

## 2. 各分野の成果

### 2.1 飛翔体による宇宙の研究

小田 稔・近藤 一郎  
高倉 達雄・田中 靖郎

気球・ロケット・人工衛星等飛翔体による大気の吸収や擾乱に妨げられない天体観測が、X線、 $\gamma$ 線、紫外線・赤外線等あたらしい波長域を開拓し、天文学に新生面をひらいたことは、あらためていうまでもないことである。

以下1966年以後に、わが国で行われたこの分野の研究を展望してみよう。いくつかの分野についてトピックスをひろいながら、10年間の進展の筋道を辿ることにするので、必ずしも個々の研究にもれなくふれるわけではない、ということをおあらかじめお断りする。

尚この項をまとめるにあたって、伊藤謙哉、末元善三郎、松本敏雄、奥平清昭、他の諸氏の御協力を載いた。

#### A) X線天文学・ $\gamma$ 線天文学

この10年間は、X線天体が発見された1963年から66年にかけての創世期をうけた大きな発展の時期であった。その間1971年には、はじめてのX線天文学の衛星Uhuruが活動し、画期的な進展をもたらしたのであった。以下いくつかの項目について問題を展望してみよう。

##### (A-i) X線星

(a) Sco X-1 Sco X-1 は最初に発見された、全天で最も強いX線星である。その位置の精密決定は1966年3月に精密級のすだれコリメーターを搭載したエアロビーロケットによって当時MITにいた小田等によって行われた。この観測を追って東京天文台岡山天体物理観測所が、はじめて、この星の光学的同定を行い(R 231)これをおって直ちにパロマ天文台で更に精密な観測がなされたのである。このX線星の光学的同定は、X線天文学に新しい時代を画したものであった。この光学的観測から、Sco X-1 が近接連星ではないかという見通しが現われ、更に後にUhuru期になって、いくつもの明白に近接連星であるX線星が発見され、早川らが予言したように(1964)X線星の大部分が近接連星であろうというX線星の正体にたいする予想がかたまってきたのである。

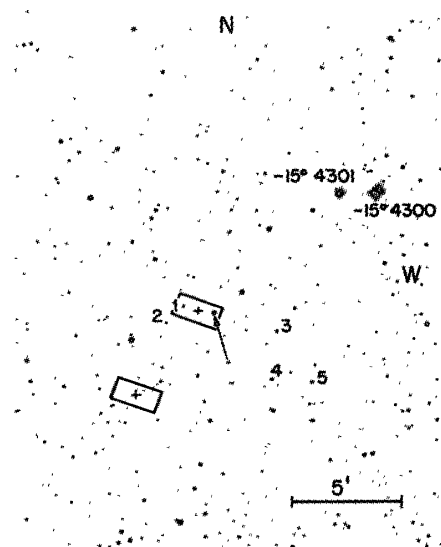


図1-1 Sco X-1の光学的固定

X線及び光学観測によって直ちにこの星が時間的に変動していぬことが明らかになったが、この星の物理的性質を追及するために、X線光学同時観測を長期にわたって行うことの重要性が指摘され、わが国においてもアメリカにおいても多くの観測が行われた。岡山観測所と、内の浦からのロケット観測、またインド、Thumba基地からのロケット観測(R105, R106, R211)また、日印共同による気球X線観測とニザミア天文台、東京天文台の光学観測との同時観測が数次にわたって行われた(B37, B38, B48, B49, B61, B62)。

X線と光の長期同時観測は、また科学衛星CORSAの目的の一つとしてかけられ、その計画の一環として内の浦に60cm口径の光学望遠鏡が設置された。このような長期にわたる同時観測に合わせて、広帯域のX線スペクトル観測がScoX-1のプラズマとしての物理的性質を究めるためにきわめて重要であることが指摘され、K-9M-31, K-10-9等による観測が行われた。そして、観測に合わせて、宮本、西村等の理論的な研究がすすめられ

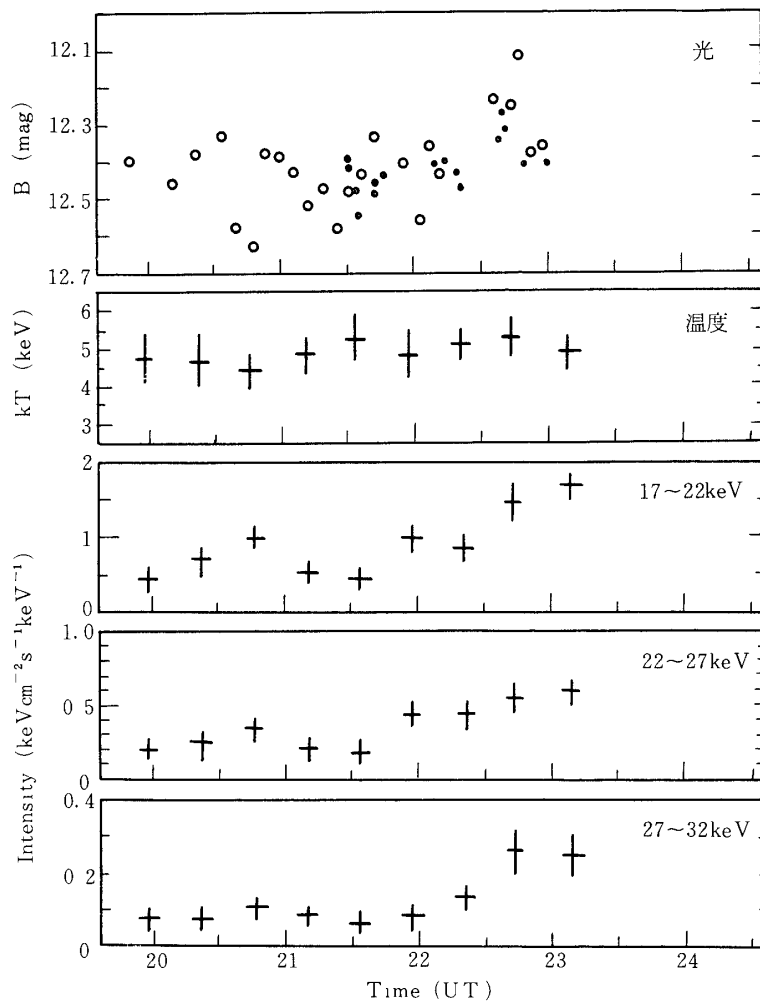


図1-2 ScoX-1の光とX線同時観測

ている (R 106, B 49).

Sco X-1 はまた弱い変動する電波源であることが知られている. 電波研究所鹿島観測所はこれの光との同時観測を行った.

(b) **Cyg X-1** Cyg X-1 は, きわめて硬い Power law 型のスペクトルをもっていることから, X線天文学の初期からかに星雲と同じように非熱的なX線源であろうという予想をもたれたものである. この予想のもとにその位置を精密に決定しようという観測が日米によって競って行われた. わが国では K-10-2 にはじまり, その後は3回の気球観測によって, その位置の精密決定が行われた. そのもっとも精密な結果は, 1970年9月の気球飛翔によって得られた (B 31). この結果は同時に行われていた Uhuru 衛星の観測解析に利用され, 更に MIT のロケット観測があって結局総合的に約1分角の精度で位置を決定することが出来た. これが電波源の発見, 超巨星 HD E 226868 の同定, ひいてこのX線星がブラックホールであるという推定につながっていったものであるが, ここではそのプロセスについては省略する.

Cyg X-1 が0.1秒以内というきわめて短い時間のあいだにはげしく変動するものであることは, 1971年, 小田, Giacconi 等によって発見された. 当初はこれが周期性をもつように考えられていたが, 間もなくこれが少なくとも持続する周期をもつものでないことが明らかとなり, その変動の特性について, 以来研究がすすめられている. Cyg X-1 が示す激しい短時間変動は, 他のX線星には殆んど見受けられないことで, これがブラックホールの有力候補であるということを考え合わせると, この時間変動が, ブラックホール周辺におきている物理現象に対する有力な手がかりであるという考えのもとに, 多くの努力がはらわれている. K-9 M-31, K-10-9 を経て K-10-11 によって良質のデータが得られ, その解析が行われているところである. この間, 宇宙研グループは MIT ロケット, Uhuru を

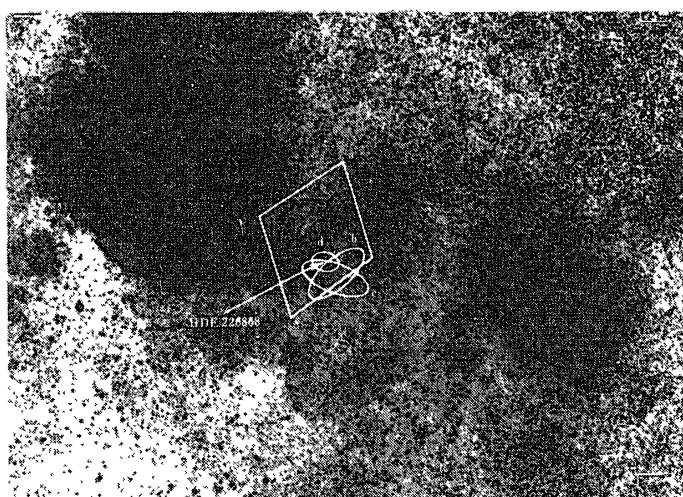


図1-3 Cyg X-1 の位置決定

bが日本のグループによってきめた位置

の他アメリカのデータを取得して、Cyg X-1の時間変動を種々の方法で解析した。また一方気球による硬X線成分の長時間観測も行われている。

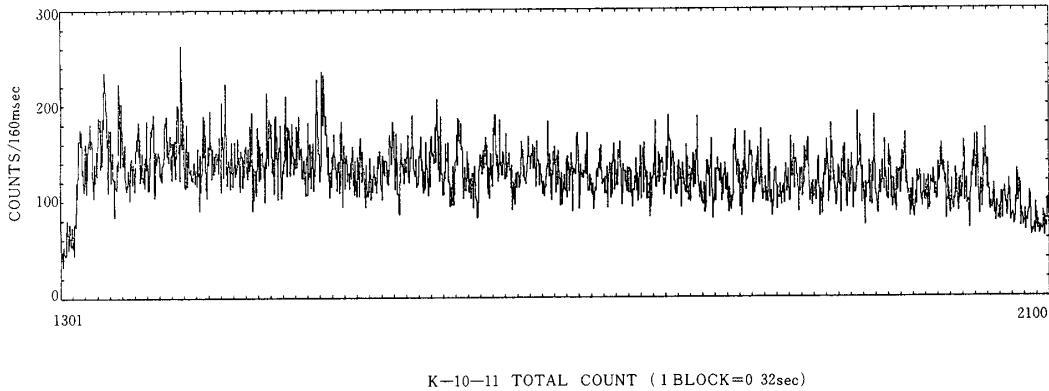


図1-4 K-10-11によるCyg X-1の観測結果

(c) **かに星雲** かに星雲X線源は、1964年7月NRLが月によるえんぺいの観測を行い、また、MIT/ASEのロケット観測によって1分角程度にひろがったものであることが確認された。1967-8年には、星雲の中心部に30Hz程の速い周波数で回転する中性子星の存在が確立し、これが、かに星雲全体の活動を支えるエネルギーの供給源であり得ることがあきらかになって、かに星雲の物理に新しい時代が画されたのである。

宮本等は、UCSDのPetersonたちと共同して大型すだれコリメーターを搭載した気球観測によって、X線源の二次元像を数秒角の精度で撮影しようとする計画を1973年以来すすめている。今春事故のために装置を焼失しているが問もなく復旧する見通しである。

1974~1975年には1964年からほぼ10年ぶりに、地球上各地で月によるえんぺいがみられる時期があった。これの気球観測が日印の共同によりインドで行われ、気球エネルギー領域でのX線源の大きさは、電波や可視光領域でのサイズよりも小さいという定性的な予想が確かめられ、又パルサーの位置がX線発生領域の中心から外れていることも発見された

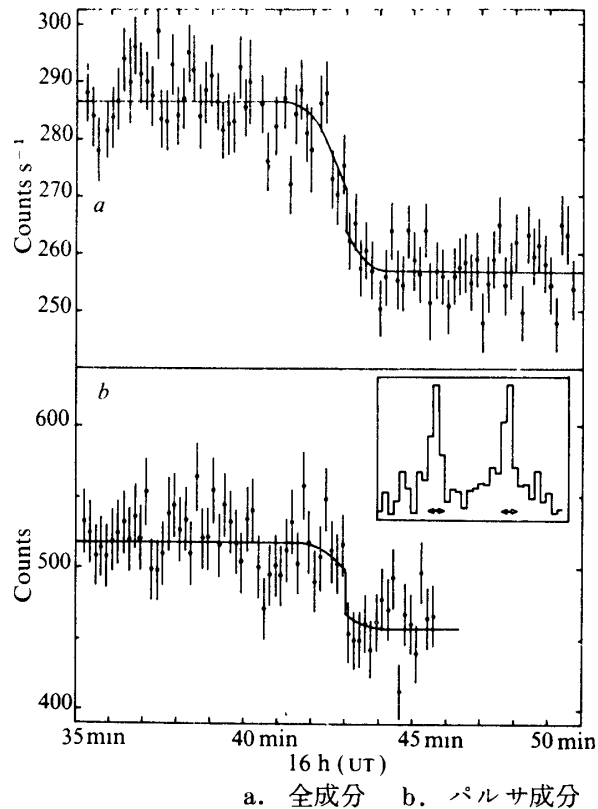


図1-5(a) かに星雲の硬X線データ

が、1.5 から 2.35 に変化することが結論されている (R 181, R 183).

100 keV 以上の観測は名大グループと Tata 研究所グループとの共同によっておこなわれ、インド Hyderabad から3回の気球観測が実施された。1 keV から 2 MeV までのスペクトルを総合したものが図に示されている (B 74)。この結果は 1 ~ 2 MeV に折れ曲がりがあることを示唆している。

#### (A-iii) 軟X線観測

名古屋大学、早川、田中等のグループは、1967 年以降軟X線用計数管の開発に着手し、ポリプロピレンによって、容易に強い薄膜を得ることを見出した。これは酸素を含めため、外国で用いられているマイラーやキムフォールに比べて軟X線透過能が極めてすぐれており、且つ 0.3 ミクロンまで実用にできるものである (R 125)。

1 keV 以下の軟X線領域は、この名大グループ、アメリカの NRL, ウィスコンシン大等のグループによっておこなわれているが、このエネルギー領域でみるX線天空の様子は、これまでに 1 keV 以上のエネルギー領域でみられたものとはかなり違った様相を示しており、ここに新しい分野が展開しつつある。

1 keV 以下の軟X線の観測は K-10-4 ではじめておこなわれた。この結果 (R90) 星間物質による吸収が十分に大きい銀河面方向でも、有限なフラックスがあることから、銀河内成分が存在することがあきらかになった。現在では軟X線 diffuse 成分の大部分は、銀河内起源と考えられているのである。

1969 年以後、名大とライデン大学との間に国際協力によるロケット実験 (LEINA X) が計画され、1970 年以降現在までに 4 回の観測が実施されている (R 212-R 220)。これは、わが国が検出装置の主要部分を製作し、オランダ製の装置と組合せてこれをオランダが米国から購入したロケットに組みこんでカウエイ島 (ハワイ) で観測を行なったものである。LEINA X-I, II 号によって得られた軟X線天球分布図を図 1-8 に示す。この図から少なくとも北半球に緯度変化があることと、強い領域が数ヶ所存在することとが明らかである。この結果は、銀河系内外の二つの成分の和で定性的に説明できるが、軟X線強度

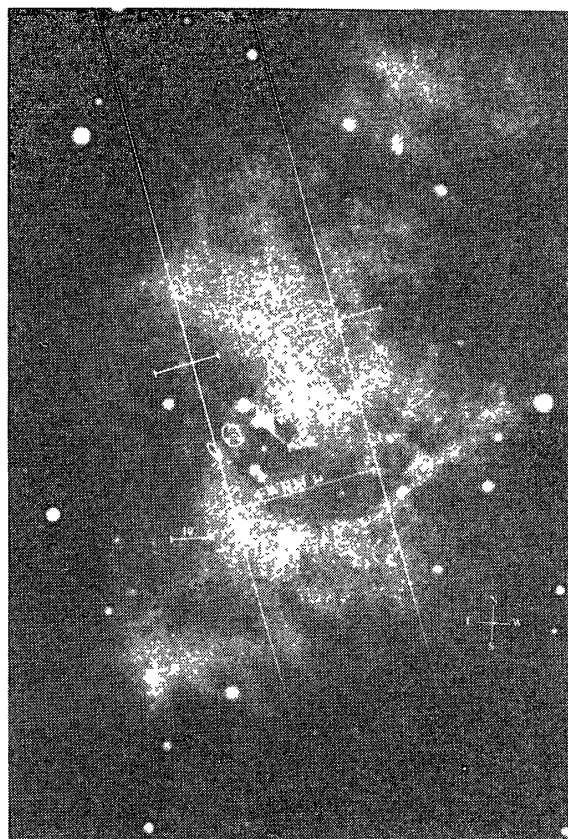


図 1-5(b) かに星雲の写真に合わせた観測結果

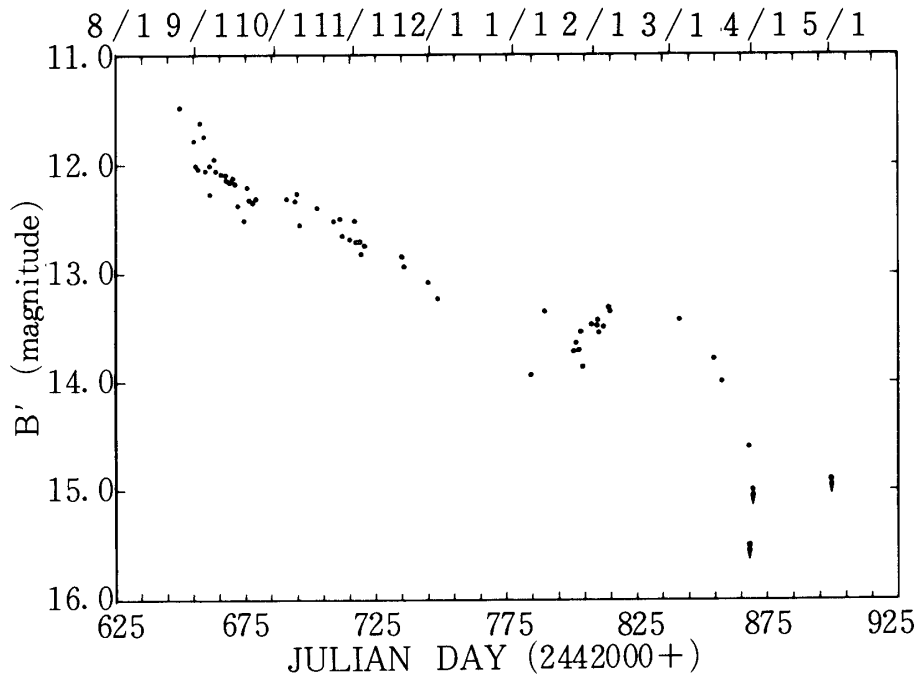


図1-6 内の浦60cm望遠鏡によるX線新星A0620-00の光学観測

と中性ガスとの逆相関が定量的にはよくないことが指摘され、またK-9Mによる実験など、ウイスコンシン、NRLグループによる観測結果などから、北半球でみられる緯度変化は南半球にはみられないことがあきらかになってきた。K-9M-44による $\theta = 150^\circ, 330^\circ$ を通り銀河面に垂直な面でのスペクトル観測によれば、後述のLoop-Iを除く部分では、スペクトルの型が強度によらずほぼ一定であることがわかった。この事実を銀河系内外の二成分モデルで解釈するか、あるいはまた局所的な輻射、すなわち太陽系が広がったプラズマ域の中心よりやや南によったところに存在すると解釈するかは今後の研究にまたれる重要な課題である。軟X線diffuse成分はそのスペクトルから $\sim 100$ 万度程度の超高温プラズマに起因すると考えられ、超高温星間物質の研究に新たな展望を開いた。

LEINAX-I, II及びウイスコンシンNRLグループのサーヴェイによって、軟X線の特に強い領域がいくつかみつつかみつかっている。特にNorth Polar Spur (NPS)の内側、Lupus、銀河中心方向の $b = 0 \sim -30^\circ$ 、Gemini, Eridanus各領域が顕著である。K-9M-44の観測は、Loop-I (NPSとその延長による小円)を南北に縦断し、Loop-Iの内側のスペクトルが外側を質的に異っていて、 $0.5 \sim 1$  keVで特につよいこと、 $b = 80^\circ \sim -30^\circ$ の全域にわたってつよい輝線の存在を示すことが明らかになった。

LEINAX-IV (1976年5月)はこれとほぼ同じ領域及びNPS領域を姿勢制御により(B75)。

(d) **X線新星** 1969年のSco X-1の観測(K-9M-27, S-210-2)は思わぬ副産物を生じた。Sco X-1とはほぼ同じ程度に強いX線新星の観測である(R74, R89, R104, R107)。これは、すでにその10日程前にVela衛星によって発見されていたものであったが、この観測によって詳しいスペクトルがわかり、他のX線星にはみられない程厚い

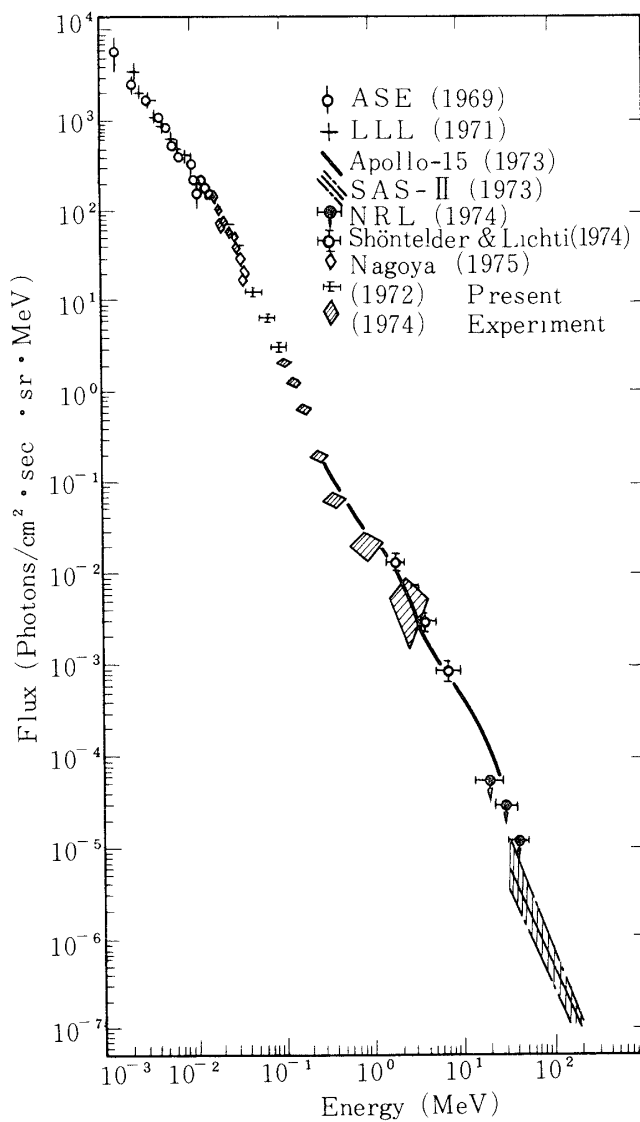


図1-7 Diffuse 成分のエネルギースペクトル

ガスに包まれたものであることが明らかになったのである。

1974～75年になって Uhuru 衛星につぐ第2世代の X線衛星が各国で上げられた結果、X線新星は天空のいろいろなところで比較的頻繁におこる現象であることが明らかになってきた。特に一角獣座に出現した A 0620-00 は、1975年8月中期に光学的に同定され、以後詳しい観測が行われたが、内の浦の光学望遠鏡は、設置直後の初仕事として松岡等の手によ

り長期にわたってこの天体の光学観測をおこなった。その結果光とX線の強度の変動が良い相関関係にあること及び振巾は小さいが7.4日の周期があることを見出した。

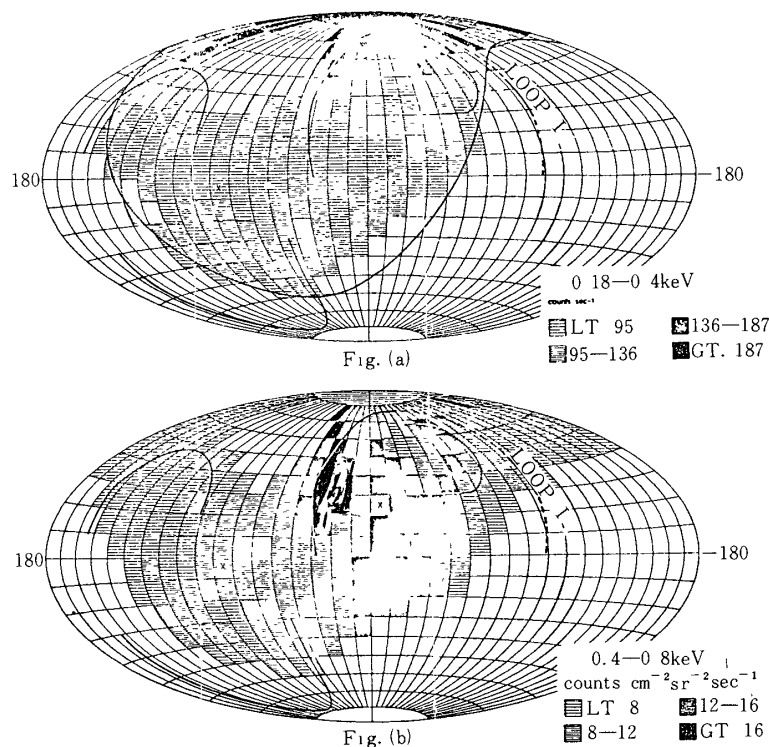


図1-8 軟X線の天球分布

### (A-ii) Diffuse Component

X線星、あるいは特定の天体からくるX線以外に、宇宙全体から一様に、あるいは少なくとも広がった領域からX線がくることは、X線天文学がはじまった当初から注目されてきた。しかし、X線星の検出とはちがって、これは宇宙線の局所的な二次的効果が入ってくる可能性があるため、どれだけが本当に宇宙からの外来成分であるか、ということに問題があった。1967年にはL-3H-3によって機上で検出器の視野を変えて外来成分の強度を測定する実験がおこなわれた(R75)。

名古屋大学グループ早川・田中等は1965年以来硬X線一様成分の気球観測をつづけている。この実験のためシャッターによって視野を開閉し、その差をみることによって、二次的に発生するバックグラウンドを除去するシャッター法が開発された。観測は名大グループとライデン大グループの共同で日本とオランダとの2ヶ所で、同じ観測器をつかっておこなわれた(B4)。実験の結果スペクトルは10 keVないし100 keVのエネルギー領域でベキ指数-2.4で表わされ、これと20 keV以下のベキ指数-1.5との比較から、スペクトルの折れ曲がり観測方法に起因するものであるかどうかを確かめるため、引きつづき気球、L-3H-8等によって観測がつづけられ、その結果22 keVを中心として、幅約4 keVの間でベキ指数



詳しく観測した。そのスペクトルを銀河北極のスペクトルと対比して図に示す。これらの結果、Loop-Iは内部温度約 $3 \cdot 10^6$  k の超新星残骸であることが一層確かからしくなってきた。このことは、超新星の進化及び高温星間プラズマの研究に重要な発見であると考えられる。

LEINAX-I, IIはまたCygLoop, ScoX-1, CygX-2の軟X線のスペクトルを決定した。特にScoX-1については2回の観測で、ScoX-1を包んだガスの量が増えるらしいことを示した。

名大及びLEINAXの観測で発見された軟X線源は次のようなものである。

L-3H-5 (19/9/70)	Ari-Tau 領域 (R 96)
L-3H-5 (19/9/70)	Per A 近傍
LEINAX-I (26/5/71)	入 Sco 近傍 (R 216)
LEINAX-I (26/5/71)	CenX-3 (R 213)
LEINAX-II (22/5/72)	Coma (白色矮星HZ-43) (R 218)

これらはHZ-43を除いてはいずれも transient であるらしい。

#### (A-iv) $\gamma$ 線天文学

$\gamma$ 線天文学の分野では、大規模且つ系統的な観測は行われていない。但し、 $\gamma$ 線バーストに関して1~2の重要な観測が行われている。 $\gamma$ 線バーストは、天球のいろいろなところから秒程度の継続時間でX線から $\gamma$ 線の波長域にわたって大量の放射線がやってくる現象である。

$\gamma$ 線バーストはVela衛星によって1969年以後年に10回程度観測されており、1973年に発表された不思議な現象である。このバーストは1970年におこなわれたCygX-1の位置決定のための気球観測中X線領域で検出され、すだれコリメーターの観測によりCygX-1からくるものがないことが明らかにされていたが、Vela衛星の発表があるまでは不思議なこととして公表されないうでいたものである。

$\gamma$ 線バーストの正体を探るためには、その発生場所を知ることが重要である。しかし、頻度が少なく、しかもどこで起きるか判らないため、広視野でその発生を待ち、発生したらその位置を精密に測るという技術的なジレンマがある。1975年9月、西村等宇宙研・立教大・大阪市大のグループは、気球にすだれコリメーターをつけたX線観測装置をそなえ、これを常時回転することによって、広い天空の視野を監視しながら、バーストがおきた時はその位置を高い精度で決定するという観測方式を実施した。気球観測は3回にわたって行われたが、いずれも記録的な長時間飛行であり、総計150時間に及ぶ観測が行われた。その結果、9月

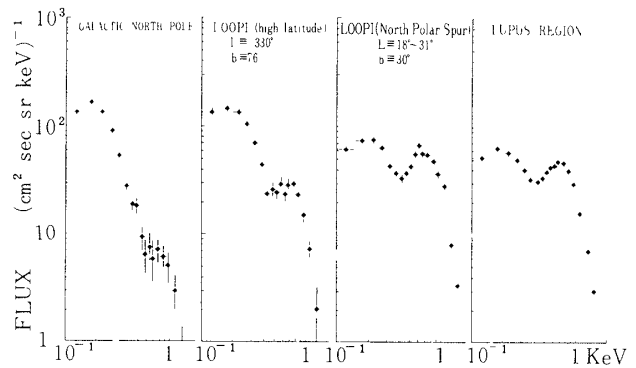


図1-9 銀河北極及びLoop 1の軟X線エネルギースペクトル

22日19時06分に少なくとも1つ明瞭なバーストが発見され、そのエネルギーは $10^{-6}$  erg/cm<sup>2</sup>程度と推定され、その位置はほぼCyg X-1あるいはその近傍に決定されている。西村等は、この観測方式を更に改良し、極めて高い精度のものにする開発研究をすすめている。

### B) 赤外線天文学

赤外線観測は名古屋大学早川等、京都大学奥田等のグループによって早くから行われた。名大グループはその初期にはロケットによって黄道光の近赤外線観測をおこない、黄道光発生モデルを確立した。また、この研究に関連して、ロケット、気球による夜光の観測研究がおこなわれた。

1970年以降、検出技術の開発とともに、銀河赤外線の観測を主眼とする気球観測がつけられた。1975年9月には銀経 $23^{\circ} \sim 70^{\circ}$ の間の銀河面の掃天が、1976年5月には、銀河中心部の観測が行われた。これらの結果によって、これまで星間吸収のためみることができなかった遠方までを見透すことができ、銀河の構造と進化を知る上で今後大きな役割を果たすことが期待される。

東京大学天文学教室の小平桂一、田中済を中心として星の赤外線観測の第一期計画が行われている。この観測は1974年に口径15 cmのカセグレン式反射望遠鏡を赤道儀架台に据えた装置ではじめられた。この飛揚ではコマンドにより望遠鏡を任意の恒星に向けることができた。翌1975年には1.27, 1.63, 1.87, 2.24  $\mu$ の4色で $\alpha$  Sco,  $\alpha$  Booを観測することに成功したが、ゴンドラの振子運動に可成り妨害された。この点に改良を加え1976年同じ4色で $\alpha$  Boo,  $\alpha$  Sco,  $\alpha$  Her,  $\delta$  Vir,  $\delta$  Oph,  $\sigma$  Lib,  $\alpha$  Aglを15"の追尾精度で測光することに成功した。この観測はJohnson等の1.25  $\mu$ , 2.2  $\mu$ の地上観測の間を補填するものであり、恒星大気モデルによる計算結果と詳細な比較検討が現在行われている。

### C) 宇宙線

一次宇宙線の研究特にその組成、エネルギー分布の測定には一般に長時間観測が必要なため、大気球又は科学衛星が使われる。

日本における飛翔体による宇宙線観測は主として気球に搭載した機器によって行われてきた。1960年代には、核研・神戸大・立教大・名大等によって多くの気球実験が試みられたが、この時期には、気球に搭載し得る機器の重量、形状の制限、測定飛揚技術が不十分であった等のことも原因して十分な成果を上げるには至らなかった。

1970年代に入って、大気球実験の技術の向上によって、大型で十分な測定精度の得られる機器を長時間大気上層に飛揚できる様になった。

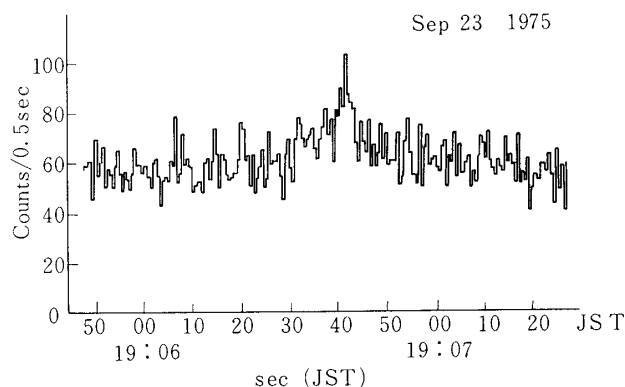


図1-10 三陸基地からの気球観測でみつかった $\gamma$ バースト(エネルギー範囲20~200 keV)

この特色を活かしていくつかの新しい成果が得られた。その1つは西村を中心とするE.C.C (Emulsion Cloud Chamber) による一次宇宙線中の電子成分のエネルギースペクトルの測定である。数次にわたる気球観測によって一次電子がE.C.C.内で起こすカスケードシャワーを利用した測定が行われ $\sim 10^{12}$  eV までのエネルギースペクトルが十分な精度で得られている (B82)。これは宇宙線の銀河系内における伝播を明らかにするのに重要な測定である。

一方、一次宇宙線の組成特に核荷電 $Z \geq 30$ の粒子即ち超重核がどのような割合で存在するかは宇宙線の起源、加速伝播機構を考える上で大きな手掛りとなる。早大、立大、核研等のグループは大面積の検出器としてプラスチック板を用いた固体飛跡検出器による気球観測を行っている。1973年には $38 \text{ cm}^2$ の面積の検出器の飛揚によって $646 \text{ m}^2 \text{ hr}$ の露出が行われた。回収前に4ヶ月間海中に検出器が水没したという事故にもかかわらずこの検出器に $Z \sim 47$ ,  $Z \sim 53$ の2箇の飛跡が観測された (B79)。1976年には更に大面積 ( $50 \text{ m}^2$ ) の飛揚 (32時間) が行なわれ目下解析中である。

これに対して計数管、シンチレータ等の粒子検出器とテレメータを利用した装置としては理研、日大グループでは大面積 (数 $\text{m}^2$ ) の測定器 (プラスチックシンチレータ) を飛揚し、短時間周期の宇宙線の変動を測定する試みを行なっている (B77)。

今後、新しい測定技術の開発により気球による宇宙線の観測は更に発展し、その中のいくつかは更に長時間の測定のために科学衛星又はスペースシャトルを利用することが必要になるとと思われる。

## D) 太陽

### (D-i) 太陽真空紫外領域スペクトル

東京天文台の西を中心として、ほぼ10年前より基礎実験が始められ、現在までに3回のロケット観測に成功している (R148, R147, R164, R194) (表1-1)。観測結果は図1-12~図1-14に示されている。

観測結果を諸外国のものとは比べて判ったことは、

(a) 従来アメリカの2つのグループ、NRL (Naval Research Lab.) とHCO (Harvard College Obs.) が得ていた輻射絶対量の観測結果に約3倍の違いがあり、我々のものはHCOを支持していたが (R148, R147, R164, R194) 最近NRLを始めアメリカ以外の観測結果もその値に集束しているようである。

(b) 中心周縁強度変化に関しては、同じ波長域ではフランスのグループが写真的に得ているのが唯一のものであるが、 $1,730 \text{ \AA} \sim 2,000 \text{ \AA}$  では我々の結果とよく一致しているのに、

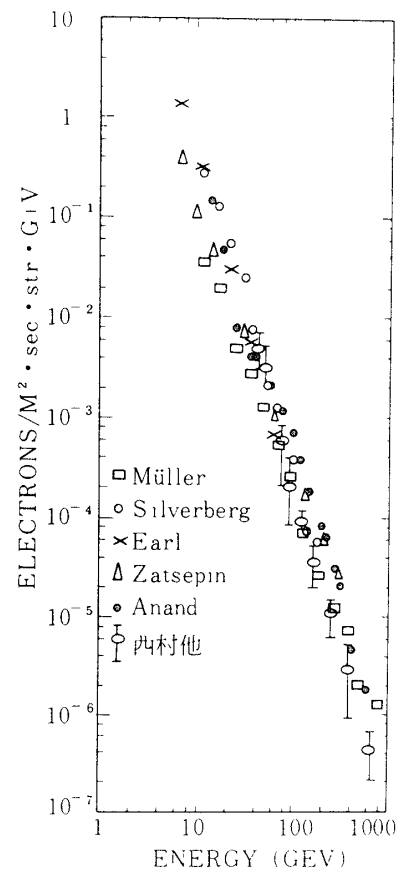


図1-11

1,630 Å ~ 1,730 Å では大きく違って来ている。太陽表面モデルとして知られている。Harvard Smithsonian Reference Atmosphere による中心周縁強度変化の計算値と比較すると、1630 Å 付近では我々の観測はこのモデルを支持しているようであるが、1,700 Å ~ 2,000 Å では大きく違って来てをり、フランスの観測結果も同様であるので、太陽モデルに何らかの改良が必要であろう。

表1-1 太陽真空紫外領域の観測概要

ロケット	観測日時 (J. S. T.)	観測波長範囲	空間分解	波長分解	観測結果
K-10-6	1971, 9, 1, 11:10	1629 Å, 1684 Å, 1739 Å	1.3	8.3 Å	絶対強度及び中心周縁強度変化
K-10-9	1973, 2, 19, 9:22	1550 Å 1950 Å	太陽面全面	78 Å	絶対強度
K-10-11	1975, 9, 24, 14:00	1630 Å 2000 Å	50"	3.3 Å	中心周縁強度変化

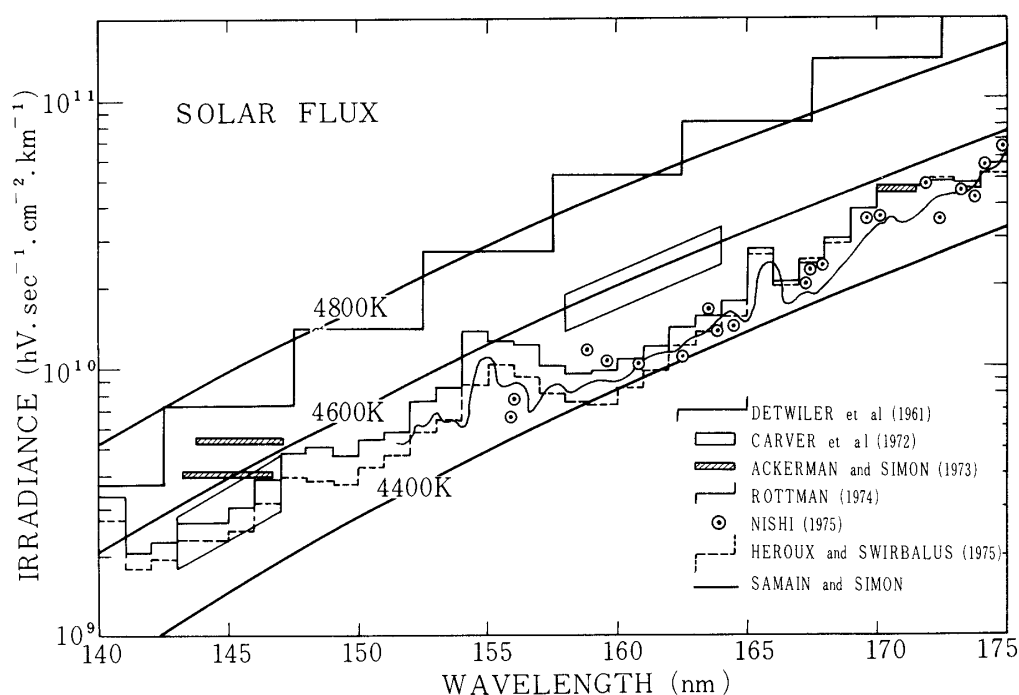


図1-12 太陽輻射絶対量測定値の比較

(SAMAIN and SIMONより, 1400 Å ~ 1750 Å)

**(D-ii) 太陽水素ライマンの線 (1216 Å) 輻射絶対量**

大阪市立大学原子力基礎研究所では、小塩、東野、増岡等が太陽全面からの水素ライマン α 線輻射量の絶対測光を目標に 1965 年頃より基礎実験を始め、1965 年 12 月 13 日初めての飛翔実験を K-9 M-16 号機によって行った (R 35)。この測光には LiF 窓つき NO ガス入

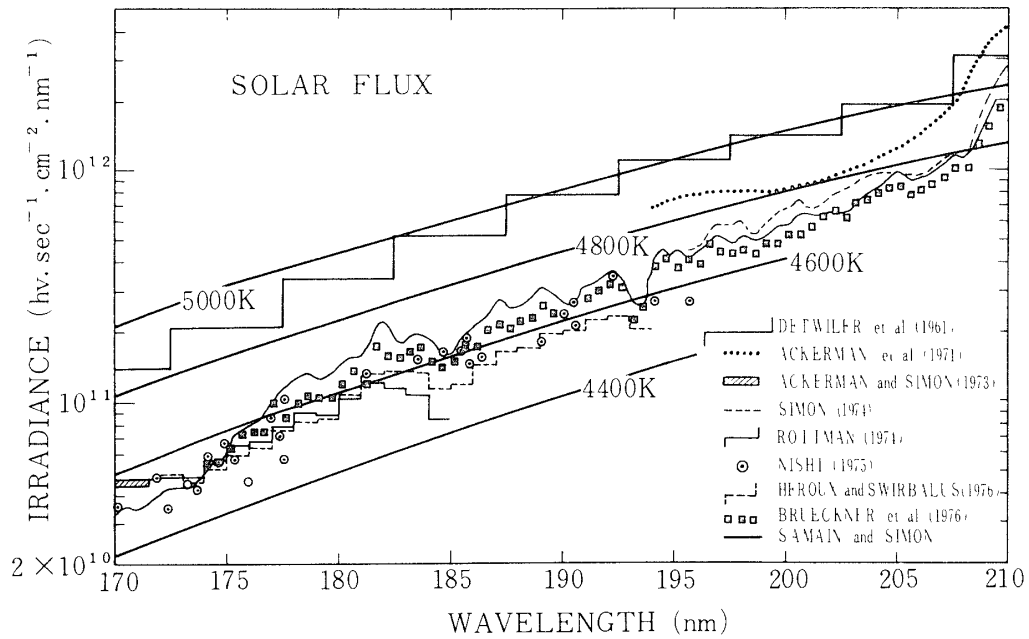


図1-13 太陽輻射絶対量測定値の比較  
(SAMAIN and SIMONより1700 Å ~ 2100 Å)

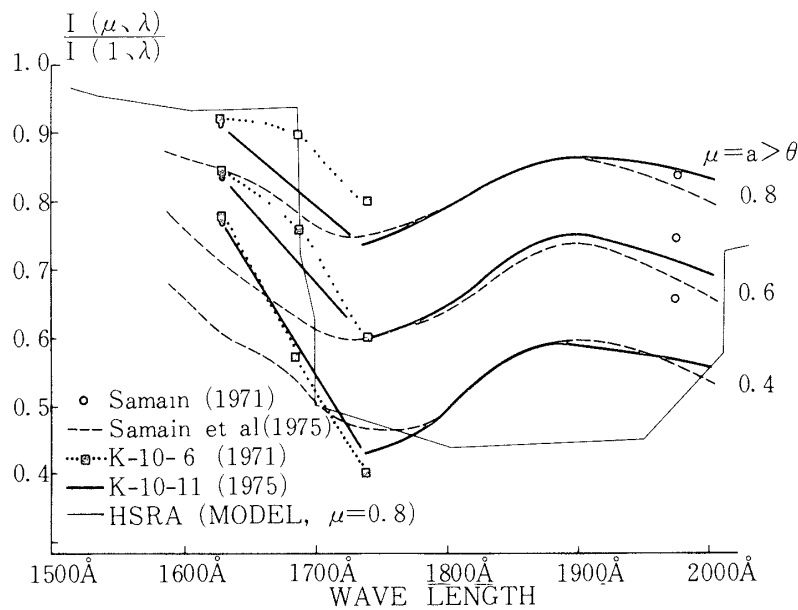


図1-14 中心周縁強度変化の観測値の比較

りの電離箱が用いられたが、絶対校正は行われていなかった。本格的な絶対校正が東京天文台の西等と協同で行われて飛翔実験の運びになったのは1973年2月19日K-10-9号機に於てである。これにはMgF<sub>2</sub>窓付NOガス入りの電離箱が使用され、絶対校正も10%程度であると考えられる。之の後のロケットや人工衛星(Taiyo)(R198)などでの観測結果をまとめると表1-2の如くである。

表 1 - 2

飛 翔 体	日 時	測定結果 $\times 10^8$ plwtor / $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ , $\text{ergs} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$	
K-9M-45	1974-1-16	4.2	6.8
TAIYO	1975-2-24	3.2	5.3
K-10-12	1976-1-18	3.2	5.2
		3.5	5.7

これらの結果からみると  $5 \sim 7 \text{ erg} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$  の間に輻射絶対量の測定値があり、諸外国の測定値と一応適合していると考えられる。

(D-iii) 白色光による太陽面微細構造

東京天文台の守山・平山(淳)と東大宇宙研の丹羽等により、1971年9月に最初の気球実験がなされ、口径5cmの望遠鏡で高度26kmにおいてテレビ画像・焦点調節・温度測定等の

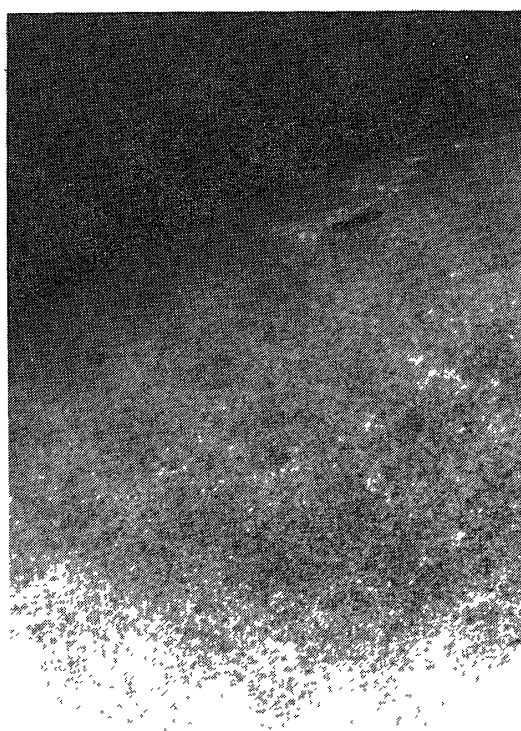


図 1 - 15

テストが行われた。次いで1972年には口径10 cmの屈折望遠鏡を製作，これを1972年・1973年・1975年の3回いずれも9月に15,000 m<sup>2</sup>の気球を用い高度26km付近に飛揚させ，拡大された17cmφの太陽像の一部を5,300 Å付近の白色光で撮影し，主として白斑の輝度の縁辺変化及び寿命を調べることを目的とした実験が行われた。そのうち1973年の観測は良い写真が得られ(図1-15)，これを用いて白斑の輝度の深さに対する温度分布を求めたところ従来のモデルと異なりかなり深いところ(光学的深さ=0.5)でも光斑より500度高いというモデルから得られた。また白斑の寿命に40分程度であると推定値を得ることができた。

#### (D-iv) 太陽核ガンマ線及び中性子放射

太陽フレアに伴って放射される核ガンマ線及び中性子の気球観測が1967年～1971年にわたり，10回ほど立教大の奥平・平島及び名大理の近藤・長瀬等により行われた(B22, B23)(表1-3)。弱いマイクロ波バーストに伴って，太陽核ガンマ線と思われる短時間のバーストが10回以上観測された。特に1968年9月28日にはフレアと同時刻にネオンの核励起による1.63 MeVの $\gamma$ 線バーストが観測されている(図1-16)。一方2 Bフレアを含む数回のフレアが飛揚中に発生したにもかかわらず，数MeV～100 MeVのエネルギー範囲で30個cm<sup>-2</sup>以上の中性子流は観測されなかった。

表1-3 日本における太陽高エネルギー放射線の気球観測

放球月日	研究機関	水平高度	水平飛行時間(日本時)	観測項目(測定エネルギー)	フレアまたは電波バーストのあった回数	フレアに伴う放射線の異常増加の時刻
1967.4.30	名大	29km	時分 時分 1時間(08:07~09:17)	中性子( $\geq 3$ MeV) $\gamma$ 線( $\geq 1$ MeV)	1	時分 (08 53.5)
1968.9.6	立教大	28 "	5.5 "(10:45~16:15)	$\gamma$ 線(1.2~3.1 MeV)	3	—
9.27	立教大	27 "	3.5 "(09:48~13:18)	$\gamma$ 線(1.2~7.4 MeV)	1	(12:44)
9.28	名大	30 "	7 "(07:40~14:40)	中性子( $\geq 6$ MeV) $\gamma$ 線( $\geq 2.5$ MeV)	3	—
1969.8.28	立教大	26 "	6 "(10:10~16:32)	$\gamma$ 線(1.0~5.4 MeV)	3	—
8.29	立教大・東大	26 "	7 "(10:15~17:00)	中性子(東大)(10~300 MeV) $\gamma$ 線(立教)(0.3~2.4 MeV)	1	—
9.26	名大	26 "	8 "(09:20~17:40)	中性子( $\geq 8$ MeV) $\gamma$ 線( $\geq 3$ MeV)	4	(10:11)(10 16)
9.27	東大	32 "	4* "(11:30~15:30)	硬X線(35~50 keV)	3	(12:57)
9.28	立教大	26 "	7 "(09:30~16:30)	中性子(5~35 MeV) $\gamma$ 線(1.0~4.8 MeV)	2	(12:30)
9.29	名大	29 "	11 "(04:43~15:43)	中性子( $\geq 9$ MeV) $\gamma$ 線( $\geq 4$ MeV)	0**	—

\* 観測可能時間，\*\* この時間帯はフレア・パトロールなし

#### (D-v) 太陽硬X線源の強度分布

太陽硬X線バースト(>30 keV)の放射源の位置及び大きさを測るべく，すだれコリメーターを使った気球観測が1969年及び1970年に東京天文台の高倉等と，宇宙研との協同で行

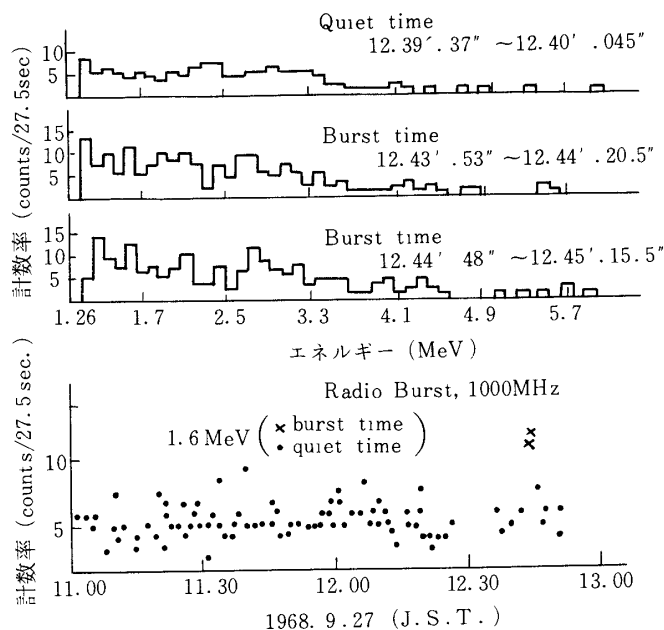


図-16 (上) 1968年9月27日の立教大学の気球観測における  $\gamma$  線の強度増加時の波高スペクトル比較のため増加時のスペクトルを示す。  
 (下) 1.6 MeV のピークにあたるチャンネルの計数の時間変化，バースト中の黒丸は極大時刻を示す。

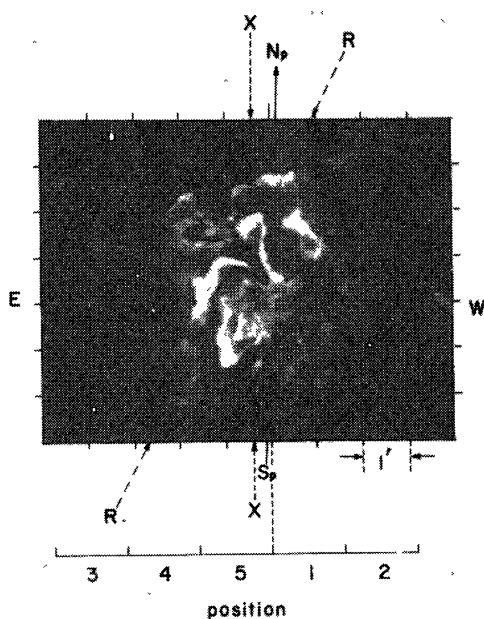


図1-17 1969年9月27日12時57分に行ったフレア ( $H\alpha$  写真)。硬X線バースト源は、図中Xの矢印で示された線上にある。Rは名大空電研で観測された電波バースト源の中心方向



なわれた (B30). 1969年の飛揚中には, 図1-17に示すごととき大きな  $H\alpha$  フレアが発生し, それに伴い比較的弱い, 硬X線バーストを観測する事が出来た. このX線源の大きさは1分角又はそれ以下で, その中心位置は図に示されている. この様な観測は, 世界で最初のものである. 70年の飛揚中にも小さな硬X線バーストが発生し, 観測された.

#### (D-vi) 短波帯太陽電波

科学衛星しんせいに東大理の高倉等は5 MHz と8 MHz の太陽電波観測器を搭載し, 1971年10月より約4ヶ月間に (その後はデータレコーダー不良) 10個程度の III 型バーストを観測した. 米国 IMP-6 衛星で観測されたもっと低周波のデータと比較検討の結果, 図1-18の如く, 標準化された時間に対し強度をプロットすると, 相似形の時間変化をする事を見出した. この事はバースト放射の基となるプラズマ波の励起, 減衰の機構を考える上に重要な手掛りを与える事になった (R 201).

#### (D-vii) 太陽赤外スペクトルの観測

この観測は, 東京大学天文学教室の田中済を中心として,  $2\mu$  付近で狭帯域3色測光を行うことから始められた. 翌1968年には分解能  $10\text{ \AA}$  のモノクロメータに, 精度  $1^\circ$  の2軸追尾装置をつけて,  $0.98-2.19\mu$  のスペクトルの観測に成功した. 1970年には, より戻し装置に重畳して精度  $2'$  の追尾装置をつけて,  $0.73-1.36\mu$  を  $0.5\text{ \AA}$  の分解能で掃査した. 更に1972年に  $1.15-2.47\mu$  を  $1\text{ \AA}$  の分解能で掃した. これ等の観測から水素の Paschen 系列, Brackett 系列線をはじめとする多数の金属吸収線の同定が行われた.

#### (D-viii) 太陽紫外MgII 2重線の観測

機械技術研究所の河野嗣男, 矢島信行によって1971年に簡単なモノクロメータにより開始されたが, 当初から追尾精度は  $10''\sim 20''$  に達した. 高度  $34\text{ km}$  では僅かの高度変化がオゾンによる吸収量を大きく変化させることが判明した. 翌1972年には電歪式フェブリー・ペロー干渉計を飛揚させたが, 前散光系に問題があり失敗した. その後改良を加え1975年, 8万立米の気球で  $38\text{ km}$  まで揚げ, 分解能  $0.14\text{ \AA}$  で2重線の掃査をすることに成功した. この際の方向規正の精度は  $\pm 1''$  に達し, 将来に明るい見通しをつけた. 観測結果については未だ若干の問題は残っているが, 2重線の輪郭とその縁辺効果を極めてコンパクトな装置で絶対測定し得た功績は大きい.

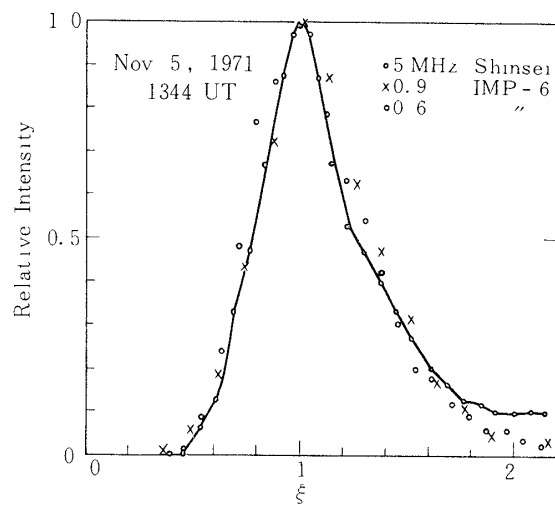


図1-18 III形バーストの強度の時間変化, 強度及び時間は, 各周波数で標準化されている.  $\xi = t/t_m$ ,  $t_m$  は各周波数での最大値をあたえる時間

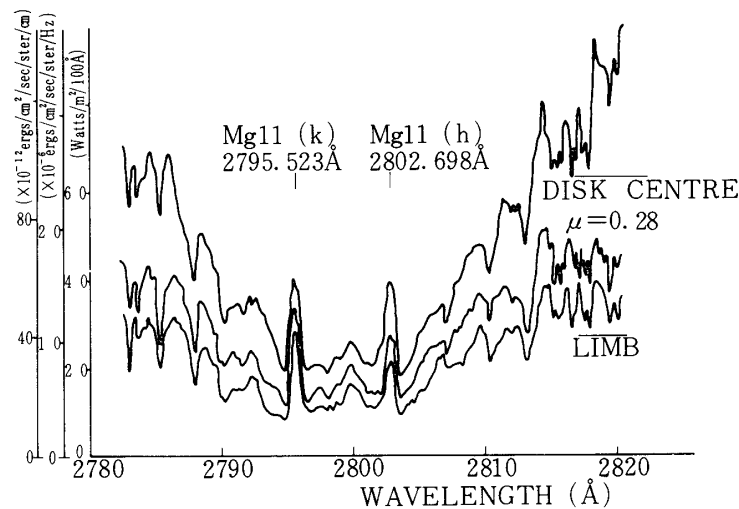


図1-19

### E) 観測ロケット及び人工衛星

観測ロケットに関しては、たまに手痛い失敗もあるが、おおむね安定化してきているようである。しかし、最近では天文観測にはロケットの姿勢制御が殆んど絶対の要求になってきている。これまでのところK-10-8がジャイロによる姿勢制御を試みたが、この制御は不成功に終わった。K-10-11は、その軸方向を太陽に向け、ロール方向を地磁力線にreferして3軸制御をおこなうことに完全に成功している。ジャイロ方式による姿勢制御を確立し、頻繁に安定した観測を行うことが期待されている。

1976年2月4日第4号科学衛星CORSAの打上げが失敗に終わった。これは、わが国のX線天文学永年の宿願であったもので、この失敗はわが国の宇宙科学にとって大変痛いことであった。CORSAははやく1967年にはその構想がたてられている。最初はgravity gradient control方式の衛星によって、地平線から昇り、又没するX線星をとらえてはば全天にわたりX線星の位置を精密に決定しようとする考え方であった。併し、全天のX線源のカタログをつくり、その位置を精密に決めようとする構想は、アメリカの衛星Uhuruに先んじられ、又この制御方式が必ずしも实际的でないということから、1967年に大きな設計変更が行われ、スピン安定方式によって全天のX線源を探索し、あわせて $\gamma$ 線の観測、 $\alpha$ 線の観測、宇宙線重粒子の観測を行うというCORSAのデザインが確立し、そのプロトタイプが製作された(1968~69年)。

しかし、1971年にはUhuruが活躍をはじめ、全天搜索がなされたこと、一方我国において超軟X線検出技術が進歩したこと、又Uhuruの観測などにより、X線源の多くのものがはげしい時間変動を示すことがあきらかにされたため、設計を変更し、搭載機器は宇宙線重粒子の他は硬X線(10~80 keV)、軟X線(2~25 keV)超軟X線(0.15 keV - 2.0 keV)の観測を主眼とする衛星に変更された。検出器の主力は衛星の回転軸方向をむいており、軸方向を任意に観測しようとする天体の方向に向けることによって、広帯域のスペクトル観測を行い、その時間変動を知ることができる。又、回転軸と直角方向のたてに細長い視野をもつ検出器によって、X線新星の出現を監視しようというものであった。

1974～6年にANS（オランダ）、Ariel-5（英国）SAS-3（米国）等いずれもX線天文学衛星が活動を開始している。CORSAは、元来これらの衛星と同時観測を行う予定であったが、その打上げに失敗したものである。しかしこれら外国の衛星の観測結果からみて、CORSAの基本的な構想は少くともしばらくの間は有効であると考えられ、その復活が望まれているものである。