

## 山崩れ件数と雨量との統計的關係\*

藏 重 清\*\* 奥山志保子\*\*\*

要旨：日本気象災害年表に記載の1948～1959年間の降雨毎の山崩れ件数の県毎の集計値： $N$ 、県内のその降雨毎の気象官署平均総雨量： $R$ との形式的対応關係： $N=aR^b$ が各県毎に成立つものとし、北海道を除く45都府県に対し、相関係数、相関比、定数  $a, b$  を求めた。この式の適合度を検定した所、有意とは云えぬ事が分つたが、分散の大きい資料を順次捨てて行き分析を試みた。45都府県の回帰式を用い、 $N=1, 10, 100$ 件に應ずる雨量を求めた。 $N=10$  件の場合(42都府県)の雨量： $R_{10}$ を各県毎の気候的雨量： $R^*$ で除した値の緯度に関する回帰直線は関東以西と東北地方の2本が求められ共に有意性は高い。高い水準で  $a$  を  $b$  の指数函数として表わし得て(33都府県)、 $N=11.4$ に應ずる雨量が  $b$  に無關係に  $R_0=118.3\text{mm}$  となり、偏倚： $\Delta R=R_0-R_{11}$ が県面積の大小により説明出来る。 $b$  と  $R^*$ との回帰直線を求める際、25都府県を2群に分割するとやや有意な結果が得られる。高度200m～1000m間の面積、その地域の平均勾配によつても有意水準は低い分析出来、前者の場合前記2群が識別される。

### 1. ま え が き

日本気象災害年表<sup>1)</sup>に、気象現象により引起されたと考えられる被害が記載されており、それらの中に降雨毎の県単位での山崩れ<sup>1)</sup>件数の集計値がある。これを資料として用い、山崩れの発生機構には立入らず、単に山崩れ件数と、その発生時の雨量との間に成立つ形式的な対応關係を統計学的に調べた。

この種の文献はあまりないが、高橋浩一郎(1938)<sup>2)</sup>が昭和13年9月の豪雨によるものを調べたものがある。各種の道路決潰箇所数を  $N$ 、各々の決潰箇所に対応する代表地点の豪雨期間の総雨量を  $P$ とした時、両者の間に  $N \propto P^3$  .....(1)

なる關係が成立つ事、そして(1)式が3なる巾定数を含む事による降雨の災害への寄与が強調されている。又荒井康(1954)<sup>3)</sup>は県別の田畑の浸水、流出および埋没面積と県平均の総雨量との關係を調べ、被害面積の全面積に対する比を  $A$ 、6月の県平均総降水量(10ヶ年平均)を  $R_0$ とする時、前線性の雨の場合と台風の場合に

対しそれぞれ

$$A = 0.31 \sqrt{\frac{R}{R_0}} - 1.41 \dots\dots\dots \text{前線性} \dots\dots\dots (2)$$

$$A = 0.47 \sqrt{\frac{R}{R_0}} - 0.77 \dots\dots\dots \text{台風} \dots\dots\dots (3)$$

なる關係が成立つ事を示めし、さらに降雨日数、降雨強度を考慮した時の実験式を導いた。(2)および(3)式は被害比  $A$  が  $R$  と共に  $R_0$  なる気候因子に規定され、かつ限界雨量( $R_c=1.41 \times R_0$ 等)が存在する事を示めす点に注目すべきであろう。荒井の気候学的な解析方法に対し、水文学的な手法による研究も行なわれている。大滝俊夫(1962)<sup>4)</sup>は横浜市内関東ローム層に生ずる崖崩れを扱い、有効雨量と云う概念を導入し、ローム層内の含水状態を降水量から推定する共軸相関図を作り、崖崩れの発生の予報が試みられている。

ここでは(1)式に應ずる關係を荒井に近い方法で調べる。即ち北海道を除く45都府県に対し県毎に1つの降雨期間内に発生した全県下の総山崩れ件数を  $N$ 、その時県内の全気象官署により観測された官署平均総雨量を  $R$  とする時

$$N = aR^b \dots\dots\dots (4)$$

なる關係が成立つものと仮定して(4)式の定数を決定

\* Statistical Relation between the Rain Fall and the Number of Cases of Land-Slides

\*\* K. Kurashige: 気象研究所

\*\*\* S. Okuyama: 気象研究所

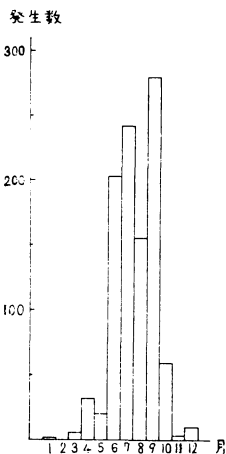
—1964年7月24日受理—

し、特定件数に対応する雨量、および  $a, b$  をいくつかの因子を用いて分析する事を試みた。

しかし日本気象災害年表の記載が不備なるため、発生した山崩れは全て計数されており、さらにその件数の大小が被害規模に対応するものと考へた。又同年表には「×日より××日の降雨により××件」と書かれている例が多いため、気象庁観測日表よりその日付前後の県内の気象官署の雨量観測値を調らべ、山崩れ発生に対応すると考へられる降雨群を識別して用いた。したがって山崩れが発生した場所に降った雨を用いたのではない。しかし同年表を概観した所では、山崩れを引起した降雨はかなり大規模の気象現象（梅雨前線、台風等）に伴ったものと思われるので、山崩れが生ずる時には全県下に互つて降雨があり、したがつて気象官署の雨量観測の代表性は充分良いものとする。

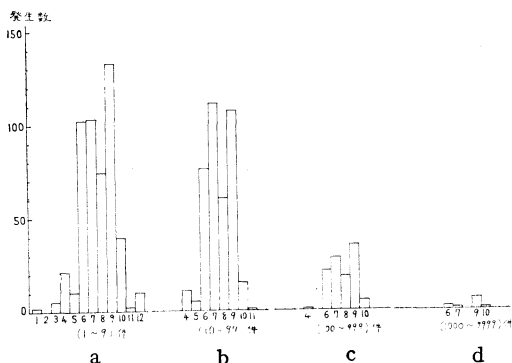
2. 山崩れ件数の統計

災害年表より拾つた山崩れ発生数は1948年より1959年にかけて1006件である（北海道を含めると1012件）。第1図は発生数のみに着目し、45都府県の月別の発生数をヒストグラムにしたものである。又第2図は件数を（1～9）件、（10～99）件、（100～999）件、（1000～9999）件の4階級に区分し、その各々を第1図と同様なグラフにしたものである。第1図より山崩れは暖候期に多く発生



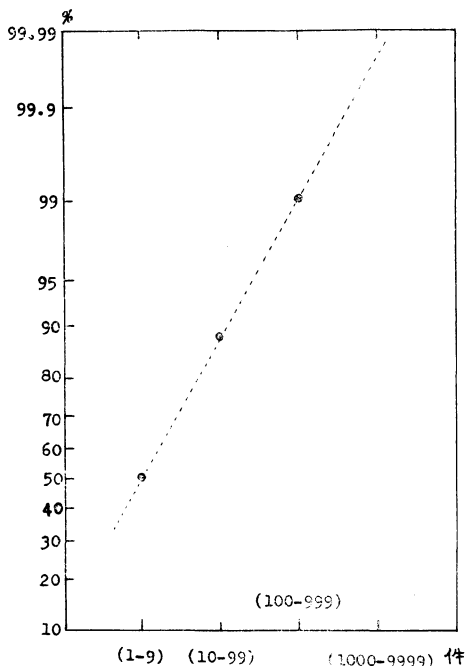
第1図 月別山崩れ発生数頻度

し、特に6月から10月にかけて全年の92.7%が発生している事が分る。又第2図より、件数の大なるものほど暖候期に集中して来る事が認められる。両図より山崩れは、特にその件数の大きいものは、梅雨期、台風期の異常に多量の降雨がある時に発生する事が明らかである。



第2図 山崩れ件数を階級別に区分した箇合の月別山崩れ発生数頻度

第2図からも推察されるように山崩れ件数の頻度分布はJ字型分布をなしており、何らかの正規変換を行なう必要がある。上の4階級毎の頻度を通常の方法で正規確率紙上にプロットした結果を第3図に示す。（1000～9999）件の階級に対応する点を除いた他の点は良く直線に乗っている事が分る。これより非常に乱暴ではあるが、山崩れ件数の分布は対数正規型であると見なす事とした。他方雨量分布の方は、多くの研究が行なわれ種々の分布型が与えられているが、ここでは簡単に対数正規分布を仮定した。したがって山崩れ件数 ( $N$ )、雨量 ( $R$ )



第3図 山崩れ件数の対数正規性

の両方を共に対数変換した上で統計計算を行う事とした。

3. 相関係数, 回帰係数, 相関比, 直線性の検定

(4) 式の仮定を立証するには, その両辺の対数をとった式:

$$\log N = \log a + b \cdot \log R \dots \dots \dots (5)$$

の直線性が統計学的に云えれば良い。点 (R, N) を両対数グラフ上にプロットし, 両軸を,  $\log x = 1, 2, 3 \dots$  に対応するグラフ上の点を作る区間: (1, 2), (2, 3),  $\dots$  を5ケに区分し, この区間内に入る点 ( $\log R, \log N$ ) の頻度を数えて相関表を作り, これを基にして統計量を計算した。相関表の1例として第4図に福岡県のものを示した。

log N	log R															
	0.0 - 0.2	0.2 - 0.4	0.4 - 0.6	0.6 - 0.8	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	1.2 - 1.4	1.4 - 1.6	1.6 - 1.8	1.8 - 2.0	2.0 - 2.2	2.2 - 2.4	2.4 - 2.6	2.6 - 2.8	2.8 - 3.0	3.0 - 3.4
3.4 - 3.6																
3.2 - 3.4																
3.0 - 3.2																
2.8 - 3.0																
2.6 - 2.8																
2.4 - 2.6																
2.2 - 2.4																
2.0 - 2.2																
1.8 - 2.0																
1.6 - 1.8																
1.4 - 1.6																
1.2 - 1.4																
1.0 - 1.2																
0.8 - 1.0																
0.6 - 0.8																
0.4 - 0.6																
0.2 - 0.4																
0.0 - 0.2																

第4図 福岡県の log N と log R との相関表

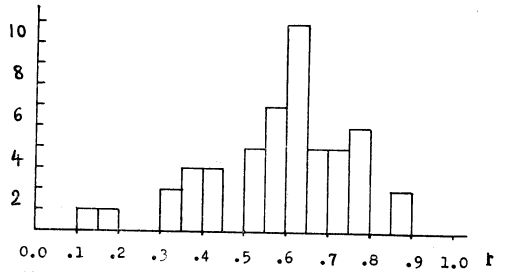
計算は, 各県毎に

- i)  $\log R$  と  $\log N$  との相関係数:  $r$  を求め, その有意性を  $t$ -分布により検定する。
- ii) (5) 式の定数項:  $\log a, b$  を求めて回帰直線を決定し, さらに回帰直線の周りの標準偏差:  $\sigma$  を求める。
- iii) 相関比:  $\eta$  を求め, その有意性を  $F$ -分布を用いて検定する。
- iv)  $\eta$  を用いて回帰直線 (5) の直線性の検定を  $F$ -分布を用いて行う。

を行い, 結果を第1表にまとめて示めた。

まず相関係数の計算結果は, その値の 0.05 毎に求めた頻度分布: 第5図から分る様に,  $r \geq 0.5$  以上の県数

頻度



第5図 相関係数の頻度分布 (北海道をのぞく)

が 77.8%,  $r \geq 0.6$  が 55.6% あり, 又有意水準が 1% 以上の県数が 55.6% (25県) あり, したがって  $R$  と  $N$  との間には相関関係があると云えよう。

$a$  の値は  $10^{-4}$  から  $10^0$  の間に分布し, 大きな変動が見られる。又  $b$  については, 45都府県の平均値は 1.54, 標準偏差は 0.64, 相関係数の有意水準が 1% 以上の 25県について改めて計算すると, 平均値は 1.78, 標準偏差は 0.53 となつた。高橋とは異なる結果が得られたが, 県単位で山崩れを考えている事に留意しなければならない。かような方法では, 山崩れ件数は雨量の大略 1.8 乗に比例する事が分る。

相関比が 1% 以上の有意水準にある都府県は 18 県であり, (5) 式の直線性 25% が以上の水準で有意なもの 6 県に減少してしまつている。かような結果が得られた原因として, 資料のパラッキだけでなく, 相関表を作る際の階級区分の方法にも問題があつたと考えられる。第1表から分る様に, 各都府県の資料総数が少い上に, その総数の開きが 7 県から 40 県までであり, 全国的に最良の階級区分の方法として, どの様なものを用いれば良いか, の結論は得られなかつた。

気象現象によりもたらされたと見なし得る災害を, 両者の間の多重構造をなす因果関係を無視して (4) 式の仮定を置くと言う方法で扱うかぎりにおいては, 統計学的にはこの程度信頼性しか無いのであろう。しかし災害問題を扱う際には, 信頼性の低い事は承知の上で何らかの結論を導出する事が許されると考えられる。したがって今後の議論はこの事実を前提とした上で検定結果を無視する。資料はその都度, その平均値の周りの分散の大きなものを捨てて行く事とし, 有意な結果を得る事よりも, 種々の因子を用いて, どの程度まで分析可能かと云う知識を得る事に重点を置きたい。

4. 山崩れ生起雨量の気候的, 地理的特性

統計的には第1表の回帰係数の値, 即ち (1) 式の信頼

第 1 表

番号	県名	$n$	$r$	( $t$ ) %	$\log a$	$b$	$\sigma_{y \cdot x}$	$\eta$	( $\eta$ ) %	(直)%	
1	福	岡	31	.70	0.5	- 2.366	1.62	3.59	.76	0.5	50.0
2	佐	賀	32	.72	0.5	- 2.092	1.35	2.74	.81	0.5	25.0
3	大	分	29	.57	0.5	- 2.494	1.66	4.76	.65	2.5	<50.0>
4	長	崎	38	.70	0.5	- 2.150	1.67	3.80	.77	0.5	50.0
5	宮	崎	33	.64	0.5	- 2.896	1.82	3.91	.66	1.0	<50.0>
6	熊	本	36	.31	10.0	- 0.896	0.94	3.53	.44	10.0	50.0
7	鹿	島	40	.51	0.5	- 2.334	1.65	3.96	.53	2.5	<50.0>
8	兵	庫	31	.67	0.5	- 2.318	1.59	3.39	.83	0.5	5.0
9	鳥	根	29	.69	0.5	- 1.902	1.51	2.99	.78	0.5	50.0
10	島	取	13	.60	5.0	- 4.002	2.13	3.70	.65	2.5	<50.0>
11		山	18	.53	2.5	- 2.622	1.75	3.47	.58	25.0	<50.0>
12		島	25	.88	0.5	- 3.562	2.29	2.68	.91	0.5	<50.0>
13		山	29	.62	0.5	- 3.072	2.02	5.52	.70	1.0	50.0
14		徳	33	.35	5.0	- 0.322	0.66	3.21	.46	25.0	<50.0>
15		高	30	.16	<50.0>	0.396	0.31	3.56	.28	<50.0>	<50.0>
16	愛	媛	34	.61	0.5	- 1.598	1.41	3.37	.67	0.5	<50.0>
17	香	川	20	.58	1.0	- 1.122	1.07	2.74	.64	25.0	<50.0>
18	愛	知	23	.69	0.5	- 1.996	1.40	2.51	.89	0.5	0.5
19	三	重	25	.77	0.5	- 6.590	3.46	4.21	.83	0.5	25.0
20	岐	阜	32	.51	0.5	- 1.498	1.22	4.51	.66	0.5	50.0
21	滋	賀	20	.42	10.0	- 1.656	1.22	4.63	.59	10.0	50.0
22	奈	良	27	.62	0.5	- 4.748	2.81	4.85	.67	0.5	50.0
23	和	山	29	.55	0.5	- 1.886	1.48	3.75	.66	2.5	50.0
24	大	阪	21	.14	<50.0>	0.142	0.38	3.91	.33	<50.0>	<50.0>
25	京	都	25	.79	0.5	- 4.676	2.67	3.33	.84	0.5	50.0
26	埼	玉	9	.55	10.0	- 1.426	1.10	2.25	.57	<50.0>	<50.0>
27	栃	木	14	.42	25.0	- 1.160	0.84	2.48	.65	25.0	50.0
28	群	馬	13	.77	0.5	- 2.832	1.83	2.23	.81	0.5	<50.0>
29	千	葉	18	.31	25.0	- 0.832	0.80	3.94	.35	<50.0>	<50.0>
30	東	京	18	.89	0.5	- 3.724	2.25	1.97	.93	0.5	50.0
31	神	川	20	.59	0.5	- 1.668	1.35	3.40	.68	25.0	<50.0>
32	静	岡	25	.39	5.0	- 1.702	1.39	5.04	.47	25.0	<50.0>
33	山	梨	9	.40	25.0	- 0.580	0.90	4.04	.58	<50.0>	<50.0>
34	長	野	23	.60	0.5	- 1.768	1.45	3.37	.73	1.0	25.0
35	富	山	15	.38	25.0	- 2.334	1.56	5.57	.43	<50.0>	<50.0>
36	新	鴻	17	.79	0.5	- 3.504	2.09	2.30	.80	1.0	<50.0>
37	石	川	15	.61	2.5	- 3.088	2.07	4.02	.65	2.5	<50.0>
38	福	井	15	.64	1.0	- 1.596	1.32	4.51	.79	25.0	<50.0>
39	茨	城	16	.54	5.0	- 1.660	1.14	2.14	.74	5.0	25.0
40	宮	城	13	.59	5.0	- 2.584	1.75	2.96	.69	25.0	<50.0>
41	福	鳥	21	.65	0.5	- 1.998	1.41	2.22	.66	2.5	<50.0>
42	山	形	13	.73	0.5	- 2.394	1.65	2.40	.78	10.0	<50.0>
43	岩	手	14	.60	2.5	- 1.578	1.26	2.62	.73	25.0	<50.0>
44	秋	田	8	.79	2.5	- 2.954	1.90	2.34	.90	25.0	<50.0>
45	青	森	7	.60	25.0	- 1.242	1.04	2.30	.80	50.0	<50.0>

資料  $n$  を用い、相関表より  $\log R$  と  $\log N$  との相関係数:  $r$ ,  $t$ -分布による検定: ( $t$ )%;  $\log N = \log a + b \cdot \log R$  の回帰定数及び回帰直線の周りの標準偏差:  $\sigma$ ; 相関表より求めた相関比:  $\eta$ , 及び  $\eta$  の  $F$ -分布による検定: ( $\eta$ ) %; 回帰直線の  $F$ -分布による検定: (直) %

性は低いのであるが、山崩れ件数がそれぞれ 1 件, 10 件, 100 件生ずる際の雨量:  $R_1, R_{10}, R_{100}$  を求めてみた。同時に第 1 表に与えられた回帰直線 (4) の周りにおける標準偏差:  $\sigma$  を用い、

$$\log N \pm = \log a + b \cdot \log R \pm \sigma \dots\dots\dots (6)$$

を満たす  $N^-$ ,  $N^+$  を計算し、(4) 式に対する各資料のバラツキを示す値とした。なお  $N \pm$  を求める時は小数位以

下を切上げている。結果を第 2 表にまとめて示めた。

かようにして得られた“生起雨量”は、各県の気候条件に支配されていると考えられる。そのためには (4) 式の定数  $a, b$  が気候因子により分析可能な事を示めせばよいであろう。しかしここでは  $R_1, R_{10}, R_{100}$  を各県の累年平均雨量で規準化し、その値が地理的にとどの様な分布をするかを見る事にする。

第 2 表

番号	県名	mm		mm		mm		mm		mm		$R_1/R^*$	$R_{10}/R^*$	$R_{100}/R^*$
		$R_1$	$N^-$ 件	$N^+$ 件	$R_{10}$	$N^-$ 件	$N^+$ 件	$R_{100}$	$N^-$ 件	$N^+$ 件	$R^*$			
1	福岡	24.0		4	99.5	3	36	412.	28	360	20.6	1.16	4.83	20.0
2	佐賀	35.4		3	195.2	4	28	1074.	37	275	21.4	1.65	9.12	**50.2
3	大分	31.8		5	127.3	2	48	510.	21	477	19.3	1.65	6.60	26.4
4	長崎	19.4		4	77.0	3	38	306.	27	381	23.8	0.82	3.24	12.8
5	宮崎	39.0		4	138.3	3	39	490.	26	391	24.3	1.60	5.69	20.2
6	熊鹿	9.0		4	104.0	3	36	1205.	29	354	23.0	0.39	4.52	**52.4
7	鹿	26.0		4	104.9	3	40	423.	26	397	22.7	1.15	4.62	18.7
8	鹿	28.7		4	122.1	3	34	520.	30	339	16.6	1.73	7.36	31.3
9	兵	18.2		3	83.5	4	30	384.	34	300	17.5	1.04	4.77	21.9
10	島	75.7		4	223.1	3	37	657.	27	370	16.2	*4.67	*13.77	40.6
11	山	31.5		4	117.4	3	35	438.	29	347	16.5	1.91	7.12	26.5
12	山	35.9		3	98.2	4	27	268.	38	268	17.4	2.06	5.64	15.4
13	山	33.2		6	103.7	2	56	324.	19	552	20.6	1.61	5.03	15.7
14	徳	3.1		4	100.7	4	32	330.	32	321	23.2	*0.13	4.34	14.2
15	高	0.1		4	88.8	3	36	149000.	28	357	23.5	*0.00	3.78	**3355.
16	愛	13.6		4	69.6	3	34	356.	30	338	18.0	0.76	3.87	19.8
17	香	11.2		3	96.2	4	28	828.	37	275	23.0	0.49	4.18	36.0
18	愛	26.7		3	138.0	4	26	715.	40	252	17.6	1.52	7.84	40.6
19	三	80.3		5	156.2	3	42	304.	24	421	23.7	*3.39	6.59	12.8
20	岐	16.9		5	111.6	3	45	737.	23	451	16.5	1.02	6.76	44.6
21	滋	22.8		5	150.3	3	47	992.	22	464	16.3	1.40	9.22	*60.9
22	奈	48.9		5	111.1	2	49	252.	21	486	15.6	*3.13	7.12	16.2
23	和	18.8		4	89.1	3	38	422.	27	375	20.1	0.94	4.43	21.0
24	大	0.4		4	181.1	3	39	775.	26	391	15.7	*0.03	11.54	*49.4
25	京	56.4		4	133.6	3	34	317.	30	333	18.8	3.00	7.11	16.8
26	埼	19.8		3	160.5	5	23	1302.	45	225	15.4	1.29	10.42	**84.5
27	栃	24.0		3	372.7	4	25	5780.	41	248	16.7	1.44	*22.32	**346.1
28	群	35.3		3	124.2	5	23	437.	45	223	10.4	*3.39	11.94	*42.0
29	千	11.0		4	195.0	3	40	347.	26	395	17.1	0.64	11.40	20.3
30	東	45.2		2	125.8	5	20	350.	51	197	13.0	*3.48	9.68	26.9
31	神	17.2		4	94.7	3	34	521.	30	341	13.9	1.24	6.81	37.5
32	静	16.8		5	87.9	2	51	461.	20	504	19.8	0.85	4.44	23.3
33	山	4.4		4	57.0	3	41	736.	25	404	15.9	0.27	3.58	46.3
34	山	16.6		4	81.1	3	34	397.	30	338	13.5	1.23	6.01	29.4
35	富	31.4		6	137.2	2	56	600.	18	558	15.1	2.07	9.09	39.7
36	新	47.5		3	142.9	2	23	430.	44	231	12.8	*3.71	11.16	33.6
37	石	31.0		4	94.4	3	41	287.	25	402	15.3	2.03	6.17	18.8
38	福	16.2		5	92.6	3	45	530.	23	451	15.0	1.08	6.17	35.3
39	茨	28.6		3	215.4	5	22	1624.	47	214	13.6	2.10	*15.84	**119.4
40	宮	30.0		3	111.7	4	30	416.	34	297	16.9	1.78	6.61	24.6
41	福	26.1		3	133.7	5	23	685.	45	223	13.1	1.99	10.21	52.3
42	山	28.2		3	114.0	5	24	460.	42	240	13.1	2.15	8.70	35.1
43	山	17.9		3	111.2	4	27	691.	39	262	14.4	1.24	7.72	48.0
44	岩	35.9		3	120.5	5	24	405.	43	235	14.8	2.43	8.14	27.4
45	秋	15.6		3	143.2	4	23	1310.	44	231	12.7	1.23	11.28	**103.2

山崩れを1件, 10件, 100件生起させる雨量:  $R_1, R_{10}, R_{100}$ mm, その時の件数の分散  
 $R^*$ : 6月~10月期間平均の1雨降雨による日平均雨量

各々の都府県に対し, 県内の気象官署毎に, 6月より10月までの5ヶ月の月内の, 0.1mm以上の降水日数でその月の総降水量を除いて1ヶの官署におけるその月の1ヶの降雨による平均日雨量を求め, 次いで5ヶ月間の平均値を求め暖候期平均とし, さらに全官署にわたっての

平均を求め, 県(都・府)単位での暖候期間内のひとあめによる平均日雨量:  $R^*$  を算出して気候因子とした. 又地理因子としては2次元的扱いをせず, 簡単に各々の県内の全気象官署のラジアンで測った緯度の平均値:  $\phi$  を用いた.

第 3 表

$R_1/R^*=b\cdot\varphi+a$				$R_{10}/R^*=b\cdot\varphi+a$				$R_{100}/R^*=b\cdot\varphi+a$			
要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散
回 帰	1.2692	1	1.2692	回 帰	73.7121	1	73.7121	回 帰	3.7977	1	3.7977
残 差	11.3439	34	0.3336	残 差	180.888	40	4.5222	残 差	3050.818	31	98.4135
$a=-1.65 \quad b=4.95 \quad F=3.8046 > 10\%$				$a=-15.94 \quad b=37.23 \quad F=16.3001 > 0.5\%$				$a=25.70 \quad b=1.07 \quad F=0.0386 < 50\%$			

各県の  $N=1, 10, 100$  件に於ける雨量:  $R_1, R_{10}, R_{100}$  をその県の日平均雨量  $R^*$  で除した比の緯度  $\varphi$  に関する回帰直線の検定

$R_1, R_{10}, R_{100}$  のそれぞれを  $R^*$  で除した値 ( $R_1/R^*$  等) は気候的に期待される日雨量 (=  $R^*$ ) の何日分の降雨があれば、山崩れがそれぞれ 1 件, 10 件, 100 件生ずるかを示す量である。この値を  $R^*$  と共に第 2 表に示した。

$R_1/R^*$  等と  $\varphi$  との回帰直線を求めるに先立って、 $R_1/R^*, R_{10}/R^*, R_{100}/R^*$  の各々に対して、その平均値の周りに対し

平均値  $\pm 1.5 \times$  標準偏差

よりはみ出る資料: (表中 \* 印) を捨てた。なお  $R_{100}/R^*$  の平均値を求め時は、 $R_{100}$  が 1000mm を超える資料: (表中 \*\* 印) をあらかじめ捨てて平均した。

第 3 表にかようにして求めた回帰係数、及び  $F$ -検定の結果を示す。有意性の水準は  $R_1/R^*$  では 10%,  $R_{100}/R^*$  では 50% 以下であるのに比べて  $R_{10}/R^*$  が 0.5% と高い事が注目される。この場合の直線の式は

$$R_{100}/R^* = 37.23 \cdot b - 15.94 \dots \dots \dots (7)$$

であり第 6 図に示してある。この第 6 図をよく見ると、

福島を除いた東北地方: 青森, 岩手, 秋田, 宮城, と関東東以西の 2 群があり、それぞれに異なる直線が当てはまる様に思える。そこでこの各々に対して回帰直線を求めた所、第 4 表の結果を得た。又直線の式は各々

$$R_{10}/R^* = 51.80 \cdot b - 24.66 \dots \text{関東以西} \dots \dots (8)$$

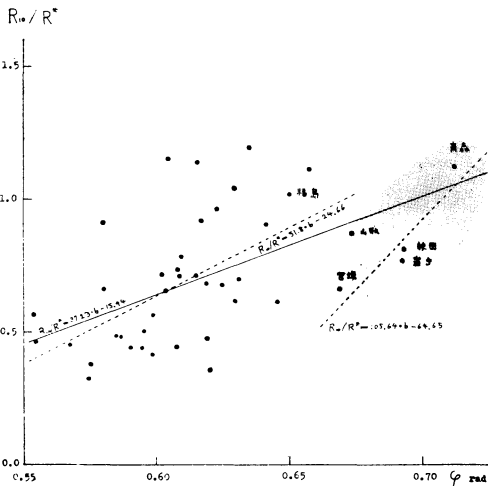
$$R_{10}/R^* = 105.64 \cdot b - 64.65 \dots \text{東北地方} \dots \dots (9)$$

となり、高東以西の回帰直線は 0.5%, 又東北地方は 10% の水準で有意である事が分る。

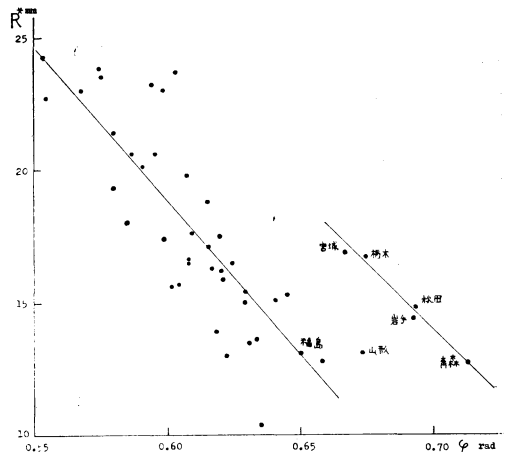
この 2 群に分れる理由は、 $\varphi$  と  $R^*$  との間に第 7 図に示される非常によい直線関係があり、しかも栃木, 福島, 山形の例外を除けば東北地方と関東東以西との 2 群が存在する事で説明される。

$F$ -検定の結果は 0.5% の水準で有意であり、したがって  $R_1/R^*$  等の項が  $\varphi$  と高い相関を持つのは当然である。

しかし第 6 図、又は (8), (9) 式は次の様に解釈される事で意味を持つ: 関東以西では、山崩れを件生起させるに必要な雨量は、南部から北部にかけて大略日平均雨量 ( $R^*$ ) の 5 日分から 10 日分の開きが緯度に関してあ



第 6 図  $R_{10}/R^*=f(\varphi)$



第 7 図 日平均雨量:  $R^*$  と緯度  $\varphi$  との関係

第 6 表

関東以西: $R_{10}/R^* = b \cdot \varphi + a$				東北地方: $R_{10}/R^* = b \cdot \varphi + a$			
要 因	変 動	自 由 度	分 散	要 因	変 動	自 由 度	分 散
回 帰	72.9752	1	72.9752	回 帰	10.5230	1	10.5230
残 差	160.7224	36	4.4645	残 差	1.5000	2	0.7500
$a = -24.66$ $b = 51.80$			$F = 16.3457$ $> 0.5\%$	$a = -64.65$ $b = 105.64$			$F = 14.0307$ $> 10\%$

第 3 表と同様な計算を、 $R_{10}/R^*$  の場合に対し、かつ関東以西と東北地方のそれぞれについて求めた結果。

第 5 表

関東以西: $R^* = b \cdot \varphi + a$				東北地方: $R^* = b \cdot \varphi + a$			
要 因	変 動	自 由 度	分 散	要 因	変 動	自 由 度	分 散
回 帰	378.848	1	378.848	回 帰	11.9469	1	11.9469
残 差	163.662	38	4.307	残 差	0.1931	3	0.0644
$a = 88.76$ $b = -116.5$			$F = 87.96$ $> 0.5\%$	$a = 84.28$ $b = -100.5$			$F = 185.51$ $> 0.5\%$

各県の日平均雨量:  $R^*$  の緯度:  $\varphi$  に関する回帰関係

り、東北地方ではそれが7日分から11日分となっている。

5. 定数  $a, b$  の間の函数關係

(4) 式は  $a, b$  2ケの定数を含むが、これらが互いに独立であるかどうかを調べた。(4) 式と云う形式的關係を扱う限りどちらを独立変数にとってもよいから

$$\log a = \alpha \cdot b + \beta \dots\dots\dots (10)$$

と置いて検定を行なう事とした。又計算に用いた資料は、4.において第3表に付した\*, \*\*印が1件, 10件, 100件のいずれかに1つある都府県、即ち佐賀、熊本、鳥取、高知、愛知、三重、岐阜、滋賀、大阪、京都、栃木、茨城の12府県を捨てた残り33都府県のものである。なおこれらの資料に対して  $R_1, R_{10}, R_{100}$  の平均値、及び標準偏差はそれぞれ次の様になった。

	45都府県		33都府県	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1件	26.8mm	16.6	25.1mm	11.4
10件	127.5	52.0	111.3	27.3
100件	457.7*	162.3*	418.6**	103.0**

\*: 31都府県    \*\*: 25都府県

第 6 表は (10) 式の検定結果であり、0.5% の水準で有意な事が分る。したがって  $a$  は  $b$  により表わし得て

第 6 表

log $a = \beta \cdot b + \alpha$			
要 因	変 動	自 由 度	分 散
回 帰	28.0026	1	28.0026
残 差	0.6494	31	0.0210
$\alpha = 1.06$ $\beta = -2.07$		$F = 1333.5 > 0.5\%$	

回帰直線:  $\log N = \log a + b \cdot \log$  における定数:  $a, b$  の間の回帰關係

$$a = 11.40 \cdot e^{-4.77 \cdot b} \dots\dots\dots (11)$$

(11) を (4) に入れた理想回帰直線より、 $N = 11.4$  なる件数に対応する理想雨量:  $R_0$  は、 $b$  に無関係に

$$R_0 = 118.3 \text{mm at } N = 11.4$$

即ち総雨量 120mm 前後の降雨があれば、全国的に11件程度の山崩れが発生する事が分る。

この事は相関表(第4図)で考えれば、( $R = 118.4'$   $N = 11.4$ ) なる点に相当する相関表上の点を都府県の回帰直線(5)が通る事を意味し、この点の近傍の分散が小さい事から 4. における第3表の10件に対する有意水準の高かつた事が納得されよう。

しかし第3表に与められた回帰定数を用い、(4)において  $N = 11.4$  と置いて求めた雨量:  $R_{11}$  は理想雨量  $R_0$  より偏倚している。この偏倚:  $\Delta R = R_0 - R_{11}$  を説明する

第 7 表

$\Delta R = b \cdot S + a$				左より長野, 岩手を捨てた場合			
要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散
回 帰	1274.26	1	1274.26	回 帰	4004.65	1	4004.65
残 差	10566.20	26	406.39	残 差	6913.74	24	288.07
$a = -14.06$ $b = 0.002$			$F = 3.1355$ > 10%	$a = -32.57$ $b = 0.005$			$F = 13.9015$ > 0.5%

$N = 11$ . 4件における理想雨量と実雨量との差:  $\Delta R = R_0 - R_{11}$  と県面積との回帰関係

因子として各都府県の面積:  $S \text{ km}^2$  による分析を行った. この際, 前と同様に  $\Delta R = 0$  の周りの分散の大きい愛媛, 埼玉, 千葉, 山梨の 5 県の資料を捨てた. 結果は第 7 表の通りで,

$$\Delta R = 0.0019 \cdot S - 11.29 \dots \dots \dots (12)$$

なる回帰直線が 10% の水準で有意である事が分った. 即ち県面積が大きい程, 同数の件数の山崩れを生じさせる雨量は少なくてよい. 分散を大きくしている長野, 岩手の両県を捨てると 0.5% の水準まで高まる.

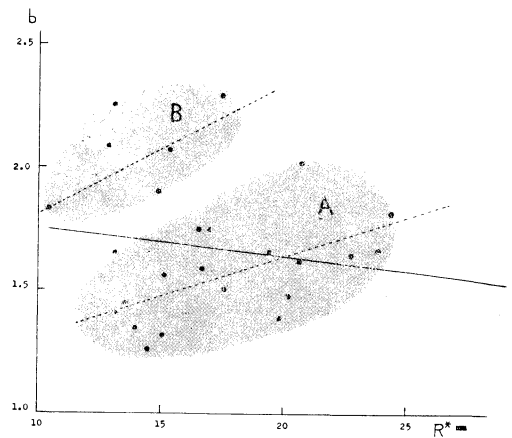
この事は, 県単位の山崩れ件数をその県面積により基準化し, 単位面積当りの件数, 即ち件数密度を (4) 式の  $N$  の代りに用いて分析を行ない得る事を示している.

県面積により得られた有意水準は 10% であったので, より進んだ分析を打切った.

6. 定数  $b$  の分析

まず始めに気候条件に対する定数の依存性を調べる. すでに見た様にこれはスケールを変えた地理的位置 ( $\varphi$ ) による分析とほとんど同義である. (12) 式を求める時に用いた 29 都府県の資料の中で,  $b$  の平均値の周りの分散の大きな奈良, 香川, 徳島, 青森の 4 県を捨て,  $b$  と  $R^*$  との回帰直線を求め, 第 8 図, 第 8 表に結果を示す.

$F$ -検定の結果は 50% 以下の水準であり,  $b$  と  $R^*$  とは無相関に思えるが, しかし第 8 図をよく見ると, 図中に



第 8 図  $b$  と平均雨量  $R^*$  との関係

示めた A, B の 2 群に分離出来そうである. そこでこれら 2 群に対して改めて回帰直線を求めた結果をそれぞれ第 8 A, 第 8 B 表に示した. 有意性の水準は A 群が 1%, B 群が 25% となり, この 2 群えの分離は有意と考えられよう. これら群を構成する都府県は:

A:  $b_A = 0.03 \cdot R^* + 0.98$

- 福岡 大分 長崎 宮崎 鹿児島 兵庫
- 島根 岡山 山口 和歌山 神奈川 静岡
- 長野 富山 福井 宮城 福島 岩手

第 8 表

8. 総資料: $b = \beta \cdot R^* + \alpha$				8A. 第 8 図 A 群: $b = \beta \cdot R^* + \alpha$				8B. 第 8 図 B 群: $b = \beta \cdot R^* + \alpha$			
要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散
回 帰	0.0010	1	0.0010	回 帰	0.2332	1	0.2332	回 帰	0.0835	1	0.0835
残 差	1.9407	23	0.0844	残 差	0.4155	16	0.0260	残 差	0.2366	5	0.0473
$\alpha = 1.72$ $\beta = -0.02$			$F = 0.0117$ > 50%	$\alpha = 0.98$ $\beta = 0.03$			$F = 8.9692 > 1\%$	$\alpha = 1.28$ $\beta = 0.05$			$F = 1.7653 > 25\%$

山崩れ件数:  $N$ , と雨量:  $R$  との間の函数関係:  $N = aR^b$  における定数  $b$  と平均日雨量:  $R^*$  との回帰直線.



B:  $b_B = 0.05 \cdot R^* = 1.25$

{ 広島 群馬 東京 新潟 石川 山形  
秋田

であり、明らかに第6図の場合の地理的に分離出来る2群とは異なるものである。したがって同じ気候条件に対し山崩れの起き方が2通りあるとも思える。

そこで地形因子による分析に対して、この群がどうなるかを問題にした。山崩れは約40°位の急傾斜地に生じ、その規模は5万分の1地形図に記入し難いほど小地域の現象とされている<sup>5)</sup>。しかしかような小地形を、分析因子として用いるため、数量的に表現する事は今の場合無意味であろう。したがって各県の海拔高度の0m~200m, 200m~1000m, 1000m~毎の面積:  $S_0, S_{200}, S_{1000}$  を1つの地形因子とし、さらに下に述べる方法で0m~

200m 地域, 200m~1000m 地域の平均勾配:  $\theta_0, \theta_{200}$  を他の因子とした。

非常に乱暴ではあるが、各県の地形を高度0m, 200m 1000m面を床面とする円錐台を重ねたものと考え。すると第9図に示めすごとく、各円錐台の母線とその床面となす角は、その各の床面積が分れば求められる。県全積を  $S$  として

$$S = S_0 + S_{200} + S_{1000} \text{ (km}^2\text{)}$$

$$\tan \theta_1 = \frac{0.2 \cdot \sqrt{2\pi}}{\sqrt{S} - \sqrt{S - S_0}}$$

$$\tan \theta_2 = \frac{0.2 \cdot \sqrt{2\pi}}{\sqrt{S_{200} + S_{1000}} - \sqrt{S}}$$

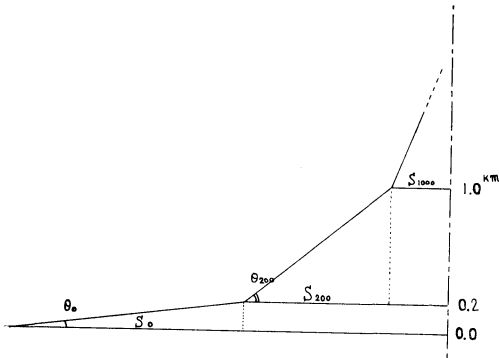
第10図は  $S_{200}$  と  $b$  との回帰直線を示めし、第9表は、 $S_0$  及び  $S_{200}$  と  $b$  との回帰直線の検定結果である。これらから直ちに分る事は、全資料を用いた場合の  $S_0$  及び  $S_{200}$  と  $b$  との相関は無相関であるのに対し、図示した2群に分けた場合は第9A, 第9, 10表に示めすごとく有意水準が高くなる事である。この  $A_2, B_2$  群に入る都府県は  $S_{200}$  の場合:

$A_2: b = 0.00005 \cdot S_{200} + 1.45$

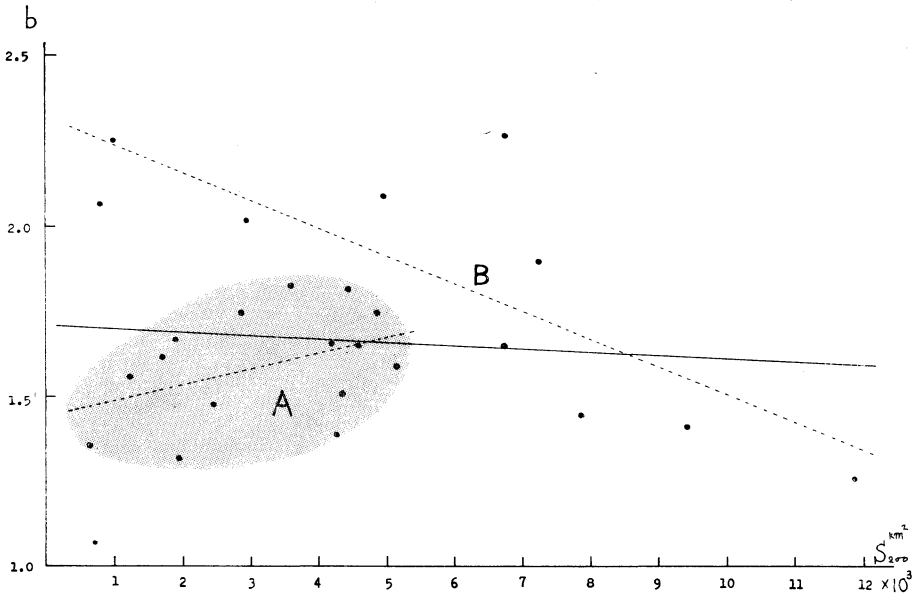
{ 福岡 大分 長崎 宮崎 鹿児島 兵庫  
島根 岡山 和歌山 群馬 神奈川 静岡  
富山 福井 宮城

$B_2: b_B = -0.00008 \cdot S_{200} + 2.32$

{ 広島 山口 東京 長野 新潟 石川  
福島 山形 岩手 秋田



第9図 (モデル地形による)  $\theta_{290}$  の計算



第10図 巾指数  $b$  と高度 200m~1000m 間の面積:  $S_{200}$  との関係

第 9 表

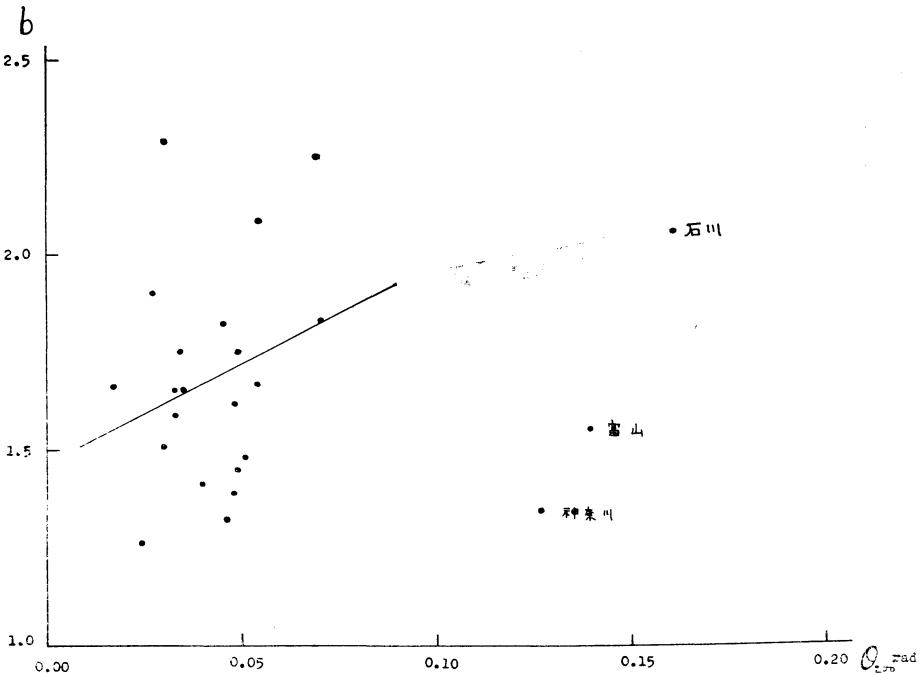
	9. 総資料: $b = \beta \cdot R^* + \alpha$				9A. 第 9 図 *A 群: $b = \beta \cdot S + \alpha$				9B. 第 9 図 *B 群: $b = \beta \cdot S + \alpha$			
	要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散
$S_0$	回 帰	0.0759	1	0.0759	回 帰	0.0118	1	0.0118	回 帰	0.0681	1	0.0681
	残 差	2.1984	23	0.0956	残 差	0.3699	13	0.0285	残 差	0.3139	7	0.0448
	$\alpha = 1.56$ $\beta = 0.00005$		$F = 0.7939 < 50\%$		$\alpha = 1.40$ $\beta = 0.00006$		$F = 0.4140 < 50\%$		$\alpha = 1.14$ $\beta = -0.00005$		$F = 1.5201 > 50\%$	
$S_{200}$	回 帰	0.0187	1	0.0187	回 帰	0.0627	1	0.0627	回 帰	0.7761	1	0.7761
	残 差	2.3058	24	0.0961	残 差	0.3041	13	0.0234	残 差	0.4555	8	0.0569
	$\alpha = 1.71$ $\beta = 0.00001$		$F = 0.1946 < 50\%$		$\alpha = 1.45$ $\beta = 0.00005$		$F = 2.6795 > 25\%$		$\alpha = 2.33$ $\beta = -0.00008$		$F = 13.6397 > 1\%$	

山崩れ件数:  $N$ , と雨量:  $R$  との間の函数關係:  $N = aR^b$  における定数  $b$  と, 県の高度 0m~200m 間の面積:  $S_0$ , 及び 200m~1000m 間の面積:  $S_{200}$  との回帰直線. \*: 第 9 図は  $S_{200}$  の場合.

第 10 表

$\theta_0: b = \beta \cdot \theta_0 + \alpha$				$\theta_{200}: b = \beta \cdot \theta_{200} + \alpha$			
要 因	変動	自由度	分散	要 因	変動	自由度	分散
回 帰	0.0000	1	0.0000	回 帰	0.0965	1	0.0965
残 差	1.9018	21		残 差	1.4308	19	0.0753
$\alpha = 1.70 \quad \beta = 0.014 \quad F$				$\alpha = 1.47 \quad \beta = 5.078 \quad F = 1.2815 > 50\%$			

山崩れ件数:  $N$ , と雨量:  $R$  との間の函数關係:  $N = aR^b$  における定数  $b$  と, 県の高度 0m~200m 地域の平均勾配:  $\theta_0$ , 及び高度 200m~1000m 地域の平均勾配:  $\theta_{200}$ , との回帰直線.



第 11 図 巾指数  $b$  と, 高度 200m~1000m 間の平均勾配:  $\theta_{200}$  との關係

であり、 $R^*$  による分析の場合と大勢は一致している。なお第9図からはこの2群の分離は無理とも見えるが、の場合と対照させながら分離を行ったもので、両者の間には2例の出入りがある。気候学的雨量が高度にも依存する事を考えなければ日平均雨量  $R^*$  と地形面積  $S_0$ ,  $S_{200}$  との間に相関はないと考えるられるので、これらを用いての分析で識別した ( $A_1, A_2$ ) 群及び ( $B_1, B_2$ ) 群の分離は一応有意と考えられるが、さらに高度別面積量等を用いる時には、 $R^*$  と  $S_0$  等の関係に立入る必要がある。しかしここではそこまで分析を進めず、 $A_2, B_2$  群の存在と、 $S_0$  よりも  $S_{200}$  の因子の方がと高い有意水準を持つ事だけを結論するに止める。

次に  $\theta_0$ 、及び  $\theta_{200}$  と  $b$  との函数關係であるが、この關係を乱暴ではあるが一次とし、回帰直線を求めてみた。第11図は  $\theta_{200}$  と  $b$  とのグラフ、第10表は  $\theta_0$ 、及び  $\theta_{200}$  と  $b$  との回帰直線の  $F$  検定の結果である。第11表から分る様に  $\theta_0$  の場合は全く無意味であるが、 $\theta_{200}$  の場合は石川、富山、福奈川の3県を捨てると、 $F_{19}^1(0.25) = 1.4081$  であるから 25%に近い水準で有意な結果が得られる。また  $S_0, S_{200}$  の場合に認められた2群は見出し得ない。これら2群が山崩れの発生機構に関連したものか、単なる見掛け上のものかについての判断は、さらに進んだ分析にまたねばならぬであろう。

## 7. 結 語

山崩れ件数と雨量との間の形式的な対応關係を調べて来たが、この対応關係は資料の不備な事も原因しているが、統計学的には有意水準のあまり高いものではない事が云える。これを承知の上で無理とも思える要因分析を行った所、気候因子、地形因子によりある程度有意な水準を持つ結果が得られた。因子としては山崩れの形態、降雨形態、地質、植生、土形利用等まだ多くのものが考え得るが、県単位での資料を用いるかぎり有意な結果を得る事は困難であろう。

最後に色々ご指導戴いた台風研究部、第2研究室長奥田稷氏に感謝します。

## 文 献

- 1) 気象協会, 1960: 「日本気象災害年表」(1948~1959), 気象庁編  
この年表には「山崩れ」と「崖崩れ」を区別していないものがあるので、山崩れに統一して用いた。
- 2) 高橋浩一郎, 1938: 山崩れによる被害, 中央気象台彙報, 第14冊, 164~169.
- 3) 荒井 康, 1954: 豪雨による被害高について, 日本気象学会機関誌, 天気, 1, 12~13.
- 4) 大滝俊夫, 1962: 横浜市内の崖崩れの予報, 気象庁, 研究時報, 14, 459~465.
- 5) 中村慶三郎, 1933: 「山崩」, 岩波書店.

## 関 西 支 部 ニ ュ ー ス

### 月 例 会

#### 「水害」

- ・日時 昭和39年11月27日(金) 13時30分~17時00分
- ・場所 京都大学理学部地球物理学教室第1講義室
- ・主題 「水害」
  1. 上桂川災害調査報告  
岡林一夫(京・気・象報官)
  2. 流出機構(題目未確定)  
石原安雄(京都大学教授)
  3. ダム管理に関する諸問題(題目未確定)  
中川博次(京都大学助教授)
 (京都府防災気象連絡会と共催)

### 神戸・米子で月例会開催

- ・10月21日午後神戸海洋気象台会議室で高潮予報とコールシステムの運用、台風の進路予想を中心にして講演討論が行われた。  
台風20号で神戸地区に高潮による大きな被害があった後だけに参加者も40名を超え熱のこもった討論が行なわれた。
- ・10月30日午前米子測候所会議室で豪雨を主題に講演討論が行なわれた。去る7月18日の山陰の豪雨の記憶もなまなましく、約50名が参加して貴重な体験や検討結果が発表された。