

琉球大学学術リポジトリ

沖縄における確率日雨量について(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/20.500.12000/4377

沖縄における確率日雨量について

吉 永 安 俊*

Anshun YOSHINAGA : Calculation of probable daily-rainfall in
OKINAWA

I 緒 言

治水計画では、数10年に1度か、あるいは数100年に1度の割合で起こるような偶発的な、降水量が重要な問題となる。設計や計画に用いられる降雨量は、過去に起った最大値を採用することではなく、統計的に50年に1度、100年に1度というような確率雨量が扱われる(2,4)、またその計画が経済的に行なわれるかどうか重要な問題である。このような必要性から、既存の降雨資料に基づき、統計処理を行なうことによって目的を達成する、即ち、水文統計が必要になってくる。水文統計、とりわけ確率水文量の推測については、これまで外国および国内で古くから研究がなされてきた。1880年代に Herschel, Freeman, Fuller等によって統計的概念が導入され、その後、Foster, Hazen, Gibraltar, Slad, Felber, わが国では、岩井重久、石原藤次郎等によって理論的応用的研究が展開された。しかしこれらの研究は対数正規分布に関するものがほとんどである。続いて Gumbellの極値分布の導入により、Thomas, Jenkinson, 大久保達郎、西原宏、角屋睦、高瀬信忠、Chow、小河原正巳等の研究が進められてきた(3)。

今回はこれらの結果を用いて、沖縄県の日降雨量の再現期間 (Return Period)を、岩井法、石原・高瀬法、順序確率法、Gumbell 法によって求めて、それぞれを比較、検討してみた。

II 資料および計算方法

降雨資料はなるべく沖縄全域にまたがるように、那覇、名護、宮古島、石垣島の4地点を選定した。名護は資料数が少なく、確率計算を行なうには不適と思われたが、沖縄唯一の山地帯であるのであえて採用した。なお降雨資料は毎年最大日雨量を用い、琉球気象庁の資料によった。雨量値が不確実、あるいは欠測のあった年は除去した。

1 試料の大きさ

那覇 : N = 77, 1891~1973 (1924, 1946, 1947, 1948, 1949年度は測定値が不確実, 1945年は欠測, 以上6年間は試料より除去)

名護 : N = 20 1954~1973

宮古 : N = 35 1938~1973

石垣 : N = 76 1898~1973

これらの毎年最大日降雨量を大きさの順に配列すると図1~4のようになる。

* 琉球大学農学部農業工学科

琉球大学農学部学術報告 21 : 217~229(1974)

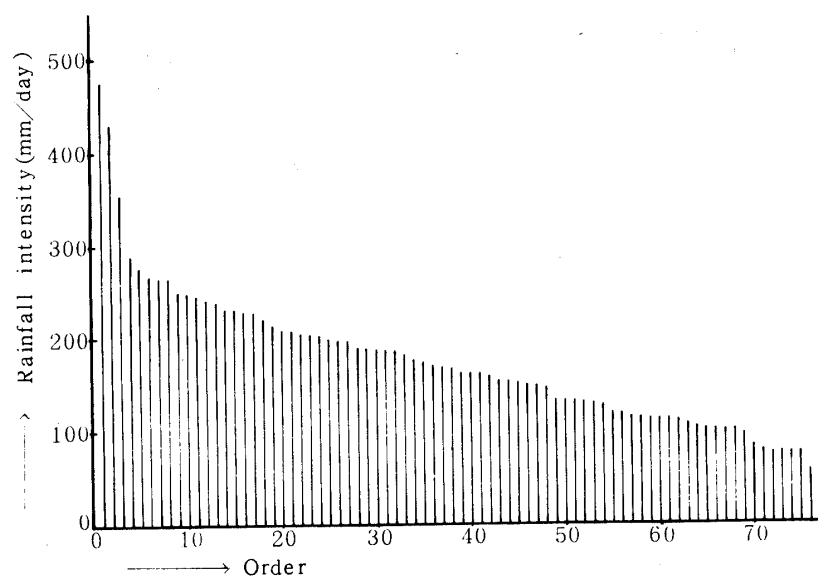


Fig. 1. Order of annual maximum series on NAHA

図 1. 那覇における毎年最大値の順位

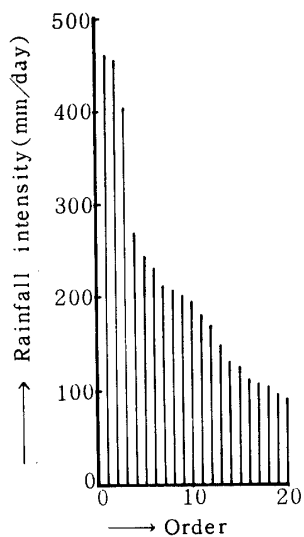


Fig. 2. Order of annual maximum series on NAGO

図 2. 名護における毎年最大値の順位

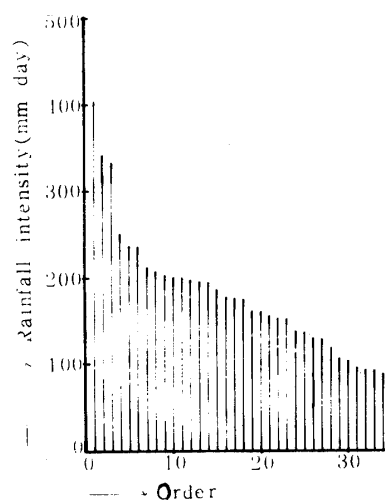


Fig. 3. Order of annual maximum series on MIYAKO

図 3. 宮古島における毎年最大値の順位

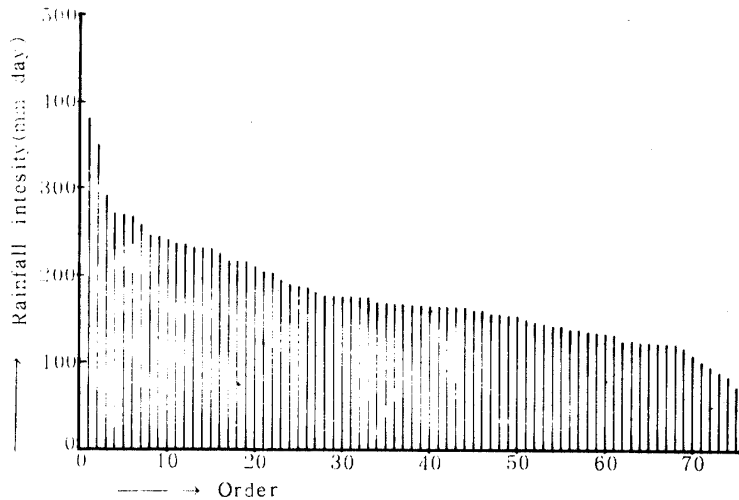


Fig. 4. Order of annual maximum series on ISHIGAKI

図 4. 石垣島における毎年最大値の順位

2 計算方法 (1.3)

Return Periodの確率計算の方法には、大きく分けて、対数正規分布による解法、極値分布による解法、および指数分布による解法などがある。岩井法、石原・高瀬法、順序確率法は、対数正規分布による解法に属し、一方 Gumbell 法は極値分布による解法に属する。

対数正規分布の分布形式を、Slade 形の分布と定義すれば(3)、一般に次の4つの形に整理される。

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-y^2} dy$$

$$y = a \log \frac{x}{x_0} \quad (0 < x < \infty) \dots\dots\dots \text{I}$$

$$y = a \log \frac{x-b}{x_0-b} \quad (b < x < \infty) \dots\dots\dots \text{II}$$

$$y = a \log \frac{x}{x_0} \frac{g-x_0}{g-x} \quad (0 < x < g) \dots\dots\dots \text{III}$$

$$y = a \log \frac{x-b}{x_0-b} \frac{g-x_0}{g-x} \quad (b < x < g) \dots\dots\dots \text{IV}$$

ここでF(x)は累積分布関数、yは正規変量、a、b、g、x₀は定数である。

岩井法には片側有現分布、両側有限分布、その他各種の分布解があるが、ここでは上式のII形式の片側有限分布について確率計算を行う。石原・高瀬法は、対数正規分布の積率解とよばれII形に属する。

順序確率法には、積率法と最小二乗法とがあり、すべての定数を順序統計学的に考え経験的分布関数を推定しようとする方法である、ここでは積率法を採用した。下限値bを考慮する場合はbの値を岩井法で推定して使用する。bを考慮しない場合I形に属し、考慮する時はII形に属する。

Gumbell 法は極値分布のいろいろな分布のうち Gumbell 分布・Gumbell 法を採用した、(Gumbell・角屋法もある)、実用分布式は次式で示される。

$$F(x) = \exp(-e^{-y})$$

$$y = a(x - x_0) \quad (-\infty < x < \infty)$$

ここで y は規準極値変量, a , x_0 は定数, 以上の4方法で確率計算を行なったが, 計算過程での定数および変量の決定に際しては岩井・石黒共著の応用水文統計学の公式および図表によった。

III 計算結果

那覇, 名護, 宮古, 石垣における4方法での確率年100, 80, 50, 30, 20, 10, 7, 5, 3, 2年雨量の計算結果は表1~4である。

Table 1. Calculation of probable rainfall by IWAI METHOD

表 1. 岩井法

T (year)	y	NAHA (mm)	NAGO (mm)	MIYAKO (mm)	ISHIGAKI (mm)
100	1.645	393.5	676.9	392.2	342.9
80	1.585	382.0	641.7	380.7	334.7
50	1.452	356.7	569.2	355.7	316.6
30	1.297	329.3	496.2	328.7	296.8
20	1.163	307.0	441.4	306.9	280.6
10	0.906	268.0	354.7	268.9	251.6
7	0.755	246.8	313.5	248.4	235.9
5	0.595	226.1	274.6	228.4	220.1
3	0.305	191.8	218.8	195.6	193.7
2	0.000	160.3	175.2	165.8	168.7

Table 2. Calculation of probable rainfall by ISHIHARA and TAKASE METHOD

表 2. 石原・高瀬の方法

T (year)	y (mm)	NAHA (mm)	NAGO (mm)	MIYAKO (mm)	ISHIGAKI (mm)
100	1.645	432.2	600.3	425.1	354.6
80	1.585	416.0	574.0	409.3	344.9
50	1.452	382.1	520.0	376.7	324.4
30	1.297	346.6	463.5	342.3	302.1
20	1.163	318.2	419.8	315.4	284.1
10	0.906	270.8	347.4	270.1	252.5
7	0.755	246.5	311.1	247.0	235.7
5	0.595	223.3	276.9	224.9	219.0
3	0.305	187.0	224.6	190.7	191.9
2	0.000	155.7	180.7	161.3	163.2

Table 3. Calculation of probable rainfall by ORDER STATISTIC ANALYSIS METHOD

表 3. 順序確率法

T (year)	y	NAHA (mm)	NAGO (mm)	MIYAKO (mm)	ISHIGAKI (mm)
100	1.645	408.4	813.6	419.3	353.2
80	1.585	395.6	765.5	405.9	344.3
50	1.542	368.7	668.1	377.5	335.4
30	1.297	339.3	571.4	346.8	304.0
20	1.163	315.5	500.1	322.1	286.8
10	0.906	273.8	389.5	279.2	256.0
7	0.755	251.4	337.6	250.1	239.0
5	0.595	229.4	294.6	234.3	222.6
3	0.305	193.4	225.2	198.3	194.6
2	0.000	160.3	175.1	165.8	168.8

Table 4. Calculation of probable rainfall by GUMBELL METHOD

表 4. Gumbell 法

T (year)	y	NAHA (mm)	NAGO (mm)	MIYAKO (mm)	ISHIGAKI (mm)
100	4.6002	428.2	627.7	435.5	372.0
80	4.3757	414.0	604.6	421.2	361.1
50	3.9019	383.9	555.7	391.0	338.2
30	3.3843	351.0	502.2	358.0	313.1
20	2.9702	224.7	459.6	331.6	293.0
10	2.2504	279.0	385.1	285.8	258.2
7	1.8698	254.8	345.9	261.5	239.7
5	1.4999	131.3	307.7	238.0	221.8
3	0.9027	193.4	246.0	199.9	192.8
2	0.3665	159.3	190.7	165.8	166.9

IV 考 察

各地点の毎年最大降雨量の最大値と最小値の差を8等分し、全体を8階級に分け、それぞれの頻度分布図を作成した。なお測定値が隣り合った階級の境目に落ちるのをふせぐために、階級の上限に等しい測定値は1つ上の階級に属させた。図5～8が頻度分布図である。各地点ともほぼ正の非対称分布を示すものと思われる。

図5～8を正規分布化するため、降雨量を対数変換し、前記の方法で頻度分布図を作ると図9～12になる。正規分布検定はしなかったが、おおよそ、対数正規分布をなをなしているものとみてさしつかえないだろう。

表1～4は4地点における4方法での確率計算値である。計算値は小数点以下1位まで採用したが、

Return Period の推測値としては小数点以下のような小さな量は無意味であり、結果の値としてはむしろ10mm単位を採用すべきであった。

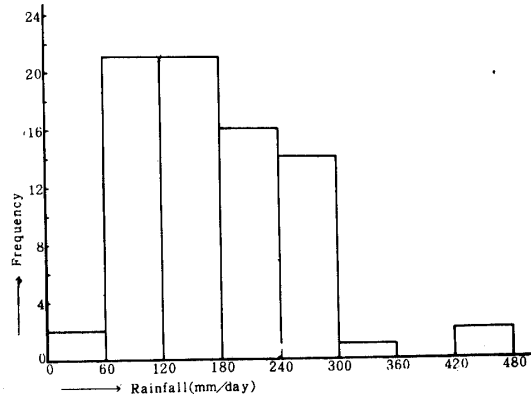


Fig. 5. Frequency distribution of rainfall : NAHA

図 5. 降雨量の頻度分布 : 那覇

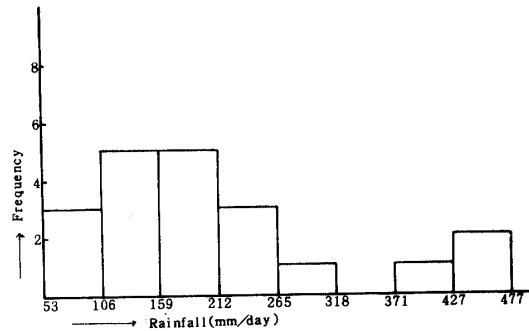


Fig. 6. Frequency distribution of rainfall : NAGO

図 6. 降雨量の頻度分布 : 名護

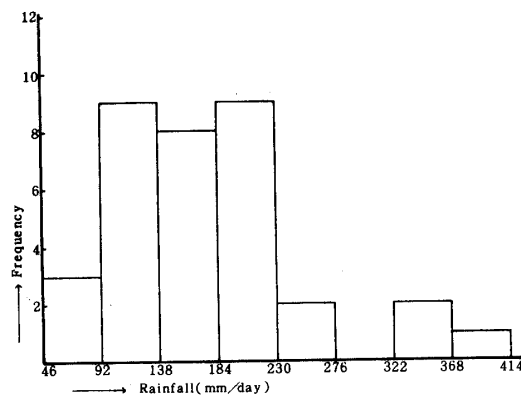


Fig. 7. Frequency distribution of rainfall : MIYAKO

図 7. 降雨量の頻度分布 : 宮古

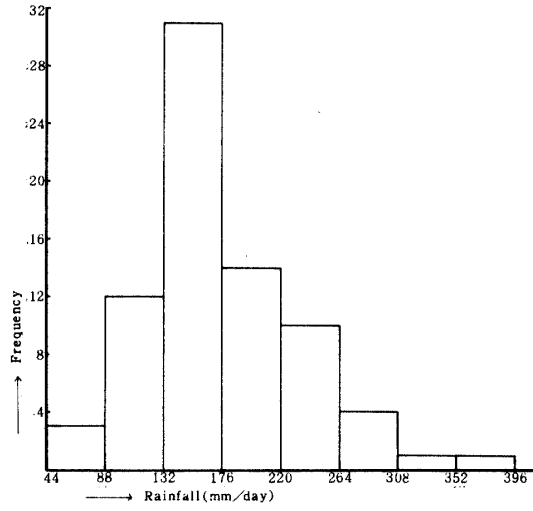


Fig. 8. Frequency distribution of rainfall : ISHIGAKI
図 8. 降雨量の頻度分布 : 石垣

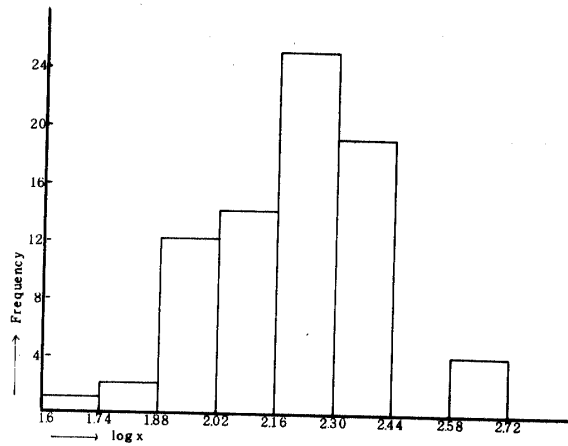


Fig. 9. Logarithmic distribution of rainfall : NAHA
図 9. 対数分布 : 那覇

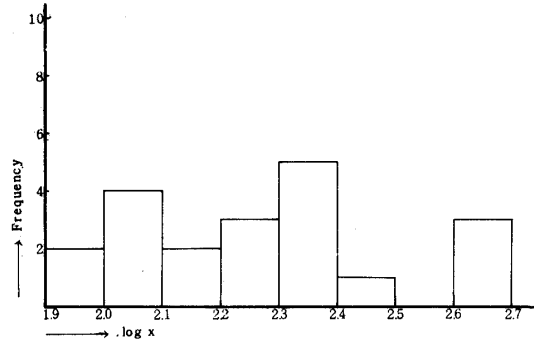


Fig. 10. Logarithmic distribution of rainfall : NAGO

図 10. 対数分布 : 名護

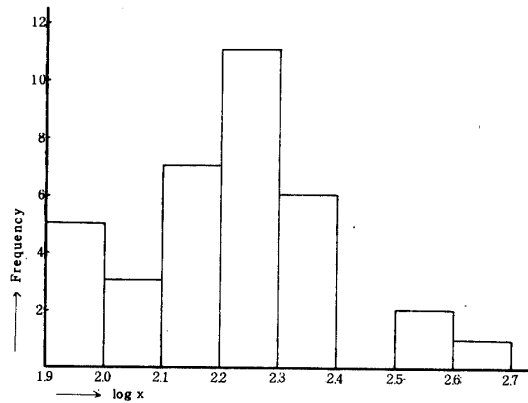


Fig. 11. Logarithmic distribution of rainfall : MIYAKO

図 11. 対数分布 : 宮古

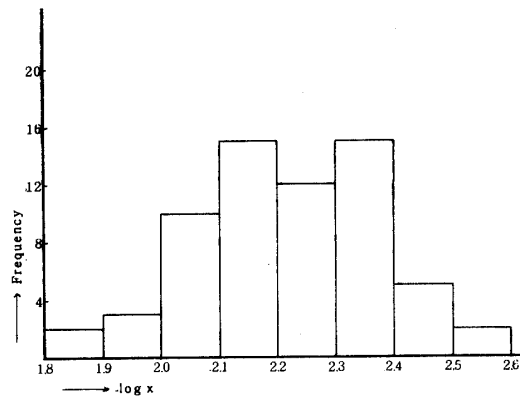


Fig. 12. Logarithmic distribution of rainfall : ISHIGAKI

図 12. 対数分布 : 石垣

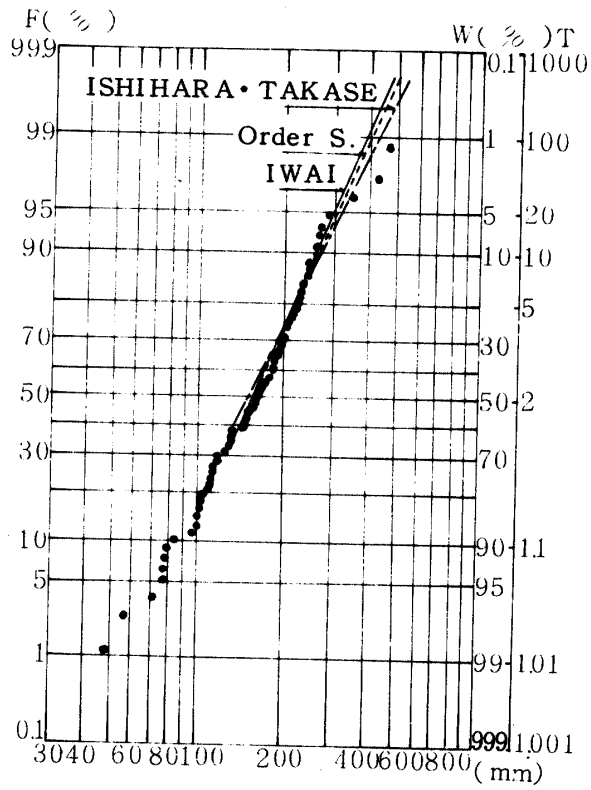


Fig. 13. NAHA
図 13. 那覇

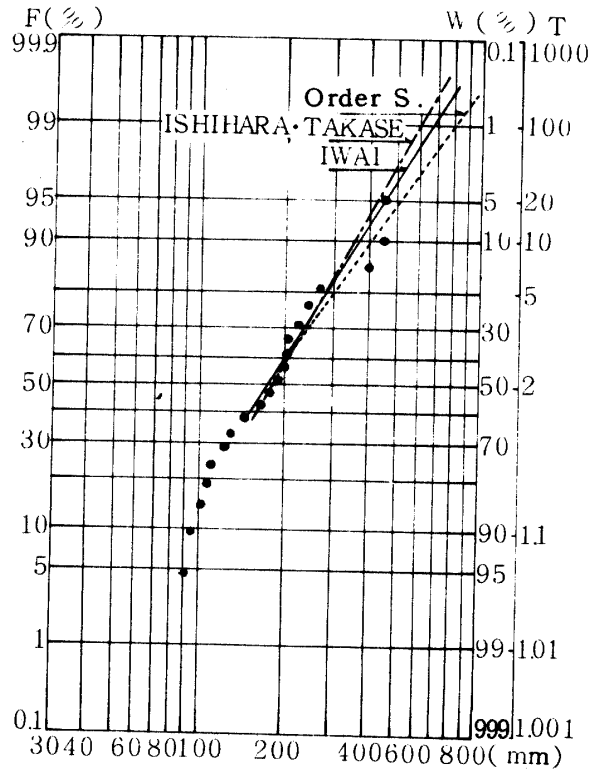


Fig. 14. NAGO
図 14. 名護

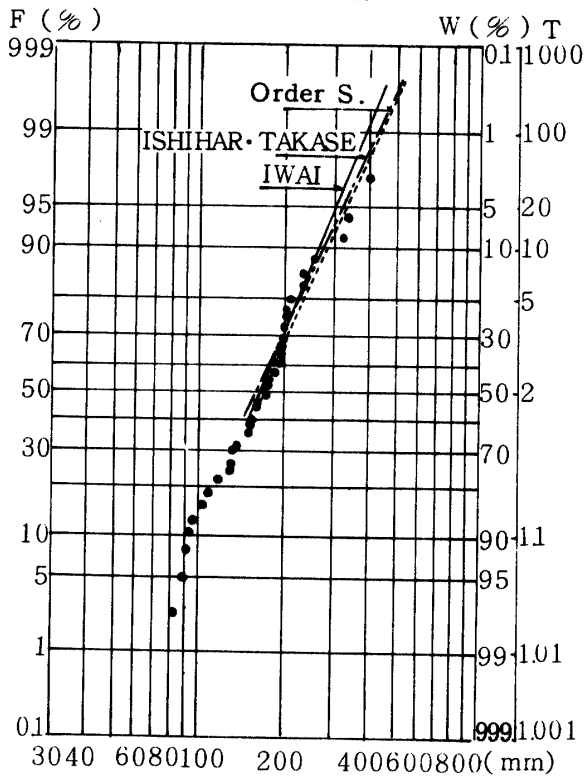


Fig. 15. MIYAKO
図 15. 宮古

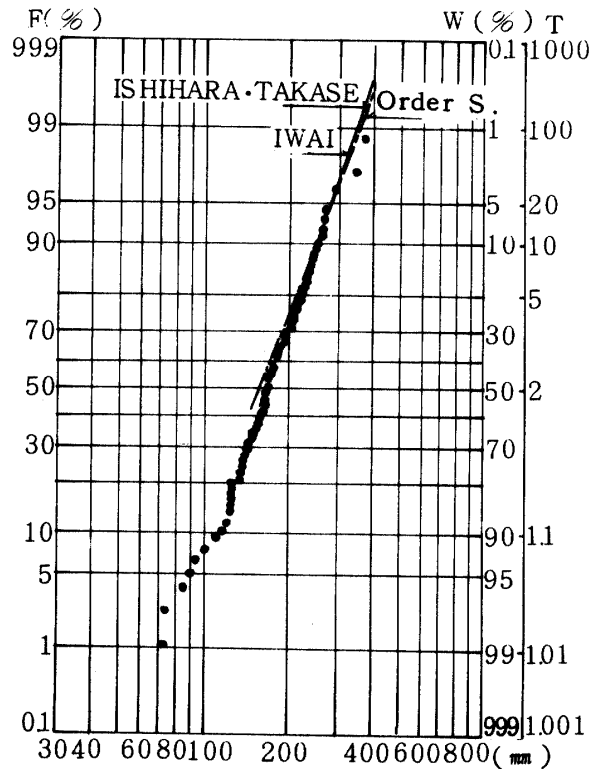


Fig. 16. ISHIGAKI
図 16. 石垣

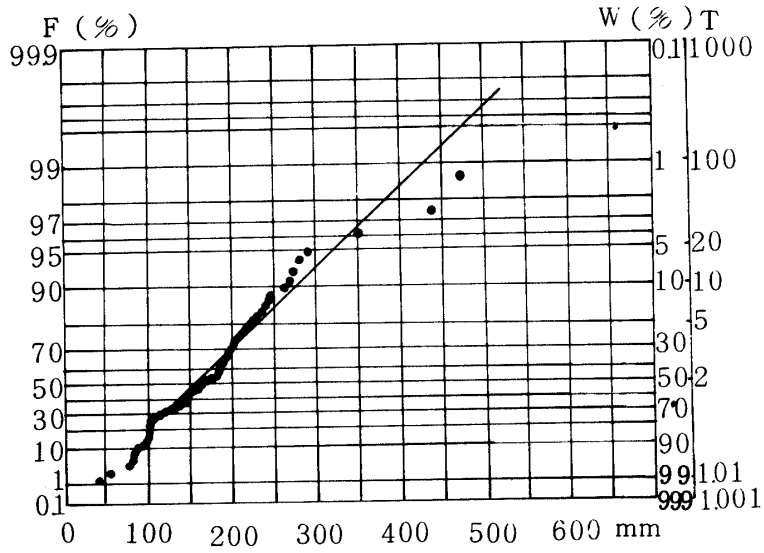


Fig 17. Gumbell paper : NAHA

図 17. 極値確率紙 : 那覇

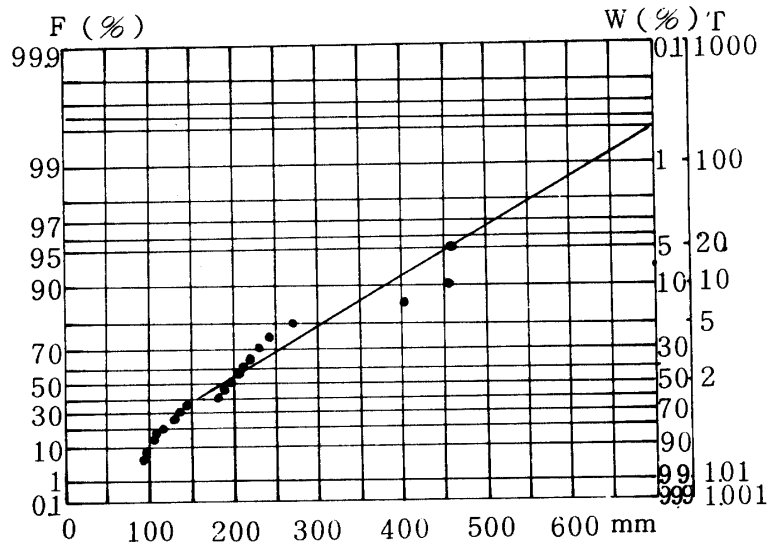


Fig 18. Gumbell paper : NAGO

図 18. 極値確率紙 : 名護

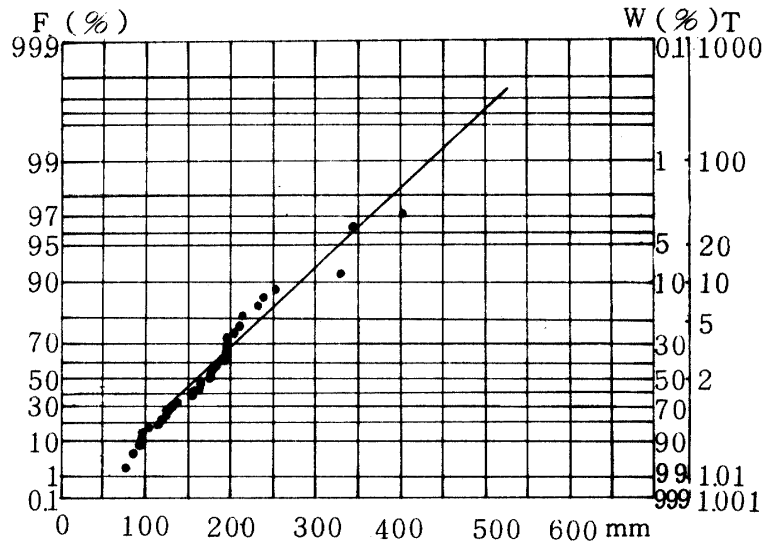


Fig 19. Gumbell paper : MIYAKO

図 19. 極値確率紙 : 宮古

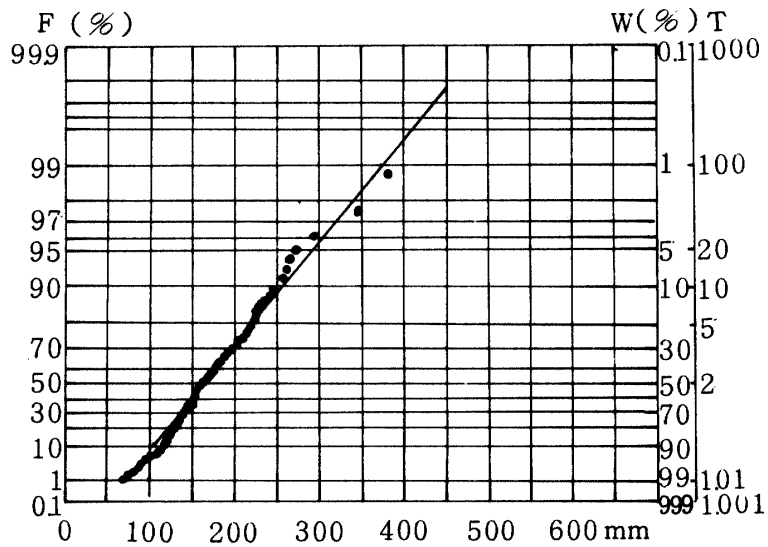


Fig 20. Gumbell paper : ISHIGAKI

図 20. 極値確率紙 : 石垣

図13~16は対数確率紙に資料値を Thomas Plot で黒丸記号でプロットし、岩井法、石原・高瀬法、順序確率法の3法の理論計算値をグラフにしたものである。また図17~20は極値確率紙 (Gumbell paper) に Thomas Plot で資料値をプロットし、Gumbell の理論計算値を実線で示した図である。

現在、確率雨量の推測については、降雨量分布の理論的根拠が明確でないので、推定結果と資料の経験的分布との適合度をしらべ、もっともよく適合する結果の得られる方法を採用するというのが定説(5)になっているので、この観点から検討してみた。

図13~16において Thomas Plot による資料値の分布状態を観察すると、那覇(図13)、石垣(図16)では分布の中間部分では直線形を示し、上下両端では分布にバラツキがあり不安定になっている、名護(図14)、宮古(図15)においては全体をととして分布状態が不安定であり、中間部は那覇、石垣のような直線を示さない、これは資料数が少ないことに帰因するものと考えられ、名護においては特にその傾向が著しい、なお図6、7、10、11の頻度分布図を考慮に入れ資料数の多くなる将来を考えると、名護、宮古とも、那覇、石垣の分布状態に近づくものと予想される、以上のことは極値分布にもいえることである。

桑原(5)は、日雨量資料の上下両端の分布状態はきわめて不安定であり、特に上端部の資料の示す変動は中間部分の資料の変動とは異質である可能性が大きき、したがって確率日雨量の推測において、上端1~3個の資料の示す分布状態を忠実に表現しても、将来の予測として意味があるとは思わない(5)、と結論している。このことは沖縄の降雨資料についてもいえることであり、経験的分布状態と理論計算値の適合度は上端部を無視した方がよい結果を得る。計算値に関しては4方法とも名護を除いて各地とも実用上さしつかえないと考える。次に4方法の100年確率雨量を各地点で比較してみる。

那覇：岩井法 (392 mm) < 順序確率法 (408 mm) < Gumbell 法 (428 mm) < 石原・高瀬法 (432 mm)
 名護：石原・高瀬法 (600 mm) < Gumbell 法 (628 mm) < 岩井法 (677 mm) < 順序確率法 (814 mm)
 宮古：岩井法 (392 mm) < 順序確率法 (419 mm) < 石原・高瀬法 (425 mm) < Gumbell 法 (436 mm)
 石垣：岩井法 (343 mm) < 順序確率法 (353 mm) < 石原・高瀬法 (355 mm) < Gumbell 法 (372 mm) ,
 の順となり名護を除いては最小値と最大値の差は約10%程度である、一方2・3年確率雨量の場合は4方法ともほぼ等しい結果を得る、よって、推定雨量の面からも実用上どの方法を用いてもよいと思われる。しかし各地点の過去の降雨資料において順位の高い降雨記録とその観測年数と同じ年数の Return Period の推定値とを比較してみると、観測記録値の方が大きい、換言すれば、各方法の理論計算値は観測年数と同年数、即ち、統計期間の Return Period において観測値より小さな値を示す。

それゆえ4方法のうち比較的大きな値が算出される Gumbell 法が設計雨量として一番適しているものと思われる。しかし1958年に気象庁統計課は、全国57測候所の日雨量資料を用いて、各種の確率雨量の推測方法に総合的な検討を加え、「補外法により統計期間をこえる大きな Return Period の推定を行なうのは、方法の良否の問題でなく、本質的にきわめて危険である」という見解(5)を示しており、図13~20が示すように上端において資料の分布状態がかなり不安定である4地点についても同様なことがいえると思う。したがって沖縄でも統計期間をこえる Return Period の推定値を用いる時は注意が必要である。

V 摘 要

沖縄の4地点(那覇、名護、宮古、石垣)の年最大日雨量についての Return Period を岩井法、石原・高瀬法、順序確率法、Gumbell 法の4方法で求め比較してみた。名護を除いてはいつれの方法も実用上問題はないと思われる。しかし名護において各方法の理論計算値をそのまま設計雨量に採用す

ることには疑問がある。資料数が少ないことに帰因すると思われ、いろいろな方向からの検討が必要である。4方法のうち比較的大きい値のである Gumbell 法が沖縄での設計雨量を求める方法としては一番適していると思われる。

参 考 文 献

1. 土木学会 1971 水理公式集 144～148, 東京, 技報堂
2. 本間仁 1958 河川工学41～42, 東京, コロナ社
3. 岩井重久, 石黒政儀 1970 応用水文統計学, 57～130, 東京, 森北出版
4. 川畑幸夫 1968 水文気象学, 106～107, 東京, 地人書館
5. 桑原英夫 1971 水文統計資料としての降水資料の性格 (その1), (その2), 77～83.146～159, 農業土木学会誌, 39巻第2, 3号

Summary

The return period of annual maximum daily-rainfall at NAHA, NAGO, MIYAKO and ISHIGAKI were investigated by four methods IWAI, ISHIHARA - TAKASE, ORDER STATISTIC ANALYSIS, and GUMBELL.

Although those four methods are considered to fit investigate return periods of annual maximum daily-rainfall in OKINAWA, it may be said that GUMBELL's method is the best one which indicates large value compared to those other three method.