

「臺灣長期氣候資料整集分析」計畫研究(5) — 臺灣地區雨量站一日暴雨量隨年代變化之分析

馮智勇¹ 高裕哲¹ 陳品好² 沈里音²

多采科技有限公司¹

中央氣象局氣象科技中心²

摘要

由於氣候變遷的影響，近年來極端降雨事件的發生頻率及降雨強度似乎有所改變，為探討其隨年代的長期變化情形，將使用氣象局人工氣象站之時雨量觀測資料分段進行最大一日暴雨量(連續24小時累積)頻率分析，觀察雨量的變化情形。

本研究主要分析的對象為基隆站、花蓮站、澎湖站、台中站、恆春站、台東站，其中除基隆站使用1916年至2013年之時雨量觀測記錄外，其餘測站皆使用1914年至2013年之時雨量資料進行分析，而資料由1914年或1916年起，以30年的移動時間窗，每次向後移動1年選取資料進行分析，即每30年分為一期，而除第一期外，每一期與前一期皆有29年的資料重疊，依此方式可將歷史觀測資料分成幾個時期，再分別對每個時期進行分析。

研究的分析流程大致可分為：(1)將時雨量轉換為連續24小時累積雨量序列、(2)再以年最大值序列選取分析序列、(3)假設分析序列為某機率分布，如常態、對數常態、3參數對數常態、極端值一型、皮爾遜三型及對數皮爾遜三型分布、(4)進行頻率分析，並檢驗機率分布的適合度，如卡方檢定、計算標準誤差、繪製機率圖等。由上述流程進行分析後，觀察測站各時期適合的機率分布，藉此判斷降雨型態是否發生變化，以及探討測站百年重現期之降雨量是否隨著時間出現遞增、遞減或循環的趨勢。

關鍵字：頻率分析

一、前言

氣候變遷可能造成極端氣候事件發生的更加頻繁，甚至強度也比以往所發生的極端氣候事件更加強烈，如近年來可感受到暴雨、水災、強颱等事件的發生頻率與強度已不同以往，因此，本研究欲藉由氣象局所提供之人工氣象站時雨量資料，針對基隆站、花蓮站、澎湖站、台中站、恆春站及台東站等具有長期觀測紀錄之測站，進行一日暴雨量的頻率分析，並探討一日暴雨量長期變化趨勢。

實際進行分析時，會先對資料進行切割，將資料分為多個時期，再使用氣象局『氣候變遷應用服務能力發展計畫 103年氣候資料整集分析系統發展』中所開發的頻率分析工具，對各時期分別進行一日暴雨量頻率分析，最後觀察各時期的百年重現期(return period)暴雨量隨時間的變化情形，詳細的資料分期方式與分析流程將於第二章進行說明。

第三章將說明分析結果以及相關數據與圖表，第四章為研究總結與討論。

二、研究方法

本研究中所探討的為一日(連續24小時)暴雨量隨年代的長期變化情形，主要使用氣象局所提供之

基隆站、花蓮站、澎湖站、台中站、恆春站及台東站的時雨量資料進行分析，其中除基隆站使用1916年至2013年之時雨量觀測記錄外，其餘測站皆使用1914年至2013年之時雨量資料，而為觀察極端降雨的長期變化趨勢，採取將資料切割為幾個時期，再對各期分別進行分析的方式。

對於分析時所選取資料長度，則有以下考量，若資料少於30年可能難以具有統計代表性，而各分期間無資料重疊的話，分析後的結果太少不易觀察長期趨勢，因此，從1914年或1916年起，以30年的移動時間窗(moving window)，每次往後移動1年選取資料，即每30年分為一期，除第一期外，每一期與前一期皆有29年的資料重疊，依此方式可將歷史觀測資料分為多個時期，再分別對每個時期進行頻率分析，並觀察分析結果是否出現降雨量隨著時間遞增、遞減或無明顯變化等情形。

上述每個時期所進行的頻率分析，其流程主要可分為：(1)原始資料轉換為累積雨量序列、(2)分析序列的選取、(3)假設分析序列為某機率分布、(4)進行頻率分析並檢驗分析結果的可靠度；而實際分析時，先將時雨量觀測紀錄轉換為連續24小時累積雨量序列，再使用年最大值序列(annual maximum series)選取分析序列(即挑選每年最大之連續24小時累積雨量，因每期使用30年資料，故每期的分析序

列皆具有30筆資料)，並假設此分析序列為某機率分布，研究中使用常態(normal)、對數常態(logarithm normal)、3參數對數常態(3-parameters logarithm normal)、極端值一型(extreme value type I)、皮爾遜三型(Pearson type III)及對數皮爾遜(logarithm Pearson type III)機率分布，具有機率分布的假設後，再以下式估計重現期 T 之所對應降雨量 x_T

$$x_T = \bar{x} + sK_T \quad (1)$$

其中 \bar{x} 與 s 為分析序列之平均數與標準差， K_T 為頻率因子，為重現期 T 的函數，計算方式依機率分布而異，式(1)稱為頻率分析通式，而研究中所關心的為平均大於百年才可能發生的極端降雨事件，即 $T = 100$ 之情形，最後使用卡方適合度檢定、計算標準誤差及繪製機率圖等方式檢驗分析的結果。

以上流程已整合至氣象局103年相關計畫所開發之頻率分析工具中，而本研究即使用此工具進行頻率分析相關流程。此工具可產製頻率分析結果之報表，包含重現期所對應之降雨量，機率分布的卡方適合度檢定與標準誤差，以及繪製相對應之機率圖，相關圖表示意圖如附錄2所示。

除以資料分期進行頻率分析外，也嘗試以非定態一般化極端值分布(non-stationary generalized extreme value)進行分析，其所估計之百年重現期之降雨量為隨時間變動之函數，相關之機率密度函數及雨量估計方式如附錄1所示。

三、結果分析

由各測站不同時期的頻率分析結果顯示，極端值一型的機率分布大致能通過卡方適合度檢定，標準誤差與機率圖相較於其他分布差異不大，因此，使用該分布的頻率分析結果作為探討一日暴雨量隨時間化情形之依據。

觀察極端值一型分布各時期之百年重現期分析結果，如圖1所示，可發現某些測站出現降雨量隨著時間而有遞增之情形，如基隆站(圖左上)、花蓮站(圖右上)、恆春站(圖左下)，但也能發現圖中會出現降雨量陡升或陡降之情形，尤其台中站(圖右中)最為明顯，此種現象可能因資料選取方式，即分期方式所致；測站觀測資料以30年分為一期，每期與前期會有29年的資料重疊，即每期的資料選取為先刪除前期第一年的資料，再加入一年的資料，而對分析序列而言，為刪除一筆資料後，再加入一筆資料，此時，若刪除的資料與加入的資料數值差異過大，或是新加入的資料數值明顯大於(或小於)分析序列中的其餘29筆資料，則該期分析序列的平均數與前期可能出現明顯差異，且標準差會明顯變大，又因頻率分析通式可知，即式(1)，若 \bar{x} 與 s 出現明顯的變動，則影響降雨量的估計，而造成圖2中陡升陡降之情形。以表2列出圖2中明顯出現跳躍的期數與時間

點，以及分析序列的資料選取情況，經觀察可發現，大致上，雨量的估計發生陡升陡降的情形時，皆伴隨著刪除的資料與新增的資料數值有明顯差異的情況。

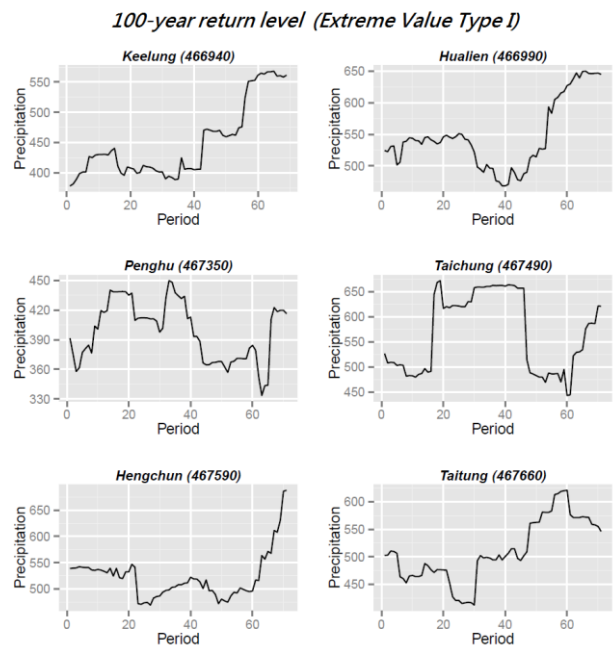


圖1：各時期之百年重現期對應之一日暴雨量(100-year return level)

表1：百年重現期之一日暴雨量明顯跳動之時間點與對應之資料選取情形

站名	期	時間	刪除	新增
基隆(466940)	45	1958-1987	144.4	490.3
	58	1971-2000	243.9	478.5
花蓮(466990)	54	1967-1996	586.0	140.5
澎湖(467350)	66	1979-2008	145.6	430.5
台中(467490)	17	1930-1959	309.2	759.8
	47	1960-1989	759.8	342.7
台東(467660)	31	1944-1973	538.3	230.4

為避免陡升陡降的情形發生或減低因分析序列的平均值與標準差對降雨量估計造成的影響，而嘗試使用50年為一期選取資料，希望能藉由增加序列長度，降低序列平均值與標準差因單筆資料而造成大幅跳動，但仍會出現陡升陡降之情形。因此，最後嘗試以非定態一般化極端值分布(non-stationary generalized extreme value)及各測站1914年或1916年至2013年之所有資料進行分析，而其參數與重現期所對應降雨量，則使用R軟體之extRemes套件進行估計，分析結果如圖2所示，可看出基隆站、花蓮站、恆春站之百年重現期所對應之一日暴雨量隨著時間

有增加之趨勢，台中站與台東站無明顯變化，而澎湖站則出現一日暴雨量隨時間減少之情形。

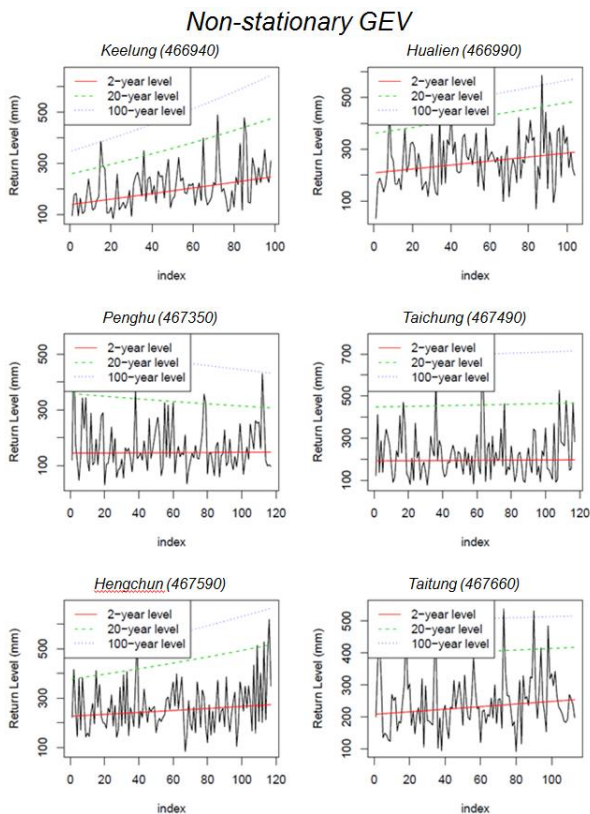


圖2：非定態一般化極端值分布頻率分析(2年、20年及100年重現期)

四、總結與討論

資料分期之頻率分析與使用非定態極端值分布之頻率分析之結果，基隆站、花蓮站與恆春站皆出現降雨量隨著時間而遞增之情形，而觀察非定態極端值分布之分析結果，還可發現基隆站、花蓮站與恆春站近年來的20年重現期所對應之一日累積雨量已達到約400mm之水準，約為50年前百年重期之一日暴雨量之水準，即50年前，此一日累積雨量可能百年才發生一次，由此可見幾十年前的極端降雨事件，在近年來的發生頻率已經越來越高。

以資料分期的方式所估計之一日暴雨量易出現陡升陡降之情形，影響長期趨勢之判讀，且究竟使用多少年之資料進行分析也是正在探討的議題之一，隨著氣候變遷，極端雨量之行為以定態機率分布來分析的方式可能需要做些修正，而非定態機率分布進行分析可考量時間因素的影響，可能更為合理，未來可參考類似的文章，進行相關的研究與工具的開發。

附錄1、非定態一般化極端值分布

非定態一般化極端值分布 (non-stationary generalized extreme value)，其機率分布函數如下

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^{-1/\xi} \right] \right\}, \quad 1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) > 0$$

研究中對於參數的設定為

$$\mu_t = \mu_0 + \mu_1 t$$

$$\log \sigma_t = \sigma_0 + \sigma_1 t$$

而 ξ 為常數，除參數 ξ 外， μ 與 σ 皆為時間的 t 函數，重現期 T 之雨量估計值 x_T

$$x_T = \mu_0 + \mu_1 t - \frac{\exp(\sigma_0 + \sigma_1 t)}{\xi} \times \left[1 - \{1 - \log(1 - 1/T)\}^{-\xi} \right], \quad \xi \neq 0$$

附錄2、頻率分析工具

由氣象局103年相關計畫所開發之頻率分析工具，其產製之頻率分析報表如表2所示，顯示重現期2年、20年與100年所對應之降雨量、SE為機率分布之標準誤差、p-value對應卡方適合度檢定結果；以極端值一型分布(Extreme Value Type I)說明此表格所顯示之數據意義，該分布百年重現期所對應之雨量為466.1(單位mm)，代表此分布估計出平均百年才可能發生大於466.1mm之雨量，p-value大於0.05表示通過卡方檢定，標準誤差為15.37。

此工具所產製之機率圖，如圖3所示，若分析序列之樣本點，即圖上之紅色點，越貼近理論分布，即圖上之黑色線段，表示該機率分布越適合描述此序列之行為。

表2：頻率分析工具產製分析報表

Return Period	2.0	20.0	100.0	SE	p-value
Normal	193.5	336.5	395.7	31.57	0.013
Log Normal	177.7	346.4	456.8	15.78	0.787
Log Normal with 3 parameters	177.3	356.9	474.5	13.64	0.845
Extreme Value Type I	179.2	355.7	466.1	15.37	0.651
Pearson Type III	170.4	363.8	496.2	11.28	0.705
Log Pearson Type III	172.9	361.8	515.2	9.70	0.780

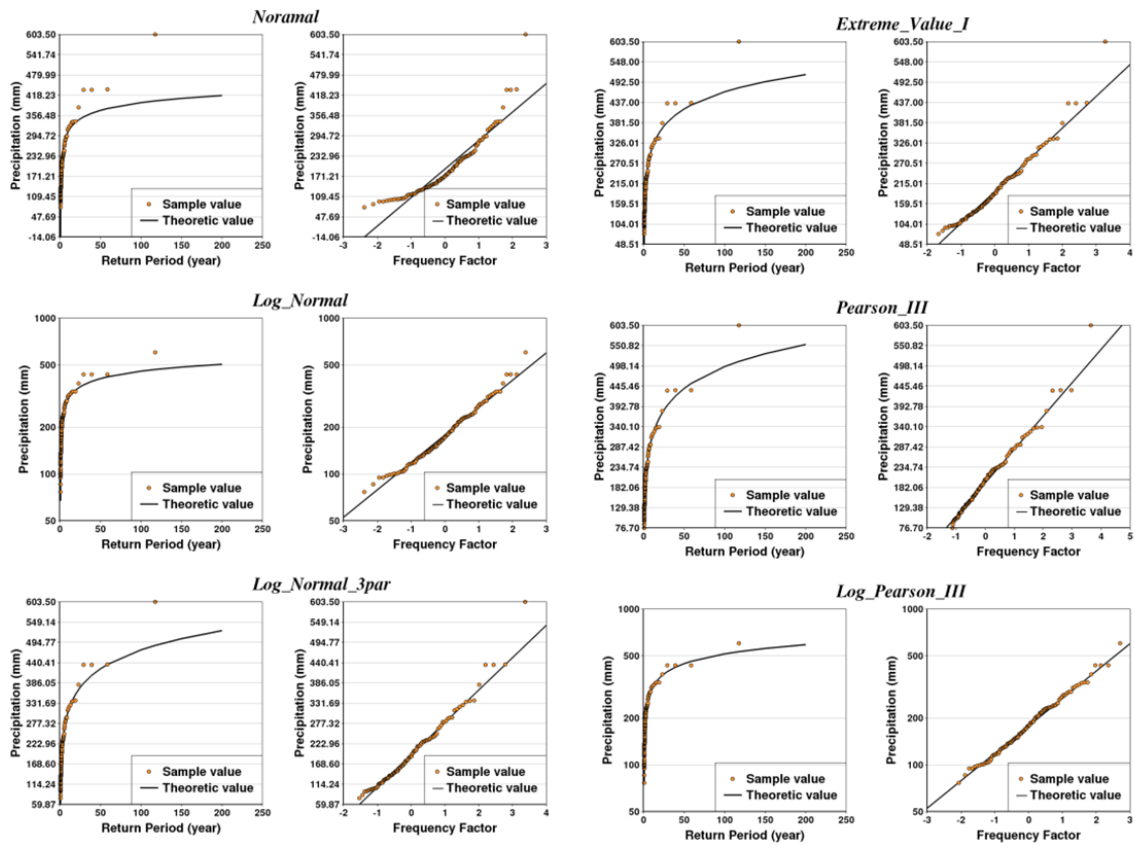


圖3：頻率分析機率圖，每個機率分布左圖之黑色線段表示重現期與對應的理論分布雨量估計值、右圖之黑色線段表示頻率因子與對應的理論分布雨量估計值，而紅色點為分析序列樣本值