

災害防救應用科技方案
『發展大氣-水文整合系統』
成果報告書

中華民國 101 年 2 月

目錄

| | |
|--------------------------------|----|
| 第一章、緒論 | 1 |
| 第二章、集水區水文整合模式發展及驗證 | 5 |
| 第三章、試驗流域之整合發展 | 9 |
| 3.1 試驗流域水文觀測建置 | 9 |
| 3.2 試驗流域水文資料檢核 | 10 |
| 第四章、大氣-水文整合系統 | 21 |
| 4.1. 大氣模式 | 22 |
| 4.2. 水文模式 | 23 |
| 4.3. 大氣-水文整合模擬 | 25 |
| 4.3.1 研究區域 | 29 |
| 4.3.2 模式率定 | 30 |
| 4.3.3 執行結果-以梅姬颱風(2010)為例 | 32 |
| 4.4. 三維應用展示系統 | 34 |
| 4.4.1 系統主介面 | 35 |
| 4.4.2 功能列說明 | 36 |
| 4.4.3 主要功能說明 | 39 |
| 第五章、結論 | 43 |

第一章、緒論

台灣位處亞熱帶區與歐亞大陸和太平洋交界季風區，每年總易受到梅雨與颱風的侵襲，且台灣地形陡峻，河川坡度大，梅雨與颱風造成之高強度降雨與高總雨量，往往使台灣遭受嚴重的颱風災害。因全球氣候變遷的影響，台灣的颱風災害亦日趨嚴重。過去的防洪工程僅著重工程性的防護，有其限制性，因此，欲更有效降低颱風、豪雨和洪水所帶來的整體損失，除必要的工程方法外，亦須配合適當的非工程減災方法，用以減少災害的發生。在眾多非工程性方法中，可行且具效率的方式，莫過於災害預警和應變措施，即於災前掌握颱風與豪雨動態，透過適時的洪水預警並啟動可能致災區之防救機制，將災害損失降至最低程度。因此發展水文前瞻研究，整合颱風、豪雨預報技術與洪水模擬模式，建置大氣-水文模擬整合系統有其必要性。本年度計畫將進行集水區水文整合模式發展，建立試驗流域並整合相關水文資料，供中心及國內學界應用並校驗模式，此外，配合所建構之試驗流域，進而發展大氣-水文整合模擬系統，結合定量降雨預報資訊，進行流域洪水預測系統之建置與評估，後續更將模擬結果套疊至相關展示平台，進行颱風應變警戒區域之展示與集水區暴雨淹水模擬成果展現，提供民眾或決策單位參考。本年度計畫目標簡述如下：

1.1. 集水區水文整合模式發展及驗證

(1) 目的

由於台灣地區地形陡峭，土地利用差異大，因此發展具物理機制之分布型集水區模式，將有助於瞭解水流的真實情況，亦可增加洪水演算之精確度。

(2) 工作內容

研發集水區整合模擬之技術，並將透過模式測試與檢定程序，逐步進行實際應用。模式整合發展方面將測試與評估並改進現有集水區降雨逕流模式和河道洪水演算模式效能，提升模式準確度，工作項目包含模式架構精簡與變數統一，與河川、地表及其耦合界面物理過程改進，所研發之集水區水文模式，亦可供大氣-水文整合系統發展之需。

1.2. 試驗流域之整合發展

(1) 目的

台灣河川長度均甚短、流域面積小、地質環境複雜，坡陡流急且豐枯流量差異明顯，水文模擬上有其困難度。因此國內除颱風中心發展之本土化水文模式外，學術界或其它研究單位亦持續發展相關模式。但受限於實際觀測資料，模式模擬校驗上常遇到無適合之資料做為模式之起始及邊界條件，亦無適合之實測資料用於模式校驗，對模式之發展及其精度的提升為一大限制。因此，發展試驗流域之目的，除了提供可靠之水文資料予國內發展相關模式之研究人員，以提升逕流模擬能力、協助進行洪水預報或河川整治，達成減輕洪水災害之目的，亦將整合國內學術界發展已久之模式，利用試驗流域之資料進行模擬測試。目前擬整合之對象有海洋大學李光敦教授所發展之運動波—地貌瞬時單位歷線模式(Kinematic-wave based geomorphic instantaneous unit hydrograph, KW-GIUH)與成功大學蔡長泰教授所發展之地文性淹水預報模式，藉由與相關模式之整合，不但節省整體演算時間增加使用彈性，亦可減少山區數值模式模擬的不穩定性，並提升作業單位

對國內發展之本土模式使用上的信賴度。此外，配合試驗流域的建置，更能逐步發展大氣-水文之整合系統。

(2) 工作內容

● 試驗流域之建置規劃研究

蒐集及參考國外既有試驗流域設置情形及文獻、國內各流域水文特性及其洪氾記錄，研擬於試驗流域內所需之水文監測設備。本年度預計於試驗流域內先行設置密集之河川水位監測設備，將所蒐集之資料置於資料庫中，供學界使用。未來將逐年增加其它水文觀測設備，逐步充實國內學界及颱洪中心所需之觀測資料。

● 與國內學界發展成熟之模式整合測試

發展集水區水文整合模擬，包含運動波—地貌瞬時單位歷線模式(KW- GIUH)及地文性淹水預報模式，並進行集水區切割及與集水區水文整合模擬模式整合測試，以增加模式效能及彈性。

1.3. 發展大氣-水文整合系統

1.3.1. 大氣-水文整合模擬

(1) 目的

於颱風和豪雨事件期間，應用颱洪中心開發之大氣模式及定量降雨預報實驗資訊，進行大氣水文模擬，提供相關應用單位進行災害潛勢分析及啟動災害防救機制之參考，協助降低洪水預警的不確定性，減少洪災損失。

(2) 工作內容

配合上述所建構試驗流域模擬，逐步發展大氣-水文整合系統雛型，整合相關資料例如河川水位流量與潮位等水文觀測，以及雷達降雨推估、模式降雨預報等預報資料，進行即時大氣-水文模擬及洪水預報，並嘗試進行即時誤差修正。即時誤差修正方面一般可歸類為四種：分別為輸入更新(input updating)、狀態更新(state updating)、參數更新(parameter updating)以及誤差修正(error correction)。本計畫將進行相關文獻蒐集與比較，選取合適之方法來提升模式的預報效能。

1.3.2.發展應用展示系統

(1) 目的

整合颱洪中心颱風數值模擬與淹水推估等專業知識，將颱風侵台期間特定集水區可能發生淹水的範圍與深度，配合院部整合發展之 3D-VAR 及 3D-Web 高效能視算技術，以立體化、視覺化及互動化的資料展示平台進行成果展示，提供用戶端即時且多樣的資訊分享服務。

(2) 工作內容

將模擬結果套疊至國網中心發展之 3D 數位地理資訊展示平台、水情影像監視平台或颱洪中心自行開發之展示平台，進行颱洪應變警戒區域之展示與集水區暴雨淹水模擬成果展現，提供民眾或決策單位參考，以達到科技減災之目的。

第二章、集水區水文整合模式發展及驗證

本計畫所發展之集水區水文整合模擬系統，係結合定量降雨預報結果與逕流河道模擬技術，進行全流域之即時降雨逕流模擬實驗；雨量部分除承接颱洪中心發展之定量降雨預報實驗結果外，另用 FEWS_Taiwan API 處理雨量資料，將資料內插補遺為完整時序列資料，並將雨量資料內插至模式所需要的集水區雨量站位置，使用之逕流模式為海洋大學李光敦教授所開發之 KW-GIUH 模式，而河道模擬則使用美國兵工團之 HEC-RAS 模式，進而建立即時模擬平台。本系統利用整合設定之自動化排程，進行模式串接與河川水位預報，相關流程如圖 2.1 所示。目前本系統以大里溪為例，利用整合設定之自動化排程進行河川水位預報，未來將持續改進模擬機制，以提升水位模擬結果之準確度。

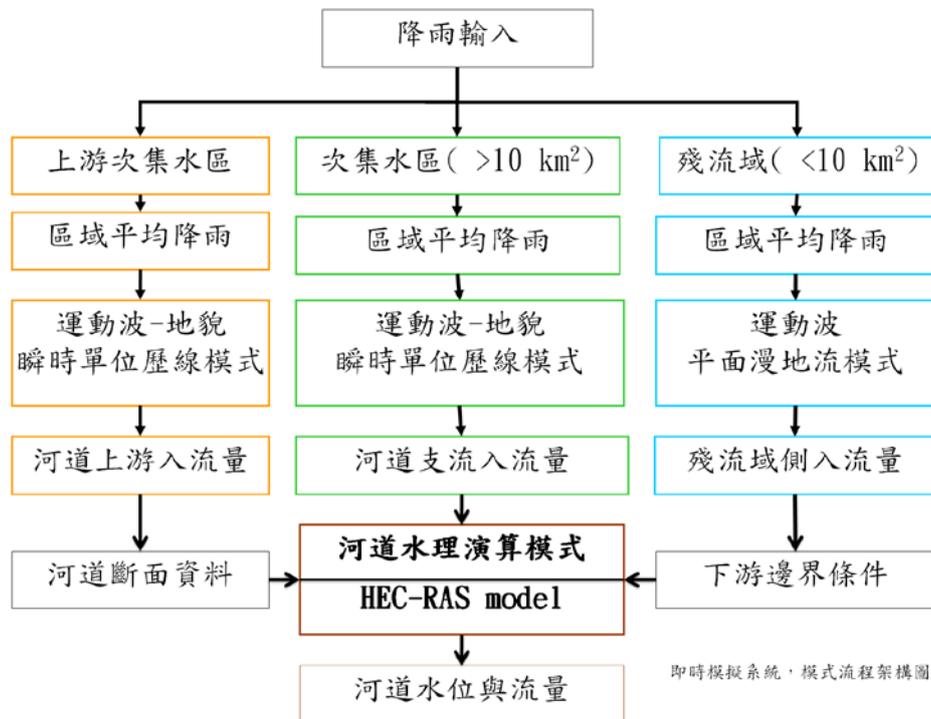


圖 2.1、即時模擬系統模式流程架構圖

在模式驗證的部分，分別以柯羅莎、卡玫基及辛樂克颶洪事件之降雨及水文條件，進行歷史事件之驗證。**圖 2.2** 為柯羅莎颶洪事件之驗證結果，模擬期間為 2007/10/06~2007/10/09，共 72 小時。結果顯示，大里溪溪南橋水位變化共有兩個明顯的洪水尖峰，整體之水位變化趨勢與量測值相吻合。**圖 2.3** 為卡玫基颶洪事件之驗證結果，模擬期間為 2008/07/17~2008/07/20，共 72 小時，結果顯示大里溪溪南橋洪水波尖峰水位高達 31.4 公尺，與量測值水位 31.2 公尺僅相差 20 公分，且整體之水位變化趨勢與量測值相吻合。**圖 2.4** 為辛樂克颶洪事件之驗證結果，模擬期間為 2008/09/13~2008/09/16，共 72 小時，結果顯示，雖然大里溪溪南橋尖峰的水位誤差稍大，但整體之水位變化趨勢與量測值相吻合。

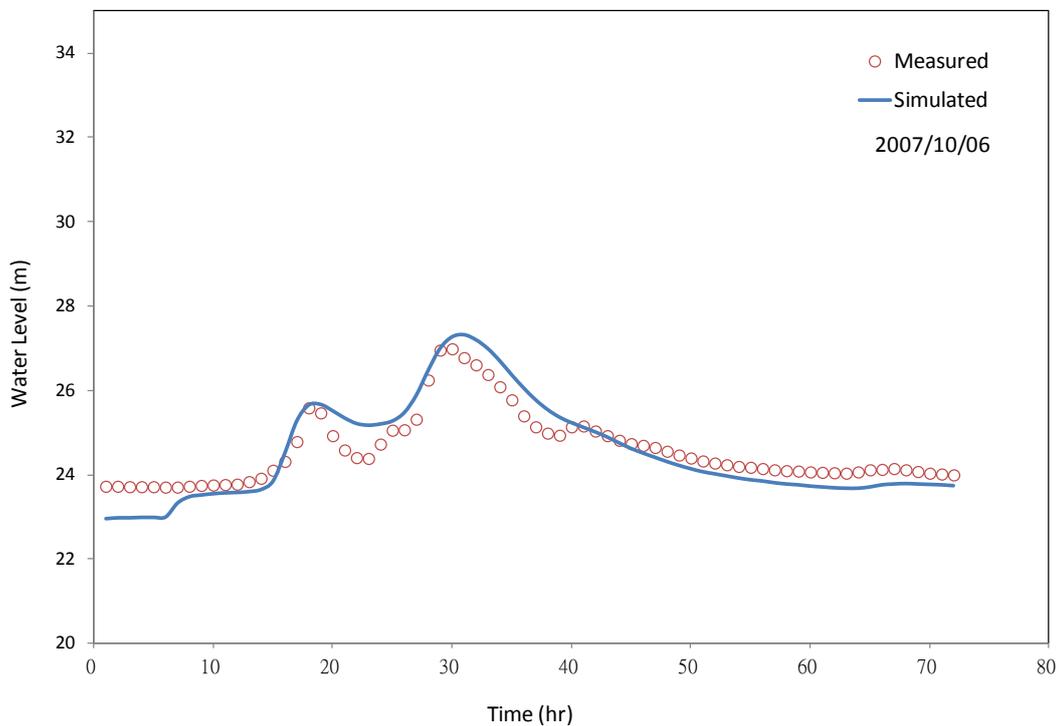


圖 2.2、柯羅莎颶洪事件之驗證結果

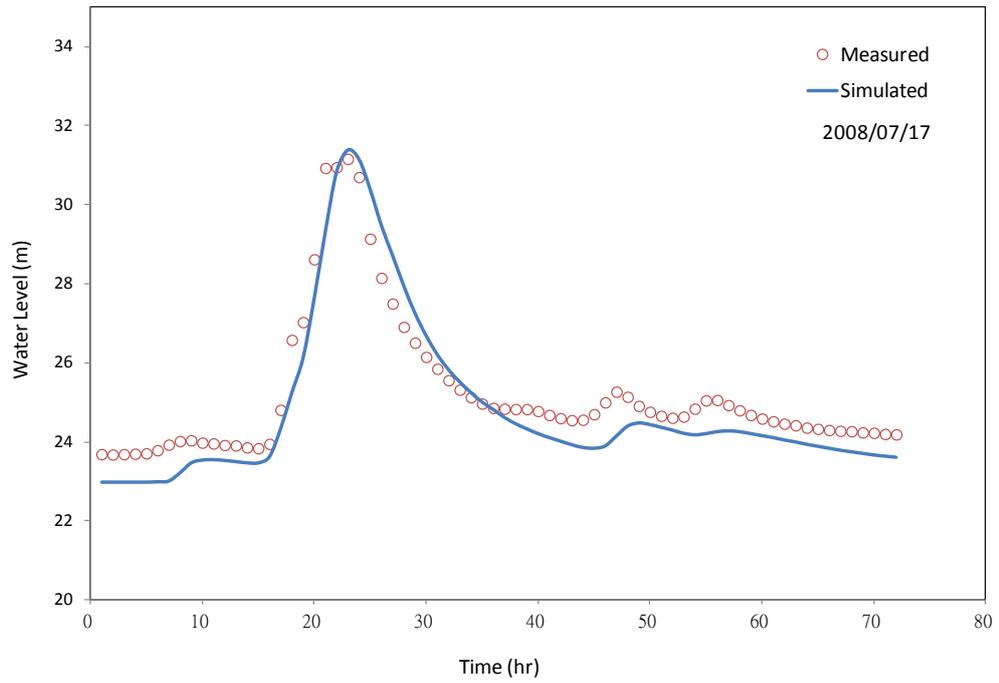


圖 2.3、卡孜基颱風洪事件之驗證結果

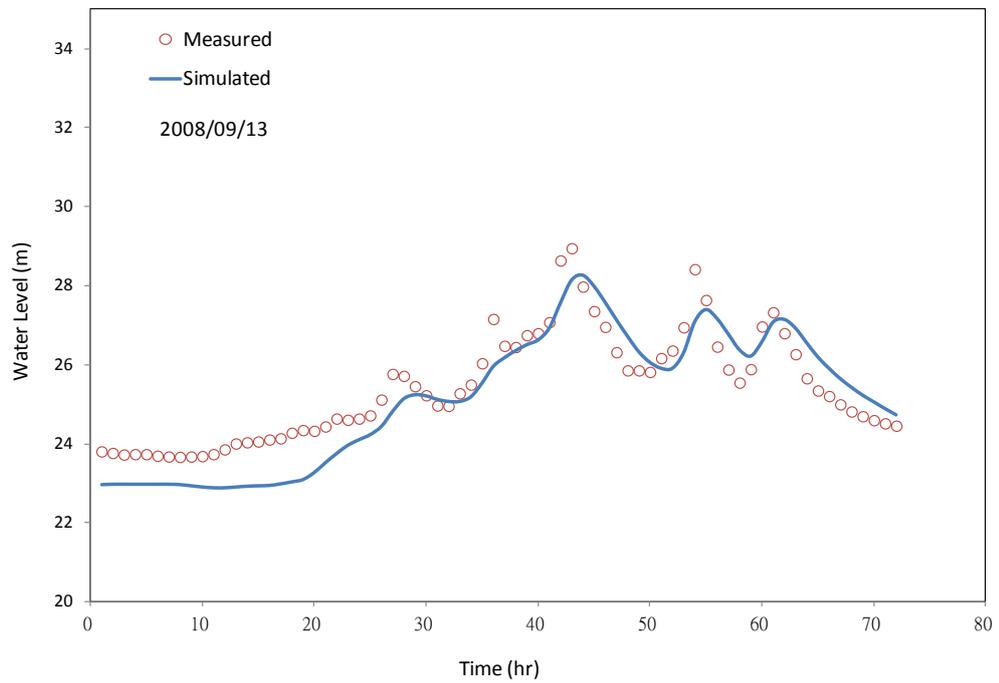


圖 2.4、辛樂克颱風洪事件之驗證結果

經由上述三個颱風事件之驗證，證明逕流模式(KW-GIUH)與河道模擬(HEC-RAS)之整合，具有精確的河川水位預報能力，因此進行結合定量降雨預報結果與逕流河道模擬技術之測試。以梅花颱風為例，**圖 2.5** 為定量降雨預報時間 2011/08/06 00:00 之測試結果。測試結果顯示，共採用 3 組系集成員的大里溪溪南橋之水位預報，與實測值之間的誤差可能與入滲率有關；因此，未來將持續改進入滲機制，以提升水位模擬結果之準確度。

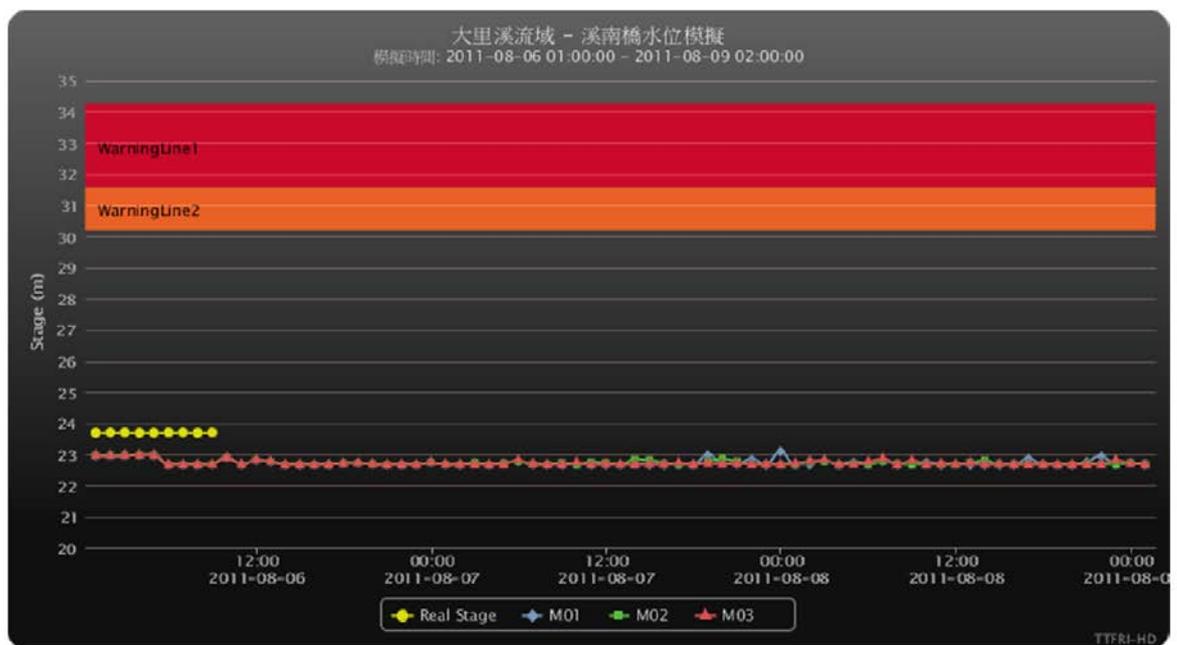


圖 2.5、大里溪溪南橋之水位預報測試結果

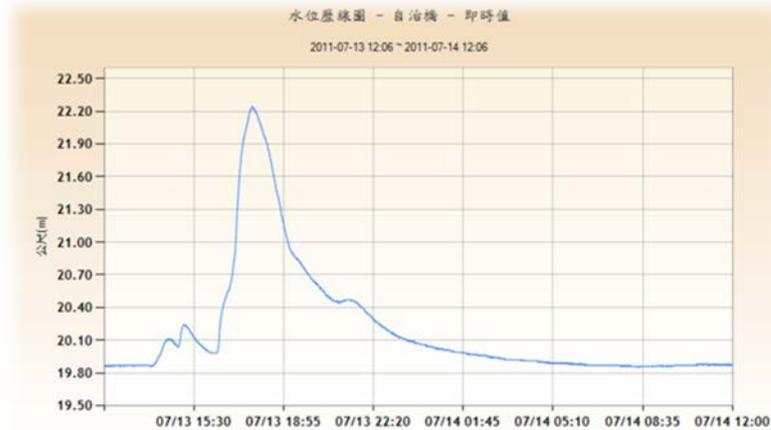


圖 3.2、即時水位歷線圖

3.2 試驗流域水文資料檢核

颱洪中心建置試驗流域的初期，以建置、補足目前量測技術已成熟之水位站為主，發展流量觀測技術為輔。目前國內監測河川水位的方式，多已由原來超音波式換為雷達波式，已不受溫度的影響而產生誤差，以雷達波來回探頭與水面之時間推算距離，所量測到的結果透過無線傳輸方式傳回河川管理單位。然而，颱洪期間量測環境惡劣，量測的過程偶爾因為儀器本身的穩定性及操作環境的影響造成錯誤量測資料，而水位資料常於汛期間即時提供予水文模式進行即時模擬，如未即時對錯誤的資料做即時修正而直接輸入模式，則可能造成錯誤或不穩定的情形，進而造成誤判。

資料接收進來後的處理方式常分為即時處理(前處理)及事件後之處理，前處理常見之方式有卡門濾波法等。而後處理的方式常見有移動平均法、局部推估散點平滑法、修正局部推估散點法或其它平滑方式。如量測中具離群水位資料，將使得迴歸水位與實測值有較大之

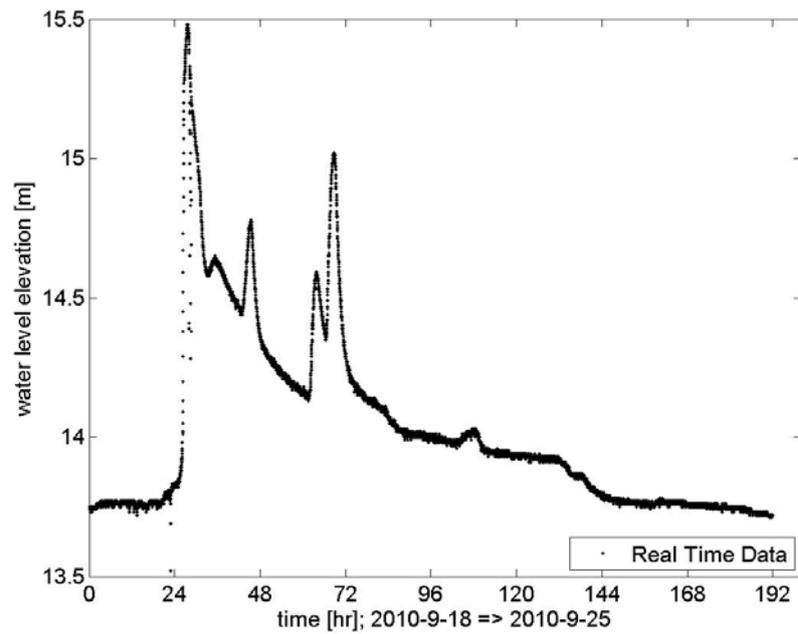
差異。而平滑的處理，亦使得處理後之資料失真，而無法保留原本之物理性質，如可保留合理資料、只剔除離群值，將使得整體資料具完整性。在量測的過程或資料的處理過程中，找出錯誤的量測資料、數學關係、擬合曲線為重要過程。藉由曲線擬合可達成：1. 減噪及資料平滑、2. 找出資料間的數學關係，以利進一步做資料處理，如錯誤資料補遺、速度及加速度的計算等，而在訊號或圖像的處理中，常想要處理(抑制)訊號中的雜訊。

本計畫針對洪水期間之水位量測資料進行討論，水位量測資料來自颶洪中心於 2010 年 8 月份設於苗栗中港溪頭份大橋之雷達波水位站，此雷達波水位計之資料擷取頻率為每分鐘 1 筆，本計畫取 2010 年 9 月 18 日至 9 月 25 日期間之降雨事件之資料進行分析。利用卡門濾波法校驗水位做為監測人員判別量測資料合理性之依據，以移動平均法、局部加權迴歸法及修正局部加權迴歸法對量測水位資料進行檢核，並提供河川管理單位參考使用。

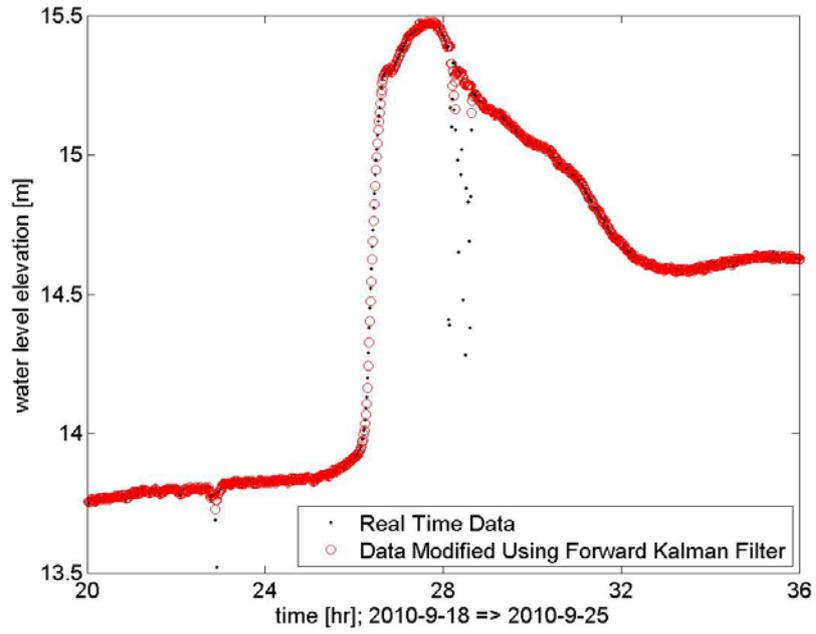
3.2.1 即時水位量測資料判別

圖 3.3a 表示原始水位量測資料，其水位於第 24 小時(9 月 19 日 0 時)開始上升，並於第 27 小時(9 月 19 日 3 時 18 分)達到最高水位。其過程僅約 3 小時，顯示水位上升速度極快，第 28 小時後水位開始下降，但退水過程中仍有 3 次明顯水位上升與下降。整體水位回復到為降雨之前則歷時 120 小時(5 天)。若觀察整體水位變化過程並不易發現資料異常，但即時接收時則發現部分時段出現不合理水位量測資料(圖 3.3b)。第 28 小時(9 月 19 日 4 時)至 29 小時(9 月 19 日 5 時)間出現部分水位量測資料大幅度下降與振盪。如此情況將使水位監視人

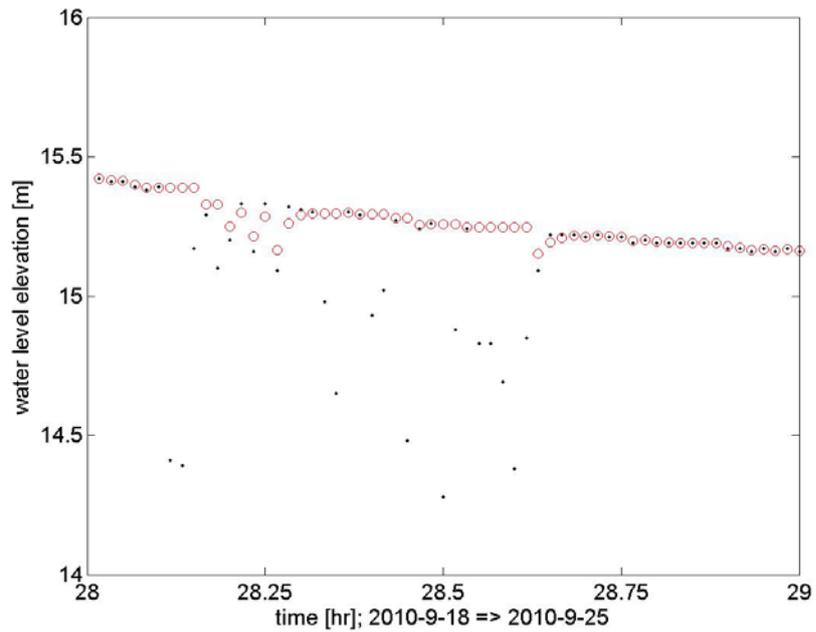
員不易察覺，進而影響防災應變決策。利用卡門濾波法以前一時刻水位資料預測下一時刻水位，並與即時量測水位比較，以評估即時水位量測值之合理性，圖 3.3b 與 c 表示以卡門濾波法進行水位修正之結果。當預測水位與實測水位差值大於給定門檻值時，則使用預測水位為修正水位，以取代不合理水位量測資料。由圖 3.3c 可知，經卡門濾波法修正可維持水位變化之合理性，如此方式可使防災應變人員掌握較合理之水位狀況。



(a)



(b)



(c)

圖 3.3、水位資料：(a)原始量測資料 2010/9/18 0 am – 2010/9/25 23.59 pm；(b)利用卡門濾波法修正量測水位資料；(c)局部修正結果，2010/9/18 0 am 後

第 28 – 29 小時間。

3.2.2 水位資料後處理

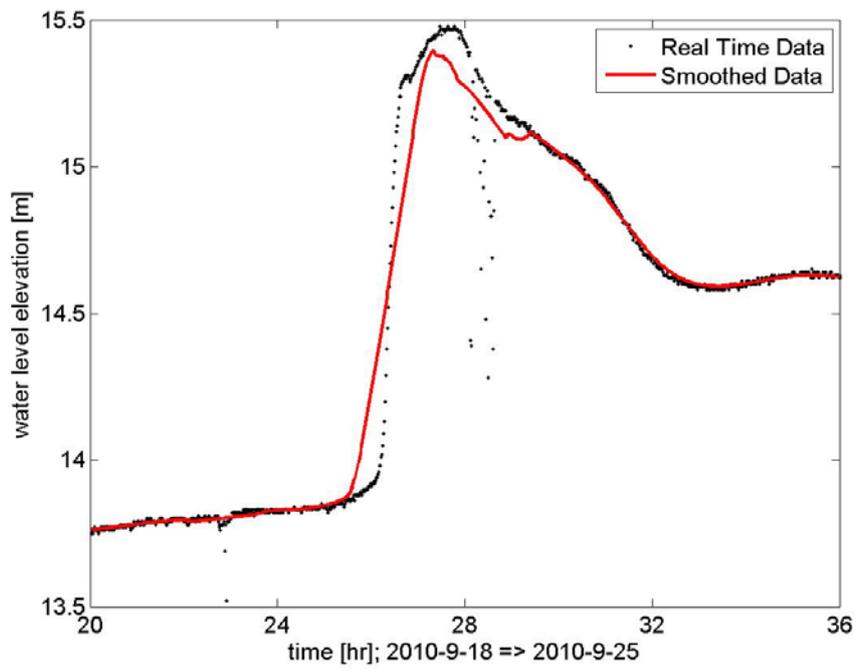
進行長期水位量測後，若以人工方式檢核龐大水位資料量時除耗費人力與時間外，也極易忽略離群資料而未被剔除與修正。尤其當洪水期間錯誤水位量測資料將對流量估計產生極大誤差，也將對於日後水資源規劃設計產生誤導。本計畫中分別使用移動平均法、局部推估散點平滑法及修正局部推估散點平滑法處理水位量測資料並討論結果差異，最後並決定最佳方法。此外亦將討論所選取最佳方法進行相關參數選定方式。以上三種方法皆需給定迴歸資料寬度值(span)，目前各方法比較時則給定 0.8%，也就是採取總資料量之 0.8% 做為迴歸資料量。本計畫中各點資料迴歸計有 92 筆鄰近(左右各 46 筆)資料進行處理。

圖 3.4a 顯示以移動平均法迴歸水位量測資料結果。其結果顯示迴歸水位曲線與量測水位上升段不吻合。因為量測水位下降段出現離群水位量測資料(第 28 – 29 小時)而影響迴歸結果，使得迴歸水位與實測最高水位不吻合。待離群量測資料影響消失(第 30 小時)後迴歸結果與實測資料逐漸一致。應用移動平均法僅進行水位資料迴歸嚴重受離群水位資料影響而使迴歸結果與實測資料有所差異，尤其最高水位無法吻合時會影響未來防洪或防災標準參考。此外降低迴歸資料寬度值雖可使迴歸結果趨於實測資料，但因為離群資料未於迴歸前剔除，因此該處迴歸結果亦偏離合理範圍，故移動平均法不適合用以水位量測資料後處理。

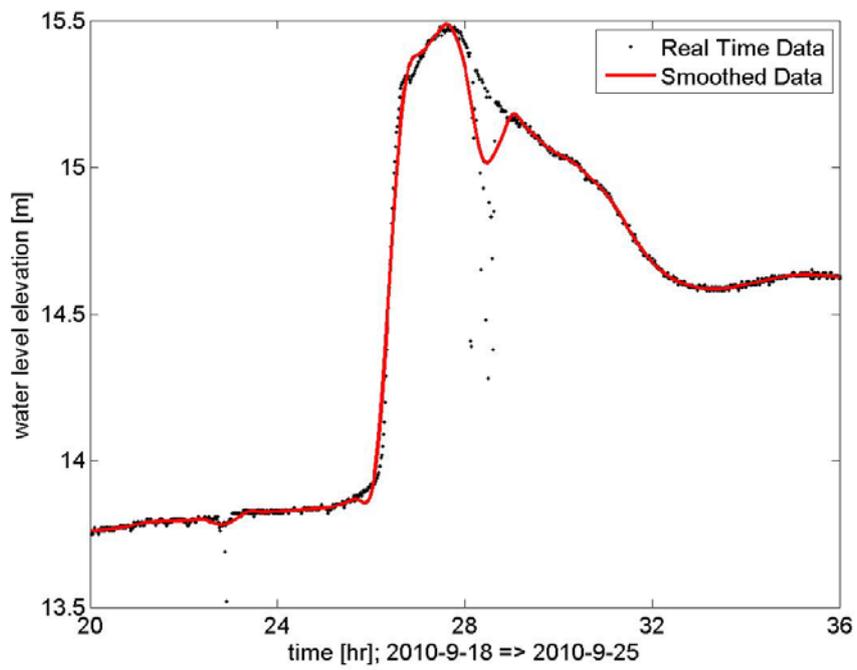
圖 3.4b 顯示以局部推估散點平滑法迴歸水位量測資料結果。其

結果顯示大部分迴歸水位曲線與量測水位吻合，但於離群量測資料範圍內，迴歸水位曲線明顯受其影響。待離群量測資料影響消失(第 30 小時)後迴歸結果與實測資料逐漸一致。同樣的，局部加權迴歸法雖可精準掌握水位陡升變化，但並未將剔除離群資料而導致部分迴歸結果仍有偏差(第 28 - 29 小時)，因此亦不適合用以水位量測資料後處理。

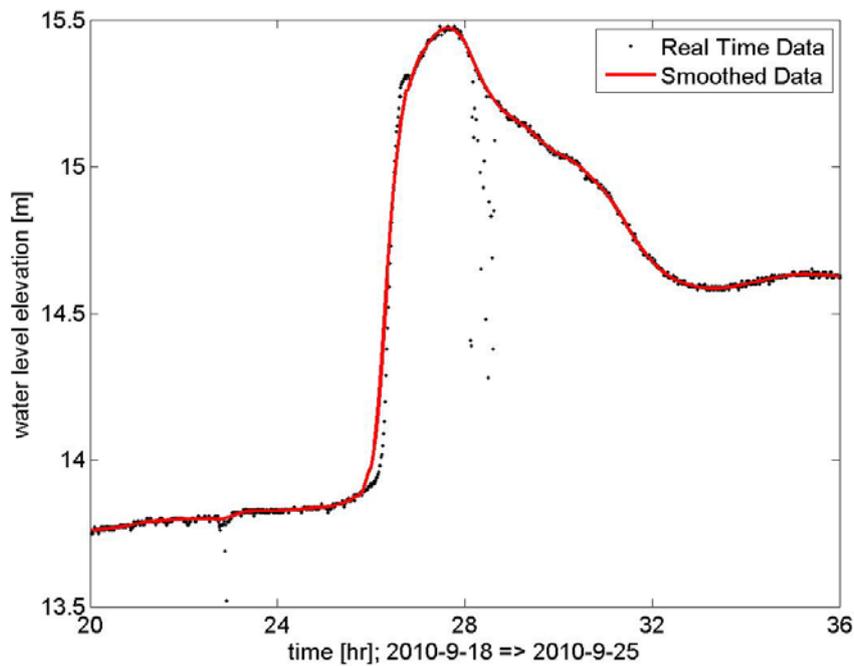
上述移動平均法與局部推估散點平滑法皆為未將離群資料剔除再進行迴歸處理，因此迴歸結果皆受不合理資料影響。修正局部推估散點平滑法則於進行迴歸前利用鄰近資料檢查處理之各點水位量測資料是否為離群值。若為離群值則給予該點加權為零，也就是捨去該筆資料。圖 3.4c 顯示應用修正局部加權迴歸法結果，迴歸曲線於水位上升段與最高水位皆吻合。此外捨棄不合理量測資料後，迴歸結果則不再受其影響，且被捨棄的水位資料點則於迴歸時進行補遺。表 3.1 列出應用不同迴歸方法結果與水位量測資料之比較，比較項目包含兩者之最高水位差值與誤差均方根值(Root Mean Square Error, RMSE)。比較結果表示使用移動平均法無法掌握最高水位，主要原因為受到水位上升速率快與不合理水位量測資料之影響。由圖 3.4b 及 c 可知修正局部加權迴歸法優於局部加權迴歸法，但兩者之最高水位差值與誤差均方根值相近，其主要原因為局部迴歸方式使得迴歸結果與原始資料接近，加上量測資料量大使得較大誤差值降低。然欲判別迴歸方法優劣仍需檢討對離群資料的處理結果。本計畫中修正局部加權迴歸法適用於量測水位資料處理。



(a)



(b)

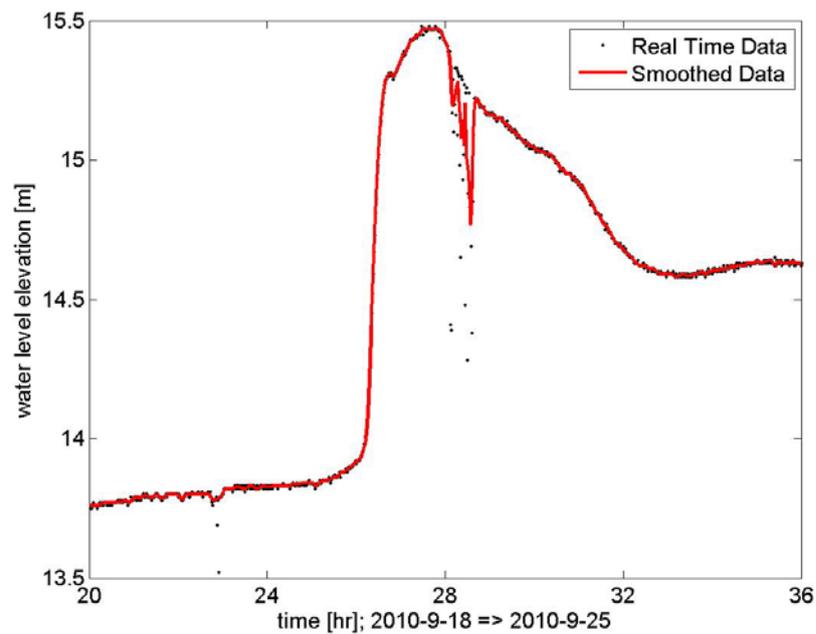


(c)

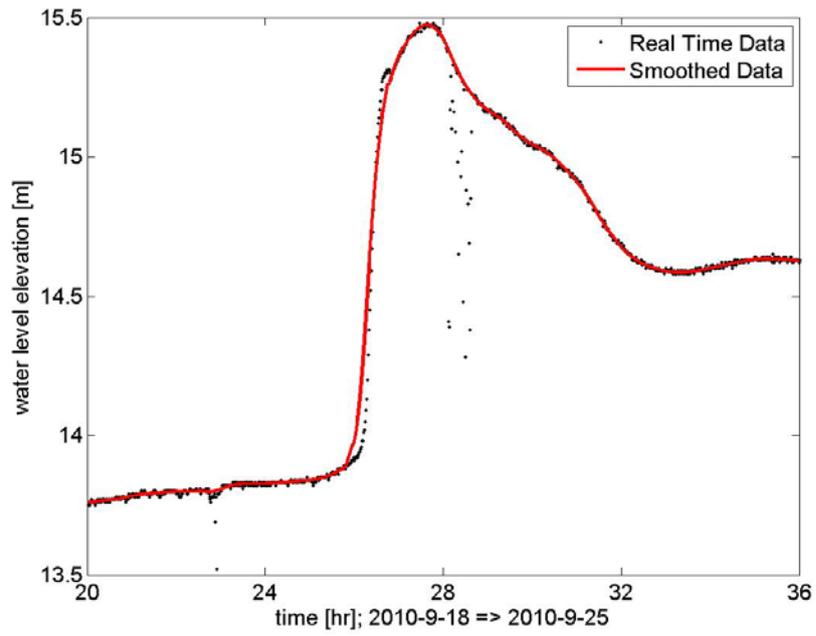
圖 3.4 量測水位資料迴歸結果：a) 移動平均法；b) 局部加權迴歸法；c) 修正局部加權迴歸法。迴歸資料寬度值皆為 0.8 %。

使用修正局部推估散點平滑法時需決定迴歸資料寬度值，此參數決定資料迴歸後的平滑程度。適當的參數值可適切的描述資料變化特徵，然而此參數僅以試誤法決定。本計畫中比較 0.1 %、0.8 % 及 3 % 三種不同資料迴歸寬度值之迴歸結果，並表示於圖 3 中。此外不同迴歸資料寬度值迴歸結果之最高水位差值與誤差均方根值則列於表 3.2。其結果顯示當較小資料迴歸寬度值使迴歸曲線靠近原始資料(圖 3.5a)，但易受離群值影響。當資料迴歸寬度值逐漸增加時迴歸曲線也趨於平滑。過大資料迴歸寬度值雖可避免離群值影響，但也造成過度平滑而使迴歸結果偏離原始資料特性(圖 3.5c)。同時其特性偏離也顯示於最

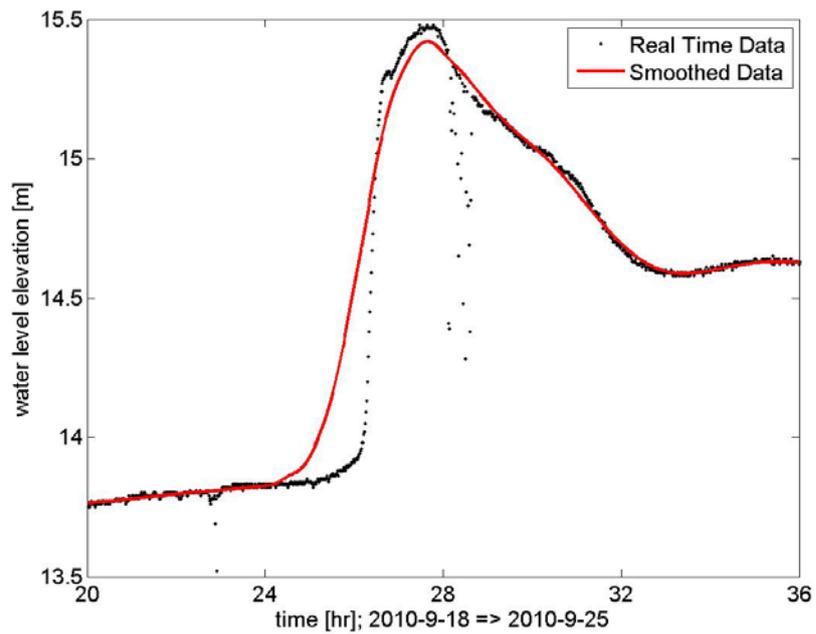
高水位差值與誤差均方根值。當使用資料迴歸寬度值為 3 % 時，最高水位差值與誤差均方根值遠大於使用其他兩種資料迴歸寬度值。同樣地，欲判別資料迴歸寬度值選取之優劣仍需檢討對離群資料的處理結果，而最高水位差值與誤差均方根值僅提供初步的評估。



(a)



(b)



(c)

圖 3.5 利用修正局部加權迴歸法進行量測水位資料迴歸結果，迴歸資料寬度值分別為 a) 0.1 % ; b) 0.8 % ; c) 3 % 。

表 3.1 應用不同迴歸方法之最高水位差值與誤差均方根值比較

| | MA | Loess | Robust Loess |
|--------------------------|-----|-------|-----------------|
| Δ max. stage [cm] | 8.2 | 0.8 | 0.7 |
| RMSE [cm] | 3.5 | 2.1 | 2.6 |

註：採用資料時段 2010/9/18 – 2010/9/25；最高水位量測資料：15.48 m；迴歸資料寬度值 0.8 %

表 3.2 採用不同迴歸資料寬度值於修正局部加權迴歸法後之最高水位差值與誤差均方根值比較

| Span | 0.1 % | 0.8 % | 3 % |
|--------------------------|-------|-------|-----|
| Δ max. stage [cm] | 1.0 | 0.8 | 6.0 |
| RMSE [cm] | 1.9 | 2.1 | 4.9 |

註：採用資料時段 2010/9/18 – 2010/9/25；最高水位量測資料：15.48 m

第四章、大氣-水文整合系統

過去水文領域之學者大多採用統計方法進行短延時雨量預報，常用的預測方法有機率(probabilistic)模式和序率(stochastic)模式。其中機率模式以馬可夫鏈(Markov-chain)模式為代表，利用統計機率來描述降雨過程中前後時期之遺傳效應，此種模式通常被發展為機率雨量模式。而在序率雨量模式之研究中則以 ARMA 模式為代表，利用數學模式進行資料擬合分析，做短期之雨量預報。然而統計模式，一般需要有大量樣本，且滿足預報之降雨事件具有與歷史降雨事件相同統計特性之假設。在長延時雨量預報方面，目前大多是大氣領域學者以天氣數值模式方式進行所謂之定量降雨預報(quantitative precipitation prediction, QPF)，常見的如美國賓州州立大學(Pennsylvania State University, PSU)與美國國家大氣科學研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)共同研發第五代中尺度數值模式(Fifth-generation Penn. State/Ncar Mesoscale Model, MM5)，乃廣為氣象學者用來進行雨量預報。近年來，由美國 NCAR 等單位共同發展的新一代中尺度數值天氣預報模式 WRF (The Weather Research and Forecasting Model, WRF) 已經接近成熟，並且逐漸取代 MM5 模式。WRF 模式提供多種大氣物理參數法選擇，可

供大氣研究或作業單位選用，由於不同物理參數法有不同的假設，也因此可能可適用於不同的天氣型態，然而不同地理區域或在不同條件下必須作某種程度的調校。

由於電腦運算能力之進展，上述中尺度天氣模式之解析度已較過去更為精細，並可直接應用在集水區尺度上，而為搭配此類 QPF 結果通常應以物理基礎且分佈型之水文模式才能適時反應雨量空間分佈之差異，因此本中心選用由佛羅里達大學(University of Central Florida)葉高次教授所發展之 WASH123D 模式進行大氣水文整合模擬，該模式可合併不同維度間的模組（一維河川、二維漫地流與三維地下水）進行演算，並處理不同介質整合問題（流體、熱能、鹽度、沉積物及水質的傳輸等等），並以成功應用於美國多項案例中。

為發展結合區域性大氣降雨模式與水文集水區模式的預警系統，本計畫建置一套大氣水文整合即時模擬系統，利用數值天氣預測系統即時模擬出雨量資料，作為水文水理模式邊界條件，進行研究區域一維和二維淹水演算。以下針對 WRF 及 WASH123D 模式做較詳細之敘述，並介紹大氣水文整合模擬系統。

4.1. 大氣模式

WRF 為美國 NCAR、NCEP (the National Centers for Environmental Prediction)、FSL (the Forecast System Laboratory)、AFWA(the Air Force Weather Agency)、FAA(the Federal Aviation Administration)等單位共同發展的新一代中尺度數值天氣預報模式，目前已廣為全球氣象相關領域學者所使用，是一個開放原始程式碼、免費且共享之數值模式。WRF 之於 MM5 最大的不同在於初始資料的處理。WRF SI 可以利用文字或者是圖形介面操作，處理在指定範圍中所產生的地形、土地利用、土壤性質等特性，並把全球模式氣象資料(如氣溫、壓力、風速等)內插到 WRF 模式的網格裡，而 WRF 模式是一個完全可壓縮非靜力模式，控制方程組都寫為通量形式。WRF 模式系統將成為改進從小尺度到綜觀尺度等不同尺度重要天氣特徵預報精確度的工具。WRF 模式提供多種大氣物理參數法選擇，可供大氣研究或作業單位選用，比如輻射參數、邊界層參數化、對流參數化、積雲參數化、次網格紊流擴散、以及微物理參數等。由於不同物理參數法有不同的假設，也因此可能可適用於不同的天氣型態、不同地理區域或在不同條件下必須作某種程度的調校。

4.2. 水文模式

WASH123D 是中佛羅里達大學葉高次教授所發展的三維集水區模式，此模式可模擬多種自然環境(multimedia)，處理多種水文過程(multi-processes)，並且是以物理理論為基礎(physic-based)的集水區計算模式，該模式可模擬集水區在一維河川溪流網絡、二維的漫地流區域及三維的地下水域中隨密度變化的水流，以及模擬熱、鹽度、沉澱物和水質等傳輸過程，目前 WASH123D 包含地表部分（一維河川、二維漫地流）與地下水部分（飽和與不飽和含水層），如下圖 4.1 所示。

此模式亦可處理河川匯流處與調節控制設施，例如：堰、閘門、涵洞、抽水站、堤岸以及蓄水池，也包括地下水系統中的抽水井、注水井、排水管及排水溝渠，這些控制設施和抽水運轉的許多管理規則，亦已加到數值模式中了。



圖 4.1、WASH123D 中的模擬環境介紹

WASH123D 也可以處理發生於集水區內的密度改變之水流問題、熱能傳輸、鹽分傳輸等多種物理水文過程(multi-processes)，這些過程包括(1)地表水的蒸發；(2)地表植物的蒸散；(3)地表水入滲與地下水滲透；(4)地表逕流以及熱量與鹽分傳輸；(5)河川的熱量與鹽分傳輸；(6)飽和與非飽和層的地下水與熱量與鹽分傳輸。WASH123D 中的流體流動和物質傳輸過程的理論基礎，是根據流體與物質的動量與能量守恆定律為基礎，並加入通量與變量的消耗或增加計算之；而邊界條件的設定，也是以物理理論為依據，並透過適當的初始條件開始模擬。

4.3. 大氣-水文整合模擬

本計畫所建立之大氣水文整合即時模擬系統，其整體運作流程如下圖 4.2 所示。利用水利署防災即時河川水位資料得到目前研究區域內所有水位站之水位資料，來挑選出適合此水位狀態下，河道的起始水位，作為 WASH123D 一維河道的起始條件。由於 WRF 模式網格為 5KM(如圖 4.3)，故 WRF 模式執行完畢後，需將 WRF 模式雨量資料內插至 WASH123D 二為漫地流網格上，當作 WASH123D 雨量的邊界條件，如圖 4.4。當 WASH123D 模式執行完畢後，所產

生的一維結果，即時呈現於網頁上，並與實際水位做比較。颱洪中心亦接收氣象局即時雨量資料，擷取研究區域內所有的雨量站過去72小時實際雨量資料，進行水位模擬，模擬結束亦輸出至資料庫，待事件過後進行水位比較與模式校正。利用集水區模式(WASH123D)承接大氣模式(WRF)所模擬之雨量資料，進行颱風期間每日四次的72小時模擬，並將模擬結果輸出至網頁，以供相關單位參考，

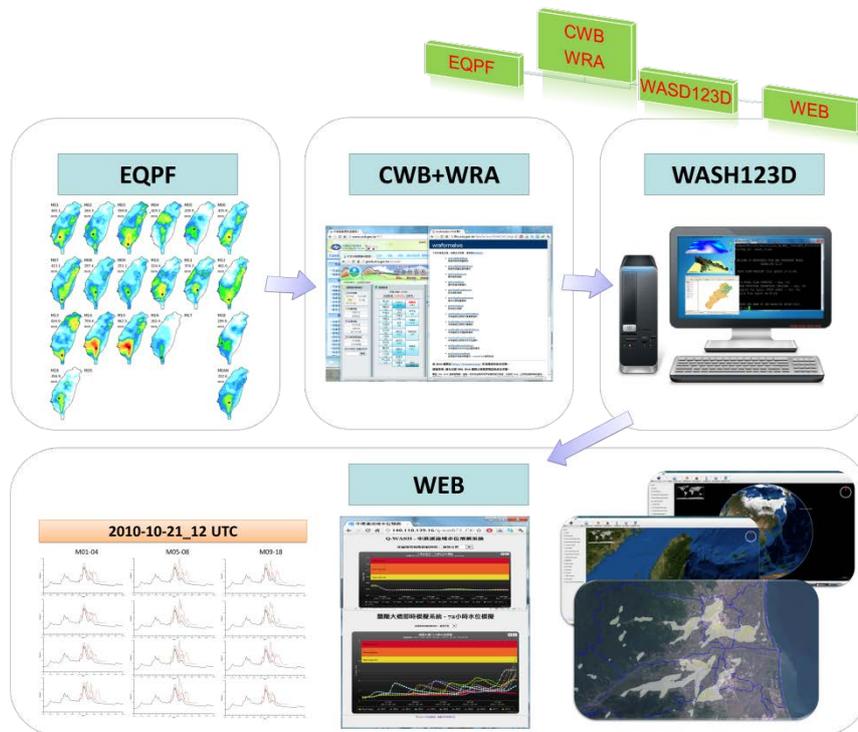


圖 4.2、大氣水文整合模擬系統整體運作流程

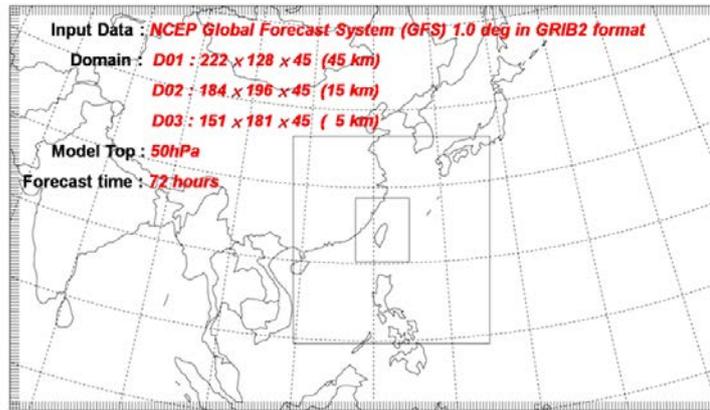


圖 4.3、WRF 網格示意圖

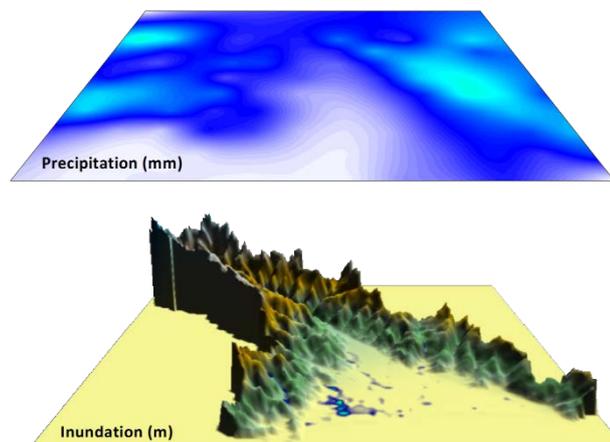


圖 4.4、大氣模式與水文模式整合

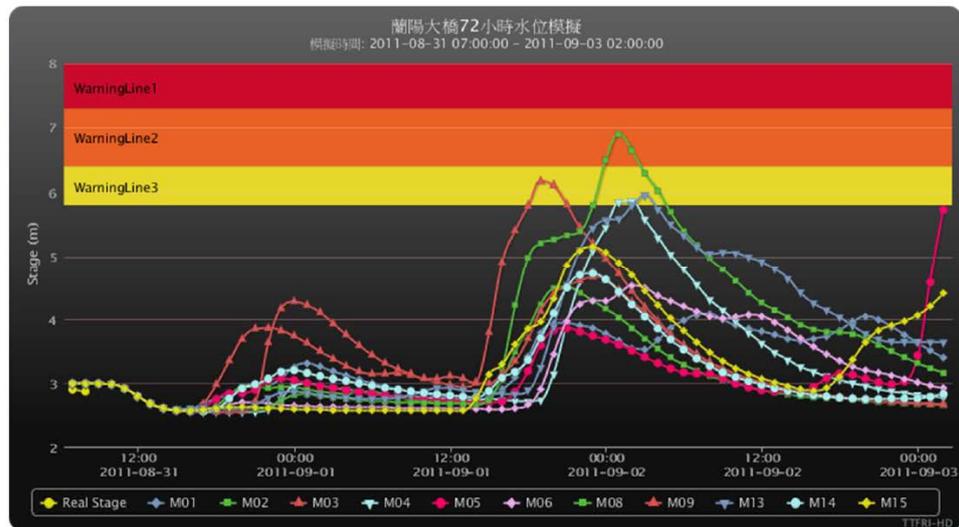
如圖 4.5 所示，系統於格林威治標準時間(UTC)00:00(台灣時間 08:00)開始啟動，而 WRF 模式為區域模式，故需要等待美國國家環境預報中心全球模式(NCEP GFS)完成模擬後提供邊界資料方可啟動，等待時間約需 4 小時，而 WRF 計算時間約需 2 小時，WASH123D 計算時間約需 3 小時，因此在經過約 9 小時後可進行未來 72 小時之洪淹水預報。所有計算流程均已能自動化排程進行模擬。



圖4.5、大氣水文即時模擬系統排程圖

本計畫針對蘭陽溪流域進行模擬環境重建與改進，修改後的環境可涵蓋整個宜蘭地區，除結合本中心定量降雨預報結果外，亦承接中央氣象局及水利署降雨及水位資料，並於汛期時，即時運算各研究區域之模擬水位與可能淹水範圍，並將模擬結果即時展示於網頁上(如圖 4.6 所示)。

宜蘭地區蘭陽大橋水位模擬



依據定量降雨預報實驗結果(11組成員)進行水文模擬，未來24小時內，蘭陽大橋發生三級警戒(以上)之機率為0%。

圖 4.6、大氣水文整合即時模擬成果(宜蘭地區)

4.3.1 研究區域

此系統目前將研究區域應用在宜蘭的蘭陽地區，並以蘭陽溪作為主要河道演算，測試模式的適用性。蘭陽溪原名為宜蘭濁水溪，以含砂量豐富混濁而得名，發源於海拔3,740公尺之南湖大山北麓，流經牛鬥出谷後，於噶瑪蘭大橋附近會合宜蘭河、冬山河，隨即注入太平洋，流域面積978.63km²，為臺灣東北部最大河川。其年平均降雨量約為2,656公厘左右，主要集中於每年七到十二月。而依照不同的地形分佈，其土地利用大致依用途可分為農業區、保護區、河川用地、住宅區、商業區及工業區…等等。本計畫依據水保局、水利署以及林務局所提供之土地利用圖層，將二維模擬區域劃分成9種土地利用類型。目前已蒐集相關地形地質資料，在依據實際集水區狀況建立WASH123D數值模式的輸入資料。根據河川段面資料，由蘭陽溪構成本模式的一維河川網絡，並根據規劃報告決定河底粗糙度；而二維平面以三角形格網構成，以內政部的40公尺DTM參考高程建立不規則之計算網格，在山區模擬網格較粗，而平地部分則較細，本模式也規劃9種土地利用決定地表逕流速度。目前在模式中於蘭陽地區所採用的雨量站有：宜蘭、南山、三星、壯圍、大礁溪、再連、寒溪、古魯、雙連埤、羅東、玉蘭、太平山、及思源等共計13個。而蘭陽地區之模擬區域網格如圖4.7，採有限元素三角網格，

是由 32906 節點及 65357 個元素所組成。

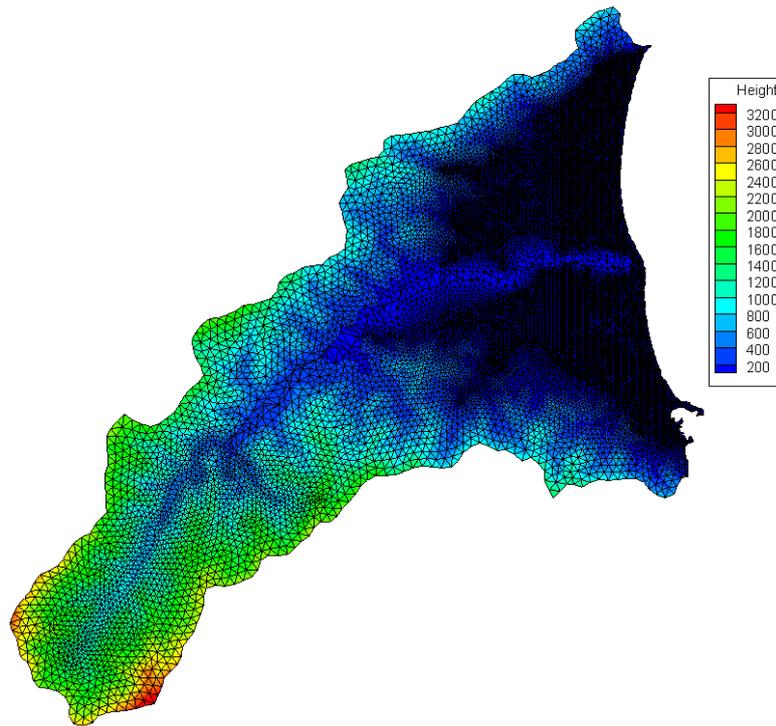


圖 4.7、蘭陽地區網格與高度示意圖

4.3.2 模式率定

本計畫使用泰利(2005)、龍王(2005)兩場事件進行模式率定與測試,利用 WRF 不同累積參數化格式方法測試適合台灣地區之參數,模擬結果分別如圖 4.8 及 4.9 所示。由圖 4.8 泰利(2005)颱風模擬結果,可發現模擬降雨圖與觀測較為一致,其中又以使用 Betts-Miller-Janjic 累積參數化格式之 Case1、Case5、Case9 和 Case13,其逕流歷線上升段結果較佳,雖然洪峰流量與到達時間之誤差研判亦為忽略地下水遲滯效應導致洪峰流量仍稍為低估及到達時間亦稍微提前,但三小時之稽延仍與實際情形相近。而圖 4.9 龍

王(2005)颱風模擬結果，仍以使用 Betts-Miller-Janjic 累積參數化格式之 Case1、Case5、Case9 和 Case13 為佳，且以直接登陸之颱風受環流影響較小、誤差也較小，同時也發現使用 Grell 3D(5)累積參數化格式之 Case4、Case8、Case12 和 Case16 則為高估，因此，對於直接登陸之颱風且土壤飽和狀況下，使用 Betts-Miller-Janjic 累積參數化格式有較佳之結果。

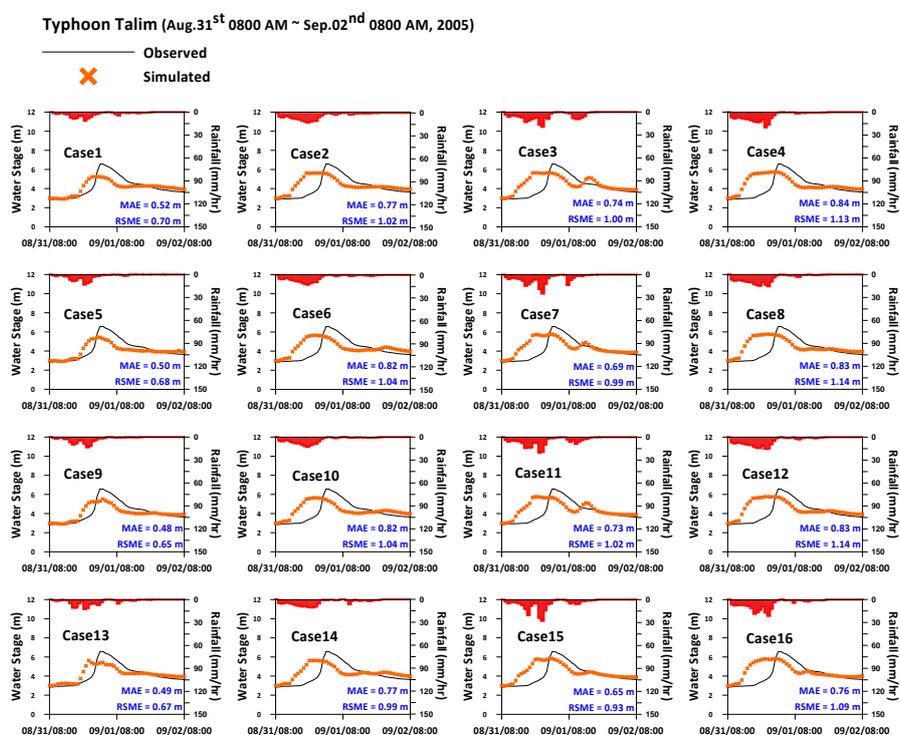


圖 4.8、泰利(2005)颱風模擬結果

Typhoon Longwang (Oct.01st 0800 AM ~ Oct.03rd 0800 AM, 2005)

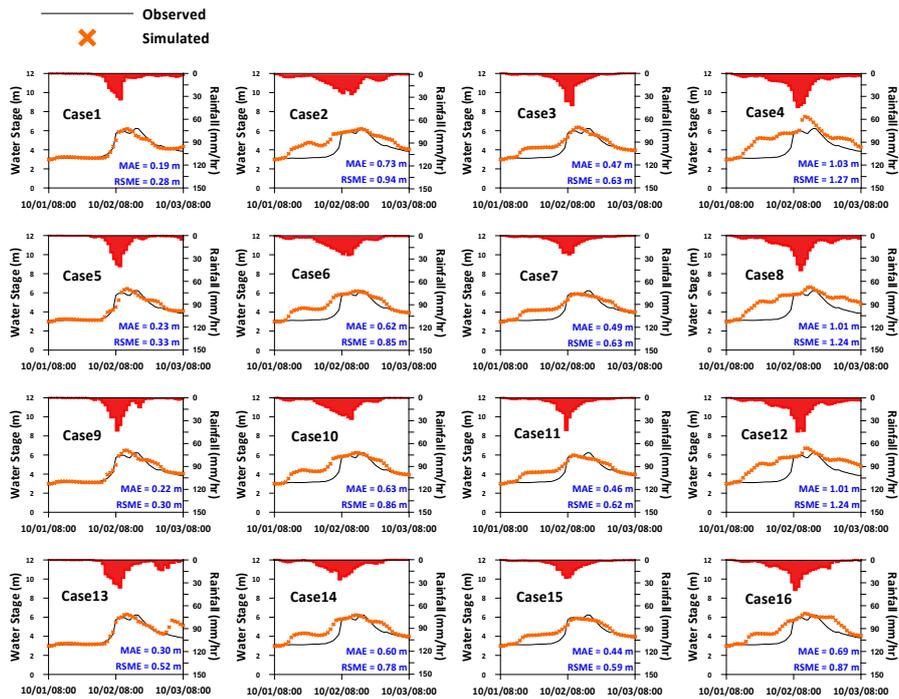
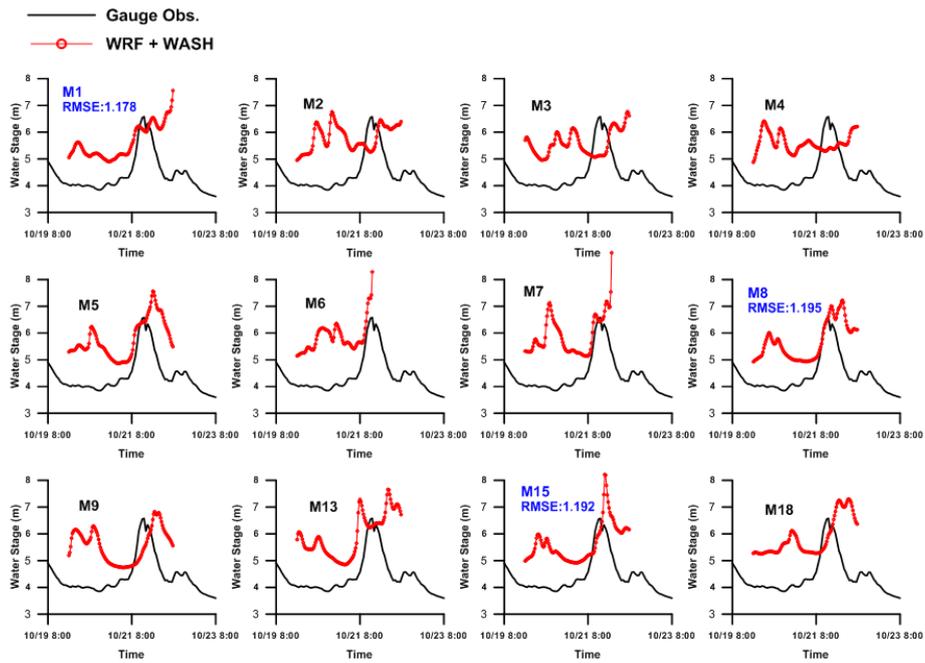


圖 4.9、龍王(2005)颱風模擬結果

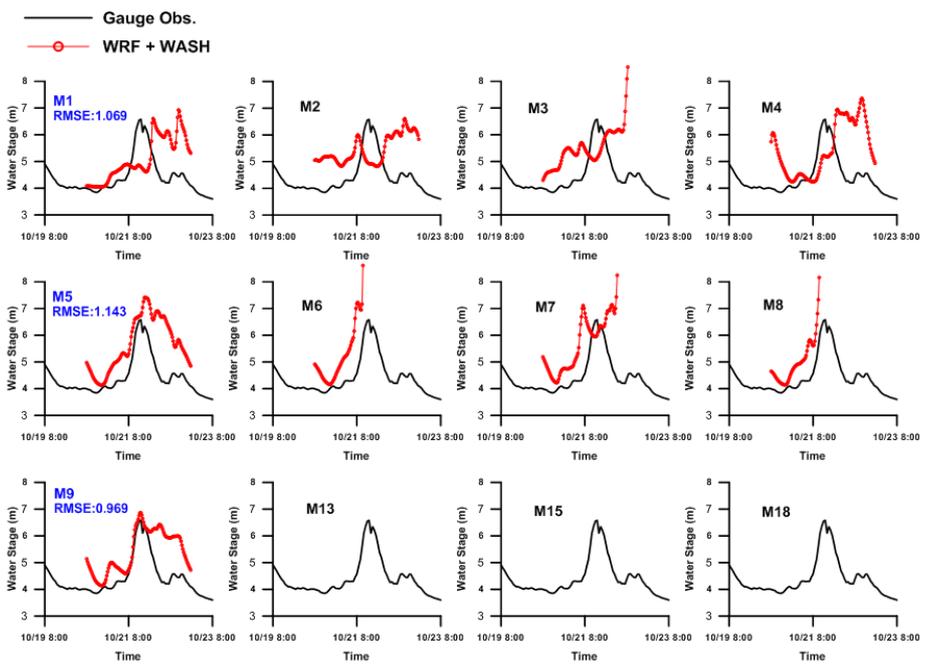
4.3.3 執行結果-以梅姬颱風(2010)為例

根據系集定量降雨預報實驗結果取四個時間做比較，大氣水文即時整合模擬之結果如圖 4.10 所示，以蘭陽大橋水位做為比較標準，可顯示各成員間雨量預報結果有頗大差異因此造成水位預報結果也各自不同，而黑色線條為實測水位結果，由於長延時之定量降雨預報本屬不易，因此結合大氣水文之即時預報能有此結果已可接受，且有多組成員在水位尖峰時間之預報上皆有明確之掌握。

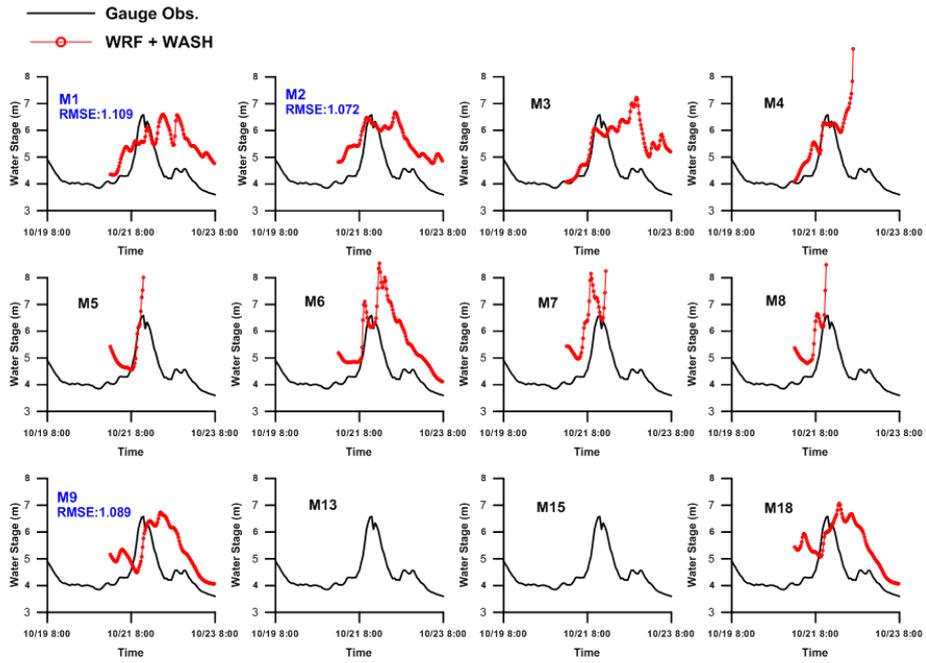
Typhoon Megi (Oct. 19, 08:00, 2010)



Typhoon Megi (Oct. 19, 20:00, 2010)



Typhoon Megi (Oct. 20, 08:00, 2010)



Typhoon Megi (Oct. 20, 20:00, 2010)

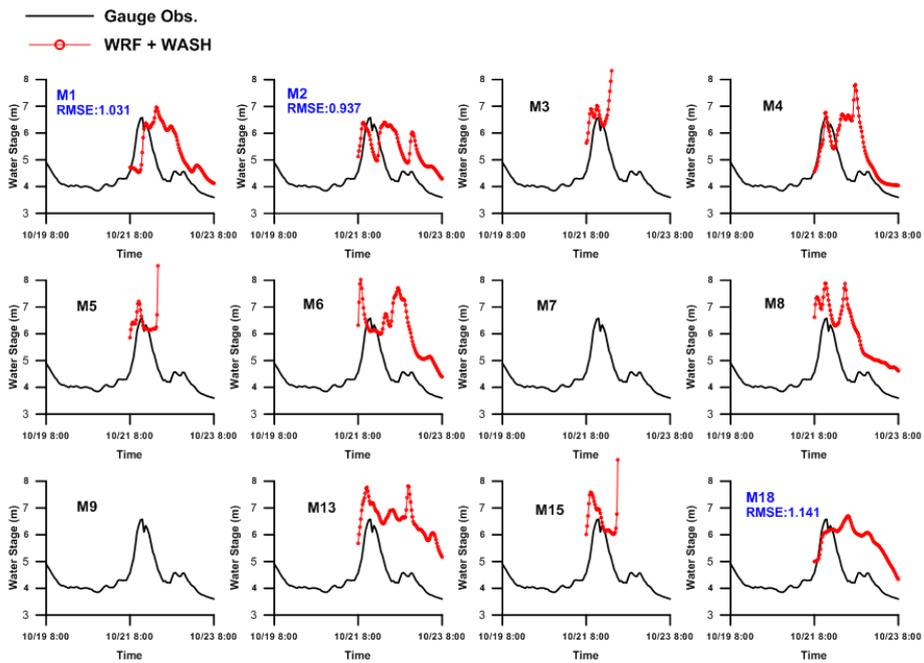


圖 4.10、梅姬颱風(2010)大氣水文整合預報結果

4.4. 三維應用展示系統

上述大氣水文即時模擬結果可藉由3D展示系統進行即時展示，本系統主要採用World Wind 3D 空間網路資訊應用平台進行開發，本平台為一前瞻高解析數位地球空間地理資訊展現平台，其原始碼為美國國家太空總署(NASA)所釋出，為三維立體視覺化地理資訊系統工具，主要提供予地球科學與自然環境應用研究等。考量防災決策需求，本計畫採用此平台進行客制化，並根據開放空間資訊協會OGC (Open Geospatial Consortium) 國際標準與規範進行建構，以便連結網路地圖WMS(Web Map Service)或網路圖徵 WFS (Web Feature Service)等網路圖資服務。而本平台已可連結由國網中心建構之福衛二號災害相關大量衛星影像資料及其他單位提供影像資料所彙總之資料庫，整合建立成為歷史數位化地理資訊展示與應用兼具之系統平台。本平台實際應用上可支援防災任務，持續開發平台新應用，同時可結合防災資料與即時災防訊息，將各項天然災害之模擬或觀測影像資料與此展現平台套疊，並輔助建立政府救災決策系統，本平台仍持續開發中，目前已完成之功能簡介如下：

4.4.1 系統主介面

系統主畫面如圖4.11所示，介面配置及概念說明如下：

| 編號 | 名稱 | 說明 |
|----|-----|-------------------------------|
| 1 | 功能列 | 提供系統各項功能的清單，以滑鼠點選(Click)驅動功能。 |
| 2 | 工具列 | 系統主要及常見的功能，以功能鍵提供快速驅動該項功能。 |
| 3 | 圖層列 | 地表的各項地理資料以【圖層方式】 |

| | | |
|---|-----------|--|
| | | 建立及套疊應用，圖層列中提供各類系統整合的地理資料及外部介接 OGC WMS，套疊圖資僅需點選核取圖層前之方塊。 |
| 4 | 地圖(圖形)展示區 | 提供各式地理環境資料及不同維度(2D、3D)資料之展現區。 |
| 5 | 訊息列 | 顯示目前視點中心經度、緯度、高度及高程。 |

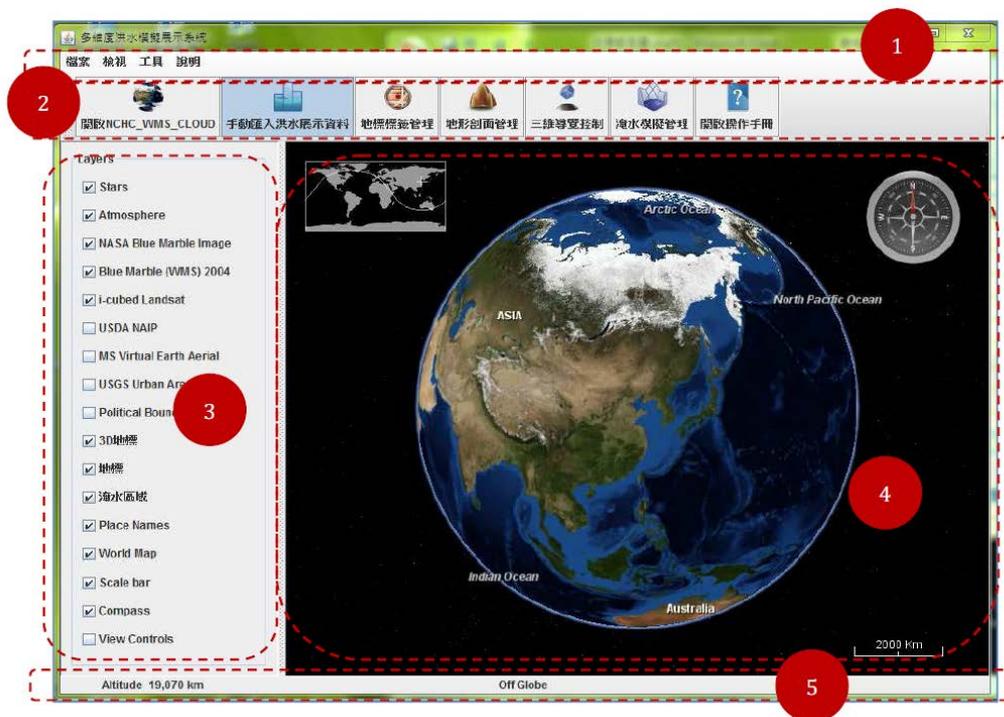


圖4.11、系統完成主介面

4.4.2 功能列說明

(a)檔案

檔案的部分，主要針對資料的輸入與讀取。提供兩個主要的資料輸入方式：

1、直接開啟介接國網中心WMS_Cloud 雲端的圖資，可以作為本展示系統底圖的資料供應來源；

2、「手動匯入洪水展示資料」，由於系統預設將載入預先協調好展示資料路徑，因此當驅動「手動匯入洪水展示資料」時，系統跳出檔案選取視窗(圖4.12)，提供使用者載入特定的資料輸入來源，使資料的呈現依指定的檔案進行展示而不遵照預設的檔案路徑位置。



圖4.12、檔案選取視窗

(b)檢視

檢視的部分主要提供系統地圖展式介面中，地圖元素的輔助顯示與相關的設定，系統完成介面對應如下：

表4.1、系統檢視功能設計說明

| 項目 | 地圖元素 | 介面顯示說明 |
|----|--------------|--|
| 1 | 指北針羅盤 | 用以顯示地圖的方位。 |
| 2 | 地圖比例尺 | 顯示視點區域範圍與實際空間範圍的距離比。 |
| 3 | 二維或三維不同的檢視模式 | 提供切換顯示平面與三維地圖。 |
| 4 | 地形剖面線 | 提供依據輸入剖面線的起、迄，展示起、迄點剖面之地形起伏，搭配淹水深度之動態播放，可以進一步了解。 |
| 5 | 淹水深度圖例 | 用顏色色塊表示淹水的數據的高地起伏，用以突顯視劇在地圖上的表現。 |
| 6 | 圖層清單 | 險是可用以套疊在地圖上的參考資料，包括來自於系統面及外部資料供應單位，如：WMS 介接。 |

(c)工具

- 1、地標管理：提供地標點位建立、修改及刪除，以利使用者自行在圖面上標定。
- 2、地形剖面：提供輸入分析起、迄點後，進行繪製地形剖面線圖。
- 3、三維導覽：提供以旋轉、方位變換、拉遠拉近及尺度的誇張程度等功能。

4、淹水模擬管理：提供為淹水模擬分析播放管理所需要的操作管理功能。

(d)說明

以HTML 網頁儲存於系統中。

4.4.3 主要功能說明

(a) 進行淹水模擬分析

1、點選功能選單【檔案-->手動匯入洪水展示資料】後，或點選工具列上圖示，跳出檔案選取對話方塊，選取本機電腦中欲載入之展示區塊檔案。

2、按【開啟】完成展示區域手動匯入作業，計算完成後，系統跳出撥放控制介面(圖4.13)。

3、控制視窗資訊提供幾個拉軸。由上到下說明如下：

進度：表示資料時序的前後，可參考時間撥放的指示說明。

高度：因為淹水高度的尺度相較於地球體踏小，因此設計上將資訊出現在高程的位置上，由水平面0 公尺往上調整到3,000公尺，藉以凸顯資訊的呈現。

比例：提供做為淹水單位高度尺度誇張化表示。

撥放速度：提供使用調整資料時序撥放速度。

水位上限與水位下限：提供使用者設定三維球體展示時，顯示

淹水資料範圍上、下極限值，在上下極值內的資料使會出現於撥放展現的顏色中。

4、點選【Play】，系統依據資料時間的先後順序，依序播放顯示資料圖例於圖面上。點選【Pause】：表示資料展示播放暫停。點選【Stop】：表示資料展示撥放停止。點選【Rewind】：表示資料展示播放逆向播放(意即時間由後往前撥放)。

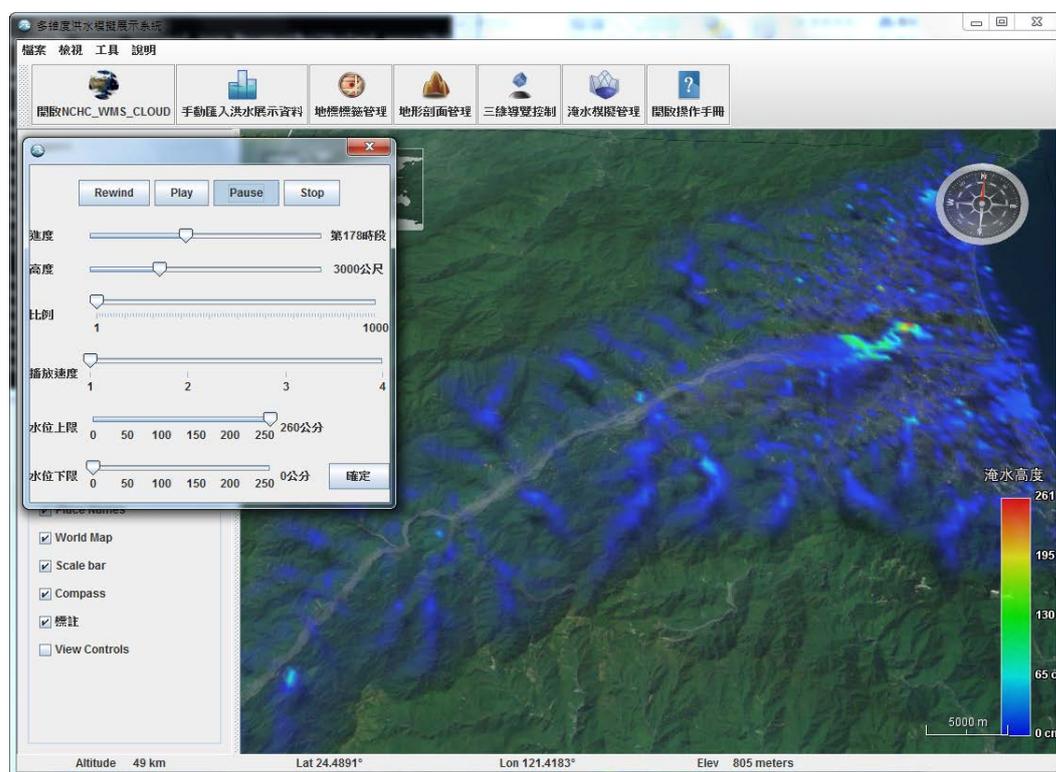


圖4.13、播放控制面板與模擬視窗

(b) 開啟NCHC_WMS_Cloud 介接

1、點選功能選單【檔案-->開啟NCHC_WMS_CLOUD】後，或者點選工具列上圖示，跳出WMS_CLOUD 位址輸入介面。

2、NCHC_WMS_CLOUD 服務位置輸入(如未產生預設值)，輸入後網路搜尋後，回應目前雲端服務之所有圖層清單。

3、於圖層前方核取方塊點選打勾，則WMS 圖層資料載入地圖瀏覽視窗中。

(c) 進行地標標籤管理

1、點選功能選單【工具-->地標標籤管理】後，或者點選工具列上圖示，跳出視窗。地標輸入視窗中提供輸入地標名稱、位置經緯度及高程，同時可以指定地標上的圖示檔案。

2、經緯度的輸入，可以以兩種輸入方式，其一為圖面上直接點選地點，系統會自動抓取圖面上位置之經緯度；另一種輸入地標的方式則是直接輸入經緯度或其他坐標框架輸入方式，如選取【TWD97】、【TWD67】、【WGS84】等。

3、輸入按【確定】後，檢視圖面上相關位置出現使用者輸入支小圖示(或預設圖示)。

(d) 進行地形剖面管理

1、點選功能選單【工具-->地形剖面管理】後，或者點選工具列上圖示，跳出资訊輸入視窗。地標輸入視窗中提供輸入分析起、氣點位置經、緯度。

2、經緯度的輸入，可以以兩種輸入方式，其一為圖面上直接點選起、迄點，系統會自動抓取圖面上位置之經緯度帶入系統中；另一種輸入地標的方式則是直接輸入經緯度並選取其他坐標框架輸入方式，如選取【TWD97】、【TWD67】、【WGS84】等。

3、輸入按【確定】後，檢視圖面分析相關剖面線地形起伏分析(圖4.14)，Y 軸表示高程、X 軸表示距離，單位為公尺。按【清

除】則表示欲重新輸入。



圖4.14、播放控制面板與模擬視窗

第五章、結論

- 建立大氣水文整合即時模擬系統，利用集水區模式(WASH123D)承接大氣模式(WRF)所模擬之雨量資料，進行颱風期間每日四次的 72 小時模擬，並將模擬結果輸出至網頁，以供相關單位參考。本年度針對蘭陽溪流域進行模擬環境重建與改進，修改後的環境可涵蓋整個宜蘭地區；同時亦針對 2010 年的梅姬(Megi)颱風，利用整合設定之自動化排程進行河川水位模擬測試與驗證等工作。
- 考量防災決策需求，發展 3D 應用展示系統，此系統採用 World Wind 3D 空間網路資訊應用平台進行客制化開發，並根據開放空間資訊協會 OGC 國際標準與規範進行建構，以便連結網路地圖 WMS 或網路圖徵 WFS 等網路圖資服務。目前已完成部分功能，可將大氣水文整合模擬結果，載入本 3D 展示系統，以動態且立體地展示淹水深度及範圍，提供視覺化與互動化的即時預報展示。
- 整合逕流模式(KW-GIUH)與河道模式(HEC-RAS)建立即時模擬平台，並應用本中心之定量降雨預報實驗結果，進行全流域之即時降雨逕流模擬。針對大里溪流域在梅花颱風期間之測試結果顯示，採用 3 組系集成員的大里溪溪南橋之水位預報，與實測值之間有所誤差，可能與入滲率有關。未來將持續改進入滲機制，以提升水位模擬結果之準確度。
- 參考聯合國教科文組織 HELP 計畫中各國試驗流域建置資料，選定宜蘭河、中港溪流域、烏溪流域及濁水溪流域建置試驗流域，

並已完成 9 座水位測站之建置；未來將陸續增加測站密度，並進行資料整合，此外並將自動化方式快速的進行水位資料檢核，以利於汛期間迅速提供可靠水位資訊。