

2018年7月19-24日嘉義午後雷雨分析

¹ 宋偉國、² 石琦堅

¹ 空軍航空技術學院

² 空軍氣象聯隊

摘要

本文選取2018年7月19-24日午後雷雨個案分析雷雨發生的條件，結果顯示雷雨發生之綜觀環流共有三波，第一波為7月19-20日颱風外圍環流；第二波為7月21-22日熱帶擾動；第三波為7月24日熱帶擾動。颱風與熱帶擾動提供水氣，有利於台灣地區對流產生，然而該三波對流系統均發生於午後，顯係午後局部地區環流對於雷雨發生亦有顯著影響。本文選用阿里山及中埔作為分析雷雨局部有利條件之分析，結果顯示熱力條件並不足以完全解釋午後對流發生機制，嘉義市區地面強西北風，與阿里山東北風二者造成風場輻合，可能是午後對流發生的激發機制。透過地面強風導致地面風往山區輻合，導致水氣舉升後，產生對流性雷雨。本文另外以閃電偵測系統評估雷雨伴隨豪雨的預報機制，結果顯示當閃電次數突然顯著增加時，數十分鐘後即產生顯著降雨，顯示豪雨的預報可以透過閃電高解析度資料做預報。

關鍵字：對流系統、熱帶擾動、局部環流

1. 前言

雷雨發展常伴隨惡烈天氣現象，如：發展濃厚龐大或巨塔的雲體、閃電與強烈垂直氣流及其衍生超豪大雨等劇烈天氣現象，間接影響飛行員對於航空器之操作，嚴重危害到飛航安全。雷暴常發生於山區附近，山區劇烈天候變化產生的飛安案例相當高(Baker & Lamb, 1989; Black & Mote, 2015; Grabowski et al., 2002; Kearney & Li, 2000; Unga, 1995)。臺灣地區之夏季主要受海洋性氣團控制，白天由於日照增溫下，常導致局部地區空氣受熱而發生對流不穩定現象。有關臺灣午後雷暴的發生和發展，在有利環境場分析以及雷暴發展特徵已經有不錯的基礎(戴等, 2015; 周等, 2016; Akaeda et al. 1995; Chen et al. 1999; Chen and Chen 2003; Johnson and Bresch 1991; Jou 1994; Lin et al. 2011; Xu et al. 2012; Ruppert Jr. et al. 2013)。近年來臺灣全方位閃電網閃電資料已顯示其發展潛力(戴等, 2016)，能提供即時且高解析度觀測值，而數值模式處理雷暴物理過程亦進展迅速，本文針對嘉義地區進行雷暴系統分析，透過閃電資料，可提供嘉義機場雷暴系統預報的參考。

2. 資料處理簡介

本文收集中央氣象局提供天氣圖、地面觀測資料、衛星雲圖，分析雷雨綜觀環境，另外，透過降雨量分析雷雨特性，由於逐時降雨量無法完全分析雷雨強度，本文透過閃電資料每十分鐘統計值，分析雷雨強度演變之特徵。閃電依據其放電的方式可以分為雲對地閃電(Cloud to Ground, CG)及雲中閃電(Intra-Cloud, IC)，此種類型的閃電占全部閃電的絕大部份，本文運用臺灣全方位閃電網(TTLN, Taiwan Total Lightning Network)的觀測資料，此系統由地面偵測到電磁脈衝現象後，再針對現象發生地點進行定位。

3. 雷雨發生條件與其特性分析

嘉義阿里山地理位置與2018年7月阿里山、嘉義市區地面測站降雨量顯示(圖1)，7月16日起至7月25日均有降雨，阿里山降雨明顯比嘉義市區大，各日降雨量有差異，分別為7/19: 191mm、7/20: 66mm、7/21: 7.5mm、7/22: 27mm、7/23: 8mm、7/24: 11mm。其中以7月19日降雨

量最大，日累積雨量接近 200mm 豪雨程度，7 月 20 日則降雨量減少至 70mm 左右，7 月 21 日降雨更少，7 月 22 日降雨略為增加，7 月 23 日至 24 日降雨量亦不多。阿里山降雨多發生在午後，例如 7 月 19 日，21 日，24 日逐時降雨分布(圖 2)，均發生在 1200LST 以後，顯示除了綜觀天氣系統影響外，午後熱對流機制亦為重要因素。中埔地面測站亦顯示 7 月 19-24 日降雨均發生在午後(圖 2)，然而 7 月 19 日降雨量最多，1600LST 降下 54mm 及 1700LST 降下 21mm，唯此時降雨量僅達大雨而未達豪雨程度。

分析嘉義機場閃電資料顯示(圖 3)，7 月 19 日 1350LST 的雲中閃電 IC 達 39 次，之後迅速增加，到了 1610LST 增加到 IC 達 3000 次以上，顯示雷暴發展已達成熟階段，而雲對地閃電 CG 也達 88 次。20 日的雲中閃電 1620LST 仍可達 1800 多次以上，21 日則雲中閃電已在 500 次以下，22 日雲中閃電更低，在 200 次以下，23 日幾無降水，故無閃電發生，24 日雲中閃電又恢復至最高約 500 次左右。透過嘉義機場雲中閃電每十分鐘次數統計，顯示除了 7 月 23 日無雷雨、7 月 22 日雲中閃電每十分鐘最大值低於 200 次以外，其餘 7 月 19-21 日雲中閃電均達 1800-3000 次左右，此亦顯示阿里山與中埔地面測得之降雨量為午後雷雨型態，而 7 月 19 日降雨最大，雷雨發生次數也最高。另外，7 月 19 日中埔 1600LST 降雨量突然降下 54mm，1500LST 則無降水，阿里山則 1500LST 降雨量 10mm，1400LST 則無降水，而雲中閃電 1420LST 開始突然由 19 次增為 100 次，當雲中閃電突然升高時，之後顯著降雨量開始出現，顯示透過雲中閃電次數突然升高的值，可以預報顯著降雨量即將發生。

分析 19-24 日綜觀環境對雷雨影響，衛星雲圖顯示 7 月 19 日台灣南側出現

颱風安比(圖 4)，7 月 21 日颱風已經北移，但台灣南側海面仍有熱帶擾動系統。天氣圖顯示 7 月 19 日位於鵝鑾鼻東南東方 980 公里海面上的「安比」颱風(圖 5)，以每小時 9 公里速度，向北北東進行，颱風在台灣東側海面上，顯示颱風外圍環流是造成當日顯著降雨因素。唯降水發生於午後，顯示熱對流為降雨發生之激發機制。7 月 20 日 0800LST 颱風加強且逐漸北上，颱風中心位在台灣東側海面上，7 月 20 日 1400LST 颱風已迅速減弱，此時中埔降雨量也比 19 日小很多，顯示除了午後對流激發機制外，大尺度環流提供的水氣條件對於台灣地區降雨多寡亦有顯著影響。

7 月 21 日颱風已到日本南方海面上，但在台灣南側海面上又出現低壓擾動，提供台灣嘉義中埔等區午後熱對流有利機制。7 月 22 日颱風在大陸登岸，台灣仍在熱低壓擾動範圍內，仍可誘發午後對流降水條件。7 月 23 日台灣已轉為弱綜觀天氣環境，台灣降水不多。7 月 24 日台灣南側又開始出現熱帶擾動雲系，午後對流系統又再次轉強。

7 月 19 日台灣明顯受到颱風外圍環流影響，配合午後對流機制而有顯著降雨外，7 月 20 日颱風遠離，午後降水顯著減小，7 月 21-22 日台灣受熱帶低壓擾動影響，午後降水又增強，7 月 23 日轉為弱綜觀天氣形態，台灣降水減少，7 月 24 日又有熱帶擾動出現，午後降雨又再次增強。以 7 月 19-24 日午後降雨這段期間而言，7 月 19-20 日為第一波降雨，主要是颱風外圍環流影響。7 月 21-22 日為第二波，為熱帶擾動影響；7 月 24 日為第三波降水，亦為熱帶擾動影響。午後熱對流除了受到環境提供的水氣外，也與熱力條件有相關，中埔地形高度約 155m，分析中埔地面溫度，以 7 月 21 日為例(圖 6)，顯示午後溫度達 30C 以上，但未達 35C，中埔 7 月平均高溫也在 30C 以上，但未必有午後對流發生，例如 7 月 16 日該測站並無降水(圖略)，溫度則在 30C 以上，顯然除了熱力條件外，風場對於對

流發展亦須分析。

中埔在7月21日地面風速最強可達5m/s以上(圖7)，而7月16日風速則在2m/s下。而比較中埔、水上機場、竹崎三個地區7月21日風速逐時變化(圖8)，亦顯示中埔風速明顯高於其他地區，且風速最強時段亦為降雨最強時段，顯然午後對流系統亦受到地面強風速之影響。中埔與竹崎7月21日降水量比較(圖9)，顯示竹崎測站降水比中埔低，風速亦比中埔低，顯示風速對於降水多寡有重要影響。

中埔7月21日1600LST出現16mm雨量，中埔1600LST風速突然增加到5m/s，風向上，中埔降雨前為西北風(圖10)，阿里山為東北風，透過阿里山東風分量與中埔西風分量造成二區間有輻合情況，可能是對流有利機制之一。另外，中埔降水前風速突然增加，也加強輻合效應。另一方面，地面強風亦可能造成與高空形成風切效應，之後引發之邊界層成長效應，此過程亦可造成對流之發展。因該區無探空觀測資料，本文後續將透過數值模式模擬雷雨發展過程，進一步分析該區雷雨發生的確切激發機制。

4. 討論與結論

本文選取2018年7月19-24日午後雷雨個案分析雷雨發生的條件，結果顯示雷雨發生之綜觀環流共有三波，第一波為7月19-20日颱風外圍環流；第二波為7月21-22日熱帶擾動；第三波為7月24日熱帶擾動。颱風與熱帶擾動提供水氣，有利於台灣地區對流產生，然而該三波對流系統均發生於午後，顯係午後局部地區環流對於雷雨發生亦有顯著影響。本文選用阿里山及中埔作為分析雷雨局部有利條件之分析，結果顯示熱力條件並不足以完全解釋午後對流發生機制，嘉義中埔地面強西北風，阿里山則為東北風，此風場形成的輻合效應，可能是午後對流發生的激發機制。透過地面強風導致地面風往山區輻合，導致水氣舉升後，產生對流性雷雨。本文另外以閃電偵測系統評估雷雨伴隨豪雨的預報機制，結果顯示當閃電次數突然顯著增加時，數十分鐘後即產生顯著降雨，顯示豪雨的預報可以透過閃電高解析度資料做預

報，唯本研究僅以個案分析為主，後續須做更多個案，並透過氣象數值模式驗證雷雨發生機制及評估閃電偵測系統在豪雨預報之可行性。

5. 參考文獻

戴志輝、王尹懋、王安翔及林博雄，2015：

雲中閃電資料應用於雷暴即時預警之研究。大氣科學，43，115-132。

周仲島、高聿正、修榮光、鍾吉俊、李宗

融、郭鴻基，2016：臺北都會區豪雨型午後雷暴的觀測特徵與預報挑戰：

2015 年 6 月 14 日個案研究。大氣科學，44, 1, 57-81。

戴志輝、王尹懋、楊明仁、林博雄，2016

：雲中閃電預警對流性降雨初探。大氣科學，45, 1，43-55。

Akaeda, K., J. Reisner, and D. Parsons, 1995: The role of mesoscale and topographically induced circulations initiating a flash flood observed during the TAMEX project. Mon. Wea. Rev., 123, 1720-1739.

Ashley, W. S., Strader, S., Dziubla, D. C., & Haberlie, A. (2015). Driving blind: Weather-related vision hazards and fatal motor vehicle crashes. Bulletin of the American Meteorological Society, 96, 755-778.

- Baker, S. P., & Lamb, M. W. (1989). Hazards of mountain flying: Crashes in the Colorado rockies. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 66, 522–527.
- Black, A. W., & Mote, T. L. (2015). Characteristics of winter-precipitation-related transportation fatalities in the United States. *Weather, Climate, and Society*, 7, 133–145.
doi:10.1175/WCAS-D-14-00011.1
- Chen, C.-S. and Y.-L. Chen, 2003: The rainfall characteristics of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1323–1341.
- Chen, T. C., M. C. Yen, J. C. Hsieh, and R. W. Arritt, 1999: Diurnal and seasonal variations of the rainfall measured by the automatic rainfall and meteorological telemetry system in Taiwan. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 2299-2312.
- Grabowski, J. G., Curriero, F. C., Baker, S. P., & Li, G. (2002). Exploratory spatial analysis of pilot fatality rates in general aviation crashes using geographic information systems. *American Journal of Epidemiology*, 155, 398–405.
- ISMAIL GULTEPE, R. SHARMAN, PAUL D. WILLIAMS, BINBIN ZHOU, G. ELLROD, P. MINNIS, S. TRIER, S. GRIFFIN, SEONG S. YUM, B. GHARABAGHI, W. FELTZ, M. TEMIMI, ZHAOXIA PU, L. N. STORER, P. KNERINGER, M. J. WESTON, HUI-YA CHUANG, L. THOBOIS, A. P. DIMRI, S. J. DIETZ, GUTEMBERG B. FRANC, A. M. V. ALMEIDA, and F. L. ALBQUERQUE NETO, 2019: A Review of High Impact Weather for Aviation Meteorology *Pure and Applied Geophysics* 176(5):1869–1921.
- Johnson, R. H., and J. F. Bresch, 1991: Diagnosed Characteristics of Precipitation Systems over Taiwan during the May–June 1987 TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 2540-2557.
- Jou, B. J.-D., 1994: Mountain-originated mesoscale precipitation system in northern Taiwan: A case study 21 June

1991. TAO, 5, 169-197.

- Kearney, P. J., & Li, G. (2000). Geographic variations in crash risk of general aviation and air taxis. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 71, 19–21.
- Lin, P. F., P. L. Chang, B. J.-D. Jou, J. Wilson, and R. Roberts, 2012: Objective prediction of warm season afternoon thunderstorm in northern Taiwan using a fuzzy logic approach. *Weather Forecasting*, 27, 1178-1197.
- Ruppert Jr. J. H., R. H. Johnson, and A. K. Rowe, 2013: Diurnal circulations and rainfall in Taiwan during SoWMEX/TiMREX (2008). *Mon. Wea. Rev.*, 141, 3851-3872.
- Ungs, T. J. (1995). Explanatory factors for the geographic distribution of US civil aviation mortality. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 66, 522–527.
- Xu, W., E. J. Zipser, Y. L. Chen, C. Liu, Y. C. Liou, W. C. Lee, B. J.-D. Jou, 2012: An orography associated extreme rainfall event during TiMREX: Initiation, storm evolution, and mai-

ntenance. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 2555-2574.

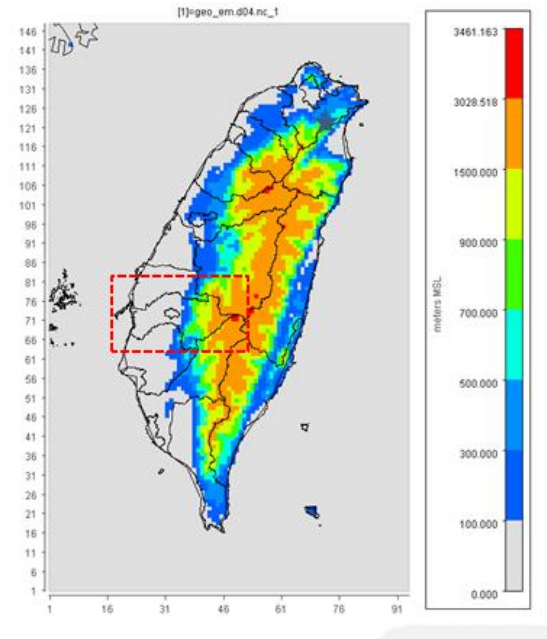


圖1a阿里山、嘉義中埔如紅色區域。

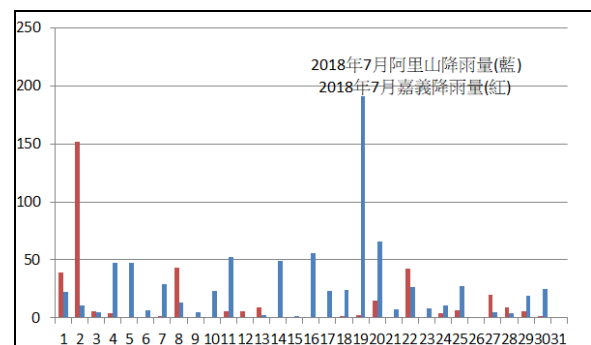


圖1b 2018年阿里山(藍色)、嘉義(紅色)7月逐日降雨量(mm)

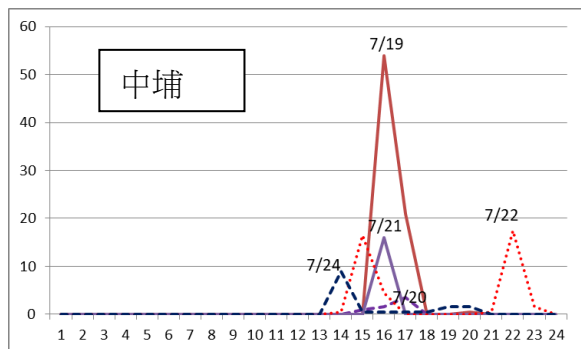
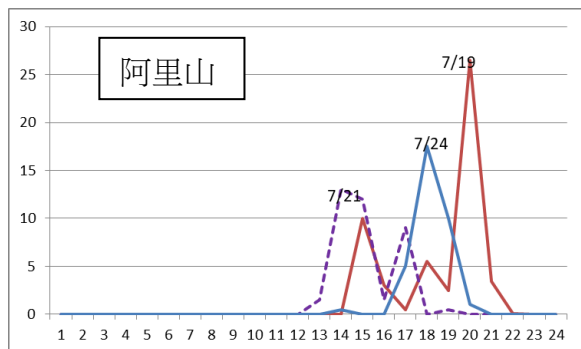


圖2 2018年7月19-24日阿里山與中埔降雨量逐時分布(mm)

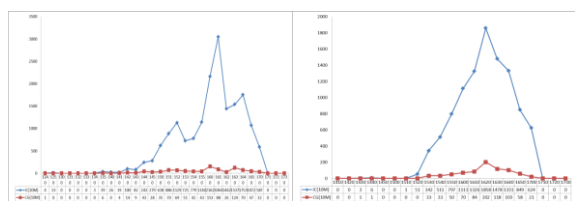


圖 3a

圖 3b

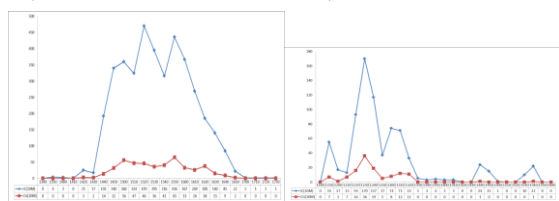


圖 3c

圖 3d

圖 3 2018 年 7 月(a)19(b)20(c)21(d)22 嘉義閃電十分鐘累積逐時分布圖

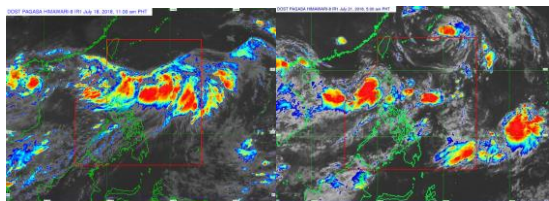


圖 4 2018 年 7 月 19 日與 7 月 21 日衛星雲圖(引自 Satellite image of Tropical Storm Inday (Ampil). Image courtesy of PAGASA)

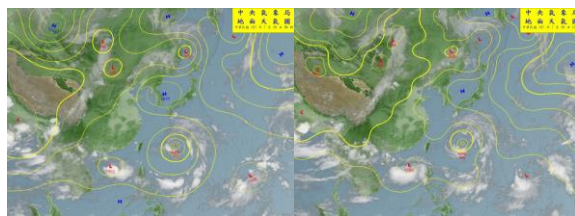


圖 5a

圖 5b

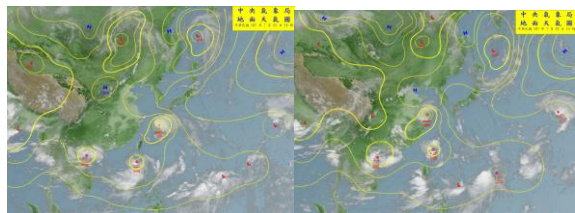


圖 5c

圖 5d

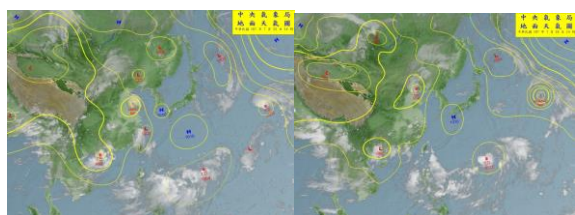


圖 5e

圖 5f

圖 5 2018 年 7 月(a)20 日 0800LST(b) 20 日 1400LST(c) 21 日 1400LST(d) 22 日 1400LST(e)23 日 1400LST(f) 24 日 1400LST 地面天氣圖伴隨衛星雲圖

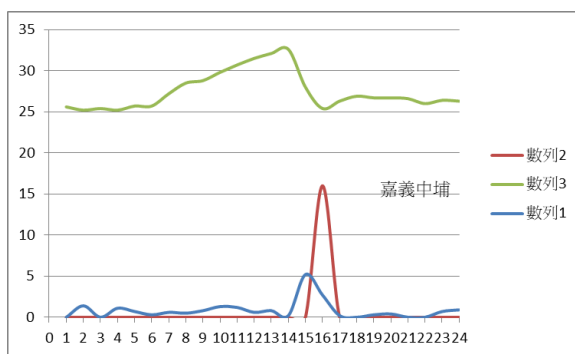


圖 6 2018 年 7 月 21 日嘉義中埔觀測資料。紅色為雨量(mm)，藍色為風速(m/s)，綠色為氣溫(C)。

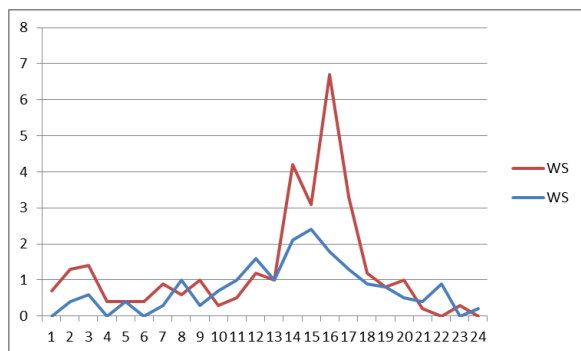


圖 7 2018 年 7 月 16 日(藍色)與 21 日(紅色)中埔地面風速(m/s)逐時分布。

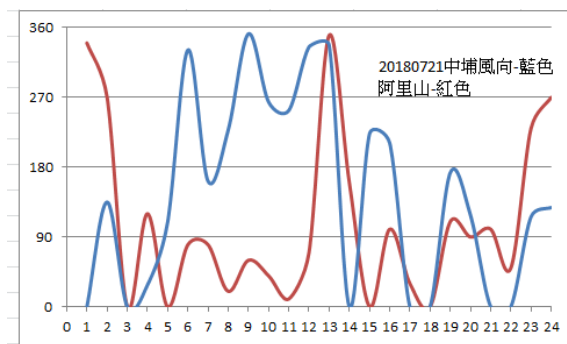


圖 10 2018 年 7 月 21 日嘉義中埔、阿里山地面風向。紅色為阿里山，藍色為中埔。

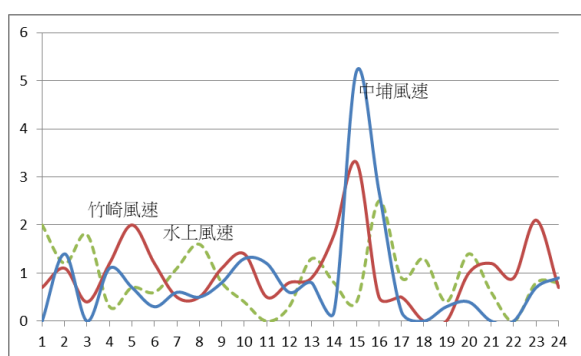


圖 8 2018 年 7 月 21 日嘉義中埔(藍色)、竹崎(紅色)、水上(綠色)地面風速觀測資料(m/s)。

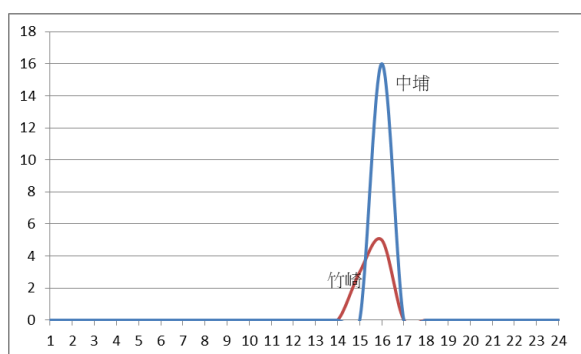


圖 9 2018 年 7 月 21 日嘉義中埔、竹崎地面降水觀測資料(mm)。紅色為竹崎，藍色為中埔。