

Harp夏威夷雨帶計劃之研究

D.B. Johnson 李文兆 鄭哲聖

美國國家大氣研究中心
空軍氣象中心

摘要

在1990年的夏威夷雨帶計劃 (Harp) 期間，租用當地輕航機進行了七天十架次的 chaff 投擲飛行。以 chaff 反射絲做為雷達的反散射目標，目的則是經由這項實驗設法描繪出雨帶附近晴空的風場環境，並做為預測低層輻合帶的參考。

此次計劃中主要以二種方式投擲 chaff。第一種是飛機沿垂直信風的角度直線飛行，並且以斷續的方式投擲 (形成 Dash-Line)，此種方式可以分析獨立拋物線的斷線 chaff 圖形，以進一步瞭解大尺度信風接近海岸時的變化。第二種類型則使飛機來回飛行於同一軌跡之上，並連續投擲 chaff 反射絲，以儘可能擴散成均勻廣闊的 chaff 雲。NCAR 提供 CP-3 及 CP-4 兩座都卜勒氣象雷達參與此次計劃，以分析氣流靠近海岸時形成輻合帶的三維空氣運動。

實驗中的 chaff 圖形及後續的風場分析可瞭解氣流在接近島嶼時會隔離另一股逆向氣流，正如同吹近海岸的東北信風與另一股清晨吹離海岸的下坡風相遇時所形成的交互作用一般。

層阻隔物件，對都卜勒雷達都是良好的防禦介質，因為它們可以有效的避免海面回波的反散射作用。而此類的防禦介質又不至於會危及水平觀測視角。為了從典型的小雲帶中獲得高解析度的雙都卜勒雷達資料兩座 C 波段雷達相距 17.5 公里。並以 COPLANE (固定斜面) 的方式掃瞄 (Lhermitte and Miller, 1970, Miller and Strauch 1974)，利用此種方式可使科學家在 Hilo 的作業中心得到所需的觀測資料。

在此計劃中，COPLANE 的掃瞄分別設為 120 度的扇形區域。並相互重疊 90 度 (詳見附圖 1.2)；大

一、前言

1990 年的夏威夷雨帶計劃 (Harp) 是被設計分析夏威夷島海岸外上風處雨帶結構及其動力因素。主要的研究方向即是信風與島嶼效應的交互作用。運用 NCAR 的 CP-3 及 CP-4 C 波段雙都卜勒氣象雷達來觀測在晴空時施放的 chaff 飄移及擴散情況，進而做為風場分析與輻合帶研究的參考，而兩座都卜勒雷達則分別架設於夏威夷大島的東北岸附近 (詳見附圖 1.1)。大部份的小樹、灌木、以及其他的低

部份個案中，雷達脈波來復頻 (PRF) 定為 1500 次/秒，最大可測距離則設定為 75 公里。兩座雷達最佳都卜勒風場資料分析區大約在一個 30 km 直徑的區域裡，此區域中的雙都卜勒所搜集的 chaff 資料可為風場向量分析之用。東北信風對島的影響較遠不易察覺，而與吹離海岸的下坡風相遇時，則可運用雷達來監控 chaff 雲的水平對流，經由 David Atlas 的建議，吾等運用了一種特別的飛行計劃來研究大範圍的氣流結構，首先向東飛行至 50 海裡的外海，而後以垂直東北信風的角度來回飛行，並且斷續的投擲 chaff 反射絲 (連續施放 chaff 一至兩分鐘再停止一至兩分鐘後反覆之)；以呈現在雷達幕上明顯的斷線回波資料，由此回波型式吾等可迅速分析估算信風接近島嶼時的大尺度輻散現象 (Lee and Johnson, 1991)，早先的研究中依靠人工分析來找出 chaff 反射絲的位置並且估算逆風處的空氣運動。而目前的延續工作則使用另一種自動追蹤分析程式 TREC (Rinehart, R.E., 1979; Tuttle and Foote, 1990)。

二、案例

圖 1.2 顯示 chaff 實驗是由我們所製造出的大型斷線回波資料，並且延展到大部份雷達掃瞄的範圍。在此案例中掃瞄方式是以一般的扇形掃瞄，範圍不超過 120。而且在 COPLANE 平面上執行，一般的 COPLANE 掃瞄限制對任一雷達皆是在其重疊部份的扇形區內，接近海岸的圈狀環形區域即是都卜勒雷達資料主要的分析地點。而雷達資料是以 CAPPI 高度為 1 公里來切割顯示，除了雷達東方的 chaff 反射絲所造成的回波之外，有部份自然回波亦同時在 CP-4 雷達的西北方生成而移動。由圖 1.2 上並可見到丟擲 chaff 的飛機軌跡 (經由 Radar 資料找出)，雷達資料影像與飛行軌跡有相當對應的時間延遲現象。向量在反射強度之上的即是 TREC 的產品，為了證實這張圖形 TREC 向量僅有 20 分鐘的時間延遲 (大約在 1740)，在夏威夷大島上風處 (外海)，chaff 的移動基本上是隨著平均的信風吹拂的方向

。但是一旦接近海岸時氣流隨即減速，並且沿著海岸輻散。在雷達北方 chaff 回波與自然回波 (氣象回波) 相互交疊，因此 TREC 向量變的非常複雜。信風接近島嶼時的偏離有可能部份是由於近海岸的對流雲附近的輻合及輻散所造成。

當自然回波與降水存在時經常無法有效充滿在都卜勒掃瞄區，但是如果和 chaff 一起使用則可做為瞭解對流雲附近氣流活動情形，例如圖 2 則是典型的 COPLANE 體積的垂直剖面資料，一部份清晨的下坡氣流，以及足夠的 chaff 反射體則可得到雙都卜勒所要分析對流雲的空氣運動。下坡氣流最低局限在距離地面 250~500 公尺，但是延展距離卻足夠當做雲帶發展結構的重要因子，低層下坡氣流無論如何並未呈現進入主要的上升氣流，而有一些水平滾動 (Horizontal Roll) 在西南風與東北風的風切軸上出現。

1990 年 8 月 23 日實驗的最後一天，我們處理了最有意思的個案，在此個案中我們設法將 chaff 反射體製造在離海岸更遠一些的上風處，以爭取一些時間使得 chaff 在進入都卜勒守視分析區以前能完全的擴散均勻。圖 3 則顯示飛機的飛行軌跡，以及沿著離岸大約 50 公里垂直東北信風並集中在 30—40 公里的航線上投擲。雷達所掃瞄的影像即是 chaff 完全投擲之後所殘留的陰影部份。一小時之後 (見圖 4) 一股大範圍的 chaff 雲已均勻擴散為 20—30 dBz 強度的回波，並且軸線為南北向，而離岸更遠之處則有一些自然降水回波移入雷達視線中，並且逐漸增強為對流雲帶。30 分鐘之後 (見圖 5) 雨帶更加發展並且逐漸移近 chaff 雲的邊緣，而 chaff 雲也隨著移近海岸而做反時針軸線旋轉的調整，接近北北西南南東的方向。又 30 分鐘之後 (見圖 6) 雨帶已經更加移近 chaff 雲的軌跡邊緣，並且有著不可思議的等間隔在 chaff 雲及自然回波之間，而圖 6 又顯示出 TREC 所呈現的向量分析，而此向量是代表平滑網格的數小時雷達資料，並且呈現出信風接近海岸時的減速及輻散現象。

三、附註

1. 圖7.1~7.4是CP-3及CP-4兩具雷達分別掃描1.0度1.2度仰角的強度場與速度場資料(時間自1990年的8月23日1819Z-2119Z)
2. 圖8.1~8.3是利用Sprint及CEDRIC軟體將CP-3及CP-4雙勒卜勒雷達整合後的反射強度資料(座標旋轉52.9度)
3. 圖9.1~9.8則是同時段風速及風向流線分析資料(座標旋轉52.9度)
4. 圖10.0~10.4則是同時段CAPPI風速場及流線場分析資料(座標未旋轉)

四、參考文獻

- Lee, W.C., and D.B. Johnson 1991: The use of radar reflective chaff for air motion studies in the Hawaiian Rainband Project. Preprints, Inter. Conf. on Mesoscale Meteor. and TAMEX, American Meteor. Soc., Boston, 506-509.
- Lhermitte, R.M., and L.J. Miller, 1970: Doppler Radar methodology for the observation of convective storms, Preprints, 14th Radar Meteor Conf., Amer. Meteor. Soc., Boston, 133-138.
- Miller, L.J., and R.G. Strauch, 1974: A dual Doppler Radar method for the determination of wind velocities within precipitating weather systems. Remote Sensing of the Environment, 3, 219-235.
- Rinehart, R.E., 1979: Internal storm motions from a single non-Doppler weather radar NCAR/TN-146+STR, 262pp.
- Tuttle, J.D., and G.B. Foote, 1990: Determination of the boundary layer airflow from a single Doppler radar. J. Atmos. Oceanic Tech., 7, 218-232.

Chaff Studies During the Hawaiian Rainband Project

by

D.B.Johnson, W.C.Lee, and C.S.Cheng
National Center for Atmospheric Research
Boulder, Colorado

ABSTRACT

During the 1990 Hawaiian Rainband Project (HaRP), we conducted 10 separate chaff flights on 7 different days. The radar reflective chaff was released upwind of the Island of Hawaii from a locally rented light plane. The overall goal of the chaff missions was to assist in mapping the winds in the clear-air environment near the rainbands, with special reference to the-anticipated low-level convergence zone.

Two general patterns of chaff release were used during the project. In the first pattern, the aircraft flew a long straight leg perpendicular to the trade wind, releasing chaff in a dashed line. This pattern permits analysis of the trajectories of the separate patches of chaff to determine the larger scale wind pattern as the trade winds approach the island barrier. In the other pattern, repeated back and forth passes were made, releasing chaff continuously in order to fill a broad region with as uniform a chaff cloud as possible. In these cases, Doppler data from the two NCAR C-band radars participating in the project were analyzed to show the three dimensional motion of the air as it approached the nearshore convergence zone.

Results from the chaff study illustrate the general flow separation of the upwind air flow as it approaches the island, as well as the interaction of the on-shore trade winds with the early morning off-shore downslope flow.

Oral Presentation Preferred.

Contact:

Dr. David B. Johnson

NCAR/ATD

P.O.Box 3000

Boulder, CO

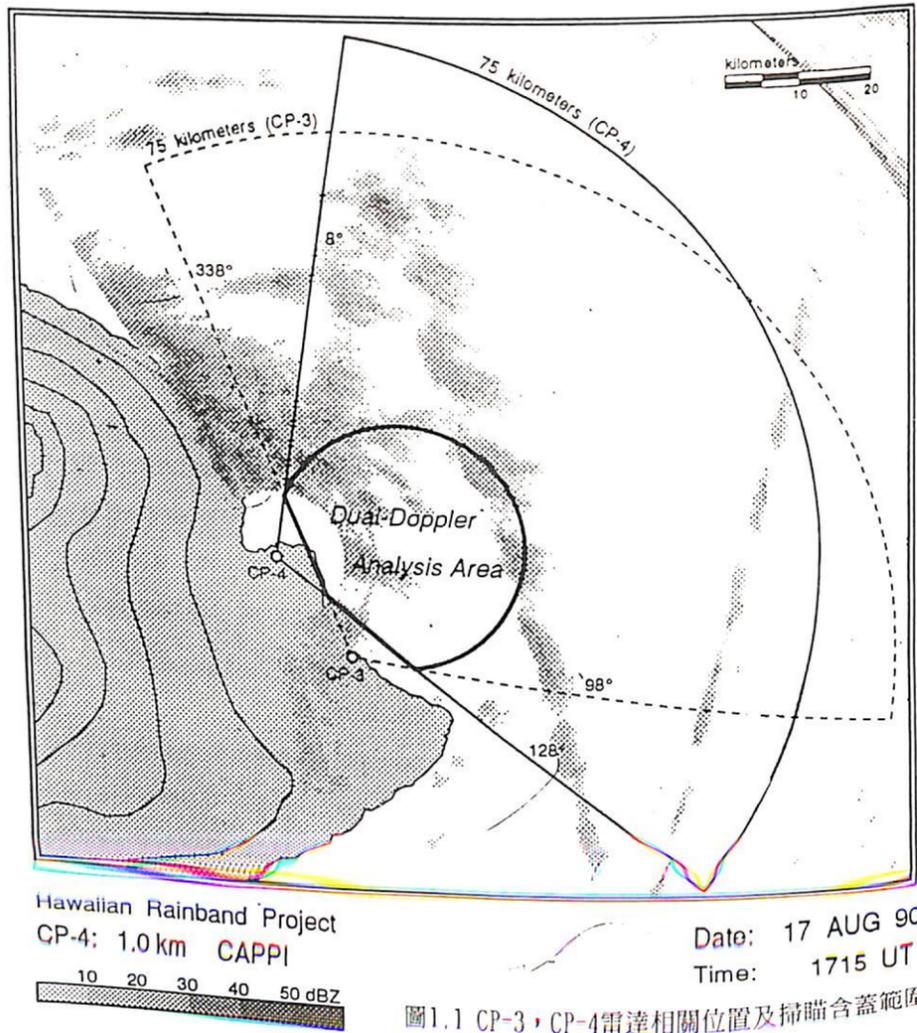


圖1.1 CP-3, CP-4雷達相關位置及掃瞄含蓋範圍

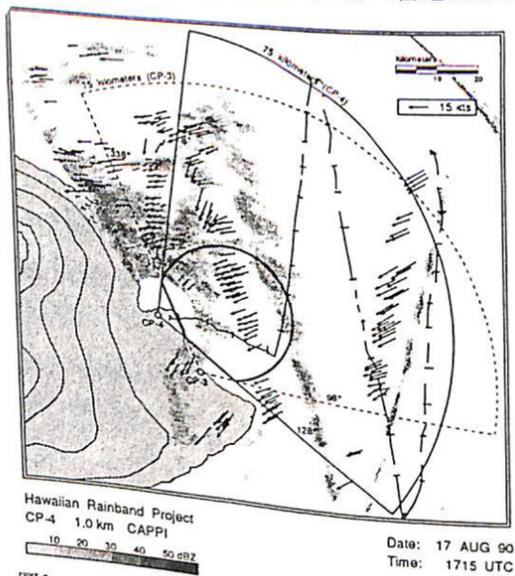


圖1.2 1990年8月17日1715UTC(0715 Local)雷達反
射強度CAPPI示意圖及飛行軌跡(黑色細線
段)以及TREC向量分析, 1739-1744UTC重疊
影像。

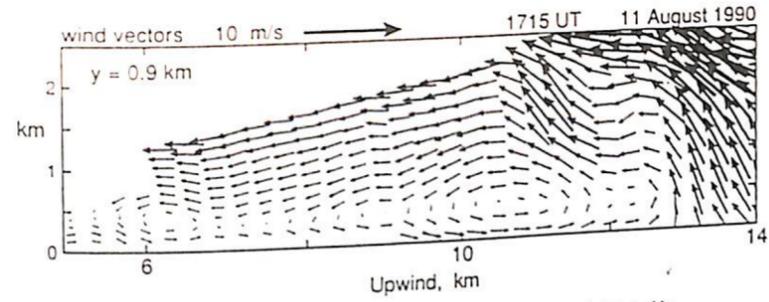


圖2 1990年8月11日自然回波及chaff回波組合的
風場剖面圖, 此剖面圖縱剖面垂直於基準線
(Baseline) 在y=0並通過CP-4, 風場向量
則代表二維的風向量經由雙都卜勒分析整個
COPLANE Volume的剖面資料。

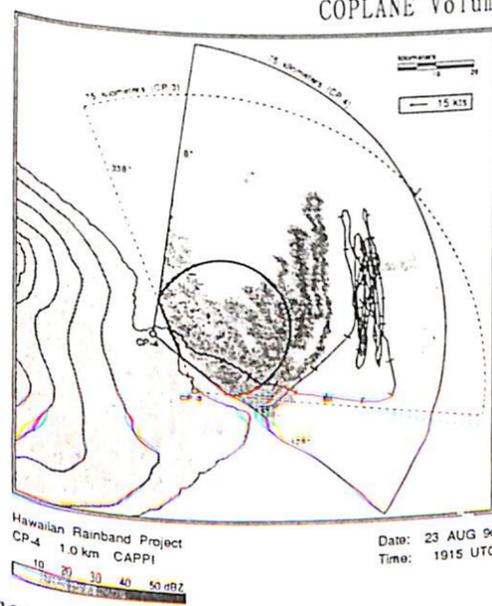


圖3 1990年8月23日1915UTC(0915 Local)雷達反
射強度CAPPI示意圖, 黑色細線為飛行軌跡

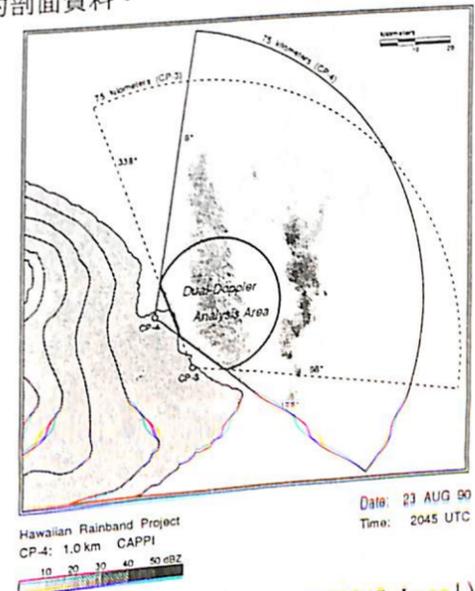


圖5 1990年8月23日2045UTC(1045 Local)雷達反
射強度CAPPI示意圖

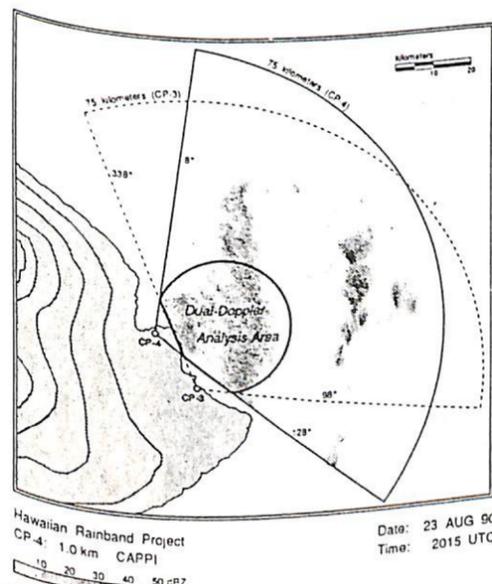


圖4 1990年8月23日2015UTC(1015 Local)雷達反
射強度CAPPI示意圖

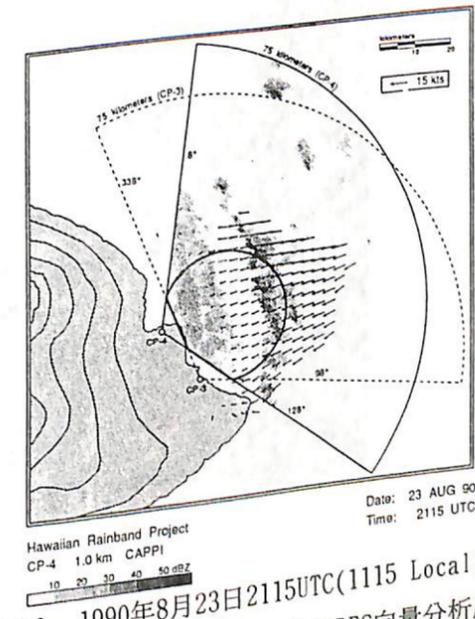


圖6 1990年8月23日2115UTC(1115 Local)雷達反
射強度CAPPI示意圖及TREC向量分析風場資料

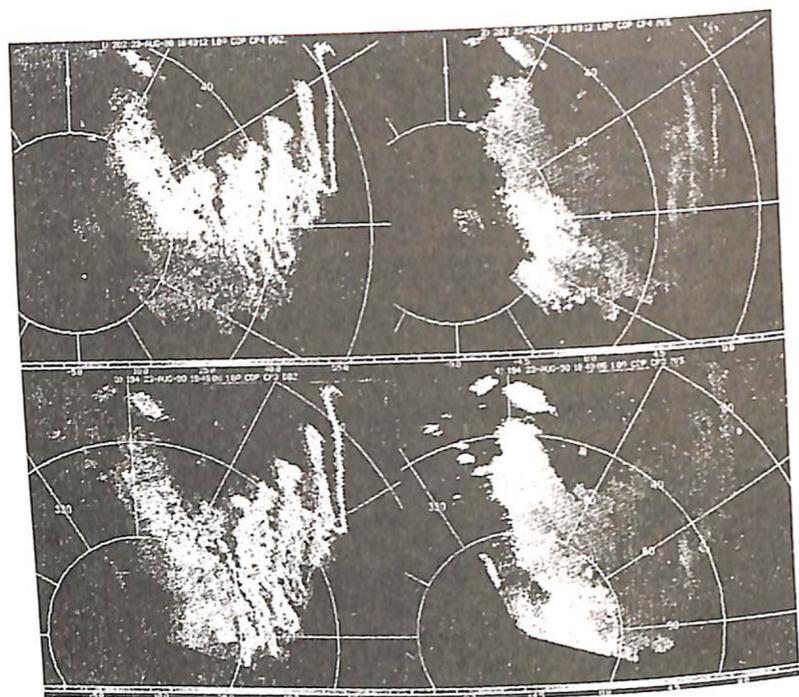


圖7.1 為CP-4、CP-3雷達反射強度及速度場仰角1.0度PPI資料 (時間1990年8月23日1849UTC)

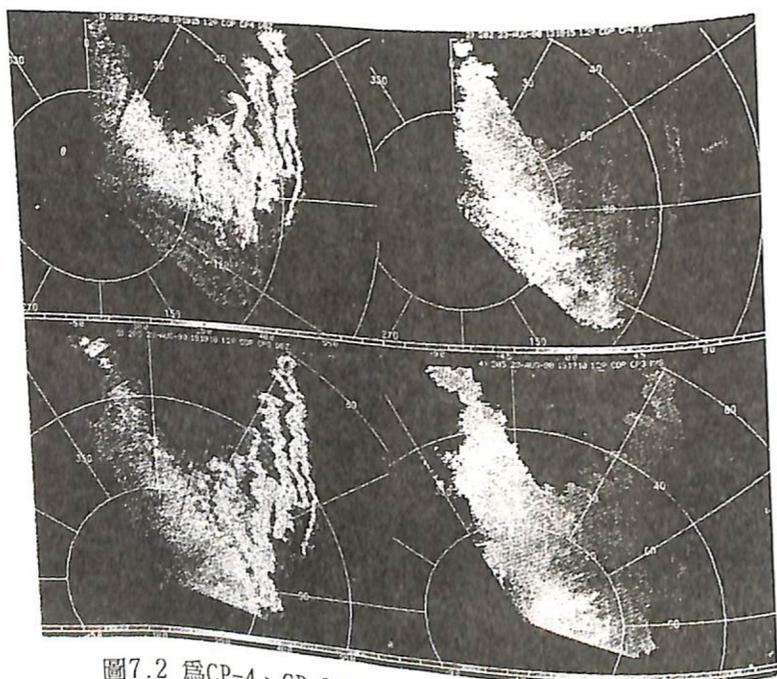


圖7.2 為CP-4、CP-3雷達反射強度及速度場仰角1.2度PPI資料 (時間1990年8月23日1919UTC)

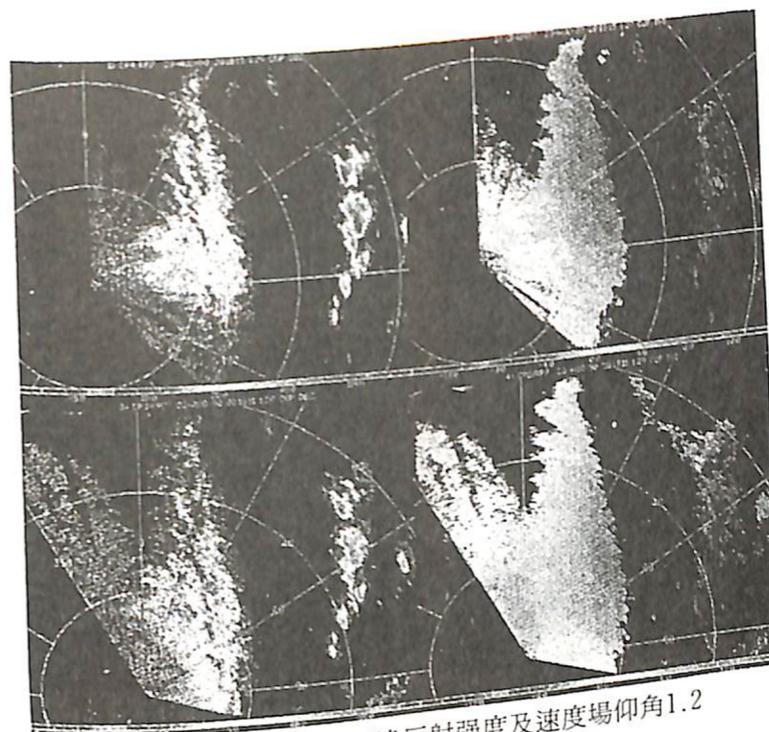


圖7.3 為CP-4、CP-3雷達反射強度及速度場仰角1.2度PPI資料，對流雲生成移入守視區 (時間1990年8月23日2019UTC)

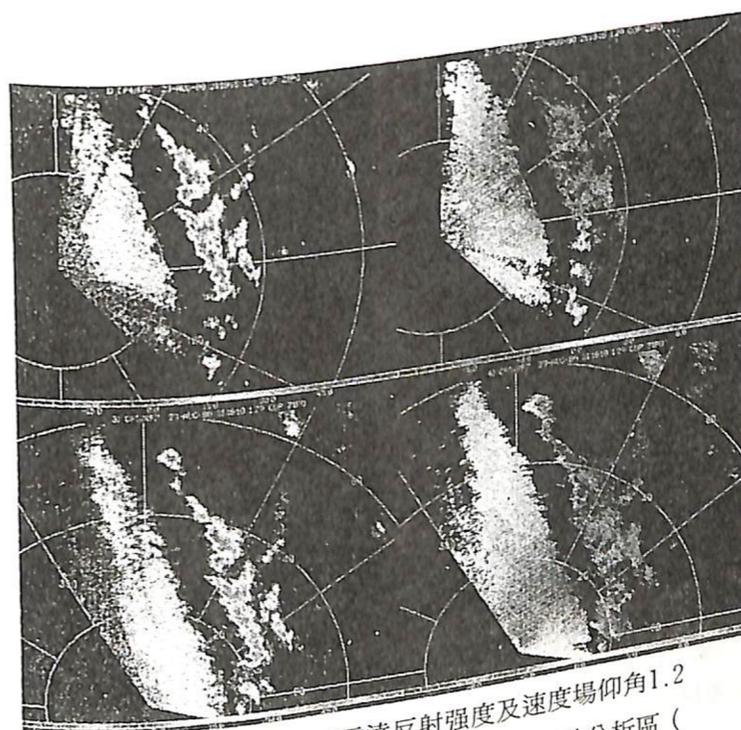


圖7.4 為CP-4、CP-3雷達反射強度及速度場仰角1.2度PPI資料，對流雲系移入雙都卜勒分析區 (時間1990年8月23日2119UTC)

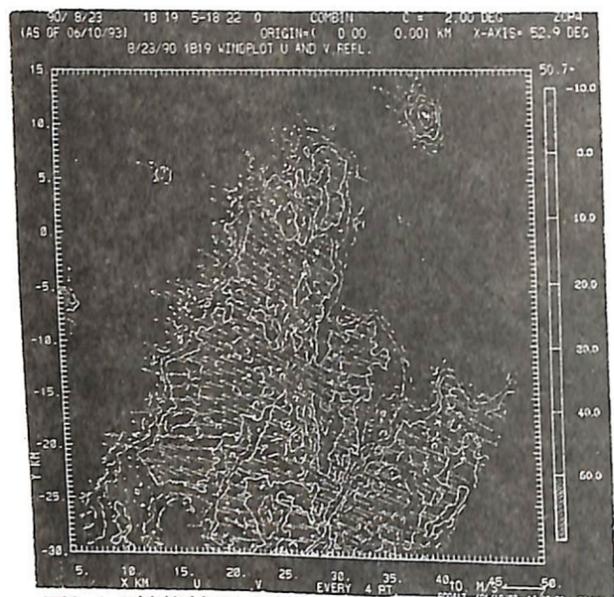


圖8.1 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒反射強度場及風場向量資料 (時間：1990年8月23日1819 UTC)

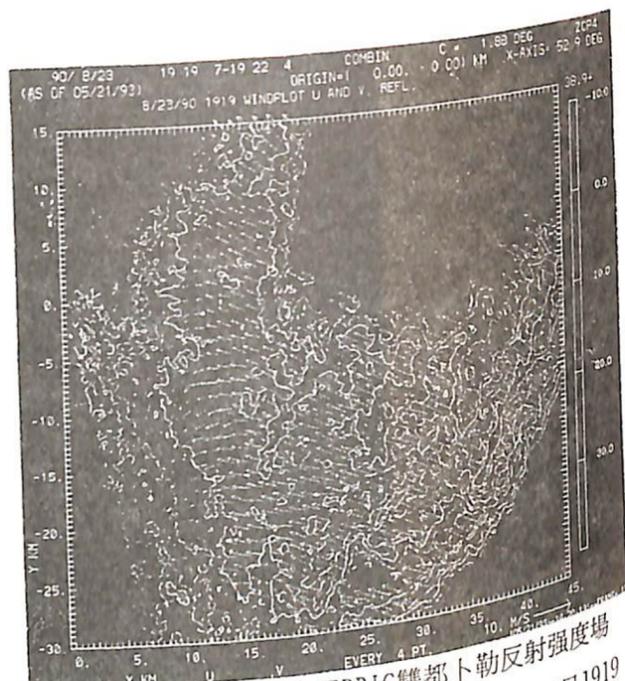


圖8.2 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒反射強度場及風場向量資料 (時間：1990年8月23日1919 UTC)

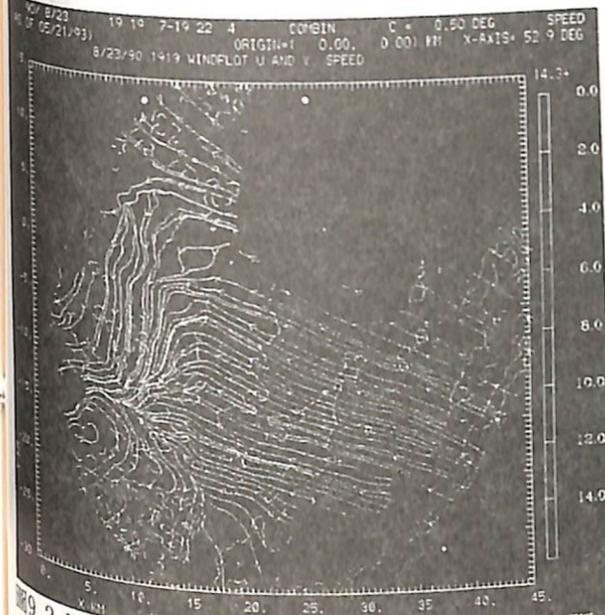


圖9.2 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角0.5 (時間：1990年8月23日1919 UTC)

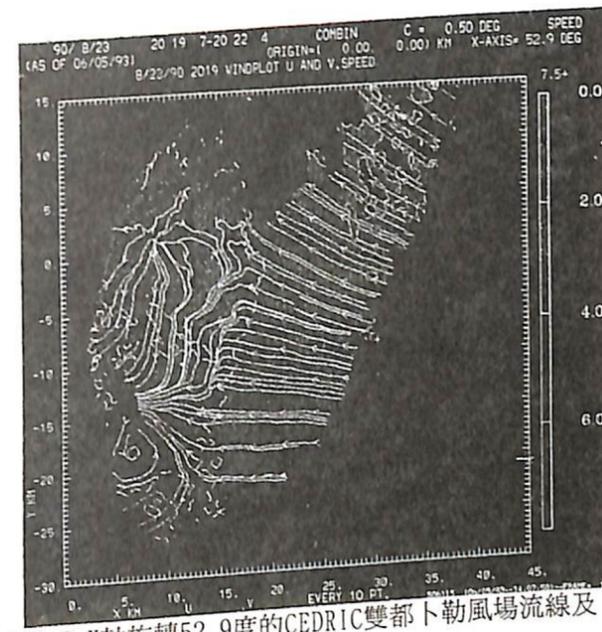


圖9.3 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角0.5 (時間：1990年8月23日2019 UTC)

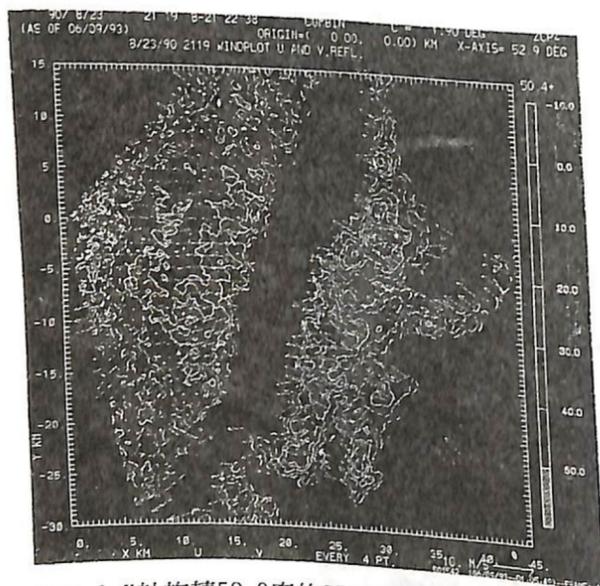


圖8.3 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒反射強度場及風場向量資料 (時間：1990年8月23日2119 UTC) 對流雲已生成並移入分析區

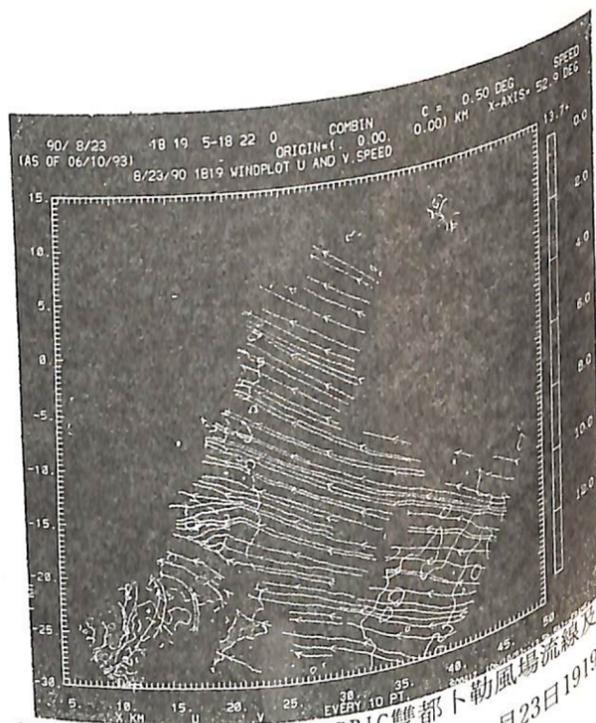


圖9.1 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角0.5 (時間：1990年8月23日1919 UTC)

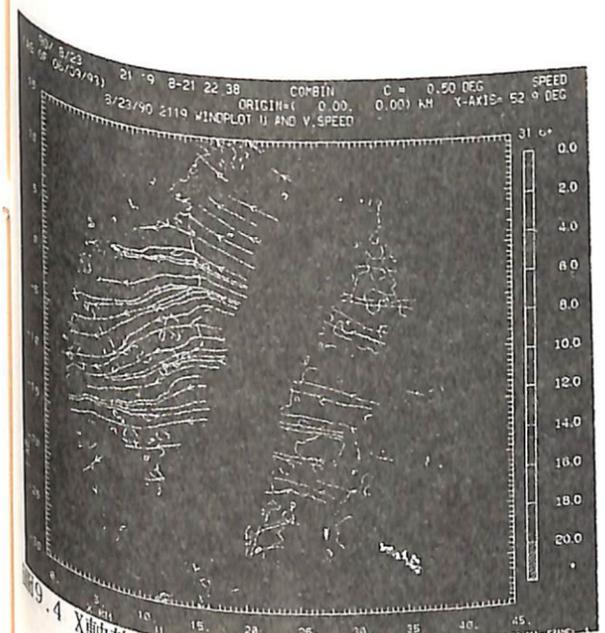


圖9.4 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角0.5 (時間：1990年8月23日2119 UTC)

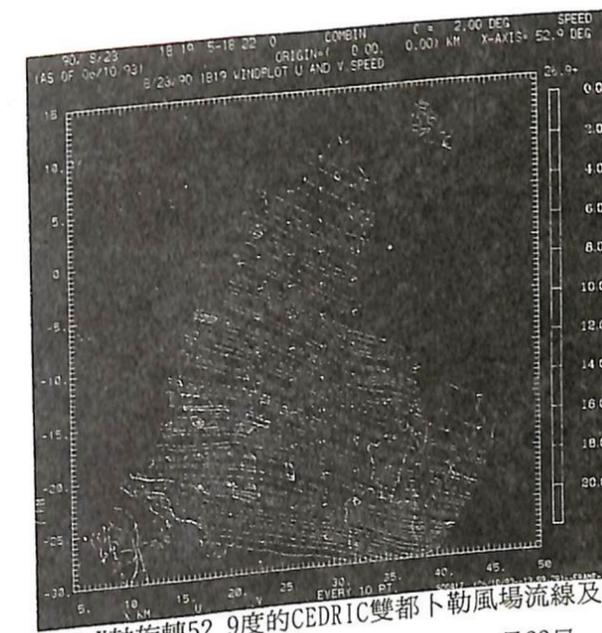


圖9.5 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角2.0 (時間：1990年8月23日1819UTC)

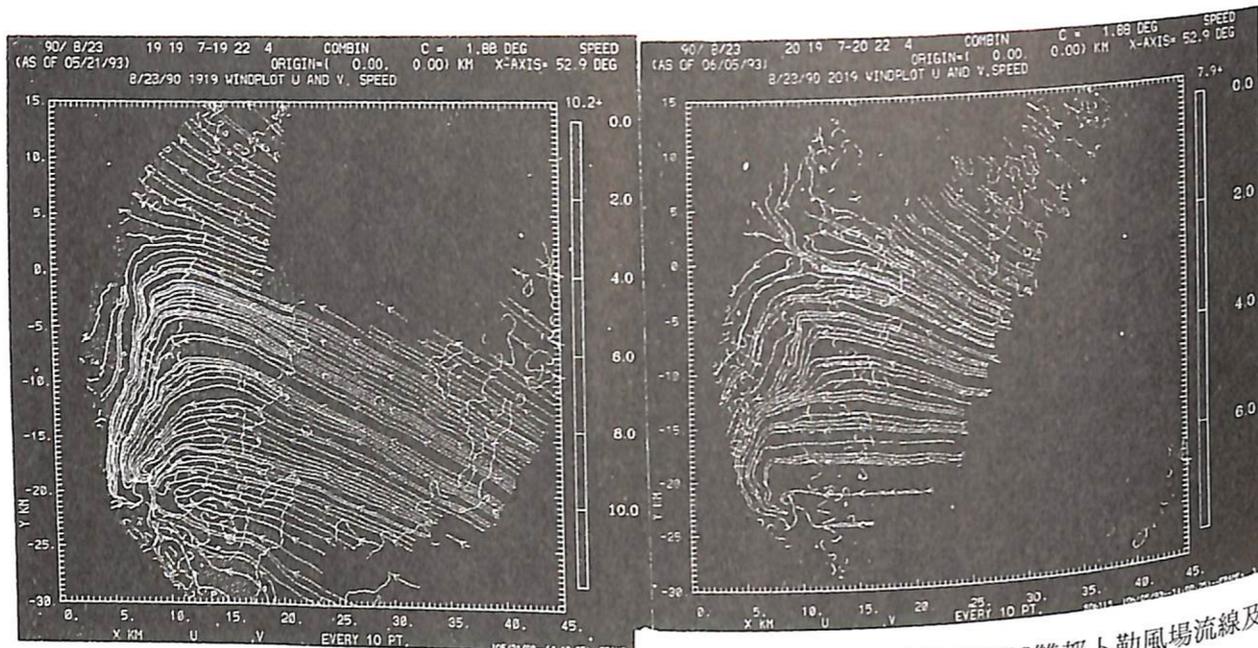


圖9.6 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角1.88°。(時間：1990年8月23日 1819UTC)

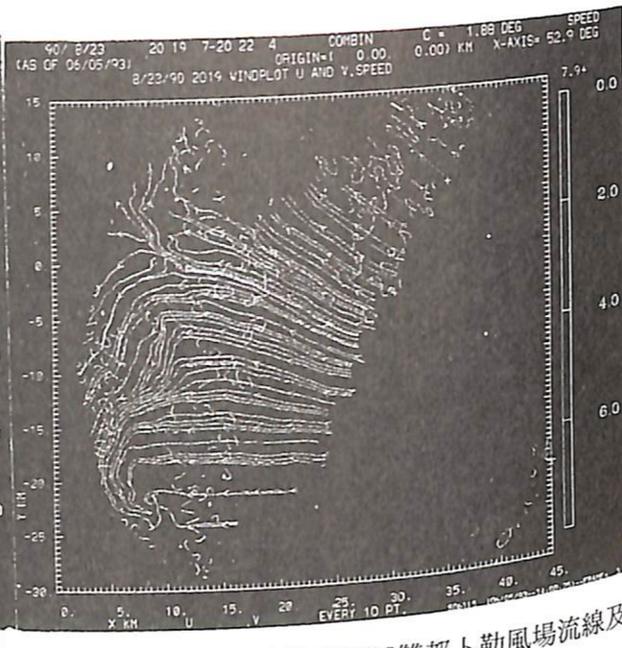


圖9.7 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角1.89°。(時間：1990年8月23日 2019UTC)

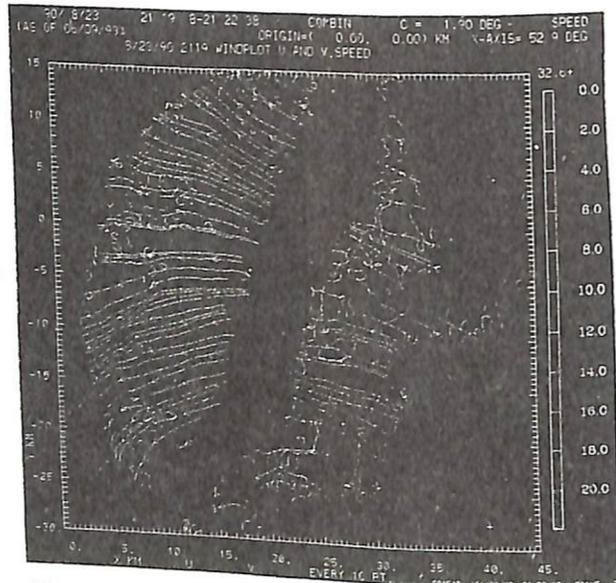


圖9.8 X軸旋轉52.9度的CEDRIC雙都卜勒風場流線及風速圖仰角1.9°。(時間：1990年8月23日 2119UTC)

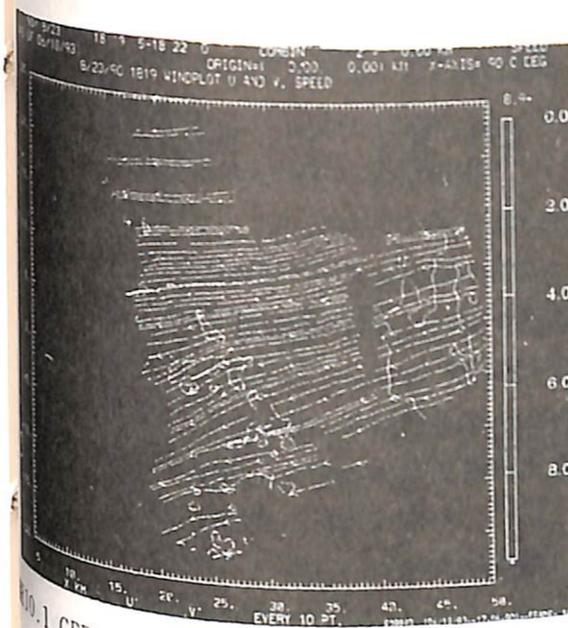


圖10.1 CEDRIC CAPP10.6公里雙都卜勒風場流線及風速圖(時間：1990年8月23日 1819UTC)

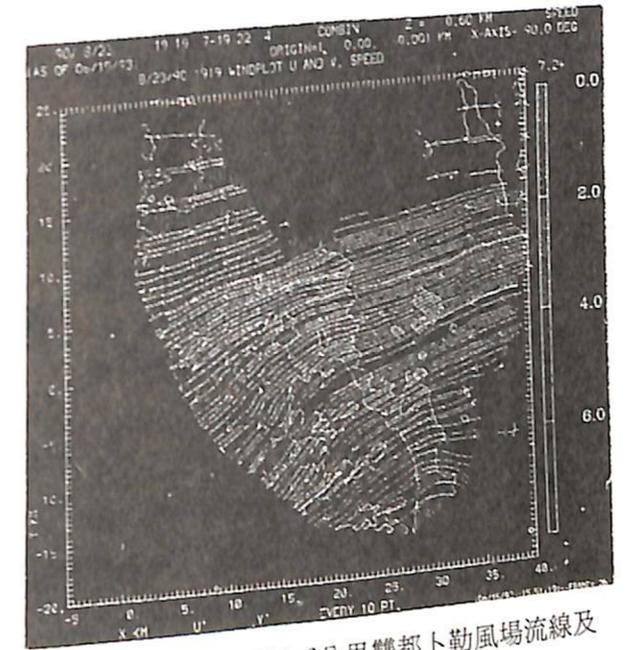


圖10.2 CEDRIC CAPP10.6公里雙都卜勒風場流線及風速圖(時間：1990年8月23日 1919UTC)

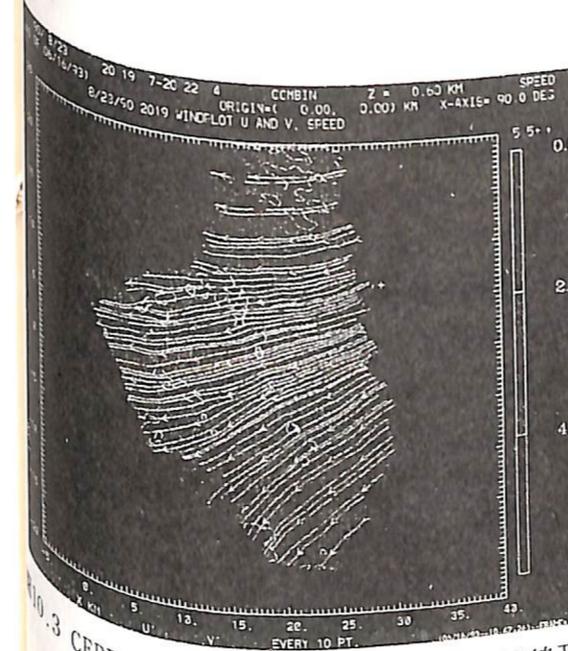


圖10.3 CEDRIC CAPP10.6公里雙都卜勒風場流線及風速圖(時間：1990年8月23日 2019UTC)

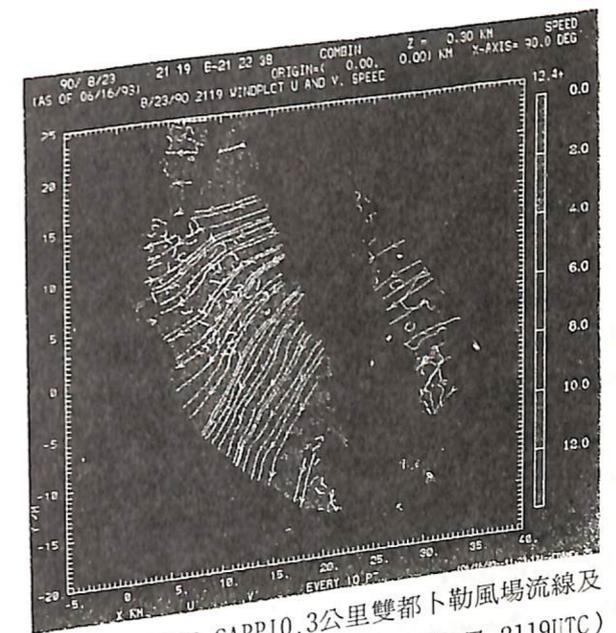


圖10.4 CEDRIC CAPP10.3公里雙都卜勒風場流線及風速圖(時間：1990年8月23日 2119UTC)