

# アメリカ, ヨーロッパの X 線, ガンマ線アーカイブスの状況

海老沢 研

〈INTEGRAL Science Data Center, Chemin d'Ecogia 16, CH-1290 Versoix, Switzerland〉

e-mail: ebisawa@obs.unige.ch

1980年代後半から、日本、アメリカ、ヨーロッパで X 線天文学の研究を行いながら X 線天文アーカイブスの開発に従事してきた経験を基にして、アメリカとヨーロッパを中心に世界の X 線、ガンマ線アーカイブスの歴史を振りかえり、その現状を紹介する。

## 1. X 線, ガンマ線天文学とアーカイブス

X 線, ガンマ線天文衛星のデータは、観測者の手に渡る前に、一時的にせよ必ず何らかのデータベースに保管される。よって、「データベース天文学」が X 線, ガンマ線の分野では通常の観測的研究の手法ということになる。以下では、慣習に従い「アーカイブス」という用語を用いるが、それは、データが汎用フォーマットで長期間保存され、インターネットを通じて簡単にアクセス可能で、観測者による占有期間が過ぎたらそれを使って得た科学的成果を自由に発表できるシステムを指す。地上観測のように気象条件に左右されたり観測の現場に居なければ取得したデータの解釈ができない、ということがないので、元々の観測者も何年も後にアーカイブスに入ったデータを解析しようとする人も、データの質、解釈に置いて、全く同じスタートラインに立っている。それが、X 線, ガンマ線天文学に代表されるスペースからの観測天文学の大きな特徴であり、これによってアーカイブスを使った研究が非常にやりやすいものになっている。

## 2. データの公開, アーカイブス化

一昔前の X 線, ガンマ線天文学の世界では、検出装置を作ったグループがそれを使ってデータを取

得するという実験物理学の色彩が濃く、グループ以外の研究者がデータを使うことは難しかった。近年、X 線の結像や分光技術が進歩し、X 線天文学が成熟するに伴って、観測装置を作ったり衛星の運用には関わらず、様々な X 線天文衛星にプロポーザルを書いてデータを取得して研究を行う X 線天文学者の世界的なコミュニティーが形成されてきた。ガンマ線天文学も、それに追従してユーザーのコミュニティーが広がりつつある。

今日では、ほとんどすべての X 線データが観測提案者や検出器チームによる占有期間（典型的には一年）の後にアーカイブス化されるので、観測提案を書かずにアーカイブスデータだけを使って研究することも可能である。アーカイブスデータの取得はインターネットを用いて容易で、ほとんどの解析ソフトウェアも安価な PC で走るようになっている。よって、原理的には、世界中どこにいても、また専門的な研究機関に所属していなくても、PC とインターネットさえあれば最先端の X 線天文学の研究が可能である。

そのような衛星データのアーカイブスを構築するには、十分な人的、金銭的なリソースを投入することはもちろんだが、それ以前に、検出器チームにキャリブレーション等の情報公開を約束させ、元々の観測者にデータの占有権を放棄させる、という政治的な決断が必要である。長年検出装置や

衛星の開発に従事してきて、やっと得た貴重なデータを只で公開することに、検出器チームの側から抵抗があっても当然だからだ。しかし、様々な衛星アーカイブスの整備が進み、自分たちが取ったデータの占有権を放棄するのと引き換えに、他の衛星や他の人の取ったデータも自由に見ることができる、という「give and take」のシステムに、今や世界中の X 線、ガンマ線天文学者は満足しつつあるようである。

実際、世界的な流れは、X 線、ガンマ線天文衛星データの完全なアーカイブス化に傾きつつある。1990 年代に各国から打ち上げられた X 線天文衛星、ROSAT, ASCA, XTE, SAX, Chandra, XMM に関しては、すべてのデータがすでにアーカイブス化された、あるいはされることになっている。私は現在、ESA が今年の 10 月に打ち上げ予定のガンマ線天文衛星 INTEGRAL のデータセンター (ISDC)<sup>1)</sup> で働いているが、INTEGRAL ではガンマ線衛星として初めて、すべてのデータとソフトウェアがアーカイブス化されることが決まっている。また、データの占有期間も、将来的には短縮されていく方向にあるようだ。たとえば、2004 年に NASA から打ち上げ予定の SWIFT 衛星では、ガンマ線バーストを検出したリアルタイムでデータをプロセスし、即座にデータをアーカイブス化し、公開することを目指している。また、NASA が 2010 年頃までに打ち上げを計画している Constellation-X 衛星でも、すべての観測データをただちに公開することが検討されている。

NASA の X-ray Timing Explorer (XTE) 衛星は、観測後即座にデータを公開する試みが成功した先駆的な例である。XTE は、太陽パネルを自由に動かし、素早く姿勢を変化させて、広い範囲で観測天体を即座に切り替えることができる。この能力をフルに生かし、X 線新星等の興味深い天体が現われたら、衛星マネージャーの判断で頻繁にスナップショットの観測を行った。こういうデータは世界の X 線天文コミュニティの共有財産として即座

に公開された。XTE の観測装置自体は決して技術的には新しいものではないが、その運用形態とデータ公開のポリシーのおかげで、数々の成果を生み出し、また、それまでの X 線天文学の研究スタイルを変革した。たとえば、XTE がモニターしているような明るい X 線天体に興味を持っている研究者は、苦勞して観測プロポーザルを書かなくても、観測したてのデータをダウンロードしてきて解析し、論文を書くことができるのである。今後、観測装置の性能向上に伴い、さらに暗い活動的銀河中心核などのデータも即時に公開されるようになれば、人より先に観測データを取得することが何より重要だった今までの観測天文学の研究スタイルを一新することになるかもしれない。

### 3. 世界の X 線、ガンマ線天文学アーカイブスの歴史

私自身、X 線天文学が専門であり、1980 年代後半に宇宙科学研究所で大学院時代を過ごし、その後アメリカ、ヨーロッパで仕事をする過程で、X 線天文学アーカイブスの発展の過程を開発者とユーザーの両方の立場から見てきた。以下では、個人的な体験を基にして、1980 年代後半から現在までの世界の X 線天文学のアーカイブスの歴史を振り返ってみたい。

「ぎんが」衛星が上がったのが 1987 年。「ぎんが」のデータ解析は、日本では FACOM 等のメインフレーム コンピューターの上で行っていた。当時はコンピューターネットワークが発展しておらず、国内の諸機関に「ぎんが」のデータやソフトウェアを配布したり、主観測装置を作ったイギリスのレスター大学にデータを送る際には磁気テープを郵送していた。レスターでの解析システムは、独立に VAX のミニコン上で開発したものだったようである。そのような状況に置いて、当時は日本の研究者にとって、日本以外の X 線衛星データの解析はほとんど不可能であったし、外国の研究者にとっても、「ぎんが」の解析をするには宇宙研まで来

る必要があった。データのアーカイブ化、すなわちデータやソフトウェアをいろいろなアーキテクチャーの上で使えるようにして、長期間メンテナンスする、という発想はほとんどなかった。実際、1991年に「ぎんが」が落ちた後は「あすか」の開発が忙しくなってきたこともあり、宇宙研でも「ぎんが」の解析ができるスタッフ、大学院生の数がみるみる減っていった<sup>脚注1</sup>。

その頃、ヨーロッパやアメリカにはアーカイブシステムというものがあり、すでに寿命を負えた EXOSAT 衛星や Einstein 衛星の解析が誰にでもできるようになっていると初めて耳にした。Einstein 氏の写真をカバーに使った、アーカイブデータの格好良い CD-ROM セットが突然アメリカから宇宙研に送られてきて、その気前の良さにびっくりしたことが印象に残っている。そのデータフォーマットは、当時やっと X 線天文学でも使われるようになってきた、機種依存性のない FITS フォーマットであり、マッキントッシュ上で画像を見ることができた。マッキントッシュ上でデータ解析ができるという事実と、元々医療用に開発されたという、その無料のソフトウェア (NIH image) の出来の良さにも感心した。

ドイツから ROSAT 衛星が、アメリカから GRO 衛星が上がったのが、それぞれ 1990 年、1991 年のことである。これが 1990 年代から 2000 年代に続く、高エネルギー天文学の全盛期の幕開けとなった。しかし、どちらの衛星も最初は普遍的な FITS フォーマットを採用しておらず、またきちんとしたデータアーカイブができるとは保証されていなかった。よって、日本の X 線研究者にとっては、まだ自分たちがこれらの衛星のユーザーになるとは思えなかった。また、当時はインターネットの黎明期で、ネットワークを使って大量データを転送したり、画像や文書等の情報を交換することはほとんど不可

能であった。

宇宙研で「ぎんが」衛星のデータを使って博士号を取得、一年の学振を経て、1992年に NASA/GSFC に移動し、発足してまもない ASTRO-D (のちに ASCA=「あすか」) Guest Observer Facility (GOF) で働くことになった<sup>2)</sup>。アメリカの ASCA ユーザーのサポートをするというのがその大義名分である。ASCA の打ち上げ前は ROSAT 衛星を使った研究が最先端で、GSFC の研究者が ROSAT の観測プロポーザルを必死で書いていた。しかし、当時は ROSAT のデータは特殊なフォーマットで保存されており、可視光用のパッケージである IRAF に基づいた解析システムも決って使いやすいものではなかった。

1993年に初の日米協力 X 線ミッションとして宇宙研が上げた ASCA は、NASA が関係した X 線天文衛星の中でも、データを FITS フォーマットで保管し、すべてのデータをアーカイブ化すると決められた、最初の衛星であった。初めてのことなので、どのようなフォーマットで X 線イベント情報を保存するか等、ASCA GOF にとっていろいろと試行錯誤の連続であったが、振り返って見ればそれが大変良い勉強になり、あすかアーカイブで用いられた様々な手法が、その後続く X 線衛星に大きな影響を与えている。

GOF のように、アーカイブデータやソフトウェアを広く公開、配布するのが本命である機関にとって、当然コンピューターネットワークは重要な役割を果たしている。1993年後半頃からワールドワイドウェブの導入が進み、アーカイブのユーザーインターフェースはそれまでのコマンドラインに基づいたものからグラフィカルなものに一変した。その後は、ウェブページの整備が GOF の大切な仕事の一つになり、また、ユーザーにとってもアーカイブデータの検索、ダウンロードが非常に容易になっ

脚注1：その後、やっと 2000 年の夏になって、私が宇宙研を訪問した際「ぎんが」のテレメトリーファイルを汎用の FITS フォーマットに変更し UNIX に移植した。それが契機となってメインフレーム上の「ぎんが」解析システムの UNIX への移植が宇宙研を中心に進められている。

た。ワールドワイドウェブの出現によって、アーカイブスをフルに活用した高エネルギー天文学の研究は真に実用的なものになったと言って良いと思う。

1996年には、イタリア-オランダ共同の *BeppoSAX* 衛星が打ち上げられた。*BeppoSAX* は主観測装置があすかと良く似ていることもあり、イタリアと *GSFC* の研究者が共同で、あすかと非常に良く似た解析システム、アーカイブシステムを完成させた。そうして既存のソフトウェアをできるだけ活用することにより、安価に短時間でシステムを完成させることができた。また、ユーザーにとっても、あすかの経験があればすぐに *BeppoSAX* の解析も容易にできるので、打ち上げ後間もない時期から、多くの論文が発表された。これなどは、*NASA/GSFC* が主導して進めてきた、*X* 線天文衛星のデータフォーマット、解析ソフトウェアの標準化の産物と言っても良からう。

そして、現在の、さらにあと数年は続くであろう *X* 線天文学の黄金時代が、1999年、*NASA* の *Chandra* 衛星と *ESA* の *XMM* 衛星の打ち上げによってもたらされた。*Chandra* は位置分解能、*XMM* は有効面積において過去の *X* 線天文衛星よりも飛躍的に優れている。さらにエネルギー分解能に秀でた *ASTRO-E* が成功していれば、日米欧の *X* 線天文衛星の完璧なトリオが完成したはずなのだが、*ASTRO-E* の軌道投入失敗により、それは2005年打ち上げ予定の *ASTRO-E2* 衛星に残された課題となった。これらの *X* 線衛星に加えて、*ESA* の *INTEGRAL* (2002年)、*NASA* の *SWIFT* (2003年) と *GLAST* (2005年) という各ガンマ線衛星が打ち上げを待っている。

これらの衛星のデータは将来的にはすべてアーカイブ化される予定で、その大量で高精度のデータを解析しつくすには、膨大な時間と人手がかかるであろう。そのためにも、長年の使用に耐え

うる、使いやすく信頼のおけるアーカイブシステムの構築が非常に重要になってくる。私自身も *INTEGRAL* と *ASTRO-E2* 衛星の解析、アーカイブシステムの開発に力を尽くす一方で、他のいろいろな衛星データも使って、*X* 線、ガンマ線で新たな宇宙の姿を見ることを楽しみにしている。

#### 4. アメリカの *X* 線、ガンマ線天文学アーカイブス<sup>脚注2</sup>

アメリカの *X* 線、ガンマ線天文学アーカイブスの中心は、*NASA/GSFC* の High Energy Astrophysics Data Archival Science Center (*HEASARC*)<sup>3)</sup> である。*HEASARC* の設立目的は、まさに世界の *X* 線、ガンマ線天文衛星のアーカイブ データ センターを作ることであり、1990年の設立から10年少々を経て、その目的はほぼ達成されたと言って良いだろう。*HEASARC* にアクセスすれば、すでに寿命を終えた、あるいは現在稼働中のほとんどすべての衛星のアーカイバルデータを、その解析ソフトウェアと共に取得することができる。その活動のひとつの目安として、*HEASARC* は2001年末の時点で2430ギガバイトのアーカイバルデータを保有し、2001年中に2252ギガバイトのデータがダウンロードされたと言う<sup>脚注3</sup>。

さて、今をときめく *Chandra* 衛星のアーカイバルデータは、*HEASARC* からは直接取ってこれない。ハーバード大学附属、Center for Astrophysics (*CFA*) にある *Chandra X-ray Center* (*CXC*) が、そのアーカイブスを管理しているからだ。*GSFC* と *CFA* は、高エネルギー天文学の研究でもプロジェクトにおいてもライバル関係にある。*Chandra* 衛星と検出器の開発もそうであったが、その解析ソフトウェアとアーカイブスの開発は *CFA* が中心になって行い、*GSFC* はほとんど貢献していない。*HEASARC* が開発した *ftools* と呼ばれるポピュラーな解析パッケー

脚注2：「あすか」のアーカイブスは *GSFC* に置いてあるが、これは日本とアメリカの共同作業の所産であることは言うまでもない。

3 <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/stats/stats.html>

ジがあるのだが、それに対して、CXC が Chandra 用に開発した ciao がある。ftools と ciao を備えていれば、ほとんどすべての衛星の解析ができるようになっていて、

HEASARC, CXC に加えて、最近頭角を現わしてきたのがスタンフォード大学の GLAST チームである。GLAST 衛星は多くの研究機関にまたがった大プロジェクトで、そのアーカイブスやユーザーサポートの輪郭はまだはっきりと見えてきていないが、そのソフトウェアの開発はスタンフォード大学が中心になって行っている。素粒子物理学者が天文学に興味を示しているのは世界的な傾向のようだが、スタンフォード大学でも新たに素粒子天体物理学 (Particle Astrophysics) という分野に力を入れて、GLAST の開発とそれを使った研究を行っていくようである。スタンフォードでも、HEASARC や CXC でやっているようなユーザーサポート、アーカイブスの整備をやっていくのかもしれない。

さて、一般的にアメリカの天文アーカイブスは良く出しているが、その成功の背景には公的なお金を使って行った事業の成果はすべて民衆に還元されねばならない、という理念があり、またそれを必ず実行させるようなシステムの存在がある。たとえば、HEASARC の運営は、他の多くのアメリカの研究プロジェクトと同じように、基本的に「ソフトマネー」と呼ばれるプロジェクトごとの予算に頼っている。計画と予算を NASA に提案 (プロポーザル) し、競争に勝ち抜いて認可されたら予算が降りる。その予算で人を雇ってプロジェクトを実行、成果が上がっていれば継続、上がっていなければ打ち切りということである。HEASARC プロジェクトに携わっている終身雇用の国家公務員は、2 人がそれぞれ半分足らずの時間を費やしているだけで、残りの研究者、プログラマー、ウェブデザイナー等、合

わせて 10 人強の専従の人材は、終身雇用ではない。よって、このようなソフトマネーに頼っているスタッフは、必死でユーザーサポートを行うことによってアメリカ国内外における HEASARC の評価を高める努力をし、その仕事の重要性をアピールする。

その成果を評価するのが二年に一回のシニアレビューである。例えば 2000 年 6 月に行なわれたシニアレビューの公表結果<sup>4)</sup>の一部を、図 1 に示す。ここでは、現在あるいは近い将来のいろいろな衛星、地上観測、データセンターのプロジェクトが評価の対象となっている。データセンターでは、HEASARC は、系外天体のデータベースである NED、天文学論文データベースの ADS に次いで高い評価を得ていて、これらの機関の人たちはほっと一安心というところであろう (HEASARC のドアの入口にこの図が張ってあった)。その一方で最低に評価された GSFC の NSSDC については、シニアレビューが、近い将来に他機関への統合あるいは廃止も視野に入れた再編成を提案している。

アメリカでは深刻な社会問題が起こるたびに、NASA が宇宙開発や研究など浮世の事柄に膨大な予算を使っていることに対する疑問の声が国民の中から沸き上がってくる<sup>脚注 4</sup>。そういう国民の疑問に対して、NASA に限らずすべての公的機関は、税金の使い道をはっきりと説明すること (アカウントビリティ、説明責任) が社会から厳しく要求されている。天文衛星アーカイブスのように情報を広くパブリックに公開することが本命であるプロジェクトには、その国民の持っている、公的なプロジェクトはいかにあるべきか、税金はいかに使われるべきか、という考えが必然的に反映されるわけで、アメリカの天文学アーカイブスの成功の背景には、アメリカ社会による絶えざるアカウントビリティの追求があると言えよう。

脚注 4 <http://www.nasa.gov/qanda/why.html> に NASA に対する FAQ がある。その一つが、まさに「Why not reduce the amount of money spent on space exploration and increase spending on social programs?」というもの。それに対し、国税のわずか 1% が NASA に振り分けられていて、これだけのお金で社会をいきなり良くすることはできないが、NASA ではこれを国の将来のための貴重な投資として使っている、と答えている。

2001年から2002年にかけての衛星サポートとデータセンターの評価

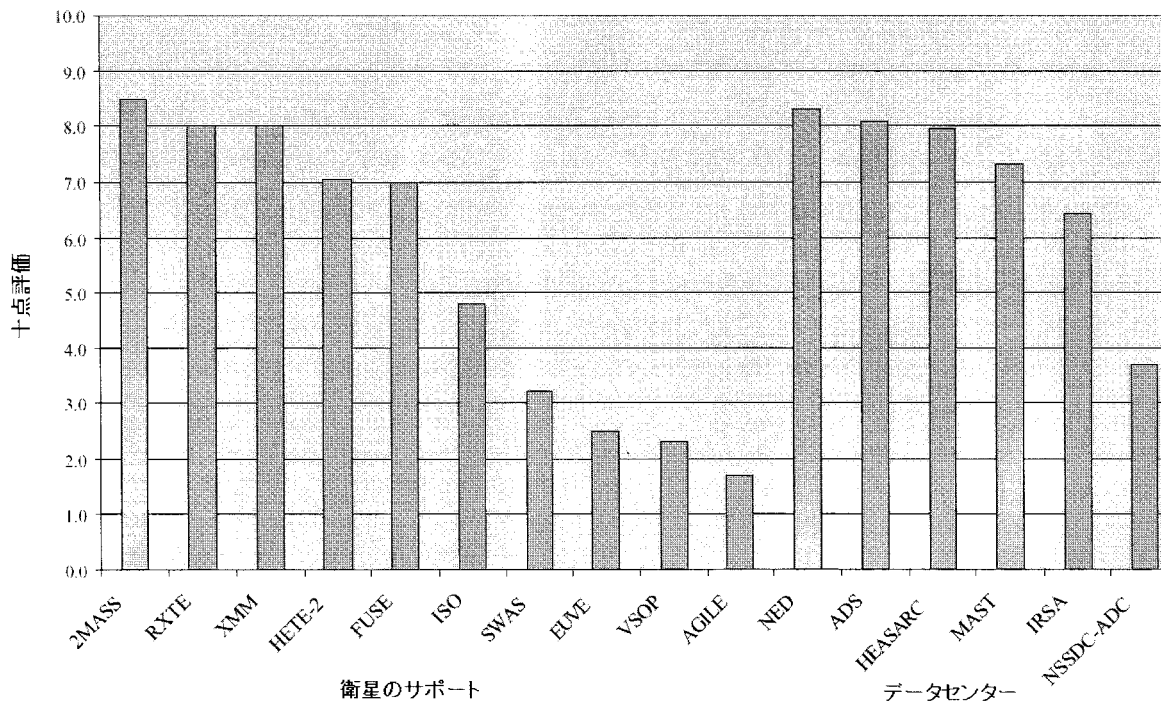


図1：2000年6月に行なわれたNASAのシニアレビューによる衛星、地上観測のサポートとデータセンターの評価<sup>4)</sup>。費用対効果が定量的に評価され、これを参考にしてNASAが各プロジェクトにかけられる予算が決定される。2MASS:地上観測による全天の近赤外(2ミクロン)サベイ。RXTE:NASAのX線天文衛星。XMM:ヨーロッパのX線天文衛星。HETE-2:NASAのガンマ線バースト観測衛星。FUSE:NASAの遠紫外衛星。ISO:ヨーロッパの赤外線天文衛星。SWAS:NASAのサブミリ波天文衛星。EUVE:NASAの紫外線衛星。VSOP:日本の電波干渉計衛星。AGILE:イタリアが計画しているガンマ線天文衛星。以下はすべてアメリカ国内のデータベースまたはアーカイブ。NED:系外天体のデータベース。ADS:天文関係の論文データベース。HEASARC:高エネルギー天文学アーカイブ。MAST:スペーステレスコープ研究所にある多波長データベース。IRSA:赤外線天文学データベース。NSSDC-ADC:天文、惑星科学のデータベース。多くの主要なプロジェクト(たとえばChandra)が、このレビューの対象にはなっていないことに注意。

## 5. ヨーロッパのX線、ガンマ線天文学アーカイブ

ヨーロッパのX線、ガンマ線天文衛星には、各国独自のミッションとヨーロッパ宇宙機構(ESA)のミッションがあり、その規模もプロジェクトの進め方も異なる。たとえば、ROSATはドイツのミッション、SAXはイタリアとオランダの共同ミッションであるのに対し、XMMとINTEGRALはESAのミッションである。一般的に、一つの国では抱え

きれないほど大きなミッションはESAが担当することになっているようだ。また、私が現在住んでいるスイスのように自国だけでは衛星を上げられない小国がスペースサイエンスを行うには、ESAのミッションに参加するしか方法がない。

ROSAT衛星に関しては、その開発、運用、データプロセスを一手に引き受けていたマックスプランク研究所が、アーカイブも管理している。ROSATは運用初期には全天をスキャンしながらサベイを行っており、このデータは長らく公開されず

マックスプランク研究所が占有していた。そのおかげで、マックスプランク研究所にある全天サベいのアーカイブスについては、優れたものができている。SAX 衛星についても、イタリアにアーカイブスがあるが、HEASARC に置いてある SAX アーカイブスと比較して独自性が少ないように思われる。ROSAT と SAX どちらのアーカイブスにも共通して言えることだが、小人数の研究者が長時間かけてじっくりとデータを解析していて、その傍らこつこつとアーカイブスの整備を行っているという印象を受ける。たくさんユーザーに対してより良いサービスを行うことで飯を食っている、という印象はないが、長いタイムスケールで研究を実行し、サポートのんびりとやっていくのがヨーロッパのスタイルなのだろう。

一方、ESA のミッションは、ROSAT や SAX のような国別のミッションとはやり方が大きく異なる。ISDC の紹介記事<sup>1)</sup>にも書いたが、衛星や観測機器の開発、運用、データプロセス、解析ソフトやアーカイブスの開発等の様々な仕事を、国境を越えた公共事業として加盟国に公平に割り振るといのが ESA の重要な使命になっている。例えば、XMM や INTEGRAL 衛星の衛星構体、検出装置はヨーロッパ各国で別々に開発されたものである。また、そのオペレーションセンター、受信局はドイツやスペイン等に散らばっていて、XMM のデータはイギリスに、INTEGRAL ではスイスに送られてプロセッシングされる。XMM の解析ソフト、アーカイブスの開発、ユーザーサポートはイギリスのレスター大学にある XMM Survey Science Center (SSC) で行われ、INTEGRAL については、ジュネーブにある ISDC で行う。

XMM SSC で開発された XMM の解析ソフトは SAS (Science Analysis System) と呼ばれ、HEASARC の ftools や CXC の ciao に対応するものである。SAS は衛星が上がった当時はうまく走らず、大きな修正を余儀なくされたと言う。しかし、XMM の打ち上げから二年を経て、SAS もかなり使いもの

になってきたようだ。また、XMM のデータアーカイブスも、観測が進むにつれ徐々に充実してきたようである。XMM は撮像用に視野の広い二つの CCD カメラ、分光用に二つのグレーティングを搭載しており、そのすべてが同時にデータを取得する。分光に興味を持っている観測者は、CCD カメラのデータを全く解析しないまま、データがアーカイブスに入ってしまうことも多いようだ。また、十分程度の良い光学モニターも搭載しているのだが、そのデータにもほとんど手がついてないらしい。そういう意味でも XMM のデータアーカイブスは、今後、非常に大きな科学的成果を生み出すポテンシャルを持っている。

さて、ESA の衛星プロジェクトでは、元々衛星が大きいことに加え、多くの国、研究機関が関与することによって、NASA のようにほぼ一国でプロジェクトを行う場合に比べて物事ははるかに複雑になり、スムーズな実行には困難が伴いがちである。私自身、ISDC で仕事をしながらそれを日々実感している。ヨーロッパ各国にプライドがあり独自性を出したがり、その裏返しでお互いに遠慮もあるので、異質のものを無理やりまとめているようなところがある。たとえば INTEGRAL 衛星の解析システムを例に出すと、いろいろな国で書かれたコードの実行形式を内容を理解しないままシステムコールして一つのプログラムに無理矢理まとめる、というようなきわどいことをやっている。また、開発者に対して、こういうシステムはユーザーには使いにくいのではないかとコメントをすると、いや、このやり方は何年も前にすでに決定したことだからどうしようもない、というような官僚的な反応が返ってくる。プロジェクトは上から降ってくるという意識があり、残念ながら、視線がユーザー、広い意味での納税者の方を向いていないと感じる。

このような問題の背景に、ESA では NASA と匹敵するほど莫大な予算を使っているにもかかわらず、ヨーロッパの社会に国境を越えてアカウントビリティーを追求するシステムが存在していないという

問題があるようだ。ESA 加盟国の国民は自国に対して税金を払っているが、ESA が各国からの分担金を集め、それをまた加盟国に配分するシステムを取っているのだから、各国民にとって、ESA が自分たちの税金をどのように使っているか、非常に見えにくくなっている。ヨーロッパ共同体 (EU) は、人の交流を完全自由化し、ついに通貨まで統合したが、次の課題は国境を越えた司法システムの確立だという。私を感じているような国境を越えたアカウントビリティーの欠如も、それと同じ文脈で長い時間をかけて解決していくべき課題なのかもしれない。

いずれにしろ、様々な困難を承知の上で国際的な大プロジェクトをいくつも手掛けている ESA、そしてそれを支えているヨーロッパの社会は、そういうプロジェクトを通じて文明社会の未来のあるべき方向を見据えているのかもしれない。ユーロ導入の目的の一つは、各国が独自の通貨を発行して臨時の軍事費を調達することを不可能にして、実質的に戦争を始められないようにすることだと言う。同様に、ESA の目的の一つには、多くの国家が協力して平和目的に限った宇宙開発を積極的に行うことによって、宇宙空間の軍事的利用を妨げることがあるそうだ。そういう目で見ると、いろいろな国が一緒になって、様々な難関を克服していくこと自体が、ESA のプロジェクトの真骨頂なのかもしれない。衛星を上げて使っていくのは一国だけでできるかもしれないが、そういう営みを通して世界をより良いものにしていくためには、たとえそのほうが困難が多いとしても、たくさんの国で一緒にやったほうが良いのだと。

## 6. 将来に向けて

最後に、これまでに述べてきたことと関連した話題で、日本の天文学の将来についての雑感を述べて終わりたい。まず、アカウントビリティーの重要性である<sup>5)</sup>。最近、日本に帰国するたびに、省庁、大学や研究所が大きく変革しつつあることがよく

わかる。この動きの背景には、税金の使い道をわかりやすくするシステムを作る、競争原理を導入し、人事を柔軟化して、研究、教育を活性化し効率を上げる、という目的があると理解している。それがうまくいくかどうかはわからないが、仮に国立大学や国立研究所がなくなったとしても、天文学の研究は基本的に公的なお金に頼っていくことには変わりはないだろう。そして、この変革の時代において、天文学も含んだ基礎研究の研究者の間に、自分たちが研究を続けていくためには、その研究の意義を納税者や行政の長に正しく伝え、理解させる必要がある、という健全な危機感が生まれつつあるようだ。「なぜ日本人は天文学研究に税金を使わねばならないのか」という国民の問いに対して、天文学者自身による、多くの国民が納得するような力強い言葉を聞いてみたい。また、具体的に金額を出して、基礎研究は意外に安上がりであること (たとえば高速道路の建設に比べて) を国民に納得させることも重要だろう。

もう一つ指摘したいことは国際協力の重要性和そのサポートの必要性である。私は日本で一年間の学振を終えた後は、アメリカで働いていたときも、スイスで働いている今も、給料は NASA から貰っている。海外で長く生活する上で、仕事に関してはほとんど困ったことはないが、障害となりうるのは、むしろ健康保険、年金、税金、子供の教育等、福利厚生やロジスティクスの面である。私のような外国人に、そういう面まで面倒を見てくれている NASA とアメリカ、スイスの社会には感謝しているが、アメリカやスイスの側にとっては、国民一人を大学院を終えて、一人前の仕事ができるまで教育するよりも、外国で教育を終えた外国人を雇ったほうが安上がりだという計算もある。一方、日本には、基礎研究の分野で人を海外に出したり招待したりするポストドク制度はあるが、数年間腰をすえて海外で働こうという日本人、あるいは日本で働こうとする外国人の研究者を雇用する公的な制度が全くと言っていいほど存在しない



ことが残念である。天文学のような基礎研究には、利害が絡まないからこそ安心して国際協力ができるといふ強みがある。基礎研究の分野で様々な海外のプロジェクトに日本人が貢献したり、日本で外国人が安心して研究できる環境を整えたりして人の交流を盛んにすることが、日本の国際的な地位を高め、国益につながるのだ、という視点が必要だろうし、その意義を積極的に国民に伝えていくことも重要だと思う。

最後に、日本のスペース アストノミーの将来について言えば、近い将来、ヨーロッパでESA がやっているように、東アジアの近隣諸国と一緒にやっていく可能性を検討することになるだろう。政治的には不安定でぎくしゃくした地域であるだけに大変な苦勞を伴うことであろうが、国境を越えた基盤を持った天文学者こそが、そういう困難な仕事を実行する力を持っているのではないか。そして、観測天文学のように宇宙の平和目的に限った国際協力が実現したとしたら、それは必ずこの地域に緊張緩和と相互信頼醸成をもたらすはずだ。我々天文学者は、天文学の研究が国益や安全保障のためにもなるということを、政治家や国民に堂々と話しかけることをためらう必要はないだろう。

## 参考文献

- 1) 海老沢 研 2002, 天文月報 (4月号), 95, 194
- 2) 海老沢 研 1996, 天文月報 (7月号), 89, 290
- 3) 海老沢 研 1996, 天文月報 (8月号), 89, 341
- 4) "Report of the Senior Review of Origins and Structure and Evolution of the Universe, Mission Operations and Data Analysis (MO&DA)Programs", 2000,  
<http://spacescience.nasa.gov/admin/divisions/sz/SenRev00.pdf>
- 5) カレル・ヴァン・ウォルフレン, 「日本という国をあなたのものにするために」, 2001年, 角川書店

### **X-ray and Gamma-ray Astronomical Archives in the United States and Europe**

**Ken EBISAWA**

*INTEGRAL Science Data Center, Chemin d'Ecogia  
16, CH-1290 Versoix, Switzerland*

Abstract: I will review history of the modern X-ray and Gamma-ray astronomical data archives since late 1980's, and survey their current status in the United States and Europe, based on my experience of living and working in Japan, United States and Europe.