

# 以機載都卜勒雷達 觀測台灣海域對流系統

何 台 華                      張 茂 興

中正理工學院應用物理系

周 仲 島

國立台灣大學大氣科學系

## 摘 要

本研究在利用台灣大學大氣科學系飛機與都卜勒雷達實驗室發展的機載都卜勒雷達資料處理軟體針對 TAMEX IOP 9 的弱擾動冷鋒系統與 IOP 10 的帶狀對流系統做三度空間的回波與風場剖析，並配合飛機原位量測的結果，可深入探討此二天氣系統的細微結構與可能發展機制。

飛機雷達的優點在於它的機動性，可靈活運用於各種科學性觀測研究，如配合地面雷達作雙都卜勒或三都卜勒雷達觀測，尤其對發生於海面上的劇烈對流系統，更可以 "L" 形狀的飛行來模擬雙都卜勒雷達觀測，以解決傳統觀測資料的不足或完全付諸闕如。以 IOP 9 的冷鋒系統為例，根據 GMS 衛星雲圖和花蓮雷達回波圖分析，並沒有明顯的天氣現象伴隨此系統，但藉由機腹雷達的 PPI (Plan-Position Indicator) 回波圖可明顯看出有發展中的對流雲胞位於航道附近，更清楚的三度空間回波狀況可由機尾雷達資料分析獲知，有兩個大於 30dBZ 的強回波區出現，且隨高度增加而逐漸衰減，若由 y-z 回波剖面配合原位量測資料計算的擾動密度場，發現此系統因南移迅速有近似密度流的特性，南來暖濕空氣沿鋒面快速爬升產生強烈鋒面對流，但因西風甚強，抑制此對流向高處發展，造成淺鋒。IOP 10 的天氣系統比 IOP 9 潮溼許多，對流相當旺盛，機尾雷達的 y-z 垂直回波圖說明此對流可發展至 10 km 以上，且呈帶狀排列。經由近似雙都卜勒雷達分析法可構成三度空間的風場，顯示低層來自東南方向的暖濕氣流與最大回波區相當一致，高層則受強盛西風影響，對流向東傾斜，出現次環流，有助於此對流系統的維持與發展。

## 一、前 言

1987年(民國76年)5月1日至6月30日執行的台灣地區中尺度實驗計畫(Taiwan Area Mesoscale Experiment, 簡稱 TAMEX)共完成十三次密集觀測(Intensive Observational Period, 簡稱 IOP)，其中美國國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, 簡稱 NOAA)的 P-3 氣象研究飛機也參與 TAMEX 實驗，總共進行了十次觀測任務，提供台灣地區梅雨季中有關中尺度對流系統和鋒面系統之內部結構、降水機制等重要資料。P-3 飛機除了每一秒鐘可量取一組高解析度之原位量測(in-situ measurement)資料外，機上

附載有機腹雷達(lower-fuselage radar)與機尾雷達(tail radar)。機腹雷達為傳統 C-band (波長 5.59cm) 雷達，可觀測尺度較廣的降水回波狀況，而機尾雷達為 X-band (波長 3.32 cm) 之都卜勒雷達，除觀測雨滴降水回波外，亦可利用都卜勒效應的原理估算降水粒子的雷達徑向速度大小。

Lhermitte (1971) 首先提出利用飛機機載都卜勒雷達對海上風暴及中尺度對流系統作觀測研究的可行性。Jorgensen et al. (1983) 則以 1982 年 NOAA P-3 飛機在美國華盛頓州沿岸作觀測研究，此時飛機以 "L" 型態飛行，利用近似雙都卜勒法(the pseudo dual-Doppler method)分析層狀降水區，並將獲得之水平與垂直風場和

地面的都卜勒雷達資料分析結果作比較，結果顯示飛機都卜勒雷達在診斷層狀降水系統的性能相當良好。Ray et al. (1985) 運用過測定法 (overdetermined method) 和直接法 (direct method) 討論飛機進行各種不同飛行類型觀測時所產生的資料誤差，且與地面都卜勒雷達的分析結果比較優劣，對於垂直風場的求取是否可利用連續方程式也有詳細的討論，另外飛機在飛行過程中蒐集的資料所受到的限制也加以說明之。

Jorgenson, LeMone and Jou (1991) 利用 NOAA P-3 飛機雷達資料，分析 1987 年 6 月 16 日 TAMEX 期間 (TAMEX IOP 10) 發生於台灣東南外海之中尺度對流系統南側線狀對流雨帶的降水與運動場結構，並討論其熱力場結構。周與游 (1991) 利用臺灣大學大氣科學系 P-3 實驗室自行開發之 P-3 飛機都卜勒雷達資料處理軟體，分析 1987 年 6 月 16 日於台灣東部外海上空伴隨中尺度渦旋發展之中尺度對流系統內部降雨及運動場結構，其結果並曾與 Jorgenson et al. (1991) 同時段的研究結果作一比較，以驗證其軟體的可信度。何、張與周 (1990 和 1992) 曾對 TAMEX IOP 10 (1987 年 6 月 16 日) 與 IOP 9 (1987 年 6 月 15 日) 兩個案，利用 P-3 飛機的原位量測資料探討台灣東部外海中尺度線性對流雲帶以及梅雨鋒面的內部降水和熱、動力場的垂直結構，以瞭解其發展與維持的主要機制，但此二個案研究並未利用機載雷達資料來輔助分析。

一般而言，飛機雷達的最大優點在於它的機動性，可靈活運用於觀測研究，由直線飛行的雷達資料，可粗略的瞭解天氣系統的回波特性及風場變化，若經由 "L" 形狀飛行路徑之近似雙都卜勒雷達合成法可分析三度空間的降水回波強度和風場特性，可對傳統觀測資料不足的天氣系統，尤其是發生於海面上的對流系統與移動快速的鋒面系統等之熱、動力結構，做深一層的瞭解。

本文研究的主要目的在於運用台灣大學大氣科學系飛機與都卜勒雷達實驗室發展的 P-3 飛機都卜勒雷達資料處理軟體，並配合 TAMEX IOP 9 與 IOP 10 之飛機原位量測資料研究結果，進一步探討強烈帶狀對流系統與梅雨鋒面之內部細微結構與變化。

## 二、P-3 飛機雷達特性與資料處理

### (一) 機腹雷達回波合成

機腹雷達掃描方式為水平掃描，基本上掃描平面和飛機飛行路徑平行，可對飛機飛行高度作 PPI (Plan-Position Indicator) 回波掃描，因此可利用機腹雷達回波做成 CV (Column Vector) 合成圖，以初步瞭解天氣系統的所在位置和回波強度。但值得注意的是飛機飛行時會滾擺 (roll)，處理資料時需將此問題列入考慮。圖 1 為 TAMEX IOP10 (1987 年 6 月 16 日) 1550UTC-1602UTC 約 12 分鐘的機腹雷達回波圖，此時 P-3

飛機是以 "L" 型態飛行，飛行高度平均為 3129 m，由圖中明顯可看到在台灣東南外海的渦旋性天氣系統之南側為線性對流系統，其中回波可高達 50 dBZ，北側則屬於層狀性分佈，最大回波也有 40 dBZ。若 P-3 飛機僅作直線飛行，也可由某一段時間的機腹回波合成圖，大略瞭解天氣系統的確實位置和回波特性，如圖 2 為 1987 年 6 月 15 日 (TAMEX IOP 9) 在台灣東部外海以 453m 飛行高度所獲得之機腹雷達回波合成圖，此時有一冷鋒系統正快速向南移動之中。

在製作機腹雷達回波合成圖及解釋回波圖時，需注意兩點：第一，首先要審視飛機原位量測資料是否連續且具完整性，因為製作回波合成圖時，同時要抓取原位量測資料中之經緯度及飛行方向等資料，若原位資料不夠完整，將會有抓錯資料的顧慮，例如每秒的原位量測資料應為 140 字元，若其中有一筆資料不足 140 字元，則在讀取資料時會產生錯誤的訊息，另外若資料的存儲時間不連續，在合成回波資料時所顯示的回波時間會與正確時間有所差異，這時我們必須將不連續的原位量測資料做適當的修正和補齊，如此才可完成機腹雷達回波合成圖的組合。第二要注意的是機腹雷達的發射脈波寬為 1800m，較機尾雷達的 150m 大了許多，因此機腹雷達的解析度較差，若飛機飛行高度很低 (在 150m 左右)，而且假設飛機沒有滾擺現象，因機腹雷達的垂直波束寬 (vertical beam width) 為  $4.1^\circ$ ，波束水平離開飛機 4km 左右即會碰到地面或海面，若再加上飛機偶有滾擺現象，則合成圖所見回波很可能是地面或海面之雜波，所以仍需利用機尾雷達之回波圖作重複檢視的工作。

### (二) 機尾雷達資料處理

機尾雷達屬都卜勒雷達，採取垂直掃描方式，即掃描平面和飛機飛行路徑垂直。方位角 (azimuth) 的定義為飛機正上方為零度，然後順時針旋轉 (面對飛機飛行方向) 360 度，隨著雷達天線的旋轉和飛機移動分別量測回波與徑向風速資料。機尾雷達所量測的徑向風速資料和回波資料分別儲存於不同的磁帶，而且兩者資料解析度不同，機尾雷達的傳統式發射脈波寬為 150m，都卜勒式的發射脈波寬為 300m，為便於資料分析，需將二者作空間上的內插與合併。資料處理之流程包含 (i) 合併徑向風速與回波資料 (data merging)，(ii) 資料的除錯 (data editing)，(iii) 內插至直角網格 (data interpolation)，(iv) 水平風場與垂直速度之求取。詳細的資料分析與處理過程，請參閱游 (1991) 和周與游 (1991) 之文章。

若飛機僅在某一高度上做直線飛行，而未做 "L" 型態飛行，此時無法利用近似雙都卜勒法求取三度空間的水平 and 垂直風場，但仍可利用機尾雷達回波資料獲得三度空間的回波資料，圖 3a-3b 為 6 月 15 日 1238UTC-1244UTC、飛行高度 453m 所合成的 0.5km 和 1.5km 水平雷達回波圖 (水平範圍 54km $\times$ 54km)，原點座標位於 ( $23.20^\circ$  N,  $122.400^\circ$  E)，若配合機腹雷達回波資料，可將

天氣系統之確實範圍、位置和回波強度做初步的瞭解。

在本研究中，主要是以 "L" 型態飛行時之機尾都卜勒雷達資料進行近似雙都卜勒合成來求取海上對流天氣系統的內部風場結構，其中在求取回波及風場之三維結構時，爲了過濾資料蒐集期間因系統移動與發展所產生的採樣誤差，利用三次 Shuman 濾波，將較小尺度的擾動除去 (Shuman, 1957)。估算垂直速度場時，乃是採取上積分法 (upward integration)，由高度 0.5km 至 14.5km 對非彈性連續方程式積分，此時假設上、下邊界的垂直速度皆爲零，並利用 O'Brien (1970) 的輻散誤差調整方法和疊代 (iteration) 三次所獲得。

### 三、結果與討論

#### (一) TAMEX IOP 10 個案：中尺度對流雲帶

首先討論 1987 年 6 月 16 日 1550UTC 至 1602 UTC (IOP 10) 期間以近似雙都卜勒合成法分析台灣東南外海帶狀中尺度對流系統的結構。在圖 1 中座標的原點經緯度爲 (21.32° N, 120.52° E)，涵蓋範圍爲 240km × 240km，包括台灣東南部陸地和海上類似低壓中心的渦旋式天氣系統，但實際之飛機雷達資料分析範圍爲圖 1 中心的正方格，其左下角所在位置爲 (21.9° N, 121.49° E)，水平大小 54km × 54km，包含了主要的帶狀雲雨區，此時飛機以 "Γ" 路徑飛行，平均飛行高度爲 3129m。

利用台灣大學大氣科學系飛機與都卜勒雷達實驗室自行發展的雷達資料處理軟體分析與計算飛機雷達資料後，可分別獲得此對流系統的 (i) 水平與垂直回波結構，(ii) 水平風場與垂直運動場結構。以下將分別敘述之，同時也與游 (1991) 所分析的結果做一比較。

#### 1. 降水回波結構

##### (1) 水平結構

圖 4a-4b 爲高度 1.5 和 5.5km 的水平回波狀況，與游 (1991) 同地區的回波圖比較，發現兩者所選取的南北向航程完全相同，只是東西向航程有十分鐘的時間差，但整體回波分佈並無明顯差異，對流系統仍呈高度線性排列，強回波區爲南北走向，這與機腹雷達回波合成圖 (圖 1) 所見具一致性。

##### (2) 垂直結構

在水平回波圖中顯示強回波區 (> 20dBZ) 只局限在 X=25km 到 X=45km 之區域，何、張與周 (1990) 曾利用紊流法及風速切變法決定此對流雲帶在 3100m 高度之前導線 (leading edge) 位置爲 (22.352° N, 121.80° E)，約在圖 4a 的

A 點 (X=34km、Y=49km) 附近，此時飛機由東向西飛行，爲了與一維原位量測資料作比較和彌補其量測範圍之不足，乃分別截取 X 方向和 Y 方向的垂直回波剖面圖。首先截取 X=33km 之 Y-Z 垂直回波圖 (如圖 5 所示)，圖中大於 20 dBZ 的回波往上可延伸至 10km 左右，超過 40dBZ 強對流雲雨區有兩處，表示此系統相當結實且呈帶狀排列。至於 Y=48km 的 X-Z 垂直回波圖 (如圖 6)，可見此帶狀雲系約寬 20km，最大雲雨區介於 0.5 km 和 5.5km 高度之間，高層有向東傾斜的趨勢，對流發展最高可達 10km 以上。

#### 2. 運動場結構

圖 7a-7d 爲對流區低層 (高度爲 0.5km、1.5 km、5.5km 和 7.5km) 之水平風場結構，風場主要爲南來的氣流構成，風向由低層的東南風往上漸漸轉變成南風再轉爲西南風，而且氣流在進入線性對流區後，有明顯的減速發生，這個風場型態與游 (1991) 的分析結果非常近似，但數值稍大。

圖 8a-8b 爲 Y=41km 與 Y=44km 的 X-Z 風場和回波垂直剖面合成圖，其中風場是由 u 和 w 速度分量所合成，在強對流區東邊的低層吹偏東的風，在高度 4.5km 至 8.5km 的強回波區上升運動最大，高過 8.5km 則開始吹偏西的風，而且再次顯示雲帶有向東傾斜的趨勢。

上圖已說明在高度 4.5km 至 8.5km 間有上升運動，尤其在 5.5km 那一層最強盛，因此選取高度 5.5km 那一層的 w 速度水平分佈 (圖 9a)，最大上升速度可達 5 m/s，下降速度則有 -3m/s，最大升流區與同高度的水平最大回波位置相當一致 (如圖 4b)，證明雲中對流旺盛、水汽含量相當豐富，而且對流發展具二維性。圖 9b 爲 Y=42km 處 w 速度之 X-Z 垂直剖面圖，由圖中可知在 X=31km、Z=5.5km 處有一較完整且上升速度可達 6m/s 之升流中心，在此升流中心的直接東側有明顯的下沉運動，強度可達 -2m/s。若與飛機原位量測資料所合成之 w 速度 X-Z 剖面圖 (未顯示) 比較，發現在前導線 (約 X=34km 處) 前方和後方分別出現降流和升流，此與圖 9 的結果十分相近，說明了以機載都卜勒雷達資料計算的風場可靠性甚高，可深入瞭解此海上降水系統的三度空間內部結構，彌補飛機原位量測之不足。

#### (二) TAMEX IOP 9 個案：冷鋒系統

TAMEX IOP 9 期間 (民國 76 年 6 月 15 日) 有一弱擾動冷鋒以 6m/s 的速度向南移動，通過台灣東部陸地和附近海域，何、張與周 (1992) 以飛機原位量測資料組合此鋒面的垂直結構，發現此鋒面熱力變化並不強烈，且具密度流的特性，根據 GMS 衛星雲圖和花蓮雷達回波圖分析，並沒有明顯的天氣現象伴隨此系統，但由於原位量測資料最高只達 1500m，且屬二維分佈，爲擴大對此冷鋒系統在中尺度方面三度空間的結構瞭解，必須借助機載都卜勒雷達的觀測資料。經過徑向風場和回波資料的合併、除錯、內插及座標轉換

等步驟，此系統在各定高面的水平回波狀況顯示在圖 3a-3b之中，此時飛機約在此圖  $X=10\text{km}$  至  $X=11\text{km}$  間以  $450\text{m}$  高度由南向北飛行，由機腹雷達 PPI回波圖（圖 2）可知有發展中的對流雲胞位於航道附近，在圖 3a清楚出現兩個大於  $30\text{dBZ}$  的強回波區，但隨高度增加而逐漸衰減，再由  $X=11\text{km}$  與  $X=12\text{km}$  的  $Y-Z$ 回波剖面（如圖 10a - 10b 所示）可發覺跟隨此鋒面系統的兩個對流胞中，偏南的一個（最大回波在  $Y=13\text{km}$  處為  $33\text{dBZ}$ ）水平範圍較小，發展高度也僅達  $3.5\text{km}$ ，但回波梯度變化甚為強烈，顯現鋒面前緣冷空氣與鋒前南來暖濕空氣相遇後，暖濕空氣沿鋒面爬升產生強烈鋒前對流，因鋒面移動迅速，鋒面甚淺，此對流無法持續向高處發展。偏北的雲胞（最大回波  $40\text{dBZ}$ 在  $X=33\text{km}$  處）則範圍較大，高度可達  $8.5\text{km}$ ，整個對流系統明顯向南傾斜。由於此次任務期間並無 "L" 類型的飛行路徑，無法利用近似雙都卜勒法計算水平和垂直風場，但仍可藉由每一次雷達掃描的徑向風場獲知此鋒面系統內部吹偏東的風，但高層則轉為偏西的風。

## 四、結論

由本研究過程中，首先由機腹雷達之 PPI回波資料對台灣東邊海域天氣系統的位置和回波狀況作初步瞭解，然後利用機尾雷達之 RHI 回波作資料可靠度確認及檢視工作，以決定資料分析的時間區間和範圍大小。

機尾雷達之 RHI回波資料，不論是 "L" 型態飛行或直線飛行，皆可求得分析範圍內之 3-D回波結構，若欲獲得天氣系統之運動場結構，則需在 "L" 型態飛行狀況下，經由徑向風場和回波資料之合併、除錯、內插、座標轉換、勻滑以及計算等步驟，最後求取風場和回波的合成圖。由於飛機原位量測資料（每秒量測一組資料）可提供當時在航道上天氣系統的熱力及動力參數之高解析度資料，若配合飛機雷達觀測資料，可對海上中尺度對流系統內部之熱、動力結構及降水過程有一清楚的概念，以達相輔相成的目的。

本文分別針對 TAMEX IOP 10 海上中尺度對流系統和 TAMEX IOP 9 冷鋒系統從事 P-3機尾雷達資料分析，獲得以下幾點結論：

（一）TAMEX IOP 10期間 P-3飛機有 "L" 類型的飛行路徑，可利用近似雙都卜勒法求取三度空間的風場與回波合成圖，不但驗證先前飛機原位量測資料的研究結果，如：此對流系統水汽含量豐富，具二維性結構和升流速度最大可達  $4\text{m/s}$ ，而且更發現此系統內部出現局部環流，最強回波的雲雨區介於  $0.5\text{km}$  至  $5.5\text{km}$  的高度之間，高層受西風影響有向東傾斜的現象。

（二）對 IOP 9而言，因缺乏 "L" 類型的飛行，使得雷達資料無法合成以進行鋒面內部運動場的分析，但仍可獲知此鋒面系統有強盛的對流胞伴隨，應是鋒前暖濕空氣受鋒面抬升所引發的。

此外，值得注意的是本文計算垂直速度時，採用非彈性連續方程從  $0.5\text{km}$  的高度向上積分至  $14.5\text{km}$ ，這與 Ray et al. (1980) 和 Lin et al. (1986) 所建議的向下積分不同，他們認為向下積分可將  $w$  誤差的方差 (variance) 壓抑，使得調整後的  $w$  剖面在上、下邊界出現零值。本研究進行中，曾嘗試向下積分，但計算出來的  $w$  值在  $54\text{km} \times 54\text{km}$  水平分析範圍的東側出現不合理的大值，也許與徑向風速的主觀分析過程有關，需進一步研究。

## 誌謝

感謝台灣大學大氣科學系飛機與都卜勒雷達實驗室提供軟、硬體設備。游政谷和王國珍先生在電腦程式設計與使用的幫助，使得本研究得以順利完成，亦特此致謝。本研究在國科會自然處專案計畫 NSC82-0115-C-002-0033 資助下完成。

## 五、參考文獻

- 何台華、張茂興與周仲島，1990：利用飛機實測資料分析 TAMEX IOP 10對流雲帶的動力場和動量傳送。天氣分析與預報研討會，107-114。
- 何台華、張茂興與周仲島，1992：TAMEX 期間弱擾動冷鋒之中尺度動力場分析。天氣分析與預報研討會，109-117。
- 周仲島與游政谷，1991：TAMEX 期間海上中尺度對流系統之飛機雷達觀測個案研究，大氣科學，vol 19, NO.2, 149-176。
- 游政谷，1991：台灣東部海面中尺度對流系統內部結構分析—飛機都卜勒雷達的應用。台灣大學大氣科學研究所碩士論文，84頁。
- Jorgensen, D.P., M.A. LeMone, and B. J.D. Jou, 1991: Precipitation and kinematic structure of an oceanic mesoscale convective system. Part I: Analysis of airborne Doppler radar data. Mon. Wea. Rev., 119, 2608-2637.
- Jorgensen, D.P., P.H. Hildebrand, and C.L. Frush, 1983: Feasibility test of an airborne pulse-Doppler meteorological radar. J. Climate Appl. Meteor., 22, 744-757.

Lhermitte, R.M., 1971: Probing of atmosphere motion by airborne pulse-Doppler radar techniques. J. Appl. Meteor., 10, 234-246.

Lin, Y.J., T.C. Wang & J.H. Lin, 1986: Pressure & temperature perturbations within a squall-line thunderstorm derived from SESAME dual-Doppler data. J. Atmos. Sci., 43, 2302-2327.

Ray, C.L., Ziegler, W. Bumgarner & R.J. Serafin, 1980: Single- and multiple Doppler radar observation of tornado storms. Mon. Wea. Rev., 108, 1607-1625.

Ray, P.S., D.P. Jorgensen and Sue-Lee Wang, 1985: Airborne Doppler radar observations of a convective storm. J. Climate Appl. Meteor., 24, 688-698.

Shuman, F.G., 1957: Numerical methods in weather prediction: II Smoothing and filtering. Mon. Wea. Rev., 85, 357-361.

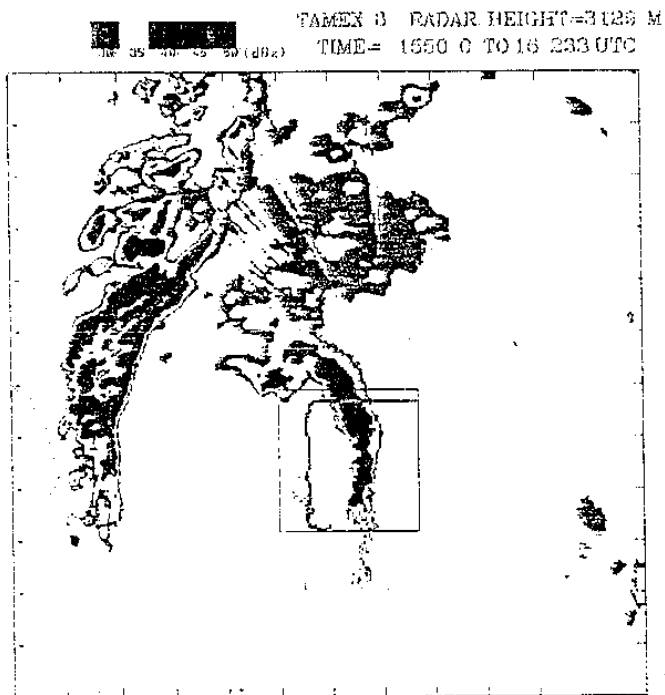


圖 1. 1987年 6月16日 (TAMEX IOP 10) 155000 至 160233UTC P-3 飛機機腹雷達 PPI 回波圖。大正方形水平範圍為 240公里×240公里，左下方的原點經緯度為 (21.32° N, 120.52° E)，圖中較小的正方形為雷達資料分析範圍，水平大小為 54公里×54公里，左下角的位置為 (21.9° N, 121.49° E)，實直線代表飛機的飛行路徑，此時飛機飛行高度平均為 3129公尺。

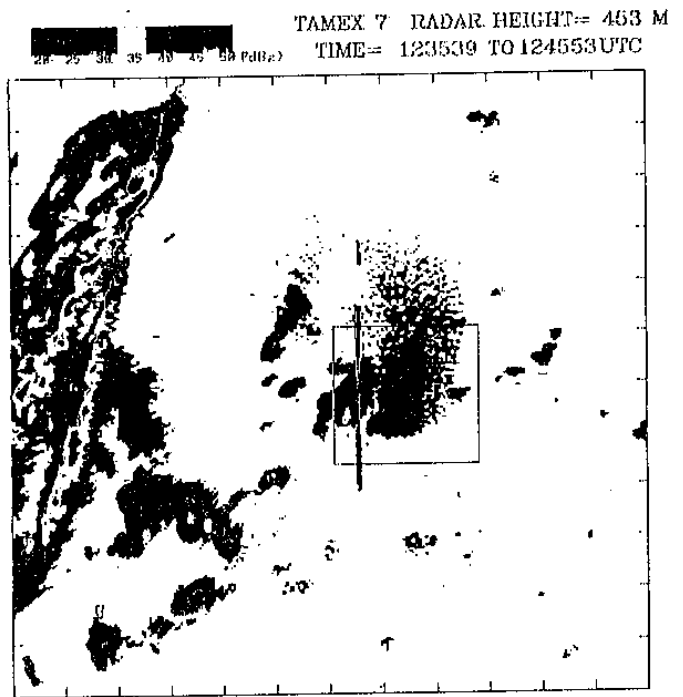


圖 2. 1987年 6月15日 (TAMEX IOP 9) 123539 至 124553UTC P-3 飛機機腹雷達 PPI 回波圖。大正方形水平範圍為 240公里×240公里，左下方的原點經緯度為 (22.40° N, 122.20° E)，圖中較小的正方形為雷達資料分析範圍，水平大小為 54公里×54公里，左下角的位置為 (23.2° N, 122.40° E)，實直線代表飛機的飛行路徑，此時飛機飛行高度平均為 453公尺。

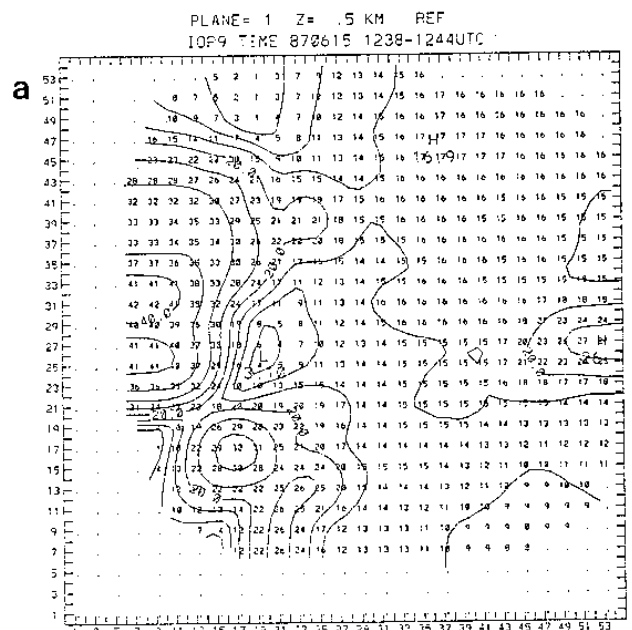


圖 3 (a)

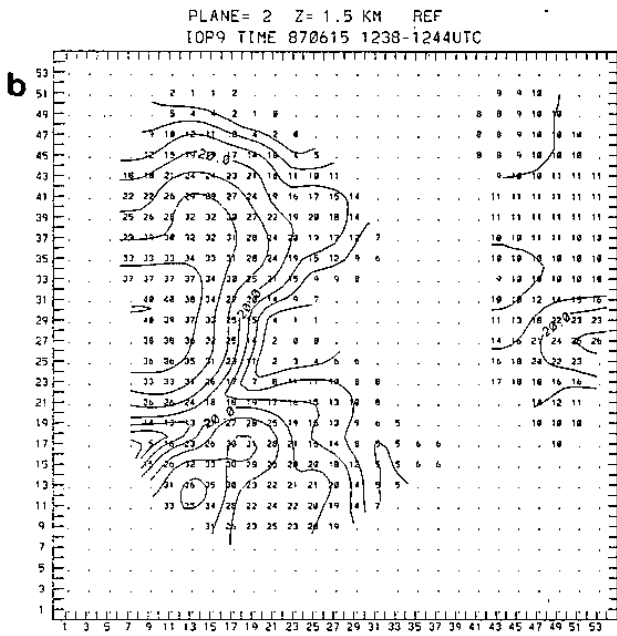


圖 3 . (a)、(b)分別代表 1987年 6月 15日 1238-1244UTC 機尾雷達資料合成之 0.5公里、1.5 公里各高度的水平回波分佈。圖中的數值代表回波大小 (dBZ)，回波等值線間距為 5dBZ。

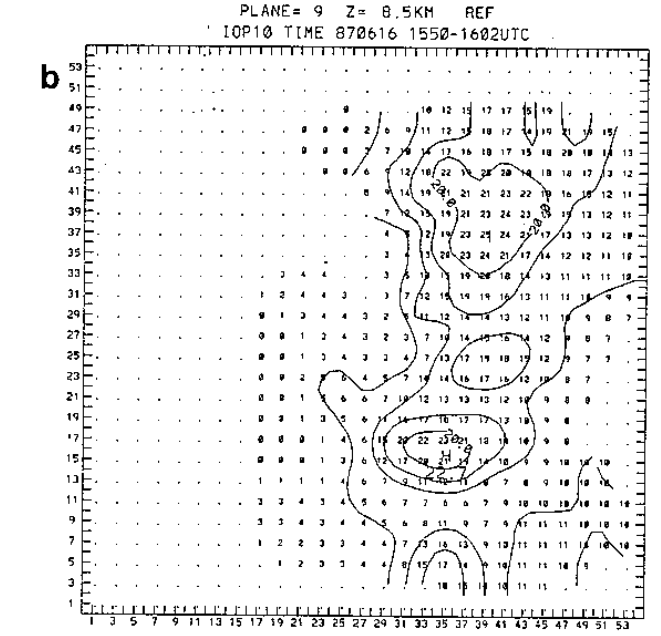
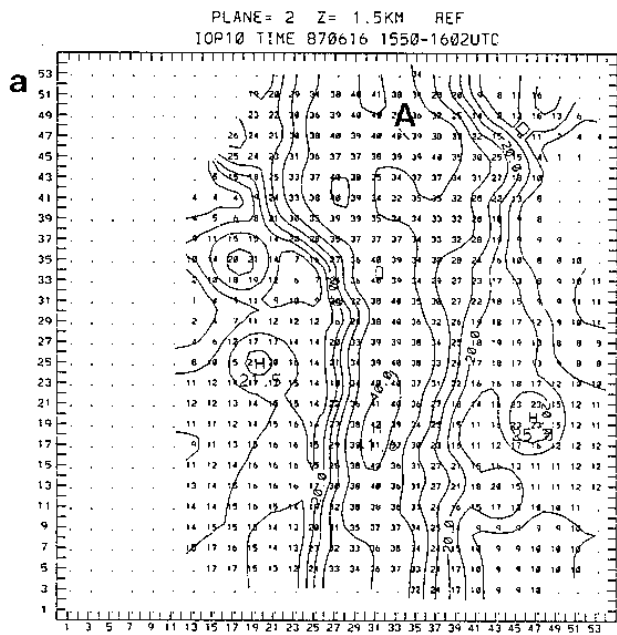


圖 4 . (a)、(b) 分別代表 1987年 6月 16日 1550-1602UTC 機尾雷達合成之 1.5公里和 8.5公里各高度的水平回波分佈。圖中的數值代表回波大小 (dBZ)，回波等值線間距為 5dBZ。

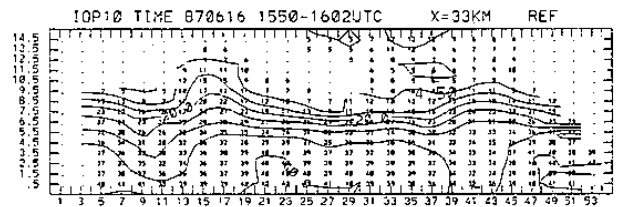


圖 5 . 1987年 6月 16日 1550-1602UTC 機尾雷達資料在圖 4 中當 X=33公里時所合成之南北回波剖面圖。高度變化 0.5 公里到 14.5 公里。

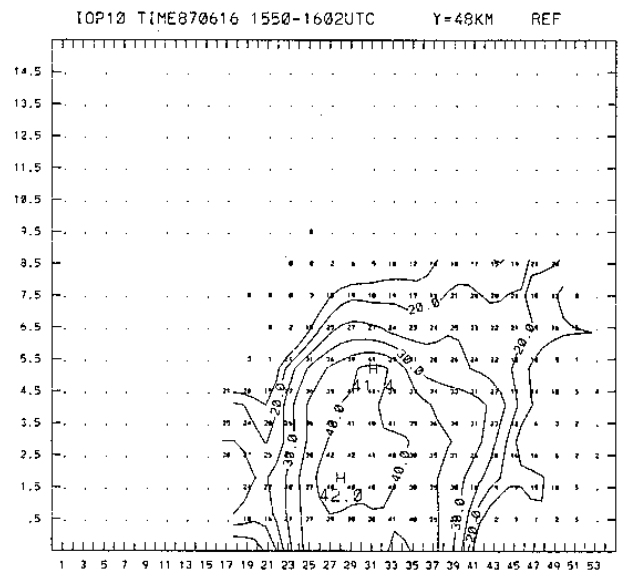


圖 6 . 1987年 6月 16日 1550-1602UTC 機尾雷達資料在圖 4 中當 Y=48公里時所合成東西回波剖面圖。垂直方向從 0.5 公里到 14.5 公里。

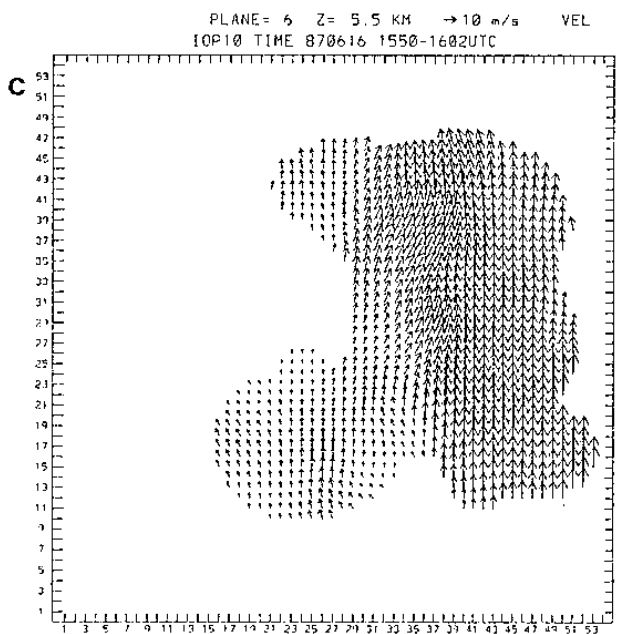
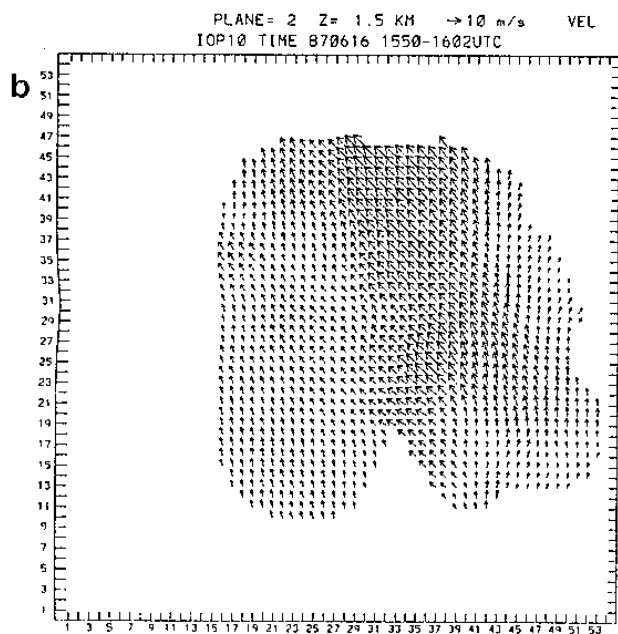
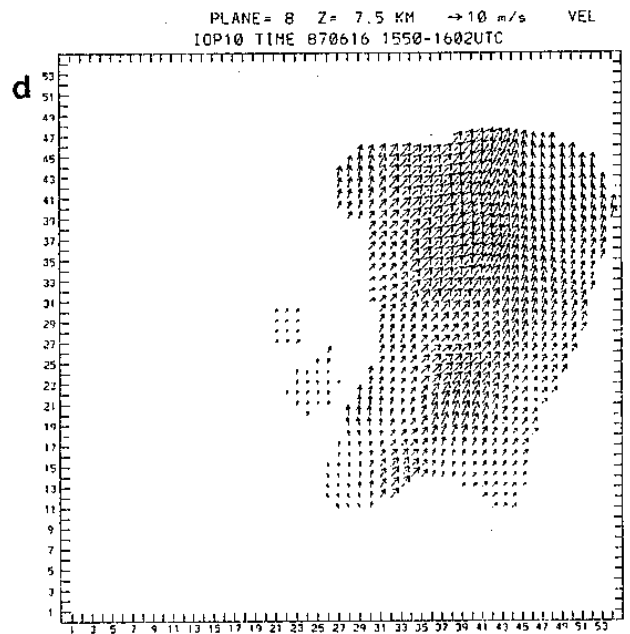
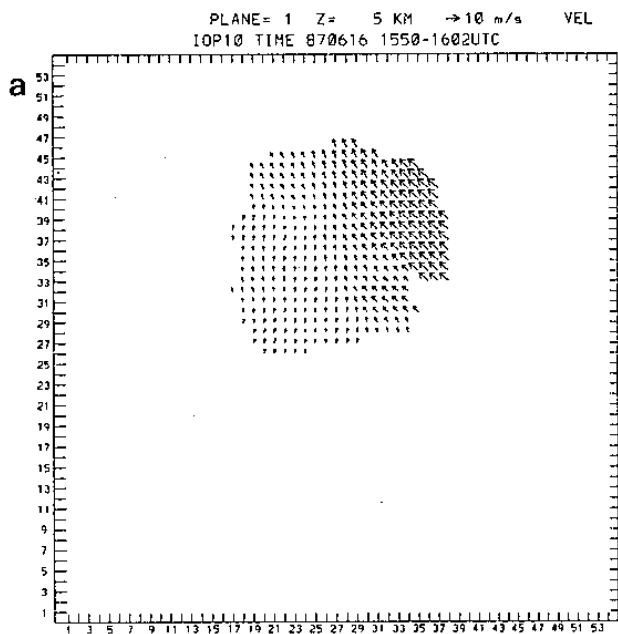


圖 7. (a)、(b)、(c)、(d) 分別代表 1987年 6月 16日 1550-1602UTC 合成之 0.5公里、1.5 公里、5.5公里和 7.5公里各高度的水平風場分析。右上方的箭頭長度代表 10m/s 的風速。

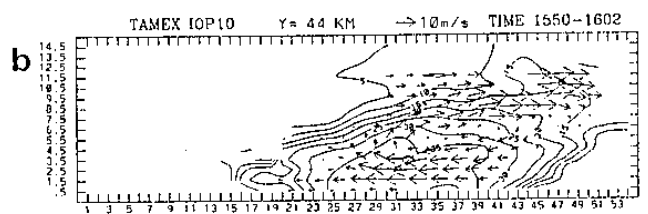
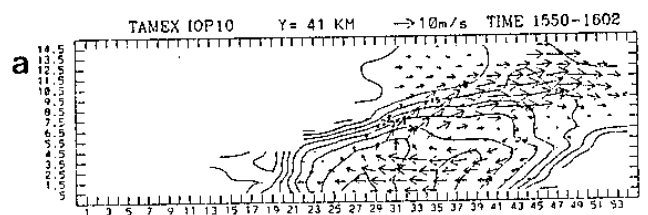


圖 8. 1987年 6月 16日 1550-1602UTC 在圖 7 (a) Y=41公里, (b) Y=44公里之東西向回波與風場剖面圖。實線為回波等值線, 間隔為 5dBZ。

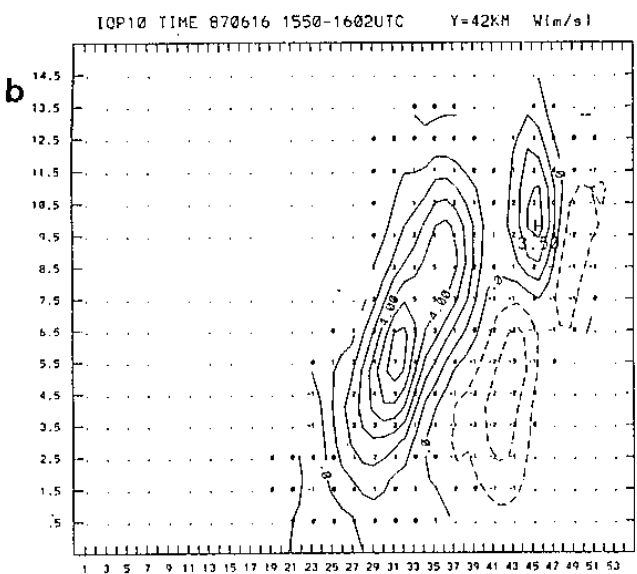
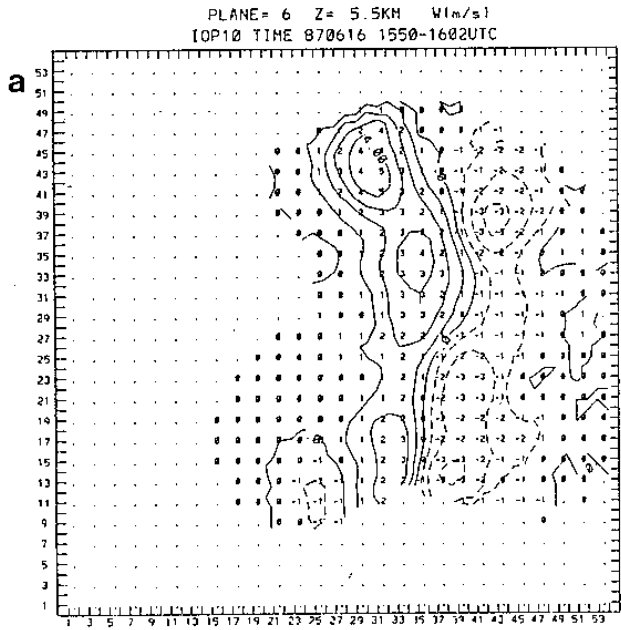


圖 9 . 1987年 6月16日 1550-1602UTC (a) 高度為5.5公里之垂直速度 (w) 分佈狀況，  
(b) Y=42公里之東西向垂直速度分佈剖面圖。實線為等速度線，間隔為1m/s。

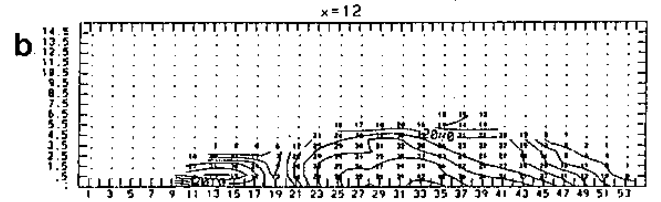
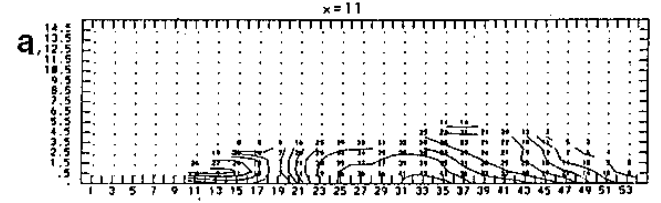


圖 10. 1987年 6月15日 1238-1244UTC 機尾雷達資料在圖 4 (a) X=11公里，(b) X=12公里所合成之南北回波剖面圖。



STUDY ON THE FINE STRUCTURES OF TWO CONVECTIVE SYSTEMS  
OVER THE TAIWAN AREA USING AIRBORNE DOPPLER RADAR DATA

Tai-Hwa Hor and Mou-Hsiang Chang  
Dept. of Applied Physics  
Chung Cheng Inst. of Tech.

Ben Jong-Dao Jou  
Dept. of Atmospheric Sciences  
National Taiwan University

ABSTRACT

The purposes of the study are to investigate the 3-D structures of the Mei-Yu front (TAMEX IOP 9) and the convective cloud band (TAMEX IOP 10) off the east coast of Taiwan based on the NOAA P-3 airborne radars and compare with the observational results using the aircraft in-situ measurement data in order to more detailedly understand the fine structures of these two systems and determine the possible mechanisms for their maintenance.

The primary findings are (1) the maximum reflectivity within the two convective cells of the cold front over the ocean was about 30 dBZ and the cloud top reached 7.5 km. The y-z vertical profile in reflectivity resembles the cross section of the perturbed air density composited from the aircraft in-situ data; (2) based on the pseudo-dual-Doppler analysis scheme, the 3-D wind field of the convective cloud band featured a secondary circulation with moist southeasterly inflow in low level and westerly outflow in upper level as well as a tilting toward east with the cloud top of 10 km in altutude. This flow pattern helped the persistence of the banded cloud system.

