

## 銀河系外星雲

高瀬文志郎\*

## 1. 銀河系外星雲

最近では銀河と呼ばれることの方が多いが、理科年表では昔ながらの習慣で、銀河系外星雲という名が使われている。天 66 の表には局部星雲群のおもなものと、それ以外の星雲中、みかけの等級の明るいもの、各々十数個ずつが掲載されている。

昭和 52 年版までは de Vaucouleurs の Reference Catalogue of Bright Galaxies (略称 BGC, 1964) と Allen の Astrophysical Quantities (1973) の数値をもとに作表されていたが、最近 BGC の改訂版 (略称 RC2, 1976) が出たので、昭和 53 年度版からは、それに従って、収載星雲や数値も少し変る。ここではその両方について注釈を試みよう。

## a) 型

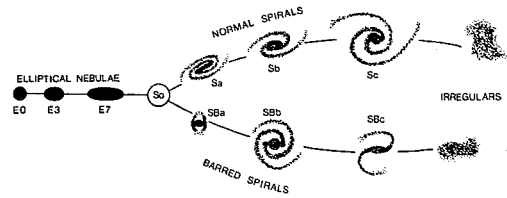
BGC の方には、歴史の古い Hubble-Sandage 分類と、de Vaucouleurs の改訂分類の両方が掲載されていた。前者の方が単純明快で、一般的にはよく用いられるので、理科年表でもそれを採用していたが、RC2 ではこれが姿を消したので、53 年度版からは、RC2 に載っている改訂分類の方を探ることになった。

両分類とも、音叉型をしたハッブル系列図に基くものである点では変りがない。Hubble-Sandage の分類では、音叉の両分枝の先端が c どりまりで、その先に不規則型 Ir が続いていたが、de Vaucouleurs はその Ir の一部を渦巻型系列に組入れて、c の先に d, m をつけ加えた。m というのはマゼラン雲型 (Magellanic type) の略である。大小両マゼラン雲の型は Hubble-Sandage では Ir であるが、de Vaucouleurs ではどちらも SBm となっている。

なお van den Bergh は 1976 年、レンズ型 S<sub>0</sub> を、音叉の分岐点から分枝の一本におきかえて、三叉の矛盾の分類を提案した。なお星雲の分類には、上記のような型態分類のほかに、明るさによる光度分類や、スペクトル型に基く分光分類などもあることを付記しておこう。

## b) 写真等級

写真でとったときのみかけの明るさ——正確にはその波長域に近い青色波長帯 (有効波長 0.44 μm, 半値幅 0.073 μm) で観測したときの B 等級——である。BGC では、単にこの波長帯で観測した光電測光値、または写



ハッブルの星雲系列図を不規則型まで延長したもの

真像の積分等級という表現でしかなかったが、RC2 ではもう少し定義を明確化した。すなわちつぎのような定義である。

星雲の写真で表面測光を行い、等光度曲線を書いて、その最外側の曲線の光度を  $I_l$  とする。 $I_l$  の範囲は勿論星雲の物理的限界ではなく、もっと先まで星雲は広がっていて、その限界は原理的には  $I=0$  のレベルに相当する。そこで全等級を求めるには、そこまで光度値を積分しなければならない。de Vaucouleurs 一派は、便法として、 $I_l$  より外の分としては、適当な方式による外挿値をとり、これを  $I_l$  までの積分光度に足したものを以て、全光度の代用とし、これを B 等級で表わした値  $B_T$  を、RC2 に掲載しているのである。

ところで詳しい写真測光から  $B_T$  が得られている星雲は 118 個で、de Vaucouleurs 達は、この 118 個のデータをもとに、各分類型別に標準光度曲線というのを作った。約 1200 個の星雲については、写真測光はないが、複数のダイアフラムを使った光電測光データがある。これらに対しては、上記の標準光度曲線をあてはめて、間接的な方法で  $B_T$  を求めているが、当然精度は落ちる。そもそも写真測光のある星雲にしても、 $I_l$  は望遠鏡や空の背光値が違えば同一ではない。したがって上に積分した光度といっても、一意的な定義とはいえない。このように、 $B_T$  の決定はまだ完全とはいえないのである。

## c) 色指数

昭和 53 年版からはこの値も掲載される。上に述べた B 等級と、実視 (visual) 等級と呼ばれる V 等級 (有効波長 0.55 μm, 半値幅 0.084 μm の帯域で観測した明るさ) の差  $B-V$  の値である。

掲載値はみかけの色指数であるが、一般に星雲の色指数は、つぎのような諸要因で、本来の値より大きく (赤く) なる。第一はわが銀河系内の星間物質による色超過で、これは銀緯 β の小さい銀河ほど大きい。第二は楕円型以外の星雲に見られる、星雲自身の中の星間物質によ

\* 東京天文台 B. Takase: Extragalactic Nebulae

る色超過である。これは形の長短径比  $b/a$  が小さいものほど、すなわち星雲赤道面と視線のなす角が小さいものほど大きい。第三は赤方偏移  $z$  の影響で、 $z$  の大きいものほどよけい赤くなる。

このような諸影響を、各星雲の  $\beta, b/a, z$  の値を使って補正し、星雲本来の色指数を求めて比べてみると、その値は星雲の形態型とよい相関があり、ハッブル系列で左にあるものほど大きく（赤く）、右のものほど小さい（青い）ことがわかる。

#### d) 視直径

52年版までは、星雲主体の大きさという表現の値であったが、53年版からは RC2 に従って、つぎのような定義による直径値を採用した。すなわち、表面等級が  $25^m/\square'$ （一平方秒あたり 25 等）の等光度曲線を描いて、これを楕円で近似し、その長短径の値をとるのである。

しかし実際に  $25^m/\square'$  までの等光度曲線が測定から得られる標準星雲は 100 個あまりしかない。その他のものについては、いくつかのカタログに出ている星雲の直径値を、 $25^m/\square'$  の直径値にひき直すということをやっている。それには各カタログの星雲中、上記標準星雲と共通のものについて、直径値を比較し、引直し公式の係数を統計的に求めるというやり方を使うのである。

#### e) 距離

星雲の距離の値は、直接的な観測値でなく、それだけに不確定要素が多い。理科年表に掲載したのは Allen の表の値であるが、これは 1970 年代初期の Sandage-Tammann の値その他を採用したものである。たとえば M51, M101 はどちらも 1200 万光年となっている。ところが彼らの 1974-76 年の論文によれば、M51 が 3200 万光年、M101 が 2400 万光年というふうに、大幅な改訂値が与えられている。一方 M31, M33 など局部星雲群のメンバーは Allen の表の値と比べてそう変ってはいないが、それらの距離 2.2 および 2.4 百万光年にしても、最後の桁まではそんなにきちんと決ったものではない。これらはいずれも、約 200 万光年という値の方がむしろ妥当なのである。

一般に、距離が数千万光年以内の桁の星雲では、それらの中に分解して観測される明るい星、または電離水素領域——わが銀河系内や、より近い星雲内の同種天体について、絶対等級、または実直径が既知なもの——を距離指標として利用する。みかけの等級、または視直径の観測値を、絶対等級、実直径と比較して、それらの距離を求めるのである。また渦巻ないし不規則星雲ではその光度階級（渦巻の腕の発達程度で定められる）や、中性水素の 21cm 電波輝線の幅が、それらの絶対等級との間により相関をもつことがわかり、これらも距離の決定に利用されている。

局部星雲群および近距離の M81 星雲群のメンバーなど、約 1000 万光年以内の星雲に対する最もよい距離指標はセファイドである。ところがそれより遠くなると、セファイドは見分けがつきにくく、星雲内の最も明るい星とか最も明るい星団が明るさの距離指標に選ばれる。これらにしても、上記の他の距離指標にしても、セファイドによって得られた近い星雲の距離尺度をもとに決められたより間接的なものであり、尺度のつき足しに伴う精度の低下は免れない。

## 2. 星雲群と星雲団

### a) 視線速度

表の値は、各グループのおもなメンバー数個ないし十数個（ただし乙女座およびかみのけ座星雲団では数十個）について、スペクトル線の偏移から求めた速度の平均値である。一つの星雲グループ内での速度分散は、たとえば M101 星雲群で  $90 \text{ km s}^{-1}$ 、乙女座星雲団で  $600 \text{ km s}^{-1}$ 、かみのけ座星雲団で  $900 \text{ km s}^{-1}$  の程度である。

### b) 星雲数と直径

星雲団中の明るいメンバーは、一般に中心近くに多いので、暗いメンバーまで入れるほど星雲数も直径も大きくなる。また前景背景の非メンバー星雲の区別もむずかしい。Allen の表の値には、何等まで数えたという特記はないが、かなり明るいものだけを数えた値のようである。たとえば、かみのけ座の星雲団は Zwicky の星雲団カタログによれば、15.7 等まで数えた場合、直径  $5.2$ 、星雲数 2150 個となっており、Allen の値とかなり違う。

### c) 距離

星雲群の距離は数千万光年程度であり、1 の e) に述べた説明が適用される。一方星雲団の方は、いわゆるハッブルの速度距離法則（視線速度を  $V$ 、距離を  $r$  とするとき、 $V=Hr$  という比例関係が成立つという法則で、比例定数  $H$  をハッブル定数という）を用い、 $H=60 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  ( $=1840 \text{ km s}^{-1} (\text{億光年})^{-1}$ ) という値をとったときの値である。

ところでこのハッブル定数については、いまだに決定的な値がなく、 $50\sim 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  の範囲の不確定さがある。そこでこの方法で求める距離には、少くとも 2 倍の不確定さは免れない。

$H$  の値を求めるには、赤方偏移から求める速度が星雲のランダムな速度に埋もれることがない程度に速く、一方では 1 の e) に述べた距離指標で距離が得られる程度に近い星雲を調べることが必要で、ふつう乙女座星雲団の中の星雲が利用される。こうして求めた  $H$  の値が 2 倍ほどの不確定さをもつのは、それらの星雲の距離の値が、距離尺度のつきたしによる精度の低下によって、この程度にしかきまらないためにほかならない。