

現行降雨機率預報之校驗

呂國臣 吳德榮

中央氣象局預報中心

摘 要

針對八十二年及八十三年氣象局發布之降雨機率預報做定量分析，提供一般民眾（使用者）使用降雨機率預報時之參考，同時也回饋於氣象預報員對預報技術的改進。

由於台灣各地區降雨特性差異甚大，本文分析台灣地區降雨頻率分布特性以及在不同季節、不同預報時段的預報誤差，並探討預報準確度及預報技術的分布狀況。

結果顯示，台灣各地區降雨機率預報值皆較氣候機率值高10分以上的技術得分，尤其在新竹以北，技術得分皆在25分以上，而以東部花蓮以南及澎湖地區得分在20分以下較低。在絕對誤差方面，仍以東半部誤差較大，而且台灣東部地區降雨機率預報有預報偏濕的現象。

比較八十二年及八十三年降雨機率預報技術得分發現，八十三年總分較八十二年高三分（約進步15%），顯示預報技術有提升的現象。

另外一個有趣的現象，在季節轉換的月份中（四月、七月及十一月），預報得分有降低的情形，尤其四月份最為明顯，此現象來自預報員的預報慣性所造成，或是其他客觀資料的影響，頗值得深入研究。

一、前言

自從有天氣預報，便開始有預報校驗，時代昌明、科技發達及社會多元化，民眾對天氣資訊的需求也愈精細，愈多樣化。以天氣預報的種類而言，從定性預報到定量預報，從二分法預報到機率預報，甚至對定點定時預報的需求更感興趣等等，也顯示天氣預報的表示方式亦將愈趨細膩。

然而任何資訊收集旨在於採取因應對策，以減少災害損失，換句話說，收集資訊的目的在預測，預測的目的在謀對策。反過來說，預防災害的損益在於對策的成敗，對策的好壞在於預測的對錯，預測的判斷則來自資訊的準確性（或可信性），所以資訊扮演了決策成敗的重要角色。當然，既然是預報就必須容忍誤差的存在，而且，決策者對誤差量化更不能忽視。當使用者在利用天氣預報資料時也將面對同樣的問題，天氣

預報「準」或「不準」，預報命中率有多少，長期的預報統計結果反應出來的誤差度，將提供應用天氣預報者決策的重要考量，也是本文討論的目的。

中央氣象局從八十二年起發布降雨機率預報（Probability of Precipitation，簡稱POP），正式走進機率預報時代，降雨預報由二分法定性預報增加定量的機率預報，有了定量預報，便可以量化的校驗，本文由各種不同角度探討預報準確度及預報技術得分狀況，回饋於降雨機率預報使用者及預報員預報降雨機率時之參考。

由於台灣地區為於亞熱帶，冬天有鋒面降雨，春天有春雨，春夏間有梅雨，夏天即使沒有颱風也常有午後雷陣雨，一年四季各有截然不同的降雨型態。除此之外，受到中央山脈特殊地形影響下，各地區降雨分布更有明顯差異。第二節將敘述降雨機率的預報實施現況及分析資料種類

及來源；第三節說明降雨機率預報的校驗方法；第四節則描述台灣地區月降雨頻率特性及降雨機率預報值分布特性，藉此可以判斷預報的可信度；第五節主要計算各類型預報誤差、預報技術得分結果；有關更細部的比較，第六節中將討論不同季節（月份）預報誤差，藉以瞭解各地區在不同季節的預報誤差特性；其他比較性分析，如不同時段的預報及不同年份的比較將在第七節討論；對於現行降雨機率預報的綜合討論、建議則分別在第八節提及。

二、現行降雨機率預報簡介及資料來源

天氣預報校驗的基本資料，因校驗之預報型式及類別不同而有不同之需求。以降雨機率預報而言，基本上，須要收集預報期間的降雨資料，以判斷有沒有下雨事件發生，另一方面則須要發布之降雨機率預報值以茲校驗，依據以上兩種資料便能計算出降雨機率預報的絕對誤差值。不過由於絕對誤差小，僅能表示預報「報得準」，但不表示「報得好」，或說是「報得有技術」，所以須計算相對誤差才能比較出預報的好壞，或預報技術有否提升。為了得到相對誤差的結果，必須發展建立一些有意義的客觀降雨機率值當預報參考，目前本局正積極發展統計預報，提供各地區降雨機率預報參考，預計在民國八十四年會有初步結果。而在本文採樣之民國八十二年及八十三年期間，氣象局發布降雨機率預報主要參考的客觀降雨機率預報值，包含各觀測站逐月氣候降雨頻率分布及逐月氣候持續降雨頻率分布兩類資料，在校驗相對預報誤差方面將分別計算比較兩類之技術得分情形。資料類型及來源茲簡介如下：

（一）降雨資料：氣象局現行降雨機率預報以 1 2 小時為一時段，以清晨或晚上八點為起始時間，時段內累積雨量達 0.1 公釐以上者判定為有雨，否則為無雨（包含雨跡）。本文取自氣象局民國八十二年及八十三年發布降雨機率預報期間，預報降雨機率之氣象站（表 1）每一時段之降雨資料判定有雨或無雨。

表 1. 降雨機率預報分區之校驗資料

年限其所屬單位			
預報分區	氣象站	所屬單位	資料年限
台北市及 台北桃園地區	台北	氣象局	1961至1990
	松山	民視局	無
基隆北海岸 地區	基隆	氣象局	1961至1990
	淡水	氣象局	1961至1990
新竹苗栗地區	新竹	氣象局	1961至1990
台中彰化 地區	台中	氣象局	1961至1990
	梧棲	氣象局	1976至1990
南投地區	日月潭	氣象局	1961至1990
雲林嘉義地區	嘉義	氣象局	1968至1990
台南高雄 地區	台南	氣象局	1961至1990
	高雄	氣象局	1961至1990
屏東 地區	屏東南場	空軍	無
	屏東北場	空軍	無
恆春半島	恆春	氣象局	1961至1990
宜蘭 地區	宜蘭	氣象局	1961至1990
	蘇澳	氣象局	1981至1990
花蓮 地區	花蓮	氣象局	1961至1990
	成功	氣象局	1961至1990
台東 地區	台東	氣象局	1961至1990
	大武	氣象局	1961至1990
澎湖 地區	澎湖	氣象局	1961至1990
	東吉島	氣象局	1961至1990
金門地區	金門	空軍	無
馬祖地區	馬祖	空軍	無

（二）氣象局發布之降雨機率預報值：民國八十二年及八十三年間，氣象局共發布 1 4 6 0 次降雨機率預報，每次包含十六個預報區域發布未來三個時段的降雨機率預報值，每個預報區域包含一個或兩個氣象觀測站，由於本文採用單點校驗方式，也就是針對氣象站之降雨機率做校驗，所收集的降雨機率預報值視為各氣象站之預報機率。預報機率以百分之十為單位，由零到一百共十一類機率。

（三）月氣候降雨頻率：使用 1961 至 1990 年間氣象局各氣象站時雨量資料，計算各氣象站月降雨頻率之氣候值，為配合預報時段，所有的月氣候降雨頻率值分有白天（早上八點至晚上八點）及晚上（晚上八點至隔天早上八點）之頻率值。

（四）月氣候持續降雨頻率：使用 1961 至 1990 年間氣象局各氣象站時雨量資料，計算各氣象站月持續降雨頻率值及持續不降雨頻率值，其中也如月氣候降雨頻率值考慮日夜差異。

而目前在氣象局預報作業上，以預報觀測點（氣象站）的降雨機率來代表區域降雨機率，如果該區域有兩個氣象站，則取兩者平均值。氣象預報員必須預報包含有 2 4 個氣象站未來三個時段（每十二小時為一時段）的降雨機率預報值，其中 1 9 個氣象局所屬的氣象站，5 個為空

軍或民航局機場觀測站，共含蓋十六個預報區域。所以本文在校驗上必須採用單點校驗方式，對各氣象站做降雨機率預報值校驗。不過，目前尚未建立空軍及民航局機場觀測站降雨氣候頻率資料，所以本文僅對台灣地區氣象局所屬之19個氣象站做校驗分析。

三、分析及校驗方法

為了解各地區降雨機率預報值的分布特性，將分別討論非條件機率分布和條件機率分布，分析各地區機率預報值分布特性。而在校驗降雨機率預報準確度方面，通常用均方差代表機率預報準確度，或者稱為白氏計分 (Brier Score)，此為絕對誤差校驗的一種。然而預報準確度高，也未必就是好的預報，預報好或不好，必須從氣候條件的相對性來比較，所以相對誤差校驗是必須的，比較預報機率值與客觀資料，以計算其預報之技術得分，才能判斷預報的好壞。以下將簡要介紹本文分析的方法：

(一) 機率預報值非條件及條件分布：非條件分布 $P(f)$ 及 $P(x)$ 表示預報機率值及降雨頻率的出現機率，其中 f 及 x 分別代表降雨機率預報值及有雨 ($x=1$) 或無雨 ($x=0$) 實際發生之事件 (Event)，機率預報值的非條件分布代表各地區分區的預報特性 (為討論方便，下文中 $P_0, P_{10} \dots P_{100}$ ，分別代表 $P \circ P$ 值為 $0\%, 10\% \dots 100\%$)。而本文在分析降雨機率值條件分布中，分 $P(f|x)$ 或 $P(x|f)$ 兩種，其中 $P(x|f)$ 表示降雨機率值 f ($0 \sim 100\%$) 出現時，有雨或無雨的出現機率， $P(f|x)$ 同理得之。

(二) 絕對誤差：本文採取計算預報有雨及無雨個案之平均機率預報值 (Mean Wet 及 Mean Dry，簡稱 MW 及 MD)，並計算白氏計分 (Brier Score，簡稱 BS)

$$MW = \sum P(f|X=1)$$

$$MD = \sum P(f|X=0)$$

$$\overline{BS} = \overline{(P - E)^2}$$

其中 P 為機率預報值， E 為實際觀測值 (有雨為 1，無雨為 0)。 BS 是一種絕對誤差值，其值介於 0 與 1 之間，準確度愈高的預報其值愈低。

(三) 相對誤差：採用技術得分 (Skill Score，簡稱 SK)

$$SK = \frac{\overline{BS_r} - \overline{BS_f}}{\overline{BS_r}}$$

其中 BS_r 及 BS_f 分別代表客觀降雨機率及降雨機率預報值之白氏計分，本文採用之客觀機率預報值有氣候機率及氣候持續機率兩種。技術得分表示機率預報與客觀機率之比較， SK 大於零表示預報較客觀機率好。

四、台灣各分區降雨頻率及降雨機率預報值之分布

台灣地區受中央山脈影響，地區性氣候降雨頻率的分布差異甚大，對各地區發布之降雨機頻值的分布情形亦有明顯不同，由台灣平地各地區年平均降雨頻率分布 (如圖一) 發現，台灣北部及東北部地區平均年降雨頻率較大，其中以基隆及蘇澳地區 46% 最高，中部、南部及外島地區降雨頻率較低，東吉島 13% 最低。本節將討論台灣北、中、南及東部地區之月降雨頻率以及降雨機率預報值的分布。

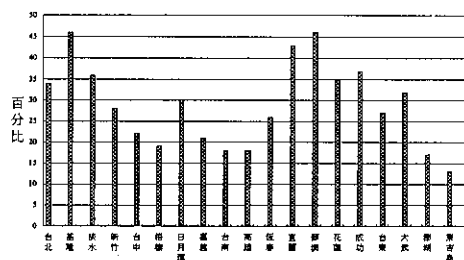


圖1 民國五十年至七十九年間台灣各地區年降雨頻率(12小時為一時段)

(一) 北部地區

此地區以台北氣象站校驗，台北市年降雨頻率34%，其中以二月降雨頻率42%最大(圖2a)，七月25%最少。秋冬季(十一月至隔年三月)夜間較日間容易降雨，春夏季(四月至九月)白天降雨機率較晚間大。各月份白天降雨頻率皆在30%以上，夜間降雨頻率則冬半季較夏半季多。

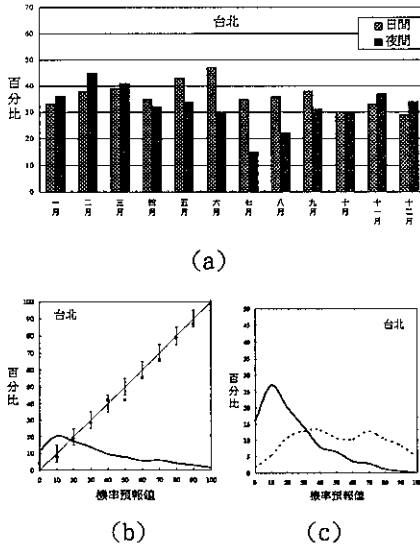


圖 2 台北氣象站(a)日間及夜間逐月降雨頻率分布圖；(b)各POP值所佔總預報次數百分比(實線)及其可靠度(相對應之點，Y軸差值±5%)分布圖；(c)有雨(虛線)及無雨(實線)之各POP值佔其預報總數之百分比分布圖

由POP值分布情形(圖2b)發現，P10($f=10\%$ 之出現頻率)佔全部POP值之20%，隨 f 值增加而遞減。由各POP值的可靠度分析發現，P0及P40稍偏乾，其他則偏濕，以P50及P60誤差大於5%較大。在有雨及無雨的條件分配上(圖2c)，無雨個案中P10佔25%最多，有雨個案則以P40及P70較大。

(二) 中部地區

此地區以台中氣象站為校驗點，台中年降雨頻率為22%，夏半季較冬半季降雨頻率高，

分別以六月37%最大，十月7.5%最小(圖3a)，夏半季中日間降雨頻率明顯較夜間大，尤以六月至九月間，兩者相差有10%以上，冬半季十二月至隔年三月則夜間降雨頻率較日間大，但其差值不較夏季明顯。

由POP值分布情形(圖3b)發現，P0佔全部POP值37%最多，P10佔約有23%次之，P20以後則隨 f 值增加而遞減，其中P40以上皆在5%以下。由各POP值的可靠度分析發現，P50可靠度最好，P100有明顯預報偏濕的情形(偏差5%以上)，其於的POP值皆預報偏乾，P40、P70及P80偏差較大，其中P80更偏差10%以上。在有雨及無雨的條件分配上，在無雨的個案中以P0佔44%最多，P10有25%的佔有率(圖3c)，P20以上則隨 f 值增加而迅速遞減。有雨的個案則分布較為均勻，P10至P50皆佔有10%左右，其中以P30佔15%最多，P90及P100較少預報，約僅2至3%左右。

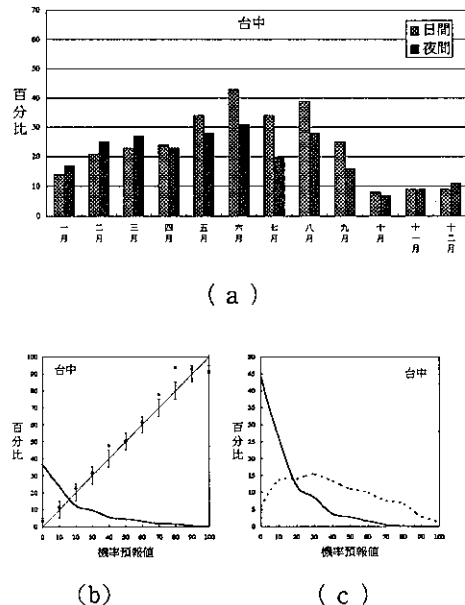
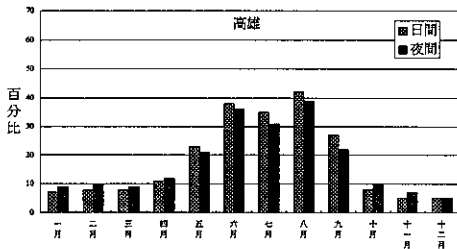


圖 3 台中氣象站(a)、(b)、(c)圖說如圖 2

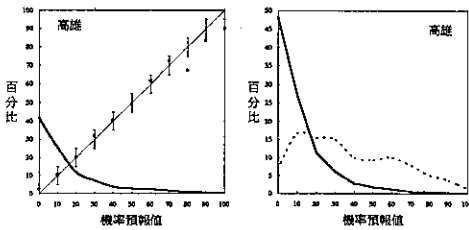
(三) 南部地區

此地區以高雄氣象站為校驗點，高雄年降雨頻率為18%，較同地區的台南類似，較大陸

雨頻率分布主要夏季，約在在六月至九月之間，以八月40%最大，十月至隔年三月皆在10%以下（圖4a），尤其十二月份降雨頻率僅五%，降雨頻率小的時間長，且季節變化大。在夏半季（五月至九月）日間降雨頻率雖較夜間大，但是兩者差值皆在5%以下，十月至隔年四月夜間降雨頻率大多較日間大。



(a)



(b)

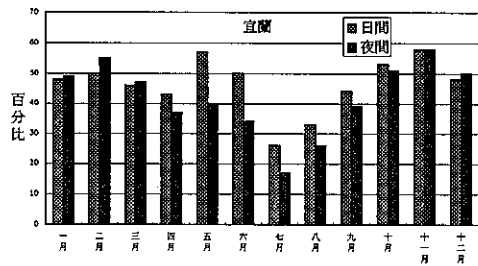
(c)

圖4 高雄氣象站(a)、(b)、(c)圖說如圖 2

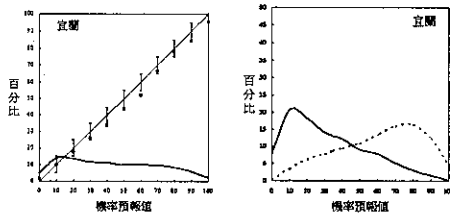
由POP值分布情形（圖4b）發現，P0佔全部POP值40%最多，P10佔約有29%次之，P20以後則隨f值增加而遞減，其中P40以上皆在5%以下，與台南類似。由各POP值的可靠度分析發現，P80以上皆有明顯的預報偏濕的情形，P80更誤差10%以上，其於的POP值大多預報偏乾，且誤差不大。在有雨及無雨的條件分配上，在無雨的個案中以P0佔48%最多，P10有26%的佔有率（圖4c）。有雨的個案中P10至P30皆佔有15%左右，其中以P10佔約17%最多，不過P60也有近10%的佔有率。

(四) 東北部地區

此地區以宜蘭氣象站為校驗點，宜蘭年降雨頻率43%，全年降雨頻率皆在20%以上，其中冬半季降雨頻率較高，以十一月58%最大（圖5a），七月降雨頻率最少，僅22%，其降雨頻率有明顯的冬夏之別。四月至十月日間較夜間降雨頻率大，以五、六月較明顯。冬半季中，十二月至三月夜間較日間有較大的降雨頻率，惟不較夏季明顯。



(a)



(b)

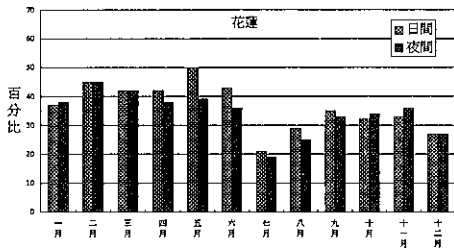
(c)

圖5 宜蘭氣象站(a)、(b)、(c)圖說如圖 2

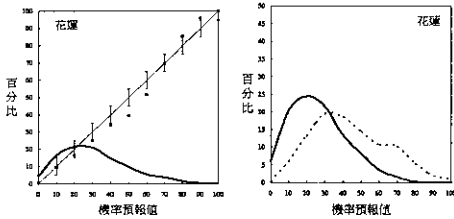
由POP值分布情形（圖5b）發現，全部POP值分布較均勻，除P0及P100佔約有5%，其他POP值皆在10%左右。由各POP值的可靠度分析發現，除P0預報偏乾外，其他POP值皆預報偏濕，其中P40、P50、P60及P90偏差5%以上，整體來講有預報偏濕的現象。在有雨及無雨的條件分配上（圖5c），其曲線相當明朗，無雨的個案中以P10佔22%最多，且向P100緩慢遞減。有雨的個案中P80最多，且向P0遞減，顯示對有雨及無雨的預報信心度大。

(五) 東部地區

此地區以花蓮氣象站為校驗點，花蓮年降雨頻率35%，全年降雨頻率皆在20%以上，七月降雨頻率最少（圖6a），僅20%，其他月份相差不算太大。四月至九月日間較夜間降雨頻率高，以五、六月較明顯。冬半季中，夜間較日間有較大的降雨頻率的情形並不明顯。



(a)



(b)

(c)

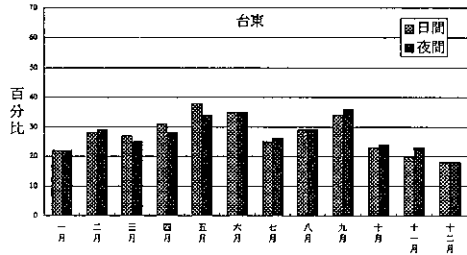
圖 6 花蓮氣象站(a)、(b)、(c)圖說如圖 2

由POP值分布情形（圖6b）發現，POP值主要分布在P10至P40間，其他POP值皆佔10%以下。由各POP值的可靠度分析發現，除P60以下預報偏濕，P70以上預報偏乾，而且有多數的POP值偏差在5%以上，其可靠度並不理想。在有雨及無雨的條件分配上（圖6c），其曲線雖然相當明朗，但是有雨與無雨的個案分布曲線相差並不大，由於大多數預報值落在P10至P40之間，有雨的個案中由P30向兩邊遞減，無雨個案由P20亦向兩邊遞減，顯示對有雨及無雨的預報信心度不大。

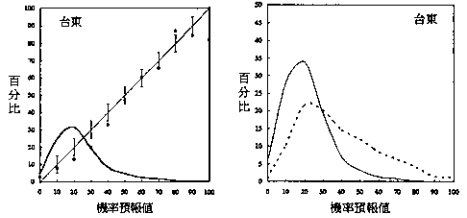
(六) 東南部地區

此地區以台東氣象站為校驗點，台東年降雨頻率27%，全年降雨頻率除十二月為18%以外（圖7a），皆在20%以上，大致而言各月份降雨頻率相差不算太大。日間及夜間降雨頻率

差異方面，三月至五月日間降雨頻率較大，其他月份則大多夜間較日間明顯。



(a)



(b)

(c)

圖 7 台東氣象站(a)、(b)、(c)圖說如圖 2

由POP值分布情形（圖7b）發現，POP值主要分布在P10至P30間，其他POP值皆佔10%以下。由各POP值的可靠度分析發現，除P0、P60及P80以下預報偏乾，其他POP值皆預報偏濕，而且多數的POP值偏差在5%以上，其可靠度並不理想。在有雨及無雨的條件分配上（圖7c），無雨的個案數較集中，P20最多，約佔有35%，且向兩邊迅速遞減，有雨的個案中也是P20最多，約佔有23%，但向兩邊遞減較慢，無雨個案由P20亦向兩邊遞減，顯示對有雨及無雨的預報信心度不大。

以整個台灣地區而言，年降雨頻率約31%，由POP值分布情形（圖8a）發現，以P10及P20各佔20%以上，P20以後則隨f值增加而緩慢遞減，由各POP值的可靠度分析發現，P80以下（P0除外）皆有預報偏濕的情形，P50則誤差較大。在有雨及無雨的條件分配上（圖8b），無雨的個案中以P0及P10

各有 20% 以上的佔有率，P 40 以下佔有率皆不足 10%。有雨的個案中 P 30 佔有 30% 左右，由 P 20 至 P 70 皆佔有 10% 左右，顯示有雨的部份各 P O P 值分布較為均勻。

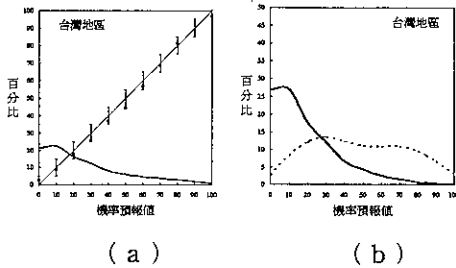


圖 8 全台灣地區降雨機率預報分配圖，圖說詳如圖 2 (b)、(c)

在各地區逐月的降雨頻率方面，大多數地區皆有日夜變化現象，即在西半部地區的夏半季中，日間降雨頻率較日夜間大，冬半季則夜間較日間大，前者主要因午後熱對流影響，後者則頗值得研究。台灣東半部地區，雖然沒有西半部地區有冬夏季之日夜降雨頻率差別，但是也有些有趣的現象，以成功及大武的資料分析發現，兩氣象站大多月份中，日間降雨頻率較夜間大。

由台灣各分區各 P O P 值分布特性發現，不同地區有其分布特性，在台灣北部及東北部地區（台北、淡水、新竹、基隆、宜蘭及蘇澳）較為類似（圖略），其中各 P O P 值分配較為均勻；中南部地區則另具特性，由 P 0 至 P 50 快速遞減，P 60 以下則預報量不大；東部及東南部地區也較類似，以 P 20 的份量較多，且向兩側遞減；恆春之 P 10 特別多，為一較特殊分布型態；日月潭位於山區，P 0 及 P 10 各佔約 25%，P 80 以上分布較少，其他 P O P 值則分布較均勻；離島部份較類似中南部地區之分布（圖略）。

在可靠度分析而言，北部地區各 P O P 值之可靠度差值大多不大（表 2），中部地區則有多數地方在 P 80 及 P 90 有預報偏乾現象；其他 P O P 值可靠度則誤差較小；東半部地區 P 30 至 P 60 間普遍預報偏濕，且大多誤差 5% 以上，尤其 P 50 更無例外，但是部份地區 P 80 又有預報偏乾情形；恆春的可靠度分布類似東半

部地區有預報偏濕現象；澎湖及東吉島也稍有預報偏濕，東吉島較澎湖明顯。

表 2. 各氣象站之降雨機率預報可靠度誤差示意表

（●及○分別表示該 P O P 值預報偏濕及偏乾 5% 以上者）

氣象站	P0	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	P100
台北						●					
基隆			●	●	●						
淡水											
新竹									○	○	
台中					○				○	○	
梧棲									○		
日月潭										○	
嘉義					○				○	●	
台南							○			●	
高雄									●	●	●
恆春				●	●	●			○		●
宜蘭					●	●	●			●	
蘇澳						●	●				●
花蓮				●	●	●	●		○	○	
成功			●	●	●	●	●			●	●
台東				●	●	●			○	●	●
大武				●	●	●			○	●	●
澎湖						●	●	○		●	
東吉島					●	●			●		

在有雨及無雨個案預報值分配方面，東北部地區及基隆較有明顯的乾濕差異，無雨的分布偏向 P O P 值為 0%，有雨的分布偏向 100%；在西半部地區無雨部份雖然其分布偏向 0%，但是有雨部份則分布較均勻，且由北向南有逐漸偏向 0% 的現象，可能與氣候降雨頻率由北向南遞減有關；東部及東南部地區兩者分布之差異較模糊，甚至在台東、大武之無雨個案中 P O P 值以 P 20 佔的份量最多，有雨的個案中也以 P 20 佔最多；澎湖及東吉島的分布較類似中南部地區。

五、各地區降雨預報誤差

由上節分析得知，各地區的降雨機率的分布特性，本節將就定量方面討論各地區預報誤差的分布，其中各別就平均誤差、白氏計分（BS）及技術得分（SK）討論各地區之預報準確度及預報技術狀況。

圖 9 顯示各地區有雨及無雨個案中的 P O P 平均值（MW 及 MD）分布，在 MW 方面以北部及東半部較高，其中以基隆地區 65% 最大，中

部、南部、東南部及澎湖地區較低（ $MW < 4.0\%$ ），其中以東吉島 3.4% 最低。在無雨個案中的 P O P 平均值（MD），仍以北部及東北部地區較大，宜蘭及蘇澳 3.2% 最大，南部地區較低，大多在 1.1% 左右。由以上 MW 及 MD 的分布情形發現，MW 較大的地區通常其 MD 也較大，換句話說，有兩個案中的 P O P 準確度較高的地區，其無雨個案中的 P O P 準確性則較低；反之無雨個案中 P O P 的準確度較高的地區，其有兩個案中的 P O P 準確度較低，可見在不同地區 P O P 由其不同的特性。如果由各地區 MW 及 MD 的差值來比較，可發現西半部及東北部地區大多在 3.0% 上下，而東部的成功及大武有雨及無雨的 P O P 的平均值僅相差 1.3% 左右。

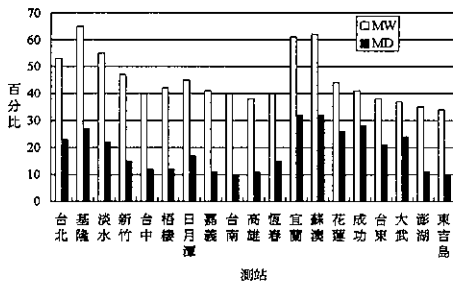


圖9 台灣各地區有雨及無雨個案中的 P O P 平均值 (MW及MD分別代表有雨及無雨的個案平均)

以台灣各地區之白氏計分 (B S) 分布而言 (圖10)，中南部地區、澎湖及金門較低 ($B S < 0.1$)，北部及東半部地區較大，其中以東部成功為 0.18 最大。比較各地區降雨頻率發現，降雨頻率較大地區其 B S 也有較大的趨勢。

由各地區預報準確度的高低與及所在區域的氣候有明顯的相關性，但是，地區性的預報準確度高未必預報技術好，例如沙漠地區鮮少降雨，一旦下雨未必報得到，譬如說， 100 天之中有一天下雨，即使該 100 天全報無雨，也僅有一天報錯，其準確度仍有 99% 。可是其預報降雨的技術可能為 0 ，所以預報技術得分的應用便是在評估降雨技術的好壞。

圖11顯示台灣各地區區降雨機率預報的技術得分 (S K)，在此以各地區氣候持續機率为參考值，由分布狀況發現，各地區 S K 皆大於零，顯示相對於氣候持續機率而言皆有預報技

術。由分區分析，台灣西半部地區除高雄地區以外，其他地區 S K 皆在 2.0 以上，而且由南往北增加，基隆地區 3.5 最高，其次為淡水 3.2 ，東半部地區也是較偏北部地區的東北部地區較高 (2.3 左右)，東部及東南部地區皆在 2.0 以下，尤其以成功地區僅 1.2 。離島澎湖及東吉島則為 1.5 左右。

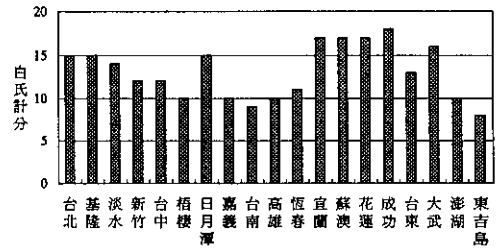


圖10 台灣各地區白氏計分的分布圖 (單位:0.01)

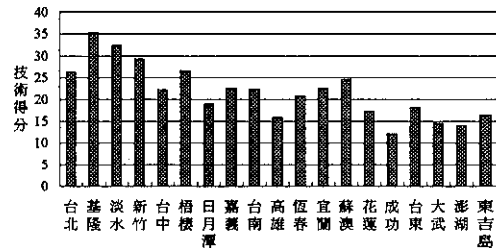


圖11 台灣各地區技術得分 (S K) 的分布圖

由以上降雨機率預報準確度及技術得分分析發現，中南部 B S 雖較北部地區低，也就是說，中南部地區預報準確度較北部高，但是在技術得分方面，北部卻較中南部高，顯示相對於氣候持續降雨機率而言，北部地區的降雨機率預報較中南部地區佳。而東部及東南部地區，在預報準確度及預報技術上較西半部差。

六、不同季節(月份)誤差特性

台灣地區受到中央山脈地形影響，降雨的氣候特性各地相差甚大 (陳, 吳1978)，在不同的季節裡有不同的降雨型態，對氣象預報上隨時有著不同的挑戰。圖12顯示八十二年及八十三年間逐月平均之技術得分分布，圖中有三個高點，分別在三月、五月及十月，在台灣氣候上分別在春雨、梅雨及颱風季節；其中也有三個低點，分別

在四月、七月及十一月，尤其以十一月最低，這三個月分別代表春雨及梅雨季節的更迭時期、梅雨結束近入夏天颱風季節來臨前，以及秋天進入冬天，鋒面南下次數增加，東北季風逐漸增強時節。就機率預報的觀點，上述三個預報得分較低的月份，代表著當時的預報困難度較高。以下就將討論此三個較難預報的月份各地區技術得分的差異情形，並且比較當月之前後月份之技術得分，分析對各地區之預報技術得分變化情形。

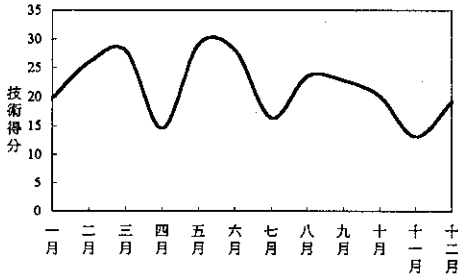
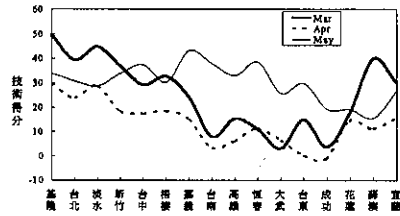


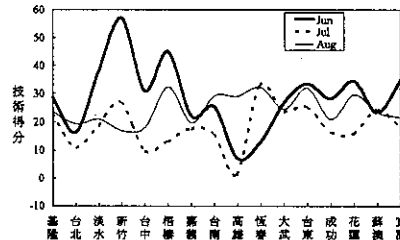
圖12 全台灣地區月平均技術得分分布圖

1. 四月份：由技術得分而言（圖13a），由三月份到四月份，中部（梧棲）以北及東北部地區有明顯下降情形，南部及東部地區技術得分變化不大，但比較四月及五月發現，中部以南及東部（花蓮以南）地區，技術得分明顯上升。以氣候上而言，三月份春雨期間，北部及東北部地區預報技術較高，可見對於春雨的預報掌握還相當有技術，四月份春雨逐漸結束，北部及東北部地區，在季節性轉變時預報技術下降，以致於四月份 S K 較三月份低，五月份梅雨季節來臨，各地區 S K 皆有上升情形，可見對梅雨期間降雨之掌握亦不錯。

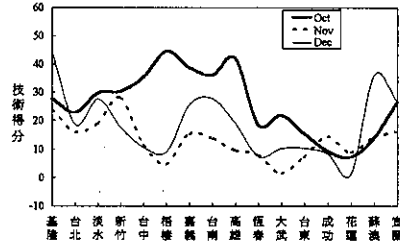
2. 七月份：比較六月至八月之 S K 發現（圖13b），北部及東北部地區變化不大，新竹、中部及南部地區則有明顯的起伏，六月份中部地區較高，新竹技術得分更高達 58，不過新竹以南到嘉義七月份之 S K 較六月有大幅下降的現象，東部花蓮以南也有此情形發生，八月份中南部及東部地區皆有小幅上升的現象。以氣候上變化而言，七月份梅雨季節結束，太平洋高壓控制下，系統性降雨條件較少，午後雷陣雨頻率增加，降雨預報的不確定亦增加，以至影響預報得分，八月份偶有颱風來襲，增加了預報得分。



(a)



(b)



(c)

圖13 台灣地區各氣象站（以逆鐘向排列）在不同月份之 S K 分布圖(a)、(b)、(c)分別代表四月、七月、十一月及其前後月份之 S K

3. 十一月份：由十月到十一月期間（圖13c），S K 變化仍以中部及南部地區較為明顯，且有呈大幅下降，東部及北部地區變化較小，十一月至十二月份在東北部地區有明顯增加的現象，南部地區也有小幅上升。以氣候上變化上而言十月份台灣地區已逐漸脫離颱風季節，十一月份正是熱帶系統勢力減弱，而北方系統逐漸南下之交替時節，中南部地區 S K 呈下降情形，十二月份北方鋒面系統已相當活躍，由於東北部地區 S K 明顯增加，使得十二月 S K 較十一月份高。

七、POP 在不同時段之誤差特性

目前實施的降雨機率預報分有三個不同的預報時段（詳如第二節說明），圖14顯示所有地

區平均時段一至時段三的 P O P 值的 MW 及 MD 分布情形，其中 MW 隨時段的增加而減小，MD 隨時段增加而增加，顯示有雨及無雨的 P O P 平均值隨預報時段增加有逐漸偏向氣候降雨頻率（31%）。

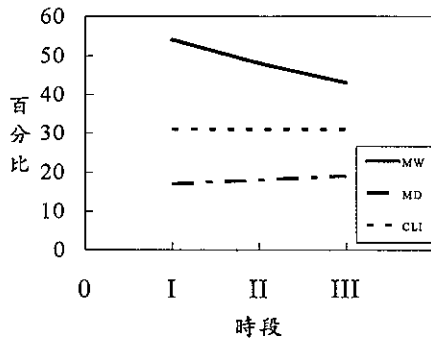


圖14 全台灣地區MW及MD在不同預報時段的分布圖（CLI代表氣候平均）

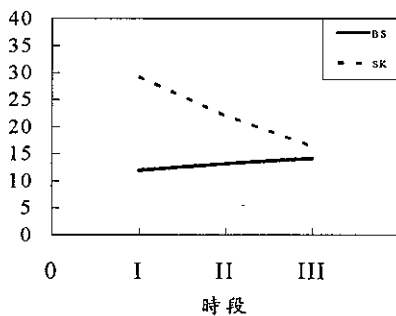


圖15 全台灣地區BS及SK在不同預報時段的分布圖（BS單位:0.01）

在計算預報準確度的BS分布方面（圖15），BS隨著時段增加而增加，由0.12增加至0.14，表示預報時段愈長預報準確度愈低。在技術得分方面，相對於氣候機率而言，SK隨時段增加而有明顯的降低，由29.3下降至16.4。相對於氣候持續機率而言，三個時段變化不大，但是，時段一的SK反較時段二及時段三低，其原因可以解釋為台灣大多數地區降雨與否的氣候持續性較高，時段一之內可增進的技術較有限。

八、結論及建議

由八十二年及八十三年降雨機率預報技術得分顯示（圖16），兩年來降雨機率預報已漸臻成熟，但因台灣各地區區域性的降雨氣候特性差

異甚大，所以各地誤差特性也不相同，例如，西半部地區，預報較為偏乾，而東半部地區的預報有偏濕情形，在預報技術得分方面，西半部地區較東部佳，對於東部地區的降雨特性有待更進一步的研究。

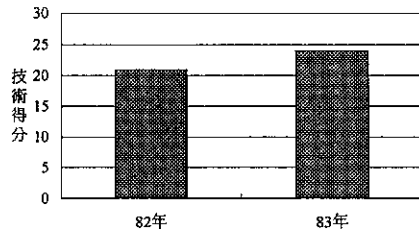


圖16 全台灣地區82年及83年SK分布圖

由於季節的不同，在台灣地區受到不同的天氣系統的影響，降雨型態也有不同的變化，以降雨機率預報的技術得分的月分布發現，在季節轉換的月份（如四月、七月及十一月）預報技術得分較低，值得注意。

對使用者而言，降雨機率預報已提供另一種客觀的降雨預報參考，目前氣象局降雨機率預報發布未來三個時段的預報數值，使用者可以由機率預報數值的變化瞭解預報員對發生降雨的信心度，並參考不同地區的降雨預報誤差特性，採取因應對策。由於台灣各地區降雨特性差異頗大，即使相同的降雨機率預報值，對不同的地區而言，所代表的意義並不相同，使用者必須特別留意。例如說，在冬季中，台灣東北部地區為雨季，相對於中南部地區為旱季，發布的降雨機率如果同樣是30%，對基隆而言，表示降雨可能比較緩和，但是對較不降雨的高雄而言，則表示天氣將較不穩定。即使兩者降雨機率30%的可靠度都很高，但是其表示的意義其實並不相同。本文提供的兩年來各地區預報的降雨機率預報的頻率分布及分月的降雨頻率分布，即在給與使用者在應用機率預報時的參考，尤其在對區域性的降雨特性瞭解之後，在利用降雨機率預報的特性，提供損益比的概念，對於決策的成功將有很大的助益。

不過，在此特別值得一提的是，使用者必須容忍預報的誤差存在，也就是說，在決策考量時，單一個案的決策失敗也是考量的重點。而降

雨機率預報的誤差特性，在整體的決策過程中必須扮演者重要的參考資訊。

預報的校驗除了提供使用者參考外，對氣象預報員更提供一種自我調整的重要數據，本文也提供不同季節、不同地區及不同預報時段的降雨機率預報誤差特性，預報員可多予參考，以增進預報技術。

對於現行降雨預報作業模式上，建議儘早提供更客觀的降雨機率預報參考值，如最佳預報法 (Perfect Prog) 及 M O S (Model output Statistics)。雖然目前預報員已參考數值天氣預報模式的產品，同時也考量各地區氣候的降雨特性，然而主觀的成份仍然很大，不同的預報員對於相同的個案也常有相左的看法，所以提供客觀準確的降雨機率預報對於技術仍有很大的改進空間。

本文礙於人力及物力，對 8 2 及 8 3 兩年來降雨機率預報的分析方面仍有多方未能深入探討，有未臻完善的地方，或有遺漏部份，還請不吝惠于指教。

致謝

本文在研究期間感謝廖純慧小姐悉心校對，對於提供相關資料的預報中心預報課及機務課同仁在此一併致謝。

參考文獻

- 立平良三, 1990: 機率預報與即時預報, 戚等合譯, 氣象局科技中心, 94頁
- 吳明進, 1992: 台灣氣候變化——氣溫和降水, 大氣科學, 第24期, 第2號, 295-317
- 林秀雯, 1993: 中央氣象局降水機率預報之發展與校驗, 天氣分析與預報檢討會論文集編, 387-400
- 陳泰然與吳明進, 1978: 台灣五大城市氣候特性分析, 大氣科學, 第5卷, 第2期, 1-16
- Brier, G.W., 1950: Verification of forecasts expressed in terms of probability, Mon. Wea. Rev., 78, 1-3
- Murphy, A.H., 1988: Skill scores based on the mean square error and their

relationships to correlation coefficient. Mon. Wea. Rev., 115, 2417-2424

Schaefer, J.T. and R.L. Livigston 1990: Operational Implication of Precipitation. Weather and Forecasting, 5, 354-356

Winkler, R.C. and A.H. Murphy 1976: Point and area precipitation probability forecasts: some experiential results. Mon. Wea. Rev., 104, 86-95