

天体の距離尺度問題の近況

高瀬文志郎*

1. ヒヤデス星団

一昨秋、ホッジとワラストラインが発表した一論文¹⁾は、天文学界に少なからぬショックを与えた。それは、私たちから最も近い散開星団ヒヤデスの距離として、従来採用されていた 40.4 パーセク (=130 光年) を、48.3 パーセクに改訂することを主張するものである。たった 8 パーセクのちがいが、どうしてそんなにショッキングだったのかというと、この 20% 増しの変更が、単にヒヤデスの距離だけにとどまらず、後述のような理由で、じつに宇宙全体のスケールにまで影響してくるからである。では話を、宇宙のスケール決定の一つの基礎になっている、ヒヤデスの距離決定法のことから始めよう。

a) 収束点法による距離決定

よく知られているように、ヒヤデスは典型的な運動星団で、メンバー星は天球面上の一点をさして収束するような固有運動を示し、その視線速度もだいたいひとしい。これはメンバー星が空間内で共通な平行運動（漂流運動）をしていることを示すものである。第 1 図でわかるように、メンバー星の空間速度と視線方向のなす角度は、星と収束点の角距離 λ にひとしい。そしてその収束点はメンバー星の固有運動（の方向）からきめることができる。こうして各星の λ がわかれば、スペクトルから km/s の単位でできる視線速度 v_r を使えば、その空間速度が $v = v_r / \cos \lambda$ の式で計算される。そしてこの v の平均値として、星団の漂流速度 w が求められるわけである。

さてふたたび第 1 図を見ると、星団の星の切線速度 v_t と固有運動 μ は、星の距離を r とするとき、 $v_t = \mu r$ の関係で結ばれることがわかる。ふつう μ は "/年、 r は pc（パーセク）で表わされ、 $v_t = v \sin \lambda$ は km/s で計算できるから、単位を統一すると、 $\kappa = 4.74$ という係数がついて

$$r = v_t / \kappa \mu = v \sin \lambda / \kappa \mu \quad (\text{pc})$$

となる。この式から星団の個々の星の距離が求められるが、多くのメンバー星について統計的に最も確からしい距離を求めるには、観測値 μ_i ($i=1, 2, \dots, n$ はメンバー数) と線型の関係で結ばれる量として $1/r = \pi$ (視差) をとる。また上式の v としてはその平均値 w を使えば

$$\pi_i = \left(\frac{\kappa}{w} \right) \frac{\mu_i}{\sin \lambda_i}$$

となる。これに最小自乗法の原理を適用すれば

$$\bar{\pi} = \left(\frac{\kappa}{w} \right) \frac{\sum \mu_i \sin \lambda_i}{\sum \sin^2 \lambda_i}$$

で計算される $\bar{\pi}$ (いわゆる平均視差) が星団の視差の最も確からしい値として与えられるわけである。ヴァン・ビューレン²⁾はこの方法で、ヒヤデスの距離を求め、40.4 pc ($\bar{\pi}$ にして $0^{\circ}0247$ 、また距離指数にして $m - M = 5 \log r - 5 = 3^{\text{m}}03$) という値を得た。最近ウェイマン達³⁾は新しい μ や v_r の観測資料も加えて再計算をし、ヴァン・ビューレンとよく一致した結果を得ている。

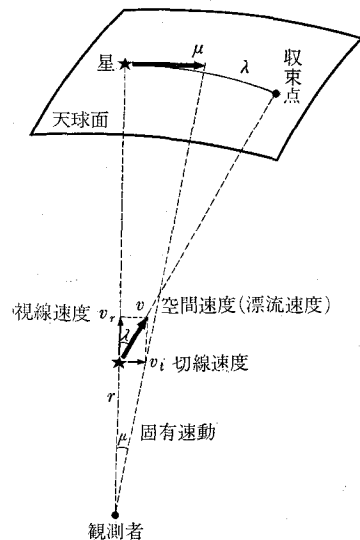
b) ホッジ、ワラストラインの改訂値

はじめに書いたホッジ達の論文は、上の結果に対する批判である。彼等は収束点法以外の、つぎの三つの方法でヒヤデスの平均視差を求め、かなりちがう値を出した。

① まずヒヤデスの中にある 7 組の連星系について、従来の視差の値から求めた質量と絶対等級の間の関係 (いわゆる質量光度関係) が、ふつうの星についてのその関係と少しちがっている。そのちがいをなくするにはヒヤデスの視差を $0^{\circ}0225$ にしなければならない。

② ヒヤデスの星々のうち、ジェンキンスの三角視差表⁴⁾に π の値があるもの 24 個について直接 $\bar{\pi}$ を作ると、 $0^{\circ}0206$ になる。

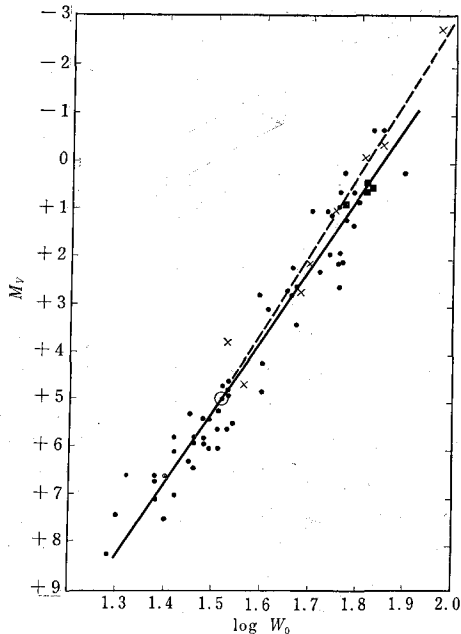
③ 星の距離を知る一方法として、ウィルソン、バツ



第 1 図 運動星団の収束点とその速度成分の関係

* 東京大学理学部

B. Takase: Topics on the distance scale problems of stars and galaxies.



第2図 三角視差の精度のよい星からきめた絶対等級 M_V と、スペクトルのカルシウム輝線幅 W_0 の関係。●印と実線はウィルソン，×印と破線はホッジ達のデータで○印は太陽，■印がヒヤデス。

ブ⁶⁾が始めた W_0-M_V 関係 (W_0 は星のスペクトルのカルシウム輝線の幅， M_V は実視絶対等級) を、精度のよい三角視差をもつ星7個について作ってみると、第2図の破線のようになる。ヒヤデスのメンバーのうち W_0 の測れる4つの巨星について、従来の視差から計算した M_V を図上にプロットすると、この破線から外れたところへ来る。これを破線に乗せようとするれば、ヒヤデスの視差を 0^m0192 としなければならない。

以上の3つの値を平均した $\pi=0^m0207$ をヒヤデスの平均の視差とホッジ達は結論したのである。これを距離になおすと、従来の値よりも20%増しの48.3 pcになり、距離指数では 3^m42 となる。

c) ホッジ、ワラストイン説への反論

彼らのこの説に対しては早速反論が現われた。一つはウィルソン自身の、 W_0-M_V 関係の再検討に基づくものである⁶⁾。第2図にホッジ達のものに合わせて示してあるが、ウィルソンは67個の星についてこの関係を求め直したところ、問題になったヒヤデスの4つの星はまさにその関係(実線上)にあり、従来の距離のままでよいことを確認した。ホッジ達のこの図のためのデータ数が少なすぎるのが結果のちがいを生じた原因らしい。

もう一つは収束点法で解析を試みたウェイマンの論文⁷⁾で、彼は前の自分達の解析を、星団内の回転や膨脹

運動などの効果も考慮して詳細に再検討したが、られこの効果や、メンバー星の固有運動や視線速度のデータの系統的誤差を合わせても、その結果には距離指数にして 0^m06 以上のちがいは出ないという。ホッジ達の結果が 0^m39 ものちがいを出しているのは、むしろ彼らの距離決定法に問題があることが暗示されている。

d) ヒヤデスの距離の重要性

ヒヤデスは銀河系内外の諸天体の距離をきめる基準尺度の一つであり、また星団や宇宙の年令をきめる基礎にもなっていて、その役割は大きい。

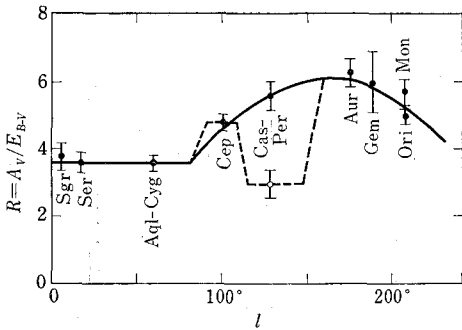
まず一般の散開星団の距離が、ヒヤデスを介して決定されることから話を始めよう。ヒヤデスは距離がわかっているから、そのHR図の縦軸は絶対等級 M で示すことができる。一方距離未知の星団では、それがみかけの等級 m でしか表わせない。ところで散開星団には一般に主系列がはっきり現われ、星団の年令によってその左上部は多少ちがうが、それ以外の部分は共通と考えてよい。そこで距離未知の星団の主系列をヒヤデスの主系列と重ね合わせると、星団の星々のみかけの等級が、絶対等級のどの値に対応するかがわかる。すなわち星団の距離指数 $m-M$ が求められ、したがって星団の距離が計算できるわけである。

さてこのようにして距離のきまった散開星団の中には、セフィイド(ケフェウス型変光星)をふくむものがいくつもあり、それらの変光星の絶対等級が計算できる。セフィイドには、その変光周期 P と絶対等級 M の間に一定の関係があることは前からよく知られていたが、散開星団の中の変光星の P と M の値が、この $P-M$ 関係を確定する基準になっている。

銀河系外の諸銀河中比較的近いものでは、その中にふくまれているセフィイドが分離されて見え、そのみかけの等級 m と周期 P が測定される。これを上のようにしてきめた $P-M$ 関係にあてはめれば、その銀河の距離指数 $m-M$ が決定できるので、セフィイドは銀河の距離の最もよい指標として重要視されているのである。

もっと遠い銀河の距離をきめるには、後の節でも述べるように、銀河のスペクトルの赤方変位と距離との比例関係を示すハッブルの法則を使うのであるが、その比例常数であるハッブル常数をきめるもとになっているのは、セフィイド法でわかった近い諸銀河の距離、とくにアンドロメダ銀河の距離である。

そこでもしヒヤデスの距離としてホッジ達のいうように20%増しの値が正しいのならば、諸散開星団、諸銀河の距離もすべて20%だけ増さなければならない。したがって宇宙のスケールも、また宇宙の年令も20%増しとなる。(ハッブル常数は20%減となり、宇宙の年令はそれに逆比例するから)。



第3図 R の値の銀経による変化(ジョンソン).
文字は、各点の値の得られた星座域を示す。破線は Cas-Per 領域の R を 3.0 としたときの関係。

年齢といえば、ヒヤデスの距離が増すと、諸散開星団の年齢は減少する。なぜならば、HR 図の主系列の絶対等級が明るい方へ移り、年齢判定に使われる各星団の主系列の転回点の等級が明るくなるからである。ヒヤデスの距離決定の影響はこのようにじつに大きいのである。

2. 星間吸収

前節で、一般の散開星団の距離は、その主系列をヒヤデスの主系列に重ね合わせて、距離指数 $m-M$ を求めた上できめることを述べた。しかしみかけの等級 m の決定にも、一つ厄介な問題がからんでくる。それは、私たちと星団の星との間にある星間物質の吸収によって、 m が本当の値より暗くなっていることで、その量をきめない限り、正しい距離が求められないという事実である。ヒヤデス自身は非常に近いので星間吸収の影響はほとんどないが、少し遠い星団になると吸収の効果は決して小さくない。

ふつうこの吸収量 A をきめるには、星団内の星の色超過(実色指数とみかけの色指数の差) E を測り、 A と E の比例関係を使って A を求めている。たとえば E として色指数 $B-V$ に対する色超過 E_{B-V} を、 A として V に対する吸収量 A_V をとり、その比 A_V/E_{B-V} を R とすると、 R は大体 3 に近い値になることが統計的に知られているので、従来はこの値が A_V の決定に使われてきた。なお色超過 E_{B-V} は、二つの色指数 $B-V$ と $U-B$ の関係を示す、いわゆる“三色測光の二色図”上の、各色の星々の本来の位置からのずれをしらべて求められるのである。

吸収を補正した星の距離指数は $m-A-M$ となる。

a) ジョンソンの R の値

ジョンソン⁹⁾は最近この R の値についてつぎのような改正を主張し、注目をひいている。それは彼が始めた多色測光を銀河面ぞいのいくつかの領域について行った

結果をもとにした議論であるが、 R の値は一般に 3 より大きく、とくに $90^\circ < l < 240^\circ$ (l は銀経) の範囲では第 3 図に示されるように、最大 6.3 にも達する大きな値であるというのである。

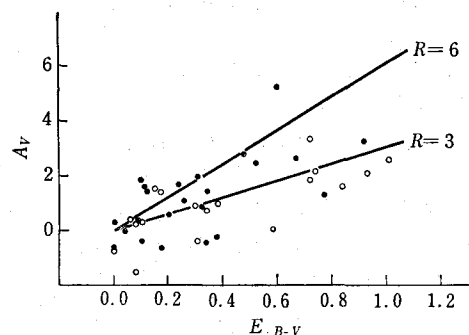
ジョンソンは 100 個あまりの散開星団についての測光値をもとに、前には $R=3.0$ として計算したそれらの距離⁹⁾ を、新しくきめた R の値を使って再計算した。 R が大きくなると A も大きくなるので、 $m-A-M$ は小さくなり、したがって距離は近く出るわけである。

しかし、 R の値が銀経とともに変化するのはよいとしても、第 3 図のような形の変化はどうも不自然すぎるように思われる。 R のちがいは星間物質の量ではなくて質のちがいを意味するが、 $90^\circ < l < 240^\circ$ すなわち太陽からみて銀河系の反中心方向と、残りの中心方向で(すなわち太陽より外側と内側で)、そんなちがいがあるといのはおかしい。今後の検討が望まれる。

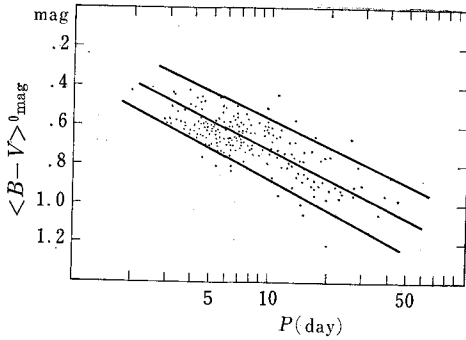
b) ジョンソン説への反証

星間吸収研究の草分けであるトランプラーは、散開星団を、メンバー星の数とその中心集中度によっていくつかの型に分類し、同一型のものはその構造も実直径も同じであるという仮定から出発した。吸収の影響の少ない星団について、各型ごとに光学的に距離指数を求めて距離をきめ、各型の実直径を求めておけば、遠い星団の距離はその視直径と実直径の比較で計算される。それに対応する距離指数と、星団内の星々の測定から光学的に得られるみかけの距離指数の差が、吸収量 A を与えるわけである。

リンズは散開星団についてのジョンソン達の近代的な測光データ⁹⁾ を利用して、トランプラーと同じことを試みた¹⁰⁾。諸星団の色超過 E_{B-V} に対して、彼が求めた星間吸収量 A_V を、プロットしたのが第 4 図である。図上に $R=3$ と $R=6$ の線が引いてあるが、全体的に見て $R=3$ の方が、よく適合していると見てよい。黒丸で表わした $100^\circ < l < 240^\circ$ の星団と、白丸で表わしたそれ以外



第4図 散開星団の色超過と星間吸収量の関係。
黒丸は $100^\circ < \text{銀経} < 240^\circ$ の星団、白丸はそれ以外の範囲にある星団。



第5図 セファイドの周期-色指数関係
(ファーニー)

外の銀経の星団との間にも、 R の値がはっきりちがっているような様子は見られない。すなわちジョンソンの説への反証である。

なお第4図で、 E_{B-V} の大きい側、したがって距離の遠い側では、 $R=3$ の直線への適合度が高いことは、磯部¹¹⁾の研究結果とも一致する。すなわちある視線上に、たまたま $R>3$ であるような星間物質の領域が存在しても、その先ずと遠くまで見通した場合、積分効果で結局 $R=3$ に近づき、特殊領域の寄与はその部分の直後までしか残らないという事実である。

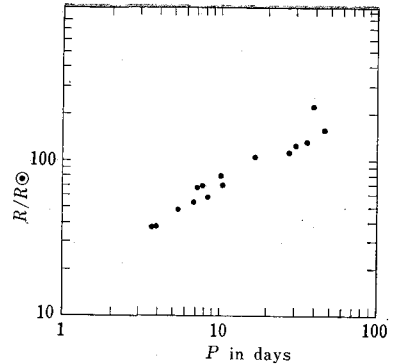
以上のような議論によれば、ジョンソンの主張する R の値を使うことは、散開星団中の高温星の付近などの特殊領域と考えられる所以外ではまだ疑問であろう。

3. セファイド

セファイドは一定の周期で規則正しい変光を繰返す変光星の一種である。その周期と光度(絶対等級)の間および、周期と実色指数の間には、よい対応関係があるので、周期のほかにそのみかけの等級とみかけの色指数を測定すれば、距離指数と色超過が同時に求められ、したがって吸収補正をした距離が計算できる。しかもセファイドの明るいものは銀河系外にあるものも十分観測できるので、アンドロメダ銀河はじめ近距離銀河の距離をきめる何よりの手がかりとなっている。

a) クラフトの周期-光度および周期-色指数関係

クラフト¹²⁾は、セファイドの周期と、密度の平方根の積が一定値(脈動常数)であるという理論的關係を基礎にし、小マゼラン雲中のセファイドおよび距離のわかった5つの散開星団中のセファイドのデータを使って、周期-光度関係を求めた。また周期-色指数関係のほうは、上記散開星団中のセファイドの色超過が、星団中のB型星についての、二色図上の位置から得られる値にひとしいとして、それらの実色指数を求め、そのほか、スペクトル型や、いわゆる Γ 測光の方法から推定した色



第6図 セファイドの周期-半径関係

指数データもこれに併せた上で求めたものである。

b) ファーニーの改訂

クラフトがその関係を得るのに使った方法やデータを再検討して、その改訂版を作り上げたのがファーニーである。

まず周期-色指数関係については、クラフトが散開星団中のセファイドの色超過を、同一星団内のB型星のそれと同じ値にとっている点を修正した。セファイドのようなF、G型星とB型星では、同じ星団内でも色超過がちがうという事実に従ったものである。そのほかの諸家の観測値も整約統合して、つぎのような関係を得た¹³⁾。

$$\langle B-V \rangle_{\text{mag}}^0 = 0.24 + 0.49 \log P$$

$\langle \rangle_{\text{mag}}$ は一周期間 P を通じて変る色指数の等級平均、肩符の 0 は実色指数の意である。(第5図)

つぎに周期と半径の間の関係を導いた¹⁴⁾。セファイドの半径は、その光度および色指数曲線と視線速度曲線を併用することで求められる(ヴェッセリンク法)。15個のセファイドについてこの方法で求めた半径 R を太陽半径 R_{\odot} の単位で表わした値を、周期 P に対してプロットすると第6図のようになり、右上のとびはなれた一点と二本の列に分けられる。ファーニーはこれをつぎのように解釈した。セファイドには基本周期で脈動するものだけでなく、その一次、二次などの倍振動周期の脈動が強く現われるものもある。 i 次の倍振動の周期 P_i は基本振動の周期 P_0 に比べて一定倍数だけ短くなるわけである。短周期のセファイドで二通りのモードでの脈動を示すものがあるので、それらについて周期の比をしらべると、 $P_1/P_0 \sim 0.71$ となる。左上の列にふくまれる4個の P は P_1 であるとみなしてこの因子で割ると、右下の列とよく一致することがわかった。また右上の一点は三次の倍振動と考えて、その因子だけ補正すると、やはり右下の列に乗る。こうして一本に統一した系列(基本振動の系列)に対して、ファーニーは

$$\log R/R_{\odot} = 0.558 \log P + 1.260$$

という関係を得た。

彼はさらに、周期—光度 ($P-M$) 関係を、つぎのような手順で求めている¹⁵⁾。星の有効温度を T_e とすると、 M, R, T_e はステファン・ボルツマンの法則で結ばれる。また T_e と色指数 $B-V$ の間にも対応関係がある。ここへ上に求めた $P-(B-V)$ および $P-R$ 関係を加えて整理すると、結局 P と M の関係が導かれることになる。その結果に対して、観測から得られる散開星団中のセフィイドの M の値などを勘案し、次式を得た。

$$\langle M_V \rangle = -1.99 - 1.89 \log P - 0.38 (\log P)^2$$

$\langle \rangle$ はやはり一周期間の平均値 (M の場合は等級平均でなく光度平均をとる) である。これをクラフトの結果

$$\langle M_V \rangle = -1.67 - 2.54 \log P$$

と比べると $P > 30$ 日では M の値が $0^m 2$ 以上に開く。

c) サンディジ, タマンの周期—光度関係

ファーニーと前後して、サンディジ, タマンはつぎのような方法で、別な $P-M$ 関係を求めた¹⁶⁾。大小両マゼラン雲, アンドロメダ銀河 M31, および NGC 6822 にふくまれるセフィイドについて、周期とみかけの等級 m の関係を作ってみると、これらはだいたい平行になる。サンディジ達はそこで、セフィイドの $P-M$ 関係は、銀河系もその一員であるこれら局部銀河群中の諸銀河に共通なものと仮定し、これらの $P-m$ 図を全部重ね合わせた。縦軸を m から M にするには、前にも述べた銀河系内の散開星団にふくまれる距離既知のものを使うのである。その結果各銀河の距離指数も計算され、たとえば M31 では、 $m-M=24.20$ (吸収補正済みの値) となった。

こうして得られた総合 $P-M$ 関係図は、 $\pm 0.5 \sim 0.6$ 等程度の分散をもつが、その中央線をとったのが、彼らの $P-M$ 関係である。式では表わしにくいので表の形で与えられている。 $5 < P < 60$ 日の範囲ではファーニーの M との差は $0^m 1$ 以内で一致し、それ以外ではクラフトに近い。

4. 銀河の距離—ハッブル常数の値

遠距離の銀河の距離決定には、もっぱらハッブルの法則, すなわち

$$cz = Hr$$

が用いられる。ここで z は銀河のスペクトルの赤方変位 ($= \Delta\lambda/\lambda$), c は光速, r は銀河の距離で、比例常数 H がいわゆるハッブルの常数である。 H が与えられれば、 z の測定値から r を計算することができるので、 H の値は広い宇宙の銀河分布をきめる上にまともにはびいてくるだけでなく、 H の逆数は宇宙の年齢に比例するので、宇宙の進化の議論にも関係し、その決定の重要性は大きい。

従来は $50 \sim 125 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$ (Mpc はメガパーセク $= 10^6$

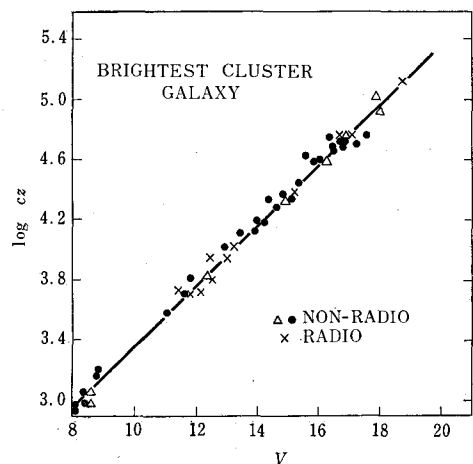
pc) という値が与えられ、人によって 75 とか 100 とかの値が使われてきた。ところが最近サンディジ¹⁷⁾はデータの適当な選択と、新たな観測資料の採用によって、従来よりかなり精度の高い $75.3 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$ という値を得た。その決定の手づきはつぎの通りである。

彼はデータとして、銀河団中で最も明るい銀河だけを選び、その赤方変位とみかけの等級をプロットした (第7図)。横軸の実視等級 V は銀河系の吸収や赤方変位に伴う等級変化が補正されており、縦軸は $\log cz$ になっている。約 50 個の銀河が、きわめて小さい分散 ($\pm 0^m 3$ 以内) で

$$V = 5 \log cz - 6.78$$

で表わされる直線に乗っていることに気がつくが、これは、銀河団中の最も明るい銀河だけをプロットしたため、それらの絶対等級がよくそろっていることを暗示するものである。(いろんな銀河をふくめた $V-\log cz$ 図はずいぶん大きな分散を示すものである)。

さて H をきめるには、どれか一つの銀河について絶対等級 M_V がきまればよい。サンディジはその銀河として、乙女座銀河団中最も明るい NGC 4472 をとり上げた。さてこの乙女座銀河団には、電波源や X 線源としても有名な M87 がある。この楕円銀河には 2000 個もの球状星団が観測されており、その中最も明るいもののみかけの等級は $B=21.3$ である。サンディジは、これを、アンドロメダ銀河 M31 の中にも多数観測されている球状星団の最も明るいもの ($B=15.01$) と絶対等級が同一だと仮定した。M31 の距離指数は、セフィイドを通じてよく決められており、その値は 24.84 (吸収を補正しない値) である。そこで M31 の球状星団の $M_B = -9.83$ であり、したがって M87 の距離指数は $B-M_B=31.1$ となる。ここで銀河系内の星間吸収として $A_B=0.25$



第7図 諸銀河団中の最も明るい銀河についての等級—赤方変位関係。

$\operatorname{cosec} b$ の式を使うと、M87 の銀緯 b は $+74^\circ$ で $A_B = 0.25$ となり、吸収補正をした距離指数は 30.85 である。同一銀河団中の NGC 4472 も同一距離指数と考え、そのみかけの等級 $B = 9.42$ から絶対等級を出すと $M_B = -21.43$ となる。橢円銀河の色指数として $B - V = 0.97$ を使うと、これに対応する $M_V = -22.40$ となり、これが諸銀河団中最も明るい銀河の実視絶対等級ということになるわけである。

さて第7図上で、たとえば $cz = 10^4 \text{ km/s}$ に対応する V の値をみると 13.22 である。そこで $V - M_V = 35.62$ となり、これを距離に換算すると 133 Mpc であるから

$$H = \frac{cz}{r} = \frac{10^4}{133} = 75.3 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$$

という計算になる。

上の計算の根拠とした諸数値の誤差は、M87 の最も明るい球状星団の B の値に $\pm 0^m.3$ 、NGC 4472 の B について $\pm 0^m.2$ であり、また第7図の直線からの分散が $\pm 0^m.3$ なので、それらを総合すると H の値に対する誤差としては $+19$ 、 $-15 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$ ということになる。そこで、諸銀河(団)の中最も明るい球状星団(銀河)の絶対等級がひとしいという仮定や、M87 と NGC 4472 の距離がひとしいという仮定が正しい限りにおいて、サンディジの H の値は誤差範囲も意外に小さく、きわめて

よく決められた値といえることができる。

なお第7図によれば $\log cz = 5.2$ すなわち $z = 0.5$ の近くまでは $V - \log cz$ または $r - cz$ の直線関係が成立していることもわかる。ただし $z = 0.5$ になれば、それに対応するドップラー速度 v は

$$v = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} = 0.38$$

となり、 $v = cz$ という近似はもはや成立たないので、第7図を速度—距離の比例関係というわけにはいかないことを付記しておこう。

文 献

- 1) Hodge & Wallerstein: PASP, 78, 411, 1966.
- 2) van Bueren: BAN, 11, 385, 1952.
- 3) Wayman, Symms & Blackwell: Roy. Obs. Bull., No. 98, 1965.
- 4) Jenkins: General Catalogue of Trigonometric Parallaxes, Yale Univ. Obs., 1963.
- 5) Wilson & Bappu: ApJ, 125, 661, 1957.
- 6) Wilson: PASP, 79, 46, 1967.
- 7) Wayman: PASP, 79, 156, 1967.
- 8) Johnson: Chapter 5 of "Nebulae and Interstellar Matter", Chicago, 1968.
- 9) Johnson, Hoag et al.: Lowell Obs. Bull. 5, No. 8, 1961.
- 10) Lynds: PASP, 79, 448, 1967.
- 11) Isobe: PASJ, 20, 52, 1968.
- 12) Kraft: Chapter 21 of "Basic Astronomical Data", Chicago, 1963.
- 13) Fernie: AJ, 68, 780, 1963; 72, 422, 1967.
- 14) Fernie: ApJ, 151, 197, 1968.
- 15) Fernie: AJ, 72, 1327, 1967.
- 16) Sandage & Tamman: ApJ, 151, 531, 1968.
- 17) Sandage: ApJ, 152, L149, 1968.

西村製の反射望遠鏡

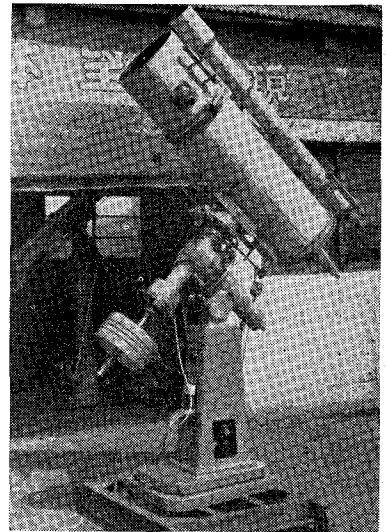
30cm "A"	カセグレン・ニュートン兼用
	10cm 屈折望遠鏡 (f/15)
"B"	カセグレン焦点
	15cm 屈折望遠鏡 (f/12)
40cm "A"	カセグレン・ニュートン兼用
	15cm 屈折望遠鏡 (f/15)
"B"	カセグレン焦点
	20cm 屈折望遠鏡 (f/12)

株式会社 西村製作所

京都市左京区吉田二本松町27

電話 (771) 1570, (691) 9589

カタログ実費90円郵券同封



30 cm 反射望遠鏡

ニュートン・カセグレン兼用