

# LAPS-MM5 於 2005 年梅雨季及颱風季的預報表現回顧

黃葳芃 王溫和 丘台光 陳嘉榮  
中央氣象局衛星中心

## 摘要

為提升對劇烈天氣現象的即短時(0-12 小時)預報能力,中央氣象局自 2002 年起與美國海洋暨大氣總署之預報系統實驗室(NOAA/FSL)技術合作,發展台灣地區中尺度模式短時預報系統 LAPS-MM5,其特有的非絕熱初始化過程可有效解決模式預報初期之調整問題(spun-up problem),因此於預報初期即可獲得較準確的雨量預報資料。目前 LAPS-MM5 已經上線作業且每日提供 6 報的預報結果作為天氣預報時之參考。

本文針對今年梅雨季及颱風季的兩個個案進行預報表現回顧及整體之統計分析探討。在個案探討部分,對於今年 6 月 11 日至 6 月 16 日的梅雨鋒面個案可發現在降雨較大的 14 日及 15 日, LAPS-MM5 的預報對於中南部較大之降雨皆有不錯的掌握。但是對於 12 日及 13 日西南氣流造成的降雨則掌握不佳。另於 6 月 16 日對伴隨梅雨鋒面之低壓也有預報過強的問題,此問題導致降雨分佈位置偏移。至於對馬莎(Matsa)颱風的預報回顧則可發現,無論在前期受颱風外圍環流影響期間、雨帶直接掃過帶來之降雨或是後期引進西南氣流的降雨在 LAPS-MM5 大部分的預報中對於降雨分佈的位置皆有很不錯的掌握。

根據整體的統計結果則顯示,颱風個案(馬莎及珊瑚颱風)的校驗指標 TS、POD 及 FAR 都明顯的較梅雨鋒面及午後對流的成績為高,此顯示當颱風路徑預報差異不大時,對其所伴隨之雨量預報有較高之參考價值。至於梅雨鋒面及午後對流兩者之成績則相差不大,僅 FAR 顯示梅雨鋒面之假警報率略低於午後對流。可見在今年之梅雨季及颱風季中對於颱風之降雨預報明顯較梅雨鋒面佳,梅雨鋒面又較午後對流略佳。本研究的目的在於藉由檢視 LAPS-MM5 對於劇烈天氣預報的長期表現,瞭解預報限制及問題所在,以作為未來實際應用及系統改進之參考。

關鍵字: 即短時天氣預報、LAPS-MM5、spin-up problem、馬莎(Matsa)颱風、珊瑚(SANVU)颱風

## 一、前言

在所有天氣現象中以颱風及梅雨鋒面等災害性天氣對台灣地區民眾所造成的生命財產威脅及經濟損失為最大,因此中央氣象局為提升對劇烈天氣現象的即短時(0-12 小時)預報能力,自 2002 年起與美國海洋暨大氣總署之預報系統實驗室(NOAA/FSL)技術合作,發展台灣地區中尺度模式短時預報系統 LAPS-MM5(Local Analysis and Prediction System-Fifth-generation NCAR/Penn. State Mesoscale Model)。此預報系統為 LAPS 分析模組與中尺度模式 MM5 兩個部分之結合,前者的功能在於整合台灣地區的雷達、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,並利用非絕熱初始化模組進行雲、雨及垂直速度的分析,以得到初始場中關於非絕熱作用之訊息。如此得到之分析場隨即作為第二部分中尺度模式 MM5 之數值預報初始場。相較於過去傳統的數值預報系統 LAPS-MM5 特有的非絕熱初始化過程可有效解決模式預報初期之調整問題(spun-up problem; Girard and Jarraud 1982; Heckley 1985; Miyakoda et al. 1978; Donner 1988),如此於模式預報初期即可獲得較準確的雨量預報資料,可作為未來即短時預報的重要參考指標之一。

在本局與 FSL 近三年的持續合作及發展下,目前 LAPS-MM5 進行每日 6 報之上線預報作業,今年

初更將分析模組及模式之水平解析度提高至 5 公里,以期對於中小尺度的天氣現象能夠有更佳的掌握。

本文將針對今年梅雨季及颱風季 LAPS-MM5 的預報表現進行特殊個案之診斷及整體的統計分析探討。

## 二、個案分析

### (一) 梅雨鋒面個案

6 月 11 日至 6 月 16 日為今年梅雨季中一波持續相當久的梅雨鋒面個案,其中 6 月 14 日至 15 日為觀測降雨量較大且範圍較廣的時段。由 6 月 14 日 1800UTC 至 15 日 0600TC 的紅外線雲圖(圖 1)可見,此時梅雨鋒面正好位於台灣上方,其中 6 月 14 日 1800UTC 至 15 日 0000TC(圖 1a 及 1b)鋒面中之強對流正位於台灣地區中南部一帶。至 6 月 15 日 0600UTC 時(圖 1c),強對流的發生區域則是在台灣海峽南部、南海及巴士海峽一帶。實際發生的降雨情形由圖 2(a)自動雨量站量測之降雨分佈可見,6 月 14 日 1800UTC 至 15 日 0000TC 期間除了北部及東北部的部分區域之外,其餘各地都有明顯的降雨發生,最大值是發生在嘉義地區達 200 毫米。而對於此時段以 6 月 14 日 1200UTC 為初始場之 LAPS-MM5 的 6-12 小時降雨預報可見(圖 2b),模式預報的降雨也反映出北部及東北部較無明顯降雨,而其餘地區

皆有降雨之趨勢，且預報降雨大於 70 毫米的區域也是預報在中南部一帶，與觀測相比相當吻合。至於模式預報的大於 90 毫米的局部區域則是在比觀測偏南的區域，極值達 300 毫米，量值上有預報過強的情形。

另一時段 6 月 15 日 0000UTC 至 0600UTC 的觀測降雨則如圖 3(a)所示，較大降雨也是發生在中部及南部一帶，極大值是發生在嘉義地區達 150 毫米。對於此時段 LAPS-MM5 6-12 小時的降雨預報(圖 3b)對於嘉義亦附近之最大降雨也有不錯的掌握，唯雨區較觀測大了一些，不過最大值也在 150-200 毫米間，量值相當吻合。

由前述的可見，LAPS-MM5 對於這兩個時段的雨量預報除分佈小範圍的極值位置略有差異外，整體來說雨區的掌握都相當不錯。不過在這波鋒面的其他預報時段也有表現較差的時候，在 6 月 12 日 1800UTC 至 6 月 13 日 0000UTC 之雷達估計降雨顯示(圖 4a)，降雨型態主要仍是受西南氣流影響，主要回波是發生在台灣海峽南部及巴士海峽一帶，在台灣本島則是配合上南部地型的影響，在南部沿海有較大降雨發生。而由 6 月 12 日 1200UTC 6-12 小時的雨量預報(圖 4b)則可發現到主要降雨似乎是位於低壓所伴隨之雨帶上，與觀測有相當大的差異。如將預報場(圖 5a)與 6 月 13 日 0000UTC 之模式初始場(圖 5b)相比就可發現，模式在此時對台灣東北方海面的低壓預報位置有些偏南且強度過強，因此雨區皆位於低壓所伴隨之螺旋狀雨帶上，此為梅雨鋒面個案出現多次的問題。

此外，在 6 月 16 日 0600UTC 至 1200UTC 的時段實際雷達回波觀測顯示(圖 6)，較強回波除了分佈在北部及東北部一帶，在海峽南部及東部外海附近也有相當強的回波。同時參考此時段之雷達估計降雨顯示(圖 7a)，降雨區域與回波之位置相吻合主要發生在北部及東北部海面上，以及受到西南氣流影響之西半部及海峽南部一帶。不過模式對此時段的降雨預報僅預報到東北部及北部山區的降雨，對於西南氣流造成之降雨顯然沒有掌握到(圖 7b)。

## (二) 馬莎颱風個案

圖 8 為馬莎颱風之最佳路徑圖，在此由颱風位置相對於台灣不同時期來探討降雨預報結果。首先 8 月 3 日 1800UTC 至 4 日 0000UTC 時颱風中心位於台灣東方海面上(圖 8)，因此台灣之東半部及南部發生被外圍雲帶掃過而造成的降雨(圖 9a)，而針對此時段 LAPS-MM5 0-6 小時的預報結果如圖 9b 顯示，其掌握到發生於東北部、東部以及南部的降雨，其中特別是對於發生於南部之小範圍最大降雨，模式亦有掌握到此雨區位置，但是量值則略為偏少。

至 8 月 4 日 1800UTC 至 5 日 0000UTC 時颱風中心位於台灣東北方海面上(圖 8)，台灣之觀測降雨除南部及東南部局部地區外各地皆有降雨，極值是分佈在北部及中部山區一帶(圖 10a)。對於此期間 LAPS-MM5 在除東部的局部地區外都有預報到降雨(圖 10b)，與觀測雨區相當吻合。其預報大於 30 毫米

之區域是在東北部、北部、中部及山區一帶，與觀測之區域亦很類似，且對於極值的量值預報有達 300 毫米與觀測一致，但是極值分佈的範圍則較為廣。至 8 月 5 日 0000UTC 至 0600UTC 時颱風中心仍是位於台灣東北方海面上(圖 8)，觀測降雨最大處主要是發生在由北而南之山區(圖 11a)，最大值達 200 毫米。而 LAPS-MM5 對此時段之最大降雨也是預報在山區附近(圖 11b)，其極值的位置相當吻合，不過雨量大的區域預報太廣，雨量極值也偏大達 300 毫米。

至 8 月 5 日 1800UTC 至 6 日 0000UTC 時颱風中心已移至台灣北方海面上北緯 28 度處(圖 8)，即將登陸大陸地區。颱風本身的雲帶已位於較偏北的區域，因此台灣地區的降雨主要是外圍環流造成在中部及南部山區的降雨，最大值達 150 毫米(圖 12a)。而 LAPS-MM5 針對此時段 0-6 小時的預報可見(圖 12b)，其整體的雨區範圍雖然有些偏大，但是對於中部山區及南部山區之極值分佈則掌握不錯。

至 8 月 6 日 1800UTC 至 7 日 0000UTC 時颱風已位於大陸地區(圖 8)，中心位置離台灣相當遠，但是其於海峽地區引發之西南氣流造成台灣西南部有明顯降雨，最大達 60 毫米(圖 13a)。此時 LAPS-MM5 的 0-6 小時預報除小部分南部沿海的局部區域沒有掌握到外，其他主要雨區也是在中南部一帶(圖 13b)。

## 三、統計分析

前一節是梅雨鋒面及颱風之個案回顧，本節則是整體統計結果。在此用以比較的三組統計結果分別是：1. 颱風個案(馬莎及珊瑚颱風)，使用的資料為颱風陸上警報期間 LAPS-MM5 0-6 小時及 6-12 小時之雨量預報；2. 梅雨鋒面，使用的資料是今年 5 月及 6 月所有 LAPS-MM5 0-6 小時及 6-12 小時之雨量預報；3. 午後對流，使用的資料是今年 7 月及 8 月(至 22 日)每日 LAPS-MM5 00Z 6-12 小時及 06Z 0-6 小時之雨量預報。用以校驗的則是全省自動雨量站資料。

在此計算的校驗指標為預兆得分(Threat Score, 簡稱 TS)、可預測率(Probability of Detection, 簡稱 POD)及假警報率(False Alarm Ratio, 簡稱 FAR)，由圖 14a 可見，TS 顯示針對三種不同天氣型態，得分明顯最高的是颱風個案，當閾值(threshold)為 1 mm 時，成績可達 0.46。至於梅雨鋒面及午後對流的結果都明顯較馬莎個案為低，當閾值為 1 mm 時，成績在 0.2-0.3 之間，且兩者無明顯孰優孰劣之分別。而 POD 值(圖 14b)顯示，當閾值為 1 mm 時，颱風個案之成績可達 0.62，且隨著閾值增加 POD 值還是較梅雨鋒面及午後對流為高(午後對流在 150-170 mm 間成績較高的個案數僅為 3，因此較不具代表性)。而梅雨鋒面及午後對流的結果在不同閾值差異不同，無明顯優劣之別。至於 FAR 則顯示(圖 14c)，當閾值為 1 mm 時，颱風個案之假警報率只有 0.33，但梅雨鋒面及午後對流則達 0.6。且隨著閾值增加仍是以颱風之假警報率最低，而梅雨鋒面及午後對流之差別則是梅雨鋒面的假警報率整體來說略低於午後對流。

#### 四、結語

由前述之結果可發現，LAPS-MM5 對於颱風個案的 0-12 小時降雨預報在預報路徑差異不大的情形下，雖然在極值的量值及位置上時有偏差狀況，可是大部分預報期間對台灣地區的降雨區域及雨量極值分佈皆有不錯的掌握。但是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，在這樣的情況下降雨預報即不具參考價值。此問題主要來自目前 LAPS-MM5 的解析度為 5 公里，因計算資源的考量水平範圍大約只有 1250 公里，對於颱風路徑的預報主要是受到邊界條件的影響，因此當提供邊界條件的數值模式對於颱風的預報路徑有較大誤差時，LAPS-MM5 的預報路徑也會有相同之趨勢。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。由上節的統計分析結果就可發現對於梅雨鋒面目前校驗得分仍較低。檢驗至目前的預報結果，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。欲改進這些問題，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。目前的校驗結果顯示，對於某些個案的預報來說 9 公里解析度的 LAPS-WRF 表現較 5 公里之 LAPS-MM5 為佳(例如圖 15 馬莎颱風個案)，相當具有參考價值。因此為與 LAPS-MM5 同時進行平行測試，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

- Albers, S., 1995: The LAPS wind analysis. *Wea. Forecasting*, 10, 342-352.
- Albers, S., J. McGinley, D. Birkenheuer, and J. Smart, 1996: The Local Analysis and Prediction System (LAPS): Analyses of clouds, precipitation, and temperature. *Wea. Forecasting*, 11, 273-287.
- Birkenheuer, D., 1999: The effect of using digital satellite imagery in the LAPS moisture analysis. *Wea. Forecasting*, 14, 782-788.
- Birkenheuer, D., 2000: Progress in applying GOES-derived data in local data assimilation. *10<sup>th</sup> Conf. on Satellite Meteorology and Oceanography*, Long Beach, CA, Amer. Meteor. Soc., 70-73.
- Birkenheuer, D., 2001: Utilizing variational methods to incorporate a variety of satellite data in LAPS moisture analysis. *11<sup>th</sup> Conf. on Satellite Meteorology and Oceanography*, Madison, WI, Amer. Meteor. Soc., 273-276
- Donner, L. J., 1988: An initialization for cumulus convection in numerical weather prediction models. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 377-385.
- Girard, C., and M. Jarraud, 1982: Short and medium range forecast differences between a spectral and grid point model: An extensive quasi-operational comparison. *Tech Rep. 32*, 176.
- Heckley, W. A., 1985: Systematic errors of the ECMWF operational forecasting model in tropical regions. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 111, 709-738.
- Jian, G.-J., S.-L. Shieh, J. McGinley, 2003: Precipitation associated with Typhoon Sinlaku (2002) in Taiwan area using the LAPS diabatic initialization for MM5. *TAO*, 14, 1-28.
- Miyakoda, K., R. F., Stricker, and J. Chludinsky, 1978: Initialization with the data assimilation method. *Tellus*, 30, 32-54.

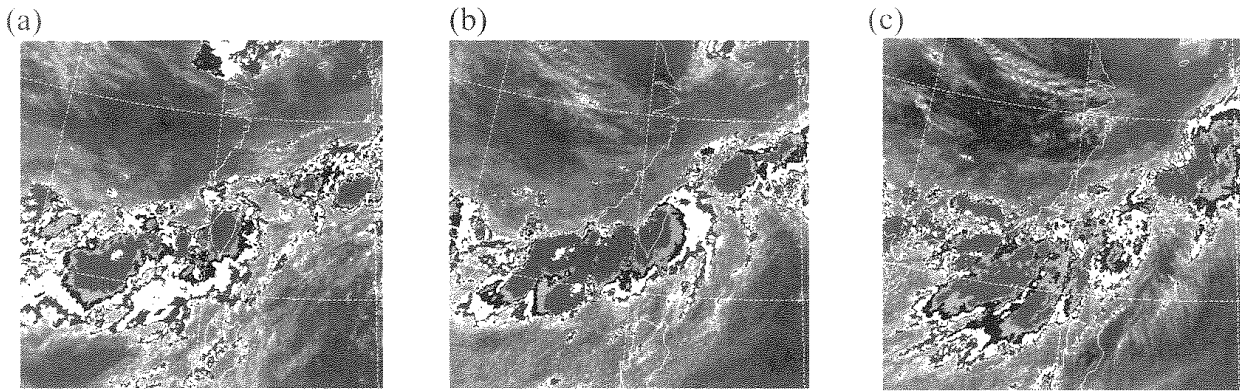


圖 1 (a) 6 月 14 日 1800UTC ; (b) 6 月 15 日 0000UTC ; (c) 6 月 15 日 0600UTC 之紅外線衛星雲圖。

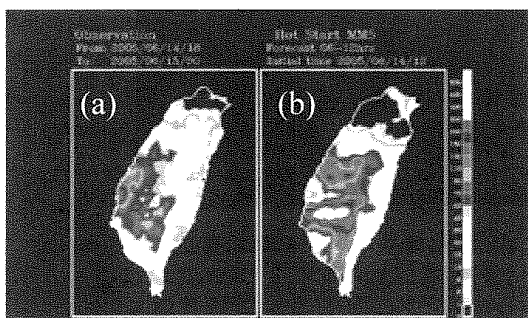


圖 2 (a) 初始時間為 6 月 14 日 1200UTC 之 6-12 小時雨量預報 ; (b) 6 月 14 日 1800UTC - 6 月 15 日 0000UTC 之自動雨量站雨量分佈。

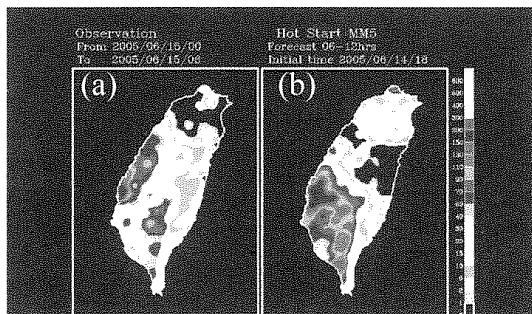


圖 3 (a) 初始時間為 6 月 14 日 1800UTC 之 6-12 小時雨量預報 ; (b) 6 月 15 日 0000UTC - 0600UTC 之自動雨量站雨量分佈。

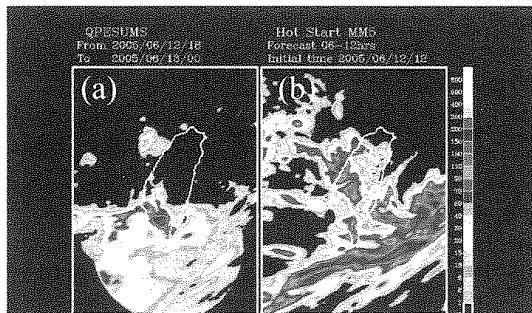


圖 4 (a) 初始時間為 6 月 12 日 1200UTC 之 6-12 小時雨量預報 ; (b) 6 月 12 日 1800UTC - 6 月 13 日 0000UTC 之雷達估計雨量分佈。

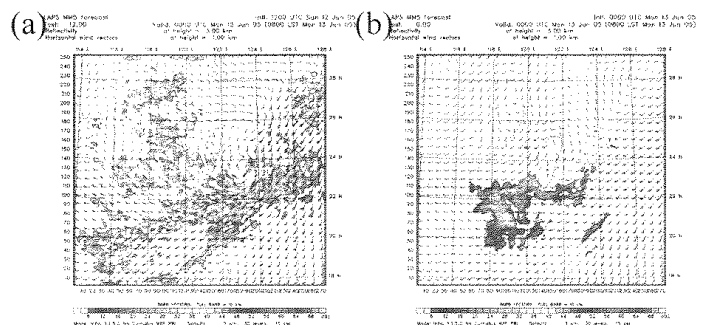


圖 5 1-km 高度風及 3-km 高度雷達回波(a)6 月 12 日 1200UTC 之 12 小時預報 ; (b) 6 月 13 日 0000UTC 之初始場。

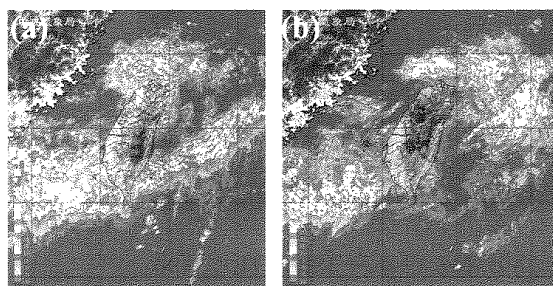


圖 6 (a) 6 月 16 日 0600UTC ; (b) 6 月 16 日 1200UTC 之雷達回波圖。

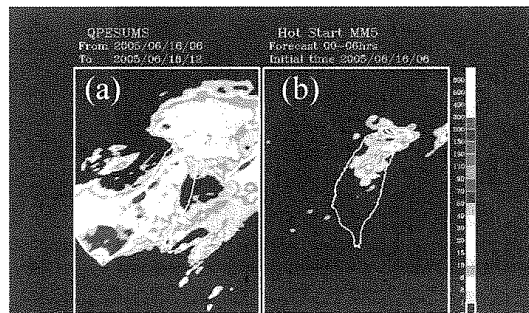


圖 7 (a) 初始時間為 6 月 16 日 0600UTC 之 0-6 小時雨量預報 ; (b) 6 月 16 日 0600UTC - 1200UTC 之雷達估計雨量分佈。

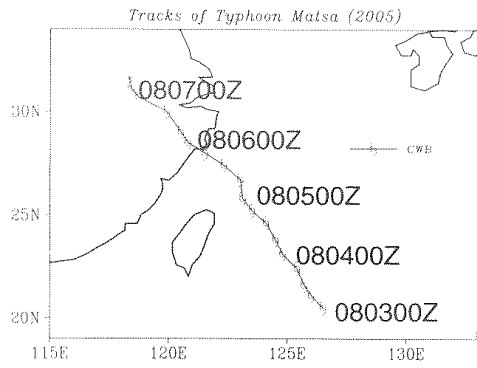


圖 8 馬莎(Matsa)颱風於8月3日0000UTC至8月7日0600UTC之最佳路徑圖。

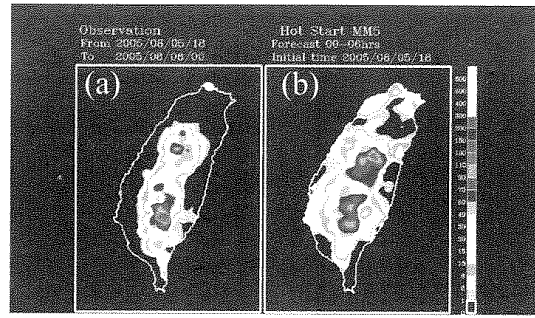


圖 12 (a)初始時間為8月5日1800UTC之0-6小時雨量預報；(b)8月5日1800UTC-8月6日0000UTC之自動雨量站雨量分佈。

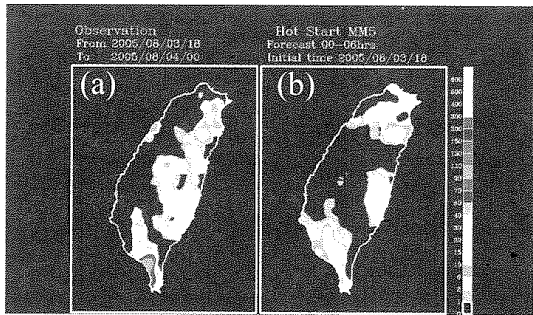


圖 9 (a)初始時間為8月3日1800UTC之0-6小時雨量預報；(b)8月3日1800UTC-8月4日0000UTC之自動雨量站雨量分佈。

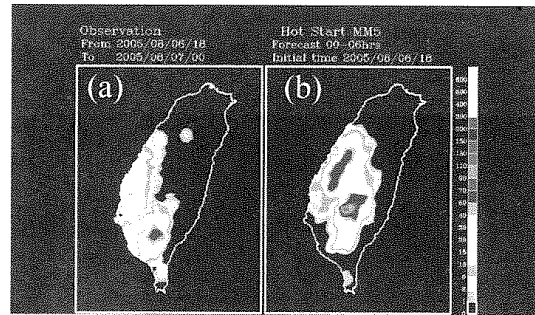


圖 13 (a)初始時間為8月6日1800UTC之0-6小時雨量預報；(b)8月6日1800UTC-8月7日0000UTC之自動雨量站雨量分佈。

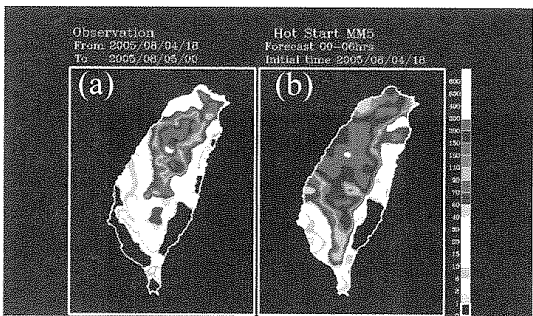


圖 10 (a)初始時間為8月4日1800UTC之0-6小時雨量預報；(b)8月4日1800UTC-8月5日0000UTC之自動雨量站雨量分佈。

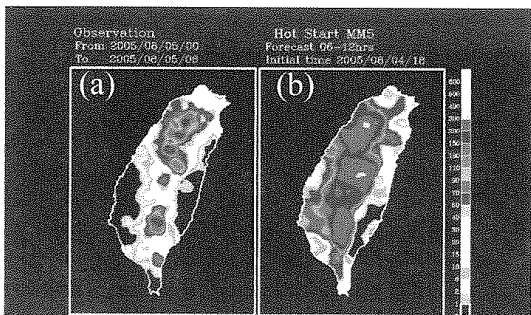


圖 11 (a)初始時間為8月4日1800UTC之6-12小時雨量預報；(b)8月5日0000UTC-0600UTC之自動雨量站雨量分佈。

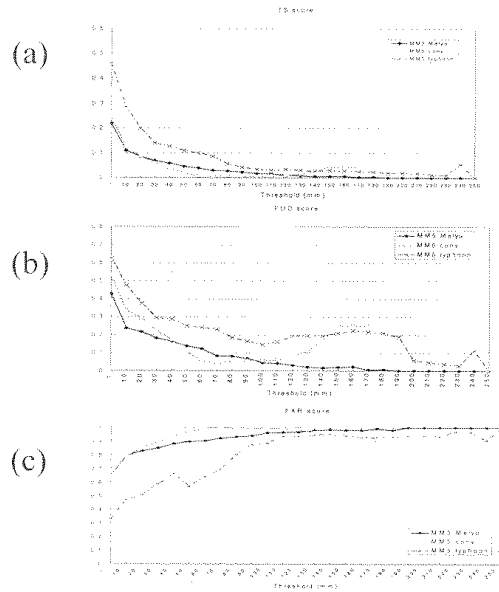


圖 14 梅雨鋒面、颱風及午後對流之(a)TS；(b)POD；(c)FAR比較圖。

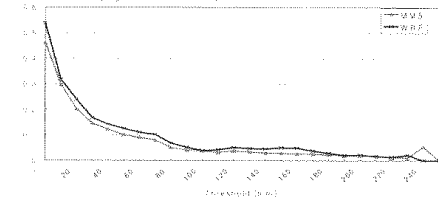


圖 15 馬莎颱風個案 LAPS-MM5 與 LAPS-WRF 之 TS 比較圖。