

# 銀河系外星雲の中心核

若松謙一\*・作花一志\*

夏のむし暑い宵、縁先でゆうすずみしながら、ふっと南の夜空をながめると、さそり座のアークトゥルスがまっ赤に輝やいている。いかにも何か不吉な事を予言しているかのように。このさそり座と、となりの射手座附近ではカシオペア座から南へ向って流れて来た天の川が大きく広がっている。巻頭写真のように暗い星々がちりのように一面に広がって輝やいている。でも、これ以上に多くの星々はこの方向の暗黒雲のためにかくされて見る事はできない。大きく厚いベールが横たわっているのだ。このベールの奥深い所にびきの妖怪がひそんでいようとは誰も気がつかなかった。その名は“銀河系の中心核。”長い間この妖怪は普通の可視光で見やる事ができなかったからだ。でも赤外や電波でならこれらの暗黒雲をつききって直接に妖怪の姿をみやる事ができるようになった。今月はこのようにして明かになってきた妖怪について話をしよう。この“銀河系の中心核”は別稿にゆずるとして、ここではこの妖怪の親戚である“銀河系外星雲”の中心核について少し詳しく述べてみよう。これら妖怪の変容のさまを、主にわれわれが岡山天体物理観測所でお付き合い願っている小妖怪銀河 NGC2702 を中心にして。

大型電波望遠鏡が Vir A, Per A などと呼ばれている強力な電波源の位置を精確に測定し始めた頃、バーデらはこれらが乙女座銀河団中のジェットを持った巨大楕円銀河 NGC4486, 既に C. セイファートがそのスペクトルの異常さに注目していた不規則楕円銀河 NGC 1275 らと一致する事をつきとめた(1954)。その後、あい次いで多くの電波源が形態的に特異な銀河(M82, NGC 5128) スペクトル的に特異な銀河(NGC 1068)などと一致する事が確認された。その一方、M82 や NGC 1275 の周辺部には数千 km/s のスピードで飛び散っているガス塊がある事が、レンズ、サンデッジ、パービッジ夫妻らによって見い出された。これらの広がりスピードから彼らは約  $10^6$  年程前にその中心部で大爆発が起ったのではないかと提案した(1963)。これこそが妖怪が人前に姿を現わした発端であった。そして、QSS という新しい妖怪、銀河からの赤外、X線輻射、変光といった予想だにできなかった妖怪の変わりあい次ぎ、この方面の研究者を誘惑し、当惑させ、そして失望させている。

\* 京都大学理学部  
K. Wakamatsu, K. Sakka  
On the nuclei of galaxies.

ではこれらの妖怪銀河ではどのような事が観測されているのだろうか？

## 1. 活動銀河の中心核

銀河中心核の活動が分光学的に詳しく調べられているものの代表として、セイファート銀河 NGC4151 を考えよう。この銀河は全体を見ると“まとも”な形をしているが、望遠鏡でのぞくと星と見まちがえる程に小さく明るい中心核を持つ。そのスペクトルは通常銀河とは異なって輝線が非常に多く、強く、その幅は禁制線で 1000 km/s, バルマー線では二重構造になっていて、そのコアで、1000 km/s, ウィングで 7000 km/s にも達し(これらがセイファート銀河の特徴である)、星の吸収線は見えない。このガスの温度は  $1\sim 2$  万度程度だが、この銀河では [Fe XIV] 5303 線のような太陽コロナで見られる輝線まで観測され、この事より 100 万度のガスの存在が推測される。可視域での連続光のエネルギー分布は平坦で、非熱的成分が含まれていると解釈され、その上 5 年程のスケールで変光し、特に赤外・紫外域で著しい、最近の観測で HeI 3889 の輝線の短波長側に、3 つの異なる速度成分、280~840 km/s を持った吸収線が見つかったが、星によるものではなく、強さが 1 年間で変化した事より、中心域で何らかの爆発が起り、その時に放出されたガスが拡がって冷え、そして吸収線が形成されたのだろう。ガスが冷える時間を考慮すると、爆発の時期は約 50 年程前で、電子密度を  $10^7$  と仮定すれば 1 年間に  $0.006 M_{\odot}$  程度のガスが噴き出している事となる(1970)。同じ規模のガス放出は IC 450 (マルカリアン 6) にも見られる。H $\beta$  では中心核に対し 3000 km/s の相対速度を持ったガス塊が 1 年の間に生じており、[OIII] ではその速度成分の輝線が観測されてない事より、噴出されたガスは約  $0.5 M_{\odot}$  の高密度のかたまりと考えられる。

このような比較的小さな質量のガス雲の存在を示す例がある一方、同じくセイファート銀河 NGC 1068 ではもう少し違った様子を示している。約 1000 km/s に拡がった輝線のプロファイルはそれぞれが 600 km/s にも拡がった 4 つの成分に分けられ、各雲同志がやはり 600 km/s の相対速度で運動しており、(写真 1 参照)一つ一つの雲の大きさは、250 pc, 質量  $10^7 M_{\odot}$  と推定される。約 100 万年前中心域で爆発が起って、今なお  $10^{55}$  erg という膨大な運動エネルギーを持ったガス塊が激しく運動している、といったイメージである。さらに輝線のプロフ

ファイルの非対称性よりガス流が検出された NGC 449 などの例や、銀河の廻転曲線の円運動からのずれとして観測された通常銀河 NGC 253 などの例もあるが、同じく近傍の銀河 M33, M81 ではこのような事は見つからず、このタイプのガス流の起源についても、まだ何もわかっていない。

以上、活動銀河の中心核は激しい運動状態のガス塊を放出し、さまざまな物理状態の物質がわずか数 10pc 程の中に共存している、という非常に複雑な構造になっている。これらの事をまとめたのが表 1 である。

## 2. NGC 2782

次にわれわれが観測している特異銀河 Arp 215, 即ち NGC2782 について述べよう。これはそもそもセイファートのリストに入っていた銀河であるが、輝線の幅が広くない ( $\sim 200$  km/s) との事でセイファート銀河から蹴落されたいわくつきの銀河である。アープは“ループ状の構造を有する”範疇に分類している。距離およそ 33 Mpc, 実視等級 12.4, 絶対等級  $-20.2$ , 大きさ  $2'5$  (約 20 Kpc) のかなり大型の渦状銀河である(写真 3)。中心域の構造はニュートン焦点での写真で調べると、(1) 紫外(写真 4),  $H_{\alpha}$ (写真 5) では 4 つの雲に分裂しているのに対し、赤外(写真 6) では全く対称な普通の姿をしており(直径約  $8'' \sim 1.3$  Kpc), その位置は 4 つのうち一番南側の雲とほぼ一致する。(写真 3, 4, 5, 6 は月報アルバム欄) ②  $H_{\alpha}$  で北側のエッジは鋭いのに対し、南側は中心から 1.3 Kpc まで伸びた広がりがある。一方、カセグレン分光器でのスペクトル観測では、③ パルマー線, HeI の輝線, O, N, S などのイオンの禁制線が観測され、電離の励起はあまり高くなく (HeII4686 線が見えない), 電離ポテンシャルの著しく異なったイオンの線, [OI], [OII], [OIII] が共存している。これは活動銀河でよく見受けられる事であるが、この事は輝線が物理状態の異なったいくつかの領域から発している事を物語っている。④スリットが南北方向でのスペクトルで、連続光を発する領域と、南側のひろがり域とでの  $H_{\beta}/[OIII] 5007$  の比の値が 1.4 から 0.5 へと逆転している。これは電子密度の場所的変化として説明できそうである。次に、速度場の事については、⑤銀河廻転による輝線の傾斜度より 1 Kpc 以内の質量は約  $10^{11} M_{\odot}$  と非常に高密度である。⑥東西方向の雲は 250 km/s 程度の相対速度で互に運動している徴候が  $H_{\beta}$  線で見られる(写真 2 参照)。⑦南の“ひろがり”部が中心の雲域から約 250 km/s の速度で外側へ広がっているとの観測事実を得た(一年隔った 2 枚の乾板で様子が違っているため確証はないが)。

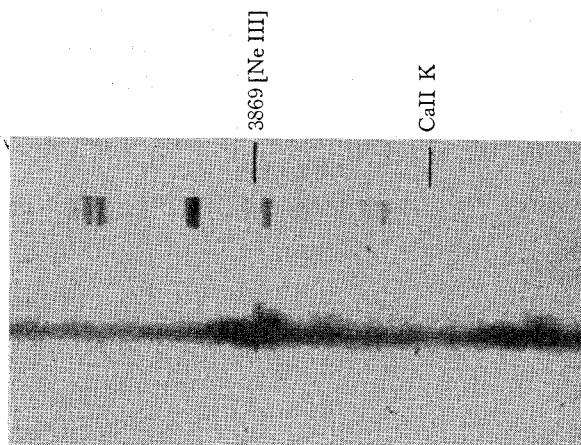


写真 1. 活動銀河の輝線スペクトル NGC 1068 [Ne III] 3869 線が広がった 4 つの成分にわかれている。

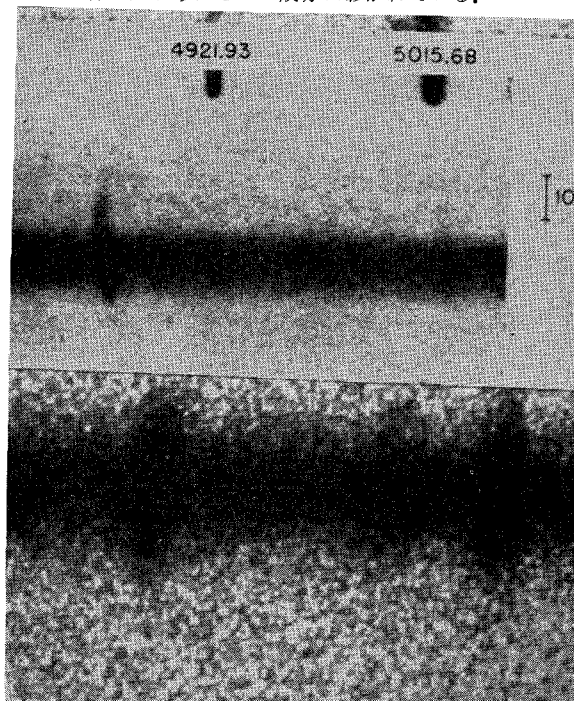


写真 2. 上は NGC 1808 (相対速度 200 km/s). 下は NGC 2782 (相対速度 250 km/s). 赤方偏位が異なるため下の写真では  $H_{\beta}$  線の位置が長波長側によっている。両方とも  $H_{\beta}$  線が上下で鋭くずれており大きな相対速度をもったガス雲の存在を物語っている。NGC 2782 のスペクトルは岡山天体物理観測所で 4 時間露出したもの。

以上の観測事実から中心核のイメージを作るに当たって、この銀河の妖怪的姿の一つである“分裂した中心核”について少し詳しく述べよう。

## 3. 分裂核銀河

既にこの形をした妖怪に魅せられていたコルドバ天文台のセルジックは全天の 400 個の銀河の写真からこの仲

間約 40 個を見出し、ほぼセイファート銀河と同じ程の空間密度である事を明かにし、このタイプが棒渦状銀河に集中している傾向がある、と述べている。これらの銀河のうち比較的データがそろっているものについて整理すると表2のようになる。これを見て気付く事は、④ 連続光は一般に早期型で、バルマー吸収線が見えるものもある。⑤ 殆んど輝線を発し、 $H\alpha/[NII] 6583$  の値は 2~3 である。⑥の事についてパービッツ夫妻は注目すべき統計結果を出している(1962)。即ち、楕円やSO銀河ではこの比が 0.1~1.0 であるのに対し、渦状銀河では中心核で 0.1~1.0、外側のアーム域では ~3 のものが多く、中心域で 2~3 を示すものはわずかである。この比はガスの電子温度、電離機構、化学組成らによって左右されるが、彼らは銀河の中心域では何かの力学的エネルギーの散いつつのために高温になっているとした(1963)。これに対し、パインベルトは近くの銀河 M51, M81 について温度を精確に決めてから、中心程 N原子の量が多くなっている、と反論している(1970)。

ここではその原因は置いておくとして、この値が ~3 である事がオリオンの大星雲 (M42) 等のいわゆる“HII領域”によく見られるとの観測事実から、これらの銀河の中心核はいわば“巨大な HII 領域”と考えられないだろうか。早期型星が多量に存在する事を暗示してくれる⑥の事実はこの見解を勇気づけてくれる。

次に、NGC 2782 の観測事実 ⑥、⑦に見られるように分裂した雲は一般に相対運動をしているのだろうか？これはかなり困難な観測が要求され、未だ十分なデータが手許にないが、表2の通りかなりの銀河について 300 km/s 前後の相対速度が観測されており、ほぼ一般的傾向とみなせそうである。また、この雲の相対運動が観測されている銀河程強い電波を発しており、その領域も中心域 1~2 Kpc の範囲内に限られている。

では一体このタイプの銀河は銀河の進化の中でどのように位置づけられるのだろうか？この事を考えるに当って通常銀河の中心核の星の様子に注目しよう。最近スピラッドらによると(1970)、かつてパーデが言ったよう

表 1 銀河中心核からのガス放出

ガス放出の現象	例 NGC	中心に対する相対速度	ガス放出が起っている領域
輝線が数個に分離	1068*	600 km/s	250 pc
	IC 450	3000 km/s	$10^{-3}$ pc
吸収線が数個に分離	4151*	1000 km/s	0.03 pc
輝線のプロファイルの非対称	449	1000 km/s	—
廻転曲線の異常	253	100 km/s	50 pc
	3227*	150 km/s	200 pc

\* セイファート銀河

表 2 分裂核銀河の姿

NGC	スペクトル型	吸収線	$H\alpha/[NII]$	中心核の速度場	電波の絶対等級
613	—	—	~2	高速廻転	-18 <sup>m</sup> 9
1097	F8	—	3	高速廻転	-19.0
1365	—	—	3	複雑な運動	-19.6
1808	—	H, K	~3	6つの雲, V~200 km/s	-18.0
2782	F0	なし	3	4つの雲, V~250 km/s	>-20.5
2997	—	—	3	4つの雲, V~200 km/s	-17.4
3310	A8	弱い H, K, バルマー	—	廻転中心が銀河中心と一致しない	-18.3
3351	F5	バルマー	>1	—	>-16.7
3631	—	—	>1	—	>-19.7
4321	F5	—	—	—	-18.1
5236	F0	青域で連続光強	~2	—	-17.6
5248	F8	弱い K	3	正常な廻転	-18.1
5713	F2	よく見えない	>1	—	-19.2

な金属量が少ないいわゆる“種属Ⅱ”の星ではなく、逆に太陽近傍の星よりも金属量の多い晩期型星が多量に存在している、との結論に達している。その上、M31, M81 などの安定した渦状銀河や M86 などの巨大楕円銀河では、中心部へ行く程 CN 吸収線の強度が強くなっている。これらの中心核は一般に“k 核”とモルガンによって名づけられている。一方、分裂中心核では晩期型星の指標となる H, K 線が一般に弱く、また先の ④ のような事実がある事より、未だ中心核において星の生成がさかんに進んでおり、やがてガスを消費し尽してしまい、星の生成が殆んど止んでしまった M31 タイプへ移行して行く、との推測ができる。

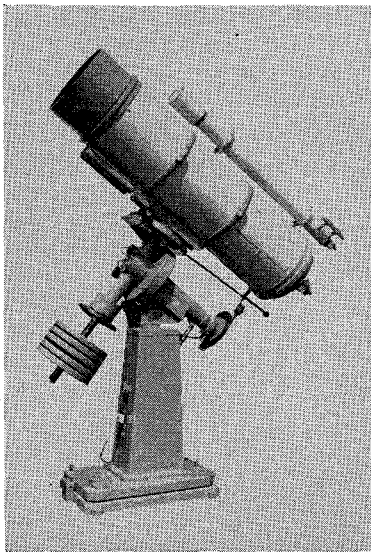
#### 4. NGC 2782 ふたたび

以上のようにかなり明瞭な統計的特性を持っている“分裂中心核”銀河の中に位置づけられた NGC 2782 に話を戻そう。分裂雲が早期型星による巨大電離域であるとの先の見通しは、NGC 2782 の場合、更に次の事実からも確認できる。連続光のエネルギー分布が M31 とは違って、紫外域でも低下してない事、通常銀河でごく普通にみられる、D, G, H, K 等の吸収線が見られない事などの他、中心域深く暗黒雲が食い込み(写真 3)、星を作るもととなる中性水素ガスが多量に存在している可能

性がある事、などである。何個の星があればエネルギー的に十分かの議論は、未だ H $\beta$  線の絶対測定がなされてなく精確にはできないが、中心域の光電測光を参考にすると、これまでに知られている一番明るい電離域とさして違いはなさそうである。なぜ中心域の雲が 300 km/s にも達する大きな速度で運動しているのか？銀河の微分回転によるものなのか？それとも、中心部でのポテンシャルの非対称性によるのだろうか？例えば、伴星雲の存在とか（この双方とも統計的な傾向はでていないようである）。

最後に今一つ不吉な観を与えるのは上記観測事実⑦であり、外側のループ構造である。爆発現象ではないかと。そんな感じを抱いていた所、昨秋ロウらはこの銀河から  $10^{46}$  erg/s にも達する大きな赤外輻射が出ている事を報じた。おまけに、分裂中心核の僚友である、NGC5236 もこのパワーは中心核の雲の運動エネルギー  $\frac{1}{2} M V^2 \approx 10^{52}$  erg ではとても足りない。（赤外輻射については別稿参照）

はたしてこれらの事実は最初に述べたような活動銀河での核活動と同列に論じうるのだろうか？NGC 2782 にまつわる“分裂核銀河”と活動銀河の中心域の“多重構造”とはにわかにはわれわれの心をはやしたてている。



天体望遠鏡  
ドーム、製作

## 西村製の天体望遠鏡

### 40 cm 反射望遠鏡の納入先

- |        |                     |
|--------|---------------------|
| No. 1  | 富山市立天文台             |
| No. 2  | 仙台市立天文台             |
| No. 3  | 東京大学                |
| No. 4  | ハーバート大学 (USA)       |
| No. 5  | ハーバート大学 (USA)       |
| No. 6  | 台北天文台 (TAIWAN)      |
| No. 7  | 北イリノイズ大学 (USA)      |
| No. 8  | サン・チェゴ大学 (USA)      |
| No. 9  | 聖アンドリウス大学 (ENGLAND) |
| No. 10 | 新潟大学高田分校            |
| No. 11 | ソウル大学 (KOREA)       |
| No. 12 | 愛知教育大学(刈谷)          |

606 京都市左京区吉田二本松町 27

株式会社 西村製作所

TEL. (075) 771-1570  
691-9580