

赤裸々なコンピュータチップ。中央の四角い板がそれで、大きさは3mm角。

宇宙科学最前線

びっくりするコンピュータ

宇宙機応用工学研究系 助教

小林大輔

我々にはとうていできそうにない計算を、ひょいとやってのけるコンピュータ。それを頭脳に持つロボットが映画に出てくると、冷徹で無慈悲なやつとして描かれることが多い。1か0かに切り分けるデジタル処理の様子が、そんなイメージを想起させるのだろうか。そんなクールなコンピュータがびっくりする、と知ったら、あなたはびっくりするだろうか。

コンピュータチップ

コンピュータのメイン部品は、メモリやプロセッサといったコンピュータチップと呼ばれるものだ。実体は、縦横1cm程度のピカピカした薄い金属板である——正確には金属ではないのだが見た目の連想はそれで構わない。とてもきれいなものだ。だからといって、パソコンのふたを開けて見てやろう

と思わない方がいい。封印されていて見えないから。そこで今回は、封印されていないピカピカのコンピュータチップの写真を用意した。表紙写真を堪能してほしい。これを見る機会はそうそうない。

コンピュータチップは、別名「大規模集積回路」という。そう、驚くほど大量の何かが集積化されている——多い場合で1億個を超える「トランジスタ」というスイッチが敷き詰められている。スイッチにはオンとオフの2つの状態がある。デジタルと相性が良いゆえんである。綿密にしたためられた設計図に従ってオン・オフを高速に切り替えて情報を処理する。

宇宙機にもコンピュータチップがたくさん載っていて、センサからの情報や地上からの命令を処理している。設計図通りの動作をしていると期待す

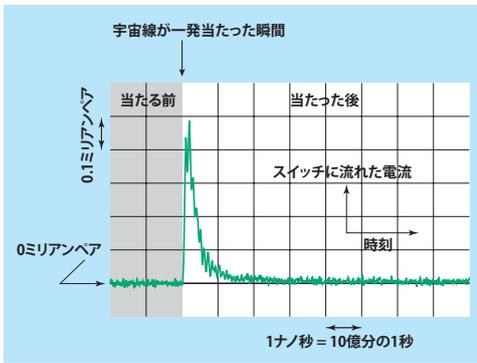


図1 トランジスタスイッチがびっくりする様子
322 MeVに加速したクリプトンイオンをFD-SOI技術で作製したトランジスタスイッチに当てた。(提供：日本原子力研究開発機構 牧野高紘博士)

るだろうが、期待は往々にして裏切られるもので、設計図から外れることがある。最初のそれは1975年に、とある人工衛星で起きた。記憶データが設計図の値から変わっていた。いったい何がコンピュータチップに起きたのだろう。

宇宙線

無重力、真空、人がいない(かもしれない)——宇宙という言葉は「ない」ものづくしの世界を思い起こさせる。実際にはそれなりに何かがあって、その中でも「宇宙線」の存在感はひとときだ。

宇宙線の実体は高エネルギーの粒子が飛んでいるのであって、そのきらめく軌跡、つまり線を思い浮かべるとよいかもしれない。「思い浮かべるとよい」とは我ながらよく言ったもので、それを見ることができるのはあなたの心の中だけだ。それらはあまりにも小さ過ぎる。物質を構成する最も小さい部類の塊、原子核だから。天体活動という一大イベントで生じる巨大エネルギーによって加速された原子核、それが宇宙線である。

紙を1枚用意して1辺1cmの四角を書いてほしい——それであなたの心を読んだりしないから臆することなく。それを持って宇宙に行くと、10万個の宇宙線が四角の中を突き抜ける。どのくらいの時間で？ わずか1秒で。コンピュータチップはそんな宇宙線のシャワーを浴びる。

コンピュータチップがびっくりする

宇宙線が当たるとどうなるか。その様子を図1に、お見せしよう。コンピュータチップからの電気信号を心電図のように記録したものである。宇宙線が当たった瞬間に、ビクッと大きな信号が出ているのが分かるだろう。まさにチップがびっくりした瞬間だ。

どうやって記録したかという、まず、チップに並ぶトランジスタスイッチを1個だけ取り出し、スイッチがオンすると電流が流れる仕掛けをつくる。そして、スイッチをオフにしておくと電流は流れないはずで、モニタが指し示す値も宇宙線を当てる前はゼロだ。

それに宇宙線を当てた——私は宇宙に行ったことも行ける予定もないので、日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所という宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所より少しだけ長い名前のところで人工的に宇宙線をつくって当てた。このデータは、実験をしたその研究所の方に提供してもらった。

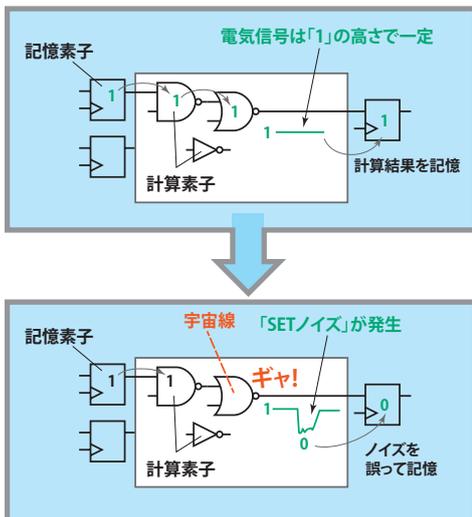
横軸に注目してみよう。スイッチに電流が流れる時間、つまりびっくりしている時間はわずか1ナノ秒。10億分の1秒という短さだ。あまりに短いので、この瞬間を記録するには手元のストップウォッチでは遅過ぎて、超高速デジタル・オシロスコープを使わないといけなかった。もっとも、あまりに短いと思うのは人間の尺度を基準にしたからで、高速に動作するチップにとってはそうでもない。そして、人間と同じように、びっくりしたコンピュータチップは動けなくなることがある。驚きのあまり記憶をなくすことも。そう、1975年に人工衛星のチップが記憶喪失になったのも、これが原因だった。

SETノイズ

この問題は21世紀に入ると新しいフェーズに移った。これを説明するには、コンピュータチップの中身を少し説明しないといけない。図2上を見てほしい。チップは、計算を行う「計算素子」とその結果を保存する「記憶素子」が組み合わせられてきている。計算はデジタルで行われ、高い電圧のときを1、低いときを0とすることが多いので、ここでもそうしよう。そもそも計算素子は比較的宇宙線に強かったのだが、性能アップつまり高速化を目指して素子を小さくした結果、弱くなってしまった。図2下のように宇宙線が当たるとびっくりして間違えた結果を出力するようになった。この一瞬びっくりして間違えることを、専門家は「SET (Single Event Transient) ノイズが発生した」という。対策のためには、そのノイズを知ることが重要だ。

おや?と思った人はいるだろうか。図1のようにトランジスタスイッチ1個がびっくりする様子、つまり信号の形は分かっている。計算素子がびっくりする様子と何が違うのか。実は、ここに難しさがある。計算素子はトランジスタスイッチが複数組み合わせられてきている。宇宙線によってその中の1個のトランジスタスイッチがびっくりすると、隣のスイッチもびっくりして、その隣のスイッチも……と連鎖して最終的に、計算素子の出力に「びっくり信号」SETノイズが表れる。こうして複数のトランジスタスイッチの特性が混ざるため、トランジスタスイッチを1個だけ取り出して調べた場合と様子が異なる。SETノイズ——計算素子がびっくりしたときの信号——は、どんなものなのだろう。

図2 計算素子と宇宙線
上：コンピュータチップの中身
下：宇宙線が計算素子に当たった場合



SETノイズを明らかにする

2005年に宇宙研に就職してSETノイズ問題に取り組むことにした私は、朝のコーヒーを数百杯飲み終えたころ、図1のデータからSETノイズの形を推定

できないかと考えていた。ノートによると2006年1月のことだ。さらに数百杯のコーヒーを飲んだ後、ついに推定する方法を完成させた。

鍵はトランジスタスイッチがびっくりする様子をどうやって調べるかにあった。電流が流れる仕掛けを少し改良する。通常は1種類の電圧を使って、例えば図1の信号は1.8ボルトに固定してある。これを少しずつ変えながら、そのときそのときのびっくりする様子を記録しておけばよいと思いついた。事実、計算素子に組み込まれたスイッチの電圧は時々刻々と変わるので、この効果を取り入れる必要があったのだ。あとはグラフ用紙にその様子とほかのスイッチの特性を描いて鉛筆で交点の軌跡を追うと、SETノイズの形が浮かび上がる。

推定できるようになったけれど、やはりSETノイズの形を実際に見てみたい。それもできるだけ簡単な方法で。というも、世の中には「自己同期式フリップフロップチェーン」というものがあり、多くの人がそれを使ってSETノイズを調べている。便利なのだが、1000を超えるスイッチを慎重に組み合わせ設計しなければならず、辛抱が足りない私にはとうてい、つくれそうにない。また、それだけのスイッチを並べてようやく「びっくりした時間の長さ」が測れるという点も気に入らなかった。

波形を全部見てやろうと野心を抱くことしばし。ある日、学生のころの研究を思い出して、ひらめいた——たった2個のスイッチでできる、と。成果を示そう。図3左を見てほしい。計算素子がびっくりする様子を世界で初めて観測したものだ。

赤の点が観測結果だ。放射線が当たった瞬間にびっくりして信号が落ちているのが分かる。図1と違うのは、上下反対ということはさておいて、信号が台形になっている点であって、このあたりが計算素子の特徴だ。

緑の実線は、素子を構成するトランジスタスイッチを1個だけ取り出して別途測定した結果を使い、先ほど紹介した方法で推定した結果である。両者がよく一致していることが分かるだろう。

開発した推定方法と測定方法はどれも便利なのだが、これらには越えられない壁がある。宇宙線には強い弱いがあるが、ある強さの宇宙線のときの

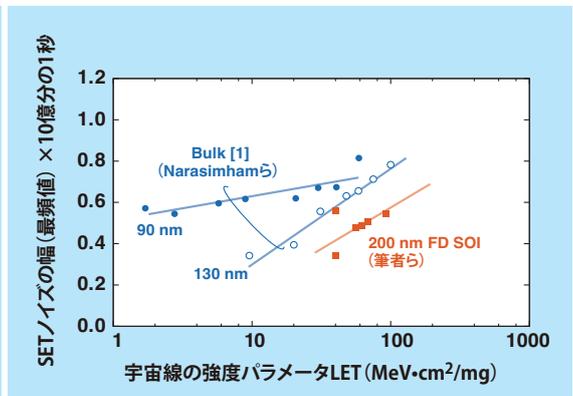
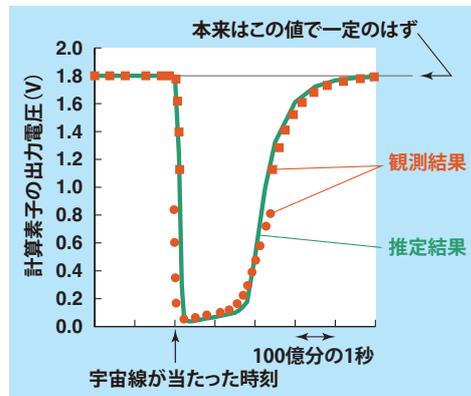


図3 明らかになった宇宙線が計算素子に当たったときの様子

左: SETノイズの観測結果と推定結果。FD-SOI技術でつくったNOTゲート計算素子に超短パルスレーザーで模擬した宇宙線を当てた。

右: SETノイズの幅と宇宙線の強さの関係。200nmや90nmという数字は、テストした素子の基準寸法を表している。つまり、トランジスタスイッチはnm(ナノメートル)という10億分の1mを単位に持つ世界でできている。[1]はバルク技術でつくった素子の結果であり、B. Narasimham et al., IEEE Trans. Nucl. Sci., 54(6), p. 2506 (2007)に報告された実験データを読み取って整理した。FD-SOI技術を想定して導いた直線関係がバルク技術にも見られたことは興味深い。

SETノイズをそれらの方法で調べたとして、ほかの強さの場合はどうなるのだろう。これに答えられない。宇宙線の強さを示すパラメータからSETノイズを予想できる——波形全体ではなくて何か一つのパラメータでもいい——そんな魔法の計算式はないだろうか。実は着手したのはこちらが先で、ノートを振り返ると2005年11月15日に最初の痕跡がある。以後A4ノートを20冊くらい使って計算式が完成したのが2009年。

式の詳細は割愛するが、一番重要なことは説明したい。宇宙線の強さの指標としてLET (Linear Energy Transfer) というパラメータがある。SETノイズの幅は、このLETパラメータの対数関数として書けることが分かった。つまり、ノイズの幅を2倍にするには10倍強い宇宙線が必要だ。図3右はその様子を示したもので、縦軸にSETノイズの幅、横軸にLETを取っている。横軸は対数プロットであり、1, 10, 100と等間隔に並んでいる。それぞれの実験結果が直線上に並んでいることが分かるだろう。対数関数の性質を持つからだ。式は物理の理論に基づいて微分方程式を解いた結果である。そう、SETノイズと宇宙線の間を初めて理論的に陽に説明した。

結び

SETノイズに関する研究成果を紹介した。それはクールなコンピュータチップがびっくりする様子であり、そんな姿を想像するとどこか微笑ましい——関係者にはおぞましい。宇宙線は姿を変えて地上にも届いているので、SETノイズは地上のチップでも懸念されている。成果を使って少しでもお役に立てるよう努力したい。

研究は当然のことながら1人で成し遂げたものではなく、多くの人のご支援をいただいた。この場を借りてお礼を申し上げたい。借りたこの場を誰にどう返したらいいのか分からないので、ここまで読んでくれたあなたに返そうと星に願った。抽選で何人に当たるか分からないが、あなたのコンピュータが突然フリーズしたら、それは宇宙から発送された目に見えない小包が届いたのかもしれない。

(こばやし・だいすけ)

川口淳一郎教授，宇宙功労賞を受賞

4月16日，米国宇宙シンポジウムのオープニングセレモニーにおいて，宇宙功労賞（2012 Space Achievement Award）の授賞式が行われ，川口淳一郎教授が受賞しました。米国人以外の個人としては初めての受賞です。受賞理由は，①太陽潮汐力を使った軌道操作法の開発，②火星探査機「のぞみ」の異常時対応軌道計画，③小惑星探査機「はやぶ

さ」プロジェクトマネージャーとしての貢献，です。このシンポジウムは宇宙活動全般を対象とした米国最大規模のものです。参加者は，4日間で述べ9000人といわれています。その3分の1ほどは軍関係者，残りの大半は全米から集まった産業界の会長や社長，営業担当役員などで，米国内へのアピール力のある大きなシンポジウムです。

授賞式では，「のぞみ」の紹介に続いて「はやぶさ」のビデオが流れ，世界で初めて小惑星からのサンプルリターンに成功した快挙が紹介されました。続いて3本の「はやぶさ」映画が製作されたことの紹介があり，ハリウッドスター渡辺謙の顔が会場のスクリーンに大きく映し出されました。そして，スクリーンはレゴブロックのキャラクターに替わり，これも川口教授役！と



授賞式の様子とスクリーンに映し出されたレゴブロックのキャラクター

紹介。渡辺謙とのギャップに，会場は大いにうけていました。主催者のスペースファウンデーション（NSS）は，アウトリーチ，教育にも力を入れている団体なので，科学的・技術的成果に加えて，一般の人々にも強い影響を及ぼした「はやぶさ」を高く評価したのだと思います。

続いて，トロフィーの授与，川口教授のスピーチがありました。受賞したことを誠に光栄に

思う旨，主催者のNSSに謝意が述べられ，同時に日本の宇宙開発をけん引してこられた方々の長年のご努力に対して祝意が語られました。そして，これからの宇宙開発はきっと新たな太陽系大航海時代を迎えるはずという展望とともに，自分たちが行ったのはごく小さなことではあるが，これをもとにして日本のみならず世界中の宇宙開発を担う次世代の若者が太陽系の新たな目的地に到達できるように願うというメッセージが発信されました。

「はやぶさ」関連の受賞ラッシュはまだ続く気配です。そうしているうちに，あと2年で「はやぶさ2」が打ち上がります。「はやぶさ」の成果のみならず，ミッション継続の好循環をつくり上げた川口教授と「はやぶさ」チームに敬意を表したいと思います。

（JAXAワシントン駐在所長／上森規光）

西村純先生，IAA 基礎科学部門賞を受賞

このたび，宇宙科学研究所 元所長の西村純先生がIAA（International Academy of Astronautics：国際宇宙航行アカデミー）の基礎科学部門賞を受賞されました。

IAAについては，『ISASニュース』2011年11月号の「東奔西走」をご参照願います。選挙で選ばれた1000人余りの国際的な宇宙関連研究者を擁する大変権威ある組織です。最近では，とみに通年での共同研究活動に力を入れており，シンポジウムを各国で開催するほか，会員による「Study Group」を組織して検討結果をしかるべき手段で公表しています。この賞は，基礎科学部門での卓越した業績に与えられるものです。

西村先生は我が国における気球工学の大先達として，ブーメラン気球や南極ポーラーパトロール気球などの長時間飛行気球の開発・運用をはじめ，数々の業績を挙げてこられました。これらの気球は，高エネルギー天体物理学をはじめとす

る宇宙科学観測の手段として大いに威力を発揮しました。また，3次元電子シャワーの理論の確立により宇宙線シャワーの詳細な解析を可能にしたほか，新しいタイプのエマルジョンチェンバーを発明して宇宙線中の高エネルギー電子の精密な観測に貢献されました。

あまり事の軽重が分からずに書いていますので，書くほどにお叱りを受けそうですが，授賞式は3月にパリで開かれたIAAの晩餐会の席上で催され，僭越ながら私が先生のご紹介を致しました。結びは以下の通りです。

This is the second time that I present the Academy Award to my teacher. I am much honored, even though he did not give me any award.

パリでは，先生のホテルにごあいさつに伺ったほかはご一緒できませんでしたが，奥さまともども久しぶりのパリを楽しまれたようです。（宇宙科学研究所名誉教授／松尾弘毅）

「宇宙科学講演と映画の会」開催

宇宙科学研究所の主催広報事業の一つである「宇宙科学講演と映画の会」を4月14日(土)に開催しました。もともと旧宇宙研の開所記念日ごろに行ってきたもので、今年で31回を数えます。最近では、筑波宇宙センターや調布航空宇宙センターの施設の特別公開に合わせて、科学技術週間の前週の土曜に開催しています。従来は新宿駅前の明治安田生命ホールで開催してきましたが、今年は新宿区の特別の計らいにより、四谷区民ホールに移して開催しました。あいにくの天気でしたが、座席指定券を先着順に配布したこともあり、大きな混乱はありませんでした。座席数にも余裕があったため、447人もお迎えしましたが、会場内で立ち見なくご参加いただけました。

小野田淳次郎所長によるあいさつの後、まず中川貴雄教授から「宇宙から宇宙を見る」として赤外線天文学と「あかり」やSPICA計画を中心とした話を、そして休憩を挟んで藤村彰夫名誉教授から「『はやぶさ』が持ち帰った微粒子について」として小惑星イトカワの微粒子の回収や解析状況の話を、それぞれ1時間ずつご紹介しました。その後の質疑応答も50分取りましたので、会場からさまざまな質問が飛び出しました。SPICA計画の次の展望について問われ、さらなる大口径化を

夢見る理学の中川教授を、工学の小野田所長が「ただ大きくするのは工夫がない」とたしなめる一

幕もあり、単に成果や今後の展望だけでなく、現場のピリピリした雰囲気もお伝えできたのではないかと思います。

会の最後には『日本のロケット開発の父～糸川英夫 生誕100年～』という20分の作品を上映しました。これは7月20日に迫った糸川先生の生誕100年を意識して、既存の映像資料をベースに特別編集した作品です。日本の宇宙科学の黎明期を振り返る一助とすることができたものと思います。

今回の会場では物販や寄付を行うと会場費が高くなるため、これらを見合わせました。残念だという声も少なからず寄せられましたので、次回に向け検討します。会場は次回も四谷区民ホールの予定です。また来年お目にかかりましょう。

(阪本成一)



藤村名誉教授の講演の様子

「有人月探査を見据えた科学・利用ミッションワークショップ」開催

3月8日、「有人月探査を見据えた科学・利用ミッションワークショップ」が、月・惑星探査プログラムグループ(JSPEC)主催、宇宙理学委員会共催で開催されました。筆者もプログラム編成などでお手伝いさせていただきましたが、大学、高校、官公庁、企業とさまざまな分野から、会場が満杯になるほどの参加があり、月周回衛星「かぐや」の成果や、科学・利用を経て将来の有人月探査に至る一連の月探査活動への関心の高さを知りました。

国際的な枠組みでは月は次期有人探査の主要な目的地として位置付けられており、有人による月の科学探査・利用ミッションは「かぐや」を成功させた日本がイニシアチブを発揮できる分野の一つとなっています。しかしながら、「かぐや」のデータの質の高さや科学的成果が、なかなか知られていないようです。そこで今回のワークショップではまず、「かぐや」のデータ処理や科学解析の最前線で活躍する新進気鋭の若手研究者たちに、データの公開状況や成果を話していただきました。素晴らしい



有人月探査の想像イラスト

講演で、アンケートには「『かぐや』の成果に感銘を受けた」、「『かぐや』で得られた科学的成果が非常に革新的であることを学んだ」といった声が多く寄せられ、日本の月科学におけるアドバンテージを少しは分かってもらえたかもしれません。将来のミッション提案の講演も「月科学と有人探査を結び付ける国内会議は珍しく、全体を見渡せてよかった」、「大変充実した内容で、理学面、工学面から

も多くの話題提供があってよかった」と好評を博しました。

日本の有人宇宙活動と月科学の関係は、新しい時代に入りました。人が宇宙へ行くことは、人類の可能性を広げることです。科学は、人が宇宙へ行くとき、その知見と動機を与えるものだと思います。人が地球のまわりを越え、より遠くを目指すとしたら、地球に最も近い重力天体である月こそが、重要かつ有意義な場所であることは間違いないでしょう。今後の月科学、月探査において、「有人」を意識して進めることは、宇宙科学研究関係者にとってさらに重要になるはずです。(春山純一)

「スペーステラヘルツ技術国際シンポジウム」開催

桜がそろそろ開花し始めた4月2日から3日間にわたり、第23回「スペーステラヘルツ技術国際シンポジウム」(International Symposium on Space Terahertz Technology: ISSTT)が、東京・一橋記念講堂にて開催されました。ISSTTは、ミリ波から赤外線までの波長のいわゆるテラヘルツ領域の技術に関する国際会議であり、関連分野では最も長い歴史を持つものです。これまで、米国とヨーロッパで毎年交互に開催されてきましたが、今回、国立天文台と宇宙科学研究所とが主催し「ISSTT 2012 in Tokyo」と銘打って、初めてアジア地域で開催しました。世界中の研究者が約120人集まり、52件の口頭講演と64件のポスター講演がある盛況な会議となりました。

会議では、最新の研究成果の発表や議論が活発に行われました。具体的な将来のスペースミッションとして次世代赤外線天文衛星SPICAや小型科学衛星計画LiteBirdの紹介や、関連技術の議論が行われました。ポスターの前には大勢の人が集まり、最近の技術動向について活発な意見交換が行われました。技術者集団の会議だけあって、専門用語が互いに通じ合

う密な議論が繰り広げられるとともに、研究上の悩みを打ち明け合う場面も見られました。参加者は、会場近くを散歩がてら、美しい皇居のお堀や緑も楽しんでくれたようです。

会議終了翌日の4月5日には、関連する日本の代表的研究機関として国立天文台と宇宙科学研究所の見学ツアーを開催しました。広報の方々には見学内容の相談のほか、ビデオや会場の手配に加え、説明の手助けもしていただきました。参加者に楽しんでもらえるか心配でしたが、衛星展示や試験設備および実験室での研究紹介に感心してもらえました。専門的な質問にどぎまぎする場面もありましたが、「面白過ぎて立ち去り難い」などの感想もいただき、ツアーの成功を確認しました。

今回、宇宙科学研究所の研究を世界にアピールできただけでなく、日本がアジア各国と協力して当分野をけん引する役割を担うべきことを強く意識させられました。

なお、本会議の開催に当たり、(財)宇宙科学振興会から支援をいただきました。(松浦周二)



シンポジウム会場での参加者の集合写真

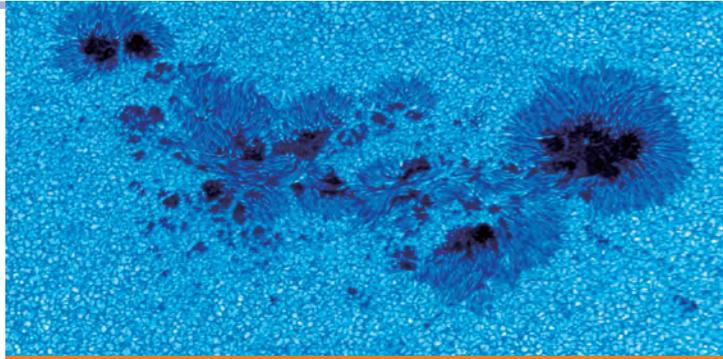
「ひので」が衝突回避のために緊急軌道制御を初めて実施

太陽観測衛星「ひので」は、軌道上で他衛星との衝突の危険性があったため、3月9日に緊急軌道制御を実施しました。

「ひので」の軌道は高度約680kmで、昼と夜の境界を飛行する太陽同期極軌道です。この高度には宇宙ごみが多く存在し、公開された軌道データを用いた解析によると、極域地方の通過時に軌道が交差しやすく、宇宙ごみと数km以内に接近するケースがよく発生します。そのため、宇宙ごみと異常に接近して衝突の危険性が高いという予測が出た場合における衛星運用の考え方を、2010年に明確化し対応方法を準備しました。この緊急運用は、宇宙ごみとの接近の解析など軌道に関する業務を担当するJAXA統合追

跡ネットワーク技術部(筑波)と、衛星運用を行う「ひので」プロジェクト(相模原)が綿密に協力して行うものです。

今回のケースは、宇宙ごみではなく、他国の小型の通信衛星と非常に近くまで接近するものでした。早い段階からこのケースに注目していたNASAの協力も得て、接近解析の評価を繰り返し行いました。評価の結果、JAXAの衛星が今まで経験した回避事例の中で最も危険度が高いことが分かり、緊急軌道制御を行うことになりました。ちょうど太陽面では非常に複雑な活動領域(黒点群)が発達し、3月8日に今太陽活動サイクルで最大級のフレアが発生したところでした。科学観測の観点からは残念ですが、この活動領域の観測は諦めて中断させました。



緊急軌道制御運用前に撮影した最大級フレアを発生させた黒点群

衛星高度をわずかに変更させる軌道制御は予定通りに完了し、衝突の危険性は回避されました。定常運用の姿勢に戻す途中、手順の誤りによりセーフホールド移行をさせてしまったため、当初の計画より時間を要しましたが、3月17日から定常観測を再開しています。

「ひので」の軌道制御を行うためには、太陽光を集光する大きな望遠鏡を持つことに伴う制約があり、やや複雑な回避手順を取っています。今回初めて緊急軌道制御を行

い、改善すべき課題もいくつか明らかになりました。今後とも宇宙ごみとの異常接近は考えられます。いつ発生するか分からない軌道上での異常接近に対して、頭を悩ましそうです。(清水敏文)

MAXIが定常運用を終了し、後期運用へ移行

国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟に搭載され、2009年10月に定常運用を開始した全天X線監視装置 (MAXI) は、このたび予定された定常運用を終了し、後期運用へ移行しました。

定常運用終了に伴いMAXIサイエンスチームから宇宙研の宇宙理学委員会MAXI科学評価委員会に科学評価を要請し、昨年12月に「観測を延長し、全天X線監視装置として役割を果たせるようにすることを強く推奨する」との提言を得ました。この結果を受け、2012年3月にMAXI定常運用終了審査会を有人宇宙環境利用ミッション本部で実施し、定常運用終了と後期運用移行が了承されました。

定常運用の2年半の間に、X線ガススリットカメラの信号検知用炭素芯線の一部断線などが発生したものの、おおむね順調に運用を実施し、成功裏に定常運用を終了することができました。これも、理化学研究所や関係大学に所属するMAXIチーム員や、連携観測に尽力いただいているX線天文衛星「すざく」やSwiftチーム、「きぼう」とMAXIの開発と運



天体の突発的増光や長期間にわたる変動を国際宇宙ステーション上から監視中の全天X線監視装置MAXI

用に携わってきたすべての方々による協力と努力が結実したものと考えております。

MAXIの成果は、『ISASニュース』2011年2月号の「MAXIが見たブラックホール連星」や2011年10月号の「巨大ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間をMAXIが捉えた」でも報告させていただいておりますが、専門誌『PASJ』の「すざくMAXI特集号」や科学誌『Nature』などにもその成果が掲載されています。また、プラネタリウム番組や高校教科書への画像提供や一般講演会参加などを通じ、広報普及活動にも多くの寄与をしています。

MAXIは後期運用として、2015年3月を目標に運用を継続していきます。この後期運用では、上記科学評価委員会からの

改善要望を受けた3つの課題、①チーム外科学者によるデータ利用の促進、②MAXIのもう1つの観測装置であるX線CCDの科学成果の創出、③MAXIの長期データアーカイブの開発開始にも取り組みます。MAXIへの応援をこれからもお願い致します。

(上野史郎)

ロケット・衛星関係の作業スケジュール(5月・6月)

	5月		6月	
ASTRO-H			フライトモデル単体環境試験 (相模原)	
BepiColombo			フライトモデル単体環境試験 (相模原)	
小型衛星		一次噛合せ試験 (相模原)		
大気球		平成24年度第一次気球実験 (大樹町)		

「宇宙最初の星を探索する」ロケット実験CIBER第3回打上げ成功

赤外線宇宙背景放射の観測を目的とするCIBER (Cosmic Infrared Background Experiment) の装置を搭載したNASAの観測ロケットが、2012年3月22日03時00分(米国山岳部標準時)、ニューメキシコ州ホワイトサンズの実験場から無事に打ち上げられました。最高高度は326kmに達し、425秒間にわたって良好なデータを得ることができました。CIBERに関しては、幾度も『ISASニュース』に記事を掲載していただき、そろそろおなじみになってきたものと期待しています。今回は、2010年8月号で紹介した第2回実験の後、回収した装置を改造して行った第3回実験の成功を報告します。



打上げを控えたロケットの前にて実験チームの記念撮影。ホワイトサンズ実験場にて。

我々の研究の目的は、宇宙が始まって数億年の時代に生まれたとされる宇宙最初の星々が放射した紫外線を、現在までの宇宙膨張により波長が約10倍にまで伸びた近赤外線の宇宙背景放射として捉えることです。CIBERの初回実験はいろいろ問題がありましたが、その反省のもとに行った前回の実験は、かなり満足のいくものとなりました。実際に、観測データの解析を進めたところ、宇宙背景放射

のスペクトルに宇宙最初の星の兆候が見えてきたのです。今回のデータの解析により、宇宙最初の星々の理解がさらに進むと期待しています。

今回の実験でも活躍した大学院生の新井君やポストドクの津村君らが中心となり、米国に渡り偏光装置の組み立てや性能評価を行ってきました。しかし、勇んで実験場入りした打上げ予定の2月は、ロケットや気象の問題により打上げが2度も延期されてしまいました。今期の打上げは難しいかと覚悟しましたが、最後の機会に打ち上げることができたのです。今回のデータの解析により、宇宙最初の星々の理解がさらに進むと期待しています。

(松浦周二)

観測ロケットS-310-41号機 噛合せ試験

宇宙空間から地上へ物資や人員を帰還させる際に、大気圏に突入した宇宙船のまわりの空気が高温となり、火の玉状態となって機体表面が厳しい加熱を受けることは、「はやぶさ」カプセルの飛行映像や、回収されたカプセルをご覧になった方には実感として理解できるのではないかと思います。これは、「空力加熱」と呼ばれる現象で、大気中を飛行する機体に高速でぶつかった空気の運動エネルギーが失われ、熱エネルギーに変わるために起こります。

この空力加熱を低減させるために、ガスポンベを使って浮き輪状の円形フレームを膨らませて円錐台状のエアロシェル(空力減速用の傘)を展開する方式を開発しまし

た。大面積のエアロシェルによって空気密度が低い高度でも空気ブレーキが効き、大気が濃くなる前に十分な減速が得られ、空力加熱を低減させます。これまで大気球を使った落下飛行には成功していますが、観測ロケットS-310-41号機実験では大気圏外から再突入する超音速飛行の実証を行います。耐熱布製のエアロシェルを収納した直径30cm足らずの実験機が、上空で直径約1.2mの傘を広げ、最大マッハ数約4.5で超音速飛行をします。

この観測ロケット実験の噛合せ試験が、4月に相模原キャンパスの構造機能試験棟を中心に行われました。次ページの左写真は、すべての機器をロケット内部に搭載し、最後にロケットの外壁を取り付けている様子です。

この後、ロケット頭胴部全体での振動試験、衝撃試験を実施して、その機能に問題ないことを確認しました。

右の3枚の写真は展開試験の様子です。実験機は、エアロシェルが収納された状態で

ロケットの最上部に搭載されています。打上げ後、ノーズコーンを開いてエアロシェルを展開し、分離射出機構により放出されます。この飛行実験を成功させることで、



観測ロケットS-310-41号機の噛合せ試験(左)と展開試験の様子

地球への帰還だけではなく、火星など大気のある天体に着陸探査機を送るための新しい技術が拓かれるものと期待しています。(東京大学教授/鈴木宏二郎, 山田和彦)

イプシロンロケット模擬射点音響環境計測試験, 第3シリーズ

模擬射点音響環境計測試験(Scaled-model Measurement for Acoustic Prediction: SMAP)は、42分の1サイズのミニチュア発射台を製作し、同比率の小型モータを燃焼させて、音響環境を計測する試験です。2011年4月に第1シリーズ(SMAP-1、『ISASニュース』2011年6月号にて報告)、7月に第2シリーズ(SMAP-2)を実施してきました。今回ご報告する第3シリーズ(SMAP-3)は、目標とする音響低減を満足する発射台形状を選定する目的で、2012年4月5～15日に能代ロケット実験場で実施しました。

イプシロンロケットプロジェクトチーム、情報・計算工学センター、航空プログラムグループ、宇宙科学研究所で構成される実験班メンバーは、SMAP-1から同じ顔触れです。試験準備の進め方、実施における注意点・経験などが共有され、また天候に恵まれたことも手伝って、順調に試験を進めることができました。ただし、4月12日午後の試験結果で予測していた音響低減効果が出ず、発射台設計



燃焼試験の様子

陣は窮地に陥りました。しかし、SMAP-1からこれまでに積み重ねた計12回の燃焼試験のデータ、これまでの検討で得た知見などを総動員して検討し、翌日の試験の発射台形状を決定することにしました。翌13日(の金曜日!)、スタンバイに特急で作業いただき、重苦しい空気の中で燃焼試験を実施しました(写真)。結果は……、良好! 目標をほぼ満足する発射台形状を見いだすことができ、SMAP

シリーズ最大の危機を乗り越えました。このときの緊張感には、筆者にとって忘れられないものになりそうです。その後、設計に必要なデータを取得し、当初の目的を達成してSMAP-3および一連の試験シリーズは終了しました。現在、音響環境の評価と発射台の詳細設計を進めています。

最後に、この場をお借りして、宇宙研をはじめとした実験関係者各位に感謝致します。また、イプシロンロケットは今年度各種開発試験が目白押しで、宇宙研で実施されるものも多数あります。今後ともご支援のほどよろしくお願い致します。(宇井恭一)

お知らせ

第11回「君が作る宇宙ミッション」参加者募集

期間：2012年8月6日(月)～8月10日(金)

対象：高校生あるいは相当年齢の方(高専は3年次まで)

会場：JAXA相模原キャンパス

締切：6月4日(月)必着

詳しくは <http://www.isas.jaxa.jp/kimission/> をご覧ください。

相模原キャンパス展示ロビー，一部リニューアル

JAXA施設における広報エリア整備の一環として、相模原キャンパスの研究・管理棟1階展示ロビーを一部リニューアルしました。今回の改装コンセプトは、展示スペースを「より快適で、より楽しめる空間に」です。大きく変わったのは談話スペースです。70インチの大型ディスプレイを新設し、見学者が自由に映像を選ぶための操作卓を近くに配置しました。インテリアも刷新し、相模原キャンパスでの活動を紹介する映像作品や、「JAXAさがみはら文庫」がゆっくり楽しめるようになりました。

また、展示物やディスプレイの配置を工夫することで、正面玄関から奥にある談話スペースが望めるようになりました。このため、エントランスがずいぶん広く感じられるようになったと思います。

大型ディスプレイで提供している映像作品の中には、新しい試みを行ったものもいくつかあります。「はやぶさ」人気のおかげで、プロのミュージシャンの方々が「はやぶさ」をはじめ、「あかつき」や「IKAROS」を題材に作曲されています。これらの楽



70インチの大型ディスプレイを新設した談話スペース

曲に関連するミッションの映像とともに楽しむ映像カテゴリーをつくりました。また、次期X線天文衛星ASTRO-Hの新作プロモーションビデオを待ち受け映像にすることで、新計画のプレゼンスを高める工夫もしています。この待ち受け映像は、各プロジェクトからの売り込み次第で、適宜変えていきたいと思っています。

今回の改装では、企画・設計に時間を使い過ぎて工事が年度末になり、春休みの前半に来られた見学者の方々にご迷惑をおかけしました。新年度のオープン以後は、多く子どもたちにも楽しんでもらうことができ、「面白かった、また来たい!」という一番の褒め言葉を聞くこともできました。居心地がアップしたせいか、「JAXAさがみはら文庫」の利用率も上がっているようです。

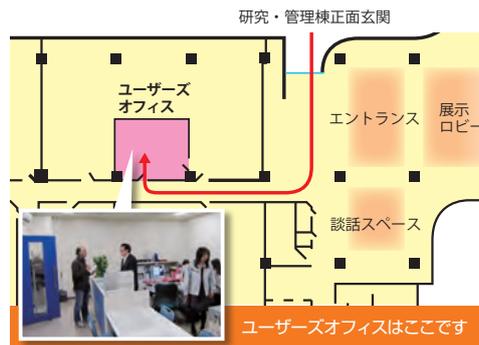
談話スペース以外にもいくつか改善を行っています。「より快適で、より楽しめる空間に」を目指した今回のミッション達成度は、ぜひ皆さんの目で確かめてみてください。お待ちしております。

(高木俊暢)

4月1日，ユーザーズオフィス誕生

宇宙科学研究所では、より優れた宇宙科学の成果を生み出すため、大学共同利用機能の強化を進めています。大学共同利用システムによる宇宙科学研究の実施方法を明確にするため、4月1日付で「大学共同利用システムによる宇宙科学研究実施規程」を制定したのと併せて、大学の研究者などの皆さんが宇宙研で研究を実施する際の利便性の向上を目指して「ユーザーズオフィス」を開設しました。

これまで、宇宙研で研究を進めようとする、宇宙研で暮らしていくために必要な「糧」(IDカード、ネットワーク環境、ロッジ、旅費など)を得るためにさまざまな担当者の間を渡り歩き、ときには宇宙研職員が介在しなければ手続きを進められないこともありましたが、ユーザーズオフィスは、こうした不便さを解消するための、宇宙研を利用して研究される方のワンストップ窓口です。窓口は、朝9時から夜7時まで開いています。皆さんが昼休みの時間に、IDカードを受け取り、ロッジの支払いと鍵の授受を



ユーザーズオフィスはここです

行うこともできます。そのほか、ユーザーズオフィスでは、大学共同利用で来所される方の旅費窓口も担当しています。

宇宙研を利用される方の必要な糧すべてをユーザーズオフィスで担当できるとよいのですが、残念ながらリソースも限られていることもあり、まだ何もかも対応できる状態では

ありません。しかし、困ったことがあったらまずユーザーズオフィスで尋ねていただければ、必要な情報をお渡しできる、来所される研究者の皆さんのワンストップ窓口でありたいと考えています。

なにぶん生まれたてのユーザーズオフィスですので、皆様のご期待に沿えないことも多々起きるかと思います。そうした「期待外れ」を繰り返さないようにユーザーズオフィスは自らを磨いていきますので、ぜひいろいろなお要望をお寄せください。

研究・管理棟1階、正面玄関に入って右側2つ目の青いドア「ユーザーズオフィス」をよろしく願います。(吉田哲也)

ネパールが登山家を魅了してやまない世界最高峰エベレストを含む世界の屋根ヒマラヤ山脈が位置する国であることを再認識したのは、バンコクでの乗り継ぎからだった。搭乗ゲートでは、登山用リュックを持った日本人を含む外国人が、所狭しと飛行機を待っていた。この外国人の中のいったい何人が、自然を満喫する以外の目的でネパールに行くのだろうか……。

飛行機がネパールに近づくと、右手にヒマラヤ山脈が見えてきた。アナウンスが流れる。皆カメラを窓の外に向けた。真っ白い山々が見え、取りあえず写真に収めてみたが、何せ世界の屋根ヒマラヤ山脈、結構似たような高さの山々が連なっていて、どれがエベレストか自信がない。

ネパールに到着した。現地の機関の人たちが迎えに来てくれたが、早急交通渋滞。暑い。3月なのに昼間は25～30℃くらいになるらしい。しかもガソリン代が高いためクーラーを使わず、窓全開で土ほこり満載。ネパールに来た！

今回の出張の目的は、ネパールの教員に対し宇宙教育を学校で実践する上でのアイデアや知識を提供するものであり、学校で恒久的に子どもたちに宇宙について教えてもらうのが狙いだ。今回は、教室での衛星画像利用方法と、ロケット工学および惑星探査についての講義を行った。衛星画像利用では、タイの宇宙機関であるGISTDA (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency) が行っているGIS Tool Kit for Schoolの講師に来ていただき、彼らのソフトを使いながらコンセプトの講習と実技を行い、APRSAF (アジア・太平洋地域宇宙機関会議) 参加国のいくつかが協力する取り組みの良い例になった。ロケット工学では、ロケットの歴史や原理についての講習、そして野外活動として酢と重曹でつくるフィルムケースロケットやアルコールロケットを飛ばした。先生方も子どものようにしゃべっていた。セミナーの最後に惑星探査についての講演を行った。日本では、イベ

ントなどで午後に講演があると、ちらほらと寝ている人がいたりするのだが、ここの教員たちは1人も居眠りすることもなく、とても熱心に講演を聴いていた。彼らの熱心さには脱帽である。

今回の研修には、JICA (国際協力機構) からネパールに派遣されている教員にも参加してもらい、彼らからネパールの教育事情を聴くことができた。義務教育は日本とは違い10年制で、田舎と都会および貧富による教育格差があり、その上先生方の熱心度も違うとのこと。首都カトマンズでは、裕福な家庭は子どもを私立の学校に入れ、そのほかは公立の学校に通わせる。私立学校の教員の教育意識は高く、熱心に教えるため、優秀な生徒も多い。今回訪問した私立の学校では、学生は制服を着て、全員英語を話すことができ、教育も行き届いていた。

一方、田舎では農業と兼務している先生も多く、都会から来た先生は毎日熱心に授業を行うのだが、地元出身の先生は断りもなく学校を休み農作業をしていたりするらしい。子どもたちが学校に行ったら先生が来なかった、というパターンが頻発しているとのことだ。学校には、はさみやのりなどの工作道具がなく、「工作」という授業さえ行われていない。子どもたちは字が読めるが、それが何を意味しているかを学ばず、書かれた文字が自分の名前である認識すらしない子もいるとのこと。ネパールでは全国統一卒業試験で合格すれば卒業できるので、詰め込み授業で応用などを学ばないことが問題化してきている。JICAでは近年、識字率を上げるため、幼児教育に力を入れるようシフトしている。アジア開発銀行でも同様に、ネパールの教育の現状を問題視しているとのことだ。

滞在中、教師のストが起きた。国に正規雇用の教師を雇う金がないので非常勤講師扱いで、保険がないなど福利厚生への待遇が悪いため、ストを取行しているとのこと。折しも、教員セミナーの日程に重なっていた。現地機関が、参加表明してくれていた50人の先生方一人一人に電話をし、「皆さんのためのセミナーなので、ぜひ来てください」と掛け合ってくれた。その甲斐あり、40人が来てくれた。意識の高い先生方で本当に良かった。このような熱心な先生方があることは、この国の未来を担う子どもたちに良い影響を与えてくれる。ぜひ未来の科学者、エンジニアが育つことを願う。
(みやがわ・やよい)



ネパールの子どもたち



宇宙落語

小山勝二

京都大学 名誉教授

宇宙は無限の可能性を持っている。天文学・自然科学、「無限」の時空など、知的探究心の源泉でもある。理科教育の格好の教材を提供し、文学の舞台でもある。宇宙の美しさは芸術の分野も広げる。何よりも、豊かな心を育む文化の源泉であろう。そんな宇宙を「専門家」で独り占めするのは申し訳ないというわけで、私たちは京都大学宇宙総合学研究ユニットをつくり、文理融合の総合学を目指した。これはJAXA-京大連携協定につながった。そこで皆さんいろいろ活躍して、ついに「宇宙落語会」(研究ユニットは後援)なるものを始めてしまった。2011年9月10日、京都大学百周年記念ホールにて300余の聴衆を前に、宇宙を舞台に時空と常識を超えた話の面白さを落語で発信したのである。

落語は戦国時代、小難しい「お説教」に笑い話を含めて人々に分かりやすく親しみやすくした話を集めた、京都・誓願寺の安楽庵上人の書物『醒睡笑』(8巻)をネタ本として始まったそうである。落語のふるさとが京都なら、京大で世界初(?)の「宇宙落語会」を開催するのは理にかなっている。究極の話芸「落語」を通して多くの方々に宇宙を楽しんでもらうだけでなく、私たちの研究に理解や支援をいただきたいものだ。

主演者である林家染二師匠は、京大の花山天文台に通うなどして宇宙についてずいぶん勉強された。そして、宇宙ステーション旅行が当たった家族の無重力空間での騒動を描いた新作落語を披露された。太陽フレアやその影響、例えば人工衛星の機器故障、無重力、惑星探査機ボイジャーなど、科学的知見もちりばめ、それがまた会場を沸かせていた。

もう一人の演者は京大法学部を卒業された若手の落語家、桂福丸さんである。古典落語「月宮殿星の都」を演じられた。

ウナギに連れられ、雷様の住む天空に行った話である。「はやぶさ」が帰還した道は雷様の住む長屋(?)の路地ということだ。

さて私の方は基調講演を仰せ付かった。寄席では前座なのだが、落語家を目指し染二師匠に弟子入りをお願いしても足蹴に遭うのがオチだから、「君子危うきに近寄らず」と余興講演でお茶を濁すことにした。宇宙の小難しい話をして聴衆の頭を固くし、真打ちの落語で頭をほぐすという寸法である。

古典落語に、長屋の熊さんが物知り顔の隠居に「無限」の宇宙の涯を尋ねる話がある。ここからどんどん遠くに行くとか

こへたどり着くか、という質問である。

隠居「行けども行けども海だ」。熊「その海をどどん行けばどこへ行くんです?」。隠居「濛々としたところへ出るな」。熊「その濛々としたところをどどん行けばどこへ行くんです?」。隠居「たいがいの者はその辺で引き返してくる」。仏教の「お説教」なら、西方かなたの阿弥陀浄土、あるいは海を渡るなら南方の補陀落に到着しそうだが、落語はカラッとした無宗教で素朴な疑問の世界である。これこそ庶民の好奇心だったが、最後のオチが現代の宇宙科学の最前線と符合するのが面白い。宇宙の最遠方は2.7K放射が出る場所である。それより先はすりガラスを通して見る景色のように「濛々としたところ」である。いかなる電磁波でも見えないから、ほとんどの研究者はそこで引き返す。

このような137億年の時空を超えた話は、私の余興講演ではない。京都は、落語だけでなく、天文学のふるさとでもある。そこで、たった1000年の時空に移る。平安京は藤原道長が権勢を誇った『源氏物語』のころである。安倍晴明なる「天文博士」がいた。その子孫も「天文博士」を引き継いだ。大きな仕事は、天体の異変を察知してその吉兆を占い助言もしたためた「天文密奏」を上奏することである。

天体異変の中に超新星があった。後に藤原定家が『明月記』にまとめた。その中に現代天文学のスター、SN1006、SN1054(かに星雲)、SN1181がある。ここで安倍晴明神社と定家の子孫である冷泉家が天文史跡(?)として登場する。その後では梅林寺の大表土台石、円光寺の渾天儀台石、西三条天文台跡、大將軍八神社など、京都には天文史跡が豊富にある。落語を楽しみながら、天文だけでなく、京の歴史や文学にも親しんだらどうだろうか。京1000年の天文学街道なるコースを用意している。(こやま・かつじ)



第1回宇宙落語会のポスター

普通の広報誌ではありません

『ISAS ニュース』編集委員長が2012年4月号から交代しました。

2008年から編集委員長を務めた村上浩教授（写真右）からバトンを受け取るのは、森田泰弘教授（写真左）です。新旧編集委員長に、『ISAS ニュース』の課題や目指すべき姿などについて、語っていただきました。

村上：編集委員長を森田先生にお願いするに当たって、小野田淳次郎 所長に了承をいただきに行きました。すると、「彼は昔、原稿が締め切りに間に合わなかったことがありましたよ」と言われたのですが……。

森田：日本ロケット協会の月刊誌のことですね。1956年に糸川英夫先生が設立した由緒ある協会で、

1998年ごろから10年以上編集長をやっていました。しかし、宇宙3機関が統合してJAXAになったところから発行がどんどん遅れ、最近ようやくクビになりました。だから、私は編集委員長というものに向いていないと思うのですが。

村上：その反省を生かしてくださると信じて第6代編集委員長をお願いすることにしました。『ISAS ニュース』にはどんな印象をお持ちですか。

森田：研究機関の広報誌はたくさんありますが、『ISAS ニュース』は、ほかと少し違いますよね。自由な雰囲気伝わってくる。書き手の自由、編集する側の自由、その両方を感じます。それは、宇宙研の文化が育んできたのでしょう。そして、研究者が自らの言葉で語ることにこだわっている点も、ユニークですね。「単なる広報誌ではないぞ」という主張を感じます。

村上：しかし、研究者が書いているために難解で、一般の人には分かりにくい記事が時々あります。原稿を依頼するときには「高校生が理解できるレベルで」とお願いしているのですが、正確に書きたいと思うあまり難しくなってしまうのでしょうか。研究者に正確さを捨てろというのは、研究者としての良心を捨てろといわれているのと等しい。正確さを捨てずに、一般の人に興味を持っていただける記事を書くにはどうしたらいいか。まだその答えが見つけれずにいます。

一方で、小惑星探査機「はやぶさ」は、とても多くの人に関心を持っていただきました。経験したことがない盛り上がり、どこまで巻き込まれていいのだろうという戸惑いも感じました。「はやぶさ」人気を見て、森田先生はどう感じましたか。

森田：「はやぶさ」は、地球に帰ってくるというとても分かりやすいミッションです。放っておくと、そういう分かりやすいミッションだけが注目



されないのだと、感じました。宇宙研には、「はやぶさ」と同じように面白いミッションがたくさんあります。例えば、村上先生の専門である赤外線天文学もそうです。「はやぶさ」のような分かりやすさはありませんが、星の誕生を探っているのだと少し説明してもらえると、わくわくします。各ミッションについてきちんと説明して興味を持ってもらうことが大事。

私は今、新時代の固体燃料ロケット「イプシロン」の開発に取り組んでいます。新しいロケットを打ち上げるというのは分かりやすいので、1号機は話題になるでしょう。しかし、放っておいたら、2号機以降は注目もされない。新しいロケットをつくる意義や、それによってどのような未来を切り開くことができるのかを、分かりやすく伝えていく必要性を感じています。

村上：『ISAS ニュース』は、単なる広報誌ではなく、研究者が意見を発信することにもこだわってきました。宇宙科学や宇宙開発の現状についてかみつくような記事も欲しいのですが、なかなか思い切った内容を書いていただけません。

森田：M-V型ロケットの引退について、秋葉鏡二郎先生はかなり踏み込んだことを書かれていました（2006年12月号「いも焼酎」M-Vロケットの最期）。「君たち、しっかりしろよ」といった先輩からの辛口のメッセージがあってもよいと思います。

村上：4年前に編集委員長を引き受けたときは、自分なりに『ISAS ニュース』を変えることができればと思っていたのですが、大きなことはできずに終わってしまったことが少し残念です。森田先生には、新編集委員長として自由にやっていただきたい。期待していますよ。

森田：2008年の宇宙基本法施行を受けて、JAXA法の改定を含んだ行政側の宇宙開発体制の変更が進みつつあります。また、来年度からの新しいJAXA中期目標の検討も始まっています。宇宙研は今、どう進んでいくべきかを決めなければいけない時期にいます。上層部が決めたことを伝えるだけではなく、研究者の意見を吸い上げながら宇宙研の進むべき方向を示したり、提言を発信したりしていく。そういう『ISAS ニュース』にしていきたいと思っています。

ISAS ニュース No.374 2012.5 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 「高校生が理解できるレベル」ですか。自分が高校生であった時代が遠くて、何を理解していたのか考えていたのか、忘れてしまったよね。そのころ、専門家の書いたものが分かりにくく、悪態をついていたくせに。
(紀伊恒男)

*本誌は再生紙(古紙100%)、植物油インキを使用しています。

R100 VEGETABLE OIL INK
古紙配合率100%再生紙を使用しています