

# 紫外超過銀河

高瀬 文志郎\*

## 1. はじめに

東京天文台木曾観測所の 105 cm シュミット望遠鏡で実施進行中の仕事の一つに、紫外超過銀河の探査がある。Kiso UV-excess Galaxies を略して KUG と呼んでいるので、本稿でも以下この略称を使用する。

1 枚の乾板 (コダック 103aE) に、U, G, R の各フィルターを順にセットし、3つの像の位置を約 20" ずつ離して撮影すると、図1や表紙図のような3色像写真が得られる。露出時間は、3つの像が、A0の星について同じ明るさにうつるように設定してあるので、G, R像と比較してU像の明るい天体は、A0より青い色をもつ紫外放射の強い天体ということになるわけである。

ふつうのシュミット望遠鏡では、フィルター交換をする場合、乾板交換と同様、いちいち手でやらなければならない。しかも大きいシュミットの場合は、望遠鏡の姿勢を、その都度もとへ戻す必要があるので、3色像写真撮影は手数がかかる。ところが木曾のシュミットは、このフィルター交換が、望遠鏡の姿勢に関係なく、観測台上または制御室内の押しボタンを押すだけの操作でできるという利点がある。したがって、3色像写真による紫外超過天体の探査は、まさに木曾シュミットに向いた仕事であるといえよう。

## 2. 3色像写真

さてシュミット望遠鏡で3色像写真が撮られた歴史は1955年にさかのぼる。メキシコのトナンチントラ天文台のハロは、そこの66 cm シュミットで、103aD 乾板に、U, B, V 3色帯での写真を撮った。フィルターは各色帯2枚ずつを組合わせている。最初は T Tau 型星や白色矮星など、強い紫外放射をもつ星の検出をねらったものであった。それらの乾板上で、ついでのことには、恒星状でない青い天体を探してみたところ、44個が検出され、これがハロ銀河と呼ばれているものである(1956)。

ハロはなぜかこの探査を続けていないが、その後ロイテンとともに、パロマーの1.2 m シュミットを使って、U, B, V 3色像法による南銀極域の青色星サーベイを行った(1962)。ここでは、103aD 乾板にショットのUG1, ラッテンのNo. 47 および No. 12 の各フ

ルターをかけるシステムを採用している。ベルガーとフリンガント(1977)およびアッシャー(1981)もこの方式で、それぞれ北銀極域および選択天域57の青色星サーベイを行った。またステッペ(1978)はU, B, V および U, G, R の各色別々の写真をとって、これらから青い星を選び出しているが、この方法は精度はよくても、整約の手数がかかって能率的ではないであろう。

なおベルガーとフリンガントのデータと、木曾のU, G, R 3色像法で求めたデータを、同じ北銀極域で比較した結果が、野口によって天文月報の73巻6月号(昭和55年)に紹介されている。この記事の図5に示されるように、精度がよいと思われるステッペの色指数との相関をみると、ベルガーたちより木曾のデータの方がよいといえよう。

キンマンはハロ銀河の再探査を企て、ハロに依頼してパロマーのシュミットによるハロ・ロイテンの青色星サーベイで検出された天体中、密小銀河と見られるものを選び出してもらい、それらの測光と分光をリックやキットピークの望遠鏡で行って、18個の新しい“ハロ銀河”をみつけている(1981)。

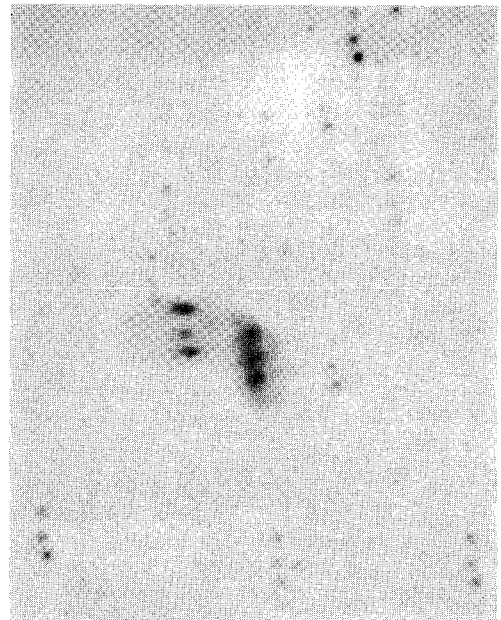


図1 紫外超過銀河 NGC 3395 (右) と NGC 3396 (左) の3色像写真 (上から順に U, G, R 像)。これは6節で述べる2・1型 (潮汐変形を示す対銀河) の典型例である。

\* 東京天文台 Bunshiro Takase: Ultraviolet-Excess Galaxies

### 3. マルカリアン銀河

ソ連のビュラカン天文台には 1 m のシュミットがある。マルカリアンは、このシュミットに頂角 1:5 の対物プリズム (分散は  $H\beta$  で  $2500 \text{ \AA}/\text{mm}$ ) を装着して撮影したスペクトル写真から、紫外光の強い銀河を検出する仕事を 1960 年代から 78 年まで実施した。合計 1500 個のマルカリアン銀河が、銀河帯と赤緯  $-20^\circ$  以南を除く天域の大部分 15,000 平方度にわたる天域で、このサーベイの結果としてみつけられ、そのリストは 15 回にわけて、*Astrophysics* 誌 第3巻 (1967) ないし第17巻 (1981) に掲載されてきた。

マルカリアン銀河の選定基準はつぎのようである。上記対物プリズムをつけコダックの  $\text{IIaF}$  乾板に撮影したスペクトル写真で、いわゆる緑色低感帯 (green dip) より短波長側と長波長側の連続部を比べて、前者がより強い、またはより長くのびているものを拾うのである。ちなみに  $A0$  ないし  $A2$  型の星では、短波長側と長波長側が同じ強さまたは長さになる。したがってマルカリアン銀河 (彼の論文では終始 *galaxies with ultraviolet continuum* すなわち単に“紫外連続光をもった銀河”という表現で呼ばれている) とは、早期  $A$  型星よりも青い色をもった銀河ということになるであろう。

こうして検出されたマルカリアン銀河のスペクトルは輝線を示すものが多い。やや不確定なものまで含めると、総数の 63% が輝線銀河である。なお、対物プリズムより高い分散でのスペクトル写真を撮ると、この率ももっと高くなる。さらに全体の約 6% はセーフアート銀河、3% がキューサーの特徴をもつスペクトルを示しているといっている。

輝線は、中心核活動のある銀河および、顕著な  $\text{H II}$  領域をもつ銀河に現われることが知られており、マルカリアン銀河はこの両方を含むものである。なお輝線銀河の探査としては、チリのセロトロロ天文台にある 60 cm のカーチス・シュミットのプログラムがあり、オーストラリアにある 1.2 m の  $\text{UK}$  シュミットは、とくにキューサーを目標とした探査を進めている。

マルカリアンは上記の第一次サーベイを終了した 1978 年から、第二次サーベイに入り、前より暗いものの検出をねらうとのことである (限界等級については次節参照)。なおビュラカン天文台のカザリアンはマルカリアンと同じ方式で 1970~1976 年にわたって紫外超過銀河探査の新シリーズを実施し、その結果を逐次 *Astrophysics* 誌上に発表中である。

### 4. 木曾紫外超過銀河 (KUG) サーベイ

木曾のシュミットで、 $U, G, R$  3 色像法による紫外

超過天体のサーベイが始められたのは、1977 年 11 月である。それまでも、野口、近藤、前原の諸氏によって、何枚かのテスト乾板が撮られたが、最終的に 103aE 乾板とショット  $UG 1 (U)$ 、フジの  $BPB 50 (G)$ 、およびショット  $RG 610 (R)$  の各フィルターを組み合わせるシステムが採用された。このカラーシステムを、ジョンソンの  $U, B, V$ 、ペッカーの  $U, G, R$  の各システムとともに示したのが、上記天文月報 (野口) の図 4 である。

野口らはこの 3 色像法を用いて、紫外放射の強い恒星状天体 (略称  $KUV$ ) の探査を始めたのであるが、その乾板をしらべてみると、銀河の中にも  $U$  の強いものが見出される。そこでマルカリアン銀河の存在する天域を対象に、この 3 色像写真を撮って見たところ、マルカリアン銀河はたしかに  $U$  像が強い。そしてマルカリアン銀河のほかにも、 $U$  像の強い銀河が多数検出されたのである。

われわれの  $KUG$  サーベイの限界等級は、撮影時の条件によって乾板ごとに多少違うが、大体 17~18 等である。マルカリアン銀河サーベイの限界等級は、当初の論文には 16.5~17.5 等と記されているが、第 8 番目のリスト (1976) には、ビュラカン天文台に近いエレバン市の灯火その他の影響で、15.5~16 等に落ちたと書かれている。ビュラカンのシュミットと木曾のシュミットはサイズも性能も似ているのであるが、木曾の方が限界等級が高いのは、まず何より木曾の直接像による判定の方がビュラカンの対物プリズム写真よりも、識別性がよからである。数にして、マルカリアン銀河の 10 倍ほどが  $KUG$  として検出されている。

なるべくマルカリアン銀河がたくさんあって、比較対照のし易い天域を対象に、それ以来  $KUG$  サーベイを継続し、1982 年末現在約 60 天域 (~2000 平方度) を撮影済みである。

### 5. $KUG$ の分布

最初の 20 天域 (~650 平方度) での  $KUG$  の検出が終った段階で、それらの分布をしらべてみた。この 20 天域で検出された  $KUG$  の総数は 1,126 個であり、そのうちマルカリアン銀河は 120 個である。

まず、各乾板上で同一限界等級までの、銀河の総数に対する  $KUG$  の数の比  $f$  を求めてみると、20 天域について、0.16~0.35 となり、平均して 0.25 である。すなわち平均して、銀河 4 個のうちの 1 個は紫外超過銀河であるということになる。これはずいぶん高い率のように見えるが、たとえば局部銀河群の約 20 個の銀河のうち、大小両マゼラン雲、 $\text{NGC 6822}$ 、 $\text{IC 1613}$  (以上いずれも不規則ないし最晩期型渦巻銀河) と  $\text{M 33}$  (明るい  $\text{H II}$  領域  $\text{NGC 604}$  をもつ) の少くとも 5 個が、 $KUG$  相当



図2 かみのけ座銀河団内の一般銀河と KUG (マルカリアン銀河を含む) の分布図。輪廓はツビッキーの銀河団カタログ付図に示されたこの銀河団の範囲である。

であることを見てもうなずける数字であろう。

つぎにこの 20 天域中のいくつかの銀河団 (かみのけ座, エイベル 2147, 2151, 2197, 2199 など) について,  $f$  の値をしらべてみた。その結果わかったことは, これらの銀河団の  $f$  は 0.16~0.21 でその平均値は 0.19 となり, 上記全天域平均の 0.25 より有意に小さい, さらに各銀河団の中では, 銀河密度の高い中心部ほど  $f$  が小さいこともわかった。たとえば図2に示したかみのけ座銀河団では, 中心から 0.5 おきの同心円を画いて, 各同心円帯での  $f$  の値をとってみると, 内側から順に 0.13, 0.16, 0.14, 0.22, 0.32, 0.30 となる。

一般天域よりも銀河団中で, また銀河団中でも高密度な中心部ほど, 楕円銀河やレンズ状銀河の数の割合が多くて, 渦巻や不規則銀河の数の割合が少ないことはよく知られている事実である。また輝線銀河の存在率も一般天域より銀河団内で低いという統計もあり, KUG はこのような銀河と同様な分布を示すということがいえそうである。

## 6. KUG の追観測

紫外超過という判定条件で選別された KUG が, 一体どのような銀河なのかを少しでもよく知るための方策として, 岡山観測所の 188 cm 反射鏡を使っての個別詳細観測を始めたのが, 1980 年の 4 月である。188 cm のニュートン焦点でのスケールは 23"/mm で, 分解能は木曾シュミットの約 3 倍となる。またカセグレン焦点の II 分光器で 600 本/mm または 300 本/mm のグレーティングを使うと, それぞれ 110 Å/mm または 210 Å/mm

という手頃な分散のスペクトルが得られる。1982 年末現在で, 直接像およびスペクトル写真が撮影できた KUG は約 20 個となったが, 岡山の観測日数は限定されているのでなかなかはかどらないというのが実感である。

この追観測からわかった結果は, KUG の大部分が輝線銀河であること, 形態には特異性のあるものが多いことである。その特異性もなかなか変化に富んでいるので, パロマー写真の引伸しを補充資料として使い, 合計 100 個あまりのサンプルについて, 一応の形態特性の分類を試みた, まだ暫定的ではあるが, どんな種類のものがあるかを, 以下に紹介してみよう。代表例の写真を図3に示したので参照されたい。

### 1. 顕著な H II 領域をもつ渦巻または不規則銀河

1-1 単一の巨大な H II 領域が目立つもの。

1-2 複数の巨大な H II 領域をもつ不規則銀河

1-3 多数の中規模 H II 領域をもつ渦巻銀河

1-4 中規模の H II 領域がまばらに分布する渦巻銀河

### 2. 対をなしている銀河

2-1 両成分が潮汐変形を生じているもの

2-2 両成分が分離して見えるもの

### 3. 中心核に異常性のある渦巻銀河

### 4. 密小銀河および恒星状中心核をもつ銀河

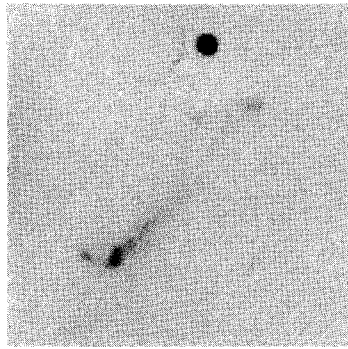
それぞれについてももう少し説明を加えよう。まず 1-1 の巨大な H II 領域は, 一般に母銀河の端の方にある。1-2 は H II 領域がぶどうの房状になったもので, 英語の clumpy H II regions もこの様子を表している。1-3 と 1-4 は渦巻の腕のあちこちに結節 (knot) のように見える中規模の H II 領域が多数またはまばらに存在するものである。

2-1 は相互作用をしているもので, あきらかに連銀河 (binary galaxy) であるが, 2-2 の方は赤方偏移の測定がないと連銀河かみかけ上の二重銀河 (double galaxy) かの判定はつけにくい。

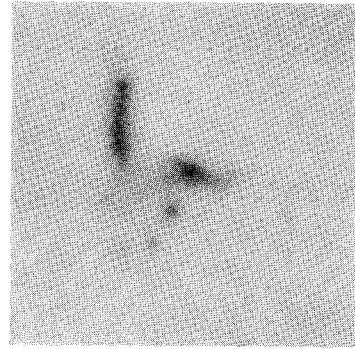
3 は中心核が分裂していたり, 写真例のような特異形態をもっていたりするもので, われわれの集めた約 20 例では, すべて棒渦巻銀河である点が注目される。(特異中心核をもつ渦巻銀河に SA はなく, SB か SAB であるという指摘は, すでにセルシッくらによってなされている。)

4 はいわゆるコンパクト銀河, N 銀河の類で, セーフアート銀河やキューサーもこの部類に入る。ただしキューサーは恒星との区別がつけにくく, KUG の選択基準からはもれているものが多いと思われる。

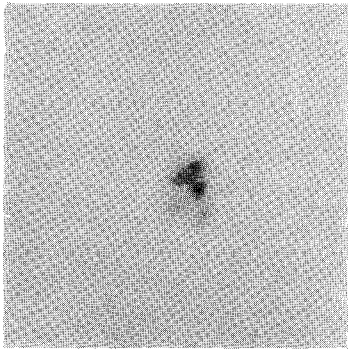
H II 領域をもつ KUG が紫外光で明るいの, その領域で生れたばかりの若い星の放射によるものであろう。ちなみに M33 の中で最も大きい H II 領域である



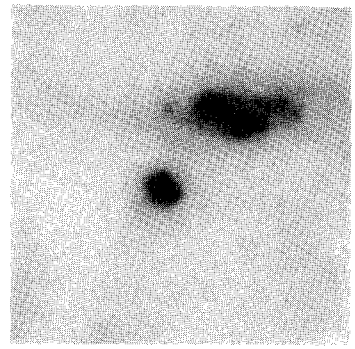
◀ 1-1 型 KUG 0255-025  
(IC 1870)



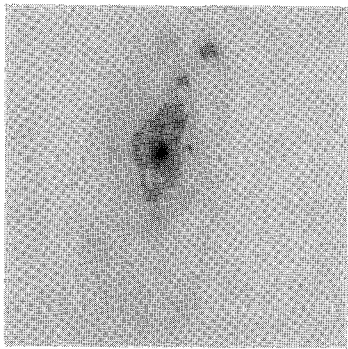
2-1 型 KUG 0730+745 ▶  
(UGC 3906,  
対をなす高成  
分とも紫外超  
過を示す)



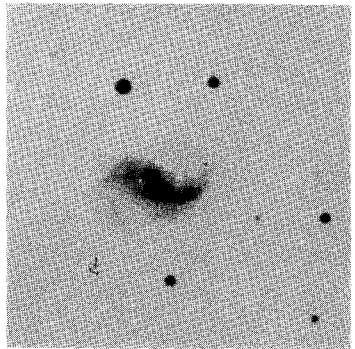
◀ 1-2 型 KUG 1626+413  
(UGC 10407)



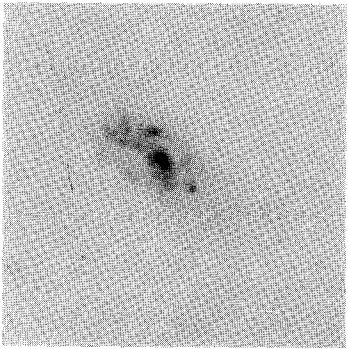
2-2 型 KUG 2259+157 ▶  
(NGC 7464,  
右上は NGC  
7463 で紫外超  
過を示さない)



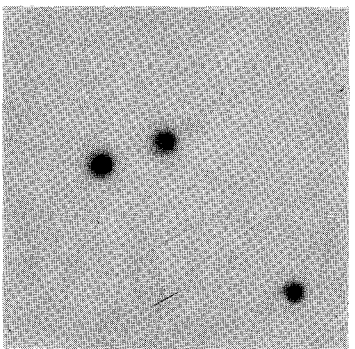
◀ 1-3 型 KUG 2257+157  
(NGC 7448)



3 型 KUG 0239+345 ▶  
(NGC 1050)



◀ 1-4 型 KUG 1252+292  
(NGC 4793)



4 型 KUG 0935+407 ▶  
(左と下は恒星)

図 3 KUG の形態特性別代表例

KUG の名称の最初の 4 数字は赤経, 以下は赤緯 (いずれも 1950 年分点) を示す。た  
とえば 0255-025 は  $\alpha=2^h55^m$ ,  $\delta=-02^{\circ}5'$  である。写真はどれも上が北, 左が東。

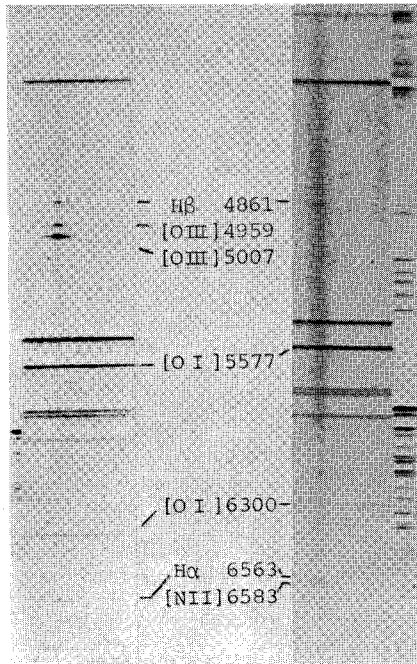


図4 KUGのスペクトル例

左は1.1型のKUG 1653+365 (NGC 6255), 右側は3型のKUG 0239+345 (NGC 1050)のスペクトル。いずれも岡山観測所 188 cm カセグレン II 分光器で撮影。300 本/mm のグレーティングを使い、分散は約 210 Å/mm である(プリントの引伸倍率が左と右で少しちがうのに注意。なお赤方偏移は左が 0.0021, 右が 0.0121)。

NGC 604 の中には数十個のウォルフライエ星の存在が推定されており、この領域で約 400 万年前に爆発的な星

の形成が行われたという解釈がなされている。

われわれは U 像の G, R 像に対する明るさの程度、すなわち色指数の大小によって、紫外超過の強いもの (s), 弱いもの (w), 中間のもの (m) という評価を各 KUG に対して与えている。この紫外超過と形態特性を対照してみると、1.1 と 1.2 は s が多く、1.3 は m, 1.4 は w が多いという相関がある。すなわち H II 領域が顕著なものほど紫外超過度は大きい。つぎに 2 では (2.1 も 2.2 も) s のものが 2/3, m のものが 1/3 といった割合であり、3 では s と m が半々となっている。さらに 4 は少くて何ともいえないが、s と m とがある。

図4にKUGのスペクトル例を示した。左側は1.1型のNGC 6255, 右側は3型のNGC 1050のスペクトルである。比べてみてちがうのは、左側では [O III]<sub>4959, 5007</sub> の輝線強度の方が Hβ 輝線強度より強く、右側ではそれが逆になっているのと、右側では Hα の脇の [N II]<sub>6583</sub> がかなり強く見えることであろう。

サール (1971) によれば、Sc 銀河では、H II 領域の輝線スペクトルの [O III]/Hβ 強度比は、銀河中心からの距離  $r$  の小さいところで小さく、 $r$  とともに増大する。一方バービッジ夫妻 (1962, 65) は、[N II]/Hα の比が諸銀河の外側では小さいのに、中心部では大きいことを見出した。H II 領域が中心から離れたところにある1型(や2型)と、中心部にある3型のKUGのスペクトルにも、このような違いがよく示されているわけである。

なお野辺山の 45 m 電波望遠鏡での電波観測プログラムに KUG の観測も採用され、その結果が楽しみである。

## 雑報

### 南都暦関係の「吉川家文書」の保存

南都暦(奈良暦)の暦師、陰陽師であった吉川家の文書が「吉川家文書目録」として、奈良市史編集室から、1982年3月、まとめられ、目録がだされた。

この文書は、故吉川家当主浩氏が、代々、保存されてきた文書を整理したいと望んでいてはたせず、未亡人の加じさんがその意志を受け、市史編集室に依頼したものである。

「吉川家文書目録」は B5 版、44 頁で、目録・資料・解説から成り立ち、「資料」では、文書の中で特記されるものについて全文が掲載されている。「解説」で、「吉川家文書の伝来」として、吉川家の歴史、文書の概要。「奈良暦について」として、中世の奈良町と暦、近世の奈良暦、奈良暦の終焉がまとめられている。

目録点数 866 点で、奈良暦、大経師写本暦、近代の暦、具注暦、暦道及び陰陽道関係文書の他に、領暦廃業の後の筆墨商経営文書にわけられる。主なものをあげると、領暦者に幕府天文方から、版行許可書として暦版校合

(校正)後に発行された「押切」が17通残されている事。奈良暦頒行部数や、暦師達の諸入費が書かれている慶応4年(1868)の「仲間方毎年諸入用帳」。又、明治になり、太陽暦改暦の後、伊勢神宮から、国家暦として、本暦が頒行(明治16年暦)されるまでの頒暦の変遷における頒暦者側の資料が多くあり、明治前期の頒暦統治の変化がつかめる。奈良暦は途中、五年次分が欠けているが、延享3年(1746)から明治4年(1871)まで残されている。

現在、南都暦の最古のものは、応永14年(1407)の片仮名暦とされている。貞享暦改暦の後、天文方作暦の暦草の領布先を江戸、伊勢、三嶋、会津、奈良、京都大経師の暦師に限った。

南都暦は大和地方に限られて売られていた暦で、陰陽師、暦師が住んでいた町は、奈良市陰陽町として残されており、現在、陰陽師、暦師を生業としていた家は、吉川家と、もう一軒だけである。

頒暦に関する資料として残されているのは少ない。その中で、南都暦が広められていたゆかりの地で、南都暦に関する文書が、目録と共に1カ所にまとめて保存される意義は深い。(伊藤節子)