

現行豪雨預報技術之評估結果

劉復誠

中央氣象局預報中心

摘要

本文之主要目的在評估就現行中央氣象局豪雨預報技術之成效。資料取自1977年至1986年中央氣象局所發布的報告(包括突變天氣之豪(大)雨特報及颱風警報),彙集齊全共有個案327天(次),經用(1)百分法修正與(2)Woodcock's 判別式,以 2×2 矩陣列聯表方式,各依成功(含 yes / yes 及 no / no)與失敗(含 yes / no 及 no / yes)事件(events)或非事件(non-events),依照豪雨(日雨量 ≥ 130 公厘)及大雨(日雨量 ≥ 50 公厘)之標準,按北部、東北部、中部、南部、東部及全省性等6種分區分別按上述方法計算其百分法修正(%)及判別係數(技術得分),以使用來評估各區之豪(大)雨預報之發布成效。

就評估結果而言,現行傳統(綜觀)及外延法之豪雨預報技術之成效不很高,一般豪雨特報(突變天氣)平均百分法修正由35.69%(yes/yes)至73.23%(yes/yes + no/no); 颱風時,平均百分法修正由44.31%(yes/yes)至72.17%(yes/yes + no/no); 而Woodcock's判別式所得之結果發現在突變天氣特報時東北部都呈最高值;南部都呈最低值。而颱風時,南部都呈最高值,東部都呈最低值。

一、前言

台灣地區位於西太平洋的一個島環上,屬副熱帶氣候,季風型態極為顯著,加以中央山脈縱貫南北,右鄰世界最大海洋(太平洋),左隔台灣海峽與歐亞大陸相望,因而形成一奇特複雜的特殊天氣現象。梅雨、颱風、寒潮及乾旱等災害(變)天氣顯較一般中高緯度的溫寒帶國家為高,其中梅雨及颱風則成為豪雨之主要罪魁禍首。

由豪雨引起災害之事例,在國內外均時有所聞。1976年7月31日夜間美國洛磯山以東的Big Thompson,即因滯留性的鋒面(stationary front)引發強烈對流雷陣雨,在短短幾小時內共下了14吋(355.6公厘)的雨量,造成129人被水淹死,316幢房屋毀壞,總損失\$28.5 M美金。而國內,近年來豪雨之出現幾乎年年都有,例如1981年5月28日及9月3日桃竹苗及南部豪雨,各為梅雨及颱

風(艾妮絲)所引起,而1984年6月3日及10日北部之豪雨,亦為「梅雨」所致,其前後造成之傷亡近百人,合併財物損失高達新台幣200億元以上。

豪雨之成因極為複雜,且受地形影響很大,其發生規模遠小於綜觀尺度(synoptic scale),而為各學者(e.g. Pielke, 1981; 陳, 1984)認為是中尺度現象(mesoscale)現象。Pielke (1981)曾對中尺度訂定界限,其時間及空間範圍,界於積雲尺度(cumulus-scale)與綜觀尺度之間,其水平距離由幾公尺到1,000公里,時間尺度由1~12小時,其垂直高度則可從幾十公尺到整個對流層。此外,中尺度的天氣分析,受地形與尺度間交互作用(interaction)影響很大,必須依賴密集的氣象觀測資料及分析技術,始能達成精確的預報目的。根據調查,台灣地區豪雨之引起不外是梅雨、颱風、短暫雷陣雨、飆線(squall lines)、地形加上深厚對流雲(如冬春東北部山區之豪雨)。依李等(

1986) 研究, 推定台灣地區豪雨出現時間具有雙峯型的季節分布, 前峯出現在五至六月, 後峯出現在七至九月, 夏半年五月至十月之豪雨佔全年之94%。以月份而言, 八月份之豪雨佔全年23.0%, 乃來自颱風或熱帶性擾動者居多, 次為六月份, 佔全年20.9%, 屬梅雨末期的豪雨現象(劉及葉, 1985)。

關於豪雨之成因及診斷分析, 涉及之氣象理論頗為深奧而複雜, 近年來國內外各學者都積極的投入研究, 不管是颱風、梅雨、春雨及其他中小尺度天氣系統引起之豪雨, 例如丘及劉(1985)、曲及任(1985)等, 再加上1986、1987實施之國科會大型防災計畫之一 TAMEX (台灣地區中尺度實驗計畫)。國外方面 Browning(1979; 1981), Maddox et al. (1979), Maddox and Deitrich (1981) 等。由這許多人的投入研究看, 顯示各界對豪雨預報之重視。

現行國內對於豪雨預報之成效如何? 很少人去作實地之評估, 但對預報作業之探討, 中央氣象局在1985年5月10-11日舉行過一次研討會, 切實針對「豪雨」預報來加以探討, 其中丘及林(1985)等提出豪雨之診斷分析, 曲(1985)提出「大(豪)雨預報作業程序及警告發布之探討與建議」; 鄭(1985)提出「日本現行豪雨(大雨)作業程序之評介」, 陳(1985)提出「美國豪雨預報之研究發展與就業」; 謝及劉(1985)提出「現行颱風雨量及風力預報作業」, 均針對有關豪雨預報技術提出深切探討及可行性的建議。

本研究以1977~1986年中央氣象局已發布之一般「突變天氣」豪(大)雨特報及颱風警報之豪(大)雨特報, 就豪(大)雨發布之報告提出評估結果, 並提出可行性之建議, 冀求提出有效災害防制對策與預報改進措施, 提高天氣預報準確率。

二、豪雨之定義與引用資料

(一) 豪雨之定義

降水量多少, 才算豪雨, 各界說法不一。有人(e.g. 吳等, 1983)以研究台灣北部之日降水量大於100公厘者為豪雨, 亦有人稱「暴雨」(storm

)、「暴洪」(flash floods), 更有人以時雨量達20-40公厘者稱為豪雨。

依據陳(1985)認定豪雨之定義, 定性而言並無問題, 在某特定區域某特定時間內有大量降水(雨)就可稱為「豪雨」。若大量降水發生在短時間內, 則將伴隨暴洪現象。顯然, 大部份暴洪經由豪雨而來, 但因水庫或防洪堤破裂之暴洪例外。定量而言, 豪雨之定義有些困難, 因而實用上需考慮可否導致災害而定。如此將牽涉到各行各業對於降水(雨)量之敏感程度問題。結言之, 即不可能找出一個在各方面均接受或實用的豪雨定義了。

在農業上, 根據1961-1981年三~六月間實驗降雨強度及稻作災害紀錄分析(吳等, 1983), 由各次災害期間連續24、12、6及3小時之最大雨量得知, 24小時累積雨量在100公厘以上者有95次, 占總數的74%, 12小時累積雨量在40公厘以上者有122次, 占總數的95%, 6小時累積雨量大於30公厘以上者或3小時累積雨量大於20公厘者均有126次, 占總數98.4%。依此表示若以3小時降水量大於20公厘或6小時降水量大於30公厘做為豪雨之標準, 亦可視為導致水稻災害降水量必要條件。

日雨量大於100公厘的機率, 各測站均小於5%, 且日雨量大於100公厘導致水稻災害之次數佔總災害次數之85%左右, 所以從吳等(1983)之研究以日雨量100公厘似為合理。此外, 台灣製鹽總廠則認為日雨量大於50公厘以上, 則可能對鹽田會有重大影響, 故台鹽總廠以日雨量大於50公厘以上即稱為大雨(蔡等, 1984)。顯然, 因各地受災之情況與地形、地理環境(如窪地、平原、丘陵、海邊、向風坡等)、河道大小、都市不透水面或下水道之寬狹所導致之逕流(run-off)型態改變(例如1987年琳恩颱風引起之北市大水災), 均會因雨量大小不同而引起受災程度之差別, 以致各單位或各地區對豪(大)雨之表現自有不同。例如日本各單位發布注意報及警報之基準(鄭, 1985)即有不同。

本文, 依照中央氣象局現時的定義是:

大雨—每小時雨量超過15公厘之連續大雨, 日雨量超過50公厘, 可能導致災害者。

豪雨—每小時雨量超過15公厘之連續大雨，日雨量超過130公厘，可能導致災害者。

故如發布大雨特報（含颱風警報）時，日雨量未超過50公厘，即算非事件（Non-event）或有失誤，同理當發布豪雨特報（含颱風警報）時，日雨量未超過130公厘，亦稱非事件（Non-event）或有失誤。相反的，如有超過上述情況者稱為有事件（event or occurrence）或稱無失誤。

（二）引用資料

1. 引用期間

本文以1977—1986年間，依照中央氣象局73年7月15日最新修訂的突變天氣作業程序辦法所發布豪（大）雨及颱風警報發布之時間，選擇作為評估之依據。

2. 樣本數量

(1) 豪（大）雨特報經統計，在1977—1986年6月間，有豪（大）雨特報日期佔了281天（次），其中（見表1）發布大雨報期間有216天佔76.8%，發布豪雨期間有65天，佔23.13%，如以月份分（不分豪雨）可參見表1。由表1，可知，豪（大）雨特報發布最多月份在6月，佔23.10%，其次為5月佔20.26%，7—9月佔25.6%，可見梅雨及颱風引起之豪（大）雨為各月之冠，而12月則沒有，此點與台灣地區之氣候型態符合。

(2) 颱風警報期間

颱風預報為中央氣象局最主要之預報作業，因颱風所造成之災害為所有災害之冠，而颱風引起之豪雨範圍大且雨量亦大，故在颱風警報中亦不得不對有豪（大）雨發生之潛勢（potential）加以說明或註明（如圖1），以提醒民衆注意，減少生命財產損失。

本文依照1977—1986年所發布之颱風警報中（不管海陸上警報，共有67個），有加註或發布豪（大）雨之個案，經統計共有46個個案（次），（佔全部警報之68.66%），此46個個案即已有豪（大）

雨潛勢報告者（表1），將供本文作為評估之用，此稱颱風警報以「豪雨報」發布頻率較高，共40次，佔86.96%，「大雨報」僅有6次，佔13.04%（表1）。

三、評估過程

降雨或豪雨評估（即有下雨，或沒有下雨狀況）與天氣（氣象）預報之校驗不大相同，前者為離散或不連續（discrete）個案，後者為連續數值尺度（continuous numerical scale）的預報要素（forecast element），故在評估或校驗程序上勢必有不同，前者可用技術得分或單一指數（skill score or single index）、百分法修正（percentage correct 含準確率之意）來表示（比較），後者多用平均誤差（average error）、均方根（root-mean-square-error, RMSE）、可能率聲明（probability statements）等來（比較）表示。事實上，評估或校驗方法，需視不同目的或個案而定（Brier and Allen, 1951）。此外，Woodcock (1976) 曾以 "The Evaluation of Yes / No Forecasts for Scientific and Administrative Purposes" 一文，就由技術得分導出之公式，以普通判別式（discriminants）來作科學及行政上的評估之用（見下“（二）”節所述。

本文主要針對降雨量之預報，依照 Panofsky and Brier (1965) 方法，首先就各案排出 2×2 矩陣列聯表（contingency table），再依百分法修正及判別式以作為評估豪（大）雨結果。

（一）百分法修正（Percentage Correct，簡稱PC值）

以中央氣象局發布之豪（大）雨特報及颱風警報所註明之個案（天數），按所發布當日或特報期間（約2—3天）其日雨量是否有超過50公厘（大雨）或130公厘（豪雨）作為評估標準（分北部、東北部、中部、南部、東部及全省性）為依據，此 event（事件）標準分為四類即(1) A值 yes/yes [有發布豪雨，而實際亦有豪雨的個案]。(2) B值 No/yes [沒有

發布豪(大)雨特報,但實際有豪(大)雨發生之個案]。(3)C值 yes/No[有發布豪(大)雨特報,但實際沒有豪(大)雨發生之個案]。(4)D值 No/No[該區沒有發布豪(大)雨,而實際上亦沒有豪(大)雨個案]。此A、B、C、D值亦將應用到判別式之計算(見下節)。PC值之求法如下:

PC(採 yes/yes 成功準確率事件) =

$$\frac{A}{A+C} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

PC(採 yes/yes 及 No/No 成功準確率事件)

$$)= \frac{A+D}{A+B+C+D} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

以上(1)較嚴苛, (2)略加修正, 故前者PC值較後者為低。

(二) Woodcock's 判別式

Woodcock 氏理論之基礎, 認為評估過程是決定預測因子(predictor)至一連串混合事件(events)及非事件(non-events)日子, 安排成功及失敗之列聯表, 各元素為A、B、C、D, 依照函數來操作, 在此為判別式(discriminant), 可求出各預報因子之相對技術得分, 以技術得分得以比較及分辨(discriminating), 藉以作為預報技術改進之參考。

本文中, 各元素A、B、C、D之2x2矩陣列聯表如表2, 其中A代表 yes/yes (成功), B代表 No/yes(失敗), C代表 yes/No (失敗), D代表 No/No (成功), 依此,

Woodcock 設計了下列9種氣象判別式。茲誌如下:

(1) 比值測定 (Ratio test, R)

$$R = \frac{A+D}{N} \dots\dots\dots(3)$$

$$0 \leq R \leq 1$$

上式N為統計發生之次數(total number of occurrence), 以下各式“N”通用。

(2) 技術測定 (skill test, Sk)

$$S_k = \frac{4(AD-BC)}{N^2} \dots\dots\dots(4)$$

$$-1 \leq S_k \leq 1$$

(3) Hiedke 技術得分 (T)

$$T = \frac{2(AD-BC)}{(A+B)(B+D)+(A+C)(C+D)} \dots\dots\dots(5)$$

$$-1 \leq T \leq 1$$

(4) Appelman's (1960) 判別式 (U)

$$U = \frac{D-B}{C+D} \dots\dots\dots(6)$$

$$-1 \leq U \leq 1$$

(5) Hanssen and kuiper's (1965) 判別式 (V)

$$V = \frac{AD-BC}{(A+B)(C+D)} \dots\dots\dots(7)$$

$$-1 \leq V \leq 1$$

(6) 相關係數 (r)

$$r = \frac{AD-BC}{\{(A+B)(A+C)(C+D)(B+D)\}^{1/2}} \dots\dots\dots(8)$$

$$-1 \leq r \leq 1$$

(7) Chisquare 測定 (X²)

$$X^2 = \frac{N(AD-BC)^2}{(A+B)(A+C)(B+D)(C+D)} \dots\dots\dots(9)$$

(8) Yule's I (Moroney, 1963) 判別式 (Q)

$$Q = \frac{AD-BC}{AD+BC} \dots\dots\dots(10)$$

$$-1 \leq Q \leq 1$$

(9) Yule's II (Moroney, 1963) 判別式 (Y)

$$Y = \frac{\sqrt{AD}-\sqrt{BC}}{\sqrt{AD}+\sqrt{BC}} \dots\dots\dots(11)$$

$$-1 \leq Y \leq 1$$

此外, 表3為 Woodcock 依照75%成功事件及50%變化的不成功事件, 用不同試驗條件所得之判別式變化技術得分表以供參考。

(C) 豪(大)雨分區及雨量選取標準

由於豪(大)雨之出現都屬於局部性, 故在中央氣象局發布之豪(大)雨特報及颱風警報中, 均另加以「分區」說明, 本文為評估方便, 特將台灣

地區分爲北部、東北部、中部、南部、東部及全省性(不分區)等6區(圖2),加以評估,且雨量同時參考山區及平地(只要任何之一出現即可)。

此外,在中央氣象局所發布之豪(大)雨特報統計,可發現在1977年至1986年6月間,曾對各區發布豪(大)雨特報之情況,計爲:北部113次(天)、東北部91次(天)、中部121次(天)、南部149次(天)、東部48次(天),全省性(不分區)81次(天),總計603次(天)。其中含該分區未發布豪(大)雨特報,而事實上曾出現豪(大)雨者,共計有97次(天)。至於颱風警報因困於變化太多,故不採分區評估標準。

四、評估結果

(一)百分法修正(PC)

(1)一般(即不包括發布颱風警報期間)豪(大)雨特報

利用前述評估方法,求得之台灣各區百分法修正如表4 a。

由表4 a比較各區之百分法修正,其中以不分區時最高,達54.32%,此因不分區時,預報範圍較廣,可得較高之百分法修正(準確)值。再次爲南區的36.36%及東部最低只有23.33%,其原因可能爲東部的豪(大)雨潛勢較小所致,以上之準確百分法修正因評估方式太苛,故本研究改採yes/yes, No/NO, yes/NO及No/yes四事件重新計算,可求得較高之準確百分法修正(如表4 b)。由表4 b發現各區(不分區域外)之百分法修正均已提高,約提升27.43~62.08%。此時就各區準確百分法修正值排名比較表4 a及4 b,除東北部、北部及中部相似外,南部由排名第一變成最後,東部最低變成第一,此顯示之意義在於yes/yes之事件,說明當預報南部或東部有豪雨時,南部機率較高,東部較低。否則爲No/No事件,即東部本來豪雨機會就不多,故沒有去發布(或預報)有豪雨,而事實上亦無豪雨之情況也就出現最多了(有233個案)。

就整體而言,全區平均值準確(成功)百分法修正爲73.23%。

(2)颱風警報期之豪(大)雨預報

由於每個颱風警報發布之報數很多(平均約12報),而颱風動向變化又異常複雜,爲簡化起見,本文對颱風警報中豪(大)雨預報之評估,採取個案方式而不採用報數,由此可得46個颱風個案,其評估結果如下:

由表5 a可知,颱風警報中之豪(大)雨預報,其百分比法修正值比一般之豪(大)雨特報爲高(佳),此因可能爲颱風路徑之預報較準確及其尺度範圍(或降雨區)比一般中尺度之鋒面或區域性對流豪雨爲廣所致。另就分區比較,在不分區時平均百分法修正值高達71.43%,若分區時,以南部之百分比法修正最高,達57.69%,此情況與一般豪(大)雨特報吻合,殊爲奇特。次高者爲北部的45.45%,此與一般豪(大)雨特報不一致,原因爲何?仍有待研究。最低仍爲東部的28.57%,此因東部除非颱風登陸帶來之「環流雨」,否則在西南氣流影響下,東部雨量並不多。如同一般發布豪(大)雨特報,將較嚴苛之評估標準,改採yes/yes, No/No, yes/No, 及No/yes四事件,重新求得百分法修正,亦可得較高之準確(成功)百分比法修正值(如表5 b)。由表5 b發現各區之百分法修正均提高,約14.05~32.30%。此時不分區之「準確百分法修正」高達91.30%。但採分區制(比較4 b及5 b),以東北部及南部最高均爲71.74%,此時南部之百分比法修正值反而比一般發布豪(大)雨特報降低(由排名最低變成最高),東北部相同,顯示颱風期間,南部及東北部之豪雨預報較準確(易成功),東部較不準確。

(二)Woodcock's判別式之評估結果

本文以Woodcock's判別式之評估方法,利用其中9種判別式(discriminants),並依自1977至1986年6月間,中央氣象局對

台灣地區(分北部、東北部、中部、南部及東部)之豪(大)雨是否發生或不發生?是否發布豪(大)雨特報?並就成功(yes/yes及No/No)及失敗(yes/No及No/yes)事件依照9種判別公式來計算,其結果分成兩大類:

第一類:突變天氣發布之豪(大)雨特報,其結果見表6a(全體平均)。

第二類:颱風警報中之豪(大)雨特報其結果見表6b。

由表6a(全體平均)中,各判別式最高最低值情況為:(1)比值測定, R值以東部最高為0.79,南部最低為0.50;(2)技術測定, S_x 值以東北部最高為0.22,東部最低為0.01;(3)Hiedke技術得分, T值以東北部最高為0.33,南部最低為0.11;(4)Appleman's判別式U值,以東部最高為0.74,南部最低為0.26;(5)

Hanssen and Kuiper's判別式, V值以東北部最高為0.34,東部最低為0.10;(6)相關係數, r 值以東北部最高為0.28,東部最低為0.13;(7)Chisquare測定, X^2 值以北部最高為0.03,南部最低為0;(8)Yule's I判別式, Q值以東北部最高為0.61,北部及南部最低為0.31;(9)Yule's II判別式, Y值以東北部最高為0.34,北部及南部最低為0.16,由以上結果,可以發現東北部各項判別式均呈最高值頻率,南部則呈最低值頻率,比較4b,可得相同情況。

另由表6b發現(颱風以平均值討論),各判別式最高最低值則為(1)比值測定, R值以東北部最高為0.64,東部最低0.51;(2)技術測定, S_x 值以南部最高0.33,東部最低0.09;(3)Hiedke技術得分, T值以南部最高0.31,東部最低0.09;(4)Appleman's判別式, U值以東北部最高0.55,南部及東部最低均為0.35;(5)Hanssen and Kuiper's判別式, V值以北部最高0.35,東部最低0.13;(6)相關係數, r 值以南部最高0.46,東部最低0.11,此顯示南部在颱風時之豪(大)雨預報較準確;(7)Chisquare測定, X^2 值以南部最高4.85東部最低

0.47;(8)Yule's I判別式, Q值以南部最高0.71,東部最低0.26;(9)Yule's II判別式, Y值以南部最高0.42,東部最低0.13。由這些判別式,評定結果當颱風時,南部之豪(大)雨預報準確比率為各區之冠,東部為最差的一個地區,此點與百分比法修正相吻合。

五、結論及建議

本文以1977-1986年6月間,中央氣象局依據突變天氣處理辦法及颱風警報所發布之豪(大)雨預報為評估資料(共有327個案)。經用(1)百分比修正(percentage correct)與Woodcock's判別式(Woodcock's discriminant)以 2×2 矩陣列聯表方式,各依成功(含yes/yes及No/No)與失敗(含yes/No及No/yes)事件(events)或非事件(non-events),依然豪雨(日雨量 ≥ 130 公厘)及大雨(日雨量 ≥ 50 公厘)之標準,就北部、東北部、中部、南部、東部及全省性等六種分區分別按上述二方法計算其百分比修正值(%)及判別係數(技術得分),以使用來評估各區之豪(大)雨預報之發布成效(或準確率)。

經評估結果,一般特報平均百分比修正值由35.69%(yes/yes)至73.23%(yes/yes+No/No),颱風時平均百分比修正值由44.31%(yes/yes)至72.17%(yes/yes+No/No)。而Woodcock's判別式所得之結果發現一般特報時,東北部都呈最高值(此時PC值高達77.22%),南部都呈最低值(此時PC值最低為64.06%),而颱風時,南部都呈最高值(此時PC值最高達71.74%),東部都呈最低值(此時PC值最低為60.87%)。由此很明顯地可看出,當採yes/yes事件時,一般突變天氣之豪(大)雨特報及颱風警報時以南部準確率最高,東部最低,而採yes/yes+No/No事件時,一般突變天氣以東部最高,南部最低;颱風警報時,以東北部及南部最高,東部最低。

由本報告之評估結果,豪雨預報是比一般天氣預報準確率為低,可見以目前所沿襲傳統之綜觀天氣法統計方法及外延法欲對豪雨預報準確率予大幅提昇,勢必仿照目前美國、日本、英國或瑞典所發

展之即時（或豪雨）預報技術為目標，再配合國內現有之設備及人力（中央氣象局現有 CDC/AMIGAS I 已略具國外雛型）與地形條件，似也可使豪（大）雨預報技術有更進一步之突破和改革。

總之，以台灣這種複雜地形及天氣系統，欲對豪雨或定量降雨預報獲得大幅改進，似可參考以下建議（淺見）：

- (1) 成立中尺度分析或劇烈風暴警報中心，守視豪（大）雨及其他劇烈天氣現象之發生（類似美國劇烈風暴中心 NSSL），並即時提出預警。
- (2) 重新釐定台灣地區豪雨定量降雨之分級分區標準，可就地形狀況、土地利用狀況、環境地質構造、山崩潛感性、地候狀況、植物分布、水文條件、經濟地理與產業價值條件，都會環境、人口密度等項目，由各行專家（如都市計畫、地理、土木、水文、社會、經濟、環境工程、氣象等）先行評估討論，以決定豪雨之分區分級定量標準，以作為豪（大）雨警報之參考依據。
- (3) 運用人力、財力與政府各機關之共識，突破技術瓶頸自行或委託發射人造衛星（目前交通部已正在洽商中），使衛星資料之取得能自我控制（self-control），並增加時間解像度（time-resolution）及可以數位化衛星影像資料來估計降水型態。
- (4) 廣泛（全省性）建立自動化觀測系統，其中包括海上氣象浮漂站（buoy）、雨量測報網、垂直向探空儀。
- (5) 增購海上氣象船及氣象偵察飛機，以作為海上及空中缺少測站地區資料蒐集之用。
- (6) 大力改革廣播傳輸系統，使之與個人、特別使用者（customers or users）、機關能夠普遍作雙向之溝通，以達到傳播媒介之三大功能（李金銓，1984）。使社會、個人、團體，知道我們（中央氣象局）在 Say what（說什麼）、In which channel（發布什麼特報消息）及 with what effect（有什麼影響）。
- (7) 培訓專司中尺度分析之高級預報員（即懂得 NWP、雷達及衛星氣象與天氣預報者），並提高其合理待遇。

- (8) 加強災害防制對策之宣導及制定「災難預防策略標準法」。從國小、國中階段，即開始灌輸氣象知識及防災對策，期能使上游（中央氣象局）下游（一般民衆）對災害之預警措施完善或建立防災意識，減少災害之發生。
- (9) 建立防災警報之處理機構，如遇地震及豪雨、水災可立即提出警告與充分發揮救災功能（類似日本中央防災委員會）。
- (10) 為因應 C&C（Computer & Communication）之結合，氣象通信之高速度化，將使氣象資訊之傳輸速度獲得改善，因此建議有關單位儘快（提早）將低速度（如 1200, 2400 鮑）之傳輸系統提高至高速度（如 4800, 9600 鮑）之傳輸系統。
- (11) 繼續加強「豪雨」成因及結構之研究，包括颱風、梅雨及其他中尺度對流系統之診斷分析，實地實驗（field experiment, 如 TAMEX）等。並加強定量降水預報（QPF），降水機率（統計或客觀）預報（中尺度數值模式及區域數值模式中央氣象局正發展中，此兩模式對豪雨預報亦必然有效）技術之開發，使豪雨之預警發布工作有所憑據。
- (12) 鑒於雷達及衛星已成為豪雨或即時預報中估計降水（雨）之最有效利器，故對本省雷達降水方程（ $Z = AR^b$ ）及海陸上 clutters 問題，勢必早日改善解決，以減少誤差出現。

六、參考文獻

- 吳宗堯、陳泰然、謝信良、喬鳳倫、陳正改，1983：台灣地區春至初夏之局部性豪雨研究。中央氣象局與台大合作研究報告，第77號。
- 陳泰然，1984：中尺度氣象學，空軍氣象聯隊氣象中心，152頁。
- 蔡清彥、劉復誠及任立渝，1984：台灣晒鹽區降水量之分析與預報之研究(-)。經濟部製鹽總廠，66頁。
- 李金銓，1984：大眾傳播理論。三民書局，337頁。
- 謝信良及劉復誠，1985：現行颱風雨量與風力預報作業。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，P. 183 - 215。

- 曲克恭及任立渝, 1985: 梅雨季發生大雨之綜觀預報法。國科會防災科技研究報告第74~01號, 共55頁。
- 陳泰然, 1985: 美國豪雨預報之研究、發展與作業。天氣分析與預報研討會, 中央氣象局, P. 167~182。
- 曲克恭, 1985: 大(豪)雨預報作業程序及警告發布之檢討與建議。天氣分析與預報研討會, 中央氣象局, P. 131~142。
- 丘台光及劉復誠, 1985: 民國73年6月3日台灣北部地區豪雨之個案研究。大學科學第12期, P. 93~102。
- 丘台光及林雨我, 1985: 利用衛星、雷達資料作台灣地區豪雨預報之初步研究。天氣分析與預報研討會論文集編, 中央氣象局, P. 107~129。
- 劉廣英及葉文欽, 1985: 台灣地區豪雨及豪雨實驗計畫。氣象預報與分析第105期, P. 1~18。
- 鄭邦傑, 1985: 日本現行豪雨(大雨)作業程序之評介。天氣分析與預報研討會, 中央氣象局, P. 143~166。
- 李定國、劉昭民、張泉湧及林清榮, 1986: 台灣地區梅雨期豪雨客觀預報之研究。民航局, 67頁。
- Appleman, H. S., 1960: A fallacy in the use of skill scores. Bull. Amer. Meteor. Soc., 41, P. 64-67.
- Brier, G. W., and R. A. Allen, 1951: Verification of Weather Forecasts, Compendium of Meteorology, AMS, Boston.
- Browning, K. A., 1979: The FRONTIERS plan: a strategy for using radar and satellite imagery for very-short-range precipitation forecasting. Meteor. Mag. 108, P. 161-184.
- Browning, K. A., 1981: A total system approach to a weather radar network. In "Nowcasting: mesoscale observations and short-range prediction", P. 115-122. Proceedings of a symposium at the IAMAP General Assembly, 25-28 August 1981, Hamburg. European Space Agency, ESA
- Maddox, R. A., 1979: A methodology for forecasting heavy convective precipitation and flash flooding. Natl. Wea. Dig., 4, P. 30-42.
- Maddox, R. A., and W. Deitrich, 1981: Synoptic conditions associated with the simultaneous occurrence of significant severe thunderstorms and flash floods. Fourth conference on Hydrometeorology P. 181-187.
- Hanssen, A. W., and W. J. A. Kuipers, 1965: On the relationship between the frequency of rain and various meteorological parameters. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Meded. Verhand., 81, P. 2-15.
- Moroney, M. J., 1963: Facts from figures. Penguin Books Ltd, P. 264-266.
- Panofsky, H. A., and G. W. Brier, 1965: Some Applications of Statistics to Meteorology. 244 pp.
- Pielke, R. A., 1981: Mesoscale numerical modeling. Adv. Geophys., 23, P. 185-344.
- Woodcock, F., 1976: The Evaluation of yes/No Forecasts for Scientific and Administrative Purposes. MWR, 104, 10, P. 1209-1214.

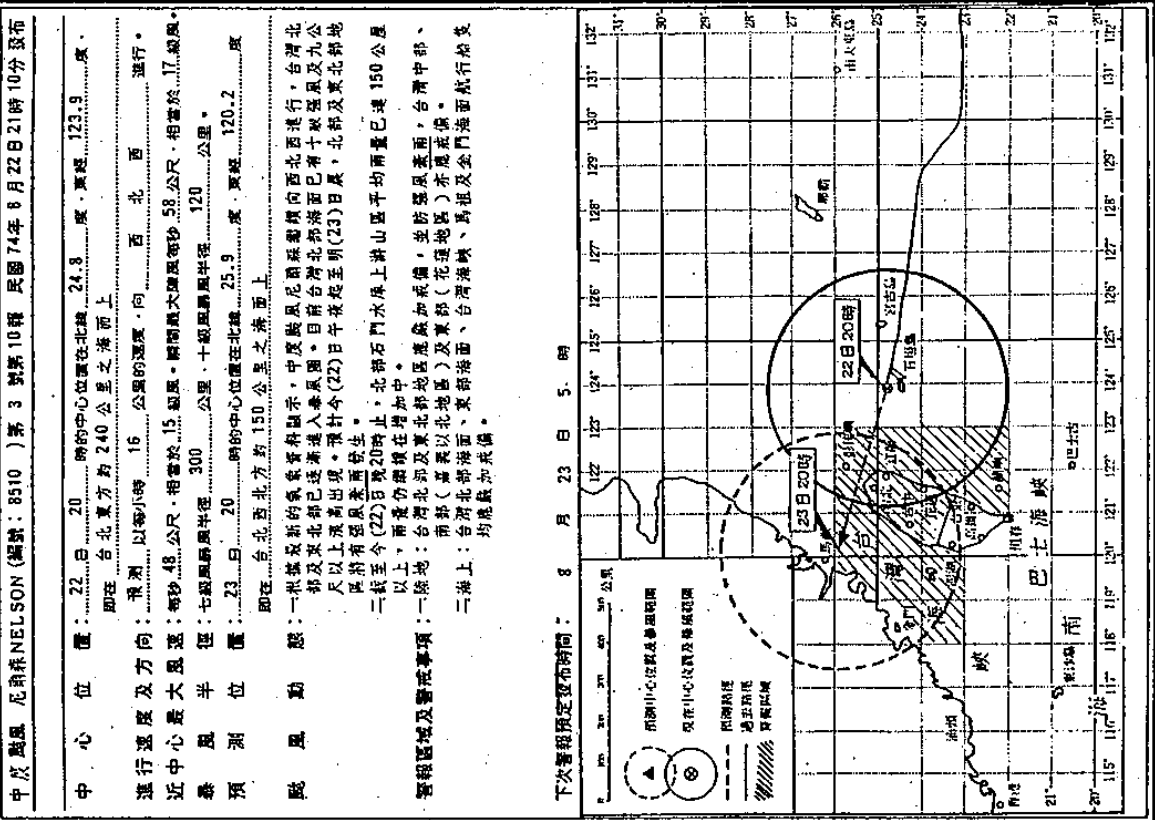


圖 1 中央氣象局在颱風警報期間所發布之豪雨特報例子 (如圖中畫線處)

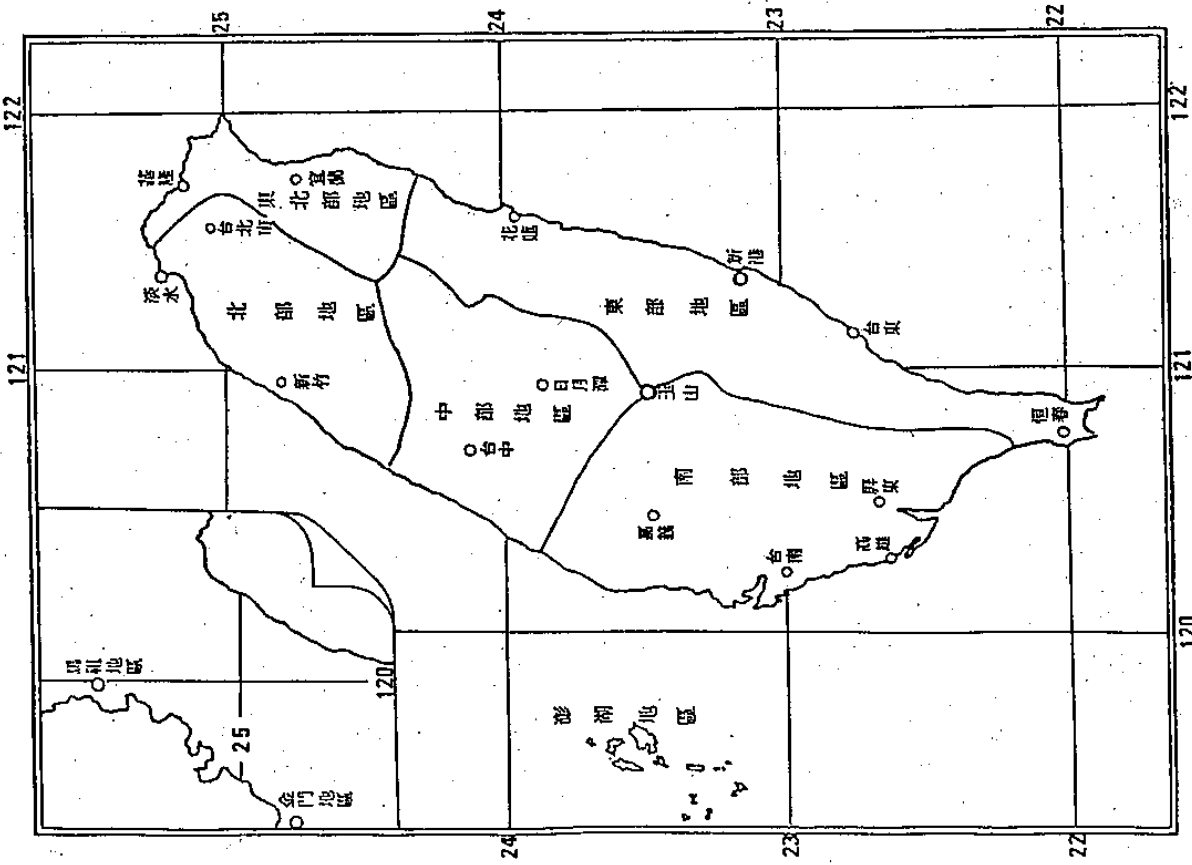


圖 2 豪(大)雨評估分區圖

表1 1977~1986年各月豪(大)雨發布總次數及所佔百分比 (%)

類別 月份	突變天氣特報				颱風警報期間			
	豪 雨	天 雨	合 計	百 分 比 (%)	豪 雨	大 雨	合 計	百 分 比 (%)
1	0	1	1	0.35	0	0	0	0
2	0	3	3	1.07	0	0	0	0
3	2	30	32	11.38	0	0	0	0
4	0	25	25	8.99	1	0	1	2.17
5	17	40	57	20.26	0	1	1	2.17
6	25	40	65	23.10	5	2	7	15.22
7	3	20	23	8.18	11	1	12	26.09
8	16	13	29	10.31	16	0	16	34.78
9	1	19	20	7.11	4	1	5	10.87
10	1	8	9	3.20	3	1	4	8.70
11	0	17	17	6.05	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
總計	65	216	281	100%	40	6	46	100%

表2 2x2 ABCD 四元素列聯表

觀測 (Observed)	預報 (Forecast)	
	是 (Yes)	否 (No)
是 (Yes)	A	B
否 (No)	C	D

表3 Woodcock (1976) 依照75%成功事件及50%變化的不成功事件, 用不同試驗條件所得之判別式變化技術得分表

(列聯表元素)				(判別技術得分)							
A	B	C	D	Ratio	Skill	Heidke	Appleman	Hansen and Kuipers	Schrank	Correlation coefficient	
150	50	0	0	0.750	0.000	0.000	—	—	-0.125	—	
135	45	10	10	0.725	0.090	0.141	-1.750	0.250	-0.093	0.168	
120	40	20	20	0.700	0.160	0.211	-0.500	0.250	-0.070	0.218	
105	35	30	30	0.675	0.210	0.244	-0.087	0.250	-0.058	0.245	
90	30	40	40	0.650	0.240	0.255	0.125	0.250	-0.055	0.257	
75	25	50	50	0.625	0.250	0.250	0.250	0.250	-0.063	0.258	
60	20	60	60	0.600	0.240	0.231	0.000	0.250	-0.080	0.250	
45	15	70	70	0.575	0.210	0.198	-0.417	0.250	-0.108	0.232	
30	10	80	80	0.550	0.160	0.151	-1.250	0.250	-0.145	0.201	
15	5	90	90	0.525	0.090	0.087	-3.750	0.250	-0.193	0.150	
0	0	100	100	0.500	0.000	0.000	—	—	-0.25	—	

表 4 a 突變天氣期間發布豪(大)雨特報百分法修正值
(採 yes/yes, yes/No, yes/No 二事件)

分類 區域	yes/yes (A)	yes/No (C)	總數 (天)
北部	30/33.71%	59/66.29%	89
東北部	27/35.53%	49/64.47%	76
中部	34/30.91%	76/69.09%	110
南部	48/36.36%	84/63.64%	132
東部	7/23.33%	11/76.67%	18
不分區	44/54.32%	37/45.68%	81
平均	35.69%	64.31%	100%

表 4 b 突變天氣期間發布豪(大)雨特報百分法修正值
(採 yes/yes, No/No, yes/No, No/yes 四事件)

分類 區域	yes (A)		No (D)		成功 P C (%)		不成功 P C (%)	
	yes	No	yes	No	yes	No	yes	No
北部	30	168	198	70.46	59	24	81	29.54
東北部	27	190	217	77.22	49	15	64	22.78
中部	34	160	194	69.04	76	11	87	30.96
南部	48	132	180	64.06	84	17	101	35.94
東部	7	233	240	85.41	11	30	41	14.59
不分區	不變(無意義)							
平均	-	-	73.23	-	-	-	26.77	-

表 5 a 颶風警報期間發布豪(大)雨百分法修正值
(採 yes/yes, yes/No 二事件)

分類 地區	yes/yes (A)	yes/No (C)	總數 (次)
北部	10/45.45%	12/54.55%	22
東北部	5/33.33%	10/66.67%	15
中部	5/29.41%	12/70.59%	17
南部	15/57.69%	11/42.31%	26
東部	6/28.57%	15/71.43%	21
不分區	5/71.43%	2/28.57%	7
平均	44.31%	55.69%	100%

表 5 b 颶風警報期間發布豪(大)雨百分法修正值
(採 yes/yes, No/No, yes/No, No/yes 四事件)

分類 區域	yes (A)		No (D)		百分法修正 標準 (%)		百分法修正 不準 (%)	
	yes	No	yes	No	yes	No	yes	No
北部	10	22	32	69.96	12	2	14	30.04
東北部	5	28	33	71.74	10	3	13	28.26
中部	5	26	31	67.39	12	3	15	32.6
南部	15	18	33	71.74	11	2	13	28.26
東部	6	22	28	60.87	15	3	18	39.13
不分區	5	37	42	91.30	2	2	4	8.70
平均	-	-	72.17	-	-	-	27.83	-

表 6 a 突變天氣期間豪(大)雨特報之 Woodcock's 判別式計算結果(各年平均)

編號	Woodcock's 氣象判別式	代號	北部	東北部	中部	南部	東部
1	比值測定 (Ratio test)	R	0.59	0.68	0.55	0.50	0.79
2	技術測定 (skill test)	S	0.12	0.22	0.18	0.12	0.01
3	Hiedke 技術得分	T	0.19	0.33	0.17	0.11	0.12
4	Appleman's (1960) 判別式	U	0.44	0.60	0.41	0.26	0.74
5	Hanssen and kuiper's (1965) 判別式	V	0.16	0.34	0.25	0.14	0.10
6	相關係數	r	0.14	0.28	0.21	0.14	0.13
7	Chisquare 測定	X^2	0.03	0.01	0.01	0	0.01
8	Yule's I (Morney, 1963) 判別式	Q	0.31	0.61	0.50	0.31	0.46
9	Yule's II (Morney, 1963) 判別式	Y	0.16	0.34	0.27	0.16	0.24

表 6 b 颱風警報期間豪(大)雨特報之 Woodcock's 判別式計算結果(全部平均)

編號	Woodcock's 氣象判別式	代號	北部	東北部	中部	南部	東部
1	比值測定 (Ratio test)	R	0.63	0.64	0.59	0.64	0.51
2	技術測定 (skill test)	S_x	0.30	0.18	0.14	0.33	0.09
3	Hiedke 技術得分	T	0.29	0.21	0.15	0.31	0.09
4	Appleman's (1960) 判別式	U	0.44	0.55	0.48	0.35	0.35
5	Hanssen and kuiper's (1965) 判別式	V	0.35	0.28	0.21	0.33	0.13
6	相關係數	r	0.33	0.20	0.12	0.46	0.11
7	Chisquare 測定	X^2	4.19	1.57	1.12	4.85	0.47
8	Yule's I (Moroney, 1963) 判別式	Q	0.68	0.52	0.40	0.71	0.26
9	Yule's II (Moroney, 1963) 判別式	Y	0.39	0.28	0.21	0.42	0.13

The Evaluation of CWB'S Heavy Rainfall Forecasting Techniques

Henry Fu-cheng Liu

Forecasting Center, Central Weather Bureau

ABSTRACT

Weather forecasts are often accurate but never exact. Part of the reasons can be explained by the error distribution from the probability functions. This report is to evaluate the skill scores based on the 327 cases (days) of the heavy rainfall forecast issued by the Central Weather Bureau (CWB) from 1977 to 1986. Two statistical methods are used; one is called as percent correct (PC) and the other is called as Woodcock's discriminant.

According to the verified results, the scores are not good calculated from the traditional (synoptic) as well as extrapolation method. The averaged values based on the PC method for the particular heavy rainfall warnings are ranging from 35.69% (yes/ yes events, case 1) to 73.23% (yes/yes and NO/ NO events; case 2). Values from 44.31 (case 1) to 72.17% (case 2) are observed during the typhoon period. On the other hand, the scores from Woodcock's discriminant method show the reference values with maximum / minimum appeared in the northeastern/ southern Taiwan during the particular heavy rainfall warnings ; vice versus for the typhoon period.

