

台灣氣候之研究與應用

An Investigation and use of Taiwan Climatology

魏元恒

蕭長庚

徐君明

Yuan-Heng Wei

Chang-Keng Hsiao

Chun-Ming Hsu

中央氣象局

Central Weather Bureau

一 前 言

氣候因子中以雨量及氣溫使用得最廣，而極端雨量及氣溫之變化則更是影響吾人之日常生活及國家經濟，故本文利用台灣主要測站 70 餘年之氣候紀錄予以長期趨勢及極端值分佈之分析及研究，並予以延伸以預估未來可能發生之情況，以及對颱風發生之頻率與北太平洋副熱帶高壓中心位置之關係加以探討。利用此等氣候分析所得之結論，可應用於農業區域之劃分，工業設計、商業推廣及軍事之戰備，以收防患於未然之效。

二 台灣氣溫與雨量之相關

台灣氣溫與雨量之變化具有相反之關係，而以夏季對流性陣雨所表現者最為顯著。冬季降雨因係平流所致，相關程度極低，茲就台北與花蓮兩地為例列如表 1。

多雨與低溫往往相伴發生，因此華南有一雨成秋之說，此由相關係數可以證之。一般而言在雨季之前氣溫較高；如梅雨之前，因雨量少氣溫升高，

地 名	臺 北 (1897-1971)	花 蓮 (1911-1971)
一 月	0.002	-0.118
七 月	-0.387	-0.666

表1 氣溫與雨量相關係數

待梅雨來臨，氣溫為之下降。雨季後氣溫復行升高，此可由歷年之雨量及氣溫曲線中看出（圖略），惟北部地區梅雨前之熱季不若南部顯著，依據劉衍淮先生之統計，以每日最高溫在 30°C 以上者為「熱帶日」（Tropical day）；最低氣溫在 10°C 以下者為「冷日」；在1897至1960年間1954年熱帶日出現最多，該年雨量亦為最少之年，且有旱象。但1948年冷日特多，雨量亦低於標準年雨量。故可知高氣溫與低雨量之相關至為明顯，而低氣溫亦多出現少雨量。

三、台灣氣溫與雨量之長期變化

近世氣候之變暖起自於1880年，此種氣候變暖之現象據統計直至1940年達於頂點，北極地區增溫最多為 7°C ，溫帶及熱帶較少，美國約為 2°C 。依台灣四個測站（台北、台中、台南、恒春）1897—1974年紀錄之五年平均值觀之，氣溫確有逐漸升高之趨勢，其最高點出現在1951—1955年間，各地之增溫量均為 1°C ，高山地區亦不例外。若依最小二程方或波譜分析之結果台灣各地氣溫約增高 0.8°C 至 1°C 間。

在雨量方面，顯有不同變化趨勢。台北、台中之5年平均雨量自1900年後均在1897—1900年平均雨量值之下，顯示上世紀末，北部係處於雨量之高點；而台南及恒春則無此現象，尤其台南一地之雨量顯示有隨世紀氣溫升高而雨量增加之趨勢。

若就太陽本體之變動言，太陽黑子之多寡，乃顯示太陽活動（Solar activity）之主要部分，係一種太陽大氣潮（Solar Tide），呈現11年及22年週期，以及80年至100年之長週期。此長週期在1950年達於最高點，而與本世紀氣候增暖之高峯相配合。據 Willet（1974）最近之研究，認為太陽活動週期對氣候長期變化趨勢，相關甚為顯著，並舉出四個重要例證。Wilcox（1975）更進一步證明 Willet 氏之說，並申言太陽活動對於冬季氣候之影響顯著，對海上及陸地具有相反作用之現象。

根據 Hoshiai（1974）之研究，以 500mb 月平均高空圖（1946—1970）依不同緯度（ 30°N 、 40°N 、 50°N 及 60°N ）作緯流波數1—5個波之調和分析，顯示各不同緯度均具有兩年週期。在 30°N 以波數為1最為顯着，週期為26個月，而近年 Angell Korshover（1974）兩氏發現北半球四個活動中心（北太平洋及北大西洋副熱帶高壓阿留申及冰島低壓），均有兩年週期變化（1897—1967資料）。其中心氣壓（地面）兩年週期之調和分析，波幅為0.4mb，週期約為28個月，其中心位置經度及緯度變化為110公里（緯度1度）。如就台灣各地6個測站氣溫及雨量週期之分布列表如表2。

地 名 類 別	臺北	花蓮	臺中	臺南	臺東	恆春
氣 溫 (1897-1971)	5.7	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7
	2.6	3.6	2.3	2.3	2.2	3.5
	2.2	2.2				2.3
雨 量 (1897-1972)	3.1	8	8	8	8	8
	2.4	4	2	2	2	4
	2.0	2				

表 2：臺灣各地年平均氣溫及年雨量之週期(年)

四年平均氣溫與雨量之預測

利用以上調合分析之結果，將各波長資料代入下式：

$$P = \sum_{i=1}^n C_i \cos \left(\frac{2\pi}{p} it - \rho_i \right)$$

式內 P 為週期計算值， i 為波序數， C_i 為波序數為 i 時之振幅， p 為基本週期， t 為時間序數， ρ_i 為波序數為 i 時之位相角。

由上式求出之週期雨量值或氣溫值，利用已知年份之值予以求差數，再以最小二程方求出此差數之趨勢方程，由此方程得出未來氣溫或雨量之趨勢，使其與週期值相加，而得出氣溫或雨量之計算值，今得出之結果有台北、台中、台南、花蓮、恆春及台東六地之年平均氣溫，最高最低氣溫及年雨量之計算值。現以台北一地之年雨量及年平均氣溫為例繪如圖 1、圖 2 及表 3，並將實際已出現之紀錄繪入以便比較。

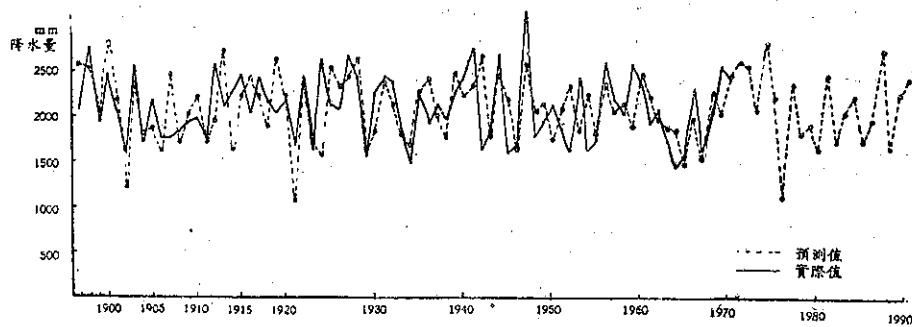


圖 1 臺北年雨量之實際及預測值比較圖

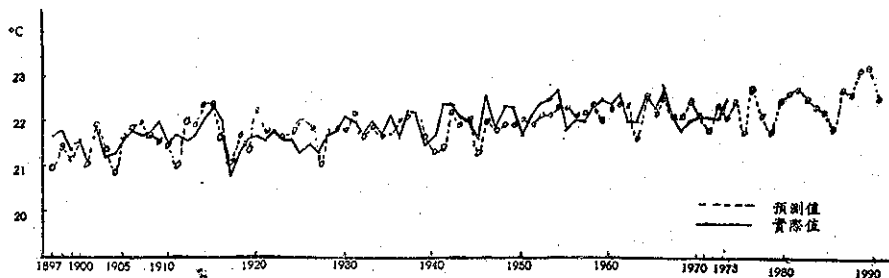


圖 2 臺北年平均氣溫之實際及預測值比較圖

年 代	年 雨 量 mm		年 平 均 氣 溫 °C	
	實 際	預 估	實 際	預 估
1960	2344	2488	22.4	22.4
61	1925	2218	22.6	22.4
62	2062	1992	22.0	22.4
63	1708	1890	22.0	21.7
64	1474	1862	22.6	22.7
1965	1569	1449	22.3	22.3
66	2326	1991	22.7	22.7
67	1643	1529	22.1	22.2
68	2020	2267	21.8	22.1
69	2550	2036	22.0	22.6
1970	2436	2493	22.1	22.1
71	1463	2615	22.1	21.9
72	2422	2572	22.1	22.4
73	1795	2077	22.5	22.1
74	2367	2833	22.2	22.6
75	2409	2204	22.1	21.9
76		1243		22.8

表 3. 臺北年雨量及氣溫之預估 (1960-1976)

由圖中曲線之趨勢，可以看出實際資料與計算資料之趨勢甚相符合，雨量方面符合者 70% 左右，相違背者有 30%。在 70 餘年內 1951 及 1971 之計算值與實際值位相相反，且數值差較大。但有若干年雨量特多或特少者均頗為相近，因年雨量之變化因素極為複雜，能獲得相近值已屬難得。今後將進一步修正程式並改進波數之取捨，或可獲得較佳之結果。

圖 2 及表 3 所示台北年平均氣溫，變化值雖小，然計算值與實際值之變化趨勢相符合者近 85%，相違背者約有 15%。惟其中 1945—1955 年間之計算值變化幅度均較實際值變化幅度為小，值得注意；在此一期間是世紀性氣溫增高之顛峯，台北氣溫之變化較計算結果為大，有待進一步之研究。尚堪注意者，自 1970 年後世界氣溫有再度上升之趨勢，在圖 2 預估之曲線上亦可看出，此對氣候變冷之說，甚至謂「小冰期」之將再臨，無疑已提出一反證。

五 氣溫與雨量極端值之預估及寒潮期中夜間氣溫下降之分析

氣溫及雨量極端值之頻率分布，具有自然對數函數之特性，其可能出現之極端值及重現週期計算方法甚多，其中使用 Gumbel 氏經驗公式計算所得者在氣象學報 20 卷 3 期中已有敘述，本文中則以圖解法，利用極端值或然

率紙 (Extreme Value Probability Paper) 分析雨量及氣溫，將已知之極端雨量或最低氣溫出現頻率填於圖紙中，由圖解二乘方法可得出其頻率趨勢，進一步可預估各等級極端雨量及最低氣溫之重現週期。

依據圖解法將台北、台中等地年極端最低氣溫，一日及一小時極端最大雨量之重現週期繪圖，茲將台北一地之圖列如圖 3 及圖 4 並將會出現之實際極端值與圖解之預估值 (在 100 年內) 列如表 4 及表 5 。

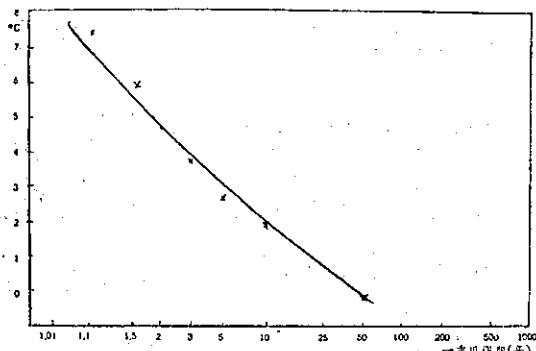


圖 3 臺北極端最低氣溫重現週期圖

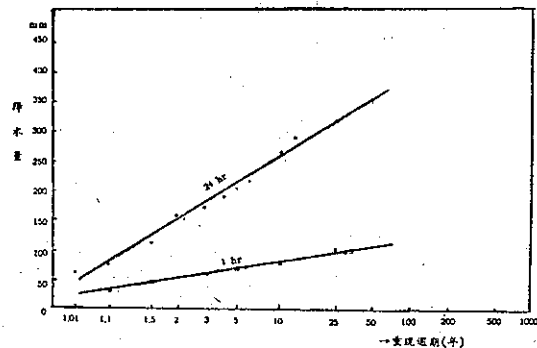


圖 4 臺北 24 小時及 1 小時極端降水量重現週期圖

測站	最低氣溫 (°C)	極端最低氣溫 (°C)	
		已出現值及年代	預估值 (100 年內)
臺北	4.7	-0.2 (1901)	-0.5
臺中	4.2	-1.0 (1901)	-1.5
臺南	5.9	2.4 (1918)	2.0
恆春	12.2	8.4 (1963)	8.0
臺東	10.6	7.2 (1931)	7.0
花蓮	9.1	4.4 (1918)	4.3

表 4. 臺灣各地極端最低氣溫 (1897-1970) 及預估值

測站	一日 (24hr) 最大雨量 (mm)		一小時 (1hr) 最大雨量 (mm)	
	已出現值及年代	預估值 (100 年內)	已出現值及年代	預估值 (100 年內)
臺北	359 (1930)	400	111 (1959)	120
臺中	660 (1959)	550	100 (1959)	120
臺南	443 (1956)	500	163 (1947)	170
恆春	485 (1943)	550	99 (1943)	120
臺東	468 (1918)	500	87 (1945)	90
花蓮	466 (1917)	500	92 (1956)	100

表 5. 臺灣各地一日 (24 小時) 及一小時極端最大雨量 (1897-1970) 及預估值

由表 4 中可知台北 100 年重現週期之可能最低氣溫預估值約為 -0.5°C ，台中則為 -1.5°C ，南部及東部各地均在冰點以上，最南端之恆春則為 8°C 。雨量方面則可由表 5 內看出。

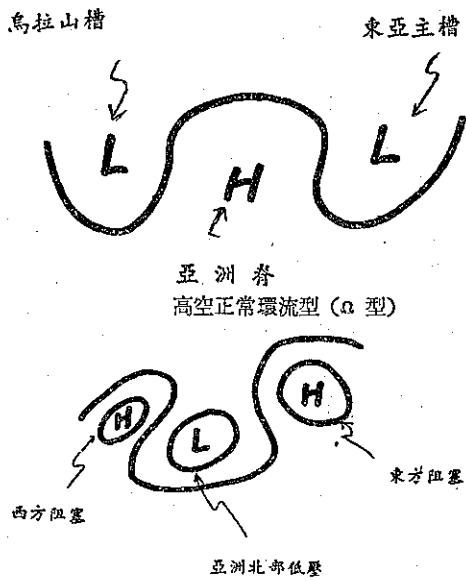


圖 5 高空阻塞環流型 (倒置 Ω 型)

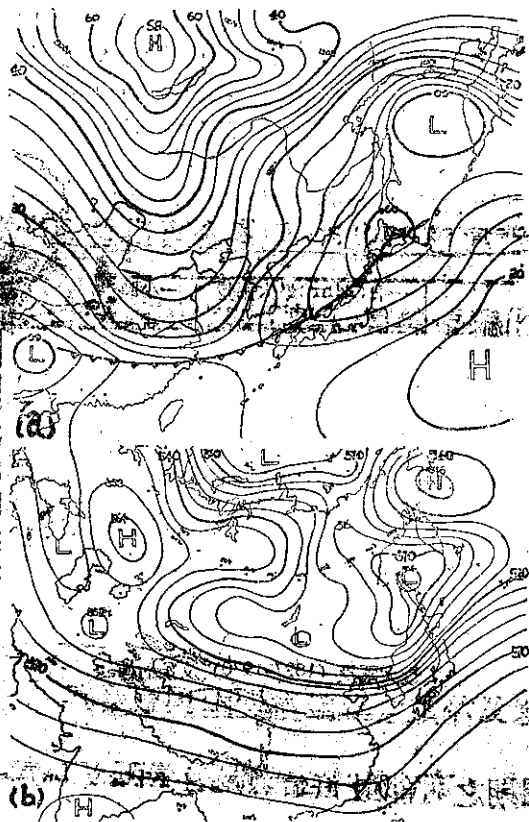


圖 6 亞洲阻塞環流型與寒潮爆發(1974年2月22日)
(a) 地面圖 (b) 500mb

常大氣環流型，或稱「正常型」，另一為大氣阻塞環流型式稱「阻塞型」如圖 5。台灣極端雨量及氣溫之出現，主要係由於大氣環流在「阻塞型」之狀況下，演變所致者，茲舉實例如圖 6。(摘自王時鼎先生著作)在圖 6. b 500mb 高空圖中，高氣壓與低氣壓呈倒置 Ω 型，為一標準阻塞型，此一天氣型導致寒潮爆發，即圖 6. a，造成東亞及台灣一帶之低溫及降雨，台灣直接由寒潮所致雨量不多，主要由強烈冷平流，導致滯留鋒或低氣壓所致之多雨量；此在寒潮爆發後，於高空圖(500mb)鄂霍次克海附近，所出現之阻塞高氣壓相關聯。台灣冬季持續性惡劣天氣及春夏間之梅雨季，主要為出現較強之東方阻塞高壓，於鄂霍次克海附近，台北五月份梅雨季之雨量與鄂霍次克海附近，在 500mb 圖上之高度距平，其相關係數為 0.6 徐明同 (1974)

寒潮期中，如空氣乾燥穩定，各地之夜間氣溫下降係依一定之指數函數下降，其方程式可寫為 $T = a + be^{ct}$ ， T 表示氣溫值， a 、 b 為迴歸係數， t 表示日落後之時間遲滯序數， c 表示指數係數， e 為自然對數。今取 18 時為日落時間，則 t 定為 -12，19 時則為 -11，上午 6 時則為 0，茲將台北一月份之平均下午 18 時至次日清晨上午 6 時之氣溫做一統計，計算結果列如表 6，另就 1965—1975 年間選出寒潮期之夜間氣溫分析台北日落後之氣溫下降情形如表 7。

時間 h	時間序數 t	實際氣溫 T	氣溫差量	$x = e^{ct}$	估計氣溫
18	-12	15.77	-0.42	6.82	15.75
19	-11	15.35	-0.49	5.51	15.37
20	-10	14.86	-0.69	4.55	15.00
21	-9	14.77	-0.20	3.60	14.79
22	-8	14.57	-0.17	2.61	14.86
23	-7	14.40	-0.02	2.06	14.36
24	-6	14.42	-0.31	1.50	14.19
1	-5	14.11	-0.10	1.17	14.05
2	-4	13.95	-0.16	0.88	13.93
3	-3	13.79	-0.09	0.66	13.83
4	-2	13.70	-0.12	0.49	13.74
5	-1	13.58	-0.07	0.36	13.60
6	0	13.51		1.00	13.60

$$c = -0.16 \quad T = 13.23 + 0.37 e^{ct}$$

表 6 台北一月份 (1965-1975) 平均下午 18 時至次日上午 6 時之氣溫下降情形

時間 h	時間序數 t	實際氣溫 T	氣溫差量	$x = e^{ct}$	估計氣溫
18	-12	11.05	-0.47	3.32	11.14
19	-11	10.58	-0.51	2.61	10.57
20	-10	10.07	-0.46	2.07	10.63
21	-9	9.61	-0.15	1.64	9.59
22	-8	9.26	-0.36	1.22	9.15
23	-7	8.90	-0.17	0.92	8.52
24	-6	8.55	-0.37	0.69	8.48
1	-5	8.23	-0.30	0.52	8.16
2	-4	7.73	-0.30	0.39	7.90
3	-3	7.35	-0.38	0.29	7.60
4	-2	7.26	-0.17	0.21	7.42
5	-1	7.16	-0.20	0.16	7.24
6	0	7.09	-0.07	1.00	7.63

$$c = 0.1 \quad T = 5.26 + 1.77 e^{ct}$$

表 7 寒潮期台北 18 時氣溫在 9.5°C-12.5°C 時夜間變化情形

由上表可知台北冬季 (1、2 月)，夜間氣溫降低之情況，計算結果與實際值甚為接近，以此用預估寒潮期夜間各時間出現之氣溫頗為有用，可應用於農作或養殖地區，可收預防低溫及霜害之效。

六 亞洲高空大氣環流型與台灣極端天氣之變化

繞地極之大氣環流，就極端值分析之觀點言，可分為二大類型，一為正

；亦即顯示該地區出現阻塞，與台北雨量增多之關係。冬季寒潮爆發，多出現於西方阻塞，亦即裏海一帶阻塞高壓之演變，其強烈者導致台灣地區極低溫之形成。

七侵台颱風之頻率分析

副熱帶高氣壓與颱風發源地相距6000餘公里(60個經度)，是熱帶長波或東風波之長度，如就700mb 高空圖波數分析，30°N之經常波數為6個波，亦即波長為60個經度，據 Angell 及 Korshover (1974)之研究，北太平洋副熱帶高氣壓(PH)其中心氣壓及經緯度之變化，與太平洋颱風出現頻率之相關係數如左

高氣壓(PH)	中心氣壓	緯度	經度(w)
相關係數	-0.80	0.96	0.70

即高氣壓中心氣壓降低颱風頻率增多，中心位置偏北及偏西颱風頻率亦增多，過去筆者(1970)對颱風所作分析中，根據1964太平洋颱風最多年及1969年颱風最少年所作之分析亦證明此規律性。

茲再就1964與1968年8月份颱風出現頻率與東太平洋副熱帶高氣壓及脊線位置變化列如表8。

類別 年份	高 氣 壓			1020mb		1016mb		颱風次數
	中心氣壓 mb	緯度	經度	緯度	經度	緯度	經度	
1968	1024	38°N	148°W	35°N	168°W	31°N	164°E	8
1964	1026	37°N	157°W	30°N	174°W	30°N	163°E	6
比較	-2	+1	-11	+5	-6	+1	+1	+2

表 8 八月份颱風次數與副熱帶高壓位置比較 (1964年8月颱風較1968年同月者為少)

比較副熱帶高氣壓強度及脊線位置之變化，可知在多颱風之8月，與少颱風之8月高氣壓之脊線有差異，約偏北5度，其中心氣壓低2mb，位置

偏北1緯度。由此可證副熱帶高氣壓及脊線位置之北移與颱風增多之關係至為明確。

由太平洋颱風之多寡，吾人可更進一步尋求其侵襲台灣之可能次數，茲將侵台颱風與西北太平洋颱風比值列如表9，惟需注意者是西太平洋少颱風時之比值宜增加，此乃由於台灣所處之位置特殊所致。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
北太平洋 洋西部 颱風發生	次數	23	11	14	36	68	88	289	330	318	243	169	78	1667
	百分比	1.4	0.7	0.8	2.2	4.1	5.3	17.3	19.8	19.1	14.6	10.1	4.7	100
侵台 颱風	次數	0	0	0	2	11	17	68	84	68	26	6	0	282
	百分比	0	0	0	0.7	3.9	6.0	24.1	29.8	24.1	9.2	2.1	0	100

表9 1897—1975 颱風侵台次數及頻率

八 結 論

1. 台灣氣溫與雨量之負相關，在夏季關係良好，週年雨量變化，在雨峯之前後氣溫均升高，呈現雨季與熱季交互出現之狀態。

2. 台灣各地年平均氣溫，在本世紀上半葉逐漸升高至1955年達於最高點，自此以後即逐漸下降，但自1970年後有再度上升之勢。

3. 台灣氣溫及雨量兩年週期性變化均有26個月之週期，各測站一致。

4. 由調合分析求出之雨量及氣溫趨勢，與實際趨勢甚相符合，其預估之資料可做預報之參考。

5. 極端最低氣溫及最大降水量之圖解，可估計台灣各地百年內可能出現之極端值及更長之重現週期。

6. 阻塞環流之出現，將導致異常之氣溫及降水。

7.北太平洋副熱帶高壓中心氣壓降低，颱風頻率增多，中心位置偏北及西，颱風次數亦增多。

參 考 文 獻

- Angell & Korshover, 1968: Additional evidence for Quasi-biennial Variations in Tropospheric Parameter, Mon. Wea. Rev., 96-11
- Angell & Korshover, 1969: Quasi-biennial Variations in the Centers of action, Mon. Wea. Rev., 97-12
- Angell & Korshover, 1974: Quasi-biennial and Long-term fluctuations in the Centers of action, Mon. Wea. Rev., 102. No.10
- Hoshiai, 1974: Quasi-biennial Oscillation of the ultra-long waves at 500mb during the year 1948-1968, J. Meteor. Soc. Japsn, Vol.52, No3
- Willett, 1974: Recent statistical evidence in support of the predictive significance of solar-climatic cycles, Mon. Wea. Rev. Oct.,
- 王時鼎，1974：論亞洲地面高壓生成與發展，氣象預報與分析，6期。
- 徐明同，1974：台灣梅雨之分析，氣象學報21卷4期。
- 劉沂淮，1965：台灣氣候紀錄中天氣極端之研究，氣象學報11卷4期。
- 魏元恒，1974：台灣雨量極端變化之分析及預測，氣象學報20卷3期。
- 蕭長庚，1973：台灣氣溫週期變動之分析，氣象學報19卷1期。

Abstract

The extreme precipitation and air temperature are the important elements of climatology and the change of them can heavily affect our daily life as well as national economic development. So in this report we chose the meteorological record from 1897 to 1974 of main weather stations in Taiwan, the rainfall and temperature data have been selected and computed with harmonic analysis.

1. The coefficient of correlation between rainfall and temperature in Taiwan is negative in summer. The rainy season displaces the hot season and vice versa.
2. One century variation of temperature in Taiwan reveals that annual mean temperature went up gradually during the early half of this century and reached its summit in 1955 then went down gradually afterward.
3. The quasi-biennial variation of rainfall and temperature appear in Taiwan and 26-month periodic variation of temperature conforms to one another at all stations.
4. The tendencies of long period change and values of rainfall and temperature computed from harmonic analysis conform to those of real rainfall and temperature.
5. The probability paper method of extreme minimum temperature, maximum rainfalls in one day and in an hour, we can estimate the extreme values in 100 years appeared probably and the longer return period at selected stations in Taiwan.
6. The extreme values of rainfall and temperature in Taiwan area appear as the result of the abnormal patterns of Asian circulation, most of them are caused by block circulations.
7. To prove that great frequency will appear when the subtropical high is heading north with its west ridge extending to the mostwest.