
利用福衛影像之新創平台進行多時期
衛星影像於土砂災害活躍區域之研究

**Establishing new procedures for evaluating
landslide vulnerability in southern
Taiwan by multitemporal images directly
retrieved from a dedicated Formosat image
platform**

(初稿)

執行單位:明新科技大學

執行期間:105年04月01日至105年12月31日

計畫主持人:張崑宗 副教授

協同主持人:劉進金 博士

協同主持人:郭治平 助理教授

行政院農委會水土保持局 編印

中華民國105年12月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

利用福衛影像之新創平台進行多時期衛星影像於 土砂災害活躍區域之研究

摘要

台灣三分之二以上為山區，在地狹人稠的人口壓力之下，有限的國土資源往往過度開發利用。平原與盆地地區的開發無法滿足國人生活需求的情況下，乃擴張至丘陵山區開發。許多山坡地不當地開發，破壞了原有的水土保持，進而對台灣自然環境與台灣民眾生命財產造成重大衝擊與危害。本研究計畫乃將利用一個國人新創三維雲端平台，進行地質災害活躍區域演變分析與快速發布的探討。

本計畫以高雄茂林地區藤枝林道作為地質災害活躍區域研究地區，使用9年的福衛歷史影像建立植生時序性變遷，據此了解崩塌地脆弱區的活動情形，並整合相關資訊快速發佈於三維數位平台上。研究成果示範如何使用多時期衛星影像自動化判釋及運用動態三維展示平台快速發布土砂災害活躍性演變。本研究提出之方法證實可行。此快速與近即時之作業方法亦可提供未來活躍區監測站即時監測成果發布和其他加值研究成果之快速發布的參考。

關鍵詞：三維動態平台、崩塌地、衛星、地形

Establishing New Procedures For Evaluating Landslide Vulnerability In Southern Taiwan By Multitemporal Images

Abstract

There are many alpine mountains in Taiwan. She contained a crowded population, but land resource is limited. Under a crowded population pressure, the use of land resources are often overrun. Many hillside had been improperly developed to destroy the original soil and water conservation. It causes significant impact for the natural environment, the people's lives and property. Landslide susceptibility mapping (LSM) plays an important role in hazard mitigation and is an important basis for providing a measure aimed at decreasing the risks associated with landslides

Therefore, this paper proposed to use 11 years images of the FORMOSAT-II satellite to explore the active sub-area in the Landslide vulnerability area. The interpretation results will be published on a dedicated three-dimensional digital platform. This study demonstrated how to perform long-term change for the Landslide susceptibility using multi-temporal images. The analysis results can provide the allocation of monitoring sites and other add-value applications.

Keywords: Landslide, Satellite, Land, Digital Earth

目次

摘要	I
Abstract	II
目次	III
表次	V
圖次	VI
第一章 緒論.....	1
第一節 計畫緣起.....	1
第二節 計畫目標.....	6
第三節 計畫範圍及預期成果.....	6
第四節 計畫執行團隊組織.....	10
第二章 工作執行方法與步驟.....	23
第一節 地質災害活躍區域時序性演變.....	23
第二節 地質災害活躍區域研判方法.....	28
第三節 與福衛影像新創平台之介接與利用.....	31
第三章 工作進度與交付項目.....	36
第一節 九年福衛影像植生變遷分析成果.....	36
第二節 地質災害活躍區域研判.....	60
第三節 植生變遷成果於三維動態平台發布.....	63
第四章 結論與建議.....	67
參考文獻	- 1 -

附錄 - 1 -

附錄一 期中審查會議記錄暨回復辦理情形 - 1 -

表次

表 1-1 各主持人之工作任務表	11
表 1-2 計畫主持人簡歷表	11
表 1-3 協同主持人簡歷表-劉進金	15
表 1-4 協同主持人簡歷表-郭治平	17
表 1-5 專案經理簡歷表-汪盈秀	19
表 1-6 參與本案工作人員簡歷表	21
表 2-1 潛在崩塌區穩定性評估分級表	29
表 2-2 主要功能說明表.....	34
表 3-1 研究中取得福衛二號影像目錄	41
表 3-2 各年度剪裁完衛星圖	49
表 3-3 各年度 NDVI 影像.....	53
表 3-4 各年度植生變遷.....	59
表 3-5 計畫區域各期影像初步崩塌地圈繪成果	62

圖次

圖 1-1 崩塌地及其他地類分布圖	4
圖 1-2 位於明新科技大學的衛星接收站	5
圖 1-3 藤枝林道 18~19K 崩塌區域圖	7
圖 1-4 藤枝林道 18~19K 崩塌區域現況	8
圖 1-5 人員組織圖.....	22
圖 2-1 光譜反射曲線圖.....	24
圖 2-2 土地覆蓋變遷圖.....	27
圖 2-3 深層崩壞區各地形特徵示意圖	29
圖 2-4 山崩區活動性分類示意圖	30
圖 2-5 平台架構.....	35
圖 2-6 平台使用介面.....	35
圖 2-7 平台 3D 視角	35
圖 3-1 2007 年福衛二號影像© NSPO	37
圖 3-2 2008 年福衛二號影像© NSPO	37
圖 3-3 2009 年福衛二號影像© NSPO	38
圖 3-4 2010 年福衛二號影像© NSPO	38
圖 3-5 2011 年福衛二號影像© NSPO	38
圖 3-6 2012 年福衛二號影像© NSPO	39

圖 3-7 2013 年福衛二號影像© NSPO	39
圖 3-8 2014 年福衛二號影像© NSPO	39
圖 3-9 2015 年福衛二號影像© NSPO	40
圖 3-10 框選適當的範圍	42
圖 3-11 剪裁後影像範圍	42
圖 3-12 點選欲校正的影像與參考影像圖檔進行校正	43
圖 3-13 選取二項多項式坐標轉換模式	44
圖 3-14 選取立方卷積重新取樣	44
圖 3-15 與參考圖檔互相對應確保轉換後影像是否對位無誤	45
圖 3-16 將圖檔匯入後框選研究區域並進行剪裁	45
圖 3-17 在 ENVI 打開 PAN SHARPENING	46
圖 3-18 開啟 PAN SHARPENING 使用介面	46
圖 3-19 全色態(2 米)影像與多光譜影像(8 米)融合情形	47
圖 3-20 選擇自動尋找相似點	47
圖 3-21 程式自動選取相似點分布情形	48
圖 3-22 匯出影像融合結果	48
圖 3-23 在 TRANSFORM 選單中選取 NDVI 計算功能	51
圖 3-24 選取要計算 NDVI 之波段(BAND1、BAND4)	52
圖 3-25 選取 COMPUTE DIFFERENCE MAP 之選項	56

圖 3-26 將變遷類別數設為 3 項	56
圖 3-27 將類別間門檻值改成 ± 0.15	57
圖 3-28 勾選影像數值正規化選項	57
圖 3-29 計算出正負變遷圖	58
圖 3-30 上傳至平台展示經過前處理後福衛影像	64
圖 3-31 上傳至平台展示之 NDVI 影像成果	65
圖 3-32 植生變遷之平台展示成果	65
圖 3-33 崩塌地自動圈繪結果與日照陰影圖平台展示成果	66
圖 3-34 研究區鄰近 GPS 即時觀測站成果(以 0207 為例)	66

第一章 緒論

第一節 計畫緣起

全球氣候變遷乃不爭事實，其衍生問題正考驗著人類的智慧，如水體資源、糧食安全、都市熱島、海面上升、北極融冰、能源消耗、空氣污染、碳排放量、災害損失與社會經濟等問題等等。因應氣候變遷所導致之棘手問題，195 國家代表及多國領袖於 2015 年 12 月巴黎氣候會議(COP21)，商討全球性協定以減少溫室氣體排放，並進行不當經營管理探討，其中一項便是以土地利用作為檢視指標。之前，跨政府氣候變遷專門委員會(IPCC)在第五次評估報告(AR5)，亦以「氣候變遷 2014：衝擊、調適與脆弱度」為主題，認為氣候變遷帶來風險來自於脆弱度(缺乏準備)、暴露度(處於危險狀態之人或資產)與各種危害(觸發氣候事件或趨勢)所疊加，而這風險即對水土環境帶來衝擊。為降低風險，應將此三個要素都納入考慮，並提出調適與減緩行動、以及治理策略，如土地利用變化與水體資源維護等優先進行衝擊評估與因應策略，以確保我國水土環境之永續發展。

台灣為一高山島，人口眾多，土地資源卻十分有限，在地狹人稠的人口壓力之下，有限的國土資源往往過度開發利用。平原與盆地地區的開發無法滿足國人生活需求的情況下，乃擴張至丘陵山區開發。但在需求甚殷之下，往往過度地擴張，許多山坡地不當地開發為建地，

破壞了原有的水土保持，進而對台灣自然環境與台灣民眾生命財產造成重大衝擊與危害。此外，因為山坡地大自然的條件屬於破碎地質，加上地震與颱風的誘因，所以山坡地的開發所形成的聚落，反而成為「重要的保全對象」。因此，如何兼顧國土開發利用與環境保育，以維護台灣自然山林生態以及確保民眾生命財產安全，已成為台灣社會當前最重要的環境課題。

因近代航太科技與衛星載台發展快速，涵蓋機械、電子、電機、化工、材料、通訊、飛航安全與人因、甚至管理科學等重要現代科技。尤其，遙測技術為一先進與實用之綜合性探測方法，已廣泛應用於農林業、地質、地理、海洋、水文、氣象等環境監測，以及地球資源探勘與軍事偵察等各個領域上。且近年來，我國已成功執行 Formosat - 1、Formosat - 2 與 Formosat - 3 等衛星計畫，並持續發展 Formosat - 5 與 Formosat - 7，除展現我國遙測技術發展已完全具備自主能力，亦能針對整體或區域環境進行廣泛、長期、連續與即時之觀測。福衛系列衛星之發展，是由國家實驗研究院國家太空中心所主導，為國家太空計畫第一期之主要任務之一。國家太空中心過去為有效推廣國內衛星影像之應用，透過授權的方式，協助台灣大學、台灣師範大學、中央大學、成功大學成立四個影像分送中心。為迎接 2016 福爾摩沙衛星五號(福衛五號)之發射以及分送中心已經完成階段性任務，後續國內影

像之供應將回歸國家太空中心主導，以一個福衛影像新創平台提供福爾摩沙衛星二號近十一年資料庫。鑒於歷史衛星影像對於地質災害潛感性探討的珍貴。本研究計畫乃將利用此新創平台，進行地質災害活躍區域演變自動化分析的探討，以作為重要潛在地質致災區治理之參考。期待針對本計畫選擇之研究區的變遷分析方法可以有效的分辨地質災害活躍區域，往後開放資料(open data)的福衛影像新創平台將對全國的防災減災有極大的助益。

台灣地質構造複雜為全世界地殼變動最激烈地區之一，頻繁的地震、每年頻繁之颱風侵襲加上人為土地開發不當，經常造成山崩、地層滑動、地盤下陷、房屋傾斜龜裂、土石流等嚴重災害，導致人民生命財產嚴重的傷害與損失。1999 年 921 地震等重大災害後，凸顯出防災科技研究對防減災工作之重要性。依據世界銀行在 2005 年發行的《Natural Disaster Hotspots : A Global Risk Analysis》報告中指出，台灣約有 73%的面積及人口暴露在三種以上的天然災害危險當中。針對此災害行政院災防會提出的政策建議之一即為推動以新航遙測技術(無人飛機 UAF、空載光達 LiDAR、機載合成、孔徑雷達 SAR 等)於防災之應用研究。

伴隨颱風而來的強風豪雨所引發的洪水與坡地土砂崩塌災害，不僅嚴重威脅人民的生命安全，更時常造成社會經濟的重大損失。過去

崩塌災情分析方式，常由經驗豐富地質專家進行人工研判，不僅耗時、費力，無法在短時間內做出有效的災害評估與災後復原計畫；且易因高山阻隔或災後道路中斷等因素，使得大範圍災情調查工作無法順利進行(張等，2010)。因此，利用衛星遙測技術與自動化判別災區崩塌工具，成為災害防治與災後重建工作的重要利器。如圖 1-1 所示，近年來國人自主開發的福爾摩沙衛星 2 號(FS2)的多光譜影像提供 2m 高空間解析度影像，配合影像分析技術即可有效判別大區域之土地崩塌情形(張崑宗等，2010)。

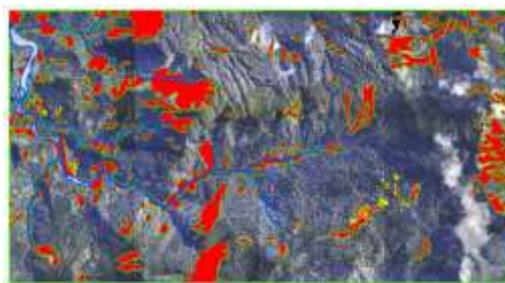


圖 1-1 崩塌地及其他地類分布圖

資格來源:張崑宗等，2010

在貴局創新研究計畫「氣候變遷調適策略」中擬解決問題提及針對已完成判釋之大規模土砂崩塌潛勢區，先行篩選聚落高致災潛勢地區，開始實施監測、危險度評估、警戒基準訂定等工作；此外，於「健全坡地災害防災應變機制」中欲解決關鍵課題，土砂災害發生區域及規模不易掌握：未來暴雨量可能增加，因而導致土砂災害發生機會與次數提高，甚至造成嚴重之複合性災害，衍生二次土砂災害風險。因此需先掌握山坡地可能發生土砂災害之潛勢地區，方能有效進行各項防減災工作。

適逢民國 103 年底，國家研究院國家太空中心於本校(明新科技大學)設立國內技職院校唯一衛星接收站，未來將做為福衛 5 號、7 號衛星資料接收備援站之用，如圖 1-2 所示。為促進技職體系在環境遙測的應用發展，本校近期正與國家太空中心洽談一項合作協議，結合本計畫團隊成員達雲科技有限公司自主研發的空間資訊平台作為福爾摩沙系列成果的應用平台，以推動國內外衛星影像產業鏈之整合與擴展國內外衛星影像產業市場。



圖 1-2 位於明新科技大學的衛星接收站

第二節 計畫目標

因此本計畫將運用國家太空中心提供福爾摩沙衛星二號近十一年資料庫，探討地質災害活躍區域的長期演變。依據上述貴局徵求計畫重點，本計畫之研究目標如下：

- 一、利用我國自主發展的福爾摩沙衛星二號近十一年資料庫，探討地質災害活躍區域的演變，作為重要潛在地質致災區治理之參考。
- 二、針對國家實驗研究院國家太空中心之開放資料平台之福爾摩沙衛星二號歷史影像，選擇試驗區，建立自動判釋程序以及處理時序性影像變遷方法。
- 三、以即時線上發佈的方式，將試驗成果在國人研發的三維動態數位地球平台上展示，擴大防災效益。

第三節 計畫範圍及預期成果

本計畫擬選擇藤枝林道地質災害活躍區域作為研究地區。六龜至藤枝國家森林遊樂區的 20 公里長藤枝林道，先後經歷 2004 年 72 水災、2005 年海棠颱風、2008 年卡玫基颱風、2009 年莫拉克颱風侵襲造成損壞，災後林務局編預算整建藤枝林道，從 4K 處大面積崩塌改道建高架橋、10K、12K 兩處改建橋樑及 16K 處路基及護坡工程施作，於 2012 年完工，未料當年又遇 610 水災造成藤枝林道 18K 嚴重崩塌，整個路基 150 公尺坍落到谷底。610 水災後，藤枝林道即未修復，2015

年蘇迪勒颱風又造成藤枝林道 18K 至 19K 處中斷 50 公尺(如圖 1-3)，考量每逢颱風林道即遭毀壞，且坍方處破碎頁岩層鬆軟，決定暫時不再築路或橋。然而藤枝林道 18K 至 19K 處近十年來其實已存在板岩重力變形問題，再逢大量降雨等促崩因子作用下即產生大規模崩塌(如圖 1-4)，倘若能借助本研究之預期成果，提前於促崩因子造成災害之前便發現可能滑動徵兆與區域，對於水土保持所關注之預警技術將有很大的提升作用。



圖 1-3 藤枝林道 18~19K 崩塌區域圖



圖 1-4 藤枝林道 18~19K 崩塌區域現況

資料來源:青山顧問工程有限公司陳昭維提供

配合政府開放資料(open data)政策，國家太空中心福爾摩沙衛星二號歷史影像發布於「三維動態數位地球平台」。

因此，可以利用該平台於線上進行福衛歷史影像之瀏覽，並可以進行加值處理，以及進行線上發布。本計畫藉由福衛影像之地質災害活躍區域的演變分析產出之加值產品，擴大我國自主研發的衛星在水土保持應用之效益。具體成果如下：

- 一、建立使用時序性光學衛星影像，進行地質災害活躍區域的長期演變分析。
- 二、示範如何應用長期演變成果進行地質災害活躍子區域之研判程序。

三、將本計畫試驗成果，即時線上發佈於三維動態數位地球網路平台上，提供貴局後續活躍地區監測點設置位置等增值應用之參考依據。在 2016 年後國家太空中心停止國內四個分送中心，後續國內影像之供應將回歸國家太空中心主導，並且配合國家開放資料 (open data) 政策，福衛歷史影像將成為政府開放資料，在三維動態數位地球網路平台上免費提供普通用戶瀏覽應用。因此，本先導性計畫將可作為後續地質災害活躍地區監測的重要參考。

第四節 計畫執行團隊組織

本計畫執行團隊由明新科技大學土環系張崑宗副教授擔任計畫主持人，並徵得達雲科技股份有限公司執行長劉進金博士及本系郭治平助理教授協助擔任協同主持人，其在本工作之任務詳如表 1-1，人員組織圖如圖 1-5。各主持人與參與本案之工作人員之簡歷資料詳如表 1-2 至表 1-6，各主持人均有相當長之航遙測、地理資訊處理與應用、及地質災害調查工作計畫經驗，皆均具備有相當實務經驗，足以勝任本工作。

表 1-1 各主持人之工作任務表

工作職稱	姓名	在本工作之任務
計畫主持人	張崑宗	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫主持、進度管制、整體規劃 2. 總成果資料檢核及提供專業諮詢 3. 影像變遷分析之檢核督導及提供專業諮詢
協同主持人	劉進金	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫協同主持 2. 三維動態平台建置之檢核督導及提供專業諮詢
協同主持人	郭治平	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫協同主持 2. 崩塌活躍性研判之檢核督導及提供專業諮詢

表 1-2 計畫主持人簡歷表

姓名：	張崑宗	性別：男	出生年月日：民國 55 年 12 月 16 日
學歷：	國立交通大學土木工程研究所 博士		
經歷：	現任：明新科技大學土環系 副教授 明新科技大學環境遙測與資源增值應用研究中心 主任 中華測繪聯合會 監事		

	<p>台灣地球觀測學會 秘書長</p> <p>曾任：明新科技大學土木工程系 助理教授</p> <p>明新技術學院土木工程系 助理教授</p> <p>國立交通大學土木系 兼任講師</p> <p>國立交通大學土木系 兼任助教</p>
證照：	<p>測量技師(技證字第 007540 號)</p> <p>專案助理(PMA)認證考試及格</p> <p>永續能源與資源管理管理師(專業級/甲級)</p> <p>永續發展碳管理管理師(專業級/甲級)</p> <p>TUV Rheiniand SERMM(德國萊因永續能源與資源管理管理師)</p> <p>TUV Rheiniand SDCMM(德國萊因永續發展碳管理管理師)</p>
專長：	<ol style="list-style-type: none"> 1. 數值攝影測量 2. 地理資訊系統 3. 空間資訊科學 4. 柔性計算法
<p>近五年主持及曾參與之計畫：</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 主持人，科技部，「以熱影像建立低植生表土含水量推估模式之研究」案，一般型研究計畫，民國105年08月-106年07月，MOST 105-2221-E-159-002 2. 主持人，科技部，「全波形光達資料於都市林樹冠結構特徵分析之研究」案，一般型研究計畫，民國104年08月-105年07月，MOST 104-2119-M-159-001 	

3. 共同主持人，科技部，「恆春半島西部水岸發展以及水資源與水生生物資源永續利用整合研究計畫－恆春半島西部水岸環境衛星監測與分析(3/3)」案，整合一般型研究計畫，民國104年08月-105年07月，MOST 102-2621-M-006 -002 -MY3
4. 主持人，經濟部水利署北區水資源局，「104年彩色正射數位航照影像製作案」品質監審計畫案，產學合作計畫，民國104年11月-104年12月
5. 主持人，嘉義市政府，103年度嘉義市全市航拍影像圖品質監審委託服務案，產學合作計畫，民國104年10月-104年11月
6. 主持人，康技技術顧問股份有限公司，104年度石門水庫沉澱池全區測量，產學合作計畫，民國104年5月-104年06月
7. 主持人，桃園市政府養工處，「桃園市人行道基本資料調查及建置計畫(第2期)品質監審委託專業服務」案，產學合作計畫，民國103年11月-104年12月
8. 主持人，苗栗縣政府地政處，「苗栗縣彩色正射影像圖資更新及地理資訊應用軟體採購成果品質監審」案，產學合作計畫，民國104年06月-105年4月
9. 主持人，新竹縣政府工務處，「新竹縣公共設施管線位置調查第六期(監驗)暨系統建置計畫委託技術服務」案，產學合作計畫，民國104年03月-104年12月

10. 主持人，新竹市政府工務處，「新竹市公共設施管線位置調查第三期(監
驗)暨系統建置計畫委託技術服務」案，產學合作計畫，民國104年06月-104
年11月
11. 主持人，經濟部水利署北區水資源局，「103年經管土地彩色正射數位
航照影像購置案」品質監審計畫案，產學合作計畫，民國103年11月-103年
12月
12. 主持人，桃園市政府養工處，「桃園市人行道基本資料調查及建置計畫
(第一期)品質監審委託專業服務」案，產學合作計畫，民國103年09月-104
年11月
13. 主持人，台灣世曦工程顧問股份有限公司，103年地名空間資訊建置工
作案之地名資料彙整工作案，產學合作計畫，民國103年09月-103年11月
14. 主持人，台灣世曦工程顧問股份有限公司，航照影像調色及變形修正作
業，產學合作計畫，民國103年08月-103年10月
15. 主持人，自強工程顧問有限公司，街景車於道路設施測繪作業之精進研
究，產學合作計畫，民國103年05月-103年12月
16. 共同主持人，科技部，「恆春半島西部水岸發展以及水資源與水生生物
資源永續利用整合研究計畫－恆春半島西部水岸環境衛星監測與分析
(2/3)」案，整合一般型研究計畫，民國103年08月-104年07月，MOST
102-2621-M-006 -002 -MY3

17. 主持人，新竹縣政府工務處，「新竹縣公共設施管線位置調查第五期(監
驗)暨系統建置計畫委託技術服務」案，產學合作計畫，民國103年03月-103
年11月
18. 共同主持人，國科會，「恆春半島西部水岸發展以及水資源與水生生物
資源永續利用整合研究計畫－恆春半島西部水岸環境衛星監測與分析
(1/3)」案，整合一般型研究計畫，民國102年08月-103年07月，NSC
102-2621-M-006 -002 -MY3
19. 共同主持人，教育部，「橘色生活科技應用服務學習課群計畫」案，教
育部補助智慧生活創新服務學習課群計畫，民國102年08月-103年07月

表 1-3 協同主持人簡歷表-劉進金

姓名：	劉進金	性別：男	
學歷：	國立成功大學地球科學系學士畢 1977 荷蘭國際航空太空暨地球科學研究院遙測土壤與土壤侵蝕標 準班畢 1980 英國倫敦大學遙測學碩士畢 1985 英國倫敦大學遙測學與地理資訊博士肄 1992 國立交通大學土木工程博士 2013		

經歷：	現任：達雲科技有限公司（2010/09-P）執行長 台灣地球觀測學會第3屆（2016/06-2019/06）常務理事 中華測繪聯合會第3屆（2016/01-2018/01）理事 曾任：工研院能環所正研究員 台灣地球觀測學會第2屆（2013/06-2016/06）祕書長 中華測繪聯合會第2屆（2014/01-2016/01）監事
專利、證照：	(1) GPS 全球定位系統之監測樁結溝。中華民國專利證書新型第 182781 號；專利權起迄日：0901111-1011004。 (2) 建築物三維結構線之萃取方法。中華民國專利證書發明第 I252910 號；專利期間：2006.04.11-2024.12.30。 (3) 製作擬真城市模型的方法。中華民國專利證書發明第 I 285843 號；專利期間：2007.08.21-2025.05.16。 (4) 三維影像偵測、編修及重建系統。中華民國專利證書發明第 I 353561 號；專利期間：2011.12.15-2027.12.20。 (5) 三維影像偵測、編修及重建系統。中華人民共和國專利證書發明第 ZL 2007 1 0162169.7 號；專利期間：2012.05-2032.05。 (6) Target detecting, editing and rebuilding method and system by 3D image. Patent No: US 8,208,715 B2. Publication No: US 20090161944 A1. Patent Term: 2012.06-2032.06.

專長：	遙測學、地理資訊系統、水土保持與地質災害、土地利用潛力評估、專案計畫管理
近五年主持及曾參與之計畫：	
參與或主持之研究計畫：包括地質災害、環境地質、工程地質與礦產資源之調查研究約計 150 個。	

表 1-4 協同主持人簡歷表-郭治平

姓名：	郭治平	性別：男	出生年月日：66 年 5 月 9 日
學歷：	2012 年國立台灣科技大學營建工程系，工學博士 2001 年國立雲林科技大學營建工程系，工學碩士 1999 年國立中興大學土木工程學系，工學學士		
經歷：	【現職】 2015.08~迄今明新科技大學防災與資源管理研究中心主任 2015.02~迄今明新科技大學土木工程與防災資源管理系專任助理教授 2012.09~迄今堅尼士工程顧問有限公司專業技術顧問 2012.09~迄今台灣檢驗科技股份有限公司(SGS)PCM 專業技		

	<p>術顧問</p> <p>【經歷】</p> <p>2013~2015 中興工程集團環興科技股份有限公司組長兼計畫經理</p> <p>2013~2015 東南技術學院營建科技與防災研究所兼任助理教授</p> <p>2012~2015 蘭陽技術學院電腦應用工程系兼任助理教授、業界教師</p> <p>2013~2013 中興工程集團環興科技股份有限公司工程師(一)</p> <p>2012~2013 恆毅地工技術服務有限公司技研部經理</p> <p>2012~2013 國立雲林科技大學營建工程系兼任助理教授</p> <p>2012~2013 中興工程集團環興科技股份有限公司諮詢專家</p>
專利、證照：	<ol style="list-style-type: none">1. <u>鐵道噴泥監測系統</u>，專利字號：新型 M525804，專利期間：2016/07/21~2026/04/14，發明/創作人：郭治平2. <u>自動旋轉之高壓噴射灌漿噴嘴</u>，專利字號：新型

	M526609，專利期間：2016/08/01~2026/04/26，發明/創作人： 郭治平
專長：	1. 環境資源 2. 低衝擊開發 3. 再生與替代能源 4. 防災資訊 5. 地盤改良 6. 土壤冰凍 7. 土壤液化 8. 地下水力學 9. 地下水文地質 10. 熱傳遞 11. 冷凍空調 12. 自動監測與控制 13. 工程地質 14. 邊坡滑動 15. 地錨工程 16. 地震與土壤動力 17. 非破壞性探測

表 1-5 專案經理簡歷表-汪盈秀

姓名：	汪盈秀
學歷：	1. 土木工程與環境資源管理系研究生 2. 明新科技大學企業管理系 學士
經歷：	現任：土木工程與環境資源管理系 行政助理
專長：	1. 行政管理 2. 專案管理 3. 文書編輯 4. 電腦繪圖
近年參與計畫：	<p>1. 教育部，「橘色生活科技應用服務學習課群計畫」案，教育部補助智慧生活創新服務學習課群計畫，民國102年08月-103年07月</p> <p>2. 達雲科技有限公司，島礁數化，產學合作計畫，民國100年12月-民國101年1月</p> <p>3. 台灣世曦工程顧問有限公司，100年度莫拉克颱風災區基本地形圖修測工作-DEM編輯及航攝影像鑲嵌、編修作業，產學合作計畫，民國100年5月-</p>

民國100年6月

4. 台灣世曦工程顧問有限公司，花蓮縣政府100年度地理資訊系統發展建置案測製作業，產學合作計畫，民國100年9月-民國100年10月
5. 台灣世曦工程顧問有限公司，100年度台北市3D航測數值地形圖重製工作案測製作業，產學合作計畫，民國100年6月-民國100年10月
6. 桃園市公所，桃園市路燈管理系統規劃設計，產學合作計畫，民國100年4月-民國100年5月
7. 新豐鄉3D多媒體城市導覽平台建置計畫，新豐鄉公所，產學合作計畫，民國99年11月-民國100年1月
8. 亞柏技術顧問有限公司委託，「新竹縣第二階段農路現況調查」，產學合作計畫，民國99年7月-民國99年11月
9. 桃園縣政府龜山鄉公所委託，「龜山鄉公所國土地理資訊系統千分之一數值地形圖建置計畫監審委託專業服務」，建教合作計畫，民國九十七年5月-民國九十八年7月

表 1-6 參與本案工作人員簡歷表

姓 名	最 高 學 歷	專 長
張育昇	明新科技大學 土木工程與環境資源管理系研究生	地理資訊系統 空間資訊、電腦繪圖
王恒	明新科技大學 土木工程與環境資源管理系研究生	地理資訊系統 航遙測資料處理、電 腦繪圖
張心慈	明新科技大學 土木工程與環境資源管理系大三生	地理資訊系統 無線感測網路 電腦繪圖
鄭晴軒	明新科技大學 土木工程與環境資源管理系大三生	測量、電腦繪圖 地理資訊系統
孫佳播	明新科技大學 土木工程與環境資源管理系大四生	測量、電腦繪圖 地理資訊系統 遙測現場採樣調查
溫凱鈞	明新科技大學 土木工程與環境資源管理系大四生	工程測量 測量、電腦繪圖 遙測現場採樣調查

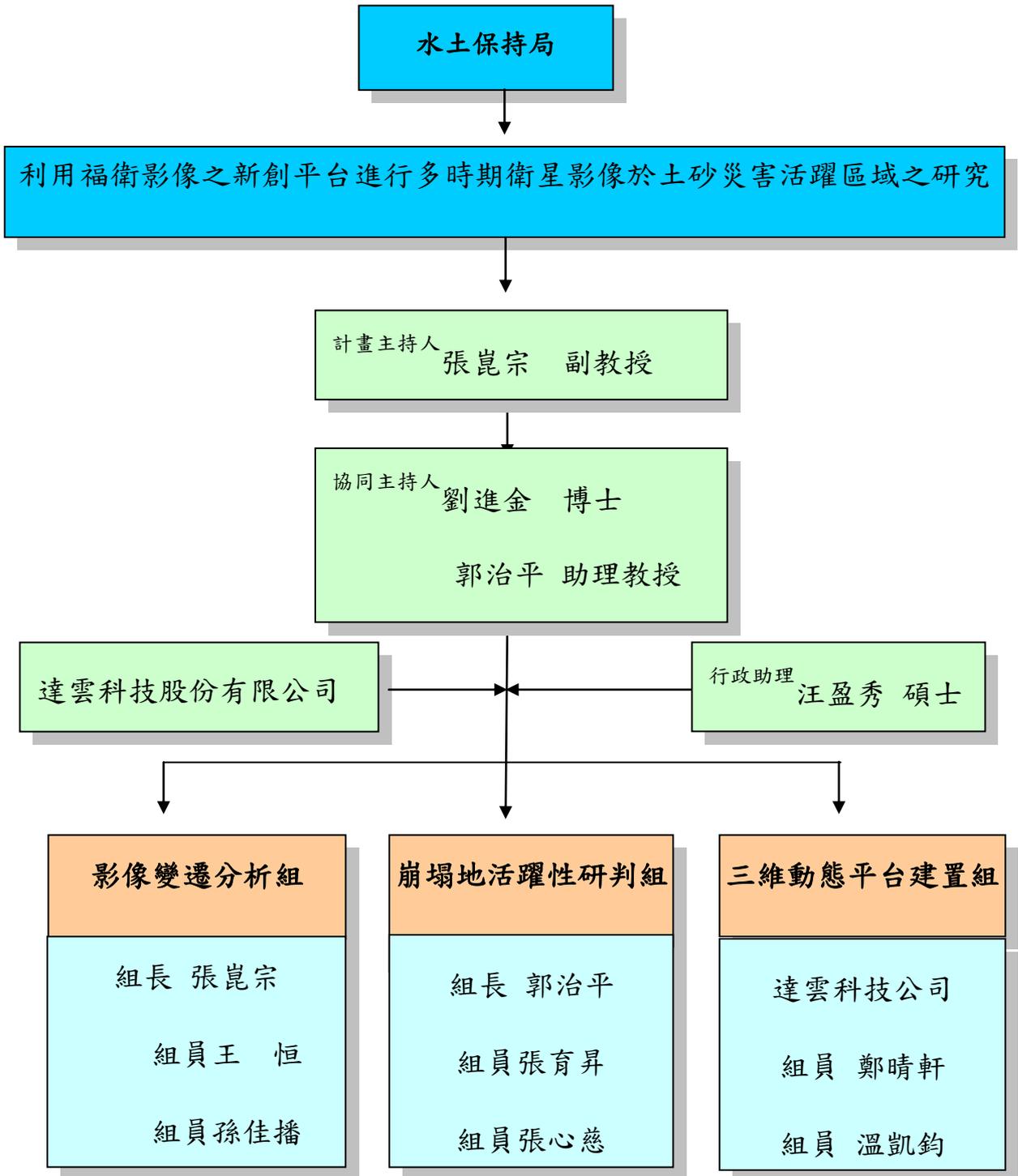


圖 1-5 人員組織圖

第二章 工作執行方法與步驟

第一節 地質災害活躍區域時序性演變

對於自然資源管理及監測而言，植物類型之變遷偵測及分析是一重要關鍵；無疑地，對綠色植物的量化評估及偵測是遙測於環境資源經營與決策之主要應用之一。綠色植物之覆蓋是否健康，在電磁波譜可見光及近紅外光波段之能量上會有非常特殊的反應。藉由電磁波譜中紅光及近紅外光反射能量之強烈對比，造就了許多使用遙測影像，以了解植物生長狀況之量化指標。

地表物體均有反射光譜的能力，地表物體的光譜反射率為波長的函數，以圖 2-1 表現稱之為光譜反射曲線(Spectral Reflectance Curves)，許多重要的地表物體能從其光譜特性加以判斷、製圖及研究，而因所有的植生皆含有葉綠素，使植物葉子呈現為綠色。太陽光照射至植物的葉子時，會先穿入至葉子的上表皮層，藍光與紅光被葉綠素吸收之，以利進行光合作用；綠光則大部分也被吸收，只有少部分被反射，而近紅外光則穿透葉綠素，因被多孔薄壁細胞組織所反射，進而植生在近紅外光波段形成強大的反射，但當太陽光透入重疊的葉子時，反射能量在可見光部分幾乎不變，而近紅外光波段則由於葉片對近紅外光的透射與重複反射，反射率可增加 20%~40%。(潘國樑，2006)

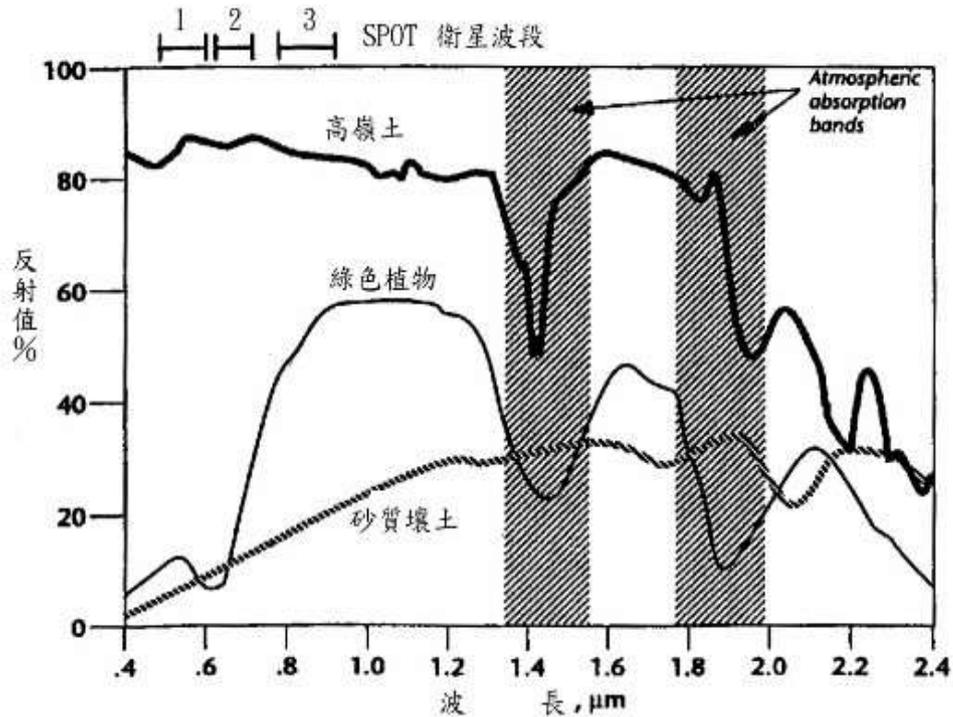


圖 2-1 光譜反射曲線圖

資料來源:仿自 ERDAS Field Guide

- 一、第二波段（綠光段） $0.50\mu\text{m} \sim 0.59\mu\text{m}$ ：葉綠素吸收較少故反射較大，其反射率不降反升，有利於綠色植物的辨別，但分類時容易受其它土地利用混淆，土壤含水量如不超過一個濕度臨界值，反射率幾乎不會改變，而若超過一個臨界值時，則反射率會有顯著的下降，反觀當土壤被薄水層包圍時，其反射率不降反升。
- 二、第三波段（紅光段） $0.61\mu\text{m} \sim 0.69\mu\text{m}$ ：葉綠素行光合作用時，吸收會較為強烈，所以植物有較低的反射，對土壤、建築物等非植物有較高的反射值。
- 三、第四波段（近紅外光段） $0.79\mu\text{m} \sim 0.90\mu\text{m}$ ：不被葉綠素吸收，所以植物具有高反射值，此波段對植物有較好的辨識能力。

大自然中任何地面物體都具有自己本身的電磁波輻射規律性，例如反射、透射、吸收來自於外來的紫外線、可見光、紅外線與微波的某些波段的特性，同時又具有發射某些紅外線、微波的特性，這種特性稱之為地物的光譜特徵，而當電磁輻射能到達兩種不同介質的分界面時，入射能量的一部分或全部返回原介質的現象，這就係反射現象，而若是穿過兩個介質分界面的能量，一部分被吸收，另一部分穿透介質，則此現象稱之為透射現象，而吸收、散射與透射作用的強弱分別係用反射率、吸收率與透射率表示之。

遙感探測器所探測到之地物光譜主要是目標物表面的反射光譜，而由於太陽輻射主要集中在紫外光、可見光與近紅外光波段亦即300nm~2520nm，因此在這一短波波段範圍內，地表反射的太陽輻射成為地表輻射成為地表輻射的主要來源，而遙感探測技術中，地物反射主要係指於可見光與近紅外光波段的反射，影響地物反射率大小的因素很多，例如入射電磁波的波長、入射角的方向及大小、表面粗糙度等，而地物的本身光學特性是決定性因素。

近紅外光分析技術係利用化學物質於近紅外光區的光學吸收特性，進而快速檢測單一或多種化學成分含量與特性的技術，而近紅外光係指波長在780nm~2520nm範圍內之光線，亦是最早發現的非可見光區域。一般來說又將近紅外光劃分為近紅外光、短波與長波紅外光，

而近紅外光譜分析之原理主要係在於當樣品照射到近紅外光源時，樣品內如 C-H、O-H、N-H 吸收特定波長能量，使得近紅外光譜之吸收率會隨著不同之官能基種類(Function Group)及濃度而呈現明顯的不同。藉由不同之樣品吸收光譜再反推樣品內化合物之種類及含量，以達到定性及定量分析。

本計畫將蒐集研究區過去十一年以上的衛星影像，使用影像分類及變遷分析方法，進行地質災害活躍區域時序性演變分析。首先將蒐集到的衛星影像，經過輻射校正與幾何校正，再進行常態化差異植生指標 NDVI (Normalized Vegetation Index)計算，獲得時序性 NDVI 影像。NDVI 指標之計算公式如下

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R) \quad (1)$$

(1)式中 NIR 表示近紅外光波段之像素值，R 則表示紅光波段之像素值。此指標亦有過濾非植生像元之效，而當其值大於 0 時則表示指數愈大，代表有植被覆蓋於地表，及綠色生物量之增加，當綠色植物生長越旺盛，其吸收之 R 愈多，而反射之 NIR 愈強，NIR 及 R 之差值即愈大，其指數就越高，則植被越密集(Chang et al., 2012)。

最基本的變遷分析方法就是視覺上比較兩個不同時期資料的差別，此分析方法亦可從直方圖統計來看其變化。計畫中將使用差異法(Differencing)進行 NDVI 影像變遷量化分析，將二組不同年代植生指標影像相減；接著，必須指定是否真的變遷之門檻值(threshold)，一

般是以地真資料決定合適門檻值；然因實驗區並無地真資料，故運用統計上機率分布之概念，在常態分配(Normal distribution)假設下，有90%事件會落在平均值(m) ± 2 倍標準差(s)範圍內作為變遷之門檻值(threshold)。以 GIS 軟體中重新分類(Reclassify)功能，將值介於最小值至 $m-2s$ 者，表示顯著負變遷，即由綠色植物變為非植物；若其值介於 $m-2s$ 至 $m+2s$ ，表示為顯著正變遷，即由非植物變為綠色植物。類似案例分析結果如圖 2-2 所示。如此完成地質災害活躍區域環境之長期變動情形。

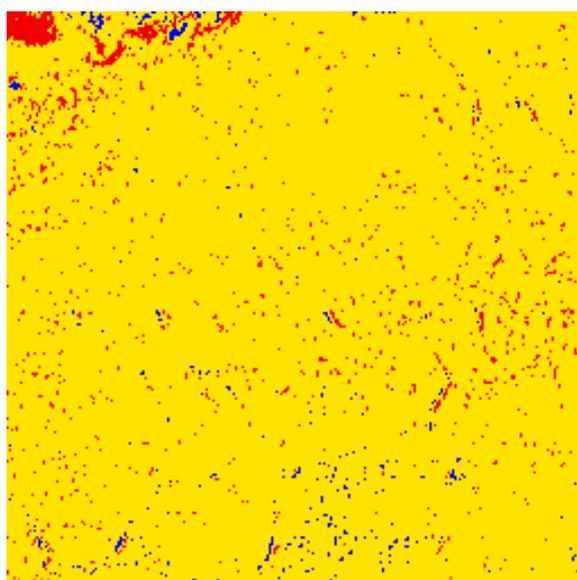


圖 2-2 土地覆蓋變遷圖

資料來源:張崑宗等，2010

第二節 地質災害活躍區域研判方法

遙測影像具有視野廣、耗時短、費用低廉等特性，為快速獲取高山地區或大區域地表資訊之技術，可提供與地質材料、地質構造相關之區域性線型分佈狀況。判釋重點為計畫區域內之線型，例如人造線條、構造控制之線條、植物群集之情形、岩石露頭之界線和特徵，作為判斷地質構造和岩性之參考。其中檢出方式係參考日本深層崩壞潛勢溪流檢出方法說明書(日本土木研究所 2008)、所描述之潛在深層滑動體各部位之地形特徵，包含山頂緩坡面(圖 2-3 之 b)、雙重(多重)山陵(圖 2-3 之 c 與 d)、張裂縫(圖 2-3 之 e)、反斜崖地形(圖 2-3 之 f)、弧狀裂縫(圖 2-3 之 g)、岩盤潛移坡面或地滑地形(圖 2-3 之 h)。判釋方式係利用本計畫所製作之高精度航拍與數值地形模型製作地形特徵圖，判釋區域地形特徵，而後進行潛在崩塌區評估，建置本計畫區域之潛在大規模崩塌區資料庫。此外，本計畫於潛在山崩區之邊坡穩定性評估做法上，首先比對其歷史與其地形演育，經由現場查核後，進行山崩區活動性之判斷；而山崩區活動性主要參考 Keaton 與 DeGraff 於 1996 年提出之山崩區活動性分類(圖 2-4)規劃本計畫之穩定性評估表(表 2-1)，而後就本計畫所判釋之潛在山崩區評估其邊坡穩定性。

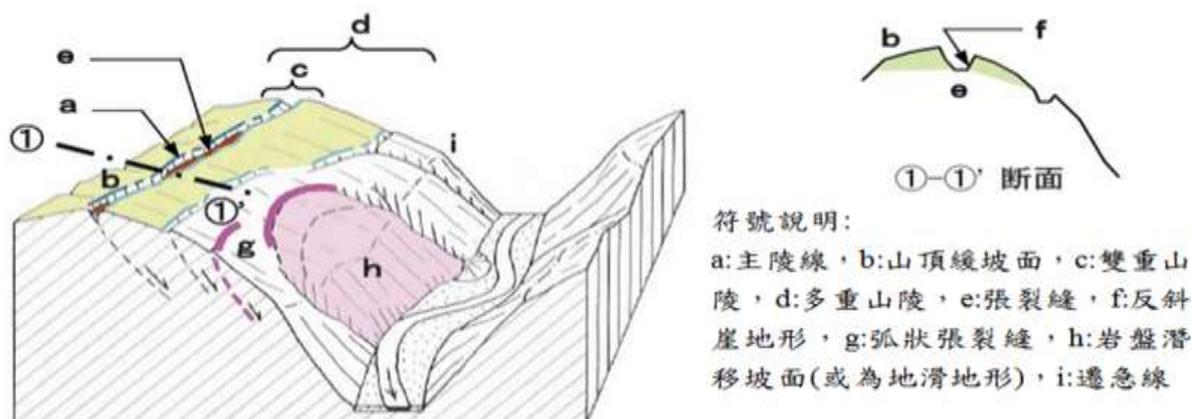


圖 2-3 深層崩壞區各地形特徵示意圖

資料來源:摘自日本土木研究所 2008

表 2-1 潛在崩塌區穩定性評估分級表

等級	高	中	低
狀態	不穩定	活動性較低	潛在不穩定
評估內容	✓ 有明顯地形特徵 ✓ 範圍內有既有崩塌	✓ 有明顯地形特徵 ✓ 範圍內無既有崩塌 ✓ 範圍內有植生擾動現象	✓ 有明顯地形特徵 ✓ 範圍內無既有崩塌 ✓ 範圍內無植生擾動現象

資料來源:(Keaton and DeGraff 1996)

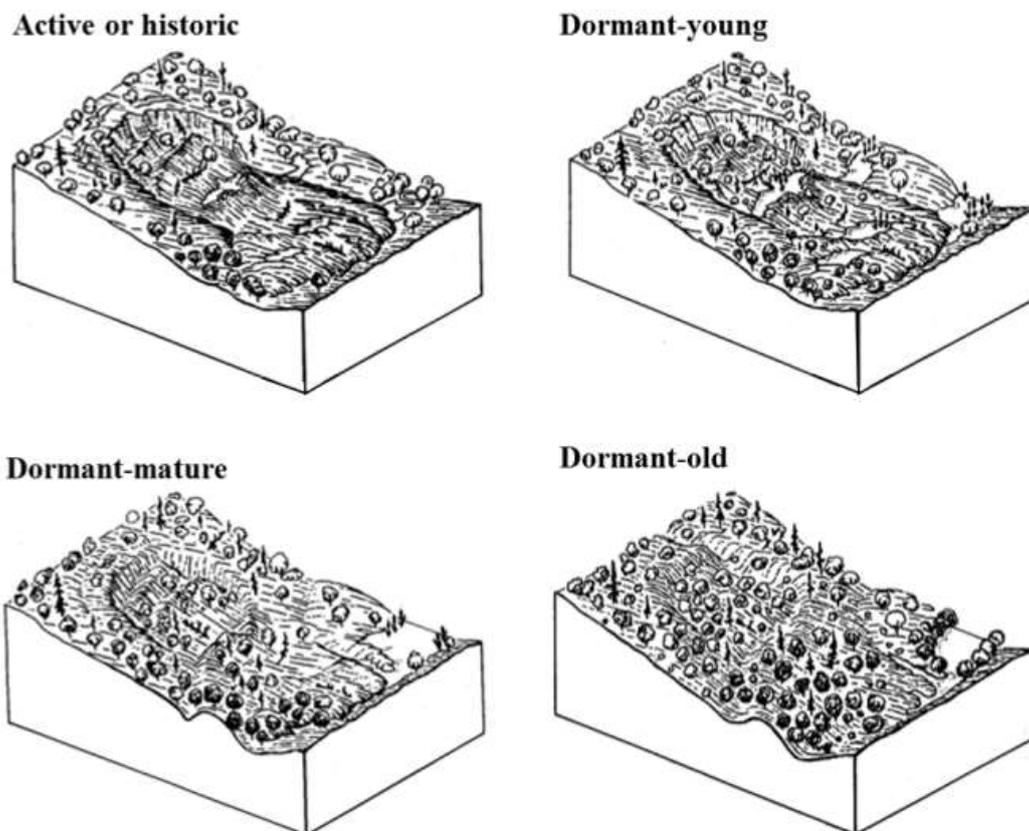


圖 2-4 山崩區活動性分類示意圖

資料來源:Wieczorek, 1984

第三節 與福衛影像新創平台之介接與利用

上述本校與國家太空中心洽談中的合作協議中，將以達雲科技有限公司（丙方）自主研發的三維動態數位地球平台為基礎，推動國內外衛星影像產業鏈之整合與國內外衛星影像產業市場之擴展。首先，本計畫將以本校環境遙測中心以及防災與資源管理研究中心之一般瀏覽器介接福衛影像之歷史影像平台，作為全國首批專案用戶，進而測試產製前述項目之影像變遷與地質活躍區的災害判釋。最後，本計畫將以即時線上發佈的方式，將試驗成果在三維動態數位地球平台上展示，完成一個新的災害分析判釋與發佈程序，擴大防救災之效益。

一、平台特色

1. 「三維動態數位地球平台」為利用最新的三維圖台 WebGL 網路技術，以 JavaScript API 呈現 3D 電腦圖形的技術。透過 WebGL 的技術，實現 3D 圖像的展示完全不需加裝瀏覽器外掛程式。三維成果可以更方便閱覽。

2. 「三維動態數位地球平台」因為對任何地理空間位置，可以展現一系列的影像或圖層，所以衛星影像之歷史影像資料庫可以藉時間軸予以展開。應用上，可以同時跨越空間與時間的障礙，檢視地質災害活躍區域的演變。

3. 「三維動態數位地球平台」充分結合政府開放資料(open data)政策，政府各部會所產製與公開網路服務的空間資料圖層，都可以介接並展現在單一的三維平台上。有助於影像變遷與自動判釋程序的探討。

二、平台主要功能說明與架構

本計畫使用達雲科技有限公司自主研發之「三維動態數位地球平台」，主要功能為空間資訊之加值、發佈、瀏覽，目的在以更快速、更智慧、更簡單的方式建構主題地圖以增加資訊傳達能力。

使用者可於平台自行加入各種空間資訊(向量、網格、3D 物件資料)，搭配平台既有影像底圖及地形進行加值，主要功能包括圈繪、標註功能，針對重點區域進行視覺強化，可加入 GPS 軌跡、影片、圖片、文字進行輔助說明，加值完成後並可發佈至網路供瀏覽，瀏覽者可輕易在平台上進行 2D/3D 視角切換、互動點擊所傳達之空間資訊主題，主要功能說明如

表 2-2 主要功能說明表所示，平台架構如圖 2-5 所示。此外，為使平台能更大眾化使用，本平台使用瀏覽器作為介面，適合一般有網路及支援 WebGL 之個人電腦、行動裝置使用，平台操作介面如圖 2-6、2-7 所示。

表 2-2 主要功能說明表

功能		說明
增值	介接地圖服務	透過介接，可瀏覽其他單位、公司分享之豐富地圖服務，使用者不須煩惱該如何建置主題地圖底圖。
	使用者增加物件	物件包含： 1. 影像、地形 2. 照片、影片 3. 標註 4. 向量資料 5. 文字 6. GPS 軌跡
	圈繪	可繪製點、線、面
發佈	網頁鑲嵌	透過網頁鑲嵌功能發佈主題地圖於網頁、社群，讓主題地圖輕輕鬆鬆分享給全世界瀏覽。
瀏覽	2D/3D 切換	本平台支援 2D 及 3D 顯示，可依需求自由切換 2D/3D 視角，暢遊世界各個角落。
	互動	瀏覽者可主動點擊主題地圖內容元件，取得更深入、更深層之資訊，由淺入深了解主題地圖所傳遞之訊息。



圖 2-5 平台架構



圖 2-6 平台使用介面

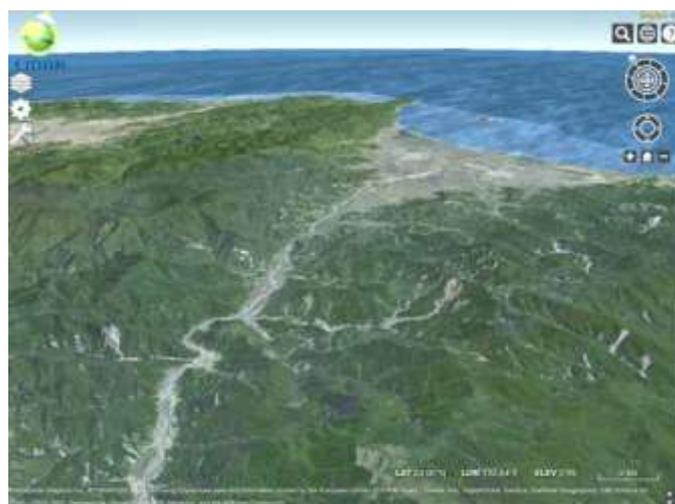


圖 2-7 平台 3D 視角

第三章 工作進度與交付項目

本計畫自 105 年 4 月核定之後，執行團隊隨即展開各項工作，包括收集實驗地區九年福衛 2 號衛星影像資料、衛星影像處理(輻射校正、幾何校正、直方圖匹配、常態化差異植生指標 NDVI 計算)、地質災害活躍區域長期演變分析、地質災害活躍子區域之研判、三維動態數位地球平台上相關成果展示等工作項目，依據計畫書原預定進度及工作時程，目前已完成第 1 至 4 項所有預定的工作，且將歷史福衛影像變遷成果均已建置於三維動態平台中。

第一節 九年福衛影像植生變遷分析成果

一、衛星影像前處理

計畫簽約後，隨即展開研究區相關資料蒐集工作，徵詢國家太空中心研究區附近歷年福衛二號影像資料，由於本計畫研究目標為使用福爾摩沙衛星二號近十一年資料庫，探討地質災害活躍區域的長期演變，因此選擇了汛期過後(八、九月過後)取像、含雲量較少(低於 20%)，且經過輻射、幾何校正後 Level1 的全色態(Pan)及多光譜(MS)影像，總計取得 2007 年~2015 年九個年度的福衛影像，如圖 3-1~3-9 所示，各年度取像日期如表 3-1。由於其影像幾何校正並不完善，為了配合後續成果能夠於發布三位動態平台上，因此進行下列福衛影像前處理。並且匯入 ArcMap 檢視圖檔有無錯誤時，結果發現歷年圖資的座標並

沒有幾何對位很完全，導致所有圖資必須要進行空間校正。以 AcrGIS 開啟。



圖 3-1 2007 年福衛二號影像© NSPO



圖 3-2 2008 年福衛二號影像© NSPO

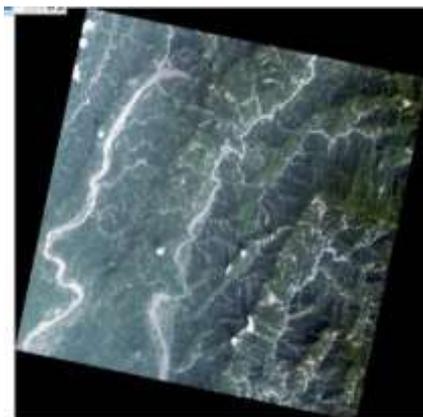


圖 3-3 2009 年福衛二號影像© NSPO

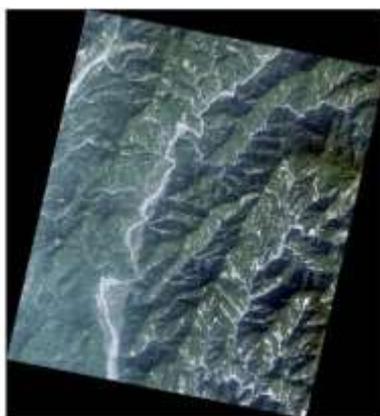


圖 3-4 2010 年福衛二號影像© NSPO

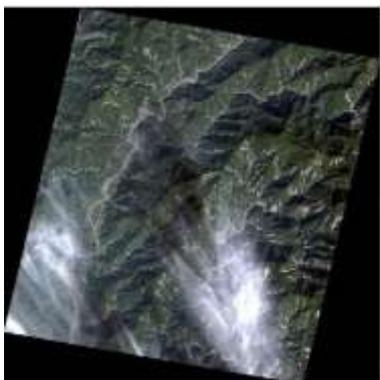


圖 3-5 2011 年福衛二號影像© NSPO



圖 3-6 2012 年福衛二號影像© NSPO



圖 3-7 2013 年福衛二號影像© NSPO



圖 3-8 2014 年福衛二號影像© NSPO



圖 3-9 2015 年福衛二號影像© NSPO

表 3-1 研究中取得福衛二號影像目錄

影像參考編號	取像日期
RS2RSI418C0A02	2007-09-01 (PAN)
RS2RSI418C2801	2007-09-01 (MS)
RS2RSI59AA4E02	2008-11-15(PAN)
RS2RSI59AA5401	2008-11-15(MS)
RS2RSI1B4A8501	2009-09-01(PAN)
RS2RSI 1B4A7702	2009-09-01(MS)
RS2RSI81EA3802	2010-11-21(PAN)
RS2RSI81EA7D01	2010-11-21(MS)
RS2RSI96427C02	2011-11-28(PAN)
RS2RSI96420C01	2011-11-28(MS)
RS2RSIA8323C02	2012-10-21(PAN)
RS2RSIA8323801	2012-10-21(MS)
RS2RSIBDF63002	2013-11-23(PAN)
RS2RSIBDF62A01	2013-11-23(MS)
RS2RSID1EC3002	2014-11-23(PAN)
RS2RSID1EC7601	2014-11-23(MS)
RS2RSIE5022002	2015-11-07(PAN)
RS2RSIE5021A01	2015-11-07(MS)

首先將取得影像使用 ARCmap GIS 軟體中的 Extract by Mask 功能裁切出以研究區域為中心的適當範圍大小，並且另存成一檔案，作法如圖 3-10~3-11。

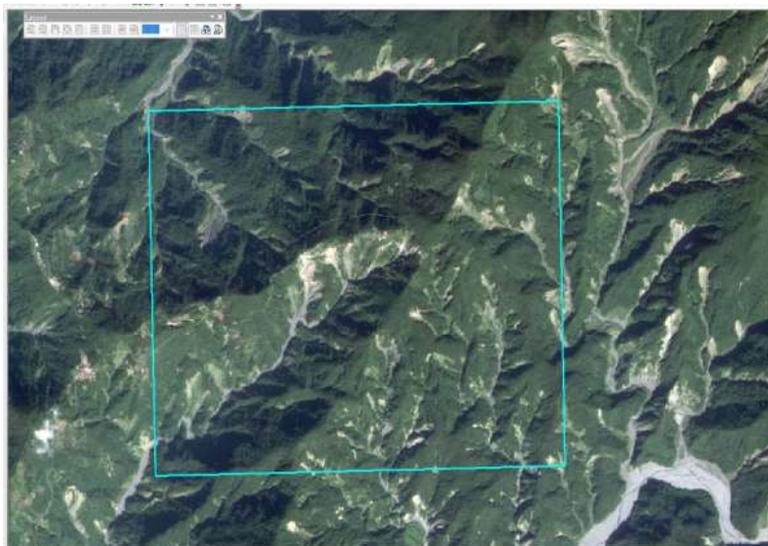


圖 3-10 框選適當的範圍

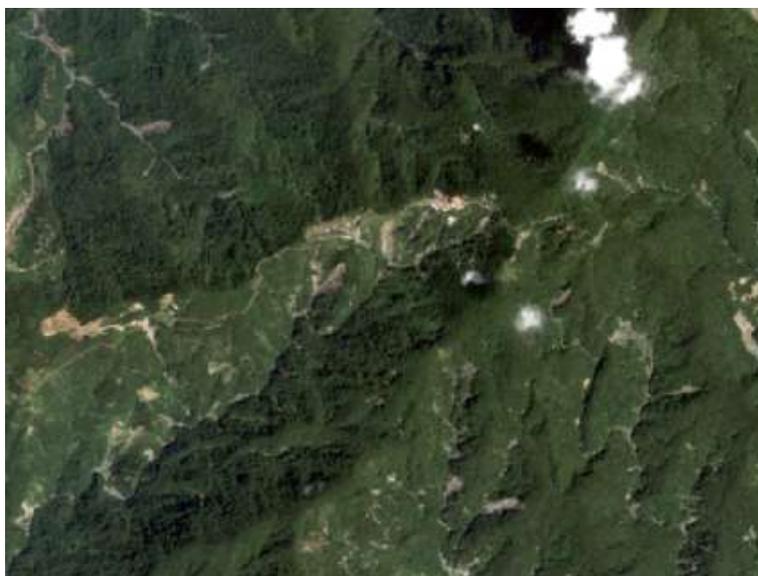


圖 3-11 剪裁後影像範圍

接著，以達雲公司平台上全台灣影像圖為基準，將裁切出來的各年度影像，於 QGIS 軟體中使用 Raster>Georeference 功能進行影像套

合，首先於套合前後影像上分別選取 6 個以上基準點(因本研究採取二次多項式坐標轉換模式)，求算轉換參數，進而完成影像套合作業。進行中每幅影像均選取 9 個基準點，且以立方卷積進行重新取樣，作業中程序如圖 3-12~3-16；最後將影像套合完成後影像再次匯入 ArcMap 中進一步剪裁出分析地區之範圍，方法與前述作業相同，不再贅述。其中 2009 年衛星影像經過影像套合後結果扭曲嚴重，因此不列入後續分析中。為了要解決分析後發現影像錯位之情形，將原本的多光譜衛星影像空間解析度從原本 8 公尺提高為 2 公尺，故使用 ENVI 軟體中 Pan Sharpening 功能，其做法如圖 3-17~3-22，在分析植生變遷等資訊時可大幅降低其對位產生之誤差。其他各年度經過上述前處理後結果如表 3-2。

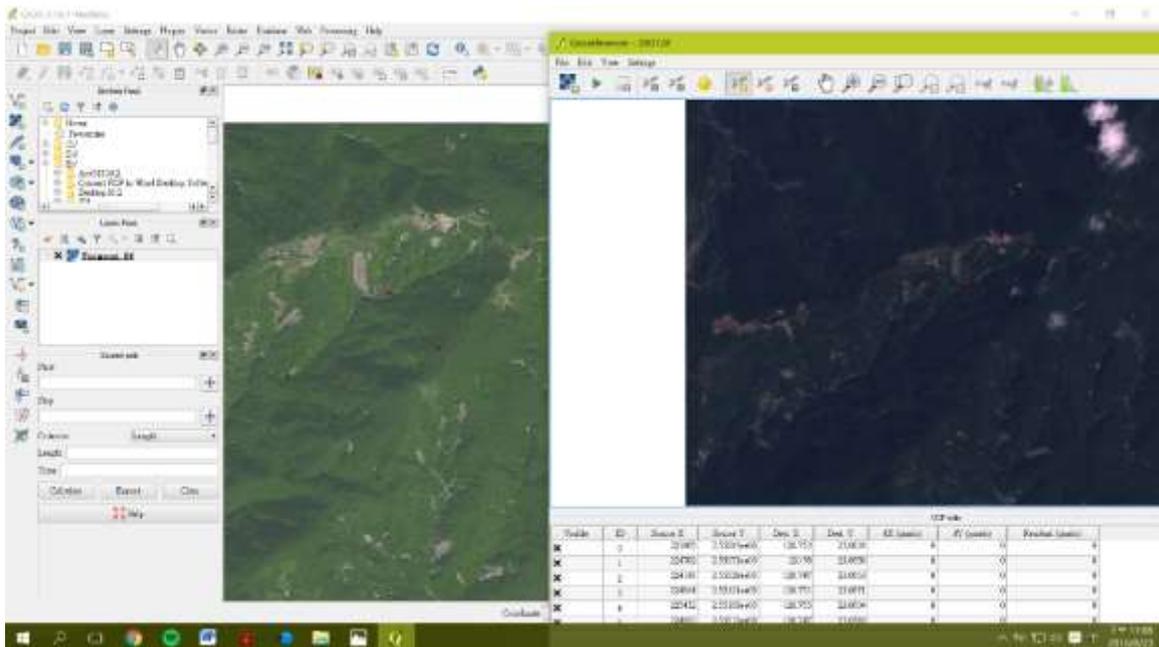


圖 3-12 點選欲校正的影像與參考影像圖檔進行校正

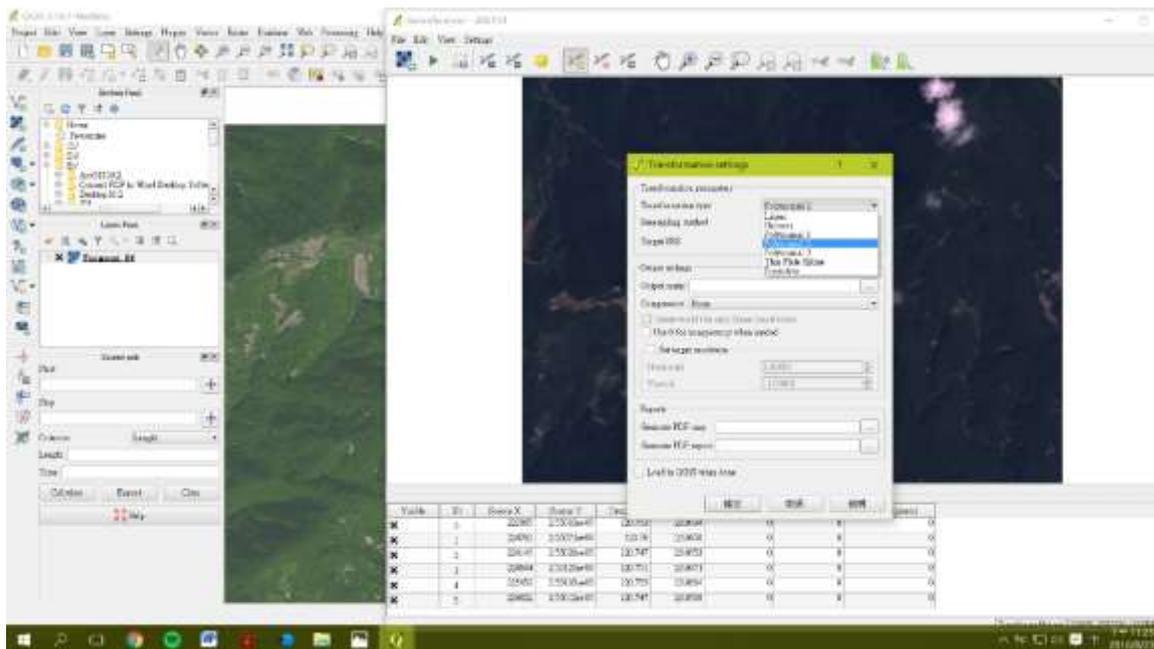


圖 3-13 選取二項多項式坐標轉換模式

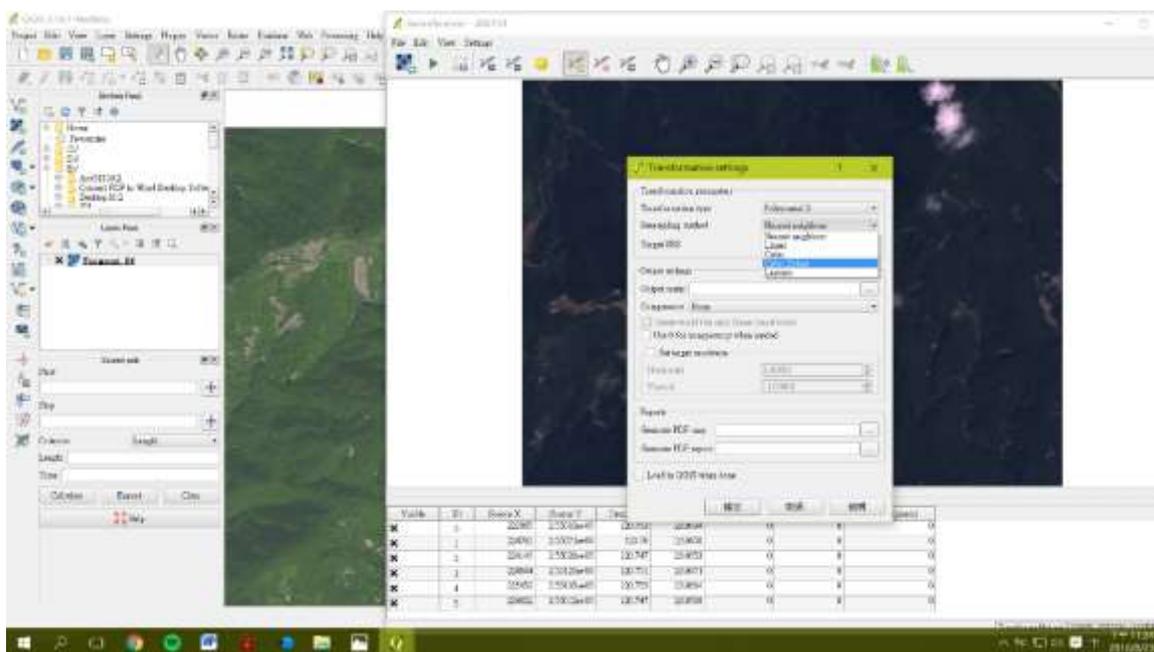


圖 3-14 選取立方卷積重新取樣

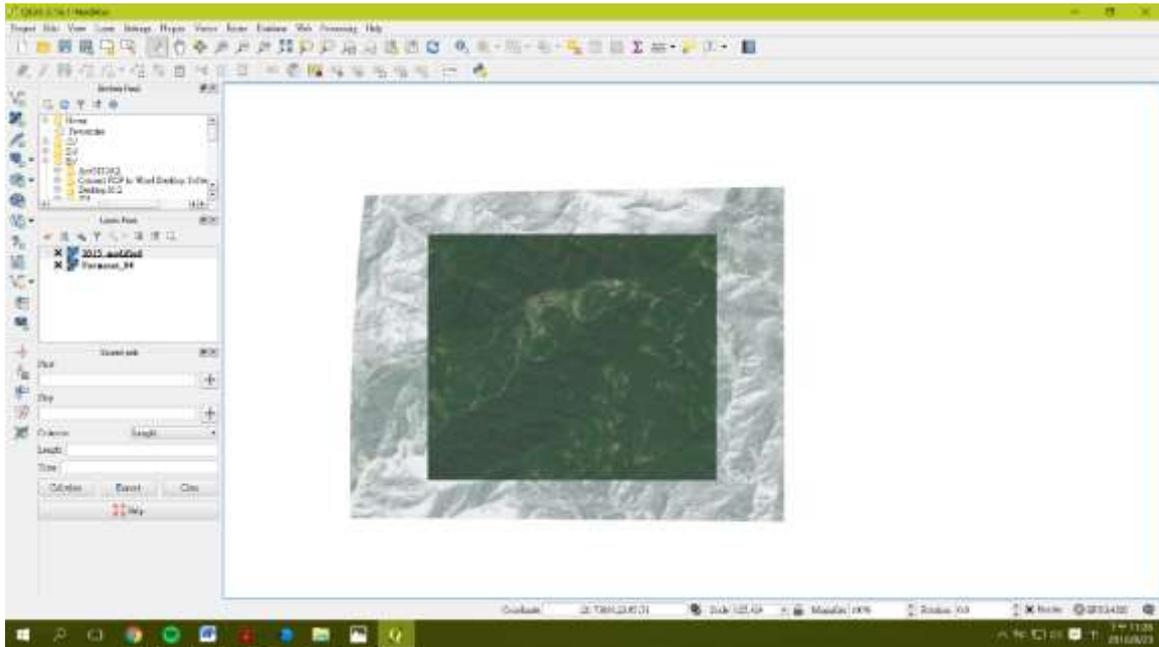


圖 3-15 與參考圖檔互相對應確保轉換後影像是否對位無誤

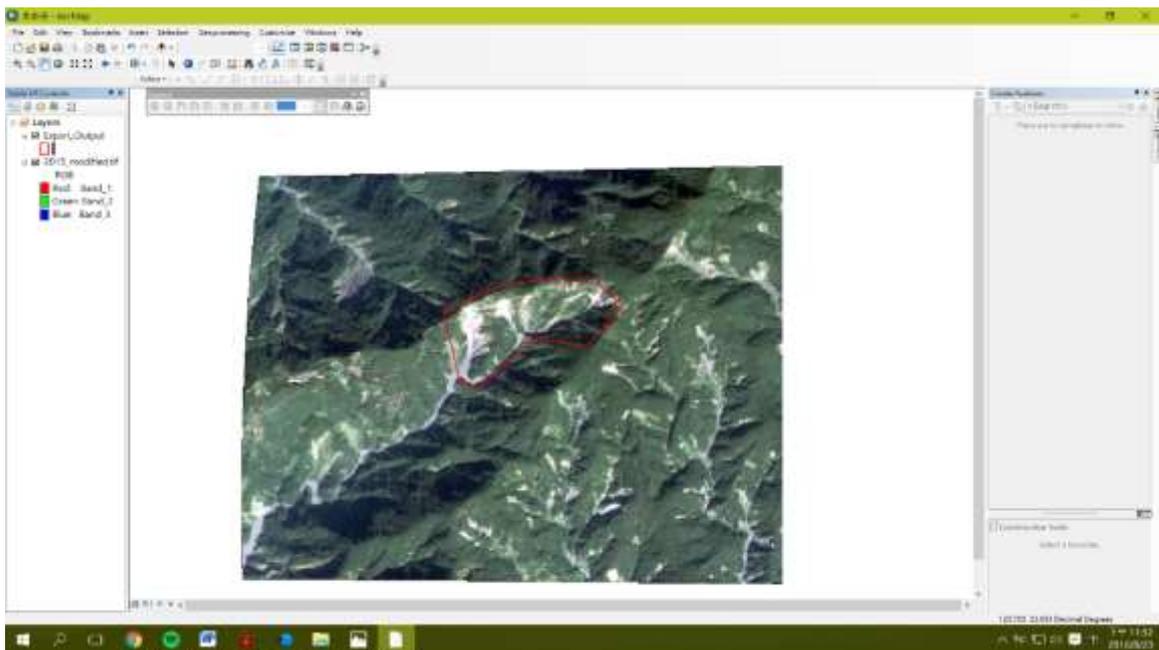


圖 3-16 將圖檔匯入後框選研究區域並進行剪裁

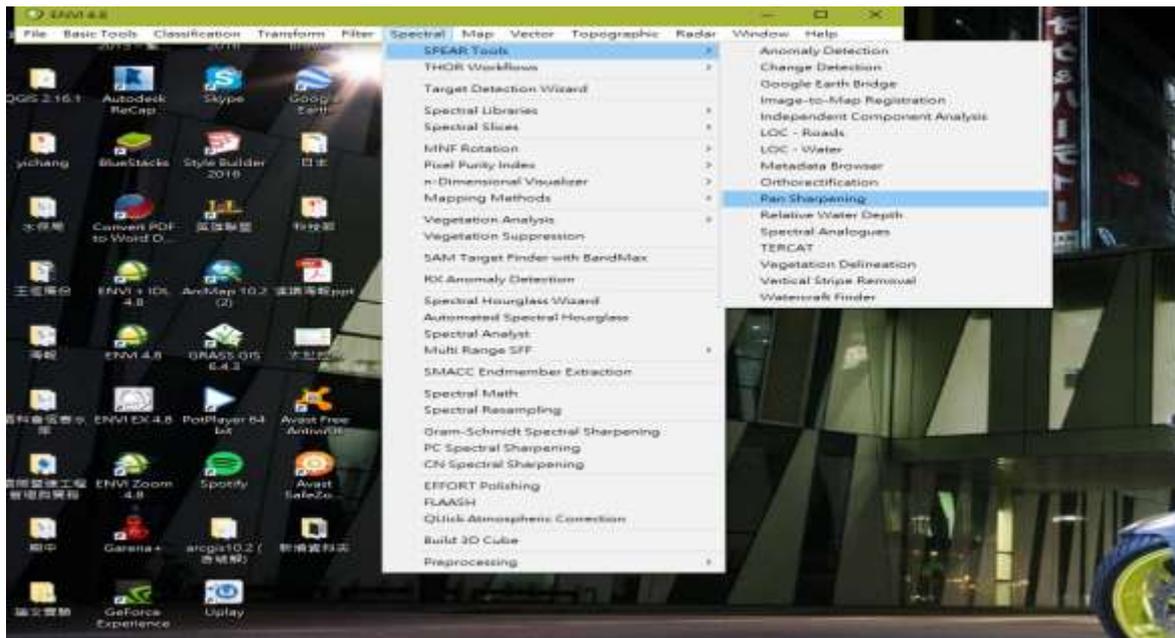


圖 3-17 在 ENVI 打開 Pan Sharpening

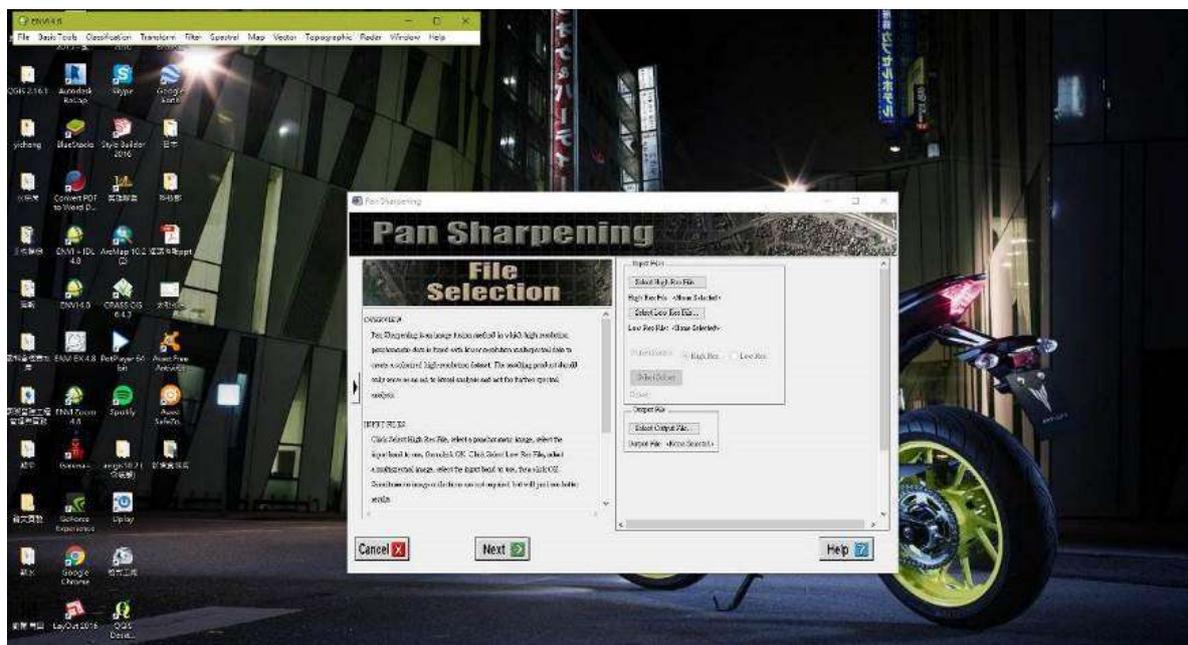


圖 3-18 開啟 Pan Sharpening 使用介面

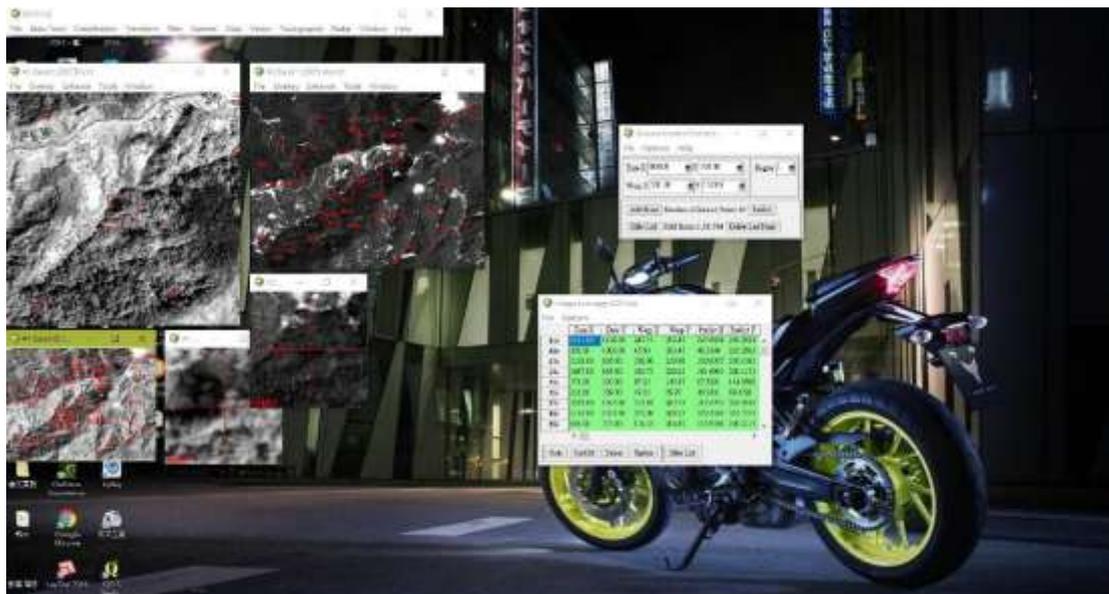
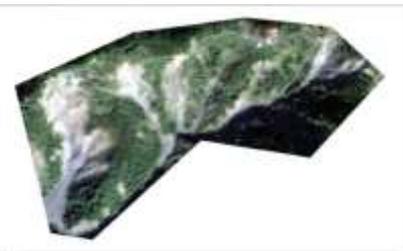


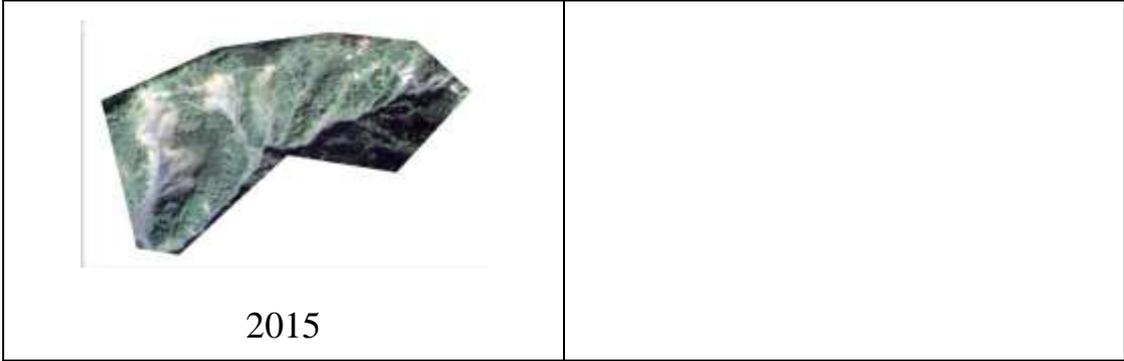
圖 3-21 程式自動選取相似點分布情形



圖 3-22 匯出影像融合結果

表 3-2 各年度剪裁完衛星圖

 <p>2007</p>	 <p>2008</p>
 <p>2009</p>	 <p>2010</p>
 <p>2011</p>	 <p>2012</p>
 <p>2013</p>	 <p>2014</p>



二、產製 NDVI 影像

將剪裁好之衛星影像匯入 ENVI 遙測處理軟體中進行常態化差異植生指標(Normalized Vegetation Index, 簡稱 NDVI)之計算，由 ENVI 軟體主功能表中的 Transform 選單，使用 NDVI 功能，選取紅光波段 (Band1)、近紅外光波段 (Band4)，即可產生各年度 NDVI 影像，過程如圖 3-23~3-24；2007~2015 年 NDVI 影像結果如表 3-3 所示。NDVI 影像中紅色表示地表裸露、非植生地區(NDVI 值介於 0 與-1.0 之間)，反之綠色則為有植生的區域(NDVI 值介於 0 與 1.0 之間)。由 2007 年至 2015 年 NDVI 影像中可明顯看出，除了道路、聚落以外，非植生地區分布範圍有擴大趨勢，2008~2009 年此擴大趨勢達到高峰，2012 之後有些減緩趨勢。

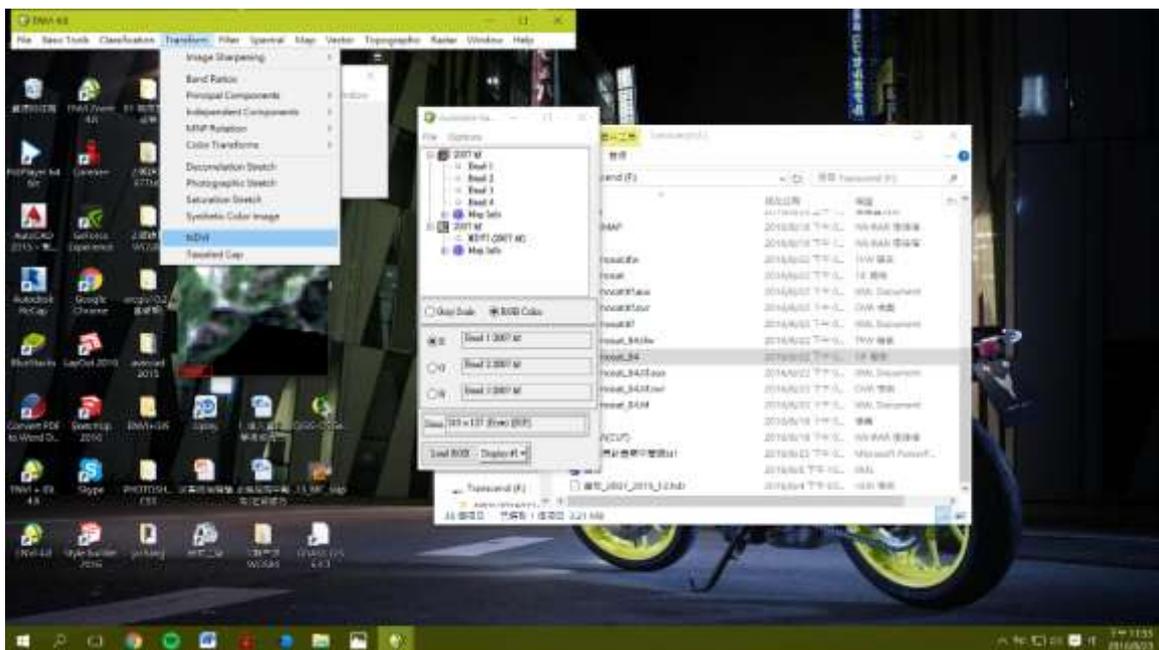


圖 3-23 在 Transform 選單中選取 NDVI 計算功能

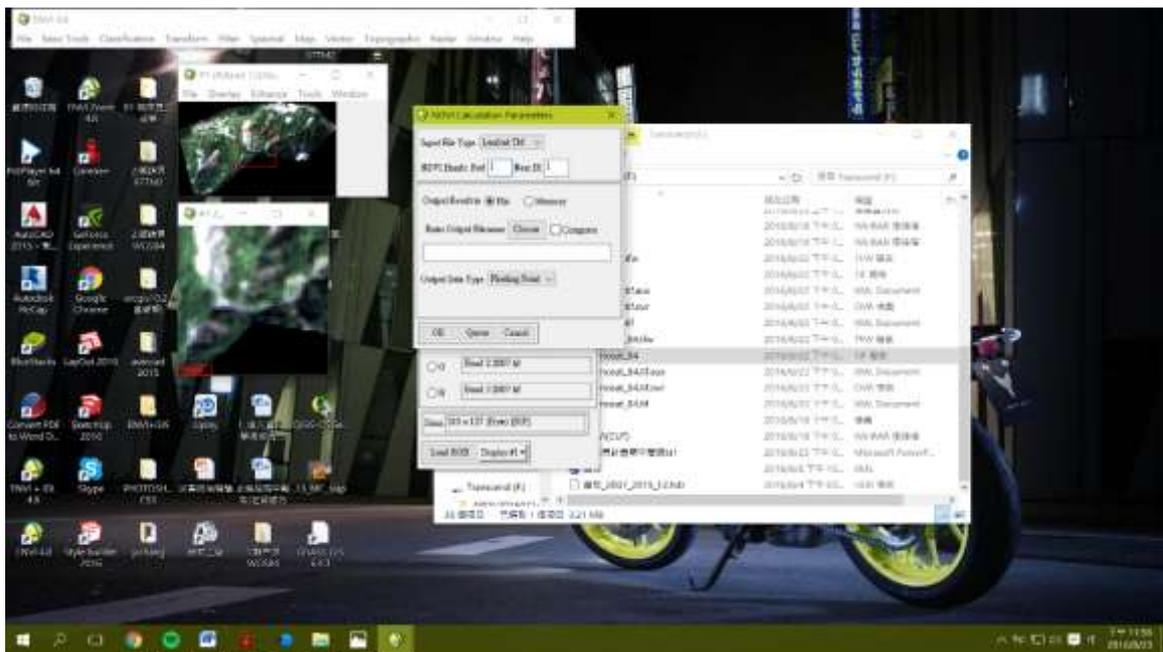
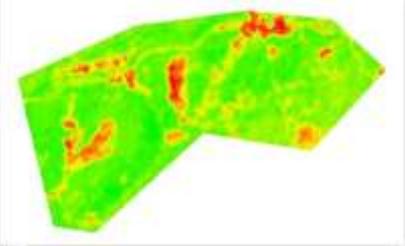
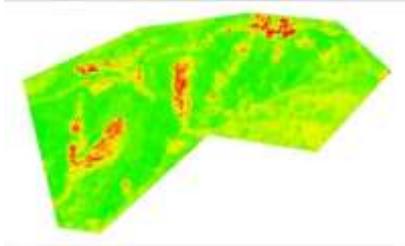
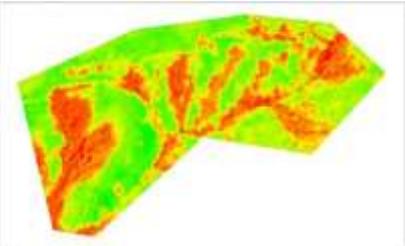
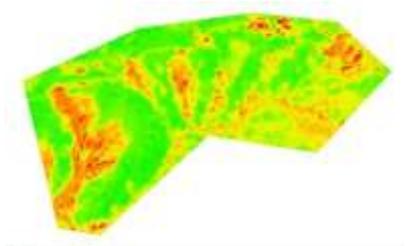
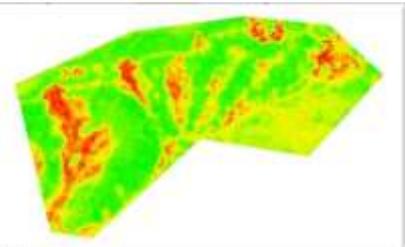
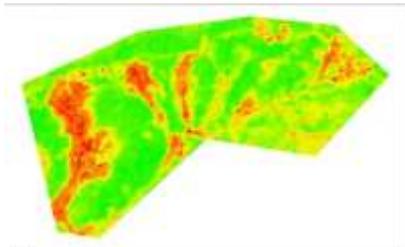
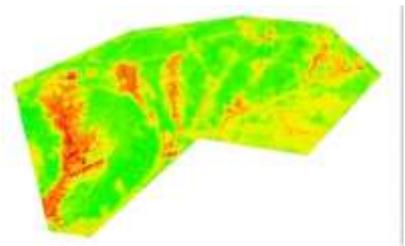
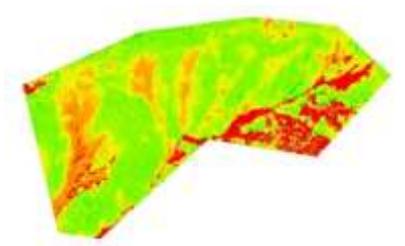
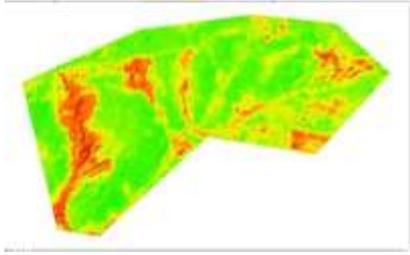


圖 3-24 選取要計算 NDVI 之波段(Band1、Band4)

表 3-3 各年度 NDVI 影像

 <p>2007</p>	 <p>2008</p>
 <p>2009</p>	 <p>2010</p>
 <p>2011</p>	 <p>2012</p>
 <p>2013</p>	 <p>2014</p>



2015

三、產製年度間植生變遷成果

將計算完 2007~2015 年之 NDVI 影像，任取二年度影像，使用 ENVI 的 Basic Tools 下拉式功能表中 Change Derrection> Compute Difference Map 功能，產生兩年間的植被變化(以正負變遷表示)。首先選取二組前後期 NDVI 影像，將變遷類別設定為 3 類，第 1 類是正變遷(Positive change)，第 3 類表示負變遷(Negative change)，而第 2 類則為不變(no change)；勾選影像數值正規化處理(此方法確保二年度影像上像元值介於 0 及 1 之間)，並考慮影像套合及拍攝角度造成影像值微小差異，將變遷門檻值(Threshold)設為 ± 0.15 ，依此計算出正負變遷結果，作業過程如圖 3-25~3-29。最後產出 2007-2008、2008-2010、2010-2011、2011-2012、2012-2013、2013-2014、2014-2015 年間植生變遷成果如表 3-4，圖中藍色表示正變遷(原為裸露區轉為有植被)、紅色地區則為負變遷(意即原有植生轉為裸露地區)；從相鄰二年度間植生變遷結果中顯示出 2008 年至 2009 年間負變遷範圍顯著增加，主要是因這幾年中發生了卡玫基颱風(2008 年)及莫拉克颱風(2009 年)侵襲所致。

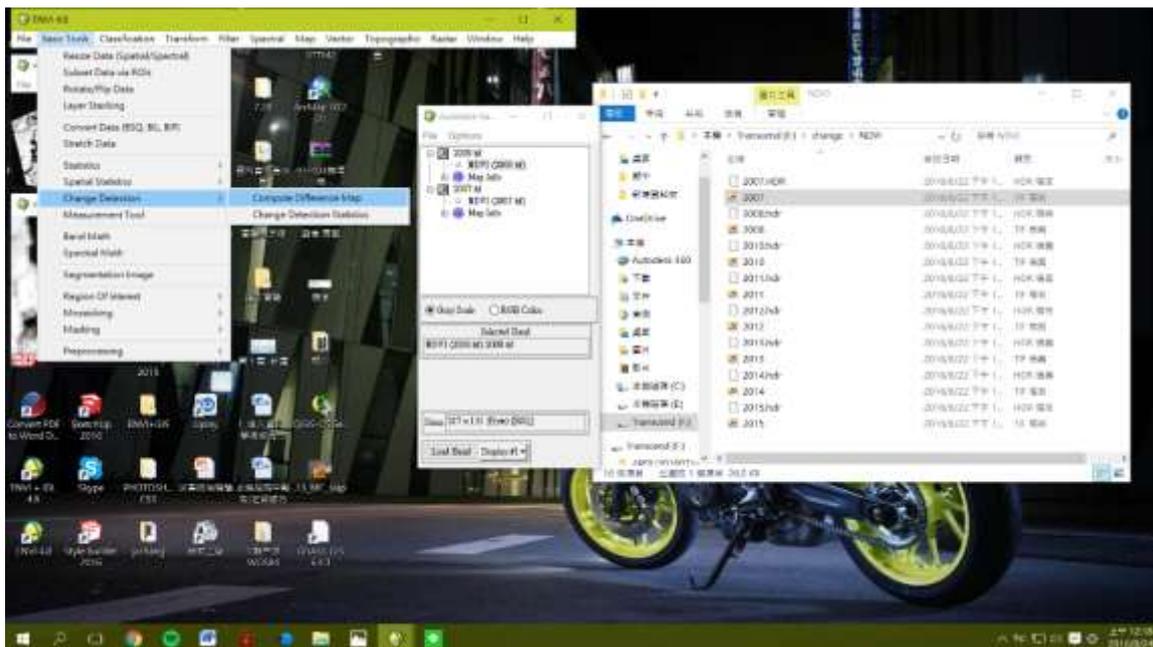


圖 3-25 選取 Compute Difference Map 之選項

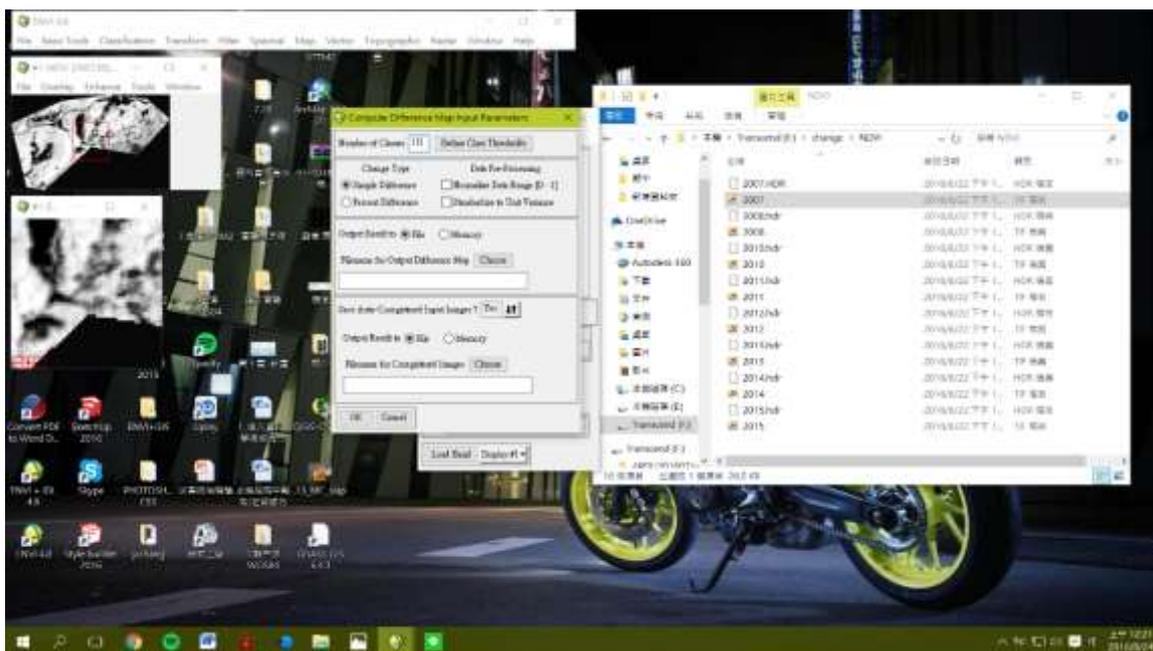


圖 3-26 將變遷類別數設為 3 項

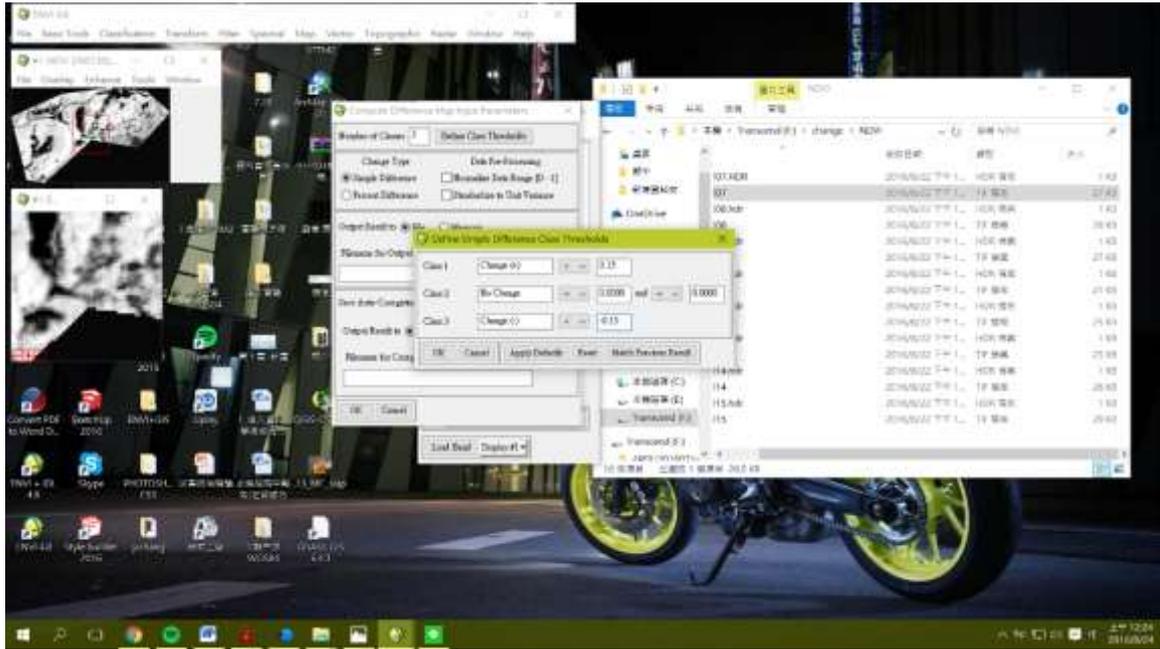


圖 3-27 將類別間門檻值改成 ± 0.15

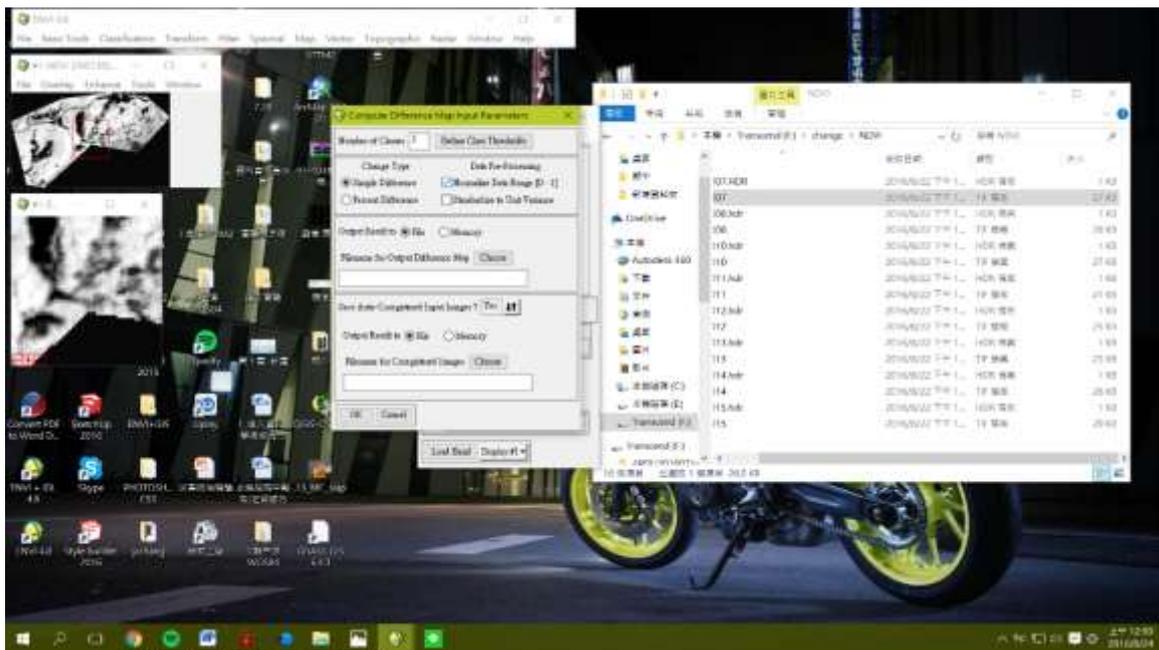


圖 3-28 勾選影像數值正規化選項

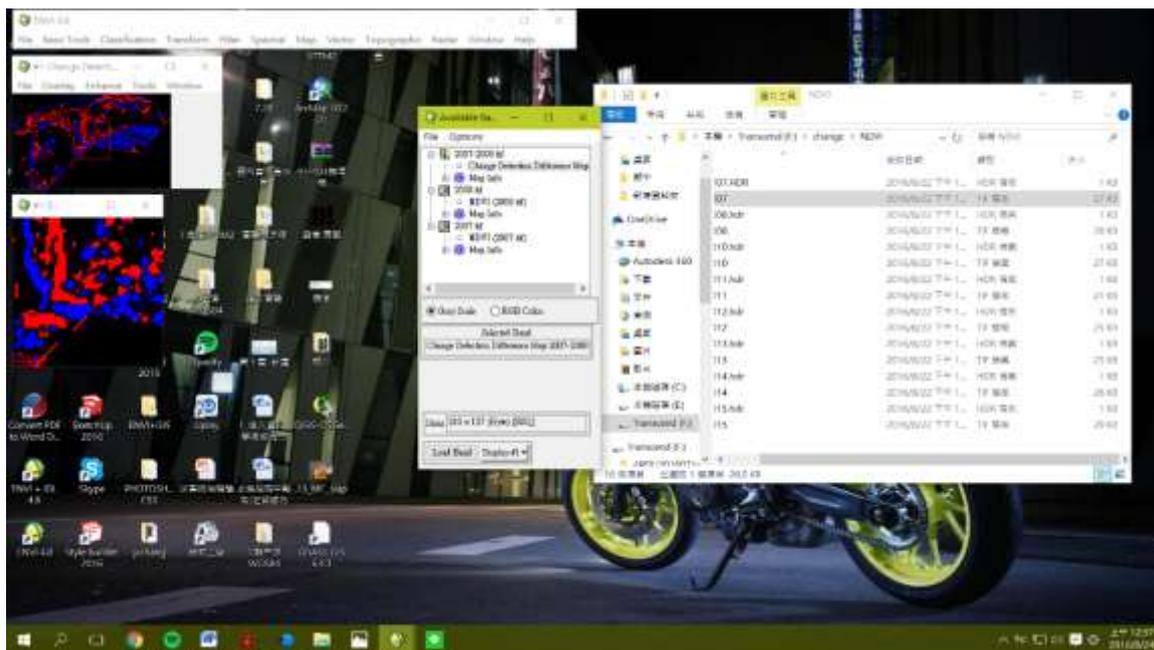
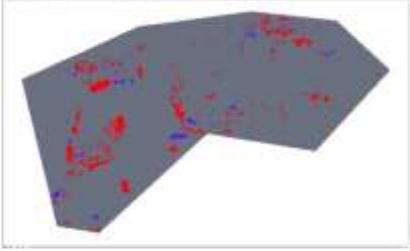
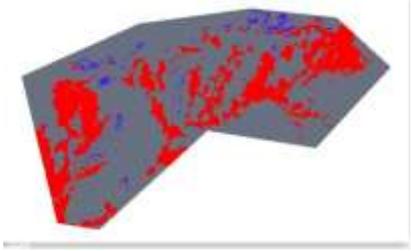
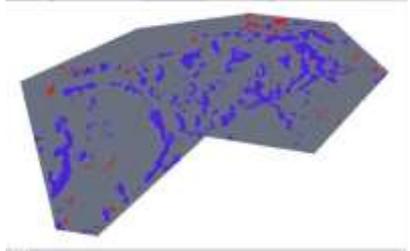
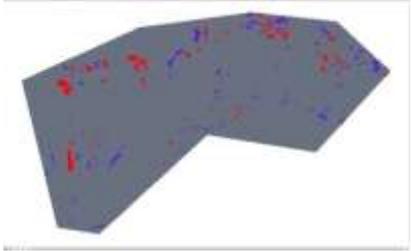
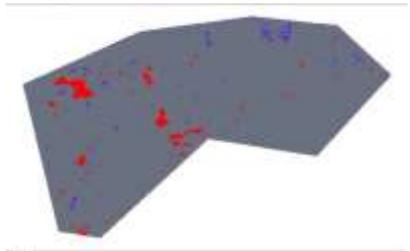
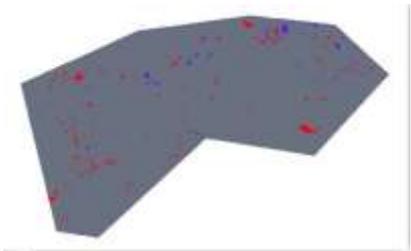
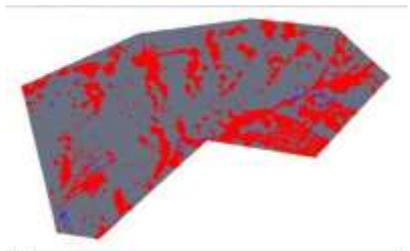
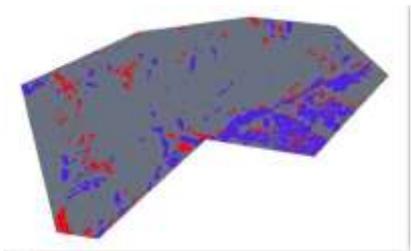


圖 3-29 計算出正負變遷圖

表 3-4 各年度植生變遷

 <p>2007-2008</p>	 <p>2008-2009</p>
 <p>2009-2010</p>	 <p>2010-2011</p>
 <p>2011-2012</p>	 <p>2012-2013</p>
 <p>2013-2014</p>	 <p>2014-2015</p>

第二節 地質災害活躍區域研判

為於災後一旦獲得災區遙測影像後，能於短時間內上傳至平台發佈與分享，須發展快速崩塌地圈繪法；再藉由多期崩塌地之變動情形，搭配下述之方法研判計畫區域之活躍性。

一、崩塌地圈繪

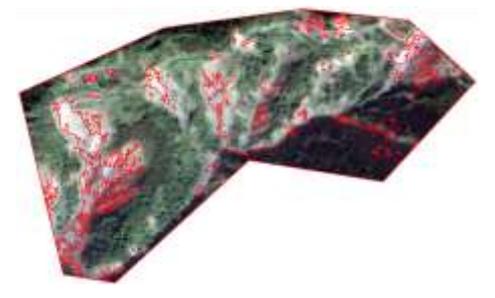
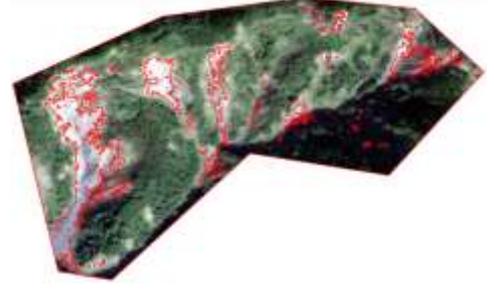
匯入經過 NDVI 處理後的衛星影像，搭配 ENVI 程式的影像分割功能(Segmentation Image)進行崩塌地圈繪。因為 NDVI 影像的值介於 1~-1 之間，其中大於 0 代表有植生、小於 0 代表為裸露地，即崩塌地。使用影像分割時選定 NDVI 影像的值介於 0~-1 的圖面範圍，經切割完後的影像即為裸露地的區域。初步處理先將道路手動刪除後，再用手動刪除聚落、房屋後，結果如下表 3-5 所示。以上動作大多以 GIS 完成，僅少數為人工手動調校，可於短時間內上傳至平台發佈與分享。

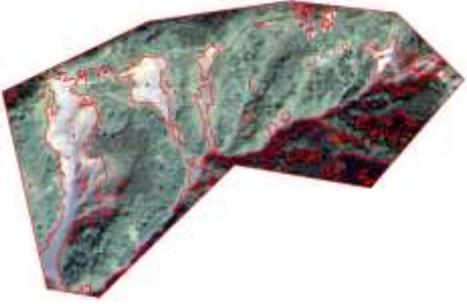
二、活躍性研判方法

本計畫於潛在山崩區之邊坡活躍性評估做法上，首先比對其歷史與其地形演育，進行山崩區活動性之判斷；而山崩區活動性主要參考 Keaton 與 DeGraff 於 1996 年提出之山崩區活動性分類(圖 2-4)規劃本計畫之穩定性評估表(表 2-1)，而後就本計畫所判釋之崩塌區評估其邊坡變動活躍性。

綜合上述之圈繪成果與活躍性研判方法，計畫區域不但一直存在既有崩塌，且有明顯地形特徵，因此研判本計畫區為邊坡變動活躍等級高之區域，建議持續觀察或進行長期監測。

表 3-5 計畫區域各期影像初步崩塌地圈繪成果

	
(a)2007 年	(b)2008 年
	
(c)2009 年	(d)2010 年
	
(e)2011 年	(f)2012 年
	
(g)2013 年	(h)2014 年

	
(i)2015 年	

第三節 植生變遷成果於三維動態平台發布

上述產製出研究區域之歷年福衛影像、NDVI 影像及植生變遷影像成果可以直接上傳至三維動態網路平台展示，如圖 3-30~3-32 所示，為免篇幅過於冗長，圖 3-30 及 3-31 展示 2009 年幾何對位後福衛影像及 NDVI 影像，圖 3-32 展示平台發布 2007-2008 年植生變遷分析成果。依據文中本章第二節中敘述的自動化快速崩塌地圈繪法，產製多時期崩塌地演變結果，也已發布於平台；配合由內政部申請取得 1 公尺解析度光達數值地形模型，可產製八方日照陰影圖，可清楚看出位於崩塌區域內地形特徵，展示結果如圖 3-33。藉由平台上本身具有 90 公尺網格之全球數值高程模型、或我國新發布之 20 公尺網格之全台灣數值高程模型、或局部 1 公尺光達數值高程模型，加上時間軸、3D 互動顯圖功能等，可協助崩塌地研判人員進行研究區中崩塌地活躍性之研判。此外，本團隊亦請貴局代為發文至地調所申請使用研究區鄰近 GPS 觀測站(GS52、0203、0207、3901、3902 等站)即時觀測座標資料如圖 3-34，未來將可在此平台上展示即時觀測成果，亦將成

為後續地質災害活躍區域研判上之重要參考依據。本計畫創新研究重點在於應用一個國人自主研發創新的三維平台，配合國人自主的福衛歷史影像，針對快速線上發布與分享土砂災害資訊程序進行示範測試。藉由時間軸、3D 互動顯圖功能跨越空間與時間的障礙，有助於崩塌地研判人員線上檢視地質災害活躍區域的演變。可以針對土砂變動激烈地區進行變遷分析作為土砂災害潛勢的參考，以及針對即時或時序的變動在創新平台上展現。不論專業人士或一般大眾均可藉由此平台檢視相關成果，擴大成果分享的效益。



圖 3-30 上傳至平台展示經過前處理後福衛影像



圖 3-31 上傳至平台展示之 NDVI 影像成果

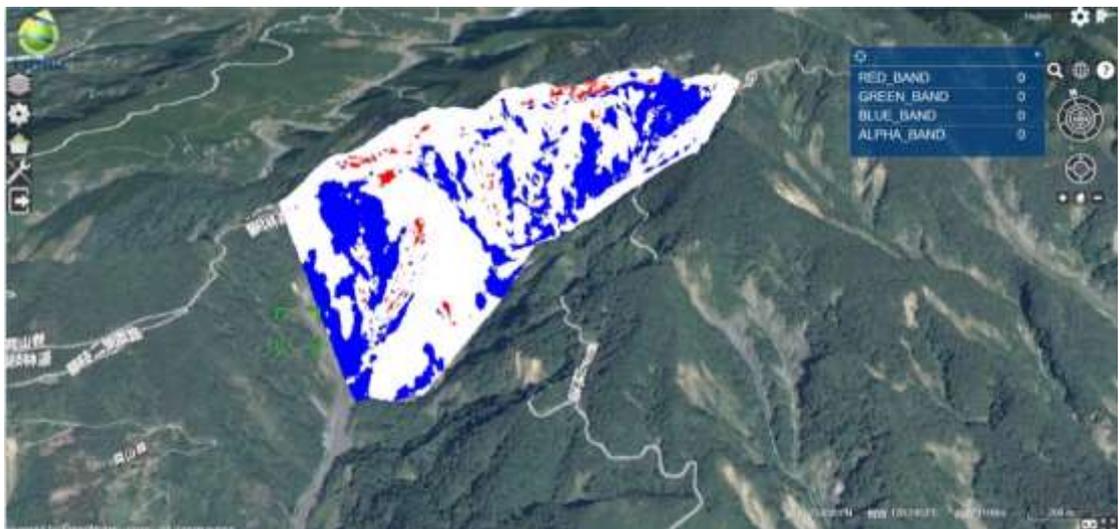


圖 3-32 植生變遷之平台展示成果

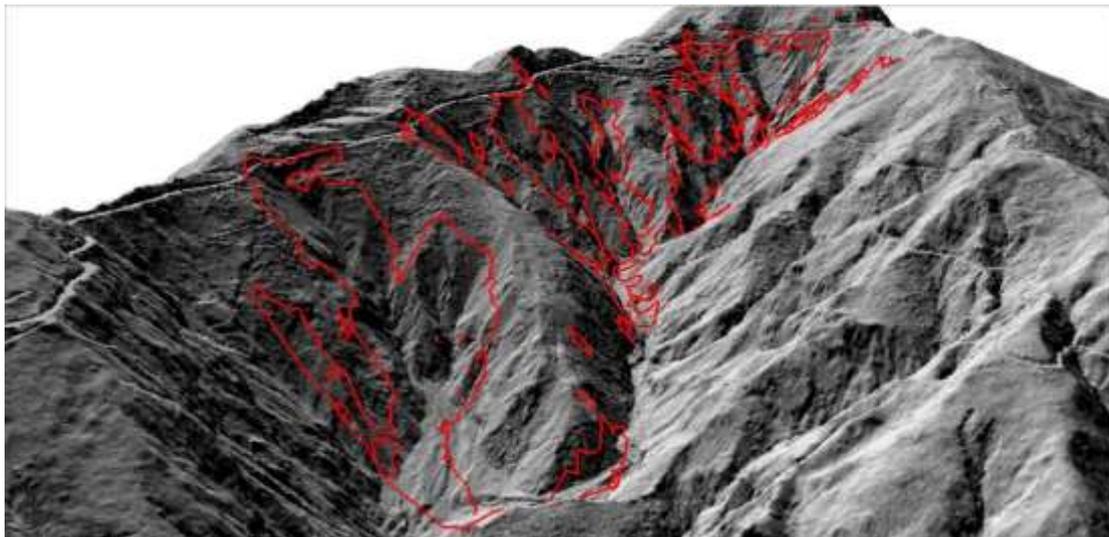


圖 3-33 崩塌地自動圈繪結果與日照陰影圖平台展示成果

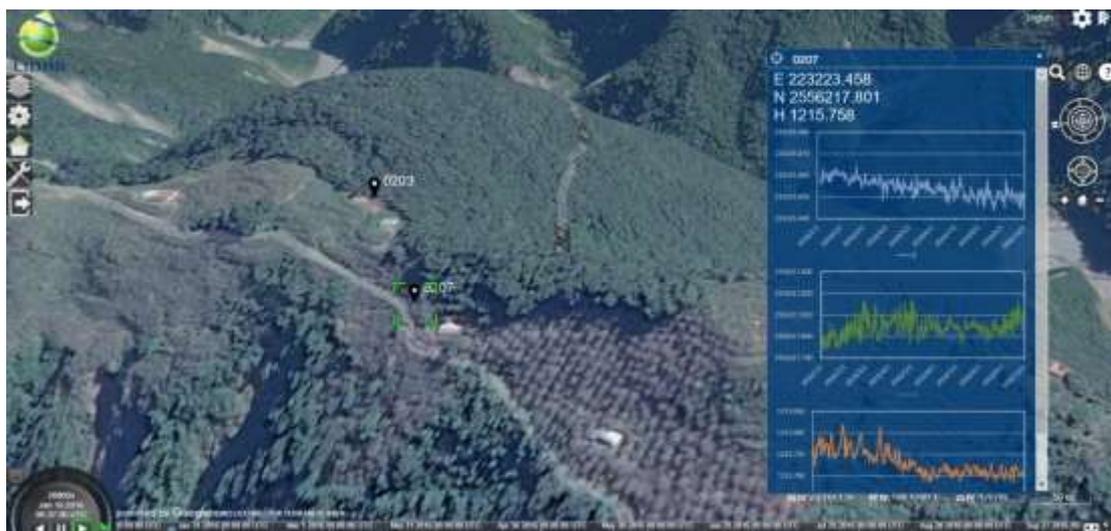


圖 3-34 研究區鄰近 GPS 即時觀測站成果(以 0207 為例)

第四章 結論與建議

依據報告中所列成果獲致下列結論與建議:

- 一、完成本案預定之四項工作，包括研究區歷年福衛二號影像之收集與前處理、歷年影像上植生變遷分析、崩塌區活躍性研判、以及將歷年影像變遷成果建置於三維動態平台中。
- 二、依據本研究產出之各期影像初步崩塌地圈繪成果，計畫區域不但一直存在既有崩塌，且有明顯地形特徵，因此研判本計畫區為邊坡變動活躍，需要持續觀察或進行長期監測。
- 三、本研究已將研究區域中歷年福衛影像、NDVI 影像及植生變遷影像適時地發佈於三維動態平台上，並藉由平台上由內政部提供之該區域 1M 的數值高程模型資料，進行線上判釋，加上時間軸、3D 互動顯圖功能，證實福衛歷史影像三維動態平台的可行性，有助於崩塌地研判人員進行崩塌地活躍性之探討，以及將判釋成果快速發布於雲端平台，與相關人員共享判釋成果。
- 四、由上述研究成果可知，高解析影像及數值地形資料於土砂災害活躍性研判之重要性，未來建議整合多元觀測技術，如無人機航拍、光達掃描及衛星定位等技術獲取高解析地形資料，配合三維動態平台即時展示及發布之優點，以提升土砂災害研判準確性及效率。

參考文獻

1. **Astrium** webpage, 2014. Formosat II product sheet, Access date : 15March. URL: <http://www.astrium-geo.com/en/160-formosat-2>
2. **Barlow**, J., Martin Y., and Franklin S. E., 2003. *Detecting translational landslide scars using segmentation of Landsat ETM+ and DEM data in the northern Cascade Mountains, British Columbia. Can. J. Remote Sensing*, Vol.29, No.4, 510–517.
3. **Chang**, K. T., Liu, J. K., Chang, Y. M., and Kao, C. S., (2010). An accuracy comparison for the landslide inventory with the BPNN and SVM methods, *Gi4DM 2010*, Turino, Italy.
4. **Delacourt**, C., Allemand, P., Squarzoni, C., Picard, F., Raucoules, D., and Carnec, C., 2003. Potential and limitation of ERS-Differential SAR interferometry for landslide studies in the French Alps and Pyrenees, Proc. Of FRINGE.
5. Jie Dou, Kuan-Tsung Chang*, Shuisen Chen, Ali P. Yunus, Jin-King Liu, Huan Xia, and Zhongfan Zhu, Automatic Case-Based Reasoning Approach for Landslide Detection: Integration of Object-Oriented Image Analysis and a Genetic Algorithm, *Remote Sensing*, 2015, Vol. 7, No. 4, 4318-4342; ISSN: 2072-4292, doi:[10.3390/rs70404318](https://doi.org/10.3390/rs70404318) (IF=2.623) (SCIE, EI), <http://www.mdpi.com/journal/remotesensing>
6. Jin-King Liu, Kuan-Tsung Chang, Feng-Chi Yu, Chin-Shyong Hou, Li-Yuan Fei, THE MULTI-TEMPORAL CHANGE ANALYSIS OF DEEP-SEATED LANDSLIDE–HSIAOLIN SLIDE, International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2013), IEEE

- Conference Publications, Melbourne, Australia, pp. 3670-3673, July 21-26, 2013. (EI) (ISBN:978-1-4799-1114-1)
7. K. T.Chang, , J. K.,Liu and, Z. Y. Wang (2012), AN OBJECT-ORIENTED ANALYSIS FOR CHARACTERIZING THE RAINFALL-INDUCED SHALLOW LANDSLIDE, Journal of Marine Science and Technology, 20(6), 647-656, Dec. 2012. (DOI: 10.6119/JMST-012-0430-2) (SCIE, EI) ISSN : 1023-2796.
 8. K. T.Chang, F. G.,Yiu, J. THwang., and Y. X.Lin (2012), “Accuracy assessment of Land Use Classification using hybrid methods”, Proc. of SPIE, SPIE Asia-Pacific Remote Sensing 2012, Kyoto, Japan, Vol. 8524, Oct. 29-Nov. 1, 2012. (EI) (SPIE Digital Library CCC code: 0277-786/12/\$18, doi: 10.1117/12.976844)
 9. Kuan-Tsung Chang*, Feng-Chi Yu, Yi Chang, Jin-Tsong Hwang, Jin-King Liu,Wei-Chen Hsu, Peter Tian-Yuan Shih, ACCURACY ASSESSMENT OF LAND COVER CLASSIFICATION USING FULL-WAVEFORM LIDAR DATA, Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (Terr. Atmos. Ocean. Sci.) , Vol. 26, No. 2, Part II, 169-181, April 2015. (SCIE, EI), ISSN: 1017-0839(IF=1.061)doi: 10.3319/TAO.2014.12.02.02(EOSI), <http://tao.cgu.org.tw/>
 10. **Liu**, J. K., Chang, K. T., Rau, J. Y., Hsu, W. C., Liao, Z. Y., Lau, C. C., and Shih, T. Y., 2009.*The Geomorphometry of Rainfall-Induced Landslides in Taiwan Obtained by Airborne Lidar and Digital Photography, Geoscience and Remote Sensing*, In-Tech, Inc.
 11. **Mantovani**, F., Soeters, R., and Van, C.J., 1996.*Remote sensing techniques for landslide studies and hazard zonation in Europe, Geomorphology*, Vol.15, 213-225.

12. **NFA**, 2008. *Historical records of natural disasters of Taiwan from 1958 to 2007*, National Fire Agency, Ministry of the Interior, Access date : 31 December. URL: <http://www.nfa.gov.tw/Show.aspx?MID=97&UID=827&PID=97>.
13. **Parise**, M., 2001. *Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard*, *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol.26, No.9, 697-703, doi:10.1016/S1464-1917(01)00069-1.

附錄

附錄一 期中審查會議記錄暨回復辦理情形

委員意見	回覆
1.本案研發之三維數位地球平台是否可使用不同來源之光學衛星影像與航照或不同精度數位地形。	本案使用之國人自主研發之三維數位地球平台是依循 WebGL 與 OGC 標準所開發之空間資訊發布與共享平台，此標準下之資料，不同來源之光學衛星影像與航照或不同精度數位地形均可使用。
2.未來是否供提供兩米之融合影像？	福衛二號衛星影像或未來發射之福衛五號衛星影像，均可以產製兩米之融合影像，唯目前尚無歷年 11 年完整之兩米之融合影像，國家太空中心為了擴大效益，未來應該會提供兩米之融合影像。
3.歷年影響比對之水平誤差有無校正？	歷年時序影像之比對基礎是共通的坐標，兩期影像的水平精度是基礎問題。本研究直接使用國家太空中心提供之影像，只做初步的平移，成果顯示未來進行平台分享之前水平誤差校正是一個關鍵程序。
4.各年度影像變異如何驗證？	各年度影像變異源自於影像處理、植生覆蓋變異，本案主要目的針對土砂災害活躍區域之研判，除了以變異合理性、土砂災

	<p>害特徵進行驗證，期中階段過後將安排研究團隊至研究區域進行現勘。</p>
<p>5.圖 59 只有一年之差，地貌有如此大之差異？宜合理說明之。另，是否應加以驗證。</p>	<p>由於取得影像時間較晚，衛星影像資料處理不夠完善，以致形成不合理變異情形。後續將自行產製兩米融合影像，以減少影像對位誤差；同時進行影像輻射值計算，以減少拍攝角度及大氣效應。另外也將考慮土砂災害特性進行變異合理性研判。期中階段過後將安排研究團隊至研究區域進行現勘。</p>
<p>6.本計畫之應用何在？宜詳加斟酌。</p>	<p>本計畫之目的在應用一個國人自主研發創新的三維平台，配合國人自主的福衛歷史影像，針對快速線上發布與分享程序進行探討。期望可以針對土砂變動激烈地區進行變遷分析進而作為土砂產生潛勢的參考，以及針對即時或時序的變動在創新平台上展現。可以給專業人士或一般大眾檢視，擴大成果分享的效益。</p>
<p>7.研究中取得福衛二號影像的時間，並非同一個月份。另雲遮蔽影響如何處理，建請補充。</p>	<p>考慮土砂災害誘發機制，因此從福衛二號歷史影像資料庫中取得影像均為 8-9 月颱風季節後影像，同時影像中雲涵蓋率不得</p>

	<p>高於 20%；因此，各年度取得影像不一定同一月份。因此研究資料中雲遮蔽影響不大，此外，研究熱區中影像並無雲遮蔽情形。</p>
<p>8.有關本計畫使用之研究方法如差異法，NDVI 等之介紹，及其是否直接可適用於植生變遷之量化分析。</p>	<p>以 NDVI 影像差異法僅能判定植生正(負)變遷或無變遷，為一種快速獲取植生演變分布之方法，然若要進行各類土地覆蓋變遷量化分析，僅以植生指標及差異法，並無法建立詳細植生變遷類別。</p>
<p>9.建議可先針對研究區域內擇一小區域之調查資料，以了解本研究方法是否適用及誤差情形。</p>	<p>目前已針對藤枝林道 18K-19K 區崩塌熱區進行分析，期中階段過後將安排研究團隊至研究區域進行現勘。</p>
<p>10.本案彙整福衛影像作為土砂災害判釋的平台，對防災工作很重要，值得水保局提供合作。</p>	<p>謝謝委員支持，本計畫預期可以驗證三維平台適用於快速災害成果的發布與分享。相信對於專業的災害分析成果擴大於社會大眾了解上會有很大效益。</p>
<p>11.以藤枝林道為案例，建議可將判釋成果量化可供後續研判</p>	<p>由於目前僅使用福衛影像資料進行植生歷年演變，因無高精度數值地形資料可進行微地形特</p>

<p>的運用，目前似看不到運用的更多方法。</p>	<p>徵，以至於無法有效進行土砂災害活躍性之研判。期中階段過後將安排使用無人機航拍產製研究區高精度數值地形模型，以利微地形特徵之研判。</p>
<p>12.建議水保局可再多方運用團隊自主研發的三維動態數位比例平台，可考慮取代目前的系統。</p>	<p>三維動態平台是一個空間資訊成果的發布與分享平台，不是地理資訊系統 (GIS)，無法取代既有的 GIS 系統。但是，因為三維動態平台上在所有的瀏覽器上，都可以看到即時或靜態的三維圖資，也可以疊合各種國內國外透過 WMS/WMTS 發布的 Open Data，所以容易跟專業或一般民眾分享。因此，在擴大資訊分享的效益上會有很大幫助。</p>
<p>13.應用 NDVI 作為地表覆蓋程度及其演變，已有很多的研究成果，建議應加強這方面的文獻蒐集工作。</p>	<p>謹遵委員意見辦理，將於期末報告中增加應用 NDVI 作為地表覆蓋程度及其演變文獻回顧。</p>
<p>14.試說明如何應用福衛影像進行微地形判釋（如圖 8 或表 7）？</p>	<p>福衛二號影像具有 2 公尺全色態及 8 公尺多波段解像力，只有二維資訊，不能做微地形判釋。但是，三維動態平台可以接受像空載光達一公尺解析力的高精度地形，因此可以搭配進行微地形判釋。</p>

<p>15.表 7 中若干內容陳述宜再精準。</p>	<p>經分析發現表 7 不符合研究目的故已刪除</p>
<p>16.建議強調計畫成果與創新之相關，其成果是否能有較顯著之與以往研究計畫方法或成果之不同處。</p>	<p>本計畫主要創新之處有二： (1)首次在國人開發的三維動態平台上一進行災害潛勢的快速發布；(2)探討災害潛勢快速發布與分享流程，期望發現這過程的關鍵問題，作為未來快速發布的參考。利用 NDVI 與人工判釋這些傳統技術只是拿來作為災害潛勢的代表，以驗證創新平台與創新作業的有效性。</p>
<p>17.建議解釋之採取 F- II 影像原因？及研究區域為林務局主管之藤枝林道之原因？</p>	<p>(1)三維動態平台可以使用任何 OGC 標準的空間資料，以及介接 WMS/WMTS 等公開發布的線上圖資。使用福衛二號衛星影像只是因為福衛二號是唯一國人自主營運的資源衛星，同時擁有超過 11 年的歷史影像，是國人重要資產，值得率先拿來測試；(2)藤枝林道作為測試區只是因為本研究團隊先前熟悉該處的土砂變動大，而且研究目的在驗證新的平台與新的作業程序，同樣的方法可應用於任何土砂變動區。後續工作會與主辦單位討論，取得現場觀測時序資料，以測試在平台上的發布。</p>

<p>18. 植被出現及植被消失之成果應再確認，是否為裸露誤判？河道？野溪？甚至 cloud 影響？水區？陰影？並列明 Accuracy Matrix。</p>	<p>各年度影像變異受到影像對位誤差、大氣效應之影響，以致於造成誤判情形發生。後續將至現地進行調查，完成植生變遷準確性評估。</p>
<p>19. 福衛二號衛星已不提供服務，後續是否有其替代方案可持續進行相關研究？</p>	<p>福衛二號衛星影像或未來發射之福衛五號衛星影像，均可以發布在三維動態平台，國家太空中心為了擴大效益，未來規劃除福衛二號衛星影像外，亦會將福衛五號衛星影像在三維動態平台上發布。</p>
<p>20. 本研究針對福衛影像植生指標，NDVI 進行分析，請說明 NDVI 隨時間之變遷與不同類型之山崩現象 (P.22 表 7) 間之關聯性為何？</p>	<p>經分析發現表 7 不符合研究目的故已刪除</p>
<p>21. 本計畫新創平台如何應用於災害預防或研判之工作？另此平台同時可容納多少人上線使用？</p>	<p>新創平台可用於發布既有災害與潛在災害資訊，以他的簡易性，可成為類似社群共享平台如 Facebook, twitter 等資訊分享</p>

	<p>之用，有利於讓大眾對於災害的防患，亦可提供專業人士在線上進行研判。因為是一個雲端系統，不須安裝，用一般瀏覽器就可以上網去看，平台同時可容納之上線人數沒有限制。</p>
--	--