

泰利颱風（2005）侵台期間結構特性之模擬研究

張瑞昌¹ 汪建良² 鄭敏璋¹

空軍氣象聯隊第三天氣中心¹

國防大學理工學院環境及資訊工程學系²

摘要

本研究選取 2005 年侵台之泰利(Talim)颱風進行結構特性之模擬研究。泰利颱風在侵台期間，受到中央山脈影響，路徑上呈現不連續過山情形，在結構上有高低層分離的現象。為了探討泰利颱風在侵台期間，地形效應對於颱風結構及路徑上的影響，選用 WRF 模式來模擬分析。在實驗設計上，主要分成三組，分別為 WRF-A 組(原地形)、WRF-B 組(地形減半)、WRF-C 組(地形高度降為 0 m)。

模擬結果顯示，當模式中泰利颱風接近台灣時，WRF-A 組在台灣西北部與東南部有副低壓及副環流形成，WRF-B 則在台灣西北部有副低壓及副環流形成，WRF-C 組則無副低壓及副環流形成。泰利颱風中心登陸後，低層主環流逐漸消失，被中央山脈另一側副環流所取代，為不連續過山路徑，而中層則為連續過山路徑；颱風過山後，中層與低層環流於出海後偶合，往西北移動。另外，經由分析發現，台灣西北部的副低壓及副環流生成過程，可能為動力機制所主導；而台灣東南部的副低壓及副環流主要為熱力機制所主導。

颱風過山時路徑是否為連續，與三項物理參數(V_{max}/Nh 、 U/Nh 及 V_{max}/Rf)有相當程度的關係，當 $V_{max}/Nh > 1.6$ 、 $U/Nh > 0.5$ 、 $V_{max}/Rf > 4.0$ 時，颱風為連續過山路徑。計算結果顯示，泰利颱風在過山期間，參數值未能達到連續過山的條件。

在降水的分佈的模擬，由於地形舉升效應及眼牆周圍的降水，以 WRF-A 組的降水分佈區域最大，累積降水量也最多，最接近於實際降水，其次為 WRF-B 組，WRF-C 組由於無地形效應影響，降水的累積及分佈沒有上述兩組明顯。

關鍵字：連續過山，不連續過山，副環流，副低壓

一、前言

全球每年約有 79 個颱風生成，以西北太平洋地區生成的颱風最多也最強。從西元 1960 年至 2003 年間共有 1,189 個颱風在此一地區生成，平均每年約有 27 個，一半以上發生在 7、8、9 月，而以 8 月份最多，如表 1.1 所示。而台灣位於此區域內，平均每年約受到 3 至 4 個颱風的侵襲，如圖 1.1，最多可以到達九個。依據中央氣象局統計，由颱風所導致的災情約佔災害性天氣所導致總損失的百分之八十。颱風在侵台期間所伴隨之豪雨與強風，常引發山崩、土石流、溪水暴漲等災害，造成經濟上的損失及人民生命上的威脅。例如發生於 2001 年 9 月 16 日中度颱風納莉(Nari)於侵台期間，造成全台九十四人死亡，十人失蹤，經濟上約損失近百億 (<http://61.56.13.9/data.php>)因此如何更準確的

預報颱風並且做好防災工作，是目前最為重要的課題。

台灣地形南北全長約 400 km，東西寬約 200 km，3000 m 以上的山脈主要呈南北向，縱貫於台灣中部，而將全島分為東西兩部分。因為特殊的地理特性，當颱風侵襲台灣時，移動的路徑就成為颱風預報上的重點。一旦路徑有所改變，對於天氣的預報上就有相當程度的偏差，災情就可能跟原本預估大不相同。颱風在侵台期間，因為複雜的地形因素，使得預報人員對於颱風結構及路徑的變化難以掌控，而增加了防颱作業的困難度。

發生於 2005 年 8、9 月間的泰利颱風，因為受到地形效應的影響，移動路徑及本身結構有明顯的改變。在路徑上，颱風中心經過中央山脈時，有不連續過山的現象，在結構上，有明顯的高低層分離，並且在台東附

近產生焚風現象。因此希望藉著本研究的模擬，進一步分析泰利颱風在侵台期間，造成路徑及結構變化的物理機制為何，對於未來在路徑的預報上有所幫助。

二、綜觀天氣概述

泰利(Talim)颱風為於 8 月 27 日 00 UTC 在關島西北西方海面形成。生成之後受太平洋高壓駛流場影響，以每小時 21 km 速度向西北方向移動（見圖 1）

8 月 31 日 00 UTC 時，泰利颱風受到太平洋高壓西伸影響，路徑往西北方向移動，逐漸移近台灣。在 8 月 31 日 12 UTC 時，颱風位於北緯 23.8 度，東經 122.9 度，此時環流已經籠罩整個台灣，太平洋高壓的位置持續向西移。到了 8 月 31 日 18 UTC 時，颱風中心位於花蓮東北方 20 km 的海面上，此時受中央山脈影響，移動速度變慢，中心在花蓮外海滯留打轉，並且出現高、低層中心分離現象。低層中心在花蓮附近外海，高層中心已進入花蓮縣的立霧溪，低層中心於 9 月 1 日 00 UTC 才從宜蘭、花蓮間登陸，並隨即減弱消散，被位於台中西部近海的副低壓中心取代，並持續以每小時 21-16 km 速度向西北西移動，逐漸離開台灣，於 9 月 2 日 00 UTC 後減弱為熱帶性低氣壓。根據行政院災害防救委員會統計，泰利颱風在侵台期間，造成 3 人死亡、59 人受傷，累計有一百四十五萬多戶停電，農林漁牧損失高達 12 億以上。

三、實驗設計

為了要充分了解颱風在侵台期間，地形對於颱風路徑及結構的影響，本研究在模式網格設計上，採用三層巢狀網格(nested grid)來進行模擬。第一層(D01)、第二層(D02)、第三層(D03)的水平網格解析度分別為 27 km、9 km 及 3 km

模擬的起始時間從 2006 年 8 月 31 日 00 UTC 到 2006 年 9 月 2 日 00 UTC，模擬時間為 48 小時，所用的初始場資料為 NCEP 每六小時的 FNL 全球分析場資料（ $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 解析度）。在模式中所設定的物理參數採用 Betts-Miller-Janjic scheme 積雲參數法、WSM 5-class simple ice scheme 雲微物理參數法及 YSU 邊界層參數法。

此外，本研究為了要更進一步了解地形的高度對於颱風的影響，在地形做了兩種調整：

(1) 將台灣地形高度調整為原來高度的一半。

(2) 將台灣地形移除，也就是將地形高度設定為 0 m，但仍保持原有地形的特性。

在此研究中，主要分成三組來做討論分析，第一組為原地形控制組(WRF-A組)、第二組為地形高度減半(WRF-B組)、第三組為地形高度為 0 m(WRF-C組)。

四、分析結果與討論

(一)路徑及參數計算

8 月 31 日 00 UTC 之後，泰利颱風路徑受到地形影響越來越明顯，從圖 2 中可以發現，WRF-A 組所模擬的路徑和實際路徑移動趨勢大致相似，但在積分第 18 小時之前，模擬路徑跟實際路徑比起來明顯偏南，之後由於受到地形影響，路徑逐漸往北偏。在侵台時期，路徑有不連續過山的情形出現，此現象與實際路徑相似。

當地形高度減半時，模擬路徑如圖 3 所示，在積分第 18 至 19 小時這段期間，雖然高度減半，路徑還是有受到中央山脈影響，呈現不連續過山現象，但是跟 WRF-A 組相較之下，路徑受到地形效應的影響比較小。另外，在 WRF-C 組中，由於地形高度降為 0 m，模擬路徑如圖 4 所示，為連續過山路徑。

根據 Lin et. al (2004)[1]、(2005)[2] 及 Smolarkiewicz et. al (1989)[2] 研究統計結果，當參數值同時滿足 $V_{max}/Nh > 1.6$ 、 $U/Nh > 0.5$ 、 $V_{max}/Rf > 4.0$ 時，颱風為連續過山。表 1 至表 3 為 WRF-A 組在 850 hPa 及 950 hPa 所計算出來的物理參數，主要目的是要分析颱風在經過中央山脈前，物理參數值的大小。

8 月 31 日 18 UTC 為模式中泰利颱風經過中央山脈的前一刻，因此選此時間點來分析泰利颱風是否會連續過山。從 WRF-A 組中，所算出來的參數值，在 850 hPa、950 hPa 的 V_{max}/Nh 值分別為 1.35、0.54， U/Nh 值分別為 0.27、0.15， V_{max}/Rf 值分別為 6.06、2.93；而 WRF-B 組中， V_{max}/Nh 值分別為 3.31、1.34， U/Nh 值分別為 0.47、0.30， V_{max}/Rf 值分別為 4.38、3.77。根據以上的參數值，可以知道此三項參數值在 WRF-A 組及

WRF-B組中的均未能達到連續過山的條件。

(二)副環流分析

在模式中，積分第 17 小時之後，泰利颱風受到中央山脈的影響越來越顯著，為了分析氣流場的變化，將氣流場分成低層、中層及高層來討論圖 5 為 WRF-A 組積分第 17 至 20 小時(8 月 31 日 17 UTC 至 8 月 31 日 20 UTC)低層 10 m 的氣流場。在積分第 17 至 18 小時這段期間，由於低層氣流受到山脈阻擋，在台灣西北部及東南部有副環流的生成。到了積分第 19 至 20 小時，原本的颱風主環流逐漸消散，被台灣西北部副環流取代後往西北移動，而在台灣東南部的副環流逐漸減弱並往東北移動。WRF-B 組在底層的氣流場雖然有副環流生成，如圖 6 所示，但是跟 WRF-A 最大的差異是在台灣東南部附近沒有副環流的生成。在 WRF-C 組中，因為地形高度降為 0 m 時，沒有副環流的生成，如圖 7 所示。

(三)副低壓分析

圖 8 為 WRF-A 組從第 17 小時到 20 小時的所模擬的海平面氣壓場，在積分第 17 小時，台灣西部及東南部有副低壓生成，從第 18 到 20 小時這段期間，西部地區的副低壓逐漸增強，原低壓中心逐漸減弱，而在東南部的副低壓第 19 小時之後便逐漸減弱消散。WRF-B 組所模擬的氣壓場如圖 9 所示，當颱風接近台灣時，在台灣西部有一副低壓的生成，之後原低壓中心逐漸減弱，副低壓逐漸強，這與 WRF-A 所模擬的過程相似，而這兩組主要的差異是 WRF-A 組在台灣東南部有副低壓生成，WRF-B 組並無產生副低壓。

五、結論

從本研究對於泰利颱風模擬分析的結果可以得到以下結論：

(一)在 WRF-A 及 WRF-B 組中，當颱風移近台灣時，低層環流受中央山脈阻擋，在山脈另一側有副環流生成，取代原颱風中心，造成不連續過山路徑。

(二)台灣東南部的副低壓及副環流生成機制主要為熱力機制；而台灣西北部副低壓及副環流生成過程，並無熱力機制貢獻，生成機制可能為動力機制。

(三)從三項物理參數計算結果顯示，泰利颱風

在侵台時期，在 WRF-A 組及 WRF-B 組中的低層風場物理參數值，並沒有達到連續過山的標準。

本研究對於副環流生成機制尚未做深入研究，因此冀望在未來的研究中能深入分析其生成機制。另外在颱風強度模擬上，與實際颱風強度比起來，強度明顯較弱，因此冀望在未來的研究中能夠運用植入(Bogus)颱風方法，來增加颱風強度，對於颱風在侵台期間結構特性的模擬，能有更進一步的研究與探討。

六、參考文獻

- [1] Lin, Y. L., Ensely, D. B., Chiao, S. and Huang, C. Y., "Orographic Influences on Rainfall and Track Deflection Associated with the Passage of a Tropical Cyclone," *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 130, No. 12, pp. 2929-2950, 2002.
- [2] Lin, Y. L., Chen, S. Y. and Hill, C. M., "Control Parameters for the Influence of a Mesoscale Mountain Range on Cyclone Track Continuity and Deflection," *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 62, No. 6, pp. 1849-1866, 2005.
- [3] Smolarkiewicz, P.K., and R. Rotunno, "Low Froude Number Flow Past Three-Dimensional Obstacles. Part I: Baroclinically Generated Lee Vortices," *J. Atmos. Sci.*, Vol. 46, No. 8, pp. 1154-1164, 19

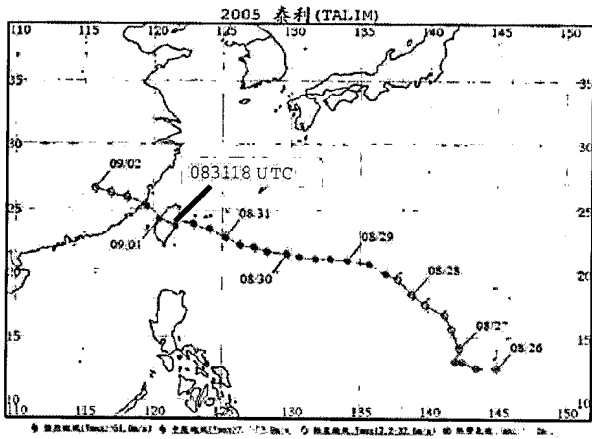


圖 1 中央氣象局發佈的泰利颱風路徑。資料來源：中央氣象局。

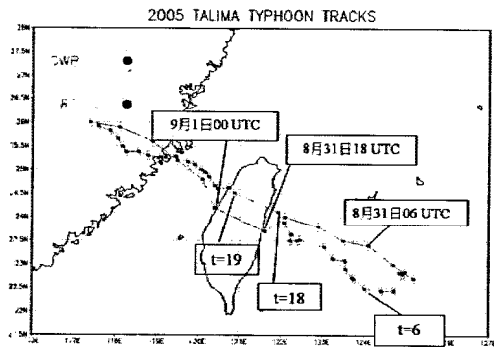


圖 2 泰利颱風路徑比較圖。黑色為中央氣象局所發布的颱風路徑，時間間隔為 3 小時，紅色為 WRF-A 組所模擬的颱風路徑，時間間隔為 1 小時。

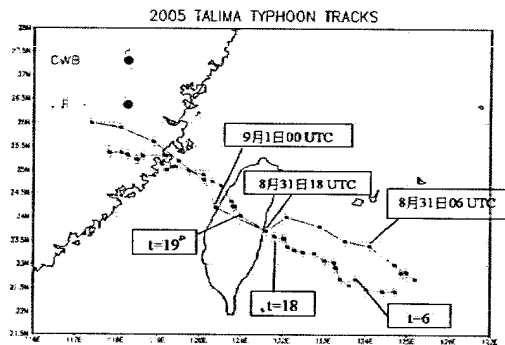


圖 3 說明同圖 2，但為 WRF-B 組。

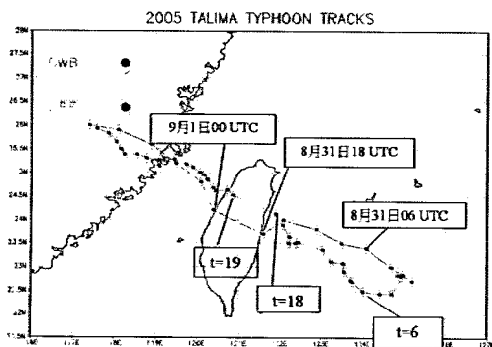


圖 4 說明同圖 2，但為 WRF-C 組。

表 1 WRF-A 組模擬 2005 年 8 月 31 日期間低層渦旋福祿數(Vmax/Nh)一覽表。

等壓面 時間(UTC)	850 hPa	950 hPa
16	1.69	0.48
17	0.99	0.44
18	1.35	0.54

表 2 WRF-A 組模擬 2005 年 8 月 31 日期間低層福祿數(U/Nh)一覽表。

等壓面 時間(UTC)	850 hPa	950 hPa
16	2.31	1.40
17	2.80	1.05
18	3.31	1.34

表 3 WRF-A 組模擬 2005 年 8 月 31 日期間低層拉格朗奇羅士比數(Vmax/Rf)一覽表。

等壓面 時間(UTC)	850 hPa	950 hPa
16	0.50	0.18
17	0.39	0.19
18	0.47	0.30

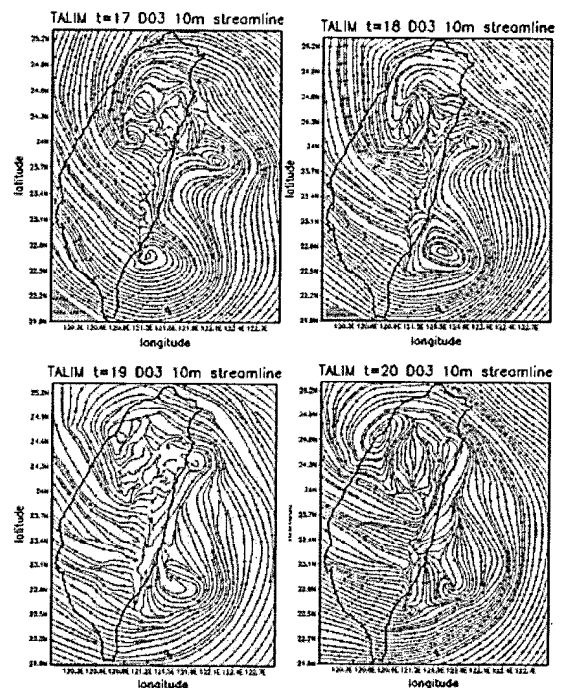


圖 5 WRF-A 組積分第 17 至 20 小時 D03 之模擬低層氣流圖

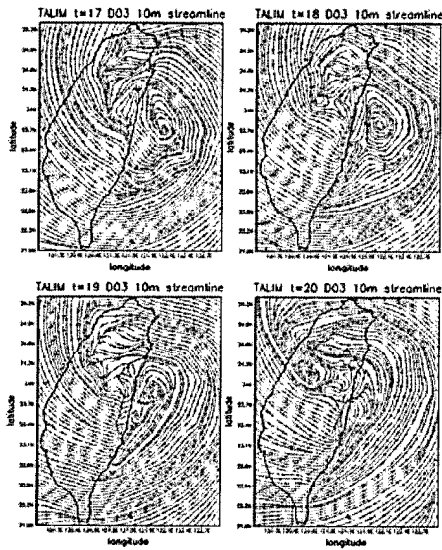


圖 6 WRF-B 組積分第 17 至 20 小時 D03 之模擬低層氣流圖

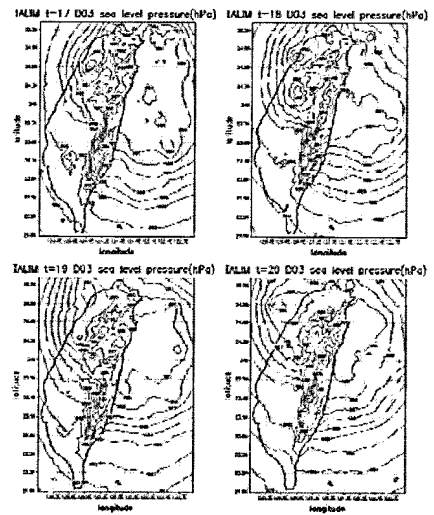


圖 9 WRF-B 組積分第 17 至 20 小時 D03 之模擬海平面氣壓圖。

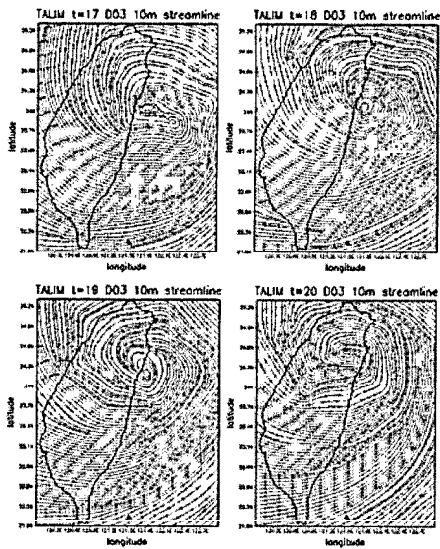


圖 7 WRF-C 組積分第 17 至 20 小時 D03 之模擬低層氣流圖

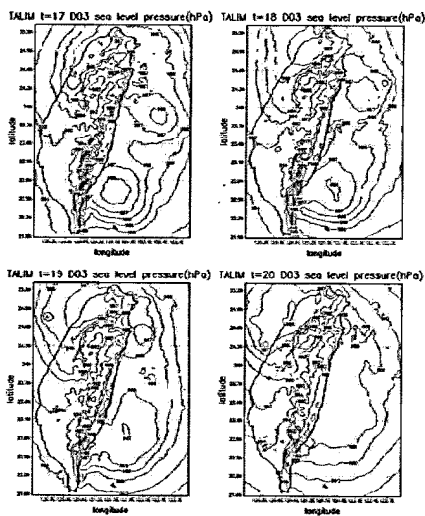


圖 8 WRF-A 組積分第 17 至 20 小時 D03 之模擬海平面氣壓圖。

A modeling study of the structural characteristics of Typhoon Talim (2005) during its landfall period over Taiwan

Rui-Chang Chang¹ Chien-Ling Uang² Min-Chang Cheng¹

¹The Third Weather Center, Weather Wing, CAF R.O.C

²Dept. of Applied physics CCIT/NDU, Taiwan, R.O.C

ABSTRACT

In this research, Typhoon Talim that landfalled Taiwan in 2005 is simulated to analyze the characteristics of its structure. During landfalling Taiwan, Typhoon Talim's path was discontinuous as its low-level center was blocked by the Central Mountain Range (CMR), but its high-level center kept moving CMR. In order to analyse the changes of structure and path due to the topographical effects, the WRF(Weather Research and Forecast) model is used for simulation. Three experiment are carry, the first one is designated WRF-A, in which the default geography of the model used. The second one is designated WRF-B, in which the geographical hight of Taiwan is one half of that of WRF-A. The third one is designated WRF-C, in which the geography hight is set to zero everywhere in Taiwan. After analyzing, it appears that when Talim moved close to the east coast of Taiwan, the low-level secondary center of circulation and low pressure forms in the northwest and southeast of Taiwan in the WRF-A. In the WRF-B, the secondary center only forms in the northwest of Taiwan. In the WRF-C, there is no secondary center formation in either places. When the original low-level center of Talim weakens on the east side of CMR, the secondary center on the west side becomes the dominating system. After passing CMR, the hight-level center of Talim couples with the west-side low-level center and then shifts northwestward. The simulation indicates that the formation mechanism of the low-level secondary center in the southeast of Taiwan is thermodynamic, that is the effect of foehn. On the other hand, for the formation of the northwest low-level center, the mechanism is mainly dynamic. On the respect of rainfall simulation, the WRF-A's rainfall simulation pattern and amount are both close to the observations. From the comparison among WRF-A, WRF-B, and WRF-C, the topographic effects on rainfall is very bvious.