

# 利用微波降雨雷達分析颱風雨帶近地面之觀測特徵

蔡嘉倫 游政谷  
中國文化大學地學研究所

## 摘要

臺灣在夏秋兩個季節，受颱風的影響甚鉅，颱風雨帶往往伴隨著強風豪雨。2005年10月1日，強烈颱風龍王其中心由花蓮登陸，颱風雨帶通過北臺灣。本研究利用高時間解析度之微波降雨雷達與竹子湖地面測站觀測資料，來分析伴隨龍王颱風之兩個雨帶(R1與R2)通過文化大學與竹子湖測站時，其回波強度、垂直速度、雨滴粒子速度、降雨率、氣溫氣壓及風向風速之近地面觀測特徵。分析顯示，R1與R2在近地面層伴隨明顯的上升速度，在R1中強降雨率較接近後緣，而R2則集中於雨帶中央，R1與R2氣壓與溫度的變化也有所差別。未來將利用微波降雨雷達的資料及其雨滴粒徑資訊對更多颱風進行分析。

## 一、前言

地處副熱帶地區的臺灣，時常受到颱風的侵襲，其雨帶通常會挾帶強風豪雨。雨帶內擾動氣壓通常為負值且有較強的降雨率，雨帶中心會有比較強的雷達回波與上升氣流，而在雨帶外圍則有層狀降水及下沉的氣流(Staff Members 1969; Mark 1990; Peter 1994)。雨帶內強降水可能會導致溫度些微的降低，垂直速度與擾動溫度有著正相關(Richard 1984)。本文利用文化大學的微波降雨雷達及竹子湖測站每分鐘高解析度的資料來分析回波強度、垂直速度、雨滴粒子速度、降雨率、氣溫氣壓及風向風速，在颱風雨帶接近、通過至離開時，近地面之細微觀測特徵。

本研究分析2005年編號19號的強烈颱風龍王，龍王颱風9月26日在關島北方生成後，隨後以西北轉偏西方向朝臺灣移動，10月1日23時10分(UTC)於花蓮豐濱附近登陸(圖一)。

分析五分山雷達站0.4度仰角的雷達回波，在10月1日19時到23時有兩個雨帶通過北臺灣，由於雨帶結構沒有受到地形明顯的破壞，在離開臺灣時仍可清晰的看出雨帶的形狀，因此可利用回波強度大於30dBZ定義出其邊界及位置，並依通過的時間先後定出R1雨帶與R2雨帶。其中R1雨帶是以大約60度角接近文化大學，而R2以約90度角接近(圖二)。

## 二、微波降雨雷達簡介

微波降雨雷達 Micro Rain Radar(MRR)目前架設於中國文化大學大氣科學系之觀測坪為國內首度引進之雷達觀測系統。其頻率 24GHz 波長為 1.25 公分，為垂直觀測之氣象都卜勒雷達，主要設計為觀測大氣中的降水回波強度、雨滴粒子速度、液態水含量、降雨率及雨滴粒徑分佈(可觀測的雨滴大小為 0.246 到 5.03 公釐)。此雷達利用調頻式之連續波段(FM-CW)在垂直方向有 30 個觀測區間，其垂直空間解析度可設定 10 到 1000 公尺之間，觀測時間解析度可設定 10 到 3600 秒之間，每 1 分鐘可以將一組觀測值資料輸出繪圖，可即時的觀測天氣系統的垂直變化。對於微波降雨雷達的詳細觀測原理可參考 Loffer-Mang and Kunz (1999) 與 Peters et al. (2005)。

### 三、結果分析

圖四為竹子湖測站與微波降雨雷達逐分觀測資料，由上而下為竹子湖測站之降雨率( $\text{mm hr}^{-1}$ )、測站氣壓(mb)、溫度(紅線)露點(藍線)( $^{\circ}\text{C}$ )、微波降雨雷達之降雨率( $\text{mm hr}^{-1}$ )、回波強度(dBZ)、雨滴速度( $\text{m s}^{-1}$ )、垂直速度( $\text{m s}^{-1}$ )。而其中的空氣垂直速度是利用 MRR 所觀測雨滴速度扣掉終端速度而得，而終端速度是利用雷達回波與終端速度的關係經驗式(Joss and Waldvogel 1970)來估計。

圖四中的虛線為 R1 與 R2 經過 MRR 的時間，其時間之定義方法為先利用五分山雷達資料得知雨帶通過竹子湖及文化大學的時段，再利用竹子湖測站逐分之降雨率準確的定義出雨帶通過的時間。R1 通過的時間為 19 時 20 分到 20 時 8 分(UTC)約 48 分鐘，R2 通過時間為 21 時 32 分到 22 時 8 分(UTC)約 36 分鐘。

分析 MRR 與竹子湖測站的降雨率，可以發現在 R1 與 R2 內皆有較強的降雨率，比較 R1 內強降雨率發生的時間，竹子湖測站比 MRR 較為落後；在 R2 中強降雨率發生的時間，竹子湖測站與 MRR 則大致相同。但總體來說，降雨率的強度，竹子湖測站較 MRR 強。

分析氣壓及溫度，可以發現 R1 與 R2 的變化不盡相同，R1 兩側邊緣的氣壓高於雨帶中間，而 R2 則在雨帶中至後緣先上升後下降；在 R1 中溫度及露點幾無變化，但在 R2 中有約  $2^{\circ}\text{C}$  的降溫。

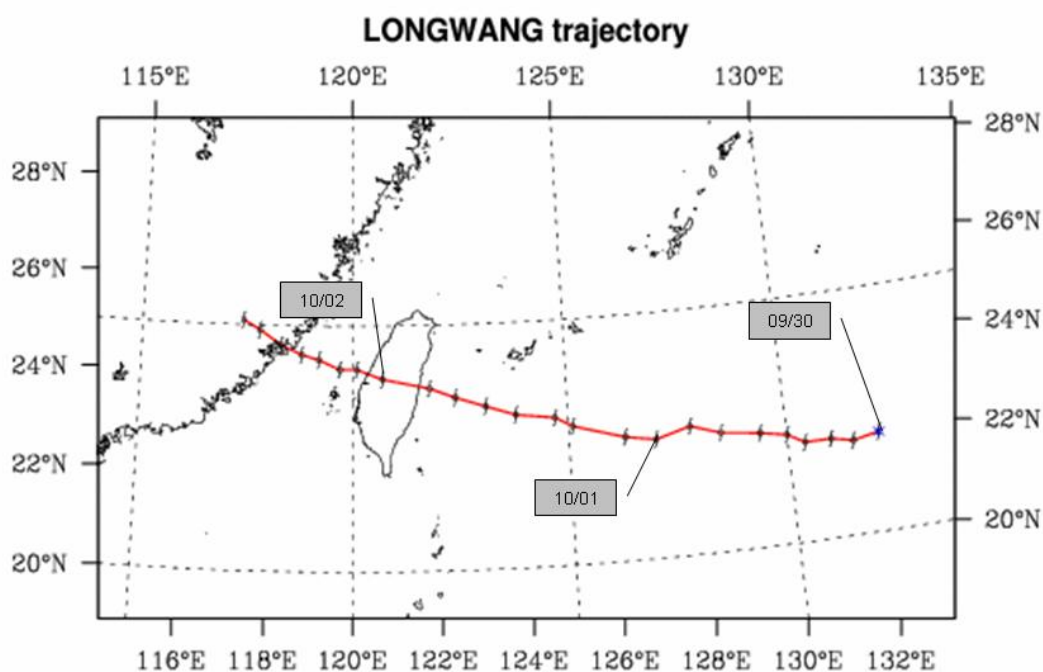
由 MRR 的雷達回波也可看到兩個雨帶內的回波強度決大部份大於 30 dBZ，兩個雨帶皆伴隨明顯的上升速度，其垂直速度最大可達  $\sim 4 \text{ m s}^{-1}$ ，而雨帶的邊緣與雨帶外之垂直速度較小甚而有負值。

### 四、未來工作

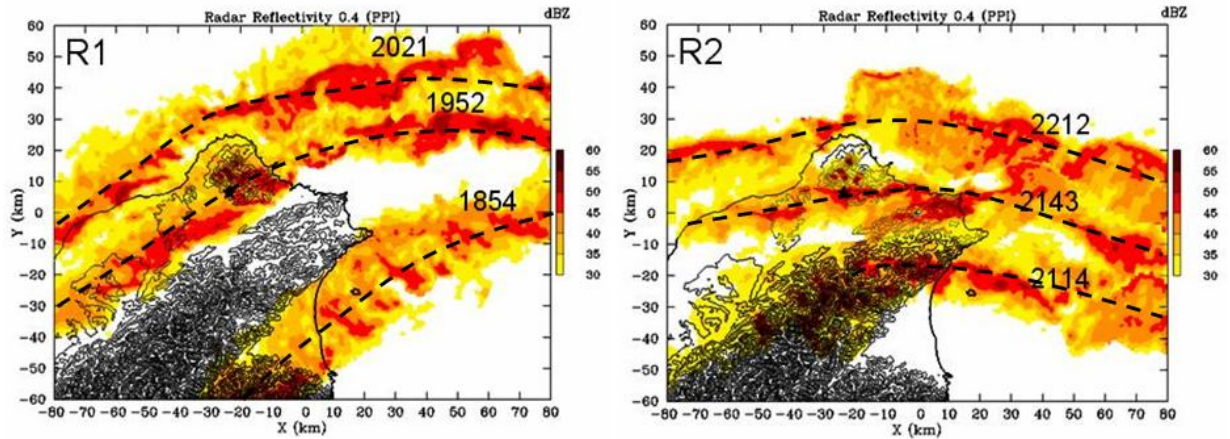
同一個颱風內，不同的雨帶其觀測特徵也有所不同，如竹子湖測站的降雨率可看出強降雨率的位置不一，在 R1 中強降雨率較接近後緣，而 R2 則集中於雨帶中央。R1 與 R2 氣壓與溫度的變化也有所差別，這些觀測特徵的不同值得未來進一步探討。除此之外，我們也將利用 MRR 高時間解析度的資料及其雨滴粒徑分布資訊，來分析更多颱風雨帶之雲物理特徵。

## 參考書目

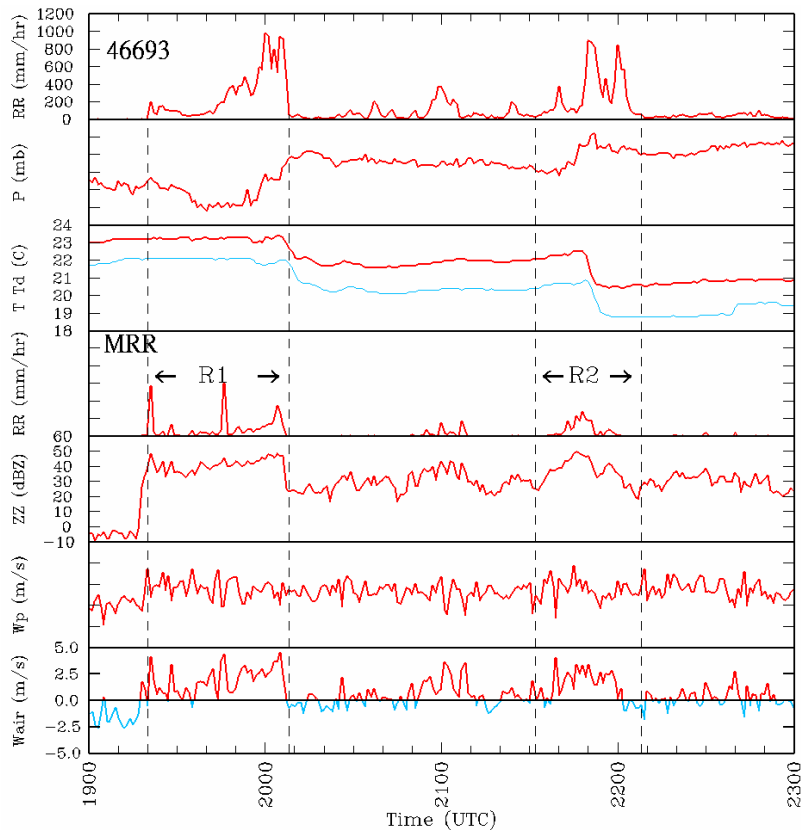
- Joss, J., and A. Waldvogel, 1970: Raindrop size distribution and Doppler velocities. Preprints, 14th Conf. on Radar Meteorology, Tucson, AZ, Amer. Meteor. Soc., 153-156.
- Loffer-Mang, M., and Kunz, M., 1999: On The Performance of Low-Cost K-Band Doppler Radar for Quantitative Rain Measurements. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **16**, 379-386.
- Mark, D., 1990: Boundary Layer Structure and Dynamics in Outer Hurricane Rainbands. Part I: Mesoscale Rainfall and Kinematic Structure., *Mon. Wea. Rev.*, **118**, 891-917.
- Peter, T. M., and Greg, J. H., 1994: Wind Profiler Observation of Tropical Storm Flo at Saipan., *Wea. Forecasting.*, **9**, 410-426.
- Peters, G., and Fischer, B., 1994: Profiles of Raindrop Size Distributions as Retrieved by Microrain Radars., *J. Appl. Meteor.*, **44**, 1930-1949.
- Richard, A. A., 1982: Tropical Cyclones Their Evolution Structure and Effect. Meteorological Monographs, AMS. 208pp.
- Staff Members, Tokyo University, 1969: Precipitation Bands of Typhoon Vera in 1959 (Part I). *J. Meteor. Soc. Japan*, **47**, 298-309.



圖一 JTWC 2005 年龍王颱風中心路徑(每三小時)，時間為 UTC。



圖二 2005 年 10 月 1 日，龍王颱風雨帶(R1 與 R2)之雷達回波(五分山雷達 0.4 度仰角)位置追蹤圖。色階部份為回波強度，單位為 dBZ。虛線為雨帶的幾何中心位置，數字為時間(UTC)。



圖三 竹子湖測站(46693)與微波降雨雷達(MRR)逐分觀測資料，由上而下為竹子湖測站之降雨率( $\text{mm hr}^{-1}$ )、測站氣壓(mb)、溫度(紅線)露點(藍線)( $^{\circ}\text{C}$ )、微波降雨雷達之降雨率( $\text{mm hr}^{-1}$ )、回波強度(dBZ)、雨滴速度( $\text{m s}^{-1}$ )、垂直速度( $\text{m s}^{-1}$ )。虛線為 R1 與 R2 雨帶通過的時間，橫軸為時間(UTC)。