
天文学 定数最前線 (5)

黄道傾斜角

地球の自転軸は黄道面(地球の平均軌道面)に垂直な軸のまわりを、そのなす角を一定の約 23.4° に保ちながら約 26,000 年を周期として回転している。この角を黄道傾斜角という。実際には、黄道面が他の惑星の摂動によって動いているために黄道傾斜角は一定ではなく、現在は一世紀あたり $47''$ の割合で減少している。この傾きのために、太陽の南中高度が一年を周期として変化し、地球上に四季をもたらしているわけである。

黄道傾斜角を最初に測ったのは紀元前 1100 年頃の中国人と言われ、その測定値は $23^\circ 52'$ とされるが、この記録を疑問視する人も多い。ギリシャでは、紀元前 350 年頃のピテアスによる $23^\circ 49'$ 、紀元前 250 年頃のエラトステネスによる $23^\circ 51'$ 、紀元前 150 年頃のヒッパルコスによる $23^\circ 51'$ などが記録に残っている。これらの値は、現在の理論から計算すると、 $10'$ ほど大きすぎる。これ以後は測定記録が特に中国に数多く残っている。測定方法は 17 世紀半ばまで、ほとんどが、地面に垂直に立てた棒の影の長さを夏至と冬至の日の太陽の南中時に測って太陽の高度差を求めるというものである。この方法による測定精度は $1' \sim 2'$ であった。

17 世紀半ば以後は望遠鏡による観測が使われ、夏至や冬至の日以外の太陽の位置観測や惑星の位置観測からも黄道傾斜角が求められるようになった。惑星は黄道面に対して数度以内の角度で傾斜した軌道上を楕円運動しているため、惑星の位置観測を解析することによって、その惑星の軌道要素とともに黄道傾斜角も求められるからである。これにより、測定精度は $1''$ 以内に到達した。

1901 年以降 1983 年までの天体暦に採用された黄道傾斜角の値は、ニューカムが 1895 年に太陽や惑星の位置観測結果を解析して求めた式に基づいており、変化率は理論値、定数項が観測値である。1984 年以降の天体暦では、国際天文学連合 (IAU) が 1976 年の総会で定めた定数系に基づく黄道傾斜角が掲載されている(日本の天体位置表は 1985 年から)。この計算式は、変化率が、新しく採用された惑星の質量と歳差定数によって理論的に求められたものであるが、定数項は、ニューカムの計算式による 1900.0 年の値に一致するように定められたものである。これは、IAU が新しく定数系を定めた 1976 年の時点では、ニューカムの値の精度を超える確実な黄道傾斜角の値が求められていなかったためである。

現在得られている黄道傾斜角の最も精密と考えられる値は、スタンディッシュが 1982 年にアメリカのジェット推進研究所 (JPL) の作成した天体暦 DE 200 で与えられる地球の平均軌道面を求めて得た値で、2000.0 年における値は $23^\circ 26' 21.41''$ である。この値は IAU の 1976 年の採用値より約 $0.04''$ 小さい。DE 200 は主に惑星と月の距離観測に合うように作成された暦で、その観測には 10 年間にわたる高精度の月のレーザー測距が含まれているため、得られた黄道傾斜角の精度は、観測の平均元期 1975 年において、 $0.01''$ 程度と見積もられている。

黄道傾斜角の変化率(理論値は 2000 年初めにおいて 36525 日あたり $-46.8150''$)は、観測値と理論値の間に差のあることが以前から指摘されている。スペンサー・ジョーンズ (1932 年) による太陽 (1812~1927 年)、モーガン (1950 年) による太陽、月、惑星 (1894~1933 年)、クレメンス (1943 年) による水星 (1765~1937 年)、ダンカム (1958 年) による金星 (1750~1949 年)、リースキー (1968 年) による小惑星エロス (1893~1966 年) の解析から、いずれもニューカムの理論値に対して 1 世紀当たり $-0.3''$ 前後の補正値を求めている。また、ラウブシャー (1971 年) は火星 (1751~1969 年) の解析から $-0.20 \pm 0.16''$ 、モリソン (1982 年) は星食 (1800~1976 年) の解析から $-0.15 \pm 0.02''$ と、いずれも負の値を求めている。銀河系の回転速度や銀河系の総質量は、恒星の固有運動の解析から求められているが、その基準面となる地球の赤道がこのような理論からはずれた動きをしているとすると、銀河系に関する知識は大きな誤差が生じていることになる。たとえば、上記 $-0.3''$ の誤差が地球の自転軸の動きの誤差によるものとする、銀河回転に関するオールトの定数 B の値は現在の -10 km/sec/kpc を -24 km/sec/kpc に、銀河系の総質量は太陽質量の 2×10^{11} 倍を 6.5×10^{11} 倍に変えなければならない(青木, 1967 年)。黄道傾斜角の変化率に対するこのような補正量は、19 世紀の観測の系統的誤差によるものとするのが現在の一般的な考えのようであるが、この誤差の原因は未解決である。

なお、ここまで述べたものは、黄道傾斜角の周期的変化を除いた平均黄道傾斜角である。実際には、これに、主要項が周期 18.6 年、振幅 $9.20''$ の章動が加わる。章動の理論値は観測値と $0.005''$ 以内で一致していることが、最近の VLBI の観測から確認されている。

相馬 充 (東京天文台)

昭和 62 年 4 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	(0422) 31-1359	振替口座 東京 6-13595