

花蓮地區強風豪雨之分析及可能發生之

極端值的推算

陳世嵐

林博雄

摘 要

本文係利用民國 41 年至 73 年花蓮測站地面觀測（含特別觀測）資料，分析強風（恒常風 $\geq 20\text{KTS}$ ，最大陣風 $\geq 30\text{KTS}$ ）計 1102 日及豪雨（日雨量 ≥ 100 公厘）大雨（日雨量 ≥ 50 公厘不足 100 公厘）計 236 次之頻率特性等，並根據歷年所發生過的最大值，試以 Gumbel 之或然率法推估百年復現期可能發生的最大風速與最大日、月雨量。

一、前 言

台灣東部日趨繁榮，花蓮地區又是東部之門戶，各項建設工程正逐序進行中；然而在工程設計上，考量強風豪雨，尚未聞有客觀性的估計數值提供做參考。筆者曾經遇到工程單位詢問此一問題，由於時間急迫，僅能以花蓮地區過去曾出現的最大值（包括日雨量、最大風速與最大陣風）答之，為此常耿耿於懷；又可能出現的強風豪雨極端值，對於工程規劃，安全設計與經濟效益，是相當重要的考慮因子，因此引發撰寫本文之動機。

首先，我們嘗試分析花蓮地區 33 年中（民國 41 年至 73 年）強風豪雨的特性，並對近年來付梓的諸研究報告做校驗，以供爾後預報工作之參考。本文主要引用日本氣象廳編印的東亞地面天氣圖為依據，將天氣系統區分為颱風與季風（東北、西南季風）兩類討論。文中豪雨之定義為日雨量 $\geq 100\text{mm}$ ，大雨定義為 $50\text{mm} \leq \sim < 100\text{mm}$ ；（王，丘 1985）強風以恒常風速 $\geq 20\text{KTS}$ ，陣風風速 $\geq 30\text{KTS}$ 為準（劉 1983）；其次，本文利用 Gumbel（1958）所創的推估極端值或然率法，以 33 年來

花蓮地區曾發生過的最大恒常風速，陣風風速與日雨量、月雨量，估計一百年復現期內可能發生的極端值，以供做今後工程上的運用。

另外有一點需要提出說明的，常人易將花蓮、台東兩地歸類成“東部”一區，其實花蓮、台東兩地相距約 130 公里，花蓮是高聳山脈東側與流入太平洋的河谷沖積平原，三面環山，惟東北向海。而台東地處中央山脈東南尾端部，山勢低而緩，不若花蓮地形之深刻；況且強風與豪雨都是中尺度系統，受地形因素影響很大，所以本文“花蓮地區”一詞，專指北起蘇澳南至成功的狹長平原範圍，並不包含台東，甚至宜蘭。（王等 1985）

二、強風豪雨之分析

花蓮地區因地理位置與特殊地形的關係，冬季受極地大陸高壓的影響不及台灣北部嚴重，但冬季仍然盛行東北季風，並且其所引起的強風比率偏高；而最具破壞力的強風，還是以夏、秋季的颱風為最主要，颱風也是造成花蓮地區豪雨的最主要原因；此與中央山脈的阻隔作用有密切的關係，另外溫暖的黑潮洋流亦有不可知的某些相關因素存在。

(一)強風部份:

分析 33 年來花蓮地區發生強風時之天氣系統，可概分為颱風及季風（東北、西南季風）兩類，共 1550 次（不論一天出現幾次均記之），與 1102 天（不論一天出現幾次僅記當天有強風）如表一。由表一中得知，花蓮地區最大風速出現於颱風侵襲時

表一 民國 41 年～73 年花蓮地區各月強風及次數分布表

風速 (KTS)	20~33 (6~7 級)			34~55 (8~10 級)			≥56 (≥11 級)			強風 總次數
	颱風 (含TD)	季風 東北	季風 西南	颱風 (含TD)	季風 東北	季風 西南	颱風 (含TD)	季風 東北	季風 西南	
1		174								174
2		G1		G3	G9					G12
3		111								111
4		131	13		G5					G5
5	3	79	22		G8					144
6	9	23	10	G2	G5					G8
7	15	5	29	G2						104
8	60	1	27	G2						G7
9	33	3	5	G2						43
10	57	25		G2						G2
11	45	102		G2						50
12	G1			G6						G2
合計	280	969	106	G6						112
備考	G1	G1		G8						G15
				G10						G2
				G5	1					G17
				G12	G2					114
				G7	1					G17
				G3	G8					148
				G47	2					G8
				G44						209
										G17
										178
										G10
										1550
										G120

備考 → G 代表陣風 GUST

→ 64.8.3. NINA TYPHOON G110KTS

圖 1 是根據表一所求出的颱風、東北季風與西南季風的強風月發生百分比圖，得知由颱風所引起的強風以 7~9 月份為主，均達 75.0% 以上，8 月份更高達 87.4%，其次 6、10、11 三個月份也都達到 30.0% 以上；6、11 月份的颱風常使人掉以輕心，忽略其嚴重性而遭受損失，因為當颱風行經台灣東部海域，受到黑潮暖洋流的熱力影響，再加上尚未受到地形的破壞，常使強度增大成為強烈颱風（俞 1985），故須特別重視之。東北季風所引起的

強風以每年 12 月份到次年 3 月份為主，出現率都達 90.0% 以上，其中 1、2 月份更是 100.0%，4、10、11 月份也達到 68.0% 以上，亦須特別重視。西南季風所引發的強風以 7 月份最少僅佔 0.9%，西南季風強風總數中於 4~7 月份，其中 6 月份之百分比最高，月強風總數之 58.0%，也是西南季風強風最高比率 27.4%。另一特點是，東北、西南季風交換的時間，是在每年的 5~6 月以及 8~

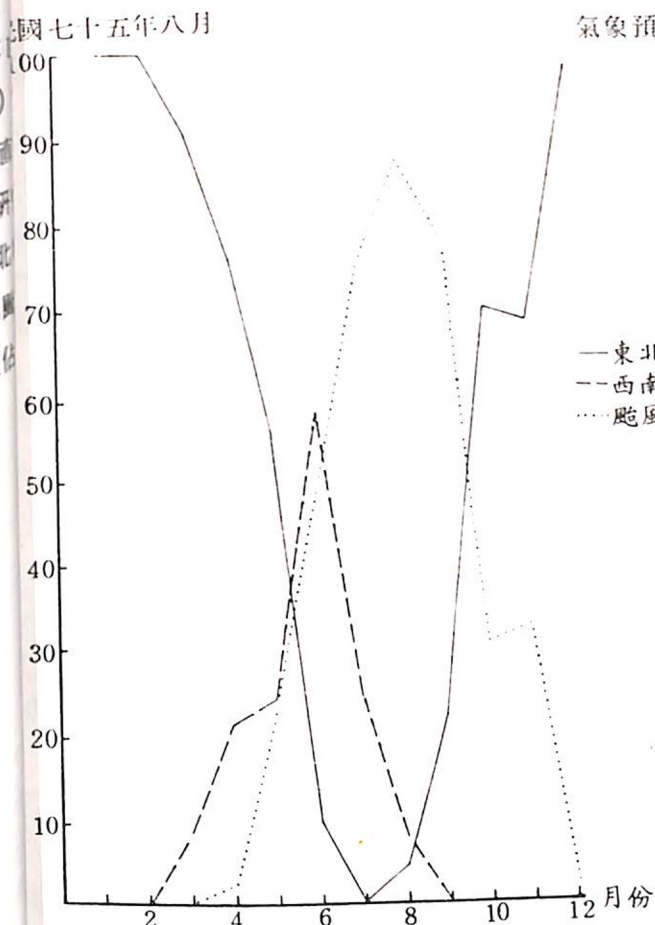


圖 1 各月各類型強風百分率之分布

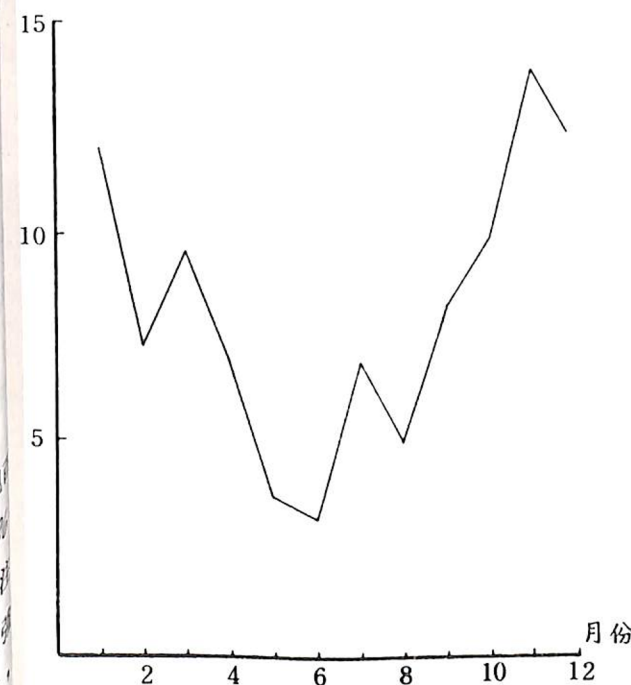


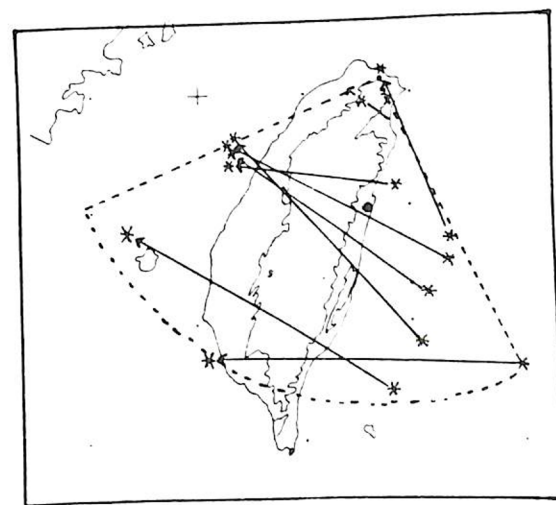
圖 2 各月強風發生百分率之分布

圖 2 是由各月強風次數與總次數之比繪製而成，得知全年中以 5 月份強風發生比率最低 2.9%，而 10 月份至次年 1 月份各月均達 10.0% 以上，其中 11 月份高達 14.4%，究其原因是颱風在本月份，仍能對花蓮地區產生影響，此與台灣西北部（桃園、新竹）11 月份高強風比率 13.0% 的原因不盡相同（劉 1981）。

另外我們從表一找出兩種情況討論：

① 颱風的恒常風速 $\geq 34\text{KTS}$ （亦即 W_{00} 的警報階段）。

33 年來花蓮地區發佈 W_{00} 只有 8 次，其中民國 62 年 NINA 颱風直接登陸花蓮，陣風高達 110KTS。我們將 W_{00} 期間颱風中心的始末二點位置標出，發現若以中央山脈最北端的基隆為圓心，半徑 166 哩，由 $22.6^\circ\text{N} / 123.0^\circ\text{E}$ 向左畫 $1/4$ 圓至 $24.1^\circ\text{N} / 118.9^\circ\text{E}$ （如圖 3），即可包含颱風進出的總範圍，並且中央山脈恰好是此一扇形區域的平分線，8 次颱風也都是路徑 1、2、3（見圖 4）—（蔡等、1981），顯示花蓮地區受山脈地形的屏障作用相當明顯。民國 74 年 10 月 BRENDA 颱風也曾造成花蓮地區達 W_{00} 警報階段，其始末位置是 $22.8^\circ\text{N} / 123^\circ\text{E}$ 至 $24.0^\circ\text{N} / 123.0^\circ\text{E}$ ，仍然落在圖 3 的扇形區域內。這項結果，相當吻合颱風以時針氣流走向與南北走向中央山脈間的流體現象，所以除非颱風直奔花蓮地區（如圖 4 所示之路徑 2）或通過台東、恒春半島（如圖 4 所示之路徑 3），否則花蓮不必擔憂會出現 W_{00} 的警報階段。

圖 3 民國 41~73 年花蓮地區發佈 W_{00} 的颱風中心位置始末

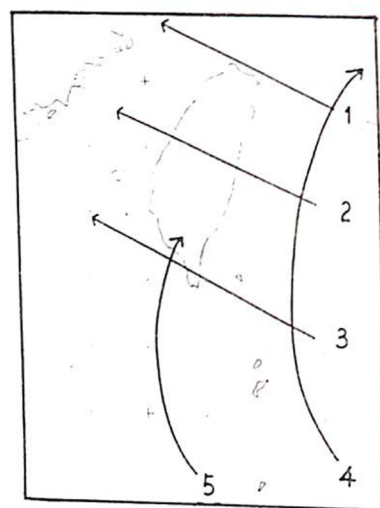


圖4 颱風路徑分類示意(摘自蔡等, 1981)

⊖陣風風速 ≥ 34 KTS

肇因計有颱風27次(32.5%),強烈高壓或鋒面過境53次(63.8%),原因不明(系統不明顯或資料缺)3次(3.8%)。圖5是颱風造成花蓮地區陣風 ≥ 34 KTS之中心位置圖,圖中的 $\frac{1}{4}$ 圓扇形區域是圖3標示區域的一半,有70.4%高百分率的颱風中心落於其中,再次顯示中央山脈的屏障作用,所以我們可以證明,除非花蓮發佈W₀₀颱風侵襲警報,否則颱風大致不會造成花蓮地區34 KTS以上的陣風。

圖6的B、C兩區域是根據強烈高壓與鋒面過

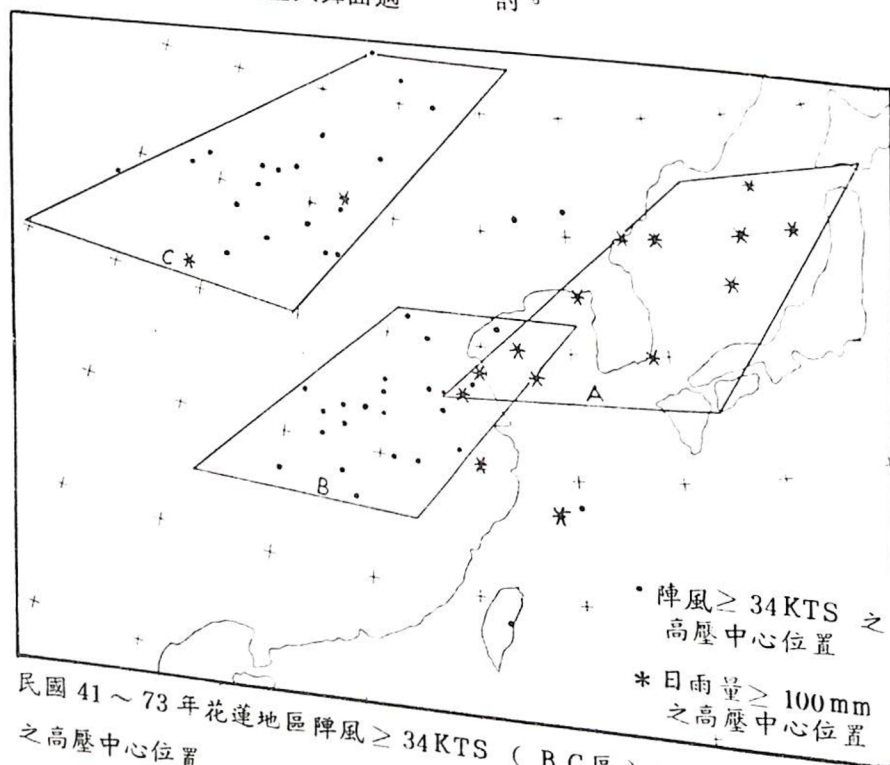


圖6 民國41~73年花蓮地區陣風 ≥ 34 KTS (BC區)與日雨量 ≥ 100 mm (A區)之高壓中心位置

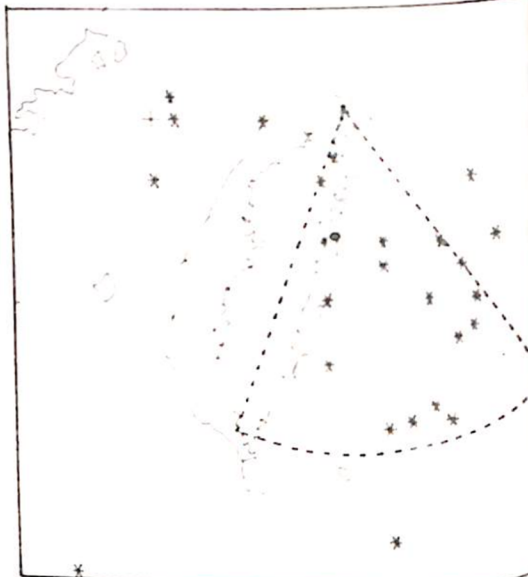


圖5 民國41~73年花蓮地區陣風 ≥ 34 KTS之颱風位置

境時之高壓中心位置所描繪。B區是分裂高壓,絕大部分集中在 $27.5^{\circ}\text{N} \sim 32.0^{\circ}\text{N}$, $106^{\circ}\text{E} \sim 115^{\circ}\text{E}$, $117^{\circ}\text{E} \sim 125^{\circ}\text{E}$ 的平行四邊形區域。C區則是大陸主高壓型態,大都集中於 $35^{\circ}\text{N} \sim 47^{\circ}\text{N}$, $95^{\circ}\text{E} \sim 113^{\circ}\text{E}$, $110^{\circ}\text{E} \sim 122^{\circ}\text{E}$ 的區域。但在描繪過程中,知B、C兩區域間區域,從未有資料落於其中,明顯地,這與時針反氣旋走向與中央山脈的阻隔分叉作用,某些角度上的相關,然因本文撰寫時間短促,再做進一步,對高層氣流型態及熱力能量方面討論。

(二)豪雨部份:

表二是花蓮地區民國41年至73年來日雨量等一覽表,知日雨量超過50mm共有236次,其中 ≥ 100 mm豪雨紀錄有101次;最大日雨量392.2mm發生於民國62年10月9日,原因係大型強烈颱風NORA穿越呂宋島後轉向西北沿台灣海峽北上,產生所謂「與極地高壓共伴環流」現象(葉1977,曲等1986)。其連續性雨區自北向南擴展推及東部,當日台東地區也創下559.6mm的最高日雨量紀錄(范等1982)。10月8日~10日期間

二 民國41~73年花蓮地區日雨量等級一覽表

次 數 年 度	≥ 50	≥ 60	≥ 70	≥ 80	≥ 90	≥ 100	≥ 150	≥ 200	≥ 250	≥ 300	≥ 350
41	1	1	1	1		2		1			
42		1			1	2	1				
43	1	1	3			6	1				
44			1			2			1		
45	1	1			1	4	1			1	
46	3		1		1	3	1	1		1	
47	1	1	1	2			3				
48	2		1			1	1				
49	2	1		2		3					
50	1			1	2	1		1			
51		2		1	1	4	1			1	
52	2	1			1	2					
53		3	1		2	2	1				
54	4	1	1	1		3		1			
55	2				1	1					
56	3	2	1	1		3					
57	1	2		1	1	1					
58	2		1		1	4	2				
59		1				2		1			
60	1	2			2	1	2				
61	1	2	1	1		2					
62		1	1	1		1		1	1	1	
63	3	3	1	5		2	3				
64					1	4	1				
65				1							
66	2			1		2			1		
67	3	2			1		1				
68	2	2	1								
69	1		1			3	1				
70	2		1	1		3	1				
71	1	1	1		1		1				
72					1						
73		2	1		2	1			1		
合計	42	33	20	20	20	65	22	6	4	3	1

,花蓮並間歇性地出現13次時雨量 ≥ 20.0 mm的A級豪雨(王等1985),此種中小尺度的暴雨系統正是國內氣象界通力合作,並由國科會大力推動的大型防災計劃中的一部份。

再者,我們對日雨量 ≥ 100 mm的101次豪雨做一番地面天氣系統調查(如同陣風 ≥ 34 KTS的處理),區分出颱風50次(49.5%),高壓前緣或鋒面過境36次(35.6%),原因不明15次(14.9%)。圖7是根據造成花蓮豪雨的颱風中心位置圖,若是繼續引用圖3的扇形區域概念,圓心基隆不變,半徑加長2倍成332海裡,由 $20.5^{\circ}\text{N} / 125^{\circ}\text{E}$ 向左畫 $\frac{1}{4}$ 圓弧至 $22.1^{\circ}\text{N} / 116.6^{\circ}\text{E}$,則有82.0%的颱風中心落於此一區域內,明顯的,這仍然是中央山脈的地形因素所造成的,而且中央山脈也是這個扇形區域的平分線。圖3與圖7配合之下,我們可以得到一個結論:

對花蓮地區而言,颱風的威脅限於花蓮東南外海以及巴士海峽的扇形區域,而且雲雨半徑是風力半徑之2倍。又圖6中的A區是依據造成花蓮豪雨的高壓中心所描繪出的平行四邊形區域,範圍由 $33^{\circ}\text{N} - 43^{\circ}\text{N}$, $118^{\circ}\text{E} - 131^{\circ}\text{E}$, $132^{\circ}\text{E} - 144^{\circ}\text{E}$;大致從大陸東北海岸線起至日本西海岸線一帶海域。由於冷氣團剛剛出海變性不深,所以有足夠能力挾帶海上大量水汽到達中央山脈的東側迎風面。若氣團一通過日本群島後,秉性大致已全變,中

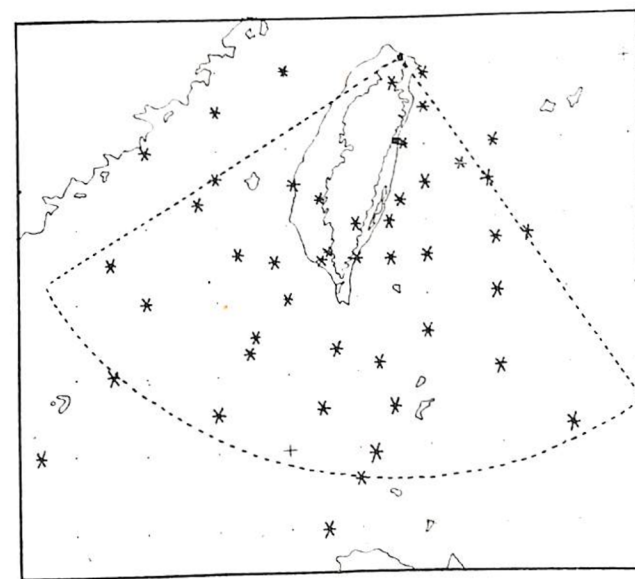


圖7 民國41~73年颱風造成花蓮地區日雨量 ≥ 100 mm中心位置

心強度大為減弱，所以中央山脈的東岸就沒有出現豪雨的機會了。本文並未區分出「颱風與極地高壓共伴環流」以及「梅雨鋒面」兩種現象所引發的豪

雨；但是有關這兩類的研究報告，近年來已付梓（劉 1983；曲等 1985），可資參考。

表三 民國 41~73 年花蓮地區逐月雨量紀錄一覽表

年 度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年 度
41	23.6	44.8	54.4	131.4	232.4	206.8	307.7 (2.0)	101.8	505.6	78.3	312.6	25.8	2025.2
42	23.5	48.1	111.0	148.1	103.1	19.6	109.1	169.1	348.3	359.4	232.5	348.5 (4.8)	2029.4
43	107.5	73.1	149.5	24.7 (2.1)	50.5	129.3	75.8	360.6	231.8	428.8	444.7 (2.6)	64.2	2327.5
44	31.4	5.5	82.6	53.5	68.5	99.9	78.4	533.9 (2.4)	177.5	65.6	159.1	26.8	1382.7
45	141.2 (2.1)	157.0 (2.2)	128.4	130.7	242.7	85.8	14.6	50.1	1290.1 (3.7)	74.0	15.9	108.0	2348.5
46	23.5	117.4	138.2	31.2	392.6 (2.4)	436.1 (2.5)	30.4	121.1	617.1	89.2	272.6	51.0	2420.4
47	75.7	133.7	133.1	68.3	262.1	282.8	467.3 (3.1)	206.2	129.2	121.0	156.5	74.5	2110.4
48	48.5	88.4	74.3	79.6	231.8	49.1	32.7	180.9	231.5	10.5	230.2	112.5	1469.9
49	21.3	33.8	42.1	99.9	214.5	193.1	145.5	309.3	169.0	178.3	52.3	30.9	1490.0
50	12.3	101.7	108.0	60.6	595.8 (3.6)	37.3	201.0	411.1	353.3	74.2	76.4	79.4	2111.1
51	182.3 (2.7)	115.0	83.6	73.2	93.5	200.3	245.3	519.2 (2.4)	428.6	190.7	107.4	18.9	2258.0
52	28.2	46.7	10.8	43.8	109.4	205.7	290.8	32.5	258.9	50.6	147.5	111.5	1336.4
53	158.8 (2.4)	24.5	64.6	183.3	159.7	141.9	18.1	318.8	139.4	649.6 (2.2)	45.3	28.1	1932.1
54	111.8	66.0	46.5	140.5	264.4	171.4	351.2 (2.3)	99.7	367.5	65.4	310.8	15.8	2011.0
55	24.1	30.8	89.1	106.3	214.5	206.0	36.5	39.2	233.0	37.2	12.4	44.4	1073.5
56	10.8	71.7	105.0	224.9 (2.2)	104.2	334.3	178.5	187.1	96.5	206.7	341.4	77.8	1938.9
57	44.8	223.1	123.3	52.3	47.5	117.4	250.5	75.2	443.3	192.3	40.4	21.4	1631.5
58	21.6	76.4	55.1	62.1	42.5	400.9 (2.3)	179.9	36.1	605.7	327.5	20.3	19.3	1847.4
59	79.2	31.3	86.2	171.7	80.5	151.7	31.4	79.3	98.9	562.4	57.3	26.3	1456.7
60	258.3 (3.9)	111.4	107.6	75.8	195.4	83.7	203.1	1.2	352.0	479.4	26.3	69.1	1963.3
61	59.9	102.6	61.4	64.5	62.6	205.7	596.4 (3.9)	79.9	72.2	56.3	252.8	132.1	1746.4
62	41.3	57.7	129.5	108.9	48.5	170.4	144.8	668.2 (3.0)	60.2	816.6 (2.7)	66.7	15.1	2327.9
63	100.6	34.8	34.8	154.6	107.8	189.3	72.7	105.5	446.4	1118.4 (3.7)	291.1	86.5	2742.5
64	50.1	34.6	81.5	51.2	141.9	48.2	34.2	628.5 (2.9)	361.6	325.2	83.1	36.0	1876.1
65	44.2	20.7	19.0	13.4	131.1	78.0	155.9	33.3	267.4	43.4	15.9	30.8	853.1
66	44.1	25.1	66.3	79.1	80.5	117.8	240.1	110.8	677.5 (2.1)	35.7	111.0	64.0	1652.0
67	51.6	70.4	148.3	106.7	191.6	184.5	10.0	428.0	48.5	166.8	139.8	34.6	1580.8
68	68.5	60.2	73.7	52.7	212.0	112.2	96.5	230.4	78.6	9.1	107.1	76.3	1177.3
69	37.6	80.6	30.5	123.6	98.4	144.0	61.7	142.1	451.3	46.7	283.4	21.0	1520.9
70	45.0	28.8	49.3	72.7	180.0	373.4 (2.1)	78.9	2.0	504.7	11.3	79.9	41.6	1430.6
71	57.4	55.7	40.6	43.9	74.0	57.6	318.5 (2.1)	223.8	165.6	14.5	118.5	19.9	1190.0
72	80.3	253.3 (3.5)	181.9 (2.4)	35.6	118.7	16.5	58.1	53.6	2.2	157.4	17.2	14.2	989.0
73	10.3	34.9	59.0	140.7	234.2	99.3	31.1	462.6 (2.1)	124.1	347.6	35.2	15.8	1594.8
氣候參考值	65.8	71.6	77.0	101.1	165.1	177.8	151.6	219.7	327.4	300.2	173.2	71.4	1901.7

一最下行之氣候參考值，乃摘錄自「36—65年臺灣暨外島氣候概況」由氣象局（氣象聯隊 68 月刊印）。

二括弧之數字，乃該值與最下行氣候參考值之比率。

三「方格內數字」為該年度最大雨量。

四數值單位 mm。

表三是民國 41~73 年花蓮地區的逐月雨量紀錄一覽表；表中加方格者為該年最大之月雨量，括弧內之數字為該數值與最右行的氣候參考值（氣象聯隊 1979 年）之比率。再根據畫方格的月份，我們整理出如圖 8 的各月百分比分佈圖；得知花蓮地區的雨季是由 7 月開始到 10 月，颱風是主要提供系統，而且其路徑關係著雨量的多寡（李 1982）。若配合圖 7 與圖 8，我們得知 8 至 10 月，路徑 2、3 的颱風提供花蓮地區最大的雨期。11 月份也有次高峯的雨期，其原因是路徑 4 的颱風與極地高壓共伴環流所造成。而 5 月份的另一次高峯則為梅雨峯所促成。乾季分別是在 12 月至次年 1 月、3 至 4 月以及 6 月份；花蓮地區乾濕季的分佈是與台灣西岸各區域有所差異的。（馬 1982）

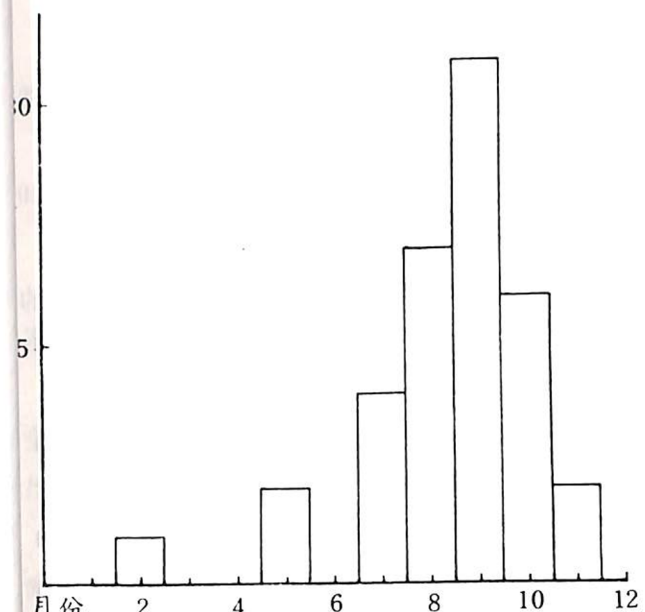


圖 8 民國 41~73 年花蓮地區出現最大月雨量的各月百分比

圖 9 是花蓮地區民國 41 年至 73 年的歷年雨量列圖，年平均值 1746.1mm；41 年至 62 年的前 22 年之年雨量相當有規律，63 年達到最高值 2742.5mm，而隨後年雨量幾乎呈直線下降，65 年達最低 853.1mm，從 65 年至 73 年花蓮地區整整 9 年未達平均值，可稱之為乾旱期；可是民國 74 年的年雨量 2938.6mm，又創下年雨量之最高峯，變化之鉅令人稱奇。我們運用調和分析方法（harmonic analysis）嘗試找出規律性，以便做未來預報之參考。未料分析結果不甚理想，第一長波僅佔 5.7%

，第二長波佔 34.0%，三長波佔 10.0%，四波只佔 3.4%，以下的短波的百分比都不及 5.0%，分析失敗的主要原因在於民國 63 年以後的不規律性太大，當然控制花蓮地區年雨量之多寡，仍決定於 7 至 11 月颱風侵襲的情況而定。

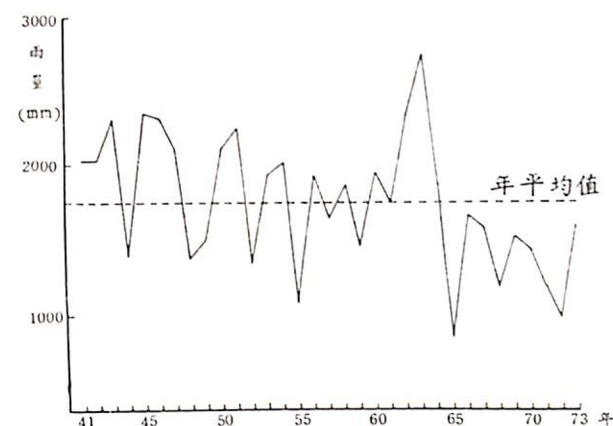


圖 9 民國 41~73 年花蓮地區年雨量序列

三、強風豪雨百年複現期之極端值推算

(一)理論簡介：

為了某些工程上實用的目的，我們確實需要一些氣象因子，特別是風力與降雨量，在一段年限內的可能出現之極端值以供參考。用。統計學上，Gumbel (1958) 透過年系列方式 (annual series)，將各年度的因子最大值按大小順序排列 (如表五、六、七、八)，再利用累積或然率概念 (cumulative probability) 與極端值理論 (theory of extreme values)，估計任何複現期 (return period) 內可能出現的極端值；這套理論方法已被眾多學者所採用 (Linsley et al 1958; Landsberg 1964; 威、嚴 1978; 劉 1984)。

假設 $X_1, X_2, \dots, X_N$ 是 N 年內，各年所出現過的某種因子的最大值，如果存在一個同性質因子 X ，其呈無限指數型態分佈，當 $N \rightarrow \infty$ 時，任何一個 X_i ($i = 1, 2, \dots, N$) 可能小於 X 的累積或然率 P ，則可寫成：

$$P = e^{-X} p[-e^{-X} p(-Y)] \dots \dots \dots (1)$$

$$Y = S (X - X_0) \quad \dots\dots\dots(2)$$

Y : 約變量 (reduced variate)

X_0 : 分布模數 (mode of the distribution)

S : 離散參數 (dispersion parameter)

如果我們關心的統計資料有無限多個 ($N \rightarrow \infty$) ,

則由極端值理論可得 :

$$S = E (\sigma_N) / \sigma_N \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$X_0 = \bar{X}_N - E (Y_N) / S \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\bar{X}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_N)^2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$E (\sigma_N)$: N 個紀錄之 σ_N 的期望值

$E (Y_N)$: N 個紀錄之 Y_N 的期望值

σ_N : 標準差

Gumbel 求得 $N = 20$ 至 $N \rightarrow \infty$ 的 $E (\sigma_N)$ 值, 是由 1.06 增至 $\pi / \sqrt{6}$; 而 $E (Y_N)$ 是由 0.52 增至 0.5772 , 所以(2)、(3)、(4)三式可整理而成 :

$$X = \bar{X}_N + \sigma_N \frac{\sqrt{6}}{\pi} (Y - 0.5772) \quad \dots\dots\dots(7)$$

或是

$$X = \bar{X}_N + 1.09 \sigma_N (Y - 0.53) \quad \dots\dots\dots(8)$$

若根據各年因子的最大值計算出 $\bar{X}_N$ 與 σ_N , 那(7)、(8)式就是這些數值的平均分布直線。如果觀測值都相當程度地集中於此一直線附近, 則根據此直線再外延所求得的極端估計值可信度就大, 反之則小。(7)、(8)兩式的 Y 值可利用(1)式的反函數求得 :

$$Y = - \ln [- \ln (p)] \quad \dots\dots\dots(9)$$

依照資料的年系列排列型式, 我們可知排名第 i 名的最大值, 其不發生或然率是 :

$$P = \frac{N - i}{N} \quad \dots\dots\dots(10)$$

而其複現期就是 :

$$T_r = \frac{N + 1}{i}$$

當 $i = 1$, N 又夠大的情況下

$$T_r = \frac{N + 1}{i} \approx \frac{1}{1 - P}$$

以上(1)~(12)式均摘自 Hydrology for Engineers 一書中 P 247 ~ 251 (Linsley et al 1958)。另外, 我們得定量測試(7)、(8)兩式在段 T_r 要求下, 所求得的可能極端值之可信程度。有兩種情況可能造成可信度的置疑 (戚與嚴 1980) :

⊖ 是資料與(7)、(8)式直線之間的離散程度。決此一問題, 我們採用下列公式來測試 :

$$f (p) = \sqrt{\frac{1}{p} - 1 / (- \ln p)}$$

$$\Delta X = \pm [f (p) / S \sqrt{N}] n$$

n : 標準差的數目

假若 $\Delta X \leq \sigma_N$, 則所有資料均落在直線上下兩可信帶區域內 (confidence band) , 也可定可信度夠大。

⊖ 是直線的斜率也會影響到極端值的估計 ; 已知(7)、(8)兩式是在 $N \rightarrow \infty$ 條件下所導出的, 是實際的實驗個數 N 總是有限, 所以在圖 10 中, 12、13、14 的座標格式下 (Y 為縱軸、X 為橫軸) , 直線斜率都高估了, 亦即沿直線外延的極端值加上修正值即可。

修正值 $\Delta X_i = f_i (n) / S$, 其中 i 是排名序列, n 是標準差數目。Gumbel 得 $f_1 (1) = 1.14$, 況且我們只對 $i = 1$ 作實例計算

(⊖) 實例計算
本文引用的資料是花蓮地區民國 41 年到 50 年, 亦即 $N = 33$ 。為求繪圖方便, 我們先將圖 11、12、13、14 的縱軸 Y 值, 利用(9)式計算列成表四。強風部份, 區分成三類, 颱風、季風、不分颱風季風, 分別推算其百年複現期的可能值, 計算過程如下 :

i	P = $\frac{33-i}{33}$	Y = $-\ln(-\ln p)$
1	0.97	3.48
2	0.94	2.77
3	0.91	2.35
4	0.88	2.05
5	0.85	1.81
6	0.82	1.61
7	0.79	1.43
8	0.76	1.28
9	0.73	1.14
10	0.70	1.02
11	0.67	0.90
12	0.64	0.79
13	0.61	0.69
14	0.58	0.59
15	0.55	0.50
16	0.52	0.41
17	0.48	0.32
18	0.45	0.24
19	0.42	0.15
20	0.39	0.07
21	0.36	-0.01
22	0.33	-0.09
23	0.30	-0.18
24	0.27	-0.26
25	0.24	-0.35
26	0.21	-0.44
27	0.18	-0.53
28	0.15	-0.64
29	0.12	-0.75
30	0.09	-0.87
31	0.06	-1.03
32	0.03	-1.25

⊖ 颱風 (見表五、圖 10)

N = 33 P = 32 / 33 (i = 1)

恒常風 37.18 恒常風 20.12

σ_N = 陣風 47.61 陣風 22.92

S = 恒常風 18.29 恒常風 27.30

陣風 20.84 陣風 36.36

$T_r = 100$ Y = 4.60

可信度測試值 ΔX :

恒常風 18.17 (< 20.12 可用)

陣風 2.08 (< 22.92 可用)

直線外延值 X :

恒常風 126.44

陣風 149.29

斜率修正值 ΔX_1 :

恒常風 20.85

陣風 23.76

表五 民國 41 ~ 73 年花蓮地區歷年颱風最大風速排名表

排名 (i)	恒常風速 (KTS)	颱風名稱及時間	最大陣風 (KTS)	颱風名稱及時間
1	88	NINA 64.8.3.	110	NINA 64.8.3.
2	85	WINNIE 47.7.15.	90	WINNIE 47.7.15.
3	84	CLARA 56.7.11.	90	COUISE 48.9.3.
4	81	COUISE 48.9.3.	90	CLARA 56.7.11.
5	56	DINAH 45.9.3.	84	KIT 42.7.3.
6	52	KATE 51.7.23.	80	WENDY 52.7.16.
7	50	TD(992mb) 58.9.14.	65	ELSIE 58.9.26.
8	48	KIT 42.7.4.	60	NADINE 60.7.25.
9	40	WENDY 52.7.16.	60	DINAH 45.9.3.
10	38	CARMEN 46.9.11.	54	ANDY 71.7.28.
11	37	ANDY 71.7.29.	48	AMY 51.9.5.
12	36	SHIRLEY 49.7.31.	45	SHIRLEY 49.7.31.
13	36	WENDY 63.9.28.	42	WENDY 63.9.28.
14	35	PAMELA 50.9.12.	42	NORRIS 69.8.27.
15	34	HARRIET 54.7.26.	41	SALLY 50.9.28.
16	30	NADINE 60.7.25.	40	JUNE 70.6.20.
17	30	JUNE 70.6.20.	40	CARMEN 46.9.10.
18	30	NORRIS 69.8.27.	39	HARRIET 54.7.26.
19	28	RUBY 43.11.11.	35	MARGE 65.7.25.
20	26	MARGE 65.11.11.	34	RUBY 43.11.11.
21	24	? 41.9.10.	32	? 41.9.10.
22	24	NADIRE 57.7.24.	32	NORA 62.10.10.
23	24	IRIS 44.8.16.	31	WENDY 57.9.4.
24	23	JUNE 73.8.28.	30	ORA 67.10.12.
25	23	NORA 62.10.10.	30	JUNE 73.8.28.
26	22	ELSIE 55.9.18.	30	THELMA 66.7.25.
27	22	THELMA 66.7.25.	30	NORA 53.11.6.
28	21	FRAN 59.9.8.	30	HOPE 68.8.2.
29	21	RUTH 72.11.28.	30	IRIS 44.8.24.
30	21	HOPE 68.8.2.	28	FRAN 59.9.8.
31	20	ORA 67.10.12.	28	ELSIE 55.9.16.
32	20	NORA 53.11.6.	27	RUTH 72.11.28.
33	18	BETTY 61.8.18.	24	BETTY 61.8.18.
平均	37.18		47.61	
σ_N	20.12	1/S=18.29; X_0 =27.30	22.92	1/S=20.84; X_0 =36.36

百年複現期內可能出現之颱風最大風速 :

恒常風 : 147.29 (KTS)

陣風 : 173.05 (KTS)

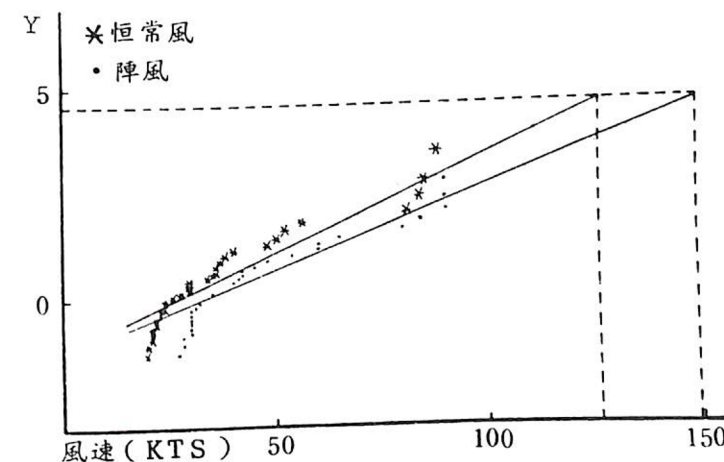


圖 10 根據花蓮地區颱風歷年最大風速推算百年複現值之可能最大風速

⊖季風 (見表六、圖 11)

$N = 33$

$P = 32/33 (i = 1)$

恒常風 27.58

$X_N =$ 陣風 35.03

恒常風 3.53

$\sigma_N =$ 陣風 3.84

恒常風 3.21

$1/S =$ 陣風 3.49

恒常風 25.85

$X_0 =$ 陣風 33.14

$T_r = 100$

$Y = 4.60$

可信度測試值 ΔX :

$\Delta X =$ 恒常風 3.20 (< 3.53 可用)
陣風 3.49 (< 3.84 可用)

直線外延值 X :

恒常風 43.24

$X =$ 陣風 52.07

斜率修正值 ΔX_1 :

恒常風 3.66

$\Delta X_1 =$ 陣風 3.98

百年復現期內可能出現之季風最大風速

恒常風 : 46.90 (KTS)

陣風 : 56.09 (KTS)

表六 民國 41 ~ 73 年花蓮地區歷年季風最大風速排名表

排名 (i)	恒常風速 (KTS)	季風類型	日期	最大陣風 (KTS)	季風類型	日期
1	35	NE	60.11.29	44	NE	64.11.23
2	33	NE	45.11.16	43	NE	59.5.26
3	32	NE	54.4.10	42	NE	56.1.15
4	32	NE	56.1.15	40	NE	68.11.18
5	31	NE	51.4.3	40	NE	61.12.12
6	30	NE	68.11.18	39	NE	60.11.29
7	30	NE	64.11.23	38	NE	65.2.29
8	30	NE	50.1.11	38	NE	71.12.11
9	30	NE	48.1.10	37	NE	50.1.11
10	30	NE	53.5.11	37	NE	59.1.15
11	30	NE	49.12.18	36	NE	57.12.22
12	30	NE	47.10.26	36	NE	58.3.4
13	30	NE	69.4.14	36	NE	49.10.27
14	29	NE	44.1.9	35	NE	54.12.24
15	29	NE	46.2.27	35	NE	51.4.3
16	28	NE	52.12.18	35	NE	52.12.19
17	28	NE	61.3.11	35	NE	45.10.11
18	28	NE	65.3.24	34	NE	53.5.11
19	27	NE	59.2.9	34	NE	55.10.28
20	26	NE	73.11.19	34	NE	73.1.3
21	26	NE	58.1.31	34	NE	66.2.14
22	26	NE	66.2.14	33	NE	70.12.1
23	26	NE	55.1.18	33	NE	41.1.25
24	26	NE	43.3.28	32	NE	63.1.24
25	25	NE	57.1.8	32	NE	62.12.7
26	25	NE	42.1.11	32	NE	48.1.16
27	24	NE	71.12.11	32	NE	47.1.22
28	24	NE	70.12.1	30	NE	44.12.15
29	24	NE	63.1.24	30	NE	43.4.20
30	24	NE	41.3.19	30	NE	46.3.11
31	22	NE	62.11.2	30	NE	42.11.1
32	20	NE	67.1.16	30	NE	67.1.16
33	20	NE	72.1.8	30	NE	72.12.22
平均	27.58			35.03		
σ_N	3.53			3.84		
		$1/S=3.21; X_0=25.85$			$1/S=3.49; X_0=33.14$	

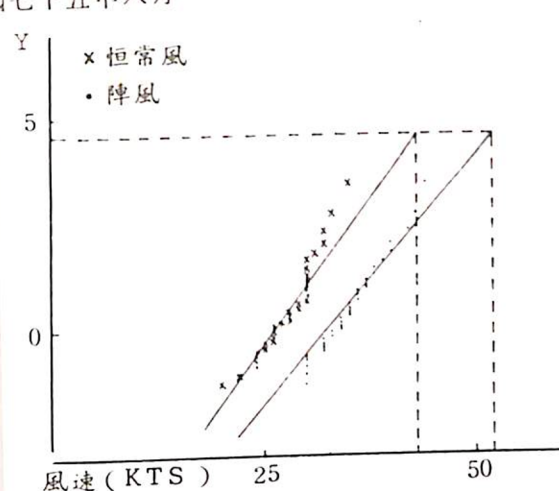


圖 11 根據花蓮地區季風歷年最大風速推算百年復現值之可能最大風速

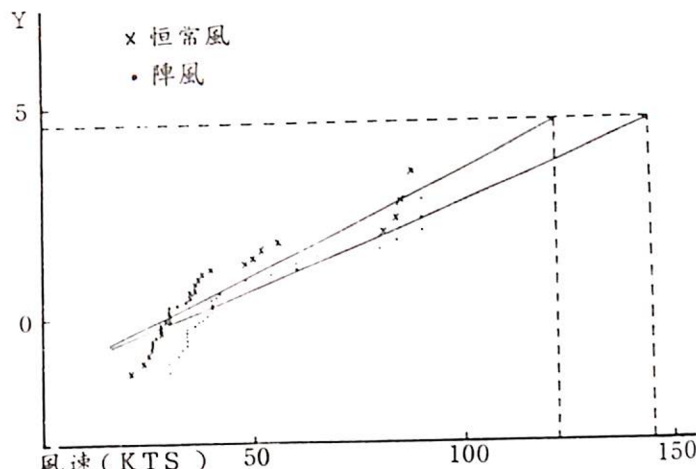


圖 12 根據花蓮地區不分颱風歷年最大風速推算百年復現值之可能最大風速

表七 民國 41 ~ 73 年花蓮地區歷年不分颱風季風之最大風速排名表

排名 (i)	恒常風速 (KTS)	原因	日期	最大陣風 (KTS)	原因	日期
1	88	TP:NINA	64.8.3	110	TP:NINA	64.8.3
2	85	TP:WINNIE	47.7.15	90	TP:WINNIE	47.7.15
3	84	TP:CLARA	56.7.11	90	TP:CLARA	56.7.11
4	81	TP:LOUISE	48.9.3	90	TP:LOUISE	48.9.3
5	56	TP:PINAH	45.9.3	84	TP:KIT	42.7.3
6	52	TP:KATE	51.7.23	80	TP:WENDY	52.7.16
7	50	TD	58.9.14	65	TP:ELSIE	58.9.26
8	48	TP:KIT	42.7.4	60	TP:NADINE	60.7.25
9	40	TP:WENDY	52.7.16	60	TP:DINAH	45.9.3
10	38	TP:CARMEN	46.9.11	54	TP:ANDY	71.7.28
11	37	TP:ANDY	71.9.29	48	TP:AMY	51.9.5
12	36	TP:SHIRLEY	49.7.31	45	TP:SHIRLEY	49.7.31
13	36	TP:WENDY	63.9.28	43	NE	69.5.26
14	35	NE	60.11.29	42	TP:WENDY	63.9.28
15	35	TP:PAMELA	50.9.12	41	TP:SALLY	50.9.28
16	34	TP:HARRET	54.7.26	40	NE	68.11.18
17	32	TP:NORA	62.10.10	40	TP:JUNE	70.6.20
18	30	NE	53.5.11	40	NE	61.12.12
19	30	NE	69.4.14	40	TP:CARMEN	46.9.10
20	30	TP:JUNE	70.6.20	39	TP:HARRIET	54.7.26
21	30	NE	68.11.18	38	NE	65.2.29
22	29	NE	44.1.9	37	NE	59.1.15
23	28	NE	65.3.24	36	NE	57.12.22
24	28	NE	61.3.31	34	NE	53.5.11
25	28	TP:RUBY	43.11.11	34	NE	55.10.28
26	27	NE	59.2.9	34	TP:RUBY	43.11.11
27	26	NE	55.1.18	34	NE	73.1.13
28	26	NE	66.2.14	34	NE	66.2.14
29	26	NE	73.11.19	33	NE	41.1.25
30	25	NE	57.1.8	32	NE	62.12.7
31	24	NE	41.3.19	30	NE	44.12.15
32	21	TP:RUTH	72.11.28	30	TP:ORA	67.10.12
33	20	NE	67.1.16	30	NE	72.12.22
平均	39.24			49.61		
σ_N	18.78	$1/S=17.07; X_0=30.02$		21.49	$1/S=19.54; X_0=39.06$	

民國七十五年八月

氣象預報與分析

③不分颱風季風(見表七、圖12)

 $N = 33$ $P = 32/33 (i = 1)$

恒常風 39.24

 $X_N =$
陣風 49.61

恒常風 18.78

 $\sigma_N =$
陣風 21.49

恒常風 17.07

 $1/S =$
陣風 19.54

恒常風 30.02

 $X_0 =$
陣風 39.06 $T = 100$ $Y = 4.60$ 可信度測試值 ΔX : $\Delta X =$ 恒常風 16.94 (< 18.78 可用)陣風 19.59 (< 21.49 可用)直線外延值 X : $X =$ 恒常風 122.55

陣風 144.95

斜率修正值 ΔX_1 : $\Delta X_1 =$ 恒常風 19.46

陣風 22.28

百年複現期內不分颱風季風可能出現之最大風速:

恒常風: 142.01 (KTS)

陣風: 167.23 (KTS)

雨量部份, 區分成二類, 日雨量與月雨量, 百

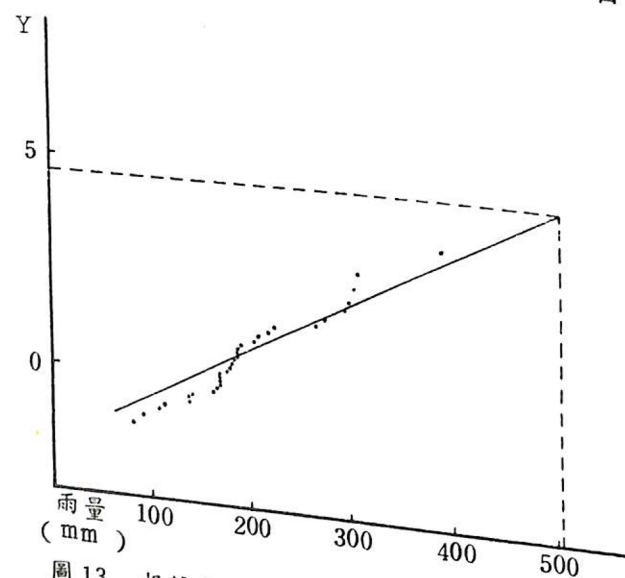


圖13 根據花蓮地區歷年日雨量最大值推算百年複現期之可能最大日雨量

年複現期的推算值如下:

(一)日雨量(見表八、圖13)

(二)月雨量(見表八、圖14)

 $N = 33$ $P = 32/33 (i = 1)$

日雨量 194.28

 $X_N =$
月雨量 500.33

日雨量 70.44

 $\sigma_N =$
月雨量 221.23

日雨量 64.04

 $1/S =$
月雨量 201.12

日雨量 159.60

 $X_0 =$
月雨量 391.73 $T = 100$ $Y = 4.60$ 可信度測試值 ΔX : $\Delta X =$ 日雨量 64.05 (< 70.44 可用)月雨量 199.84 (< 221.23 可用)直線外延值 X : $X =$ 日雨量 506.77

月雨量 1481.67

斜率修正值 ΔX_1 : $\Delta X_1 =$ 日雨量 73.01

月雨量 229.28

百年複現期內可能出現之最大雨量:

日雨量: 579.78 (mm)

月雨量: 1710.95 (mm)

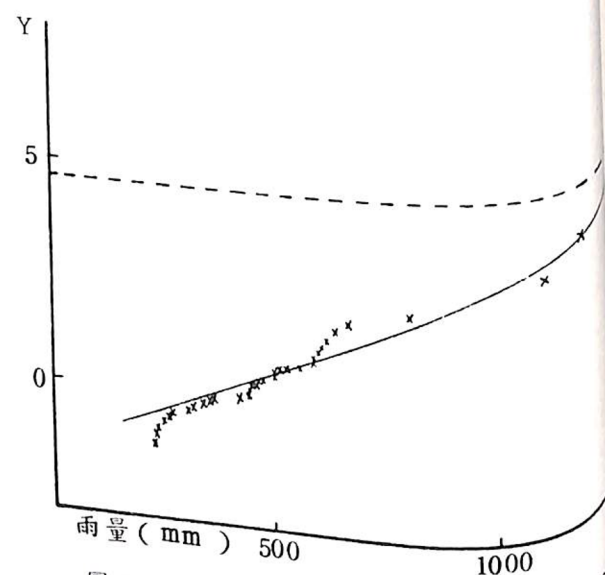


圖14 根據花蓮地區歷年月雨量最大值推算百年複現期之可能最大月雨量

表八 民國41~73年花蓮地區歷年日雨量、月雨量之最大雨量排名表

排名 (i)	日雨量 (mm)	原因	日期	月雨量 (mm)	年度月份
1	392.2	TP:NORA	62.10.8.	1200.1	45.9.
2	307.4	TP:FREDA	45.9.17.	1118.4	63.10.
3	305.7	TP:CARMEN	46.9.13.	816.6	62.10.
4	300.1	TP:WANDA	51.8.31.	677.5	66.9.
5	296.8	TP:VANESSA	73.10.26.	649.6	53.10.
6	277.8	TP:DINAH	66.9.22.	628.5	64.8.
7	267.4	TP:IRIS	44.8.24.	617.1	46.9.
8	226.6	FRONT	59.10.2.	605.7	58.9.
9	221.7	TP: ?	54.9.30.	596.4	61.7.
10	210.4	TP: ?	41.9.1.	595.8	50.5.
11	205.8	TP:BETTY	50.5.26.	562.4	59.10.
12	193.1	TP:DELLA	63.10.25.	533.9	44.8.
13	187.4	TP:BETTY	64.9.23.	519.2	51.8.
14	187.1	TP:FLOSSIE	58.10.2.	505.6	41.9.
15	186.9	TP:WINNIE	47.7.15.	504.7	70.9.
16	185.0	TP:ELAINE	60.10.8.	479.4	60.10.
17	182.3	TP:FREDA	48.11.18.	467.3	47.7.
18	180.5	TP:ANDY	71.7.29.	462.6	73.8.
19	178.5	TP:PAMELA	43.11.5.	451.3	69.9.
20	174.0	TP:DOT	53.10.10.	444.7	43.11.
21	171.6	TP:SUSAN	61.7.14.	443.3	57.9.
22	171.2	TP:DELLA	67.8.13.	428.0	67.8.
23	168.8	TP:PERCY	69.9.18.	367.5	54.9.
24	167.0	?	70.9.15.	359.4	42.10.
25	163.7	TP: ?	42.10.29.	341.4	56.11.
26	142.4	TP:ELAINE	57.9.29.	318.5	71.7.
27	139.7	TP:CARLA	56.10.18.	309.3	49.8.
28	139.1	TP:SHIRLEY	49.7.31.	269.8	52.7.
29	115.4	TP:TRIX	52.7.1.	267.4	65.9.
30	109.5	TP:ELSIE	55.9.13.	253.3	72.2.
31	92.9	TP:JOE	72.10.12.	233.0	55.9.
32	83.4	TP:IRIS	65.9.16.	231.8	48.5.
33	76.7	TP:HOPE	68.8.2.	230.4	68.8.
平均	194.28			500.33	$1/S=201.12$
σ_N	70.44			221.23	$X_0=391.73$

四、結 論

由以上分析與推算，我們獲得以下幾點結論：

強風部份：

(一) 11級以上的強風及歷年來的最大強風，皆由颱風造成；而中強度的東北季風却佔有最大比率。西南季風引發的強風比率甚小。

(二) 東北、西南季風交換時節在5~6月以8~9月。

(三) 颱風侵襲的高峯在7~9月，尤以8月為最高。

(四) 不計季風種類時，強風發生機率以11月份最高。

(五) 以基隆為圓心，半徑166海哩，中央山脈為平分線的1/4圓扇形區域，是颱風侵襲花蓮的警報區域（參見圖3），同圓心同半徑的1/8圓扇形區域，是颱風陣風的威力區域（參見圖五）。而颱風路徑以2、3類之路徑為主。

(六) 引發東北季風之強風的高壓中心位置，一集中在華中的平行四邊形區域（參見圖6B區），一集中在蒙古的梯形區域（參見圖6C區）。

(七) 百年復現期之強風極端值推算結果，1. 颱風：恒常風：147.29KTS，陣風：173.05KTS。2. 東北季風：恒常風：46.90KTS，陣風：56.09KTS。3. 不分颱風季風：恒常風：142.01KTS，陣風：167.23KTS。

豪雨部份：

(一) 豪雨肇因以颱風為主，強烈高壓或鋒面過境居次。

(二) 以基隆為圓心，半徑332海哩，中央山脈為平分線的1/4圓扇形區域，是颱風雲雨的威力區域（參見圖7）。路徑仍以2、3類為主。

(三) 豪雨發生的高壓位置，集中於日本海上的平行四邊形區域（參見圖6A區）。

(四) 7~10月為花蓮雨季高峯，颱風為主要的提供者；而冬天雨季與春末梅雨同為次高峯。

(五) 年雨量自民國63年起呈不規律變化，65~73年間是花蓮地區的乾旱期。

內百年復現期的雨量極端值推算結果：1. 579.78mm。2. 月雨量1710.95mm。

致 謝

本文能如期完成，萬分感謝劉副聯隊長劉廣英，1983：台灣西北部強風之分析及區內可能發生之最大風速的推算；大氣科學第11期，P19~P28。以及俞川心、葉文欽學長、汪勝雄同學，系主任龐培楠、副主任賴定國等提供寶貴意見。劉昭民，1984：低層噴射氣流與台灣地區豪雨之關係；氣象預報與分析第99期，P43~P52。料文獻，另外中央氣象局任副主任允借閱部關係；本單位同仁廖文聰繪製圖表，在此一併致謝。

參 考 文 獻

1. 日本氣象廳：1959~1984天氣圖彙編。
2. 王時鼎、丘台光，1984：台灣地區豪雨之研究；中央氣象局研究報告102號。
3. 王時鼎、鄭俠、徐晉淮、丘台光，1985：3月間台灣地區暴雨之環境條件，天氣分析與研討會論文集編主辦，P55~P72；中央氣象局研究報告025號。
4. 曲克恭、劉廣英、張俊峯、葉文欽，1983：地區豪雨及暴雨特殊分布之成因；空軍氣象中心專題研究報告032號。
5. 李富城、沈哇，1985：颱風侵襲下台灣地區分佈及持續時間客觀預報之研究(一)；空軍氣象中心專題研究報告032號。
6. 空軍氣象聯隊，1979：36~65年台灣地區氣候概述。
7. 范治安、鍾金堂，1982：台東地區颱風豪雨之與探討，氣象預報與分析第91期，P22~P27。
8. 俞家忠、劉廣英、俞川心，1985：台灣地區豪雨之研究(二)；行政院國科會防災科技研究報告73-57。
9. 馬汝安，1982：台灣各地雨區與雨季之研究；氣象預報與分析第90期，P15~P21；空軍氣象中心。
10. 戚啓勳、嚴夢輝，1978：氣象統計學；復興書局。
11. 戚啓勳，1979：颱風；季風出版社。
12. 葉文欽，1977：熱帶氣旋與極地高壓合併與台灣天氣之影響。氣象預報與分析第70期，P39。

國七十五年八月

蔡清彥、周根泉、陳正政，1981：台灣地區之颱風風速分佈，氣象預報與分析第89期，P1~P9。
劉廣英、易安成，1980：颱風最大暴雨量及最大風速之推算；氣象預報與分析第85期，P1~P8。

17. 劉明禮，1985：台灣東部及東南部豪雨之研究，氣象學報第31卷第2期；P74~P84。

18. Gumbel, E. J., 1958: Statistics of Extremes. New York, Columbia University Press. U.S.A.

19. Linsley, R. K. Jr., M. A. Kohler & J. L. H. Paulhus, 1958: Hydrology for Engineers. McGraw Hill Book Company, Inc. New, York, U.S.A.

An Investigation of Strong Wind and Heavy Rainfall in Hualien Area and These Extreme Values Estimation

Shyh-Larn Chen

Po-hsieng Lin

Abstract

In this paper, 34 years' (1952-1984) data which include hourly record and special weather report are analyzed. At first, we have adopted 1102 cases of strong wind (mean wind speed ≥ 20 KTS, gust wind speed ≥ 30 KTS) and 236 cases of heavy rainfall (torrential rainfall ≥ 100 mm/day, 50 mm/day $\leq$ heavy rainfall < 100 mm/day) to analyze the distribution of its frequency. Then according to the extreming value of strong wind and heavy rainfall from each year, we can estimate the possible extreming values in future 100-year return period by using Gumbel's first asymptotic distribution model.