

颱風災害模擬與預警分析

Study on Improving Accuracy and Efficiency of Typhoon-induced Disasters Scenario Simulation and Forecasting Models

主管單位：國家災害防救科技中心

許銘熙	陳宏宇	陳亮全	葉克家	傅金城
Hsu Ming-Hsi	Chen Hongey	Chen Liang-Chun	Yeh Keh-Chia	Fu Jin-Cheng
張駿暉	張智昇	張歆儀	張智昌	黃成甲
Jang Jiun-Huei	Chang Chih-Sheng	Chang, Shin-Yi	Chang Chy-Chang	Huang Chen-Jia
柯明淳	林聖琪	林又青	劉哲欣	葉森海
Ke Ming-Chun	Lin Sheng-Chi	Lin Yu-Ching	Liu Che-Hsin	Yeh Sen-Hae

國家災害防救科技中心

摘要

2011 年的數場颱風豪雨事件應變過程中，發生了短延時強降雨以致應變不及的問題，經討論後歸納出因情境變化快速導致難以決策及操作的問題。為此，「颱風災害模擬與預警分析」計畫，除保有原颱風應變事件檢討、中央災害應變中心(CEOC)專責人員及部會協調、CEOC 情資研判研習會、NCDR 應變組織調整、NCDR 應變人員教育訓練與演練、應變事件作業支援、NCDR 應變資料庫更新、協助決策輔助系統銜接預警資訊的測試外，亦開始朝颱風應變主題圖的檢討規劃、多模式的整合與呈現、監測預警系統測試維護及規劃、氣象坡地淹水預警情境模擬技術研發及災害監測預警平台社經系統維護等研發方向解決的方向前進，以利將災害境況及情境清楚表達並呈報至 CEOC，以落實應用於颱風豪雨災害應變作業，因應近年來天然環境急速變化，及人為改革強烈的需求。

關鍵詞：應變主題圖、多模式、情境模擬、災害應變

Abstract

2011 typhoon heavy rainfall events strain process, the occurrence of heavy rainfall resulting in a short delay strain than summed After discussion, situations change quickly lead to difficult decisions and operations. To this end, the typhoon disaster simulation and early warning analysis "program, in addition to retain flood contingency event review, dedicated staff and ministries of the Central Emergency Operation Center (CEOC) coordination, the CEOC intelligence judged seminar, NCDR strain, organizational restructuring, NCDR response personnel training and exercises, contingency event operations support, the NCDR strain database update, convergence test of early warning information to assist the decision-support systems, began to move toward typhoon strain

thematic review of planning, multi-modal integration and presentation, monitoring maintenance and planning of the test of early warning systems, meteorological sloping direction of R & D direction to solve the flood warning scenario simulation technology R & D and disaster monitoring and early warning platform socioeconomic system maintenance, in order to facilitate the disaster situation and scenario clearly expressed and reported to the CEOC to implement the application typhoon disaster response operations, in response to the natural environment in recent years, rapid changes in and strong demand artificially reform.

Keywords : emergency maps, multi-mode, scenario simulation, disaster response.

一、前言

近年來在面臨全球急遽的氣候與環境變遷及都市化提升社會的易致災性之影響下，台灣的災害有朝向大規模化、高頻率化、複雜化發展的趨勢，也顯示出處於高災害潛勢的台灣已無法避免颱風災害的衝擊與威脅。一般而言，颱風豪雨災害預警與應變約可概分為預報(預測、分析模擬)、監測(即時資訊、即時災情)、操作(研判、決策、通報、應變)等三部份，其中不確性雖然高，但仍需配合災害歷程之狀況及需求提供預警情資以作為應變、決策的依據。因此，自2001年奇比颱風開始國家災害防救科技中心即配合中央災害應變中心的成立，主導情資研判組於颱風豪雨災害期間提供預警情資，以作為應變操作與決策的依據。每年年底均會將當年各場次的颱風豪雨應變的過程進行檢討及找出需要的研發方向，詳細歷程參閱表1。

表1、歷年颱風的應變需求

颱風事件	最大降雨強度 (mm/hr)	總累積雨量 (mm)	疏散撤離 (人)	死亡/失蹤 (人)	預警方式	經驗學習
1959.08.06 八七水災	176 嘉義大湖山	1,110 雲林斗六		1055(672;383)	被動防災	疏散依據
2001.06.23 奇比		204 台南		30(14;16)	1.風雨預報 配合災害 潛勢資料 2.以即時降 雨中心修 正預警	1.監測需強 化 2.預警資訊 需細致 3.疏散操作 不易
2001.07.28 桃芝	147 花蓮光復	757 南投信義	----	214		
2001.09.17 納莉	142 宜蘭大同	1,462 宜蘭大同	24,000	104		
2004.06.30 敏督利	167 南投國姓	2,005 高雄桃源	9,500	41		
2005.07.18 海棠	177 屏東三地門	2,124 屏東三地門	1,208	15		
2005.09.01 泰利	119 嘉義阿里山	766 高雄桃源	1,207	5		
2006.07.12 碧 利斯	95 屏東鹽埔	1,013 屏東三地門	409	3		
2007.08.16 聖帕	122 屏東瑪家	1,399 屏東瑪家	2,531	1	1.基礎資料 擴充及監 測技術改 進，提昇 預警	1.歷史災害 資料參考 降低 2.複合式災 害出現
2008.07.16 卡玫基	161 台南南化	1,027 高雄六龜	179	26		
2008.07.16 鳳凰	121 屏東瑪家	830 宜蘭大同	1,303	2		
2008.09.10 辛樂克	97 南投中寮	1,608 台中太平	1,987	22		
2008.09.27 薔蜜	85 嘉義竹崎	1,137 宜蘭大同	3,361	4	2.預警資訊 的串接與 整合	3.空間圖資 整合
2009.08.07 莫拉克	136 嘉義竹崎	2,884 嘉義阿里山	24,775	769(693;76)		
2010.09.19 凡那比	125 高雄大社	1,128 屏東瑪家	16,568	112(2;110)	預警系集與 多模式整合	短延時強降 雨
2010.11.21 梅姬	182 宜蘭蘇澳	1,195 宜蘭蘇澳	3,453	134(38;96)		
2011.08.30 南瑪都	102 屏東車城	1,106 屏東滿州	11,163	1		未來情境分 析

由去年2011年的數場颱風豪雨事件應變過程中，發生了短延時強降雨以致應變不及的問題，經討論後歸納出因情境變化快速導致難以決策及操作的問題。為此，本專案提出「颱風災害模擬與預警分析」之子項計畫，除保有原颱風應變事件檢討、

CEOC專責人員及部會協調、CEOC情資研判研習會、NCDR應變組織調整、NCDR應變人員教育訓練與演練、應變事件作業支援、NCDR應變資料庫更新、協助決策輔助系統銜接預警資訊的測試外，亦開始朝颱風應變主題圖的檢討規劃、多模式的整合與呈現、監測預警系統測試維護及規劃、氣象坡地淹水預警情境模擬技術研發及災害監測預警平台社經系統維護等研發方向解決的方向前進，以利將災害境況及情境清楚表達並呈報至CEOC，以落實應用於颱風豪雨災害應變作業，因應近年來天然環境急速變化，及人為改革強烈的需求。

二、研究方法與成果

本計畫配合中心定位與目標，主要是提供颱風豪雨災害應變期間的降雨與災害關聯探討、改善河川流況預測模式、改善淹水潛勢預測技術、改善土石流潛勢精度、改善坡地崩坍潛勢精度、改善災害風險及社會影響分析模式等災害與預警技術支援。

工作成果包括(1)應用即時演算及同時多工化演算概念跨領域整合現有已研發的氣象、坡地及淹水等預警技術，再探討如何進行多模式的整合與呈現，以作為支援中央災害應變中心颱風應變時之決策研判需求，(2)為能在颱風豪雨災害應變期間，可以迅速提供基本簡報及配合操作需求，故必需要納入EMT的觀念配合歷年應變經驗進行颱風豪雨應變主題圖的檢討與規劃，(3)為能因應災害風險資訊的提供，進行預警情境模擬技術的研發及災害監測預警平台系統維護。故成果可分成以下數項進行說明：

2-1 多模式的整合與呈現

災害預警的不確定性反映在初始/邊界條件、參數及模型結構上。故整合預報方法可延長預報時間，降低預報的不確定性，提高預報者的信心。藉著擴大初始/邊界條件或物理參數擾動，利用單一的模式製造多組預報結果為目前科學界常採取之方法。然而，無論模型多麼複雜或參數的選擇範圍有多寬，結構不確定性是不可能通過使用單一的模型完全去除。

根據Jang et al. (2011)研究結果顯示利用多個模式以加權平均之結果，較單一模式可有效避免預報的偏估。多模式整合預報的成功有賴於選擇的模型必須為結構不同，已確保每個模型的獨立性，抵銷相互的錯誤。本研究的目的為分別建立淹水與坡地的多模式整合災害預報理論基礎，並利用歷史事件進行預報精度提昇之檢討。

本計畫於2010年起即著手發展「災害境況模擬整合展示平台」，歷經兩年建置，目前已經整合五個淹水模式，可提供即時預警與災後模擬分析。為了將多模式整合成果最佳化，採用預報得分方式，將各個模式給予加權得出一總分，分數越高代表淹水風險越高，概念如圖1、圖2所示。

本年度經多次與同仁討論後，配合理論基礎的內涵，更新其操作介面如下所示，其功能除可將坡地、淹水預警警戒模組之多模式綜整結果(包含綜整評分表、警戒區地圖)，亦可自動產出簡報檔案(以Powerpoint 檔案為主)，以提供幕僚人員於應變作業中操作使用。綜整簡報產製系統介面詳如圖3~圖4，坡地與淹水綜整簡報產製的簡報畫面如圖5所示。



圖1、多模式架構在一個整合平台上



圖2、多模式整合預報得分

2-2 颱洪應變主題圖的檢討規劃

災害應變的過程中，除文字的敘述、數字的統計等資料外，地圖的使用應為一個更有效地說明方式，然而如何將所有可得到的資訊將依其關聯性，轉化為易於閱讀的地圖使用，然而有別於地震災害時於震後直接或依震後時序所需說明影響範圍、可能之災害等相關類別資訊，颱洪應變所需之圖資，應先以時間為主軸配合颱風影響時序與降雨境況進行應變圖資之繪製。

本專案成員之工作配合中心緊急繪圖小組(Emergency Intelligence Mapping Group, EIMG)之規畫進行相關颱洪應變作業時所需圖資之規劃，將災害應變圖資與現階段災害決策支援輔助、潛勢圖資依照資料屬性與使用目的先進行整理(圖6)，一來可分別出圖資使用之時間點，二來將使用圖資類別進行區分，因此大致上所有的災害圖資可分為兩個大類別或主軸，一類屬於災前的整備使用，另一類則屬於災時(後)應變圖資。其地圖的展示方式則可利用固定的地圖版型、呈現主題化災害關聯性，並透過紙本、數位影像檔，以固定情境之靜態資料展示，或是將相關繪製之地圖資料傳化為地理資訊系統可用之格式，透過災害決策支援輔助系統動態地空間展示功能，依照當時實際狀況直接堆疊出所需參考地圖。

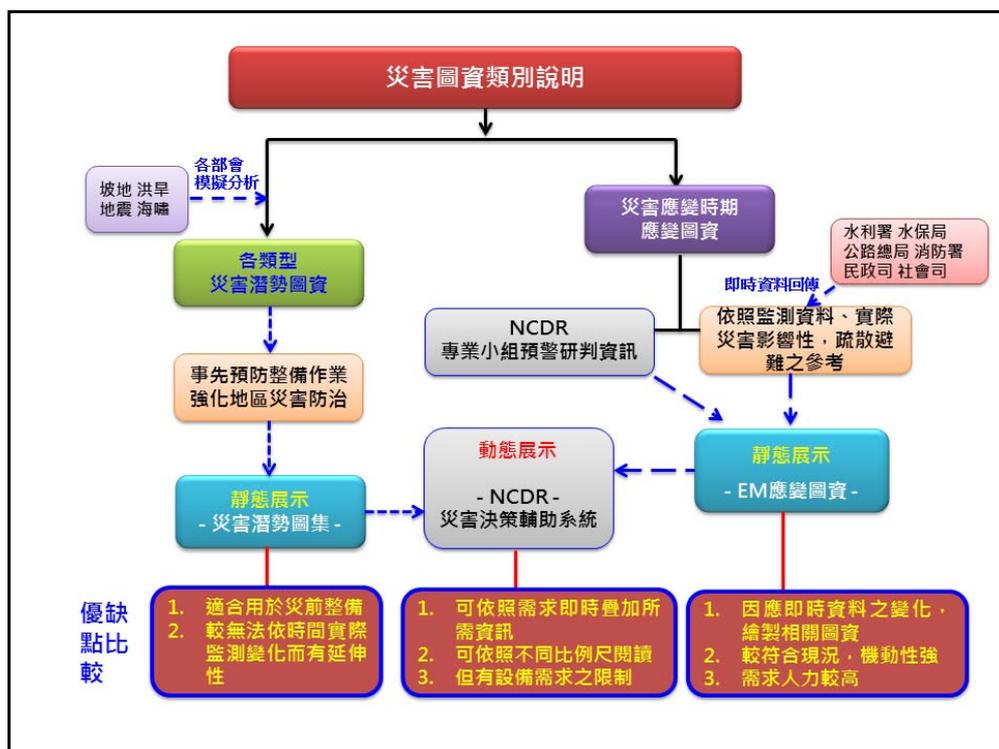


圖6、現階段應變使用圖資繪製流程與比較

同時透過實際應變作業之時間軸的比對，初步將緊急應變圖資繪製的時機與需求分為以下4個階段(圖7)，相關內容如下所述：

(1)預防性整備階段：本階段主要針對颱風警報或豪雨事件警報發布階段，透過潛

勢圖資、預報資料，針對需強化防災作業之地區與項目進行地圖繪製，透過空間分布、統計資料說明注意事項。

- (2) 災害事件監測時期：本階段應變圖資主要藉由實際測站所得資料，配合各種模擬預測進行災害可能分布，並提醒疏散撤離等行政工作應提早作業之地區。但依照災害類型與發生的時間狀態之不同，故需要著重的重點也不相同。
- (3) 各項災情紀錄與資訊之更新：依照時間延續，實際災情與各種處置資訊會不斷更新，圖資應隨時間進行更新，如避難疏散作為之數據更新、實際災情等。
- (4) 災後要點提醒：當事件結束時，以總整相關災情與處置資訊為優先，本階段工作主要目的提供相關所需者了解本次災害事件整體空間分布之情況，協助災後復原作業時應注意之事項。
- (5) 繪圖者：標示繪圖者的目的在於讓閱讀者明瞭資料整理者與相關圖資出處。
- (6) 圖資報表：完成主題圖繪製後，必須進行詮釋資料的填寫以供後繼圖資使用者、其他繪圖者能有所依循，目前規劃主題圖的詮釋資料必須填寫的欄位包含有：主題圖名稱、使用圖層清單、資料來源、資料時間、使用時機、起訖時間、最小資料單元、空間範圍、內容說明、目的、出圖時間等。

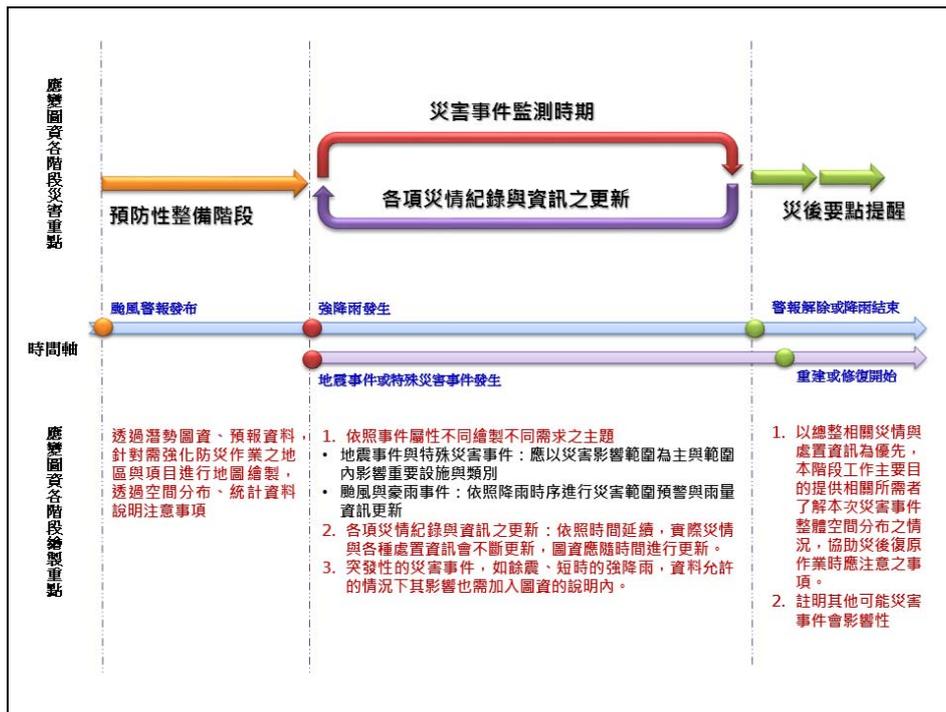


圖7、應變圖資繪製時間軸與階段重點劃分

故根據2012年泰利颱風、蘇拉颱風及天秤颱風等，相關統計與分類整體圖資需求今年度大致降雨預估、坡地災情(含道路災情)、淹水災情、預警性封閉作業、綜合災情、歷史災情分布以及避難疏散等7類，其各次颱風繪製比例如圖8所示。

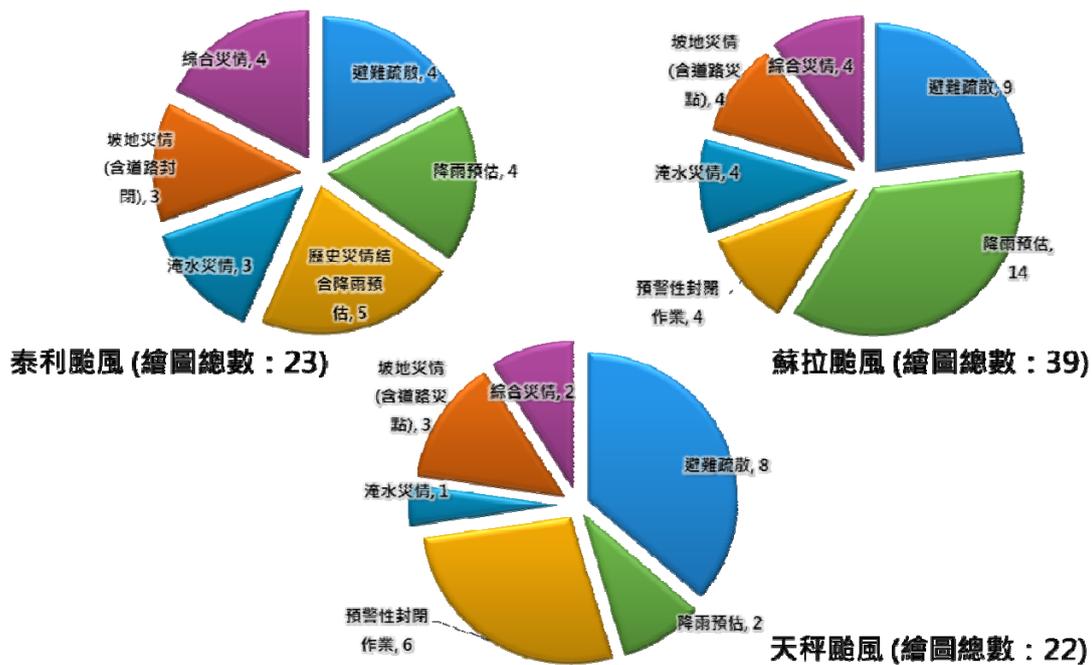


圖 8、2012 年各次颱風應變圖資繪製結果

2-3 監測預警系統測試維護及規劃

因災害管理涉及擬達成任務情境之資料、模式、管理、展示等流程，包括資料的整合、運用分析，模式的銜接與模擬成果解析，決策管理指標的形成，以及成果之圖型呈現等，在流程當中且須經由參與者之溝通合作才能形成指標與決策。這樣的災害管理資訊系統尚包括資料本身與資料庫、模式運算與模式庫、及相關軟硬體介面的建置，整體系統非常複雜，並非一蹴可幾。需要使用各種案例情境任務，經由垂直流程之整合貫通，累積成熟經驗以逐漸實現各流程本身與銜接介面之標準化。本年度由本專案與國家高速網路與計算中心合作著手建置一資訊平台以符合未來需求，

防救災相關資料項目繁多且分散在不同的部會署，以颱風豪雨引起之淹水及坡地崩塌之任務情境為例，目前已彙整中央氣象局劇烈天氣監測系統QPESUMS觀測資料以及本中心加值之降水定量預報QPF (Quantitative Precipitation Forecast)，未來將逐步提供更多防救災相關資料。防救災相關模式部分，目前已經整合本中心之淹水機率模式與坡地崩塌機率模式，使用者可透過瀏覽器線上選擇模式並指定輸入資料直接進行運算並取得運算結果。展示的部分則提供2D與3D的選擇，2D/3D展示功能可用於QPE/QPF逐時/累積雨量展示，也可用於淹水/坡地崩塌機率模式的計算結果展示，2D繪圖是採用國網中心自行開發的繪圖應用程式，3D繪圖則是改良自美國太空總署開發的Open Source軟體WorldWind，產製的2D與3D圖都可以直接在網頁觀看。本平台在實務應用上，可進一步結合由國家高速網路與計算中心與本中心合作開發的災害防救溝通合作平台，該平台提供專案管理、線上會議與遠端桌面功能。以下將逐一介紹資料、模式與展示目前已經完成的功能。

2-3-1 資料與模式

- 降雨監測資料使用本中心氣象組雷達-雨量站降雨整合估計，所得資料為等間距格點資料(162 x 275 點)，空間解析度為 0.0125 x 0.0125 經緯度，時間解析則為 10 分鐘。
- 降雨預報資料使用本中心氣象組 WRF 模式降水定量預報進行每 6 小時可獲得一套 72 小時長度的逐時定量降雨預報資料 (QPF)，並投影成與雷達-雨量站降雨整合估計之相同網格，如此便可整合觀測降雨與預報降雨資料提昇即時預警功能。
- 淹水機率模式 Flood Probability 採用本中心洪旱災害防治組之淹水機率模式，以羅吉斯回歸(Logistic Regression)求出雨量與淹水機率之關係式。在實際應用上，具有極大的靈活性和實用性。其一，當淹水潛勢地圖已知時，不用花費太大額外功夫便可迅速建立淹水機率模式。其二，對於決策者而言，可直接從降雨量了解區域淹水嚴重度與機率。
- 坡地崩塌機率模式 Slope Probability 運用本中心坡地災害防治組利用累積降雨估算坡地災害發生機率，模式中採用 Logistic 迴歸方法進行統計分析，配合山區聚落現況、便橋便道情形，以坡地災害發生潛勢高、易成孤島情況，將其門檻每一條件向下降或向上調整其警戒門檻值。

2-3-2 資訊平台系統展示

國網中心科學視算實驗室之影像處理函式庫IMT，可滿足特定的影像格式處理需求，且可跨平台運作，可加速開發客制化的影像處理應用程式。在2D展示功能上，國網中心基於IMT自行開發一個GIS繪圖應用程式，可完成從資料讀取、轉換到繪圖之整個流程，再與台灣縣市界底圖進行套疊產生2D展示圖檔；逐時/累積雨量資料或淹水/坡地崩塌機率模式之計算結果同樣可展示在3D Web WorldWind平台上，套疊QPE雨量之展示畫面如圖9所示。Web World Wind平台採用airGmap OPCube SDK進行開發，主要為JAVA程式架構，具有高度客制化的優點。透過客制API後，可快速地與各領域之各種資料進行介接整合及展示，透過瀏覽器即可共享所有的資料及成果展示，架構如圖10所示。至於本系統的彙入彙出資料的Schema整理詳如表2所列。

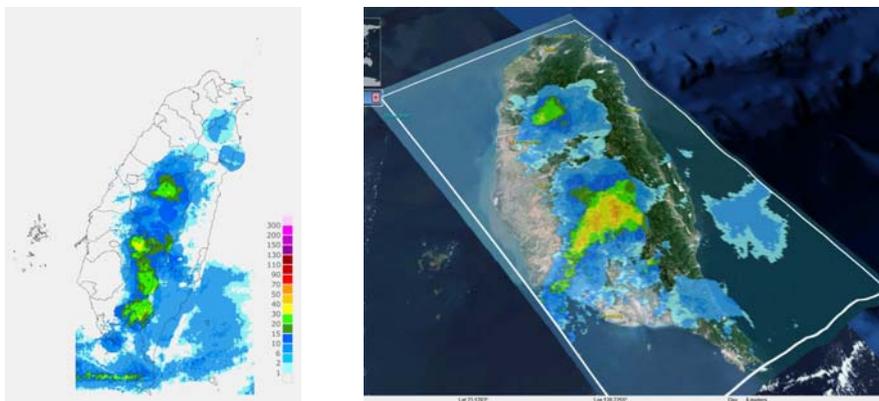


圖 9、國網中心自行開發的 2D 展示與 Web World Wind 3D 展示

為短、中、長程的方式來逐年完成，詳細內容參見表3所示。

表 3、監測預警系統短、中、長程規劃

項目	組別	近程	中程	遠程
版圖調整	坡地組	道路警戒線整合	功能擴充 使用者自訂綜合警戒結果管理 功能擴充-綜合指標 操作介面調整 變異名稱統一 SM機能的更新機制	NCDR坡地警戒
		功能擴充-自訂警戒警戒		
	洪旱組	簡報版圖調整		
		綜警版圖調整		
	社經組	金路單位標示調整		
資料發佈	全部	警戒結果報表下載		依照OGC 規範發佈 WMS 軟體設計
	各組別	警戒結果主題圖SHP下載		
模式強化	全部 各組別	使用端端以單機版本進行自訂參數更改變以及結果展示	使用端端以單機版本進行分散式協同編輯 利用可桌上型電腦端,於資料收到時進行協同異地編輯作業	

三、結論與建議

本計畫先於100年度整合過去在颱風豪雨災害應變相關專案的研發成果，進行既有之監測資料、警戒模式及預警模式的串接與展示。101年度主要為完成災害監測預警平台強化：包括颱風應變主題圖的檢討規劃、多模式的整合與呈現、監測預警系統測試維護及規劃等項目。使該系統除了可以協助災害分析研判者於平時災害訊號的提醒與颱風豪雨應變期間災害警戒與預警操作外。還能進行資料校驗及預警精度改進，未來將逐步的把歷史資料輸入系統進行測試，冀以達到平時災害監測，颱風豪雨期間提供災害警戒監測與及早預警之功能；同時，經由多次分析研判與災害應變作業，提供未來災害情境設定、颱風豪雨預警、應變決策及減災措施之需求。

參考文獻

1. Jiun-Huei Jang, Pao-Shan Yu, Sen-Hai Yeh, Jin-Cheng Fu and Chen-Jia Huang, A Probabilistic Model for Real-time Flood Warning Based on Deterministic Flood Inundation Mapping, Hydrological Processes, Vol 26 Issue 7, 1079–1089, 2012/03 SCI
2. 葉克家、張駿暉、傅鏗漩、傅金城、李文正、江申、吳啟瑞、葉森海、黃成甲，淹水警戒分級之探討，社團法人臺灣災害管理學會電子報，第 10 期，1-8，2012/11
3. Kai-Jie Lo, Yuan-Fang Tsai, Jin-Cheng Fu, Wen-Ray Su, The Analyst of Sediment Budget for Nantzuhsien River Watershed 8th International Symposium on Social Management Systems, Kaohsiung Taiwan, 2012/05
4. Ming-Chun Ke, Sheng-Chi Lin, An-Hsiang Wang, and Wei-Sen Li, The Application of Geo-hazard Potential Map on the Early Warning System of Landslide The 24th Annual Geological Convention of the Geological Society of the Philippines, Philippines 2011/12

5. Jin-Cheng Fu, Technology Support the Central Emergency Operation Center for Disaster Reduction and Emergency Operation 2012 APEC Typhoon Symposium, Taipei Taiwan, 2012/06
6. Chen Liang-Chun, Yeh Keh-Chia, Hsu Ming-Hsi, Fu Jin-Cheng, Jang Jing-Huei Chang Chih-Sheng, Huang Chen-Jia, Yeh Sen-Hae, Chang Chy-Chang, Ke Ming-Chun, Chang, Shin-Yi, Lin Sheng-Chi, Improvement and Challenge of Emergency Operation of Typhoon, The 4th International Workshop on Natural Disaster Reduction and Management among Taiwan-Japan-Korea, Korea, 2012/12
7. 柯明淳、林聖琪, 崩塌地文敏感圖之更新與應用, 第十三屆海峽兩岸三地環境資源與生態保育學術研討會, 花蓮台灣, 2012/06
8. 吳上煜、柯明淳、王安翔, 應用格網概念進行即時坡地崩塌預警模式運算, 2012 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會, 台中台灣, 2012/06
9. 柯明淳、李中生、吳上煜、張智昌、黃明偉、陳秋雲、陳怡臻、施奕良、傅金城, 緊急製圖應用於災害應變作業之初步探討, 2012 台灣災害管理學會研討會, 台北臺灣, 2012/11
10. 李正國、常若愚、孫嘉陽、林錫慶、蔡惠峰、蘇文瑞、傅金城、張智昇、張駿暉、林聖琪, 災害管理資訊平台的發展雛型與個案應用, 2012 台灣災害管理學會研討會, 台北臺灣, 2012/11
11. 黃成甲、葉森海、許銘熙、張駿暉、傅金城、葉克家, 二維淹水分散計算系統建置, 2012 台灣災害管理學會研討會, 台北臺灣, 2012/11
12. 謝孟澐、林哲緯、劉巧智、段鏞、傅金城, 濁水溪降雨-洪水位預報之研究, 2012 台灣災害管理學會研討會, 台北臺灣, 2012/11
13. 許銘熙、陳宏宇、傅金城、柯明淳、張智昇、張駿暉、黃成甲、張歆儀、張智昌、林又青、劉哲欣、林聖琪, 0610 水災及泰利颱風災害預警與應變分析報告, NCDR101 年技術報告
14. 許銘熙、陳宏宇、傅金城、柯明淳、張智昇、張駿暉、黃成甲、張歆儀、張智昌、林又青、劉哲欣、林聖琪, 蘇拉颱風災害預警與應變分析報告, NCDR101 年技術報告
15. 許銘熙、陳宏宇、傅金城、柯明淳、張智昇、張駿暉、黃成甲、張歆儀、張智昌、林又青、劉哲欣、林聖琪, 天秤颱風災害預警與應變分析報告, NCDR101 年技術報告
16. 柯明淳、李中生、吳上煜、李香潔、陳怡臻、吳佳容、陳秋雲、李沁妍、李洋寧、林郁芳、許秋玲、張芝苓、張歆儀、章瑜蓓、黃泰霖、鄧傳忠、楊蕙萱、廖楷民、劉俊志、劉淑燕、施奕良、張智昌, 2012NCDR_M_緊急應變製圖圖集, NCDR101 年技術報告
17. 許銘熙、陳宏宇、傅金城、柯明淳、張智昇、張駿暉、黃成甲、張歆儀、林聖琪、張智昌, 2012 中央災害應變中心颱風豪雨災害情資研判作業研習會論文集, NCDR101 年技術報告