

# 短時預報系統產品校驗

丘台光 陳嘉榮

張保亮 簡國基 王溫和 林品芳

中央氣象局

## 摘要

所謂短時天氣是指未來0-12小時發生的天氣變化，又細分為即時(0-2小時)及極短時(2-12小時)天氣，有關大雷雨、豪雨，濃霧、寒害、霜害、強風、龍捲風及焚風等劇烈天氣或突變天氣的現象均包含在內。短時預報系統(簡稱本系統)之建置目的即為增進本局對一般導致局部劇烈或突變天氣發生之中小尺度天氣系統之即時監測、分析與預報的能力，提供定點或5公里\*5公里區域之即時氣象和短時氣象變化之資訊與定量降水估計和定量降水預報。本系統包含劇烈天氣監測預報子系統及區域天氣分析預報子系統，分別與美國海洋大氣總署預報系統實驗室及國家劇烈風暴實驗室共同合作發展，分階段逐步完成，全程預定八年完成。本文為短時預報雛型系統第一年測試評估結果，提供學者專家討論，作為未來改進的參考

## 一、前言

近年來由於全球氣候變異，颱風、豪雨等災變天氣頻傳且有加劇的趨勢，交通部中央氣象局為從事改進登陸颱風預報及定量降雨預報的技術發展，預計未來八年推動「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」，積極與美國海洋大氣總署所屬預報系統實驗室及國家劇烈風暴實驗室合作，發展0至12小時高解析數值天氣預報模式，應用都卜勒氣象雷達及氣象衛星觀測資料發展定量降水估計技術，改進颱風、豪雨等災變天氣監測及預報能力。並與設立在美國哥倫比亞大學的國際氣候預測研究院合作發展氣候預報技術，建立異常氣候的監測及預報能力。短時預報系統之建置，為執行「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」中一主要部份，去(91)年為計畫第一年為短時預報雛型系統建置。短時預報系統包括即時(0-2小時)天氣預報輔助系統以都卜勒雷達資料為主要依據，本局與美國劇烈風暴實驗室(National

Severe Storm Laboratory; NSSL) 合作共同開發適用於臺灣地區之「定量降雨估計及預警系統」，包括兩主要子系統：(1) 預警決策支援系統(Warning Decision Support System; WDSS)；(2) 應用多重觀測工具之定量降雨估計與分類技術(Quantitative Precipitation Estimation - Segregation Using Multiple Sensors; QPE-SUMS)；極短時(3-12小時)天氣預報輔助系統則以高解析度數值預報模式產品為主要依據。本局與美國預報系統實驗室(Forecast Systems Laboratory, FSL) 合作共同開發適用於臺灣地區之區域分析預報系統(Local Analysis and Prediction System; LAPS)。發展雷達及衛星資料之四維資料同化技術增進高解析度數值預報模式之預報準確度供極短時(3-12小時)「定量降雨估計及預警系統」之用。本文為為短時預報雛型系統建置後第一年測試評估的結果，提供學者專家討論，作為本局未來改進的參考。

## 二、應用多重觀測工具之定量降雨估計

## 與分類技術 (QPE-SUMS) 定量降雨估計結果之評估

QPE-SUMS 技術的設計目的在於：有效利用雷達衛星及雨量計等觀測資料以準確估計降雨型態及降雨強度。QPE-SUMS 具備之功能：地面及空中雜波去除、多重雷達回波合成 (mosaic) 之降雨量估計、層狀及對流降雨分類、液態及固態降雨分類、動態式回波降雨率關係等。QPE-SUMS 產品以網頁形式顯示其產品 (圖 1)，計有本局所屬四雷達網連合成回波圖，十分鐘、逐時及分時累積雨量估計等等供預報人員參考。產品正變更格式以進入本局即時預報輔助系統以更方便預報人員使用。今後將再加入更多顯示功能以滿足預報人員需求。

由 2003 年 1~6 月的全台灣地區定量降雨估計統計結果顯示，其雷達估計的降雨量為實測實際雨量的 46 % (BiasRAD，即  $R_i / G_i$ ， $R_i$  為雷達回波估計之時降雨量， $G_i$  為雨量桶量測之時降雨量) (表 1)，有明顯低估的現象。依據此結果，我們將原本所使用之 power law 降水估計關係式  $Z = 230R^{1.25}$  (Rosenfeld et al., 1993) 調整為  $Z = 32.5R^{1.65}$  (Xin et al., 1997) (圖 2)，以評估其對於降水估計的影響，並於 2003 年 7 月 1 日開始使用至今。由表中可發現，其  $R_i / G_i$  提昇至 91 %。若以月平均的降雨估計結果來看，1~6 月的  $R_i / G_i$  皆為低估，而 7~8 月中旬 (8 月 13 日 2300 UTC) 的  $R_i / G_i$  較 1~6 月明確改善。

接下來進一步將全台灣地區分成七個區域 (圖 3)，分析此七個區域於 2003 年 1~6 月及 7~8 月中旬的降雨估計結果。在未調整  $Z - R$  關係式時，七個區域之定量降雨估計如圖 4 所示，顯示幾乎為低估的情況。在經過  $Z - R$  關係式的調整後，I~III 區的降雨估計結果在較小雨勢時高估情形較嚴重，雨勢愈大則高估情況趨於緩和，如圖 5a 所示，此主要受  $Z - R$  關係式所影響。IV 區及 V 區平地地區的降雨估計情況與圖 3 相較之下改善許多 (圖 5b)，尤其 V 區，主

要是此區域在做定量降雨估計時，所選取的雷達回波皆為低仰角資料，距地表高度幾乎不超過 1.5 km，致使定量降雨估計的準確度明顯提昇。而 IV 區山區因為地形遮蔽 (blocking) 效應影響，地形高度約在 2 km 左右，加上其所選取的雷達回波高度皆距地面 2.0 km (圖 5)，而使降雨估計結果偏低 (圖 5a)。VI 區與 VII 區降雨估計改善程度不如 IV 區與 V 區平地地區 (圖 5b)，主要原因是此二區所包含的東部地區，網連雷達無法觀測到其近地面回波之故，尤其是花蓮縣南半部與台東縣。不論是以花蓮雷達、墾丁雷達，或者是七股雷達，其所選取之不受地形遮蔽之波束距離地面高度大多高於 2.0 km，甚少低於 1.0 km，而且屬於中央山脈南段之霧台山、北大武山及南大武山，高度皆高於 2.5 km，此為雷達電磁波受地形遮蔽效應，而造成 VI 區定量降雨估計的嚴重低估。另外，VII 區西半部的定量降雨估計結果雖有改善，但因為東半部的低估而使 VII 區整體的降雨估計結果改善程度較不如其他區域顯著。由以上所述，從 2003 年 1~6 月及 7~8 月中旬的降雨估計結果得之，要以一式  $Z - R$  關係式來估計全台灣各區的降雨量並不適用。

除了透過分析技術對於雷達資料進行品質控管外，power law 降水估計關係式的適當選取對於量化降雨估計的結果扮演相當重要的角色，由區域性的降雨估計結果來看，地形影響雷達回波資料選取的先天限制條件，對於定量降雨估計造成相當程度的影響。另外，台灣地區在做定量降雨估計所選取的雷達回波資料分別來自於五分山、七股、墾丁及花蓮等四顆都卜勒雷達 (圖 6)，若雷達對於相同粒徑大小之雨滴所觀測到的回波大小有差異，則亦會影響降雨估計結果。綜合 2003 年 1~8 月中旬的降雨估計統計評估結果以及考慮地形，還有各雷達觀測涵蓋範圍等因素，未來計畫能將目前所劃分之七個區域，依據雷達資料來源重新劃分成四個區域，並考量各雨量站距離雷達高度再做更

細微的劃分，來減低因雷達硬體差異所導致的系統性誤差，以及雷達電磁波高度對於降雨估計評估的影響。

### 三、區域分析預報系統 (LAPS)個案測試評估之結果

LAPS 系統由 FSL 在 1990 年代初開始發展，目的在於整合所有可用之資料以完整描述三維之大氣狀態。本局所引進之 LAPS 系統目前水平解析度為 9 公里，格點數為 153 及 141 點，垂直氣壓高度有 21 層，每 50 hPa 一層，由 1100 hPa 開始直到 100 hPa 之高度。LAPS 系統逐時產生描述大氣狀態之諸變數，如雲量、降水量及地面變數等。LAPS 系統之初始(背景)分析場來自水平解析度為 15 公里 X 15 公里之中央氣象局的非靜力區域模式系統 (Non-hydrostatic Forecast System, NFS)，然後再加入(1)地面觀測(包含綜觀氣象站、船舶、海上浮標)及逐時航空機場資料、(2)氣象局所屬四雷達站每六分鐘觀測資料、(3)同步衛星 11 微米及可見光頻道資料、(4)探空資料、(5)不定時之飛機觀測報告。LAPS 系統之風場分析方面，則包含對都卜勒風場之併入及其客觀分析。LAPS 系統之地面及高空溫度場分析方法，利用變分法以運動方程為限制，使分析結果之質量場與風場保持平衡。

LAPS 系統較特殊之處在於其對雲及水氣之分析，以 NFS 模式之水氣場及航空氣象觀測資料加上同步衛星紅外線雲頂溫度資料，產生初步之三維雲分布狀況，雷達回波資料亦作為定義雲區之用。另外亦利用 Haines et al. (1989) 之方法導出雲系內部各種微物理參數、雲類及所應伴隨之雲厚與其相關之垂直運動分布場。詳細之 LAPS 濕絕熱初始化分析方法參見 Jan et al. (2003)。

當 PSU/NCAR MM5 模式使用 LAPS 濕絕熱初始化分析場作為模式初始場以進行時間積

分時，此種 MM5 模組即稱為熱啟動或濕絕熱模組。本局目前所使用之熱啟動 MM5 模式各項模式所使用之設定及相關參數亦參見 Jan et al. (2003)。

針對 2003 年 6 月 6 日至 7 日梅雨季個案，分別比較紅外線雲圖、熱啟動 MM5 模式起始 6 小時 (12-18UTC)之累積雨量分布圖及同時期之自動雨量站所觀測到之六小時累積雨量分布圖。再利用 Contingency table 並以不同之降雨量閾值(threshold)來校驗模式之表現。校驗結果如下表 2 所示。由表中可大致看出熱啟動模式對 6 小時累積雨量達 35mm 以上之梅雨鋒面降雨系統較有掌握能力(ETS 分數較高)。

另 Jan et al. (2003) 利用 LAPS 非絕熱初始化方法引進五分山雷達資料，使初始大氣場內各種水相變數(如雲帶及其外緣邊界之界定、雲水、雲冰之三維分布狀況等)更接近實際大氣，減少模式啟動後旋起 (spin-up) 所需之積分時間，故能顯著改善 MM5 模式對 2002 年接近臺灣北部海域之 Sinlaku 颱風的短時 (0-6 小時之模式預測時間) 定量降雨量預測。

### 四、結語

本文為中央氣象局短時預報系統發展第一年測試評估結果，由以上的統計分析可獲得幾點結論：

1. 雷達降水低估的結果，可利用選取適當的 power law 降水估計關係式加以改進，但不是一個 power law 降水估計關係式可適用全省地區。利用密集雨量筒資料亦可修正雷達降水估計誤差的大小，但台灣東部及東南部雷達降水估計結果並不適用。
2. 從表 1 至 5 可知熱啟動模式對 6 小時累積雨量達 35mm 以上之梅雨鋒面降雨系統較有掌握能力(ETS 分數較高)。



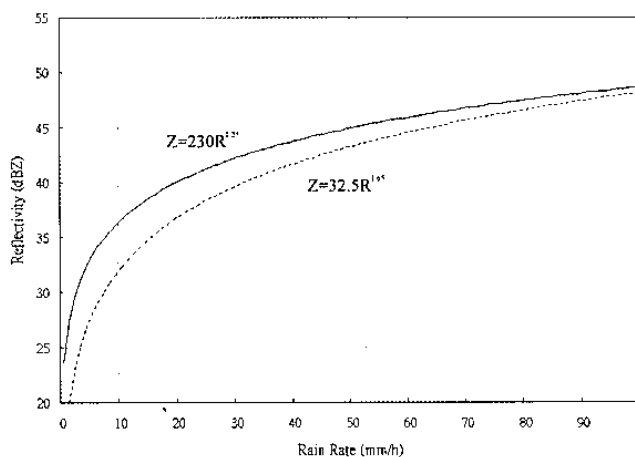


圖 2 2003 年 1~6 月與 7~8 月中旬所使用之 power law 降水估計關係式分別為  $Z = 230R^{1.25}$  及  $Z = 32.5R^{1.65}$ 。

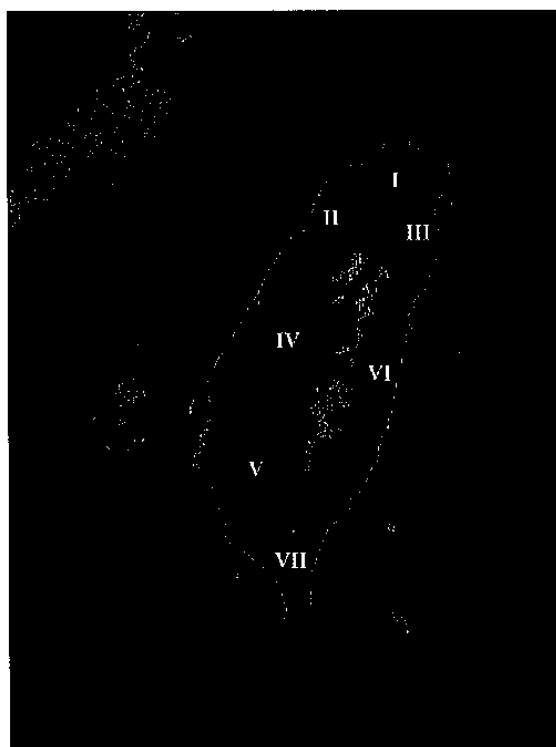


圖 3 QPESUMS 分區統計之七個區域。  
 I 為台北縣市、桃園縣及新竹縣山區；  
 II 為桃園縣、新竹縣及苗栗縣、III 為宜蘭縣；  
 IV 為台中縣、彰化縣、雲林縣及南投縣；  
 V 為嘉義縣、台南縣及高雄縣；  
 VI 為花蓮縣及台東縣北半部；  
 VII 為屏東縣及台東縣南半部。



圖 4 QPESUMS 於 2003 年 4 月 7 日與之定量降雨估計結果。圓圈大小表示雨量桶所量測之降雨強度，圓圈顏色為雷達估計降雨結果，冷色系表示高估之程度，暖色系表示低估之程度。

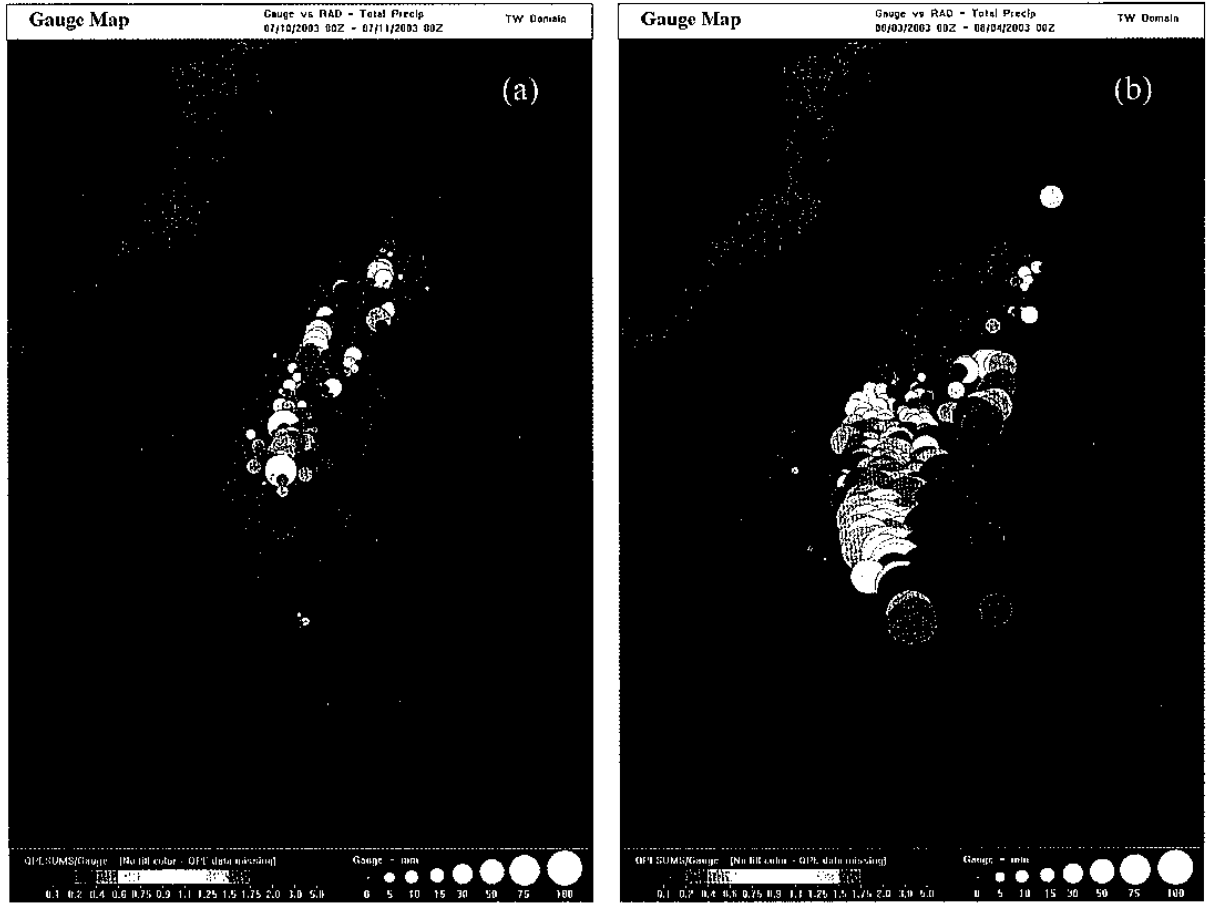


圖 5 如圖 3，但為 2003 年(a) 7 月 10 日與(b) 8 月 3 日之定量降雨估計結果。