

颱風降雨預估氣候統計法整合流域洪流分析模式之研究

謝龍生¹、許銘熙²、李清勝³、連宛渝⁴、黃麗蓉⁴

1. 國家災害防救科技中心博士後研究員
2. 台大生物環境系統工程學系教授
3. 台大大氣科學學系教授
4. 國家災害防救科技中心專任研究人員

一、中文摘要

本研究之主要目的是研發一套流域早期空間洪流預警資訊系統，其係整合颱風降雨預估氣候統計模式及流域空間洪流分析模式，於颱風期間，可迅速利用此預估模式分析流域各重要控制點之河川洪水資訊，以提供河川洪水災情研判及因應對策之研擬。經以基隆河流域象神颱風及納莉颱風進行系統整合測試，氣候模式對於集水區雨量站未來降雨量有明顯低估情形，但仍能掌握降雨起伏變化趨勢，且進一步輸入流域空間洪流分析模式，仍可進行流域空間主要洪流來源趨勢之研判，在颱風期間早期預警應用上有其實用參考價值。關鍵字：早期空間洪流預警資訊系統、颱風降雨預估氣候統計模式、流域空間洪流分析模式。

Abstract

The purpose of this paper is to develop an early warning system of spatial flood information of basin, which integrated the typhoon rainfall Climatological prediction model and spatial flood information analysis model. In typhoon period, the system will speedily provide decision-making the flood warning information at important control points to proposal the flood protect strategy. To test the performance of the system, typhoon Xangsane and Nari impacted Keelung River were chose as study cases. The results showed that rainfall prediction of basin was underestimated, but the variance trend of precipitation can be control. Finally, the spatial flood information still can be regard as the important referred data for early warning application against typhoon.

Keywords: early warning system of

spatial flood information, Climatological model, spatial flood information analysis model

二、前言

2001年7月潭美颱風侵襲台灣南部，引發高雄市區空前的嚴重淹水，接踵而來的桃芝颱風則重創台灣中部，造成南投縣及花蓮縣慘重災情。2001年9月的納莉颱風更使得台北市多處地區遭洪水吞噬，甚至癱瘓地下鐵及捷運系統。一年內連續三場重大颱風，分別在台灣南部、中部及北部造成嚴重水患，足見洪災防治工作之迫切及重要性。

目前台灣各主要河川中僅淡水河及濁水溪流域已建置完成洪水預報系統，但這些流域洪水預報系統之主要功能僅於颱風侵襲階段進行集水區下游一些重要控制點未來幾小時之洪水位預報，而無法提供河川流域早期空間洪流預警資訊，使災害決策管理者事前預估此颱風事件於流域可能主要洪流來源核心，以進行流域防救災資源分配，並可針對主要洪流發生地區之防洪設施進行緊急應變措施，以降低可能造成之損失。基於此項需求，本研究之主要目的是研發一套流域早期空間洪流預警資訊系統，其係整合颱風降雨預估氣候統計模式及流域空間洪流分析模式，於颱風期間，可迅速利用此預估模式分析流域各重要控制點之河川洪水資訊，以提供河川洪水災情研判及因應對策之研擬。

三、理論簡介

統，因此首先將系統中之颱風降雨預估氣候統計法及流域空間洪流分析模式所應用之理論簡述如下：

3.1 颱風降雨預估氣候統計法

根據陳等(1992)的研究，颱風影響台灣期間，各地的降雨分佈主要由下列四個因素決定：(1)颱風結構 - 包括環流大小、眼牆和螺旋狀雲系特徵；(2)颱風移速；(3)環境氣流之特徵；以及(4)台灣地形。王等(1985)分析颱風期間之降雨特徵時則指出，颱風所導致台灣地區的豪雨(時雨量超過15公厘)主要有四種形式：(1)颱風環流輻合雨；(2)颱風環流內小尺度對流系統(如對流雨帶)；(3)地形雨(發生於地形迎風面)；(4)與東北季風的共伴環流雨。

在較長時間(0-24小時或0-48小時)之定量降雨預報技術方面，大致可分為氣候統計類比法和動力數值模式預報。其中，動力數值模式定量降雨預報著重在12-24小時以上的預報。在0-24小時之氣候統計法方面，其基本假設是：一地的降雨量乃受該地與颱風中心距離與方位的影響(吳與威，1973)；因此可以利用歷史颱風的路徑資料，配合各地之逐時雨量資料，製作各地的颱風降雨分佈圖；應用時則採預報之颱風路徑，配合該測站之降雨分佈圖，做颱風侵襲時該地之定量降雨預估。

3.2 流域空間洪流分析模式

對於流域空間洪流分析模式，考慮研究區域內河道蜿蜒、地形複雜、受水庫放水或分洪影響等之特性，因此乃選取具有物理理論基礎之半分布並聯型線性水庫降雨一逕流模式作為本研究之河川空間洪流分析模式，此模式為一擬似二維分布型水文模式，每一核胞分區能輸入不同降雨資訊以展現降雨於空間變異之特性，此模式曾應用台北防洪整體檢討計畫、淡水河整體洪水預報系統、基隆河治理方案之水理與水文評估及水災損失評估系統模式之建立，其分析結果均獲致良好之信賴度。茲將此水文模式之理論基礎簡述如下(Hsieh, 1999)：

假設一單位之有效降雨量瞬間均勻地落集水區上，如圖1所示，則其降雨在集水

區中遵循多條流路流達出口處。模式中可將每一流路中之各核胞之漫地流與河渠流視為不同之狀態(state)；且將每一流路比擬為由數個不同狀態所串聯而成，而每一狀態則係利用一線性水庫予以比擬。因此，每一流路之反應是由數個不同線性水庫串聯之結果，而該集水區出口處之反應乃是由所有流路之反應並聯線性所疊加而成，如圖2所示。

四、模式建立及整合應用

4.1 研究流域

本研究選取基隆河為研究示範區域，基隆河是台灣北部淡水河的三大支流之一，如圖3所示，主流長約為86公里，流域面積約為501平方公里，於社子關渡附近蜿蜒匯入淡水河。由於近年來基隆河兩岸及流域內土地過度開發利用，導致逕流增加，河道淤積，兩岸低窪地區常遭洪患，居民生命財產損失慘重。考量經濟成本可行的前提，優先推動員山子分洪計畫在搭配分洪後整體治理計畫方案的實施，有助於以相對較少成本大幅降低基隆河洪災風險。員山子分洪隧道建於台北縣瑞芳鎮，其以上之集水區面積約90平方公里，預定於93年10月完成，分洪工程內容以隧道工程及主流攔河堰為主；分洪原則以維持下游各標的用水及河川基本之流量310秒立方公尺外，其餘則分洪導入東海，設計最大排洪量1,310秒立方公尺。

4.2 模式之建立

1. 颱風降雨預估氣候統計法

本研究採用王等(1985)之平均法，利用1989-2001年中央氣象局颱風路徑資料，以及該期間中央氣象局所屬台灣地區氣象站(118站)、自動雨量站(222站)以及水利署第十河川局(8站)、北區水資源局(9站)、翡翠水庫管理局(6站)、南區水資源局(8站)等所屬雨量站，共計371個雨量站的逐時雨量資料，在東經118-126°、北緯19-27°的範圍內，每一個0.5x0.5°的網格中，求出歷年颱風經過該網格區域時，某一測站的時雨量平均值、最大值、最小值、標準偏差、時雨量大於15mm次數以及颱風過境該網格次數。進一步利用

Barnes客觀分析法 (Barnes, 1973)，將上述時雨量平均值資料內差到 $0.1 \times 0.1^\circ$ 的經緯度網格內，以得到一組空間分佈均勻的網格資料，用以預測未來的颱風降雨。實際應用時，首先必須找出颱風中心位置(根據中央氣象局預報之颱風定位)所在的網格，然後在某單一測站或流域的定量降雨預報圖上找到颱風於該網格位置時相對應的時雨量值，即為該測站或流域之降雨預估值，而累積雨量(如3、6、12、24小時)即為沿颱風路徑之逐時雨量累加。

2. 流域空間洪流分析模式

應用半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式模擬基隆河過去颱風事件之逕流量，並與瑞芳介壽橋及五堵兩流量站之逕流量比較分析。對於瑞芳介壽橋上游集水區之模擬結果，其平均效率係數為0.789，峰值誤差平均在1.0%之內，峰時誤差時刻除琳恩與席斯颱風事件外皆小於2小時，並選其代表圖示如圖4。而對於五堵至瑞芳介壽橋間集水區半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式模擬五堵至瑞芳介壽橋間集水區之模擬結果，選其代表圖示如圖5。其平均效率係數為0.863，峰值誤差平均在7.00%之內，峰時誤差時刻皆小於2小時。

本研究所建立之半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，經以集水區多場颱風事件加以檢定及驗證，從模擬結果可得知，水文逕流模式已能適度反應基隆河集水區降雨與逕流間之水文現象。因此，將以各颱風事件所檢定而得參數之平均值，配合基隆河流域各雨量站颱風降雨預估氣候統計法之輸出結果，輸入半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，以進行基隆河流域空間洪流資訊分析。

對於基隆河流域洪流資訊分析，本研究將首先研析於主河道及重要支流上各控制點之地文資料，配合集水區不同降雨條件設定，輸入所建立適用於基隆河流域之逕流模式，以進行流域空間洪流資訊分析。考慮員山子分洪工程存在之事實，因此在分析基隆河流域員山子下游各控制點之洪流資訊時，必須考慮員山子分洪之效應；另外由於基隆河於南湖大橋以下之河

段，兩岸設有高保護堤防，因此無法以水文模式進行河道逕流分析。

4.3 模式整合及應用

當颱風降雨預估氣候統計法及流域空間洪流分析模式分別建立完成後，進一步將兩模式整合成一套流域早期颱風降雨流域空間洪流預警資訊系統，此系統之應用流程分述如下：

1. 首先蒐集中央氣象局或鄰近國外颱風氣象監測站針對此颱風事件之長期路徑預報資料。
2. 利用所蒐集之路徑預報資料輸入颱風降雨預估氣候統計模式，以進行集水區內各雨量站未來整場颱風事件之逐時降雨量預報。
3. 將集水區各雨量站未來整場颱風事件之逐時降雨量預報結果輸入流域空間洪流分析模式進行流域空間洪流資訊分析。
4. 進行流域主要洪流來源之研判。

五、事件分析與討論

在基隆河流域早期颱風降雨流域空間洪流預警資訊系統建置過程中，本研究利用民國89年象神颱風及民國90年納莉颱風進行系統測試，測試結果及討論分述如下：

1. 象神颱風

圖6為象神颱風 (XANGSANE, 2000) 之實際路徑圖，本研究由於缺乏象神颱風之颱風路徑預報資料，因此乃假設圖6為象神颱風之路徑預報資料。當預報路徑颱風中心進入颱風降雨預估氣候統計模式範圍後(10月31日13時)，即開始進行基隆河流域內各雨量站整場颱風事件未來逐時之雨量預估，計有火燒寮、瑞芳、五堵、竹子湖及台北等五站，其預報結果與實際觀測之比較如表1及圖7所示，很明顯的，氣候模式對於各雨量站皆低估了象神颱風的雨量，但尚能掌握降雨高低起伏變化之趨勢。

利用集水區各雨量站未來整場颱風事件之逐時降雨量預報結果輸入流域空間洪流分析模式進行流域空間洪流資訊分析，其結果如表3及圖8所示，從表中可之象神颱風對基隆河流域可能之衝擊影響，其主要流域洪水來源集中於中游汐止、五堵間之支流，例如保長坑溪、鹿寮溪、內溝溪

及大坑溪，且下游雙溪、磺溪及磺港溪亦是另一主要洪流來源，因此對於這些支流下游低窪地區應進行防範措施。

2. 納莉颱風

與象神颱風相同假設，將納莉颱風之實際路徑圖假設為路徑預報資料，如圖9所示，當納莉颱風（NARI, 2001）自9月15日2時（即中央氣象局發佈海上陸上颱風警報後）開始進入颱風降雨預估氣候統計模式範圍後，即進行基隆河流域各雨量站整場颱風事件未來逐時之雨量預估，其預報結果與實際觀測之比較如表2及圖10所示，和象神颱風相同的是，氣候模式亦低估納莉颱風的雨量，而在降雨趨勢的掌握方面，納莉颱風分別在16日11時-17日12時及17日18時-18日10時出現兩次較大的降雨，但氣候模式只掌握到第一次的強降雨。

利用集水區各雨量站未來整場颱風事件之逐時降雨量預報結果輸入流域空間洪流分析模式進行流域空間洪流資訊分析，其結果如表3及圖11所示，從表中可之納莉颱風對基隆河流域可能之衝擊影響，其主要流域洪水來源集中於中游汐止、五堵間之支流，例如大武崙溪、保長坑溪、鹿寮溪、北港溪、八噠溪、內溝溪及大坑溪，且下游雙溪、磺溪及磺港溪亦是另一主要洪流來源，因此對於這些支流下游低窪地區應進行防範措施。

綜合言之，利用基隆河流域象神颱風及納莉颱風進行系統整合測試，利用氣候法預估象神及納莉兩個較為特殊個案之颱風降雨時，都會出現低估的現象。雖然氣候模式低估了此兩個颱風的降雨量，但其對於降雨趨勢的掌握則與實際觀測一致，且進一步輸入流域空間洪流分析模式，仍可作為流域空間主要洪流來源趨勢之研判，在颱風期間早期預警應用上有其實用參考價值。

六、結論

本研究所研發之流域早期颱風降雨流域空間洪流預警資訊系統，經以基隆河流域象神颱風及納莉颱風進行系統整合測試，已能初步提供流域主要洪流來源研判參考資訊，但此系統目前尚為雛型整合系

統，仍有許多模式誤差亟待克服，因此未來將以提升流域颱風降雨預報技術為主要研發重點，以能確實掌握流域空間早期洪流預警資訊。

七、參考文獻

1. Hsieh, Lung-sheng and Ru-yih Wang, 1998. Semi-Distributed Parallel-Type Linear Reservoir Rainfall-Runoff Model and Its Application in Taiwan, Journal of Hydrological Processes, Vol 13, Issue 8, pp.1247-1268, 1999.
2. Barnes, S. L., 1973: Mesoscale objective map analysis using weighted time series observation. NOAA Tech. Memo. ERL NSSL-62, 60pp.
3. 王時鼎、陳泰然、謝信良，1983，“台灣颱風降雨特性及其預報研究(一)”，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，72-13號，54頁。
4. 王時鼎、陳泰然、謝信良，1985，“台灣颱風降雨特性及其預報研究(二)”，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，73-47號，100頁。

表1 象神颱風累積降雨預報及其誤差分析

雨量站	象神颱風		
	累積預報雨量	累積觀測雨量	誤差值 (%)
火燒寮	155.32	588.5	-73.6075
瑞芳	144.69	519.5	-72.1482
五堵	88.31	792	-88.8497
竹子湖	241.42	698	-65.4126
台北	95.59	325	-70.5877

表2 納莉颱風累積降雨預報及其誤差分析

雨量站	納莉颱風		
	累積預報雨量	累積觀測雨量	誤差值 (%)
火燒寮	389.1	987.5	-60.5975
瑞芳	335.68	708.5	-52.6210
五堵	291.85	376	-22.3803
竹子湖	758.59	1303.5	-41.8036
台北	340.33	854.4	-60.1674

表 3 基隆河重要支流之洪流分析資訊

事件 \ 控制點	納莉颱風	象神颱風
員山子分洪	278.14	207.2
五堵橋	1681.72	1410.18
南湖大橋	2945.54	2077.62
大武崙溪出口	94.98	41.11
拔西猴溪出口	29.72	16.9
保長坑溪出口	91.58	46.74
坑誥坑溪出口	31.02	16.61
茄苳溪出口	23.98	13.66
鹿寮溪出口	105.29	50.47
北港溪出口	67.79	36.36
八噠溪出口	52.71	32.48
內溝溪出口	76.26	47.66
大坑溪出口	101.98	53.78
雙溪出口	193.80	223.29
礮溪出口	108.11	106.39
礮港溪出口	147.36	144.88



圖 3 基隆河流域示意圖

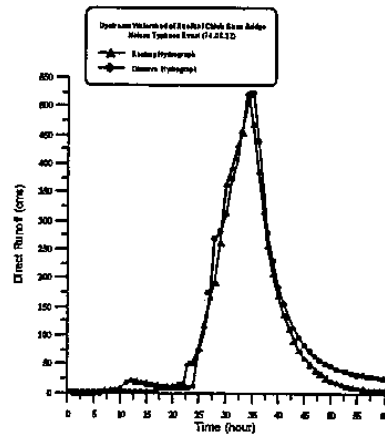


圖 4 基隆河介壽橋上游集水區尼爾森事件逕流檢定圖

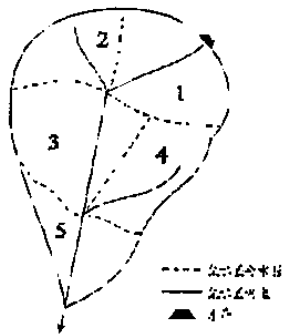


圖 1 集水區示意圖

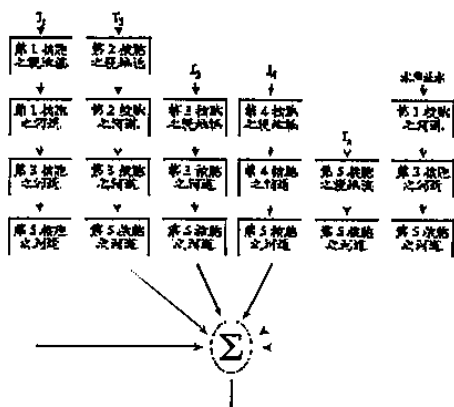


圖 2 模式結構示意圖

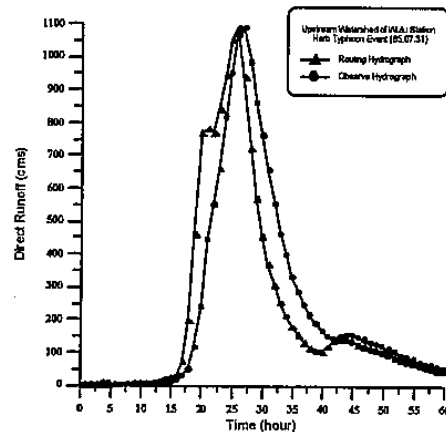


圖 5 基隆河五堵至瑞芳間集水區賀伯事件逕流檢定圖

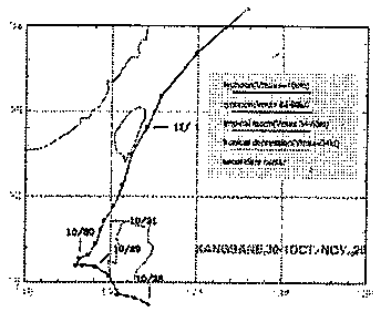


圖 6 象神颱風路徑圖(資料來源, 中央氣象局)。

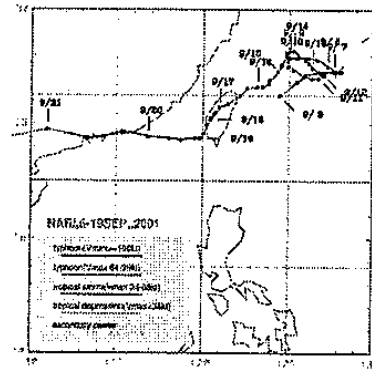


圖 9 納莉颱風路徑圖(資料來源, 中央氣象局)。

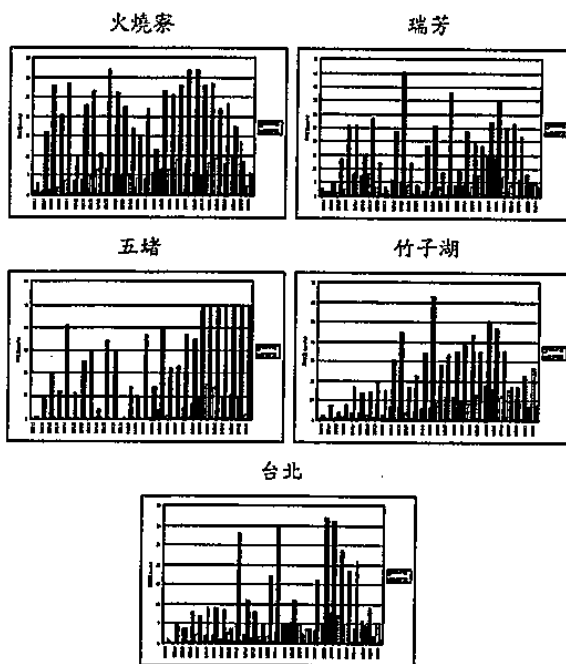


圖 7 象神颱風各雨量站預報與觀測之比較

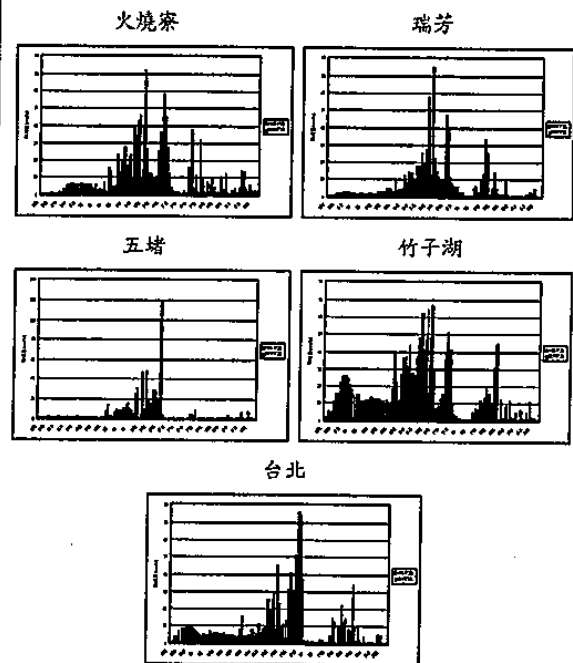


圖 10 納莉颱風各雨量站預報與觀測之比較

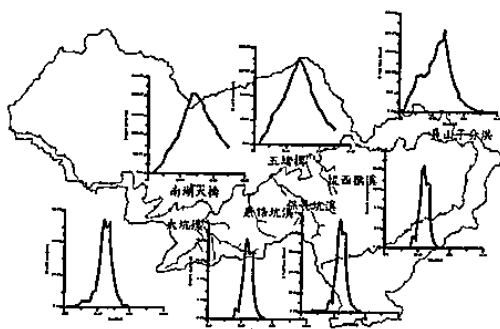


圖 8 象神颱風基隆河流域重要洪流來源支流示意圖

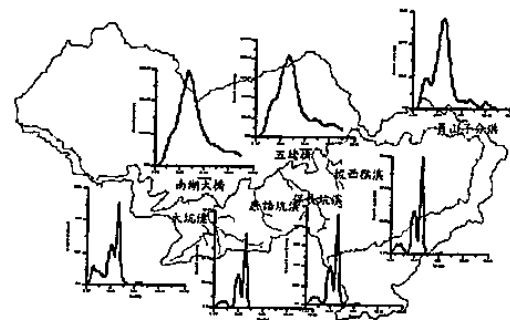


圖 11 納莉颱風基隆河流域重要洪流來源支流示意圖