



日 本の宇宙科学衛星は数々あれど、成果の大きさでいうと、1991年に打ち上げられたX線太陽観測衛星「ようこう」が最右翼にくるのではないだろうか。

300以上に及ぶ国際的な論文

「いまや太陽物理学は『ようこう』のデータを抜きにしては語れない」ところにきています。国際的な学会、シンポジウムがあると、まず発表の半分は、『ようこう』のデータをもとにしていきます。打ち上げ後5年間で、国際的な学術雑誌にのった論文は300編をこえ、国際シンポジウムでの発表が400編をこえ、その数はその後もふえつづけています」と、



ト主任である小川原嘉明・宇宙科学研究所教授がいうほどだ。「ようこう」は日本の科学衛星と

器は日本が単独で作ったものだが、軟X線望遠鏡(SXT)は日米協力、X線ブラッグ分光器は、日英米の協力で作られている。衛星の運用管理や、衛星からのデータの受信や配信も国際協力で行われており、宇宙科学研究所の「ようこう」X線データ解析室には、常時

日米欧の研究者が詰めている。日本の研究陣も、宇宙科学研究所だけでなく、国立天文台、東京大学、京都大学、名古屋大学など、日本の太陽物理学者の総力をあける形になっている。「ようこう」を特に有名にしたのは、SXTの画像である。SXTは

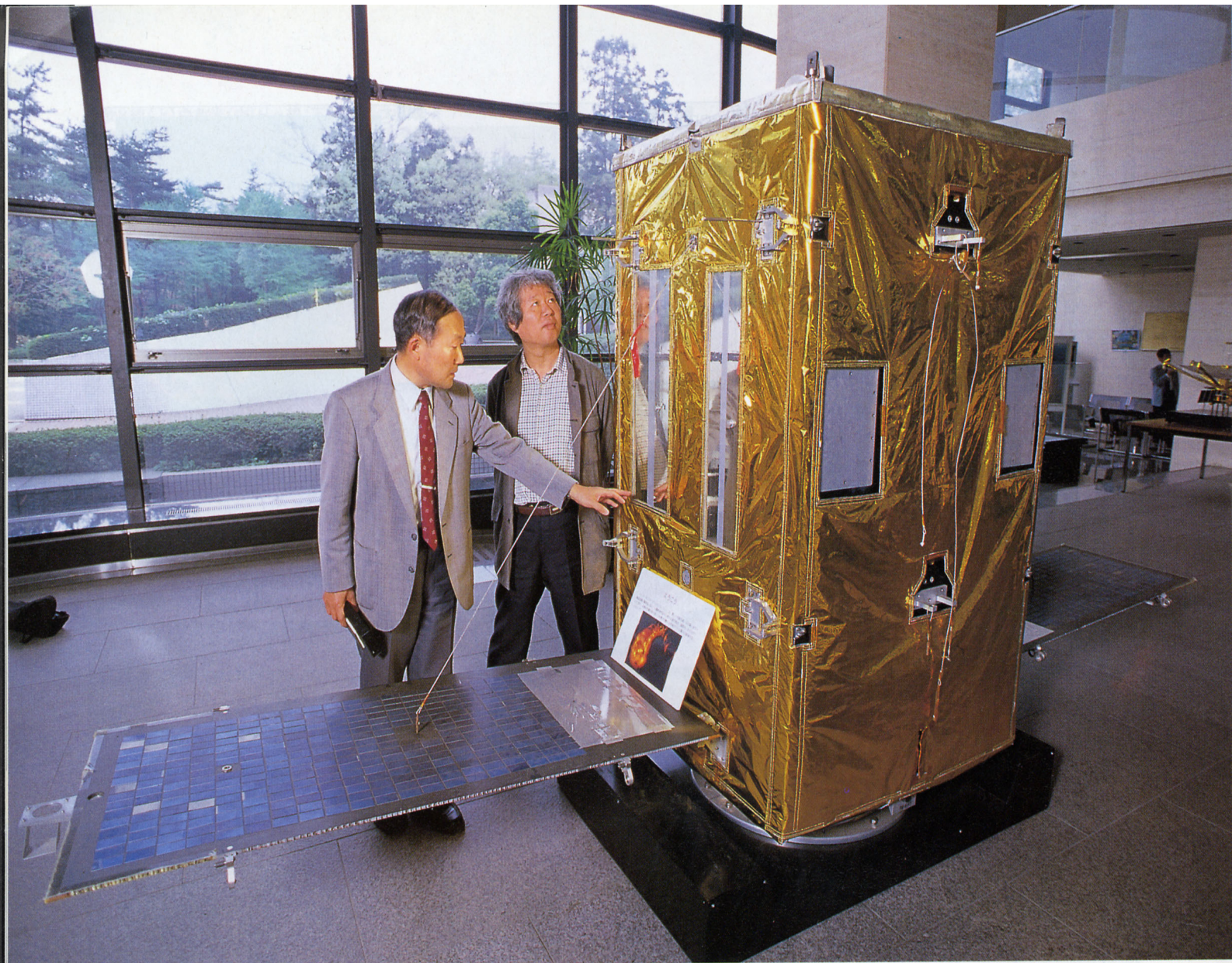
38ページの図に示したような構造をしていて、世界ではじめて作られたX線用のCCDカメラを持っている(普通の可視光用CCDだと前面の保護膜でX線が吸収されたりして、X線に対する感度がほとんどない)。CCDカメラの画素数は102

37
宇宙科学研究所「ようこう」観測チーム

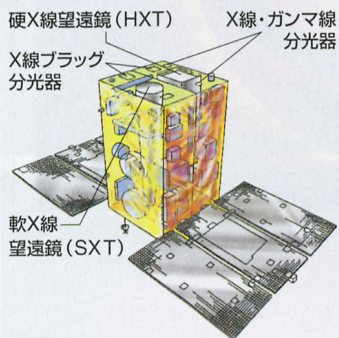
劇的な太陽の素顔に迫る (上)

立花隆
評論家

写真 戸澤裕司



●太陽観測衛星「ようこう」。これと同じ形の衛星が今も太陽の観測を続けている

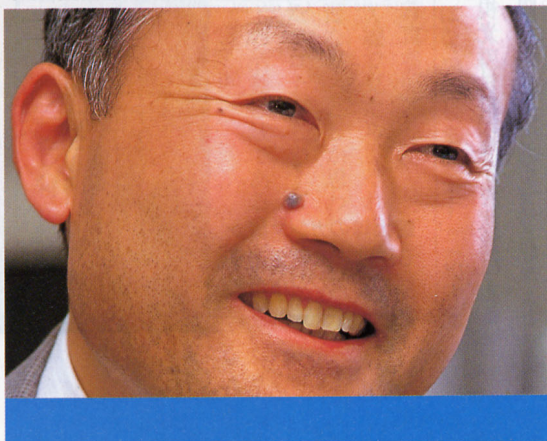


●「ようこう」のしくみ

4×1024の約100万画素だが、これは画素数だけからいえばハイビジョンテレビに匹敵する。1画素あたり12^{bit}の情報量を最大で0.5秒間隔（通常は2秒間隔）で取り込むことができる。この時間解像度といい、空間解像度（約3秒角）といい、X線望遠鏡では画期的なものだ。この空間解像能は、地上の光学望遠鏡による太陽観測に匹敵するものになっている。前に（98年3月20日〜4月17日号）X線望遠鏡のところでも述べたように、X線による観測は地上からは不可能で、連続的な観測は人工衛星によるほかない。最初の衛星による太陽のX線観測（それまでは単発のロケットまたは気球による観測）は、1973年のスカイラブによるものだが、観測波長域も軟X線に限られており、時間解像能は数分間、空間解像能は約5秒角で、太陽表面で短時間のうちに大変化が起こる現象は肝心のところがよくわからなかった。それに対して、「ようこう」がもた

真。一見でX線で見ると太陽像の質のちがいがわかるだろう。白色光というのは、可視光の全域にわたるもので、我々が日常屋外でものを見るときと同じ光である。H α 線というのは、水素原子の特定のスペクトル線（波長656.3ナミ）で、可視光線の中の赤色光の一部である。H α 線は白色光にも含まれているが、H α 線だけ見

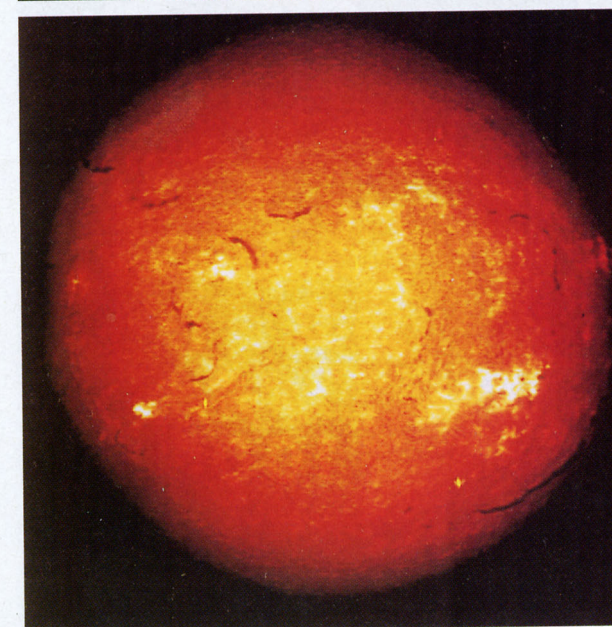
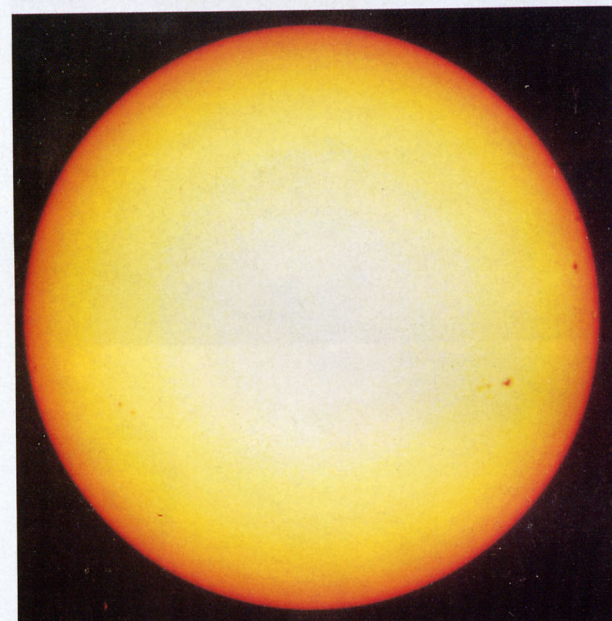
●小川原嘉明・宇宙科学研究所教授



らす画像情報の分解能の高さ、情報量の多さには驚くべきものがある。その情報量の豊かさは、4つの観測装置の総合力によるところが大きいのだが、それについては後述するとして、まずSXTの画像情報について語ろう。

その若干の例を、白色光による太陽像、H α 線による太陽像と対比する形で示した（39頁の写

●軟X線(上)白色光(中)H α 線(下)で見た太陽像



1年過ぎた後は すべてオープンに

「画像データのハイライト部分を

の姿をCCDカメラにおさめては、それを地上に伝送している。その画像を連続して動かせば、太陽の生きた活動を目のあたりにすることができるとある。「よさうこう」がこれまで7年近くの観測で蓄えたデータの量には膨大なものがある。画像の枚数でいうと、とつくと350万枚をこえていて、それを全部見た人は1人もいないというほどだ。画像データは、レーザーディスクにおさめられ、どこでも見たいところがすぐ出せるようになってきている。

まとめたビデオを作って、世界の主な研究者、研究機関、博物館、メディアなどに送ったところ、大好評でして、世界中で上映されています。情報に関しては、チームを組んでいるNASAと同様、完全なオープン・ポリシーで、自由に使ってくださいという形をとっているの、世界中でどれほど利用されているのか、こちらでは把握しきれないほどです。写真は世界のあちこちで中等教育から大学の教科書にまで取り入れられ、太陽のイメージを一新しつつあります。取得された直後のデータは、研究グループが主体になって解析しますが、1年すぎるとみんなオープンです」

私もこのビデオやレーザーディ

スクに入った動く映像を見せてもらったが、これはすごい。思わず息を呑むほどすごい。そのすごさは文章ではとても伝えられないので、写真から想像していただくよ

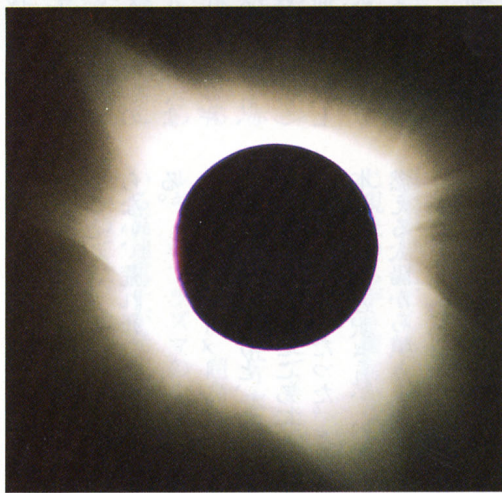
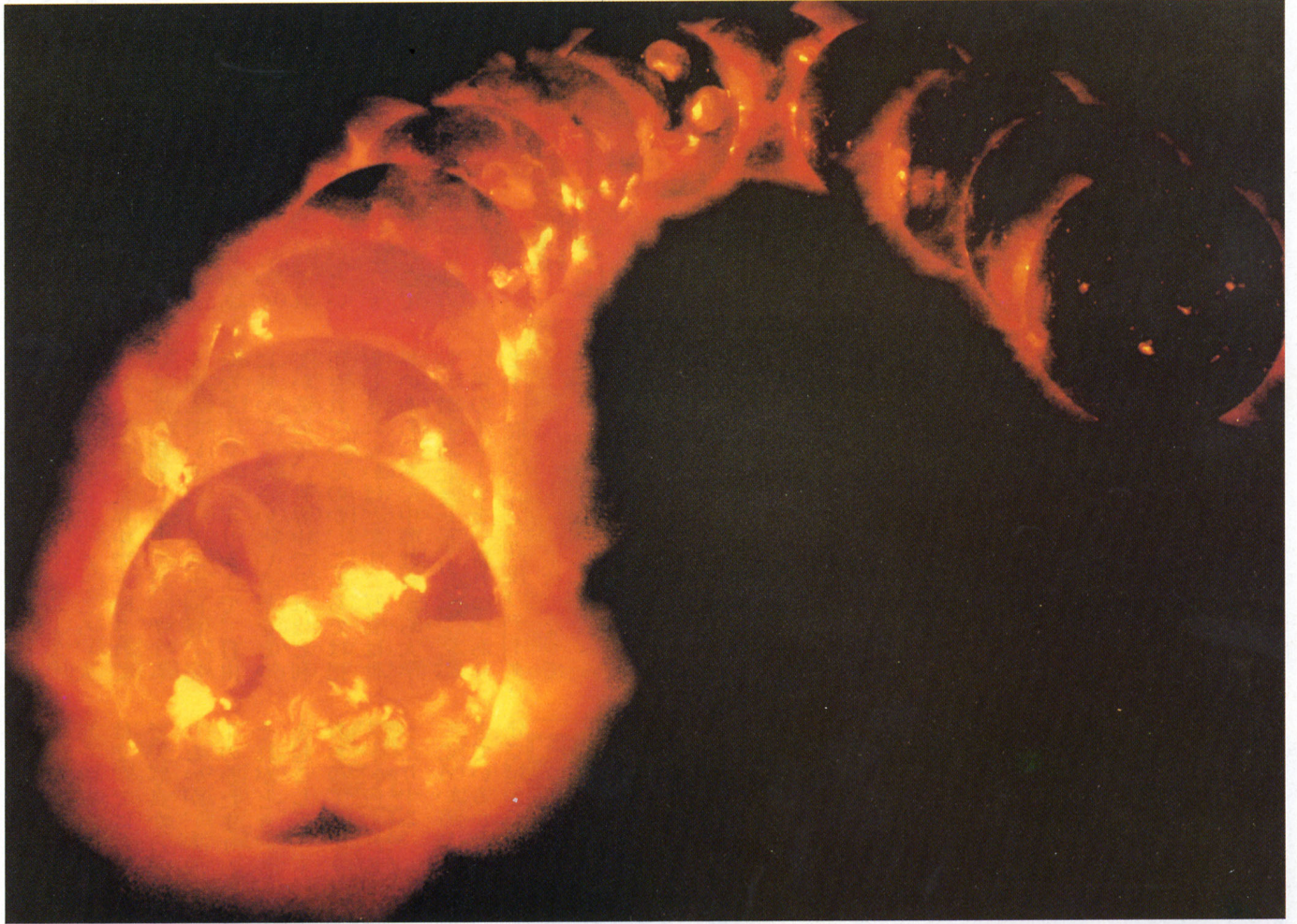
なガスの広がりだろう。あの静かで美しいコロナの世界が、X線で見ると、エネルギーの噴出がとまらない、荒れ狂った世界なのである。

昔の太陽のイメージでは、燃え上がる太陽という、やはり日食のときに彩層のところに見えてくるプロミネンスだった。これは日本語で紅炎と訳され、いかにも、燃える太陽から噴き上がる炎という感じだったのだが、実はこれは、コロナよりはるかに温度が低い部分なのである。コロナの温度は100万度以上なのだが、プロミネンスは、6000度から1万度程度である。

「結局、日食のとき見えるコロナは、コロナ本体のプラズマそのものではなく、光球から発した可視光線がプラズマにぶつかって散乱した光なのです。その散乱光は、光球の明るさの100万分の1程度なので、普通は光球の輝きに打ち消されて、日食のときにしか見えないわけです。コロナ本体のプラズマの本当の状態は、X線でしか見えません。X線は100万度以上の物質が放射するものですが、コロナはよく見えますが、逆に光球は温度が低すぎて見えません。X線で見ると、光球は、真っ黒になってしまいます」(40頁上の写真参照)

X線で見たら、それまで静かで希薄なガスとしか思われていなかったコロナがものすごい高エネルギーの活動領域であることがわか

●X線でみた太陽活動の変動。左から右へ、極大期から極小期へと向かう。いちばん右の極小期の太陽を見ると、光球がX線を出さずに真っ黒であることがわかる



●皆既日食のときに見られるコロナ



●刻一刻と変わる太陽の驚くべき映像が見られるようになった

太陽表面には、温度が周囲より低い(約4500度)黒点が周期的にあらわれる。黒点は太陽内部の磁場が太陽表面にあらわれたところの断面である。黒点の数によ

ってきたのである。「それとともに、これまで、太陽物理学上で最大の謎の1つとされていた、コロナ加熱の謎が、だんだん解けはじめたのです」太陽というのは、実はわかっていくようで、わからないことがあまりに多すぎる謎だらけの天体である。

何がわからないかといえば、たとえば、太陽の発熱とその熱の運搬の問題がよくわからない。中心核の部分で核融合反応が起こり、その1500万度にもほる熱が放射層、対流層を経て、順次上層部に運ばれていく。その過程で温度も下がっていき、光球にたどりつくときには6000度にまでなってしまう(38頁中ほどの太陽の構造の図参照)と、説明されている。

つてきたのである。「それとともに、これまで、太陽物理学上で最大の謎の1つとされていた、コロナ加熱の謎が、だんだん解けはじめたのです」太陽というのは、実はわかっていくようで、わからないことがあまりに多すぎる謎だらけの天体である。



って太陽活動が大きく変動するということとは、昔から知られていた。しかし、そのメカニズムがまだよくわからないので、それが太陽活動の増減とどのようにつながっているのか、そのあらわれる周期がなぜ11年なのかなどはまだよくわかっていない。

このような謎とならんで、コロナ加熱が大きな謎だった。コロナの温度が100万度以上という超高温であることは、1930年代からコロナの光のスペクトル分析からわかっていた。しかし、太陽の熱源は太陽中心にあり、コロナが接している太陽表面は6000度である。なぜ6000度の外側が100万度になるのか。コロナが100万度まで加熱される仕組みは何なのか。それがわからなかったのである。

磁気エネルギーで100万度に加熱

「何か太陽内部の熱を外に汲み出すものが必要なのです。一時は、それは音波であるという説が有力だったんです。いまでも、ちよつと古い太陽の解説書には音波説が書いてあります。音波といつても、人の耳に聞こえる音とはちがいます。弾性体の媒質が伝える波動をみんな音波というんです。そして太陽のガスは弾性体だし、たしかにそれはいつも振動してい

るんです。太陽半径の10万分の1くらいの振幅ですが、微小な振動を続けていることが観測から確かめられています。内部で音波が共鳴して、太陽はいつも釣り鐘のように鳴り響いていると大げさなことをいった人もいます。その音波が光球に衝突して、光球を動かし、エネルギーを外に持ち出すという説があったんです。しかし、そんなことでは、コロナを100万度まで加熱することなんかとて

もできないということがわかり、今では、コロナ加熱は磁気エネルギーによるものと考えられるようになってきています。磁気エネルギーによる加熱で中心的な役割を果たしているのが、フレアと呼ばれる太陽表面の爆発現象です。フレアには小さきままなものがあり、大ききままという、数千キロから数万キロのものまであります。エネルギーでいうと、ピキニ水爆(15メガトン)にして、小さきままのものでも10

00個分、大ききままのになると、100万個から10億個分という途方もないものになります。そのときコロナは数千万度に熱されて、数十キロ電子ボルトから数百キロ電子ボルトという強いX線(硬X線)まで放射します。そういう大爆発と聞くと、核爆発ではないかと思われるかもしれませんが、そうではないんです。どうやら、磁気リコネクション(磁力線のつなぎ換え)という現象によるものらしいということが

「ようこう」の観測によってわかってきたのです。「ようこう」によって多数のフレア(データが蓄積されているものだけで1000個以上ある)を詳細に観測することができたからです。特に「ようこう」が、すぐれた軟X線望遠鏡と硬X線望遠鏡を両方積んでいて、両方の画像を重ねて解析することができるようになったことが大きいのです」

(次号につづく)

●「軟X線と硬X線の両方の画像を重ねて解析できるようになったことが大きいのです」

