

左から、富澤利夫、中西 功、藤井孝藏、菅原正行。

## 送る言葉

常田佐久

宇宙科学研究所長

今年も退職なさる方々をお送りする季節となりました。本年度は、菅原正行さん、富澤利夫さん、中西功さん、藤井孝藏先生(50音順)の4名の方々です。

菅原さん(科学衛星運用・データ利用センター長)は、多種多様な衛星・探査機の運用と観測データのアーカイブの取りまとめと業務改善に尽力いただきました。運用する衛星・探査機の増える中、菅原さんの後を受け継いで、科学衛星運用・データ利用センターのさらなる組織改革が課題です。富澤さん(基盤技術グループ)は、1977年に東京大学宇宙航空研究所に採用され、機械環境試験、観測ロケットの機体計測の運用と開発など広くエンジンの計測を担当されました。中西さん(科学衛星運用・データ利用センター計画調整グループ)は、1979年に宇宙開発事業団に入社、2012年に宇宙科学研究所に着任し、業務の進捗管理、科学衛星データ処理システムの運用、アーカイブなどを担当されました。また、広報活動にも積極的に参加

され、子どもたちや一般向けの地球観測や小惑星探査機「はやぶさ」に関する講演会で講師を務められました。藤井先生(宇宙飛行工学研究系教授)は、1988年に助教授として宇宙研に入り、宇宙科学企画情報解析センター長、情報・計算工学センター長、宇宙研副所長を歴任されました。流体力学がご専門でM-Vロケット、「はやぶさ」の帰還カプセル、イプシロンロケットなど多数のプロジェクトに解析面から貢献してこられました。

宇宙研の研究活動は、教員と一般職員の密接な協力関係があってこそ成り立つものです。そのような協力の精神の持続と発展には、双方の意識的努力も必要です。今回退職される4名の方々は、このことに十分配慮されて仕事に当たられ、多くの貢献をされたと思います。退職される方々には、大変お世話になりました。職員一同、皆さんの今後のご健康とご活躍を心から祈っております。(つねた・さく)

# 宇宙研の思い出

中西 功

科学衛星運用・データ利用センター 計画調整グループ

宇宙研には2012年7月1日付で着任し、およそ3年間、お世話になりました。私は1979年4月に宇宙開発事業団(NASDA)に入社し、主に地球観測衛星の地上設備の整備・運用に携わってきましたが、アポロの月着陸の生中継を中学校の授業として見て以来、天文少年となった私にとって、宇宙研で仕事をする事ができたのは大変光栄なことでありました。

1979年は、スペースインベーダーがやはり、ウォークマンが発売され、映画『銀河鉄道999』が公開され、自動車電話サービス(現在の携帯電話サービスの前身)が東京23区で開始された年でした。前年には初めての日本語ワープロが発売されていました。以下、宇宙研との関わりを中心に現役生活36年間を振り返ります。

当時、NASDAでは大卒以上の技術系の新人職員に半年(1978年入社組)または3ヶ月半(1979、1980年入社組)の研修を行っていました。私たちは研修の一環として種子島に向かう途中で、日本初のX線天文衛星「はくちょう」の打上げから3ヶ月後の内之浦宇宙空間観測所(USC)に立ち寄り、その際、田中靖郎先生にUSCの概要、ブラックホールが実在する可能性や「肝属郡」の読み方について説明していただきました。

1987年5月から2年間、私は(財)宇宙環境利用推進センター(JSUP)に向かい、国際宇宙ステーション(ISS)に搭載する実験・観測機器に関する利用要求取りまとめを担当しました。奥田治之先生にはISSの曝露部を利用した天体観測ミッションのシナリオ作成などについて相談にに応じていただきました。また、三浦公亮先生にはISS利用計画ワークショップで、講演と伸展マストのデモンストレーションをしていただきました。当時は日本としてISS計画への参加を決めたものの、スペースシャトル・チャレンジャー号の事故(1986年1月)の後遺症で、1年たつとISSの完成時期が1年



計算機室にて

遅れる(つまり永久に完成しないかもしれない)といった状況下で、宇宙環境利用の促進を図らなければならない苦しい時期でしたが、諸先生のご協力は心強いばかりでした。

また、依田眞一先生は当時、NASDAの宇宙実験グループにおられて、JSUPへの業務を発注・監督する立場で、兄貴分の雰囲気を漂わせつつ、ご指導・ご鞭撻をしていただきました。

2008年ごろから広報部による講師登録制度が始まりました。私は地球観測分野に長く関わり、地球観測データで何が分かり、世の中でどのように役に立つかを考えていたので、早速、地球観測を得意分野として登録し、氷河の後退やアラル海の縮小が分かるような地球観測画像を示しつつ、温暖化などの地球環境問題にどう取り組むかといった観点から、いくつかの講演依頼にに応じてきました。2009年(小惑星探査機「はやぶさ」が地球に帰還する前年)には、北海道苫小牧市にある宇宙少年団苫小牧支部から講演依頼が舞い込みました。地球環境問題に加えて、ぜひ「はやぶさ」の話をしてほしいとの依頼だったので、吉川真先生を訪ね、地球帰還の際、再突入カプセル分離後に「はやぶさ」本体は力尽きて燃えてしまうことを教わりました。講演の際は、縮尺1/2000の小惑星イトカワの模型に子どもたち全員が触りたがり、好評を博しました。その後も、年1回ほどのペースで主として子ども向けの講演を行っていますが、「はやぶさ」の

話題には毎回、大きな手応えを感じます。

2009年4月からは情報・計算工学センター(JEDI)に所属(ただし筑波在勤)し、前半は藤井孝藏センター長、後半は嶋英志センター長にお世話になりました。お二人には、月2回のチーム長会合で筑波、調布、相模原の3ヶ所に分散して活動するJEDIの業務効率化の方策などの議題について、丁寧に議論をしていただきました。

ここまでは私が宇宙研に来る前のお話でした。

2012年7月からは宇宙研の科学衛星運用・データ利用センター(C-SODA)の計画調整グループにて、予算執行を含む業務進捗管理、科学衛星データ処理システムの換装と運用、技術情報システムチーム(いわゆる資料室)業務などを担当し、特にC-SODA内の情報共有と見える化のため、定例会の開催や文書の作成に力を注ぎましたが、常田佐久所長をはじめ、諸先生、科学推進部、財務や契約、施設設備4課、そしてC-SODAの皆さん、守衛さん、生協や食堂、派遣、契約相手方の皆さんに大変お世話になりました。本当にありがとうございました。

4月以降は、筑波宇宙センターで再雇用の身となり、地球観測の世界に戻りますが、宇宙にはダークマター、ダークエネルギーなど謎がいっぱいです。今後も宇宙理学、宇宙工学の新たな地平を切り開き、世界中をうならせるようなミッションへの挑戦を続けられんことを期待します。(なかにし・いさお)

# 宇宙研を去るに当たって

藤井孝藏

宇宙飛行工学研究系

当時駒場にあった東京大学宇宙航空研究所を私が初めて訪ねたのは、1974年のちょうど今ごろの季節です。41年前のことで、昨秋に亡くなられた辛島桂一先生（宇宙研名誉教授）を学生として訪ねたものでした。当時の宇宙研キャンパスは現在の東大生産技術研究所や先端科学技術研究センターのキャンパスですが、訪問したのはその中庭沿いに今も残る15号館です。結局、ポストドク時代も含め、都合8年半をお世話になりました。その後、あちこちを転々(?)として、1988年に今度は職員として宇宙研に戻りました。宇宙研が相模原に引っ越す直前です。以降の30年弱をここ相模原で過ごして定年を迎えますので、学生時代も含めた研究生生活のほとんどを宇宙研で送ったことになります。

『ISASニュース』への最後の執筆でしょうから、難しい研究の話は避けて昔話をします。学生として過ごした駒場時代の思い出は、研究ではなく所内スポーツ大会などのイベントばかりです。テニスの壁打ちをやっている、当時所長の森大吉郎先生に褒められたり、「うるさい」と栗林一彦先生に叱られたり、毎年夏の卓球部の合宿も良い思い出です。よく遊んだおかげで所内の人間関係が築け、相模原に来てからもいろいろな方に助けられました。

教員として勤務した相模原キャンパスでは、自由にやらせていただいた前半と、なぜかマネジメントに巻き込まれた後半で、環境も印象もかなり違います。ちょうど端境期に起きた3機関統合は、私にとってとても大きなイベントでした。当時所長であった松尾弘毅先生の指示で、松本敏雄先生（当時企画調整主幹）と共に新宿に置かれた統合準備事務所に足しげく通いました。中でも、宇宙開発事業団（NASDA）、航空宇宙技術研究所（NAL）の方と語らって満田和久先生と共に準備した、JAXA最初の中期計画原案の作成が印象に残ります。実は、旧3機関の特徴を残したバージョンと完全融合



1970年代の辛島研一同。後列左から2人目が辛島先生、右端が筆者。ほかに現在JAXA職員のN氏、H氏もいます。お探しください。

バージョンの2つの「0次案」を最初に考えました。予算と事業の継続性重視の観点から、ドラステックな組織変化が必要な後者が日の目を見ることはありませんでした。

さて、宇宙研らしさとは一体何でしょう？ 皆さんはどう思われますか？ 宇宙研を去る前に、私が感じた「宇宙研らしさ」を書いてみたいと思います。

1988年に助教授として宇宙研に戻り、最初に「すごい」と感じたのは、（特にシニアの）先生方の積極的に新しいことを取り込む貪欲さとそのアイデアを実現する行動力でした。相模原の私の部屋には、“Wish it, Dream it, Do it”という看板が飾ってあります。米国のLehigh大学を訪問した際に古道具屋で見つけた看板ですが、まさにこれです。“Wish it”と“Dream it”までは誰でもできますが、それを“Do it”につなげるところにすごさがあります。2013年、プログラム委員長として「宇宙技術および科学の国際シンポジウム（ISTS）」のテーマにこれを掲げたのも、そんな理由からでした。

2つ目は、クモの巣のような人と人とのつながりが、いろいろな場面で有効に機能している点です。特に組織をつくらなくても誰からともなく協力関係がつくられ、物事がきちんと進んでいく。なぜかと言われるとよく分からないのですが、実際にいろいろなことがそうやっとうまく進んでいくのです。

3つ目が、誰かに任せたら信じ切ると

いう姿です。逆に、「余人をもって替え難い」と頼まれると断ってはいけなのです。私とその洗礼を受けたのはプロジェクトではなく、スーパーコンピュータの調達でした。調達チームをつくり、結果を企画調整会議（当時の宇宙研意思決定の会議体）で報告しましたが、細かいことはまったく言われませんでした。任せた以上は異論を唱えない、きっと宇宙研や宇宙科学全体にとってベストな案になっているはずだ、という信頼の現れだったと思います。

これらは皆、活動規模が比較的小さかったからこそ機能したこともかもしれません。ただ、少ない人員で効率的に事を運ぶ宇宙研のよき側面として、今後も時々思い出していただけたら幸いです。

旧宇宙研時代の宇宙科学企画情報解析センター（PLAIN）のセンター長に始まり、JAXA発足後は研究総主幹、企画調整主幹、副所長として宇宙研の運営に関わらせていただきました。宇宙科学運営協議会会長も務めさせていただきました。特定の衛星プロジェクトを主導する立場なども経験しておらず、正直そんな役回りを担うことになるとは夢にも思いませんでした。至らぬことも多かったと思います。それらをおわびするとともに、教育職の仲間、事務方の皆さん、研究の主体であった研究室大学院生、そして秘書さんたちすべてに感謝して、筆をおかせていただきます。長いこと本当にありがとうございました。

（ふじい・こうぞう）

# MAXIが見張った 5年間のX線宇宙

理化学研究所 MAXI チーム 専任研究員  
三原建弘

## 全天X線監視装置MAXI

国際宇宙ステーション (ISS) の「きぼう」日本実験棟の外、真空の宇宙空間に、全天X線監視装置 (MAXI) が設置されている (『ISASニュース』2009年11月号)。MAXIは理化学研究所が提案した日本の装置で、2009年に若田光一宇宙飛行士により取り付けられた。以来、92分ごとにX線宇宙を見張っている。X線宇宙は変動が激しい。X線新星 (中性子星やブラックホール連星など) が現れたり、X線天体が不規則に増光・減光を繰り返したりする (2011年2月号に詳しい説明)。MAXIはその強度変動を記録し、ガススリットカメラ (GSC) の解析結果は4時間ごとにMAXIホームページ (<http://maxi.riken.jp/>) から公開されている。それまでのX線全天モニターであったRXTE衛星の全天X線モニター (ASM) が2011年末に運用停止してからというもの、MAXIはX線帯で世界唯一の全天モニターとして活躍している。

リアルタイム接続中の場合、データは、追跡・データ中継衛星 (TDRSS) —NASA—筑波宇宙センター経由で理研まで10秒程度で到着する。筑波のMAXI室では、新星発見プログラム「ノバサーチ」が常時、新星出現を監視していて、確度の高いものは自動速

報する。確度の低いものは当番の携帯電話にメールで知らせ、当番はデータチェック後、本物であれば国際天文電報 (ATel) やガンマ線バースト速報 (GCN) へ投稿する。5年間でATelには177編、GCNには65編を速報した。この間にMAXIは15個の新星天体を発見した。その中には6個のブラックホール連星が含まれている。MAXIの新星発見の報を受け、世界中の天文学者が可視光やX線などの望遠鏡で追観測を行い、その正体を解明している。

## X線全天画像と21世紀のX線カタログ

図1はMAXIで得られた4.1年間のX線全天画像である。X線CCDスリットカメラ (SSC) の低エネルギー画像は赤色で表されていて、はくちょう座ループ (網状星雲) や、ほ座超新星残骸 (ほ座SNR) が、広がった赤い丸として目立っている。北銀河電波ループ (North Polar Spur) も淡い赤色で中心から上方に伸びている。はくちょう座の半径11度もの大構造、はくちょう座スーパーバブル (Cygnus Superbubble) は、約300万年前に単一の極超新星が爆発を起こした痕跡と考えられると、2013年3月号でお知らせした。

我々は高銀緯 ( $|b| > 10$ 度) の天域から  $7\sigma$  以上の有意度 (強度約0.6mCrab以上) のX線天体を500個検出し、MAXIカタログ第2版として発表した。これは1980年代のHEAO-1衛星以来となる2~10 keV帯での無バイアス全天カタログで、史上最高感度である。検出された活動銀河中心核 (AGN) の総数はほぼ同じであったが、個々のAGNは強度変動のため半数程度が入れ替わっていた。いわば「21世紀のX線天体カタログ」となった。

## ブラックホール天体の発見

2009年以降、世界では12個のブラックホール新星が発見されているが、MAXIは世界最多の6個を発見している。6個のうち半数は「数日で速く立ち上がって100日程度で指数関数的に減衰」という従来の光度曲線で、「ぎんが」衛星の時代にも出現し、詳しく研究された。残りの半数は初期の増光が頭打ちになっているもので、こちらはMAXIで初めて発見された (2010年3月号)。頭打ちはロッシュローブオーバーフロー型の降着でよく見られるものであるが、増光の原因とされている降着円盤の不安定性との関係はよく分かっていない。また、MAXIで発見された

図1 MAXIで得られたX線全天画像 (銀河座標) 4.1年間のデータを使用した。明るさはX線の強さを、色はX線のエネルギーを表す。赤は低エネルギー (0.7~4 keV)、緑は中間 (4~8 keV)、青は高エネルギー (8~16 keV) のX線である。X線星には黄色や青色の星がある一方で、赤色では大きく広がった構造もあることが分かる。J番号はMAXIが発見したブラックホール天体。数字は赤経・赤緯を表す。天体名としては、その前に「MAXI」が付く。

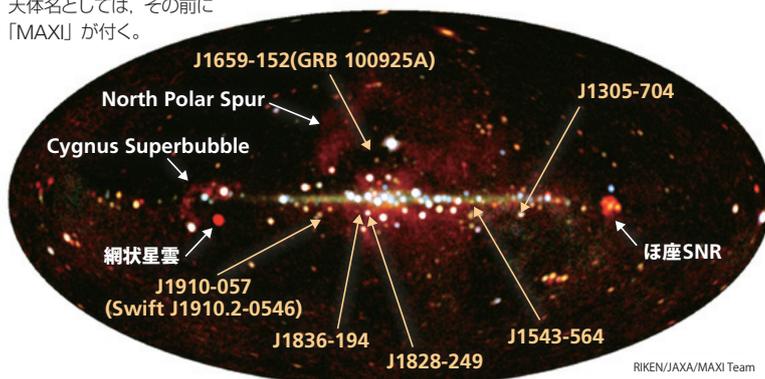
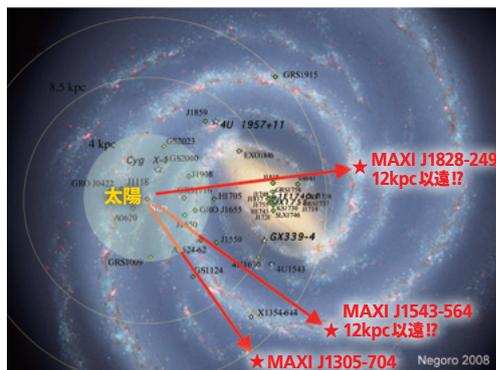


図2 MAXIが発見したブラックホールの場所 銀河中心を超えた向こう側の腕まで観測されていることが分かる。



ものは、見掛けの明るさが暗いものが多い。降着円盤のスペクトル状態遷移時の明るさを使って距離を推定すると、銀河系の中心を超えて向こう側の銀河腕に出現したものも検出していたことが分かった(図2)。MAXIのリーチは、我々の銀河系の半分以上に達している。

## MAXI J0158-744の軟X線閃光

2011年11月11日、MAXIは小マゼラン雲の東端に軟X線突発天体MAXI J0158-744を発見した(図3左)。この天体はノバサーチにより自動的に発見され、発生からわずか47秒後に全世界に自動速報された。「真っ赤で明るい」ことから、X線は4 keV以下であり、かに星雲ほどに明るいことが分かる。これは大問題である。小マゼラン雲はかに星雲の30倍も遠いので、実際は900倍も明るいのだ。太陽質量のエディントン限界光度を実に100倍も超えていた。このX線は、天文史上初めて捉えられた新星爆発直後の「火の玉期」の軟X線閃光であった。

Swift衛星による追観測では新星爆発の終息期に観測される超軟X線源(SSS)期の軟X線放射が観測された(図3右)。これは理論モデルの想定を超える早さであり、白色矮星の質量が理論的な最大質量「チャンドラセカール限界(太陽質量の1.4倍)」に近いことを意味していた。1300秒後に行われたSSC装置の2回目のスキャンでは、エネルギースペクトル中に電子を2個だけ残すまでに高電離した強いネオン輝線を検出した。そもそも突発天体中のスペクトル中に元素輝線が観測されることは、まれである。この白色矮星はO-Ne-Mgでできた「重量級」で、白色矮星上のネオンが爆発とともに吹き飛んだようである。この常識に反する強いネオン輝線を説明するため、新しい理論モデルも提唱された。

## 思いもしなかった新現象

可視光で輝く恒星と異なり、X線を放射する天体の多くは大きく変動し、突然現れたり消えたりする。これらのX線源の放射機構や変動の原因には今も謎が多い。軟X線閃光のほかにも我々が思いもしなかった新現象が観測された。

一つは、銀河の中心にある巨大ブラックホールへの恒星の潮汐破壊現象である。それまで静かであった39億光年彼方にある銀河から、いきなり強いX線が放射され、突発的に数日間続いた。MAXIによる増光前からの連続観測とSwift衛星による増光後からの詳細観測を総合的に解析し、その銀河の中心にある巨大ブラックホールに恒星がばらばらになって飲み込まれた瞬間であったことが分かった(2011年10月号)。この成果はISSの第一級の成果に挙げられた。もう一つは低質量連星系におけるスーパーX線

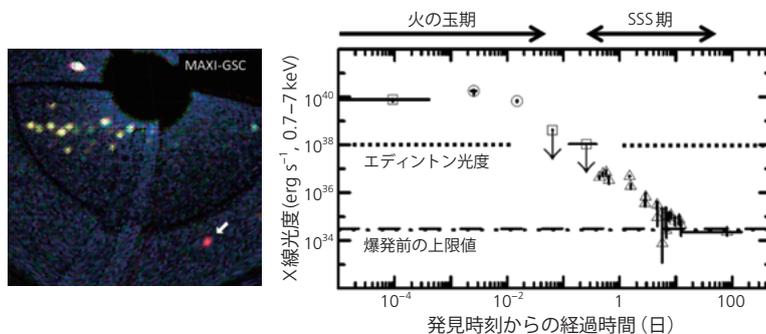


図3 MAXI J0158-744の発見時の画像(左)と光度曲線(右) ガススリットカメラ(GSC)の1スキャンでまず発見され、その約200秒後と約1300秒後にX線CCDスリットカメラ(SSC)のスキャンで2回観測された。約12時間後からのSwift衛星による追観測では超軟X線源(SSS)期の軟X線放射が観測された。軟X線放射は約1ヶ月継続した。

バーストである。従来の100秒程度続くX線バーストは、中性子星上で堆積物が起こす核融合爆発である。それに対し、スーパーバーストは数時間も続き、実に100倍ものエネルギーを放出する。なぜ2種類あるのか、何がどこで燃えているのか、正確なところは謎である。MAXIの観測時間スケールに合っているため、史上25例ほどのうち8例も観測された。同じ天体から2回以上観測されたものもあり、回帰周期や降着質量などの基本データを提供している。

## 中性子星連星の長周期変動

MAXIは新天体の発見や状態変化の発見をするだけでなく、長時間の観測をして初めて分かるX線源の新しい変動の性質を見つけている。図4は、Be型X線連星パルサーA0535+26の4回続けて起こった巨大増光の様子を111.1日の連星軌道周期でそろえて描いたものである。巨大増光は115日の周期で起きていて、だんだん軌道位相が後ろにずれていっている様子が分かる。またMAXIの高感度により、その前に小増光(プリカーサ)も見つかり、同じく115日の周期で起こっていることが分かった。これはBe星周円盤が8年周期で歳差運動し、パルサー軌道との交点がだんだんずれていっていると解釈された。X線増光に応じてH $\alpha$ 輝線の強さや速度プロファイルも変化しており、X線・可視光の両面からBe星周円盤の状態解明が行われている。

低質量X線連星の長時間観測では、アウトバーストの立ち上がりのタイプに2種類あることや、アウトバーストのピーク光度が2種類あり、それが1980年代に理論予言されていた降着円盤の2種類の不安定性伝達モードに対応していることが発見された。

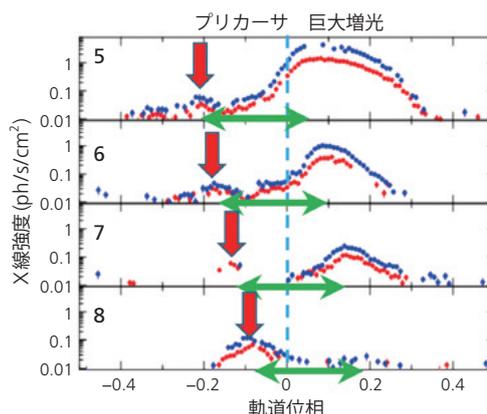
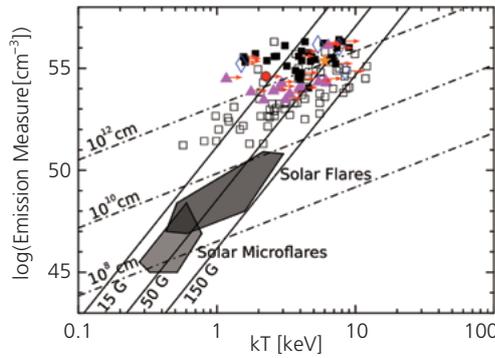


図4 Be型X線連星パルサーA0535+26の巨大増光の光度曲線 4回続けて起きた巨大増光につき111.1日の連星軌道周期でそろえて示している。

図5 星のフレアの温度と放射領域の大きさ(エミッションメジャー)

白抜き四角は以前の結果で、それ以外がMAXIによる検出。黒四角がRS CVn型連星、ダイヤがAlgol、星が前主系列星、三角がdMe型星、赤丸がdKe型星を表す。矢印は温度下限を表す。実線と一点鎖線は放射領域の磁場とサイズを表す。



### 恒星フレア

MAXIの観測で意外だった結果の一つが、恒星からの巨大フレアである。RS CVnのような連星周期が短い連星系から、太陽の100万倍もの強さの巨大フレアが見つかった。また速く自転する単独の星(dMe型星)でも、太陽の1万倍もの大きなフレアが見つかった。これらは最近話題になったG型星のスーパーフレアに比べても1000倍も明るい。その放射領域の大きさは星の大きさを超えるが、その磁場は50

ガウス程度で太陽フレアと同程度であった(図5)。連星系やdMe型星でも太陽と同じ基本機構でフレアが生じていることを示唆している。

### まとめ

以上のMAXIの成果が評価されたこともあり、MAXIの装置論文は日本天文学会の欧文研究報告論文賞を受賞した(2014年5月号)。超新星や活動銀河核など変動天体の多波長監視が重要性を増す中で、X線帯のモニターを担うMAXIの役割は大きい。現在は2018年3月までのMAXIの延長審査が行われている。それには世界中のMAXIユーザー、12ヶ国20名からサポートレターが寄せられた。Swiftと「すざく」衛星に加えて、今後は、ASTRO-H、CALET/GBM、NICER、ニュートリノ望遠鏡、重力波望遠鏡との共同観測が待っている。我々は2020年以降も、ISSの運用が続く限り、世界のX線全天モニターとして貢献していきたい。(みはら・たてひろ)

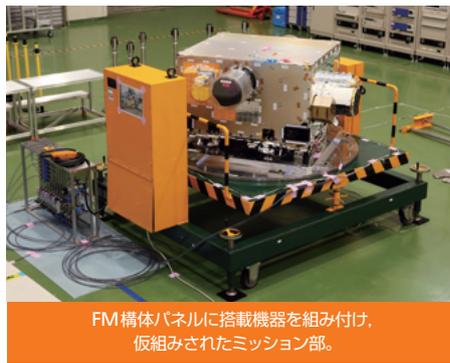
# ISAS 事情

## ERG ミッション部総合試験

ジオスペース探査衛星(ERG)は、地球周辺に存在するヴァン・アレン帯の高エネルギー電子のダイナミックな変動メカニズムを明らかにすることを目的とします。この目的を達成するため、ヴァン・アレン帯の厳しい放射線環境下で高エネルギー電子が生まれる現場を観測することを目指して、衛星開発を進めています。

ERGは、小型標準バスを利用したシステムバス部と、ミッション部から構成されます。ERGに搭載される9種の観測装置はすべてミッション部に組み込まれます。昨年11月から、相模原キャンパスの飛翔体環境試験棟(C棟)にある旧クリーンルーム内でミッション部の総合試験を実施しています。この試験の目的は、衛星全体の一次噛合せ試験実施前に、搭載観測機器を含むミッション部としての機械的・電氣的噛合せ試験、機能試験を行うことにあります。

ERGの特徴として、波動・粒子相互作用解析器(WPIA)という、プラズマ波動観測器からの電磁場変動の波形ベクトルとプラズマ粒子観測器が観測する電子一つ一つの速度ベクトルの相関解析を衛星機上で行う装置があります。これは、衛星—地上間の通信回



FM構体パネルに搭載機器を組み付け、仮組みされたミッション部。

線の制約によってすべての情報を地上に伝送することができない代わりに、軌道上でデータ解析を行い、その結果を地上に伝送するというとても挑戦的な装置です。このデータ処理を実現するためには、複数の観測機器からの大量のデータを一時的に蓄積する大容量データレコーダ、大量データを処理するミッション・データ処理装置、これらを結合してリアルタイム・データ伝送

を実現するネットワークシステムが必要です。ミッション部総合試験は、初めてこれらのすべてを結合した試験となります。ミッション部総合試験を一次噛合せ試験の前に行い、これらの機能を確認することは、挑戦的な観測を確実に実現するための開発上の重要なマイルストーンです。

試験は、2月中旬までに前半を完了し、FM(フライトモデル)構体パネルに搭載機器の組み付けを行った後、後半の試験を進めています。写真はミッション部の仮組みを行った際に撮影されたものです。現在までのところ試験は順調に進んでいます。2015年度には、システムバス部が合流し、ミッション部と共に一次噛合せ試験が開始される予定です。(篠原 育)

## 再使用観測ロケット技術実証エンジン試験

角田宇宙センターの高圧液酸ターボポンプ試験設備に新設した、再使用観測ロケットエンジン試験設備にて実施してきた再使用観測ロケット用の技術実証エンジンのシステム燃焼試験を、2015年2月13日に終わりました。2014年6月20日より、始動や定常推力などエンジンとしての基本性能を確認する試験、40～100%推力スロットリングやアイドル燃焼、エンジン再着火など再使用観測ロケットに求められる高度な機能を確認する試験、100回再使用相当の負荷を与え、試験間にオンスタンドでの点検・交換を实践するなど、エンジンの寿命を確認する試験を実施してきました。

再使用観測ロケットエンジンには、要求される性能と前述の高度な機能に加えて、高信頼化や長寿命化、点検整備性など、ロケットエンジンの低コスト高頻度再使用運用が求められます。これらの要求は将来の大量宇宙輸送システムに共通的に求められるものです。再使用観測ロケットエンジンはこれらを設計段階から考慮し、角田宇宙センターと宇宙研、三菱重工が長年にわたって蓄積してきた技術と最新の信頼設計技術を用いて設計、製造されました。



エンジン燃焼試験の様子

機能・性能・再使用性の観点で世界一のロケットエンジンです。

最初はエンジンが言うことを聞いてくれず難儀しましたが、最後にはJAXA理事長ご臨席のもと、設計範囲を超える21%の低推力スロットリング試験に挑戦し成功するなど、エンジンを知り尽くした運転が可能になりました。再使用観測ロケットエンジンに要求される機能・性能・寿命・再使用

性を実証できたのはもちろんのこと、再使用ロケットエンジンの設計・運用に関わる技術と知見を多く獲得することができました。得られた技術・知見は新型基幹ロケットエンジン開発にも生かされます。

新規開発エンジンにもかかわらず事故なく最後まで試験を終えることができたのも大きな成果です。時には1日15回ものエンジンメイン着火をこなし、エンジンシステム燃焼試験回数は57回、累積燃焼時間は3838秒、エンジンの累積メイン着火回数は143回に至りました。今後、試験後のエンジンの詳細な分析・解析を行い、エンジン再使用のためのさらなる知見の蓄積を行っていきます。(小川博之)

## 遠くて近い国との国際共同ミッション

ノルウェーは、日本から8000km以上も離れているが、捕鯨国、水産資源が豊富、国土面積がほぼ同じなど共通点が多く、皇室と王室が良好な関係にあるなど、実はなじみの深い国である。日本は欧州の多くの国と科学技術協力協定を以前から締結しているが、なぜかノルウェーと協定はなく、やっと2003年5月に締結されたと聞く。それ以来、友好関係がより深まった。

そのノルウェーから、極域での観測ロケット実験を国際共同ミッションとして進めたいとの勧誘があった。ターゲットは極地方のカस्पと呼ばれる領域に発生するプラズマイレギュラリティ(不規則構造)で、ICI (Investigation of Cusp Irregularity) というキャンペーン名称が付けられた。この現象は短波帯電波の後方散乱の原因になったり、GPS電波を用いた測位の誤差要因になったりする至極厄介な代物である。現象の空間スケールは約10mと予想されるが、何が起源でどのようにイレギュラリティに発達し、準



ランチャーにつり下げられ打上げを待つICIロケット。  
バレンタインデーが近く、リボンが巻かれている。

定期的継続して存在するのかが理解されていない。地上観測や衛星観測では限界があるため、ICIではロケットを現象目掛けて打ち上げ、問題の解明を目指す。主任研究者であるオスロ大学 Moen教授からは、低エネルギー電子測定器と電子密度擾乱測定器の提供を日本から受け、共同で解析を進め実

験目的の達成を目指したいと打診があった。

本キャンペーンは2012年4月にキックオフ会合、その後、機体の設計会議、第1次・第2次噴合せ、総合試験と首尾よく進んだ。しかし、好事魔多し。打上げオペレーション開始の1ヶ月前に使用するものと同型のロケットモータが不具合を発生し、2013年11月に予定していた我々のキャンペーンも延期になった。その後、不具合対策が施され、2015年2月現在、ノルウェーのアンドーヤロケットセンターにて打上げオペレーションが行われている。結果については終了後に別途報告を行う予定である。

(阿部琢美)



# 夢の途中……

池下章裕 スペースアート・クリエイター

過去から未来へ



2014年12月、小惑星探査機「はやぶさ2」の旅立ちに際し、私は今の仕事を始めたころのことを思い出していました。

JAXAがまだ発足しておらず、「はやぶさ」がコードネーム「MUSES-C」と呼ばれ開発が進められていたころ、旧宇宙研の小天体探査ワーキンググループから「Post MUSES-C」の想像図を描いてほしいとの連絡がありました。

幼いころからの宇宙ファンである私は、当時、総合商社の一員として、ロケットや航空機を開発しているグループ会社と仕事上でも密接な関係があったこともあり、メーカー側の視点で日本の宇宙開発を見る機会に恵まれていました。これも一つの刺激となり、インターネット上でさまざまな宇宙情報を、自作の宇宙画を挿絵に発信しておりました。そして、このホームページが彼らの目に留まり連絡を頂いたとのことですが、私が何より驚いたのは、それがサンプルリターン・ミッションに関する絵の制作依頼であったことでした。というのも、そのころ私は、特にNASAが将来ミッションとして掲げていた「無人機によるマーズ・サンプルリターン」に興味を持ち、記事や絵にしようと考えていた矢先だったからです。

もちろん一口にサンプルリターンと言っても、重力が大きい火星と小さい小惑星とでは、単純に比較はできませんし、違う難しさがあります。また、小惑星サンプルリターンを日本が計画していたことも、多少知ってはありましたが、日本が実際どこまでできるのか、正直懐疑的でした。しかしその反面、この野心的な挑戦は、私の心をワクワクさせるのに十分なものでした。そんなミッションの現場から、まさか直接コンタクトがあると

は、夢にも思っていなかったのです。

アメリカや旧ソ連の宇宙開発・探査に気を取られがちだった私が、日本の宇宙開発・探査を強く意識したのが、あのハレー艦隊の一員として「さきがけ」と「すいせい」が活躍したときでした。日本は、宇宙開発・探査を積極的に推進する国として、さまざまな問題を抱えながらも、ステップ・バイ・ステップで歩んできたと思います。しかし、このサンプルリターン・ミッションは、2段、いや3段飛びで駆け上っていくようなものであり、さらには、このとんでもない冒険を「日本人」が行うということに、何とも言えないギャップを感じ、心惹かれたわけです。ただ、そうせざるを得なかったという理由を考えれば、日本の宇宙探査に一抹の不安を覚えたことも事実ですが。

そのような状況で「Post MUSES-C」の絵の制作に取り掛かったわけですが、誰も知らない小惑星、想像上の探査機、それらの絵を、科学的根拠をもとに描くという難しさがあるのは当然のこととしても、ほかに少々戸惑うことが何度かありました。

そもそも、私が個人的に宇宙画を制作する場合、さまざまな専門情報をかき集め、「自称」科学的根拠をもとに一気に描くのですが、今回はそこに現場の専門家たちのツッコミが入るわけです。別にボケた覚えはないのですが、そのツッコミのタイミングが微妙に悪く、「最初にそれを言ってくれていれば、二度手間にならずに済んだのに〜！」なんてことはザラでした。

しかし、よくよく聞いてみると、彼らの頭の中では厳密な理論をもとにしたビジョンは見えているにせよ、いまだ見ぬ

天体であり、未完成の探査機なのです。初めてビジュアル化されたものを見るわけですから、そのときに気付く点も多いということでした。つまり私の絵は、まず「たたき台」としての役割があるということなのです。そこに気付いたとき、私の戸惑いは消えました。むしろ、誰よりも早くミッションをビジュアル化でき、また、現場の専門家たちからお墨付きを得ることができる、そして何よりも新たな知識が得られることなど、宇宙ファンの私にとって、この状況はまさにパラダイスそのものだったわけです。

その後、まだ開発中だった「MUSES-C」をはじめ、独立してからもさまざまな探査機や天体などのイラストを手掛けてきました。

最初に描いた「Post MUSES-C」は「ポストはやぶさ」そして「はやぶさ Mk2」、さらには将来のミッションへと連なり、「はやぶさ」は再挑戦ミッション「はやぶさ2」へと生まれ変わりました。

「はやぶさ」や「はやぶさ2」は、この流れの中で具現化された一つの姿でもあり、未来へと連なる夢の途中でもあるのです。

果たして私たちは、この「夢」の続きを見ることができるのでしょうか。

(いけした・あきひろ)

ISAS ニュース No.408 2015.3 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

発行責任者/ISASニュース編集委員会 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/株式会社デザインコンピリア 制作協力/有限会社フォトンクリエイト

## 編集後記

「いも焼酎」に寄稿いただいた池下章裕さんには、彼が商社在籍時代からお世話になっています。当時は珍しかったCG画も、現在ではプロジェクト提案には必須となってきました。見栄えだけでなく、設計の妥当性も確認できるところが魅力です。(橋本樹明)

\*本誌は再生紙(古紙100%)、植物油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

