

紫 外 線 天 文 台 IUE

定 金 晃 三*

1. 紫外線と天文学

最近約20年の間に天文学者たちは地上をはなれた大気圏外からの天体観測に多くの努力を重ねている。それは地上にいるかぎりいわゆる可視光線という狭い波長幅の他は大かれ少なかれ地球大気のために吸収をうけ、天体からの光波が観測しにくいからである。中でも波長が3000Åより短い紫外線やX線などは地球大気のために100%吸収されてしまい、大気圏外に出ないとこれらの波長域での天体観測は全くできないのである。そのためこれらの大波長域は比較的最近まで未知の領域として残されていた。天文観測がロケットや人工衛星を使って行われるようになると、まずX線の波長でそれまで予想もされなかったような天体や現象が続々と発見され様々な話題を提供した。これから紹介する紫外線天文学もX線天文学とほぼ同じ時期に始った比較的歴史の浅い分野である。さて、ここでいう紫外線とは波長約3000Åから数百Åまでを指し、それより短い波長は軟X線へとつながっている。この波長域での天体観測は1960年代にアメリカでロケットを使って始められた。モートンたちは明るい恒星の紫外スペクトルを写真観測し、高温度星(特にO型B型の超巨星)に時としてガスの流出速度が1000Kms⁻¹をこえるような激しい質量流出現象があることを見出した。1960年代後半には人工衛星を使った紫外線観測が計画されるようになり、1968年にはOAO-2号と呼ばれる衛星が打ち上げられた。この衛星は主と

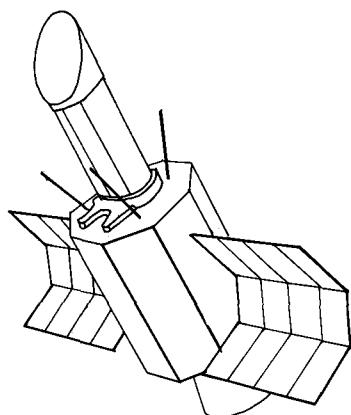


図1 IUE衛星の外観

* 大阪教育大学 Kozo Sadakane: IUE; An Observatory for Ultraviolet Observation

して恒星の紫外域での測光観測を行い、高温度星の紫外域の放射エネルギー分布や星間ガスの吸収の性質が詳しく調べられた。次いで1972年にはOAO-3号衛星(コペルニクス)が上がり、主として高分解能の分光観測を行って恒星大気や星間ガスの物理状態を調べるのに大きな成果をあげた。その他1970年代前半にもう2個の紫外線観測衛星が打ち上げられている。その後より暗い天体をより高分解能で分光観測を行いたいという要求が高まり、新しい衛星が計画された。それがIUE*と呼ばれる衛星で、1978年1月26日に打ち上げられ現在活躍中である。

2. IUEの特徴

IUEは紫外線分光専用の衛星で、それまでの衛星にはみられなかった多くの特徴をもっている。それらは組

表1 IUEの軌道の概略

軌道半長径	42150 Km
近地点	32050 Km
遠地点	52250 Km
離心率	0.24
軌道傾角	28.6°
周期	23 ^h 55 ^m 33 ^s

表2 IUEの光学系

望遠鏡	主鏡口径	45 cm
	焦点	カセグレン
	有効F比	F/15
	視野	16'
分光系	型式	エシェル
	受光器	SEC ヴィディコン

高分散モード 短波長カメラ
波長 1150~2090Å
分解能 約 0.1Å

長波長カメラ
波長 1900~3200Å
分解能 約 0.2Å

低分散モード 短波長カメラ
波長 1135~2090Å
分解能 約 6Å

長波長カメラ
波長 1800~3255Å
分解能 約 8Å

* IUEはInternational Ultraviolet Explorerの略

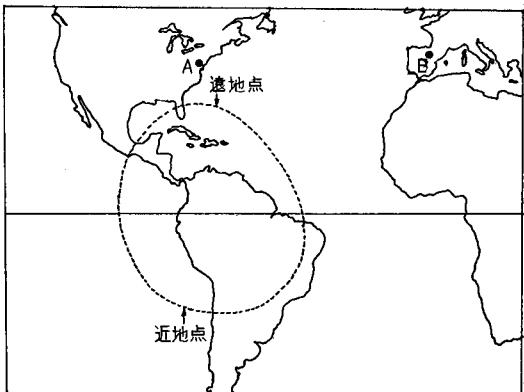


図 2 地球に投影した IUE の軌道。地点 A はアメリカの地上局で B はヨーロッパの地上局。

織と運営上の特徴と衛星の機能上の特徴に分けられるが、まず前者から説明しよう。IUE はその名が示すように国際協同の下に立案され製作された衛星である。参加しているのはアメリカの NASA とヨーロッパの国際組織 ESA、及びイギリスの SRC で、これらの機関は衛星の製作に当って作業を分担している。また衛星の運用及び観測を行う地上局（オペレーションコントロールセンター）もアメリカ側はメリーランド州グリーンベルトにおき、ヨーロッパ側はスペインのマドリッドの近くに設置している。毎日の衛星の運用は 1 日のうち 16 時間はアメリカ側が観測し残りの 8 時間はヨーロッパが使うという交互方式をとっている。

次に IUE 自身のもつ特徴を説明しよう。IUE がそれ以前の天文衛星と異なる最大の特徴は、周期 24 時間の地球同期軌道にのせられていることである。軌道要素の概略は表 1 にまとめられているが、IUE は地上からみると図 2 のように南米大陸上を周回しているように見える。その結果 IUE はアメリカの地上局とは 24 時間いつでも通信が可能で、リアルタイムの観測ができる。このことは地球同期軌道にのせた大きな利点である。従来の低高度衛星では地上局との連絡が切れた時間の観測計画を記憶させたり、その間にとったデータを記録しておくための記憶装置が必要であったが IUE ではそれが節約できるわけである。しかし衛星を 3 万 Km 以上まで上げるために重量の制限が厳しくなっており、衛星本体を小型化せざるを得ない。事実 OAO シリーズの衛星が 1 トンクラスであったのに比べて IUE は 3 分の 1 以下になっている。地球同期軌道にのせられた衛星はあたかも地上に設置された天文台と同じように考えて運用できるのも 1 つの特徴である。その上地上の天文台では地平線の下は観測できないが、IUE からみた地球は約 17° の大きさに見えるだけなので観測可能な天域は地上観測の場合よりはるかに広くなっている。但し太陽や地球や月の紫

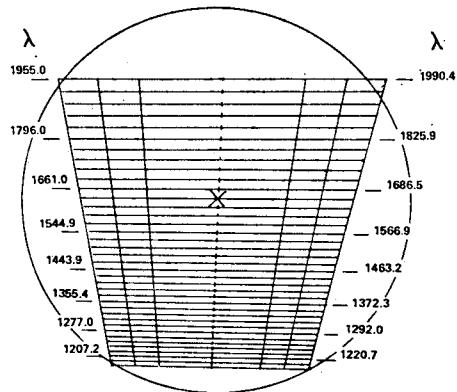


図 3 IUE の短波長側分光器のエシェルフォーマット。高分解能スペクトルはおよそ 60 本の断片から構成されている。

外線をさけるために太陽から 43° 以内と地球と月のふちから 25° 以内は観測することができない。IUE の姿勢制御は 3 軸制御方式で行われており、その精度が高いことが長時間の観測を可能にしている。天体観測中は望遠鏡の視野内にある 14 等より明るい適当な恒星を用いるオフセット恒星追尾装置を動かし角度 1 秒以下のポインティングを実現している。

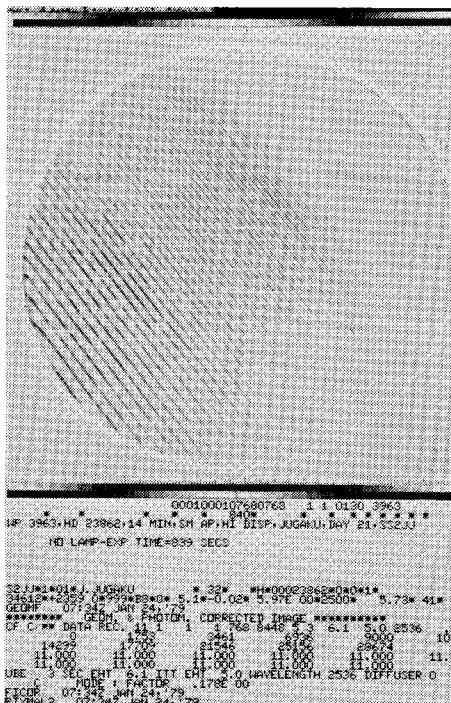


図 4 高分解能スペクトルの 1 例。このスペクトルは波長 1100 Å ~ 2000 Å の短波長側分光器で観測したガス殻プレオネである。多数の吸収線は星自身によるものではなく星をとりまくガス殻で形成されたもの。

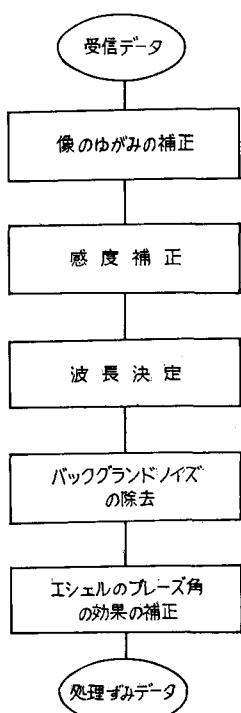


図 5 IUE の観測データの処理の流れ。

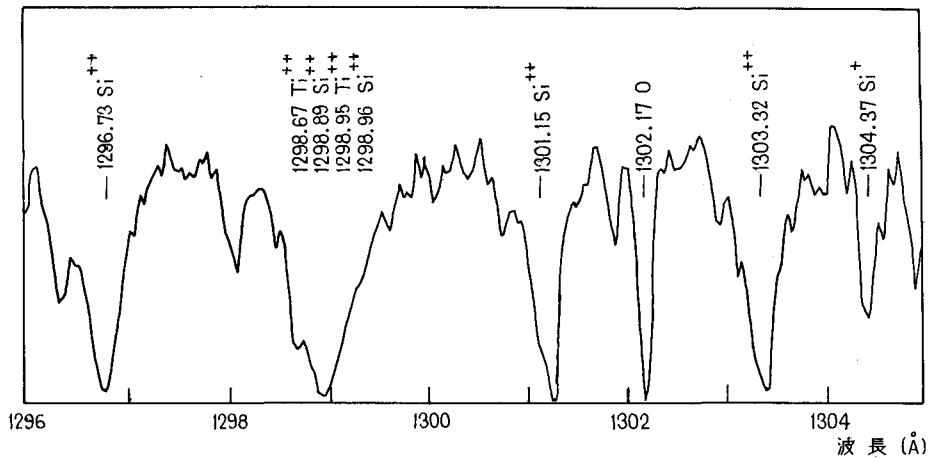
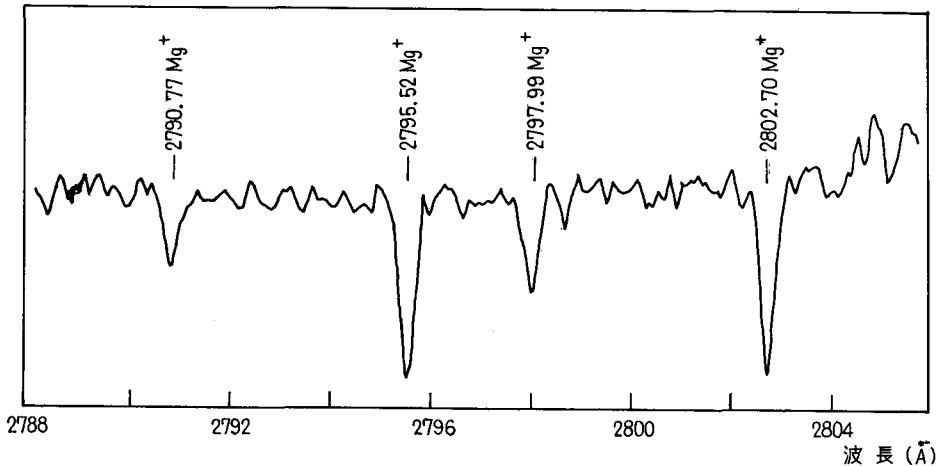
IUE の光学系は表 2 に示したように口径 45 cm のベリリウム製の反射鏡を使ったカセグレン式になっており、分光系は短波長用と長波長用の 2 系統から成っている。この分光系はエシェル式になっており、高分散モードで使えば 0.1 \AA ないし 0.2 \AA の分解能が得られる。暗い天体を観測する場合はエシェルをとりはずして分解能約 6 \AA の低分散モードの観測ができる。IUE の機構上の特徴の 1 つは分光系にエシェル式を採用したことである。これにより広い波長域にわたる高分散能のスペクトルを効率よく観測することができる。さてこの分光系を通して作られたスペクトルは受光面で UVC とよばれる変換器で紫外線から可視光線に変換され、それはさらに SEC ビディコンカメラに受けとられる。このカメラは露出時間に入ってきた光を積算し、露出終了後入射した光量を読みとて地上に送信するのである。IUE の短波長側の分光器でできたエシェルのスペクトルは図 3 のような構成になっている。図 4 は具体的なスペクトルの 1 例である。このような形のスペクトルが直径 24 mm の受光面上に形成されるが、その受光面は約 50 万個の画像素子に分割されているのである。その約 50 万個の素子から読みとられた多量のデータは地上の電子計算機を使って図 5 に示すような処理を受け天体のスペクトルが再現される。

IUE の観測効率を高めた主な要因は、エシェル式の分光系とビディコンシステムの組み合せを採用したことにある。光電管を使ってスペクトルをスキャンする方式を採用していたコペルニクス衛星に比べると格段に効率がよくなっている。

3. IUE による観測

IUE の観測はテーマの公募制をとっており、従来の衛星がおおむね閉鎖的であったのと比べて開放的である。IUE を使いたい研究者はテーマを NASA 又はヨーロッパの審査機関に提出し、採用されたテーマにはそれぞれ観測時間が割り当てられる。観測者は決められた日

程に従ってアメリカ又はヨーロッパの地上局に出向き観測を行う。地上局には専任の操作員が勤務しており、観測者の計画に従って衛星の操作を行ってくれる。観測者はモニターテレビに映される星野の映像をみて自分の観測対象を同定し、必要な露出時間の決定をすればよい。観測が終ったデータは地上局に送信されると直ちにクリックルック用に処理されてテレビに映し出される。観測者はそれをみて自分の必要とする波長域が十分露出されたかを判断し、次の天体に移るかもう一度同じ天体の観測を行うかの決定をすることができる。その後、なまのデータは種々の補正などの処理を受けた後観測者に渡される。この渡されるデータには 3 種類の形があり、まず処理済みのスペクトルをシートフィルムに焼きつけたフォトライト、次に巻紙にスペクトルをプロットしたもの、そして最後にデータが書きこまれた磁気テープである。図 4 はフォトライトの 1 例で、これを使って詳しい解析をすることはできないが一目で全体像がみられるのはつごうがよい。観測者が詳しい解析を行うのに使うのは主として磁気テープに入ったデータを計算機で処理したものである。図 6 と 7 は IUE で観測された B2 IV 型星 γ Peg のスペクトルを磁気テープのデータから復元したものである。図 5 は波長 1300 \AA の近くにある 2 回電離した珪素の強い吸収線群で、図 6 は波長 2800 \AA の近くの 1 回電離したマグネシウムの吸収線群である。恒星の紫外スペクトルにはこの例のような強い線が多くあり、その中には可視域では見ることのできない元素の線がいくつも含まれている。特に IUE では、それまで高分散スペクトルの観測がなかった波長 1450 \AA から波長 2000 \AA までのスペクトルがとれるので新しい情報が期待できる。紫外域のスペクトルは強い吸収線が多数重なるようく表れるので解析するには手数がかかるが、それだけに含まれている情報の量が多い。IUE の観測対象には恒星のみならず太陽系天体から QSO まであらゆる種類の天体が含まれている。これまでに出された IUE の観測結果についての論文はすでに数十を数えるがその中から X 線天文学との関係で興味がもたれた話をひとつ紹介しよう。それは白色矮星シリウス B の問題で、この星は有名な実視連星シリウスの伴星として知られている。1975 年にオランダの天文衛星 ANS がシリウスからの軟 X 線放射を発見し、それ以来シリウスの系のどこから X の線が出るかという問題が注目を集めていた。現在の理論では主星シリウス A (A1 型主系列星) に高温のコロナがあって X 線を出しているとは考えにくいので、伴星シリウス B から出るのでないかと想像されていた。そこでアメリカのバーム-ヴィデンゼたちは IUE を使ってシリウス B の波長 1100 \AA から 1900 \AA までの分光観測を行い、この波長域の放射エネルギー分布と水素の

図 6 短波長側分光器で観測した B2 型星 γ Peg のスペクトルの一部。図 7 長波長側分光器で観測した同じく γ Peg のスペクトルの一部。

ライマン-アルファの線輪郭を求めた。彼らは観測結果と白色矮星の大気モデルを比較してシリウスBの有効温度は $26000 \pm 1000^{\circ}\text{K}$ という結果を得た。シリウスBの有効温度がこの程度であれば、観測を説明できるほどの軟X線が出ることは期待できないのでシリウスからの軟X線はシリウスB本体が出しているのではないということになる。他の可能性としてはシリウスBに落ちこんでくるガスとかシリウスBのコロナとかが考えられているがこの問題の結論はまだ出ていない。最近になってベガ(琴座アルファ)を含めていくつかの高温主系列星が軟X線を出しているという報告が続いており、そのような例は今後さらに増加すると予想される。特に単独星でしかも高温のコロナはないと考えられているB型やA型の主系列星が軟X線を出しているのはなぜだろうか。これらの問題は恒星大気の最外層の物理状態と関わっており、IUEによる紫外スペクトルの観測が何かの手がかりとなる。

りを与えてくれそうである。ここで紹介したのは IUE の観測結果のほんの 1 例にすぎないが、過去 2 年間に IUE を使っておよそ 1 万本にもものぼるあらゆる天体のスペクトルが観測されておりその中からどんなものがみつかってくるか楽しみである。おそらく今後数年間は IUE 関係のニュースが天文の雑誌をぎわすものと思われる。

最後にこの記事の中で使われた IUE の観測データは総て東京天文台の寿岳潤氏が 1978 年 10 月と 1979 年 1 月に観測されたものから作られたことを付記します。

☆ ☆ ☆

☆ ☆