

中央氣象局短時天氣分析與預報系統作業概況

丘台光¹ 陳嘉榮¹ 張保亮¹ 黃葳芃¹ 王溫和¹ 簡國基² 鄧仁星³

中央氣象局氣象衛星中心¹ 中央氣象局氣象預報中心² 中央氣象局科技中心³

摘 要

本局自 2002 年起與美國預報系統實驗室(FSL)及劇烈風暴實驗室(NSSL)合作展開短時天氣分析與預報系統之技術引進、開發與建置。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組成。

劇烈天氣監測預報子系統 QPESUMS(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors)，目地在整合雷達、衛星及雨量計等觀測資料，以準確估計降雨型態及降雨率。目前 QPESUMS 系統已上線提供雷達所估計及經雨量站修正之過去 1、3、6、12、24、72 小時之降雨量。另依鄉鎮、流域及土石流區域分區執行降雨量估計，以適應不同防災機構作業所需。自 2005 年 1 月起引進即時閃電資料，並產生過去 1、3、6、12、24、72 小時之閃電頻率分布產品，系統中並包含對流胞定位與追蹤等資訊及颱風中心定位之功能。自 2005 年 5 月起每 10 分鐘更新一次之 0 至 1 小時、0 至 2 小時、0 至 3 小時定量降雨預報產品上線測試，使 QPESUMS 系統具有定量降水預報的功能，目前正進行個案收集以進行校驗，作為改進定量降雨預報技術之依據。

區域天氣分析預報子系統(LAPS)主要在於應用非絕熱初始化之 MM5 數值模式，引進雷達、衛星及飛機等非傳統觀測資料對劇烈天氣系統進行 0 至 12 小時之預報。目前上線作業中之 LAPS-MM5 系統可提供 5 公里解析度每 6 及 3 小時更新一次之定量降雨預報產品，供預報人員作業參考。在 2005 年 6 月銜接 LAPS 之 9 公里解析度 WRF 模式正式上線作業，增加預報人員作業所需之參考工具。對 2005 年 5 月份之校驗結果顯示，LAPS-MM5 之 0-6 小時雨量預報較優於 6-12 小時的雨量預報。

關鍵字：QPESUMS、LAPS-MM5

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，從 2002 年起預計未來 8 年推動「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」，在劇烈天氣監測預報方面，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。短時天氣分析與預報系統建置，即為執行「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，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組成，劇烈天氣監測預報子系統在於發展及建置 QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using

Multiple Sensors)系統，該系統為整合雷達、衛星及雨量計等觀測資料，並進行降雨型態及降雨率的估計。而區域天氣分析預報子系統(LAPS)主要在於應用非絕熱初始化之 MM5 數值模式，引進雷達、衛星及飛機等非傳統觀測資料對劇烈天氣系統進行 0 至 12 小時之預報。本文為短時分析與預報系統建置測試改進將近四年後的現況及評估結果，提供學者專家討論，作為本局未來四年改進的參考。

二、QPESUMS 系統現況簡介

QPESUMS 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。QPESUMS 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。QPESUMS 產品線提供過去 1、3、6、12、24、72 小時雷達

定量降雨估計、經雨量站修正後之定量降雨估計、流域與行政分區定量降雨估計、閃電頻率分布、以及衛星定量降水估計產品，另外也包含雷雨胞偵測與追蹤、0-1小時(0-3)極短時之定量降雨預報、觀測與偵測資訊時間序列顯示介面(雨量站、地面測站、雷雨胞、颱風路徑資訊)、回波垂直剖面產品(如圖 1)，在颱風侵襲期間並提供颱風中心定位路徑與資訊。QPESUMS 產品除以網頁結合地理資訊展示方式提供防災單位參考應用外，並即時傳輸至本局即時預報輔助系統(WINS)，使預報人員使用上更為便利。目前該系統已推廣到水利署、第十河川局、內政部消防署、水土保持局、國家災害防救科技中心、空軍氣象中心、台大綜合災害研究中心等，預計 95 年底前將推廣至全省各縣市防災應變中心。

三、QPESUMS 系統降水估計與(0-3 小時)定量預報結果回顧

過去丘台光等(2004)已對過去三年個案作評估，發現雷達估計時雨量經雨量站校正有不錯的結果，現針對今(2005)年6月12-17日西南氣流個案，7月16-21日海棠颱風個案，8月3-6日馬莎颱風個案及8月31日至9月1日泰利颱風個案等四個個案，作為雷達降水估計與預報之評估個案。為降低降水預報校驗上的不定確性，本研究初步以回波之預報(15 dBZ及35 dBZ)結果進行分析，並使用CSI分數進行評估。

圖2 為上述四個個案針對全省33流域平均時雨量雷達降水估計校驗圖，顯示雷達降水估計大部分稍偏低其中馬沙颱風偏低量大一點，若進一步分別分析台灣南北流域之差異如圖3及圖4，顯示南部流域雷達時雨量降水估計結果要比北部好，降雨隨時間的變化都掌握到唯北部最大值明顯偏低。在定量降水預報方面，由個案分析發現，在大範圍(颱風、鋒面)之降水系統有不錯的表現，特別是對於0-1小時的降水預報。如圖5為海棠颱風個案定量降雨預報CSI之時間序列。由圖中可發現在閾值設定為15dBZ時，1小時回波預報CSI分數變動劇烈，約在0-0.8之間，其原因為初始階段與結束階段，降雨區域與強度明顯較弱，以致於在預報上較不易掌握，但在中間階段，因降雨擴大且顯著，利用外延方式容易掌握，使其CSI值可達0.8。3小時回波預報CSI分數約在0.2-0.5之間，平均分數在0.35左右。當閾值設為35dB時，1與3小時之CSI值明顯降低，1小時回波預報CSI分數約在0.1-0.5之間，平均分數在0.3左右。3小時回波預報CSI分數約在0-2.5之間，平均分數在0.1左右。

未來QPE-SUMS將持續進行雷達資料品質的提升，並改進0-3小時定量降水預報技術，以期提高定量降雨估計與預報產品的準確率。此外，本計畫未來也將結合下游水文單位，透過區域雨量警戒值的設定，開發相關之預警產品，以降低氣象災害所造成的損失。

四、LAPS-MM5 現況簡介

目前上線作業之 LAPS-MM5 每日提供包括 00Z、03Z、16Z、12Z、18Z 及 21Z 共 6 報之預報結果，其水平解析度已在今年初提高至 5 公里，網格點數為 253*275，因此東西及南北方向大約包含 1300 公里。垂直層數則為 30 層。現階段 LAPS 分析模組之背景場以及 MM5 預報使用之邊界條件來自 NFS 15 公里之預報場。

LAPS 分析系統現在採用台灣地區的雷達、衛星、地面觀測、探空及海洋觀測網等觀測資料進行即時之中尺度分析，並利用非絕組進行雲、雨及垂直速度的分析，以得到完整之初始場訊息。至於在 MM5 之物理參數化方面，因解析度達 5 公里，因此未再使用積雲參數化，至於微物理參數化是使用 Schultz 方法(Schultz 1995)；邊界層參數化則使用 MRF 方法(Hong and Pan 1996)；輻射參數化則為 RRTM 方法(Mlawer et al. 1997)。LAPS-MM5 每一報的預報結果除顯示於 WINS 系統外，現階段還有一系列之衍生產品，包括對測站位置之溫度、溼度及風場之預報的時間序列、6 小時預報降雨對自動雨量站及雷達估計降雨之校驗，以及對流域分區的雨量預報。

五、LAPS-MM5 預報結果回顧

截至目前的校驗結果可發現，對於位居劇烈天氣現象首位之颱風帶來的降雨，LAPS-MM5 0-12 小時降雨預報在預報颱風路徑差異不大的情形下，雖然在極值的量值及位置上偶有偏差狀況，可是大部分預報期間對於台灣地區的降雨區域及雨量極值分佈皆有不錯的掌握(如圖 6)。至於對於路徑預報偏差較大的個案，由於預報颱風位置之偏移常會造成雨帶位置錯誤的情形發生，在這樣的情況下降雨預報即不具參考價值。為改進此一問題，目前已著手測試不同初始背景及邊界場來源，希望能先達到對颱風路徑預報差異不大的前提下才有可能得到準確的降雨預報。

至於對梅雨鋒面的預報表現則因為梅雨鋒面本身伴隨相當多尺度較小且生命期又短的中尺度對流系統，因此要準確的掌握其消長實為模式預報相當大的挑戰。由過去的統計結果也顯示梅雨鋒面的校驗得分較低。預報中常出現的問題包括對於西南氣流的掌握不佳，以致於迎風面的降雨不夠準確，或是對於鋒面伴隨之低壓預報過強，

預報降雨太過集中螺旋狀雨帶等。欲改善這些問題，除預報模式本身外對於 LAPS 分析系統中的雲分析模組及平衡模組亦需要再改進。

除此之外在數值模式部分，目前除 LAPS-MM5 持續上線運作外，水平解析度 9 公里的 LAPS-WRF (Weather Research and Forecasting) 系統亦在測試中。根據校驗結果顯示，對於某些個案(如圖 7 馬莎颱風個案)其預報結果相當具有參考價值。詳細討論 LAPS-MM5 0-12 小時降雨預報校驗結果可參考黃葳芃等(2005) LAPS-MM5 於 2005 年梅雨季及颱風季的預報表現回顧分析結果。因此未來將提高 LAPS-WRF 的水平解析度至 5 公里，以得到更為客觀之校驗比較結果。希望藉由新一代之中尺度數值模式產品能得到更精確之預報資料以提供作為天氣預報時之參考。

參考文獻

丘台光、陳嘉榮、張保亮與林品芳，2004：應用多重觀測工具之定量降雨估計之研究。第八屆大氣科學學術研討會，2004 年 5 月 17-20，桃園龍潭。

Hong, S.-Y., and H.-L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, 124, 2322-2339.

Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J.

Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, 102 (D14), 16663-16682.

Jan, G.-J., S.-L. Shieh, J. Mcginley, 2003: Precipitation simulation associated with typhoon Sinlaku (2002) in Taiwan area using the LAPS diabatic initialization for MM5. *TAO*, 14, 1-28

Rosenfeld, Daniel, Wolff, David B., Atlas, David. 1993: General Probability-matched Relations between Radar Reflectivity and Rain Rate. *Journal of Applied Meteorology*, 32, 50-72.

Xin, L., G. Recuter, and B. Larochele, 1997: Reflectivity-rain rate relationship for convective rainshowers in Edmonton. *Atmos. Ocean*, 35, 513-521.

Schultz, P., 1995: An explicit cloud physics parameterization for operational numerical weather

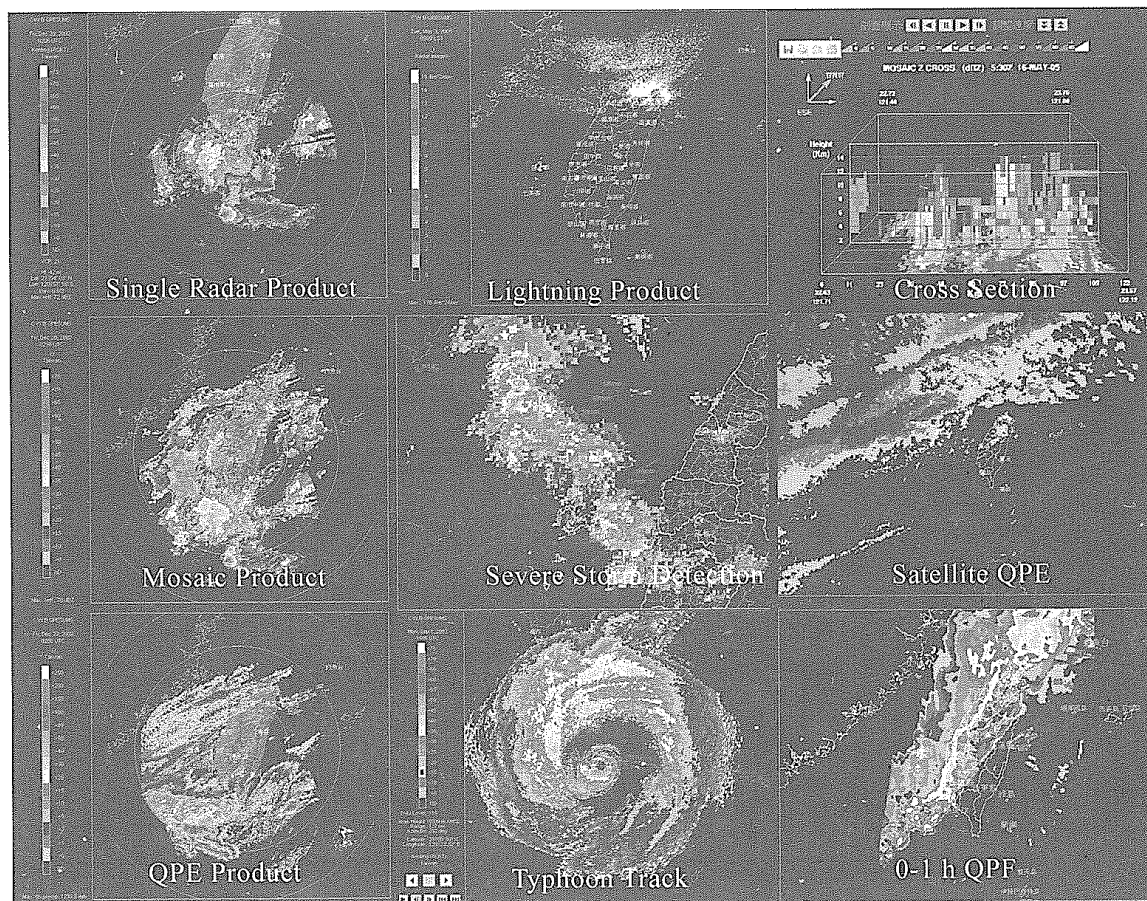


圖 1 QPESUMS 系統產品圖

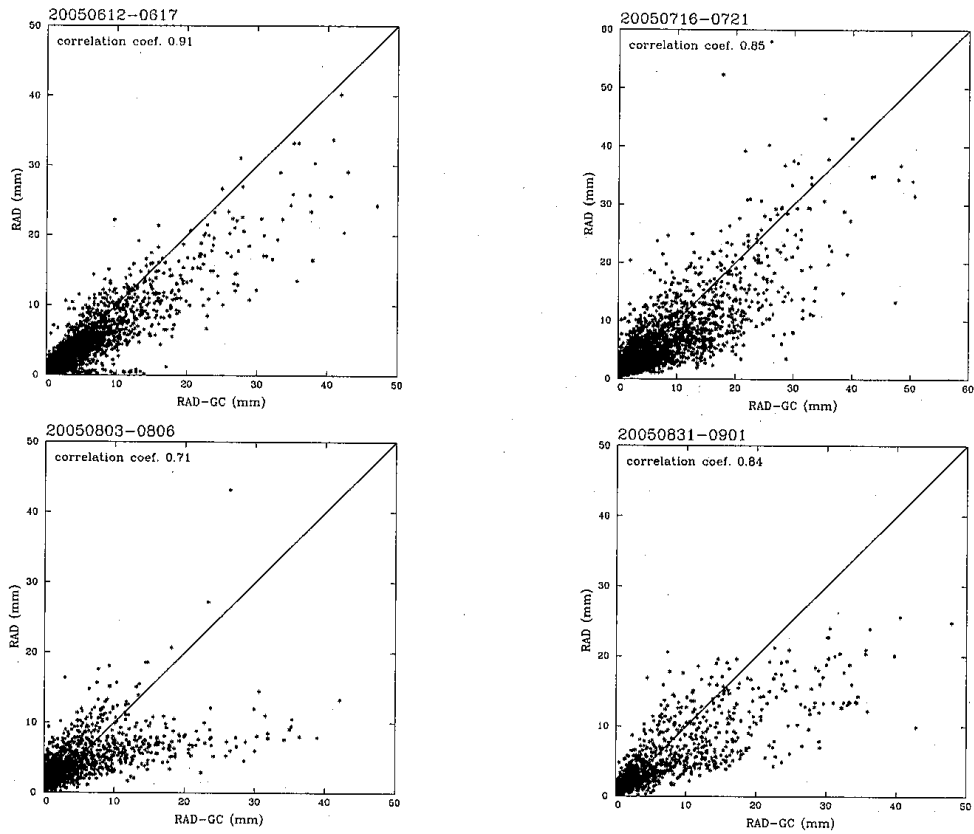


圖 2 台灣 33 流域平均雷達時雨量估計校驗圖，個案統計分別為西南氣流及海棠、馬莎及泰利颱風個案。

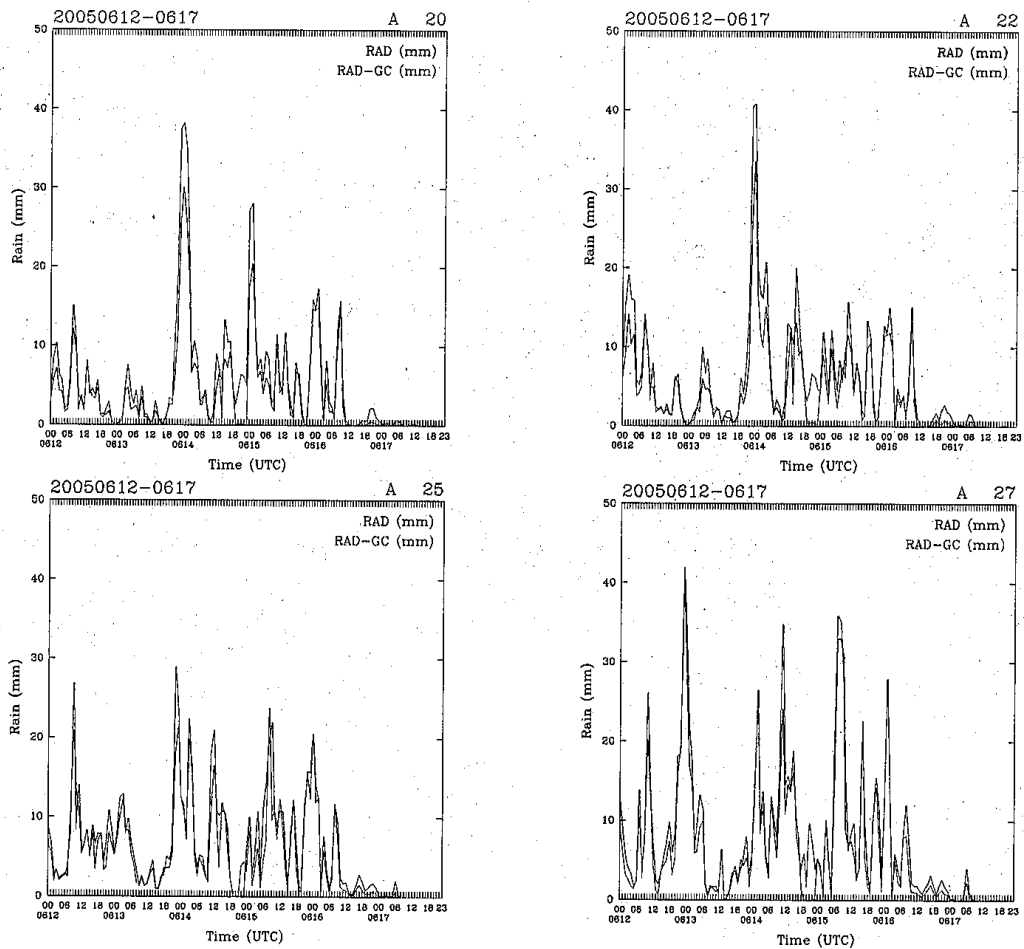


圖 3 南部地區四個流域(20,22,25,27)雷達時雨量估計與雷達經雨量校正時雨量估計之時間

序列比較圖，其它如圖 2。

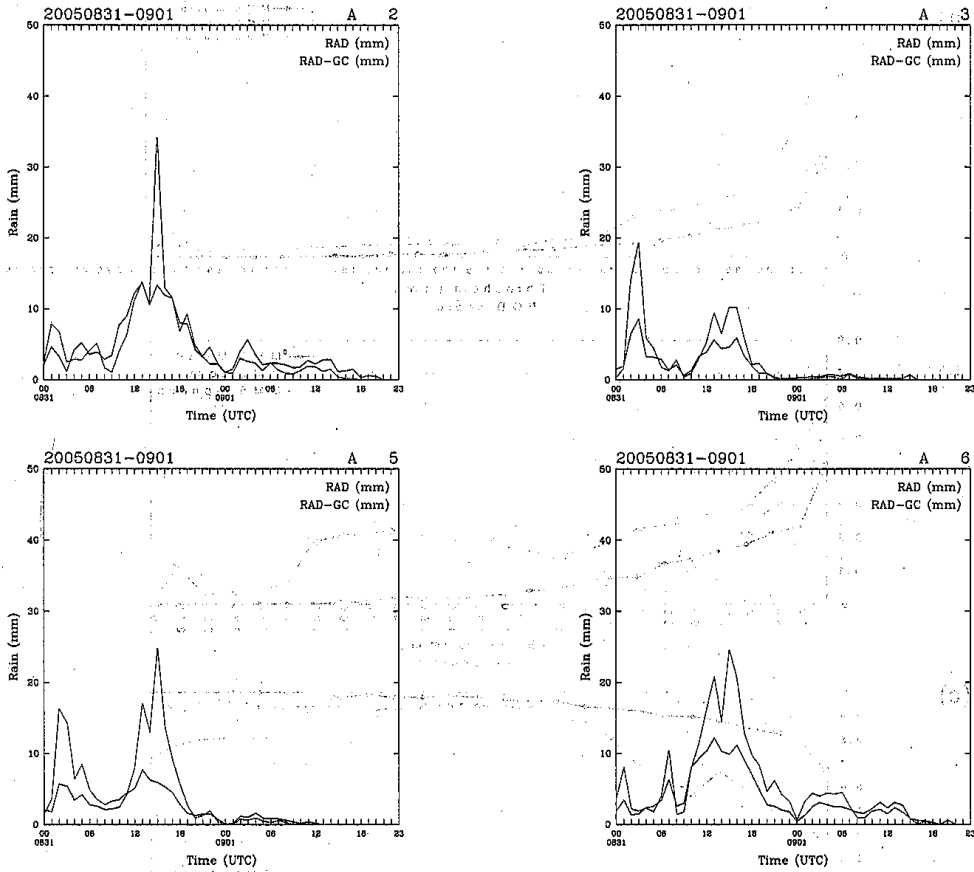


圖 4 類似圖 3 但為北部地區四個流域(2,3,5,7)結果。

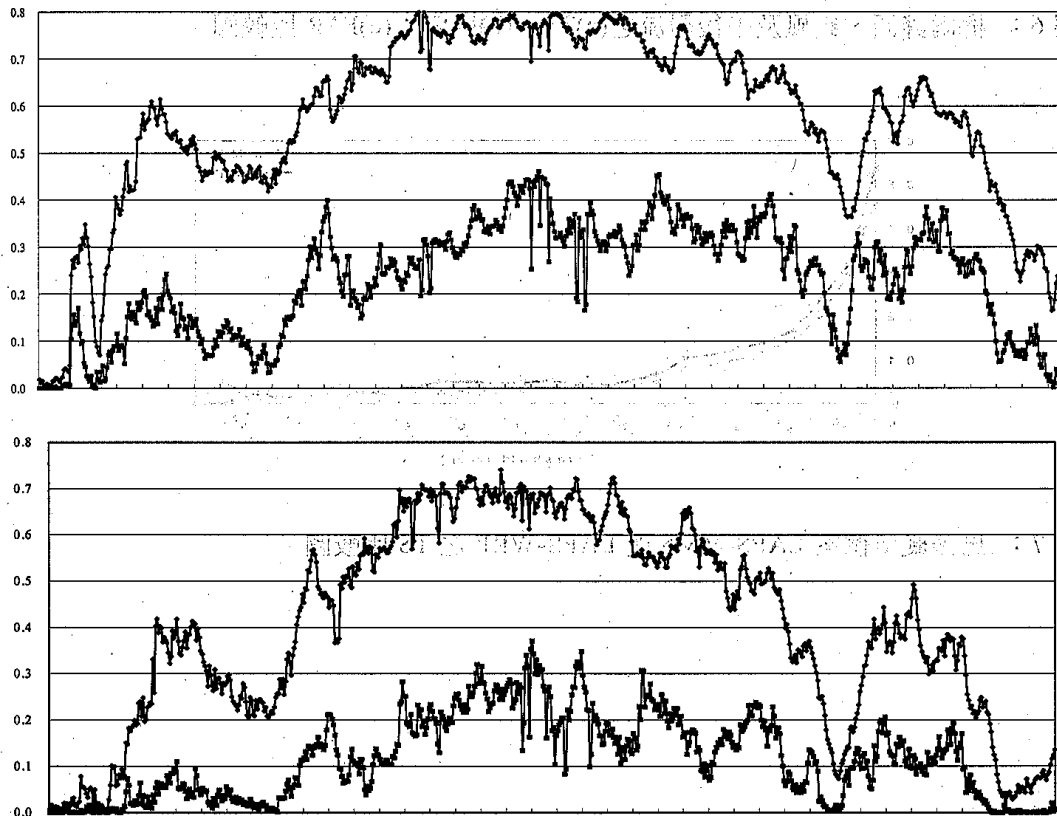


圖 5 泰利颱風 0-1 及 0-3 小時定量回波預報之準確率評估，時間為 2005 年 7 月 16 日至 7 月 21 日止。

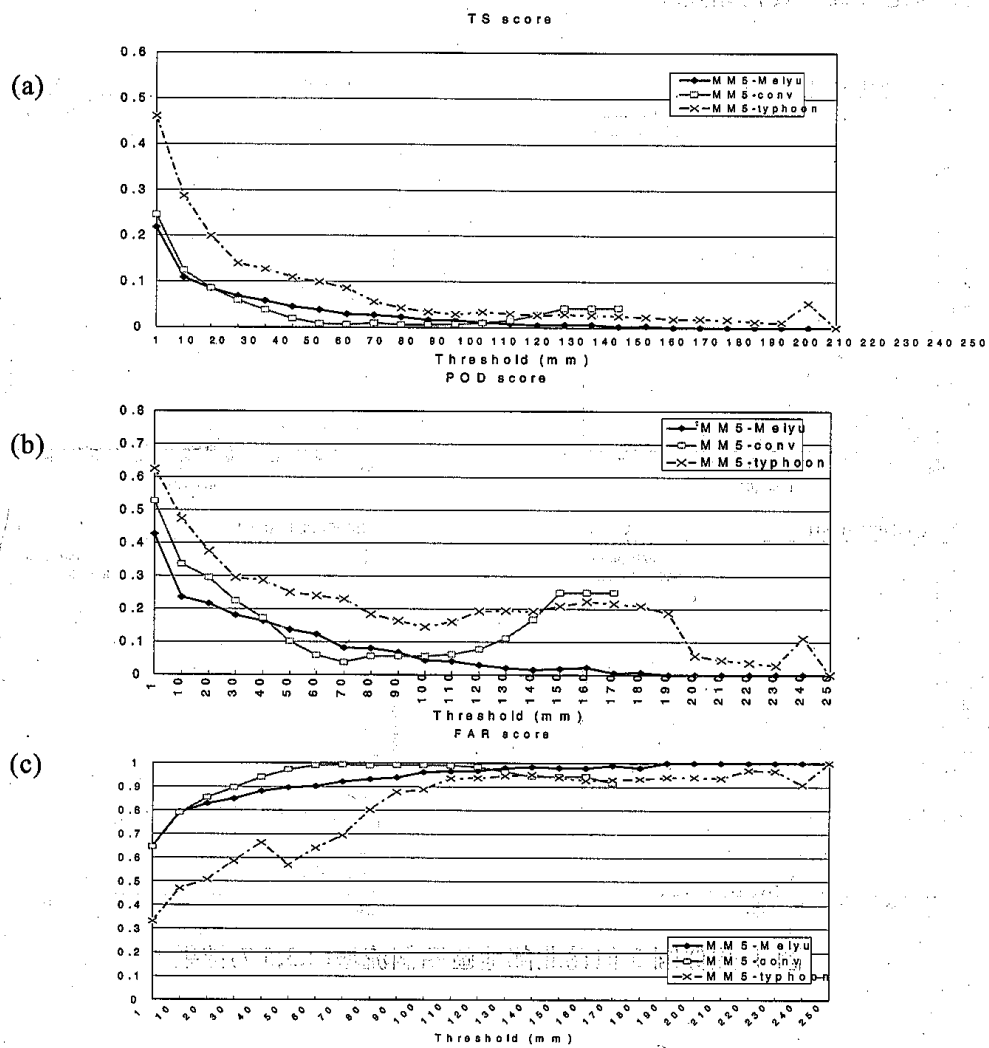


圖 6：梅雨鋒面、颱風及午後對流之(a)TS、(b)POD、(c)FAR 比較圖。

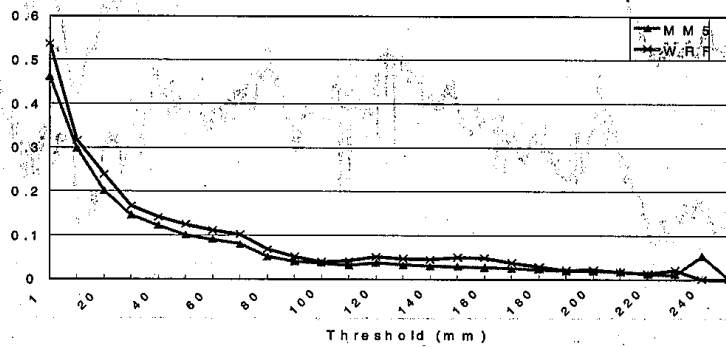


圖 7：馬莎颱風個案 LAPS-MM5 與 LAPS-WRF 之 TS 比較圖。