

## 颱風引進西南氣流影響下降水分佈與雷達回波型態之初步比較

魏志憲

國防大學理工學院環境資訊及工程學系

### 摘要

本研究針對近幾年來颱風引進西南氣流所造成之劇烈降水個案，藉由中央氣象局所屬七股氣象雷達降水回波與地面自動雨量站等資料進行南部地區地形上降水型態分析。以海棠(2005)、碧利斯(2006)、聖帕(2007)及卡枚基(2008)等颱風個案為研究對象。初步分析顯示當強降水回波系統移入或生成於北緯 23 度以南的迎風面地形上，也就是在屏東一帶的山坡地時，其型態多半呈現南北走向。北緯 23 度以北強降水回波系統則依其生成與移動路徑而型態有所不同。強降水回波系統若持續滯留 2 小時以上，則地面降水分佈的型態方能與強降水回波範圍逐漸吻合，反之，強降水回波系統所涵蓋範圍與地面降水分佈則存在相位差。此外，強降水回波的時空分布特徵更說明西南氣流與地形交互作用乃為激發劇烈降水的主要機制。

關鍵字：雷達降水回波、地面自動雨量站、迎風面

### 一、前言

台灣位於東亞地區，屬於海島型氣候，且處於雙季風區，當冬季時受乾冷的東北季風影響，而夏季時便受暖濕的西南季風影響，特別常受到梅雨鋒面、颱風、西南季風等等天氣系統影響，其中颱風的影響更是不容忽視，其往往引發山洪爆發、土石流、淹水等災害，更造成堤壩決口、房屋倒塌、交通和電信中斷等損失，甚至有人員傷亡等意外發生。種種災害形成的原因，除了颱風本身強烈的陣風導致外，其帶來豐沛的降水也是兇手之一，因此颱風帶來的水汽，一直是我們相當重視且關心的課題之一。由於台灣的山脈陡峭高聳，因此降水在空間上的分佈相當複雜且多變化，其中颱風所帶來的劇烈降水造成的災害最為嚴重。由於颱風本身即為一巨大的降水系統，毫無疑問將可產生大量的降水，故此過去許多研究均針對颱風移動路徑與其降水分佈進行探討（王等 1985, Chang et al. 1993）。但從近幾年來颱風所造成的洪水現象，可發現颱風環流受到地形迎風面的抬舉，造成舉升凝結並可增加該處降雨量（李與蔡 1995, 范 2000, 張 2000, Wu et al. 2002, 顏 2003）。所以鄭 (2006) 針對此議題，將

在一複雜的地形上因颱風所產生的降水分為三類：第一類是伴隨颱風環流的降水，第二類是環流(包括外圍環流)與地形交互作用所產生的降水，第三類則是前兩類的混合型態，即颱風雨帶、颱風環流與地形交互作用的降水。他們(Yu and Cheng 2008)更針對 2000 年象神颱風進行分析，發現伴隨颱風環流的降水雨帶通常會有明顯的移動，而颱風雨帶、颱風環流與地形之間交互作用所產生的降水（即二、三類）常常接近滯留，所以造成的災害可能更為嚴重。

不過有趣的是，從過往的經驗來說，颱風雖帶有豐沛的降水，但在颱風離開後所引進的西南氣流，其帶來西南海域之豐沛的水汽，所產生的降水引發之災害，有時更勝於颱風本身。從 2004 年敏督利颱風、2005 年海棠颱風的侵襲過後發現，颱風過後所引進的旺盛西南氣流，產生的豪大雨反倒是造成嚴重災害的主因。特別是 2008 年卡枚基颱風過後帶來的降雨量，更是創下歷史紀錄。雖然部份學者已就伴隨颱風之地形降水進行詳細的研究，然而現今的颱風降水預報尚有很大的改善空間，因為颱風環境下之地形降水機制存在相當大的不確定性，導致現今颱風環境下的降水強度及分佈難以準確預報。因此

本研究嘗試利用氣象雷達降水回波與地面降水觀測等資料，分析降水回波與地面降水型態之比較，特別著重於地形上的降水現象的探討，期望對西南氣流所帶來的劇烈降水型態能有初步的了解。

## 二、資料來源與分析方法

本研究所採用分析之雷達資料為中央

氣象局所屬之七股都卜勒氣象雷達（表 1），運用 460 公里長距離掃描之降水回波場為主。該掃描在策略設定上，是以每 10 分鐘執行非都卜勒模式之體積掃描，包含 0.5 與 1.4 度等兩個仰角。雖雷達於每 10 分鐘產生一筆資料，但為求研究上資料處理的一致性，此處採整點時間資料進行處理。

表 1 七股雷達各項性能諸元表（非都卜勒模式）。

地理位置	120.07°E, 23.15°N
標高	38 (公尺) (MSL)
製造廠商	Gematronik
形式	Meteor-1000S
最大掃描距離	460 (公里)
角度解析度	1 (度)
距離解析度	1 (公里)
取樣數目	32
天線轉速	11.36 (度/秒)
最大不混淆速度	±32.51 (公尺/秒)
脈波寬	10.0 (μs)

除雷達資料外，另一資料主體為中央氣象局自動雨量測站的累積雨量觀測資料，並參考中央氣象局颱風資料庫所提供的颱風路徑圖，以掌握颱風的動向與變化。

資料分析方法上，以雷達降水回波資料為主，並對其中進行部份的資料進行修正與編輯，製作出平面位置顯示(plan position indicator, 簡稱 PPI)之影像。而為求座標一致，將雷達掃描之極座標轉換為經緯度平面直角座標。另將雨量資料，依需求時段從原始資料中取出，並進行編輯、修正，再將其內插至經緯度網格上。資料內插採用 Cressman (1959)方式，其中雷達降水回波解析度為 1 公里，而地面降水資料為 3 公里。資料分析時另加入地形高程資料。

## 三、颱風路徑簡述

### 3.1 海棠颱風

2005 年 7 月 12 日 08 地方時 (LST)，一熱帶性低氣壓在硫磺島東方海面增強為輕度颱風，即為海棠颱風。海棠颱風於 18 日 14 時 50 分自宜蘭蘇澳附近登陸，22 時左右自苗栗後龍出海。19 日 17 時 10 分，海棠在福建沿海登陸，暴風圈逐漸縮小，於 7 月 20 日之後減弱為熱帶低壓。

### 3.2 碧利斯颱風

2006 年 7 月 12 日時生成於關島西方海面，以西北方向移動，13 日 22 時 20 分左右在宜蘭頭城附近登陸，14 日 1 時 20 分左右由淡水附近進入臺灣海峽北部，13 時左右由馬祖附近進入大陸福建。

### 3.3 聖帕颱風

聖帕颱風於呂宋島東方海面生成後，向西南西方向移動，2007 年 08 月 15 日轉為向西北方向移動，08 月 18 日 05 時

40 分左右在花蓮秀姑巒溪口附近登陸，當日 11 時左右在濁水溪口附近出海進入臺灣海峽，19 日 02 時 40 分左右在金門北北東方進入福建，同日 12 時減弱為熱帶氣旋並逐漸消散。聖帕從登陸至出海不到六小時。

### 3.4 卡枚基颱風

2008 年 7 月 15 日卡枚基颱風在菲律賓賓東北方生成，移動緩慢而近似滯留，16 日凌晨轉向東北方向移動，不久後轉為向北北西方向，朝台灣東部沿海靠近，17 日 17 時左右增強為中度颱風，並 21 時 40 分於宜蘭縣南部登陸，18 日 7 時 20 分於桃園附近出海，並持續向西北方向移動，17 時 50 分進入大陸福建繼續向北移動。

### 四、地形降水的演變與特徵

本研究定義強降水回波系統，為降水回波大於 40 dBZ 之區域。此外，定義累

積時雨量超過 20 mm 者為劇烈降水現象。另為避免地形阻擋影響降水回波分析，降水回波資料以仰角 1.4 度的觀測為主，以便於探討各颱風個案之地形降水的特徵。

### 4.1 海棠颱風

海棠颱風在通過台灣陸地之後，2005 年 7 月 19 日 17 世界時 (UTC, 20 日 01 LST) (圖 1a) 時西南氣流帶來的雨帶已逐漸影響台灣南部地區，大範圍降水區除出現在沿海一帶外，並在山脈迎風面也造成劇烈降水，累積時雨量可超過 50 mm。由於強降水回波系統在地形上所造成的劇烈降水多半在北緯 23 度以南區域，也就是屏東山區一帶，且停滯於地形上同一位置的時間均低於 2 小時，因此地面降水極大值與最強降水回波的區域存在不同相位的現象 (圖 1b)。此外地面降水的型態多呈南北走向，與強降水回波系統的型態相似。

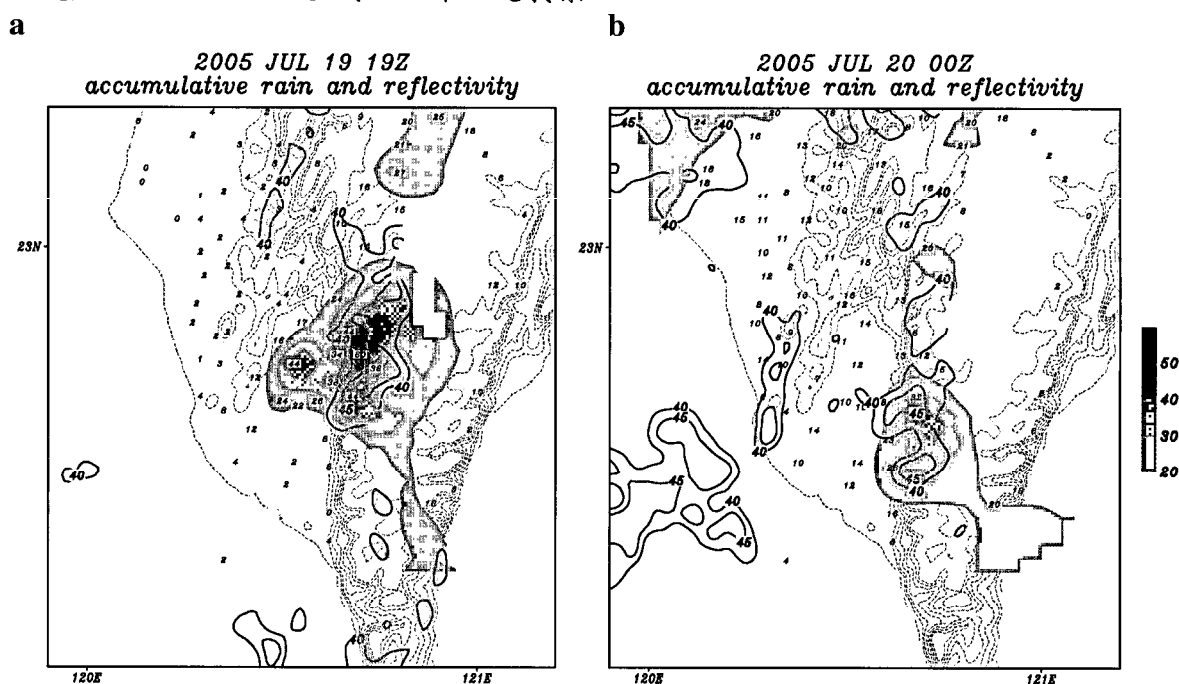


圖 1. 台灣西南部七股雷達降水回波與地面降水觀測合成圖。(a) 2005 年 7 月 19 日 1900 UTC。(b) 7 月 20 日 0000 UTC。灰階填色區域代表地面降水分布，等值線代表雷達降水回波區，虛線為地形等高線，分別為 50、100、200、300、400、500 及 1000 公尺。數字為雨量站所觀測之時累積雨量。

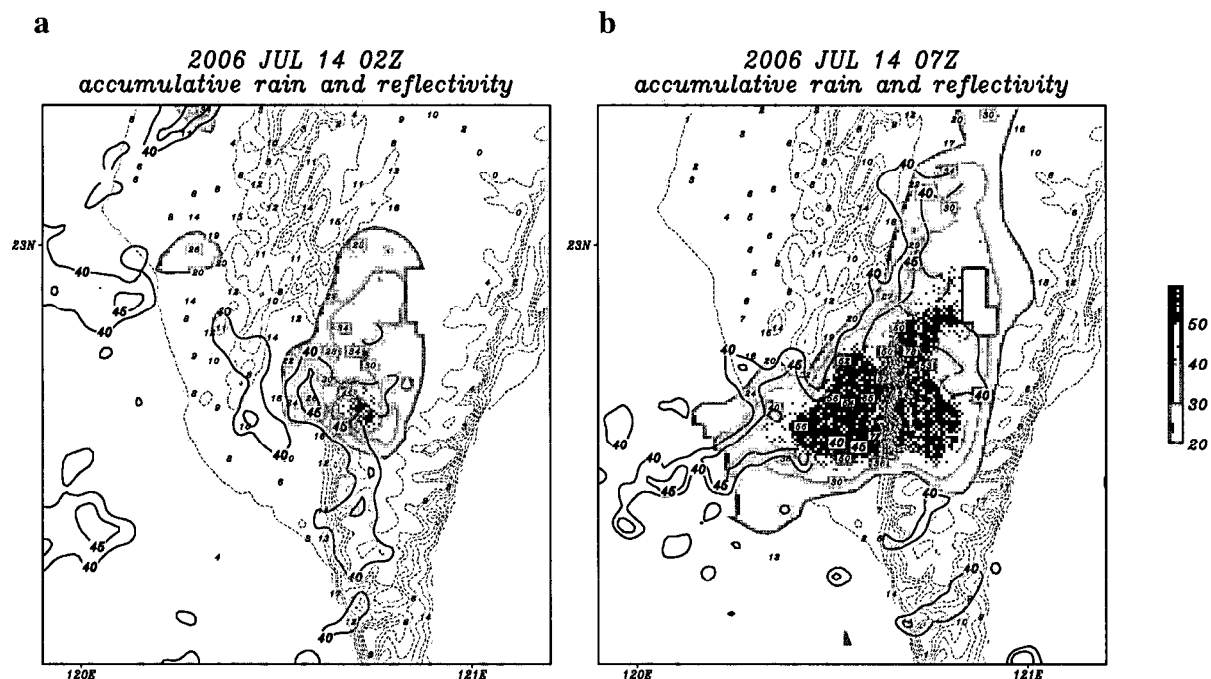


圖 2. 台灣西南部七股雷達降水回波與地面降水觀測合成圖。(a) 2006 年 7 月 14 日 0200 UTC。(b) 7 月 14 日 0700 UTC。灰階填色區域代表地面降水分布，等值線代表雷達降水回波區，虛線為地形等高線，分別為 50、100、200、300、400、500 及 1000 公尺。數字為雨量站所觀測之時累積雨量。

#### 4.2 碧利斯颱風

碧利斯颱風過後引進西南氣流在 2006 年 7 月 14 日 02 UTC (10 LST) (圖 2a) 於中央山脈迎風面造成劇烈降水，多半在北緯 23 度以南區域，也就是屏東至高雄山區一帶，呈現南北走向，累積時雨量亦可超過 50 mm，其區域與大於 45 dBZ 的強降水回波系統略為吻合，然而整體降水系統的位置與降雨的範圍仍存在偏差，乃因停滯於地形上同一位置的時間均低於 2 小時。

07 UTC (圖 2b) 之後由西南移入的降水系統在陸地上造成顯著的累積雨量。降水系統的走向略呈東北西南，然遇到中央山脈西南側山坡地形後即呈現南北走向，地面降水分布與降水回波型態近似，而詳細比對自動雨量站資料時更發現與降水回波型態更加吻合，且劇烈降雨量累積區多位於北緯 23 度以南，說明此時降水系統發展極為旺盛，地形的舉升有助降水系統的維持。

#### 4.3 聖帕颱風

聖帕颱風引進的西南氣流雨帶型態

與前述兩個颱風略為不同，多為組織性線狀回波，呈現東北西南的走向，類似鋒面前緣的組織性對流系統。2006 年 8 月 18 日 13 UTC (21 LST) (圖 3a) 之後台灣南部地區開始產生較為顯著的降水現象。

由於強降水回波系統結構與勢力均相當紮實，故其所涵蓋範圍與劇烈降水區的型態頗為相似，特別是回波強度大於 45 dBZ 的區域與時雨量大於 50 mm 的範圍，型態與走向近乎一致，說明降水系統之旺盛。此外當強降水回波於山坡地形上持續發展時，降水回波系統與地面降雨分佈則逐漸轉為南北走向 (圖 3b) 另外在 19 UTC 之後部份雨帶移入中部山區，其形勢則保持原來之東北西南的走向，與南部山區略有不同。

#### 4.4 卡枚基颱風

卡枚基颱風引進的西南氣流不僅在台灣中部造成豪雨，由於其移動路徑的關係，雨帶乃由台灣西南地區移入並逐漸北抬，在 2008 年 7 月 17 日 11 UTC (19 LST) (圖 4a) 時西南部迎風面產生劇烈降水，大於 50 mm 的區域相當廣

泛，分佈於屏東山區並向北延伸。由於強降水回波系統不斷在地形上發展與維持，因此所涵蓋的範圍以及走向，與劇烈降水的區域近乎相似，此時兩者均呈南北走向。之後由於強降水回波系統持續發展，範圍則由高雄山區一直延伸至台南山區迎風面一帶，使得回波與降水的型態轉變為西北東南走向，即與迎風面地行走向一致（圖 4b）。然而在屏東山區一帶的降水回波與降水分佈，則仍維持南北走向。

### 五、降水回波的時空分布特徵

此處以卡枚基颱風為例，將降水回波以經緯度方向做平均，並以時間序列所構成之哈莫圖（Hovmöller diagram），即縱軸為時間，橫軸為經度或緯度，每 15 分鐘一組資料，顯示對流雨帶平均降雨結構隨時空變化之特徵。

圖 5a 顯示卡枚基颱風引進西南氣流期間雨帶隨緯度的演變，降水回波為東經 120.3 至 120.8 度區域的平均，也就是台灣西側山坡地區。從 7 月 17 日 09 UTC 至 18 UTC，可發現劇烈對流雨帶集中在北緯 22.8 至 23.4 度區域，並且非常緩慢向北延伸，由於速度非常緩慢，以致在中南部山坡地降下旺盛的降水。而圖 5b 顯示雨帶隨經度的演變，回波平均值設定為北緯 22 至 25 度區域，也就是台灣中南部地區。相同的時間序列顯示強降水回波發生在東經 120.6 度以東之區域，對照地形資料可發現該區域為中央山脈西側海拔 500 至 1000 公尺之坡地，並且強降水回波多延經度分不，無由西南方移入之現象，更確定西南氣流與地形之交互作用，為激發劇烈對流雨帶之機制。

### 六、討論與結論

海棠(2005)、碧利斯(2006)、聖帕(2007)及卡枚基(2008)等四個颱風強度各

異，其中海棠與聖帕為強烈颱風，卡枚基為中度颱風，但碧利斯則為輕度颱風。然而侵台之後所引進的西南氣流，均造成台灣南部地區豪大雨現象。其中聖帕及卡枚基颱風更在台灣中部地區帶來歷史性的降雨量。由上述的分析可發現，分佈於屏東山區迎風面一帶強降水回波系統及劇烈降水分佈，其多呈南北走向，而越往北延伸，強降水回波系統及劇烈降水分佈則轉為與斜向的形勢。此一現象可沿北緯 23 度作為劃分。此外，強降水回波系統若能在迎風面上同一區域持續發展 2 小時以上，其涵蓋範圍與地面降水分佈則可呈現同相位，若強降水回波系統僅能在迎風面上同一區域維持 1-2 小時，則回波區域與降水區將有些許相位偏移的現象。

由於缺乏觀測資料緣故，過去甚少針對颱風引進西南氣流影響下地形降水型態進行分析及研究。然而由於近年來中央氣象局廣設自動雨量站，在加上七股與墾丁都卜勒氣象雷達陸續開始作業，使得此一議題有了及豐沛的研究空間。本研究初步就雷達降水回波與地面降水分佈的型態進行分析，未來將更進一步分析所蒐集之雷達資料，以期增進西南氣流所產生降雨的預報能力。

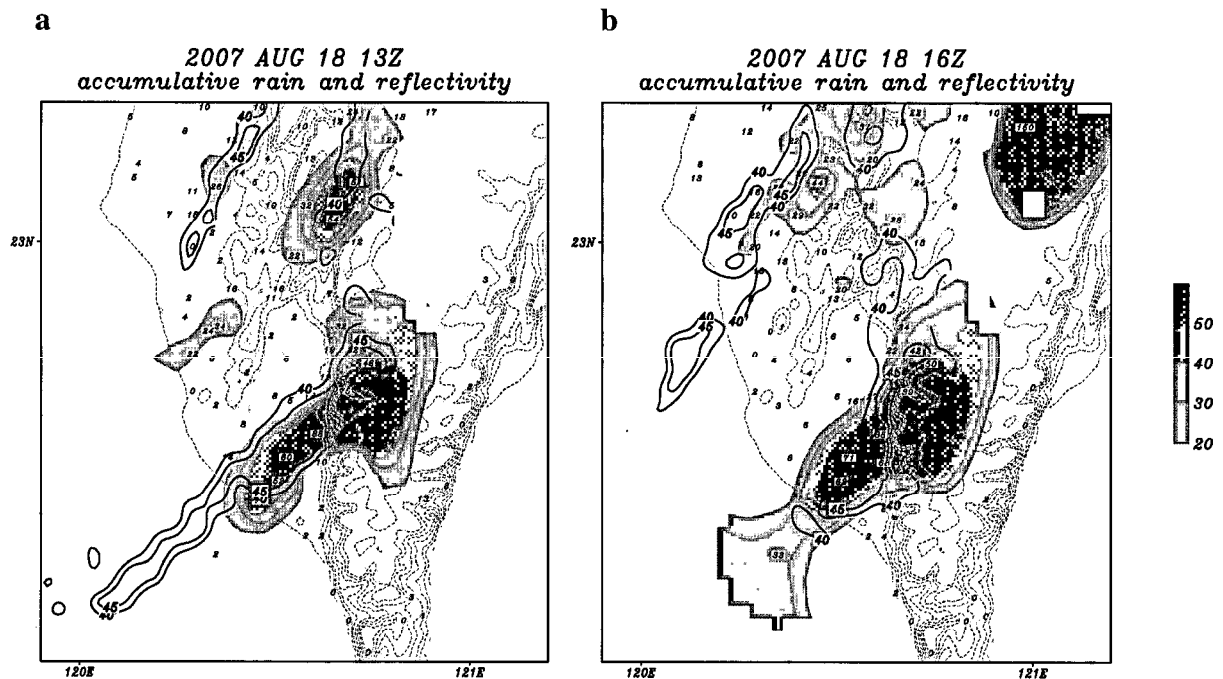
### 七、誌謝

本研究感謝國科會大氣研究資料庫提供七股雷達與自動雨量觀測站之資料，以及空軍航技學院軍事氣象系 98 年班同學資料上的處理與整理，使分析得以順利完成。

### 八、參考文獻

1. 王時鼎、陳泰然、謝信良，1985：台灣颱風降雨特性及其預報(二)。行政院國家科學委員會防災科技研究報告，73-47，100 頁。
2. 李清勝與蔡德攸，1995：利用 CAA 都卜勒雷達資料分析四個侵台颱風伴隨雨帶之特徵。大氣科學，23，209-235。

3. 范鈞燾，2000：台灣颱風地形效應豪雨預警區之研究。私立中國文化大學地學研究所博士論文，225 頁。
4. 張保亮，2000：登陸中颱風環流變化分析：賀伯(1996)個案研究。國立台灣大學大氣科學研究所博士論文，158 頁。
5. 鄭凌文，2006：北台灣地形對颱風降水分佈及強度之影響：象神颱風雷達觀測研究。中國文化大學碩士論文，71 頁。
6. 顏自雄，2003：賀伯颱風(1996)及其台灣地形影響之數值模擬研究。國立台灣大學大氣科學研究所博士論文，108 頁。
7. Cressman, G. P., 1959: An operational objective analysis system, *Mon. Wea. Rev.* **87**, 367-374.
8. Chang, C.P., T. C. Yeh, and J. M. Chen, 1993: Effects of terrain on the surface structure of typhoons over Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 734-752.
9. Wu, C. -C., and Y. -H. Kuo, 1999: Typhoons affecting Taiwan : current understanding and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 67-80.
10. Yu, C.- K. , and L.- W. Cheng, 2008: Radar observations of intense orographic precipitation associated with Typhoon Xangsane (2000). *Mon. Wea. Rev.* , **136** , 497-521.



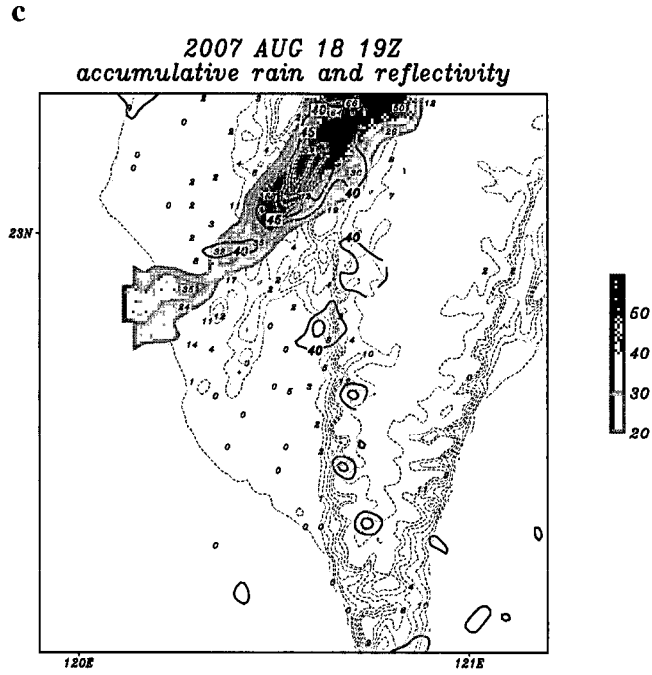


圖 3. 台灣西南部七股雷達降水回波與地面降水觀測合成圖。(a) 2007 年 8 月 18 日 1300 UTC，(b)1600 UTC 與(c)1900 UTC。灰階填色區域代表地面降水分布，等值線代表雷達降水回波區，虛線為地形等高線，分別為 50、100、200、300、400、500 及 1000 公尺。數字為雨量站所觀測之時累積雨量。

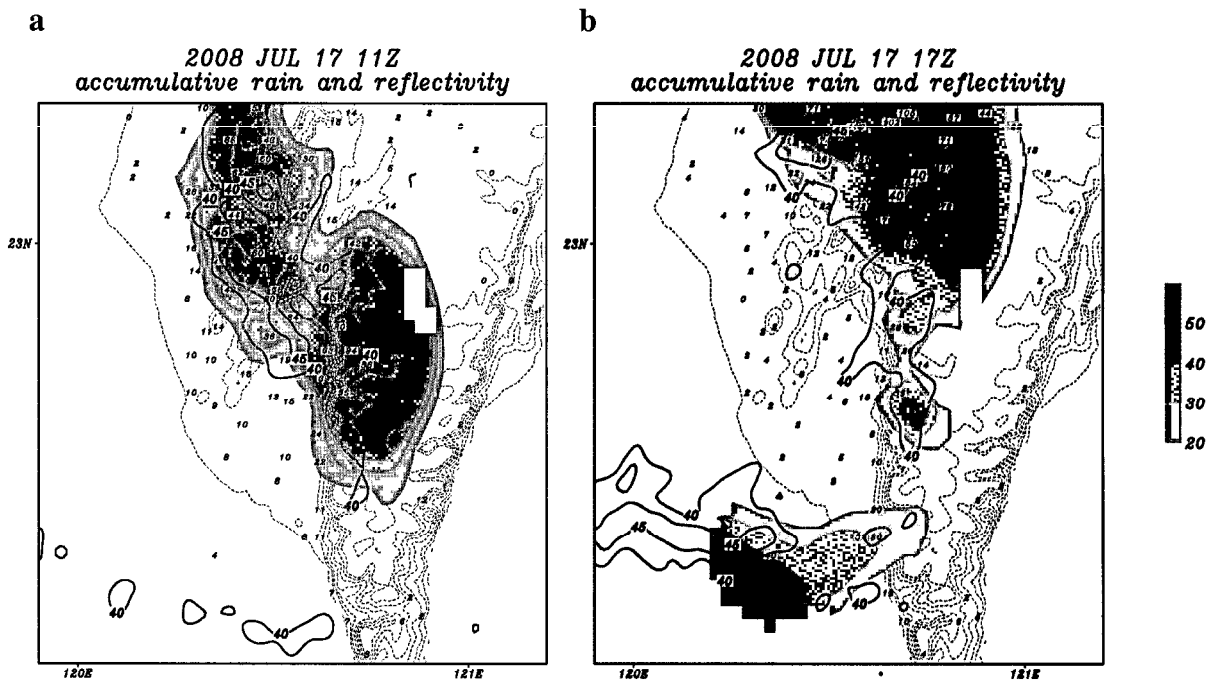


圖 4. 台灣西南部七股雷達降水回波與地面降水觀測合成圖。(a)2008 年 7 月 17 日 1100 UTC，(b)1700 UTC。灰階填色區域代表地面降水分布，等值線代表雷達降水回波區，虛線為地形等高線，分別為 50、100、200、300、400、500 及 1000 公尺。數字為雨量站所觀測之時累積雨量。

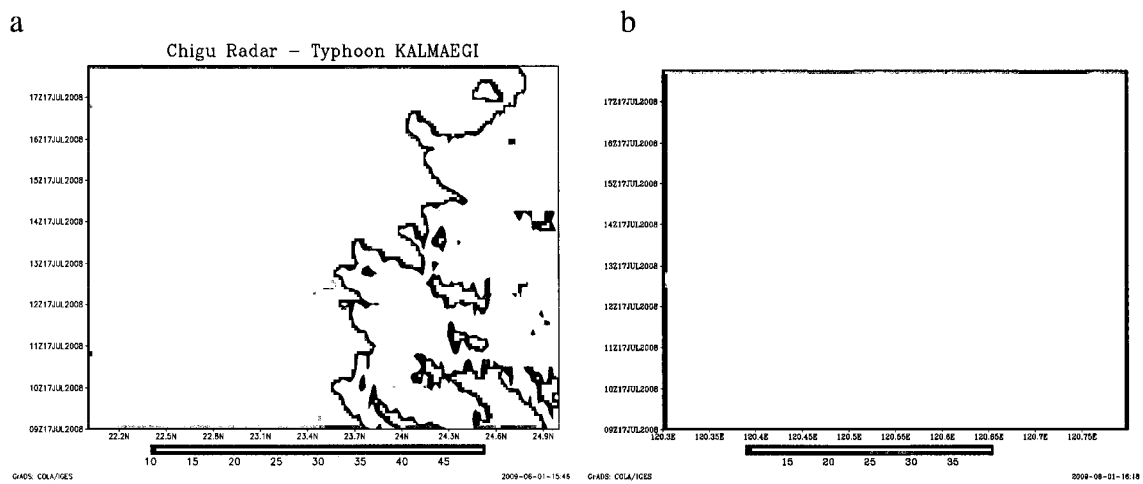


圖 5.七股雷達降水回波時間序列哈莫圖。(a)經度平均，(b)緯度平均。縱軸為時間  
2008 年 7 月 17 日 1100 UTC 1700 UTC。灰階填色區域代表地面降水分布。



## **Preliminary Comparisons on the Pattern of the Precipitation and the Radar Echo during the Influence of Typhoon-induced Southwest Flow**

Chih-Hsien Wei

*Department of Environmental Information and Engineering, National Defense University*

### **Abstract**

The present study is to analysis the data collected by the Central Weather Bureau's Chiku weather radar and automatic rainfall rate measurement. Cases study, including typhoon Haitang (2005), Bilis(2006), Sepat (2007) and Kalmaegi(2008), are for recognizing the surface precipitating pattern. The preliminary result shows that the severe precipitating echoes system which developed on the upslope at the south of 23° N revealed north-south orientation. The system which developed on the terrain at the north of 23° N revealed different aspect due to their moving path. The system which sustain more than 2 hours on an area brought similar phase with surface rainfall. Otherwise the pattern had a phase shift. The spatial and temporal distribution of precipitation echoes indicates that the interaction between southwesterly flow and terrain plays a significant role for triggering the heavy rainfall.

Keyword: Radar precipitation echo, surface automatic rainfall rate measurement, upslope