

集中豪雨の降雨得点と死者発生数について

塩月善晴*・芝崎一也**

Rain Score of Heavy Rainfall and Number of Persons suffered Death from its Disaster

Yoshiharu SHIOTSUKI and Kazuya SHIBASAKI

Abstract

The rain score P was proposed as a new comprehensive term defining the rain strength and utilized for the debris flow occurrence of Mizunashi river, Mt. Unzen.⁽¹⁾ The relation between numbers of human death (d) caused by the heavy rainfall disaster and the rain score is discussed in this report. The second rain score P2 is found as another important factor for human death occurrence. The relation between d and P1, P2 are investigated on the 51 heavy rainfall disasters occurred in years of 1953-1983. P1 and P2 are obtained by the statistical relations between (P1, P2) and (the maximum 1 hour rainfall amount R1 mm, the maximum 3 hour rainfall amount R3 mm), because only R1, R3 data are referred in the disaster records. Although the multi correlation coefficient of d-(P1, P2) is not so good, the trend of estimated d explains well the characteristics of historical heavy rainfall disasters in Japan. The d estimating equation is used in the 1-3 hour rainfall forecast method⁽³⁾ in case of Nagasaki event which caused 299 deads during 7 hours (18h00-01h00, Jul. 23, 24, 1982). The predictions of d at 19h20 and 19h40 in early stage of rainfall was 50 and 150 persons, respectively.

1. まえがき

どれくらいの雨が降ればどんな災害が発生するのか、またその規模はどの程度のものかについて検討を続けている。前報⁽¹⁾⁽²⁾では、雨の勢いを示すものとして降雨得点を提唱し、降雨得点と雲仙島原土石流の発生限界を明らかにした。さらに10分雨量データのみにもとづく短時間雨量予測法⁽³⁾により、島原土石流の発生予測実験を行ない、予測法は防災避難活動に貢献できることを示した。

本報では我国での既往の代表的豪雨の際に発生した県内死者発生数と豪雨の降雨得点との関係を求める。短

時間雨量予測法とともに、現在降っている雨がどの程度の死者を発生させ得るかを予測することによって豪雨災害の防災活動に寄与しようとするものである。死者発生予測は299名の死者を発生させた長崎豪雨について検証してみる。

2. 降雨得点

雨の勢いが増せば災害が発生し、それが弱くなれば降り止むというのが人間の感覚である。雨の方に雨の色々な特性をひとまとめにした得点付けが可能であれば、身の回りでおきた過去の雨災害と降雨得点との関係を調べておけば、今降っている雨は何点で、あのような災害が起こりそうかどうか、もう降り止むだろうなど個人で判断できる。さらに雨の短時間予測でもこの得点予測ができれば便利である。

*社会建設工学科

**同大学院生

この目的のために長崎豪雨時の九州北部、中部の10分雨量データベースから得られる色々な雨のパラメータを説明変数として主成分解析をおこなった⁽¹⁾。長崎豪雨では10分雨量から3時間雨量までほぼ日本最高を記録したし、周辺の佐賀、福岡、熊本、大分県の弱い雨まで含めるとほとんどすべてのタイプの雨の特性を吸収できると考えた。第1図(九州地点図)に示した55地点でそれぞれ最も降雨が激しかった一雨の連続10分雨量データが使われた。説明変数となる雨のパラメータは色々な試行の結果、雨粒を表現でき、かつ任意の雨量継続時間での最大雨量値を表現できるタルボット式⁽¹⁾のパラメータA, Bから計算できるもの10個とした。

1. 最大10分雨量値. $R10 = A / (10 + B) / 6 \text{ mm}$
2. 最大30分雨量値. $R30 = A / (30 + B) / 2 \text{ mm}$
3. 最大60分雨量値. $R1 = A / (60 + B) \text{ mm}$
4. 最大180分雨量値. $R3 = A / (180 + B) \times 3 \text{ mm}$
5. A値.
6. B値.
7. A/B値. 瞬間雨量値. $R0 \text{ MAX} = A/B \text{ mm/hr}$
8. R10をもたらす雲の含水量値.
 $M10 = (A / (8 + B) / 26)^{0.9616} \text{ g/m}^3$
9. 降雨継続時間. $DR = \sqrt{A \times B / 10} - B \text{ min}$
10. A×B値. 物理的イメージははっきりしないが、降雨が強まるとA×B値とも大きくなり降雨の勢力を示すパラメータとなりうると考える。

解析には55地点の降雨開始後1時間目から10分ごとに更新されるA, B値とそれから決まる8個のパラメータ計10個の説明変数を一組とするデータの総計2157個が使用された。結果は第1表のとうりである。寄与率は第2主成分までで91.8%で第1主成分だけで73.5%を占めている。第1主成分の固有ベクトルが示すように10個の説明変数とも正の値で、全変数で降雨の勢いを表現していることが分かる。なかでもR10, R3, Aの値が大きき降雨の流れを引っ張り、B, A/Bの値は小

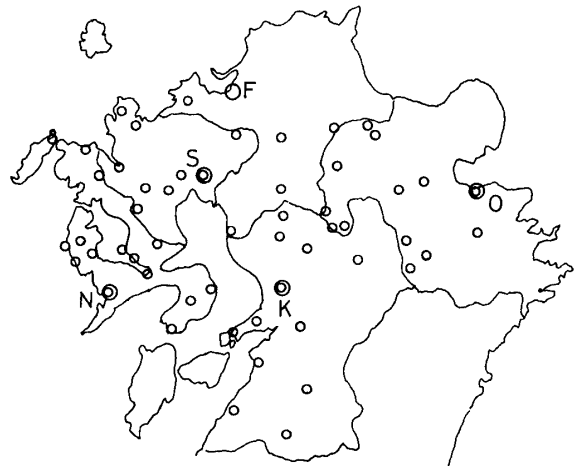


Fig. 1 Map of Kyushu. 2157 Talbot parameter (A, B) sets obtained from 10 minute rainfall data base observed at 55 circle points during Nagasaki heavy rainfall event were provided for PCA analysis to determine rain scores P1, P2.

さく全体の流れのプレーキ役をしている。この事は第2主成分の軸で明瞭にあらわれ、Bは正の最大の値を示している。なお各説明変数の全体の平均値は表のとうりである。

P1, P2はそれぞれ次式のなかで $\langle Ev \rangle_n$ を変えることによって求まる。

$$\begin{pmatrix} P1 \\ P2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.894 \\ 9.046 \end{pmatrix} \times \sum_{n=1}^{10} (X_n - \langle X_n \rangle) / \text{Var} \langle X_n \rangle \times \langle Ev \rangle_n$$

第2図は長崎豪雨時において、長崎県の16代表地点の700個の(A, B)から求められる(P1, P2)の分布を見たものである。(P1, P2)は○印で示され、(A, B)から計算される(R1, R3)で決められる豪雨階級は(A~F, Fig. 3)に従って最大円はAクラス、最小円はFクラスである。横軸のP1 = -25点付近を中心とし正の方向に扇状に散布している。縦軸はP2である。P1が大きくなると、P2は大きな正の値をとる場合と、逆に大きな負の値をとる場合とに別れている。P2の正の主役はB値、負の主役はA/B値である。普通、対流性(シャワー性)の雨ではBは小さく、地雨ではBは大きい。またA/B値は瞬間雨量強度を示す。従ってこの図での第1象限の雨は長雨型、第4象限の雨は強い短時間雨量のタイプと分類することができる。

Table 1 Result of PCA analysis for 2157 (A,B) sets in case of Nagasaki event.

Component	1	2		
Eigenvalue	7.353	1.832		
Factor X_n	Eigenvector $\langle EV \rangle_n$		Mean $\langle X_n \rangle$	Variance Var $\langle X_n \rangle$
X1(R10,mm)	0.906	-0.536	7.76	32.31
X2(R30,mm)	0.968	-0.322	17.22	185.6
X3(R1,MM)	0.992	-0.160	25.54	473.2
X4(R3,mm)	1.000	0.071	39.32	1442
X5(a)	0.971	0.322	3442	1.578×10^7
X6(b)	0.513	1.000	59.10	2162
X7(a/b)	0.566	-0.726	60.78	3719
X8(M10,g/m ³)	0.892	-0.568	1.805	1.571
X9(DR,min)	0.939	0.433	75.92	6633
X10(a×b)	0.770	0.724	322505	4.589×10^{11}

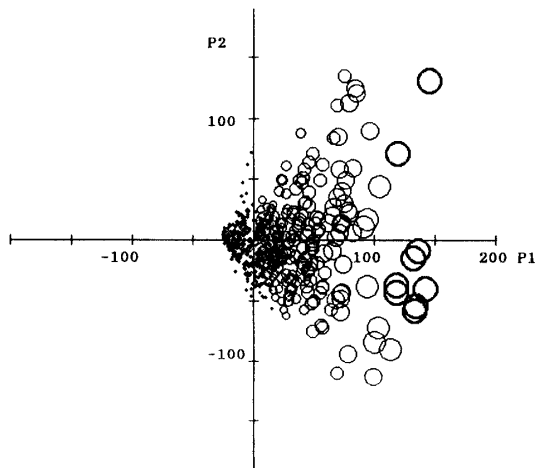


Fig. 2 (P1, P2) distribution for 700 (A,B) sets at 16 points in Nagasaki Pref. during Nagasaki event. The sizes of circle indicate the heavy rainfall class (Fig.3) from the smallest (F) to the largest (A).

上記のP1, P2は10分間雨量データベースで決められるものである。既往の豪雨資料では最大1時間雨量(R1, mm), 最大3時間雨量(R3, mm)が記載さ

れているのみである。個々の豪雨の10分雨量を調査することによって正確なP1, P2を求めるのが理想であるが膨大な作業を要する。長崎豪雨時の解析中に2157個の(A, B)データについて, R1, R3, P1, P3の相関関係を別に求めている。これらの関係から, P1~(R1, R3), P2~(R1, R3)の重相関関係を求めることによって, R1, R3からP1, P2を推定することが可能である。第2表にR1, R3, P1, P3について相互の相関関係を示す。

第2表の結果をもとにして, P1, P2はそれぞれR1, R3によって次のように表現できる。

$$P1 = 0.0954R1 + 0.4406R3 - 19.76 \quad (r_{P1,R1,R3} = 0.9878)$$

$$P2 = -4.398R1 + 2.569R3 + 11.21 \quad (r_{P2,R1,R3} = 0.9045)$$

本報では上式によってP1, P2を計算する。

3. 降雨得点と県内死者発生数との相関

第3表は1953年から1983年までに県内死者発生数が10名以上となった豪雨の一覧である。資料は気象研究ノート⁽⁴⁾, 気象庁技術報告⁽⁵⁾, 大阪管区気象台災害時気

Table 2 Correlation between (P1, P2) and (R1, R3).

R1-R3	$r_{R1,R3}=0.9808$
P1-R1	$r_{P1,R1}=0.9723$
P1-R3	$r_{P1,R3}=0.9871$
P2-R1	$r_{P2,R1}=0.0011$
P2-R3	$r_{P2,R2}=0.1777$

象調査報告⁽⁶⁾、熊本県防災報告⁽⁷⁾、大分県竹田広域消防組合報告⁽⁸⁾によった。台風による大雨についての災害は除かれている。

第3図は(R1, R3)値で決められた気象庁の豪雨階級基準⁽¹⁾(A~F)に従って、各豪雨をR1-R3図で見たものである。大丸印は死者(d人)が100人以上、中丸印は100人未満~20人以上、小丸印は20人未満~10人以上であったものをそれぞれ示している。それぞれ総ての階級にまたがって分布しており、dと豪雨階級との関係は明瞭でない。第4図はP1-P2図上で各豪雨の分布を見たものである。図に示した右上がりの斜線はそれぞれ、 $P2=2.3P1-4$ 、 $P2=2.3P1-100$ の関係を示している。図で明らかかなように $d \geq 100$ の豪雨は殆どがこの二つの直線間に入っている。dと(P1, P2)の重相関を様々な(P1, P2)の領域で調べたが、結局は上の二つの直線に挟まれた領域での相関がもっともよかった。

第4表に上記領域内でdの範囲を変えた場合のd-(P1, P2)の重相関係数を示した。

相関係数の値はそれぞれ劣悪であるが、本報では $d \geq 20$ でのd-(P1, P2)の重回帰式を使用して考察してみる。重回帰式は次のようになった。

$$200 \times \log_{10}(\log_{10}d) = -0.3332P1 + 0.2614P2 + 56.32 \quad (r_{d,P1-P2} = 0.6326)$$

4. 考 察

第5図は回帰式によって推定された死者数をYとし、 $\log_{10}d - \log_{10}Y$ 図の上で $d \geq 20$ のケースの26個の豪雨ケースについて回帰の状況を見たものである。重相関係数が不良のため、回帰はかなりのばらつきを示すが、本報告ではこの回帰式によって各豪雨の推定死者を算定する。第3表の右端に示すように、過去最大級の豪雨となった諫早豪雨、長崎豪雨についてはY, dは一對

一の線上にのっている。推定死者が30年を隔てた2つの最大級豪雨の場合で合ったことで、他の豪雨については発生死者の推定に多少の誤差があっても、豪雨に対する社会の防災力を検討するのに死者推定式は有用な情報を与えると考えた。第3表には死者数の実際値(d)と回帰による推定値(Y)の比(m)を示している。m>1であれば推定より実際の死者が多く発生し、m<1であれば推定より実際のそれが少なく出たことを意味する。

m>1のケースは太字で示した。戦後間もない1950年代では昭和28年(1953年)豪雨での福岡県(No.2)、熊本県(No.5)、大分県(No.6)、和歌山県(No.7)、京都、滋賀県(No.8)で大きなm値が見られる。No.2, No.6での筑後川、No.5で白川、No.7では紀ノ川の大氾濫を伴ったもので戦後の国土復旧期に基盤整備が不十分なところに豪雨が襲い、過大な災害が生じたものである。第3表には各豪雨の最大3時間雨量(R3)が示されているが、これを見ても、R3が比較的小さいのに1950年代は多くの死者を出している。1960年代では長崎県(No.29)、広島県(No.30)で大きなm値を示したほかは、R3が比較的大きいにもかかわらずmは全般的に小さい。No.29は佐世保市での中小河川の氾濫、No.30は呉市の山崖崩れの多発によるもので、地域の急速な開発と都市化による新しいタイプの豪雨災害が登場してきた。1970年代では殆どが、m<1となっている。ただしNo.39は熊本県天草豪雨であり、ここでも地域での山崖崩れの多発によってmが大きくなった。また、雨量そのものも諫早豪雨、長崎豪雨につぐ大きさのものであった。1980年代以降ではm>1のケースは少なく、No.49長崎豪雨ではmは1に近い。以上のように年代を追ってm値が小さくなっていることが判る。社会基盤整備が進むと同時に、No.27(福井県)、No.41(高知県)では、大きな死者発生が推定されても、山間部のため人口密度が小さく、幸いに大きな死者発生とならなかったものと思われる。長崎豪雨に見られるように、高度に整備されているはずの都市も人口過密のために豪雨に見舞われると相応の死者発生数を出している。このように、死者発生数と(P1, P2)の重回帰式は重相関係数が劣悪であるにもかかわらず、既往51例の豪雨による死者発生数のトレンドをかなり良く表現しているといえる。第5表はこの重回帰式を最近九州で生じた豪雨について当てはめた結果を示す。竹田市は阿蘇、九重山地から流れ出す中小河川が大野川となるターミナルであり、水害の脅威の大きいところである。1982年、1990年と立て続けに死者を出

Table 3 Observed (R1, R3), calculated (P1, P2), actual numbers, d and estimated numbers, Y of human death and ratio $m=d/Y$ for 51 heavy rainfall cases in 1953-1983.

N	R1	R3	P1	P2	d	Y	m	年	県	豪雨名
1	77	138	48	27	25	53	0.47	1953	山口	昭和28年豪雨
2	63	117	38	35	418	69	6.08	"	福岡	"
3	72	131	45	31	61	59	1.04	"	佐賀	"
4	69	122	41	21	21	56	0.38	"	長崎	"
5	59	139	47	109	514	164	3.13	"	熊本	"
6	56	82	22	-24	66	43	1.53	"	大分	"
7	70	167	61	132	1059	182	5.83	1953	和歌山	南紀豪雨
8	74	173	64	130	429	165	2.59	"	京都・滋賀	南山城豪雨
9	72	119	40	0	83	44	1.88	1955	長崎	"
10	144	377	160	346	815	863	0.94	"	長崎	諫早豪雨
11	76	149	53	60	183	74	2.48	1957	熊本	"
12	61	70	17	-77	25	26	0.95	1959	福岡	"
13	87	160	59	40	12	52	0.23	"	長崎	"
14	69	121	40	19	41	54	0.76	1961	兵庫	36・6 豪雨
15	89	231	91	213	15	370	0.04	"	三重	"
16	47	93	26	44	134	95	1.42	"	長野	"
17	58	160	56	167	26	354	0.07	"	静岡	"
18	73	187	70	171	56	280	0.20	"	神奈川	"
19	82	165	61	75	74	79	0.94	"	大分	"
20	67	145	51	89	63	115	0.55	1962	佐賀	"
21	81	156	57	56	17	66	0.26	"	熊本	"
22	144	191	75	1	18	27	0.66	1963	福岡	"
23	111	201	79	40	15	39	0.39	"	佐賀	"
24	140	276	115	105	29	48	0.60	"	熊本	"
25	75	134	46	26	77	54	1.44	1964	島根	山陰北陸豪雨
26	67	95	28	-39	13	33	0.39	1995	長崎	"
27	94	258	103	261	14	667	0.02	"	福井	西谷村豪雨
28	94	173	65	42	34	49	0.69	1967	佐賀	"
29	141	207	85	-77	50	12	4.02	"	長崎	42・7 豪雨
30	75	129	44	13	159	48	3.34	"	広島	"
31	76	162	59	93	84	105	0.80	"	兵庫	"
32	90	184	70	88	129	81	1.60	"	新潟	下越豪雨
33	90	212	82	160	118	181	0.65	1968	岐阜	飛驒川豪雨
34	63	116	37	32	46	67	0.69	1969	鹿児島	"
35	116	239	97	115	19	74	0.26	1970	千葉	大多喜町豪雨
36	77	194	73	171	22	262	0.08	1971	兵庫	相生豪雨
37	106	211	83	87	20	64	0.31	"	鹿児島・熊本	阿久根豪雨
38	92	235	93	210	42	336	0.13	1971	三重	尾鷲地方豪雨
39	130	255	105	95	122	50	2.44	1972	熊本	47・7 豪雨・天草豪雨
40	61	120	39	51	17	84	0.20	"	山口	47・7 豪雨
41	96	266	107	272	61	767	0.08	"	高知	"
42	42	80	19	32	39	90	0.43	"	広島	"
43	41	96	26	78	28	152	0.18	"	島根	"
44	28	73	15	76	15	185	0.08	"	岡山	"
45	84	182	68	109	67	111	0.60	"	愛知	"
46	41	98	27	83	27	162	0.17	"	岐阜	"
47	115	226	91	86	28	56	0.50	1973	福岡	"
48	56	92	26	1	32	55	0.59	1976	鹿児島	"
49	128	313	130	252	299	302	0.99	1982	長崎	長崎豪雨
50	74	137	48	38	22	61	0.36	"	熊本	"
51	90	214	83	165	107	193	0.55	1983	島根	島根豪雨

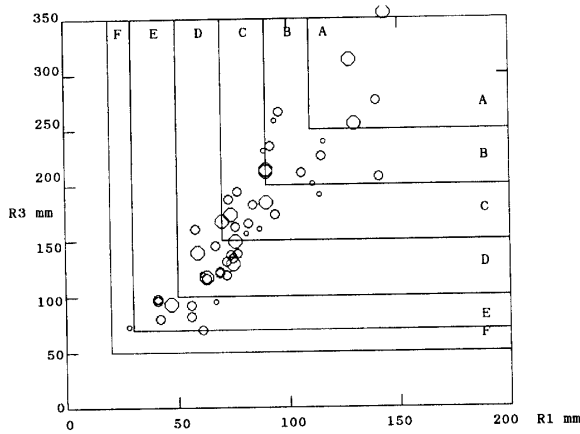


Fig. 3 (R1, R3) distribution for 51 cases of Table 3. A-F indicate the heavy rainfall classes according to Japan Meteorological Agency. A ($R1 \geq 110\text{mm}$, $R3 \geq 250\text{mm}$) ~ F ($R1 \geq 25\text{mm}$, $R3 \geq 50\text{mm}$). The largest circles, middle circles and the smallest circles are for cases of $d \geq 100$, $100 > d \geq 20$, $20 > d \geq 10$, respectively.

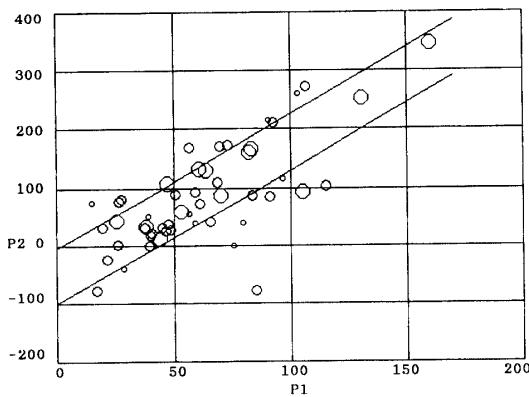


Fig. 4 (P1, P2) distribution for 51 cases of Table 3. The meaning of circle size is same as Fig.3.

す水害があったが推定死者と比べると明らかに小さい。鹿児島市では1986年、1993年とDクラスの豪雨に襲われ $m < 1$ であるが、竹田市と比べると m 値ははるかに大きい。地質がシラスという条件もあるが、やはり都市化による水害に対する脆弱さが現れているといえる。1985年山口県では推定死者43に対し、実際の死者発生は4で、 $m = 0.09$ で小さい。 m 値は地域の豪雨災害に対する抵抗度、基盤整備の充実度、都市化度などを表現しているといえ、地域の生活基盤の整備状況を示す指標と

Table 4 Multi correlations for d -(P1, P2) with changing d range.

	Sample No.	$r_{d,P1P2}$
$d \geq 100$	11	0.4745
$d \geq 65$	17	0.6227
$d \geq 20$	26	0.6326
$d \geq 10$	30	0.4856

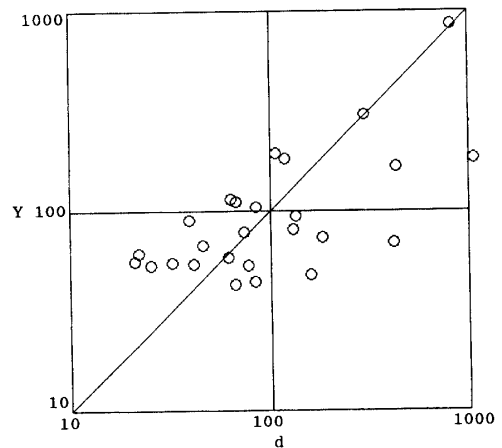


Fig. 5 Comparison of observed number of human death (d) to the estimated death number Y for 51 cases in Table 3. ($d \geq 20$)

して取り扱うことができる。

5. 死者発生数予測例/長崎豪雨

降雨得点 $P1, P2$ によって死者発生数を推定できることが分かったので、短時間雨量予測法によって、降り始めから10分雨量データを使って10分毎の刻々の死者発生数の予測検証を行ってみた。

第6図は299名の死者発生を見た1982年7月23日長崎豪雨についての結果である。10分雨量 ($r10$, mm) は長崎海洋気象台で観測されたものを使用した。降雨得点 $P1, P2$ は $R1, R3$ からではなく10分毎に推定される降雨降雨全体のハイエトグラフ (予測雨量曲線) によって降り始めから現在時から目先1時間までの10分毎のタルボット式のパラメータ (A, B) によって計算されている。その $P1, P2$ をもとに死者発生数が推定されている。

第6図aは19時20分での予測結果である。我々の予測法では降り始めから1時間経過した時点で予測開始と

Table 5 Estimated Y and m for the recent heavy rainfall cases occurred in Kyushu.

R1	R3	P1	P2	d	Y	m	
50	96.5	28	39	7	86	0.08	'82 竹田市
63	98	29	-14	4	43	0.09	'85 山口豪雨
74.5	120	40	-8	14	40	0.35	'86 鹿児島豪雨
80.5	176	65	109	5	117	0.04	'90 竹田市
65	150	53	111	11	152	0.07	'90 阿蘇一ノ宮
59	124	41	70	49	106	0.46	'93 鹿児島市

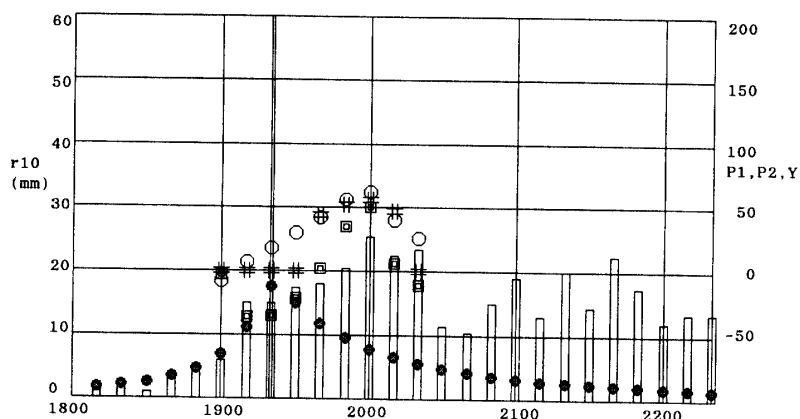


Fig.6a Forecast of 10 minute rainfall amounts r_{10} mm (◎), rain scores P1 (○), P2 (□), and estimated numbers of human death (#) at 19h20 in case of Nagasaki city, Nagasaki event (Jul.23 1982). Columns indicate the real r_{10} . Double line shows the present time.

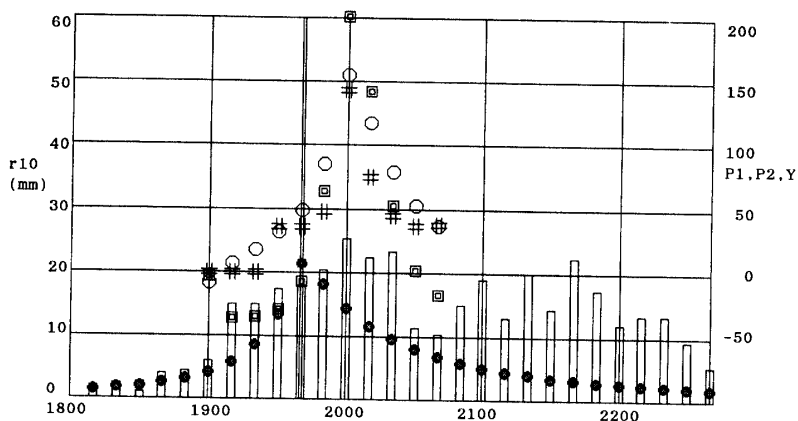


Fig.6b Forecast at 19h40 in the same case as Fig.6a.

なる。タルボット式の (A, B) を決めるとき、安定した値を求めるための最低6個の10分雨量が必要であるとしたためである。棒グラフは実際に観測された10分雨量でスケールはグラフ左端に示した。現時は縦2

本線によって示されている。従ってこの2本線の右側の10分雨量は誰にも判らない。

P1, P2, d (人) の値はそれぞれ○, □, #印で示され、スケールはグラフの右端に示されている。●印は

予測雨量曲線である。19時20分では長崎市では浸水が始まり、JR、市電がストップした。この時点で $(P1, P2) = (18, -35)$ であるが、19時20分以降1時間の $P1, P2$ は50点前後で、予測では19時40分に40人を、20時00分に50人を越えている。

第6図bは19時40分での予測結果である。この時点で長崎市内で初めて崖崩れが生じ、死者が発生した。この時点での d の推定値は35人である。予測では20時00分に $P1, P2$ とも150点を越え、推定死者は150人に近い数値となった。長崎での降雨は翌日01時まで続き、総計299名の死者を発生せしめた。予測では降り始めから1時間40分経過した19時40分の時点で150名の死者発生を予測している、防災活動上重要な情報となり得る。

6. あとがき

降雨の勢いを示す二つの降雨得点 $P1, P2$ の概念を説明し、 $P1, P2$ はそれぞれ連続して観測される10分雨量から求められる。過去の豪雨資料には、観測された最大1時間雨量 $R1$ mm, 最大3時間雨量 $R3$ mmが記載されているにとどまっている。

本報告では $(P1, P2)$ と $(R1, R3)$ の関係を統計的に導き、各豪雨が発生せしめた当該県内死者数(d)と $(P1, P2)$ の関係を求め、 $(R1, R3)$ による死者発生数の推定式とした。死者発生数の推定結果は社会基盤整備、都市化を反映した既往の豪雨災害の特徴を良く説明している。この推定式と短時間雨量予測法を使って、長崎豪雨時での死者発生予測を行った結果、降雨開始から早い時点での多数に及ぶ死者発生予測が可能であり防災活動上有用な情報となり得ることが判った。種々の豪雨の10分雨量資料を得ることによって、死者発生の予測法の確立をめざしたい。

謝 辞

本報告をまとめるに当たり、一部について(財)河川環境管理財団による“河川整備基金に関する助成”をうけた。データ取捨に際し、熊本県阿蘇一ノ宮事務所、大分県竹田市、竹田広域消防組合の御協力を得た。深甚なる謝意を表します。

文 献

- 1) Shiotsuki, Y., Yamamoto, T., and Shibasaki, K., 1993: Rain score and debris flow occurrence criterion in case of Mizunashi river,, Shimabara, Technol. Rep Yamaguchi Univ. Vol.5, No.2, 51-59
- 2) Shiotsuki, Y., Shibasaki, K., and Inoue, M. 1993: Prediction of debris flow occurrence in Mizunashi river with 1-3 hour rainfall amount forecast, *ibid.*, 61-70.
- 3) 塩月 善晴, 1989: ハイエットグラフを利用した短時間雨量予測の試み, 天気, Vol. 36, No7, 449-459.
- 4) 越智 彊, 1973: 昭和47年7月豪雨の特徴と過去の集中豪雨との比較について, 気象研究ノート, 日本気象学会, No.117, P153-162.
- 5) 福岡管区気象台, 1984: 昭和57年7月豪雨調査報告, 気象庁技術報告, No.105, p167
- 6) 大阪管区気象台, 1983: 昭和58年7月20日から23日にかけての梅雨前線による中国地方の大雨, 災害時自然現象報告書, p46.
- 7) 熊本県, 1991: 平成2年自然災害の概況, 熊本県防災・消防・保安年報, p413
- 8) 竹田広域消防組合, 1990: '90. 7. 2 大災害報告, p38

(平成5年10月4日受理)