琉球大学学術リポジトリ

特性係数法による沖縄地方の確率強雨強度式(農業工学科)

メタデータ	言語:
	出版者: 琉球大学農学部
	公開日: 2008-02-14
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 吉永, 安俊, Yoshinaga, Anshun
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4336

特性係数法による沖縄地方の確率強雨強度式

吉　永　安　俊*

Anshun YOSHINAGA: Probable rainfall-intensity-formula by Specific coefficient method in Okinawa Islands

I 緒　　言

小河川の雨水流出や，小区域排水計画にあたっては，その地方の短時間強雨特性を知らねばならない。前報(4)の確率降雨強度式の厳密算定法(1)ではこの特性を5，10，20，30，40，60，90，120分の8組の継続時間雨量によって算出したが，今回は60分雨量と他1つの任意の継続時間雨量との2組の降雨資料によって算出できる特性係数法（2，3）を用いて，沖縄地方7地点（那覇，石垣，宮古，久米島，与那国，南大東島，名護）の強雨特性を明らかにする。

II 降 雨 資 料

降雨資料は沖縄気象台発行の「沖縄各地の雨資料（降水強度）」より採った60分と10分間雨量の毎年最大値である。各地の資料統計年数は，那覇20年間（1953～1972），石垣島25年間（1948～1972），宮古島25年間(1947～1972，但し，1958年は除去)，久米島14年間(1959～1972)，与那国島16年間(1957～1972)，南大東島25年間(1947～1972，但し，1954年除去)，名護6年間(1967～1972)。

III 特性係数法による降雨強度式の算定

あらゆる降雨強度曲線は曲線の勾配を表す係数に1時間雨量（強度）を掛けたもので示すことができる（2，3）。この曲線の勾配を表わす係数は各地方の降雨特性によって決定されるもので，これを特性係数（Specific coefficient）という(2)。

特性係数法による降雨強度式は次式で表わされる。

$$I_N = \beta_N \cdot R_N \quad \cdots\cdots(1)$$

ここでI_NはN年確率降雨強度，β_NはN年確率特性係数，R_NはN年確率60分間雨量又は強度。この(1)式は60分間雨量Rに特性係数βを乗じたものであり，60分間雨量と他1つの任意時間雨量がわかれば降雨強度が算出でき，雨資料の少ない地点での強雨特性を知るうえではきわめて有効な方法である。確率時間雨量は次の(2)式で算出したが降雨資料の分布状態により算出式は異なり，対数正規分布の場合は(2)式，正規分布の場合は(3)式を用いた。資料の分布形態は那覇，名護で正規分布，石垣島，宮古島，久米島，与那国島，南大東島では対数正規分布を示した。なお，宮古島の60分雨量の第1位は棄却検定を行なった結果棄却の対象となったので棄却した。

* 琉球大学農学部農業工学科
琉球大学農学部学術報告　22：255～262（1975）

$$\left.\begin{aligned} F(x) &= \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{y} e^{-y^2}\,dy \\ y &= a\ \log_{10}\frac{x+b}{x_0+b}\quad(-b<x<\infty) \\ \log_{10}(x+b) &= \log_{10}(x_0+b)+\frac{1}{a}y \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$$\left.\begin{aligned} F(x) &= \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{y} e^{-y^2}\,dy \\ y &= a\,(x-x_0) \\ x &= x_0+\frac{1}{a}y \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ここで x は確率雨量，x_0 は資料平均値，b は岩井法における下限値，y は確率年に対する正規変量，a は定数。

表1は(2)，(3)式で求めた60分間と10分間の確率雨量である。

N年確率の特性係数 β_N は既往の降雨強度式型をそのままとりうるが，一般によく知られている次の3式型にあてはめ β_N を算出し，確率降雨強度を求めれば実用上十分であろう。

$$\text{Case I}:\quad \beta_N=\frac{a'}{t+b}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

$$\text{Case II}:\quad \beta_N=\frac{a'}{t^n}\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

$$\text{Case III}:\quad \beta_N=\frac{a'}{\sqrt{t}+b}\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

ここで a′，b，n はN年確率の地方常数，なおCase IはTalbot型，Case IIはSherman型，Cace IIIは久野型である。(4)，(5)，(6)式を(1)式の型になおし，常数を求めれば

$$\text{Cace I}:\quad \left.\begin{aligned} I_N &= \beta_N\cdot R_N=\frac{a'}{t+b}\cdot R_N \\ a' &= b+60 \\ b &= \frac{60-\beta_N^t\cdot t}{\beta_N^t-1} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

$$\text{Cace II}:\quad \left.\begin{aligned} I_N &= \beta_N\cdot R_N=\frac{a'}{t^n}\cdot R_N \\ \log a' &= \frac{\log\beta_N^t\cdot\log 60}{\log 60-\log t} \\ n &= \frac{\log a'}{\log 60} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

$$\text{Cace III:}\quad \left.\begin{aligned} I_N &= \beta_N \cdot R_N = \frac{a'}{\sqrt{t}+b}\cdot R_N \\ a' &= \sqrt{60}+b \\ b &= \frac{\sqrt{60}-\beta_N^t \cdot \sqrt{t}}{\beta_N^t - 1} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

(7), (8), (9)式の各係数a′, b, nはt＝60 minのとき$\beta_N = 1.0$という条件によって算出される。ここでβ_N^tは特性係数値と呼び，それぞれ同一確率年の60分強度に対するt分強度の比である。例えば5年確率10分強度比の場合はβ_5^{10}と記号される。

Ⅳ　確率特性係数値β_N^tの算定

β_N^tは確率N年における60分とt分との降雨強度比であるから，本文で用いた60分と10分間雨量強度とについて確率計算を行ない（表1），同一確率年値でβ_N^{10}を求めればよい。

$$\beta_N^{10} = \frac{I_N^{10}}{I_N^{60}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

ここでβ_N^{10}はN年確率10分間特性係数値，I_N^{10}はN年確率10分間降雨強度（㎜／hr），I_N^{60}はN年確率60分間降雨強度（㎜／hr）である。

Ⅴ　地方常数 a′, b, n の算定

(10)式によってN＝2，3，5，10，20，30，50，100年確率についてのβ_N^{10}を算出し，それらの値を用いて(7), (8), (9)式から各地の各確率年ごとの地方常数を求める。

Ⅵ　確率降雨強度及び式型の検定

Ⅴで求めた地方常数の値を(4), (5), (6)式に代入して各確率年ごとのβ_Nを求め，それらのβ_Nに各確率年の60分雨量を掛ければ所望の確率降雨強度I_Nが求まる。

Table 1.　Probable rainfall

表　1.　確率雨量

Location / min / N	Naha		Ishigaki		Miyako		Kumezima		Yonaguni		Minami : D		Nago	
	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60
2	112	58	118	56	119	62	106	52	118	60	100	48	132	76
3	120	65	132	64	130	69	117	58	130	68	111	54	142	86
5	127	71	146	74	143	76	130	66	142	77	121	61	151	95
10	135	77	163	85	161	84	145	74	156	87	134	69	161	105
20	141	82	178	95	179	92	161	83	169	96	145	76	169	113
30	144	85	186	101	189	96	170	87	176	102	150	80	174	117
50	148	89	196	108	203	102	181	93	184	108	157	85	179	122
100	153	93	209	118	223	109	196	100	196	116	167	92	185	128

Table 2. Example of calculation of curve fitting for Naha

表 2. 那覇市における適合度比較計算例

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
t	I	β_{10}	$I_{10}=\beta_{10}\cdot R_{10}$	M_1	M_2	β_{10}	$I_{10}=\beta_{10}\cdot R_{10}$	M_1	M_2	β_{10}	$I_{10}=\beta_{10}\cdot R_{10}$	M_1	M_2
5	162	1.90	146	16	9.88	2.18	168	− 6	− 3.70	2.07	159	3	1.85
10	135	1.75	135	0	0.00	1.75	135	0	0.00	1.75	135	0	0.00
20	115	1.52	117	− 2	−1.74	1.41	109	6	5.22	1.44	111	4	3.48
30	100	1.35	104	− 4	−4.00	1.24	96	4	4.00	1.27	98	2	2.00
40	85	1.21	93	− 8	−9.41	1.14	87	− 2	− 2.35	1.15	89	− 4	−4.71
60	77	1.00	77	0	0.00	1.00	77	0	0.00	1.00	77	0	0.00
90	61	0.80	61	0	0.00	0.88	68	− 7	−11.48	0.86	66	− 5	−8.20
120	52	0.66	51	1	1.92	0.80	62	− 10	−19.23	0.77	59	− 7	−13.46
				⑮ Σ= 3.37					⑯ Σ= 5.57				⑰ Σ= 4.21

表2は那覇10年確率降雨強度の計算例と各Cace の適合度の検定である。

表2で①欄は継続時間（min），②欄は各継続時間ごとに算出された確率値（第2次データ），③，⑦，⑪欄は各 Cace の特性係数値，④，⑧，⑫欄は各 Cace の特性係数を用いて算出した確率雨量，⑤，⑨，⑬欄は②−④，②−⑧，②−⑫の値で偏差，⑥，⑩，⑭欄は偏差百分率，⑮，⑯，⑰欄は平均偏差百分率と呼び各 Cace の適合度を表わす基準となり，その値が小さければ小さい程適合度はよく，表2では⑮欄の値が一ばん小さく3式型ではその Cace が最適式型となる。これらを図にしたのが図1である。

表3は各地の2，3，5，10，20，30，50，100年確率における適合度の比較である，rank の欄の値は，3式型の適合順位である。

図2は那覇における各確率年ごとの降雨強度曲線である。表4は各地の最適式型で求めた各確率年の特性係数値である，R_N^{60} は60分間降雨強度であり，これにN年確率の各継続時間の特性係数を掛ければ所望のN年確率雨量が求まる。

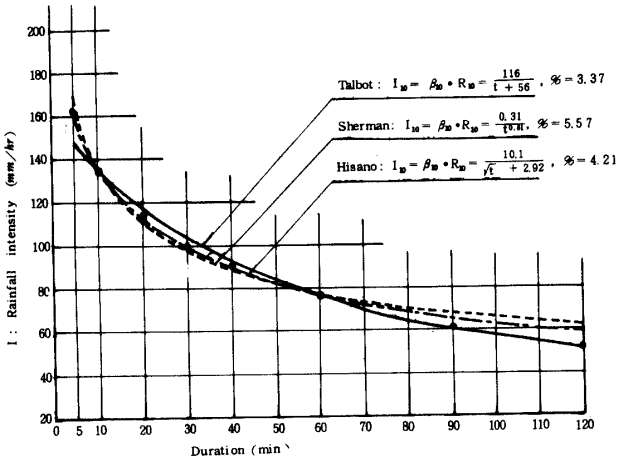

Fig 1. Comparision of goodness of fit for Talbot's Sherman's and Hisano's Formuras（Naha）

図 1. Talbot 式，Sherman 式，久野式による適合度の検定

Table 3. The most fitted formure in each location

表 3. 各地の最適式型

	Naha (Talbot)				Ishigaki (Sherman)				Miyako (Hisano)			
N	a′	b	%	rank	a′	n	%	rank	a′	b	%	rank
2	104	44	4.93	3	0.7	0.42	3.62	2	9.6	1.82	3.75	2
3	109	49	4.55	2	0.7	0.40	2.88	2	9.8	2.02	3.07	1
5	113	53	3.92	1	0.7	0.38	3.81	1	9.8	2.04	2.55	1
10	116	56	3.37	1	0.6	0.36	4.56	1	9.6	1.84	3.66	1
20	120	59	2.99	1	0.6	0.35	5.27	1	9.4	1.64	5.00	1
30	122	62	3.02	1	0.6	0.34	5.67	1	9.3	1.57	5.57	1
50	125	65	3.31	1	0.6	0.33	6.22	1	9.2	1.47	6.92	1
100	127	68	2.99	1	0.6	0.32	7.13	1	9.0	1.22	8.51	1

	Kumezima (Sherman)				Yonaguni (Talbot)				Minami Daito (Talbot)			
N	a′	n	%	rank	a′	b	%	rank	a′	b	%	rank
2	0.7	0.40	4.66	2	102	42	3.67	1	96	36	1.48	1
3	0.7	0.39	4.87	1	105	45	3.89	1	97	37	1.99	1
5	0.7	0.38	6.46	2	109	49	4.05	1	101	41	2.49	1
10	0.7	0.38	6.50	1	113	53	4.85	1	103	43	3.65	1
20	0.7	0.37	8.02	1	116	56	4.90	1	105	45	4.70	1
30	0.7	0.37	8.47	1	119	59	5.64	1	107	47	5.53	1
50	0.7	0.37	9.36	1	121	61	5.57	1	109	49	6.85	1
100	0.7	0.38	10.16	1	123	63	5.91	1	111	51	7.57	1

	Nago (Talbot)			
N	a′	b	%	rank
2	118	58	4.83	1
3	127	67	5.69	1
5	135	75	5.70	1
10	144	84	5.90	1
20	151	91	6.23	1
30	153	93	6.20	1
50	157	97	6.37	1
100	167	102	6.28	1

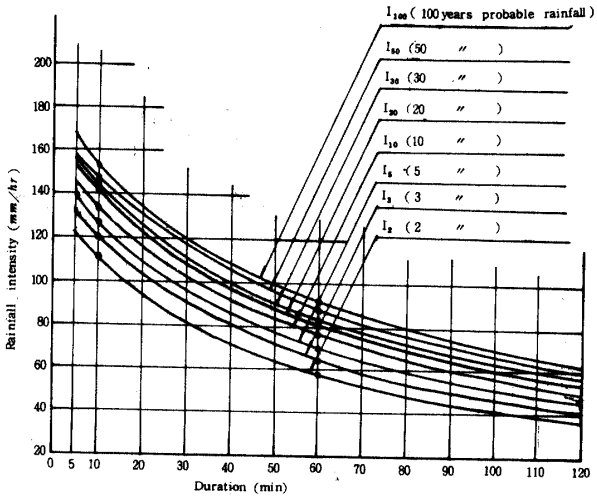

Fig 2. Intensity-duration-frequency curve in NAHA

図 2. 那覇における降雨強度曲線

Table 4. Valve of specific coefficient in each location

表 4. 各地の特性係数値

	N	5	10	20	30	40	60	90	120	R_N^{60}
Naha	2	2.13	1.93	1.63	1.41	1.24	1.00	0.78	0.63	58
	3	2.02	1.85	1.58	1.38	1.22	1.00	0.78	0.65	65
	5	1.94	1.79	1.55	1.36	1.21	1.00	0.79	0.65	71
	10	1.90	1.75	1.52	1.35	1.21	1.00	0.80	0.66	77
	20	1.85	1.72	1.50	1.34	1.20	1.00	0.80	0.67	82
	30	1.82	1.69	1.49	1.33	1.20	1.00	0.80	0.67	85
	50	1.78	1.66	1.47	1.31	1.19	1.00	0.81	0.68	89
	100	1.76	1.65	1.46	1.31	1.19	1.00	0.81	0.68	93
Ishigaki	2	2.81	2.11	1.58	1.33	1.18	1.00	0.84	0.75	56
	3	2.73	2.06	1.56	1.32	1.18	1.00	0.85	0.76	64
	5	2.57	1.97	1.52	1.30	1.17	1.00	0.86	0.77	74
	10	2.47	1.92	1.49	1.29	1.16	1.00	0.86	0.78	85
	20	2.39	1.87	1.47	1.27	1.15	1.00	0.87	0.78	95
	30	2.33	1.84	1.45	1.27	1.15	1.00	0.87	0.79	101
	50	2.29	1.81	1.44	1.26	1.14	1.00	0.87	0.79	108
	100	2.21	1.77	1.42	1.25	1.14	1.00	0.88	0.80	118
Miyako	2	2.36	1.92	1.52	1.31	1.17	1.00	0.85	0.75	62
	3	2.29	1.88	1.50	1.30	1.17	1.00	0.85	0.75	69
	5	2.29	1.88	1.50	1.30	1.17	1.00	0.85	0.75	76
	10	2.35	1.92	1.52	1.31	1.17	1.00	0.85	0.75	84
	20	2.41	1.95	1.53	1.32	1.18	1.00	0.84	0.75	92
	30	2.45	1.97	1.54	1.32	1.18	1.00	0.84	0.74	96
	50	2.49	1.99	1.55	1.33	1.18	1.00	0.84	0.74	102
	100	2.59	2.05	1.58	1.34	1.19	1.00	0.84	0.74	109
Kumezima	2	2.69	2.04	1.55	1.32	1.17	1.00	0.85	0.76	52
	3	2.65	2.02	1.54	1.31	1.17	1.00	0.85	0.76	58
	5	2.56	1.97	1.52	1.30	1.17	1.00	0.86	0.77	66
	10	2.54	1.96	1.51	1.30	1.16	1.00	0.86	0.77	74
	20	2.51	1.94	1.50	1.29	1.16	1.00	0.86	0.77	83
	30	2.53	1.95	1.51	1.30	1.16	1.00	0.86	0.77	87
	50	2.52	1.95	1.50	1.29	1.16	1.00	0.86	0.77	93
	100	2.54	1.96	1.51	1.30	1.16	1.00	0.86	0.77	100

	N	5	10	20	30	40	60	90	120	R_N^{60}
Yonaguni	2	2.18	1.97	1.65	1.42	1.24	1.00	0.77	0.63	60
	3	2.10	1.97	1.62	1.40	1.24	1.00	0.78	0.64	68
	5	2.01	1.84	1.58	1.38	1.22	1.00	0.78	0.65	77
	10	1.95	1.79	1.55	1.36	1.21	1.00	0.79	0.65	87
	20	1.91	1.76	1.53	1.35	1.21	1.00	0.79	0.66	96
	30	1.86	1.73	1.51	1.34	1.20	1.00	0.80	0.66	102
	50	1.83	1.70	1.49	1.33	1.20	1.00	0.80	0.67	108
	100	1.81	1.69	1.48	1.32	1.20	1.00	0.80	0.67	116
Minami Daito	2	2.34	2.08	1.71	1.45	1.26	1.00	0.76	0.62	48
	3	2.30	2.06	1.70	1.45	1.26	1.00	0.76	0.62	54
	5	2.20	1.98	1.66	1.42	1.25	1.00	0.77	0.63	61
	10	2.14	1.94	1.63	1.41	1.24	1.00	0.77	0.63	69
	20	2.10	1.91	1.61	1.40	1.24	1.00	0.78	0.64	76
	30	2.05	1.87	1.60	1.39	1.23	1.00	0.78	0.64	80
	50	2.02	1.85	1.58	1.38	1.22	1.00	0.78	0.65	85
	100	1.98	1.82	1.56	1.37	1.22	1.00	0.79	0.65	92
Nago	2	1.87	1.74	1.51	1.34	1.20	1.00	0.80	0.66	76
	3	1.77	1.65	1.46	1.31	1.19	1.00	0.81	0.68	86
	5	1.69	1.59	1.42	1.29	1.17	1.00	0.82	0.69	95
	10	1.62	1.53	1.39	1.26	1.16	1.00	0.83	0.71	105
	20	1.57	1.50	1.36	1.25	1.15	1.00	0.83	0.72	113
	30	1.56	1.49	1.36	1.24	1.15	1.00	0.84	0.72	117
	50	1.54	1.47	1.34	1.24	1.15	1.00	0.84	0.72	122
	100	1.51	1.45	1.33	1.23	1.14	1.00	0.84	0.73	128

Ⅶ 考　　察

本文の降雨資料は前報4)の厳密算定法の資料を用いているので，資料の分布型と棄却検定は前報の結果を用いた。確率雨量の算定式は(2)，(3)式の他にもいろいろあるが，本文のすべての計算は電子計算機（FACOM FORTRAN 230－15）で処理したのでプログラム作成の一ばん簡単な(2)，(3)式を用いた。

この特性係数法による確率降雨強度式の算定は既往の算定式に比べ降雨資料は10分と60分継続時間降雨量のみでよく，これら毎年最大値は各気象管所の専門測定者の調整を経て公式の気象年報，あるいは気象月報の雨量観測表に明記することになっているから，これらの値は容易に入手できる。

適合度の検定には平均偏差百分率を基準にしたが，各地で多少の異差はみられるが，だいたい5％前後で厳密算定法に比べ1～2％劣るが実用上充分信頼できると考える。

那覇と名護の最適式型は厳密算定法の結果と異なった，それは厳密算定法だと60分継続時間降雨量が他の7組の継続時間降雨量と少々釣合いがとれなくても最小二乗法で平均化されてさほど結果に影響を

及ぼさないが，特性係数法だと60分継続時間雨量と他1組を基準にとるので結果に大きく影響を及ぼすためだと考える。特性係数法で求める確率雨量の信頼度は60分継続時間降雨量の信頼度に大きく左右される。

Ⅷ 摘　　要

本文は特性係数法によって沖縄地方7地点の短時間降雨強度をTalbot型,Sherman型，久野型の3式型について算出し，各地でのそれぞれの式型の適合度を調べ，最適式型を決定した。それらの結果は

那　覇	Talbot型	石垣島	Sherman型
宮古島	久野型	久米島	Sherman型
与那国島	Talbot型	南大東島	Talbot型
名　護	Sherman型		

となる。

Summary

The purpose of this stude is to calculated probable rainfall by Specific coefficient method, and to tost the usefullness of three popular rainfall intensity formulas at 7 points in Okinawa Islands. those three formulas are Talbot's, Sherman's and Hisano's.

It was found that Talbot's formula, $I=a'/(t+b)$, is fit for Naha, Yonaguni-zima and Minamidaitozima. Sherman's formula, $I=a'/t^n$, was fitted for Ishigaki-zima, Kumezima and Nago and Hisano's formula, $I=a'/\sqrt{t}+b$, was fitted for Miyakozima, where I is rainfall intensity (㎜/hr), a, b, n are constants.

参　考　文　献

1. 石黒政儀　1959　日本主要都市の確率降雨強度式について，土木学会論文集　6: 21～27
2. 石黒政儀　1961　特性係数法による確率降雨強度式の算定法，土木学会論文集　74: 19～26
3. 石黒政儀　1961　本邦における短時間降雨の特性係数分布図について，水道協会雑誌　323: 29～40
4. 吉永安俊　1975　沖縄における確率降雨強度式型，琉球大学農学部学術報告，22: