

5日平均500mb東西指数の統計的性質と 予報の可能性*

須 田 建** ・ 矢 花 槇 雄**

1. はしがき

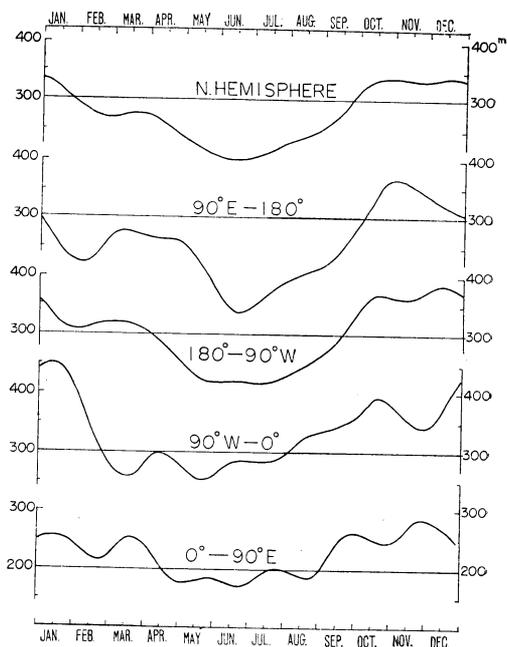
東西指数は週間予報の現業にとって重要な要素であるが、極東における指数の統計的性質やその予想法についてはあまり調べられていないようである。そこで500mb面上の5日平均高度永年平均値より東西指数の季節変化の特徴を調べ、つぎに1955—1962の8年分の5日平均500mb北半球天気図を用いて極東域における指数の統計的性質を調査し、最後にその結果にもとずいて、翌半月の指数のごく概略の値を予想する方法を考えてみた。東西指数としては40°Nと60°Nの緯度圏上の平均高度の差(メートル)を用い、90°Eと180°の間の経度範囲をもって「極東域」とした。なお使用した資料はすべて気象庁予報部作製のものである。

2. 東西指数の季節変化

まず東西指数の季節変化について大体の概念を得るために「北半球500mb等圧面高度半月平均値」¹⁾を用いて北半球全域及び90°E—180°、180°—90°W、90°W—0°、0°—90°Eの各経度範囲についての5日平均東西指数年変化を算出し、その年変化曲線を描いた。結果は第1図のとおりであるが、これによって次のことがわかる。

全半球の指数は高層気圧場の年変化から当然期待されるように寒候期に大きく暖候期に小さくなっていて、10月下旬に極大、6月下旬に極小を示している。しかし変化は正弦曲線のように単純ではなく極大は非常に平坦で12月下旬に弱い副極大が見られ、また2月上旬に小さな極小、3月下旬に小さな極大があるのが注目される。

次に極東域(90°E—180°)の年変化曲線をながめる



第1図 全北半球及び各経度範囲の40—60°N 5日平均500mb東西指数年変化。縦軸は指数値(m)、横軸は月。

と、指数が寒候期に大きく暖候期に小さいという傾向は全半球と同じであるが、細部については局地的な特徴ははっきり現われていることに気がつくであろう。すなわち6月下旬には極小が、11月上旬には極大が現われているが、いずれも全半球の極大極小に比べてずっとはっきりしている。更に2月上旬には第2の極小、3月上旬には第2の極大があるため曲線は全体として2波形式となっているが、これは全半球や極東以外の指数年変化にはほとんど認められない特徴である。なお6月の指数の極小

* Statistical Properties of the 500 mb Level 5-day Mean Zonal Index and a Possibility of its Forecasting

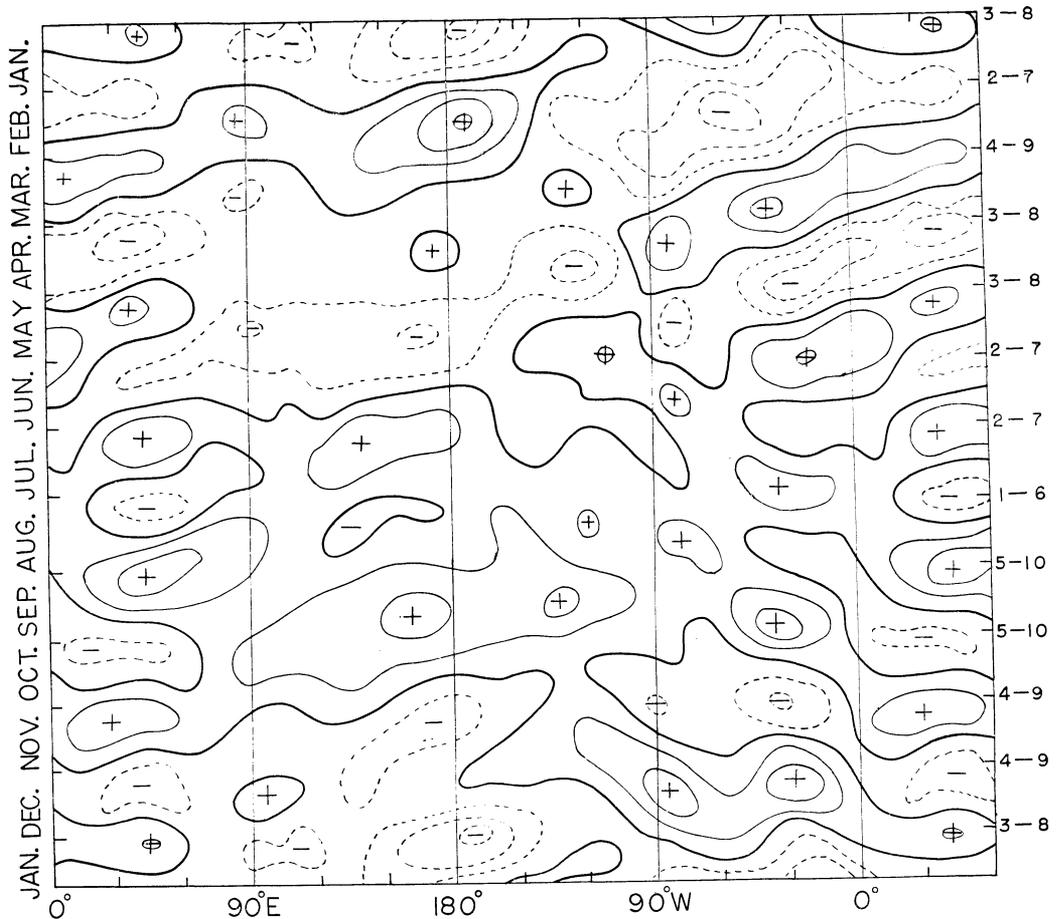
** Ken Suda and Makio Yabana, 気象庁予報部
—1964年8月27日受理—

が梅雨の最盛期に、11月の極大が日本では最も晴天の多い時期に当たっていることは興味ある事実で、おそらく天気の特異日が大規模な環流形式と結びついて起っていることを示すものであろう。

指数年変化に局地性が大きいことは、極東の曲線を他の経度範囲の3曲線と比較すれば一層明瞭である。すなわち秋の極大が単一であるのは極東だけで他の3地域では2個の山から成り、特に大西洋域(90°W-0°)では主極大が2か月以上も遅れて1月中旬に出ているのが注目される。また6月の極小は不明瞭であるかあるいは全く現われず、曲線は暖候期前半に幅の広い谷の形を呈している。しかし地域性が最も顕著に現われるのは寒候期後

半の1月から3月にかけてであろう。この時期には極東では、すでに述べたように2月上旬に極小が起っているが、これに対応する極小は180°-90°Wの太平洋・北米域ではほとんど同時または幾分早く現われているのに対し0°-90°Eの亜欧域では20日ほど遅れて2月下旬に、また0°-90°Wの大西洋域では更に遅れて3月中旬に起っている。これはあたかも指数極小の位相が太平洋から西進して1か月あまりで北米に達しているような感じを与えるが、このような低示數位相の伝播は果して実在するものであろうか。

これを確かめるためによりによって経度10°おきに40°Nと60°Nの5日平均高度差を求め、変化状態を見易くす



第2図 40°N と 60°N の5日平均500mb 高度差変化経度分布の年変化。縦軸は月と日付、横軸は経度。高度差の増大域を実線で、減少域を破線で示す。いずれも10mおき。

るためにこれから半月変化量(メートル)を計算し、その経度分布年変化を示す等値線図を描いてみた。結果は第2図に示すとおりで、縦軸は日付、横軸は経度、実線と破線はそれぞれ正及び負の等変化線で10mごとに引いてある。さてこの図によれば指数変化の位相が東西方向に伝播する傾向があることは一見して明らかで、上述の低指数位相の西進も容易に追跡できるであろう。すなわち 180° — 170° Wの北太平洋域ではそれぞれ1月上旬と2月中旬に指数の下降域(変化の負域)中心と上昇域(変化の正域)中心が現われ、その間の変化0の線が極東における前記の2月上旬の指数極小に相当しているが、この線はすでに1月中旬頃 120° W付近に始まり、以後西進して約2か月半後の4月上旬に 100° W付近に達している。なお、これと類似の低指数位相の西進傾向は7月までに更に2回認められるが主として欧州・大西洋域に限定され、その他の地域でははっきりしない。また7月以後年末にかけてはこのほかにアジア・太平洋域で西進が2回、欧州・大西洋域で東進が2回起っているようである。

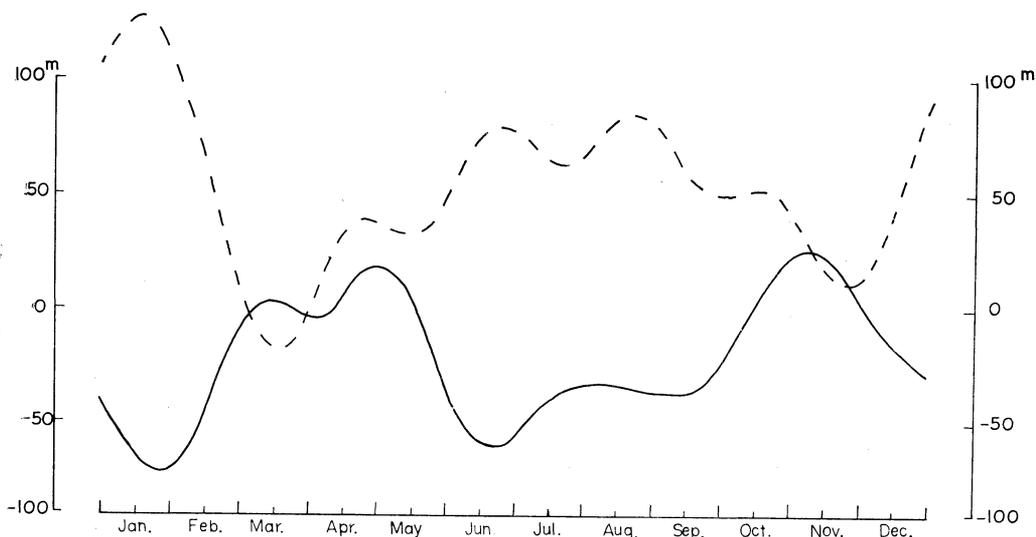
指数の年変化には北半球的な成分のほかに各経度範囲に特有な局地的成分があることは以上の調査で明らかになったが、大循環の連続性からみればこれらの局地的成分の間には当然なんらかの関係があるべきものと考えられる。実際にこのような見地から第1図の曲線をもう一度よく観察すれば、極東(90° E— 180°)と北米・大西

洋域(0° — 90° W)の局地変化の間には、半球的变化が重なっているため不明瞭ではあるが、逆相関があるらしいことに気がつくであろう。そこで半球的变化を消去して局地的変化だけを取り出すために 90° E— 180° 及び 0° — 90° Wの東西指数から北半球の東西指数を減じ、その値の年変化を相互に比較してみた。結果は第3図のとおりであるが、両曲線の逆相関性は一見して明らかであろう。すなわち極東における1月末と6月下旬の極小はそれぞれ大西洋における極大に、極東の3月と11月の極大は同じ時期(ただし11月は約半月のずれがある)の大西洋の極小に対応している。両曲線にはこのほかにもいくつかの小起伏が認められるが、それらもかなり良い対応を示している。

極東と大西洋の指数の間には個々の年についても弱いながら負相関の存在することは寒候期についてすでに指摘されており²⁾、また偏西流が偏心円状で東西両半球のいずれかにかたよる傾向があることが La Seur³⁾ や小林⁴⁾ によって論ぜられているところからみれば、第3図に現われた関係は実在するものと考えてよいだろう。しかし、このような大気循環の特徴的な変動の成因やそれと天候推移との関係についてはまだ十分の調査がなされていない。週間予報や季節予報における重要性からみて今後研究を要する問題と思われる。

3. 5日平均東西指数の統計的性質

東西指数の年変化の特徴については前節の調査により



第3図 北半球東西指数を基準とする 90° E— 180° (実線)及び 0° — 90° W(破線)の東西指数偏差の年変化。縦軸は偏差(m)横軸は月。

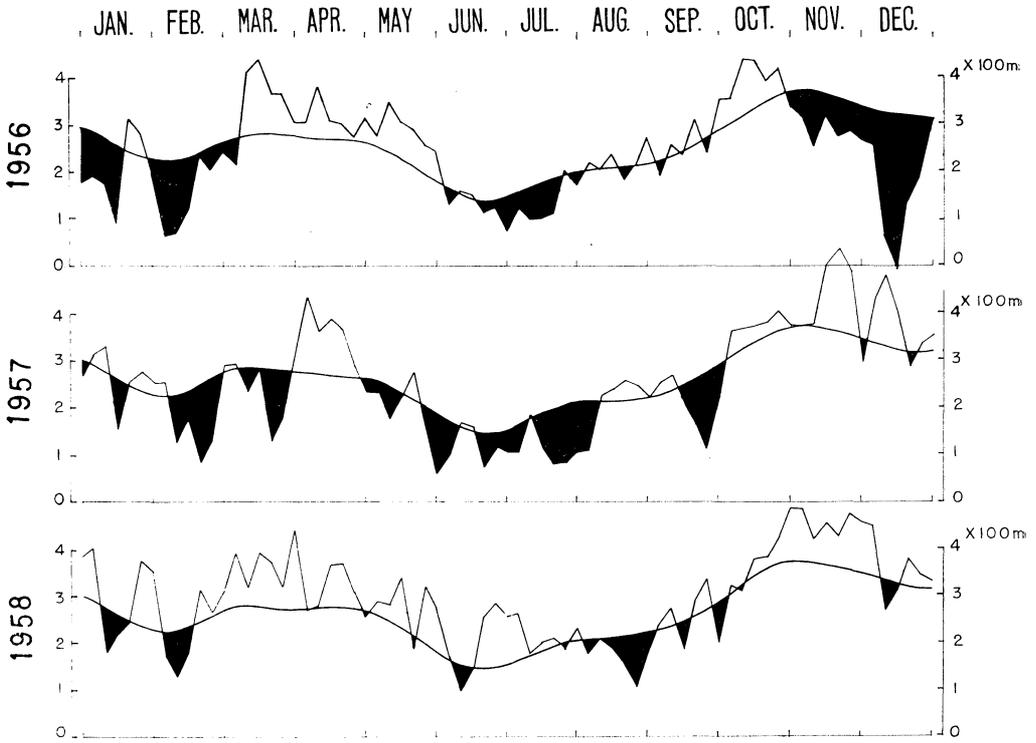
その大勢が明らかになったので、次には極東における8年分の5日平均値584個を用いてその統計的性質を調べてみることにし、まず各年について90°E-180°の指数の変化曲線を描いてみたところ第4図に例を示したような結果が得られた。ただし縦軸はメートル、横軸は日付、細い曲線は平年変化曲線で負偏差には陰影を施してある。

さて図の3本の曲線からただちに分るように、指数は絶えず不規則な振動を繰り返しているが、その振幅や「周期」には季節及び年によってかなり大きな差異がある。たとえば1956年の夏から秋にかけては小振幅短周期の変化が繰り返かえされているのに対し、1957年の同じ季節の変化は振幅・周期ともにずっと大きい。また同じ、1956年でも3月から5月までは高指数状態が続いているが、年末の指数は2か月にわたり平年よりかなり低くなっている。しかし、曲線の最低値から次の最低値までをひとつのサイクルと考えれば、あまり長期間にわたるものは見当らない。実際このようにして求めたサイクルの頻度分布は第1表のとおりで、2, 3, 4半旬が圧倒的に多く、全回数約8割を占めていることがわかる。もちろんこれらのすべてが本来の指数サイクルを代表するものではないが、指数変化にこのような短かいサイクルが卓越しているという事実はその予想にあたってある程度の参考となるであろう。なお表からもわかるように、僅かではあるが7半旬以上にもわたる長いサイクルがあるため、全期間についてとった平均のサイクルの長さは3.54半旬、すなわち17.8日となっている。

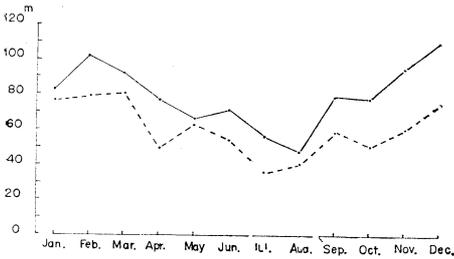
第1表 極東東東西指数サイクルの頻度

半旬数	2	3	4	5	6	7	8	9	計
回数	42	49	40	18	10	2	2	1	164

次に指数の変動の振幅であるが、それが暖候期よりも寒候期に大きいことは第4図からも大体推察される。そこでこのことを確かめるため、振幅を指数の標準偏差と変動度すなわち翌半旬までの変化絶対値の平均値で代表させることとし、8年間の各月の5日平均値それぞれ144個(8月だけは152個)を用いて計算した結果を第5図の実線及び点線で示した。これによると上記の推察が当たっていることは一見して明らかで、寒候期の極大は標準



第4図 90°E-180° 5日平均東西指数の年変化。曲線は平年変化を表わし、それからの負偏差域は陰影を施してある。縦軸は指数、横軸は日付。

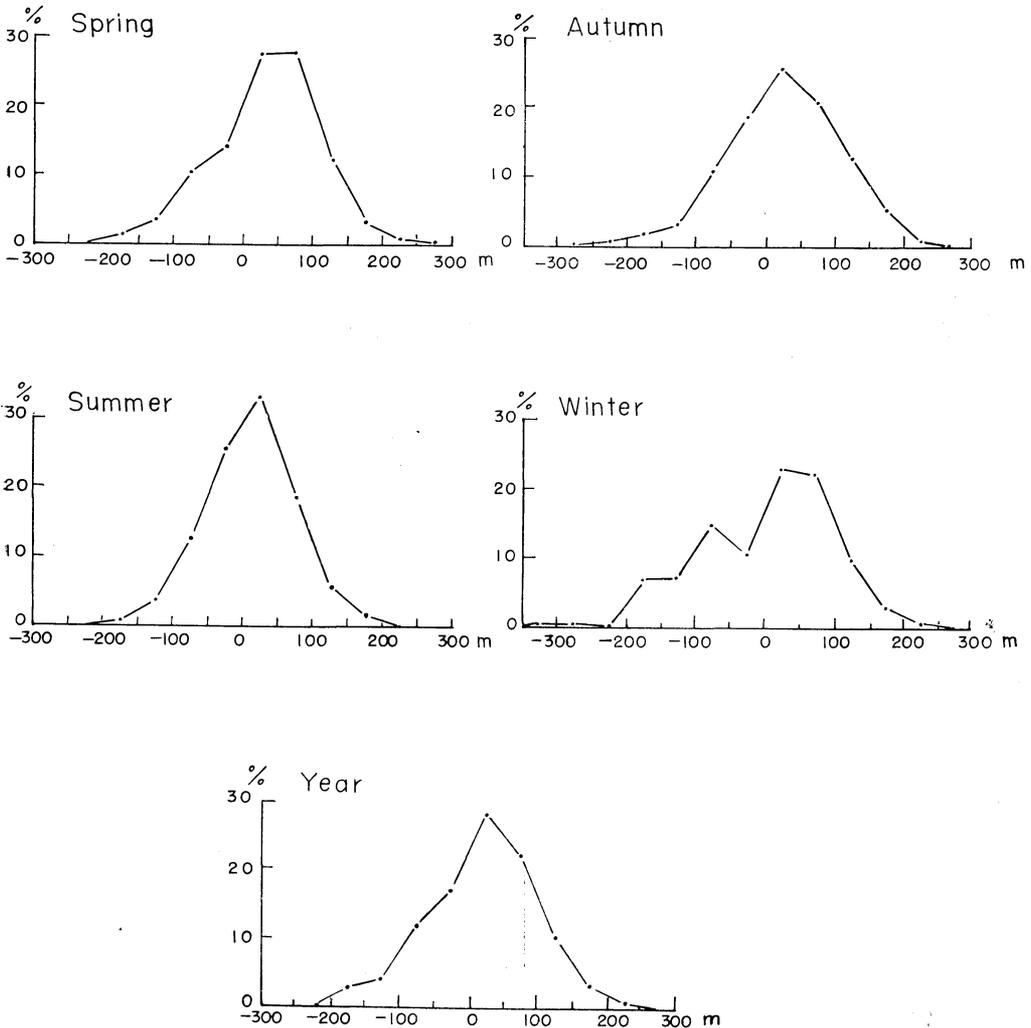


第5図 90°E—180° 5日平均東西指数の標準偏差(実線)と変動度(破線)

であるが、変動度は3月が極大、7月が極小となっており、また1月の標準偏差は12月と2月に比べればかなり低い。これらの特性が単に統計年数が少ないため偶然に現われた事象であるのか、あるいは極東の季節変化を表わす点でなんらかの意味を有するものであるかは今のところ不明である。

最後に指数の頻度分布について一言しよう。偏西風の強さを表わすものとして東西指数が定義されて以来、指数と循環形成の関係がいろいろ研究された結果、低指数の時と高指数の時では循環形式に大きな対照性のあることが見出され、大抵の教科書にもそれが定式化されているが(例えば5)、もし循環が低指数または高指数のい

偏差・変動度ともに暖候期の約2倍になっているところがある。ただし細部についてはこれら2曲線にはかなりの差異があり、標準偏差の方は12月が極大、8月が極小



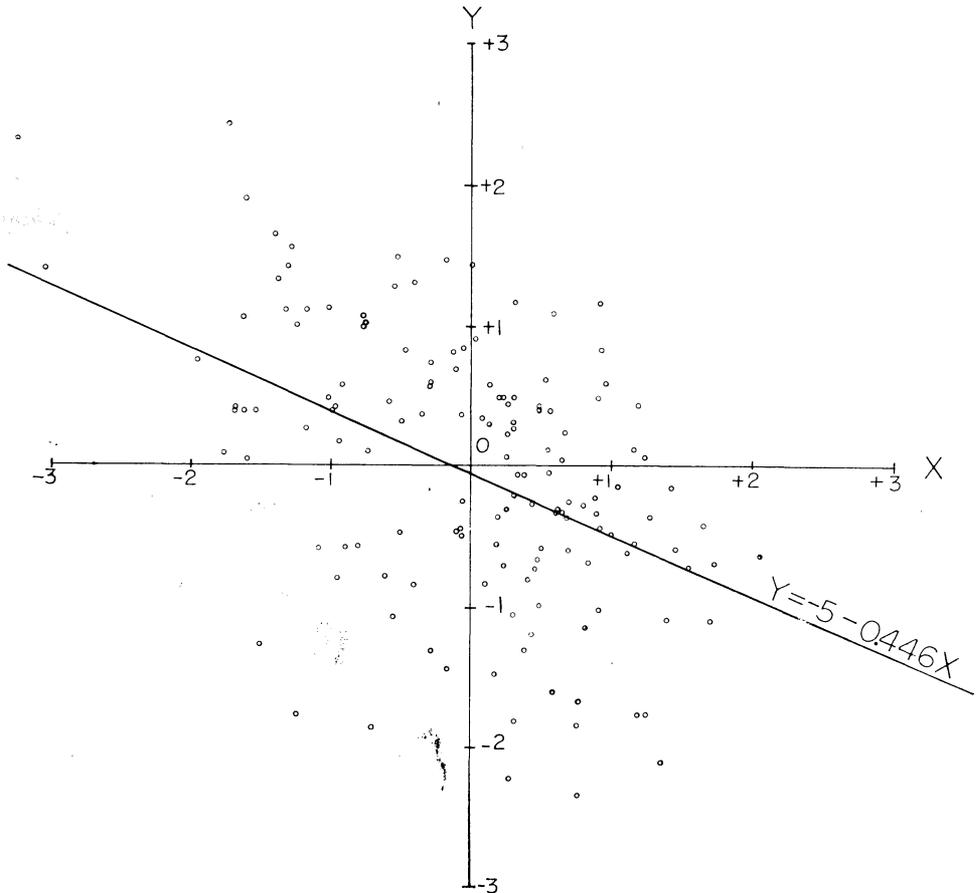
第6図 各季節における90°E—180° 5日平均東西指数の生起頻度(%). 横軸は指数偏差値(m).

ずれかの状態をとりやすいという性質があるとすれば、それは指数の頻度分布の上にも現われてよいはずである。そこでこの点を確かめるため、各季節及び年について極東の東西指数の生起頻度を50mおきに計算し100分比にして図示してみた。結果は第6図に示すとおりであるが、これによってわかるように曲線の形はいずれも正規分布に近く、低指数と高指数に極大が出るという傾向は認められない。これは極東の循環形式が必ずしも高指数か低指数のいずれかに分類されるものではなく、少なくとも東西指数の値に関する限り平年並に近い状態が多いことを示すものであろう。

4. 東西指数の予報

東西指数の変動にいわゆる指数サイクルが存在することはすでに20年以上も前から明らかにされているが⁶⁾、それがどのようにして起るかについてはまだ十分には分

っていない。また統計的にいっても1サイクルの長さが3ないし8週間程度で、一定の周期があるわけではないから、周期分析法の適用により将来の変化を予想しても良い成績は期待できない。しかし、東西指数といわゆる「天候ベース」の間に密接な関係があることは明らかであるから、週間予報の現業では予報期間の東西指数がどうなるかの見当をつけることが重要な課題となっている。このため指数の変化曲線を描き、変化傾向とか指数サイクルの長さとか過去の類似などを考慮してこれを外挿することにより大体の値を決定しているのが現状である。このような方法はもちろん主観的要素が強く、また結果が定量的に表現されないから、その適中率を調べることができない。そこで、たとえ精度が低くても次の半月の東西指数の値を客観的に予想する方法について考えてみた。

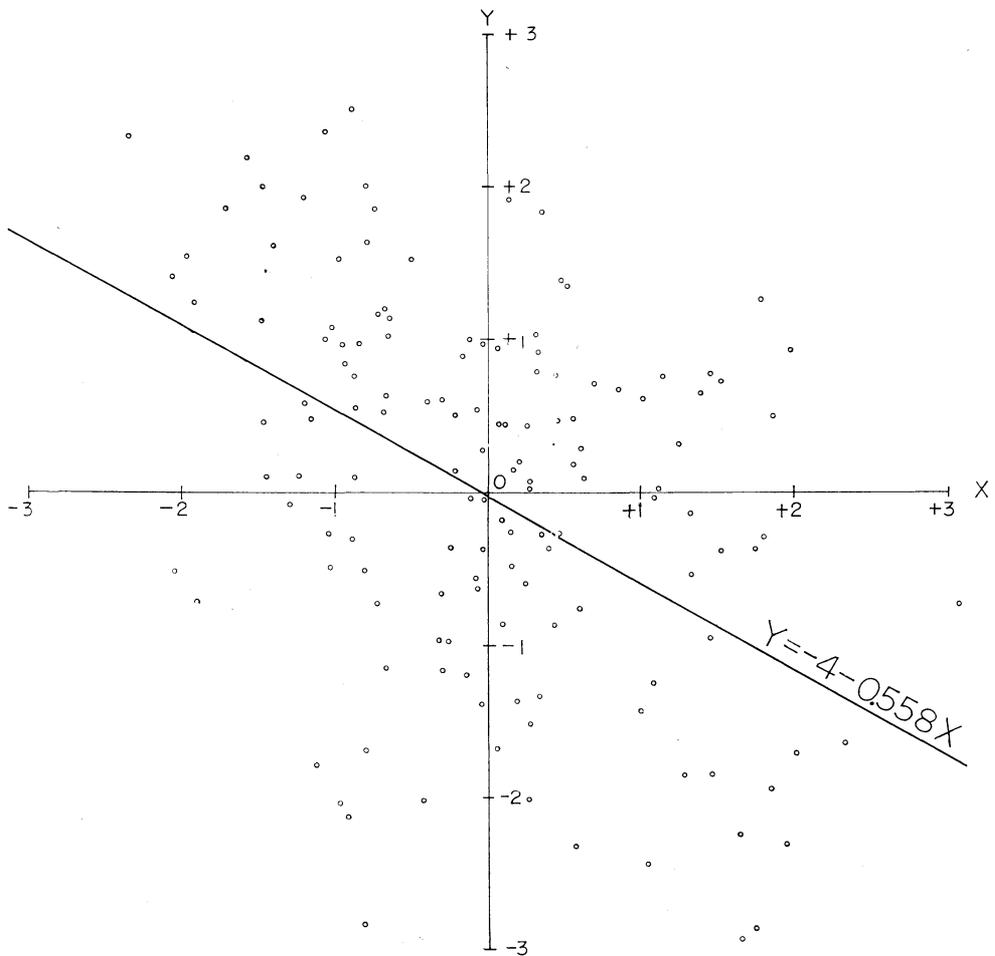


第7図 90°E—180° の5日平均東西指数年偏差(x)と次半月までの変化量(y)の関係。
単位はいずれも100m。

すでに前節に述べたように、東西指数の年間偏差分布は正規分布に近いが、これは指数には平年値に付近こうとする傾向があることを意味していると考えてよいだろう。言い換えれば Namias がすでに指摘しているように⁷⁾ 指数の大きな年間偏差が長期間持続することは少なく、現在の指数値が平年値より大きければ次の半旬には減少し、逆に現在の偏差が負ならば次の半旬には増大する傾向があるということで、これは第4図の曲線にも現われているようである。そこでこのような傾向の存在を確かめるために半旬平均 500mb 東西指数偏差（極東）と次半旬までの指数変化との関係を各季節別に図示してみた。第7図は12月から2月までの冬期についての例

で、 x 軸は指数偏差、 y 軸は半旬変化量、例数は144個である。

さてこの図の点の分布をみれば負相関の存在は明らかで、東西指数には確かに平年値を回復しようとする傾向がある。従ってある半旬の指数偏差は翌半旬までの指数変化量を予想するのにある程度使えるわけであるから、前者から後者を予想するための回帰曲線を最小自乗法によって求めたところ図に示した直線 $y = -5 - 0.446x$ が得られた。しかし点の散布度からもわかるように、これは非常に大ざっぱな予報式に過ぎず、このままではほとんど実用的価値がないと思われる。そこで次には広域場の総観的研究から得られている知識を加味して幾分



第8図 北氷洋極東域の5日平均500mb高度偏差(x)と東西指数予報式 $y = -5 - 0.446x$ の誤差(y)との関係、単位はいずれも100m.

も予報式の精度を上げることを考えてみた。すなわちもし極東の指数変化の前兆となるような要素が存在するならばそれを利用すればよいわけであるが、この点で見込があると思われるのは北氷洋の気圧場である。

本邦北方の北氷洋域の高層気圧が上昇してから約1ないし2半旬後に東北地方の気温が下降すること²⁾、あるいは東海地方に持続的悪天候が現われやすいこと⁸⁾がすでに示されており、予報作業にも使用されているが、これは極東で東西示数が低下する場合、まず気圧の尾根が発達して高緯度に達し、これによって切離された高層の低圧部の西側から大規模な寒気の南下が起り平均ジェット流の南下を起すものと考えれば説明できる。従って、もし高緯度の気圧上昇がこのように指数低下に先行するものとするれば、この性質を利用して指数の予報精度を上げることができるはずである。

これを確かめるために第7図の各点のy座標と $y = -5 - 0.446x$ の差、すなわちこの予報式の誤差と、1半旬前の北氷洋極東域における5日平均500mb高度偏差との関係を求めてみた。ただし高度偏差としては、70°N及び80°Nの緯度圏にそって90°E—180°の範囲で経度20度おきに5点づつ計10点を選び、各点における偏差値の平均をとることにした。こうして求めた高度偏差値(x)に対する上記の予報式の誤差(y)の分布を示したのが第8図であるが、これによってわかるように両者の間には弱いながら負の相関が認められるから、北氷洋高度は予期した通り予想値の精度の向上に有効であるといえよう。

このように、ある半旬の指数偏差値と北氷洋500mb高度偏差とがいずれも翌半旬までの指数変化量と負の相関があることがわかったので、当半旬及び翌半旬の指数偏差値をそれぞれ x_1 , y とし、当半旬北氷洋高度偏差値を x_2 (単位はいずれもm)として、 x_1 と x_2 から y を求める予報式を各季節別に重相関法で求めてみた。結果は次のとおりである。

$$\text{冬 (12, 1, 2月)} \quad y = -6 + 0.554x_1 - 0.116x_2$$

$$\text{春 (3, 4, 5月)} \quad y = 20 + 0.298x_1 - 0.098x_2$$

$$\text{夏 (6, 7, 8月)} \quad y = 15 + 0.484x_1 - 0.113x_2$$

$$\text{秋 (9, 10, 11月)} \quad y = 3 + 0.520x_1 - 0.194x_2$$

こうして得られた予報式の精度はどの程度のものであろうか。まず予報値と実況値との相関係数をとつてみると第2表rのようになるが、値は春を除けばいずれも0.5以上で、例数Nが多いことを考えれば長期の予報式としてはかなり高いといえる。次にこれらの式によって

第2表 5日平均東西指数の予報精度

	春	夏	秋	冬
相関係数 r	0.330	0.632	0.544	0.543
例数 N	144	152	144	144
適中率 s	53.1%	60.9%	57.3%	62.2%

実際に翌半旬の指数の予報を行なった場合、どの程度の適中率が得られるかを調べてみよう。これにはいろいろな方法が考えられるが、ここでは次のようにして採点した。すなわち、各季節別に偏差値全部を大きさの順に並べ、全体が100%になるように生起頻度によって12.5%、25%、25%、25%、12.5%、の5群に分けて階級区分を定め、1階級のはずれは半分だけ適中したものと考えて適中率を百分率で表現した。結果は第1表sのとおりで成績は良いとは言えないが、この採点基準で全くでたらめな予報を行なった場合の適中率が40.6%であることからみれば上記の予報式はある程度予報に使えるといつて良いだろう。

5. 要約と結論

500mb面5日平均高度値を用いて極東における40—60°Nの東西指数の統計的性質を調べた結果、次のようなことがわかった。

(1) 極東の東西指数の年変化には3月上旬と11月上旬に極大、2月上旬と6月下旬に極小のある2波型式が現われる。

(2) 極東の2月上旬の極小は半球規模の低指数位相に対応するもので、それは1月中旬頃120°W付近に始まり、以後西進して約2か月半後の4月上旬に100°W付近に達する。

(3) 極東と大西洋域の東西指数の年変化の間には逆相関がある。

(4) 東西指数の頻度分布は正規分布に近い。指数サイクルの持続日数は2, 3, 4半旬が大部分で、変動の振幅は寒候期に大きい。

(5) 東西指数の変動には平年値に近づく傾向があり、また北氷洋500mb高度は指数変化の前兆となる。これらの性質を利用すれば翌半旬の指数の予報式が得られる。その精度は相関係数にして0.33(春)ないし0.63(夏)である。

ここに得られた結果はごく概括的なものばかりで、予報式の精度も決して高いとはいえない。また、東西指数の変化を起す半球的な総観過程についてはほとんど触れなかつた。しかし大循環の状態を示す示標としての東西

指数の変動にいくつかの規則性のあることがわかったので、今後これらの規則性について統計的ならびに総観的調査を進めてゆけば週間予報や長期予報に役立つ知識が得られるものと思われる。

文 献

- 1) 気象庁: 北半球 500mb 等圧面高度半旬平年値, 1959.
- 2) Suda, K.: A study on the dynamic climatology of cold-outbreaks in the Far East, Geophys. Mag., vol. 29. (1959), pp. 413~461.
- 3) La Seur, N. E.: On the asymmetry of the middle-latitude circumpolar current, Journal of Meteorol. vol. 11 (1954), pp. 43~57.
- 4) 小林典謙 (1956): 周極流の非対称性について, 研究時報, 8, 503~507.
- 5) Petterssen, S.: Weather Analysis and Forecasting, Second edition (1956), Mc Graw Hill, New York, Chapter 13.
- 6) Allen, R.A., R. Fletcher, J. Holmboe, J. Namias and H.C. Willett: Report on an experiment in five-day weather forecasting, (1940), Papers in Phys. Oceanogr. and Meteorol., MIT 8(3).
- 7) Namias, J.: Extended Forecasting by Mean circulation Methods (1947), U.S. Weather Bureau, Washington.
- 8) H. Kato.: Southward propagation of pressure waves on the hemispheric-scale, Journal of the Meteorol. Soc. of Japan, Ser. II, vol. 40, pp. 51~62.

日本気象学会 昭和39年度関東・中部地区気象研究会 東京管区気象台

会期 昭和39年11月24日(火) 10時~11月25日(水) 12時

会場 気象庁第1会議室

第1日 11月24日(火) 10時~17時

研究発表

1. 津林喜尚・牧石敬二(富山気象台): 自記雪量計を利用し、無線ロボット雨量計を冬季使用する試みについて (20分)
2. 三宅勉・世古明夫(横浜気象台): うねり予報の実用化に関する調査(相模湾付近におけるうねりと浅海効果を考慮した湘南海岸のうねり予報) (25分)
3. 杉本豊(東京航空気象台): 初秋より冬季にかけての成層圏循環と下層気圧場との関連 (20分)
4. 星野常雄(富崎測候所): 千葉県内の天気のエントロピーについて(Ⅱ) (20分)
5. 進藤勉(水戸気象台): 局地気象解析における地形の影響 (30分)
6. 宇田川和夫(長野気象台): 松本の南風の発生機構について (25分)
7. 中山章(東京航空気象台): 集中豪雨(積乱雲発達)に及ぼす地形効果と場のじょう乱についての解析例 (25分)
8. 安田浩(静岡気象台): 台風の降雨帯解析 (20分)
9. 小楠純一・鈴木乙一郎(静岡気象台): 1964年6月

27日の静岡県山沿いの局地的大雨 (30分)

10. 西尾厚治(名古屋気象台): レインバンドの移動速度のベクトル解析 (20分)
11. 宮沢清治(新潟気象台): 降雪バンドのメソ解析 (25分)
12. 瀬下慶長(東京管区気象台): 豪雪時における雪の降り方について (25分)
13. 福原耕二(新潟気象台): 雪の予報について(第5報) (25分)

特別講演

吉野正敏(東京教育大): アルプス地方の小気候の研究について (60分)

第2日 11月25日(水) 9時30分~12時

研究発表

14. 毛利聡明・渡辺義雄(東京管区気象台): 中部日本における気象災害の起り方について(第2報) —災害分布図の作成— (25分)
15. 内田正昭(前橋気象台): 群馬県における注意報・警報の基準について (30分)
16. 橋本梅治・鈴木義男(東京航空気象台): 煤煙の移流と大気汚染の日変化 (25分)
17. 関谷溥(軽井沢測候所): 昭和39年3月の浅間山の頻発地震について (25分)