

# 中央氣象局現行伴隨鋒面之劇烈天氣預報方法及評估

陳泰然

國立台灣大學大氣科學研究所

林燕璋 楊振傑 陳清得  
謝信良 陳來發 吳德榮  
中央氣象局

## 摘要

本文利用 T S ( Threat Score ) 得分法來校驗中央氣象局現行之伴隨鋒面劇烈天氣預報方法，以便評估該預報方法對導致豪(大)雨之中尺度對流系統的預報能力，分析 1986 ~ 1988 年 3 ~ 6 月的 45 個造成台灣地區大雨或豪雨之個案。結果顯示 5 月 T S 得分最高僅為 0.25，其餘各月 T S 得分較低 ( 0.13 ~ 0.16 )，表示豪(大)雨的預報能力及預報技術均急需加強及突破，無法僅利用綜觀尺度條件的方法來預報豪(大)雨。此外，發現在梅雨季 ( 5 ~ 6 月 ) 之綜觀尺度系統對於中尺度對流系統之控制較春雨季 ( 3 ~ 4 月 ) 稍強，而 4 月份之綜觀尺度系統較其他各月之生命史短故變化較快。

## 一、前言

台灣地區豪(大)雨發生的頻率，依氣候統計除颱風外，主要發生於梅雨期間鋒面所存儲的中尺度對流系統 ( MCS )。而豪雨為台灣地區四大氣象災害之一，對於國人生命財產及國家經濟建設均造成嚴重威脅，例如民國 70 年「5.28」桃園新竹地區豪雨、民國 73 年台北地區「6.3」及「6.10」豪雨，均造成上百億台幣的損失。陳 ( 1985 ) 分析台灣北部地區 5 至 6 月梅雨期之豪雨，發現平均每年為 1.8 次，而造成豪雨的原因主要係由梅雨鋒面上伴隨之中尺度對流系統而來。

目前綜觀尺度天氣系統之預報，已能透過數值模式 ( NWP ) 產品提供良好指引，但對於伴有劇烈天氣的較小尺度天氣系統，了解仍屬有限，因此在天氣預報新穎上不易掌握，此乃為天氣預報能力上最薄弱的一環。過去雖已有很多論文報告，針對綜觀環境、降水形式及梅雨鋒面伴隨之中尺度系統結構等進行研究 ( 陳 1988 )，但目前這些研究結果未能轉變成具有可信度及準確度的方法以供作業單位預報時應用。在 1987 年所進行的「台灣地區中尺度實驗」 ( Taiwan Area Mesoscale Experiment，簡稱 TAMEX )，即是針對中尺度天氣系統進行密集觀測實驗，以提供對中尺度系

統研究的必要資料，期望我們能更了解梅雨鋒面系統與對流及地形效應之關連。這些科學研究成果及應用研究與技術發展成果，對未來改進暴雨預報將有著莫大助益。

在暴雨的綜觀預報方面，目前中央氣象局預報中心在作業時所使用之「伴隨鋒面劇烈天氣的預報方法」乃係由謝（1985）發展引進，本文目的在於對此謝氏預報法進行校驗，以了解此法對於MCS之預報能力，並了解此法之預報能力是否存在有時間變化，包括季節變化、年變化與日夜變化。

## 二、伴隨鋒面之劇烈天氣預報方法

根據謝（1985）之研究，認為有利於發生劇烈天氣的重要條件可歸納如下：

(一)中低對流層須有顯著暖平流出現於850 mb 鋒面兩側，且暖平流強度須有隨高度遞減的趨勢。

(二)在850 mb、700 mb及500 mb等層面上，於850 mb 鋒面兩側有西南至偏西強風同時出現，且各層風速分別在20 K T、30 K T及50 K T以上。

(三)在850 mb 鋒面兩側須有充足的水汽供應來源，且水汽混合比值達 $10 \text{ g/kg}$ 以上。

(四)在850 mb 鋒面北側有10 K T以上之偏北風出現，則可加速鋒面南下，使鋒面上升運動成為引起強烈對流的重要啟發機制。

(五)由指數(T T I)、K指數(K I)及謝氏指數(S H I)分布顯示， $T T I > 40$ 或 $K I > 35$ 或 $S H I < 0$ 時則有劇烈天氣產生的可能。

(六)由850 mb 24小時高度下降區分布與 $10 \text{ g/kg}$  混合比等值線涵蓋區之組合型式，可輔助判別劇烈天氣產生之可能性。

由其實例分析得知，在鋒面劇烈天氣發生前12~36小時，線圈範圍的總指數分布，K指數分布與

謝氏指數分布型態，以及850 mb 濕度場、高度場的變態配置，均具有系統性的變化可尋，因此可以提供作為預報的參考指引。現行氣象局客觀預報方法，乃擇其中之K指數、850 mb 混合比及850 mb 高度場變態值等三者作為預報參數，凡 $K I \geq 30$ 、850 mb 混合比值 $\geq 10 \text{ g/kg}$ 及850 mb 過去24小時高度場下降超過 $10 \text{ GPM}$ 等，彼此互相涵蓋之區域，為未來24小時內劇烈天氣最可能發生的區域。然而由實例分析中得知850 mb之混合比為 $10 \text{ g/kg}$ 時，通常850 mb之 $T_d$  值恰為 $11 \sim 12^\circ\text{C}$ 間，因此為作業方便本客觀預報方法乃將850 mb之 $10 \text{ g/kg}$  混合比值，以850 mb之 $T_d = 12^\circ\text{C}$  代替，本法最後以 $K I \geq 30$ 、850 mb  $T_d \geq 12^\circ\text{C}$  及850 mb 過去24小時高度下降 $\geq 10 \text{ GPM}$ 等三區域的交集區域，作為預報未來24小時內可能發生劇烈天氣的區域，如圖1所示。

## 三、校驗

### (一)資料時間

1986年至1988年三年間3~6月影響台灣地區之鋒面系統，且造成台灣地區任一測站日雨量超過50公厘者，計45個個案。

### (二)校驗範圍

自北緯30度以南至北緯20度，東經110度以東至台灣地區，除颱風外此一範圍之天氣系統，乃為未來24小時內最可能影響台灣地區的天氣系統。

### (三)評估方法

採用Threat Score (TS) 技術得分法(圖2)， $TS = O P / (P + O - O P)$  其中  
O P：為預報正確區域。

P：為預報區域，即符合(a)  $K I \geq 30$ ；(b) 850 mb 過去24小時高度場下降超過 $10 \text{ GPM}$ ；(

c) 850mb Td  $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 三者所涵蓋之區域。因本研究選45個個案為發生在台灣地區之豪(大)雨個案,故將此項預報區平移至台灣上空,圖為未來24小時此預報區之位置。

O: 為豪(大)雨或中尺度對流系統出現的區域。

由於華南地區雨量記錄取得不易,資料殘缺,本研究乃以衛星圖譜上所見個案時間的24小時內,發展成熟且最接近台灣地區(即預報區域)的中尺度對流系統之面積為豪(大)雨發生之面積,其中中尺度對流系統面積為其雲頂溫度小於 $-32^{\circ}\text{C}$ 之區域。預報所使用之資料時間及預報有效時限,如圖3所示。

## 四、結果

### (一)綜合TS值

45個個案間TS值之差異極大,在0~0.8之間,平均值為0.18(表一),根據0000UTC與1200UTC資料所做預報之TS值,差異不大為0.17~0.18。此與陳等(1990)台灣地區現階段豪雨/大雨預報能力評估中,非颱風豪(大)雨TS值約為0.17之結果相近。顯示中尺度對流系統與豪(大)雨預報仍有大幅改進之空間,此除有綜觀法之改進外,中尺度過程之了解與預報方法之發展與應用,更是關鍵所在。

### (二)各月TS值

表二為3~6月各月TS值,以5月份為最佳,TS平均為0.25,個別TS值在0~0.8之間。3月份最差,TS值平均為0.13,個別TS值在0~0.5之間。4月份TS值平均為0.16,個別TS值在0~0.5之間。6月份TS值平均為0.15,個別TS值在0~0.5之間。顯然本預報方法在這三年裡,對梅雨期(5~6月)的豪(大)

)雨預報較對春雨期(3~4月)預報為佳,平均TS值分別為0.20與0.14。

### (三)不同資料時間之TS值

目前中央氣象局發佈豪(大)雨預報所使用之資料時間及預報有效時間如圖3所示。顯然對於某特定時段之預報(1600UTC前)愈新資料的取得對於預報研判更有更大的幫助,亦即使用1200UTC資料之預報理應較0000UTC之資料為佳。但由表二得知,除4月份的成績是根據1200UTC資料預報之平均TS值0.23比根據0000UTC資料預報之平均TS值0.08成績理想外,其餘利用0000UTC資料預報之平均TS值均較利用1200UTC資料預報之平均TS值為佳,而各月平均則兩者相近。顯示在以每12小時資料時間區間,應用此一綜觀環境條件預報方法,對未來32小時(0830UTC開始)與未來20小時(2030UTC開始)之預報結果,在3~6月平均結果並無差異。4月20小時預報顯較32小時預報為佳,顯示該月綜觀尺度系統變化較其他各月迅速。

## 五、總結與建議

除颱風外梅雨期之中尺度對流系統為造成台灣地區豪(大)雨之主要天氣系統。而目前我們對於此中尺度天氣系統結構之了解及預報能力,仍極欠缺。本文以中央氣象局現行之謝氏(1985)綜觀條件預報法,校驗其對3~6月中尺度對流系統之預報能力。本預報方法使用的預報參數,包括低層(850mb)水汽含量、鋒面運動(850mb高度下降)及大氣不穩定度三項。由校驗結果得知,僅使用本預報方法尚無法令人滿意,其TS得分平均約為0.18。對不同個案預報能力差異甚大,在0~0.8之間。平均而言,以0000UTC及1200

UTC 資料所做之預報，TS 值相近，但 4 月 1200 UTC 資料所做預報顯然較佳，顯示該月線觀尺度系統生命史較短，變化較快。此外，前雨季（5~6 月）較春雨季（3~4 月）之 TS 值為大，顯示梅雨季之線觀尺度控制較春雨季明顯。

## 誌謝

感謝台灣大學汪庭安同學協助資料處理，本文得以順利完成。

## 參考文獻

- 謝信良，1985：伴隨鋒面劇烈天氣現象之研究。中央氣象局研究報告 126 號，77 頁。
- 陳泰然與陳滄得等，1990：台灣地區現階段豪雨 / 大雨預報能力之評估。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，291 頁~299 頁。
- 劉復誠，1987：現行豪雨預報技術之評估與改進研究。中央氣象局研究報告第 154 號，70 頁。
- 陳泰然，1985：「劇烈區域性豪雨觀測與分析實驗計畫」之可行性研究。國科會防災科技研究報告 71-42 號，32 頁。
- 陳泰然，1988：台灣梅雨研究的回顧。科學發展月刊，16，239-265。

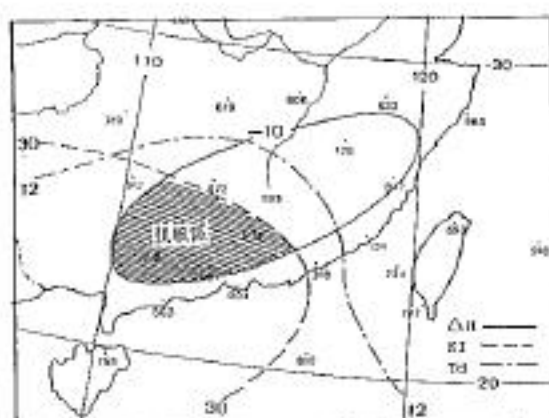
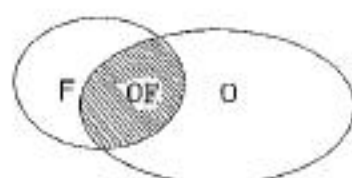


圖 1 預報合成圖範例，斜線區為預報區域，其中 KI 值  $\geq 30$ 、850MB Td  $\geq 12^{\circ}\text{C}$ 、850MB 24 小時高度場下降  $\geq 10\text{GPM}$ 。



- F：預報區域  
OF：預報正確區域  
O：出現預報天氣區域

圖 2 TS 得分計算方法。

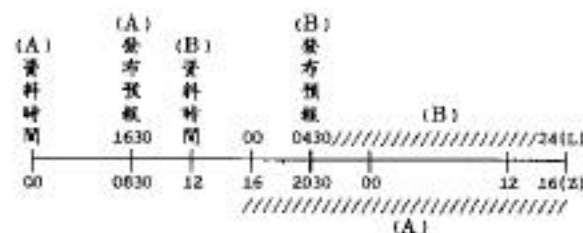


圖 3 中央氣象局使用 0000UTC (A) 及 1200UTC (B) 資料發布預報及其預報有效時間 (圖中斜線區為預報有效時間)。

表一 1986-1988年3-6月伴隨鋒面系統之45個豪(大)雨個案,以謝氏所做預報法(1985)對未來24小時雲頂溫度 $\leq -32^{\circ}\text{C}$ 中尺度對流系統所做預報之TS得分。(a)為使用0000UTC資料,(b)為使用1200UTC資料,所做預報。

表一(a) 0000UTC TS得分。

時間	F值	O值	OF值	TS	時間	F值	O值	OF值	TS
750204	30	3	3	0.1	750527	2	2	1	0.3
750318	1	1	1	0.3	750552	60	4	4	0.1
750321	1	0	0	0	750603	8	1	1	0.2
750328	1	2	1	0.5	750616	0	0	0	0
750401	0	0	0	0	750623	1	3	1	2.3
750415	0	0	0	0	750625	17	5	4	2.2
750420	1	22	1	9.1	750629	37	2	2	2.1
750510	0	0	0	0	770303	7	3	1	2.1
750511	26	26	6	2.1	770347	2	0	0	0
750521	64	7	7	0.1	770330	0	2	0	0
750528	76	8	0	0.1	770404	1	1	1	0.3
750604	61	4	0	0.3	770412	0	0	0	0
750607	1	1	1	0.3	770413	18	45	18	0.4
750611	35	2	2	0.1	770420	0	20	0	0
750615	2	1	1	0.3	770422	0	0	0	0
750629	1	1	0.3	0.3	770427	22	5	5	0.2
760318	3	3	0	0	770429	2	4	1	0.3
760321	1	0	0	0	770504	0	3	0	0
760324	15	2	2	0.1	770516	50	7	6	2.1
760413	0	2	0	0	770522	2	4	1	0.2
760503	7	7	0	0.8	770525	30	1	1	0.1
760517	30	34	30	0.3	770617	7	1	1	0.1
760522	73	43	43	0.4					
TS 平均值 = 0.18									
備註	F為預測區風速值、O為觀測區風速值、OF為預測區風速區值								

單位:  $2^{\circ}\times 2^{\circ}$  網。

表一(b) 1200UTC TS得分。

時間	F值	O值	OF值	TS	時間	F值	O值	OF值	TS
750204	30	3	3	0.2	750527	8	2	0	0
750318	34	1	1	0.1	750552	26	4	4	0.3
750321	0	0	0	0	750603	10	1	1	0.1
750328	0	2	0	0	750616	1	0	0	0
750401	0	0	0	0	750623	8	3	2	0.2
750415	8	0	0	0	750625	8	5	0	0
750420	5	22	0	0.2	750629	4	2	2	0.5
750510	0	0	0	0	770303	11	2	1	0.1
750511	10	26	0	0.2	770347	1	0	0	0
750521	30	7	4	0.3	770330	1	2	1	0.5
750528	40	0	0	0.1	770404	1	4	1	0.3
750604	76	65	6	0.1	770412	14	1	1	0.1
750607	0	0	0	0	770413	13	45	10	0.4
750611	13	2	2	0.2	770420	1	20	1	0.1
750615	1	1	0.5	0.3	770422	0	0	0	0
750629	5	1	1	0.1	770427	16	3	3	0.2
760318	2	3	1	0.3	770429	2	4	1	0.2
760321	0	0	0	0	770504	0	2	0	0
760324	13	2	2	0.4	770516	42	7	6	0.3
760413	1	2	1	0.5	770522	0	4	1	0.3
760503	5	7	4	0.5	770525	0	1	0	0
760517	1	24	1	0	770617	0	1	0	0
760522	67	43	43	0.6					
TS 平均值 = 0.17									

表二 1986-1988年3-6月伴隨鋒面系統之45個豪(大)雨個案,以謝氏所做預報法(1985)對未來24小時雲頂溫度 $\leq -32^{\circ}\text{C}$ 中尺度對流系統所做預報之TS得分。(a)為1986-1988年3月之TS得分,(b)為1986-1988年4月之TS得分,(c)為1986-1988年5月之TS得分,(d)為1986-1988年6月之TS得分。

表二(a) 1986-1988年3月之TS得分。

0000UTC				1200UTC					
時間	F值	O值	OF值	TS	時間	F值	O值	OF值	TS
750204	30	3	3	0.1	750514	20	3	3	0.2
750318	2	1	1	0.3	750519	21	1	1	0
750321	1	1	0	0	760321	5	0	0	0
750328	1	2	1	0.5	760328	0	2	0	0
750401	1	1	0.3	0.3	760329	0	1	1	0.1
750413	0	3	0	0	760344	2	3	1	0.3
750420	1	0	0	0	760303	3	0	0	0
750510	0	0	0	0	760304	13	2	2	0.1
750511	7	4	1	0.3	770317	11	1	1	0.3
750521	0	0	0	0	770330	0	0	0	0
TS 平均值 = 0.17					TS 平均值 = 0.08				
備註	F為預測區風速值、O為觀測區風速值、OF為預測區風速區值								

單位:  $2^{\circ}\times 2^{\circ}$  網。

表二(b) 1986-1988年4月之TS得分。

0000UTC					1200UTC				
時間	F值	O值	OF值	TS	時間	F值	O值	OF值	TS
751472	0	0	0	2	750402	0	0	0	2
759415	5	0	0	1	759415	5	0	0	1
760420	1	22	1	0.1	759420	5	22	2	0.2
760413	0	2	0	0	760413	1	2	2	0.3
770436	0	2	0	0	770436	1	2	2	0.3
770412	1	4	1	0.3	770412	1	4	1	0.3
770417	2	2	0	0	770417	14	1	1	0.1
770420	18	45	18	0.4	770420	19	49	19	0.4
770422	0	20	0	0	770422	2	20	1	0.1
770427	0	0	0	0	770427	5	3	4	0.3
770429	32	5	5	0.2	770429	16	5	3	0.2
TS 平均值 = 0.08					TS 平均值 = 0.23				
備註: F為預測误差总值, O為观测误差总值, OF為預測误差总值乘观测误差总值									

單位: (° X 1°) Lat.

表二(d) 1986-1988年6月之TS得分。

0000UTC					1200UTC				
時間	F值	O值	OF值	TS	時間	F值	O值	OF值	TS
750504	61	5	6	0.1	750404	74	46	4	0.4
750507	1	5	2	0.2	750407	0	5	2	0
750511	13	2	2	0.1	750411	13	2	2	0.2
750513	2	1	1	0.5	750413	1	1	0.5	0.3
750502	81	4	4	0.1	750402	88	4	4	0.3
760507	8	1	1	2.2	760407	22	1	1	0.1
760510	0	0	0	0	760410	3	0	0	0
760422	1	1	1	0.3	760422	8	3	2	0.2
760425	17	5	4	0.3	760425	2	5	0	0
760428	27	2	2	0.1	760428	4	2	2	0.5
770517	10	1	1	0.1	770417	0	1	0	0
770525	7	1	1	0.1	770425	0	1	0	0
TS 平均值 = 0.16					TS 平均值 = 0.13				
備註: F為預測误差总值, O為观测误差总值, OF為預測误差总值乘观测误差总值									

單位: (° X 1°) Lat.

表二(c) 1986-1988年5月之TS得分。

0000UTC					1200UTC				
時間	F值	O值	OF值	TS	時間	F值	O值	OF值	TS
750510	5	2	4	0.4	750510	0	0	0	0
750512	16	18	5	0.2	750512	14	20	1	0.2
750521	04	7	7	0.1	750521	09	7	6	0.3
760530	71	0	0	0.1	750530	45	0	0	0.1
760503	7	7	6	0.8	760503	5	7	4	0.5
760517	32	54	30	0.5	760517	1	54	1	0
760522	11	43	43	0.4	760522	47	43	40	0.4
760527	2	2	1	0.2	760527	9	2	0	0
770503	2	4	2	0.2	770503	2	4	1	0.2
770514	0	2	0	0	770514	0	2	0	0
770522	50	7	4	0.1	770522	18	7	6	0.2
770526	7	4	1	0.2	770526	1	4	1	0.2
TS 平均值 = 0.28					TS 平均值 = 0.21				
備註: F為預測误差总值, O為观测误差总值, OF為預測误差总值乘观测误差总值									

單位: (° X 1°) Lat.

# Verification of the Forecast Technique on the Frontal Heavy Rainfall Events in March-June Used in the CWB

G. T. J. Chen

Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

Y. J. Lin    C. J. Yang    C. D. Chen

S. L. Shish    L. F. Chen    D. Y. Wu

Central Weather Bureau

## Abstract

The current forecast technique on the frontal heavy rainfall events used in the CWB was evaluated. Forty five cases of frontal heavy rainfall events occurred in the period of March-June 1986-1988 were chosen. The forecast skills of the mesoscale convective systems (MCCs) accompanying these heavy rainfall events were evaluated using the Threat Score method. Threat Score had a maximum in May with a value of 0.25 and had a value between 0.13 and 0.16 in the other months. Apparently, both the synoptic-scale and mesoscale forecast methods are needed to improve the heavy rainfall forecasts. It was found that the synoptic-scale control was somewhat stronger in the Mei-Yu season (May-June) than in the Spring season (March-April). Also, the life time of synoptic-scale system in April was somewhat shorter compared to the other months.