

地形降水診斷模式之初步分析與評估

鄭凌文^{*} 游政谷

中國文化大學大氣科學系

摘要

本研究在理想化的情況下，透過地形降水診斷模式估計2000年象神颱風個案台灣北部發生顯著地形降水期間(10月31日2000 UTC至11月1日0600 UTC，共計10小時)的降水分佈與強度。初步分析顯示北部山區(大屯山與南港-基隆山脈)之模式降水分佈與五分山雷達觀測之降水回波分佈相似。在降水強度估計方面，診斷模式顯示大屯山雨量較南港-基隆山脈多，此特徵與雷達回波觀測結果不同。透過地形上游平均降水回波與山區平均降水回波比較分析顯示，颱風雨帶的影響是造成兩山區之模式降水估計與實際雨量觀測相異之重要因素，此分析結果也更突顯出颱風雨帶與地形降水之間交互作用的重要性。

關鍵字：地形降水診斷模式；颱風；都卜勒雷達

一、前言

從過去一些個案研究顯示台灣暖季(即梅雨與颱風季節)豪雨或強風的發生常與地形效應有所關連(Lin 1993；林與郭 1997；Li and Chen 1998)，其中又以颱風所造成災害最為嚴重。過去的研究常著重於降水分佈與颱風路徑的相關(Chang et al. 1993)，而數值模擬研究則顯示侵台颱風所伴隨的降水分佈與地形密切相關(Wu and Kuo 1999)。從觀測研究得知颱風環境下之地形降水顯著、劇烈且複雜，而在相同大氣環境下，地貌的差異亦會影響地形降水分佈位置(鄭 2006；Yu and Cheng 2008)。

根據過去的研究顯示(李與蔡 1995；范 2000；張 2000；Wu et al. 2002；顏 2003)地形對於颱風降水的影響大致可分為兩方面：其中之一為地形會影響颱風路徑，並間接改變各地區的降水分佈；另外就是颱風環流在地形迎風面上受到抬舉，造成舉升凝結並增加該處降雨量。所以在一複雜的地形上，因颱風所產生的降水可分為三類，第一類是伴隨颱風環流的降水，第二類是環流(包括外圍環流)與地形交互作用所產生的降水，第三類則是前兩類的混合型態，即颱風雨帶、颱風環流與地形交互作用的降水。伴隨颱風環流的降水雨帶通常會有明顯的移動，而颱風雨帶、颱風環流與地形之間交互作用所產生的降水(即二、三類)常常接近滯留，所以造成的災害可能更為嚴重。雖然預防能夠減少民生

損失，然而現今的颱風降水預報尚有很大的改善空間，因為颱風環境下之地形降水機制存在相當大的不確定性，導致現今颱風環境下的降水強度及分佈難以準確預報。

由於現今的預報模式對於颱風降水的預報能力不足，因此本研究嘗試以地形降水診斷模式估計2000年象神颱風個案的降水強度與分佈，希望藉此了解颱風環境下的地形降水過程，並且提高對降水強度的掌握、降水發生的位置及預報的準確度。

二、模式簡介與資料

過去學者已針對降水估計模式的可行性與應用上作過一些測試與評估(Daly 1994；Sinclair 1994；Smith 2004)，而本研究乃參照Sinclair(1994)所提出的地形降水診斷模式的基本概念與物理方程進行模式設計，以期能夠適用於台灣的環境。診斷模式主要所需輸入的資料有地形高度資料、大氣狀況垂直分佈與地形上游風場資料，藉由這些資訊估計地形上游氣流受地形舉升凝結所形成的降水量及分佈。地形高度資料採用中央大學太空及遙測中心：Digital Terrain Model(DTM)，數值地形資料，大氣狀況垂直分佈則是使用板橋探空資料，地形上游風場資料是由五分山雷達與民航局桃園機場雷達資料進行雙都卜勒風場合成，合成區域及相關測站分佈見圖1。由於象神颱風個案於北部山區有顯著地形

^{*} 聯絡作者地址：鄭凌文，(111)台北市華岡路 55 號中國文化大學大義館 6 樓大氣科學系

聯絡電話：(02)28610511轉25705

傳真電話：(02)28615274

E-mail：s89219333@yahoo.com.tw

降水，所以使用地形降水診斷模式估計此颱風個案於北部的降水強度及分佈應該是相當有幫助的。

三、個案描述

象神颱風為 2000 年編號第 20 號的侵台颱風，在 10 月 31 日到 11 月 1 日(UTC)期間行經台灣東部並向北移動(圖 2)，並於 10 月 31 日 2000 UTC 至 11 月 1 日 0600 UTC 期間(共 10 小時)於大屯山區及南港-基隆山脈出現顯著地形降水(鄭 2006；Yu and Cheng 2008)。透過中央氣象局 QPESUMS 所使用的 $Z=32.5R^{1.65}$ (Xin et al. 1997) 將 10 小時之雷達回波繪製成雷達回波降水估計圖(圖 3)顯示降水主要集中於大屯山區與南港-基隆山脈，大屯山區累積雨量主要有兩個局部最大值(約 500 mm，皆分佈在大屯山迎風斜坡上)，南港-基隆山脈的強累積降水則分佈在山頂且延伸至背風側(約 700 mm)，而且累積雨量分佈大略與地形走向平行。

四、估計降水之強度與分佈

因象神個案北部山區降水與地形顯著相關，故本研究利用地形降水診斷模式計算地形上游風場受台灣地形舉升凝結所產生的地形降水，並考慮降水受風場影響平移及背風側氣流下沉增溫導致降水蒸發的現象，其結果如圖 4。估計結果顯示大屯山區的雨量約 450 mm，南港-基隆山脈約 350 mm，此診斷模式估計結果與雷達回波降水估計仍有差距，特別是南港-基隆山脈的降水僅有 350 mm 與雷達回波降水估計的 700 mm 相差甚遠。而模式估計結果也顯示在更下游的山區也有相當強的降水，這樣的現象在雷達回波降水估計中也是沒有的。

五、颱風降水之影響

前章顯示南港-基隆山脈之模式估計降水與雷達回波降水估計相差約 350 mm，因地形降水診斷模式並未考慮颱風雨帶之影響，因此本節將針對颱風雨帶對於加強地形降水的程度作探討。本研究中在山區(大屯山區及南港-基隆山脈)及其上游做平均回波分析(選取範圍見圖 5)。由山區平均回波差異與上游平均回波差異(圖 6)分析顯示南港-基隆山脈上游的平均雷達回波大於大屯山區上游時，南港-基隆山脈的平均雷達回波也比大屯山區的平均雷達回波強，而且增強的幅度是倍數增加。此分析結果顯示地形上游環境場(即颱風雨帶)對於地形上的降水加強有相當大的影響，也突顯此現象的重要性。

六、討論與未來工作

本研究透過地形降水診斷模式配合中央氣象局

五分山雷達與民航局桃園機場雷達資料所合成的地形上游風場及板橋探空資料估計北台灣地形降水強度及分佈。雖然大屯山區與南港-基隆山脈的估計降水分佈與五分山雷達觀測之分佈略為相似，但是因模式未考慮水氣含量的水平分佈，以至於更下游的山區也同樣有降水產生。且模式估計降水強度是大屯山區大於南港-基隆山脈，與五分山雷達所觀測到的情況是不同的。

由兩山區上游及山區平均回波差異分析亦顯示地形上游颱風降水亦會影響山區地形降水的強弱，因此若能於此診斷模式中加入颱風降水的影響，對於提高颱風降水強度及分佈的預報能力是非常有幫助的。

文中使用中央氣象局 QPESUMS 所使用的 Z-R 關係式將雷達回波轉換降水量，但是此 Z-R 關係式並非最適象神颱風個案。為了能夠更正確的比對模式估計降水與實際降水的強度與分佈，未來會針對 Z-R 關係式這部分做更進一步的研究，藉以找出最適象神颱風個案的 Z-R 關係式。

參考文獻

- 李清勝與蔡德攸，1995：利用CAA都卜勒雷達資料分析四個侵台颱風伴隨雨帶之特徵。大氣科學，23，209-235。
- 林熹閔與郭鴻基，1997：1994 年南台灣夏季午後對流之研究。大氣科學，24，249-280。
- 范銑燦，2000：台灣颱風地形效應豪雨預警區之研究。私立中國文化大學地學研究所博士論文，225頁。
- 張保亮，2000：登陸中颱風環流變化分析：賀伯(1996)個案研究。國立台灣大學大氣科學研究所博士論文，158 頁。
- 鄭凌文，2006：北台灣地形對颱風降水分佈及強度之影響：象神颱風雷達觀測研究。中國文化大學碩士論文，71 頁。
- 顏自雄，2003：賀伯颱風(1996)及受其台灣地形影響之數值模擬研究。國立台灣大學大氣科學研究所博士論文，108 頁。
- Chang, C.P., T. C. Yeh, and J. M. Chen, 1993: Effects of terrain on the surface structure of typhoons over Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 734-752.
- Daly, C., R. P. Neilson, and D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *J. Appl. Meteor.*, 33, 140-158.
- Li, J., and Y.-L. Chen, 1998: Barrier jets

during TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 959-971.

Lin, Y.-L., 1993: Orographic effects on airflow and mesoscale weather systems over Taiwan. *Terrestrial Atmos. Oceanic Sci.*, 4, 381-420.

Sinclair, M. R., 1994: A diagnostic model for estimating orographic precipitation. *J. Appl. Meteor.*, 33, 1163-1175.

Smith, R. B., and I. Barstad, 2004: A linear theory of orographic precipitation. *J. Atmos. Sci.*, 61, 1377-1391.

Wu, C.-C., and Y.-H. Kuo, 1999: Typhoons affecting Taiwan: current understanding and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 67-80.

Xin, L., G. Recuter, and B. Larochelle, 1997: Reflectivity-rain rate relationship for convective

rainshowers in Edmonton. *Atmos. Ocean*, 35, 513-521.

Yu, C.-K., and L.-W. Cheng, 2008: Radar observations of intense orographic precipitation associated with Typhoon Xangsane (2000). *Mon. Wea. Rev.*, 136, 497-521.

誌謝

本研究由國科會計畫 NSC 96-2111-M-034-001-MY3 支助進行。五分山雷達資料、民航局桃園機場雷達資料及全台逐時地面觀測資料由台大大氣研究資料庫楊明錚先生提供。

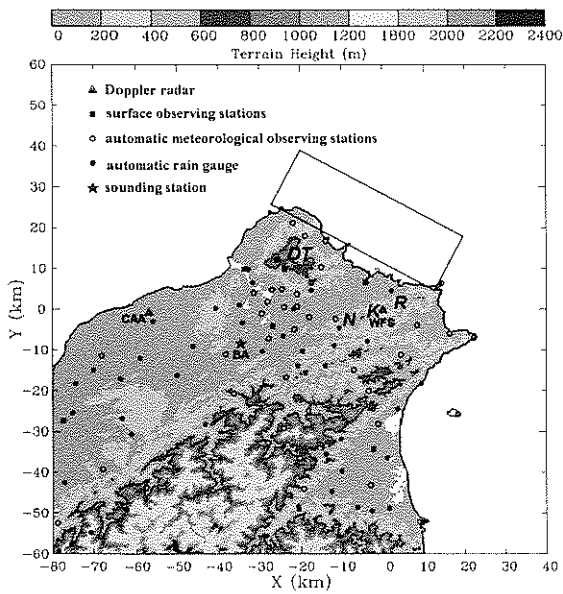


圖 1 台灣地形高度圖(以色階表示,單位:公尺,間距為圖上所標示),圖中標示大屯山(DT),南港-基隆山脈(NKR),五分山雷達站(WFS),桃園機場雷達(CAA),板橋探空(BA),符號所代表的測站類型於圖左上方說明,黑線區域為雙都合成風場範圍(45 x 15 公里)。

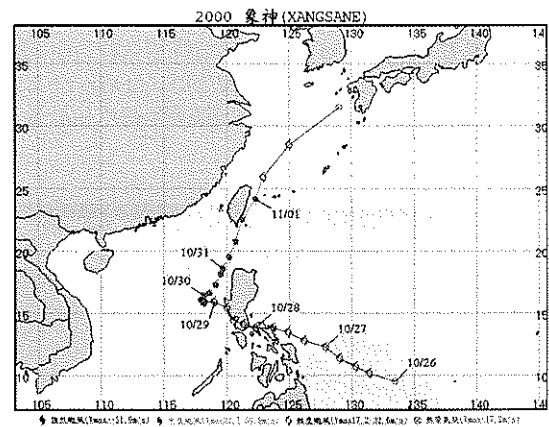


圖 2 2000 年象神(編號第 20 號)颱風路徑圖,颱風中心定位每隔 6 小時一點,時間為 UTC(資料來源:中央氣象局)。

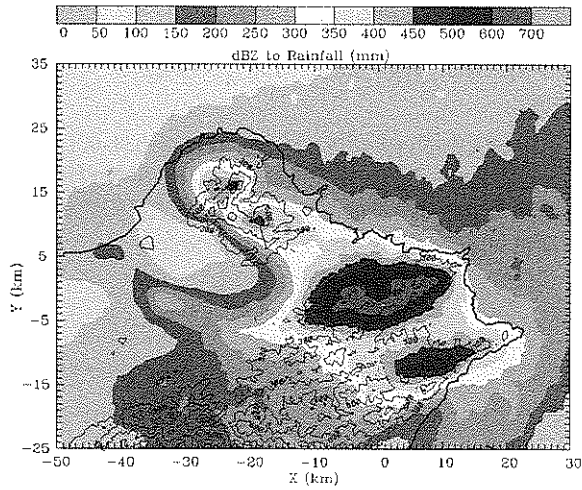


圖 3 雷達回波降水估計圖(色階為估計雨量，單位：mm，間距為圖上所標示)，等值線為地形高度(等值線間距為 300m)，雷達回波降水估計乃由氣象局 QPESUMS 所使用的 $Z = 32.5R^{1.65}$ (Xin et al. 1997) 將 10 小時的雷達回波換算為降水估計量。

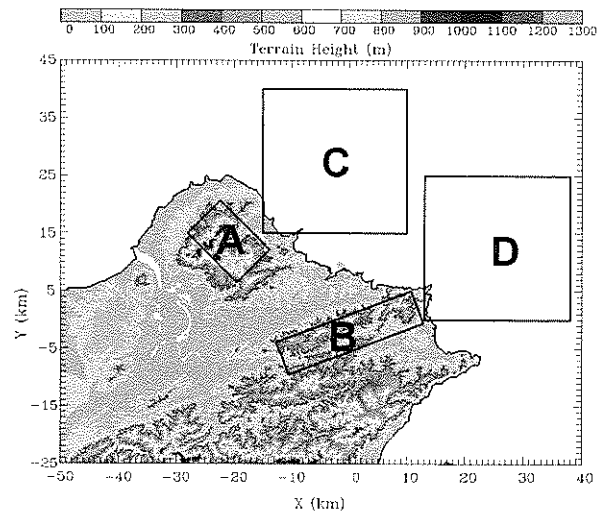


圖 5 山區及其上游回波選取範圍(A,B,C,D)，色階表示地形高度。

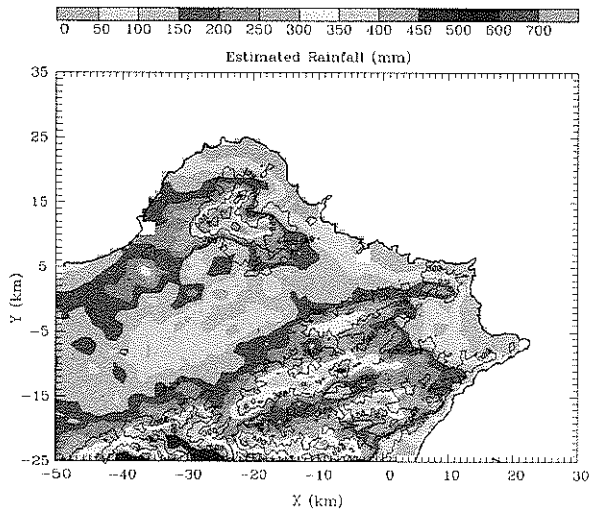


圖 4 模式估計雨量圖(色階為估計雨量，單位：mm，間距為圖上所標示)，等值線為地形高度(等值線間距為 300m)

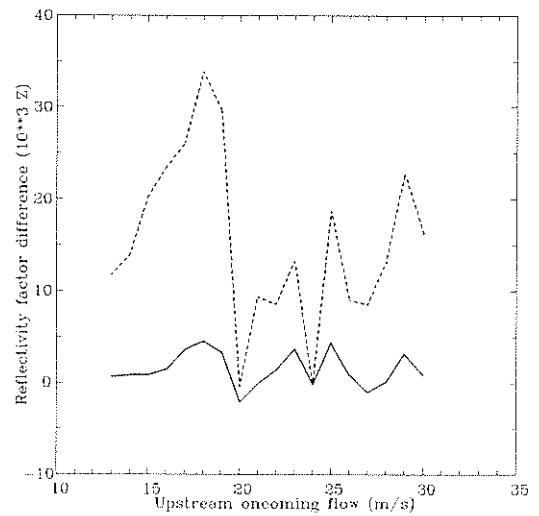


圖 6 山區平均回波差異與上游平均回波差異隨上游氣流變化(選取範圍見圖 5)，實線表示上游平均回波差異(D-C)，虛線表示山區平均回波差異(B-A)。