



M-V-6号機/ASTRO-E II (「すざく」) の打上げ。2005年7月10日、内之浦宇宙空間観測所。

宇宙科学最前線

太陽コロナ  
～活動・加熱の源を求めて～

清水敏文

宇宙科学共通基礎研究系助教授

太陽は、非常に興味深い身近な天体プラズマ実験室です。約6000度の太陽表面(光球)から2000kmほど上空に行くと、100万度を超える高温のプラズマが存在します。「コロナ」と呼ばれる太陽大気です。コロナはフレア(太陽面爆発)が突発的なエネルギー解放を起こす場所で、フレアやコロナ質量放出は地球での磁気嵐の発生と密接な因果関係を持っています。昨今、国際宇宙ステーション建設などで宇宙飛行士が宇宙空間で活動する機会が増えつつあり、人類が宇宙空間を利用する上でも、太陽-地球間の宇宙環境を理解することの重要性が増しています。いわゆる、宇宙天気のことです。

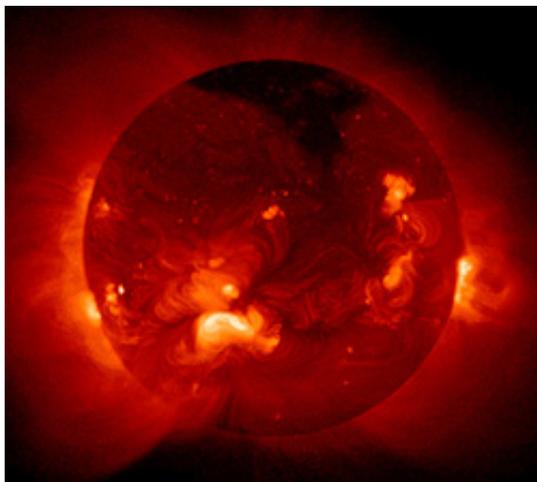
太陽の観測的研究は、400年ほど前のガリレ

オ・ガリレイによる太陽黒点のスケッチ観測を最初として、古くから行われてきました。しかし、太陽フレア発生の物理、太陽コロナ存在の謎、太陽11年活動周期の謎など、太陽は知っているようで基本的なことの多くがよく分かっていない星なのです。

太陽コロナ

太陽観測衛星「ようこう」の軟X線望遠鏡は、1991年の打上げ以来10年以上にわたり、軟X線で見た太陽コロナ(図1)の姿を観測し続けました。この軟X線の動画は、研究者にさまざまな科学的な興味・衝撃を与え、また広く一般の方へも強い印象を与えました。軟X線で太陽を見ると、太陽表面が黒い円盤として見え、

図1 軟X線で見た太陽コロナ



コロナは表面からは想像できないほど濃淡のある構造から成り立っています。太陽表面は約6000度であるのに対して、コロナは100万~300万度という高温のプラズマから成り立っているので、軟X線でよく観測することができます。

なぜ太陽表面の上空に数百倍の温度を持つプラズマが存在するのでしょうか？ いわゆる「コロナ加熱問題」とも呼ばれ、我々が長年理解に苦しみ

続ける不思議な現象です。とはいえ、コロナ加熱が磁力線の存在と切っても切り離せない関係にあることは、磁場の強い活動領域でコロナの加熱が高いことから、確かなようです。

### コロナ加熱とマイクロ・ナノフレア

では、コロナを加熱する具体的な物理的過程はどのようなものなのでしょうか？ 考え方としては大きく二つあり、一つは磁力線を伝播する波（電磁流体的波）がコロナで放散するという「波動加熱説」、もう一つはコロナ中にできた多数の磁氣的不連続点で極めて小規模なフレアが非常に多数起きているという「マイクロフレア加熱説」です。いずれの考え方でも観測で得られた事実を説明するには至っておらず、まったく理解できていないというのが現実です。

このうちマイクロフレア加熱については、

「ようこう」の軟X線連続画像観測などによって観測的な理解が大きく進みました。「ようこう」の観測以前は、通常観測で受かるフレアのエネルギー規模は $10^{29}$ ~ $10^{32}$ エルグでした。「ようこう」の高解像度・低散乱・長時間分解能の観測のおかげで、2桁もしくはそれ以上小さな爆発が頻発していることが分かりました。さらに、 $10^{24}$ ~ $10^{25}$ エルグ程度の極めて小さな爆発の存在も明らかとなりました。これらの爆発現象は、最大級フレアに対して規模が6桁、9桁と小さいことから、マイクロフレアあるいはナノフレアと呼ばれます。観測からは、マイクロフレアの解放エネルギー総量はコロナに必要な加熱量には足りず、ナノフレアの観測的理解に重点が移ってきています。また、これらの現象は活動領域にある小さなコロナループ（磁束管）が突然加熱される現象であることが分かり、形動的な理解も大きく進みました。

### コロナ加熱・活動の源

コロナ加熱や活動の根本的な源は、コロナよりも下層にある太陽表面（光球）および光球面下の対流層にあると考えています。光球では対流によるガスの激しい運動が起きており（図2）、表面から生える磁力線が激しい対流運動によってねじれたり混合されたりすると想像します。その結果、磁力線で磁気流体波が励起されたり、もしくは上空のコロナで磁力線がごちゃごちゃになり、多数の不連続面が形成される可能性が考えられます。このあたりの理解が、コロナ加熱の謎を解くカギを与えるものと考えています。

加熱されるコロナループと、ループの磁力線が根付く表面における磁場の運動や様子に対応付けて詳しく観測できれば、加熱における物理過程の理解が大きく進むものと期待されます。ところがやっかいなことに、ある程度の太さを持つコロナループでも光球面では100km程度の大きさしかない磁力線の束に収縮しているため、角分解能が~0.2秒角程度の観測が必須となってきます。この収縮した束は微細磁束管と呼ばれ、1.3キロガウス程度に強められた磁場となっています。

### 太陽面磁場の観測

表面磁場の測定には通常、ゼーマン効果を利用します。磁

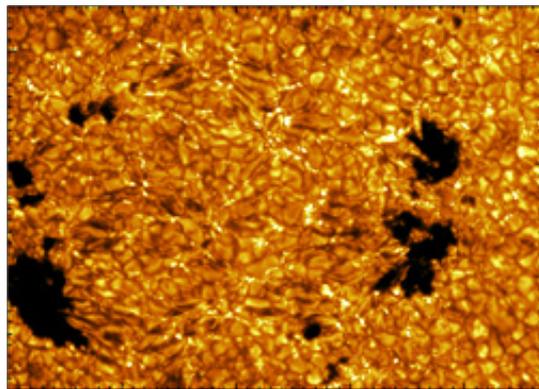
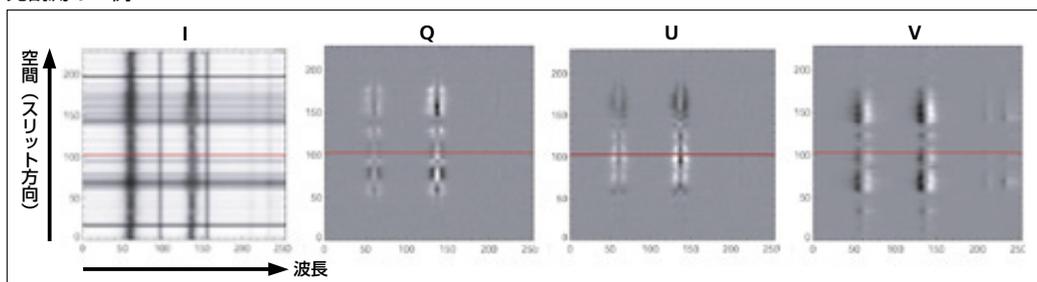


図2 太陽表面の拡大写真。無数のセル構造が粒状斑と呼ばれる約1秒角の大きさの対流構造、小さな白い輝点構造が微細磁束管、黒い構造が黒点。スウェーデン王立天文台望遠鏡撮影。

図3 太陽吸収線の偏光観測の一例



場のある大気から発せられる、または透過する光は、磁場の影響を受けて偏光します。スペクトル線を見ると、磁場のないとき1本であった吸収線は、磁場があると何本にも分かれます。分離の仕方や偏光の度合いを測定することによって、磁場の大きさや向きを推定することができます。観測としては、遅延板と偏光板を用いて、偏光成分を表すストークス・ベクトル (Stokes I, Q, U, V) を測定します。Q成分とU成分は直線偏光、V成分は円偏光の様子を表します。図3は、磁場に感度を持つ2本の吸収線をスペクトルとして測定した例です。

### 衛星と地上との共同観測

X線コロナの観測は、「ようこう」など飛翔体からしかできません。一方、太陽表面の磁場の観測は主に可視光域の吸収線を観測するので、地上の天文台でも観測可能です。そこで、地上の望遠鏡と「ようこう」などの衛星で同時に同じ領域・同じ現象をとらえる共同観測が、国内外を問わず盛んに行われています。図4は、このような共同観測で得られた成果の一つで、小さな磁場が太陽面下から浮上した直後にマイクロフレアを引き起こす現場をとらえた観測です。

コロナ加熱・活動を、秒角を切るスケール (サブ秒角) の磁気要素の活動と関係付けることが重要なので、可視光観測には高い解像度を必要とします。地上観測においてもこの10年、大気の揺らぎの少ない観測サイトでの観測や揺らぎを補償する技術の導入などで、スナップショットでは高解像度の画像がまれに得られつつあります。筆者もついこの前、7月上旬に、大気揺らぎが小さいスペイン・カナリー諸島にある天文台で国際共同観測を行いました。瞬間的な解像度の改善には目を見張るものがありました。しかし、コロナのダイナミックな活動や加熱を研究する上では、サブ秒角で安定して連続的に磁場の変化を精度よくとらえることが必須で、地上観測では大きな限界となっています。

### 期待されるSOLAR-B衛星の活躍

そこで、SOLAR-B衛星の登場が切り札になると期待しています。SOLAR-B (図5) はコロ

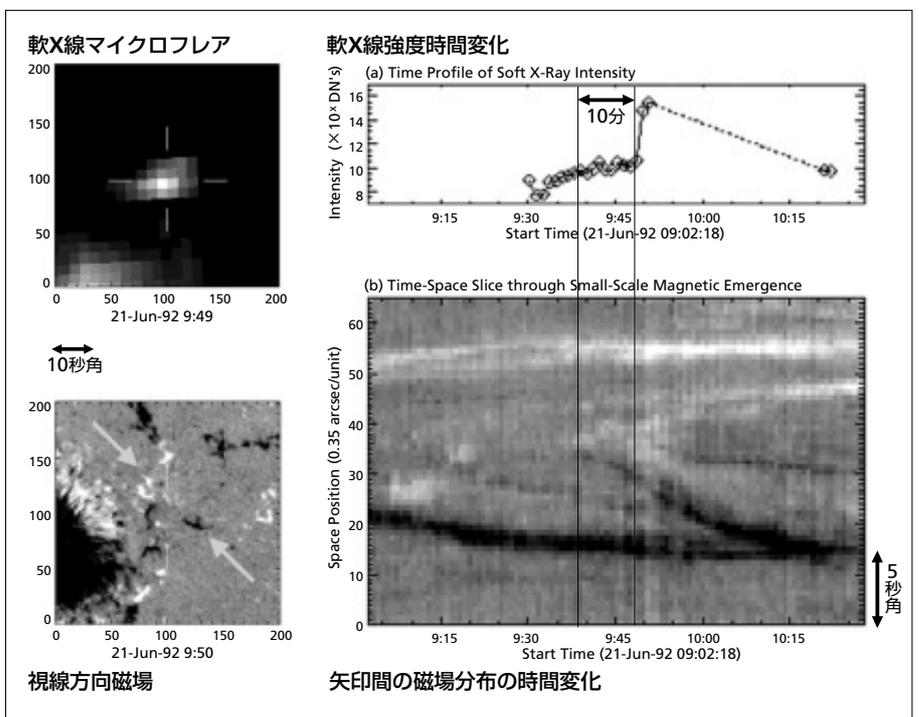


図4 小さな磁場の浮上活動がマイクロフレアを引き起こした現場

ナと下層大気との磁気カップリングの解明を重要な研究テーマの一つとして計画され、コロナの観測と太陽表面の磁場の観測を同時に行うべく、三つの特徴的な望遠鏡を搭載しています。コロナの観測はX線望遠鏡 (XRT) と極端紫外線分光撮像装置 (EIS) が担当し、太陽表面の観測は可視光望遠鏡 (SOT) が担当します。SOTは口径50cmの可視光望遠鏡で、0.2~0.3秒角の解像能力を持ちます。太陽観測を目的とした軌道上望遠鏡としては、世界一の大きさの口径を持つ宇宙望遠鏡となります。観測機能としては、ダイナミックな時間変化をとらえるためのフィルタ撮像装置と、磁場など物理量を詳細に調べるためのストークス・ポラリメータ (偏光測定用分光器) を持っています。

現在までに搭載望遠鏡の開発はほぼ終わり、衛星としての最終総合試験が始まりました。2006年度予定の打上げが成功して、望遠鏡が革新的な観測データを取得し、太陽物理学や関連学問分野に大きな衝撃を与えてくれるものと、今からわくわくしております。そのため万事を成すべく、試験への力も入ります。

(しみず・としふみ)

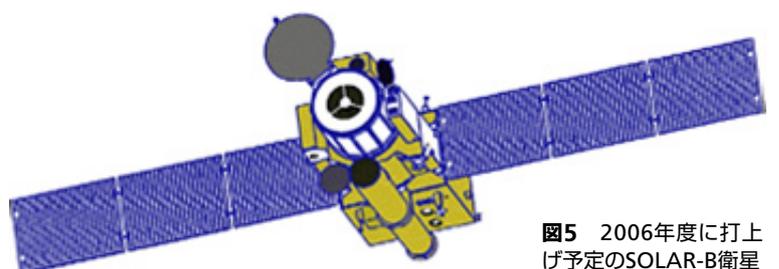


図5 2006年度に打上げ予定のSOLAR-B衛星



水ロケット連続発射！

## 一般公開「宙へ、±50年」

7月23日(土)の一般公開が「宙へ、±50年」のタイトルのもと、無事、盛大に行われました。

今年は、一等地の本館ロビーに、「はやぶさ」の実物大モデル、「すざく」やASTRO-Fなどの1/5モデルが並びました。

ペンシルロケット50周年の今年、日本の大切な経験を、的川さんに「50年前に起こったこと」という題で話してもらいました。司会をして講演を聴きましたが、実に立派なものでした。一番大きな大会議室の机を外に出して席を増やしても、数十人が立ったままでお聴きになっていました。もっと大きな講演会場、それも階段教室風の会場が欲しいものです。

4時限からなる「ミニミニ宇宙学校」では、山村校長先生以下、講師陣は大いに若返りました。今年も近くの共和小学校のグラウンドをお借りして、400発の水ロケットが、無事に打ち上げられました。これは、やはり人気です。

展示催し物は40件ありました。「内容が年々良くなってきてますね」と言われます。柔らかな発想での工夫や実験が増えてきたのがよいようです。

4時半に公開が終わり、お客さまが消えた構内ではいっせいに後片付けが始まり、1時間以内にはさっぱりと消えました。散り際のよい桜のようでした。このころに、大きな地震がありました。帰路の電車で難渋された方々もあったはず。また、この日は、近くの淵野辺球場で人気の高い高校野球の試合があり、渋滞で苦情が多かったと聞きました。

1万3680人の入場者でした。昨年度は1万1400人、その前は

1万5200人、さらに前は1万2500人。これを比較して何かを言うつもりはありません。1万人をちょっと超えるぐらいが、皆さんに気持ちよくいただける限度だと思うのです。中身をしっかりと、真摯に皆さんをお待ちすることが、私たちのなすべきことだと思います。

暑く混んだ中で、お客さんに心地よくいただけるかが問題でした。芝生に大テントを張り、あちこちにレンタルのベンチが配置されました。公開日が終わっても恒久的にベンチや机が設置され、お弁当を食べたり、アカデミックな話ができるようになっていいと思います。

毎年、「1日ではもったいない、2日間にしたら?」という意見を聞きます。毎年考える問題です。

直前にASTRO-E IIの打上げがあり、早くから準備万端で公開日に臨むことはできませんでした。スペースシャトルの打上げも、ずれ込んできました。庶務課広報係が打上げ広報も公開日も仕切る上に、多くのメンバーが鹿児島で重要な任務に就いていますから、このタイミングは緊迫していました。そして、「すざく」がうまく上がったので、本当にうれしい気持ちで公開日を迎えられました。「すざく」のコーナーには、外国の方も含めた皆さんの明るい顔がありました。(平林 久)



当時は紅顔の美少年?, 的川教授, 「50年前に起こったこと」を熱弁。

## 「ふるしき衛星」の展開とフェイズドアレイ・アンテナ技術実証実験

東京大学では将来の宇宙大型構造物の構成法の一つとして、複数の衛星が端を担うことにより、膜ないし網状構造物を広い範囲に広げて平面を構成する「ふるしき衛星」を検討してきた。その長所は軌道上での大面積構造を軽量かつコンパクトに収納できる点にあり、軌道上で大面積を必要とする太陽発電衛星などの将来のミッションへの応用が期待できる。その一つの利用法として、網のあちらこちらに送電アンテナ・パネルを配して巨大なアクティブ・フェイズドアレイ・アンテナを構成するこ

とが考えられる。観測ロケットS-310-36号機では、神戸大学の賀谷信幸教授と共同で、その基礎技術の実証実験を行う。

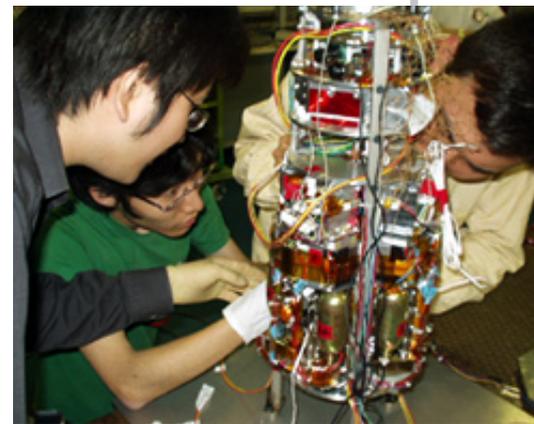
親衛星が3機の子衛星を抱きかかえる状態で打ち上げ、高度100km以上でロケットからの分離後、子衛星はバネで120度間隔に3方向に放出される。子衛星は遠ざかりながら収納していた網を広げていき、数十秒で一辺35mの巨大な三角形網構造が完成する。子衛星には慣性航法装置、姿勢維持のためのホイール、張力維持のためのコールドガス推進系などが搭載されて

いる。展開開始後、親衛星および子衛星の底面に搭載した送電アンテナより地上に向けて、マイクロウェーブの送電実験を行う。賀谷教授が研究するレトロディレクティブ方式を導入し、地上からのパイロットビームの位相差を逆転させて位相コントロールすることで、パイロットビームの発射点に強い電波が来るように制御する。親子間最大20mまでのさまざまな間隔で、また親子衛星の相対位置・姿勢が変動した状況で、この方式がどのような挙動を示すかの実験は、大きな価値がある。

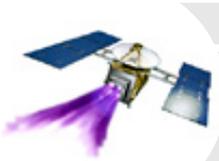
さらに先進的な試みとして、展開した網の一部の上を親衛星から出たロボットがはう、という実験も行う。無重量場での網上の歩行は、網の把持、進む力の獲得、網に絡まない駆動方式などさまざまな検討要素があり、難しい技術である。ESAの取りまとめでヨーロッパの大学の参加を募り、ウィーン工科大学が磁石を使ったロボットを作って参加することとなった。

今回の実験は、大学の学生が自分の手で実験器具を製作することも大事なミッションとしている。設計、製作、地上試験、

改修などを学生が行うことにより、短期間で実践的な工学教育を行うことができる。その分、うまくいかないことも多々あり、遅れも生じて宇宙研の皆さまには大変ご迷惑をかけているが、学生には大変貴重な経験となっている。現在までに、検証用に2回の無重量フライト試験も実施し、ほぼシステムを完成している。今後は、もつれない網の収納・展開における信頼度を上げるなど、いくつかの点で完成度を高めた上で、打上げに備えるべく、学生一同張り切って準備を進めている。



(東京大学大学院教授 中須賀真一)



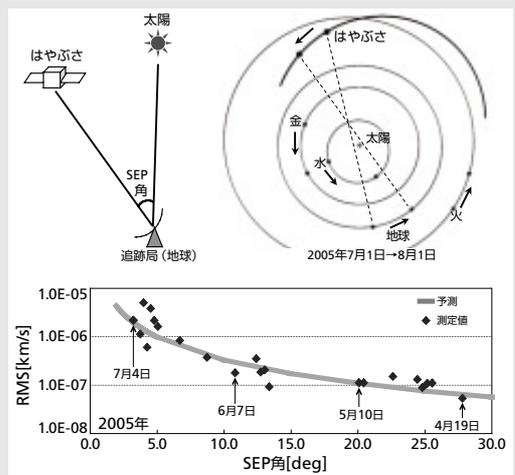
## はやぶさ近況

小惑星ITOKAWAに到着する直前には、地球から見た「はやぶさ」の方向が、太陽に非常に接近します。もちろん、実際に「はやぶさ」が太陽に近づいているわけではなく、図のように地球から見て太陽の反対側に位置するだけです。このような現象を「合」と呼びます。

合になると、太陽の影響を強く受けて探査機との通信が困難になり、探査機の軌道決定も不可能になります。探査機の軌道を決めるためには、追跡局と探査機間の距離であるレンジレートを計測しますが、特にレンジレートにおけるノイズは、合に近づくにつれて急速に大きくなります。そのために、軌道決定精度にも悪影響を及ぼすこととなります。グラフは、2005年4月19日から7月4日までのレンジレートノイズの測定データです。合になる1ヶ月以上前からノイズが大きくなり、軌道決定に影響しています。

「はやぶさ」は、合のときにも今後のミッションにとって重要なデータを取得しています。そして、合を乗り切ると、いよいよ小惑星への最終アプローチに入ることになるのです。(吉川 真)

## 「はやぶさ」合運用中



合の位置関係とレンジレートのノイズレベルの変化

## ロケット・衛星関係の作業スケジュール (8月・9月)

	8月	9月
相模原		ASTRO-F FM総合試験
		SOLAR-B FM総合試験
		M-V-8 噛合せ試験
		M-V-7 B1仮組 (IA雷同) 10月中旬
		S-310-36号機 噛合せ試験 10月中旬
筑波		SELENE システムPFM試験
三陸	15日	3日 大気球 H17年度第二次気球実験
バイコヌール	INDEX 射場作業 24日	INDEX 追跡オペレーション

(FM : Flight Model PFM : Proto-Flight Model)

# 浩三郎の 科学衛星秘話



「ようこう」



井上浩三郎

## 鮮明に脳裏に残ったSXTのファーストライト

「ようこう」の打上げから4日目の1991年9月3日に、搭載した軟X線望遠鏡(SXT)から太陽の初画像が送られてきました。その時のことは、今でもはっきりと思い出すことができます。驚くほど鮮明な画像でした。このSXTを開発・担当した常田佐久先生(現・国立天文台教授)は、ファーストライト(新しい望遠鏡による最初の観測)で取得されたデータからくっきりとした太陽像が浮かび上がったときの感想を、次のように語っています。

——SXTで鮮明な像が撮れました。1本1本のループが鮮明に見え、見慣れていたスカイラブの画像と比べて、別世界のような鮮明な画像でした。打上げ後1ヶ月で最初のムービーが作られ、その刻々変化する太陽の姿は、世界の専門の研究者にも大きな衝撃を与えました。ファーストライトでは、感激もありましたが安心した気持ちの方が強く、内之浦発射場の場内を一人散歩したのを覚えています。ファーストライトの約1週間後、機上の自動機能が予定通り動いて、フレアの鮮明な画像が次々に送られるようになったときが、私が最も感激した瞬間でした。この機能が「ようこう」の成果をもたらしたのですが、一人感激をしみじみ味わいました。——

## 科学的成果

「ようこう」は多くの科学的成果を挙げましたが、ここではその詳細は述べません。プロジェクトマネージャーを小川原嘉明先生から引き継がれた小杉健郎先生は、その成果を次のように述べています。



衛星打上げ直後の1991年11月(左)から1995年末(右)まで軟X線望遠鏡(SXT)によって撮られた太陽コロナの姿。約11年の太陽黒点周期の極大期から徐々にコロナが暗くなっていくのが分かる。

# 太陽観測衛星「ようこう」その3

——X線からガンマ線領域で働く4種類の観測装置により10年3ヶ月にわたり太陽活動の科学観測を継続し、太陽活動周期の1周期(約11年)をほぼ連続観測した世界初の科学衛星です。(中略)また画期的な性能の硬・軟両X線望遠鏡で「新しい太陽像」を獲得、そして軟X線望遠鏡は衛星に載せたX線望遠鏡として世界で初めてCCDカメラを検出器として使用し、高分解能・高画質・連続観測で超高温の太陽コロナがさまざまな空間・時間スケールでダイナミックに激しく変動する様子を鮮明に映しました。——

さらに「ようこう」は、日米英それぞれの得意な技術を活かした国際協力を行い、インターネットで全世界へデータを配信し、最先端の科学成果を親しみやすい形で社会へ還元しました。

## 停波により運用を終了

「ようこう」は2001年12月15日に南太平洋の上空で金環日食に遭遇したことに端を発し、姿勢制御異常による衛星の回転、衛星電池の充電ができなくなることによる電源消失という事態に陥り、太陽指向姿勢を失った結果、正常な観測ができなくなりました。2年以上にわたり復活を試みましたが、電池充電の条件が整わず、衛星高度も落ちてきたため観測を断念しました。2004年4月23日、このプロジェクトを成功に導かれた「ようこう」衛星の前プロジェクトマネージャー小川原先生の立ち会いのもと、衛星電波停止のコマンドを送信し、運用を終了しました。「ようこう」衛星は総合試験のノイズ問題に始まり、打上げ直前のBCSの電源リレー、バッテリー温度、第1周目に行ったパドル展開時のマイクロスイッチアンサー、長期観測の最後に遭遇した金環日食への突入など、いろいろな問題・出来事がありましたが、それらを一つ一つクリアし、ミッション寿命3年をはるかに超えて、10年3ヶ月という長期にわたる観測で数々の成果を挙げました。これらのことは大きな自信となり、また、この経験は次に続くSOLAR-Bに活かされることと思います。

なお、「ようこう」衛星は1991年8月30日打上げ以来、2005年8月30日で14年目を迎えますが、来る9月14日ごろ大気圏に突入し消滅する予定です。(いのうえ・こうぞぶろう)

# 銀河系の妹弟たち

赤外・サブミリ波天文学研究系 山村一誠・板由房

「皆さん、こんにちは」

「私の名前は、大マゼラン星雲」

「僕は、小マゼラン星雲」

「私たちの名前は、1520年ごろに世界一周の探検をして、初めて私たちのことを記録に残したマゼランさんからもらったのよ。南半球からしか見えないので、日本の皆さんにはあまりおなじみではないけど、天文学者の皆さんは、はるばる私たちに会いに来てくれたりするわ」

「僕たちは、地球のある銀河系の妹、弟だといわれているんだ。銀河系お兄ちゃんとはとっても優しくいつも遊んでくれるけど、とっても大きいから、いつも僕らはぶんぶん振り回されちゃうんだ。そうやって遊んでもらうと、いっぱい星ができるといわれているんだよ」

「こう見えても、私たちは天文学にいっぱい貢献しているの。例えば、遠くの銀河までの距離を測ろうとするでしょ。もちろん物差しなんて届かないから、天文学者はいろいろな工夫をするの。1912年に私たちの観測をしていたリービットさんが、「セファイド型」って呼ばれている変光星が、明るい星ほどゆっくり変化することを発見したの。これを応用するとね、遠くの銀河にあるセファイド変光星の本当の明るさが分かるので、見かけの明るさと比べれば、その銀河までの距離を測ることができるの。この大発見が、宇宙の構造や生い立ちを研究するきっかけになったのよ」

「天文学者の皆さんには、僕らみたいにすぐそばにいる銀河、っていうのは魅力的なんだって。銀河って、その中でガスが集まって星が生まれたり、星が死ぬときにガスをまき散らしたり、いろいろな活動が起きている一つの集まりでしょ。だから、銀河のどう

いう場所で何が起きて、それによって銀河がどのように成長していくのかを詳しく調べるのに、とってもいいんだって。僕たちは銀河系お兄ちゃんに比べて、炭素や酸素や鉄など、星で作られる元素が少ないの。お兄ちゃんも、ずっと昔の子供のころは、もしか

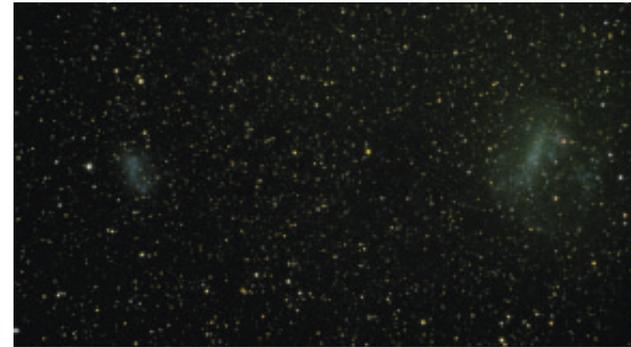


図1 大マゼラン星雲(右)と小マゼラン星雲  
©NOAO/AURA/NSF

したら僕たちみたいだったのかもしれない。それに、地球から僕らまでの距離はよく分かっているの、中にある星一つ一つの本当の明るさが分かるんだ。星の一生の研究をするときに、星の明るさが分かるのはとっても重要なんだって。しかも、僕らの中にはいろんな年齢の星がいるから、研究にとっても役に立っているんだよ」

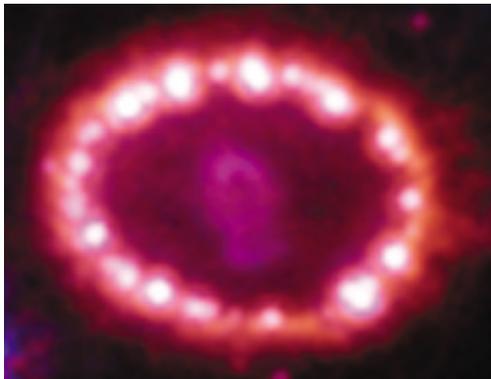
「そうそう。お姉さんには忘れられない思い出があるの。地球では今から18年くらい前だったかしら。私の中の星の一つが、大爆発を起こしたのよ。地球の人たちは超新星1987Aって呼んでいたわよね。地球で天文学が発達してから、一番近くで起こった超新星なんだって。それで、超新星爆発の研究や、爆発前の星の生い立ちとか、たくさん新しいことが分かったそうよ。ちょうど打ち上げたばかりの日本の衛星「ぎんが」が、この超新星からのX線を世界に先駆けてとらえたのよね。そして、たまたま観測を始めたばかりのニュートリノ観測施設「カムイオカンデ」が、この爆発からやってきたニュートリノを観測して、とても貴重なデータが得られたの。それで「カムイオカンデ」を作った小柴先生は、2002年にノーベル賞をもらったのよね。今、この超新星の後にはきれいなリングが見えるのよ(図2)」

「天文学者の皆さんは、僕らのことをもっともっとよく知りたいみたい。僕らのよく見える南半球には、ヨーロッパの人たちが作った大望遠鏡VLTとか、日本の人たちの観測施設もあるんだ。来年打ち上げられるASTRO-F衛星や、アメリカのスピッツァー宇宙望遠鏡も、僕らを詳しく調べる計画があるし、数年後にはALMA電波望遠鏡がチリに作られる。皆さん、これからも僕らのことをよろしくね」

(やまむら・いっせい、いた・よしふさ)

図2 超新星1987Aの爆発後に現れたリング。爆風と星の周りのガスとの衝突で光っている。ハッブル宇宙望遠鏡が2004年に撮影。

©NASA, P. Challis, R. Kirshner (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) and B. Sugerman (STScI)



ノルウェーのクジラと  
 不思議な像たち

## 初めてのノルウェーへ

5月29日（日）、始発の電車で成田空港へと向かいました。久しぶりの海外出張、初めての北欧、初めてのノルウェーです。今回はノルウェーのSandefjordで開かれる観測ロケットと気球に関するシンポジウム（17th ESA Symposium on European Rocket Balloon Programmes and Related Research）へ石井先生、阿部先生とともに参加致しました。

成田からSandefjordまでは、アムステルダムを経由して17時間ほど。ビールを飲みながら各座席に取り付けられたモニターで好みの映画を見ては昼寝して、というのを5回ぐらい繰り返して、やっとアムステルダム。Sandefjordに着いたのは夜の9時前ですが、日本人の感覚としては夕方4時ごろでしょうか。この時期、ノルウェーは白夜と

まではいきませんが、暗くなるのは夜11時ごろで、深夜2時ごろにはまた明るくなり始めます。Sandefjordはノルウェー南部のフィヨルドに面した小さな街で、空港から街までの間にはきれいな草原と小さな森が広がっています。失礼な話、北欧ってもっと薄暗くて寒い感じを想像していたのですが、実際のこの時期は日本のすがすがしい春のようです。

若い学生と  
チャレンジングな研究を

会議は今回で17回目を迎え、ヨーロッパ各国の観測ロケット・気球に関する研究者をはじめ、日本、アメリカ、中国など世界中の研究者が集い、各国の活動状況や

観測結果、これからの計画や新しい観測ロケットの紹介などが行われました。どのセッションも活発な議論で盛り上がり、私自身、各国でこんなにもいろいろなロケット・気球を用いた観測活動があったのかと、勉強不足を痛感致しました。

印象的だったのは、高校生・大学生くらいの多くの若い学生が参加し、会議の合間には先生らしい人を交えてロビーで議論している姿でした。会議は朝早くから夕方遅くまでびっしりとセッションが詰まっていたのですが、さぼって遊びに行ったりすることもほとんどないようで、興味深そうにプレゼンテーションを聴いていました。日本の学会でも学生さんをたくさん見かけますが、その

多くは大学院以上の学生でしょう。おそらくはまだ専門の研究をしたことのない若者たちがこのような学会に参加できることは、話の内容をすべて理解するのは難しくても、将来自分がやりたいことを考える上でとても貴重な体験になるだろうな、と感じました。また、我々が行っている観測ロケットや気球の実験により多くの若い学生・研究者が参加し、チャレンジングな研究を一緒にできたら、とも感じました。近い将来そういつたことが、私が携わっている再使用ロケットを使って実現できればと思います。

## 街を歩いてみると

Sandefjordは歩いて1時間ほどでぐるっと回れるくらいの小さな街で、観光名所もあまりありませんが、会議の合間に「クジラ博物館」に行きました。ノルウェーは捕鯨国で、今でも多くのクジラを捕まえて食用にしており、街のスーパーにもクジラの肉がパック詰めで売られています。博物館ではクジラの全身骨格の展示があり、捕鯨の様子をビデオ上映しています。捕鯨の善し悪しは私自身これまた勉強不足でよく分かりませんが、捕鯨船上で巨大なクジラがあっという間にバラバラにされる光景はちょっと衝撃的でした。おそらく普段食べている牛や豚の解体も、見れば衝撃を受けるでしょう。たぶんあのビデオは「捕鯨って素晴らしい！」っていうのを伝えたいのだと思うのですが、ちょっとそんな気にはなれないくらい生々しい映像でした。巨大なクジラの骨でホテルの入り口が飾られていたり、捕鯨に使うモリが港で何げなくオブジェになっていたり、とにかくノルウェーの人にとって捕鯨はとても大切なもので、クジラは生活に密着しているようです。

クジラだけではなく漁業に対する思いは日本人に負けないくらい強いようで、怒った顔のおばちゃんが魚やカニが載った台車の前でブンってしている訳の分からない銅像が、これまた何げなく道路脇にあたりなんかします。確かに魚、特にサーモンはとてもおいしいです。そうそう、像といえば、このほかにもいろいろありました。なぜか公園にライオンの像がポツリ、ホテルの脇に角の生えた馬だか犬だかみたいな生き物の像がポツリ、道端にでっかい亀の像がポツリ、至る所にポツリポツリ。どの像にも何一つ説明はありませんが、何か深い意味があるのかもしれない。

まだまだ奥深きノルウェー。また訪れたいので、ぜひ観測ロケットをノルウェーでもう一度。

（のなか・さとし）



魚の前でなぜか怒っているおばちゃん

宇宙航行システム研究室 助手

野中聡



# 失敗は成功のもとか ～10年越しの成果～

小川原 嘉明

宇宙科学研究所名誉教授

M-V-6号機によるASTRO-E II (「すざく」) 打上げが成功し、ほっとした。「はやぶさ」以来2年の空白の間、ロケット・衛星の信頼性向上のために地道な作業を積み重ねてきた多くの関係者の苦勞の結果であろう。5年前に軌道に乗せられなかった初号機ASTRO-Eの開発担当者として、長い間の胸のつかえが下りたようで感慨ひとしおである。初号機から数えて10年余にわたる関係者の努力の結晶である新衛星「すざく」の誕生を、心から祝福したい。

私は初号機の打上げ失敗の後、宇宙研を退職し、宇宙開発の現場から離れたが、2003年秋の一連の宇宙開発の問題発生を契機に、宇宙開発委員会の調査部会で事故調査に携わることになった。以来「H-II A」、「のぞみ」、「みどりII」と連続した事故などの原因究明と対策、さらにその後には打上げが予定されていたASTRO-E II、ALOS、ETS-VIIなどの信頼性の審査にかかわってきた。

これをきっかけに、近年注目されているいわゆる「失敗学」なるものにも関与することになった。記憶に新しいところでは、宇宙開発以外にも、頻発する原子力関係の事故、航空機事故、JR上越新幹線や福知山線の脱線事故と、科学技術の進歩に伴い重大事故が多発するようになっている。小さいものをも数え上げたら、それこそ枚挙にいとまがない。「失敗学」ではこれらの事故を網羅したデータベースを作り、その直接の原因を分析している。ここまでは比較的明快だが、大切なのは、その背後にある本当の要因(組織・予算・経験・人材・時間等々の多くの問題)を系統的に解明し、今後の対策を導き出すことである。だが残念ながら、この複雑に絡み合った要因の洗い出

しと有効な対策の立案は、まだかなり難しいという印象は否めない。その理由の一つは、実際の事故を同一環境で再現検証することの難しさと、その背景の複雑・多様性であろう。

しかし、ここであえて言わせてもらえば、私はこれらの事故の多くに共通する重要な要因は、「人」の問題だと思っている。このことが、例えば最近の宇宙開発委員会の報告に「信頼性の確保は、カネ、モノもさることながら、最後にはヒトに帰する」という極めて卑近な言い方でまとめられたのは、誠に我が意を得たり、の感がある。間近に迫る経験者の大量退職(2007年問題)が取りざたされている折から、ますます優秀な人材の確保と養成は、目下の最重要課題であろう。

失敗の議論では、よく「失敗こそ貴重な経験・資産である。失敗を恐れるな」といわれる。また「失敗を恐れず果敢に挑戦し、失敗を教訓に前進することこそ大切」ともいう。確かに、人間のやることだからどうしても失敗は避けられない。しかし、人命にかかわる医療などはもとより、宇宙開発でも失敗により生ずる損害は深刻なものである。仮にも「失敗を恐れずうんぬん」「失敗は成功のもと」などと言ってはられない。今年2月のH-II Aに続いて今回のM-V-6の打上げ成功で、我が国の宇宙開発もようやく再生に向かって歩み始めた。過去の

苦い経験を生かし、今後も信頼性の向上に着実な努力が積み重ねられるようお願いしている。

異例の衛星再製作を実現し、見事打上げを成功させたロケット・衛星関係者の努力と、それを支援してくださった多くの人々に、あらためて深く感謝したい。打上げに成功し、衛星チームはいよいよこれからの数年間が正念場である。

ところで話は変わるが、過日、先鳥諸島を回る機会があった。いつかこの辺りを旅してみたいと思っていたのだが、遊びの下手な私は、宇宙研ではいつも目先のことに追われ、ついぞその機会を得られなかった。御者の弾く鳥歌のゆったりした三線の音に合わせて進む水牛の車で春の浅瀬を渡っていると、ふと別の世界に来たような時が流れる。こんなとき、宇宙開発の現場で血眼になって試行錯誤していたときには気付かなかった風景が、いろいろと見えてくるような気がする。これこそ修羅場を離れた者に許された世界なのだろう。これからはゆっくり「いも焼酎」を楽しみながら、新生「すざく」の成果を心待ちにしている。

(おがわら・よしあき、2005年7月20日記)



浅瀬を渡る三線の音と水牛車(筆者撮影)

# 育て！研究者の卵たち

研究マネジメント課  
殿河内 啓史

——このコーナーで事務職の方にご登場いただくのは初めてです。まず、仕事の内容をお教えてください。

殿河内：6月までは、総合研究大学院大学（総研大）をはじめとする大学院担当をしていました。宇宙研が総研大の宇宙科学専攻を開設したのは2003年4月で、私はその発足時からかかわったのですが、その半年後のJAXA発足に伴う協定締結など前例のないことばかりで大変でしたね。私たち事務と総研大教員を担当する研究者、総研大の葉山本部、そして学生が四者一体となり、新しい学校を築き上げてきたという感じです。

総研大の仕事をするまで気が付かなかったのですが、大学院の学生は宇宙研の中でとても大事なポジションを占めていることがよく分かりました。総研大生・東大生をはじめとする全国の大学から来て宇宙研で研究を行う200人余りの大学院の学生は、宇宙研という実際にプロジェクトが進行している現場で、最先端の宇宙科学を学び研究を行っています。一方、宇宙研の側からは、学生は大学共同利用機関としての宇宙研のユーザー・共同研究者でもあり、学生がいることによって宇宙研の研究も進みます。そして何よりも、学生たちは次世代を担う研究者の卵です。学生を育てるといことは、JAXAが大事にしなければならない仕事の一つだと思います。

——研究者の卵を育てるために何が必要だとお考えですか。

殿河内：学生が学びやすい環境を作ることがまず大切です。経済的な支援も必要です。そして、宇宙研で育てた学生をどう社会に送り込んでいくかを、もっと真剣に考えるべきだと感じています。学生たちはモチベーションが高く、本当に優秀な人ばかりです。宇宙研で学んだ学生を、これからの社会に通用する優秀な研究者として育てるだけでなく、JAXAとして組織的にフォローし、各分野へ受け入れてもらえるようPRしていかなければいけないでしょう。

また、総研大の宇宙科学専攻では、現在の博士後期課程に加え、2006年度から5年一貫博士課程も始まります。宇宙研で学ぶ選択肢を増やせたのはよかったですと思います。

私自身は6月に部署の異動があり、最初に入学した総研大生が修了するまで付き合っただけであげられなかったことが悔しかったですね。

——今度は、どのようなお仕事ですか。



とのごうち・けいすけ。1970年、東京都生まれ。1989年、東京都立調布北高等学校卒業。同年、宇宙科学研究所事務官。研究協力課、東京大学農学部、文科省三機関統合準備室などを経て、2003年4月の総合研究大学院大学宇宙科学専攻発足時から大学院業務全般に携わる。現在、研究マネジメント課観測事業係。宇宙研ワンダーフォーゲル部所属。

殿河内：研究マネジメント課で観測事業係という観測ロケットなどの実験支援業務をしています。宇宙研に入って初めての配属先も観測事業係で、この仕事はすでに6年くらいやっているので新鮮味はないですが。地元への説明・協力依頼や行政機関に対する各種申請、

警察・消防への警備依頼、研究者や技術者の移動や宿泊先の手配など、実験にかかわる裏方の仕事です。宇宙研の事務の中にあっては、現場で直接実験にかかわることができる数少ない部署といえるかもしれません。実験やロケット打上げの現場に立ち会えるので、とても面白いですし、宇宙科学をサポートしているんだという自負も感じます。

このような経験から、事務職員が実験や研究の現場に携わったり、知ることができる場が、もっと増えればいいと感じています。もっと研究の現場を知ることによって、書類上のことについて実感が伴うようになれば、モチベーションが上がるのではないかと思います。

——ところで、なぜ宇宙研に？

殿河内：公務員は楽かな、と思って（笑）。ところが、いきなり年に60～70日も出張しなければならない観測事業係に配属になり、すっかり当てが外れてしまいました。宇宙研については、ロケットを打ち上げているところ、というくらいの知識しかありませんでした。ですが、もともと理科系が好きでしたし、辞めずにこれまでできたのも、性に合っていたからでしょう。

——これまでの仕事で一番印象に残っていることは？

殿河内：2000年に行われたノルウェーのスピッツベルゲン島での観測ロケットの打上げですね。仕事でもなければ、北極圏に行くことはないでしょうから。

実験に伴う出張では研究者・技術者と寝食を共にして、いろいろな話もします。宇宙研の皆さんは、個性的な人が多いので面白いですよ。出張先で研究者と山登りの話で盛り上がり、宇宙研ワンダーフォーゲル部を作ることにもなりました。ワンダーフォーゲル部の部員は現在4名。メンバーが皆忙しく、最近では活動していませんが、また山に登りたいですね。

ISASニュース No.293 2005.8 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学本部  
〒229-8510 神奈川県相模原市野野台3-1-1 TEL: 042-759-8008

本ニュースに関するお問い合わせは、下記のメールアドレスまでお願いいたします。  
E-Mail: newsedit@adm.isas.jaxa.jp

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。

\*本誌は再生紙（古紙100%）を使用しています。 古紙配合率100%再生紙を使用しています



編集後記

8月8日に「すざく」の検出器の一つが失われ、データを楽しみにしていた我々現場も大変がっかりしました。日本や世界中の方々にも大変申し訳なく思います。しかし12日には、二つ目の検出器が立ち上がり、初観測に成功。今号が発行されるころには、三つ目も立ち上がっているでしょう。失ったものは大きいですが、残ったものもまだまだ大きいです。「すざく」が歴史に残る成果を出せるよう、現場の創意工夫が問われる時がやってきました。本誌を「すざく」の成果でにぎわせられるよう、頑張ります。（中澤知洋）

デザイン／株式会社デザインコンビピア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト