

太陽面の変動と地球上の天気

寺田寅彦

太陽面における変動、殊に黒点の増減に伴う地球上の気象要素の変化については従来多数の学者の研究があつて、その結果はいずれもこの両者の間に何等かの密接なる関係あるべき事を示しているが、それが果して如何なる物理学的の因果関係になつてゐるかについては未だ何等具体的の確説もないようである。この問題に関する従来の諸家の研究については関口(鯉)理学士が『天文月報』第十一巻第三号から五号に亘つて詳述されたから読者の参照を御すすめしたい。

私がここに御紹介したいと思うのは、最近すなわち本年三、四月の Monthly Weather Review においてエール大学のハンチントン氏が発表した論文である。その研究方法にもアメリカ式の面白い処があり、結果も当面の問題に対してもかくも一步を進め得た観がある。未だ完結してはいないがここにその梗概を述べることにした。

第一に調べたのは太陽黒点と北大西洋における気圧勾配との関係である。従来は多く気圧自身と黒点との関係が研究されたが、この人は特に気圧勾配という事に着目している。大気の移動に伴う各種の氣象現象は主にこの勾配に支配されるから、天気と黒点との関係を調べるには最も重要な要素だというのであろう。この勾配は無論広い面積については一様でないが、ある定まった日における一定面積内の平

均を考える事は出来る。ハンチントン氏が材料として用いたのは Deutsche Seewarte の Internationale Dekadenberichte の日々の天気図で、この図の面積内において五センチメートルの間隔で引いた等圧線が五度間隔の経緯線と交叉する点の数を算し、その総和をもって各天気図の平均気圧勾配を估価する標準としている。而して某月某日に相当する十年間の平均値に対する各年の値の百分値をもってその特別な日の「勾配指数 (gradient index) と名づけている。さすればある年のある日の平均勾配が例年に比して大であったか小であったかという事は、この指数の大小によってある程度までは判断されるのである。この方法は一見甚だ乱暴なようであるが、大体において決して不都合なものでない事を種々の点から論じている。とにかく実用本位で神経質でない処はアメリカ式とでも評してよからう。

次にこの勾配指数を毎日太陽黒点面積と比較するのであるが、その方法にもちよつと特徴がある。すなわち太陽面を先ず経度六十度の間隔で三つの部分に分ち、また後には東西両端の新月形部を更に南北二部に分ち、これら各部分の黒点面積を別々に計算して比較する事にした。第一に一九〇四年から一九〇九年に亘る期間のある区分の中から指数の最大な日と最小な日、すなわち勾配の最も急な日と緩な日とを選び出した。そしてこれらのおのおの日の前六日間と後五日間における黒点面積 (半影部を除きたる) を調べ、これを前記二種の日につき別々に平均した。換言すれば勾配の急な風の強い日またはこれに反する日の前後における黒点面積の変化に何等かの規則があるや否やを調べてみた。その結果の主なものを挙げると、

- 一、勾配の大きい時は黒点面積も大きい。
- 二、勾配の急な時における太陽面中央の六十度における黒点面積は勾配最大の日の二、三日以前に

最小を示し、その翌日頃に最高を示すが、東西両端の部分における黒点はこれに反し、勾配最大日の前二日に最高を示し、後二、三日に最小を示す。

三、勾配の最緩な日の前後における黒点の変化は前述の場合に反し、太陽中部の黒点は当該日の前日に最大を示し、両端部の黒点は当日あるいはその後一日くらいに最小を示す。すなわちあたかも太陽の東西両端に近き黒点は気圧勾配を急ならしむるもので、しかもその効果は二日くらい後に顕あらわれるかのごとき観がある。

次には太陽東西の端の新月形部における黒点を別々に分わかつて、そのおのが気圧勾配最大日及び最小日の前後において如何いかなる変化をなすかを験しているが、この結果として得た東西の差違はあまり断定的でない。

次には北大西洋の気圧勾配が急に変化する場合について太陽面上黒点の分布を調べたが、その結果はやはり太陽面東西両端に近い部分の黒点が勾配の急変化に関係あるごとく見える。

次には太陽面東西両端の新月形部を更に赤道によって南北に区分し、これら各区分内の黒点面積と気圧勾配の関係について種々の比較を行った結果、太陽の西北及び東南端における黒点面積の和と西南及び東北端におけるものとの差が重要な量である事を発見し、便宜のためこれに対向象限差 (diametric quadrant difference) また単に象限差という名を附している。この場合には北大西洋を更に南北の両部に区別し比較はやや複雑になっている。この調査の結果の概要は

一、先まず黒点の多い年を選んで平均してみると、北大西洋北半に急勾配ある時あるいは勾配の急変化ある時の前後における前記象限差の推移は大西洋南半において勾配の最緩なる時、あるいは変

化の遅緩なる時におけると相類似し、すなわち当該日前二日に最高を示し後三日に最低を示している。大西洋北半の勾配及びその変化が緩で南半の急な時についてはそれほど明白な特徴がない。また前記の關係は各季節を通じてほぼ同様である。

二、次に黒点の稀少な年について同様の事を調べてみると、大体において象限差の最高最低を黒点の多い年に比し数日繰り上げたような状況を示す。すなわちあたかも黒点の少ない時の影響は多い時に比し一層後れて地球に感じるかのごとき観がある。

次には北大西洋南半の勾配が急に緩になると同時に北半の勾配が著しく急になるという場合、すなわち北大西洋の暴風の時に特有な勾配配置の際における黒点の象限差を調べてみると、これは当該日に著しき最高を示しその前後四ないし六日に最低を示し、日数対象限差の曲線は著しい対称形を示す。更に面白い事には黒点の多い年ほどこの特徴が顕著である。

以上の調査においてはすべて地球上の気圧勾配を基礎としてこれに対する黒点の変化を研究したのであるが、次には逆に太陽黒点の種々の配置に対する気圧勾配の変化を調べ前の結果を確かめようとしている。

先ず黒点の多い期間につきて象限差の大小によって日进行分类し、各群の日における勾配の一日間の変化を平均してみた。前の結果から予想すれば象限差が増すほど勾配変化も増すはずである。實際の結果は非常に明白とは云われないが、しかし大体においてこれを確かめている。

次には象限差が一定限度を超過した期間及びその前後における勾配の日変化を調べてみると、これにも著しい特徴がある。すなわち当該期間に勾配変化の最高を示している。

なおこれに次いで太陽面東西両端の黒点の差、また両端の南北両半についても別々に差を取りなどして同様の研究をしているが、あまり複雑になるからここには省略する。

以上の結果を総合して判断する時は、要するに北大西洋における著しき気象変動は太陽面の縁辺に近き部分に黒点多くまたその分布に一種の不同ある時に著しく、黒点が一般に少なきかあるいは中央部に集れる時に静穏である。

この論文は未だ完結していないから、この後において如何なる新事実を附加し如何なる説明を試みるか明らかでない。従つて今ここで評論するのは早計であろうが、思うに著者のいわゆる象限差なるものが特別の影響を有するというのは、畢竟黒点の出現分布に一種の定型があるからではあるまいか。すなわち黒点は一般に太陽面に一樣に分布するものではない、著しい群が中等緯度に現われて他は比較的小ない場合が多くまた往々対蹠点たいせきてんに同時に現われる傾向がある、この二つの事柄で説明され得べきものではなからうか。また黒点の影響が後れてある気象要素に現われるという事実があるとしても、それは黒点の第一次影響が地球に到達するのにかくのごとき時間を要するためではなく、却つて短時間に到達した影響から第二次第三次と順々に影響を及ぼすためと考えた方が穩当であるらしい。従つてこの後れの少ない要素を多く発見するのが、第一次の影響を明らかにし、従つて黒点が大気に及ぼす直接の変化を探究する捷徑しやくけいであらう。

この研究と対照して興味のあるは近頃デイレイ氏 (Deeley) が発表した低気圧の生因に関する仮説である (Philosophical Magazine Vol. 35, 1918)。氏の考えでは、通例太陽面より地球に飛来してあるいは北光を生じあるいは地磁気の変化を生ずると考えらるる荷電粒子が、地磁気の影響で特殊な径路を取つて

上層空氣に進入してこれを熱し、そのために地面における低氣圧を生ずるといふのである。成層圏における温度が低氣圧の上で高いという事や、極地における恒常低氣圧の存在といふような事實をも証左として挙げている。この説自身にはあまり強い根拠はないとしても、前記ハンチントン氏の研究など都合せ考えると、これは確かに面白い一問題を暗示するものと思われる。

黒点は太陽面變動の一つの表現ではあるが、その他に地球上で観測されぬような随伴現象がどれだけあつて、それが輻射に如何なる程度の影響を及ぼすかも不明である。また光熱波と荷電粒子といふのが主要な影響を及ぼすかも不明である。しかし太陽面の縁辺部の影響が著しいという事は荷電粒子の効果がかなりに著しい事を示すのではないかと考えられる。ともかくもこれら輻射の生ずる熱が氣象變化の第一次原因となり、これに次いで氣圧變化が起ると考えるのが最も穩当であるらしい。そうして見ると地表空氣の温度や、雲の分布や降水などのごときものはむしろ第三次第四次の影響であつて、種々な地方的条件によつて種々に變化するはずである。それで従来研究されたこれらの要素と太陽變化との相関が区々まちまちである事はむしろ怪しむに足らぬのである。出来るならば高層の氣温、止むを得なければ「高層氣圧」の變化を直接に追究して、これと太陽變化と比較したいものである。

こういう立場から見ればハンチントン氏の研究、ディレー氏の説はともかくも特別の注意を払う価値のあるものであろう。

なお右論文の完結を待つて更に紹介するつもりである。

本誌第四百四十五号に同じ表題でハンチントン氏の論文を紹介しておいたが、その後その続篇が届いたから更にその梗概を述べる。

前篇においては主として太陽黒点の面積、殊にその象限差（太陽面を六分してその東南及び西北部における黒点面積と東北及び西南部における面積との差の絶対値）と北大西洋における気圧勾配、あるいはその変化の速度との関係を調べ両者の間に密接の関係ある事を示した。後篇においては、前に黒点について行ったと同様の事を太陽面の光点について調べてある。元来光点は太陽面の縁辺に近い処にのみ見えるものであるから実際の光点分布を知る事は困難な訳であるが、とにかく実測して得た光点についてその象限差を取り、その値の最大なる日の前後における北大西洋の気圧傾度を統計的に調べてみると、大体において黒点の場合と同様、すなわち象限差の大なる日の近くに気象の変化大なるがごとき結果を得るが、しかし黒点の場合ほど結果が鮮明でない。著者の考えでは光点は常に黒点に附随したものであるから光点は直接地球に影響しなくとも、前記の統計の結果は黒点の場合に類するのであるうといふのである。

次には太陽の輻射常数（地球雰囲気の頂上において光線に鉛直なる単位面積が一分間に受取るエネルギーの熱量）の変化と地球上の天候との関係を調べてある。その結果はやはり両者の間にある必然的な聯関のある事を示すが、しかしその関係は黒点の場合と大分異なっている。すなわち北大西洋の気圧傾度一日間の変化は輻射常数最大の日か、あるいはその前日に最小を示し、その後八、九日間漸次増加し、それからまた減少するような傾向がある。気圧傾度の平均よりの偏差についても同様な関係が見える。これに反して輻射常数の最小な日の近辺は気圧傾度の偏差は比較的大きく、その後九日間ほどは漸次減じ

て最小値に達する。

太陽面の光点是一般表面に比し高温度を有するとすれば、沢山たくざんの光点が太陽の中央部に来た時には輻射が増す事になる訳である。それで光点が太陽の東の縁に近く現われて六、七日後には中央経度に来るから、それから九日後、すなわち光点が東の縁に見えてから十六日目くらいに気圧傾度変化の最大な日が来るはずだと予期されるのであるが、この点に関する統計の結果もやや予想と一致している。これらの結果から著者は光点の影響について次のごとく考えている。すなわち光点の直接の効果は単に輻射常数を増すという点にあるので、これの影響が気圧に現われるのはそれが太陽の中央部に来てから八、九日後であるというのである。この結論はしかし色々の仮定の下に得られるものであまり重きをおく事は出来ないように見える。

ハンチントン氏の従来の調査方法はいづれも太陽変動の最大最小な日を選びてその前後の気圧変化を驗し、あるいはその逆の方法を採るのであったが、次にまた黒点と気圧の日々の変化についていわゆる相関係数を計算している。現在の問題のごとく種々の原因が種々の遅速の度で結果に影響する場合、殊ことに直接の原因が果して黒点であるかその随伴現象であるかも不明な場合では、相関係数の小なる点は初めより予期さるべき事である。いわんや気圧変化のごときは当該期間以前の歴史にもより、また当該期間といえども他の気象要素によっても種々の影響を受けるものであるし、またある場所の気象変化は他の場所の余波を受けてそれにも種々の遅速があるから到底著しい相関係数を得る見込みはない。それにもかかわらず多少でも確からしき相関を見出せば、それはむしろ著しい結果であろう。こういう意味の議論を述べた後に計算の結果を挙げている。先まず太陽黒点の象限差と、北大西洋の気

圧の平均よりの偏差の相関を調べてみると、黒点最大の日の前二日目に $r = +0.092$ を示し、後二日目に $r = +0.092$ を示している。これに対する確からしき誤差は ± 0.05 である。かくのごとく係数は小であるが黒点最大日の前後に対して整然たる経過を示していて、むしろ意外の結果である。次に黒点最大日前後の気圧一日間の変化についても甚だ整然たる結果を得て、その結果は前の方法で得た結果と一致する。すなわち象限差最大なる日かあるいはわずかおくれで急な気圧変化が起る事を示している。毎日の光点についてその前後三、四日間の気圧との相関を求めてみると、黒点の場合に比して係数は一般に小さく且つ不規則であつて、何等確実な相関を認め難い。これによって見ても光点の影響は直接なものでない事が明らかである。

以上は調査結果の概要であるが、ハンチントン氏は最後に摘要として次のような事を述べている。

一、太陽黒点、光点及び輻射常数は北大西洋の気圧傾度に明瞭なる関係を示す。

二、光点と輻射常数の変化は地球の受取る熱量に変化を及ぼし、それが八、九日後れて気圧に影響すると考えられる。(クレートンによれば熱帯地方では太陽変動に後るる事二日くらいで気温の最高を示す。)

三、黒点と気圧との関係は前記のものと著しく相違している。第一に黒点の効果は二十四時間以内に既に気圧の変化に現われる。これは熱的效果としてはあまり早いと思われる。第二に黒点の効果は高気圧面積におけると低気圧におけると反対であるが、輻射常数についてはそんな事はない。第三に何よりも著しい事は黒点面積の総和でなくて象限差が最も密接な関係を示す事である。もし輻射の熱効果と考えればかくのごとき関係は到底説明し難いのである。

四、これらの結果より見れば太陽変動は地球雰囲気における変動の主要な原因であつて、その効果

は二様である。その一は熱的であるが、他の一つは電氣的であるかあるいは或る未知の原因によるかこの点は後日論ずるであろう。

著者はなおこれに附け加えて黒点と気温との相関に関する従来の研究の結果を現在の結果から見て説明せんと試みているが、この説には種々の点で首肯し難いと思ふからここにはしばらく略する事にする。なお最後に最近におけるヘラント・ハンゼン及びナンセンの海流と気温の關係についての研究等を参照し、地球上における短期の温度変化は主として太陽変動の影響として現れる地球雰囲気の活動中心の変化によるものと考え、その機能の説明を試みている。

以上はハンチントン氏の論文の概要である。この研究の結果について最も著しい点は、いわゆる象限差なるものが地球の気象に影響する事である。これは実際に特別な物理的の意味を有するものであるか、あるいは統計の結果として始めて意味が成り立つものであるか、個々の材料について精査しなければ明らかでない。しかし後者のようなものであるという可能性は考え得られる。例えば黒点の分布が赤道に対して対称を欠くのが普通であるとする。そうすればいわゆる象限差の中には東西の縁の差がかなりに含まれている。もし対蹠的分布の傾向があればなおさらである。それでも黒点が中心を通過する際に、ある特別の地方あるいは活動中心に降雨のごとき現象を生ずるものとすれば、象限差の最大の日は丁度二回の降雨の中間に当る訳である。活動中心におけるかくのごとき週期的降雨に伴う気圧変化の波が常に一定の方向に移動するとすれば、現在のごとき結果を生ずる事も可能である。これはただ一つの可能な場合を考えたに過ぎぬが、かくのごとき關係からいわれる象限差の効果が生ずる事がないとも云われない。むしろかくのごとく考える方が穩当であるかも知れない。たとえ黒点

から放出さるる電子の作用と考へてもいわゆる象限差、しかもその絶対値のみが影響する点を説明するのは容易でないと思はれる。黒点から出る電子の影響とすれば、それはディレーの説のごとく上層空気を熱して気圧変化を生ずるのであるか、あるいは水蒸気の凝縮を起しこれが主因となるかは未決の問題である。自分もこの点に關して目下學生を相手に調査しているから、その結果は他日ここで御紹介する機会があろうと思う。

氣象の推移を予知するには地面に近い下層の觀測では足りない、高層の狀況を知らなければならぬ。日本でも今度高層觀測所が出来たのは誠に喜ばしい事である。しかるにこの頃の様子ようすでは地球の天氣と太陽面の変動との關係がだんだんに確からしさを増して来る處から考えると、早晚また天氣予報を目的とする太陽の觀測が行われるようになるかも知れない。

- 寺田寅彦著『寺田寅彦全集 第十五卷』（岩波書店、一九九八）所収。
- 読みやすさのために振り仮名を付加した。
- 理解を助けるために割註をつけた。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}^{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセッティングを行い、 $\text{d}^{\text{v}}\text{i}^{\text{p}}\text{d}^{\text{f}}\text{m}^{\text{x}}$ を使用した。
- 科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」
<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/scilib.html>
- 「科学図書館」に新しく収録した文献の案内 「科学図書館掲示板」
<http://6325.teacup.com/munehircumeda/bbs>