

X線天文学のあけぼの と Giacconi 博士

松岡 勝

〈宇宙開発事業団 〒105-8060 東京都港区浜松町 2-4-1〉

e-mail: matsuoka.masaru@nasda.go.jp

2002年度のノーベル物理学賞はニュートリノとX線で新しい宇宙物理学の窓を開いた小柴昌俊先生をはじめ Davis, Giacconi の3人の天才に授けられた。ここでは、我が国のX線天文学関係者にも馴染み深い Riccardo Giacconi の受賞を機に、X線天体が発見され、X線天文学に体系化されるまでの当時の国内外の様子についてその時代に生きた一凡才の記憶をつづることにする。

1. X線天体の発見

太陽以外から観測可能なX線天体があるかどうかの現実的な検討は1960年5月スミソニアン天文台でなされた。宇宙線物理学者でMIT（マサチューセッツ工科大学）の Bruno Rossi や Giacconi 達が参加し、宇宙には強いX線源など考えられないので当面、斜め入射のX線ミラー望遠鏡を作って、恒星からのX線を狙うことが最も現実的だと議論された。このとき Giacconi から提案されたX線ミラー望遠鏡の概念は1980年に打ち上がったアインシュタイン衛星の原形であった。このX線ミラー望遠鏡の基礎開発は Rossi の示唆により Giacconi が当時所属していた American Science & Engineering (ASE) という研究請負会社で開始された。その翌年、1961年ケネディー大統領が「1960年代に人間を月に送る」と宣言したアポロ計画がスタートし、

米国は宇宙開発ブームにわいたのである。

このブームのなかでロケットによる大気圏外域の観測も盛んにおこなわれた。Giacconi は Rossi の「自然は多くの場合、人間よりももっと想像力に富んでいる」という考えに触発されて、前述の保守的な見積りに臆することなく、X線観測を計画した。こうしてエアロビーと言うスピン安定の観測ロケットで、面積 20cm^2 ほどのガイガー計数管3台を載せ満月の夜に打ち上げられた。本来は太陽X線やプラズマが月の表面で反射・吸収され二次的に発生するX線を捉えるのを名目上のねらいとし

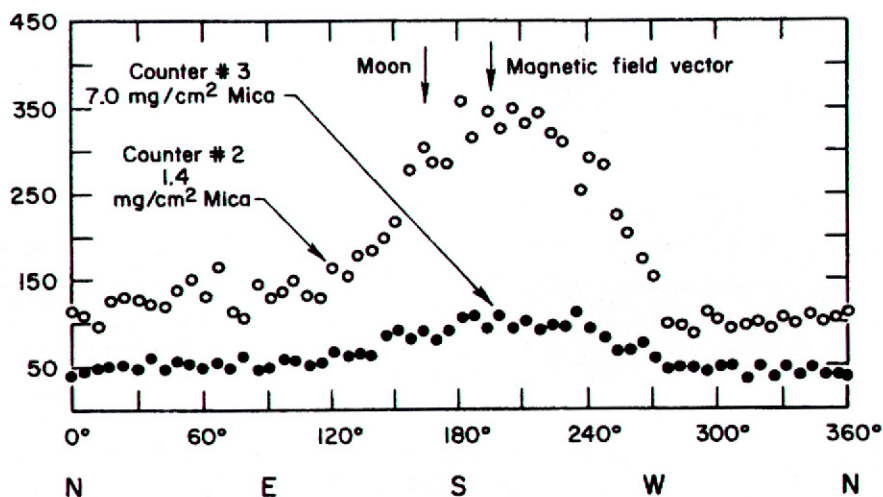


図1. 初めて捉えた太陽系外X線源 Sco X-1 の観測結果¹⁾



Bruno Rossi (1905-1993)



Riccardo Giacconi (1932-)

で準備された。観測されたX線強度はスピン周期とともに、図1に示すように変化した。X線源の方向を決めることは難しかった。注意深いデータ解析の結果、さそり座のある方向に強いX線源があり、その誤差は10度程度と見積もられた¹⁾。月からのX線や、オーロラをつくる放射線など放射線帯から漏れ出した荷電粒子の可能性は排除された。この図はGiacconi先生もお気に入り、拡大図を額に入れて友人の誕生日パーティーでのプレゼントに使われている。結果の重大性のため1963年6月にも同様な観測がなされさそり座の方向から強いX線源の確認がなされた。この新X線天体Sco(さそり座)X-1の発見はその後X線天文学という大きな流れとなっていった。

この分野の初期段階で最も興奮したことは、天体の正体がかめぬ時期がしばらく続いたことと、観測ごとに宇宙にはそれまで予想もしていなかった強いX線源が次々にみつかったことである。新X線源の発見でMIT-ASEの他、すぐ立ち上がったのはHerbert Friedman(1916-2000)が率いる米国海軍研究所(NRL)がそれまでの太陽X線観測の経験を活かして宇宙X線源の観測に入り、観測ロケットで10個ほどのX線源を見つけた。Friedmanのグループはこれより先1960年に太陽X線観測装置で夜間に宇宙観測を行ったが、受光面積が小さいことで惜しくも新天体の発見を逃している。

2. その頃日本では

一方、日本では1959年京大の基研から名大に移って原子核・プラズマ・宇宙物理の実験講座を拓いた早川幸男は宇宙科学分野にも意欲的な計画をたてていた。その頃、東大生産研で糸川英夫(1912-1998)が始めたロケットが科学観測に使える段階になり、電離層の観測では世界に通用するデータを出し始めていた。早川は1960年秋名大で、ロケットの通信や電子機器の専門家の野村民也やX線検出器の専門家を集めて、ロケットで太陽以外のX線観測の可能性を検討する小研究会を開いた。また、早川はMITのRossiやその研究室に出入りして宇宙線の研究をしていた小田稔との交流も深く、常に学問の最前線を走っていた。1962年のGiacconi達の衝撃的な結果をいち早く得て、直ちにロケットでX線観測することを当時大学院学生に指示した。少なくとも後述する1966年6月まではX線源の確認すら重要な仕事であり、スペクトルなどはあいまいであったので、まずは日本のロケットでScoX-1を捉え、できればスペクトルの観測をすることに目標がおかれた。新しいロケット観測チームに加わり、初めての観測機器の準備にも手間取り、しかもロケットは失敗などによる遅延もあって、初めて日本のロケット(ラムダ型)で宇宙X線観測が実現したのは1965年の3月であった²⁾。この観測では、Giacconi達の1962年でも得られ今日も重要な成分である宇宙背景X線成分を捉えただけであった。その後1966年の1月と3月にカップロケットでScoX-1のX線スペクトルを観測した。もたもたしたとはいえ早川の機転でとにかく日本はまがりなりにもMIT-ASE、NRLについて宇宙X線を観測した世界で第3番目のグループになったのである。その後、早川は田中靖郎を招き、名大は実験および理論に関するX線天文学の一大拠点として発展させて行った他、日本の宇宙科学や宇宙物理学を国際的に高める役割を果たした。



早川幸男 (1923~1992)



小田 稔 (1923~2001)

3. Sco X-1 の光学同定

1962年のGiacconi達のX線天体発見を真近に知った小田は宇宙線の研究からX線天文学の観測的研究に舵を切った。小田はMITのRossiの研究室をベースにMITの研究者とASEのGiacconi達を協力者として研究を進めた。当時ロケット観測ではX線天体の位置決定精度はわるく、X線天体は光学天文学者には手のつけられない状態であった。小田は当時MITに滞在した天文学者ストレームグレン(B. Strömberg)に「どれくらいの精度で場所を決めれば天文学者は望遠鏡で調べてくれるのか」と訪ね「2~3分角である」と教えられたと言う。小田は位置決定の難しいロケット実験で2~3分角で位置を決める方法を日夜考えたと言う。かに星雲は月の掩蔽でFriedmanにより1964年に広がったX線源であることがわかった。一方、Sco X-1はかに星雲とは別種のようにみえるため、位置決定だけでなく、X線源の広がりを決めることも重要な課題であった。ロケット観測では広い視野をもってしかも一旦観測にかかれば位置決定を2~3分角の精度で決められる工夫が必要になった。小田はある日ペットショップでハツカネズミが丸環を廻している姿を見て思いついたのが「すだれ型コリメータ(モジュレーションコリメータ)」であったと言う³⁾。早速、Giacconi達と共同してSco X-1のサイズと位

置決定のロケット実験が実行された。決定的な実験は1966年3月に行われた。実験前には成功も失敗も半々と言うきわどい実験だと言われていたが、見事に完璧な成功をおさめた⁴⁾。

その年、小田は早川(当時の新研究所設立準備委員)に請われて発足間もない東大付置研究所の宇宙航空研究所でX線天文学の研究室を拓いた。このため、ロケット実験のデータ解析はGiacconi達に任せ実験終了後すぐ日本に帰った。解析結果を待たず何とかしてSco X-1の光学同定をしたいという研究者意識に駆られ、小田は独自の論理でSco X-1が光で輝いているとすると12~3等星で通常の恒星よりも青白いはずだと推論した。これを東京天文台の大沢清輝、寿岳潤らに相談して岡山天文台で探索することになった。ロケット実験の結果がでないその時はSco X-1の方角はまだ1度程度のあいまいさであった。このとき寿岳は赤と青のフィルターを差し替え同じフィルムに2重写しするアイデアを出しSco X-1の方角を探索した。そのとき日本は梅雨時、雲の切れ間をぬって何枚かの写真をとった。無数の星の中で小田の予言にあう星が1個だけ見つかったのである。この結果は直ちにMIT-ASEのRossiとGiacconiに電話連絡された。これがSco X-1の光学同定の歴史的な瞬間であった。この結果はMIT-ASEのロケット観測の遅れていた解析結果ともピッタリと合い(図2)、かねて結果が出たときに依頼する予定であった光学天文学者のSandageによって詳しいスペクトル観測がなされた⁵⁾。こうしてX線天体は天文学の本山である光学天文学と結びつき新しいスタートを切ったのである。

4. そしてX線天文学は確立した

Giacconi達の1962年のX線天体の発見から小田らの光学天体の同定までがX線天文学の創世記であったとも言えよう。この間Rossi, Giacconi, 小田の3人が抜きんできた貢献を行ったことは間違いない。このことはGiacconiのノーベル賞受賞講演で

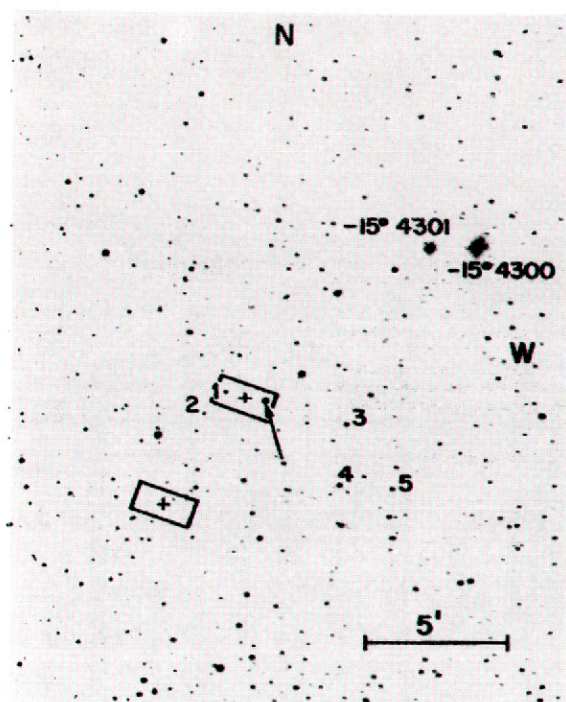


図2. Sco X-1 の位置決定と光学同定, 矢印の星が Sco X-1⁵⁾.

も述べられている。

その後、Giacconi は強力なリーダーシップを発揮し 1970 年には世界初の X 線天文衛星ウフルを実現させ、文字通り、X 線天文学を天文学の重要な一分野として確立した。中性子星、ブラックホール、近接連星系、降着円盤等が天文学の研究対象として大きな比重を占める基礎を築いたとも言える。1972 年には IAU 主催の X 線・γ 線天文学の初めての大きな国際会議がマドリッドで開催され、ウフルの結果は聴衆を圧倒し、X 線データが天文学で重要な位置を占めたと誰もが納得した。一方、小田は日本に X 線天文学の研究の場をおき、気球やロケットで我が国の宇宙科学を発展させ、1979 年には日本初の X 線天文衛星を実現させた。その後

も、1980 年代から 90 年代に田中を後継者として多くの若手を育て 3 機の X 線天文衛星を実現させ、世界の X 線天文学者を日本に引きつけるけん引者として働いたのである。Rossi は大御所として X 線天文学の発展過程での重要な相談役となり、存在感を保った。そして米国天文学会ではこの Rossi 先生の宇宙線や X 線天文学などについての業績を讃えて、特に高エネルギー宇宙物理学の分野で独創的で顕著な業績を挙げた科学者や研究グループを年 1 回表彰するために、1985 年よりロッシ賞が設立された。日本ではこのロッシ賞を神岡のニュートリノ観測グループと田中靖郎が受賞している。

今日、X 線天文学は天体のあらゆる分野で特徴ある貴重なデータを提供している。

参考文献

- 1) R Giacconi., et al., 1962, Phys. Rev. L. 9, 439
- 2) S Hayakawa., et al., 1966, Space Sci. Rev. 5, 109
- 3) M Oda., 1965, Appl. Opt. 4, 143
- 4) H Gursky., et al., 1966, ApJ 146, 310
- 5) A R.Sandage., et al., 1966, ApJ 146, 316

The dawn of the X-ray astronomy led by Prof.R.Giacconi

Masaru MATSUOKA

National Space Development Agency of Japan (NASDA)

Abstract: The 2002 Nobel Prize for physics has honored Prof.R.Davis and Prof.M.Koshiha, and Prof.R.Giacconi in the new field of astrophysics. Prof.Giacconi has achieved an important contribution for the foundation of X-ray astronomy. The X-ray astronomy in Japan has also been developed from early phase, being stimulated by Prof.Giacconi. Here we describe a history of the X-ray astronomy in the initial phase.