

濕天線罩效應對雷達資料應用影響之初步研究

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

由於氣象達高時間與空間解析度的觀測特性，提高雷達定量降水估算的準確度可對實際降雨量的觀測有很大的助益。在各國逐漸運用偏極化雷達進行觀測的同時，雷達定量降雨可以利用多種參數來計算。過去研究中顯示，利用差異反射率能提供更進一步的兩滴譜粒徑分布資訊，結合回波可減緩單獨使用回波降雨關係式時對兩滴譜粒徑分布變異性高敏感度的問題。比差異相位差參數則對兩滴譜粒徑分布變異性更不敏感，參數值幾乎正比於液態水含量，且因為相位參數而非能量參數，不受部分波束被遮蔽(Partial beam blockage, PBB)、衰減及雷達校正的影響，能更準確的估計降雨。然而因為比差異相位差對於小雨時的觀測過於敏感，因此目前多半使用在大雨時利用比差異相位差，而小雨時使用差異反射率或回波的方式進行雷達定量降水的估算。

濕天線罩效應對於回波觀測會有影響，但由於天線罩形式不同，且缺乏直接的數據量測，過往經驗中一直選擇忽略此效應的方法來處理。而回波觀測在雷達資料品管以及應用上都有相當重要的地位。颱風中心使用自有的雙偏極化降雨雷達及兩滴譜儀，利用觀測數據與模擬散射的計算，嘗試檢驗濕天線罩效應的影響。此研究中將初步探討濕天線罩效應對於雷達資料品管以及定量降雨估算可能造成的影響。

關鍵字：雷達定量降水估算、雷達資料品管、兩滴譜儀

一、前言

精確的降雨觀測資料對於氣象、水文研究以及防減災應變決策與行動都是相當重要的資訊。以往一般以雨量計的建置來取得降雨資訊，但雨量計是點的建置，在人跡罕至與交通不便之處，雨量計的建置與維護都相當困難，因此造成區域分布不均，有些重要區域反而難以獲取資料的情況。在氣象雷達開始應用之後，利用雷達為面狀且高時空解析度的特性，利用雷達估算降雨來取得全面性的降雨資訊就一直為人們所期待。但由於降雨的多少是由兩滴譜粒徑分布來決定，而雷達並無法直接觀測到兩滴譜粒徑分布資訊，只能利用雷達所能觀測到的參數來推估降雨，因此會存在誤差。最早利用回波(Reflectivity, Z)來估算降雨，但其受兩滴粒徑分佈(Drop Size Distribution, DSD)變異性的影響，使估計結果有很大的不確定性。不同地區，不同降雨型態需要不同的R-Z關係式來描述，使其應用性降低。

在雙偏極化雷達應用之後，利用偏極化參數來估算降雨獲得了很大的進步。理論上，利用差異反射率(Differential reflectivity, Zdr)能提供進一步的DSD 資訊，結合Z進行降雨估計可減緩單獨使用R-Z關係式時對 DSD 變異性高敏感度的問題，亦對水相粒子的分類有很大的幫助；而比差異相位差參數(Specific differential phase shift, Kdp)對 DSD 變異

性則更不敏感，參數值幾乎正比於液態水含量，且因為相位參數而非能量參數，不受部分波束遮蔽(Partial Beam Blockage, PBB)、衰減及雷達校正的影響，能更準確的估計降雨。實際運用上，由於參數本身的變異特性以及誤差的存在，雙偏極化參數的使用仍有一定的限制。目前雷達降雨估算多應用R-Kdp公式用於大雨區；R-(Z,Zdr)或R-Z公式則套用於小雨，用以降低Kdp參數在小雨觀測時的敏感度所帶來的誤差。由上可知，利用混合型雷達降雨估算公式可以獲得較好的結果，而R-Z關係式在其中佔有重要的應用。

當雷達上空有降水時，落下的水會附著在天線罩上，使得天線罩之外又多了一層水層，當雷達電磁波通過此水層時，會有能量衰減的現象，降水強度越大則水層相對越厚，被衰減的能量也就越多，偏差量也就越大，此即為「濕天線罩效應」。因為此能量衰減的情況是發生在電磁波剛發射出去的時候，亦即是在天線近場效應範圍之內，所以無法利用傳統自由傳播的能量衰減修正方法進行修正。而短波段雷達更容易受濕天線罩效應(Wet radome effect)影響，使電磁波在還未發射至大氣中時能量參數(Z及Zdr)已經歷嚴重衰減。這些低估使得Z的資料品管不佳，也造成R-Z降雨估算的低估。

由於天線罩形式不同，且缺乏直接的數據量測，過往經驗中一直選擇忽略此效應的方法來處理。颱風中心使用自有的雙偏極化降雨雷達及兩滴譜儀，

利用觀測數據與模擬散射的計算，嘗試檢驗濕天線罩效應的影響狀況。

二、 研究設備與個案簡介

颶洪中心於2014年開始運置於高雄旗山流域的台灣降雨研究雷達，其為一可移動式的C波段雙偏極化氣象雷達（簡稱TPRR），為研究用雷達，主要任務包括支援學術研究、改進山區定量降水估算等等。

為配合提供TPRR校驗及參數推估資訊，颶洪中心也與樹德科大（距離雷達站約30公里）合作在其校內架設一部Parsivel兩滴譜儀，提供每分鐘一筆的兩滴譜粒徑分布觀測資訊。

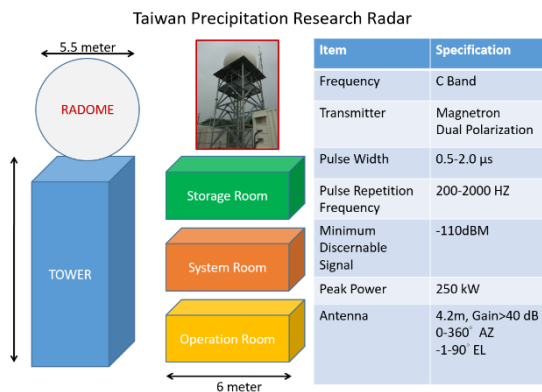


圖1. TPRR 雷達簡要參數示意圖

本研究使用的主要個案資料為2016年的梅姬颱風。梅姬颱風在關島附近海面形成後逐漸往西北西方向移動。9月25日其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸朝臺灣東部海面接近。颱風中心於9月27日14時在花蓮市附近登陸，9月27日21時10分由雲林縣麥寮出海。梅姬颱風帶來了強大的風勢，並在南部地區造成強降雨。圖為氣象局提供之梅姬颱風路徑圖。

三、 資料來源與處理

本研究主要使用TPRR雷達的觀測資料，雷達位於北緯23.01338度、東經120.58457度。鳳凰颱風期間每5分鐘進行一次體掃描，每次體掃描共觀測0.5、1.45、2.4、3.35、4.3、6.2、9.9、14.6及19.5等9個角度，觀測的原始參數包括Zh、Vh、SW、Zdr、Pdp及Rhv等，研究中使用的時間是9月27日0200LST至9月28日0800LST。

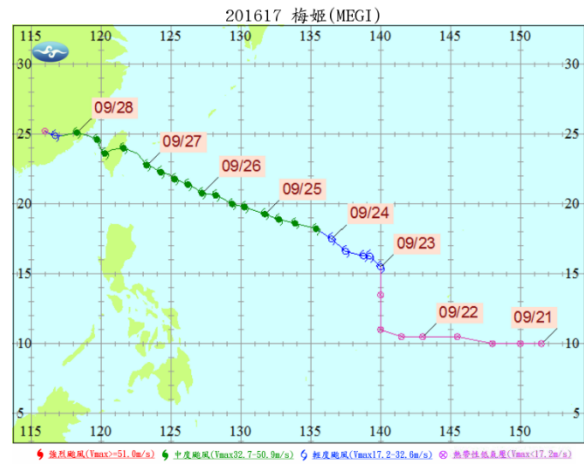


圖2. 梅姬颱風（2016）路徑圖

兩滴譜儀資料是為了進行散射模擬所需，由於梅姬颱風期間兩滴譜儀設備故障，我們使用了鳳凰颱風（2014）及蘇迪勒颱風（2015）的Parsivel兩滴譜儀資料。兩滴譜儀資料經過品管處理後獲得兩滴譜粒徑分布及垂直落速資訊，先將每分鐘的資料經過資料品管處理之後，再將每6分鐘的資料集合，獲取每6分鐘一筆的DSD分布，以Gamma分布形式擬合之後獲得Gamma分布的參數，再利用T-Matrix方式進行散射模擬獲得偏極化參數。

兩滴譜儀資料的品管方法主要參考(Tokay, et al, 2013,2014)的方式。Parsivel的資料解析度設定為1分鐘，首先利用理論落速(Brandes, et al. 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。整體兩滴譜儀資料品管流程可以圖3表示。

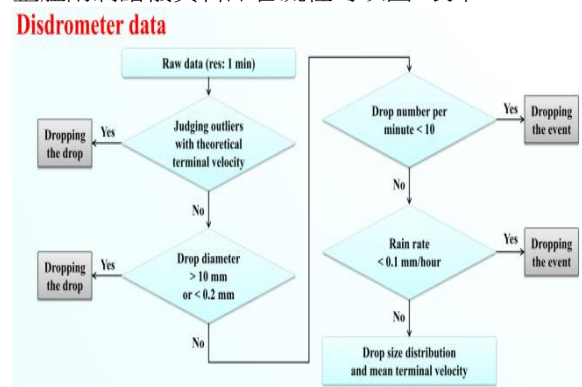


圖3. 兩滴譜儀資料品管處理流程

雙偏極化雷達資料的品管方法主要參考(紀等, 2007)的方法再進行調整。首先利用回波頻率找出各仰角及各方位角受到部分遮蔽效應的位置製作一個遮罩。在遮罩外的地方視為受部分遮蔽影響的區

域。接下來進行非大氣資訊的濾除，利用 $\rho_{hv}>0.9$ 的門檻濾除地形及非氣象資訊。第三是對Pdp反折疊，再利用滑動平均去除 δ 效應並獲取Kdp。第三是系統偏移校正（system bias），先利用大範圍層狀降水的低回波資料獲得Zdr系統偏移量，再利用Zh、Kdp、Zdr的三參數關係式（Scarchilli et. al, 1996）獲得Zh及Zdr的系統偏移量。最後衰減校正，利用Self-Consistency法（Bringi, et al., 2001）估計Z之偏差量，而當有濕天線罩效應發生時，其所求之值將包含了Z偏差量以及濕天線罩效應所致的能量衰減量(Attenuation of Wet Radome Effect, WRE Att.)，以Z差異量(Zdiff)示之。

參考（陳，2016）的作法，先將雷達觀測且經衰減修正的 Z_{obs}^{Att} 計算出對應的 K'_{dp} 。此處是利用兩滴譜儀觀測資料經散射模擬求得偏極化參數後的Kdp-Z關係式($K_{dp} = aZ^b$)所得。接下來將 K'_{dp} 沿波束方向對距離積分可得 Φ'_{dp} 增量($\Delta\Phi'_{dp}$)，再與雷達觀測的 Φ_{dp} 增量($\Delta\Phi_{dp}$)比較可求得Zdiff。 Φ_{dp} 增量、 Φ'_{dp} 增量及Zdiff公式整理如下。整體雷達資料品管流程可以圖4表示。

$$\Delta\Phi_{dp} = 2 \int K_{dp} dr = 2 \int aZ^b dr$$

$$\Delta\Phi'_{dp} = 2 \int K'_{dp} dr = 2 \int aZ_{obs}^{Att^b} dr$$

$$Z_{diff}(dB) = 10 \log(Z_{obs}^{Att}) - 10 \log(Z)$$

$$= 10 * \frac{1}{b} * \log\left(\frac{\Delta\Phi'_{dp}}{\Delta\Phi_{dp}}\right)$$



圖4.雷達資料品管處理流程

四、 濕天線罩效應初步結果

圖5是計算所得 Φ'_{dp} 增量與雷達觀測 Φ_{dp} 增量的比較，橫軸是 Φ_{dp} 增量，縱軸是 Φ'_{dp} 增量。由於每6分鐘就有一筆觀測資料，故資料量相當多，但大部分的結果都與圖5顯示的類似， Φ_{dp} 增量低估相當多。圖6則是的Zdiff方位角平均值的時序圖，可以看出Zdiff在各時間的值都相當大。若此值為正確，則表示濕天線罩效應的衰減量很大，對我們正常的觀測影響很大。

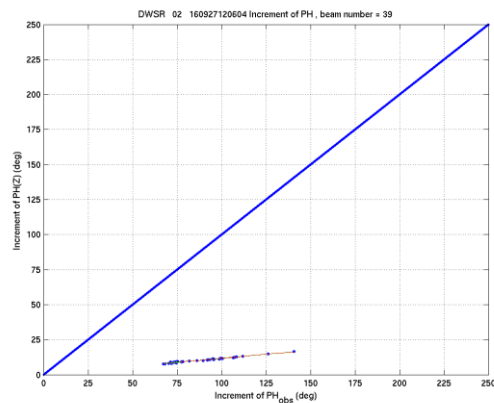


圖5.9月27日2006LST，2.4度仰角，第39beam， Φ_{dp} 增量與 Φ'_{dp} 增量比較圖

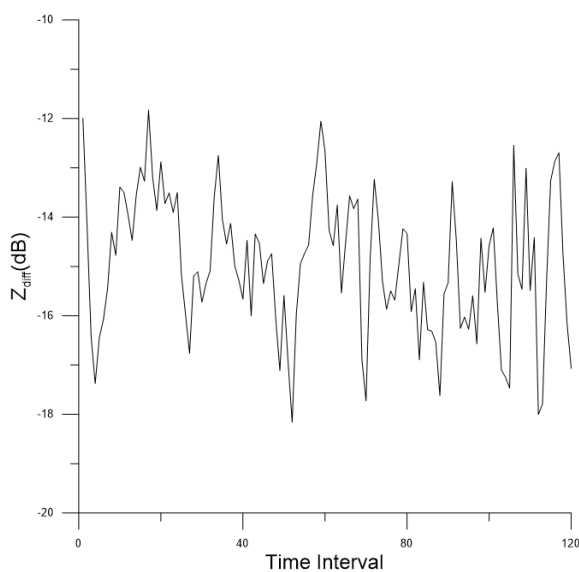


圖6.9月27日日2000LST至9月28日0800LST，Zdiff變化時序圖

圖7及圖8是9月27日2006LST及2012LST濕天線罩效應影響前後時間的回波圖。圖9及圖10則是各自經過衰減校正後的回波圖，可以看出圖中的回波有校正過度的情況。

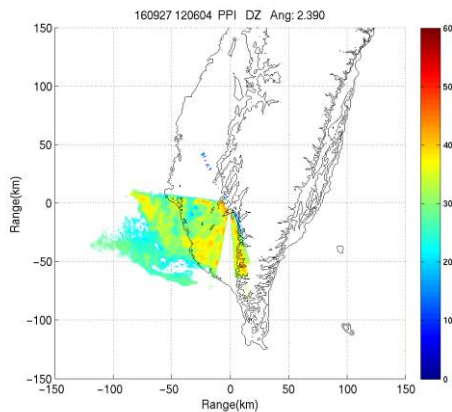


圖7.9月27日2006LST，2.4度仰角原始回波圖

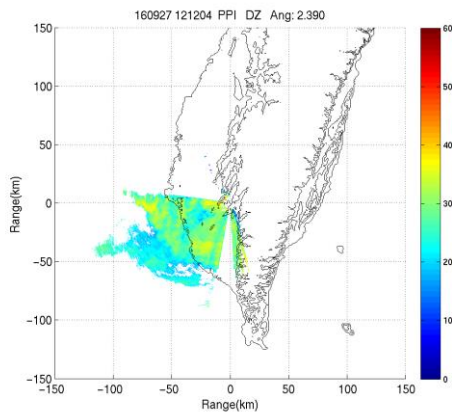


圖8. 9月27日2012LST，2.4度仰角原始回波圖

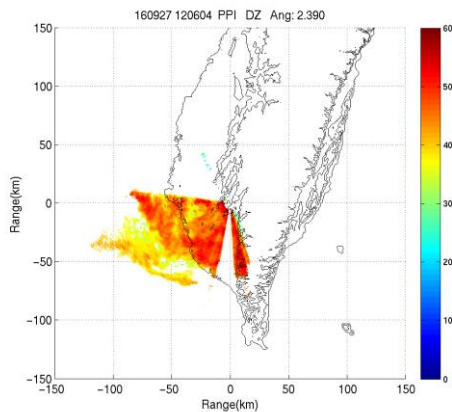


圖9. 9月27日2006LST，2.4度仰角Zdiff校正回波圖

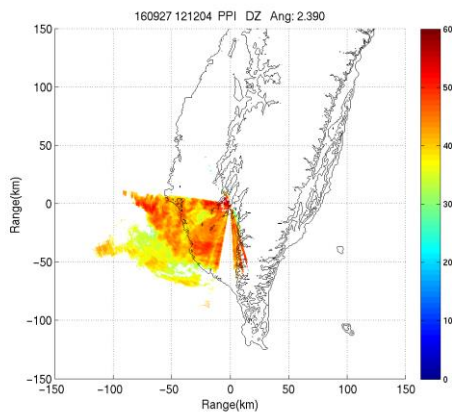


圖10. 9月27日2012LST，2.4度仰角Zdiff校正回波圖

五、 小結

由初步結果可以發現，若所求得的Zdiff為正確，則表示TPRR雷達的濕天線罩效應達到了一個不合理的程度。依據中央大學雷達實驗室對於中央大學

雷達的測試發現，其濕天線罩效應大約只有目前初步結果的1/2以下。因此，我們必須要再檢驗計算流程，包含雨滴譜儀資料射模擬的結果。同時也還需要多測試其他的個案，以驗證初步結果的數值是否正確。

濕天線罩效應影響對回波場的資料品質，間接影響到雷達估算降雨的應用，因此若能夠推估出其影響值，將可使雷達估算降雨更為準確。

六、 參考文獻

陳如瑜，2016：S與C波段雙偏極化雷達參數定量降雨估計之探討，74pp。中央大學大氣物理研究所碩士論文。

紀博庭、陳台琦、呂崇華，2007：雙偏極化雷達觀測參數反求雨滴粒徑分佈以及降水估計，21-41，大氣科學期刊。

Brangi V. N., T.D. Keenan, and V. Chandrasekar, 2001: Correcting C-band radar reflectivity and differential reflectivity data for rain attenuation: a self-consistent method with constraints, IEEE Trans Geosci Remote Sens., 39, 1906-1905.

Brandes, E. A., Zhang, G., and Vivekanandan, J., 2002: Experiments in rainfall estimation with polarimetric radar in a subtropical environment, J. Appl. Meteorol., 41, 674-685.

Scarchilli G., E. Gorgucci, V. Chandrasekar, and A.Dobaie,1996: Self-Consistency of Polarization Diversity Measurement of Rainfall. IEEE Trans., vol. 34, 22-26.

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.