

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

鄭凌文* 游政谷

中國文化大學大氣科學系

摘 要

本研究主要是以氣象局五分山都卜勒雷達資料分析2000年象神颱風個案，探討颱風外圍環流與地形之間交互作用所產生的地形降水。由14.5小時的雷達降水回波觀測顯示最大降水區域發生於大屯山區與雪山山脈之迎風面，而在大屯山區背風面有個局部的降水回波最小值。分析顯示累積回波約在地形前10公里處就已經迅速增加，並且在迎風面山腰處達到最大值。而北部迎風面的垂直速度頻率($> 1 \text{ ms}^{-1}$)與雷達回波頻率($> 40\text{dBZ}$)較大區域大致上是吻合的，顯示地形抬舉對降水加強的重要性。

關鍵字：地形降水；颱風；都卜勒雷達

一、前言

在一複雜的地形上，因颱風所產生的降水可分為兩類，一是伴隨颱風環流的降水，一是環流(包括外圍環流)與地形交互作用所產生的降水，伴隨颱風環流的降水雨帶通常會有明顯的移動，而颱風環流與地形交互作用所產生的地形降水常常接近滯留，所以地形降水所造成的災害可能更為嚴重。

然而，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)，對於地形效應對颱風降雨分佈的影響，我們的了解甚少。而關於地形降水的研究，過去已有非常多的研究針對此科學議題進行了解(Medina and Houze 2003；Chiao et al. 2004；Colle 2004)。但是在颱風的環境下，我們對於地形降水的認知卻是很貧乏的。

本研究是透過2000年象神颱風個案，研究颱風外圍環流與地形交互作用所產生的地形降水，主要是以五分山雷達站的高解析度雷達資料及中央氣象局地面觀測站資料作分析。

二、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1)，因象神颱風未登陸台灣本島，所以其結構未受到地形明顯破壞。在象神颱風影響台灣期間，台灣北部沿海地區因受颱風環流影響，盛行偏北風，當颱風離開北部，風向則逐漸偏西北風。在颱風影響期間，大量降水集中在北部迎風面及山區，造成北台灣嚴重的災情。由五分山雷達回波圖顯示，10月31日1534UTC，台灣北部開始有強回波值的存在，直到11月1日0559UTC之後才消散(持續約14.5小時)。15小時累積雨量圖(圖2)顯示主要降水累積於台灣北部迎風面，特別是在山區更為明顯。

三、雷達觀測

* 作者聯絡地址：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384

傳真電話：(02)28615274

E-mail：s89219333@yahoo.com.tw

(一) 降水分布特性

圖3為14.5小時雷達累積回波圖，從圖3可以清楚看到在北部迎風面的累積回波特別高，而在大屯山背風面有一處累積回波的局部最小值。另外在雪山山脈中段的位置，強累積回波與局部地形高度最大值相契合的部分應是為地形回波。

為了更描述清楚累積回波(雨量)與地形的關係，取兩剖面。其一、雪山山脈剖面(剖面範圍標示於圖4)，取雪山山脈範圍的角度是45度，乃依據雪山山脈的大致走向。其二、大屯山剖面(剖面範圍標示於圖4)，角度方面則取30度以便觀測迎風面的強累積回波值以及背風面的雨蔭區。剖面皆長110公里，寬20公里，再將20公里方向的累積回波值、累積雨量值及地形高度作平均，繪出平均剖面圖(圖5及圖6)。雪山山區區域平均剖面圖(圖5)顯示累積回波在地形前約7~8公里處就已經迅速增加，並且在迎風面山腰處達到最大值(接近5500dBZ)，之後便下降至約4800的位置。而圖上標示約12公里位置的地方又再次上升至約5300dBZ，但其與地形契合，明顯是因為雷達電磁波受地形阻礙所造成的強回波。其後累積回波迅速減少，也是因為電磁波受地形阻礙後，進而衰減所造成。累積雨量方面也如同累積回波一般，在迎風面的山腰處達到最大值(約375mm)，隨後便下降至200mm。

大屯山區區域平均剖面圖(圖6)顯示累積回波約在地形前10公里便迅速增加，在迎風面接近山頂位置達到最大值(約5700dBZ)，隨後在背風面有個局部最小值，累積回波下降至4300~4400dBZ，之後又再次增加至約5000dBZ，接著又再次下降。地面測站累積雨量所顯示的特性與累積回波相當一致，但其位置有稍微落後累積回波。

(二) 地形效應

為了了解強回波值主要發生的位置，及其與地形的相關，利用1.4度仰角PPI的雷達回波網格資料計算回波大於40dBZ的頻率，再使用逐時風場資料、台灣地形高度資料估計地形引發的垂直速度。地形引發的垂直速度可由下列式子估計：

$$W_{terrain} = u(Z) \frac{\partial h}{\partial x} + v(Z) \frac{\partial h}{\partial y} \quad (1)$$

上式中h代表地形高度，u代表東西分量的風，v代表南北分量的風，此處的風速為高度(Z)的函數，本研究則簡略上式，假設風非高度的函數，即

$$W_{terrain} = u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \quad (2)$$

上式中的u、v乃利用台灣北部沿海迎風面的五個地面觀測站所觀測到的風場作估計，而垂直速度大於

1ms⁻¹的頻率、雷達回波頻率(大於40dBZ)以及地形高度，三者同時繪於圖7。圖中顯示大於40dBZ的回波多發生於迎風面上，且頻率(大於40dBZ)與垂直速度頻率(大於1ms⁻¹)較高的區域大致上是吻合的，顯示地形抬舉對降水加強的重要性。

四、結論

從五分山雷達資料以及地面觀測資料分析，可知地形效應在此個案中扮演重要角色，颱風外圍環流受到地形抬舉，使得在迎風面的山腰處上形成強降水回波。研究發現不同形狀的山(如大屯山與雪山山脈)，也會造成不同的降水分佈。未來將針對這些不同的降水分布作更進一步分析，以釐清地形扮演角色。

參考文獻

- Chang, C. P., T. C. Yeh, and J. M. Chen, 1993: "Effects of Terrain", *Monthly Weather Review*, 121, 734-752
- Chiao, S., Y. L. Lin and M. L. Kaplan, 2004: "Numerical Study of the Orographic Forcing of Heavy Precipitation during MAP IOP-2B", *Monthly Weather Review*, 132, 2184-2203
- Colle, B. A., 2004: "Sensitivity of Orographic Precipitation to Changing Ambient Conditions and Terrain Geometries: An Idealized Modeling Perspective", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 61, 588-606
- Cressman, G. P., 1959: "An operational objective analysis system", *Monthly Weather Review*, 87, 367-374
- Medina, S., R. A. Houze Jr, 2003: "Air motions and precipitation growth in Alpine storms", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 129, 345-371

誌謝

本研究由國科會計畫NSC 93-2111-M-034-001及NSC 94-2111-M-034-001支助進行。五分山雷達資料及全台逐時地面觀測資料(包括局屬站及自動站)由台大大氣研究資料庫楊明錚先生提供。

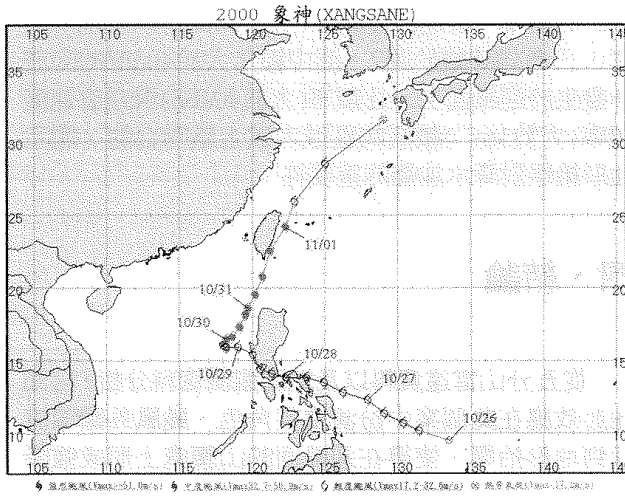


圖1 象神颱風路徑圖。(資料來源：中央氣象局網)

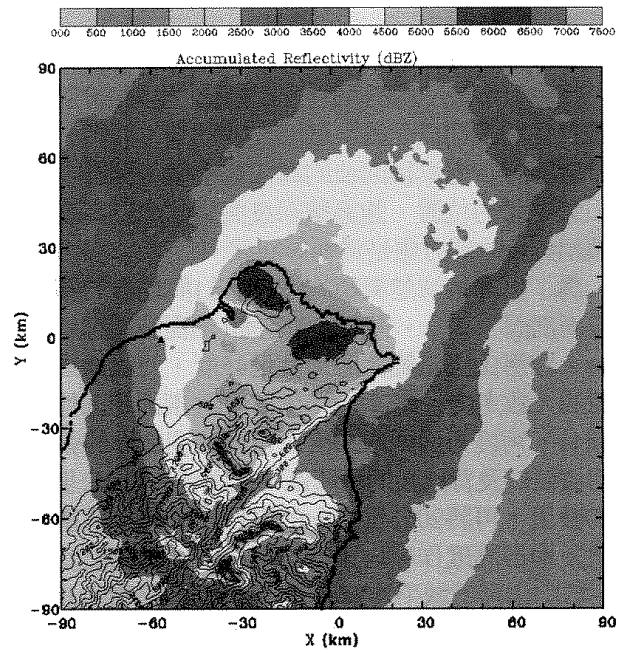


圖3 雷達累積回波圖，將約14.5小時(10月31日1534UTC至11月1日0559UTC)的雷達回波網格資料(1.4度仰角PPI)作累加繪製而成，色階表示累積回波值，間距如圖上所標示，黑色等值線表示地形高度，間距為300公尺。

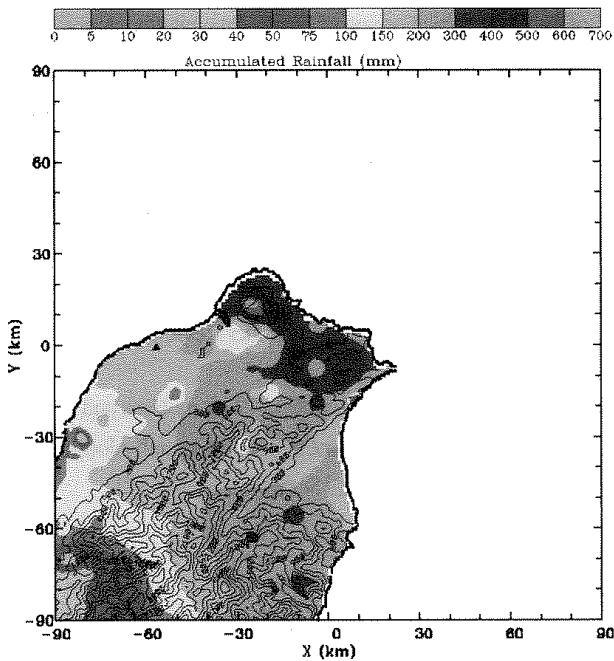


圖2 15小時累積雨量圖，時間由10月31日15時UTC至11月1日6時UTC，共15小時)，並去除15小時累積雨量小於1 mm 的測站資料，以濾除錯誤的雨量資料，再以Cressman(1959)的權重函數將其轉為網格資料繪製而成，色階表示累積雨量，間距如圖上所標示，黑色等值線表示地形高度，間距為300公尺。

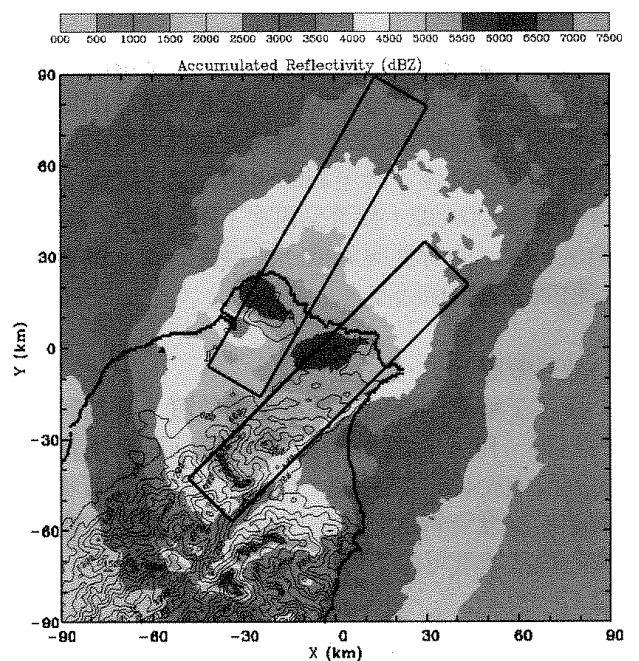


圖4 雷達累積回波圖，圖中左邊長方形框為大屯山剖面區域(角度30度)、右邊長方形框為雪山剖面區域(角度45度)，剖面區域長110公里，寬20公里。

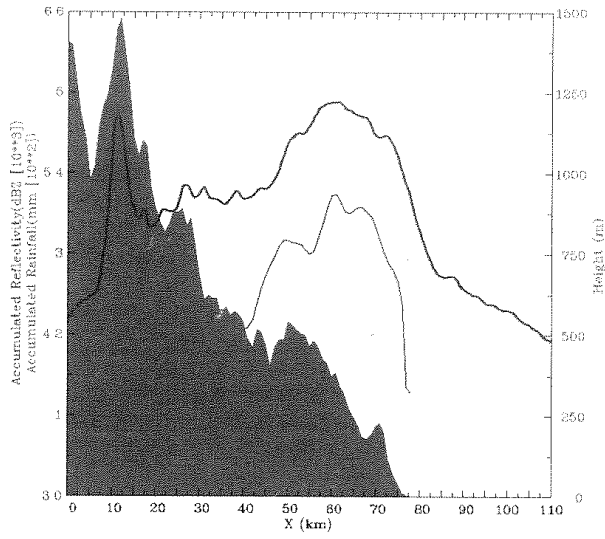


圖5 雪山區域平均剖面圖(區域範圍標示於圖4)，紅色實線為平均20公里方向之累積回波，藍色實線為平均20公里方向之累積雨量，棕色區域為平均地形高度。

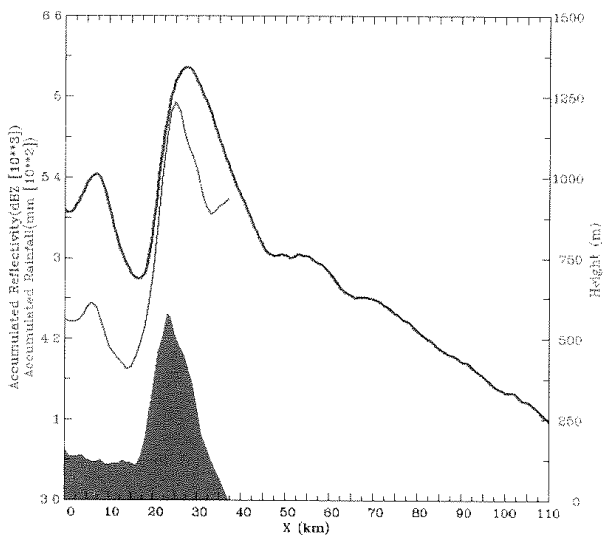


圖6 大屯山區域平均剖面圖(區域範圍標示於圖4)，紅色實線為平均20公里方向之累積回波，藍色實線為平均20公里方向之累積雨量，棕色區域為平均20公里方向之地形高度。

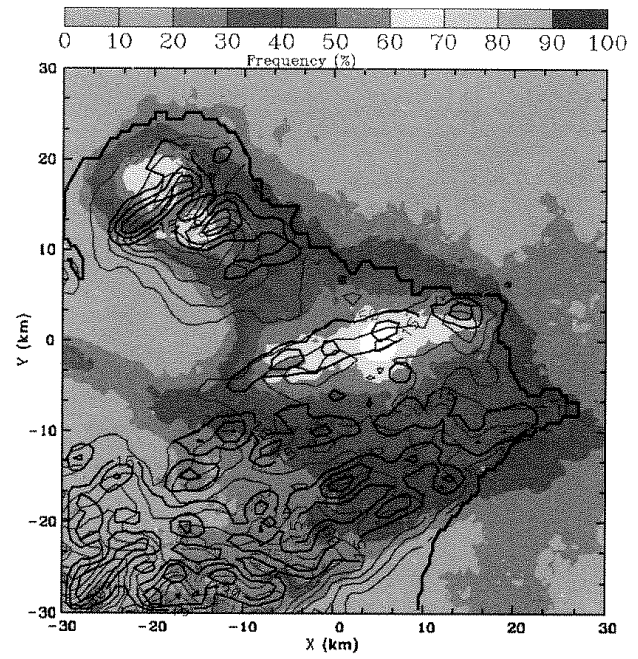


圖7 降水回波與地形引發垂直速度頻率圖，此為14.5小時內回波大於40dBZ之頻率，黑色等值線為地形引發之垂直速度大於 1ms^{-1} 之頻率，紅色實線為地形等高線，間距150公尺。

