

# 松江地方の豪雨特性について<sup>\*\*\*</sup>

田中礼次郎<sup>\*\*</sup>・竹山光一<sup>\*\*</sup>

Study on the Characteristics of Rainstorm in Matsue District

Reijiro TANAKA and Kouichi TAKEYAMA

## まえがき

自然災害のうちでも、豪雨のもたらす災害の占める割合はきわめて大きい。したがって、豪雨の諸特性を一つでも多く知ることは、水災害軽減防止を目的とする治水計画にとって、非常に大切なことである。この意味において、ここでは松江地方の豪雨を対象にして、梅雨前線性豪雨、台風性豪雨およびその他の前線性豪雨に分類し、それぞれについて豪雨の継続時間、総雨量、雨量強度などの豪雨を構成する要素を取り出し、これら相互の関係およびこれら要素の一次結合からなる総合特性値などについて若干の考察を試み、豪雨タイプによる特性値の比較検討を行なったものである。

### 1 対象豪雨とこれを構成する特性値の選定

松江地方気象台の降雨記録（昭和16～48年の33年間）から、日雨量 100mm 以上を含む豪雨31個を選び、これを生起原因別に、梅雨前線性豪雨（5月下旬～7月、13個）、台風性豪雨（9月～10月中旬、9個）、その他の前線性豪雨（8月、9個）に3分類した。ここで（ ）内の生起時期は標準的な期間で厳密なものではない。それぞれの豪雨を構成する特性値として、継続時間  $T$ 、総雨量  $R_i$ 、最大時間雨量  $R_m$ 、無降雨時間数  $T_0$ 、0～5mm、5～10mm、10～20mm、20～30mm、および 30mm 以上の時間雨量合計を、それぞれ  $R_5$ 、 $R_{10}$ 、 $R_{20}$ 、 $R_{30}$ 、 $R_{30<}$  で表わして全部で9個の特性値を取り出し、前述の分類の豪雨ごとと、3つを合わせた全体（31個）の4通りについて比較検討した。

### 2 基礎式

2つ以上の変量の測定値の1次結合としてつくられる、新しい変量を合成変量という。いま  $g$ : 標準化された

合成変量ベクトル、 $Z$ : 標準化されたデータ行列、 $W$ : 標準重みベクトル、 $a$ : 構造ベクトル、 $R$ : データ相関行列、 $V$ : 合成変量の分散、添字  $T$  は転置ベクトルとすると、第1合成変量として次の(1)～(4)式が成立する。

$$g = ZW \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$a = RW \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$V = a^T a = W^T R^2 W \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$W^T R W = 1 \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで  $g$  を求めるには、(3)式の  $V$  を最大にするような  $W$  を求めればよい。すなわち(4)式の条件のもとで、(3)式を最大とするような  $W$  を求めることになり、結局

$$Ra - \lambda a = 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここに  $\lambda$ : ラグランジュの乗数、 $0$ : ゼロベクトル  
(5)式を満足する  $a$  を求め、(6)式より  $W$  があたえられる。また(3)、(7)式から、(5)式の  $n$  組の解のうち、最大の  $\lambda$  に対する解をとらなければならない。

$$W = \frac{1}{\lambda} a \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\lambda = a^T a \quad \dots\dots\dots(7)$$

(6)式を(5)式に代入すると次式が得られる。

$$RW - \lambda W = 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

この場合も、(8)式の  $n$  組の解のうち、最大の  $\lambda$  に対応する  $W$  でなければならない。同様にして、一般に第  $i$  合成変量は(9)式を満足する  $W_i$  によってあたえられる。

$$RW_i - \lambda_i W_i = 0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここで  $\lambda_i$  と  $W_i$  は相関行列  $R$  の大きい方から  $i$  番目の固有値、それに対応する固有ベクトルになり、構造ベクトル  $a_i$  とは次の関係が成立する。

$$a_i = \lambda_i W_i \quad \dots\dots\dots(10)$$

また  $R$  は実対称行列であるから、固有値はたかいたに

※ 島根大学農学部

※※ 第29回農業土木学会中国四国支部学会講演会発表 (1974)

異なる正値をとり、たがいに異なる固有値に対する固有ベクトルは、直交するから次式が成立する。

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_i \mathbf{a}_i^T &= \lambda_i \\ \mathbf{a}_i \mathbf{a}_j^T &= \mathbf{0} \quad (i \neq j), \quad i, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \mathbf{a}_i \mathbf{a}_i^T &= \lambda_i \\ \mathbf{a}_i \mathbf{a}_j^T &= \mathbf{0} \end{aligned}} \right\} \dots(11)$$

表1 各変量の平均、標準偏差、変動係数

	全 体 (31個)									台 風 (9個)								
	T	R <sub>t</sub>	R <sub>m</sub>	T <sub>0</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>30</sub>	R <sub>30&lt;</sub>	T	R <sub>t</sub>	R <sub>m</sub>	T <sub>0</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>30</sub>	R <sub>30&lt;</sub>
M	43	187	31	8	40	47	44	33	24	53	204	19	5	62	70	55	18	0
S·D	22	75	15	5	30	34	36	37	35	27	74	5	6	34	36	50	20	0
C·V	.52	.40	.48	.63	.75	.72	.82	1.12	1.46	.51	.36	.26	1.12	.55	.51	.91	1.11	0
	梅 雨 前 線 (13個)									前 線 (9個)								
	T	R <sub>t</sub>	R <sub>m</sub>	T <sub>0</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>30</sub>	R <sub>30&lt;</sub>	T	R <sub>t</sub>	R <sub>m</sub>	T <sub>0</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>30</sub>	R <sub>30&lt;</sub>
M	44	202	28	9	40	50	48	52	12	30	150	46	9	19	21	26	21	63
S·D	18	86	9	4	26	27	26	48	19	14	36	14	5	12	17	25	13	38
C·V	.41	.43	.32	.44	.65	.54	.54	.92	1.58	.47	.24	.30	.56	.63	.81	.96	.62	.60

註 M：平均，S·D：標準偏差，C·V：変動係数

主成分  $g_i$  の分散の、総分散  $n$  に対する割合（寄与率）は  $\lambda_i/n$  で、 $K$  個の主成分の累積寄与率は(12)式となる。

$$\sum_{i=1}^K \frac{\lambda_i}{n} \dots\dots\dots(12)$$

$K = n$  とすると、固有値の合計  $\sum \lambda_i = n$  となり、累積寄与率は(12)式から1となるから、これでもとの  $n$  個の変数のもっていた情報の全部をつくすことになる。

### 3 解析結果

表1に9個の変量（豪雨の特性値）の平均、標準偏差、変動係数を示す。相対的な変動の大きさを示す変動係数をみると、 $T_0, R_{20}, R_{30}, R_{30<}$  は豪雨の属するタイプ（生起原因）によってかなりの相異を示す。すなわち、一連の豪雨継続時間中の無降雨時間は、台風性豪雨では変化が大きく、梅雨性、前線性豪雨では小さい。いかえれば前者では、降ったり、やんだりの時間の割合が豪雨によって大きく異なるが、後者では変化が少ないことを示す。これは台風性豪雨継続時間  $T$  が、他の2つのタイプの豪雨の  $T$  より大きいことにも関係がありそうである。また時間雨量強度が大きくなるほど、変動係数が大きくなる傾向を示すが、前線性豪雨は  $T$  が他のタイプに比べて小さいこともあって、変化が比較的小さいものと予想される。また台風性豪雨には、 $R_{30<}$  が含まれていない。すなわち 30mm 以上の時間雨量強度の降雨がなく、5~10mm の範囲の時間雨量の合計が最も多いのに対し、前線性豪雨においては、30mm 以上の強度の時間雨量の合計が最も多く、梅雨性豪雨では 20~30mm の範囲が最も多い。表2、3は9個の変量の相関行列で、梅雨性豪雨では、 $T$  と  $R_5, R_m$  と  $R_{30<}$ 、

表2 相 関 係 数 行 列

	T	R <sub>t</sub>	R <sub>m</sub>	T <sub>0</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>30</sub>	R <sub>30&lt;</sub>
T	1.0	.69	.07	.51	.89	.73	.42	.09	.08
R <sub>t</sub>	.54	1.0	.61	.31	-.51	.59	.59	.56	.69
R <sub>m</sub>	-.39	.10	1.0	-.01	-.11	-.06	.33	.66	.90
T <sub>0</sub>	.71	.57	-.61	1.0	.19	.41	.38	-.02	.07
R <sub>5</sub>	.89	.51	-.04	.39	1.0	.80	.25	-.07	-.05
R <sub>10</sub>	.57	.47	-.23	.68	.34	1.0	.05	-.25	.15
R <sub>20</sub>	.59	.66	-.62	.78	.37	.42	1.0	-.06	.47
R <sub>30</sub>	.41	-.07	-.78	.57	.15	.17	.38	1.0	.54
R <sub>30&lt;</sub>	-.53	.19	.87	-.58	-.26	-.42	-.45	-.78	1.0

註 対角線より上は梅雨前線、下は前線型豪雨

表3 相 関 係 数 行 列

	T	R <sub>t</sub>	R <sub>m</sub>	T <sub>0</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>20</sub>	R <sub>30</sub>	R <sub>30&lt;</sub>
T	1.0	.61	-.39	.91	.94	.65	-.08	-.32	
R <sub>t</sub>	.66	1.0	.05	.42	.43	.71	.56	.33	
R <sub>m</sub>	-.40	-.01	1.0	-.46	-.35	-.27	.27	.61	
T <sub>0</sub>	.55	.30	-.08	1.0	.83	.44	-.05	-.50	
R <sub>5</sub>	.92	.55	-.45	.27	1.0	.48	-.21	-.43	
R <sub>10</sub>	.74	.64	-.08	.24	.72	1.0	-1.2	.31	
R <sub>20</sub>	.27	.59	-.25	.16	.17	.28	1.0	.16	
R <sub>30</sub>	.02	.45	.13	.05	-.12	-.04	.08	1.0	
R <sub>30&lt;</sub>	-.38	-.03	.92	-.05	-.41	-.44	-.26	-.03	1.0

註 対角線より上は台風、下は全体

表4 固有値および累積寄与率

主成分	全 体		梅 雨 前 線		前 線		台 風	
	$\lambda$	$\Sigma\lambda/n$	$\lambda$	$\Sigma\lambda/n$	$\lambda$	$\Sigma\lambda/n$	$\lambda$	$\Sigma\lambda/n$
1	3.98	.44	3.97	.44	4.76	.53	3.87	.48
2	1.77	.64	2.63	.73	2.14	.77	2.14	.75
3	1.20	.77	1.02	.84	.93	.87	1.10	.89

註  $\lambda$ : 固有値,  $\Sigma\lambda/n$ : 累積寄与率

表5 固有ベクトル (重みベクトル)

	全 体			梅 雨 前 線			前 線		台 風		
	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_1$	$g_2$	$g_1$	$g_2$	$g_3$
$T$	.23	.08	.24	.20	-.18	-.20	.18	.14	.25	.03	.01
$R_t$	.18	.36	-.17	.24	.07	-.14	.11	.36	.15	.37	.14
$R_m$	-.16	.40	.20	.13	.30	.02	-.15	.30	-.14	.25	.04
$T_0$	.11	.18	.29	.12	-.11	.50	.19	.03	.24	-.06	.17
$R_5$	.22	-.02	.27	.17	-.23	-.42	.12	.23	.24	-.05	0.0
$R_{10}$	.21	.66	.09	.18	-.22	0.0	.14	.13	.18	.22	-.06
$R_{20}$	.12	.11	-.39	.17	.01	.55	.17	.06	-.02	.28	.70
$R_{30}$	.02	.29	-.55	.07	.27	-.40	.14	.28	-.10	.37	-.40
$R_{30<}$	-.15	.37	.31	.16	.26	.15	-.16	.27			

註  $g_i$ : 第  $i$  合成変量 (主成分)

$R_{10}$  と  $R_5$  の相関係数が 0.8 以上,  $T_0$  と  $R_{30}$ ,  $R_{30<}$  及び  $R_5$  と  $R_{30}$ ,  $R_{30<}$  はほとんど相関を示さない。前線性豪雨では,  $T$  と  $R_5$ ,  $R_m$  と  $R_{30<}$  は同様に相関係数 0.8 以上を示すが,  $R_m$  は  $R_{30<}$  を除くすべてと負の相関をもつことが注目される。台風性豪雨については,  $T$  と  $T_0$ ,  $R_5$ , および  $T_0$  と  $R_5$  が高相関を示し,  $R_{20}$ ,  $R_{30}$  に対しては負の相関を示す変量がかなり存在する。したがって3タイプで共通していることは, 降雨継続時間と 0~5mm 範囲の雨量の合計は高相関にあるが, その他の変量間の関係は豪雨タイプによってかなり相異し, 豪雨構造にそれぞれの特徴のあることを示唆している。

基礎式を適用して合成変量 (主成分) を求める場合, 合成変量の数  $i$  をいくつまでとるかについては, 経験的に累積寄与率が60~80%をこえ, 第  $i$  番目の合成変量の寄与率が平均以上, すなわち  $\lambda_i$  が  $\lambda_i \geq 1.0$  であることが必要とされている。これらの関係を示すと表4のとおりで, これによれば全体を除いた3タイプとも, 第2合成変量までで70%以上の情報が集められている。表5には, 固有ベクトル (重みベクトル) を示す。これを用いると, たとえば梅雨前線性豪雨の3つの合成変量は次式で表わせる。

$$\left. \begin{aligned} g_1 &= 0.20T + 0.24R_t + 0.13R_m + \dots + 0.16R_{30<} \\ g_2 &= -0.18T + 0.07R_t + 0.30R_m + \dots + 0.26R_{30<} \\ g_3 &= -0.20T - 0.14R_t + 0.02R_m + \dots + 0.15R_{30<} \end{aligned} \right\} \dots(13)$$

この主成分の示す意味について, 第1主成分についてのべると, すべてのタイプにあてはまる共通性はなく, 梅雨性豪雨については, 係数 (重みベクトル) がすべて正で, 9個の特性値のいずれが大きくなっても  $g_1$  は大きくなるから,  $g_1$  の大きさの順に解析に用いた13個のデータをならべると, 豪雨の総合的な大きさの順位になる。前線性豪雨の第1主成分については,  $R_m$  および  $R_{30<}$  以外の変量の係数は正である。すなわち時間雨量強度の大きい  $R_m$ ,  $R_{30<}$  が小さく, 他の7個の変量が大きい豪雨では  $g_1$  が大きくなるが, 逆の場合は小さくなり, 梅雨性と異なる性質を示す。台風性豪雨についても前線性豪雨と類似の解釈ができる。第2主成分以下については, さらに3タイプ豪雨に共通性がない。以上からこれら3つのタイプには, 等質集団として扱えない豪雨構造をもつことがわかる。したがって, これら3タイプをまとめて全体 (31個) としての解析は, ここで取り上げた9個の特性値に関しては, あまり意味をもたない

ものと思われる。

### むすび

日雨量 100mm 以上を含む比較的大規模な豪雨を対象にして、生起原因別に梅雨前線による豪雨、台風による豪雨、およびその他の前線による豪雨の3つのタイプに分けて調べた結果、それぞれのタイプの豪雨構造には、多くの相異点があることがわかった。この相異点がそれぞれの豪雨タイプを特色づけているともいえる。採用したデータ数が少ないことにも問題が残るが、ここで提案した方法により豪雨構造の相異点が、多少なりとも明らかにできたつもりである。また主成分分析の結果は、かならずしも明快な解釈を与えてくれるものではな

く、他の多変量解析と同じように、データ集団および取り出す特性値の種類を選択に注意が必要である。たとえば特性値の種類を取りかえるなどして、何回か試算した結果を検討すべきである。この意味において、豪雨タイプごとの特性をより明らかにするための、適切な特性値の選択を今後の課題としたい。計算には本学の FACOM 270-20 に よったことを附記する。

### 参 考 文 献

1. 芝祐順：行動科学における相関分析法 東大出版会 1972, 97-108.
2. 奥野忠一他3名：多変量解析法 日科技連 1973, 192-194.

### Summary

In planning river training project, it is a matter of importance to clarify the characteristics of rainstorm. Some properties of rainstorm were investigated by statistical method in this study. The rainfall data containing one-day storm over 100 mm for a period of 33 years at Matsue were assorted into three types; which are bai-u front storm, typhoon storm and other front storms. The differences of characteristics in each type explained by comparison of various factors of which storms are composed, are as follows:

(1) Regarding the mean value of period  $T$  from the beginning of storm to the end, the value of typhoon type is greater than those of other types, and the front type has a minimum value.

(2) In three type storms, the mean values of sum of one-hour rainfall within a certain range, are different respectively. The front type has more one-hour rainfall over 30 mm than other types, while the typhoon type has most one within 5 mm.

(3) In all types, the sum of one-hour rainfall within 5 mm nearly corresponds to the period  $T$  of each type.