

太陽の直径とその自転・微分回転について

秦 茂

1981年6月の“日食情報”はこの年7月31日のシベリヤ日食についての特集であるが、この特集の最後に“コロナのフラットニングと微細構造”と題した一文が載っていたのを覚えておられるだろうか。

第1表、太陽活動の異状な時期の一行目はマウンダー・ミニムム1640年から1710年となっている。この70年は天文学上でも、グリニッジ天文台、パリ天文台が創立された重要な時期なのである。

ガリレオの望遠鏡による初めての天体観測(1610年)以来30年後に起こったマウンダー・ミニムムに対して、何かの太陽面現象についての観測がのこされているのではないかと期待していたのであるが、今年の春、こうしたデータが発掘された。この新しい(古い!)データを発掘したのはパリ天文台のE・リベス(Ribes)ら3人で、J・ピカール(Picard)の1666年から1682年までの太陽の精密観測である。

太陽の直径

J・ピカールは9 1/2 フートの象限儀(昔の天文観測機械)と6フートの6分儀を使って太陽の観測をつづけていた。さらに1フィートあたり40,000本に分割されたマイクロメーターを創案して直接に太陽の直径を測定していたが、使用した屈折望遠鏡の太陽像(イメージ・サイズ)は2cmであり、その観測精度は角度の1秒であった。この測定は1666年から、1682年であり、先のマウンダー・ミニムムの期間を覆っている。

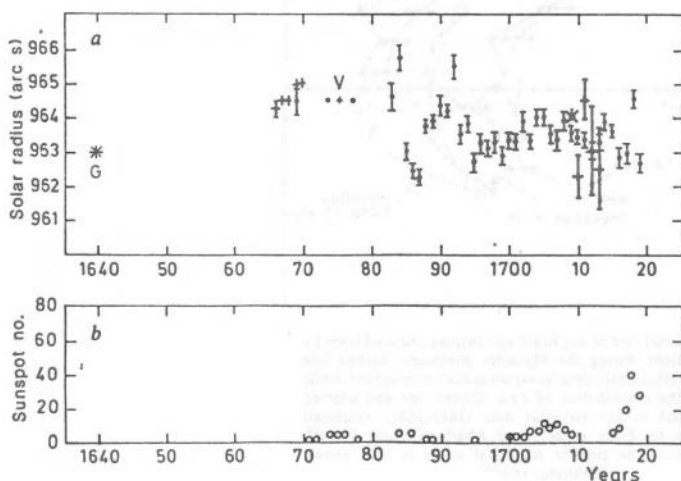


Fig. 1 a, Yearly averages of the solar radius during the Maunder minimum. Crosses refer to method 1 (using a filar micrometer), dots refer to the transit observations. The * symbol is the diameter measured with the filar micrometer at the time of an eclipse. G symbol corresponds to observations by Gascoigne. V refers to Villiard's observations. b, Sunspot number along the Maunder minimum. Absence of dots means that no sunspot has been detected by the French observers.

J・ピカールはこの他に太陽のトランシット・タイムの測定も行っていて、この二方法による測定値をFig. 1に示す。図中クロス(+)マークはマイクロメーター法、ドット(・)で描きこまれたデータはトランシット法によるものである。

彼の死後、その協力者²によって第2のトランシット法は1683年から1719年までつづけられた。Fig. 1には、以上の1666年から1719年までのデータとガスコイン(Gascoigne)による1640年頃の記録が示されている。下の図(b)は黒点の相対数で、トッドの入っていない期間は無黒点である。

この図から読み取れることは、1683年の辺から、明かに太陽の視半径が小さくなっていることである。データはすべて一天文台単位に換算されている(季節変化、太陽-地球間の距離の補正)が、マウンダー・ミニマムにどっぷりついていた時期の太陽直径は $32'9''$ (図は太陽半径なので $96.45''$)そしてマウンダー・ミニマムが終りかける時期では $32'6''$ (太陽半径は $96.3''$)となっている。Fig. 1の左側には1638年から1641年のマウンダー・ミニマム以前のガスコインのデータが示され、1683年以降ときわめて良く一致している。明かに太陽活動が低下していた期間の太陽直径は $3''$ 大きく、長さに換算すると 2000 km 大きかったことになる。

太陽の自転と微分回転

J・ピカールの死後も続けられたトランシット法による測定には数多くの黒点が追跡されていて、この内、数日間はフォロー出来る100個の黒点を選んで、その黒点の経度変化から、太陽の自転速度が得られた。(Fig. 2)

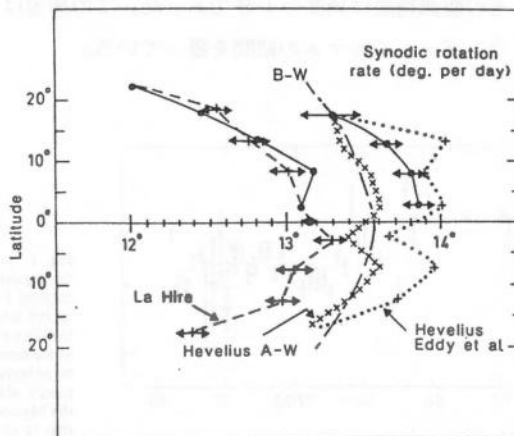


Fig. 2 Rotational rate of one hundred sunspots deduced from La Hire observations during the Maunder minimum: dashed line represents the rotational rate of sunspots in each hemisphere, while solid line is the combination of data. Dotted line and crossed line correspond to the Hevelius data (1642-1644) examined independently by Eddy *et al.*²³ and Abarbanell and Wohl²⁴. For comparison, the present rotational curve is also shown (Balthasar *et al.*²²).

図には比較のために1940年から1980年までの現在の微分回転曲線³B-Wが示されていて、マウンダー・ミニマムの時期の太陽自転は、現在値と比べて1日あたり 0.5° おそく回転していたことを示している。

この結果はB-W曲線の左側にLa Hire(ピカールの後継者)と書かれた破線、実線で示されているが、実は1976年の⁴J. A. エディ(Eddy)らによる太陽の自転についての研究があり、Fig. 2のB-W曲線の右側に示されている。

このHeavelins Eddy et alの結果は、今年春のネーチュア論文の結論により1日あたり 0.8° 早い太陽の自転を示している。このヘベリウス(Hevelius)データも、1642年から1644年にわたるマウンダー・ミニマム中の測定であって、自転の速さを別にすると、微分回転(differential notation)の形がこの二つの間できわめて良く一致している。

この微分回転は、現在値B-Wより大きいことも図から明かにされる。またヘベリウス・データについては、天文書⁵"The Sun as a Star"の中に論議されている。

1984年⁶4の"日食情報"中の"コロナと太陽の観測"の中で、太陽の自転のスピードはマウンダー・ミニマムの期間では早かったと書かれているが、これはヘベリウスからの帰結であって、今回のネーチュア誌に従うと、この記述は、全面的に改正されなければならない。

今後マウンダー・ミニマムと同様な太陽活動の異状な時期が、地球を見舞うとしたら太陽はその直径が大きくなり、自転のスピードが減少することになると。ともあれ、変光星-太陽についてのデータは1980年以降、急速にあつめられつつある。特に太陽の自転の微分回転は太陽活動、従ってコロナの形に直接関係づけられること、また太陽の直径の測定は、本質的に日食観測による測定精度が高いことも分っているので、今後の日食観測の重要なテーマになるものと思われる。

1. Picard, J. Arch. Obs. Paris D1, 14-16 (1666-1682)
2. La Hire, Ph. Archs Obs. Paris D2, 1-10 (1683-1719)
3. Balthasar, H., Vasquez, M. & Wohi, H. Astr. Astrophys. 155, 87-98 (1986)
4. Eddy, J.A., Gilman, P.A. & Trotter, D.A. Sol. phys. 46, 3-14 (1976)
5. Gilman, P.A. in "The Sun as a Star," 231-252 (CNRS, France and NASA Washington DC, 1981)
6. Ribes, E. Ribes, J.C. & Bartholot, R. Nature 326, 52-55 (1987)