

台灣北部地區層狀與對流型態降水的雨滴粒徑分布特性

毛又玉 林沛練

國立中央大學 大氣物理研究所

摘 要

層狀與對流降水的垂直結構與形成原因不同，造成不同的雨滴粒徑分布特性，同時也對雲模式的參數化有影響。雨滴粒徑分布可決定回波強度、降雨率、液態水含量等降雨積分參數，因此研究雨滴粒徑的分布能對降水特性有更多的了解。本研究使用位於中央大學的光學式雨滴譜儀，及五個撞擊式雨滴譜儀（中央、石門、翡翠、南港、霞雲），分析 2005-2006 年大雨個案的雨滴粒徑分布特性。

分類方法使用 Toka and Short (1996) 的 N_0 -R 關係式去區分層狀與對流降水。研究結果顯示，經過標準化後的雨滴粒徑分布能明顯的看出層狀與對流降水的差異，層狀降水的雨滴粒徑分布較接近指數型態，在小雨滴的數量比較多；對流降水在小雨滴數量的部份則減少許多。而分析颱風與梅雨個案發現，颱風個案在層狀與對流降水的 N_w 值分佈較廣，兩者差異大；梅雨個案則相反，在層狀與對流降水的 N_w 值分佈較窄，兩者差異也較小。比較使用雨滴譜分類後的雷達回波垂直剖面，層狀的回波有亮帶特徵，對流的回波則隨著高度減少而有增加的現象。將各站的層狀與對流降水的 N_w - D_m 關係與 Brungi et al. (2003) 做的分類相比較，發現台灣北部地區的對流降水分布在海洋性對流與層狀降水之間，層狀降水與國外的層狀分布相比， N_w 與 D_m 的值都偏小。

一、前言

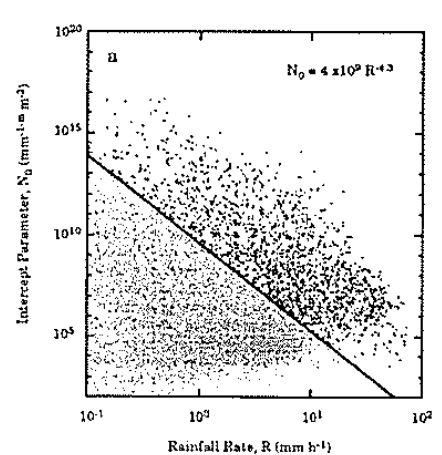
過去的研究中，Tokay and Short (1996) 將降水分為層狀與對流兩種形式，由於層狀降水在溶解層上方為聚合作用的關係，雨滴粒徑分布比對流降水有更多的大雨滴。另外也指出當降水回波高於 40dBZ 時，幾乎皆為對流性降水。而 Maki et al. (2001) 研究通過澳洲達爾文的熱帶大陸型颱風線，發現對流區雨滴粒徑分布較接近 gamma 分布，而層狀降水的雨滴粒徑分布則接近指數型態。

在雨滴濃度的比較上，Waldvogel (1974) 指出，當降雨型態由對流轉變為層狀的瞬間， N_0 會有突然的減少，即 N_0 jump，此時回波也開始有亮帶現，反之亦然。Testud et al. (2001)、Illingworth and Blackman (2002)、Brungi et al. (2003) 則認為滴粒徑標準化後其分布比較穩定，且使用標準化的 N_w 比 N_0 更具有物理意義。

目前國內相關的研究已有張(2002)針對颱風個案，林(2004)、蔣(2005)、吳(2006)、簡(2006)研究不同季節的雨滴粒徑分布特性、探討季節及不同降水型態，許(2005)比較撞擊式及光學式雨滴譜儀觀測的差異。

由於層狀與對流降水的垂直結構與形成原因不同，造成不同的雨滴粒徑分布特性，同時也對雲模式的參數化有影響。且雨滴粒徑分布可決定回波強度、降雨率、液態水含量等降雨積分參數。因此本

研究著重於探討台灣北部地區層狀與對流降水型態的雨滴粒徑分布特性，以及兩種降水型態的降水估計。



圖一：摘自 Toka and Short (1996)，圖為 N_0 與 R 的散佈圖，深色點為對流，淺色為層狀，分界線為 $N_0 = 4 \times 10^9 R^{-4.3}$ 。

二、資料來源及方法

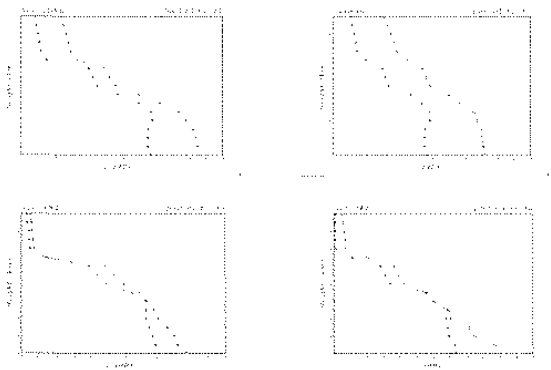
本文使用撞擊式雨滴譜儀(JWD)及光學式雨滴譜儀(2DVD)2005-2006 年的大雨事件。撞擊式雨滴

譜儀分別放置於中央大學、石門水庫、霞雲、翡翠水庫、南港中研院，光學式雨滴譜儀則位於中央大學。另外也配合氣象局五分山雷達資料做分析。分類層狀及對流降水的方法是使用Tokay and Short (1996)的 N_0-R 的經驗式分類，如圖一所示。

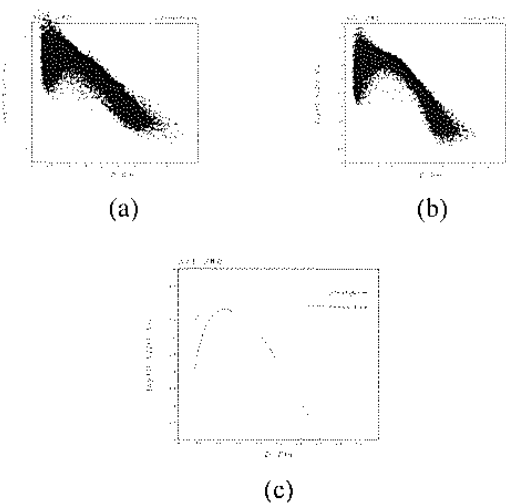
三、結果與討論

使用 N_0-R 經驗式對降水的分類與雷達回波比對有不錯的結果，分類為層狀降水的回波平均有亮帶特徵，對流回波則隨著高度減少而有增加的現象(圖二)。但在分類變化頻率很高時通常則為對流降水。

將雨滴粒徑分布做標準化後，圖三(a)為層狀降水的 $N(D)/N_w-D/D_m$ 分布，圖三(b)為對流，可以看出兩者的分布有明顯不同，圖三(c)為使用層狀與對流降水出現頻率最高的 μ 值算出的標準化後的DSD曲線，可更清楚看出層狀與對流降水雨滴粒徑分布的差異，層狀降水的雨滴粒徑分布範圍較對流廣，小雨滴的數量比較多。

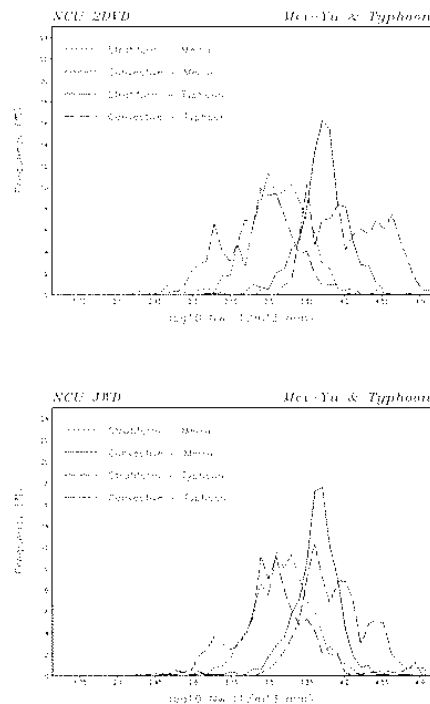


圖二：分類後的回波平均，綠色線為層狀，紅色線為對流。



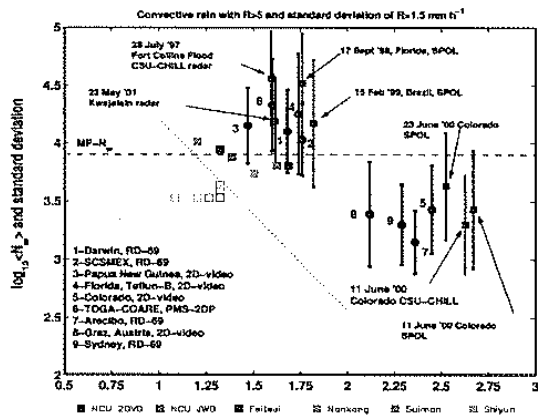
圖三：標準化後的雨滴粒徑分布

分析 N_w 與層狀與對流降水的關係，發現當降水型態改變時， N_w 也會有突然的增加或減少，與Waldvogel (1974)的 N_0 jump有類似的現象。圖四為比較颱風與梅雨個案的 N_w 分布，圖中實線部份為梅雨個案的 N_w 分布頻率，深色線為對流降水，淺色線為層狀降水，梅雨季 N_w 值的分布有很明顯的峰值，且分布範圍較集中。颱風季的 N_w 為虛線的部分，與梅雨季相比 N_w 的峰值就較不明顯，且分布範圍較寬，即變化較大。

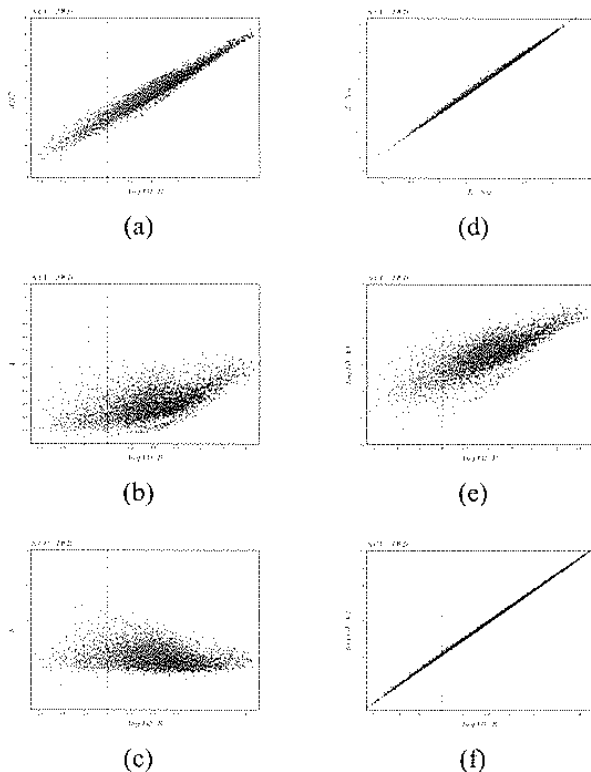


圖四：颱風季與梅雨季層狀與對流降水的 N_w 分布頻率

比較層狀與對流降水的 D_m 與 N_w 分布與Bringi et al. (2003)的結果(圖五)，其中標出的 D_m 、 N_w 值為各站所有大雨事件中出現頻率最高的值。台灣北部六個站的對流降水平均粒徑 D_m 皆比國外的對流降水分類要小，但比層狀降水的粒徑稍大一點。台灣北部地區的 N_w 值則偏大，與海洋性對流的 N_w 值接近。在層狀降水的部份，台灣北部地區的平均粒徑 D_m 比國外的粒徑小，尤其是霞雲站，平均粒徑只有1.08mm。綜合以上的結果，發現台灣北部地區的對流降水分布在Bringi et al. (2003)所分類的海洋性對流降水與層狀降水之間，層狀則比國外分類出來的層狀降水偏右一點，即平均粒徑較小。



圖五：圖為Bringi et al. (2003)的分類，右上為海洋性對流，右下為大陸性對流，虛線部分為層狀。彩色實心方形為各站分類出的對流，空心方型為層狀。



圖六

比較層狀與對流降水的Z-R關係，層狀與對流降水在Z-R的分布有明顯的區分(圖六(a))，Z-R關係式中的係數A與降雨率R的關係如圖六(b)，指數b與R的關係如圖六(c)，皆有明顯的區分。若將Z、R標準化，公式如下

$$\frac{Z}{N_w} = A1 \times \left(\frac{R}{N_w} \right)^{7/4.67}$$

則兩者的關係如圖六(d)，幾乎呈一直線，此時的指數為常數，係數A與R的關係如圖六(c)，也能明顯區分層狀與對流降水。最後再將標準化後的Z-R改寫為Z=ARb的形式，形式如下

$$Z = A2 \times N_w^{1-7/4.67} R^{7/4.67}$$

如此轉變後係數A2與R的關係會如圖六(f)所示，分布集中在一條線上。

四、結論與展望

使用 N_w -R經驗式對降水的分類與雷達回波比對有不錯的結果。經過標準化後層狀降水的雨滴粒徑分布範圍較廣，在小雨滴的部份層狀降水比對流降水的數量多。 N_w 在降水型態轉變時也有突然的變化，而梅雨季的 N_w 值的分布較颱風季的 N_w 分布集中。將北部各站大雨事件中，層狀與對流降水的 D_m - N_w 分布與Bringi et al. (2003)的結果做比較，台灣北部的層狀降水比國外的層狀分布的 D_m 偏小，對流降水則界於海洋性對流與層狀降水之間。

不同降雨型態有不同的雨滴粒徑分布特性，而雷達所觀測的定點的垂直結構的特性能幫助分析降水型態，未來若能增加利用剖風儀的觀測，則能對降雨型態的垂直結構有更深的了解。另外若能配合偏極化雷達則可得到更多雨滴粒徑分布的資訊，對降雨的估計能有更好的結果。

五、參考文獻

- 吳舜華，2006：利用雨滴譜儀分析不同降水系統之微物理特性研究，國立中央大學碩士論文，100頁。
- 林位總，2002：利用二維雨滴譜儀研究雨滴譜特性，國立中央大學碩士論文，89頁。
- 張偉裕，2002：利用雨滴譜儀分析雨滴粒徑分布(納利颱風個案)，國立中央大學碩士論文，95頁。
- 許玉金，2005：台灣北部地區雨滴粒徑分布特性與降雨估計之探討，國立中央大學碩士論文，89頁。
- 蔣孟良，2005：利用雨滴譜儀分析不同降雨系統之雨滴粒徑分布，文化大學碩士論文，89頁。
- 簡巧菱，2006：台灣北部地區不同季節以及不同降水型態的雨滴粒徑分布特性，國立中央大學碩士論文，119頁。
- Bringi, V. N., V. Chandrasekar, J. Hubbert, E. Gorgucci, W. L. Randeu, and M. Schoenhuber, 2003: Raindrop size distribution in different climatic regime from disdrometer and dual-polarized radar analysis. *J. Atmos. Sci.*, **60**, 354-365.

Maki, M., T. D. Keenan, Y. Sasaki, and K. Nakamura, 2001: Characteristics of the raindrop size distribution in tropical continental squall lines observed in Darwin, Australia. *J. Appl. Meteor.*, **40**, 1939-1412.

Marshall, J. S., and W. McK. Palmer, 1948: The distribution of raindrops with size. *J. Meteor.*, **5**, 165-166.

Tokay A., and D. A. Short, 1996: Evidence from tropical raindrop spectra of the origin of rain from stratiform versus convective clouds. *J. Appl. Meteor.*, **35**, 355-371.

Ulbrich, C. W, 1983: Natural variations in the analytical form of the raindrop size distribution. *J. Climate Appl. Meteor.*, **22**, 1764-1775.

Waldvogel, A., 1974: The N_0 jump of raindrop spectra. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1067-1078.