$$M = 4\pi ka\sqrt{R}(c_0 - c_\infty) \times 0.233$$

を以て表はされる。 a が大きくても $R < 1$ ならば(26)式が蒸發速度を與ふる公式である。

(2) 高さ h_0 にある半径 a_0 の雨滴が a になるまでに落下する距離 $h - h_0$ は

$$\int_{h_0}^h (c_0 - c_\infty) dh = \frac{1}{0.466\sigma} \int_{a_0}^a \sqrt{R} da$$

から求める事が出来る。これが消失する高さ h はこの式に於て $a = 0$ とおけば良い。但し R は落下速度に對するレイノールズ數である。

(3) 以上諸公式に於て c_∞ は大氣中の水蒸氣分布から定まるものであり c_0 は雨滴表面に於て水蒸氣が飽和してゐるものとすれば雨滴の溫度から定まるものである。雨滴の溫度については次の機會にこれを研究しその結果を用ひて以上の諸公式の實際的使用法を述べたいと思ふ。

終りにこの研究に激勵を賜りたる藤原先生並びに煩雜な計算や圖表の作成に協力された札幌管區氣象臺技術員齋藤京子嬢及び廳立二中五年生向島勇、千葉弘君に感謝の意を表したい。

長期氣象の解析方法としての一種の振動分析法に就いて*

福 岡 章**

ここで述べる方法は任意の振動を統計的根據に基いて若干の定常性振動に分析する新しい統計方法である。定常性振動は勿論、進行性振動も、又週期振動も非週振動も之をいくつかの定常性振動を合成したものと表はすことが可能である。この方法は複雑な振動現象の解析方法として各種の場合に應用し得る一般的方法である。本論文の後半に於ては氣壓及び溫位の場の分析を實例として掲げておいた。

1. 振動分析法

$f(s, t)$ は空間に於ける位置 s と時刻 t との函数とする。又特定時刻に於ける $f(s)_{t=\text{const}}$ の平均からの偏差を $F(s, t)$ とする。即ち

$$F(s, t) = f(s, t) - \frac{\sum_{s=1}^s f(s, t)}{s}$$

今時刻のみの函数を $T(t)$ 、空間のみの函数を $S(s)$ とし、 S と T との積を以て $F(s, t)$ に最も近から

* A. Hukuoka: On the Analysis of Long-range Meteorological Phenomena into Stationary Oscillations.

** 高松管區氣象臺、技官。

しめる。即ち $S(s)$ と $T(t)$ との積と $F(s, t)$ との差を $\delta(s, t)$ とし

$$F(s, t) = S(s)T(t) + \delta(s, t) \quad (1)$$

各々の場合に於ける $\delta^2(s, t)$ を總て合計したもの $\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s \delta^2$ を最小にする様な $S(s)$ 及び $T(t)$ を求める。

此の時 $S(s)$ 及び $T(t)$ は原振動 $F(s, t)$ を構成する若干の定常性振動のうちで、統計的立場から最も支配的であると考へ得る振動の型及び其の時間的経過を表はす。更に $\delta(s, t)$ に就いて同様の分析操作を行ふときは第二、第三の定常性振動を逐次に決定することが出来る。

(1)に於ては $F(s, t)$ のみが既知の函數である。以下 $F(s, t)$ より $S(s)$ 及び $T(t)$ を導く式を求め。 $t=1$ なる場合 $F(s, 1)$ と $S(s)$ との間に相關關係を考へれば $T(1)$ は之等によつて定まる回歸係數として與へられる。 $t=2$ 以下についても同様である。斯くして一般に $T(t)$ は次の様になる。

$$T(t) = \frac{\sum_{s=1}^s F(s, t)S(s)}{\sum_{s=1}^s S(s)^2} \quad (2)$$

(2)を(1)に代入すれば

$$\begin{aligned} \delta &= F - \left(\frac{\sum_{s=1}^s F \cdot S}{\sum_{s=1}^s S^2} \right) S, \\ \delta^2 &= F^2 - 2FS \left(\frac{\sum_{s=1}^s F \cdot S}{\sum_{s=1}^s S^2} \right) + S^2 \left(\frac{\sum_{s=1}^s F \cdot S}{\sum_{s=1}^s S^2} \right)^2 \\ \sum_{s=1}^s \delta^2 &= \sum_{s=1}^s F^2 - 2 \sum_{s=1}^s FS \left(\frac{\sum_{s=1}^s FS}{\sum_{s=1}^s S^2} \right) + \sum_{s=1}^s S^2 \left(\frac{\sum_{s=1}^s FS}{\sum_{s=1}^s S^2} \right)^2 = \sum_{s=1}^s F^2 - \frac{\left(\sum_{s=1}^s FS \right)^2}{\sum_{s=1}^s S^2} \\ &= \sum_{s=1}^s F^2 - \left\{ \sum_{s=1}^s F \left(\frac{S}{\sqrt{\sum_{s=1}^s S^2}} \right) \right\}^2, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{今 } A = \sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s \delta^2, \quad S_s = \frac{S(s)}{\sqrt{\sum_{s=1}^s S^2}} \text{ とおけば}$$

$$\begin{aligned} A &= \sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2 - \sum_{t=1}^t \left(\sum_{s=1}^s F \cdot S_s \right)^2 \\ &= \sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2 - \sum_{t=1}^t \{ S_1 F(1, t) + S_2 F(2, t) + S_3 F(3, t) + \dots + S_s F(s, t) \}^2 = \sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2 \\ &\quad - \sum_{t=1}^t \{ S_1^2 F(1, t)^2 + S_1 S_2 F(1, t) F(2, t) + \dots + S_1 S_s F(1, t) F(s, t) \\ &\quad + S_2 S_1 F(2, t) F(1, t) + S_2^2 F(2, t)^2 + \dots + S_2 S_s F(2, t) F(s, t) \\ &\quad + S_s S_1 F(s, t) F(1, t) + S_s S_2 F(s, t) F(2, t) + \dots + S_s^2 F(s, t)^2 \} \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^t F(i, t) F(j, t) = C_{ij} \text{ とおけば}$$

$$A = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s F^2 - (C_{1,1}S_1^2 + C_{1,2}S_1S_2 + \cdots + C_{1,s}S_1S_s \\ + C_{2,1}S_2S_1 + C_{2,2}S_2^2 + \cdots + C_{2,s}S_2S_s + \cdots + C_{s,1}S_sS_1 + C_{s,2}S_sS_2 + \cdots + C_{s,s}S_s^2)$$

S_s にはその定義から必然に次の二つの関係がある。

$$S_1^2 + S_2^2 + \cdots + S_s^2 = 1, \quad (4)$$

$$S_1 + S_2 + \cdots + S_s = 0 \quad (5)$$

故に S_s は S 箇の内 $s-2$ 箇が獨立變數と考へられる。よつて A を最小にするためには S_1 より S_{s-2} までを獨立變數, s_{s-1} 及び s_s は從屬變數と考へて

$$\frac{\partial A}{\partial S_1} = 0, \quad \frac{\partial A}{\partial S_2} = 0, \dots, \quad \frac{\partial A}{\partial S_{s-2}} = 0$$

とおけばよい。(4)及び(5)を S_1 で偏微分すれば

$$S_1 + S_{s-1} \frac{\partial S_{s-1}}{\partial S_1} + S_s \frac{\partial S_s}{\partial S_1} = 0,$$

$$1 + \frac{\partial S_{s-1}}{\partial S_1} + S_s \frac{\partial S_s}{\partial S_1} = 0$$

之を $\frac{\partial S_{s-1}}{\partial S_1}$ 及び $\frac{\partial S_s}{\partial S_1}$ について解けば

$$\frac{\partial S_s}{\partial S_1} = \frac{S_{s-1} - S_1}{S_s - S_{s-1}}, \quad \frac{\partial S_{s-1}}{\partial S_1} = \frac{S_s - S_1}{S_{s-1} - S_s}$$

次に $\frac{\partial A}{\partial S_1}$ を求むれば

$$\frac{\partial A}{\partial S_1} = -2 \left\{ (C_{1,1}S_1 + C_{1,2}S_2 + \cdots + C_{1,s}S_s) + (C_{s-1,1}S_1 + C_{s-1,2}S_2 + \cdots \right. \\ \left. + C_{s-1,s}S_s) \frac{\partial S_{s-1}}{\partial S_1} + (C_{s,1}S_1 + C_{s,2}S_2 + \cdots + C_{s,s}S_s) \frac{\partial S_s}{\partial S_1} \right\}$$

$$\frac{\partial S_s}{\partial S_1} = \frac{S_{s-1} - S_1}{S_s - S_{s-1}}, \quad \frac{\partial S_{s-1}}{\partial S_1} = \frac{S_s - S_1}{S_{s-1} - S_s} \text{ を代入し } \frac{\partial A}{\partial S_1} = 0$$

とおけば次式を得る。

$$\frac{1}{S_1 - S_s} \{ (C_{1,1} - C_{s,1})S_1 + (C_{1,2} - C_{s,2})S_2 + \cdots + (C_{1,s} - C_{s,s})S_s \} \\ = \frac{1}{S_{s-1} - S_s} \{ (C_{s-1,1} - C_{s,1})S_1 + (C_{s-1,2} - C_{s,2})S_2 + \cdots + (C_{s-1,s} - C_{s,s})S_s \}$$

$\frac{\partial A}{\partial S_2} = 0, \quad \frac{\partial A}{\partial S_3} = 0, \dots, \quad \frac{\partial A}{\partial S_{s-2}} = 0$ 等の關係よりも同様の計算を行ひ次の結果を得る。

$$\frac{1}{S_1 - S_s} \{ (C_{1,1} - C_{s,1})S_1 + (C_{1,2} - C_{s,2})S_2 + \cdots + (C_{1,s} - C_{s,s})S_s \} \\ = \frac{1}{S_2 - S_s} \{ (C_{2,1} - C_{s,1})S_1 + (C_{2,2} - C_{s,2})S_2 + \cdots + (C_{2,s} - C_{s,s})S_s \} = \cdots \\ = \frac{1}{S_{s-1} - S_s} \{ (C_{s-1,1} - C_{s,1})S_1 + (C_{s-1,2} - C_{s,2})S_2 + \cdots + (C_{s-1,s} - C_{s,s})S_s \}$$

(4), (5)及び(6)を解けば $S_1, S_2, \dots, S_s$ を求めることが出来る。(6)は變形すれば $s-2$ 箇の s 元二次聯立方程式になるが、實際の計算にはこの形のまゝの方が都合がよい。 $S_1, S_2, \dots, S_s$ が求められると $S(s)$ は

$$S_s = \frac{S(s)}{\sqrt{\sum_{s=1}^s S^2(s)}} \quad \text{より}$$

$$S'(1) = S_1 k$$

$$S(2) = S_2 k$$

.....

$$S(s) = S_s k$$

$$k^2 = \frac{\sum_{s=1}^s S(s)^2}{s}$$

但し

$S'(s)$ が得られたならば $T(t)$ は (2) 式即ち

$$T(t) = \frac{\sum_{s=1}^s \{F(s, t) S'(s)\}}{\sum_{s=1}^s S(s)^2} = \frac{1}{k^2} \sum_{s=1}^s \{F(s, t) S(s)\}$$

によつて求められる。 k は任意に決めてよいが $k = \sqrt{s}$ とおくことにすれば、 $S(s)$ の標準偏差

$\sqrt{\frac{\sum_{s=1}^s S^2(s)}{s}}$ は 1 となる。即ち $S'(s)$ は自らの標準偏差を単位として表はされる。

2. 相關論的検討

以上の分析操作を相關論的見地より考へてみる。 $S(s)$ と $F(s, 1), F(s, 2), \dots, F(s, t)$ の各々の相關係数を $r(1), r(2), \dots, r(t)$ とすれば

$$r(t) = \frac{\sum_{s=1}^s F \cdot S}{\sqrt{\sum_{s=1}^s F^2} \sqrt{\sum_{s=1}^s S^2}}$$

(3) より

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^s \delta^2 &= \sum_{s=1}^s F^2 - \frac{\left(\sum_{s=1}^s F \cdot S \right)^2}{\sum_{s=1}^s S^2} = \sum_{s=1}^s F^2 \left\{ 1 - \frac{\left(\sum_{s=1}^s F \cdot S \right)^2}{\sum_{s=1}^s F^2 \sum_{s=1}^s S^2} \right\} = \sum_{s=1}^s F^2 \{1 - r(t)^2\} \\ \sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s \delta^2 &= \sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2 - \sum_{t=1}^t \left(r^2 \sum_{s=1}^s F^2 \right) \end{aligned}$$

最後の式に於て右邊の第一項は一定である。故に $\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s \delta^2$ を最小ならしめることは言ひかへれば、の種々なる場合に於けると S と F の相關係数の自乗(關與率)に F の分散を重みとして加へ合はせたものを最大ならしめることになる。各々の場合の關與率の加重平均を R^2 とすれば R^2 は

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^t \left(r^2 \sum_{s=1}^s F^2 \right)}{\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2} = 1 - \frac{\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s \delta^2}{\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2}$$

によつて求められる。この R^2 は求められた定常振動が原振動にどの程度まで關與してゐるかを表はす量であり、求められた定常振動の原振動に對する關與率と呼ぶことにする。 R は同様の意味に於て一種の相關係数である。この相關係数を重相關係数と比較してみると重相關は多數の函数が

つの函数に影響を及ぼす場合であり、現在の場合是一个の函数が多數の函数に影響を及ぼしてゐる。即ち共に一个の函数との相關關係を表はしてゐるものであるが、その相關の方向が兩者互に反對になつてゐる。よつてこの相關係數は因子相關係數とでも名付けることが適當であらう。

3. $S(s)$ に対する補正

以上の計算によつて得られる定常振動の型を與へる函数 $S(s)$ は其の本來の性質によつて

$$S(1)+S(2)+\cdots+S(s)=0$$

である。即ち $S(s)$ は正なるものと負なるものとが通常は半ばして存在する。しかし實際には必ずしもそうではなく、極端な場合には $S(s)$ が總て同符號を示さねばならぬこともある。節線が分析に用いた地點の範圍よりも外にあつて全地點の値が同時に昇降する様な場合等がそれである。よつて一般にはこれ迄の計算によつて得た $S(s)$ によつて決まる 0 線(節線)の移動を行はねばならない。即ち $S(1), \cdots, S(s)$ に対する補正が必要である。而してこの補正は $T(t)$ と $f(s, t)$ の一定時に於ける平均

$$M(t) = \frac{1}{s} \sum_{s=1}^s f(s, t)$$

の時間的變化との相關關係によつて定まる。 $S(s)$ によつて決められる 0 線が正しい節線ではない場合には、その定常振動の時間的變化 $T(t)$ と $M(t)$ との間に相關關係が存在し、この定常振動が平均 $M(t)$ の變動に及ぼしてゐる影響は

$$(T-\bar{T}) \frac{\sum(M-\bar{M})(T-\bar{T})}{\sum(T-\bar{T})^2} \quad (7)$$

で表はされる。こゝに $\frac{\sum(M-\bar{M})(T-\bar{T})}{\sum(T-\bar{T})^2}$ は M と T との相關關係に於ける $T-\bar{T}$ に乗すべき回歸係數である。

今 $S=\Delta$ なる所にこの定常振動の眞の節線が存在するものとすれば、 $S(s)$ は $S(s)-\Delta$ とすべきであり、補正を行ふ前にこの振動の全地點の平均値は

$$\frac{\sum_{s=1}^s T \cdot S}{s} - \frac{\sum_{s=1}^s \bar{T} \cdot S}{s} = \frac{T \sum_{s=1}^s S - \bar{T} \sum_{s=1}^s S}{s} = 0$$

であつたが、補正を行つたためにこの平均値は

$$\frac{\sum_{s=1}^s T(S-\Delta)}{s} - \frac{\sum_{s=1}^s \bar{T}(S-\Delta)}{s} = -(T-\bar{T})\Delta \quad (8)$$

となる。(7)と(8)とは相等しいものであり

$$-(T-\bar{T})\Delta = (T-\bar{T}) \frac{\sum(M-\bar{M})(T-\bar{T})}{\sum(T-\bar{T})^2}$$

故に

$$\Delta = - \frac{\sum(M-\bar{M})(T-\bar{T})}{\sum(T-\bar{T})^2} \quad (9)$$

となる。

4. 數値計算の方法

次に實際の数値計算を行ふ場合の注意事項を計算順序に従つて述べる。

(1) $f(s, t)$ より $F(s, t)$ を求める。

(2) $F(s, t)$ を階級に分けて表はす。階級の数は絶対値の最大なものが 10 乃至 20 位になる様に定め、+- の符號を付した簡単な整数で表はしておく。この際に階級におきかへても $F(s)$ は $\sum_{s=1}^s F(s)_{s, \text{const}} = 0$ になる様に加減する。

(3) これを用ひて C_{ij} を求める。 $\sum_{i=1}^s C_{ij} = 0$ によつて此の驗算を行ふ。

(4) $j=1, 2, \dots, s$ につき $\sum_{s=1}^s |C_{ij}|$ を求める。 $j=J$ なるとき $\sum_{s=1}^s |C_{ij}|$ が最大であれば、 S_J は $S_1, S_2, \dots, S_s$ の内絶対値が最大なるものと豫期せられる。

(5)

$$\begin{array}{ccccccc} (C_{1,1}-C_{J,1}), & (C_{1,2}-C_{J,2}), & \dots\dots\dots, & (C_{1,s}-C_{J,s}) \\ (C_{2,1}-C_{J,1}), & (C_{2,2}-C_{J,2}), & \dots\dots\dots, & (C_{2,s}-C_{J,s}) \\ \dots\dots\dots \\ (C_{s,1}-C_{J,1}), & (C_{s,2}-C_{J,2}), & \dots\dots\dots, & (C_{s,s}-C_{J,s}) \end{array}$$

を計算する。

(6) 上表に於ける絶対値の横の合計を

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^s |C_{1,s}-C_{J,s}| &= p_1 \\ \sum_{s=1}^s |C_{2,s}-C_{J,s}| &= p_2 \\ \dots\dots\dots \end{aligned}$$

とし $S_J = +1.00$ と假定して

$$\frac{p_1}{S_1 - S_J} = \frac{p_2}{S_2 - S_J} = \dots\dots\dots = \frac{p_s}{S_s - S_J}$$

を $S_1, S_2, \dots, S_{J-1}, S_{J+1}, \dots, S_s$ に関して解く。この解を $q_1, q_2, \dots, q_{J-1}, q_{J+1}, \dots, q_s$ とし $S_1, S_2, \dots, S_s$ の第一近似値とする。上式を

$$q_1 + q_2 + \dots + q_J + \dots + q_s = 0$$

なる關係を用ひて變形すれば q は以下の式を用ひて求められる。

$$q_1 = 1 - \frac{p_1}{k}$$

$$q_2 = 1 - \frac{p_2}{k}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$q_s = 1 - \frac{p_s}{k}$$

但し

$$k = \frac{1}{s} (p_1 + p_2 + \dots + p_{J-1} + p_{J+1} + \dots + p_s)$$

(7) 第一近似値を用ひて

$$\sum_{s=1}^s (C_{1,s} - C_{s,s}) q_s = p_1'$$

$$\sum_{s=1}^s (C_{2,s} - C_{s,s}) q_s = p_2'$$

.....

を計算し、第一近似値を求めた場合と同様に

$$q_1' = 1 - \frac{p_1'}{k'}$$

$$q_2' = 1 - \frac{p_2'}{k'}$$

.....

$$q_s' = 1 - \frac{p_s'}{k'}$$

但し $k' = \frac{1}{s}(p_1' + p_2' + \dots + p'_{J-1} + p'_{J+1} + \dots + p_s')$

によつて第二近似値 $q_1', q_2', \dots, q_s'$ を得る。

(8) 數回この操作を繰返へせば $q', q'', \dots$ は次第に一定の値に収斂する。最後の近似値を

$$Q_1, Q_2, \dots, Q_s \text{ 但し } Q_J = +1.00$$

とすれば、正解には

$$S(1)^2 + S(2)^2 + \dots + S(s)^2 = s,$$

なる関係があるから

$$\frac{Q_1}{\sqrt{\frac{\sum_{s=1}^s Q_s^2}{s}}} = S(1), \quad \frac{Q_2}{\sqrt{\frac{\sum_{s=1}^s Q_s^2}{s}}} = S(2), \quad \dots$$

によつて $S(s)$ の正解を得る。

(9) 次に $T(t) = \frac{\sum_{s=1}^s \{F(s, t) S(s)\}}{s}$ の計算を行ふ。この際 $F(s, t)$ は階級化しないものを用ひる。

(10) $S(s)T(t)$ を計算し

$$F(s, t) - S(s)T(t) = \delta(s, t)$$

により残差 $\delta(s, t)$ を求める。

(11) $F(s, t)$ 及び $\delta(s, t)$ の階級別頻度を用ひて

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s \delta^2}{\sum_{t=1}^t \sum_{s=1}^s F^2}$$

により關與率 R^2 を計算する。

$$(12) \quad \Delta = - \frac{\sum (M - \bar{M})(T - \bar{T})}{\sum (T - \bar{T})^2}$$

を計算し $S(s)$ に對する節線移動の補正を行ふ。

(13) 第二回以下の分析は $\delta(s, t)$ を用ひて第一回と同様に行ふ。

5. 冬季東亞に於ける日々の氣壓の場の振動分析

以上に述べた方法によつて昭和 16 年 1 月の東亞に於ける日々の平均氣壓配置を分析してみた。地點は恒春・沖大東島・三島・硫黃島・稚内・幌筵・濟州・漢口・サイパン・鷗浦(滿洲最北部)・延吉・承德の 12 箇所を選び、相互に約 1000 軒の間隔をとつてある。數値は中央氣象臺月報及び滿洲月報により日平均氣壓(海面の度)を用ひた。分析は第六振動まで求め、各振動の形 $S(s)$ は第 1 圖 (a)~(f) に、時間的變化 $T(t)$ は第 2 圖に示す如くなつた。又 $S(s)$ 及び關與率は第 1 表として掲げた。

第 1 圖 (a) 第一振動

第 1 圖 (b) 第二振動

第 1 圖 (c) 第三振動

第 1 圖 (d) 第四振動

第1圖(e) 第五振動

第1圖(f) 第六振動

第1表 東亜の気圧の場の分析結果

		第一振動	第二振動	第三振動	第四振動	第五振動	第六振動
S-A	恒 春	+0.45	-0.03	-0.62	+0.89	-0.16	+0.06
	沖大東島	+0.38	+0.55	-0.53	+0.51	+0.16	-0.23
	三 島	-0.30	+1.82	+0.81	+1.11	+0.77	+3.09
	硫 黄 島	+0.32	+0.93	+0.18	+0.25	-0.78	+0.50
	稚 内	-0.66	+1.05	+2.48	+1.56	-1.03	-0.34
	幌 筵	-1.87	-2.17	+0.81	+1.03	+0.66	+1.10
	済 州	+1.03	-0.17	-0.62	+1.63	+1.07	+1.41
	漢 口	+1.55	-1.00	+0.44	+1.50	-1.57	+1.72
	サイパン	-0.21	+0.14	-0.15	+0.05	-0.14	-0.17
	鵜 浦	+1.21	-0.34	+1.73	-1.95	+0.63	+1.11
	延 吉	+1.11	+0.31	+1.33	+1.63	+2.36	-0.43
	承 徳	+1.80	-0.73	+1.84	+1.74	-0.05	+0.70
Δ		-0.40	-0.03	-0.64	-0.83	-0.16	-0.71
關 興 率		74.2%	13.3	5.2	3.0	1.5	0.9
關 興 率 合 計		98.1%					

(1) 先づ第一の振動は大陸とアリューシャン方面との間の内地附近に節線を有する振動である。即ち大陸の気圧が高くなればアリューシャンの気圧が低くなり、大陸の気圧が低くなればアリューシャンの気圧が高くなる様な定常振動である。しかしながら大陸高気圧の発達する冬季であるため、アリューシャン方面が大陸よりも気圧が高くなつたことは一月を通じて一度もなく、常に西高東低になつた儘である。只西高東低の気圧傾度だけが強くなつたり、弱くなつたりする振動をして

ゐる。第2圖(a)を見れば判る様に月の前半は週期が明瞭でなく、後半は約5日の週期的變化をしてゐる。關與率は氣壓の場の全變動の74.2%までを占め、最も決定的な重要さを示す定常性振動である。

第二の振動は第一の振動の節を腹とし、腹を節とした様な振動である。即ち内地附近を含む南北に長い一帯が高くなつたとき、大陸とアリューシャン方面とが低くなり、内地附近が低くなつたとき大陸とアリューシャン方面とが高くなる。その強さは第一振動では正符號のみを示したが第二振動に於ては正負兩様に變化してゐる。且その時間的變化を見るに第一の場合同様後半月に於て週期的變化を認められる外に、第一振動の曲線と比較してみるに極大點極小點はいづれも第一の場合より1日乃至2日後れて相對應して現れ、又曲線の型も1, 2日おくれてよく相似してゐる。

第2圖

以上の事を總合してみると第一と第二の定常振動は中緯度に於て一つの進行性振動を現はしており、その進行方向は西から東に向ふものである。しかし北緯約25度以南の地方では中緯度地方の様な進行性振動を現はしてゐない。この中緯度地方の進行性振動は同地方の高低氣壓の東進を主として支配してゐるものと考へられる。

(2) 第三の振動は北緯約47°附近の東西に長い一帯と低緯度地方特に東支那海附近との振動である。第四の振動は北海道から山東半島を結ぶ一帯が高くなつたとき小笠原方面と滿洲北方からバイカル湖方面の一帯が低くなる様な振動である。これ等の振動の強度の變化を示す曲線を比較すると月始めより22日頃までは第一第二振動の場合と同じく1日乃至2日遅れてよく曲線が對應してゐる。即ち中緯度地方に於て北から南へ向ふ進行性振動を表はしてゐる。23日以後はこの様な關係が存在しない。

又第二振動と第三振動との時間的變化を比較してみるとやはり1日乃至2日の時間のずれによつて曲線の類似が見られる。第一第二振動が南北にのびる構造を持つて東進する進行性振動であり、第三第四振動が東西に長い構造を持つて南進する進行性振動であり、この兩者は別箇の振動である筈にもかかわらず、實は密切な關係を持つてゐるらしい。

(3) 第五振動の型は第二振動とよく似てゐるが第二振動よりも波長はずつと短いもので、約3200 軒位である。この振動も多分進行性のものと思はれるが地點間の距離に比して波長の比較的短いめかこれと對になつて進行性を表すべき定常振動は求められなかつた。

第六振動の型は第三振動と同じ様な東西に長い構造を持ち南北方向に對立した振動であるが、第三よりも波長は小さく約 2700 軒位なものである。これにも進行性振動を證する様な對になるべき定常振動は求め得なかつた。

之等の振動になれば關與率はきはめて小さく、第五が 1.5 % 第六が 0.9 % である。猶第一から第六までの定常振動を以てしても表はし得ない残差はかなり小さく、もとの氣壓變動との比、即ち不關與率は僅かに 1.9 % である。

(4) この分析によつて次の様な結論を得る。

(a) 週期は明瞭なこともあり然らざることもある。

(b) 第一振動から第四振動へ逐次に Phase の推移して行くことより、之等二種の進行性振動の間には何等かの關聯があるらしい。

(c) 之等の内時間的に最も先行する第一の振動即ち大陸とアリ ューシャン方面との間の定常振動は因果的にも他の氣壓振動に比してより一層その原因に近いものと考へられる。

(d) 關與率が第一から第六まで併せて 98.1 % にも達することは各地の氣壓變動が地域的に規則性、連續性を顯著に有し、一地點だけの Local な氣壓變化が極めて小さなものであることを意味する。

6. 冬季東亞に於ける日々の溫位場の振動分析

前節に於ける氣壓の場の振動分析に關聯して同じ地點、同じ期間の材料を用ひて地上に於ける溫位の場の振動分析を行つた。分析は第一振動のみ求め、第 3 圖は $S(s)$ の様子を第 4 圖は $T(t)$ の時間的變化を圖にしたものである。又 $S(s)$ の數値は第二表に示してある。

この分析の第一振動は北方が寒冷になつたとき南方が溫暖になり北方が溫暖になつたときに南方が寒冷になる様な振動である。勿論一月間を通じて南方よりも寒冷であるから、溫位の南北傾度が變化するだけである。南方の溫位變化は比較的小さく、北方では大で同じ緯度であつても滿洲シベリヤ方面はアリ ューシャン方面に比して一層大である。この節線は概ね北緯 28 度附近に存在する。この振動の $T(t)$ の時間的變化を見るに約 10 日の週期に稍弱い 5 日の週期が重なつた様に見られる。又之を氣壓場の第一振動と比較すると曲線の型はよく類似してゐる。しかし位相は稍異なり、前半月には氣壓が溫位より先行しており後半月には溫位が氣壓よりも先行してゐる様な傾向がある。故に何れが原因であるとは斷定し得ないけれど

第 3 圖 溫位第一振動

第 4 圖

も、一般的には北方が寒冷に南方が温暖になつた場合には大陸に高氣壓が發達し、北方と南方との溫位の差が小さくなつた場合には大陸の高氣壓が衰へる様な傾向がある。この兩種の振動の間にはこの様な密切な關係が存在してゐる。

7. 冬季北半球に於ける日々の氣壓の場の振動分析

同じ方法によつて昭和 12 年 1 月の毎日正午に於ける北半球の氣壓の場を分析してみた。地點は全部で 38 ケ所をとつた。北緯 15°, 30°, 45°, 60°, 75° の緯度圈上に緯度的 15° の長さ(約 1670 浬)を以て等間隔に地點を選んだ。即ち

北緯 15 度圈上に經度 15° の整數倍の地點

北緯 30 度圈上に經度 18° の整數倍の地點

北緯 45 度圈上に經度 20° の整數倍の地點

北緯 60 度圈上に經度 30° の整數倍の地點

北緯 75 度圈上に經度 75° の整數倍の地點

をとり、中央氣象臺發行の北半球天氣圖の等壓線より氣壓を読み取つた。等壓線の描かれてある範圍は日によつて幾分變るため、之等の地點のうち 1 月を通じて全部氣壓の値を読み取ることの出来る地點 38 ケ所のみに關して統計を行つた。求め得た第一振動の型は第 5 圖としてその時間的變化は第 6 圖として掲げ $S(s)$ の數値は第 3 表として示す。

冬季北半球の氣壓の場の變動を支配する最も主な振動はユーラシア大陸及び米大陸の高氣壓とアリューシャン及びアイスランド附近の低氣壓の發達、衰弱の振動である。即ちユーラシア大陸の氣壓が高くなる場合には同時に北米大陸及び北東太平洋にまたがる高壓部が發達し、アリューシャン附近及びアイスランド附近には低氣壓が發達する。又北緯約 20 度以南の低緯度地方は程度は僅少ながら氣壓は低下する。又ユーラシア大陸の高氣壓が弱くなる場合には其の他の高低壓部も同様に衰弱する傾向がある。この振動の型は北極に關して點對稱をなしてゐるが、二つの高低壓部の強さには稍程度の差違が存する様である。この振動の時間的變化は第 6 圖の如く 4 日乃至 5 日程度の弱い短週期變化を認めるも、一般にはかなり不規則な變化をしてゐる。又東亞のみについてこの振動の型をみると第五節に於て得た第一振動と同種の振動であることが判る。

第 2 表 東亞の溫位の場の分析結果

		第一振動
S-A	恒 春	+0.40
	沖大東島	+0.35
	三 島	-0.56
	硫黄島	+0.33
	稚 内	-1.33
	幌 薙	-1.22
	濟 州	-0.60
	漢 口	-0.61
	サイパン	+0.75
	鴨 浦	-2.79
A	延 吉	-1.75
	承 徳	-1.30
A		-0.69

第 3 表 北半球の氣壓の場の分析結果

第 一 振 動						
S-A	75° N 0°	-1.17	45° N 130° E	-1.24	30° N 144° W	+0.95
	60° N 0°	-0.92	" 180°	-0.58	" 126° W	+0.48
	" 30° E	+1.90	" 160° W	+1.47	" 90° W	+0.35
	" 60° E	+2.09	" 140° W	+1.43	15° N 105° E	-0.07
	" 90° E	+1.59	" 100° W	+0.50	" 120° E	-0.27
	" 150° W	+0.70	" 80° W	+0.79	" 135° E	-0.22
	" 30° W	-3.56	" 40° W	-0.31	" 165° E	-0.31
	45° N 0°	-0.28	" 20° W	-0.77	" 180°	-0.44
	" 20° E	+0.63	30° N 126° E	+0.82	" 150° W	-0.26
	" 40° E	+0.50	" 144° E	+0.04	" 135° W	-0.28
	" 60° E	+1.26	" 162° E	-0.11	" 120° W	-0.28
	" 120° E	+1.51	" 180°	-0.18	" 90° W	-0.28
	" 140° E	+0.32	" 162° W	+0.29		
A	-0.16

第 5 圖 北半球氣壓第一振動

第 6 圖 北半球氣壓第一振動

8. 結 語

筆者は本論文の前半に於て振動分析法に就いて記述し、後半に於て分析の實例三つを示した。この振動分析法に於て原振動 $F(s, t)$ から $S(s)$ 及び $T(t)$ を導く際には之等の函數に對して連續或ひは順位の概念を用ひず地點の順位 s 及び時間の順位 t は如何に變更するも差支へない。故にこの分析に求め得た結果が單なる計算上の產物であり何等の意味をも有しないものである場合には $S(s)$ の分布等は全くでたらめな物になり等 S 線は簡單な規則性連續性のあるものとして書くことは出来ないことになる。しかるに第 5 節の分析の如く第 6 振動までも良い結果を得たことはこの振動分析法が有効なる方法であることを示すものである。

次に三種の分析の實例によつて得た結果を綜合すると、「高緯度と低緯度との間の溫位の傾度が急になつたり弱くなつたりする振動と氣壓の第5圖に示す様な北極に關して點對稱になつて二つの高壓部が同時に發達する振動とは密切な關係を有しており、且又此の振動が氣壓の場の第二、第三、第四の定常振動に對して因果關係を有してゐるものである」と言ふことになる。

この研究に際し高橋豫報課長より常に御指導を仰ぎ、種々の便宜を與へられ、御閱讀を賜つた事を厚く御禮申上げる。又豫報課加藤技官は有益なる御教示を與へられ、製圖は製圖街の万を煩はした。第7節の北半球氣壓の場の分析の計算には豫報課小堀泰子、近藤和子兩嬢の御援助を受けた。ここに記して之等の方々に深謝の意を表する次第である。

對馬海峽を渡る氣流の混合比の増加に就いて*

佐々木芳治**

冬期に於ける北九州の氣象狀態は、裏日本の氣象狀態が日本海の季節風に及ぼす影響によつて左右されるが如く、狭いながらも對馬海峽によつて影響される所が少なくないと考へられる。對馬海峽による北西季節風の變質の程度が判れば、冬期に於ける最も困難とされる時雨又は降雪の豫報に參考になる。變質の最たるものはやはり海面よりの蒸發による水蒸氣量の増加に外ならない。此の増加量は如何程のものを、昭和21年2月16日より同月28日迄行つた對馬海峽氣象調査の觀測資料を用ひて計算して見た。

§ 1. 計算例の選擇に就いて

季節風に變質を來たすものは第一に海面からの蒸發である事は既に述べたが、それと各氣象要素との間に於ける函數關係が知れ、更に下層大氣中に蒸發した水蒸氣が對流及び渦動擴散によつて上層に運ばれる量が知れて初めて變質の大きさが解る。所が、海面よりの蒸發量を直接測定する事は今の所不可能であり、最初から困難に突當る。そこで北西季節風の對馬海峽横斷前後に於ける混合比の増加を以て變質の目安とした。

此の計算を行ふためには計算例の選擇に色々の條件が要る。即ち混合比の増加を見るのであるから、同一氣塊について考へなければならぬ。従つて北西季節風がほぼ定常流をなしてゐる事が必

* Y. Sasaki: On the Increase of Mixing-ratio in the Lower Air Current across Tusima-Strait.

** 福岡管區氣象臺、技官。