551.577

降水現象に関する相関分析の一方法*

鈴　木　栄　一**

要旨

降水量と他の連続な物理量の相関々係とか2地点間の降水量に関する相関関係をしらべる場合，無降水をどう取扱うかという問題がよく提起される．ここでは降水現象について一つの数量化をした場合，どんな結果が得られるかを検討した．

ここでのべる方法は，降水のあっ場た合だけについて相関分析をするのでなく，無降水までも考慮に入れて相関関係をしらべる必要性があるとき役立つ．そして数量化の結果，数値は時間単位のとり方，相関をとる対象によって違うが，大体蒸発量とほぼ同じオーダーになっていることが指摘される．

はしがき

1日単位以下の短い時間における降水量のデータには無降水（－）と0.0ミリが多く含まれており，無降水をどう処理するかが問題とされてきた．

そして無降水まで入れた全体としての降水資料とに関係をもつと考えられる物理的な連続量（たとえば下層の発散とか気温変化など）との相関をとるとき，無降水を除外できないことになる．そこでこれまで考えられてきた方法は大別して

1．相関比（Correlation ratio）による方法．

2．2×2分割表（Contingency table）による方法．

3．階級区分をしたm×n分割表による方法．

4．無降水をのぞいた資料による相関係数．

の四つであつた[(1)]．このうち1．は，たとえば降水Yを

－，0.0，0.1～5.0，5.1～10.0，10.1～20.0，…

と分類し，連続物理量Xのこの各分類における平均と分散(それぞれ，条件づき平均，条件づき分散とよばれる）を求め，この分散の分類全般にわたる平均 $s^2{}_X/_Y$，Xの全分散 $s_X{}^2$ とするとき，相関比の2乗，

$$\eta_{X,Y}{}^2=1-s_X{}^2/_Y/s_X{}^2 \qquad (0.1)$$

を求める方法である．2×2分割表による方法とは，第1表のような2×2分割表をつくり，X, Y が降水なら A_1, B_1 は降水有，A_2, B_2 は降水無とし，連続物理量ならば，適当に2分割して，関連係数（Coefficient of Association 略して C. A.）

第1表　2×2対応分割表

Y＼X	A_1	A_2	計
B_1	m	n	$m+n$
B_2	r	s	$r+s$
計	$m+r$	$n+s$	N

第2表　$m\times n$ 対応分割表

Y＼X	A_1	A_2	……	A_m	計
B_1	n_{11}	n_{12}	……	n_{1m}	$n_{1\cdot}$
B_2	n_{21}	n_{22}	……	n_{2m}	$n_{2\cdot}$
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
B_n	n_{n1}	n_{n2}	……	n_{nm}	$n_{n\cdot}$
計	$n_{\cdot1}$	$n_{\cdot2}$	……	$n_{\cdot m}$	n

$$\mathrm{C.A.}=(ms-nr)/\sqrt{(m+n)(r+s)(m+r)(n+s)} \qquad (0.2)$$

を求めるか，N＝m＋n＋r＋sとして簡便公式

$$\rho=(X,Y)=sin\left\{\frac{\pi}{2}(m+s-n-r)/N\right\} \qquad (0.3)$$

によって求める方法である．(0.2) は筆者によりこれが2変量2項分布（Bi-variate binomial distribution）における相関係数の標本推定（積率推定）であることが証明され[(2)]，(0.3) は Mosteller の順序統計量による簡略化法[(3)]を理論的に考察した Blomquist の研究[(4)]によるもので，2変数正規分布の場合に成立つ近似的関係である[(5)(6)]．

階級区分による方法とは，第2表のように，2変量X,

---

* A Method of Correlational Analysis for Rainfall Phenomena.

** E. Suzuki 青山学院大学

—1971年7月22日受理—

Yについてそれぞれ2階級以上に区分された$m\times n$分割表について相対情報量(エントロピー)に相当するIndex

$$I=\Big(\sum_{ij}n_{ij}\log n_{ij}-\sum_{i}n_{i\cdot}\log n_{i\cdot}-\sum_{j}n_{\cdot j}\log n_{\cdot j}+n\log n\Big)/n \qquad (0.4)$$

が,近似的に

$$I\fallingdotseq\frac{1}{2}\log\{1-\tilde{\rho}^2(X,\ Y)\} \qquad (0.5)$$

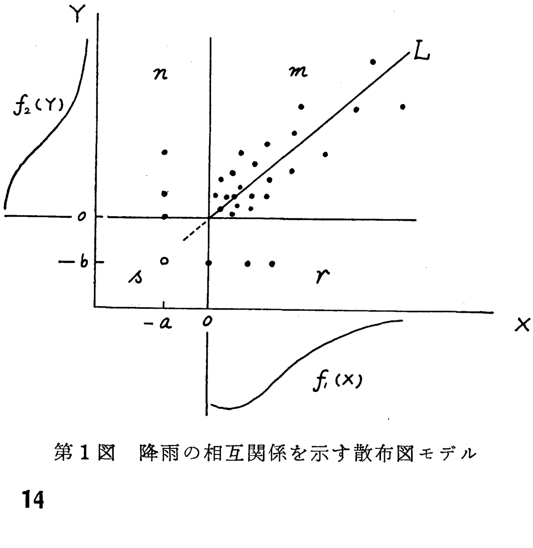
となることを利用してX, Yの相関係数推定値$\tilde{\rho}\,(X, Y)$を求める筆者の方法(1)である.

この方法は(X, Y)が2変数正規分布に従うという仮定を用いるので,降水現象に適用するのに疑問が残る.(2変数正規分布から多少ズレているときでもこの方法は弾力性をもって利用できるが,降水量のように正規分布から大きくズレているときは適用しがたい)またn_{ij}, $n_{i\cdot}$, $n_{\cdot j}$の中で1があると,その対数が0となり,(0.4)の計算に入ってこないので,階級区分をしたとき,こうした数が少くとも全資料数nの1/10以下にしないと偏りを生ずるという欠点がある.

4.の方法は従来からとられてきたのであるが,一方の地点で降水あり,他方の地点で降水ないときもすべて除外され,実際にはせっかく得られた情報をかなり失ってしまうことになり,その意味で好ましくない.この他に一方の変量の平均からの偏差符号だけを他方の変量にかける高橋浩一郎の方法もあるが,これも便利だが情報損失のある不十分統計量(inefficient statistic)といわれるものである.

1. 2つの降水現象の相互関係の記述

2変量X, Yともに降雨をあらわす変量で,雨が降ったときは降雨量,雨が降らなかったときはそれぞれ,



第1図 降雨の相互関係を示す散布図モデル

第3表 資料の対応表の例(1)

個数	X	Y
s	— — ⋮ —	— — ⋮ —
r	x_1 x_2 ⋮ x_r	— — ⋮ —
n	— — ⋮ —	y_1 y_2 ⋮ y_n
m	x_{r+1} x_{r+2} ⋮ x_{r+m}	y_{n+1} y_{n+2} ⋮ y_{n+m}

$-a$, $-b$ ($a, b>0$)となるものとすると,そのモデル的な図は一応第1図のようになる.

もちろん,無降雨をも考慮に入れ,全情報によって相互関係を記述したい場合にここでのべる方法が役立つことになる.これは第3表のような資料対応表が得られた場合,(実際データはもちろんこんな形式ではないが,分類整理すれば必ずこの形になる)得られる散布図(Scatter diagram)であって,$f_1(x)$, $f_2(y)$はそれぞれ,降雨のある場合の度数分布(あるいは確率分布)の図である.

こうした場合に直線で統計的関係をしらべるとすれば,直線からの残差分散の最小化すなわちa, bの関数として表現されるX, Yの相関係数の2乗$\rho^2{}_{XY}(a, b)$の最大化をすればよい.よって全資料数をNとし

$$\left.\begin{aligned}&\sum_{i=1}^{m+r}x_i=u,\quad \sum_{i=1}^{m+r}x_i^2=U,\quad \sum_{i=1}^{m+n}y_i=v,\\&\sum_{i=1}^{m+n}y_i^2=V,\quad \sum_{i=1}^{m}x_{r+i}y_{n+i}=W,\\&\bar{x}=\{u-(n+s)a\}/N,\\&\bar{y}=\{v-(r+s)b\}/N,\end{aligned}\right\}\quad(1.1)$$

とおき,

$$\left.\begin{aligned}g(a)&\equiv\sum_i(x_i-\bar{x})^2=(n+s)a^2+U\\&\quad-\{u-(n+s)a\}^2/N\\h(b)&\equiv\sum_i(y_i-\bar{y})^2=(r+s)b^2+V\\&\quad-\{v-(r+s)b\}^2/N\end{aligned}\right\}\quad(1.2)$$

$$\left.\begin{aligned} f(a,b) &\equiv \sum_i (x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y}) = W-av_2 \\ &-bu_2+abs-\{u-(n+s)a\} \\ &\cdot\{v-(r+s)b\}/N \end{aligned}\right\} \quad (1.2)$$

$$\left(u_1=\sum_{i=1}^{m} x_{r+i},\ \ v_1=\sum_{i=1}^{m} y_{n+i},\ \ u_2=\sum_{i=1}^{r} x_i,\ \ v_2=\sum_{i=1}^{n} y_i\right)$$

とおいて

$$\rho^2{}_{XY}(a,b)=f^2(a,b)/\{g(a)\cdot h(b)\}\to Max. \quad (1.3)$$

から導びかれる次の2元連立方程式を a, b についてとけばよい.

$$\left.\begin{aligned} g(a)\frac{\partial f}{\partial a}-\frac{1}{2}f(a,b)\frac{\partial g}{\partial a}=0 \\ h(b)\frac{\partial f}{\partial b}-\frac{1}{2}f(a,b)\frac{\partial h}{\partial b}=0 \end{aligned}\right\} \quad (1.4)$$

この微分計算を正確に行ない，a, b をもとめる連立方程式をつくると結局次のようになる.

$$\frac{1}{N}\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} & A_{24} \end{bmatrix}\begin{pmatrix} ab \\ a \\ b \\ 1 \end{pmatrix}=0 \quad (1.5)$$

ただし,

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{A}_{11}&=(n+s)(mu_2-ru_1) \\ \boldsymbol{A}_{21}&=(r+s)(mv_2-nv_1) \\ \boldsymbol{A}_{12}&=(n+s)(v_1u-(m+r)W) \\ \boldsymbol{A}_{22}&=(ms-rn)V+v(rv_2-sv_1) \\ \boldsymbol{A}_{13}&=(ms-rn)U+u(nu_2-su_1) \\ \boldsymbol{A}_{23}&=(r+s)\{u_1v-(m+n)W\} \\ A_{14}&=U\{(n+s)v_1-(m+r)v_2\} \\ &\quad -(n+s)uw+u^2v_2 \\ A_{24}&=V\{(r+s)u_1-(m+n)u_2\} \\ &\quad -(r+s)vW+v^2u_2 \end{aligned}\right\} \quad (1.6)$$

上記連立方程式の正根 a, b をもとめればよいことになる.

次にこの具体例を示そう.

(例1). 伊勢湾台風時の9月25～26日における名古屋，岐阜1時間雨量の対応表によれば，$N=48$, a (名古屋) ≒0.25, b (岐阜) ≒1.02 $\rho_{XY}=(0.25, 1.02)$ ≒0.641

(例2). 同じ資料で，a, b を等しくおき，a, b の変化に対する $\rho\equiv\rho_{XY}$ (a, b) の変化を表示すると次の通り.

a, b	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	5.0	10.0
ρ	0.615	0.632	0.637	0.634	0.617	0.620	0.591

(例3). 昭和39，40年6，7月の岐阜，高山の1日の雨量対応表によれば $N=122$, a (岐阜) $=0.57$, b(高山$=0.18$, $\rho_{XY}(0.57,\ 0.18)$≒0.426

(例4). 昭和39，40年6，7月の岐阜，関ケ原の1日の雨量対応表によれば $N=122$, a (岐阜) $=0.36$, b (関ケ原) $=0.21$, ρ_{XY} (0.36, 0.21)≒0.387

(例5). 同じ資料で a, b を等しくおき，a, b の変化に対する ρ_{XY} (a, b) の変化を表示すると次の通り,

a, b	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0	20.0
ρ	0.381	0.341	0.295	0.265	0.240	0.291

(例6). 昭和38年6月4日岐阜県白鳥と関ケ原の1時間雨量について $a-b$ とおき，a, b の変化と $\rho_{XY}(a, b)$ の変化を表示すると次の通り.

a, b	0.1	0.5	1.0	5.0	10.0
ρ	0.155	0.184	0.206	0.187	−0.032

以上の諸例から $-a$, $-b$ の値は大体，蒸発量と同じオーダーであるという興味ある結果がみられる. この物理的考察はもっと数多くの具体例で確められることが望ましい.

2. 降水現象と他の連続物理量の相互関係の記述

連続物理量を X, 降水現象を Y とし，X, Y の対応表のモデル的状態が第4表のごとくなっているとする.

第4表　資料の対応表の例（3）

個　数	X	Y
$N1$	x_1 x_2 ⋮ x_{N1}	— — ⋮ —
$N2$	x_{N1+1} x_{N1+2} ⋮ x_{N1N2}	y_1 y_2 ⋮ y_{N2}

実際は Y の無降水状態はこのようにまとまらず，バラバラになって表の欄に入っているが，相関を考える場合は第4表のようなモデルとして一般性を失うことはない. 降水なしが $N1$ コ，降水ありが $N2$ コとし，次のようにおく.

$$\left.\begin{aligned} &N=N1+N2,\ p=N1/N, \\ &q=N2/N,\ m=\sum_{i=1}^{N1+N2} x_i/N, \\ &b=\sum_{i=1}^{N1} x_i/N1,\ c=\sum_{i=1}^{N2} y_i/N2, \\ &d=\sum_i x_{N1+}y_i/N2 \end{aligned}\right\} \quad (2.1)$$

このとき，X, Y の共分散 $Cov.(X, Y)$, Y の分散 $s_y{}^2$ は

$$\left.\begin{aligned} Cov.\ (X, Y) &= (m-b)ap+(d-mc)q \\ s_y^2 &= a^2pq+2acpq+q(q-c^2q) \end{aligned}\right\} \quad (2.2)$$

となり，X の分散 s_x^2 には a が含まれないから (X, Y) の相関係数の2乗 $\rho_{xy}{}^2$ (a) を最大にするaをもとめるには結局

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial a}\left\{\frac{Cov\,(X,Y)}{s_y^2}\right\} &= 0 \\ \frac{\partial^2}{\partial a^2}\left\{\frac{Cov\,(X,Y)}{s_y^2}\right\} &< 0 \end{aligned}\right\} \quad (2.3)$$

ならしめる正根の計算式が導びければよい．容易に

$$a = \frac{cq(d-bc)+(b-m)g}{p(d-bc)+(mc-d)} > 0$$

が得られ，おきもどせば，

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{N1} x_i \left\{N2 \sum_{j=1}^{N2} y_j^2 - (\sum_{j=1}^{N2} y_j)^2\right\} + N1 \sum_i y_j \sum_i x_{N1j}{}^+ y_j}{N1 \ \{(\Sigma x_{N1+j})\ (\Sigma y_j) - N2 \sum_j x_{N1+j}\, y_j} \quad (2.4)$$

となる，具体例を示そう．

(例1)，天竜川流域小渋ダム近傍の大鹿の日降水量 Y とその日の9時輪島 500 mb 高度 X との相関．(1950～1968年間の台風による降水可能日 130 日間)

a	0.1	1.0	3.5	5	10
$\rho_{XY}{}^2(a)$	0.241	0.260	0.285	0.201	0.173

上式での a は 3.5 であって，なお無降水を全部のぞくと相関係数の2乗は 0.309 である．

(例2)．例1と同じ Y をとり，八丈島 700mb 高度の湿度を X とした場合，同じ期間での対応は次の通り．

a	0.1	1.0	2.0	5.0	10.0
$\rho_{XY}{}^2(a)$	0.361	0.369	0.395	0.404	0.329

上式での a は4.8で $\rho_{XY}{}^2(4.8)=0.404$ であって，なお無降水を全部のぞくと相関係数の2乗は 0.348 である．

(例3)．例1と同じ Y をとり，汐岬1000mb高度をXとした場合，同じ台風の期間における対応は次の通り．

a	0.1	1.0	2.0	5.0	10.0
$\rho_{XY}{}^2(a)$	0.253	0.288	0.303	0.299	0.241

3. 降水現象と2つ以上の連続物理量の相互関係の記述

$p(\geqq 2)$ コの連続物理量からなるベクトル$=(X_1, \cdots \cdots, X_p)$ と降水現象 Y との関係はベクトル相関または重相関によって記述されるが，ここでは重相関をとりあげる．この場合の資料の対応は第5表の形式になる．

第5表　資料の対応表の例（3）

個　数	X_1	…… X_p	Y
$N1$	$x_{1,1}$ $x_{1,2}$ ⋮ $x_{1,N1}$	$x_{p,1}$ $x_{p,2}$ ⋮ $x_{p,N1}$	— — … … —
$N2$	$x_{1,N1+1}$ $x_{1,N1+2}$ ⋮ $x_{1,N}$	$x_{p,N1+1}$ $x_{p,N1+2}$ ⋮ $x_{p,N}$	y_1 y_2 ⋮ y_{N2}

Y と $X_1, \cdots, X_p$ の重相関を最大にするよう a をきめる計算式をもとめる手つづきは相関行列の行列式と余因子の比が入るのでかなり複雑で面倒になる．そこで直交変換によって p コの連続物理量を互に独立な p コの一次結合式に変換することが考えられる．

この場合，直交変換

$$(X_1, \cdots, W_p) \to (S_1, \cdots, S_p)$$

としては Schmidt の直交化変換と成分々析的一次変換があるが，前者は変数の順序に関係するやり方で，どの変数をどんな順番でとりあげるかによって結果がちがってくるという点で望ましくない．そこでここでは後者を採用してみる．

後者では

$$S_i = A_{i1}X_1 + A_{i2}X_2 + \cdots + A_{ip}X_p \qquad (i=1, \cdots, p) \quad (3.1)$$

とし，変換行列 $\boldsymbol{A}=(A_{ij})$ は一般性を失うことなく，次の関係を満足するように求められる．

$$E(S_i, S_j) = 0, \quad Var(S_i) = \lambda_i, \quad \sum_{i=1}^{p} \lambda_i = p \quad (3.2)$$

$Cov.\ (S_i, S_j) = \lambda_i\delta_{ij}$ (δ_{ij} はクロネッカーのデルタで $i \neq j$ なら0，$i=j$ なら1）

このとき，Y と $(X_1, \cdots\cdots, X_p)$ との重相関は rank $(\boldsymbol{A})=p$ のとき Y と $(S_1, \cdots\cdots, S_p)$ との重相関に等しく，上の性質 (3.2) を利用して

$$\left.\begin{aligned} R^2(Y;X_1,\cdots,X_P,a) &= \sum_{i=1}^{P} r^2(Y,S_i;a) \\ &= \sum_{i=1}^{P} \frac{\left\{\sum_j y_j S_{i,N1+j} - a\sum_j S_{ij}\right\}^2}{N^2\lambda_i s_y{}^2} \end{aligned}\right\} \quad (3.3)$$

ただし r^2 $(Y, S_i; a)$ は Y と S_i の単相関.

S_{ij} は上の関係を満たすよう A_{ij} に一定数をかけたもので $\sum_j S_{ij}^2=1\,(i=1,\cdots,p)$ としたもの.

となる．そして

$$R^2(Y;X_1,\cdots,X_P,a)\rightarrow Max. \quad (3.4)$$

ならしめる a は次の２次方程式の正根である．

$$F(y,S)a^2+G(y,S)a+H(y,S)=0 \quad (3.5)$$

ただし

$$\left.\begin{aligned} F(y,S) &= N1\,[\sum_i\{\sum_j y_j)(\sum_j S_{ij}) \\ &\qquad +N2\sum_j y_j S_{i,N1+j}\}\cdot\sum_j S_{ij}/\lambda_i] \\ G(y,S) &= \{N\sum_j y_j^2-(\sum_j y_j)^2\}\sum_i(\sum_j S_{i,j})^2/\lambda_i \\ &\qquad -N1\cdot N2\sum_i(\sum_j y_j S_{i,N1+j})^2/\lambda_i \\ H(y,S) &= \{N\sum_j y_j^2-(\sum y_j)\}^2 \\ &\qquad \sum_i(\sum_j y_j\cdot S_{j,N1+j})(-\sum_j S_{ij})/\lambda_i \\ &\qquad -N1(\sum_j y_j)\sum_i\{\sum_j y_j\cdot S_{i,N1+j}\}/\lambda_i \end{aligned}\right\} \quad (3.6)$$

である．そこで X_i と X_j の相関 r_{ij} の行列 $\boldsymbol{R}_X$ について固有値 λ_i, 固有ベクトル S_{ij} を計算し，この $F(\ )$, $G(\ )$, $H(\ )$ がもとめられれば (3.5) をといて a がきまる，つぎにこの具体例をあげよう．

(例)　Y を降水現象とし，$p=3$ コの連続物理量として

$X_1=9$ 時における輪島 500 mb高度

$X_2=$　〃　汐岬1000mb高度の湿度

$X_3=$　〃　八丈島850mb風速南北成分

とすると，(X_1, X_2, X_3) 内の相関行列 $\boldsymbol{R}_X$ は前節のような台風期間について，次のようになっている．

$$\boldsymbol{R}_X=\begin{pmatrix} 1.000 & 0.293 & -0.337 \\ 0.293 & 1.000 & -0.365 \\ -0.337 & -0.395 & 1.000 \end{pmatrix}$$

この 3×3 対称行列 $\boldsymbol{R}_X$ の固有値，固有ベクトルをもとめ，一次変換の式をつくると，

$$\lambda_1=1.685,\ \lambda_2=0.716,\ \lambda_3=0.599$$

$$\left.\begin{aligned} S_1 &= 0.546x_1+0.581x_2-0.604x_3 \\ S_2 &= -0.814x_1+0.539x_2-0.217x_3 \\ S_3 &= 0.199x_1+0.609x_2+0.767x_3 \end{aligned}\right\}$$

となり，実測をもとにして (3.5) に代入して

$F(y,S)=128.5$, $G(y,S)=-137.5$

$H(y,S)=-3430.9$

２次方程式の根：$a_1=5.73$, $a_2=-4.66$

が得られ，正根5.73を用いると最大重相関の２乗が

$Max.\,R^2$ (Y; X_1, X_2, X_3, a)$=0.497$

となる．参考までに a の変化に対する重相関２乗の変化をしらべると下表の通り，

a	0.1	1.0	5.0	5 73	10.0	50.0
$R^2(\ )$	0.397	0.466	0.490	0.497	0.471	0.432

4.　無降水数量化の意味と問題点

以上のべた方法と具体例から

i）降水現象 Y において無降水に与える負の値 $-a$ は相関をとる対象 X をどうとるかで異なる．しかし同一現象に対し，いろいろ異なる値を与えるのは不自然でないかという問題がある．

ii）若干の具体例だけでは定性的なことしかいえないが a (>0) の一応の値としては

1 時間降水現象に対し　　$a=0.1\sim2.0$

1 日降水現象に対し　　$a=2.0\sim6.0$

くらいである．そして a を多少かえても相関係数の値はほとんどかわらず，この a の値は〝蒸発量〟と同じオーダーと考えてよいだろう．

ということになった．そこで単に統計的処理にとどまらず，数量化に何らかの意味を与えたいとすれば，無降水時における平均的（ないし平年的）な蒸発量に負符号をつけて無降水を数量化する考え方が示唆される．しかし厳密にいえば，降水時においても多少の蒸発はあり得る．蒸発量は気温，風，湿度などの他，地形的条件によって支配されるとすれば，この数量化は一面便宜的でもある．降水と他の連続な物理量と相関関係をしらべる場合，降水のあるときだけについてしらべるか，無降水も含めてしらべるかは明らかに立場の相異である．降水の予報でも降水有無の判別予報と降水量そのものを予報する重回帰予報とは明らかにちがう．連続物理量が無降水にも関連ありと物理的に考えられる場合，微小降水には 0.0mm が与えられるから，無降水には何らかの負値を与えたくなるのは自然であろう．

上記ii）での結果においてたとえば，１時間降水なら a を0.1～2.0の間のどの値としても相関の値に大したちがいはない．(もちろん無降水をのぞいたときの相関係数とはかなり異なる．) それで，ここでの統計処理結果は無降水の数量化について〝各地点の考察対象となる時間

単位の気候的な平均蒸発量に負号をつけたものとする"という一つの方向を示唆したものと考えられる．

以上述べた考察結果から，次のような具体的利用方法があげられる．

（イ）蒸発量観測のある地点（気象台，測候所）では一日蒸発量平年値の1/24をEとし，相関をとりたい時間単位hをかけた値hEに負符号をつけた値を無降水に与える．（3時間降水なら－3Eとする）

（ロ）蒸発量観測のない地点ではE=0.1とし，同様に無降水に値を与える．

このようにして，相関をとることにすれば，第3表のmコだけしかとらないで，相関を調べていたこれまでの結果より，$m+n+r+s$コ全部とってせっかくある資料（情報）をいかして数多くのデータから安定した相関々係が得られることになろう．また，降水に関与する気象要因（上昇流ω，渦度S，水蒸気張力e，湿度H，…）は多くの場合，降水量自体のみでなく，降水をもたらすか否かにも関与することが物理的に考えられるから，上記(イ)，(ロ)，のいずれかによって相関関係をしらべる方が効果的であり，とくに降水有無の判別予報の要因撰択にも役立つことが考えられる．

あとがき

降水現象に関する相関分析について一つの方法を提示したが，式の計算には気象大学校4年生であった高橋大知君の助力を得た．同君に感謝する次第である．

文　　献

1) 鈴木栄一（1968）．気象統計学 70～85 頁，地人書舘刊

2) E. Suzuki (1966): Correlation analysis containing discrete variables used in certain meteorological problems. Papers in Met. and Gesphysics Vol 19. No. 1～30.

3) F. Mosteller (1946): On some useful inefficient statistics. Annals of Math. Stat. Vol 17. 377～408.

4) N. Blomquist (1950): On a measure of dependence between two random variables. Annals of Math. Stat. Vol 21. 584-593.

5) 統計学辞典1（旧版）(1951): 東洋経済新報社刊．484～485頁．

6) 統計工学ハンドブック (1958): 技報堂刊．85～87頁．