

測站時雨量觀測資料檢核技術

馮智勇¹ 高裕哲¹ 陳品妤² 陳雲蘭² 沈里音²
多采科技有限公司¹ 中央氣象局科技中心²

摘要

由於時雨量空間分布具有顯著右偏特性，即使採用滿足最佳線性不偏估(BLUE)與最小估計誤差平方和的克利金法(Kriging technique)也無法適用於檢核如零星降雨事件類型。有鑒於此，本研究先行採用水文資料處理上常用的Box-Cox轉換法(Box-Cox transformation)降低時雨量分布的右偏特性後，再利用轉換後資料進行克利金法遮蔽測站實驗(OSSE)而統計分析估計值差值資料，發展測站時雨量觀測資料檢核技術。

歷史資料檢核結果顯示，此技術除可提列包含由人工檢查方式找出的2001年7月21日14時下盆(C1A630)觀測雨量216 mm/hr、2004年10月21日13時虎頭埤(C1O970)觀測雨量201 mm/hr、2004年9月12日19時鳳美(C1E480)觀測雨量160.5 mm/hr與2013年7月4日20時布洛灣(C1T830)觀測雨量80 mm/hr等已知疑似錯誤值外，亦可找出如2015年9月7日10時梧棲(467770)零雨量觀測以及2015年8月8日5時之蘇澳(467060)雨量值1.5 mm/hr的疑似異常觀測。而106年度的六月梅雨事件中，亦提列6月3日大埔(01J960)與劍南(A1AD50)時雨量158 mm與153.5mm為疑似異常。

關鍵字：Box-Cox transformation, Kriging, QC

一、前言

由於測站雨量不同於溫度或氣壓等天氣要素具有時間緩變與空間變化連續的特性，為了發展觀測值合理性檢核方法，本研究曾利用包含數值模式降水輸出、雷達降水估計以及空間統計等方式估計測站時雨量，並嘗試利用估計值與觀測值的差值進行研判[2]。結果顯示，由於數值模式降水模擬仍有改善空間，而雷達降水估計的歷史資料長度有限且即時資料取得不易，因此利用測站觀測資料配合克利金空間統計方法較為可行。

然而，考量降雨類型依天氣型態差異而有局部地區零星降雨，使得時雨量統計分布或為具有顯著右偏特性，亦或如颱風所致全台降雨而呈現近似常態分布特性[2]，即使採用滿足不偏估與最小估計誤差平方和特性的克利金法(Kriging technique)逐一估計測站雨量值，僅能針對觀測資料為「零雨量異常」以及「非已知累積於後異常」兩種錯誤進行檢核。此種方法可針對零雨量以及前一小時為零或缺值的資料進行檢核，但必須放寬估計誤差範圍達不合理的6倍(甚至更高)方可避免誤判[1, 3]，亦無法針對看似正常的雨量觀測值(如1.5 mm/hr)進行檢核。

有鑑於此，本研究於此提出先採用水文資料處理上常用的Box-Cox轉換法(Box-Cox transformation)降低時雨量分布的右偏特性後，再進行克利金法遮蔽測站實驗(OSSE)，並且透過分析1998~2015年的估計值差值所得的統計參數，建立測站時雨量觀測資料檢

核流程。以下依序說明測站時雨量統計特性、結合Box-Cox轉換法的雨量檢核方式與檢核成果。

二、測站時雨量統計特性

針對2014年318個雨量測站[2]的逐時雨量觀測紀錄，使用克利金法進行遮蔽測站實驗得到各測站逐時估計值後，依據估計值區分為0~3、3~15、15~40與40mm/hr以上四個區間，累計觀測值發生次數並繪製分布直方圖如圖1所示，亦繪製觀測值減去估計值的差值分布直方圖如圖2所示。觀察可知在已知估計值的情況下，測站時雨量觀測值非為常態分布，而是具有右偏特性，尤其以15mm/hr以下最為顯著。另一方面，當雨量估計值超過15mm/hr時，可看見條件分布逐漸修正右偏特性，甚至於40mm/hr以上時出現類似常態分布的現象。

因此，若採用此雨量估計值與克利金法的估計誤差標準差作為衡量估計值與真實觀測值差異的依據，勢必因觀測值與估計值的差值不符合常態分布假設而非常容易產生誤判，因此需要使用如6倍甚至更高倍數的估計誤差標準差作為提列為異常的情況，才可降低誤判情勢。

三、結合Box-Cox轉換法的檢核流程

3.1 Box-Cox轉換法與轉換參數

Box-Cox轉換法適用於值域大於等於零的物理量，目的在於降低物理量的右偏特性而趨向常態分

布，於此使用單參數轉換公式如式(1)，其中， z_i 為轉換後的數值， r_i 為原始雨量觀測值，而 λ 為待定轉換參數，於此依據[4]統計分析1998~2015年差值直方圖結果，採用0.24。

$$z_i = \begin{cases} \frac{r_i^\lambda - 1}{\lambda}, & \forall \lambda \neq 0 \\ \ln(r_i), & \lambda = 0 \end{cases} \quad (1)$$

3.2 時雨量資料檢核流程

設計使用Box-Cox轉換法進行時雨量觀測資料檢覈流程如圖3所示，說明如下：

- (1)若時雨量大於200 mm/hr，提列嫌疑犯。
- (2)以Box-Cox轉換法轉換雨量目標站的雨量觀測值，再應用克利金法進行遮蔽測站實驗得到 $z_{i,OSSE}$ 並反轉換回雨量估計值 $r_{i,OSSE}$ 。
- (3)針對非零雨量觀測記錄，計算差值減去平均值 (μ)之絕對值除以標準差(σ)的比值。若超過3倍，提列為嫌疑犯。平均值與標準差依據[4]分析結果分別取1.257與1.735。
- (4)若為零雨量記錄且 $r_{i,OSSE}$ 大於3mm/hr，則提列嫌疑犯。

四、測站時雨量檢核成果

4.1 歷史資料檢核

利用圖3流程檢核318個雨量目標站1998年~2015年逐時雨量觀測紀錄並整理各年提列嫌疑犯的個數與檢覈異常率如表1所示，異常率為疑似異常筆數除以該年總資料筆數。其中，以1998年疑似異常達2,061筆最多為例，總資料量為2,785,680筆，異常率為0.074%，平均每月出現約171筆疑似異常。

分析可知檢核流程除可針對已由人為檢查找出的2001年7月21日14時下盆(C1A630)觀測雨量216mm/hr、2004年10月21日13時虎頭埤(C1O970)觀測雨量201 mm/hr、2004年9月12日19時鳳美(C1E480)觀測雨量160.5 mm/hr與2013年7月4日20時布洛灣(C1T830)觀測雨量80mm/hr等提列異常外，亦找出如圖4所示2015年9月7日10時之梧棲(467770)零雨量觀測但估計值為19.47mm/hr、2015年8月8日5時之蘇澳(467060)雨量值1.5 mm/hr但估計值為27.97mm/hr的疑似異常觀測。

4.2 2017年6月3日梅雨事件檢核

在此梅雨系統所帶來的降水事件中，針對6月1日00:00~6月3日23:50間(UTC)總數約362,880筆紀錄(840*6*24*3)提列嫌疑犯共3,910筆，提列異常的比例約為1.07%，發現除了大多為非氣象局屬測站的零雨量紀錄異常外，亦針對水利署大埔站(01J960)於06/03的00:30、00:50、01:10與01:20四個時間的158、158、162與162 mm/hr的時雨量紀錄，以及台北市劍

南站(A1AD50)於02:50觀測的153.5mm/hr的時雨量提列為疑似異常的嫌疑犯。圖5與圖6分別為大埔站於06/02 23:00~06/03 01:50期間以及劍南站於06/03 01:00~06/03 03:10的逐10分鐘時雨量紀錄，可判斷大埔與劍南站的5筆紀錄應確實為異常。

五、後續規劃

本研究結合Box-Cox轉換法與克利金空間統計技術開發時雨量檢核技術，經測試後證明具有提列異常值的能力並且不會發生過高誤警率的現象。後續可針對兩個方向藉由雷達觀測降水資料進行改善：

(1)零雨量觀測檢核方式

由於測站零雨量觀測次數遠高於發生降雨情況，現階段以估計值大於3 mm/hr為依據提列異常的方式可能容易產生誤判。建議後續可調整提列門檻或者輔以雷達觀測降水設計檢核邏輯。

(2)雷達觀測降水資料系統性偏差估計

使用雷達觀測降水資料目的在於透過即時遙測資訊輔助判斷測站觀測雨量是否合理，然而，雷達觀測降水可能與測站觀測雨量間存在系統性差異，應進行分析後，利用如雨量頻率配對法[5]等校正技術予以移除，避免過於相信因地形遮蔽影響的雷達觀測降水。

六、參考文獻

1. 交通部中央氣象局，2011:「發展鄉鎮逐時天氣預報高解析度網格統計降尺度建置案—高解析度網格地面真實氣象場」委託研究計畫成果報告。
2. 交通部中央氣象局，2015:「104 年度地面氣象觀測資料網格化實作計畫」委託研究計畫成果報告。
3. 交通部中央氣象局，2015:「小區域暨災害性天氣資料分析與應用建置案—強化小尺度地面氣象分析場」委託研究計畫期中報告。
4. 交通部中央氣象局，2016:「105年氣候資料整集分析系統發展」委託研究計畫期末報告。
5. Zhu Y. J., Luo Y., 2015: Precipitation Calibration Based on the Frequency-Matching Method. Weather Forecasting.

六、附圖

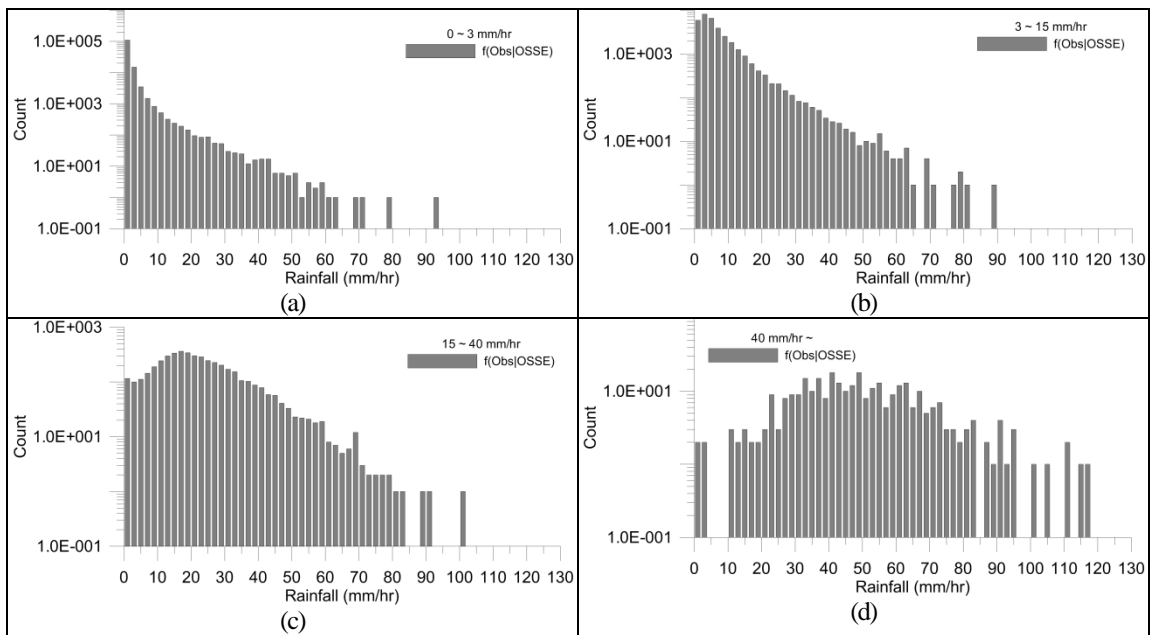


圖1 克利金法遮蔽測站實驗雨量估計值落於(a)0~3、(b)3~15、(c)15~40及(d)40~ mm/hr 區間時的觀測時雨量直方圖。縱軸為累計次數的對數值，橫軸為時雨量。

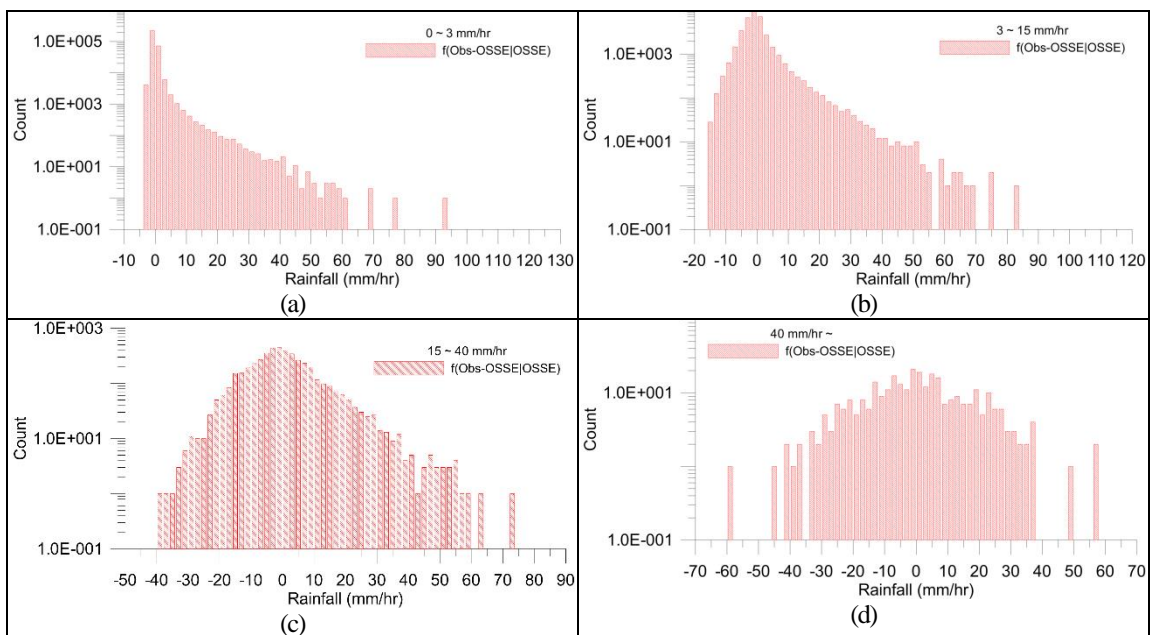


圖2 克利金法遮蔽測站實驗雨量估計值落於(a)0~3、(b)3~15、(c)15~40及(d)40~ mm/hr 區間時的時雨量觀測值與估計值的差值直方圖。縱軸為累計次數的對數值，橫軸為差值。

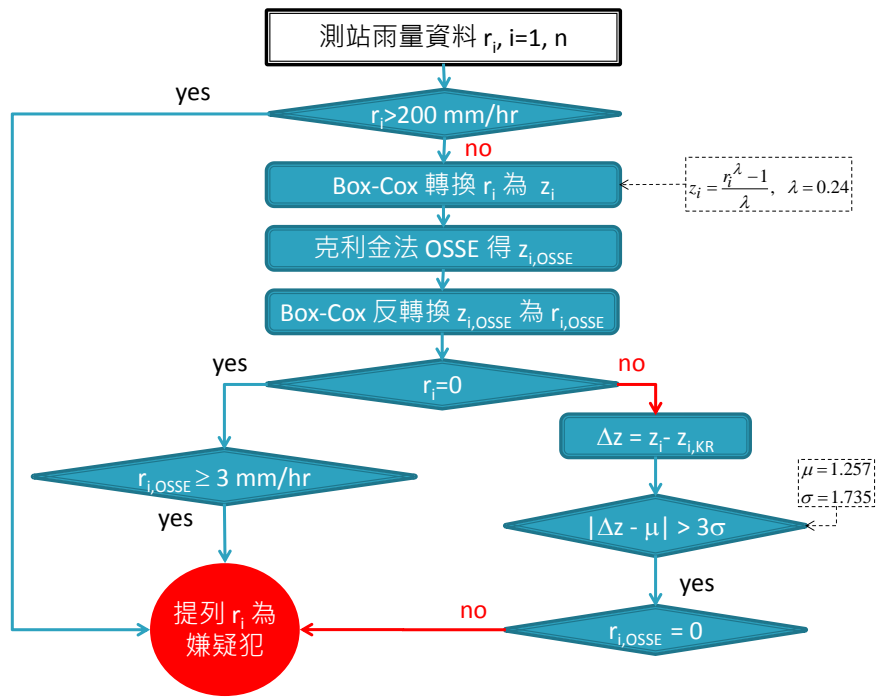


圖 3 測站時雨量觀測資料檢核流程

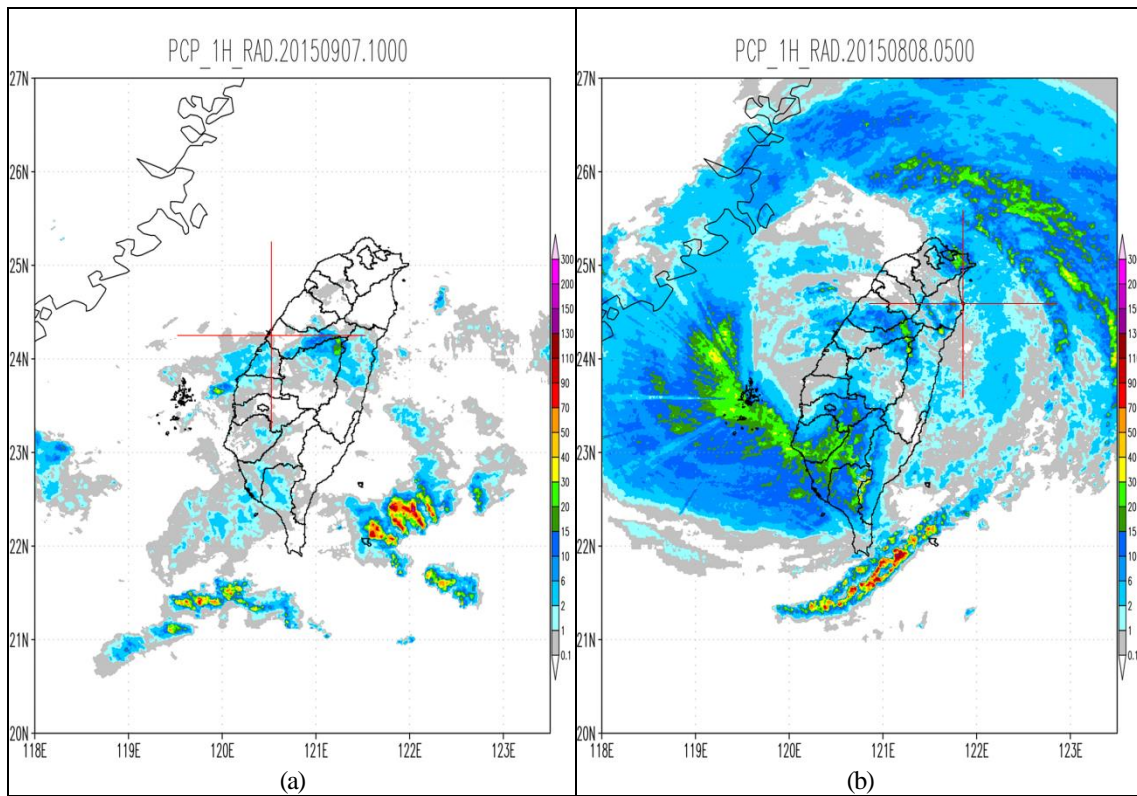


圖 4 (a) 2015 年 9 月 7 日 10 時梧棲(467770)零雨量觀測與(b)2015 年 8 月 8 日 5 時蘇澳(467060)雨量值 1.5 mm/hr 疑似異常。圖中色塊為雷達 QPE 觀測資料。

1	20170602 2300 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
2	20170602 2310 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
3	20170602 2320 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
4	20170602 2330 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
5	20170602 2340					
6	20170602 2350 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
7	20170603 0000 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
8	20170603 0010 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
9	20170603 0020 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
10	20170603 0030 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	158.0	大埔
11	20170603 0040					
12	20170603 0050 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	158.0	大埔
13	20170603 0100 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	-999.9	大埔
14	20170603 0110 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	162.0	大埔
15	20170603 0120 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	162.0	大埔
16	20170603 0130 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	4.0	大埔
17	20170603 0140 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	4.0	大埔
18	20170603 0150 01J960	120.6073	23.6322	205.0000	0.0	大埔
19						

圖5 水利署大埔站2017/06/02 23:00~06/03 01:50 逐10分鐘時雨量紀錄

1	20170603 0100 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
2	20170603 0110 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
3	20170603 0120 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
4	20170603 0130 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
5	20170603 0140 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
6	20170603 0150 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
7	20170603 0200					
8	20170603 0210 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
9	20170603 0220 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
10	20170603 0230 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	0.0	劍南
11	20170603 0240					
12	20170603 0250 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	153.5	劍南
13	20170603 0300					
14	20170603 0310 A1AD50	121.5431	25.0917	264.0000	-999.9	劍南
15						

圖6 台北市劍南站2017/06/03 01:00~06/03 03:10 逐10分鐘時雨量紀錄

表 1318 雨量目標站逐時觀測疑似異常筆數

資料年	疑似異常筆數	異常率 (%)	資料年	疑似異常筆數	異常率 (%)
1998	2,061	0.074	2007	1,739	0.062
1999	1,828	0.066	2008	1,390	0.050
2000	1,748	0.063	2009	999	0.036
2001	1,541	0.055	2010	1,278	0.046
2002	1,204	0.043	2011	1,057	0.038
2003	1,137	0.041	2012	1,139	0.041
2004	1,300	0.047	2013	1,001	0.036
2005	1,388	0.050	2014	1,139	0.041
2006	1,411	0.051	2015	953	0.034