞在中のときは、もちろん妻子を連れていった。私にとって今回の滞在中は、事実上初めての一人暮らしとなる。毎日の朝食と夕食の準備・後片付けは大変だった。母と妻のありがたみを実感した2ヶ月でもあった。感謝あるのみである。(はなだ・としや)



若田宇宙飛行士家族、当時ヒューストンに駐在していた久留君家族とともに。左端が筆者。(2003年6月)

花田俊也

宇宙航行システム研究系客員准教授
九州大学大学院工学研究科准教授



皆既日食

日江井榮二郎

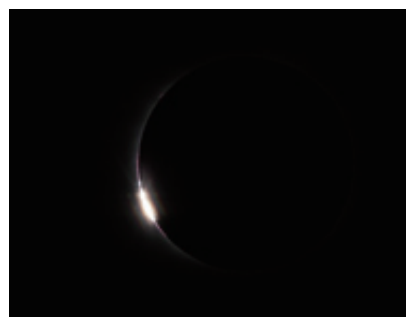
国立天文台 名誉教授

我々は日常とは異なる時空間を訪ねると、精神的にさまざまな影響を受ける。例えば、乗鞍高原の一ノ瀬牧場を散策すると晴れ晴れとした気分になるし、北穂高岳北面の滝谷を眺めると陰惨な気分になる。特別な例としては、科学衛星内で、何日も宇宙空間に滞在したアストロノートは、地上に戻ると、人が変わったように地球愛の人になると聞く。太陽観測衛星「ようこう」の運用・観測・研究で宇宙研に滞在されたLoren Actonさんもその一人である。彼はSpacelab-2 Challenger号にて1985年の7月29日から8月6日まで大気圏外から太陽の観測をされた。地上に降りていくわく、「地球大気の厚さは非常に薄い、その日の出・日没時の輝きは言語に尽くし難いほど美しい。これを見ると、地球環境はぜひ護らなければならないという気持ちになる」と。実は、皆既日食の現象も、それが見られる時刻にその場所にいなければならず、それを体験すると、日食病という病にかかる人が多い。これは、日食が地球上のどこかに起こると聞くと、どうしてもその地に掛けてしまいたくなる気の病である。

私は、現役時代には、皆既日食を研究対象として追いかけて南太平洋の無人島やサハラ砂漠などに掛けた。観測のためには、望遠鏡などの装置はもちろんのこと、体力を鍛えるため1年半以上も前から準備をする。日食は辺鄙な地で起こることが多く、観測装置を設置するためのコンクリート打ちや重い装置の組み立てなど肉体労働をする必要があるからである。したがって定年後には、研究とは離れてもっぱら自然界に身を任せ、のんびり皆既日食現象を眺めたいと思った。2009年7月22日に、皆既継続時間が6分半という今世紀最長の日食がトカラ列島から硫黄島を通る日本の南の海域で起こった。今回は「ぱしふいっくびいなす号」に乗船し、北硫黄島近海で、晴天に恵まれこの現象を十分堪能することができた。船の操舵をするブリッジの右舷に陣取り、村山定男氏とともに乗船者に日食の進

行状況をお知らせする役目であった。

月が太陽を隠し始め、天の定めのにっとり肅々と進行していく。徐々に太陽が月に隠されて三日月形となり、その鎌の形が鋭くなる。辺りは暗くなり、海鳥が夜の到来を感じてかきりに着水しだす。暑かった大気が快適な気温になり、海の色が群青色から今までに見たこともない純粋な青色になり、その美しさに引き込まれそうになる。天空の太陽は気味が悪いくらいに鋭い鎌となり、物体の影が失われシャミッソーの小説『影を売った男』が抱くような不安な気持ちになり、最後の1点の光がどんどん弱まり、あゝ地獄に落とされるなという畏怖の感情にとられる。目を閉じようとする瞬間に、天上には美しい女神のようなコロナが現れて、救われたという気持ちになる。地球全体が闇に包まれて星が現れ、水平線のみが全周にわたって、薄い朝焼け色に取り囲まれる。普段は味わうことができない、異次元の時空間にいるような感覚となる。天頂の荘厳なコロナから延びた糸が天と己をつ



中澤潤氏・菊田義博氏撮影のダイヤモンドリング

ないでくれているような錯覚を覚える。6分半という時間を畏敬の気持ちで眺めた。やがて、コロナの片側が明るくなり始め、そして初めての光がダイヤモンドリングとして現れる。暗闇を経験した後に見る光の輝きに喜びの声を上げる者もいれば、壮麗なコロナに涙を流す者もいる。皆既中の異次元の時空間に入り込むと、“absent mind”になり、シャッターを押すのを忘れてしまったり、外すべきフィルターを外さずにカメラのシャッターを切り続けたりと、通常では考えられない行動をしてしまう人がいる。皆既日食時に研究観測をする人にとっては、このような“absent mind”になつては観測データが取得できない。確実に予定通りに観測を実施するためには“absent mind”にならない「呪文」がある。それは、秒のカウントダウンを唱えることだ。ちなみに、秒のカウントダウンは、衛星打上げ時に日本でも米国でも、5, 4, 3……と1秒間隔で読まれる。しかし1秒間は長いので、日食では、ゼロ5、ゼロ4、ゼロ3と、ゼロを0.5秒に当てて数える。

皆既中は、地平線全周が薄い朝焼け色となる。この朝焼けの状態は、光の波長より小さな空気分子によるレイリー散乱や、光の波長程度以上の微粒子によるミー散乱の現象である。レイリー散乱による光の強さは、波長の4乗に逆比例するので、青色の光は赤の約6倍も強く散乱される。皆既日食のときには、本影外にある空気分子の散乱光が船に到達することになるが、この光は散乱光なので波長が短い青色が強い。この青みがかった白色光が本影内の空気分子の散乱を受け、朝焼け効果により薄い朝焼け色になる。皆既中は、月による本影が全周を取り巻いているので、360度にわたって見えた。

2035年9月2日、能登半島から千葉県までの各地を通る皆既日食がある。研究観測から、想い出となる画像撮影、のんびり眺めて自然界と語り合うなど、この機会に異次元の時空間を見逃さずに自分流に楽しんでください。

(ひえい・えいじろう)

天文学者を夢見た管制官

宇宙科学技術センター 特任担当役

前田行雄

——「ISASメールマガジン」で今年7月の皆既日食について書かれています。

前田：初めて皆既日食を見たのは1963年、中学3年生のときです。友達と北海道の知床半島の先端まで行きました。1973年にはケニアへ。それがあまりにも素晴らしかったので、サロス周期といって太陽・月・地球の位置が同じになる2009年の皆既日食は絶対に見たかったです。今回は船を選択したおかげで、北硫黄島沖で見事な皆既日食を見ることができました。これまでに見た皆既日食は10回以上。宇宙研では一番多いでしょう。

——天文少年だったのですね。

前田：東京・渋谷の五島プラネタリウムには、よく行きましたね。口径8cmの反射望遠鏡を買ってもらい、土星の環や木星の衛星、いろいろな星雲を見ました。小学校卒業のときに書いた色紙が今も残っていて、そこには「将来の夢は天文学者」とあります。

ガガーリンが来日したときには、ぜひ会いたくて、学校代表としてテレビ番組の収録に参加させてもらいました。サターンV型ロケットも、アメリカのケネディ宇宙センターまで見に行きました。トラブルで月に着陸できずに帰還した「アポロ13号」の打上げです。知り合いのつてを頼ってテレビカメラマンの助手にもらったのです。報道席で見る打上げは、大迫力でした。

——行動が大胆ですね。

前田：実は高校1年生のとき、糸川英夫先生を訪ねて鹿児島県内之浦の実験場に行っているのです。1週間ほど滞在し、さまざまな設備や観測ロケットの打上げを見せてもらいました。今思うと、あれほど偉い先生がよく面倒を見てくれたものです。糸川先生に会いに行ったり、手紙を送ったりした若者はたくさんいましたが、先生は誰に対しても親切にされたそうです。

夢は変わっていませんでしたが、現実問題として、天文学で生活をしていくのは大変です。父は商社員だったので息子も商社へと思っていたようですが、大学受験を前に、天文は趣味にとどめ、飛行機の整備士を職業にしようと思っていました。

——その後、どのような経緯で宇宙研に？

前田：東海大学工学部航空宇宙学科の1期生として入学しました。しばらくして、東京大学の宇宙航空研究所で人を求めているという話を聞きました。私は、航空部に所属してグライダーに乗ったりして大学生活を楽しんでいたの、最初はあまり関心がありませんでした。しか



まえだ・ゆきお。1949年、兵庫県生まれ。成蹊学園小・中・高等学校、東海大学卒業。1967年、東京大学宇宙航空研究所入所。専門は軌道工学。

し先生から、「卒業するとき、こんなチャンスがあるとは限らない」と言われ、宇宙研に行くことに決めました。

それから40年。大型計算機の運用、ロケット実験のデータ処理、そして軌道計算、電波誘導の管制など、さまざまな仕事をしてきました。

——最も印象に残っている打上げは？

前田：成功したときより失敗したときの方が、印象に残っています。最も衝撃が大きかったのは、2000年、ASTRO-Eの軌道投入に失敗したM-V型ロケット4号機です。私は電波誘導の管制官として、コントロールセンターで軌道表示画面を見ていました。ロケットに関するすべてのデータ、情報が入ってきます。成功か失敗か、誰よりも早く分かるのが私です。完全に軌道を外れていればあきらめつつありますが、あのときは成否ギリギリのところでした。どうしたら軌道投入できるか、その方法を考えてロケットにコマンドを送るのが私の仕事です。あと1%速度が上がれば……。思わず「衛星のガスジェットを噴けないか」と叫び、周囲を驚かせました。トラブルに備えてそういう対応を議論したこともあったので、わらをもつかも思いで出た言葉です。「まだ行ける!」「ちょっと届かない」……。冷静なつもりでしたが、記録されている音声を聞くと、かなり上ずっていましたね。

——成功した打上げで印象に残っているものは？

前田：1985年のM-3S II型ロケット1号機です。日本の宇宙機として初めて地球引力圏を脱出した、ハレー彗星探査機「さきがけ」を載せていました。ロケットの速度表示が地球引力圏の脱出速度に達したときは、感慨深いものがありましたね。

——最後に、現在の宇宙研や日本の宇宙開発へ一言。

前田：Mロケット1号機（M-1-1）は打上げこそ参加していませんが、飛翔軌道の図をつくったのは私です。それ以降、Mロケットシリーズの打上げにはすべて参加しています。しかし、Mロケットの開発はM-V型の7号機を最後に中止されました。今年9月には新しい液体ロケットH-II Bの打上げに成功し、次期固体ロケットの開発も進められています。しかし、全段固体で惑星探査機も打ち上げることができるM-Vをなぜ廃止しなければいけなかったのか。今でも残念で仕方がありません。輸送系なくして宇宙開発はない、私はそう思います。

ISAS ニュース No.344 2009.11 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ピビア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

肌寒い日々が増えてきましたが、「あかつき」、IKAROSの総合試験現場では暑い日々が続いていると、時折試験現場をのぞいて感じています。順調に試験、組立てが進みますように。
(田中 智)

*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
Trademark of American Soybean Association