

桃園地區雷雨客觀預報研究

鄧施人

A Report of objective Forecasting on Thunderstorm Occurred
In Taoyuan Area

一、前言

五十四年四月間受命擔任研究發展工作，當時鑒於桃園基地天氣中心對雷雨預報尚乏較理想之客觀預報法，故作此嘗試。因人手不足，如廣泛引用資料則覺整理困難，故僅綜納各同仁經驗，及個人平時觀察所得，再利用五十四年四至十月及現有氣象資料等予以統計分析，然後以地面天氣圖，高空圖，斜溫圖及桃園基地逐日氣象要素變化情況，研討其對雷雨發生之關係。

復自55年2起至10月止，根據研究結論製成分析表，邀楊上尉岱祥每日試作預報，其成效（如表一）。

表一 五十五年雷雨預報成效統計表

區分	月	份	二	三	四	五	六	七	八	九	十	合計
			預報次數	有雷雨	成功	失敗	無雷雨	成功	失敗	失敗於鋒未過境		
錄面雷雨	預報次數		9	5	7	7	6	1	17	22	3	77
	有雷雨	成功		1	3	2	2	1	5	1		15
	失敗		2		2							
	無雷雨	成功	6	4	1	5	2			2	1	7
	失敗		1		1				11	17	2	48
氣團雷雨	預報次數		3	12	15	14	18	25	25	17	19	148
	有雷雨	成功						3	3			6
	失敗					1	3	2	3	1		10
	無雷雨	成功	3	12	14	13	14	16	19	15	19	125
	失敗				1		1	4		1		7
雷	西北部	成功		1		1	6	8	5	1		22
	有雷雨	失敗		1	3	3		5	3			15
	西北部	成功	3	9	11	9	11	10	16	15	19	103
	無雷雨	失敗		1	1	1	1	2	1	1		8
	視區內	成功				1	2	2	3	1		7
雨	有雷雨	成功	3	12	14	12	15	16	19	15	19	125
	無雷雨	失敗			1		1	4		1		7
	備註		1. 準確率計算：成功次數之和除以預報次數 2. 為盡量免除機遇 (Probability) 之得分錄面雷雨之準確率以九月至五月計算為：79.2% 氣團雷雨之準確率以六七八月計算為：80.8%									



二、台灣西北部地形及雷雨概述

台灣西北部包括新竹以北及桃園，台北等附近地區（如圖一）。本圖係參照聯勤測量署於51年4月發行三百萬分之一台灣立體地形圖，及空軍工程處36年4月份之修正版二萬分之一地形圖調製而成。北部地勢自雪山（拔海3884公尺，12,800呎），南湖大山（拔海3,740公尺，12,300呎），李棟山（拔海1913公尺，6,300呎）起，毗連開山（拔海1727公尺，5,700呎）及阿玉山（拔海1,419公尺，4,800呎），向東北綿延，形成東北西南向丘陵山地與北端七星山（拔海1120公尺，3,700呎），西北方之觀音山（拔海612公尺，2,000呎）及林口，南崁後山而形成臺北盆地。（拔海每50公尺，

165呎以下）。自李棟山及開山西北麓伸展迄台灣海峽，而成桃園、楊梅、龍潭及鶯歌一帶台地（拔海在50—250公尺間，165—825呎），合稱為台北丘陵台地。新竹機場在臺地西南，標高25呎，桃園機場位台地西北端（埔心），標高147呎，濱臨海峽。

西北臨海而區內多林木，水田遍佈，水汽供應充足。但李棟山等高度僅五、六千呎，山峯日間受熱，致空氣對流與抬升作用不及中部大雪山區為盛。唯氣流拂過其間擾亂作用頗佳，為促使雷雨產生之主要因素之一。

真正產生於桃園機場上空的雷雨罕見，多數發生於山地（即西北部丘陵地）。強度較大雷雨或可蔓延基地，對飛行活動自有影響，故值得注意研究。

台灣西北部之雷雨計有鋒面（含槽線、颱風及ITC等）雷雨與氣團雷雨。據統計桃園基地五年之觀測紀錄（46—50），雷雨發生時間及出現頻率從2月起至9月止，共89次（天）。7月份出現者居首，共24次，佔全數27%強，午後（12—20時）多於夜間（20—4時）及晨間（04—12時），共62次佔69%強。5月份最少僅3次。雷雨持續時間平均2—3時。54.5年台灣西北部發生之雷雨示（如表二）。

表二 五十四、五年台灣西北部雷雨統計表

區分	次(天)	數	二	三	四	五	六	七	八	九	十	合計
			1	1	4	1	2	1	3	1	1	15
晨間 (4—12)			1	1	3	3	16	24	12	4	2	66
午後 (12—20)				2	3		1		2			8
夜間 (20—4)					3		19	25	17	5	3	87
小計			1	3	10	4	7	1	6	1	2	29
鋒面雷雨			1	1	9	1	12	24	11	4	1	58
氣團雷雨				2	1	3						

以筆者多年之觀測及參考天氣記錄，西北部之雷雨多發生於七星山南麓等丘陵地區。為使便於討論起見，粗分A、B、C三區（如圖二）。B區雷雨影響桃園基地天氣最頻。（表三）係五十四、五年

圖二 台灣西北部雷陣雨產生區



表三

五十四、五年西北部雷陣雨統計表

次 地 區	月 份	二	三	四	五	六	七	八	九	十	合 計
臺北 或其視區			2		2	5	5	6	2		22
臺北 桃園或其視區						5	11	4	1		21
桃園 或其視區				1			5		1		7
桃園 新竹或其視區					1	2	3	1		1	8
小 計		0	2	1	3	12	24	11	4	1	58

註：其中 11 次台北 SE 方之雷雨係筆者觀測紀錄

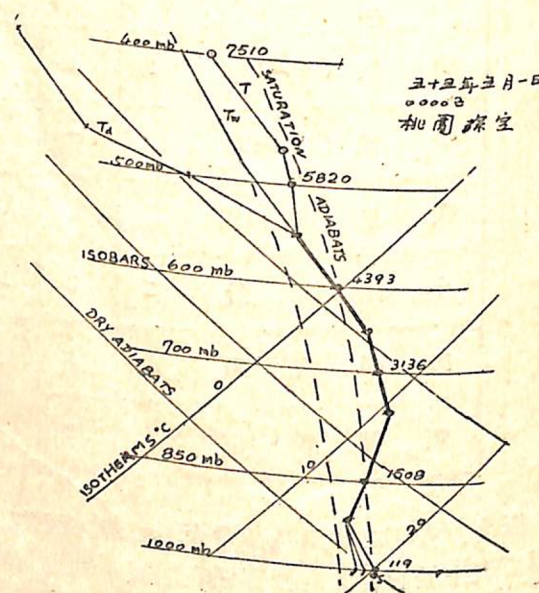
三、桃園探空分析

(一)對流不穩定層：根據54年資料統計分析，從地面至二萬呎間（據H. R. Byers及R. R. Braham利用 AN/TPS-10 雷達觀測 199 次雷雨雲之結果，即使垂直發展最盛之雷雨雲在二萬呎以上所佔空中面積尚不足天空之半，足見雷雨主要產生在二萬呎以下之氣層內）。對流不穩定空氣層厚度之總和達四千呎或以上者，即可能因外力作用而產生雷雨。鋒面雷雨產生在鋒前與鋒上之暖空氣中，台灣西北部發生雷雨之鋒面，常見高度約5千呎。故以此高度至二萬呎間，對流不穩定空氣層之總和達4千呎者，則可能於鋒面過境或鋒面駐留西北部時發生雷雨。氣團雷雨之產生以0000 Z 探空資料求得 C.C.L. 最高度在8,000呎，但西北部最高山峯約6千呎，因而採其中數7,000呎以下氣層內，對流性不穩定厚度和達4千呎及以上者配合天氣圖型式為雷雨預報條件之一。按對流不穩定之定義（ $\frac{d\theta_w}{dz} < 0$ ），但（

發生於台北、桃園、新竹及其視區內之雷陣雨觀測紀錄。A區可能發生22次（其中11次係筆者個人之觀）以上；B區28以下；C區8次以下。B區頻率最高達48%。通常B區發生之雷陣雨，僅擴展至桃園基地東南方（桃園市區），機場上空。唯於1600 L—1800 L間，雲量增多或為小陣雨。強度甚大之雷陣雨始能到達跑道上空。54年共7次，其中2次僅為輕微短暫陣雨，55年6次，均發生於雷陣雨盛行月份。

如圖三）750mb至550mb層，雖 $\frac{d\theta_w}{dz} < 0$ ，該層相對濕度却已達100%，氣層再舉升任何高度，在其

圖三



表四

五十四年穩定度指數準確率分析表

區 分	月 份	四	五	六	七	八	九	十	合 計
預 報 總 次 數		30	25	28	27	31	30	27	198
應 雷 成 功		4	1	10	9	5	2	2	33
發 生 雨 失 敗		5	8	12	5	7	10	6	53
不 雷 成 功		20	16	5	10	18	18	18	105
發 生 雨 失 敗		1	0	1	3	1	0	1	7
準 確 率 %		80	68	54	70	74	67	74	69.7

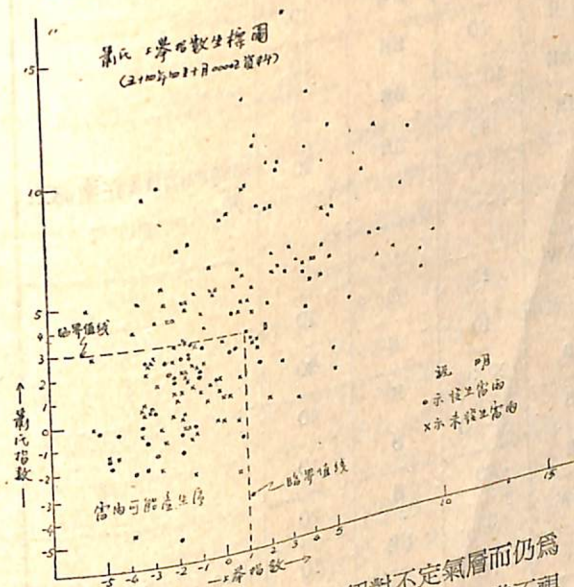
1. 採用0000 Z 探空資料
2. 準確率計算法：
準確率 = $\frac{\text{應發生雷雨成功次數} + \text{不發生雷雨成功次數}}{\text{預報總次數}}$
3. 不足30（或31）次預報總次數月份乃因缺探空資料

準確率 = $\frac{\text{預報雷雨成功次數} + \text{預報無雷雨成功次數}}{\text{預報總次數}} \times 100\%$

3. 穩定度指數臨界值劃份，以雷雨之發生為準，不考慮強度問題，並以準確率70%以上之指數值為臨界值。（如表四）及（圖四）。茲定蕭氏指數「+3」（含）及上舉指數「+1」（含）以下值，將有發生雷雨之可能。如在探空資料時間剖面已過桃園，且其上空鋒面逆溫層在850mb以上，則所求得之指數值偏大（較穩空），即示欠代表性，此時需參考上次指數值及其他因素而定。

(二)高空風：春末夏初，通常二萬呎以下桃園西南風在10哩/時以上，且隨高度增強（見表五）。鋒面過境時可能發生雷雨。因熱帶氣旋之影響而發生雷雨，端視其強度及ITC之位置而定。此一實例，54年僅8月18日Mary颱風距桃園東南方二百哩時出現一次，55年雖有5次之多，但不易求得適當之結論，氣團雷雨前，桃園2萬呎以下之高空風如為10—30哩/時之西南風（風速小於10哩/時則風向不定）易導致雷雨之發生。但西南風速超過35哩/時，平流加強，則發展雲無法繼續向上發展。風速小時對氣層對流雖則有利，但值此情況下，桃園可能位於鞍型或反氣旋區下沉作用增強，使雷雨不易形成。

圖四



他條件不變下，亦不可能成為絕對不定氣層而仍為條件性不安定，故似對雷雨產生助益甚少，當不視為對流性不安定層。

(二)穩定度指數：
1. 認穩定度指數代表地理環境類似地區之氣層，即以桃園探空報告求得之指數，應代表台北、桃園、新竹、龍潭及其視區內等地。如上述任何一地發生雷雨，即示為指數效應。
2. 準確率之計算為：

表五

五十四年西北部氣團雷雨日桃園高空風

風高 桃園日雨雷部北										
日期	風	2,000呎至 10,000呎				20,000呎至 30,000呎				備註
		0000 Z		1200 Z		0000 Z		0000 Z		
		向	速KTS	向	速KTS	向	速KTS	向	速KTS	
		向	速KTS	向	速KTS	向	速KTS	向	速KTS	
4	17	SW	10-30							
5	25	SW	5-15			SW-W	30	W	35	
6	9	E-SW	15-5			SW	20	SW	40	
	10	SW	10			W	5	W	10	
	11	SSW-SW	10-20			SW-W	10	WNW	5	
	23	SW	20-15			SW	20	SW	20	
	29	SW	35-25			SW	15	NW	10	
	30	SW	10-35-20			SW	25-10	W	10	
7	2	SW	10-15			SSW	20	SE	5	
	3	SW	10-25			SSW	15-10	E	5	
	6	SW	30-20			SSW	25-15	E	5	
	7	SW	20-15			SSW	25-10	SW	5	
	8	SE-E	5-10			SSW	10-5	SW	10	
	10	E-SSW	5-10			S-E	10	SE	10	
	14	SE	20-45	SE-S	5	SSE	10-20	SE	10	
	16	缺				SE	45	SE	20	8時FRED A在南海東部
	17	缺								
	22	W-SW	25-10							
	23	SW	20-10			SSW	15	E	10	
	27	N-S	5-20			S-W	10	E	20	
	28	S	5-25			S	20-35	S	40	
	29	NNE-S	5-15			S	20-30	S	10	
8	6	SW	45-25			S	20	S	20	
	7	SW	25-30			SW	25	SE	10	JEAN在33.5°N 130.0°E
	12	SW-E	10-5			W	30	SW	15	
	24	SW	10-15			E	10	E	25	
	28	SW-E	5-10			SW	20	SW	15	
9	5	SW	10			SW	15	NW	25	
	6	SW	20-10			S	10-5	ENE	5	
10	1	SW-W	5-10			SW	10-15	ENE	10	
						W-WNW	10	NW	15	

表五

五十四年西北部鋒面雷雨日桃園高空風

日期		高度 資料時間	2,000呎至 10,000呎				20,000呎至 30,000呎				備註
			0000 Z		1200 Z		0000 Z		0000 Z		
			向	速KTS	向	速KTS	向	速KTS	向	速KTS	
4	4	SW-W	10-25	NE	40	W	25-40	W	55		
	18	SW	15-40	NE	25	W	45	SW	45		
	25	SW	10-20	SW	25	SW	20-35	SW	40		
6	12	WSW	20-30	E	10	SW	30	W	25		
	13	SW	10-25	缺		W-NW	20-10	WNW	25		
	16	SW	10-25	SW	30	W	20	SW	20		
	17	SW	15-30	SE-S	5-15	SW	25	SW	25		
	20	SW	20-35	NE-SW	20	SW	35-15	SW	20		
8	18	NE	30-40	N	70	NE	40	NE	50	MARY本場SE200哩	
10	5	SW	15-5	SW	25	SW	20	NW	30-50		
	21	NE	15-20	NE	20	NE-NW	20	NW	35		

(二)氣溫——午間氣溫雖具代表性，但因天
氣之影響，減低其可靠性。故以日最低溫度表
示地面加熱程度甚為

四、午前氣象要素分析

計算上學穩定指數，用以預報午後最高溫度而修正探空曲線，則已含午前氣象要素分析之意。但因該項指數效應不盡理想。為求獲得較高準確率起見，對時間言是為狀態資料。對空間言可能包括台澎整個西北部午前氣象要素之分析，含有趨勢因素，對桃園及視區內雷雨之預報甚為重要。

(一)地面風——桃園冬半年多東北季風而無雷陣雨。夏半年多西南風，風速大小不等（夜及晨間近似靜風），持續時間亦不若東北季風長。日間因海風而增強，風向為西南，西或西北，視西南氣流及海風強弱而異。常因擾動及抬升而生雷陣雨，但於雷雨發生時間前（約一小時）地面風速超過15哩/時，則平流增強阻撓對流而使雷陣雨難以生成，有時地面圖上華南區有鋒面存在時（需注意作鋒面雷雨預報），桃園海風始於10—12時，如此時仍為靜風，則陸上對流較晚（或不強），雷陣雨多不產生僅出現直展雲。除颱風影響外，當高壓中心在日日本南方海上時，桃園為東南風，因降坡作用無雷陣雨發生。

(二)氣溫——午間氣溫雖具代表性，但因天空狀況之影響，減低其可靠性。故以日最低溫度表示氣團屬性。而以二者之差代表地面加熱程度甚為理想。根據統計分析，七月份晨間日出前後（0600 L）之平均溫度，接近 MT 氣團源地之平均溫度（24°C），詳空訓部43年7日版天氣學與天氣預報上冊74節。故以之為可能發生雷陣雨之氣團溫度臨界值。6與11時之溫差，代表地面加熱程度，以最低差「3」度為臨界值。差值大於「3」之3倍，且與6時氣溫相加和，如等於對流溫度（Tc）時，則不考慮六時之氣溫。

(三)相對濕度——空氣潮濕，除助長對流成雲致雨外，亦可用以判斷氣團變性程度，及陰雨天或晴天。相時濕度過低空氣乾燥，不易產生雷陣雨。過高則示影響地面受熱之空氣存在。故以65%為臨界值。

由以上之探討，凡不合於下列條件者，雷雨不可能產生：
1. 十一時之地面風向風速：
(1)風速小於3哩/時（含）者（但需注意對流雲發展情形）。
(2)風向呈060°—090°—210°者。

五十四年午前氣因素準確率分析表

區 分		月 份	六	七	八
預 測 總 次 數			30	31	31
預 測 雷 陣 雨 發 生	成 功		6	8	2
	失 敗		3	7	15
預 測 雷 陣 雨 不 發 生	成 功		20	15	14
	失 敗		1	1	0
準 確 率 %			87	74	52
備 註		1. 準確率 = $\frac{\text{成功次數}}{\text{預測總次數}} \%$ 2. 八月份失敗十五次中六次因午後地面風速增強 16KTS/hr. 以上			

(3) 風向 010° — 050° 風速11哩/時以上者。

(4) 風向 220° — 270° — 360° 風速 16 哩/時以上者

2.0600 L 氣溫低於 20.9°C 者。

3.0600 L與1100 L乾球差、小於 2.9°C 者。

4.1100 L之相將濕度小於64%者。

54年6.7.8之月之分析成效(如表六A、B)

桃園機場上空產生或由B區發展而到達機場之雷陣雨預報，除上述三項分析外，尚需觀察午前，午後之直展雲發展情形。五十四、五年機場雷陣雨日，僅7次(天)，以統計方式分析，似更嫌資料不敷，但一般言之雲量增多開始早，雲底高度不一，雲塊邊際模糊不清，為機場區內將發生雷陣雨之徵兆。午後對流最強(約1300L前)，機場東南方山區之直展雲頂超過約2000—10000呎。

表六B

五十四年午前及指數分析檢討準確率

區 分 \ 月 份		六	七	八	合 計
次 數		28	27	31	86
成 功	指數示發生 午前示發生	5	5	2	12
	指數示不發生 午前示不發生	5	10	10	25
	指數示發生 午前示不發生	13	3	4	20
失 敗	指數示不發生 午前示發生	2	1	9	12
	指數示發生 午前示發生	1	5	6	12
	指數示不發生 午前示不發生	0	0	0	0
成 功 次 數	指數示發生 午前示不發生	1	1	0	2
	指數示不發生 午前示發生	1	2	0	3
成 功 次 數		25	19	25	69
準 確 率 %		89	70	80	80
備 註		1.「指數示發生」—西北部發生雷雨 2.「午前示發生」—桃園或B區發生雷雨 3.預測雷雨之發生以指數為主，例如：指數示不發生，午前示發生則仍預測不發生 4.「次數」欄數量與表四「預測總次數欄」同			

用探空資料，分析氣層穩定度（蕭氏及上舉穩空指數），垂直風向風速變遷，判定西北部雷雨發生之可能性。同時藉午前氣象要素分析作為資料時間以後之演變趨勢，而為預報桃園基地及附近地區午後雷雨之輔助。桃園地區之雷雨客觀預報法乃根據有

園基地雷雨客觀預報分析表

指數		地面高空風		午 前 氣 象 要 素		是 否 雷 雨		預 報 階 級 實 際 天 氣 (最惡劣)		檢 討 及 註 記	
上	舉	風 向	風 速	風 向	風 速	天 氣	天 氣				
20000ft	20000ft	加減	最大	T ₁₁ -T ₆	1100L 地面風	6-10及11時					
度	度	度	度	(°C)	(°C)	(KTS)					
4	15	3	1	3	1	10	0	NO		①cPk 示鋒面已過境或預測將過臺灣南部或消失，cPk 氣團自日本西部以西過流至臺灣北部，或高空槽自西北部移去，高空氣流來自中國大陸華南以北地區	
4	15	3	1	3	1	10	0	NW YES		②Fr/NT (Tr) 示鋒面在溫州，馬祖間或槽線在大陸東南沿海，預測十二小時內將抵達西北部	
4	15	3	1	3	1	10	0	NW YES		③Fr (Tr) 示鋒面或槽位於(或將停留)西北部	
4	15	3	1	3	1	10	0	NW YES		④cPk/Tr (Tr) 示鋒面或槽在(或停留)中部，預測十二小時內不離去或消失，或殘餘自中南越北上	
4	15	3	1	3	1	10	0	NW YES		⑤C 示氣旋或聯合帶迫近西北部	
4	15	3	1	3	1	10	0	NW YES		⑥cPk→mT, mT ME 示單一氣團籠罩西北部，預測午後，無其他氣壓系統移入即離，預測對流作用。	
4	15	3	1	3	1	10	0	NW YES		⑦4/7 示地面至 7000 ft 間對流不安厚度層之和佔 4000ft 15 示 5000ft 至 20000ft 間對流不安厚度層之和佔 4000ft	