

# 定量降雨整合預報技術之研發

## The Development of Quantitative Precipitation Forecast Techniques

主管單位：財團法人國家實驗研究院  
National Applied Research Laboratories

鳳雷  
Lei, Feng

陳熾竹

Delia, Yen-Chu Chen

台灣颱風洪水研究中心

Taiwan Typhoon and Flood Research Institute

### 摘要

為提升定量降雨預報能力，協助提升我國防救災預警與應變能力，颱洪中心自 99 年起即結合學界與相關單位（中央氣象局、國家災害防救科技中心、台灣大學、中央大學、師範大學、文化大學及國家高速網路中心），積極研發定量降雨系集預報技術，並進行定量降雨系集預報實驗。實驗之目的除在驗證系集預報技術外，並可增加災防單位於應變作業時可參考之資訊，協助提升災害防救效能。定量降雨系集預報實驗每日提供四次、每次約二十組模式實驗結果；實驗之模式系集成員，係分別考慮不同物理參數化、不同資料同化方法及不同模式的最佳組合而設計，以求降低模式預報的不確定性。

本計畫針對 2011 年 21 個颱風事件進行路徑誤差分析，結果顯示系集平均之預報路徑優於美國海軍模式（NOGAPS），而此預報實驗亦可提供台灣地區高解析度之定量降雨資訊。此外，為即時提供實驗結果予防災相關單位於應變作業時參考，本計畫規畫建置資訊平台，透過網頁界面即時展示實驗成果。於 100 年亦舉辦兩場說明會，針對災防相關單位介紹本資訊系統。

關鍵詞：颱風、定量降雨預報、系集預報

### Abstract

The quantitative precipitation forecast (QPF) during typhoon period is highly needed for disaster preparedness and emergency evacuation operation in Taiwan. Therefore, Taiwan Typhoon and Flood Research Institute (TTFRI) started the typhoon quantitative precipitation forecast ensemble forecast experiment in 2010. The ensemble QPF experiment included 20 members. The ensemble members include various models (ARW-WRF, MM5 and CreSS models) and consider different setups in the model initial perturbations, data assimilation processes and model

physics.

Results show that the ensemble mean provides valuable information on typhoon track forecast and quantitative precipitation forecasts around Taiwan. Track forecasts for 21 typhoons in 2011 showed that the ensemble forecast has a comparable skill to those of operational centers and has better performance than a deterministic prediction. With an accurate track forecast for Typhoon Nanmadol, the ability for the model to predict rainfall distribution is significantly improved. Similar situation occurred for Typhoon Nalgae (2011) which caused 1,621 mm accumulated rainfall during a 72-hours period (1~3 Oct) in I-lan area.

**Keywords** : Typhoon 、 Quantitative Precipitation Forecast 、 Ensemble Forecast

## 一、前言

為提升定量降雨預報能力，協助提升我國防救災預警與應變能力，颱洪中心自 2010 年起進行「颱風定量降雨數值模式系集預報實驗」，其目的在研發測試定量降雨預報技術並增加災防單位應變作業時可參考之資訊，協助提升災害防救效能。本實驗結合學研界（台灣大學、中央大學、台灣師範大學及文化大學）與作業單位（中央氣象局）之研發能量，並結合國家高速網路與計算中心的計算資源及國家災害防救科技中心的實務經驗。於颱風影響台灣期間，每日產出 4 次即時高解析度台灣地區天氣狀況並利用系集統計方法與機率預報概念，分析颱風路徑與雨量分布，並提供致災性雨量的機率預報。

實驗期間，所有實驗結果均利用數據專線，即時傳輸至中央氣象局、水利署、災防中心...等供參考應用。此外本中心並將重要結果整理成簡報檔，每日兩次主動即時提供中央氣象局、災防中心、水利署（含防災應變中心、河川局及協力單位（台大天災中心、成大水利及海洋工程系））、水保局土石流防災中心、陸軍總部、國研院院部、國科會...等災防相關人員參考之用。透過此實驗平台的模擬，可提升國內定量降雨數值預報的技術，並將研發成果應用在實際作業上，充分達到研發、服務及育才的目標。

## 二、南瑪都颱風預報實驗結果校驗

圖 1 為系集實驗期間南瑪都之路徑誤差，結果顯示系集平均之路徑誤差於 24 小時約為 100 公里，72 小時則為 400 公里。主要原因為在南瑪都生命期初期環境變化較難掌握，若分析誤差隨時間變化可發現（圖 2），72 小時路徑誤差從生命初期的 500-600 km 到後期降低為 200-300km。南瑪都系集平均雨量顯示（圖 3），系集平均可掌握中南部之強降水特性，惟中北部所估計之降雨有略微偏高現象。從三天累積雨量分析比對中（圖 4）可明顯發現於系集模式於台灣東側預報有顯著降水，且幾乎所有模式均有此現象，明顯為雨量高估。

分析南瑪都颱風針對不同降雨門檻值之校驗得分之結果（表 1）顯示，於預報第一日且降雨門檻值為 130mm 之 TS 值高達有 0.51，門檻值為 200mm 之 TS 亦高達 0.34。顯示系集平均對於此颱風降雨預報有不錯表現。而系集預報第二日之結果則分別降為 0.33 與 0.16，顯示系集模式對於雨量預報時間 25 小時以後表現較差。而從 BS 分析顯示，系集模式於預報前兩日均有雨量高估的現象，進一步分析 BS 隨預報初始時間變化（圖 5），結果顯示於預報時間 8 月 28 日 0600 UTC 開始出現顯著雨量高估現象。

綜合今年四個颱風（桑達颱風、米雷颱風、南瑪都颱風與奈格颱風，共 32 dtg 時間）雨量預報表現呈現於表 2，平均而言，本年度 TS-130mm 分數高達 0.44，ETS-130mm 亦有 0.41，顯示系集模式對於颱風雨量預報有不錯掌握，BS-130mm 值為 0.83，此結果顯示系集模式僅略微低估降雨。而誤報率與可偵測率值亦分別為 0.33 與 0.56，顯示系集模式誤報率不高，可偵測率則仍有待提升。若進一步比較不同颱

風之差異，結果顯示對於累積雨量較高的颱風，如南瑪都與奈格，整體雨量預報校驗得分均較高，而在累積雨量較少的颱風，如桑達與米雷颱風，與上述兩颱風相比時，於相同雨量門檻值之分數明顯較低，但實際分析累積雨量分布顯示，桑達與米雷颱風於雨量預報有較大的分散度，反之南瑪都與奈格颱風各系集成員雨量預報相似度較高。未來分析此校驗得分結果時仍須謹慎使用，以避免錯誤分析其所代表之資訊。

綜合上述結果顯示，系集預報技術對於颱風造成的台灣地區定量降雨有一定的掌握能力，但仍須加強數值模式對於中尺度對流系統的模擬能力。未來本中心將透過數值模擬和診斷分析，發展不同類型颱風的中尺度對流系統變化之概念模式，配合颱風定量降雨數值模式系集預報，嘗試改善中尺度降雨之預報能力。

### 三、全年雨量校驗

2011 年雨量校驗除針對桑達、米雷、南瑪都與奈格颱風以外，同時亦計算四個顯著降雨颱風之綜合表現，與 2011 全年預報表現，參考表 3。

在 TS 值校驗部份顯示，南瑪都與奈格兩個累積雨量較大之颱風，其降雨門檻值 130 mm 的校驗得分分別為 0.48 與 0.51，整年平均得分亦有 0.34。惟在總雨量較少的個案（桑達與米雷）校驗中，TS 值分數較低，若進一步分析降雨門檻值 50 mm 的校驗得分，則米雷颱風則為 0.44，但桑達颱風亦只有 0.14。顯示今年系集預報設定對於桑達颱風雨量預報表現較差。ETS 校驗得分扣除隨機預報的狀況，目前較為使用，整年平均而言，降雨門檻值 130 mm 的校驗得分為 0.33，個案間表現仍為兩極化，總雨量較高的個案降雨門檻值 130 mm 的 ETS 高達 0.45~0.48，反之雨量較低僅有 0.00~0.09。

在偏倚得分（BS）的結果顯示，整年平均而言，系集預報結果對於降雨門檻值 50、130、200 與 350mm 均有低估的現象。而進一步分析四個颱風之個別差異，以門檻值 130mm 而言，僅在南瑪都颱風有高估的情形，其餘個案均顯示為明顯低估。誤報率（FAR）描述的是有多少比例的事件是假警報，分析資料顯示，門檻值 130mm 之誤報率除桑達颱風外，其於個案得分均低於 0.4。而與誤報率相對應的可偵測機率（POD），則是描述有多少比例的事件發生被正確的預報，校驗結果顯示，南瑪都颱風降雨門檻值 130mm 有高達 0.72 的可偵測機率，全年平均則為 0.42。就災害預警而言，POD 值偏低則有可能會導致災前佈署漏掉顯著降雨的區域，此數值仍希望能越高越好。

### 四、颱風定量降雨預報系集預報實驗資訊平台系統

為服務防災相關單位應變需求，本計畫於今年規畫建置網頁版展示平台資訊系統，此資訊平台系統配合本中心定量降雨預報實驗之數值模式輸出結果，建置模式資料處理與展示介面。透過網頁平台界面即時展示實驗成果予作業與防災單位，提供決策者風險評估參考。此平台資訊系統頁面主要包括颱風路徑、雨量、層場圖、校驗等四部分。颱風路徑展示部分可呈現系集平均結果與各系集成員路徑，並疊上

中心 120 公里範圍內進入當地之機率圖，亦可隨選成員計算平均路徑（圖 6a）。雨量部分可呈現未來 24、48、72 小時平均累積雨量圖，並搭配各分區、測站之逐時雨量與累積雨量圖（圖 6b）。本平台亦提供達到致災性雨量之降雨機率預報，供災防單位參考運用。

定量降雨預報實驗平台資訊系統於今年七月建置完成，並於七月底舉辦教育訓練，邀請本中心顧問暨前中央氣象局預報中心主任吳德榮介紹天氣預報風險管理概念，並由本中心陳嬾竹副研究員、張龍耀助理研究員分別介紹系集預報實驗與平台資訊系統操作。此教育訓練活動分別於台中、台北各舉辦一場，參與者多為水利署、水保局、災防中心、台北科技大學、台大水工所、成大水土保持研究中心等災防相關單位人員（參與人數約為 40 人，圖 7），另於中央氣象局預報中心舉辦一場進階使用者之教育訓練（參與人數約為 25 人）。歷經七～十一月的使用，亦收到許多使用者意見回饋，本資訊平台系統於中央氣象局與災防等單位作業上均扮演相當高的應用與參考價值。

本計畫除原細部計畫規劃執行項目外，並於颱風應變期間亦製作颱風資訊投影片（包含颱風路徑及累積降雨量），主動即時提供中央氣象局、國家災害防救科技中心、水利署、水保局、軍方等作業單位與所屬研究單位參考。2011 年共發送 34 次預報實驗結果資料供應變作業參考運用。

表 1、南瑪都颱風整體預報針對不同降雨門檻值之校驗得分。

	預報時段	50mm	130mm	200mm	350mm
TS	0~24hr	0.54	0.51	0.34	0.06
	24~48hr	0.43	0.33	0.16	0.00
	49~72hr	0.36	0.12	0.04	0.00
BS	0~24hr	1.45	1.13	1.18	1.28
	24~48hr	1.42	0.83	0.66	0.64
	49~72hr	1.33	0.68	0.50	0.17
FAR	0~24hr	0.41	0.36	0.53	0.89
	24~48hr	0.48	0.46	0.65	1.00
	49~72hr	0.54	0.74	0.87	1.00
POD	0~24hr	0.86	0.72	0.56	0.14
	24~48hr	0.73	0.45	0.23	0.00
	49~72hr	0.62	0.18	0.06	0.00

表 2、2011 年四個降雨顯著之颱風整體預報針對不同降雨門檻值之校驗得分。

	50mm	130mm	200mm	350mm
TS	0.50	0.44	0.33	0.08
BS	1.02	0.83	0.83	0.56
FAR	0.34	0.33	0.46	0.80
POD	0.67	0.56	0.45	0.11
ETS	0.41	0.41	0.32	0.08

表 3、系集平均結果於 0~24 小時對應不同降雨門檻值之測站校驗得分

		50mm	130mm	200mm	350mm
TS	SONGDA	0.14	0.00	0.00	NaN
	MEARI	0.44	0.09	0.02	NaN
	NANMADOL	0.54	0.51	0.34	0.06
	NALGAE	0.53	0.48	0.36	0.09
	四個顯著降雨颱風	0.50	0.44	0.33	0.08
	2011 全年	0.31	0.34	0.28	0.08
BS	SONGDA	0.20	0.01	0.00	NaN
	MEARI	0.63	0.12	0.05	NaN
	NANMADOL	1.45	1.13	1.18	1.28
	NALGAE	0.87	0.80	0.62	0.23
	四個顯著降雨颱風	1.02	0.83	0.83	0.56
	2011 全年	0.84	0.68	0.69	0.53
FAR	SONGDA	0.25	1.00	NaN	NaN
	MEARI	0.22	0.18	0.67	NaN
	NANMADOL	0.41	0.36	0.53	0.89
	NALGAE	0.26	0.27	0.30	0.56
	四個顯著降雨颱風	0.34	0.33	0.46	0.80
	2011 全年	0.49	0.38	0.46	0.80
POD	SONGDA	0.15	0.00	0.00	NaN
	MEARI	0.50	0.10	0.02	NaN
	NANMADOL	0.86	0.72	0.56	0.14
	NALGAE	0.65	0.59	0.43	0.10
	四個顯著降雨颱風	0.67	0.56	0.45	0.11
	2011 全年	0.43	0.42	0.37	0.11
ETS	SONGDA	0.13	0.00	0.00	NaN
	MEARI	0.38	0.09	0.01	NaN
	NANMADOL	0.43	0.48	0.33	0.06
	NALGAE	0.43	0.45	0.35	0.09
	四個顯著降雨颱風	0.41	0.41	0.32	0.08
	2011 全年	0.29	0.33	0.28	0.08

註：紅底表得分結果優於流域平均結果

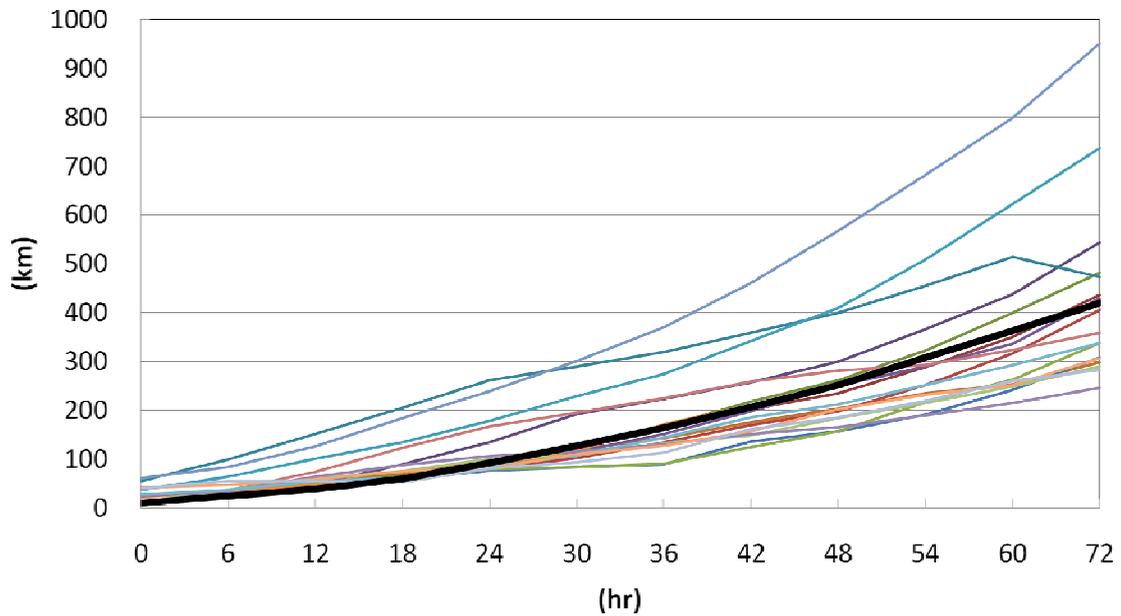


圖 1、2011 年南瑪都颱風路徑誤差圖。黑色線為系集平均結果，其餘色系為系集各成員結果。

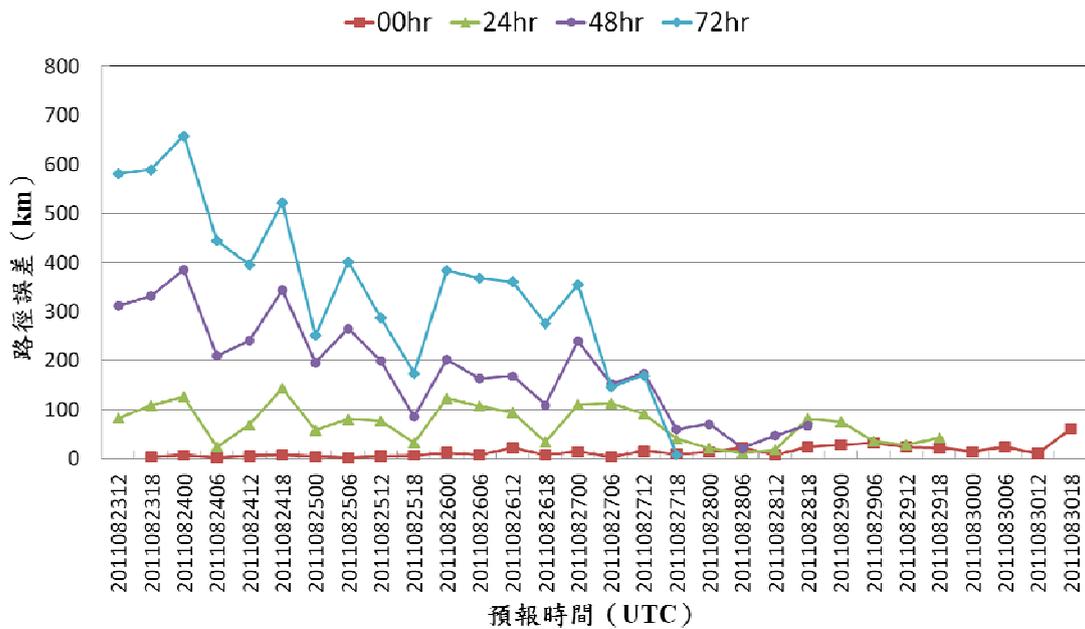


圖 2、2011 年南瑪都颱風路徑誤差隨預報時間變化。

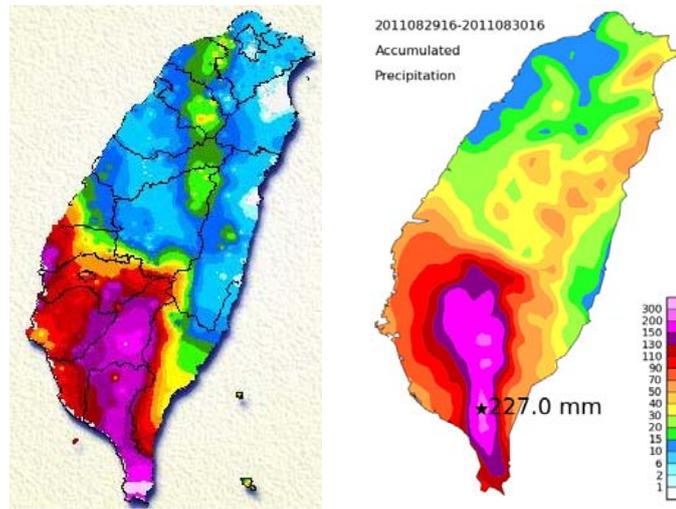


圖 3、2011 年南瑪都颱風累積雨量(8 月 30 日 0000LST~8 月 31 日 0000 LST)，左圖為實際觀測；右圖為系集平均。

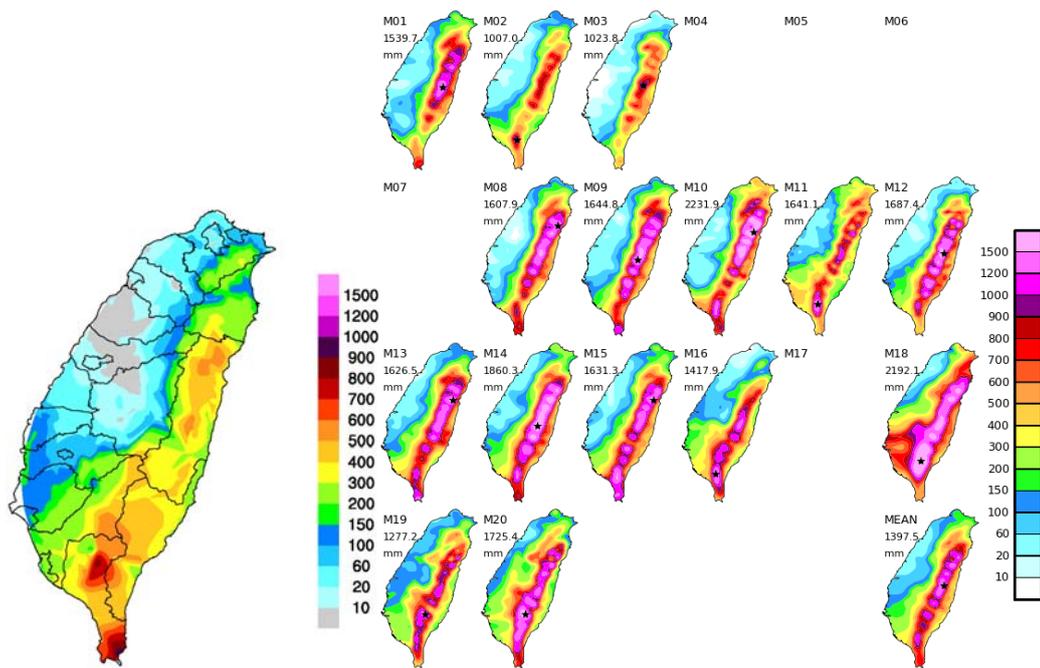


圖 4、2011 年南瑪都颱風累積雨量(8 月 27 日 1200 UTC~8 月 30 日 1200 UTC)，左圖為實際觀測；右圖為系集結果。

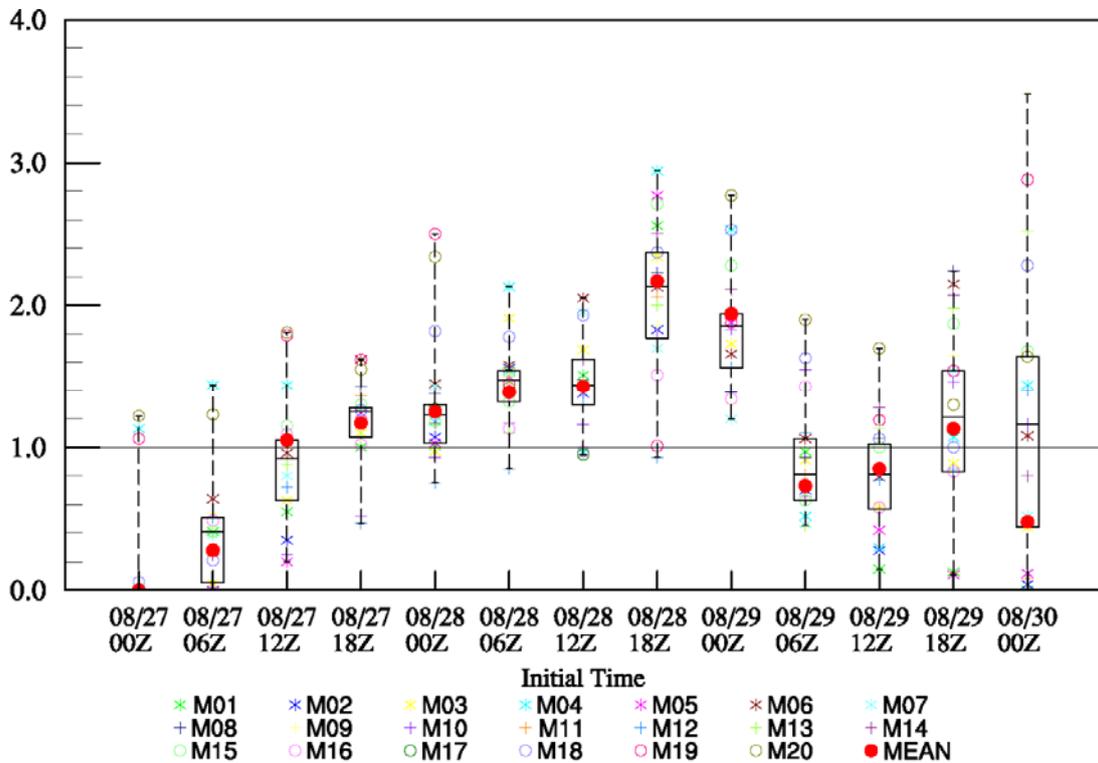


圖 5、南瑪都颱風系集模式 0~24hr，降雨門檻值 130mm 偏倚得分。

(a)

(b)

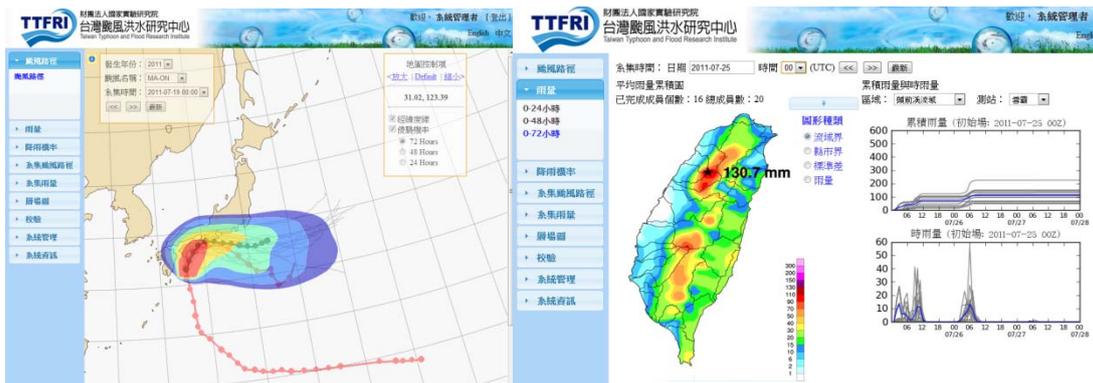


圖 6、颱風定量降雨數值模式系集預報實驗展示平台。(a) 颱風路徑頁面，(b) 雨量預報頁面。



圖 7、颱風定量降雨數值模式系集預報實驗平台資訊系統教育訓練活動