

雨量計及雨滴譜儀降水平行觀測實驗分析

曾吉暉 鳳雷

國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心

摘要

台灣地區地面降水觀測多半是利用傾斗式雨量計進行，然而市面上有多種傾斗式雨量計可以選擇，其觀測原理雖同，但設計方式卻相差甚大。世界氣象組織曾於2007-2009之間兩年的時間，於義大利設計了整合多種傾斗式雨量計及雨滴譜儀的降雨觀測平行比對實驗，並於地面下設計地井放置一雨量筒做為比對參考標準，針對參與比對的各種常用的傾斗式及光學式雨量計提出相對變化曲線。除此之外，也對於傾斗式雨量計的降雨觀測誤差提出了幾個可能性以及其所占誤差量的百分比。

由於台灣地區地形變化劇烈，且降雨量較多，故台灣地區應該進行區域性的平行比對實驗以作為參考。考量到實驗地點選擇、實驗時間長短等因素，本中心於102年颱風季期間與中央大學、台灣大學及中央氣象局合作進行降雨量測平行比對先導實驗。分別於南部山區（阿里山測站）及北部平地（中央大學觀測坪）進行實驗，使用設備包括氣象局及學校常用的傾斗式雨量計及較新式的Parsivel雷射式雨滴譜儀及微波式降雨量測系統。結果顯示，不論南北地區，在較劇烈降雨時，Parsivel觀測到的降雨量均較傾斗式雨量計觀測到的值為高，幅度約在28%~38%之間，但在小雨則兩者會較相近，甚至有傾斗式雨量計觀測值高於Parsivel的情形。對於Parsivel較為高估的現象我們也嘗試經由修正Parsivel雨滴譜儀觀測到的雨滴垂直落速來修正其降雨率資訊。另外，微波式雨量計的觀測結果顯示其在台灣地區對降水十分敏感，需要再蒐集更多資料來做進一步的參數微調才能適用於台灣地區。

先導觀測實驗中發現不同降雨觀測設備確實會造成相當大程度的差異。我們希望未來在與氣象局及學研單位的合作之下，能夠於同一地點進行長時間的平行比對實驗，期能獲得台灣地區的量計調整曲線，使觀測的雨量能更為接近實際的雨量。

關鍵字：雨量觀測、雨滴譜儀

一、前言

台灣地區天然災害多，而颱風與洪水是發生頻率最高的天然災害。颱風雖然風速強勁，但近年來在台灣造成重大傷亡或損失的卻都因為其所帶來的豪雨所造成。因此，正確的降雨觀測資訊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。台灣地區地面降雨觀測通常是利用傾斗式雨量計進行，然而市面上有多種傾斗式雨量計可以選擇，其觀測原理雖同，但設計方式卻相差甚大。從頂口孔徑大小以至於傾斗的解析度等，均可能造成其有不利於觀測小雨或大雨其中一部份之結果。先前其它學者研究中也曾發現台灣山區降雨觀測因環境因素與維修不易，有發生儀器觀測不穩定的情況（林博雄等，2013(1)），而前人研究中有發現狀擊式雨滴譜儀觀測之降雨量相對傾斗式雨量計為高的情況（林博雄等，2013(2)），本中心也曾在短時間降雨觀測平行比對分析中發現雨滴譜儀觀測之降雨量相對傾斗式雨量計為高的情況（曾吉暉及鳳雷，2012）。世界

氣象組織曾於2007-2009之間兩年的時間，於義大利設計了整合多種傾斗式雨量計及雨滴譜儀的降雨觀測平行比對實驗(Vuerich et.al., 2009)，其於地面下設計地井放置一雨量筒做為比對參考標準，針對參與比對的各種常用的傾斗式及光學式雨量計提出相對變化曲線。藉此提供使用者修正參考。然而其進行測試的地點環境與台灣差異甚大，並沒有如同台灣一般的強烈降雨狀況發生。故台灣地區應該進行區域性的平行比對實驗以作為參考。考量到實驗地點選擇、實驗時間長短等因素，本中心於102年颱風季期間與中央大學、台灣大學及中央氣象局合作進行降雨量測平行比對先導實驗。分別於南部山區（阿里山測站）及北部平地（中央大學觀測坪）進行實驗，使用設備包括氣象局及學校常用的傾斗式雨量計及較新式的Parsivel雷射式雨滴譜儀及微波式降雨量測系統。

二、資料來源與處理

颶風中心提供了一部Parsivel雨滴譜儀及一部0.2mm解析度義大利製雨量筒於氣象局阿里山測站，9月10日之後增加一部德製微波多功能氣象儀於現場。除此之外也提供了一部Parsivel雨滴譜儀及一部2DVD雨滴譜儀於中央大學觀測坪。觀測實驗進行時間為7月11日至10月29日。期間經歷了多個颶風事件。颶風中心提供的設備觀測降雨量解析度均為1分鐘，為了與氣象局0.5mm雨量筒觀測資料比較，均統一調整為10分鐘解析度。

三、 降雨量觀測結果

先就較劇烈的降雨事件進行比對。圖1(a)~(b)分別是阿里山測站於蘇力颱風、潭美颱風的累積降雨量觀測比較圖。

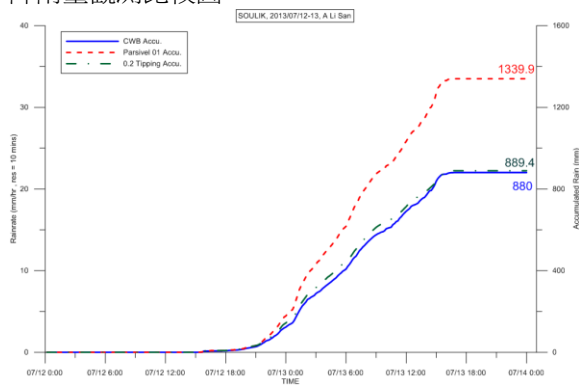


圖1a.蘇力颱風期間阿里山測站累積降雨量觀測

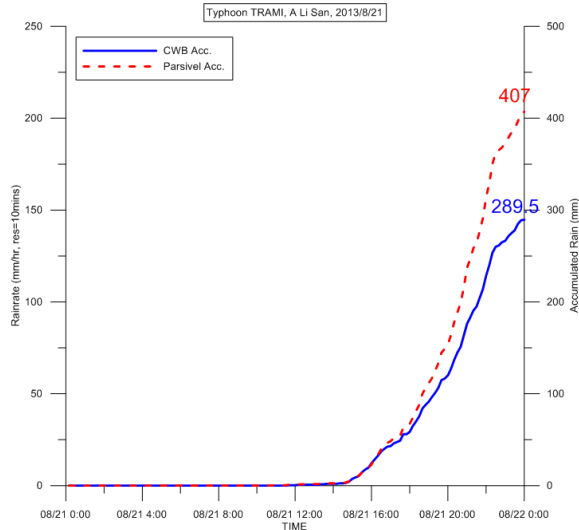


圖1b.潭美颱風期間阿里山測站累積降雨量觀測

圖中包含了0.5mm雨量計及Parsivel雨滴譜儀的觀測資料，其中可以發現Parsivel雨滴譜儀觀測到的降雨率(紅色點線)均大於雨量計(藍色實線)所觀測。而當我們放寬看整個實驗期間的比較圖，如圖2所示。Parsivel雨滴譜儀所觀測到的降雨量常較雨量計為大。尤其是在大雨的時候差距更明顯，然而當降雨量較小時，其間的差距就較小，

甚至有時雨量降觀測到的降雨量會反過來大於Parsivel雨滴譜儀所觀測到的降雨量。

接下來比對平地地區的觀測結果，圖3(a)~(b)分別為中央大學觀測坪於潭美颱風及康芮颱風的累積降雨量觀測比較圖。

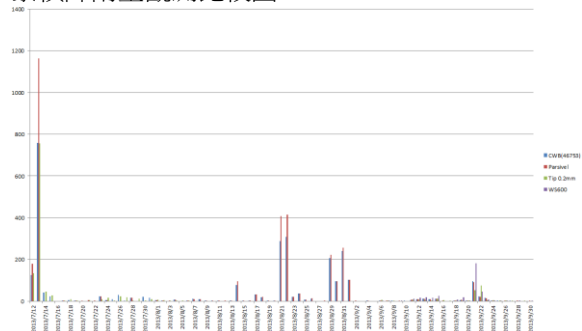


圖2.觀測實驗期間阿里山測站觀測雨量圖

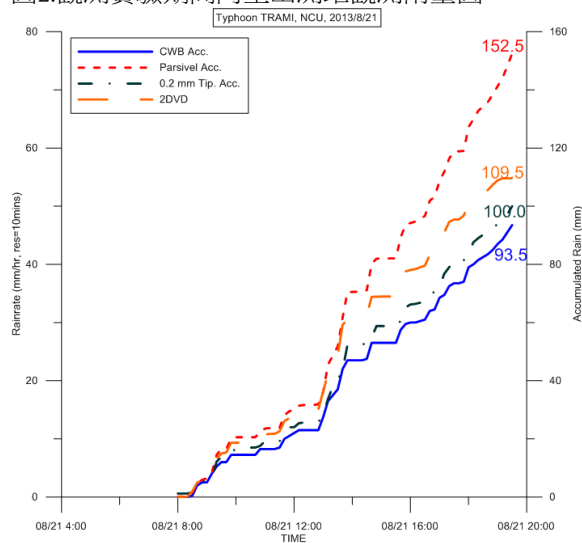


圖3a.潭美颱風期間中央大學累積降雨量觀測

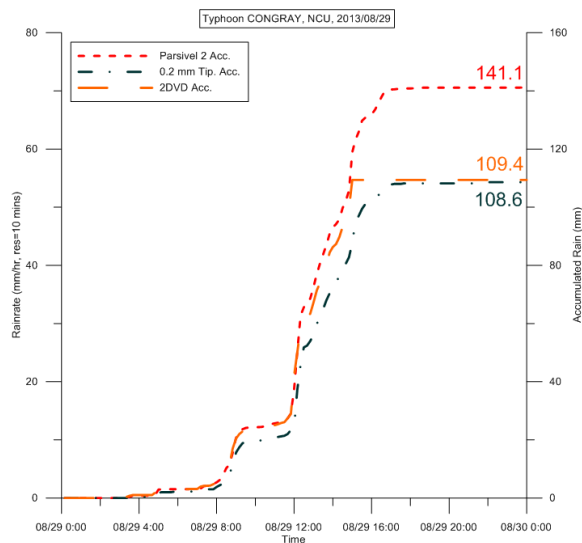


圖3b.康芮颱風期間中央大學累積降雨量觀測

圖中包含了0.5mm雨量計、Parsivel雨滴譜儀及2DVD雨滴譜儀的觀測資料(橘色線段)。其中可以發現Parsivel雨滴譜儀觀測到的降雨率均大於雨量計及2DVD雨滴譜儀所觀測。縱合以上幾個颱風事件的觀測，我們可以發現不論在山區或是平地，Parsivel雨滴譜儀確實會有觀測降雨量值偏高的情況，在大雨時後的觀測，統計後得到其偏差範圍落在23%-39%之間。

圖4是微波式雨量計的觀測結果(紫色線段)，其降雨觀測原理與雷達類似，是利用能量衰減來推算降雨率。由圖中可以看出其在大部份時間觀測到比Parsivel更大的降雨量，由其是大雨的時候，但當雨很小時，又觀測到比其它設備更小的降雨量，顯示其對於台灣地區的降雨型態很敏感，可能必需調整內部參數才能夠有較正確的觀測結果。

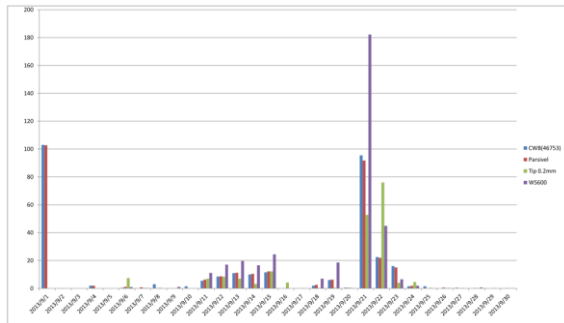


圖4.阿里山測站9月份各雨量觀測設備量測結果

四、 降雨量觀測的誤差

根據世界氣象組織的報告，傾斗式雨量計常有低估實際降雨的情況，而造成其誤差的主要來源有7項。分別水平風速(佔2~10%)、潤溼雨量計內壁、雨量計傾倒時的損失(前兩項共約佔2~15%)、雨量計裡的蒸發(0~4%)、破碎或飄移的雪、降雨落下時濺出水花(1~2%)及其它誤差。其中最大的一項誤差來自於水平風的影響。

我們認為水平風速不僅會造成雨量計的誤差，同時也會是雨滴譜儀觀測誤差的主要來源之一，於是嘗試將風速也加入分析。如圖5是蘇力颱風期間降雨率(長條圖)與風速(紫色線)的變化，圖中略微呈現有風大時雨小，風小時雨大的現象，但特徵並不明顯，且需更多個案的分析統計來說明。

五、 Parsivel觀測降雨量的修正

由前些小節的結果我們知道Parsivel的降雨量觀測有偏大的現象。根據先前的研究(曾吉暉及馮雷，2012)我們知道Parsivel雨滴譜儀對於雨滴終端

落速的觀測有較大的誤差。因此，我們利用整個實驗期間阿里山測站的觀測資料與理論的終端落速來找出垂直落速修正關係公式。如圖6是Parsivel雨滴譜儀觀測不同粒徑區間的平均垂直落速與Gunn及Kinzer,1949的理論垂直落速圖，我們利用log函數並以最小平方方法進行擬合，擬合結果如圖中的實線。

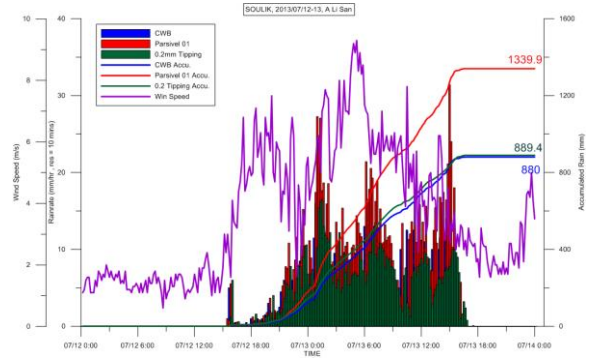


圖5.蘇力颱風期間降雨率與風速變化圖

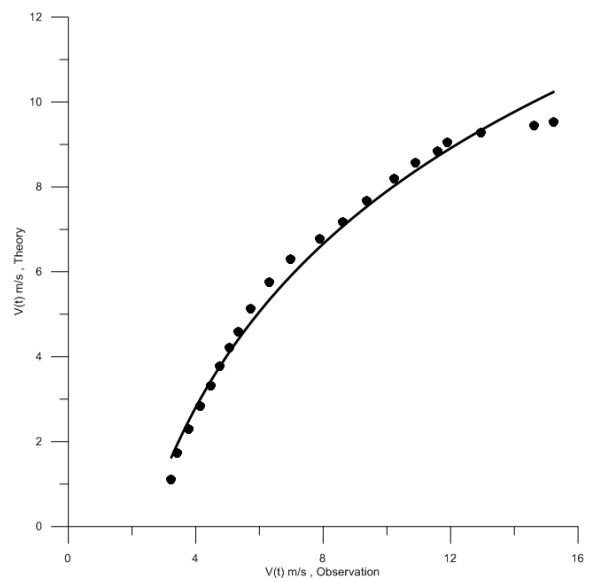


圖6.Parsivel雨滴譜儀觀測垂直落速與理論落速擬合圖

可以發現擬合的曲線與實際觀測值誤差很小。此經驗垂直落速的修正關係式為：

$$V_{tc} = 12.7963 * \text{Log}_{10}(V_i) - 4.8967$$

V_t 為觀測到的垂直落速， V_{tc} 為經過修正的垂直落速。利用修正過的垂直落速重新計算降雨率，山區的結果如表1所示，平地的結果如表2所示。表中可以看出不論山地或平地，當降雨量較大的情形下，大部份的事件均有改善，除了阿里山測站的蘇力颱風事件反而使誤差增大。而經過

分析此事件中有許多瞬時雨量(解析度1分鐘)大於150mm/hr的情形，經過修正垂直落速後計算的降雨率會變得更大，也因此整體累積雨量的誤差也跟著增大。

時間/事件	Parsivel 原始	Parsivell 修正後	0.5mm雨 量計
2013/7/12-13 蘇力颱風	1339.9	1584.4	880.5
2013/8/21 潭美颱風	407.0	342.6	289.5
2013/08/29 康芮颱風	223.0	176.4	N/A
2013/8/14	96.1	74.5	77.5
2013/9/1	102.7	81.1	N/A
2013/9/15	12.3	9.6	11.5

表1.阿里山測站雨量觀測比較表

時間/事件	Parsivel 原始	Parsivell 修正後	0.5mm雨 量計
2013/8/21 潭美颱風	252.7	198.9	155.5
2013/8/29 康芮颱風	141.1	107.7	109.3
2013/8/17	22.9	14.4	N/A
2013/9/1	26.6	16.7	21.5

表2.中央大學雨量觀測比較表

但我們也發現當降雨量較小時，利用此垂直落速重新計算可能有修正過多的情況。

Typhoon MATMO(2014) 7/22-23 YienChao

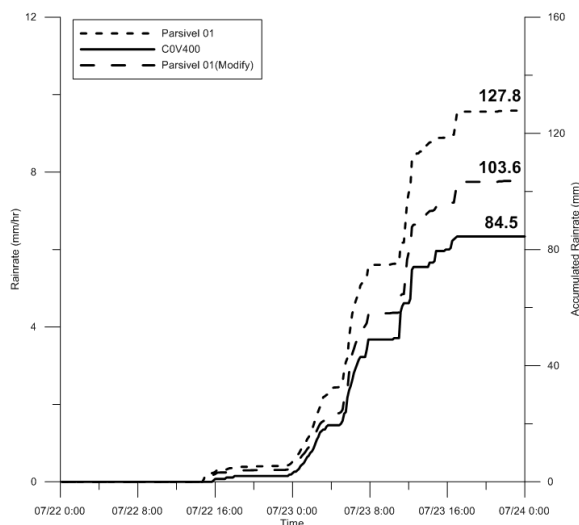


圖7.麥德姆(2014)颱風Parsivel雨滴譜儀觀測圖

我們也將此修正關係式應用於2014年的麥姆德颱風。如圖7所示為累積雨量比較圖，圖中為虛線是原本的觀測，線段是經過修正的累積降雨量，而實現是雨量計的觀測。顯示此垂直落速修正關係式應用在今年的個案也是合理的。

六、 結論

正確的降雨觀測資訊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，但由於雨量計的觀測會有一定的誤差。因此本中心與學研界及作業單位合作進行此先導實驗。結果發現降雨觀測設備之間的差距可能相當大。而Parsivel雨滴譜儀的觀測在多種觀測設備中常居於最高值的位置，在強降水的條件下，誤差值約在1/3左右。而WMO的經驗告訴我們，水平風是雨量計觀測誤差的最重要來源，故在未來我們將嘗試將風速觀測加入實驗之中，以分析其對台灣地區降雨觀測的影響。由先前的研究之中，我們得知Parsivel雨滴譜儀的垂直落速觀測有誤差，因此我們也嘗試利用統計資料求得經驗公式修正其所觀測到的垂直落速，使其接進於理論值。修正垂直落速後所得到的降雨率在大雨狀況時大部份均有所改善。

經由此先導觀測實驗中發現不同降雨觀測設備確實會造成相當大程度的差異。我們希望未來幾年在與學研界及作業單位的合作之下，能夠仿照世界氣象組織的方式，於一適合地點進行長時間的平行比對實驗，期能獲得台灣地區的量計調整曲線，使觀測的雨量能更為接近實際的雨量。

七、 參考文獻

- 林博雄，李育棋，張譯心，魏聰輝，2013(1)：台灣高山氣象觀測之瓶頸與改進策略。102年天氣分析與預報研討會論文集編。
- 林博雄，張譯心，魏聰輝，李育棋，2013(2)：傾斗式雨量筒與撞擊感測式雨量計之比較。102年天氣分析與預報研討會論文集編。
- 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編。
- Vuerich E., C. Monesi, L.G. Lanza, L. Stagi, E. Lanzinger, 2009:WMO Field Intercomparison of Rainfall Intensity Gages. Instruments and Observing Method Report, 99, 290pp.