

# 銀河集団の広がった電波源

会 津 晃\*

## 1. はじめに

最近いろいろの天体写真集が出版されて、銀河内の美しい色の星雲、いろいろの形をした銀河、また何万という星が見事に集った球状星団などが、われわれを楽しませてくれる。しかしこれらの天体に劣らず興味があるのは、多数の銀河が集った銀河集団である。銀河は一般に暗いので、集団を見るには星はじゃまになる。星の一番少ない方向は銀河の北極方向であるので、その方向をシュミット・カメラで写したパロマの掃天写真 ( $6^\circ \times 6^\circ$  四方が写っている) を取出してみると、表紙写真のように多数の銀河が集っているのが見られる。これは有名なかみのけ座集団である。このような写真は見るだけで、いろいろ空想がわいて見あきないものであるが、天文学の問題として取上げるとすれば、つぎのことが必要になる。

一つは個々の集団について、できるだけ詳しく調べることであり、もう一つは、似たような集団の例をできるだけ多数あつめることである。この後者の仕事には、視野の狭い大望遠鏡よりも、広視野を売物にするシュミット・カメラが適している。系統的に銀河集団を見つけることは、第二次大戦前アメリカのウィルソン山の 18 インチのシュミット・カメラを用いて 1936 年以降主にツビッキーによって行われた。戦後は 1949 年からパロマ山の 48 インチのシュミット・カメラで、北天全体を約  $6^\circ \times 6^\circ$  ごとに区切って写真がとられ、いわゆるパロマ掃天写真が作られた。これを基にして銀河集団のカタログが二通り作られた。一つはエイベルによるもので、距離 1200 Mpc 以内の集団 2712 個がのせられている (1958 年)。そのなかの一例としてカタログ No. 2255 を図 1 に示す。写真では星と銀河の区別がつき難いが、主な銀河には番号がつけてある。この集団までの距離は 480 Mpc である。

一方ツビッキーら 4 人は、15.7 等級以上の銀河 31,350 個と、銀河数 50 個以上の集団の 9,700 個のカタログを作った。これらのカタログについては、天文月報 1975 年 8 月号の高瀬文志郎氏の

記事を参照されたい。

さてこのような銀河集団についての基本的な問題は、三つに分けられる。

(1) それぞれの銀河集団の現在の構造、形成と進化を、物理学の法則によって説明することである。現在最も問題になっているのは、「かくされた質量」のなぞである。それは、銀河が集団を作ってから長い年月の間、分散してこわれたりしないのは、力学的に考えて、相互に運動している銀河を、相互間に働く重力が、離れぬようおさえているからである。このときは、銀河の相互の運動のエネルギーは、銀河の集りがもつポテンシャル・エネルギーの絶対値の半分である。銀河の質量は、直接測れないときは、その光度から見当がつけられ、その運動は赤方偏移から推定され、上記の二つのエネルギーをそれぞれ推定することができる。結果はどの集団についても運動エネルギーがポテンシャル・エネルギーの絶対値よりも数倍から 100 倍位大きい。これでは銀河集団のなかの銀河は飛び散ってしまう。そうならないためには、個々の銀河のまわりか、あるいは銀河間に質量がかくされている筈である。これが「かくされた質量」のなぞで、世界中の天文学者がいっしょうけんめい解こうとしているが、いまだにはっきりしない。

(2) 宇宙のなかでどれだけの銀河が集団を作っている

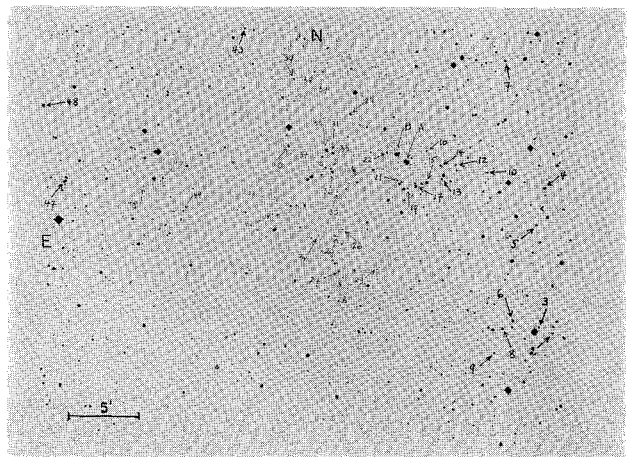


図 1 エイベルの No. 2255, これの出す電波は図 8 にある (ツビッキー)。

\* 立教大学理学部, K. Aizu:  
Extended Radio Sources in Clusters of Galaxies

るか。これは殆んどすべての銀河が集団に属しているという意見から、集団は例外的で、殆んどは統計的にあるきまった法則に従って分布をしているという意見までであるが、多くの人はその中間と考えているようである。

(3) 銀河集団は宇宙全体を構成するものなかでは一番大きな単位であり、宇宙全体のことをさぐるのに有用な試験体である。われわれから非常に遠方にある天体の赤方偏移と距離との関係についてのハッブルの法則がどこまで成りたつかを調べるのに、銀河集団が役立つのはそのよい例である。詳しくは天文月報 1973 年 10 月号の高瀬氏の記事を見られたい。

このように銀河集団を調べることは現代天文学のなかで重要な意味をもっている。一方観測の方からは、今までは主として光の波長域でとった写真が主な研究材料であった。しかし電磁波の他の波長域である電波やX線、あるいは赤外線での観測も重要である。それは光での観測が主として集団中の銀河のなかの星を見ているのに対して、電波やX線は銀河のなかや、銀河間にある気体を見ていることになるからである。そして集団のなかでの気体は、集団の構造や形成を明かにするのに役立つと考えられる。電波やX線による観測はここ数年の間に大きく進歩したが、ここでは主に電波による観測と、それについての一つの分析をかくことにする。

## 2. 銀河集団からの電波

電波天文学の発達の初めのころ、つよい電波源のなかで、M 87 (=NGC 4486) とか、NGC 1275 のように銀河集団に属するものが少なくないらしいということで、銀河集団が注目された。その後電波による掃天が行われ、つよい電波源のカタログが作られるたびに、銀河集団に属するものがあるかどうか調べられ、数 10 個の例が見つかったが、詳しい性質はよくわからなかった。

銀河集団からの電波を詳しく系統的に調べるには、やはり電波望遠鏡をわざわざ集団の方向に向けて、その近くをていねいに観測する必要がある。こうした仕事は 1966 年頃から、カリフォルニア工大のグループと、オーストラリアの望遠鏡を用いたソ連のグループによって行われた。そして銀河集団のなかでも、つぎのような意味で活動的な銀河を含む集団は電波がつよいことが分った。活動的な銀河とは普通の銀河に比べてとびぬけて明るく大きい銀河——D 銀河とよばれる——や、中心が極めて明るく、大きな周辺部をもった N 銀河とよばれるものなどである。表 1 に活動的な銀河を含む集団とそうでない集団で、どの位電波が観測され易いかを調べた統計を示す。ただし数値は 1974 年に発表された新しい観測による。

これで見ると銀河集団からの電波といっても、集団の

表 1 電波を出す銀河集団の特徴

	観測された銀河集団の数(A)	電波が見出された集団の数(B)	割合 B/A
活動的な銀河を含む集団	82	59	72%
そうでない集団	273	36	13

なかの特定の銀河がつよい電波を出している、集団の他のところからはあまり電波が出ていないという可能性がつよい。そこで

## 3. 銀河集団のどこから電波がくるか？

を調べなくてはならない。そのためには、電波望遠鏡の分解能をあげて、われわれに近い典型的な銀河集団を詳しく観測する必要がある。それはペルセウス座集団とかみのけ座集団について行われているので、それを紹介しよう。

ペルセウス座集団は、その中心の銀河 NGC 1275 (光では 13 等) が強い電波源であるとともに、そのまわりに広がった電波源があることは 1960 年頃からわかっていたが、詳しい観測はケンブリッジの「1 マイル望遠鏡」によって 1968 年にライルとウインドラムにより行われた。この望遠鏡は直径 17 m のおわん型の反射鏡 3 個を 1.6 km の基線におき、3 つの電波を合成する干渉計で、星の大きさなどを測ったマイケルソン干渉計と同じ理屈によるものである。これを用いて周波数 408 MHz で、15' の角度の分解能で観測した結果を図 2 に示す。図には広がった電波だけの強さが等高線で示してあ

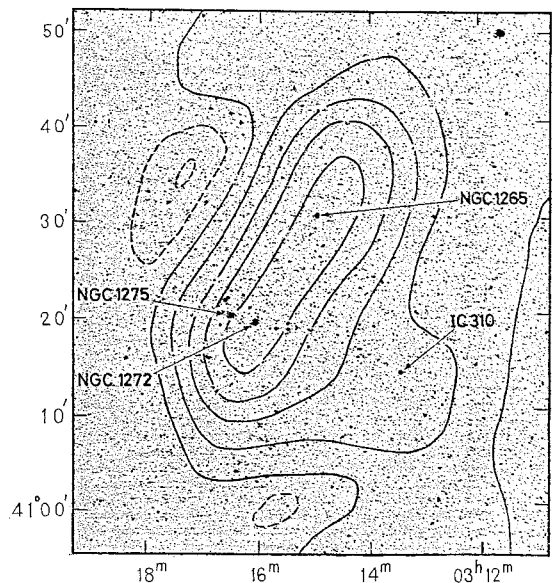


図 2 ペルセウス座集団の銀河と広がった電波の等高線, ライルら (1968, MN) による。

り、NGC 1275, 1265 と IC 310 にある強いが、小さい電波源は除いてある。NGC 1275 と 1265 を結ぶようにして電波が広がっていて、その見かけの大きさは  $50' \times 20'$  あり、ペルセウス集団までの距離を 96 Mpc とすれば、その実際の大きさは Mpc 単位で  $1.4 \times 0.6$  という大きなものである。電波のつよさは、NGC 1275 のやく 40% である。図 2 にはパロマの掃天写真が同時に示してあるが、NGC 1275 から IC 310 まで直線状に銀河が並んでいるのが大へん印象的である。その理由は現在まだわからない。

つぎにかみのけ座集団からの電波を分解してみることは、まず 1959 年に当時世界最大を誇ったジョドレル・バンク（イギリス）の 250 フィートの大望遠鏡を用いてレーザーによって行われた。その結果を図 3 に示す。観

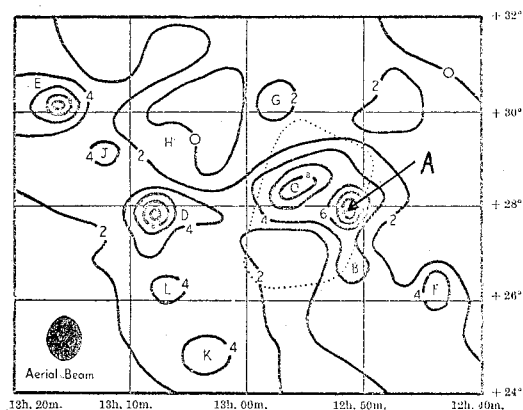


図 3 かみのけ座集団の電波の強さの等高線、分解能は  $40' \times 56'$ 、レーザー（1959、ネーチュア）による。

測した周波数は 408 MHz で、角度の分解能は図の左下に示してあるように  $40' \times 56'$  である。実線が電波の強さの等高線で、数字はその強さを表わす。山の頂上に相当するところには A, B, C……の印がつけてある。点線で囲んだところは光で見たとときの銀河集団のおおよその輪郭で、もし周辺部も含めれば、その大きさは  $4^\circ$  にもおおよぶ。電波源 A はこの集団よりも 4 倍も遠方にある電波銀河 (15.5 等) によるもので、この集団とは無関係である。B はそれに対応する銀河が見つからない。極めて遠方の準星によるのかも知れない。C の近くには明るい銀河がいくつもあり、電波がそのどれから来ているのか分らないので、もっと分解能をあげて見なければならぬ。

ウィルソンは「1マイル望遠鏡」を用い、周波数 408 MHz で、分解能  $80'' \times 170''$  で、かみのけ座の大きさ  $4^\circ$  の範囲を調べた。その結果を図 4 に示す。個々の独立源は四角で示され、その大きさは電波のつよさに比例

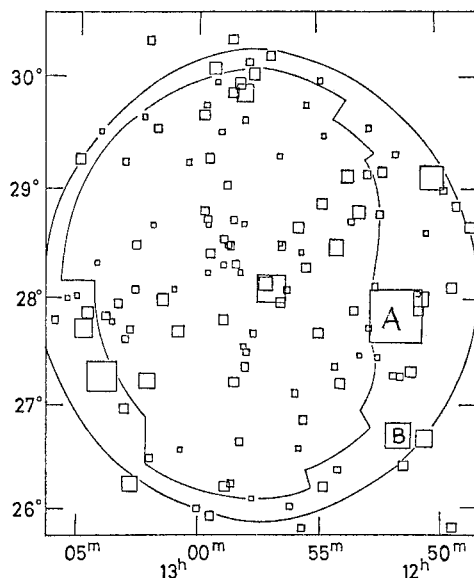


図 4 かみのけ座集団の電波源の分布。四角の大きさはその強さに比例する。分解能は  $80'' \times 170''$ 。ウィルソン (1970, MN) による。

する。約 200 個の独立した電波源が見えるわけであるが、その大部分は A のように遠方の電波銀河や準星からのものである。事実 200 個のうち光学的に素性がわかっているのが半数で、そのうちかみのけ座集団に属している銀河と同定されているのは 13 個にすぎない。一方銀河集団などが無いと思われる方向に、同じ電波望遠鏡を向けて同じような範囲を同じように観測すると、同じような明るさの電波源が同じような数だけ見つかるので、かみのけ座集団のものがわずかしかないと確かであると思われる。

ところで分解能をあげると、細かい構造までよく見えるようになるが、失われる部分が出てくる。それは干渉計で観測するとき、分解能を示す角度は基線の長さに逆比例する。基線の長さは、装置の都合である下限より短くできない（おわんを二つ重ねるわけにゆかない）ので、その下限に相当する角度よりも大きいスケールで変化する電波の成分は干渉で消されてしまっ、観測にかからない。このような広がった成分があるかどうかは、分解能のよい干渉計で観測した結果を、わざと悪い分解能で観測したものと比べて見れば分る。ウィルソンの観測の基線の最小長は 60 m なので、 $40'$  位の大きさの構造は観測されない。図 5 は図 4 を  $30'$  の分解能で人工的にならした結果である。図 3 と比べて見ると A, B, C, D, G に相当するものが見られる。電波のつよさを比べて見ると、図 3 の C は、人工的に合成された図 5 の C よりも 5 Jy ( $1 \text{ Jy} = 1 \text{ Wm}^{-2}\text{Hz}^{-1}$ ) ぐらいつよい、これは上への

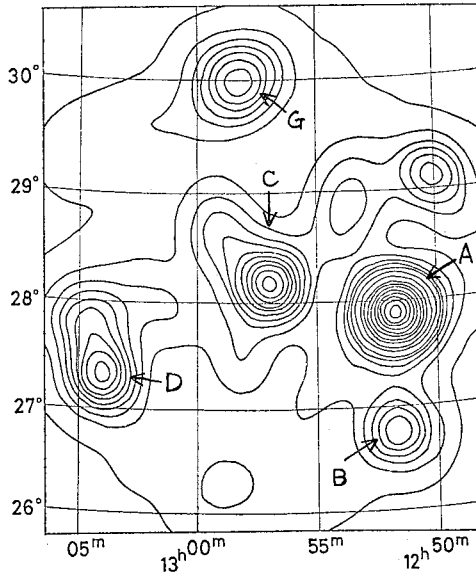


図5 図4を $30''$ の分解能でならしたもの、図4のA, B, C, D, Gに対応するものが見える。ウィルソン(前出)による。

べたようなものであるとすれば、図3のCは広がり $40''$ の大きさを持った電波源があることになる。かみのけ座集団の距離を140 Mpc とすると、これは1.6 Mpcの大きな電波源である。

図5のCのなかには、独立の強い電波源がある。このうちの強い二つは、光で明るい銀河 NGC 4874 と 4869 (それぞれ 13.7 と 14.9 等) から出ていることは、図6から分る。これはこの近くを1.4 GHzで、分解能 $23'' \times 49''$ で観測したものである。

このように銀河集団の方向からの電波といっても、集団中の活動的な銀河からの電波、大きく広がった領域からの電波、それからもっと遠方にある準星や電波銀河からの電波などがある。これから以下問題にするのは、広がった電波源で、それは1でのべた銀河集団についての

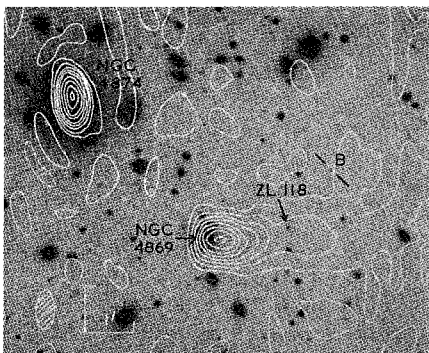


図6 かみのけ座集団中心部の巨大銀河 NGC 4874 と活動的な銀河 NGC 4869 からの電波。ウィルソン(前出)による。

基本的な問題とのかかわりが深い。

#### 4. 広がった電波源

まず問題になるのは、この電波の放射は何によるかということである。電波天文学の教えるところによれば、電波強度のスペクトルの形、すなわち周波数にどう依存するかによって、それが推定できる。ペルセウス座集団も、かみのけ座集団も、スペクトルは $\nu^{-\alpha}$  ( $\alpha > 0$  はある定数で、二つの集団ではそれぞれ0.7と1.2)の形である。

このようなスペクトルの電波は磁気制動放射(シンクロトロン放射ともいう)によるものと判断される。すなわち高速電子が磁場のなかで、らせん運動をするときに出す電波である。その理論によれば広がった電波源の磁場のつよさは $10^{-7}$  ガウスで、われわれの銀河系の星間空間のそれより1桁小さい。電子のエネルギーは1 Gevの程度である。高速電子のエネルギー損失には、いわゆる $3^\circ\text{K}$ の宇宙黒体放射の光子との衝突が一番きいて、高速電子は $10^9$ 年でエネルギーを失う。

つぎの問題はこの磁場と高速電子の起源である。磁場はおそらく、集団の形成以前から宇宙に存在していたものが、集団形成のときに取りこまれたものと考えられる。高速電子は、おそらく活動的な銀河の爆発によって放出されたものと考えられる。今までも、電波銀河のなかには大きく広がったものがあり、中央の活動的な銀河の爆発によるものとされてきたものが少くないが、その大きさは、大きくても400 kpcまでであった。ところが1974年にオランダのウェスターボルグの干渉計(直径25 mのおわん型反射鏡を12個、1.6 kmの基線上に並べたもの)が、巨大な電波銀河を二つ(それぞれ5.7 Mpcと2 Mpcの大きさ)を発見した。後者を図7に示す。これは電波の等高線を写真の明暗の強度に直し

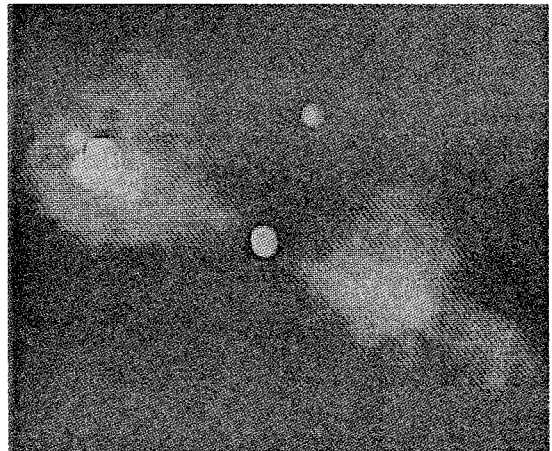


図7 巨大電波源 DA 240 の電波強度を写真に直したもの。大きさ2 Mpc。ストロームら、(1974, ネーチュア)による。

たものである。このような巨大な電波源があるとすれば、銀河集団中の広がった電波源の大きさは 1 Mpc ぐらいであるから、あって当たり前ということになる。

そこでこれが銀河の爆発によって放出された気体（そのなかには高速電子をふくんでいる）の膨張によるものであるとすれば、膨張の証拠がほしくなる。1 Mpc は光速で走っても 300 万年かかるので、気体のうごきを直接見ることは勿論できない。このようなとき役立つ方法は同じような例を多数集めて、そのなかで年令の若いものから年とったのまでを並べてみることである。天文学では星の進化の議論にはこの方法が用いられて成功を収めているので、多くの読者にはおなじみの方法であろう。これを広がった電波源の研究に応用するためには、たった 2 つでなく多数の例が必要である。

### 5. 多数の広がった電波源

多数の銀河集団からの電波の観測は、2 でのべたように 1966 年から始まったが、そのうちの広がった電波源を見つけるには大きさを測定しなければならぬ。2 でのべたカリフォルニア工大のグループの観測は干渉計を用いたため、10' 以上の広がった構造をもつものは観測にかからない。

つぎにオーエンはアメリカ国立電波天文台の 90 m の望遠鏡を用いて、1.4 GHz の周波数で、エイベルのカタログのうち、われわれに近いもの約 600 個の観測をして、259 個の独立の電波源を見出した。この観測の分解能は 10' であるが、各電波源の大きさは 5' きざみで与えられており、また 20 個の電波源には簡単な等高線図が与えられているので、広がった電波源を見出すのに役立つ。この観測では距離 400 Mpc 台のものが最も多く、この距離では見掛けの大きさ 5' は 600 kpc にあたる。したがってわれわれは、大きさ 5' 以上、かつ実際の大きさ 400 kpc 以上の電波源 40 個を一応広がったものとして選び出した。しかしこの観測は分解能がそれほどよくないので、下記のような原因で見掛けの上で広がっている可能性がある。

(1) 集団内の強い電波源や、背後の準星、電波銀河の二つ以上がたまたま近い方向にあって、一つの広がった電波源として見える場合。

(2) 集団中の普通銀河が一つの場所に集中していて、その合計が観測されている場合。

まず (1) の可能性のうち、同じ集団内の強い電波源が近くに集まって大きく見える場合を問題にしよう。このときはよりよい分解能の望遠鏡では、分れて見えるはずである。オーエンの観測した例のうち、「1 マイル望遠鏡でも観測され、分解されたのが 3 例ある (スリンゴ 1974, ライレイ 1975)。

表 2 二つの観測の比較

名 称	オーエンの観測		1 マイル望遠鏡の観測		
	電波強度 (Jy)	大きさ	電波源の数	電波強度の和	間隔
エイベルの カタログ No.					
568	0.71	15' × 10'	2	0.59	11'
2255	0.96	10' × 5'	4	<0.56	16':2
2634 の NGC 7728 の近く	1.36	10' × 15'	2	0.46	13':5

これを表 2 に示す。エイベルの 2255 の場合を図 8 に示す。点線はオーエンの観測である。表 2 の第 2 行と第 4 行を比べてみると、広がった電波源はエイベルの 2634 と、おそらく 2255 にもあるが、568 にはなさそうだと思う。これだけでは例数が少ないので、はっきりしたことはいえないが、上記の 40 例のうち、強い電波源に分解されるのは半数以下であろう。

(1) のもう一つの可能性は、より遠方の準星や電波銀河が、たまたま近い方向に揃って広がった電波源に見える場合で、図 3, 5 の G はそのようなものである。しかしこのようなことがおこる確率をこの場合に計算してみると、10% 以下なので、われわれの概算的な議論では無視してよいであろう。

つぎに (2) の可能性を調べるには、電波を出している領域にある普通銀河の数  $N_g$  を求めて、広がった領域からの電波の明るさ  $L$  (出力) を割り、普通銀河 1 個が出している筈である明るさ  $L/N_g$  と、実際に普通銀河を観測したときにえられる平均の明るさ  $L_g$  とを比べればよい。 $N_g$  はパロマの掃天写真で数えればよい。実際には星と銀河の区別がつけられるのは、15~16 等あた

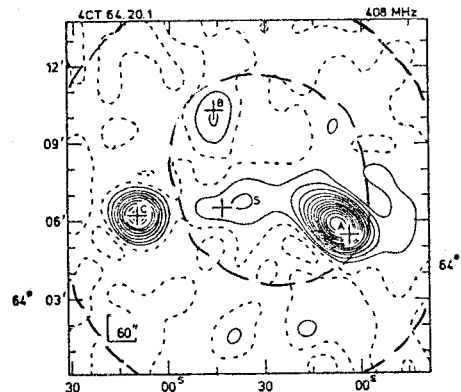


図 8 エイベルの No. 2255 の電波の等高線。分解能は 80'' × 90'' スリンゴ (1974, MN) による。点線はオーエンの分解能 10' の観測 (1974, AJ) による。図 1 と比べて A=17, B=24, C, S に対応する銀河には番号がっていない。

り、大きさが 5" 位までで、それより暗いものは数えられない。一方エイベルのカタログには、集団中の銀河の数の目安が与えてあるので、それを用いて  $N_g$  の見当をつけることができる。この二つの方法で出した  $N_g$  のうち大きい方を用いた結果を度数分布図にしたのが図 9 である。 $L/N_g$  の平均値は  $1 \times 10^{31}$  erg/sec Hz で、40 個のうち 24 個は、この 1/2 から 2 倍の間に集中している。一方普通の銀河の電波の明るさの平均は、 $L_g \sim 1.6 \times 10^{30}$  erg/sec Hz で、さきの値の 1/6 である。したがって広がった電波を、普通銀河の集りとして説明することは、一般に困難である。

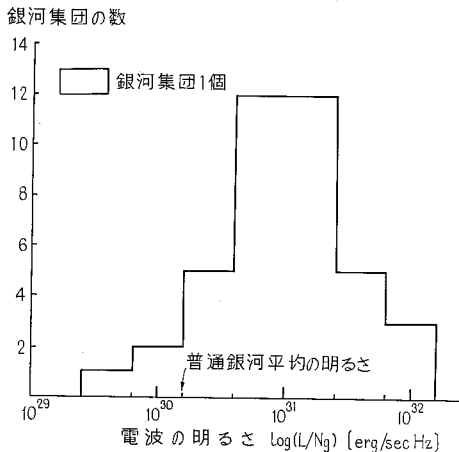


図 9 普通銀河 1 個が出すべき電波の明るさ  $L/N_g$  の度数分布図。

こうして広がった電波源の例 40 個のうち、見掛けの上で広がっているものの数はおそらく半数以下である。われわれはこの 40 例を用いて、本題である広がった電波源の進化の問題に入ろう。

## 6. 広がった電波源の進化

前節で星の進化の研究には、多数の星を年令順に並べてみるのが有効であると書いたが、それを実際に図で示したのが有名なヘルツシュェプルング・ラッセル図 (略して HR 図) である。たて軸に星の明るさ (光度) を、よこ軸の星の表面の温度または表面放射率をとると、いわゆる主系列の星は右下から左上にならび、星の進化はその方向に進む。これを電波の場合に応用したらどうなるか、これは最初シクロフスキー (ソ連) やヒューゼン (アメリカ) によって取上げられ、日本のわれわれのグループ、武谷、長谷川 (博一)、藤本 (陽一)、河鱈、田原、筆者や小暮、大谷によって発展させられた。とくにわれわれのグループはこの方法を、準星、電波銀河、普通銀河、超新星やパルサーなどに応用して一定の成果をあげることができた。この方法を銀河集団の広がった電波に

応用すれば、この電波源の進化についての知識がえられる筈である。

電波の場合には HR 図のたて軸に電波の明るさ (出力)  $L$  をとり、よこ軸に体積放射率  $L/V$  をとる。 $V$  は電波が出ている領域の体積である。星の場合は光が星の表面から出るので、よこ軸に表面放射率をとったのに対して、電波の場合は、体積  $V$  のなかで放出された電波は吸収されることなくそのまま出てくるので、電波的活動のつよさは  $L/V$  でよく表わされると考えられる。こうして作られた  $L-L/V$  の関係図を図 10 に示す。電波の出力  $L$  は周波数 1.4 GHz での値である。広がった

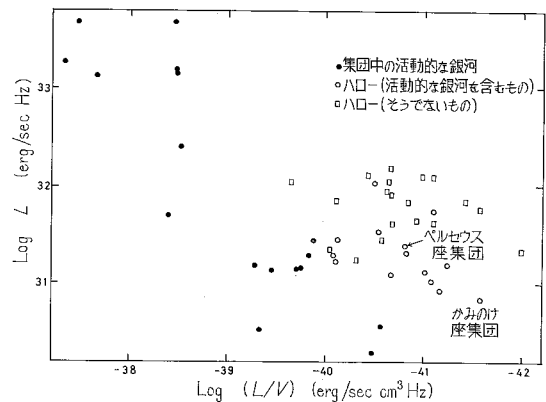


図 10 銀河集団内の電波源の電波の明るさ  $L$  と、体積放射率  $L/V$  の関係図。

電波源 (ハローともいう) は白丸または白四角で示してある。これだけではバラツキが大きくて、一定の傾向がよみとり難いが、理論的にどんな傾向が期待できるか考えてみよう。4 でのべたように電波は磁場中の高速電子から出されると考えると、この高速電子の集りは、一般には広がって膨張する。活動的な銀河の爆発によって、高速電子の集りが広い銀河間空間にひとたび出されてしまえば、もとの銀河の重力はきかなくなって膨張し、 $V$  は増加する。一方電波の明るさ  $L$  も、もし中心からのエネルギーの補給の割合が爆発以後増えることがなければ、時間と共に減少し、したがって単位体積あたりの放射率  $L/V$  も減少する。したがって図 10 で広がった電波源は左上から右下に進化することになる。(星の場合は重力で閉じこめられ、中心に核反応という強力なエネルギー源があって逆方向に進化することが可能である。) そう思って図 10 を見れば、その傾向が見える。しかし図からわかるように  $L$  はやっと 1 桁半、 $L/V$  は 2 桁半の範囲でしか、変化していない。もっと広い範囲にわたって変化すれば、進化の様子が分るはずである。

そこで銀河集団のなかの電波源で、大きさが観測され

ていて、それが 400 kpc 以下のものを、いろいろのカタログから集めて来て、図 10 に黒丸でプロットしてみる。これらは広がった電波源の進化の前の段階にあるものと考えられ、図 10 では白丸などの左上にきている。この両者をいっしょにみれば、高速電子の集りの膨張による進化がはっきり見てとれる。こうして銀河集団のなかで 1 Mpc にわたって広がっている電波源は、活動的な銀河の爆発の結果と考えてよかろう。4 でのべた磁気制動放射のモデルでエネルギーを推定すれば、広がった電波源は、やく  $10^{60}$  erg のエネルギーをもつことになるが、

銀河の爆発でそのくらいのエネルギーを出すのは容易である。こうした高速電子の集りの膨張のしかたは、詳しくは、銀河集団のなかの物質分布に関係する、例えばどこまで膨張できるかなど。また爆発のときは、高速電子の集りとともに、高温のプラズマが放出されたり、衝撃波が出たりする。これらのことを定量的に取扱うのはこれからの課題である。またこのときに X 線が出る可能性があり、それが銀河集団の中心近くの広がった領域で観測される X 線と、どう関係するかも、将来の問題である。

## 月・惑星シンポジウム

高 柳 和 夫\*

東京大学の宇宙航空研究所では、ほかの共同利用研究所と同じように、毎年いくつかのシンポジウムを主催しています。その一つに月・惑星シンポジウムがあります。この月報でも開催のお知らせを掲載しています。しかし、どんな会合であるかまだ御存知ない方も多いと思います。それで編集担当の方から何か書くようにという御依頼を受けました。思いつくままを並べた雑文で恐縮ですが紙面をふさがせて頂きます。私自身はこの分野の専門家ではありませんので、発表論文の学問的評価などは到底できません。したがって表面的な記事になることをお許し下さい。

このシンポジウムははじめて宇宙航空研で開かれたのは 1968 年 10 月ですが、これより前にこれと密接な関係をもつ基礎物理学研究所の研究会が 3 回開かれています。すなわち、太陽系の誕生から現在までを一貫した過程として捉えようという考えから、惑星の内部構造にかなりの重点をおいた研究会が 1966 年 1 月、1967 年 3 月、1968 年 3 月に基研で行なわれています。このうち 3 回目のものは宇宙研と共同主催です。宇宙研の単独主催になってから出席者の顔ぶれ、会の運営、主なテーマなども若干変わってきましたが、それなりに定着して今日に至っています。運営については宇宙研の一般的なきまりに従っているわけですが、予めきちんとしたプログラムを編成し印刷するなどの点で基研のときのように自由討論を重視した柔軟なプログラムとは対比的で、いく分堅苦しい感じになっているのは否めません。テーマにつ

いては広く門戸を開いているつもりですが、そのときどきで主題を掲げ、それに添った講演討論を中心にすることもあります。とくに、宇宙研が飛しょう体による宇宙観測を大きな任務としている共同利用研であるところから、飛しょう体観測につながるような話を歓迎することは言うまでもありません。しかし、飛しょう体観測といっても結局は地上観測、室内実験、理論研究などの幅広い基礎研究に支えられてはじめて意味をもってくるものですから、シンポジウムでは月・惑星研究に関係のあるどんな話がとび出してきてもよいと考えています。

第 1 回シンポジウムが開かれた 1968 年は Mariner IV, V や Venera IV などの観測をもとに火星・金星の大気モデルの研究がはじまった頃でした。第 2 回のときは Mariner VI, VII, Venera V, VI のデータが話題になり、また月のマスコンの話や、アポロ 11, 12 号のもち帰った月の岩石の性質についての速報が聞かれました。月の石の物理的・化学的・研究には日本の科学者も参加しておられるのでその後もそれに関する速報があり、また COSPAR などの国際会議で入手された海外情報が報告され、数年間にわたってシンポジウムの中心的話題の一つとなりました。また昨年の第 7 回はコホーテグ彗星を主テーマの一つとし多数の関連する観測・研究が報告されました。同じ第 7 回で生命の起源・進化についてその方面の代表的な研究者数名のお話を聞かせて頂いています。

日本のロケットや衛星などの飛しょう体を月・惑星研究に用いる計画については、第 4 回、第 5 回に宇宙学者から具体的なミッションの可能性についての検討を話

\* 東京大学宇宙航空研究所, K. Takayanagi:  
Symposium on the Moon and Planets.