

地磁気活動度、黒点数の変化および 極運動の気候に及ぼす影響*

須 田 滝 雄**

要 旨

いままでに、筆者は黒点数（太陽からの紫外線放射の指標）および地磁気活動度（同微粒子入射の指標）の組合わせによって指標される太陽活動と、種々な気象現象との関係を解析して、両者間に密接な関係があることを見出した。それに基づき、今後20～30年間は北半球高緯度は寒冷化すること、および、それに伴う世界各地域における気候の特徴の大勢を予測した。この予測が適中しても、個々の年次には例外も起こることは当然で、それは太陽活動を1次的原因とした場合、2次的原因が働くからである。

本稿では2次的原因として極運動を取り上げ、前記の太陽活動の2つの指標と併せた3要素の組合わせと、北海道冷夏出現、宮古8月、銚子2月気温、パリ、ニューヨークの2月および8月気温との関係を調べ、太陽活動の影響の例外となる場合は、極運動の影響で説明できることを知った。この結果は1、2年期間の長期予報に利用できる。

1. はしがき

筆者（1976, a, b, c）はさきに、太陽からの微粒子放射の指標である地磁気活動度および紫外線放射の指標である黒点数の変化の組合わせによって示される太陽活動は、極夜うずや極うずの盛衰に影響し、ひいては地上における種々な気象現象に影響が及んでくることを確かめた。たとえば、地磁気活動が弱く、黒点数が S_r （相関逆転点、季節によって異なり、80～120）に近い組合わせの時には、極夜うずや極うずが発達しやすく寒冬となる傾向となり、夏の期間は短くなることが判った。

こうした太陽活動の状況を高緯度寒冷指向、これに反する状況を同温暖指向と呼ぶことにする。寒冷指向の年が頻繁に起こる時代には、高緯度の氷雪面積が増大し、地表面の反射能は大きくなるから気候の寒冷化は加速される。筆者（1976d, 1976e）は、このメカニズムを論ずる一方、過去の資料の解析結果により太陽活動は1960年後半に高緯度寒冷指向の時代に入り、その傾向は当分続くと予想した。また、それに基づき北半球高緯度は今後

20～30年寒冷化が続くこと、および、それに伴う世界の幾つかの地域の気候変化を予測した。

これらは大勢について予測したもので個々の年の予測ではない。太陽活動についても傾向として寒冷指向であっても毎年そうなるわけではない。また、気候変化の主因が太陽活動であるとしても、2次的原因の働きもあるから北半球高緯度が毎年寒冷化するとは限らない。

ほかに、北半球高緯度が寒冷化しても2次的原因が偏西風波動の形に影響し、個々の年について見れば、中緯度などではかえって温暖となる地域を生ずるようなこともあり得る。

そこで、半年あるいは2年ぐらゐの期間の長期予報に、さきに得られた研究結果を応用するためには、

(1) 太陽活動と高緯度寒冷化あるいは温暖化の関係についてさきに得た結果に、数は少ないが例外がある。この例外は2次的原因によるものとしてさらに解明する。

(2) 対象期間の太陽活動を予測し、(1)と併せて、高緯度が寒冷化するか温暖化するか予測する。

(3) 高緯度の寒冷化あるいは温暖化と対象地域の気温との関係を解明し、(2)と併せて予測する。

(4) (3)に記した関係、すなわち高緯度の寒冷化あるいは温暖化と対象地域の気温が傾向としては一致するが、2次的原因によって例外を生ずることもあるという

* Effect of Variations of Geomagnetic Activity, Sunspot Number and Polar Motion on Climate.

** T. Suda

—1977年6月11日受領—

—1977年8月4日受理—

ような地域については，太陽活動とその地域の寒暖の関係を直接解析し，これに2次的原因と思われるものを加えて解明し，その結果を用い(2)により長期予報を行なう。

本稿においては，長期予報に役立てる目的をもって，主として(4)により研究した結果を報告する。

2. 気候変化の2次的原因の一つとしての極運動

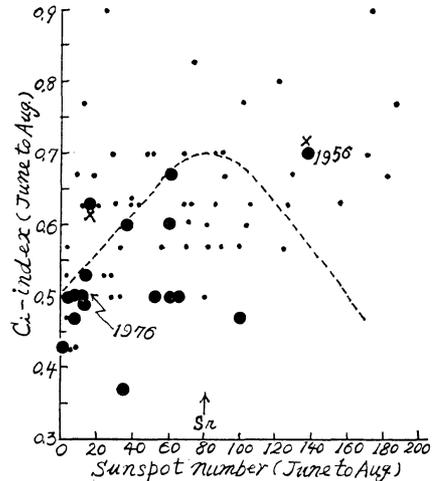
前節(1)で述べた2次的原因として有力なもの一つは火山噴火であろう。大噴火は高緯度の地上気温を低下させる(たとえば山元, 1975)。また，筆者(1975)の調べによれば北日本の冷夏発生に影響する割合は，太陽活動を1とした場合，大噴火の寄与率は0.7となっている。

前節(4)で述べた2次的原因としては極運動が考えられる。松倉(1963)らによってそれが気象に影響することが明確にされている。他に海況なども考えられるが，本稿においては2次的原因として極運動を取り上げ，それが太陽活動と絡んでどのように気象に影響するか解明することを試みた。

3. 北日本の冷夏発現の主原因は太陽活動であるが黒点との関係は複雑

第1節(4)の考え方にに基づき，北海道冷夏発現と地磁気活動度および黒点数との関係についてさきに調べたものに，1976年までの分を追加したのが第1図である。地磁気活動度の指標としては，国際地磁気特性と呼ばれる C_i (階級0-2)をとり，黒点数とともに毎年の6月~8月平均値を用いた。図中の曲線は冷夏発現領域がまつまり，かつ事例(1905~1976=72個)が，だいたい半々になるように引いたものである。この曲線は第1節で述べた高緯度寒冷指向および温暖指向年を分ける線と一致している。このことは，北海道の夏の気温と高緯度の寒暖は傾向として一致することを示すものである。ここで注意すべきことは，この一致は完全ではないことである。すなわち，太陽活動が第1図の曲線の内側になる状況の年には北海道冷夏は発現しやすく，外側の状況の年には発現しにくい。これら個々の年は，太陽活動が高緯度寒冷指向あるいは同温暖指向の年と完全には一致しないわけである。しかし，いずれにしても第1図の曲線は，北海道夏の気温に対して太陽活動が寒冷指向にある年と温暖指向にある年を分ける曲線である。以下特定の地点に対する両指向の区分は同様のものである。

この曲線で分けられる両領域における冷夏発現頻度は，後に検定するように高い水準で有意の差を示している。この曲線の実験式としてつぎのものが得られる。



第1図 北海道の冷夏発現と太陽活動の関係(1905年~1976年)黒丸は冷夏でなかった年，破線は太陽活動(地磁気活動の C_i 指数と黒点数の組合わせで見る)の状況が寒冷指向にあるか温暖指向にあるかを分ける線，内側は寒冷指向，外側は温暖指向。 S_r は冷夏発現と黒点数の相関逆転点。この図はさきに発表のものに1973年~1976年を加えたもの。×印は例外年。 C_i は1976年から観測中止になったので，この年は A_p 指数から推算した。

$$C_{ir} = 0.50 + 0.488S \times 10^{-2} - 0.322S^2 \times 10^{-4} \quad (1)$$

S は黒点数

したがってつぎの式で求められる ΔC_i が正であれば，太陽活動は北海道の夏に対し温暖指向，負であれば寒冷指向である。

$$\Delta C_i \equiv C_i - C_{ir} \quad (2)$$

ここに C_i は実測値， C_{ir} は(1)による計算値。

冷夏17回(1905年~1976年，6月~8月平均気温より決めた)中，15回すなわち88%は太陽活動が寒冷指向の場合に起こっている。また寒冷指向の年39回中冷夏となった回数は15回(38%)であった。こうしたことが偶然に起こる確率は約1000分の1に過ぎない(第1表，フィッシャーの精密検定)。

なお，例外2例中の1956年(第1図中×印)は火山噴火の影響と考えられるが，ここでは論じない。

以上により北海道冷夏の主因は太陽活動であると考えてもよい。そしてその指標のうち， C_i 指数が黒点数よりも冷夏発現に関係深いことが判る。すなわち， C_i 指

第1表 太陽活動と北海道冷夏発現の関係 (1905~1976). 太陽活動は C_i 指数と黒点数の組合せによる.

太陽活動	冷夏	冷夏でない	計
寒冷指向の年	15回	24回	39回
温暖指向の年	2	31	33
計	17	55	72

$$(\alpha=1/1069)$$

数が大きいほど冷夏は起こりにくく、小さいほど起こりやすいことが明らかであるが、黒点数と冷夏発現の関係は複雑で、 S_r (この場合約80) 以下では冷夏は黒点が多いとかえって発現しやすい傾向を示している.

このことを別の面から検討してみよう.

従来北日本の冷夏は黒点が少ないときに発現しやすいと認識する向きが多かったが、これは黒点の少ないときには、地磁気活動の弱いことが比較的多いために生じた誤解である.

第1図からも判るように、たとえば、黒点20以下の年に着目して見ると、冷夏の発現状況は G_i の大小により絶対的な相違を示しており、黒点数の大小は冷夏発現に関係がないとさえ言える (第2表).

すなわち、黒点数が20以下の年であっても、 C_i が0.55以上の年の冷夏の発現率は全体的場合の発現率にさえ及ばず、その半数に過ぎない.

つぎに、冷夏が黒点の極大および極小の年のそれぞれ

第2表 黒点数が少ない場合における C_i の大小による冷夏発現率の相違.

黒点数	C_i	該当年	冷夏年	発現率
20以下	$C_i \leq 0.55$	11回	7回	63.6%
〃	$C_i > 0.55$	8	1	12.5
全年 (1905~1976)		72	17	23.6

第3表 黒点極大、極小前後の冷夏発現状況.

	該当年	冷夏年	発現率
(1) 極大の前後3年間	21回	2回	9.5%
(2) 極小の 〃	23	9	39.1
その他の年	38	9	23.7
全期間(1895~1976)	82	20	24.4

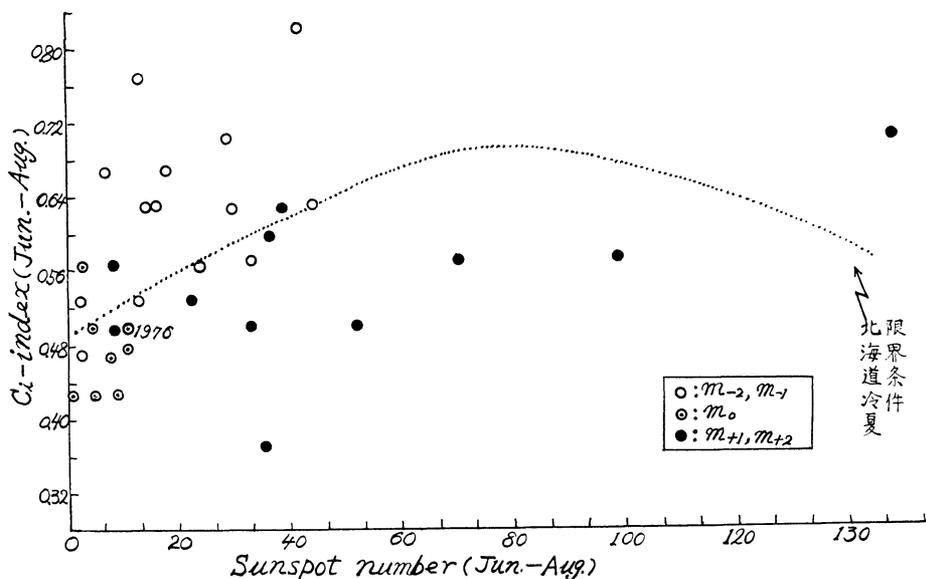
注. (2)の内訳: 黒点極小前年に1回、当年に3回、次年に5回、計9回.

前後3年間に起こった回数ならびにその他の年に起こった回数を求めて (1895年~1976年), これをフィッシャーの精密検定で見ると、冷夏は(1)黒点極大の前後3年間には発現しにくく (危険率436分の1), (2)同極小の年の前後3年間には発現しやすい (危険率269分の1) ということになる (第3表).

これによれば、冷夏発現と黒点数とは相当深い関係があるように見えるが、第3表(2)に関してさらに詳しく見ると (第3表注), 黒点数は極小年の1年前と1年後とではほとんど変わらないのに、冷夏発現には著しい偏りがある. この事実も、冷夏は黒点数よりも C_i 指数の大小により強く影響されることを語っている. 別の研究 (1974) で推論したように、太陽からの微粒子が地球に到達する効率、黒点数が等しい場合でも黒点の発生緯度により異なり、低緯度の黒点付近の擾乱からの方が高緯度のそれからより効率がよい. 黒点極小の1年ぐら前は黒点の発生する緯度はもっとも低く、1年後にはもっとも高い.

したがって、地磁気活動度は、極小の1, 2年前には、1, 2年後よりも相対的に強い. すなわち、1, 2年前には黒点数に比して地磁気活動は強く太陽活動は温暖指向となることが多く、冷夏は発現しにくい. これに反して、1, 2年後には寒冷指向となることが多く、冷夏は発現しやすい (第2図). 第2図では1976年を極小年と仮定してあるが、まだ確定的ではない. もし極小であるとすれば、1977年および1978年は、それぞれ極小の1年および2年後となり、太陽活動が冷夏発現に極めて好適な条件となる. また、もし1977年が極小年になるとすれば、1976年は極小1年前であるから、一般には太陽活動は寒冷指向になりにくい年のはずである.ところが、実際には第2図に示したように寒冷指向となり冷夏も発現している. これは、さきに記したように太陽活動が長周期変動により、地磁気活動の弱い時代に入ったためであろう. したがって、極小年である1977年、1年後である1978年、2年後である1979年には、寒冷指向の程度は1976年の場合よりさらに甚しくなるわけである (第2図の点曲線より下方にはなれる). この点だけからもこれらの年には北海道冷夏発現の可能性があることが判る.

つぎに、調査対象期間 (1905年~1976年) について黒点の多い年 (51以上), 少ない年 (50以下) に分けて冷夏発現率を比較すると、黒点数が少ないと冷夏になりやすいということには、1.4%の危険率を伴うことを知る (第4表). この危険率は前記 (第1表) のように、太



第2図 黒点極小年の前後における黒点数と地磁気活動 (Ci) の関係 (1905年~1976年). 曲線は第1図と同じもの. 1976年を極小年としてあるが未確定. m_{-2}, \dots, m_{+2} は極小年の2年前, 1年前, …… 2年後.

第4表 黒点の多い年と少ない年における冷夏発現状況 (1895年~1976年).

	該当年	冷夏年	発現率
多い年 (51以上)	37回	8回	21.7%
少ない年 (50以下)	45	12	26.7

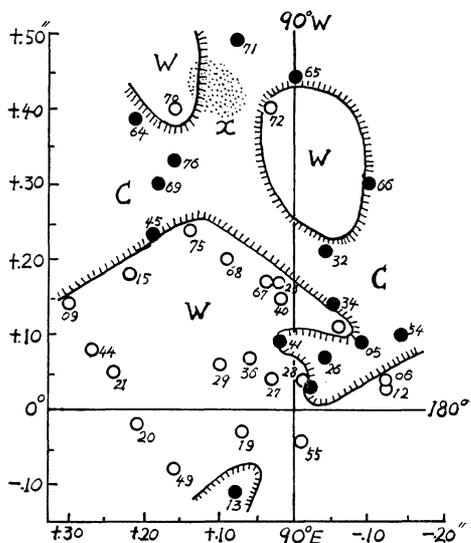
($\alpha=1.4\%$)

陽活動を寒冷指向と温暖指向に分けて冷夏発現状況を調べた場合の危険率 (0.1%) より, はるかに大きい.

以上の事柄は後記するように宮古8月気温についても成り立っている. したがって, 北日本の冷夏は黒点が少ないときに発現しやすいとは言えない. 地磁気活動度については, これが弱いときには冷夏が発現しやすいと言える.

4. 北海道における冷夏と太陽活動および極運動の関係

3項で述べたように, 北海道における冷夏は太陽活動が寒冷指向のとき発現しやすいことは確かな事実であるが, この条件のときでも冷夏にならない年もある (第1図の曲線内の小点). 極運動が偏西風波動の尾根や谷の位置にひびき (松倉, 1964), ひいて南北気流交換の道筋が変化すれば, 太陽活動の変化によって高緯度が寒冷



第3図 太陽活動が寒冷指向の年にける北海道冷夏発現の有無と極の位置 (1905年~1976年). 寒冷指向の年とは第1図の曲線の内側にプロットされる年. 黒丸は冷夏年. 極位置がWの年には冷夏が起きない. x (点で影をほどこした位置) は, 1977年, 1976年における予想極位置. 図中の数字は1900を省いた年. 極位置は各年の中央の値.

化しても、地域によっては気温が低下しないことがあり得るわけである。

そこで、1905年から1976年までの72年について、第1図の図上または第2式によって寒冷指向の年を選び出し、それらの年における冷夏発現の有無と極の位置（年中央の値）の関係を調べた（第3図）。図中十字の直線は平均の極位置に対する経線で、この交点が平均極位置である。これを見ると冷夏年とそうでない年は、それぞれ極位置の特定のところにまとまっている（第3図中CおよびW領域）。なお、CおよびW領域を区画する曲線を引くに当たり資料不足の部分については、第5図aを参考にした。地磁気活動度の予測方法について十分に検討していないが、太陽活動の大勢として今後しばらく、その活動の弱い時代が続くことが予測されるから、かりに1977年、1978年も寒冷指向と考え、過去のグラフより兩年の極位置を予想すると図中 α （影をほどこした部分）の位置になるから、兩年とも冷夏発現の危険性がある。

5. 宮古8月気温と太陽活動および極運動の関係

宮古の8月の気温について北海道における冷夏発現の場合と同様な調査を行なった（期間、1905年～1976年、 C_i と黒点数は7月、8月平均）。第1図と同様な座標に8月気温を記入し、高温の年（ $t \geq 23.9^\circ\text{C}$ ）と低温の年（ $t \leq 20.9^\circ\text{C}$ ）とをマークし、これを区分する曲線を求めると北海道の場合とほぼ同様な形となる（第4図、前の研究に1976年までの分を追加したものである）。この曲線で区分される寒冷および温暖指向の領域における冷夏発現の状況を検定（フィッシャー）してみると、危険率はわずか0.5%にすぎない（第5表）。

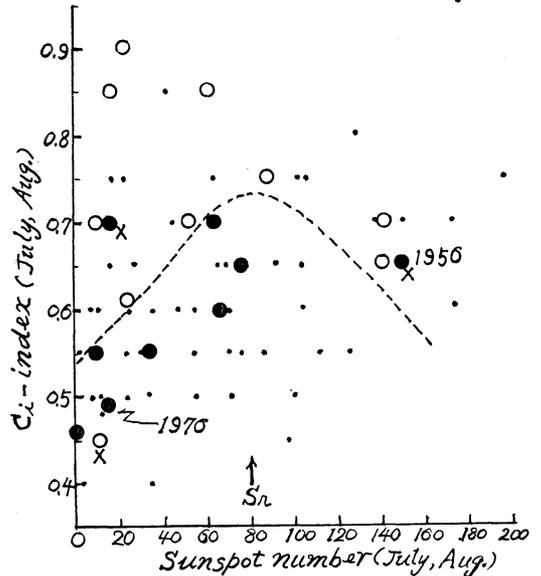
また、両グループの平均気温の差は 0.89°C に達し、これは危険率0.4%（ t 分布）で有意である（第5表右端）。

第5表 太陽活動が寒冷および温暖指向の年における低温年（ $t \leq 20.9^\circ\text{C}$ ）および高温年（ $t \geq 23.9^\circ\text{C}$ ）の現われ方ならびに太陽活動のグループ別平均気温（宮古8月）（1905年～1976年）。

太陽活動	該当年	低温年	高温年	平均気温	差
寒冷指向の年	40回	7回	1回	21.88°C	} 0.89
温暖指向の年	32	2	9	22.77	
計	72	9	10		($\alpha=0.4\%$)

($\alpha=0.5\%$)

1977年9月

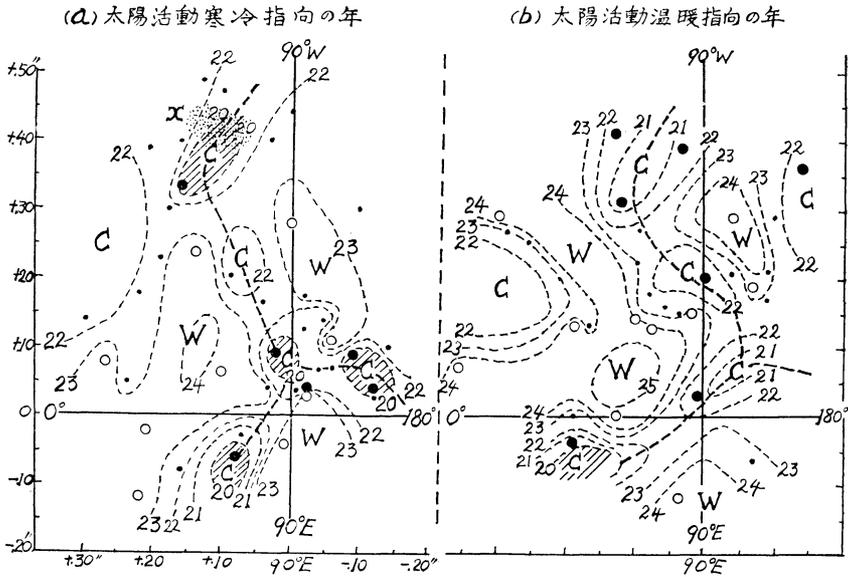


第4図 宮古8月気温と太陽活動の関係（1905年～1976年）。黒丸は低温年（ $\leq 20.9^\circ\text{C}$ ）、白丸は高温年（ $\geq 23.9^\circ\text{C}$ ）。×印は例外年。その他は第1図と同じ。

つぎに、グループごとに、極位置の座標に、毎年の極位置（年中央の値）および8月気温を記入すると、気温の分布は系統的で 1°C 間隔の等温線を無理なく引くことができる（第5図、a、b）。まず、寒冷指向のグループについて見ると、その中の低温年（ $t \leq 20.3^\circ\text{C}$ ）と高温年（ $t \geq 23.5^\circ\text{C}$ ）とは、それぞれ特定の極位置のところにまとまっている。このパターンは大体において北海道冷夏の場合と似ているが、細部は異なっている。これは北海道の場合は6月～8月の平均気温から冷夏を決めたものであり、宮古の場合は8月の気温であるためである。

冷夏となる危険の大きい年は、太陽活動が寒冷指向で、極位置が第5図中のCの近辺にある年である。このCを含む低温領域が3本の帯状となっており、その間隔は約 120° であることは著しい特徴である。これは太陽活動が寒冷指向のときは3波の上層偏西風波動が発達することと関係がありそうである（須田、1977）。

つぎに、温暖指向のグループ（第5図b）について見ると、やはり無理なく等温線が引ける。そして、グループ中の低温年（ $t \leq 21.6^\circ\text{C}$ ）と高温年（ $t \geq 24.0^\circ\text{C}$ ）に着目すると、それぞれ極位置特定のところにまとまっている。



第5図 太陽活動が寒冷指向の年 (a) および温暖指向の年 (b) における宮古8月気温と極の位置 (1905年~1976年). 曲線は等温線, Cは気温低下が起こる極位置, Wは同低下が起こらない極位置.
 黒丸は低温年 ($\leq 20.3^{\circ}\text{C}$) } (a)
 白丸は高温年 ($\geq 23.5^{\circ}\text{C}$) }
 黒丸は低温年 ($\leq 21.6^{\circ}\text{C}$) } (b)
 白丸は高温年 ($\geq 24.0^{\circ}\text{C}$) }
 (a) の中の x(点を打った部分)は, 1977年, 1978年の予想極位置.

等温線のパターンは, 寒冷指向の場合とかなり相違している. この原因は太陽活動によって上層風波動の模様が異なるため (須田, 1976 f), 2次的原因としてそれに重なる極移動の影響の現われ方が相違するためと解釈される.

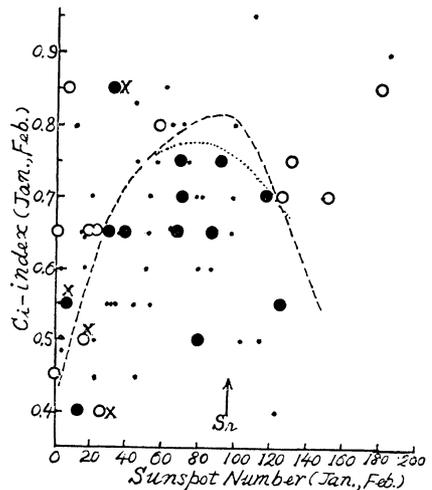
とにかく, 第5図の a と b のパターンが相違するという事は, 両者を区別しなければ, 等温線を引くことは困難になることを意味するもので, このことは, 宮古8月気温に影響するもっとも有力なものは太陽活動であるということを示すものである.

1977年, 1978年の年央の極位置は, 第2図に示したと同じく, 第5図 a の x 付近(影をほどこしたところ)と予想される. したがって, 太陽活動が寒冷指向であれば両年とも宮古8月の気温は 22°C 以下, 悪くすると 20°C ぐらいになる可能性がある.

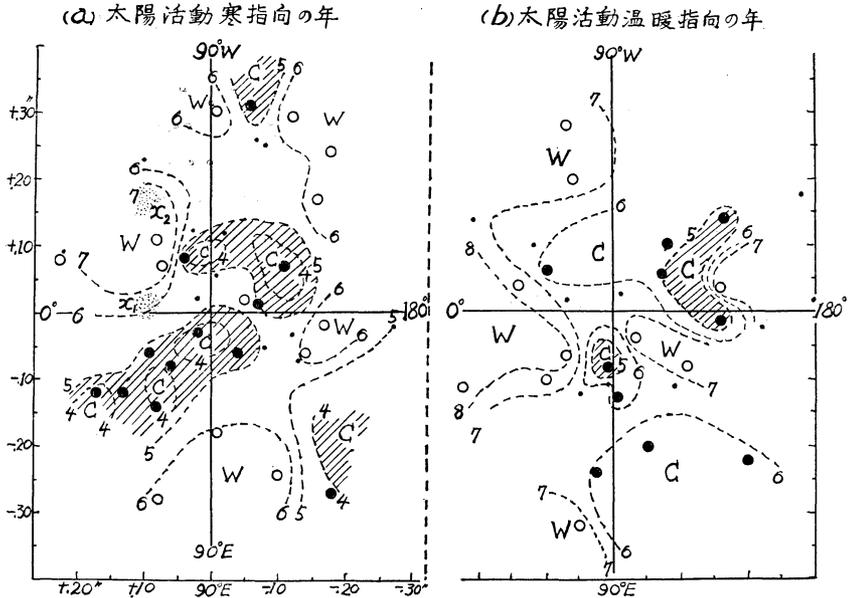
6. 銚子2月の気温と太陽活動および極運動の関係

冬の例として銚子の2月の気温について, 宮古の8月気温の場合と同様な調べを行なった(1905年~1973年).

1, 2月の平均の C_i 指数と黒点数を用い, 第4図と同



第6図 銚子2月気温と太陽活動の関係 (1905年~1973年). 黒丸は低温年 ($\leq 4.6^{\circ}\text{C}$), 白丸は高温年 ($\geq 7.4^{\circ}\text{C}$). 点線については本文参照. その他第4図と同様.



第7図 第5図と同様。ただし銚子2月気温，極位置は各年初のもの。(1905年～1973年)

黒丸は低温年 ($\leq 4.7^\circ\text{C}$) } (a)

白丸は高温年 ($\geq 6.0^\circ\text{C}$) } (a)

黒丸は低温年 ($\leq 5.8^\circ\text{C}$) } (b)

白丸は高温年 ($\geq 7.4^\circ\text{C}$) } (b)

(a) の中の x_1 および x_2 は，それぞれ1978年および1979年初の予想極位置，

様な座標上で2月の気温の分布を見ると，低温年 ($t \leq 4.6^\circ\text{C}$) と高温年 ($t \geq 7.4^\circ\text{C}$) の分布は概してまとまっております，第1図や第4図と同様な曲線で区分される(第6図)。この曲線は図中点線のように引く方が無理がないが，冬(12月～2月)の極うずの場合の S_r は約120であり(須田，1976g)，また種々な地上気象について調べた結果も S_r は冬に大きく夏には小さくなっているのので， S_r が大きくなるように引いたのが図中破線の曲線で， S_r は約100となっている。この線で分けられた寒冷および温暖指向のグループ別の低温年 ($t \leq 4.6^\circ\text{C}$) および高温年 ($t \geq 7.4^\circ\text{C}$) の現われ方，および両グループの平均気温の差から見て，銚子2月気温に対しても太陽活動が大きく影響していることを知る(第6表)。

つぎに，極運動の影響を見るため，第5図a，bと同様の図を作った。ただし，この場合の極位置は各年の年初の値を用いた(第7図a，b)。

寒冷指向および温暖指向のグループごとに 1°C 間隔の等温線を無理なく引くことができる。等温線のパターンはグループによって相当異なっている。もっとも著しいことは，寒冷指向グループについて見ると宮古8月気

第6表 第5表と同様のもの。ただし銚子2月気温，低温年 ($t \leq 4.6^\circ\text{C}$)，高温年 ($t \geq 7.4^\circ\text{C}$) (1905年～1973年)。

太陽活動	該当年	低温年	高温年	平均気温	差
寒冷指向の年	39回	11回	2回	5.46°C	} 1.00°C
温暖指向の年	30	2	10	6.46	
計	69	13	12	$(\alpha=0.4\%)$	

($\alpha=0.1\%$)

温(第5図a)とかなり類似していることである。これは，太陽活動が寒冷指向の状況のときに発達する上層偏西風波動の模様が夏と冬であまり変わらないためと推測される。

なお，1978年，1979年の極の予想位置は第7図の x_1 および x_2 の近辺であるので，両年も2月の銚子の気温は特別寒冷とはならないものと予測される。

7. パリおよびニューヨークにおける気温と太陽活動および極運動の関係

いままで述べたことが事実であるとするれば，世界の他の地域においても同様の事柄が見出されるはずである。

なぜならば，太陽活動や極運動が氣候に影響するとすれば，それは全球的スケールであると考えられるからである。

太陽活動は高緯度の気温に影響するとともに，偏西風波動のパターンに影響し，極運動は後者に影響し，それが地上に及んでくるメカニズムであるから，地上気温に及ぼす影響のセンスや程度は地域によって異なることになる。偏西風の尾根や谷が現われやすい地域では影響は大きく，そうでないところでは，ほとんど影響が現われない地域もあり得るわけである。これを確かめるためには世界各地について，前述のような調べを行なえばよいわけであるが，今回はパリとニューヨークの気温について調べた。

太陽活動が寒冷指向にあるときは上層偏西風の3波数が発達し，これに対し極移動が2次的に働くであろう，ということは前に述べた。日本，パリ，ニューヨークとも3波数の波動が発達する場合，大体において寒気南下の地域にあるから，宮古や銚子の場合と同様な結果が得られるものと期待される。

パリ，ニューヨークの気温は気象庁統計課で整理したものをを用いた。これは観測点の移動に対する補正は行なっていない。両地点とも何回か移転があり，資料は補正したものが望ましいが，いまのところ詳しい情報が得られないので，前記資料を用いることにした。なお，宮古，銚子についても期間中に移転があったが，その影響は小さいので無視した。

調査した月は2月と8月である。

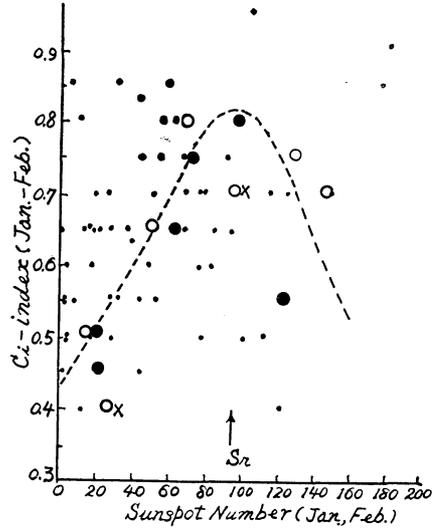
(1) パリ2月気温の場合 (1905年～1974年)

C_i 指数，黒点数とも1，2月の平均値を用い，これらと2月の気温との関係を調べた。すなわち，第4図や第6図と同様な図を作り，低温年 ($t \leq 1.0^\circ\text{C}$) と高温年 ($t \geq 7.3^\circ\text{C}$) とを分ける曲線を描くと，銚子の場合とほとんど同じ形となり， S_r も同じく約100となっている (第8図)。

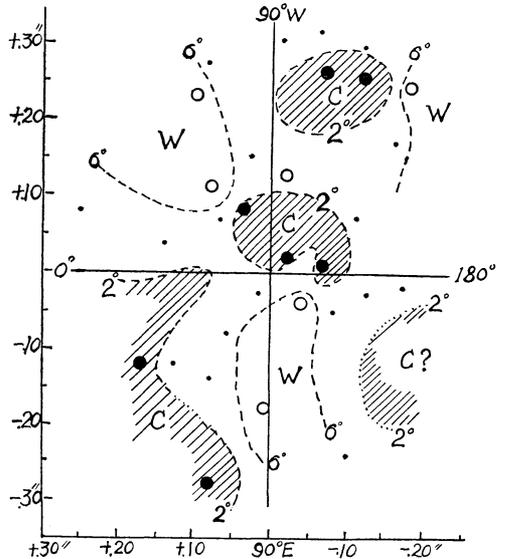
第7表 第5表，第6表と同様なもの。ただしパリ2月気温，低温年 ($t \leq 1.0^\circ\text{C}$)，高温年 ($t \geq 7.3^\circ\text{C}$) (1905年～1974年)

太陽活動	該当年	低温年	高温年	平均気温	差
寒冷指向の年	31回	6回	2回	3.31°C	} 1.10°C
温暖指向の年	39	0	5	4.41	
計	70	6	7	($\alpha=0.4\%$)	

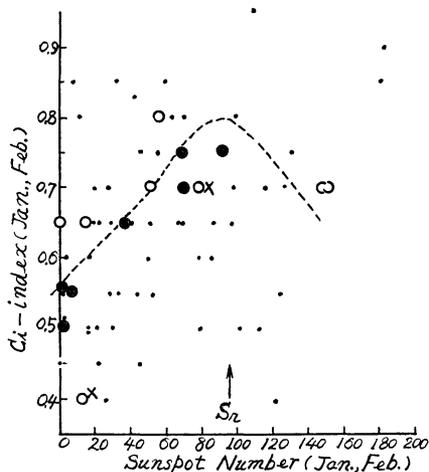
($\alpha=1.6\%$)



第8図 パリ2月気温と太陽活動の関係 (1905年～1974年)。黒丸は低温年 ($\leq 1.0^\circ\text{C}$)，白丸は高温年 ($\geq 7.3^\circ\text{C}$)，その他は第4図と同様。



第9図 太陽活動が寒冷指向の年におけるパリ2月気温と極の位置 (1905年～1974年)。極位置は各年初のもの。黒丸は低温年 ($\leq 1.6^\circ\text{C}$)，白丸は高温年 ($\geq 6.2^\circ\text{C}$)，その他は第5図および第7図と同様。



第10図 ニューヨーク2月気温と太陽活動の関係 (1905年～1974年)。黒丸は低温年 ($t \leq -2.8^{\circ}\text{C}$)，白丸は高温年 ($t \geq 2.8^{\circ}\text{C}$)。その他は第6図，第8図と同様。

この曲線で区分される太陽活動の状況が寒冷指向と温暖指向の両グループについて，第5表および第6表に準ずるものを作成してみると，銚子の場合と同様，太陽活動が2月気温に深くかかわっていることを知る(第7表)。

つぎに，極運動の影響を見るために，両グループについて第7図と同様の図を作った(そのうち寒冷化指向グループのものを第9図に掲げる)。これは銚子の場合のように 1°C ごとの等温線を無理なく引けるほど系統的ではないが， 2°C ごとのものは引くことができる。等温線のパターンは銚子の場合とかなり異なるが，このグループ中の低温年 ($t \leq 2.0^{\circ}\text{C}$) および高温年 ($t \geq 6.0^{\circ}\text{C}$) に着目すると，それぞれまとまっており，それらの図中の位置は銚子の場合とかなりよく似ている。

(2) ニューヨーク2月気温の場合 (1905年～1974年)
 ニューヨーク2月気温についても，銚子，パリの場合と同様の調べを行なった。結果は前の2地点におけるよりやや例外が多いが，傾向として類似である。説明は省き表(第8表)と図(第10図)に掲げる。

(3) パリ，ニューヨーク8月気温の場合

8月気温の場合は両地点とも2月の場合よりやや不規則であるが，2月の気温の場合と同様の結果を得た(詳細は省略)。

8. むすび

(1) さきの研究により，太陽活動の指標である地磁気活動度 (C_i 指数など) と黒点数の組み合わせの条件によ

第8表 第5表～第7表と同様なもの。ただしニューヨーク2月気温，低温年 ($t \leq -2.8^{\circ}\text{C}$) 高温年 ($t \geq 2.8^{\circ}\text{C}$) (1905年～1974年)。

太陽活動	該当年	低温年	高温年	平均気温	差
寒冷指向の年	43回	7回	2回	-0.50°C	} 1.59°C
温暖指向の年	27	0	7	1.09°C	
計	70	7	9	$(\alpha < 0.4\%)$	

($\alpha = 0.6\%$)

って，高緯度大気は寒冷化したり温暖化したりすることが判った。

(2) この研究では，北日本の夏の気温に関して，さきに得た研究結果を，近年の資料を追加して確めた。

また，2次的原因として極運動を取り上げて解析し，長期予報への応用を試みた。

(3) 得られた結果はつぎのとおり。

(i) 地磁気活動度 (C_i 指数) と黒点数の組合わせによって表示される太陽活動は，高緯度の大気温に強く影響することを再確認できた。

(ii) 従来黒点が少ないときには，北日本で冷夏が発現しやすいという認識があるが，これは誤りであることをさきの研究で指摘したが，今回この点について再確認した。すなわち，北日本の冷夏は地磁気活動度が弱いつき発現しやすい。黒点に関しては，それが80ぐらいまでは多いとかえって発現しやすい，のである。

(iii) 両指標の組合わせにより，毎年の太陽活動の状況を寒冷指向および温暖指向の2つの層に大別し，各グループについて，各年の極位置とつぎの地点の気温との関係を調べ，気温には1次的に太陽活動が，2次的に極運動が影響することを知った。

すなわち，個々のグループについて，その中での低温年あるいは高温年は，そのときの極が特定の位置にある，ことが判った。

北海道冷夏 (6月～8月平均気温より決めたもの)。
 宮古8月気温，銚子2月気温，パリおよびニューヨークの2月および8月気温。

(4) 地磁気活動度の予測方法は十分検討していないが，さきの研究によれば，大勢としては今後20年～30年間は，その活動は弱いと予想される。もし今後，1，2年間もそうであれば，太陽活動は寒冷指向にあることになる。いっぽう，予想される極位置は北日本冷夏の発現しやすい位置となるから，1977年，1978年ともに北日本

冷夏発現の危険性がある。

各年初における予想される極の位置から見て，銚子の2月気温は1978年，1979年とも特別寒冷とはならないものと予測される。パリ，ニューヨークの気温については，追って観測点移転の影響を補正した資料を得て精査したい。

終わりに，資料についてお世話になった気象庁統計課の篠原補佐官ほかの方，および，地磁観測所の三崎調査課長に感謝する。また，気象庁長期予報課の関根勇八予報官ほかレフリーの方から有益なご教示を頂いたことに深謝する次第である。

文 献

- 松倉秀夫，1963：緯度変化の長期予報への応用，気象庁研究時報，15，729-751。
 —，1964：緯度変化の長期予報への応用（第2報），気象庁研究時報，16，251-259。
 須田滝雄，1974：太陽低緯度黒点数の気象への影響

とその気候予測への応用，気象庁刊「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて」，248-262。

- ，1975：火山噴火と太陽活動の気温低下に及ぼす影響度について，天気，22，431-435。
 Suda, T., 1976a: Effect of Solar Activity on Polar Vortex and Hypothesis on Linking Mechanism, Geophys. Mag. JMA, 37, 363-369.
 —，1976d: —，373-375, 377.
 —，1976g: —，363-364。
 須田滝雄，1976b: 梅雨入り期日と太陽活動の関係，天気，23，213-216。
 —，1976c: 太陽黒点の予言，地人書館，99-136。
 —，1976e: —，136-148, 176-183。
 —，1976f: —，111-116。
 —，1977: 未印刷（1976年秋季大会予稿集）。
 Yamamoto, R., T. Iwashima and M. Hoshiai, 1975: Change of the Surface Air Temperature Averaged over the Northern Hemisphere and Large Volcanic Eruption during the Year 1951-1972, J. Met., 53, 482-485.