科技部補助專題研究計畫成果報告

期末報告

極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災 害型態之運移機制調查分析與避難疏散因應對策研究--子 計畫:極端降雨影響下南台灣水庫集水區水文環境變異引致 坡地二次土砂災害之降雨基準值分析研究(I)

計	畫	類	別	:	整合型計畫
計	畫	編	號	:	MOST 102-2625-M-020-001-
執	行	期	間	:	102年08月01日至103年10月31日
執	行	單	位	:	國立屏東科技大學水土保持系

- 計畫主持人:江介倫
- 共同主持人:楊樹榮

計畫參與人員:碩士班研究生-兼任助理人員:張司璇 碩士班研究生-兼任助理人員:簡志耿

報告附件:出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式:

- 1. 公開資訊:本計畫涉及專利或其他智慧財產權,2年後可公開查詢
- 2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現:否
- 3.「本報告」是否建議提供政府單位施政參考:否

中華民國 104年01月31日

中文摘要: 近年來侵台的颱風常帶來超大豪雨衍生極端降雨致災事件, 對台灣之坡地造成大規模土砂災害及二次災害,重創區域經 濟發展與國家基礎建設甚鉅,例如民國 98 年 8 月的莫拉克 (MORAKOT)颱風更帶來驚人雨量,尤其嘉義縣與高雄縣山區累 積最大降雨量高達2,900公厘以上,而南投縣、台南縣、屏 東縣亦超過1,500公厘,因此造成台灣中南部地區發生嚴重 災情。隨後「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水 特别條例」的通過與執行,都顯示極端降雨下集水區治理及 防災因應的迫切需求,尤其在氣候變遷情況下,目前所謂極 端降雨事件的水文量在未來發生的頻率可能提高。 因此本研究擬以三年時間針對南部地區重要水庫集水區(曾 文、南化、烏山頭水庫集水區)探討極端降雨及水文環境的 變化引致坡地二次土砂災害之影響,應用地景指標、指標克 利金理論分析降雨時空變異,以劃定集水區均一尺度之極端 降雨範圍並研擬二次災害致災降雨基準值及建立以防災預警 為目的之雨量站網,供相關單位決策參考。已完成第一年進 度主要建立曾文水庫集水區的水文、地文 GIS 資料庫並分析 極端降雨之時間空間變異特性及其發生頻率變化趨勢,並由 各站頻率分析結果訂定集水區均一尺度之極端降雨範圍。

中文關鍵詞: 極端降雨、二次災害、土砂災害、降雨基準值、雨量站網

英文摘要: In recent years, typhoons frequently brought extreme rainfall and caused large-scale secondary sediment hazards in hillside fields. The disaster seriously hit the regional economic development and national infrastructures. For example, in August, 2009, the typhoon Morakot brought massive rainfall especially in the mountains in Chiayi County and Kaohsiung County in which the cumulative maximum rainfall was up to 2900 mm; meanwhile, the cumulative maximum rainfall was over 1500m.m. in Nantou County, Tainan County and Pingtung County. The typhoon caused severe damage in central and southern Taiwan. After that, the regulation "the special law of Tsengwen, Nanhua, and Wushantou watersheds" was created and enforced and it showed the urgent needs of the watershed management and disaster prevention and response under extreme rainfall. The study will take three years to find out the

influence on the secondary sediment hazards caused by the extreme rainfall and hydrological environmental changes focusing on the important watersheds in southern Taiwan (Tsengwen Reservoir, Nanhua Reservoir, and Wushantou Reservoir). The landscape metrics and indicator kriging theories are applied to analyze the temporal and spatial variation in order to define the uniform range of extreme rainfall and to set the critical rainfall of secondary hazards and build the raingauge network for the purpose of disaster prevention and early warming. In the first year, we have finished Tsengwen reservoir GIS database, landscape metrics calculation, frequency analysis and defined the uniform range of the extreme rainfall.

英文關鍵詞: extreme rainfall, secondary disasters, sediment hazards, rainfall threshold, raingauge network

壹、前言

近年來侵台的颱風常帶來超大豪雨衍生極端降雨致災事件,對台灣之坡地造成大規模土砂災害, 重創區域經濟發展與國家基礎建設甚鉅,例如民國 98 年 8 月的莫拉克(MORAKOT)颱風更帶來驚人雨 量,尤其嘉義縣與高雄縣山區累積最大降雨量高達 2,900 公厘以上,而南投縣、台南縣、屏東縣亦超 過 1,500 公厘,因此造成台灣中南部地區發生嚴重之大規模山崩,依據行政院農委會水土保持局之受 災前後衛星影像判釋分析成果顯示,莫拉克重災區內之高屏溪流域即多達 10,904 處坡地崩塌,總崩塌 面積達 18,113 公頃。衍生山崩地滑、堰塞湖、土石流、河岸沖刷、漂流木堆積河道與淹水災害,而土 砂災害更沿著河道兩側山坡與支流大量發育,使得後續防汛期內,因極端降雨產生之坡地二次土砂災 害,更具潛在危險性。尤其對南台灣重要水庫集水區所產生之土砂災害,更危及水庫蓄供水功能與其 營運壽命。因此經濟部水利署於民國 99 年奉立法院通過「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區 供水特別條例」,目前正由水利署南區水資源局積極執行中。此外崩塌地亦將增加集水區經營管理之 困難度,例如增加土壤沖蝕、流失的速度,因沖蝕與淤積減短水庫或攔砂壩之壽命等等,甚或影響水 質。由此可知土砂災害不僅危害人民生命財產甚鉅,也將影響生態環境之永續發展。

我國水土保持技術規範明白揭示:集水區之治理係為保育水土資源、涵養水源、防治沖蝕、崩塌、 地滑、土石流、洪水及土砂災害,並以淨化水質、維護自然生態環境為目的。然而台灣地區坡陡流急, 土壤沖蝕嚴重,水土資源保持不易。近年來一遇颱風或豪雨常造成嚴重土壤沖蝕、土石流、崩塌等土 砂災害,尤其在 921 大地震後,地表受創,因此情況更加嚴重, 土砂災害發生之因子甚為複雜,以 理論解析模式,或經驗法皆很難準確預測。加上氣候變遷影響,使近年來極端氣候頻率增加,更加速 了土壤沖蝕及土砂災害之嚴重程度。

為期降低後續坡地二次土砂災害之致災風險,南台灣實有必要配合該曾南烏特別條例,就曾文、 南化與烏山頭等水庫集水區在極端變異降雨條件下,因集水區內之水文、地文、河川水理特性與森林 立地環境條件劇烈變化,所衍生之坡地二次土砂災害發生特性進行調查分析與探討其土砂運動機制, 並據以研擬坡地二次土砂複合型災害防治及國土保育利用因應對策,俾期提供相關單位應用參考。配 合本整合型群體計畫,本研究擬先由衛星遙測資料獲取崩塌變遷資訊,並以GIS建立研究區完整之水 文、地文資料庫,可提供集水區管理整治之資訊及分析土砂災害潛勢之資訊,並進行崩塌地地景指標 計算及崩塌地地景指標與水文環境特性之相關性探討,再透過水文頻率分析、頻率改變趨勢分析、極 端降雨時空變異分析及指標克利金理論以致災超越機率概念分析致災風險,用以分析二次土砂災害之 降雨基準值(包含強度及累積雨量並考量致災風險)。

本計畫第一年已如期完成預期成果,含曾文水庫集水區水文地文資料庫建置與分析並探討極端降 雨事件發生頻率與強度的變化趨勢及極端降雨致土砂災害之特性與關係探討最後並由各站頻率分析 結果訂定集水區均一尺度範圍。

貳、文獻探討

台灣地區地狹人稠,山坡地佔四分之三,降雨時間、空間分布不平均,地形坡陡流急,易加速土

壤沖蝕,加上又位於地質年輕、破碎之敏感地帶,河道輸砂量大。颱風豪雨也增加土砂災害形成的機率。近年來又面臨全球氣候變遷,極端降雨事件常常發生,依據中央氣象局資料,民國 89 年至 95 年 共發生 51 次颱風侵襲台灣,平均一年 7.3 次,高於民國 89 之前之 4.04 次,颱風豪雨亦增加崩塌及河 道變遷的速度所以台灣所處之地文及水文環境狀況是相當不理想狀況,加上人為過度開發等因素,當 颱風來襲時挾帶大量豪雨洪水,易發河川改道、生山崩、地滑、土石流等土砂災害嚴重,甚至衍生嚴 重之二次災害,對於防災與集水區管理之難度大幅提高。

自921地震災後環境變遷,且近年來全球氣候變遷水文環境變化相當嚴重,極端降雨導致各地災 害頻傳,近年來歷經2008年9月辛樂克颱風、2009年8月莫拉克風災肆虐,如何依台灣天然環境,調適 因氣候變遷導致降雨型態改變所造成衝擊,乃為我國面臨之最重要課題之一。以下分別對本研究較相 關且將應用到之主題回顧相關文獻如後。

土砂災害相關研究

據經濟部水利署分析,台灣雨量豐沛,約為世界平均值之 2.6 倍,天然條件特殊,且雨量在時間 及空間上之分佈極不均勻,豐枯水期差異大,每年五月至十月之雨量即佔全年之 78%,再加上地質脆 弱、坡陡流急、腹地狹隘,土砂災害嚴重,另外,颱風期間豐沛的雨量常會造成坡體的不穩定,形成 山崩及土石流,使得溝谷中沈積物的來源增加。而因此台灣地區有為數不少的崩塌地,而此崩塌材料 也累積了導致二次災害的潛藏危機,而崩塌地亦是造成其他災害的根源,且影響集水區水土資源保育 甚鉅,幸而今日國內外對於極端氣候已相當重視,且對於降雨誘發之崩塌及二次土砂災害及降雨警戒 值已有初步之研究成果(Shieh et al.,2009; Wu et al., 2012; Berti et al.,2012; Badoux et al., 2012; Salciarini et al., 2012; Hurford et al., 2012; Lehmann et al., 2012; Berti et al.,2012; Badoux et al., 2012; Salciarini et al., 2012; Hurford et al., 2012; Lehmann et al., 2012)國內如詹錢登等(2004)已研擬台灣土石 流降雨驅動指標(rainfall triggering index, RTI)也有降雨與崩塌關係之研究(鐘育櫻, 2005;陳樹群等, 2012),陳樹群等(2010)亦曾探討地震或降雨誘發崩塌之崩塌特性。而震撼全台的莫拉克風災相關研究 如莫拉克颱風引致小林村堰塞湖之形成與潰決歷程研究(陳樹群等, 2009)亦是此類代表性文獻。

黃宏斌等人(1991)探討崩塌土方量與輸砂量模式之相互關係,配合定量流之河道輸砂演算,藉以 預測崩塌產出量對於河道所造成影響,研究結果顯示(1)崩坍土方量除增加河道輸砂量外,對地形、地 貌也有相當程度之影響。(2)不同公式具有不同之特性與適用範圍,在地形變化劇烈之處,不同公式之 演算結果會有較大之差異。(3)若以流量為橫軸,輸砂量為縱軸時,淤積段有順時針,沖刷段則有逆時 針之迴路現象,若斷面處於不冲,不淤之狀態時,迴路便退化成一直線。

Dadson 等人 (2003) 研究台灣島自 1970 至 2000 年以來之侵蝕發現,每年有近 384 百萬噸之懸 浮沈積物被運送至外海,共佔了全球懸浮沈積物總量的 1.9%。如果再加上 160 百萬噸的河床沈積物, 則總沈積物之輸出量每年會超過 500 百萬噸,使得台灣平均侵蝕率可以達到每年 5.2 mm。對於台灣 面積僅佔全球 0.024%而言,可以想見,台灣島是受到了大自然快速的侵蝕作用。如果以近 30 年來台 灣部份侵蝕嚴重地區每年 15mm 至 60mm 的侵蝕率來和過去幾個世紀作一個比較,可以發現這個結 果比過去一萬年來 5mm 至 12mm 的侵蝕率,以及百萬年來 3mm 至 6mm 的侵蝕率高出了 3 至 5 倍 左右。此侵蝕率之高低,不僅與島內不同的地質材料強度,以及斷層的分佈等地質環境有關係,更與 地震及颱風有相當密切的關連性。收集了一百多萬筆現場的調查資料進行分析探討,其中包括了台灣 150 條主要河流流域的測站記錄、河階定年、地震能量、地質材料強度,以及颱風和雨量等各不同資 料研究而獲得之結果。溝谷中沈積物的生成主要來自地震造成之土石崩落或颱風引起之山崩及土石 流。

而水文、地文資料之建檔分析為集水區保育管理中,極重要的一環,不論是自然因素(如颱風、豪 雨、地震)或人為因素(如濫墾、濫伐、集水區管理不當)造成的土砂災害或集水區管理之問題,皆可 以地文、水文因子的監控開始進行;林昭遠等人(2001)結合地理資訊系統及遙測影像處理開發集水區 資訊系統(WinGrid),以集水區自動劃分理論為基礎,整合水土保持領域之相關學理與模式,利用集水 區為單元,進行地形分析、集水區自動劃分、集水區特性分析、土壤流失量(USLE)估算、農業非點源 污染(AGNPS)模式連結、土石流危險溪流特性評估、崩塌地植生復育率評估等分析,對於集水區地文 資訊之分析有顯著貢獻。

降雨特性改變趨式

國內降雨特性研究已有諸多成果(吳一德,2009;陳儒賢,2009;諸予涵,2009)此外數統計常被 用於偵測監測資料之變遷點或變化趨式檢定,常用無母數特性之檢定方法,如 MWP (Mann-Whitney-Pettitt)檢定、Kruskal-Wallis 因子分類變異數分析、Mann-Kendall rank trend 趨勢檢定。 無母數統計方法不限定母體的分布類型,故又稱自由分布統計量(Distribution Free Staistics)。本研究 擬利用無母數統計之方法來探討與了解長期歷史紀錄中雨量之變動特性,並以之與頻率分析比較,主 要應用之方法如 Mann-Kendall 趨勢檢定。Mann-Kendall rank correlation test (Giakoumakis et al.,1997)是 近年來較廣泛被採用來進行檢定時間序列上是否有顯著趨勢之方法。其方法簡述如下:

)

設有 n 個樣本, x_i, *i*=1,...,*n*, 其標準常態變量(standard normal variate)T, 如下:

$$T = \frac{r^*}{\sqrt{\sigma^2 r^*}} \tag{1}$$

其中,

$$r^* = \left[\frac{4p}{\{n(n-1)\}}\right] - 1 \tag{2}$$

p 為樣本 x_i, x_j 中, $j > i \perp x_j > x_i$ 之個數

$$\sigma^{2}_{r^{*}} = \frac{2(2n+5)}{[9n(n-1)]}$$
(3)

如果式(G-1)之 $|T| > T_{\alpha/2} = 1.645$,其中 $\alpha = 10\%$ 為顯著水準,則表示時間序列存在隨時間增加或減少 之趨勢。如果 T 為正值具有逐漸增加之趨勢,反之,T 為負值具有逐漸減少之趨勢。

遥测於崩塌與災害監測之應用

衛星遙測影像是集水區環境監測非常有利之工具,在國內外之研究與應用已逐漸普及。國外如如 Bendediktsson 等(1990)應用類神經網路處理 LANDSAT 衛星影像及其他空間地理資訊如地表高程、坡 度、坡向等之分類。Ping 等 (2000)以不同時期的 SPOT 多光譜影像,調查寮國與泰國間的湄公河流域, 不但運用數位地形模型、坡度與坡向產生正射化影像,並加以嵌合;而且將嵌合後影像作大氣校正處 理及變遷偵測,而得變遷影像。David(2000)應用高等解析度資料(AVHRR)與中等解析度資料(MODIS) 作模擬,比較地理定位誤差對變遷偵測所產生之影響。Merrill K. Ridd 等(1998)運用4種變遷偵測演算 法篩選出鹽湖城附近土地利用類別之改變並比較其結果與差異。Timo Tokola 等.(1999)使用時間差異 達 19 年之 Landsat Data-MSS and TM 影像,調查未發生變遷之林地、被砍筏之森林與再造林。Olle Hugner 等人(1998)使用 Landsat-MSS 影像監測 Monchegorsk 地區森林面積銳減在於空氣中佈滿 SO2 所 導致。John B. Collins 等人(1996)以多時態 Landsat-TM 資料利用多種變遷偵測方法評估並繪製森林死 亡率曲線。Cecil Hallum(1993)應用衛星遙測資料監測植生及土地利用覆蓋類別。Brigitte(1996)研究中 分析建築物、松及橡木的陰影於草地、裸露土壤及柏油上對可見光與近紅外光的影響。其地面調查利 用幅射計測量 SPOT-HRV 波段及光譜幅射計測量 SPOT-HRV 及 LANDSAT-TM 波段,範 400nm~900nm 之間。研究中將光照處及陰影覆蓋處的反射納入,計算光照處及陰影覆蓋處反射之幅射值。分析的結 果顯示陰影的可見光及近紅外光反射顯著的受到表面形態及陰影型態的影響。兩種植生指標,NDVI 與 ARVI 植生指標也同樣受到表面型態及陰影型態所影響。Qihao(2002)整合遙感探測技術和地理資訊 系統技術用於土地利用和土地覆蓋之變遷之研究,他主要利用遙感探測和地理資訊系統結合馬可沃夫 模型去分析中國珠江三角洲 1989 年和 1997 年的土地利用和土地覆蓋之變遷。Froidefonda(2004)應用 衛星影像定量懸浮微粒物質的濃度且繪製成圖,且有助於解釋圭亞那泥岸形成的原因和沿著海岸移動 的原因。SPMC 的定量有助於設計航行水道上挖泥的策略與估測河流所排出到海洋上的懸浮固體。高 的 SPMC 會抑制沿岸水的主要生產,其監測結果有助於了解生態的結構。接著描述衛星影像所產生的 面積形式,然後應用回歸運算衛星影像所獲得的野外測量資料,這些資料用來推算 SPMC 的分布及估 算轉換率。

國內也有相當多應用如阮聖裕(1994)利用類神經網路技術、最大概似法及貝氏分類法等分類方法,並使用組織特徵產生更多的分類特徵,應用於地表土地利用的分類及變遷偵測。郭育全(1997)應 用最大概似法及貝氏分類法結合組織特徵及分散度指標,分類曾文水庫 SPOT 衛星影像及崩塌地發生 位置。劉守恆等(2004)使用單幅 SPOT 衛星影像資料進行自動辨識崩塌地的可行方法,並分析其適用 性與準確度;同時以地震前後多時期 SPOT 衛星影像資料進行崩塌地自動判釋,分析 921 地震事件對 於濁水溪流域內崩塌地發育之影響。

除此之外水利署南區水資源局(2005)亦曾利用 SPOT 衛星影像與航空照片輔助調查曾文水庫集水區之崩塌地。蔡光榮(2005)等以遙測技術分析台灣中部集集地震災區崩塌地植生處理工程之植生指數,張崑宗等(2006)等利用類神經網路方法於高解析衛星影像及地形資料之崩塌地辨識,此類研究已有初步成果但結果評估及正確率仍需進一步改善。

變遷偵測

由於本研究中遙測之應用最主要是獲取地表覆蓋及變遷偵測崩塌等土砂災害地區,並改善現有變 遷偵測方法,故以下回顧前人於此類之研究。Weismiller et al. (1977)以分類後比較法進行土地的變遷 分析,首先將兩時期影像,經幾何校正後,各自進行土地利用分類,根據分類比較其類別變化,可找 出類別變遷之形態。此法可免除影像相減法上的缺點,即門檻值的選定及變遷類型的確認。除此之外, 分類後比較法,是各自將影像分類,因此可依不同類別選定加以分析,並可以將大氣及感測器的影響 减低,若分類後成果不佳,將會造成大量的變遷形態錯誤。因此本法較適用於類別單純、均質的地區。

Jensen (1981)介紹了影像相減法、影像比例化、向量分析、主成分分析等數種變遷偵測的方法, 並指出儘管人工影像比對之精確性可能比數位變遷偵測來得高,但卻需耗費大量人力與時間且難以重 複進行偵測。而部分變遷偵測如影像相減法與影像比例化,可能過於簡單而不足以判別多種之土地覆 蓋變遷。並提及常態化差異植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)適用於監測植生 之變化,其值介於-1~1之間,如 NDVI 值越趨近於 1,表示綠色植物覆蓋率越高,反之,裸露地、水 體、陰影等,其 NDVI 值則趨於 0 或負數。將前後時期影像相對應之 NDVI 值相減,即可得知地表植 生變化情形,相減之 NDVI 值介於-2~2 之間,差異值越接近 2 表示該像元由非植生變遷為植生之機率 越高;反之,差異值越接近-2 則該像元由植生變遷為非植生的機率越高。故可得相減時為正值時,代 表綠色植物覆蓋增加,為負值時,則代表綠色植物覆蓋減少,此方法適合用於偵測植生的變遷。不論 以何特徵為之,變遷偵測常需設定一門檻值以判定某像元是否為變遷,一般門檻值之選定可能因資料 不同而有所差異且較為主觀,如 Nelson(1983)認為是否變遷之門檻值應為 0.5~1 倍標準差;而 Ridd 等 人(1998),分析得門檻值約在 0.7~1.4 倍標準差間;Yuan 等人(1999)則建議是 1 倍標準差,因此本研 究擬以假設檢定的方式使門檻值之訂定有一標準可循。而以下將介紹常用之變遷偵測方法。

(1)影像相减法(Image Differencing)

影像相減法是最簡易的變遷偵測方法,將兩幅前後時期影像經幾何與大氣校正後,將兩幅影像其 對應之灰階值直接相減,可得到一影像差值,理論上此差值會呈現常態分配,在判釋變遷上通常會訂 定門檻值,如式(4)。

Threshold = mean \pm N×SD

(4)

其中 mean 為此差值之平均值,N×SD 為 N 倍之標準差,以此門檻值作為判釋之依據,若差值大於 mean + N×SD 或小於 mean - N×SD 則表示變遷,反之,則視為無變遷。然而此方法易於操作,在使用上常會以混合光譜進行相減,如以 NDVI 相減,即是變遷偵測之一種方法。

(2)影像比例化(Image Rationg)

此方法與影像相減法類似,需訂定一變遷門檻值,作為判釋之依據,亦是將兩幅前後時期經幾何 與輻射校正影像,各像元其對應之灰階值相除,可得到一系列分布在 1/255~255 之間的比值,當比值 靠近 1/255 或 255 之像元,其為變遷的機率越高,相對地,比值接近 1 的像元,其為無變遷的機率 越高。

(3)主成分分析(Principal component)

Byrne et al. (1980)使用主成分分析法進行變遷偵測,此法為一個處理遙測影像的有效工具,可將 資料經由主軸轉換,將原始資料轉換成數個獨立不相關的主成份,由各個主成份來說明影像變遷的資 訊,達到降低資料維度、提高處理效率及去除波段之間的高相關。作法為將前、後兩時期的衛星影像 合併成一張影像,經過主軸轉換後,第一主軸(PC1)的變異數為最大,然後依序遞減。大部分的資訊會 保留在前幾個主軸上,即表示前幾個主軸趨向不變遷之土地利用,而其後的主軸則會包含變遷土地的 資訊。

此外 Ridd and Liu (1998) 以多時段 Landsat TM 影像進行都市的變遷偵測,先進行輻射值轉換成地

表反射值去除大氣的影響,再用兩個不同時期相減之影像,計算出各個像元之 Mahalanobis number, 若為 0 表示未發生變遷,但實際情況大部分的地區皆不等於 0,故需訂定一變遷門檻值,輔助判釋出 變遷的地點,此方法適用於多時段光譜之影像。常(1995) 當地表物變遷時,其光譜反應亦可能隨 之變化,所以利用前後期影像之不同波段,當作 X 軸及 Y 軸,將不同的地物光譜反應繪於座標上, 而光譜反應相似的地表物,在座標系統中會群聚在一起,此為描述從第一時期到第二時期光譜反應之 方向與強度,即為變遷向量,此向量的特性:一為向量之強度用已判斷地物是否變遷,若強度超出門 檻值,則認定地表物變遷;另一特性為變遷的類別型態,隱含於向量的角度,然而變遷門檻值的決定 往往必須使用試誤法或經驗法則,因此變遷偵測的結果不夠客觀。召(2001)採用 5 個不同時期之 SPOT 多光譜影像,進行頭前溪流域植生覆蓋之研究,其選擇之影像皆為植生茂密的夏季,對於植生區域的 萃取,為根據植生對於不同光譜的反射特性,採用兩種植生分類方法,分別為:直接以 NDVI 分類及 利用 NDVI 輔助原始光譜分類兩種,並由分類成果比較不同分類方法之差異,再以不同分類成果進行 變遷分析,並比較採用影像相減法所得之變遷成果。

Cheng 等(2004) 以 SPOT 多光譜影像為資料, 偵測台大實驗林集水區變遷地點,影像經一般克利 金定位後,並以光譜波段灰階比值消除部分大氣散射、漫射與坡度造成日照不均等影響,同時考慮與 比較影像像元灰階組體圖尖鋒對齊與直接相減,兩者不同變遷百分比所決定之變遷門檻值與地表變遷 發生地點之差異性,結果顯示尖峰對齊法較能準確的判釋出地表變遷的狀況。張等(2006)則以類似方 法應用於變遷偵測。江(2005)假設前後兩時期影像構成之散佈圖為雙變數常態分佈,並以假設檢定 方式,以某點無變遷為虛無假設,拒絕虛無假設之像元視為變遷。分析各類別未變遷像元之聯合機率, 再劃定信賴區域以外之離群值為變遷,如此在得到變遷地區的同時,可提供其為變遷之信賴水準。此 變遷偵測方法雖有不錯結果,但以何特徵判斷變遷較佳仍須深入研究。

遙測最普遍的應用為地表覆蓋分類,而分類與變遷偵測相關研究在國內外皆有豐富成果,故未來 應用衛星遙測影像配合分類理論及變遷偵測新方法的提出,再輔以數值地形分析應可大幅提升崩塌地 判釋的正確性,使遙測於水土保育及集水區治理中能發揮更大功效。

氣候變遷

由於氣候變遷問題日易受重視,關於氣候變遷的研究,在國際間主要以模擬兩倍二氧化碳時,或 假設不同情境(Scenario)時之氣候變遷及其對環境之衝擊,如 1988 年成立的氣候變化政府間專家委員 會(IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change)長期致力於本領域相關研究,已有初步成果, 提供國際社會有關氣候變遷的資訊,如其第三次報告中(The third Assessment Report, TAR, 2001) 6 類常 用情境 SRES 顯示對於氣候變化之趨式考慮已相當多元化,而 IPCC 認為氣候變遷的衝擊可能有溫度 上升、雨量變化、颱風頻率及強度增加、極端氣候事件增加、海平面上升、生態平衡的改變等等。IPCC 將脆弱度闡述為系統易受影響的程度或不能因應氣候變異和極端氣候事件等氣候變化的衝擊,故脆弱 度應屬環境系統內氣候變化特徵、幅度、變化速度、敏感性、及適應能力的函數(IPCC, 2001)。

由於大氣環流模式複雜,且牽涉因子廣泛,因此各模式模擬之結果有差異性存在,但氣候變化之 趨式取頗為一致(IPCC, 1990, 1992, 2001);柳中明等(1995)曾模擬氣候變遷對台灣地區氣候之影響與變 化;吳明進(1996)曾蒐集 IPCC 資料並分析台灣近百年氣候變化現況,發現台灣全島溫度明顯上升,此 情況在夏季尤其顯著,但冬季不明顯,此溫度上升會造成蒸發散潛勢的增加,對水資源供應形成負面 影響;而雨量的變化則為冬季減少而夏季增加,即乾季更乾濕季更雨,使水資源之調配更加困難;且 一般 GCM 模擬結果對氣溫變化趨式結論較一致,較雨量之模擬更為可信,故以 GCM 進行未來極端 氣候之預測仍未有具體成果。

參、研究方法與理論

如前述,國內土砂災害因子分析及降雨警戒值已有部分成果,然而對於極端降雨時間與空間特性 分析及防災預警雨量站網設計與坡地二次災害臨界降雨基準值之研擬仍有進一步發展的空間,因此本 研究除建立水文地文資料庫外,首先由衛星影像獲取崩塌地變遷與擴大之資訊,並分析極端降雨時間 與空間分佈變異,結合上述二者,嘗試以灰關聯分析、迴歸分析與主成分分析探討坡地二次土砂災害 與極端降雨致災特性。

並由各站頻率分析結果訂定集水區均一尺度之極端降雨範圍,再以指標克利金理論分析土砂災害 致災風險及極端降雨致災臨界基準值,進而擬定防災預警為目的之雨量站網設計,最後期能達成曾南 烏三水庫集水區內坡地二次土砂災害之極端降雨臨界基準值檢討分析與研訂建議之目標,因此本研究 預計以三年研究期間深入探討此問題,各研究階段與分年之主要目標及其研究之方法理論詳述如下:

第一年已如期建立水文、地文資料庫後,並由衛星影像獲取崩塌地變遷與擴大之資訊,並分析極 端降雨時間與空間分佈變異,最後探討降雨導致崩塌擴大之相關性及坡地二次土砂災害與極端降雨致 災特性之關係。學術成果主要包含時間序列資料之空間變異分析及衛星影像應用於崩塌變遷技術的改 進。以下針對本研究各年過程中用到的之方法與主要理論依序簡要說明如下(常用基本理 論如水文頻率分析等之理論則不赘述):

A 不同尺度資料整合 B崩塌地地景指標對水文環境影響 C崩塌地變遷偵測理論勾 D水文改變指標

A不同尺度資料整合

由於集水區資訊包含多項水文、與地文因子。且有多項不同來源、不同類型的資料,例如數值地 形模型(DTM)、衛星影像、水文站紀錄等等,多樣資料,其中涵蓋了時間資料與空間資料,如圖 A-1 所示,若能將所有資料整合獲取有利資訊將對土砂災害防治及集水區治理有莫大助益。這些資料涵蓋 「點」資料及「面」資料,或有少數「線」資料,「面」資料間又包含多種不同空間解析度。而不同 尺度之資料不應混用,因此不同尺度資料之整合必須透過尺度轉換原理達到,以使這些不同尺度之資 料能結合成有效資訊。如圖 A-2 所示由較低解析度資料轉換較成高解析度資料之過程稱之為降尺 (downscaling);反之由較高解析度資料轉換為較低解析度資料之過程稱之為擴尺(upscaling)如區域平均 雨量的計算,即是由點資料轉成面資料,就屬擴尺;擴尺方法有很多,如加權平均(如式(A-1))就是其 中一種簡單的擴尺方法,本研究將一資料不同特性選擇適合之尺度轉換方法,以利整合不同尺度之資 訊,如圖 A-3 所示之概念。

$$Z_{1}^{20m}(x_{1}) = \frac{1}{4} (Z_{adj}^{10m}(y_{1}) + Z_{adj}^{10m}(y_{adj}) + Z_{adj}^{10m}(y_{3}) + Z_{adj}^{10m}(y_{4}))$$
(A-1)

$$= Z_{2}^{10m}(y_{1}), Z_{2}^{10m}(y_{2}), Z_{2}^{10m}(y_{3}), \text{ and } Z_{2}^{10m}(y_{4})$$
 我們可以計算得修正後之灰階 $Z_{adj}^{10m}(y_{1}), Z_{adj}^{10m}(y_{2}),$
 $Z_{adj}^{10m}(y_{3}), \text{ and } Z_{adj}^{10m}(y_{4})$ 詳如下式:

$$Z_{adj}^{10m}(y_1) = \frac{Z_2^{10m}(y_1)}{Z_2^{10m}(y_1) + Z_2^{10m}(y_2) + Z_2^{10m}(y_3) + Z_2^{10m}(y_4)} \cdot 4Z_1^{20m}(x_1)$$
(A-2)

$$Z_{adj}^{10m}(y_2) = \frac{Z_2^{10m}(y_2)}{Z_2^{10m}(y_1) + Z_2^{10m}(y_2) + Z_2^{10m}(y_3) + Z_2^{10m}(y_4)} \cdot 4Z_1^{20m}(x_1)$$
(A-3)

$$Z_{adj}^{10m}(y_3) = \frac{Z_2^{10m}(y_3)}{Z_2^{10m}(y_1) + Z_2^{10m}(y_2) + Z_2^{10m}(y_3) + Z_2^{10m}(y_4)} \cdot 4Z_1^{20m}(x_1)$$
(A-4)

$$Z_{adj}^{10m}(y_4) = \frac{Z_2^{10m}(y_4)}{Z_2^{10m}(y_1) + Z_2^{10m}(y_2) + Z_2^{10m}(y_3) + Z_2^{10m}(y_4)} \cdot 4Z_1^{20m}(x_1)$$
(A-5)



Time (hours)

(a) 時間序列資料(如降雨)



(b) 空間資料 (如衛星影像判釋得之崩塌地圖)



(c)時空資料(如多時其之崩塌地圖,可顯見崩塌地之變遷)圖 A-1 不同時空資訊整概念



 XS^{10m}
 10m 解析度之網格資料

 XS^{10m}
 10m 解析度且修正後之網格資料



圖 A-3 不同類型、不同解析度之資料透過尺度轉換及空間分析得以套合

B. 崩塌地地景指標

19AD,德國學者 A.Von Humboldt,將景觀(Landscape)視為一地的所有特徵。1939年,德國學 者 C.Troll,將地理學和生態學概念相結合(空間、時間),可將其定義為對景觀某一地段土生物群落 與環境間的主要的、綜合的、因果關係的研究,這些相互關係可以從明確的分佈組合和各種大小不同 等級的自然區劃表現出來。本研究將之應用於探討崩塌區塊之分佈及其對水文環境與致災的影響。地 景指標的分析研究依空間尺度的不同劃分為三大層級(Leitao et al., 2006):嵌塊體(patch)、類別(class) 和景觀(landscape),研究者依不同的研究目的採取不同的層級架構(圖 B-1)。



圖 B-1 地景指標層級概念圖

資料來源:改繪自 Leitao, A.B., Miller, J., Ahern, J., McGarigal, K., 2006, Measuring Landscapes: A Planner's Handbook, Island Press, Washington, D.C.

(一)嵌塊體層級:

在空間單元裡, 嵌塊體是由某特定土地覆蓋類型網格所構成, 並以相鄰與否定義個別嵌塊體, 嵌 塊體層級指數是將個別嵌塊體的特徵加以量化, 通常嵌塊體層級指數並不會直接被詮釋應用, 而是作 為類別層級或景觀層級指數之基礎。

(二)類別層級:

類別係指同種土地覆蓋類型嵌塊體的總合,其指數是根據整個類別特性加以量化而得。

(三)景觀層級:

景觀是指標的範圍內所有類別嵌塊體的總和,景觀層級將是整個嵌塊體的特徵加以量化。

前人在地景指標的應用發展上已漸趨成熟,亦有 Fragstats 套裝軟體供研究者快速進行地景指標運算,內建重要廣泛使用的指標如下表:

指標名稱	縮寫	公式	說明	使用指標文 獻
類別面積 Class Area	СА	$CA = \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	CA≫0,無上限; a _{tj} =嵌塊體面積 單位:公頃 全部類別總面積。	李瑞陽等 (2012)
地景百分比 Percent of Landscape	PLAND	$PLAND = p_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{ii}}{4} (100)$	0≤ PLAND≤100 a_{ij} =同類型嵌塊體 面積 A=地景總面積 單位:% 同類型嵌塊體在地景 中占的面積比例。	張鈞媛及馮豐 隆(2008)、葉 春國等 (2012)、田靜 殺等(2007)
嵌塊體數量 Number of Patches	NP	$NP = n_{i}$	NP>1, 無上限 NP=某一類嵌塊體 數量 單位: 無 同類型嵌塊體的總 數。	李瑞陽等 (2012)、 葉春國等 (2012)、 林裕彬等 (2002)、 林文賜等 (2007)、 Amiri and Nakane (2009)、Olsen et al. (2007)
嵌塊體密度 Patch Density	PD	PD= ^{Nr} / ₄ (10,000)(100)	PD>0, 無上限 n _i =嵌塊體總數 A=地景總面積(m ²) 單位:N/ha 每單位面積的嵌塊體 數量。	 張鈞媛等 (2008)、 李瑞陽等 (2012)、 葉春國等 (2012)、 林文賜等 (2007)、 Amiri and Nakane (2009)、Olsen et al. (2007)、 de Beer and van Aarde (2008)、

表 B-1 主要地景指標公式列表(續)

指標名稱	縮寫	公式	說明	使用指標文獻
最大 嵌塊體指標 Largest Patch Index	LPI	$LPI = \frac{max_{j=1}^{n}(a_{ij})}{4} (100)$	0≤ LPI≤100 a _{ij} =嵌塊體面積 A=地景總面積 單位:% 最大嵌塊體在地景 中所佔的百分比。同 類型嵌塊體中的最 大嵌塊體逐漸變小 時,值趨近0;當地 景由單一嵌塊體組 成時,值等於100。	 張鈞媛等(2008)、 李瑞陽等(2012)、 葉春國等(2012)、 林文賜等(2007)、 王建兵(2014)、 Olsen et al. (2007)、 de Beer and van Aarde (2008)、Wang et al. (2009)、 Łowicki. (2012)、 Lin et al. (2008)
地景 形狀指標 Landscape Shape Index	LSI	LSI=	LSI>1, 無上限 e _{ik} =同類型嵌塊體 總邊緣長度 A=地景總面積 單位:無 當 LSI=1時, 地景 只有一個正方形;當 地景中的嵌塊體形 狀不規則或越偏離 正方形, LSI 越大。	葉春國等(2012)、 林文賜等(2007)、 王建兵(2014)、de Beer and van Aarde (2008)、Lin et al. (2008)
總邊緣長度 Total Edge	TE	$TE = \sum_{k=1}^{m'} s_{ik}$	 TE≥0,無上限 ^eik = 某類型嵌塊體 之邊緣長度 單位:公尺 地景中所有邊緣總 長度 	林裕彬等(2002)、 林文賜等(2007)、 林裕彬(2003)、李 瑞陽等(2006)、王 建兵(2014)、Amiri and Nakane (2009)、Olsen et al. (2007)、Lin et al. (2008)、Lin et al. (2006)

表 B-1 主要地景指標公式列表(續)

指標名稱	縮寫	公式	說明	使用指標文獻
邊緣密度 Edge Density	ED	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m^{t}} e_{ik}}{A} (10,000)$	ED≥0,無上限 e _{ik} =某類型嵌塊 體之邊緣長度 A=地景總面積 單位:m/ha	葉春國等 (2012)、林 裕彬等 (2002)、林文 賜等 (2007)、李瑞陽 等 (2006)、林裕彬 (2003)、Amiri and Nakane (2009)、Lin et

			嵌塊體的邊緣密	al. (2008)
			度,單位以公頃	
			(ha)表示,其意	
			義類似總邊緣長	
			度。	
			MPS>0, 無上限	
			a (1)=某一類嵌塊	李瑞陽等 (2012)、林
			體面積	裕彬等 (2002)、林文
エリ			n.=某一類嵌塊	賜等 (2007)、林裕彬
半均	AREA_MN	$\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ii} \in 1$	醋數量	(2003)、田靜毅等 (2007) Amini and
・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	(MPS)	$MPS = \frac{1}{n_c} \left(\frac{1}{10,000} \right)$	單位:公頃	(2007) Amiri and Nakane (2009) Wang
Mean Patch Size			地景中所有嵌塊	et al. (2009) · Rocchini
			體的面積和除以	et al. (2006) • Richert et
			相同類型之嵌塊	al. (2011)
			體。	
面積加權平均嵌	AREA AM	AREA AM=		葉春國等(2012)
塊體	_	- [(m)]	a ;;=某一類嵌塊	
面積		$\sum_{f=1}^{n} a_{tf} \left(\frac{a_{tf}}{\sum_{i=1}^{n} a_{tf}} \right)$	體面積	
Area-Weighted				
Mean Patch Area			面積加權後之平	
			均嵌塊體面積。係	
			以同類型依面積	
			大小加權再平	
			均,各嵌塊體相加	
			後除以同類型總	
			面積,得出面積加	
			權平均嵌塊面	
			積。	
嵌塊體面積標準	AREA_SD	PSSD=	PSSD>0, 無上限	林裕彬 (2003)、Olsen
差	(PSSD)		a ,=某一類嵌塊	et al. (2007)、Lin et al. (2006)、本世唱笙
Patch Size		$\left \Sigma_{j=1}^{n} \alpha_{ij} - \left(\frac{\omega_{j=1} \omega_{ij}}{n_{i}}\right)\right $ (1)	體面積	(2006)、字端汤寺 (2006)、Rocchini et
Standard		N Nt (10,000)	n=某一類嵌塊	al. (2006)
Deviation			醋數量	
			單位:公頃	
			量測嵌塊體大小	
			變異的參數。	
平均	SHAPE MN	/ \	MSI:>1, 每上限	張鈞媛及馮豐隆
形狀指標 Mean	(MSI)	$\sum_{t=1}^{n} \left(\frac{\cos p_{t}}{t} \right)$	m = 其一類蟲海	(2008)、
Shape Index		$MSI = \frac{1}{\sqrt{ky}}$	▶47 示 炽败地	李瑞陽等 (2012)、
		10(短 凤 衣	
			a ₍₁ — 未一 朔 飲 塊	al. (2008) • Lin et al.
			置 面積	(2006)
			n _i =某一類嵌塊	
			體數量	

面積加權平均形	SHAPE AM	AWMSI=	 單位:無 當 MSI=1,所有 嵌塊體為正方 形;當嵌塊體形狀 不規則或越偏離 正方形,MSI 越 大。 AWMSI≥1, 無上 	葉春國等 (2012)、
面積加權平均形 狀指標 Area-Weighted Mean Shape Index	SHAPE_AM (AWMSI)	$AWMSI = \sum_{j=1}^{n} \left[\left(\frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{\alpha_{ij}}} \right) \left(\frac{\alpha_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}} \right) \right]$	 ^木 玩別或編輯 正方形, MSI 越 上。 AWMSI≥1, 無上 限 <i>p</i>₁=某一類嵌塊 21, 無上 限 <i>p</i>₁=某一類嵌塊 21, 無上 取目長 21, 無上 取目之 21, 無上 取目之 取 21, 無上 取目之 取 21, 無上 取 21, 無上 取 21, 無上 21, 無 21, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 14, 1	 葉春國等(2012)、 林裕彬等(2002)、 林文賜等(2007)、 李瑞陽等(2006)、 林裕彬(2003)、 田靜毅等(2007)、 Wang et al. (2009)、 Rocchini et al. (2006)、Lin et al. (2008)

表 B-1 主要地景指標公式列表(續)

指標名稱	縮寫	公式	說明	使用指標文 獻
平均嵌塊體 碎形維度 Mean Patch Fractal Dimension	FRAC_MN (MPFD)	$MPDF = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\sin(0 \cdot ad p_{ij})}{\ln \cdot a_{ij}}\right)}{N_{ij}}$	 1≤MPFD≤2 p_{(j} = 某一類嵌塊 聞周長 a_{ij} = 某一類嵌塊 體面積 n_i = 某一類嵌塊體 n_i = 某一類嵌塊體 取量 單位類嵌塊體 單位近1時, 嵌塊體為正方 形;若值愈大,則 表示嵌塊體形狀 愈複雜。 	張鈞媛等 (2008)、李瑞 陽等(2012)、 Amiri and Nakane (2009)、Lin et al. (2006)
面積加權 平均嵌塊體 碎形維度指標	FRAC_AM (AWMPFD)	$AWMPFD = \sum_{f=1}^{\omega} \left[\left(\frac{2\ln(0.25\varphi_{tf})}{\ln \alpha_{tf}} \right) \left(\frac{\alpha_{tf}}{\sum_{f=1}^{n} \alpha_{tf}} \right) \right]$	1 <u>≤</u> AWMPFD <u>≤</u> 2 p ₍₁ =某一類嵌塊 體周長	 葉春國等 (2012)、林裕 彬等(2002)、 林文賜等

Area-Weighted		a _{ii} =某一類嵌塊	(2007)、王建
Mean Patch		體而積	兵(2014)、
Fractal Dimension		照四項	Amiri and
		単位・無	Nakane
		其意義 MPDF 類	(2009) • Wang
		心。	et al. (2009) •
		121	Lin et al.
			(2008)

表 B-1 主要地景指標公式列表(續)

指標名稱	縮寫	公式	說明	使用指標文 獻
面積加權平均 旋轉半徑 Area-Weighted Mean Radius of Gyration	GYRATE_A M	$GYRATM_AM = \sum_{j=1}^{n} \left[\sum_{r=1}^{2^{t}} \left(\frac{h_{ijr}}{2} \right) \left(\frac{\alpha_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}} \right) \right]$	GYRATM_AM≥0, 無 上限 h_{ij} =網格 ijr (位於嵌 塊體 ij 中) 與嵌塊體 ij 種新的距離,計算方 式依據網格中心至網 格中心的距離 a_{ij} =某一類嵌塊體面 f_{ij} =某一類嵌塊體面 程位:距離單位(通常 是公尺) 衡量嵌塊體範圍,同類 型嵌塊體由單一網格 組成時,值為0;提供 分析者計算連接性的 方法,稱為相關長度; GYRATM_AM 值越 大,表示地景連接程度 越高。	葉春國等 (2012)
平均 鄰近距離 Mean Nearest- Neighbor Distance	ENN_MN (MNN)	$MNN = \frac{\sum_{j=1}^{n^*} h_{ij}}{m_i}$	 MNN≥0,無上限 ħ₁ = 某嵌塊體至相同 類型的最近距離 n_i = 某一類嵌塊體數 單位:公尺 是以嵌塊體邊緣之間 最短的距離為依據。 	林裕彬等 (2002)、李瑞 陽等(2006)、 林裕彬 (2003)、 Wang et al. (2009)

表 B-1 主要地景指標公式列表(續)

指標名稱	縮寫	公式	說明	使用指標文 獻
聚集指標 Aggregation Index	AI	AI=[<u>####</u>](100)	0≤AI≤100 g _{tt} =i類型嵌塊體與 同類嵌塊體毗鄰的網 格數 max→g _{tt} =i類型嵌塊 體的最大同類毗鄰網 格數 單位:% 當同類型嵌塊體最分 散時,值為0;當嵌塊 體聚集成單一及緊密 的嵌塊體時,值為 100。	葉春國等 (2012)、王建 兵 (2014)、 Łowicki.(2012)
分割指標 Splitting Index	SPLIT	$SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2}$	1≤SPLIT≤地景中的 網格總數 A=地景總面積 a;;=某一類嵌塊體面 積 單位:無 地景由單一嵌塊體組 成時,值為1;當同類 型嵌塊體面積逐漸減 少即被分割成較小嵌 塊體時,值漸增。	葉春國等 (2012)

所謂地景生態指標係指利用土地利用之空間圖層資料,進行嵌塊體特性的量化。量化地景結構為 瞭解地景功能與變遷不可或缺的程序,而地景指標可即時描述地景的空間結構,它可以提供鑲嵌體的 資訊,如區域內每一地景型態或類型的百分比或地景要素所組成的形狀,其為描述嵌塊體或嵌塊體之 鑲嵌體的幾何與空間特性(空間的等質性)之工具,地景指標會隨著地景屬性而改變,彼此有高度的 相關,故地景指標能夠將地景異質性與棲地破碎化的程序量化,提供地景類型與程序較佳的瞭解。近 年來由於地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)的空間分析技術成熟,再加上高解析力 的衛星影像影像取得容易,使得地景生態指標的應用有顯著的增加。

地景指標在研究上主要被作為描述地景生態系統型態及趨勢的工具,多在分析地景結構變化對生 態系統的影響(McGarigal and Mark, 1995),然而其空間面向思考景觀變化過程的特性亦被廣泛應用於 崩塌地研究。林文賜等人(2007)以地景指標分析 1999 年至 2006 年間九份二山崩塌地變遷狀況,指出 在 2006 年後平均嵌塊體指標最小,顯示大範圍的崩塌空間已逐漸復育而破碎化。形狀指標而言,顯 示整體在受地震擾動後,比對各指標值,指標呈現下降趨勢;聚集度指標中發現經地震後嵌塊體聚集 度逐漸增加,而多樣性指標顯示逐年有增加之趨勢,顯示景觀多樣性受植生復育影響。以下針對諸多 指標中與崩塌較相關之指標其描述的特性與概念詳加說明。

B1-1.平均嵌塊體大小 (Mean Patch Size, MPS)

嵌塊體大小是影響單位面積生物量、生產力和養分貯存,以及物種組成及多樣性的主要變量。嵌 塊體內的能量或養分總量與其面積成正比,大嵌塊體能量和礦質養分含量較小嵌塊體多,能提供較多 的生物生存的空間及所需的養分,故嵌塊體面積愈大,生物多樣性愈越高,而面積較大的嵌塊體可擁 有較多的棲地,可較小嵌塊體容納較多數量之物種。

 $MPS = \frac{A}{N} \times \frac{1}{10000} \tag{B-1}$

 $MPS > 0; 單位: m^2/ha; A: 嵌塊體面積; N: 嵌塊體數量$

當分割一個較大嵌塊體成為二個較小的部分,會改變其內部的棲地,導致減少其內部物種的組成 和數量,而這些物種通常是具保存重要性的。一般來說,較大的嵌塊體比較小的嵌塊體具有較大數量 且規模尺寸的慣常物種。如果嵌塊體較小或是為低棲地品質的嵌塊體,則物種演變成局部滅絕的可能 性較大。

B1-2.嵌塊體數量(Number of Patches; NP)

嵌塊體數量的縮減(即為降低物種所依賴的棲地數量)會造成棲地消失,導致物種減少,降低棲 地之多樣性。遷移嵌塊體會導致物種族群與族群之間的相互作用減少,從而增加當地物種滅絕的可能 性,減緩拓殖(recolonization)的過程且影響族群數量轉變的穩定性,故維持一定的嵌塊體數量對於 生物多樣性的保育實為重要。

NP = N

(B-2)

NP \geq 1;單位:無單位

B1-3.平均形狀指標(Mean Shape Index; MSI)

嵌塊體的形狀對於生物的散佈和覓食具有重要作用,以圓形或長形說明嵌塊體的生態作用(表 B-2),主要區別在於內(內部)-緣(邊緣)比例的差別:1.圓形嵌塊體如邊緣區寬度相同,則嵌塊 體愈小,邊緣所占比例愈大,內部比例愈小,甚至整個嵌塊體都是邊緣部分;2.嵌塊體大小相同,形 狀不同,則圓形嵌塊體的內-緣比高,狹長嵌塊體比值較低,有些狹長形嵌塊體可能無內部,圓形嵌塊 體邊緣帶所占比例較小,因此與基質的相互作用較小,而內部所占的面積比例較大,除了邊緣種外, 尚能提供非邊緣種之生存條件,所以增加了生物的多樣性,而長條形嵌塊體則對邊緣種較為有利,而 嵌塊體空間結構特性對其內部之生態效應如表 B-3 所示,平均形狀指標估算公式如下:(MSI值等於 1 時表示地景是由單一的圓形嵌塊體所組成,較高的 MSI 值表示地景中嵌塊體形狀較不規則,有較多 的邊緣生育地)

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left[\frac{P_{ij}}{\sqrt[2]{\pi \times a_{ij}}} \right]}{N}$$
(B-3)

19

指標	圓形	狹長形
內-緣比	高	低
邊緣寬度	小	大
與基質的交互作用	小	大
嵌塊體內部障礙物	少	多
生態異質性	小	大
作為動物廊道的價值	小	大
物種多樣性	39	少
動物覓食效應	3	少

表 B-2 圓形與狹長形嵌塊體生態意義之比較

表 B-3 嵌塊體空間結構特性對其內部之生態效應

效應	較優	較劣	說明
面積		\bigcirc	大面積比小面積 為佳
形狀	Ō	\bigcirc	圓形或方形較狹 長行為佳
隔離程度	00	00	緊密排列較分散 為佳
隔離程度	00	000	非直線其隔離程 度較佳
連接程度	0-0-0	000	生態廊道可減少 生物移動的難度

表 B-3 顯示出嵌塊體的空間結構特性對該嵌塊體內部的生態影響,亦即大面積嵌塊體規模、越接 近密實的圓形或方形的嵌塊體形狀、嵌塊體間隔離程度低或緊密的排列,以及具有連接廊道的嵌塊體 等特性,對於嵌塊體的生態多樣性或生態穩定性有較佳的助益。

B1-4. 嵌塊體密度(Patchiness; P)

嵌塊體密度為所有類型嵌塊體密度或表現優勢的嵌塊體之量測。森林的破碎化導致高嵌塊體密度 以及影響物種授粉、遷移、繁殖與活動的廊道。天然地景的干擾會增加嵌塊體的密度並降低基質的連 接度。

嵌塊體密度可視為地景中邊緣效應總量的指標,會影響地景中動植物種類之間的隔離程度及潛在 基因多樣性。嵌塊體密度較高,表示基質中有許多散佈的小嵌塊體,整個地景中有較多的邊緣生育地, 對需要內部生育地的物種較為不利;嵌塊體密度較低,表示地景的破碎度較低,地景要素之間的相互 影響較小。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_i}{N} \times 100$$

 D_i : 類型 i 之嵌塊體數量; N:總嵌塊體數量

B1-5.孔隙度(Porosity; PO)

孔隙度為量測特定類型之嵌塊體密度或嵌塊體的數量,其可以提供物種隔離程度和潛在基因的變 異的總線索。評價孔隙度只要簡單的計算現有的嵌塊體數量,即包括基質內單位面積中閉合邊長的嵌 塊體數量,具有閉合邊長的嵌塊體數愈多,代表該基質含有較多的孔隙,例如只有一條邊界穿過所研 究的地景,邊界的兩端皆與周界相交,此時孔隙度為0;孔隙度計算之公式論述如下:

$$PO = \sum_{i=1}^{n} Cp_i \tag{B-5}$$

CP_i: 地景類型 i 之閉合嵌塊體數量

一般而言,孔隙度為邊緣效應總量指標,孔隙度低表示地景內有相當偏僻的地區,這對需要遠離邊 界棲地條件的物種是至關重要的。而孔隙度與動物覓食有密切的關係,因為適宜的嵌塊體密度對於野 生動物獲得足夠食物與供養穴中的幼仔是很重要的,森林地景中皆伐孔隙度對於野生動物的管理亦相 當重要。而較低的孔隙度,可能會抑制嵌塊體間物種的交換作用,其地景要素間相互作用較低、同質 性高且地景破碎度較低;高孔隙度則反之。

B1-6. 散布性(Interspersion; PI)

散布性指標為棲地/地景空間混合的量測,其利用非物種特定方法計算,如利用不同於中央網格的 周圍網格的數量,該指標可以表現出地景的異質性或同質性且示出地景多樣性(Landscape diversity)。

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^{N} SF_i}{N} \times 100\%$$

$$SF_i = \sum_{j=1}^{m} \frac{edge}{\sqrt[2]{\frac{area}{\pi}}}$$
(B-6)
(B-7)

edge: 嵌塊體邊緣在 X 及 Y 維度之長度
 area: j 嵌塊體在 i 地景類型中所占之面積
 N:邊緣總長

地景多樣性是表示嵌塊體種類多寡的方法,而嵌塊體的種類亦會影響生物多樣性,當地景多樣性 較高時,嵌塊體的種類愈多,即在相同面積下,會呈現較多的地景種類,其生物多樣性會高於種類單 純的地景,這是因為不同物種需要不同的地景以供他們生長、覓食、遷移、繁殖及渡冬,因此種類繁 複的地景遠比種類單純的地景能供較多的物種生存。利用地景多樣性來推估生物多樣性時,當地景由 單一變得複雜時,總面積內的生物多樣性有增加的趨勢,而每一嵌塊體內生物多樣性的變化則隨著其 內物種遷移的能力而有增加或減少的趨勢。而地景生態學中之多樣性原理亦說明當地景異質性增加,

(B-4)

會減少內部種的豐度,而增加邊緣種的豐度,提高潛在總動物種的共存性,因此嵌塊體內部棲地的異 質性越高,適應多重棲地類型的生物相對增加,整體生物種類也會增加,生物多樣性越高。

B1-7.連接度(Juxtaposition; J)

嵌塊體的連接度決定了干擾的強度,因此,天然或人為植群型的鄰近度可藉由連接度估算。連接 度為植群型鄰近或接近程度的量測,因此為類型/物種特定的量測,利用不同土地利用型或植群型之權 重為基礎,進行估算。嵌塊體間的距離會干擾授粉、種子傳播、野生動物在嵌塊體間的移動與交配, 故嵌塊體連接度對於生物多樣性的影響頗鉅。

$$J = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i(J_i)}{J_{mn}} \tag{B-8}$$

 D_i : 地景類型形狀之權重; $D_i J_i$: 相鄰地景類型之邊緣長度; J_{mn} : 每個生育地中最大的邊緣長度

地景破碎化為地景生態學與地景生態規劃等相關領域之主要研究核心。地景破碎化主要來自於大 尺度森林、草原、溼地等棲地逐漸破碎,喪失許多原有的生態功能,而導致生物多樣性降低、族群數 量減少、物種滅絕的機率升高等。地景破碎化之理論基礎源自於島嶼生物地理學(Island biogeography),為60年代所發展出來的理論,其分析概念獨具空間的具體形象:破碎化的過程,使 得各嵌塊體之間在地理空間上產生隔離,並直接危及到大部分對於邊緣空間十分敏感的內部物種 (Interior species)。

地景破碎化之成因有三大要件,即原始棲地的喪失;棲地嵌塊體大小的縮減與棲地嵌塊體隔離度 (Isolation) 的增加。其中棲地喪失的影響遠比其他棲地破碎產生的影響來的大; 隔離是由於非棲地 基質中所殘留的棲地間相距較遠且分散,其結果將導致基因層級生物多樣性喪失的潛能,因為它降低 族群間基因的交換,容易導致物種的滅絕。基本上,嵌塊體遭受隔離、嵌塊體面積減少,會增加遭受 外界環境干擾的機率,如外來物種之入侵或物理狀態的改變,而這些效應都將導致生物多樣性的衰 退,造成生態系穩定性與回復力的降低。而人為活動如農業與都市發展、道路建設,皆為造成地景破 碎化的主要原因。人為活動會改變地景結構,使林地覆蓋的減少及地景破碎後剩餘多且小的孤立單 元, 並影響生態過程, 不但降低了嵌塊體間的連結性 (Connectivity) 及嵌塊體形狀複雜性 (Complexity of patch shape), 並產生高比例的邊緣生育地(Edge habitat), 亦即土地覆蓋型內的生育地將產生內 部變化。而道路開設創造了人類遊憩、居住發展活動的管道,進而直接或間接導致物種棲地的喪失或 改變,降低棲地維持原本生物多樣性的能力。野生生物棲地與族群的破碎化,係人類支配地景之常見 結果,許多在人為地景中殘存的物種,常依賴各個破碎棲地的連結而存活。因此,在地景的規劃上, 首要之務即是連繫已破碎化之生態棲地,許多文獻亦表示棲地的連接性,對於破碎地景植物和動物族 群的持續具有相當的重要性,亦即連結隔離的嵌塊體,將有助生物多樣性的維持。以往地景指標多被 用於生態景觀、生物棲地及其對生物多樣性的影響,本研究擬透過地景指標計算崩塌的嵌塊體,以評 估地文環境變化,探討集水區水文特性變化及致災影響。

C 崩塌地變遷偵測理論

台灣以往應用衛星影像於土砂災害或崩塌地的判釋分析的研究已有部分嘗試,但由於分類方法對崩塌地之判釋正確率仍不高,且變遷偵測方式大多簡單的以前後期影像相減為之,故正確性仍有改善

空間,且對於此類分析結果的評估技術尚未成熟。然國內此領域之初步應用已有多年嘗試,當可逐漸 深入探討、改良方法以提高判釋正確性。

影像變遷偵測是遙測學中非常重要的課題,近年來衛星遙測技術發展快速,衛星影像資料的品質 提高,因為其迅速且大面積的得到地面訊息的優點,使它成為環境資源及災害監測的一大利器;其中 變遷偵測是應用影像資料最常見的需求,也是各領域研究過程中常用的工具,本研究即利用衛星遙測 影像對研究區域地崩塌地變化,藉由比對不同時期影像,以瞭解極端降雨事件後崩塌地變化。

以原始崩塌地位基礎,假設前後期未變遷地區影像,其於不同的類別中皆為二元常態分配 (Bivariate Normal Distribution),即為,若 (x_1, x_2) 為二元常態分配, $(x_1, x_2) \sim BVN$ $(\mu_1, \mu_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2, \rho)$,雙變數常態分佈密度函數(bivariate normal density function)如式(C-1)(Tatsuoka, 1988) 所示。

$$\phi(X_1, X_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left\{\frac{-1}{2(1-\rho^2)} \left[\frac{(X_1 - \mu_1)^2}{\sigma_1^2} + \frac{(X_2 - \mu_2)^2}{\sigma_2^2} - 2\rho\frac{(X_1 - \mu_1)(X_2 - \mu_2)}{\sigma_1\sigma_2}\right]\right\}$$
(C-1)

由於各類別在特徵空間中之分佈會有各自的分佈型態,如圖 C-1 所示。因此本研究在偵測變遷前 你先執行預分類工作,以單獨獲取各類別之特性參數。(C-1)式中之參數以未變遷之像元來決定,並以 此聯合機率訂定顯著水準與建立信賴區間,透過式(C-1)的計算,我們預期可得到各個類別於前期與前 後期之散布圖及其信賴區間,如圖 C-2 所示。

變遷像元之決定

變遷像元之決定上,傳統要訂定一個變遷門檻值,再逐一比較像元灰階值是否高於此門檻值,作 為變遷判釋的依據,然而變遷門檻值的決定往往必須使用試誤法或經驗法則,因此變遷偵測的結果不 夠客觀。本研究嘗試以信心水準的方式訂定變遷門檻值。其方法介紹如下,以上述之方式建立各個類 別(C1、C2、C3)的二元常態條件機率分配,當前期影像於某一個像元其類別為C1時,則此像元以C1 之條件機率參數,並使用前後期影像差值之第一主成分進行標準化,透過以前期影像為條件,使得前 後期影像差值成為單維之標準常態分配。假設我們有α%之顯著水準,來判斷此像元有發生變遷,則 可訂出(1-α)%之信賴區間,最後以此像元之標準化值,判斷其是否落於(1-α)%之信賴區間,若有落 於(1-α)%信賴區間之內,則表示此像元沒有變遷,反之,則表示變遷。以上述之步驟,逐一完成所有 像元的計算,方可得到整幅影像變遷偵測的結果。



圖 C-1 各類地物分佈示意圖



註:由內而外分別為 50%, 75%, 90%, and 95%之信賴區域,不同顏色表不同地物類別

D 變異範圍法(RVA)及水文改變指標(IHA)

變異範圍法(Range of Variability Approach, RVA)及水文改變指標(Indicator of Hydrologic Alteration, IHA)最早被應用於評估河川流量在水利設施的興建後之改變特性,為量化河川流量受影響的程度可以變異範圍法中 32 個水文改變指標(Indicator of Hydrologic Alteration, IHA)及水文改變度 (degree of hydrologic alteration)來評估河川水流特性受水利設施的影響。2010 年 Suen 將其應用在評估 因氣候變遷趨勢下天然河川流量之改變,由於此法主要由歷史紀錄探討水文量與選定水文指標之古 今變化,因而本研究擬將其轉而應用於評估天然流量及極端降兩之改變。

美國水文局對土地管理所面臨的最大困難是確定和記錄人類對自然環境的溪流等公共土地在過去 20~30 年人們的開發行為改變了自然系統原本的型態。因此美國大自然保護協會(The Nature Conservancy),在 Brian Richter 的帶領之下,於 1997 年提出利用 32 個水文參數來評估受水利設施影響之河川流量狀態,稱之為水文改變指標(IHA) Richter 等人於 1998 年提出 32 個水文改變指標,可概 分為五組,主要探討對生態系統的影響,如第一組為一到十二月平均流量主要探討動物與棲地之關係,第二組年最小及最大1、3、7、30、90 日流量平均值主要說明動植物繁殖以及對環境之容忍程度, 第三組年最小及最大一日流量發生時間主要說明生命體對於繁殖場所以及行為機制,第四組高低流量發生時間及延時主要說明動植物在環境的存活及使用機會,第五組流量平均增減率即反轉次數主要探討生物的奈和容忍度。而要將其應用於**極端降雨**之評估需做**適度轉換**。

而 IHA 受水利設施影響之改變程度 Richter(1998)建議以下式評估:

$$D = \left| \frac{\text{No} - \text{Ne}}{\text{Ne}} \right| \times 100\% \tag{D-1}$$

D: 水文改變度

NO:觀測年數,指水文環境改變後指標仍落於 RVA 標的內之年數

Ne:預期年數,以r×NT 來評估,r為水文環境改變前之 IHA 落於 RVA 標的內之比例,若以各 IHA 之 75%及 25%作為 RVA 標的,則 r=50%,而 NT 為水利設施興建後受影響流量紀錄之總年數。

Richter(1998)建議若 D 值介於 0-33%間屬於無或低度改變; 33-67%間屬於中度改變; 67-100%間 則屬於高度改變。Shiau 及 Wu(2004)曾建議以下列方式進行整體評估: 當 32 個 IHA 均為低度改變時則歸類為整體低度改變。當至少有 1 個 IHA 屬於中度改變,但無任何高度 改變時,則歸類為整體中度改變。當至少有 1 個 IHA 屬於高度改變時,則歸類為整體高度改變。以此 方法作為整體評估水利設施對河川水域生態環境的影響,不僅計算甚為簡單且可立即看出 IHA 的各種 變化性。

流程

基於上述基礎理論與研究方法,本研究之步驟與流程如下圖 3-1 所示。

<u>本年度(第一年)</u>--水文、地文資料庫建置及極端降雨時間、空間分佈變異分析與降雨導致崩塌擴大 之相關性探討。



肆、結果與討論

本計畫第一年已完成曾文水庫集水區水文地文資料蒐集調查與資料庫建立、衛星影像分析、頻率 分析、降雨時空變異分析及計算曾文之水文改變指標及其變異範圍等項目之部分工作, 簡要成果整理 如後:

4-1 曾文水庫集水區水文與地文 GIS 資料庫建立

本研究已蒐集曾文南化烏山頭集水區內氣象局與水利署所屬的雨量站資料及流量站資料、土壤 圖、地質圖及數值地形模型等資料,並建置成地文環境資料庫,如圖 4-1-1 所示,其中曾文溪流域之 雨量與流量站資料分別列表如表 4-1-1 與表 4-1-2。GIS 資料庫並提供徐昇氏多邊形雨量站權重如圖 4-1-2。



站名	縱座標(E)	橫座標(N)	記錄年限	平均年雨量
水山	230847.00	2596843.0	1969-迄今	2522.8
樂野	221043.00	2595627.0	1976-迄今	2867.4
里佳	220551.00	2587293.0	1969-迄今	3145.7
馬頭山	208615.00	2581785.0	1969-迄今	2808.9
曾文新村	197832.80	2569026.3	1968-迄今	2726.8
南化(2)	195814.10	2549518.0	1972-迄今	2543.8
王爺宮	187808.20	2569223.2	1983-迄今	1906.0
環湖	189584.30	2561032.0	1983-迄今	1917.6
關山	207721.80	2563745.0	1984-迄今	2943.9
表湖	214446.00	2573341.0	1976-迄今	2563.9
龍美	214656.00	2589921.0	1990-迄今	3075.5
三角南山	207017.00	2569731.0	1990-迄今	2695.8
大棟山	201191.00	2578670.0	1990-迄今	3163.2
大竹坑	205849.40	2560250.0	2010-迄今	2053.0
西阿里關	206500.20	2558139.0	1972-迄今	3014.3

表 4-1-1 曾文溪流域雨量站表列

表 4-1-2 曾文溪流域流量站表列

站名	縱座標(E)	橫座標(N)	記錄年限	平均流量
玉田	193691.40	2557641.00	1941-迄今	9.54
左鎮	185724.90	2552024.00	1971-迄今	6.04
二溪大橋	186917.00	2557195.00	2000-迄今	33.86
玉豐大橋	193881.00	2558029.00	2004-迄今	48.58
新中	181375.00	2561875.00	2000-2009	4.01



圖 4-1-2 曾文水庫集水區徐昇氏權重圖

4-2 衛星影像分類及崩塌地數化

地文因子之地表覆蓋部分,以最大概似法針對 SPOT 影像的四個光譜波段進行分類,分類成果如圖 4-2-1,由此結果得知曾文水庫集水區內水體約佔 3.41%、有 86.79%的面積屬植被覆蓋及 9.8%的裸露地。此分類之總體正確率 98.58%,其混淆表如表 4-2-1 所示。而計算常態化差異植生指標成果如圖 4-2-1 所示,可以看出植生覆蓋情況,另以數值地形模型套繪崩塌地數化成果如圖 4-2-3 可看出全區崩塌地大小與分佈。

	水體	植被	裸露地	總和	使用者正確率(%)
水體	8866	0	0	8866	100.00
植被	0	13091	2	13093	99.98
裸露地	200	147	2320	2667	86.99
總和	9066	13238	2322	24626	
生產者正確率(%)	97.79	98.89	99.91	總體正確率(%)	98.58

表 4-2-1 分類混淆表



圖 4-2-1 曾文水庫集水區地表覆蓋分類成果

圖 4-2-2 常態化差異植生指標



圖 4-2-3 數值地形模型套繪崩塌地數化成果

4-3 歷年颱風事件統計分析

各路徑颱風基本資料分析

中央氣象局依據颱風侵台路徑分為 10 類(圖 4-3-1),近十年颱風數量統計有發佈警報之颱風平約 每年約 6 場。由 1958~2012 年歷年有發布警報的颱風以其強度與路徑分析結果顯示發生中度颱風比例 最高佔 43%,其次為強列颱風 30%,最後為輕度颱風 27%。其中以路徑 5 發生次數最多佔 16%,路徑 3 與路徑 6 次之,各佔 15%(如圖 4-3-2 與圖 4-3-3)。



圖 4-3-1 1911-2010 年颱風路徑分類圖 (資料來源:中央氣象局)



圖 4-3-2 1958~2012 颱風強度比例

圖 4-3-3 1958~2012 歷年颱風各路徑所佔比例

而不同路徑中以路徑1與路徑2對於全台帶來最多之降雨量(如圖 4-3-4),由於台灣集水區坡陡流 急且中央山脈地形影響降雨空間分佈不均勻,不同路徑颱風所帶來的降雨量有明顯差異,以曾文集水 區王爺公雨量站為例,如圖 4-3-5 顯示各路徑總降雨量的平均值,由圖可知,2 號路徑颱風對此區帶來 的雨量明顯大於其他路徑颱風,且其他集水區內測站亦有類似現象。此數據可提供颱風剛形成,預報 資料尚未充足時,防災先期準備的參考依據。



圖 4-3-4 各路徑全台平均總降雨量



圖 4-3-5 各路徑颱風王爺公站平均總降雨量

目前已完成近年各別颱風事件的空間變異分析,以造成較嚴重災害,發生於2011年8月27的南 瑪都颱風為例,分析其降雨空間變異,其變異特性可以套配高斯模式,其半變異圖如圖4-3-6,可看出 其空間變異趨勢,並可推估其空間中面的降雨分佈如圖4-3-7。後續將比較各路徑颱風間空間變異的異 同。





圖 4-3-7 2011 年南瑪都颱風降雨空間分布圖

4-4 極端暴雨致災事件統計

已蒐集 96~102 年曾文水庫鄰近-嘉義台南區域極端降雨致土砂災害事件共約 52 筆紀錄,主要土 砂災害類型計有崩塌、地滑、土石流等,建立極端暴雨致災資料庫,土砂災害發生地點如圖 4-4-1 所 示,致災累積降雨量多在 260mm 以上降雨強度在 40mm 以上。紀錄中最大致災累積雨量 1547mm,最大 降雨強度 126mm/hr。可發現歷年崩塌面積與颱風降雨明顯相關(如圖 4-4-2),擴崩面積與颱風降雨更 是明顯相關(如圖 4-4-3);另分析崩塌、地滑、土石流等類型致災有效累積降雨量與降降雨強度如圖 4-4-4~圖 4-4-6 可以發現崩塌之下包絡線 (Envelope)最小、地滑之下包絡線居中,土石流具有之下 包絡線最高。即相對於崩塌與地滑需要較大之降雨強度與累積雨量方能觸發土石流。而目前蒐集之紀 錄中因包含小規模崩塌,故可發現崩塌之啟動門檻最低。後續持續蒐集更完整資訊及分析可將致災雨 量與強度量化。



圖 4-4-1 土砂災害發生地點




圖 4-4-3 歷年擴崩面積與颱風降雨





4-5 崩塌地地景指標

依據前述理論將2008~2013年之SPOT衛星影像前處理及校正分析後可以得到歷年崩塌區域圖(如圖 4-5-1~圖 4-5-6)。並將崩塌地之變遷如擴大、不變或復育等區分再計算地景指標加以探討。歷年崩塌變遷如圖 4-5-7~圖 4-5-11,其中藍色屬不變區域。綠色屬復育區而紅色則表示擴崩區。由結果可知莫拉克風災後因 2010年、2011年、2012年連續三年無較大之颱風降雨故復育區逐漸增加,至2013年之較大之降雨又令崩塌擴大。顯示此區承受能力在累積降雨 900mm 時仍無明顯新增崩塌,1900mm 以上崩塌增加。



圖 4-5-1 2008 年崩塌地



圖 4-5-2 2009 年崩塌地



圖 4-5-3 2010 年崩塌地



圖 4-5-4 2011 年崩塌地



圖 4-5-5 2012 年崩塌地



圖 4-5-6 2013 年崩塌地





圖 4-5-8 2009-2010 崩塌變遷圖



圖 4-5-10 2011-2012 崩塌變遷圖



圖 4-5-11 2012-2013 崩塌變遷圖

透過集水區測站降雨資料與各年崩塌地面積變化分析,發現大型颱風降雨是影響大型崩塌的關 鍵,也是影響崩塌地自然復育的重要因素,而小型崩塌地自然復育快,可在環境的常年擾動中恢復, 對集水區影響小,故未來在水庫集水區管理經營的考量上,應加強對極端降雨事件後大型坡地崩塌的 清查與整治,才得以盡可能減少土砂沖蝕量,降低水庫淤積的風險。地景指標有助於瞭解各年際間崩 塌類別的變遷情況,可得知多數擴崩地在隔年後即可復育,莫拉克極端事件造成的崩塌破壞,則需 2 到3年才漸趨穩定。

形狀指標與聚集連接度指標顯示颱風強降雨會使各崩塌類型嵌塊體形狀趨於複雜且空間分布較 為緊密,擴崩區崩塌嵌塊體會使旋轉半徑增加趨向帶狀發展。

以NDVI值評估復育區崩塌植生恢復狀況結果顯示,在連續強降雨颱風侵擾年及無強降雨颱風侵 擾穩定年,NDVI值變化最為劇烈,凸顯自然界不僅在穩定年植生恢復良好,在高頻率的颱風侵擾下, 自然復育速率仍快,多數崩塌仍可復育。由表 4-5-1~表 4-5-4 可以發現若以各年所有崩塌計算得之地 景指標與各年颱風降雨進行相關分析以近圓形形狀指標具顯著相關性。若以各年復育區計算地景指標 且分析各指標與雨量相關性可發現密度相關指標如嵌塊體密度、邊緣密度、叢集指數等三指標具顯著 相關性。而各年擴崩區計算地景指標且分析各指標與雨量相關性可發現與嵌塊體大小有關之指標如類 別面積、平均嵌塊體大小、綠覆地區塊連接度、聚集指標等四指標具顯著相關性。由各年無變動區地 景指標與雨量相關性可發現最大嵌塊體指標、邊緣密度形狀全距指標綠覆地區塊連接度等指標具顯著 相關性。

		CA	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA_MN	SHAPE_RA	FRAC_RA	CIRCLE_CV	CLUMPY	COHESION	AI	Rainfall
CA(類別面積)	Pearson	1	.989**	956**	. 456	•	• •	. 966**	.945**	.668	. 513	793	a •	.973**	019	. 598
	相關															
	顯著性		.000	.003	. 363			.002	.004	.147	. 298	.060		.001	.972	.210
NP(嵌塊體數	Pearson	. 989**	1	917*	. 427	.a	·a	. 986**	. 894*	.686	. 528	795	•	.937**	109	. 533
量)	相關															
	顯著性	.000		.010	. 398			.000	.016	.132	. 281	.059		. 006	.837	. 277
PD(嵌塊體密	Pearson	956**	917*	1	360	•	· a	875*	995**	509	311	.814*	•	967**	199	715
度)	相關															
	顯著性	.003	.010		.483		.	.023	.000	. 302	. 549	.049		.002	.706	.111
LPI(最大嵌塊	Pearson	.456	. 427	360	1	•	·	. 534	. 380	. 890*	.838*	410	a •	. 547	595	. 500
體指標)	相關															
	顯著性	. 363	. 398	. 483				.275	.457	.018	.037	. 420		. 261	.213	. 313
TE(總邊緣長	Pearson	^a	- , ^a	^a	• - ^a	^a	a-									
度)	相關															
	顯著性															
ED(邊緣密度)	Pearson	^a	- , ^a	^a	• - ^a	^a	a- •									
	相關															
<u> </u>	顯著性															
LSI(地景形狀	Pearson	.966**	.986**	875*	. 534	.a	·a	1	.847*	. 781	. 608	813*	a •	.920**	260	. 546
指標)	相關															
	顯著性	.002	.000	.023	. 275				.033	.067	. 201	.049		. 009	.619	. 263
AREA_MN(平均	Pearson	.945**	.894*	995**	. 380	•	· a	.847*	1	. 499	. 322	781	•	.968**	.239	. 721
嵌塊體大小)	相關															
	顯著性	.004	.016	.000	.457			.033		.314	. 534	.067		.001	.648	.106
SHAPE_RA(形狀	Pearson	. 668	.686	509	. 890*	·	·	. 781	. 499	1	.838*	499	•	.659	668	. 357
全距指標)	相關															
	顯著性	.147	.132	. 302	.018			.067	.314		.037	. 313		.154	.147	. 487
FRAC_RA(嵌塊	Pearson	. 513	. 528	311	.838*	•	· a	.608	. 322	.838*	1	420	•	. 538	656	. 336
體碎形維度全	相關															
距)	_															
	顯著性	. 298	. 281	. 549	.037			.201	. 534	.037		. 406		.270	.157	. 515
CIRCLE_CV	Pearson	793	795	.814*	410	.a	.a	813*	781	499	420	1	•	839*	.125	860*
近圓形形狀指	相關															
標_變異係數																

表 4-5-1 各年崩塌地各地景指標間相關分析

	顯著性	.060	.059	.049	. 420			.049	.067	.313	. 406			.037	.813	.028
CLUMPY(叢集指	Pearson	•	•	•	•	.a	•	a •	a •	•	•	•	•	•	a •	.a
數)	相關															
	顯著性					.										
COHESION(綠	Pearson	.973**	.937**	967**	. 547	.a	•	.920**	.968**	.659	. 538	839*		1	.019	. 750
覆地區塊連接	相關															
度)																
	顯著性	.001	.006	.002	. 261	.		.009	.001	.154	.270	.037			.972	.086
AI(聚集指標)	Pearson	019	109	199	595	•	•	260	. 239	668	656	. 125	•	.019	1	.078
	相關															
	顯著性	.972	.837	. 706	. 213			.619	.648	.147	.157	.813		.972		. 883
Rainfall(降	Pearson	. 598	. 533	715	. 500	.a	•	. 546	. 721	.357	. 336	860*	•	.750	.078	1
兩)	相關															
	顯著性	.210	.277	.111	. 313	.	.	. 263	.106	.487	.515	.028		.086	. 883	

a. 由於至少有一個變數是常數,因此無法計算。

**. 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾),相關顯著。

*. 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾),相關顯著。

個數:6

		CA	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA_MN	SHAPE_RA	FRAC_RA	CIRCLE_CV	CLUMPY	COHESION	AI	Rainfall
CA(類別面積)	Pearson	1	.676	. 368	. 727	. 826	. 511	.905*	. 387	. 301	423	655	329	.715	.612	324
	相關		1 '													
	顯著性		.211	. 542	.164	.085	. 378	.035	. 520	. 622	.478	. 231	. 588	.174	. 272	. 595
NP(嵌塊體數	Pearson	.676	1	. 774	.161	.944*	. 716	.924*	386	.056	536	192	470	004	129	584
量)	相關		1 '													
	顯著性	.211	1 1	.125	. 795	.016	.174	.025	. 521	. 929	.352	.757	.424	.995	.837	. 301
PD(嵌塊體密	Pearson	. 368	. 774	1	135	. 581	. 940*	.651	315	530	898*	365	850	132	133	884*
度)	相關		1 '													
	顯著性	. 542	.125		. 829	. 304	.018	.235	.605	. 358	.038	. 546	.068	.832	.832	.047
LPI(最大嵌塊	Pearson	.727	.161	135	1	. 321	060	.480	.648	. 634	069	686	.191	. 892*	.774	. 292
體指標)	相關		1 '													
	顯著性	.164	. 795	. 829		. 599	. 923	.413	.237	. 251	.913	. 201	. 759	.042	.124	.634
TE(總邊緣長	Pearson	.826	.944*	. 581	. 321	1	.611	.961**	189	. 221	385	226	361	.199	.065	472
度)	相關		1 '													
	顯著性	.085	.016	. 304	. 599		. 273	.009	. 761	. 720	. 522	.714	. 550	.749	.917	. 422

表 4-5-2 各年復育區各地景指標間相關分析

ED(邊緣密度)	Pearson	.511	.716	.940*	060	.611	1	.686	065	591	925*	501	952*	.074	.109	964**
	相關															
	顯著性	. 378	.174	.018	.923	. 273		.201	.917	. 294	.025	. 390	.013	.906	. 862	.008
LSI(地景形狀	Pearson	.905*	.924*	.651	.480	.961**	. 686	1	013	.178	551	474	452	.377	. 253	508
指標)	相關															
	顯著性	.035	.025	. 235	.413	.009	. 201		.983	.774	. 336	. 420	.445	. 532	.682	. 382
AREA_MN(平均	Pearson	. 387	386	315	.648	189	065	013	1	.069	102	730	054	$.898^{*}$.963**	.127
嵌塊體大小)	相關															
	顯著性	. 520	. 521	.605	.237	.761	.917	.983		.912	.871	.162	.932	.039	.008	.839
SHAPE_RA(形狀	Pearson	. 301	.056	530	.634	. 221	591	.178	.069	1	.614	.125	. 788	. 320	.132	.751
全距指標)	相關															
	顯著性	.622	. 929	.358	.251	. 720	. 294	.774	.912		.270	.841	.113	.600	. 833	.144
FRAC_RA(嵌塊	Pearson	423	536	898*	069	385	925*	551	102	.614	1	.691	.919*	195	247	. 858
體碎形維度全	相關															
距)																
	顯著性	.478	. 352	.038	.913	. 522	.025	.336	.871	.270		.196	.027	.753	. 689	.063
CIRCLE_CV	Pearson	655	192	365	686	226	501	474	730	.125	.691	1	. 508	824	843	. 346
近圓形形狀指	相關															
標_變異係數																
	顯著性	.231	.757	. 546	.201	.714	. 390	.420	.162	.841	.196		.383	.087	.073	. 568
CLUMPY(叢集指	Pearson	329	470	850	.191	361	952*	452	054	. 788	.919*	. 508	1	056	157	.975**
數)	相關															
	顯著性	. 588	. 424	.068	.759	. 550	.013	.445	.932	.113	.027	. 383		.929	. 801	.005
COHESION(綠	Pearson	.715	004	132	.892*	. 199	.074	.377	. 898*	. 320	195	824	056	1	.974**	.086
覆地區塊連接	相關															
度)																
	顯著性	.174	.995	.832	.042	. 749	.906	. 532	.039	. 600	.753	.087	.929		.005	.891
AI(聚集指標)	Pearson	.612	129	133	.774	.065	.109	.253	.963**	.132	247	843	157	.974**	1	.006
	相關															
	顯著性	.272	.837	.832	.124	.917	.862	.682	.008	.833	.689	.073	.801	.005		.992
Rainfall(降	Pearson	324	584	884*	. 292	472	964**	508	.127	. 751	.858	. 346	.975**	.086	.006	1
兩)	相關															
	顯著性	. 595	. 301	.047	.634	. 422	.008	. 382	. 839	.144	.063	. 568	.005	.891	. 992	

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾),相關顯著。

**. 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾),相關顯著。

個數:5

		CA	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA_MN	SHAPE_RA	FRAC_RA	CIRCLE_CV	CLUMPY	COHESION	AI	Rainfall
CA(類別面積)	Pearson	1	.085	515	. 948*	. 499	401	.823	.950*	.865	. 542	.438	643	.934*	.856	.918*
	相關															
	顯著性		. 892	. 375	.014	. 392	. 504	.087	.013	.058	. 345	.460	.242	.020	.064	.028
	(雙尾)															
NP(嵌塊體數	Pearson	.085	1	. 629	002	.848	.145	. 514	229	167	559	.109	054	186	278	237
量)	相關															
	顯著性	.892		.256	.997	.069	.816	.375	.711	. 789	. 327	.862	.931	. 765	.650	. 701
PD(嵌塊體密	Pearson	515	. 629	1	443	. 322	. 729	009	700	455	467	189	.027	780	876	756
度)	相關															
	顯著性	. 375	. 256		.455	. 597	.162	.988	.189	.441	. 428	.761	.966	.119	.052	.139
LPI(最大嵌塊	Pearson	.948*	002	443	1	.491	134	.851	.921*	. 975**	. 741	.620	841	. 882*	. 752	.823
體指標)	相關															
	顯著性	.014	.997	.455		. 401	.830	.067	.026	.005	.152	. 265	.074	.048	.142	.087
TE(總邊緣長	Pearson	. 499	.848	. 322	. 491	1	.140	.870	. 216	.357	072	. 549	511	. 260	.098	.132
度)	相關															
	顯著性	. 392	.069	. 597	. 401		.822	.055	. 727	. 556	. 908	. 338	. 379	.673	.875	.832
ED(邊緣密度)	Pearson	401	.145	. 729	134	.140	1	.047	449	011	.185	.251	422	557	722	622
	相關															
	顯著性	. 504	.816	.162	.830	.822		.941	. 449	.986	. 766	.683	. 479	. 329	.168	. 262
LSI(地景形狀	Pearson	.823	. 514	009	.851	.870	.047	1	.637	.759	. 377	.637	793	.623	.448	. 530
指標)	相關															
	顯著性	.087	. 375	.988	.067	.055	.941		. 247	.137	. 532	. 248	.110	. 262	. 449	. 358
AREA_MN(平均	Pearson	.950*	229	700	.921*	.216	449	.637	1	$.889^{*}$.694	. 374	599	.968**	.924*	.975**
嵌塊體大小)	相關															
	顯著性	.013	.711	.189	.026	.727	. 449	.247		.044	.194	. 535	. 286	.007	.025	.005
SHAPE_RA(形狀	Pearson	.865	167	455	.975**	.357	011	.759	. 889*	1	.870	.653	890*	. 831	.694	. 764
全距指標)	相關															
	顯著性	.058	. 789	.441	.005	. 556	.986	.137	.044		.055	.232	.043	.081	.193	.132
FRAC_RA(嵌塊	Pearson	. 542	559	467	.741	072	.185	.377	. 694	.870	1	. 543	793	. 603	. 493	. 553
體碎形維度全	相關															
距)	_															
	顯著性	. 345	. 327	. 428	.152	. 908	. 766	. 532	. 194	. 055		. 344	. 109	. 282	. 398	. 334
CIRCLE_CV	Pearson	.438	.109	189	.620	. 549	.251	.637	. 374	.653	. 543	1	722	. 464	. 298	. 203
近圓形形狀指	相關															

表 4-5-3 各年擴崩區各地景指標間相關分析

標_變異係數																
	顯著性	. 460	. 862	.761	.265	. 338	.683	.248	. 535	. 232	.344		.169	.431	.627	.744
CLUMPY(叢集指	Pearson	643	054	.027	841	511	422	793	599	890*	793	722	1	508	301	412
數)	相關															
	顯著性	. 242	.931	.966	.074	. 379	.479	.110	.286	.043	.109	.169		. 382	.623	. 491
COHESION(綠	Pearson	.934*	186	780	.882*	. 260	557	.623	.968**	.831	.603	. 464	508	1	.972**	.955*
覆地區塊連接	相關															
度)	_															
	顯著性	.020	. 765	.119	.048	.673	. 329	.262	.007	.081	. 282	.431	. 382		.006	.011
AI(聚集指標)	Pearson	.856	278	876	.752	.098	722	. 448	.924*	.694	. 493	. 298	301	.972**	1	.960**
	相關															
	顯著性	.064	.650	.052	.142	.875	.168	.449	.025	.193	. 398	.627	.623	.006		.010
Rainfall(降	Pearson	.918*	237	756	.823	.132	622	. 530	.975**	. 764	. 553	. 203	412	.955*	.960**	1
兩)	相關															
	顯著性	.028	. 701	.139	.087	.832	. 262	. 358	.005	.132	. 334	.744	. 491	.011	.010	

*. 在顯著水準為 0.05 時 (雙尾),相關顯著。

**. 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾),相關顯著。

個數:5

		CA	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA_MN	SHAPE_RA	FRAC_RA	CIRCLE_CV	CLUMPY	COHESION	AI	Rainfall
CA(類別面積)	Pearson	1	. 848	.267	. 704	.976**	.622	.958*	.876	. 308	713	937*	337	.686	.881*	542
	相關															
	顯著性		.069	.664	.185	.005	.263	.010	.051	.614	.177	.019	. 580	. 201	.048	.345
NP(嵌塊體數	Pearson	.848	1	.053	.278	. 861	.204	.918*	. 500	203	912*	779	.054	.213	. 592	118
量)	相關															
	顯著性	.069		.933	.650	.061	.742	.028	. 391	.744	.031	.120	.931	.730	. 293	.850
PD(嵌塊體密	Pearson	.267	.053	1	.726	.050	. 795	.029	. 359	.674	352	535	767	.496	.668	836
度)	相關															
	顯著性	.664	.933		.165	.936	.108	.963	. 553	.212	. 561	.353	.130	. 395	.218	.078
LPI(最大嵌塊	Pearson	.704	. 278	.726	1	. 571	.979**	. 482	.877	.877	301	784	798	.944*	.936*	973**
體指標)	相關															
	顯著性	.185	.650	.165		. 315	.004	.411	.051	.051	.622	.117	.105	.016	.019	.005
TE(總邊緣長	Pearson	.976**	.861	.050	.571	1	.467	.982**	.830	.178	651	845	172	.610	. 763	380
度)	相關															

表 4-5-4 各年無變動崩塌區各地景指標間相關分析

	顯著性	.005	.061	.936	. 315		.427	.003	.082	.774	. 234	.071	. 782	.275	.133	. 528
ED(邊緣密度)	Pearson	.622	. 204	. 795	.979**	. 467	1	.402	.830	.868	263	765	902*	.874	.904*	971**
	相關															
	顯著性	.263	.742	.108	.004	.427		. 502	.082	.056	. 669	.132	.036	.053	.035	.006
LSI(地景形狀	Pearson	.958*	.918*	.029	. 482	.982**	. 402	1	.767	.044	722	856	151	.482	. 719	286
指標)	相關															
	顯著性	.010	.028	.963	.411	.003	. 502		.130	.944	.169	.064	. 808	.412	.171	.641
AREA_MN(平均	Pearson	.876	. 500	. 359	.877	. 830	.830	. 767	1	.643	336	849	640	. 893*	. 897*	744
嵌塊體大小)	相關															
	顯著性	.051	.391	. 553	.051	.082	.082	.130		.242	. 580	.069	.245	.041	.039	.149
SHAPE_RA(形狀	Pearson	. 308	203	.674	.877	.178	.868	.044	.643	1	.148	389	770	.882*	.653	926*
全距指標)	相關															
	顯著性	.614	.744	.212	.051	.774	.056	.944	.242		.812	.517	.128	.048	. 233	.024
FRAC_RA(嵌塊	Pearson	713	912*	352	301	651	263	722	336	.148	1	.756	.035	134	602	. 224
體碎形維度全	相關															
距)																
	顯著性	.177	.031	. 561	.622	.234	.669	.169	. 580	.812		.139	.955	.829	. 283	.717
CIRCLE_CV	Pearson	937*	779	535	784	845	765	856	849	389	. 756	1	. 569	659	947*	.670
近圓形形狀指	相關															
標_變異係數																
	顯著性	.019	.120	. 353	.117	.071	.132	.064	.069	.517	.139		.317	.227	.015	.216
CLUMPY(叢集指	Pearson	337	.054	767	798	172	902*	151	640	770	.035	. 569	1	641	678	.825
數)	相關															
	顯著性	. 580	.931	.130	.105	. 782	.036	. 808	.245	.128	.955	.317		.244	. 208	.085
COHESION(緣	Pearson	.686	. 213	. 496	. 944*	.610	.874	. 482	. 893*	.882*	134	659	641	1	. 843	890*
覆地區塊連接	相關															
度)																
	顯著性	.201	.730	. 395	.016	.275	.053	.412	.041	.048	. 829	.227	.244		.073	.043
AI(聚集指標)	Pearson	.881*	. 592	.668	. 936*	. 763	.904*	.719	.897*	.653	602	947*	678	.843	1	863
	相關															
	顯著性	.048	. 293	.218	.019	.133	.035	.171	.039	.233	. 283	.015	. 208	.073		.060
Rainfall(降	Pearson	542	118	836	973**	380	971**	286	744	926*	. 224	.670	.825	890*	863	1
兩)	相關															
	顯著性	.345	.850	.078	.005	. 528	.006	.641	.149	.024	.717	.216	.085	.043	.060	

**. 在顯著水準為 0.01 時 (雙尾),相關顯著。

*. 在顯著水準為0.05 時 (雙尾),相關顯著。

個數:5

變異範圍法(Range of Variability Approach, RVA)及水文改變指標(Indicator of Hydrologic Alteration, IHA)最早被應用於評估河川流量在水利設施的興建後之改變特性,為量化河川流量受影響 的程度可以變異範圍法中的 32 個水文改變指標(Indicator of Hydrologic Alteration, IHA)及水文改變度 (degree of hydrologic alteration)來評估河川水流特性受水利設施的影響。2010 年 Suen 將其應用在評估 因氣候變遷趨勢下天然河川流量之改變,由於此法主要由歷史紀錄探討水文量與選定水文指標之古今 變化,因而本研究擬將其轉而應用於評估天然流量及極端降雨之改變。初步計算成果如下表 4-6-1 及 表 4-6-2,由此結果可知每月流量大致屬低度改變,而每年極端流量發生的時間亦屬低度改變,但年極 端流量屬中度及高度改變的有 6 個,流量變化之增減率及逆轉次數則屬高度改變。整體評估時建議當 至少有 1 個 IHA 屬於高度改變時,則歸類為整體高度改變。亦即第二組年極端流量、第四組高與低流 量之次數及延時第五組流量變化之增減率及逆轉次數等三組皆為高度改變。顯示曾文溪流域近年極端 降雨造成極端流量高度改變且高低流量之次數與延時亦高度改變,這種流量增減高度改變豐者越豐, 枯者越枯的流量型態將更不利於水資源的管理與應用。

組別	D 值(%)	
第一組	1月之流量平均值:5.2	7月之流量平均值:26.3
每個月之流量	2月之流量平均值:47.3	8月之流量平均值:15.7
	3月之流量平均值:15.7	9月之流量平均值:15.7
	4月之流量平均值:36.5	10月之流量平均值:57.8
	5月之流量平均值:15.7	11月之流量平均值:5.2
	6月之流量平均值:5.2	12月之流量平均值:5.2
第二組	年最小1日流量:15.7	年最大1日流量:89.4
年極端流量	年最小3日流量:57.8	年最大3日流量:68.4
	年最小7日流量:47.3	年最大7日流量:57.8
	年最小30日流量:26.3	年最大 30 日流量: 47.3
	年最小90日流量:26.3	年最大 90 日流量: 5.2
	年最小7日流量平均值對年平5	匀流量比值:26.3
第三組	年最小一日流量發生時間:5.2	

表 4-6-1 五組 32 各指標之 D 值 (水文改變度)

年極端流量發生時間	年最大一日流量發生時間:26.3
第四組	每年發生低流量之次數:5.2
高與低流量之次數及	每年發生高流量之次數:15.7
延時	低流量平均延時:68.4
	高流量平均延時:26.3
第五組	流量平均減少率: 89.4
流量變化之增減率及	流量平均增加率: 89.4
逆轉次數	每年流量逆轉次數:47.3

表 4-6-2 五組水文改變指標統計表

組別	低度改變(個)	中度改變(個)	高度改變(個)
第一組每個月之流量	9	3	0
第二組年極端流量	5	4	2
第三組年極端流量發生時間	2	0	0
第四組高與低流量之次數及延時	3	0	1
第五組流量變化之增減率及逆轉次數	0	1	2

4-7 均一尺度之極端降雨範圍劃分

頻率分析成果(常態分布)如表 4-7-1 所示,為了解頻率分析之空間特性,計算不同回歸週期 (2年、5年、10年、25年、50年、100年、200年、500年、1000年)各站間之變異係數(CV),可以 發現短回歸週期降雨強度之變異係數比長回歸週期降雨強度之變異係數大。應是短回歸週期之降雨強 度因降雨強度低故可能有多種形態降雨(如對流雨、梅雨、颱風暴雨)皆可能發生此水文量,因此小範 圍內空間變異大,而長回歸週期降雨屬較大之極端事件,因此較可能是颱風的超大豪雨產生,而以颱 風降雨之規模在集水區尺度各測站中所觀測得知降雨強度皆大,故空間變化較小,然部分變異可能是 受地形影響。由各站頻率分析結果製圖可劃訂集水區均一尺度之極端降雨範圍,各頻率年之降雨強度 空間分布如圖 4-7-1~圖 4-7-9 所示。雖各頻率年之強降雨集中在曾文水庫南方的曾文雨量站附近但仍 可看出較大回歸週期空間上等值區較大低迴歸週期等值區範圍較小。不同大小之回歸週期降雨等值區 之分析可獲得極端降雨均一範圍,有助於防災預警與相關設施設計量決策參考。

站名	2年	5年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年	500 年	1000年
奮起湖	67.4	83.6	92.1	101.2	107.1	112.3	117.1	123.0	127.1
曾文	74.2	90.3	98.8	107.8	113.6	118.9	123.7	129.5	133.5
新營	63.4	77.7	85.2	93.2	98.4	103.0	107.3	112.4	116.0
玉井	63.9	78.8	86.6	94.9	100.2	105.0	109.4	114.8	118.5
表胡	55.3	68.3	75.1	82.4	87.1	91.3	95.1	99.8	103.1
甲仙	64.3	78.7	86.3	94.4	99.6	104.3	108.5	113.7	117.4
關子嶺	72.8	85.5	92.1	99.1	103.7	107.7	111.5	116.0	119.2
賴頭	61.8	72.9	78.7	84.9	88.9	92.5	95.8	99.8	102.6
草嶺(嘉義)	65.7	77.9	84.3	91.0	95.4	99.3	102.9	107.3	110.4
新高口	44.6	56.9	63.3	70.1	74.6	78.5	82.2	86.6	89.7
小公田	63.6	78.8	86.7	95.2	100.7	105.6	110.1	115.5	119.4
大湖	69.9	79.5	84.5	89.8	93.3	96.4	99.2	102.7	105.1
頭凍	64.1	71.0	74.5	78.3	80.8	83.0	85.0	87.5	89.2
石磐龍	73.1	88.2	96.0	104.4	109.8	114.7	119.2	124.6	128.4
左鎮	59.3	69.6	75.0	80.7	84.4	87.7	90.8	94.5	97.0
北寮	67.1	78.5	84.5	90.8	95.0	98.7	102.0	106.1	109.0
王爺宮	64.7	76.1	82.1	88.5	92.6	96.3	99.7	103.8	106.6
環湖	65.9	79.1	86.1	93.5	98.3	102.6	106.5	111.3	114.6
大內	58.9	71.9	78.7	86.0	90.7	94.9	98.8	103.5	106.7
大棟山	67.8	79.8	86.1	92.8	97.1	101.0	104.5	108.8	111.9
關山	60.6	74.7	82.1	90.0	95.1	99.7	103.8	108.9	112.5
楠西	62.3	75.6	82.6	90.0	94.8	99.1	103.0	107.8	111.1
民生	57.1	71.3	78.7	86.6	91.7	96.3	100.5	105.5	109.1

表 4-7-1 頻率分析成果

楠溪	41.9	59.4	68.6	78.5	84.8	90.5	95.7	102.0	106.5
白河	68.5	82.0	89.1	96.7	101.6	105.9	110.0	114.8	118.2
東原	59.7	72.5	79.3	86.4	91.1	95.2	99.0	103.6	106.9
東河	57.1	71.2	78.6	86.5	91.6	96.1	100.3	105.4	109.0
下營	59.4	76.5	85.4	94.9	101.0	106.5	111.6	117.7	122.0
馬頭山	61.8	77.0	84.9	93.3	98.8	103.7	108.1	113.6	117.4
表湖	60.4	82.5	94.1	106.4	114.4	121.5	128.1	136.1	141.6
樂野	60.7	80.3	90.5	101.5	108.5	114.9	120.7	127.7	132.7
達邦	56.5	74.7	84.3	94.4	101.0	106.9	112.3	118.8	123.4
水山	44.4	61.1	69.9	79.2	85.2	90.6	95.5	101.5	105.8
CV	0.1217	0.0974	0.0935	0.0933	0.0945	0.0963	0.0983	0.1008	0.1027



圖 4-7-12 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-25 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-3 10 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-4 25 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-5 50 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-6 100 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-7 200 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-8 500 年回歸週期之降雨量分布



圖 4-7-9 1000 年回歸週期之降雨量分布

伍、結論

本研究第一年由分析極端降雨時間空間變化趨勢與土砂災害的關係起步,以極端降雨之頻率與 歷史致災累積降雨與降雨強度為基礎,再針對曾文水庫集水區為對象分析歷史崩塌、土石流、地滑 等土砂災害之致災降雨型態,並配合 GIS 資料庫之水文、地文資料,輔以 2008~2013 年之衛星影像 分析崩塌變化歷程,加以探討,劃定極端降雨水文均一區,以利後續兩年執行完成後可訂定致災臨 界降雨基準值,以利防災預警及集水區治理。並可提供相關研究單位或政府部門在土砂災害預警、 防治及水土資源保育相關研究或決策之參考。

本研究第一年成果主要重點條列如下:

已建立曾文水庫集水區的水文、地文 GIS 資料庫

衛星影像(2008-2013)資料庫建置

提供其他子計畫所需之基本水文、地文資料與水文分析

極端雨量時間空間變異特性與趨勢成果

變遷偵測理論改進

建立崩塌變遷分析模式

完成曾文水庫集水區崩塌變遷圖

劃分集水區極端降雨均一尺度範圍

目前分析顯示曾文水庫集水區承受能力在累積降雨 900mm 時仍無明顯新增崩塌,累積降雨達 1900mm 以上時則崩塌顯著增加。而若比較不同類型土砂災害之雨量啟動門檻,可以發現崩塌之啟 動門勘最低,地滑居中,土石流之啟動門檻雨量最高。由各年復育區地景指標分析其與雨量相關性, 可發現與密度相關指標具顯著相關性。由擴崩區地景指標與雨量相關性可發現與嵌塊體大小有關之 指標如面積等指標具顯著相關性。由各年無變動區地景指標與雨量相關性可發現最大嵌塊體與邊緣 形狀相關指標具顯著相關性。以上成果及均一尺度之極端降雨範圍之劃定有利於後續第二、三年計 畫訂定致災臨界降雨基準值,以利防災預警、集水區治理。

完成之研究成果及績效

綜合上述本研究第一年期間主要成果有曾文水庫集水區水文、地文資料庫建立及影像判釋崩塌變 遷判釋並完成曾文集水區崩塌變遷圖產製、水文變異分析、頻率分析及由各站頻率分析結果劃分集水 區均一尺度之極端降雨範圍等重要成果。第一年相關理論與技術之研究成果已發表3 篇期刊論文於國 內外專業期刊(含1篇SCI 期刊(IF=2.933, Ranking: 3/27)、1 篇國際期刊及1 篇國內期刊)及四篇國際國 內研討會論文,具體成果可提供極端氣候下政府相關單位對水土災害防災與流域治理之決策參考。

参考文獻

A.Badoux, J. M. Turowski1, L. Mao, N. Mathys, and D. Rickenmann "Rainfall intensity–duration thresholds for bedload transport initiation in small Alpine watersheds", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, pp. 3091-3108, 2012.

Amiri, B.J., and Nakane, K., "Modeling the linkage between river water quality and landscape metrics in the Chugoku District of Japan," Water Resource Management, Vol. 23, pp. 931–956.2009.

A.P. Hurford, D.J. Parker2, S.J. Priest and D.M. Lumbroso"Validating the return period of rainfall thresholds used for Extreme Rainfall Alerts by linking rainfall intensities with observed surface water flood events", J Flood Risk Management 5, pp.134–142, 2012.

Bendediktsson, J.A., Philip H. Swain and Okank Ersoy, Neural Network Approaches Versus Statistical Methods in Classification Remote Sensing Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28(4), pp.540-551, 1990.

Bender, Oliver, Hans Juergen Boehmer, Doreen Jens and Kim P. Schumacher, "Analysis of land-use change in a sector of upper Franconia (Bavaria, Germany) since 1850 using land register records", Landscape Ecology Vol. 20, pp.149-163, 2005.

Berti, M., M. L. V. Martina, S. Franceschini, S. Pignone, A. Simoni, and M. Pizziolo, Probabilistic rainfall thresholds for landslide occurrence using a Bayesian approach, J. Geophys. Res., 117, F04006, doi:10.1029/2012JF002367, 2012.

Brigitte Leblon, Lisa Gallant, and Hardy Granberg, "Effects of Shadowing Types on Ground-Measured Visible and Near-Infrared Shadow Reflectances", REMOTE SENS. ENVIRON.58, pp.322-328, 1996. Bruzzone, L. and D. Fernandez Prieto, "A minimum-cost thresholding technique for unsupervised change detection", INT. J. Remote sensing, 21(18), pp.3539-3544, 2000.

Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., and Reichenbach, P. "GIS Tech-niques and statistical models in evaluating landslide hazard."*Earth Surface Processes and Landform*, 16, pp.427-445,1991.

Cheng, K.S and Chiang, J.L., A probabilistic approach of landcover change detection using multitemporal images, The 35th Scientific Assembly of COSPAR, Paris, France, July 2004.

Cheng, K.S., C. Wei, and S.C. Chang, "Locating landslides using multi-temporal satellite images", Advances in Space Research, 33, pp.296-301. 2004.

Cheng, K.S., H.C. Yeh, and C.H. Tsai, "An anisotropic spatial modeling approach for remote sensing image rectification", Remote Sensing of Environment, Vol. 73, No. 1, pp.46-54, 2000.

Chen, K. S., Y. C. Tzend, C. F. Chen, and W. L. Kao, Land-Cover Classification of Multispectral Imagery Using a Dynamic Learning Neural Network, Potogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.61, No.4, pp.403-408, 1995.

Chen, Z., J. Chen, P. Shi and M. Tamura, "An IHS-based change detection approach for assessment of urban expansion impact on arable land loss in China", Int. J. REMOTE SENSING, 24(6), pp.1353-1360, 2003. Dadson, S. J., Hovious, N., Chen, H., Dade, B. W., Willett, S. D., Hu, J. C., Horng, M. J., Chen, M. C., Stark,

C. P., Lague, D. and Lin, J. C., "Links between erosion, runoff variability, and seismicity in the Taiwan orogen".Nature,426, pp.648-651, 2003.

Chu, H.-J., "Spatiotemporal analysis of vegetation index after typhoons in the mountainous watershed," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 28, pp. 20–27.2014.

de Beer, Y., van Aarde, R.J., "Do landscape heterogeneity and water distribution explain aspects of elephant home range in southern Africa's arid savannas? " Journal of Arid Environments, Vol. 72 No.11, pp. 2017–2025.2008.

Dahal, R.K., Hasegawa, S., Nonomura, A., Yama-naka, M., Dhakal, s., and Paudyal, P. "Pre-dictive modeling of rainfall-induced landslide haz-ard in the Lesser Himalaya of Nepal based on weights-of-evidence." *Geomorphology*, 102, 496-510,2008.

Diana Salciarini • Claudio Tamagnini •Pietro Conversini • Silvia Rapinesi "Spatially distributed rainfall thresholds for the initiation of shallow landslides", Nat Hazards 61, pp.229–245,2012.

Froidefonda, J. M., F. Lahetb, C. Huc, D. Doxarana, D. Guiralb, M.T. Prostd, J.-F. Ternonb ; Mudflats and mud suspension observed from satellite data in French Guiana, Marine Geology 208, pp.153-168,2004. Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., and Reich-enbach, P. "Landslide hazard evaluation : an aid to a suseainable development." *Geomorphology*, 31, pp.181-216 ,1999.

IPCC, Climate Change: impacts and Adaptation, Cambridge University Press, 2000.

IPCC website: http://www.ipcc.ch/,2006.

Kinnell, P. I. A. Rainfall intensity-kinectic energy relationships for soil loss prediction. Soil Sci. Soc. Am. J. 45, pp.153-155, 1981.

Lee, C.T., Huang, C.C., Lee, J.F., Pan, K.L., Lin, M.L., and Dong, J.J. "Statistical approach to storm event-induced landslides susceptibility."Nat-ural Hazards and Earth System SCIENCES, 8, pp.941-960,2008. Lin, C.W., Liu, S.H., Lee, S.Y., and Liu, C.C. "Impacts of the Chi.Chi. earthquake on subsequent rainfall-induced landslides in central Taiwan."*En-gineering Geology*, 86, pp.87-101,2006.

Liu, S.C., Shiu, C.J.Chen, J.P., and Fu, C.B. "Changes of precipitation intensity in East Asia." Symposium of Climate Changes in Taiwan, Taipei, 2008.

Nelson, Ross F., "Detecting forest canopy change due to insect activity using landsat MSS",

Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. 49, No. 9, pp.1303-1314, 1983.

Nemani, R.R., and Running, S.W., "Estimation of regional surface-resistance to evapotranspiration from NDVI and thermal-IR AVHRR data", Journal of Applied Meteorology, 28 (4), pp.276-284, 1989. Nearing, A. M.. Potential changes in rainfall erosivity in the U. S. with climate change during the 21st century. J. Soil and Water Conserv. 56(3), pp.229-232,2001.

M. Berti, M. L. V. Martina, S. Franceschini, S. Pignone, A. Simoni, and M. Pizziolo"Probabilistic rainfall thresholds for landslide occurrence using Bayesian approach", Journal of geophysical research,vol. 117,2012.

McGregor, K. C. and C. K. Mutchler. Status of the R factor in northern Mississipp. In: Soil erosion: Prediction and control. G. R. Foster, pp.135-142. Soil Conservation Society of America,1977 McGuffie,k.,Henderson-sellers,A.,Holbrook,N.,Kothavala, Z.,Balachova, O.and Hoekstra,J. • Assessing simulations of daily tem-preature and precipitation variability with global climate models for present and en-hanced greenhose climates, International Journal of Climatology, 19, pp.1-26, 1999.

P. Lehmann, C. Hinz, G. McGrath, H. J. Tromp-van Meerveld, and J. J. McDonnell"Rainfall threshold for hillslope outflow: an emergent property of flow pathway connectivity", Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, pp.1047-1063, 2007

Qihao, W., "Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing", GIS and stochastic modeling ; Journal of Environmental Management 64, pp.273-284, 2002.

Ridd, Merrill K. and Jiajun Liu, "A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment", Remote SENS. Environ. Vol. 63, pp.95-100, 1998.

Shieh, C. L., Y. S. Chen, Y. J. Tsai, and J. H. Wu, "Variability in rainfall threshold for debris flow after the Chi-Chi earthquake in central Taiwan, China", International Journal of Sediment Research 24, pp.177-188, 2009.

Sohl, Terry L., "Change analysis in the United Arab Emirates: an investigation of techniques", Photogrammetric engineering & remote sensing, 65(4), pp. 475-484, 1999.

Teng, S. P., J. L. Chiang , Y. K. Chen , K. S. Cheng, "Hypothesis-test-based landcover change detection using multitemporal satellite images", Committee on Space Research 36th COSPAR Scientific Assembly, 2006.

Van der Meer, F., "Extraction of mineral absorption features from high-spectral resolution data using non-parametric geostatistical techniques", International Journal of Remote Sensing, 15, pp.2193-2214, 1994.

Wu, Yii-Chen, Ju-Chen Hou, Jun-Jih Liou, Yuan-Fong Su, Ke-Sheng Cheng, "Assessing the impact of climate change on basin-average annual typhoon rainfalls with consideration of multisite correlation", Paddy Water Environ, pp.103-112,2012,oct.

Xie, M., Esaki, T., and Zhou, G. "GIS-Based Probaailistic Mapping of Landslide Hazard Using a Three-Dimensional Deterministic Model."Natural Hazards, 33,, pp.265-282,2004.

Yuan, Ding, Christopher D. Elvidge, and Ross S. Lunetta, "Chapter 2 Survvy of multispectral methods for land cover change analysis", Remote sensing change detection : environmental Monitoring methods and applications, Taylor & Francis, 1999.

Zurada, Jacek M., Introduction to Artificial Neural System, PWS publishing company, 1995.

IPCC 2007 氣候變遷第四次評估報告,國家災害防救科技中心年報, pp.107-110, 2007。

王文能、尹承遠、吴尚志、吴仁明,「以 STOT 影像進行崩塌地調查與變動分析」,行政院農業委員會 水土保持局,2004。

江介倫,「氣候變遷對台灣年降雨沖蝕指數之可能影響」,地理學報,68期,2013。

江介倫、邱宏彬,「氣候變遷情境下土壤沖蝕可能變化」,水土保持研究,第16卷第6期,pp.229-234,2009年12月。

江介倫、黃國禎、蔡光榮、葉家勳、謝東達,「氣候變遷情況下高屏溪流域懸浮載的可能變化」,北 京科技大學學報,30卷,增刊1,2008。 江介倫、劉俊志,「衛星影像於台灣地區淹水範圍判識之應用可行性評估」,科學與工程技術期刊, 7(4), pp. 1-7, 2011 年 12 月。

江介倫、鄭克聲,「指標克利金空間推估應用於衛星遙測影像分類」,航測及遙測學刊,第9卷,第 2期,pp.43-58,2004年6月。

江介倫、鄭克聲,「訊息熵在雨量站網設計之應用」,農業工程學報,第46卷第4期,pp.55-66,2000年12月。

江介倫、劉子明、童慶斌、蔡光榮,「基於不同大氣環流模型評估氣候變遷對高屏溪流域河川流量的 影響」,水利學報,第41卷第2期,pp.148-154,2010年2月。

林文賜、林昭遠、周文杰、黃碧慧,921 震災崩塌地景變遷監測之研究-以九九峰爲例,明道學術論 壇,3卷1期,pp.189-200,2007年08月。

林文賜、廖紹安、張文詔、周建明、洪耀明,應用支援向量機於九份二山崩塌地變遷評估之研究,水保技術,3卷3期,pp108-116,2008年06月。

林裕彬,2003,應用遙測影像與景觀生態計量方法於集水區土地利用變遷之研究-以陳有蘭溪集水區為例,行政院農委會水土保持局,九十二年度土石流防災暨監測科技計畫成果彙編,臺北。

林裕彬,曾正輝,鄧東坡,2002,「景觀生態指數於集水區整體景觀時空間型態變遷探討」,農業工程 學報,第48卷,第1期,第64-81頁。

行政院農業委員會水土保持局 94 年度年報,2005。

林俐玲、謝銘、林明義、杜怡德,九份二山崩塌地對土壤水分特性之研究,中華水土保持學報,33卷 2期,pp.79-86,2002年6月。

阮聖裕,類神經網路應用於地表覆蓋之研究,國立台灣大學農業工程研究所碩士論文,1994。

吴一德 余化龍 蘇澳地區降雨機制變遷討論九十八年度農業工程研討會 2009

吴明進,「氣候變遷對台灣氣候之影響」,氣候變遷衝擊評估與因應策略建議研討會論文集」,台北, 1996。

周天穎、葉昭憲、洪正民,「集水區優先整治區域評選之研究」,台灣水利49(1),pp.54-63,2001。 馬明明,台灣中部與台北地區降雨特性及沖蝕性關係之研究,國立中興大學土木工程研究所碩士論 文,1995。

柳中明、王維強、吳明進,台灣地區未來氣候之評估,台灣地區氣候變遷及影響研討會,1995。

柳中明編,氣候變遷、衝擊、因應與永續發展研究進展 2005(下),國立台灣大學全球變遷研究中心、國立中央大學環境研究中心、國科會永續發展研究推動委員會,2005。

財團法人成大研究發展基金會,「曾文水庫集水區崩塌地調查計畫報告」,經濟部水利署南區水資源局,2005。

陳志豪,「集集地震後荖濃溪流域崩塌發生特性分析」,成功大學地球科學系碩士論文,2009。

陳樹群、吳俊鋐,「莫拉克颱風引致小林村堰塞湖之形成與潰決歷程」,中華水土保持學報,40(4), pp.375-390,2009。

陳俞瑾,應用地理資訊系統分析台東區潛在崩塌地特性之研究,國立屏東科技大學碩士論文,2005。 陳樹群、吳俊鋐、王雁平,「地震或降雨誘發崩塌之崩塌特性探討」,中華水土保持學報,41(2), pp.94-112,2010。

陳樹群、吳俊毅、謝政道,「崩塌危害分析模型之建立——以臺北水源特定區為例」,中華水土保持學報,

43(4) , pp.332-345 , 2010 .

陳樹群、馮智偉,「應用 Logistic 迴歸繪製崩塌潛感圖——以濁水溪流域為例」,中華水土保持學報,36(2), pp.191-201,2005。

陳樹群、諸予涵、吳俊鋐,「旗山溪集水區長期降雨特性改變與崩塌分布關係」,中華水土保持學報, 43(4),pp.293-301,2012。

陳儒賢、許臣王、,台灣地區區域性設計雨型建立之研究九十八年度農業工程研討會,2009。

許中立、鍾斌全、戴欣怡,太麻里溪集水區降雨崩塌對河道淤砂之影響,坡地防災學報,7(1), pp.1-21,2007年3月。

張世駿、江介倫、吳進龍、鄭克聲、陳增壽,「衛星遙測影像應用於變遷偵測之研究」,農業工程學報,第52卷第3期,pp.21-31,2006年9月。。

郭育全,分散度指標應用於遙測影像分類特徵選取之研究,國立台灣大學農業工程研究所碩士論文, 1997。

張振生、王志豪、劉維、廖禎茹、陳信雄,921 地震後溪頭水文分佈特性與土石流防災相關之研究, 中華林學季刊,37(3),pp.283-292,2004。

常健行,應用衛星影像於土地變遷偵測方法之研究,中央大學土木工程研究所碩士論文,1995。

- 張崑宗、劉進金,「利用類神經網路方法於高解析衛星影像及地形資料之崩塌地辨識_以九份二山 為例」,航測及遙測學刊,第11卷,第2期,2006。
- 黄宏斌、廖翊鈞,崩坍對河道冲淤之影響研究,中華水土保持學報,22(1),pp.69-83,1991。
- 黃雅莉,2011,高屏溪流域國有林崩塌地之變遷與植生恢復,碩士論文,國立屏東科技大學,森林系, 屏東。
- 童慶斌、楊奕岑,氣候變遷對台灣水文環境之衝擊,全球變遷通訊雜誌,第四十四期,2004年12月。 游繁結、周天穎、葉昭憲、林文賜,「地理資訊系統於集水區防砂整治率估算之應用」,中華水土保 持學報 33(1), pp.1-9,2002。

游繁結、周天穎、葉昭憲、賴如慧,「集水區整治率評估模式之探討」,中華水土保持學報 30(2), pp.137-147,1999。

葉惠中,區域化變數理論與隨機變域模擬在雨量站網設計之研究,國立台灣大學農業工程學研究所博 士論文,1999。

- 葉春國,廖學誠,詹進發,黃正良,薛美莉,2012,「地景指標與溪流水中硝酸鹽濃度關係之探討-以水里溪上游集水區為例」,中華水土保持學報,第43卷,第2期,第109-122頁。
- 楊婉嘉,土壤沖蝕指數模式之建置與應用,國立屏東科技大學碩士論文,2006。

詹錢登、李明熹,土石流發生降雨警戒模式,中華水土保持學報,35(3), pp.275-285,2004。

劉文賢,大高雄地區崩塌因子量化之研究,國立屏東科技大學碩士論文,2005。

劉守恆、林慶偉,「SPOT衛星影像之崩塌地自動分類研究」,航測及遙測學刊,9(2),pp.9-22, 2004。

衛強、魏聰輝、葉惠中、陳彥璋、江介倫,「利用地理統計及離散資訊熵進行雨量站觀測網設計之研 究-以臺大實驗林轄區為例」,作物、環境與生物資訊,8卷1期,pp.58-74,2011。

鄭士仁,「降雨深度最佳估計方法之研究及其應用於地區雨量站網之規劃設計」,碩士論文,國立台 灣大學農業工程研究所,1993。 諸予涵、吳俊鋐、陳樹群,1960至2008台灣降雨量特性變遷之探討九十八年度農業工程研討會,2009。 鄭克聲等,因應環境變遷之水文規劃設計研究,經濟部水利署,2002。

謝龍生、柳文成、童慶斌,氣候變遷對大漢溪及新店溪流域防洪系統潛在衝擊影響之研究,農業工程 學報,第50卷第3期,2004年9月。

顏君毅,張中白,2007,「遙測影像技術與勘災/防災運用」,國土資訊系統通訊,第61期,第57-68頁。

鐘育櫻,「921 集集大地震前後降雨與崩塌地特徵之比較」,臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文, 2005。

科技部補助專題研究計畫出席國際學術會議心得報告

日期:103 年 5 月 15 日

計畫編號	MOST 102-2625-M-020 -001					
計畫名稱	極端降雨影響下南台灣水庫集水區水文環境變異引致坡地二次土砂災害					
	之降雨基準值分析研究(I)					
出國人員 姓名	江介倫	服務機構 及職稱	屏東科技大學			
會議時間	103年4月26日至 103年5月5日	會議地點	奧地利維也納			
合举力项	(中文) 2014 歐洲地球科學聯盟年會					
曾硪石柟	(英文) European Geosciences Union, General Assembly 2014(EGU2014)					
發表題日	Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the					
	Goodwin Creek Experimental Watershed					

一、參加會議經過

由於國科會對本計畫的支持,及出席國際研討會的補助,使計畫研究成果得以透 過2014歐洲地球科學聯盟年會讓世界各國的學者們知道我們的研究成果,此行也有助 於瞭解世界各國在相關領與的研究趨勢與進展。EGU年會為相當重要且著名的國際學 術研討會議,此次與會不僅可提高台灣在學術領域之能見度,還可以提升學校知名度, 結識相關領域之國際學者,並獲取最新的科研資訊。

本年 EGU 年會舉辦日期為 2014 年 4 月 26~5 月 5 日。地點為:奧地利、維也納 之「維也納國際會議中心(Vienna International Center)」;維也納是奧地利最大的城市和 政治中心,人口約有 160 萬人。聯合國工業發展組織、石油輸出國組織和國際原子能 機構的總部以及許多其他國際機構均設於維也納。除紐約和日內瓦外,維也納為第三 個聯合國城市。本屆 EGU 研討會場即位於 1979 年建成的奧地利國際中心又稱 "聯合 國城",氣勢雄偉,是許多聯合國機構的集中地。

後學及其他台灣之學者如中興大學盧昭堯教授、長榮大學蔡光榮教授、陳怡睿教授、屏東科技大學李明熹助理教授、樹德科技大學楊翰宗副教授等多位教授於當地時

間 2014 年 4 月 27 日下午至會場辦理報到手續,並領取相關資料。

此次會議議題廣泛,包括大氣科學、水文水資源、天文學、氣象、地質、海洋、 自然災害、衛星遙測等二十餘類大領域。本次研討會有來自美洲、歐洲、亞洲、非洲、 俄等 106 國家之專家學者,世界各國超過 12437 位科學家參加,本次年會有 568 個發 表的場次(session),較去年多了一百多個場次,有 4,829 論文篇口頭發表,超過 9583 篇的研究成果海報(posters)展示及 483 個 PICO 發表。此次台灣共有 109 人參加,較去 年略少,以德國最多有 2097 人,英國及法國參加人數次之,各有 1120 與 975 位,各 國參加人數詳如表 1,會中並有相關學會、儀器、書籍廠商等之攤位,提供其最新產品 資訊及交流訊息。

•	
Germany	2.097
United Kingdom	1.120
France	975
Italy	869
United States	855
Austria	636
Switzerland	584
Spain	474
Netherlands	418
Russian Federation	354
Norway	279
Belgium	267
China	237
Sweden	211
Canada	187
Poland	186
Korea, Republic Of	186
Czech Republic	184
Denmark	175
Japan	170
Greece	165
Australia	159
Turkey	146
Finland	125
Taiwan	109
Israel	97
Portugal	97

表1各國參加人數

Romania	93	
Hungary	91	
Brazil	79	
Ireland	56	
Mexico	44	
Slovakia	43	
Saudi Arabia	41	
India	33	
New Zealand	33	
Iceland	32	
Croatia	31	
Estonia	30	
Bulgaria	28	
South Africa	28	
Serbia	25	
Ukraine	23	
Slovenia	23	
Chile	17	
Taiwan, Province Of China	16	
Algeria	13	
Latvia	12	
Philippines	12	
Singapore	12	
Luxembourg	12	
Cyprus	11	
United Arab Emirates	8	
Colombia	8	
Lithuania	8	
Pakistan	8	
Egypt	8	
Tunisia	8	
Hong Kong	8	
Georgia	6	
Ecuador	6	
Kazakhstan	6	
Armenia	6	
Argentina	6	
Ethiopia	5	
Morocco	5	
Oman	4	
Libya	4	

Nepal	3
Uzbekistan	3
Faroe Islands	3
Peru	3
Malta	3
Martinique	3
Belarus	2
Qatar	2
Benin	2
Jordan	2
Azerbaijan	2
Sudan	2
Kenya	2
Lebanon	2
Namibia	2
Indonesia	2
Iraq	2
Sri Lanka	2
Bosnia And Herzegovina	1
Macedonia, The Former Yugoslav Republic Of	1
Andorra	1
Madagascar	1
Cameroon	1
Jamaica	1
Tanzania, United Republic Of	1
Bermuda	1
Syrian Arab Republic	1
Burkina Faso	1
Mongolia	1
French Polynesia	1
Puerto Rico	1
Guadeloupe	1
Afghanistan	1
Svalbard And Jan Mayen	1
Nigeria	1
New Caledonia	1
Malaysia	1
Trinidad And Tobago	1
Unknown	71
Total:	12.437

國內會學者包含後學及台灣大學、中央大學、中興大學、成功大學及屏東科技大 學等 109 位專家學者。此次發表題目是"Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the Goodwin Creek Experimental Watershed"於 5 月 1 日當日 上午到現場張貼海報,之後去參加相關議題之口頭發表,聽取國際相關論文報告。於 下午 17:00 再到海報現場進行海報解說與交流,期間有多位國外學者對後學研究感興 趣並熱烈討論。

期間討論學者如美國農部 ARS Dr.Eddy 與其討論 ARS 提供的 goodwin 資料可靠度 與問題。另與其他國家學者如德國研究機構挪威博士後與大陸華東理工張教授等討論 交流。



圖 2 與會學者討論實況

-R402

圖 3 海報發表現場實況



圖 4 海報發表交流討論實況



圖 5 與大陸華東理工張教授討論

會中流討論實況如圖 2~圖 5 之照片;。並撥空參訪儀器展示攤位與國外研究機構攤位。

其中印象較深刻之場次如下列:

HS5.1

Catchment Science and management: providing evidence for environmental directives

Convener: Mark Wilkinson (| Co-Conveners: Jennine Jonczyk (and Marianne Bechmann)

Orals

/ Thu, 01 May, 08:30-12:00 / Room R8

Posters

/ Attendance Thu, 01 May, 17:30-19:00 / Red Posters

Poster Summaries & Discussions: PSD21.3 / Thu, 01 May, 16:30-17:15 / Room R7

HS2.3.4

Innovative sensing techniques and data analysis approaches to increase hydrological process understanding

Conveners: Heye Bogena and Markus Hrachowitz | Co-Conveners: Markus Weiler , Laurent Pfister , and Hilary McMillan Orals / Thu, 01 May, 08:30–10:00 / Room R11 Posters
HS2.3.1

Understanding catchment and hillslope responses: from changing states and non-linearities to emergent behaviours

Convener: Daniele Penna Co-Conveners: Ilja van Meerveld Cand Luisa Hopp Co-Conveners: Ilja van Meerveld Conveners: Ilja van Meerveld

Orals

/ Thu, 01 May, 10:30-12:00 / Room R11

Posters

/ Attendance Thu, 01 May, 17:30–19:00 / Red Posters

SSS2.3/HS8.3.11

Soil and water conservation for sustainable land management (co-organized)

Convener: Saskia Keesstra | Co-Conveners: John Quinton |, Eli Argaman |, and Jose Alfonso Gomez |Orals

/ Thu, 01 May, 13:30-15:15 / Room B6

Posters

/ Attendance Thu, 01 May, 17:30-19:00 / Blue Posters

HS4.1/AS4.18/GM7.14/NH1.7

Flash floods and associated hazards: monitoring, forecasting, preparedness and coping strategies (co-organized)

Convener: Marco Borga (Co-Conveners: Eric Gaume , Jonathan Gourley, Giuseppe Tito Aronica, Isabelle RUIN, Emmanouil Anagnostou, and Massimiliano Zappa Orals / Thu, 01 May, 15:30–17:00 / Room R11 Posters

/ Attendance Thu, 01 May, 17:30–19:00 / Red Posters

Poster Summaries & Discussions: PSD21.1 / Thu, 01 May, 13:30-14:15 / Room R7

HS4.3/AS1.17/NH1.10

Ensemble hydro-meteorological forecasting (co-organized)

Convener: Schalk Jan van Andel | Co-Conveners: Maria-Helena Ramos , Sara Liguori , Florian Pappenberger , Jutta Thielen-del Pozo , YI HE , and Ronald Hutjes Orals / Thu, 01 May, 08:30–12:00 / Room R6 Posters

/ Attendance Thu, 01 May, 17:30–19:00 / Red Posters

二、與會心得

感謝國科會對本計畫的支持以及今年出席國際研討會的補助,使計畫研究成果得 以透過2014歐洲地球科學聯盟年會讓世界各國的學者們認識台灣的學者及了解我們的 研究成果,此行也有助於瞭解世界各國在相關領與的研究趨勢與成果。「歐洲地球科學 學會(The European Geosciences Union, EGU)」為於2002年由『歐洲地球物理學會(the European Geophysical Society, EGS)』與『歐洲地球科學聯盟(the European Union of Geosciences, EUG)』兩學會合併而成。主要目的為推動、創新與跨領域的組織,致力 於地球及環境與太空等科學之發展,為目前歐洲最大型的地球科學聯盟,而EGU 年會 為相當重要且著名的國際學術研討會議,歐洲的德國、法國,美洲的美國等先進國家 每年都有許多科學家參與此盛會,此次與會不僅可提高台灣在學術領域之能見度,還 可以提升我校知名度,結識相關領域之國際頂尖學者,並獲取最新的科研進展資訊, 個人能出席此次國際學術盛會,深感慶幸。此次後學參加的場次,除了水文相關現象 與歷程外,主要集中於氣候變遷及遙測水文這兩個主題,其中水文議題有很多是探討 氣候變遷的影響與衝擊。在觀摩國外學者的研究後,發現部分概念對於後學相關的研 究極具參考價值,此行獲益良多。

三、發表論文摘要

發表題目: Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the Goodwin Creek Experimental Watershed

摘要1

Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the Goodwin Creek Experimental Watershed

Jie-Lun Chiang (1), Kuang-Jung Tsai (2), Yie-Ruey Chen (2), Ming-Hsi Lee (1), and Jai-Wei Sun (1)
(1) Dept. of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science & Technology, Pingtung, Taiwan(jlchiang@mail.npust.edu.tw),

(2) Dept. of Land Management and Development, Chang Jung Christian UniversityStrong correlation exists between river discharge and suspended sediment load. The relationship of discharge and suspended sediment load was used to estimate suspended sediment load by using regression model, artificial neural network and support vector machine in this study. Records of river discharges and suspended sediment loads in the Goodwin Creek Experimental Watershed in United States were investigated as a case study. Seventy percent of the records were used as training data set to develop prediction models. The other thirty percent records were used as verification data set. The performances of those models were evaluated by mean absolute percentage error (MAPE). The MAPEs show that support vector machine outperforms the artificial neural network and regression model. The results show that the MAPE of the proposed SVM can achieve less than 14% for 120 minutes prediction (four time steps). As a result, we believe that the proposed SVM model has high potential for predicting suspended sediment load.

摘要2

Potential and Distribution of Rainfall-induced Landslide

Yie-Ruey Chen (1), Kuang-Jung Tsai (1), Jing-Wen Chen (2), Jie-Lun Chiang (3), and Yu-Li Ho (1) (1) Dept. of Land Management and Development, Chang Jung Christian University, Tainan, Taiwan. (yrchen@mail.cjcu.edu.tw, +886-6-2785902),

(2) Dept. of Civil Engineering, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan.,

(3) Dept. of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan.

Recently, because technological and economic development, the original plain area in Taiwan has been nearly fully developed and human development has extended to the hillside area. Human development coupled with the global impact of extreme weather, typhoons and heavy rains caused the hillside disaster. The scope and impact extent of the damage are more serious than ever before. For this reason, the establishment of an assessment model to evaluate potential and distribution of rainfall-induced landslide hazard event is essential to disaster prevention. In this study, the Genetic Adaptive Neural Network was implemented in the analysis techniques for the interpretation of satellite images before and after typhoons and to obtain surface information and hazard log data, and multivariate instability index was employed to establish evaluation model of landslide potential. Nine landslide potential factors are included: slope, aspect, elevation, geology, distance from the fault, distance from water, slope disturbance, slope roughness, and effective accumulated rainfall. The module of spatial analysis in geographic information system and digital elevation model were employed to obtain information of ridge and water system and to explore characteristics of landslide distribution.

Results of image classification show that the values of coefficient of agreement for eight different time periods are at intermediate-high level. The predicted potential of landslide is in reasonable confidence level. The results show that effective accumulated rainfall and geology are the most important factors and that distance from the fault, aspect, slope disturbance, elevation, and slope are secondly important. The results also show that the number and volume of landslide increase after each typhoon rainfall and are approximately proportional to effective accumulative rainfall. Generally, the landslides after typhoon Morakot in 2009 are evenly distributed and several large landslide areas were found. The landslide areas after typhoon Fanapi in 2010, Nanmadol in 2011, and Saola in 2012 are close to ridges and the scale is small. However, the landslide areas near river are small in number and large in scale. This may be due to the completeness of vegetation cover.

R402 EGU2014-5285 (HS9.4/GM7.10)



國立屏東科技大學 National Pingtung University of 水土保持系



Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the Goodwin Creek Experimental Watershed

Jie-Lun Chiang (1), Kuang-Jung Tsai (2), Yie-Ruey Chen (2), Ming-Hsi Lee (1) and Jai-Wei Sun (1)

(1) Dept. of Soil and Water Conservation, Pingtung University of Science & Technology, Pingtung, Taiwan (ichiang@mail.npust.edu.tw) (2) Dept. of Land Management and Development, Chang Jung Christian University, Tainan, Taiwan

Strong correlation exists between river discharge and suspended sediment load. The relationship of discharge and suspended sediment load was used to estimate suspended sediment load by using regression model(RE), artificial neural network(ANN) and support vector machine(SVM) in this study. Records of river discharges and suspended sediment loads in the Goodwin Creek Experimental Watershed in United States were investigated as a case study. Seventy percent of the records were used as training data set to develop prediction models. The other thirty percent records were used as verification data set. The performances of those models were evaluated by mean absolute percentage error (MAPE). The MAPEs show that support vector machine outperforms the artificial neural network and regression model. The results show that the MAPE of the proposed SVM can achieve less than 14% for 120 minutes prediction (four time steps). As a result, we believe that the proposed SVM model has high potential for predicting suspended sediment load.

A. Study Area

Goodwin Creek Experimental Watershed

(general information)

Basin area: 21.3 sq. km

Location: in the north central part of the state of Mississippi. Selected records: training: 1688, testing:865 (1997-2007)



(1/2)

B. Methods

SVM

Support Vector Machine (SVM) which was proposed by Cortes and Vapnik, (1995), tries to find the best estimate under limited samples between model complexity and learning ability.

SVM tool: LIBSVM was used in this study

The structural risk minimization, that should be composed of two parts



R402 EGU2014-5285 (HS9.4/GM7.10)



Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the Goodwin Creek Experimental Watershed



RE Multiple Regression Analysis

S = aQ(t-1) + bQ(t-2) + cQ(t-3) + dSu+e

C. Input Data

Input: Q(t-1), Q(t-2), Q(t-3), Sediment concentration of upstream

D. Evaluation



E. Conclusion

The MAPEs show that support vector machine outperforms the artificial neural network and regression model. The results show that the MAPE of the proposed SVM can achieve less than 14% for 120 minutes prediction (four time steps). As a result, we believe that the proposed SVM model has high potential for predicting suspended sediment load.

onservation

Acknowledgments The provision of hydrological and geomorphologic data of the Goodwin Creek Experimental Watershed is released by the National Sedimentation Laboratory, Agricultural Research Service, in Oxford, Mississippi, USA, is gratefully acknowledged. 隨著時代的進步,今年 EGU 研討會議提供本次研討會專屬的 App 提供 iPhones 及 Android 系統下載安裝,因為每年有近萬位科學家參加,因此這麼多的主題與研究發表 也的確有必要方便查詢與規劃參與之議程,試用了一下頗為方便,相信這可能成為未 來大型研討會的一個趨勢。未來我國承辦國際研討會可參考此作法。

本次參與發現世界各國積極投入氣候變遷之影響及衝擊量化的研究;我國可以此為目標。而中央大學太空遙測中心有科技部計畫免費申請影像之額度,對研究助益甚 大,也證明我們已經追上世界先進國家的作法,此部分若能增加申請的影像圖幅範圍 數量,提供學術研究,將對於我國衛星遙測應用技術之發展有更明顯幫助。

另外歐美等先進國家的研究機構也在會場設有攤位介紹其機構與研究成果,亞洲 方面如中國日本也設有攤位,建議我國也可在此場合佈設研究機各的攤位,展現研發 成果及促進世界交流與拓展科學外交。

此外感謝國科會補助專家學者出國交流,可增加國內研究人員之國際觀及對世界 研究趨勢之瞭解,並且增加我國研發成果之國際能見度,並可促進國際之學術交流與 合作。可謂一舉數得,可使我國研發能力與歐美先進國家齊頭並進。

五、攜回資料名稱及內容

參加本次會議所攜回之資料如下:

- 1. 會議資訊及議程手冊。
- 2. 會議論文電子檔。

與會學者資料及相關參展廠商的資訊。

六、其他

研討會接受函與邀請函:

接受函

Dear Jie-Lun Chiang,

We are pleased to inform you about the acceptance of your following Abstract for the EGU General Assembly 2014: EGU2014-5285 Suspended Sediment Load Prediction Using Support Vector Machines in the Goodwin Creek Experimental Watershed by Jie-Lun Chiang et al. accepted in HS9.4/GM7.10 The organizers will schedule your contribution and decide about its presentation type by 12 March 2014 and you will be informed accordingly. Detailed information on the pre-registration as well as the hotel booking are provided on the conference webpage http://www.egu2014.eu In case any questions arise, please contact us!

Kind regards, Katja Gänger Copernicus Meetings egu2014@copernicus.org

on behalf of the Programme Committee Chair

Copernicus.org Meetings & Open Access Publications

Copernicus Gesellschaft mbH Bahnhofsallee 1e • 37081 Göttingen • Germany

Jie-Lun Chiang National Pingtung University of Science & Technology Department of Soil and Water Conservation No. 1, Shuehfu Rd., Neipu, 912 Pingtung Taiwan Your Contact:

Katrin Krüger Conference Manager Phone +49-551-900339-22 Fax +49-551-900339-70

meetings@copernicus.org www.copernicus.org 05 February 2014 | Page 1/1

Letter of Invitation

Passport No: Date of Birth (mm/dd/yyyy): 2/9/1972

Dear Prof. Jie-Lun Chiang,

As local organizer of the forthcoming General Assembly 2014 of the European Geosciences Union to be held in Vienna, Austria, 27 April – 02 May 2014, we cordially invite you to participate in this event.

It should be understood that this personal invitation is only meant to help you to raise travel funds or to obtain a visa; it is not a commitment on the part of the organizers to provide financial support. In order to meet international travel arrangements, we extend the period of our invitation from 26 April – 04 May 2014.

In order to facilitate the issuance of appropriated visas we inform you that you must be in possession of a health insurance contract, according to the regulation in that particular field, covering any health problems during your period of stay in Austria.

We are looking forward to meeting you in Vienna.

Kind regards,

K.K ny Katrin Krüger 🛛

Conference Manager

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2015/01/30

科技部補助計畫	計畫名稱:子計畫:極端降雨影響下南台灣水庫集水區水文環境變異引致坡地二次土砂災 害之降雨基準值分析研究(I)				
	計畫主持人: 江介倫				
	計畫編號: 102-2625-M-020-001- 學門領域: 永續發展研究-工程技術				
田路十田夕轮	(中文) 機率概念之影像變遷偵測技術				
研發成未名柟	(英文) Probabilistic Image change detection technology				
成果歸屬機構	國立屏東科技大學 發明人 ^{江介倫} (創作人)				
技術說明	(中文)一般變遷偵測技術常應用在衛星影像判釋土地利用變遷上,而大多數變遷偵測方 法需要設定變遷基準門檻值,而以往此門檻值設定較為主觀,因此提出此技術加 以改進,技術假設前後期未變遷區域影像之像元灰階符合特定機率分佈密度函數 (probability density function),並以此聯合機率訂定顯著水準與建立信賴區 間,以信心水準的方式訂定變遷門檻值。此技術可以使變遷門檻值的決定有客觀 標準,並且在決定某像元是否為變遷像元的同時,可以了解指定其為變遷的機率 或是信心水準。				
	(英文) Most change detection techniques require a threshold during identifying pixels as change or non-change. This is a probabilistic based change detection technology. The pixels of no change are assumed fallowing a specific probability density function. This technology provided a statistical confidence level to explain how much confidence we have when some pixels are detected as changed pixels.				
產業別	光學及精密器械製造業,研究發展服務業,其他專業、科學及技術服務				
技術/產品應用範圍	影像分析,變遷偵測,衛星影像應用,防災				
技術移轉可行性及 預期效益	防災與環境監測相關之政府單位或相關產業,使變遷偵測更精準快速。				

註:本項研發成果若尚未申請專利,請勿揭露可申請專利之主要內容。

102 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人:江介倫

計畫編號:102-2625-M-020-001-

計畫名稱:極端降雨事件引致南台灣水庫集水區坡地二次土砂複合災害型態之運移機制調查分析與避 難疏散因應對策研究--子計畫:極端降雨影響下南台灣水庫集水區水文環境變異引致坡地二次土砂災 害之降雨基準值分析研究(I)

		量化				備註(質化說	
成果項目		實際已達成 數(被接受 或已發表)	預期總達成 數(含實際已 達成數)	本計畫實 際貢獻百 分比	單位	明:如數個計畫 共同成果、成果 列為該期刊之 封面故事 等)	
	論文著作	期刊論文	1	1	100%	答扁	水文改變指標於 水文環境變遷之 分析與應用
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	3	2	150%		氣候 變 遷 與 水 文 相 關 成 果
		專書	0	0	100%		
周内	重利	申請中件數	0	0	100%	件	
國內	守们	已獲得件數	0	0	100%	17	
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
	論文著作	期刊論文	2	2	100%	篇	分別屬衛星影像 分析與應用成果 及氣候變遷影響 等相關成果
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		氣候 變 遷影 響相 關成果
		專書	0	0	100%	章/本	
國外	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

(果得作力術項列)於如獎、及發等。	其他成果 去以量化表達之成 辦理學術活動、獲 項究成果國際影響 之具體效益事 人 ,請以文字敘述填)	近氣端為不研料水期引與探(一文崩崩圍期災幾變雨水會計之集完坡雨。水異變塌塌。刊害龜邊的區加畫水水成地強本文(三變擴闢晶的變經速藉文區三二度研地)分變擴闢晶的經濟主由、為年次為究文準以前相關支援。 南下降理沖析文象究砂礎一集融。 前一次有相對分子。 一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個	『地區屢屢受到重創,造 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「小山」」。 「一」 「一」」。 「一」」 「一」」	成民眾嚴重的生命與財產損失,在 件,在未來可能發生更頻繁,而極 發生與嚴重程度。土砂災害之控管 添基重程度,而極 發生與嚴時空分佈不均產安全。本 勢之分佈不財產合好」。 一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個一個
	成月	果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教	測驗工具(含質性與	量性)	0	
成處	電腦及網路系統或工具		0	
計 ★			0	
宣加	■ 舉辦之活動/競賽		0	
填	真 研討會/工作坊		0	
項	項 電子報、網站		0	
H	計畫成果推廣之參與	與(閱聽)人數	0	

科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值(簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性)、是否適 合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等,作一綜合評估。

1.	請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估
	達成目標
	□未達成目標(請說明,以100字為限)
	□實驗失敗
	□因故實驗中斷
	□其他原因
	說明:
2.	研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形:
	論文:■已發表 □未發表之文稿 □撰寫中 □無
	專利:□已獲得 □申請中 ■無
	技轉:□已技轉 □洽談中 ■無
	其他:(以100字為限)
	本研究相關部分成果已發表計有1篇 SCI 期刊(IF=2.993, Ranking:3/27)、1篇
	國際英文期刊及1篇國內期刊,共3篇。另有一篇撰寫中。研討會部分已發
	表國內外著名專業研討會4篇。以上成果主要為衛星影像處理應用及氣候變
	邊與水文相關成果。
3.	請依學術成就、技術創新、社會影響等方面,評估研究成果之學術或應用價
	值(間要敘述成未所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性)(以
	300 于荷限)
	近幾千颱風迴後南部地區屢屢受到重創,這成氏承嚴重的生命與財產損失,
	任
	而極端降雨的變化與降雨型悲將影響土砂災害的發生與嚴重程度。故本研究
	另一年針對買又水犀集水區為對家分析歷史朋瑜、土石流、地演等土砂災害 > 3. 《四工則作》即於中上二左四次化工业游得上地四工則鄉工土人繼上店
	之致災降雨型悲以期於完成二年研究後可以獲得極端降雨影響下南台湾水庫
	集水區水又壞境變共引致坡地二次土砂災害之降雨基準值。以極端降雨之頻
	率與歷史致災系積降雨與降雨强度為基礎,再輔以 2008~2013 年之衛星影像
	分析崩塌變化歷程,加以探討。本研究第一年王要成果計有:
	(一)獲取極端兩重時間空間變異特性與水文變異
	(二) 極端降雨事件發生頻率與強度的變化趨勢
	(三)變遙俱測理論改進
	(四) 崩塌變遷分析模式建立
	(五)由各站頻率分析結果訂定集水區均一尺度之極端降雨範圍。

相關理論與技術之研究成果已發表 3 篇論文於國內外專業期刊(含 1 篇 SCI 期刊),具體成果可提供極端氣候下政府相關單位對水土災害防災與流域治理 之決策參考。