

# 西北向侵台颱風登陸前中心路徑打轉之模擬研究

黃清勇 李志昕

國立中央大學大氣物理研究所

## 摘要

本研究利用 WRF 模式模擬柯羅莎颱風，探討西北向侵台颱風登陸前路徑打轉的機制。控制組實驗(CTR 實驗)模擬結果和之前研究結果一致，颱風在靠近地形時，颱風西側風速有增強的情況，顯示出通道效應的影響。且發現在地形的東南側有一個正渦度場生成，且伴隨渦度變率極大值，導致颱風中心向南偏移。由擾動氣壓可知，正渦度場可能是由於此處的相對低壓所造成。除了通道效應，台灣東南側的相對低壓也是造成颱風路徑南偏的機制。根據空氣質點軌跡顯示，部份氣流過山後下沉增溫，造成此低壓之生成。根據渦度收支分析，輻散項以及渦度平流為此渦度變化的主要貢獻。

本研究另外使用中央大學中尺度模式進行理想個案的模擬，探討西北向颱風渦旋侵襲理想地形的路徑變化。模擬結果顯示，理想個案和上述真實個案有相似的機制，出現了通道效應以及在地形東南側的低壓，因此此打轉機制不只是為柯羅莎颱風所特有。但颱風登陸位置若南移一些，即無低壓於地形東南側生成，颱風於登陸時並無向西南方偏移之現象。而在初始颱風較小實驗中，雖然較小颱風仍可伴隨低壓之生成，位於颱風內核圈之西南側，但渦度變率最大值位於西側，主要貢獻為渦度平流項，造成小颱風和大颱風路徑偏移情形不太相同。

**關鍵字：**通道效應，渦度收支

## 一、前言

台灣面積僅有 36,188 平方公里，約為地球的萬分之七，但是卻擁有極其複雜的地形，包含了橫貫於台灣的中央山脈，玉山山脈更高達 3,952 公尺。中央山脈的存在對於颱風的路徑和降水的位置造成更多的不確定性，也因此造成預報上的困難度。歷年來許多颱風在接近台灣時，發生了路徑偏折的情形，進而影響到降水的分布。2005 年 7 月的強颱風海棠颱風、2007 年 10 月的柯羅莎颱風在登陸之前發生了南偏打轉的現象；這種打轉的情形，不但造成登陸位置的差異也使得登陸的時間點較難掌握，造成預報的困難。

颱風和地形的交互作用一直以來都是許多研究的重要議題，而颱風打轉的議題在近年來也有所起步，Jian 和 Wu(2008)和指出海棠颱風打轉的可能原因，而黃(2008)也針對柯羅莎颱風進行研究，結果都指向於地形阻塞效應所產生的通道效應。

颱風和台灣地形交互作用造成颱風偏移，除了通道效應之外是否還有其他可能的機制，也有待繼續研究。因此本研究除了針對前人研究作驗證，還希望能找出其他造成颱風南偏打轉的機制。本研究為了探討地形對於西北向颱風登陸前中心路徑打轉，進行一系列的模擬研究。

## 二、颱風介紹

柯羅莎颱風在 2007 年 10 月 1 日 0600UTC 時，位於呂宋島東方為一個熱帶性擾動，經過 18 小時後，於 10 月 2 日 00UTC 升格為一個熱帶低壓，並往西北方向前進(見圖 1)。颱風在 10 月 2 日 06UTC 正式成為颱風，中心氣壓為 985hPa，最大風速為 33m/s。而颱風在太平洋面上持續增強，並於 10 月 4 日 12UTC 變成強烈颱風，中心氣壓值為 925hPa，而最大風速為 51m/s。在 6 日接近台東東北部時，颱風轉向偏西移動，而在接近宜蘭東南方海面上 110 公里處，颱風開始南轉，並在台灣東北海域上打轉。

### 三、研究方法

本研究在真實個案的實驗中，使用 WRF(Weather Research and Forecasting Model) 模式進行柯羅莎颱風的模擬實驗。採用三層巢狀網格進行模擬，模擬時間為 10 月 4 日 12UTC 至 10 月 7 日 12UTC，共 72 小時。第一、二、三層網格間距分別為 45 公里、15 公

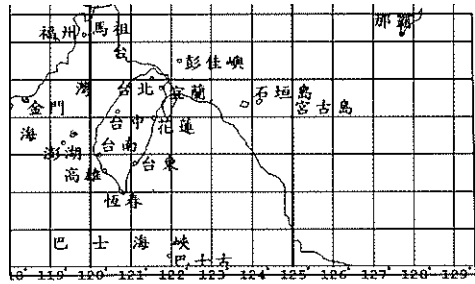


圖 1 柯羅莎颱風路徑圖  
(資料來源：中央氣象局颱風警報單)

里、5 公里，使用的水平網格點數分別為：第一層 151\*151(6750km\*6750km)、第二層 151\*151 (2250km\*2250km)、第三層 151\*151 (750\*750km)。垂直層採用  $\sigma$  座標，共 35 層。

本研究使用 NCEP(National Centers For Environmental Prediction;美國國家環境預報中心)全球模式分析資料進行模擬，網格解析度  $1^\circ \times 1^\circ$ ，時間間格為每六小時一筆。颱風的觀測資訊來自中央氣象局(CWB)歷史颱風資料庫。

由於使用 NCEP AVN 資料所解析的颱風強度比中央氣象局所觀測的還弱，因此颱風初始場還需要調整，讓初始颱風強度能和觀測資料更為接近。本研究使用一較為簡單的方式，首先使用 Fujita (1952)的經驗式[(1)式]，與 Park and Zou(2004)風速半徑的線性關係式[(2)式]，計算出一個虛擬的渦旋的海平面氣壓，並藉由梯度風平衡關係式[(3)式]來得到純旋轉風場，最後利用 WRF 三維資料同化方法(WRF 3DVAR)將虛擬渦旋資料同化至模式初始場，以調整颱風原始的分析場(AVN)，即為本研究之初始場。公式如下：

$$p_{\text{bogus}}(r) = P_c + \Delta P \left\{ 1 - \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (1)$$

$$R = 0.38R_{34kt} - 3.8 \quad (2)$$

$$V_{GR}(r) = \left( \frac{r}{p} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{r^2 r^2}{4} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{r|Q|}{2} \quad (3)$$

實驗 CTR 為本研究的控制實驗，保留完整的地

形和地表狀態。而前人研究中指出柯羅莎颱風偏轉的原因，為地形阻塞所造成的通道效應，因此為了討論地形對於颱風打轉的影響，設計不同的台灣地形高度進行模擬。實驗設定於表一。

表一 柯羅莎颱風模擬實驗設計

實驗名稱	台灣地形高度	積雲參數化
CTR	全台灣地形	V
T75	CTR 的 75%	V
T50	CTR 的 50%	V
1M	一公尺高	V
OC	海洋	V
NCH	全台灣地形	48 小時後關閉

### 四、模擬結果分析

實驗 CTR 模擬結果，和 OC 實驗模擬結果相比(見圖 2)，在積分之初，由於離台灣地形尚遠，因此路徑幾乎一致，唯有在靠近地形時，約在 10 月 6 日 15UTC，實驗 CTR 的颱風路徑產生偏移，有向南偏折且打轉(見圖 4-5)的情形，和實驗 OC 比較，主要是受地形的影響而使颱風產生偏折的情形。

地形高度敏感度測試結果也發現，當地形越低，颱風偏移的情形就越不明顯，更肯定颱風路徑的改變主要是和地形交互作用之下所產生。由實驗 1M 模擬結果顯示，模擬結果路徑和實驗 OC 的颱風路徑幾乎一致，表示摩擦力並非颱風南偏打轉最主要的因素。

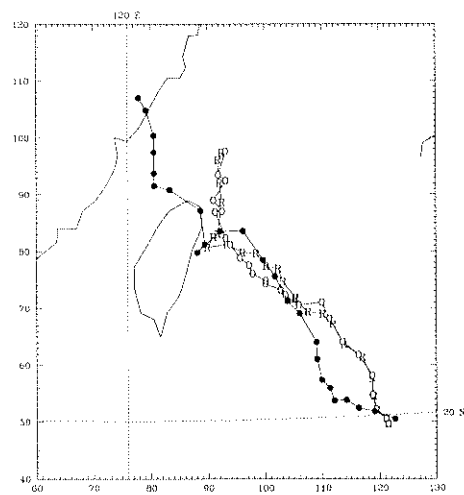


圖 2 實驗 CTR 結果和最佳路徑以及實驗 OC 模擬結果比較，圖中黑點實線為最佳路徑，O 實線為實驗 OC 路徑圖，R 實線為實驗 CTR 模擬結果路徑。

地形與颱風交互作用之下，造成風場的變化。

圖 3 可知，颱風東側風速靠近地形時風速減弱很多，但是颱風西側最大風速值不變，相對而言颱風西側風速有增強的情形。本研究結果和黃(2008)所研究的柯羅莎颱風，以及 Jian and Wu(2008)所研究的海棠颱風結果相同，颱風在打轉之前受到地形阻塞影響，在地形和颱風之前形成通道效應，造成颱風西側的風速增強，使颱風有南偏打轉的現象。

然而地形和颱風的交互作用不僅僅會造成通道效應的生成，尚有其他因素影響造成颱風發生路徑偏移。在 10 月 6 日 16UTC 地形東南側發現了一渦度正值(見圖 4a)，此一渦度值和颱風本身的渦度值大小相近，且發展的時間和颱風南偏的時間一致，因此推論此一正渦度值的生成和颱風南偏有所關聯。根據近地面的擾動氣壓場顯示在正渦度值的位置，有一低壓，推斷此處低壓的生成造成渦度場產生變化。當有渦度值在此改變，表示在地形東南側的渦度場會隨時間變化，而渦度隨時間變化也

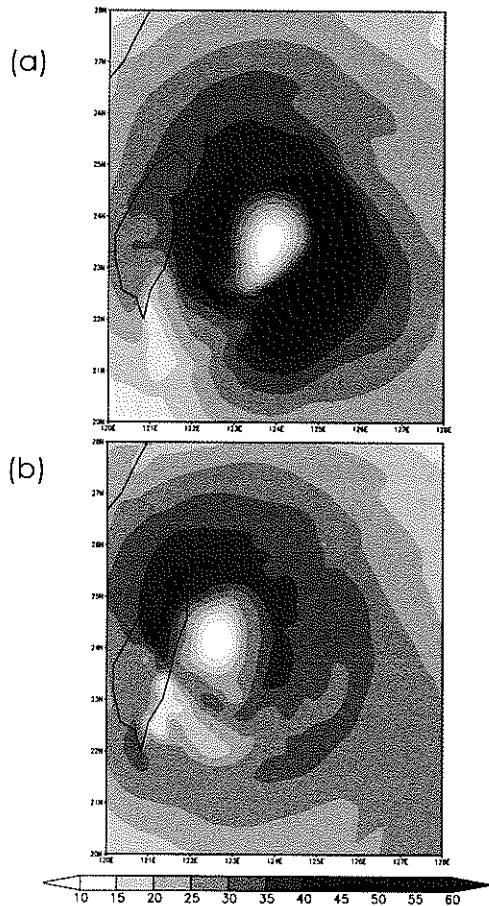


圖 3 實驗 CTR 中低層風速值 (a)10/6 03UTC (b)10/6 15UTC

可稱為渦度變率(渦度趨勢)，根據之前的研究指出，颱風會往渦度變率大值的方向移動，因此本研

究計算渦度收支，來瞭解此一渦度正值對於颱風偏移的影響。

分析結果指出，當颱風靠近地形時，在地形的東南側渦度變率值逐漸增強，因此可知颱風受到此大值的影響而往南移動。而渦度變率大值(見圖 5)的位置和渦度正值的位置是一致的，表示此渦度場的生成造成渦度變率的改變，也造成颱風向南偏移。根據質點軌跡可

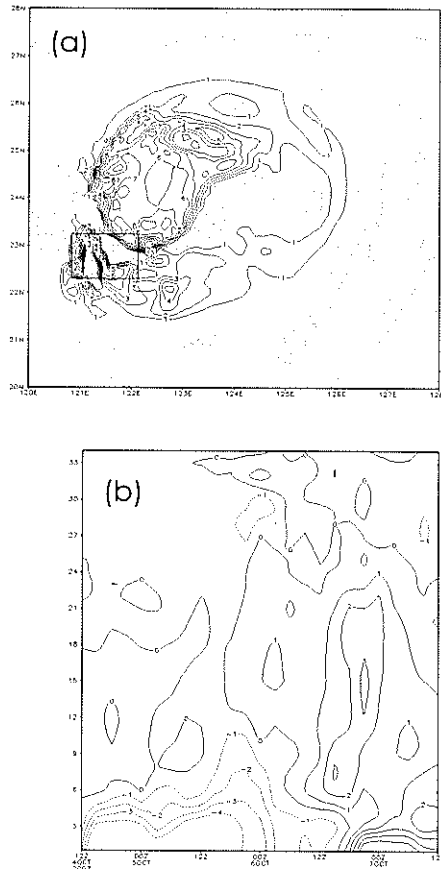


圖 4 (a)實驗 CTR 自 10 月 6 日 16UTC 中低層渦度場(b)實驗 CTR 平均渦度隨時間變化圖。平均是取圖(a)中方框內平均

知，低壓附近的空氣質點主要是由過山氣流而來，下沉氣流絕熱增溫，利於低壓生成。而根據渦度收支分析可知，渦度變化由渦度平流和輻散項提供。

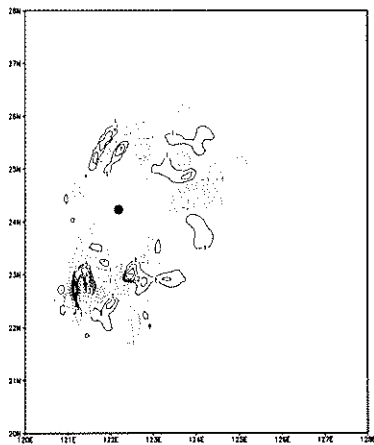


圖 5 10/6 16UTC 渦度變率場

### 五、理想化模式模擬與分析

本研究使用的數值模式為黃(1993)的中央大學中尺度數值模式(National Central University Mesoscale Model, NCU-MM)模擬中尺度渦旋碰撞地形後，渦旋路徑偏折和打轉的情況，並進行分析比較。使用理想化模式模擬，為了驗證在理想的背景環境和地形中是否也能產生如真實個案的打轉機制。並針對颱風暴風半徑的大小以及颱風侵台位置的差異來進行研究和分析。實驗設計於表二。

由實驗ICTR模擬結果和實驗OC模擬結果的路徑圖(圖6)中顯示，兩者在登陸前震盪皆相當大，這是由於模式積分時，颱風渦旋正在起轉(spin up)，導致颱風中心位置在內部震盪。在接近地形時有明顯發現，OC實驗在後半期的路徑震盪變小，和背景風場的方向趨近相同；而實驗ICTR和實驗IOC的颱風路徑有了差異，ICTR實驗的颱風在登陸前先往西北方向走，但是在積分第42小時颱風出現往西南折的情況，隨後又繼續往西北方向移動。雖然理想實驗中沒有模擬出和真實個案明顯打轉的情形發生，但是颱風的突然往西南方向移動，表示地形和颱風交互作用下產生這種路徑的改變，而真實個案中，颱風打轉前也有往西南方走的情況發生，因此針對颱風中心往西南移動的機制進行討論。

表二 理想個案實驗設計

	地形	半徑(km)	初始位置
ICTR	全地形	300	(220, 100)
IOC	海洋	300	(220, 100)
IR0.5	全地形	150	(220, 100)
IR0.75	全地形	225	(220, 100)
IS20	全地形	300	(220, 80)

根據分析顯示，實驗 ICTR 在靠近地形時，颱風西側風速增強，且積分第 42 小時在地形的東南側出現了正渦度值，渦旋打轉前的地形東南側渦度正值生成和真實個案結果一致。因此可以驗證颱風南偏打轉機制的發生並非只屬於柯羅莎颱風。

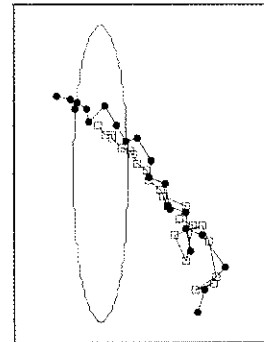


圖 6 實驗 ICTR 和實驗 OC 積分第 20 小時至 60 小時路徑圖，黑色圓點為實驗 ICTR，空心方框為實驗 OC 路徑圖。

位置差異的敏感度測試中，結果顯示由地形南方登陸的颱風不會發生路徑南偏的情形(圖7)。颱風西側風速有增強，但是在地形東南側沒有渦度正值生成。在渦旋西北側的輻散項大值，造成渦度變率產生極大值，而影響路徑。

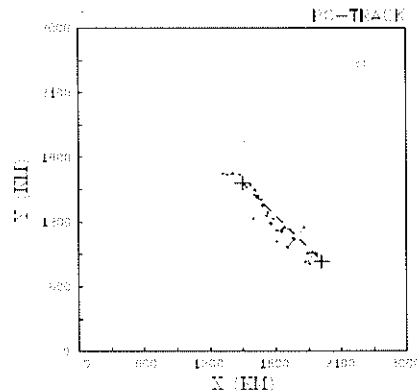


圖 7 實驗 IS20 路徑圖

在颱風大小的實驗中，雖只改變暴風半徑，但模式積分之後亦會影響颱風強度。半徑較小的颱風，靠近地形前的路徑和實驗 ICTR 不太相同，路徑由原本西北轉往西前進。而地形也造成颱風中心西側風速增強，且地形東南側也有渦度正值的生成。根據渦度收支分析顯示，渦度變率大值主要出現在颱風的西側，而非地形東南側，這個大值主要是受到渦度平流所產生，地形東南側產生的渦度變率值較小，對於颱風移動影響較小，使得小颱風和較大颱風的路徑偏移情形不相同。

### 六、未來展望

為了能更了解打轉原因，期望理想化個案能與真實個案更為一致，例如能夠使用WRF的理想化模組來進行模擬，使兩者差異降低，更能討論差異來源。此外，本研究討論出幾個造成颱風南偏打轉的機制，希望未來能夠針對各個機制對於颱風南偏的貢獻加以量化，能夠更清楚了解各機制的重要性。

### 參考文獻

- 李清勝、張隆耀，2003：妮蔻兒颱風 (Nichole,1998)侵台前路徑變化之研究。大氣科學，第31卷，第3期，285-305。
- 黃怡瑄，2008：島嶼地形影響颱風偏轉及打轉之機制研究。國立台灣大學，大氣科學研究所，碩士論文，共76頁。
- Brand, S., and J. W. Blueloch, 1974：Changes in the characteristics of typhoons crossing the island of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **102**, 708-713.
- Chan, J. C.-L., and F. M. F. Ko, and Y. M. Lei, 2002：Relationship between Potential Vorticity Tendency and Tropical Cyclone Motion. *J. Atmos. Sci.*, **59**, 1317-1336.
- Fujita, T., 1952: Pressure distribution within a typhoon. *Geophys. Mag.*, **23**, 437-451.
- Jian, G.-J., and C.-C., Wu, 2008：A numerical study of the track deflection of super-typhoon Haitang(2005) prior to its landfall in Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 598-615
- Lee, C.-S., Y.-C. Liu, and F.-C. Chien, 2008：The secondary low and heavy rainfall associated with typhoon Mindulle (2004). *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 1260-1283.
- Lin, Y.-L., J. Han, D. W. Hamilton, and C.-Y. Huang, 1999：Orographic influences on a drifting cyclone. *J. Atmos. Sci.*, **56**, 534-562.
- Wu, C.-C., and Y.-H. Kuo, 1999: Typhoons affecting Taiwan: current understanding and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 67-80
- Yeh, T. C. and R. L. Elsberry, 1993a：Interaction of typhoon with the Taiwan orography. Part I：Upstream track deflection. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3193-3212.