

颱風降水統計預報之回顧與展望

葉天降 謝信良 吳石吉
中央氣象局

一、前言

颱風是影響台灣最嚴重的災變天氣系統(謝 1986)，民國 85 年賀伯(Herb)颱風、86 年溫妮(Winnie)颱風、87 年瑞伯(Zeb)颱風、89 年象神(Xangsane)、及 90 年桃芝(Toraji)與納莉(Nari)颱風，都在台灣地區造成重大的災害損失及人員傷亡。由於颱風主要之生命期係在海洋上，缺乏完整觀測資料，另外也因為對其生成、發展、細部結構、及對影響其移動與強度改變之諸多因子缺乏整體性的瞭解，因此對其路徑與風雨預報仍有相當程度的誤差，因此如何提昇颱風預報與預警能力，以減低颱風災害，被列為現階段災害防治任務導向之國家型科技整合研究。其中包含颱風資料庫之建立、颱風預報與警報作業流程之評估改進、颱風觀測技術之強化、颱風侵台期間之密集觀測與資料傳輸能力之加強、以及颱風路徑與風雨預報準確度之提升等皆是現階段重點研究項目。

1999 年以來在中央大學劉振榮教授、中央氣象局謝信良局長與顏泰崇組長、空軍氣象聯隊徐天佑與沈哇聯隊長、中國文化大學劉廣英教授、楊明仁教授與劉清煌教授、民航局李金萬主任、及台灣大學李天浩教授與李清勝教授等共同合作下，推動「颱風觀測分析與統計預報整合型研究」，分別從資料彙整、衛星觀測資料之應用、統計預報方法之發展、颱風風雨分布之分析模擬以及無人飛機探空(aerosonde)觀測技術之引進與應用等方面進行各項研究測試，以提昇對颱風之預報能力。這些研究主要完成之工作與成果可參見謝與葉(2000 與 2001)之重點節錄。本文主要就我們在統計方法對颱風降水預報方面之研究成果做簡單之回顧，同時報告最近美國對颶風登陸降水預報舉行研討之研討摘要(Elsberry 2001)，期以此使我們可對颱風降水預報之展望做進一步討論。

二、統計颱風降水預報回顧

關於颱風降水量之預報，葉等(1999)曾提及國外現今相關之研究較少，如Elsberry(2001)也提及有關颱風降水預報之研究在 1999 年美國颶風與熱帶氣象研討會時僅有三篇颱風降水預報相關之研究報告，因此並沒有成熟之方法可供我們在作業採用。而在台

灣地區，對這方面的問題一直受到作業與研究單位的重視，並有許多學者嘗試發展更有效的預報方法，以進行颱風降水量的預報。過去中央氣象局颱風降水預報作業主要依據吳與謝(1990)的整理，其中應用颱風移動路徑分類而得之累積降水分布(魏等 1971)、王等(1986)之平均法與比值法、以及參考相似類型之颱風降水是最主要之參考方法。這些方法基本上都是簡單之統計平均，其間之差異在樣本選取之不同與預報時距之不同。

對於平均法，我們曾以 1961 至 1996 共 36 年之降水資料，對台北、新竹、台中、嘉義、澎湖、台南、高雄、恆春、台東、花蓮、宜蘭與阿里山等地區颱風降水預測之誤差做相當完整之校驗，其結果顯示，平均法大致可顯示颱風來襲時各地降水隨颱風中心位置移動之變化趨勢，各地主要降水時颱風中心所在位置之分布情形如圖 1。對西行颱風時降水預測校驗，其中預測值與觀測值間之相關係數值，以阿里山值 0.56 為最大，台中、嘉義、宜蘭、台北、新竹與澎湖值在 0.48 至 0.4 之間，東部之恆春、台東、花蓮與西南部地區之台南與高雄值則在 0.4 以下。對北行颱風，平均法對各地時降水預測之相關係數值較對西行颱風所得相關係數值為小。對累積降水量之預測方面，校驗結果顯示，累積降水預測能力較時降水預測能力提高，如對西行颱風在部分地區 6 與 12 小時累積降水預測中，預測值與觀測值的相關係數可提高為 0.6 以上。

應用平均法進行颱風降水預測，最明顯之弱點是因其採用平均值，因此對較大降水都有低估的現象。葉等(1999 與 2000)進一步測試持續法與差異持續法颱風降水預測之誤差，他們發現持續法主要可以改善短延時之降水預測，延時超過 3 小時以上之預測誤差就有很明顯成長。差異持續法是假設一颱風降水量與平均法所得颱風降水量之差異值持續不變，因此一颱風可能因為其強度或移動速度或其他原因而有較大或較小降水時，能考慮到個別間之差異。校驗結果顯示，差異持續法無論是時降水量或累積降水量之預測在絕大部分地區皆較平均法之預測為優，如在宜蘭、台北、台中、台東等地對西行颱風 6 小時累降水預測之相關係數值皆較平均法之預測結果增加 0.04 以

上，阿里山對西行颱風 6 小時累積降水預測之相關係數值更較平均法之預測結果增加 0.16，使其值達 0.77。

差異持續法較平均法之預測能力有所改善，尤其是對較大降水之分辨能力已較平均法之預測有明顯改進，如圖 2 中差異持續法之 ETS(equitable threat score)值較平均法之 ETS 值明顯為大，這也顯示進一步考慮影響颱風降水之因素，能達到提高準確預測颱風降水的目的。發展迴歸預測方程是屬於較完整統計方法之應用，在氣象預報作業方面也有很長久之應用實例，如以颱風之所在經緯位置、日曆天數、颱風中心最大風速、颱風過去位移量等為因子發展颱風路徑迴歸預報模式與應用颱風所在經緯位置、日曆天數、颱風強度、颱風過去位移量、颱風過去強度改變量、垂直風切與角動量等為因子發展颱風強度迴歸預報模式。

為進一步探討迴歸模式在颱風降水預報之適用性，我們以 1961 至 1996 年在台灣地區 19 各測站之觀測資料，比較迴歸預報與差異持續法預報兩方法對六小時颱風累積降水之預報誤差，結果顯示迴歸預報能再次改進颱風降水預報。我們將在研討會時詳細報告我們所用迴歸模式之建立方法，同時報告迴歸模式預報結果。另外也報告對石門水庫降水預報校驗與引用作業數值模式對颱風降水預報情形。

三、美國颶風降水預報研究現況

美國氣象界將颶風登陸問題列為其天氣研究課題(USWRP)的主要項目，美國氣象學會 2001 年會於今(2001)年一月在新墨西哥州舉行之時曾舉辦 "Symposium on Precipitation Extremes: Prediction, Impacts and Responses" 在此研討會中，特別對颶風登陸降水做許多報告和討論。Elsberry(2001)曾提及，此研討主要之目地在逐步達成 USWRP 對颶風登陸提高 72 小時定量降水預報和第三天洪水預報能力之目標。他也提及在此研討中，除了邀請 6 篇論文對颶風降水問題做綜合性之評論外，共有 28 篇相關之研究報告，這和 1999 年時在美國第 23 屆颶風與熱帶氣象研討會(23rd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology)時僅有 3 篇相關之研究報告比較，顯示颶(颱)風降水問題之探討正是國際間當今共同面對而極待有所突破的課題。

在此 28 篇報告大致可將其研究主題分為七類：1. 颶風劇烈降水個案研究(6 篇)，包括個案降水分布之呈現以及探討可能造成劇烈降水之原因；2. 數值模式模擬，引用數值模式討論模擬結果之降水分布，以及地形或海溫對

之颶(颱)風降水影響，此 5 篇研究中有 2 篇是關於賀伯(1996)颶風之降水模擬；3. 資料同化影響，有 2 篇研究分別討論 TRMM 與 SSM/I 資料在模式初始場引用時之影響；4. 定量降水預報(QPF)預報校驗，包括一研究以全球模式之系集預報校驗較大尺度之降水預測校驗，一研究校驗 GFDL 颶風模式之降水預測情形，以及一研究在建立最大降水總量之統計預測方程式；5. 定量降水估計(QPE)之研究以衛星 ASMU 及 SSM/I 等估計颶風降水，另一研究則以雷達觀測估計颶風降水；6. 颶風在登陸消散或轉變為副熱帶氣旋或與斜壓系統相互影響之降水，共有 4 篇研究；7. 其它，另外 5 篇研究報告如颶風降水之氣候值分析，進行降水預報作業系統之建立與作業情形等之報告。

從這些研究與報告中，Elsberry(2001)曾歸納得其對進一步達成提高颶風降水預報之樂觀與悲觀兩方面之看法，我們歸納得以下結論：

1 颶風降水特性方面

- (1). 颶風劇烈降水僅在很小範圍，也可能僅在短時間內發生，因此增加 QPF 之困難。
- (2). 劇烈降水通常在颶風中心和雨帶上，但有時劇烈降水不一定發生在颶風中心附近，颶風劇烈降水個案多有其獨特之處，降水量和颶風之強弱、大小並沒有明顯之相關性。

2 觀測與 QPE 方面：

- (1). 當劇烈降水生時，雨量計觀測降水量含較大誤差，由此也造成校驗與預報方法發展上之困難。
- (2). 應用衛星與雷達等觀測資料建立 QPE 技術已被廣泛引用，但仍需更多之研究。

3 統計與經驗預報方面

- (1). 颶風降水之氣候資料個案數少，這使統計預報模式之發展較不易。
- (2). 部分統計經驗公式正在發展測試中。

4 數值預報模式應用方面

- (1). 數值模式模擬結果使研究人員樂觀的認為數值模式有能力改善颶風降水預報，這也可能是延長到 72 小時降水預報之期望所在。
- (2). 觀測資料同化技術與初始場之改進將是數值預報模式提升降水預報之關鍵因素。

四、結論

綜合而言，颶風之預報是國內氣

象預報作業中影響層面最廣泛的項目之一，在國外，許多地區也相似，颱風是影響該地之重要天氣系統。對颱風路徑之預報，經國內外許多之研究改進，如今美國聯合颱風警報中心(JTWC)已可將最近五(1996-2000)年 24/48/72 小時平均預報誤差減少為約 100、180、266 海浬，美國熱帶預報中心/國家颶風中心(TPC/NHC)也將最近 10(1990-1999)年 24/48/72 小時平均預報誤差減少為約 85、157、233 海浬。這些預報誤差和預報之困難度雖隨不同地區與不同之觀測資料完整度而有不同，但基本上顯示由於數值預報模式之引用，對颱風路徑預測誤差之改進已有初步成效。

相對於路徑預報，對颱風降水之了解更少，對颱風降水預報方法更為缺乏，甚而對其預報之誤差也沒有完整之整理。在賀伯颱風之後，國內開始嘗試進行更多之颱風降水預報研究，美國也在近幾年開始注重颶風降水預報之提升而投入較多之研究，預期未來將有進一步之改善。

然而，颱風 24 小時平均路徑誤差仍接近 180 公里，48 與 72 小時之平均誤差則分別超過 300 與 400 公里，這誤差範圍相對台灣地區而言，造成格外明顯之影響，因台灣東西向距離僅約 200 公里而南北向約 400 公里。加上颱風降水主要在暴風圈內，半徑範圍僅約 300 公里，因此要達到準確降水之預報將更為困難，這種預報之困難似需要讓社會大眾與防救災單位了解，以期防颱工作能考慮到這些困難與不確定性。

致謝

本研究係在中央氣象局之支持與國科會 NSC89-2625-Z052-017 研究計畫資助下完成。

參考文獻

- 王時鼎、顏清連、陳泰然與謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及其預報研究(三)。國家科學委員會防災科技研究報告 74-51，152 頁。
- 吳宗堯與謝信良，1990：現有颱風預報成果作業化之研究(三)。國家科學委員會防災科技研究報告 79-37，137 頁。
- 葉天降、吳石吉與謝信良，1999：簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究(一)預測方法與台北颱風降水之預測校驗。*大氣科學*，27，395-412。

- 葉天降、謝信良與吳石吉，2000：簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究(二)預測結果隨區域之分佈。*大氣科學*，28，263-279。
- 謝信良，1986：台灣地區氣象災害之探討。*大氣科學*，13，89-108。
- 謝信良與葉天降，2000：颱風觀測分析與統計預報整合型研究 1999 年成果摘錄。*氣象學報*，43，61-70。
- 謝信良與葉天降，2001：颱風觀測分析與統計預報整合型研究 2000 年成果摘錄。*氣象學報*，44。(出版中)
- 魏元恆、謝信良與林民生，1971：颱風特性與台灣雨量之研究。*氣象學報*，17，第三期，1-17。
- Elserry, R. L., 2001: Optimistic and pessimistic views regarding hurricane landfall precipitation prediction based on the Symposium On Precipitation Extremes. (paper submitted to the Bull. Amer. Meteor. Soc.)

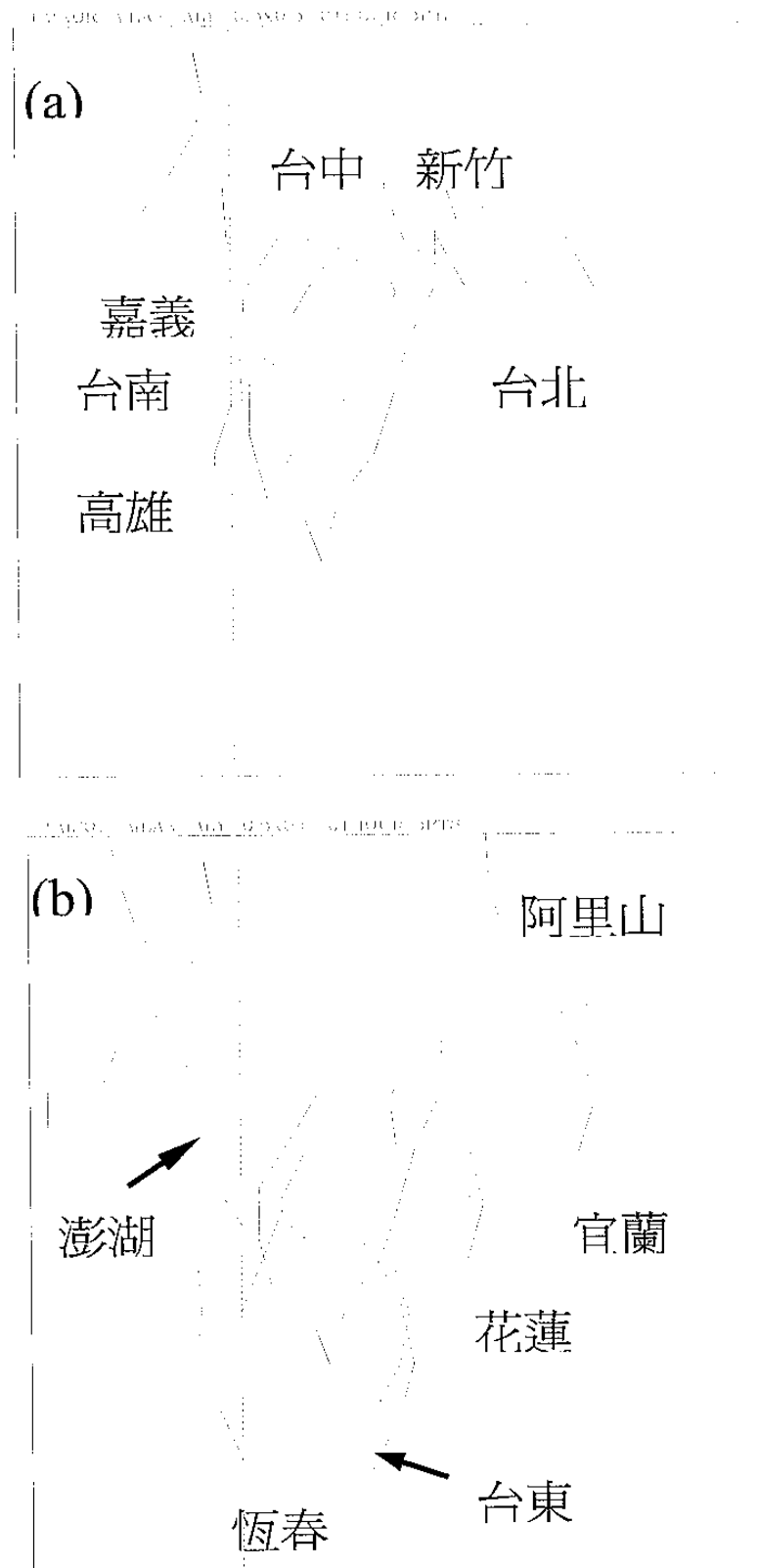


圖 1 在(a)台北、新竹、台中、嘉義、台南與高雄，(b)恆春、台東、花蓮、宜蘭、阿里山與澎湖等地區，颱風平均時降水量等於 7mm/h 發生時颱風中心位置之分布。