

102 年天氣分析與預報研討會

中華民國 102 年 5 月 13 日(星期一)至 15 日(星期三)，
于桃園龍潭渴望園區

論文彙編目錄

A4 議題：氣象防災與應用

于宜強 龔楚媛 李宗融 林李耀 林沛練 颱風災害規模推估評估技術初步研究	A4-1
苟潔予 張俊德 洪甄聲 蘭育德 顏增璽 氣象衛星雲圖與氣象資訊之解析與推廣	A4-7
張哲豪 沈志全 吳祥禎 連和政 謝孟益 結合預報降雨量之河川流量系集預報平台架構	A4-11
朱蘭芬 陳永明 魏曉萍 朱容練 謝佳穎 曾文溪流域之極端降雨分析	A4-17
龔楚媛 于宜強 李宗融 林李耀 冬季台灣東北部致災降雨事件之天氣類型分析	A4-22
李欣輯 陳怡臻 歷史重大颱風事件之災損評估_以梅姬颱風為例	A4-28
李宗融 林又青 龔楚媛 王俞婷 張志新 于宜強 林李耀 台灣梅雨季之北中南區降雨規模與水氣通量分析比降雨規模因子(RSI)在坡地災害 預警之應用	A4-29
柯利鴻 吳祚任 李俊叡 蔡育霖 以潛在海嘯源逆向追蹤法分析台灣東海岸潛在之海嘯威脅	A4-35

颱洪災害規模推估評估技術初步研究

于宜強¹、龔楚嫻¹、李宗融¹、林李耀¹、林沛練^{1,2}

1. 國家災害防救科技中心

2. 國立中央大學大氣科學系

摘要

台灣地區每年造成民眾損失的災害事件以颱洪的危害最為嚴重，雨量則與災害有著密切的關連，但不同地區可承受的雨量也有所不同。因此，透過氣象局所發佈的大豪雨等級，無法推估災害可能發生的大小。為了推估災害規模，我們希望利用過去歷史災害事件，試圖量化各地區災害的等級。透過量化的災害事件的天氣分析，瞭解影響災害規模的多重尺度天氣因子，作為推估災害規模的依據。

在研究中，我們必須詳細分析歷史災害資料，透過重建歷史災害情境獲得完整的災害資訊，再利用此資訊進行災損與衝擊的估計，最為災害規模定義的基礎資料。將氣象致災因子與災害衝擊規模量化資訊進行回歸比對，建立推估災害規模之方法，提升應變災害預警之能力。目前，已針對辛樂克(2008)、卡玫基(2008)、莫拉克(2009)與梅姬(2010)等四場颱風進行災害量化處理與氣象致災因子分析。初步研究發現降雨規模與災害規模因子有著相當好的關係，可進一步作為推估災害的方法。

一、前言

「災害規模」是莫拉克颱風(2009)災後被持續關注的議題，「災害規模」係指對於災害程度的描述。分析目前的災害預警與災後分析的作業，都未針對此議題進行深入的探討。國外有關於災害規模的文獻，多半以受災害影響的人口、經濟損失或受災面積做為判斷規模的依據(Fischer, 2003a, b; Sheehan and Hewitt, in Smith 2006)。由過去的防災經驗，台灣的災害多起因於颱風或豪雨事件的劇烈降雨。在災害資料蒐集的方面，雨量資料相對於災害類別資料較為完整與單純。再者，在災害應變與操作上，雨量的監測與應用都是判斷災害的領先因子。因此，如何將降雨的資訊有效轉化為降雨規模的訊息，是啟動災害規模研究與應

用的重要關鍵。現行防災作業，多以警戒值的方式來處理危險的降雨訊號並與災害進行連結。然而，這樣的方式並無法提供歷史事件降雨規模的參考基準。

NCDR 在過去研究中嘗試提出了3種降雨規模推估的方法(林等, 2011)，分別是(1)氣象局定義的豪大雨等級標準；(2)11個颱風降雨指標(周仲島, 2009)；(3)RSI(Rainfall Scale Index)因子，其中以RSI與災害的關連性較佳。

在此研究中，規劃重新由資料處理開始，建立資料處理的標準作業流程。利用處理完的資料進行災害特性研究嘗試建立災害量化指標或資訊，再藉由TLAS災損模式進行社會衝擊的評估。最後，進行災因分析，利用量化的資訊與去年研究的成果進行統計回歸計算，建立一套可以提供應變預

警的推估災害規模方法，作為判斷規模的參考依據。

二、 資料處理的標準作業流程

研究中以鄉鎮為最小的災害蒐集的基本單位，蒐集過去災害勘災調查的資料，進行分析與量化。利用本中心研發的 TLAST 系統進行社會衝擊的評估，並進行量化分析，擬定量化等級標準。配合氣象、淹水及坡地致災成因，研擬未來推估規模之方法，支援未來颱風災害應變工作之強化。災害規模設定的方法乃採用洪災及坡地災害專業的建議進行。淹水的部分採淹水面積與深度方式測試，坡地災害部分則採用預先算好的 M_L 值作為評估的分數。

1. 水災規模資料處理：

進行淹水危害規模設定與淹水災害損失估算的工作時，皆需使用歷史淹水資料，其中尤以淹水深度與淹水範圍之資訊最為重要。在此使用 NCDR 彙整政府部門淹水調查資料，主要有兩種形式之資料：一為災點資料表，資料來源為水利署、消防署、地方政府或消防局，以及 NCDR 或協力團隊調查成果等，該資料未提供淹水範圍或面積，部份災點則未提供淹水深度，資料內容不甚完整；另一種資料為水利署調後劃訂的淹水範圍資料，此種資料欠缺淹水深度資訊。此兩種資料不全然一致，因此須先將兩種資料彙整並補遺。資料補遺工作以淹水範圍資料（面圖層）為主，災點資料為輔，建立淹水面資料中的水深資料，並忽略不在面圖層之中的單點調查資料。又因調查水深常為一深度區間，故補遺原則如下：

- 面資料中無任何淹水深度時，淹水深度為 0.5 公尺
- 面資料中皆為確切水深值或皆為淹水範圍者，採用最大水深
- 面資料中同時存有淹水深度範圍

及確切水深時：若最大確切水深介於最大淹水深度範圍中，採用最大確切水深；若最大確切水深非介於最大淹水深度範圍之中：採用淹水深度範圍中之最大數值

利用補遺成果，分析四場颱風事件中各鄉鎮最大淹水深度與鄉鎮淹水面積比（鄉鎮淹水面積/鄉鎮總面積）之關係，各場事件特性略有不同，如：淹水災情較嚴重的莫拉克颱風，其淹水面積與最大深度有較好的關係；辛樂克颱風無論淹水面積大小，普遍淹水深度為 2 公尺以下；而卡玫基颱風則出現鄉鎮受災面積不大，深度卻達 3~5 公尺之災情（如圖 1）。補遺資料使用 TLAS 進行淹水經濟損失與影響家戶數計算，其結果可助於瞭解災害損失，亦用於淹水災害規模設定。

計算結果顯示淹水範圍與深度皆大的莫拉克颱風，其受影響戶數粗估為 27~33 萬戶，地上物損失最高可能達 1 兆元以上，對社會與經濟之衝擊相當巨大，其中以南部縣市首當其衝；而經濟損失居次的卡玫基颱風則在中部縣市造成最大之淹水災損。

2. 坡地災害規模分級處理：除計算坡地災害規模之 M_L 分數外，也由莫拉克颱風事件之 M_L 分數定義坡地災害規模高、中、低分級之門檻值。以莫拉克颱風之 M_L 分數資料為分析基礎，其分布經等間距法、等分位與自然分類等分級討論，分析適當之分及門檻值，分析過程如圖 2，上排為縣市層級、下排為鄉鎮市區層級結果。

建立坡地災害規模量化方法：選定坡地災害規模代表性指標，並給定各指標之加權分數，經過公式計算便可得各縣市、鄉鎮市區之災害規模分數（ M_L 分數），並依據上述方式量化坡地災害規模。

選定坡地災害規模指標：在資料庫之「災情敘述（Remark）」內容中，選定

5 項坡地災害規模分級指標，包括：(1) 人員失蹤與死亡數目、(2) 房屋損毀數目、(3) 人員受傷數目、(4) 道路損毀數目、(5) 坡地災害數目。

M 分數計算公式：配合專案規劃，計算 4 場颱風事件之縣市與鄉鎮市區 M 分數值。 M_L 分數計算如式 (1)，式中以「人員失蹤與死亡人數」為坡地災害規模評估之最重要考量因子，加權分數為 7。

M_L 分數=[人員失蹤與死亡數目]*7+[房屋損毀數目]*5+[人員受傷數目]*3+[道路損毀數目]*1+[災點數目]*1。

三、 颱洪事件災因分析

由於目前雨量預報仍存在相當大的不確定。因此，本專案之工作要點為透過歷史個案分析找出災害事件中氣象相關之致災因子，並利用多重尺度氣象因子的分析，彙整出致災性降雨事件當時之氣象環境條件與主要影響降雨的因子。一般而言，可能造成災害性降雨事件的氣象條件，例如：海洋環境、季內尺度條件、季風環流的支持、綜觀尺度天氣系統變化及天氣系統與地形作用影響等。而透過這些氣象因子的分類與分析，訂定出可能的主要影響因子與影響程度，利用風險管理的概念建立控管機制。做為在颱風或梅雨來襲前，對於未來可能遭受災害規模和預先提出防救災的建議之參考，氣象災因分析流程如圖 3。

(1) 颱風氣象多重尺度因子分析

由近年重大颱風災害事件中，選取卡玫基颱風(2008)、辛樂克颱風(2008)、莫拉克颱風(2009)以及梅姬颱風(2010)等 4 個歷史個案作為分析樣本。另外，再加入本年度(2012 年)侵襲台灣之颱風事件(泰利颱風、蘇拉颱風及天秤颱風)進行分析，用以找尋颱風季之

主要多重尺度氣象因子(如圖 4)。透過上述之分析方法與分析結果，接下來將建立每場颱風事件之多重尺度氣象因子分析。而如何將不同尺度氣象因子的關聯性進行串連分析，是本專案最重要的工作。因此，採取類似專家座談會的方式，與氣象組天氣小組成員進行討論，透過討論建立每個樣本個案各尺度氣象因子間的關聯性。

(2) 歷史災害事件因果綜整分析

歷史災害事件因果綜整分析旨在建立一套系統性的災害事件調查方法，初期成果可用以綜整災害經驗，提供災害事件簿社會經濟面向之情境分析，未來可望據以建立地區別災害應變重要事項檢查表。完成莫拉克颱風的相關資料蒐整與重點事件分析，繪製成重點事件時序分析圖；從廣泛蒐集到的新聞資料及學術期刊論文，透過抽樣閱讀摘錄整理文獻中莫拉克颱風現象之因果描述，並綜整繪製災害事件現象因果網絡，如圖 5 所示。

四、 規模推估方法建立

推估方法建立：過去所使用的降雨因子 RSI 和災害的關連性似乎比較好。因此，嘗試利用 RSI 所量化出的降雨規模與災害的物理量進行測試，建立可以推估的回歸關係。

淹水資訊與降雨指標 (RSI) 關係比對：重製的四場颱風最大水深、淹水面積、鄉鎮淹水面積比、影響戶數以及地上物損失等參數與各延時 RSI 之相關係數如圖 6，3 小時 RSI 與淹水最大深度較有關。上述四場颱風的淹水事件部分與外水破堤有關。因此，RSI 與淹水關係仍須重新進行詳細的災因分析，才能釐清當中的雜訊。

M_L 分數與降雨指標 (RSI) 關係比對：提供 (1) 2008 卡玫基颱風、(2) 2008 辛樂克颱風、(3) 2009 莫拉克颱風、(4) 2010 梅姬颱風等 4 場颱風之

M_L 分數與分級結果與 RSI 進行關係比對，圖 7 為初步比對結果，上排為 M_L 分數比 RSI、下排為規模分級結果比 RSI。初步比對兩指標，結果大致都能符合 RSI 大且坡地災害規模大之趨勢。但是其中四場颱風仍有 RSI 大但是 M_L 小、分級小情形，以及辛樂克颱風與卡玫基颱風有 RSI 小但是 M_L 大、分級大的情形，這些則需再細探各場颱風之坡地災點特性，經過此一討論將能對坡地災害歷史有更全面的瞭解。

五、 結語

目前利用 2008 卡玫基颱風、2008 辛樂克颱風、2009 莫拉克颱風、2010 梅姬颱風等 4 場颱風建立災害量化處理流程與災害因子分析的方法。透過上述的研究可以更加瞭解颱風災害發生的原因，可以作為未來監測災害與判斷災害的指標。同時，利用降雨因子 RSI 建立與災害量化之間關連性，可作為災害推估的方法與重要因子。雖然僅是初步研究，但已建立災害規模方法論的研究，若能利用本研究的方法進行大規模歷史個案的研究，必能對災害規模研究有更深入的瞭解。

參考文獻：

- 林沛練、于宜強、李宗融、吳宜昭、傅金城，
2011:降雨規模設定方法與區域尺度之應用。NCDR 100-T40.
- 周仲島、陳永明，2009：臺灣地區劇烈降雨與侵臺颱風變異趨勢與辨識研究，氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究—子計畫一。
- Fischer, F., 2003a. Reframing Public Policy. Discursive Politics and Deliberative Practices. Oxford University Press, Oxford.
- Fischer, F., 2003b. Beyond empiricism: policy analysis as deliberative practice. In: Hajer, M., Wagenaar, H. (Eds.), Deliberative

Policy Analysis; Understanding Governance in the Network Society. Cambridge University Press, Cambridge.

- Smith, G.P. and Wenger, D. (2006). "Chapter 14: Sustainable Disaster Recovery: Operationalizing An Existing Agenda", in Rodriguez, H., Quarantelli, E.I. and Dynes, R.R., Handbook of Disaster Research, Springer, New York, NY, 234-257.

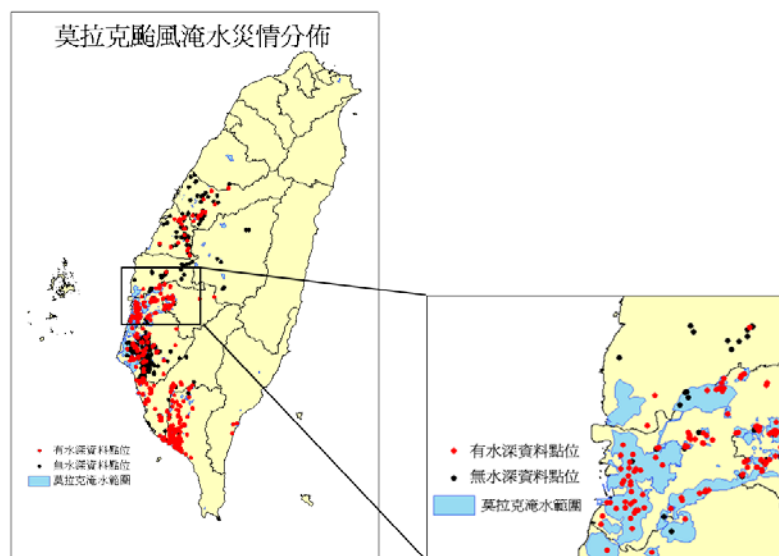


圖 1. 莫拉克颱風淹水資料特性分析。

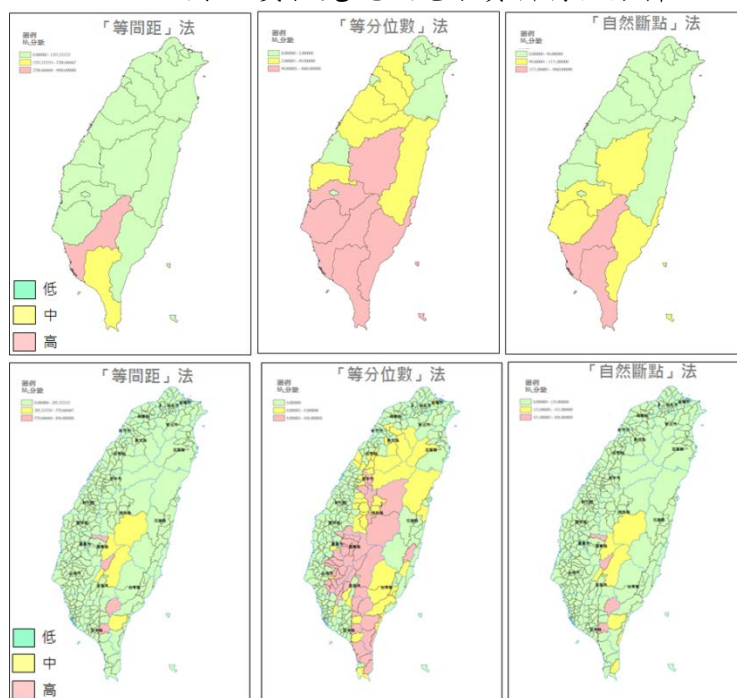


圖 2. 莫拉克颱風 M_L 分數分級分析過程圖



圖 3. 多重尺度氣象分析概念示意圖。

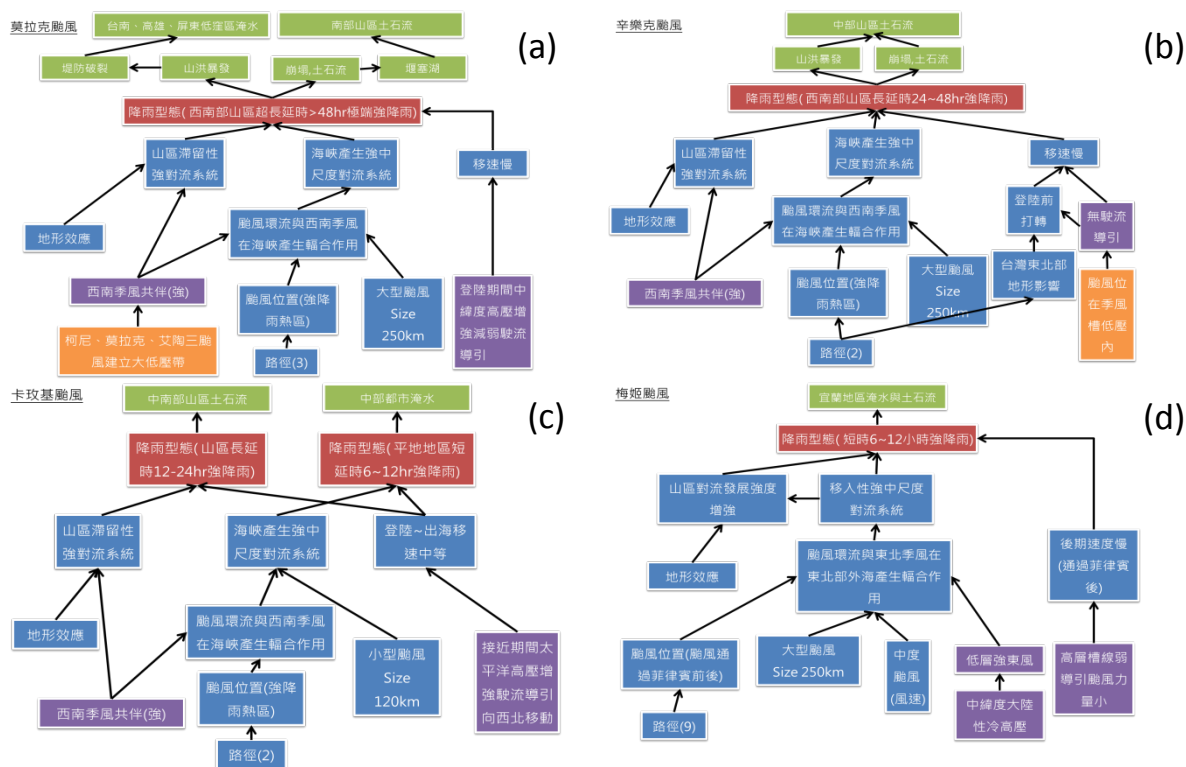


圖 4. 歷史颱風事件之多重尺度氣象因子分析，(a)莫拉克颱風，(b)辛樂克颱風，(c)卡玫基颱風，(d) 梅姬颱風

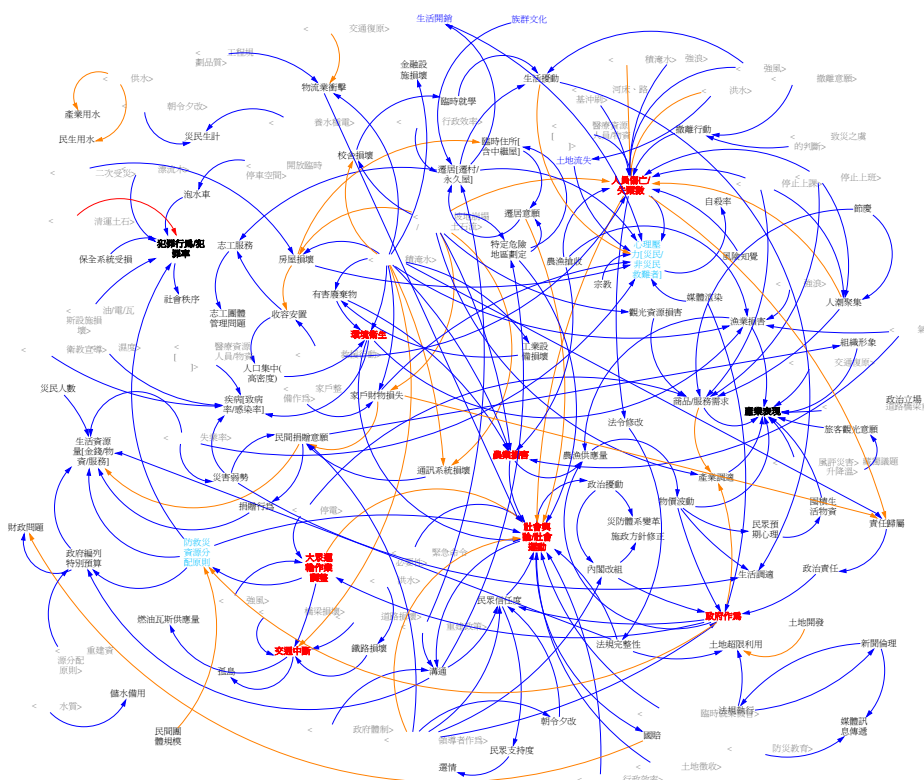


圖 5、『莫拉克颱風事件』社會系統面向部份現象因果網絡。

氣象衛星雲圖與氣象資訊之解析與推廣

苟潔予、張俊德、洪甄聲、蘭育德、顏增璽

氣象衛星中心

中央氣象局

摘要

氣象資訊是一種兼具科學性與社會性的資源。以科學角度分析：氣象科技築基於近代科學理論的科學，研究大氣的特徵、性質，進而解析在不同尺度時間及差異空間下大氣現象的演變、並且預測其未來的變化。而氣象資訊更是一種以知識為基礎的社會性資源：評估此資源的社會價值時，必須以使用者的角度探討，善用氣象資訊則是將無形的氣象知識資源轉為有形的經濟效益的最有效的方法。本文由中央氣象局網頁「雲圖與天氣」的設計理念與推行過程中，解析氣象衛星雲圖的性質及圖像式氣象資訊之推廣過程，而確保民眾即時又正確的使用氣象衛星雲圖則是增強氣象資源價值的重要方式。

一、前言

當極端天氣發生時，無論是民眾的心裡層面或是物質層面都會受到影響，影響層面不僅是發生的當時，在時間上會延續許久，影響的範圍更會擴及其他地區（鄭，2009）。當氣候發生快速且明顯變化時，更是嚴重影響整個生態系統。因此如何降低民眾的恐懼心以及不確定感則是氣象工作者重要工作之一，進而有效地避免社會、經濟及政治在不同層次及不同等級的動盪不安（徐及何，2000）。

氣象資訊是一種以知識為基礎的重要資源，價值的高低在於人們能否有效合理的利用資訊，以避免因氣象因素而帶來的危害與損失(Tellis, G.J., 2004)。就天氣預報而言，以科學角度探討，精準的預報天氣是重要的價值，也是氣象學家的重要核心價值。以使用者角度探討，明確的風險資訊是必須的，人們需善用氣象資訊以避免天氣現象帶來的危害與損失，所以精準且快速的訊息傳遞是氣象資訊服務的根本。

氣象衛星雲圖是氣象人員分析及預報天氣的利器，時間密度極高的衛星雲圖可以精準地掌握天氣變化的各項要素、瞭解不同因素間相互的影響。衛星中心運用衛星雲圖的多變化與直觀性開發「雲圖與天氣」的單元，每天與民眾展開對話與互動，使一般民眾願意接觸與氣象科技，並在互動過程中減少民眾對於氣象變化的恐懼感。

二、訊息傳遞與認知

訊息傳遞的最初價值在於傳遞，換言之傳達遠距離的消息是訊息傳遞的重要任務。隨著時代的演進，語言被賦予專業且抽象的含意時，訊息傳遞的功能面則擴充至表達、詮釋、虛擬的具象化。由另一層面討論訊息，除了語言的工具外，更擴展到文字、影像等不同工具。由資訊傳輸流程（圖一）中，在輸入端的資訊是以實體觀點（physical view）表現，也就是資料以專業觀點組織與建構的資訊。輸出端的資訊特性是以邏輯觀點(logical view)呈現，代表的是使用者所感

覺到的資料型態，也就是含有較多使用者主觀意識。分析資料組成的構面會發現：因為輸入端實體觀點資訊的組成必須遵循該領域的專業規則，因此有明確的遊戲規則。而輸出端邏輯觀點資訊的構成元素卻牽涉到接受者生活中經驗的累積，沒有一定的遊戲規則。整體而言，雖然輸入端只是一種資訊的實體觀點，卻可以有許多輸出端的邏輯觀點。

輸入訊息 → 傳輸訊息 → 輸出訊息

圖一 資訊傳輸流程

對於氣象元素與天氣系統演變的認識，其中包含了許多認知學，人們對於天氣的認知，首先是的基本單位是「詞彙」(WORD)：天晴，天雨，天冷，天熱，乾旱，下雪。人們在認知一個新的詞彙時，會利用同義詞以及一些相關的例句加以詮釋；要真正地瞭解詞彙時，還需要不斷閱讀一些書籍，在閱讀的過程中，在詞彙出現的上下文中，揣摩詞彙的使用方式。更進一步，我們需要常常在口語與文字表達中，不斷使用這些詞，使人們腦中對這個詞記錄了足夠的資訊，才能有足夠的認識？達到有效的溝通。這是個複雜且有趣的過程。

『訊息傳遞與認知』包含『訊息傳遞過程』與『訊息認知的理解程度』。訊息是否有效的傳達往往取決於人們對這個訊息的解釋是否接近一致。訊息大致可分為靜態與動態，而傳遞的方式有文字、口語、圖像、音樂等，其中牽涉到心理學、符號學與認知科學。『訊息認知的理解程度』可以看成是對這些訊息的解釋方式，而理解層次的高低可視為『理解程度』的指標。(Smith、Chen and Yang, 2008) 而氣象衛星雲圖具有圖像、動態、靜態等多重特性。

三、設計理念與實施過程

衛星中心自 2009 年 11 月規劃在中央氣象局網頁中開闢一「雲圖與天氣」的單元(圖二)，每天 2 次解析雲圖中的特徵，並在文字中發揮互動的特性，展開與民眾直接的對話，讓一般民眾願意接觸與氣象科技，在單元圖示的圖形上多次更換，期與民眾的互動

過程中減少民眾對於氣象變化的陌生與恐懼感。



圖二 中央氣象局網頁「雲圖與天氣」單元



圖三 「雲圖與天氣」單元圖示的演變

民眾對於天氣與氣候的感覺常常是既抽象又密切，我們必須運用聯想、透過差異性以及實用性等多面性的其他資訊，漸進地表達清楚。而傳播的核心是「互動」，傳播的基本過程，是透過訊息的傳遞交換，進而分享共同的意義，「雲圖與天氣」設計理念之一是：對一個不同的『氣象觀點或氣象事件』視為一種「概念」，我們不是只對一個概念下個定義，而是對於氣象概念給予多重的描述；更進一步，不僅僅對一個概念的表達意義，再更是以此概念與其他概念之間的互動關係描述為基礎，賦予更多意義。

在實施過程中，最不易掌握的是『抽象性描述』，普羅大眾最關心的氣象預報是一種『抽象性描述』，

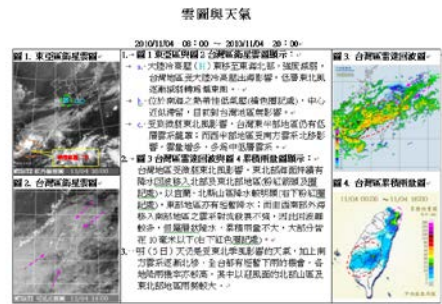
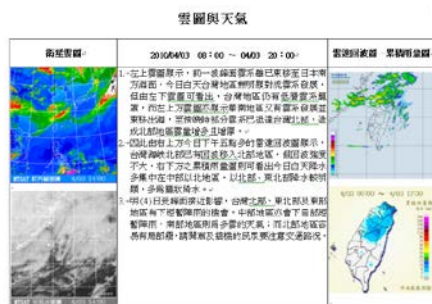
重點是如何將現況向未來擴充，牽涉到事件與『預期事件』之間的關係。衛星雲圖具有直觀性，因此描述時以當時的雲圖做為基本圖，在基本圖之上加上關連性事件，藉由關連性事件擴及至可能性，進而至預期性。藉由圖像的描述與不同的印象組合成空間性與時間性的整體觀感，將氣象預報具象化。因此我們增加了第二個設計理念：使用『圖像式描述法』進行推理過程，將『關連性』放在背景事件中，『背景事件』對於許多事件的具有加權與配對的作用，也同時具有主觀性與隱藏性。如果一個事件的許多關連事件已經發生，我們就會推斷這個事件是『背景事件』；相對的，當一個事件被認為背景事件時，也會增加其關連事件發生的機率。因此在撰寫的過程中，不僅需解析發生天氣現象的原因，亦可視為文章中的句子或段落，藉由段落或句子將其聯集成更具延展性事件的氣象預報。

在設計「雲圖與天氣」的表達架構時，值基於以下的特點：

- (一) 表現的方式以『直觀法』進行。
- (二) 文字的撰寫以『同理心』為原則。
- (三) 內容的陳述以『預報度』為基點。

(一) 表現的方式以『直觀法』進行。

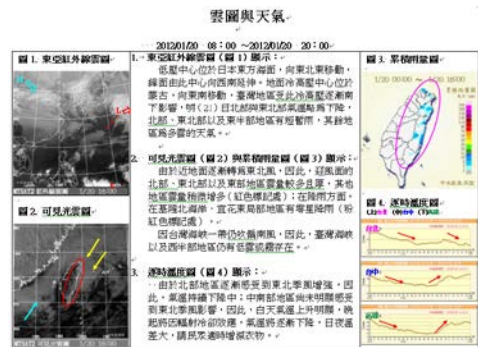
『直觀圖示』的表示方式是因為衛星雲圖已具有直觀性的特質，因此更需以直觀圖示的方法逐一解析雲圖中的氣象訊息(圖四)。使民眾可以正確地解讀雲圖中的氣象資訊，實施後更因為民眾的反饋意見，再修正了後來的表示方法。氣象訊息的符號深深影響氣象服務品質的重要因素。



圖四 以『直觀圖示法』撰寫「雲圖與天氣」

(二) 文字的撰寫以『同理心』為原則。

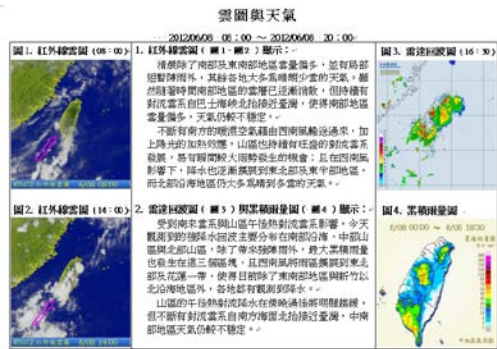
文字的撰寫以『同理心』為原則。民眾對於氣象資訊的認知程度會深深影響服務滿意度，由於資訊傳遞者與資訊接收者認知特點不一定相同(圖五)，因此需考量到服務者與被服務者雙方的心理現象及互動關係。運用同理心撰寫的基本原則必須是在文字中發揮「互動」的特性，展開另一種與民眾直接的對話。



圖五 以互動及對話方式撰寫「雲圖與天氣」

(三) 內容的陳述以『預報度』為基點。

內容的陳述以『可預報程度』為基點。在撰寫的過程中，不僅需解析發生天氣現象的原因，亦可視為文章中的句子或段落，藉由段落或句子將其聯集成更具延展性事件的氣象預報。因此陳述天氣時會單篇文章可寫成具有預報度的內容，有時也會依據不同的天氣型態，將「雲圖與天氣」寫成一篇篇的連續故事(圖六)。



圖六 以解析與預報的角度撰寫「雲圖與天氣」

四、結 論

將無形的氣象知識轉為龐大且重要的經濟資源就是正確的理解氣象資訊。對於氣象資訊而言，訊息傳播方式是增加價值的重要因素，同時正確的解讀氣象訊息更是重要價值。資訊傳遞與認知是重要環節。當資訊傳遞者與資訊接收者認知點不同時，當訊息符號被誤解時，民眾產生極大的不信任度。因此符號的設計與認知差距的減小是即為重要的工作。

認知並不是具有客觀性，是與人類生活、社會、語言、符號以及歷史文化息息相關。「雲圖與天氣」在氣象局網頁每天定時與民眾溝通，藉由「直觀」、「同理心」、「互動」、與「詮釋」等多項特點與民眾展開長期解密切的互動，實質上就是建立民眾的基本認知模式，不僅包括多種概念特徵，同時也涵蓋各種特徵之間的相互關係，同時為民眾瞭解氣象科學的不確定性與可預報度。

「雲圖與天氣」實施以來，民眾回饋甚多，由此更能讓衛星中心分析研判課的同仁深深瞭解：在氣象傳播過程中，「訊息輸入者」與「訊息獲得者」有著許多不同的思考點，而普羅大眾中更有著多采多姿的心理特點。因此更加強「同理心」與「互動」的層面，將所有氣象人員兢兢業業努力得來的專業成果，確確實實地讓大眾感受到，並且能夠確實理解、精準地使用，讓大家都趨吉避凶，也藉由此將氣象資源轉為讓社會更進步的元素，獲得更龐大的經濟效益。

致謝

「雲圖與天氣」能夠每天在網路上與普羅大眾準時見面，是氣象衛星中心所有輪班同仁共同努力的成果；一年 365 天中不論是風和日麗，還是極端天氣發生時，大家在緊急又忙碌地監測衛星與雷達訊號的同時，掌握瞬息萬變的天氣變化，每天必須依據天氣撰寫出一篇篇動人的「雲圖與天氣」，讓民眾獲得最貼心的服務；最難得的是不論是風和日麗，或是劇烈天氣發生時、大家在撰寫時還不忘考慮到民眾可能會不清楚，又要顧慮天氣系統的連續性、共通性、及每日天氣的特點，真的很精彩，特此致謝。

參考文獻

- 徐仁輝與何宗武，2000：公共議題經濟學，262 頁，台北。
- 鄭，2009：：98 年度民眾意識與政策行銷效益評估，台北經濟部工業研究院。
- Smith,R.E.,Chen,J.,and Yang,X.，2008：The impact of advertising creativity on the hierarchy of effect. *Journal of advertising*,37.
- Tellis, G. J.，2004：Effectiveness of advertising：understanding when, how, and why. *Advertisings works, CA*.

結合預報降雨量之河川流量系集預報平台架構

張哲豪¹ 沈志全¹ 吳祥禎² 連和政² 謝孟益³

國立臺北科技大學¹ 國家實驗研究院國家高速網路與計算機中心² 經濟部水利署³

摘要

河川流量之推估影響著長期的水利工程規劃及運轉，與短期的防洪預警工作。由於目前各國在河川流量觀測上仍無直接使用儀器直接量觀測實際流量數值。而是透過不同儀器量測數據進行轉換所得之可能流量數據。因此為了輔助流量觀測成果，相關單位在進行河川流量計算與分析工作時，往往會利用儀器之觀測成果搭配模式計算成果進行流量數值之評估，以提供可靠的流量資訊。而在模式（水文模式）進行流量計算過程中，流域之集水區大小、土地利用類型、土壤類型、土壤含水量、降雨資料來源、降雨資料使用之空間內插方式等內容，均可能對河川流量分析與計算產生影響。若只利用單一數據來說明推估之流量，有可能對於實際流量產生低估或高估之風險。

此外傳統上河川流量分析工作往往只在降雨事件結束後才開始進行事後之分析與運算工作。在颱風豪雨時期無法立即供應即時及未來可能發生之流量資訊，在資料供應時效上無法達到最有效的利用。因此本文利用水利署發展之水文氣象觀測整合平台（FEWS_Taiwan），以自動化、標準化方式，完成河川流域集水區降雨量的計算並且銜接降雨逕流模式，以作業化方式進行河川水文測站上可能之流量資訊供應。在平台中使用氣象局與水利署雨量站及雷達觀測（QPESUMS）之等不同降雨量來源，及應用不同空間內插方式進行集水區平均降雨量計算。同時考量不同水文模式在流量計算上可能產生之差異性，使用不同水文模式搭配集水區降雨進行流量計算工作。並將此資料處理架構結合 QPESUMS 預報 3 小時與 WRF 模式 72 小時之預報降雨資料，提供流域測站由事件發生到未來 3~72 小時之流量系集預報資訊。以供後續水利署在平時規劃與運轉及防災應變工作上參考使用。

關鍵字： 降雨量、雷達降雨、空間內插、流量系集預報

一、前言

河川流量資訊主要作為長期民生、工業、農業用水之水資源管理及短期防洪工程運轉操作與規劃時的重要參考資訊。但由於台灣由於地理環境與降雨特性等因素，河川枯水期與豐水期水量變化大。在河川流量的評估工作上目前世界各國主要是利用水位對應之流量率定曲線作為轉換或利用觀測之表面流速搭配斷面資料進行流量推估等方式進行。而當水位觀測資料中斷或測站位置位於感潮河段時，流量資訊的供應更為複雜。因此目前在現有流量觀測技術上除了傳統流量觀測技術外，同時也

搭配降雨逕流模式，進行流量推估模擬作為流量觀測資料的輔助。

但在水利模式中使用之水文氣象資料、地文參數資料皆具有一定之不確定性。而在模式本身也具有一定程度之限制條件。因此各研究單位逐漸發展使用多種資料來源與多種模式進行模式模擬計算之架構。期望藉由多種資料來源搭配不同模式進行模擬演算工作，希望可以評估水文及水理模式之趨勢。

因此本研究主要利用模式進行河川流量推估工作中影響流量兩個主要因素，降雨量與水文模式進行探討，如圖 1 紅色區塊範圍所

示。研究中並參考美國 NOAA NWS 流量系集模擬與預報概念 (Koehler, 2009)，使用流域內不同降雨資料來源產生不同之集水區平均降雨量組合，並搭配不同水文模式進行河川流量推估工作。

二、集水區降雨資料來源

由於降雨量會隨著時間與空間位置上的差異而有不同的降雨量。而在計算集水區平均降雨量時，工程師若選擇不同測站資料來源、不同內插方式與內插參數，將可能會對集水區降雨量之計算成果產生差異性。(水利署，2012) 因此研究中利用不同水利署雨量站、氣象局雨量站、氣象局雷達降雨資料等不同資料來源搭配克利金法、反距離權重法、徐昇多邊形法、網格平均法等，不同空間內插方式行集水區降雨量組合。如圖 2 所示為利用全台灣氣象局雨量站，使用克利金法及反距離權重法搭配 QPESUMS 降雨量進行呈現，在兩種內插方式在局部區域會有些許之差異性。而考量資料來源可靠度與即時性等因素完進行集水區平均降雨量組合程序，其自動化流程如圖 3 所示，經由不同資料來源與內插方式可產生 10 組降雨資料。經由上述流程所計算出之集水區降雨量資訊成果，如圖 4 所示。

三、水文多模式銜接

由於不同水文模式在模擬過程中有其一定的限制條件與特性。因此在同一流域使用不同之水文模式進行流量模擬工作，將可以有效瞭解流域之可能變化情況。在研究中使用水利署水文氣象觀測整合平台 (FEWS_Taiwan) 進行 NCHC_NWS_Sacramento 水文模式與 SOBEK Rainfall Runoff 模式 (SOBEK_RR) 水文模式銜接工作。考量模式運算上所需要的自動化、標準化、作業化目的，採用 xml 格式作為模式與平台間資料交換格式 (張哲豪，2011)。搭配集水區降雨量組合成果產出的 10 組降雨量可

產生 20 組流量資料。而兩種水文模式進行之模式率定成果與流量率定曲線比較如圖 5 所示。而利用 10 組降雨資料搭配 2 種水文模式所計算出之流量資料其成果，如圖 6 所示。

四、河川流量系集模擬與預報

研究中整體河川流量系集模擬架構，如圖 7 所示，包含降雨資料來源的處理與水文模式的率定工作及模式計算。而在河川流量推估工作上，除了主要應用在水資源管理的歷史流量的推估，也在防汛應變期間使用預報降雨量進行河川流量預報。而目前水利署 FEWS_Taiwan 平台在系集預報降雨資料來源，主要使用國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心定量降雨系集預報實驗成果，所供應的 WRF 系集預報成果進行流量系集預報。

因此在颱風豪雨來臨時配合系集預報降雨量成果進行流量系集預報程序。而在颱風過後與平時則利用觀測資料進行流量系集模擬作業。如圖 8 所示為蘭陽溪蘭陽大橋使用觀測資料進行河川系集流量模擬之成果。如圖 9 所示為颱風中心 WRF 系集預報資料範圍與計算至流域集水區之平均降雨量資訊。而將集水區系集平均預報降雨量配合水文模式進行計算其成果如圖 10 所示。

五、結論與建議

本研究以標準化、自動化、作業化方式，完成流域集水區系集降雨量資訊的處理流程 (觀測、預測) 與流域多水文模式的銜接工作之架構。水利工程師可以透過使用者介面進行流域測站流量系集模擬及預報作業。並且快速取得流量預報與模擬資訊的所需資訊。同時相關分析資料可以作為水利署相關單位在平時與防汛期間分析及模擬資料供應來源。

針對後續在降雨量內插方法及水文模式成果的提昇工作。建議可針對不同流域的空間內插參數與水文模式參數進行優先處理。由於

研究現階段降雨量內插參數並未進行參數最佳化，若要降低雨量的不確定性。可以針對不同內插方法進行各流域最佳參數評估與討論工作。而在水文模式模擬預報成果的提昇工作中，可以持續增加不同水文模式與持續針對水文模式進行參數率定工作。

後續將持續完成全台中央管河川流量系集模擬與預報環境之建置。並進一步進行全台中央管河川水位系集預報之環境建構。

六、致謝

本研究感謝經濟部水利署『雷達觀測資料及流域多水文模式於水文氣象觀測整合平台之建置與應用（1/2）』提供經費補助。

七、參考文獻

1. 經濟部水利署（2012），「雷達觀測資料及流域多水文模式於水文氣象觀測整合平台之建置與應用（1/2）」，國立臺北科技大學。
2. 沈志全、張哲豪、連和政、吳祥禎（2009），「多元水文氣象資訊即時彙整與流量模擬之

探討」，2009 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會，逢甲大學，10 月 15、16 日。

3. 張哲豪、沈志全（2011），「空間資訊應用於即時水文氣象模式整合平臺」，土木水利，民國 100 年 4 月，32-42。

4. Koehler, R. (2009). "The NWS Hydrologic Ensemble Forecast System."
<https://www.meted.ucar.edu/training_module.php?id=551>

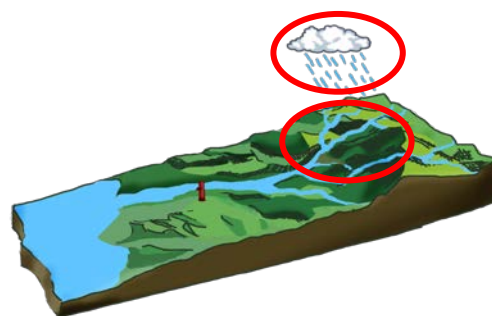


圖 1 探討集水區降雨量與水文模式區域

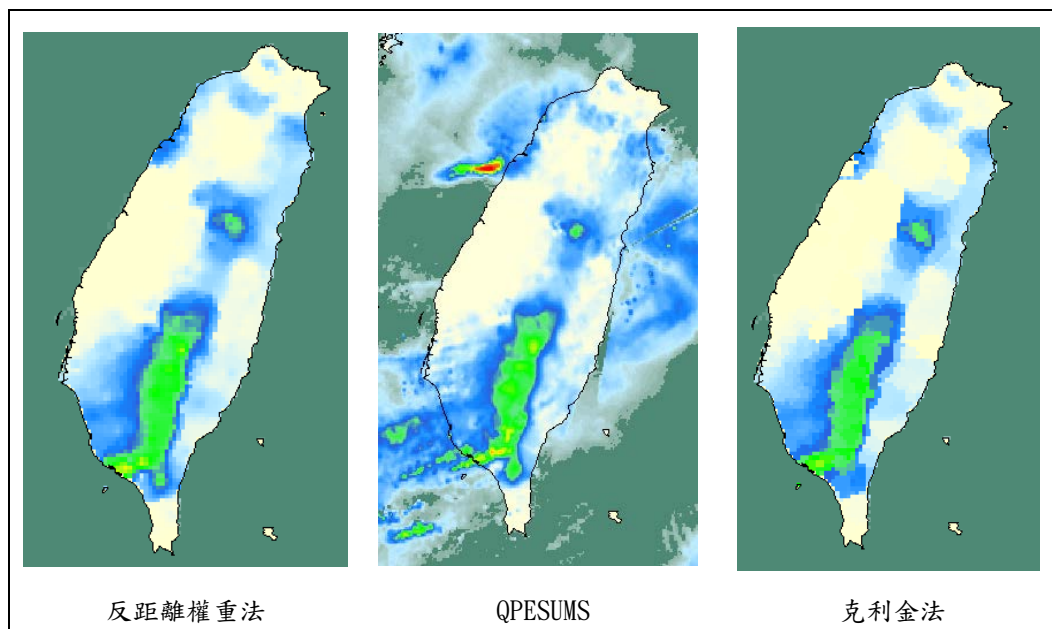


圖 2 全台氣象局雨量站使用不同內插法與 QPESUMS 降雨比對

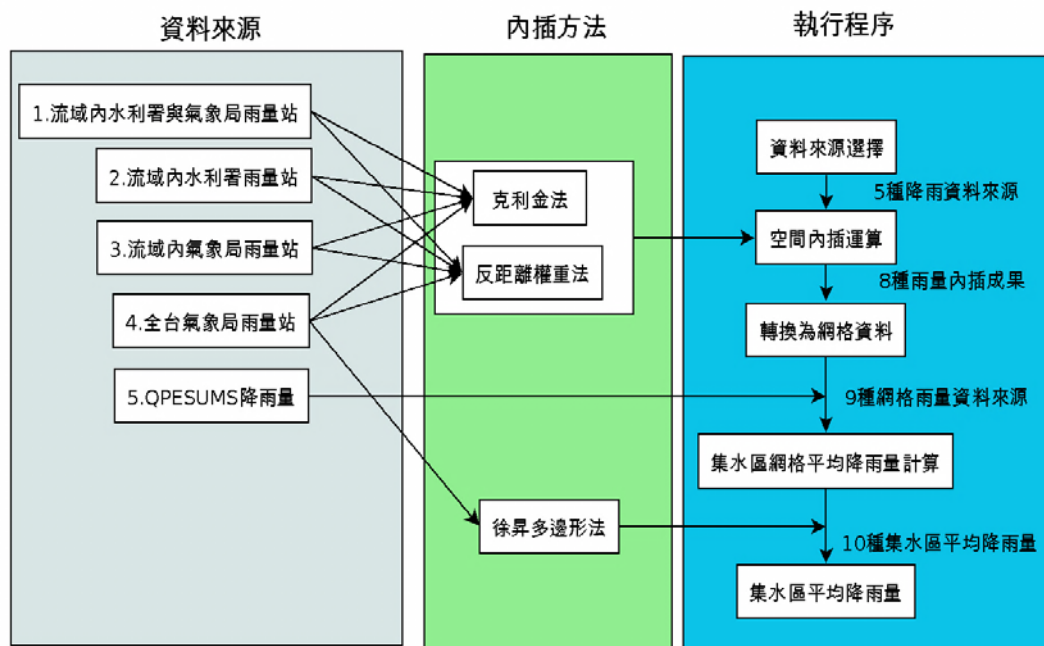


圖 3 集水區降雨量自動化空間內插流程

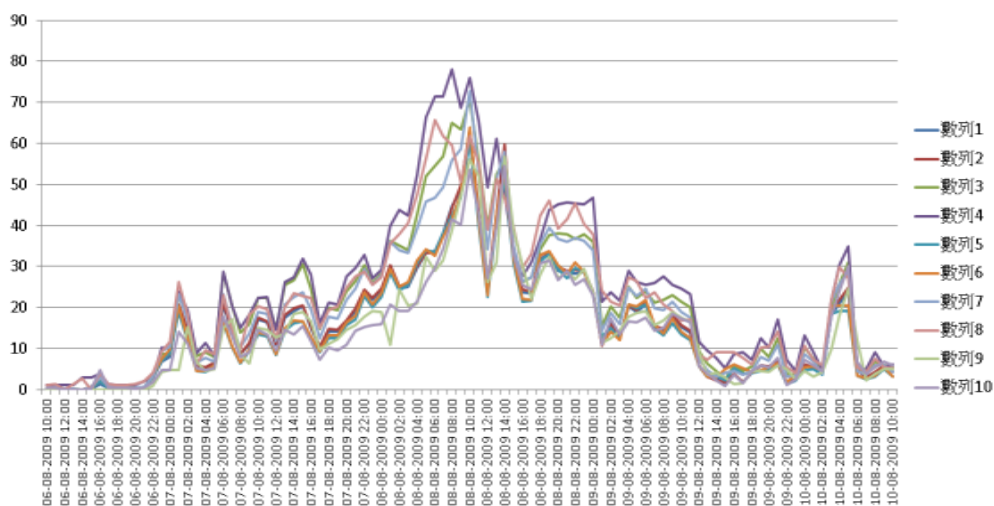


圖 4 產出之 10 組集水區平均降雨量資訊

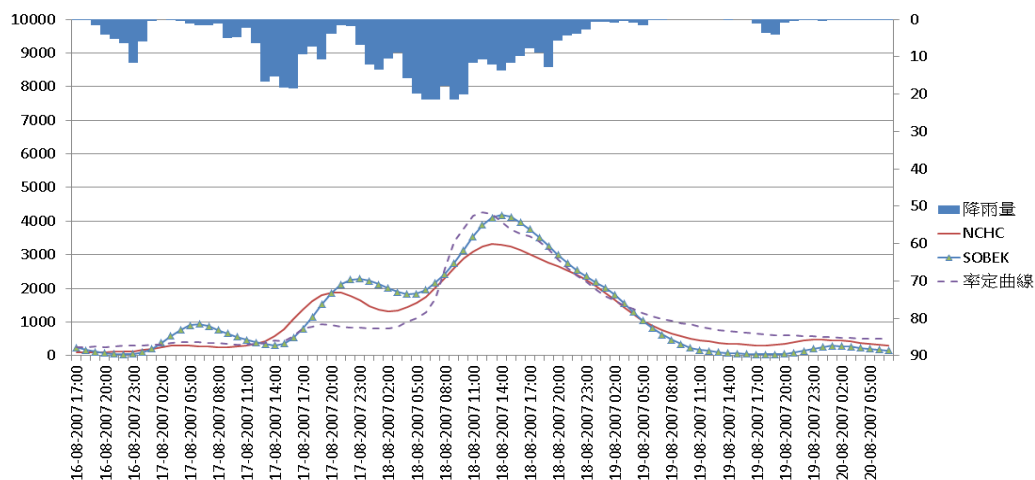


圖 5 蘭陽溪蘭陽大橋 2007 聖帕颱風兩種水文模式流量率定成果

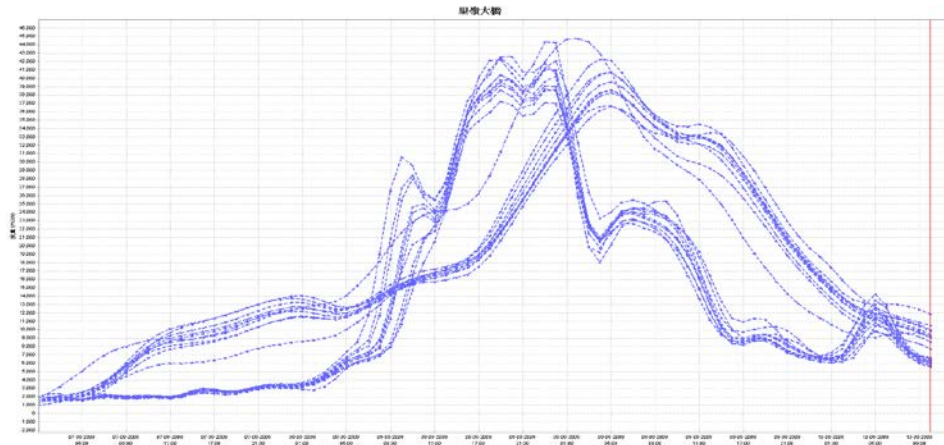


圖 6 利用 10 組集水區降雨量與 2 組水文模式產生之計算成果

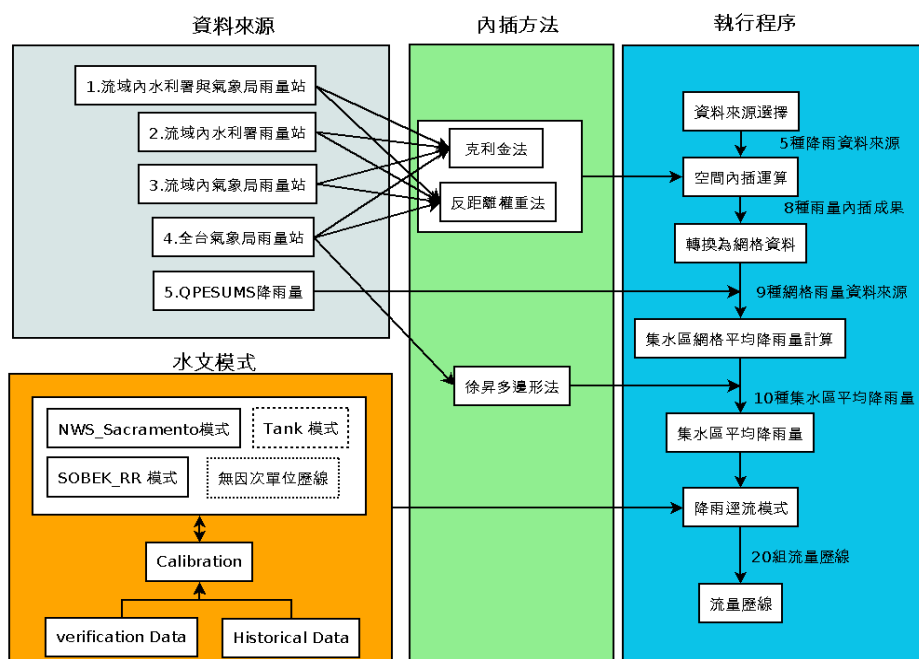


圖 7 流量系集模擬架構

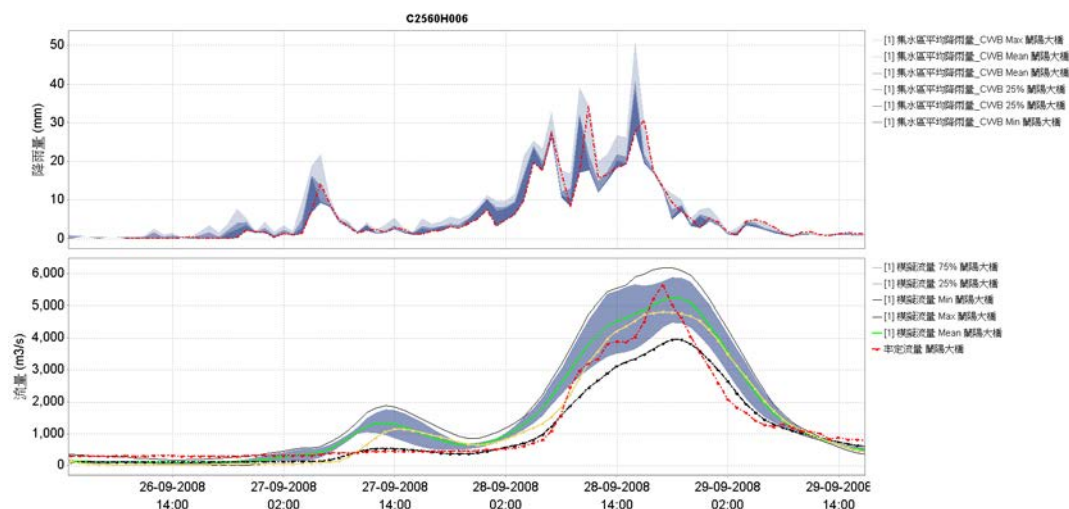


圖 8 蘭陽溪蘭陽大橋集水區降雨量與流量系集模擬成果展示

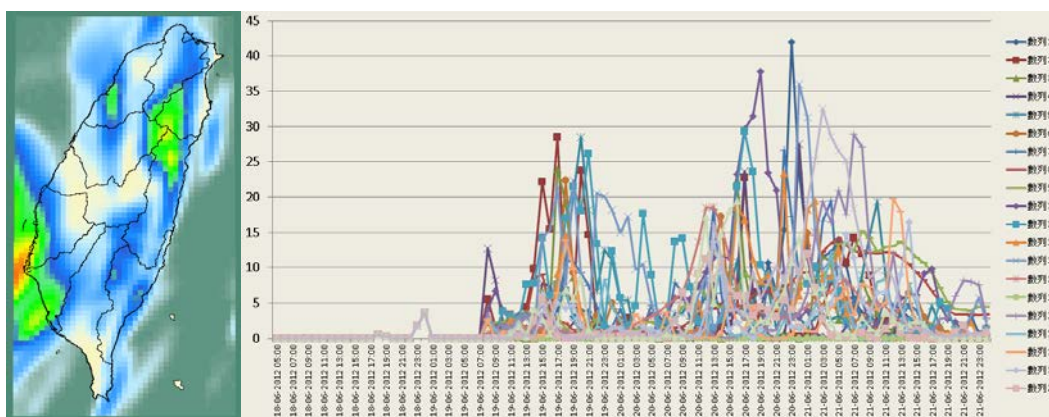


圖 9 鮑洪中心定量降雨系集預報實驗 WRF 資料範圍與集水區預報成果

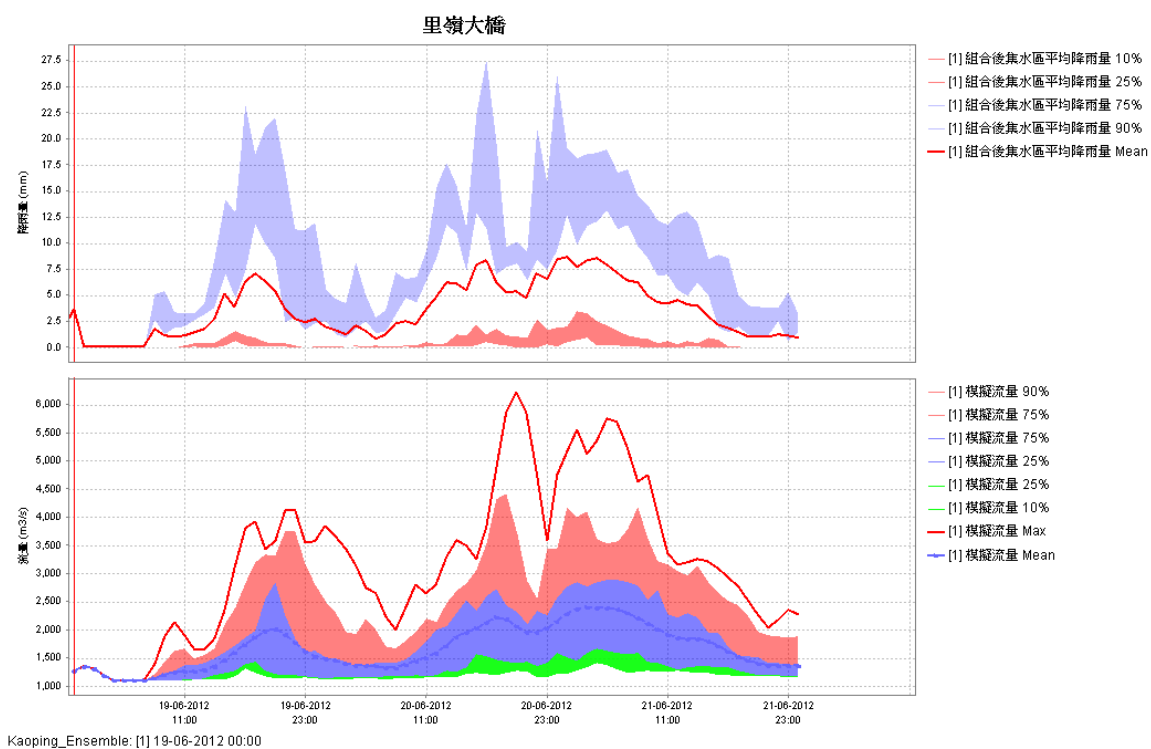


圖 10 使用系集預報降雨量搭配水文模式提供的流量預報展示資訊

曾文溪流域之極端降雨分析

朱蘭芬¹ 陳永明¹ 魏曉萍¹ 朱容練¹ 謝佳穎¹

國家災害防救科技中心¹

摘 要

近年來利用全球氣候模式(Global Climate Models, GCMs)之預測結果作為氣候變遷與調適策略之參考依據已經成為一種趨勢，但是GCMs的模式受到技術上的限制，對於地形複雜的當地氣候，仍有不足的地方。因此，利用統計、動力降尺度的方法便成為一個替代的方式，其中統計降尺度所使用的工具中又以天氣衍生器(weather generator)的方法最常被使用。因此，本文主要利用極端值理論來分析LARS-WG(weather generator)按照TCCIP之全台5公里網格區域位置衍生所有AR4之24GCM模式排放情境之近、遠未來之日降雨資料，來探討南部地區曾文溪流域之極端降雨情況。

關鍵字：極端值理論、衍生器、LARS-WG、極端降雨

一、前言

近年來全球暖化的現象提高了水循環速度，造成了全球不正常甚至極端降雨的情況發生，全球極端降雨發生的頻率也似乎有提高的趨勢。台灣也不例外。台灣年雨量是世界平均值的3倍，每年約有2,500 mm以上的雨量，但由於地狹人稠、山坡陡峻，大部分的降雨皆流入海洋，致使每人每年實際可分配到的降雨量不如預期的多，僅占世界平均值的七分之一。

根據台灣氣候變遷科學報告2011指出：2000年以後，平均每年就會有一個嚴重的颱風侵襲台灣，此極端的水文事件頻率增加，隨之而來的便是複合性災害的議題，加上乾季更乾、濕季更濕的兩極化的態勢與經濟發展與人口持續成長，缺水的問題、水資源調配將成為未來氣候變遷的重要的議題。因此，瞭解降雨變異以及其在時間、空間的差異，將使我們能更有效率研擬水資源調適策略、將極端的降雨、或者乾濕季降雨不均的所帶來的負面社會成本降至最低。

近年來利用全球氣候模式(Global Climate Models, GCMs)之預測結果作為氣候變遷與調適策略之參考依據已經成為一種趨勢。TCCIP計畫一方面發展台灣地區氣候變遷降尺度的技術，一方面依據現有資源、技術與能力產製適用於台灣地區之降尺度資料，不論在動力降尺度資料或是統計降尺度資料產製皆有相當豐碩的成果。這些資料已陸續提供給下游端之需求者應用，TCCIP計畫第二階段更將推廣於農糧、公衛、海岸、坡地等領域進一步的分析應用。然而，藉由統計分析來比對產製資料與觀測資料之間的差異或分析結果，不僅可回饋給TCCIP計畫檢討修正，亦能豐富台灣在氣候變遷的相關研究。基於此動機，本文使用TCCIP提供全台統計降尺度5公里解析度之75個網格點，並利用LARS-WG(weather generator)的方法，衍生全台5公里網格區域所有AR4之24GCM模式排放情境之

近、遠未來之日降雨資料，來探討南部地區曾文溪流域之極端降雨情況。

二、研究方法

(一) 極端值理論

本研究結合極端值理論以及LARS-WG的方法來分析曾文溪流域之極端降雨情況。在極端值理論的部分，本文採用區域最大值法，將每年最大日降雨量挑出來，作為分析極端降雨的時間序列資料。Von Mises(1954)和Jenkinson(1955)提出極端值理論之一般化式子，如(1)。

$$(z) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{z-u}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\} \quad (1)$$

上式， u 、 σ 、 ξ 分別為位置(location)、規模(scale)、形狀(shape)或尾端指數(tail index)參數。位置參數用來決定分配的中心位置，規模參數則用來決判斷分的離散程度，形狀參數則是決定尾部分配的型態。當形狀參數大於0或是小於0時，則(2)式分別簡化為Fréchet與Weibull分配；當規模參數等於0時，(1)式簡化為Gumbel分配(Coles, 2001)，如下：

$$G(z) = \exp \left\{ - \exp \left[- \left(\frac{z-u}{\sigma} \right) \right] \right\}, \quad -\infty < z < \infty; \quad (2)$$

本研究利用最大似法(Maximum likelihood method)來推估(1)與(2)，最大似似函數的推估是以準牛頓反覆迭代法(quasi-Newton iterative algorithm)完成。概似率(likelihood ratio)則是挑選最適機率分配的準則。

(二) LARS-WG

LARS-WG的天氣衍生器為一種產生隨機天氣變數為因子的合成天氣日資料時間序列之統計模型，理論上可衍生該測站點之無限長度合成時間序列的氣象資料(Semenov & Barrow, 1997)。

LARS-WG天氣衍生器利用累積概率分佈函數(probability distribution function, PDF)定義半經驗分布模型(semi-empirical distribution, SED)模擬降雨與乾濕序列，且依乾濕期長度、日降水量和

日輻射的半經驗分布衍生資料，相對於WGEN，LARS-WG天氣衍生器較適合應用於台灣地區氣候的評估(Semenov, Brooks, Barrow & Richardson, 1998)。

在LARS-WG衍生天氣數據過程可分為三個不同的步驟：

1. 校正：測站分析→進行氣象觀測數據分析，以決定其統計參數檔。
2. 驗證：Q檢定→進行觀測和合成天氣數據的統計特徵分析，以確定是否有任何統計中顯著性差異，統計資料如附表2。
3. 衍生統計參數與輸出資料：繁衍器→統計參數文件檔來自天氣觀測數據，在模式校正過程中用於產生合成天氣數據，其具有與原始觀測數據相同的統計特性，但逐日的天氣並不相同。

本研究使用TCCIP提供全台灣統計降尺度5公里解析度之75個網格點與其高程，網格位置、高程與輸入參數，並輸入歷史基期(1980~1999逐日天氣資料)，衍生曾文溪流域日資料近未來(2020~2039)、遠未來(2080~2099)之A1B情境下24種模式之逐日時間序列。衍生資料所挑選之網格點以鄰近曾文溪流域之雨量觀測站為主，包括網格編號420(靠近善化站)、網格編號732(靠近左鎮)、網格編號736(靠近王爺宮)、網格編號1048(靠近表湖)等點位。

三、分析結果

表1為1989-2010年曾文溪流域雨量觀測站之統相關資料。本研究選用玉井、善化、曾文、表湖、左鎮、王爺宮、環湖與楠西等測站之歷史資料作為現階段雨量之觀察值，而利用LARS-WG來衍生A1B情境下24種模式近未來、遠未來之日降雨資料，但僅針對9個豐越豐、枯越枯模型之極端降雨量予以分析。本文所定義雨量之極大值為每年觀測值(或衍生資料)之日降雨量最大值。圖1為LAS-WG所衍生的四格網點的位置。

表1 1989-2010年曾文溪流資料

測站	經度	緯度	高程(m)	最高降水量(mm/day)
玉井	23.07	120.27	42	268.50
善化	23.06	120.17	9	226.00
曾文	23.13	120.29	174	446.5
表湖	23.15	120.39	1163	429.50
左鎮	23.03	120.23	30	487.00
王爺宮	23.13	120.23	144	576.50
環湖	23.09	120.24	44	707.50
楠西	23.11	120.28	150	703.50
測站 420	23.05	120.25	0	337.89

測站 732	23.05	120.45	0	291.22
測站 736	23.25	120.45	61.34	346.65
測站 1048	23.25	120.65	528	416.7

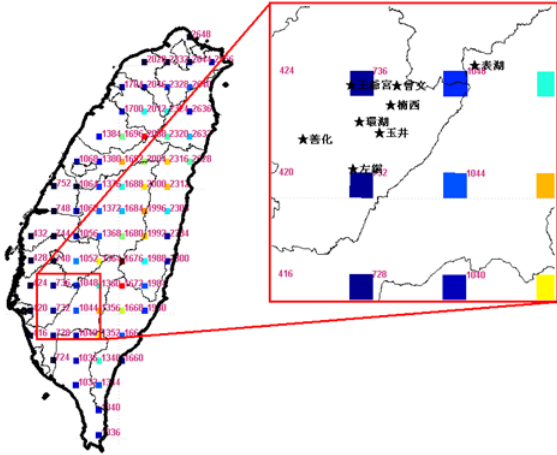


圖1 LARS-WG衍生之網格資料點位

A1B情境下

表2為1989-2010年曾文溪流域雨量測站之極端雨量配適結果。研究結果發現玉井、善化、曾文、表湖與環湖適合利用GEV分配來配適極端降的情況；左鎮、王爺宮、環湖、楠西則適合利用Gumbel來配適極端降雨的情況。

表2 1989-2010年曾文溪流域之極端雨量配適結果

測站	模型	$\hat{\mu}(SE)$	$\sigma(SE)$	$\xi(SE)$	概似函數值
玉井	GEV	63.68 (5.47)	23.36 (6.67)		124.87
善化	GEV	54.65 (6.30)	27.60 (6.04)	0.48 (0.18)	124.21
曾文	GEV	82.57 (9.73)	40.57 (10.12)	0.62 (0.24)	135.19
表湖	GEV	52.58 (5.36)	21.83 (7.66)	1.17 (0.33)	126.87
左鎮	Gumbel	195.61 (18.06)	84.15 (13.72)		144.61
王爺宮	Gumbel	179.51 (17.39)	81.84 (14.08)		145.45
環湖	GEV	194.94 (18.46)	78.88 (15.80)	0.32 (0.19)	148.99
楠西	Gumbel	224.26 (21.80)	102.49 (1.63)		150.78

註：由於篇幅限制，本研究僅列出最佳配適結果

表3、表4分別表示測站736、732之近未來、遠未來之極端降雨情況以及測站420與測站1408之近未來、遠未來之極端降雨情況。由表3的配適結果得知測站736之9個豐越豐、枯越枯的模型中，N1、N2、N3、N5與N9等5個模型所配適出近、遠未來之極端降雨皆有增加的現象；測站732之9個豐越豐、枯越枯的模型中N2、N4與N9等4個模型所配適出近、遠未來之極端降雨有增加的趨勢；測站420之9個豐越

豐、枯越枯的模型中N1、N2、M3、N4、N7以及N9等6個模型所配適出來近、遠未來之極端降雨有增加的趨勢；測站1408之9個豐越豐、枯越枯的模型中N2、N4、N6、N7以及N9等5個模型所配適出來近、遠未來之極端降雨有增加的趨勢。代表台灣豐越豐、枯越枯的9個模型中，僅N2與N9兩個模型所配適出來的極端降雨情況在四個網格測站中皆有一致的結果。

四、 結論

本文利用極端值理論來分析曾文溪流域傳統雨量觀測站，以及LARS-WG按照TCCIP之全台5公里網格區域位置衍生所有AR4之24GCM模式排放情境之近、遠未來之日降雨資料，探討曾文溪流域現況與未來之極端降雨情況。

極端理論的分析的傳統雨量觀測站的結果得知曾文溪流域玉井、善化、曾文、表湖等四個測站適合利用GEV的分配來配適極端降雨量的情況；左鎮、王爺宮、環湖、楠西則適合利用Gumbel分配來配適。

由於無法事先得知未來極端降雨情況，故使用TCCIP提供全台灣統計降尺度5公里解析度之75個網格點，以LARS-WG衍生靠近上述傳統雨量觀測站之日雨量資料，並以此代表該流域未來的情境。LARS-WG所使用得資料來自於TCCIP計畫5公里解析度之75個網格點。衍生的資料以A1B情境下24個GCM模式近、遠未來之日降雨資料為主。由於TCCIP計劃已依照台灣豐越豐、枯越枯的降雨特性將此24GCM模型挑選9個代表性的模型，故本文僅針對此9個模型分析極端降雨量之情況。

分析的結果發現在這9個豐越豐、枯越枯的模型中，測站736之N1、N2、N3、N5與N9等5個模型所配適出近、遠未來之極端降雨皆有增加的現象；測站736之N4、N2、N4與N9等4個模型所配適出近、遠未來之極端降雨有增加的趨勢；測站420之N1、N2、M3、N4、N7以及N9等6個模型所配適出近、遠未來之極端降雨有增加的趨勢；測站1408之9個豐越豐、枯越枯的模型中N2、N4、N6、N7以及N9等5個模型所配適出近、遠未來之極端降雨有增加的趨勢。就此9個豐越豐、枯越枯的模型中，僅N2與N9兩個模型所配適出來的極端降雨情況在四個網格測站中皆有一致的結果。

五、 參考文獻

Jenkinson, A. F., 1955, "The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of

meteorological elements", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 81, 158–171.

von Mises, R., 1954. "La distribution de la plus grande de n valeurs. In: Selected Papers," vol. II. American Mathematical Society, Providence, RI, USA, pp. 271–294.

Coles, S., 2001. An introduction to statistical modeling of extreme values, Springer Series in Statistics, Springer Verlag London.

Racsko P., Szeidl L. & Semenov M. (1991): A serial approach to local stochastic weather models. Ecological Modelling 57, 27-41.

Semenov M.A. and Barrow E.M., 1997. "Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios", Climatic Change 35, 397-414.

Semenov M.A., Brooks R.J., Barrow E.M. and Richardson C.W., 1998. "Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in diverse climates", Climate Research 10, 95-107.

表3 測站736、732之近未來、遠未來之極端降雨情況

		測站 736		測站 732	
測站	期間	$\hat{\mu}$ (SE)	σ (SE)	$\hat{\mu}$ (SE)	σ (SE)
N1	2020-2039	293.67 (11.39)	48.67 (8.82)	264.36 (13.15)	56.06 (10.55)
F1	2080-2099	294.61 (12.35)	52.34 (9.12)	273.20 (11.83)	50.00 (8.38)
N2	2020-2039	298.87 (11.08)	46.79 (7.73)	247.98 (11.47)	48.47 (8.25)
F2	2080-2099	302.16 (15.00)	63.16 (10.53)	265.87 (14.22)	60.05 (10.57)
N3	2020-2039	289.09 (9.49)	40.40 (7.06)	266.55 (12.61)	53.56 (9.41)
F3	2080-2099	302.55 (14.19)	60.13 (10.60)	258.51 (12.25)	51.68 (8.78)
N4	2020-2039	291.57 (8.62)	36.35 (6.16)	251.50 (14.74)	62.61 (11.28)
F4	2080-2099	291.04 (8.47)	35.89 (6.29)	259.24 (11.21)	47.73 (8.26)
N5	2020-2039	293.62 (7.90)	33.73 (6.14)	266.37 (13.12)	55.30 (9.09)
F5	2080-2099	304.10 (10.07)	42.94 (7.84)	261.0 (13.28)	56.04 (9.69)
N6	2020-2039	301.88 (10.70)	45.52 (8.38)	272.12 (12.92)	54.53 (9.01)
F6	2080-2099	279.29 (8.54)	36.18 (6.37)	252.15 (13.42)	56.78 (10.00)
N7	2020-2039	290.08 (9.43)	39.88 (6.83)	249.34 (10.28)	43.40 (7.20)
F7	2080-2099	285.51 (7.31)	31.08 (5.40)	243.78 (10.85)	45.82 (7.77)
N8	2020-2039	296.13 (9.38)	39.87 (6.88)	278.43 (13.42)	56.86 (10.03)
F8	2080-2099	290.04 (9.84)	42.00 (7.86)	270.91 (11.96)	50.70 (8.92)
N9	2020-2039	283.94 (12.83)	54.23 (8.88)	279.97 (14.13)	59.73 (10.08)
F9	2080-2099	299.19 (7.60)	32.18 (5.52)	263.34 (13.46)	57.06 (10.27)

註：N1-N9分別表示2020-2039 之bccr_bcm2_0_change.csv'、cccma_cgcm3_1_change.csv'、csiro_mk3_5_change.csv'、inmcm3_0_change.csv'、ipsl_cm4_change.csv'、miroc3_2_hires_change.csv'、mri_cgcm2_3_2a_change.csv'、ncar_pcm1_change.csv'、ukmo_hadgem1_change.csv'等模型；F1-F9分別表示2080-2099 之bccr_bcm2_0_change.csv'、cccma_cgcm3_1_change.csv'、csiro_mk3_5_change.csv'、inmcm3_0_change.csv'、ipsl_cm4_change.csv'、miroc3_2_hires_change.csv'、mri_cgcm2_3_2a_change.csv'、ncar_pcm1_change.csv'、ukmo_hadgem1_change.csv'等模型

表4 測站420與測站1408之近未來、遠未來之極端降雨情況

		測站 420			測站 1408		
測站	期間	$\hat{\mu}$ (SE)	σ (SE)	ξ (SE)	$\hat{\mu}$ (SE)	σ (SE)	ξ (SE)
N1	2020-2039	262.30 (18.44)	72.06 (13.42)	-0.21 (0.19)	390.96 (0.00)	--	--
F1	2080-2099	304.86 (15.92)	64.02 (11.78)	-0.40 (0.16)	368.03 (19.58)	78.80 (14.91)	-0.44 (0.17)

N2	2020-2039	302.75 (12.18)	50.66 (7.79)	-0.26 (0.09)	391.06 (13.09)	48.42 (10.14)	-0.19 (0.25)
F2	2080-2099	329.11 (17.03)	68.50 (14.95)	-0.64 (0.21)	408.56 (16.84)	69.16 (14.94)	-0.71 (0.18)
N3	2020-2039	308.16 (13.68)	55.12 (9.79)	-0.31 (0.15)	415.93 (14.94)	60.48 (13.41)	-0.66 (0.20)
F3	2080-2099	308.23 (19.47)	76.25 (14.12)	-0.14 (0.18)	344.65 (21.72)	87.37 (18.12)	-0.56 (0.19)
N4	2020-2039	306.14 (18.70)	73.31 (14.86)	-0.41 (0.20)	383.20 (0.00)	--	--
F4	2080-2099	330.11 (16.99)	69.30 (11.79)	-0.28 (0.13)	380.68 (17.84)	71.27 (13.09)	-0.31 (0.16)
N5	2020-2039	320.42 (11.79)	48.49 (7.92)	0.07 (0.11)	401.28 (17.58)	72.17 (14.26)	-0.59 (0.16)
F5	2080-2099	311.64	--	--	387.58 (23.85)	98.19 (18.05)	-0.50 (0.14)
N6	2020-2039	277.1 (14.73)	54.07 (11.52)	0.08 (0.25)	385.11 (17.64)	73.00 (11.80)	-0.33 (0.10)
F6	2080-2099	295.53 (14.56)	57.95 (10.39)	-0.22 (0.16)	395.63 (15.90)	65.36 (10.80)	-0.29 (0.11)
N7	2020-2039	298.81 (16.45)	66.20 (11.52)	-0.10 (0.14)	378.77 (19.53)	78.91 (16.29)	-0.60 (0.19)
F7	2080-2099	306.48 (15.66)	62.23 (11.17)	-0.07 (0.16)	417.81 (15.42)	63.52 (11.76)	0.52 (0.14)
N8	2020-2039	311.07 (16.79)	69.43 (11.89)	-0.43 (0.12)	373.42 (22.28)	91.80 (16.54)	-0.47 (0.13)
F8	2080-2099	309.77 (12.06)	49.29 (8.24)	-0.04 (0.11)	394.96 (14.44)	58.46 (12.49)	-0.62 (0.19)
N9	2020-2039	293.03 (19.68)	76.93 (14.81)	-0.33 (0.20)	378.01 (18.61)	76.65 (17.24)	-0.76 (0.19)
F9	2080-2099	304.66 (12.83)	51.40 (9.90)	-0.43 (0.18)	415.70 (13.33)	54.16 (10.09)	-0.48 (0.16)

註：N1-N9分別表示2020-2039 之bccr_bcm2_0_change.csv'、cccma_cgcm3_1_change.csv'、csiro_mk3_5_change.csv'、inmcm3_0_change.csv'、ipsl_cm4_change.csv'、miroc3_2_hires_change.csv'、mri_cgcm2_3_2a_change.csv'、ncar_pcm1_change.csv'、ukmo_hadgem1_change.csv'等模型；F1-F9分別表示2080-2099 之bccr_bcm2_0_change.csv'、cccma_cgcm3_1_change.csv'、csiro_mk3_5_change.csv'、inmcm3_0_change.csv'、ipsl_cm4_change.csv'、miroc3_2_hires_change.csv'、mri_cgcm2_3_2a_change.csv'、ncar_pcm1_change.csv'、ukmo_hadgem1_change.csv'等模型

冬半年台灣東北部致災降雨事件之天氣類型分析

龔楚嫻 于宜強 李宗融 林李耀
國家災害防救科技中心

摘 要

台灣地區冬半年受東北季風影響，迎風面之台灣東北部與花蓮地區常有較大雨勢出現，時而導致蘇花或北海岸公路崩塌災害的發生。為了解東北部冬半年致災降雨的特性與成因，本研究針對台灣東北部縣市（台北市、新北市、基隆市、宜蘭縣與花蓮縣），進行近20年每年冬半年（10月到隔年3月）之短延時（1、3、6小時）與長延時（12、24小時）致災降雨事件特性分析，並藉由進行致災降雨之天氣型態分析，探討致災天氣類型之類別與氣象成因。

研究結果顯示，冬半年東北部之短延時致災降雨事件最易發生於10月與11月，多半是受到東北風、熱帶擾動與東北季風共伴效應、鋒面過境或者熱帶擾動侵台等影響所造成。其中，東北季風時常造成1小時左右的短延時致災降雨；而長延時致災降雨只發生於10~12月，其降雨主要是颱風（或熱帶低壓）與東北季風共伴效應或颱風直接侵台所導致。東北部縣市中，以宜蘭縣最易發生致災降雨事件，尤其該縣最常於10月份因東北季風共伴效應影響，於古魯、蘇澳與牛鬥等地發生劇烈降雨；而花蓮縣的致災降雨事件，則最常發生在颱風侵台期間。此外，宜蘭縣較常因東北季風影響而發生1小時左右的致災降雨事件，而較長延時的致災降雨事件則最常受到共伴效應或熱帶擾動的影響。而對於花蓮縣與新北市之長延時致災降雨，熱帶擾動是最主要的致災降雨成因。此外，新北市的短延時致災降雨，也易受到鋒面及其他天氣之影響。由此研究，我們可以了解造成台灣東北各縣的致災降雨天氣類型之差異與成因，作為該地區災害監測與防減災操作之參考。

關鍵字：短延時致災降雨、長延時致災降雨、東北季風、共伴效應

一、前言

台灣冬半年受東北季風影響，位於迎風面的台灣東北部與花蓮地區常有較大雨勢出現，並不時可聽聞雨量過大導致蘇花或北海岸公路崩塌災害的發生。2012年12月中，豪雨造成路基嚴重掏空，導致蘇花公路封閉雙向車道，共費時42天才完成搶通，對觀光發展與農業運輸帶來不小的衝擊。

張等（1995）分析1985~1994年間宜蘭發生豪雨的個案，歸納造成宜蘭地區豪雨的可能原因如下：

（1）暖平流輸入；（2）地形效應；（3）東北風和東南風在此區域合流及（4）中尺度對流系統影響。葉與林（2004）使用MM5模擬3個宜蘭地區發生豪大雨的個案，結果顯示東北風流經宜蘭西面的地形迎風坡時會發生分流，並在宜蘭西方及東南方斜坡上與東北向的盛行風場會合，造成輻合抬升而導致較強降雨。此外，東北季風與颱風外圍環流共伴亦常導致東北部地區的豪大雨，李等（2007）分析與東北季風共伴導致台灣北部豪雨的颱風路徑特徵，結果顯示其路徑可概分為二類，一為由東向西經巴士海峽，另一則為由台灣東方近海北上。相關研究皆有助於了解冬季東北部強降雨的成因與其物理過程。

多數研究是針對豪大雨個案進行討論，為滿足防災風險操作的需求，歷史極端強降雨事件的特性

統計成為一重要課題。因此，本研究嘗試建立致災降雨事件簿，並首先針對台灣冬季常發生道路災害的東北部地區（台北市、新北市、基隆市、宜蘭縣與花蓮縣），進行近20年每年10月到隔年3月之致災降雨事件特性分析，並藉由進行致災降雨之天氣型態分析，探討致災天氣類型之類別與氣象成因。

二、資料來源與研究方法

現行氣象局預報作業中，豪大雨是以日雨量作為定義，在有1小時雨量達15毫米情況下，日雨量達50毫米稱為大雨、達130毫米稱為豪雨、達200毫米與350毫米分別為大豪雨與超大豪雨。為符合防災操作需求，本研究分析鄉鎮淹水雨坡地災害警戒雨量值與過去災害之降雨特性，並參考氣象局豪大雨日雨量門檻值，分別定義短延時（1、3、6小時）與長延時（12、24小時）的致災降雨門檻值（表一），其中，因考量淹水與坡地災害的差異，設定兩個24小時致災降雨門檻值，分別為350毫米與600毫米。

本研究首先使用氣象局傳統測站與自動雨量站共482個測站雨量資料，建立1992~2011年之全台致災降雨事件簿。並針對宜蘭縣、花蓮縣、台北市、新北市與基隆市等位於台灣東北部一帶的縣市，進一步篩選出冬半年東北部縣市之致災降雨事件。此外，本研究利用氣象局之地面天氣圖、GMS與MTSAT

紅外線衛星雲圖以及氣象局每日發布之天氣概述資訊，主觀判斷事件當日台灣附近之天氣型態，藉以瞭解造成致災降雨之天氣型態。

分析冬半年間影響台灣東北部縣市致災降雨之天氣型態，主要可分為以下幾類：（1）鋒面：包含冬季與春季之鋒面；（2）熱帶擾動：包含颱風、熱帶低壓以及低壓；（3）東北季風：大陸冷高壓影響下之東北季風；（4）熱帶擾動與東北季風共伴（以下簡稱共伴效應）：颱風或熱帶低壓環流與東北季風產生共伴，若事件發生時已發布陸上颱風警報，則該事件歸類為熱帶擾動影響；（5）其他：包含華南雲雨帶影響或沒有受到顯著天氣系統影響之對流性降水等。本文將分別探討上述五種天氣型態下致災降雨之時間與空間分佈特徵。

三、冬半年各類天氣影響下之致災降雨

統計1992～2011年冬半年（10月～隔年3月）期間全台與東北部縣市之致災降雨事件發生日數（表二），20年間共有333日台灣地區曾發生時雨量大於50毫米的致災降雨，其中約有6成（201日）曾於東北部縣市發生1小時致災降雨事件，平均每個冬半年約有10日。對於較大延時的降雨事件，東北部與全台發生日數比更高達8成以上，顯示冬半年間台灣東北部縣市為致災降雨發生的主要區域，突顯該地區致災降雨研究之重要性。

分析冬半年東北部縣市之致災降雨事件受各類型天氣影響之日數比例（圖一），顯示1小時致災降雨事件發生日中，有33%受到東北季風影響，26%為鋒面通過所造成，19%則為無明顯天氣系統影響的局部對流；3小時致災降雨大多受東北季風(27%)與共伴效應(25%)影響。而較長延時的致災降雨事件(6、12與24小時)則主要是因共伴效應或熱帶擾動直接侵襲所造成，其單純只受冷高壓東北季風影響的日數比重逐漸減低。以24小時600毫米的長延時致災降雨事件來說，降雨只來自於共伴效應或熱帶擾動直接侵襲之情形。

探討冬半年東北部縣市各延時致災降雨事件的平均雨量(圖二)，短致災降雨事件的平均降雨強度為81mm/hr、182mm/3hr與293mm/6hr，長延時致災降雨事件平均降雨強度則為514mm/12hr，588mm/24hr(以350mm事件篩選門檻時)，776mm/24hr(以600mm事件篩選門檻時)。由圖二討論不同天氣系統影響之降雨強度，結果顯示，無論是何種致災降雨事件類型，皆是熱帶擾動所帶來的降雨強度最強，其雨量約為各延時致災降雨事件（含熱帶擾動影響事件）平均雨量的1.2倍；其次，共伴效應影響時，也有較大的平均雨量。

四、致災降雨之時間分佈特性

分析20年來東北部縣市在冬半年各月份之各種延時致災降雨事件的發生日數（圖三），結果顯示10月最常發生致災降雨事件，11月次之。此外，短延時致災降雨事件也常於2月份發生；而長延時致災降雨則僅發生於10～12月。分析影響各月份之各延時致災降雨事件的天氣類型，其結果與圖一相似，故在此不多加贅述。

探討冬半年期間全台致災降雨事件的最大雨量紀錄（表三），各延時之最大降雨均發生於10月份，其中2010年10月因受到梅姬颱風與東北季風共伴影響，宜蘭縣蘇澳站創下冬半年1、3、6、12小時的最大降雨紀錄，其降雨量高達181.5mm/hr、444mm/3hr、645mm/6hr與861mm/12hr。而24小時之最大降雨紀錄則發生於2009年10月芭瑪颱風海上警報期間，24小時累積雨量達1198.5毫米，此事件也是由於颱風外圍環流與東北季風產生共伴所造成。顯示颱風與東北季風共伴之現象，是冬半年期間的研究與防災的重點。

雖然歷史最大降雨皆發生於10月，但探討各種延時致災降雨事件之各月平均雨量（圖四），可發現12月份較長延時的致災降雨平均雨量普遍高於10月。主要應是由於12月份致災降雨個案不多，但個案多為累積雨量極大的颱風侵襲或共伴效應影響事件；而10月份的致災降雨事件雖多，卻有許多致災降雨事件是只受東北季風影響或台灣附近無明顯天氣系統之情況，其累積降雨不如共伴效應或颱風侵襲來得多。而短延時致災降雨事件之平均雨量分析顯示，1小時致災降雨事件以2月份之平均雨量最大，主要是受到東北季風或鋒面影響所致；3小時致災降雨事件則在10月有最大的平均雨量，主要的影響天氣類型為共伴效應及颱風侵襲。

分別統計冬半年東北部縣市在各年份致災降雨事件的發生日數，並探討各類天氣影響下，各類致災降雨的年際變化(圖五)。結果顯示，1996～1998年最常有致災降雨發生，2002～2003年則最少(圖五a)，此現象在各天氣影響下的日數統計圖中也能看到(圖五b～f)。相較於過去，2007年至今之致災降雨事件發生日數增多，且增多主要顯現於東北季風、熱帶擾動與共伴效應等天氣影響下的事件(圖五b～d)。此外，近幾年在鋒面與其他天氣影響下發生之致災事件，似乎較為減少(圖五e, f)。

五、致災降雨之空間分佈特性

討論東北部各縣市在冬半年的致災降雨發生日數（圖六），發生於宜蘭地區之致災降雨事件遠多於其他縣市，其次為新北市與花蓮縣。宜蘭境內，以位於蘭陽平原南側之大同鄉古魯、牛鬥、冬山鄉新寮與蘇澳鎮之蘇澳等站最常發生致災降雨(測站位

置可參見圖九)，此主要是因為東北風流經宜蘭西面的地形迎風坡時發生分流，在宜蘭西方及東南方斜坡上與東北向的盛行風場會合後產生強對流（葉與林 2004）所致。而新北市易於石門區富貴角、金山區三和與烏來區下盆等站發生致災降雨；花蓮縣則易於秀林鄉的布洛灣、天祥與和中等站發生致災降雨事件。分析冬半年東北部各縣市之致災事件平均雨量（圖七），對於1小時與3小時致災降雨事件，新北市的平均雨量最大，花蓮縣次之；對於長延時的致災降雨事件，則以花蓮縣之平均雨量最大，其次依序為宜蘭縣、新北市。

針對致災降雨事件較多且雨量較大的宜蘭縣、花蓮縣與新北市，進一步討論各類天氣系統對其境內致災降雨事件的影響（圖八）。分析顯示，對於宜蘭縣（圖八a），致災降雨延時越長者，共伴效應與熱帶擾動的影響日數比例越高，而1小時致災降雨事件則較常受到東北季風影響而發生。宜蘭縣各延時之平均雨量在受到熱帶擾動與共伴效應影響時較高，其中熱帶擾動造成的雨勢最大（圖八b）。

對於花蓮縣而言，熱帶擾動影響日數比例明顯高於宜蘭縣者（圖八c），平均雨量分析也顯示，熱帶擾動對於花蓮地區的致災降雨強度影響極大（圖八d），尤其此情形在長延時致災降雨事件中更為顯著。至於新北市的分析顯示（圖八e, f），其短延時致災降雨受到鋒面及其他天氣之影響比例高於其他兩縣，且常因其他天氣之影響而有較高的累積雨量。而在長延時降雨部分，新北市最常受到熱帶擾動的影響而發生致災降雨，東北季風的影響比例極少，較大雨量則主要來自於熱帶擾動的貢獻。

六、結論

本研究針對台灣東北部地區（台北市、新北市、基隆市、宜蘭縣與花蓮縣），分析近20年來冬半年（10月到隔年3月）之各延時（1、3、6、12與24小時）致災降雨事件，並探討造成致災降雨事件的天氣類型特性。分析顯示，冬半年致災降雨最易發生於10~11月，影響致災降雨事件的天氣類型主要為東北風、熱帶擾動、熱帶擾動與東北季風之共伴效應或鋒面過境等類型。其中，東北季風時常造成1小時左右的短延時致災降雨；而24小時致災降雨則只發生於

10~12月，其主要天氣類型為熱帶擾動與東北季風共伴效應或颱風直接侵台所導致。

統計全台近20年之冬半年（10月到隔年3月）致災降雨事件，有6~8成以上發生於東北部。其中，宜蘭縣的發生日數最遠高於其他縣市，其次為新北市與花蓮縣。分析上述三縣市的致災降雨日數，結果顯示宜蘭縣較常因東北季風影響而發生1小時左右的致災降雨事件，而較大延時的致災降雨事件則最常受到共伴效應或熱帶擾動的影響。而對於花蓮縣與新北市之長延時致災降雨，熱帶擾動是最主要的致災降雨成因，共伴效應的影響相對較弱。此外，新北市的短延時致災降雨，較其他兩縣更容易受到鋒面及其他天氣之影響。

分析冬半年的雨量紀錄，各延時之最大降雨紀錄均發生於宜蘭縣，主要皆是由於10月份颱風（2010梅姬與2009年芭瑪）之環流與東北季風共伴引起。顯示颱風與東北季風共伴造成的驚人雨勢，是冬半年期間的研究與防災重點。討論冬半年東北部致災降雨事件之平均雨量，結果顯示，熱帶擾動是造成各縣市各延時較大雨勢的主要因素，且熱帶擾動影響之事件平均雨量約為所有事件的1.2倍。此外，對於宜蘭縣之事件，共伴效應也是造成較大雨勢的一大原因，其平均降雨強度不亞於熱帶擾動。

各類致災降雨的年際變化分析顯示，1996~1998年最常有致災降雨發生，2002~2003年則最少。相較於過去，2007年至今之致災降雨事件發生日數增多，且增多主要顯現於東北季風、熱帶擾動與共伴效應等天氣影響下的事件。

本研究之各項成果顯示冬半年台灣東北部在防災時空重點，提供防減災研究工作者參考與應用。

參考文獻

- 李清勝、羅英哲、張龍耀，2007：琳恩颱風(1987)與東北季風交互作用產生強降水之研究。《大氣科學》，35，13-34。
- 葉嘉靜與林市練，2004：宜蘭地區秋冬季豪大雨特性之研究。《天氣分析與預報研討會論文彙編》，685-691。
- 張耀升、陳台琦、陳景森，1995：宜蘭地區連續降水初步探討。《氣象預報與分析》，144，11-20。

表一 各降雨延時之致災降雨門檻值。

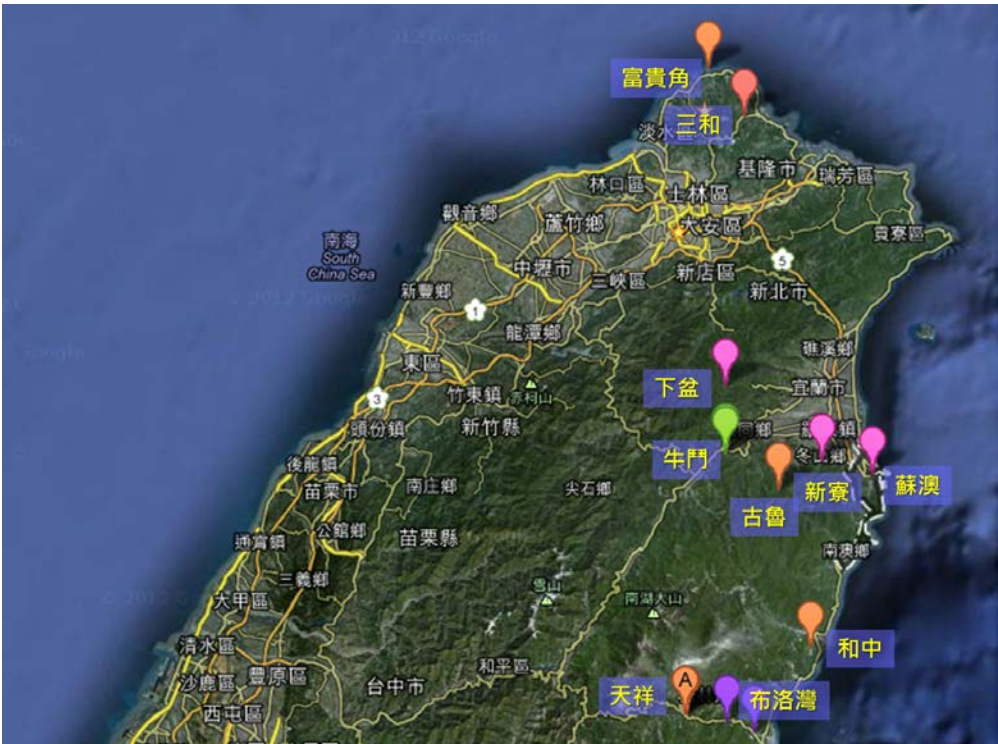
降雨延時	致災降雨 門檻值(毫米)
1 小時	50
3 小時	130
6 小時	200
12 小時	350
24 小時	350
24 小時	600

表二 1992~2011 年冬半年期間全台與東北部縣市之致災降雨事件
發生日數與兩者之比值。

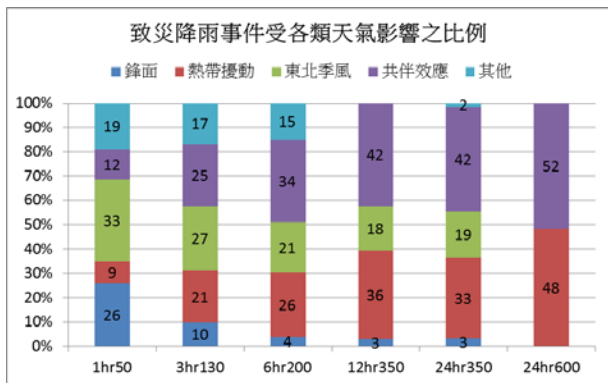
降雨延時	全台致災降雨 發生日數(日)	東北部致災降雨 發生日數(日)	東北部與全台 發生日數比(%)
1 小時	333	201	60
3 小時	100	71	71
6 小時	61	53	87
12 小時	37	33	89
24 小時	74	64	87
24 小時	29	29	100

表三 1992~2011 年冬半年期間全台各延時最大降雨紀錄

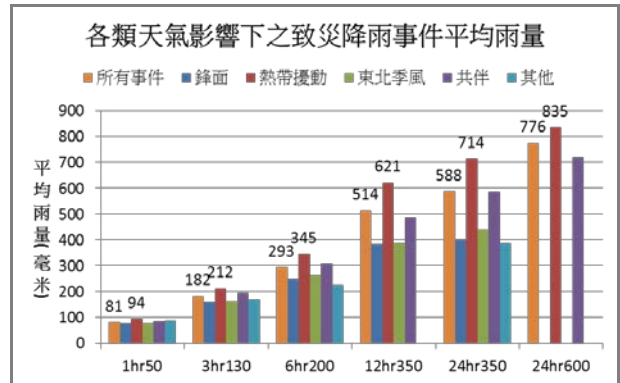
降雨延時	最大降雨發生日期	縣市	站名	累積雨量 (毫米)	天氣系統
1 小時	2010 年 10 月 21 日	宜蘭縣	蘇澳	181.5	梅姬颱風與東北季風共伴
3 小時	2010 年 10 月 21 日	宜蘭縣	蘇澳	444	梅姬颱風與東北季風共伴
6 小時	2010 年 10 月 21 日	宜蘭縣	蘇澳	645	梅姬颱風與東北季風共伴
12 小時	2010 年 10 月 21 日	宜蘭縣	蘇澳	861	梅姬颱風與東北季風共伴
24 小時	2009 年 10 月 6 日	宜蘭縣	古魯	1198.5	芭瑪颱風海上警報



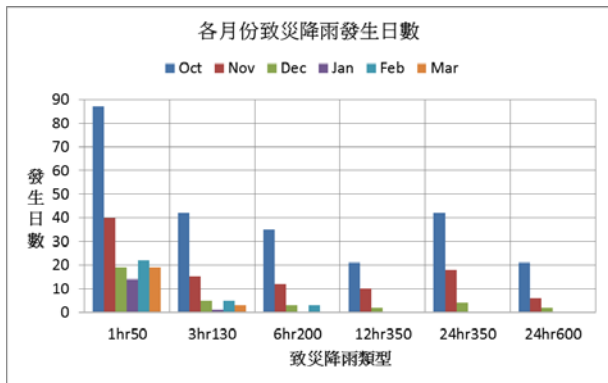
圖九 冬半年宜蘭縣、花蓮縣與新北市較易發生致災降雨的測站位置示意圖



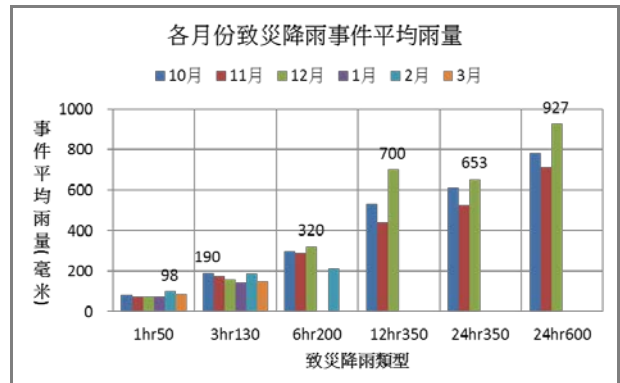
圖一 1992-2011年冬半年東北部縣市各延時致災降雨事件受各類型天氣影響之百分比。



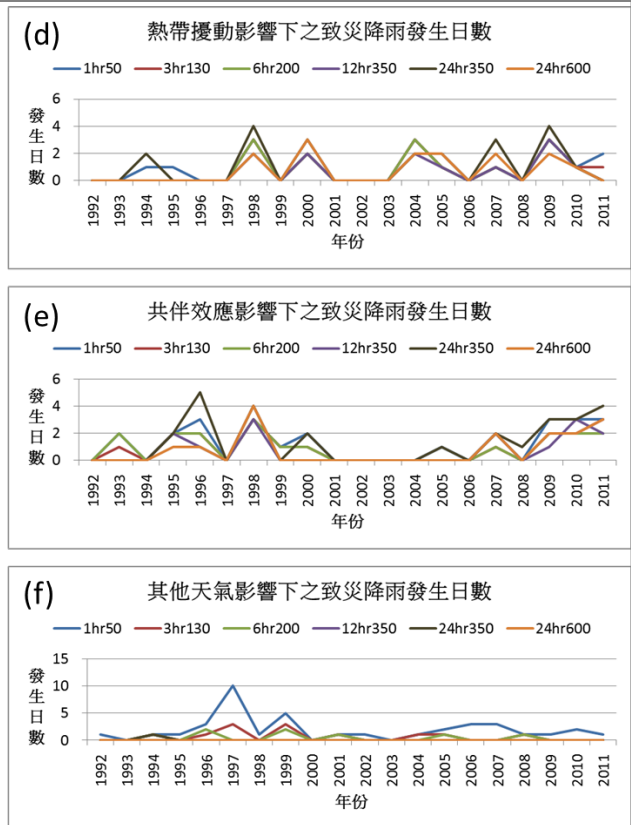
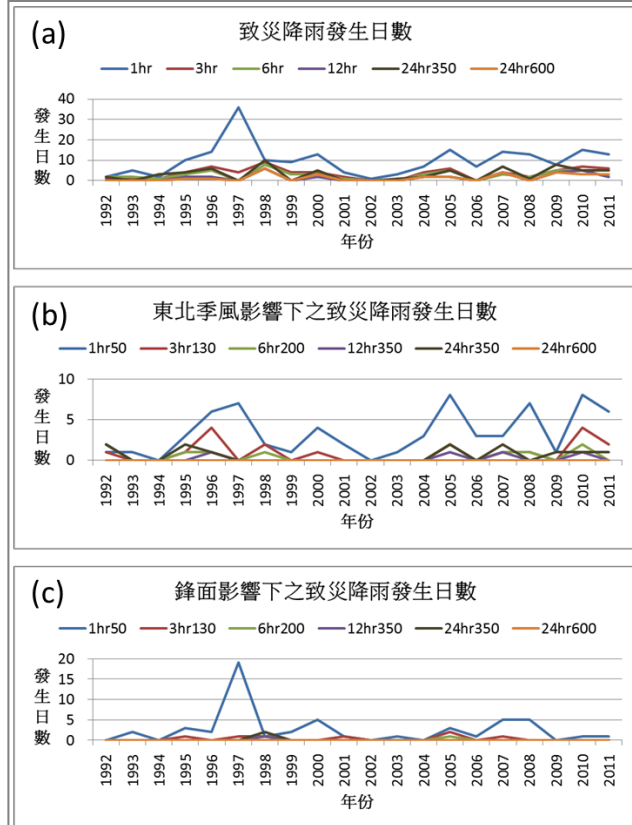
圖二 1992-2011年冬半年東北部縣市受各類型天氣影響下之各延時致災降雨事件平均雨量（毫米）。



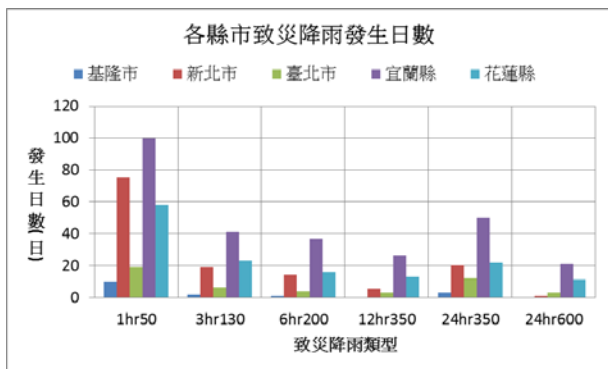
圖三 1992-2011年東北部縣市在冬半年各月份之各延時致災降雨發生日數



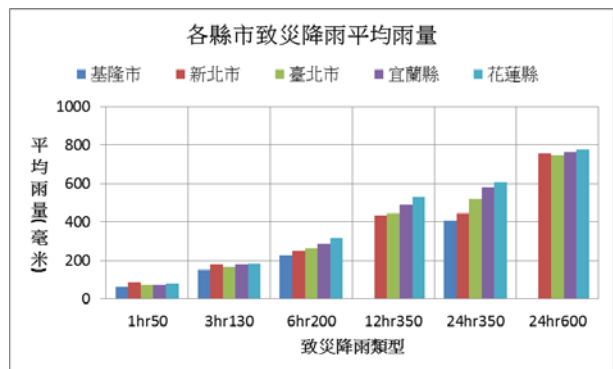
圖四 1992-2011年冬半年東北部縣市各延時致災降雨事件之各月份平均雨量



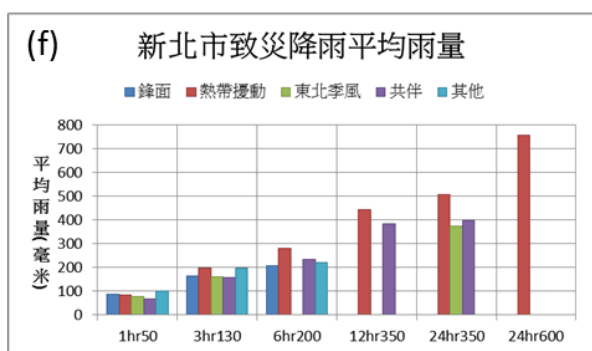
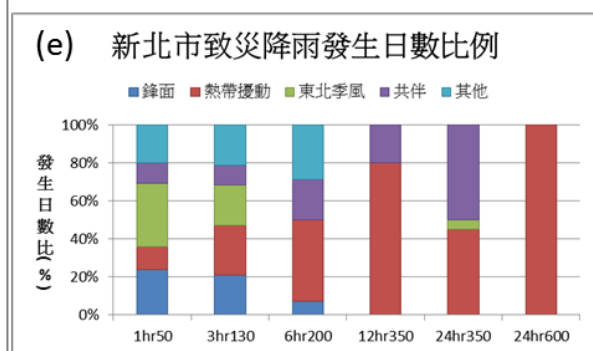
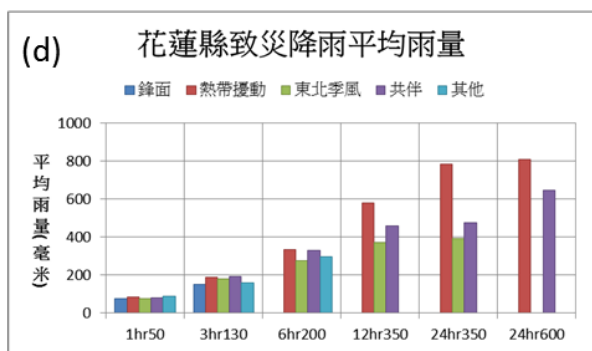
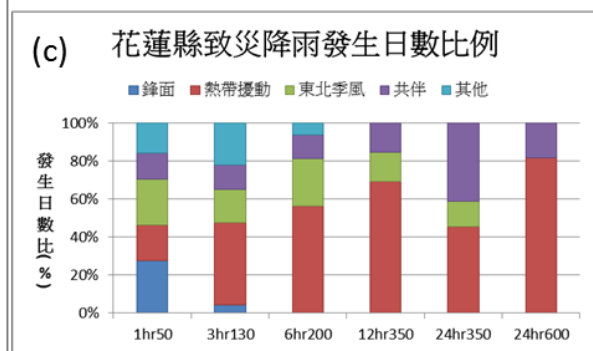
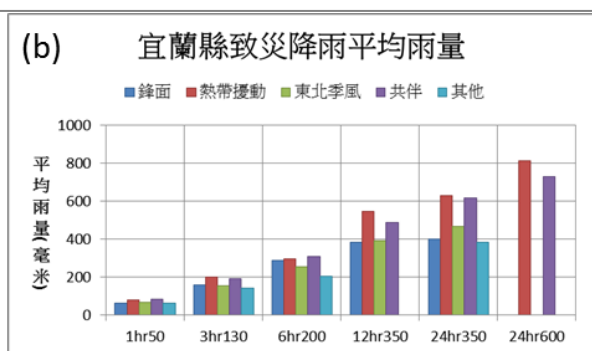
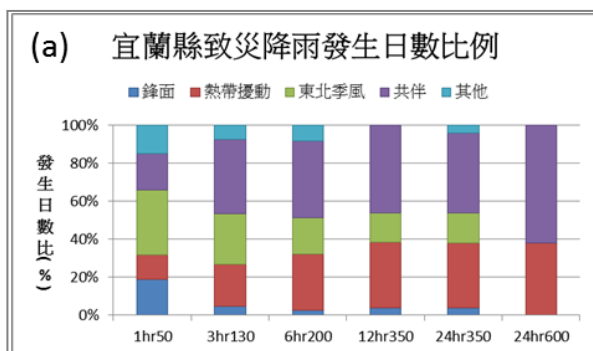
圖五 各類天氣影響下之致災降雨發生日數年變化



圖六 1992-2011年冬半年東北部各縣市之各延時致災事件發生日數



圖七 如圖六，但為各延時致災事件之平均雨量



圖八 1992-2011年冬半年宜蘭縣、花蓮縣與新北市在各類天氣系統影響下的致災降雨發生日數比例與平均雨量

歷史重大颱風事件之災損評估_以梅姬颱風為例

李欣輯 陳怡臻

國家災害防救科技中心

摘要

2010年中颱梅姬在所挾帶之豐沛雨量與東北季風的共伴影響下，單單宜蘭地區就造成9人死亡、道路及坡地崩塌共53處、1024棟房屋損毀，其中最嚴重災情為淹水面積高達5359公頃之洪水災害。根據氣象局的統計，梅姬颱風在宜蘭蘇澳最大累積雨量約為 1,500 毫米、最大時雨量為181.5毫米，各排水系統集水區24小時、48小時之降雨量均已超過200年的重現期距，因而釀成該區之大規模洪患。然而為了詳實瞭解此類極端降雨事件所帶來的淹水衝擊，本文嘗試以國家災害防救科技中心所開發「臺灣颱洪災損評估系統(簡稱TLAS Taiwan)」，進行宜蘭地區之水災損失評估。最後本文合計包括住宅、工商業、農林漁牧、公共建物、水利設施等22種不同土地利用下之洪患損失，求得宜蘭地區之受淹水影響的總戶數約為11965戶，全縣平均淹水總損失為28億元新台幣。

關鍵字：極端天氣、梅姬颱風、淹水災害、損失評估

降雨規模指標(RSI)及其在坡地災害預警之應用

李宗融 Tsung-Jung Lee 林又青 Yu-Ching Lin 龔楚嫻 Chu-Ying Kung 王俞婷 Yu-Ting Wang

張志新 Chih-Hsin Chang 于宜強 Yi-Chiang Yu 林欣弘 Hsin-Hung Lin 林李耀 Lee-Yaw Lin

國家災害防救科技中心

摘要

RSI(Rainfall Scale Index)是本研究提出新的降雨規模指標。其主要概念是將降雨資料進行標準化，透過門檻值與歷史極值的設定，將可能致災的降雨訊號轉化成降雨規模的資訊。RSI 除可將降雨標準化分析外，在多重延時、小區域與即時分析方面的能力都優於過去經常使用的降雨規模推估方法，例如豪大雨標準等。本文同時參考行政院頒訂的警戒燈號規定，初步將降雨規模指標分為 4 級，分別為綠(RSI 小於 0)，黃(RSI 介於 0~0.4)，橙(RSI 介於 0.4~0.8)，紅(RSI 大於 0.8)。透過 1992~2011 年 117 個侵台颱風個案的分析，降雨規模達到橙色(RSI=0.4)時，已是歷史上排序前 40%的劇烈降雨事件；降雨規模達到紅色(RSI=0.8)時，其規模已達歷史上排序前 10%的極端降雨事件。本研究同時建立一個降雨規模指標的即時監測系統，此系統可即時展示時間與空間分布的 RSI 分析結果，有助於災害應變的即時監測與預警。

M_L (Landslide Disaster Magnitude)是本中心坡地組發展用於評估坡地災害規模的指標。為落實降雨規模指標在災害監測與預警之應用。本研究嘗試利用卡玫基(2008)、辛樂克(2008)、莫拉克(2009)以及梅姬(2010)等四場歷史颱風事件的 24 小時 RSI 與其 M_L 進行相關性分析。結果顯示，卡玫基與辛樂克颱風的降雨規模(RSI)與坡地災害規模呈正相關趨勢。莫拉克颱風則是因其多數測站觀測值為歷史極值，故較不易觀察到 M_L 值隨 RSI 的變化趨勢。梅姬颱風則是呈現 RSI 小但 M_L 值大的關係，推測應與先前的凡那比侵台，山區環境尚未復原有關。未來透過個案累積，以及災因的分析，期能更加釐清降雨與災害規模間對應關係，進而達到防災與減災之目的。

關鍵字:降雨規模指標(RSI),坡地災害規模指標(M_L)

一、前言

台灣長久以來都是災害頻仍的國家，這點從世界銀行的評估或是風險分析者的分析報告都可窺知一二。根據內政部公布之「台灣天然災害損失統計」資料，颱風獨占台灣人員傷亡與經濟損失的首位。顯見，如何有效預防或減低颱風引發的災害是防災工作的要務。早期的防災工作著重於救災，納莉颱風(2001)之後則轉換為災害的預警。莫拉克颱風(2009)超過 3000 毫米的降雨量，引發的淹水與坡地災害等複合型災害，所造成的經濟損失與人命傷亡更是颱風史上之劇。災後，除了重建與復原等工

作外，同時也衍生了如何在災害預警的資訊中，提供「災害規模」訊息的議題。

「災害規模」係指對於災害程度的描述，分析目前的災害預警與災後分析的作業，都未針對此議題進行深入的探討。國外有關於災害規模的文獻，多半以受災害影響的人口、經濟損失或受災面積做為規模劃分的依據(Fischer,2003a,b; Sheehan and Hewitt, in Smith 2006)。然而，這些災害規模的設定方法考量的多是災情，與台灣預警資訊的「災害規模」需求並不完全吻合。台灣的「災害規模」設定，必須針對災害特性，進行一連串上游至下游的整合研究，並可應用於防災準備與災害應變操

作。其中包含降雨、淹水、坡地以及地區災害脆弱性、關鍵基礎設施、地區防災能力與災害應變準備程度等項目的分析。過去的防災經驗，台灣的災害多起因於颱風或豪雨事件的劇烈降雨。在災害資料蒐集的方面，雨量資料的完整性相對於災害類別的資料是較為完整與單純的；再者，在災害應變與操作上，雨量的監測與應用都是災害判定的領先因子。因此，如何將降雨的資訊有效轉化為規模的訊息，是啟動災害規模研究與應用的重要關鍵。因此本文將針對本中心發展的降雨規模指標(RSI)，以及建置完成的降雨規模指標即時監測系統進行說明。另外，也將探討降雨規模指標(RSI)與災害指標的相關性分析，以期作為未來災害規模判定的重要依據。

二、 降雨規模標(RSI)

降雨規模指標(Rainfall Scale Index, RSI)，其概念源自於京都大學防災研究所中北英一教授所提出的 DEPI(Disaster Event Potential Index)。DEPI 是在氣候變遷情境下，推估颱風風速可能造成的災害衝擊指標。由於台灣的淹水與坡地災害都起因於劇烈降雨，故本研究改以雨量為物理參數，並略微修正 DEPI 的物理意義而得 RSI 因子。RSI 的公式如下式 1，其中 r 為雨量值， r_{thr} 為雨量門檻值， r_{max} 則為歷史雨量最大值。由式(1)了解，RSI 是一個將雨量值進行標準化後的結果。RSI 可使用於不同延時的雨量分析，透過門檻值的篩選，當雨量小於門檻值時 RSI 為-1，藉以濾除小於門檻值降雨的訊號；反之，當雨量接近或是超越歷史極大值時 RSI 值越大，藉此強化極端降雨訊號，其中的關鍵就在於不同延時雨量的門檻值(r_{thr})與歷史極值(r_{max})的設定。

$$RSI = \frac{r - r_{thr}}{r_{max} - r_{thr}} ; \begin{cases} r < r_{thr}, RSI = -1 \\ r \geq r_{thr}, RSI \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

RSI 的主要精神在於將不同延時的降雨訊

號進行標準化。因此在門檻值與歷史值的設定上，也需因「時」制宜。本研究採用 1992~2010 年的雨量資料作為背景雨量資料。雨量的分析採用 1、3、6、12、24 小時共計 5 種延時累積雨量強度。另外，為滿足 RSI 於區域尺度與即時應用的需求，將背景雨量資料進行客觀分析，空間網格採用與 QPESUMS 系統相同之解析度。歷史極值以背景雨量資料內各延時累積的最大值定義之。門檻值設定的部分，由於本研究使用 RSI 的主要目的在於推估災害事件的降雨規模。換言之，希望透過此因子突顯可能致災的降雨訊號。因此，廣泛應用於災害預警操作中的降雨警戒值，無疑是門檻值最佳解答。但礙於不同災害的特性以及災害預警操作，降雨警戒值最小發布單位為鄉鎮與背景雨量資料解析度不符，且並非全台 358 鄉鎮皆有警戒值。舉例來說，淹水有 1、3、6、12 與 24 小時的降雨警戒值，但僅限於沿海等鄉鎮；坡地災害則僅有 24 小時的降雨警戒值，且僅止於山區的鄉鎮區。因此，本研究針對警戒值的部分進行補遺的動作。以 6 小時降雨警戒值為例，將有警戒值的資料與經過客觀分析後的 6 小時背景雨量值進行百分位排序分析。分析 6 小時降雨警戒值在背景雨量資料百分位排序的分布，多數的淹水警戒值約位在背景雨量值排序的前 0.1%~0.5%之間。因此，在缺少降雨警戒值的位置，本研究參考中北英一教授於 DEPI 中的方法，以背景雨量資料排序的前 0.3%訂定為門檻值。24 小時門檻值的部分，則是將淹水與坡地的降雨警戒值合併求得，有缺漏的部分同樣以背景雨量資料排序的前 0.3%定義之。

本研究嘗試以不同致災類型降雨的個案，對 RSI 的效果進行評估。分別是莫拉克颱風(2009)、凡那比颱風(2010)以及 0612 北部豪雨事件(2012)。其中莫拉克颱風(2009)屬於長延時(>24 小時)強降雨的致災個案；凡那比颱風(2010)則屬於 6-12 小短延時的降雨個案。0612

北部豪雨事件(2012)則是屬於約 1 至 3 小時極短時降雨的致災事件。其中，0612 北部豪雨事件(2012)，與前面兩個個案的重大差異在於，其資料時間未位於背景雨量資料時段內，可作為評估 RSI 於未來實際個案分析應用的依據。

圖 1 為莫拉克颱風 2009 年 8 月 9 日 07 時 (LST)的 24 小時累積雨量圖與 24 小時延時 RSI 的空間分布。由累積雨量分布發現，主要的強降雨位在阿里山、高屏山區以及台東地區，24 小時累積雨量均近千毫米。24 小時 RSI 的結果則顯示，上述區域的 24 小時 RSI 都已達到 0.8 以上。此外，台南部分地區的 RSI 也達到 0.8 以上。換句話說，上述地區的 24 小時降雨都已接近或是達到歷史 24 小時降雨極值的規模。凡那比颱風 2010 年 9 月 19 日 19 時(LST)的 6 小時累積雨量圖與 6 小時延時 RSI 的空間分布的分析同樣突顯出(圖未示)，高屏地區多數位置累積雨量雖非最大，但也接近了歷史降雨極值的規模。由上述兩個個案的分析可知，過去透過累積雨量的方式，很容易只注意到累積雨量較大的位置。但透過 RSI 的分析，可以快速的轉化降雨訊號成為線性的規模訊息，突顯出在雨量圖中容易被忽略的降雨訊號。圖 2 為 2012 年 0612 北部豪雨事件於 6 月 12 日 01 時的過去 3 小時累積雨量與 3 小時 RSI 分布。雨量分布顯示，主要的降雨以北部與高屏地區為主。其中又以桃園降雨量達 200 毫米最為顯著。RSI 分析結果顯示，高屏地區 3 小時的累積雨量未達門檻值的標準；反而是桃園地區有多數位置的 3 小時 RSI 值均超過 1 甚至達到 2 的等級。換句話說，此場事件於桃園地區的 3 小時累積降雨超越其歷史觀測極值。

透過上述 3 場事件的 RSI 分析可以證明，RSI 能夠成功且迅速的轉化雨量的訊號成為標準化後的降雨規模。不論在長時、短時或是極短時的致災個案中，都能達到突顯極端或是致災降雨訊號的目的。

三、RSI的分級與應用

行政院於 2012 年頒定之警戒燈號規定分別為：1 級(綠)、2 級(黃)、3 級(橙)、4 級(紅)。由於利用 RSI 推估的降雨規模已經依據門檻值與歷史極值進行線性的標準化，且門檻值又以各災害的降雨警戒值為主。因此，本研究初步將 RSI 推估的降雨規模線性的分為 4 級。當 RSI 值小於 0 時，也就是降雨未達災害降雨警戒值為 1 級；0~0.4 為 2 級；0.4~0.8 為 3 級；0.8 以上則為 4 級。

分析上述降雨規模分級門檻值的特性，本研究利用 1992-2011 年共計 117 個侵台颱風個案，針對侵台期間所有網格 RSI 值進行四分位分析。由圖 3(a)可知，當 RSI=0.4 時，75%的資料點是位在 RSI 值排序的前 40%以上，隨著分析延時縮短，其排序所佔的比例愈前。由圖 3(b)則是當 RSI 達 0.8 時的排序分析結果。不論延時長度，其中 75%的資料點都位在其 RSI 值排序的前 10%以上。換句話說，本研究雖以線性的方式，初步訂定降雨規模分級門檻值。但是由上述分析可知，當 RSI 值達到 0.4 以上時，其反映的是歷史排序前 40%以上的極端降雨事件。

圖 4 為凡那比颱風侵台期間，高雄市左營區的平均時雨量與各延時 RSI 的變化曲線。圖中顯示，凡那比颱風於左營區的平均時雨量最大近 100 毫米，雨量呈現類似常態分佈的曲線。分析 5 個延時的 RSI 權重值曲線發現，在最大時雨量出現前的兩個小時，1 小時的 RSI 值已達 2 級(黃色)；在最大時雨量出現前 1 個小時，3 小時 RSI 值也出現黃色訊號；最大時雨量出現時，1 小時與 3 小時的降雨規模同時達到 3 級(橙色)。在最大時雨量出現後的 3 小時，6 小時的訊號就達到 4 級(紅色警戒)。12 小時與 24 小時的訊號則是延遲的時間較長。分析上述案例，1 小時的降雨規模提供領先的訊號。當降雨持續且增強，1 小時與 3 小時的 RSI 訊號

同時出現，且提升警戒的級別。6 小時的 RSI 在最大時雨量出現的 3 小時後達到紅色警戒。顯示雖然時雨量強度略減，但過去 6 小時的累積雨量已達已達歷史上前 10% 強度。這樣的降雨規模資訊，是過去單純由雨量質監測所無法提供的。由上述分析可知，RSI 的訊號是完全有別於時雨量或累積雨量，有助於降雨規模與災害規模之間的連結。同時也可提供災害應變作業時即時研判的參考依據。

經由上述降雨規模指標(RSI)物理意義的討論，歷史個案的測試以及鄉鎮尺度應用的測試。都顯現出降雨規模指標(RSI)應用在降雨監測上與過去傳統使用的累積降雨或是豪大雨指標有顯著的不同，透過不同延時 RSI 空間與時間上的分析與比對，是有助於災害監測、研判與預警的工作。因此，為有效落實降雨規模指標(RSI)的優點，本研究特建置了一套降雨規模指標的即時監測展示系統。這系統同時間從空間與時間上呈現降雨規模值的分析結果。考量災害防救操作的最小行政單位為鄉鎮。在此系統所有的降雨規模指標計算都以鄉鎮尺度為準。在空間的分析上，系統提供每小時更新的 5 個延時鄉鎮降雨規模空間分布結果。其中降雨規模值也以上述的綠、黃、橙、紅 4 個等級方式呈現。除了即時的空間分布外，也提供快速的查詢列表，表列出該時間點上該延時有哪些鄉鎮的降雨規模已達紅、橙或黃色等級，以期災害監測時，快速了解那些鄉鎮已達可能發生災害的階段。除此之外，從上述凡那比颱風左營的案例分析可知，同一鄉鎮降雨規模時序的降雨規模分析也相當重要。因此，降雨規模(RSI)時間尺度的分析，提供全台鄉鎮區即時鄉鎮平均時雨量、鄉鎮最大時雨量以及 5 個延時 RSI 的時序歷線變化比對結果。此外，也提供該鄉鎮區於該時段 5 個延時 RSI 的雷達圖，以利該時段不同延時 RSI 的比對(圖 5)。上述產品都是針對即時資料進行的分析，期望能在災時提供快速的分析結果，以利分析與預警之

用。此外，系統也提供過去分析結果查詢的功能，可應用於歷史事件的分析。

四、RSI與坡地災害預警

由於，台灣主要的災害都起因於降雨，且前文所敘之降雨規模指標(RSI)在即時監測與雨量訊息的轉換上，相較於以前使用的雨量監測指標已有大幅的改進。因此本文亦想將降雨規模指標(RSI)進一步運用於災害的預警。

M_L(Landslide Disaster Magnitude)是本中心坡地組發展用於評估坡地災害規模的指標。其分析本中心蒐整之歷史坡地災害資料庫後，選定人員死亡數目(含失蹤)、房屋損毀數目、人員受傷數目、道路損毀數目與坡地災害數目等五項指標，透過給定各指標不同之權重來量化坡地災害事件的規模。其中以人員死亡數目(含失蹤)為最重要評估因子，其次為房屋損毀數目，其計算公式如式(2)所示。本坡地災害規模量化方法及其驗證方法可參考(張志新等，2013。)

$$M_L \text{ 分數} = (\text{人員死亡數目(含失蹤)}) * 7 + (\text{房屋損毀數目}) * 5 + (\text{人員受傷數目}) * 3 + (\text{道路損毀數目}) * 1 + (\text{災點數目}) * 1 \quad (2)$$

本研究將卡玫基、辛樂克、莫拉克與梅姬等 4 場颱風之鄉鎮市區層級之 M_L 分數與 24 小時之 RSI 值進行相關性探討，期望能對降雨指標與坡地災害指標之間的聯結有進一步的了解，其分析結果如圖 6 所示，圖中顯示卡玫基與辛樂克颱風之資料較符合降雨越大且坡地災害規模也越大之趨勢。莫拉克颱風之資料多集中在 RSI=1 之線上，可能是因為莫拉克颱風為歷史最大雨量個案，故較不易觀察到 M_L 分數循序隨雨量發展變大之趨勢。梅姬颱風之資料分布趨勢，可能因為 2010 年在梅姬颱風侵台前，已有中度颱風凡那比侵台，山區環境尚未復原，因此小降雨強度就容易導致坡地災害發生。

另外，於比較圖中亦需要注意區塊 A 與 B，區塊 A 在 $RSI=-1$ 之軸線上發展，此處表示雨量未達坡地警戒值但卻發生災害，建議在區域 A 之鄉鎮市區，可針對警戒雨量值進行檢討。區塊 B 在 $M_L=0$ 之軸線上發展，表示雨量越來越大但是卻無災損發生，造成此一現象之原因，可能是該區內之防災力較高或是災害資料調查不足，詳細原因仍需進一步探討。未來透過累積更多颱風資料與分析後，分析其 RSI 與坡地災害規模之對應性，嘗試建立降雨規模與坡地災害規模彼此的對應，就可提供災害應變相關研究與操作之參考。

五、 結論

由於台灣的地理位置與人口稠密的特性，天然災害的發生頻率相當高。其中又以颱風災害為最多，而颱風災害最主要的致災原因之一就是劇烈的降雨。本研究建立了一個降雨規模指標(RSI)，其與過去經常使用的降雨規模評估指標，如豪大雨標準等，具有突顯可能致災的強降雨訊號、區域尺度應用以及即時監測應用上的優勢。在歷史個案的分析與測試也都應證了 RSI 具有上述的優點。因此，本研究也針對 RSI 建立了一即時監測系統。該系統可即時展示不同時間與空間解析度的 RSI 分析結果，可協助即時的災害監測與分析。

另外，為有效將降雨指標與下游的災害進行連結，本研究針對降雨規模指標(RSI)與坡地災害規模指標(M_L)進行相關性分析。從卡玫基、辛樂克、莫拉克與梅姬等 4 場颱風之分析結果可發現，RSI 與 M_L 彼此間是存在其對應關係的。未來透過更多的個案累積，便能更加釐清兩個因子間之對應關係。如此，透過即時降雨監測，就可以快速提出可能坡地災害規模的預警資訊，進而達到防災與減災之目的。

六、 參考文獻

- 張志新、林又青、王俞婷、李宗融、龔楚嫻
2013: 颱風事件之坡地災害規模分級探討。第十五屆大地工程學術研究討論會，雲林。
- 林沛練、于宜強、李宗融、吳宜昭、傅金城，
2011: 降雨規模設定方法與區域尺度之應用。NCDR 100-T40。
- 周仲島、陳永明，2009：臺灣地區劇烈降雨與侵臺颱風變異趨勢與辨識研究，氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究—子計畫一。
- Fischer, F., 2003a. Reframing Public Policy. Discursive Politics and Deliberative Practices. Oxford University Press, Oxford.
- Fischer, F., 2003b. Beyond empiricism: policy analysis as deliberative practice. In: Hajer, M., Wagenaar, H. (Eds.), Deliberative Policy Analysis; Understanding Governance in the Network Society. Cambridge University Press, Cambridge.
- Smith, G.P. and Wenger, D. (2006). "Chapter 14: Sustainable Disaster Recovery: Operationalizing An Existing Agenda", in Rodriguez, H., Quarantelli, E.I. and Dynes, R.R., Handbook of Disaster Research, Springer, New York, NY, 234-257.

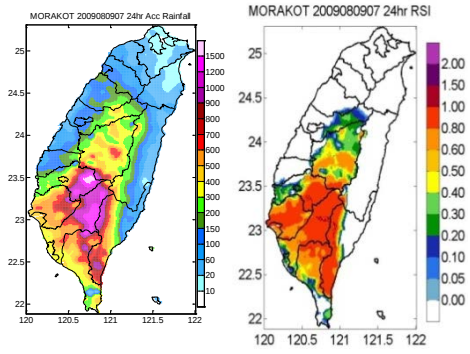


圖 1. (左)莫拉克颱風 2009 年 8 月 9 日 07 時 (LST)的過去 24 小時累積雨量圖。(右)莫拉克颱風 2009 年 8 月 9 日 07 時(LST)的 24 小時 RSI 分布。

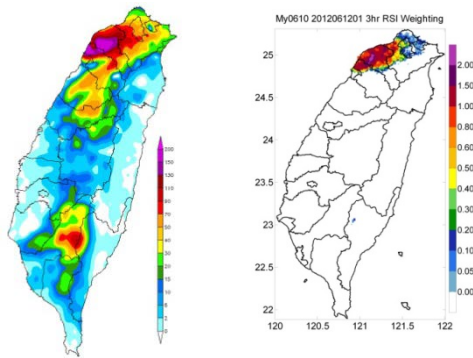


圖 3. (左)0612 豪雨事件 2012 年 6 月 12 日 01 時(LST)的過去 3 小時累積雨量圖。(右)0612 豪雨事件 2012 年 6 月 12 日 01 時(LST)3 小時 RSI 分布。

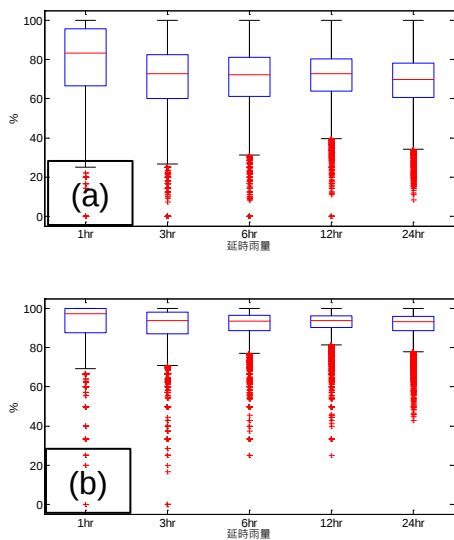


圖 4. 1992~2011 年 117 個歷史侵台颱風個案，RSI 排序的四分位分析。(a)RSI=0.4。(b)RSI=0.8。

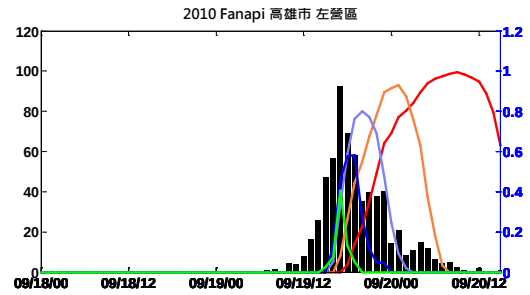


圖 6. 凡那比颱風侵台期間左營區之平均時雨量(黑長條)與 5 個延時之 RSI 曲線。其中 1 小時為綠色；3 小時為深藍色；6 小時為紫色；12 小時為橘色；24 小時為紅色。

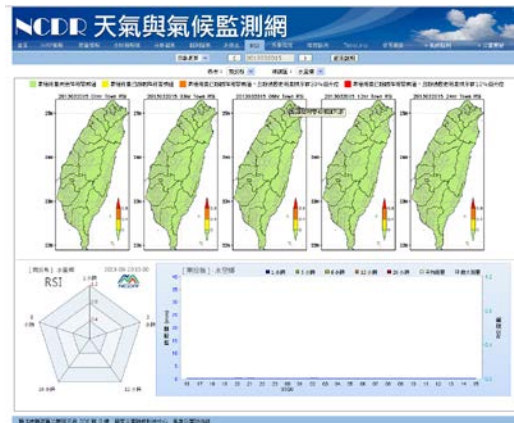


圖 6 本研究建置之 RSI 即時監測系統畫面。

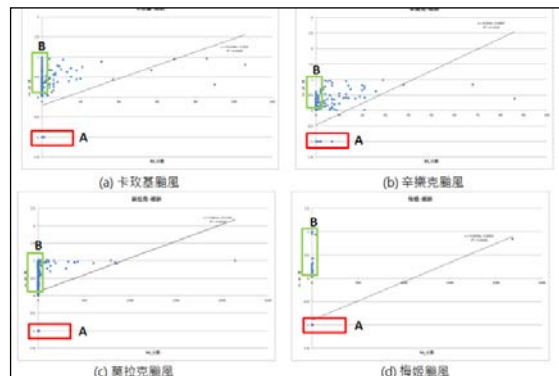


圖 7 ML 分數與 24 小時 RSI 相關性比較圖

以潛在海嘯源逆向追蹤法分析台灣東海岸潛在之海嘯威脅

柯利鴻¹ 吳祚任¹ 李俊叡¹ 蔡育霖¹

¹國立中央大學水文與海洋科學研究所

摘 要

台灣東海岸面對太平洋，容易受到海嘯侵襲。過去研究潛在海嘯威脅以情境分析為主，然而此法容易產生挂一漏萬之情況。本文以頻散關係(dispersion relationship)為基礎，發展潛在海嘯源逆向追蹤法(Reverse Tracking Method for Potential Tsunami Sources)，由東海岸直接向外尋找潛在海嘯源。此法有快速及準確之優點。潛在海嘯源逆向追蹤法的結果繪製成海嘯源逆向追蹤圖(Map of Reverse Tracking Method)可以發現，台灣東南部受到的威脅主要來自馬尼拉海溝北段，研究區域中受到的威脅的範圍主要是台東縣以及屏東縣，其中屏東九棚之海嘯石極可能肇因於馬尼拉海溝引起之海嘯。台灣東北部及東部之潛在海嘯源有亞普海溝以及琉球海溝，兩者對台灣東部皆有顯著之威脅，其中亞普海溝雖距台灣有兩千公里以上，但其威脅亦不容忽視。

前 言

海嘯源逆向追蹤法以研究地區外海抬升一水體，此水體稱為海嘯追蹤單元(Tsunami Tracking Unit)，利用數值模式 COMCOT(Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model)求解線性淺水波方程式以了解該單元水體線性傳遞情形，並由此繪製海嘯源逆向追蹤圖，以分析該水體附近潛在之海嘯源。本研究並從所找到之潛在海嘯源回推，以驗證海嘯源逆向追蹤法之準確性。

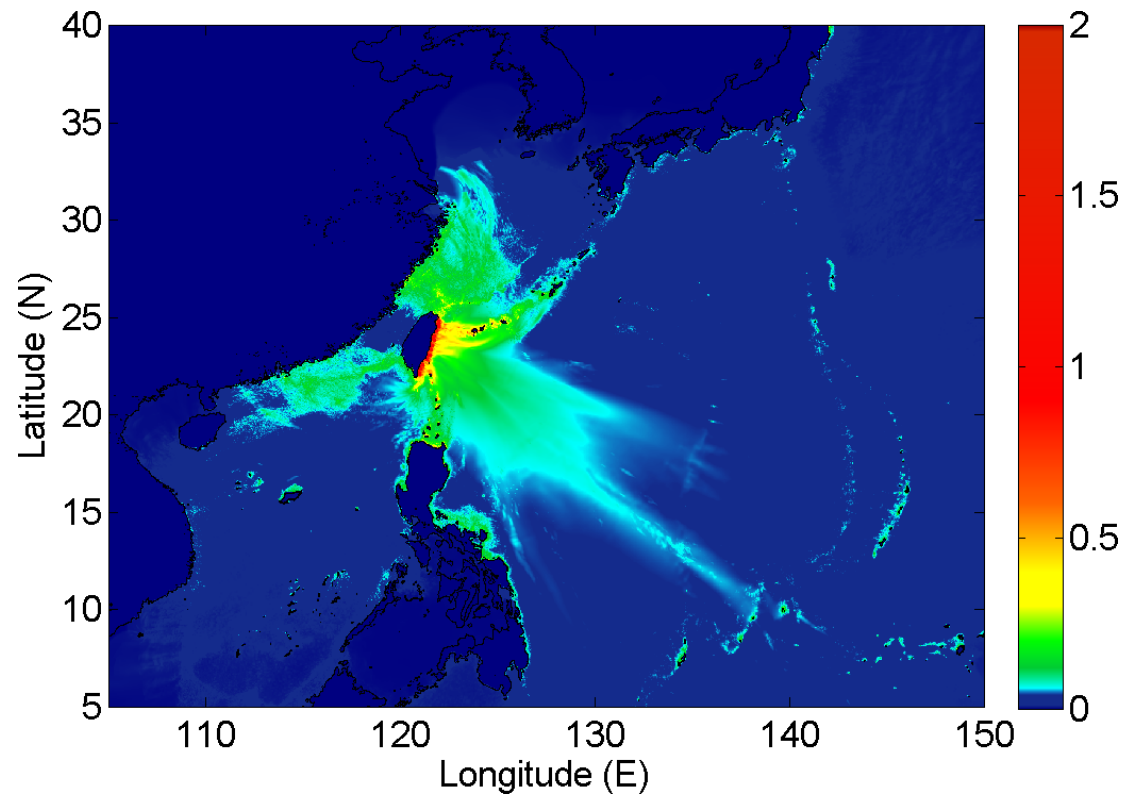
本文將台灣東部設置十二個海嘯追蹤單元，從北到南依序設置於宜蘭縣之礁溪鄉、蘇澳鄉、南澳鄉，花蓮縣之新城鄉、壽豐鄉、豐濱鄉，台東之長濱鄉、成功鎮、台東市、太麻里鄉、大武鄉，以及屏東縣之滿州鄉之外海；並使用 NGDC(National Geophysical Data Center)之 2 弧分地形資料進行計算，並以地質結構進行分析比對，藉以推測出潛在之海嘯源。

根據地震紀錄，位於南中國海之馬尼拉海溝及琉球海溝與亞普海溝都有可能發生大規模之地震，結合東海岸之海嘯源逆向追蹤圖之結果，在以上三個斷層上放置海嘯追蹤單元，可從模擬結果得出，馬尼拉海溝之北段相較於南段對台灣東海岸造成較大的威脅，且主要影響範圍為台灣東南部；琉球海溝之模擬結果則在整個東海岸都有明顯之波高；而亞普海溝惟北段會對台灣東海岸造成威脅，影響最大的範圍主要是台東市以北至宜蘭縣。

參考書目

- Nobuhisa Matta, Yoko Ota, Wen-Shan Chen, Yuka Nishikawa, Masataka Ando, and Ling-Ho Chung, Finding of probable tsunami boulders on Jiupeng coast in Southeastern Taiwan, TAO, Vol. 24, No. 1, 159-163, 2013
- 吳祚任，2011，行政院災防應用科技方案潛在大規模地震與海嘯對核電廠及台灣沿海地區之影響，第二階段成果報告

吳祚任，2011. 台灣潛在大規模海嘯災害之研究，環保資訊月刊第 164 期。



圖一 台灣東部之海嘯源逆向追蹤圖。