

台灣地形引致颱風路徑迴轉之探討

葉天降、蕭玲鳳、陳得松、黃康寧

中央氣象局

摘要

2005 年西行通過台灣地形之海棠、泰利與龍王颱風三者再台灣附近時路徑受地形影響之反應有所不同，其中海棠颱風有明顯路徑迴轉之現象。利用中央氣象局非靜力區域模式(NFS)進行地形模擬實驗，顯示地形引起之似渦旋擾動與颱風行成類似雙渦旋效應，是造成颱風在台灣東部海面偏折迴轉的主要原因。而是否會有迴轉現象和颱風侵台位置以及綜觀環境、颱風大小強度等皆有關。

一、前言

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。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。本研究利用模擬測試進一步探討地形對颱風產生路徑迴轉之情形。

二、數值模擬與分析

研究引用中央氣象局非靜力區域模式(NFS)，與中央氣象局作業所得之分析場。

NFS15 公里解析於 7 月 17 日 12UTC 對海棠颱風進行預測結果如圖 1，模式顯示海棠颱風登陸前迴轉的路徑，若自 16 日 12UTC 起即將台灣地形設定為海洋面，則模擬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，產生地形引起之正渦旋，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。

葉等(2005)應用片段位渦反演方法進行診斷分析(Wu et al, 2004)，顯示造成此時颱風路徑改變之主要原因為位於低層且於颱風中心附近之流場。進一步探討模擬第 7~15 小時由片段位渦反求方法，得到山後似渦旋擾動對海棠颱風之導流，結果如圖 3 所示。由圖中可見模擬初期颱風路徑受山後擾動的影響主要是往西北向移動，自第 10 小時開始對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，而模擬颱風持續受到山後似渦旋擾動的影響向西南移動，至第 14 小時導引模擬颱風向西的分量轉變為向東，繼而向東北，使模擬颱風路徑產生一逆時針的迴轉。此渦旋擾動至 15 小時後慢慢消失，位渦

分析顯示，此時海棠颱風路徑主要受副熱帶高壓導引。

若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，也就是模擬包含擾動渦旋但無山存在之情形，圖 4 為此模擬的路徑與無台灣地形亦無擾動渦旋時之比較，顯示山後渦旋擾動造成模擬颱風產生路徑偏折之現象，然而因為沒有台灣地形存在，使得山後此渦旋擾動不易成長，所以對模擬海棠颱風迴轉的路徑影響不如有地形時明顯。

因此顯示，當颱風由東接近台灣時，因山之影響，在山背風面產生似渦旋之擾動，而後此種擾動與颱風產生類似雙窩旋交互作用之現象，為類似海棠颱風在台灣東側面有異常迴轉路徑之主要原因。

三、相對位置敏感性

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。為了解為何類似海棠颱風受台灣地形影響，產生路徑迴轉僅發生在少數個案，應用類似 Yeh and Elsberry 之作法，將模式中台灣地形和植被資料分別向南北移動 1 度，以檢試颱風渦旋和地形的相對位置改變時對颱風路徑之影響。

圖 5 為地形南北移動(亦即颱風所處的位置較偏北)的結果，顯示颱風和控制實驗一樣在通過台灣地形前產生迴轉的情形。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，並未產生迴轉的路徑，而有類似分裂過山之情形。這和 Chang et al. (1993)顯示由此位置侵台最易形成副中心之結果相似。

四、不同綜觀環境之比較

海棠、泰利與龍王颱風皆在同年西進侵台，惟三者進台灣時行徑之反應並不相同。表 1 為此三颱風近台灣時的比較，其分別發生在七、八、九月，強度大致上相似，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迴轉的路徑，泰利颱風雖未見如海棠迴轉現象，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，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，副熱帶高壓相對較強梯度，使得環境駛流增大造成龍王的移速較快。另一方面由高度圖亦可見海棠颱風強度和大小為三者之最，而龍王則半徑較小。

夫如數常被應用於判斷氣流遇到地形阻礙物時的氣流運動型態。若使用夫如數探討這些颱風受地形的影響，

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。由於山高 H 為定值，高夫如數與低夫如數之不同，最主要即在 U 與 N 之不同，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)。

計算結果發現海棠颱風個案之夫如數最大、泰利次之、龍王最小。顯示海棠颱風氣流較易過山，以致在地形下游背風處易產生似渦旋擾動。由 850hPa 山後正高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颱風個案的風速較大且颱風的半徑亦較大。

五、結語

海棠颱風於台灣東方近海迴轉的異常路徑，其現象過去未有完整之研究，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是海棠颱風路徑滯留迴轉之主要原因，此似渦旋擾動與颱風產生類似雙渦旋互繞的結果。透過模擬顯示，西行颱風登陸前的轉折路徑和渦旋所處位置有關。比較同年皆由東海岸中部接近的海棠、泰利與龍王颱風發現會使路徑受地形影響造成偏折的現象可能受到綜觀環境駛流、颱風強度與大小的影響。初步顯示綜觀環境駛流弱、颱風移速較慢可使颱風受地形影響的時間較長；颱風強度增強亦即夫如數大，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。目前我們正進行數值模擬，以利用數值模擬結果，進一步討論綜觀環境駛流與颱風本身環流兩者在造成路迴轉上之相關性。

參考文獻

- 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。海峽兩岸災變天氣分析與預報研討會論文集編，107—110。
- 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.

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.

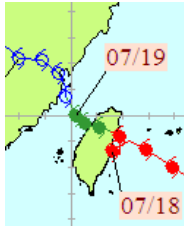
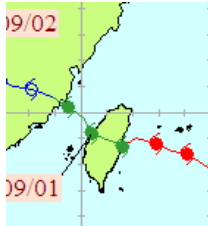
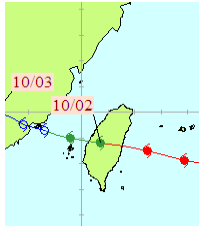
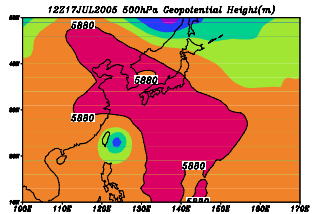
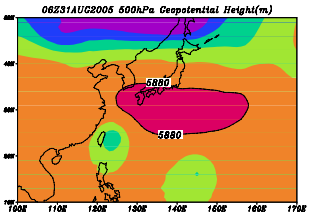
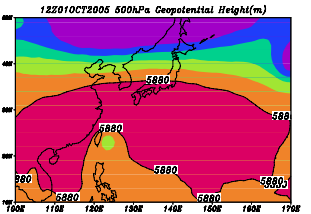
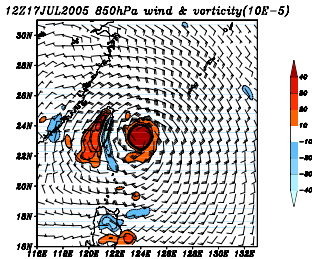
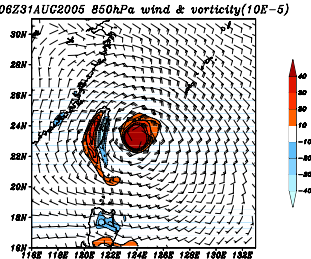
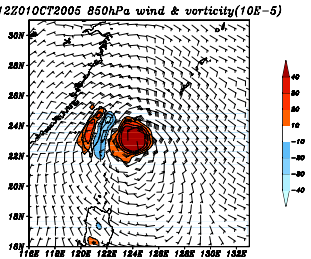
Yeh, T. C., and R. L. Elsberry, 1993a: Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part I: Upstream track deflections. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3193-3212.

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

誌謝

本研究在國科會研究計畫編號 NSC94-2119 -M-052 -001-Ap1、NSC95 -2119 -M-052 -001-Ap1 支助下完成。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。

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	2005/07/12-07/20	2005/08/27-09/02	2005/09/26-10/03
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			

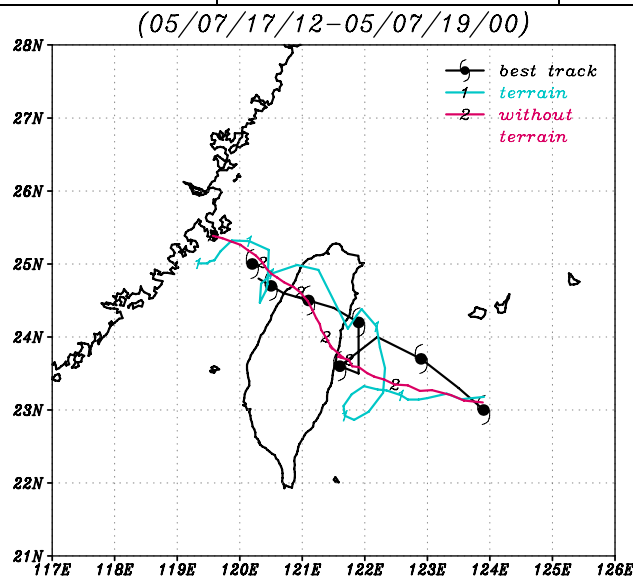


圖 1 海棠颱風最佳路徑與台灣地形有無之 36 小時模擬路徑圖。

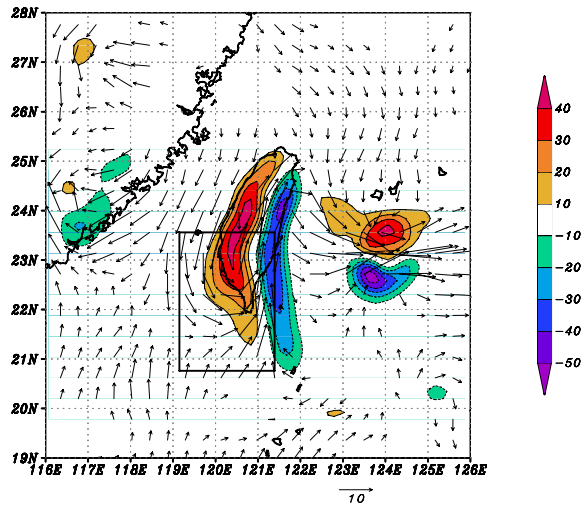


圖 2 7月17日12UTC 925 hPa 地形差異實驗之渦度場與風場。圖中黑色框表示地形實驗下游背風處似渦旋擾動取代的範圍。

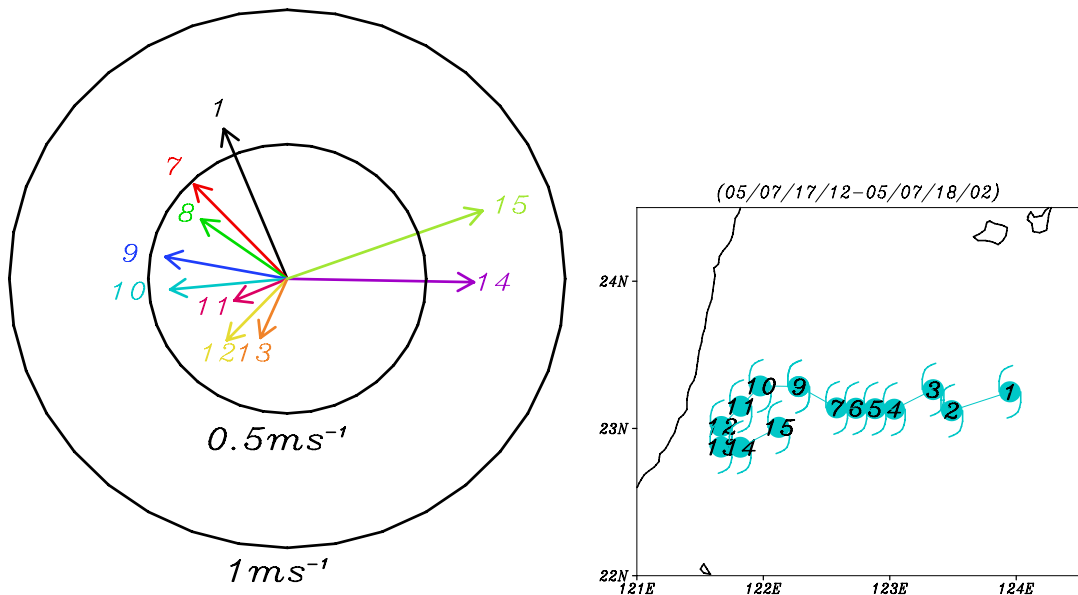


圖 3 7月17日12UTC 第7-15小時位渦擾動對海棠颱風駛流(925-500hPa)的貢獻。右圖為對應模擬颱風路徑圖。

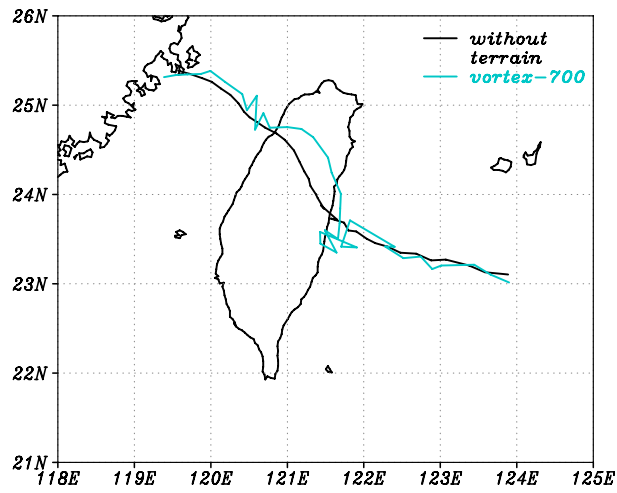


圖 4 在無地形下，若初始場加入圖 2 黑框中之擾動時，颱風 36 小時模擬路徑(藍色)。同中黑色路徑為無加擾動亦無台灣地形時之颱風 36 小時模擬路徑。

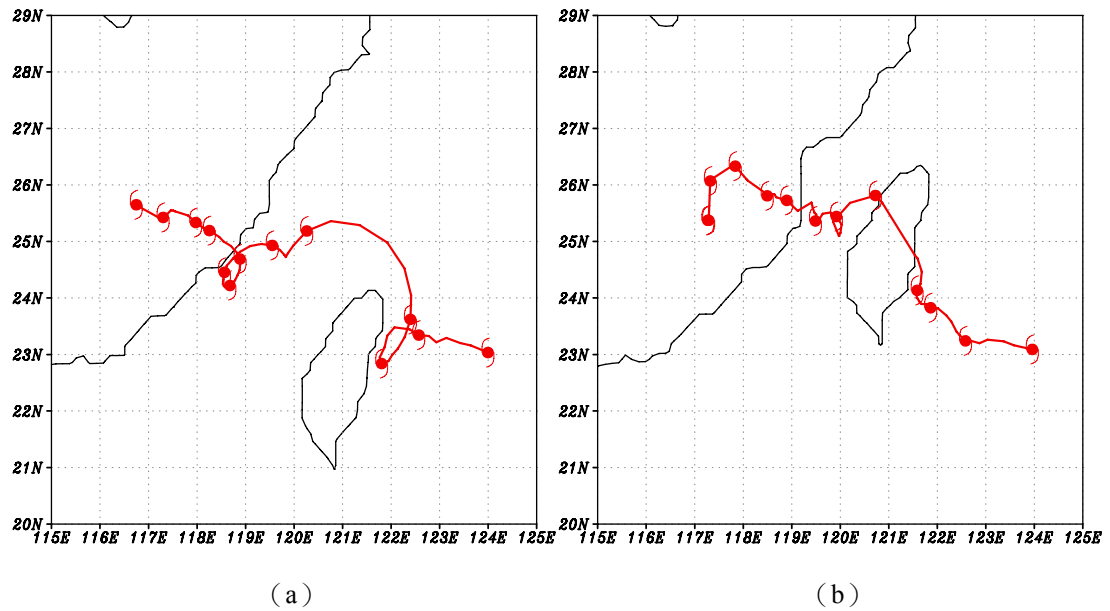


圖 5 台灣地形南 (a) 北 (b) 移動緯度 1 度時之 72 小時模擬路徑圖。