

MRF JMA MOS 與 GFS MOS 六月份測試模式之特性比較

陳重功 羅存文
中央氣象局 科技中心

賀介圭
中央氣象局 第三組

摘要

中央氣象局的中期統計預報模式開發，採用本局的 GFS 的全球數值預報模式與日本的 JMA-JB 網格的全球數值預報模式為模式發展的基礎。本研究僅以 6 月份兩組模式的建立特性進行評比，與部份獨立案例分析。

整體而論，JMA 模式的網格距離較 GFS 模式的較大些，但無論是模式的建立變異量解釋度(R^2)，均較 GFS 模式的表現好很多。其次，主要預報因子的分布特徵，JMA 的預報因子物理合理性，亦較 GFS 模式適切些，在 T_{max} 及 T_{min} 的案例中，JMA 的主要因子是地表面的溫度預報值，但 GFS 模式則多顯出為 200mb 高層的東風分量在主導地面測站的溫度變化趨勢。此外，預報相位的分布上，JMA 模式相較於 GFS 模式有較為穩定的預報相位速度。

在討論 JMA 模式的 PoP 預報透過 Threshold Value(TV)的決策，來評估是否預報時會產生降水事件；經校驗結果顯示嚴重降水的預報情況比輕微降水有更好的預報準確性。當然，主要的徵結在於 TV 值的定義之制定，若能找出合適的 TV 值選取規則，則可以大幅改善預報決策的準確度。

關鍵詞：中期統計預報、JMA、GFS

一、前言

統計預報技術的應用與發展，在中央氣象局已歷時 12 載。於此期間為因應模式與預報指引技術開發之需要，並考量中央氣象局整體環境的狀況，統計預報主要工作僅處於短期預報(Short Range Forecast)的開發。

近年來，由於統計預報技術與環境的成熟，及預報作業的需求。中期(Median Range Forecast/ 192 小時預報)/一週的統計預報模式開發，採用中央氣象局的全球數值預報模式(GFS)與日本全球數值預報模式(JMA-JB)，兩組全球數值模式同時進行預報模式的開發。此兩組模式皆採用 12Z 初始預報的產品，GFS 數值模式為本局所開發之全球數值預報模式，為統計預報開發任務所必須研發的項目；然而 GFS 數值模式仍處於作業測試與持續維護改善的狀態。而 JMA-JB 網格全球數值模式，乃購至日本象局學會，經由網路即時接收預報產品輸出。

此二組數值模式，所儲存累積的資料，皆僅達於兩年左右。因此，對於統計預報的開發，是很大的一項挑戰，由於資料量過短易造成預報模式的不穩定，日後需要快速的重新加入新資料以重建預報方程，提升模式的預報穩定性。

本技術報告文件，以下茲就 GFS MOS 與 JMA MOS 六月份的統計預報模式的基本特徵及實際預報對比，進行的比較分析。

二、資料與研究方法

(一)、模式架構與資料

GFS MOS 及 JMA MOS 統計預報模式的各個測站(25 個 CWB 觀測站，見圖 1 紅色正方形)之預報方程，係建構於各別全球數值模式的粗網格點上。GFS

數值模式應用於臺灣地區的網格點共截取 18 個網格點(見圖 1 藍色圓圈部份)，經緯網格距為 $1^\circ \text{ lat.} * 1^\circ \text{ long.}$ ；日本 JMA 全球數值模式的網格距為 $1.25^\circ \text{ lat.} * 1.25^\circ \text{ long.}$ ，應用於臺灣地區的網格點，共截取 16 個網格點(見圖 1 綠色圓圈部份)。每個氣象局觀測站均為鄰近的四個網格點所包括，且各類型的變數均內插至測站位置上。兩組數值模式在六月份統計模式建立所使用的資料期間，均為 5 月 16 日至 7 月 15 日代表 6 月份的預報模式，因數值模式產品儲存不足，僅用 2003 及 2004 兩年的資料，共約 120 個資料樣本建立所需之各別的預報方程。

MOS 統計預報模式的架構，在羅與陳(2003)的分析報告中已有詳盡的描述。本技術報告中所採用的模式結構型式為 MMS 的架構，詳細技術內容已詳述於陳、羅等(2005)的研討會論文之模式方法。此處的多重數值預報時段(τ , time)由 24 小時至 96 小時為前 24、12 小時領先，與實際對應時段及落後 12 小時資料時段，同時進入預報因子篩選庫；而由 120 小時至 192 小時則改為 48、24 小時領先與相對應時段，及 24 小時落後等間隔預報時段，進入預報因子篩選庫。此種處理方式的目的是在於段設數值預報的誤差成長，是隨著預報時段的增長而逐漸擴張。預報指引為 25 個測站的逐日 PoP、 T_{max} 及 T_{min} 預報指引。總共的預報時段為 12Z24、48、72、96、120、144、168 與 192 小時，共 8 日預報。自 12Z48 小時(預報第一天)至 12Z192 小時(預報第七天)，為有效支援一週預報作業的預報參考範圍。

(二)、分析方法

統計預報方程的建立，應用 Forward 選取相關迴歸因子方式(Neter *et al.* 1983)，並限制預報因子間調降共線性關係，本技術研究中，訂定為不得超過 0.4 因子間相關值。對於最高/低溫度的統計預報結果，採用

的分析方式計有：月平均絕對誤差(MAE/Mean Absolute Error)，而降水機率部份，則為 Brier Score。

另外，增加預報因子的性質分析：相位與主導變數特性分布。相位分析部份，以各別預報時段為對應 0 相位差異，再以相對於 0 相位向超前與落後 12 小時間隔時段，來統計主要預報因子(第一個預報因子)的分布，每一個預報時段均有 25 個主要預報因子(25 個氣象局觀測站)。並估算整體的各個起前、落後統計量，作為對該全球數值模式的相位特徵總評比。

三、GFS 與 JMA 模式特徵分析

(一)、預報方程解釋度(R^2)與MAE分析

本節對以 GFS 與 JMA 模式所建立的各測站之各時段的降水機率、最高/低度的統計預報方程的特徵，進行基本的比較與瞭解。

圖 3.a、b 及 c 所代表的是 PoP、Tmax 及 Tmin 的 GFS MOS 與 JMA MOS 的逐個時段由 obj、24、48、... 至 192 小時預報模式 R^2 的分布。由三組預報指引的逐時段分布均顯示，前 48 小時兩組模式的 R^2 都呈現成長的趨勢；可能 MMS scheme 是主要導致如此的原因，因為第 24 小時預報時段的預報因子庫較第 48 小時預報時段的少了一組所致。然而其中 JMA 模式仍是較 GFS 模式有較高的 R^2 值。由 72 至 144 小時，呈現起伏不定之變化，大致上 GFS 模式較 JMA 模式有略優的 R^2 分布。兩組模式均表現出在 96 小時處呈現出一個區段性的相對低點，至 120 小時時段有回升的現象。此一現象均出現在 GFS 與 JMA 兩模式中，同樣地應該與本研究採用的 MMS 結構有關，即 96 小時前的資料區段以 12 小時為，而 120 小時及其後至 192 小時，改採 24 小時區段為主的交替現象所致。由 168 至 192 小時兩個預報時段則顯出在 PoP 與 Tmax 分布呈現 JMA 模式較 GFS 模式的 R^2 為佳；而 Tmin 的案例則呈現出 GFS 模式的 R^2 較 JMA 模式的略高些。

基本上，JMA 模式雖然網格距較 GFS 模式的為大，但對台灣地區的降尺度區域預報效果是比較優的，且模式隨預報時段增長的預報穩定度亦較佳。但對台灣地區六月份的區域天氣因素而言，大範圍的大尺度及綜觀天氣系統，並非完全主要的區域天氣掌控因素，相形之下區域效應的影響(local effect)加重。所以對於此二組全球數值模式而言，自然無法適切地表達各地的變化，更何況所使用的網格距，更無法充份的描述實際地形的存在及其應有的影響。

(二)、模式主要預報因子特性分析

本節將對於此二組全球數值模式的各測站上各預報時段的預報方程的主要預報因子，進行因子變數屬性的分布分析，及由主要預報因子的來源預報時段，瞭解數值模式預報對區域影響的相位差異情形。

粗略主要預報因子的屬性分析顯示，JMA 模式的 PoP 預報指引部份，整體上由 24h 至 192h 水汽變數因子約佔 60% 強，而其餘部份由動力因子詮釋；Tmax 與 Tmin 部份，熱力變化因子各別佔 60% 與 80%，餘皆由動力因子完成。至於上述主要變數因子，都有隨著預報時段增長而緩慢遞減的現象。然對 GFS 模式而言，上述 JMA 的變數因子變化趨勢是一致的，但是佔

的比率很低，代之而為主要預報因子變數為上述 JMA 模式的其次預報因子變數，比率大約由 60%~80% 增加，且主要在 96h 預報時段以上，幾乎成為完全的主要預報變數。

致於主要預報因子相位差異分析，圖 4.a-1、b-1 及 c-1 分別為 JMA MOS 的 PoP、Tmax 及 Tmin 的主要預報因子的預報相位差異分布。由圖 4.a-1 的 PoP 分布顯示出，24 小時段的以超前 12 小時最明顯，而 144 預報時段則以相對應(0)相位為主要其餘預報時段主要以超前 12 及 24 小時為主要的超前相位分布。圖 4.b-1 為 Tmax 的 JMA 案例，由圖中顯示 24 預報小時段主要相位為對應(0)相位及部份超前 12 小時；而 48 至 120 預報小時段，則多主要集中在超前 24 小時，144 及 168 預報小時段，有回復到 0 相位的位置，至 192 預報小時段時，明顯的突顯出，主要分布移至超前 48 小時。整體而視，JMA Tmax 有兩個主要相位即 0 及超前 24 小時。圖 4.c-1 為 JMA Tmin 的案例，和 Tmax 案例不同的是明顯的幾乎各個預報時段均指向超前 24 小時的分布佔優勢。當然，超前 48 小時部份，仍以 192 預報小時段為主。

而圖 5.a-2、b-2 及 c-2 則為 GFS 模式的 PoP、Tmax 及 Tmin 的主要預報因子各個預報時段的相位分布。圖 5.a-2 為 GFS PoP 的分布情形，主要分布集中在由超前 24 至落後 12 小時的區間，當然隨著預報時段的增加，分布有向加大超前的相位分布；整體而言，仍以集中在 0 及超前 24 小時相位為主。圖 5.b-2 為 GFS Tmax 的分布，明顯的呈現出超前 24 小時是最主要的相位主導區；和 JMA Tmax 相較另一主要差異顯示在，192 預報時段的相位幾乎全部集中在超前 48 小時的位置(85%)。而圖 5.c-2 為 GFS Tmin 的分布，同樣的超前 24 小時是最重要的相位區間，和 GFS Tmax 一致的情形，預報時段越增長，超主要分布情形越趨向更加超前時數。所以，192 預報時段在超前 48 小時部份相位比例，佔了近乎 90%。

相較此二組全球數值模式(GFS 與 JMA)，很明顯的 JMA 模式的預報相位變化的穩定性，比 GFS 模式的預報情形表現的更俱一週預報的預報可用度。

四、台北測站 JMA MOS 預報評比

經由上述顯示 JMA 模式較 GFS 模式有更好的預報穩定性及合理的模式物理性質存在。相對而言，在對台灣地區的 MOS 模式預報亦就有更可靠的實用價值。以下茲就獨立測試 2005 年 6 月的 JMA MOS 統計預報的 PoP、Tmax 及 Tmin 預報指引預報成效進行探討；並針對 PoP 經相對應的 Threshold value 截取判斷發生 0.1mm 降水預報的輕、重兩組案例，進行預報準確性探究。

(一)、June 2005 預報分布

圖 5.a、b 及 c 所顯示的分布為台北測站(CWB-46692)，在 2005 年 6 月 1 日至 7 月 9 日間 JMA MOS 的逐日 PoP、Tmax 及 Tmin 的分布情形。由圖 5.a 為台北測站 PoP 預報分布，圖上緣的黑色菱形圖示為，該日有下雨記錄大於 0.1mm。大致上，越早的預報時段，越能反應出較高的預報機率的降水發生率

大，而較低的機率較不易產生降水發生。然而隨著預報時段的增長，預報機率就顯然降低許多。本研究中，特別選定 2005 年 6 月 14 日及 19 日的全省降水預報準確度分布比較。圖 5.b 及 c 為 CWB-46692 的 Tmax 及 Tmin JMA MOS 預報分布，整體預報的變化趨勢和逐日觀測天氣變化是一致的。但似乎當較強的系統移入時預報隨時段增長，預報不準確性就提升。基本上，168 及 192 小時預報時段，並不建議詳加參考。

(二)、June 14, 2005 降水預報分布(Heavy case)

圖 6.a、b、c、g 及 h 分別為預報 2005 年 6 月 14 日的 12Z24h、48h、72h、168h 及 192h 的 PoP 預報經 TV 值決策後之校驗分析結果。圖 6.i 為實際當日的全部日降水量，主要的降水在中南部(>300mm)逐漸向北部、東部遞減。用觀測與預報對比時，紅色為預報下雨(預報降水機率>TV 值)且實際有降雨(>0.1mm)、藍色為預報不下雨(預報降水機率<TV 值)但實際有降雨(>0.1mm)、綠色為預報下雨(預報降水機率>TV 值)但實際沒有降雨(<0.1mm)及黃色為預報不下雨(預報降水機率<TV 值)且實際亦沒有降雨(<0.1mm)。由圖 6.a 至 h，大多數的測站均為紅色區域。雖然存在隨著預報時段增長，會預報準確性越來越低；但是，以 96 小時預報時段的預報準確性最差。預報校驗中黃、綠色部份最少，藍色(有下雨而未報對)部份隨時段加長而增多，主要集中在北部、西部及東部地區。

(三)、June 19, 2005 降水預報分布(Light case)

圖 7.a、b、c、g 及 h 分別為預報 2005 年 6 月 19 日的 12Z24h、48h、72h、168h 及 192h 的 PoP 預報經 TV 值決策後之校驗分析結果。圖 7.i 為實際當日的全部日降水量，主要的降水在中部山區及西南部地區(~10mm)；其餘全省地區均處於沒雨的狀態。所用的校驗案例的顏色代表，與上述的案例所採用的是一致的。由圖 7.a 至 h，紅色區域自然集中於上述的實際觀測有雨區域，但在 96 及 120 小時預報時段紅色區劇減，此時多為藍色(報錯色)顯示於觀測降水區域。黃色區域主要穩定的集中在東部及大致在北部地區，黃色區域以在 120 小時預報時段佔的最多，似乎意味著此時段預報最正確(對不下雨而言)。而綠色區域主要出現在北部地區、桃、竹、苗與台中、彰化一帶，顯示出模式透過 TV 值的決策，有預報過濕的情形。

相較於上述兩個案例，似乎本月的 TV 值比較適用於嚴重降雨的情形，而在較輕微降水時，透過此一 TV 組的決策判定，多為不正確的。當然，此意味著有必要調整出更好的 TV 值才能把預報準確度提升。而如何訂定出一套選出適切的 TV 值流程與理論，有待深入去研究。

五、結論

本篇文章主要目的在於呈現出，中期模式預報能力的狀態。由整體的現況比較，JMA 全球數值預報模式的預報準確性、物理性質與穩定性，均較本局的 GFS 全球數值預報模式的預報狀態為優。雖然，由各個分

析中都有示意出 96、120 小時預報時段，所區隔出的超前、落後區段 12、24 小時，是造成模式建立分析中的缺憾。在此部份尚需再次調整，或重新設計其多重 tau 預報時段的資料架構。

然而，本應 GFS 較 JMA 預報為優，因為 GFS 數值模式的網格距比 JMA 模式的為細。但似乎此一設計並未佔主要的優勢。實際上，JMA 的統計預報方程建立 R² 比 GFS 模式的為佳。而在主要預報主導變數上，JMA 模式亦表現出和被預報元物理性質一致的合理分布。在主要預報因子的相位表現上，JMA 模式的情形也較 GFS 模式的情形穩定的許多。最後就 JMA 模式的降水機率預報取 TV 值裁定預報情形，此一分析結果，僅顯出制定出適當的 TV 值是很重要的流程。因此，如何找出適切的 TV 值的方法，是一個值得深入的研究探討的課題。日後，進行預報決策時，好的 TV 值可以提升選取的正確性，如此，可以大幅度的改善多數已存在的預報程序結構。

以上的陳述僅為使用 6 月份的 JMA MOS 統計預報模式及 GFS MOS 統計預報模式，所得出的結果，進行的校驗分析。基本上尚不足以對此二全球數值模式下定論。

參考文獻

- Neter, J., W. Wasserman, and M. H. Kutner, 1983 : Applied linear regression models · Richard D. , Irwin INC. , Homewood , Illinois , 547pp .
羅存文與陳重功, 2003 : 2001 年最高/低溫度統計預報結果分析。氣象學報, 45, p33-52。

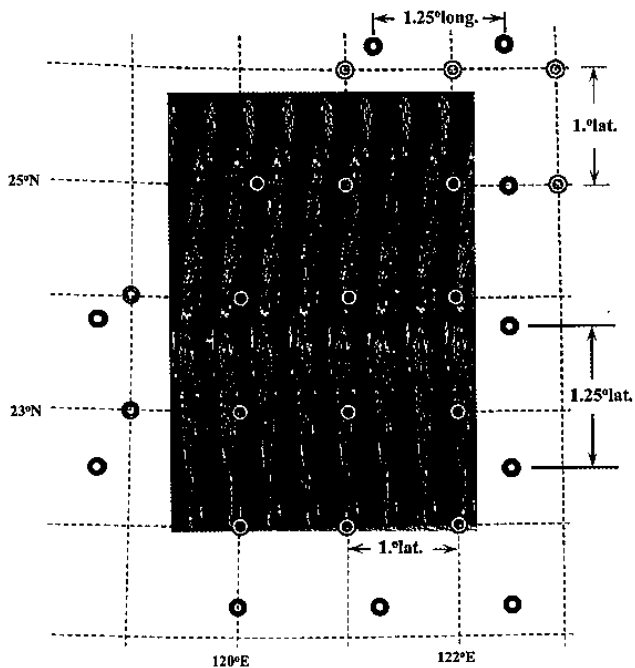


圖 1. CWB GFS(藍色圓圈)數值模式及日本 JMA-JB(綠色圓圈)數值模式的網格分布與 CWB 25 個氣象觀測站 (紅色正方形)的位置。

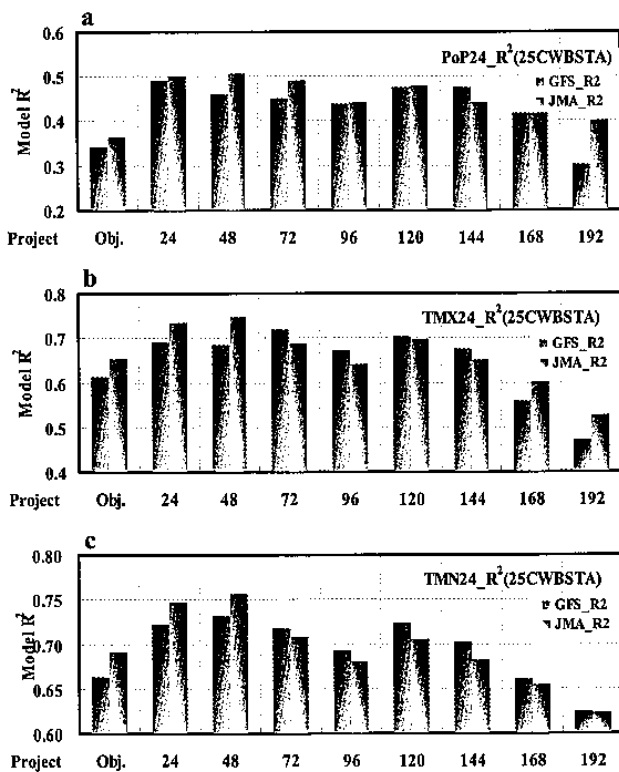


圖 3. CWB GFS 及 JMA MRF MOS 的逐日 PoP、Tmax 及 Tmin 全部 25 組氣象測站的統計預報方程之 R² 平均分布。

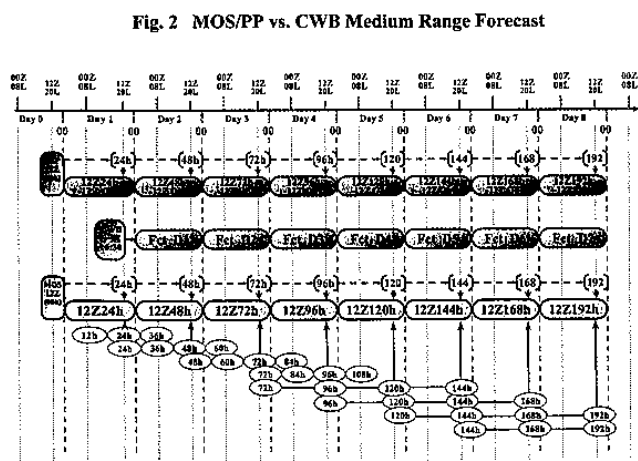


圖 2. CWB MRF(中期預報)統計預報模式架構(PP 及 MOS schemes)與多重預報 tau 輸入資料組合建置。

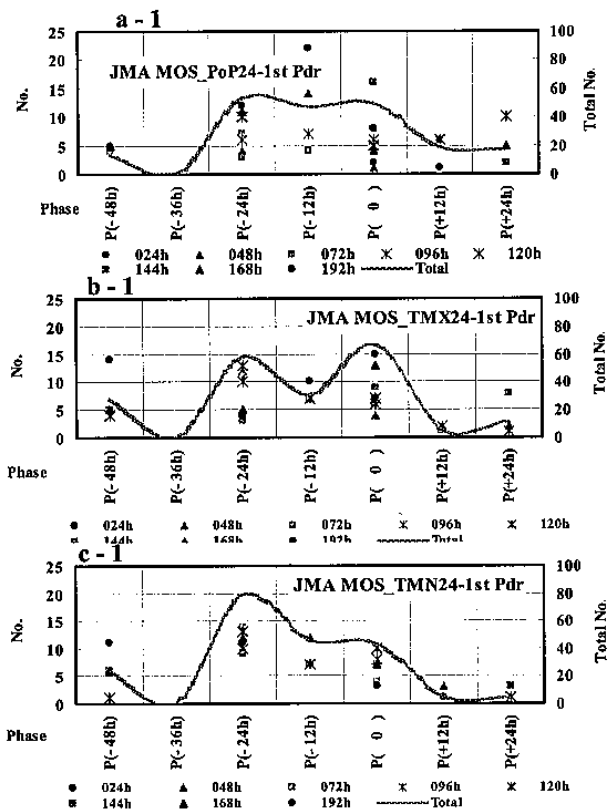


圖 4 之 1. JMA MRF MOS 的逐日 PoP、Tmax 及 Tmin 各項主要預報因子的相位分布。

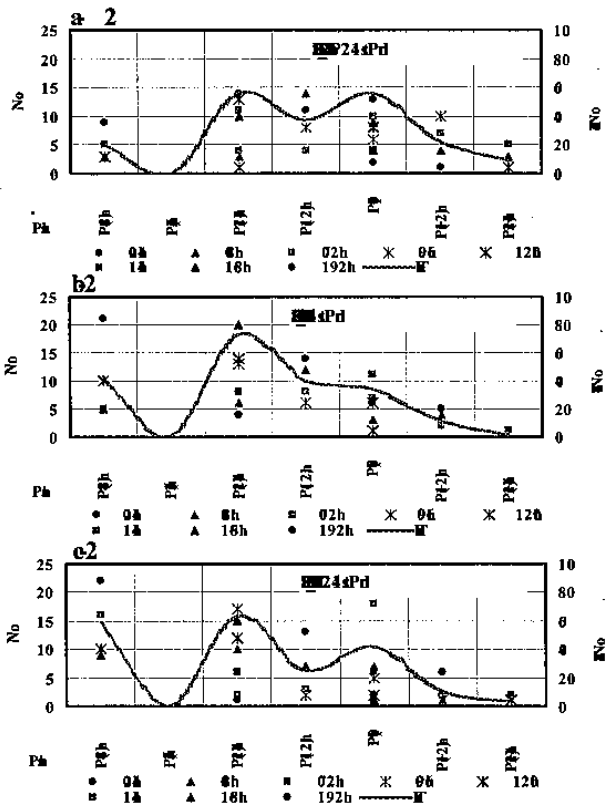


圖 4 之 2. CWB GFS MRF MOS 的逐日 PoP、Tmax 及 Tmin 各項主要預報因子的相位分布。

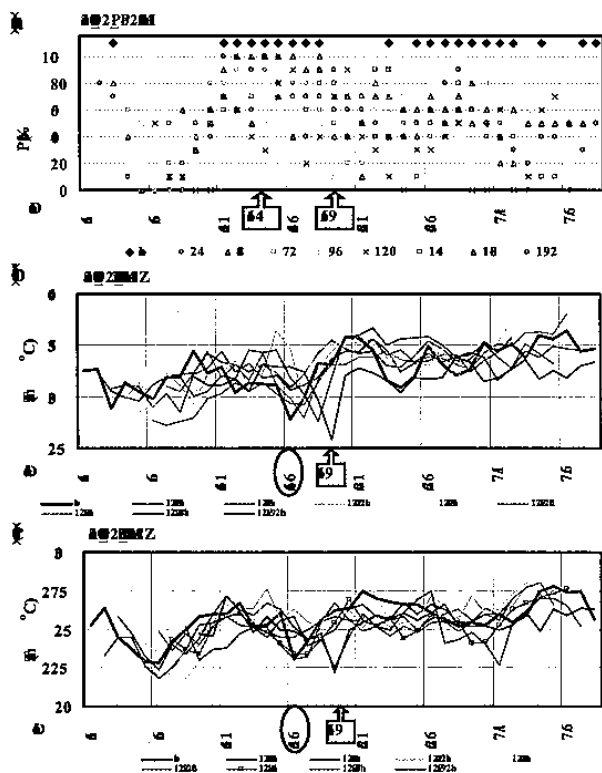


圖 5. 台北測站(46692)之 JMA MRF MOS 的逐日 (a).PoP、(b).Tmax 及(c).Tmin 的觀測與各個預報時段的預報分布。

圖 6. 94 年 6 月 14 日(Heavy rainfall 案例)的實際觀測分布與各預報時段預報決策後之校驗分布。

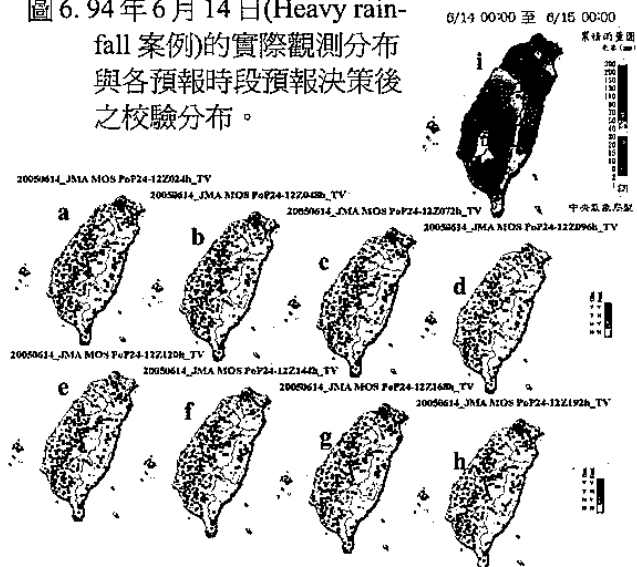


圖 7. 94 年 6 月 19 日(Light rainfall 案例)的實際觀測分布與各預報時段預報決策後之校驗分布。

