

賀伯颱風(1996)雙雷達分析

周仲島 張保亮* 李清勝
台灣大學大氣科學系

摘要

賀伯颱風(1996)在台灣東北角登陸，帶來的強風和豪雨，造成台灣地區近一、二十年來最嚴重的災情。中央氣象局新架設的五分山雷達站，適時對賀伯颱風登陸前的風場及回波場進行觀測，對於颱風登陸前海上資料不足的問題有明顯改善。此外，民航局中正機場都卜勒雷達也位於相當好的觀測位置，收集的資料可與五分山雷達互補不足；由於兩座雷達距離適當(約 57 公里)，部份區域並可進行雙都卜勒合成分析。

本研究同時利用兩座雷達觀測資料，利用 GBVTD 方法以及雙都卜勒分析方法，探討賀伯颱風登陸前後回波及風場結構的變化。初步分析結果顯示：賀伯登陸前，中心附近環流結構相當完整，最強的雷達徑向風速達 70 m/s 以上，颱風眼清晰可見，並以約 140 分鐘的週期逆時鐘方向旋轉。外圍雨帶伴隨強風速區，並有環繞颱風中心做氣旋式旋轉的現象。在中心登陸前，雨帶強度的變化與颱風移動的方向及台灣地形有密切的關係。

* 現任職於中央氣象局五分山氣象雷達站

一、前言

賀伯颱風(1996)侵襲台灣，造成歷年來最嚴重的災情，中央氣象局新架設的五分山雷達站首當其衝，強勁的風力造成了雷達嚴重的損壞，但也適時對賀伯颱風登陸前的風場及回波場進行觀測，因此，此份觀測資料的獲得，可謂彌足珍貴。由於民航局中正機場都卜勒雷達也位於相當好的觀測位置，收集的資料可與五分山雷達互補不足，在局部區域更可進行雙都卜勒分析，對於颱風觀測資料不足的問題有相當的幫助。本研究擬利用兩座雷達的觀測資料，針對賀伯颱風進行雙雷達與雨帶雙都卜勒合成分析，希望對於賀伯颱風侵台時的中尺度現象的特徵與演化過程有所了解與突破。

二、回波及風場分析

圖 1 為利用回波數值小於 5dBZ 弱回波幾何中心定出的賀伯颱風路徑，圖中顯示，颱風進入五分山雷達 460 公里觀測半徑後，呈現西行西路徑，移行過程則有些微擺動的現象，最早的定位時間為 04:22 LST，中心於 21:33 左右登陸宜蘭地區，最後雷達因故於 21:56 停止觀測。圖 2 為賀伯颱風時間間隔約 1 小時之最大回波合成圖，圖中可見相當清晰的颱風眼以及眼牆與雨帶的結構。近橢圓的颱風眼區域，如以回波值小於 5dBZ 測量，變化範圍長軸約

30-35 公里，短軸則為 20-30 公里，並以約 140 分鐘 (15:01-17:27, 17:27-19:50) 的週期轉動。在颱風登陸後，颱風眼明顯縮小，並漸趨模糊。中心登陸前，眼牆結構完整，但呈現出較不對稱的型態，較強的對流均發生於橢圓眼牆長軸方向的位置，並隨時間轉動改變；當中心登陸時，眼牆半徑縮小，對流明顯加強，回波呈現較為對稱配置。在雨帶結構方面，發展於颱風移動方向西北象限的雨帶，並隨時間環繞颱風中心轉動，強度於 12:03 達到最大 (圖未示)，走向約與台灣地形平行時，此時颱風中心距離登陸位置約 240 公里，之後時間螺旋雨帶結構漸趨零散。19:02 時，眼牆區域分離出與先前性質不同的雨帶，位置則位於北部海面上。由於受山脈的阻隔，在颱風更接近陸地時(19:57，距中心約 100 公里)，背風面的雨帶逐漸減弱消失，僅存西北方海上的雨帶，殘留雨帶在颱風登陸後，結構亦漸趨不完整。而此種背風面對流受到抑制現象，在許多侵襲北台灣的颱風個案中，經常被觀測到(李與蔡，1996)。

圖 3 為 21:03 方位 136 度及 316 度剖面 RHI 分析，圖中分別顯示眼牆及雨帶區域回波的垂直結構。圖 3a 中半徑 20-45 公里處，為颱風眼弱回波的區域，眼牆則位於半徑 50-80 公里，圖中 35dBZ 回波發展高度達 5 公里，低層回波數值大於 40dBZ 的區域廣達 30 公里。圖 3b 中半徑 80-90 公里處為主要的雨帶區域，回波強度明顯較眼牆區為弱，但 35dBZ

的回波發展高度仍可達 4.5 公里。位於半徑 125 公里高度 4-5 公里處，則存在一回波較大的區域，可能是雨帶內層狀降水區亮帶 (bright band) 回波 (Barnes et al., 1983)。圖 3a 及 3b 中同時顯示，分析時間內，降水回波的發展(以 10dBZ 為準)大多低於 10 公里高度，發展不高，但較頗為寬廣。在圖中亦顯示，眼牆距颱風中心約 30-35 公里，雨帶則約為 120 公里。

圖 4 為五分山雷達及中正機場雷達高度 3 公里徑向風場分佈圖，圖中颱風中心以 Wood and Brown (1992) 方法定出。圖 4a 的五分山雷達資料中顯示，颱風中心位於雷東南東方約 70 公里，圖中氣旋式的偶極反對稱型態顯著，吹向雷達的最大徑向風速達 60m/s，遠離雷達的分量則在 50 m/s 以下。圖 4b 為中正機場雷達資料，圖中顯示，颱風登陸後對稱型態與前一個分析時間類似，但最大風速半徑大幅減小，近中心附近的徑向風場梯度也明顯增大。圖 5 為利用五分山雷達及中正機場雷達徑向風場資料，以 GBVTD(周等, 1994)方法分析颱風近中心附近的平均切線風速。圖 5a 顯示，中心登陸前，最大風速區位於高度 2 公里以下，最大風速半徑約 40-45 公里，高度 4 公里以上，風速隨高度遞減並不顯著，與 Marks et al. (1992) 等人觀測到的海上颱風特性有明顯不同。颱風中心登陸時，高度 2 公里存在最大風速區，風速值接近 48 m/s，半徑約 30-35 公里，高度 5 公里以上則存在次大風速區，此種中高層維持高風速區的現象與 Alex 颱風 (1987) 登陸北台灣時極為類似(張與周, 1996)。

除上述風場特徵外，賀伯颱風登陸前(19:02)，高度 2 公里最大徑向風速值即達近 70m/s，缺乏觀測資料的近地層，應具有更高的風速值。當中心登陸時，由回波資料顯示(圖 2)，眼強對流明顯加強，由五分山雷達 0.5PPI 徑向風場同時可以發現，最大徑向風速值更達 75m/s 以上(圖未示)，顯示對流與風場之間有很好的相關性，而兩者間的因果關係與變化過程，仍待進一步釐清。

三、雨帶雙都卜勒分析

五分山雷達站資料時間間距約 6 分鐘，中正機場雷達時間間距約為 15 分鐘，在處理時，由於五分山雷達站擁有較大的觀測範圍，因此為求一致，回波資料以該站為主。由於兩個雷達在觀測時間上有些微差距，而且在一個體容掃描時間內系統也會移動，因此需要對資料做時間、空間的些微校正，才能獲致更理想的結果。另外由於五分山站位於海拔 760 公尺，在內差至等高面上的過程中，1 公里等高

面上資料較少，對於氣流垂直結構的分析將產生影響。相關的雙都卜勒雷達分析處理流程，可參閱鄧 (1992)。經由分析雨帶的位置及適合分析的區域，本文初步選取間隔 30 分鐘的兩個時段(表一)，分析颱風登陸前雨帶的變化。

雷達	time1		time2	
五分山	19:57	20:03	20:27	20:33
中正機場	20:01		20:31	

(表一)

圖 6 為雙都卜勒雷達分析區域，五分山雷達座標定為 (0, 0)，中正機場則為 (-56.8, -0.3)，兩座雷達直線距離約 57 公里，分析範圍為 (-70, 20)到 (10, 90) 100 公里×70 公里的矩形區域。水平及垂直解析度均為 1 公里。圖 7 為 20:01 高度 2 及 6 公里輻散場、水平風及回波分佈圖。圖 7a 中顯示，位於高度 2 公里，大於 35dBZ 的雨帶區域明顯伴隨著強風區與輻合區，最大風速達 55m/s，圖中風向由上風處的東風轉為下風處的東北風，呈現氣旋式旋轉的氣流型態。高度 6 公里主要雨帶回波及風速強度明顯減弱，輻合區域漸轉為輻散區域，氣旋式旋轉的型態則漸趨不明顯(圖 7b)。圖 7c 為 30 分鐘後的 2 公里度分佈情形，主要雨帶區域已移往下風處的位置，大於 45 dBZ 雨帶回波區域縮小，回波梯度也明顯降低，主要雨帶區域仍伴隨強風速區與輻合帶。高度 6 公里的回波強度則較前時間減弱，輻散場的配置則與前時段類似(圖 7d)

四、結論與討論

本文利用五分山雷達站及中正機場雷達站資料，分析賀伯颱風登陸北台灣前後回波及風場變化的特徵。由結果發現颱風登陸過程中，環流呈完整的結構，期間最強風速達 75m/s 以上，最大風速位於 2 公里以下，隨高度減弱緩慢。分析時間內颱風眼清晰可見，且有週期性的轉動，此種現象在颱風個案觀測中並不容易發現，可能與個案差異及觀測時間解析度不足有關。如以最大平均切線風速 (50m/s) 來估計，與環流本身平流的結果相近，但仍有差異存在，造成此種有趣現象真正的原因，需配合相關的研究才能解答。

在雨帶分析方面，Barnes et al.(1986)曾指出，雨帶的減弱、消失與中尺度下降運動及雨帶相對於颱風的移動方向的位置有密切相關，此個案中，雨帶強度的變化除受颱風移動的影響外，地形顯然扮演更重要的角色，特別是中央山脈的走向，李與蔡 (1996) 曾分析侵台颱風伴隨雨帶的特徵，將

雨帶歸納為六類，並指出，颱風登陸期間主要雨帶的性質，在當地形或風向改變時強度即發生變化。顯示雨帶在地形影響下，與Willoughby et al.(1984)等人定義的SBC(Stationary Band Complex)特徵有相當顯著的不同。由雙都卜勒合成分析發現，雨帶伴隨明顯強風速區，環繞颱風中心的雨帶也有明顯轉動的情形，並伴隨強風速區，輻散場在高低層與主要雨帶區域的配置具一致性，低層伴隨明顯輻合，高度6公里以上則有輻散。由剖面分析也可發現，降水回波發展高度並不深厚，大多局限在高度10公里以下。而雨帶層狀降水區伴隨的亮帶的現象，與過去在開放洋面上的飛機雷達觀測一致。

由本文初步分析可以發現，許多有趣的現象值得我們進一步去探索，包括橢圓形颱風眼的轉動與維持，眼牆及雨帶與地形的消長關係，對流與風場的關係等等。未來本研究將陸續分析不同時間的資料，在雙都卜勒合成分析方面，進一步分析三度空間的氣流結構，計算擾動壓力場及溫度場的分佈，並配合GBVTD方法以及雙雷達合成的結果，來幫助對於上述問題的了解。

五、致謝

本文得以完成，首先要感謝周思運博士與林宏聖主任在資料解碼上的幫助，並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NSC86-2621-P002-001。

參考文獻

- 李清勝與蔡德攸，1996:利用CAA都卜勒雷達資料分析四個侵台颱風伴隨雨帶之特徵。天氣分析與預報研討會論文集編(84)。
- 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，1996:侵台颱風鄰近中心環流結構之分析，天氣分析與預報研討會論文集編(84)。
- 鄧秀明，1992:梅雨鋒面對流之中尺度動力與熱力結構演化:TAMEX個案研究。國立臺灣大學大氣科學研究所博士論文，196頁。
- Barnes,G.M., E.J.Zipser, D.P. Jorgensen and F.D.Marks,1983:Mesoscale and Convective Structure of a Hurricane Rainband. *J. Atmos.Sci.*,40,2125-2137.
- Barnes,G.M.,and G.J.Stossmeister,1986: The structure and decay of a rainband in Hurricane Irene(1981).*Mon. Wea. Rev.*, 43,2590-2601.
- Marks,F.D.,and R.A.Houze,1984:Airborne Doppler radar observation in Hurricane Debby. *Bull. Amer. Metero. Soc.*,65,569-582.
- Marks, F.D., R.A. Houze and J. F. Gamache 1992: Dual-aircraft investigation of the inner Core of Hurricane Norbert.Part I:Kinematic structure. *J. Atmos. Sci.*, 49,919-942.
- Willoughby,H.E.,F.D.Marks,Jr., and R.J. Feinberg,1984:Stationary and moving convection bands in hurricanes.*J. Atmos.Sci.*,41,3189-3211.
- Wood,V.T.,and R.A.Brown,1992:Effects of radar proximity on single-Doppler velocity signatures of axisymmetric rotation and divergence. *Mon. Wea. Rev.*,120,2798-2807.

Typhoon Herb Track 07/31/96 500x500km

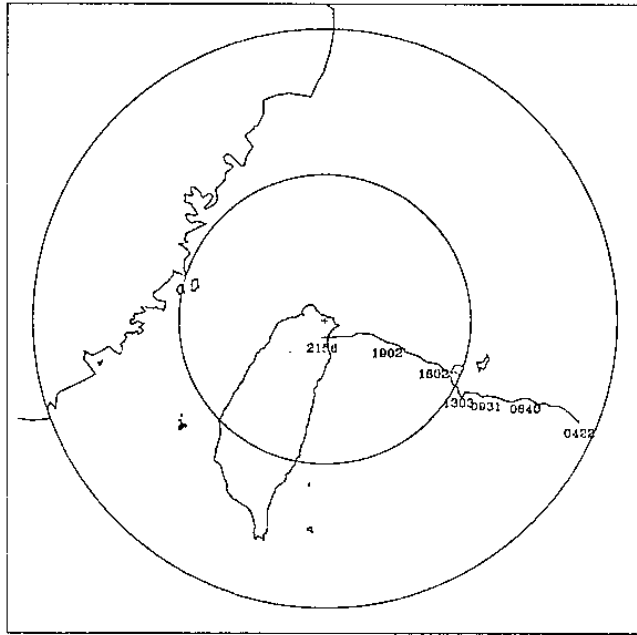


圖 1 利用五分山雷達回波資料定出的賀伯颱風路徑圖。

TYPHOON HERB

07/31/96

Composite Ref.

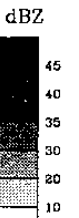
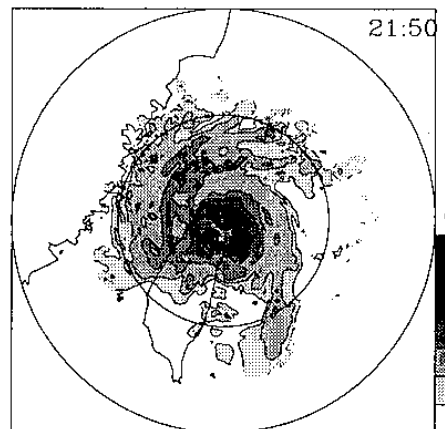
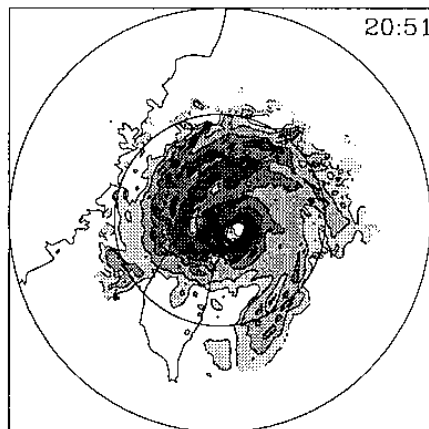
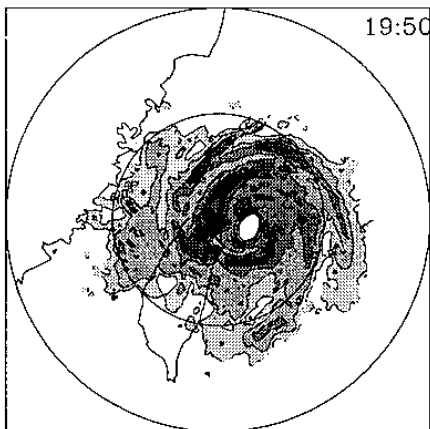
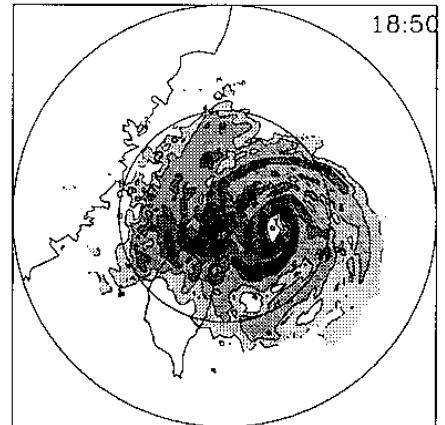
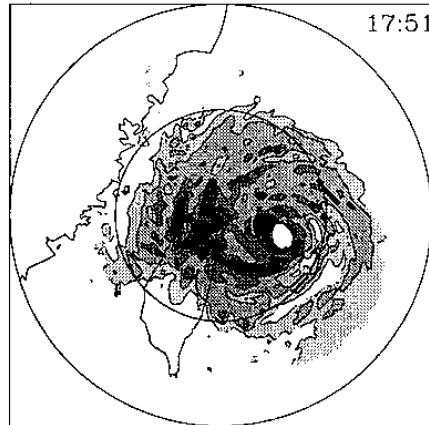
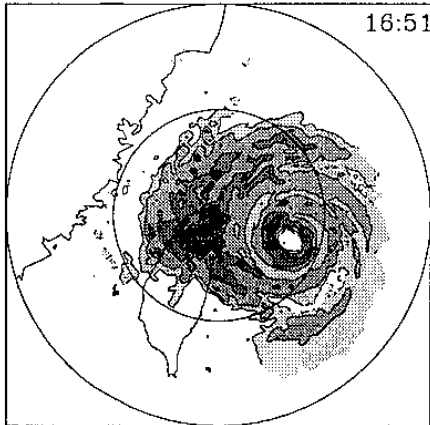


圖 2 賀伯颱風最大回波合成圖。

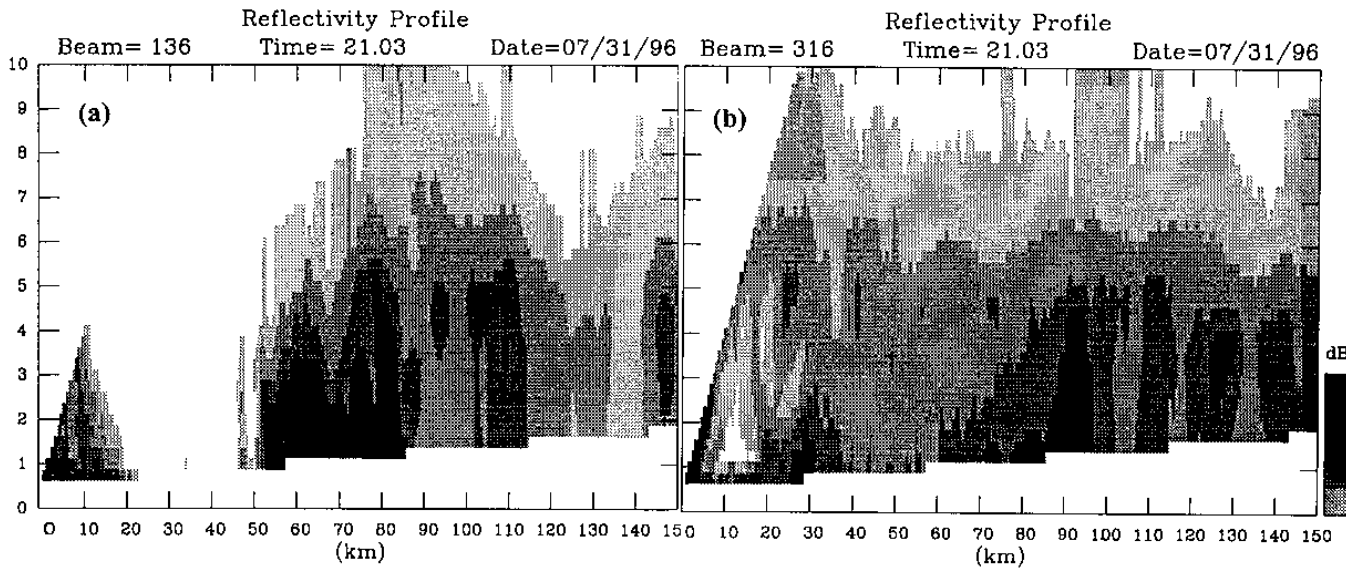


圖 3 賀伯颱風 RHI 剖面圖。(a)時間為 21:03，方位 136 度。(b)為 316 度。

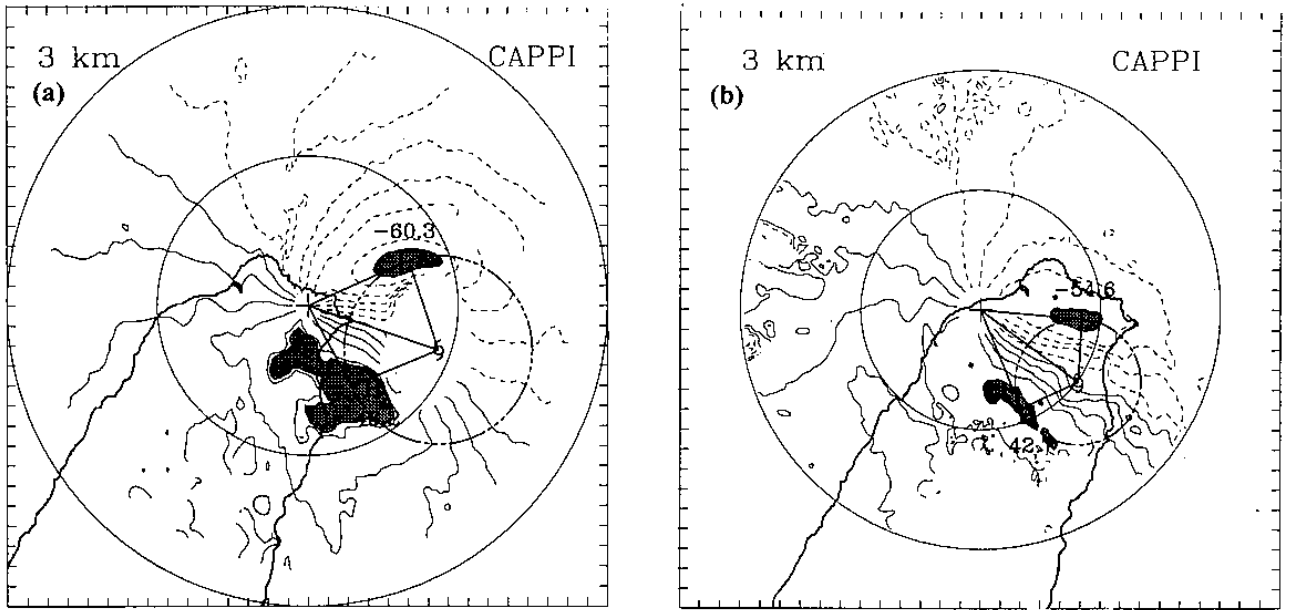


圖 4 賀伯颱風高度 3 公里徑向風場分析圖(m/s)。(a)為 19:57，分析半徑 150 公里。
(b)為 22:01，分析半徑 120 公里。

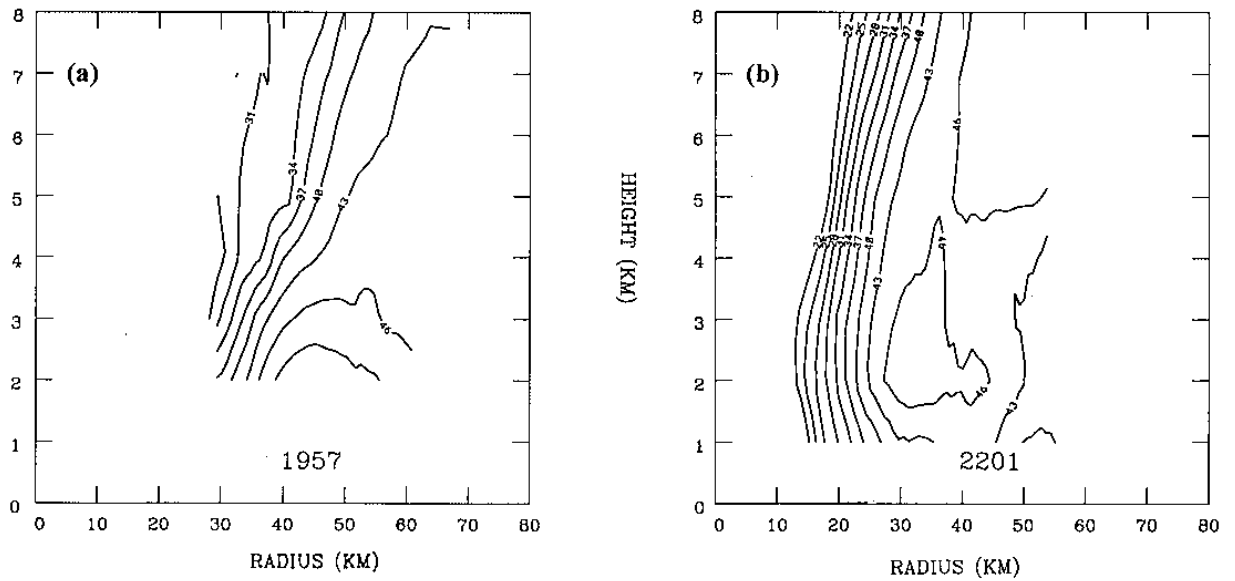


圖 5 賀伯颱風平均切線風速分析圖(m/s)。(a)為 19:57。(b)為 22:01。

200x200km (100x70km)

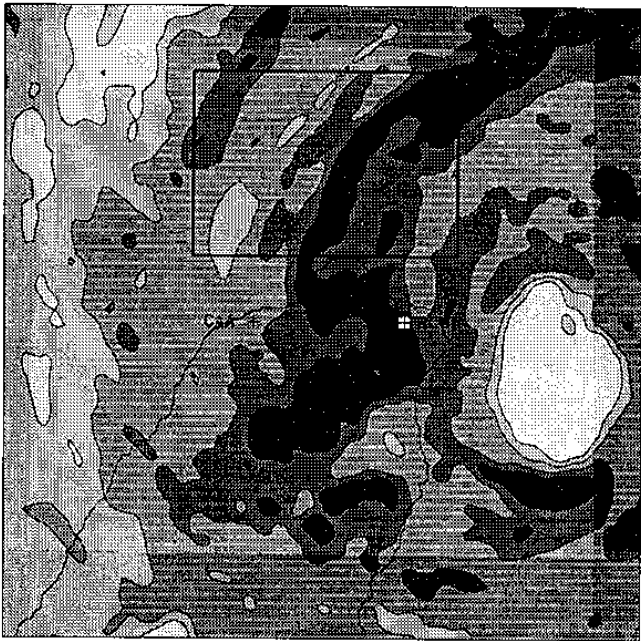


圖 6 中正機場與五分山雷達雙都卜勒分析區域。

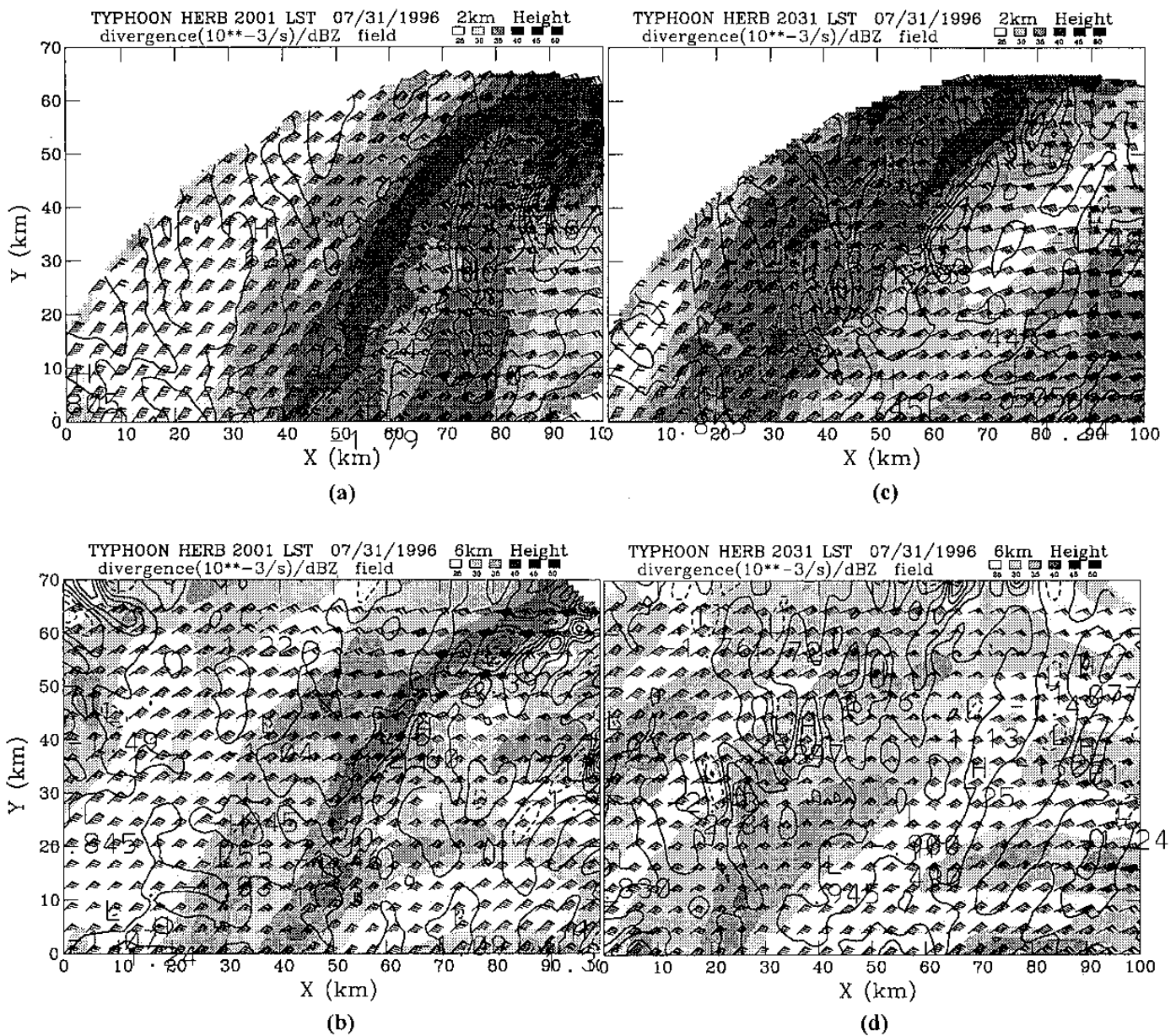


圖 7 高度 2 公里水平風及輻散場分佈圖。(a)為高度 2 公里。(b)同(a)，但為高度 6 公里。
(c)同(a)，但為 20:31。(d)同(b)，但為 20:31。

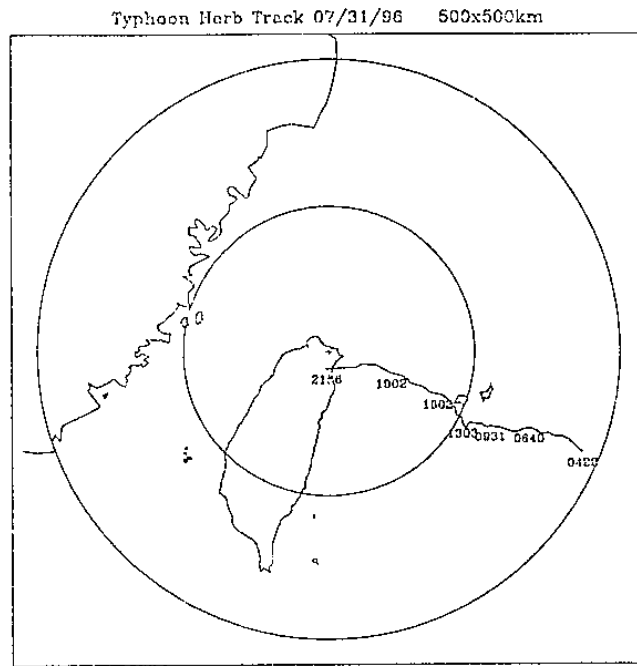


圖 1 利用五分山雷達回波資料定出的賀伯颱風路徑圖。

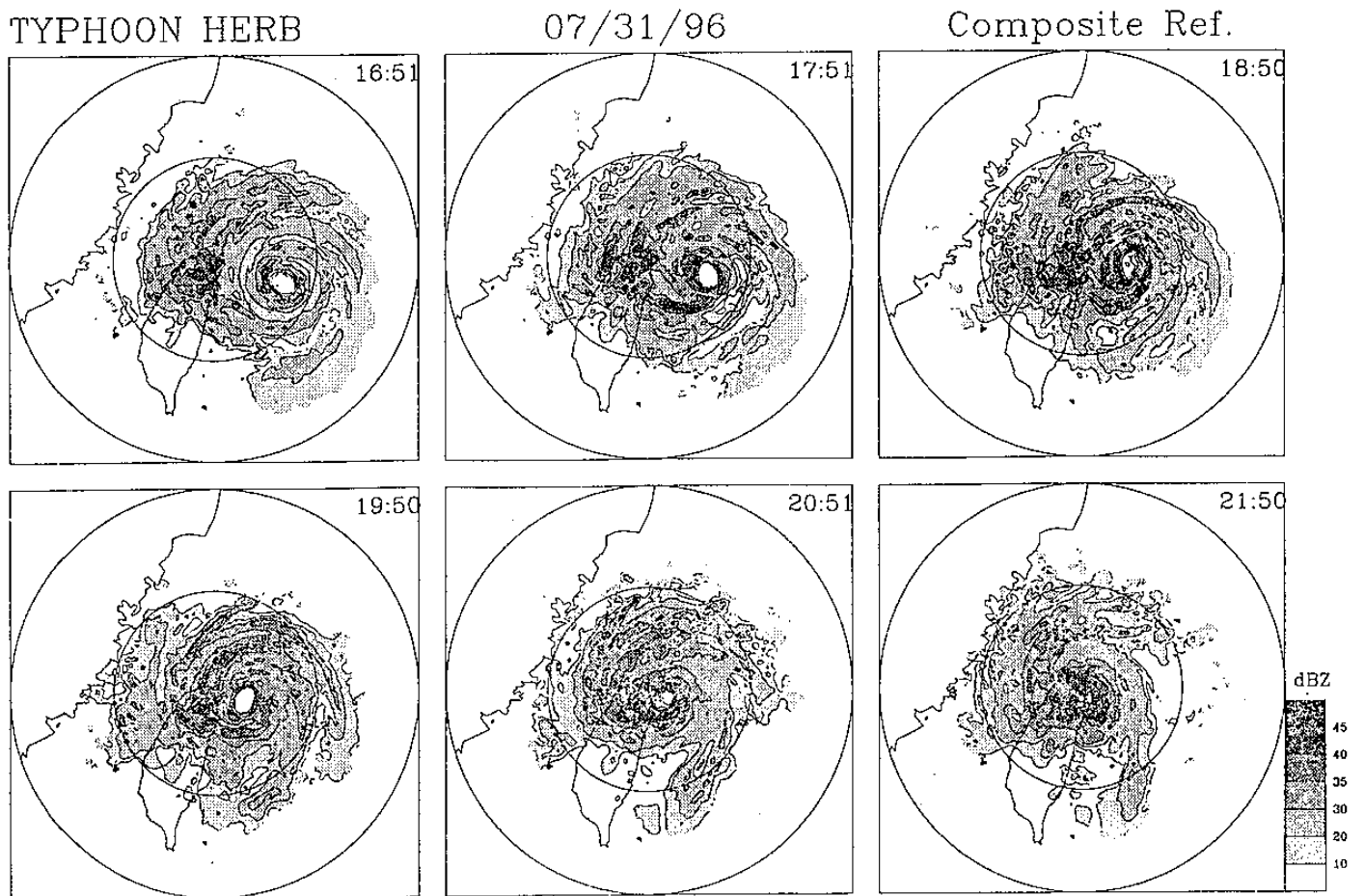


圖 2 賀伯颱風最大回波合成圖。

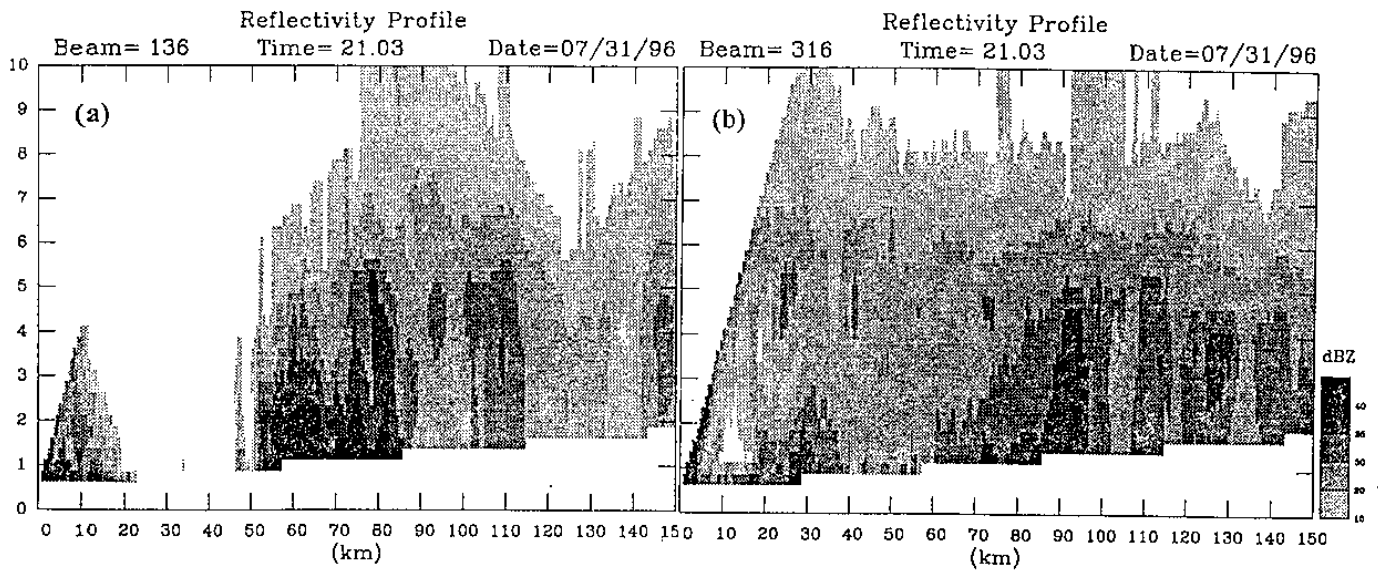


圖 3 賀伯颱風 RHI 剖面圖。(a)時間為 21:03，方位 136 度。(b)為 316 度。

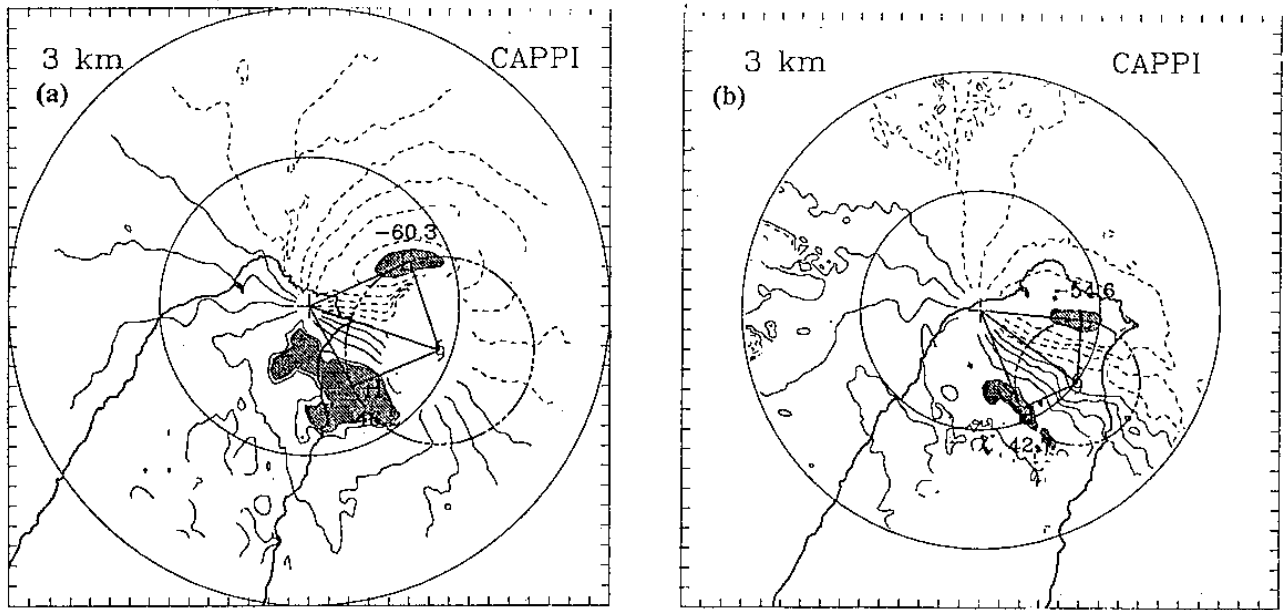


圖 4 賀伯颱風高度 3 公里徑向風場分析圖(m/s)。(a)為 19:57，分析半徑 150 公里。
(b)為 22:01，分析半徑 120 公里。

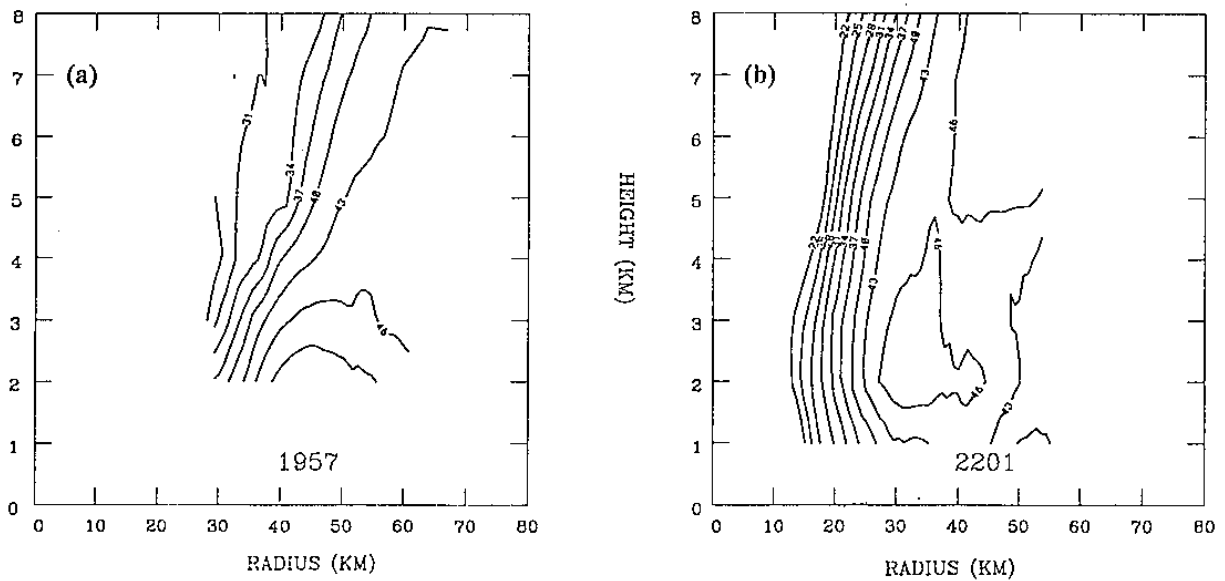


圖 5 賀伯颱風平均切線風速分析圖(m/s)。(a)為 19:57。(b)為 22:01。

200x200km (100x70km)



圖 6 中正機場與五分山雷達雙都卜勒分析區域。

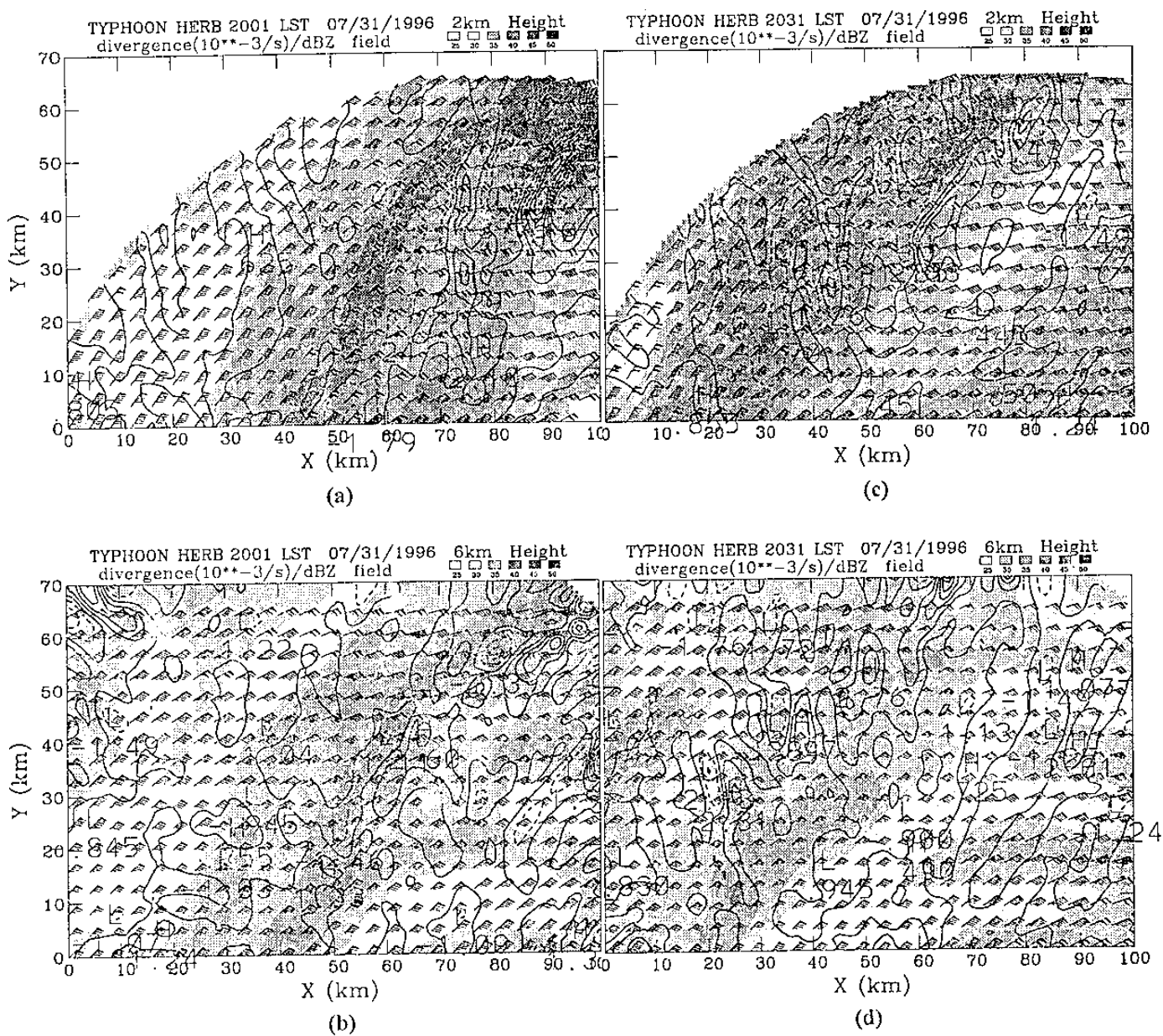


圖 7 高度 2 公里水平風及輻散場分佈圖。(a)為高度 2 公里。(b)同(a)，但為高度 6 公里。(c)同(a)，但為 20:31。(d)同(b)，但為 20:31。