氣圧曲線の対稱性の検討と長期予報への應用について*

矢 沢 大 二**

§ 1 序言

長期予報では、予報期間中の氣圧配置の経過を誤りなく予想し、これによつて天候推移の予報のための、基礎資料を得ようという試みが、一般に行われている。そしてこれには既に幾つかの方法が研究され、かつ実行されている。氣圧配置を予報するには、廣範囲にわたる、個々の地点の氣圧推移を、誤りなく予想することができればよい訳である。このためには色々の方法が考えられるが、⁽¹⁾ 筆者は氣圧曲線上に現われる特性を利用して、その推移を予想する方法について研究した結果、ある程度までの成果を収めることができた。それで以下これについて少しく述べてみよう。

§ 2 氣圧曲線の対稱性

氣圧曲線に對稱性があることは、1924年に有名な Weickmann の研究が發表されて以來、主として Leipzig 学派の人々によつてさかんに研究されて、既に多くの報文が明らかにされている。これはいち早く わが國にも紹介され、⁽²⁾ 色々の人々によつて、同じような研究が進められた。しかし今日に至るまで、これについてあまり詳細な研究結果が報告されてはいないようである。

この問題については筆者も色々調べ、かつ工夫してみたが、どうも Weickmann 等の方法を、そのまま引用してみても、仲々うまくゆかないことが多い。それは氣圧曲線を數個の正弦曲線をなす成分波に分割した場合、それらの成分波の振幅が仲々收斂しないで、大体同じ程度の振幅の波ばかりが揃つていることが普通であるからである。こんなときには、仮りにそれらのどれかの曲線が他のどれかの曲線と、その極大又は極小の位相が一致することがあつても、それらの成分波を合成したところで、原曲線とは仲々近い曲線とはならないから、結局のところ折角発見した對稱点も、原曲線の對稱点として、利用することができない。これは余程特別なときでない、氣圧曲線が複雑で、これを數個の、しかもそれらの振幅が急速に收斂するような、そういった成分波に分割することが困難だからである。こういった訳で、原曲線を解析して對稱点を探すというのは、どうもあ

* Y. Yazawa: Study of the Symmetry Characters Found on the Pressure Curve and Application of its results to Long-Range Forecasting.

** 中央氣象臺

(1) 矢沢大二：長期豫報 自然 23, 1948,

(2) 例えば荒川芳徳：ライプツヒ學派の長期説 天氣と氣候 8, 1941,

まりうまくゆかないことが分つた。

しかし、実際に氣圧曲線を眺めてみると、ある程度まで吟味の標準を緩らげれば、曲線上のある点を中心として、両側の曲線が、並行又は逆な推移をたどることが多いことは、誰しも氣附かれることであろう。それで対稱性という意味を多少変更して、曲線上のある点の両側の部分の変化状態にかなり高い相関があるようなときには、原曲線はその点を中心として、一種の対稱性を有するというように考える。厳密な意味での対稱点などは普通には存在しないから、こう考えても少しも構わない訳である。こうすれば、要するに對稱点の発見は、その両側の部分の推移の相関が高い点を発見するということになるから、若しも原曲線がどこかに、このような性質があるならば、その点を発見することはできる筈である。こういう見地から考察を進めてみよう。

§3 對稱点の探索

對稱点を探すには、氣圧曲線上の一つ一つの点について、その両側の曲線の推移の相関程度を吟味すればよい訳である。しかしこれについては Stumpf⁽¹⁾ のいう 對稱指数を利用する方が、ずっと作業は容易であるから、これを使うことにする。これは次に示すように、相関係数とも非常に簡単な関係にあることが分る。

今

$$y_{-n}, y_{-n+1}, \dots, y_{n-1}, y_n$$

を連続した氣圧の観測値とする。そこで

$$S = \frac{\sum (y_{\nu} - y_{-\nu})^2}{\sum (y_{\nu} - y_{-\nu})^2 + \sum (y_{\nu} + y_{-\nu})^2} \quad \text{----- (1)}$$

という値を考える。S を對稱指数と呼ぶ。

對稱指数 S はまた

$$S = \frac{2 \sum y_{\nu}^2 - 2 \sum y_{\nu} y_{-\nu}}{4 \sum y_{\nu}^2} = \frac{1}{2} (1 - r) \quad \text{----- (2)}$$

即ち對稱指数と相関係数との間には

$$r = 1 - 2S \quad \text{----- (3)}$$

の関係がある。それで

$$y_{\nu} = y_{-\nu} \quad \text{即ち } y_0 \text{ を中心として曲線が正對稱のときには } S = 0$$

$$y_{\nu} = -y_{-\nu} \quad \text{即ち曲線が負對稱のときには } S = 1$$

$$r = 0 \quad \text{即ち相関が全然ないときには } S = 0.5$$

このように S の値如何によつて、曲線の對稱の性質及びその程度が分り、S の値が 0 か又は 1 に近い程、相関の程度が高く、0.5 に近い程、相関の程度は低いことになる。なお對稱指数は一般的には

$$S = \frac{\sum (y_{\nu} - y_{-\nu})^2}{\sum (y_{\nu} - y_{-\nu})^2 + \sum (y_{\nu} + y_{-\nu})^2 - \frac{1}{n} \sum (y_{\nu} + y_{-\nu})^2} \quad \text{----- (4)}$$

(1) Stumpf: Grundlagen u. Methoden d. Periodenforschung. 1937.

" : Untersuchungen über die Symmetrie-Eigenschaften von Luftdruckkurven. 1938.

で表わされるから、これを主に使うことにする。

まず1928年10月から1929年3月までの期間の、東京における6時の気圧の推移を資料として選んだ。これは全く任意の資料であつて、この期間中には特別な性質は全く認められない。ただこの期間には3~4日位の幅で、気圧が変化するのが少し目立つので、それらを更に誇張するため、3日の移動平均値を求めた。これを資料として考察を進めることにする。まず曲線上の個々の日について、その対称指数の大きさをいちいち調べた。対称指数を求めるのには、勿論曲線上のその点を中心にある日数の幅を設定して、その幅に対する指数を算出するのである。若しその幅が非常に狭いときには、かなり顕著な対称性がみられることが多いが、幅がずつと長くなるとこの性質は段々と不明瞭になる。

予報の立場からいえば、ある日数の幅について求めた指数と、それよりも少し幅を擴げてから求めた指数とが、どんな関係になるかが分れば大変都合がよい。仮にある日の対称指数がかなり顕著で、しかも指数を算出するための期間の幅を更に延ばしても、それに対して依然その日の示す対称性が顕著なようなときには、両期間の長さの差に相当する期間の気圧推移は、その日を基点としてこれまでの気圧推移を過去にさかのぼることによつて、予想することができる筈である。それであるから、できる限り短い期間について、できる限り長い期間に対しても対称性が明瞭なような、対稱点を見付け出すことが望ましい。そこで筆者は次のような方法を使つた。まず曲線上の個々の日に対して、その両側に12日 15日 18日、24日 30日など色々の幅の期間を夫々設定し、対称指数を算出するために採つた期間の幅が変るにつれて、同一日の示す指数が如何に変化するかを調べた。その結果を次に示した(第1表参照)。

第1表 期間を延ばしたときの対称性の変化

調べた期間の幅	a b	a b	a b	a b	a b	a b
	12 18	18 24	24 30	15 24	18 30	12 24
期間の差	6			9	12	
(1)	16 13	4 4	2 2	8 8	4 3	14 9
(2)	38 22	17 13	11 9	20 12	16 8	34 15
(3)	61 33	28 21	26 19	37 20	27 12	55 24
調査日数	146	134	120	134	120	134

aについて

- (1) $S > 0$ 9及び < 0 1
 (2) $S > 0$ 8及び < 0 2
 (3) $S > 0.75$ 及び < 0 2.5

bは

- (1) }
 (2) } 何れも $S > 0$ 7及び < 0.3
 (3) }

即ち初め両側

に12日ずつの

幅を設定して算

出した対称指数

が0.9<又は0.

1>の点のうち

幅を更に18日

に延ばしたとき

にも0.7<又は

0.3>の指数を有する点の数はどの位減るかを調べた。指数の標準は更に0.8<又は0.2>と、0.75<又は0.25などのようにも擴張されたし、期間の幅も18日から24日に、24日から30日に、15日から24日に等々と色々に変えられた。これらの結果は何れも第1表に示す通りであ

る これからみると 12日の幅で0.9<か0.1の指数を有する点は 期間を6日間延ばした18日という期間についても16中13までは依然として顕著な対称性を示し(ここではその標準として $S>70$ 又は $S<30$ の範囲を一應の基準とした) また初め18日又は24日について顕著な対称性を示す点は、期間を6日延長してみても、矢張り対称性が顕著であることが分つた

延長される期間が長くなるにつれて、この割合は多少減つてはくるが、それでもなお、ある期間についてかなり顕著な対称性を有する点は、期間をもつと長くしてみても、やはり対称性を有する点であることが分る このことは、初めに対称点として採用するために基準とした対称指数の大きさを変えてみると、結果も多少は変つてはくるが、この傾向は依然として明らかである これからいわれることは、いま採用している資料では、初めに十数日又は二十数日という期間に対して、相当明らかに対称性を示した日は、更に数日ないし十日間位期間を延ばしても、やはり対称性をよく現わすから、その点を対称点と考えてもよいということである この期間の幅の差は即ち予報期間に当る だから数日程度の子報は可能であることが分る、もつとも期間の幅を余り延ばしすぎてはだめで、十日以上にもなると、約半分位は対称点としての性質を失つてしまうのである 第1図は

第 1 図 対称点と氣圧曲線の対称性
(1)は正対称, (2)は負対称の例

東京のこの期間の氣圧曲線であるが 図に示した星印は対称点で、点線はこの点を中心として、原曲線を反轉させたものである ことには例として正対称(1)の場合と負対称(2)の場合とを示したが、(1)では兩曲線がかなり揃つて推移し、又(2)ではかなりまて互いに逆に推移していることが分る

以上は前に示した資料について得た結果の大要である、勿論場所、時期を色々にかえて、同じような作業をした結果は、多少これとはちがつた結果が出たところもあるが、その差はあまりなく、第1表の示すところが、大体のめやすとなるとみてよいようである

これとても角一旦対称点が見出されれば、これを使つて数日間の氣圧推移が予想されるのである ただ対称点確定するのは、その日をしばらく過ぎてからのことであるが、しかし明らかな対称点だということさえ分れば、なお数日間推移が予想されるという訳である ところで対称指数の推移が予想されさえすれば、対称点の發現を予想できる筈であるが、対称指数のこれまでの推移だけから、その今後の変化の模様を予想することは、特別の場合を除いては、どうも困難なようである

第2図には、色々の幅を設定して求めた対称指数の推移の一例を示してある

第 2 図

対称指数の推移（指数を求め
るためにとつた幅は24日）

§4 対称性を長期予報に利用する方法、

対称点を探す方法については以上の通りであるから、次にこれを利用して 氣圧配置を予想する方法について少し述べよう。適当な期間をまず設定して、 $S > 0.8$ 及び $S < 0$ 2 程度の対称点を探し、こうして発見された対称点を基準として今後数日間の氣圧の推移を予想する。このときに一つ注意する必要がある。それは対称性というのは、前にも述べたように、要するに相関関係の明らかなことである。と一應考えているのであるから、氣圧推移は單にその変化の傾向が予想されるだけで、個々の値までは予想する訳にはゆかない。だから実際に当つては、單に原曲線を反轉させただけでは必ずしもよい結果は得られない。

この弊をさけるのには、予想値に修正を加えることが望ましい。これは色々に考えられるが、今までの所割合にうまくゆくのは、対称点から予報当日までの氣圧推移と 対称点からその日までの反轉曲線の推移との両者の夫々の平均値を比較して、その比を使つて当日以後の反轉曲線、即ち予想氣圧推移を補正するという方法である。こうして個々の点における、ある期間の氣圧の推移が予想されたならば、それらを使つて氣圧配置の推移が予報される訳である。勿論個々の点の氣圧曲線における対称点は、必ずしも同一日附に現れるとは限らないで、一般には別々な日に現れる、しかしこれは少しもさし支えない。

このような方法で色々の期間、色々の場所について、氣圧配置を予想してみた。その一例として次に昭和15年1月から4月末までの期間の亞歐大陸の場合を挙げてみよう。対称点を探すために設定した期間の幅は12日、採用した対称点は $S > 0.7$ 及び $S < 0$ 3 の点全部である。期間の幅が短いのと、相関があまりよくないもの ($K > \pm 0.4$) まで採つたためとで、結果はあまりよくないものと想像してやつてみたが、結果としては案外よく行つたように思われる。第3図には予想氣圧配置を実況図と比較して示した。特に注意をひかれるのは、シベリヤ北東部の、この季節としては稀なほど優勢な高氣圧の動勢がよく予想されたことで、この点は筆者の予期したよりもよい結果となつた。全般的にみて、細部を除けば、大体大きな誤りがないことが知られよう。

§5 結語

氣圧推移にある程度までの対称性があるときには、いま述べたような方法によつて、その対称点を探し出し、その点を利用してある期間の氣圧推移を予想することができる。しかもこの方法の利

第 3 図 氣壓配置の予想と実況（予想日は 3 月 12 日）
A は予想図，B は実況図

点としては、対称点を探し出し、それを利用して、氣壓の推移を予想するところまで、殆んど全く客觀的に機械的に進め得ることで、個人差が生ずる余地はあまりない。しかし勿論その結果を過度に評價してはならない。氣壓曲線に對稱性がないときには、如何に努力しても、この方法からは何も得られないのである。この辺をよく理解し、無理な結果を出そうとしないならば、この方法は長期予報法の一つとして、採用されてよいであろう。なお今後に残されている問題は、如何にして對稱点を早期に見出すかということで、筆者も主としてこの方面に今後研究を進めてゆき度いと考えている。

この研究は日本學術振興会の援助によつて行つてゐる長期予報の研究の一部である。ここに同会に対して感謝の意を表する。

層流境界層の場合の有限水槽よりの蒸発 -- 補遺*

萩原 晰 二**

§1 緒言

筆者は先に境界層内の風速分布として Blasius の結果を用ひ層流境界層の場合における有限水槽よりの蒸発速度を求めた事がある⁽¹⁾。境界層内の速度分布又は層流境界層より乱流境界層への轉移点を求める際に屢々運動量方程式又は Kármán の積分條件と稱せられるものが用ひられる事がある。此の方法を用ひて Pohlhausen⁽²⁾ は境界層内の速度分布を求め実験の成績と良く一致する結果を得てゐる。之と同じ方法を水蒸氣の擴散方程式に應用して蒸発速度を求めようとするのが本文の目的である。

* S. Ogiwara: On the Evaporation of Water from a Vessel of Finite Dimensions in the Case of Laminar Boundary Layer - Supplementary Report.

** 東北大學助教

(1) 萩原晰二：氣象集誌 22 127-133 (昭和19年)

(2) Pohlhausen, ZS. f. angew. Math. u. Mech. 1, 252 (1921).