

# 雷達降雨估計與雨量站觀測整合之評估

丘台光 陳嘉榮 張保亮 林品芳

中央氣象局氣象衛星中心

## 摘要

爲了解雷達降雨估計與自動雨量站觀測整合(整合雨量)之成效,本研究利用中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS, Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor)輸出之雷達降雨估計資料,利用不同雨量站數分析對於輸出結果進行評估。選取個案包括2005年6月12-16日西南氣流個案,7月17-20日海棠颱風個案,8月4-5日馬莎颱風個案以及8月31日至9月1日泰利颱風個案等四個個案。

初步分析結果顯示,當分析之雨量站數愈少時,除了與實際降雨分布差異愈大外,也影響整合雨量之正確性,不論是客觀分析降雨量或者是整合雨量,皆會呈現降雨分布不連續以及區塊性之現象,如此將會對於局部性劇烈降雨分布造成無法掌握的現象。由評估也發現,整合雨量分布對於與實際降雨分布有較好的相關性,顯示善用雷達降雨估計與雨量站觀測之整合,將有助於提高對於降雨量與降雨分布之掌握。

## 一、前言

地面雨量站雖然有分布地點不均且空間解析度較差的問題,只能提供空間中特定點的降雨資訊,無法觀測降雨在雨量站之間的變化情形,對於描述降雨空間分佈有其限制性,但其優點卻是能正確掌握降雨量的大小,對於單點的雨量有可信賴的真值,可做爲其他觀測儀器的參考標準及校正資料來源。對於具有複雜地形的台灣地區,山區雨量站的密度遠低於平地地區(圖1),若要準確掌握降雨的空間分布,雷達回波觀測資料可以提供涵蓋完整、高解析度的降雨空間分布資訊,觀測到未設置雨量站位置的局部雨帶分布情形。結合兩者之優點,整合雷達降水估計技術及即時自動雨量站網資料,利用地面雨量站所量測的降雨量對雷達所估計之降雨量進行校正,使大範圍高解析度之降雨估計與實際觀測間的誤差達到最小,可提高定量降水觀測的準確率,中央氣象局QPESUMS(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor)系統即在此種需求下進行發展。

關於利用雷達回波估算降雨量的概念,開始於Bent(1943),而Stout and Neill(1953)結合了雷達與雨量站資料,首度利用距雷達中心128公里內的33個雨量站資料進行降雨估計。Wilson(1970)及Brands(1974)也指出利用地面雨量站校正雷達降

雨估計,誤差可降至20~30%左右。近年來,雷達回波資料已即時使用於降水的推估上,雖對於降水的分布幾乎能夠掌握,但降雨量的精確度似乎還未達到理想。丘(2005)分析2005年6月12-16日西南氣流個案,7月17-20日海棠颱風個案,8月4-5日馬莎颱風個案以及8月31日至9月1日泰利颱風個案等四個個案指出,雷達定量降水估計在台灣北部地區及南部地區對於降雨極值的掌握能力上顯示出差異,其中雷達硬體上的差異、天氣系統與雷達之距離、不同的系統個案型態、地形與天氣系統間的交互作用皆有可能是造成差異的來源。徐等(2005)則是進行降水強度與雨量儀系統性誤差之實驗,發現當降雨強度介於200 mm/hr~1300 mm/hr時,降雨強度愈大,雨量的短少量就愈大,兩者趨近於線性關係,顯示雨量站觀測在特定情況下可能產生儀器的觀測誤差。

QPESUMS系統整合中央氣象五分山、花蓮、七股及墾丁等四座都卜勒氣象雷達的觀測回波,系統中對於雷達資料進行品質控管處理後(張等 2004),依各雷達不同方位的觀測,組成最低仰角合成回波並進行定量降雨估計,此相對實際降雨量站觀測而言,不論是雨量相對巔峰值(peak)的發生時間或是區域,甚至是降雨量大小,已具相當程度的掌握能力。過去丘等(2004)已對2002~2004三年降雨個案進行評估,發現雷達估計雨量在經雨量站修正下具有其準確度。丘(2004)更針

對2004年7月1日 ~ 2日敏督利(Mindulle)颱風與8月23日 ~ 25日艾莉(Aere)颱風兩個案，在經由雨量站校正的情況下，不論所累積降雨量多寡，皆會相當接近實際降雨量，亦可明顯看出雷達降雨估計經雨量站校驗後的改善情況。丘(2005)也另針對2005年6月12-17日西南氣流個案，7月16-21日海棠(Haitang)颱風個案，8月3-6日馬莎(Matsa)颱風個案及8月31日至9月1日泰利(Talim)颱風個案等四個個案分析其雷達降雨估計結果，顯示雷達降水估計大部分偏低，但降雨隨時間的變化都可掌握。林等(2005)分析敏督利颱風(2004年6月29日至7月5日)及艾莉颱風(2004年8月22日至8月25日)之雷達估計及雨量站之時雨量，顯示兩者的線性相關良好，雷達估計雨量具有相當的穩定性，而在降雨量小於30 mm則常有高估的情形發生，但經過系統性誤差修正後的雷達雨量估計可以明顯改善回波雨量高估的情形，即可由地面雨量站的即時校正與客觀分析得到改善。

為了解QPESUMS系統輸出之雷達降雨估計與自動雨量站觀測整合(此後簡稱整合雨量)之成效，本研究之目的在於利用不同雨量站數，分析評估整合雨量之輸出結果。第二節說明相關資料來源及研究方法，第三節描述初步分析結果，第四節則是討論與結論。

## 二、資料來源及研究方法

本研究係採用中央氣象局劇烈天氣監測系統QPESUMS的10分鐘更新之自動雨量站(共406個)時降雨量資料及10分鐘最低仰角合成回波所估計之時降雨量，此估計降雨量為解析度 $0.0125^\circ \times 0.0125^\circ$ 之網格經緯度，共 $441 \times 561$ 個網格點。針對2005年6月12-16日西南氣流個案，7月17-20日海棠颱風個案，8月4-5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，探討分別隨機挑選出50、150及250個雨量站，剩餘雨量站進行客觀分析，再利用此客觀分析之結果，對雷達估計降雨量進行校正，以所有自動雨量站進行客觀分析之降雨量為標準，分析挑選雨量站多寡對於雷達估計降雨量的影響性。

一般情況下，若要針對某一雨量站的觀測值與客觀分析結果進行評估，通常此站的降雨值已影響客觀分析結果，在考慮本體而對其做評估，有失客觀性。若先將此站挑出，由其他的雨量站進行客觀分析，再去評估客觀分析結果與此站的差異性，在這樣的情況下，能夠充分表達出雷達估計降雨於此站位置的表現程度。因此在相同時間下，若10分鐘自動雨量站資料及最低仰角合成回波所估計之降雨量皆存在，則方法進行步驟如下：

(1) 由最低仰角合成回波利用  $Z = 32.5R^{1.65}$  (Xin et al. 1997)之  $Z-R$  關係式計算出雷達估計降雨量  $RAD$  ( $mm/hr$ )。

(2) 隨機挑選出50、150及250個雨量站，其觀測雨量為  $R_{OBS}$  ( $mm/hr$ )，剩餘雨量站分別進行客觀分析 ( $R_{OBJ}$  ( $mm/hr$ ))，其所使用之距離權重函數為距離反比權重法 (IDW, Inverse Distance Weighted)：

$$W = \begin{cases} \frac{1}{r^2}, & r \leq R \\ 0, & r > R \end{cases}$$

其中  $R$  為影響半徑， $r$  為資料點與網格點的距離， $R$  選取30公里， $W$  則介於 0 ~ 1之間。

(3) 針對台灣地區，雷達估計降雨量與雨量站客觀分析之差值 ( $RAD - R_{OBJ}$  ( $mm/hr$ ))，依據距離權重函數校正雷達估計降雨量(整合雨量,  $RAD-GC$  ( $mm/hr$ ))。

(4) 評估挑選出於不同雨量站數之  $R_{OBS}$  與  $RAD-GC$  之差異。

## 三、分析結果

圖1為分別隨機挑選之50、150及250個雨量站所分佈地理位置，紅色為未進行客觀分析之雨量站，藍色則為剩餘進行客觀分析之雨量站。於2005年6月12-16日西南氣流個案中，針對6月15日之0720Z(圖2)可見較大降雨區位於台南地區，且雷達估計降雨區域已能掌握(圖2a)，經由所有雨量站觀測(圖2b)校正後，雷達估計之降雨量大小的準確度明顯提昇(圖2c)。分別挑選50、150、250個雨量站之整合雨量(圖3)，與所有雨量站之整合雨量(圖2c)相較之下，挑選250個雨量站之整合雨量與其差異性較大，此點與所剩較少之雨量站進行客觀分析所具不連續性及區塊性之特徵有關(圖3c)。於此個案中，由挑選50個雨量站之實際降雨量，分別與剩餘雨量站客觀分析後之位於此50個雨量站之雨量 ( $R_{OBS}$  與  $R_{OBJ}$ ) 及整合雨量 ( $R_{OBS}$  與  $RAD-GC$ ) 之散佈圖(圖4)發現， $R_{OBS}$  與  $RAD-GC$  有較好相關外，也對於一些差異性較大之  $R_{OBJ}$  有良好的改善。於7月17-20日海棠颱風個案中，選擇1050Z進行討論，此時較大降雨區域位於嘉義、台南一帶(圖5)，經由所有雨量站客觀分析(圖5b)校正後，可見其整合雨量不論是降雨大小或分布區域上，皆相當接近實際降雨量(圖5c)。若分別挑選50(圖5d)、150(圖5e)及250個(圖

5f)雨量站之整合雨量，發現其較強降水區域(> 50 mm)除了減小以外，還出現被截斷的現象，這樣的現象於嘉義山區更加顯著。而此個案挑選50個雨量站之 $R_{OBS}$ 分別與 $R_{OBJ}$ 及 $RAD-GC$ (圖6)雖與6月12-16日西南氣流個案有相似的結果，唯其 $RAD-GC$ 對於差異性較大之 $R_{OBJ}$ 的改善程度似乎有限。

於8月4-5日的馬莎颱風個案中，若降雨區域位於中部以北山區位置，其未經雨量站校正之雷達估計降雨量對於降雨區域雖已有掌握，卻明顯低估(圖未示)，但經台灣地區的雨量站校正後，整合雨量其大小及區域都有顯著改善(圖未示)，此個案也顯示出若使用較少的雨量站來校正雷達估計降雨量，其準確度會明顯的降低，尤其是山區，其差異性更加顯著(圖未示)。而在8月31日至9月1日的泰利颱風個案中，可發現若降水區域位於對雷達估計降雨準確性是一大挑戰的中央山脈高聳地區，可見在不經雨量站校正的雷達估計降雨量與所有雨量站客觀分析比較下，不論是降雨區域或是降雨量，皆存在相當大的差異，但其整合雨量在這兩方面都獲得顯著的改善(圖未示)。由於此兩個案之降雨區域多發生在山區或是東北地區，由於雷達觀測品質較差，因此這兩個個案所挑選50個雨量站之 $R_{OBS}$ 分別與 $R_{OBJ}$ 及 $RAD-GC$ 之相關的差異性不大(圖未示)，暗示了山區降雨區域及降雨大小的掌握仍有許多改善空間。

為了解整合雨量之成效，本研究利用不同雨量站數，分析評估整合雨量之結果。為進行評估，分別對此四個個案，針對所挑選出來而未進行客觀分析之50、100(圖未示)、150、200(圖未示)、250、300(圖未示)之雨量站，視其觀測降雨值與所剩雨量站客觀分析出於所挑選雨量站位置對應之雨量( $R_{OBS}$ 與 $R_{OBJ}$ )，以及與整合雨量間的相關( $R_{OBS}$ 與 $RAD-GC$ )。於此四個個案中，皆顯示出雖然進行客觀分析的雨量站愈少，其相關性愈小，但所挑選出雨量站之實際降雨量與整合雨量之間的相關，較佳於其與剩餘雨量站客觀分析對應於所挑雨量站位置的雨量之相關(圖7)，且進行客觀分析的雨量站愈少，雷達資料對客觀分析降雨量的改善程度愈大，皆表示出雷達估計降雨量在時間與空間的分布上已具有其穩定性，適合應用於實際作業中。

#### 四、討論與結論

而本研究中所針對的四個個案中，可發現除了2005年6月12-16日西南氣流個案於各整合雨量無較大差異外，7月17-20日海棠颱風個案、8月4-5日馬莎颱風個案以及8月31日至9月1日泰利颱風個案其各整合雨量具有明顯的差異性。除了上述的原因外，雨量站的選取也是一項重要的因素。除了雷達在硬體上的差異為不可改變的因素外，其他因素可藉由個案統計分析得到在不同狀況下所得的降雨估計掌握能力，若能分別給定不同的修正因子，在降雨估計上預期將有相當程度的改進。

為了解整合雨量之成效，本研究利用中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS)的雷達降雨估計資料，利用不同雨量站數所得之輸出結果進行評估。初步分析發現，若進行客觀分析的雨量站數愈少，除了與實際降雨分布差異愈大外，其影響雷達估計降雨量與實際降雨量之間的差異性也愈大，不論是客觀分析降雨量或者是整合雨量，皆會呈現降雨分布不連續以及區塊性之現象。另外，實際降雨量與整合雨量間的相關優於與單純雨量站客觀分析間的相關，這個結果顯示了雷達估計降雨量除了於技術上處理已相當成熟外，對於台灣地區的降雨區域及大小的掌握能力已有相當的穩定性，顯示善用雷達降雨估計與雨量站觀測之整合，將有助於提高對於降雨量與降雨分布之掌握。若要更準確掌握複雜地形的降雨時空分布，山區雷達站及雨量站的增設，是未來可努力的方向。

未來將 1)依雨量站高度地形進行分析，以評估整合雨量平地及地形區域的表現；2)考慮縣市政府於降下豪大雨時可能導致之水災或是土石流之緊急應變措施，將針對不同行政分區之不同地形進行評估，試圖由分析中找出行政分區之系統性誤差並進行修正；3)為考慮不同雷達在觀測上之系統誤差，將針對不同雷達涵蓋區域之降水估計進行分析，以了解雷達觀測誤差對於降水估計的影響。希望透過上述進一步的降雨估計評估，進一步掌握不同區域之降水特性並提高降水估計的準確性。

#### 參考文獻

- 丘台光，2004：結合衛星、雷達與閃電資料發展豪(大)雨與定量降水預報之研究(III)，國科會專題研究計畫成果報告。NSC 92-2625-Z-052-005，28頁。
- 丘台光，2005：發展利用多重觀測資料進行降水估計與預報之應用研究(I)，國科會專題研究計畫成果報告。NSC 93-2625-Z-052-002，29頁。
- 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。

林李耀、李清勝、丘台光、張保亮與王安翔, 2005: QPESUMS 雨量資料在土石流警戒之運用。天氣分析與預報研討會論文彙編, 2005年10月18-20, 台北。279-283頁。

徐仲毅、林博雄與張然峰, 2005: 降水強度與傾斗式雨量計量測誤差的探討。天氣分析與預報研討會論文彙編, 2005年10月18-20, 台北。8-11頁。

張保亮、丘台光、王碧霞與林品芳, 2004: 網連雷達雜波統計特性分析。大氣科學, 32, 57-72。

Bent, A. E., 1943: Radar echoes from atmospheric phenomena. MIT radiation laboratory rep. No173, pp.10.

Brands, E., 1974: Radar rainfall pattern optimizing technique. NOAA Tech. Memo. ERL NSSL-67, Oklahoma, 16 pp.

Joe, N. C., D. M. Rinderknecht, and R. S. Hamilton, 1995: WSR-88D Clutter Suppression and Its Impact On Meteorological Data Interpretation. WSR-88D Operational Support Facility Operations Training Branch. Norman, OK. American US.

Ryzhkov, A. V., P. Zhang, R. Doviak, and C. Kessinger, 2002: Discrimination between weather and sea clutter using Doppler and dual-polarization weather radar. The 27th General Assembly of URSI, Maastricht, Netherlands.

Steiner M. and J. A. Smith., 2002: Use of three-dimensional reflectivity structure for automated detection and removal of nonprecipitating echoes in radar data. *J. Atmos. and Oceanic Tech.*, 19, 673- 686.

Stout, G. E. and J. C. Neill, 1953: Utility of radar in measuring intensity by radar. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 34, 21-27.

Wilson, J. W., 1970: Integration of radar and raingauge data for improved rainfall measurement. *J. Appl. Meteor.*, 9, 189-497.

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

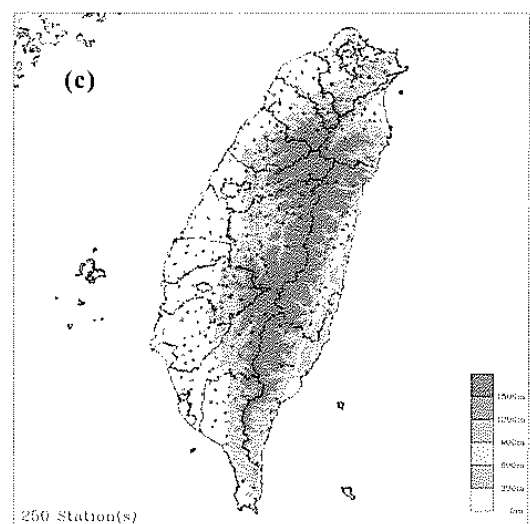
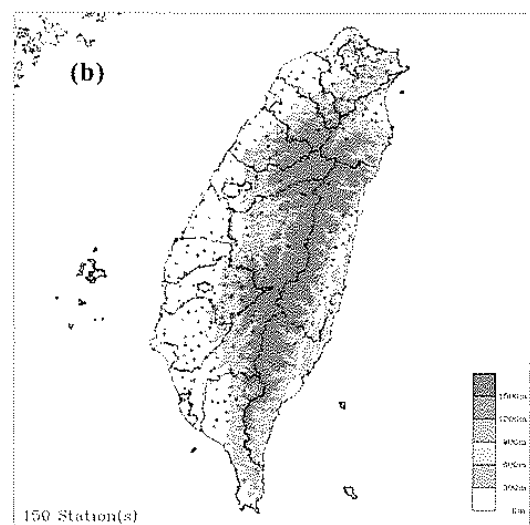
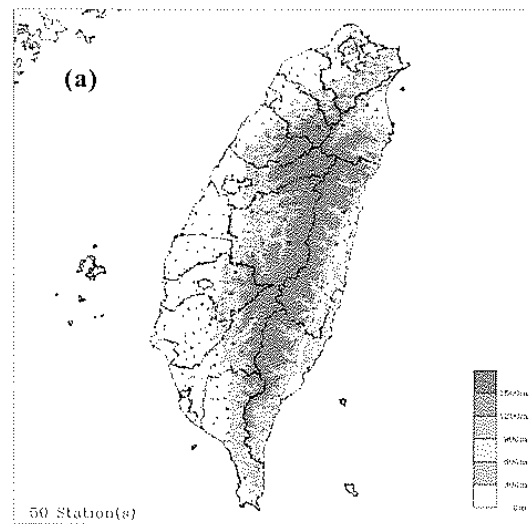


圖 1 台灣地區自動雨量站分布圖。紅色星號分別為隨機挑選之 (a) 50: (b) 150 及 (c) 250 個進行分析評估之雨量站, 藍色星號為剩餘進行客觀分析之雨量站。

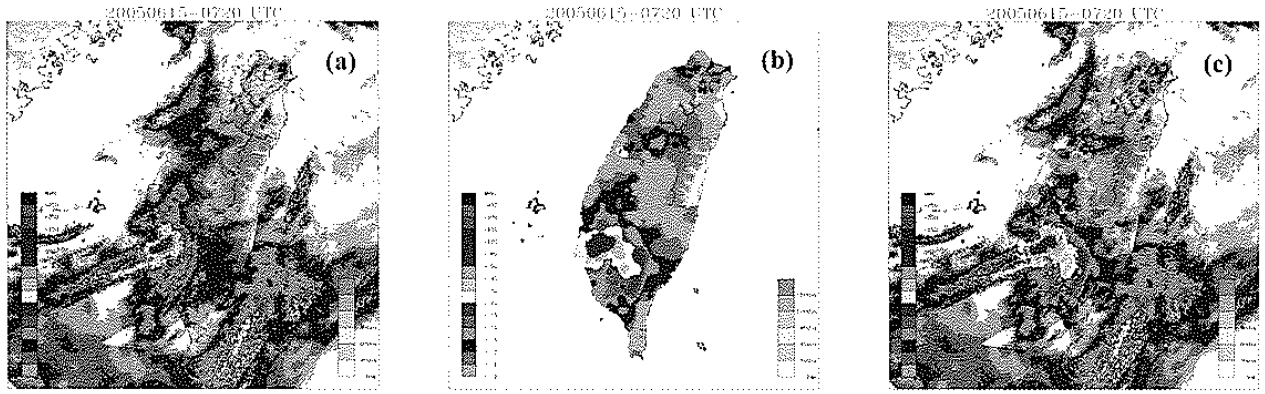


圖 2 2005 年 6 月 15 日西南氣流個案 0720Z (a)雷達估計未經過客觀分析校正之降雨量；(b)所有雨量站進行客觀分析之降雨量；(c)經過(b)校正之整合降雨量。

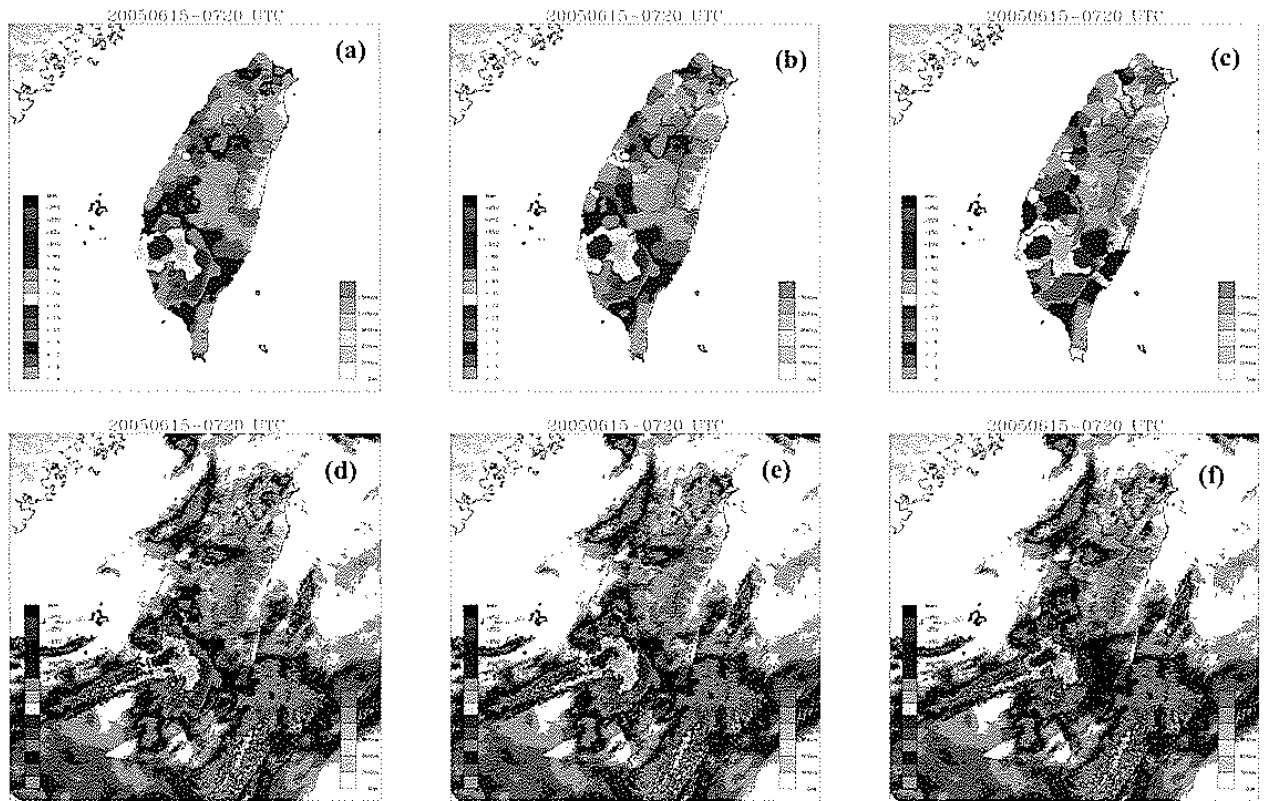


圖 3 2005 年 6 月 15 日西南氣流個案 0720Z，(a)、(b)、(c)分別為挑選 50、150 及 250 個雨量站後，其所剩餘雨量站客觀分析之降雨量；(d)、(e)、(f)則為分別經(a)、(b)、(c)校正之整合雨量。

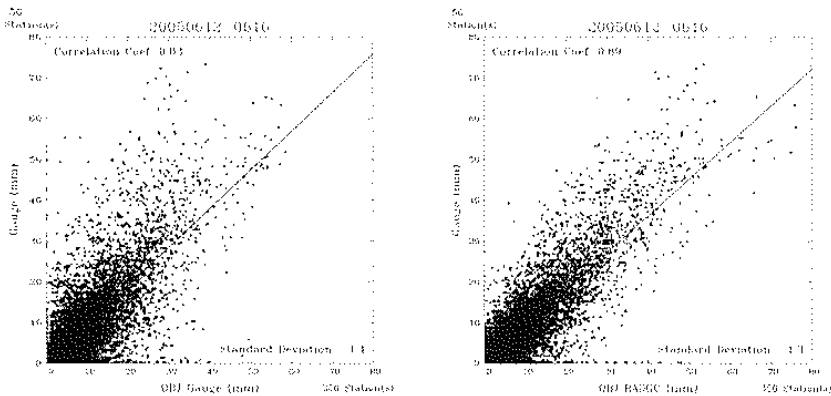


圖 4 2005 年 6 月 12-16 日西南氣流個案，挑選 50 個雨量站，其每 10 分鐘雨量分別與(a)剩餘雨量站客觀分析後之位於此 50 個雨量站之雨量及(b)整合雨量之散佈圖。

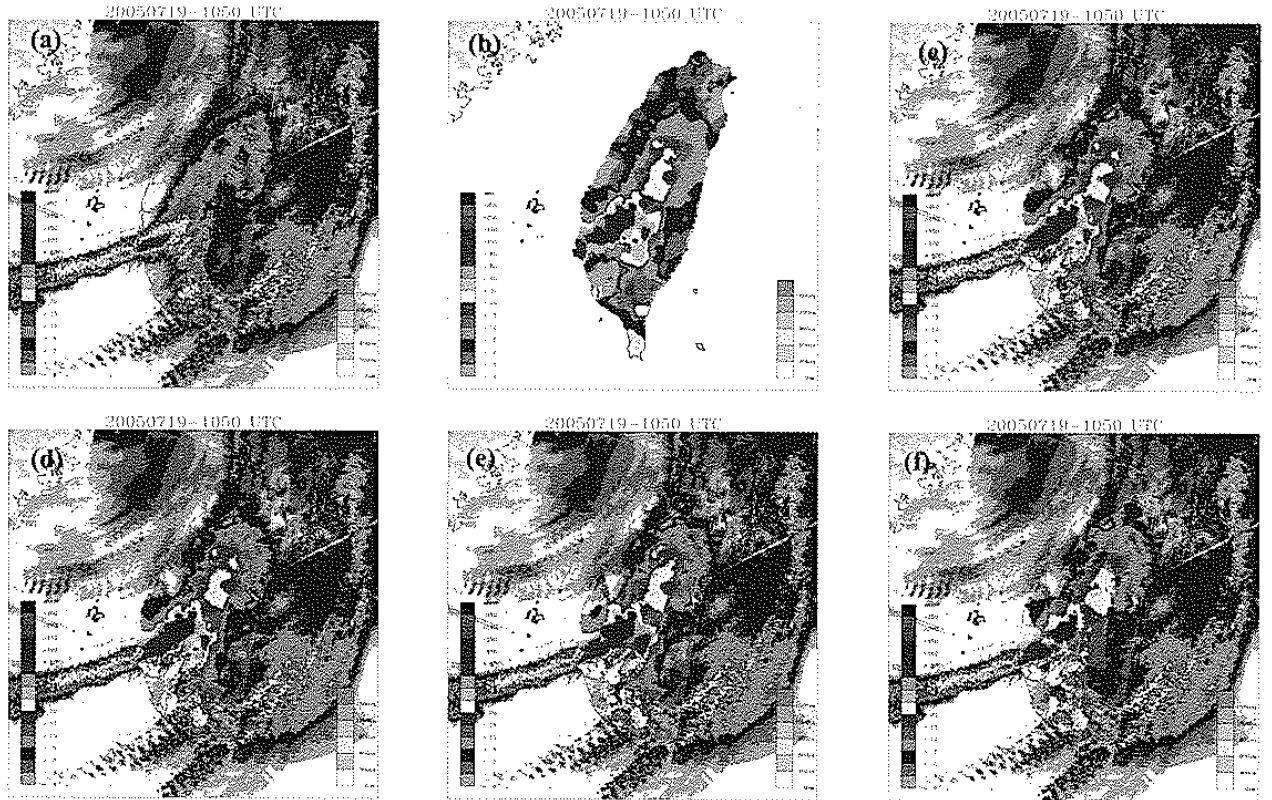


圖 5 2005 年 7 月 19 日海棠颱風個案 1050Z，(a)、(b)、(c)分別同圖 2(a)、(b)、(c)，(d)、(e)、(f)分別同圖 3(d)、(e)、(f)。

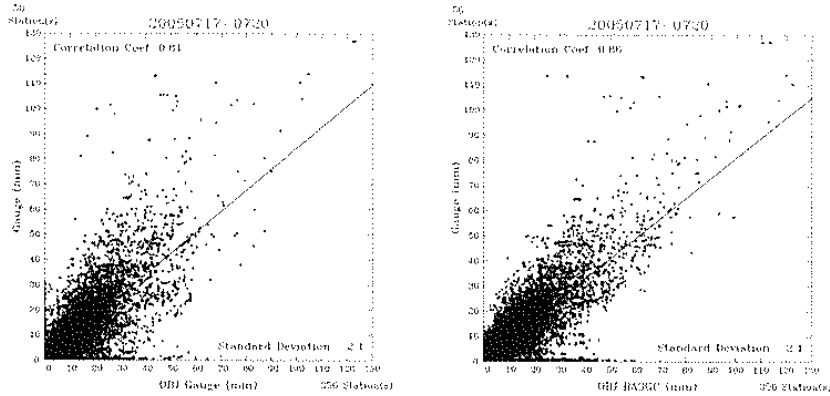


圖 6 同圖 4，但為 2005 年 7 月 17-20 日海棠颱風個案

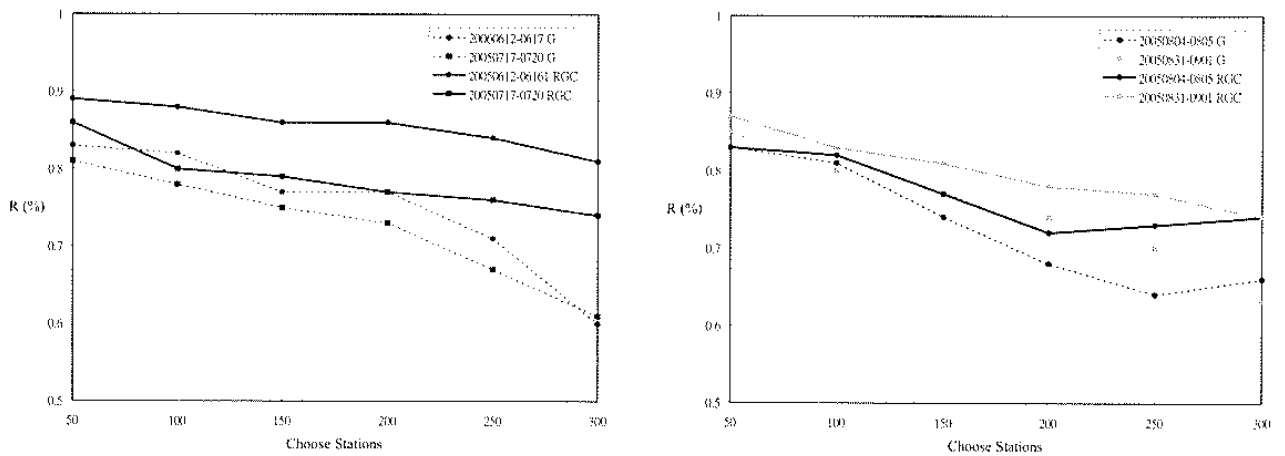


圖 7 (a) 2005 年 6 月 12 日~6 月 16 日西南氣流個案、2005 年 7 月 17 日~7 月 20 日海棠颱風個案以及(b)2005 年 8 月 4 日~8 月 5 日馬沙颱風個案、2005 年 8 月 31 日~9 月 1 日泰利颱風個案之雷達降雨估計與不同雨量站數觀測整合之相關。虛線為實際降雨量與客觀分析降雨量之相關，實線為實際降雨量與整合雨量之相關。