

天文学 定数最前線 (2)

天文単位

天文単位は、もともと、太陽・地球間の平均距離（正確には、太陽のまわりの地球軌道の長半径）を意味した。これは、太陽系内天体間の距離の単位として用いられる。

天文単位が実際にどのくらいの距離であるのかを測定しようと最初に試みたのは、アリストアルコスであった。彼は紀元前 270 年、月がちょうど半月に見える瞬間の月・太陽の離角を測定して、太陽までの距離を知ろうとした。この角度は、実際には 90° より $9'$ だけ小さいはずであったが、半月の瞬間を捕えるのが困難だったため、彼の得た結果は、太陽までの距離が月までの距離の 19 倍（実際は 400 倍）というものであった。

地球の形や大きさがわかるようになると、視差を測ることによって太陽までの距離を知ろうと考えるようになった。この場合の視差は、地心と地表から見たときの方向の差である。天文単位の距離から地球の赤道半径を見込む角を太陽視差という。これは天文単位の距離にある太陽の視差の最大値である。視差は太陽が地平線に近いほど大きくなるが、そこでは大気差も大きくなるため、太陽の視差を正確に測ることはできない。しかし、太陽視差を間接的に測る方法がある。

ケプラーの法則により、惑星の公転周期を測れば太陽から惑星までの相対的な距離を知ることができる。これによって、惑星間の距離の比はかなり正確にわかる。したがって、ある特定の時点におけるある惑星の視差が測定できれば、太陽視差、したがって、天文単位が求まることになる。

この考えによって太陽視差の測定が初めて試みられたのは 1672 年であった。この年、火星が大接近し、地球から 0.38 天文単位まで近づいたため、多くの人が火星の視差を測定した。しかし、誤差が大きく、得られた太陽視差は $6''0 \sim 20''$ とまちまちであった。

その後、金星の日面経過や火星の大接近の機会をとらえて太陽視差の測定が試みられ、測定精度もしだいに向上してきた。そして、点像のために恒星に対する位置が精密に測定できる小惑星に目が向けられるようになった。

ギルは小惑星 7 番イーリス、12 番ビクトリア、80 番サフォアの 1888~1889 年の位置観測結果を解析し、太陽視差として $8''8036 \pm 0''0046$ という結果を得た。1896 年のパリで開かれた国際会議では、この値を丸めて、太陽視差として $8''80$ を採用した。これに対応する天文単位の値は 1 億 4950 万キロメートルである。この値はその後 60 年余りの間、天体暦に使用された。

1898 年、ウィットは地球に 0.15 天文単位ほどまで接近する小惑星エロスを発見した。1901 年の観測からリンクスが求めた太陽視差の値は、写真測定から $8''807 \pm 0''003$ 、マイクロメーターによる測定から $8''806 \pm 0''004$

であった。1931 年の接近では、国際的な共同観測が計画され、44 の天文台が観測した。スペンサー・ジョーンズが解析して求めた太陽視差の値は $8''790 \pm 0''001$ であった。

エロスの軌道の力学的考察から、太陽視差を間接的に求めることもできる。エロスの軌道に与える地球と月の影響を測定して、地球と月の質量和が求められる。これと太陽視差とは力学的な関係で結ばれているので、これから太陽視差が求められる。この方法によって、1926~1945 年の観測からラーベが求めた太陽視差の値は $8''79835 \pm 0''00039$ であった。

月の運動には、朔望月周期の月角差と呼ばれる項があり、これから太陽視差を求めることもできる。スペンサー・ジョーンズが 1753~1922 年の星食観測から求めた太陽視差の値は $8''799 \pm 0''003$ であった。

1960 年代になると、天文単位の測定精度が飛躍的に向上した。金星までの距離が直接レーダーで測れるようになったからである。1961~62 年の金星のレーダー観測から求められた天文単位の値は $149596000 \sim 149601000$ km であった。そこで、1964 年の国際天文学連合 (IAU) の総会では、天文単位の値として、1 億 4960 万キロメートルが採用された。これに対応する太陽視差は $8''79405$ である。

現在では、水星、金星、火星のレーダー観測を総合して、天文単位の値がより精密に求められている。アメリカのジェット推進研究所 (JPL) が求めた天文単位の値は 149597870 km で、これが IAU の 1976 年の総会で採用され、1984 年以降の天体暦で用いられている。この値の誤差は ± 2 km と見積られている。この値に対応する太陽視差は $8''794148$ である。

なお、1 次定数や誘導定数として何を採用するかは、時により変化してきた。1896 年のパリ会議では、太陽視差が 1 次定数の役割を果していた（このときは 1 次定数とは明記されなかった）が、1964 年の IAU 総会では、天文単位が 1 次定数になり、太陽視差は誘導定数になった。しかし、直接測定されるのは光の到達時間であることから、1976 年の IAU 総会では、天文単位を光が通過するのに要する時間（光差）が 1 次定数になり、天文単位や太陽視差は誘導定数になった。

また、天文単位の意味も、もとの意味から変化した。それは、運動方程式に現われる引力定数 k の値が、観測精度が上がるたびに変化するのは不便だという理由からである。 k の値は、ガウスが 1809 年に当時の観測から求めた値 $k=0.01720209895$ に固定することとし、天文単位は k の値がこの値に等しくなるように定められることになった (IAU 1938 年決議)。すなわち、天文単位とは質量の無視できる摂動を受けない天体が太陽のまわりを 1 日あたり k ラジアン/秒の角速度で円運動するときの軌道半径である。これによると地球軌道の長半径は、ケプラーの第 3 法則から求めると 1.00000003 天文単位となるが、摂動があるため、実際の軌道長半径は 1.00000002 天文単位である。相馬 充 (東京天文台)

昭和 62 年 1 月 20 日	発行人	〒181 東京都三鷹市東京天文台内	社団法人 日本天文学会
印刷発行	印刷所	〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12	啓文堂 松本印刷
定価 450 円	発行所	〒181 東京都三鷹市東京天文台内	社団法人 日本天文学会
		電話 三鷹 31 局 (0422-31) 1359	振替口座 東京 6-13595