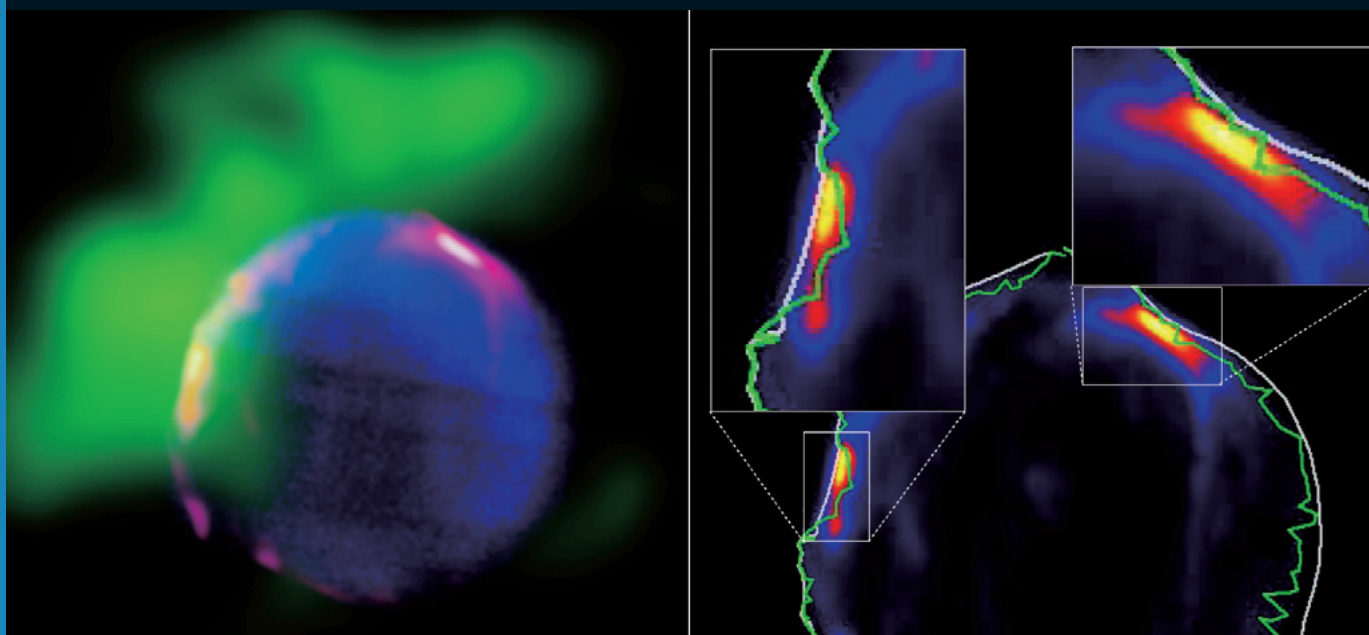




宇宙科学最前線

左：ディコの超新星残骸の3色合成図。青が「すざく」によるX線画像（0.2～10keV）、緑が電波の ^{12}CO 輝線、赤が「あかり」18 μm 帯の画像を表す。右：中間赤外線（18 μm 帯）放射の位置と、衝撃波面（白線）と不連続面（緑線）の位置を比較したもの。

「あかり」による中間赤外線 全天サーベイ観測

石原大助

名古屋大学大学院 理学研究科 GCOE 研究員

日本初の赤外線天文衛星「あかり」による、中間赤外線での全天サーベイ観測（図1）は、どのようにして実現できたのか、今後どのような研究に発展していくのかを、一例とともにご紹介します。

赤外線で宇宙を観測すること

赤外線は波長2～200 μm （マイクロメートル）の、人間の目で見える可視光（波長0.5 μm 程度）と比べると波長の長い電磁波です。赤外線で観測する対象は、究極的には宇宙のはじまりと生命のはじまりです。宇宙は膨張しており、遠くの銀河ほど速い速度で遠ざかっています。このため、遠く（昔）の銀河から来る光は赤方偏移が大きくなって波長が伸び、赤外線領域で捉えることができます。また赤外線では、広い意味での惑星や生命の材料、つまり宇宙空間に漂っている、

可視光では見えない固体粒子（塵）や有機分子からの熱放射や輝線を捉えることができます。

27年前、アメリカ・イギリス・オランダは共同で、赤外線天文衛星IRASを打ち上げました。赤外線ですべて全天を観測し、惑星系形成の手掛かりや赤外線銀河など宇宙観を変えるさまざまな新発見をもたらしました。「あかり」は、その当時より優れた感度と空間分解能で、全天の赤外線データを塗り替え、IRAS時代の「発見」をより多数の検出サンプルを用いた包括的な研究へとつなげています。

赤外線天文衛星「あかり」

「あかり」は口径68.5cmの望遠鏡を搭載し、焦点面には波長2～26 μm をカバーする近・中間赤外線カメラ（IRC）と、波長50～180 μm をカバーする遠

赤外線サーバイヤ (FIS) の2種類の観測装置を搭載しています。望遠鏡と焦点装置は、液体ヘリウムと冷凍機によって6K (約マイナス267℃) まで冷却して使用します。

「あかり」の軌道は高度700kmの太陽同期極軌道です。衛星は昼と夜の境を飛び続け、太陽電池パネルは常に昼間(太陽)を見て、望遠鏡は常に地球と反対方向の夜空を見ます。軌道面は1年の周期で少しずつ地軸に対して回転するので、望遠鏡は半年で全天を見ることができます。もともとの計画では、この軌道を利用しFISで遠赤外線全天サーベイを完遂した後に、主にIRCで天文台型観測の運用をする予定でした。しかし、サーベイ観測中にIRCも活用すれば、中間赤外線でも全天にわたって天文学的に有用なデータが取得できることになります。私が、この中間赤外線全天サーベイ実現に向けて模索を始めたのは、衛星も観測器もすべて設計終了した後でした。

中間赤外線全天サーベイ観測 実現への課題と解決法

ところが、このカメラはもともと、目標天体に視野を固定して撮像(約10分間の観測)を行うために設計されていたものです。サーベイ観測を実現するにはさまざまな課題を解決しなければなりませんでした。

その中で最大の課題は、検出器の性能を引き出すことでした。IRCの中間赤外線チャンネルの検出器は、 256×256 (約6万5000) 素子の出力を4本の信号線に乗せて時系列に読み出す仕組みで、通常全画面を読み出す周期0.6秒以下の速いサンプリングはできません。ところが、衛星が全天をサーベイしている間は姿勢が常に回り続け、毎秒216秒角(毎秒 0.06°)という速さで星が視野を通り過ぎていきます。検出素子の視野相当(2.34秒角)の分解能を得るためには、0.6秒よりもかなり短い周期(0.01秒)のサンプリングを行

う必要があり、読み出す素子数を減らすことで対応しました(星像が動く方向とは垂直に並んだ1行256素子だけを読み出す)。

ところが、このような本来の仕様とはまったく異なる動作をさせると、通常の撮像観測用動作時と比べ、雑音の増加(検出限界の低下)と光応答の再現性の悪さ(輝度決定精度の低下)という決定的な問題に直面しました。そこで、検出器を一体の既成部品と捉えるのではなく、光検出半導体と集積回路の極低温($\sim 6\text{K}$)での振る舞いとして物理的に理解することで、この観測要求を満たす動作方法を模索しました。検出器に関して、最高の条件で最高の性能を達成するための研究はほかのプロジェクトでも多々行われていますが、応用の幅を広げるために能力の限界を探る実験は、まったく新しい試みでした。これがこのプロジェクトの核心部になりますが、低雑音と安定した光応答を実現する方法を編み出し、実験室でカメラの目の前を横切る光を検出する実験を行い、その実現性を地上実験で事前に検証することができました。

これらの工夫により、中間赤外線全天サーベイを現実的に「あかり」の運用の枠内で実装でき、かつ天文学的に価値のあるデータが取得できることを、打上げ前までに実証することができました。

取得データ例

「あかり」は、打上げ以降、冷媒の液体ヘリウムを使い切るまで、約16ヶ月間、サーベイ観測を行いました。全天の97%以上をカバーし、多くの領域で3回以上の観測ができています。図2は、星形成領域の中間赤外線画像の例です。左が過去のIRASサーベイによるもの、つまりこれまで人類が持っていた情報です。右が「あかり」による新しいデータです。「あかり」の観測では、感度の向上により、今まで見たことのない天体がたくさん写っています。また空間分解能の向上により、例えば図中矢印で示した天体のように、それまで同じように見えていた天体が、異なる物理状態の天体としてはっきり認識できます。

点源カタログの作成

取得したデータから、まず検出点源(星や遠くの銀河など点源状に認識できるもの)のカタログを作成しました。カタログの作成においては、検出天体の数よりも信頼性を重視しました。「あかり」は同じ領域を複数回観測しています。この複数回観測したデータは、重ねてより深いマップをつくり検出天体を増やすように処理することもできますが、これらを独立な測定として扱うことで確実な天体検出を行い、信頼性を高める方向に使用しました。この作業によって、天体候補に混ざっていた磁気異常帯*通過時の宇宙放射線による信号、小惑星や彗星などの移動天体、そして静止衛星や

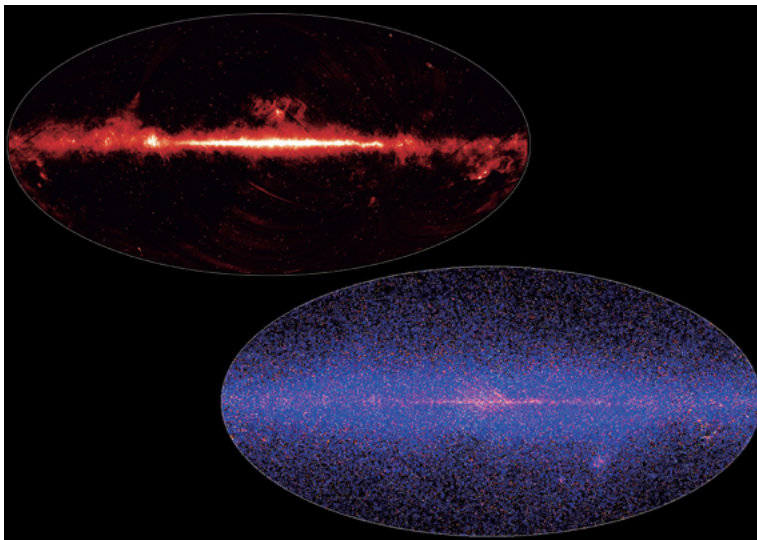


図1 「あかり」の波長 $9\mu\text{m}$ 帯での全天画像(上)と検出点源の銀河座標での分布
青が $9\mu\text{m}$ 帯天体、赤が $18\mu\text{m}$ 帯天体を表す。

デブリ（衛星のごみ）などの人工物の疑似検出信号が除外され、最終的に、合計約87万天体（9 μ m帯で約84万天体、18 μ m帯で19万天体）を、信頼性の高い（静止している）天体の検出と判定することができました。これは、中間赤外線波長域で人類にとって2つ目となる全天カタログとなり、天体数、輝度や位置の決定精度ともに1つ目（IRASカタログ）を凌駕するものになりました。カタログは2010年3月に全世界に公開し、現在は天文学のさまざまな分野で活躍しています。

中間赤外線全天サーベイデータの 特徴——ティコの超新星残骸の例

すでに「あかり」の中間赤外線全天サーベイによって、星が連鎖的に形成される現場の解明、惑星形成シナリオ解明の鍵となる近主星デブリ円盤観測の開拓など、さまざまな新しい成果が挙がっています。一方、このサーベイデータを用いて点源のみならず広がった天体の解析も進んでいます。最後にこれらの中から、最近のトピックの一つだけをご紹介します。

太陽の8倍より重い星は、その一生の最後に大爆発を起こし、星内部で合成した元素を宇宙空間に放出します（超新星爆発）。通称「ティコの超新星残骸」は、16世紀にデンマークの天文学者ティコ・ブラーエによって観測された超新星爆発の残骸です。比較的近く（5000～1万光年）にあり、人類史に記録が残されている、貴重な超新星残骸の一つです。

表紙写真左は、この残骸のカラー合成図です。青が日本のX線天文衛星「すざく」で捉えた、爆発により膨張する高温プラズマの分布を示しています。超新星から放出された物質は右上方向に多く広がっています。緑色は、電波の一酸化炭素(^{12}CO)輝線のマップで、星間空間にもともと存在する分子雲の分布を示しています。この図を見ると、超新星は右上方向に自由に膨張を続けている一方で、左上方向で星間物質と衝突しているように見えます。実際、現在の左上部分での衝撃波面の膨張速度は右上部分よりも遅くなっており、星間物質との衝突で減速されていると推測できます。

赤色は、超新星残骸の「あかり」の中間赤外線（18 μ m帯）での観測結果です。18 μ m帯で見えるのは、主に宇宙空間にある加熱された暖かい（～100K）塵からの放射です。塵の加熱源は、超新星の膨張する物質と星間物質との衝撃波と考えられます。全体的にシェル状に光っていますが、左上と右上方向に特に中間赤外線が明るい部分が見つかりました。「あかり」の遠赤外線観測からも、この残骸の左上方向に分子ガスとともに星間空間起源の冷たい塵が大量に分布していることが分かっているので、左上の明るい部分は、もともと星間空間にあった塵が超新星の衝撃波面で加熱されて暖かくなっている様子と推定できます。しかし、右上方向には星間空間起源の分子ガスや冷たい塵は存

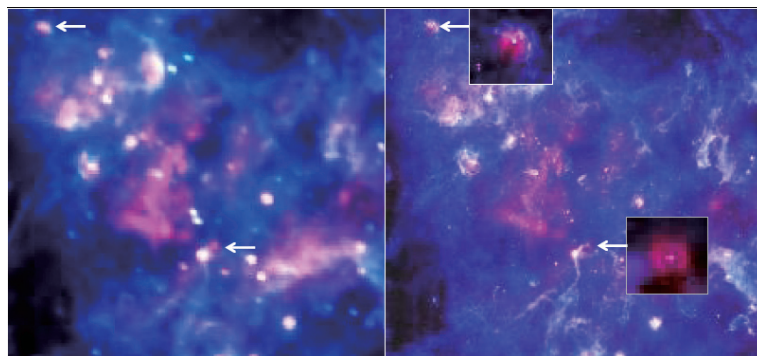


図2 はくちょう座 X-1 付近の星形成領域の中間赤外線画像

左：IRAS 衛星による画像。12 μ m 帯を青で、25 μ m 帯を赤で合成して示している。

右：「あかり」による画像。9 μ m 帯を青で、18 μ m 帯を赤で示している。

在せず、中間赤外線を放射している暖かい粒子は、何もない空間に突然現れたように見えます。

そこで、これら中間赤外線特に明るい箇所を、X線観測から調べられていた、超新星爆発の（1）衝撃波面（爆風の先端）、（2）不連続面（掃き集めた星間物質と超新星から噴出した物質の境界面）の位置との関係で詳細に比較してみます（表紙写真右）。左上の暖かい塵は、衝撃波面（白線）と不連続面（緑線）の間で光っており、掃き集められた星間空間起源の物質が加熱されたという描像を支持します。ところが右上の暖かい塵は、それとは異なり、不連続面の内側、超新星から放出された物質中で光っていることが分かりました。これは、超新星から噴出した高温の物質が冷えて凝縮して固体粒子になったものと推測することができます。

これは、超新星残骸での固体粒子生成の現場を捉えた貴重な成果であり、現在の我々の銀河系や初期宇宙での物質循環の研究にとって重要な情報です。次世代の赤外線衛星 SPICA による観測では、生成された粒子の星間空間への供給、ひいては次の星・惑星形成への物質の還元について、より具体的な観測的実証ができると思われます。

この研究は、名古屋大学のX線天文グループ(Ux研)との共同で進められたものですが、「あかり」の赤外線データは、星間空間の固体粒子の物理状態や起源の推定を通じて、宇宙のさまざまな物理現象の解明のための強力な手段になること、X線や電波の分野で議論されている課題にも応用できることを示しています。

結び

「あかり」は開発・運用の長い道のりを経て、現在科学的には収穫期にきています。今後次々新しい成果が出てくると思われ、ほかの波長の観測天文学者の方や理論の方々との協力がよりいっそう期待されます。「あかり」はJAXAのプロジェクトで、欧州宇宙機関(ESA)、東京大学・名古屋大学・ソウル大学、欧州の各大学の協力で進められました。「あかり」に携わったすべての方々に感謝致します。

(いしはら・だいすけ)

※ 南大西洋磁気異常帯
(South Atlantic Anomaly: SAA)
高度1000km以上に位置するヴァン・アレン帯が、ブラジル上空で高度300～400kmまで下がってきており、低軌道衛星も通過するときに大量の放射線を浴びる。

第1回小型科学衛星シンポジウム開催

3月1日に、第1回「小型科学衛星シンポジウム」を開催しました。今年から始めた新しいシンポジウムですが、120名の参加者、60件の発表(口頭・ポスター合わせて)と大盛況のシンポジウムとなりました。

宇宙科学のさまざまな分野の多彩な要求にタイムリーに応じていくために、宇宙科学研究所では、小型科学衛星シリーズ(SPRINT)計画が進められています。この小型科学衛星シリーズでは、「標準バス」という新しい考え方が導入されています。それにより、「セミオーダー型」の人工衛星として、低コスト化・開発期間短縮の実現を目指しています。

小型科学衛星1号機には、地球型惑星の大気散逸メカニズムや木星内部磁気圏活動のエネルギー源を調べるための極端紫外光(EUV)分光望遠鏡の搭載が予定され、

2013年度の打上げを目指して開発が進められています。続く2号機では、地球近傍宇宙空間(ジオスペース)における最高エネルギー粒子の生成メカニズムを探る内部磁気圏探査ミッションが予定され、2014～15年度ごろの打上げを目指しています。

本シンポジウムは、これらに続く3号機以降のミッションを議論するためのものです。ただし、小型科学衛星シリーズの特徴である「タイムリー」なミッションを「セミオーダー型」の衛星で実現するというのは、決して容易なことではありません。セミオーダー型ということは、ある程度の柔軟性はあるものの、制約もあるということです。その制約の中でタイムリーなミッションを実現するためには、優れたアイデアが必要です。小型科学衛星3号機に向けては、10を超えるワーキンググループがさまざまなアイデアを提案し、競い合っています。本シンポジウムは、ワーキンググループ間の情報共有と切磋琢磨の機会と位置付け、優れた将来ミッション創出の一助となることを目指し開催したものです。小型科学衛星シリーズが、新しい形の宇宙科学研究を産み出していくことを期待しています。

(シンポジウム世話人 中川貴雄／橋本樹明／佐藤毅彦)



ポスター会場での議論にも熱が入る参加者たち

爆発的星生成銀河 M82 の銀河風の起源を解明

爆発的星生成銀河は、星々が非常に活発に生まれている銀河で、「ベビーブーム」の状態にあります。私たちが住む銀河系もかつて爆発的星生成を経験したかもしれず、その素性を探ることは銀河系の歴史を知る上でも重要です。

銀河系から1200万光年の距離にあるM82も、ベビーブーム銀河の一つです。M82では、銀河風と呼ばれるガスとダストの強い流れが、中心部から外側にかけて1万光年以上ものスケールで生じています。銀河風の速度は、何と秒速数百km。どこからどのように銀河風が吹き出しているのかを知るには、銀河中心部にある星生成領域を詳しく調べる必要があります。

我々は、可視光では見通せないM82の中心部の構造を探るために、すばる望遠鏡に搭載された中間赤外線撮像分光装置

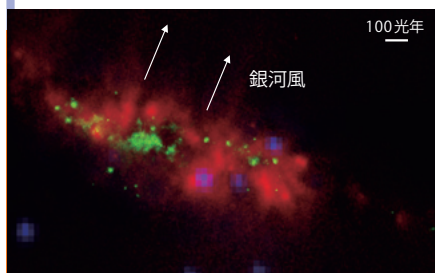
COMICSを用いて、波長10 μ mの中間赤外線観測を行いました。その結果、現在まで最もシャープなM82の中間赤外線画像を取得し、その中心部の構造を暴くことに成功しました。図の赤

が、すばる望遠鏡が見たM82中心部です。そこには、何百光年もの広い範囲に明るく光る領域が複数存在しています。この明るい領域がそれぞれ生まれたばかりの若い星々の集団、つまり若い星団に対応し、星々によって暖められたダストが中間赤外線でも明るく輝いています。また、それら星団から伸びる流れが複数存在しています。この流れこそが銀河風の根元に違いありません。つまり、M82で吹いている銀河風は1つの星団からではなく、複数の星団から吹き出した風が合わさったものだったのです。

また、ほかの観測データと比較することで、もう一つ興味深いことが分かりました。図の緑はハッブル宇宙望遠鏡の近赤外線画像(星の分布に対応)を、青はチャンドラX線観測衛星のX線画像(高密度星に対応)を表しています。この画像から、星の放射が直接は見えない場所でも激しい星生成活動が生じ、中間赤外線でも明るく輝いていることが分かりました。M82の中心部には、見えなくとも非常に多くの星々が潜んでいるのです。

M82のさらなる問題として、中心部に超巨大ブラックホールが存在するかどうか、があります。今回の観測からは超巨大ブラックホールは見つかりませんでした。しかし、まだ中心部に潜んでいる可能性はあり、その検証が今後の課題です。

(JAXA国際ナショナルトップヤングフェロー ガンディー・ポシャック／青山学院大学理工学部准教授 馬場彩)



M82中心部の疑似カラー画像

東日本大震災による被害状況について

3月11日の東日本大震災では、日本の広い地域が甚大な被害を受けました。科学衛星やロケットの試験を行っているJAXAの事業所・施設も被害を受け、復旧作業が続いています。また宇宙科学研究所ゆかりの地域でも被災された方が大勢いらっしゃいます。被災地のすべての皆さまにお見舞いを申し上げるとともに、ご心配いただいている全国の読者の方々に、断片的ではありますが、3月末時点で編集委員会が聞き取りをした、JAXA関連施設や地域の被害状況についてお伝えします。

2008年から大気球実験を行っている大樹航空宇宙実験場（北海道広尾郡大樹町多目的航空公園内）は、人的にも施設・設備もほとんど被害はありません。しかし2007年まで大気球観測所が置かれていた岩手県大船渡市三陸町は大きな被害を受けました。吉浜地区では、お世話になった民宿キッチンが流され、降下させたゴンドラの海上回収を依頼していた漁船の権現丸も失われたとのこと。旧・三陸大気球観測所の関係者の方々は無事と聞いていますが、ガソリンの不足など、ご苦労が続いているようです。越喜来地区では津波で防波堤が決壊し、亡くなられた方も多くおられます。大気球実験班がお世話になった佐々木旅館は2階まで津波が押し寄せ、丸八旅館や中華料理の北京亭は跡形もないとのこと。被災された方々の生活が、そしてウニやホタテ、ワカメなど、おいしい海産物を楽しめた三陸町が、一日でも早く元に戻ってほしいと祈ります。

ロケットエンジン開発の拠点である角田宇宙センター（宮城県角田市）では危険につながる大きな破損はなかったものの、さまざまな施設にダメージがあり、検査・復旧作業が続いています。ライフラインは復旧してきていますが、やはりガソリン不足が続いているとのこと。

記念すべき日本初のロケット発射場であった秋田県由利本荘市の道川、そして現在ロケットエンジンの地上燃焼試験を行っている能代ロケット実験場（秋田県能代市）は、直接の被害としては2日間の停電があっただけのようです。能代では、ちょうど再使用型ロケットエンジンの燃焼試験の準備中でした。実験班員は停電で状況が分からない中、津波に備えて避難したそうです。地震後はガソリンが不足し、まだまだ寒いのに暖房用の灯油が手に入りにくい、つらい状況にあります。

JAXAの中心的な施設であり、最近では科学衛星の試験も多く行われている筑波宇宙センターも、人的な被害はなかったものの、建物や設備にかなりの被害が出ています。総合環境試験棟などに大きな被害があって宇宙機の試験が止まり、一部実験設備の200V電力も止まっているとのこと。宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）の運用建屋は頑張って復旧させ、「こうのとり」2号機の国際宇宙ステーションか



らの離脱、大気圏再突入までの運用を、筑波から行うことができました。

太平洋岸の非常に広い範囲を津波は襲いましたが、さすがに九州ではその影響はなく、H-II Aなどの主力ロケットを打ち上げる種子島、およびイプシロンロケットの射場に決まった鹿児島県肝属町内之浦は被害なしです。

最後に相模原キャンパスの状況も少しお伝えしておきます。相模原でも大きな揺れに襲われましたが、地震の被害は軽微なものでした。むしろ電力節減のための計画停電の影響が大きく、宇宙機の試験などに影響が出ています。この影響で、ホームページがご覧になれない時間帯があるかもしれません。中断していたキャンパス一般公開は、4月4日から再開しました。ただし、計画停電などで中止することもありますので、ホームページなどでご確認ください。

宇宙科学研究所の関連施設がある4市2町は、相互の理解や親善のために「銀河連邦」という名前で交流を行っています。「銀河連邦サガミハラ共和国」からは、「銀河連邦サンリクオオフナト共和国」への支援を始めていただいていると聞いています。宇宙科学研究所としても、被災された宇宙科学研究者・学生がしばらくの間、相模原で研究を継続できるよう、受け入れを始めました。被災された方々の生活が少しでも早く元に戻るよう皆で力を合わせたいものです。

（村上 浩）

第30回「宇宙科学講演と映画の会」

4月9日、今回で30回の節目を迎えた「宇宙科学講演と映画の会」が新宿明治安田生命ホールで開催されました。昨年5月の「あかつき」「IKAROS」の打上げと6月の「はやぶさ」の地球帰還を受けて宇宙科学への注目度が高まっていることもあり、中村正人教授の『金星への帰還』と川口淳一郎教授の『「はやぶさ」

が挑んだ人類初の往復の宇宙旅行、その7年間の歩み』という講演を目当てに、記録的な数の参加者がありました。新作の映画『The Rover～今、宇宙は、探査ロボットの時代へ!』も上映し、同時にインターネットでの配信も開始しました。配布資料の数などから推定したところ、第1部がロビーで中継をご覧いただいた方を含め364名、第2部が同様に416名と、合計780名だったようです。せっかくお越しいただいたにもかかわらずお聴きになれなかった方や、長時間お待ちいただいた方もいらっしゃいました。この場を借りておわび申し上げます。

テーマと講師が決まった時点でこのような大混雑は予想され



入れ替え制で行った1部・2部とも満席となった

ましたが、問題を抜本的に解決するには、事前申し込み制にするか、予約済みの会場をキャンセルしてより広い会場に変更するか、ライブ中継を実現するか、開催頻度を増やすかぐらいしかありません。そこで、限られた収容能力でできるだけ多くの方にご参加いただくために、今回初めて2部入れ替え制を導入しました。

これによって合計680名の方に会場内でお聴きいただくことができました。来年度はより広い会場で開催できるように、複数の候補に当たっているところです。また、ライブ中継についてもネコビデオビジュアルソリューションズのご協力で実現し、インターネット経由での質問も受け付けました。会場に足をお運びいただけない方への配慮も若干はできたのではないかと思います。

2009年度から始めた夏の相模原キャンパス特別公開での「宇宙科学セミナー」を、今年も計画中です。どうぞご期待ください。
(阪本成一)

宇宙科学プログラムオフィス発足！

2011年4月1日付で宇宙科学研究所に宇宙科学プログラムオフィス(PO)が設置されました。POは、宇宙研で実行している大気球や観測ロケット実験から科学衛星・惑星探査機までを含む多様なミッションを横断的に支援することを目的に、宇宙科学システムエンジニアリング室に属していた企画グループと、科学推進部の計画ラインおよび研究教育

支援課がカバーしていた機能の一部を、統合する形で発足しました。POの役割として期待されているのは、宇宙科学プログラムの戦略的な企画調整、各ミッションの内外への対応窓口と危機管理を一元的に行うことです。

宇宙研で行われるミッションの特徴は、野心的な計画を限られたリソースで実現することにあります。さらに、宇宙研が主体となってインテグレーションを行いながら、開発リスクと向き合いながらも技術的なチャレンジを行っています。しかしながら、ミッションの高度化と社会情勢の変化などにより、個々のプロジェクトチームの果たすべき役割は急速に増大してお



宇宙科学プログラムオフィスのメンバー

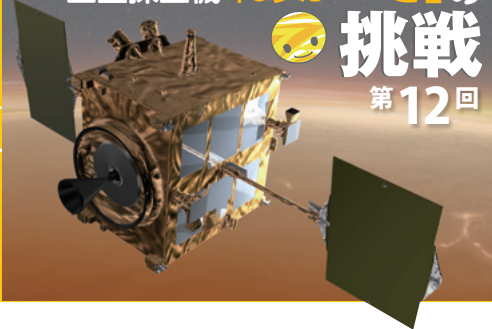
り、今後のミッションでは宇宙科学システムエンジニアリング室とPOがタッグを組む形で、それぞれのミッションに対して多方面からの支援を行うことが必要になってきます。また、宇宙研の中にそのような組織形態を用意することで、宇宙研の限られた人的リソースの範囲で最大限の成果創出につながることを目指していきたいと思います。またPOの設

置は、2009年度に設置された宇宙科学研究推進委員会により出された提言「JAXAにおける宇宙科学研究の更なる推進のあり方について」を受けた活動の一環であることを付け加えておきます。

最後になりますが、POではプロジェクトに関するよろず相談窓口も始めました。プロジェクトを進めて行く上での相談事や要調整事項があれば、遠慮なくPOのメンバーにコンタクトしてください。PO単体で対応が難しい問題についても、解決へのアプローチを含めて検討していきたいと思います。

(宇宙科学プログラムオフィス 上野宗孝)

金星探査機「あかつき」の挑戦 第12回



中間赤外カメラ(LIR)が映し出す金星の雲頂温度分布

立教大学 理学部 物理学科 教授
田口 真

2010年5月21日午後6時過ぎ、相模原へ向かって国道16号線八王子バイパスを南下中の私の携帯電話が鳴った。「あかつき」運用室にいる大学院生からだだった。「先生、何してるんですか？ LIRの画像、もう下りてきていますよ」

さらば、地球よ

同日朝、「あかつき」は打ち上げられ、軌道修正がまったく不要なほど順調に、予定の軌道を地球から遠ざかりつつあった。「あかつき」は地球を振り返り、見送る私たちに別れを告げるため、搭載するカメラで地球撮像を行った。その画像データが同日の夕方にダウンリンクされたが、ファーストライト画像を目にした関係者の歓声が上がる場面に私は間に合なかった。

LIRは波長 $10\mu\text{m}$ 付近の赤外線を使ったカメラです。人間の目に見える光(可視光線)の波長は $0.5\mu\text{m}$ 付近なので、赤外線は、その20倍も長い波長の光です。すべての物体は、その温度に応じた波長の光を発しています。およそ 5500°C の太陽は可視光線を中心とする光を出しています。私たちの体温くらいの温度の物体は、波長 $10\mu\text{m}$ 付近の赤外線を出しています。惑星も赤外線を発しています。図1はLIRが送ってきた、赤外線で見えた地球の姿です。比較のために静止気象衛星から撮られた地球赤外画像も並べてあります。赤外線の強弱は、それを発している場所の温度の高低を表しています。熱帯域に現れる背の高い雲や南極域は温度が低く、撮像時にはすでに夜になっていたオーストラリア大陸より周辺の海洋の方が温度が高いことが分かります。この地球画像からLIRは設計通りの性能を発揮していることが分かり、ひとまずほっとしました。

「あかつき」は予定の軌道をたどり順調に金星に近づき、2010年12月7日、運命の金星周回軌道投入の時を迎えました。そのとき何が起こったのか、いまだにはっきりと分かっていませんが、我々が「あかつき」の状態をつかんだときには、すでに「あかつき」は金星重力圏から遠ざかりつつありました。ぐずぐずしている暇はありません。「あかつき」は金星との再会を期して、撮像を試みました。1回目は金星が視野を外れて失敗。12月9日の2回目は成功。「あかつき」搭載カメラの視野は、本来の金星周回軌道上から金星像がほとんどよく収まるように設計されています。そのとき「あかつき」は地球撮像のときよりさらに遠い、金星から60万kmも離れた位置にありました。まるで標準レンズで運動会の我が子を撮るようなものですが、拡大された画像には、まさに夢にまで見た真ん丸の金星赤外画像が写っていました(図2)。翌10日にも撮像を行いました。これらのほかに我々が手にした

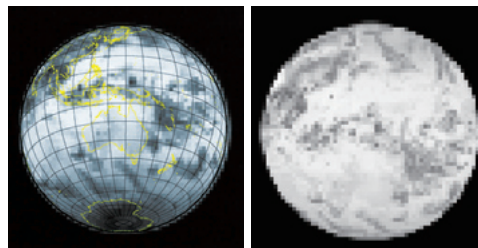
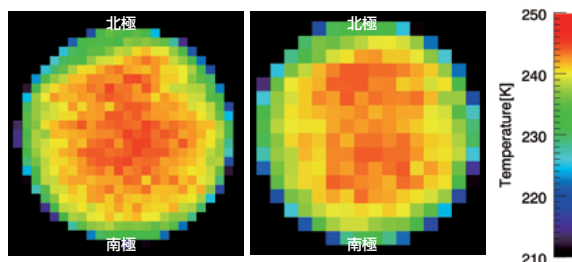


図1 LIRが25万kmの距離から撮像した地球赤外画像(左) 温度が高い場所ほど白く、海岸線を黄色で示してある。「あかつき」は赤道よりやや南から地球を見ていた。右は、ほぼ同時刻に赤道上空の静止気象衛星によって撮像された地球赤外画像。LIR画像に合わせて解像度を落としてある。

図2 金星の輝度温度分布

2010年12月9日00時40分(左)と10日02時00分(右)(いずれも世界標準時)にLIRによって撮られた金星赤外画像から求められた輝度温度分布。



金星赤外画像は、9日に得られた32枚積算画像だけです。

初めて見る金星の姿

これらは人類が初めて目にする、惑星探査機から撮像された金星半球の熱赤外画像です。過去に、地上望遠鏡を使った金星赤外観測例はありますが、地球大気の透過率が100%ではないため、これほど鮮明な画像は得られません。一見して目に付く特徴的な温度構造は、極域の低温とディスク中心から周辺へ向かう温度低下傾向です。後者は周辺へ向かうほど金星大気を見通す距離が長くなることによる効果です。また、北半球の極を取り巻く低温領域が見えています。これは過去の探査機によって発見された、ポーラカラーと呼ばれる金星大気に特徴的な温度分布だと思われます。さらに少し離して目を細めると見えてくる、北半球中緯度の帯状低温域とさらに小さいスケール(数百km)の温度構造があります。これらは雲の高さ分布を反映していると考えられます。我々が得たのはほんのわずかな画像データですが、今後の詳しい解析で金星の雲頂付近の新たな知見が得られると期待しています。それ故に、なおさら周回軌道投入の失敗が残念でなりません。

この原稿を書いている現在、東日本大震災から1週間がたちました。徐々に明らかになってくる未曾有の被害状況、地震・津波に起因する重篤な原発事故で、東日本は大変な状況に陥っています。「あかつき」には、打上げ前から現在までたくさんの人から温かい応援を頂いています。私たちは震災に遭われた人たちに何ができるだろうかと考えざるを得ません。今はただ、一刻も早い被災者救助と支援、そして放射線の封じ込めの成功を願うばかりです。(たぐち・まこと)

武者修行

ハイブリッドロケット燃料

広大な丘、穏やかな湾、郷愁漂う牛のにおい、気まぐれな天気。私は現在、イギリス・北アイルランドの首都ベルファストの郊外にあるUlster（アルスター）大学・ジョーダンズタウンキャンパスにいます。総合研究大学院大学若手教員海外派遣事業の派遣者として、2月から8ヶ月間の滞在予定で、Vasily Novozhilov教授とハイブリッドロケット用燃料としてのポリマーの熱分解特性について、共同研究を進めています。Novozhilov教授は、宇宙研宇宙輸送工学研究系の嶋田徹教授とハイブリッドロケットの内部燃焼の数値計算の共同研究をされており、2009年に3ヶ月間、客員教授として嶋田研究室に滞在していたことがあります。その一環として今回、私がNovozhilov研究室にお世話になることになった次第です。

Novozhilov教授の研究室は、建築環境学科のFire Safety Engineering Research and Technology Centre (FireSERT) の一部門で、教授のほかには講師、助手、博士課程の学生がそれぞれ1名と、修士課程の学生が6名、学部生が10名います。普段は燃焼を抑える研究をしています。例えば、スプリングラーによる消火の研究などです。私は普段、燃料をいかに激しく燃やすかということばかり考えているので、彼らは確実に異なった視点を持っています。その異なった視点をハイブリッドロケット燃焼

の研究に取り入れることで、性能の高い新たなハイブリッドロケット燃料が開発できることを期待しています。また、燃料となるポリマーの合成技術や、熱や燃焼に関するさまざまな分析装置を所有しているので、今後のハイブリッドロケット研究開発に活かせるように、それらの技術や分析テクニックの習得を目指しています。今までのところ、いくつもの新たなポリマーを合成し、FT-IR（フーリエ変換赤外分光光度計）やTGA（熱重量分析装置）といった分析装置を使って、ポリマーの組成や熱分解特性のデータの取得などを実施しました。環境にも慣れてきたので、これから研究を加速しようと思っているところです。

さて、ここからは研究から離れて、あまり日本人になじみのない北アイルランドのベルファストについて紹介したいと思います。ベルファストは、IRA（アイルランド共和軍）やテロといった危険で暗いイメージがあるようですが、数年前に平和解決が進んだことで、今では平穏な状態が続いています。北アイルランドの首都ではありますが、規模は小さく、ちょっとした街といった感じです。ちょうど宇宙研に近い相模原駅周辺をイメージすればよいかもしれません。夜は、店が早く閉まってしまい、ちょっと寂しい感じです。観光名所としては、ネオルネサンス様式の傑作といわれるシティホールやタイタニック号がつくられた造船所などがあり、一日観光を楽しめます。

3月17日には、聖パトリックス・フェスティバルという、アイルランド人にとって最大のイベントがありました。聖パトリックはアイルランドにキリスト教を布教した人物で、守護聖人に列せられており、この日は祝日となっています。この日はみんな、国花のシャムロック（クローバーのような三つ葉の植物）や緑色の物を身に付けて装い、街中でパレードやコンサートが開催されます。せっかくの祝日なので、私も緑の帽子をかぶってパレードの見学に行ってきました。小さな子どもから大きな大人まで、聖パトリックや魔女や恐竜など思い思いの格好をして大通りを練り歩いていました。街中大騒ぎでした。

そんなお祭りの後は、やっぱりパブ。アイルランド名物のギネスビールが一番です。やはり本場のものは、どこか違うのでしょうか？ クリーミーで濃厚な味わいでゴクゴクいけます。これに合う食べ物、これまたアイルランド名物のアイリッシュ・シチューでしょう。アイリッシュ・シチューはラム肉を使った肉じゃがのようなもので、家庭の味という感じで非常においしかったです。アイルランドの一大イベントを満喫しました。

こちらに来てから2ヶ月、充実した日々を過ごしています。それもひとえにこの長期出張にご尽力・ご協力してくださっている方々のおかげだと思っています。その恩に報いるためにも、残り半年、さらに充実した日々を送り、多くの経験を積みみたいと思います。

（きたがわ・こうき）



聖パトリックス・フェスティバル

北川幸樹

宇宙輸送工学研究系助教



何かが起こる瞬間

中須賀真一

東京大学大学院 工学系研究科
航空宇宙工学専攻 教授

私の世代の多くの宇宙関係者と同様、宇宙への関心をかき立てた最初の出来事は、残念ながら（日本の成果でなかったという意味での残念である）1969年7月、8歳の夏のアポロ11号であった。司令船とヒューストンとの通信の最後に必ず付く「ビー」という音、あれが子どもの私にとっては、宇宙そして未来から来る音そのものであった。月から帰ってくる宇宙船が地球の大気へ突入する際の角度がわずかに2度以下の幅しか駄目で、深いと燃えてしまい、浅いと宇宙に跳ね飛ばされてしまう。銀行マンだが技術への好奇心だけは強かった親父が教えてくれた厳しい月からの帰還の話は、幼な心に強烈なインパクトを与え、月着陸の興奮もそっちのけで怖くてよく眠れなくなったことが思い出される。そして、その後続く、大阪万博での「月の石」フィーバー。大阪に住んでいた私は、学校の遠足で一度、家族と一緒にもう一度、4時間並んで見た。強烈なスポットライトを浴びて輝いていたその石。あれが私にとっての「モノリス」だったかもしれない。

時は流れ流れて1998年11月。場所はハワイ・オアフ島イヒラニ・リゾート。日米の大学生が、実践的な宇宙プロジェクトを立ち上げるために集まり、3日間にわたって協議し、最終日にその成果を発表して1年間の活動を約束するというユニークな会議が行われた。日本からは東京大学、東京工業大学、九州大学、日本大学などが、アメリカからはスタンフォード大学、サンタクララ大学、ユタ大学などが参加。その席上、リーダーの一人、スタンフォード大学のTwiggs教授がいきなりコーラ缶を持って立ち上がり、「これで衛星をつくるぞ！（もちろん英語で）」の一言。「まさか缶サイズの衛星!？」といぶかりながらも、Twiggs教授の実績と熱意と、何となく気になるという感覚に誘われて、CANSATの検討チームのテーブルに就いたのが東大、東工大の大学院生。

1999年9月から現在まで続くアメリカ・ネバダ州の砂漠でのCANSAT打上げ実験、そして、その後続く大学発超小型衛星開発の歴史を刻む時計の針が動き始めた瞬間である。

CANSATがなかったらその後のCubeSatも超小型衛星も生まれなかったかもしれないと感謝する私は、後日Twiggs教授に「よくぞCANSATを提案してくださいました。いろいろ考えられた末の提案なんでしょう」と尋ねたが、教授はさらりと「いや、議論が煮詰まっていたので何かしないといけなと思って机を見たら、そこにたまたまコーラがあったんで反射的に提案しただけだ」との驚くべき弁。この事実を初めて知ったCANSAT世代にはごめん。

しかし、Twiggs教授はその次の年のハワイ会議では、ちゃんと10cm立方の衛星CubeSatを今度は十分に検討した末に提案してくれていますよ。野球の長嶋茂雄のような直感も持ったすごいアイデアマンであると、今にしても驚愕する。私が師と仰ぐ人である。

さらに時は流れて2003年6月30日、東大、東工大の学生の開発した2機のCubeSat打上

げの日。ロシアのプレセツクからROCKOTにより日本時間23時15分に打ち上げられた衛星は、翌日の0時46分に分離。深夜の大学研究室で、学生と日本上空を通過する最初のパスを待った。ロシアからヨーロッパ上空を通過するところに、東工大の衛星CUTE-1（キュートワン）の電波受信の最初の報告がメールで来た。実は、東大のXI-IV（サイフォー）、東工大のCUTE-1ともにアマチュア無線での通信を行うので、ビーコンの周波数は公開しており、世界中のアマチュア無線家が聞き耳を立ててくれていたのだ。その後も次々と入るCUTE-1受信メール。しかし、東大のは来ない。さすがに焦る。負けたか……。

4時36分、研究室の電話が鳴った。受話器の向こうから一言、「来た!」。電気通信大学のご厚意で菅平局をお借りし、そこに派遣していた学生からであった。高まる興奮と緊張の中で始まった最初の東京上空のパス。ノイズに紛れた受信機の音の中から静かに聞こえてきたのは、紛れもなくXI-IVの産声であった。そして、我々の心が初めて宇宙に届いた瞬間であった。

東大・東工大のCANSAT・CubeSat第1世代は、今や宇宙開発の中核で頑張ってくれている。「はやぶさ」や「IKAROS」をはじめJAXAのプロジェクトに携わる森君、津田君、此上君、吉原君、中谷君、山元君、澤田君、宇井君、東大・信州大で位置天文衛星Nano-JASMINEのプロジェクトリーダーを務める酒匂君、衛星ベンチャー会社を立ち上げた永島君、宮下君などなど（抜けている人がいたらごめん）。真っすぐに技術と向き合い、とどまることのない情熱にあふれた素晴らしい彼らとともに、「何かが起こる瞬間」を経験できた私は幸せ者であり、その瞬間は私の宝物である。そして、さらに多くの若者がそれぞれの Make it Happen! の瞬間に立ち会えることを祈りたい。（なかすか・しんいち）



2003年7月1日、XI-IV受信成功直後の喜び。宇宙研の津田君（中央）、信州大の酒匂君（左）とともに。

目指せ！ JAXA 国民認知度 100%

月・惑星探査プログラムグループ 開発員

細田聡史

—— イオンエンジンの開発をされています。
小惑星探査機「はやぶさ」にも搭載されたイオンエンジンとは？

細田：キセノンというガスをプラズマ化して、プラスの電気を帯びたイオンを超高速で噴射することで推進力を得るエンジンです。衛星打上げロケットなどに使われている燃料を燃焼させて推進力を得る化学推進エンジンと比べると、イオンエンジンは推進力は小さいのですが、燃費がとてもいいという特徴があります。小惑星イトカワへの往復という「はやぶさ」の偉業は、イオンエンジンがなければ実現できませんでした。

そのイオンエンジンをつくったのが、私が絶対の信頼を寄せている國中均先生です。國中先生は、「はやぶさ」プロジェクトが立ち上がる前に、「月より遠い天体まで行って試料を持ち帰ってくるには、このエンジンが必要だ」と一人でイオンエンジンの開発を始めました。彼の未来を見る目は確かです。私は今、國中先生の技術を引き継ぎながら、「はやぶさ2」のイオンエンジンを開発しています。「はやぶさ」のイオンエンジンは宇宙で思いがけぬトラブルに見舞われました。のべ4万時間もの運転の記録を読み取りながらトラブルの原因を探り、改良を進めているところです。並行してイオンエンジンの商業展開を目指した開発を企業と進めています。

—— イオンエンジンの商業展開とは？

細田：気象衛星や通信衛星は時々軌道を修正する必要があるため、小型の化学推進エンジンを積んでいます。衛星の機能は正常でも、その燃料切れによって運用を終了せざるを得ない例が多くあります。燃費の良いイオンエンジンを使えば、衛星の寿命を延ばすことができます。また、化学推進エンジンと比べて細かい軌道修正ができるため、衛星を安全に高密度で配置することが可能です。イオンエンジンの開発を通じて、人々の生活をもっと便利に豊かにすることに貢献できたらうれしいですね。

—— 宇宙やロケットエンジンに興味を持ったきっかけは？

細田：家業がものづくりをしていたため、パソコンや電子機器が身近にあったからでしょうか。小さいころからデジっ子で、工作やコンピュータプログラムを組んだりすることが大好きでした。この道に進んだ大きなきっかけは、高校生のころに見た『トップをねらえ』というSFアニメです。そこに登場する超光速宇宙船に憧れ、まだ誰も実現していないロケットエンジンをつくりたいと、航空宇宙学科のある大学に進み



ほそだ・さとし。1973年、愛知県生まれ。博士（工学）。2003年東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻博士課程修了。九州工業大学工学部産学連携研究員を経て、2006年よりJAXA研究員。2011年4月より現職。イオンエンジン開発および「はやぶさ」運用に従事。専門は非化学推進、プラズマ工学、宇宙機帯電、宇宙機器の研究開発など。最近は大衆・普及・教育活動にも精力的に取り組む。

ました。そして大学1年生のとき、宇宙研の一般公開でイオンエンジンに出会い、これだ！と、一瞬で魅せられてしまいました。

—— この仕事の魅力は？

細田：自分でもものをつくるって、面白いですよ。自分がつくったものが不可能を可能にし、科学を進めていくのですから。でも、1ヶ所でもんだ付けを間違えただけで故障する。因果関係ははっきりしているところも、ものづくりの楽しさでもあり、怖さでもあります。

—— 「はやぶさ」の地球帰還時は、広報も担当されました。

細田：5年ほど前に出身高校で講演をしたとき、JAXAを知っている生徒は一人もいませんでした。どんなに最先端の技術を開発し、科学的成果を挙げていても、皆さんに知られていなければ意味がありません。広報、普及、教育をしていかなければJAXAの未来はないと感じていたので、迷わず立候補しました。

—— ブログやツイッターを活用し、大きな反響がありました。

細田：広報活動で大切なのは、分かりやすい情報を、即時性をもって、継続的に発信すること。しかも、情報を一方的に出すのではなく、皆さんも参加し、共感できることが重要です。そして、「はやぶさ」の最大の魅力は、本物の技術とそれを支える人間ドラマです。現場の生の声を皆さんに届け、皆さんの「頑張れ！」という声を現場に届ける。それを目指しました。

「はやぶさ」を応援する声は、「あかつき」「IKAROS」「みちびき」へとつながり、次第に大きくなってきて感じています。JAXAの国民認知度を100%にしたいですね。

—— 休日には何をされていますか？

細田：体を動かすことが好きなので、地域の野球チームに入って白球を追いかけています。息抜きにもなるし、違うコミュニティの人たちとの触れ合いも大切です。2人の子と、もっと遊んで、もっと宇宙の話をしあえる時間をつくりたいですね。最近、5歳の長男がJAXAの探査機・衛星たちの絵を描いてくれました（写真）。「はやぶさ」のイオンエンジンがきちんと描いてあるでしょう。よく分かっている（笑）。「ばくも大きくなったら宇宙の仕事をしたいな」と言っています。うれしいなあ。

ISAS ニュース No.361 2011.4 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

震災から1ヶ月。被災地の人たちは、まだまだ大変な思いをされています。相模原でさえ大きな影響が続いています。つつい心が落ち込んだり、ぎすぎすしたりしがちですが、『ISAS ニュース』が少しでも皆さんの元気が出るような情報の発信源であれば、と願います。（紀伊恒男）

* 本誌は再生紙（古紙70%）、大豆インキを使用しています。

270

古紙パルプ配合率70%再生紙を使用

PRINTED WITH SOYINK