

地形對颱風路徑的影響之數值探討

黃清勇 陳舒雅

大氣物理研究所 中央大學

摘要

本研究利用中央大學中尺度數值模式 (National Central University Mesoscale Model, NCU-MM)，針對理想地形及真實台灣地形，探討地形對颱風渦旋路徑之影響。模擬結果發現，由東向西移入理想地形之強烈颱風渦旋，登陸前其氣壓中心路徑略往南偏，颱風半徑較小時，向南偏折量較大。另外，假使模式中不加入邊界層參數化及地面摩擦或潛熱釋放作用等，其強度明顯減弱，弱颱風路徑皆較明顯往北偏，駛流場之速度越快，其偏折量越少，且較接近地形。

北向渦旋移入理想地形時，弱渦旋路徑於登陸前往東偏移，但強颱風路徑偏移並不明顯。本研究並模擬颱風渦旋不動但地形往渦旋中心移動，探討類似駛流場下之渦旋路徑的偏折，發現路徑偏移方向與移動渦旋個案之結果相似，在地形移動較慢時，西向強颱風之路徑南偏較大，弱颱風則北偏；北向弱颱風之路徑則往東偏，地形移動較快時，其偏折量越小，且越接近地形。對於由南向北移入地形之颱風渦旋，使用真實台灣地形模擬，結果顯示強烈颱風路徑先往西偏移，再移入台島東岸。

由動量收支之分析結果顯示，除去邊界層參數化及地面摩擦或潛熱釋放等作用，西向弱颱風向北偏移，主要是受到平流效應的影響，其次則為科氏力效應之影響。北向弱颱風之向東偏移亦是如此。在本研究中，發現有許多個案存在明顯的副中心，而後逐漸發展進而取代原本的渦旋中心，行程路徑不連續現象。比較所有西向颱風實驗，結果說明除了路徑北繞個案，皆為不連續路徑，而 V_{\max}/Nh (V_{\max} 為最大切線風速， N 為穩定度， h 為山高) 或 U/Nh 之數值越小，路徑北偏程度越大。

一、前言

台灣地區一年中約有 3~4 個颱風侵襲，其所伴隨的強風豪雨常帶來嚴重災害，若能了解地形對颱風路徑的影響，對於路徑預報之準確度將有所助益，並得以事先做好防災工作，將颱風所帶來的損害降到最低。

一般而言，影響台灣的颱風以自東南方海面而來的居多，接近台灣時，颱風外圍環流受到中央山脈的阻擋，進而影響其路徑的偏折。因此，本研究將針對西向及北向颱風進行模擬實驗，藉由不同的模擬機制，探討其對颱風的路徑之影響，做一整合性的討論分析。

Huang 和 Lin (1997) 指出對於由東入侵地形中心的渦旋如較小型颱風，無論其快或慢，強或弱，其中心路徑於登陸中尺度對稱地形時，有向南偏折現象，於過山後逐漸拉回至約原中心線。並由動量收支指出，此南偏現象最有可能為南向的非地轉氣

壓梯度力分量所致。

Lin et al. (2002) 由先前的研究分析及理想模擬結果發現，針對西向颱風，路徑的連續性與 V_{\max}/Nh 、 U/Nh 及 R/L_y 有關，說明路徑是否連續與此三參數之值之大小有密切關係。以物理上而言， V_{\max}/Nh 可表示為渦旋的外圍環流的渦旋夫如數，而 U/Nh 則表示基本氣流的夫如數，另外，西向颱風的南北偏離度也和此二參數有關。當 V_{\max}/Nh 、 U/Nh 和 R/L_y 之數值皆為大時，則路徑較為連續，當 V_{\max}/Nh 或 U/Nh 之數值越小，則往北偏折的程度就越大，但相反地，當 R/L_y 之數值變小時，則路徑之北偏趨勢會減小，甚至向南偏折。

二、模擬結果

本文使用三維的中尺度數值模式 (NCU-MM)，模式範圍分為 (1) 3000x3000x25 (km) 以及 (2)

2000×2000×25 (km)，網格點數分別為 301×301×34 和 201×201×34，水平解析度皆為 10 公里，垂直上為不等間距網格。實驗主要分為西向颱風、北向颱風及移動地形等三大部分討論。

圖 1 為西向颱風路徑圖，每兩小時一個輸出值，而個案名稱以 L 開頭者表示以模式範圍 (1) 做模擬，其餘則以模式範圍 (2) 模擬。由圖 (a) 說明無地形影響下氣壓中心路徑幾乎不偏折，然而，加入地形後 (圖 (b)、(c)、(d))，在強颱風登陸前其氣壓中心路徑略往南偏，颱風半徑較小時，向南偏折量較大。假使模式中不加入邊界層參數化及地面摩擦或潛熱釋放作用等，其強度明顯減弱，弱颱風路徑皆較明顯往北偏，並發現以靜力或非靜力模式模擬 (圖(e)、(i))，兩者結果差異不大，在積分時間 42 小時時，非靜力模擬之最低氣壓中心明顯北偏，乃因此點氣壓值略低於近中線位置之氣壓值，由流線場可看出此時渦旋中心近中線位置，因此使用靜力模式的模擬結果進行往後的討論分析。另外，駛流場之速度越快 (圖(j)~(n))，弱颱風之氣壓中心路徑偏折量越少，且較接近地形。在二倍地形之個案亦是如此。本研究並模擬颱風渦旋不動但地形往渦旋中心移動，探討類似駛流場下之渦旋路徑的偏折，發現路徑偏移方向與移動渦旋個案之結果相似，在地形移動較慢時，西向強颱風之路徑南偏較大，弱颱風則北偏。

北向颱風模擬中，在無邊界層參數化、無地面摩擦且無潛熱釋放之條件下，弱颱風路徑會向右偏折，同樣地，駛流場速度越快，偏折程度越不明顯。圖 2 為北向移動地形 SNU0V8_bh 個案之擾動氣壓隨時間變化，可看出擾動氣壓中心逐漸向地形東方移動，於積分 22 小時到達地形東南方，且於西北方形成一副低壓，且地形移動較快時，其偏折量越小，且越接近地形。

圖 3(a) 為最大水平風速隨時間變化，(b) 為最低擾動氣壓隨時間變化圖，比較個案 LWU4V0 與 WU4V0_bh 兩者之差異，可明顯看出，除去邊界層參數化、地面摩擦及潛熱釋放作用，颱風強度明顯減弱，最大風速也相差約一半。由圖 4 可看出隨著駛流場速度增加，最大垂直速度也增加。

三、討論

圖 5 為個案 WU4V0_bh 之第 38 小時的南北向動量收支圖，發現每一項作用力之明顯作用只達 10 公里高度，因為模式中無潛熱釋放作用，使得颱風發展強度較弱。然而由南北向的動量收支，還是可以明顯看出，渦旋受到平流項(A)及科氏力(C)作用而有向北加速的趨勢，且氣壓中心確實北偏，即受此二作用力的影響。

圖 6 是以地面颱風中心位置為圓柱座標之原點，個案 WU4V0 在積分時間第 20~23 小時，每 15 分鐘一筆輸出值，平均後之風場垂直剖面圖，其中 (a)、(b)、(c)、(d) 分別表示西北、東北、西南、東南方向。此時颱風已發展成熟，底層有明顯徑向入流，將氣流帶入眼牆，而後有強烈上升氣流，此即眼牆區，約在 50~100 公里，氣流上升至高度 12~14 公里時，則有徑向外流，將眼牆內的質量往外帶，形成二次環流。渦旋最大半風暴風半徑由 150 公里，收縮至約半徑 50 公里，說明颱風渦旋強度增強。任一方向於眼牆底層及對流層頂處皆有徑向風速的極大值，眼牆內約 9~11 公里高處有垂直風速極大值，且隨著高度增加氣流有輻散的情形，眼牆呈現一輕微向外傾斜。此結構分布與 Liu et al. (1999) 之強颱風模擬結果相當一致。

根據 Lin et al. (2002) 的研究結果，我們製作一類似表格比較西向颱風之控制參數與路徑連續性的關係。表 1 中 V_{max} 為初始最大風速； V_{tmax} 為最大切向風速；h 為山高；R 為初始最大風速半徑；U 為駛流場速度；TC 說明路徑的連續性，C 為連續路徑，D 為不連續路徑；TD 說明路徑的偏折，N 為偏北，S 為偏南，U 為不偏。由表 1 發現控制參數並不能說明最低氣壓中心路徑之南北偏折，且除了無地形之個案，及較小初始渦旋繞過地形呈現連續性路徑外，其餘路徑皆為不連續。然而比較圖 1 與表 1，可發現 V_{tmax}/Nh 或 U/Nh 之數值越小，其北偏程度越大，此結果與 Lin et al. (2002) 所提出之論點相符合。

四、結論與展望

本研究使用三維靜力中尺度模式，討論地形對颱風路徑的影響。在西向颱風方面，強颱風登陸前氣壓中心略往南偏，且初始暴風半徑較小時，有較大的向南偏折量。假使模式中不加入邊界層參數化及地面摩擦或潛熱釋放作用等，則不論駛流場之移速快或慢，地形大或小，弱颱風路徑皆往北偏折，而駛流場之速度越快，其偏折量越少，且較接近地形。

北向颱風方面，渦旋移入理想地形時，弱渦旋路徑於登陸前往東偏移，但強颱風路徑偏移並不明顯。使用真實台灣地形模擬，結果顯示強烈颱風路徑先往西偏移，再移入台島東岸。

另外，移動地形方面發現路徑偏移方向與移動渦旋個案之結果相似，在地形移動較慢時，西向強颱風之路徑南偏較大，弱颱風則北偏；北向弱颱風之路徑則往東偏，地形移動較快時，其偏折量越小，且越接近地形。

動量收支之分析結果顯示，除去邊界層參數化

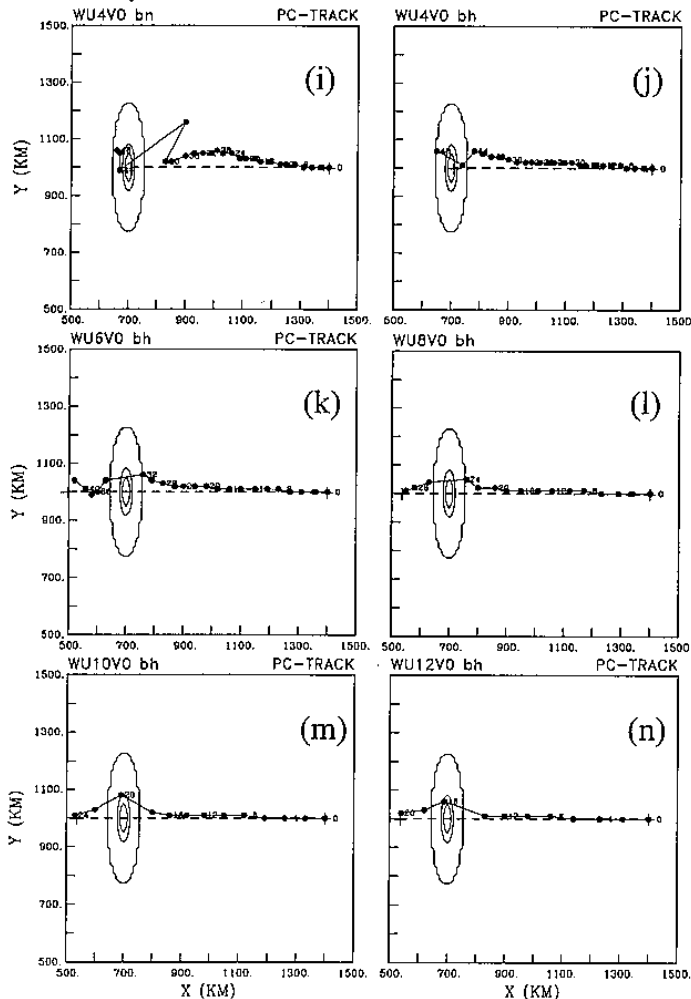
及地面摩擦或潛熱釋放等作用，弱颱風向北偏移，主要是受到平流效應的影響，其次則為科氏力效應之影響。由垂直風場剖面，可明顯看出渦旋在登陸後風場受地形抬升，垂直運動位置升高，渦旋結構被破壞。再由比較結果說明，本研究所有由東向西移入理想地形之模擬結果，除了無地形個案及較小渦旋南偏繞過地形外，皆為不連續路徑，且 V_{\max}/Nh 或 U/Nh 之數值越小，其北偏程度越大。

五、參考文獻

Huang, C.-Y., and Y.-L. Lin, 1997: The evolution of a mesoscale vortex impinging on symmetric topography. *Proc. National Science Council (Taiwan)*, Part A, **21**, 285-309.

Lin, Y.-L., D. B. Ensley, S. Chiao, and C.-Y. Huang, 2002: Orographic influences on rainfall and track deflection associated with the passage of a tropical cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, in press.

Lin, Y.-L., S.-Y. Chen, C.-M. Hill, and C.-Y. Huang, 2002: Control parameters for track continuity and deflection associated with tropical cyclones over a mesoscale mountain. *2002 Conference on Earth System Sciences*.



續圖 1

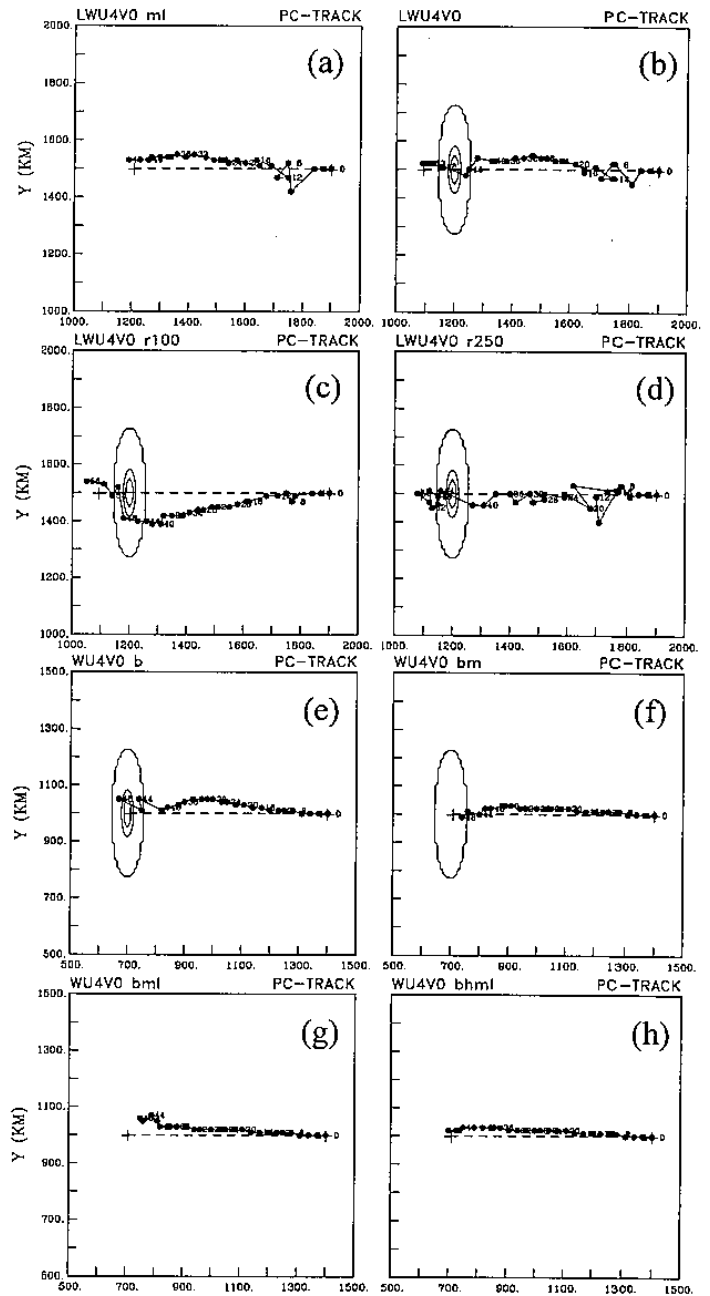


圖 1：西向颱風之理想地形個案模擬路徑圖

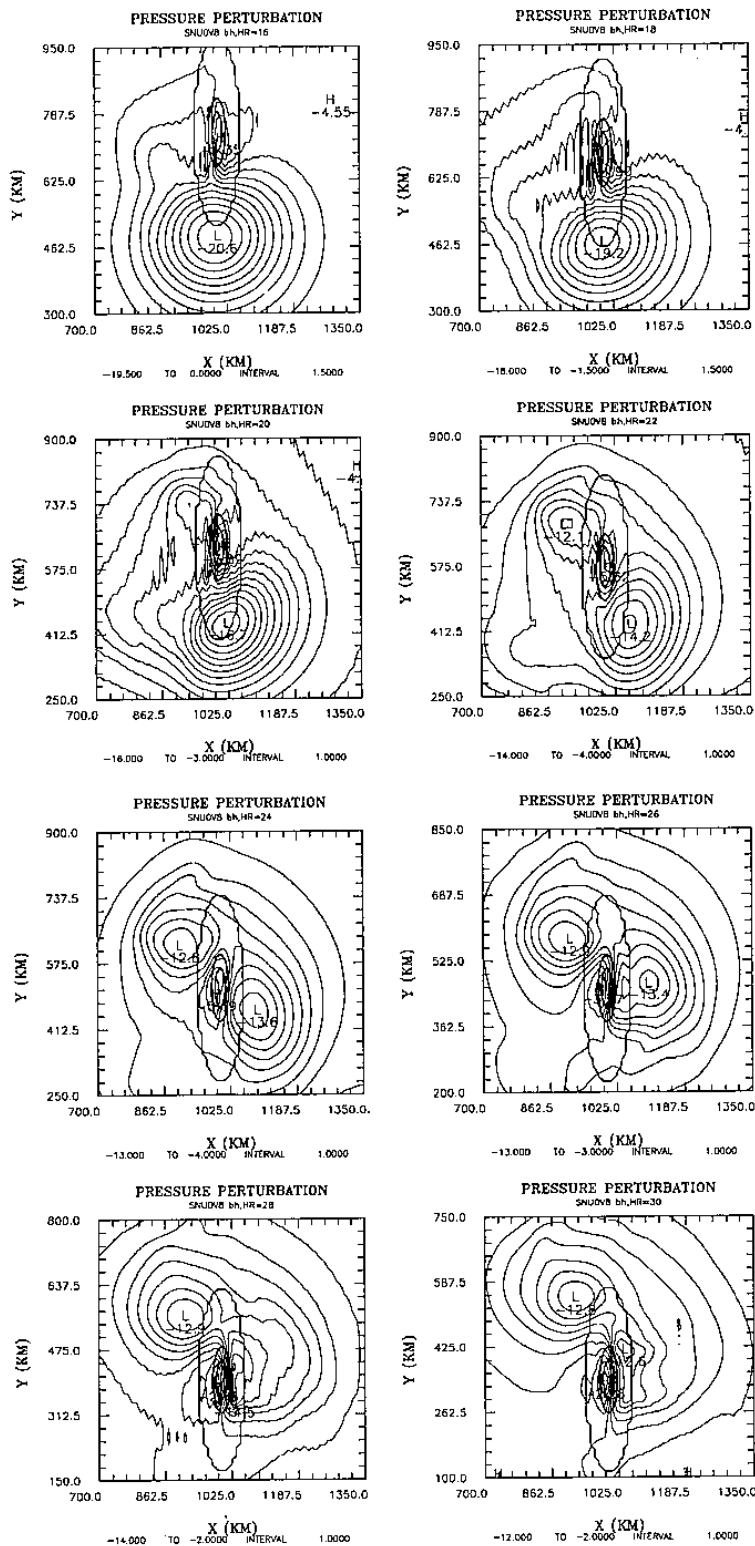


圖 2：個案 SNU0V8_bh 之擾動氣壓圖，說明渦旋中心移向地形方向之時間序列（16~30 小時），高度為 50 公尺，橫座標下方說明最大、最小值及等值線之間隔。

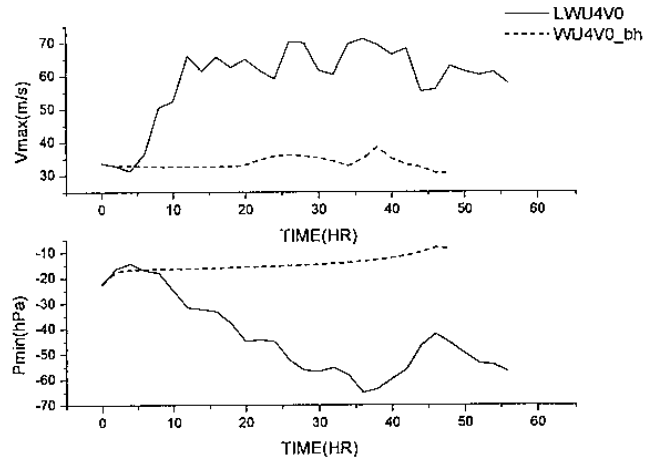


圖 3：西向颱風個案 LWU4V0 與 WU4V0_bh 之最大水平風速及最低擾動氣壓隨時間的變化。上圖為最大水平風速；下圖為最低擾動氣壓。

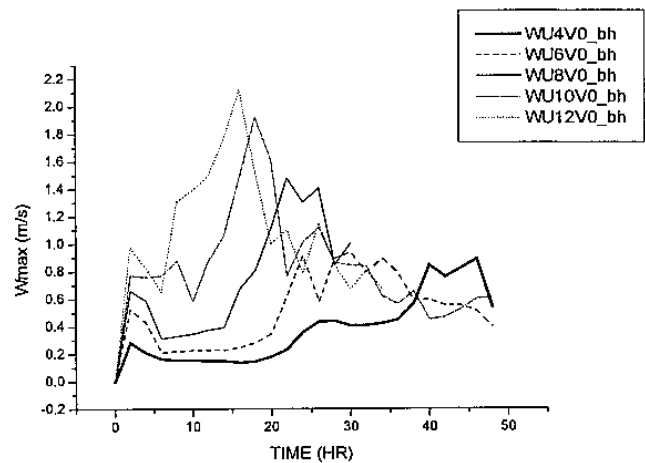


圖 4：不同駛流場速度之西向颱風個案的最大垂直風速隨時間之變化。

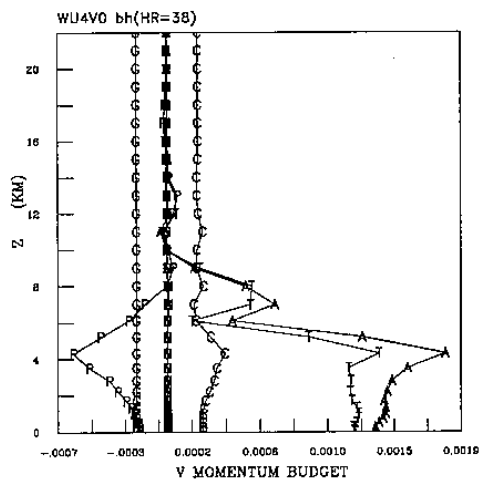


圖 5：個案 WU4V0_bh 於積分時間第 38 小時的南北向動量收支圖。

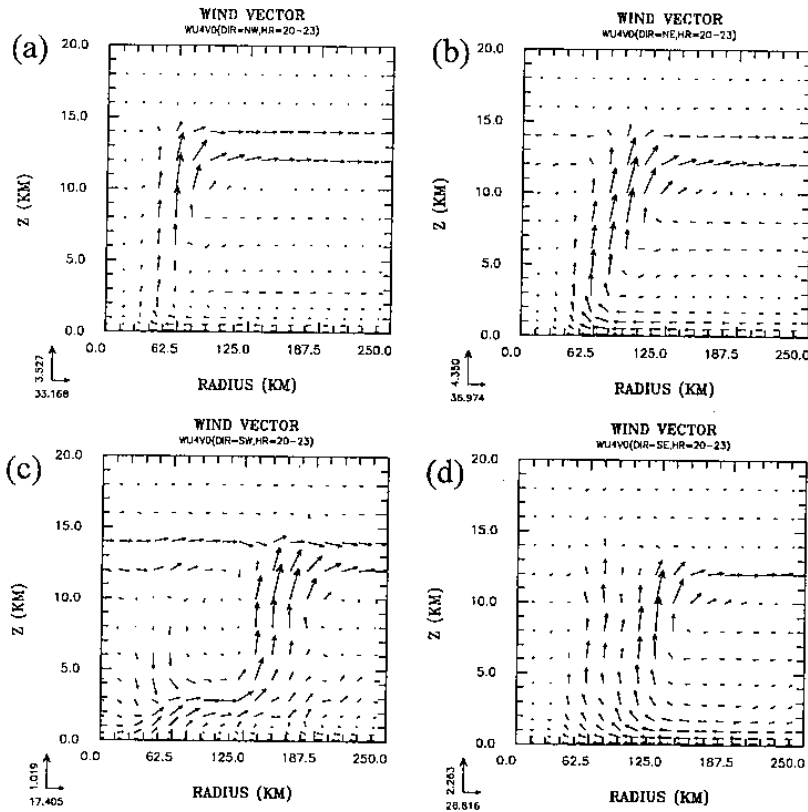


圖 6：個案 WU4V0 在圓柱座標上的風場垂直剖面圖，為積分 20~23 小時，每 15 分鐘一筆輸出值之平均結果。最大水平風向量值與最大垂直速度值之比例長度，標示在圖的左下角，單位為 ms^{-1} 。

Case	V_{\max}	$V_{t\max}$	h(km)	R(km)	U(m/s)	$V_{t\max}/Nh$	U/Nh	$V_{t\max}/Rf$	$V_{t\max}/U$	TC	TD
LWU4V0_ml	30.00	41.60	3.00	150	4.00	1.39	0.13	5.55	10.40	C	N
LWU4V0	30.00	41.43	3.00	150	4.00	1.38	0.13	5.52	10.36	D	N
LWU4V0_r100	30.00	40.65	3.00	100	4.00	1.36	0.13	8.13	10.16	C	S
LWU4V0_r250	30.00	47.87	3.00	250	4.00	1.60	0.13	3.83	11.97	D	S
WU4V0_b	30.00	28.26	3.00	150	4.00	0.94	0.13	3.77	7.07	D	N
WU4V0_bm	30.00	28.07	3.00	150	4.00	0.94	0.13	3.74	7.02	C	U
WU4V0_bml	30.00	28.07	3.00	150	4.00	0.94	0.13	3.74	7.02	C	U
WU4V0_bhml	30.00	28.04	3.00	150	4.00	0.93	0.13	3.74	7.01	C	U
WU4V0_bn	30.00	28.26	3.00	150	4.00	0.94	0.13	3.77	7.06	D	N
WU4V0_bh	30.00	28.09	3.00	150	4.00	0.94	0.13	3.75	7.02	D	N
WU6V0_bh	30.00	28.53	3.00	150	6.00	0.95	0.20	3.80	4.76	D	N
WU8V0_bh	30.00	28.81	3.00	150	8.00	0.96	0.27	3.84	3.60	D	N
WU10V0_bh	30.00	29.03	3.00	150	10.00	0.97	0.33	3.87	2.90	D	U
WU12V0_bh	30.00	29.16	3.00	150	12.00	0.97	0.40	3.89	2.43	D	U
WU4V0L_b	30.00	28.78	3.00	150	4.00	0.96	0.13	3.84	7.19	D	N
WU4V0L_bh	30.00	28.37	3.00	150	4.00	0.95	0.13	3.78	7.09	D	N
WU8V0L_bh	30.00	29.13	3.00	150	8.00	0.97	0.27	3.88	3.64	D	U
WU12V0L_bh	30.00	29.47	3.00	150	12.00	0.98	0.40	3.93	2.46	D	U

表 1：西向颱風個案之控制參數值、路徑的連續性及其偏折方向。

V_{\max} ：初始最大風速； $V_{t\max}$ ：最大切向風速；h：山高；R：初始最大風速半徑；U：駛流場速度；N：Brunt Väisälä frequency；TC：路徑的連續性，C 為連續路徑，D 為不連續路徑；TD：路徑的偏折，N 為偏北，S 為偏南，U 為不偏。