

## 太陽定数の変化

秦 茂

“主系列に位置している一つの星としての太陽の輝度に変化している”とは、長い間誰も考えていなかったことに違いない。僅かな量ではあるけれども、1980年以降のSMM(ソーラー・マキシム・ミッション)によって発見された太陽定数の変化について紹介する。

最近、数年の間に太陽活動と太陽の輝度についての疑問が出されて来ているが、特に採集された月面のサンプル、アメリカのデビスによる“ミッシング・ソーラー・ニュートリノ”の問題、樹木の年輪からの炭素の同位体の解析、最後に前回の日食情報で紹介したマウンダー・ミニマムの問題などは極めて長い期間かゝって太陽は変光しているに違いないという考え方を支持している。

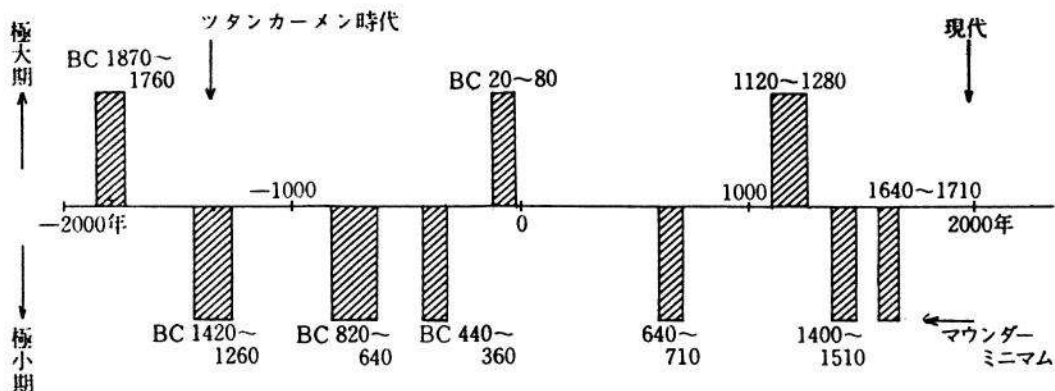
ここで太陽定数というのは、地球の大気圏外で太陽に正対する1平方cmが1分間に受ける太陽の放射総量のことで、理科年表によれば、 $1.37 \text{ KW} \cdot \text{m}^{-2}$  (1平方mあたり1.37キロワット)あるいは $1.96 \text{ cal/cm} \cdot \text{min}$  (1分間に1平方cmが受ける熱量が1.96カロリー)と書かれている。〔1985年理科年表 天22(108)〕

### マウンダー・ミニマム、ミッシング・ソーラー・ニュートリノ

昨年、1984年日食情報の№4の“コロナと太陽の観測”の中でふれた1645年から1715年の70年間の事件について、もう一度説明しよう。マウンダー・ミニマムと呼ばれている、この長い期間、太陽活動は異状に静穏であり、太陽面上に黒点が長いこと見出されていない。1976年のエディの論文によるとマウンダー・ミニマムは、この時代の小氷河期に対応していて、太陽からの放射量は現在と比べて弱かったとされています。この期間、特にヨーロッパでは、長期にわたって寒い季節を迎え、疫病にもなやまされたという記録があります。

#### 太陽活動の異状な時期

(日食情報1984. №4 「コロナと太陽の観測」第4図)



お持ちの方は日食情報№4の14ページにある第4図をながめていただきたいと思います。4000年にもわたって、マウンダー・ミニマムと同様な太陽輝度の変動があったことに気付かれると思います。

第二の問題としては「ミッシング・ソーラー・ニュートリノ」と呼ばれているアメリカのデビスの観測結果があります。太陽の中心核で発生したニュートリノは途中で太陽物質と反応しないので地球に到達するのに、約8分位なのに対して、太陽からの総放射は太陽内部で吸収・放出を繰返して、太陽表面に達するのに100～200万年を要します。現在観測されているニュートリノと太陽の総放射量との間には数百万年の時間のズレがあることになります。

問題は現在の太陽内部構造論から予期される値に対してニュートリノの観測量がきわめて少かったという点にあります。まだ確定した事実ではないのですが、太陽の輝度が一定ではないと仮定してしまうと、現在の太陽の核反応の融合の割合が平均と比べて低かったと考えれば、すぐに解決できそうです。

もう一つ、太陽は何故一瞬の中に核爆発を起さずに、少しづつ核反応を繰返しているのかという質問に対しての答は次のように説明されています。

太陽核融合炉はその融合のおこる割合が変化していて、エネルギーが多くなると太陽は膨張して温度を低下させ、その温度低下によって核反応を押えろといったサーボ機構を持っている。この自動的に放射エネルギーを制御するメカニズムによって太陽が安定に保たれているというものです。この自動制御の考え方は、太陽からの放射が、周期的にか、不規則的かは分らないけれどもとにかく変化していることを意味しています。

以上の三つの事実は、太陽の活動と輝度は決して一定ではなく、変化していることの強い証拠となっていると言って良いと思います。

### 気象学との関連

地球に限らず、太陽系の惑星の温度は惑星によって受けとめられる太陽からの放射熱と惑星から放出される赤外線とのバランスによって決められる。

放射線をスペクトルに分けると全体のエネルギーの40%は可視域にあり、50%は赤外域に、その残りのエネルギーは紫外域ということになっていて、地球上の温度は、地球の大気、海、陸地と太陽からの放射との相互作用によって決まり、結局は天候とか気象を左右することになる。

最近、アメリカを中心として「太陽活動と気象」についての研究が盛んになっているという。もっと身近な人間生活に直接役立つ研究が求められて来ているのかも知れないが、例えば黒点周期の変動と気温などについての最近の記録によると、気象要素の変動と黒点周期の間に有意な相関はないとされている。

それにも拘らず、気象学との関連において太陽定数を科学的にモニターする研究はつゞけて行われている。それには少くとも0.1%の精度で22年間(黒点の11年周期の2倍)の連続観測が必要とされている。

1970年後半には、アメリカ・ナショナル・クリメートのプログラムとして太陽と地球の放射をモニターする研究が始められ、NASA(アメリカ宇宙航空局)にその責任がゆだねられる。その後1980年に入ってSMM(ソーラー・マキシム・ミッション)に搭載されたACRIM(アクティブ・キャピティ・ラジオメーター・イルラディアンス・モニター)によって基礎的なデータが集められる様になった。

1984年のスペース・シャトル・チャレンジャーによる修復によりACRIMのデータの質が向上し、少くとも観測は1988年までつづけられる見通しとなった。

地球観測のための人工衛星(アース・オブザベーション・ミッション)では、始めてスカイラブ(1983年)で試みられたACR(アクティブ・キャピティ・ラジオメーター)を搭載し、つゞいて、1990年の上層大気研究のための人工衛星でも、太陽からのエネルギーの変動が調べられることになった。

## ACRIM

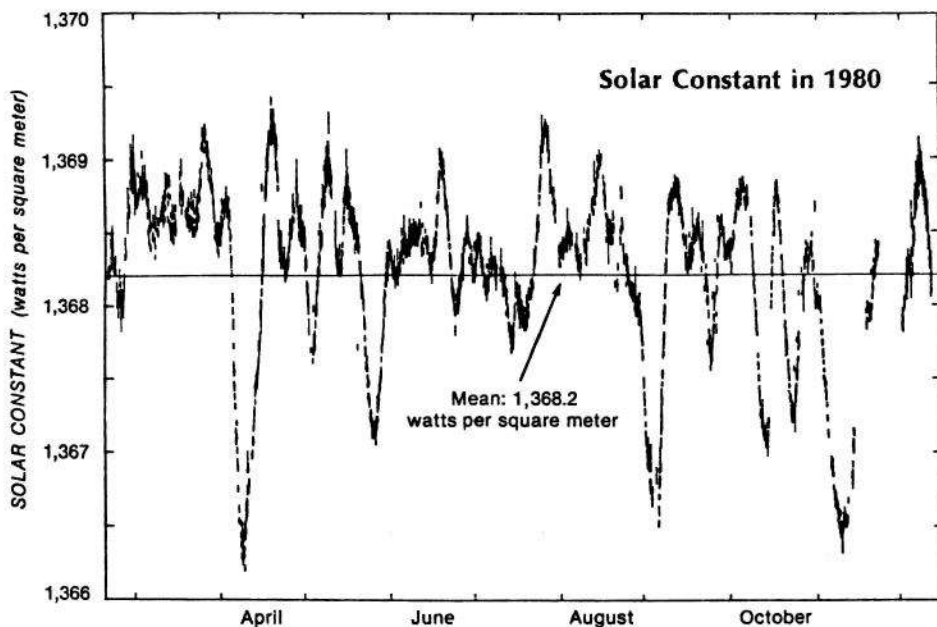
太陽研究の長い歴史の中で、太陽定数の変化を調べるための長い年月にわたる研究は殆ど失敗している。それは1980年になって初めて成功した。この装置はきわめて安定で、高感度であることを必要とする。

人工衛星「SMM」の観測装置は、ACRIMと呼ばれるラジオメーターであって、これは地球の方向に放射される太陽の輻射総量を測定するものである。

ACRIMは、この衛星が1980年のパレンティン・ディに発射されて以来、調調に動作している。装置は黒色のコーンの形をしていて太陽からの可視域と同時に紫外・赤外域の測定も行っている。

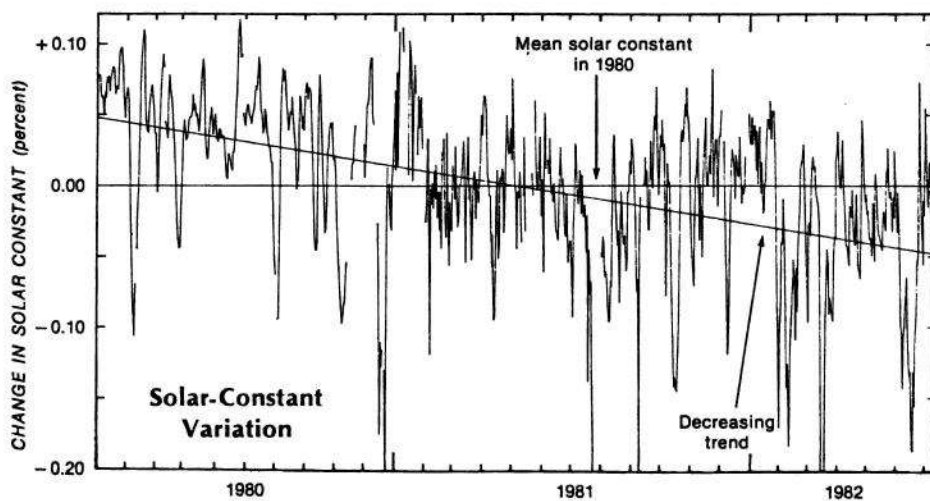
器材は全体として温度補正されている他に器材自身の変動をチェックするために三つの独立した検出器を具えている。普通の状態では、この装置は2分間おきに太陽定数を0.005パーセントの精度で記録する。

第1图



Solar-constant measurements, averaged over SMM's 96-minute orbital period, are plotted from the time of launch in February, 1980, until pointing accuracy was lost in December. The large dips are produced by sunspots. All illustrations are provided by the authors.

第2图



These solar-constant measurements, obtained from February, 1980, until July, 1982, show a continuous decline of about 0.04 percent per year, apparently unrelated to sunspot maximum in 1980-81. Whether this will influence Earth's climate remains to be seen.

第1図は1980年の初めから数ヶ月の間に得られたデータであるが、平均の1,368.2ワット/㎡から大きく下っているのは、例えば、1980年4月に大きな黒点群が太陽面上にあった時に相当している。

次の太陽活動の極小期は1986-87年であるが、この時のデータは恐らく黒点群や白斑によって乱されることが少いと思われる。

第2図は1980年から1982年にわたる太陽定数の変化を示すもので、図からは1年に0.041±0.002パーセントの減少が見られる。このまゝ数10年経過すると地球は再び小氷河期に突入することになるのだろうか？

しかしこのような結論をひき出すためには、データが得られている期間が短かすぎる。アメリカのカリフォルニア工科大学のヘドソンによると太陽定数の変化にも11年周期があるのではないかとされている。

第2図の様な平均値の下がり方は、黒点の極大期1980年について見かけ上、無関係であるし、若しも前に述べた様に黒点群の通過が曲線の下降と結びつくならば、最近黒点が増えているのだから、この平均値が逆に上向きになっていても不思議ではないかも知れない。

このようにして観測精度がマイクロ・マグニチュード( $10^{-6}$  mag)の程度に向上してくると、太陽以外の明るい恒星に対して、ACRIM-型の観測が行われる様になるに違いない。そして恒星についての内部構造や進化についての更に深い理解が得られるであろう。

### パワー・スペクトラム

太陽振動の効果を調べるためには、ACRIMによるデータのパワー・スペクトラムが必要になる。

第3図に示す様に、横軸に周期、縦軸にそれに対応する相対的なパワーを画くと、長い周期として(曲線のピーク値)太陽の自転周期27日が見出される。

次に短い周期のものとしては、5分間振動(FIVE-MINUTE OSCILLATION)がある。この発見はすでに1960年に、R.レイトン、R.ノイエスとG.サイモンによって行われ、これは地球上の地震波に相当するものである。

筆者自身、数年前に東京、三鷹にある6m口径のミリ波電波望遠鏡を使って、太陽振動を調べようと考えていた時期があり、其の後の野辺山の仕事、つゞいて停年退職のために、観測が不可能となった思い出がある。  
(2月22日)

第3図

