

天文学 定数最前線 (9)

ハッブル定数

1929年にハッブルは、近傍の銀河のほとんどが、距離に比例した速度で我々から遠ざかっている、すなわち宇宙は膨張していることを初めて観測的に見出した。距離 r と後速速度 v の関係式、 $v=Hr$ 、における比例定数 H がハッブル定数である。一方理論的には、時刻 t における宇宙の二点間の距離尺度を $R(t)$ とするとハッブル定数は、 $H_0=(\dot{R}(t)/R(t))_{t=T_0}$ 、で表現される。添字 0 は現在の値を示す。

H の決定は原理的には簡単である。速度 v は分光観測から直ちに求まるので、何らかの方法で距離 r が求められればよい。しかし r には宇宙膨張による速度の他に、無秩序運動や局所的な密度ゆらぎによる系統運動が含まれていることに注意しなければならない。系統運動を補正し、無秩序運動が無視できるとした極限で $H=H_0$ となるのである。この意味で H を最近ではハッブル比と呼びハッブル定数 H_0 と区別することが多い。実際、銀河系を含む局部銀河群はおとめ座銀河団の重力に引かれて約 300 km s^{-1} の速度で落ち込んでいることがわかってきた。つまりおとめ座銀河団の周辺では見かけ上宇宙膨張が遅くなり、 H は小さく出ることになる。この局所的な速度場の非等方性はモデルによりかなり良く補正できるようになってきたが、この影響が無視できるくらい遠方の銀河から H を求めるのが望ましいことは言うまでもない。最近おとめ座銀河団を含む局部超銀河団全体の系統運動の徴候も示唆されているが確定的ではない。このような大規模系統運動が実在するとしたら、 H_0 の意味も根本的な再検討を迫られることになる。

今日の H_0 の不確定さのほとんどは距離 r に起因するものである。 H_0 の決定の問題はまた宇宙の大きさの決定の問題でもある。銀河の距離は、明るさや大きさが推定可能な各種の距離指標を継ぎ合わせる「distance ladder (距離梯子)」によって決められてきた。1936年にハッブルが与えた H_0 の値は $526 \text{ (km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1})$ ；以下同じ)であったが、星の種族の発見などに伴う距離の大改訂により、60年代初頭には $H_0 \sim 100$ となり、宇宙は一挙に5倍大きくなった。この値が70年代前半まで一般に受け容れられていた。その後の H_0 の決定の様子は図に示されている。体系的な観測によって H_0 の決定に最初にとり組んだのはサンデイジであり、タマンの協力の下に74-75年に $H_0 \sim 50$ を導出した。この距離尺度は宇宙を更に2倍広げるものであったため、long distance scale (長尺度)と呼ばれるようになり、多くの疑念と論争を惹き起した。なかでもドゥ・ボークルールはこれに強い疑問を抱き、各種距離指標を再検討して79年に $H_0 \sim 100$ とする short distance scale (短尺度) を主張した。77年にタリーとフィッシャーが見出した、中性水素の21 cm線幅とBバンドの絶対等級の間の良い相関を、近赤外等級

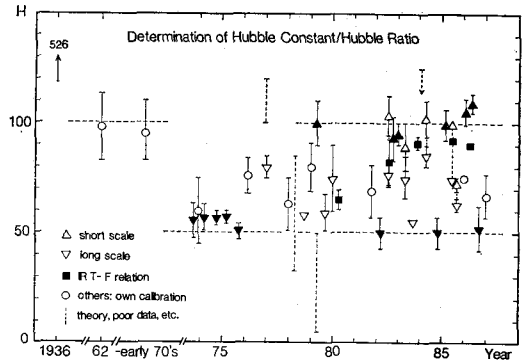


図: ハッブル定数の代表的決定例。塗りつぶした記号は各尺度の主唱者によるもの。横軸の同じ位置に記したのは同じデータに異なる尺度のゼロ点を適用した結果。

を用いて更に改善したアーロンソン達は、この指標によって80-86年に独自の尺度を礎き上げ $H_0 \sim 90$ を得た。この方法は広い距離範囲に適用できるので、多種類の指標の継ぎ合せから来る誤差の累積を避けることができるが、ゼロ点は近傍銀河に頼らなければならない。

近年の H_0 の値は収束するどころか、 $H_0 \sim 50$ と 100 の二分化傾向は強まっているように見える。この主要因は次の三つの量の不確定さにある。(1) マルムキストパイアス (ある指標の明るさが平均値のまわりに分散を持つ時、観測限界等級が一定のため、観測可能な指標のサンプルの平均値が距離と共に真の平均値より明るい方へずれる効果)、(2) 近傍銀河の距離、(3) 銀河系及び銀河内の星間吸収量。さらに(4) 局所的な速度場のマッピングも完全とは言えない。上記(2)、(3)は主として尺度のゼロ点に影響するが、(1)は常に距離を過小評価する向きに働き尺度に非直線性をひき起す。短尺度は(1)を過小評価し、長尺度は逆に過大評価しているように見える。両尺度のゼロ点の違いは距離引数にして約0.6等(1.3倍)である。アーロンソン達は、尺度の直線には問題はなく(2)が最大の問題としているが、(1)の効果は十分に調べられていない。(1)の影響は定量的な評価が最近ズローやボッティネリ達によって行われており、(2)についてはHSTが間もなく答を出すであろう。最近槽円銀河やバルジに対する新しい指標も得られており、まもなく H_0 は45-110の間のどこかに収束をはじめのではないかと思う。

一様等方な相対論的膨張宇宙を記述する、宇宙定数 $\Lambda = 0$ のフリードマンモデルは、 H_0 と減衰定数 $q_0 = (R\ddot{R}/\dot{R}^2)$ で決まり、宇宙年齢 T_0 は H_0 と、 $T_0 = H_0^{-1} f(q_0)$ ($q_0 \geq 0$ なら $f \leq 1$) の関係にある。 $q_0 = 0$ の最大値をとると、 $H_0 = 50$ と 100 は $T_0 = 195$ 億年と98億年に対応する。球状星団の年齢を仮りに160億年とすると $H_0 \geq 60$ はフリードマンモデルと完全に矛盾することになる。 H_0 の今後の成行きによっては、宇宙定数の復活ということにもなりかねないのである。(岡本定矩)

昭和62年8月20日 発行人 〒181 東京都三鷹市東京天文台内
印刷発行 印刷所 〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12
定価 450 円 発行所 〒181 東京都三鷹市東京天文台内
電話 三鷹 31局 (0422-31) 1359

社団法人 日本天文学会
啓文堂 松本印刷
社団法人 日本天文学会
振替口座 東京 6-13595