

ヒッパルコス衛星，宇宙と球状星団の年齢の矛盾を解消か（？）

ケープタウン大学の Feast とグリニッジ天文台の Catchpole は、ヨーロッパ宇宙局（ESA）のヒッパルコス（HIPPARCOS）衛星によるセファイド型変光星（Cepheids）223 個の三角測量観測を使い、セファイド型変光星の周期-光度関係のゼロ点を求めた。この新しいゼロ点を基に大マゼラン雲までの距離を測ると、今までよりも約 10% 遠方にあることがわかった。このため大マゼラン雲までの距離を基準として求められたハッブル定数（ H_0 ）の値は約 10% 小さく修正されることになり、宇宙は今まで考えられていたより 10% 大きく、したがって約 10 億年古いことになる。さらに、この新しい距離を使って、最も古い球状星団の年齢を求め直すと約 40 億年若返ることもわかった。この結果宇宙の年齢が約 120 億年と推定すると「宇宙の年齢より古い球状星団が存在する」という矛盾が解消されそうだ。

はじめに

1994 年、米国カーネギー天文台の Freedman¹⁾ たちはハッブル宇宙望遠鏡（HST）を使って渦巻銀河 M 100 中のセファイド型変光星を観測、ハッブル定数（ H_0 ）を求めた結果 80 ± 17 km/s/Mpc という値を得た。この値を使うと、宇宙の年齢は約 90-120 億年と推定される。一方、恒星進化論を使って求めた銀河系内にある一番古い球状星団の年齢としては約 150 億年という値が得られている（charboyer, et al., 1996）²⁾。このため膨張宇宙の中で誕生したはずの銀河系内の星の年齢のほうが、宇宙自身の年齢より大きいという矛盾が生じていた。

その後、ケンブリッジ大学の Tanvir たち（1995

年）³⁾ は、やはり HST を使って M 96 のセファイド型変光星を観測、ハッブル定数（ H_0 ）として 69 ± 8 km/s/Mpc を得たが、多少の改善はされたものの、本質的に矛盾を解決するに至っていない。そのため、宇宙の斥力効果を考える「宇宙項 Λ 」の復活をはじめいろいろな提案がされているが、これといった解決策は見つかっていなかった。

ヒッパルコス衛星

ヒッパルコス衛星は、約 12 万個の星の正確な位置、視差、固有運動を測ることを目的に 1989 年 8 月にヨーロッパ宇宙局（ESA）が打ち上げた衛星である。この衛星は 1993 年 8 月までの 4 年間にわたり観測を続け、そのデータは 1996 年 8 月 8 日に最初のカタログ（Tycho Catalogue）として計画に参加している研究者に配布され、1997 年 6 月には一般にも公表される予定である。このカタログから太陽近傍の星までの正確な距離や固有運動がわかり、これらの星に関する物理量の絶対値や銀河系内での運動状態を今までになく高い精度で知ることができるかと期待されていた。

大マゼラン雲の距離指数

Feast と Catchpole は、ヒッパルコス衛星による太陽近傍のセファイド型変光星（Cepheids）223 個の三角測量観測データを統計的に解析した結果、セファイド型変光星の周期-光度関係；

$$\langle M_v \rangle = -2.8 \log P + \rho$$

のゼロ点

$$\langle \rho \rangle = -1.43 + 0.10$$

を得た。このゼロ点と V 等級での大マゼラン雲のセファイド型変光星についての周期-光度関係⁴⁾；

$$\langle V \rangle_0 - \log P$$

を使って、大マゼラン雲の距離指数（Distance Modulus）を導くと $18.70 + 0.10$ が得られた⁵⁾。

この値は HST を使ってハッブル定数（ H_0 ）を求めた Freedman たちの使った大マゼラン雲の距離指数 18.50 よりも 0.2 大きく、新しい値を当てはめる

と HST の観測から求められるハッブル定数は 10 % ほど小さな値となる。このため宇宙の大きさは今まで考えられていたよりも約 10 % 大きいことになる。

さらに Feast たちは、この新しい大マゼラン雲の距離指数を使って大マゼラン雲中のこと座 RR 星型変光星 (RR Lyrae) の絶対光度を求め直してみた。すると最も古い球状星団の化学組成比 $[Fe/H] = -1.9$ に対して $M_V(RR) = 0.25 \text{ mag}$ という結果を得た。この値は最も古い球状星団の年齢として 145.6 億年を求めた Charboyer たちが用いた値 $M_V(RR) = 0.6 \text{ mag}$ より 0.35 mag 明るくなっている。この新しい値をこと座 RR 星型変光星の絶対光度-年齢関係⁶⁾に用いて最も古い球状星団の年齢を求めると約 110 億年が得られる。

結 果

以上のように、ヒッパルコス衛星による三角測量観測データからセファイド型変光星の周期-光度関係のゼロ点を定め、これを適用すると：

- 1) 大マゼラン雲の距離指数 (Distance Modulus) は $18.70 + 0.10$ となる。
 - 2) 大マゼラン雲までの距離を基に求められたハッブル定数 (H_0) を使って計算される宇宙の大きさと年齢は今までより約 10 % 大きくなる。
 - 3) 球状星団の年齢は 40 億年近く若くなるため、宇宙年齢を約 120 億年と仮定すると宇宙年齢と球状星団の年齢は矛盾なく理解できる。
- という結果を得る。

この研究から求められた大マゼラン雲の距離指数は、同じくヒッパルコス衛星の三角測量観測から測り直された、ミラ型変光星の近赤外線 K バンドでの周期-光度関係を使って求めた距離指数 18.60 ⁷⁾ より少し大きな値だが、誤差の範囲内で一致する。宇宙の大規模構造や宇宙論を論じるなどというハデな研究に比べ、三角測量による位置観測からセファイド型変光星の周期-光度関係のゼロ点 $\langle \rho \rangle$ を求めるという研究は地味な印象を受けがちだが、その地道な観測と研究の成果が宇宙論の矛盾を本質的に解決するかも知れない。実証科学としての天文学の本領を見せてくれた“FINE”な研究だと思う。

関口和寛 (国立天文台)

参 考 文 献

- 1) Freedman, W.L., et al., 1994, Nature Vol. 371, 757
- 2) Charboyer, B., et al., 1996, Science, 271, 957
- 3) Tanvir, N.R., et al., 1995, Nature Vol. 377, 27
- 4) Caldwell, J.A.R. and Laney, C.D., 1991, in Haynes, R., Milne, D., (eds.), The Magellanic Clouds, (IAU Symposium 148) Kluwer; Dordrecht, p. 249
- 5) Feast, M.W. and Catchpole, R.M., 1997, MNRAS (in press)
- 6) Renzini, A., 1991, in Shanks T et al. (eds.), Observational Tests of Cosmological Inflation, Kluwer, Dordrecht, p131
- 7) van Leeuwen, et al., 1997, MNRAS (in press)