

# 五分山雷達站颱風觀測效益評估

張保亮

中央氣象局五分山氣象雷達站

周仲島

台灣大學大氣科學系

## 摘要

WSR-88D 型雷達（ NEXRAD ）網在美國本土已陸續架設完成，由於系統穩定及具有高功率低波束寬的優點，在中尺度天氣系統及災害天氣的觀測有顯著成效，中央氣象局在五分山新設之都卜勒雷達即屬此型雷達。為評估五分山雷達在颱風觀測上的效益，本文針對登陸北台灣的賀伯(Herb,1996)颱風，分析颱風登陸前後降水回波及風場的特徵；並與民航局中正機場都卜勒雷達觀測資料做比對，了解五分山雷達在颱風觀測上的特性，提供未來颱風作業的參考。

結果顯示，五分山雷達在颱風登陸台灣 17 小時前，即已精確掌握颱風的動向，提供颱風登陸前雷達風場及降水結構的資訊，大幅增加預警的時間。在颱風侵襲過程中，雷達徑向風場顯示氣旋式環流旋轉的偶極型態、颱風眼、眼牆以及雨帶的結構均明顯可見。比對五分山雷達與中正機場雷達資料發現，中正機場雷達在回波強度觀測上，其值有較偏低的現象，尤其位於觀測距離較遠的對流區域，最大差值可達 15dBZ 以上；同方位雷達徑向風場資料比對方面，高度 2 公里以上，大部份區域的數值相當接近，其差值在 3m/s 以下；在 1 公里高度則有顯著差異，最大差值可達 10m/s 。如此顯著不同的觀測結果，可能是兩座雷達在觀測時採樣的體積不同，以及中正機場雷達受地形遮蔽所造成。

## 一、觀測系統簡介

五分山雷達站觀測系統主要分三大部分，即 RDA(Radar Data Acquisition) 、 RPG (Radar Product Generation) 、 PUP(Principal User Processor)( 圖 1 )。 RDA 包含發射機、接收機以及訊號處理器。發射機產生高能量且穩定的無線電頻率脈波，經由天線聚合將無線電波傳送至大氣中，接收機利用天線接收類比訊號，放大後傳至訊號處理器，訊號處理器則將類比訊號轉換成數據的基本資料(回波、徑向速度和波譜寬)，並處理地面雜波及二次回波的問題。 RDA 中 Archive II 設備，利用 8mm 磁帶儲存基本回波、徑向風場以及頻譜寬的數據資料，提供進一步的研究分析使用。

RPG 主要的功能為產生產品，硬體包含了寬頻通訊、 UCP ( Unit Control Position ) 、儲存設備(Archive III)、硬碟以及通訊設備(modem)。 RPG

除產生基本產品外，並可利用氣象演算方法得到衍生產品 ( derived product ) 。 RPG 產品產生後，利用窄頻通訊將產品傳輸到 PUP 供使用者使用。 UCP 則是用來控制 RPG 的操作、通訊系統以及演算方法的參數設定，亦可透過切換功能選擇 RDA 的控制權， Archive III 光碟機則可儲存先前選錄 RPG 產生的產品。

PUP 的工作為產品的設定與顯示，使用者可以顯示所選擇的產品或取得其它較早的產品，並可將產品提供給 PUP 以外的其他使用者，並有對產品標示註解及存檔的功能。 PUP 應用螢幕為字母符號顯示幕，可供顯示產品及定義 RPS(Routine Product Set) 表等，並有控制通訊線路的功能。 PUP 系統主控台可用來備份資料以及維持系統正常的操作，繪圖主控台具有繪圖螢幕、繪圖板以及用來顯示地圖、網格或表格圖形產品。繪圖顯示工具，由兩個圖形顯示螢幕、繪圖板及滑鼠組成，繪圖板依功能分成許多區域，包括產品參數、地圖顯示、使用者函數、

以及圖型化鍵盤等等。此外也包含特定資料數值的閃爍、圖形中心參考點設定、放大功能等。使用者函數則可執行使用者先前定義的功能，組合編輯命令欄可用來對產品作註解，參數區域則可用來定義需求產品的參數。

利用上述三種主要系統的分工，使用者可以快速而且輕易地取得所需的產品，在作業上具有相當的效益。此外，由於此套觀測系統預留許多的通訊線路供 PUP 以外的使用者使用，在未來更可發揮其在觀測資訊提供的效用。此套觀測系統在操作上具有降水(A)及晴空(B)兩種模式，包含四種空域涵蓋型態(VCP，Volume Coverage Patterns)，VCP 11 及 21 屬於模式 A，模式 B 則包含 VCP 31 與 32，詳細掃瞄仰角如圖 2 所示。圖中顯示，VCP 11 為 14 個仰角的掃描策略，可在 5 分鐘內完成掃瞄，相當適合劇烈天氣的觀測，VCP 21 掃描策略為 9 個仰角，6 分鐘內完成，適合一般降水的天氣型態；VCP 31 及 32 的掃描策略為 5 個仰角，在 10 分鐘內完成，適合於無降水的天氣狀態。本文分析的賀伯颱風個案，大部份時間的觀測採 VCP21 的掃描型態。其它有關於五分山雷達特性的介紹，可參閱謝與林(1997)。

## 二、回波及風場特徵

利用回波合成產品定義的賀伯颱風路徑如圖 3 所示，最早定位時間為 04:22LST，距登陸時間（21:33）達 17 小時。圖中顯示，賀伯颱風登陸前為向西北西方移動，且路徑呈現輕微擺動，

圖 4 為中心登陸前後每小時回波合成圖，圖中顯示颱風中心附近呈現幾近橢圓的弱回波區域，並有週期性的轉動。雨帶結構在圖中亦清楚可見，而眼牆結構在登陸過程，一直維持的相當完整。圖 5 為雷達站測得的 1.5 度 PPI 徑向風場分佈，圖中清處顯示氣旋式偶極型反對稱型態，吹向雷達的最大徑相風速均達 60m/s 以上；此外，圖中亦反應資料品質相當良好，除雷達南方的高山區域外，鮮有雜亂不合理的資料，與受地形影響明顯的中正機場雷達資料有很大差別（鄧，1992）。

圖 5 中除可判讀的風場資料外，也存在距離折錯（range folding）的區域，此為經過多次回波問題處理後所產生，此套觀測系統處理方式，藉助低層同一仰角的雙次掃瞄，透過不同觀測範圍的回波強度比較，來分辨返回風場訊號的確實位置。圖 5 中由於主要回波較靠近雷達，導致大部份折錯區域發生於距離雷達約 150 公里以外。

都卜勒雷達除提供回波及風場資料外，並提供頻譜寬的資料，利用此項資料可幫助使用者判別風場資料的代表性高低以及亂流程度的大小，亦表示平均徑向速度數度值的可信度；圖 6 為中心登陸後頻譜寬分析圖，圖中顯示低層（0.5 度 PPI）亂流情況較高，特別是位於背風面的花蓮近海區域，仰角提高後數值大幅下降，位於眼牆附近的區域仍可見較顯著的亂流存在。有關詳細的回波及風場特徵與變化可參考周等（1997）的分析。

## 三、風場及回波場比對

五分山雷達數據化資料，包含基本回波、徑向風場以及頻譜寬資料。其中回波資料包含徑向範圍 460 公里，解析度為 1 公里，徑向速度及頻譜寬資料範圍為 230 公里，解析度 0.25 公里。由於徑向速度及頻譜寬資料中包含距離折錯的區域，可供分析的資料約 150 公里。本文資料處理方式主要架構在中正機場雷達資料處理的方式（鄧，1992）。由於五分山雷達，最大的折錯速度（Nyquist velocity）只有 30m/s 左右，賀伯颱風最大風速達 60m/s 以上，速度折錯（velocity folding）的問題嚴重，位於最大風速半徑附近，更有二次以上速度折錯的問題，在處理上較為費時且有時不易分辨折錯程度。反觀中正機場，折錯風速為 48m/s，在資料處理上則較為容易。另外，雖然五分山站風場資料在徑向風向擁有 250 公尺的解析度，但由於方位上解析度的不足（約 1 度），為配合在等高面上的資料處理，需將徑向資料解析度降為 1 公里，使得與中正機場雷達具有相同的解析度。詳細的處理程序可參閱鄧(1992)。

圖 7 顯示回波及徑向風場比對區域，圖中 100 km × 70km 的區域為回波比對區域，也是適合雙都卜勒合成的分析區，兩雷達連線上的區域則是徑向風場比對的區域，由於兩雷達間的區域在徑向速度觀測上為相反的方向，因此將中正機場雷達的徑向風場資料乘以負號，以方便比對。圖 8a 及圖 8b 分別為中正機場雷達與五分山雷達相同觀測區域 2 公里等高面回波分析圖，時間為 20:01；圖中顯示，當雨帶進入此分析區域時，兩雷達測得的雨帶回波特徵相近，但數值有較大差距。圖 8c 為中正機場雷達回波值減去五分山雷達回波值，圖中顯示，大部份區域為負值，平均差距約 10dBZ，位於（80，60）主要對流區附近，回波值差距更達 15dBZ 以上。當雨帶更接近中正機場雷達站時（20:31），兩者間的差距仍然存在，但彼此間的差異顯著減小（圖 8d-8f）。由於中正機場雷達為 C 波段 5cm 雷達，而五分山雷達則為 S 波段 10cm 的雷達；因此，此種觀測上的差

異，可能與中正機場雷達電磁波強度的衰減較顯著有關，而觀測時採樣體積不同，也是可能的原因。

由於單都卜勒雷達只能測得雷達徑向方向的速度分量，因此必需利用同方位的觀測資料才能比較，中正機場與五分山雷達所在緯度接近，可利用東、西向的方位來比較徑向風場觀測的差異，圖 9 為 21:03 時，各高度觀測東西方向的徑向風場比較圖。由於五分山雷達海拔高度稍高(766 公尺)，在等高度 1 公里的資料較為缺乏，只有靠近雷達站的資料可供分析；圖中顯示，兩雷達資料在五分山雷達東方有顯著差異，差距可達 15 m/s。位於高度 2 公里以上，大部份區域的數值則較為接近，尤其是位於中正機場雷達西方的區域，相當具有一致性。其餘區域，差距大都在 3m/s 以下。

## 四、結論與討論

本文利用五分山雷達及中正機場雷達資料，評估五分山雷達在颱風觀測上的效益。由分析發現，在颱風登陸台灣 17 小時前，五分山雷達即已精確掌握颱風的動向，更對於風登陸前後的降水以及風場結構有很好的掌握，包括徑向風場氣旋式旋轉的偶極型態、颱風眼、眼牆以及雨帶的結構均明顯可見，而颱風眼週期性旋轉的現象，更是雷達觀測中少見。經由兩雷達比對發現，S 波段的五分山雷達，觀測所得的回波強度受到較小的衰減，對於回波降水估計方面應有較好的結果。

在徑風場觀測方面，兩雷達在高度 2 公里以上，測量的徑向風速值一致，在近地層的觀測資料有顯著差異，可能與中正機場受地形的遮蔽效應以及觀測時採樣體積不同有關。另外，由於五分山雷達海拔高度較高，雷達觀測受到地形影響較小，可以有較遠距離的觀測，但近地層的資料則明顯不足，未來如能將雷達觀測仰角降低，此問題在局部區域應可獲得改善。而五分山雷達最大折錯速度適中，對於一般天氣系統的觀測應屬足夠，但對於強烈颱風的觀測，速度折錯的問題將較為嚴重，對於觀測系統的產品處理或進一步的分析研究上，較難以正確表達資料所代表的實際狀況，未來如能更彈性選擇來復頻 (PRF, Pulse Repetition Frequency) 的大小，在颱風登陸時將能提供更正確的風場資訊。

經由上述的分析，五分山雷達在颱風觀測上有顯著的效益，經由觀測系統分工，對於颱風登陸前的狀態提供了快速而準確的資訊，大幅延長預報的預警時間。此外，由於五分山雷達設置位置適當，

更可與中正機場雷達在北部海域及北部山區局部區域處理雙都卜勒合成的分析，對於颱風侵台研究而言，可提供更進一步的分析資料。未來兩雷達站在掃瞄策略上如能互相配合，相信在天氣系統影響北台灣時，將長期提供由別於雷達以外更詳細的分析資料，對於研究及作業而言，更是其他區域及國家所無達成的巨大效益。

## 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

- 周仲島、張保亮與李清勝，1997：賀伯颱風(1996)雙雷達分析。投稿臺灣地區氣象測報百週年紀念天氣分析與預報研討會(85)。
- 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。
- 謝信良與林宏聖，1997：五分山雷達特性簡介。投稿臺灣地區氣象測報百週年紀念天氣分析與預報研討會(85)。
- WSR-88D Control Course : UCP Operations and Operating System Commands.
- WSR-88D Operator Handbook : volume I , II , III., Operational, Support Facility Norman, Oklahoma.
- WSR-88D Operations Job Sheets/Reference.

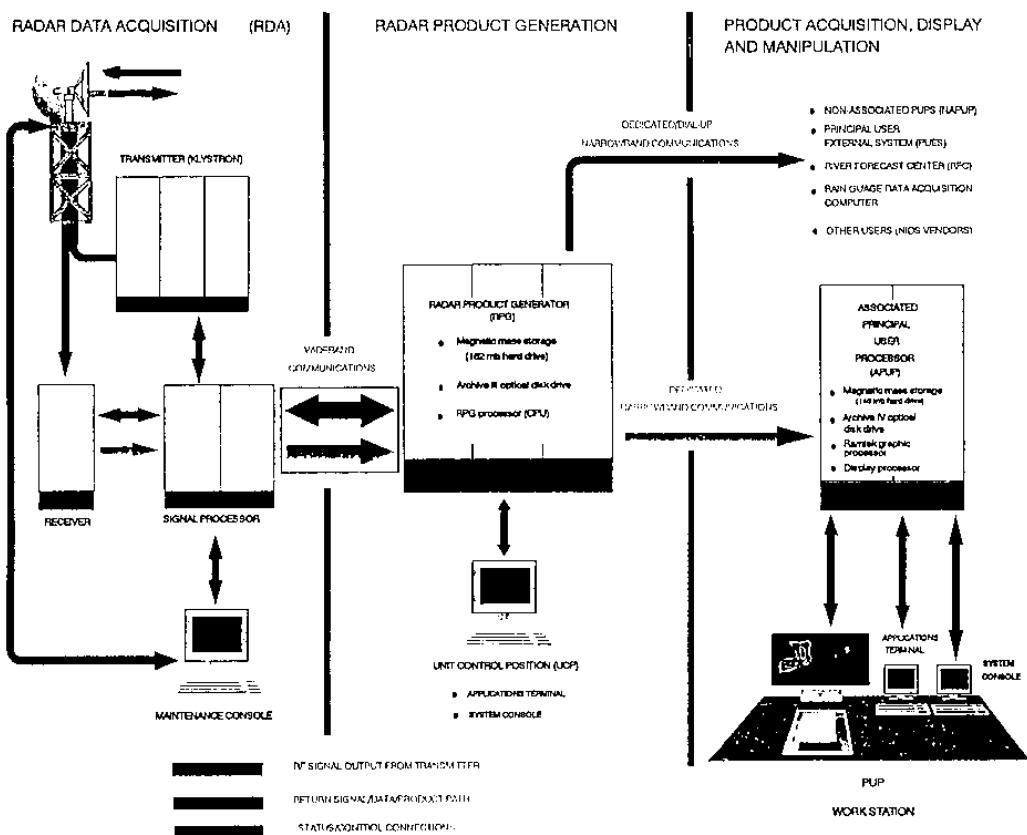


圖 1 WSR-88D 雷達觀測系統圖。

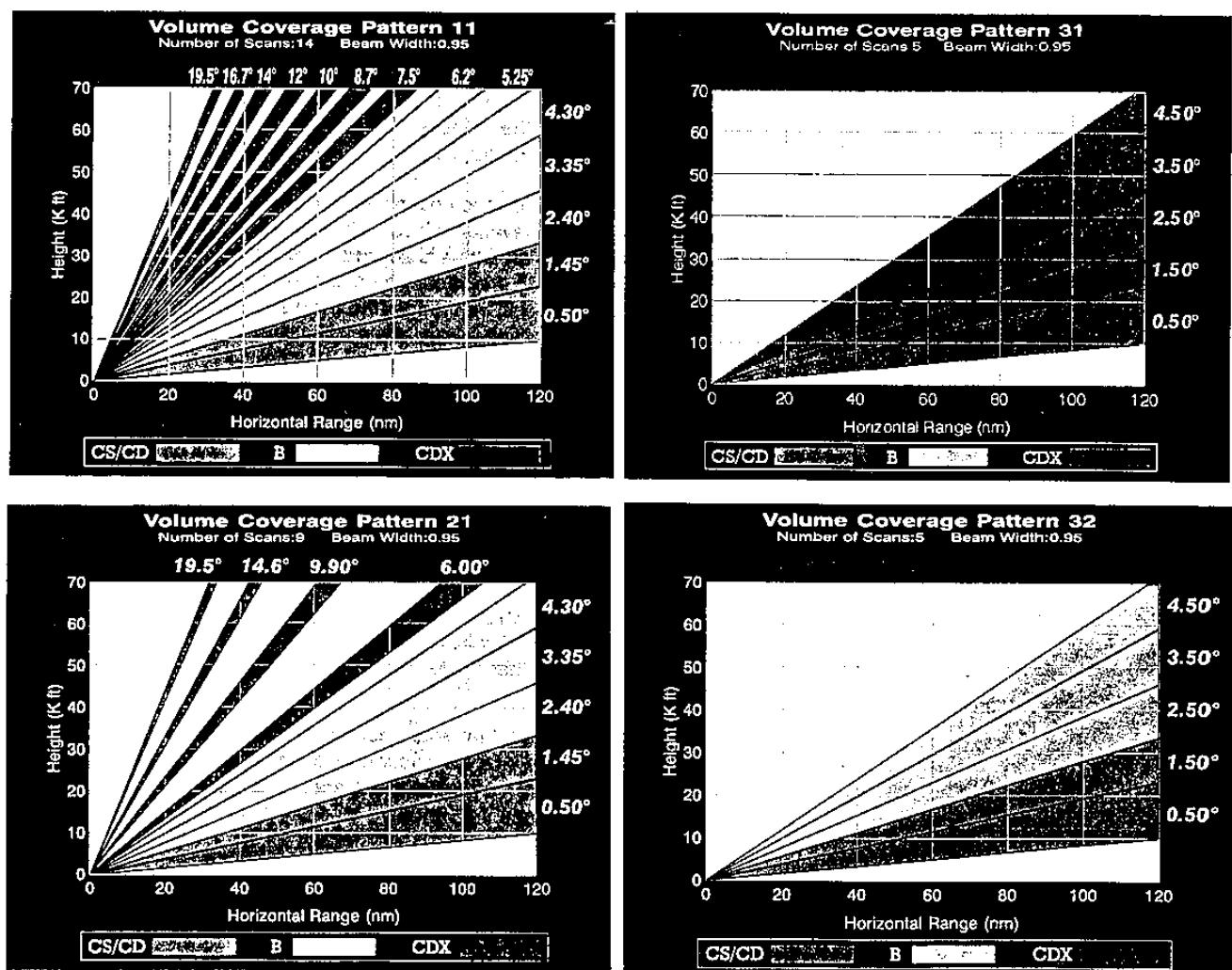


圖 2 WSR-88D 掃瞄型態圖。

Typhoon Herb Track 07/31/96 500x500km

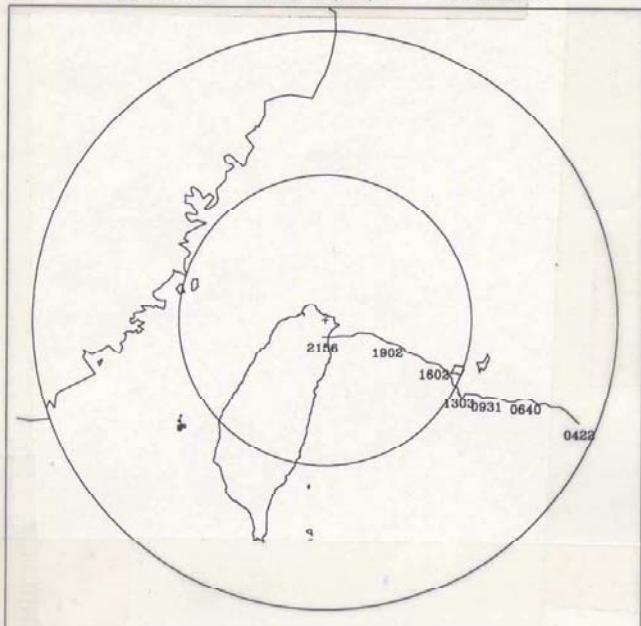


圖3 利用五分山雷達回波資料定出的賀伯颱風路徑圖。

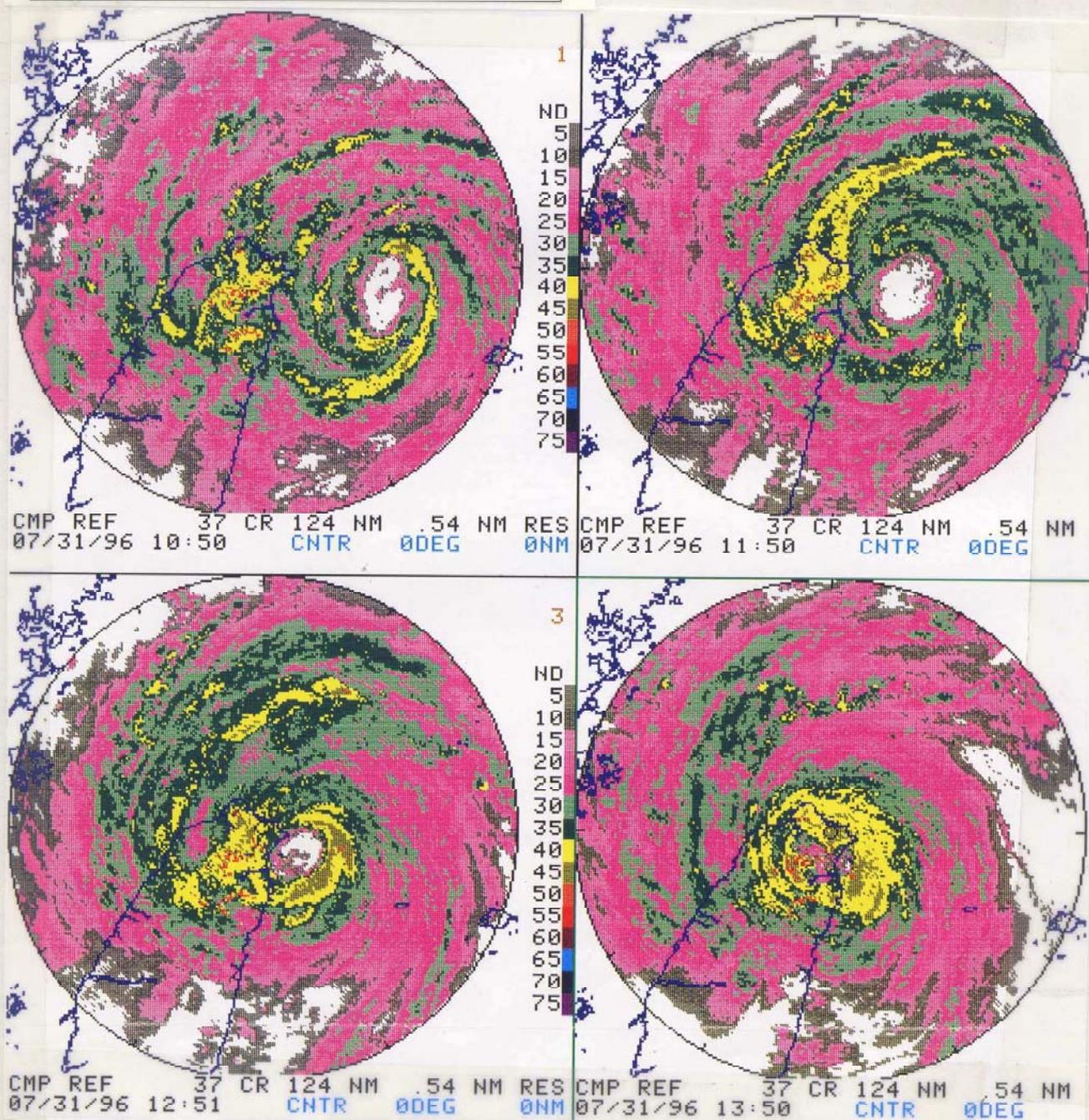


圖4 賀伯颱風最大回波合成產品圖。

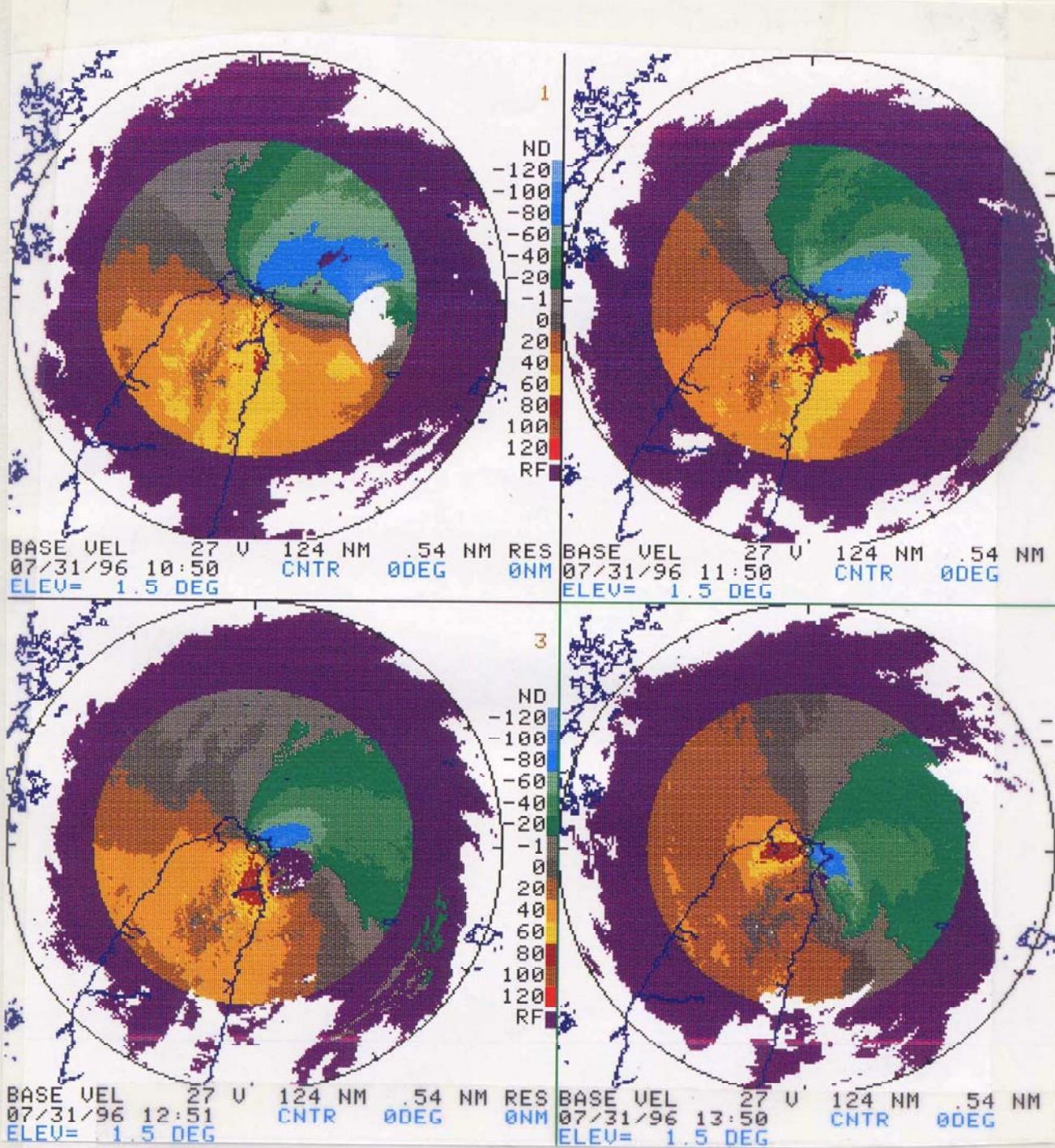


圖 5 賀伯颱風 1.5 度 PPI 徑向風場產品圖。

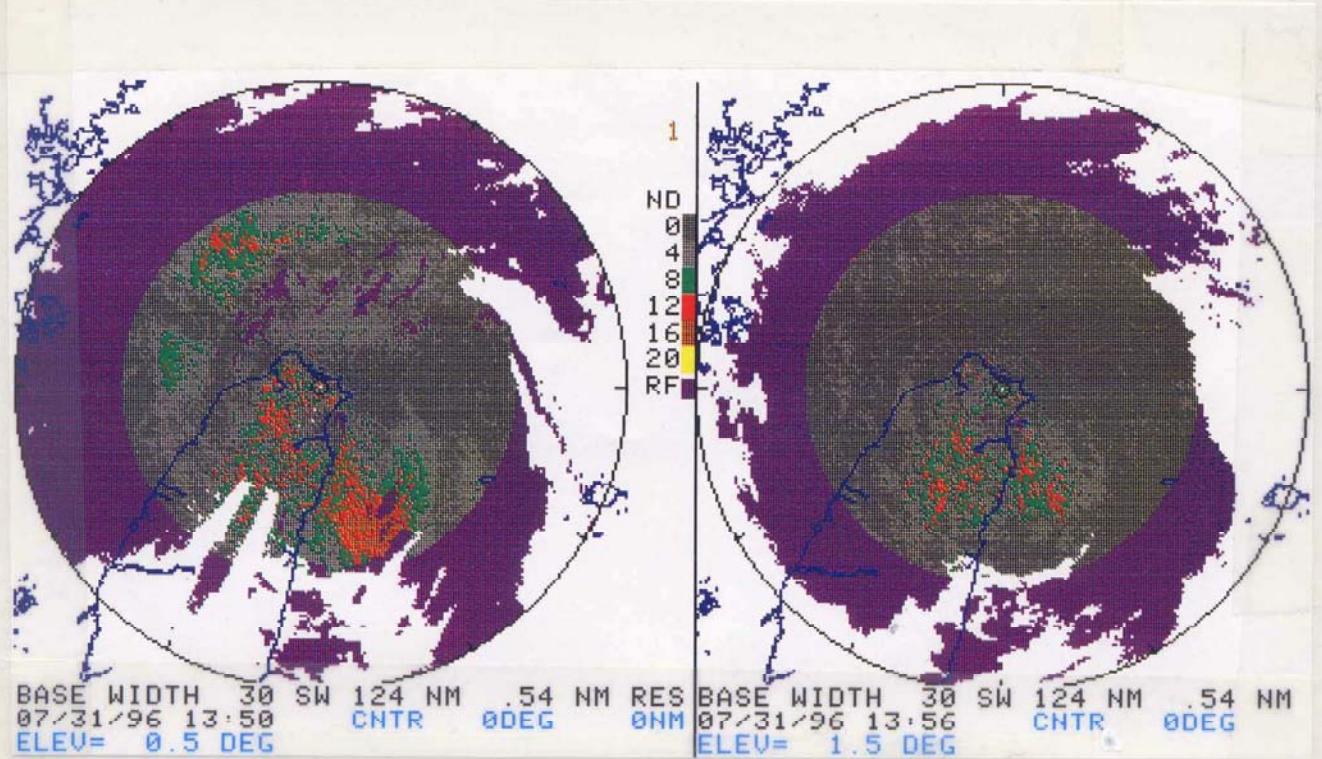


圖 6 賀伯颱風 0.5 度與 1.5 度 PPI 頻譜寬產品圖。

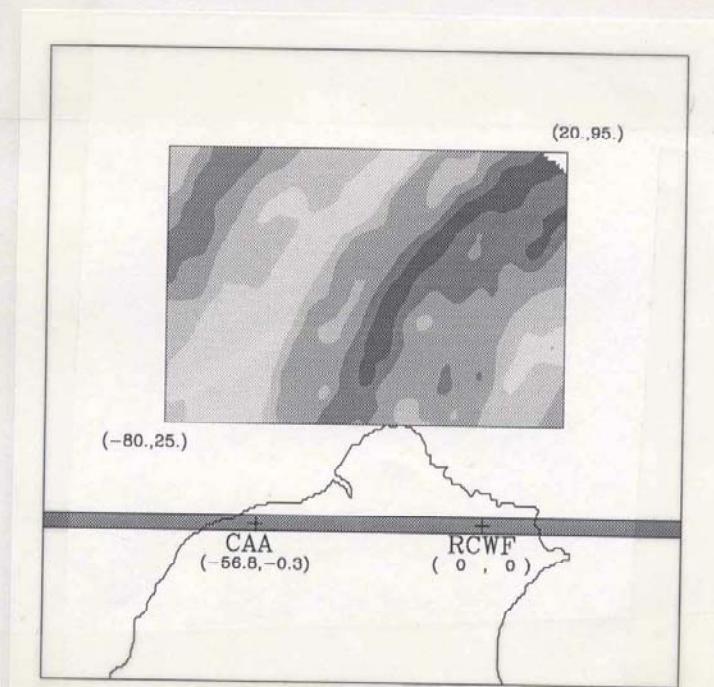


圖 7 中正機場與五分山雷達回波及徑向速度  
資料比對區域。

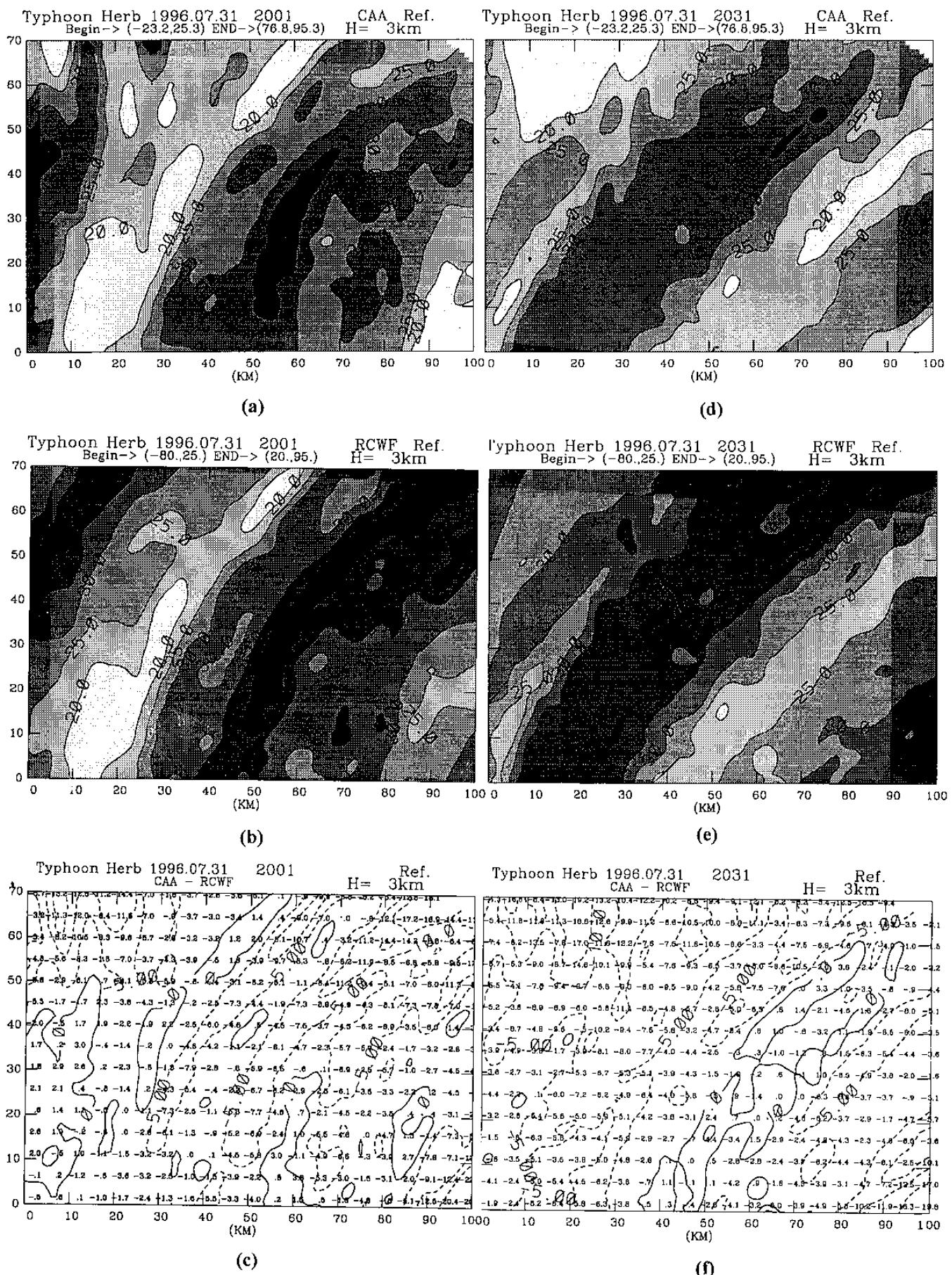


圖 8 比對區域高度 3 公里回波分析圖。(a)為中正機場雷達資料，時間 20:01。(b) 同(a)，但為五分山雷達資料。(c)為中正機場雷達減去五分雷達回波差距圖。(d) 同(a)，但為 20:31。(e)同(b)，但為 20:31。(f)同(c)，但為 20:31。

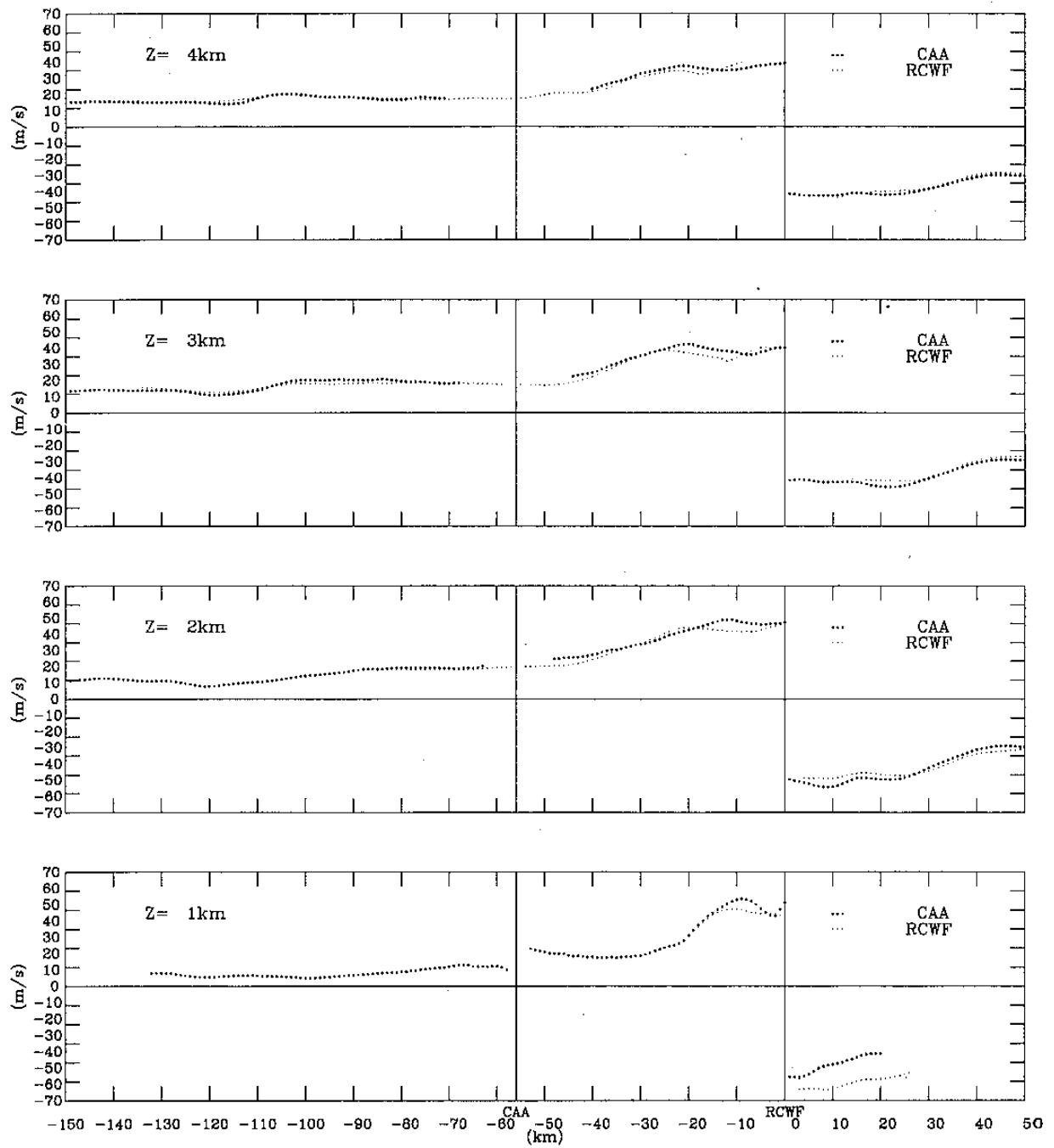


圖 9 中正機場雷達與五分雷達徑向風場資料在東西方位上的分佈圖，時間為 21:03。

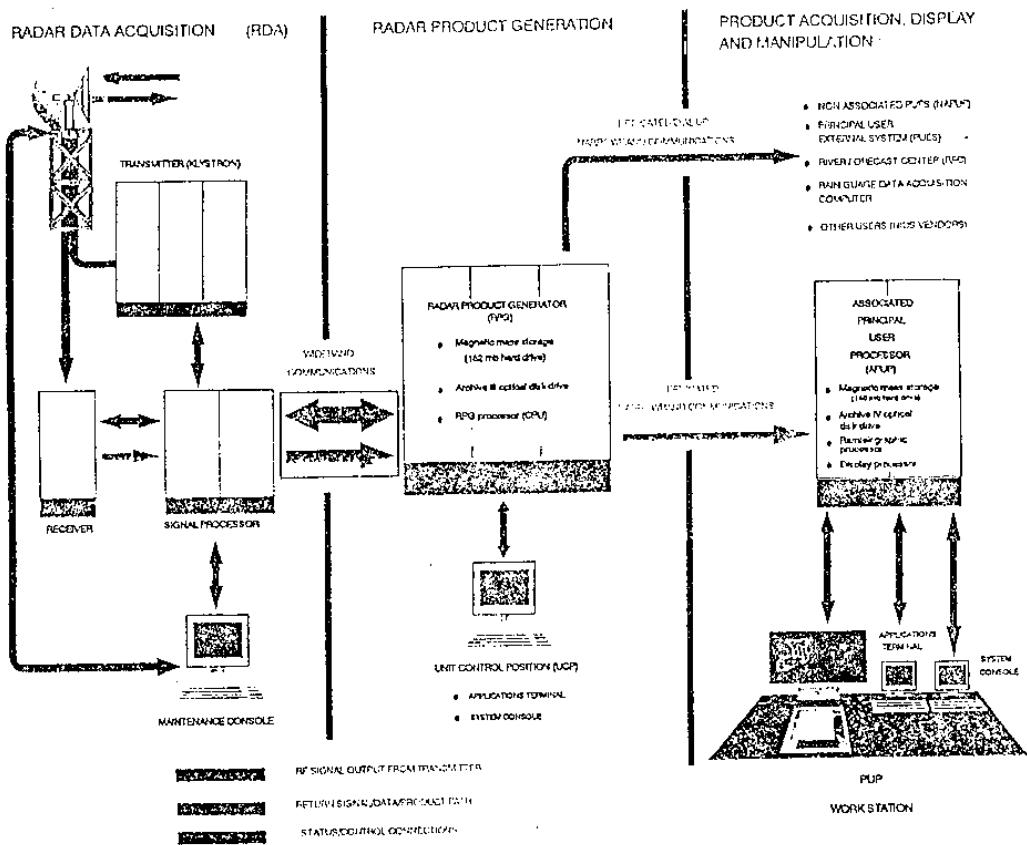


圖 1 WSR-88D 雷達觀測系統圖。

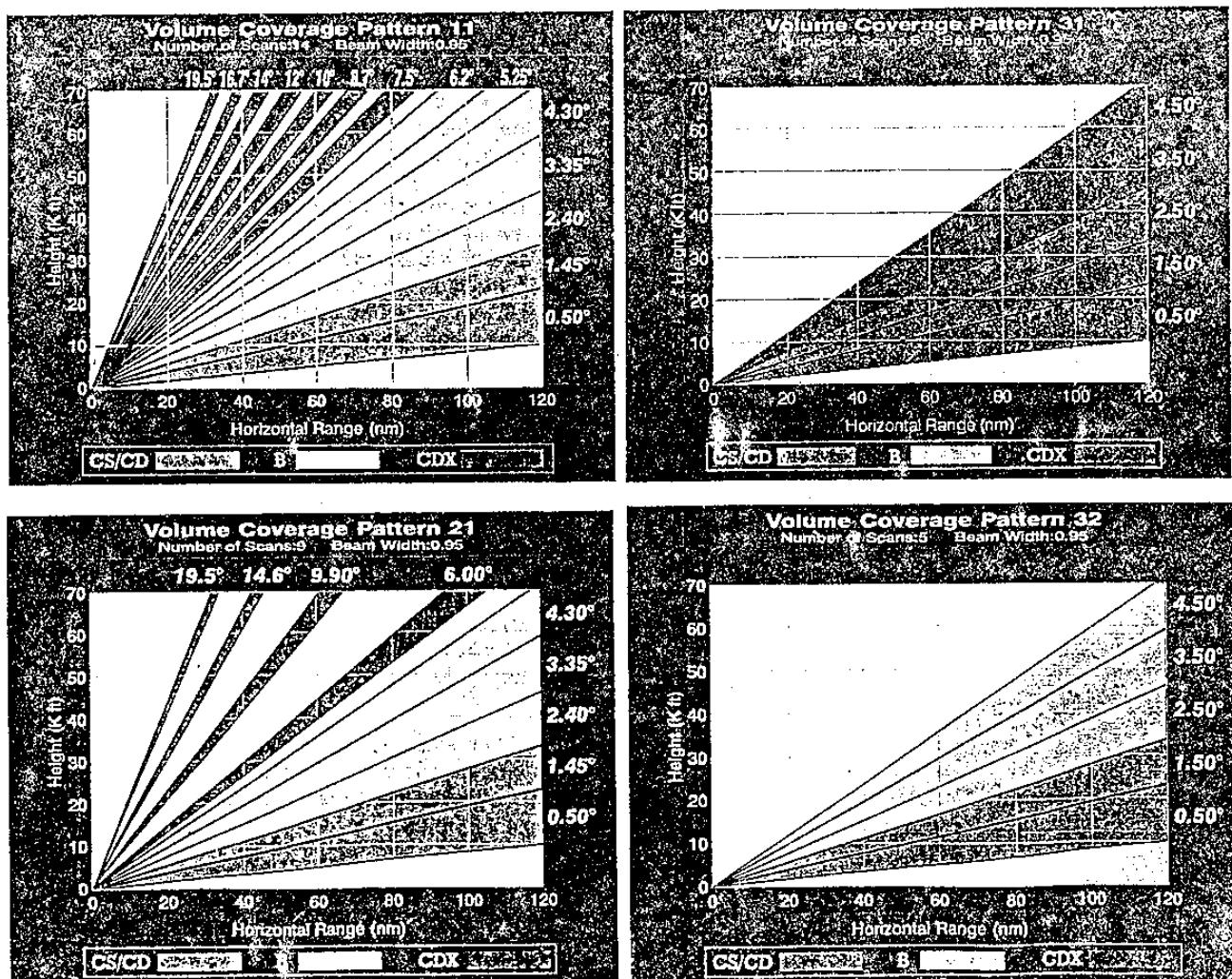


圖 2 WSR-88D 掃瞄型態圖。

Typhoon Herb Track 07/31/96 500x500km

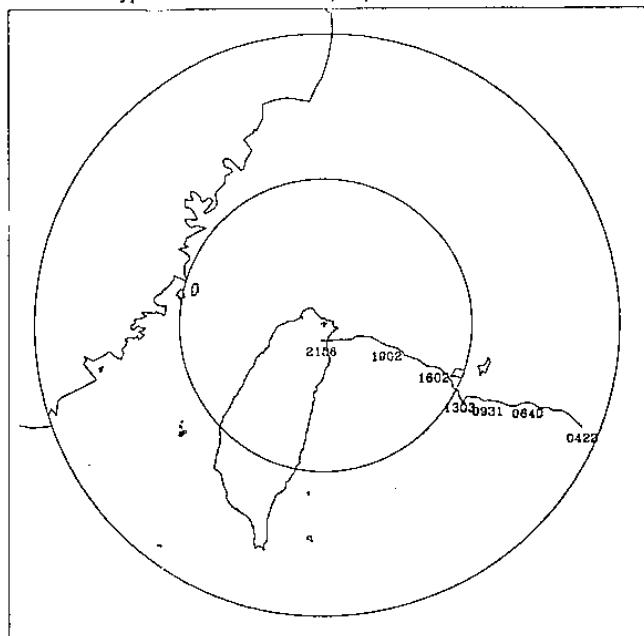


圖3 利用五分山雷達回波資料定出的賀伯颱風路徑圖。

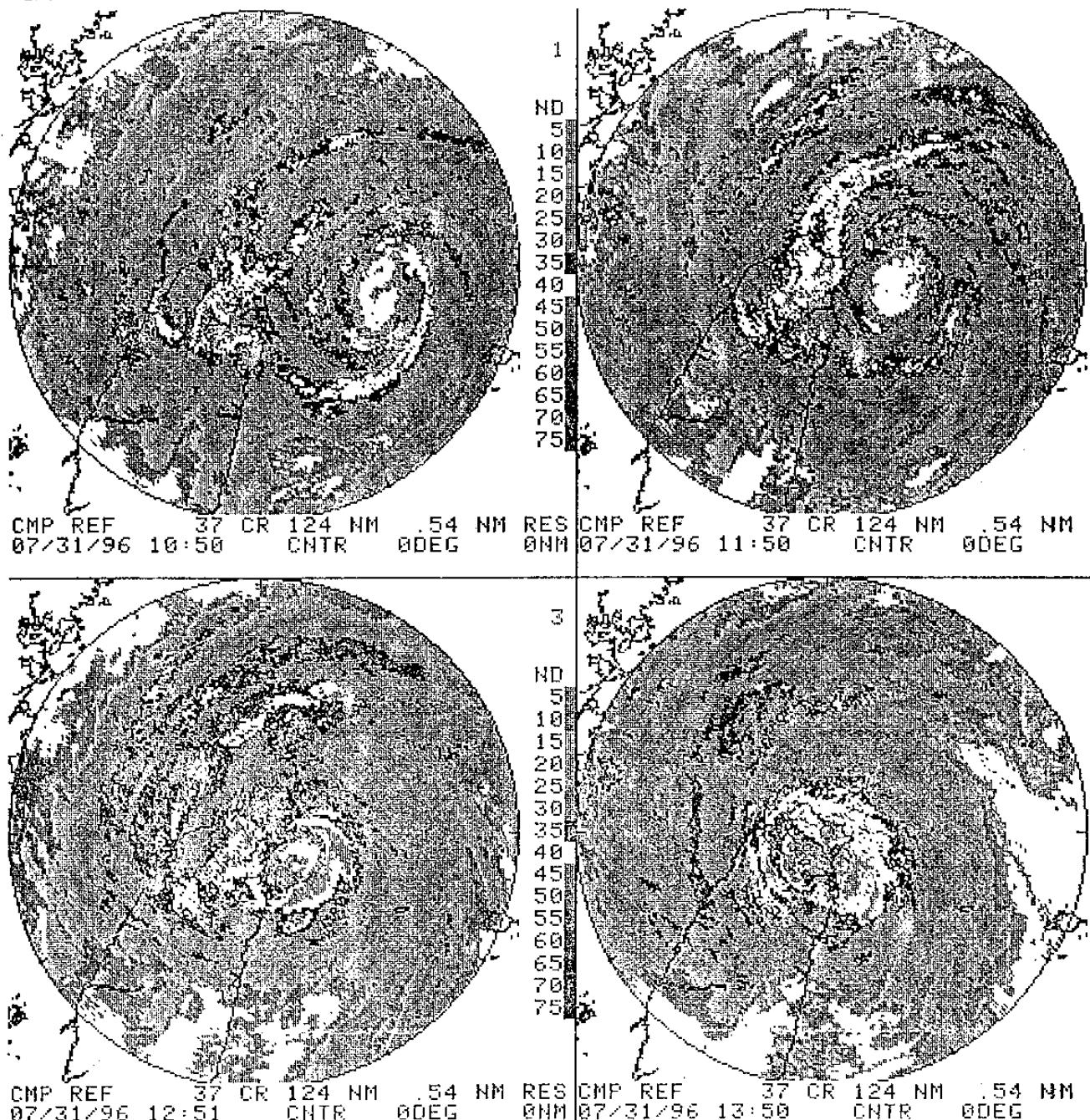


圖4 賀伯颱風最大回波合成產品圖。

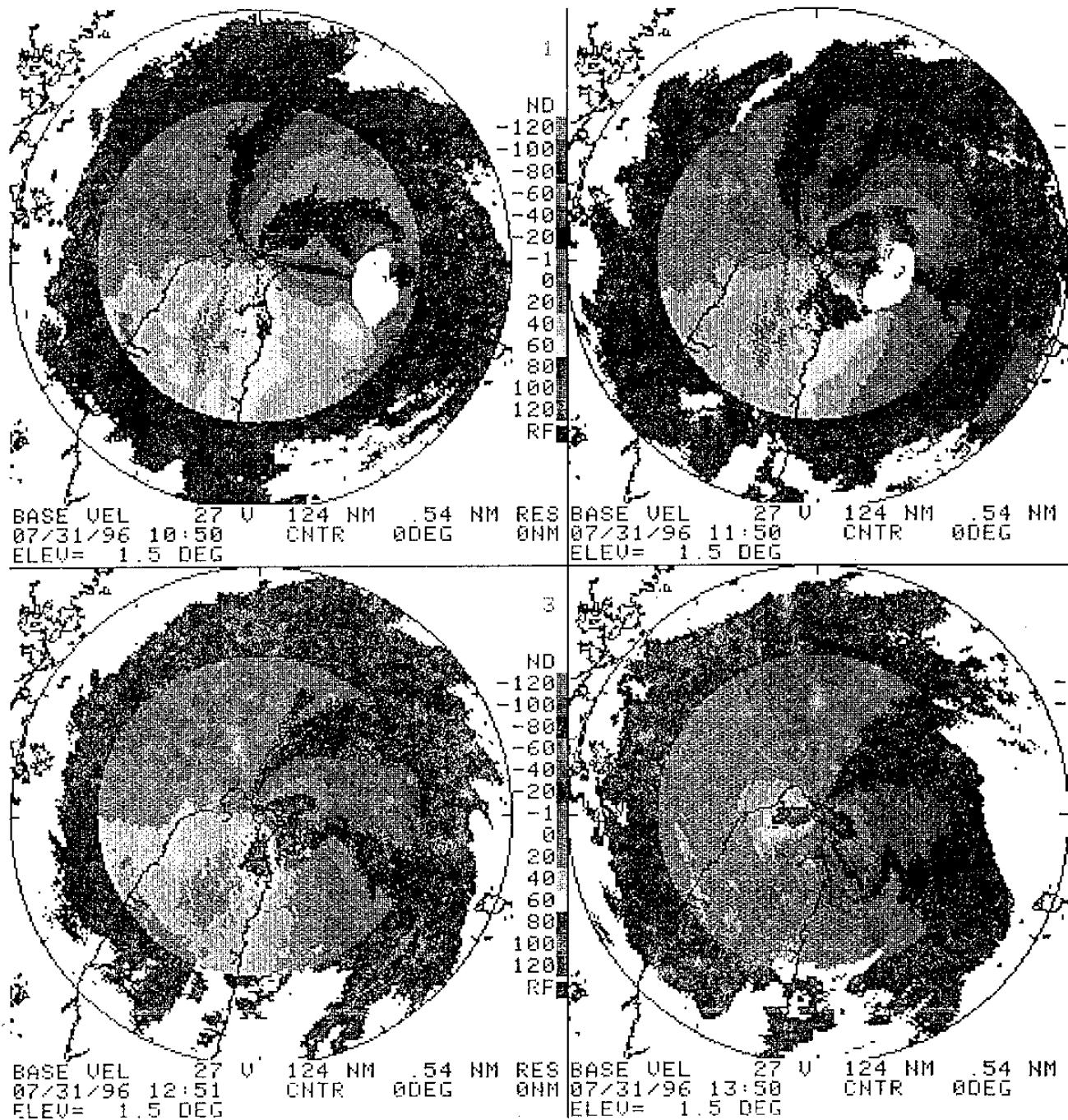


圖 5 賀伯颱風 1.5 度 PPI 徑向風場產品圖。

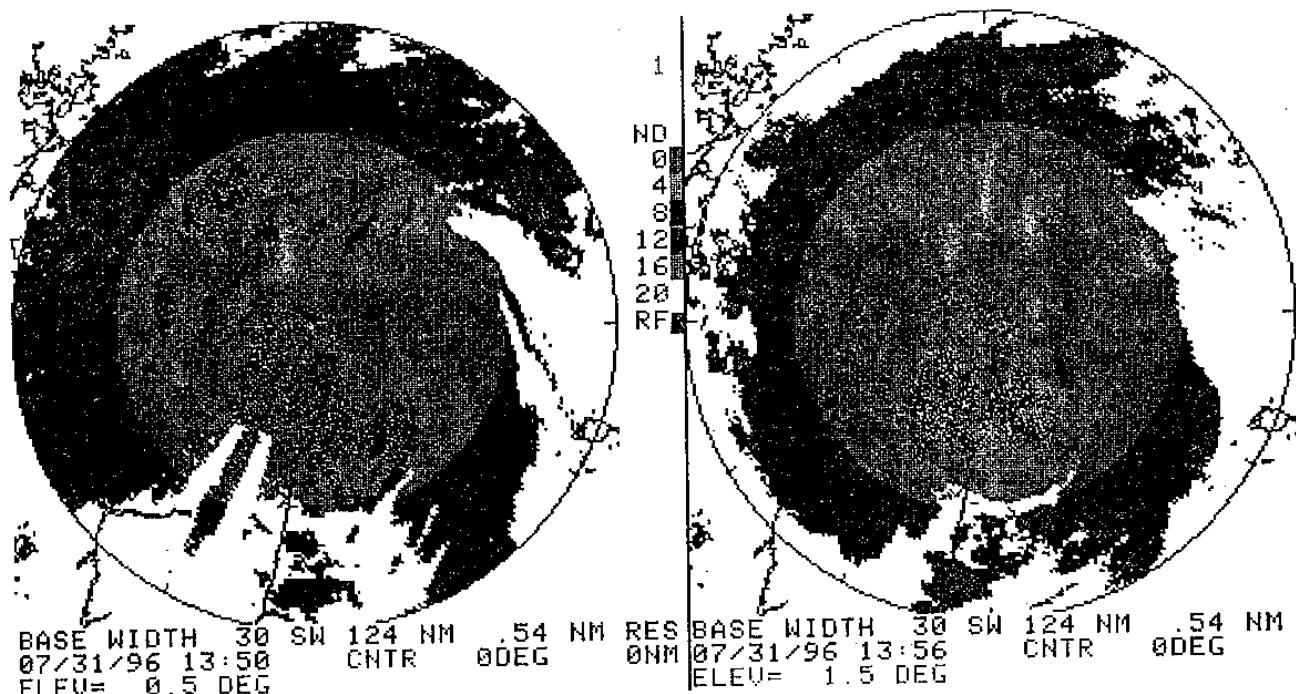


圖 6 賀伯颱風 0.5 度與 1.5 度 PPI 頻譜寬產品圖。

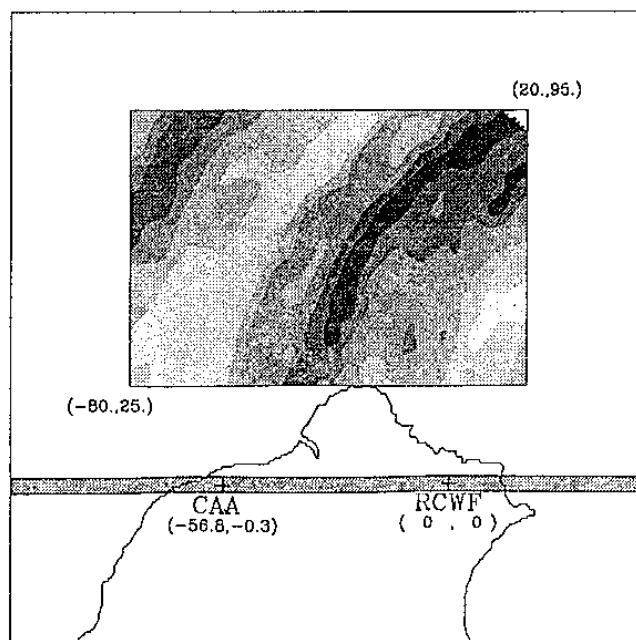


圖 7 中正機場與五分山雷達回波及徑向速度  
資料比對區域。

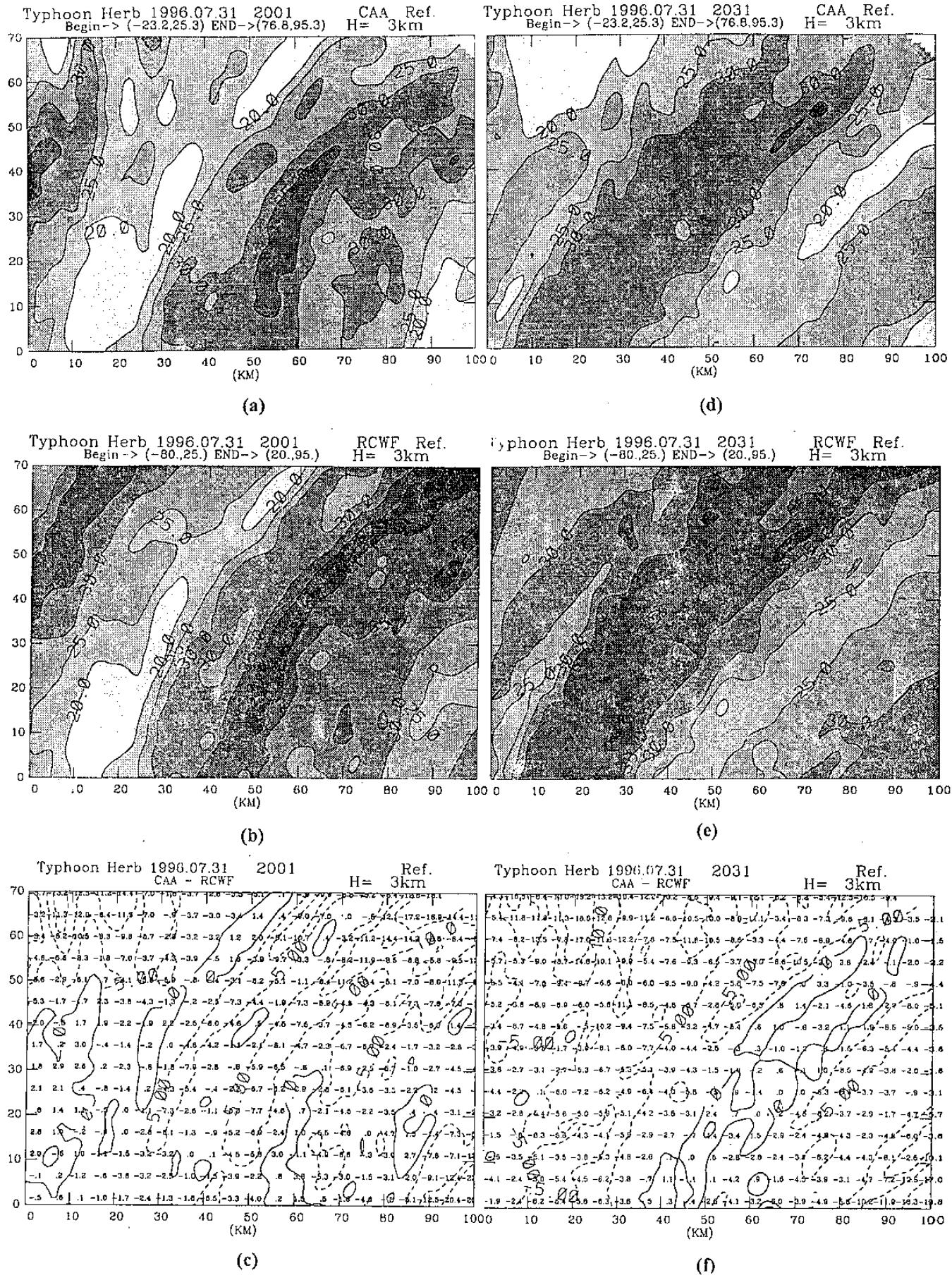


圖 8 比對區域高度 3 公里回波分析圖。(a)為中正機場雷達資料，時間 20:01。(b) 同 (a)，但為五分山雷達資料。(c)為中正機場雷達減去五分雷達回波差距圖。(d) 同 (a)，但為 20:31。(e)同(b)，但為 20:31。(f)同(c)，但為 20:31。

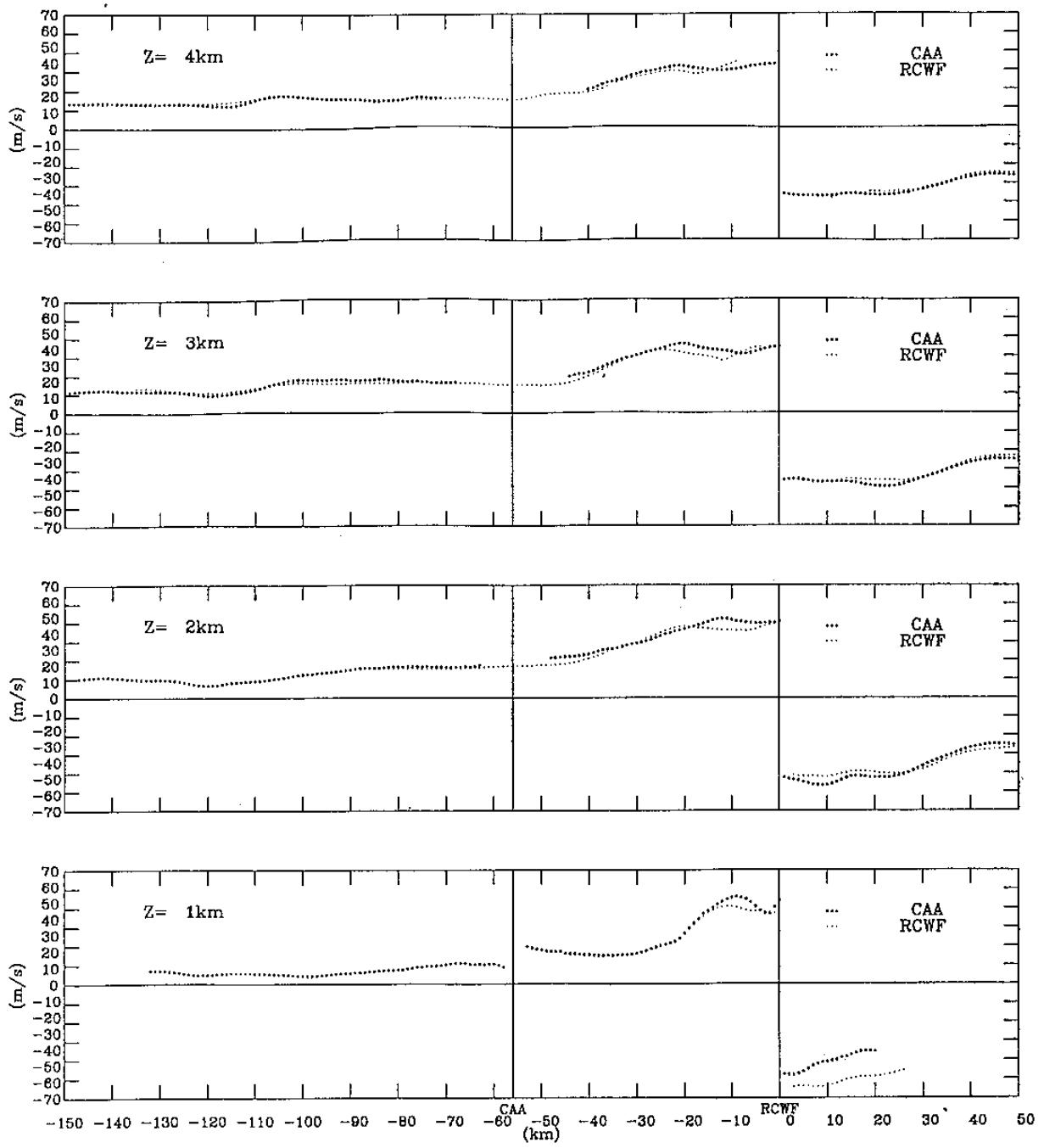


圖 9 中正機場雷達與五分雷達徑向風場資料在東西方位上的分佈圖，時間為 21:03。