

太陽  
平山 淳\*

太陽に関する諸量には有効温度や吸収線の強度のように有効数字が3桁以上あるものと、フレアや紅炎のように太陽活動に関係あるもの場合には有効数字は1桁で種類によってはオーダーが変わるのだが1つの代表的な値を挙げてあるものがある。Allen の *Astrophysical Quantities* から採用している数値が多いが昭和51年までの年表には Allen の第二版 (1963) を、来年からは第三版 (1973) を利用することになる。

順を追って注意すべき点を解説すると、まず「太陽の諸定数」では半径・質量・太陽定数・スペクトル型などが基本的な数値で、平均密度・表面重力・総輻射量・有効温度等はそれらから導かれる。例えば太陽定数 (地球の大気圏外で太陽に正対する  $1\text{ cm}^2$  当たり1分間に受ける太陽の総輻射量) は  $1.95\text{ cal/cm}^2\text{ min}$  となっているがこれは 1967~1970 年の間に測定された多くの平均をとったもので誤差は 0.3% と見積られている (D. Labs and H. Neckel, *Solar Phys.* **19**, 3, 1971), これを有効温度に直したのが  $5770\text{ K}$  という値で誤差は  $\pm 10\text{ K}$  になる。以前は Abbot 以来の太陽定数の年度毎の測定値をのせていたが、真の変化が年々あるのか否かが分からないので現在は上述の  $1.95\text{ cal}$  なる値のみを示してある。現在の測定の誤差では  $\sim 1\%$  の変化があっても分からないということである。

また太陽の自転周期であるが、これは黒点の観測を基にしたもので、光球のガス体の自転そのものの速度はドップラー効果によって測定可能であるが黒点よりゆっくりまわっている。黒点は潜水艦の潜望鏡のように光球のガス体の中を突き進んでいるのである。赤道での相対的な速度は約  $100\text{ m/s}$  である。

「太陽面諸現象」この表は現在の太陽物理学の主たる研究領域である太陽面諸現象をひとまとめにしたもので、非熱的電波と硬X線 (先月号参照) によって観測される以外の全ての現象を半ページに押し込んである。したがっておよそのことを知るには便利かも知れないが、多少とも予備知識をもっている人には極めて怪しげな表とみられるかもしれない。例えば黒点の大きさを半暗部が  $30,000\text{ km}$ , 暗部が  $10,000\text{ km}$  としてあるが頻度分布から云えばずっと小さい黒点の方が一般的なのだが“立派な黒点”という意味で選んだ数字である。また温度も光球の  $6,000$  度より  $1,600$  度低い、 $4,400$  度であるとしているが、 $500$  度程度のばらつきがあると思われる。また磁場の強さにしても  $500$  ガウス以下から  $4,000$  ガ

ウスまで黒点により違うので  $2,000$  ガウスというのはほんの目やすに過ぎない。もっとはなはだしいものはフレアである。まずフレアとは彩層とコロナが同時に熱くなる現象であるが表の性質上2つに別居させられている。フレア (コロナ域) の電子密度は  $10^{10}$  個/cc となっているが  $10^9$  個/cc から  $10^{12}$  個/cc に至る色々のケースがある。しかしこのようにケースによりばらつきがあっても、表の“代表値”は色々のことを教えてくれる意味のある数字でもあるのである。

例えばコロナ域のフレアと彩層域のフレアの電子圧 ( $\infty$  電子密度  $\times$  温度) が近いということがある。この代表例ではコロナの方が2倍電子圧が高く出ているが、これは数値のえらび方がたまたまそうなっただけでこの際は  $2=1$  と思っても充分さしつかえないのである。

さて、太陽面現象はこの表以外にも名前がついてくわしく研究されているものがいくつもあるのであるが、近い将来この表に付け加えたいと考えているものに、振動 (斑) と大規模対流 (斑) とがある。更にこれはもし本当なら「太陽の諸定数」に入れた方が良いのであろうが、太陽全体が周期2時間40分程度で大きくなったり小さくなったりしているという観測がある。この振動の速度は  $2\sim 3\text{ m/s}$  という小さなものなので独立の観測がもう少し出て来れば“脈動星としての太陽”が市民権を得て理科年表にものことになるであろう。

太陽面現象のこの表にのっている大きさ・寿命・温度・磁場・電子密度はどうしてそのような値になっているのかという間に対して、現在の太陽物理学は殆んど無力である。答があってもせいぜい定性的なもので、それも例えば黒点はなぜ黒いか ( $1,600\text{ K}$  という値) という間に対して対流が黒点の磁場で妨げられるからという Biermann の答に対して最近 Packer は黒点下部で輻射が磁気流体波のエネルギーに変わってしまって黒点を素通りしてしまうからという別の答案を出している状態である。これはつまりこれからいかに太陽物理屋が楽しんで仕事をできるかという証明でもある。

「太陽輻射エネルギーの波長分布」の見方は、昭和51年版で例えば波長  $0.60\text{ }\mu (=6,000\text{ \AA})$  のところでは、 $10^{10.44}\text{ erg/cm}^2\cdot\text{sec}\cdot\text{steradian}$  のエネルギーが単位波長範囲 ( $1\text{ }\mu$ ) の間で縁と中心部を平均した太陽面上で発せられているということで、この  $10^{10.44}$  に  $6.8 \times 10^{-10}$  を掛けた値 ( $18.7\text{ W/m}^2$ , 波長範囲  $100\text{ \AA}$ ) が地球大気外にやってくるエネルギーフラックスである。この値はフランクホルツ吸収線をならした各波長範囲内のエネ

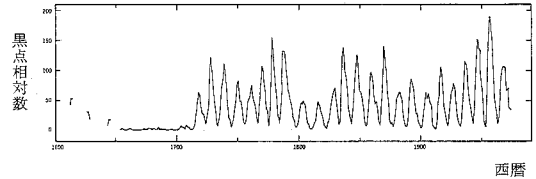
\* 東京天文台 J. Hirayama.

ルギーの総量で、吸収線のないところだけをひろった値はもっと大きくなるはずである。

次の「太陽外層のモデル」は太陽の各高さで温度等がどのように変化しているかを示すもので 52 年版からはハーバードグループの略称 HSRA モデルを採用する。このうち光球の部分は恐らく天体力学的諸量は別として天体物理学の中で最も良く分っている量と考えられる。とくに温度が 6,000 度の近くの誤差はさきの有効温度の誤差程度に ( $\pm 10\text{K}$ ) 小さい。光球最上部のいわゆる最低温度は人によっては HSRA より 200K 高い最低温度を出しているのもまだ多少は動くかもしれない。彩層になると数百度は怪しいのであるが、なにかまず問題はどの高さで急激にコロナになるかということで現在は光球より 2,000 km のところとしているが、例えば最近の末元モデルをとれば更に数百 km 或は 1,000 km くらい高いところが遷移層になるかも知れない。コロナから先になると当然のことながら、太陽活動の極大か極小か等で電子密度など 1 桁も違ってくるのでこれは注意を要する。また 1 天文単位のところでは温度として電子温度をとっており、陽子の運動温度は 1/5 くらい低い。

よく太陽の内部は地球の内部よりよく分っていると云われるが、これは最近怪しくなって来た。核反応の結果出てくるニュートリノのフラックスが理科年表の 1964 年の Sears モデルによれば理論上 29 単位あるべきなのに Davis 達の観測では 1 単位以下 (1972) という結果で全く異っている。もっと最近の 1969~1971 年頃の理論モデルでも 6 とか 9 単位見付かるべきだというのが標準的な答である。太陽は今現在は核反応をお休みしているとか、内部が早くまわっているとかの仮定をすれば観測と合せられないわけでもないのだが、決定的なことが分らないので「古典的な標準モデル」をのせているのが現状である。しかし芯の部分を除いてはあまり数値は動かないと思われる。

さて、次はアマチュアの人達も関係深い黒点数で天 24 と天 25 の 3 つの表をまとめて解説することにしよう。ウォルフ黒点数は  $R=k(10g+f)$  で計算され  $g$  は黒点群の数、 $f$  は黒点の総数、 $k$  は各器械・観測者による恒数である。チューリッヒでは  $f$  には黒点の半暗部を勘定せず、東京天文台では計算に入れている。また東京天文台の  $k$  値は 0.7 を用いているがこれは数年ごとに check しなければならない。といっても絶対的な基準があるわけではなく、各天文台の値、昔の値等と比較して判定するのである。昔ウォルフが口径 8 cm、焦点距離 110 cm のレンズで 64 倍に拡大して直視観測していたときの値を標準値として  $k=1$  とするのであるが東京天文台ではそれより平均  $1/0.7=1.4$  倍だけ良く見えすぎるのでウォルフ先生に合わせるため 0.7 を掛けてい



るのである。

太陽黒点数が太陽が現在のように輝き始めてからずっと変わらず 11 年の周期で変っていたかどうかは 1 つの大きな問題であるが、最近パーカー、エディ達によって昔の記録が再チェックされ 1645 年から 1715 年に至る 70 年間は殆んど黒点が見られていないということが分って来た。図がそれであるが、1610 年のあたりはガリレオが初めて望遠鏡で観測したときのスケッチを基にウォルフ数を推算したもので、この頃はたしかにかなりの数の黒点が見られていたのである。1645-1715 をマウンダーの minimum と呼んでいるが極大および極小期は判別がつきにくい。従って年表のこの期間の極大・極小の時期はきわめて怪しいものとみなければならない。

天 26・27 のフレアに関する三つの表は特に注意すべきこともないので次に天 30 の「太陽黒点の分類」に移ると、チューリッヒの分類の図では左側が太陽面上で西側に相当し太陽は西に向かって自転して行くので左側の黒点を先行黒点という。また A, B 等のタイプがどのように変化していくかは、新天文学講座「太陽」にくわしく出ているので参照されたい。A のままで一生を終る黒点が圧倒的に多いのであるが大きいものになると  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow J \rightarrow A$  のように変り、中くらいのものでは  $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow A$  のように進化する。天 31 の「主な太陽吸収線」の表では、地球大気による分子の吸収線は全部除いてあることに注意したい。また強度とは吸収線の幅を表わすもので、強度が大きい程幅が大きくその波長から出てくる輻射強度は逆に小さいのである。

最後の天 32 は彩層・コロナ等から出て来る輝線の一覧表である。紫外域輝線は、表の 284A よりずっと短い X 線領域の  $\sim 1\text{A}$  まで観測があって、例えば 1.9A には鉄が 24 回電離した輝線がフレアのときなどにみられるのであるがこのような短波長では変化が激しく同じ表にはのせられないし、また絶対値も怪しい。1215.7A の水素の Ly $\alpha$  も多少太陽活動によって変るがこれは平均値が与えられている。

主な彩層輝線の表は 1962 年のニューギニア日食のアメリカ隊の観測によるものであるが、この時初めて日食観測に参加した筆者にとっては「恨みの表」である。というのは我々の器械は皆既日食の直前になって全く動かなくなってしまったからである。