
 「ひので」で見た
 水星太陽面通過

左：極端紫外線撮像分光装置による Fe XII 輝線画像、右：可視光磁場望遠鏡のストークス・ポラリメータによる連続光画像。分光器のスリットの位置を少しずつ横にずらして撮影していくために、移動している水星は横に伸びた形になっている。(P.6 参照)

宇宙科学最前線

「すざく」が明らかにした Ia型超新星の起源

NASA ゴダードスペースフライトセンター・研究員
 兼メリーランド大学カレッジパーク校・助教

山口 弘悦 (やまぐち ひろや)

宇宙の化学進化と超新星爆発

私たちの宇宙は、炭素や酸素、ケイ素、鉄など、生命と文明を支える元素で満ち溢れている。しかしそれらは初めからあったわけではない。宇宙創生のイベント「ビッグバン」によって作られたのは、主に水素とヘリウムだけであった。その他の元素(「重元素」と呼ばれる)のほとんどは、恒星内部における核融合を経て作られる。作られた重元素は、超新星(寿命を終えた星の爆発)によって宇宙空間に撒き散らされ、やがて次の星へと生まれ変わる。そこで新たな元素生成の種となり、また撒き散らされる。こうしたサイクルが、宇宙誕生後 138 億年の間に幾度も繰り返され、今のようにバラエティー豊かな宇宙、そして地球と生命が生まれたのである。

超新星は、単に恒星内部の物質を撒き散らすだけではない。爆発時には星の大部分が高い温度(摂氏数十億度)にさらされるため、それまで以上に効率のよい核融合が起こる。したがって、超新星爆発の仕組みを詳しく知ることは、宇宙の化学進化の歴史を紐解く上で重要な一歩となる。言い換えれば、「星がどのようにして爆発するか」を解明することで「どんな元素がどれだけ作られるか」も同時にわかる。本記事ではその具体例を示しつつ、

筆者が日々行う研究の一端を紹介したい。

超新星残骸のX線観測

さて、超新星の素性を調べるにはどんな天体を観ればよいだろうか。誰もが真っ先に考えつく答えは、「超新星爆発そのもの」だと推測する。星が爆発すると、少なくとも数十日間は可視光帯域で明るく輝くため、性能のよい望遠鏡があれば(場合によっては肉眼で)地上からでもお目にかかる。しかし筆者は、ちょっとトリッキーな天体を観測する。それは、私たちが生まれるよりもずっと前、具体的には数百年から数千年前に爆発した星の痕跡、「超新星残骸」だ。超新星残骸は我々が住む天の川銀河に多数存在するため、遠方で起こる超新星と比べて、細部まで詳しく調べることができる。生成された重元素の種類や量だけでなく、その空間分布や爆発の形状など、超新星残骸の観測から引き出せる情報は多い。

(超新星残骸の詳細については、勝田哲氏の記事 No.373、2012 年 4 月号を参照)

一方で難点もある。超新星残骸は地球大気を貫通できないX線で輝くため、人工衛星を打ち上げて宇宙から観測しなければならない。宇宙観測の難しさは、地上とは

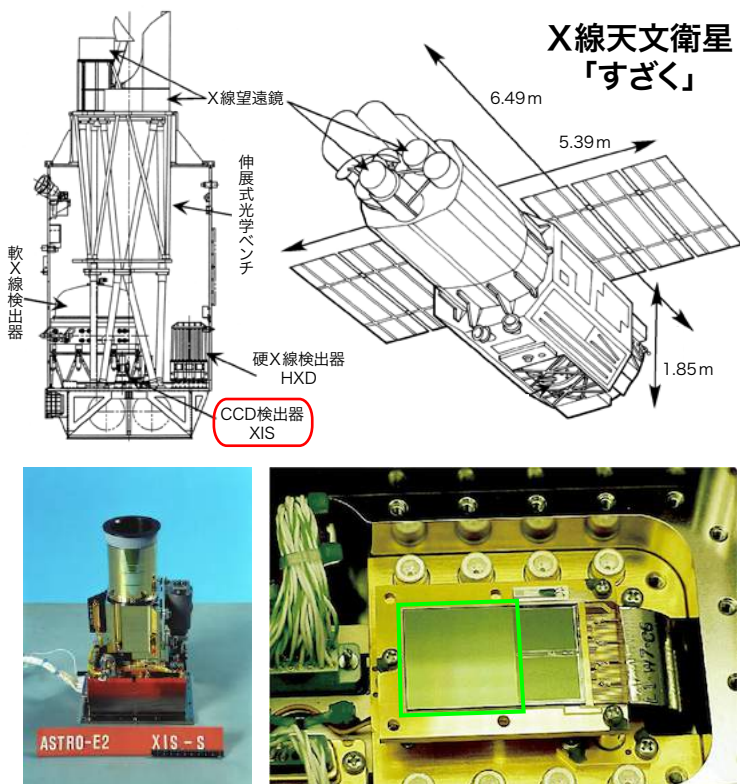


図1 (上) X線天文衛星「すずく」の概観。(左下) X線 CCD カメラ「XIS」の全体写真。(右下) XISの半導体素子部。緑枠内の領域のみが露光され、天体からの X 線を検出する。

異なって「問題が発生・発覚したときにやり直しがきかない」という点にある。したがって、衛星や検出器のデザインは極力シンプルにして、打上げ前には入念な試験を行う。これらは機器の安全性を確保するだけでなく、その動作や特性を深く理解し、持ち味を最大限に引き出す目的も兼ねる。筆者は京都大学大学院在籍時に、X線天文衛星「すずく」(2005年7月に打ち上げ)の主力検出器『XIS』(図1)の地上試験に携わり、その較正に全力を注いだ。XISはシリコンの半導体でできた CCD カメラである。半導体は宇宙線被曝によって結晶構造に欠陥が生じるため、軌道上で徐々にエネルギー分解能が低下することが予めわかっていた。したがって地上較正試験では、打上げ後に想定される性能劣化を最小限に食い止めることを特に意識し、そのための工夫を凝らした。結果として、XISは CCD カメラとしては史上最高のエネルギー分解能を実現し、他衛星を圧倒する輝線検出能力を2015年の科学運用終了まで維持できた。これが、後述する観測成果につながる事となる。

Ia 型超新星の親星問題

超新星には、様々なタイプがあることが知られる。本記事は中でも、「Ia (いちえー) 型」と呼ばれる、白色矮星の爆発的核融合による超新星を取り扱う(白色矮星の詳細については、林多佳由氏の記事 No.397、2014年4月号を参照)。Ia型超新星は、宇宙に存在する鉄族元素の主要起源であるとともに、宇宙論の研究においても極めて重要な役割を持つ。それは、最大光度時の絶対等級が天体間でほぼ一樣なため、遠方までの距離を測る「ものさし」になることだ(「宇宙の標準光源」)。過去にはこの性質を利用して宇宙の膨張が加速している

事実が突き止められ、2011年のノーベル物理学賞の対象研究にもなった。しかし「明るさが天体間で一樣」であることは、数ある超新星の観測から経験的に知られているに過ぎず、その物理的根拠は全くわかっていない。それどころか、親星(爆発前の星)である白色矮星が、どのように進化してどのように爆発に至るか、という基本的な問いに対しても、未だ明確な答えが得られていないのである。

もちろん、有力な説がないわけではない。白色矮星には「チャンドラセカール限界」と呼ばれる、存在可能な質量の上限値(太陽質量の約1.4倍)があるため、この質量に近づくと星が不安定になって暴走的な核融合を始める。それを根拠に、「白色矮星が近傍の星から物質を吸い寄せ、限界質量に達したところで Ia 型超新星になる」という仮説が比較的古くから受け入れられてきた(前述した林氏の記事参照)。この仮説が正しければ、どの Ia 型超新星もほとんど同じ質量で爆発することになるので、明るさが一樣になるのもうなずける。ところが最近になって、もっと軽い白色矮星でも爆発できると主張する研究者が急増している。例えば、2つの白色矮星の合体によって超新星爆発が起こるといふのだ。こうなってくると、Ia 型超新星が本当に「標準光源」たり得るかも、もはや怪しい。我々が知る宇宙膨張の歴史や宇宙年齢は本当に正しいのだろうか? これら一連の疑問は「Ia 型超新星の親星問題」と呼ばれ、現在、世界的に熱い論争が繰り広げられている。米国の学術機関 National Academy of Science も、Ia 型超新星の起源解明を、現代宇宙物理学における最重要課題の一つに位置づけたほどだ。

超新星残骸の元素組成から親星問題に迫る

筆者がこの問題の白熱ぶりを認識したのは、米国へと所属を移した2011年のことだった。初めて出席した米国天文学会で、まさに「Ia 型超新星の親星問題 (Type Ia supernova progenitor issue)」というタイトルの特別セッションが組まれていたのだ。理論から観測まで様々な分野の研究者が登壇していたが、X線観測によるアプローチはまだ主流ではない、という印象を受けた。一方、当時の筆者はというと、検出器の仕事をししばし離れ、X線放射過程の理論研究に取り組んでいた。そのおかげで、超新星残骸のスペクトル解析を通じて正確な元素量測定を行えるようになっていた。何とかこの特技を活かして親星問題の解明に取り組めないだろうか。そう考えていろいろな文献を調べたところ、以下のことに気づいた。結論から言うと、鉄族元素(鉄やニッケルなど)の組成比を使えば、親星の質量を制限できるのである。

図2をご覧ください。Ia 型超新星の親星である白色矮星は、主に炭素と酸素から成る。両元素は、ともに同数の陽子と中性子を持つ。したがって、爆発時に合成される重元素も、陽子と中性子が同数になりやすい。中でも多く作られるのが、ニッケル 56 (^{56}Ni) である(陽子数 = 中性子数 = 28)。この元素は不安定なので、放射性崩壊 ($^{56}\text{Ni} \rightarrow ^{56}\text{Co} \rightarrow ^{56}\text{Fe}$) を経て、爆発後約3カ月で鉄に

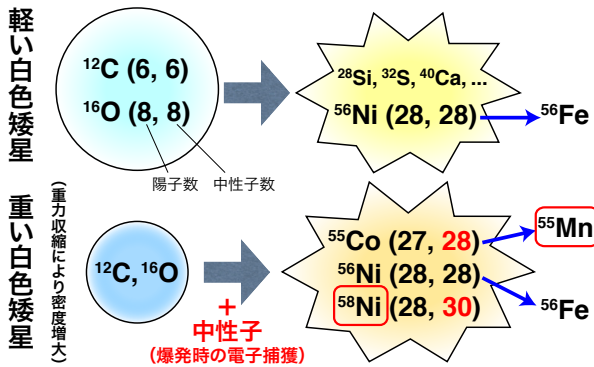


図2 Ia型超新星における核融合反応の概要。括弧内の数字は、左から陽子数と中性子数を示す。白色矮星は重くなると自己重力により収縮するため、密度が高くなる(図下段)。質量がチャンドラセカール限界に近づくと、星中心付近の密度が $2 \times 10^8 \text{ g cm}^{-3}$ を上回り、Ia型超新星として爆発する際に電子捕獲が起こる。その結果、 ^{56}Ni や ^{55}Co (爆発後 ^{55}Mn に崩壊)などの中性子過剰元素が多量に生成される。

変わる。Ia型超新星から多量の鉄が供給されるのはそのためだ。しかし、親星の質量がチャンドラセカール限界に近い場合に限り、爆発前後での陽子数・中性子数保存がわずかに崩れる。強い自己重力によって白色矮星中心に高密度領域が形成されるため、爆発時に電子捕獲反応 ($p + e^- \rightarrow n + \nu_e$) が起こり、中性子数が増大するのだ(電子捕獲が起こる密度は $2 \times 10^8 \text{ g cm}^{-3}$ 以上)。この効果のため、 ^{56}Ni に加えて、中性子を過剰に持つニッケル58 (^{58}Ni) が効率的に作られる。ニッケル58は安定核なので、爆発後もそのまま存続する。同様の理由で、マンガン(Mn)やクロム(Cr)の生成量も、質量の大きいIa型超新星ほど多くなる。したがって、これらの元素を多量に含む超新星、あるいはその残骸を発見できれば、親星が真にチャンドラセカール限界に達したことの証明となる。

この方法、一見簡単そうに見えるが、実際には多くの困難があった。超新星爆発直後の可視光観測では、ニッケルやマンガンを原理的に検出できない^{注)}。また、そもそもの生成量が少ないため、超新星残骸のX線観測でも組成測定が極めて難しかった。この状況を大きく変えたのが「すざく」である。望遠鏡が持つ大有効面積と、先述したXISの高いエネルギー分解能が相まって、微弱な輝線の検出を得意としていたからだ。そこで筆者は「すざく」がこれまでに観測した超新星残骸のデータをくまなく分析して、

注) ニッケルについては爆発後1年ほどで見えてくるものの、その全質量まで決めることはできない。

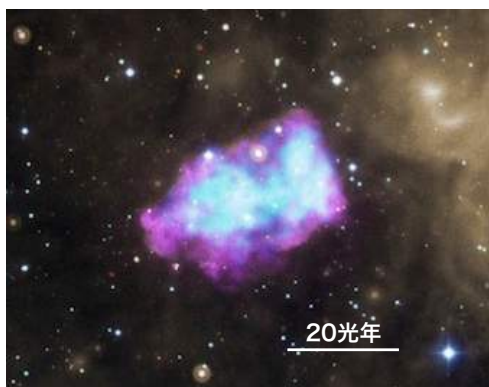


図3 「すざく」が観測したIa型超新星残骸「3C 397」のX線画像(左)およびスペクトル(右)。XISの優れた感度により、Cr, Mn, Niの輝線がこの天体から初めて検出された。

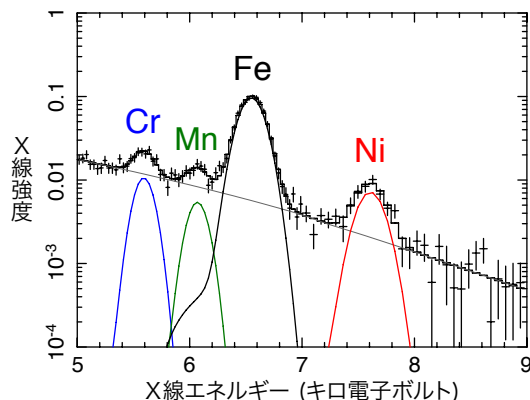
鉄族元素の組成比を測定した。その結果、少なくとも1つのIa型超新星残骸『3C 397』から、爆発時の電子捕獲なしには説明できないほど多量のクロム、マンガン、ニッケルを発見した。図3にそのイメージとスペクトルを示す。これほど強い鉄族元素の輝線が検出されたのは、史上初のことであった。3C 397の親星は、確かにチャンドラセカール限界質量を持つ白色矮星だったのだ。

今後の課題

上記の発見は、Ia型超新星の起源と元素合成機構の両方に対して新知見をもたらした成果として、NASAウェブサイトのトップページなどで大きく取り上げられた。しかし、ここに一つの疑問が残る。「すざく」は3C 397の他にも多数のIa型超新星残骸を観測したが、これまでのところ電子捕獲の証拠を明確に示す結果はこの一例を除いて得られていない。この事実は、Ia型超新星の親星が、必ずしも全て限界質量には達するわけではない、すなわち先述した「軽い親星説」を支持するのだろうか？ 残念ながら、現状ではこの問いに対して明確な結論は出せない。電子捕獲反応を経て作られるニッケルやマンガンは超新星残骸のごく一部にしか存在せず、その空間分布や温度によってはX線で光りにくくなるためだ。この問題を解決するには、「すざく」よりもさらに高感度で、角度分解能の高い衛星が必要となる。まだずっと先のことになるが、2028年頃に欧州が打上げを予定しているAthena衛星などがブレイクスルーをもたらすだろう。将来の研究に期待したい。

謝辞

本記事執筆の機会をいただいたのは、筆者が2016年3月10日に第8回宇宙科学奨励賞(宇宙科学振興会)を授与されたことに関連します。同月22日には、現所属機関NASA/GSFCの最高奨励賞に当たるRobert H. Goddard Honor Awardを頂くこともできました。筆者の学生時代から温かくご指導くださった小山勝二先生に深く感謝いたします。また、受賞理由となった研究は、いずれも「すざく」でしか成し得なかったものです。XISの地上試験や初期運用で特にお世話になった中嶋大さん、松本浩典さん、鶴剛さん、林田清さん、そして切磋琢磨し合えた戦友の勝田哲さんに、この場をお借りしてお礼を申し上げます。



ASTRO-H(「ひとみ」)の機能喪失の原因究明について

すでに報道されているとおり、2016年2月17日に打ち上げたX線天文衛星ASTRO-H(「ひとみ」)は、試験観測中であった3月26日に衛星からの電波を正常に受信できず、その後の調査で衛星の機能を喪失したと判断したため、2016年4月28日に復旧運用を断念しました。

異常事態発生当日に、理事長を長とする対策本部およびISAS所長を長とする原因究明チームをJAXA内に設置し、背後要因を含めた原因の究明に取り組んできました。「衛星」から得られたテレメトリデータの解析、搭載ソフトウェアを用いたシミュレーション検討、設計審査や開発試験のデータ等をもとに調査を進めました。その際、宇宙科学研究所のみならず、JAXA全体の専門家が参加し、開発を担当した関係者および企業からも聞き取り調査等を行い、積極的な協力を得ました。調査結果は、宇宙開発利用部会(文部科学省 科学技術・学術審議会)において報告し、またX線天文衛星「ひとみ」の異常事象に関する小委員会にてその妥当性が評価されました。

調査で明らかになった衛星の機能喪失に至る異常発生メカニズムは、以下のとおりです。詳細は下記JAXAホームページに出ています。

(<http://fanfun.jaxa.jp/topics/detail/7243.html>)

1. 衛星の姿勢変更運用終了後、姿勢推定中に慣性航法装置のバイアスレートが高い値に保持され、実際には衛星が回転していないにもかかわらず、姿勢制御系は衛

星が回転していると自己判断した。その結果、その回転を止めようとする向きにリアクションホイール(RW)を作動させ、衛星を誤って回転させるという姿勢異常が発生したのがきっかけである。

2. 姿勢制御系が実施する磁気トルカによる角運動量のアンローディングが姿勢異常のため正常に働かず、RWに角運動量が蓄積し続けた。

3. 姿勢制御系はこの状況を危険と判断し、衛星を安全な状態とするためにセーフホールドに移行し、スラスターを噴射したと推定される。その際、姿勢制御系は不適切なスラスター制御パラメータにより、想定と異なる指示をスラスターに与え、その結果衛星の回転が加速する作用を与えた。

4. 衛星の想定以上の回転運動(数秒に1回転)により、太陽電池パドルと伸展式光学ベンチなど回転状態で発生する力に対して構造的に弱い部位が破断し分離したと推定される。特に太陽電池パドルについては、取付部周辺で破損し、両翼とも分離したと考える。

その後の分析により、異常発生要因として、設計時におけるシステム全体の安全性が検討不十分であったこと、運用において、初期運用段階でのリスクを過小評価し、運用手順書の整備や運用訓練が不十分であったこと、不適切なパラメータ設定においては、データ入力誤りや検証の漏れ等人的ミスを見逃さない仕組みの不備等が挙げられます。原因および背後要因を精査し、二度とこのようなことが起こらない対策が急務です。(久保田 孝)

SPICA 国際科学ボードの開催



JAXAのSPICA国際科学ボード会議でSPICA計画について説明する計画代表者の芝井広教授。

SPICA(Space Infrared Telescope for Cosmology and Astrophysics)計画は、宇宙が重元素と星間塵により多様で豊かな世界になり、生命居住可能な惑星世界をもたらした過程を解明することを目的とする次世代の赤外線天文衛星です。2027-2028年の打上げを目指し、日本と欧州が共同で開発を進めています。

5月9日、10日、JAXA東京事務所(御茶ノ水)において、JAXA SPICA国際ボードの第1回会議が開催されました。これは、JAXA宇宙科学研究所がSPICA計画を推進するにあたり、当該の分野において国際的に活躍されている指導的な研究者を招へいしてSPICA

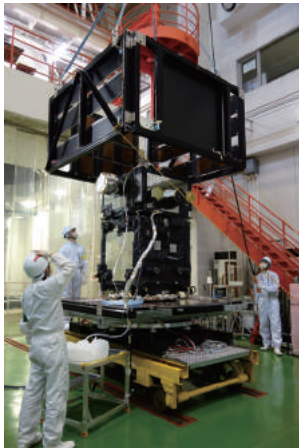
チームが目指す科学目的を吟味し、SPICAチームの活動に反映して計画をさらに発展させてゆくためのJAXAに対する提言をいただくためのものです。特に、日本と欧州のSPICAチームが準備を進めている欧州宇宙機関ESA Cosmic Vision M5(宇宙科学ミッションのM-Class)提案公募への応募にあたり、SPICAの目指す科学目的、期待される科学成果についての内容を吟味し、これをより明確かつ強力なものとするための助言が求められます。議長を務めていただいたフランスのDavid Elbaz博士をはじめ、欧州、米国、日本の11名の委員の方が参加され、真摯な議論と評価をいただきました。国際ボード会議は、欧米日の第一線の研究者の方々にSPICA計画についてより理解を深めていただき、真剣な考察をいただくための得がたい機会でもあります。

会議では、日本のSPICAチームから、SPICAとその観測装置SMIおよびSAFARIについての紹介に続いて、SPICA計画の核となる科学目的についてのプレゼンテーションが行われ、大変活発な議論が行われました。国際科学ボード委員からは、多くの建設的な質疑、また、計画をより良くするための批判的な質疑が行われま

した。国際科学ボードからは、これらの議論に基づいて、JAXA 宇宙科学研究所への提言が行われます。ここには、SPICA チームへの「宿題」が盛り込まれますが、これ

を踏まえて、欧州の SPICA チーム研究者とも十分に議論を重ねつつ計画提案を練り上げる努力をさらに続けてゆくことが必須です。(山田 亨)

ERG熱真空試験実施



ERG衛星の周囲を取り囲む熱入力模擬のための赤外線パネルを取り付けるところ。

ジオスペース探査衛星 ERG は 2016 年度の打上げに向けて、2015 年 10 月から総合試験を進めており、2016 年 4 月に試験のバトンがシステム熱真空試験に渡りました。熱真空試験ではシステムとして衛星を組み上げた状態で真空環境に曝し、機器が高温・低温環境に曝されても壊れないか、衛星の運用時に使用するコマンドに対して機器が正常に動作するか、

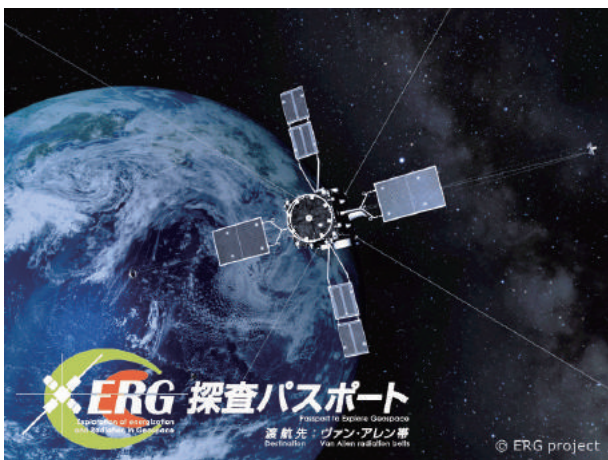
事前に予測した温度と計測温度を比較して熱解析モデルに間違いがないか、許容される温度範囲に納まっているか確認することが目的です。試験は宇宙の真空・低温環境を模擬することのできる 4mφ スペースチェンバーにて行い、軌道上の太陽光による熱入力は赤外線パネルを用いて模擬する方法で実施しました(写真は 3 段ある赤外線パネルのうちの 1 段目が取り付けられるところ。3 段取

り付けると衛星は鳥籠に入れられたような形態となる)。試験は 5 月 5 日～ 19 日の期間に行われ、プロジェクト、ミッション機器担当、担当メーカ、チェンバー運転メーカが一丸となって 24 時間フル稼働で取り組みました。

いつもはがらんとしたチャンバー制御室が衛星の地上系の試験装置や外部電源などで埋まり、チェックアウト室にはミッション機器担当やサブシステムのみなさんが集結しました。限られた時間中に必要な確認やデータ取得を確実に行うために、事前に詳細に検討された試験手順に従って、昼夜問わず継続して試験を行いました。試験は、ERG が打上げから軌道上での運用で経験する各モードで行い、それぞれの環境にて電気的な確認や熱平衡データを取得しました。機器の高温化が危惧されるモードや、バッテリー容量が足りるかを確認するモードなど、モニタ画面に張り付いてはらはらしながら見守るような試験内容もありましたが、計画した全ての試験を無事に終えることができました。取得したデータをもとに、今後さらに解析や調整を進めていく予定です。

打上げに向けてもう少し総合試験が続きます。ジオスペースへの打上げに向けて引き続きプロジェクトが一丸となって開発を進めてまいりますので応援をどうぞよろしくお願いいたします。(柴野 靖子)

「ジオスペース衛星 ERG にあなたの応援メッセージを載せよう！」キャンペーン報告



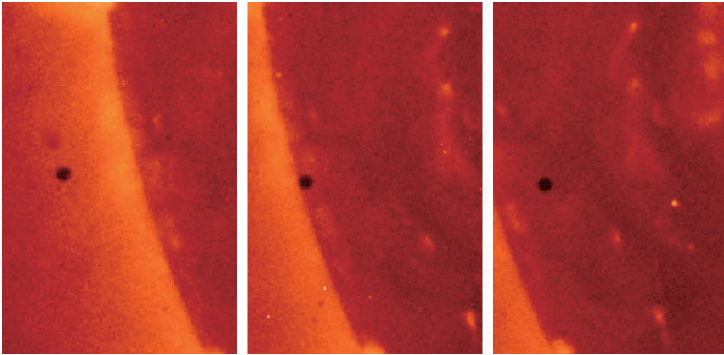
ご応募いただいた方々には、ウェブ上に「ERG 探査パスポート」の画像ファイルを表示させていただきました。ダウンロードしてお楽しみいただけただけであれば嬉しい限りです。

ISAS ニュース 3 月号の ISAS 事情の記事中にてご紹介させていただいた「ジオスペース衛星 ERG にあなたの応援メッセージを載せよう！」キャンペーンは、広報

部をはじめとした多くの方々のご協力の下、当初予定より応募期間を延長して 2 月 25 日から 4 月 25 日までの 2 カ月間にわたって実施させていただきました。その結果、周知期間が短かったにもかかわらず、国内外より約 2,400 件にも及ぶ応募をいただきました。ヴァン・アレン帯という一般の方には必ずしも耳慣れない領域の探査であることから、このキャンペーンを通じて少しでも多くの方に私たちのミッションについて興味を持っていただきたいと思って始めたことですが、逆に数多くの温かい励ましのお言葉を頂戴し、プロジェクトメンバー一同を大変元気づけていただきました。本当にありがとうございます。いただいたメッセージやお名前はアルミプレートに写真印刷を行い、まもなく衛星のバランスウエイトとして搭載する予定です。ERG プロジェクトでは引き続きフライトモデルの総合試験が続いています。打上げに向けて万全を尽くして準備を進めてまいりますので、今後とも応援いただければ幸いです。

(篠原 育)

ちっちゃい水星が太陽の前を通過



「ひので」に搭載されたX線望遠鏡がとらえた水星の移動。太陽の東側縁に広がる太陽コロナの手前に水星がシルエットとして見えている。

5月9日に水星が太陽面を通過していく現象（水星太陽面通過）が欧米を中心に地上から観察されました。欧米の天文台（米国国立太陽天文台やビッグベア天文台など）や衛星（SDO、IRIS）がとらえた通過の様子がこぞってネット上で速報され、欧米では結構な盛り上がりを見せていました。

この現象は、ちょうど日本の夜に起きたために日本ではほとんど話題に上りませんでした。日本の太陽観測衛星「ひので」がその通過をとらえていました。「ひので」にとっては、打上げ後間もない2006年11月9日の観測以来、2回目となる珍しい機会でした。

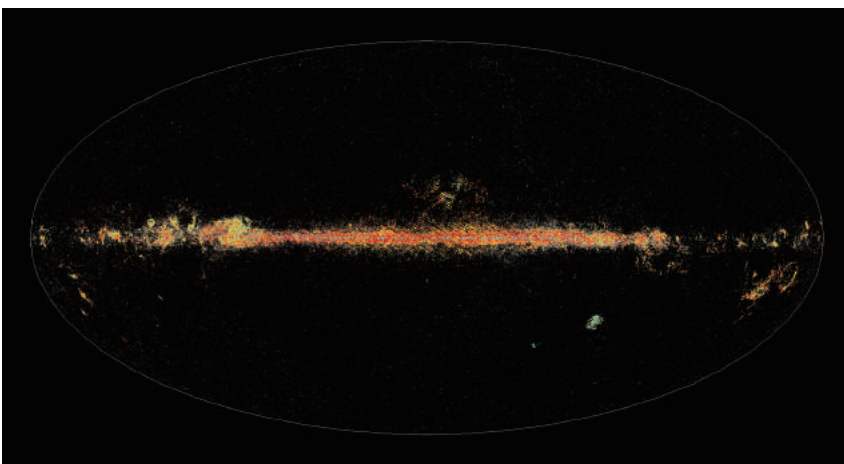
水星太陽面通過は稀な現象なので、一般の人の関心が

得られやすいものです。例えば、2012年6月6日に観測された金星の太陽面通過では、「ひので」の可視光磁場望遠鏡がとらえた精細な画像は新聞一面に掲載されるなど大きな注目を集めました。惑星の太陽面通過は、太陽・惑星の大きさやそれらの距離感を学校の生徒さんに肌で感じてもらえることから、教育目的で有効な活用ができます。また、観測装置がもつ解像度や散乱特性を評価するための較正データとして価値があります。さらに、惑星大気の診断への応用も考えられます。太陽光が水星周りにある希薄な大気を通過してくる際に偏光が生じるかもしれません。可視光磁場望遠鏡のストークス・パラメータで精密に取得した偏光プロフィールから水星の大気状態を診断できれば興味深いことです。

水星は、約7.5時間かけてゆっくりと太陽の東縁から西側に移動していきました。地球から見た水星は、太陽の見かけの大きさに比べて、米粒のようです。この時の水星の視半径は6秒角ほどであり、太陽の視半径の約1/160しかありません。現在JAXAは、この水星に探査機を送り込むべく、水星磁気圏探査機（MMO）の準備を進めています。

なお、画像や動画は、「ひので」プロジェクトページにて公開されています。（清水 敏文）

「あかり」データプロダクトの公開



「あかり」遠赤外線全天カタログに含まれる約50万天体の分布図。天の川（銀河面）が中央水平になるような座標系で示している。青～赤になるほど、長波長側で明るくなっていることを示している。

赤外線天文衛星「あかり」の観測データが新たに3種類、世界の天文学研究者に向けて公開されました。今回リリースされたのは「遠赤外線全天点源天体カタログ Ver.2」「近赤外線撮像データ」「近赤外線分光カタログ」の3種類です。

遠赤外線天体カタログは、波長65、90、140、160マイクロメートルで観測した約50万天体のデータベースで、2010年3月に公開された初版に比べ、

天体数が増加し、信頼性・精度も向上しています。他波長のデータと併せて天体の放射エネルギー分布の解析や、新しい性質の天体を見つけるなどの研究が期待されます。近赤外線（波長2-5マイクロメートル）のデータは地球の大気が邪魔をして観測できない波長の情報も含み、特に分光カタログはジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（2018年10月打上げ予定）が観測を開始するまで「あかり」の独壇場です。

「あかり」は2006年2月に打ち上げられ、2011年11月に停波しました。「あかり」の観測データを、科学的解析ができるまでに処理・較正するのは、専用のソフトウェアとスキルが必要で、これがデータ利用に対する高いハードルとなっていました。我々は、2013年度から5年計画で、「あかり」データをエキスパートによって処理・較正し、一般研究者が科学的解析を行いやすい状態にして公開する作業を進めています。

今回の公開は、世界中の研究者を対象にしていますが、データの説明文書が完全に整っていないため、随時データ作成チームからのフォローアップができるように「登録制」としています。今後速やかに解説文書を整備し、完全な公開とすべくチームは努力しています。ま

た、今後も引き続き他のデータについても公開に向けて処理・校正を行っています。今後も「あかり」データにご注目ください。

「あかり」Web ページ : <http://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/index-j.html>
(山村 一誠)

西村敏充先生を偲ぶ



初めてお目にかかったのは、1974年のことでした。米国のNASAの研究所群を歴訪した時のことです。武者修行というほどのことでもない駆け足の旅で

したが、私の最大の目的は、カリフォルニアのJPL (Jet Propulsion Laboratory) でした。私は惑星間飛行に強い関心を抱いていましたが、当時の日本はようやく初の人工衛星「おおすみ」を成功させた段階で、惑星間飛行はとても手の届かぬ試みでした。なかんずく、超遠距離にある探査機の軌道決定は、我々にとって白紙の技術でした。惑星間飛行の総本山というべきJPLを訪ね、いろいろと見聞する中で先生とお会いする機会を得たことは、この旅行での最大の収穫だったと思っています。何しろ、超遠距離での軌道決定をご専門とされ、NASAの諸計画で実際に役割を果たされた方ですから、いつの

日か日本が惑星間飛行に乗り出す時に備えて、先生の存在を深く心に刻んで、日本に帰りました。

後に1981年に宇宙科学研究所が東京大学から分離独立して設立され、ハレー彗星の探査が計画された時、日本に戻っておられた先生を所にお迎えできたことは幸運でした。軌道決定プログラムはISSOPの名で、富士通の協力も得て先生の手により完成し、我が国初の惑星間ミッションであるハレー彗星の探査も成功しました。近年の「はやぶさ」「あかつき」等の諸ミッションも先生のお仕事を下敷きにしています。

お酒がお好きでカラオケがお好きで、宇宙研では時間外を十分に楽しまれたのではないのでしょうか。体力に優れたた川(泰宣)君がもっばらお相手をしました。

ストックホルムだったでしょうか、当地の酒アクアビットの度が過ぎて翌日の飛行機を逃されたことがあります。我々は安いチケットすなわち変更不可のチケットを利用していたので、随分と高い一杯になったはずで

す。カラオケについては、歌いながら次の曲を探すという特技をお持ちでした。米国滞在時の空白を埋めるかのようにでした。

内之浦での楽しかった時間を偲びつつ、心からご冥福をお祈りいたします。

(宇宙科学研究所元所長 松尾 弘毅)

JAXA相模原キャンパス特別公開 2016

JAXA 相模原キャンパスの特別公開を、今年は7月29日(金)・30日(土)の2日間にわたって開催します。通常の見学では見ることができない施設の公開や、最新の研究内容をわかりやすく紹介します。衛星やロケットの模型展示、工作・実験など子どもから大人まで楽しめるイベントが盛りだくさんです。

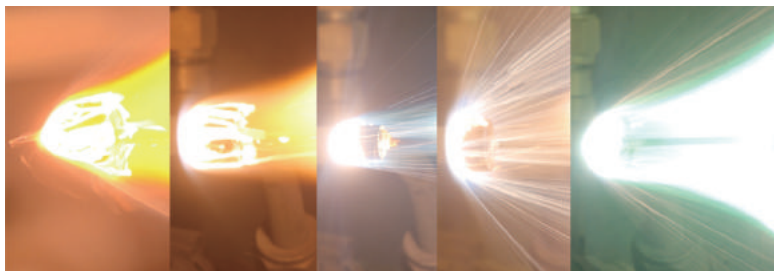
日時	2016年7月29日(金)・30日(土) 10時00分～16時30分(両日共)
会場	JAXA相模原キャンパス／相模原市立博物館／東京国立近代美術館フィルムセンター相模原分館／相模原市立共和小学校
交通アクセス	・JR淵野辺駅南口より直通の無料送迎バスが運行されます。(特別公開当日限定) ・当日はたいへんな混雑が予想されます。できるだけ路線バス等をご利用ください。
問い合わせ	JAXA宇宙科学研究所 広報 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1 TEL:042-759-8008



「流れ星を造る」

日本大学理工学部航空宇宙工学科

阿部 新助 (あべ しんすけ)



流星アブレーション実験の様子 (2014-2015 宇宙研 アーク加熱風洞にて)

1999年11月18日2時(UT)、地中海上空13km。1時間に4千個(瞬間最大200個/分)を超える流星嵐をNASA・米国空軍機(しし座流星群国際航空機観測ミッション「Leonid MAC (Multi-Instrument Aircraft Campaign)」)の観測窓から茫然自失の状態で見詰めていた。当時、総研大(国立天文台)の博士課程の学生だった私は、天体分光学の手法を用いて流星や流星痕(流星発生後に長時間残るプラズマ雲)の分光観測に挑んで博士号を取得した。その後、宇宙研のポスドクとして、小惑星サンプルリターン探査機「はやぶさ(MUSES-C)」搭載の近赤外線分光器開発に携わった。M-Vロケット5号機での打上げを内之浦から見送った後、小惑星イトカワ到着までの2年間は、流星研究の拠点であるチェコ共和国プラハ郊外のオンドジェヨフ天文台にて、チェコビールと音楽を嗜みながら流星三昧の日々を過ごした。

2006年1月、NASA観測航空機からスターダスト地球帰還カプセルの人工流星観測を成功させ、2010年6月には、7年間の旅を終え地球に帰還した「はやぶさ」の地球大気圏再突入を豪州ウーメラ砂漠の地の果てで、「はやぶさーお・か・え・りー」の雄叫びとともに迎えた。はやぶさ地球帰還カプセルは、地球周回軌道に入らずに惑星間軌道から直接大気圏へ再突入するため、超高速で地球大気圏に再突入する。しかし、天然の流星の対地速度(秒速12~72km)と比較した場合は極めて遅く、小惑星起源の隕石火球の速度に相当する。流星、隕石火球や宇宙往還機は、大気との高速衝突による空力加熱により高温状態となり発光するが、物理化学的な発光状態については完全に理解されていない。つまり、材質、形状、突入速度・角度などが既知の人工物による流星発光を精度良く観測することによって、発光物理の理解が深まる。そもそも人工

的に流れ星を作るアイデアは古く1940年頃からある。世界初の人工流星実験は、1946年12月17日にFritz Zwicky博士によってドイツV2ロケットを使って実施されているが、ロケットが爆発して失敗に終わった。1957年10月16日(人類初の人工衛星スプートニク打上げの12日後)には、同じくV2ロケットを使って米国空軍がホワイト・サンズで実験を行い、直径数cmの3発のアルミニウム球

が埋め込まれた釣鐘型弾薬を高度87kmで爆発させ、秒速15kmに加速させて人工流星を発生させることに成功している。爆発で生じたデブリの一部は、地球重力圏を超えて太陽の周りを回る軌道に入ったため、人類初の深宇宙人工物体にもなった。その後、1960年代にはNASAラングレー研究所が、観測ロケットとキックモーターを使った人工流星実験を何度も行っている。1-2cmほどの金属弾丸を弾道飛行と多段ステージで秒速11-12kmまで加速して地球大気圏に再突入させ、0等級の流星を発生させている。

現在、我々の研究グループでは、隕石や、各種パラメータをコントロールして造った流星源を使った流星アブレーション*実験を、宇宙研の惑星大気突入環境模擬装置(アーク加熱風洞)を用いて実施している。昨今問題視されている「スペースデブリ」の数を減らすデブリ除去技術では、デブリの軌道を変更させ、地球大気圏に再突入させて流星アブレーションで運動エネルギーを光や熱エネルギーに変換し消滅させる手段が、コスト面でも最も効率が良いとされている。(株)ALE(<http://www.star-ale.com>)が計画している低軌道からの「人工流れ星プロジェクト」は、デブリ除去や、大気圏再突入を行う上での突入パラメータ決定のリファレンスなどにも応用されることが期待される。

そもそも地球には、毎日100~300トンの地球外物質が降り注いでいる。そのほとんどは、太陽系内の彗星や小惑星からやってくるマイクロメートル~センチメートルサイズの流星物質(メテオロイド)である。アミノ酸などを含んだ有機物メテオロイドが地球に生命起源物質をもたらした可能性についても、人工流れ星実験を通して検証できたら面白いと考えている。流星嵐を目撃しながら願い事を言うのを忘れたリベンジは、人工流れ星の実現で果たしたい!

*加熱で高温になった固体表面が溶けて爆発的に剥ぎ取られる現象。



ISASニュース No.423 2016年6月号
ISSN 0285-2861

発行/国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
発行責任者/宇宙科学広報・普及主幹 稲谷 芳文
編集責任者/ISAS ニュース編集委員長 山村 一誠

〒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。
デザイン制作協力/株式会社アドマス

編集後記

ノーベル賞を受賞された梶田先生のセミナーが宇宙研で先日開催された。若いころに1年以上かけて観測データを詳しく見て考えたことが成果につながったとのこと。衛星からのデータをじっくり見る時間を見つけた。(清水 敏文)

*本誌は再生紙(古70%)、植物油インキを使用しています。



古紙/パルプ配合率70%再生紙を使用

