

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

颱風觀測分析與統計預報整合研究(I)一子計畫十二：

應用雷達資料與統計氣候模式

建立北臺灣定量降水預報模式之研究(I)

A study on the quantitative precipitation nowcasting for northern Taiwan -- with an application of radar data and climatology model (II)

計畫編號：NSC 88-2625-z-002-024

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：李天浩 台大土木系副教授

Email：thlee@ccms.ntu.edu.tw

一、研究成果

本子計劃主要的研究成果有兩項，分別是：

- (1) 利用柯利京內插法建立一完整的西部沿海風場，並討論颱風侵台期間，風場與降雨量之關係。
- (2) 建立風迴歸模式-雨量與主成份間之迴歸關係式，以阿里山站於賀伯颱風期間之降雨量作為驗證實例，並將其應用至北台灣之測站。

二、研究目的與方法

- (1) 利用氣象局於台灣西岸 10 個氣象觀測站所提供之風速、風向資料，進行柯利京法內插，以求得沿台灣西岸連線之完整風場。
- (2) 展示颱風降雨空間分佈，和臺灣東、西海岸風場的圖型，協助了解颱風降雨分佈和風向與臺灣地形的關係。
- (3) 發展包括多測站風向、風速與單站降雨量的多項式迴歸模式。
- (4) 比較風迴歸模式估計降雨強度效果，與氣候模式估計效果，並且提出結論與建議。

2-1 風內插模式

為了觀察風是如何逼近台灣的山區，並避免因地形因素而造成內插

上的誤差，因此選取彭佳嶼、基隆、台北、新竹、梧棲、嘉義、台南、高雄、恆春等沿海測站作分析。

在分析的方法上，首先建立一個以測站之緯度為 Y 軸、颱風侵台之時為 X 軸的資料平面，將賀伯颱風期間各測站逐時之風速值依照風向投影至 U、V 兩方向，分析 U 方向及 V 方向之風速場半變異圖，然後使用柯利京法進行內插，以求得沿台灣西岸連線之完整風場。

2-2 降雨和風及地形的關係

利用上述方法得到沿台灣西岸連線之完整風場後，配合三小時累積雨量及標高 100、1000m 之地形輪廓逐時繪於同一圖中。

由圖 1 及圖 2 賀伯颱風侵台期間的分析中可發現：

- (1) 降雨大多分佈於西部(迎風面)之山區，且風速大時亦容易伴隨強度大之降雨。
- (2) 阿里山及玉山山區為數條溪流之發源地，如陳有蘭溪、旗山溪、荖濃溪等，有著多條以其為中心輻散之河谷地形，加上地勢陡峭，因此，只要颱風之風向在此一以玉山為頂點、陳有蘭溪及荖濃溪為邊界的扇形範圍內，皆易順著河谷舉升，並在山區產生降

雨，這也是為何阿里山能有著長時間且強度大之降雨的因素。

- (3) 新竹及苗栗一帶的山區也是因為有著河谷及陡峭之地形，而形成長時間的降雨，只有當颱風離開台灣，風向為沿山脈行走時(01/0100z Aug.後)，雨勢才開始減弱。

由颱風侵台期間風場與降雨量分佈圖中可發現，山區降雨量的多寡，與當時的風向、風速息息相關。藉由此一結果，可以進一步將“風”做為新的預報因子，發展出另一套颱風降雨的預報模式。

2-3 風迴歸模式

本研究選擇阿里山站之附近梧棲、台中、日月潭、嘉義、阿里山、玉山、台南等七個測站的風速、風向資料進行主成份分析，再與阿里山站的雨量資料進行迴歸，建立一雨量與測站風之主成份的線性關係——風迴歸模式。

資料處理的流程如下：

- 將各站風向原有的 16 方位，方向相反的兩個方位用正負號表示，合併為 8 個方位。
- 比對各站資料，在颱風侵台期間，同一時間各站的風速、風向資料，與阿里山的雨量資料皆存在時，即採用該筆資料。
- 風速資料比對完成後，8 個方位皆去除該方位之歷史風速平均值。
- 進行風場之主成份分析。

2-4 主成份分析

主成份分析，又稱經驗函數分析(Empirical Orthogonal Function Analysis) 乃是將可能有相互關係存在的 P 個變數，重新組合為 P 個相互獨立的主成份，即每個主成份為 P 個變數的組合，且每個主成份所解釋的變異量不同。

藉由風的主成份分析，將風觀測資料轉換為相互獨立的主成份，方便

將來與降雨量進行迴歸時，可一一將不顯著之主成份(雜訊)去除，並有助於解釋風和雨量的關係。

當風場之主成份分析完成後，建立一個雨量與主成份間的迴歸關係式，以討論風場之主成份與降雨量的關係：

$$\hat{Y}_i = \alpha_1 Z_{i,1} + \alpha_2 Z_{i,2} + \dots + \alpha_{56} Z_{i,56}$$

其中 $i:1 \sim n(\text{time})$

Y_i : 去除平均值之雨量 (mm/hr)

Z_{ij} : 主成份($j=1 \sim 56$)

α_j : 待定係數

利用最小平方法可求出待定係數：

$$\alpha_j = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{ij} y_i}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^2}, \quad j=1 \sim 56$$

當雨量與主成份迴歸式中的 α_j

已求得後，藉由主成份間有著正交之特性，可求出各主成份所解釋之變異

量之百分比為 $\alpha_j^2 \frac{\sigma_{Z_j}^2}{\sigma_y^2}$ ，並利用 F 檢

定以去除解釋降雨量能力較差的主成份，即過濾雜訊-test 檢定以過濾雜訊。

主成份所解釋的變異量經 F 檢定後之結果顯示，原有的 56 個主成份(約解釋了 68%)，通過 30 個(約解釋了 66.8%)，因此，去除 26 個解釋能力較小之主成份。

利用通過 F 檢定的 30 個主成份，進行阿里山站於賀伯颱風期間的降雨量驗證，結果如圖 3。圖中顯示此模式與觀測資料有著良好之相關性，其相關係數高達 0.9；而方位角預報模式礙於颱風之相對位置，在 7 月 31 日 21:00 後颱風中心才進入阿里山站之主軸，因此預報效果不良。

雖然風迴歸模式對降雨量的估計，有著不錯之結果，但其先決條件是，必須同時取得先前所挑選的七個測站之風速、風向資料，所以當任一時間只要有某一測站的資料有缺漏的

情形，便無法進行估計。因此，若能夠將模式需要的測站數，給予適當的減少，便有助於改善上述之情形。

基於以上原因，進行測試每一個測站之風速、風向對阿里山站降雨量的解釋能力，找出能夠保有不錯的解釋能力，而測站數量又能適當予以減少的最佳組合。測試之結果為：去除玉山、台中、日月潭等三站，而解釋能力仍保有 60.1% 的水準(驗證結果如圖 4)。

2-5 預報因子評估

將各 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 網格中，觀測值與風迴歸模式估計之降雨量對應當時颱風中心最大風速，並依據中央氣象局之颱風強度分類標準，將其分為輕度及中度以上等兩類，繪於圖 7。由圖得知：

- (1) 較大之降雨量並不一定對應較大之中心最大風速(深色點)。因此在阿里山站，相較於颱風降水氣候模式之比值法使用中心最大風速做為預報因子而言，測站當地的風應是較好的估計因子。
- (2) 不論颱風強度如何，大多數網格中的資料點皆緊鄰 45° 線，表示估計值與觀測值的相關性良好，即風迴歸模式利用測站的風觀測估計降雨，有不錯之結果。

三、風迴歸模式於北台灣的運用

在風場與降雨量的關係圖中(見圖 1、2)，除了阿里山山區外，北部之山區(新竹、苗栗與宜蘭山區)的降雨量，也和風速、風向有著明顯之關係，由於本區之測站皆屬遙測站，沒有完整之歷史資料，因此本研究挑選現有之資料庫中歷史資料數較多之石門站(石門水庫集水區)與福山站(翡翠水庫集水區)作為風迴歸模式之運用範例，結果如圖 5 與圖 6。

圖 5 為瑞伯颱風期間石門站之降

雨時間序列。風迴歸模式引用測站資料時，發現淡水站的資料筆數太少，造成可估計的降雨時間序列過短且不連續，因此改用台北站代替。利用颱風降水氣候模式所估計之降雨量，皆無法反應因東北季風所帶來之降雨，而風迴歸模式也僅顯示約 5mm 之降雨，顯示當時的風並不大，但因為東北季風之水氣含量高，遇地形抬升便容易產生降雨；第二個降雨尖峰期間，風迴歸模式之估計值比觀測值大出許多，顯示石門站之地形效應並不顯著，雖然附近風速大但是並沒有產生如此強之降雨。

圖 6 為瑞伯颱風期間福山站之降雨時間序列。颱風降水氣候模式仍無法反應第一個降雨尖峰，其中氣候模式比值法之預報降雨尖峰，位於觀測值的兩個尖峰之間，氣候模式平均值法在整個時間序列中更是呈現一平緩之曲線。而風迴歸模式利用新竹、台北、鞍部、基隆站所進行之降雨估計，對於第二個峰值有著不錯的掌握；但在第一個峰值期間估計值卻為 0。經過資料的校對發現，鞍部站在前 20 個小時風向主要為南風，與其他附近測站有著截然不同的現象，故推斷此一時間鞍部站的資料或許有誤，因此改用其他站估計降雨，但是由於鞍部為福山站風迴歸模式的基本測站，加上淡水站的資料並沒有引用，造成整體的估計效果只解釋 35% 的變異數。

由以上之結果可知，利用風做為降雨量的估計因子雖有不錯之結果，但是對於其他之天氣系統，如東北季風、西南氣流，其特點是風速不大但水氣豐沛，風迴歸模式便難以反應確切之降雨量，因此將來應將水氣含量一併考慮，對於以上降雨情形之估計能力相信會有改善。

四、結論與建議

4-1 結論

4-1.1 颱風風場與降雨和地形之關係

- (1) 利用柯利京法所求得之台灣完整風場，配合累積雨量與地形輪廓繪圖，使得風場、降雨與地形作用間的相互關係，更方便於觀察。
- (2) 由賀伯颱風期間的觀察中發現，東部為背風面，風小且幾乎無降雨之產生；相對的，西部為迎風面，風大雨勢也大，尤其以新竹、苗栗一帶與阿里山區最為明顯。
- (3) 新竹及苗栗一帶的山區與阿里山及玉山山區，地勢較陡峭且河谷地形明顯，使得氣團容易沿河谷舉升，而在山區產生長時間降雨。
- (4) 如阿里山站等山區之測站，其降雨量與附近測站之風速、風向有著密切之關係。

4-1.2 風迴歸模式

- (1) 主成份分析可辨別風場個別獨立之型態，且建立風迴歸模式時，可藉由其正交之特性，利用F檢定將統計上不顯著的部分去除。
- (2) 利用風迴歸模式所估計之賀伯颱風期間阿里山站的降雨量，對於實際觀測值的掌握能力十分良好，相關係數高達 0.9。而北部的石門站、福山站因地形效應不如阿里山站來的明顯，加上賀伯颱風期間淡水站無風場資料，影響模式之估計效果。
- (3) 由瑞伯颱風期間石門、福山站的測試中發現，風迴歸模式對於東北季風所產生之降雨仍無法有效掌握。
- (4) 以估計阿里山站降雨量來說，和颱風中心最大風速比較，測站當地的風是一個較好的估計因子。

4-2 建議

- (1) 以統計的觀點上來說，颱風降水

氣候模式的預報效果好壞，取決於其資料庫的數目多寡，所以應繼續增加資料庫的數量。另外，此模式僅能反映一般狀況下的降雨，若要增進預報效果，則需要即時的雷達回波的資料予以修正。

- (2) 由研究成果可知，風迴歸模式對降雨量的估計有著不錯之效果，但是對於風速小但水氣含量豐沛的降水量估計，如東北季風、西南氣流等，仍待加強，未來可考慮納入水氣含量等其他因子，使風迴歸模式能更能反映當時實際的天候狀況，進而增進降雨預報的準確性。此外，本模式目前所面臨的問題是實際預報上的困難，因此，當務之急是需要發展另一套能預報當地測站風的模式，使其能應用至預報上的作業，這也是將來需投入的首要工作及本研究未來之期許目標。

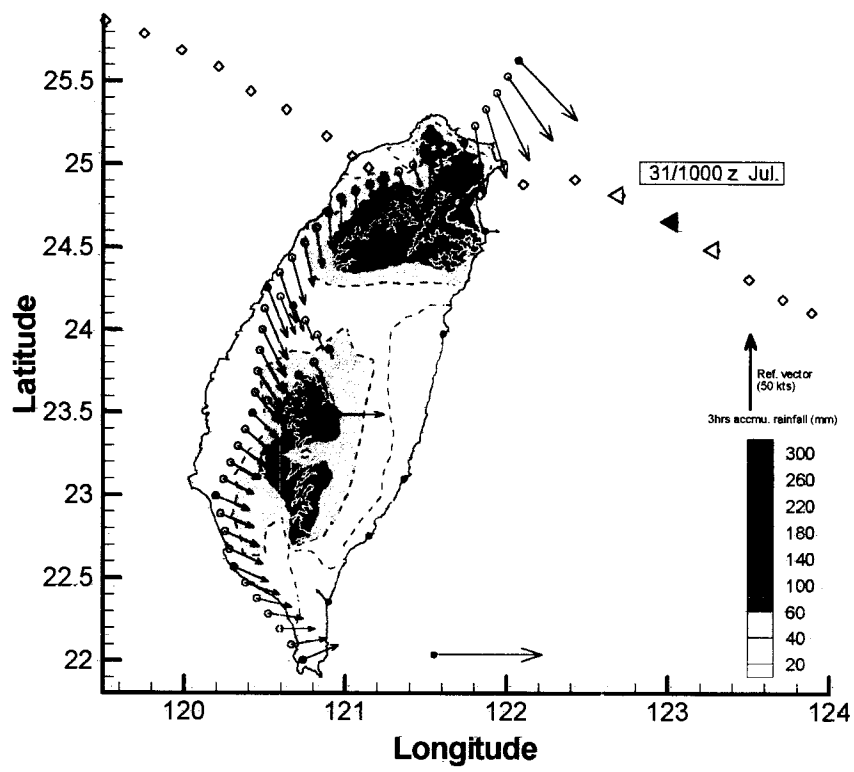


圖 1 1996 年 7 月 31 日 1000Z 台灣之風場和雨量分佈圖

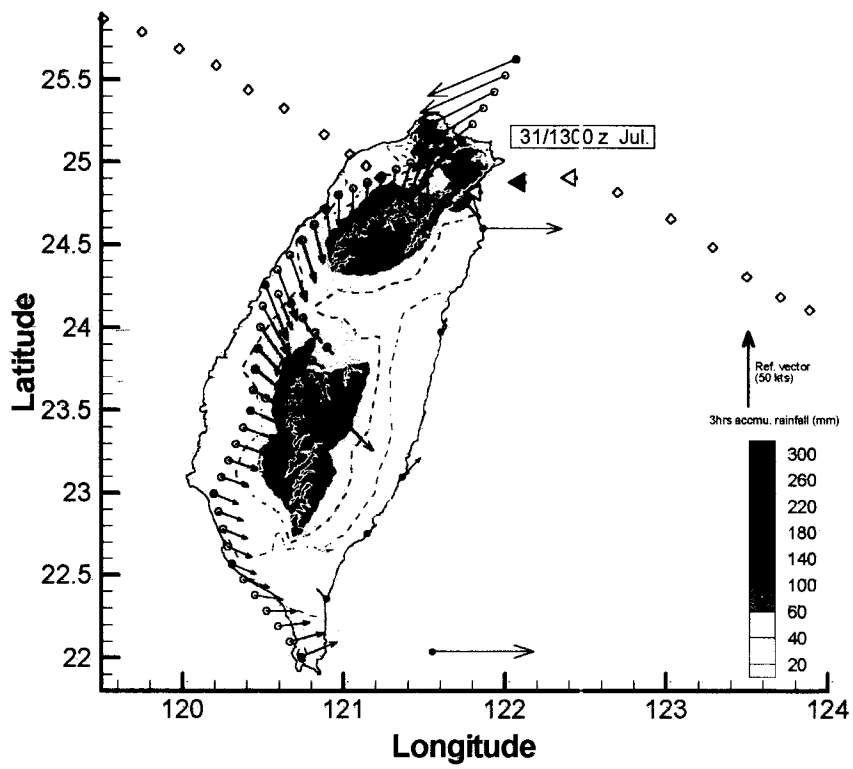


圖 2 1996 年 7 月 31 日 1300Z 台灣之風場和雨量分佈圖

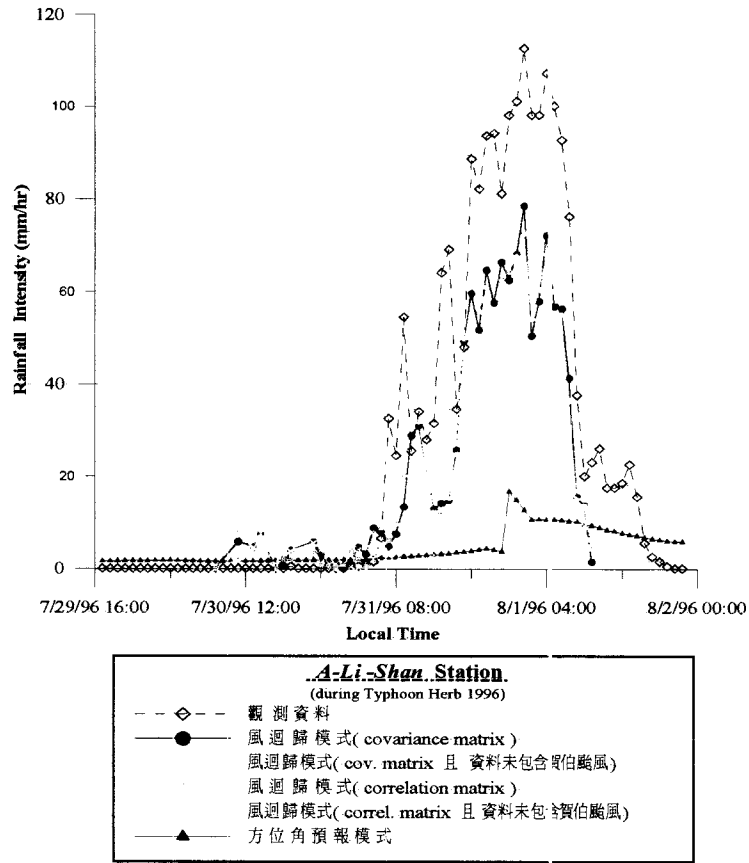


圖 3 賀伯颱風期間阿里山站之觀測雨量與各模式比較圖

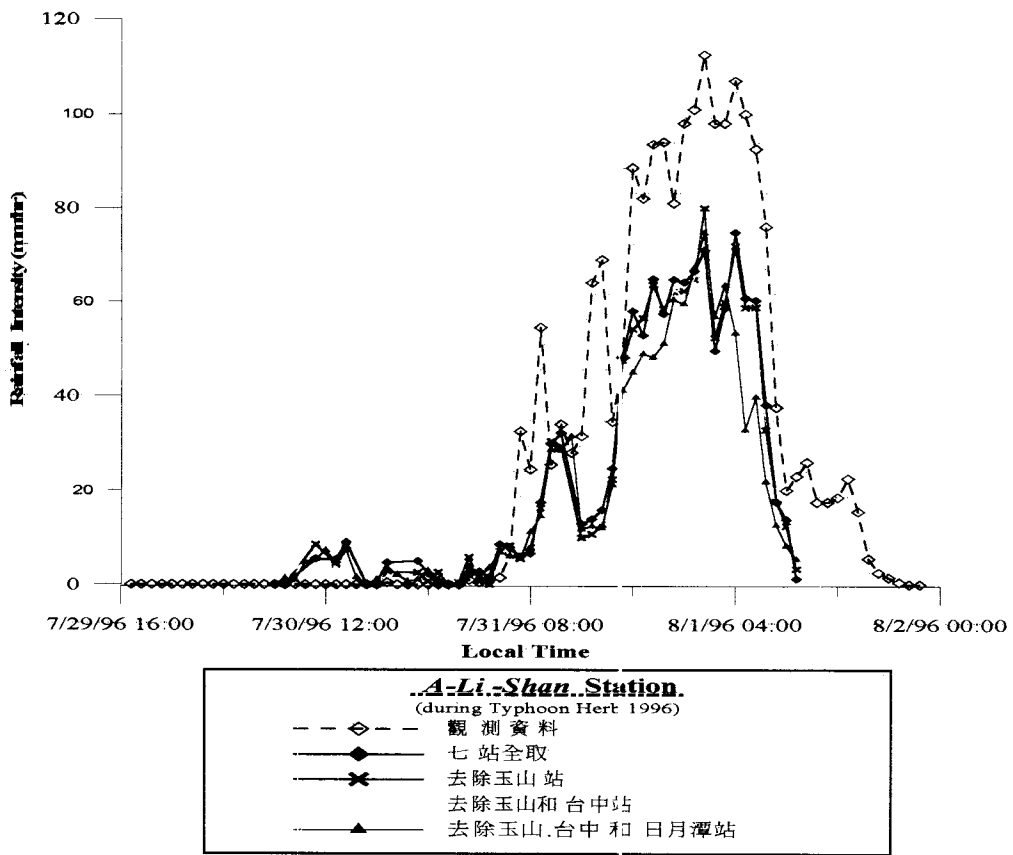


圖 4 風迴歸模式利用不同測站估計雨量之結果

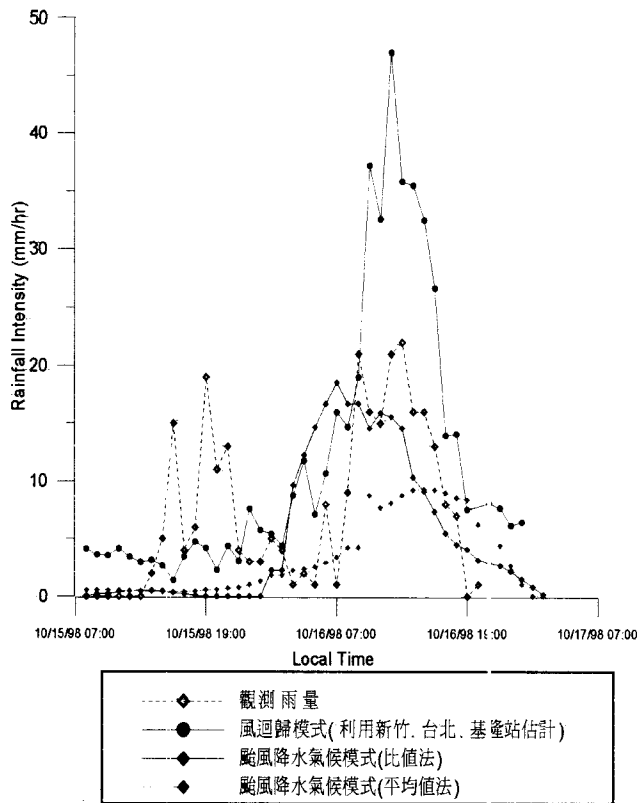


圖 5 瑞伯颱風期間石門站之降雨量時間序列

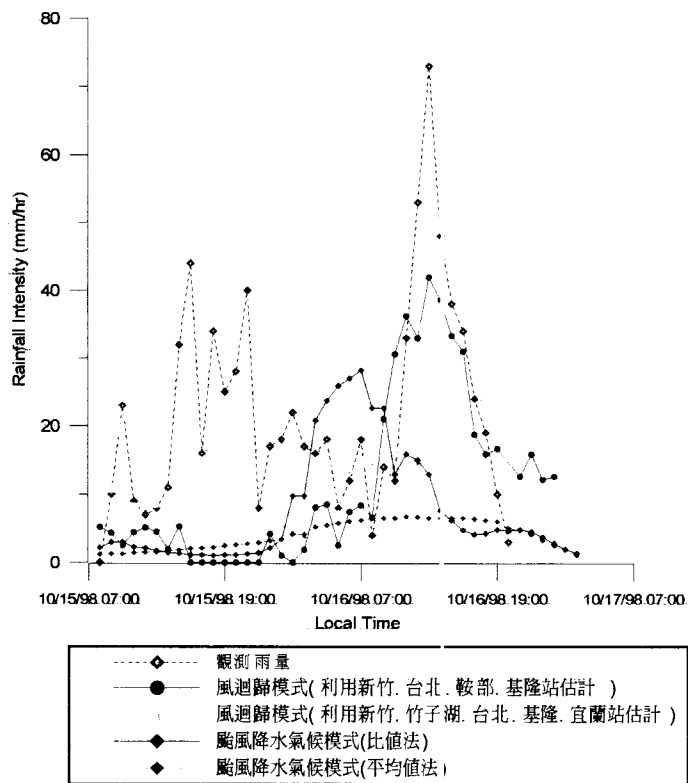


圖 6 瑞伯颱風期間福山站之降雨量時間序列

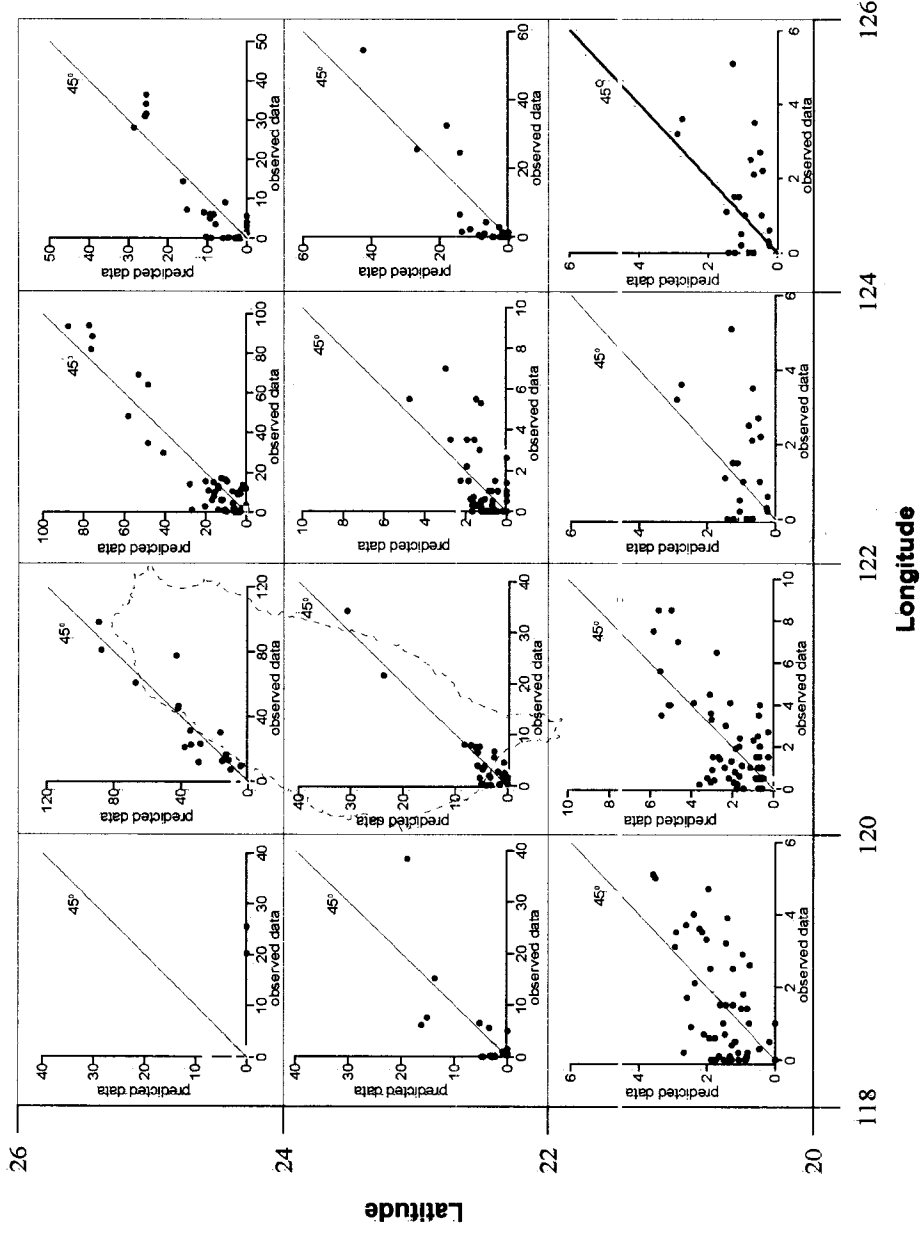


圖 7 各 2×2 度的網格中，阿里山站之降雨觀測值與估計值對應圖。
 (淺色點表示當時颱風中心最大風速為 34~63 kts.，深色點為 64kts.以上)