



虛擬實境技術 於 淹水模擬應用 — 以 寶來溪 為例

楊鈞宏／國家災害防救科技中心 專案佐理研究員

陳偉柏／國家災害防救科技中心 研究員

張子瑩／國家災害防救科技中心 研究員

蘇文瑞／國家災害防救科技中心 研究員

臺灣南部地區在 107 年 8 月 23 日因熱帶性低氣壓引進大量水氣，在高雄市大寮區降下每小時 111.5 毫米的雨量，包含林園、前鎮、美濃等區域也出現每小時超過 100 毫米的降雨，導致因超過設計保護標準，排水系統排除不及等因素，造成多處道路、農田及魚塢積水，造成災情及民眾生命財產損失，因此災害的預防措施及救災相關演練顯得十分重要。有鑑於此，本研究以每小時高達 100 毫米以上降雨，將山區及河道重現此淹水情境，模擬造成之衝擊及因應作為本研究之目的。

本文將利用虛擬實境軟體工具，以荖濃溪支流寶來溪作為研究區域，選用 24 小時最大時雨量 108 毫米之情境，結合國家災害防救科技中心的山區洪水預警數值模型及 3D 地形模型資料，重現 0823 豪雨事件降雨於寶來溪之情境。透過虛擬實境呈現淹水之範圍與深度，即時呈現於模擬區域中，提供決策支援所亟需之資料。期望未來可應用於救災演練及提供相關決策人員參考，以達到即時展示、推演災害發生結果之願景。透過虛擬實境呈現，帶給使用者全新互動感受，以利於應變決策人員評估與判斷進行人力物力派遣、整備及居民疏散的指揮工作。

關鍵詞：淹水模擬、虛擬實境、決策系統

前言

全球氣候變遷對水利防災造成顯著的衝擊，暴雨強度及雨量均有逐漸增加的趨勢。洪水災害本就是最具破壞性的自然災害之一，隨著降雨強度日漸增強，其所造成之災害將對民眾之生命財產產生更嚴重的威脅^[1]。今（2021）年 8 月 7 日高雄桃源區「明霸克露橋」因不敵強降雨造成的湍急水流而沖斷，造成山區道路、橋梁封閉，為避免相同憾事發生，洪災前的預警便顯得極為重要^[2]。過去對於颱風事件的災後調查，大多仰賴現地踏勘，傳統災後調查因災後環境破壞，但基於安全考量人

員無法前往觀測，且交通中斷導致人員及地面載具無法前往勘查，因此災害過後通常根據現場災害遺跡或目擊者描述現況^[3]；災後現場無法完全清楚描述災害之平面規模與範圍，因此在現有技術限制下，對於颱風期間之情況尚無法精準掌握^[4]。

近年來因 UAV 技術逐漸成熟，且可於強風豪雨的惡劣環境下安全有效的操作，並快速取得相關影像資料，對於即時監測將更具有效益性^[5]。針對 UAV 量測技術之成效，近期已應用於防救災應用、崩場地監控及洪澇災害災情查勘上，皆已獲得顯著的成效^[6]。學

者施錦揮等人，更透過 UAV 影像以及地面調查等方式，應用於遭受暴雨洪水災害的地區，評估其農作物之受災情況。針對土石流危險溪流之判釋，也結合虛擬實境技術及遙測衛星影像分析進行深入分析^[7]。GIS (geographic information system) 軟體、VR (virtual reality) 軟體^[8]等工具因其具備空間地理資料之儲存、更新、分析及展示能力，近年來逐漸成為處理空間地理資料之有效工具^[9]。因此，本文特別針對目前已有之虛擬實境製作技術，開發出一套結合水理數值模式(山區閃洪系統)、數值地形高程(DEM)及立體航照圖地貌實景的展示軟體與操作介面，呈現洪災發生時的洪氾淹水景況，輔助支援決策層級能更精確的判斷並有效地縮短其反應的時間。

研究區域概述

本研究以高屏溪水系支流寶來溪與荖濃溪交會處之寶來溫泉區為研究區域，面積約 29 平方公里，與桃源區接壤，荖濃溪與寶來溪在此匯流，是前往南橫公路的必經之地，位置詳如圖 1 及圖 2 所示。寶來溪位於台灣南部，屬於高屏溪水系，為荖濃溪第二大支流，河長 28 公里，流域面積 133 平方公里，分布於高雄市六龜區東北端及桃源區中南部。主流發源於卑南主山北側，先向北復轉西北流，至透仔火轉向西南流，至石洞溫泉再轉向西北流，於寶來注入荖濃溪。

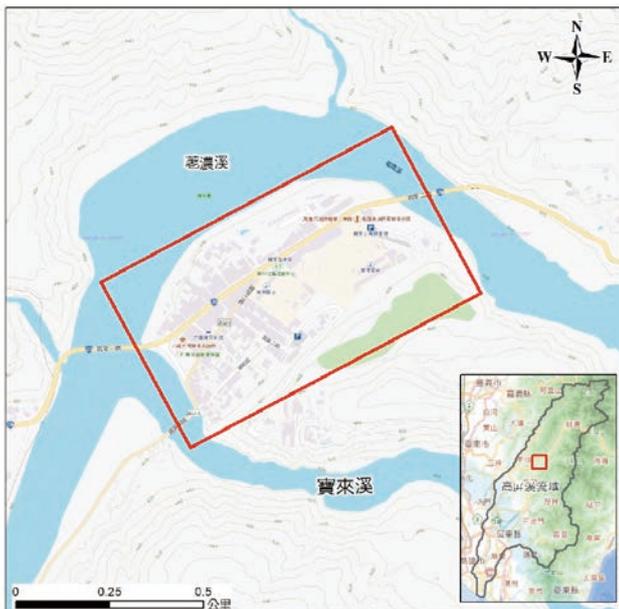


圖 1 研究位置圖－寶來溫泉區



圖 2 研究位置圖－寶來溫泉區航拍圖

虛擬實境技術研發

虛擬實境技術主要是透過 3D 地表模型所產生的影像，自由移動視角或傾角，以滿足使用者即時性之互動需求。本文所使用之 3D/VR 虛擬實境技術軟體為 UC-win/Road，運用其即時運算的 3D 虛擬實境、隨點即至技術 (One-click)、壓縮技術、整合各種多媒體、豐富的運鏡、操作控制介面及使用主流瀏覽器等技术，製作出最新進的 3D/VR 互動式資訊。並透過導入 UAV 模型及實際淹水分析數據，產出淹水實境動畫。

淹水模式導入

淹水模式係由國家災害防救科技中心山區洪氾預警系統所產出，其接收氣象預報模式、降雨逕流模式以及水動力模式所建構而成。採用氣象預報空間解析度 1.25 公里之未來 24 小時降雨量，如圖 3 所示。透過降雨逕流模式將時雨量轉換成集水區時流量，提供水動力模式做為上游邊界進行水理模擬，及虛擬實境所需資料。

數值模式格式轉換

利用山區閃洪模式匯出之水理模擬資料，與無人機空拍資料建置之 3D 地形模型資料，建置淹水情境虛擬實境展示模組。山區洪氾預警系統模擬之淹水檔案格式包含該模擬區域經緯度座標、模擬範圍網格、逐

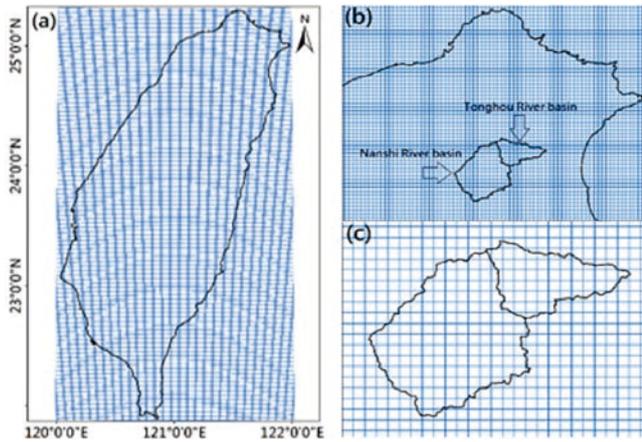


圖 3 雨量網格化配置

時水位資料。圖 4（左）每筆資料座標依序對應座標，圖 4（右）為模擬事件逐時水位高程資料。

1. 依據 UC-win/Road 座標系將淹水模擬結果經緯度座標轉為 UTM 座標系。
2. 製作該模擬範圍均勻網格備用（網格精度依需求可調整）。
3. 逐時水位資料擷取透過 sms 軟體進行均勻網格與逐時水位欄位對應並完成內插工作。
4. 最後利用 GIS 系統將步驟 3 擷取之資料由點資料轉為 raster 檔，再轉成 asc 檔，即完成轉檔工作。

轉換資料檢核

轉換格式後確保轉檔後資料完整性、精度及其影像品質，符合成果影像品質及軟體運作順暢度。以圖 5 為例，DEM 格式轉換後，模擬範圍邊緣會有黑色無資料的情況（圖 5 左），故需進行修正，將高程顯示為 0 的部分手動刪除（圖 5 右）。

T_01.asc			Dry_01_Wet.asc		
1	121.545680	24.873010	-99999.0000	1	3600.0000
2	121.545820	24.873020	-99999.0000	2	1 -99999.0000 0.0000
3	121.546070	24.873020	-99999.0000	3	2 -99999.0000 0.0000
4	121.546270	24.873030	-99999.0000	4	3 -99999.0000 0.0000
5	121.546460	24.873030	-99999.0000	5	4 -99999.0000 0.0000
6	121.546660	24.873030	-99999.0000	6	5 -99999.0000 0.0000
7	121.546850	24.873040	-99999.0000	7	6 -99999.0000 0.0000
8	121.547050	24.873040	-99999.0000	8	7 -99999.0000 0.0000
9	121.547240	24.873050	-99999.0000	9	8 -99999.0000 0.0000
10	121.547440	24.873050	-99999.0000	10	9 -99999.0000 0.0000
11	121.547690	24.873060	-99999.0000	11	10 -99999.0000 0.0000
12	121.547830	24.873060	-99999.0000	12	11 -99999.0000 0.0000
13	121.547710	24.872940	-99999.0000	13	12 -99999.0000 0.0000
14	121.545680	24.872960	-99999.0000	14	13 -99999.0000 0.0000
15	121.545760	24.872960	-99999.0000	15	14 -99999.0000 0.0000
16	121.545880	24.872880	-99999.0000	16	15 -99999.0000 0.0000
17	121.546030	24.872880	-99999.0000	17	16 -99999.0000 0.0000
18	121.546190	24.872880	-99999.0000	18	17 -99999.0000 0.0000
19	121.546360	24.872880	-99999.0000	19	18 -99999.0000 0.0000
20	121.546530	24.872890	-99999.0000	20	19 -99999.0000 0.0000
21	121.546700	24.872890	-99999.0000	21	20 -99999.0000 0.0000
22	121.546850	24.872880	-99999.0000	22	21 -99999.0000 0.0000
23	121.547000	24.872900	-99999.0000	23	22 -99999.0000 0.0000
24	121.547180	24.872900	-99999.0000	24	23 -99999.0000 0.0000
25	121.547350	24.872910	-99999.0000	25	24 -99999.0000 0.0000
26	121.547510	24.872920	-99999.0000	26	25 -99999.0000 0.0000
27	121.547630	24.872920	-99999.0000	27	26 -99999.0000 0.0000
28	121.547730	24.872990	-99999.0000	28	27 -99999.0000 0.0000
				29	28 -99999.0000 0.0000
				30	29 -99999.0000 0.0000
				31	30 -99999.0000 0.0000
				32	31 -99999.0000 0.0000

圖 4 水理模式模擬結果檔



圖 5 淹水成果檔轉換成果檢視

淹水資料轉換成果

統計水理模擬原始資料，荖濃溪主流與其支流寶來溪資料數共有 33,167 個，將水理模擬原始資料轉換格式內插為 5 米 5 米均勻網格後，共產製 228,085 個網格點，將內插後各網格點之水位深度繪圖，以第 1 小時及 24 小時為例，水位深度如圖 6 及圖 7 所示。

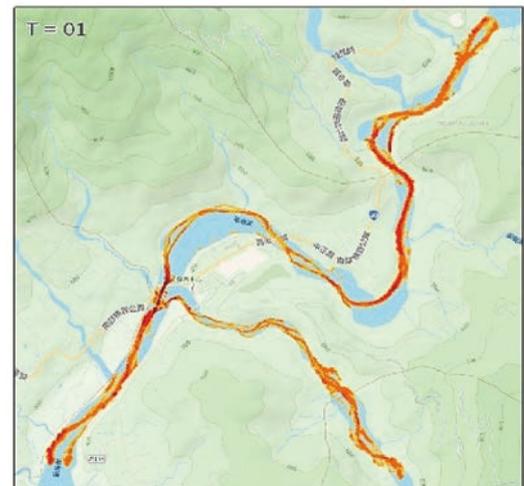


圖 6 第 1 小時水位深度圖

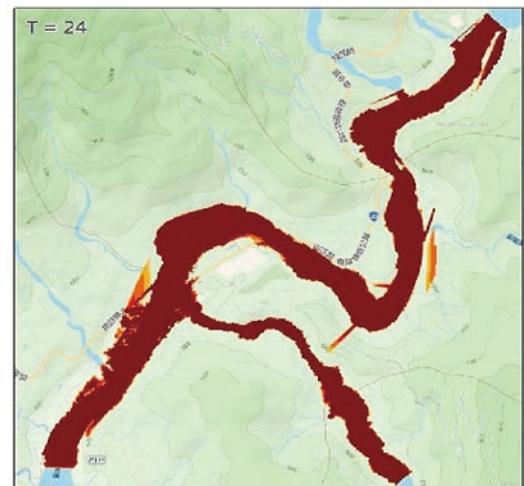


圖 7 第 24 小時水位深度圖

虛擬實境建置

藉由 3D/VR (Virtual Reality：以電腦模擬真實世界的技術) 展示技術，針對洪氾區淹水景況，模擬技術 (Simulation)、互動效果 (Interactive) 等展示方法，呈現淹水境況。其製作過程如下：

1. 蒐集各主要地點之地形航照圖，籍由航照圖的實景呈現，了解地形、構造、植被等相關資料呈現真實地貌。
2. 將等高線圖之比例、XYZ 距離面積等資料換算出來，繪製出主要地形之三度空間立體模型。
3. 蒐集到的航照圖資料轉換成 Image 影像格式，經由 Adobe PhotoShop 影像編輯軟體，編修其航照圖，讓影像更為清晰以便使用。
4. 3D 立體模型和影像圖檔製作編修完成後，運用 Virtools 及 3D Studio Max 軟體等工具，將影像圖檔一塊塊貼附至 3D 立體模型的各個角度上，以建立虛擬實境中的真實地形地貌。

即時展示系統

透過導入以無人機空拍寶來河流域生成之 UAV 地形資料，匯入 UC-win/Road 軟體內建立 3DVR 場景，進行寶來溪動畫製作。



圖 8 VR 場景製作流程圖

運用影像轉換工具將動畫以 360 度影像描繪方式呈現，並使用 UC-win/Road 紀錄與播放功能，錄製並輸出寶來溪 360 度影片。

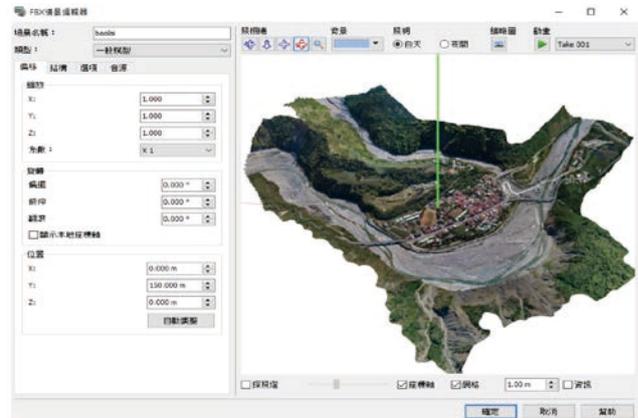


圖 9 UAV 模型－寶來溪



圖 10 寶來溪動畫呈現示意圖



圖 11 360 度動畫輸出－寶來溪

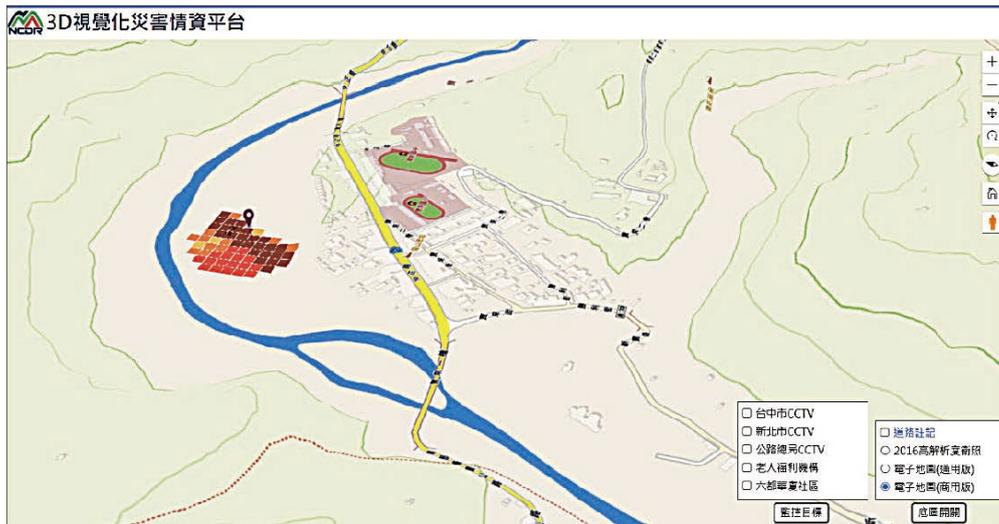


圖 17 VR 成果與情資網之對照－3D 視覺平台

結論與建議

本文所開發之虛擬實境展示技術，除了可以呈現洪氾淹水立體互動式虛擬場景，結合 GIS 系統，可套疊不同人文及生態的圖層，顯現模擬區域對各種人文及自然生態的影響範圍與深度，支援淹水決策系統之需求。因此，經由本文之技術展示將使淹水預警視覺化效果得以提升。

透過 3D/VR（立體互動式虛擬實境）模擬展示的方式，可讓當地居民早一步於腦海中呈現洪氾影響的範圍，對於洪氾過後相關區域的規劃，不管是休閒娛樂或是綠地的再利用，或是防災應變路線，都可預先規劃，將民眾生活與防災工作緊密結合在一起。

參考文獻

1. Aya, S. F. and Yagyu, M. (1995). Field observation of flood in a river by video image analysis. Proceedings of, pp. Vol. 39, 447-452.
2. 中時新聞網 (2021.8.7) Retrieved from 中時新聞網: <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20210807003886-260402?chdtv>
3. Liu, Peter, Chen, Albert Y, Huang, Y.N, Han, J.Y, Lai, J.S., and Kang, S.C. (2014). A review of rotorcraft Unmanned. Smart Structures and Systems, pp. Vol. 13, pp. 1581-1597.
4. Rodriguez. (2006). An emergency response UAV. AMIA Annual Symposium, p. 1078.
5. Haboudane, D., J.R. Miller, N. Tremblay, P.J. Zarco-Tejada, and L. Dextraze. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. Remote Sensing of Environment, pp. 416-426.
6. 代輝、武文波、劉純波、崔言輝 (2014)，洪澇災害天空地一體化災情查勘技術研究，自然災害學報，第二十三卷，第 1-6 頁。
7. 盧致光 (2014)，遙測技術結合虛擬實境應用於土石流運移行為之動態模擬分析，國立屏東科技大學土木工程系碩士論文。
8. 朱子豪、林凱發 (1998) 空載資訊與虛擬實境之整合，1998 空載遙測技術應用研討會論文集，台北：行政院農委會。
9. 蔡光榮、盧致光、吳哲一、陳建富 (2003)，虛擬實境技術結合遙測衛星影像分析應用於草嶺潭土石流危險溪流之判釋，第四屆海峽兩岸山地災害與環境保育學術研討會，台北。