

これまでに知られている軟ガンマ線リピーター (SGR, 4つの赤丸) と、類似した性質を持つといわれる異常X線パルサー (AXP, 6つの黄色の四角) の位置 (銀河系座標)。今回、巨大フレアを起こしたSGR1806-20は銀河中心に近い方向にある。前々回、前回の巨大フレアはSGR0526-66とSGR1900+14で起きた。  
© NASA Marshall Spaceflight Center

宇宙科学最前線

# GEOTAIL衛星 天体ガンマ線観測始末記

寺沢敏夫

東京大学大学院理学系研究科教授

GEOTAILとは、1992年7月に打ち上げられ、現在もデータ取得に活躍中の磁気圏探査衛星の名前です(地球を表す接頭辞geoに磁気圏尾部を表すtailをつないだ造語)。科学史をひもとくと、予期せざるデータが新しい研究の進展につながったというたくさん例を見出すことができます。しかし個人レベルでは、そうしたことはごくまれな非日常的出来事でしょう。私自身がGEOTAIL衛星によって天体ガンマ線の観測を行い、しかもそれによってその最前線に躍り出ることになろうとは、つい数ヵ月前までは思ってもみなかったことでした。

GEOTAIL衛星プロジェクトはその名のとおり、地球磁気圏、特に尾部を主な研究対象として、JAXA宇宙科学研究本部の前身である宇宙科学研究本部とNASAが共同で企画したものです。磁気圏の研究にとって重要なのは、その場のプラズマ

密度、速度、温度に加え、高エネルギー粒子や電磁場とその揺らぎ(波動)です。そうした項目については、ほぼ完璧な観測体制がとられてきました。

一方、磁気圏研究のお隣に当たる太陽コロナ・フレア分野では、「ようこう」衛星の大活躍が記憶に新しいところです。磁気圏と太陽フレアは、プラズマの密度や磁場強度は何桁も違うものの、磁気リコネクションと呼ばれる共通の物理過程が支配的であることが明らかにされました。その研究の進展には、GEOTAILと「ようこう」のデータを用いた日本の磁気圏グループと太陽グループの寄与が本質的でした。「ようこう」では、GEOTAILと違って直接その場所に行かずに磁気リコネクション過程を研究するため、X線～ガンマ線による遠隔観測(リモートセンシング)が行われていました。

## GEOTAILが太陽フレアの ガンマ線をとらえた

さて、話は5年前の2000年初めにさかのぼります。GEOTAIL衛星のプラズマ観測器(LEP, イオンと電子のカウンターで構成)のデータを眺めていて、時折、妙な縦縞が入ることに気が付きました。図1上は1997年11月6日11時40分~12時10分(世界時)の30分間のLEPのイオン・データを示したものです。縦軸はイオンのエネルギー、横軸が時間で、図の擬似カラーは各時刻・各エネルギーのイオンのカウント数を示します。この時間帯、GEOTAILは磁気圏尾部のプラズマシートの中にあり、周りの熱いイオンが連続的に飛び込んできていました(磁気圏尾部とは、彗星の尾のように地球磁場が太陽風によって吹き流されてできた地球の尻尾のこと。その中央には、数千万度(数keV)という高温のプラズマが詰め込まれてシート状の構造を作っている。それをプラズマシートと呼ぶ)。

図では、その様子が0.2~10keVの範囲で横に連なる色の帯として見えています。色合いが時間とともに変わるの、イオンの量が変動していることを表しています。一方、図の中央付近、11時53分~11時55分ごろには青~黄~赤の縦縞が見えます。これがもしイオンによるものなら、計測の最低エネルギーである0.02keVから最高エネルギーの40keVに達する、広いエネルギー範囲のイオンのバースト・イベントがあったこととなります。しかし、こんなイベントはそれまで知られていません。

LEPデータの信ぴょう性を調べているうちに、同時刻に観測された「ようこう」のガンマ線光子のデータ(HXT/H)に行き着きました(図1下)。「ようこう」は、ちょうど図1上の縦縞の時間帯に光子数の増大を観測していますが、これはクラスX9.4という特大級の太陽フレアに伴うものでした。当時大学院生の竹井康博君が調べたところ、大きな太陽フレア(>~X3)に伴ってLEP観測に似たような縦縞

が入る例がたくさん見いだされました。さらに、LEPデータと「ようこう」のエネルギー別データの詳しい比較から、縦縞部分のLEPデータは50keV以上のガンマ線光子の強度を表していることが証明されたのです(ガンマ線に対しては、図1上の縦軸のエネルギーの目盛りは意味を持たない)。

LEPのガンマ線に対する感度はごく低いもので、専用観測器に比べると1000分の1程度以下ですが、専用観測器は地球の影に入って太陽を見ていない時間帯が結構あります。それに対し、地球中心から10~30地球半径の距離を飛行するGEOTAILは、地球の影に入る時間は無視できるほど少なく、ほぼ連続的に太陽を「見て」います。そのため、ほかのデータが得られていなかったとき、太陽ガンマ線データを取得して太陽フレア研究者に提供することもできました。

しかし、太陽活動の低下に伴ってフレア数も減少、これでLEP太陽ガンマ線観測も店じまいかと思っていた矢先の今年初めのことです。

## SGR1806-20の巨大フレア発生

ガンマ線天文衛星HETE2の日本側代表として活躍中の東工大の河合誠之さんから「軟ガンマ線リピーターSGR1806-20が、2004年12月27日21時30分26秒(世界時)から数分間にわたって巨大フレアを起こした。そのフレアの開始直後のガンマ線強度は、太陽フレアより強かったといわれている。LEPデータにそれらしいものは見えていないだろうか?」というメールが飛び込んできました。

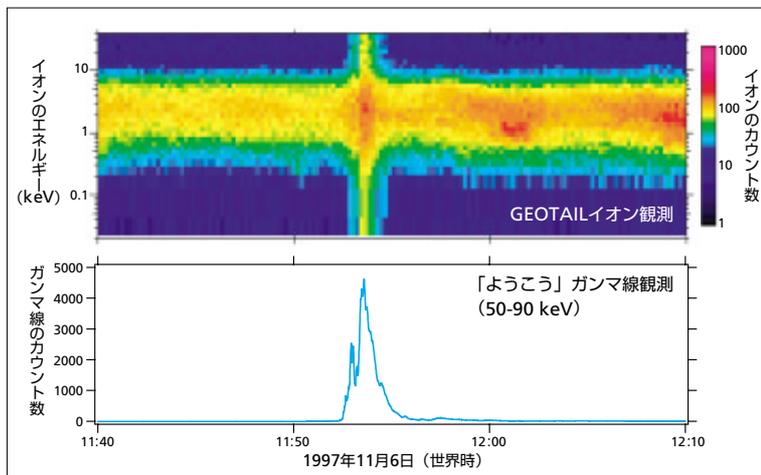
早速、LEPデータを調べてみました。まず初めに描いたのは図2です。この図は2004年12月27日21時15分~21時45分の30分間の電子(上段)とイオン(下段)のデータを示したものです。GEOTAILは太陽風内にあつたので、太陽風の電子とイオンが連続的に横の帯状に並んでいます。そして、河合さんから連絡のあったまさにその時間に、これらの電子、イオンの横帯を貫く縦縞が入っているではありませんか(図の中央付近の青色矢印で表示)。

この図を見て巨大フレア観測の成功をほぼ確信しましたが、その後論文を仕上げる3月末に至るまで、大学の義務的な仕事以外のほとんどをキャンセルし、大学院生の田中康之君ほか幾人かの共著者とともにデータ解析作業に没頭することになったのでした。

## ピーク観測はGEOTAILのLEPだけ

話を図2を描いた直後に戻します。LEPデータの時刻と、SGR1806-20からのガンマ線のGEOTAILへの到達予想時刻を比べ、その差はデータの時間精度である数ミリ秒以内で一致することが判明し

図1 上: LEPのイオンカウントを時刻・エネルギーごとに擬似カラーで表示(E-t図)。中央に近い縦縞がGEOTAILへの太陽ガンマ線の到来を示す。  
下: 「ようこう」が観測した太陽からのガンマ線(50~90keV)の時間プロファイル。ピークの位置は、上の縦縞と一致している。



ました。こうして、巨大フレアからのガンマ線光子を検出したことは疑いのないところとなりました。図2のカウンタデータを時間順に並べ替えたのが図3上です。このように時間順に並べ替えると、LEPは5.48ミリ秒の時間分解能を持ったガンマ線観測器ということになります。この時間分解能は、ガンマ線専用観測器に比べてもそれほど見劣りのしないものです。

そうこうしているうちに、ほかのガンマ線天文衛星のデータ取得状況が明らかになってきました。残念ながら河合さんが関与するHETE2衛星はSGR1806-20から見て地球の影にありデータは取得できなかったのですが、Integral, RHESSI, Konus-Wind, Swiftといったそうそうたる顔ぶれが参戦してきました。しかし同時に、それらのガンマ線天文衛星にとっては巨大フレア開始直後の200~500ミリ秒間は信号が強過ぎて、いずれもデータを取りこぼしていたことが判明しました。いくつかの観測の速報を眺めると、一応、ピークのガンマ線エネルギー量の推定が載っていますが、それらはガンマ線専用の観測器が得たものではなく、もっと時間分解能の悪い別の観測器(地球の放射線帯モニタなど)に飛び込んできたガンマ線光子によるカウント数を苦勞してエネルギー量に焼き直したもののようでした。

「時間分解能の高い観測でピーク付近のデータを取りこぼさなかったのは、GEOTAILのLEPだけらしい!」。我々のデータが重要性を増してきました。急ぎよ、データを論文にまとめて投稿しようと思ったのは、1月下旬のことでした。図3下は、その後報告されたSwift衛星のデータです。0~260ミリ秒の間、グラフが上に突き抜けているのは、信号が強過ぎたために生じたデータギャップの部分です。図3の上下を比べると、LEPのデータがきれいにSwift衛星のデータギャップを埋めているのがお分かりいただけるでしょう。そして、過去5年間の太陽フレアガンマ線による感度較正の結果を生かし、このピークでのガンマ線の強さが1平方センチメートル当たり毎秒20エルグという、とんでもない強さであったことが確認されたのです。

## マグネターのフレアに 磁気リコネクションが関与

SGR1806-20の正体は、1000兆ガウス程度という超強磁場を持つ中性子星(マグネター)であると説が有力です。マグネターは普段から少量の磁場エネルギーを断続的に解放し、比較的エネルギーの低いガンマ線を放射しているため、軟ガンマ線リピーター(SGR)と呼ばれています。これまで3つのマグネターが巨大フレアを起こ

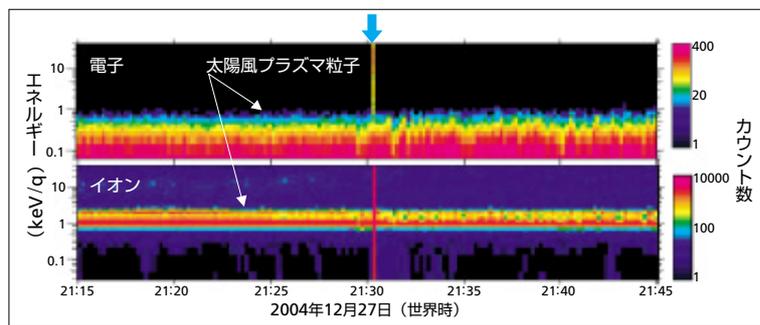


図2 上: LEPの電子のカウンタ  
下: LEPのイオンカウンタのE-t図  
青の下向き矢印で示した時刻に一筋の縦線が見られる。これがSGR1806-20からのガンマ線のシグナルを表していた。

したのですが(表紙の図のSGR0526-66, SGR1900+14そしてSGR1806-20), 今回のフレアは過去の2つに比べて100倍以上も大きいものであったことが明らかになりました。

マグネターは、数十年に一度ほど巨大フレアとして普段よりはるかに多くの磁場エネルギーの爆発的解放を起こすらしいのですが、詳しいことはよく分かっていません。そのメカニズムを探るためには、フレア開始直後のガンマ線の強度変化を知ることが必要です。そのためにLEPデータは大変貴重なもので、今後の理論モデル構築の手掛かりとして重要な役割を果たすことになるでしょう。特に図3上の光度曲線の0~200ミリ秒の間に見られる凹凸の60ミリ秒ほどの時間スケールは、マグネターにおけるエネルギー解放素過程の時間スケールを反映すると考えられます。通説によれば、その素過程にも磁気リコネクションが関与しているといわれており、それが正しければGEOTAILは、地球磁気圏と天体の両方の磁気リコネクションを観測した最初の人工衛星であることとなります。

少し早めの桜が咲き始めた3月末、ほかのガンマ線天文衛星の結果と並んで、我々の結果が4月28日発行の『Nature』誌に掲載されることが決まり、取りあえずは一件落着となったのでした。

(てらさわ・としお)

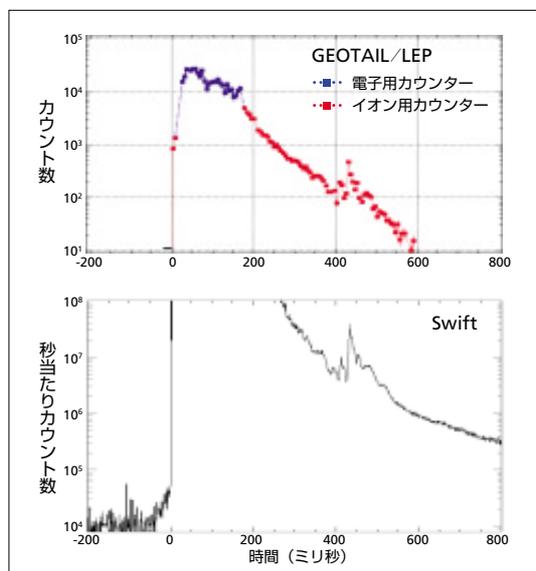


図3 上: LEPのカウンタを時間順に並べ直したグラフ(巨大フレアからのガンマ線の光度曲線)  
下: ガンマ線天文衛星Swiftが得た光度曲線。ピークを含む約260ミリ秒間はデータが得られていない。上下のグラフとも400~450ミリ秒の辺りにいくつかのサブピークが見える。2つの独立な観測でサブピークの構造は細部まで一致しており、これらが本物であることが証明された。この構造は小さなエネルギー解放が再び起こったことを示すと思われるが、詳しいことは今後の研究を待ちたい。

## 「はるか」プロジェクトの映画完成

電波天文衛星「はるか」プロジェクトの映画ができました。題して、『3万kmの瞳』。副題が『宇宙電波望遠鏡で銀河ブラックホールに迫る』と付いています。これは、『M-V宇宙へ』の姉妹作『「はるか」宇宙から』に続く2本目の「はるか」映画です。

電波天文衛星「はるか」は1997年に、M-Vロケットの1号機で打ち上げられるという息詰まる体験をし、軌道上で10mの大きさのアンテナを展開するなどの工学実験を成功させ、世界初のスペースVLBI衛星として大規模な国際協力によって、文字どおり“3万kmの瞳”で宇宙を観測してきました。

映画のシナリオ作りから資料収集、国内外での撮影を

行い、仮編集が終わってからも、シナリオは何度も何度も修正を重ねました。最後は、ナレーションを一語一語チェックしては変えるということもしました。画面編集、録音それぞれスタジオを使いましたが、修正のためにもう一度それぞれ行いました。少しでも良いものにしようと変更をお願いし、発注側のこちらも徹夜でお付き合いすることにもなりました。

「はるか」を中心に据えたVSOPプロジェクトは、国際性が際立って重要なプロジェクトでした。できるだけ早く英語版を作って世界のコミュニティにも観てもらえたら、と熱望しています。

(平林 久)

## 第24回「宇宙科学講演と映画の会」開催

4月16日（土）午後2時より新宿明治安田生命ホールにおいて、「宇宙科学講演と映画の会」が開催されました。この会は毎年、宇宙科学研究所の創立記念日である4月14日前後に行っているものですが、本年度は収容定員340名を超える345名の参加者を迎え、大変盛況な結果となりました。的川泰宣対外協力室長の司会進行によって、鶴田浩一郎本部長のあいさつに始まり、的川室長による工学分野からの講演、井上教授による理学分野からの講演が行われ、質疑応答の後、映画『3万kmの瞳—宇宙電波望遠鏡で銀河ブラックホールに迫る—』（30分）が上映されました。

的川室長は、「ペンシルロケットから50年—宇宙科学を支えた半世紀—」と題し、日本の宇宙開発の原点であるペンシルロケットについて話されました。研究開発者である糸川英夫先生のご苦勞やその人柄を、大学院生として糸川先生より直接指導を受けていた的川室長が当時の思い出を振り返りながら、予定時間をオーバーして語られました。

井上教授は、「X線観測が切り開く宇宙—ブラックホールから暗黒物質まで—」と題し、宇宙の進化・歴史を解明していくために重要となるX線観測について、観測衛星の機能や具体的観測方法およびブラックホールに関する説明を、難しい数式を用いながらも分かりやすく説明されました。私自身、引力により立って

られることを初めて自覚した次第です。

講演後に行われた質疑応答では、年配の方からの専門的な質問や小学生からの基本的な質問などが活発に出されていました。

また、映画は制作後初めての上映でしたが、映像、音楽、ナレーションにより彩られ、衛星「はるか」の素晴らしさと、その研究開発に関係した各国関係者の思いが画面より伝わってくる感動的なもので、誰もがスクリーンに見入っていました。

(小山誠司)



# 総研大宇宙科学専攻の5年一貫制への移行について

総合研究大学院大学（総研大）は、大学共同利用機関（基盤機関）を教育研究の場として活用する博士後期課程のみの教育を行う大学として、17年前に設置された日本初の大学院大学です。JAXA宇宙科学研究本部では、2年前の2003年4月から総研大へ参画し、物理科学研究科の中に宇宙科学専攻を立ち上げました。

このたび、2005年度から生命科学研究科が、2006年度からは宇宙科学専攻が置かれる物理科学研究科を含む3研究科が、新たに5年一貫制博士課程に移行することになりました。この新課程では、修士取得者だけでなく、博士号取得を目指す学部卒業生も対象とすることになり、5年間を使った大学院教育ができるようになります。これにより、従来にも増して学生の専門性を高めることはもちろん、各基盤機関の持つ大学にはない機能を活用して、国際的に通用する優秀な研究者を育成することが求められています。

宇宙科学研究本部にとってはこれまでにない試みであるため、5年一貫制の入学定員は2名、従来の博士後期課程入学に当たる3年次編入学定員は3名と、少人数でスタートすることになりました。それでも、授業にはほかの大学院における修士の学生を対象としたような基礎的科目が加わり、入学試験に物理や数学のペーパーテストが取り入れられるなど、教育課程には大きな変化が起こります。

現在の総研大の最大の課題は、社会における認知度が低く、基盤機関の持っている潜在能力が十分に発揮されていないことにあります。5年一貫制の成功の鍵も、いかに入学資格保有者にこの課程を広く知ってもらい、優秀な学生を確保できるかにかかっているといえます。この点について、特に関係各位のご協力をお願いする次第です。

（八田博志）



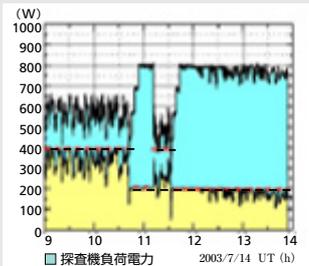
## はやぶさ近況

HCE（ヒータ制御装置）に実装された工夫の一つに、100チャンネル以上のヒータで温度制御を行いながら、合計消費電力を指定値以下に抑えるという、電力調停機能が挙げられます。探査機の各部分の温度を適切に保つために、ヒータのオン・オフをする必要がありますが、単純に「温度が指定値以下に下がったらヒータをオンし、指定値以上まで上がったらかオフする」方式では、多くのチャンネルが同時にオンになったときに電力が足りなくなってしまう。そこでHCEでは、各温度制御点の優先順位と温度の下がり方を考慮して、与えられた電力を

## 「はやぶさ」の賢いヒータ制御

超えないようにオン・オフのタイミングを調整しています。この機能により、ヒータの消費電力は平均化され、太陽電池パネルの発電能力を無駄なくイオンエンジンに割り当てることが可能になりました。これも、小さいながらも「はやぶさ」の工学実験の成果の一つだと思っています。

（NEC東芝スペースシステム（株）  
萩野慎二）



ヒータ電力を制限したときの探査機負荷例

## 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	
相模原	1日	17日	ASTRO-EII 射場移動前試験	
	頭		ASTRO-F FM総合試験	未
	頭		SOLAR-B FM総合試験	未
	頭		INDEX FM総合試験	未
	12日	20日	M-V-8号機 B2仮組	
		(IA富岡)		
三陸		16日	大気球 H17年度第一次気球実験	15日
筑波	ASTRO-EII 質量特性測定	18日	23日	
	頭		SELENE PFM試験	未
内之浦	ASTRO-EII/M-V-6号機 フライトオペレーション	25日		7月中旬

(FM : Flight Model PFM : Proto Flight Model)

# 浩三郎の 科学衛星秘話



「ひてん」



井上浩三郎

## 軌道制御と月スウィングバイ

当初の計画では打上げ後地球を4周半して月と会合するはずでしたが、ロケットの速度増分が計画値より約50m/s不足し、衛星の初期投入軌道の遠地点高度が予定の約50万kmに対し実際には約29万kmと低くなったため、月との会合までの地球周回数を5周半とするバックアップ案を採用することとなりました。

軌道制御は正確に行われ、1990年3月19日5時4分9秒、「ひてん」は月から1万6472kmの距離まで最接近し、第1回月スウィングバイは成功しました。この結果「ひてん」の軌道は、遠地点約72万7000km、近地点約11万6000kmへと拡大されました。第2回目は7月10日に月の前方を横切る減速スウィングバイに成功し、加速と減速の双方を行う二重月スウィングバイを達成させました。その後、GEOTAIL衛星の軌道を模擬した軌道変更実験など、月の重力を利用したスウィングバイ実験も行い、所期の最大の目的を達成しました。

## 月オービターの月周回軌道投入実験

第1回月接近時に「ひてん」本体から分離して月周回軌道に投入される予定の月オービターは、1月25日以降の数回にわたる点検結果では正常でありましたが、2月21日に負荷電流に異常が発見され、その結果、送信機系に不具合が生じていることが判明しました。

「ひてん」の月最接近に先立つ3月19日4時37分3秒に、地上からのコマンドにより月オービターを切り離れた後、内蔵の月キックモーターがタイマーにより5時4分3秒に点火されました。この点火と燃焼は、東京大学木曾観測所の105cmシュミット・カメラによる観測で確認され、月オービターは「はごろも(羽衣)」と命名されました。



仕事を終え、旅館「出水田荘」でくつろぐひととき。日本式正座をして、「すきやき」を囲んで乾杯。向かって左よりクラウディア、橋本(正)、後川、田島、前田の各氏。(写真:横山俊一氏提供)

## 「ひてん」の月面到達

1992年2月15日の第11回目の月最接近時に、「ひてん」は搭載ガスジェット装置を約10分作動させることによって月周回軌道に投入されました。そして、やがて月の向こう側に落下することが予想されたため、搭載残燃料を用い、落下点を月の表側にするための軌道修正を行いました。1993年4月11日午前3時3分38秒、「ひてん」は3年と2ヵ月余りの長旅を終え、「豊かの海」のステヴィヌス・クレータ近傍に着陸してその生涯を閉じました。

深宇宙管制室で、着陸の瞬間まで月面の画像を送り続ける「ひてん」のテレメトリモニター画面を固唾をのんで見守ったことが、脳裏によみがえってきます。

## 日本を愛したクラウディア・ケスラーさん

「ひてん」には、ミュンヘン工科大学との共同実験であるダストカウンター(MDC)が搭載されていました。これは地球・月空間の微小宇宙塵の計測を行うもので、このためドイツからクラウディア・ケスラーさんという女性の研究者が実験に参加されていました。彼女は日本の文化に大変興味を持ち、実験が休みの日にはいろいろなところへ出掛け(近くの山にウグイスを探しにバードウォッチング、少し足を延ばして宇土神宮参り、等々)、見聞を広めていました。

ある日、内之浦での我々の常宿「出水田荘」の夕食に彼女を招いたところ、旅館の女将さんが彼女に着物(和服)を着せてくれました。突然の出来事に彼女はとても喜び、うれしさのあまり我々と一緒になって(飛天の舞?)を踊って、皆を楽しませてくれました。

帰国後、彼女のことが地元の新聞に写真入りで紹介されたと聞いております。まさに日独親善を果たされました。

衛星主任の上杉先生は、月着陸で「ひてん」が生涯を閉じる少し前の1993年4月、「ひてん」のパーティー案内の中で次のように語っておられます。

——胆の冷えるような難関を乗り越え、第1回月スウィングバイ以降は順風満帆、合計10回のスウィングバイ、2回のアロプレーキ、ラグランジュ点周回、そして昨年(1992)2月15日以来の月周回と、文字どおり天空を駆け巡ってきた「ひてん」ですが、今後月を見上げればいつもそこには「ひてん」があり、何年(何十年?)か後には必ずや誰かが地球に持ち帰ってくれることでしょう。

(いのうえ・こうざぶろう)

工学実験衛星「ひてん」(その2)

# 宇宙のワンパク赤ちゃん

## ～おうし座Lynds1551 IRS5～

Smithsonian Astrophysical Observatory 海外学振研究員 横川創造

悠久に思える星々にも、人間と同じように誕生の瞬間があります。人間の赤ちゃんがお母さんのおなかの中でゆっくり育つように、星の赤ちゃん(原始星)は冷たく密度の濃い分子ガスの塊(分子雲コア)の中で生まれます。赤ちゃん星は恥ずかしがり屋なので、分子雲ガスの奥深くに隠れていて、目に見える光(可視光線)では見ることができません。もっと波長の長い赤外線や電波か、X線のような強いエネルギーの光で見ること、初めてその姿をとらえることができます。

赤ちゃん星は、どこにいるのでしょうか。冬の夜空に美しく輝く星団、昴(プレアデス星団)をご存知でしょうか。この星団のすぐそば、太陽から約500光年の距離に、赤ちゃん星の巣となる、おうし座分子雲があります。図1は、その中でも最も明るくて元気な赤ちゃん星 Lynds1551 IRS5\*を、近赤外線で見たとした写真です。濃いガスに覆われているため近赤外線でも星そのものを見ることができず、星を取り巻くガスから反射した光が見えています。よく見ると、最も明るい部分(オタマジャクシの頭のように見える)から2本並んで噴き出すガスジェットが見えます。その根元に赤ちゃん星があると考えられています。なぜジェットが2本見えるのでしょうか。実は、この赤ちゃん星は双子なのです。星にも、一人で生まれる星や双子の星があるのです。

赤ちゃんが誕生の瞬間に産声を上げるように、赤ちゃん星も産声を上げることをご存知でしょうか。ただし赤ちゃん星が出すのは“声”ではなく、激しく噴き出すガスです。ゆっくりと回転している分子雲コアが重力によって収縮することによって、その中心に赤ちゃん星が作られます。腕を広げてゆっくりと回っているフィギュアスケートの選手が腕を抱え込むと、高速でスピンのようになります。同じように、赤ちゃん星を取り巻くガスも中心に近づくと高速で回転して、遠心力と重力とが釣り合う半径で円盤を作ります。これが原始惑星系円盤です。さらに内側では、ますます高速回転します。それでは、一番内側にある星はものすごい速さで回転しているのでしょうか？ そうではありません。高速で回転すればするほど遠心力は強くなり、そのままでは星は引きちぎられてしまいます。そうならないように、エネルギーの一部を原始惑星系円盤に垂直な方向に放出しているのです。これが赤ちゃんの産声の正体、双極分子流です。図1で見えているジェットもその仲間です。生まれたばかりの赤ちゃん星

図1 国立天文台のすばる望遠鏡で見たLynds1551 IRS5の近赤外線イメージ。中心星に照らされた周囲のガスと2本のジェットが見える。

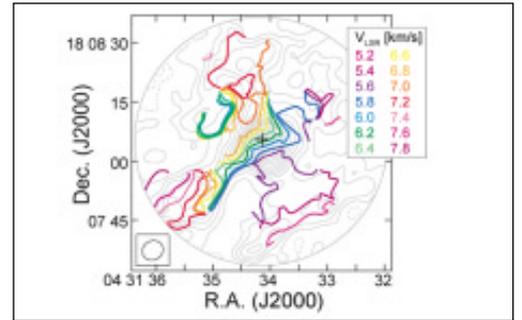
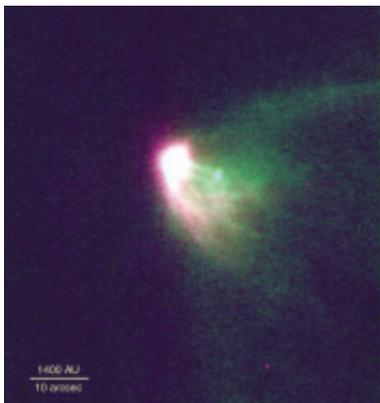


図2 野辺山ミリ波干渉計で観測したLynds1551 IRS5に付随する分子ガスのイメージ。色線はガスの運動の速度を、灰色の線はガスの分布を示している。中心星に対して、回転しながら落下するガスの様子が分かる。

はとても元気が良く、双極分子流には1pc以上の長さを持つものまで発見されています(1pc=約3光年。地球から太陽までの距離の約20万倍に相当)。赤ちゃんが元気に泣くのと似ていると思いませんか。

筆者らはこのLynds1551 IRS5を、長野県にある野辺山ミリ波干渉計という電波望遠鏡を使って観測しました。電波は、赤ちゃん星を取り巻くガスの空間的な分布やガスそのものの運動を詳しく調べることができます。その結果が図2です。中心星の周りを回転しながら落ち込んでいくガスの様子を捉えることに成功しました。ガスは内側にいくほど高速で回転しているようです。今後、さらに内側を高倍率で観測すれば、赤ちゃん星の周りにできたばかりの原始惑星系円盤が見えてくるかもしれません。このように電波で赤ちゃん星を観測することは、赤ちゃん星がどのように生まれるのか、その周りにできる原始惑星系円盤はどのような大きさでどれくらいの重さがあるのか、その円盤から将来どのような惑星が生まれるのか、といった疑問にヒントを与えてくれます。

日本について知りたいときは、外国の文化や歴史を学ぶことがとても大切です。太陽系の歴史もそうです。いろいろな赤ちゃん星を観測して、その環境がどういふふうであるか、どんな惑星系ができるのか、いろいろな疑問について調べることが、結果として太陽系をより深く理解することにつながります。隣の星は何する星ぞ。そう考えていろいろな星を観測すると、自分たちのことが少し分かった気になりませんか。

(よこがわ・そうぞう)

\*Lynds1551 IRS5: Lyndsとは、暗黒星雲のカタログのことである。米国の天文学者Lynds博士はバロマー山天文台の1.2mシュミット望遠鏡で撮影されたデータをもとに、約1800個の暗黒星雲を探し出し、1962年にそれらの位置や形状をまとめたカタログを発表した。Lynds1551は、その1551番の暗黒星雲である。IRS5は、後の観測でこの星雲の中に見つかった赤外線天体のリストの5番目にある、原始星である。

### 成田発トロント経由サンチャゴ行き

次は京都—名古屋を出た新幹線ではありません。シンポジウムの話です。

3月7～11日の5日間、チリのサンチャゴで化学推進関係の国際シンポジウムISICP (International Symposium on Special Topics in Chemical Propulsion)に参加してきました。南米は初体験。なかなか面白かったし、疲れもしました。

成田→サンチャゴの直通便はありません。どこかで経由する必要があります。普通はアメリカ西部の都市を経由しますが、恐ろしく安いチケットがあったので思わず飛び付きました。トロント経由です。北米・南米の土地勘のある人なら目まいがしそうなルートですが、とにかく乗りました。

普通は10時間超のフライトは1回で済みますが、今回は2連続。この疲労蓄積が直接の原因かどうかは知りませんが、とにかく2日間の時差調整不能状態に陥ってしまいました。2時間睡眠が2日続き、時差ボケのピークで迎えた自身の口頭発表は、何と「ろれつ」が回らぬ始末。その後のChairperson's Dinnerでは、チリワインの援軍を得た睡魔との格闘で極めて劣勢となり、同席した

家内に何度も揺り起こされてしまいました。

サンチャゴは思っていた以上に大都市でした。500万人以上の人口を誇り、チリ全体の人口が約1500万人ですから、まさに一極集中です。チリの人によると、地方の人は一旗揚げてサンチャゴに行くのが夢だそうですから、まだまだこの傾向は続きそうです。また、旧スペイン領ということで、街並みはまったくヨーロッパ風でした。私はスペインに行ったことはありませんが、きっとスペインの街並みもこんな感じだろうな、と想像しながら散策しておりました。

体調を崩す人がたくさんいました。ホテルの水を飲まないのはもちろんのこと、サラダを食べるな(水洗いするので)といわれていましたが、こってりしたチリの料理が続くとどうしてもサラダを口にしたいくなるようで、日本人だけではなく欧米の参加者

の多くもおなかを壊していたようです。ちなみに、私は筋金入りの野菜嫌いなので、サラダはもともと食しません。おかげさまで、おなかは終始好調、チリワインもおいしくいただけました。

シンポジウムは、“Advancements in Energetic Materials & Chemical Propulsion”を主題とし、非常に幅広い研究が数多く発表されました。しかし、Best Invited Lecture賞にナノ推進関連のLectureが選ばれ、Best Presentation賞に選ばれた2件も何と両方ともナノ粒子関連の発表! まあ、どこの世界も今はナノばやりなのですが、いささかへきえき致しました。

### Chairperson's Dinnerにて決定

Dinner会場は豪華でした。日本では考えにくいのですが、チリでは火薬・推進薬の基礎研究は軍と密接な関係を持っています。そういったこともあり、軍の施設を借りてDinnerが行われました。最初のChairperson's Dinnerがサンチャゴ市内の陸軍クラブ、Gala DinnerがExcursion先の都市の海軍クラブでそれぞれ行われ、大変雰囲気のある会場でした。特にサンチャゴの陸軍クラブは、左手にアンデス山脈を、右手に市内を見渡せる高台にあり、素晴らしい景色が堪能できました。チリは15年ぐらい前までは軍政でしたが、当時の将軍様はきっとここからサンチャゴを見下ろして悦に入っていたのだと思います。

本題に戻りましょう。Chairperson's Dinnerは、いろいろな決め事をする大事な打ち合わせでもあります。次回のシンポジウムの開催地もこのDinnerの中で決定されます。過去、北米、ヨーロッパを回って、そして今回南米と来ましたので、誰しもそろそろアジアでと思うところですよ。この世界、アジアといえば、まずは日本が浮かびます。で、日本開催となると何といっても京都です。「そろそろ京都に行ってみよう」という外人委員たちの情念が、私に向けて押し寄せられました。「京都いいねえ」「おまえがChairをやればいいじゃないか」「奈良にも行きたい!」。無責任としか思えない発言が相次ぎ、対抗候補地すら出ない状況となり、あえなく寄り切られました。

2007年、京都で化学推進関連のシンポジウムが開催されます。もちろん成功に向けて全力で頑張りますが、どうか少しでも関係のありそうな方、ご協力をいただければと思います。どうぞよろしく願い致します。

(ほり・けいいち)



陸軍クラブの裏庭で



# 風土と 科学技術

川崎雅弘

財団法人リモート・センシング技術センター  
専務理事

今年の元旦は、娘の転勤もあって、京都で家族とともに迎えた。いろいろなことが重なり、慌ただしかった家族にとって、久々のゆったりとした年末年始となった。

元日の朝は大晦日の雪もやみ、屋根や街路樹にうっすらと積もった雪に初日が映えてまぶしいくらいであった。雪の金閣寺をということで、朝食もそこそこにホテルを出た。幸いにも人出もまばらで、屋根に雪を頂き金箔に輝く舍利殿、薄く雪氷に覆われた鏡湖池、夕佳亭からの庭全体の眺めなどをゆくりと鑑賞することができた。

その後、上賀茂、下鴨両神社での初詣でを済ませ、足に任せて洛北、洛中の名園を訪れた。初詣ででにぎわう両神社とは違って変わって、どこも人に煩わされることなく、雪もまばらな庭園を幸いにもマイペースで巡ることができた。花や新緑に彩られた時季とは違ったいわば素顔の庭園とでもいえようが、元旦という雰囲気の中で何か心が洗われるような気分になることができた。

いずれの庭園も、寺域という外の世界とは隔絶された空間の中で、建物に配しての池、木々、奇岩奇石などが一見無造作に置かれているようだ。しかし、そこに立つ自分もまた庭の一部になったような気さえ起こさせ、自分を山水画でいわれる点景人物に擬するような思いであった。欧州でも多くの有名な城館とその庭園を見てきたが、広大な規模の平面に、木々や彫刻などが対称性をもって幾何学的に整然と配されているのとは、まったく趣を異にしている。欧州の場合は、そこに立つ人は庭を見る立場であって、庭の一部を構成する要素ではない。私自身、庭に溶け込むような気分を味わったことはなかったように思う。

このようなことを考えているうちに、ふと、学生時代に読んだ和辻哲郎の『風土』の中の日本庭園についての記述を思い出した。その大意は、池、大小の石、さまざまな庭木、これらが季節の移り変わりに応じて移り変わりつつ、全体として調和を保つまとまりを作り出

貢献することができるとの趣旨を説いている。

翻って、我が国の科学技術の世界を見ると、急速に進展するグローバルゼーションの中で、日本のアイデンティティを問う声が強い。一方、現実には、明治以来の西欧近代科学技術の導入という「くびき」から抜け出せない面があるだけでなく、政策では西欧型への傾斜がますます強まっているようにさえ思える。文部科学省科学技術政策研究所の招きで昨年末、一次、二次科学技術基本計画のレヴューに参画した英国マンチェスター大学の Luke Georghiou 教授は、科学技術政策はそれぞれの国の社会・風土に根差したものであり、社会風土の異なる国で導入しても、必ずしも同じ効果は期待できないのではないかと評していた。

このような中で、JSTにおける「社会技術研究システム」の進展や、「科学技術社会論学会」の発足など、科学あるいは技術と我が国社会との関係を、学問として解明しようとする動きが活発化している。これらの活動を通じて、我が国の科学技術の社会風土的性格が歴史的にも解明され、日本の社会風土と共存する日本発の科学技術が世界をリードし、世界の文明に貢献していくことを切に期待したい。

(かわさき・まさひろ)



雪の金閣寺 (筆者撮影)

# ASTRO-E II 復活へ向けてカウントダウン!

高エネルギー天文学研究系客員教授

## 國枝秀世

——X線天文衛星ASTRO-E IIの打上げが近づいてきました。

國枝：6月の打上げを想定して、最後の準備を進めているところです。私が宇宙研に来たのは、ASTRO-E打上げ(2000年2月)の半年ほど前でした。そのときは、衛星の打上げがうまくいかないとは夢にも思っていませんでした。それから、まさに苦節5年。その苦勞がようやく結実します。

——ASTRO-E IIの衛星本体や観測装置はASTRO-Eとほぼ同じということですから、まさに復活ですね。

國枝：ASTRO-Eが失敗した時点で、新しいミッションを始めるという選択肢もありました。しかし、たとえ3年や5年遅れたとしても、この衛星は世界で一番だという確信を私たちは持っていたのです。とはいえ、逡巡はありました。そんなとき、日本のX線天文学を切り開いた小田稔先生がASTRO-EとM-Vロケットの関係者を自宅に呼んで、もう一度打ち上げる方向で頑張ってみてはどうか、と後押ししてくださいました。そのことがとても印象に残っていますね。小田先生ご自身、日本初となるX線衛星の打上げに失敗し、2号機で見事成功を収めた。それが「はくちょう」です。そういったご自身の経験と重ね合わせて、私たちを励ましてくださったのでしょう。

——ASTRO-E IIには、どういう成果が期待されているのでしょうか。

國枝：1999年にNASAのChandraとESAのXMM-Newtonという2機の大きなX線衛星が打ち上げられました。そして、2000年2月にASTRO-Eが上がるはずでした。3機はそれぞれ違った特性を持っていましたから、互いに補い、強め合う計画だったのです。5年たった現在の状況を見ても、やはり我々がやるべき観測が残っています。

ASTRO-E IIのエネルギー分解能は、XMM-NewtonやChandraと比べて20倍も高くなります。XMM-NewtonとChandraでは決定的なことがいえない現象についても、ASTRO-E IIならばクリアにできると期待しています。X線を観測することで、宇宙の非常に激しい現象を見ることが出来ます。ASTRO-E IIは、ダイナミックに動いている宇宙の姿を、これまでにない精度で見せてくれるはずですよ。銀河団を満たしている高温のガスがどのように分布し動いているのか、ダークマターの運動、さらにはブラックホールに物質が落ちていく様子も見えてくるでしょう。

X線天文学のパイオニアであるブルーノ・ロッシ先生は、「自然は人間よりもはるかに想像力豊かである」とおっしゃっていました。確かに、自然には我々の想像をはるかに超えたものが潜んでいます。性能を高めたり、まったく新しい装置を開発することで、今までに見えなかったものを見て、世の中



くにえだ・ひでよ。1950年、愛知県生まれ。理学博士。名古屋大学理学部助手、同助教授を経て、1999年9月より宇宙科学研究所教授。2005年4月より名古屋大学大学院理学系研究科教授。専門はX線天文学。現在はX線天文衛星ASTRO-E IIのプロジェクトサイエンティスト。NeXT計画に向けた開発、提案も行っている。

をひっくり返す。我々は、そういう気持ちでやっています。

——次期X線天文衛星のプロジェクトも動きだしているそうですね。

國枝：NeXT衛星を計画しています。NeXTは、高いエネルギーのX線(硬X線)を観測できる世界で初めての硬X線望遠鏡を衛星に搭載します。

高いエネルギーのX線は透過力が大きいですから、これまで隠されて見えなかった天体が姿を現すと期待しています。低いエネルギーでは気付かなかった宇宙の加速のメカニズムに迫れるかもしれません。硬X線望遠鏡は、名古屋大学が中心になって開発しています。私がこの4月から名古屋大学に籍を移したのも、その中心になって引っ張ることが一つの理由です。NeXTは、2011年から12年ごろの打上げを目指しています。

——子供のころから天文学者になりたいと思っていたのですか。

國枝：いいえ。私が初めて科学の面白さ、研究する面白さに目覚めたのは大学1年ですが、天文学ではありませんでした。理系で計算機が使えるし、ハンマー投げの実験台にもなれるということで、スポーツ科学の先生の手伝いをさせてもらったのです。ハンマーを投げる時、どこにどのくらいの力がかかるのか、速度や重心はどうなっているのかなどを測定し、計算機で分析する。自然を科学するプロセスを体験して、面白いなと思いました。これが私のサイエンスの第一歩です。余談ですが、私が学生時代に記録した名古屋大学のハンマー投げの記録は、いまだに破られていません。

——では、天文の研究者になってから面白かったことや感動したことは?

國枝：小さなことでも、観測データの中から自分が世界で初めてのことを見つけると、興奮しますね。そういうワクワクする経験があると、研究者として深みにはまっていけるものです。若い人にもぜひ経験してほしい。私は、これまでに3回くらい経験したかな。

大学院生のとき、自分たちで作った観測装置を積んだロケットが上がっていくのを見たときの感動も忘れられません。ASTRO-E IIの打上げは、内之浦に行こうかどうしようか、悩んでいるんですよ。ASTRO-E IIの復活をこの目で見届けたいというのがありますが、射場に行っても私たち実験の研究者はただ見守るしかない。それはもう、ドキドキです。X線の研究は、衛星がないとできません。今度こそ、という気持ちは強いですが、なおさらです。

ISASニュース No.290 2005.5 ISSN 0285-2861

発行/独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部  
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台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。

編集後記

本館裏、駐車場脇の「赤外線グループのチューリップ畑」をご覧になりましたか? 昨年オランダに出張した際に買って来た球根を植えたのです。4月中、赤白黄色のさまざまな美しい花を咲かせて、我々を楽しませてくれました。来年もこうご期待!  
(山村一誠)

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otonクリエイト