

# 災害性降水之監測與預報技術研發與改進(1/2)

## Monitoring and Forecasting of Disastrous Precipitation in the Taiwan area (1/2)

主管單位：經濟部水利署  
周仲島

Ben, Jong-Dao Jou  
國立台灣大學大氣科學系

計畫編號：MOEA WRA 0960184  
簡芳菁

Fang-Ching Chien  
國立師範大學地球科學系

### 摘要

本研究計畫是針對災害性降水，進行監測與預報技術的研發與改進。災害性降水主要是受梅雨鋒面系統、西南氣流引發之對流系統與颱風所造成。監測與預報技術是利用中尺度動力數值模式（簡稱WRF模式），提供定量降雨預報產品，時效每12小時一次，以每3小時累積雨量為降雨產品，並對主要河川流域與集水區建立定量降雨預報雛形系統。另一方面，利用「多重儀器之定量降水估計與分類系統」（QPESUMS）即時監測災害性降水與校驗模式之定量降水產品。

災害性降水監測技術之研發，完成年度災害性降水個案之氣象資料蒐整工作，及檢驗QPESUMS系統雨量估計產品。中尺度動力模式之災害性降水定量預報產品之研發，利用模式進行主要河川及都會區之定量降雨預報並製作產品，並將定量降雨預報產品透過網路定時自動傳送，自今年4月24日由水利署及其合作單位自行透過網路下載，作為FEWS模式之初始場及其他定量降水預報應用所需。建立定量降雨預報產品之校驗系統，利用自動雨量站觀測資料，尤其在八掌河流域，中央氣象局租借兩部微波降雨雷達，自6月8日至10月上旬為期四個月，架設於水利署大湖山與小公田自動雨量站附近，同時進行定量降雨預報校驗，今年發展以緊鄰兩區法作為校驗之新方法。利用QPESUMS雨量估計產品進行即時定量降雨預報校驗。今年增置侵台或臨台帕布等四個颱風之災害性降水個案，雷達降雨特徵之氣候資料庫。配合2007年西南氣流預實驗之執行，進行豪大雨定量降雨預報實驗，於颱風季進行帕布、梧提、聖帕、韋帕與柯羅莎等五個颱風之颱風定量降雨預報實驗。於11月5日至11月10日合辦舉行三個國際性之定量降雨預報研討會，分別為「雷達資料同化與預報」、「第六屆東亞地區中尺度氣象與颱風」與「第四屆西南氣流實驗規劃」國際性研討會，三個研討會過程都相當圓滿成功，參與之國內、外專家學者達160位以上，討論內容必然對台灣定量豪大雨預報有所改善。

關鍵詞：定量降水預報、多重儀器之、定量降水估計與分類系統

## **Abstract**

In this project, we focused on the monitoring and forecasting of disastrous precipitation in the Taiwan area. The disastrous precipitation system, including Meiyu front, southwest flow induced convective systems, and typhoon, were proceeded the monitoring and forecasting technical development and improvement. The monitor and the forecast technology by using the modern mesoscale dynamic numerical model (WRF model), we have establish Quantitative Precipitation Forecast (QPF) primitive system for the river basins and water sheds. The WRF model has provided QPF products per 12 hours and 3 hours accumulated rainfall. On the other hand, the Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors (QPESUMS) data were used immediately monitor disastrous precipitation and verification QPF data.

The disastrous precipitation monitors research and development of the technical, completed the collection of meteorological information entire work the year disastrous precipitation case, and examined the QPESUMS system rainfall estimate products. WRF model research and development of the disastrous precipitation QPF carried on the main river. The QPF products by the network fixed time automatic transmission, and the cooperation unit penetrates voluntarily from April 24 by the Water Resource Agency(WRA) network downloading, took the FEWS model the initial field and other QPF application needs. Verification of system the establishment QPF products, using automatic rainfall station observed data, in Pa Chang basin, the Central Weather Bureau rent two microwave rainfall radar especially, from June 8 to early October for the time four months, erected nearby the WRA DaHushan and HsiaoGungTien automatic rainfall station, simultaneously carried on the QPF verification, this year developed by the contiguous rain area took the new method of verification. Using the QPESUMS rainfall estimated that the products carried on the immediate QPF verification. Established the data base of near Taiwan four typhoons precipitation characteristic this year. Coordinated SoWMEX executed in 2007, carried on the heavy rainfall QPF experiment in Meiyu season. In the typhoon season, Carried on the typhoon of QPF experiment including Pabuk, Wutip, Sepat, Wipha, Krosa and so on five typhoons. Jointly managed November 5 to November 10 held QPF three international meeting, respectively is “Workshop on Radar Data Assimilation and Nowcasting”, “Conference on Mesoscale Meteorology and the Typhoon in East Asia (ICMCS-VI)” and “4<sup>th</sup> SoWMEX/TIMREX Planning Meeting”, three conference process quite complete success, the participations of home and oversea experts reach above 160, the discussion content has the improvement inevitably to Taiwan QPF.

Key word: Quantitative Precipitation Forecast(QPF), Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors (QPESUMS).

## 一、 前言

定量降雨預報與監測是防災、救災及減災體系裡的關鍵環節，但也是新世紀最嚴峻的天氣預報挑戰(陳泰然 2003)。量化降雨預報技術的建立，經預報與降雨估計的校驗，之後，回饋降雨預報技術能力的提升。定量降雨估計技術的提升與預報結果的準確度直接影響河川水位預測模式的預報能力。為達到提升災害性降雨預報與量化降雨估計的能力，尤其是定點定量預報，氣象專家學者仍積極進行災害性豪雨之定點定量降雨預報研究(周仲島 2001;周仲島等 2004;周仲島 2005;周仲島 2006;Jou and Shieh 2001; Chien et al. 2002; Chien and Jou 2004)。

近年來，由於數值天氣預報技術以及高速電腦計算能力的快速進展，有愈來愈多的學術機構擁有獨立進行即時數值天氣模擬的能力(簡芳菁等 2006)。對於數值天氣預報而言，一個客觀的校驗系統是整個作業環節中最重要的部分之一。因此，分析模式的校驗結果並賦予合理的詮釋，以及校驗方法的發展與改進，是數值天氣預報發展的一個重要環節(洪景山等 2006)。

本計畫擬針對災害性(如颱風、梅雨鋒面系統與雷暴系統等)降水，進行監測與預報技術的研發與改進。計畫預計工作內容第一部分主要是利用現代化中尺度動力數值模式(WRF 模式)，針對台灣之主要河川與集水區建立定量降雨預報雛形系統。平時預報產品包括 0~36、0~24、以及 0~12 小時 15 公里網格之定量降雨預測值。若有潛勢災害性降水發生時，將增加現代化中尺度動力模式之高解析度(5 公里)定量降雨預報產品。同時利用氣象局之自動雨量觀測，與水利署與氣象局共同發展之「多種儀器之定量降水估計與分類系統」(QPESUMS; Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors)的雨量預報與估計產品，建置即時定量監測與校驗系統，即時掌握模式產品的準確度。所建立之高解析度降雨動力模擬系統，將提供高時空分布之定量降雨預報產品，時效每 12 小時一次，以集水區或河川流域為主之每 3 小時累積雨量。獲得預報之雨量值，可作為水利署河川水位預測模式的輸入值，提供災害性降水威脅潛勢預估與決策之輔助。同時使用 QPESUMS 系統所提供之回波資料，建立侵台颱風降雨結構之氣候特徵資料庫，期待改善對於颱風動態及災害性降雨事件的掌握。所以，計畫執行須同時整合現代化中尺度動力模式定量降水產品、QPESUMS 產品資料與即時校驗之工作。

## 二、 定量降水估計與預報產品及校驗

針對年度災害性降水預報技術研發與改進，即利用現代化之中尺度動力數值模式，建立 72 小時內之 3 小時、6 小時、與 12 小時總累積雨量的定量降雨預報產品，並將產品透過網路定時自動傳送，由水利署及其合作單位自行透過網路下載，作為 FEWS 模式之初始場及其他定量降水預報應用所需。定量降水預報產品的結果必須進行嚴謹校驗，除了瞭解現階段災害性降水如侵台颱風定量降雨預報的能力，還必須透過校驗不斷累積目前相關預報系統的經驗及能力，以期未來有助於回饋預報系統的改善。

颱風定量降雨產品預報與校驗，以 2007 年聖帕颱風為例。氣象局聖帕颱風路徑圖如圖 1 所示。圖 2 為 8 月 17 日至 19 日聖帕颱風影響期間之累積雨量圖。8 月 17 日東部

宜蘭與花蓮地區受颱風環流影響，在宜蘭縣有大豪雨之降水事件，台北縣與花蓮縣部分地區降下達豪雨標準之降水。聖帕颱風中心於 18 日 5 時 40 分於花蓮秀姑巒溪口登陸、於上午 11 時左右從濁水溪口出海。台灣地區受颱風通過及引進西南氣流，雨勢在 18 日降雨達最高峯，18 日累積雨量圖顯示於花蓮縣、宜蘭縣、屏東縣與高雄縣地區，降雨皆達超大豪雨之標準。因聖帕颱風引進旺盛西南氣流，所以 19 日累積雨量圖顯示於花蓮縣、宜蘭縣與中、南部地區降下豪大雨，尤其高雄縣地區有超大豪雨發生。

WRF 模式集水區降水預報產品中，圖 3 是以 2007081700Z(081708 時)的 CWB NFS 初始場，預報 081803Z(081811 時) 12 小時 與 081815Z(081823 時) 24 小時累積降雨量分佈圖。圖中黑色實線為聖帕颱風最佳路徑，紅色實線為模式預報路徑，顯示模式預報掌握颱風路徑是相當好的。預報 081803Z(081811 時) 12 小時 累積降雨量分佈圖，與圖 2 8 月 18 日 00 時至 12 時 12 小時累積降雨量分佈圖比較，降雨型態是相符合的，最大降雨區是位於東部地區。預報 081815Z(081823 時) 24 小時 累積降雨量分佈圖，與圖 2 8 月 18 日 00 時至 24 時 24 小時累積降雨量分佈圖比較，降雨型態是相符合的，最大降雨區是位於東部地區與南部高屏地區之非高山區。圖 4 是 2007 年 8 月 17 日至 21 日 WRF 模式高屏河流域第二網域(15 km)的降水歷線、累積降雨趨勢及實際降雨量比較圖。由降水歷線圖可觀察到，颱風期間高屏河流域的強降水發生於 8 月 18 日中午至 19 日凌晨。在此我們先專注於研究初始場時間為 8 月 17 日 8 時的預報降雨產品。由南部高屏河流域的降水歷線與累積降雨趨勢圖中，第一波預報降水峰值出現在 18 日上午，較實際強降水發生時間提早約 12 小時，中、下游的降水峰值與實際降水誤差在 30% 以內，上游降水峰值則不到實際降水峰值的三分之一。

而其他五個初始場時間預報的降水歷線、累積降雨趨勢及實際降雨量比較圖的趨勢比較。除 8 月 16 日 8 時預報的降雨峰值時間比實際降水峰值發生時間晚 3 小時以外，其他幾個初始場的降雨峰值時間均與 8 月 17 日 8 時初始場一樣，較實際降水提早發生。累積降雨量趨勢，在高屏溪下游預報的累積雨量則有較實際狀況偏大的趨勢，中游預報的累積雨量則與雨量站觀測累積雨量相當，上游預報的累積雨量則有較雨量站觀測累積雨量低估的趨勢。

為瞭解 QPESUMS 系統受地形影響估計降水特性，及利用微波降雨雷達(Micro Rain Radar-2; MRR)與自動雨量站觀測值，檢驗 QPESUMS 系統雨量估計產品；QPESUMS 網格資料會經中央氣象局以距離網格 30 公里之雨量站，以距離網格平方反比取權重校正(GC 過)。今年特別以八掌河流域為校驗場地，中央氣象局於 6 月上旬完成租借德國 METEK 研發的第二代微波降雨雷達兩部，為期四個月，架設於水利署第五河川局負責之大湖山與小公田雨量站的附近。圖 5a 為 2007 年 6 月 8 日以水利署大湖雨量站為中心，微波降雨雷達、QPESUMS、水利署與氣象局雨量站之時雨量圖。QPESUMS 資料經中央氣象局大湖雨量站 GC 過，微波降雨雷達在當日的觀測與雨量站觀測值是相近的，所以四條曲線是吻合的。圖 5b 為 2007 年 6 月 8 日以水利署小公田雨量站為中心，微波降雨雷達、QPESUMS、水利署與氣象局雨量站之時雨量圖。水利署小公田雨量站於 14、17 與 19 時量測時雨量皆超過 10 毫米以上，QPESUMS 反演之降雨量皆有低估的現象。

利用緊鄰雨區誤差分解方法，對今年侵台的颱風進行校驗，選取的模式初始場分別

為：8月5日生成之帕布(Pabuk) 颱風，由7日00UTC(08時)之初始場，共預報36小時；8月8日生成之梧提(Wutip)颱風，由8月8日00UTC(08時)之初始場，共預報39小時；8月12日生成之聖帕(Sepat)颱風，由8月17日00UTC(08時)之初始場，共預報42小時；9月16日生成之韋帕(Wipha)颱風，由9月17日00UTC(08時)之初始場，共預報39小時。校驗結果如下表：

### 三、颱風降雨特徵氣候資料庫

在雷達回波特徵的分析部分，主要是利用環狀平均回波的時空變化來進行診斷分析，透過此一方法能夠很有效率的將大量的雷達回波資料訊息進行整合，可以在短時間內對颱風的回波結構特徵有初步的了解。環狀平均回波的計算是在颱風中心定出之後，以颱風中心為原點，利用QPESUMS系統之mosaic回波資料，取固定半徑上的回波資料點進行平均，再配合哈莫圖，以時間為縱軸，以相對颱風中心為半徑(單位公里)，呈現每十分鐘一組環狀平均回波分布。本計畫針對2007年帕布、聖帕、韋帕與柯羅莎颱風進行分析與增建颱風降雨特徵氣候資料庫。

圖6a為帕布颱風環狀平均哈莫圖。圖中顯示，在分析時間內帕布颱風的結構相當扎實，在8月7日14時(08070600UTC)~8月7日19時30分(08071130UTC)期間，帕布颱風的強回波(>30dBZ)多集中在距中心50~100公里間。

	PABUK	WUTIP	SEPAT	WIPHA
R	-0.002	0.04	-0.22	0.03
Rshift	0.41	0.44	0.16	0.5
Volume	~22%	~25%	~15%	~44%
Patten	~54%	~46%	~64	~42%
Displacement	~24%	~29%	~21	~14%

R表示平移前之相關係數，Rshift為平移後之相關係數。整體而言，分布誤差為主要的誤差來源，其中韋帕颱風的模式輸出結果，則是以量值誤差為主要的誤差來源。

隨著颱風接近恆春半島(08071130UTC~)，強回波(>30dBZ)開始向內收縮並集中在距中心約25~75公里間，在登陸前約兩個半小時(08071430UTC~08071700UTC)眼牆區出現大於40dBZ的回波，並隨時間有向中心收縮。圖6b為聖帕颱風環狀平均哈莫圖。圖中顯示，聖帕颱風是個較大且扎實的颱風，在8月17日13時(0500UTC)~8月18日00時30分(1630UTC)，颱風明顯呈現一雙眼牆結構，內眼牆約莫在距中心25公里處，外眼牆約在距中心50公里處，眼牆中有一明顯弱回波區，外眼牆發展較內眼牆為強，此外>30dBZ的回波更可發展至距中心225公里處。在颱風接近陸地時(1630UTC~)，雙眼牆的現象已不明顯，外眼牆的強回波逐漸加強，並開始向內收縮，大於>30dBZ的回波也有向內收縮的現象。整體而言，聖帕颱風屬於大且結構扎實的颱風，外眼牆的回波較內眼牆為強，並隨時間加強，於登陸前取代內眼牆。主要的降水回波(>20dBZ)甚至可發展至距中心300公里遠。圖6c為韋帕颱風環狀平均哈莫圖。圖中顯示，韋帕颱風是屬於小且強的颱風，在9月18日03時(09171900UTC)~9月18日11時(0300UTC)，韋帕颱風的強回波(>35dBZ)完全集中在距中心30公里以內。在半徑30

公里內，回波變化梯度相當大，反之在半徑 30 公里以外回波梯度變化相對較緩，由此可知，韋帕颱風之強降雨區非常集中於內核區。在分析時間內最強環狀平均回波還可達到 50dBZ 以上。圖 6d 為柯羅莎颱風環狀平均哈莫圖，由圖中可知，柯羅莎颱風屬於大且強度偏強的颱風，在 10 月 06 日 00 時(10051600UTC)~ 10 月 06 日 07 時 30 分(10052330UTC)，颱風明顯呈現一雙眼牆結構，內眼牆約莫在距中心 40 公里處，外眼牆約在距中心 150 公里處，眼牆中有一明顯弱回波區，外眼牆發展範圍較內眼牆為大，隨時間外眼牆向內收縮，內眼牆短暫增強後(10052030UTC)，隨後內眼牆崩潰，內外眼牆合併為單一眼牆，隨著颱風逐漸接近陸地(10052330UTC~)，眼牆的回波開始向中心收縮，並開始增強，內核區更在接近陸地時出現大於 50dBZ 的環狀平均回波，此外 >30dBZ 的回波甚至可發展至距中心將近 300 公里處，由此可知，柯羅莎颱風實屬一強度強，大小大的颱風，致災的程度相對也大範圍相對也廣。

#### 四、結論

本委託研究計畫根據契約書，於限期內完成各項工作項目。主要成果及結論如下：

- (一)數值動力模式對台灣北、中與南部地區主要集水區、河川流域與台灣地區，未來 12~24 與 24~48 小時之定量降雨預報能力，有不錯之表現。定量降水預報產品透過網路定時自動傳送，自今年 4 月 24 日由署方及其合作單位自行透過網路下載，作為 FEWS 模式之初始場及其他定量降水預報應用所需。提供下游水文各單位進行應用，並作為防洪災變等決策參考依據，提升災害預警能力。
- (二)利用微波降雨雷達與自動雨量站觀測值，以八掌河流域水利署大湖山與小公田雨量站為實驗目標，檢驗 QPESUMS 系統雨量估計產品。可進一步瞭解 QPESUMS 系統於八掌河流域雨量估計產品與實際降雨之關係。
- (三)利用 QPESUMS 雨量估計產品，以緊鄰兩區法校驗模式定量降雨預報，以較長預報時間(預報時間 36~42 小時)來看今年四個臨台颱風校驗結果。整體而言，分布誤差為主要的誤差來源。另外，韋帕颱風的模式輸出結果，則是以量值誤差為主要的誤差來源。建立即時模式定量降雨預報產品校驗系統之雛型，作為模式改進依據。
- (四)颱風雷達降雨結構氣候資料庫建置方面，今年完成帕布、聖帕、韋帕與柯羅莎颱風雷達降雨結構氣候資料庫之建置工作。未來將持續以 QPESUMS 資料建立侵台颱風降雨結構特徵辨識資料庫，配合相關之研究計畫，利用 QPESUMS 重新計算資料發展新的降雨因子與降雨量之關係，以利於定量降雨預報的提升，提供水利署在洪水預報之參考。

## 參考文獻

1. 周仲島，2001：台灣天氣研究計畫與綠島中尺度實驗簡介。科學發展月刊，29，568-578。
2. 周仲島、顏健文、與趙坤，2004：台灣地區登陸颱風降雨結構之雷達觀測。大氣科學，32，p183-204。
3. 周仲島，2005：季節性降雨、颱風威脅潛勢之研究。經濟部水利署委託計畫。
4. 周仲島，2006：季節性降雨、颱風威脅潛勢預報改善之研究。經濟部水利署委託計畫。
5. 洪景山、林得恩、簡芳菁、劉素屏、周仲島、林沛練、張文錦、繆璿如、陳致穎、雷銘中，2006：WRF 模式之敏感度測試第一部分：探空測站上的校驗。大氣科學，34，p241-260。
6. 陳泰然，2003：新世紀最嚴峻的天氣預報挑戰。科學發展，365，72-75。
7. 簡芳菁、洪景山、張文錦、周仲島、林沛練、林得恩、劉素屏、繆璿如、陳致穎，2006：WRF 模式之敏感度測試第二部分：定量降水預報校驗。大氣科學，34，p261-276。
8. Chien, F.-C., and B. J. D. Jou, 2004: MM5 ensemble mean precipitation forecasts in the Taiwan area for three early summer convective (Mei-yu) seasons. *Weather and Forecasting*, 19, 735-750.
9. Chien, F.-C., Y.-H. Kuo, and M.-J. Yang, 2002: Precipitation forecast of the MM5 in Taiwan area during the 1998 Mei-yu season. *Weather and Forecasting*, 17, 739-754.
10. Jou, B. J.-D., and Shieh, S.-L., 2001: A brief summary of GIMEX operation. *Proceedings International Conference on Mesoscale Meteorology and Typhoon in East Asia, Taipei, Taiwan, September 26-28, 2001*, 252-257.

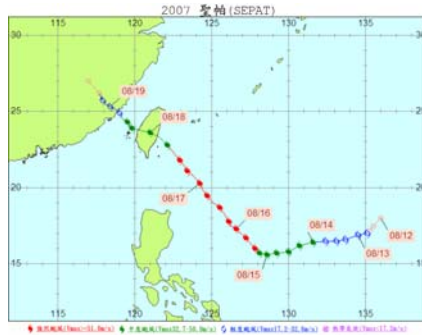


圖 1. 2007 年氣象局聖帕颱風路徑圖。

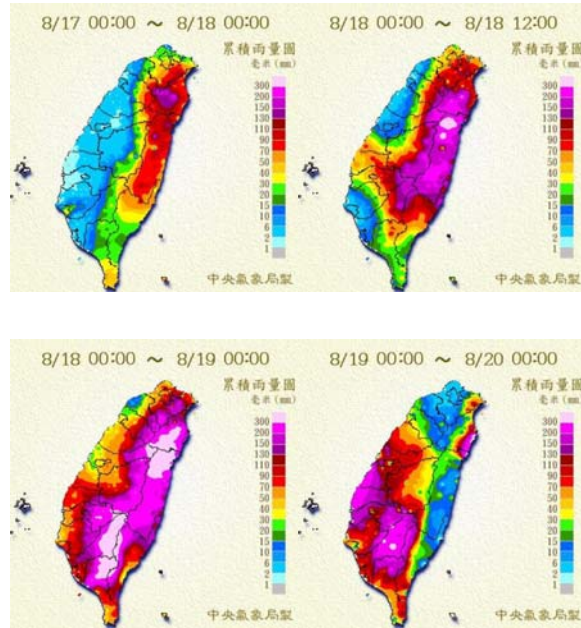


圖 2 8 月 17 日至 20 日聖帕颱風影響期間之累積雨量圖。

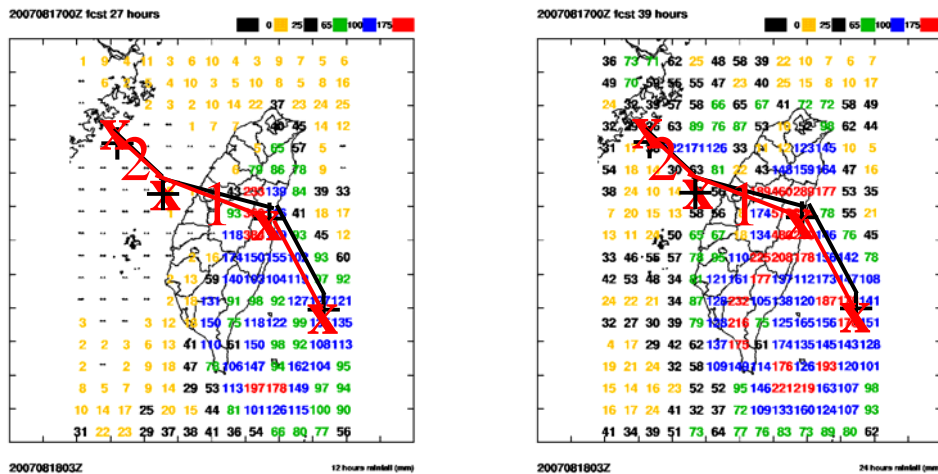


圖 3 2007081700Z 模式預報 081803Z (081811LST) 12 hr 與 081815Z (081823LST) 24 hr 累積降雨量分佈圖。圖中黑色實線為聖帕颱風最佳路徑，紅色實線為模式預報路徑。



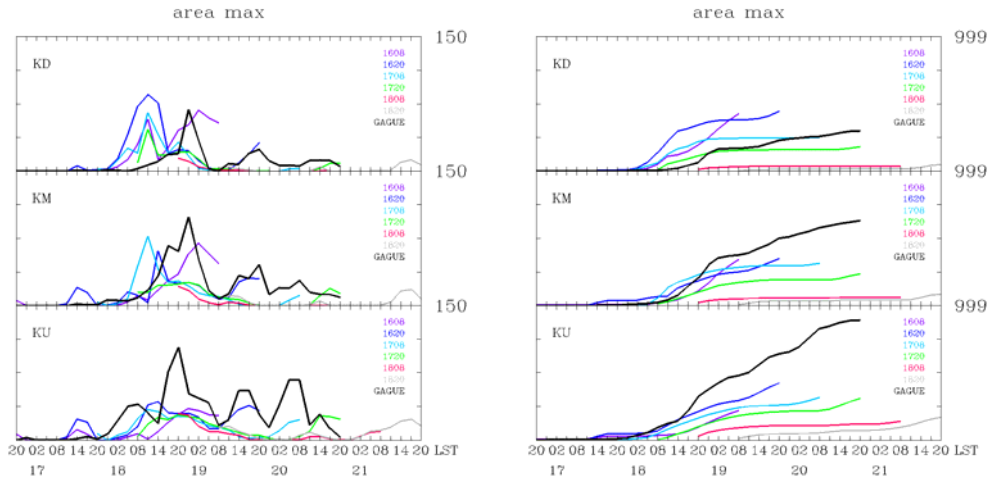


圖 4 WRF 模式 2007 年 8 月 17 日至 21 日間，第二網域(15 km)預報的高屏溪降水歷線與累積降雨趨勢及實際降雨量比較圖。黑粗線為實際降雨曲線，圖中的實際降雨曲線亦為前 3 小時累積降雨量線。

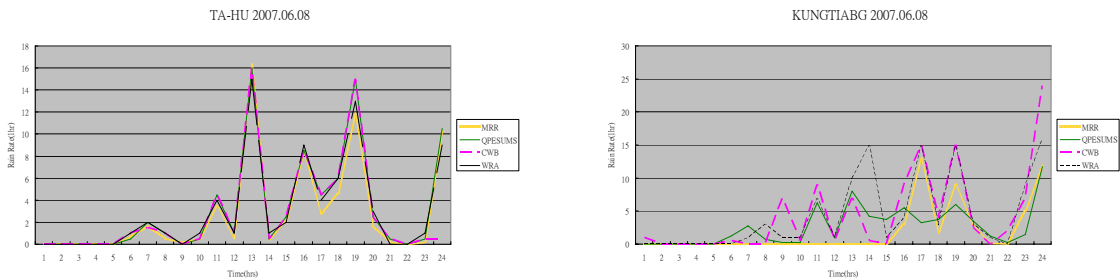


圖 5 2007 年 6 月 8 日(a)大湖與(b)小公田雨量站，微波降雨雷達(MRR)、QPESUMS、水利署(WRA)與氣象局(CWB)雨量站之時雨量圖。

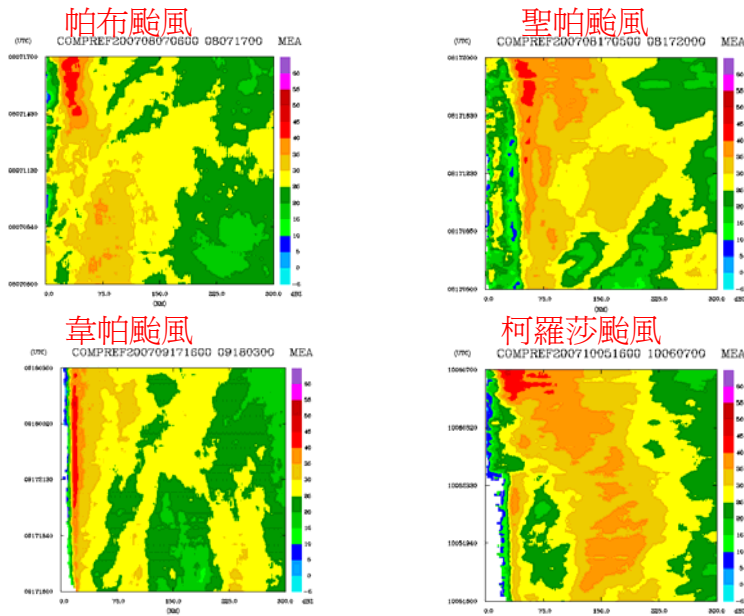


圖 6 分別為帕布、聖帕、韋帕與柯羅莎颱風環狀平均回波哈莫圖。