

# 交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

## 台灣南部地區氣象雷達加強觀測計畫

計畫類別：國內 國外

計畫編號：MOTC-CWB-98-2M-08

執行期間：98年2月25日至98年12月31日

計畫主持人：陳台琦

執行單位：國立中央大學大氣物理研究所

中華民國98年12月

# 交通部中央氣象局 2009 年度政府部門科技計畫期末摘要報告

計畫名稱：台灣南部地區氣象雷達加強觀測計畫

審議編號： X 部會署原計畫編號： MOTC-CWB-98-2M-08

主管機關： 交通部中央氣象局 執行單位： 國立中央大學大氣物理研究所

計畫主持人： 陳台琦 聯絡人： 張雅亭

電話號碼： 03-4227151 轉 65505 傳真號碼： 03-4256841

期程： 2009 年 02 月 25 日 至 2009 年 12 月 31 日

經費：(全程) 750 仟元 經費(年度) 750 仟元

執行情形：

1.執行進度：

	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	0
全程	100	100	0

2.經費支用：

	預定	實際	支用率 (%)
當年	75000	71000	94.7
全程	75000	71000	94.7

3.主要執行成果：

2009 年 6 月 3 日~6 月 16 日前往嘉義朴子的圍潭堤防(6 月 3 日至 14 日)、嘉義鰲鼓溼地(6 月 15 日)與雲林台西海埔新生地(6 月 16 日)進行移動式偏極化都卜勒雷達觀測，測試掃描策略、進行雙都卜勒風場反演及降水估計分析，增加對西南氣流降水系統的了解。

4.計畫變更說明：無

5.落後原因：無

6.主管機關之因應對策(檢討與建議)：

## 摘要

2008 年移動式偏極化/都卜勒雷達建置完成。雙偏極化雷達可觀測系統中降水粒子之雲物理特性，包括雨滴粒徑分佈，及降水粒子之分類，如冰晶、雪花、冰雹、霰或過冷水滴等。颱風及梅雨系統在台灣西部海岸、平原及山區所造成的豪大雨是風雨預報中極困難的一環，而豪大雨的成因受到地形與西南氣流交互作用的影響，是相當複雜的現象，偏極化雷達對於中尺度降水機制可提供較深入的觀測，並與模式結果驗證。本計畫研究團隊曾於 2008 年度針對雲嘉南地區進行現地勘查，已找到數個狀況良好的觀測地點。在 2009 年度計畫期間，以移動式偏極化都卜勒雷達前往中南部地區，配合氣象局現有雷達網及空軍雷達網，依天氣狀況進行實際觀測，測試不同觀測策略，並評估(1)偏極化雷達降雨估計功能，(2)與現有都卜勒雷達網進行雙都卜勒風場合成，(3)電磁波衰減修正方法。在 2009 年 6 月 3 日至 6 月 15 日分別於嘉義朴子溪圍潭堤防、嘉義鰲鼓溼地及雲林麥寮進行移動式偏極化都卜勒雷達的觀測，測試不同觀測策略並進行雙都卜勒分析，本計畫目的為評估南部地區氣象雷達加強觀測之效益。

# 目錄

計畫期末摘要報告.....	I
摘要.....	II
目錄.....	III
表目錄.....	IV
圖目錄.....	V
第一章 前言.....	1
第二章 計畫目的.....	4
2.1 觀測策略.....	4
2.2 野外觀測規畫.....	5
第三章 計畫成果.....	6
3.1 2009 年梅雨季節嘉南平原加強觀測.....	7
3.2 梅雨鋒面系統(6 月 4 日).....	12
3.2.1 鋒面雨帶的雙都風場合成.....	19
3.2.2 偏極化雷達估計雨量與雨滴譜儀的驗證.....	22
3.3 西南氣流個案(6 月 12 日).....	25
3.3.1 西南氣流影響下深對流系統之雙都卜勒風場分析.....	30
3.4 嘉義鰲鼓溼地與雲林台西海埔新生地.....	34
3.5 掃瞄策略.....	38
3.6 儀器維護與提高後勤作業能力.....	44
3.7 重要儀器之配合使用情形.....	45
第四章 結論.....	46
第五章 未來展望.....	47
參考文獻.....	48
附件一 衰減修正及系統偏移修正方法.....	49
附件二 X-波段移動式雷達常態校驗及維護表.....	60

## 表目錄

表 1：觀測時間 PRF 對照表 .....	8
表 2：2009 年 06 月 04 日掃描策略範例.....	13
表 3：2009 年 06 月 04 日雙都卜勒風場合成時間對照表.....	17

## 圖目錄

圖 1：中央大學負責之國科會移動式雙偏極化 X-波段雷達(Team-R) .....	3
圖 2：TEAM-R 雲嘉南觀測地點：嘉義朴子、鰲鼓溼地、麥寮位置。圖中並標有雷達間之距離與其它作業雷達位置：氣象局七股雷達、空軍馬公與清泉崗雷達。 .....	3
圖 3：(a)以圍潭堤防為中心，雷達電磁波可觀測之最低仰角(度)，(b)觀測最低高度(m)。 .....	9
圖 4：圍潭堤防觀測期間，觀測儀器及相關物件擺設圖。 .....	9
圖 5：圍潭堤防觀測現場，進行每日儀器例行檢查及發電機加油工作。 .....	9
圖 6：圍潭堤防觀測期間(2009 年 6 月 3 日至 14 日)，每日降雨量分布情形。 .....	11
圖 7：2009 年 6 月 4 日圍潭堤防觀測鋒前西南氣流產生的零散對流系統，對流生成於台灣海峽與沿岸地區(0545 UTC)，朝陸地移動並移至山區增強(0622 UTC)。a 和 d 為回波場( $Z_{HH}$ )、b 和 e 為相關係數( $\rho_{HV}$ )、c 和 f 為比差異相位差( $K_{DP}$ )。 .....	14
圖 8：2009 年 6 月 4 日七股雷達觀測梅雨鋒面雨帶 $Z_{HH}$ 分布，(a)110152、(b)111652、(c)113152、(d)114652、(e)120152、(f)121652、(g)123152、(h)124652。 .....	15
圖 9：2009 年 6 月 4 日圍潭堤防觀測梅雨鋒面雨帶 $Z_{HH}$ 分布，(a)110000、(b)111522、(c)113035、(d)115503、(e)120419、(f)121629、(g)123146、(h)124704。 .....	16
圖 10：2009 年 6 月 4 日圍潭堤防觀測鋒面系統(1201 UTC)。a 為回波場( $Z_{HH}$ )、b 為差異相位差( $Z_{DR}$ )、c 為相異象位差( $\Phi_{DP}$ )、d 為徑向風場、e 為相關係數( $\rho_{HV}$ )、f 為比差異相位差( $K_{DP}$ )。 .....	18
圖 11：(a)1115UTC、(b)1201UTC、(c)1210UTC、(d)1225UTC 一公里高度雙都卜勒風場合成，原點為圍潭堤防。 .....	21
圖 12：TEAM-R 所估計的降雨量與嘉義測站雨滴譜儀的時間序列比較圖，(a) $R(K_{DP})$ 紅色星號(*)，時間解析度為 3 分鐘，雨滴譜儀為藍色實線，時間解析度為 1 分鐘。(b)同(a)但是紅色星號為 $R(Z)$ 。 .....	23
圖 13：TEAM-R 所估計的降雨量與阿里山測站雨滴譜儀的時間序列比較圖。(a) $R(K_{DP})$ 紅色星號(*)，時間解析度為 3 分鐘，雨滴譜儀為藍色實線，時間解析度為 1 分鐘。(b)同(a)但是紅色星號為 $R(Z)$ 。 .....	24
圖 14：2009 年 6 月 12 日七股雷達觀測西南氣流對流系統 $Z_{HH}$ 分布，(a)020150、(b)023150、(c)024650、(d)031650、(e)033921、(f)035420。 .....	27

圖 15：2009 年 6 月 12 日圍潭堤防 TEAM-R 雷達觀測西南氣流對流系統 $Z_{HH}$ 分布， (a)020005、(b)022918、(c)024851、(d)031810、(e)033746、(f)035716。.....	28
圖 16：2009 年 6 月 12 日西南氣流帶來的對流系統(0318 UTC)。a 為回波場( $Z_{HH}$ )，b 為 比差異相位差( $K_{DP}$ )。.....	29
圖 17：以雷達為原點，沿圖 15 中(-10,-60)至(30,-20)的垂直剖面。分別為回波場( $Z_{HH}$ )、 差異相位差( $Z_{DR}$ )、比差異相位差( $K_{DP}$ )和相關係數( $\rho_{HV}$ )。.....	29
圖 18：(a)0318UTC、(b)0338UTC 一公里高度雙都卜勒風場合成，原點為圍潭堤防。 .....	31
圖 19：(a)0308UTC 雙都卜勒風場合成通過 Y=-39 公里之東西方向垂直剖面箭頭代表東 西方面的風與垂直風的向量和，向量的長度為風速的大小、(b)0318UTC，Y=-37 公 里、(c)0318UTC，Y=-29 公里、(d)0337UTC，Y=-47 公里，原點為圍潭堤防。 ..	33
圖 20：TEAM-R 雷達於 6 月 15 日至鰲鼓溼地堤防進行午後熱對流觀測。.....	35
圖 21：6 月 15 日全台降雨量。.....	35
圖 22：0916 UTC 時沿方位角 54 度進行 RHI 掃描，以獲得高空間解析度的垂直結構。 (a)回波( $Z_{HH}$ )、(b)相關係數( $\rho_{HV}$ )、(c)差異反射率( $Z_{DR}$ )、(d)比差異相位差( $K_{DP}$ ) 和(e) 徑向風場( $V_r$ )。.....	36
圖 23：TEAM-R 雷達於 6 月 16 日至台西麥寮堤防進行午後熱對流觀測。.....	37
圖 24：2009 年 6 月 16 日全台降雨量。.....	37
圖 25：6 月 16 日 0630 UTC 時的 PPI 掃描圖，分別為回波( $Z_{HH}$ )，相關係數( $\rho_{HV}$ ) 和徑 向風( $V_r$ )。.....	38
圖 26：相關係數大於 0.9 以每 0.01 為間隔的百分比。.....	40
圖 27：(a)、(b)、(c)分別為 150 度、180 度、210 度 $Z_{DR}$ 的 RHI 掃描結果。(d)、(e)、(f) 分別為 150 度、180 度、210 度 $K_{DP}$ 的 RHI 掃描結果。(g)、(h)、(i)分別為 150 度、 180 度、210 度 $Z_{HH}$ 的 RHI 掃描結果。.....	41
圖 28：(a)為沿方位角 150 度衰減修正前之回波強度( $Z_{HH}$ ，紅色)及修正後(藍色)的比較， (b)圖則為差異反射率( $Z_{DR}$ )的修正，圖(c)則為相位差( $\Phi_{DP}$ )，圖(d)為比差異相位差 ( $K_{DP}$ )。.....	43

# 第一章 前言

台灣地區近年來飽受颱風豪雨肆虐，中央大學大氣科學系雷達實驗室為提升雷達降水估計與預報能力，從 2003 年至 2004 年由氣象局、水利署、中央大學、國科會、民航局和中科院支持下，同步進行 C-band 都卜勒觀測及雙偏極化升級的工作，並於 2004 年 11 月完成雙偏極化功能之升級。雙偏極化功能除了可在三維空間中測量水滴大小、扁平度與粒子個數分佈等雨滴譜儀參數外，提供不受地形影響之電磁波相位資料。在美國、日本與澳洲地區的研究中指出，藉由偏極化雷達資料可觀測到的雨滴粒徑尺寸分布特徵，可得到更精確的降水估計應用結果(Bringi and Chandrasekar, 2001)。台灣地區地形複雜，地基式雷達受限於地形常有觀測資料不足的問題，故台灣首部移動式 X-波段雙偏極化雷達(Team-R)於 2008 年建構完成，由國科會補助，中央大學負責執行，並於 2008 年 6 月參與西南氣流觀測實驗。

氣象雷達可以提供如颱風路徑強度、梅雨豪大雨中尺度系統及正確降雨量等重要氣象防災資訊(Battan, 1973)。在過去數年內，如敏督利颱風、卡玫基颱風，及多次梅雨季節中在台灣西南部造成嚴重淹水事件，氣象局雷達網均能觀測到這些豪大雨的回波及都卜勒風場，已對防災提供重要的防災應變資料(Doviak and Zrnica, 1984)。本計畫的主要目的為採用移動式偏極化都卜勒雷達(圖 1)，配合氣象局現有雷達網及空軍氣象雷達

網，將雷達車前往適當地點，針對梅雨或颱風季可能產生豪大雨的降水系統進行密集觀測。在 2008 年計畫中已勘查台南、嘉義、雲林三縣，包括嘉義朴子、鰲鼓溼地、麥寮海邊等地點(圖 2)，可密集觀測海峽、平原及山區大雨中心，配合七股雷達與清泉崗雷達，此三個可能站址均擁有觀測不同方位(海上或山區)之降水系統的彈性，在今年計畫中支援西南氣流實驗，於 2009 年 6 月 3 日至 6 月 15 日分別於嘉義朴子溪圍潭堤防、嘉義鰲鼓溼地及雲林麥寮進行移動式偏極化都卜勒雷達的觀測，測試不同觀測策略並進行雙都卜勒分析，有助於掌握強降水之對流系統，提供正確降雨量估計之重要氣象防災資訊，依天氣狀況進行實際觀測，並評估(1)偏極化雷達降雨估計功能，(2)與現有都卜勒雷達網進行雙都卜勒風場合成，(3)電磁波衰減修正方法，估算校正後回波及差異反射率，並與實際雨量觀測結果進行比對校驗。



圖 1：中央大學負責之國科會移動式雙偏極化 X-波段雷達(Team-R)



圖 2：TEAM-R 雲嘉南觀測地點：嘉義朴子、鰲鼓溼地、麥寮位置。圖中並標有雷達間之距離與其它作業雷達位置：氣象局七股雷達、空軍馬公與清泉崗雷達。

## 第二章計畫目的

本計畫今年主要工作目的為針對嘉義或台南等縣以移動式雙偏極化都卜勒雷達(TEAM-R)進行觀測。工作目標可分為下列三項：

- (1)測試移動式偏極化雷達降雨可測範圍。
- (2)測試與現有雷達網雙都卜勒風場合成時空解析度。
- (3)測試偏極化雷達資料衰減及修正方法。

為達成以上的目標，有以下的工作項目：

- (1)設計不同觀測策略及資料品管設定，測試移動式偏極化雷達風場及降雨參數品質及可測範圍。
- (2)配合七股及清泉崗雷達掃描策略，制定移動式雷達雙都卜勒協同觀測策略。
- (3)針對強降水系統收集高時間解析度垂直剖面雙偏極化雷達資料。
- (4)針對強降水系統收集高時間解析度低層降雨估計雷達資料。
- (5)計算偏極化雷達降雨估計並與雨滴譜儀及雨量計網做比較。

### 2.1 觀測策略

以下為達到計畫目標所設計之觀測策略：

- (1)當降水系統離海岸 70 公里時，開始進行與七股或清泉崗雷達同步雙雷達協同觀測，並適當的調整往復頻以求得最佳之風場。
- (2)雲物理特性觀測，依據降水系統發展的高度及水平範圍，設

計垂直剖面掃描策略，取得高時間解析度雙偏極化雷達參數。

- (3)降雨估計掃描策略，在本計畫進行期間，選擇豪大雨時期進行較低層降雨估計掃描策略，可採取區塊掃描。
- (4)在野外觀測時間配置兩部雨滴譜儀於嘉義測站及阿里山測站進行協同觀測。

## 2.2 野外觀測規畫

依據本計畫的經費預計進行十至十五天的觀測，配合 2009 年西南氣流實驗在梅雨季節選擇合適的天氣做天氣事件的野外觀測。觀測地點包括：嘉義縣朴子溪圍潭堤防、雲林縣麥寮海邊、嘉義鰲鼓溼地三個地點分別觀測，依天氣系統做最佳化的選擇。

- (1)梅雨鋒面個案：選擇在朴子溪圍潭堤防與清泉崗雷達、七股雷達及馬公雷達進行不同的區塊掃描 (sector scan)，形成適當的雙都卜勒雷達區(lobe)，設計不同掃描策略。
- (2)雲物理觀測：針對以上兩種個案在適當時機選擇垂直剖面密集觀測。
- (3)密集降雨估計：選擇進行低角度的密集雨量觀測並依照水庫集水區範圍設定掃描區。雨滴譜儀將設置在掃描區內。

### 第三章 計畫成果

2008 年氣象局與國科會共同進行西南氣流實驗，在實驗中針對台灣西南部、平原及山區由多種氣象儀器共同觀測梅雨季節的降水系統，其中包括氣象局本身位於七股及墾丁的 10 公分波長都卜勒雷達、10 公分波長偏極化都卜勒雷達(S-Pol)及 3 公分波長偏極化都卜勒雷達(TEAM-R)，在台灣南部形成多都卜勒雷達網，此實驗資料完整，對台灣南部降水現象研究提供龐大的資源。該實驗的設計偏重高屏河流域，對於嘉義台南沿海一帶僅由氣象局七股雷達為主要觀測儀器。本計畫則於今年配合 2009 年西南氣流實驗在台灣西部海岸，從雲林麥寮、嘉義鰲鼓溼地等地配合清泉崗雷達及七股雷達，進行移動式 3 公分波長偏極化都卜勒雷達觀測，測試不同觀測策略及資料品管設定，加強雲嘉南一帶強降雨事件之觀測，增強偏極化都卜勒雷達對該地區集中降水發生機制之了解。

台灣中南部地區在數種颱風路徑情況下，常有強降水事件的發生，如卡玫基颱風在台南縣 2008 年 07 月 17 日一天的累積雨量超過 300 毫米，但由於該實驗 S-Pol 及 TEAM-R 均放置在屏東縣，無法完整的捕捉此颱風線自海峽移入平原及山區前後的變化，尤其是近地層的風場只有七股的單都卜勒雷達可提供資料，本年的計畫則於此類天氣現象，在朴仔溪圍潭堤防、雲林麥寮或嘉義鰲鼓溼地觀測降水系統的結構，包括低層雙都卜勒風場及雲物理特徵。

### 3.1 2009 年梅雨季節嘉南平原加強觀測

今年中央大學移動式雙偏極化 X-波段雷達(TEAM-R) 針對嘉南平原梅雨季節降水進行為期兩個禮拜的密集觀測，蒐集多種天氣系統的降水資料，包含：梅雨鋒面、西南氣流和午後熱對流…等，並依據對流系統空間分部及其特性採取不同的觀測掃描策略，以獲得高時空解析度風場及垂直向微物理場資訊。此觀測自今年 6 月 3 日至 16 日，觀測地點包括：嘉義朴子的圍潭堤防(6 月 3 日至 14 日)、嘉義鰲鼓溼地(6 月 15 日)與雲林台西海埔新生地(6 月 16 日)。表 1 為雷達觀測時間所採用之往復頻(pulse repetition frequency)，基本上往復頻的設定依靠降水系統覆蓋範圍決定，比較不同的往復頻、樣本數及高度角數的觀測策略及體積掃描時間，並在可能的情況下進行與七股雷達雙都卜勒風場合成。

圍潭堤防位於嘉義縣東石鄉蔦松段(北緯 23 度 28 分，東經 120 度 12 分)，距離海岸線約十公里。經由地形阻擋的模擬結果，可得出雷達電磁波可觀測之最低仰角(圖 3a)與最低高度(圖 3b)，站址西方為台灣海峽，無須考慮地形阻擋，可直接以 0°仰角觀測，並可獲得高度低於 250m 的低層天氣資訊(圖 3b)；東側約二十公里內為雲林嘉義台南平原地區可以低於 1°仰角觀測，山區部分則須以使用 1.5°-3°仰角觀測。TEAM-R 於圍潭堤防觀測期間，觀測儀器及相關物件擺設如示意圖(圖 4)，移動式雷達車車頭朝向西北方，所以受雷達車車頭遮蔽的角度為 270 至 360 度，其他相關物件(如：避雷系統、封鎖線、警示燈…等)設置相關位置如圖中。嘉義朴子圍潭堤防現場實際觀測實景如圖 5，正在進行每日儀器檢查及加油工作。

表 1：觀測時間 PRF 對照表

日期	UTC	PRF	最大觀測距離	最大都卜勒風速
20090603	085601	500	299.8km	3.9 m/s
	100319	1000	149.9km	7.8m/s
	151352	1000	149.9km	7.8m/s
20090604	022426	1000	149.9km	7.8m/s
	024137	1000	149.9km	7.8m/s
	025926	1000	149.9km	7.8m/s
	083701	2000	74.9km	15.6m/s
	144359	1000	149.9km	7.8m/s
	150557	1000	149.9km	7.8m/s
20090605	002900	1000	149.9km	7.8m/s
20090606	023000	1000	149.9km	7.8m/s
20090607	021900	1000	149.9km	7.8m/s
	075840	2000	74.9km	15.6m/s
	144932	1000	149.9km	7.8m/s
20090608	013013	1000	149.9km	7.8m/s
	062730	1000	149.9km	7.8m/s
20090609	040917	1000	149.9km	7.8m/s
20090610	003000	1000	149.9km	7.8m/s
	102159	1000	149.9km	7.8m/s
	231711	2000	74.9km	15.6m/s
20090611	103034	1500	99.9km	11.7 m/s
	142658	1000	149.9km	7.8m/s
	220027	1500	99.9km	11.7 m/s
20090612	000300	1500	99.9km	11.7 m/s
	003041	1500	99.9km	11.7 m/s
	015712	1500	99.9km	11.7 m/s
	101051	1000	149.9km	7.8m/s
20090613	000700	1000	149.9km	7.8m/s
	021202	1500	99.9km	11.7 m/s
	022858(a)	1000	149.9km	7.8m/s
	022858(b)	1500	99.9km	11.7 m/s
	022858(c)	1000	149.9km	7.8m/s
	024753	1500	99.9km	11.7 m/s
	032233	2000	74.9km	15.6m/s
	024753	1500	99.9km	11.7 m/s
	032233	2000	74.9km	15.6m/s
	034210	2000	74.9km	15.6m/s
	041749	1000	149.9km	7.8m/s
	043552	1500	99.9km	11.7 m/s
	084700	2000	74.9km	15.6m/s
204746	1500	99.9km	11.7 m/s	
20090614	000156	500	299.8km	3.9 m/s
	041154	1000	149.9km	7.8m/s
	180857	1000	149.9km	7.8m/s
20090515	000000	1000	149.9km	7.8m/s
	003826	1000	149.9km	7.8m/s
	043229	1500	99.9km	11.7 m/s
	091113	1000	149.9km	7.8m/s
20090616	061958	1000	149.9km	7.8m/s

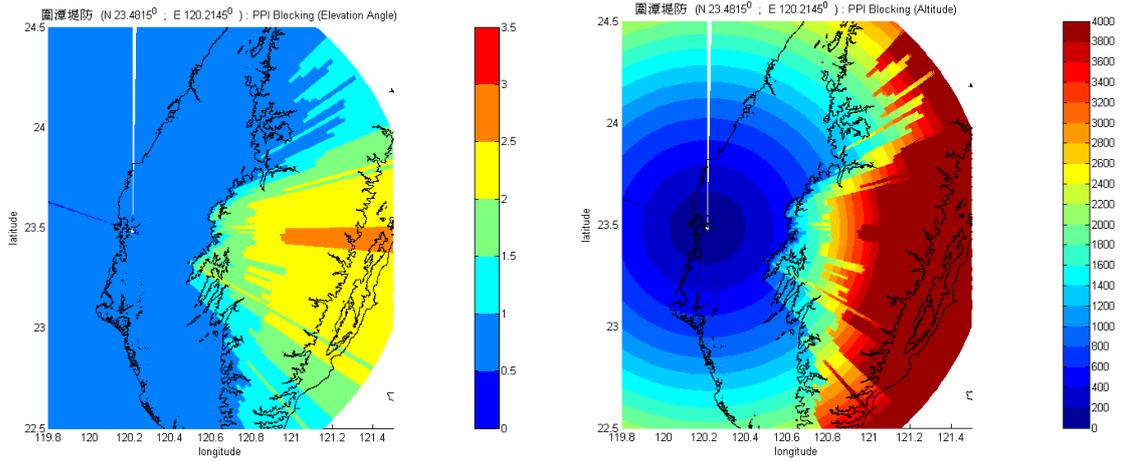


圖 3:(a)以圍潭堤防為中心，雷達電磁波可觀測之最低仰角(度)，(b)觀測最低高度(m)。

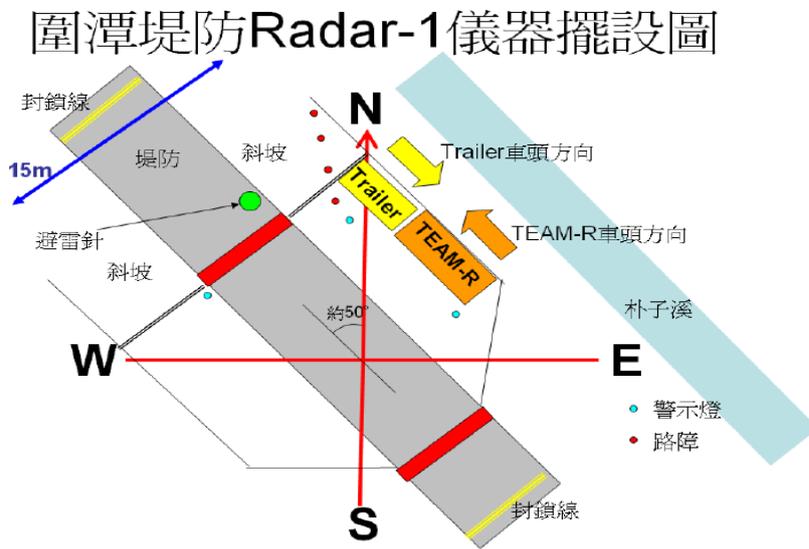


圖 4：圍潭堤防觀測期間，觀測儀器及相關物件擺設圖。



圖 5：圍潭堤防觀測現場，進行每日儀器例行檢查及發電機加油工作。

TEAM-R 雷達於圍潭堤防觀測期間(6月3日至6月14日)全台每日累積降雨量(圖6);6日至10日午後熱對流生成於靠近平地的山坡上,而後往山區移動,降水集中在台灣西半部山區,日降雨量大多低於30毫米。期間有兩波伴隨鋒面系統通過的降水事件,分別為:4日、12至14日;4日為一個東西走向的梅雨鋒面雨帶逐漸南移;12日為鋒面前受西氣流影響的降水,部分對流生成於近陸地的海面上,向陸地移入加強。以下將初步探討鋒面系統(4日)與西南氣流引進對流(12日)之個案。

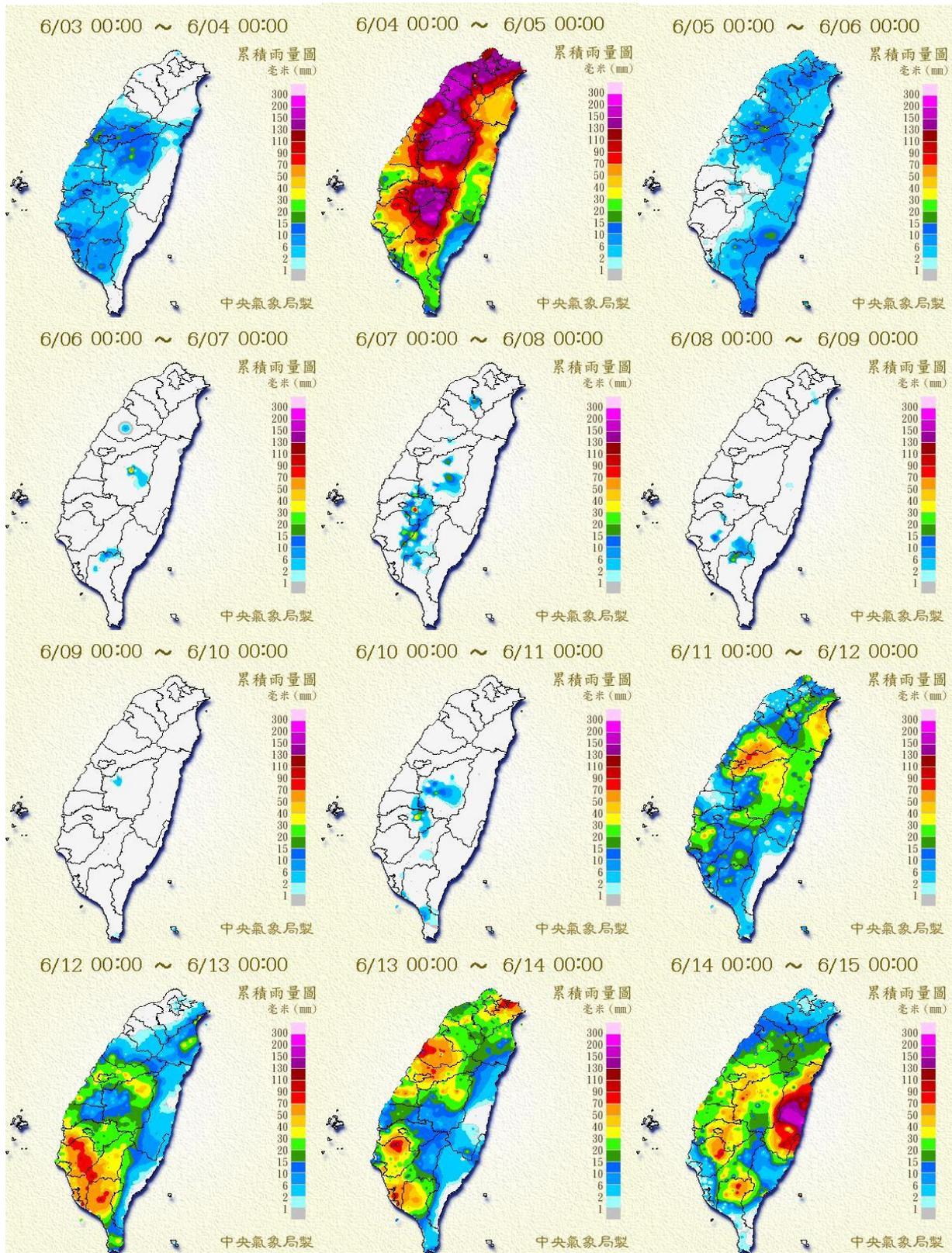


圖 6：圍潭堤防觀測期間(2009年6月3日至14日)，每日降雨量分布情形。

### 3.2 梅雨鋒面系統(6月4日)

6月4日強降雨主要集中於(圖6)於台灣北部沿岸、中部山區與嘉南高雄山區，日降雨量超過100mm。表2為當日掃描策略，此波南部山區降水主要分為鋒面前西南氣流所導致的降水(圖7, 0545 UTC 和 0622 UTC)。在西南氣流吹拂下，於台灣海峽靠近沿岸地區產生零星對流胞(圖7a)，東西走向，略呈現規律波狀排列，可由高相關係數( $\rho_{HV}>0.9$ )明顯(圖7b)看出對流胞輪廓，並持續向西往陸地移動同時成長，約半小時後移至山區(圖7e)，受地形影響而增強，雷達回波(圖7d)和比差異相位差(圖7f)在山坡處皆有顯著增加，雨量集中於山區。此時觀測策略針對雨量估計搭配部分垂直微物理資料蒐集所設計，故使用六個低仰角( $1^\circ$ 、 $1.5^\circ$ 、 $2^\circ$ 、 $2.5^\circ$ 、 $3^\circ$ 、 $3.5^\circ$ )全掃描(full scan)與三個RHI(Range-Height indicator)掃描，其方位角位於 $85^\circ$ 、 $87^\circ$ 、 $89^\circ$ ，靠近雨滴譜儀上空。接近1101UTC 此時七股雷達及圍潭堤防移動式雷達均觀測到一個明顯的東西走向鋒面雨帶，此時TEAM-R仍採取上述的掃描策略為配合與七股作雙都卜勒雷達合成此體積掃描策略亦調整為每7.5分鐘左右，可進行低層風場的合成。圖8為七股雷達1101UTC~1146UTC回波圖，圖9為TEAM-R之1101UTC~1300UTC之間選擇每間隔一個體積掃描的回波分布，此系統在第一個小時內以約每小時10公里的速度南移，從1201UTC至1300UTC此系統的東側接觸地形逐漸變為南北走向西側則持續向南移動並減弱但已無法維持完整的帶狀結構。TEAM-R由於此雨帶為東西走向，衰減的情況不嚴重，除了在西南西方40公里有比較明

顯的衰減外，觀測到與七股非常接近的回波形態。

表 2：2009 年 06 月 04 日掃描策略範例

時間	策略名稱	掃描方式	觀測角度	掃描時間	PRF	Max Range	Max Wind
2009-0604 024137	FULL_A FULL_B	PPI-FULL RHI	FULL_A→EL total:8 FULL_B→AZ total:3	6m57s 1m49s	1000	149.9km	7.8m/s
2009-0604 025926	FULL_A FULL_B	PPI-FULL RHI	FULL_A→EL 1 1.5 2 2.5 3 3.5 total:6 FULL_B→AZ85 87 89 total:3	5m11s 1m56s	1000	149.9km	7.8m/s
2009-0604 074243	發電機加油						
2009-0604 080028	FULL_A FULL_B	PPI-FULL RHI	FULL_A→EL 1 1.5 2 2.5 3 3.5 FULL_B→AZ85 87 89	5m12s 1m56s	1000	149.9km	7.8m/s
2009-0604 083701	T_SEC_S_P	PPI-FULL	EL 1 1.5 2 2.5 3 3.5	3m47s	2000	74.9km	15.6m/s
2009-0604 084048	FULL_A FULL_B	PPI-FULL RHI	FULL_A→EL 1 1.5 2 2.5 3 3.5 FULL_B→AZ85 87 89	5m8s 1m48s	1000	149.9km	7.8m/s
2009-0604 095931	T_SEC_S_P	PPI-FULL	EL 1 1.5 2 2.5 3 4 5 7 9 12 16		2000	74.9km	15.6m/s
2009-0604 100800	T_SEC_S_P	PPI-FULL	EL 1 1.5 2 2.5 3 4 5.5	3m3s	2000	74.9km	15.6m/s
2009-0604 144359	FULL_A FULL_B	PPI-FULL RHI	FULL_A→EL 1 1.5 2 2.5 3 3.5 FULL_B→AZ85 87 89	5m12s 1m49s	1000	149.9km	7.8m/s
2009-0604 150557	T_SEC_S_P	PPI-FULL	EL 1 1.5 2 2.5 3 4 5.5	5m55s	1000	149.9km	7.8m/s

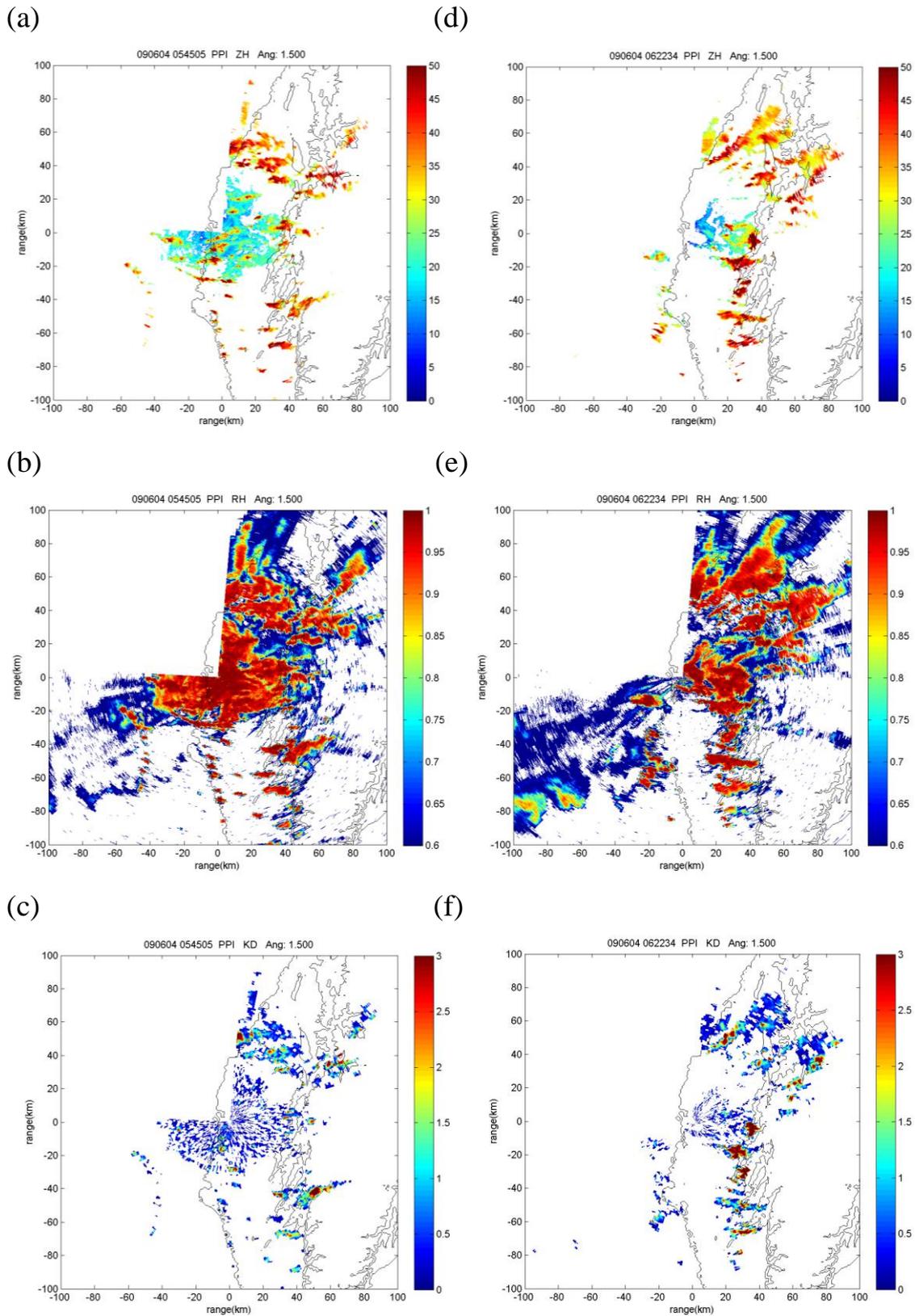


圖 7：2009年6月4日圍潭堤防觀測鋒前西南氣流產生的零散對流系統，對流生成於台灣海峽與沿岸地區(0545 UTC)，朝陸地移動並移至山區增強(0622 UTC)。a和d為回波場( $Z_{HH}$ )、b和e為相關係數( $\rho_{HV}$ )、c和f為比差異相位差( $K_{DP}$ )。

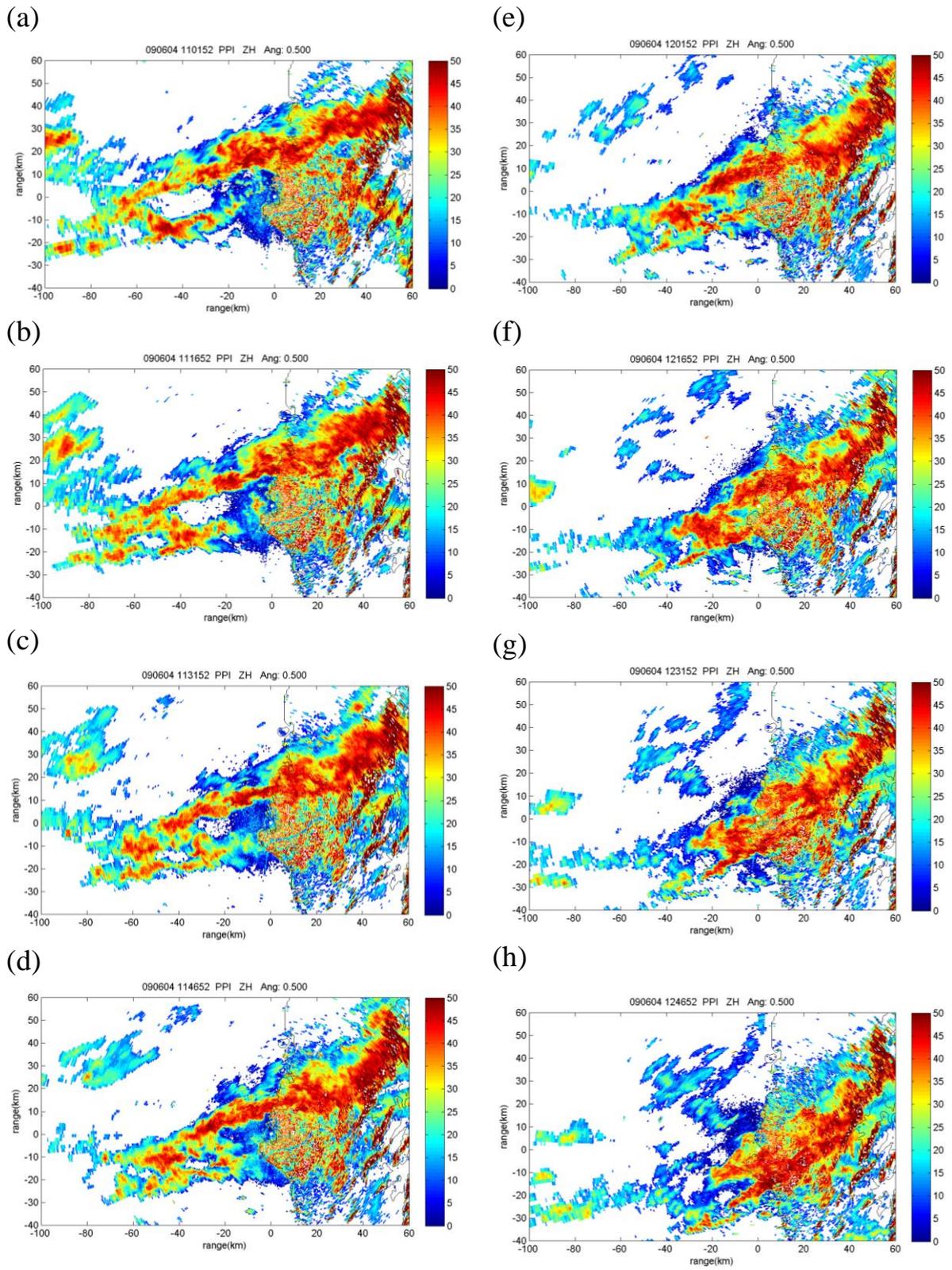


圖 8：2009年6月4日七股雷達觀測梅雨鋒面雨帶 $Z_{HH}$ 分布，(a)110152、(b)111652、(c)113152、(d)114652、(e)120152、(f)121652、(g)123152、(h)124652。

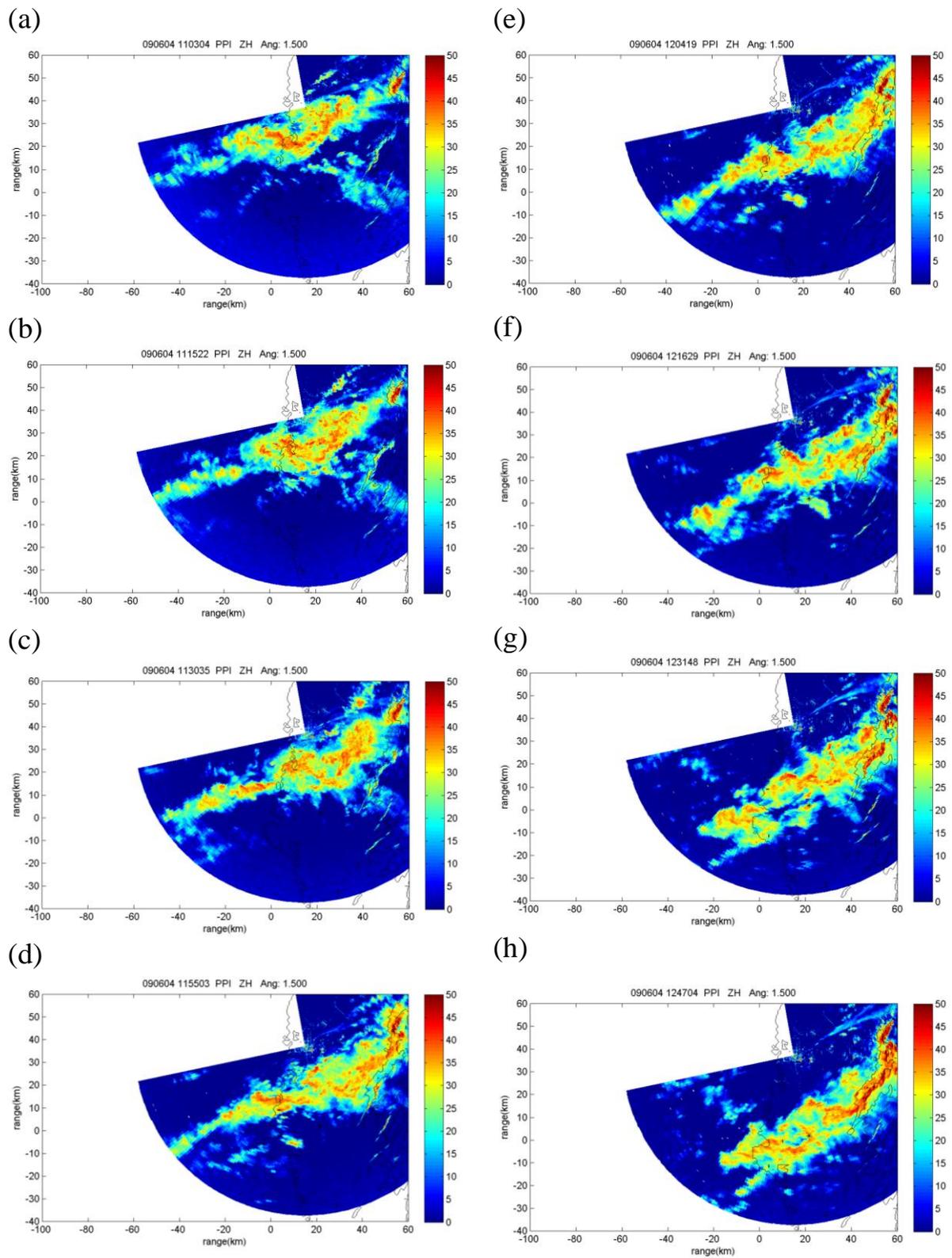


圖 9：2009年6月4日圍潭堤防觀測梅雨鋒面雨帶 $Z_{HH}$ 分布，(a)110000、(b)111522、(c)113035、(d)115503、(e)120419、(f)121629、(g)123146、(h)124704。

鋒面系統由台灣北部向南移動，圖 10 為鋒面移經 TEAM-R 附近時 1201UTC 的觀測結果，圖 10(a)中方框為圖 11 的雙都卜勒風場分析範圍，由回波場(圖 10a)和相關係數場(e)可見鋒面結構呈現東北東—西南西走向，在陸地上回波帶較寬廣，單雷達徑向風場顯示在雨帶的西北側，也就是鋒面的後方為偏西風，雨帶的東南側則為強勁的西南風(圖 10d)，此兩個鋒系在雨帶的對流區前緣輻合，鋒面系統在距海岸線東側 10 公里處有明顯風場變化，鋒面前端強對流區( $Z_{HH}>40\text{dBZ}$ )的差異反射率( $Z_{DR}$ ，圖 10b)約為 2dB，雨滴粒徑較大，差異相位差( $\Phi_{DP}$ ，圖 10c)亦在對流前緣快速增加，比差異相位差( $K_{DP}$ ，圖 10f)數值也大於 3。當鋒面接近雷達時為快速獲得低層風場資訊，自 1008UTC 開始到 1407UTC 故掃描策略為七個低層仰角( $1^\circ$ 、 $1.5^\circ$ 、 $2^\circ$ 、 $2.5^\circ$ 、 $3^\circ$ 、 $4^\circ$ 、 $5.5^\circ$ )，PRF(往復頻)設定為  $2000\text{ s}^{-1}$ ，可觀測的最大風速是  $15.6\text{ ms}^{-1}$ ，一次體積掃描時間約 3 分 15 秒。表 3 為可與七股作雙都合成的時間，共有 22 筆。

表 3：2009 年 06 月 04 日雙都卜勒風場合成時間對照表

TEAM-R	七股	TEAM-R	七股	TEAM-R	七股
105959	110152	120109	120152	125310	125422
110303		120413		125614	
110606		120717		125917	
110910	110923	121020	120922	130221	130153
111213		121324		130524	
111517	111652	121628	121652	130828	130922
111820		121932		131131	
112124		122235		131434	
112427	112422	122538	122423	131738	131652
112731		122842		131941	
113034	113152	123145	123152	132345	132422
113337		123449		132648	
113641		123753		132952	
113944	113922	124057	123922	133255	133152
114248		124400		133558	
115159		124703	124652	133901	133922
115502	115422	125006		134205	
115806				134508	134652

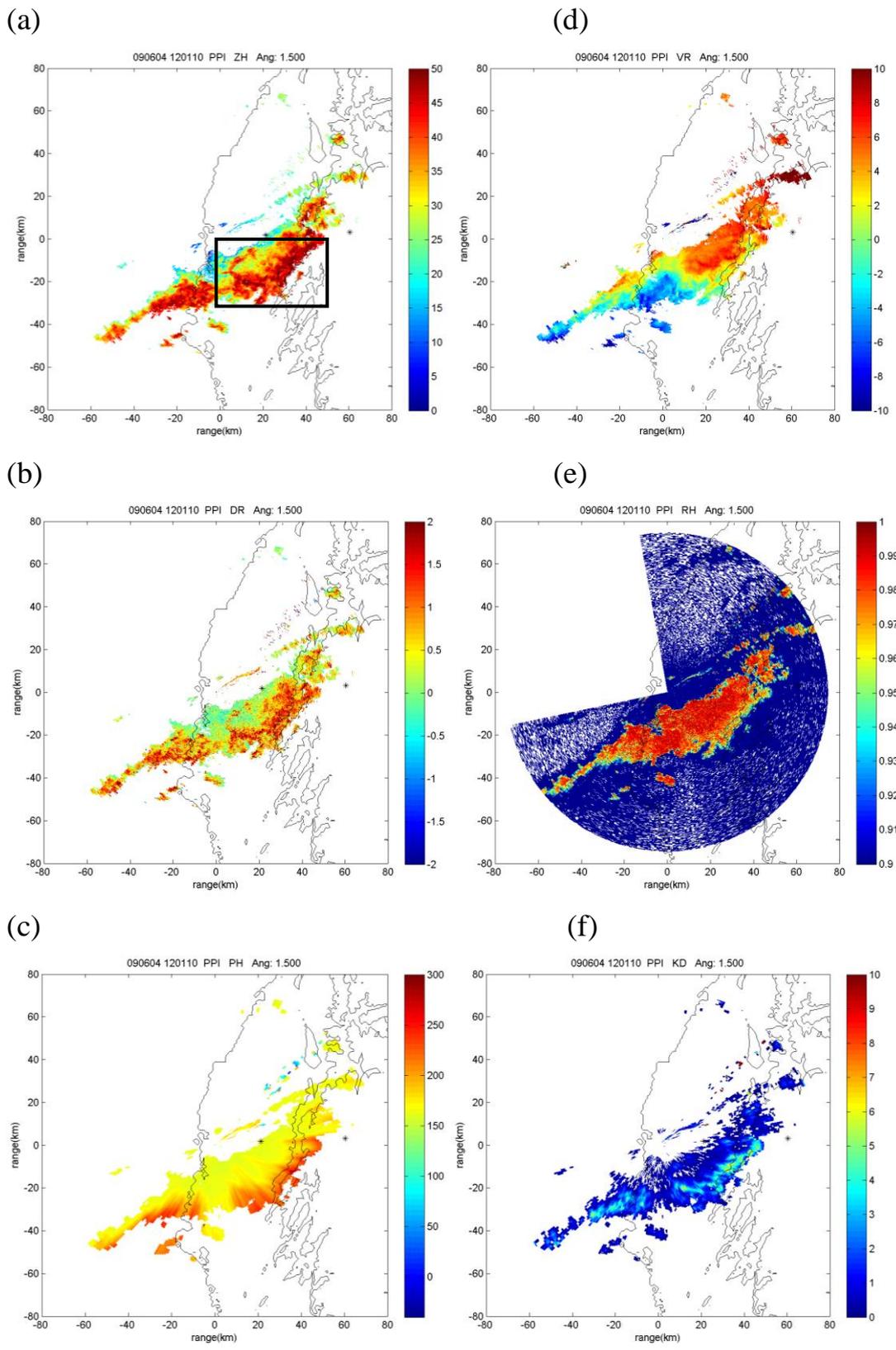
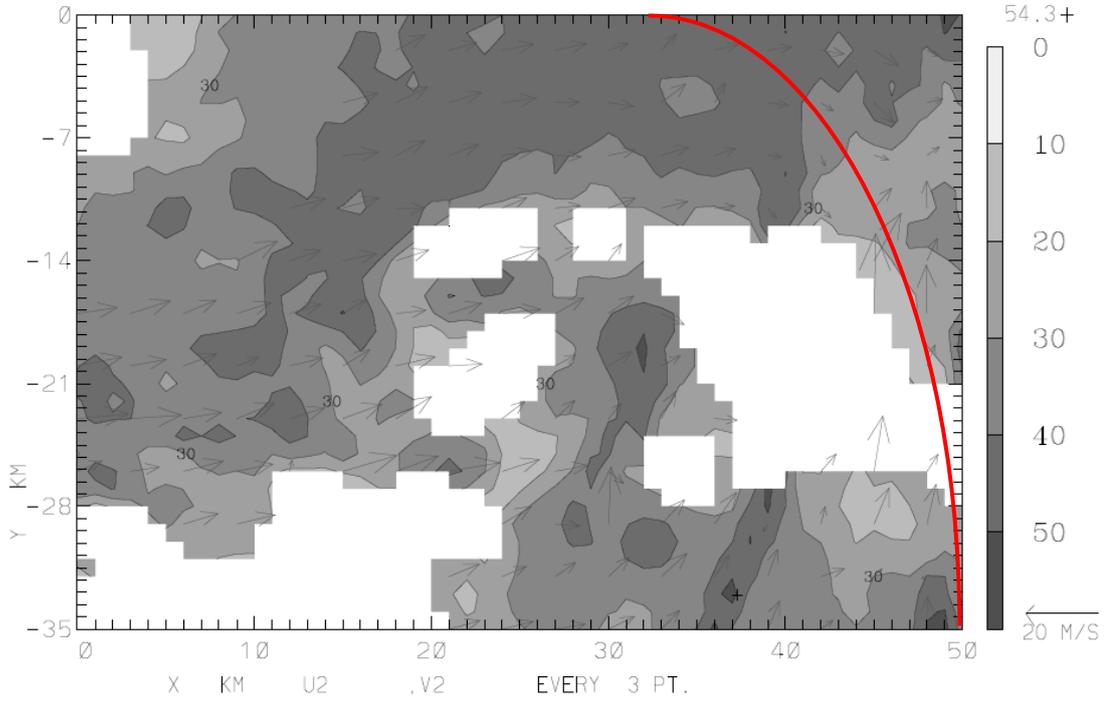


圖 10：2009 年 6 月 4 日圍潭堤防觀測鋒面系統(1201 UTC)。a 為回波場( $Z_{HH}$ ) 圖中方框為圖 11 的雙都卜勒風場分析範圍、b 為差異相位差( $Z_{DR}$ )、c 為相異象位差( $\Phi_{DP}$ )、d 為徑向風場、e 為相關係數( $\rho_{HV}$ )、f 為比差異相位差( $K_{DP}$ )。

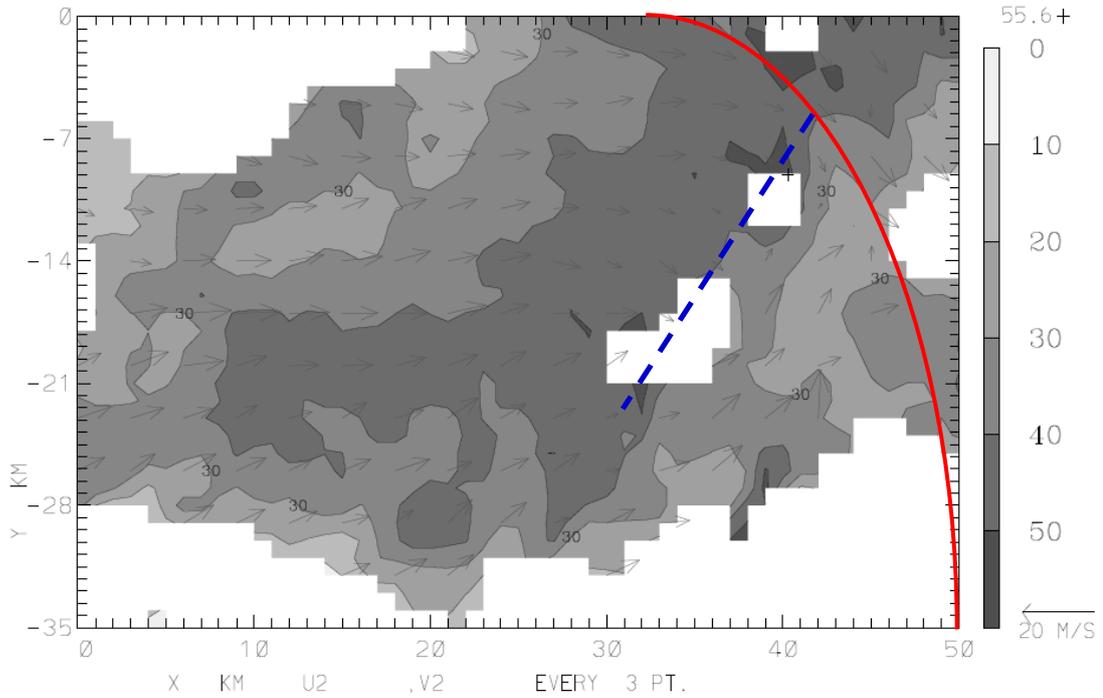
### 3.2.1 鋒面雨帶的雙都風場合成

此個案 TEAM-R 體積掃描策略設定高度角較少，時間較短可以較密集的追蹤低層風場變化，每隔一筆即可與七股雷達配合(每 7.5 分鐘)作雙都分析但無法取得高層的結構，以下選擇了 4 個時間，分別是圖 11(a)1115UTC、(b)1201UTC、(c)1210UTC、(d)1225UTC 來討論低層風場的情況，此圖範圍為圖 10(a)中方框所示。1115UTC 雨帶內主要為偏西南西風，在雨帶的南側回波太弱無法反演足夠的風場，但仍可看出南側有一些偏西南的風場，此圖分析範圍以 TEAM-R 為原點，此圖的右上角已超過雙都風場最佳合成範圍，風場的準確度較低(圖上弧線以外)。圖 11(b)可以非常明顯看出當此雨帶接近地形時其前緣(最強回波)的東南側的風為西南風與雨帶內的偏西風形成輻合帶，此輻合區由虛線顯示，可看出在這三個時間此輻合帶可以持續提供上升運動，並且在靠近地形時，移動逐漸減緩。

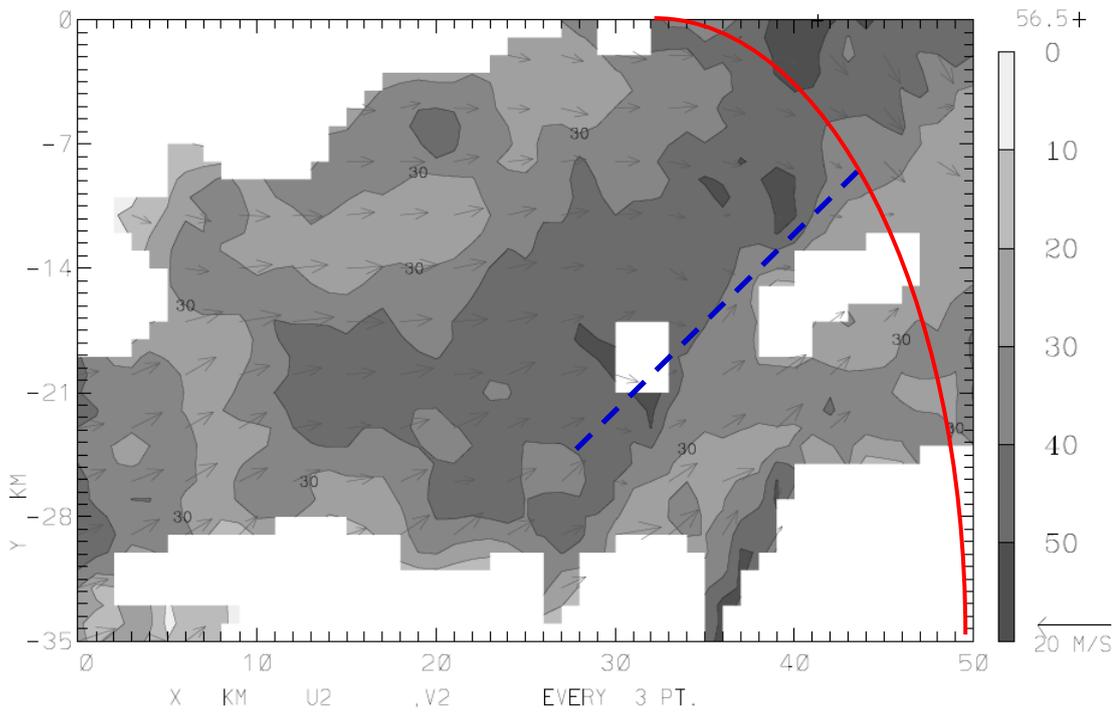
09/06/04 11:15:22-35:18:05 COMBIN Z = 1.00 KM RCCGDZ  
(AS OF 12/04/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG



09/06/04 12:01:28-36:03:48 COMBIN Z = 1.00 KM RCCGDZ  
(AS OF 12/04/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG



09/06/04 12:10:22-36:13:06 COMBIN Z = 1.00 KM RCCGDZ  
 (AS OF 12/04/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG



09/06/04 12:25:44-36:28:28 COMBIN Z = 1.00 KM RCCGDZ  
 (AS OF 12/04/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG

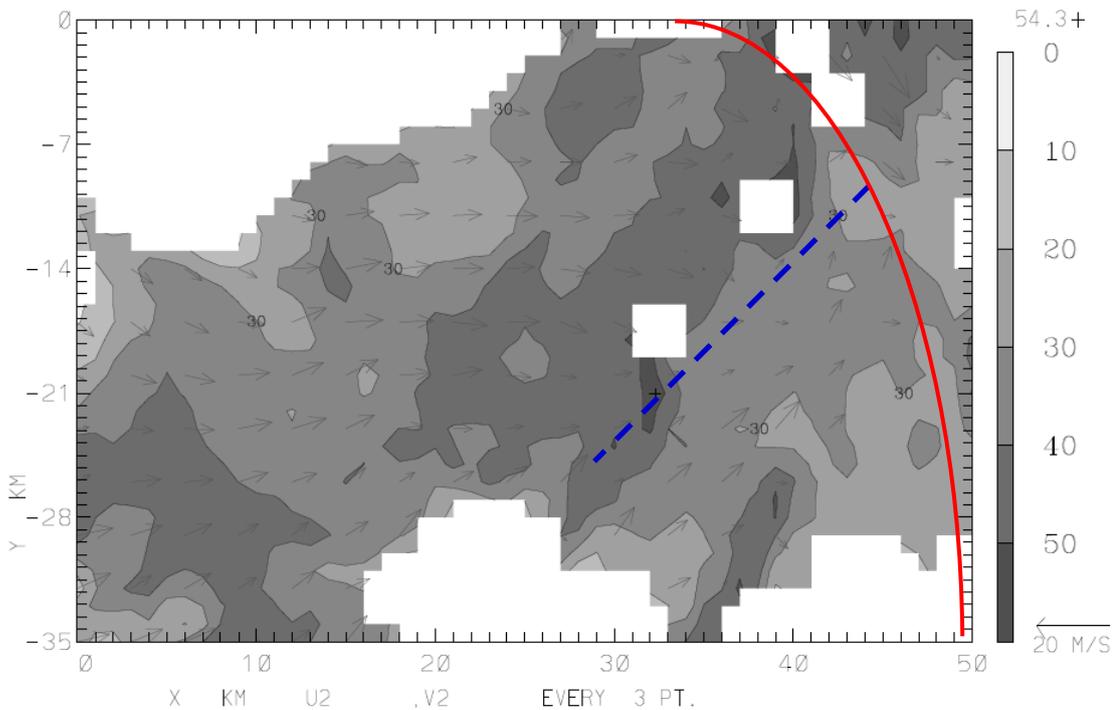


圖 11：分析範圍為圖 10(a)上的方框所示，(a)1115UTC、(b)1201UTC、(c)1210UTC、  
 (d)1225UTC 一公里高度雙都卜勒風場合成，原點為圍潭堤防。

### 3.2.2 偏極化雷達估計雨量與雨滴譜儀的驗證

在本計畫觀測期間，兩部雨滴譜儀分別架設在氣象局嘉義測站及阿里山測站，此兩站都在圍潭堤防的東方，嘉義測站離圍潭堤防約 21.5 公里，阿里山 60.4 公里。圖 12 為 TEAM-R 所估計的降雨量與嘉義測站雨滴譜儀的時間序列比較圖，(a)圖中  $R(K_{DP})$  紅色星號(\*)，時間解析度為 3 分鐘，雨滴譜儀為藍色實線，時間解析度為 1 分鐘。(b)圖中紅色星號為  $R(Z)$ 。從圖中可看出  $R(K_{DP})$  雨量與雨滴譜儀相當的同步，在大雨時約有 2 分鐘左右的时间差，由於此系統移動相當迅速，這時間差是很合理的。圖(b)為  $R(Z)$  在大雨時低估情況較明顯，此處  $R(Z)$  的公式是採用 2008 年西南氣流實驗期間雨滴譜儀計算的結果。圖 13 則為阿里山站的驗證，由於阿里山站緊貼著高山的地形，結果比較差，雷達有數個時間點高估，是  $K_{DP}$  在過濾地形時不能完全清除。將再檢討地形附近資料品質及  $K_{DP}$  計算的方法，相較於  $R(K_{DP})$ ， $R(Z)$  雖有低估，但不會有很大的誤差點，且於 1000UTC 至 1200UTC 之間因雷達站與阿里山測站之間有強降水造成衰減，而無法測得雨量的變化，此為 X 波段雷達的物理限制，如此地建置較長波長如 C 或 S 波段應無此問題。

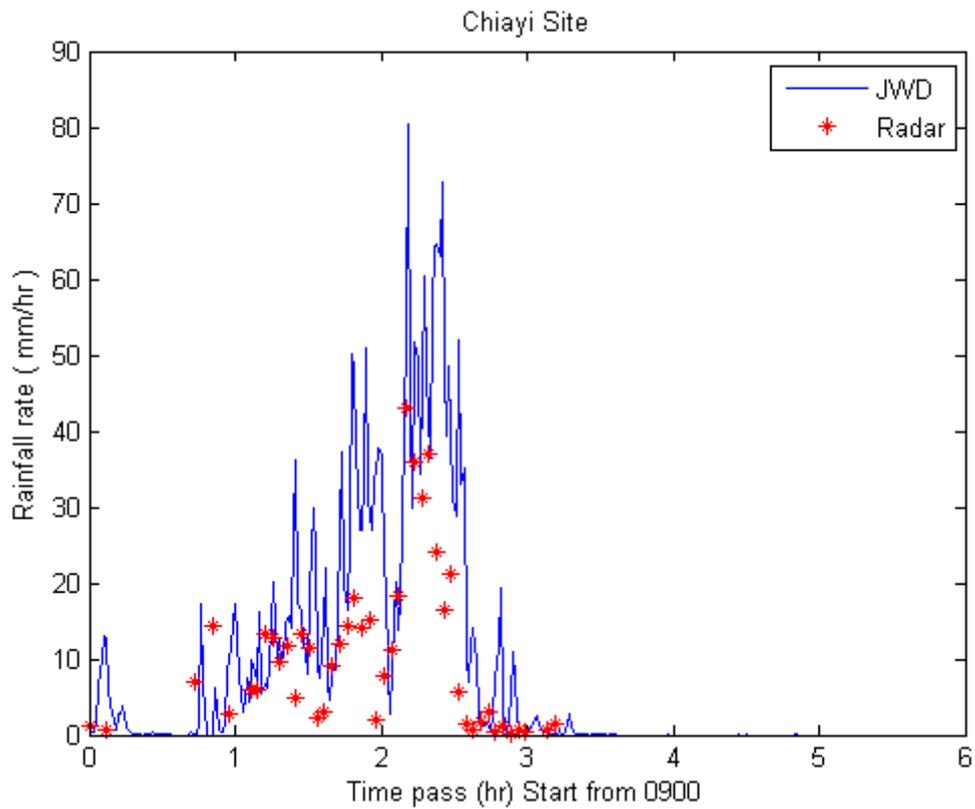
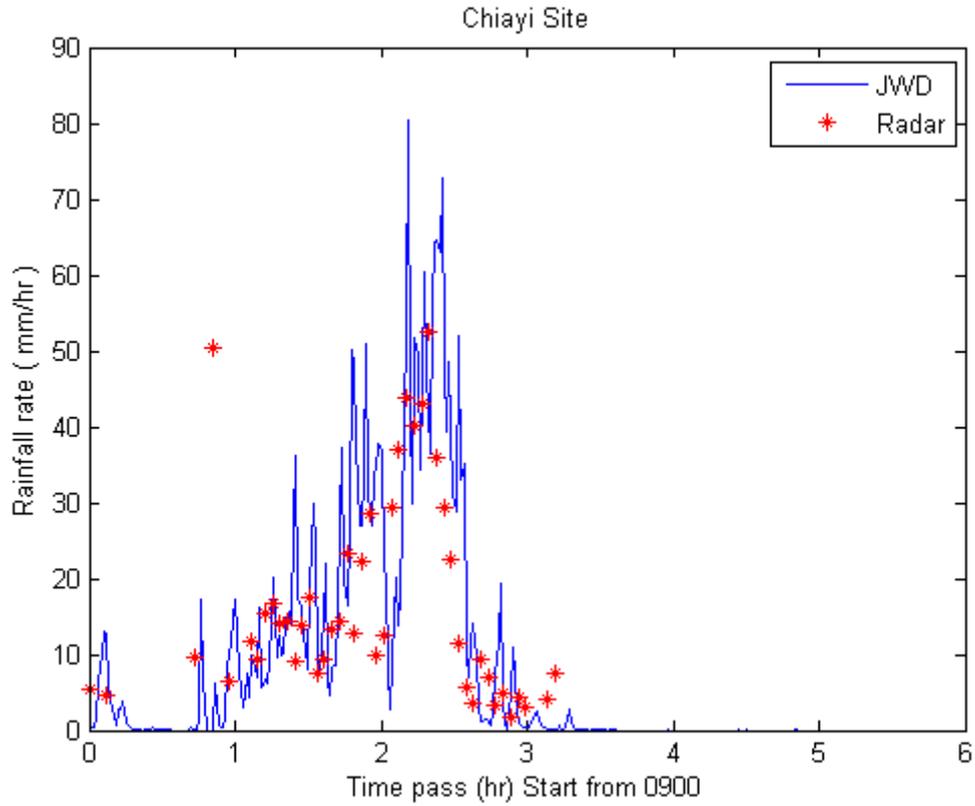


圖 12: TEAM-R 所估計的降雨量與嘉義測站雨滴譜儀的時間序列比較圖，(a) $R(K_{DP})$  紅色星號(\*)，時間解析度為 3 分鐘，雨滴譜儀為藍色實線，時間解析度為 1 分鐘。(b)同(a)但是紅色星號為  $R(Z)$ 。

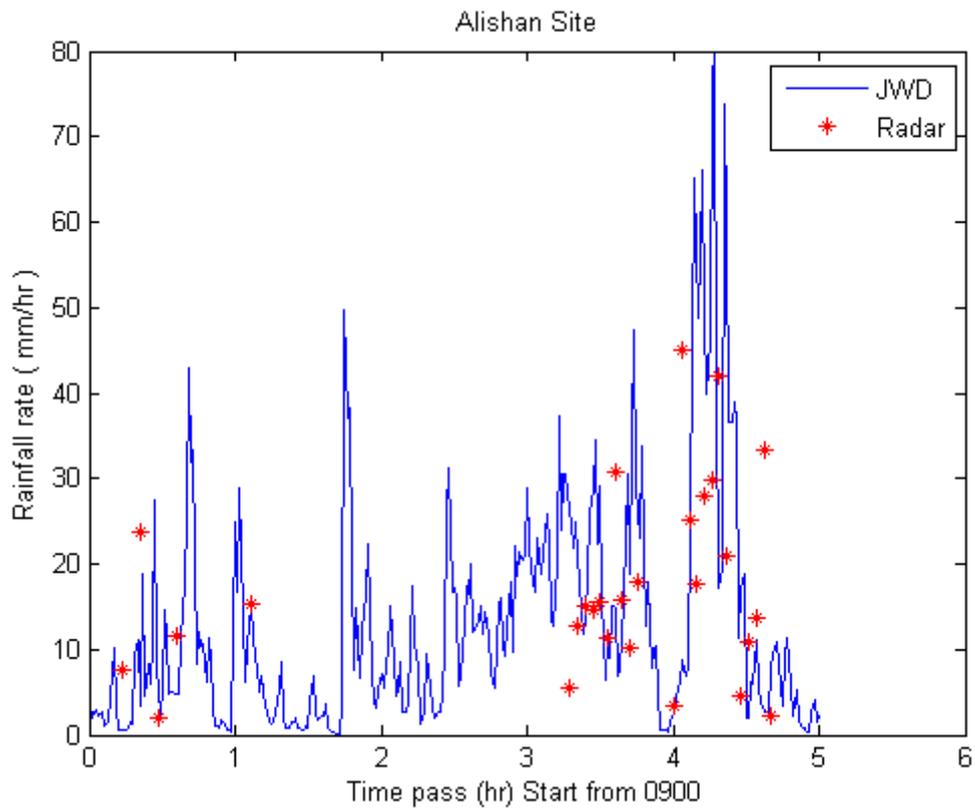
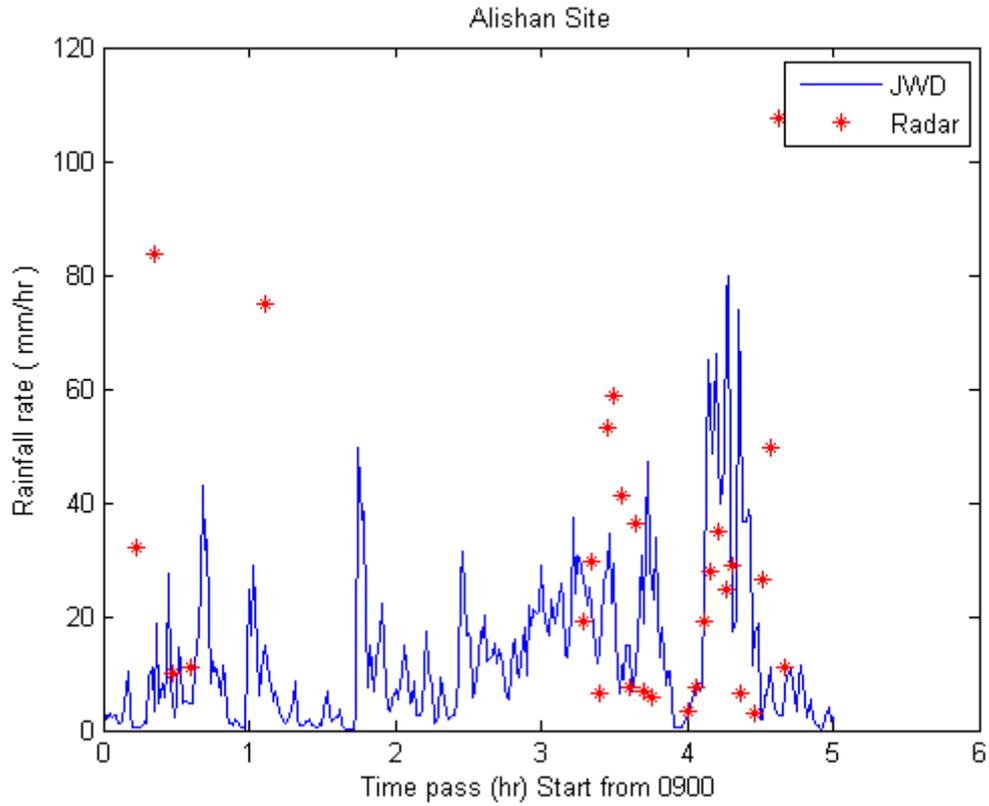


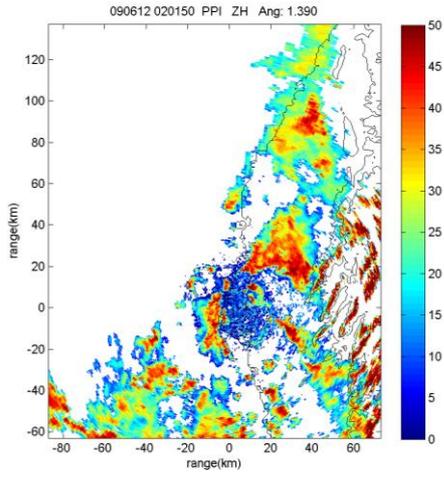
圖 13：TEAM-R 所估計的降雨量與阿里山測站雨滴譜儀的時間序列比較圖。  
 (a)  $R(K_{DP})$  紅色星號(\*), 時間解析度為 3 分鐘, 雨滴譜儀為藍色實線, 時間解析度為 1 分鐘。  
 (b) 同(a)但是紅色星號為  $R(Z)$ 。

### 3.3 西南氣流個案(6月12日)

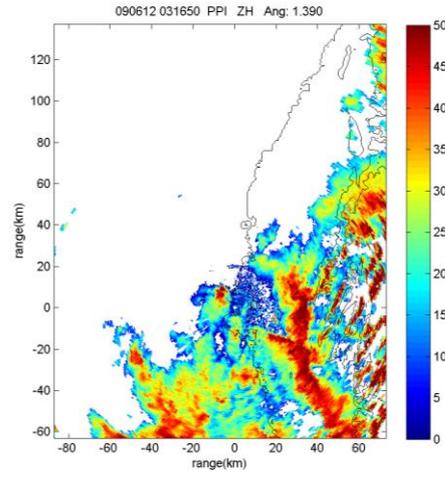
對流系統於海上分散生成，並受環境西南氣流影響，逐漸往東北移動。圖 14 為七股雷達自 0200UTC 至 0400UTC 的回波圖，顯示有兩條主要的南北走向線狀對流快速的自西向東移動。此系統在台南高雄外海從較不規則的小區域對流系統在移上陸地後逐漸與地形平行形成南北走向的雨帶，在接近 0316UTC 時移至中央山脈的西側達到最強的強度。從 0231UTC 起七股雷達站以西 80 公里佈滿了許多深對流在七股站正南方型成一條長約 75 公里南北走向的狹窄雨帶(圖 14(b))，平行此條雨帶以東 20 公里有一條新生的狹窄對流，此對流由數個對流胞組成，半小時後 0316UTC 此新生雨帶增強寬度約為 10 公里(圖 14(d))，其南端漸轉變為西北東南走向，也就是整條雨帶圍繞在 500 公尺等高線外，此時西側的雨帶已完全消失。0339UTC 此雨帶的北側不再移動強度略為減弱但寬度變為更寬，向西擴展至海邊，此雨帶的南側逐漸減弱(圖 14(e))。0354UTC 此系統回復到 2 小時前從海上到平原到坡地較不規則的分布狀態(圖 14(f))。圖 15 則為 TEAM-R 在這兩個小時中選出對照的時間回波圖可看到在 0318UTC 由於這個雨帶排列的方向與雷達的波柱平行發生嚴重的衰減，圖 16 為 0318 UTC 時的回波場與比差異相位差場，回波值大於 40 dBZ 的對流區其比差異相位差皆為 3 以上，顯示強降水。和上一個個案降水分布型態(6月4日)集中於山坡處有類似滯留的現象。沿一強對流胞( $x=-10, y=-60$  至  $x=30, y=-20$ )進行垂直剖面(圖 17)，強對流區(>40 dBZ)可垂直往上延伸至 10 公里，由相關係數( $\rho_{HV}$ )

可明顯看出對流垂直結構與分佈，其對流邊界最高可至 15 公里，屬於深對流型態，並伴隨有閃電發生。融解層下方高差異反射率區域( $Z_{DR} > 1.5$  dB)皆相對應於強回波區，顯示雨滴粒徑在對流區相對較大；此外此區的比差異相位差數值( $K_{DP}$ )皆在 5 以上，甚至其中一個對流胞(橫軸距離為 20-25 公里處)的  $K_{DP}$  更接近 10，瞬間降雨量極大。此次系統觀測策略仰角較多，並高至  $24^\circ$ ，且使用多個 RHI 掃描，以獲得深對流垂直微物理結構。

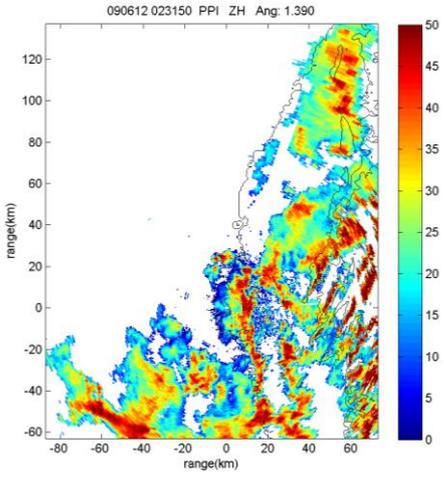
(a)



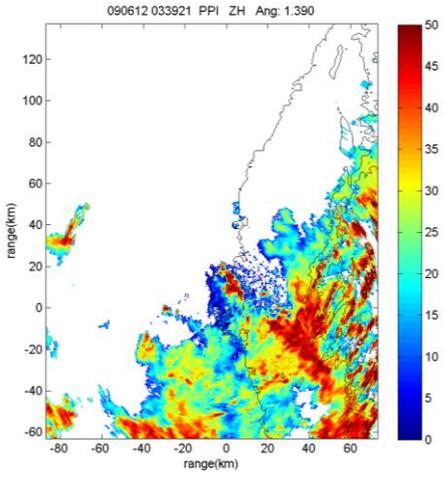
(d)



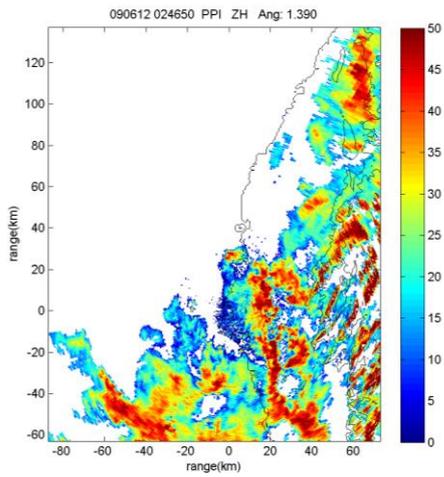
(b)



(e)



(c)



(f)

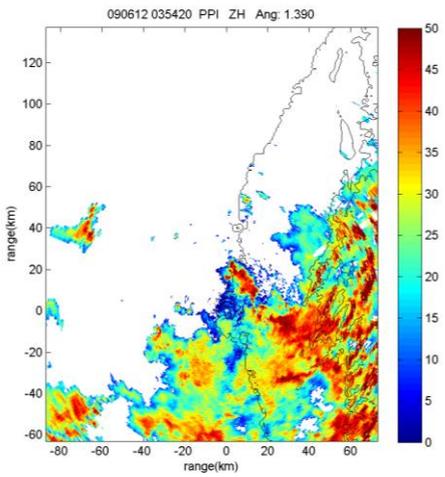


圖 14：2009年6月12日七股雷達觀測西南氣流對流系統 $Z_{HH}$ 分布，(a)020150、(b)023150、(c)024650、(d)031650、(e)033921、(f)035420。

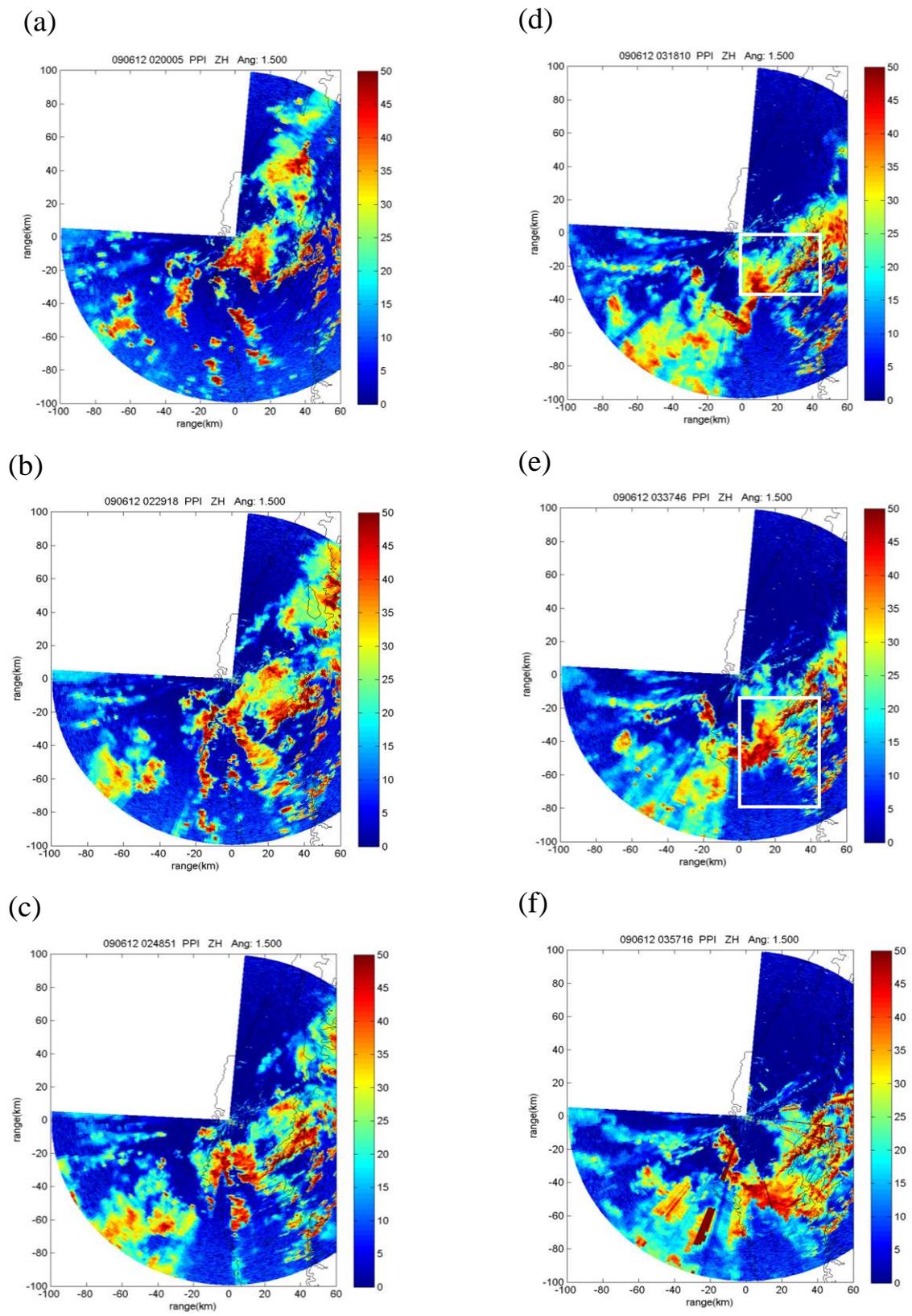


圖 15：2009年6月12日圍潭堤防TEAM-R雷達觀測西南氣流對流系統 $Z_{HH}$ 分布，  
 (a)020005、(b)022918、(c)024851、(d)031810圖中方框為圖18(a)的雙都卜勒風場分析範圍、(e)033746圖中方框為圖18(b)的雙都卜勒風場分析範圍、(f)035716。

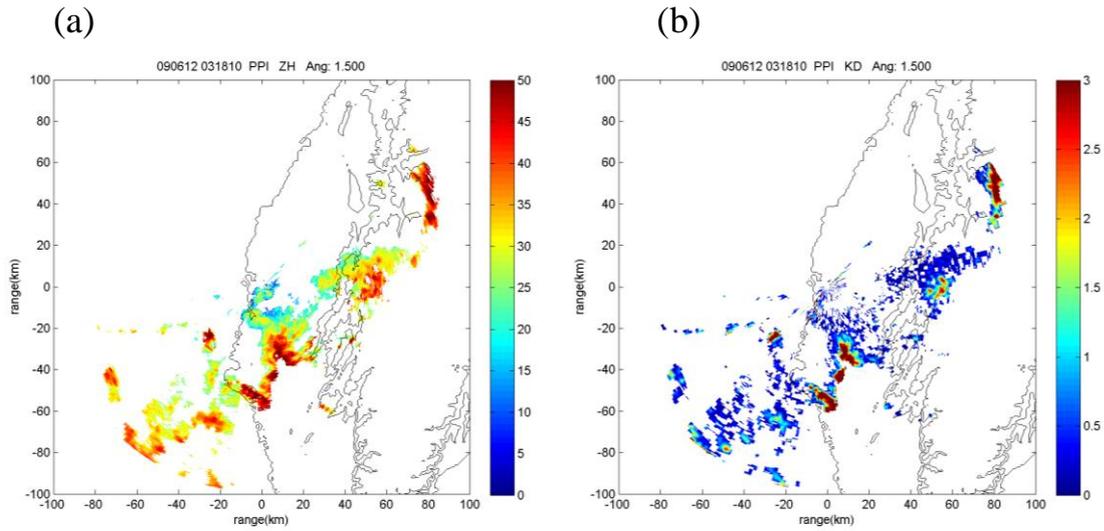


圖 16：2009年6月12日西南氣流帶來的對流系統(0318 UTC)。a為回波場( $Z_{HH}$ )，b為比差異相位差( $K_{DP}$ )。

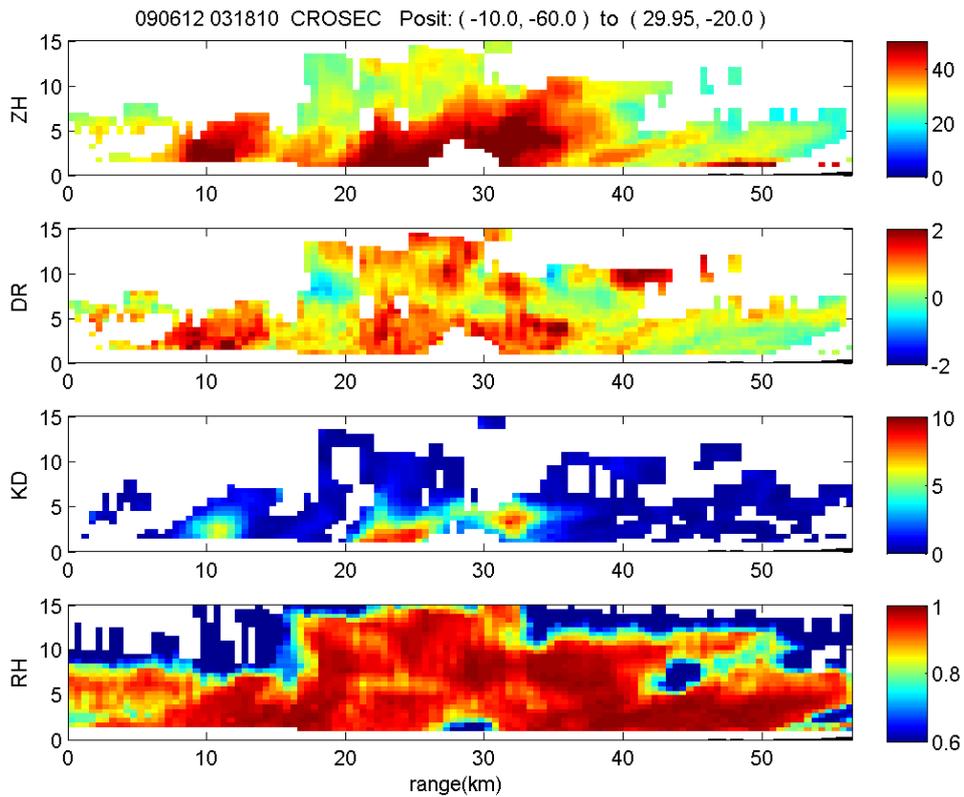
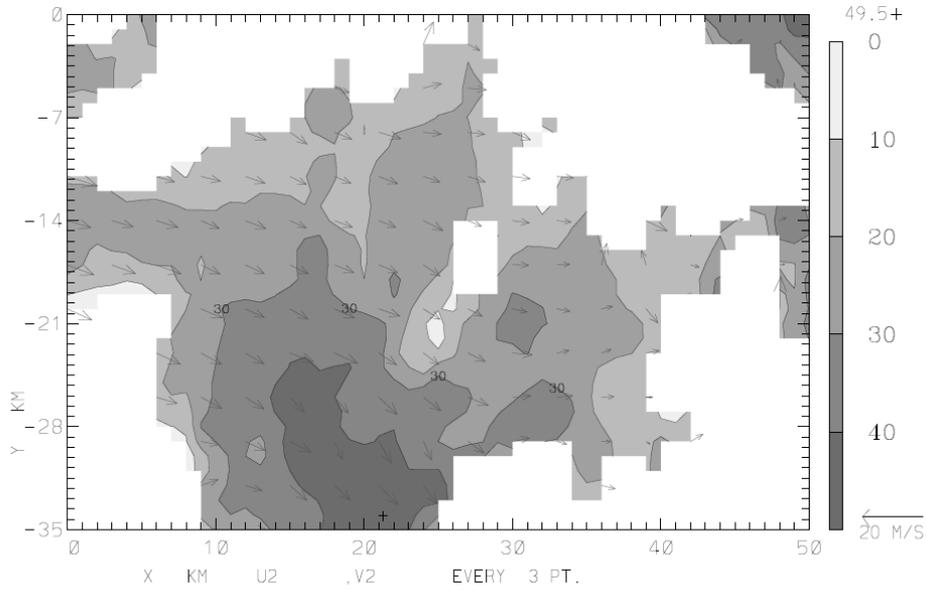


圖 17：以雷達為原點，沿圖15中(-10,-60)至(30,-20)的垂直剖面。分別為回波場( $Z_{HH}$ )、差異相位差( $Z_{DR}$ )、比差異相位差( $K_{DP}$ )和相關係數( $\rho_{HV}$ )。

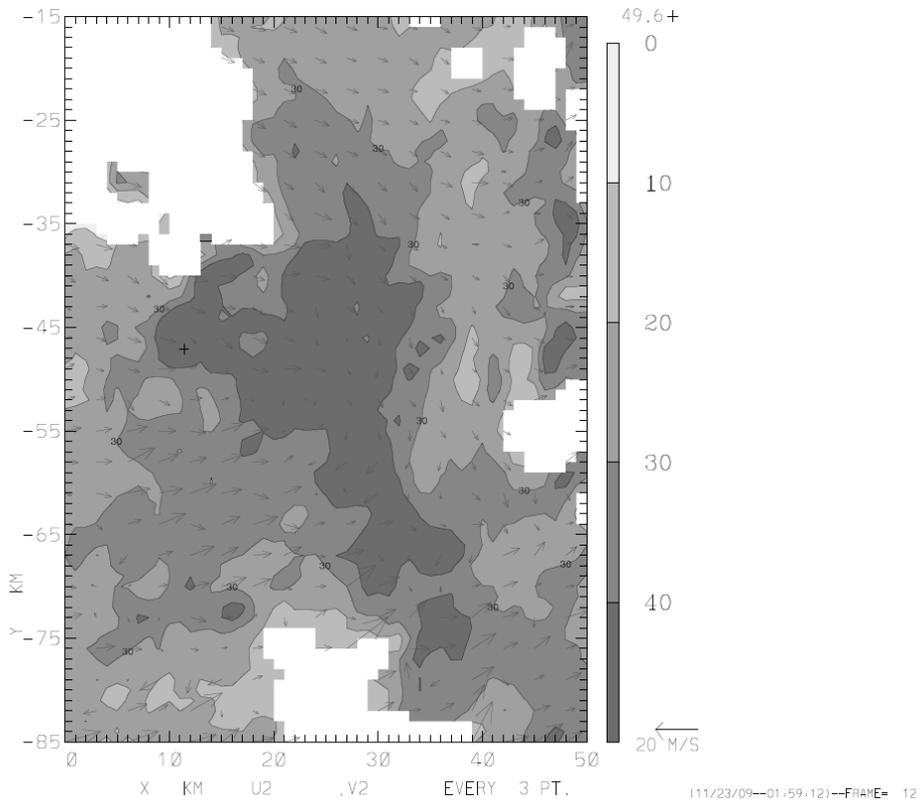
### 3.3.1 西南氣流影響下深對流系統之雙都卜勒風場分析

自 0201UTC 到 0354UTC 約兩小時內有 11 個時間兩組雷達觀測時間較接近，所有的資料都進行了雙都卜勒風場分析以下挑數個範例來討論其風場與回波結構演化。圖 18 為(a)0318UTC 及(b)0338UTC 的水平風場分析範圍分別為圖 15(d)及圖 15(e)方框所示，此圖是以 TEAM-R 在圍潭堤防為原點。0318UTC 的水平風主要為西北風，0338UTC 的圖可看出此對流系統西南側為西南風的入流，北側則主要為西北風，為了解此系統風場的垂直結構而選擇了數個剖面來看垂直運動的分布，圖 19(a)0308UTC 在 TEAM-R 以南 41 公里處所做的東西剖面可看出新生雨帶對流胞系統的底層的輻合形成強烈的上升運動，可以解釋在下一個風場合成時間 0318UTC 回波的增強，圖 19(b)即為 0318UTC 的剖面。圖 19(c)則可看出系統上升運動減弱回波變寬的情況。

09/06/12 03:18:19-27:27:22 COMBIN Z = 2.50 KM RCCGDZ  
 (AS OF 11/21/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG



09/06/12 03:37:46-27:47:20 COMBIN Z = 2.50 KM RCCGDZ  
 (AS OF 11/23/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG



111/23/09--01:59:12)--F#4#E= 12

圖 18 : (a)0318UTC、(b)0338UTC 一公里高度雙都卜勒風場合成，原點為圍潭堤防。

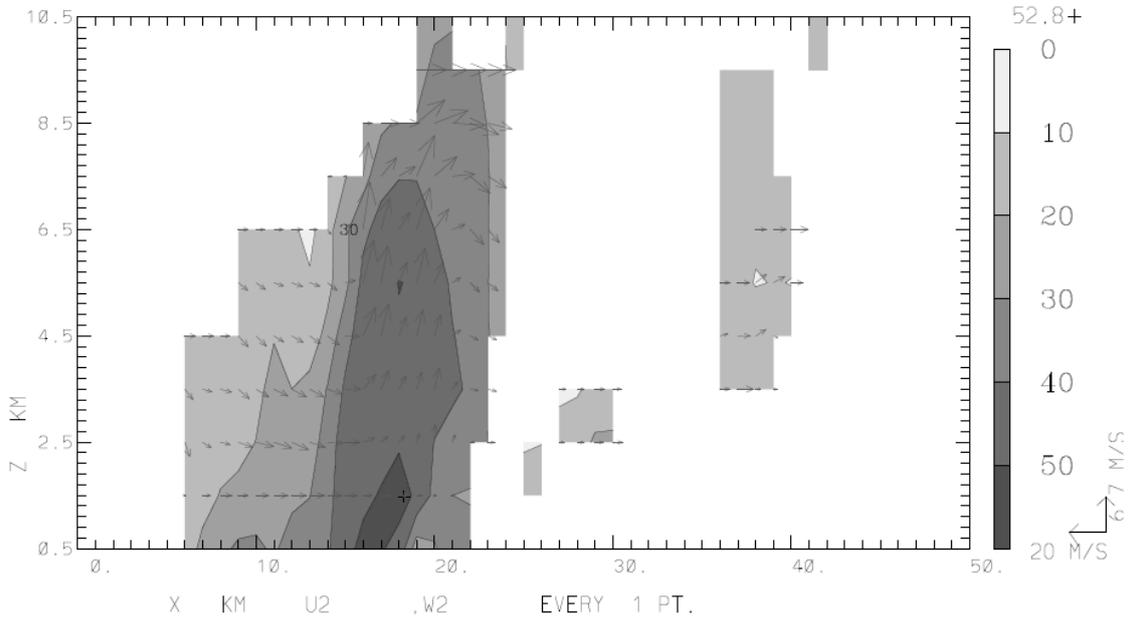
09/06/12 03:08:37-27:17:39  
(AS OF 11/23/09)

03:08:37-27:17:39

COMBIN  
ORIGIN=( 0.00,

Y = -39.00 KM  
0.00) KM

RCCGDZ  
X-AXIS= 90.0 DEG



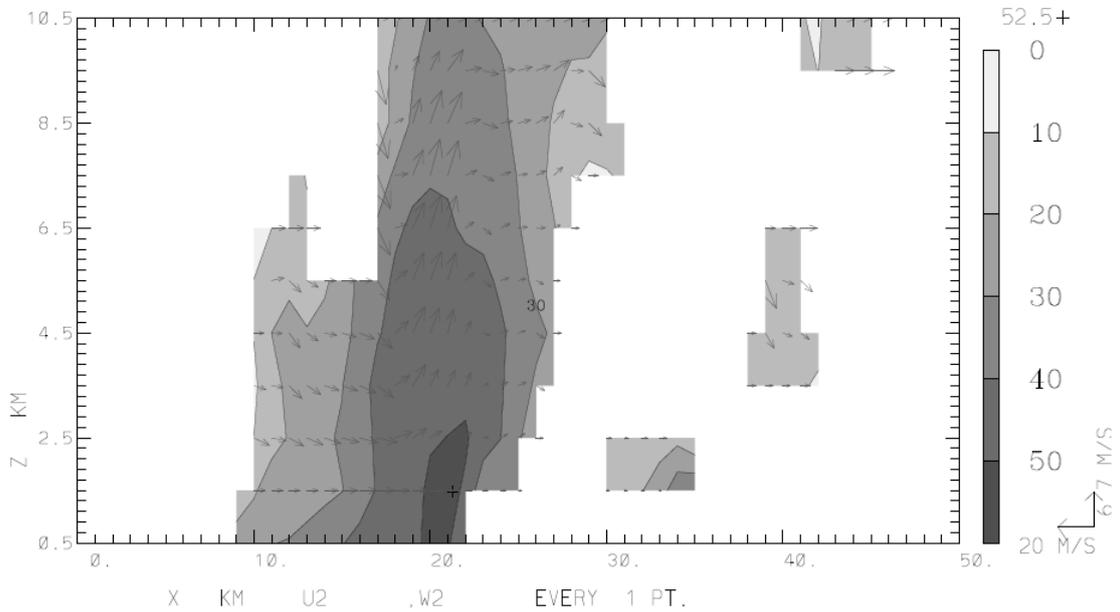
09/06/12 03:18:19-27:27:22  
(AS OF 11/22/09)

03:18:19-27:27:22

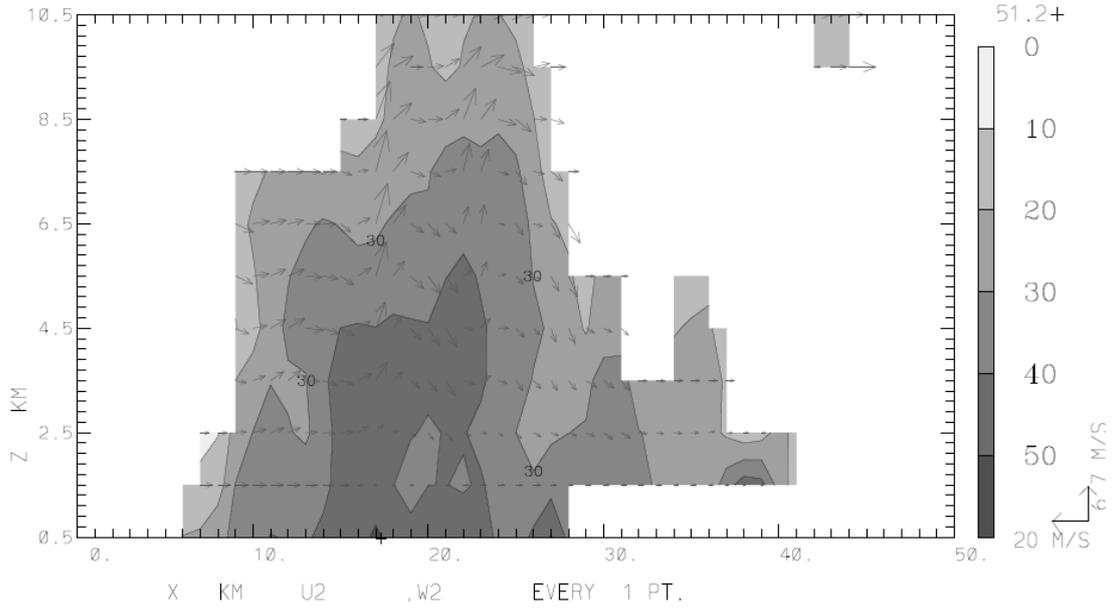
COMBIN  
ORIGIN=( 0.00,

Y = -37.00 KM  
0.00) KM

RCCGDZ  
X-AXIS= 90.0 DEG



09/06/12 03:18:19-27:27:22 COMBIN Y = -29.00 KM RCCGDZ  
 (AS OF 11/22/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG



09/06/12 03:37:46-27:47:20 COMBIN Y = -47.00 KM RCCGDZ  
 (AS OF 11/23/09) ORIGIN=( 0.00, 0.00) KM X-AXIS= 90.0 DEG

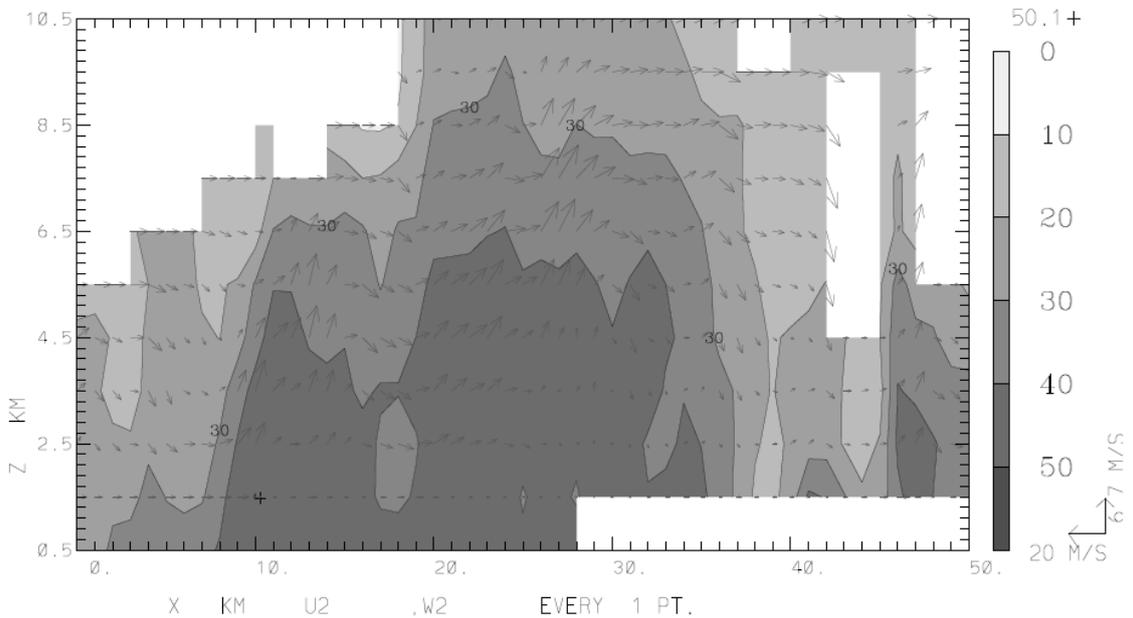


圖 19：(a)0308UTC 雙都卜勒風場合成通過 Y=-39 公里之東西方向垂直剖面箭頭代表東西方面的風與垂直風的向量和，向量的長度為風速的大小、(b)0318UTC，Y=-37 公里、(c)0318UTC，Y=-29 公里、(d)0337UTC，Y=-47 公里，原點為圍潭堤防。

### 3.4 嘉義鰲鼓溼地與雲林台西海埔新生地

嘉義鰲鼓溼地位於北緯 23.51503 度，東經 120.15537 度，2009 年 6 月 15 日下午 TEAM-R 雷達至此進行午後熱對流觀測，雷達車停於堤防上，車頭朝向南南西方，實景如圖 20。當日台灣西半邊日降雨量(圖 21)幾乎約在 20mm 以下，為午後熱對流所造成。TEAM-R 雷達沿著東北方山區的熱對流進行高垂直空間解析度的 RHI 掃描，圖 22 為 0916 UTC 時的 RHI 掃描結果，對流位於緩山坡上，由回波( $Z_{HH}$ )和相關係數( $\rho_{HV}$ )可見對流邊界，其垂直發展深度約至 7 公里處，三公里高度以下亦可見徑向風場( $V_r$ )有底層輻合的現象；垂直分佈的高差異反射率( $Z_{DR}$ )和比差異相位差( $K_{DP}$ )與強回波的位置幾乎相同，其中值得注意的是比差異相位差( $K_{DP}$ )垂直結構發展筆直無傾斜，且在此柱狀內的  $K_{DP}$  直接大於 3；相關係數( $\rho_{HV}$ )中從地面至對流胞頂端皆為 0.95 以上，並無亮帶特徵，但是對流高度相較於 6 月 12 日低很多，與前述的深對流有明顯差異。



圖 20：TEAM-R 雷達於 6 月 15 日至鰲鼓溼地堤防進行午後熱對流觀測。

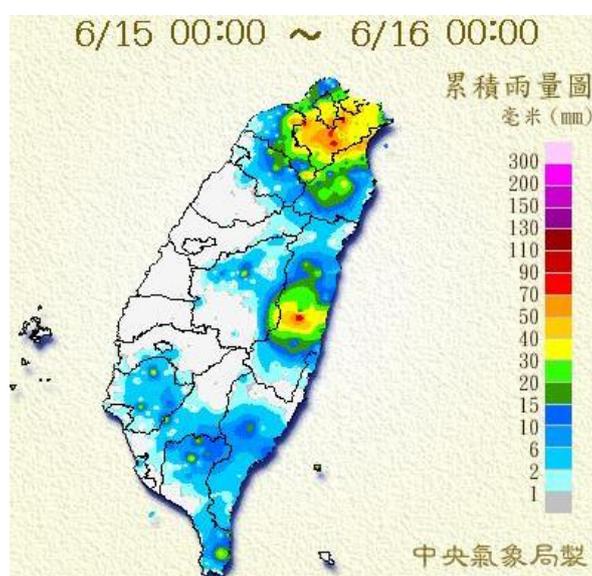


圖 21：6 月 15 日全台降雨量。

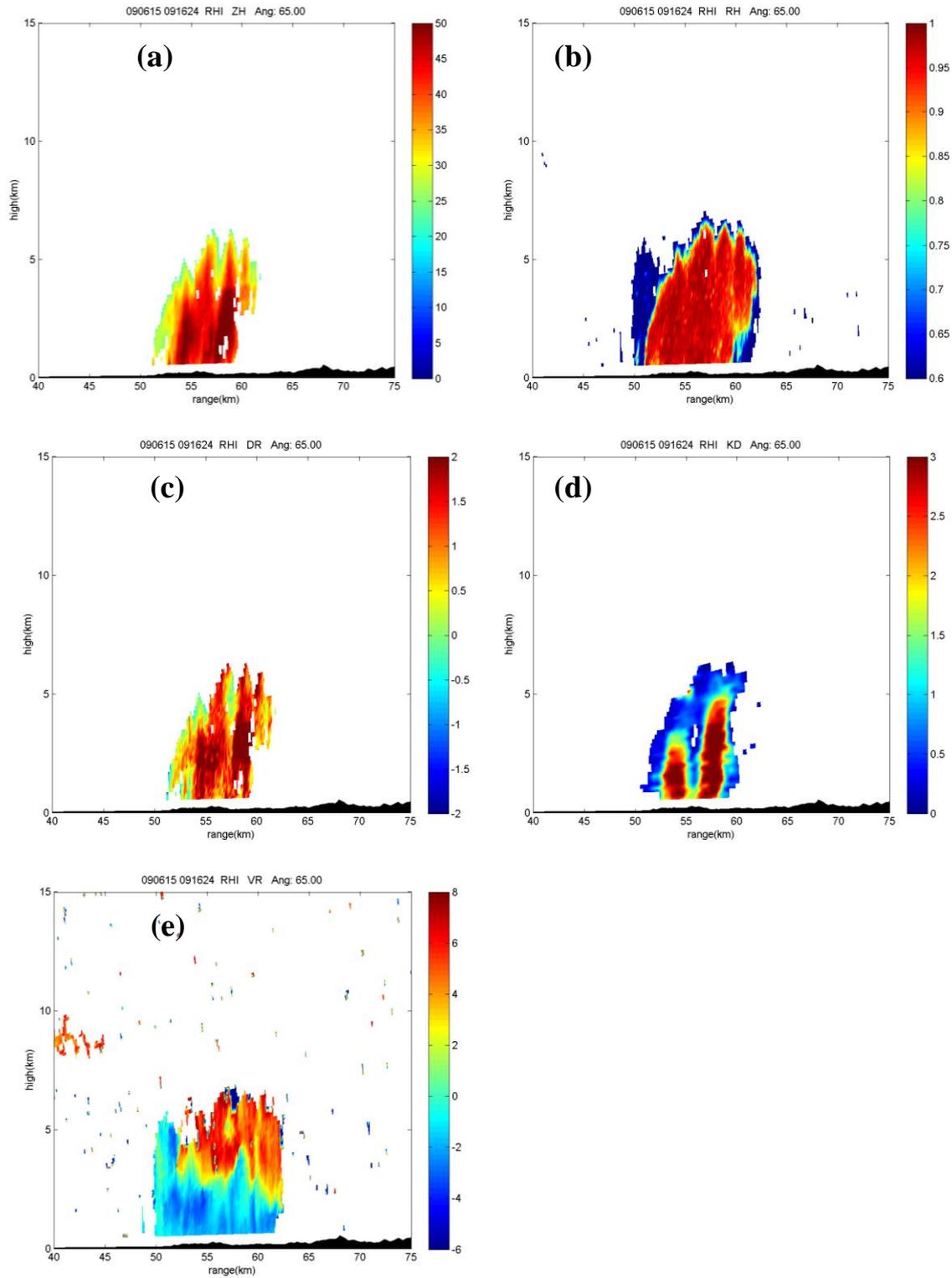


圖 22：0916 UTC 時沿方位角 54 度進行 RHI 掃描，以獲得高空間解析度的垂直結構。  
 (a)回波( $Z_{HH}$ )、(b)相關係數( $\rho_{HV}$ )、(c)差異反射率( $Z_{DR}$ )、(d)比差異相位差( $K_{DP}$ ) 和  
 (e)徑向風場( $V_r$ )。

2009 年 06 月 16 日移至雲林台西海埔新生地，為北緯 23.51503 度，東經 120.15537 度，下午 TEAM-R 雷達至此觀測午後熱對流，雷達車停於堤防上，車頭朝向西南方，實景如圖 23。日降雨量如圖 24，為午後熱對流所造成。



圖 23：TEAM-R 雷達於 6 月 16 日至台西麥寮堤防進行午後熱對流觀測。

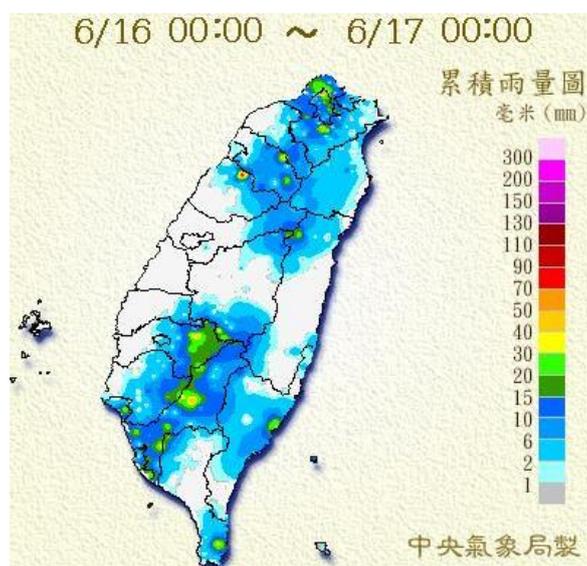


圖 24：2009 年 6 月 16 日全台降雨量。

圖 22 為 0630 UTC 時的低仰角掃描，由回波( $Z_{HH}$ )和相關係數( $\rho_{HV}$ )可看出午後熱對流不規則分散於山區；徑向風場( $V_r$ )顯示風速不強，約在  $5\text{ms}^{-1}$  以下，對流胞移動速度緩慢。對流胞回波層頂達到 10 公里，在 0706

UTC 時，更突破十公里的高度。

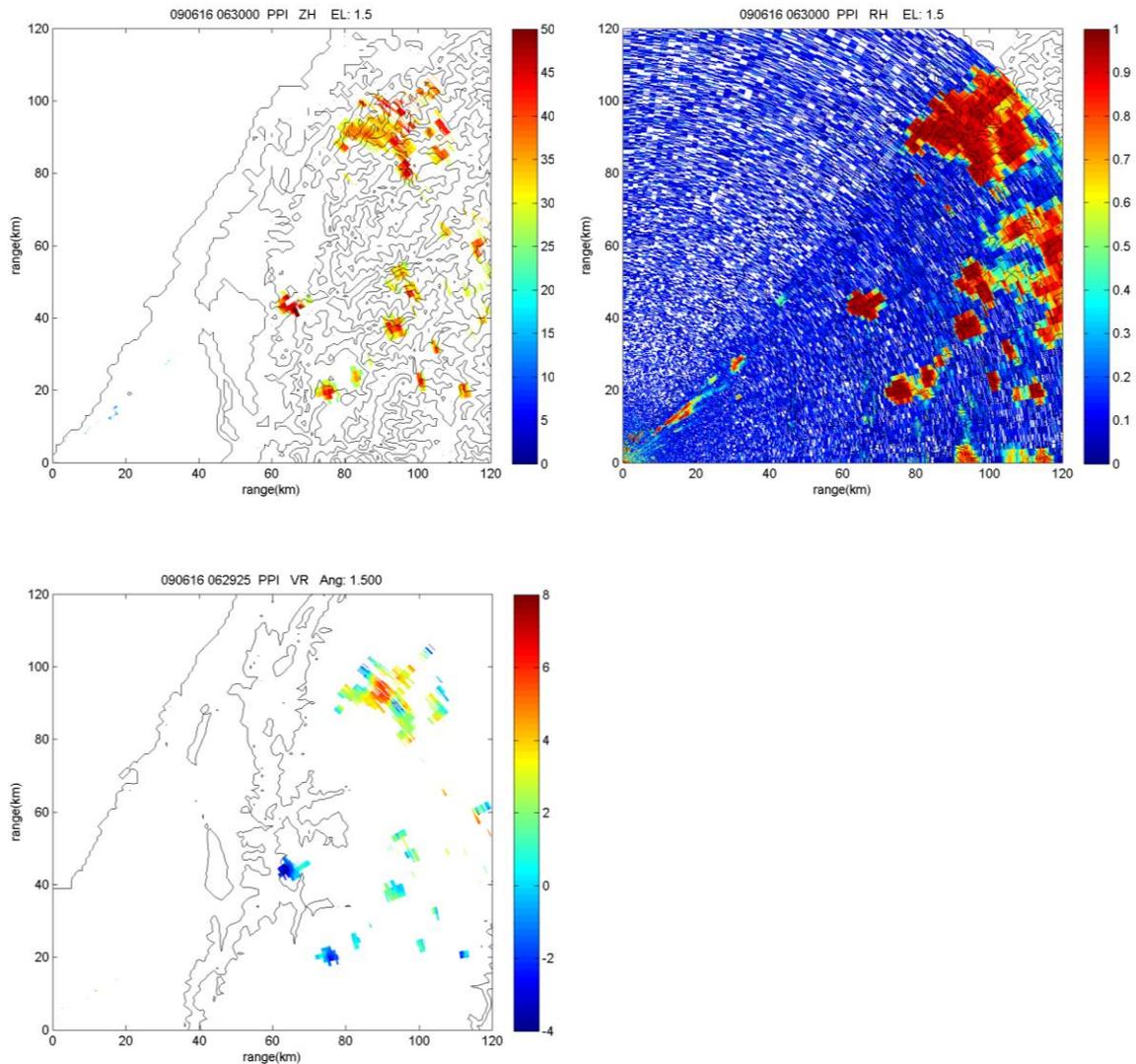


圖 25：6 月 16 日 0630 UTC 時的 PPI 掃描圖，分別為回波( $Z_{HH}$ )，相關係數( $\rho_{HV}$ ) 和 徑向風( $V_r$ )。

### 3.5 掃瞄策略

此次觀測為達到計畫目標所設計之觀測策略：

- (1) 當降水系統離海岸 70 公里時，開始進行與七股或清泉崗雷達同步雙雷

達協同觀測，並適當的調整往復頻以求得最佳之風場。

以 6 月 4 日為例，從 0228UTC~0236UTC 選擇 6 個高度角，每 4 分鐘 1 次體積掃描，從 0259UTC 則進行 5 分鐘的體積掃描(6 個高度角) 配合 3 個 RHI 共 7 分鐘體積掃描，希望能與七股雷達站每 7 分 30 秒 配合，由於無法配合的完全同步，逐漸的領先七股雷達，但觀測人員 並未注意到此現象，因此進行至 095931UTC，在風場合成時，只能選 擇適當的時間測試。

整個實驗期間採用最多的 PRF 為 1000、1500 及 2000，基本上 是以槳水系統的遠近及寬度來決定，在沒有 2 次回波的顧慮下時，針 對較近及發展較高的系統，採用 2000 來爭取時間。圖 26 比較了 6 月 13 日 022858UTC(PRF1000)及 023137UTC(PRF1500)的相關係數統 計，此 2 個掃描策略的樣本數(128)相同，因此較高的 PRF 轉速可在一 個較短的時間中取到同樣的樣本數，從圖中可看出 PRF1500 有較好的 高相關係數比例。很可惜由於此次觀測未存留都卜勒波長波譜寬，無 法由波譜寬的變異來了解不同 PRF 對風場品質的影響。

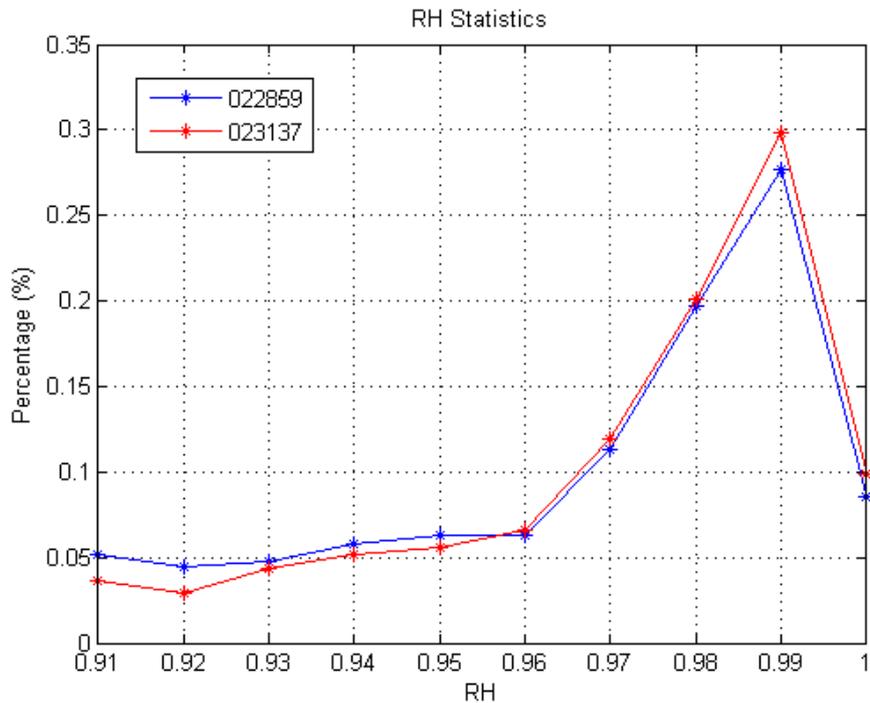


圖 26：相關係數大於 0.9 以每 0.01 為間隔的百分比。

(2) 雲物理特性觀測，依據降水系統發展的高度及水平範圍，設計垂直剖面掃描策略，取得高時間解析度雙偏極化雷達參數。此次觀測常應用於：深對流及午後熱對流。

在 6 月 4 日鋒面雨帶的系統中進行了約 5 小時每間隔一個低層的 PPI 體積掃描後，都做 3 個 RHI 0~45 度高度角的剖面觀測，06 月 12 日從 015712UTC 進行 11 個方位角的 RHI，如圖 27 所示。

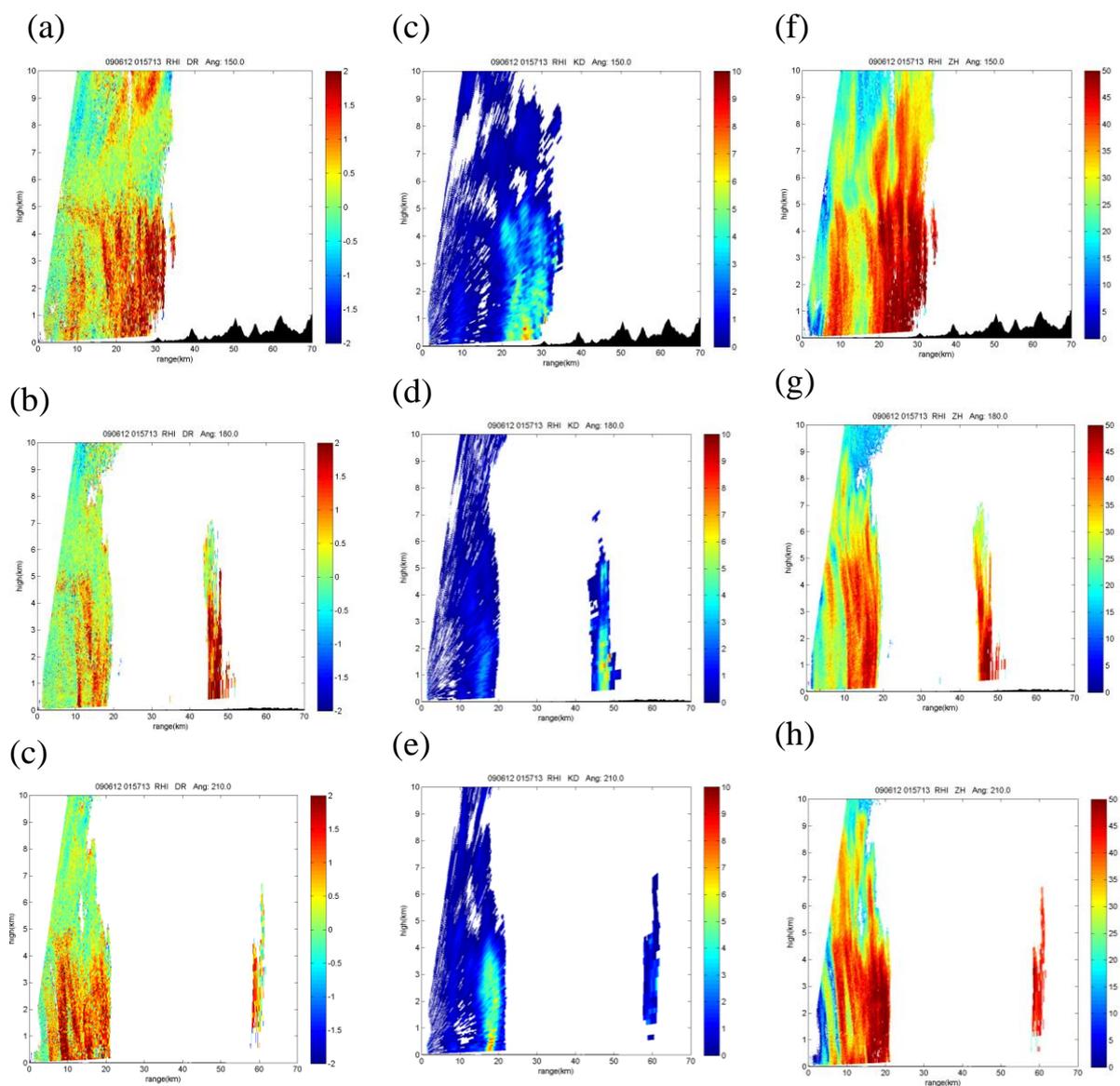


圖 27：(a)、(b)、(c)分別為 150 度、180 度、210 度  $Z_{DR}$  的 RHI 掃描結果。(d)、(e)、(f)分別為 150 度、180 度、210 度  $K_{DP}$  的 RHI 掃描結果。(g)、(h)、(i)分別為 150 度、180 度、210 度  $Z_{HH}$  的 RHI 掃描結果。

(3) 降雨估計掃描策略，在本計畫進行期間，選擇豪大雨時期進行較低層降雨估計掃描策略，可採取區塊掃描。

6 月 4 日自 1008UTC 後則採取較短每 3 分鐘 1 筆的觀測，此策略的目的為較高時間解析度觀測雨量，與七股雷達亦不同步，目前選

擇了 22 筆進行風場合成，由於這個系統為東西走向較無二次回波的顧慮這一段的 PRF 選擇為 2000 方可達成每 3 分鐘 1 筆的觀測。已在前面的個案範例討論中顯示低層風場結構。

#### (4) 衰減修正與雨量估計

TEAM-R 的衰減修正採取單一係數修正法(紀，2005)，其方法及範例請參考附件一。至於本實驗的 TEAM-R 所得到的衰減係數修正為回波衰減量  $A_H = \alpha K_{DP}$  中  $\alpha$  值為 0.28813，差異反射率衰減量  $A_{DP} = \beta K_{DP}$  中  $\beta$  值為 0.03346。回波系統偏移值為 - 4.05，差異反射率偏移值 - 0.398。

我們選擇一個案例來說明衰減修正的情況，圖 28(a)為沿方位角 150 度衰減修正前之回波強度( $Z_{HH}$ ，紅色)及修正後(藍色)的比較，(b)圖則為差異反射率( $Z_{DR}$ )的修正，圖(c)則為相位差( $\Phi_{DP}$ )，圖(d)為比差異相位差( $K_{DP}$ )可看出降水系統的後方  $Z_{DR}$  修正回來後接近 0.5 結果合理。

本計畫期間採用 2008 年西南氣流實驗雨滴譜儀利用 T-matrix 向前計算所得降雨公式如下，再帶入偏極化參數估計降雨率。

$$\begin{aligned}R(Z_H) &= (0.0687Z_H)^{0.61} \\R(K_{DP}) &= 19.87K_{DP}^{0.88} \\R(Z_H, Z_{DR}) &= 0.0039Z_H^{1.07}Z_{DR}^{-5.97}\end{aligned}$$

其中  $Z_H, Z_{DR}$  為線性單位

圖 29(a)採用  $K_{DP}$ -R 公式所估算的降雨率  $R(K_{DP})$ ，(b)Z-R 公式所估算的降雨率  $R(Z)$ ，(c)Z- $Z_{DR}$ -R 公式所估算的降雨率  $R(Z-Z_{DR})$ ，(d)相關係數。比較圖(a)及(b)可看出修正後的回波所得回的雨量  $R(Z)$ 與  $R(K_{DP})$ 接近，但是變化較多，比較圖(a)及(c)有可能  $Z_{DR}$  衰減修正量偏低，造成雨量估計有高估的可能。將進一步再雨量站或雨滴譜儀資料計算的降雨率比對。

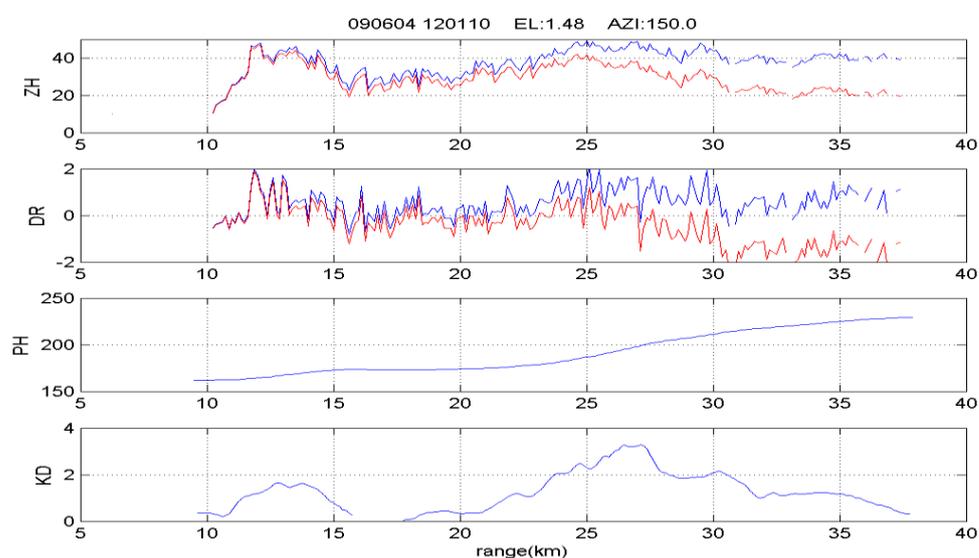


圖 28：(a)為沿方位角 150 度衰減修正前之回波強度( $Z_{HH}$ ，紅色)及修正後(藍色)的比較，(b)圖則為差異反射率( $Z_{DR}$ )的修正，圖(c)則為相位差( $\Phi_{DP}$ )，圖(d)為比差異相位差( $K_{DP}$ )。

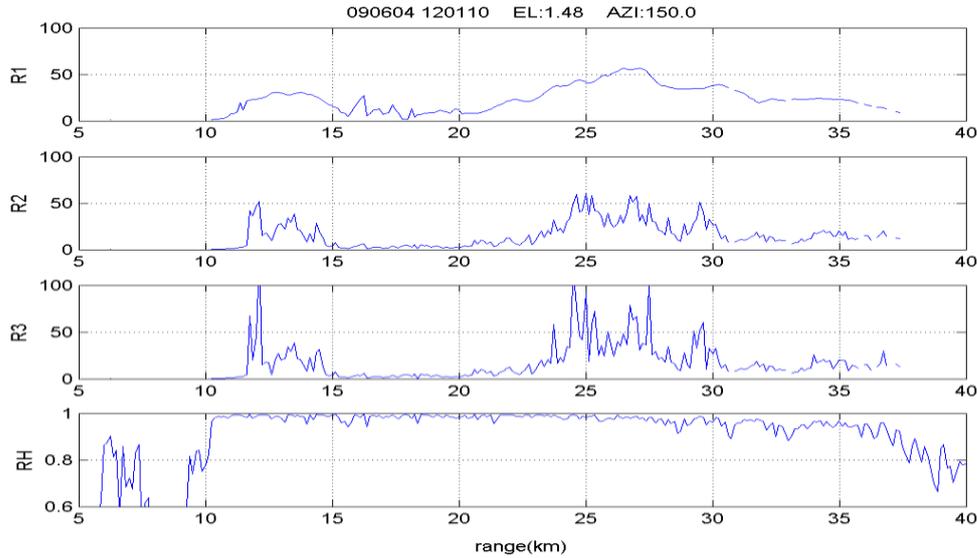


圖 29：(a) $K_{DP}$ -R 公式所估算的降雨率，(b)Z-R 公式，(c)Z-Z<sub>DR</sub>-R，(d)相關係數。

### 3.6 儀器維護與提高後勤作業能力

儀器維護一般作業系統包括：雷達機械硬體及電子零組件維修、發射訊號及接收訊號校正、產品流程品管等項，此系統如須保持隨時可以進行觀測的狀態，需要足夠的雷達零件備品、技術人員及觀測人員。目前中央大學除了中大大氣系正式的技术人員一名外，並禮請氣象局的專業工程人員，協助指導維修。並且由中山科學院電子所天線組最專業的雷達工程師及中央大學通訊所教授共同組成顧問團隊，協助系統維護事宜，同時本計畫聘請一位電機電子專長技術人員參與此項工作，保持雙偏極化都卜勒(X-波段)移動式雷達(TEAM-R)精準的運作。今年雙偏極化都卜勒(X-波段)移動式雷達(TEAM-R)儀器維護分兩個重點：(1) 協助的例行維護調校，(2)

支援移動式雷達在野外觀測時的維護。

移動式雙偏極化都卜勒雷達(Team-R)例行維護調校如下：檢查平台基座固定栓、傳動軸更換油膏、補充基座軍規潤滑油、導波管漏氣測試、發射機輸出功率量測、ZAUTO 校正、發電機機油更換、發電機濾心更換。第二次車輛例行保養，損毀之導波管檢修，觀測平台除鏽上漆即軸承潤滑，觀測資料下載儲存備分，導波管全段衰減測量，雷達天線反射面遠場量測等。常態維護各種表格及所測數值請參考附件二。

在實驗開始觀測前，開設觀測人員行前觀測訓練課程，內容主要為雷達架設與資料蒐集；本年度計畫實地進行劇烈天氣觀測，其中亦提供觀測人員包括定點架設雷達、觀測訓練、資料收集、後勤補給、現場雷達維修等作業功能的教學與實習，有助於提高氣象雷達後勤作業的能力。

### **3.7 重要儀器之配合使用情形**

本計畫最主要採用國科會支持之移動式偏極化式雷達，利用梅雨季、颱風季期間進行野外實際勘查，本計畫提供所需的人力資源及運轉的基本費用。

## 第四章 結論

本計畫於今年(2009)梅雨季節時，利用移動式偏極化都卜勒雷達前往雲嘉南西海岸數個地點，設計不同觀測策略及資料品管設定，對於降水系統進行實地觀測，增進梅雨降水系統的特性了解，提升雷達降水估計的能力。此觀測自今年 6 月 3 日至 16 日，觀測地點包括：嘉義朴子的圍潭堤防(6 月 3 日至 14 日)、嘉義鰲鼓溼地(6 月 15 日)與雲林台西海埔新生地(6 月 16 日)。為期兩個禮拜的密集觀測蒐集包含：梅雨鋒面、西南氣流和午後熱對流多種天氣系統的降水資料，並依據對流系統空間分部及其特性採取不同的觀測掃描策略，以獲得高時空解析度風場及垂直向微物理場資訊。在 6 月 4 日個案中，低層可連續觀測到西南西風與西南風的輻合區，可做為極短期預報的指標，雲物理的資訊可進一步了解雨滴粒徑分布，結果可供調校傳統都卜勒雷達降雨估計。所有資料並提供給氣象局 98 年西南氣流實驗資料中心。計畫中進行了衰減修正、與位於嘉義測站及阿里山測站雨滴譜驗證降雨量，證實 X 波段在降水系統無長距離與波柱重疊現象時，降雨估計相當準確，如強降水雨帶與波柱重疊時嚴重的衰減發生，會限制觀測範圍，此種波段應以一個間距 10 公里左右小型的網，來從事災害潛勢區定量降水估計。若在西南部平原再增設降雨雷達建議仍採用 C 波段雷達。

## 第五章 未來展望

臺灣地區氣象災害頻繁，經濟發展變遷十分迅速，氣象雷達可以提供如颱風路徑強度、梅雨豪大雨中尺度系統及正確降雨量等重要氣象防災資訊，氣象雷達的設置十分重要。西南沿海地貌及居住群落變化很大，因此氣象雷達站址可能地點應加以詳細勘查。今年 2009 年度以移動式雙偏極化都卜勒雷達(TEAM-R)前往可能站址，依天氣狀況進行實際觀測，測試偏極化雷達降雨估計功能、與傳統雷達網進行雙都卜勒風場合成，並與實際觀測比對校驗，加強南部地區氣象雷達觀測之效益。

氣象雷達提供重要關鍵防災資訊，但如何同時配合科學防災需求與台灣經濟規劃發展，進而選擇適當的氣象雷達站址，需要縝密計議與討論。

今年為配合西南氣流實驗共在野外觀測 14 天作業經費已用完，因此在莫拉克颱風時期雷達停留在中央大學正門觀測，未能前往南部進行加強觀測，希望在未來有機會在適當場地整備後，可對颱風帶來的強降水作觀測。

## 參考文獻

Battan, L.J.1973: Radar Observation of the Atmosphere.The University of Chicago Press, 324pp

Bringi, V.N. and V. Chandrasekar, 2001: Polarimetric Doppler weather radar. Cambridge University Press, 636pp

Doviak,R.J. and D.S. Zrnic, 1984: Doppler Radar and Weather Observation. Academic Press, 458 pp

## 附件一 衰減修正及系統偏移修正方法

以下為衰減修正及系統偏移修正方法介紹，此附件為一個 C 波段的範例。

### (一) $Z_H$ 的衰減修正與 $Z_{DR}$ 的差異衰減修正

因為水象粒子會損耗電磁波的能量，這會導致觀測到的  $Z_H$  有低估的情形，若要定量使用  $Z_H$  和  $Z_{DR}$ ，必須先將  $Z_H$  和  $Z_{DR}$  兩者因能量衰減而低估的部分修正回來。

假設  $Z_H$  的衰減 (attenuation) 量為  $A_H$ ， $Z_{DR}$  的差異衰減 (differential attenuation) 量為  $A_{DP}$  (此處  $A_H$ 、 $A_{DP}$  指的是單向 (one way) 的衰減量，電磁波往返雷達和觀測目標時的總衰減量為單向的兩倍)，Bringi et al.(1990) 利用散射模擬發現，如圖(1.1a)、圖(1.1b)所示， $A_H$  和  $K_{DP}$  之間有良好的線性關係， $A_{DP}$  和  $K_{DP}$  之間也有良好的線性關係，因此可用  $K_{DP}$  來修正能量衰減問題，衰減量可以表示成：

$$A_H = \alpha K_{DP}$$

$$A_{DP} = \beta K_{DP}$$

對 C-band 雷達而言， $\alpha = 0.054$ ， $\beta = 0.0157$ 。若用  $\phi_{DP}$  隨距離累積的差異量  $\Delta\phi_{DP}$  來表示的話，可改寫成：

$$\alpha_H = \alpha \Delta\phi_{DP}$$

$$\alpha_{DP} = \beta \Delta\phi_{DP} \quad (1.1)$$

其中  $\alpha_H = 2A_H$ ， $\alpha_{DP} = 2A_{DP}$ ，這裡的  $\Delta\phi_{DP}$  是用觀測區的  $\phi_{DP}$  扣掉該波束的  $\phi_0$  而得， $\Delta\phi_{DP}$  找到後代入(1.1)式即可求得  $\alpha_H$ 、 $\alpha_{DP}$ ，將觀測區偵測到的  $Z_H$  和  $Z_{DR}$  分別加上  $\alpha_H$ 、 $\alpha_{DP}$  即可完成衰減和差異衰減的修正。

圖(1.2a)為單一波束的四個資料場進入降水區的舉例，此為 $99^\circ$ 方位角的波束。由回波和差異相位差的增加情形可看出，約在 $50\text{km}$ 處電磁波開始進入強降水區， $Z_H$ 也有明顯增加的情形，但原本是正值的 $Z_{DR}$ 在 $65\text{km}$ 後即開始出現負值的情形，這表示電磁波已明顯受到能量衰減影響，圖(1.2b)為修正衰減後的情形，可看出在 $50\text{km}$ 後，修正衰減後的 $Z_H$ 較原始觀測值有所提升，而 $Z_{DR}$ 也由原本的負值修正為較合理的正值。

## (二) $Z_{DR}$ 的系統偏移修正

雙偏極化雷達的 $Z_{DR}$ 具有系統性偏差，部分雷達在偏振轉換(polarization switch)時不同的插入損失(insertion loss)所造成的變動為系統偏差的主要原因，但中大雷達是同步發射水平和垂直偏極化兩電磁波，並沒有此問題，主要偏差原因應為接收時的訊號傳輸過程所造成，日後會再探討，但不管造成偏差的原因為何，此偏差量可藉由 $Z_{DR}$  穿透降水粒子的基本特性來修正。當層狀降水的區域通過雷達正上方時，此時在雷達上空充滿了小而圓的雨滴，即使雨滴稍成扁狀，但從地面往上看依然成圓形，若此時將雷達掃瞄仰角調至 $90^\circ$ ，觀測到的 $Z_{DR}$ 應為零，若雨滴有傾斜， $Z_{DR}$ 不會為零，但因為雷達朝著定點旋轉，轉了 $360^\circ$ 以後，接受到的總 $Z_H$ 會和總 $Z_V$ 相同，亦即在雨滴有傾斜的情況下，對觀測的 $Z_{DR}$ 做 $360^\circ$ 平均後也應為零，若不為零即為系統偏移，此為能最精確找出 $Z_{DR}$ 系統偏移的方法 (Gorgucci et al.1999)。但並非每個降水事件都會在雷達上空發生層狀降水，所以此方法的使用時機非常有限，於是鳳(2002)提出另一方法來克服此問題，主要是利用翻滾軟雹區域的平均 $Z_{DR}$ 應為零的特性來做修正，若在軟雹區的平均

$Z_{DR}$  不為零，該非零的值即為系統偏移，此方法大幅提升了修正  $Z_{DR}$  系統偏移的時間解析度，但要用此方法必須要有足夠的軟電樣本才行，而且取樣的高度門檻值為 7~8km。

本研究的分析個案期間最高雷達掃瞄仰角只到  $5^\circ$ ，無法滿足 Gorgucci et al.(1999)和鳳(2002)方法上的要求，因此另行提出一修正  $Z_{DR}$  系統偏移的方法，和 Gorgucci et al.(1999)的概念相同，本研究也是利用小而圓的雨滴的  $Z_{DR}$  應為零的特性來做修正，但使用的為  $0.5^\circ$  掃瞄仰角的資料，即一般的掃瞄策略都可使用此方法。因為當電磁波通過小雨滴時，對應到的  $\phi_{DP}$  場並不會有明顯的增加，所以可利用此特性判斷何處充滿了小雨滴，利用  $\phi_{DP}$  找出以小雨滴為主的降水區域後，該區域的平均  $Z_{DR}$  應為零，若不為零，則為系統偏移或差異衰減所致。Smyth and Illingworth(1998)曾利用小雨滴區域的平均  $Z_{DR}$  應為零為約束關係來修正  $Z_{DR}$  的差異衰減問題，其選用的參考區域為電磁波穿越強對流區後的區域，在沒系統偏移的情形下，強對流區後方的小雨滴區域的平均  $Z_{DR}$  應為零，若有偏負的情形則為差異衰減所致，可以利用此特性來輔助修正  $Z_{DR}$  的差異衰減。但在電磁波進入強降水區前，是不需考慮能量衰減問題的，因此，若此時小雨滴區域的平均  $Z_{DR}$  不為零，則為系統偏移所致，此為本研究用來修正  $Z_{DR}$  系統偏移的基本概念。

在樣本的選取上，為了避免其他不確定因素的影響，本研究直接利用人工的方式挑選，選用了 1 點 19 分在  $0.5^\circ$  仰角的掃瞄資料來作分析，如圖(1.3)所示，在雷達正北方的兩雨帶間有一弱回波區，而且此區域地形雜訊少，可挑選此區的  $Z_{DR}$  為樣本，圖(1.4)為  $360^\circ$  方位角的單一波束圖，可看到此波束的 PS 穿越 150km 的降雨區後仍無明顯增加，代表此區域充滿了小而

圓的雨滴，但沿路上的 $Z_{DR}$ 卻都明顯偏正而不等於零，此情形即為 $Z_{DR}$ 的系統偏移所造成，因為此區域皆為弱降水，所以不需考慮能量衰減問題，直接取 $50km \sim 100km$ 相關係數較高的 $Z_{DR}$ 區域做平均，平均後的 $Z_{DR}$ 值即為系統偏移量， $Z_{DR}$ 的樣本來自附近共9個波束的資料，這9個波束在 $50km \sim 100km$ 累積的PS至多只有 $1.72^0$ ，圖(1.5)為採樣區域的 $Z_{DR}$ 統計圖，此時只取相關係數大於0.95的區域進來當樣本，可以看到 $Z_{DR}$ 的值偏正且集中在 $0.38dB$ 附近，若無系統偏移，是應該集中在 $Z_{DR} = 0dB$ 附近的，本研究也測試了使用不同相關係數的門檻值是否會影響平均結果，表一即為各門檻值的平均結果和平均用的樣本數，不同相關係數當門檻值並無明顯影響平均結果， $Z_{DR}$ 平均值為 $0.38dB$ 。但平均的樣本裡可能包含了些許的大雨滴存在，因此只採用 $Z_H \leq 20dBZ$ 的樣本，結果如表二所示， $Z_{DR}$ 平均值為 $0.36dB$ ，本研究即用此值當作個案分析時期的 $Z_{DR}$ 系統偏移量，需將全部觀測的 $Z_{DR}$ 都扣除 $0.36dB$ 後再做應用。

### (三) $Z_H$ 的系統偏移修正

因為天線增益(antenna gain)、放大器增益(gain of amplifier)和導波管損耗等因素，會使 $Z_H$ 的估計有系統偏移，因此必須將此偏差量修正回來，當 $Z_{DR}$ 的系統偏移修正了以後， $Z_H$ 的系統偏移修正就方便許多，一般是使用 $Z_H$ 、 $Z_{DR}$ 、 $K_{DP}$ 三參數之間的相依關係式來解決。Scarchilli et al. (1996)利用 Pruppacher and Pitter(1971)提出的雨滴軸比關係、Ulbrich(1983)建議的 Gamma DSD 的變化範圍擬合出 $Z_H$ 、 $Z_{DR}$ 、 $K_{DP}$ 三參數有以下相依關係：

$$K_{DP} = CZ_H^a 10^{-bZ_{DR}} \quad (1.2)$$

$$\text{或 } Z_H = \left( \frac{1}{C} \frac{K_{DP}}{10^{-bZ_{DR}}} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (1.3)$$

其中對 C-band(5.5cm) 雷達而言， $C = 1.46 \times 10^{-4}$ ， $a = 0.98$ ， $b = 0.2$ ，此處  $Z_H$  的單位為  $mm^6 m^{-3}$ ， $Z_{DR}$  為 dB， $K_{DP}$  為 degree/km。圖(1.6)為利用(1.2)式算出的  $K_{DP}$  (用  $\hat{K}_{DP}$  表示)和直接用散射模擬算出的  $K_{DP}$  做比較的結果，資料的斜率為 1.0，相關係數為 0.9989，由此可看出(1.2)式能良好的描述  $Z_H$ 、 $Z_{DR}$ 、 $K_{DP}$  三參數之間的相依關係。Gorgucci et al.(1999)指出，在無觀測誤差的情形下，由雷達的  $Z_H$ 、 $Z_{DR}$  代進(1.2)式求出的  $K_{DP}$  和由雷達的  $\phi_{DP}$  所推導出的  $K_{DP}$  應該相近，兩個方法算出的  $K_{DP}$  所畫的散佈圖(參考圖 1.6)的斜率應為 1，若觀測誤差僅來自  $Z_H$  的系統偏移，不等於 1 的斜率  $s$  和  $Z_H$  的系統偏移量( $Z_{bias}$ )有以下關係：

$$Z_{bias} = 10.4 \times \log(s) \quad (dB) \quad (1.4)$$

所以可利用(1.2)式先找出  $s$ ，再利用(1.4)式算  $Z_{bias}$ 。因為  $Z_H$ 、 $Z_{DR}$ 、 $K_{DP}$  三參數其中的任兩參數都可推導出第三個參數來，所以本研究直接使用  $Z_{DR}$ 、 $K_{DP}$  推導一理想的  $Z_H$ ，再和雷達的  $Z_H$  做比較來找出  $Z_{bias}$ 。先將(1.3)式換回  $dBZ_H$  的單位( $dBZ_H = 10 \log Z_H$ )，並以 '\*' 代表由  $Z_{DR}$ 、 $K_{DP}$  推得的  $Z_H$ ，(1.3)式可改寫如下：

$$10 \log(Z_H^*) = \frac{10}{a} \left[ bZ_{DR} + \log \frac{K_{DP}}{C} \right] \quad (dBZ) \quad (1.5)$$

在雷達觀測的  $Z_H$  經過衰減修正後， $Z_H$  可寫成兩個分量的組合：

$$Z_H^m = 10 \log(Z_H^*) + Z_{bias} \quad (dBZ) \quad (1.6)$$

其中 'm' 上標代表雷達修正衰減後的  $Z_H$  觀測值(以 dBZ 為單位)，由(1.5)式和

(1.6)式可得：

$$Z_{bias} = Z_H^m - \frac{10}{a} \left[ bZ_{DR} + \log \frac{K_{DP}}{C} \right] \quad (dBZ) \quad (1.7)$$

因此，只要將雷達觀測到的  $Z_H$  做衰減修正， $Z_{DR}$  做差異衰減和系統偏移修正，再搭配該觀測區的  $K_{DP}$  帶入(1.7)式，即可求得  $Z_{bias}$ 。

在樣本的選取上，應選取強降水區域才能得到較好的  $K_{DP}$  值，樣本使用和  $Z_{DR}$  同一個 PPI 的掃瞄資料，但取樣的方位角不同，圖(1.7)為  $28^\circ$  方位角單一波束圖， $Z_H$  已做過衰減修正， $Z_{DR}$  也已做過差異衰減和系統偏移修正，在  $55km \sim 70km$  處 PS 明顯增加，此處可求得較準確之  $K_{DP}$ ，為主要採樣區，因為強降水主要分佈在雷達東北方， $Z_{bias}$  修正所使用的資料皆來自此處，因為降水不夠強會影響  $K_{DP}$  的品質，所以只取  $K_{DP}$  大於  $1^0 km^{-1}$  和相關係數大於 0.95 的區域做計算，圖(1.8)為  $Z_{bias}$  的統計圖，可看出  $Z_{bias}$  大多集中在  $-2dBZ \sim -3dBZ$  之間，表三為不同  $K_{DP}$  門檻值的比較， $Z_{bias}$  的平均結果差異不大，基於樣本數多寡和  $K_{DP}$  不要太大的考量，以  $-2.6dBZ$  當作個案分析時期的  $Z_H$  系統偏移量，需將全部觀測的  $Z_H$  都加上  $2.6dBZ$  後再做應用。

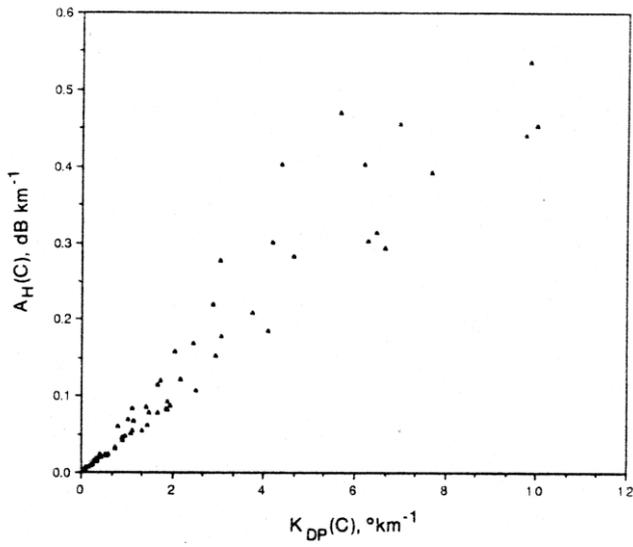


圖 1.1a

圖 1.1a：  $K_{DP}$  和  $A_H$  的散佈關係。摘自 Bringi et al.(1990)。

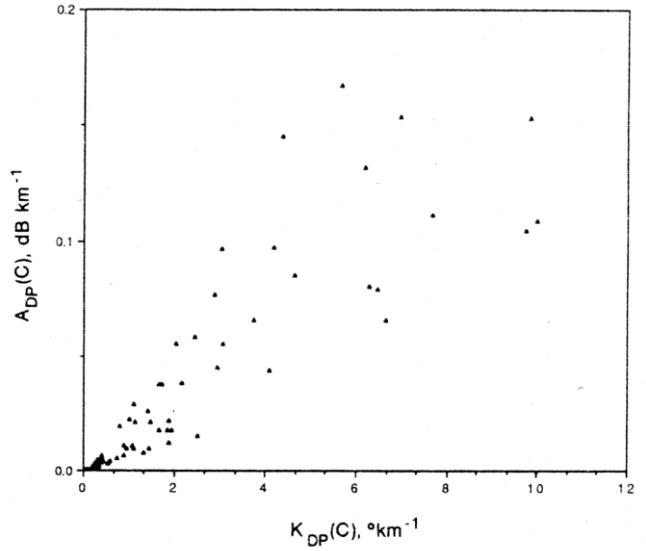


圖 1.1b

圖 1.1b：  $K_{DP}$  和  $A_{DP}$  的散佈關係。摘自 Bringi et al.(1990)。

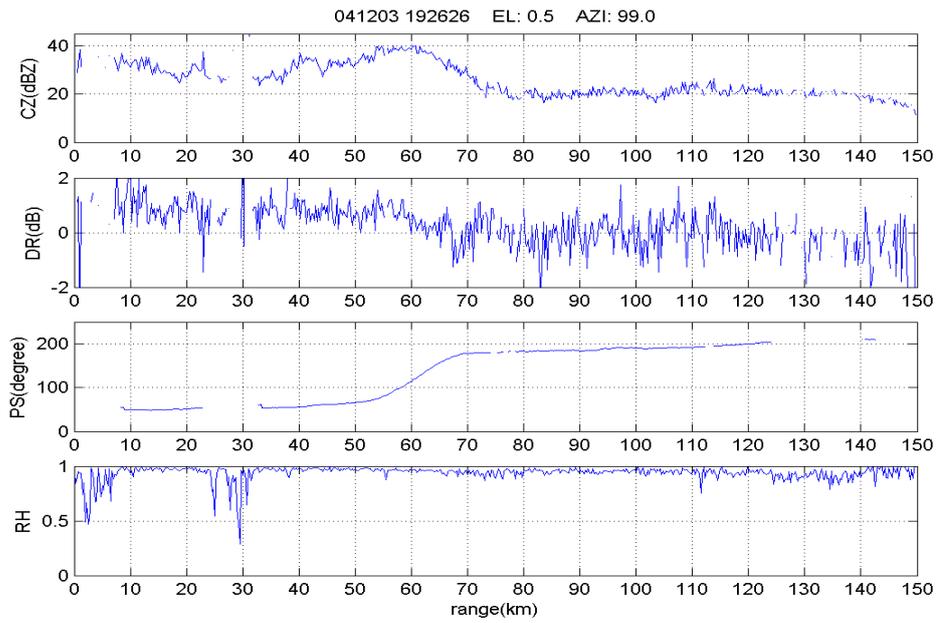


圖 1.2a

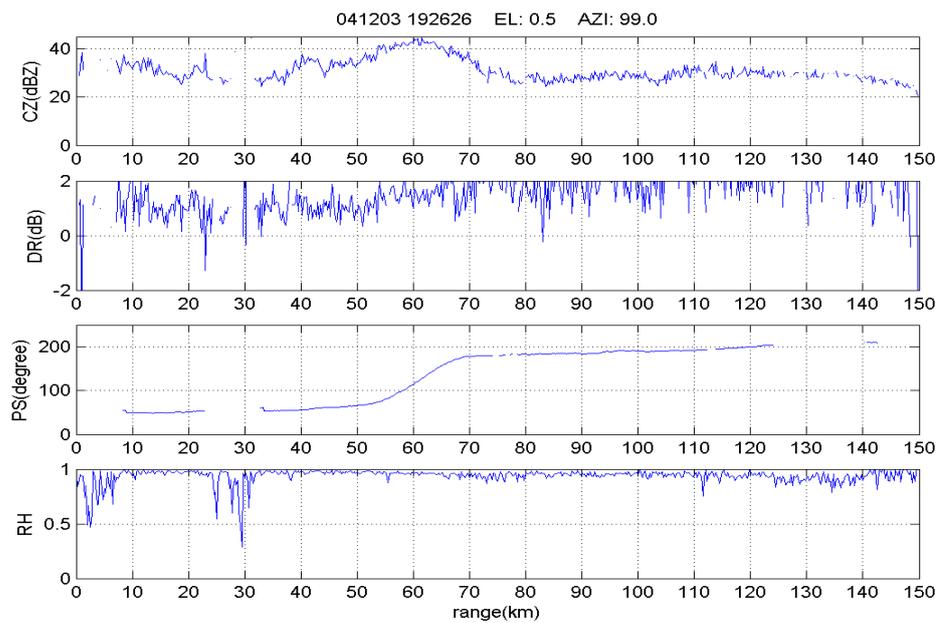


圖 1.2b

圖 1.2a：2004/12/04 3 點 26 分在  $99^{\circ}$  方位角單 beam 的四個資料場隨距離的變化圖，仰角  $0.5^{\circ}$ 。CZ 為回波場，DR 為  $Z_{DR}$  場，PS 為經過平滑以及去折疊的  $\Psi_{DP}^m$ ，RH 為相關係數。橫軸為遠離雷達的距離。

圖 1.2b：和圖 1.2a 相同，但有經過能量衰減修正。

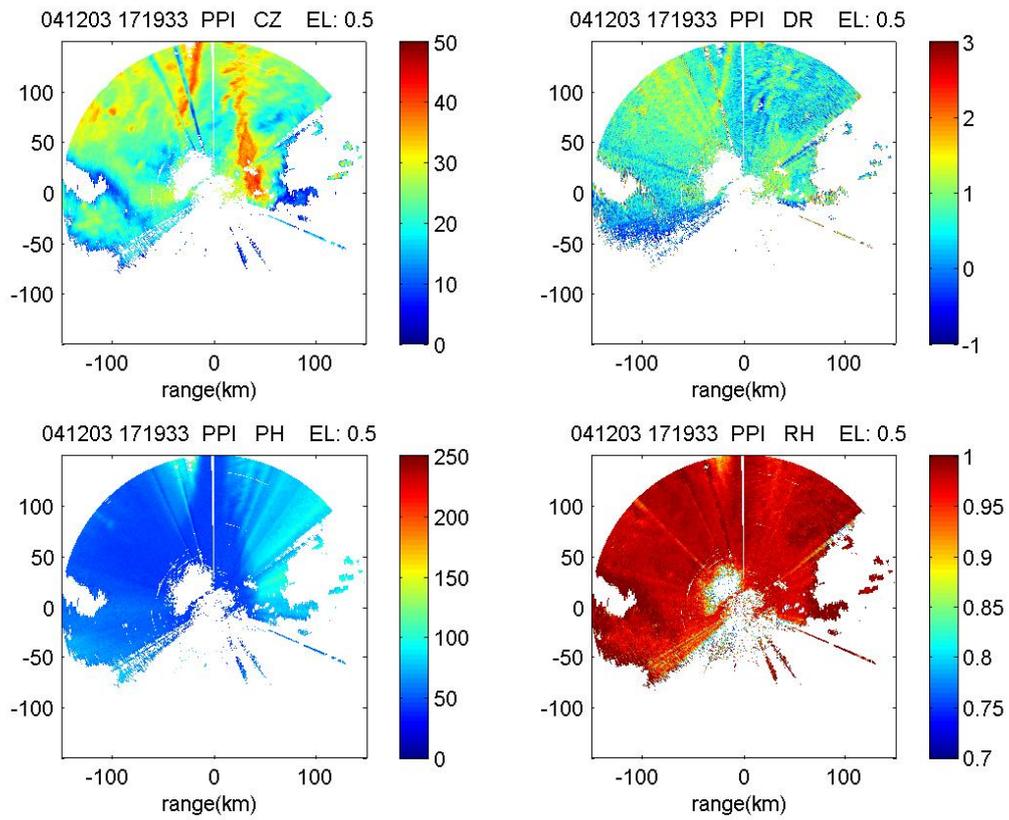


圖 1.3：雷達在 2004/12/04 1 點 19 分的  $0.5^{\circ}$  仰角 PPI，CZ 代表回波場，DR 代表  $Z_{DR}$  場，PH 代表  $\Psi_{DP}^m$ ，RH 為相關係數。

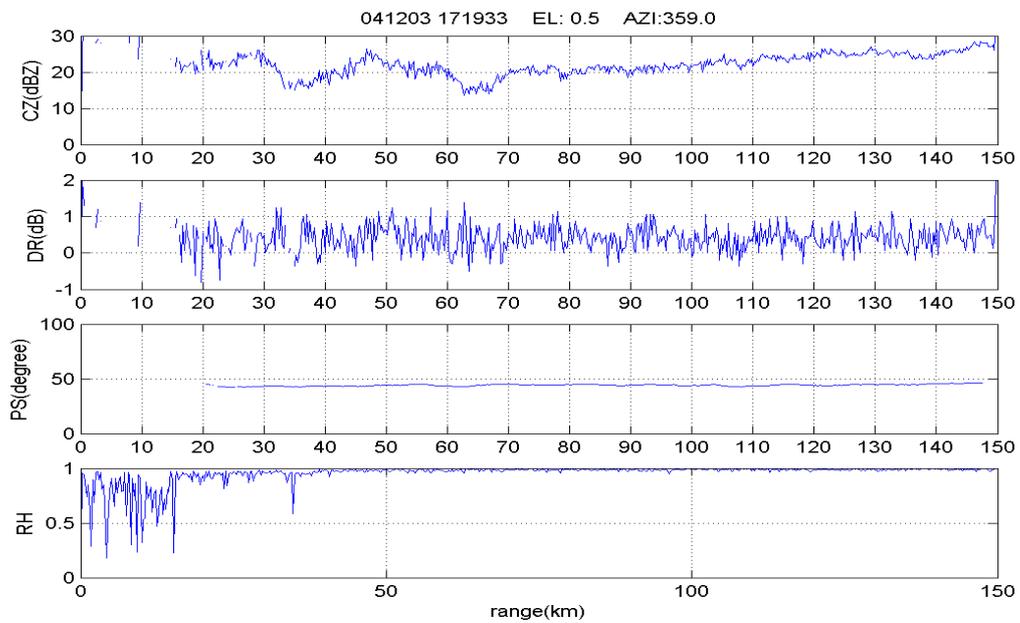


圖 1.4：圖 1.3 中的  $360^{\circ}$  方位角單波束的四個資料場的變化圖。代號意義同圖 1.2a。

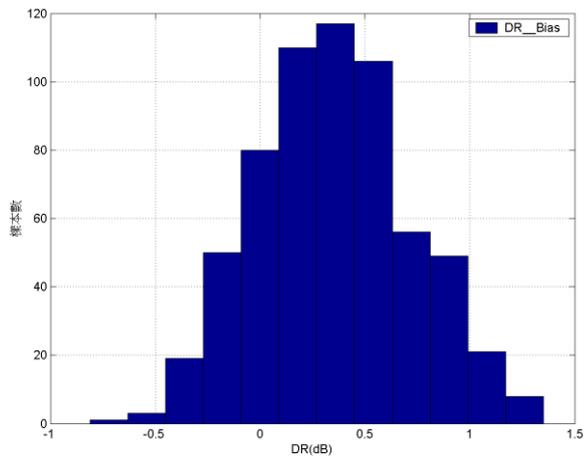


圖 1.5：  $Z_{DR}$  的統計圖，橫軸代表  $Z_{DR}$  的值，縱軸代表個數。

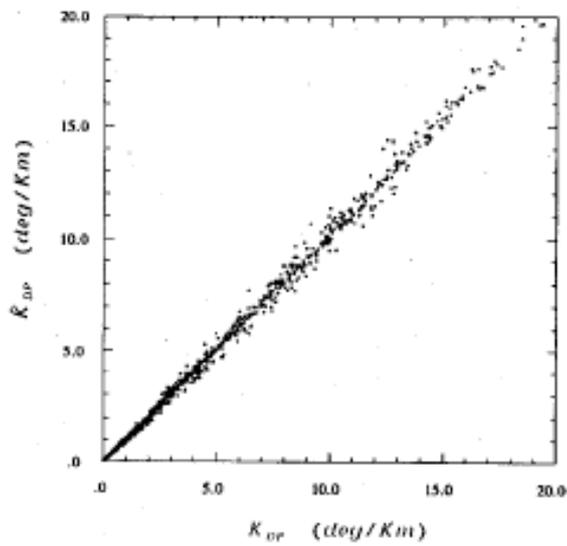


圖 1.6： 約束關係推導的出的  $\hat{K}_{DP}$  和模擬的  $K_{DP}$  的比較圖。

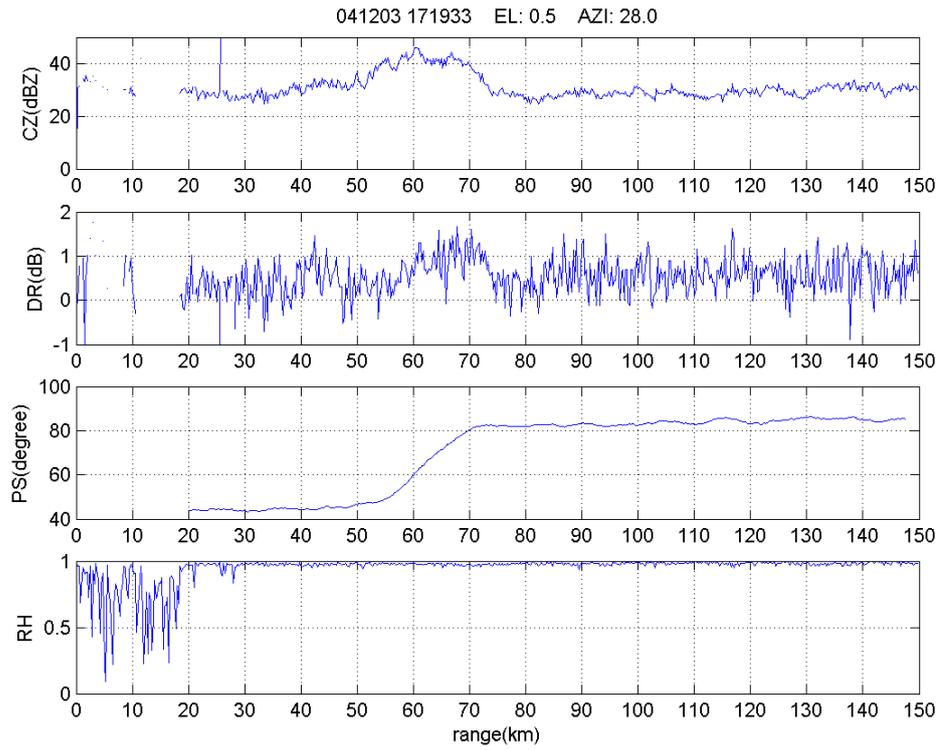


圖 1.7：和圖 1.4 的代號意義相同，只是方位角改為  $28^{\circ}$ 。

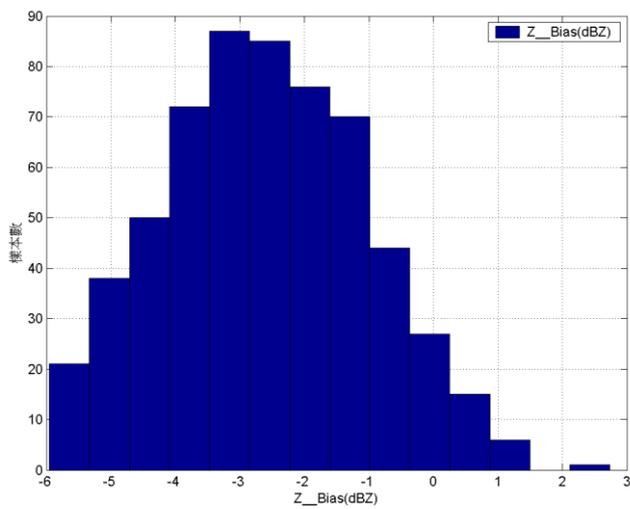


圖 1.8：回波系統偏移統計圖，橫軸為系統偏移量，縱軸為個數。

## 附件二 X-波段移動式雷達常態校驗及維護表

項目：發射機 (發射機功率檢測)									
1	RF Frequency : 9.62GHz , Pulse Width : 0.8 $\mu$ s , PRF :1200 Hz , Duty Cycle : 0.06%								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> <td style="width: 50%;">-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> </tr> <tr> <td>Magnetron Average Current(mA) : 17.6 mA</td> <td>HVPS Current (mA) : 22.2 mA</td> </tr> <tr> <td>Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr</td> <td>HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr</td> </tr> <tr> <td>Forward Power(dBm) : 40.7 dbm</td> <td>Reverse Power(dBm) : 23 dbm</td> </tr> </table>	+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	Magnetron Average Current(mA) : 17.6 mA	HVPS Current (mA) : 22.2 mA	Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr	Forward Power(dBm) : 40.7 dbm	Reverse Power(dBm) : 23 dbm
+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV								
Magnetron Average Current(mA) : 17.6 mA	HVPS Current (mA) : 22.2 mA								
Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr								
Forward Power(dBm) : 40.7 dbm	Reverse Power(dBm) : 23 dbm								
2	RF Frequency : 9.62GHz , Pulse Width : 1 $\mu$ s , PRF : 1000 Hz , Duty Cycle : 0.1%								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> <td style="width: 50%;">-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> </tr> <tr> <td>Magnetron Average Current(mA) : 17.3 mA</td> <td>HVPS Current (mA) : 21.6 mA</td> </tr> <tr> <td>Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr</td> <td>HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr</td> </tr> <tr> <td>Forward Power(dBm) : <b>46 dbm</b></td> <td>Reverse Power(dBm) : 19 dbm</td> </tr> </table>	+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	Magnetron Average Current(mA) : 17.3 mA	HVPS Current (mA) : 21.6 mA	Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr	Forward Power(dBm) : <b>46 dbm</b>	Reverse Power(dBm) : 19 dbm
+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV								
Magnetron Average Current(mA) : 17.3 mA	HVPS Current (mA) : 21.6 mA								
Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr								
Forward Power(dBm) : <b>46 dbm</b>	Reverse Power(dBm) : 19 dbm								
3	RF Frequency : 9.62GHz , Pulse Width : 1.5 $\mu$ s , PRF : 600 Hz , Duty Cycle : 0.09%								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> <td style="width: 50%;">-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> </tr> <tr> <td>Magnetron Average Current(mA) : 11.7 mA</td> <td>HVPS Current (mA) : 14.8 mA</td> </tr> <tr> <td>Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr</td> <td>HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr</td> </tr> <tr> <td>Forward Power(dBm) : <b>46 dbm</b></td> <td>Reverse Power(dBm) : 18 dbm</td> </tr> </table>	+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	Magnetron Average Current(mA) : 11.7 mA	HVPS Current (mA) : 14.8 mA	Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr	Forward Power(dBm) : <b>46 dbm</b>	Reverse Power(dBm) : 18 dbm
+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV								
Magnetron Average Current(mA) : 11.7 mA	HVPS Current (mA) : 14.8 mA								
Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr								
Forward Power(dBm) : <b>46 dbm</b>	Reverse Power(dBm) : 18 dbm								
4	RF Frequency : 9.62GHz , Pulse Width : 2 $\mu$ s , PRF : 500 Hz , Duty Cycle : 0.1%								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> <td style="width: 50%;">-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV</td> </tr> <tr> <td>Magnetron Average Current(mA) : 10.8 mA</td> <td>HVPS Current (mA) : 13.7 mA</td> </tr> <tr> <td>Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr</td> <td>HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr</td> </tr> <tr> <td>Forward Power(dBm) : <b>45 dbm</b></td> <td>Reverse Power(dBm) : 19 dbm</td> </tr> </table>	+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	Magnetron Average Current(mA) : 10.8 mA	HVPS Current (mA) : 13.7 mA	Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr	Forward Power(dBm) : <b>45 dbm</b>	Reverse Power(dBm) : 19 dbm
+HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV	-HVPS Voltage (KV) : 19.4 kV								
Magnetron Average Current(mA) : 10.8 mA	HVPS Current (mA) : 13.7 mA								
Heater Elapse Time(Hours) : 1189.8 hr	HVPS Elapse Time(Hours) : 909 hr								
Forward Power(dBm) : <b>45 dbm</b>	Reverse Power(dBm) : 19 dbm								

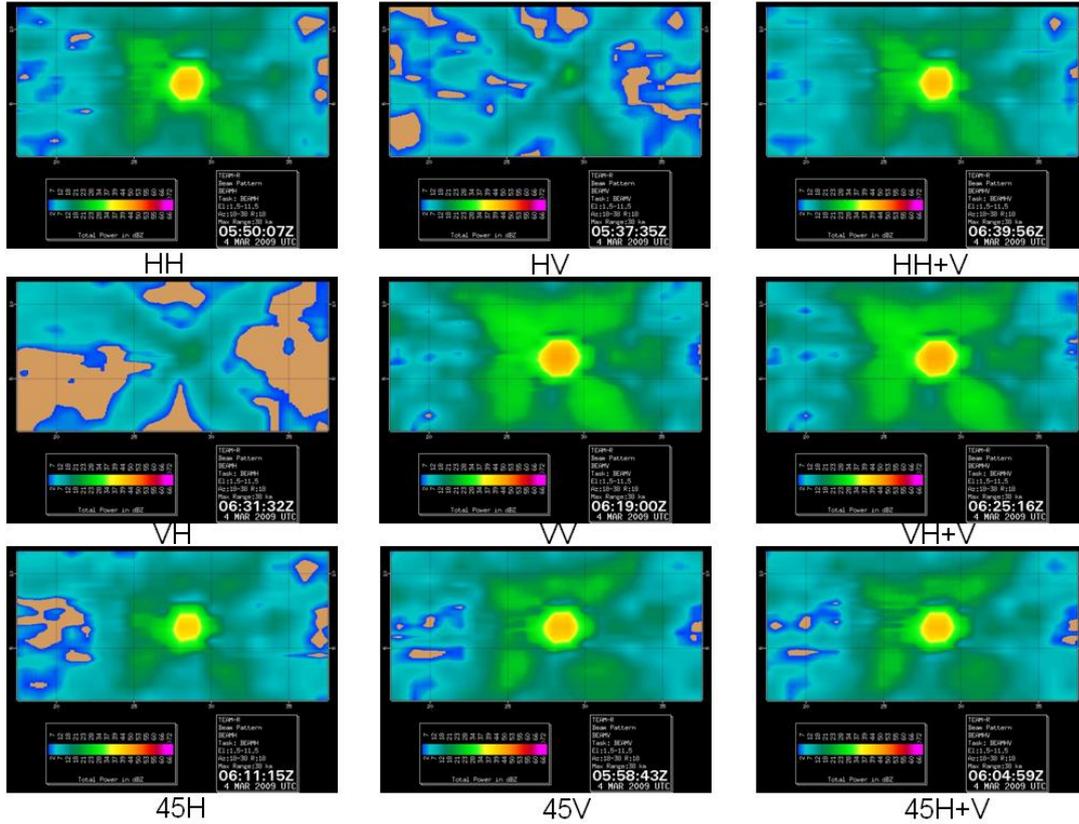
項目：接收機 (DSP 參數調校)								
1	Pulse Width : 0.8 $\mu$ s , Polarization : Horizontal							
	Cal dBz :	-30.07	Noise dBm	-74.13	IO dB	-103.88	Fit SD	0.03
2	Pulse Width : 1 $\mu$ s , Polarization : Horizontal							
	Cal dBz :	-33.2	Noise dBm	-76.87	IO dB	-106.04	Fit SD	0.03
3	Pulse Width : 1.5 $\mu$ s , Polarization : Horizontal							
	Cal dBz :	-36.12	Noise dBm	-78.04	IO dB	-107.2	Fit SD	0.03
4	Pulse Width : 2 $\mu$ s , Polarization : Horizontal							
	Cal dBz :	-39.13	Noise dBm	-79.57	IO dB	-108.96	Fit SD	0.04
5	Pulse Width : 0.8 $\mu$ s , Polarization : Vertical							
	Cal dBz :	-26.69	Noise dBm	-73.14	IO dB	-106.15	Fit SD	0.03
6	Pulse Width : 1 $\mu$ s , Polarization : Vertical							
	Cal dBz :	-30.41	Noise dBm	-75.88	IO dB	-106.15	Fit SD	0.03
7	Pulse Width : 1.5 $\mu$ s , Polarization : Vertical							
	Cal dBz :	-33.25	Noise dBm	-77.03	IO dB	-107.23	Fit SD	0.04
8	Pulse Width : 2 $\mu$ s , Polarization : Vertical							
	Cal dBz :	-35.97	Noise dBm	-78.55	IO dB	-108.7	Fit SD	0.03

項目：基座 (雷達運轉機械檢查、基座齒輪箱潤滑油檢查)			
檢察週期:每年一次 實施日期:98年1月			
1	讓雷達作水平旋轉，垂直角度由0度升至90度而後再降回0度		
	有無異音或突然停止旋轉：	無	
2	檢查基座內部潤滑油的油量		
	水平齒輪箱：	OK	垂直齒輪箱：OK

項目：雷達天線 (遠場校驗)

檢察週期:每年一次 實施日期:98年3月

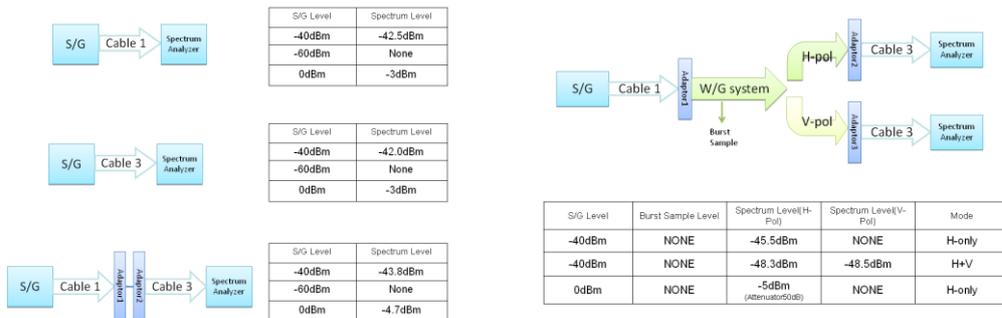
水平發射	H only 接收	V only 接收	H+V 接收	OK
垂直發射	H only 接收	V only 接收	H+V 接收	OK
45度角發射	H only 接收	V only 接收	H+V 接收	OK

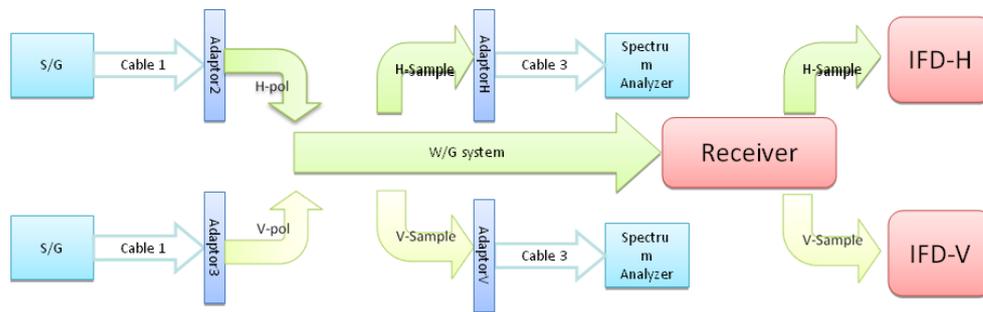


項目：導波管 (衰減量測、氣密)

檢察週期:每年一次 實施日期:98年2月

1.量測導波管全段之衰減量並填入表格	OK
--------------------	----





S/G Level	Spectrum Level(H-Pol)	Spectrum Level(V-Pol)	IFD-H Level	IFD-V Level	Mode
-40dBm	-45.5dBm	NONE	NONE	NONE	H+V(H)
-40dBm	NONE	-45.8dBm	NONE	NONE	H+V(V)
-40dBm	NONE	NONE	-45.9dBm	-8.58dBm	H+V(V)
-40dBm	NONE	NONE	-9.72dBm	-45.2dBm	H+V(H)
-40dBm	NONE	NONE	-9.74dBm	-66.9dBm	H-only(H)
-40dBm	NONE	NONE	-63.9dBm	-8.57dBm	H-only(V)

4

## 2.檢查導波管是否氣密

OK

### 項目：雷達車定期保養

檢察週期:每半年一次 實施日期:98 年 12 月

時間	97.04.30	97.11.18	98.02.02	98.04.09	98.12.15	
進廠保養公里數	529km	2365km	2415km	2575km	3725km	
項目	例行保養	例行保養	電瓶充電	煞車檢修	例行保養	

### 項目：雷達車定期檢驗及平台檢修

檢察週期:每年一次 實施日期:97 年 12 月

驗車日期	97.12.23	98.11.30	
平台檢修	除銹 上漆 潤滑 檢察鬆動螺絲 更換不堪使用零件		

<b>項目：雷達車各部清潔</b>							
檢察週期:每月一次 實施日期:98年12月							
	98.06	98.07	98.08	98.09	98.10	98.11	98.12
車體清潔:	ok						
機櫃清潔:	ok						
雷達基座清潔:	ok						
反射面清潔:	ok						

<b>項目：移動式雷達發電機保養</b>						
檢察週期:約每 300 小時一次 目前時數:819.4hr						
日期	97.05.11	97.05.21	97.10.12	98.05.14	98.07.29	
發電機時數:	50.1	159.6	363.2	443.0	748.7	
機油	換機油	換機油	換機油	換機油	換機油	
換濾心		換濾心		換濾心		