

測站即時雨量觀測檢核案例分析與精進

彭于珈¹ 高裕哲¹ 馮智勇¹ 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，最終結合雷達觀測降水估計值而發展測站時雨量觀測資料檢核技術。

2018年逐10分鐘雨量觀測資料檢核結果顯示：透過校正後的雷達觀測降水估計值確實可以正確判斷外島和局部地區的大雨，如2018年4月11日18時前後的綠島(C0S730)、同日21時前後的蘭嶼(467620)、以及2018年4月14日18時前後的清水斷崖(C0Z210)，這些測站的觀測雨量雖超過100 mm/hr，此法仍可掌握到並做出合理的檢核結果。在零雨量檢核方面，亦有成功檢核出2018年5月8日凌晨在台北市多個測站出現觀測為零的異常狀態；此外，透過幾次案例分析發現有類似降雨延遲的情形發生，如2018年6月1日15:10及隔日16:20的高中2(O1V540)，針對此情形已新增一檢核機制：當測站周圍校正雷達觀測降水估計4格點並非小於2.5 mm/hr時將擴大檢查周圍16格點，若仍有未小於2.5 mm/hr的格點則提列為異常，反之則為疑似異常。因此我們找到馬太安(O1T660)將近1年的零雨量異常。

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。

由於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[2]，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]。故而發展利用Box-Cox轉換法(Box-Cox transformation)降低時雨量分布的右偏特性以趨近常態分佈後，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[5]，建立測站時雨量觀測資料檢核流程。

然而臺灣逐時降水空間分布不均，並且有冬季、梅雨季、颱風等等不同的天氣型態特徵，雖然使用BoxCox轉換配合簡單克利金法已具相當可靠度，但透過遮蔽測站實驗得到的估計值可能誤判僅

有少數測站降雨或者離島降雨事件為異常，需要設計參考雷達降水估計(PCP-QPE)資訊的檢核機制，但PCP-QPE可能受到地形因素影響，導致與各地測站雨量觀測存有程度不一的差異[6]。

有鑑於此，本研究透過美國NCEP發展的雨量頻率配對法(FMM, Frequency Matching Method)[7]予以調整而縮小差異幅度[4]，進一步減少誤判的可能

以下依序說明測站時雨量與雷達降水估計統計分析、雨量頻率配對法調整雷達降水估計、時雨量資料檢核流程精進與檢核成果。

二、測站時雨量與PCP-QPE統計分析

使用2014/1/1至2016/10/25共1,029天的測站時雨量資料，針對測站有、無降水分析雷達回波降水估計(PCP-QPE)的使用方式。條件設定說明如下：

- (1) 測站周圍的16個雷達降水估計格點皆缺值，則不進行該時間點的測試。
- (2) 觀測無降雨(RR=0)時，檢查該測站周圍4個雷達降水估計格點，當任一格點值小於2 mm/hr，表示PCP-QPE與測站觀測一致。
- (3) 觀測有降雨(RR>0)且其值落於該測站周圍的16個雷達降水估計格點的最大值與最小值之間，表示PCP-QPE與測站觀測一致。

將結果分成梅雨季、夏季及冬季，看測站雨量與PCP-QPE的關係(圖1)。無降雨時，梅雨季及夏季的不一致性較冬季明顯，且集中於花東地區；有降雨時，則剛好相反，且以東北及花東地區較明顯。

三、FMM調整PCP-QPE

將衛星中心提供經雨量站觀測校正的雷達降水估計(GC-PCP-QPE)視為降水真實場，並以經度120.0~122.2與緯度21.8~25.4範圍內的0.0125度格點計算累積分布函數(Cumulative Distribution Function, CDF)後，以權重係數0.25進行誤差衰退平均更新CDF並進行頻率配對調整。

使用FMM調整雷達降水估計並重新進行第二段的統計分析。圖2(上)測站無降雨的不一致比例並無明顯變化，但測站有降雨的不一致比例(圖2下)確實有顯著改進，且以冬季改善最佳。

四、時雨量資料檢核流程精進

設計使用Box-Cox轉換法並結合PCP-QPE進行時雨量觀測資料檢核流程如圖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2.5倍且 $r_{i,OSSE}=0$ 或 $r_i > 3$ ，則進行步驟(4)，若否進步驟(5)。平均值與標準差依據[5]分析結果分別取1.257與1.735。
- (4) 承(3)，若 r_i 未落於周圍16個FMM調整PCP-QPE之2位最大值及0.6位最小值區間內，提列為疑似異常。
- (5) 承(3)，若 r_i 大於周圍16個FMM調整PCP-QPE最大值之1.25倍則提列為疑似異常。
- (6) 若觀測為零雨量且 $r_{i,OSSE} > 4$ mm/hr，當測站四周4個FMM調整PCP-QPE最小值大於2.5 mm/hr時，提列為疑似異常。

此外，為了配合異常測站關站機制，並增加檢核結果的準確度，針對各種被提列狀況定出其可信準則，即表1的異常清單。總共分為Action及Warning兩個類型，前者觀測資料為異常的可信率較後者來得高。

五、測站時雨量檢核成果

5.1 局部地區大雨事件檢核

克利金透過遮蔽測站實驗所計算之估計值是以全部測站進行計算，對於零星、局部降雨測站或鄰

近站較少甚至沒有的外島，克利金法有其限制在，因此藉由雷達的輔助更能提高檢核準確率。圖4(左)為雨量時序圖，(a)為2018年4月11日18時前後綠島(C0S730)大雨事件，(c)為2018年4月14日18時前後清水斷崖(C0Z310)大雨事件，圖中可見其估計值(紅點虛線)遠不及觀測值(黑點實線)，由圖4(右)的PCP-QPE展示圖可知對該測站而言此乃局部降雨，無法藉由其它測站來估計該測站，但若透過FMM調整PCP-QPE(圖4左的黃色實線為測站周圍16格點FMM調整PCP-QPE之最大值)，則該降雨事件即可通過檢核。

5.2 2018年5月8日台北清晨大雨事件

受鋒面影響2018年5月8日凌晨2時於西半部地區開始陸續出現短暫陣雨或雷雨，並有局部大雨或豪雨發生。透過本檢核流程於當日0時至8時共有116筆降雨紀錄被提列疑似異常。進一步分析發現共有27個測站108筆資料為確實異常；7個測站7筆資料有降雨開始較晚(降雨延遲)發生的可能；1個測站1筆資料疑似為雷達資料有問題而造成誤判。

圖5為上述27個測站中挑出的4個測站，當天被提列疑似異常的案例如圖所示，由測站四周16格點FMM調整PCP-QPE之最大最小值(黃線及藍線)及克利金估計降雨(紅虛線)可推測當時應該要有降雨，但觀測值(黑線)卻平平的躺在零值線上，可推測是儀器問題造成的異常。

圖6為降雨開始較晚的兩個案例，01L480樟腦寮(2)及81M690沄水國小。圖中可見兩測站在被提列疑似異常之後開始有降雨發生，而由表1的測站資訊可知，雖然FMM4min(測站周圍4格點最小值FMM調整PCP-QPE)大於2.5 mm/hr，但FMM16min(16格點最小值)小於2.5 mm/hr，推測可能是因為水氣不足或雷達格點較大而有誤差。為此對觀測零雨量的檢核流程稍做改進。當測站四周4格點FMM調整PCP-QPE最小值大於2.5 mm/hr時，將擴大檢查測站四周16格點，若最小值小於2.5 mm/hr時給予 Warning 註記；若最小值仍大於2.5 mm/hr時，則給予Action 註記。

5.3 雨量頻率配對法範圍外檢核案例

如第三段所述，雨量頻對配對法校正是以經度120.0~122.2與緯度21.5~25.4的範圍計算CDF，以確保台灣本島上空校正品質。案例當時台灣本島完全沒有降雨(圖7 b)，因此將東引站(C0W170)的FMM調整PCP-QPE下修(圖7 a)，而連帶影響連江縣附近的校正。若將上述範圍擴大到包含連江縣，則FMM調整PCP-QPE可確實掌握當時降雨情形(圖7 c)。

六、後續規劃

本研究利用Box-Cox轉換法與克利金空間統計技術並結合雷達觀測降水估計值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。後續預計藉由雨量估計值可靠區間及分區雨量頻率配對法調整雷達估計降水進行改善：

- (1) 發展利用雨量估計值可靠區間檢核時觀測流程
由於雷達資料有關漏及遮蔽等問題，若成功發展利用雨量估計值可靠區間來改善估計值，可在透過雷達資料區間檢核前過濾不確定性較高的資料，以提高時雨量檢核之精確度。
- (2) 分區雨量頻率配對法調整雷達估計降水
現階段雨量頻率配對法是以一大範圍來計算CDF並校正雷達估計降水，對於局部降雨、零星降雨、較偏遠的外島以及為確保台灣上空校正品質而在校正範圍外的地區，恐有過度校正的情形發生，因此若能研發分區FMM校正，相信可以將FMM調整PCP-QPE更貼近真實情形。

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，2015: 「應用多源資料進行雨量觀測資料偵錯與高解析網格化方法發展」委託研究計畫期末報告。
5. 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。
6. 交通部中央氣象局，2017: 「106年氣候資料整集分析系統發展」委託研究計畫期末報告。
7. Zhu Y. J., Luo Y., 2015: Precipitation Calibration Based on the Frequency-Matching Method. Weather Forecasting.

七、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。

八、附圖

表1 異常清單內容

No	類型	代表意義	Remark
1	Action	觀測有雨、完成檢核流程 & BoxCox Ratio > 2.8	Ratio > 2.8
2	Warning	觀測有雨、完成檢核流程 & BoxCox Ratio > 2.5	2.5 < Ratio <= 2.8
3	Action	觀測無雨、完成檢核流程。 FMM 調整 PCP-QPE (16 格點) 最小值 > 2.5 mm/hr	Est. >= 4.0
4	Warning	觀測無雨、完成檢核流程。 FMM 調整 PCP-QPE (4 格點) 最小值 > 2.5 mm/hr & FMM 調整 PCP-QPE (16 格點) 最小值 <= 2.5 mm/hr	QPEmin.<= 2.5
5	Warning	非零雨量觀測紀錄過少 (不能進行 Kriging)	Can't process Obj. Ana.(QC with Radar QPE only)
6	Warning	無接收 PCP-QPE 資料	Without Radar QPE file(QC with Obj. Ana. only)
7	Warning	測站四周 PCP-QPE 資料闕漏	Missing local Radar QPE(QC with Obj. Ana. only)
8	Warning	外島測站，僅以 FMM 調整 PCP-QPE 資料檢核	Island(QC with Radar QPE only)
9	Warning	超出 PCP-QPE 範圍 (東沙、南沙)且雨量超過 3mm/hr	Exceeding Radar QPE coverage but RR > 3 mm/hr

表2 降雨開始較晚(降雨延遲)案例之資訊

staid	UTC Time	Local Time	觀測值	估計值	stdRatio	FMM4min	FMM16max	FMM16min	站名
01L480	2018/5/7 20:40	2018/5/8 04:40	0.0	6.48	4.38	8.92	14.40	2.38	樟腦寮(2
81M690	2018/5/7 21:10	2018/5/8 05:10	0.0	4.49	4.08	4.21	9.45	0.00	沄水國小

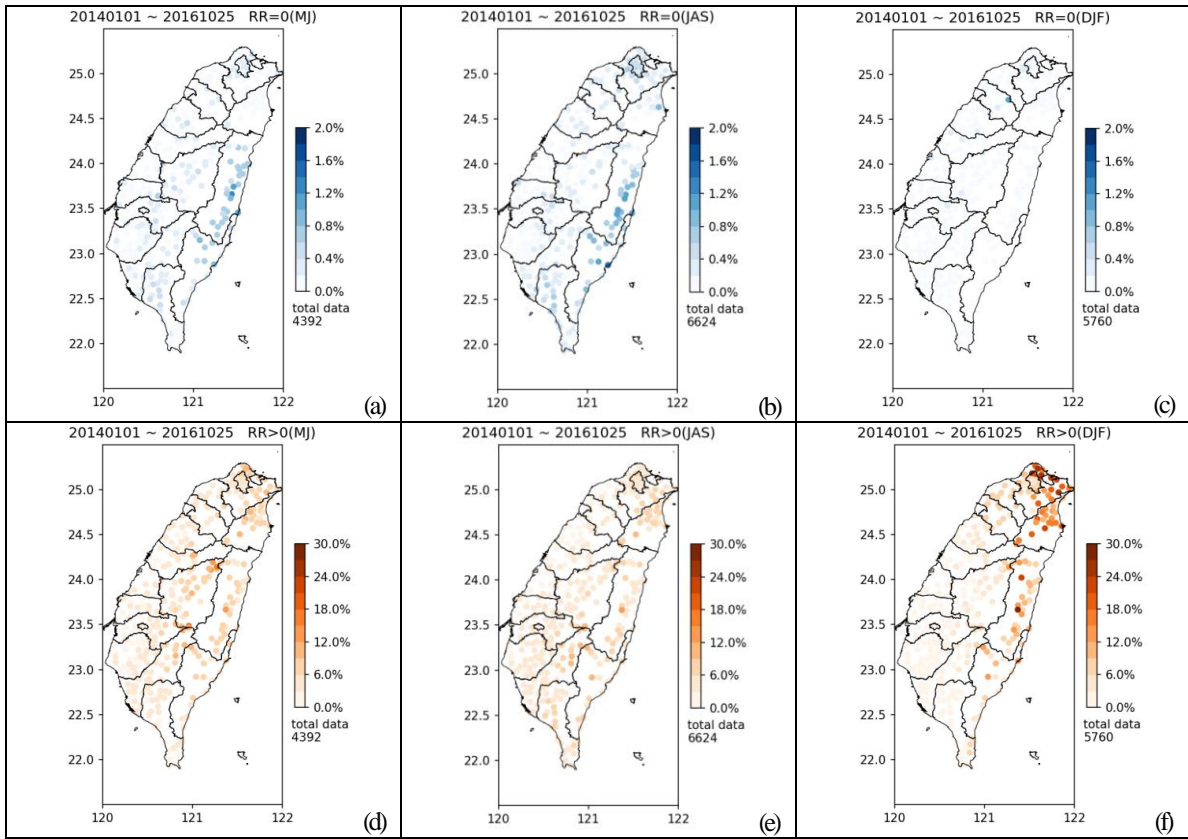


圖 1 測站無降雨(上)與有降雨(下)時不一致比例空間分布圖。由左至右分別為梅雨季(MJ)、夏季(JAS)、冬季(DJF)。

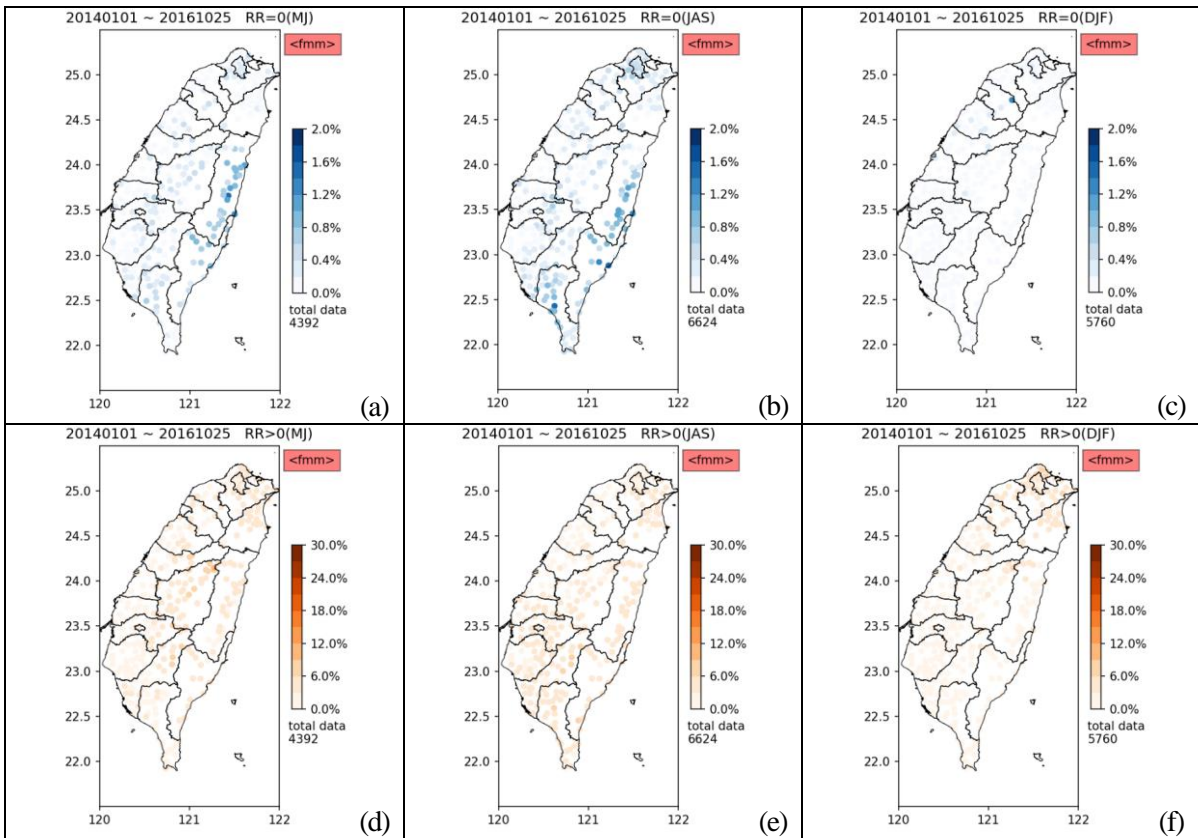


圖 2 測站無降雨(上)與有降雨(下)時與FMM調整PCP-QPE不一致比例空間分布圖。由左至右分別為梅雨季、夏季、冬季

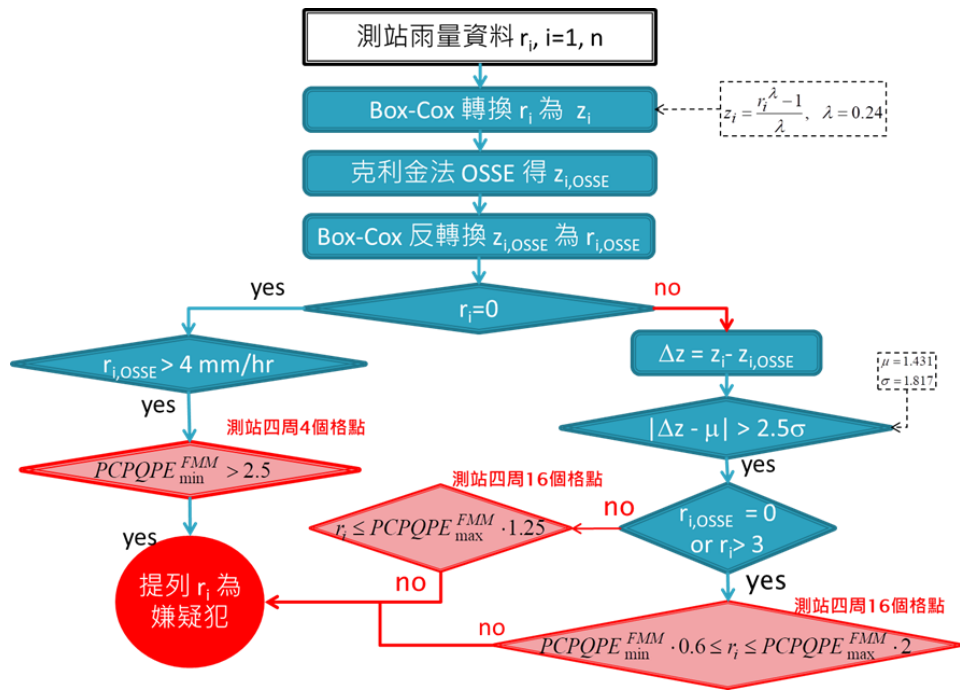


圖3 測站時雨量觀測資料檢核流程

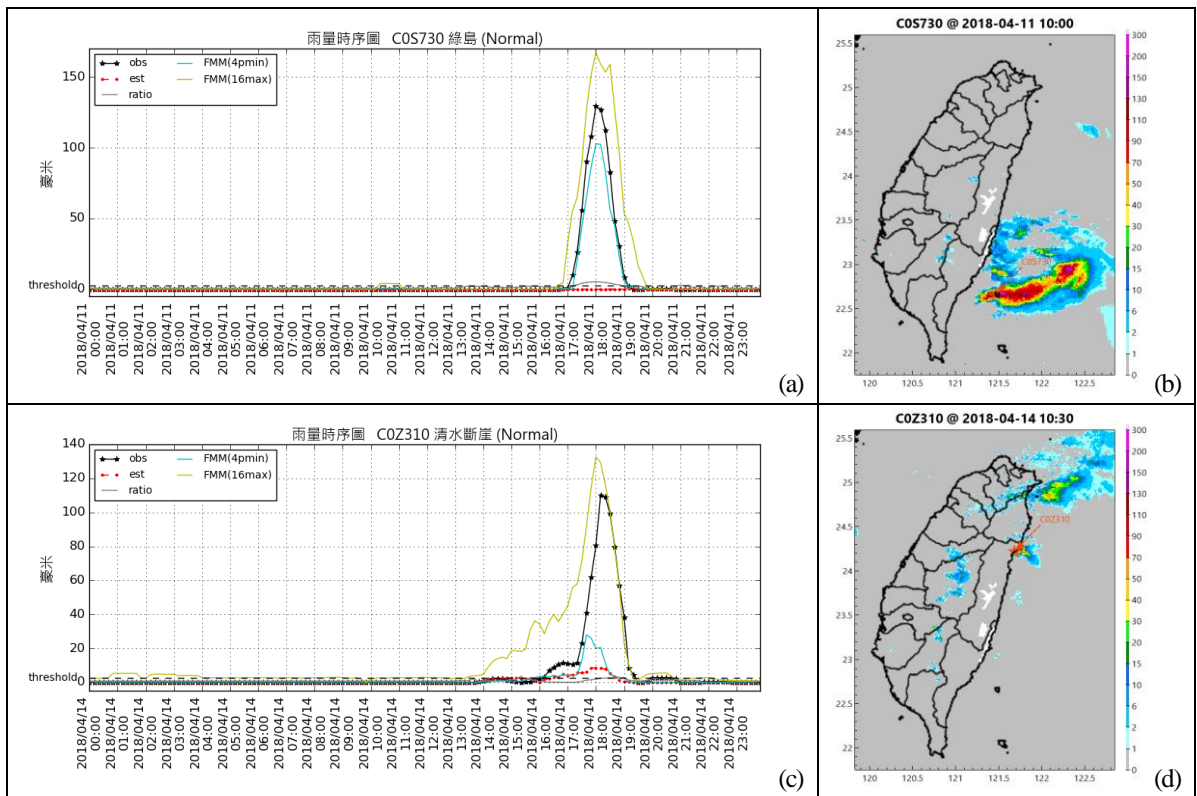


圖4 左為雨量時圖序，時間為Local Time；右為PCP-QPE展示圖，時間為UTC Time，星號處為目標測站。

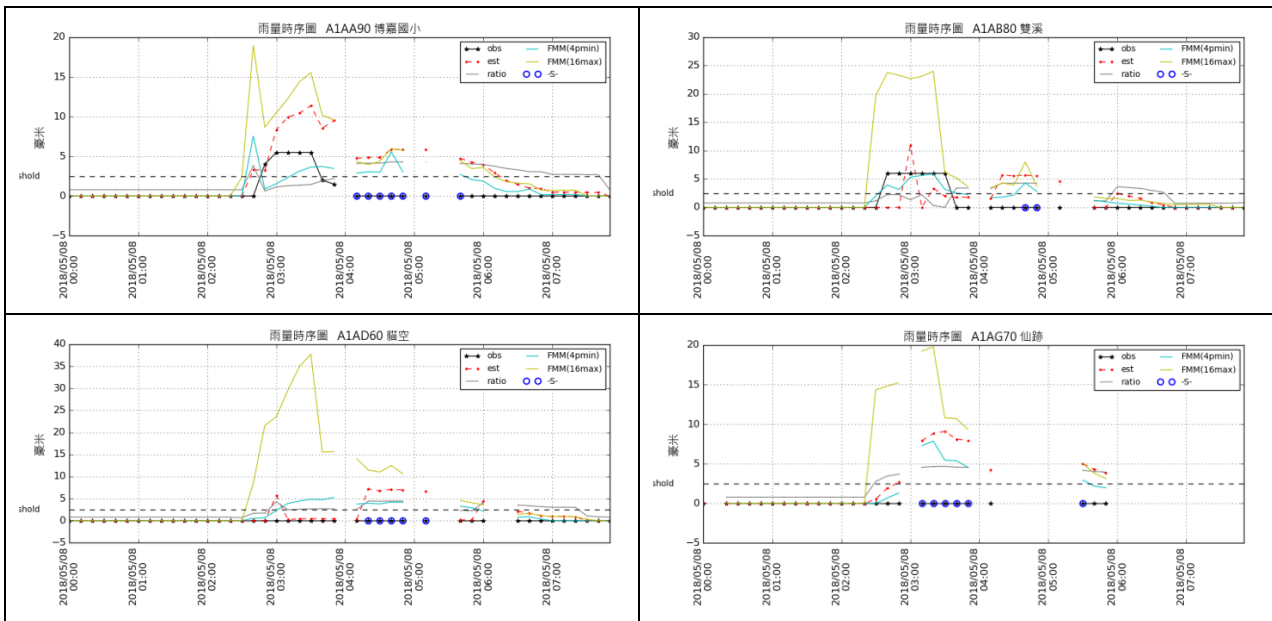


圖5 雨量時序圖。黑線為雨量觀測值、紅虛線為克利金估計值、灰線為 Box-Cox ratio、青線及黃線分別為測站周圍 FMM 調整 PCP-QPE 該測站周圍 4 格點最小值及 16 格點最大值。藍色圈標示處為被提列疑似異常的資料。

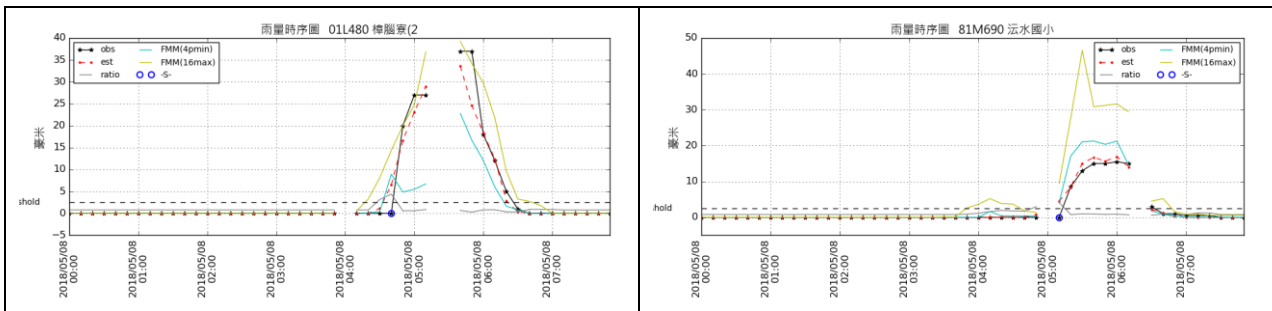


圖6 降雨開始較晚(降雨延遲)案例之雨量時序圖，圖標同上。

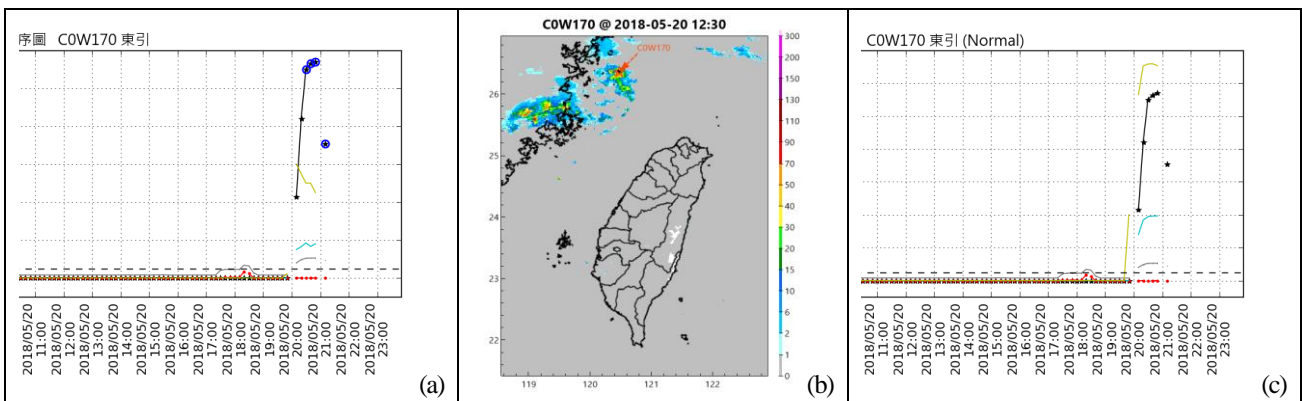


圖7 雨量時序圖，時間為 Local Time。(a)為原始設定之結果。(b)為調整設定之結果。(c)為 PCP-QPE 展示圖，時間為 UTC Time，星號處為目標測站。