

工程統計-第八章

工程統計在水利工程應用

內容概述

- ◆ 緒論
- ◆ 統計之基本概念
- ◆ 水文頻率之程序
 - 資料準備與整理
 - 統計參數之推估
 - 統計機率分布之介紹
 - 統計機率分布之選擇
- ◆ 計算範例
- ◆ 結語

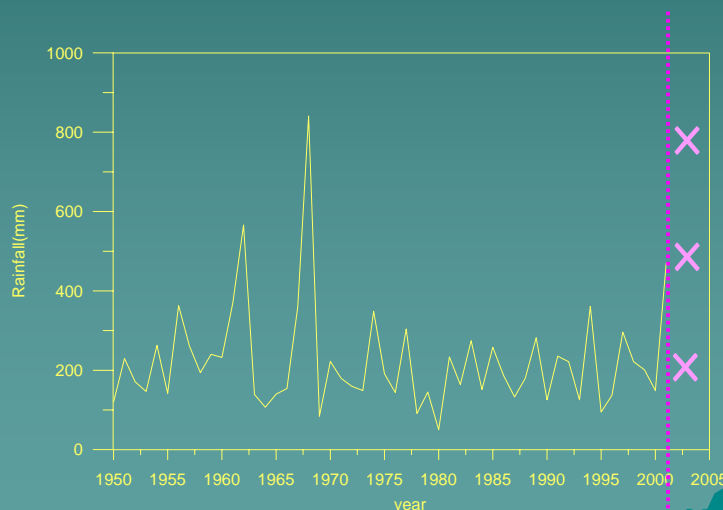
一、緒論

- ◆ 水文頻率分析
 - 計算設計洪水量與設計雨量經常使用之工具
- ◆ 水文頻率分析面臨問題
 - 參數計算方法之選擇
 - ◆ 動差法
 - ◆ 線性動差法
 - ◆ 最大概似法
 - 統計分布之選擇
 - ◆ 常態分布
 - ◆ 皮爾遜第三型分布
 - ⋮

2

二、統計之基本概念

- ◆ 爲什麼需要統計？
 - 水文變量具有隨機性，而不是deterministic



過去資料告訴我們什麼資訊？

3

二、統計之基本概念

◆ 統計是甚麼？

- 藉由數據收集、分析、並導出結論(決策)的一種科學方法
- 統計的研究
 - ◆ 如何產生數據
 - ◆ 如何由數據進行統計分析
 - ◆ 如何從數據推論(決策)

4

二、統計之基本概念

◆ 在工程上

- 數據收集
 - ◆ 設立水文站收集雨量或流量資料
- 分析
 - ◆ 進行統計與頻率分析
- 導出結論 (decision making)
 - ◆ 決定某一重限期距之水文量

5

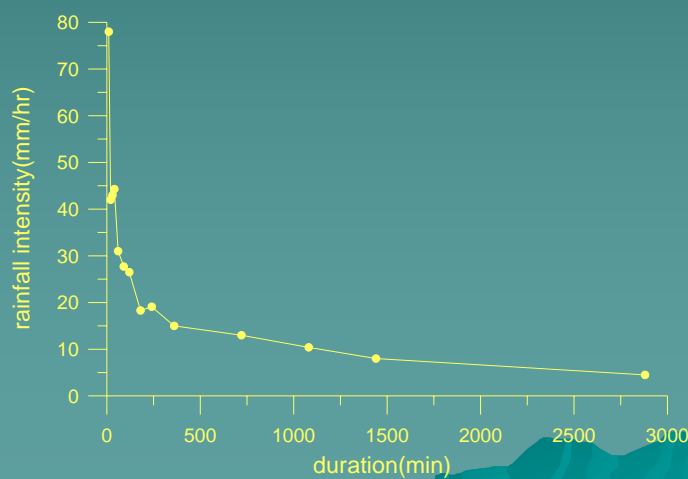
三、水文頻率之程序

- ◆ 資料準備與整理
- ◆ 統計參數之推估
- ◆ 統計機率分布之介紹
- ◆ 統計機率分布之選擇

6

3-1. 資料準備與整理

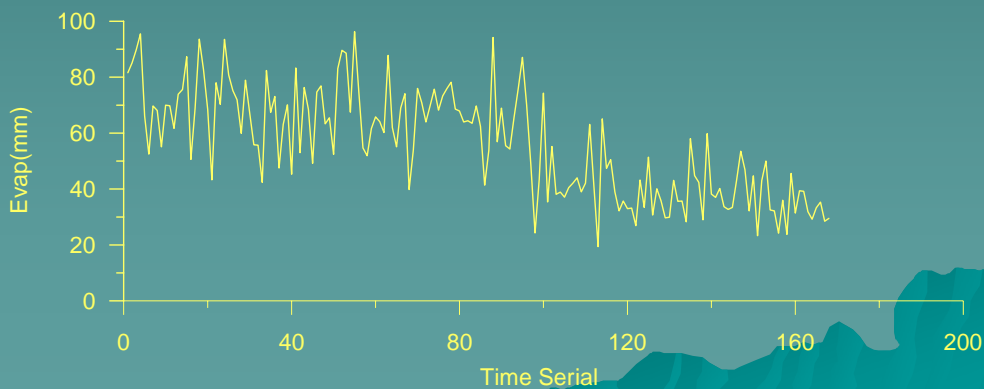
- ◆ 資料之校核
 - 年最大24hr雨量應大於年最大1日雨量
 - 長延時降雨應小於短延時降雨



7

3-1. 資料準備與整理

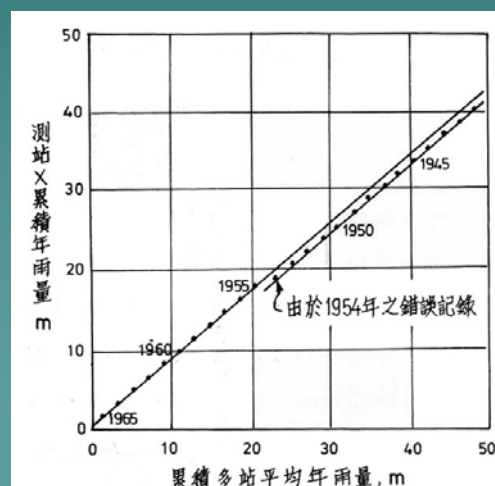
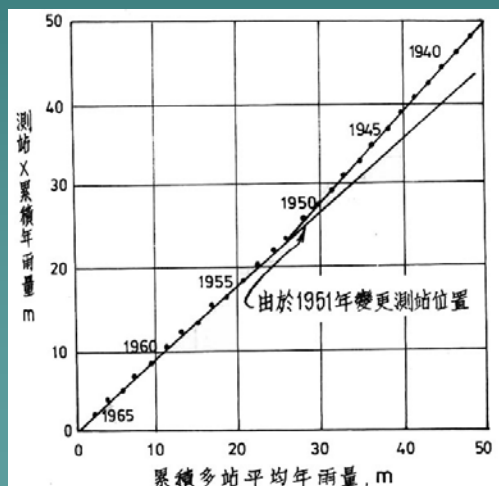
- ◆ 需滿足條件
 - 一致性
 - 代表性
- ◆ 資料宜檢核是否具一致性



8

3-1. 資料準備與整理

- ◆ 資料之校正
 - 雙累積曲線法



9

3-1. 資料準備與整理

◆ 觀測資料之展示

- 一般利用長條圖(histogram 或bar chart)
- 利用點繪法

10

3-1. 資料準備與整理

◆ 長條圖製作步驟

1. 收集觀測資料
2. 取間距數目 $k = 5 \times \log_{10} n$
3. 計算每一間距發生次數
4. 變量劃於橫軸，發生次數劃於縱軸，即為長條圖
5. 各組間發生次數除以總次數，可繪出相對頻率圖
6. 相對頻率加以累積，即為累積頻率

11

3-1. 資料準備與整理 — 長條圖製作步驟[1/5]

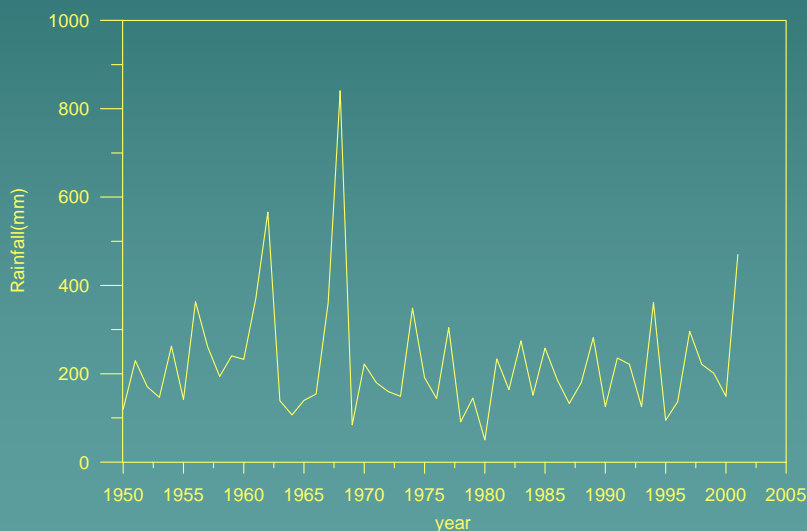
1. 收集觀測資料

高雄站
年最大一日雨量資料

Year	Rainfall(mm)	Year	Rainfall(mm)	Year	Rainfall(mm)
1950	119.6	1968	840.7	1986	186.6
1951	229.6	1969	84.0	1987	132.7
1952	170.6	1970	222.2	1988	179.9
1953	146.7	1971	179.6	1989	281.9
1954	262.7	1972	159.4	1990	125.4
1955	141.6	1973	148.9	1991	235.6
1956	362.9	1974	348.6	1992	221.4
1957	261.2	1975	191.0	1993	125.5
1958	193.9	1976	144.0	1994	361.0
1959	240.3	1977	304.3	1995	94.5
1960	232.6	1978	91.1	1996	136.8
1961	370.2	1979	145.0	1997	296.0
1962	565.9	1980	50.0	1998	221.5
1963	138.9	1981	233.5	1999	201.0
1964	106.7	1982	164.0	2000	149.0
1965	139.6	1983	274.5	2001	470.0
1966	154.0	1984	151.5		
1967	360.3	1985	258.1		

3-1. 資料準備與整理 — 長條圖製作步驟[2/5]

◆ 高雄年最大一日雨量資料繪圖



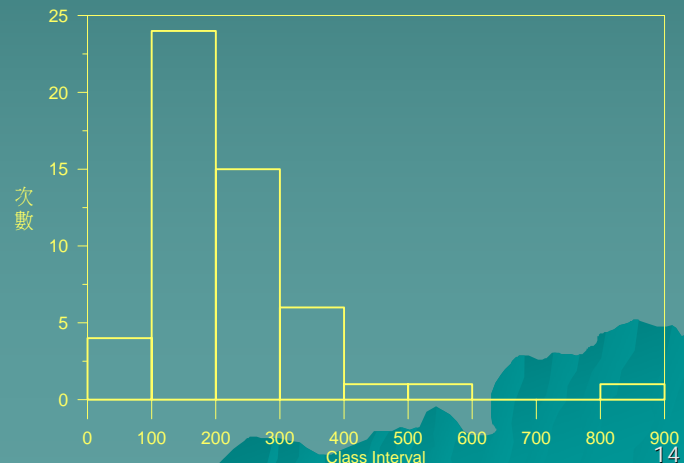
3-1. 資料準備與整理 — 長條圖製作步驟[3/5]

2. 取間距數目 $k = 5 \times \log_{10} n = 5 \times \log_{10} (52) = 8.58$

→ 分成九組

3. 計算每一間距發生次數、繪圖

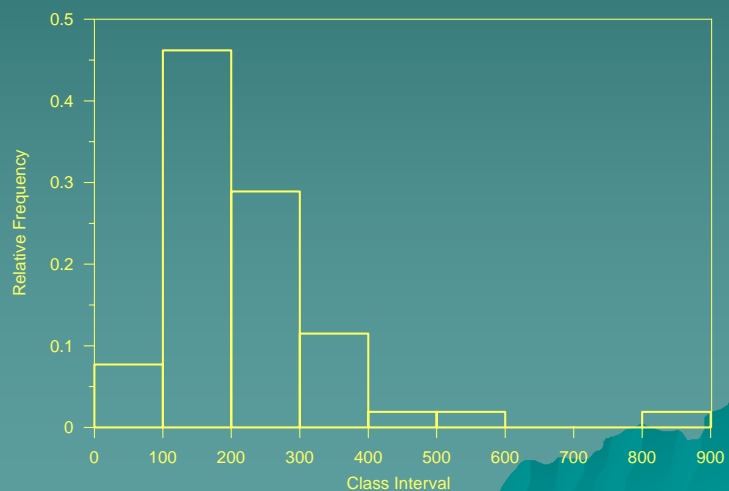
Class interval	次數
0-100	4
100-200	24
200-300	15
300-400	6
400-500	1
500-600	1
600-700	0
700-800	0
800-900	1



3-1. 資料準備與整理 — 長條圖製作步驟[4/5]

4. 計算相對頻率：發生次數除以總次數

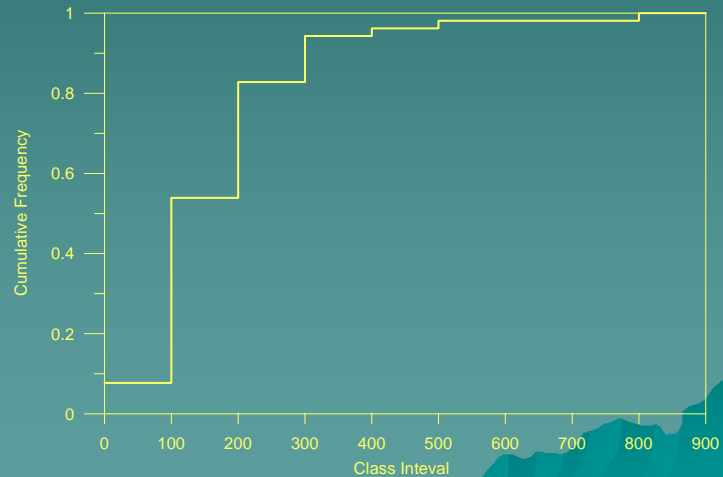
Class interval	次數	Relative frequency
0-100	4	0.077
100-200	24	0.462
200-300	15	0.289
300-400	6	0.115
400-500	1	0.019
500-600	1	0.019
600-700	0	0.000
700-800	0	0.000
800-900	1	0.019



3-1. 資料準備與整理 — 長條圖製作步驟[5/5]

5. 計算累積頻率：相對頻率加以累積

Class interval	次數	Relative frequency	Cumulative frequency
0-100	4	0.077	0.077
100-200	24	0.462	0.539
200-300	15	0.289	0.828
300-400	6	0.115	0.943
400-500	1	0.019	0.962
500-600	1	0.019	0.981
600-700	0	0.000	0.981
700-800	0	0.000	0.981
800-900	1	0.019	1.000



16

3-1. 資料準備與整理

◆ 點繪法程序

1. 將資料由小至大排列 $x(i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$
2. 機率點繪公式求對應之超越機率 $P(i)$
3. 選用適當之機率紙，點繪 $(x(i), P(i))$ 於其上
4. 若資料滿足該假設機率分布，點繪結果應呈一直線，可藉此判斷資料之適合度

17

3-1. 資料準備與整理 — 點繪法範例[1/3]

1. 資料排序： 由小至大

Rank	Rainfall (mm)	Rank	Rainfall (mm)	Rank	Rainfall (mm)	Rank	Rainfall (mm)
1	50.0	14	144.0	27	191.0	40	262.7
2	84.0	15	145.0	28	193.9	41	274.5
3	91.1	16	146.7	29	201.0	42	281.9
4	94.5	17	148.9	30	221.4	43	296.0
5	106.7	18	149.0	31	221.5	44	304.3
6	119.6	19	151.5	32	222.2	45	348.6
7	125.4	20	154.0	33	229.6	46	360.3
8	125.5	21	159.4	34	232.6	47	361.0
9	132.7	22	164.0	35	233.5	48	362.9
10	136.8	23	170.6	36	235.6	49	370.2
11	138.9	24	179.6	37	240.3	50	470.0
12	139.6	25	179.9	38	258.1	51	565.9
13	141.6	26	186.6	39	261.2	52	840.7

3-1. 資料準備與整理 — 點繪法範例[2/3]

2. 計算超越機率

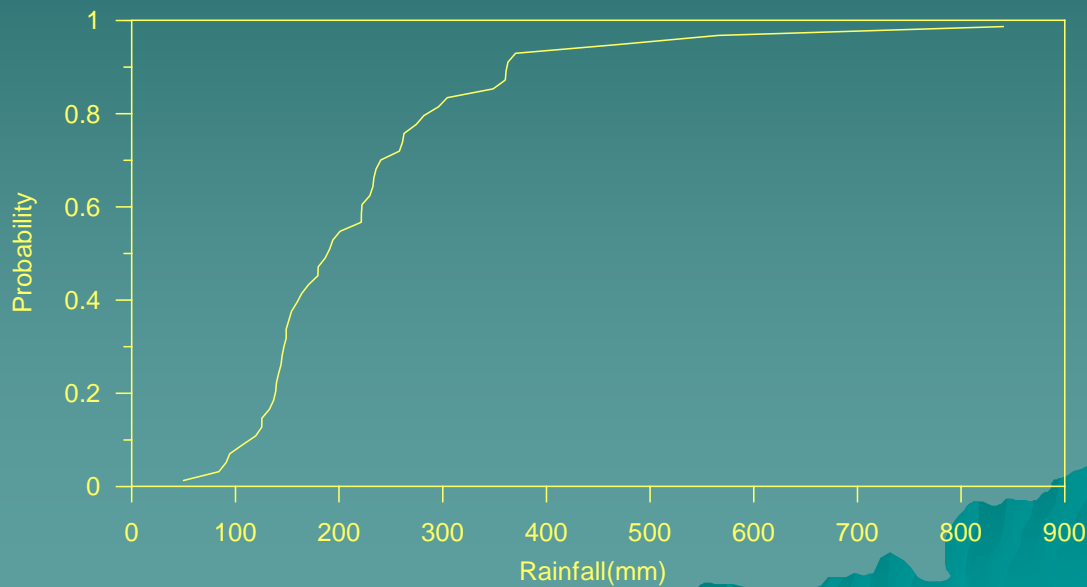
以虞國興(2001)
點繪公式為例

$$P = \frac{(i - 0.326)}{(n + 0.348)}$$

Rank	Rainfall (mm)	超越機率	Rank	Rainfall (mm)	超越機率	Rank	Rainfall (mm)	超越機率
1	50.0	0.0129	19	151.5	0.3567	37	240.3	0.7006
2	84.0	0.0320	20	154.0	0.3758	38	258.1	0.7197
3	91.1	0.0511	21	159.4	0.3949	39	261.2	0.7388
4	94.5	0.0702	22	164.0	0.4140	40	262.7	0.7579
5	106.7	0.0893	23	170.6	0.4331	41	274.5	0.7770
6	119.6	0.1084	24	179.6	0.4522	42	281.9	0.7961
7	125.4	0.1275	25	179.9	0.4714	43	296.0	0.8152
8	125.5	0.1466	26	186.6	0.4905	44	304.3	0.8343
9	132.7	0.1657	27	191.0	0.5096	45	348.6	0.8534
10	136.8	0.1848	28	193.9	0.5287	46	360.3	0.8725
11	138.9	0.2039	29	201.0	0.5478	47	361.0	0.8916
12	139.6	0.2230	30	221.4	0.5669	48	362.9	0.9107
13	141.6	0.2421	31	221.5	0.5860	49	370.2	0.9298
14	144.0	0.2612	32	222.2	0.6051	50	470.0	0.9489
15	145.0	0.2803	33	229.6	0.6242	51	565.9	0.9680
16	146.7	0.2994	34	232.6	0.6433	52	840.7	0.9871
17	148.9	0.3185	35	233.5	0.6624			
18	149.0	0.3376	36	235.6	0.6815			

3-1. 資料準備與整理 — 點繪法範例[3/3]

3. 繪超越機率圖於一般數學座標



20

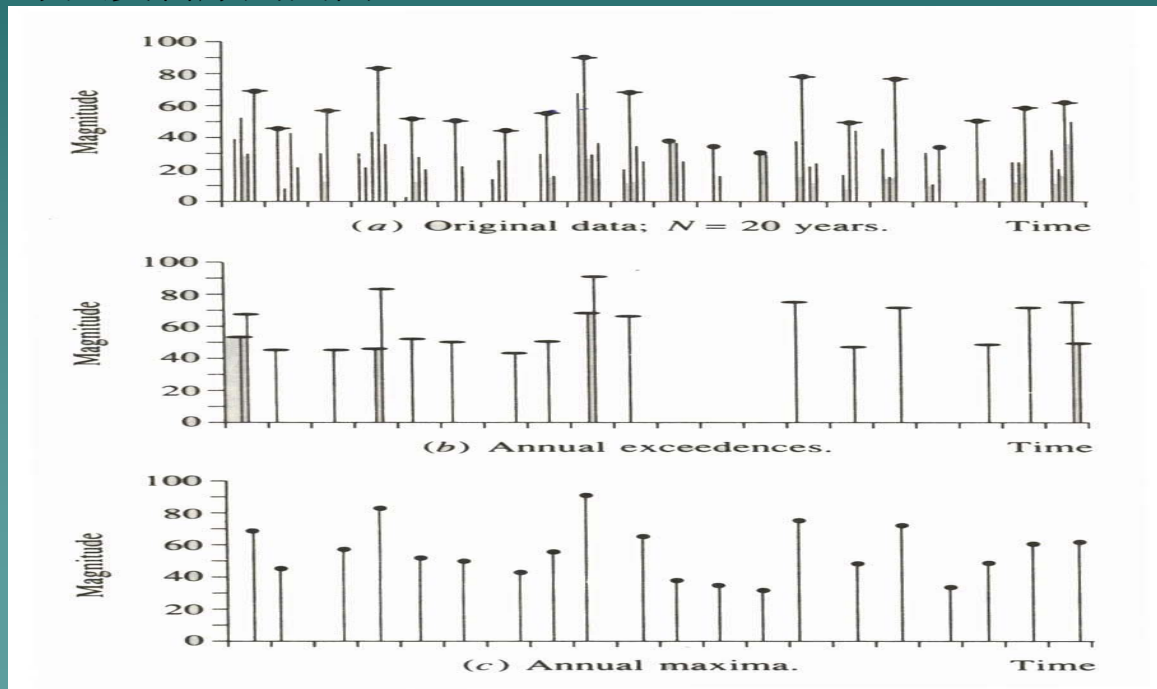
3-1. 資料準備與整理

- ◆ 資料序列之選擇
 - 年最大值選用法
 - 超過一定量選用法

21

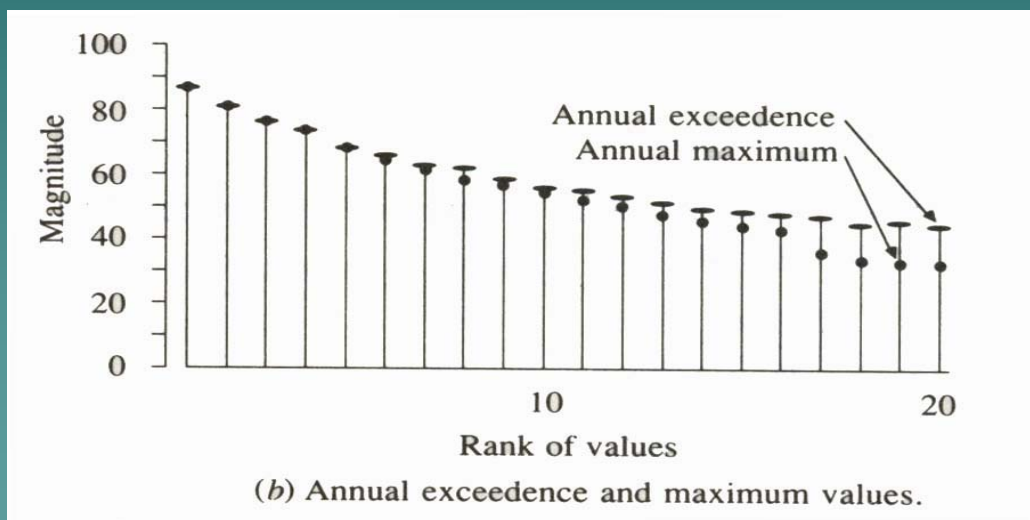
3-1. 資料準備與整理

◆ 水文資料序列圖例



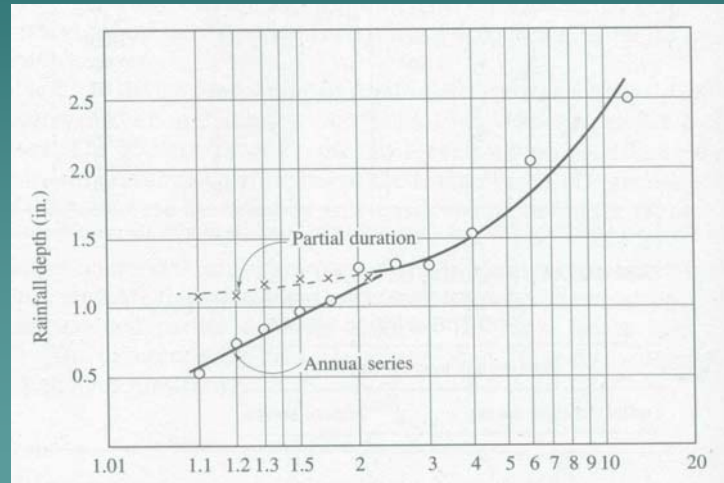
3-1. 資料準備與整理

◆ 年超越值與年最大值之比較



3-1. 資料準備與整理

- ◆ 年超越值與年最大值之比較



24

3-1. 資料準備與整理

- ◆ 特異值
 - 明顯偏離同一測站其他觀測值所呈現之趨勢
 - 如係觀測或人為造成之誤差 → 刪除
 - 如為實際發生之特大豪雨或洪水 → 保留

- ◆ 特異值之檢測

- 高特異值門檻值
 - 低特異值門檻值
- $$Y_H = \bar{y} + K_n \cdot s_Y$$
- $$Y_L = \bar{y} - K_n \cdot s_Y$$

25

3-1. 資料準備與整理

◆ 特異值之處理

— 依據偏態係數 g_Y 分成三種

(1). 若 $g_Y > 0.4$:

先檢測高特異值，再檢測低特異值

(2). 若 $g_Y < 0.4$:

先檢測低特異值，再檢測高特異值

(3). 若 g_Y 介於 ± 0.4 之間 :

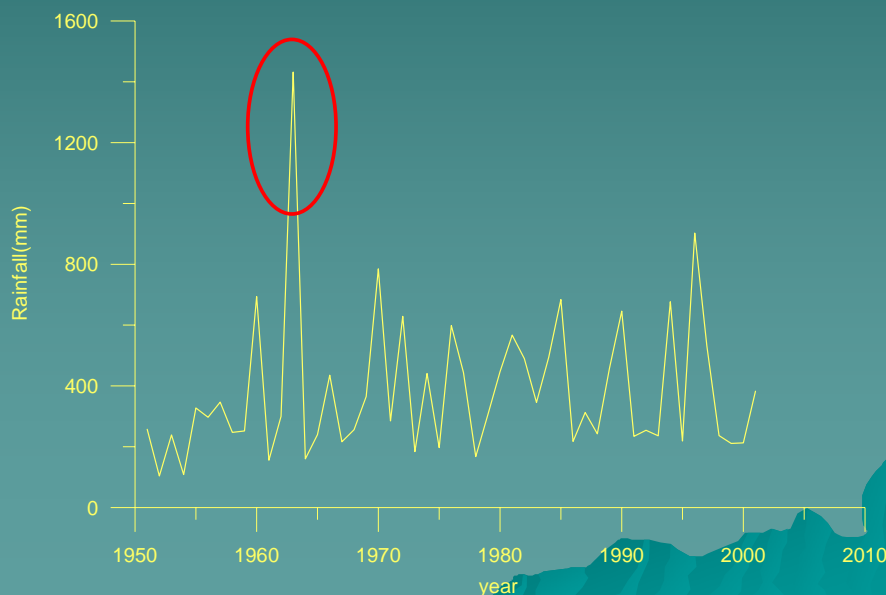
同時進行高、低特異值之檢測，若有高、低特異值，先處理低特異值，再處理高特異值

26

3-1. 資料準備與整理 — 有無特異值之影響[1/3]

◆ 以大安溪象鼻站降雨資料為例

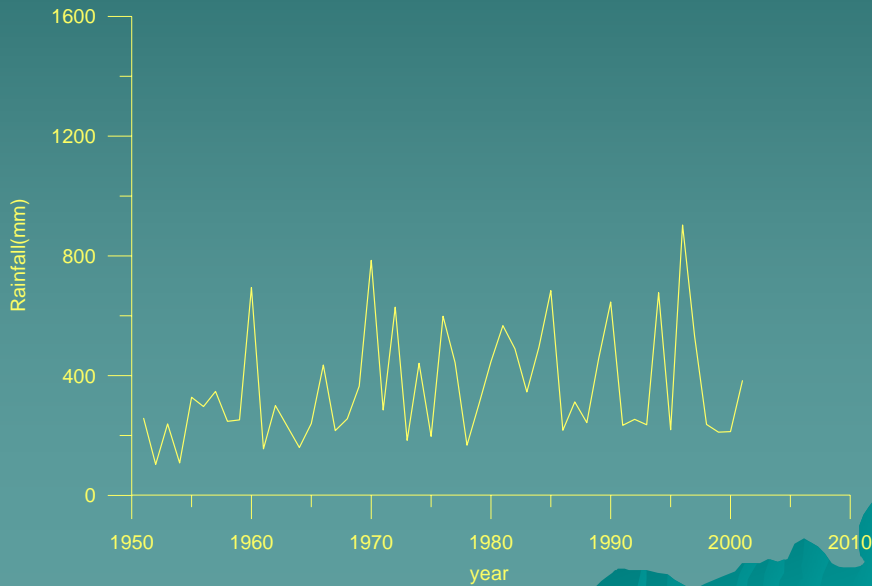
◆ 有特異值(1963年葛樂禮颱風)



27

3-1. 資料準備與整理 — 有無特異值之影響[2/3]

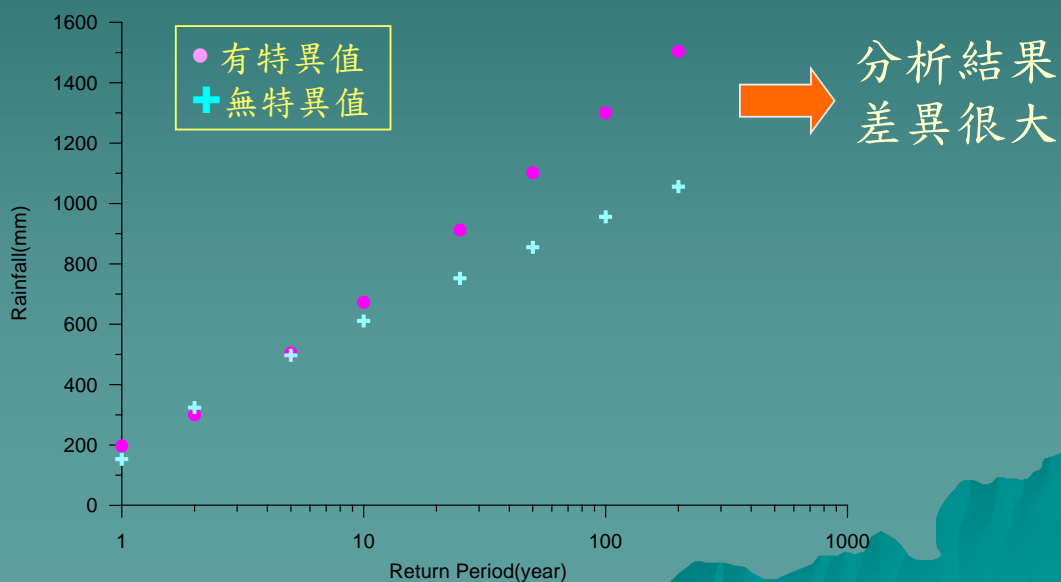
◆ 將特異值去除(將1963年資料去除)



28

3-1. 資料準備與整理 — 有無特異值之影響[3/3]

◆ 皮爾遜三型分布頻率分析結果



29

3-2. 統計參數之推估

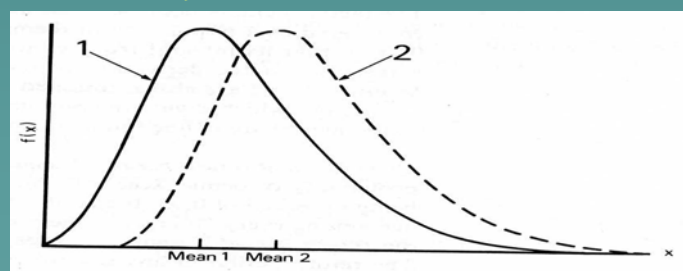
- ◆ 參數推估方法
 - 傳統動差法
 - 線性動差法

30

3-2. 統計參數之推估

- ◆ 統計參數
 - 用來描述觀測樣本之統計特性
 - 平均值
 - ◆ 描述觀測樣本之中間趨勢

平均值：
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$



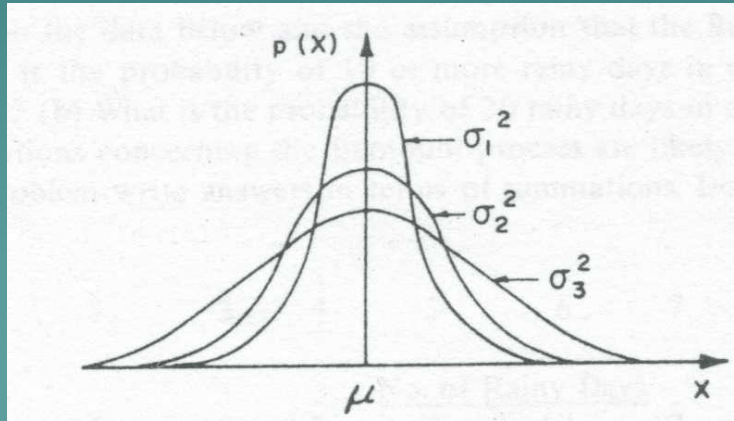
31

3-2. 統計參數之推估

— 標準偏差

- ◆ 描述觀測樣本之分散特性

$$\text{標準偏差： } S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$



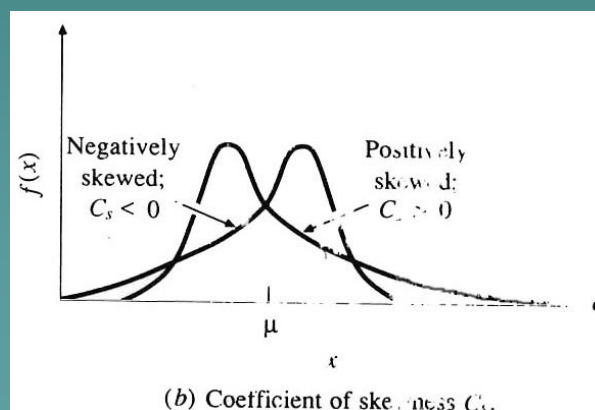
32

3-2. 統計參數之推估

— 偏態係數

- ◆ 描述觀測樣本之對稱特性

$$\text{偏態係數： } C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3}$$



33

3-2. 統計參數之推估

– 偏態係數

- ◆ 考慮選用資料之長度進行修正

$$\text{修正後偏態係數： } C_s' = C_s \times \left(1 + \frac{8.5}{n}\right)$$

34

3-2. 統計參數之推估

◆ 線性動差法

– 前三階線性動差：

$$\lambda_1 = \beta_0 = \bar{x}, \quad \lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0, \quad \lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0$$

$$\beta_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \binom{i-1}{r} X_i / \binom{n-1}{r}, \quad r = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

- 線性變異係數(τ_2)，線性偏態係數(τ_3)及線性峰度係數(τ_4)

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \quad \tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2}, \quad \tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2}$$

35

3-2. 統計參數之推估 — 線性動差法範例[1/3]

Year	1943	1941	1944	1945	1946	1947	1942	1940
Depth(in)	0.92	0.70	0.66	0.65	0.63	0.60	0.57	0.34
Rank	1	2	3	4	5	6	7	8

$$\bar{x} = \beta_0 = 0.6338$$

$$\beta_1 = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(n-j)X(j)}{n(n-1)}$$

$$= \frac{0.92 + (6/7) \times 0.70 + (5/7) \times 0.66 + \dots + 0 \times 0.34}{8} = 0.3607$$

$$\beta_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \frac{(n-j)(n-j-1)X(j)}{n(n-1)(n-2)}$$

$$= \frac{0.92 + (30/42) \times 0.70 + (20/42) \times 0.66 + \dots + 0 \times 0.57 + 0 \times 0.34}{8} = 0.2548$$

36

3-2. 統計參數之推估 — 線性動差法範例[2/3]

◆ 前三階線性動差

$$\lambda_1 = \beta_0 = 0.6338$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 = 2 \times 0.3607 - 0.6338 = 0.0877$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 = -0.0016$$

❖ 線性變異係數(τ_2)，線性偏態係數(τ_3)

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 0.138, \quad \tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} = -0.018$$

❖ 傳統動差法之平均值(\bar{x})、標準偏差(s)、變異係數(CV)、偏態係數(C_s)

$$\bar{x} = 0.6338, \quad s = 0.160, \quad CV = 0.252, \quad C_s = -0.088$$

37

3-3. 統計機率分布之介紹

- ◆ 統計機率分布：
 - 一般極端值分布(GEV)
 - 極端值一型分布(EV1)
 - 皮爾遜三型分布(PT3)
 - 對數皮爾遜三型分布(LPT3)
 - 三參數對數常態分布(LN3)

38

3-3. 統計機率分布之介紹

- ◆ 機率密度函數(Probability Density Function)
例. 常態分佈 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{x-\mu}{a} \right]^2}$

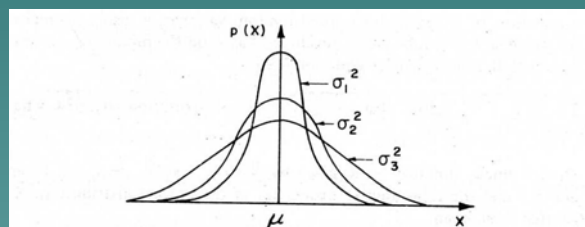


Fig. 5.1. Normal distributions with same mean and different variances.

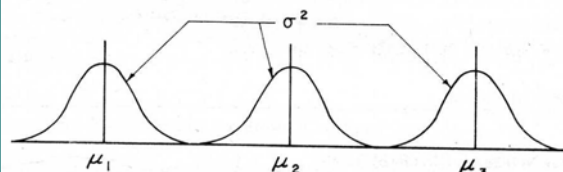


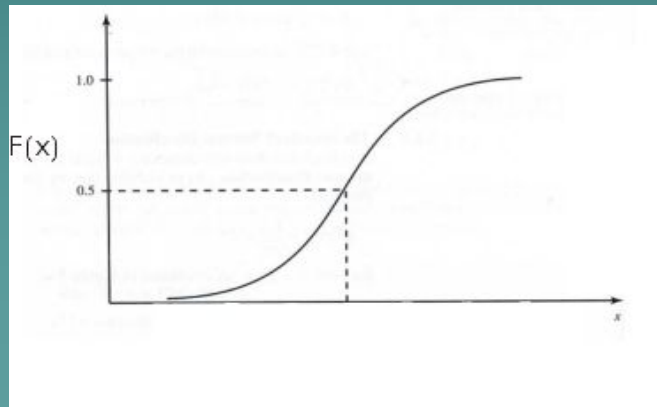
Fig. 5.2. Normal distributions with same variances and different means.

39

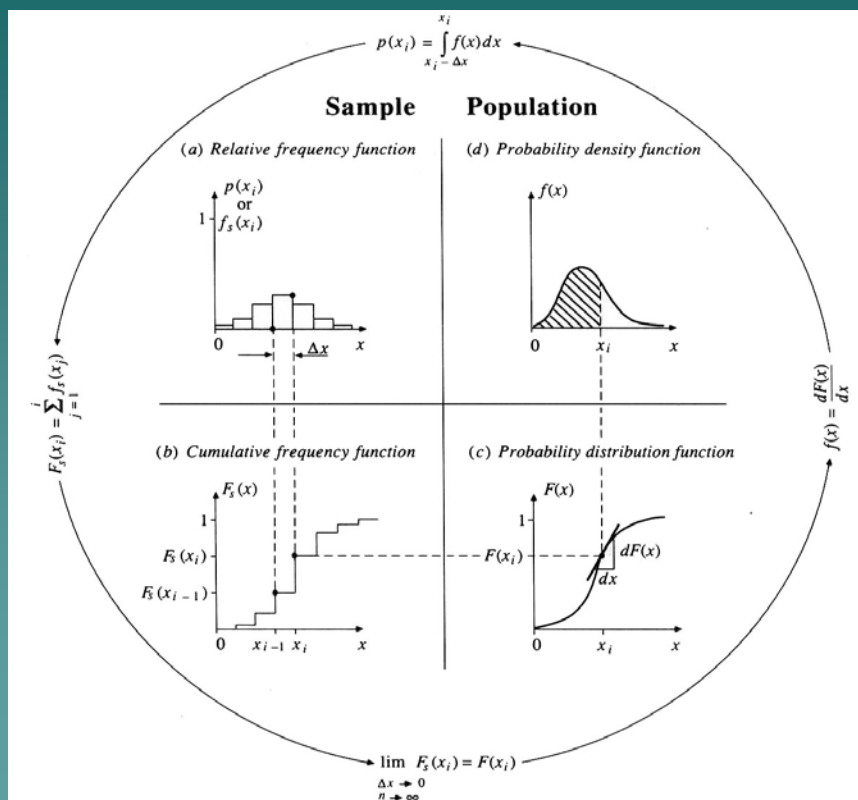
3-3. 統計機率分布之介紹

- ◆ 累積分布函數(Cumulative Distribution Function)

$$F(x) = \int f(x)dx = \int \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} \cdot \ell^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{a}\right]^2} dx$$



3-3. 統計機率分布之介紹



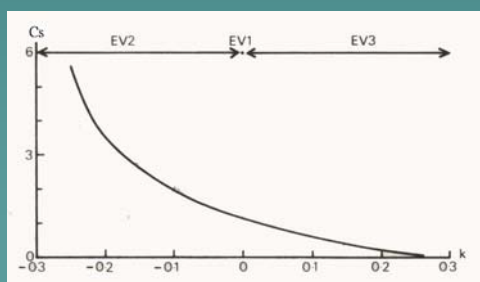
3-3-1. 一般極端值分布(GEV)

◆ 機率密度函數與累積分布函數

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{k(x-\mu)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{k}-1} \cdot \exp \left\{ - \left[1 - \frac{k(x-\mu)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{k}} \right\}$$

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 - \frac{k(x-\mu)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{k}} \right\}$$

型態參數 k 值可由下圖查得或由下式求得



$$C_s = \frac{\Gamma(1+3k) - 3\Gamma(1+2k)\Gamma(1+k) + 2\Gamma^3(1+k)}{[\Gamma(1+2k) - \Gamma^2(1+k)]^{3/2}}$$

形狀參數 k 與樣本偏態係數 C_s 之函數關係圖

42

3-3-1. 一般極端值分布(GEV)

◆ 頻率分析通式

$$x_T = \mu + \left(\frac{1-y}{k} \right) \alpha$$

$$y = \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k$$

❖ 參數推估值

$$\alpha = -kB, \quad \mu = A + B$$

$$A = \bar{x} - B \cdot E(y), \quad B = \left[\frac{s^2}{\text{Var}(y)} \right]^{1/2}$$

$$E(y) = \pm \Gamma(1+k) \quad (\text{EV2時取“+”，EV3時取“-”})$$

$$\text{Var}(y) = \Gamma(1+2k) - \Gamma^2(1+k)$$

43

3-3-2. 極端值一型分布(EV1)

◆ 機率密度函數與累積分布函數

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-\mu}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right]$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right]$$

❖ 頻率分析通式

$$x_T = \mu + \alpha y$$

$$y = -\ln\left[-\ln\frac{T}{T-1}\right]$$

❖ 參數推估值

$$\mu = 0.78s, \quad \alpha = \bar{x} - 0.45s$$

44

3-3-3. 皮爾遜第三型分布(PT3)

◆ 機率密度函數與累積分布函數

$$f(x) = \frac{1}{\theta \Gamma(\beta)} \left(\frac{x-\gamma}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\theta}\right)}$$

$$F(x) = \frac{1}{\theta \Gamma(\beta)} \int_0^{x-\gamma} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\theta}\right)} \left(\frac{x-\gamma}{\theta}\right)^{\beta-1} dx$$

❖ 頻率分析通式

$$x_T = \bar{x} + K_T s$$

$$K_T = t + (t^2 - 1) \frac{C'_s}{6} + \frac{1}{3} (t^3 - 6t) \left(\frac{C'_s}{6}\right)^2 - (t^2 - 1) \left(\frac{C'_s}{6}\right)^3 + t \left(\frac{C'_s}{6}\right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{C'_s}{6}\right)^5$$

t : 標準常態值

C'_s : 修正後偏態係數

45

3-3-3. 皮爾遜第三型分布(PT3)

– 標準常態值 t 之計算

$$t \approx W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_0W + d_1W^2 + d_2W^3}, \quad W = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{P^2}\right)}, \quad 0 < P \leq 0.5$$

$$t \approx -\left(W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_0W + d_1W^2 + d_2W^3}\right), \quad W = \sqrt{\ln\left[\frac{1}{(1-P)^2}\right]}, \quad P > 0.5$$

其中 P 為超越機率

$$C_0 = 2.515517 \quad C_1 = 0.802853 \quad C_2 = 0.010328$$

$$d_0 = 1.432788 \quad d_1 = 0.189269 \quad d_2 = 0.001308$$

46

3-3-3. 皮爾遜第三型分布(PT3)

◆ 參數推估值

偏態係數為正時

偏態係數為負時

$$\theta = s/\sqrt{\beta}$$

$$\theta = -s/\sqrt{\beta}$$

$$\beta = (2/Cs)^2$$

$$\beta = (2/Cs)^2$$

$$\gamma = \bar{x} - s\sqrt{\beta}$$

$$\gamma = \bar{x} + s\sqrt{\beta}$$

47

3-3-4. 對數皮爾遜第三型分布 (PT3)

◆ 機率密度函數

$$f(x) = \frac{1}{\theta x \Gamma(\beta_y)} \left(\frac{\ln x - \gamma_y}{\theta_y} \right)^{\beta_y - 1} e^{-\left(\frac{\ln x - \gamma_y}{\theta_y} \right)}$$

❖ 頻率分析通式

$$y_T = \bar{y} + K_T s_y$$

$$K_T = t + (t^2 - 1) \frac{C'_{s_y}}{6} + \frac{1}{3} (t^3 - 6t) \left(\frac{C'_{s_y}}{6} \right)^2 - (t^2 - 1) \left(\frac{C'_{s_y}}{6} \right)^3 + t \left(\frac{C'_{s_y}}{6} \right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{C'_{s_y}}{6} \right)^5$$

❖ 參數推估值

➢ 同皮爾遜第三型

48

3-3-5. 三參數對數常態分布(LN3)

◆ 機率密度函數

$$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[\ln(x-a) - \mu_y]^2}{2\sigma_y^2}}$$

❖ 運算步驟如下：

▪ 推估平均值 \bar{x} 、標準偏差 s

▪ 計算 $Z_1 = \frac{s}{\bar{x}}$

▪ 求得 γ_1 、 ω 、 Z_2

▪ 代入頻率因子式 $K_T = \frac{e^{[\ln(1+Z_2^2)]^{1/2} t - [\ln(1+Z_2^2)]/2} - 1.0}{Z_2}$

▪ 由頻率方程式， $x_T = \bar{x} + K_T s$ ，即可得重現期水流量 49

3-4. 統計機率分布之選擇

- ◆ 機率分布之適用性
 - 是否通過卡方(χ^2)檢定與K-S檢定
 - SE 及 U 兩個誤差指標值之最小值
- ◆ 卡方(χ^2)檢定
 - 比較各組距之觀測數(O_i)與推估數(E_i)

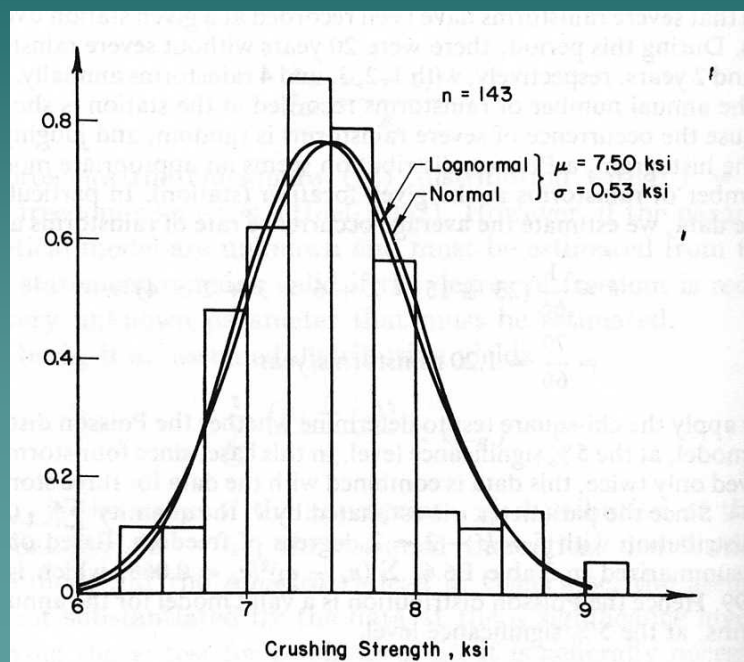
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

若 $\chi^2 > \chi^2_{1-\alpha, k-p-1}$ ，則所選的分布不適合

α 為信賴區間， k 為組數， p 為統計分佈的參數

50

3-4. 統計機率分布之選擇



51

3-4. 統計機率分布之選擇 — 卡方(χ^2)檢定 範例[1/4]

◆ 求出平均值及偏差係數

平均值：

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 2158.503$$

標準偏差：

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = 631.369$$

降雨量(mm)	觀測次數
800-1300	4
1300-1800	7
1800-2300	13
2300-2800	11
2800-3300	5
3300-3800	1
Total	41

52

3-4. 統計機率分布之選擇 — 卡方(χ^2)檢定 範例[2/4]

◆ 計算各組限的累積機率

降雨量(mm)	觀測次數(O_i)	相對機率	累積機率
800-1300	4	0.0975	0.0975
1300-1800	7	0.1707	0.2682
1800-2300	13	0.3171	0.5853
2300-2800	11	0.2683	0.8536
2800-3300	5	0.1220	0.9756
3300-3800	1	0.0244	1.000
Total	41	1.0000	—

53

3-4. 統計機率分布之選擇 — 卡方(χ^2)檢定 範例[3/4]

- ◆ 求出各組限理論機率的次數
 - 以常態分佈為例，計算理論機率
 - 理論次數 = 理論機率 × 總次數

降雨量(mm)	觀測次數(O_i)	理論機 率	理論值 (E_i)
800-1300	4	0.0711	2.9151
1300-1800	7	0.1974	8.0934
1800-2300	13	0.3102	12.7182
2300-2800	11	0.2590	10.6190
2800-3300	5	0.1187	4.8667
3300-3800	1	0.0305	1.2505
Total	41	0.9869	40.4629

54

3-4. 統計機率分布之選擇 — 卡方(χ^2)檢定 範例[4/4]

- ◆ 計算 χ^2

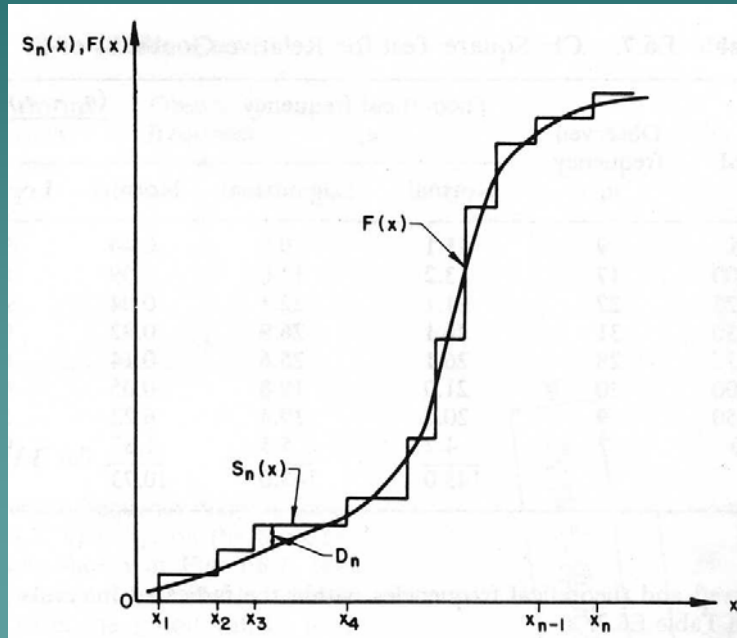
降雨量(mm)	觀測次數(O_i)	理論值 (E_i)	$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
800-1300	4	2.9151	0.4038
1300-1800	7	8.0934	0.1477
1800-2300	13	12.7182	0.0062
2300-2800	11	10.6190	0.0137
2800-3300	5	4.8667	0.0037
3300-3800	1	1.2505	0.0502
Total	41	40.4629	0.6252

❖ 檢查是否 $\chi^2 > \chi_{1-\alpha, k-p-1}^2$

➢ $\chi^2 = 0.6252 < \chi_{0.05, 6-3}^2 = 7.81$ 通過檢定

55

3-4. 統計機率分布之選擇 — 卡方(χ^2)檢定 範例[4/4]



56

3-4. 統計機率分布之選擇

◆ K-S檢定

- 比較觀測累積機率 $S(x)$ 與理論累積機率 $P(x)$ 差異
- 取最大值 $D = \max |P(x) - S(x)|$
- 若 D 大於臨界值 D^α ，則所選的分布不適合

57

3-4. 統計機率分布之選擇 — K-S檢定範例 [1/5]

- ◆ 將觀測資料由小至大排序

Rank	Rainfall (mm)	Rank	Rainfall (mm)	Rank	Rainfall (mm)	Rank	Rainfall (mm)
1	814.0	12	1859.4	23	2261.7	34	2611.6
2	1074.2	13	1900.0	24	2272.8	35	2636.5
3	1176.0	14	1909.4	25	2340.0	36	2812.0
4	1219.3	15	1920.0	26	2402.0	37	2956.3
5	1373.4	16	2000.0	27	2414.2	38	3043.0
6	1390.2	17	2100.53	28	2501.0	39	3071.0
7	1448.2	18	2151.6	29	2513.9	40	3204.5
8	1514.0	19	2172.0	30	2519.8	41	3748.1
9	1543.0	20	2198.2	31	2538.5		
10	1619.0	21	2209.0	32	2548.4		
11	1672.7	22	2258.0	33	2581.2		

58

3-4. 統計機率分布之選擇 — K-S檢定範例 [2/5]

- ◆ 計算觀測累積機率 $S(x) = \text{rank}/n$

Rank	Rainfall (mm)	超越機率	Rank	Rainfall (mm)	超越機率	Rank	Rainfall (mm)	超越機率
1	814.0	0.0244	15	1920.0	0.3659	29	2513.9	0.7073
2	1074.2	0.0488	16	2000.0	0.3902	30	2519.8	0.7317
3	1176.0	0.0732	17	2100.53	0.4146	31	2538.5	0.7561
4	1219.3	0.0976	18	2151.6	0.4390	32	2548.4	0.7805
5	1373.4	0.1220	19	2172.0	0.4634	33	2581.2	0.8049
6	1390.2	0.1463	20	2198.2	0.4878	34	2611.6	0.8293
7	1448.2	0.1707	21	2209.0	0.5122	35	2636.5	0.8537
8	1514.0	0.1951	22	2258.0	0.5366	36	2812.0	0.8780
9	1543.0	0.2195	23	2261.7	0.5610	37	2956.3	0.9024
10	1619.0	0.2439	24	2272.8	0.5854	38	3043.0	0.9268
11	1672.7	0.2683	25	2340.0	0.6098	39	3071.0	0.9512
12	1859.4	0.2927	26	2402.0	0.6341	40	3204.5	0.9756
13	1900.0	0.3171	27	2414.2	0.6585	41	3748.1	1.0000
14	1909.4	0.3415	28	2501.0	0.6829			

59

3-4. 統計機率分布之選擇 — K-S檢定範例 [3/5]

◆ 計算理論累積機率 $P(x)$

Rank	Rainfall (mm)	P(x)	Rank	Rainfall (mm)	P(x)	Rank	Rainfall (mm)	P(x)
1	814.0	0.0165	15	1920.0	0.3526	29	2513.9	0.7135
2	1074.2	0.0427	16	2000.0	0.4009	30	2519.8	0.7166
3	1176.0	0.0597	17	2100.53	0.4637	31	2538.5	0.7265
4	1219.3	0.0684	18	2151.6	0.4957	32	2548.4	0.7317
5	1373.4	0.1070	19	2172.0	0.5084	33	2581.2	0.7485
6	1390.2	0.1120	20	2198.2	0.5249	34	2611.6	0.7636
7	1448.2	0.1305	21	2209.0	0.5316	35	2636.5	0.7755
8	1514.0	0.1539	22	2258.0	0.5624	36	2812.0	0.8494
9	1543.0	0.1650	23	2261.7	0.5647	37	2956.3	0.8967
10	1619.0	0.1965	24	2272.8	0.5717	38	3043.0	0.9194
11	1672.7	0.2208	25	2340.0	0.6132	39	3071.0	0.9258
12	1859.4	0.3176	26	2402.0	0.6503	40	3204.5	0.9514
13	1900.0	0.3409	27	2414.2	0.6575	41	3748.1	0.9940
14	1909.4	0.3464	28	2501.0	0.7065			

60

3-4. 統計機率分布之選擇 — K-S檢定範例 [4/5]

◆ 計算 $|P(x) - S(x)|$ ，並求

$$D = \max |P(x) - S(x)|$$

RANK	rain(x)	S(x)	P(x)	P(x)-S(x)	RANK	rain(x)	S(x)	P(x)	P(x)-S(x)
1	814.0	0.0244	0.0165	0.0079	22	2258.0	0.5366	0.5624	0.0258
2	1074.2	0.0488	0.0427	0.0060	23	2261.7	0.5610	0.5647	0.0038
3	1176.0	0.0732	0.0597	0.0135	24	2272.8	0.5854	0.5717	0.0137
4	1219.3	0.0976	0.0684	0.0292	25	2340.0	0.6098	0.6132	0.0034
5	1373.4	0.1220	0.1070	0.0149	26	2402.0	0.6341	0.6503	0.0162
6	1390.2	0.1463	0.1120	0.0343	27	2414.2	0.6585	0.6575	0.0011
7	1448.2	0.1707	0.1305	0.0402	28	2501.0	0.6829	0.7065	0.0235
8	1514.0	0.1951	0.1539	0.0412	29	2513.9	0.7073	0.7135	0.0061
9	1543.0	0.2195	0.1650	0.0545	30	2519.8	0.7317	0.7166	0.0151
10	1619.0	0.2439	0.1965	0.0474	31	2538.5	0.7561	0.7265	0.0296
11	1672.7	0.2683	0.2208	0.0475	32	2548.4	0.7805	0.7317	0.0488
12	1859.4	0.2927	0.3176	0.0249	33	2581.2	0.8049	0.7485	0.0564
13	1900.0	0.3171	0.3409	0.0238	34	2611.6	0.8293	0.7636	0.0657
14	1909.4	0.3415	0.3464	0.0049	35	2636.5	0.8537	0.7755	0.0782
15	1920.0	0.3659	0.3526	0.0132	36	2812.0	0.8780	0.8494	0.0286
16	2000.0	0.3902	0.4009	0.0107	37	2956.3	0.9024	0.8967	0.0058
17	2100.5	0.4146	0.4637	0.0490	38	3043.0	0.9268	0.9194	0.0075
18	2151.6	0.4390	0.4957	0.0567	39	3071.0	0.9512	0.9258	0.0254
19	2172.0	0.4634	0.5084	0.0450	40	3204.5	0.9756	0.9514	0.0242
20	2198.2	0.4878	0.5249	0.0371	41	3748.1	1.0000	0.9940	0.0060
21	2209.0	0.5122	0.5316	0.0195					

$$D = \max |P(x) - S(x)| = 0.0782$$

61

3-4. 統計機率分布之選擇 — K-S檢定範例 [1/5]

- ◆ 檢查是否 $D > D^\alpha$
– $0.0782 < 2.21$
通過檢定

62

3-4. 統計機率分布之選擇

- ◆ 統計分布選用準則

$$SE = \left[\frac{\sum (X_i - \hat{X}_i)^2}{N} \right]^{1/2} \quad U = \frac{\left[\sum (X_i - \hat{X}_i)^2 / N \right]^{1/2}}{\left(\sum X_i^2 / N \right)^{1/2} + \left(\sum \hat{X}_i^2 / N \right)^{1/2}}$$

N ：觀測資料個數

X_i ：第 i 個觀測樣本資料

\hat{X}_i ：利用點繪公式計算第 i 個觀測樣本 X_i 累積機率，再由選用之統計分佈估算對應該累積機率之水文量 \hat{X}_i

63

3-4. 統計機率分布之選擇

◆ 統計分布選用準則

- 依據SE及U兩個誤差指標值求得最佳統計分布
- 與最佳統計分布誤差指標值相差5%以內之分布，皆選定為適合之統計分布
- 各雨量站同時適合SE及U兩個誤差指標值之統計分布，選定為該雨量站之最適合分布

四、計算範例

◆ 高屏溪民族站

民族各延時年最大降雨強度

Year	Duration									
	10 min	30 min	60 min	90 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min	2880 min
1977	112.8	83.2	73.2	73.2	65.4	65.2	51.8	31.6	24.1	15.9
1978	115.2	115.0	79.7	55.0	42.0	28.3	19.8	16.7	15.3	13.9
1979	115.8	93.0	64.1	44.7	33.8	28.3	21.7	14.3	11.6	6.0
1980	132.0	78.0	53.0	36.7	33.5	25.3	23.2	20.8	15.6	8.0
1981	156.0	112.0	101.0	88.7	72.5	55.7	41.5	27.9	20.0	15.0
1982	174.0	104.0	85.0	72.0	58.0	49.3	33.0	24.3	19.6	18.1
1983	114.0	74.0	56.0	39.3	31.0	25.3	18.8	13.5	9.4	6.7
1984	138.0	116.0	96.0	84.0	72.5	64.0	47.7	25.1	12.7	7.5
1985	126.0	96.0	65.0	54.7	47.0	35.7	25.7	25.2	17.4	10.0
1986	90.0	60.0	54.0	43.3	37.0	28.7	25.5	17.6	9.5	4.8
1987	108.0	72.0	62.0	55.3	44.5	34.3	25.2	17.0	13.5	7.7
1988	132.0	82.0	75.0	63.3	60.0	54.7	37.2	28.2	20.0	12.8
1989	126.0	88.0	76.0	72.0	65.0	51.0	39.3	33.4	21.7	12.0
1990	126.0	60.0	52.0	38.7	34.5	29.7	21.7	17.0	13.2	8.5
1991	108.0	72.0	46.0	36.0	33.0	32.7	24.8	20.5	13.8	9.3
1992	120.0	78.0	74.0	66.7	60.0	45.7	33.3	28.8	21.2	11.8
1993	126.0	64.0	45.0	40.0	34.0	28.3	16.3	12.9	8.8	5.4
1994	114.0	76.0	56.0	42.7	32.5	21.7	18.0	12.0	9.3	7.1
1995	102.0	82.0	60.0	40.0	30.5	20.7	19.5	11.8	9.0	5.5
1996	108.0	84.0	60.0	59.3	54.5	52.7	44.7	35.3	28.7	17.4
1997	96.0	88.0	55.0	38.0	30.0	24.0	16.7	11.1	7.6	5.4
1998	120.0	70.0	55.0	46.7	39.5	39.3	27.7	16.4	11.9	6.5
1999	132.0	114.0	77.0	60.0	46.0	36.3	26.5	18.6	9.5	5.3

四、計算範例

步驟一：計算相關統計參數(以60分鐘為例)

$$\text{平均值： } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1520}{23} = 66.087$$

$$\text{標準偏差： } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{4975.996}{22}} = 15.039$$

$$\text{偏態係數： } C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{s^3} \right] = 0.774$$

$$\text{修正後： } C_s' = C_s \times \frac{[n(n-1)]^{1/2}}{n-2} \times \left(1 + \frac{8.5}{n} \right) = 1.1355$$

66

四、計算範例

步驟二：計算頻率因子 K_T 值

(a)GEV

$C_s' = 1.1355$ 查 C_s' 與 k 關係圖

$$k = -1.5133 \times 10^{-2}$$

$$E(y) = \Gamma(1+k) = 1.008965$$

$$\text{Var}(y) = \Gamma(1+2k) - \Gamma^2(1+k) = 3.9230 \times 10^{-4}$$

$$B = \left[\frac{S^2}{\text{Var}(y)} \right]^{1/2} = \left[\frac{15.039^2}{3.923 \times 10^{-4}} \right]^{1/2} = 759.312$$

67

四、計算範例

$$A = \bar{X} - B \cdot E(y) = 66.087 - 759.312 \times 1.008965 = -700.033$$

$$\alpha = -kB = -(-1.5133 \times 10^{-2})(759.312) = 11.491$$

$$\mu = A + B = -700.033 + 759.312 = 59.279$$

$$y = \left[\ln \frac{5}{5-1} \right]^k = \left(\ln \frac{5}{4} \right)^{-1.5133 \times 10^{-2}} = 1.0230$$

$$X_T = \mu + \left(\frac{1-y}{k} \right) \cdot \alpha = 59.279 + \left(\frac{1-1.0230}{-1.5133 \times 10^{-2}} \right) \cdot 11.491 = 76.74$$

68

四、計算範例

(b)EV1

$$K_T = -0.7797 \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} = 0.72$$

(c)PT3

$$\begin{aligned} K_T &= t + (t^2 - 1) \frac{C'_s}{6} + \frac{1}{3} (t^3 - 6t) \left(\frac{C'_s}{6} \right)^2 - (t^2 - 1) \left(\frac{C'_s}{6} \right)^3 + t \left(\frac{C'_s}{6} \right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{C'_s}{6} \right)^5 \\ &= 0.74 \end{aligned}$$

69

四、計算範例

(d)LPT3

樣本取對數後計算各相關統計參數：

$$\text{平均值} : \bar{x} = 1.81$$

$$\text{標準偏} \quad S = 0.095$$

$$\text{偏態係數} : C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{S^3} \right] = 0.358$$

$$\text{修正偏態係數} : C'_s = C_s \times \frac{[n(n-1)]^{1/2}}{n-2} \times \left[1 + \frac{8.5}{n} \right] = 0.521$$

$$K_T = t + (t^2 - 1) \frac{C'_s}{6} + \frac{1}{3} (t^3 - 6t) \left[\frac{C'_s}{6} \right]^2 - (t^2 - 1) \left[\frac{C'_s}{6} \right]^3 + t \left[\frac{C'_s}{6} \right]^4 + \frac{1}{3} \left[\frac{C'_s}{6} \right]^4 = 0.805$$

70

四、計算範例

步驟三：由計算不同頻率分布之水文量

(a)GEV

$$X_T = \mu + \left(\frac{1-y}{k} \right) \cdot \alpha = 59.279 + \left(\frac{1-1.0230}{-1.5133 \times 10^{-2}} \right) \cdot 11.491 = 76.74$$

(b)EV1

$$X^1 = \underline{X} + K^1 * 2 = 99.081 + 0.15 * 12.04 = 120.65$$

(c)PT3

$$X^1 = \underline{X} + K^1 * 2 = 99.08 + 0.14 * 12.04 = 117.81$$

(d)LPT3

$$X'_T = \bar{X} + K_T * S = 1.81 + 0.805 * 0.095 = 1.887$$

$$X_T = 10^{1.887} = 77.09$$

71

四、計算範例

步驟四：重複步驟一至三，計算不同重現期距之水文量

✓各分布計算結果如下表所示(以60分鐘為例)。

統計分布	重現期距						
	2	5	10	25	50	100	200
EV1	64	77	90	103	113	123	132
GEV	64	77	86	97	105	114	123
PT3	63	77	86	97	105	113	121
LPT3	63	77	86	98	108	117	127
LN3	64	77	86	97	105	113	121

步驟五：同理重複步驟一至四，可得各延時之水文量

72

四、計算範例

步驟六：以誤差指標SE及U進行最佳頻率分布適合度之選用

SE指標：

延時	EV1	GEV	PT3	LPT3	LN3
10 分鐘	4.3203	3.9270	4.3459	3.8719	4.0246
30 分鐘	4.5931	3.8053	3.7596	3.8877	3.8138
60 分鐘	2.8439	2.5780	2.4123	2.4227	2.5053
90 分鐘	3.6937	3.3122	3.1188	3.3705	3.2809
2 小時	4.3577	3.9327	3.8051	4.2600	2.9225
3 小時	3.5222	3.1303	3.0075	3.4290	3.1144
6 小時	2.2667	2.0660	1.8581	2.1346	2.0047
12 小時	1.7313	1.3950	1.3767	1.5168	1.4127
24 小時	1.1497	1.0448	0.9535	1.0193	1.0088
48 小時	1.0355	0.9537	0.8711	1.0690	0.9257
平均	2.9514	2.6145	2.5509	2.6982	2.6013

73

四、計算範例

U指標：

延時	EV1	GEV	PT3	LPT3	LN3
10 分鐘	1.6777	1.4966	1.6563	1.4744	1.5338
30 分鐘	2.5146	2.0460	2.0215	2.0896	2.0507
60 分鐘	1.9977	1.7830	1.6678	1.6739	1.7322
90 分鐘	3.1013	2.7452	2.5848	2.7917	2.7194
2 小時	4.3019	3.8354	3.7108	4.1529	3.8257
3 小時	4.1262	3.6330	3.4902	3.9742	3.6149
6 小時	3.5260	3.1904	2.8683	3.2900	3.0952
12 小時	3.7140	2.9599	2.9214	3.2146	2.9981
24 小時	3.4125	3.0816	2.8094	2.9965	2.9729
48 小時	4.6899	4.3069	3.9291	4.8088	4.1769
平均	3.3062	2.9078	2.7660	3.0467	2.8720

步驟七：綜合判斷以PT3應用於民族站為最佳之統計分布₄

四、計算範例

步驟八：推求Horner參數 a 、 b 、 c

(1).以重現 $T = 2$ 為例， $\log(117)=2.068$ ，假設 $b = 1$ ，

$\log(10+1)=1.041393$ ，各延時計算如下表

(2).代入Horner之關係式為： $\log I_t = \log a - c \log(t + b)$ 。

(3).以最小二乘法，計算 $\log a = 5.985$ 及 $c = 0.462$ 。

(4).將 a 、 b 及 c 代入Horner公式中，重新計算得 \hat{I}_t ，如下表所示。

四、計算範例

延時 t	I _t	t+1	Log(I _t)	Log(t+1)	\hat{I}_t	$\left(\frac{I_t - \hat{I}_t}{I_t}\right)^2$
10	117	11	2.068186	1.041393	131.3884	0.01512353
30	83	31	1.919078	1.491362	81.43082	0.00035743
60	63	61	1.799341	1.78533	59.5734	0.00295832
90	52	90	1.716003	1.959041	49.52712	0.00226151
120	44	120	1.643453	2.082785	43.42159	0.00017281
180	36	180	1.556303	2.257679	36.05378	0.00000223
360	27	360	1.431364	2.557507	26.21249	0.00085072
720	20	720	1.30103	2.857935	19.04535	0.00227839
1440	14	1440	1.146128	3.158664	13.83347	0.00014149
2880	9	2880	0.954243	3.459543	10.04624	0.01351380

$$\Sigma = 0.03766$$

(5). 計算目標函數 $Obj = \sum \left(\frac{I_t - \hat{I}_t}{I_t} \right)^2 = 0.03766$

76

四、計算範例

(6). 重覆步驟(1)至(5)，以試誤法求取最小目標函數得重現期距2年之 $b=10.16$ 值及相對應之 $a=539.36$ 與 $c=0.5084$ 值。

(7). 重覆步驟(1)至(6)，可得各重現期距之參數。

✓ 民族站 Horner 公式中之參數：

重現期距 T	Horner 公式
2	$I=539.36/(t+10.16)^{0.5084}$
5	$I=624.05/(t+14.77)^{0.4828}$
10	$I=681.21/(t+17.23)^{0.4720}$
25	$I=751.84/(t+19.74)^{0.4621}$
50	$I=802.02/(t+21.21)^{0.4564}$
100	$I=849.87/(t+22.40)^{0.4515}$
200	$I=895.60/(t+23.34)^{0.4472}$

77

四、計算範例一 查詢系統之介紹

❖ 「頻率分析結果查詢」主視窗


台灣地區頻率分析結果查詢系統

雨量站歷年年最大降雨強度檔

各雨量站頻率分析結果

降雨強度·延時·頻率公式

離開程式



台灣地區頻率分析結果查詢系統 程式設計：游保杉、陳信彰 國立成功大學水利系水文資訊室 鍵盤上 Caps Lock 的狀態 2001/10/29 AM 10:20


四、計算範例一 查詢系統之介紹

❖ 「北區站況表」子視窗

北區站況表

站名：陽隆

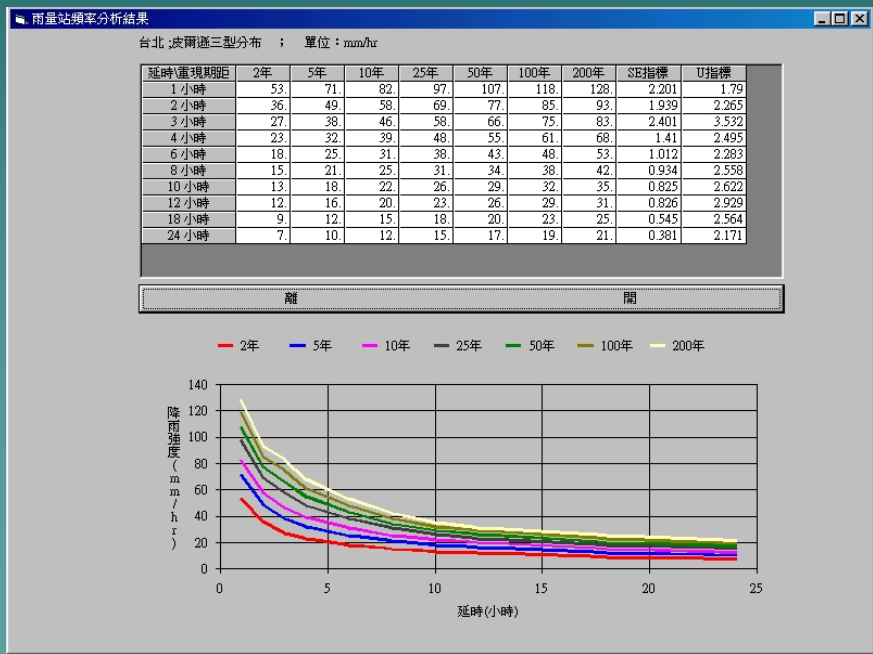
站名	TMX	TMY	高程(m)	所屬單位
大元山	315840.4	2717946.8	1180.0	臺灣電力公司
大約	292053.1	2758488.7	600.0	臺灣省水利局
山腳	317537.6	2716108.9	750.0	臺灣電力公司
中正橋	301443.1	2768253.0	5.0	臺灣省水利局
五堵	319464.2	2774917.4	16.0	臺灣省水利局
太閤南	264118.2	2724074.9	940.0	臺灣省水利局
火燒寮	325371.9	2765687.0	380.0	臺灣省水利局
冬山	329471.6	2725709.9	5.0	臺灣省水利局
古魯	319207.8	2719809.2	400.0	臺灣電力公司
台北(5)	303820.6	2769575.6	8.0	臺灣省水利局
李義(阿玉壩)	307269.4	2749292.0	215.0	臺灣電力公司
坪林(4)	321071.0	2759137.0	200.0	臺灣省水利局
林口(1)	287176.0	2774609.0	246.0	臺灣省水利局
武塔	327935.0	2705261.0	32.0	臺灣省水利局
南山	287651.0	2703661.0	1050.0	臺灣省水利局
乾溝	312289.3	2756698.2	120.0	臺灣電力公司
苑坑(2)	302431.0	2722250.0	300.0	臺灣省水利局
桶後	314015.7	2747475.6	600.0	臺灣電力公司
梅花	269987.0	2730358.0	560.0	臺灣省水利局
清泉	260128.0	2719641.0	560.0	臺灣省水利局
烏嘴山	277702.0	2738156.0	770.0	臺灣省水利局
新北城	324461.0	2730841.0	16.5	臺灣省水利局
新寮	325305.0	2724119.0	60.0	臺灣省水利局
瑞芳(2)	330310.0	2778497.0	101.0	臺灣省水利局
碧湖	324165.0	2754576.0	360.0	臺灣省水利局
梅山(利吳干)	300598.7	2741881.5	420.0	臺灣電力公司
樟林	324085.0	2701918.1	160.0	臺灣省水利局
鹽寮	342506.2	2769792.4	11.2	臺灣電力公司
太平山	309118.6	2710532.7	1930.0	臺灣電力公司
淡水	294354.2	2784187.4	19.0	中央氣象局
穀部	302428.2	2786537.7	825.8	中央氣象局



離開

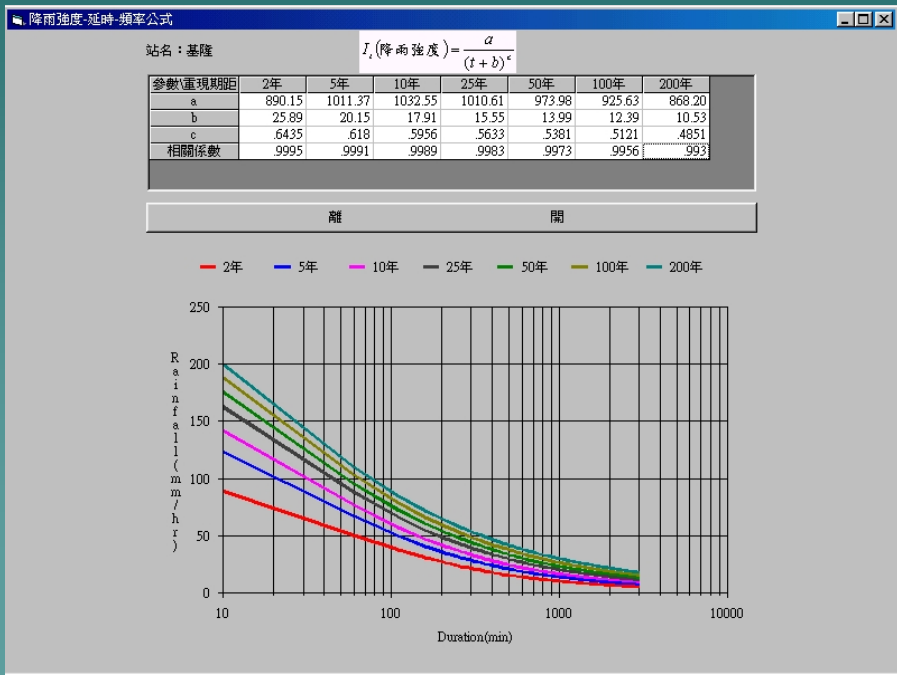
四、計算範例一 查詢系統之介紹

❖ 「雨量站頻率分析結果」



四、計算範例一 查詢系統之介紹

❖ 「降雨強度-延時-頻率公式」



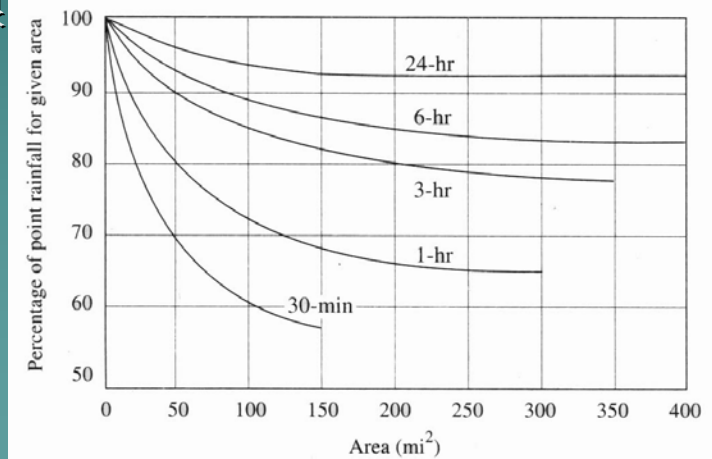
五、結語 — 一點雨量與面積雨量關係

一點雨量之水文頻率分析結果

- ◆ 僅可應用到面積25平方公里

— 面積 > 25平方公里

- ◆ 需應用面積—深度曲線加以修正



82

五、結語 — 未量測地點之頻率分析

經濟部水資源統一規劃委員會於民國68年之「臺灣地區水資源分區規劃報告」中，根據本省71處流量站至民國60年之歷年最大洪峰流量資料，推出臺灣地區六個水文區域之洪峰流量經驗公式分別表示如下：

北部區： $Q_T = 34.0A^{0.66} (0.63 + 1.19 \log T)$

新竹區： $Q_T = 34.0A^{0.63} (0.08 + 2.01 \log T)$

台中區： $Q_T = 2.3A^{1.00} (0.73 + 1.06 \log T)$

嘉義區： $Q_T = 38.0A^{0.57} (0.14 + 1.82 \log T)$

高雄、台南區： $Q_T = 33.0A^{0.67} (0.47 + 1.28 \log T)$

東部區： $Q_T = 8.4A^{0.86} (-0.004 + 2.25 \log T)$

臺灣區： $Q_T = 23.0A^{0.69} (0.30 + 1.62 \log T)$

83

五、結語一 未量測地點之頻率分析

經濟部水資源統一規劃委員會於民國75年針對臺灣14條河川所做之水力普查報告中，利用區域洪水分析，推導出各河川之區域洪水公式如表：

表 9.14.2-2：各河川之區域洪水公式

河 流	區 域 洪 水 公 式
大安溪	$Q_r = 10.629A^{0.826}(0.447 + 1.743 \log T)$
頭前溪	$Q_r = 15.083A^{0.826}(0.476 + 1.648 \log T)$
濁水溪	$Q_r = 2.878A^{0.913}(0.670 + 1.045 \log T)$
大甲溪	$Q_r = 1.511A^{1.029}(0.573 + 1.274 \log T)$
曾文溪	$Q_r = 15.506A^{0.277}(0.669 + 1.037 \log T)$
烏 溪	$Q_r = 0.388A^{1.264}(0.528 + 1.469 \log T)$
大漢溪	$Q_r = 7.65A^{0.89}(0.56 + 1.52 \log T)$
秀姑巒溪	$Q_r = 2.50A^{1.05}(0.47 + 1.68 \log T)$
南澳溪	$Q_r = 14.81A^{0.74}(0.62 + 1.34 \log T)$
立霧溪	$Q_r = 1.896A^{1.105}(0.397 + 1.789 \log T)$
知本溪	$Q_r = 6.83A^{0.88}(0.01 + 2.24 \log T)$
花蓮溪	$Q_r = 25.75A^{0.65}(0.521 + 1.512 \log T)$
和平溪	$Q_r = 1.74A^{1.11}(0.44 + 1.68 \log T)$
卑南溪	$Q_r = 6.83A^{0.88}(0.01 + 2.24 \log T)$

84

五、結語一 未量測地點之頻率分析

臺灣省水利局於「臺灣水文資料電腦檔應用之研究(13)－小流域逕流特性研究(一)」中，針對流域面積小於250平方公里之23個農業集水區，建立不同頻率年之尖峰流量公式。

$$Q_2 = 0.1127A^{0.925}I^{1.14}$$

$$Q_3 = 0.1361A^{0.911}I^{1.13}$$

$$Q_5 = 0.1660A^{0.897}I^{1.12}$$

$$Q_{10} = 0.2089A^{0.882}I^{1.10}$$

$$Q_{20} = A^{0.830}I^{0.786}$$

$$Q_{25} = A^{0.827}I^{0.797}$$

$$Q_{50} = A^{0.825}I^{0.819}$$

$$Q_{100} = A^{0.824}I^{0.836}$$

其中 A ：流域面積(km^2)

I ：與洪峰流量同頻率之 t_{slag} 延時降雨強度(mm/hr)

t_{slag} ：稽延時間(hr)定義為

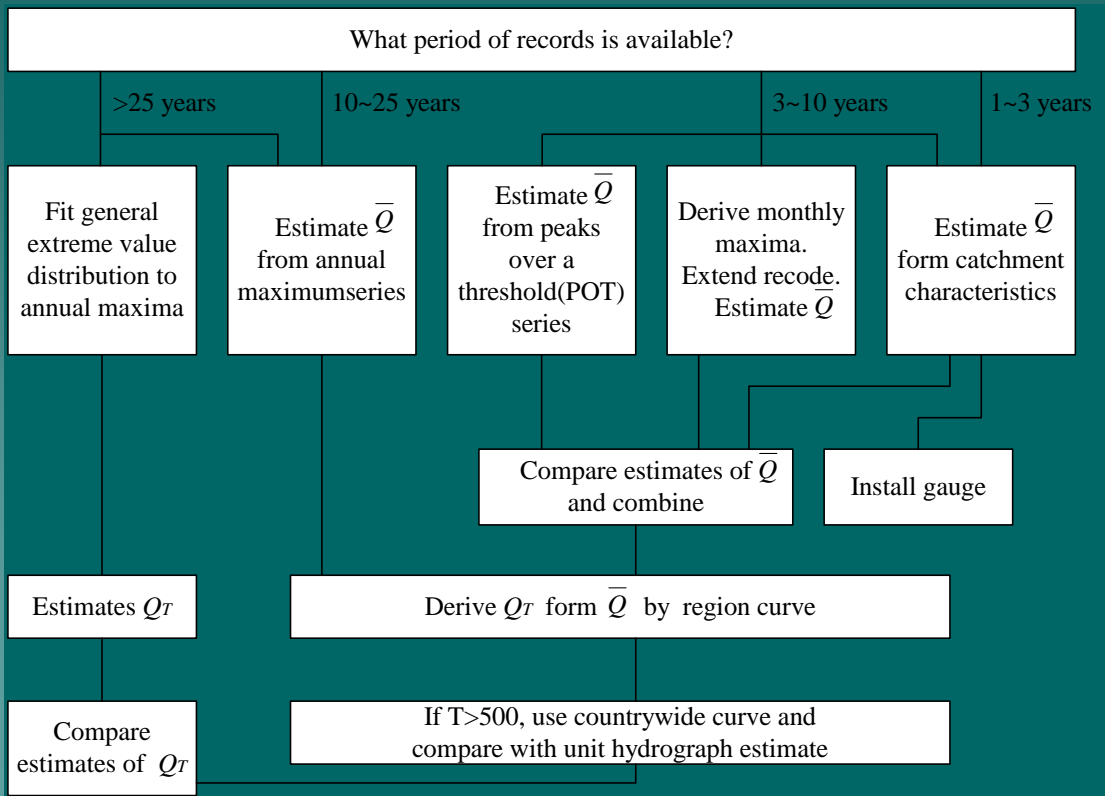
$$T_{slag} = T_s - \frac{T_r}{2}$$

T_s ：逕流開始至逕流體積一半之時間(hr)

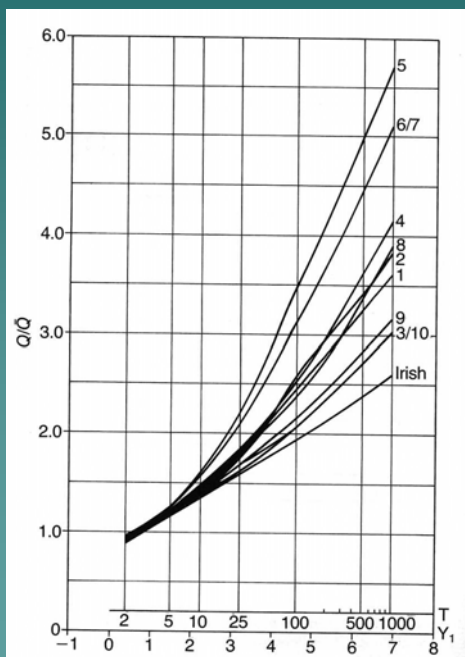
T_r ：有效降雨延時(hr)

85

五、結語 — 水文頻率分析之規範(Flood Studies Report 1979)

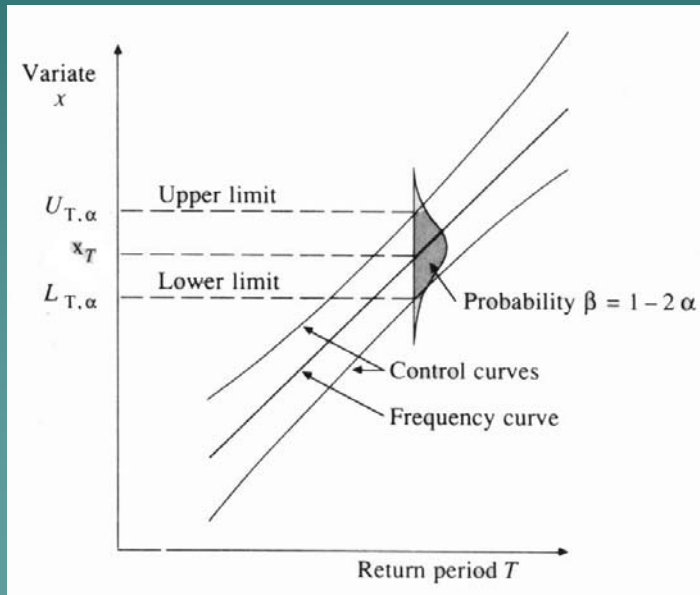


五、結語 — 未量測地點之頻率分析



五、結語

◆ 不確定性



信賴區間

$$x_T \pm S_e Z_\alpha$$

$$\alpha = \frac{1 - \beta}{2}$$

S_e : 在超越機率 α
之標準常態變量

Z_α : 標準差

α : Significance level

β : Confidence level

88

五、結語

◆ 極端值第一型

$$S_e = \left[\frac{1}{n} \left(1 + 1.1396 K_T + 1.1 \times K_T^2 \right) \right]^{1/2} \times S$$

n : 樣本數目

S : 標準偏差

89

五、結語 — 信賴區間估算範例[1/2]

year	年最大 10min 降雨	year	年最大 10min 降雨	year	年最大 10min 降雨
1913	0.49	1925	0.68	1937	0.64
1914	0.66	1926	0.68	1938	0.52
1915	0.36	1927	0.61	1939	0.64
1916	0.58	1928	0.88	1940	0.34
1917	0.41	1929	0.49	1941	0.70
1918	0.47	1930	0.33	1942	0.57
1919	0.74	1931	0.96	1943	0.92
1920	0.53	1932	0.94	1944	0.66
1921	0.76	1933	0.80	1945	0.65
1922	0.57	1934	0.62	1946	0.63
1923	0.80	1935	0.71	1947	0.60
1924	0.66	1936	1.11		

$$n = 35$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 0.649$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.177$$

重現期距5年，極端值分布之頻率因子：

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

$$= -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{5}{5-1} \right) \right] \right\} = 0.719$$

90

五、結語 — 信賴區間估算範例[2/2]

$$x_T = \bar{x} + K_T s$$

$$= 0.649 + 0.719 \times 0.177 = 0.78$$

以極端值第一型分布

$$S_e = \left[\frac{1}{n} \left(1 + 1.1396 K_T + 1.1 \times K_T^2 \right) \right]^{1/2} \times s$$

$$= \left\{ \frac{1}{35} \left[1 + 1.1396 \times 0.719 + 1.1 \times (0.719)^2 \right] \right\} \times 0.177 = 0.046$$

90%信賴區間 $Z_\alpha = 1.645$ ，則：

$$x_T \pm S_e Z_\alpha = 0.78 \pm 0.046 \times 1.645 = 0.70 \text{ and } 0.86$$

91

敬請指教