

メリーランドだより (1)

NASA/ゴダード宇宙飛行センター、 「あすか」ゲスト・オブザーバー・ファシリティー

海老沢 研

<code 660.2, NASA/GSFC, Greenbelt, MD 20771, USA>

e-mail: ebisawa@gsfc.nasa.gov

「あすか」は日米の国際協力によって実現した X 線天文衛星であり、その観測時間はアメリカの天文学者にも開放されている。私が所属する「あすか」ゲスト・オブザーバー・ファシリティーは、アメリカの「あすか」ゲスト・オブザーバーのサポートを行うための機関である。二回にわたって、「あすか」ゲスト・オブザーバー・ファシリティーの仕事を紹介するとともに、私が見てきたアメリカのスペース・サイエンスの状況についても報告する。

1. 私と ASCA GOF との関わり

X 線天文衛星, Astro-D プロジェクト(打ち上げ後, 「あすか」と改名。英語では ASCA)が 1993 年の打ち上げを目指して緊密な日米協力のもとで進められていた最中, 1991 年, NASA, ゴダード宇宙飛行センター (Goddard Space Flight Center; 以下 GSFC) に Astro-D ゲスト・オブザーバー・ファシリティー (Guest Observer Facility; 以下 GOF と略) が設立された。当時, 私は日本学術振興会 (学振) の研究員として宇宙科学研究所 (宇宙研) に所属し, 「あすか」搭載の位置検出型蛍光比例計数管 (Gas Imaging Spectrometer; GIS) の開発に参加していた。学振の研究員を終えた後の仕事を考えねばならず, 凶らずも 30 年間住んでいた日本を離れ海外で仕事をしようと考えていた私にとって, Astro-D GOF 設立の知らせは朗報であった。どんな仕事をするはめになるのかも良くわからないままさっそく応募したところ, 1992 年 4 月より採用され, 1993 年の「あすか」の打ち上げを経て現在にいたっている。

やがて GOF のメンバーとして「あすか」プロジェクトに関わっていくにつれて, だんだんと「あ

すか」GOF の役割がわかってきた。また, アメリカのスペース・アストロノミーの進め方というものも, その拠点である GSFC で仕事をしていくうちに, だんだんと見えてきたように思う。この稿では, われわれ「あすか」GOF の仕事, 「あすか」プロジェクトにおけるその役割を紹介するとともに, 私が見てきたアメリカのスペース・アストロノミーの状況についても報告したい。

「あすか」打ち上げから 3 年経ったが, その成果を振り返ってみて, 「あすか」ミッションは大成功であり, 国際協力プロジェクトが非常にうまく



ゴダード宇宙飛行センターにて、
著者と長男論(ろん)。

いった手本と言っても言いすぎではないと思う。直接「あすか」の開発に携わった日米の「あすか」チームメンバーはもとより、いまや「あすか」チーム以外の日米欧のたくさんの研究者（以下、ゲスト・オブザーバーと呼ぶ）が「あすか」による観測をおこなって、優れた科学的成果を発表している。また、観測提案者の占有期限が切れたデータは「あすか」データ・アーカイブスにいれられ、世界中の研究者がインターネットを通じて自由に取得できるようになっている。

「あすか」GOF は、このような研究を進める上で不可欠な、データ・フォーマットの標準化、解析ソフトウェアの作成、データ・アーカイブスの整備といった仕事を担当した。今後、X線天文学以外の日本の天文コミュニティにおいても、国際協力によって観測装置を開発・建設し、解析システムを構築していくような大プロジェクトが増えてくるであろう。また、それに伴ってユーザー・コミュニティが広がると、国内外のゲスト・オブザーバーのサポート、データのアーカイブス化も真剣に考えていかななくてはいけないと思われる。このような話題に関心を持っている天文学会員の読者にとって、われわれ「あすか」GOFの行ってきた仕事の紹介が参考になれば幸いである。

2. 「あすか」GOFの仕事

「あすか」は日米協力によって実現した衛星である。衛星本体とGISは国産だが、初めて高エネルギーX線による結像を可能にしたX線反射鏡はGSFCで、優れたエネルギー分解能を誇るX線CCDカメラはマサチューセツ工科大学で開発・製作された。また、衛星の打ち上げ、運用は日本側の担当だが、データの一部はNASAの深宇宙ネットワークによって回収されている。当然、観測時間は日米で分けあうことになっており、打ち上げ後約8ヵ月間が「あすか」チームの占有期間として試験観測に費やされた後、すべての観測時間は日米の研究者に対して開放され、プロポーザル

制にもとづいて運用されている（ただし日本の観測時間のうち10%はヨーロッパ宇宙機構加盟国の研究者に開放されている）。

アメリカの天文衛星あるいはアメリカが一部貢献した天文衛星のデータの扱いについては、NASAによる厳密な取り決めがある。それは一言で言って、「できるだけ観測の機会を公平にし、データをオープンにしないでほならない」ということである。税金を用いて行ったプロジェクトに関しては、その成果はできるだけ広く民衆（実際には研究者だが）に還元すべきだと言う、平等、公平を非常に重んじる、アメリカ的な発想である。具体的には、観測時間をオープンにしてプロポーザル制によって観測をおこなうこと、データを標準的なフォーマットに変換し（実質的にはFITS [Flexible Image Transport System] フォーマット）、使いやすい解析ソフトウェアを供給すること、しかるべき占有期間の後に観測データをアーカイブス化すること等である。

アーカイブス化というのは変な日本語であるが、データを誰でも自由に取得して使えるように、長期間保管しておくということである（日本ではそういう思想が希薄なせいかな、適当な訳語が見つからない）。

「あすか」衛星についてこれらの仕事を行い、アメリカの「あすか」ユーザー（ゲスト・オブザーバー）のサポートを行うのがわれわれ「あすか」GOFの役目である。なお、アメリカの、あるいはアメリカが参加した各天文衛星に関して、このような仕事を担当する機関がそれぞれ設立されている。たとえば、IRAS衛星についてはNASA/ジェット推進研究所のIPAC (Infrared Processing and Analysis Center)、ハッブル宇宙望遠鏡についてはスペース・テレスコープ研究所、等である。

「あすか」GOFに直接所属している研究者は「Support Scientist」と呼ばれ、総勢5人、（おもしろいことに）そのうちアメリカ人はひとりだけ、私と向井浩二さんの二人が日本人、あと二人がイ

ギリス人である。それ以外に、他の仕事もしながら「あすか」のプログラミング、データ解析、データ・アーカイブスの整備、ワールド・ワイド・ウェブの構築などにも関わっている研究者、プログラマー、技術者が十人以上いる。宇宙研などの日本の研究機関と GSFC を始めとするアメリカの大きな研究機関のひとつの大きな違いは、アメリカでは研究者以外に、データ解析プログラムを書く専任のプログラマーやコンピューターの面倒をみるシステム・エンジニアが大量に雇われていることである。宇宙研では専任でそういう仕事をする人間がまったく存在しなかったのに、GSFC に来た当初はなぜこんなに人が多いのか、いったいそんなにたくさんの人が必要なかと戸惑ったものである。実際には下に説明するようにかなりの仕事があり、また、たくさんの人員が存在することによって各人あたりの仕事量、労働時間が減り(夜も早く帰れるし、週二日休める)、研究者がサポートの仕事以外の自分自身の研究にも十分な時間を割くことができるようになっている。

具体的に「あすか」GOF の仕事を説明しよう。現在「あすか」のプロポーザルは年に一回募集しているが、締め切りの数ヵ月前に NASA は NRA (NASA Research Announcement) というものを発行し、アメリカ国内の研究者に告示する。NRA 作成は GOF の役目で、これを読むと「あすか」がどのような性能を持っていて、どのような研究に適した観測装置であるかがわかるようになっている。観測可能性、観測条件を知るためのプログラム、シミュレーションのための観測装置のレスポンスなどのプロポーザル作成支援ツールも、電子メール、WWW によるプロポーザル提出システムとともに GOF がサポートしている。もしプロポーザル作成においてわからないことがあれば、ascahelp@athena.gsfc.nasa.gov に電子メールを送ればわれわれが質問に答える。


プロポーザルの審査は全米から選ばれた審査員

によって非常に厳密におこなわれるが(これについては次回に詳しく述べる)、審査に先立って「あすか」GOF のメンバーがすべてのプロポーザルの実現可能性 (feasibility) を評価し、また審査会場に同席して審査員からの質問に答える。審査員は天文学の専門家であるが、「あすか」の特性について良く知っているとは限らないので、提案された観測・解析の技術的な面をわれわれが評価するのである。

無事プロポーザルが通って観測計画を立てる段階になると、「あすか」GOF のメンバーがゲスト・オブザーバーと協力して、最適の姿勢や観測モードを決定する。

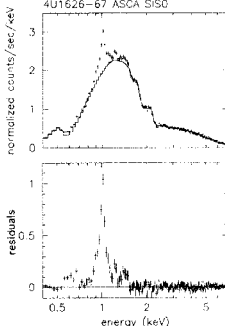
観測が終了すると生データが宇宙研から GSFC に送られてくるが、そのデータは GSFC で FITS フォーマットに変換され、さらに各 X 線光子のエネルギー、到来方向の決定などの一時処理が施された後に、ゲスト・オブザーバーに配布される。同じデータは GSFC でも保管され、占有期間が過ぎると自動的にデータ・アーカイブスに入れられる。

「あすか」のデータ解析は、「あすか」に固有のソフトウェア (FITS ファイルを扱うソフトウェア・パッケージ、FTOOLS に組み込まれている) と、X 線天文のコミュニティーで標準的に用いられている XANADU とよばれるソフトウェア・パッケージを組み合わせて、ワークステーションの上で行うことができる。これらのソフトウェアは、解析に必要な機器校正データとともに、<ftp://legacy.gsfc.nasa.gov/asca/asca> から自由にとってこれるようになっている。ソフトウェアの機種依存性をできるだけ排し、多様なアーキテクチャの上で解析ソフトウェアが走るようにするのかわれわれの大事な仕事である。「あすか」GOF が作成したデータ解析マニュアルは、「あすか」に関する多様な情報と共に、われわれのホームページ、<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/asca/as-cagof.html> から参照することができる。解析、機



あすか

Number 3
News from the ASCA Guest Observer Facility
August 1995



A strong emission line complex centered on 1 keV was discovered in the ASCA spectrum of the 7s X-ray pulsar 4U1626-67. This is a LMXRB with an orbital period of 2485s, and is unusual because it is one of a few LMXRB to contain a X-ray pulsar. The SIS average spectrum requires at least 7 individual narrow lines. The strongest line is identified with hydrogen-like Ne Ly- α and the remainder consistent with O, Mg, Fe and other Ne line emission. The relative strength of the neon emission lines implies that neon is at least 6 times overabundant. Since neon is a by-product of helium burning, its overabundance may indicate the companion star is burning (or has burned) helium rather than hydrogen as previously suggested.

Table of contents

GOF Status Report	2	Extended Source Analysis	34
XRT Ray Tracing	3	Data Processing Status	42
GIS Status Report	9	ASCA GOF Staff	43
GIS Background Subtraction	13	ASCA IAU Circulars	44
Medium Sensitivity Survey with the GIS	19	ASCA Bibliography	45
Effects of Radiation Damage on SIS Performance	25	ASCA Info on the WWW	46

「あすか」ニュースレター第3号の表紙。

「あすか」ニュースレターは「あすか」GOFによって一年に一回ないし二回発行されており、衛星の状態、観測プログラムの実行状況、観測装置の機器校正情報などの「あすか」に関する重要な情報が掲載されている。第4号は近日中に発行予定。

器校正に関する質問は上記の電子メールアドレスでいつでも受け付けているし、XANADUに関しても同様のヘルプ・デスクがある (xanprob@athena.gsfc.nasa.gov)。

その他、「あすか」に関する最新の情報を盛り込んだ「あすか」ニュースレターを定期的に発行することも「あすか」GOFの大切な仕事である(図参照)。

このようなサポート体制があるので、アメリカの天文学者は、独自のアイデアと研究遂行能力さえあれば、「あすか」のデータを使って研究をおこない、論文を書くことができるようになっている。

X線天文学のデータ解析の経験が全くない研究者でも勇敢にプロポーザルを提出してくるし、アイデアが認められて観測時間が得られれば、GOFのサポートを受けながらX線データ解析を学んで、論文を仕上げることができる。

実際、ゲスト・オブザーバーの顔触れを眺めて見ると、X線天文学者に限らず、理論家、電波、光学・赤外の観測家など、非常に多岐にわたっている。アメリカの多くの天文学者にとっては、興味を持った研究対象について、多種の観測装置を駆使し複数の波長にまたがって観測をおこなうことは常識のようである。これは、各観測装置ごとに十分なサポート体制があるからこそ可能なのであろう。

さて、ゲスト・オブザーバーが使う解析プログラムを書いたり機器校正データを整備するのは「あすか」GOFの役割であるが、実際の機器校正、データ処理アルゴリズムの決定などはハードウェアチーム(=検出装置、衛星の開発、制作を行ったチーム)の役目であり、GOFはハードウェアチームとゲスト・オブザーバーの橋渡しの役割を担っているのである。

ハードウェアチームは当然観測装置について熟知しており、観測装置のテスト、機器校正に用いている独自のソフトウェアを使ってデータ解析を行うことができる。しかし、これらのソフトウェアは一般のゲスト・オブザーバーが使いやすいようにはデザインされておらず、また観測装置の開発や校正で多忙なハードウェアチームにはゲスト・オブザーバーのサポートをする余裕はない。そこで、「あすか」衛星を一般のゲスト・オブザーバーが使えるようにするには、ハードウェアチームと「あすか」GOFの連携が重要になってくるのである。

「あすか」の打ち上げまでは、当然衛星本体と観

測装置を完成させることが最優先だったこともあり、ゲスト・オブザーバー用のソフトウェアはほとんどできていなかった。衛星が打ち上がったのち、GOF とハードウェアチームが協力してデータを解析しながら、ソフトウェアの開発に励んだのである。これによって、現在では、GOF から供給されている標準的なソフトウェアでほとんどのデータ解析はできるようになっている。

ただし、現在でも観測装置のレスポンスを知りつくした「あすか」チームのエキスパートにしかできないような難しいデータ解析があり（たとえば広がった銀河団の温度分布をもとめることなど）、これをゲスト・オブザーバーに使いやすいような形にして公開していくことが「あすか」GOF の今後の課題である。

3. データのアーカイブ化

日本の天文コミュニティにおいて、「あすか」はそのデータ・アーカイブスが全世界に公開された、初めての観測装置だと思う。「あすか」のプロポーザルは基本的には日、米、ヨーロッパ宇宙機構加盟国のいずれかに所属していないと提出できず、またプロポーザルを通すのはなかなか至難の技であるが、世界中のだれでも、観測が終わってからしばらく待つだけで（日本の観測は約一年半、アメリカの観測ならば約一年）優れた「あすか」のデータを自由に手に入れることができる。GSFC にアクセスして（上で示した ftp アドレス）データをとってきて、それを使って研究を行い、自由に論文を発表して良いのである。そうやって発表された結果すべてが「あすか」の科学的成果なのであり、これは世界の天文学会に対する「あすか」の大きな貢献と言ってもよいだろう。

「あすか」データ・アーカイブスに対する期待は大きく、実際によく利用されている。我々 GOF のメンバーは、アメリカの天文学者に対してアメリカ国内の研究会の席などでよくよく「あすか」の説明・宣伝を行うのだが、1994 年 11 月のアメリ

カ高エネルギー天文学会の席上で「あすか」データ・アーカイブスのオープンをアナウンスしたところ、聴衆から大きな拍手が沸き起こった。また、GSFC のいろいろな高エネルギー天文衛星のデータ・アーカイブスから引き出されたデータの量、ファイルの数の統計をとってみると、「あすか」が ROSAT 衛星を引き離して一番なのである (<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/stats/stats.html> 参照)。

「あすか」データ・アーカイブスを使った成果がどんどんと発表されつつある。この稿を書いているのは 1996 年 3 月、あすか打ち上げ 3 周年を記念して行われた国際会議、“X-ray Imaging and Spectroscopy of Cosmic Hot Plasmas” が、日本国内外から約半数ずつ、総勢約 250 人の研究者を迎えて、大盛況のうちに終わったところである。「あすか」による新しい観測結果の発表がメインで、それはもちろんとても面白かったのだが、それ以外に、ロシア、スウェーデン、オランダ、イタリア、ドイツなど、思いがけないところで「あすか」データ・アーカイブスが使われていることを知って興味深かった。もちろん、データ・アーカイブスが使われているということだけでは科学的な意味はない。新しい結果を出すこと、質の高い研究を行うことが重要なのだが、この会議ではデータ・アーカイブスを使ってこそ可能だと思われる、おもしろい研究の発表があったので、二三紹介してみよう。

「あすか」による超新星残骸カシオペア A の観測結果はすでにレター論文になっているが、そのエネルギースペクトルは非常に複雑で、短い論文のなかではその物理的な解釈は完全ではなかった。オランダのエトレヒトに高温プラズマからの輻射スペクトルの研究で有名なグループがあるが、そのグループは精密な非電離平衡プラズマ輻射モデルを計算して「あすか」のデータにあてはめ、カシオペア A のエネルギースペクトルの空間的变化を、電子密度、温度、電離パラメーターな

どの変化として物理的に説明しようとしていた。

また、日本の理研グループは、「あすか」データ・アーカイブスの中のほとんどすべてのパルサーのデータを統一的に解析し、どのパルサーの回りにも、おそらくパルサーによってエネルギーを供給されている星間物質からの、空間的に広がった高エネルギー輻射成分があることをつきとめた。もともとの観測提案者は中心のパルサーに興味を持っていたのであり、このように広がった成分があるとは思ってもみなかったのである。

このような例から明らかなように、データ・アーカイブスを新鮮な目で見直すことによって、いくらでも新しい科学的な成果を挙げることができる。

自然科学の研究はある意味では競争である。このようにデータがアーカイブ化されてくると、当然競争相手も増える。実際、「あすか」のアーカイバル・データの解析をおこなっていた日本の大学院生が、今回の国際会議において、外国のグループが同じデータをすでに論文として出版してしまったということを知って打ちのめされた、という話をいくつか耳にした。

日本の X 線グループは「ぎんが」の時代までにすでに国際的な評価は得ていたが、「ぎんが」は当時唯一の X 線天文衛星で、またそのデータを日本のグループとイギリスのレスター大学とでほぼ独占していたという意味で、他国の研究者に比べて圧倒的に有利な立場にいたといえよう。

「あすか」衛星が真に国際的な衛星として世界中にオープンになり、その評価が格段に上がったとともに、日本の研究者も否応なく厳しい国際的な競争の舞台にひきだされたといえるのではないかと思う。これは良い刺激にもなっているだろうし、外国の研究者がいろいろな衛星のデータを自由に使っていることに影響されて、日本の X 線グループでも国産の衛星以外のデータも積極的に使って研究をおこなっていこう、という気運が生まれつつあるようだ。

たとえば、ROSAT 衛星は位置分解能に優れ「あすか」と相補的な性能をもっているのだが、GSFC に保管されている ROSAT のデータ・アーカイブスも、日本の若手の研究者を中心に広く使われはじめている。また、1995 年にアメリカから、「あすか」とは全く違った性能を持つ XTE (X-ray Timing Explorer) 衛星が打ち上げられたが、このゲスト・オブザーバープログラムには日本の若手研究者からのプロポーザルもいくつかみられた。

当初この記事は一回で終わるはずだったが、書いているうちに筆が進み、予定していた分量を大きく超えてしまった。幸い、編集部より二回に分けても良いという許可を得たので、今回の記事において、「あすか」GOF 以外の GSFC 高エネルギー天文学グループの紹介、私が見てきたアメリカのスペース・アストロノミーの状況、海の向こう(こちら?)から日本の天文学コミュニティーを眺めた感想について述べたいと思う。

From Maryland (1): NASA/GSFC, ASCA Guest Observer Facility

Ken EBISAWA

code 660.2, NASA/GSFC, Greenbelt, MD 20771, USA

ASCA is a Japan-US collaborative X-ray astronomy satellite, and its machine time is open for both Japanese and US astronomers. The ASCA Guest Observer Facility at NASA/GSFC, which I belong to, is responsible for supporting US ASCA Guest Observers. In this article and that in the next month, I will explain functions and responsibilities of the ASCA Guest Observer Facility, and report atmosphere of the US space astronomical community which I have been feeling since I started working in the United States.