

# 雷達資料對颱風降水客觀預報之應用

李金萬

民用航空局飛航服務總台台北航空氣象中心

## 摘 要

本研究選取亞力士(1987)、歐菲莉(1999)、楊希(1990)、愛麗(1991)、葛拉絲(1994)、賀伯(1996)以及瑞伯(1998)等七個伴隨豪大雨之侵台颱風個案,使用中正機場C波段都卜勒氣象雷達觀測的回波強度資料,與中央氣象局所屬台灣東北角、淡水河流域以及桃、竹等北部地區的自動雨量站觀測之逐時雨量資料;分別應用三種簡單Z-R關係式估算降雨量,及採用徐昇氏法的精神計算地面面積雨量,比較估計的與觀測的雨量值之相關,以得出利用雷達觀測資料客觀預報颱風降雨量的可行性。

結果顯示應用連續性降雨之  $Z=a*R^{**}b$  關係式,求得估計雷達觀測雨量值,可獲得較佳的颱風降雨預報;即經由110次時間,比較該估計雨量值與面積雨量值,以連續性降雨系統具有較佳的相關值。特別是當地面面積雨量發生時雨量大於或等於50 mm時,採用 $a=200$ ,  $b=1.6$ 之Z-R關係式計算估計雨量,再乘上27.9,獲得之降雨量值,相當接近觀測之面積雨量,可作為颱風豪大雨量之客觀預報應用參考。

本研究結果,僅針對使用中正機場都卜勒氣象雷達,進行台灣北部地區颱風降雨量預報應用。其他不同地區,不同雷達系統,或不同降水系統之降雨量估計或預報,不一定可比照適用。

關鍵詞:豪大雨、Z-R關係式、徐昇氏法。

## 一、前言

台灣地區地形陡峻,河川短促,每年颱風季節遇豪、大雨則常引發洪水或土石流成災,造成嚴重的農、漁、工業及社會的損失。誘發該類豪、大雨之中尺度對流天氣系統,經常不為傳統氣象觀測系統所能掌握,必需依賴雷達、衛星、中尺度觀測網.....等具有高密度的空間及時間觀測。氣象雷達資訊定性上可即時有效監測和掌握颱風系統中,造成強烈降水之中尺度對流天氣系統;定量上若進一步發展客觀預報颱風降雨量,並適時發布豪、大雨警報,可以彌補傳統觀測之不足和減少水患之損失。中正國際機場於民國76年5月架用一套C波段都卜勒氣象雷達,持續運作至今,已累積可觀寶貴的颱風個案資料及經驗。該雷達觀測範圍有效涵蓋台灣中北部地區,可充分即時掌握該區內中央山脈以西之颱風和其它中、小尺度天氣系統。

使用中正機場雷達資料,應用不同的Z-R關係式,可迅速計算求得台灣北部之估計雨量。惟雷達回波強度估計降雨量差異的影響因素,除了理論上受雨滴大小分布的差異而有不同的回波強度外,冰雹和溶雪(或亮帶)將加強雷達之回波強度,雷暴雨

下爆氣流則會減弱雷達回波強度;而低層大氣相對濕度相當乾燥時可蒸發水滴以減少降水,相對地低層大氣相對濕度已經相當潮濕時可增加降水等,均會造成估計降雨量與地面雨量觀測值間產生不同相關的結果。經驗上,夏季時當颱風侵襲台灣地區時,均因具有熱帶稟性的不穩定大氣,連續性強烈降雨而造成災害,這種降水亦經常伴隨地面水平強風,惟鮮有冰雹或雪的觀測;同時此期間台灣北部的低層大氣之相對濕度的變化不大,一般為中等程度。因此,利用雷達回波強度估計本區颱風豪大雨的降雨量的誤差,可能係以雨滴大小分布差異和下爆氣流為主要的影響因素,實際作業上不需要再以細分類不同颱風天氣型態而可獲得有效的改善。另外,利用地面單站觀測雨量值連續調整雷達估計降水量,由於水平強風的平移誤差影響,可能會完全失去預報的意義。因此,本研究測試各種可行的計算Z-R關係式方法,分別求出研究區域之估計降水量;配合由地面觀測雨量求算較精確的面積雨量值[徐昇氏法(Thieessen polygons method)]之校驗,降低單站校驗之誤差,以確定一組或多組作業應用之雷達客觀預報颱風降雨量的預報式。

## 二、 使用資料與研究方法

本文選取亞力士(1987)、歐菲莉(1990)、之估計降雨量，再求取全區域平均估計降雨量值。徐昇氏法計算台灣北部地區之面積雨量，則使用中央氣象局所屬之自動雨量與遙測系統楊希(1990)、愛麗(1991)、葛拉絲(1994)賀伯(1996)以及瑞伯颱風(1998)等七個侵台颱風，應用  $Z=a \cdot R^{**b}$  關係式及徐昇氏法，分別計算雷達估計雨量及地面觀測面積雨量。雷達估計雨量包括測試連續性降雨系統(使用  $a=200$ ， $b=1.6$ )、陣性對流降雨系統(使用  $a=800$ ， $b=1.6$ )、陣性雷暴降雨系統(使用  $a=486$ ， $b=1.37$ )等三種不同方程之估計雨量。該估計之降雨量計算，係選擇以雷達為中心劃分成  $1\text{km} \times 1\text{km}$  面積網格的最強回波值，分別計算該網格測站(氣象站)觀測的雨量，即淡水河流域的公館、五股、瑞芳、新莊、南勢角、石碇、火燒寮、木柵、大溪、下盆等 10 個雨量站及山佳、屈尺、桶後等 3 個氣象站；桃、竹地區的林口、桃園、水尾、中壢、八德、楊梅、湖口、新埔、新竹、關西、烏嘴山、峨眉、白蘭、大閣南等 14 個雨量站及新屋 1 個氣象站；東北角地區的富貴角、鼻頭角、大坪、五指山、福隆、雙溪、三和、金山等 8 個氣象站；並考量研究區域的幾何形狀與地形分布，選取富貴角、福隆、公館、下盆、湖口以及白蘭等六站，作為相鄰的測站並連接成五個三角形(如圖一)，且作出各三角形重心的連線，再將研究區域分割成面積大小不同的五個區域；各區面積大小即作為計算面積雨量之面積(權重)因子，由北而南分別賦予一至五的區名，其中第一區包括富貴角、三和、金山及大坪等四站；第二區包括鼻頭角、瑞芳、雙溪、福隆及火燒寮等五站；第三區包括五指山、五股、林口、新莊、公館、石碇、木柵、南勢角、桃園、山佳及屈尺等十一站；第四區包括中壢、新屋、水尾、楊梅、八德、湖口、新埔、新竹、關西、峨眉、梅花、大閣南及白蘭等十三站；第五區包括桶後、大溪、下盆及烏嘴山等四站。而一至五區經計算後其面積因子依序分別為：2.5、3.5、12.1、13.4 及 11.5。各區分別先以算術平均法求得該區平均雨量後，再以徐氏面積因子權重法，求出研究區域的面積雨量。

## 三、 個案分析結果

將上述七個颱風個案計110次時間，校驗利用雷達回波強度連續性降雨系統、陣性對流降雨系統以及陣性雷暴降雨系統之Z-R關係式分別估計之颱風雨量，與應用徐昇氏法求算同區域地面觀測之面積雨量，再比較雷達估計雨量值和觀測面積雨量值之比值；結果為不同Z-R關係式降雨系統之平均比值，依序分別為0.0928、0.0387及0.0552。顯示連續性降雨(0.0928)比較接近颱風之降雨特性，陣性雷暴降雨系統(0.0552)次之，陣性對流降雨系統(0.0387)比值最低。

另外，七個侵台颱風經再選擇時面積雨量大於等於50 mm 及100 mm兩種標準，分別計算連續性降雨系統雷達估計雨量值與地面觀測面積雨量值的平均比值，以進一步了解較大降雨強度時，該兩降雨量比值的變化情形。結果顯示雷達估計降雨量，對時面積雨量大於等於50 mm 及100 mm的平均比值幾乎相當；大於等於50 mm 之平均比值為0.0364，大於等於100 mm之平均比值為0.0353，兩者之平均為0.0359，差異非常小(見表一)，即約為面積雨量之 $1/27.9$ ( $1/0.0359=27.9$ )。

## 四、 討論

本研究共選擇七個颱風個案(亞力士、歐菲莉、楊希、愛麗、葛拉絲、賀伯及瑞伯)，計算雷達回波強度估計降雨量與地面觀測面積雨量值及兩者間的比值。使用雷達回波估算之降雨量，分別選取連續性降雨系統、陣性對流降雨系統、陣性雷暴降雨系統等特性，應用不同Z-R關係式計算。面積雨量則參考徐昇氏之方法，考量研究區域的地形分布與幾何形狀，把研究區域劃分為五個不同面積大小的分區(由北而南依序賦予I、II、III、IV、V區)，先以算術平均法計算各分區的平均雨量，再求得各分區所佔的面積比例，作為計算全區面積雨量的權重因子(I至V區分別為2.5、3.5、12.5、13.4及11.5)。

比較雷達估計颱風降雨量值與地面觀測面積雨量值，以連續性降雨系統所得估計雨量的比值為最高，平均約為0.0928；陣性雷暴降雨系統所得估計雨量的比值次之，平均約為0.0552；陣性對流降雨系統所得估計雨量的比值為最低，平均約為0.0387。顯示颱風降雨系統，以一般傳統理論觀點推論，均認為具有熱帶地區大氣稟性之旺盛對流發

展與隱涵豐沛水氣，若未經統計分析，直覺上逕以陣性雷暴雨或對流降雨型態之Z-R關係式，求算估計降雨量，可能造成較大的誤差，而降低預報效率。另外，分析七個侵台颱風之面積雨量分布情形，各個案各時間的雨量變化並不十分一致，經再選擇時面積雨量大於等於50 mm 及100 mm兩種標準，分別計算連續性降雨系統雷達估計雨量值與地面觀測面積雨量值的平均比值，以進一步了解較大降雨強度時，該兩降雨量比值的變化情形。結果顯示雷達估計降雨量，對時面積雨量大於等於50 mm 及100 mm的平均比值幾乎相當；大於等於50 mm 之平均比值為0.0364，大於等於100 mm之平均比值為0.0353，兩者之平均為0.0359，差異非常小（表一），即約為面積雨量之1/27.9（ $1/0.0359 = 27.9$ ）。且颱風個案之間的平均比值變化，其中僅有亞力士颱風的比值偏大些（分別為0.0538及0.0620）及瑞伯颱風的比值偏小些（分別為0.0175及0.0159），有一點小差異，其餘各颱風的比值則約略相當。這種結果似可解釋為，波長為5.6 cm的雷達，雖然對濕的天線罩和不同降水強度衰減影響具敏感性，可嚴重低估豪、大雨回波強度與降雨量；惟時雨量大於等於50 mm 或100 mm的強烈降雨情況下，雷達回波衰減和雨量低估影響，可能已趨於較穩定狀態，且不太敏感了，致上述時雨量大於等於50 mm雨量值的比值，與大於等於100 mm雨量值的比值，兩者間的差異小到幾乎可以忽略。雖然各個作業化雷達之回波訊號於前置處理時已經考慮大氣氣體衰減訂正和目標物與雷達間降水衰減訂正；惟實際觀測時，對波長約為5.6 cm與波長為10 cm的雷達，其回波對降水和濕的天線罩衰減影響具有不同的敏感性，造成低估豪、大雨之回波強度亦有不同的結果。因此應用雷達觀測資料以估計降雨量，必須依不同雷達、不同地區、不同降雨特性，經統計分析實測資料後，才能得出一套比較可靠正確的預報方法，並非直接引入國內、外研究不同雷達資料或地方的結果或技術，即可達到目標。

## 五、 結論

綜合上述分析，得到初步結論如下：

(一)、經由應用中正機場 C 波段都卜勒雷達資料，計算台灣北部地區七個侵台颱風個案之估計降雨量，與使用中央氣象局淡水河

流域、東北角地區及桃、竹地區自動雨量站和氣象遙測站觀測的雨量資料，求算地表面積雨量。結果顯示均以連續性降雨之 Z-R 關係式計算所得估計雨量值，與面積雨量值之相關最高，似可作為台灣北部地區颱風降雨量客觀預報之應用。

- (二)、若以中正機場現行作業之都卜勒雷達資料，進行台灣北部地區颱風降雨量客觀預報，可採用  $a=200$ ， $b=1.6$  的  $Z=a \cdot R^{**b}$  關係式計算，得出的估計雨量值再乘上 27.9 倍，即可得到合理的預報面積雨量。
- (三)、由於雷達觀測資料估計之降雨量，受不同雷達系統性能、不同降雨強度、不同地形以及不同地區特性等影響，有相當的差異。因此，本研的究結果並不一定能適用於不同地方或不同雷達系統之降雨量估計或預報。本研究結果之準確率，仍有待未來颱風個案的進一步校驗評估。

## 誌 謝

本研究接受國科會 NSC87-2621-P 117-002 及 NSC88-2625-Z-117-001 的經費補助下完成，在此特別表示感謝之意。

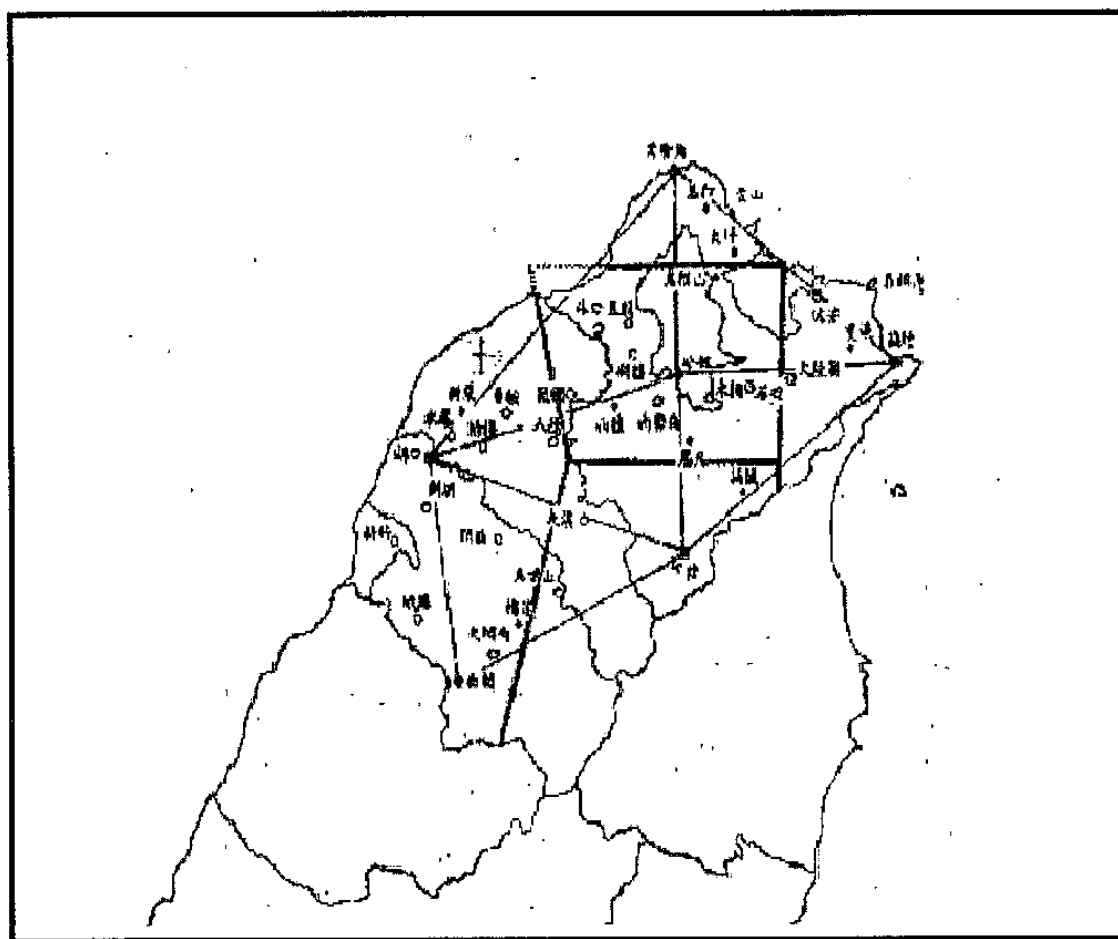
## 參考文獻

1. 李金萬，1987:新店溪上游颱風降水與洪水水位之研究。中國文化學院地學研究所氣象組碩士論文，62 頁。
2. \_\_\_\_\_，1998:侵台颱風降雨量客觀預報研究—都卜勒雷達資料之應用（I）。行政院國家科學委員會專題研究報告，98 頁。
3. \_\_\_\_\_，1999:侵台颱風降雨量客觀預報研究—都卜勒雷達資料之應用（II）。行政院國家科學委員會專題研究報告，44 頁。
4. 陳台琦，1988:雷達在短期預報應用之發展。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，P3-12。
5. Austin, P. M., 1987: Relation between Measured Radar Reflectivity and Surface Rainfall. Mon. Wea. Rev., 115, 1053-1071.

6. Collier, C.G., 1986: Accuracy of rainfall estimates by radar, Part II : Comparison with rain-gauge network. *J. of Hydro.* 85, 225- 235.
7. Doviak, R. D., 1983: A Survey of Radar Rain Measurement Techniques. *J. of Climate and Appl. Meteor.*, 22, 832-849.
8. Willson, J. W., and E. A. Brands, 1979: Radar Measurement of rainfall. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 60, 1048- 058.

表一、亞力士(1987)、歐菲莉(1990)、楊希(1990)、愛麗(1991)、葛拉絲(1994)、賀伯(1996)以及瑞伯(1998)等七個侵台颱風，地面觀測時面積雨量大於等於 50mm 及 100mm 時，使用連續性降雨系統 Z-R 關係式，估計雷達觀測之降雨量，比較使用地面觀測計算之面積雨量之平均比值。

颱風 面積 雨量 (mm)	亞力士	歐菲莉	楊希	愛麗	葛拉絲	賀伯	瑞伯	平均	備註
≥ 50	0.0538	0.0421	0.0355	0.0330	0.0391	0.0335	0.0175	0.0364	
≥ 100	0.0620	0.0415	0.0351		0.0294	0.0279	0.0159	0.0353	愛麗颱風雨量均未超過 100 mm
平均								0.359	



圖一、台灣東北部、淡水河流域及桃、竹地區氣象站與雨量站之分布和應用徐昇氏法求算面積雨量之五個不同面積(權重)因子示意圖。細實線為考量研究區域之幾何形狀與地形分布，選擇富貴角、福隆、公館、下盆、湖口及白蘭等 6 個為相鄰站，所連結而成的五個三角形；粗實線則為利用上述五個三角形再作出其重心之連線，而進一步區分出研究區域為五個不同的面積，即為計算面積雨量之面積(權重)因子。"十"表示中正機場都卜勒氣象雷達天線位置。

# **A Study of Objective Typhoon Rainfall Forecast by Radar Measurement: Comparison with Rain Gauge Data**

**Chin-Wan Lee**

**Civil Aeronautics Administration, Air Navigation and Weather Services,  
Taipei Aeronautical Meteorological Center**

## **ABSTRACT**

Comparisons of heavy rainfall estimated from CKS airport C-band Doppler weather radar data with measured from surface rain gauge observations on typhoon system over northern Taiwan area are analyzed by using 7-landfall typhoon cases-Alex, Ofelia, Yancy, Ellie, Gladys, Herb, and Zeb. The results of 110 comparisons that covered a wide variety of synoptic situations and rainfall patterns are presented and showed that an estimation of continuous rainfall from  $Z=aR^{**}b$  equation ( $a=200$  and  $b=1.6$ ) times a factor of 27.9 might be got reasonable heavy precipitation amount ( $\geq 50$  mm/ hr) over northern Taiwan area during typhoon season.

Due to the great sensitivity on estimation of rainfall amount for different radar systems, structure of rainstorms, and areas, the results are only pertinent for study area.

Keywords: Heavy rainfall, Z-R relation equation, Thiessen polygons method,