

颱風路徑受台灣地形影響之探討

蕭玲鳳、陳得松、黃康寧、葉天降
中央氣象局

摘要

本文針對 2005 年西行通過台灣地形之海棠、泰利與龍王颱風探討其路徑受台灣地形的影響。利用中央氣象局非靜力區域模式 (NFS) 進行地形模擬實驗發現此三個西行颱風通過 125°E 後於台灣西南部會產生地形引起的似渦旋擾動，此擾動和正渦度區的位置大致相同。分析地形引起的似渦旋擾動的正渦度分布發現造成颱風在台灣東部海面滯留打轉和偏折的路徑，例如海棠、泰利颱風，正渦度的強度和範圍皆較直行穿越台灣的龍王颱風大。另外，利用片段位渦反演 (PV piecewise) 亦發現颱風路徑可能受此正渦度分布的影響。本研究亦嘗試使用夫如數 (Fr, Froude number) 探討颱風受地形的影響，分析顯示夫如數主要是受到颱風風速的大小所控制，與此三個颱風之路徑可以得到不錯的相關結果。

一、前言

去 (2005) 年西北太平洋第 5 號海棠颱風在接近花蓮地區時，中心之移動於東部近海發生移速變慢且逆時針打轉一圈後，才於宜蘭縣登陸。葉等 (2005) 模擬研究指出海棠颱風的異常路徑主要受到台灣地形的影響，地形產生於台灣西南部的山後似渦旋擾動，雖其強度在風速上約為 5ms^{-1} ，此種類似雙渦旋互繞之現象可能即為造成海棠颱風在台灣附近打轉之原因。另外，移除颱風平均移速 3ms^{-1} ，似渦旋擾動和颱風呈現質點中心互繞，質點中心的距離和似渦旋擾動的強度 (渦度) 大小有關。由片段位渦反演分析發現副熱帶高壓對海棠駛流主要是向西或向北，中心西側的槽線對颱風中心移動之影響主要為向北，而在中心折轉時造成向東折轉之主要機制為颱風本身之環流所致。本研究接續前述研究結果對山後似渦旋擾動進行敏感度實驗測試，探討此擾動對颱風路徑的影響。此外，颱風與台灣地形相對位置分布亦對颱風路徑有著不同的影響，本文利用模擬測試探討之。最後比較去年類似海棠颱風接近台灣時所處位置之泰利與龍王颱風，進一步分析此三個颱風路徑受台灣地形影響之差異。

二、模擬實驗

中央氣象局非靜力區域模式 (NFS) 15 公里解析於 7 月 17 日 12UTC 對海棠颱風進行地形實驗模擬結果如圖 1。有台灣地形存在時成功模擬登陸前打轉的路徑，而自 16 日 12UTC 起即將台灣地形設定為海洋面，則中心路徑顯示在無台灣地形存在時，颱風將以穩定的方向往西北移動。由圖 2 有、無台灣地形產生的低層風場差異清晰可見由於高山對氣流之阻擋與分流作用，使得在地形下游背風處，產生地形引起的正渦旋，此渦旋的位置和有地形模擬的正渦度區相符，大致上為圖中黑色框的區域。為釐清山後似渦旋擾動對颱風路徑的影響，將此地形產生背風擾動的區域取代相同範圍但自 16 日 12UTC 起即使用台灣地形設定為海洋面之 NFS 模式 17 日

12UTC 初始場。圖 3 為取代後模擬的路徑 (灰色) 與無台灣地形 (黑色) 之比較，山後似渦旋擾動造成颱風產生路徑偏折之現象，然而因為沒有台灣地形存在無法提供此擾動風切項的正渦度，使得山後似渦旋擾動不易成長，所以對海棠颱風打轉的路徑預測不如有地形者明顯。另外，路徑偏折發生較靠近台灣亦是起因於沒有台灣地形的阻擋作用。路徑偏折後持續北北東向通過台灣，於台灣本島路徑較無擾動的初始場偏北，此時山後似渦旋擾動持續影響颱風路徑，待海棠颱風過台灣以後路徑大致上趨於一致。所以模擬實驗得知山後似渦旋擾動的生成為海棠颱風有異常轉折路徑發生之主要原因。

三、位渦反演分析

除前述使用模式模擬測試山後似渦旋擾動對颱風路徑的影響，本研究亦使用位渦反演診斷其影響。地形造成海棠颱風在台灣東部近海逆時針打轉的異常路徑，其中模式模擬颱風路徑發生打轉的時間為開始模擬 6 小時後至 15 小時。為進一步瞭解山後似渦旋擾動對颱風路徑的影響，在此採用片段位渦反演方法進行診斷分析 (Wu et al, 2004)。由於山後似渦旋擾動發展的時間並不長，主要是發生在颱風路徑打轉的過程，所以探討模擬第 7~15 小時片段位渦反求方法對山後似渦旋擾動進行反演，結果如圖 4 所示。由圖中可知模擬初期打轉時颱風路徑受山後擾動的影響主要是往西北向移動，自第 10 小時開始颱風有往南偏的分量產生。此時海棠颱風路徑亦開始在台灣東方近海往南偏折，持續受到山後似渦旋擾動的影響向西南移動至第 14 小時向西的分量轉變為向東，繼而向東北，路徑產生一逆時針的打轉。此擾動至 15 小時後慢慢消失，海棠颱風受台灣地形影響減小，隨後路徑則受副熱帶高壓導引。

四、地形實驗

Yeh and Elsberry (1993a, b) 使用原始方程式模式模擬研究理想流場的環境中地形對颱風的影響，結果顯示路徑偏移的現象和颱風渦旋所處的位置有

很大的關係。本實驗將台灣地形和植被資料分別向南北移動一度，以檢試颱風渦旋位置和地形的關係。圖 5 為地形南北移動的結果，地形往南移亦即颱風所處的位置較偏北顯示颱風和控制實驗一樣在通過台灣地形前產生打轉的路徑。而地形往北移則颱風渦旋的位置相對於台灣最南端的緯度，颱風路徑直接通過台灣地形，並未產生打轉的路徑。陳（2004）研究東南—西北走向侵襲台灣東岸的颱風發現北緯 23°以北區域最容易發生登陸前偏折的路徑，尤其是北緯 24°到北緯 25°範圍內發生偏折的比率最高。主要是因為 23°~25°範圍內颱風最大風速會明顯受到台灣地形的影響，也就是接近高山脈的東海岸中部較有利於偏折產生，南北兩端偏折較小。所以模擬實驗台灣地形往南移，颱風所處的位置大致在上述發生偏折比率較高的範圍內，颱風最大風速易受中央山脈的影響產生打轉的路徑；地形往北移後颱風則相對於台灣最南端的位置，所以路徑偏折較小，颱風登陸後直接過山，隨後颱風中心由山後的副中心取代。

五、海棠、泰利與龍王颱風之比較

位渦診斷和數值模擬實驗分析瞭解海棠颱風在其綜觀環境條件下發生打轉的路徑，在此比較去年類似海棠颱風所處位置的泰利與龍王颱風。表 1 為海棠、泰利與龍王颱風近台灣時的比較。此三颱風分別發生在七、八、九月，強度大致上相同，七級風暴風半徑龍王最小為 200 公里而海棠最大為 280 公里，速度方面龍王則較另兩颱風為快。由颱風路徑可見在登陸前颱風大約都通過東經 124°、北緯 23.5°之位置，但路徑偏折的角度以海棠最大、龍王最小。海棠颱風在登陸前於東部近海發生打轉的路徑，泰利颱風雖未見如海棠打轉現象，但在東部近海出現異常往南偏折的路徑。相較於海棠與泰利的異常路徑，龍王颱風則快速西行通過台灣地形，並未產生偏折的現象。在綜觀環境場方面，500hPa 高度場可瞭解副熱帶高壓和颱風間的配置。由三個颱風 500hPa 高度場中 5880gpm 值比較發現龍王颱風較靠近 5880gpm 等高線，此顯示龍王受到副熱帶高壓影響最大，副熱帶高壓相對較強梯度會使得環境駛流增大造成龍王的移速較快。另一方面由高度圖中亦可見海棠颱風強度和大小為三個之最，而龍王則半徑較小。此外，本文亦使用夫如數探討颱風受地形的影響。夫如數主要可應用於判斷氣流遇到地形阻礙物時的氣流運動型態。此處夫如數定義為 $Fr=U/NH$ ；其中 U 為上游之代表性風速； N 為氣流之 Brunt-Vaisala 頻率，表浮力大小或大氣穩定度大小； H 為氣流所遇山脈之高度。然而高夫如數與低夫如數之不同，主要即在 U 之大小不同，颱風接近 U 增加，當一般 $Fr > 0.5$ 時，亦即高夫如數時，氣流已有能力爬山，而在低夫如數時 ($Fr \leq 0.5$)，氣流以繞山為主 (Smolarkiewicz and Rotunno, 1989)。計算夫如數結果發現海棠夫如數最大、泰利次之、

龍王最小。顯示海棠颱風氣流易過山，在地形下游背風處易產生強的北風分量使得在台灣西南部生成山後似渦旋擾動。由 850hPa 山後正過度區清晰可見海棠較大、龍王最小，由風場亦可看出地形下游處海棠的風速較大且颱風的半徑亦較大，更進一步驗證夫如數所得到的結果。所以，山後似渦旋擾動越強越發引起與颱風逆時針互繞的異常路徑。

由初步比較台灣東方近海西行的海棠、泰利與龍王颱風發現強度較強、暴風半徑較大、綜觀環境駛流較弱的情況下易造成偏折的異常路徑。龍王颱風受較強的副熱帶高壓梯度影響造成移速較快，並且因颱風半徑較小，所以無法及早於地形下游背風處提供較大的風速，山後似渦旋擾動也因此強度較弱，致使路徑則未受影響快速持續向西移動。

六、結論

海棠颱風於台灣東方近海打轉的異常路徑透過位渦診斷和數值模擬實驗顯示，受地形影響於地形下游背風處生成山後似渦旋擾動可能是海棠颱風路徑滯留打轉之主要原因，此似渦旋擾動與颱風產生類似雙渦旋互繞的結果。西行颱風登陸前的轉折路徑和渦旋所處位置有關，地形南北移實驗發現接近山脈的東海岸中部較有利於偏折路徑的發生。比較去年由東海岸中部接近的海棠、泰利與龍王颱風，發現使路徑受地形效應造成偏折的現象主要是受到綜觀環境駛流、颱風強度與大小的影響。其中綜觀環境駛流弱則颱風移速較慢致使颱風受地形影響的時間較長；颱風強度需強亦即夫如數大，才能在地形下游背風處產生強的北風分量使得在台灣西南部生成山後似渦旋擾動；颱風半徑大小則需大，可受地形影響的時間較久，更有利於山後似渦旋擾動的發展。然而如何定量分辨弱綜觀環境駛流與強而大的颱風尚需更多的個案及數值模擬實驗探討之。

誌謝

本研究在國科會研究計畫編號 NSC95 -2119 -M-052 -001 -Ap1 支持下完成。位渦反演部分感謝吳俊傑教授在先前中央氣象局委託研究計畫時之指導使用與引進。另外感謝中央氣象局科技中心鄭主任明典之支持與鼓勵。

參考文獻

- 陳怡良，2004：台灣地形 beta-e 效應對颱風路徑的影響—東南駛流個案探討。台灣大學大氣科學研究所，博士論文。
- 葉天降、陳得松、蕭玲鳳、黃康寧，2005：海棠颱風行徑受台灣地形影響之探討。天氣分析與預報研討會論文集編，449—452。
- Smolarkiewicz, P.K., and R. Rotunno, 1989: Low Froude number flow past three-dimensional obstacles. Part I: Baroclinically generated lee vortices. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 1154-1164.
- Wu, C.-C., T.-S. Huang, and K.-H. Chou, 2004:

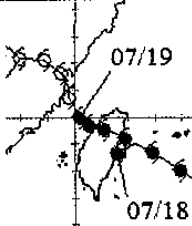
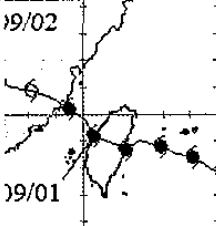
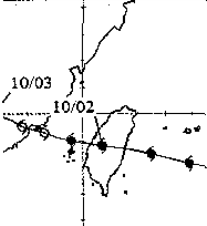
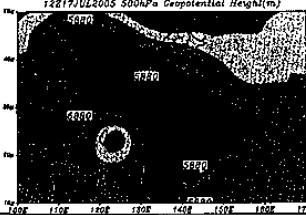
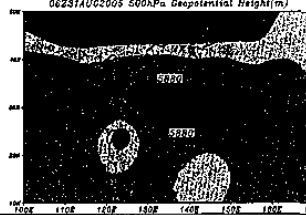
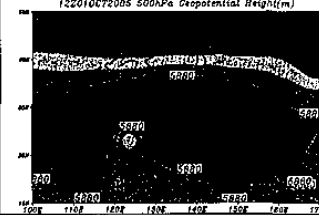
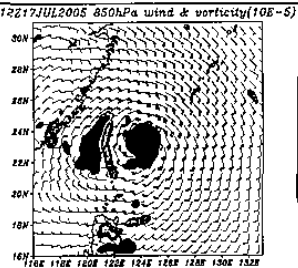
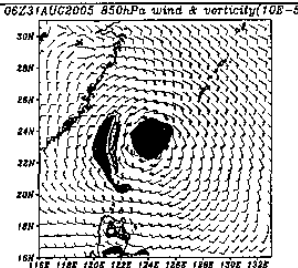
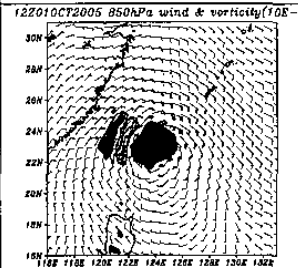
Potential vorticity diagnosis of the key factors affecting the motion of Typhoon Sinlaku (2002). *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 2084-2093.

Yeh, T. C., and R. L. Elsberry, 1993a: Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part I: Upstream track deflections. *Mon. Wea. Rev.*, **121**,

3193-3212.

_____, and _____, 1993b: Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part II: Continuous and discontinuous tracks across the island. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3213-3233.

表 1 海棠、泰利與龍王颱風近台灣時之比較。

	海棠	泰利	龍王
發生時間	2005/07/12/00 2005/07/20/06	2005/08/27/00 2005/09/02/00	2005/09/26/00 2005/10/03/00
強度	53ms ⁻¹	51ms ⁻¹	51ms ⁻¹
半徑	280km	250km	200km
移速	20~25km/hr	20~25km/hr	25~30km/hr
侵台路徑			
綜觀環境場			
夫如數	0.58	0.51	0.42
850hPa 風場與渦度場			

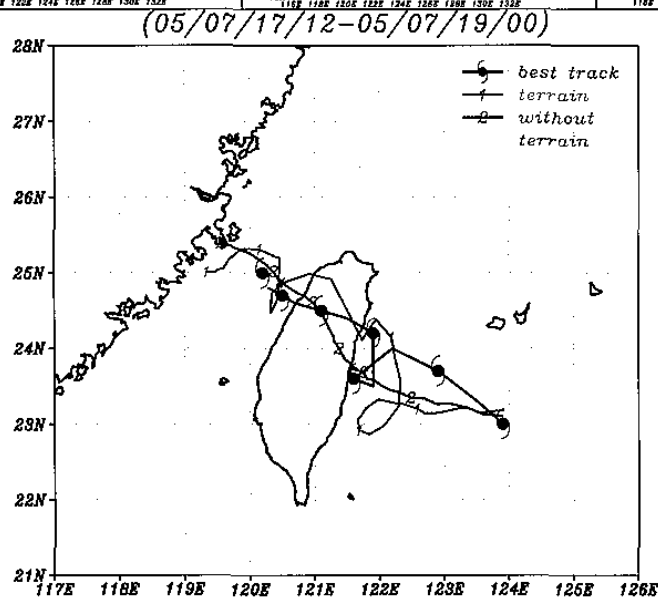


圖 1 海棠颱風最佳路徑與台灣地形有無之 36 小時模擬路徑圖。

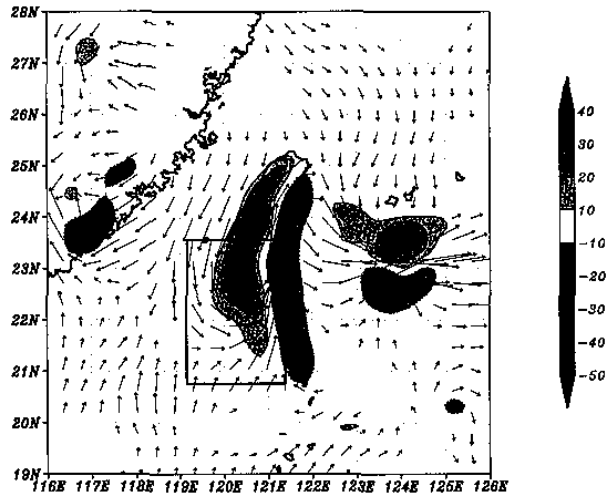


圖 2 7月17日12UTC 925 hPa 地形差異實驗之渦度場與風場。圖中黑色框表示地形實驗下游背風處似渦旋擾動取代的範圍。

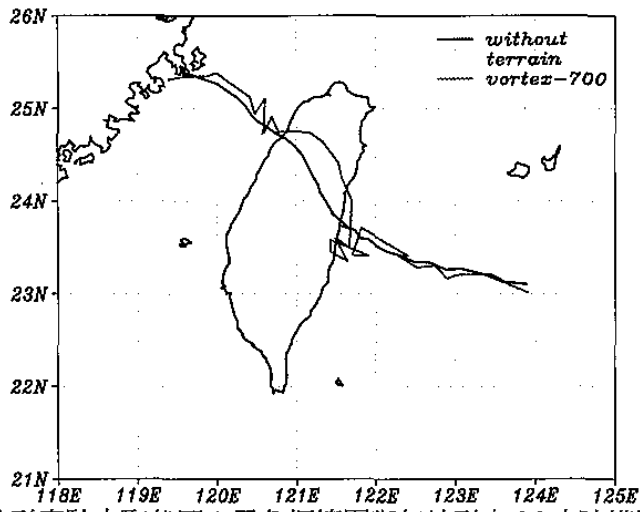


圖 3 地形實驗中取代圖 2 黑色框範圍與無地形之 36 小時模擬路徑。

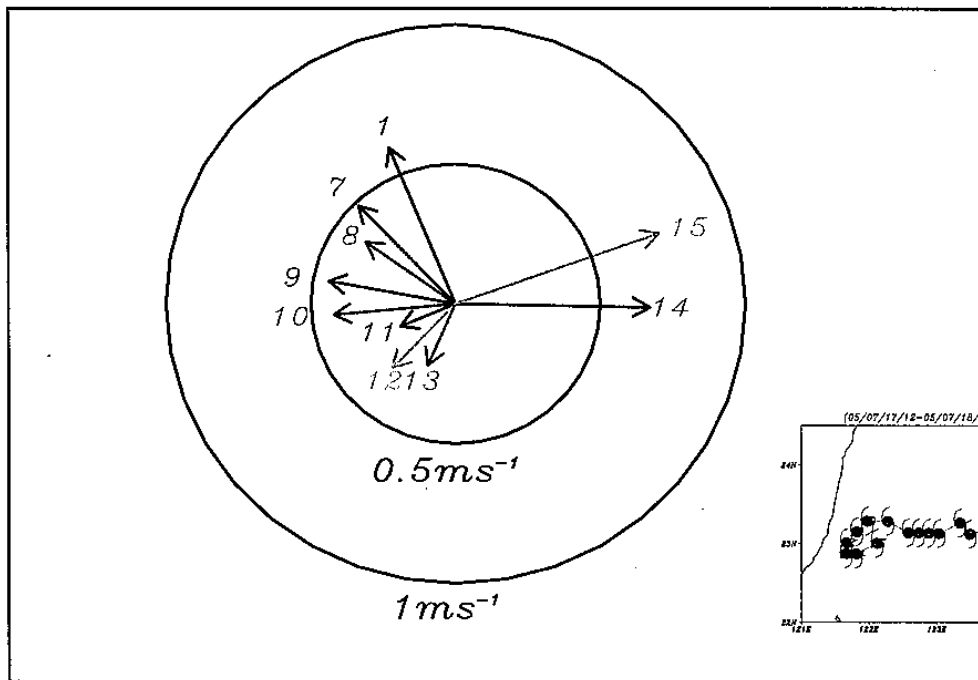


圖 3 7月17日12UTC第7-15小時位渦擾動對海棠颱風駛流(925-500hPa)的貢獻。右下圖為相對應颱風模擬路徑圖。

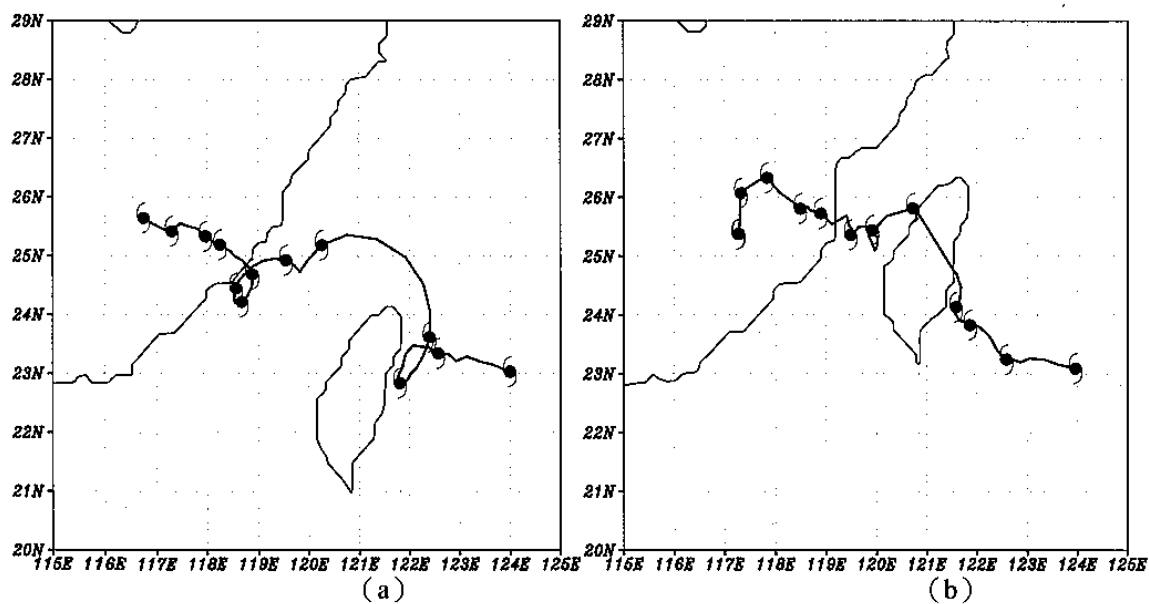


圖 5 台灣地形南 (a) 北 (b) 移動緯度一度之 72 小時模擬路徑圖。

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

本研究主要是以北台灣都卜勒雷達資料(氣象局五分山及民航局中正機場雷達)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。分析顯示大屯山與南港-基隆山脈自10月31日2000 UTC地形上游之風場轉向東北風開始，皆發生顯著的地形降水，持續約10小時，北部山區降水可超過400釐米。強降水回波持續滯留於大屯山迎風面的山腰(接近山頂)，以及南港-基隆山脈的山頂(延伸至背風面)，且兩山區的強降水(大於40 dBZ)頻率極大值位於地形引發的垂直速度(大於 1 m s^{-1})頻率極大值之下游區，顯示地形抬舉對降水加強的重要性。

降水回波分析顯示大屯山與南港-基隆山脈的降水回波垂直結構不同。大屯山強降水回波(大於40 dBZ)發展高度侷限在地面至2~3公里且回波強度與地形上游風速成正相關，暗示大屯山區的地形降水過程與上坡風凝結機制較為有關。南港-基隆山脈低層雷達回波強度與地形上游的氣流有顯著關係，但降水回波最強位置與地形上游的氣流並無明顯相關，並具有對流性降水的特徵，而且南港-基隆山脈有受到颱風外圍雨帶移入影響。另外，大屯山區主要降水位置與跨山氣流分量之大小密切相關，而南港-基隆山脈主要降水位置與跨山氣流分量的關係則較不顯著，此差異亦暗示著大屯山與南港-基隆山脈之地形降水過程不同。

關鍵字：地形降水；颱風；都卜勒雷達

一、前言

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，所以造成的災害可能更為嚴重。

從先前所提及的觀測與模擬研究顯示地形對颱風降水有相當程度的影響，過去的研究常著重於降水分佈與颱風路徑的相關性(王等 1985；Chang et al. 1993；謝等 2000)，而且這些研究主要是以傳統地面雨量觀測資料分析為主。透過高空間與時間解析度的

雷達觀測資料，我們可以進一步了解地形降水的中小尺度結構與其可能的物理過程。

對於地形效應對颱風降雨分佈的影響，目前我們的了解甚少，而在颱風的環境下，我們對於地形降水機制的認知亦不足。雖然李與蔡(1995)和張(2000)皆有指出颱風環境下地形降水的基本特徵(如位於斜坡上的地形雨帶近似滯留，且多為對流的降水回波型態)，但是這些過去的研究對於產生地形降水的物理過程並沒有深入探討。由於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。而透過更多的觀測研究，可以增進我們對於當中降水過程的了解，進而改善降水預報的準確性。

本研究主要針對2000年象神颱風個案進行個案分析。主要是利用雷達資料來詳細分析颱風環流與地形交互作用所產生的地形降水，藉此來探討北台灣地形對於颱風降水的強度及分佈的影響，並嘗試釐清當中的物理機制，期望能夠藉由詳細的觀測分

* 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