

宜蘭強降雨觀測實驗

劉清煌¹、郭鴻基²、蘇世顯¹、陳維婷²、尤虹叡²、李育棋³

中國文化大學大氣科學系¹

臺灣大學大氣科學系²

中央氣象局³

摘要

蘭陽平原的地形相當特別，三面環山，地形高度約 2000 公尺以上，西南側山高可達 3000 公尺，平原東面開口朝向太平洋。由於特殊的口袋地形，三角形的輻合作用加上地形的抬升，使得降雨量相當可觀。過去鮮有針對蘭陽平原的研究。日本學者樺澤實（1950），針對冬季宜蘭地區的風場及產生的輻合帶提出一套概念模型，將蘭陽地區的降雨稱之為第「第二種地形性降雨」，在無劇烈的天氣系統直接影響下，持續性的降雨日雨量常可達 100mm/day 以上。梅雨季（5、6 月）時宜蘭地區的局部環流風場及降雨情況也是很值得關注，陳等（2010、2013）分析地面測站風場顯示於 06 時，風場以陸風為主，到了 09 時，則完全轉為海風，海風與谷風效應以及地形的抬升，局部環流分析顯示在平原西南方出現近似滯留之渦旋，導致在 12 時之後常出現持續性的強。這些分析均基於概念性的推論或是有限的地面風場分析，真實情況仍有待進一步的深入研究。

本團隊擬利用高時間解析度的微型探空儀探測蘭陽平原三度空間的風場，選定的季節是東北季風盛行的 10~2 月間。為測試本實驗的可行性，團隊於四月間增設了 5 個地面站及微波降雨雷達、雨滴譜儀等，台大可移動式雷達於 7 月 13 日~19 日於壯圍進行每日 24 小時時觀測，密集觀測時間為 7 月 17 日 08 時~19 日 08 時，每兩小時施放一顆微型探空、每 6 小時一顆正常探空，並且中大無人飛機也加入觀測的行列。初步結果顯示兩日的觀測均有滿意的個案資料，雷達掌握到降雨系統成長至消散過程，密集微型探空軌跡顯示氣流日夜變化的特性，更多結果將於報告中分享。

微型探空資料出處理是一個繁瑣的工作，而且 QC 耗費時間及人力，為使日後的微型探空資料處理更為便利，本計畫將建立微型探空資料自動 QC 的介面，以利本實驗之用，亦可輔助未來其他觀測實驗（如 TAHOPE 等）之資料 QC。QC 介面將在研討會中展示。

關鍵字：第二種地形性降雨、為探探空、東北季風異常降水

一、前言

臺灣地形複雜且氣候多變，全臺各地區降雨分布隨季節亦有明顯的不同，春、夏季降雨區以南部為主，在秋、冬則以北部、東北部降雨居多。過去針對台灣地區細緻的氣象研究或是觀測實驗主要均集中在在臺灣北部、西部或是南部地區，如臺灣地區中尺度實驗（Taiwan Area Mesoscale Experiment, TAMEX）（1987）、西南氣流實驗（Southwest Monsoon Experiment, SoWMEX）（2008-2014）、SoWMEX and the Terrain-Induced Monsoon Rainfall Experiment (TiMREX)（2008）、雙北都會區夏季暴雨觀測預報實

驗（Taipei Summer Storm Experiment, TASSE）（2016-2020），以致於目前正在規劃的 TAHOPE 等，乃因氣象儀器較為完整以、重大的災害性天氣及大面積的受災區域。唯一一次針對東部地區設計的觀測實驗是綠島中尺度實驗（Green Island Mesoscale Experiment, GIMEX）（2001），實驗主要觀測的場域位於臺灣東南部（南花蓮及台東地區）。單獨僅剩蘭陽平原尚無完整規劃的觀測實驗，中央大學 TEAM-R 雷達曾數次到宜蘭地區做短暫觀測，觀測的對象是午後雷雨，除此外氣象界對蘭陽平原地區並無較具體的實驗設計。

蘭陽平原的地形相當特別，三面環山，地形高度約 2000 公尺以上，西南側山高可達 3000 公尺，平

原東面開口朝向太平洋。由於特殊的口袋地形，可想而知當水氣由東側進入時，三角形的輻合作用加上地形的抬升，降雨量一定相當可觀。過去有關蘭陽平原的研究大部分為附帶性的提到，唯一具體的研究是日本學者樺澤實（1950），針對冬季宜蘭地區的風場及產生的輻合帶提出一套概念模型（圖 1），將蘭陽地區的降雨稱之為第「第二種地形性降雨」，特徵是東北季風吹入蘭陽平原三角地形時，由於西側高山地形的阻擋作用，導致上層（高度 1~2 公里）氣流反向折回，此反向氣流與低層（高度 0~1 公里）之東北風產生滯留性的輻合，而出現持續性的降雨，所以秋、冬季節在無劇烈的天氣系統直接影響下，單純的東北風進入平原後，由於受到空氣的繞流效應及地形抬升，日雨量常可達 100mm/day 以上。劉與陳

（1981）探討臺灣北部冬季異常降水之氣候分析，統計冬季異常降水發生時之天氣型態，將近 40% 是東北季風之天氣型態，鋒面系統佔約 1/4，顯示東北季風帶來的水氣受地形抬升導致降雨是導致異常降雨的主要因素。

梅雨季（5、6 月）時宜蘭地區的局部環流風場及降雨情況（陳，2010、2013）也是很值得關注，地面測站風場分析顯示於 06 時，風場以陸風為主，到了 09 時，則完全轉為海風，海風與谷風效應以及地形的抬升，局部環流分析顯示在平原西南方出現近似滯留之渦旋，導致在 12 時之後常出現持續性的強降雨，且梅雨季的降雨日達 75%，即 5、6 月有 3/4 的天數都在下雨。本報告以宜蘭地區之劇烈降雨為討論對象。

二、資料來源與分析方法

本研究以中央氣象局 2002~2019 年共 18 年之日雨量圖，利用色階反推每個網格點之雨量值。由於日雨量圖只有 17 個色階，且為不等間距，取該色階所代表的降雨量範圍之中間值當作該點之降雨量。另外日雨量圖最高色階僅到 300mm，超過 300mm 者以 300mm 統計之。本研究僅統計日雨量之出現頻率，並無進一步做雨量之計算，因此些微誤差並不影響日雨量頻率之統計。

三、結果分析

圖 2 為 2002-2019 年日雨量大於 80mm、130mm 及 200mm 之次數統計圖，顯示全出現降雨較多的地點位於高雄、屏東山區、中部山區、北部迎風面、及宜蘭地區。值得注意的是宜蘭地區日雨量>80mm 及 >130mm 出現頻率最高的位置是在蘇澳附近，而 >200mm 率最高的位置則稍微往內移，平均沒年會有 1~2 天日雨量超過 200mm。

分析宜蘭地區各月份降雨頻率，（以日雨量達 130mm 為例，圖 3）7~11 月出現有較高的次數，由其以 9、10 月份出現的次數較高，造成降雨天氣系統可包含熱帶低壓、颱風、東北季風、及鋒面等。10 月份宜蘭出現強降雨的頻率居全台之冠。

蘭陽平原獨特的口袋地形，東北季風下來時直接進入口袋，氣流往西側時口袋變窄，加上地形抬升，導致降雨不斷。另外當東北季風較弱時，近地面之東北風由平原北側進入，會在平原內造成回流，以致於在平原南側轉為西風，此西風與盛行的東北風剛好對峙於蘇澳附近，輻合區域近似滯留，因此降雨不斷。

四、觀測計畫及結果

蘭陽平原特殊的地形導致高頻率的強降雨及很特別的局部環流現象，過去在此地並無具體的觀測實驗及研究，臺灣大學郭老師 TASSE 團、中央大學、中研院、中央氣象局及文化大學合作開始規劃觀測實驗，主要目的瞭解東北季風的情境下蘭陽平原三度空間的風場環流、降雨系統發生及演變的物理過程，擬在宜蘭地區增設多部的自動地面氣象站、微波降雨雷達（MRR）、雨滴譜儀、剖風儀、雷射剖風儀、可移動式雷達、以及高時空解析度的探空，進行聯合觀測。

為確保本實驗的可行性，於 2020 年 7 月 17~19 日進行連續 48 小時的密集觀測之預實驗。本次動員的設備除預先以架好的地面站、MRR、雨滴譜儀外，可移動式雷達 7 月 13~19 日在壯圍進行無間斷的觀測，在宜蘭氣象站、三星國中每兩小時各施放一顆微型探空氣球，且在宜蘭站每六小時施放一顆 Vaisala 探空儀，在壯圍每六小時也施放一顆微型探

空氣球（圖 4）。這兩天 IOP 觀測皆有收集到明顯的降雨個案，結果將於研討會中分享。

本次實驗室冬季之預實驗，測試儀器、人員、場地及儀器的配置，以作為下次正式實驗之參考。本實驗中會施放許多的微型探空儀，但微型探空儀的 QC 過程相當繁瑣。尤虹勸博士過去有豐富的經驗及完整的 QC 程序，透過本實驗計畫及大氣水文資料庫，尤博士將建立自動 QC 的介面一方便後續對微型探空的處理，本自動 QC 介面也會針對其他常用之探空資料格式做 QC，此自動 QC 介面也可方便未來其他觀測實驗（如 TAHOPE）之用。

五、參考文獻

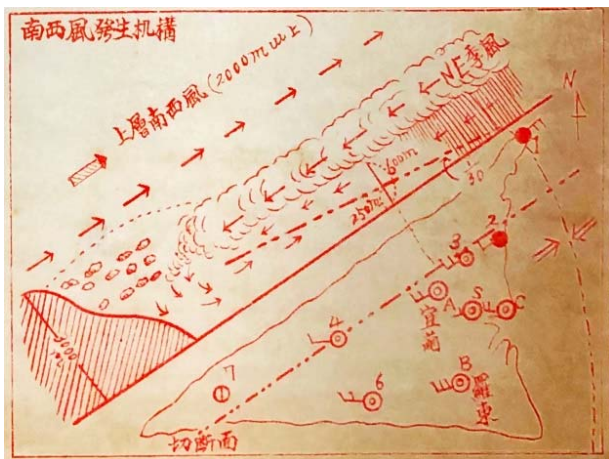
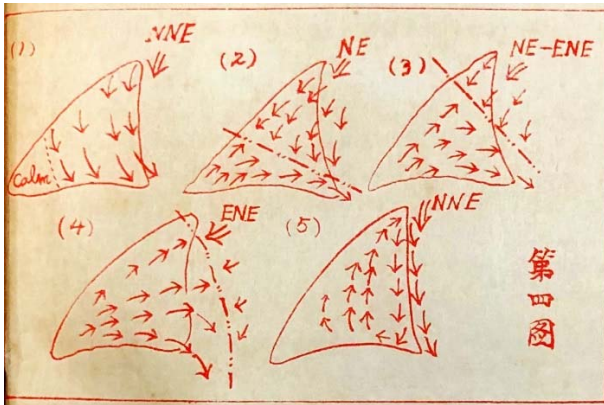


圖 1：蘭陽平原輻合風場概念模型，左圖不同方向之東北風出現輻合帶之位置，右圖為垂直剖面圖，顯示風場逆流及降雨區（樺澤實，1950）。

陳泰然、王子軒，2010：梅雨季臺灣東部地區降雨與局部環流之研究。大氣科學，第三十八期第三號，165-184。

陳泰然、王子軒，2013：梅雨季臺灣東部地區降雨與局部環流之研究。大氣科學，第四十一期第一號 1-20。

陳盈擘，2020：宜蘭地區秋冬降雨特性之研究。國立中央大學 碩士論文。

劉廣英、陳泰然，1981：臺灣北部冬半年異常降水之氣候分析與研究。

樺澤實，1950：氣象通訊，第五卷，第四、五、六期。

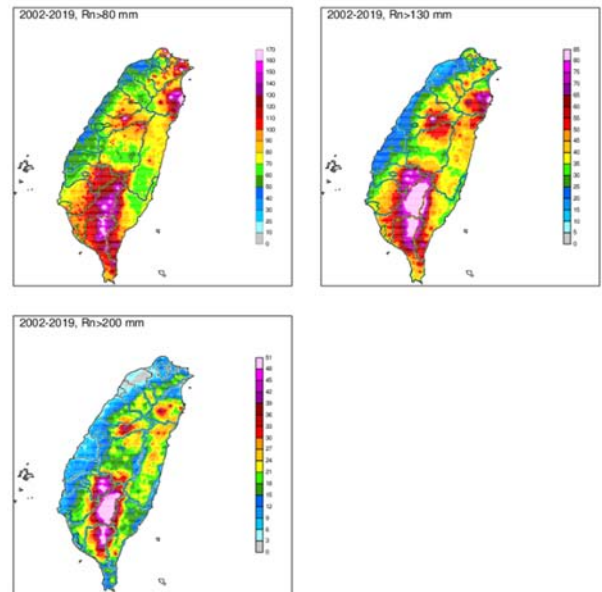


圖 2：2002-2019 年日雨量大於 80mm、130mm 及 200mm 之次數統計圖，色階為次數。

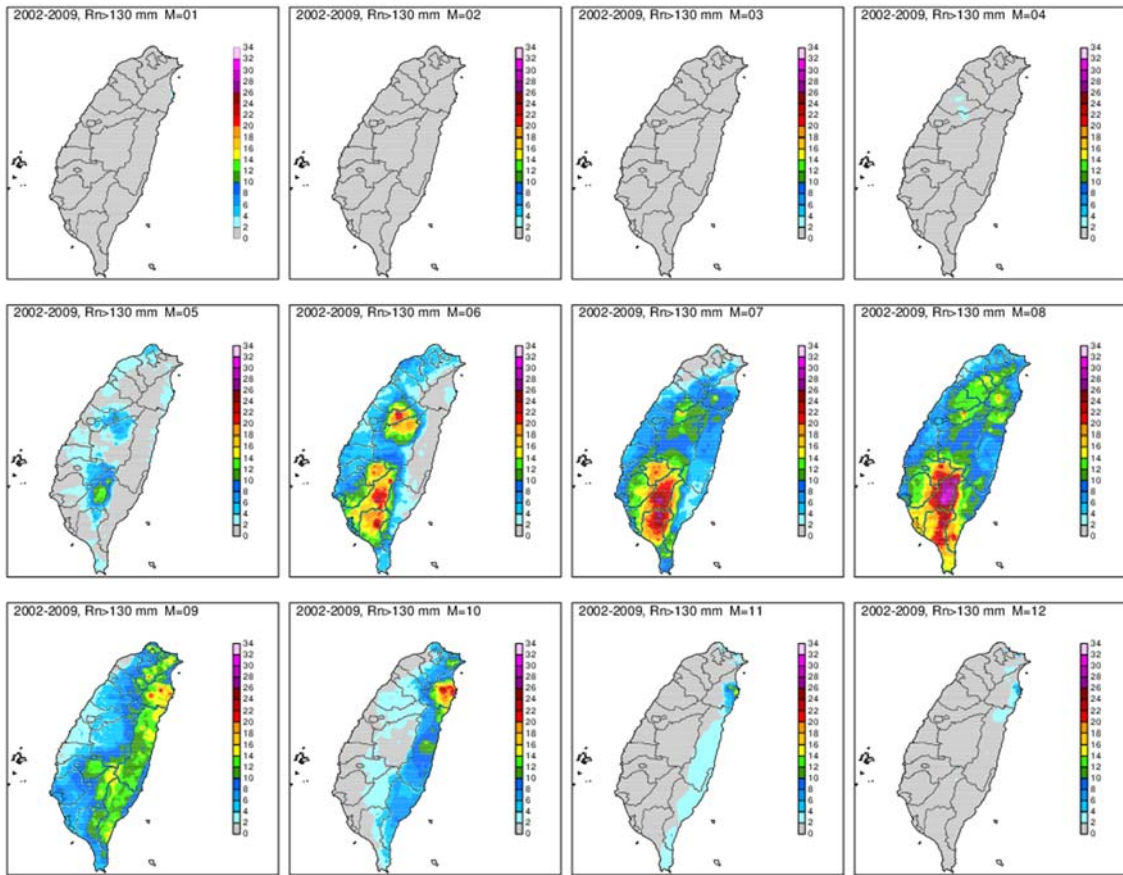


圖 3：2002-2019 年 1~12 月份日雨量大於 130mm 之

2020 宜蘭強降水觀 測實驗(YESR)

- Radar on site:
07/13-07/19
- IOP:
07/17/00UTC –
07/19/00UTC

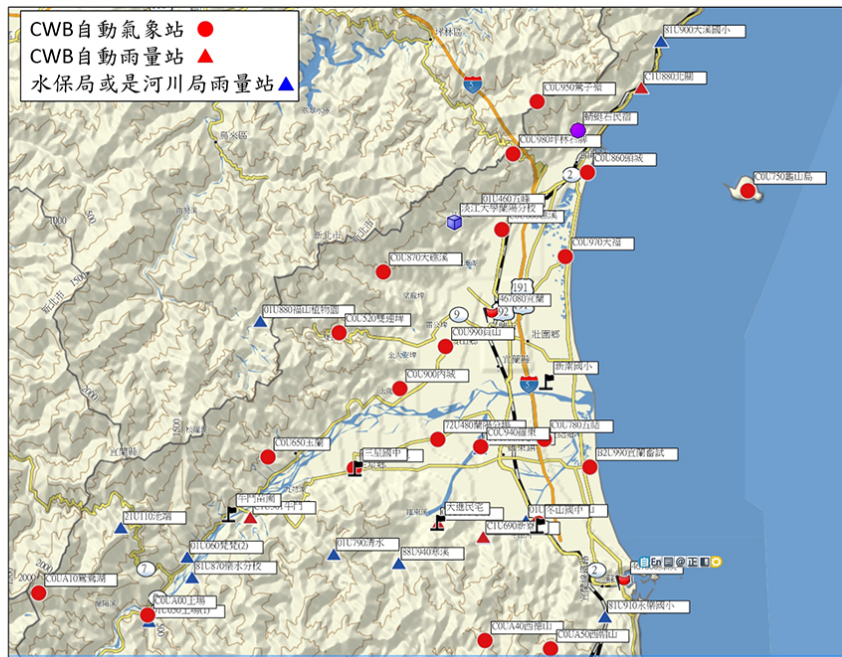


圖 4：2002 年 7 月宜蘭強降雨觀測計畫儀器配置圖

Yilan Experiment for Severe Rainfall (YESR)

Ching-Hwang Liu¹, Wei-Ting Chen², Shih-Hao Su¹,

Hung-Chi Kuo², Hung-Jui Yu², Yu-Chi Lee³

Chinese Culture University¹

National Taiwan University²

Central Weather Bureau³

Abstract

The Yilan Plain is a quite unique topography. The delta plain is surrounded by mountains on three sides. The height of the terrain is more than 2,000 meters. Especially on the southwest side, it can reach up to 3,000 meters high. The east side of the plain faces the Pacific Ocean. Due to the special pocket shape terrain, it may produce considerable amount of rainfall. There have been few studies on the Lanyang Plain in the past. The Japanese scholar Kazawa (1950) proposed a conceptual model for the wind field and the resulting convergence zone in the Yilan area for NE flow during winter season. The rainfall in the Yilan plain was called the "second type of topographic rainfall". Under none direct influence of the weather system, the daily rainfall of may often reach more than 100mm/day. During the Meiyu season, the local circulation wind field and rainfall in Yilan area are also worthy of attention. Chen et al. (2010, 2013) analyzed the wind field based on ground station and showed that the wind field was mainly land breeze at 06 o'clock. At 09 o'clock, it turned into sea breeze completely. The local circulation analysis showed that a stationary vortex appeared in the southwest of the plain. The effect of sea breeze and valley wind and the uplift of terrain may produce persistent rainfall after 12 o'clock. These analyses are based on conceptual model or limited ground wind analysis. The real situation still needs further study.

Our team intends to use a high-resolution microsonde (called storm tracker) to detect the wind field in the three-dimensional space of the Yilan Plain. The selected season will be October to February when the northeast monsoon prevails. In order to test the feasibility of this experiment, the team installed 5 additional ground stations, microwave rain radar, raindrop disdrometer, etc. in April. The NTU movable radar scanned 24 hours a day in Zhuangwei from August 12 to 20. The intensive observation time is from 08:00 on August 17th to 08:00 on the 19th, the microsonde was lunched at every two hours and one normal sounding every 6 hours, and NCU unmanned aircraft also joined the observations. Preliminary results showed that we are pretty satisfactory of these two operation. The radar has captured the process of rainfall system from growth to dissipation. The microsonde trajectory shows the characteristics of airflow changes from day and night. More interested results will be shared during the conference.

The processing of microsonde data is a tedious task, and QC consumes time and manpower. In order to make the processing of microsonde data more convenient in the future, this project will establish an interface for automatic QC of microsonde data to facilitate this experiment. It can also benefit other experiment projects (such as TAHOPE, etc.) in the future. A proto-type QC interface will showed in the conference, as well.