



新春にあたって

宇宙科学研究所長 小田 稔

皆さん、明けましておめでとうございます。

宇宙研の見事なチームワークを証明した一昨年のハレー探査に続いて、昨年2月には、国際的な利用にも供するX線天文台“ぎんが”を軌道に乗せました。何という偶然か、これが約4世紀ぶりに発生した超新星のX線を捉える主役になっています。しかしこれは単なる“幸運”などではなく、一年に平均一個ずつ継続的に粘り強く衛星を配置してきた宇宙研の方針があったからこそ、突然の超新星の出現にも的確に対応できたものです。

今後のミッションをも併せ考える時、わが国の宇宙科学が、国際的な期待を担った檣舞台に立っていることを、痛切に感じます。しかし一方、内

外の情勢に思いを致すと、宇宙科学研究所の行く手には、数々の難問が山積していると言わざるを得ません。

私は、1月16日をもって退官いたします。東大宇宙研に来てから数えると22年皆様と苦楽をともにしながら精一杯働かせて戴きました。最後の4年間、所長であった期間、力不足のため大事な事でし残した事も多く、申し訳なく思っています。

新所長の強力なリーダーシップのもとで、皆さんが、これから出会うであろう幾多の困難を、これまで通り宇宙理工学の強い絆を武器にして克服し、先見性に富んだ計画的な進歩を、引続き積み重ねていかれるよう、心から期待しております。

特集にあたって

編集委員長 伊藤 富 造

昭和63年の新年にあたって、特集「X線天文学の回顧と展望」をおとどけします。世界の最前線をひた走るわが国のX線天文学の歴史には、X線のグループは勿論のこと、宇宙科学研究所

の皆さんは、大変多くの苦しい思い出、嬉しい体験をお持ちのことでしょう。本特集を、このたび退官される小田稔先生への贈り物にさせていただきます。

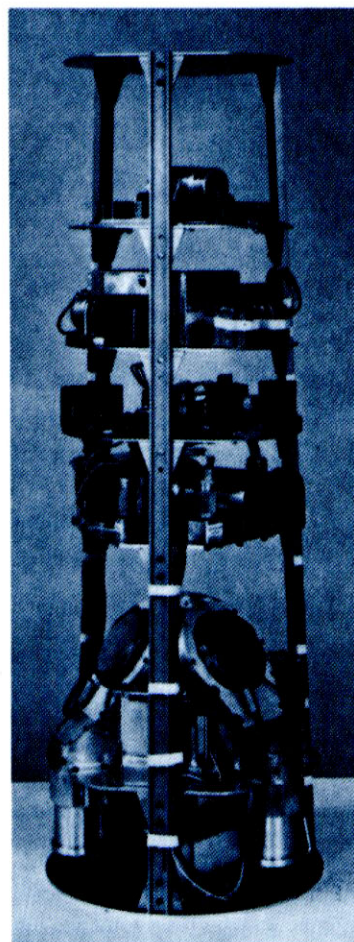


オリオンを襲うさそり(作不詳)

それは1962年、フィジカル・レビュー・レター誌に載った1篇の論文から始まった。著者はアメリカン・サイエンス&エンジニアリング社のジャコーニ、ガースキー、パオリーニと、MIT（マサチューセッツ工科大学）の宇宙線研究の先駆者として有名なロッシ教授。その中で彼らは、同年6月18日にホワイトサンズ基地から打ち上げられた1機のロケットにより、「太陽系外からX線が来ている証拠」がみつかった、と報じた。搭載された2台のガイガー計数管のカウント数が、ロケットのスピンのつれ、またロケットの昇降につれて、変動したのである。この変化の原因は荷電粒子ではないこと、オーロラX線など地球近傍現象は考えにくいこと、太陽（当時、知られている唯一の宇宙X線源であった）のX線ではありえないこと……。4人は巧みな推理を積みあげて、「太陽系外から強いX線がやってくる、それは銀河中心の方向から来るらしい。また、天空に広がったX線源もあるようだ」と結論する。やつぎばやにロケット観測は繰り返され、銀河中心から少しはずれてひときわ強いX線源があることがわかった。今日

のコトバで言えば、さそり座にある全天最強のX線星Sco X-1、銀河中心あたりに群がる多数のX線源、そして空に一樣に分布する宇宙X線背景放射などが分離されていったのである。

こうして人類は、X線をさえぎる厚い大気の外に出ると、宇宙空間は不思議なX線でいっぱいであることを知った。いまこの記念すべき最初の論文を読み返して、4人の著者の推理がいかに現象の本質を正しく捕らえていたか、驚嘆を禁じえない。彼らの優れた洞察力（そして情熱）なしには、X線天文学という大樹は成長しなかったかもしれない。ともあれ、ひとつの新しい学問が生まれた。



こうした新発見の現場に、一人の日本人研究者がいた。MITのロッシ教授に師事していた小田稔である。小田は、ロケットのような足場の悪いところでX線星の精密な方向を決める方法はないものか、と思案しながらケンブリッジの町を歩いていると、ペットショップではつかねずみが籠をクルクル回している。それをヒントに名案「すだれコリメータ」が生ま

◀ X線源を発見した最初の実験装置(1962)



来日したロッシ教授と小田稔(1977)

れた。1964年、すだれを用いた最初のロケット実験により、Sco X-1が“星”のように小さい天体であることがわかる。ついで1966年3月、同じくすだれを積んだロケットにより、みごと1分角の精度でSco X-1の位置が決まった。結果はただちに東京天文台に通報される。梅雨の晴れ間をねらい、岡山の188cm望遠鏡を南天低いさそり座に向けた大沢清輝と寿岳潤は、その位置に青い不思議な星を見出した…。彼らは世界で初めて、不思議なX線星を光で「見た」のであった。1964年には、おうし座にあるかに星雲（西暦1054年の超新星の残骸で、藤原定家の「明月記」に引用がある）から強いX線が検出され、X線観測は既存の天文学とのつながりを強めた。米国のフリードマンたちはすぐに、美しい実験を行った。月がかに星雲の手前を横切る「かに触」現象を利用して、Sco X-1と違って、かに星雲はX線で見ても広がった星雲状の天体であることを示したのである。

日本ではその頃、折よく観測ロケットが成長しつつあった。早川幸男・田中靖郎の率いる名古屋大学グループは早くも1965年に、L-3-3号機にシンチレータを搭載してX線背景放射などの観測を開始している。1966年になると、帰国した小田稔に、松岡勝・小川原嘉明が、そして後に宮本重徳が加わって、宇宙研にX線グループが誕生した。この時期Sco X-1は絶好のターゲットで、S-210-2、K-9M-27(1969)、K-9M-31(1971)、K-10-9(1973)などによる観測に加え、インドと共同の

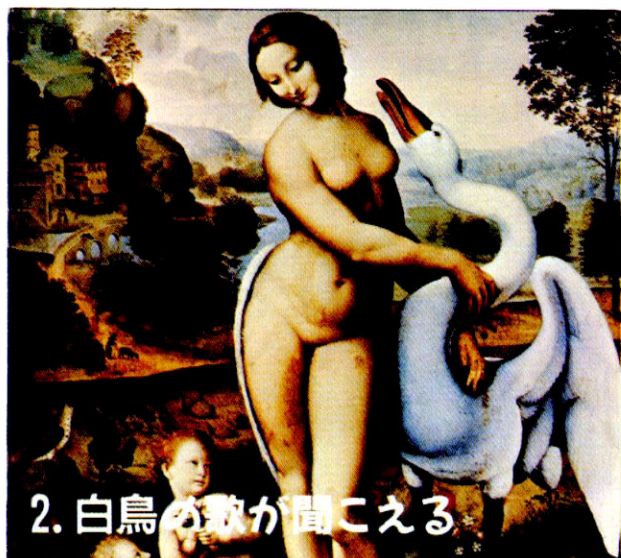
ロケット・気球観測(1969～1972)も行われた。こうした内外の結果をまとめて小田と松岡は1971年に世界最初の宇宙X線源のカタログを作った。そこには50個ほどのX線源が並んでいる。しかし、かに星雲やSco X-1など少数の例を除けば、その中で既知の天体と対応がつくものは少なく、X線星はまだ天文学の鬼子であった。

X線天文学に爆発的な進展をもたらしたのは、1970年暮れに米国が打ち上げた世界初のX線天文衛星ウフル(ISASニュースNo.51参照)である。ウフルの全天走査が進むにつれ、X線宇宙の全貌が、人類の目の前に劇的に展開していった。どんな天体がどんなしくみでX線を出しているかが、次第に明らかになって行く。さらに続く5年間にはOSO-7(米)、ANS(オランダ)、Copernicus(米)、Ariel-5(英)、SAS-3(米)などのX線衛星が続々と打ち上げられ、華々しい競争の時代へ突入して行く。

わが国では早くも1960年代の末から、宇宙線研究者の近藤一郎らを巻き込んで、X線・宇宙線衛星CORSA計画が繰返し議論されていた。最初のミッション案は、衛星の姿勢を重力傾斜安定させ、地平線からX線星が出てくるタイミングからその位置を決めるというものだった。だが小田教授の表現によれば「ドン・キホーテ的」なこの計画はその機が熟さぬまま、諸外国の衛星に先陣を譲ることとなってしまった。



さそり座を見たすだれコリメータ(1965)



レダと白鳥(レオナルド・ダ・ヴィンチ)

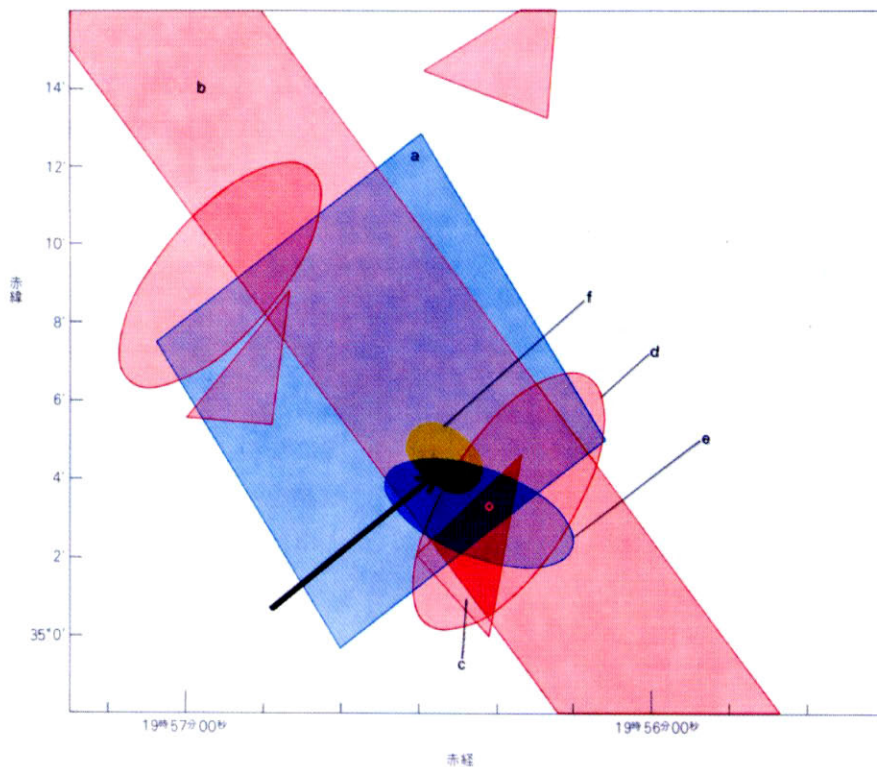
ウフルのデータを解析していた小田教授は、はくちょう座にあるCyg X-1というX線源が、数秒という短い間に激しく明滅していることを発見した。それがきっかけで、ほとんどのX線星源が強度変動するものだ、という驚くべき事実が明らかになった。X線で見た宇宙は、悠久とか静謐といった表現とはかけ離れた、激動の世界だったのである。これは、人類の宇宙観を大きく変革する力をもっていた。

まだX線衛星が無く、観測対象を厳選せざるをえなかった日本にとって、Cyg X-1はおあつらえのテーマであった。激しい時間変動はブラックホールの証拠ではないかという直観のもと、宇宙研グループはすだれコリメータを気球に積み、Cyg X-1の精密な位置決定に挑んだ。ウフル衛星や外国のロケットと競りあいながら、次第にCyg X-1の位置を追い詰めて行き、ついにそこに青白い超巨星が見出された。この星は、見かけは平凡だが、5.6日の周期で「見えない重い天体」に振り回されていることもわかった。この見えない天体こそ、ブラックホール候補の第1号である。

青白い星のガスは、ブラックホールに向かって吸い込まれてゆく途中で超高温になり、X線を出す。激しいX線の変動は、いわばブラックホールにのみ込まれる直前のガスが発する断末魔の叫び声であろう。宇宙研グループは、K-10-11 (1975) や気球 (1977) に大面積の検出器を積み、その叫び声を詳しく調べる作業を行った。すると、X線変動はミリ秒という速い時間スケールにまで及んでいることがわかった。小田教授らはそのデータ解析に声紋分析器(ソナグラフ)を導入し、文字

▶ Cyg X-1の位置を追いつめる

- a : 1966年ジャコーニらによるロケット観測
 - b : 1968年宇宙研による第一次気球観測
 - c : 同じく第二次観測
 - d : 1970年宇宙研の気球観測
 - e : 1971年ウフル衛星による観測
 - f : 1971年MITのロケット観測
- 。大きい矢印は電波源とB0型の超巨星の位置を示す。



どおり白鳥の歌声を調べたのである。それから10年。Cyg X-1はブラックホールの最有力候補として、また小田教授のお気に入りの星として、堂々とその王座を保ち続けている。

かに星雲のX線は、パルサーで加速された超高エネルギー電子が、星雲の磁場の中を駆け回るとき出すもの（シンクロトロン放射）であることがわかってきた。X線の輝度分布を詳しく調べればその電子の分布もわかるだろう。そこで二つのプロジェクトが実行された。ひとつは日本とインドの協力で行われ、「かに触」現象にタイミングを合わせてインドで2回の気球観測（1974～75）を行った。その結果は、「ネイチャー」誌を飾った。もうひとつは、宇宙研が大型すだれコリメータを、米国カリフォルニア大がX線検出器と気球ゴンドラを提供して、テキサスの気球基地を足掛りに、直接にかに星雲のX線像を得ようとするものである。この野心的な国際協力はけっきょく、15年という衛星顔負けの歳月を経て完結することになる。

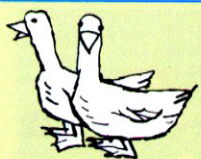
同じころ名古屋大学のグループは、田中靖郎らが独自に開発したポリプロピレン超薄膜を比例計数管の窓に用いて、空に広がったX線背景放射のうち、超軟X線成分の正体を追い求めていた。超軟X線背景放射は空の方角により強さやスペクト



気球を見送る若き日の西村純、小川原嘉明(1971)

ルを異にするので、情報が多い。しかもロケットの精密な姿勢制御は不要とあって、この時期には絶好のテーマであった。K-10-4(1969)、K-9M-44(1973)、K-9M-50(1975)などの他、オランダ・ライデン大学と共同のLEINAX計画(1971～1976)でハワイから4機の観測ロケットの打上げに成功し、着々とデータを蓄積して行った。

こうして機動的な観測ロケットや大気球を駆使してがんばってはいたものの、世界の第一線との差は徐々に広がりつつあり、わが国の研究者は焦りの色を強めていた。そして熱い思いを込めて、第4号科学衛星CORSAの準備を進めていたのである。



コンピュータ今昔

データ解析に不可欠なコンピュータ。この十年の進歩を振り返ると、まさに昔日の感が深い。CORSAや「はくちょう」の頃、駒場の衛星データ解析用コンピュータはカードリーダ式のFACOM230-38(通称サンパチ)で、主記憶は今日のパソコンにも及ばない390Kぐらいしかなかった。KSCは紙テープベースのU-200、プログラム作成はラインエディタ、磁気テープは真空吸引なしのノロノロ回転という悲惨なありさま。フローティング演算はソフト的に行っていたのであろう、とんでもなく時間がかかった。ガシャガシャと騒々しいテ

レタイプからジョブを投入すると、忘れた頃にラインプリンタに結果が出てきたものである。その後、関係各位のご尽力により駒場はM-180、M-360と代替わりし、またKSCはU-1500を経てS-3500へとグレードアップした。さらに駒場MSSの導入と、KSC-駒場間的高速データリンクの開通は、衛星データ処理に画期的な進歩をもたらした。紙テープもカードも、また磁気テープ輸送すら昔語りとなった。ただ昔を知らない若者たちはソフトウェアを組むとき、メモリやステップ数を節約しようとしないうえに、コンピュータは能力が増えてもいつも満杯である。困ったことだと思うのは中年のひがみかな。

3. 夜明け前



エウロペを誘拐する牡牛(グイド・レーニ)

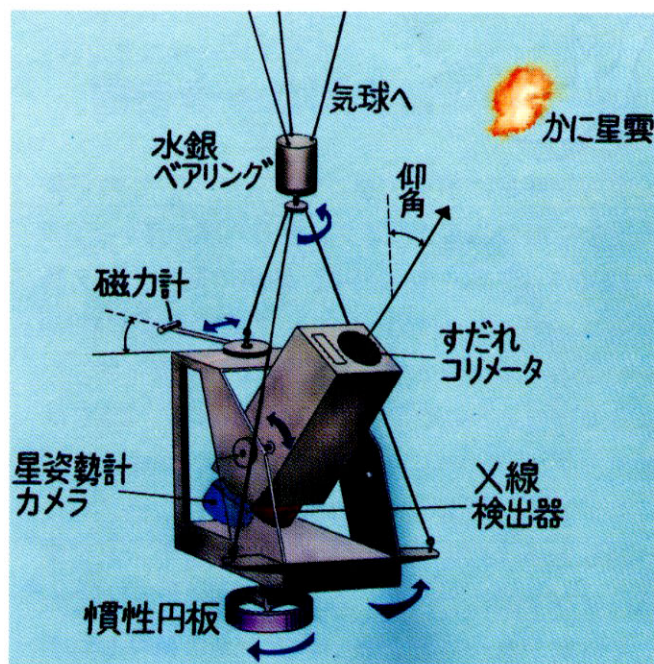
最初の計画から10年近い紆余曲折を経て、ついに日本初のX線衛星CORSAが飛び立つべき日がやってきた。重量わずか86kgの衛星は、世界の第一線との差を一気に縮めたい、という研究者の悲願をこめた希望の星であった。運命の1976年2月4日午後3時、その希望の星を搭載したM-3C-3号機はランチャを離れた。第1段の飛しょうは正常。ところが第2段は必要な高度まで上昇せず、点火するやいなや水平飛行に移ってしまった。保安コマンドにより第3段の点火は中止。発射からわずか5分ののちに衛星は、あまたの研究者・技術者の汗や苦心や悲願もろとも、悪夢の中へと落ちていったのである。打上げ時のコネクタ離脱に伴う電氣的雑音でロケットのフリップロップが反転し、結果的に第2段と第3段の姿勢基準が入れ替わっていたためと判明した。ロケットは指示どおり忠実に飛んだだけだったのだが……。あの苦難のL-4S時代を乗り越え、ミュウ衛星の打上げ技術が確立したと思われた矢先でのできごとだった。

この失敗によるX線グループの打撃はまことに大きく、これで日本のX線天文学は再起不能になるのではないかと、という絶望的な虚脱感が濃かった。しかし涙にくれている暇がなかったのは、不幸中の幸いだったかもしれない。小田教授は「失敗のその夜、メーカーの人たちからもう一度という声があがった。外国の友人たちからも何通も手

紙が来て、もういっぺんやってはと励まされた。宇宙研の事務といっしょになって、今思い出したくないほど苦しい陳情を続けたものである。メーカーさんたちは異例に安い見積りを出して来た…」と書いている。死産に終わったCORSAは関係各位の尽力により、3年後にCORSA-bとして奇跡的に甦ることになったのである。

この苦しい期間に、いくつかの重要な進展があった。1974年に名大より宇宙研に着任した田中靖郎は、新グループを率いて蛍光比例計数管の開発に着手し、短期間のうちに姿勢制御つきK-10-13号機(1977)によるロケット実験にこぎつけた。まさに完璧に近い実験で、ポリプロピレン薄窓を持つ蛍光比例計数管は、はくちょう座ループ星雲などからの超軟X線のみごとな分光データを得た。「衛星半機ぶんの成果を得た観測機」として今なお語りつがれている。このあと蛍光比例計数管は、「ひのとり」のFLM装置を経て、「てんま」の主観測装置へと成長して行く。

名古屋大学が中心になって蓄積してきた超軟X線背景放射の観測データについては、壮大な解釈ができ上がりつつあった。X線は、まぎれもなく数百万度の高温プラズマの出す熱放射のスペクトルをしている。銀河系のあちこちに、こんな高温



テキサスの気球実験に用いられた装置(1974)



スカンク味の カニ料理

かに星雲のX線像を観測するその日米共同実験は、涙の連続だった。勤勉無比な日本人研究者と、太陽の輝くカリフォルニアの住人たちが、広いテキサスで奇妙な共同生活を続けた。気球を何回とばしても、目当てのかに星雲に手が届かない。1回目(1974)は、すだれコリメータの回転軸受けが噛んで失敗。2回目(1975)は切り離した装置がワニの棲む沼に墜落。3回目(1976)、気球に不具合があって切り離し、装置は高い木にひっかかった。翌朝見に行くと、なんと装置は無残にも丸焼けではないか。あのCORSA失敗とほぼ同時、泣き面に蜂であった。5回目(1978)でようやく

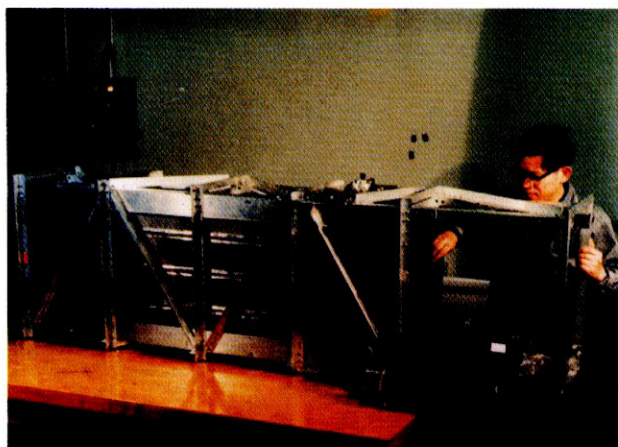
良好な観測が行われた。ただこの時は珍事件があった。ホテルの長期滞在棟の床下に、一匹のスカンクが棲んでいたらしい。ある寒い朝、なんと床下にあるエアコン吸気口の前で、奴さん一発やらかしたのだ。居あわせた小川原・牧島の二人は命からがら部屋を逃げ出したが、衣類から持ち物にまで強烈な臭気がしみついてしまった。現地の間人は腹を抱えて笑うやら気の毒がるやら……。その毒気のせいかその後のデータ解析は難航を極めたが、10年を経た1987年、ようやく美しいかに星雲のX線像がアストロフィジカル・ジャーナル誌に掲載された。この間に、じつに4機の天文観測衛星が上がっていた。この遅れに遅れた牧島一夫の学位論文を、有名な1958年のウォルチエの論文に対比して、小田教授は「かに星雲の新約聖書」と呼んでいる……。

プラズマの泡が本当に存在するらしい。それらは、超新星の爆発で加熱されたのであろう。さらに不思議なことに、観測データには星間ガスによる吸収の形跡がみられない。してみると、太陽系そのものが、そんな熱い泡のひとつに浸されているらしい…。これは、星間空間に対するそれまでの認識を、根底からくつがえす結果であった。

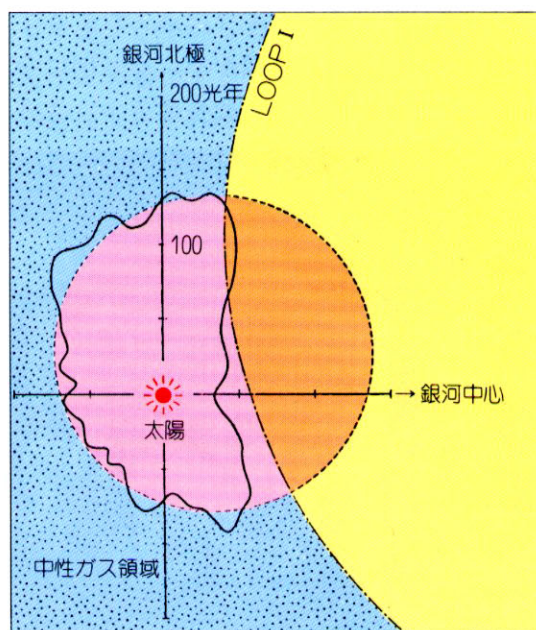
1977年に宇宙研より大阪大学へ着任して新グループを開いた宮本重徳は、アダマール・マスク技術の開発に着手していた。こうして東京(宇宙研)、

名古屋、そして大阪を3つの拠点とする、現在のX線天文学の研究体制ができあがった。不運に見舞われ続けていた、日米共同によるかに星雲の気球観測も、ようやく1978年初めに満足なフライトが実施され、残すはデータ解析のみとなった。

「はくちょう」誕生の夜明けは、こうして刻々と近づいていた。



テキサス州パレンスタイン気球基地で、すだれコリメータを調整する宮本重徳(1974)



太陽系を包むプラズマ域の推定図



4. 「はくちょう」はばたく

アキレスとキロン (ポンペオ・バトーニ)

あの悪夢から3年を経た1979年2月21日。M-3C-4号機ロケットは、CORSAの生まれ替わりCORSA-bを、みごとにほぼ真円に近い軌道へ投入した。「ロケットは地上から誘導するまでもなく、自ら最適の軌道にとび込んで行った。まるでX線天文学者たちの強い念力に支えられたようだった」と野村民也教授はのちに回想している。こうして日本最初のX線衛星「はくちょう」が誕生した。

鹿児島からの連絡で、一喜一憂の連続の日々となる。計算機室では毎晩おそくまで翌日の運用について、大勢での議論が続く。姿勢制御のため駒場に泊まり込んで徹夜をする。X線新星が現われる。データが鹿児島から次々に送られてきて、解析が追いつかない。計算機がパンク寸前になる。ソフトウェアを大あわてで改良する…。こうして



「はくちょう」打上げの前に(1979)

研究室そろって夏の海水浴に行くという優雅な習慣は、完全にすたれてしまった。

「はくちょう」の設計はCORSAとほぼ同じであるが、いくつかの重要な変更も含まれていた。第1は1975年に発見されたX線バースト現象を狙って、広視野のすだれコリメータを搭載したこと。第2は機上のメモリ容量を増やすため、コアメモリに替えてテープレコーダを積んだことである。この改造はどちらも大成功だった。4月9日、第711週の再生データの中に記念すべきバースト第1号が見出され、トラッキング班の村上敏夫は「本朝未明大バースト発見せり」と興奮気味のファックスを送ってきた。これを皮切りに、すだれコリメータを用いた「もぐらたたき」方式は大きな威力を発揮し、新しいバースト源がいくつも発見された。5月末にX線新星Cen X-4から巨大なバーストが検出された時は、トラッキング班から「何か大変なことが起こったらしいが今は言えない」と気をもませる連絡が入ったりした。また1979年8月の宇宙線国際会議(京都)の最中には、珍獣?の代表ともいえるラピッド・バースターが活動を開始し、大騒ぎになったものである。

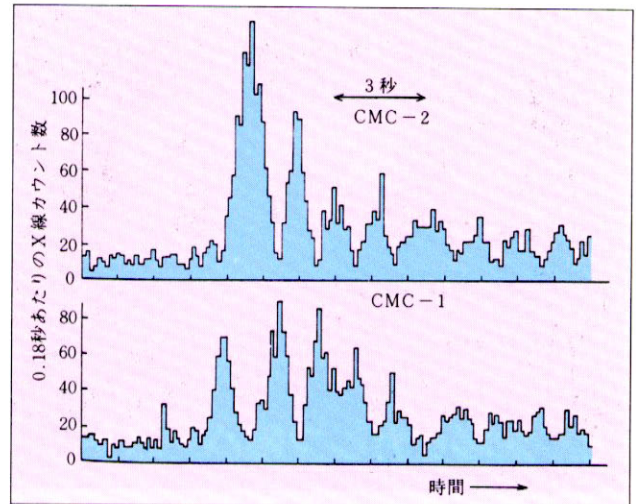
この頃アメリカではR. ジャコーニらの永年にわたる努力で、反射鏡を用いた巨大なX線望遠鏡衛星「アインシュタイン」(ISASニュースNo.52)が誕生し、センセーションを巻き起こしていた。1979年夏に宇宙研で行われたX線天文学国際会議では、その圧倒的な成果に息をのんだものである。なにしろ「はくちょう」より1万倍も感度が良い



「はくちょうウィドウ」たち(1980)

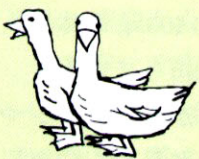
のだ。衛星は持ったものの、果して勝負になるだろうかという不安がつきまとう。しかし母なる自然の抱擁力は大きかった。「はくちょう」にはできても巨大衛星にはできない重要な仕事が、いくらかも見つかったからである。「はくちょう」は大活躍を続け、国内外の光の天文台と多くの同時観測を行った。中性子星の半径がみな10km程度であることを証明し、銀河中心までの距離の誤差を指摘した。パルサーの観測から、中性子星の自転がふらつく様子を明らかにした。Cyg X-1などブラックホール候補についても重要な観測を行った。こうして日本のX線天文学は念願かなって、世界の最前線に肩を並べ得るようになったのである。

1981年1月、「はくちょう」チームは思いもかけず、朝日賞受賞の光栄に浴した。祝賀の席上、プロジェクトを双肩に担ってきた小田教授は、「団結して働いて来たチームのメンバーとその夫人たちに、衛星計画を実現してくれた宇宙研の工学者たちに、そして新参者を快く受入れてくれた天文学界の人々に」、とって杯をあげた。1982年頃になると外国の衛星はすべて寿命を終え、「はくちょう」(のちに「てんま」が加わる)は世界で



「はくちょう」が検出したX線バースト1号
(1979年4月9日)

唯一のX線衛星となった。「はくちょう」はよくその重責を果たしながら徐々に高度を下げ、ついには1985年4月15日、太平洋上空で大気中に再突入した(ISASニュースNo.49)。燃え尽きる瞬間までX線星を観測しながら、6年2ヶ月という長く輝かしいミッションライフを閉じたのである。



衛星と結婚式

「はくちょう」誕生とともに外国人の来日は急増し、とくにアメリカX線天文学のメッカMITとは、小田教授の人脈を通じて交流が広がった。日本側が衛星運用の不慣れで混乱を極めていた時、助っ人に駆けつけてくれたのは新進気鋭のギャレット・ジャーニガン氏。日本人といっしょに出前の焼肉定食をかき込みながら、親身になっていろいろ教えてくれた。夏の宇宙研国際シンポジウムの折には、オランダ出身で強烈な個性をもって鳴るMITの某先生いわく「アメリカでSAS-3衛星が上がった時は、みんな奥サンより衛星をかわいが

りすぎたおかげで、MIT界限では離婚が相次いだもんですよ。かくいう私もそうだけど。お次ぎはあんたがたの番ですな」。けれど幸いなことに、先生の予言は丸はずれであった。それどころかX線関係者の間で、この10年間に9組のカップルが誕生したが、じつにそのうち7組は「はくちょう」、「てんま」、「ぎんが」の打上げ前後4ヶ月に集中しているのである。日米比較社会学の一端としてまことに興味深い。また1983年には同じくMITのブラット教授が宇宙研客員教授として来日し、陽気で人なつこい人柄で皆に親しまれた。そのMITも今ではアメリカの衛星計画停滞の影響をまろに受け、火の消えたような寂しさという。自前のロケットを持ちミッションを続けることが、いかに大切かを痛感する。



5. 太陽とガンマ線バースト

ピュトンを殺すアポロン(フェルディナン・ドラクロア)

X線天文学は狭義に解釈すれば、X線を用いて星やブラックホールや銀河や宇宙を調べる学問であろう。しかしもう少し間口を広げて解釈することもできる。そうした関連分野の中で、二つの特筆すべきテーマがある。ひとつは衛星による太陽観測、もうひとつはガンマ線バーストである。

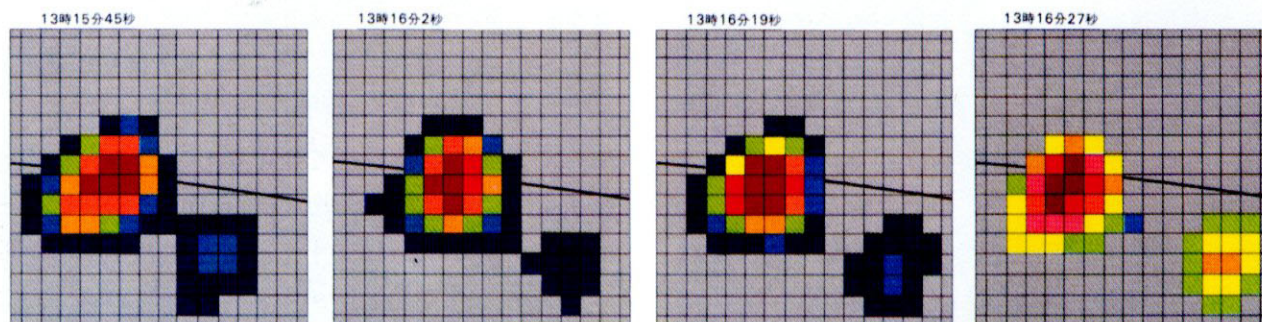
太陽は最も身近な、しかもありふれた星だ。太陽を理解することは、他の多くの星を理解することに通じる。太陽はまた、地球上の生き物すべての母である。風が吹き雨が降り川が流れるのも、すべて究極には太陽のなせる業だ。11年周期の太陽活動の消長は、陰に陽に地球に影響を及ぼす。活動最盛期には太陽フレアと呼ばれる爆発が頻発するが、フレアのエネルギーはまずX線として現われる。従ってX線観測は、フレア現象の核心部に迫るよい手段といえる。1969年、高倉達雄・小田稔らは気球にすだれコリメータを積み、太陽を狙って原の町から放球した。運良く観測中にフレ

アが起き、フレアX線源の位置が世界で初めて、正確に決定された。すだれの威力である。

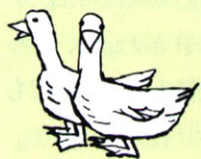
その次の太陽活動期に日本の太陽研究者たちは、X線天文学者や工学者の協力を得て、強力な観測手段を用意して太陽を待ち構えていた。1981年2月21日に打ち上げられた科学衛星「ひのとり」である(ISASニュースNo.22)。そこに搭載された装置は、「たんせい4号」で試験を済ませたブラック結晶分光装置、K-10-13号機で一人前になった蛍光比例計数管、フレアのスペクトルを調べる硬X線・ガンマ線検出器、そして超精密級の回転すだれコリメータを用いた太陽望遠鏡などである。これらの装置は協力してみごとに働いた。すだれコリメータ技術の粋を集めた太陽望遠鏡は、太陽面上でフレアが燃え上がるさまを、まのあたりに描いて見せてくれたものである。

「ひのとり」には強力なライバルがいた。アメリカの大型衛星SMM(ISASニュースNo.57)である。「ひのとり」はこの巨大な相手に対し、科学的成果では一歩もひけをとらず、たび重なる国際学会で堂々と渡り合った。この2機の衛星のおかげで、太陽フレアの研究は革命的に進んだ。次の太陽活動極大期には、わが国はSOLAR-A衛星で臨もうとしている。だが寂しいことに、ライバルはもういない。SOLAR-Aはその400kgの体に、全世界の太陽研究者の期待を重く担っている。

ガンマ線バーストは、空の一角から突然ガンマ線が爆発的にやってくる現象で、発見から10年以上も経っているにもかかわらず、その仕組みはいまだに謎のままである。これは、宇宙の荒々しく



「ひのとり」がとらえた太陽フレアの硬X線像(1981年7月20日)。青から黄・赤へいくに従って強度が強くなる。

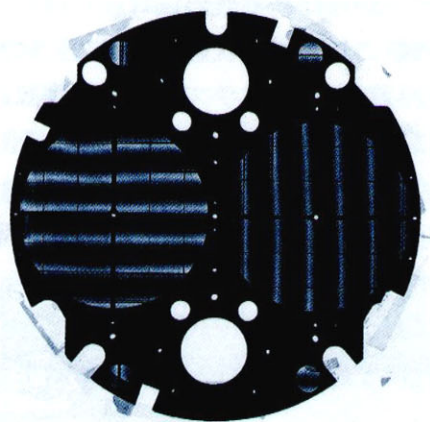


衛星追跡は楽し

「はくちょう」は初めほとんど休日なしに追跡を続けたものだから、KSCのメーカー出張員諸氏から「はくじょう」という異名を頂戴するはめになった。緊急事態のたびに小田教授は、KSCに休日返上をお願いする文章（人々はひそかに勅語と呼んだ）を送ったものである。こうしたKSCの衛星追跡班のこぼれ話を拾い集めたら、きっとすてきに面白い本ができるだろう。さしずめPI担当者が、KSC職員、メーカー出張員の諸氏、内之浦町の方々といっしょに織りなす、人生小劇場である。とくに新人の大学院生は話題にことかかない。大根占をダイコンウラナイと読んだ話などは序の口のほうで、極め付きはやっぱりI君だろう。鹿

児島に初めて飛行機で行くとき「パスポートはどうするんですか」と尋ねて周囲のど肝を抜いたI君、2週間の滞在に20組の替え下着をかついでKSCに到着した。1日の追跡が済み、悪い先輩に連れて行かれた先は、町の某スナック。「こんなところに入ったらボクの人生おしまいです」という同君の抵抗もむなく…。翌日の運用記録には同君の筆跡で「ゆうべついにスナックという所に入ってしまった。従業員はみんな女の人でした。スナックは怖いところです」。それ以後I君は追跡のたび、その怖い場所にせっせと出入りするようになったとか。ともあれKSCは楽しい。

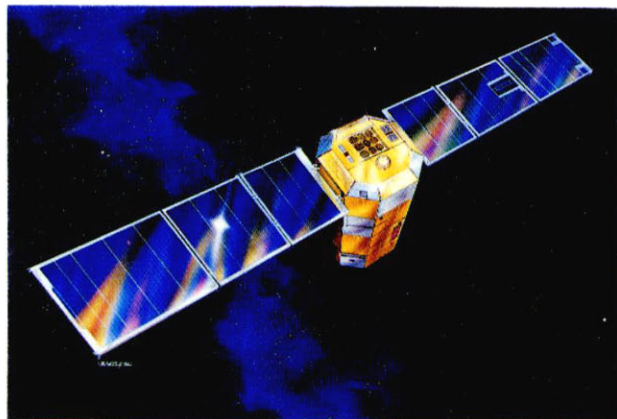
（おいしいコーヒーをごちそうして下さるTさん、魚とりに誘ってくれるOさんはじめKSCの皆様、公私混同ながらこの場を借りてお礼申し上げます。）



ひとりに搭載したすだれコリメータ。
2枚合わせたすだれに見える縞。

激動する側面を代表する現象ともいえよう。わが国では西村（純）研究室を中心に観測が続けられてきた。初期には気球が使われ、回転すだれコリメータの原理を利用して、1個のガンマ線バーストの発生位置がたくみに決定された。「はくちょう」ではガンマ線バーストに対する特別な配慮はなされていなかったが、それでも数個のイベントが検出された。とくに1981年10月のイベントはSVC検出器の視野の中で発生し、ガンマ線バースト

に伴いX線も放出されることを明確に示した。「てんま」では放射線帯モニタが、ガンマ線バースト検出器に兼用された。「ぎんが」には専用のガンマ線バースト検出器が搭載されており、比例計数管とシンチレータを併用して、広帯域でのスペクトル測定に挑んでいる。きっと新しい鍵が得られるであろう。将来は惑星間ミッションにガンマ線バースト検出器を積み、地球周回衛星との間で三角測量を行い、バーストの発生位置を自前で決定できるようにしたいものだ。



1991年に打上げが予定されるSOLAR-A衛星



6. 姉から妹へ

とらわれのペガサス(オディロン・ルドン)

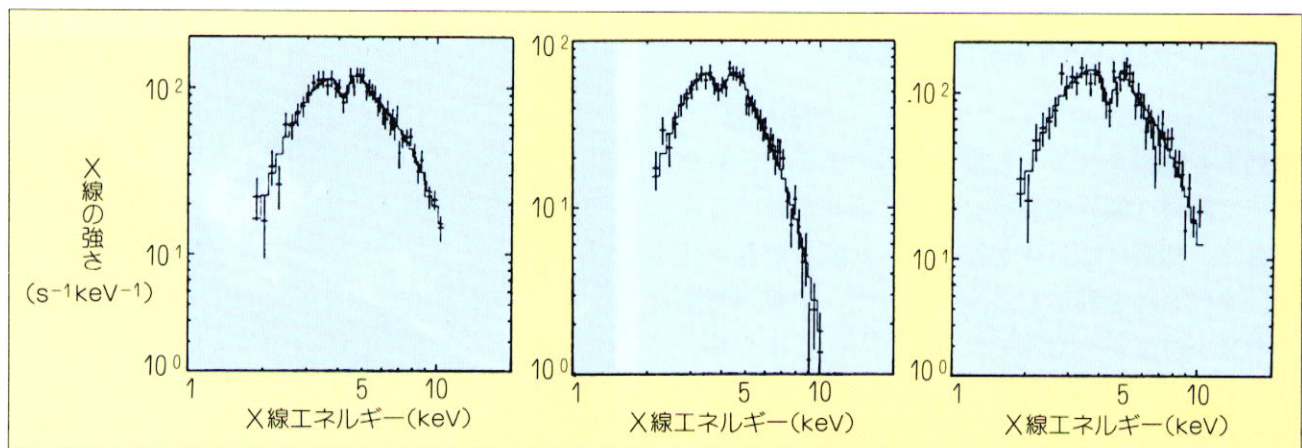
1983年2月20日、M-3S-3号機ロケットは妹衛星「てんま」を無事に軌道に乗せた。この妹は姉「はくちょう」の2倍の重量をもち、姿勢制御方式、姿勢センサ、遅延コマンド体系など、諸能力が格段に向上している。それ以上に、新開発の蛍光比例計数管の迫力はすばらしく、すぐさま抜群のデータを出し始めた。その大きな面積のおかげで、「はくちょう」ではほとんど検出できなかった弱いX線源が、「てんま」ではたやすく検出でき、銀河系外のX線源まで観測できるようになったのである。広天モニタ装置、超軟X線ミラー、ガンマ線バースト検出器なども、活動を開始した。

「てんま」の運用にあたって、「はくちょう」の経験がいかに貴重であったろう。X線グループは、

自信をもって「てんま」を操ることができた。データ処理も4年前に比べ、格段に手ぎわよくなった。観測データを余すところなく使い尽くす術も覚えた。「てんま」の打上げから「はくちょう」の再突入までのほぼ2年間、X線グループはこの姉妹衛星と一緒に運用したものである。2機そろって、Cyg X-1や活動中のラピッド・バースターを追ったこともある（ISASニュースNo.30）。衛星のない外国からは、羨望の眼差しで見られていたことと思う。

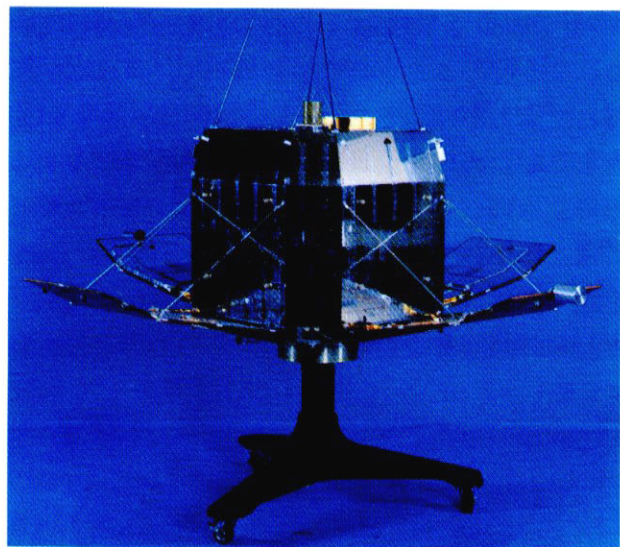
「てんま」の観測指針を立てるについても、「はくちょう」の経験が余すところなく活用された。「はくちょう」の提起した謎は何か。その答えを求めて、「てんま」はつき進んだ。蛍光比例計数管のもつ優れたエネルギー分解能は、いわば誰も見たことのない精度でX線観測ができることを意味する。見るX線源はどれも新しい驚きの連続となった。X線パルサーからは中性の鉄輝線が、X線バースターからは高電離の鉄輝線が検出された。超新星残骸のプラズマ状態が、詳しく診断できるようになった。銀河クラスターの鉄輝線には、宇宙膨張に伴う赤方偏位が見出された。ラピッド・バースターには奇妙な振動が見つかった。いくつかの新しいパルサーも発見された。中性子星やブラックホールの周囲の降着円盤の様子が、手に取るようにわかってきた…。

4ヶ月ほど遅れて「てんま」に好敵手が現われ



X線バーストのスペクトルに現れた吸収線（「てんま」の観測による）

た。ヨーロッパ宇宙連合のEXOSATである。観測の先陣争いでも国際会議の席上でも、2機の衛星は熱い火花を散らすことになる。しかし「てんま」の科学的成果は、ヨーロッパ数ヶ国にアメリカのゲスト観測者を加えたEXOSATの大部隊を向こうに回し、少しも遜色なかったといえよう。中でも、「てんま」が発見したX線バーストのスペクトルの不思議な凹みは、大きな議論を呼んだ。これは、重力で赤方偏位した鉄の吸収線と思われ、中性子星のパラメータを決める原子核物理に対し、重大な問題を投げ掛けている。さらに小山勝二らは「てんま」の観測から、超高温のプラズマが天の川に沿って分布していることを見出した。思いもかけぬ大発見であった。その正体は何か。問題



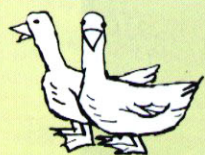
X線天文衛星「てんま」



サンタクルスの七人の侍 (1983)

はいま、「てんま」から「ぎんが」へ引き継がれようとしている。こうして「てんま」は、宇宙のさまざまな高エネルギー現象を、鮮やかに浮き彫りにしてくれたのである。

「はくちょう」と「ひのとり」は回転式すだれコリメータという卓抜のアイディアで不朽の成果をあげた。「てんま」は電源系の故障で惜しくも短命に終わったが、同様に世界初の蛍光比例計数管を駆使し、文字どおりX線天文学の最前線を大きくおし進めた。小型の衛星であっても、優れたアイディアと綿密な設計があれば、何倍も重い衛星に匹敵する能力を発揮できる。3機の天文衛星は、よくこのことを証明してくれた。これらの名機は、世界の宇宙科学史上に永くその名をとどめるであろう。



小田教授の放射能

「てんま」に搭載された蛍光比例計数管(SPC)は、まさに田中靖郎教授らのグループの血と汗の結晶だった。これはその「てんま」の準備に忙殺されていた頃のお話。45号館の実験室で、井上一氏はSPCの調整に余念がなかった。ところがさっきまで順調に働いていたSPCのカウント数が、大幅に増加している。よもや、ねじ伏せたはずの放

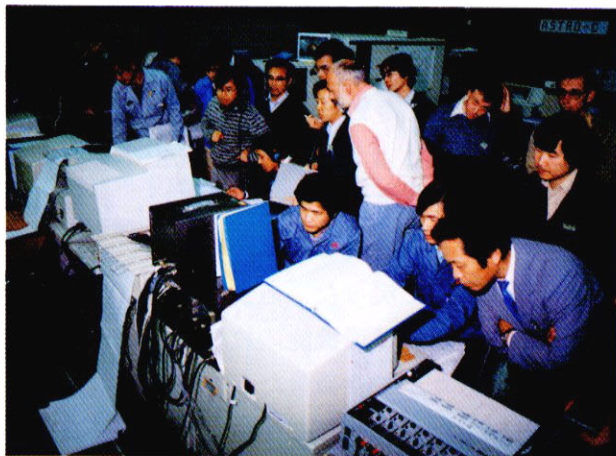
電が再発したのでは…。ふと振り向くと、肩越しに小田教授がのぞき込んで「井上君、SPCの調子はどうですか?」。まさかトラブル発生中ですとも言えずに曖昧な返事をしているうちに、教授は慌だしく実験室を出て行き、と同時に不思議にもカウント数は正常に戻った。あとで判明したのだが、教授はその直前に循環機能の放射性トレーサー検査をうけており、ごく微量だが先生の体から文字通り放射線が出ていたのだそうである。SPCの感度の良さを示す逸話である。



7. 「ぎんが」めかなたへ
アンドロメダを解放するペルセウス (ピエロ・ディ・コシモ)

「ぎんが」の威力は本当にすごい。「はくちょう」と「てんま」は、じつに頼もしい後継者を得たものだ。3軸ジャイロ基準の姿勢制御、大容量のバブルデータレコーダなど、共通系も大きく進歩した。さらにイギリスと共同で開発した大面積比例計数管(LAC)の感度は、すばらしいの一語に尽きる。どんな天体でも、LACの鋭い目を逃れることはできず、今まで誰も見たことのなかった姿を披露してくれる。

天の川に沿って、超新星残骸がX線でいくつも検出された。暗黒星雲の芯に、高温プラズマが隠れているのがみつかった。近接した2個の星の相互作用で、巨大なフレアが発生したのを捕えた。



「ぎんが」打上げを前に緊張する衛星テレメータ・センター(内之浦)

微弱なX線パルサーも観測できるようになった。明るいX線源の微小な変動や、Cyg X-1のミリ秒の変動だって簡単に検出できる。お隣のアンドロメダ大星雲のみごとなスペクトルがとれた。おとめ座銀河団のプラズマ分布もわかってきた。セイファート銀河の中心核の激しい変動は、巨大ブラックホールの有力な証拠だし、セイファートII型銀河では中心核が濃いガスに埋もれていることも発見された。宇宙の果てのクエーサーのスペクトルも、次々に決定されつつある。

そして、大マゼラン雲の超新星。まるで「ぎんが」の打上げを祝うように、ほぼ400年ぶりに太陽系の近傍で発生したこの超新星は、ニュートリノの洗礼で全世界の科学者を興奮させた。8月頃からX線が検出されるようになり(ISASニュースNo.73, 79, 80), LACはその行く方を追いつけている。こうして9月までの試験観測で「ぎんが」の優れた能力が確認された。いまや「ぎんが」は宇宙を見るための、全世界の貴重な共有財産である。その認識にたち、1987年10からはプロポーザル制による本観測が開始された。国内外から、LACを用いた観測の申し込みが殺到しており、衛星マネジャーの榎野文命教授は日夜その対応に追われている。

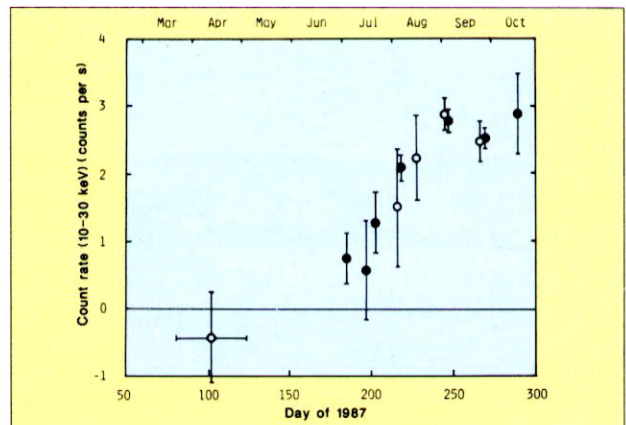
これまで中性子星を中心に研究を進めて来た日



「ぎんが」打上げ(1980年2月、内之浦)

本のX線天文学者たちにとって、扱う対象が飛躍的に増えた。身近な星から遙かなクエーサーや超銀河団まで、いまやすべての天体がX線による研究の対象になりつつある。他の波長域での天文学とは、これまでと比較にならぬほど交流が増えるであろう。同時に、プラズマ、流体、原子核、宇宙論、素粒子など、物理学のさまざまな分野との結びつきも、大幅に深まると期待される。こうした状況を踏まえ、X線天文学をどう発展させて行くか。欧米の衛星計画が不幸にも大幅な頭打ちに苦しんでいる今日、日本に課せられた責任は極めて重い。

「ぎんが」にも、ひとつ悩みがある。視力が良すぎるため、宇宙の「あら」まで見えてしまうのだ。ある天体を観測しようとする視野の中には必ず、宇宙の遙かな果てのX線源がいくつも同時にはいつてくる。LACは観測精度が高いので、こうして偶然にまぎれ込む遠いX線源の影響が無視できない場合がある。これを避けてさらに観測の感度を上げるには、X線反射ミラーを用いて結像観測することが必要である。そこで次期のX線天文衛星は、必然的にミラー衛星になるであろう。こうした認識の下、1992年度の打ち上げを目標に、次期X線天文衛星ASTRO-D計画が鋭意すすめられている。そこでは軽量X線ミラーを用い、「ぎんが」をさらに1桁も上回る感度を実現しようとしている。ASTRO-Dを用いれば、遠い遠いX線源がどんなふう分布しているか、そして1960年代



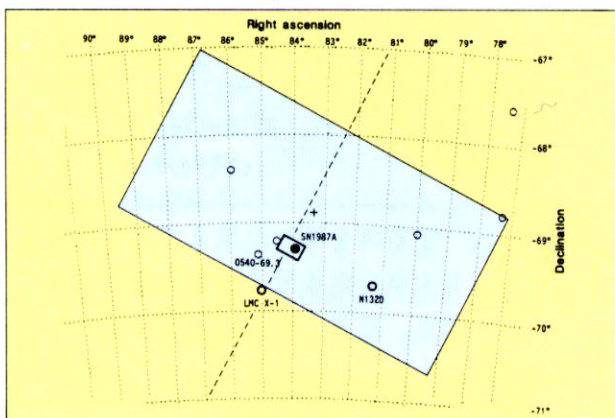
「ぎんが」がとらえた超新星からのX線の強度。

から謎のままになっているX線背景放射がそれらの寄せ集めで説明できるかどうか、結着がつくと期待される。「ぎんが」をクエーサーの探險者とするれば、ASTRO-Dはクエーサーをこえた未知の領域への探險者である。

「はくちょう」から「てんま」へ、そして「ぎんが」へ。この間に日本のX線天文学は、幸いにも順調な成長を続けて来た。その秘訣は、小型ながら4年ごとにX線衛星を実現し、ミッションの有機的なつながりを大切にしたことにあるといえよう。だから「ぎんが」の成果と見えるものは、じつは「はくちょう」と「てんま」と「ぎんが」をあわせた成果なのである。X線天文学は、飛翔体なしには生きられない分野である。そうした学問分野が健全に発展し、活力を高めていくためには、

1. 過去のミッションの経験を培養し、そこで提起された問題をまとめる作業。
2. それに基づいて現在のミッションを運用し、その科学的成果を最大にする作業。
3. 過去と現在の経験から未来のミッションを策定し、それを最適化する作業。

という3つの作業が、とぎれることなく同時進行する必要がある。今日までわが国のX線天文学は、幸いそれに沿った形で進んで来た。しかし次のASTRO-Dは、予定通りに実現できたとしても、「ぎんが」から隔たること6年。はたしてこのつながりを維持できるかどうか、状況は楽観を許さない。X線天文学の25周年という記念すべき年頭に当り、改めて心を引き締める次第である。



大マゼラン星雲付近の天球図。外側の四角形は、「ぎんが」の視野。内側の四角形は、「ぎんが」が決めた超新星からのX線源の位置。

小田所長を送る

西村 純

時の流れは速く、これを人の力でおしとどめることは出来ない。小田さんが少壮の意気に燃えて宇宙科学研究所の前身、新設の東京大学宇宙航空研究所に赴任されたのはもう20年以上前のことである。小田さんは当時東京大学原子核研究所に在職されていたが、MIT（マサチューセッツ工科大学）に出張しておられた。「スグレコリメータ」の考案によってはじめて「さそり座X線源」の位置の精密観測に成功し、新しく生れたX線天文学の最先端を走っておられた。このまま環境のとのったアメリカに留って研究をさらに押しすすめるべきか否か、大変悩まれたと伺っている。

当時宇宙研にはまだ45号館や56号館は建っていなかった。その場所は一面の荒れた草原であった。

今の41号館のあたりに、床がぬけそうな27号館があって、新任の平尾先生達と熱気に満ちて実験の準備にはげんでおられた。まだラムダ衛星の打上げが成功する数年前のことである。新任間もない私達はいつまでも新入りの気分でしたが、年を経て当時の様子を知る人もほとんどいなくなってしまった。雑用？も年とともにふえて、小田さんは今の宇宙理学委員会の前身である宇宙観測専門委員会の幹事を、ついで委員長へと胎動期にある我が国の宇宙科学発展のために全力を尽されていた。

研究面では観測ロケット、大気球の実験、それにつづく科学衛星「はくちょう」、「ひのと」、 「てんま」、「ぎんが」と輝かしい成果をあげ、日本の宇宙科学を世界の第一線に押し上げてこられた。

昭和56年宇宙科学研究所への改組の時期が近付くと、小田先生の役割りも加速度的にふえてきた。森先生や野村先生の片腕として、各方面への折衝等々、そのお仕事は数えあげることにはできない。宇宙科学研究所が発足した時期は、丁度我が国の宇宙科学の分野についても大きな転換期にあたっていた。国際的なつながりがこれほど大きく変貌した時期はこれまでに例を見ない。小田さんは宇宙研の企画調整主幹として、また国連の宇宙関連の委員会の座長として、すぐれた判断力と国際性を生かして活躍され、今日の諸外国との関連、宇

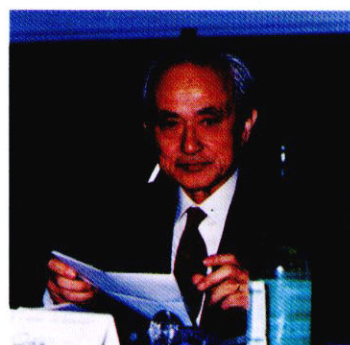
宙研の基礎をきずいてこられた。

宇宙研が発足して約2年、不幸にして所の発展に全力を尽されてこられた森所長

を失ない、小田さんは所長をひきつがれた。丁度ハレーの計画が進行中の時期であり、新しい研究所としての問題が山積している時期であった。一流の学者としての判断力と強靱な精神力をもって難問に対処して行かれた。米、ソ、欧との協力体制を築き、諸先輩の成果を基盤にハレー探査の成功へと導いて行かれ、これからの長い宇宙研の歴史の中で特筆すべき一頁をかざるにふさわしい成果をもたらした。ついで「ぎんが」による超新星の観測等々、諸先輩及び小田所長の築かれた路線の上に、我が国の宇宙科学の大きな華がこれからもひらいて行くことだろう。27号館の2階で「はたして日本の宇宙科学が欧、米の水準に追いつくことができるか…」と真剣に語り合ったのは20年前のことであった。宇宙研職員各位の全力投球により今は諸外国から時に畏敬の念をもってむかえられ、宇宙研を見ならうべきだと云う声も屢々聞かれる。

先に、諸先輩が去られ、ここに小田所長が退官されることは、我々にとって何物にもかえがたい痛手である。しかしこれも時の流れとともに己むを得ないことである。小田先生には今後とも我が国の宇宙関係、より広く学術一般について国際的な視野に立って御活躍され、御指導賜わることを期待してやまない。

（にしむら・じゅん）



宇宙研を離れた後までおそれ多くも大事な新年号の編集に参加させて頂き、感謝の念に耐えません。本年も何卒よろしく。

（牧島）

ISASニュース

No.82 1988.1.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) 〒153 東京都目黒区駒場4-6-1 TEL 03-467-1111

The Institute of Space and Astronautical Science