

# 賀伯颱風(1996)近中心環流結構分析

張保亮<sup>1,2</sup> 周仲島<sup>2</sup> 李文兆<sup>3</sup>

中央氣象局五分山氣象雷達站<sup>1</sup> 台灣大學大氣科學研究所<sup>2</sup>  
美國國家大氣研究中心<sup>3</sup>

## 摘要

本研究利用中央氣象局五分山都卜勒雷達及民用航空局中正機場都卜勒雷達觀測資料，分析賀伯颱風(1996)登陸台灣北部時，其眼牆區域環流結構變化的特性。由 GBVTD 方法之環流分析顯示，眼牆區切線風場亦呈現明顯以波數 2 為主的非軸對稱結構，並以約 140-150 分鐘的逆時鐘周期轉動，其與眼牆回波的橢圓形分布和旋轉特性呈一致性。在賀伯颱風接近台灣東北角時，長軸區風速明顯增強，在長軸區旋轉通過東北角後，切線風速逐漸減弱。在此階段，最大風速半徑並無明顯變動，低層之最大風速半徑約 40-45km，隨高度有往外側傾斜現象，眼牆回波也具有相同的特性，兩者相對於垂直方向之平均傾斜角可達 40-50 度。此為滿足角動量守恆的結果。颱風登陸階段，波數 1 之非軸對稱環流結構明顯增強，大風速區位於颱風移動方向後方(東南至東北象限)，強回波區也在颱風移動方向後方，但低層最大風速半徑逐漸縮減為 30km，且隨高度往外側傾斜的現象更為顯著，最大傾斜角可高達 80 度。顯示除角動量守恆外，尚有其它機制影響眼牆斜對流的發生。

分析中同時顯示，登陸中颱風環流的結構變化受地形顯著影響。在颱風登陸前後，環流與地形構成之管道效應與阻隔作用，可能是其非軸對稱結構出現與增強的重要原因，地形增強之內流輻合作用，可能是眼牆對流內縮的重要原因，並使得颱風強度短暫增強。此內縮現象在中層並不明顯，主要為眼牆內側的新生對流發展深度受到限制。此結果使得低、中層眼牆半徑的差異變大，因而形成最大風速半徑與回波隨高度的較為劇烈的傾斜。此種眼牆傾斜的變化特徵，可視為颱風在受地形影響下，其環流變化劇烈程度相當重要的參考指標。

## 一、前言

Marks and Houze(1987)在分析中指出，眼牆區是水平回波梯度最大的地方，對流尺度上衝流沿眼牆邊緣上升，並隨高度往外傾斜。Jorgensen (1984)曾利用分析資料分析指出，此種眼牆對流與最大風速半徑的隨高度傾斜現象，為滿足角動量守恆的結果。當空氣塊於邊界層中混合均勻且達到飽和時，空氣塊將於邊界層頂之上隨等角動量(相當位溫)面上升，促使眼牆對稱中性穩定之斜對流發生。在眼牆半徑變化研究方面，Willoughby et al. (1982)利用飛機觀測資料分析指出，颱風眼內縮的現象相當普遍，最常發生於增強中的高軸對稱颱風系統，當颱風中活躍的環狀結構出現(如眼牆)時，透過對流潛熱加熱效應，最大風速半徑內緣風速將快速增強，使得最大風速半徑因而內縮(Shapiro and Willoughby 1982)。此外，眼牆形狀與旋轉現象，則是颱風研究近來頗受重視的探討方向。自然界中，圓形眼牆的結構經常可見，但不同形狀的眼牆型態仍常被觀測。Lewis and Hawkins(1982)曾利用地面及飛機雷達觀測到颱風中不同形狀的眼牆回波，並發現多邊形眼牆具有氣旋式旋轉的現象，且多邊形眼牆的出現並非颱風接近陸時的特徵。Kuo et al.(1999)

則以線性位渦波理論(Guinn and Schubert 1993)及正壓波譜模式模擬，應用於賀伯(1996)颱風的橢圓形眼牆運動現象，兩者均得到與雷達觀測結果相當一致的旋轉周期。

上述研究均架構在開放洋面上的探討，在颱風接近陸地時，其環流變化特徵為何？值得進一步加以了解。本文將利用中正機場(CAA)都卜勒雷達與五分山雷達(RCWF)雷達觀測資料，藉由周等(1994)及 Lee et al.(1999)提出的 GBVTD 方法，探討賀伯(Herb)颱風(1996)颱風接近陸地過程中 1.橢圓形眼牆的環流轉動特徵。2.眼牆對流活動對於最大風速半徑的變化及颱風強度的影響。3.角動量守恆在傾斜對流現象發生扮演的角色。4.颱風登陸前、後環流分布特徵，以及地形影響下颱風強度與非軸對稱環流的變化。

## 二、眼牆環流之 GBVTD 分析

本文資料之使用，包括雷達資料使用之雷達資料時間為 1996 年 7 月 31 日 19:02LST-19:57LST 中央氣象局五分山雷達資料，民航局中正機場雷達 21:01LST-22:01LST 資料。由於賀伯颱風弱回波區域相當明顯，

加上其風場出現明顯非軸對稱結構，在考量路徑連續性的原則下，本文採弱回波中心定位颱風中心。其它有關 GBVTD 方法(Lee et al.1999)以及資料處理程序可參考周等(1994)及張與周(1997)。

## 2.1 軸對稱環流

### 2.1.1 登陸前

賀伯颱風登陸前(1902-19:57LST)，位於五分山雷達東方近海約 60-120km，此距離相當適合 GBVTD 方法分析，由於可供分析之都卜勒速度場資料達 150km，因此，GBVTD 方法之分析在半徑上設為 80km，高度則設為 1-8km。在圖 1 為經 GBVTD 方法處理後，颱風近中心附近的平均切線風速分布，高度 2km 以下部份半徑，因資料點不足而不予分析。圖 a(19:02LST)顯示最大風速位於高度 3km 以下，約位於半徑 42km，最大值達 42m/s 以上，另一次大風速區則位於半徑 75km 以外，與回波比對可發現，應為雨帶區域的強風速區所造成，但其風速在 2-3km 間遞減快速，與眼牆區的垂直分布有明顯不同。圖中也可發現，最大風速半徑附近之中、高層仍維持較高的風速，顯示風速隨高度遞減並不明顯，而半徑 50 至 70km 間之高度 5km 以上風速隨高度則無明顯改變，此種分布與 Marks and Houze(1987) 等人分析的海上颱風環流，在切線風速隨高度遞減快速的特性上有顯不同。此外，最大風速半徑隨高度有明顯傾斜出現，與平均回波的垂直傾斜分布一致。19:14LST 時(圖 b)，最大風速半徑仍位於 45km 左右，但其風速強度增至 50m/s 左右，中高層風速強度也有增強的情形，最大風速半徑則隨高度由往內側轉為外側傾斜，回波隨高度則持續呈現出往外傾斜的現象。19:26LST 時(圖 c)，切線最大風速增強至 56m/s 以上，出現在高度 2km 以下，最大風速半徑縮減至 40km 左右，中、高層最大平均切線風速持續增強，而位於半徑 75km 以外之低層，仍存在相對之大風速區，但其風速值隨高度明顯快速遞減，高度 3km 以上風速隨高度亦則無明顯改變。此時，最大風速區與回波隨高度有往外傾斜的現象相當明顯，高度 2-8km 間之傾斜角達近 40-50 度。19:38LST(圖 d)，整體的平均切線風速分布與徑向梯度明顯減弱，最大平均切線風速降至 50m/s 左右，但最大風速半徑仍維持在 40km 左右。

### 2.1.2 登陸時

賀伯颱風登陸前後，由於颱風中心距五分山雷達約 30-40km，並不適合 GBVTD 分析，因此，本文改以中正機場雷達資料進行，分析半徑則因觀測半徑減小而減為 60km。此外，由兩雷達之回波比對中可發現，中正機場雷達回波強度有明顯偏低的現象(張與周 1997)，加上為避免中正機場雷達回波強度受地形

的影響，為求回波強度在探討上的一致性，平均回波之計算採用五分山雷達之觀測。圖 2 為利用中正機場雷達求得 21:01LST-21:46LST 的平均切線風的結果。21:01LST 時(圖 a)，低層最大風速半徑位於 38-50km 之間，最大值接近 42m/s，半徑約 45-60km 的中層，則存在另一大風速區，最大值亦達 42m/s 以上，最大風速區明顯隨高度有往外傾斜的現象，高度 2-5km 間之傾斜角達近 70-80 度，明顯較登陸前及過去的洋面上觀測研究為大(Marks and Houze 1987)。21:16LST 時(圖 b)，其分布與前一分析時間類似，但低、中層最大風速區分別縮減至 30-35km 與 45km，最大風速值達 44m/s，出現在高度 1-2km 左右，而最大風速半徑隨高度，仍明顯有往颱風外側傾斜的現象，且低層最大風速半徑附近之垂直風切明顯增強。21:31LST 時(圖 c)，低層最大風速半徑仍維持在 30-35km 左右，最強平均切線風速增強至 50m/s 以上，位於高度 2km 處，高度 2-6km 間之傾斜角近 65 度。此外，位於半徑約 40km 以外之低層，存在一明顯弱風速區，最弱風速值在 38m/s 左右。21:46LST 時(圖 d)，其分布類似於前一分析時間，但最大風速半徑些微內縮至 30km 左右，且最強風速增至 54m/s 以上，最大風速區在高度上的分布，同樣呈現出往外傾斜的現象。

## 2.2 非軸對稱環流

### 2.2.1 登陸前

GBVTD 方法除求出軸對稱分量外，可進一步獲得切線風波數 1 及波數 2 的分量。由於雷達圓錐掃描的觀測特性，在離雷達較遠的距離，低層資料將產生不足的現象，為方便較大範圍的環流改變特性，本文以高度 4km 分析結果為探討重點。圖 3 為高度 4km 非軸對稱切線風速分布圖，19:02LST 時，風速分布呈現出波數 2 的結構，且位於橢圓長軸兩端處，最強風速約 50-50m/s。19:14LST 時，風速強度無明顯變化，但其發生位置持續往氣流下游移動。19:20LST 時，除強風速區與回波繼續往氣流下游移動外，位於近台灣陸地的長軸端，切線風速明顯增加，最強風速值達 65m/s，而長軸另一端風速強度並無明顯改變。19:26LST 時，近台灣陸地的長軸端，最強切線風速明顯增加至 70m/s，位於台灣東北角正東側約 15km 處，長軸另一端風速強度仍無明顯改變。19:38LST 時，近台灣陸地的長軸端，最強切線風速強度明顯降至約 55-60m/s，長軸另一端風速強度也由 55m/s 微降至 50-55m/s 左右。19:38LST 時，長軸兩端之最強風速值持續降至 55m/s。此在波數 2 之切線環流結構轉動現象，近陸地之長軸端之強風區，在 42 分鐘內(19:02LST-19:38LST)，由 325 度轉至 240 度，約轉動 85 度。以此估計，橢圓眼牆波數 2 環流轉動一周約-152 分鐘。

## 2.2.2 登陸時

圖 4 為 20:46-21:46LST 高度 4km 之切線風速分布圖。21:01LST 時(圖 a)，顯著的波數 1 結構之最大風速區主要位於東北象限，最強風速則在 50m/s 左右，此時回波強度增強，且強回波區與大風速分布一致。21:16LST 時(圖 b)，波數 1 結構漸趨明顯，最大風速區位於東南至東北象限，最強風速增至 55m/s 左右，回波強度持續增強，強回波區與強風速區分布相當一致。21:31LST 時(圖 c)，最大風速區位於東南，最強風速增至 60m/s 左右，位於西北側則存在一局部之大風速區，最大風速值達 50m/s 以上，此時回波發展達到最大強度。21:46LST 時(圖 d)，最強風速持續增至 70m/s 左右，最大風速區仍位於東南象限，切線風之水平梯度則有明顯增加的情形，此時回波強度則有減弱的現象。

## 三、討論

### 3.1 最大風速半徑的傾斜

賀伯颱風在登陸前，最大風速半徑隨高度之傾斜角，相對於垂直軸達 40-50 度，此與回波的傾斜現象一致，此在種現象在過去之研究中經常被觀測當到，Marks and Houze (1987)分析 Hurricane Allica 發現其眼牆回波及最大風速半徑，隨高度之傾斜角達約 46 度，在賀伯颱風登陸時，其最大風速半徑隨高度之傾斜現象相當劇烈，傾斜角達 70-80 度，而回波之傾斜現象也較登陸前明顯。由其平均切線風分布可發現，其低層之最大風速半徑有顯著減小，但高層變化則較不顯著，且中層存在與低層相當之較大風速區。賀伯與颱風登陸時，其傾斜角劇增，主要與低層最大風速半徑之減小有關。由賀伯颱風登陸前之角動量垂直分布(圖 5a)可見，眼牆區(回波大於 30dBZ)內側之等角動量線呈現隨高度傾斜的現象，其傾斜程度與回波及最大風速半徑極為接近，Jorgensen (1984)曾利用資料分析指出，此種眼牆對流與最大風速半徑的隨高度傾斜現象，為滿足角動量守恒的結果。由於颱風為一暖心結構，其切線風速將隨高度減弱(熱力風平衡)，等角動量隨高度因而形成往颱風外側傾斜的現象，並進而產生了傾斜對流的分布。因此，當空氣塊於邊界層中均勻混合且達飽和時，空氣塊將於邊界層頂之上沿等角動量(相當位溫)面上升，可促使眼牆對稱中性穩定之斜對流發生。此外，圖 5a 中同時顯示，半徑 65km 外之低層，存在相對較高之角動量區，配合回波可發現，此為雨帶之強風速區所造成。在颱風登陸階段(21:01LST，圖 5)，其角動量之傾斜程度與登陸前類似，但眼牆區內側之回波與最大風速半徑傾斜程度明顯較角動量為大，顯示傾斜對流之發生，除在角動量守恒的機制外，尚有其它原因。

### 3.2 最大風速半徑與颱風強度之變化

由賀伯颱風登陸前之平均環流結構可發現，最大風速半徑隨時間變動並不顯著，但隨高度有傾斜的現象發生，其整體分布與過去洋面觀測之特性相當類似。在颱風登陸過程中，其最大風速半徑隨時間逐漸縮小(圖 6)，而環流強度在颱風登陸後約 5-10 鐘內(21:46LST)達到最風強。由通過颱風中心之東北、西南回波垂直剖面分析(圖未示)可發現，颱風登陸前，眼牆回波約位於半徑 35-45km 處，在颱風登陸過中，眼牆回波隨時間逐漸增強，並有明顯之新生對流泡出現於原有眼牆內側，使最內側之眼牆半徑在登陸時縮減至 25-35km，整體眼牆呈現的多胞結構的特徵。配合眼牆區回波大於 40dBZ 之面積隨時間之變化(圖 7)可以發現，回波於登陸前(20:51LST)持續增強至登陸時(21:32LST)，至 21:44LST 時，其面積開始減小。但風場強度則與此時達到最強，顯示回波之發展與開始減弱時間明顯超前風場。由此判斷，回波之發展時間約超前風場 10-15 分鐘 Shapiro and Willoughby (1982)曾探討此種眼牆內縮現象，在他們的理論探討中指出，最大風速半徑內側之點加熱源，將產生渦旋中心氣壓的降低，而使得環流的強度增強。而由平均徑向風分布發現(圖 8)，此階段之低層內流明顯增強，在眼牆附近之內流層由高度 1-2km，逐漸上升至高度 6km 以上，低層最大內流值也由 6m/s 增強至 10m/s。Chang(1982)在其模擬中曾指出，颱風登陸時，由於地形引發之對流，使得颱風強度也短暫增強的現象，並指出在颱風登陸後，由於水汽的來源受到限制，無法維持地形摩擦所造成的能量耗散，使得颱風強度迅速減弱。因此，賀伯颱風登陸時，增強內流輻合作用，可能在眼牆的對流增強及內縮扮演著重要角色。此外，眼牆內新生對流的持續出現，由於處於颱風眼區之下沉環境中，其發展深度明顯較原有眼牆為低。此結果將促使低層眼牆內縮，進而造成眼牆半徑在高度上的差異變大，而形成較大角度的傾斜現象。

### 3.3 橢圓形眼牆旋轉現象

由前述知，賀伯颱風登陸前約 1.5-2.5h，以波數 2 為主的切線環流結構相當明顯，隨時間並有轉動的現象，這些與眼牆區回波的旋轉與分布特徵類似，旋轉周期也相當接近，約 140-150min，朝逆時鐘方向旋轉，隨高度並無顯著的差異。Guinn and Schubert(1993)曾以位渦波的觀點詮釋此問題時指出，眼牆區位渦波傳播速度(C)可表示為  $C = V/m$ ，朝反氣旋方向移動，其中 m 為眼牆切線環流波數，V 為最大平均切線風速。上式顯示，眼牆位渦波速度隨其切線波數的增加而減小，在考慮平均切線環流的平流作用後，眼牆朝氣旋式方向的旋轉速度  $S = V - C = V(1 - 1/m)$  將隨之增加，旋轉周期將因而縮短。Kuo et

al.(1999)與郭等(1998)則利用 Rankine-like vortex 之渦度分布型態，透過上述線性理論及正壓波譜模式模擬，得到與賀伯(1996)颱風橢圓形眼牆約 144 分旋轉周期一致的結果。因此，利用上述簡要的數學關係即可決定眼牆的轉動現象。圖 9 為利用上述之線性理論，以 GBVTD 方法求得切線風場計算眼牆環流的旋轉周期。圖中可發現，低層理論預期之旋轉周期，與眼牆回波旋轉周期(140-150min)較趨於一致，特別是 19:26LST 時，旋轉周期在 150min 以下，高度 6km 以上所有分析時間，旋轉周期均在 200min 以上。此結果顯示，不同高度之眼牆旋轉周期有明顯差異，且隨高度有逐漸增長的現象。由此觀點，眼牆的旋轉現象無法長時間被維持。因此，眼牆的轉動現象，可能為低層之正壓過程所主導，而暖心之斜壓過程，則可能透過對流的垂直傳送，來調整中、高層位渦波的移速，

### 3.4 非軸對結構的增強

由賀伯颱風接近台灣陸地過程中，其波數 2 眼牆結構之長軸一端在靠近台灣東北角時，切線風速在中、低層有明顯增強，並於橢圓長軸平行於東北角位置時達到最大，通過後有減弱的現象。4km 高度其切線最大風速在 24 分鐘內(19:02 LST -19:26LST)增強約 20m/s。此現象可能是其氣壓場受地形擠壓，所產生風速增強作用。Lin et al. (1999)模擬颱風渦旋接近地形時，也曾指出此種現象，為環流與地形間所形成之管道效應，產生局部區域的環流加強作用。在賀伯颱風登陸階段(21:01-21:46LST)，以波數 1 為主之非軸對結構逐漸明顯，主要大風速區出現於颱風移動的後方象限(東南至東北象限)，也就是位於台灣東北方近海，其相對於颱風中心而言，隨時間並無明顯的轉動現象，而台灣陸地區域則為相對之弱風速區。此階段之最大風速值達 70m/s 以上，出現於賀伯颱風登陸後(21:46LST)。王(1994)曾指出，山脈對颱風渦旋回應的兩種最重要特徵為渠流(channelling)及阻擋(blocking)效應，且兩者彼此關聯，其結果將產生風場的重新分配。謝等(1996)則指出，台灣海峽北側之大風速區即為渠流效應所產生，而北部陸地及中央山脈東側的弱風速區，則是阻擋效應所造成。因此，台灣北部陸地的阻擋效應，可能是賀伯颱風登陸階段，其環流波數 1 結構增強的重要原因，

## 四、結論

本文利用中央氣象局五分山都卜勒雷達與民用航空局中正機場都卜勒雷達資料，利用 GBVTD 方法，探討賀伯颱風接近台灣陸地時，眼牆區環流的中尺度結構特徵變化，以下為本文的重要分析結果：

- 由環流分析結果顯示，賀伯颱風登陸前，其切線

環流呈現明顯的波數 2 的非軸對稱結構，並存在周期性的轉動，此與眼牆回波的旋轉現象相當一致。利用風場分析資料，以線性位渦波理論估計眼牆環流的旋轉周期發現，其旋轉周期，在低層與實際的分析結果較為接近，但隨高度兩者差異逐漸增加。顯示正壓線性理論對於低層眼牆的旋轉可適當加以解釋，而中、高層則受到低層環流所影響，使其旋轉速度明顯受到調整，以維持長時間的眼牆旋轉現象。

- 在賀伯颱風接近台灣東北角時，長軸區風速明顯增強，在長軸區旋轉通過後切線風速逐漸減弱。此種非軸對稱結構增強的原因，可能與颱風渦旋與地形構成之管道效應有關。颱風登陸階段，波數 1 之非軸對稱環流結構明顯增強，大風速區位於颱風移動方向後方(東南至東北象限)，強回波區也有類似的特徵。此結果顯示，環流受地形的阻隔作用，可能是其非軸對稱結構增強的重要原因。
- 賀伯颱風登陸前，最大風速半徑變動並不明顯，低層之最大風速半徑約 40-45km，隨高度並有往颱風外側傾斜的現象，眼牆回波也具有相同的特性，兩者相對於垂直方向之平均傾斜角可達 40-50 度，此現象大致滿足了角動量守恆的特性。當颱風登陸階段，最大風速半徑隨時間逐漸縮減為 30km，環流強度則有短暫增強的現象。此階段最大風速半徑隨高度往颱風外側傾斜的現象，較登陸前更為顯著，其最大傾斜角高達 70-80 度，回波結構也有一致的分布特性。此階段劇烈傾斜現象的發生，除角動量守恆機制外，可能與低層眼牆的內縮過程有關。此結果使得低、中層眼牆半徑的差異加大，而形成最大風速半徑與回波隨高度的較為劇烈的傾斜。

本文由 GBVTD 方法分析發現，其對於其環流變化特徵有相當好的掌握。其中包括：最大風速半徑隨高度的傾斜與內縮的現象；颱風登陸過程中的短暫增強；波數 2 環流結構的轉動現象；以及颱風登陸階段準靜止波數 1 環流結構的特徵等。這些特徵對於侵台颱風的預報而言，可提供較為具體的參考。由於現有分析資料，並無法對於上述變化的物理過程給予進一步的參考資訊，未來仍需藉助密集的觀測資料及模式模擬加以解答。

## 致謝

本文得以完成，感謝交通部民航局飛航服務總台提供雷達資料。本研究部份經費支援由國科會提供，計畫編號為 NSC-89-2111-M-002-018-。

## 參考文獻

Chang,S. W.-J.,1982:The orographic effects induced by

an island mountain range on propagating tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1255-1270.

Guinn, T. and W. Schubert, 1993: Hurricane spiral bands. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 3380-3404.

Jorgensen, D. P., 1984: Mesoscale and convective-scale characters of mature hurricanes. Part II: General observations by research aircraft. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 1268-1285.

Kuo, H.-C., R. T. Williams, and J.-H. Chen, 1999: A Possible mechanism for eye rotation of Typhoon Herb. *J. Atmos. Sci.*, **56**, 1659-1673.

Lee, W.C., B.J.-D. Jou, P.-L. Chang, and S.M. Deng, 1999: Tropical cyclone structure retrieved from single Doppler radar observations. Part I: Interpretation of Doppler velocity patterns and the GBVTD technique on analytic tropical cyclone. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 2419-2439.

Lewis, B.M., and H.F. Hawkins, 1982: Polygonal eye walls and rain bands in hurricanes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **63**, 1294-1300.

Lin, Y.-L., J. Han, D.W. Hamilton and C.-Y. Huang, 1999: Orographic influence on a drifting cyclone. *J. Atmos. Sci.*, **56**, 534-562.

Marks, F. D., Jr., and R. A. Houze, Jr., 1987: Inner core structure of hurricane Alicia from airborne Doppler radar observations. *J. Atmos. Sci.*, **44**,

Shapiro, L.J., and H.E. Willoughby, 1982: The response of balanced hurricanes to local sources of heat and momentum. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 378-394.

Willoughby H.E., J.A. Clos and M.G. Shoreibah, 1982: Concentric eye walls, secondary wind maxima, and the evolution of the hurricane vortex. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 395-411.

王時鼎, 1994: 侵台颱風地形影響實測研究及有關問題。海峽兩岸天氣與氣候學術研討會論文彙編, 324-338。

周仲島、張保亮與李文兆, 1994: 都卜勒雷達在颱風環流中尺結構分析的應用。大氣科學, **22**, 163-187。

張保亮與周仲島, 1997: 五分山雷達站颱風觀測效益評估。天氣分析與預報研討會論文彙編(85), 13-25。

謝信良、王時鼎、鄭明典與葉天降, 1996: 台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究, 第二階段: 侵台颱風路徑、強度、風力預報之應用研究(二)。中央氣象局氣象科技研究中心, 專題研究報告CWB85-1M-01, 382頁。

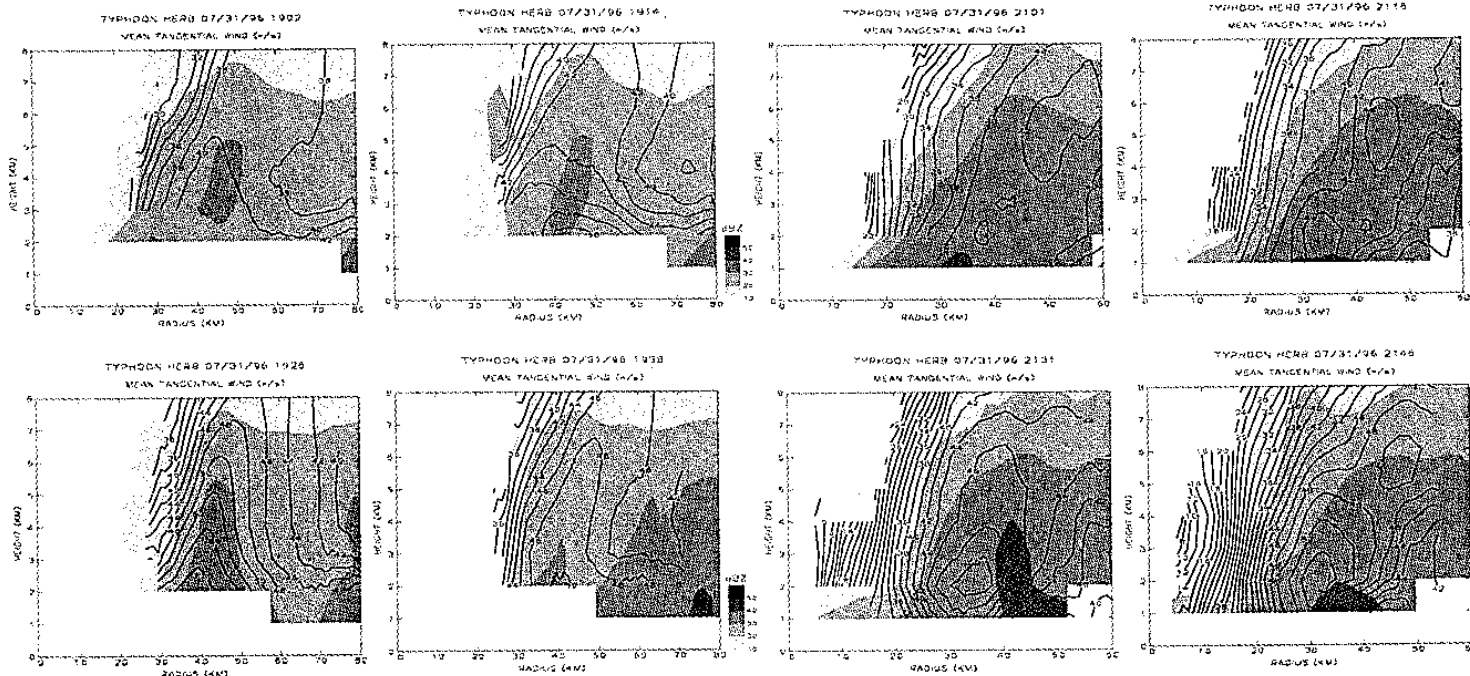


圖1 賀伯颱風近中心軸對稱切線風速垂直剖面, 資料來源為五分山雷達, 分析時間19:02LST~19:38LST, 間隔12分鐘, 分析半徑80km, 等值線間隔為 $2\text{ms}^{-1}$ 。

圖2 同圖1, 但資料來源為中正機場雷達。分析時間1996年7月31日 21:01LST~21:46LST, 間隔15分鐘, 分析半徑60km, 等值線間隔 $2\text{ms}^{-1}$ 。



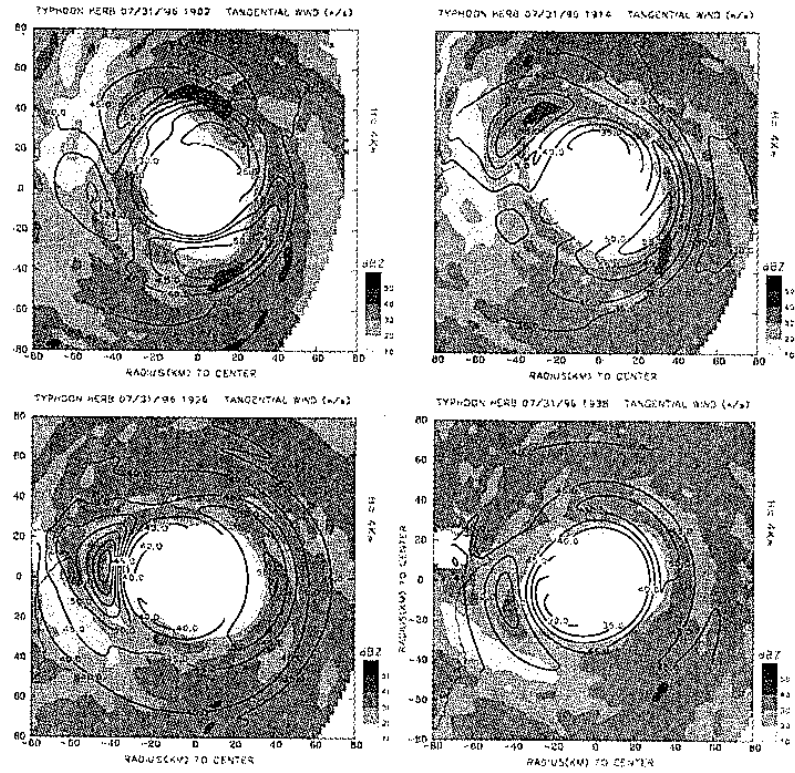


圖3 同圖1，但為4公里高度處之水平切線風速分布。等值線間距 $5\text{ms}^{-1}$ ，分析範圍 $160 \times 160\text{km}$ ，陰影區為回波分布。

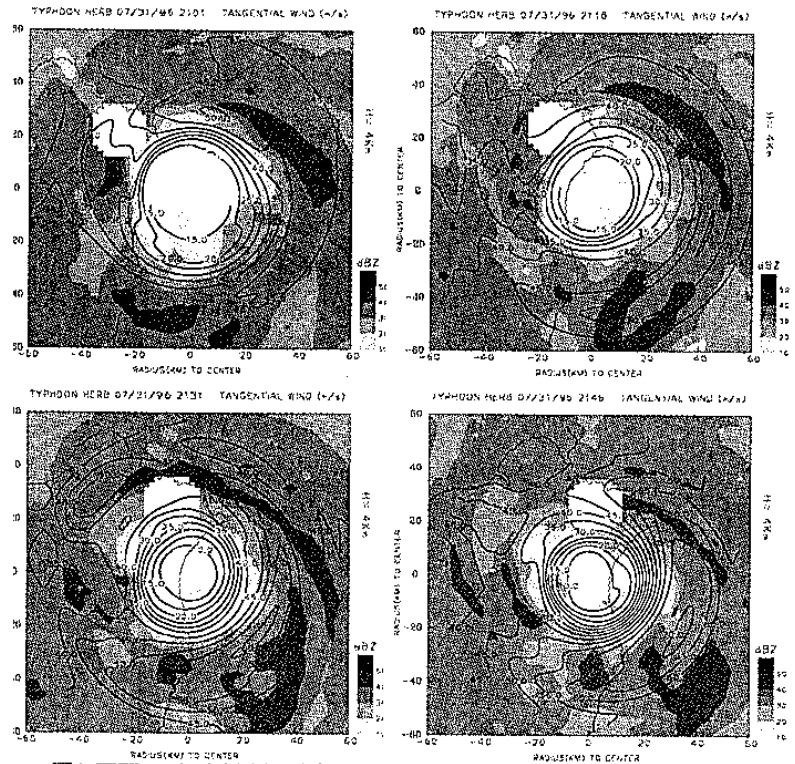


圖4 同圖3，但資料來源為中正機場雷達。分析時間1996年7月31日

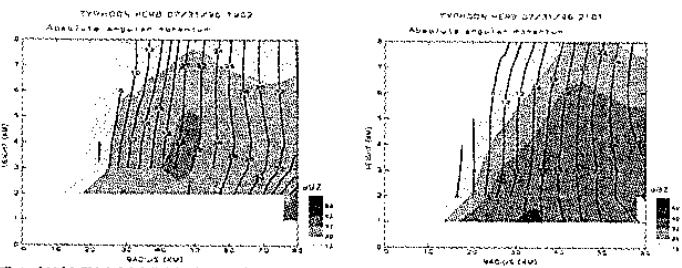


圖5 賀伯颱風軸對稱絕對角動量垂直剖面圖。(a)19:02LST，分析半徑80km。(b)21:01LST，分析半徑60km。

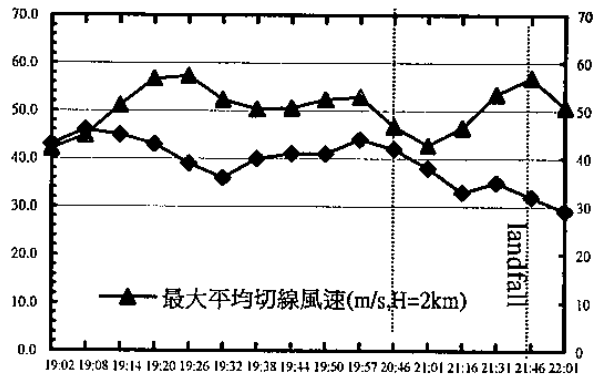


圖6 賀伯颱風最大風速半徑/最大平均切線風速(m/s)間序列圖。

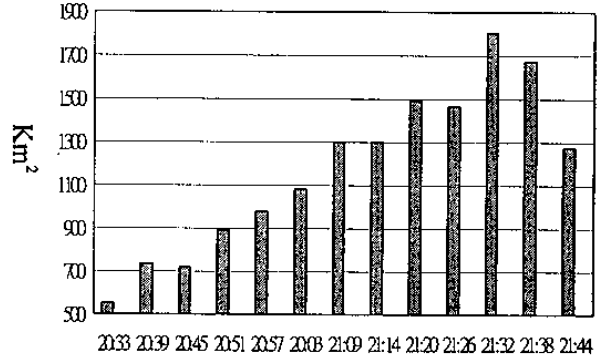


圖7 賀伯颱風眼牆區回波值大於40dBZ面積時間序列圖。

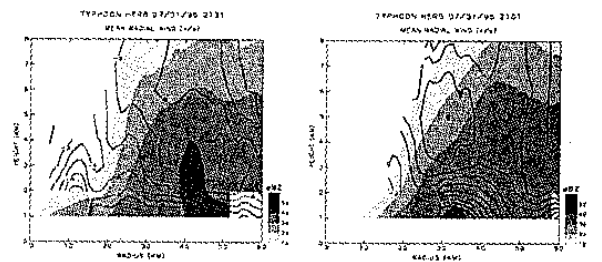


圖8 同圖2，但為軸對稱徑向風速分布。(a)為21:01 LST。(b)為21:31LST。

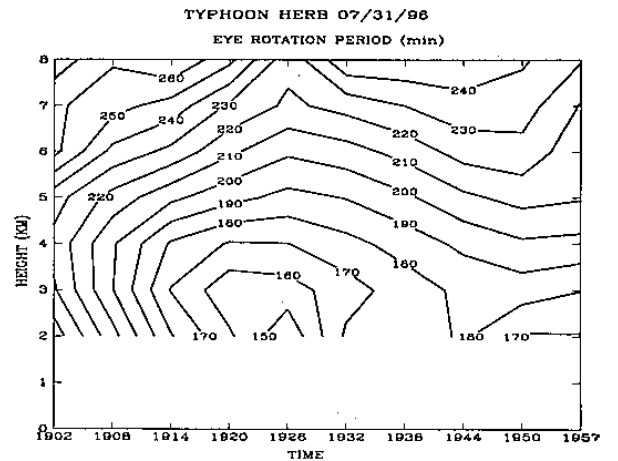


圖9 線性位渦理論預期之眼牆旋轉週期。水平軸為時間，縱軸為高度。風場資料由GBVTD方法求得。