

新一代一維雷射式雨滴譜儀降水平行觀測分析

曾吉暉 廖信豪 鳳雷
國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心

摘要

颱風中心6年前即引進兩部一維光學式雨滴譜儀 (Parsivel) 進行雨滴譜資訊的收集與運用，經過多年的觀測資料分析，發現其有些觀測特性上的誤差。包括雨滴粒徑較小時，觀測落速偏高，但是單位體積雨滴顆粒數則偏低。另外當降水較劇烈時，觀測到的降雨率及累積降雨量與傾斗式雨量計會有較大的差距。這些特性已陸續於過去幾年的報告中呈現。

由於包括美日等國的研究報告均指出其觀測有特性上的偏差存在，原廠在2012年開始提供新一代的Parsivel²雨滴譜儀。本中心於去年底採購進一部此款設備，目前放置於高雄地區與原有之Parsivel進行平行觀測。據國外的觀測研究結果，Parsivel²能夠降低原本降雨率高估的狀況，而且粒徑分佈也更為精確。目前我們觀測到的結果也有如此的現象，但變化差距則有不同。

雨滴譜儀是了解雨滴粒徑分佈的重要設備，透過雨滴粒徑分佈，我們可以瞭解雨滴譜的變化，推測雲微物理的過程，甚至進一步判斷系統的發展。本中心的雨滴譜儀配合TPRR氣象雷達，對於台灣南部地區進行長期的觀測，經由更多的個案資料蒐集，希望能對於局部地區的降雨資訊能更準確的掌握。

台灣地區地形變化劇烈，雨滴譜特性變化也較大，故中央氣象局今年開始也採買了多部新一代Parsivel²建立雨滴譜儀網，觀測各地雨滴譜的資訊。颱風中心希望能與氣象局合作應用這些雨滴譜資訊，與即將陸續完成的新設降雨雷達搭配，改良雷達降雨估算公式，獲取更精確的雷達推估降雨率圖，使雷達觀測降水能更有效應用於天氣預報與防救災領域，降低人民生命財產損失。

關鍵字：雨滴譜儀、降水比對

一、前言

學者們於2000年 (Loffler-Mang and Joss 2000) 發表一種新式雨滴譜儀 (PARTicle Size and VELocity) 可以利用一維雷射量測雨滴的大小及落速。OTT Hydromet公司2005年收購了其原形完整的權力，重新設計並發售第一代Parsivel。由於其造價與傳統撞擊式雨滴譜儀相近，但卻可克服其缺點，許多國家研究或作業單位紛紛採購。颱風中心也於2010年購入兩部第一代Parsivel雨滴譜儀進行雨滴譜及降雨特性的研究。隨著多年的資料觀測，有學者發現第一代Parsivel有觀測到降雨率過高，以及雨滴顆粒數與終端落速有明顯偏差的情況 (Krajewski et al. ,2006; Lanza and Vuerich ,2009; Vuericj et al. ,2009; Thurai et al. ,2011; Tokay et al. 2013)。本中心過往的研究中也發現在台灣地區第一代Parsivel觀測結果有降雨率高估 (劇烈降水時有30%或以上偏差)，同時在小雨滴時有顆粒數偏少而終端落速偏大的情況 (曾與鳳，2012、2014)。

於是OTT Hydromet公司2011年再次修改推出了新一代Parsivel²雨滴譜儀。本中心於2015年採購了一部Parsivel²雨滴譜儀，並於2016年汛期開始投入觀測。本研究即為本中心擁有之兩代Parsivel雨滴譜儀的降水平行觀測結果之初步分析。

二、Parsivel雨滴譜儀簡介

Parsivel雨滴譜儀是屬於光學式雨滴譜儀的一種，其利用雨滴通過由光線構成的觀測區時，光線被遮蔽造成接收端強度降低的原理來量測雨滴粒徑大小，而利用被遮蔽的時間長短來推算終端落速，圖1為觀測示意圖。

圖中由Laser beam所構成的矩形即為觀測區，大小為180mm*30mm，當雨滴通過此觀測區間時就會被觀測紀錄。第一代及第二代Parsivel在外觀及硬體架構上大致相同，僅在所使用的光源由第一代的650nm (紅光) 調整為第二代的780nm (近紅外光)。

軟體部份兩代均將雨滴粒徑及終端落速各分為32種類，觀測極限值也相同，但在精確度部份。當雨滴粒徑在2mm以下時，第一代精度為±

3分類，第二代為±1分類。當雨滴粒徑在2mm以上時，第一代精度為±2分類，第二代為±0.5分類。

降雨率演算法則使用相同假設，當雨滴粒徑在1mm以下時，雨滴扁平率為1。雨滴粒徑在1mm至5mm之間時，雨滴扁平率為由1線性變化至0.7。雨滴粒徑在5mm以上時，雨滴扁平率固定為0.7。

一維光學式雨滴譜儀有些觀測誤差是無法避免的，主要包括1) 重疊效應，即兩個或多個雨滴同時落入觀測區間。2) 濺射效應，即雨滴先碰觸到其他物體，分裂之後再落入觀測區。3) 側風效應，會造成雨滴並非為水平，而是以某個傾角落入觀測區。

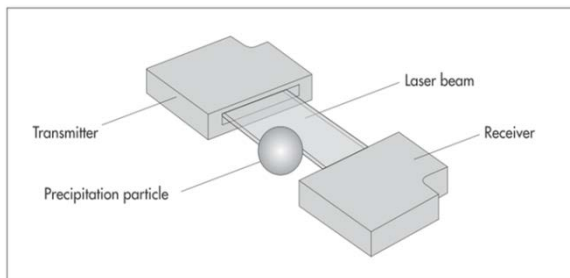


圖1.Parsivel雨滴譜儀觀測示意圖

三、 資料來源與處理

本研究主要使用本中心兩部雨滴譜儀（第一代以P01表示，第二代以P02表示）的觀測資料，兩部雨滴譜儀目前均架設於高雄樹德科技大學校內，位於北緯22.7621度、東經120.37467度。研究使用資料為2016年6月10日-14日梅雨鋒面及2016年7月8日-9日厄伯特颱風期間的觀測資料。兩部雨滴譜儀觀測解析度均設定為1分鐘。

雨滴譜儀資料的品管方法主要參考 (Tokay et. al, 2013,2014) 的方式。首先利用理論落速 (本研究使用之理論終端落速為參考 Brandes,2002) 正負1/2倍的範圍判斷雨滴是否為outlier，若在範圍之外則判斷為outlier，該雨滴忽略不計。第二是該雨滴粒徑若大於10mm或小於0.2mm也忽略不計。第三是若一分鐘內所偵測到的雨滴數小於10顆，則忽略該分鐘資料不計入降雨事件。最後是若該分鐘降雨強度小於0.1mm/hr，則忽略該分鐘資料不計入降雨事件。整體雨滴譜儀資料品管流程可以圖2表示。兩者觀測到的總觀測降雨事件時間數如表1所示。

表1.兩代雨滴譜儀總觀測降雨事件時間數表

日期	6/10	6/12	6/13	6/14	7/8-7/9
觀測時間P01	1125	418	647	223	1395
觀測時間P02	1010	365	582	173	1260

Disdrometer data

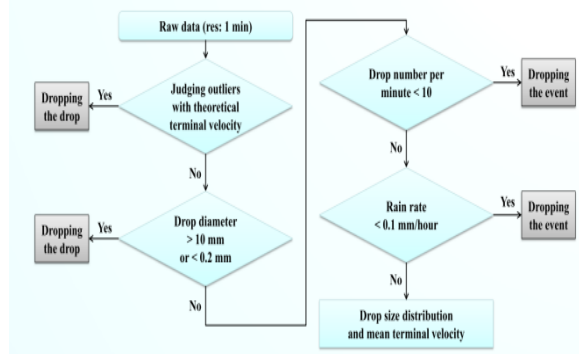


圖2.雨滴譜儀資料品管處理流程

四、 降雨率觀測資料

圖3至圖5分別為2016年6月10日，6月12日及7月8日-9日的觀測降雨時序圖。橫軸為時間，左縱軸為瞬時降雨率，圖中以虛線顯示。右縱軸為累積降雨，圖中以實線顯示。藍色表示P01資料，紅色表示P02資料，綠色表示自動雨量站資料。

由圖中可以看出P01觀測到的累積降雨均大於P02，最大瞬時降雨率也是P01大於P02。而由於當地並沒有雨量筒觀測資料，故我們以附近的氣象局自動雨量站 (COV400) 來進行比較，可以發現P01觀測累積雨量均遠高於自動氣象站，而P02則多數為略高於自動氣象站，少數為略低於自動氣象站的情況。

為表示觀測差異情況，以公式1計算偏差百分比 (Tokay et al., 2014)。

$$Percent_bias = \frac{bias}{< x, y >} \quad (1)$$

where

$$bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)$$

$$< x, y > = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i + y_i)}{2}$$

統計後發現P01對P02的偏差在30%-40%之間，P01對自動雨量站的偏差多數都大於40%，而P02對自動雨量站的偏差大多接近或小於10%。

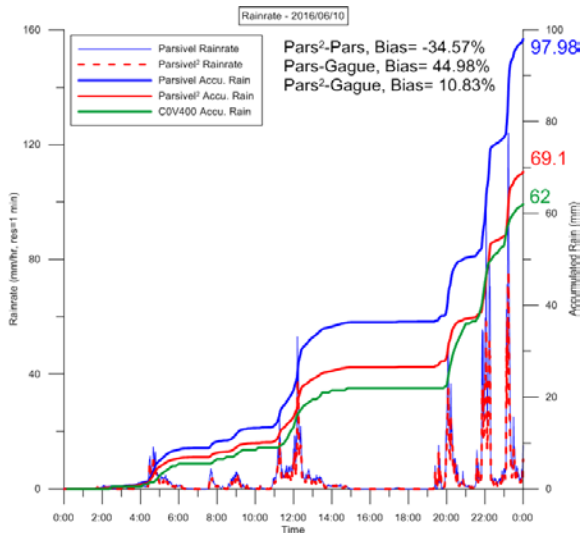


圖3.2016年6月10日降雨率及累積降雨時序圖

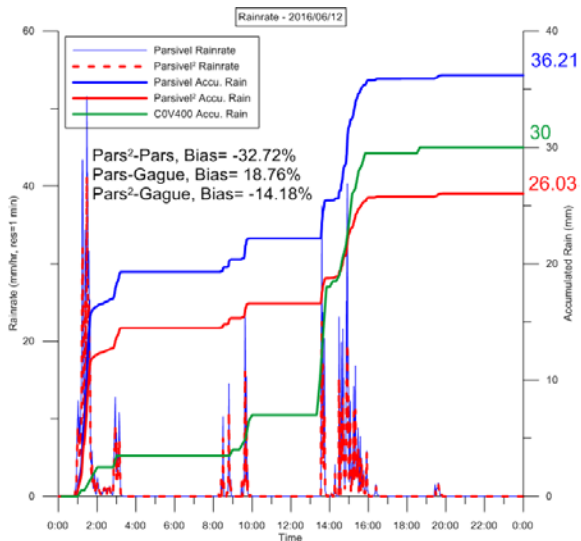


圖4.2016年6月12日降雨率及累積降雨時序圖

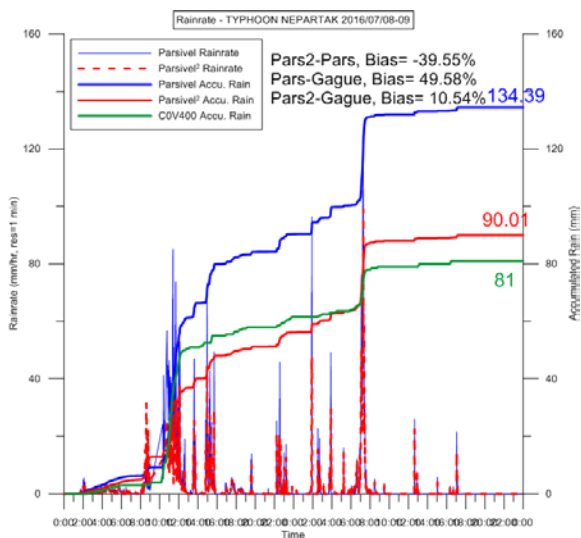


圖5.2016年7月8-9日降雨率及累積降雨時序圖

五、 雨滴譜、終端落速觀測資料

圖6至圖9分別為2016年6月10日，6月12日及7月8日-9日的觀測雨滴譜及終端落速圖。橫軸為雨滴粒徑，左縱軸為雨滴顆粒數，圖中以實線顯示。右縱軸為終端落速，圖中以虛線顯示。藍色表示P01資料，紅色表示P02資料，咖啡色表示理論終端落速資料。

由雨滴譜圖中可以看出P02均可以觀測到較多的小雨滴，而P01則觀測到較多的大雨滴，觀測到的最大雨滴粒徑兩者相近。單位體積單位深度（m-3mm-1）觀測到的總雨滴個數顯示於表2，P02較多於P01。整體統計是P02觀測的平均粒徑減小了，而總雨滴數增加了。

表2.兩代雨滴譜儀觀測總雨滴個數表

日期	6/10	6/12	6/13	6/14	7/8-7/9
總雨滴數P01	1898	2249	2316	2941	2422
總雨滴數P02	3104	3671	3904	4947	3260

由終端落速圖中可以看出P01在小雨滴時觀測的終端落速大於理論落速，P02觀測的終端落速則相當接近理論落速，但當雨滴粒徑大於1mm之後則兩者皆低於理論落速，而且反是P01觀測的終端落速較接近理論落速。圖6則顯示出在颱風的個案中，P01觀測的終端落速可能高於理論落速。但相較於P02，其終端落速仍是較接近理論落速。

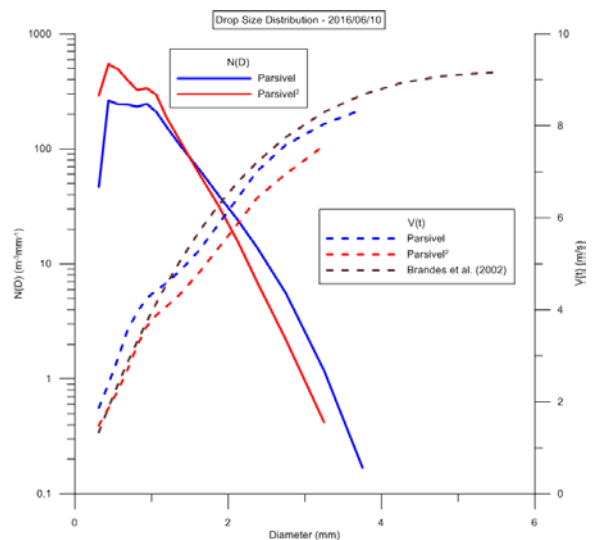


圖6. 2016年6月10日雨滴譜及終端落速圖

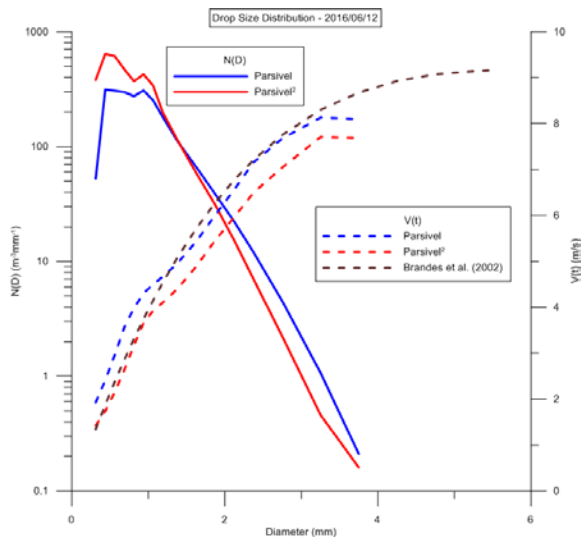


圖7. 2016年6月12日雨滴譜及終端落速圖

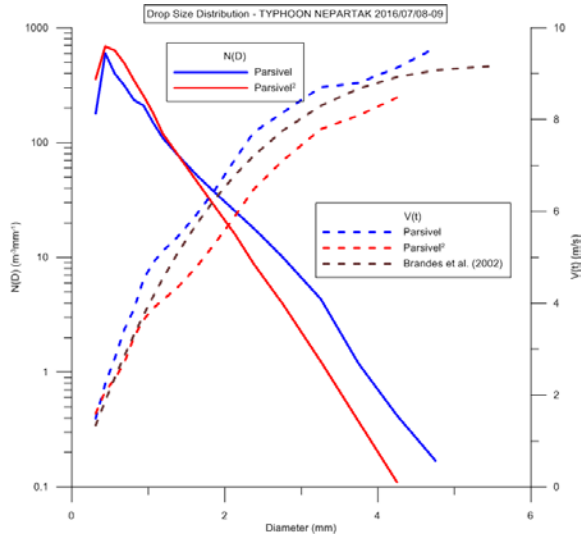


圖8. 2016年7月8-9日雨滴譜及終端落速圖

六、 結論

雷達估算降雨不論是在防災的監測或是模式預報的校驗都是相當重要的一環。雨滴譜資訊是新一代偏極化雷達改善雷達定量降雨的重要資訊。Parsivel雨滴譜儀是獲取雨滴譜資訊有效的工具之一，但其前一代的觀測資料品質存在著較大的觀測誤差，而使其應用性有限。新一代的Parsivel²能有效改善前一代的缺點，在國外文獻中已獲得證實 (Tokay et al., 2014)。本研究中應用台灣地區的觀測資料也發現同樣的結果，新一代的Parsivel²在雨滴的分類處理及終端落速的觀測上均有所改善，且觀測降雨率也更接近雨量筒的觀測。但由目前收集到的資料分析結果，我們觀測資料的偏差尚較國外觀測到的偏差為大。未來我們將持續收集更多的觀測資料來觀察，同時也將利用Parsivel²的雨滴譜資訊來調整本中心TPRR雷達的降雨估算公式。未來當氣象局的新一代降雨

雷達建置完成之後，將可提供經驗與氣象局今年開始佈建的雨滴譜儀網合作，共同改善台灣地區雷達降雨估算資訊的準確度，進一步改進即時定量降雨預報 (QPN) 及極短時定量降雨預報等應用。

七、 參考文獻

- 曾吉暉，鳳雷，2012：新型一維雷射式雨滴譜儀及二維光學式雨滴譜儀之雨滴譜粒徑分佈觀測比較。101年天氣分析與預報研討會論文集彙編。
- 曾吉暉，鳳雷，2014：雨量計及雨滴譜儀降水平行觀測實驗分析。103年天氣分析與預報研討會論文集彙編。
- Brandes, E. A., Zhang, G., and Vivekanandan, J.: Experiments in rainfall estimation with polarimetric radar in a subtropical environment, *J. Appl. Meteorol.*, 41, 674 – 685, 2002.
- Krajewski, W. F., and Coauthors, 2006: DEVEX—Disdrometer Evaluation Experiment: Basic results and implications for hydrologic studies. *Adv. Water Resour.*, 29, 311 – 325.
- Lanza, L. G., and E. Vuerich, 2009: The WMO field intercomparison of rain intensity gauges. *Atmos. Res.*, 94, 534 – 543.
- Löffler-Mang, M., and J. Joss, 2000: An optical disdrometer for measuring size and velocity of hydrometeors. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 17, 130 – 139.
- Thurai, M., W. A. Petersen, A. Tokay, C. Schultz, and P. Gatlin, 2011: Drop size distribution comparisons between Parsivel and 2-D video disdrometers. *Adv. Geosci.*, 30, 3 – 9.
- Tokay, A., W. A. Petersen, P. Gatlin, and M. Wingo, 2013: Comparison of Raindrop Size Distribution Measurements by Collocated Disdrometers. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 30, 1672-1690.
- Today, A., D. B. Wolef, and W. A. Petersen, 2014: Evaluation of the New Version of the Laser-Optical Disdrometer, OTT Parsivel2, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 31, 1276-1288.
- Vuerich, E., C. Monesi, L. G. Lanza, L. Stagi, E. Lanzinger, 2009: WMO field intercomparison of rainfall intensity gauges. *World Meteorological Organization Instruments and Observing Methods Rep. 99, WMO/TD-1504, 290 pp.*