

交通部中央氣象局
委託研究計畫期末成果報告

台灣宜蘭地區秋季豪雨氣象雷達加強觀測計畫

計畫類別：氣象 海象 地震

計畫編號：MOTC-CWB-102-M-05

執行期間：102年03月08日至102年12月31日

計畫主持人：陳台琦

執行機構：國立中央大學大氣物理研究所

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

- 赴國外出差或研習心得報告1份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告1份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各1份

中華民國 102 年 12 月 31 日

政府研究計畫期末報告摘要資料表

計畫中文名稱	台灣宜蘭地區秋季豪雨氣象雷達加強觀測計畫		
計畫編號	MOTC-CWB-102-M-05		
主管機關	交通部中央氣象局		
執行機構	國立中央大學大氣物理所		
年度	102 年度	執行期間	102 年 03 月 08 日至 102 年 12 月 31 日
本期經費 (單位：仟元)	350 仟元		
執行進度	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
	100 %	100 %	0
經費支用	預定(仟元)	實際(仟元)	支用率 (%)
	350 仟元	350 仟元	100 %
研究人員	計畫主持人	協同主持人	研究助理
	陳台琦		葉威廷
報告頁數	48 頁	使用語言	中文
中英文關鍵詞	雙偏極化都卜勒雷達、降水觀測、GMAP 方法、偏極化參數		
研究目的	<p>蘭陽溪流域因為地形的阻擋及雨量站密度不足，導致雷達觀測及估計降水的困難。在梅雨(2012 年 5 月 12 日)、颱風(2010 梅姬颱風)以及秋季共伴環流(2009 年 10 月芭瑪颱風)侵襲期間，此地區亦有嚴重的豪大雨的發生，災禍頻仍，常常造成雨量計所計算的區域雨量有很大的差距，因此此區域需要高時空解析度十分精確的雨量資料，提供防洪作業程序的決策。本計畫的執行原將以移動式偏極化/都卜勒雷達 TEAM-R 於蘭陽溪流域及蘭陽平原找尋適當的站址進行觀測，並與五分山雷達站、花蓮雷達站 10 公分都卜勒雷達，進行氣象雷達聯合加強觀測，提升該區定量降水估計能力，但因雷達車雷達車於計畫執行期間發生車禍，導致雷達天線及機櫃嚴重受損，無法進行觀測。其餘計畫目標則會採用 2012 年蘇拉颱風 TEAM-R 的觀測資料進行補充，延續 101 年計畫中針對非降水信號的品質管理方法，繼續測試調整：分辨地形回波策略；掃瞄策略規畫以及資料品質閾值，以提升降雨資料的準確性。</p> <p>本計畫目的為評估蘭陽溪流域以及蘭陽平原南側山區豪大雨高潛勢地區，於增加精密降雨雷達後所能增加的觀測效益。</p>		
研究成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已進行蘭陽溪沿岸出海口附近地區，順著河堤沿線的雷達觀測地點的選址及場勘。 2. 探勘地點已進行覆蓋範圍數值模擬計算，三個地點的模擬結果都有不錯的表現。 		

	<ol style="list-style-type: none"> 3. 在考慮觀測點附近地貌及地上物的影響，以河堤觀測的觀測效果為最佳。 4. 已於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤進行一次地形的掃描。 5. 已分析壯圍鄉東港村水閘門旁河堤上地形掃描的資料，得知增加此觀測點可改善蘭陽平原低層雷達觀測資料不足的問題。 ● 中央大學校門口蘇拉颱風觀測個案 6. 已進行 TEAM-R 觀測資料的修正，並和五分山雷達及 CPOL 作校驗，得到不錯的結果。 7. 已在 RHI 上測試不同非降水信號的品質管理方法，並和過去的計畫有相同的結果。 8. 已利用修正後的 TEAM-R 資料進行降雨估計的研究，並和地面雨量站作校驗。
建議事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 偏極化降雨雷達是氣象局未來和水利署合作提共降雨估計的利器，在未來更應在 S、C、X 三波段如何結合雨量計網，找出最適當的觀測，如：C 波段負責平原與都會區、X 波段則進入山區與水庫集水區。因此利用大學或研究單位來發展降雨估計的方法學或互相驗證是很重要。 2. 建議氣象局在未來仍鼓勵以偏極化雷達協助加強觀測及降雨估計方法的精進發展，作為委託計畫的目標之一。
具體落實應用情形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此計畫會將所有的觀測資料移交氣象局做為參考。 2. 此計畫會將所有雷達資料處理的方法流程及軟體提供氣象局參考。 3. 此計畫可做為是否加強蘭陽流域及蘭陽平原雷達觀測的參考資料。
計畫變更說明	<p>原預計由 TEAM-R 於 102 年秋季前往宜蘭地區進行觀測，唯此雷達車於 102 年 5 月發生車禍，導致雷達天線及機櫃嚴重受損，由於相關零件需由芬蘭進口，並且需在本地進行後續的組裝、校驗與測試，因所需之修復作業相當耗時，以致本計畫原定前往宜蘭進行觀測的工作項目無法及時完成。</p>
落後原因	無
變更或落後之檢討與因應對策	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加蘇拉颱風個案觀測資料，測試不同去除地形並保留氣象回波訊號的方法。 2. 增加蘇拉颱風個案觀測資料進行衰減修正校驗，與五分山觀測的重疊地區比對。 3. 增加蘇拉颱風個案觀測資料與雨量站做測試。

目錄

計畫期末摘要報告	2
目錄	4
第一章 計畫摘要	5
第二章 背景分析	7
第三章 研究方法與執行步驟	15
3-1 計畫變更	15
3-2 工作項目與方法步驟	15
3-3 觀測地點選址及場勘	19
3-4 觀測策略	22
3-5 資料處理	26
3-6 結果分析	26
第四章 結論	40
參考文獻	43
附錄(一)－計畫變更相關文件	44
附錄(二)－雷達車事故及修復狀況	48

第一章 計畫摘要

在夏季的颱風及午後熱對流、秋季的共伴環流和冬季的東北季風影響下，宜蘭地區常降下驚人的雨量，造成宜蘭地區多處地方淹水、有土石流發生，鐵、公路交通受損，影響甚巨。但蘭陽河流域因地形的阻擋及雨量站密度不足，導致雷達觀測及估計降雨的困難、區域雨量估計與雨量站實際觀測有相當大的差異，無法提供精確的高時空解析度雨量資料，作為防洪決策程序的參考。因此本年計畫原將針對蘭陽河流域及蘭陽平原南側山區秋季降雨系統，以移動式偏極化/都卜勒雷達 TEAM-R(3 公分)與氣象局五分山、花蓮雷達(10 公分)進行聯合加強觀測，提升此區定量降水估計能力，但因雷達車雷達車於計畫執行期間發生車禍，導致雷達天線及機櫃嚴重受損，無法進行觀測。其餘計畫目標則會採用 2012 年蘇拉颱風 TEAM-R 的觀測資料進行補充，持續測試調整非降水信號的品質管理方法，改善降水估計精確度。本計畫目的為評估蘭陽溪流及蘭陽平原南側山區豪大雨高潛勢地區，於增加精密降雨雷達後所能增加的觀測效益。

本觀測團隊已於 2012 年 10 月初完成蘭陽溪沿岸出海口附近地區，順著河堤沿線的雷達觀測地點選址及場勘。針對探勘地點已進行覆蓋範圍數值模擬計算，在不考慮觀測點附近地貌及地上物的影響，這三個地點的覆蓋模擬結果都表現不錯。而透過實地勘查後，將地貌及地上物的影響考慮進來之後，以蘭陽溪旁河堤觀測的觀測效果為最佳，其觀測視野地勢平坦開闊無雜草或樹木的阻擋、鮮少有人車經過，只有在非計畫中觀測方向的部份有建物

及電線的阻擋。因此本計劃的執行將選擇河堤作為未來 TEAM-R 觀測地點。此外在 2012 年的 11 月初已於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤進行一次地形掃描。

第二章 背景分析

蘭陽平原三面環山東向太平洋，夏季的颱風、秋季的共伴環流及冬季的東北季風時常夾帶豐沛的水汽，在與地形的交互作用下，此區常有豪大雨事件發生。蘭陽平原在氣象局 S-band 雷達網的覆蓋下，因受地形的阻擋，雷達針對此區的觀測較為困難，且雨量站密度不足。現有的氣象局 QPESUME 系統，在雨量站密集處的降雨估計可有不錯的精確度，但在雨量站密度不足的地方，其定量降水估計結果與實際降雨分布會有相當大的差異，無法提供精確的高時空解析度雨量資料，作為當地防洪決策程序的參考。因此本計畫主要目的將針對蘭陽溪流域及蘭陽平原南側山區進行偏極化雷達加強觀測，測試是否能提升此區定量降水估計能力。並延續 101 年度計畫測試調整非降水信號的品質管理方法，改善降水估計精確度。

台灣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(Battan,1973)。2009 年 10 月芭瑪颱風加上東北季風的共伴效應，在宜蘭降下驚人超大豪雨，最大累積雨量颯破 1000mm(圖 1)，造成山洪暴發多處地方淹水，鐵路交通受損；隔年的強颱梅姬外圍環流與東北季風共伴效應下，在宜蘭地區下驚人雨量，蘇澳氣象站日累積雨量達 1000mm 以上(圖 2)，每小時累積雨量 181.5mm 更是打破設站以來的紀錄，造成蘇澳鎮多處地方淹水、有土石流發生，蘇花公路更是發生通車 78 年來最嚴重的坍方事件；2012 年 12 月 8 日至 14 日的連日大雨、同年 8 月的蘇拉颱風及 5 月的梅雨帶來驚人的雨勢，皆造成蘇花公

路坍方，影響甚巨。蘭陽平原位於五分山雷達站的南方，由五分山雷達往南作剖線至蘇澳(圖 3，距離約 55 公里)，可知五分山雷達高度約 733 公尺，沿線會經過一個山頭高度約 945 公尺之後便是平坦的蘭陽平原，從模擬的五分山 PPI blocking map beam – terrain 高度圖(圖 4)來看，五分山雷達在觀測此區時，雷達 beam 和地面的高度差多在 1000 公尺以上；在觀測蘭陽溪流域(圖 5)，其 beam 和地面的高度差則都在 1200 公尺以上，由此看來五分山雷達對於此區的觀測並無法得到良好的低層資料。除此之外，由雨量站分布圖(圖 6)來看，在蘭陽平原上雨量站的分布大約只有 10 站左右，雨量站密度稍嫌不足；而蘭陽溪流域則因地形崎嶇的緣故，雨量站架設不易，使降雨估計產生很大的誤差，影響當地防洪決策程序，因此高時空解析度的雨量資料對於此區就十分重要。

偏極化/都卜勒雷達除了可以在三維空間中，除了徑向風場外，還可以測量水滴大小、扁平度、粒子個數分佈等雨滴譜儀參數(Doviak and Zrnica, 1993)，同時提供如相關係數、差異相位差的標準差等訊息，可以幫助濾除地形干擾。並且從不受地形部分阻擋影響之電磁波相位資料及可計算較佳的降雨估計(Bringi and Chandrasekar, 2001)。本研究團隊已在國內做過多次的雙偏極化雷達(S、C、X 波段)定量降雨估計的觀測驗證。本計畫的主要目的為採用 X 波段移動式偏極化都卜勒雷達(Team-R)(圖 7)，配合氣象局現有雷達網，將雷達車前往適當地點，針對蘭陽平原及蘭陽溪流域可能產生豪大雨的降水系統進行密集觀測。

在 2010 年「台灣東北部地區氣象雷達加強觀測計劃」期末報告中，已有分析 2009 年 10 月 21 日至 25 日 TEAM-R 於佛光大學觀測的共伴環流降水系統個案，發現在此點的觀測的確是可以得到比五分山雷達較為貼近地面的資料，對於雷達降水估計精確度也有所幫助，不過觀測資料主要都是以蘭陽平原及海上為主，不過並未對山區做觀測及分析，而且佛光大學觀測點位在山上，離地面還是有一段距離，因此本年度計畫預計於蘭陽溪沿岸找尋適合的觀測點，針對宜蘭山區、平原及蘭陽河流域進行觀測及分析。本觀測團隊已在去年(2012)先進行觀測地點的初勘，從蘭陽溪沿岸出海口附近地區順著河堤沿線尋找可能觀測地點，初步挑了 3 個可能地點(圖 8)，海巡後面(N：24°43'04.8"；E：121°49'51.9")、榕樹公園(N：24°43'02.3"；E：121°49'37.4")及壯圍鄉東港村水閘門旁河堤(N：24°43'16.6"；E：121°49'08.2")，本計劃在今年(2013)則將於 3 月份針對這些地點進行作更進一步的探勘。這些地點均擁有觀測不同方位之降水系統的彈性，有助於掌握強降水系統在蘭陽平原、蘭陽河流域及坡地的狀況，提供正確降雨量估計之重要氣象防災資訊。秋季的共伴環流系統加上地形位處迎風面，常常為蘭陽河流域帶來劇烈的豪大雨，因此本計劃規劃在今年秋季有適當的系統時，前往蘭陽河流域進行觀測，可提供蘭陽河流域設立降雨雷達的可行性，並依天氣狀況進行實際觀測，測試不同觀測策略，但因雷達車雷達車在計劃執行期間發生車禍因而受損，使得計畫中觀測的部份無法如期進行。其餘則會採用 2012 年壯圍鄉東港村水閘門旁河堤地形掃描及蘇拉颱風的 TEAM-R 觀測資料進行補充，以

完成下列三個目標：(1)尋找測試可能站址偏極化雷達降雨覆蓋地區。(2)進行掃描策略規劃及驗證雷達資料衰減修正方法、資料品質閾值。(3)延續 101 年計畫持續測試調整非降水信號的品質管理方法。

張 2004 年的文章中有提到，當宜蘭地區發生豪大雨時，低層東北季風增強配合高層西風微弱，而台灣東北部外海整層平均風速小；豪大雨結束時，高層西風增強低層東北風減弱。因此本計劃的執行除了完成上述三個目標外，在時間允許的情況下，將會設計風場的掃描策略，進行 VAD 風場研究，討論當豪大雨發生時，整層風場的變化。除此之外，由 2010 年的「台灣東北部地區氣象雷達加強觀測計劃」期末報告中，顯示在佛光大學的觀測有不錯的結果，而 TEAM-R 在 2012 年杰拉華颱風期間與颱風中心共同測試位於佛光大學的雷達車永久地樁性能(圖 9)，測試結果良好，因此適當的情況下也將於此地進行觀測。

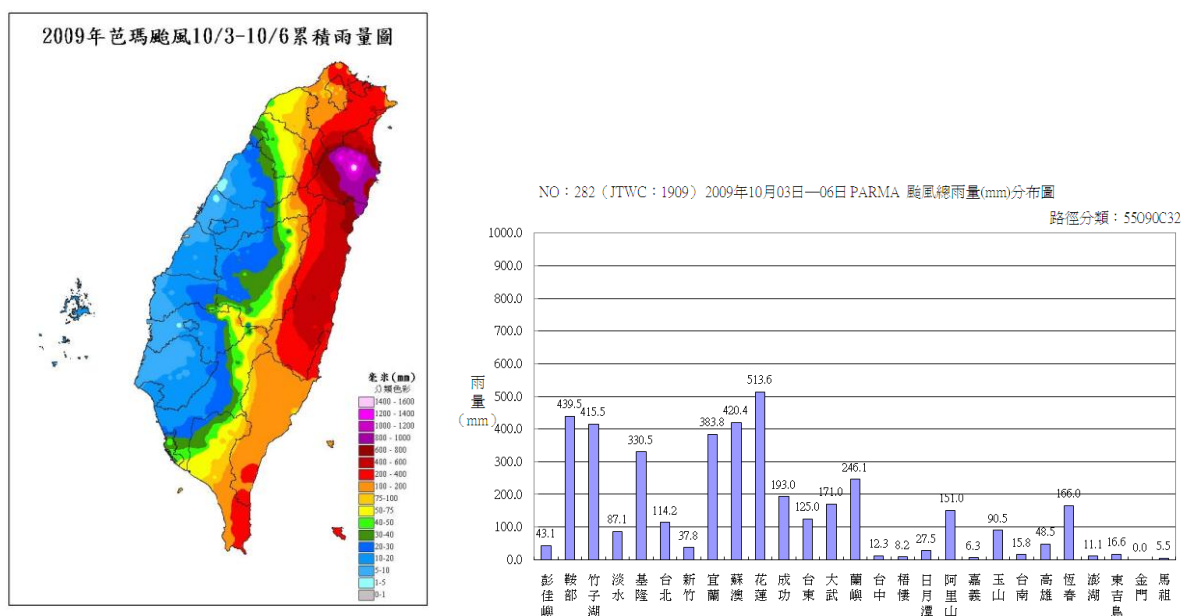


圖 1:2009 年芭瑪颱風 10 月 3 日至 6 日的(左)全台累積雨量圖、(右)各測站累積雨量圖。

取自-臺灣颱風分析與預報輔助系統(<http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/mainpage.htm>)。

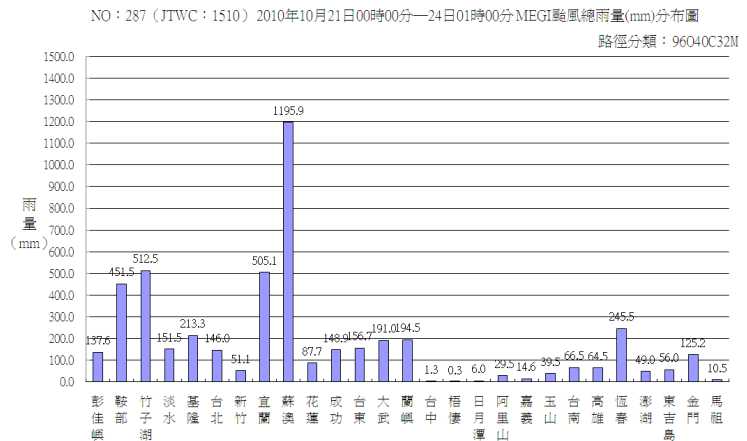
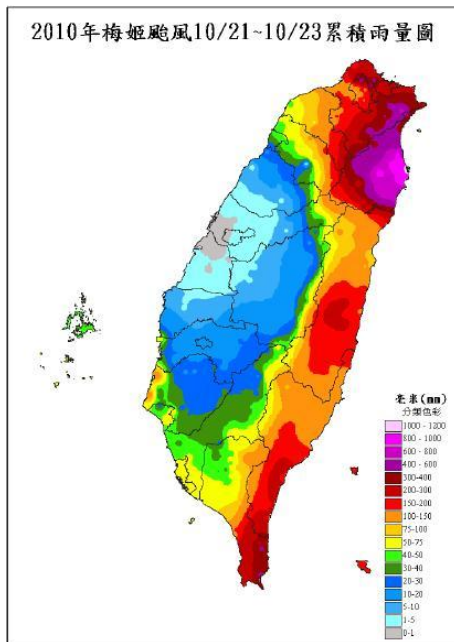


圖 2: 2010 年梅姬颱風 10 月 21 日至 23 日(左)全台累積雨量圖、(右)各測站累積雨量圖。
取自-臺灣颱風分析與預報輔助系統(<http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/mainpage.htm>)。



圖 3: 五分山雷達至蘇澳的沿線地形剖面圖。

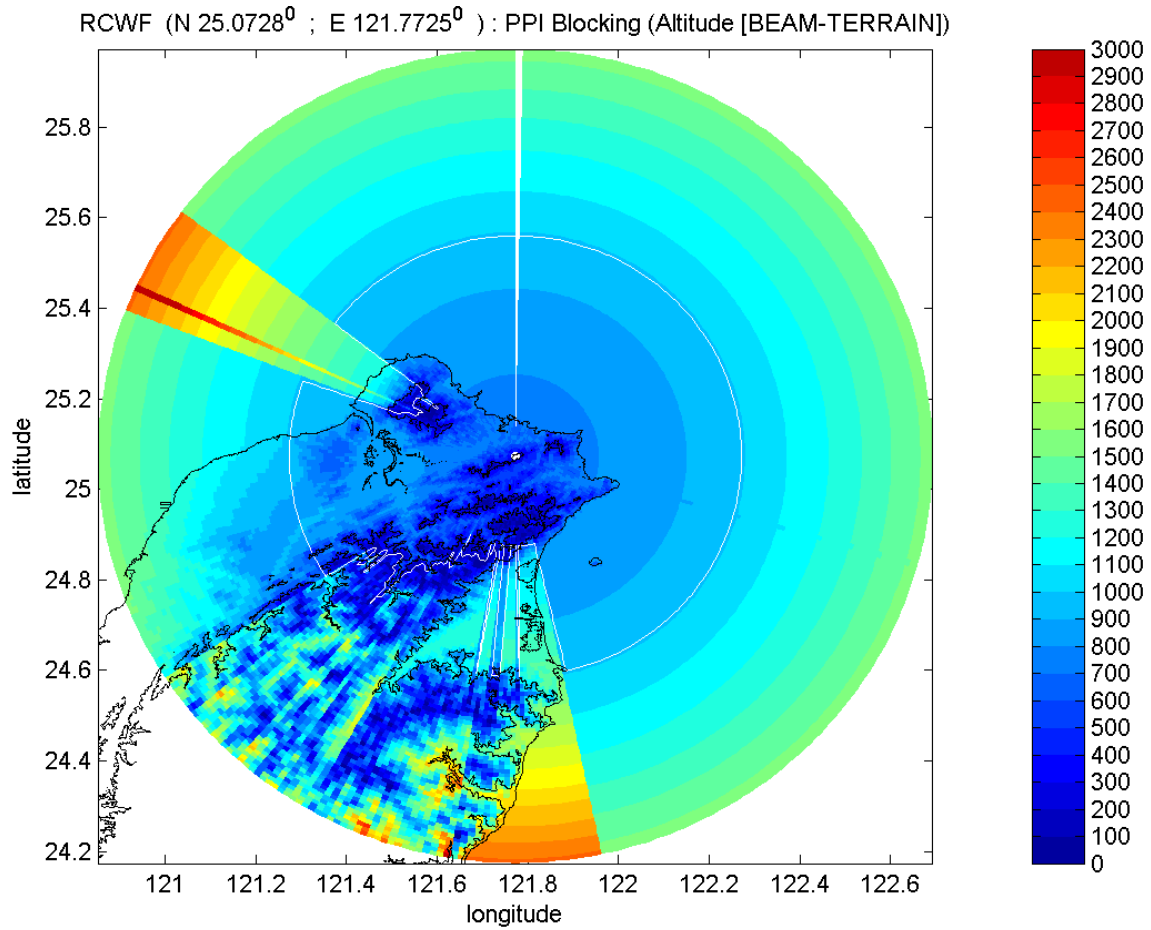


圖 4：五分山雷達 PPI Blocking Altitude [Beam-Terrain]。

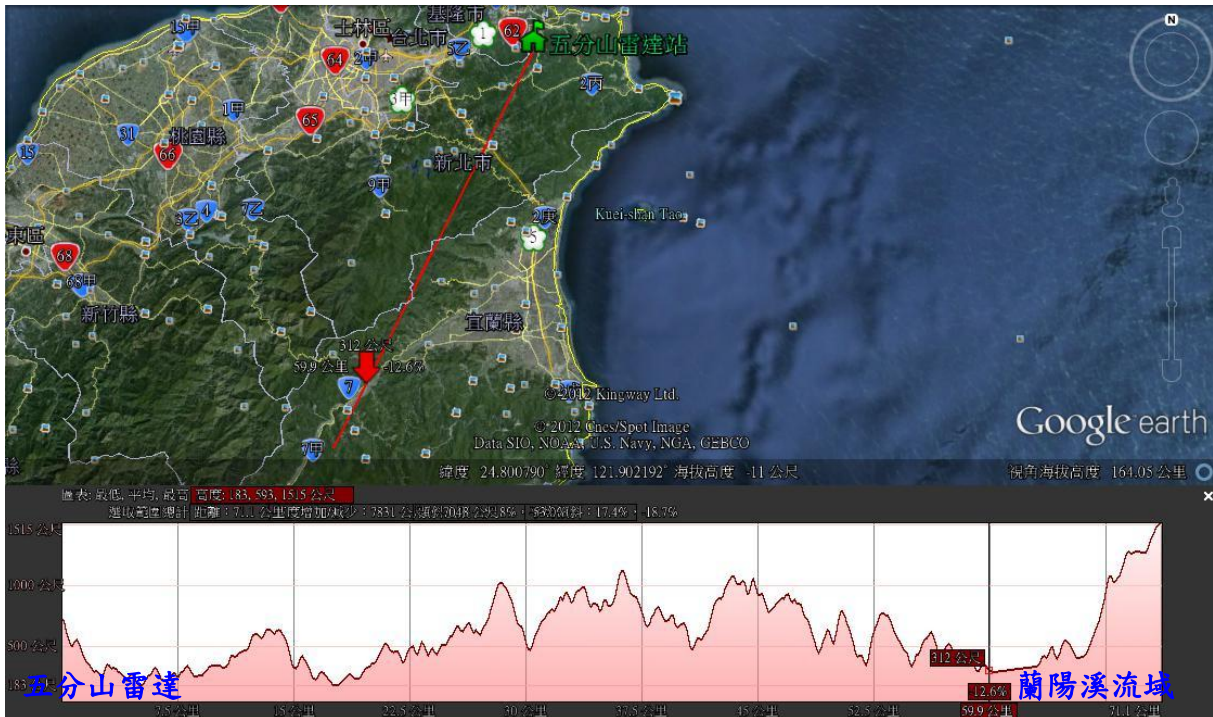


圖 5：五分山雷達至蘭陽溪流域的沿線地形剖面圖，圖中箭頭處為蘭陽溪流域位置。

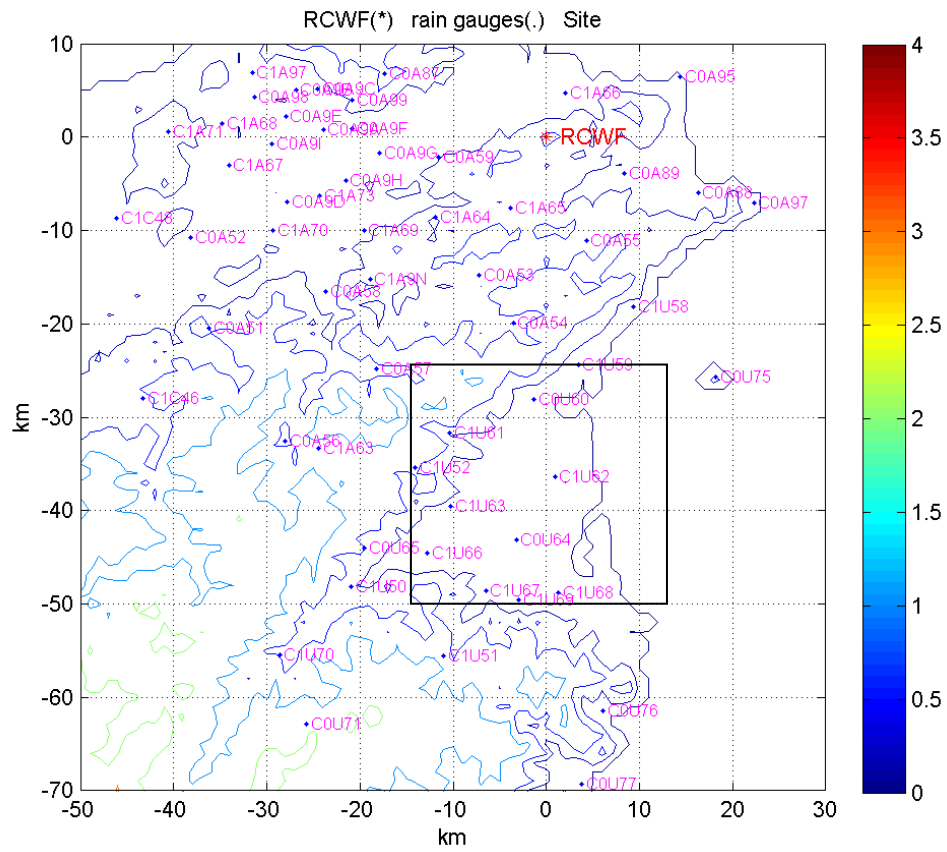


圖6：雨量站分布圖，黑框內為蘭陽平原內的雨量站分佈。

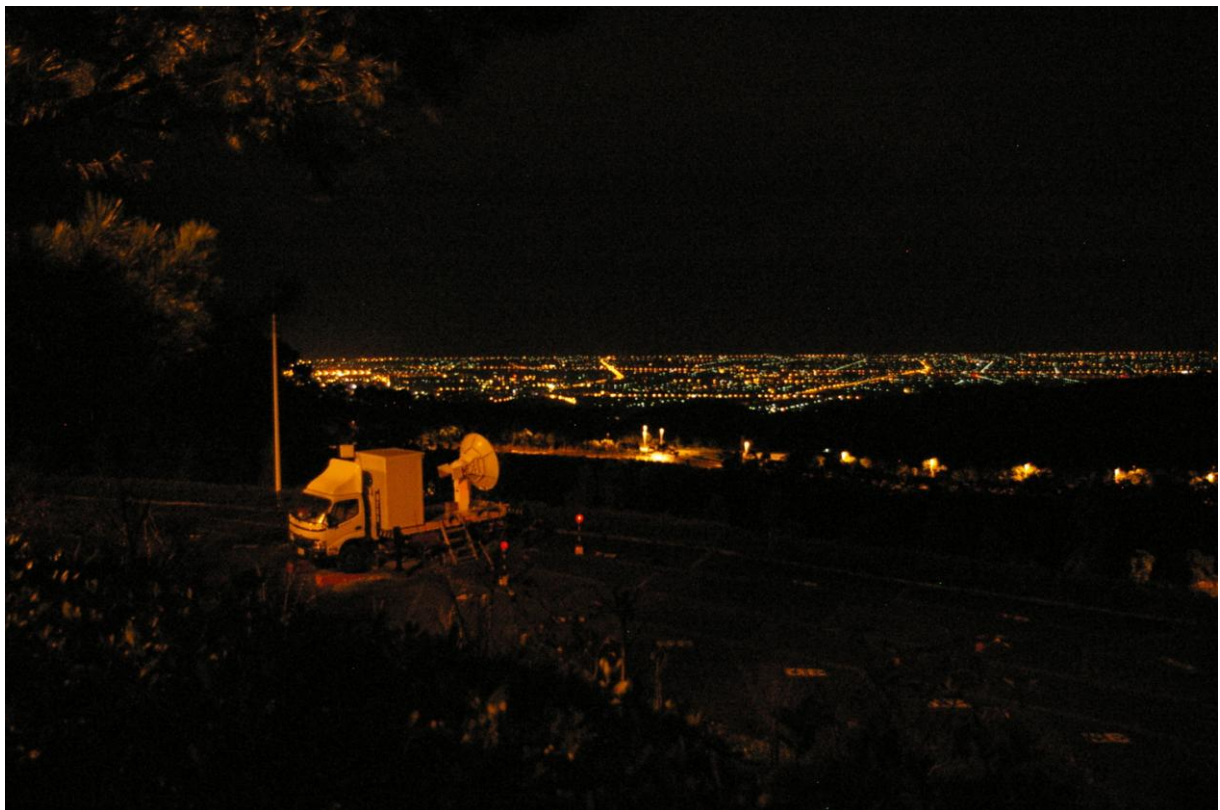


圖7：中央大學移動式偏極化雷達車。

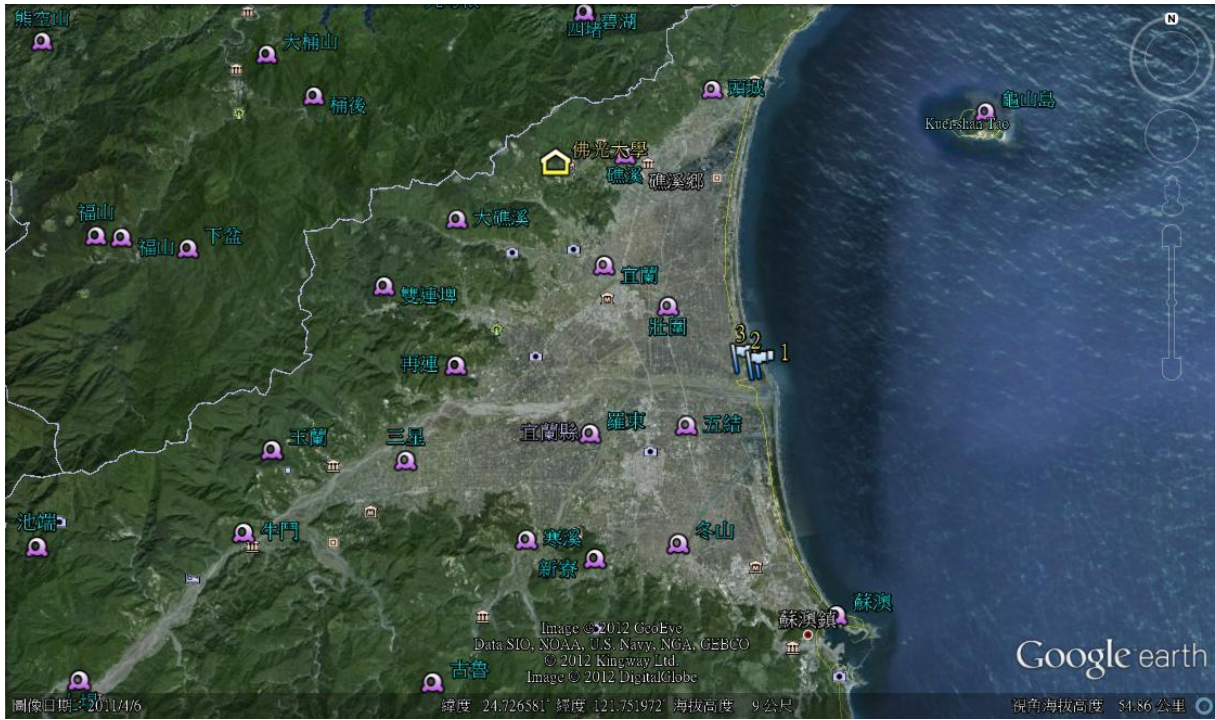


圖 8：觀測點示意圖。黃色標記為佛光大學、紫色標記為氣象局之雨量站、旗子為初勘地點 1 海巡後面；2 榕樹公園；3 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤。



圖 9：2012 年杰拉華颱風期間與颱洪中心共同測試位於佛光大學的雷達車永久地樁性能。

第三章 研究方法與步驟

3.1 計畫變更

本計畫工作項目中，原預計由 TEAM-R 於 102 年秋季前往宜蘭地區進行觀測，唯此雷達車於 102 年 5 月發生車禍，導致雷達天線及機櫃嚴重受損，由於相關零件需由芬蘭進口，並且需在本地進行後續的組裝、校驗與測試，因此所需之修復作業相當耗時，以致本計畫原定前往宜蘭進行觀測的工作項目無法及時完成。

然而此計畫大部分的工作項目均已完成，不足的部份也將提供 2012 年 8 月於中央大學校門口實施的蘇拉颱風觀測結果進行補充，因此在以下小節將利用蘇拉颱風及 2012 年 11 月的壯圍鄉東港村水閘門旁河堤的觀測資料，針對計劃目標進行逐項的分析。

3.2 工作項目與方法步驟

本觀測團隊已在 2012 年 11 月於台灣蘭陽溪流域實施一次移動式 3 公分波長偏極化都卜勒雷達觀測，於挑選出的降水觀測之適當觀測站址，進行地形掃描。同時配合氣象局的五分山及花蓮雷達進行氣象雷達聯合加強觀測，測試使否能夠改善五分山及花蓮雷達無法觀測到蘭陽平原低層的問題。而對於高時空解析度的雷達定量降雨估計、雷達資料的衰減修正及去除地形回波保留氣象資訊方法的測試，則因當時的降雨極不明顯，而無法使用當時河堤上 TEAM-R 的觀測資料作分析研究，因此在本計劃中將以中央大學校門口實施的蘇拉颱風觀測資料進行補充，以五分山雷達的觀測資料對 TEAM-R

資料的檢修正結果做驗證、配合氣象局的自動雨量站，延續 101 年計畫針對非降水信號的品質管理方法，繼續測試調整，並利用處理後的雷達資料作降雨估計，與地面雨量站資料作校驗，評估不同非降水信號的品質管理方法正確性。

以下三項為修改後計畫的主要工作項目及各項目的方法步驟：

3.2.1 尋找、測試偏極化雷達降雨觀測可能站址。

(a) 針對各選擇地點進行覆蓋範圍計算模擬。

(b) 與五分山及花蓮雷達進行聯合觀測，測試選定的觀測站址是否能改善這兩顆雷達無法觀測到蘭陽平原低層的問題。

3.2.2 測試去除地形雜訊並保存氣象回波訊號方法策略。

氣象雷達因設置位置之地形因素，時常受地形遮蔽效應及周邊地形、地物，及各類非氣象雜訊干擾，而台灣屬於多山的地理環境，在天氣系統及地形的交互作用下，在山區或坡地常常有降水事件發生，在山區觀測時降水訊號與地形雜訊經常會混在一起，造成雷達資料品質不佳，因此如何在地形附近將地形雜訊去除保留降水資訊，至今仍是重要的研究課題之一。

(a) Doppler velocity spectrum notch

此種方法是都卜勒雷達發展很久去地形的基本功能，利用地形回波的都卜勒風場接近零，而地形訊號強度又很強情況下，直接從都卜勒波譜的中心地區，加上過濾功能去除地形，稱之為波譜缺口(spectrum notch)，然後再利用內插方式將波譜兩側的點用線性內插作為氣象訊號(weather signal)的修

補，此方法缺點在於波譜缺口寬度的決定，太大太小都可能產生錯誤資訊，太大可能過濾掉有意義的氣象訊號;太小則可能留下地形雜訊，往往需要作業單位透過經驗累積尋找適當的缺口寬度。

(b) Gaussian Model Adaptive Processing(GMAP)

此方法為較先進的地形過濾方法(Doviak and Zrníc, 1993)，利用對於地形雜訊波譜寬特性的了解，一般地形雜訊的波譜寬小於氣象訊號的波譜寬，進行適當的過濾，並且利用都卜勒波譜的強度分布，有能力分辨一般雜訊與地形雜訊，透過這些對波譜的了解並根據信號當時特性，先進行都卜勒波譜中心地區適當的窗口地形波譜的高斯分布來過濾，接著利用氣象信號應呈現高斯分佈的特性，補回氣象訊號在中心地區的強度，這幾個步驟經過數次反覆計算後，完成去除地形的波譜此方法與 Doppler velocity spectrum notch 的主要差異即為高斯分佈的補回與線性內插的補回。此方法根據國外的文獻，在地形影響很小時不會過度的過濾信號;而在地形影響很大的時候去除地形影響後仍可補回氣象回波強度，此方法近乎全自動的技術，但仍須在實際個案中詳細測試其功能。由於氣象局五分山雷達及 TEAM-R 雷達都具有此項功能，因此本計劃將嘗試以 TEAM-R 雷達測試此方法在山坡上的功能，並與雨量站比較，驗證補回氣象訊息後雷達降雨估計的正確性。

(c) dual polarimetric parameters method

雙偏極化都卜勒雷達在信號處理上，有數種不同在地形上去除地形回波及保留降水訊息的方法，雙偏極化雷達參數分析不同水相及各種雜訊，可以較精準的去除雷達資料中非天氣現象之雜訊，建立去除雜訊之流程，此步驟

對於雷達降水估計及 資料同化進入數值模式都十分重要。這一部分的工作在國際雷達氣象的研究領域，正積極進行中，未來本計劃將與國外此方面研究人員合作研發適合台灣降水系統及地理環境特性之先進雷達資料品質改善能力。圖 10 為採用偏極化參數去除非氣象資訊的一個結果。對於偏極化雷達而言，在判定非氣象回波時 (Z_T ，圖 10a)時，通常是利用相關係數(ρ_{HV} : Correlation coefficient，圖 10b)，當雷達觀測到的是純水或純冰時， ρ_{HV} 值會在 0.9 以上甚至趨近於 1，但對於非氣象資訊來說， ρ_{HV} 值就會低於 0.9 以下，例如像在雷達附近觀測到的回波值高達 40dBZ 以上，但其相對的 ρ_{HV} 值大多都在 0.9 以下，由此判斷這些強回波並非是氣象資訊，而是地形所造成的強回波，因此透過 ρ_{HV} 這個參數可以將這地形回波去除，並且對於它的雜訊也可去除的很乾淨，只保留氣象資訊下來(圖 10c)。

Doppler velocity spectrum notch、Gaussian Model Adaptive Processing(GMAP)及 dual polarimetric parameters method 的初步測試結果，可參閱氣象局 2010 年「都卜勒雷達與偏極化雷達在地形上改善降水觀測方法之研究」及 2011 年「曾文水庫流域氣象雷達加強觀測計畫」。從這兩個計畫的結果皆顯示在 PPI 或 RHI 的觀測，利用偏極化參數 $\rho_{HV} = 0.9$ 在去掉地形回波及雜訊時，可以去除掉較多的部份，得到相對較乾淨的回波資訊，但相對的在地形回波和氣象資訊混雜的資料也完全的被去除掉，無法補回屬於氣象資訊的部份，而 GMAP 方法和 LOG & CSR 方法在去除地形回波並補回降雨資訊時的效果差不多的，但在去除雜訊時的效果 LOG & CSR 方法的

表現則是優於 GMAP 方法。

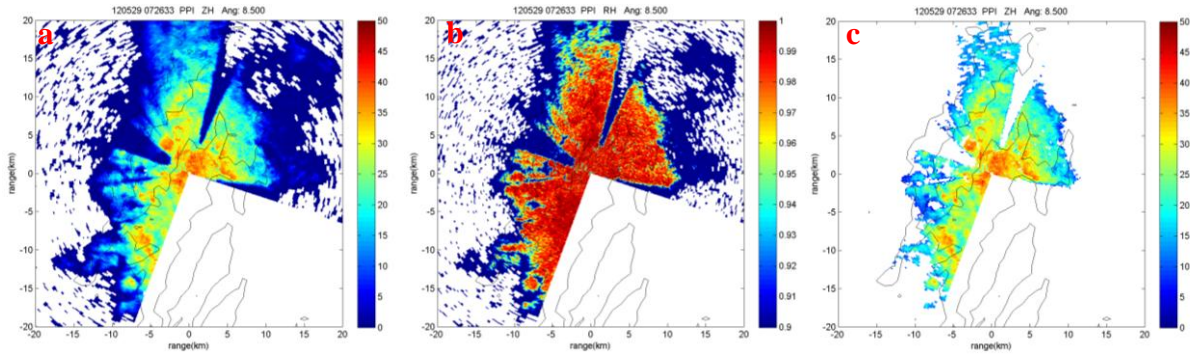


圖 10：採用偏極化參數去除非氣象資訊的結果。(a)原始回波、(b)相關係數、(c)處理後的回波，摘自 2011 年「曾文水庫流域氣象雷達加強觀測計畫」期末報告。

3.2.3 驗證雷達資料衰減修正方法。

(a) 利用 2012 年 8 月蘇拉颱風的 TEAM-R 觀測資料與五分山都卜勒雷達，進行移動式雙偏極化都卜勒氣象雷達(TEAM-R)觀測資料的衰減修正校驗。

(b) 利用分布在桃園地區的氣象局雨量站資料，評估經衰減修正後的雷達資料，在降水估計的精確度的表現。

3.3 觀測地點選址及場勘

本觀測團隊已於 2012 年 10 月初完成觀測地點選址及場勘，從蘭陽溪沿岸出海口附近地區，順著河堤沿線尋找可能觀測地點，分別探勘了 3 個可能地點(表 1、圖 11)：海巡後面、榕樹公園及壯圍鄉東港村水閘門旁河堤，經勘查及覆蓋範圍數值模擬計算(圖 12)及考慮當地的地貌、地上物及人為活動的影響，預定於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤(GPS 位置 N：24°43'16.6"；E：121°49'08.2"，圖 13)進行觀測。此地點觀測視野開闊地形，可觀測整個蘭陽

平原及深入蘭陽溪流流域河谷，並在選定的觀測視角內無任何遮蔽物阻擋，少有人車往來影響觀測，且觀測地點鄰近市區及補給點，生活機能便利適合觀測作業及相關後勤作業。

在這選定的觀測點 TEAM-R 預定只做 2 至 3 天的觀測和觀測範圍的覆蓋及地形掃描，並不會長期駐點，此外 TEAM-R 為移動式雷達，當遇到不可抗拒的強風或豪大雨時，可隨時撤收移至安全地點停放。日後氣象局與水利署在此設站時，則將會建置雷達觀測所需之相關建物，可抵抗強風及豪雨，因此並無安全上的疑慮。

表 1：蘭陽平原及蘭陽溪流流域觀測地點選址總覽。

地點	勘查結果	評估
海巡後面	由 Blocking Map 結果來看視角不錯、對整個蘭陽溪流流域及蘭陽平原皆有不錯的觀測覆蓋。此點位在道路底端，架設、觀測時不用擔心人車影響的問題。但在觀測點的前方有雜草遍布，會影響觀測視野；而觀測點後方則是海巡雷達所在位置，其發射的電磁波可能會對觀測造成影響。	不適合
榕樹公園	由 Blocking Map 結果來看視角不錯、對整個蘭陽溪流流域及蘭陽平原皆有不錯的觀測覆蓋。此點位在出海口附近、河岸邊一個小公園旁，常有漁民及車輛會經過。其觀測方向面河、視野範圍遼闊，但會有漁船在前作業或經過，可能會有掃到人的疑慮。	適合
壯圍鄉東港村水閘門旁河堤	由 Blocking Map 結果來看視角不錯、對整個蘭陽溪流流域及蘭陽平原皆有不錯的觀測覆蓋。此點位在河堤上，觀測方向視野遼闊，適合觀測，並且無車經過，不用擔心阻擋到往來交通。	最適合

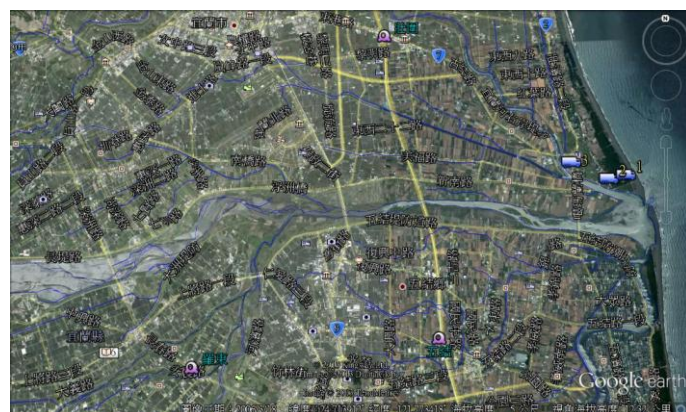


圖 11：探勘地點總覽，1 海巡後面；2 榕樹公園；3 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤。

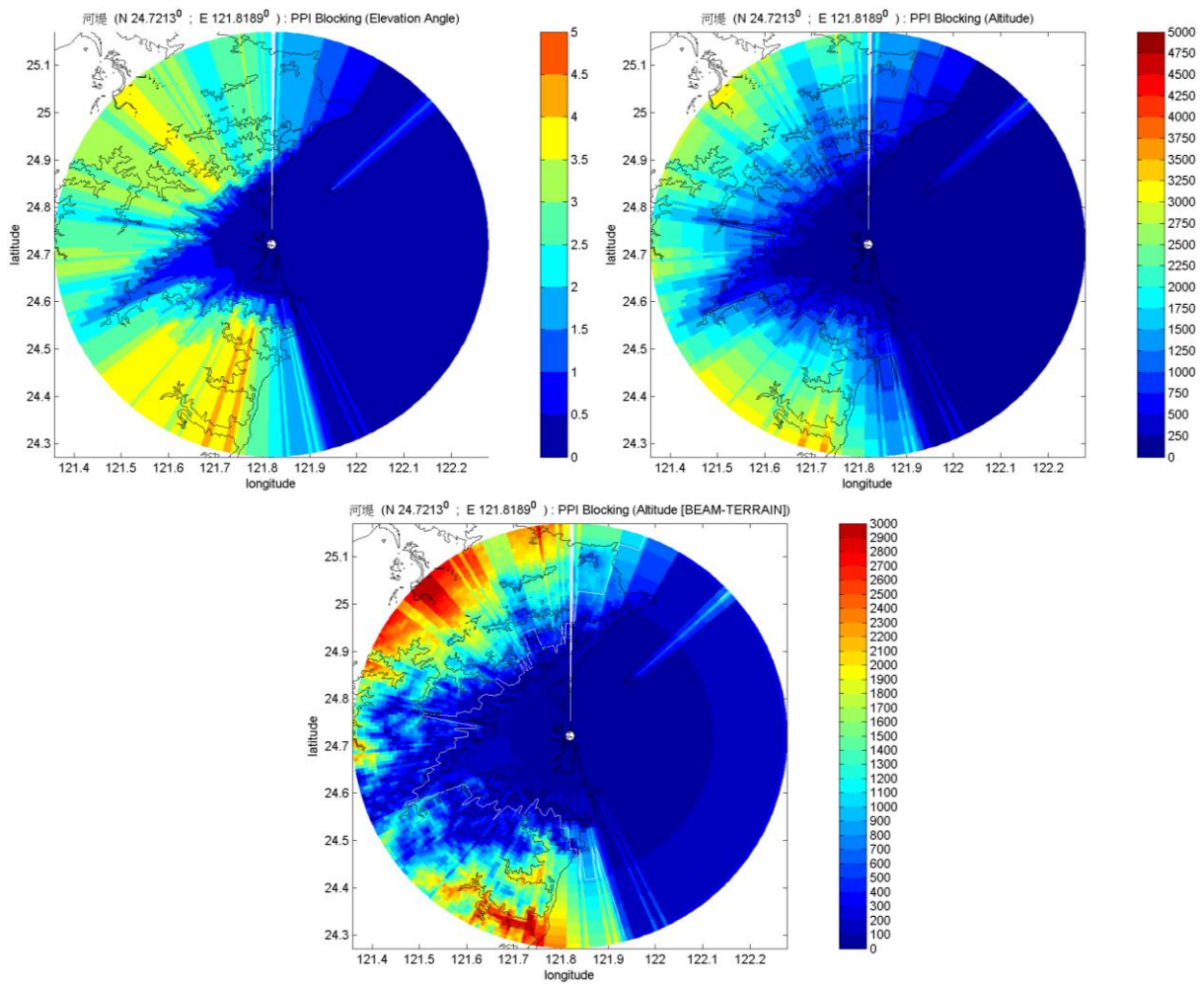


圖 12: 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤由上至下-PPI Blocking Elevation Angle、PPI Blocking Altitude、PPI Blocking Altitude [Beam-Terrain]。



圖 13: 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤-(a)觀測點入口、(b)觀測點往上游看、(c)雷達預定架設位置。

3.4 觀測策略

以下為在蘇拉颱風觀測期間，對於所希望達成的科學目標，所設計之觀測策略(表 2)，此外也附上 2012 年 11 月於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤作地形掃描時，所採用的觀測策略(表 3)：

1. 針對降雨估計目的，設計不同觀測策略及資料品質設定，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. 針對降雨估計目的，依據降水系統發展的高度及水平範圍，設計垂直剖面掃描，獲得高時間解析度的雷達資料。
3. 降雨估計掃描策略，在本計劃進行期間，選擇豪大雨時期進行較低層降雨估計掃描策略。
4. 測試不同信號處理方式的策略包括 Doppler velocity spectrum notch、Gaussian Model Adaptive Processing(GMAP) 及 dual polarimetric parameters method。
5. 在觀測時需交替 FFT mode 以及 PPP mode，因為 GMAP 只能在 FFT mode 進行而偏極化參數則須在 PPP mode 進行，來做兩種方法的比對。
6. 為測試不同信號處理方式，在選定的坡地區域，以非常緩慢的速度做非常細密的垂直剖面掃描(RHI)，獲得高解析度的雷達資料。

表 2：TEAM-R 蘇拉颱風觀測掃描策略

2012 蘇拉颱風 校園觀測(經度：E121.18651；緯度：N24.96831)

日期	時間(UTC)	掃描策略	方位角(°)	仰角(°)	附註
8月1日	021308	T_SEC_S_P	Full	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.5, 7.0, 8.5, 10, 12	OFA:-0.71 Error:-0.026 Blanking Angle : AZ:135~10 ; Dual PRF : 1. High PRF : 1000 2. Low PRF : 800 Sample : 64
	023053	停止觀測		0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.5, 7.0, 8.5, 10, 12	Blanking Angle : 1.AZ:109~199 ; EL:-5~50
	024012	T_SEC_S_P		0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.5, 7.0, 8.5	
	043255	停止觀測			更改: PRF:600/480
	043430	T_SEC_S_P			Time: 9'40"
	045347	停止觀測			更改: PRF:600, single
	044410	T_SEC_S_P			Time: 7'58"
	051020	停止觀測			更改: PRF:600/480
	051106	T_SEC_S_P			
	074539	停止觀測			更改: PRF:1000/800
	074636	T_SEC_S_P			Time: 6'7"
	1139	RHI SCAN	20~130 deg, int:10 deg	0~60 deg	PRF: 5:4 (1000, 800) Time: 6'1"
	1154	T_SEC_S_P			Time: 6'7"
	175311	RHI SCAN	20~130 deg, int:10 deg		
	181903	RHI SCAN	80~110 deg, int:5 deg		
	214624	RHI SCAN	80~110 deg, int:5 deg		
	2158	RHI SCAN	80~130 deg, int:10 deg		
	220000	T_SEC_S_P			
	230500	停止觀測			加油

	2315	T_SEC_S_P			
	234134	RHI SCAN	10~80 deg, int:10 deg		
	235331	T_SEC_S_P			
8月2日	035653	停止掃描			
	035736	RHI SCAN	94~103 deg, int: 1 deg		以下開始測試 GMAP Time: ~5'
	040724	停止掃描			
	0410	RHI SCAN	66~720 deg & 94~103 deg, int:10 deg	0~30 deg	Time: 4'14"
	052514	停止掃描			Proc mode PPP→FFT (GMAP) Filter Dop 3→6
	052612	RHI SCAN			
	060004	停止掃描			因有系統接近，有較大降水，故調整回 PPI 掃描。
	060009	T_SEC_S_P			
	062950	停止掃描			
	062954	RHI SCAN	20~130, int: 10 deg	0~60 deg	Proc mode: FFT→PPP Filter Dop: 6→3 Time:5'57"
	070533	停止掃描			
	070622	RHI SCAN	66~70 & 94~103, int: 10 deg	0~30 deg	Proc mode: PPP→FFT (GMAP) Filter Dop 3→6
	074014	停止掃描			
	074057	RHI SCAN			Proc mode: FFT→PPP Filter Dop: 6→3
	081443	停止掃描			加油(2格→6格)
	082730	T_SEC_S_P			
	085708	停止掃描			
	085812	VERTICAL			
	090014	停止掃描			
	090057	VERTICAL			更改: vertical sample: 256→128
	091332	停止掃描			
	091401	T_SEC_S_P			
	111844	RHI SCAN	25~45 deg, int: 5 deg	0~60 deg	

	1126	停止掃描			
	112738	RHI SCAN	25~35 deg, int: 1 deg	0~30 deg	
	1136	停止掃描			
	113702	T_SEC_S_P			
	1305	停止掃描			
	130609	RHI SCAN			
	1323	停止掃描			主機讀不到硬碟故重開機
	142254	T_SEC_S_P			Pulse width: 0.8→1
	143551	T_SEC_S_P			Pulse width: 1→0.8
	144201	T_SEC_S_P			Pulse width: 0.8→1.5
	145100				遠端連線失效，微波連線正常。於機櫃也無法連續。RVP 強制關機，關電，一分鐘後重開機。
	150619	T_SEC_S_P			Pulse width: 1.5
	151853	T_SEC_S_P			Pulse width: 1.5→0.8
	152516	T_SEC_S_P			Pulse width: 0.8→1.5
	1618	停止掃描			X-Rock has shutdown 強制重開 IRIS 仍抓不到硬碟，重開後卡在 kernel 的載入，決定停機 30min。
	173028	T_SEC_S_P			Pulse width: 0.8
	2104	停止掃描			系統已離開

表 3：TEAM-R 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤觀測掃描策略

2012 11 月 1 日 宜蘭蘭陽溪口地形掃描(經度：E121.8127；緯度：N24.72082；高度:10.32 公尺)					
11 月 1 日	065916	T_SEC_S_P			OFA: 20+6.2 deg Blocking: 109~199；-5~50； 0~110；-5~5
	071701	停止觀測			更改策略
	071818	T_SEC_S_P			
	073114	停止觀測			更改策略
	073114	VERTICAL			
	073627	停止觀測			更改策略
	073742	VERTICAL			
	074712	停止觀測			更改策略
	074743	RHI SCAN			
	075255	停止觀測			收工!

3.5 資料處理

以下三項為本計畫中雷達資料主要的處理項目：

- (1) 利用蘇拉颱風期間氣象局五分山觀測資料，進行 TEAM-R 觀測資料的衰減修正校驗。
- (2) 比較 GMAP 方法、Doppler velocity spectrum notch 方法與使用 TEAM-R 雙偏極化(Dual pol mode) 雷達相關係數及差異相位差波譜寬，過濾地形方法的限制及差異。
- (3) 利用蘇拉颱風期間氣象局地面雨量站進行 TEAM-R 對於降水系統降雨估計之評估，測試不同過濾地形方法的表現。

3.6 結果分析

3.6.1 雷達資料品質

本觀測計劃中使用的 TEAM-R 為 X 波段雷達（三公分），因受波長的限制，電磁波在傳遞過程中，容易受到天氣系統的影響，使電磁波能量有所衰減，使觀測值會低於理想值。此外雷達硬體本身的系統偏差(bias)也會影響雷達觀測資料正確性，而且未經過雷達資料品質的觀測資料會夾帶許多的非氣象資訊，假使利用這些未處理過的資料來估計降雨，其精確度會非常的差。因此雷達資料的品質控管就非常的重要。

圖 14 為 TEAM-R 的 vertical pointing 觀測，當雷達正上方為弱降雨時，其雨滴形狀小而圓，即使雨滴稍大呈扁圓狀態，雷達由下往上看時，雨滴仍

呈現圓形，所以當雷達以仰角 90° 向上掃描， Z_{DR} 觀測值應為零。若雨滴有傾斜， Z_{DR} 值不為零，但雷達以仰角 90° 的方式掃描 360° ，接收到的總 Z_{HH} 值和總 Z_{VV} 值應相等，也就是說掃描一圈後平均的 Z_{DR} 值應為零，若不為零，該值即為 Z_{DR} 的 bias。此方法求得的 Z_{DR} bias 值為 0 dB(圖 15)。

接著借由雨滴譜儀的觀測資料，透過電磁波散射模擬，可求得 Z_H 、 Z_{DR} 及衰減值(A_H 和 A_{DP})，利用統計回歸方式得到衰減修正所需的係數(圖 16)。

在此將前面求出的 Z_{DR} bias 及衰減值帶入雷達資料可得到修正後的 Z_{DR} 值(圖 17)，由這張圖中可以發現到隨著觀測距離增加， Z_{DR} 值會有下降的情形(圖 17 左上)，但在經過修正之後， Z_{DR} 值是有被往上修正(圖 17 右上)，但將修正結果對照雨滴譜儀資料得到的 Z_H - Z_{DR} 關係圖(圖 18)後，可知道 Z_{DR} 的修正是稍嫌不足的，而圖中 TEAM-R 修正後 Z_{DR} (圖 19 左)和 CPOL(圖 19 右)的比較，也可清楚看到 Z_{DR} 值是偏低的，由此推斷這部分主要是由於 Z_{DR} bias 修正不足造成的。針對此問題，利用圖中 TEAM-R 和 CPOL 的資料，選擇相同區域(以 TEAM-R 為中心，往右 20 km、上下各 10 km)的資料作相減，經由統計之後得到新的 Z_{DR} bias 值為 -0.43 dB，而修正後 TEAM-R 的 Z_{DR} 值(圖 19 中)和 CPOL 還滿接近的，而 Z_H - Z_{DR} 的關係(圖 17 左下)也較符合圖所顯示的結果。

最後再利用 Z_H 、 Z_{DR} 和 K_{DP} 三參數之間的關係式，便可求得 Z_H 的 bias 值(Z_H bias 值為 -5.6dB)。

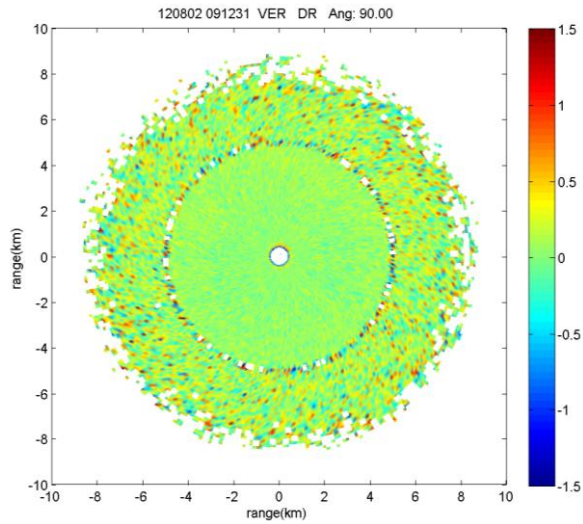


圖 14：TEAM-R 的 vertical pointing 觀測。

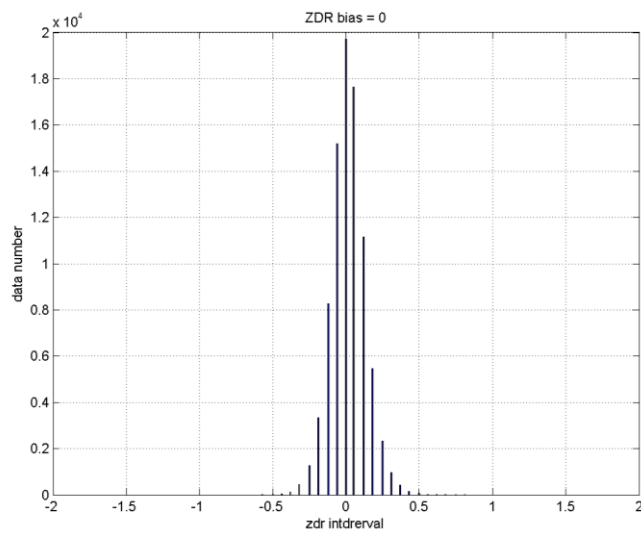


圖 15：利用 TEAM-R 的 vertical pointing 資料，所統計出的 Z_{DR} bias，值為 0 dB。

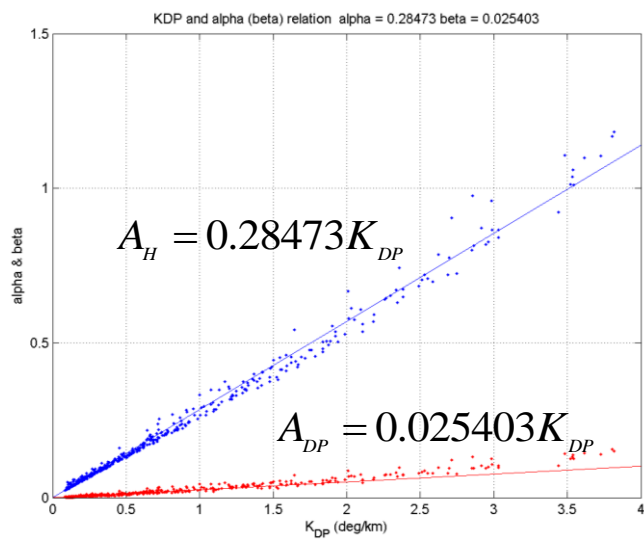


圖 16：利用雨滴譜儀資料反演的 Z_H 、 Z_{DR} 及衰減值 (A_H 和 A_{DP})，求得的 TEAM-R 衰減修正公式。

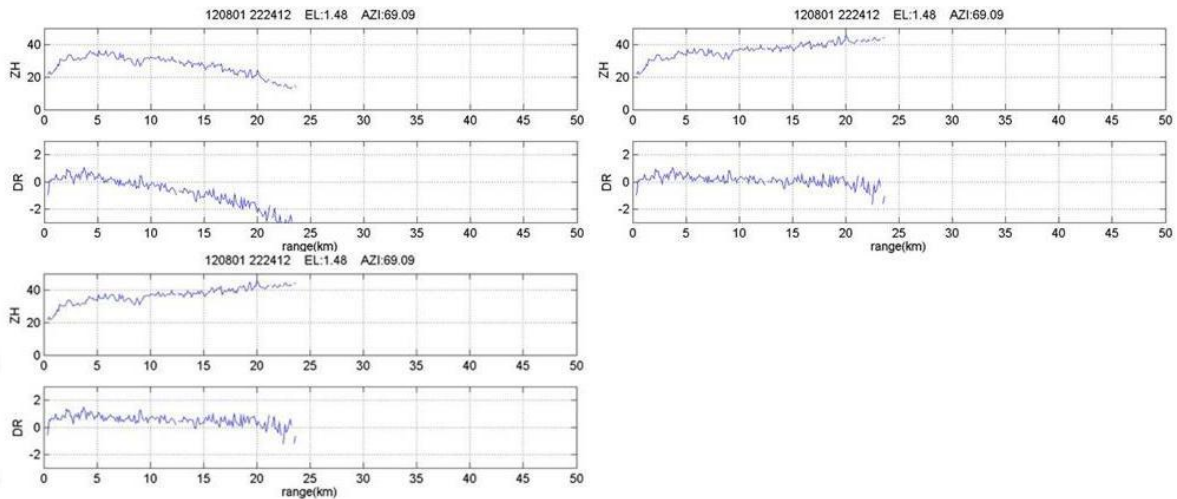


圖 17：8 月 1 日 222412 UTC 仰角 1.5°、方位角 69°，沿 TEAM-R 徑向方向之 Z_H (上)、 Z_{DR} (下) 觀測場分布，(左上) 原始資料、利用(右上) Z_{DR} bias = 0、(右下) Z_{DR} bias = -0.43 的修正結果。

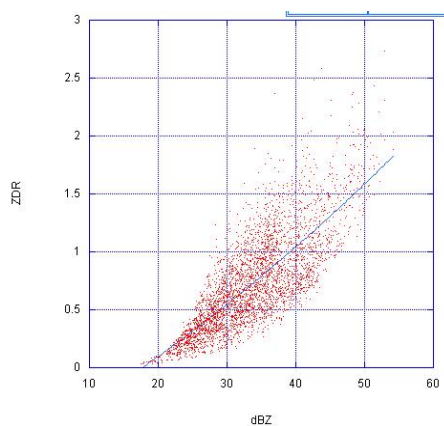


圖 18：利用兩滴譜儀資料反演的 Z_H 、 Z_{DR} 所得到的 Z_H - Z_{DR} 關係圖。

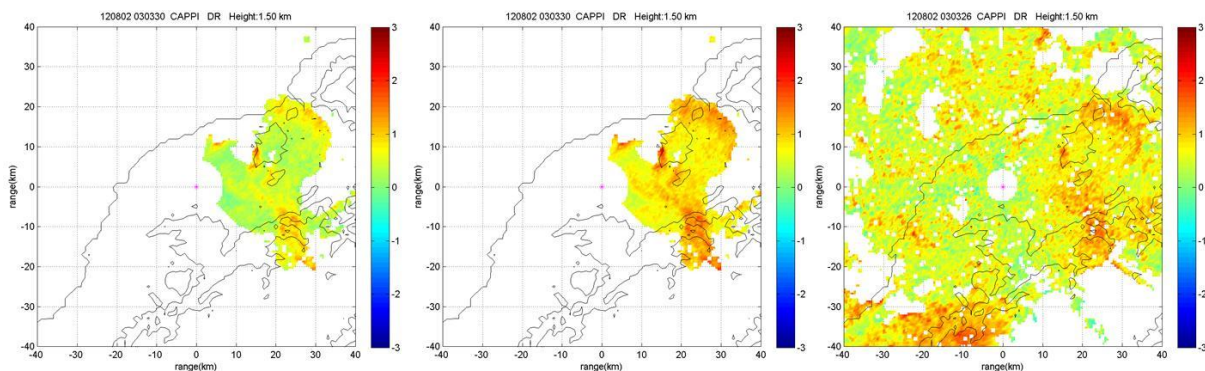


圖 19：利用(左) Z_{DR} bias = 0、(中) Z_{DR} bias = -0.43 修正後的 030330 UTC TEAM-R 的 Z_{DR} 場及(右) 030326 UTC CPOL 的 Z_{DR} 場。

最後將 Z_H 、 Z_{DR} 的 bias 值、衰減值及觀測值，將結果帶入 1 式與 2 式，即可求得真正的 Z_H (圖 20)和 Z_{DR} (圖 19 中)。

$$Z_H = Z_H^{obs} + Z_H^{bias} + A_H \quad 1$$

$$Z_{DR} = Z_{DR}^{obs} + Z_{DR}^{bias} + A_{DP}$$

2

圖 20 為修正後 TEAM-R(左)和五分山(右)的 Z_H 圖，從這兩張圖中的比較可看見，不論是在的 Z_H 樣式或是值的部分，修正後的 TEAM-R 資料和五分山的觀測資料皆十分接近，顯示 TEAM-R 資料修正結果是正確的。之後在 3.6.4 小節中便是要利用修正後的 TEAM-R 資料進行降雨估計，來評估經衰減修正後的雷達資料，在降水估計的精確度的表現。

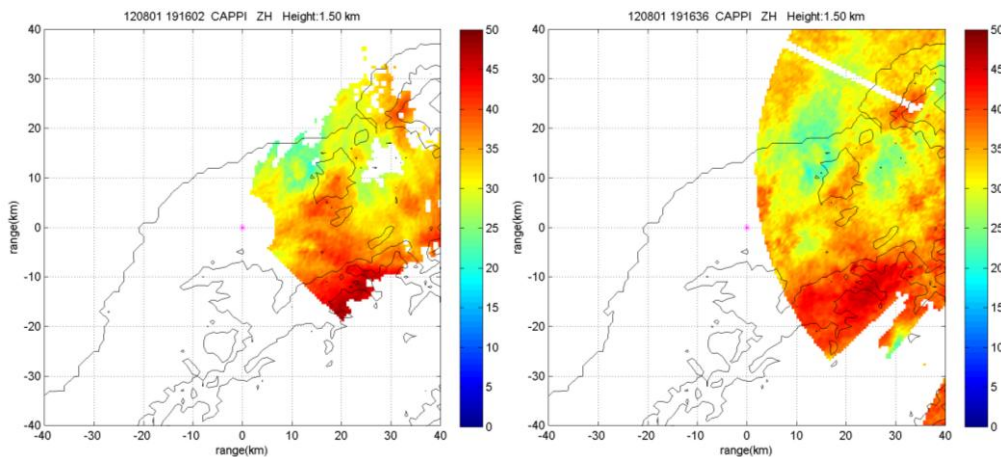


圖 20：以 TEAM-R 為中心，TEAM-R 修正後(左)和 RCWF(右)的 Z_H 圖。

3.6.2 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤觀測結果分析

本觀測團隊已於 2012 年 11 月初於預定的觀測點，以移動式 3 公分波長偏極化都卜勒雷達於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤進行一次的地形掃描(圖 21)，當天的天氣雖然有降雨產生，不過非常的微弱，因此並不適合用來做

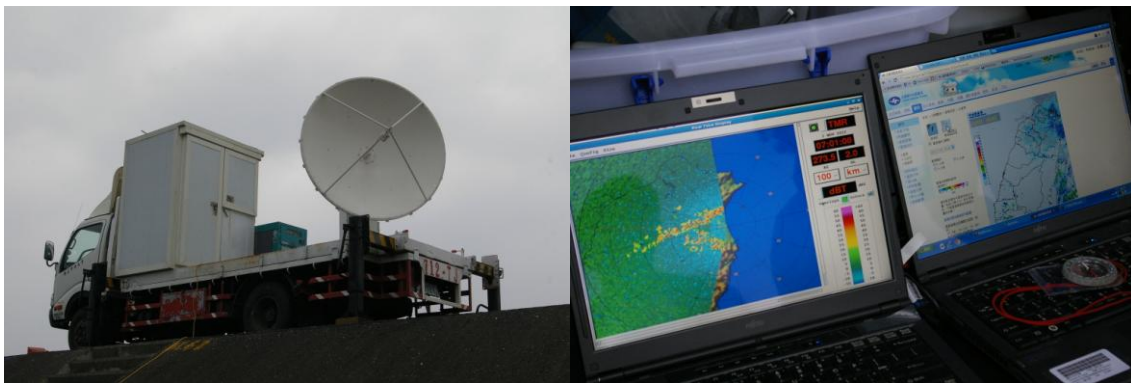


圖 21：2012 年 11 月初 TEAM-R 於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤作地形掃描。

衰減修正及降雨估計的研究，但是由這些微弱降水的觀測資料，還是可以看出在此處的觀測的確是可改善五分山雷達對蘭陽平原底層觀測資料不足的問題，以下將針對這部份進行探討。

圖 22 為 2012 年 11 月 1 日 070513 UTC TEAM-R 觀測的(左) Z_T 、(中) ρ_{HV} 及修正後的 Z_H ，由上而下則分別是仰角 0.5° 、 4° 、 5.5° 、 12° 。由 0.5° 的觀測資料可清楚看到在雷達西邊有很明顯的地形回波存在(Z_T 大、 ρ_{HV} 小)，到了 4° 仍然有地形回波的資訊出現，不過這部份在利用 $\rho_{HV} = 0.9$ 後，可很乾淨的將這些地形回波及雜訊都去除掉；到了仰角 5.5° 之後，地形回波則完全都不見了，表示此時雷達觀測才可完全的過山。此外由這些圖可知，這天的降雨主要是集中在雷達觀測點的附近， Z_H 最大值大約只到 20 dBZ 左右，系統非常的微弱。

接著將 TEAM-R 的觀測資料內插置直角座標上 (CAPPI) 和五分山雷達做比較，圖 23 是以 TEAM-R 為中心 2012 年 11 月 1 日 070513 UTC (TEAM-R)和 8 月 1 日 220502 UTC (五分山雷達，因 11 月 1 日的降雨微弱，因此這部份是採用蘇拉颱風的資料)的 CAPPI 雷達回波圖，由圖 23a 可知在 0.5 公里的高度，TEAM-R 於蘭陽平原觀測已可有資料出現，而五分山雷達則是要到 1 公里高度以上才會有觀測資料出現(圖 23b~d)，因此在此處的觀測的確是可改善蘭陽平原底層雷達觀測資料不足的問題。

除此之外，在此觀測點可對蘭陽平原西邊山區沿著地形做很好的 RHI 觀測。如圖 24 所示，從圖 24a 中可知其觀測資料可沿著地形上升，大約在

10 到 15 公里，TEAM-R 的掃描開始碰到地形，可見沿著地形上升都有一強回波出現，值大約在 40 dBZ 左右(圖 24a)，但 ρ_{HV} 值幾乎都在 0.9 以下(圖 24b)，因此用 $\rho_{HV}=0.9$ 處理資料時，這些跟地形混雜在一起回波及其它的雜

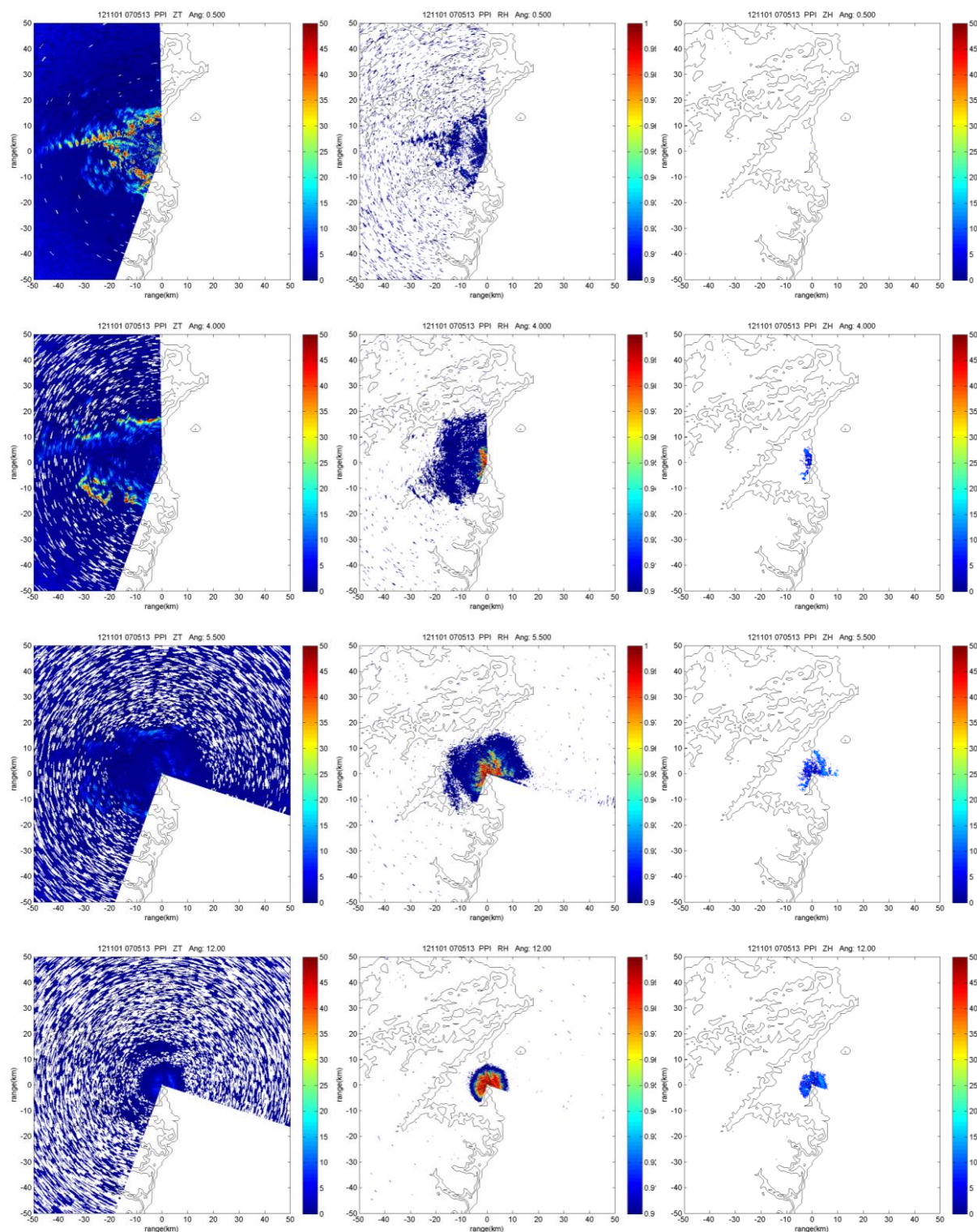


圖 22：2012 年 11 月 1 日 070513 UTC TEAM-R 觀測的(左) Z_T 、(中) ρ_{HV} 及(右)修正後的 Z_H ，由上而下則分別是仰角 0.5° 、 4° 、 5.5° 、 12° 。

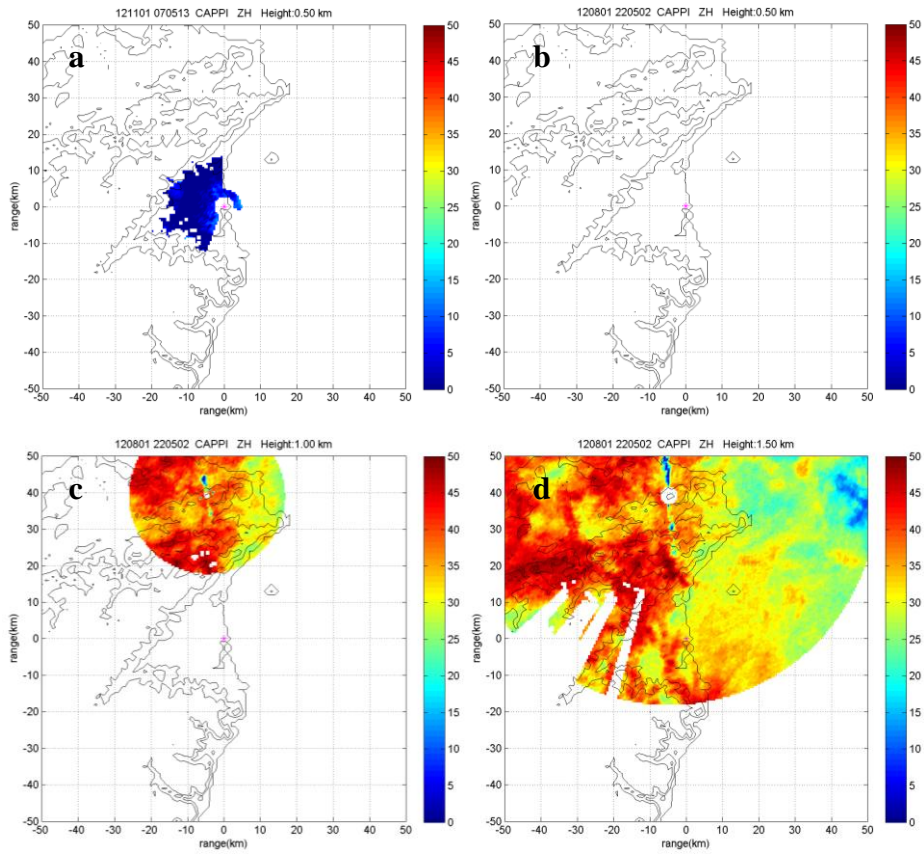


圖 23: 是以 TEAM-R 為中心(a) 2012 年 11 月 1 日 070513 UTC TEAM-R 0.5 km 和(b~c) 8 月 1 日 220502 UTC 五分山雷達 0.5km、1.0km、1.5km 的 CAPPI 雷達回波圖。

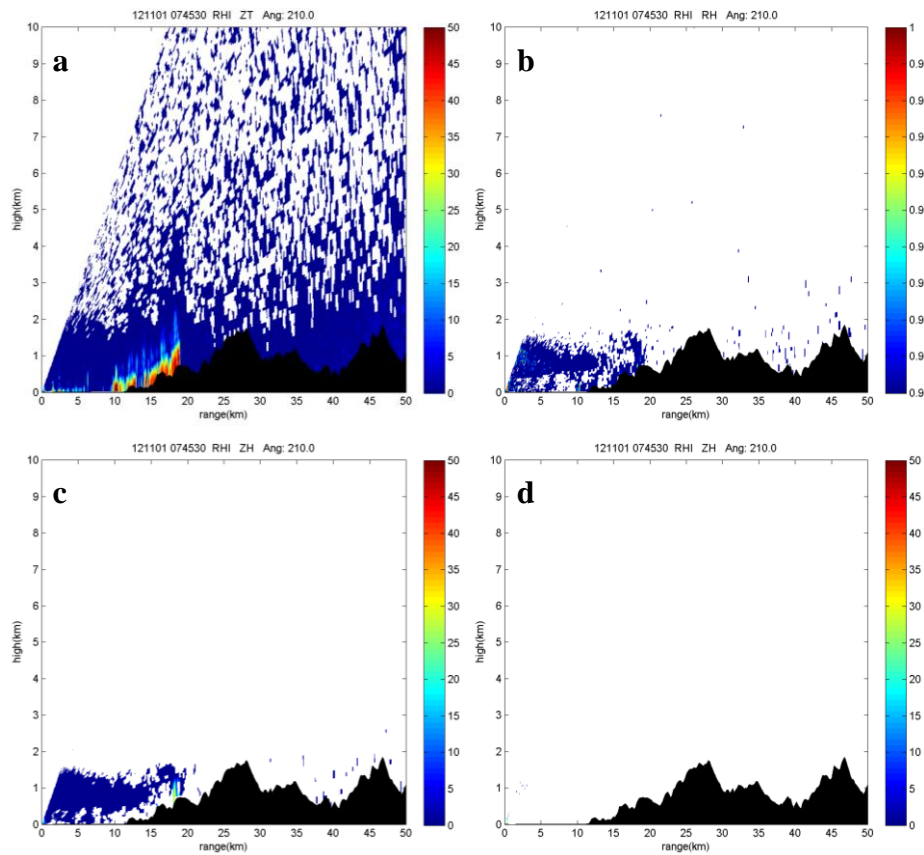


圖 24: 2012 年 11 月 1 日 074530 UTC TEAM-R 往西南邊(210°)做垂直掃描(RHI)，分別是(a) Z_T 、(b) ρ_{HV} 、(c) LOG & CSR 處理後的 Z_H 、(d) ρ_{HV} 處理後的 Z_H 。

訊皆完全被濾除(圖 24d)，而如果是用 LOG & CSR 方法處理時，在山區的部份則是保留下一點氣象的資訊，不過對於其他雜訊的部份則無法去除的很乾淨(圖 24c)，這結果和 2010 年及 2011 年計畫結果是一致的。

而從 CAPPI 及 RHI 的分析中的得知，於壯圍鄉東港村水閘門旁河堤上的觀測，對水平觀測上來說，的確是可改善在蘭陽平原上雷達觀測低層資料不足的問題；並且在垂直觀測上，針對山坡的地方做掃描時，TEAM-R 觀測的結果可以很貼近地形，得到較接近地面的資料，如此不論是對地形上或是蘭陽平原上的降雨研究及降雨估計精確度的提升是都能有所幫助。

3.6.3 GMAP 方法、Doppler velocity spectrum notch 方法和利用偏極化雷達

參數去除地形回波的結果比較 — RHI

在不同去除地形回波方法結果比較的部份，本報告是利用 2012 年蘇拉颱風期間，於中央大學校門口 TEAM-R 的 RHI 觀測。

圖 25 是有偏極化參數觀測下(PPP mode)，蘇拉颱風期間 8 月 2 日 074057 UTC 方位角 101° TEAM-R 的 RHI 觀測，從 Z_T 中可見(圖 25a)分別在距離雷達約 3 km、13km 及 30km 的地方(紅圈)，都有出現 Z_T 值大於 30 dBZ 的部份，配合 ρ_{HV} 來看(圖 25b)，這些地方的值都是低於 0.9，由此判定這部份的回波除了有氣象訊息之外，還有參雜有地形回波的資訊。將圖 25 放大來看(圖 26)，在利用 $\rho_{HV} = 0.9$ 作門檻值之後，則可很輕易的將這些混雜到地形資訊的回波(圖 26a 紅圈)給濾除掉(圖 26d 紅圈)，而且其他非氣象資訊的部份也都完全被去除乾淨(圖 25d 黃圈)；而透過 LOG & CSR 方法則也是可將

這些地形回波去掉，並且稍微有將一些去掉地形回波後的資料空洞補起來，保留一些氣象的資訊(圖 26c)，而在遠處的一些回波雜訊也有被去除了(圖 25c 黃圈)，但去除的量和利用 ρ_{HV} 相比明顯是少上許多，顯示其在處理非氣象資訊的能力是較弱的。

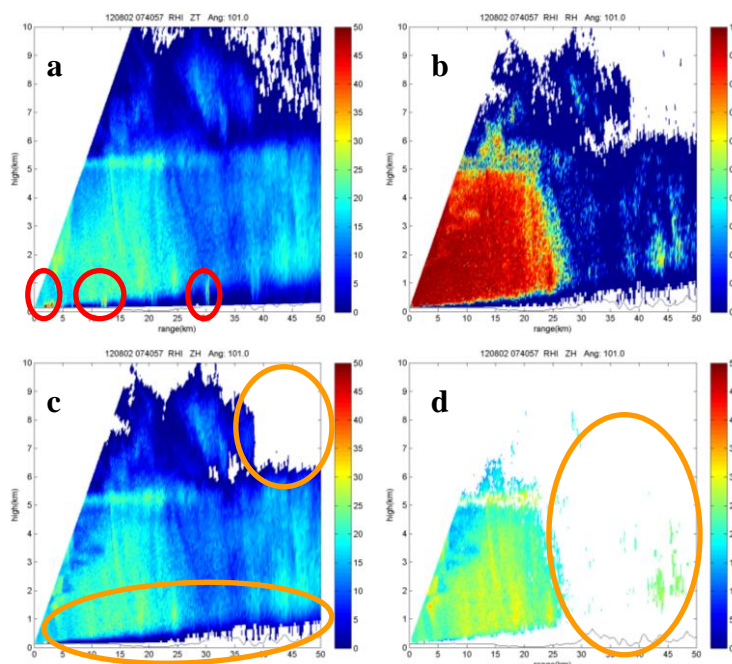


圖 25: 為蘇拉颱風期間 8 月 2 日 074057 UTC 方位角 101° 在有偏極化觀測下(PPP mode) 的(a) Z_T 、(b) ρ_{HV} 、(c) LOG & CSR 處理後的 Z_H 、(d) ρ_{HV} 處理後的 Z_H 。

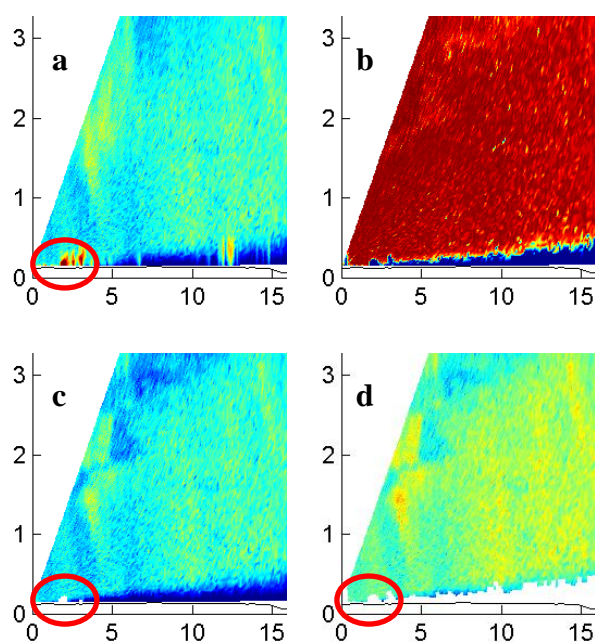


圖 26: 為將圖 25 近雷達中心放大後的(a) Z_T 、(b) ρ_{HV} 、(c) LOG & CSR 處理後的 Z_H 、(d) ρ_{HV} 處理後的 Z_H 。

圖 27a、b 分別為 073603 UTC 方位角 101° 經過 GMAP 方法(FFT mode, Filter Dop=6)處理前的 Z_T 和處理後的 Z_H , 與圖 25a 一樣分別在距離雷達約 3 km、13km 及 30km 的地方, 同樣都有出現 Z_T 值大於 30 dBZ 的部份, 由前面的經驗可判定此處同樣是地形回波及氣象資訊混雜的地方。從放大圖(圖 28)來看, 在經過 GMAP 方法處理後, 其地形回波的地方(圖 28a 紅圈)皆完全被去掉(圖 28b 紅圈), 並且和 LOG & CSR 方法的結果相似, 同樣都可保留一些氣象的資訊, 而將一些去掉地形回波後的資料空洞給補起來。然而其它的非氣象資訊的部份, 在經 GMAP 方法處理後, 只有小部分的資訊被濾除(黃圈), 大部分的非氣象資訊仍然被保留下來, 顯示 GMAP 方法在應用上, 是較無法處理非氣象資訊。

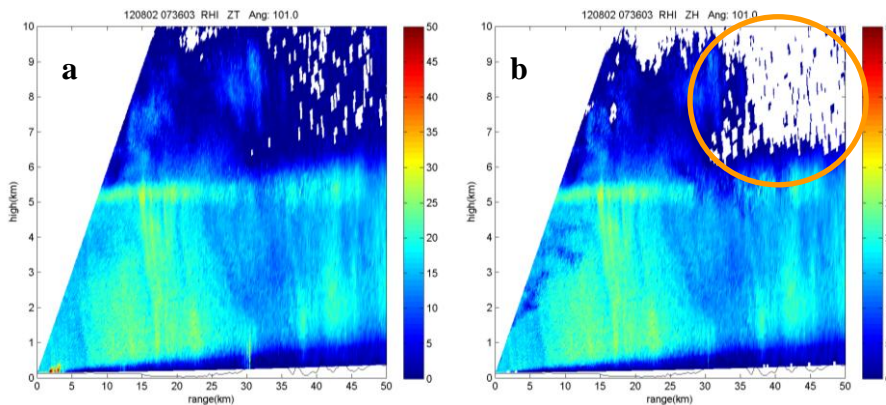


圖 27: 為蘇拉颱風期間 8 月 2 日 073603 UTC 方位角 101° GMAP 方法(FFT mode, Filter Dop=6)處理(a)前的回波(Z_T)和(b)後的回波(Z_H)。

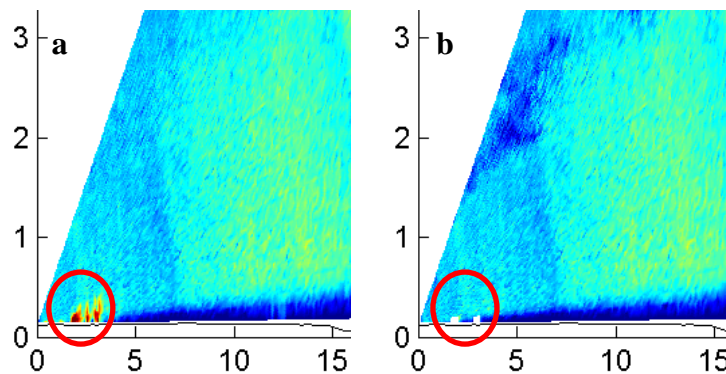


圖 28: 為將圖 27 近雷達中心放大後的(a) Z_T 和(b) Z_H 。

經過前述 RHI 的比較瞭解到，當利用偏極化參數 ρ_{HV} 在去除地形回波及其它非氣象資訊時，可以去除掉較多的部份，得到非常乾淨的回波資訊，但相對的，在地形回波和氣象資訊混雜的資料也完全的被去除掉，無法補回屬於氣象資訊的部份；而 GMAP 方法和 LOG & CSR 方法在去除地形回波的同時，也可將降雨資訊的部份給補回，不過在去除其它非氣象資訊的部份，雖然 LOG & CSR 方法的是可較 GMAP 方法多去除一些，但整體而言，這兩個不同方法的結果和 ρ_{HV} 處理相比，同樣皆顯示它們對於其它非氣象資訊的處理能力是較差的。

3.6.4 處理後的雷達資料在降水估計的比較

在經過 3.6.1 小節的資料處理流程，並與五分山資料做驗證，我們得到修正後相對正確的 TEAM-R 資料，在這小節便是要利用修正後的 TEAM-R 資料進行降雨估計，來評估經衰減修正後的雷達資料，在降水估計的精確度的表現。

圖 29、29 分別是利用 TEAM-R 修正前、後的 Z_H ，帶入傳統 $R(Z_H)$ 關係式進行降雨估計的結果，圖中色塊的部分為雷達降雨估計結果，數字則是地面雨量站的觀測。這裡為了降低衰減影響造成資料缺失，使降雨估計結果有所低估，在這部分利用一小時內的所應該有的雷達資料筆數作為門檻值(此次掃描策略一小時有 10 筆雷達資料)，當這 10 筆雷達資料的格點上，其中只要有 1 筆資料的格點是沒資料時，這個格點就不做降雨估計。從未修正的 Z_H 資料降雨估計來看(圖 29)，雷達降雨估計結果都不到 5 mm/hr，有非常嚴

重的低估，不過若是利用修正後的 Z_H 作降雨估計，其估計結果皆向上修正許多(圖 30a)，而從定量上的比較(圖 30b)來看，在距離雷達較近的地方，其降雨估計結果還不錯(雨量站：8 mm/hr、雷達：6 mm/hr)，但在較遠的地方降雨估計結果則有低估的情形，這主要是因這些雨量站正好位於台北盆地內或是背山面，雷達資料無法較貼近地面，造成降雨估計結果有低估的情形發生。

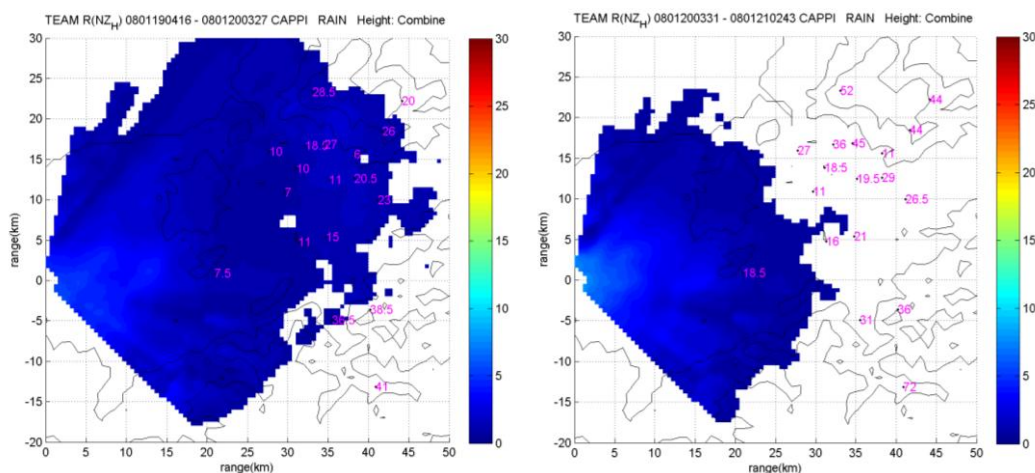


圖 29：利用蘇拉颱風期間 8 月 1 日(左)190000 - 200000 UTC、(右) 200000 - 210000 UTC 修正前 Z_H 的雷達降雨估計結果，為取最低高度有效值的 rain map。

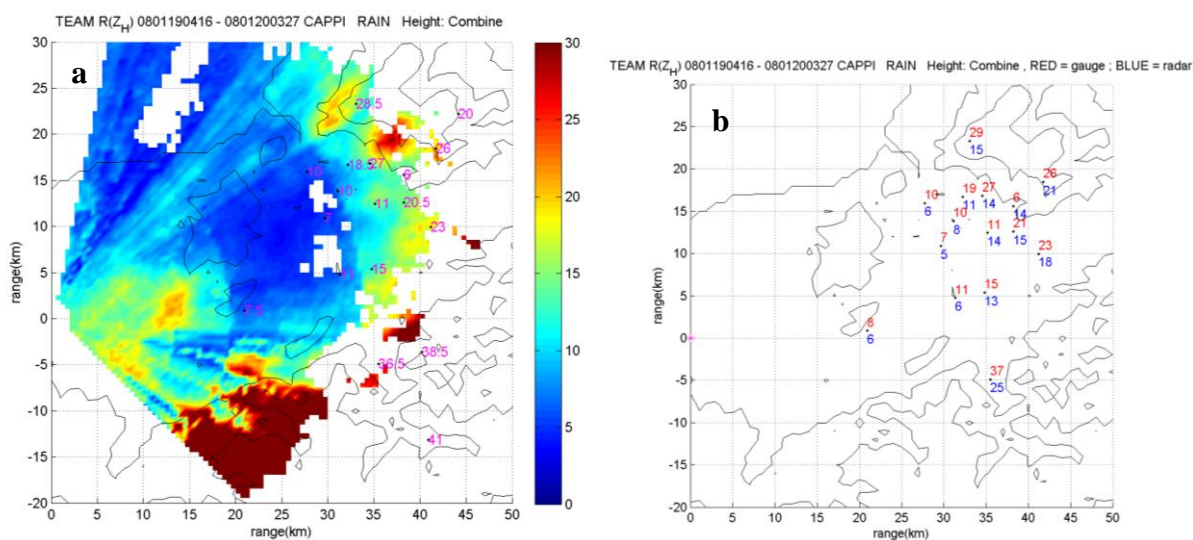


圖 30：利用蘇拉颱風期間 8 月 1 日 190000 - 200000 UTC 修正後 Z_H 的雷達降雨估計結果，(a)為取最低高度有效值的 rain map、(b)定量上的比較，紅字為雨量站觀測、藍字為雷達降雨估計。

TEAM-R 為偏極化雷達，其中的偏極化參數 K_{DP} 和 Z_H 及 Z_{DR} 相比，其較不受雨滴粒徑分布(DSD)的影響(Sachidananda and Zrinc 1986)，並且可以免除衰減、部分波束遮蔽(partial beam blockage)及冰雹污染的影響(Zrinc and Ryzhkov 1996)，因此在近年來時常被應用在雷達降雨估計上。圖 31 即是利用 $R(K_{DP})$ 做的降雨估計結果，可以看到在近的距離上，降雨估計結果和雨量站相比是十分的接近(雨量站：8 mm/hr、雷達：7 mm/hr，圖 31b)，而離雷達較遠的地方其降雨估計表現也會比 $R(Z_H)$ 的表現要好一些，並且其降雨估計結果和 $R(Z_H)$ 關係式相比是比較連續的，並且看不到 partial beam blockage 影響的問題，這些部份的比較和許多人的研究結果是相符合的。

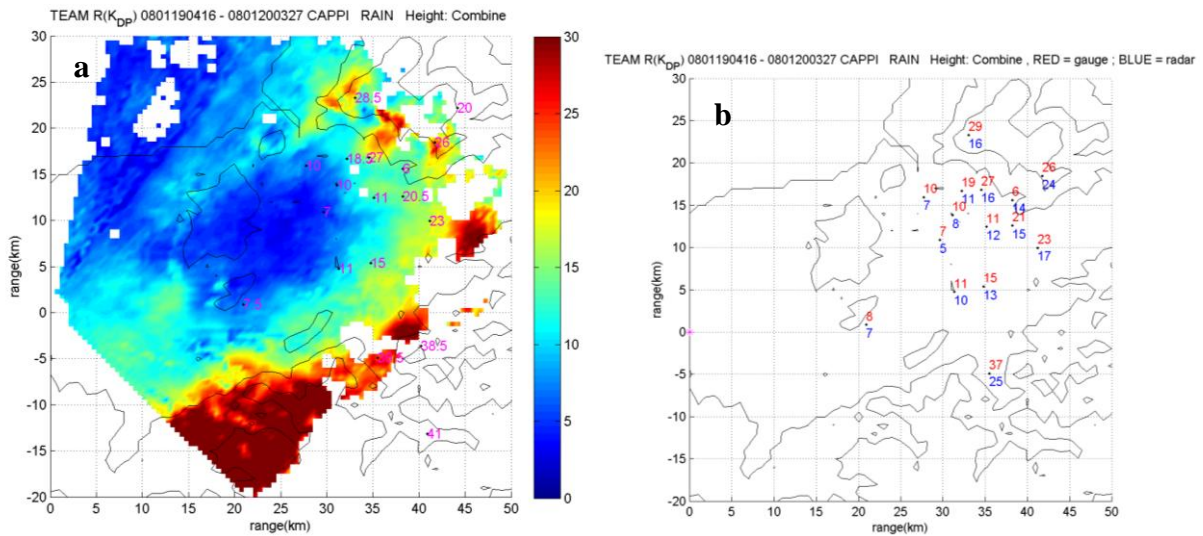


圖 31：利用蘇拉颱風期間 8 月 1 日 190000 - 200000 UTC K_{DP} 的雷達降雨估計結果，(a) 為取最低高度有效值的 rain map、(b) 定量上的比較，紅字為雨量站觀測、藍字為雷達降雨估計。

第四章 結論

本次計畫原訂於今年秋季前往蘭陽平原進行秋季共伴環流觀測，但 TEAM-R 於今年 5 月發生車禍，導致雷達天線及機櫃嚴重受損，由於相關零件需由芬蘭進口，並且需在本地進行後續的組裝、校驗與測試，因所需之修復作業相當耗時，以致本計畫原定前往宜蘭進行觀測的工作項目無法及時完成。然而在此計畫執行期間，大部分的工作項目均已逐步完成，也有一些成果可供參考，不足的部份也將提供 2012 年 8 月於中央大學校門口實施的蘇拉颱風觀測結果進行補充。

本觀測團隊已於 2012 年冬完成蘭陽溪流流域觀測地點選址及場勘。並且針對探勘地點也進行了覆蓋範圍數值模擬計算，以 Blocking Map 的結果來看，這三個探勘點是差不多的，但在考慮當地的地貌、地上物及人為活動的影響後，以壯圍鄉東港村水閘門旁河堤(GPS 位置 N：24°43'16.6"；E：121°49'08.2"，圖)結果為最佳。此地點觀測視野開闊地形，可觀測整個蘭陽平原及深入蘭陽溪流流域河谷，並在選定的觀測視角內無任何遮蔽物阻擋，少有人車往來影響觀測，且觀測地點鄰近市區及補給點，生活機能便利適合觀測作業及相關後勤作業。

在分析壯圍鄉東港村水閘門旁河堤上的觀測資料後得知，對水平觀測來說，增加此點的觀測，的確是可改善在蘭陽平原上雷達觀測低層資料不足的問題；而在垂直觀測上，針對山坡的地方做掃描時，雷達觀測的結果可以很貼近地形，得到接近地面的資料，如此不論是對地形上或是蘭陽平原上的降

兩研究及降雨估計精確度的提升是都能有所幫助。

在蘇拉颱風觀測期間，設計了幾組不同的 RHI 觀測策略，用來測試不同去除地形雜訊並保存氣象回波訊號方法的效果，從這些觀測資料的分析中，我們得到了和 2010 年及 2011 年計畫一樣的結果。利用偏極化參數 $\rho_{HV}=0.9$ 作門檻值，來去除地形回波及其它非氣象資訊時，可以得到非常乾淨的回波資訊，但在地形回波和氣象資訊混雜處，其無法將混在其中的氣象資訊分辨出來，因此資料會被當作非氣象資訊完全的被去除掉；而 GMAP 方法和 LOG & CSR 方法在去除地形回波的同時，也可將其中的降雨資訊給補回，保留下較多的資料，不過在去除其它非氣象資訊的部份，這兩個不同方法對於其它非氣象資訊的處理能力則是較差的，無法將這些雜訊完全去除。

將修正後蘇拉颱風期間 TEAM-R 的 Z_H 及 Z_{DR} 資料與五分山雷達和 CPOL 比較後，可知不論是在的樣式或是值的部分，修正後的 TEAM-R 資料和其它兩顆雷達的資料皆十分接近，顯示在經過這一連串資料修正步驟，我們可以得到較正確的 TEAM-R 資料。而利用修正前、後的 TEAM-R 資料進行降雨估計時，可清楚看到利用修正前的 Z_H 作降雨估計時，其結果是會嚴重低估的；利用修正後的 Z_H 作降雨估計時，其結果和地面雨量站觀測相比，其精確度的表現是要好上許多。當使用偏極化參數 K_{DP} 作降雨估計時，其較不受雨滴粒徑分布(DSD)的影響，並且可以免除衰減、部分波束遮蔽 (partial beam blockage) 及冰雹污染的影響，而從報告的結果看來， $R(K_{DP})$ 的

表現的確是優於 $R(Z_H)$ 關係式，並且其降雨估計結果是比較連續的，並且看不到 partial beam blockage 影響的問題，這些部份前人的研究是相符合的。

在本次計劃執行期間，由於雷達車的損壞致使無法按照原訂計畫前往蘭陽平原進行秋季共伴環流的觀測，實屬抱歉。在之後若有機會希望能在適當時機利用 TEAM-R 於蘭陽平原進行共伴環流的觀測，從實地的觀測及雷達資料的分析了解其降雨型態以及與東北季風和地形間的交互作用。

參考文獻：

- Bringi, V. N., V. Chandrasekar, N. Balakrishnan, and D.S. Zrníc, 1990: An Examination of propagation effects in rainfall on radar measurements at microwave frequencies. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **7**, 829-840.
- Doviak, R. J. and Zrníc, D. S.: *Doppler Radar and Weather Observations*, p. 136, Academic Press, Inc., New York, 1993.
- Gorgucci, E., G. Scarchilli, and V. Chandrasekar, 1999: A procedure to calibrate multiparameter weather radar using properties of the rain medium, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **37**, 269–276.
- Hildebrand, P. H. and Sekhon, R. S.: Objective Determination of Noise level in Doppler spectra. *J. Atmos. Sci.* **13**, 808–811, 1974.
- Ice, R. L., Rhoton, R. D., Saxion, D. S., Patel, N. K., Sirmans, D., Warde, D. A., Rachel, D. L., and Fehlen, R. G.: Radar Operations Center (ROC) Evaluation of the WSR-88D Open Radar Data Acquisition (ORDA) System Signal Processing, 20th International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology Oceanography, and Hydrology, 11–15 January 2004, Seattle, WA, AMS, 2004.
- Sachidananda, M. and D.S. Zrníc, 1986: Differential propagation phase shift and rainfall rate estimation. *Radio Sci.*, **21**, 235-247.
- Sirmans, D. and Bumgarner, B.: Numerical Comparison of Five Mean Frequency Estimators, *Journal of Applied Meteorology*, **14**, 991–1003, 1975.
- Vivekanandan, J., G. Zhang, S. M. Ellis, D. Rajopadhyaya, and S. K. Avery, 2003: Radar reflectivity calibration using differential propagation phase measurement. *Radio Sci.*, **38**, 8049, doi: 10.1029/2002RS002676.
- Zrníc, D. S. and A. Ryzhkov, 1996: Advantages of rain measurements using specific differential phase. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **13**, 454-464.

附錄(一)－計畫變更相關文件：

主旨：申請更改 貴局委託本校辦理「台灣宜蘭地區秋季豪雨氣象雷達加強觀測計畫」(計畫編號: MOTC-CWB-102-M-05)計畫內容及經費。

說明：

- 一、 本計畫工作項目中原預計由中央大學移動式雙偏極化雷達於今年秋季前往宜蘭地區進行觀測，唯此雷達車於 102 年 5 月發生車禍，導致雷達天線及機櫃嚴重受損，由於相關零件需由芬蘭進口，並且需在本地進行後續的組裝、校驗與測試，因所需之修復作業相當耗時，以致本計畫原定前往宜蘭進行觀測的工作項目無法及時完成。
- 二、 由於此計畫大部分的工作項目均已完成，擬請貴局同意更改計畫內容，取消今年秋季宜蘭實測部分內容及經費。
- 三、 計畫原訂經費為 469,700 元整，擬請貴局同意扣除「差旅費」、「雷達運轉費」及「雷達維護費」三項與部分「人事費」及「管理費」，共計 118,848 元整。
- 四、 計畫完成內容及經費修改見附件 1 及附件 2。

附件 1 計畫項目完成內容對照表

	計畫原定目標	備註
2.1.1：尋找測試可能站址偏極化雷達降雨覆蓋地區	(a)針對各選擇地點進行覆蓋範圍計算模擬。	(a) 已完成宜蘭蘭陽溪口，1.海巡後面；2.榕樹公園；3. 壯圍鄉東港村水閘門旁河堤。
	(b)在今年度預計一次，約 1-3 天的觀測計畫。	(b) 未完成。
	(c)在蘭陽溪流域觀測期間除選擇地點外，亦可前往可能站址進行覆蓋範圍掃描。	(c) 2012/11/23 已進行壯圍鄉東港村水閘門旁河堤覆蓋範圍實地掃描。
2.1.2：測試去除地形雜訊並保存氣象回波訊號方法策略	(a)Doppler velocity spectrum notch	(a)~(c)已完成壯圍鄉東港村水閘門旁河堤地點去除地形雜訊並保存氣象回波訊號方法策略。 並且將增加蘇拉颱風個案觀測資料，用此三方法去除地形並保留氣象回波訊號。
	(b)Gaussian Model Adaptive Processing (GMAP)	
	(c)dual polarimetric parameters method	
2.1.3：驗證雷達資料衰減修正方法	(a) 為蘭陽溪流域建立雙偏極化都卜勒氣象雷達觀測資料記錄，找尋適合的觀測地點。	(a) 已完成壯圍鄉東港村水閘門旁河堤觀測，測試使否能夠改善五分山及花蓮雷達無法觀測到蘭陽平原低層的問題。
	(b) 與五分山、花蓮 10 公分都卜勒雷達，進行氣象雷達聯合觀測，並利用五分山、花蓮雷達資料進行移動式雙偏極化都卜勒氣象雷達 (TEAM-R)觀測資料的衰減修正校驗。	(b) 已用壯圍鄉東港村水閘門旁河堤地點觀測與五分山及花蓮雷達比對。 並且將增加蘇拉颱風個案觀測資料進行衰減修正校驗，與五分山觀測的重疊地區比對。
	(c) 利用分布在蘭陽平原的氣象局雨量站資料，評估經衰減修正後的雷達資料，在降水估計的精確度的表現。	(c) 已用 2012 年 11 月 23 日壯圍鄉東港村水閘門旁河堤地點的觀測資料與雨量站做測試。 並將增加蘇拉颱風個案觀測資料與雨量站做測試。

以上的各項以藍色標示的新增內容都將放入期末報告。

附件 2 經費修改

(四) 其他研究有關費用： (填寫說明：適用填寫差旅費、計算機使用費、印刷費、調				
查訪問費、文具紙張費、郵電費、其他與研究相關之費用等類，請分別填寫；國外差旅費應提附「出國計畫及旅費預算表」，格式如附件。)				
項目名稱	用途及說明	原合約金額	減列金額	修改後金額
差旅費	主持人或助理人員國內差旅費用(參加會議、至雷達站進行資料收集、至野外進行觀測)。	2人*5,000元/次 =10,000	10,000	0
雷達運轉費	包含儀器運轉燃料費及油脂、過路、停車費用以及移動式偏極化雷達車至野外探勘所需之相關費用。	30,000	30,000	0
雷達維護費	儀器維護(維修)費。包含儀器保養及故障之所需維修費用。	30,000	30,000	0
印刷費	資料、講義、操作手冊等文件影印裝訂以及期中、期末報告印刷費用。	5,000	0	5,000
電腦週邊耗材	印表機碳粉、墨水、光碟片、儲存用硬碟、隨身碟、電池	3,000	0	3,000
雜支	文具、紙張、郵電費等	1,500	0	1,500
小計		79,500	70,000	9,500
計畫經費一覽表				
人事費		348,139	38,682	309,457
其他費用		79,500	70,000	9,500
管理費	管理費以不超過【(人事費+業務費)×10%】計算。	42,061	10,166	31,895
共 計		469,700	118,848	350,852
備註：原列工作子項目共 9 項，預計可達成 8 項，人事費減列 1/9，計 348,139×1/9=38,682。				

檔 號：

保存年限：

交通部中央氣象局 函

機關地址：10048 臺北市中正區公園路 64 號
聯絡人：張保亮
電話：02-2349-1043
傳真：02-2349-1049
電子信箱：larkdi@cwb.gov.tw

受文者：國立中央大學

發文日期：中華民國102年11月12日
發文字號：中象肆字第1020013017號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：無

主旨：有關貴校申請變更「台灣宜蘭地區秋季豪雨氣象雷達加強觀測計畫」（計畫編號：MOTC-CWB-102-M-05）部分內容及經費一案，本局原則同意，變更後總經費調整為35萬852元整，請查照。

說明：

- 一、復貴校102年11月5日中大地字第1024010207號函。
- 二、本函併為合約一部分。

正本：國立中央大學

副本：

線



附錄(二)－雷達車事故及修復狀況：

➤ 事故說明：

2013/05/16 早上 10:00 左右，專任助理葉威廷偕同雷達技師李信廷，駕駛雷達車欲前往桃園監理站進行車種變更，途中發生交通意外，造成雷達機櫃及天線碟等毀損。

➤ 修復狀況：

1. 拆除損壞的東西並測試儀器

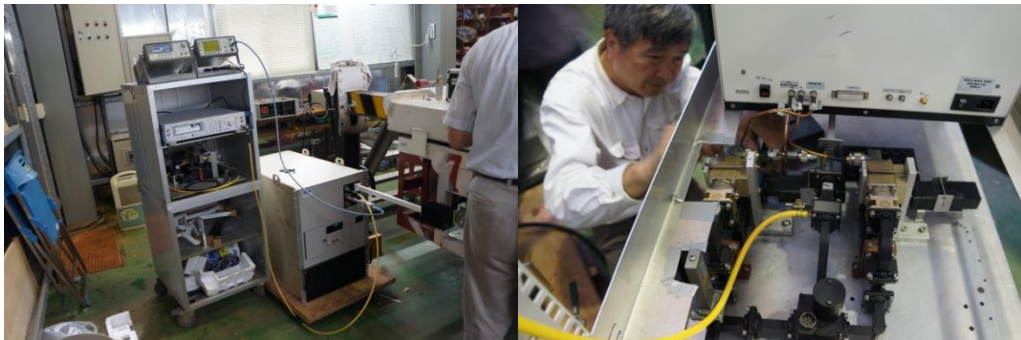
先小心地將雷達車上機櫃內的儀器移出，待儀器都移出後，將損壞的機櫃與天線碟拆除。因要先測試儀器是否良好，我們將舊有機櫃內比較沒有損壞的架子在空地搭一個臨時的機櫃，並把儀器安裝到這臨時機櫃中並測試，測試結果儀器功能皆正常。

2. 重新設計雷達車

利用修理的機會，可以改善原來機櫃過高及配重過高且不均的缺點，我們重新規劃設計機櫃與發電機的擺放位置，按照目前的設計，將可增加 AZ 0°有效觀測範圍 8% 以上，更可拆除原先車子上為了平衡而放置的鐵塊(235 公斤)，與新的機櫃比舊的機櫃重量減少約 100 公斤，總計 335 公斤，這樣可增加車子行駛的安全性與爬坡力。

3. 安裝新的天線碟與機櫃

向原廠 Aerial Oy 公司購買雙偏極化天線碟，已經到貨並已完成安裝，目前待台灣的廠商將機櫃交貨後，即可馬上進行機櫃與儀器組裝。並已於 2013 年 10 月 23 日前往中山科學院再進行導波管連結及雷達天線波束型態(beam pattern)。



發射機測試及系統組裝測試



平台尺寸丈量及發電機重新定位