

# 台東豐年機場冬春季航空氣象要素 之季節和日夜變化研究

何台華<sup>1</sup> 魏志憲<sup>2</sup> 蒲金標<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國防大學中正理工學院應用物理系

<sup>2</sup> 空軍氣象中心

<sup>3</sup> 民用航空局飛航服務總台

(中華民國八十九年八月十五日收稿；中華民國九十年二月十九日定稿)

## 摘 要

台灣東南部向來是國人喜愛的觀光景點，搭乘飛機的來往觀光客相當多，係造成台東豐年機場飛機起降相當頻繁的重要原因之一。每年冬、春和初夏之際，該區域常有影響飛安的中尺度天氣現象產生。本研究利用西元 1992~1998 年台東豐年機場每日二十四小時之地面觀測資料，就機場的跑道方向和助航設施，分析其風場陣風強度、能見度、雲幕高以及降雨量等季節性和日夜變化對臺東豐年機場飛機起降的影響，最後選取適合飛機起降的時段。

分析結果獲得以下結論：

- (一) 豐年機場跑道方向與綜觀風場變化相當配合，惟台東地區受地形與區域環流之影響，使地面氣象要素產生較複雜且急速的變化，再加上機場四周山脈環繞，影響飛航安全，不能掉以輕心。
- (二) 豐年機場每年四至六月份每日 1000 至 1700 地方時，需多加留意最大陣風產生之側風影響，以免飛機起降時偏離跑道。
- (三) 豐年機場二月份以後，受到區域性環流與熱力作用及伴隨天氣系統之雲層影響，產生低於儀器起降標準之最低能見度與最低雲幕高的次數，急劇增多，尤其以五、六月為最多。
- (四) 七年平均的每日逐時之最大降雨量大部分發生在清晨和傍晚，五、六月份平均時雨量極值有大於 10mm 的現象出現，造成機場跑道程度不一的濕滑現象，易發生事故。
- (五) 綜合豐年機場的風向、能見度、雲幕高和降雨量等航空氣象要素之探討，每日 2000 地方時至隔日 0600 地方時之間的大氣條件較穩定，最適合飛機起降。

關鍵詞：航空氣象、陣風、能見度、雲幕高、降雨量。

## 一、前言

台灣東南部山巒秀麗，海水清澈蔚藍，向來是國人喜愛的觀光景點。然而由於前往方式以航空交通最為便捷，使得該地區機場的飛機起降日益頻繁，十年來航機架次增加 21% (76 年 32922 架次，86 年 39870 架)，旅客人數增加 2.5 倍 (76 年 398895 人，86 年 1398643 人數)，航機以中、小型客機居多。然而由於東部機場之助航設施所限，外加天氣多變，一旦遭遇突發之惡劣天氣，極易造成失事，例如，民國七十年六月十三日台航 BN-2 飛機自台東起飛，於花蓮外海墜毀，七十二年九月九日台航 BN-2 飛機在蘭嶼失蹤，七十七年一月十九日台航 BN-2 飛機在蘭嶼撞山，八十二年二月二十八日永興多尼爾 228 型飛機自台北飛往蘭嶼途中墜海等事故。在每年冬、春和初夏之際，此區域常有影響飛行安全的中尺度天氣現象產生，尤其是海面上的暖心低壓，會帶來相當惡劣的能見度與低雲幕 (何、翁與張，1994)。當春季鋒面接近台灣北部時，台灣東邊陸地及近海背風地區容易形成移動快速、生命週期短和對流強盛的中尺度低壓系統，使得氣流變化多端，低層風切明顯且嚴重 (Kuo and Chen, 1990; Sun and Chern, 1993, 1994)；而當春季鋒面移到台灣東部近海時，其鋒面前會出現明顯的密度流特性，且有強烈的風變和氣壓梯度，產生強風與亂流 (Hor et al., 1998)。台灣東南部外海也會出現長生命期的中尺度渦旋，伴隨中尺度垂直風切、輻合及降水現象 (Yu et al., 1999)，而影響飛航安全。就預報成效的角度而言，氣象局在過去多年梅雨季臺大雨預報實驗，顯示東部地區天氣預報表現得不甚理想，有很大的改進空間 (丘，1999)。由於台灣地區中尺度實驗 (Taiwan Area Mesoscale Experiment; TAMEX，

1987)，以及接續的數個中尺度觀測實驗，均以台灣西部為主，相對東部的資料就相當缺乏。東部有高山和複雜的大氣結構特徵，對侵台颱風路徑與颱風結構也存在重大影響 (Tsay, 1994; Cheng et al., 1999)。由於台東豐年機場本身肩負綠島、蘭嶼等外島之航空運輸任務，因此本文嘗試就東部台東豐年機場的地面觀測資料對飛機起降時的環境場變化加以研究，針對航空氣象要素，如陣風、能見度、雲幕高和降雨量等做詳細的處理及分析，並探尋中尺度天氣系統與上述氣象要素變化之相關性，期盼能提高氣象保障飛安的能力。又西元 2001 年將在台東與綠島地區舉行綠島中尺度觀測實驗 (Green Island Mesoscale Experiment; GIMEX) (周等，2000)，本研究預期可對此觀測實驗地區提供較完整的氣候統計與日夜變化分析資料，以事先做好規劃工作。

有關豐年機場之航空氣候研究方面，雖已有成果發表 (祝、蒲、劉等，1993)，然在 1992 年以前，豐年航空氣象台每日觀測時間為 0600~2000 地方時，缺乏夜間之觀測資料，無法得知機場附近氣象因子日夜變化對飛機起降之危害。惟該機場氣象台自 1992 年起開始每天二十四小時的全天候觀測作業，可獲得更多、更完整的資料。本文利用臺東豐年機場七年 (1992 年至 1998 年) 的逐時觀測資料和特別天氣觀測報告，針對該機場的跑道方向與周遭環境特性，分析風場、能見度、雲幕高和降雨分布等的季節差異和日夜變化，以及其對臺東豐年機場飛機起降的影響，藉以選取適合飛機起降之時段，減少因天氣突變而影響飛行安全之事故發生。

## 二、豐年機場之地理位置與地形

台東豐年機場位於中央山脈東南側平原之中央，台東市區西側，地勢低平，海拔高度 42.1 公尺 (138 英尺)，機場西臨中央山脈約五公里，東北方為海岸山脈，其走向和中央山脈近乎平行。海岸山脈在台東附近之山頭高度均在 250

公尺以下(圖 1)，機場跑道方向為  $40^{\circ}$  --  $220^{\circ}$ ，長寬分別為 2438 公尺和 30 公尺，目前仍屬晝間起降機場。豐年氣象台位於機場東側，其經緯度位置為 ( $22^{\circ}45'24''$  N,  $121^{\circ}5'36''$  E)。機場擁有兩種儀器助航設備，一是特高頻多向導航台 (VHF Omnidirectional Range ; VOR)，另一是歸航台 (Non-Directional Radio Beacon ; NDB)。這些助航設備均受能見度與雲幕之影

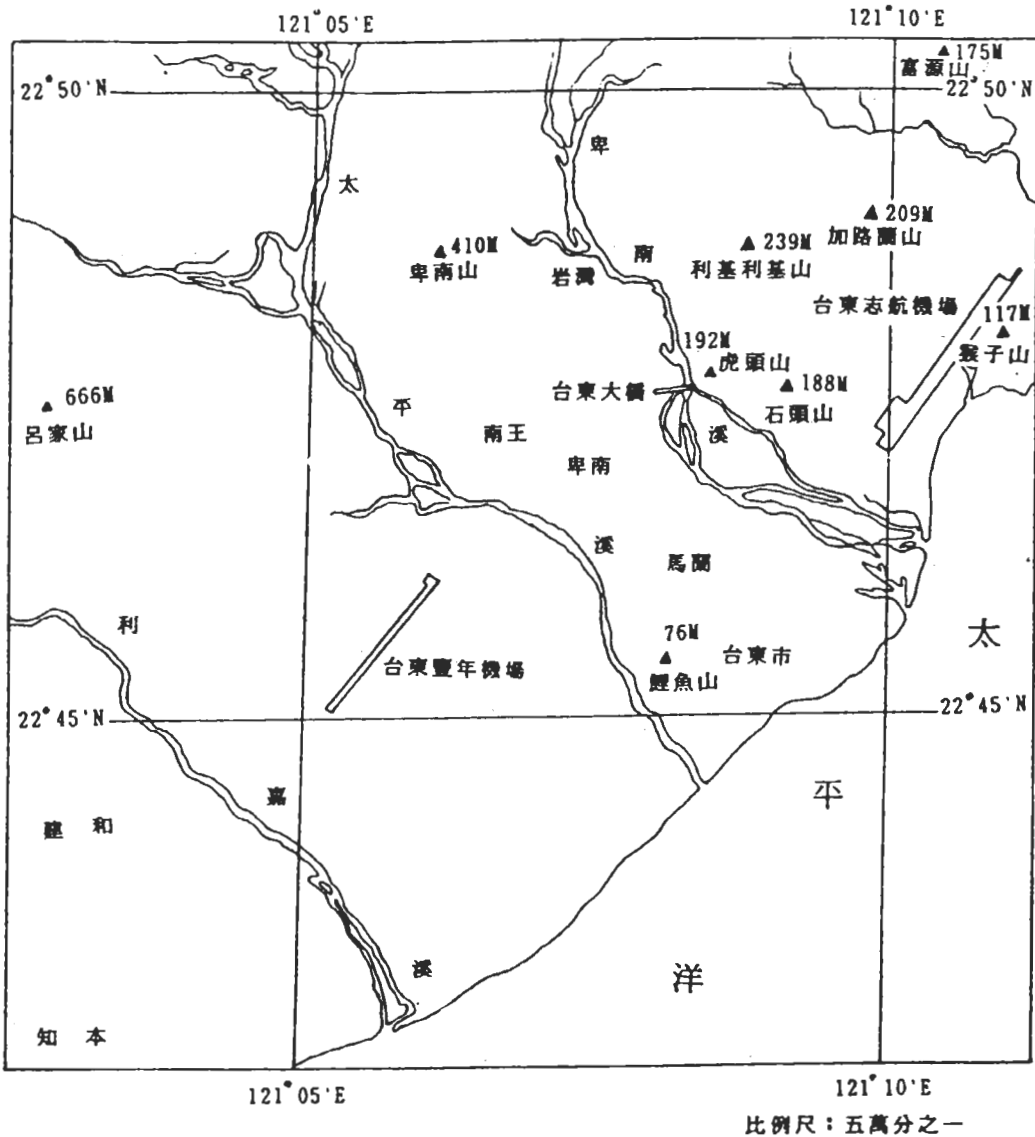


圖 1 台東豐年機場地理位置與地形圖 (祝、蒲、劉等，1993)

響，有起降標準之限制，特高頻多向導航台適用在雲幕高 740 呎、能見度 4000 公尺以上之大氣環境，而歸航台則適用於雲幕高 840 呎、能見度 4800 公尺以上之天氣條件（表一）。

### 三、資料來源

本研究採用民航局飛航服務總台所屬臺東豐年機場航空氣象台 1992~1998 年機場定時天氣報告 (METAR) 與選擇特別天氣報告 (SPECI) 等觀測資料。為了明白東北季風、春雨與梅雨等重要天氣演變過程對最大陣風、能見度、雲幕高和降雨量之影響，本研究特別分析其季節

性與日夜變化，也嘗試探討此七年平均的雨量日夜分布與低能見度的關聯，和其對機場跑道濕滑的影響。國際民航組織規定的量測或觀測氣象資料之可接受精確度如表二所示，豐年機場地面氣象觀測儀器每兩年由中央氣象局檢校中心派員實施校正作業，校正後的觀測資料均在標準誤差範圍之內。

### 四、資料分析及處理

#### (一) 平均風場

本研究中所定義的平均風場（含風向與風速）係以二分鐘平均為準，並將每日正點風場

表一 台東豐年機場助航設施之飛機起降天氣標準。此助航設施包含特高頻多向導航台/測距儀 (VHF Omnidirectional Range /Distance Measuring Equipment ; VOR/DME-B) 與歸航台/測距儀 (Non-Directional Radio Beacon/ Distance Measuring Equipment ; NDB/DME-A)。

助航設施	雲幕 (呎)	能見度 (公尺)
歸航台 (NDB/DME-A)	840	4800
特高頻多向導航台 (VOR/DME-B)	740	4000

表二 國際民航組織規定的航空氣象作業上可接受之氣象觀測資料準確度。

觀測項目	航空氣象作業上可接受的量測或觀測氣象資料準確度
平均風向	$\pm 10^\circ$
平均風速	$\pm 2$ km/h (1 kts) up to 19 km/h (10 kts), $\pm 10\%$ above 19 km/h (10 kts)
能見度	$\pm 50$ m up to 600 m $\pm 10\%$ between 600 m and 1500 m $\pm 20\%$ above 1500 m
雲幕高	$\pm 10$ m (33 ft) up to 100 m (330 ft) $\pm 10\%$ above 100 m (330 ft)

資料累計，濾除半點與特別觀測之風場資料，依月份以累加方式表示，其中風速以每 3 kts 間隔、風向以每 10 度間隔分別統計發生次數。統計後的風場速度大小與風向之誤差均不變，但風速較大時代表性較佳。

### (二) 地面氣象要素

陣風觀測係取十分鐘內最大風速，若無陣風出現時，則採用當日所有二分鐘平均風速之

最大值(祝、蒲、劉等，1993)，其中颱風環流造成的強風(>34 kts)已予以剔除，使問題單純化。最低能見度係跑道視程資料之最低值。由於每日所觀測之雲量並非均能構成雲幕，因此在最低雲幕資料中 999 值代表無雲幕，須予以剔除。由於以上氣象要素每日之極值並非只出現於某一時間，而在民航局航空氣候年報的統計中則以最後出現時間為發生時間，忽略其他時間之資料，如此無法精確掌握每日氣象要

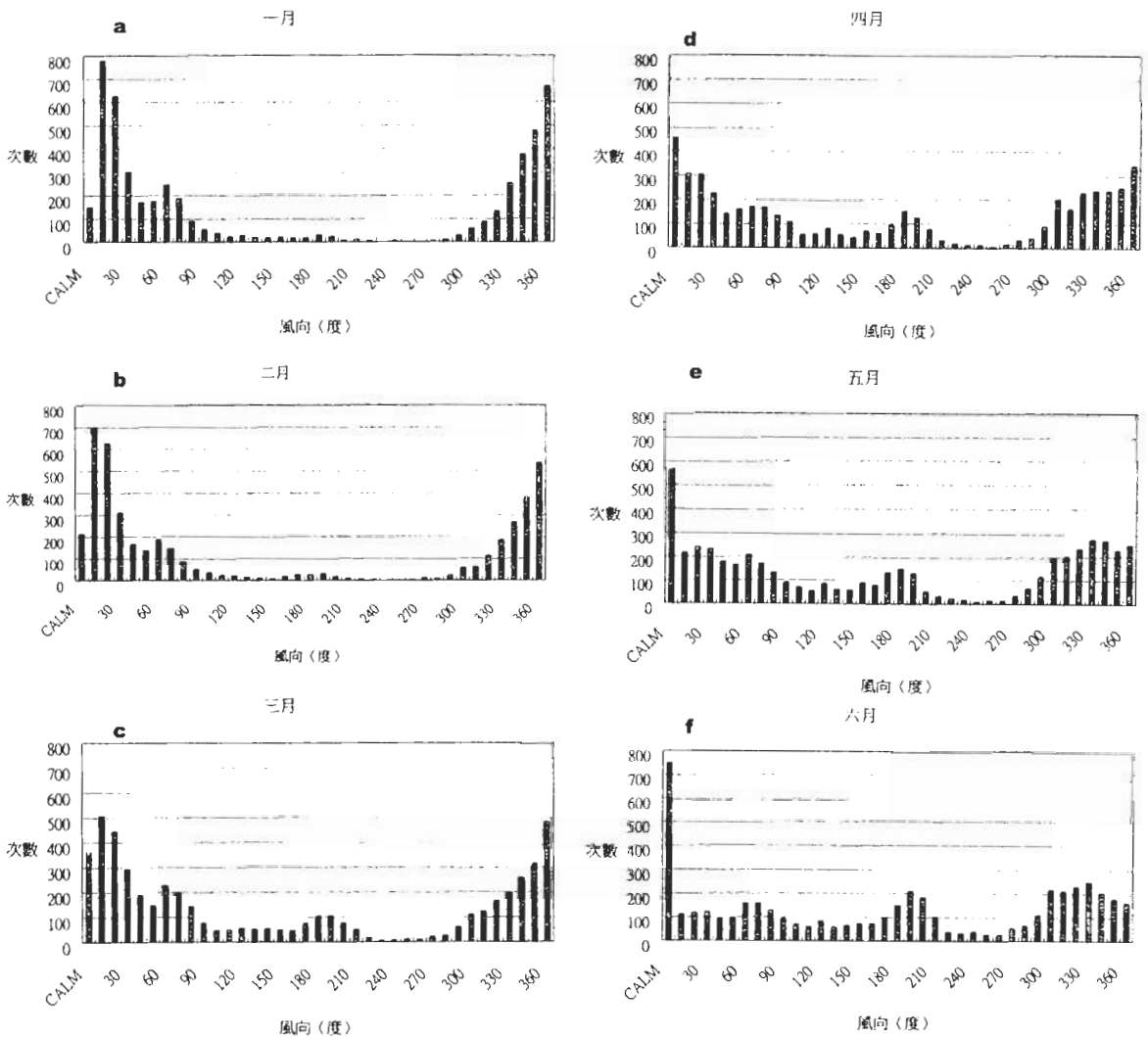


圖 2 利用 1992 年至 1998 年每日定時觀測 (METAR) 資料，所繪製之年平均風向發生次數分佈圖。縱軸代表發生次數，橫軸為風向，採 36 分量。(a)-(f) 分別代表一至六月份。

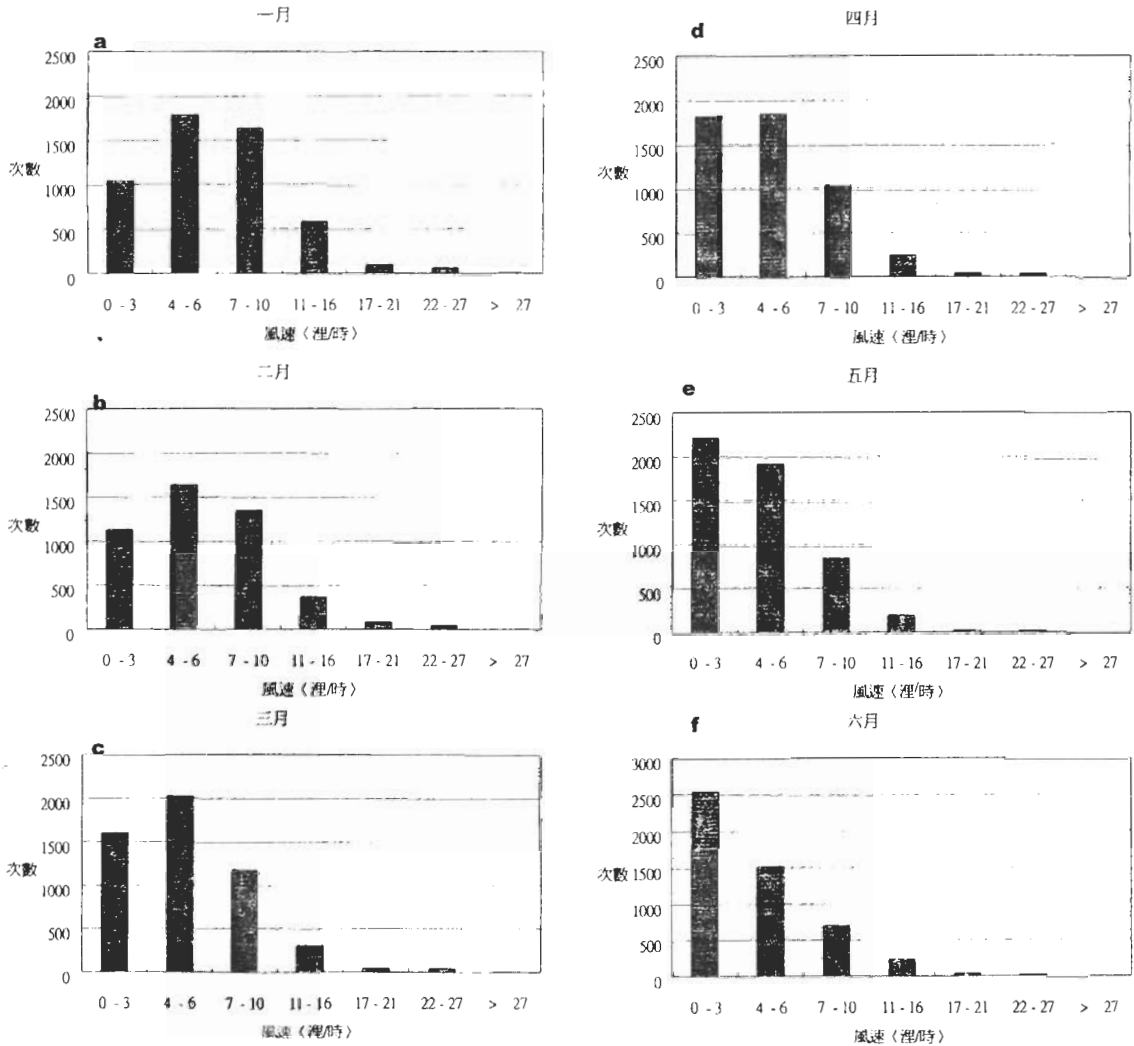


圖3 年平均風速發生次數分佈圖，利用1992年至1998年每日定時觀測(METAR)資料所繪製。縱軸代表發生次數，橫軸為風速區間(單位：哩/時)。(a)~(f)分別為一至六月份。

素極值之變化，因此本研究特將所有曾出現之時間予以統計分析。為能明白表示地面氣象要素的統計資料在一天24小時中發生的時間分佈情形，最大陣風部分以每半小時統計發生次數，依每20度之風向間隔與每5 kts之風速間隔繪製表格，而最低能見度與最低雲幕則以每小時統計發生次數，並且依其助航設施之標準為區隔而製成表格。

### (三) 降雨量

而在降雨量統計方面，當時雨量不及0.1 mm時(即雨跡 T)，不計在內，而且為避免颱風雨帶所造成之劇烈降雨現象模糊春雨或梅雨的貢獻，因此每小時累積雨量大於50 mm者，也不予考慮。

## 五、結果與討論

### (一) 氣候平均風場

氣候平均風場乃取 METAR 風場資料按月份做七年平均。由風向、風速發生次數的統計上，顯示一月份（圖 2a）風向以北風與東北風為主，風速（圖 3a）則以 4~10 kts 的區段發生次數最多，超過 3000 次（約為總次數 57%）以上，這與祝、蒲與劉等（1993）研究指出一月份平均風速 8.3 kts 相當。二月份仍以東北風的發生次數居多（圖 2b），風速明顯集中在 4~6 kts 區段（圖 3b）。隨著季節的變化，風向由東逐漸偏南，在三、四月份的風向仍以東北風和西北風為主（圖 2c-2d），惟南風發生次數明顯增加，顯示風向變化頻繁，風速分佈平均集中在 4~6 kts 區段（圖 3c-3d），且有逐漸減緩的趨勢。五、六月份盛行風不明顯，五月份以東北風、西北風和西南風較多，六月份以西北風和西南風較多（圖 2e-2f），其風速則是集中在 0~3 kts 區段（圖 3e-3f），發生次數均超過 2500 次（約為總次數 32%）。而靜風的發生次數則隨季節轉變有逐漸增加的趨勢，一月份在 200 次（約為總次數 2%）以下；六月份超過 700 次（約為總次數 13%）。

由上述分析說明豐年機場氣候平均風場，冬季時風向以北風及東北風為主，乃是受東北季風影響，風速較強，集中在 4~10 kts 之間，最大可達 27 kts 以上。隨著季節的變化，偏南風出現之機率逐漸增加，但仍以偏北的風出現次數較多。到六月時風向變得不明顯，各種方向的風都可能出現，但以偏南風較明顯增加，此時風速減弱，集中在 0~3 kts 與 4~6 kts 兩區

段之間，並且靜風的次數相當多，佔總次數 30% 以上，但有時風速仍可超過 27 kts。

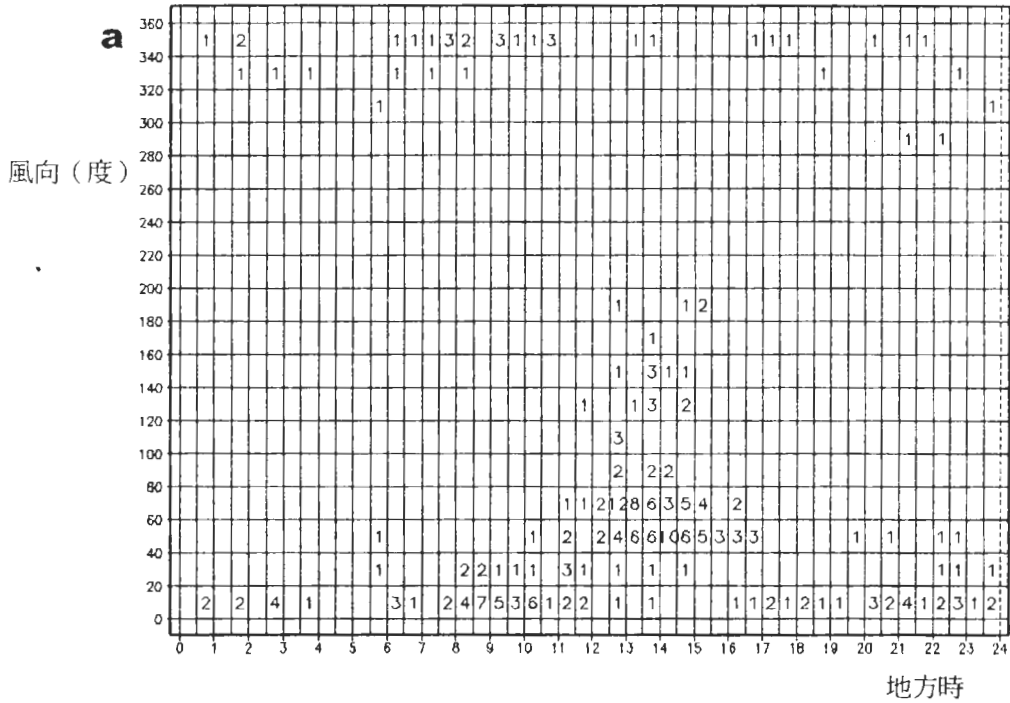
### (二) 最大陣風

逐日最大陣風的日夜變化（圖 4 與圖 5）顯示無任何規則可尋，惟與平均風比較，可發現兩者具有一定程度的相關性。一月份最大陣風的風向和綜觀風場的風向大致相同，惟出現南風或西南風之最大陣風，七年來發生次數僅 4 次，並且風速微弱（小於 10 kts）。從二月份到三月份，偏南最大陣風的次數就逐漸增加，但風向大致仍與綜觀風場相若，然而在春夏交替之際，特別是五、六月份，其最大陣風之風向和綜觀風場風向不盡相同，風向偏北的最大陣風仍然不少，乃是受鋒面影響的緣故（祝、蒲、劉等，1993）。

從最大陣風之日夜變化中，可明顯發現最大陣風發生的時間幾乎集中在白天，特別是在 1000~1700 地方時之時段，此時段的風向在一、二月份傾向東北風，風速最大超過 25 kts（圖 4a-4b 與圖 5a-5b）；三至六月份則以偏東風和偏南風為主，最大風速可達 20 kts 以上（圖 4c-4f 與圖 5c-5f）。其結果與氣候平均風場的風向（以偏北的風出現次數較多）有明顯的差異，且風速偏高。其發生原因可能是受到區域性環流、海陸風環流和複雜地形的影響。

此外，依據中央氣象局台東氣象測站（46766）的最大陣風資料（表三）顯示，從 1981~1990 年一、二月份最大陣風均是東北風，而值得注意的是，自三、四月份後就有東北、東北東、南、或是南南西的最大陣風產生，風速可達 30 kts (15 m/s) 以上，這和上述分析結果頗為雷同。

一月



二月

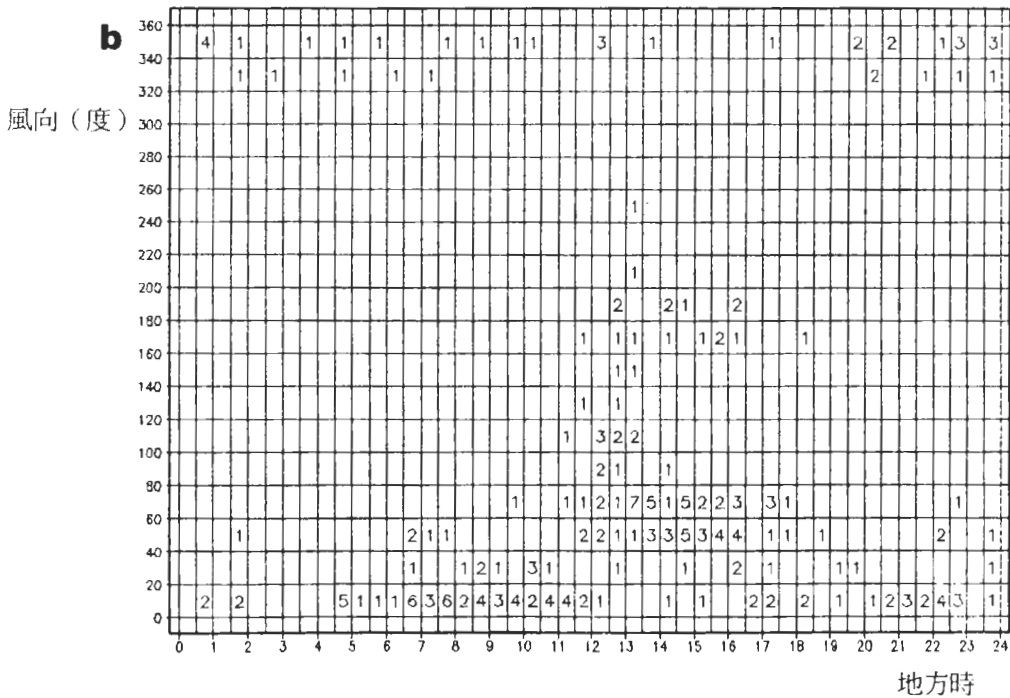
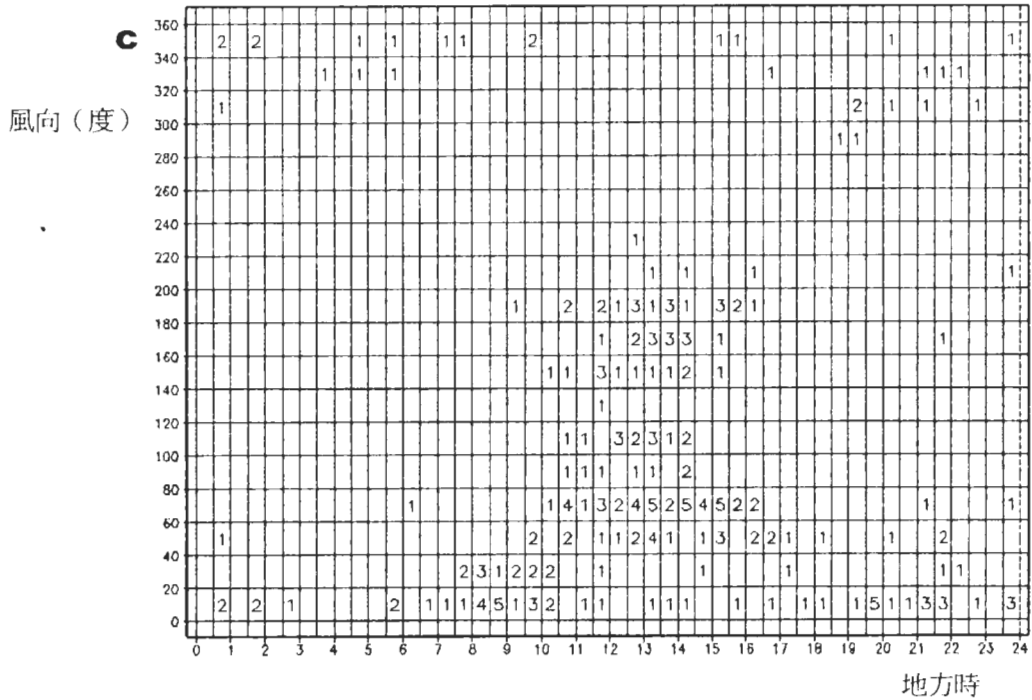


圖 4 每日最大陣風風向發生時間分佈圖。乃是將 1992 年至 1998 年最大陣風風向與發生時間，以每半小時統計其發生次數。圖中橫軸為地方時，縱軸為風向，採 36 分量。(a)~(f)分別為一至六月份。



三月



四月

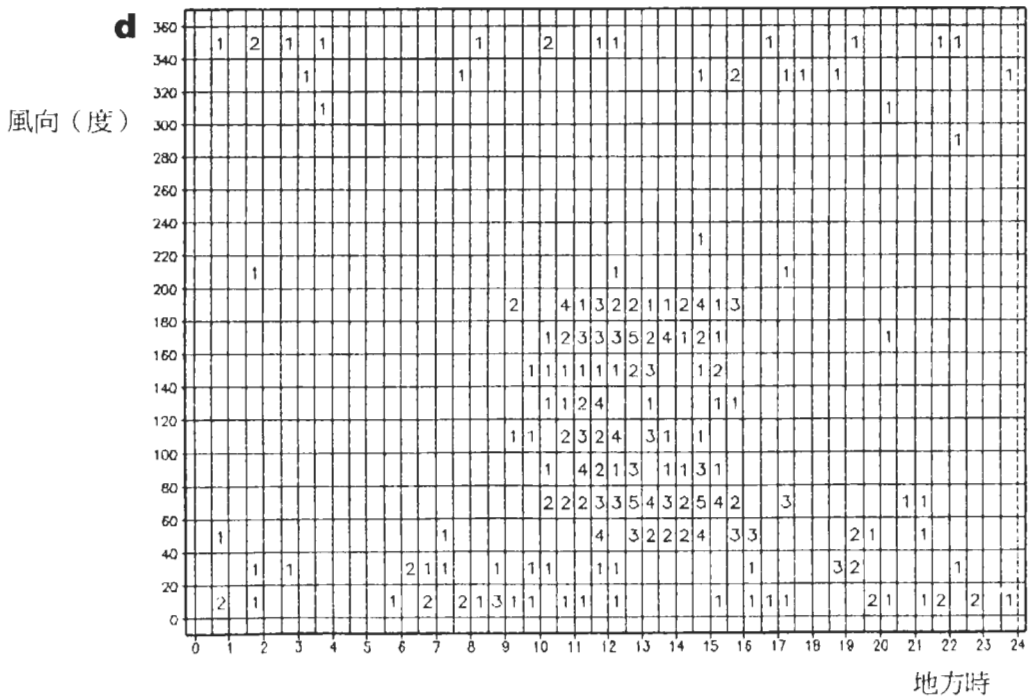
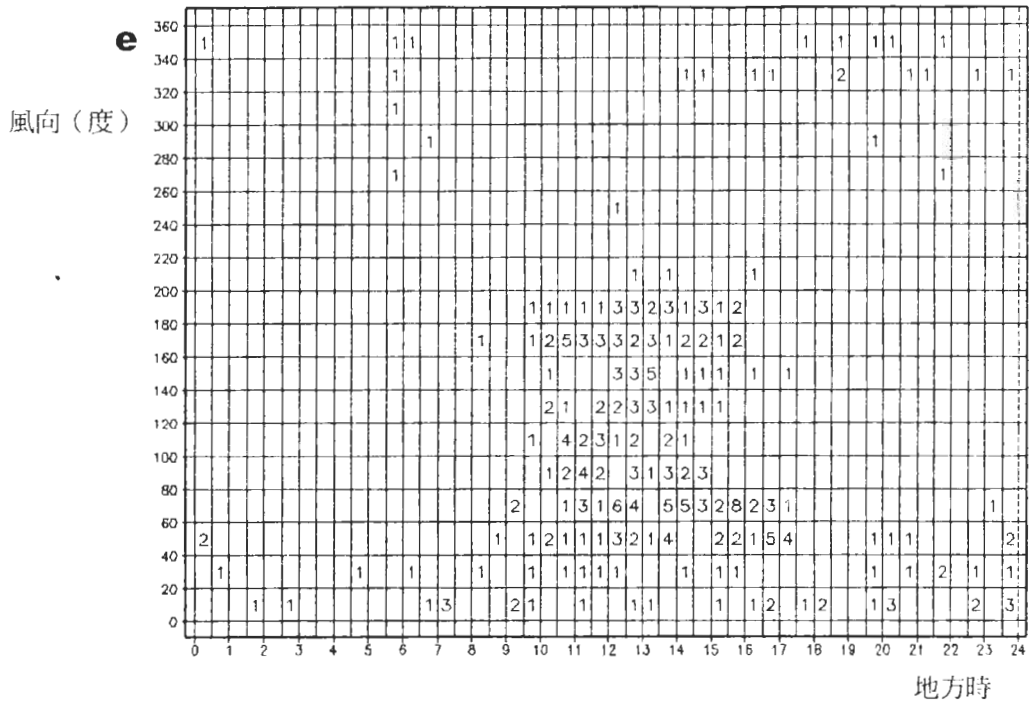


圖 4 (續)

五月



六月

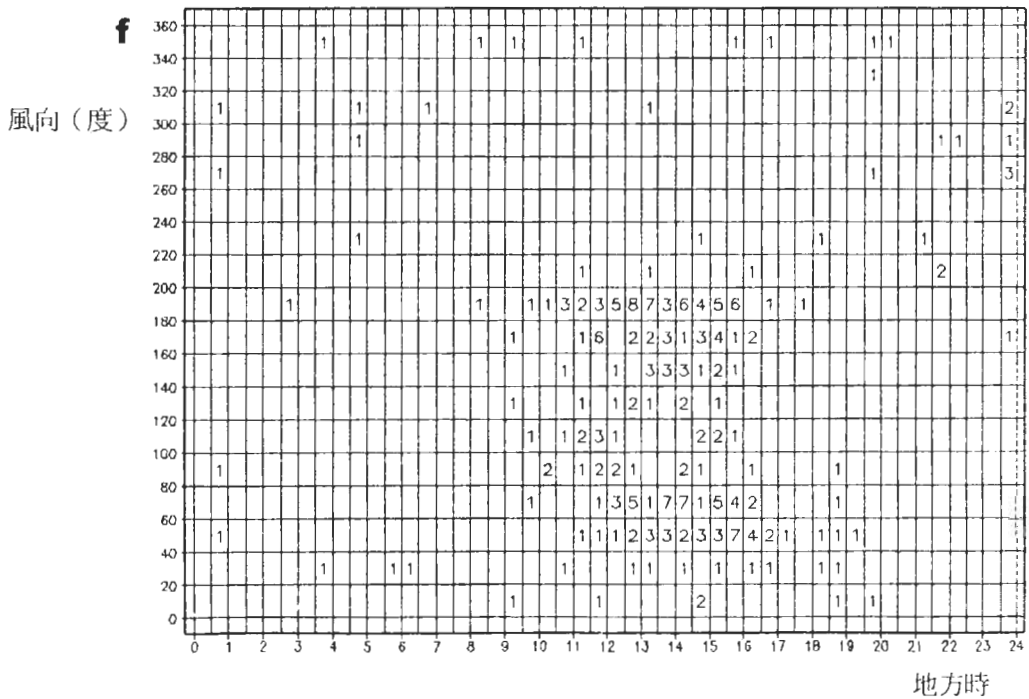


圖4 (續)

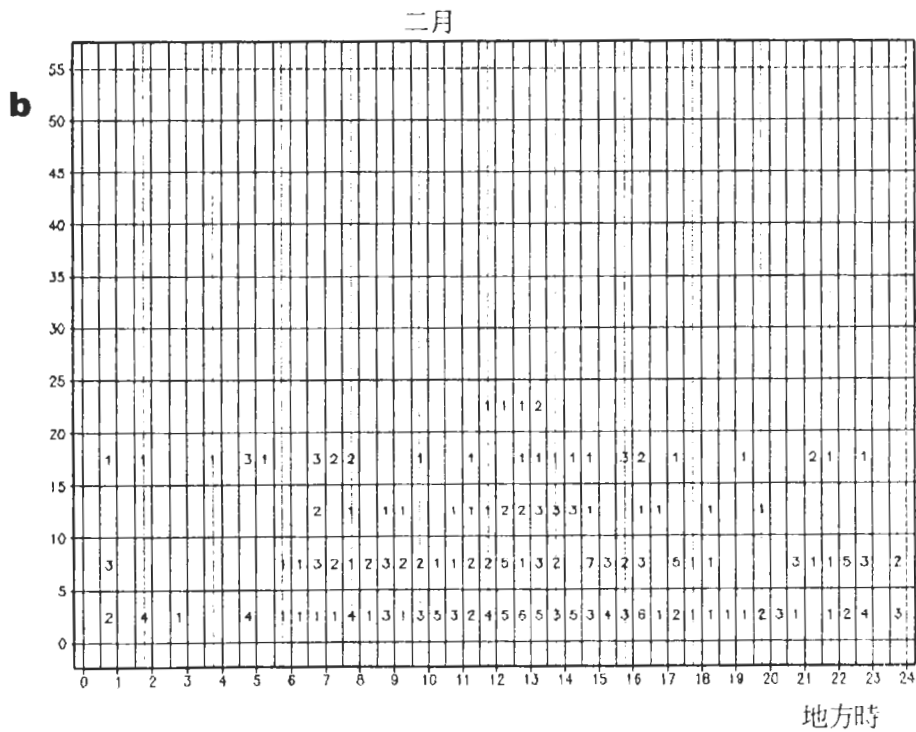
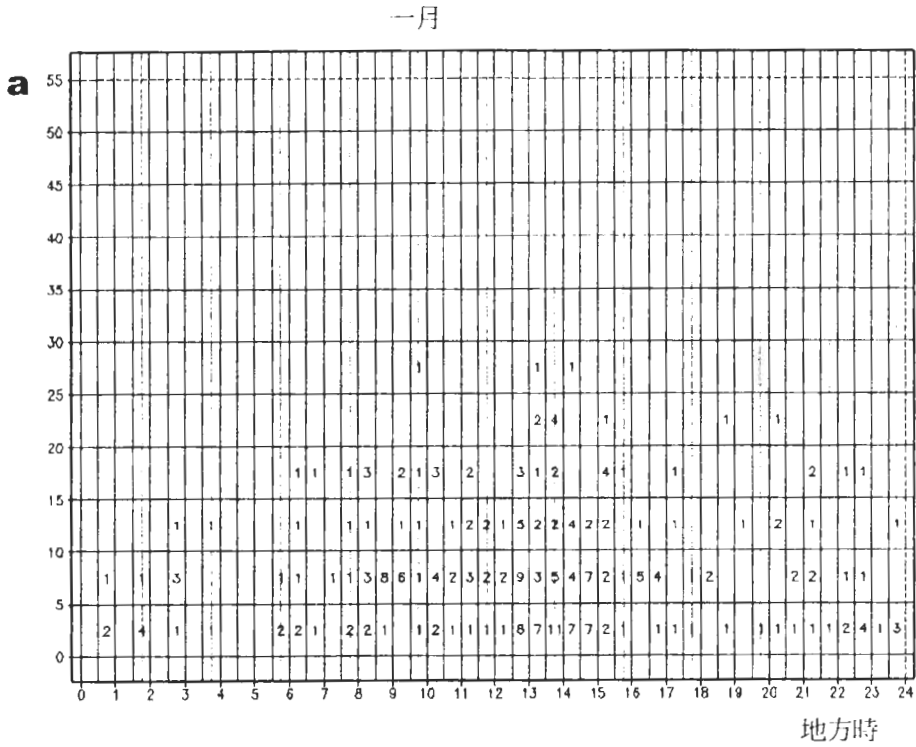
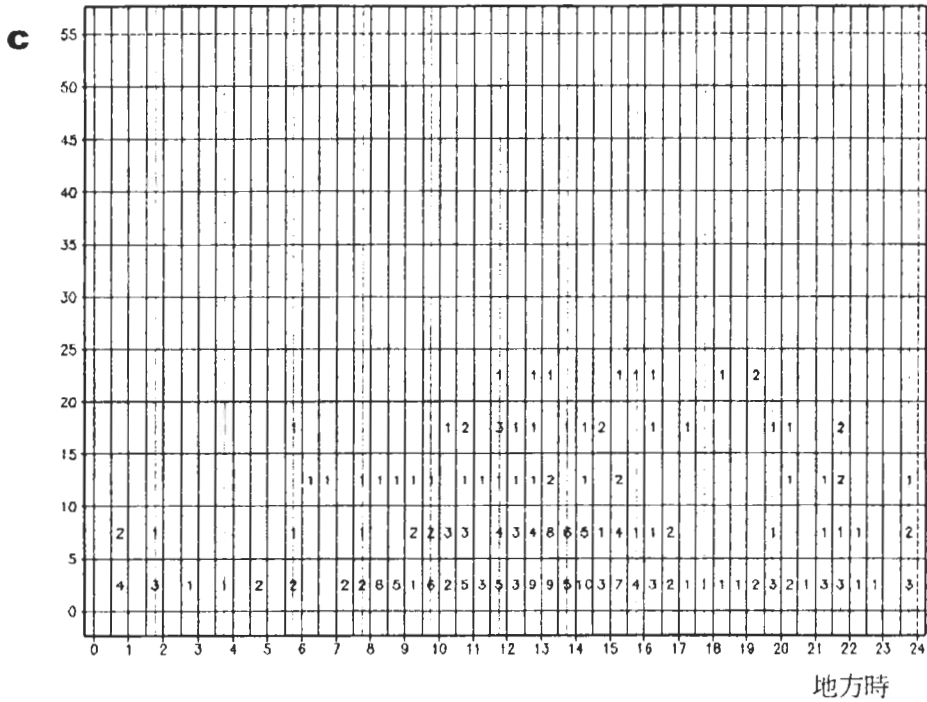


圖 5 每日最大陣風風速發生次數分佈圖。是將 1992 年至 1998 年最大陣風風速與發生時間部份，以每半小時統計其發生次數。圖中橫軸為地方時，縱軸為風速（單位：哩/時）。(a)-(f) 分別為為一至六月份。

三月



四月

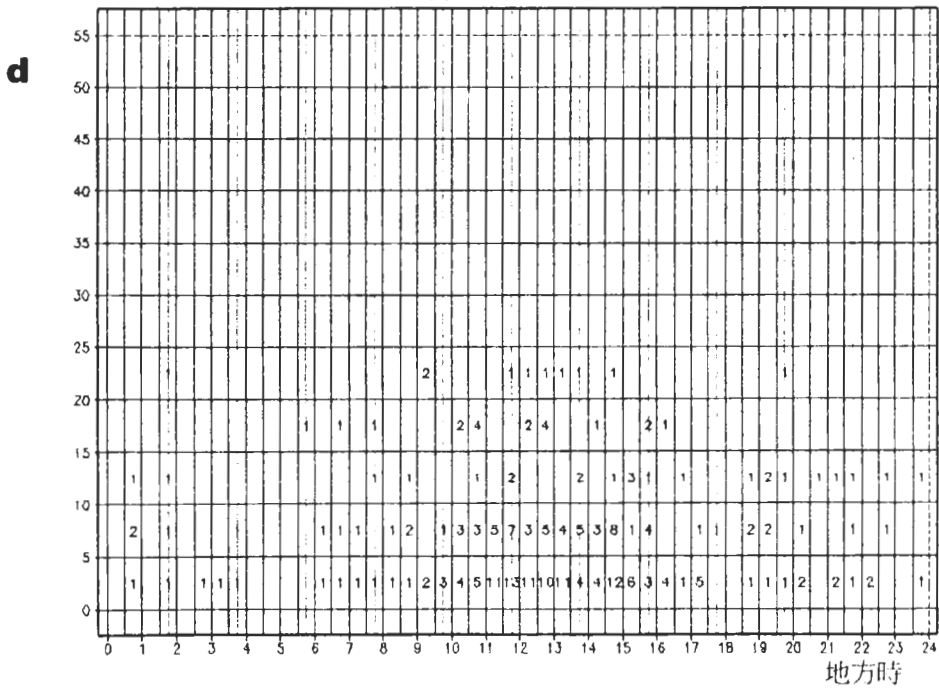
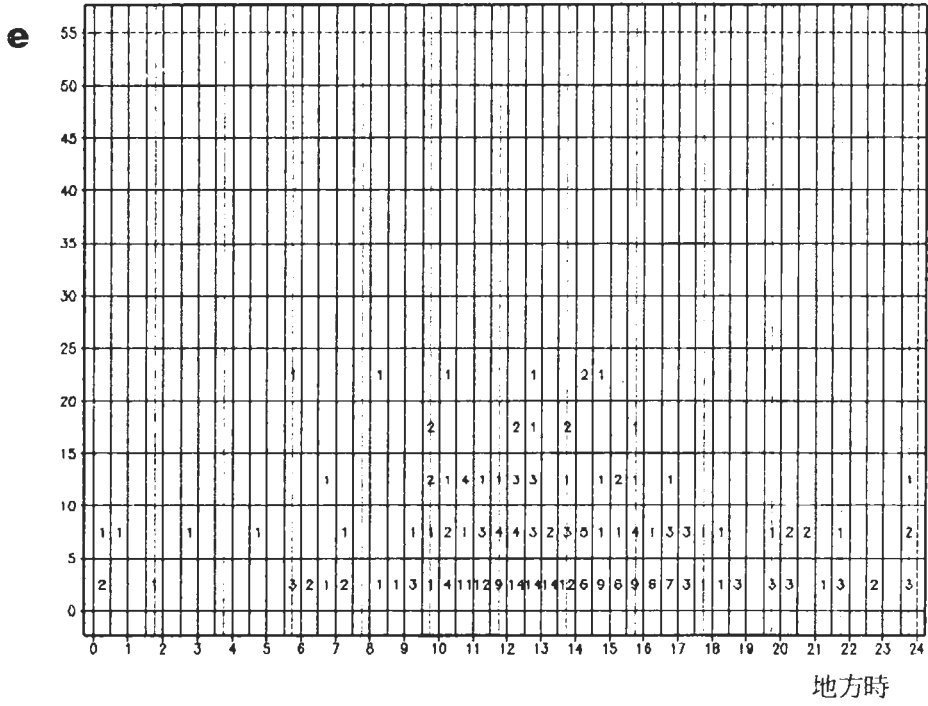


圖5 (續)

五月



六月

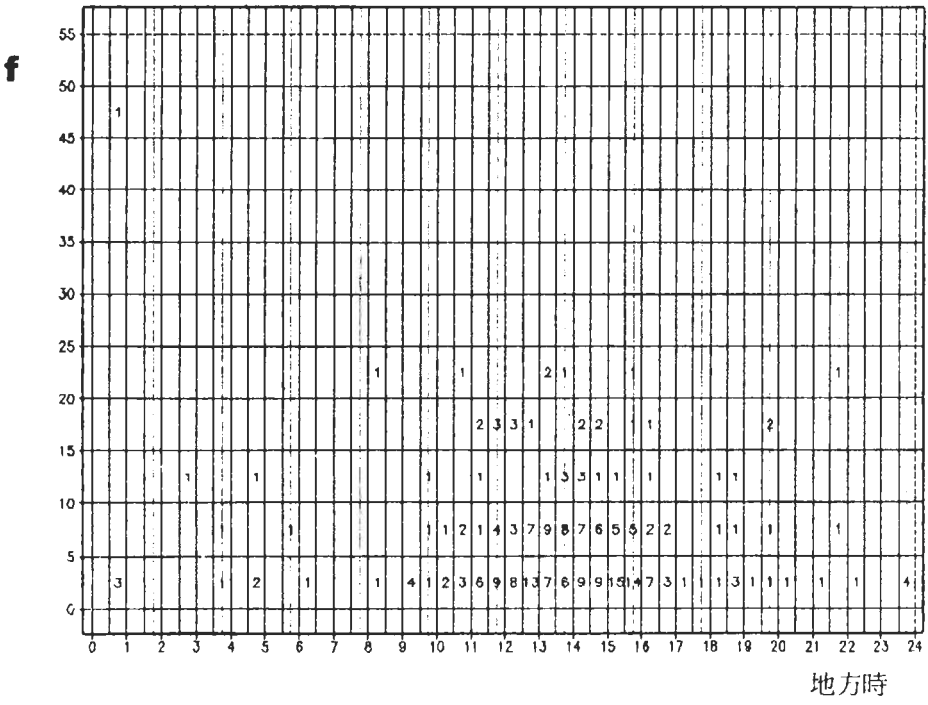


圖5 (續)

表三 中央氣象局台東測站 1981 年至 1990 年最大陣風之統計資料，風速單位為 m/s。  
(中央氣象局，氣象報告彙編第五篇，1992 年)

月份 年份		一月	二月	三月	四月	五月	六月
1981	風速	15.9	15.3	17.2	18.5	15.9	21.3
	風向	NE	NE	S	NE	NE	SSW
	日期	16	24	18	19	03	21
1982	風速	14.2	15.2	17.3	20.2	15.6	12.8
	風向	NE	NE	SSW	NNE	NNE	NE
	日期	18	23	05	03	20	25
1983	風速	18.0	15.6	15.7	14.8	15.3	16.7
	風向	NE	NE	NE	S	S	SSE
	日期	18	20	04	10	06	18
1984	風速	16.8	17.3	15.0	16.0	15.9	21.7
	風向	NE	NE	NE	ENE	SSW	NE
	日期	03	17	28	23	05	23
1985	風速	15.3	13.8	14.7	16.0	13.0	16.7
	風向	NE	NE	NE	ENE	WNW	NE
	日期	08	20	11	11	04	22
1986	風速	16.0	14.0	16.0	19.7	14.0	24.2
	風向	NE	NE	W	NE	NNE	S
	日期	13	06	18	11	21	24
1987	風速	15.5	17.2	14.4	16.9	13.7	14.8
	風向	NE	NE	ENE	S	SSW	S
	日期	24	27	15	21	22	20
1988	風速	14.2	14.6	14.7	13.6	12.6	27.9
	風向	NE	ENE	ENE	NE	W	NE
	日期	05	27	15	18	22	02
1989	風速	17.4	14.4	14.3	11.8	12.5	12.0
	風向	NE	NE	ENE	NE	NNE	ENE
	日期	27	01	04	10	13	19
1990	風速	14.7	13.6	14.9	15.4	13.9	21.6
	風向	NE	NE	NE	NNE	SW	SSW
	日期	06	23	12	08	19	23

### (三) 風對飛安之影響

豐年機場跑道的方向為東北—西南向(40—220°)，而東南(130度)與西北(310度)方向則與豐年機場跑道垂直，也正是最大側風的方向。若以氣候平均風場之結果來分析側風

的效應，首先對冬季(一、二月)的風向而言，此時氣候平均風場以東北風為主導，只要航空器從西南入場，最需考慮的是平行跑道方向的側風標準，而配合各式民用航空器起降標準(表四)來看，可發現 BN-2 與 DO-228 等小型飛機的起降側風標準均在 35 kts 以上，遠超過氣候

表四 民用航空器起降側風標準。

風向 風速 (浬/小時) 機種	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
B-747	30	31	32	34	39	47	50	50	50	50
B-727	29	29	31	33	37	44	50	50	50	50
B-737	29	29	31	33	38	44	49	49	49	49
B-767	29	29	31	34	38	45	50	50	50	50
B-767-300ER	33	33	35	38	43	50	50	50	50	50
BN-2, MK-111	20	21	22	23	26	31	35	35	35	35
DO-228	25	26	27	28	32	38	40	40	40	40
ATR-42	29	29	31	33	38	44	49	49	49	49
SAAB-340	29	29	31	33	38	44	49	49	49	49
ATR-72	26	26	28	29	31	37	45	45	45	45
BAe-146	30	30	31	32	37	45	50	50	50	50

平均風場之最大風速。因季節的變化，風向會逐月跟著轉變，而氣候氣候平均風場的風速則是逐月的減小，看似對航機的威脅逐漸減輕，但此時需要注意最大陣風產生之最大側風所隱藏的危機。由最大陣風風向發生次數的分佈中，可發現風向為東南至南之最大陣風（亦是產生較大側風）是在 0700 至 1700 地方時，其中在一月份時只集中在 1200 至 1600 地方時之間（圖 4a），但到六月份（圖 4f）時，就擴展到 1000 至 1700 地方時，且次數增多。而從風速發生次數的分佈（圖 5）可明顯發現大於 20 kts 以上的風主要集中在白天（0600~1800 地方時），此時可能出現超過側風起降的標準，再加上豐年機場西邊傍山，致使側風的影響對該機場飛機起降仍需特別留意。

#### （四）能見度

機場能見度降低會妨礙飛機進、離場之視線，除目視飛行受到限制外，即使儀器飛行亦因機場之助導航設備之等級不一而有不同之限制。NDB 的能見度低標為 4800 公尺，而 VOR 是 4000 公尺。以天氣條件來看，VOR 似乎要較 NDB 為優，然而在低高度的導航精準度以及接收距離上，NDB 均高於 VOR，因此此處在討論最低能見度分布，乃以 NDB 之標準（4800 公尺）來考慮。

首先在最低能見度發生次數的時間分佈上（表五），明顯看出高於標準與低於標準之次數相差頗大，其中一至六月份高於標準之次數極大值均在 0000~0100 地方時、1500~2300 地方

表五 1992年至1998年一至六月份每日最低能見度發生時間(地方時)與次數分佈,其中4800公尺為NDB起降的最低能見度標準。

最低能見度 地方時	低於 4800 公尺						高於 4800 公尺					
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	一月	二月	三月	四月	五月	六月
0-1	1	0	0	4	3	0	119	92	98	77	70	112
1-2	1	0	0	2	2	0	65	52	55	46	47	66
2-3	1	0	0	2	2	0	66	52	54	43	45	67
3-4	1	0	0	1	2	0	61	48	52	41	44	63
4-5	1	0	0	2	2	0	61	51	52	44	47	57
5-6	1	0	2	4	4	5	51	45	32	32	30	39
6-7	3	3	2	8	4	4	78	65	43	50	56	42
7-8	0	4	3	7	7	4	47	59	31	32	34	36
8-9	0	5	3	2	10	4	39	37	27	28	28	23
9-10	3	4	5	2	2	4	37	34	25	24	32	11
10-11	3	0	3	6	3	3	36	41	26	22	28	17
11-12	3	6	6	3	5	2	42	41	32	24	24	13
12-13	0	0	3	7	4	6	54	48	48	32	35	22
13-14	7	7	5	4	5	7	77	47	57	34	31	23
14-15	7	9	2	12	19	2	91	68	63	43	37	25
15-16	4	10	11	7	18	8	129	67	81	52	61	33
16-17	9	6	11	21	28	21	129	83	91	81	76	49
17-18	6	13	14	28	28	15	147	90	98	77	76	63
18-19	0	9	5	29	22	4	135	90	112	102	101	111
19-20	0	2	1	15	14	4	116	85	106	94	78	111
20-21	0	1	1	6	9	2	121	86	88	78	70	104
21-22	0	0	0	3	8	3	120	76	77	68	77	106
22-23	0	0	0	3	4	0	108	77	85	72	72	109
23-24	0	0	0	1	1	0	57	45	43	34	33	52

時等時段。而低於標準發生次數之極大值,則多集中在 1200 地方時之後,至 2000 地方時之間,而四月份與五月份則在 0600~0900 地方時之間亦出現極值。因此各月在上述特別的時段,

需留意低於起降標準的最低能見度產生。綜合而言,0000~0500 地方時之間,在該地區較不易有低能見度出現,應與夜間大氣環境較穩定有關。



逐月分析儀器助航標準之最低能見度分佈，可發現一月份低於儀器助航標準之日數最少，只有 51 次（約為總次數 2.5%），其次是二、三月，各有 79 次（約為總次數 1.7%）與 77 次（約為總次數 1.7%），最多是五月，次數為 206 次（約為總次數 15%），而四與六月低於儀器助航標準之日數也甚多。這樣的差異可由季節性天氣變化來解釋。一般來說，影響能見度的原因有：霾、濃霧、低雲幕與豪大雨等，而台東地區冬季較不易有豪大雨產生，且由最低雲幕發生時間分佈（表六）中，也可發現一月份鮮有造成低能見度的低雲幕產生。因此可確定冬天的天氣型態，不易使豐年機場產生低於儀器助航標準之能見度。二月份由於鋒面過境的影響，或是位於台灣東部洋面所產生之暖心低壓帶來暖濕空氣，使得能見度轉差。這樣的天气形態，在三月份時稍微轉好，但在四月份後，又因梅雨鋒面的來到、海陸風效應明顯以及午後對流旺盛，而使能見度受到較大的影響。

### （五）雲幕

所謂雲幕，乃是觀測站上空雲量達到裂雲（5/8~7/8）或密雲（8/8）時，即構成雲幕之條件，此時以最低裂雲或密雲高為雲幕高（Federal Coordinator for Meteorological Service and Supporting Research, 1995），因此雲量與雲狀往往是判斷雲幕之因子。和能見度相同，機場雲幕之高低也會影響飛機之進、離場。除目視飛行之外，儀器飛行亦因機場之助導航設備之等級不一而有不同之限制。豐年機場之 NDB 雲幕標準為 840 呎，而 VOR 為 740 呎。此處討論最低雲幕分布，乃以 NDB 之標準（840 呎）來考慮。

由最低雲幕發生次數之時間分佈上（表六），高於標準與低於標準之次數相差更為懸殊，而依月份可發現一月份在這七年中低於標準之發生次數僅 0 次，可說幾乎不發生。然而二、四、五與六月份，均可明顯發現低於標準之發生時段集中在午後，特別是四、五、六月份，發生次數之極大值均位在 1300 至 2000 地方時之間，顯示該時段較易發生低於起降標準之雲幕，仍然受到區域環流與局部地形的影響，亦與梅雨鋒面南移和午後對流旺盛有關。

而七年中雲幕低於儀器助航標準發生次數為 184 次，其中以一月份次數為 0 次，二、三與四月份分別為 21、6、64 次（分別為總次數 1.7%、0.5%、5.3%），五、六月份則分別為 68 與 25 次（分別為總次數 6.1%、2%）。由於冬季綜觀天氣是由東北季風所掌控，臺東地區的雲幕均高於儀器助航標準，但冬、春季天氣系統轉變時，東北季風逐漸減弱，此時伴隨地面鋒面所帶來之層雲由臺灣東南近海通過，或是台灣低壓在東部外海生成，會帶來低雲幕，因此二月份低於儀器助航標準之雲幕發生次數較一月為高。春雨（三、四月）時期由於冷暖氣團相互消長，加上西南氣流易在鋒面附近產生中尺度對流系統，低於儀器助航標準之最低雲幕發生次數逐漸增加。梅雨季（五、六月）時鋒面所帶來的劇烈降水易造成低雲幕，使得這兩個月份低於儀器助航標準之最低雲幕發生次數增多，然而當梅雨鋒通過台灣或北抬時，天氣會轉晴（葉、張與王，1990），因而五、六月份最低雲幕出現的高度會有很大的變化。

而單就每日最低雲幕低於儀器助航標準之發生時間，明顯分佈於 0800~2000 地方時，其

表六 1992年至1998年一至六月份每日最低雲幕高發生時間(地方時)與次數分佈,其中840公尺為NDB起降的最低雲幕高標準。

雲幕高 月份 地方時	低於 840 英尺						高於 840 英尺					
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	一月	二月	三月	四月	五月	六月
0-1	0	0	0	1	0	0	98	65	72	60	54	77
1-2	0	0	0	1	0	0	58	36	42	37	33	47
2-3	0	0	0	1	0	0	54	36	36	32	32	42
3-4	0	0	0	1	0	0	55	32	39	30	32	41
4-5	0	0	0	1	0	0	53	34	38	26	27	38
5-6	0	0	0	1	2	0	46	38	34	29	17	39
6-7	0	3	0	1	1	0	77	61	61	41	22	50
7-8	0	0	0	0	0	3	60	53	43	37	25	31
8-9	0	0	0	2	0	0	46	33	27	32	32	36
9-10	0	0	2	0	0	1	32	25	26	29	20	28
10-11	0	0	0	9	0	1	36	18	26	30	11	21
11-12	0	1	0	2	1	2	34	24	18	29	10	29
12-13	0	2	1	5	2	1	28	20	18	35	21	31
13-14	0	4	0	6	0	0	42	27	30	35	48	35
14-15	0	4	0	7	15	0	59	56	39	36	61	59
15-16	0	5	0	7	8	0	92	80	66	49	90	57
16-17	0	0	0	12	9	0	113	91	65	80	84	59
17-18	0	0	2	2	6	10	133	94	112	68	77	71
18-19	0	1	1	3	9	5	143	88	119	66	76	97
19-20	0	1	0	1	9	2	112	84	88	62	69	87
20-21	0	0	0	1	3	0	115	74	61	71	63	79
21-22	0	0	0	0	2	0	95	56	45	71	66	51
22-23	0	0	0	0	1	0	95	59	57	51	54	51
23-24	0	0	0	0	0	0	46	34	29	22	19	30

中又以 1400~1800 地方時居多,可說明最低雲幕仍然受到區域環流與局部地形的影響。

#### (六) 降雨量

分析降雨的多寡與時間分布有助於了解降雨對機場能見度的影響與低雲幕的生成。而較大的降雨量亦使排水不良的機場跑道溼滑,影

響航機的起降,使得飛機滯空盤旋等待進場或轉場,甚至造成意外事故,如 1999 年 9 月澳航班機在大雨的狀況下降落曼谷機場時衝出跑道,以及 2000 年 6 月土耳其航空自安卡拉起飛班機,同樣在大雨滂沱下降落斯爾提機場時衝出跑道,造成航空公司在時間、經濟和聲譽上的多層損失,以及乘客的諸多不便。

台灣地區非颱風因素造成的豪大雨主要由於：(1)在山區依地形而生成之午後熱對流；(2)沿海地區午後與晨間的降水；(3)伴隨天氣系統產生的降水等三類。雖然機場已有考慮到排水問題，但跑道積水和道面的光滑度、坡度、降水速率、當時的風向風速（側風亦會影響排水狀況）等因素有關，且在積水的跑道上落地會遇到兩大問題：積水產生之流體衝激阻力與隨

之而來的水漂或水滑現象，使得機師失去對飛機的方向性控制（飛安委員會，2000），因此降雨量之分析對飛機起降的安全有其重要性。

首先在年平均降雨量方面，可明顯發現一月份降雨量最少，僅 20mm，六月份最多，可達到 156mm，與中央氣象局台東測站 1968 至 1984 年平均資料相似（分別為 22mm 與 170mm），而在上述討論之低於起降標準之能見

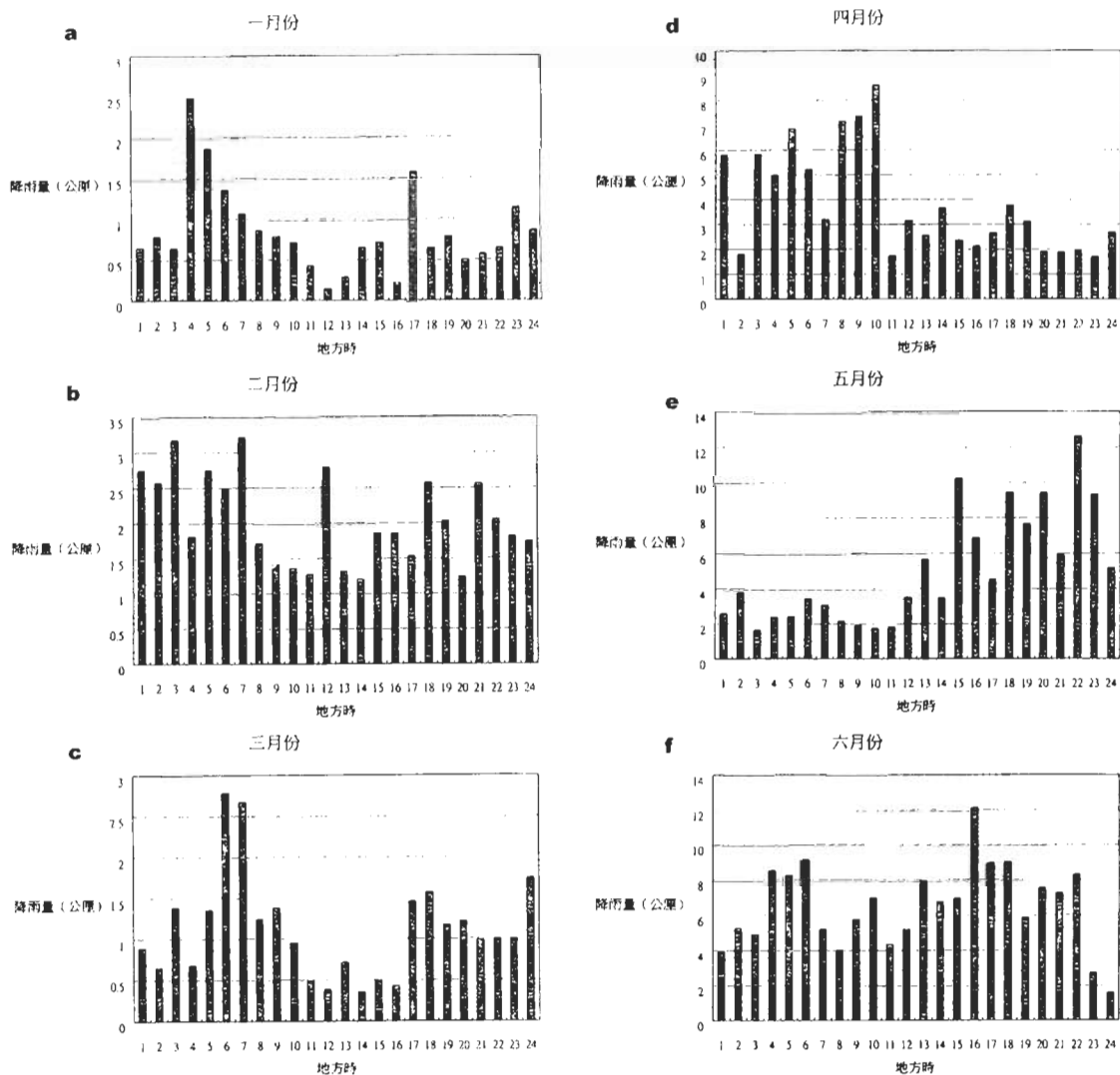


圖 6 1992 年至 1998 年每日逐時觀測之雨量年平均圖。(a)-(f)分別代表一至六月份。

度與雲幕的發生次數，同樣為一月份最少，五、六月份最多，因此在季節性變化上，降雨量大小與低於起降標準之能見度與雲幕的發生次數似乎存在異曲同工之處。

在逐時的年平均降雨量的分布上（圖 6），發現一、三、六等月份晨間與傍晚均存在極值，其中六月份 1600 地方時更超過 12mm，而在二月份分布較均勻。四月份則集中在 1200 地方時之前，特別是 1000 地方時，五月份反而集中在午後，以 1500 與 2200 地方時最多（超過 10mm），因此時南來氣流已逐漸掌握台灣地區的天氣形勢，午後對流現象日益明顯。由上述每月極值分布時段，以五、六月份累積大於 10mm 之降雨量，將造成機場跑道程度不一的濕滑現象，需加以留意。

## 六、結 論

本研究選取台東豐年機場 1992 至 1998 年每年一至六月份航空氣象觀測資料，針對豐年機場的地理環境與助航設施，探討機場航空氣象要素之季節差異和日夜變化，並嘗試探尋其變化與中尺度天氣系統的相關性，以提高氣象保障飛安的能力，獲得下列結論：

- （一）豐年機場跑道方向與綜觀風場的變化相當一致，惟台東地區受地形與區域環流，使地面氣象要素產生較複雜且急速的變化，特別是陣風之影響，仍會產生超過安全標準的側風，須加以注意。
- （二）豐年機場每年四至六月份，每日 1000~1700 地方時，最大陣風產生之側風較為顯著，再加上機場西邊傍山，會影響飛機起降。

- （三）豐年機場每年二月至六月份低於儀器助航標準之最低能見度與最低雲幕的次數急劇增多，尤其以五、六月份最多。最低能見度主要受到區域環流與熱力作用的影響，而最低雲幕則是由於天氣系統伴隨的雲層所掌控。
- （四）一至三月份每日逐時的最大降雨量大部分發生在晨間（0400~0700 地方時），四月份極值出現在 0800~1000 地方時，五月份極值出現在 1400~2300 地方時，六月份以清晨（0400~0600 地方時）和傍晚（1500~1800 地方時）居多，特別是五、六月份極值有大於 10 mm 的現象出現，將造成機場跑道程度不一的濕滑現象，易發生事故。
- （五）綜合豐年機場的風向、能見度、雲幕高和降雨量等航空氣象要素之探討，每日 2000 地方時至隔日 0600 地方時之間大氣條件較穩定，最適合飛機起降。
- （六）航空氣象服務之良窳與否，對飛航安全之影響甚劇。目前飛航人員所需之氣象預報資料，是機場氣象工作人員依照每日的綜觀天氣圖，配合衛星與雷達的守視，最後根據該機場之經驗法則研判未來天氣的變化而獲致之結果。此經驗法則包括對機場地理環境與大氣環流局部性變化之認知，這些認知往往是最重要的決定因素，因此本研究結果可提供台東豐年和志航機場氣象預報員在每日編寫終端機場預報（Terminal Aerodrome Forecast；TAF）時之重要參考。

(七) 西元 2001 年將在台灣東南地區舉行綠島中尺度實驗 (Green Island Mesoscale Experiment; GIMEX)，預期藉由現代化觀測儀器的資料蒐集和分析過程及數值模擬，可增進氣象人員對東南部地區大氣環境的瞭解，尤其是地形對氣流和降水的影響，進而改善該地區定量降雨預報準確度。本研究的成果可對此觀測實驗地區提供較完整的氣候統計分析，以妥善做好規劃工作。

## 誌 謝

感謝交通部民用航空局提供台東豐年機場氣象觀測資料，使本研究得以順利進行。本研究在國科會 NSC 89-2111-M-014-001-AP6 及 NSC 89-2111-M-014-006 部分經費支持下完成。

## 參考文獻

- 中央氣象局，1992：氣象報告彙編第五篇。交通部中央氣象局，P.457-P.475。
- 丘台光，1999：1998 年梅雨季豪雨實驗之作業。海峽兩岸災變天氣學術研討會，P.75-P.83。
- 何台華、翁興中、張茂興，1994：臺灣東部近海中尺度天氣系統對離島飛行安全的影響。中華民國八十三年航空安全研討會論文，P.367-P.382。
- 周仲島、謝信良、禱漢如，2000：綠島地區中尺度實驗簡介。中華民國氣象學會會刊。
- 飛安委員會，2000：台灣春夏天氣與濕滑跑道特性。世界民航雜誌，36，P.22-P.26。
- 祝鴻鵬、蒲金標、劉昭民、蔡正德、林清榮與陳炳全，1993：台東豐年機場航空氣候之研究。交通部民用航空局八十一年度專題研究報告，69 頁。
- 陳紹成、劉昭民，1990：近來臺灣地區與氣象有關之我國民航機意外事件。氣象雷達與飛航安全研討會論文集編，P.169-P.176。
- 葉文欽、張儀峰、王時鼎，1990：臺灣區域飛航氣象環境特徵分析。氣象雷達與飛航安全研討會論文集編，P.219-P.236。
- Cheng, C. S., H. Shen, T. H. Hor, and M. H. Chang, 1999: Doppler weather radar data analysis of Typhoon Otto (1998). 3<sup>rd</sup> Workshop on Recent Development of Radar Meteorology, 1999, 32-37.
- Federal Coordinator for Meteorological Service and Supporting Research, 1995: Surface Weather Observations and Reports. U.S. Department of Commerce/ National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Hor, T.-H., M.-H. Chang, and B. J.-D. Jou, 1998: Mesoscale structures of air flow in a Mei-yu front leading edge observed by aircraft off the east coast of Taiwan during TAMEX IOP9. *J. Meteor. Soc. Jpn.*, **76**, 473-496.
- Kuo, Y. H., and G. T. J. Chen, 1990: The Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX): An Overview. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **71**, 488-503.
- Sun, W. -Y., and J. -D. Chern, 1993: Diurnal variation of lee vortices in Taiwan and the surrounding area. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 3404-3430.
- Sun, W. -Y., and J. -D. Chern, 1994: Numerical experiment of vortices in the wakes of large idealized mountains. *J. Atmos. Sci.*, **51**, 191-209.
- Tsay, C. -Y., 1994: Orography effects on the structure of typhoons: Analysis of two typhoons crossing Taiwan. *TAO*, **5**, 311-334.
- Yu, C. -K., B. J. -D., Jou and B. F. Smull, 1999: Formative stage of a long-lived Mesoscale Vortex observed by airborne Doppler radar. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 838-857.

## **Study on Seasonal and Diurnal Variations of the Aeronautical Meteorological Parameters Collected at Taitung/Fengnin Airport during Winter and Spring**

**Tai-Hwa Hor<sup>1</sup>    Chih-Hsien Wei<sup>2</sup>    Chin-Piao Pu<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Dept. of Applied Physics, Chung Cheng Institute of Technology,  
National Defense University**

**<sup>2</sup>Chinese Air Force Weather Center**

**<sup>3</sup>Air Navigation and Weather Services, Civil Aeronautics Administration**

( Manuscript received 15 August 2000 ; in final form 19 February 2001 )

### **ABSTRACT**

Utilizing the aeronautical meteorological parameters such as the wind field, visibility, cloud ceiling and rainfall rate collected from January to June at Taitung/Fengnin Airport between 1992 and 1998, this paper concentrates its attention on the seasonal and diurnal variations of the above parameters, realizes their influences on the flight safety, especially during the landing and takeoff and finds out the optimal periods for landing and takeoff over there.

After detailed analysis, the primary findings are:

- ( 1 ) The orientation of the runway designed at Taitung/Fengnin Airport is quite consistent with the directional variation of the wind field in the large scale. However, due to the influences of topography and local circulation in the Taitung area, the fast and complicated changes of the aeronautical meteorological parameters, especially the wide variety of gust winds, some of which exceed the criterion of side winds, are unavoidable.
- ( 2 ) It is noticeable to realize the side wind effect triggered by high speed gust winds between 1000 LST and 1700 LST everyday, especially in April, May and June, in order to refrain from the deviation during landing and takeoff.

- (3) The times lowered than the criterions of visibility and cloud ceiling for landing and takeoff starting from February, especially in May and June, increase rapidly, according to the influences of the local circulation, thermal effect and deep clouds accompanied by the severe weather systems.
- (4) The most intense hourly rainfall rate for each month usually occurs in the early morning and late afternoon, especially in May and June. The degrees of heavy precipitation will cause the slippery runways at different measures.
- (5) Summarizing the detailed analysis on the entire meteorological parameters including the wind field, visibility, cloud ceiling and precipitation, it is found that the optimal period for aircraft takeoff and landing is between 2000 LST and 0600 LST while the atmosphere is usually stable.

**Key words:** Aviation meteorology, Gust wind, Visibility, Cloud ceiling, Precipitation rate.