

QPESUMS資料於暴雨事件下即時水文分析 保護基準查核之應用

林福如¹ 鍾琬喬¹ 鄭思蘋² 簡昭群³ 馬家麟³

台灣水資源與農業研究院研究所¹ 台灣水資源與農業研究院資訊處²
經濟部水利署水文技術組³

摘要

台灣位於亞熱帶地區，氣候深受季風、颱風及洋流之影響，再加上坡陡流急的自然環境因素，使得每逢颱風所挾帶之強勁風勢與豐沛雨量，常引發下游地區嚴重的洪水災害，導致人民生命與社會經濟的損失。因此，有效利用氣象及水文資訊，做為減災及應變之用即顯得相當重要。集水區降雨空間分布與降雨量數值之大小，是水文分析過程中重要之資料內容，傳統上利用地面雨量站資料，再透過徐昇多邊形法、等雨量線法、算術平均法等方式來計算集水區平均降雨量，惟地面雨量站資料往往因降雨時間、空間分布不均，造成雨量的偏估而不具代表性。本文利用中央氣象局QPESUMS雷達估計降雨量，因雷達具網格式雨量且空間解析度高，空間變異代表性優於地面雨量站，因此應用雷達降雨網格式資料，利用不同的統計方法進行雨量推估，可掌握空間降雨分布不均問題。有助於計算防汛重點區位之空間降雨量及水文頻率分析結果，迅速掌握與精準研判防汛重點之水情。若暴雨釀致淹水災情時，亦可快速與水文設計保護基準比對並研判暴雨致災之水文成因。

關鍵字：雷達估計降雨、頻率分析、設計保護基準

一、前言

隨著近年來全球暖化、氣候變遷及都市化熱島效應等因素影響，使得都會區及其鄰近地區發生劇烈異常天氣之機率愈形升高，台灣在面臨降雨時間與空間不確定性增加之情況下，每年5、6月春夏交替之際，梅雨鋒面常帶來充沛水氣引致局部地區發生連續性豪大雨現象。此外，近年發生之暴雨事件，雖24小時降雨未超過設計暴雨量，然短延時(3~6小時)之集中降雨卻已超過保護標準之設計重現期造成逕流之洪峰流量超過設計標準，以致常造成淹水災害，如104年8月侵台之蘇迪勒颱風，在新北市鄰近郊區之烏來區及三峽區降下高強度與驚人之累積雨量；其中，新北市三峽區熊空山站1小時降雨強度超過100mm/hr；去(106)年601暴雨亦造成淡水、金山、基隆等近都會區短延時強降雨引致排洪系統全面癱瘓之嚴重淹水災情。

惟中央管河川水系之集水區規模與鄰近都會區之小型河川或區排對於集流反應時間上得不同，因而短延時強降雨所造成洪峰流量的衝擊程度亦不相同。傳統上利用地面雨量站資料，再透過徐昇多邊形法、等雨量線法、算術平均法等方式來計算集水區平均降雨量，惟地面雨量站資料往往因降雨時間、空間分布不均，造成雨量的偏估而不具代表性。故本文利用中央氣象局QPESUMS雷達估計降雨量，因雷達具網格式雨量且空間解析度高，空間變異代表性優於地面雨量站，若能應用雷達降雨進行雨量的推估可克服降雨空間分布不均問題，以便計算防汛重點區位之空間降雨量、流量及水文頻率分析結果，迅速掌握與精準研判防汛重點之水情。若暴雨釀致淹水災情時，快速與水文設計保護基準比對並研判暴雨致災之水文成因。

二、研究區域概述

本研究區域-橫溪流域位於三峽區東北隅，屬淡水河水系三峽河支流，上游分別為竹坑溪及竹崙溪兩大支流，其源流為竹坑溪，發源於南腳山西側(E.L.935公尺)，匯集東側流入的支流竹崙溪後，轉向西流至成福，始稱為橫溪，往西於橫溪地區注入三峽河，其流域面積約54平方公里，主流長度約12公里，主流平均坡降約1/200，全河段多屬峽谷地形，主流流經之處溪溝縱橫分布，水流湍急且河谷狹窄，河道易受水流沖蝕，進而造成河岸坡腳流失而崩坍。橫溪流域位置圖如圖 1 所示。

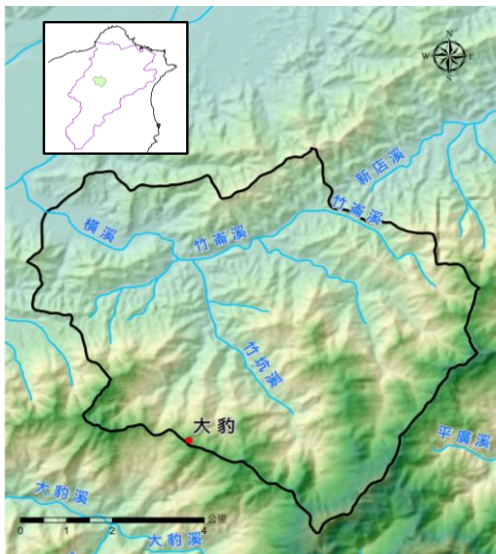


圖 1 橫溪流域位置圖

三、分析資料選用

本文蒐集2015年蘇迪勒颱風期間中央氣象局及經濟部水利署地面雨量站資料，與中央氣象局QPESUMS雷達估計降雨量，以提供雨量在時間空間整合之研究。

雷達降雨之優點在於空間解析度高，可瞭解整體空間降雨之分布狀況，經濟部水利署、中央氣象局、農委會水土保持局與美國劇烈風暴實驗室等單位於2002年共同合作發展結合地理資訊之劇烈天氣監測系統QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor)，其利用位於五分山、花蓮、七股及墾丁等四座都卜勒雷達與臺中清泉崗與澎湖馬公機場兩座雙偏級化雷達進行運作，相關位置如圖 2 所示。將雷達回波資料(如圖 3)與地面雨量站之即時觀測降雨資訊進行整合，提

供全台網格解析度為0.0125度x0.0125度(即1.3x1.3平方公里)之降雨量資訊。QPESUMS於2005年起每10分鐘提供一筆即時觀測資料與未來3小時之降雨預報資料。

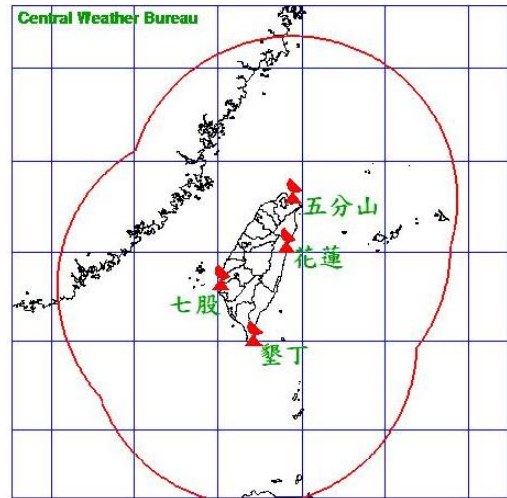


圖 2 雷達位置圖

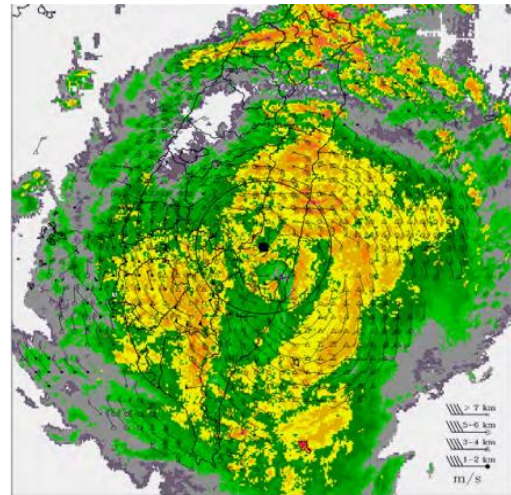


圖 3 雷達回波示意圖

四、分析方法

4.1 雨量設計保護基準

於河川治理規劃、區域劃定或流域綜合治理計畫之水文實務分析時，於小集水區常以一個雨量站做為區域降雨之代表，本研究以橫溪流域內水利署大豹雨量站為分析對象，參考水利署106年度檢討更新之Homer公式參數，採用對數皮爾遜第三型分布，應用降雨強度-延時Homer公式 $I_t = 712.855/(t + 1.84)^{0.508}$ ，分析區域排水常用之10年重現期保護標準，其中 I_t 為降雨延時 t 分鐘下之降雨強度(mm/hr)

4.2 集水區雷達降雨網格雨量推估

本研究取得實際颱風或豪雨事件之中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS)雷達降雨網格資料後，劃分出橫溪集水區範圍內之雷達降雨網格及做相關統計分析，就網格雨量之平均值、平均值加一個標準偏差、依統計四分位法概念取前25%大之平均值及最大值等4種方式，估計集水區降雨量，並與該集水區水文設計保護基準比對。其計算方式及步驟說明如下：

1. 取得颱風或豪雨事件之中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS)雷達降雨網格資料，並劃分出集水區之雷達降雨網格及做相關統計分析，區域範圍內之雷達降雨網格單元。
2. 將範圍內累積1hr、3hr、6hr、12hr及24hr等各延時之雷達降雨網格資料進行降雨空間分布之統計分析，各種降雨延時之雷達降雨網格數值如圖 4(a) 所示。
3. 判讀範圍內網格降雨之大小排序(由大至小 $x_{(1)} \geq x_{(2)} \geq x_{(3)} \geq \dots \geq x_{(n)}$)，各種降雨延時之雷達降雨網格數值大小排序如圖 4(b) 所示。
4. 就網格雨量之平均值、平均值加一個標準偏差、依統計四分位法概念取前25%大之平均值及最大值等4種方式，估計集水區降雨量，如圖 4(c) 所示。

55	42	55	93	98	92	89
48	51	54	57	81	91	96
69	51	51	74	84	99	91
66	48	46	72	59	96	96
41	57	43	69	91	95	95
41	52	48	46	76	93	85
42	51	55	91	87	83	93
43	41	64	71	75	95	83

(a) 雷達降雨網格分布

37	53	38	11	2	12	17
47	44	39	35	23	16	5
30	42	43	26	20	1	15
31	46	49	27	33	3	4
56	34	51	29	14	7	8
55	40	45	48	24	10	19
52	41	36	13	18	22	9
50	54	32	28	25	6	21

(b) 雷達降雨網格大小排序

37	53	38	11	2	12	17
47	44	39	35	23	16	5
30	42	43	26	20	1	15
31	46	49	27	33	3	4
56	34	51	29	14	7	8
55	40	45	48	24	10	19
52	41	36	13	18	22	9
50	54	32	28	25	6	21

(c) 篩選降雨排序前25%之網格

圖 4 鄰近雷達降雨網格資料分布及排序處理示意圖

五、分析結果說明

本文有別於以往以地面雨量站之觀測雨量作分析，採用雷達網格降雨資料，如圖 5 所示。經由不同統計方式如網格雨量之平均值、平均值加一個標準偏差、依統計四分位法概念取前25%大之平均值及最大值等4種方式估計橫溪集水區降雨時序，如表 1 所示。根據其繪製之降雨組體圖如圖 6 到圖 9 所示。並進一步應用以推估1、3、6、12、24小時累積降雨量與該集水區雨量設計保護基準比對，其分析結果如表 2 所示。

研究結果顯示，應用雷達降雨網格資料，利用不同的統計方法進行各延時雨量檢出結果，平均值及平均值加倍標準差兩方法的最大1小時檢出量未達重現期10年，而應用最大值方法，延時越長則有過度保守推估之虞。雷達降雨網格資料可在降雨空間及時間分布不均的情況下，提供不同統計方式之降雨資訊。若暴雨導致淹水災情時，可作為研判暴雨致災水文成因之參考。

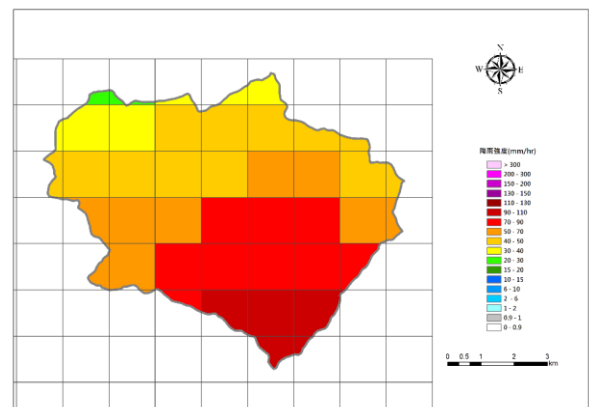


圖 5 QPESUMS雷達網格資料 (2015/08/08 6:00)

表 1 利用不同統計方法之雷達降雨序列資料

時間	平均值 (mm)	平均+1 標 準差 (mm)	前 25% 平 均 (mm)	最大值 (mm)
2015-08-07 10:00	3.51	7.16	8.61	9.25
2015-08-07 11:00	10.13	18.99	22.89	27.75
2015-08-07 12:00	6.36	14.79	19.64	26.5
2015-08-07 13:00	5.64	13.6	18.29	24.25
2015-08-07 14:00	4.24	9.22	12	17.5
2015-08-07 15:00	18.6	31.05	34.86	40
2015-08-07 16:00	8.3	17.41	21.79	28.75
2015-08-07 17:00	4.41	9.91	12.71	17.25
2015-08-07 18:00	8.32	19.36	25.5	33.25
2015-08-07 19:00	14.91	32.04	41.75	49
2015-08-07 20:00	16.18	26.51	27.93	29.5
2015-08-07 21:00	28.52	40.44	41.61	43.25
2015-08-07 22:00	23.44	32.71	35.89	42.5
2015-08-07 23:00	19.95	29.36	32.93	40.5
2015-08-08 00:00	24.83	36.1	40.29	45.5
2015-08-08 01:00	15.25	26.92	32.07	38
2015-08-08 02:00	29.36	35.88	37.82	46
2015-08-08 03:00	21.07	23.95	25.25	27.75
2015-08-08 04:00	27.29	32.06	33.57	45
2015-08-08 05:00	32.06	37.85	40.71	49.75
2015-08-08 06:00	64.86	86.29	93.71	105.25
2015-08-08 07:00	60.17	79.21	84.07	92
2015-08-08 08:00	59.41	71.7	74.82	80
2015-08-08 09:00	37.08	49.03	52.75	63
2015-08-08 10:00	29.41	33.18	34.68	37.75
2015-08-08 11:00	5	6.67	7.39	9.75
2015-08-08 12:00	1.09	1.92	2.21	2.75

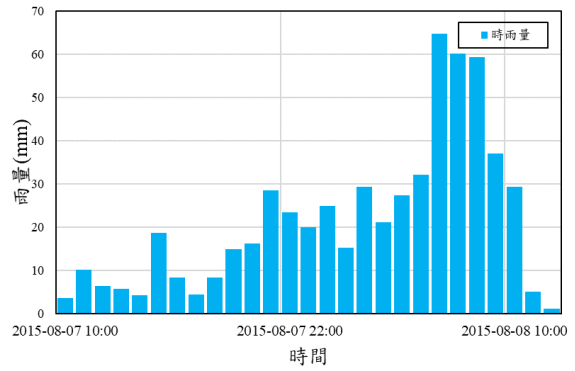


圖 6 QPESUMS雷達網格平均值降雨組體圖

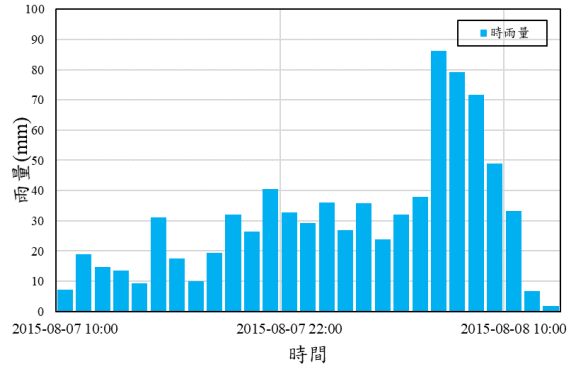


圖 7 QPESUMS雷達網格平均值加一個標準偏差降雨組體圖

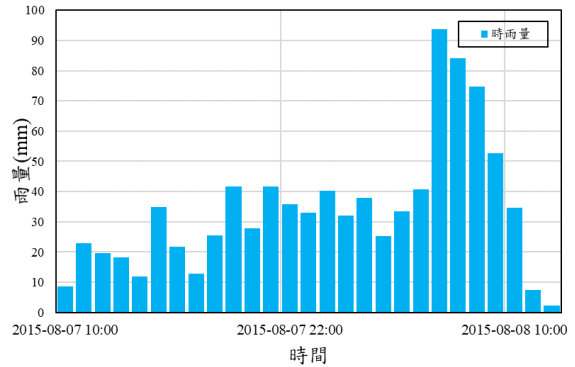


圖 8 QPESUMS雷達網格前25%大平均值降雨組體圖

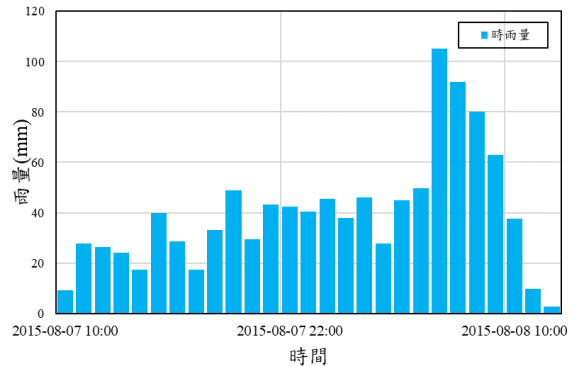


圖 9 QPESUMS雷達網格最大值降雨組體圖

表 2 不同統計方法之雷達降雨與地面雨量站各延時雨量檢出結果

單位：mm

類別	方法	1hr	3hr	6hr	12hr	24hr
雷達 降雨	最大值	105.3	277.3	435	675.3	1050
	前 25% 平均	93.7	252.6	380.7	583.9	897.5
	平均+1 個 標準偏差	86.3	237.2	357.3	541.5	807.6
	平均值	64.9	184.4	283	420.7	569.8
地面雨量站		103	262	415	538	846
重現期 10 年降雨量		87.7	152.1	214.5	302.1	425.1

六、結論

本文利用中央氣象局QPESUMS雷達估計降雨量，因雷達具網格式雨量且空間解析度高，空間變異代表性優於地面雨量站，因此應用雷達降雨網格式資料，利用不同的統計方法進行雨量推估，可掌握空間降雨分布不均問題。有助於計算防汛重點區位之空間降雨量及水文頻率分析結果，迅速掌握與精準研判防汛重點之水情。若暴雨釀致淹水災情時，亦可快速與水文設計保護基準比對並研判暴雨致災之水文成因。

參考文獻

1. 王鵬瑞、虞國興、鍾琬喬，2016，「水文綜合分析服務及作業平台之規劃與應用」，經濟部水利署。

2. 李志昕、洪景山，2014，「區域系集預報系統研究：系集成員產生方式之評估」，大氣科學，第42期，第2號，pp.153-179。

3. 蘇奕叡、洪景山、李志昕，2016，「系集機率擬合平均定量降水預報產品之特性分析」，大氣科學。

4. 虞國興、鄭思蘋、王鵬瑞、蘇利鵬，2015，「應用雷達降雨資料於即時洪水測預報整合模式之研究」，科技部整合型研究計畫成果報告。

5. 「雷達降雨應用於農業災害預警之可行性研究」，財團法人七星農田水利研究發展基金會，2017。

6. 「氣象遙測觀測-氣象衛星與氣象雷達」，中央氣象局，2015。

7. Improvement of rainfall and flood forecasts by blending ensemble NWP rainfall with radar prediction considering orographic rainfall, Journal of Hydrology, 2015.

8. Rodriguez-Iturbe, I., and Mejia, J. M., 1974."The design of rainfall networks in time and space."Water Resour. Res., 10,713-728.

9. Wang, P. J. and Wang, R. Y., "A generalized width function of fractal river network for the calculation of hydrologic responses," Fractals, 10(2), pp.157-171, 2002.

10. Wang, R. Y. and Wang, P. J., "A study on the generalized geomorphologic instantaneous unit hydrograph and its application to runoff estimation for an upland watershed," Proceeding of the Conference on Water Resour & Environ. Res., Vol. 1, Kyoto, Japan, 1996.