
以自行研發之紅色地圖技術輔助預判土砂
災害之潛勢地區

**Sediment Disaster Prediction by Self-
Developed Red Relief Image Maps**

執行單位:國立中興大學

執行期間:105 年 04 月 01 日至 105 年 12 月 31 日

計畫主持人:蕭宇仲 助理教授

行政院農業委員會水土保持局 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)

以自行研發之紅色地圖技術輔助預判土砂災害之潛勢 地區

摘要

本研究以自行發展的紅色地圖，評估其在輔助地形判釋的可行性。程式發展過程中以 Fortran 語法計算地形開闊度，並以 GMT 軟體計算地形坡度，整合兩者計算結果後再次以 GMT 軟體繪製紅色地圖。罩窗半徑、地形對比值、紅色地圖調色盤之設定值為程式中重要因子，本研究針對這三者做深入的探討。研究區域之數值地形模型包含 80m(宜蘭沖積扇平原、太魯閣、埔里盆地)、5m(烏來地區)、1m(火炎山)、20cm(太陽谷)以及 10cm(燕巢烏山頂)等各種空間解析度網格。本研究將紅色地圖與傳統地圖(分層設色圖、陰影圖)做比較，發現自製之紅色地圖對於微地形之呈現十分明顯，且能提供土砂災害以及地形變遷之良好參考。本研究之最終目的為希望自製紅色地圖能對於後續災害防治、水土保持、環境監測與資源探勘等做出貢獻。

關鍵詞：紅色地圖、地形開闊度、地形坡度、地形判釋。

Sediment Disaster Prediction by Self-Developed Red Relief Image Maps

Abstract

This research is aimed at developing self-developed red relief maps (RRMs) for analyzing feasibility of aiding in terrain interpretation. We use Fortran programs to derive terrain openness, and generic mapping tools (GMT) to derive terrain slopes and plot RRM. The factors of search radii, terrain contrasts, and color palettes are important for producing RRM. All of the important factors are rigorously discussed in this study. The digital terrain models (DTMs) of the study areas include Yilan Alluvial Fan, Taroko, Puli Basin, Wulai, Huoyanshan, Taiyang Valley, and Wushanting at the spatial resolutions of 80m, 5m, 1m, 20cm, and 10cm, respectively. We also compare RRM with traditional maps (hypsometric map, hillshade map). The results show that the red relief maps can better highlight the micro-topographies, and also can provide valuable references for landslide disaster and terrain changes. The main purpose of this study is to further bring contributions to the regions of disaster prevention, soil and water conservation, environmental monitoring, and resource exploration.

Keywords: red relief maps, terrain openness, terrain slope, terrain interpretation.

目次

以自行研發之紅色地圖技術輔助預判土砂災害之潛勢地區	I
Sediment Disaster Prediction by Self-Developed Red Relief Image Maps	II
目次.....	III
表次.....	V
圖次.....	VI
第一章 前言.....	1-1
第一節 計畫緣起及目的.....	1-1
第二節 計畫預計成果.....	1-5
第二章 工作流程及進度.....	2-1
第一節 期初至期末研究流程	2-1
第二節 工作進度.....	2-3
第三章 紅色地圖研究原理	3-1
第一節 地形坡度.....	3-1
第二節 地形開闕值.....	3-2
第三節 紅色地圖調色盤	3-8

第四章 研究成果	4-1
第一節 台灣部分區域紅色地圖成果	4-1
一、研究區域.....	4-1
二、各研究區域成果	4-3
第二節 國外研討會發表	4-20
第三節 國內期刊論文發表	4-23
第五章 結論與建議	5-1
參考文獻	1
附錄一	附錄- 1 -
附錄二	附錄- 5 -

表次

表 1、計畫檢核表	2-4
表 2、不同罩窗半徑(T)及地形對比值(S)所組成之 9 種測試 例表。	3-7
表 3、不同開闢度及坡度所組成之 9 種測試例表。	3-11
表 4、各樣區詳細資料。	4-2

圖次

- 圖 1、東西坑集水區(左)正射影像(右)分層設色等高線圖。
(資料來源: 高治喜、連惠邦(2015))1-2
- 圖 2、東西坑集水區陰影圖，箭頭為光源入射方向。1-2
- 圖 3、對於光源接收量之開闊度示意圖。其中黃色面積代表
所在地形光源接收量，圖中地形在山頂(山脊)處由於地
形開闊度較佳，故光源接收量較多，在山谷處則光源接
收量較小。此圖改編自亞洲航測株式會社開闊度示意圖
(<http://www.ajiko.co.jp/>)。1-3
- 圖 4、計畫執行期初至期中研究流程圖2-2
- 圖 5、地形坡度示意圖，A 為待計算網格點， θ 為計算後坡
度值。3-1
- 圖 6、(a)正地形開闊度示意圖。(b)負地形開闊度示意圖。
.....3-3
- 圖 7、地形示意圖，其中點 A 與點 A' 之高程值與坡度值均
相同，但地形開闊度不同。3-4
- 圖 8、地形開闊度計算單窗半徑示意圖，園內小圈為計算半
徑內所有網格點。3-5
- 圖 9、單窗半徑示意圖，R1 為較短搜尋半徑，R2 為較長搜

尋半徑。	3-6
圖 10、對應表 2 之紅色地圖(東西坑集水區)。	3-7
圖 11、本研究之紅色地圖調色盤(左)，與相對應之地形繪 製結果(右)。其中左圖中橫軸為地形開闊度(單位： 度)，縱軸為地形坡度(單位:度)。	3-9
圖 12、本研究之各種地圖調色盤(左)，與相對應之地形繪 製結果(右)。其中左圖中橫軸為地形開闊度(單位： 度)，縱軸為地形坡度(單位:度)。	3-10
圖 13、對應表 3 之紅色地圖(東西坑集水區)。	3-11
圖 14、Case1 宜蘭沖積扇平原部分地區。	4-4
圖 15、Case2 太魯閣周邊地區。	4-6
圖 16、case3-3 埔里盆地部分地區(左)衛星影像(右)紅色地 圖。	4-8
圖 17、(a)南投縣私立普台高級中學，(b)埔里鎮 15. 鐵山 里公墓之衛星影像圖(資料來源:Google map)	4-9
圖 18、Case4 燕巢烏山頂。	4-12
圖 19、Case5 燕巢太陽谷。	4-15
圖 20、Case6 苗栗火炎山。	4-17
圖 21、Case7 烏來地區紅色地圖，黃圈為山崩目錄，藍圈	

為蘇迪勒颱風過後災害點位。(資料來源: 魏倫瑋等 (2015)).....	4-19
圖 22、本團隊參加 JPGU2016 之現場照片。.....	4-21
圖 23、本團隊參加 JPGU2016 之張貼海報內容。.....	4-22

第一章 前言

第一節 計畫緣起及目的

近年來地形測繪的技術發展日漸成熟，尤其在空載光達(Light Detection And Ranging, LiDAR)技術方面，已經能產製出高精度的數值表面模型(Digital Surface Model, DSM)及數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)模型，其精度甚至可達公寸等級(Hodgson and Bresnahan, 2004)，若能將此技術投置於國內水土保持、土砂災害防治、國土規劃、防災管理、環境監控與資源探勘等會有極大之助益。然而以傳統方法如等高線、陰影或分層設色等圖資來表達 DSM 與 DEM(張玲等, 2014)，會因為高程表現方法不佳而遺漏重要資訊。以東西坑集水區 DEM 為例，分層設色等高線圖(圖 1)只能判斷高程而無法直接觀察出地形型態，而陰影圖(圖 2)除了陰影自身會遮蔽較細微之地型之外，入射光源方向相反則會造成地形凹凸誤判(Chiba et al.2008)，導致無法完整地呈現真實地形樣貌，也將枉費如此高解析度之高程模型成果。

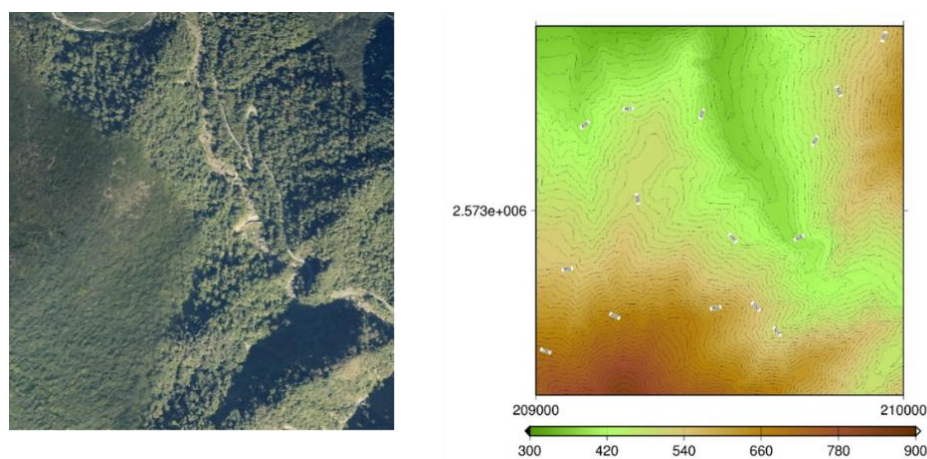


圖 1、東西坑集水區(左)正射影像(右)分層設色等高線圖。(資料來源: 高治喜、連惠邦(2015))

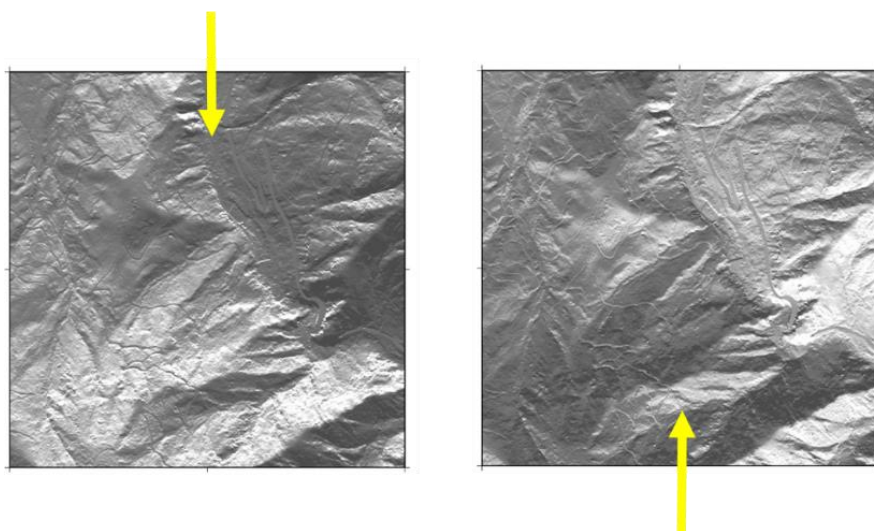


圖 2、東西坑集水區陰影圖，箭頭為光源入射方向。

紅色地圖發展已有 10 多年的歷史，Yokoyama et al.(2002)提出地表開闊度之計算方法，而開闊度因模擬光源接收量來製造立體感，如圖 3 所示，光源接收量較多如山頂之地型顏色偏白，反之山谷呈暗色，因此可以替代掉陰影圖並製造絕佳立體感。Chiba et al.(2008)結合地形開闊度與地形坡度並配合紅黑色階繪製出紅色地圖，此技術已廣泛應用於地形學、地理學與地質學等領域，並對地形判釋有不錯的結果。

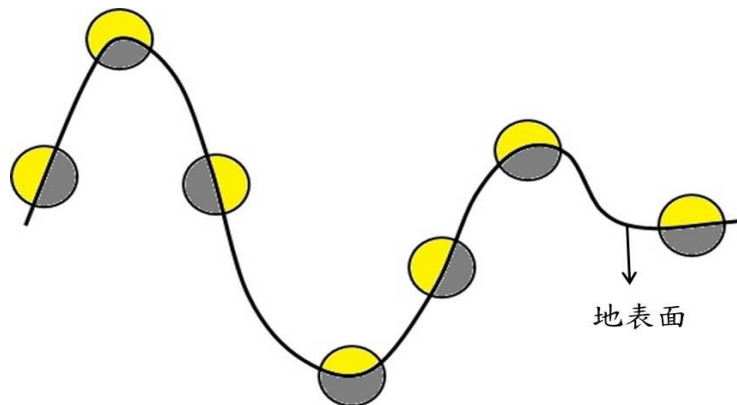


圖 3、對於光源接收量之開闊度示意圖。其中黃色面積代表所在地形光源接收量，圖中地形在山頂(山脊)處由於地形開闊度較佳，故光源接收量較多，在山谷處則光源接收量較小。此圖改編自亞洲航測株式會社開闊度示意圖(<http://www.ajiko.co.jp/>)。

雖然紅色地圖相關研究已歷經 10 多年，但目前相關程式、軟體與技術僅日本有在發展。而本團隊製作紅色地圖軟體乃自行發展而成，此程式是以地形渲染方式來表達地形樣貌之嶄新技術，利用不同於 Yokoyama et al.(2002)之地形開闊度計算方法結合地形坡度再配合適當的彩度色階來表現出地形的平緩或傾斜程度，有別於以往的等高線圖、陰影圖或分層設色圖，紅色地圖在視覺上提供了絕佳的立體感，以肉眼觀看便能輕易地判別出其豐富且詳細的地表資訊，而精度越高的 DEM 越能區別出微小地形的變化。期望藉由本研究，能對山坡地土砂災害潛勢之相關分析預估，提供有關單位防救災、水土保持、環境監控與資源探勘與土砂災害潛勢之相關設計規劃與風險評估。

其他關於紅色地圖相關研究還包括 Lin et al. (2013)、陳奕中等

(2014)、Wang et al. (2015)與李璟芳等(2015)、蕭宇伸與郭耀駿(2016)，和郭耀駿(2016)等。本研究以 GMT 軟體(Wessel et al., 2013)為基礎來研發自製紅色地圖程式，並配合自行發展之 Fortran 程式來做其他相關計算，期望利用紅色地圖在地型表現上之優點對災害預防、水土保持、環境監測等相關工作有所貢獻。

第二節 計畫預計成果

本研究於計畫完成下列成果：

- a. 完成製作紅色地圖所需之地形開度及坡度計算程式(包括執行檔與原始碼)與使用說明，並無償提供給有關單位使用。
- b. 完成製作紅色地圖所需之 GMT 相關調色盤，並提供給有關單位使用與參考。
- c. 利用自製之紅色地圖，分析台灣部分山坡地土砂災害潛勢之分析。
- d. 發表水土保持國內期刊論文 1 篇(預計計畫結束後，將發表 SCI 論文 1 篇)，希望能將本計畫的研究成果與國內與國際學者與相關人士分享。
- c. 發表研究成果於國際知名研討會，促進國際學術交流。
- d. 培養相關領域的碩士生至少 2 名，讓研究生實際參與協助處理資料及發展相關技術，包括瞭解紅色地圖製作原理與有撰寫程式語言的能力等。

本計畫其中審查意見之回覆整理於附錄一，而本團隊自行研發之紅色地圖程式相關指令用法整理於附錄二，另外詳細已完成事項將於 2.2 節詳述。

第二章 工作流程及進度

第一節 期初至期末研究流程

本計畫由期初至期末之研究流程如圖 4 所示，步驟分述如下

1. DEM 資料處理：由不同管道得到之 DEM 檔案中，擷取研究區域之 DEM 檔案及格式轉換。
2. 坡度計算：由 Generic mapping tools (GMT) 程式計算研究區域 DEM 網格坡度。
3. 開闊度計算：由自行發展開闊度計算程式計算研究區域 DEM 網格開闊度。
4. 調色盤繪製：由自行發展程式配合 GMT 繪製紅色地圖調色盤。
5. 自製紅色地圖：將上述三項計算結果合成為自製紅色地圖。
6. 罩窗半徑與地形對比值差異分析：經由不同罩窗半徑與地形對比值，計算出不同的開闊度結果，並經由影像比較分析成果。
7. 紅色地圖分析：經由自製紅色地圖，分析不同區域所獲取的紅色地圖成果。

完整計算原理與相關成果於後面章節詳述。

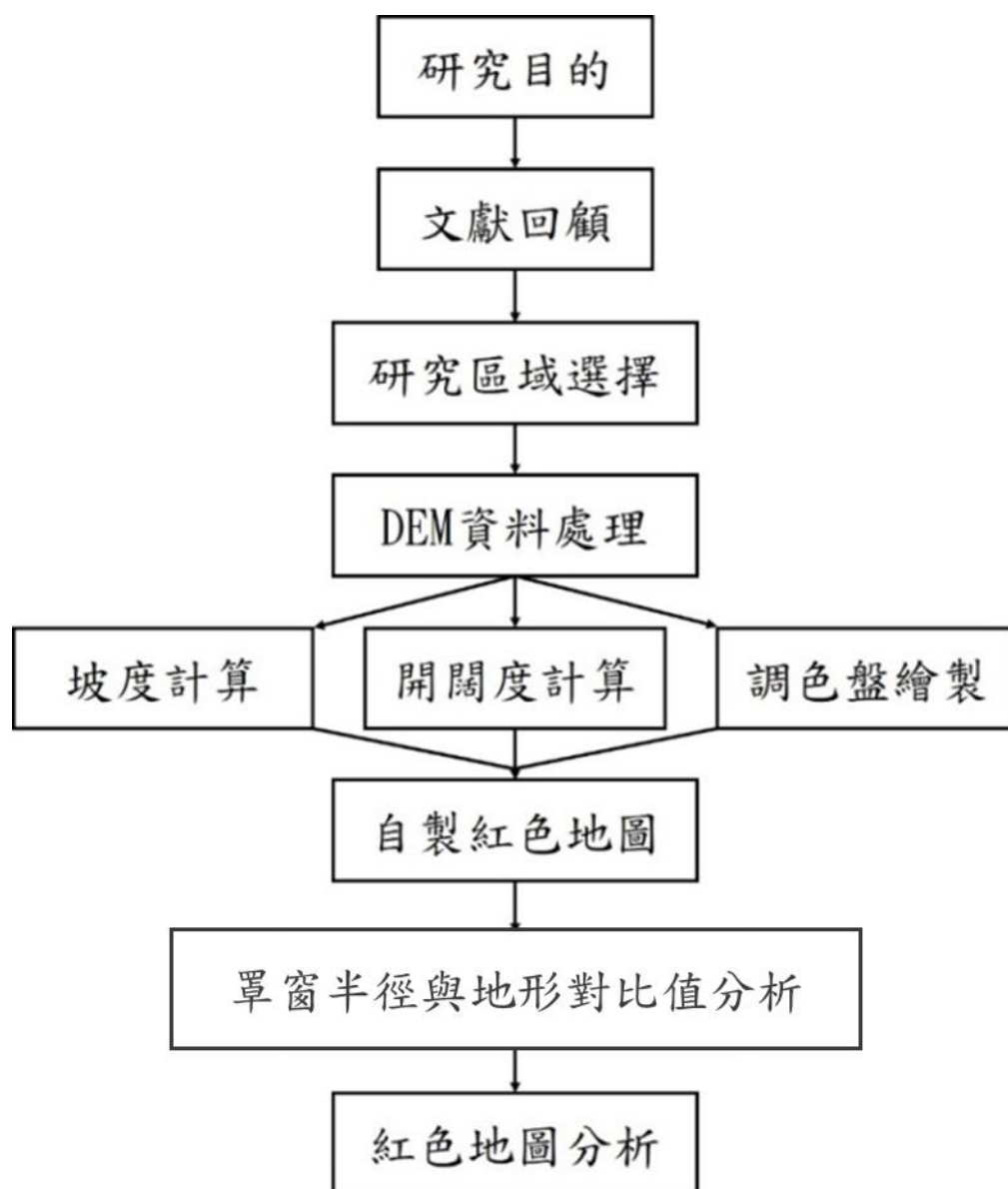


圖 4、計畫執行期初至期末研究流程圖

第二節 工作進度

本研究於計畫結束後，完成下列工作事項：

工作項目-壹：舊有地調所台灣山坡地 1m 光達 DEM 蒐集。

執行情況：本研究已蒐集部分台灣山坡地之資料。

工作項目-貳：現今台灣山坡地 1m 光達(or 無人飛行載具(UAV))DEM 蒐集。

執行情況：因經費考量，本團隊僅蒐集部分台灣山坡地 UAV 之 DEM。

工作項目-參：製作紅色地圖坡度計算程式。

執行情況：已建置完成。

工作項目-肆：製作紅色地圖開闊度計算程式。

執行情況：已建置完成。

工作項目-伍：製作紅色地圖調色盤。

執行情況：已建置完成。

工作項目-陸：以自製紅色地圖分析台灣部分山坡地土砂災害潛勢分析。

執行情況：分析烏來地區之山坡地土砂災害潛勢。

本計畫計畫檢核表如下所示。

表 1、計畫檢核表

工作項目	時間		4-6 月			7-8 月		9-10 月		11-12 月	
1. 舊有地調所台灣山坡地 1m 光達 DEM 蒐集											
2. 現今台灣山坡地 1m 光達 DEM 蒐集											
3. 製作紅色地圖坡度計算程式											
4. 製作紅色地圖開闊度計算程式											
5. 製作紅色地圖調色盤											
6. 以自製紅色地圖分析台灣部分山坡地土砂災害潛勢分析											
7. 報告撰寫											
8. 報告審查											
預計進度累計百分比 %	9.8	19.6	29.3	43.9	58.5	73.2	85.4	95.1	100		
查核點	預定完成時間					查核點內容說明					
期中簡報	105/9					已完成 60%工作項目。					
期末簡報	105/12					完成所有工作。					

第三章 紅色地圖研究原理

第一節 地形坡度

地形坡度為表示地形的傾斜程度，為三角函數中的正切函數，一般以百分比表示，然而本研究所計算之地形坡度值乃為角度值。如圖 5 所示，若點 A 為待計算網格點， θ 為計算後坡度值，本研究坡度值範圍介於 0° 至 90° 之間，無負數坡度值，若 B 點網格點低於 A 點，計算坡度值仍取 $+\theta$ 。本研究中所使用的地形坡度計算方法為以 GMT 軟體的 `gdgradient` 程式計算得每個網格點之坡度值，`gdgradient` 為 GMT 內建之計算規則網格微分之程式，若將 `gdgradient` 用於對 DEM 水平距離一次微分，所得到即為該 DEM 之坡度值，此方法較水保規範所定義求取坡度值之坵塊法或等高線法，更為嚴謹。

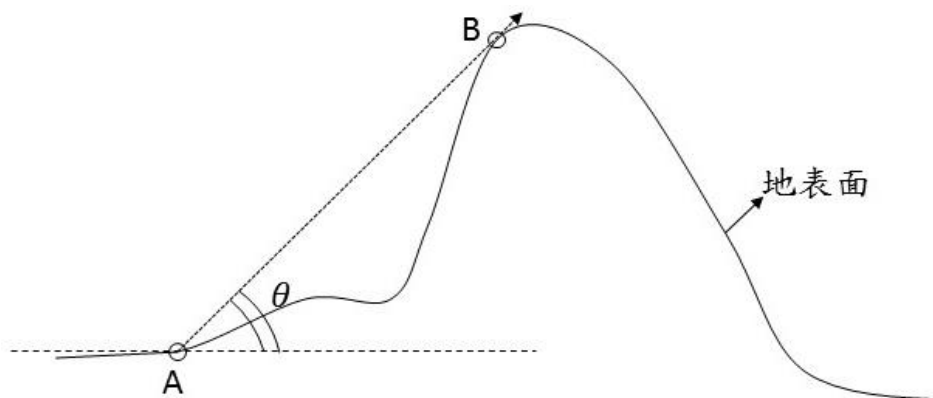


圖 5、地形坡度示意圖，A 為待計算網格點， θ 為計算後坡度值。

第二節 地形開闊值

傳統地形陰影圖原理是以模擬不同光線的入射角以建立陰影，此方法雖然能夠輔助地圖立體化，但也容易因入射光線角度而造成地形判讀錯誤。紅色地圖呈現之概念類似醫學手術燈，光線從全方向照射地形，山脊或山峰部分因地形較開闊，故能接受的光照較多，顯得越亮；反之，山谷和窪地由於地形開闊度差，故顯得較暗。而藉由這項原理製造出立體感，保留陰影圖地形呈現良好之優點並移除其容易誤判之缺點。

地形開闊度為紅色地圖之核心參數，由日本學者 Yokoyama 等所提出，根據該學者文獻研究中的定義，地形開度為通過地面上某一點八方向天頂角與天底角的平均值，用以表現相對水平面凹凸起伏程度的大小。地形開闊度具有與入射光源無關的表現特性，因此地形開闊度所製之地圖便去除了地形陰影的因素，且計算結果受 DEM 噪音干擾影響程度與其他參數相比要來得小(Yokoyama et al., 2002)。

地形開闊度計算方面，若網格上某點 A 為計算地定形開度之中心像元，在某一觀察半徑 L 範圍內，正開度($\Phi_{A,L}$)、負開度($\Psi_{A,L}$)可由下列計算式求得(Yokoyama et al., 2002)

$$\Phi_{A,L} = (0\Phi_L + 45\Phi_L + \dots + 315\Phi_L) / 8, \quad (1)$$

$$\Psi_{A,L} = (0\Psi_L + 45\Psi_L + \dots + 315\Psi_L) / 8, \quad (2)$$

式中 ${}_D\Phi_L$, ${}_D\Psi_L$ ($D=0、45、90、135、180、225、270、315$) 分別為 D

方向觀察半徑 L 內之最小天頂角和最小天底角。 ${}_D\Phi_L$, ${}_D\Psi_L$ 可表達為

$${}_D\Phi_L = 90^\circ - {}_D\beta_L, \quad (3)$$

$${}_D\Psi_L = 90^\circ - {}_D\delta_L, \quad (4)$$

式中, ${}_D\beta_L$ 為 D 方向觀察半徑 L 內的正向最大高度角, ${}_D\delta_L$ 為 D 方向觀察半徑 L 內的負向最大高度角。

本研究使用與前人不同之計算方式來呈現地形開闊度, 所定義之地形開闊度乃計算待算網格點與周邊網格點之水平距離與高程差所形成的縱角平均值。以圖 6(a) 為例, 待算網格點 A 位於山谷中, 點 A 與周邊較高處某一網格點 B 所形成的縱角為 $\emptyset$ (仰角), 但若點 A 位於山頂處 (如圖 6(b)), 則點 A 與點 B 所構成之縱角為 $-\emptyset$ (俯角), 故本研究之地形開闊度定義為山脊部分 (地形開闊度佳) 為負值, 山谷部分 (地形開闊度差) 為正值, 與地形坡度不同開闊度有正負之分, 其值範圍介於 -90° 到 90° 之間。

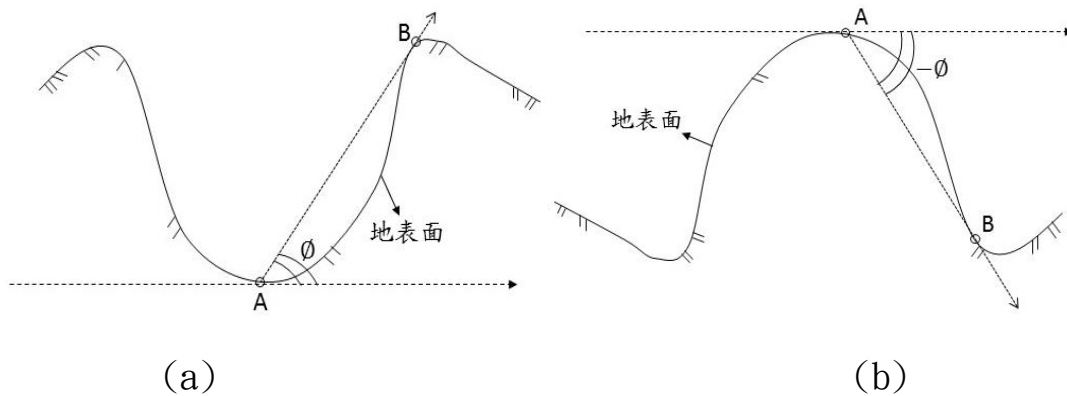


圖 6、(a)正地形開闊度示意圖。(b)負地形開闊度示意圖。

紅色地圖有絕佳的地形呈現效果，最重要的因素便是地形開闊度值，其優點如圖 7 地形示意圖所示，點 A 與 A' 之高程與坡度值均相同，則點 A 與 A' 地形在等高線、分層設色或陰影圖表達上將無差異。不過對於紅色地圖來說，由於點 A 與 A' 地形開闊度不同，兩者於圖上將呈現不同的彩度，以此來分辨不同地形狀態。

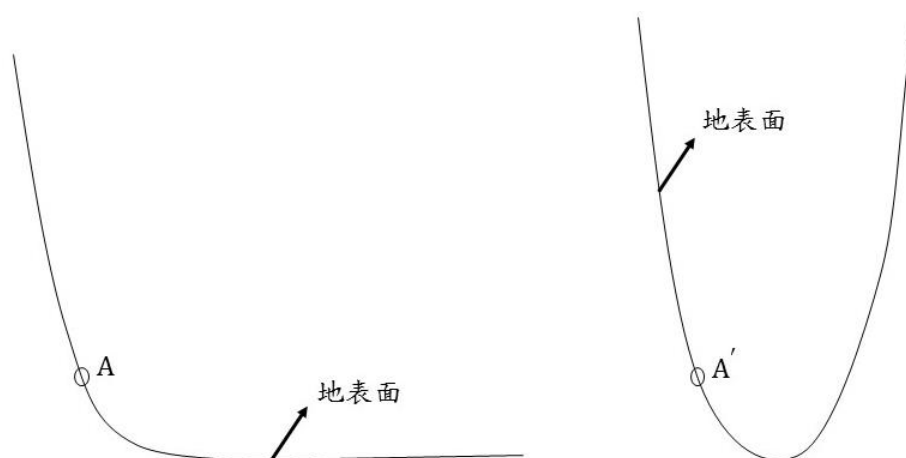


圖 7、地形示意圖，其中點 A 與點 A' 之高程值與坡度值均相同，但地形開闊度不同。

在計算地形開闊度之前，要先決定罩窗半徑，此罩窗半徑為本次研究特色之一，本研究自行發展開闊度計算程式，可自行調整開闊度計算式中的罩窗半徑（搜尋半徑），圖 8 為示意圖，計算時以點 A 為中心，罩窗半徑 r 範圍內所有網格點（圓內小圈為）與點 A 所構成的縱角值總和，再取其平均值作為本研究之地形開闊度值（範圍介於 -90° 到 90° 之間）。

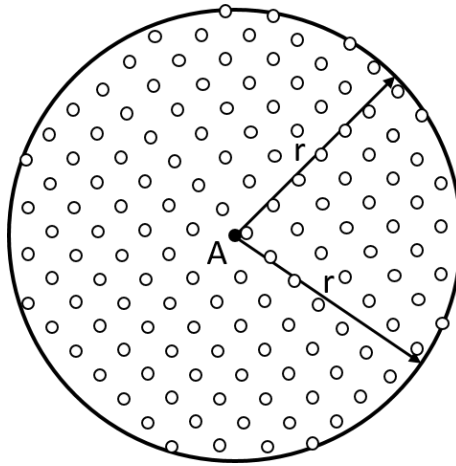


圖 8、地形開闊度計算罩窗半徑示意圖，圓內小圈為計算半徑內所有網格點。

罩窗半徑為非常重要之參數，會直接影響繪製紅色地圖的結果，選擇不同罩窗半徑會對地形繪製有很大的影響，若罩窗半徑過小，無法完整搜尋到計算點周圍鄰近的地形網格點，計算出的地形開闊度便有所誤差，如圖 9 所示，計算地形開闊度時， $R1$ 為較短罩窗半徑， $R2$ 為較長罩窗半徑，若以 $R1$ 半徑計算地形開闊度，由於罩窗半徑過短，無法搜尋點 B 所處地形，便會誤以為該地開闊度良好顏色呈現偏白，若以 $R2$ 半徑作計算，罩窗半徑較長，點 B 地形也在搜尋網格點內，所計算結果偏暗較為貼近正確地形，相較於傳統地圖，紅色地圖較能夠表達出 DEM 之細微地形，這對於地圖使用者來說，更有機會從地圖上判讀出山脊線、山谷線、地質斷層帶、順向坡、岩層崩滑及土石流潛勢區域等區域。

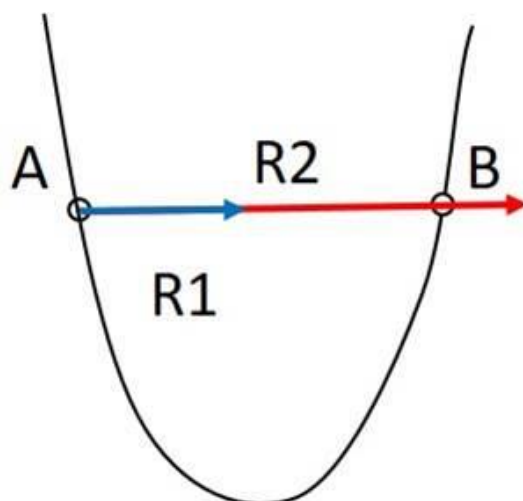


圖 9、罩窗半徑示意圖，R1 為較短搜尋半徑，R2 為較長搜尋半徑。

另外為了讓地形起伏更加明顯所以本研究增加了地形對比值(S)這項係數，並與罩窗半徑(T)作搭配繪製出九張紅色地圖(以東西坑集水區 DEM 為例)。如表 2 所示，若將罩窗半徑範圍擴大，所計算出之地形會呈現較平滑。如圖 10 所示，由左至右做比較可以看出地形雜訊漸少，線條平滑許多，但是過大的範圍也會導致細微的地形起伏消失。若將地形對比值增大會使黑白色更加明顯，立體感會更佳，但值若過大會導致像是谷地地形太過深邃以致於無法判釋。因此罩窗半徑與地形對比值會以主觀視覺以及地形狀態去做抉擇。

表 2、不同罩窗半徑(T)及地形對比值(S)所組成之 9 種測試例表。

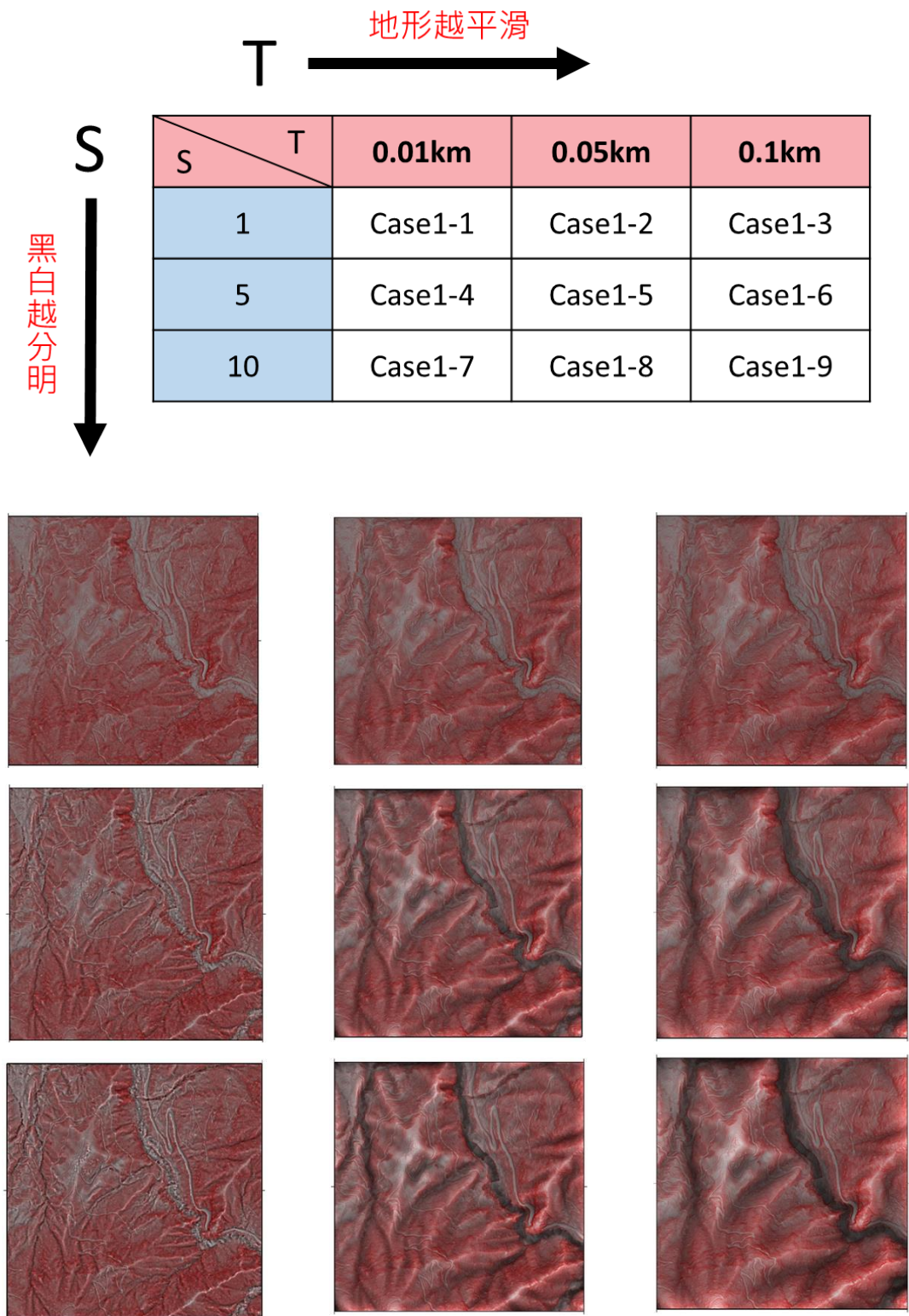


圖 10、對應表 2 之紅色地圖(東西坑集水區)。

第三節 紅色地圖調色盤

圖 11 及圖 12 為本研究自行製作之各種顏色組合之地圖調色盤(左圖)，與相對應之地形繪製結果(右圖)，其中左圖中橫軸為地形開闊度(單位:度)，縱軸為地形坡度(單位:度)；右圖所在地為東西坑集水區。其中圖 11 顏色配置參照 Chiba et al.(2008)之研究，但調色盤 x, y 軸範圍配置與其不同，Chiba et al.(2008)之調色盤 x 軸為尾根谷度值，範圍為 25 到-25，本研究調色盤 x 軸為地形開闊度，範圍-90°到 90°的顏色配置為白色(灰階值 255)漸層至黑色(灰階值 0)，這代表地形開闊度越佳之網格點，應具有較多之光照，故顏色偏白色，反之地形開闊度越差之網格點，由於光接收量少，故顏色應模擬為偏黑色；另一方面，Chiba et al.(2008)之調色盤 y 軸配置的地形坡度範圍值僅限於0°到 50°，本研究地形坡度範圍為0°到 90°，顏色配置從白色漸層至紅色(RGB 配色: 255, 0, 0)，這代表地形坡度越陡之網格，其色彩越偏紅色，而較平緩之地形則偏白色。

除了參考 Chiba et al.(2008)之顏色組合外，本計畫亦分析了綠黑(圖 12(a))、藍黑(圖 12(c))、紅藍(圖 12(e))等顏色組合對於地形呈獻之結果。由圖所示，以紅色代表地形坡度，以及黑色代表地形開闊度之顏色組合(圖 11)，擁有最佳之地圖呈現成果，本報告之後所有測試區域之分析，均採用此顏色組合。

除了地形開闊度 -90° 到 90° 與地形坡度 0° 到 90° 之組合外，本研究亦分析各種不同地形開闊度與地形坡度組合之調色盤範圍調整對地形繪製之影響。表 3 為本研究之不同開闊度及坡度所組成之表格，而圖 13 為對應表 3 之九張紅色地圖，其中本研究挑選三種開闊度及坡度來做比較，由圖 13 可以明顯地看出若開闊度範圍值縮小，則黑白色層次會更加清楚，立體感更佳，但像是谷地地形就會因過黑而無法判別，若將坡度範圍縮小，地圖顏色會越紅，不過太紅會導致誤判其坡度陡緩，故調色選擇要因地制宜。

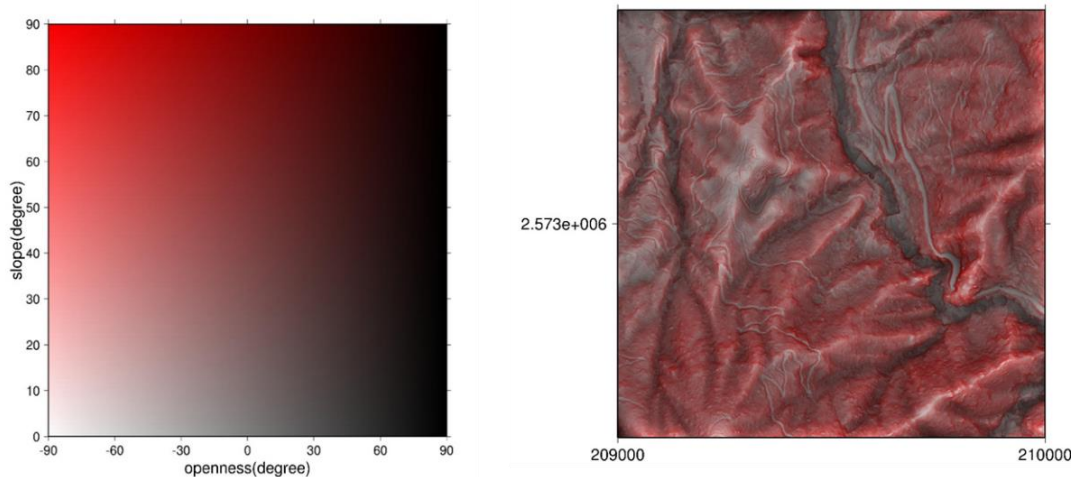


圖 11、本研究之紅色地圖調色盤(左)，與相對應之地形繪製結果(右)。其中左圖中橫軸為地形開闊度(單位:度)，縱軸為地形坡度(單位:度)。

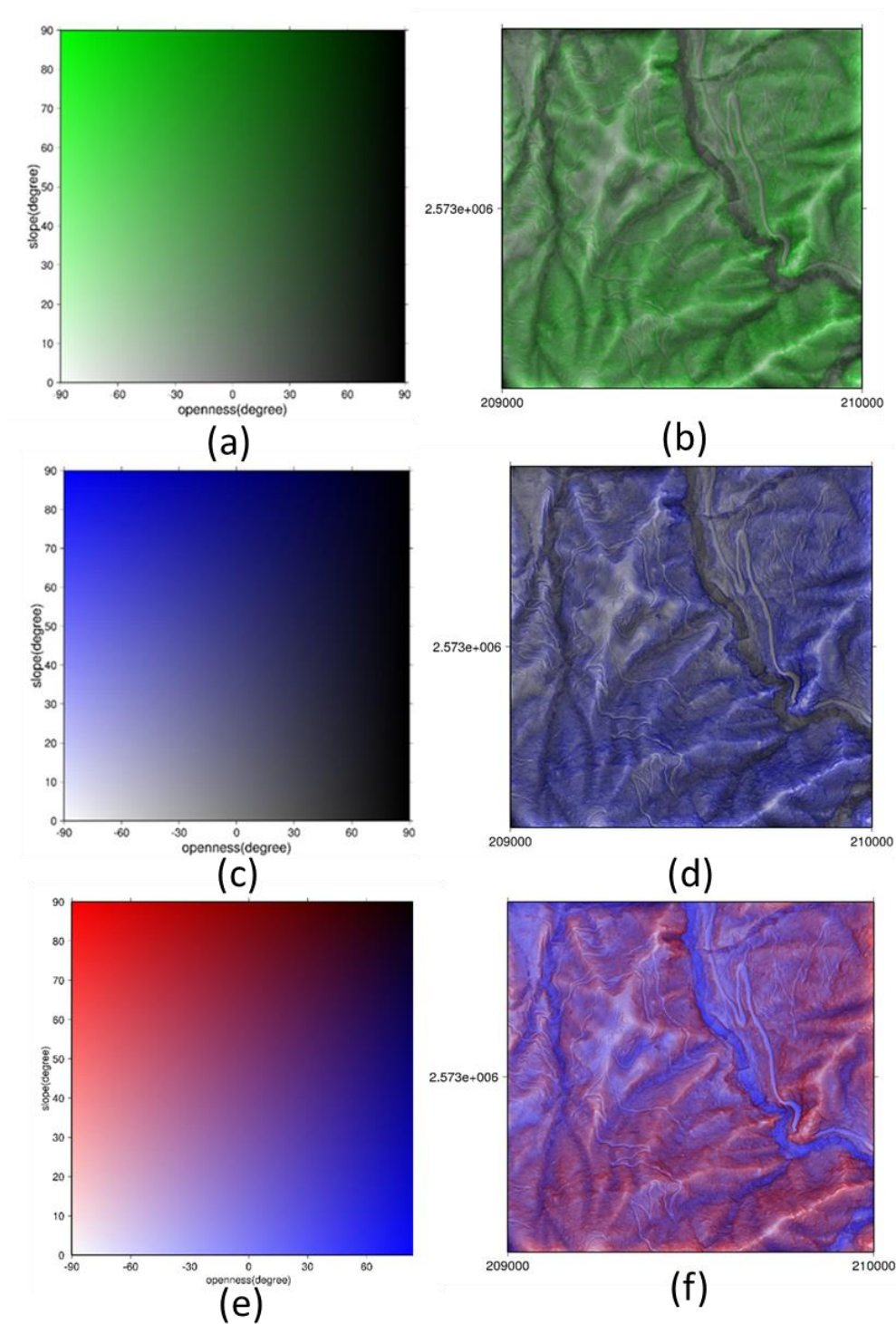


圖 12、本研究之各種地圖調色盤(左)，與相對應之地形繪製結果(右)。其中左圖中橫軸為地形開闊度(單位:度)，縱軸為地形坡度(單位:度)。

表 3、不同開闊度及坡度所組成之 9 種測試例表。

		開闊度 黑白層次更明顯 →		
坡度 顏色更紅 ↓	開闊度 坡度	±90	±70	±50
	90	case2-1	case2-2	case2-3
	70	case2-4	case2-5	case2-6
	50	case2-7	case2-8	case2-9

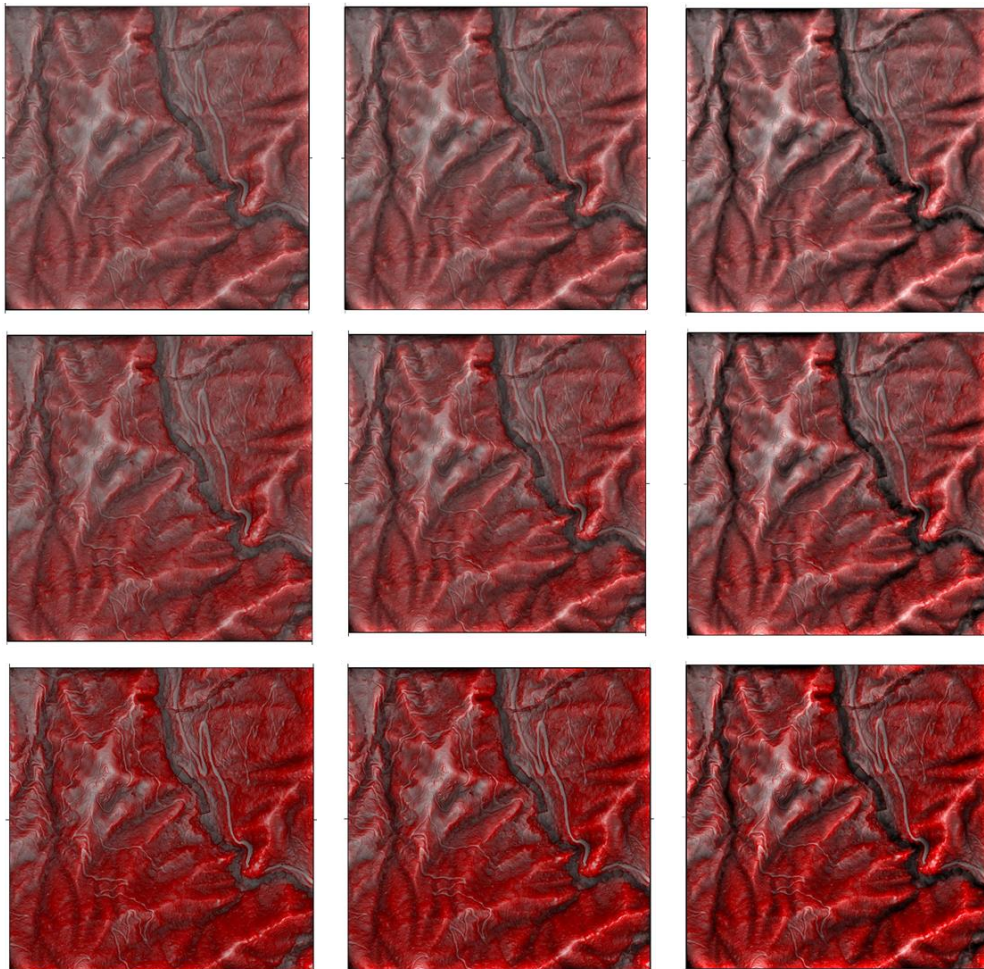


圖 13、對應表 3 之紅色地圖(東西坑集水區)。

第四章 研究成果

第一節 台灣部分區域紅色地圖成果

一、研究區域

本次研究之研究區域依網格大小來做劃分，如表 4 所示，其網格大小包含 80m、5m、1m、20cm 以及 10cm 等 DEM。Case1 至 Case3 為 80m DEM 其區域範圍較大，這三個研究區域之地形皆有所差異，本研究以此三例比較不同地形在紅色地圖中的呈現，以太魯閣地區為例，其代表台灣地勢最為陡峭之山區，地形相當崎嶇，高程與坡度變化均相當劇烈，另外兩個區域雖為盆地地形以及沖積扇地形，然而周邊亦包括高山；1m、20cm 及 10cm 為區域範圍較小區域之 DSM，由於此 DSM 為本團隊採 UAV 技術蒐集，特別選擇台灣的惡地地形為研究區域；Case7 則選擇農航所 5m DEM 之烏來地區(包括山崩目錄)來進行相關分析。本研究針對不同研究區域去自行發展紅色地圖，並觀察比較各地形所製成紅色地圖成果，評估比較自製紅色地圖在各區域的優勢與缺失，並與傳統地圖(分層設色圖、陰影圖等)進行分析比較。

表 4、各樣區詳細資料。

區域 編號	樣區名稱	網格大小	單窗半徑(km)	地形對比值
Case1	宜蘭沖積扇平原部分區域	80m DEM	1.2	5
Case2	太魯閣周邊區域	80m DEM	1.2	5
Case3	埔里盆地部分區域	80m DEM	1.2	5
Case4	燕巢烏山頂	10cm DSM	0.0005	5
Case5	燕巢太陽谷	20cm DSM	0.006	2.5
Case6	苗栗火炎山	1m DSM	0.04	3
Case7	烏來地區	5m DEM	0.5	5

二、各研究區域成果

(一) Case1 宜蘭沖積扇平原部分區域

1. 研究範圍：經度 121.55°E ~ 121.75°E 與緯度 24.55°N ~ 24.75°N
2. 區域大小：20km x 22km
3. 高程範圍：0-1800m
4. 地理特色：宜蘭平原，又稱蘭陽平原、噶瑪蘭平原，位於台灣東北部的宜蘭縣境內，是一個面積約有 320 平方公里的小型平原，也是台灣第三大的平原（僅次於嘉南平原及屏東平原）；主要由蘭陽溪沖積和地形升高造成，屬沖積扇平原。
5. 紅色地圖資訊：本研究區域位於宜蘭沖積扇平原周邊區域，如圖 14 所示，從自行發展出的紅色地圖中可看出明顯的沖積扇與山地地形之區別，而此地山區坡度較緩，所以紅色較不鮮明，由此便能概觀該地區地勢緩斜，另外若要劃分集水區也可從山脊的白線輕易勾勒出集水區之邊界，但以分層設色圖或陰影圖都難以找出確切邊界。因網格較大因此平地地區較難判斷其細微地形，但即便如此仍然能看出蘭陽溪大致輪廓，而河道與平原之高程落差僅數公尺，在此情況下若使用分層設色圖便無法看出其所在，只因紅色地圖是利用地形開闊度之概念，相對於河道兩岸之沖積扇平原，河道之地形開闊度較差，所表示顏色較黑，所以在地圖上可以非常明顯辨識出。

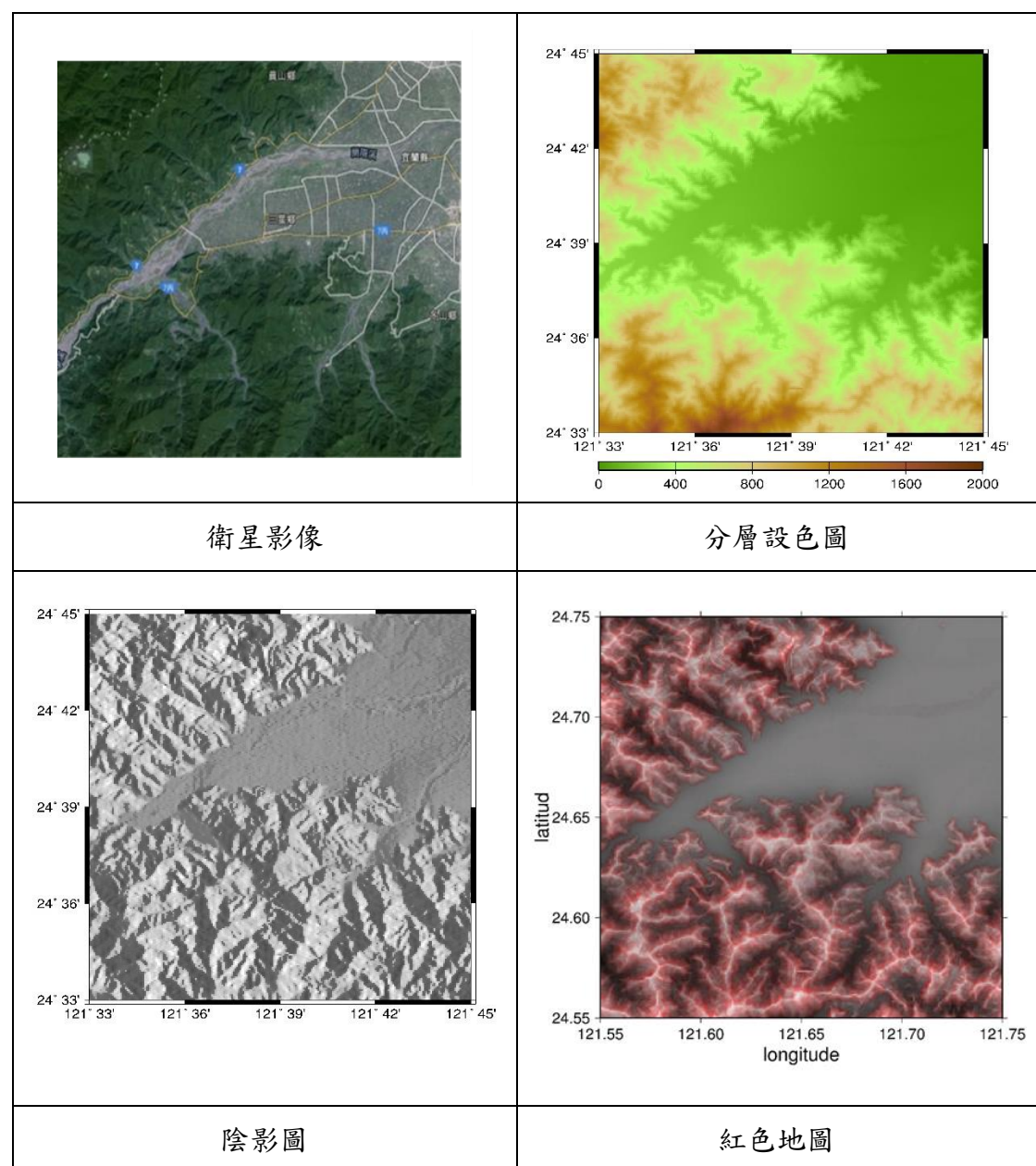


圖 14、Case1 宜蘭沖積扇平原部分地區。

(二) Case2 太魯閣周邊區域

1. 研究範圍：經度 121.35°E ~ 121.60°E 與緯度 24.10°N ~ 24.25°N
2. 區域大小：25km x 17km
3. 高程範圍：0-3000m
4. 地理特色：全區南、北地勢均高，中央地帶因位於歐亞大陸板塊和菲律賓板塊的碰撞交界，持續進行的急速造山運動，以及立霧溪的急速下切作用，形成奇特之高山、峽谷地形。此區最高點為海拔 3,742 公尺的南湖大山。

水系大致以中央山脈為分水嶺，東側主要屬於立霧溪集水區，占太魯閣國家公園面積的 65.7%。

5. 紅色地圖資訊：本研究區域地形相當崎嶇，不論高程與坡度變化均相當劇烈，故更能比較出傳統地圖與紅色地圖呈現上的差異。如圖 15 所示，單從衛星影像只能看出一片綠色的山區地形，無法更進一步的觀察其地勢，而分層設色圖也僅能判斷高程趨勢，雖說陰影圖呈現立體感，但凹凸地形仍容易誤判，所以吾人使用紅色地圖後可以很立即地判斷出太魯閣之地形狀態，河谷的所在位置也可以精準地掌控位置，自製紅色地圖相較於傳統地圖，更能快速的了解地勢的起伏與判釋地形，傳統地圖相較之下，只能提供研究區域各點為高程值，套疊陰影圖後之結果，還是紅色地圖所顯現出之立體效果較具有優勢。

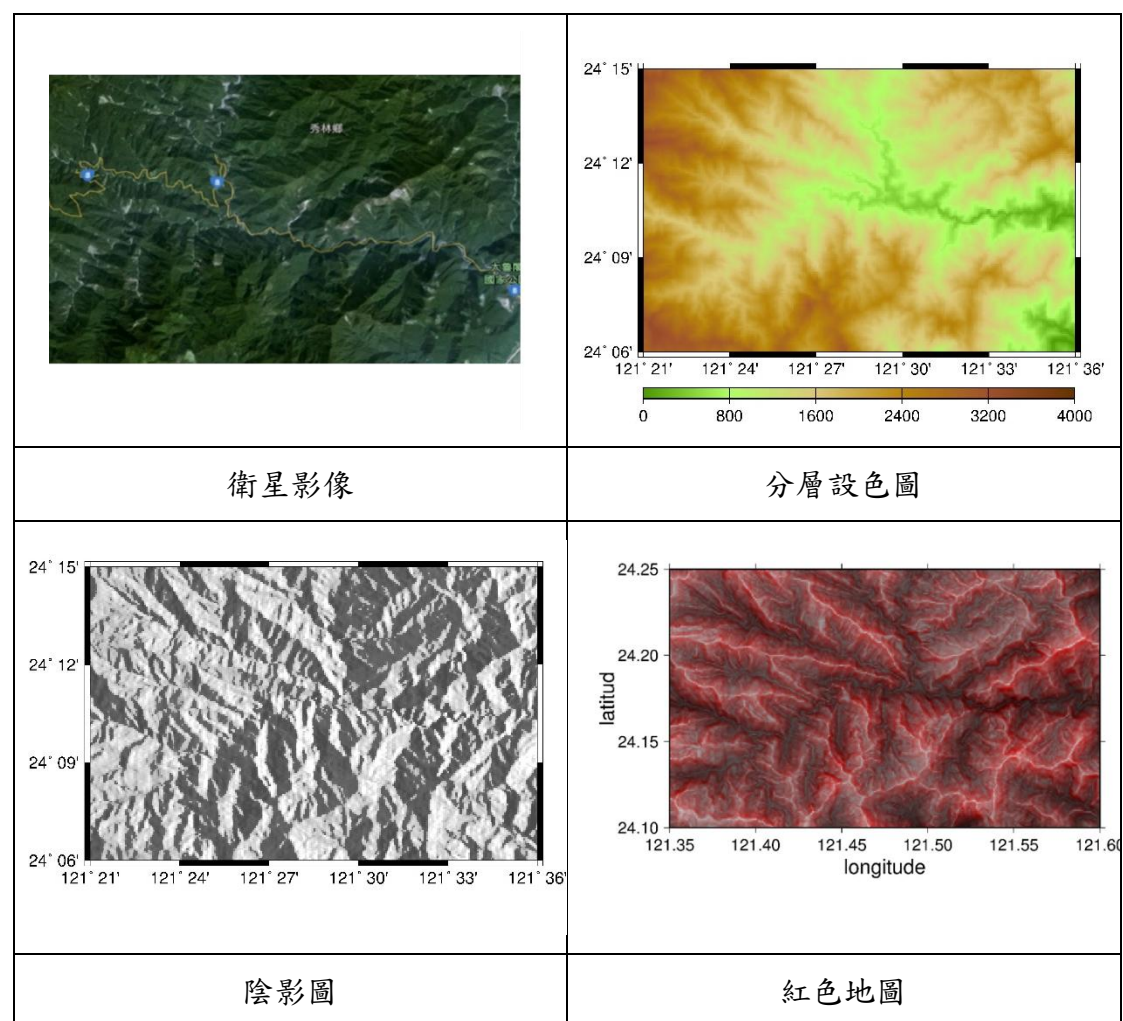


圖 15、Case2 太魯閣周邊地區。

(三) Case3 埔里盆地部分區域

1. 研究範圍：經度 120.87°E ~ 121.07°E 與緯度 23.90°N ~ 24.10°N
2. 區域大小：20km x 22km
3. 高程範圍：300m-2700m
4. 地形特色：南投縣位於台灣島正中央，亦是唯一不靠海的縣份。南投縣四周地勢較高，為盆地地形。
5. 紅色地圖資訊：本研究區域位於埔里盆地，從分層設色圖來看可以因高程而簡易地判斷出這是盆地地形，但其真實的地勢無法從其中觀察得出，若輔以陰影圖來觀看，大致上能描繪出盆地的輪廓，不過仍受光影影響會導致地形錯判，本研究使用之紅色地圖可以避免這種情況產生，並保留可以繪製出細微地形之優點，例如：圖 17(a)南投縣私立普台高級中學以及(b)埔里鎮 15. 鐵山里公墓分別位在圖 16 紅色地圖的黃框上與下之位置，這兩處地點由傳統地圖來表現都無法完整描繪出其地形，因為這兩處地點都只是隆起數公尺之小丘陵，在此情況下以紅色地圖來呈現便能清晰地觀測該地，明顯地看出此盆地內隱藏在大區域之中的微小地形。

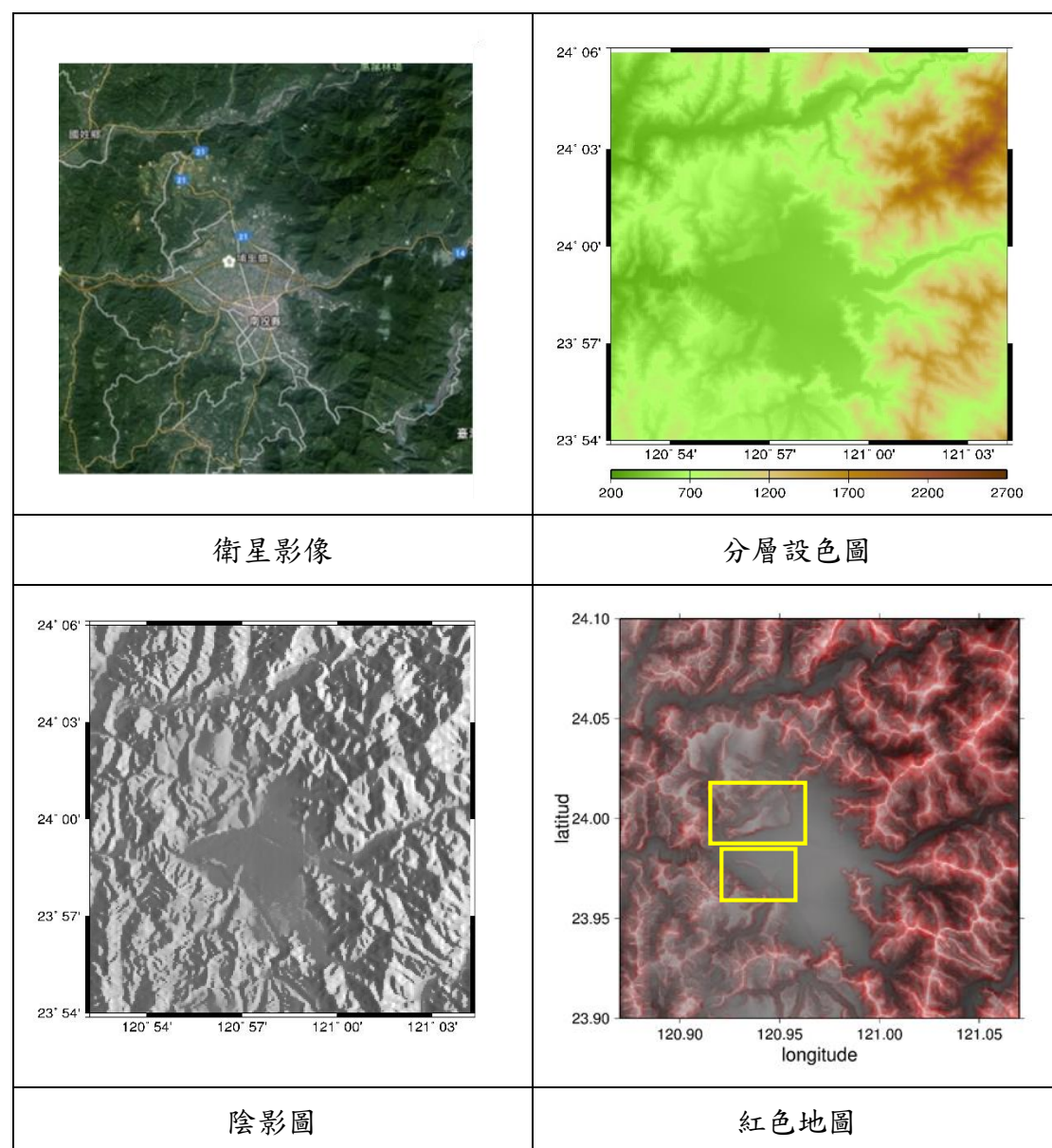


圖 16、case3-3 埔里盆地部分地區(左)衛星影像(右)紅色地圖。



(a)



(b)

圖 17、(a)南投縣私立普台高級中學，(b)埔里鎮 15. 鐵山里公墓之
衛星影像圖(資料來源:Google map)

(四) Case4 燕巢烏山頂

1. 研究範圍：X 軸:188994.2~189018.3 與 Y 軸:2521785.9~2521833.0

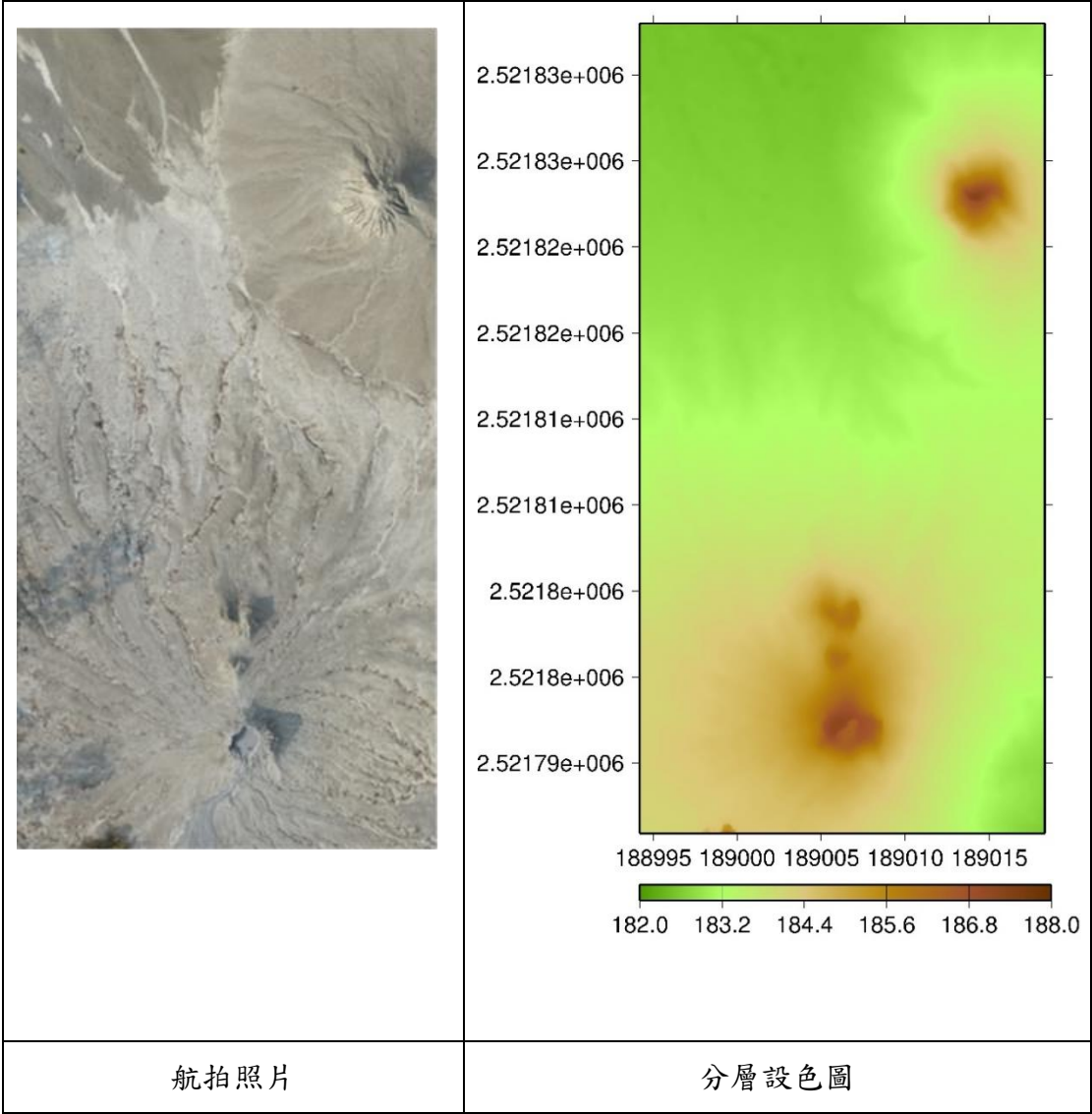
2. 區域大小：24.1m x 47.1m

3. 高程範圍：180.694m-187.335m

4. 地理特色：燕巢境內分布有惡地、泥火山、裸岩等豐富的地理景觀，如養女湖、雞冠山、太陽谷及泥火山等風景據點。其中養女湖、泥火山、烏山巷養女湖為泥火山地形中的噴泥塘，乃地底積存的高壓天然氣噴洩並挾帶泥漿噴出而成，故點火即燃，可造成水火同源奇觀。烏山頂泥火山屬台灣西部泥岩惡地形，台灣西部泥岩區的範圍呈狹長分佈，起自前往阿里山的嘉義觸口，往南經曾文水庫、台南南化、高雄田寮到燕巢金山村。泥岩易受雨水侵蝕，常可以看到許多山坡充滿侵蝕溝、山脊成鋸齒狀，且草木難以生長，一片荒蕪蒼涼，卻成為特殊的風景景觀，類似美國大峽谷，又似月球表面，故此類惡地通稱月世界（資料來源：<http://www.yenchao.gov.tw/Travel.asp?lID=10> 與 <http://travel.network.com.tw/tourguide/point/showpage/104748.html>）。

5. 紅色地圖資訊：從航拍照片看起，會受光影以及地質顏色影響，真實地形不甚清楚，若輔以分層設色圖則僅能判斷高程值，因本樣區之 DSM 較細緻，因此由陰影圖來呈現微地形是可行的方法，但前面有提及到陰影圖最大之缺點為容易造成凹凸誤判以及陰影自身會遮蔽細

微地形，所以本研究將其製成紅色地圖，並由圖 18 中之紅色地圖發現沖蝕溝、火山口等細微地形能被明顯地觀察出來，且又能屏除陰影圖之缺點，如此一來對於水土保持相關研究也能有所助益。



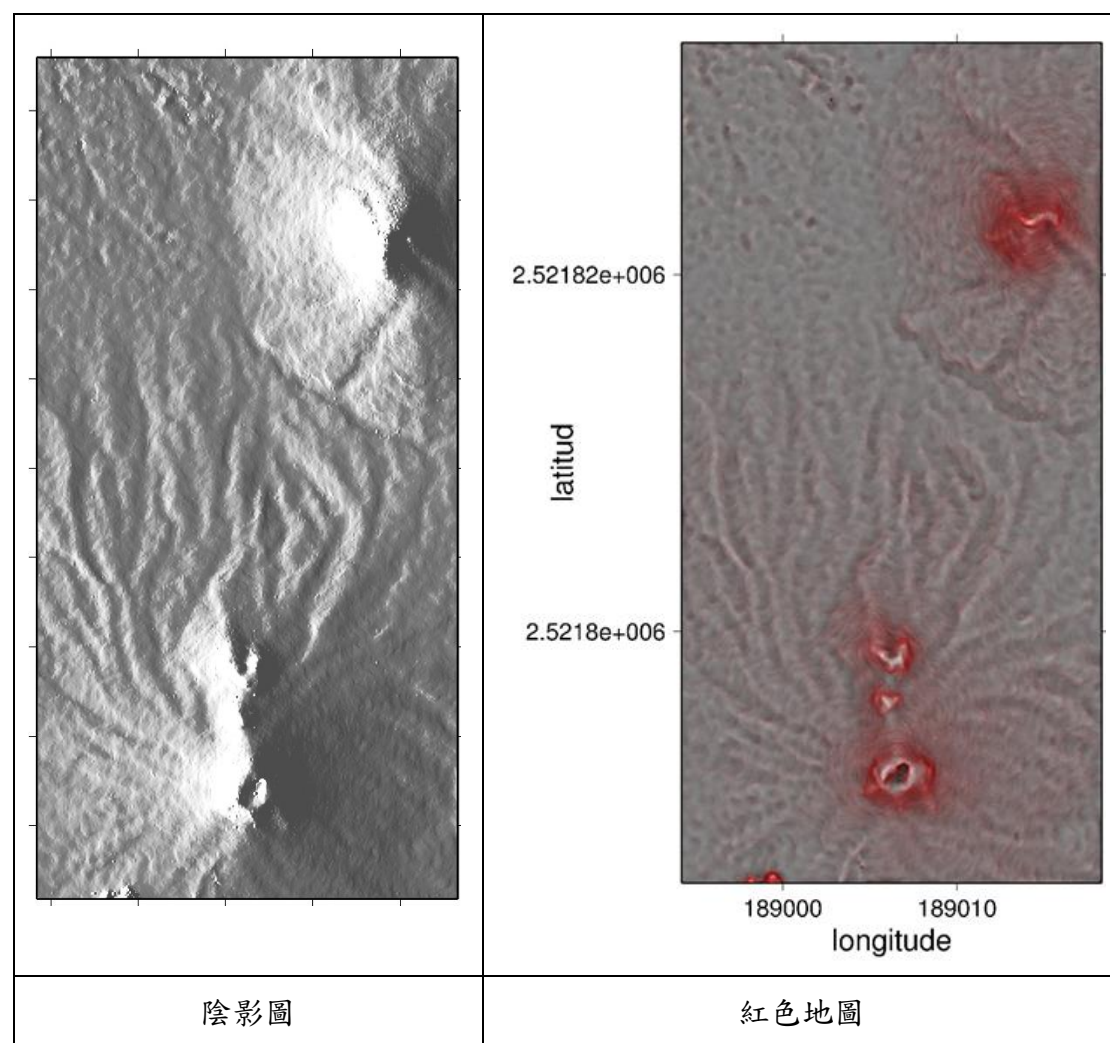


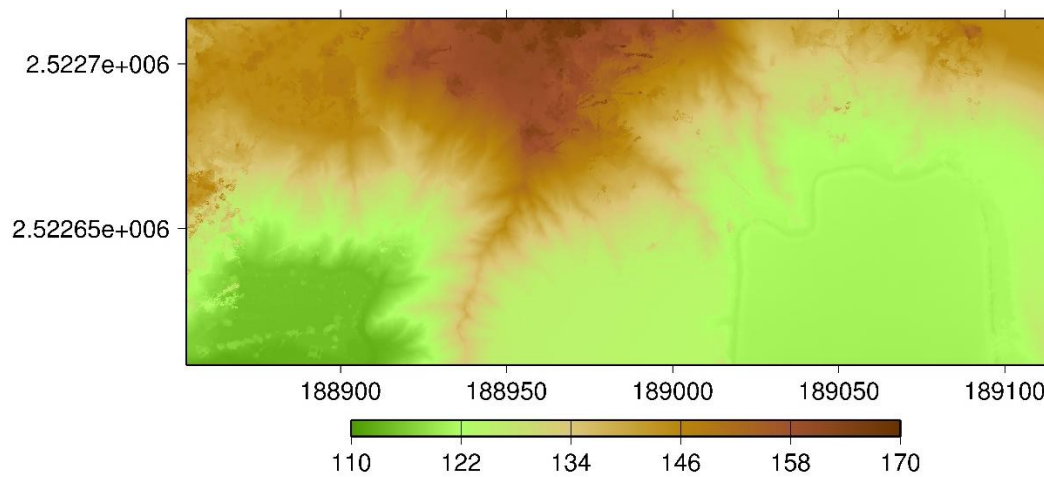
圖 18、Case4 燕巢烏山頂。

(五) Case5 燕巢太陽谷

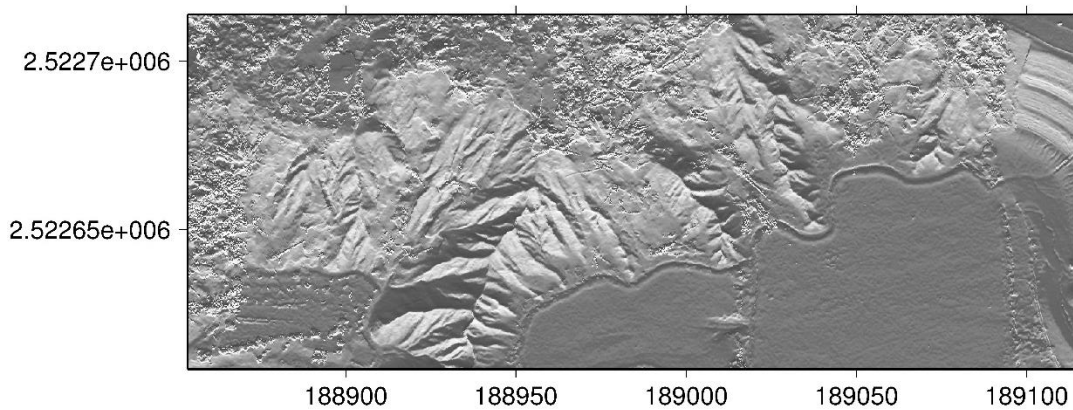
1. 研究範圍：X 軸:188853.6~189114.0 與 Y 軸:2522608.6~2522713.8
2. 區域大小：260.4m x 105.2m
3. 高程範圍：111.928m-169.529m
4. 地理特色：太陽谷屬台灣西部泥岩惡地形，和烏山頂泥火山相距不遠，由於受雨水沖擊，形成尖鋒利脊的地形景觀，泥岩裸露，稜脊和溝谷密佈是泥岩惡地形的一種特有景觀。山脊的坡面甚陡，往往在 60 度以上，平均亦在 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 之間，地勢崎嶇與燕巢太陽谷地形相鄰的就是田寮月世界。
5. 紅色地圖資訊：從航拍照片可以看見山峰嶙峋，但同陰影圖之缺點受光影變化之干擾，無法準確地判斷其山峰真實狀態。分層設色圖只能看出其高程，而使用紅色地圖能快速且準確判斷其真實凹凸地形以及將道路邊坡工程、渠道、房屋等完整描繪出來，若將來要呈現僅有數公尺高之人工構造物可以採用紅色地圖來繪製。本研究區域因採用 DSM 所以植生部分未能剔除，但相較於傳統地圖，紅色地圖仍然能大致判斷植被下的地形為何，以及稍有被植生遮蔽的渠道也呈現地較完整。



航拍照片



分層設色圖



陰影圖

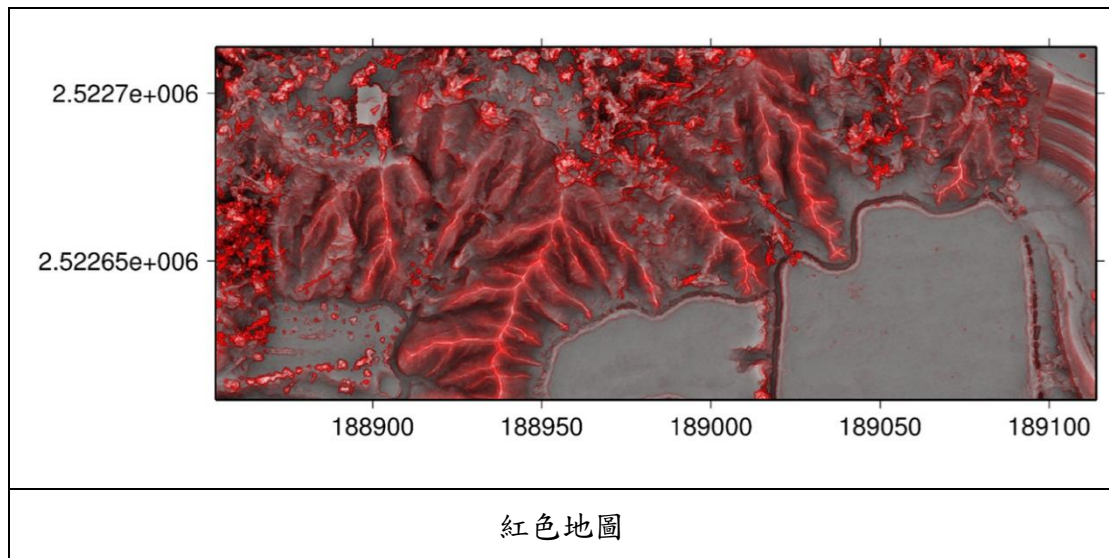


圖 19、Case5 燕巢太陽谷。

(六) Case6 苗栗火炎山

1. 研究範圍：X 軸:221659~222682 與 Y 軸:2694761~2695798
2. 區域大小：1023m x 1037m
3. 高程範圍：158.25m-533.152m
4. 地理特色：火炎山，位於臺灣苗栗縣三義鄉、苑裡鎮交界，火炎山東側為中山高速公路，保留區在地質上屬第四紀的台地堆積，經過劇烈造山運動而隆起，但因岩層主要由厚層礫石、薄層砂岩組成，膠結力低，在風化、雨水侵蝕作用下被沖刷切割得支離破碎，因此形成尖銳山峰和卵石滿山谷的景象。由臺中、豐原往北的車輛經過后里台地後，即可遠遠望見火炎山矗立在左前方，為中山高速公路沿途最佳景觀之一。

([https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%AB%E7%82%8E%E5%B1%B1_\(%E8%8B%97%E6%A0%97%E7%B8%A3](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%81%AB%E7%82%8E%E5%B1%B1_(%E8%8B%97%E6%A0%97%E7%B8%A3)、<http://navyblue77.pixnet.net/blog/post/44713468-%5B%E8%8B%97%E6%A0%97.%E4%B8%89%E7%BE%A9%5D%E7%81%AB%E7%82%8E%E5%B1%B1%E8%87%AA%E7%84%B6%E4%BF%9D%E7%95%99%E5%8D%80.%E7%81%AB%E7%82%8E%E5%B1%B1.%E5%8D%97%E9%9E%8D%E5%8F%A4>)

5. 紅色地圖資訊：航拍照片中因有包含裸露地，而在強光的照射之下，形成了強烈的光影對比，因此會讓人誤以為光亮面為凸地，但若輔以分層設色圖來觀看便能依高程值判斷出此裸露區為凹地地形，吾人將其 DSM 資料繪製成紅色地圖，除了大幅減少因光影而造成之誤判問

題，並發現雖然有植被覆蓋，但仍然能描繪出該地之地勢起伏，航拍照片和分層設色圖無法判釋，而沖蝕溝的形狀尤為明顯且顏色鮮紅，只因該地坡度較陡，所以觀察者能從地圖中輕易獲取坡度緩斜這項資訊，紅色地圖對於惡地地形之研究也有很大的幫助。

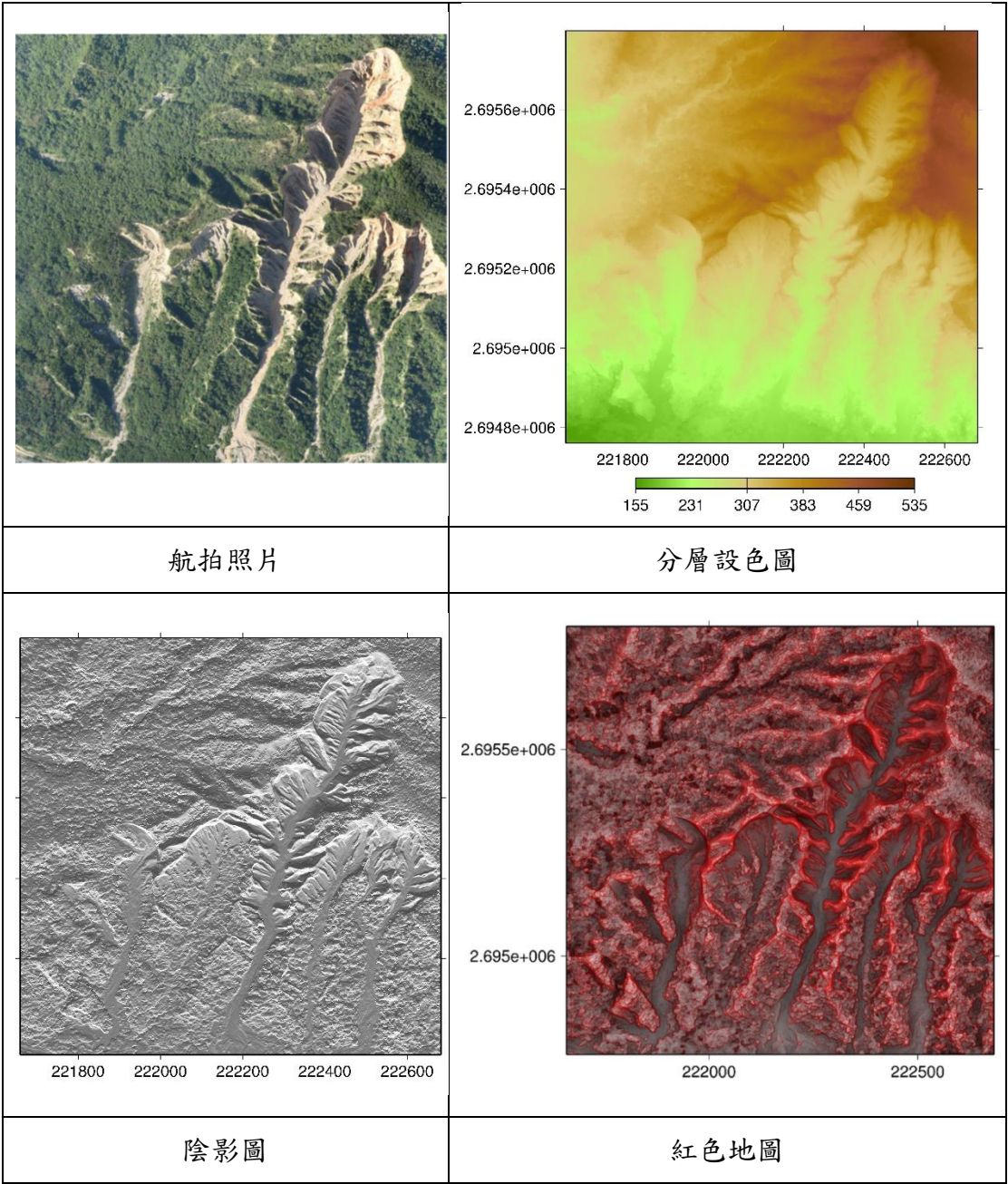


圖 20、Case6 苗栗火炎山。

(七) Case7 烏來地區

1. 研究範圍：X 軸:300000~308000 與 Y 軸:2743000~2762000
2. 區域大小：8km x 19km
3. 高程範圍：8m-1460m
4. 地理特色：烏來區是台灣新北市的一個市轄區，境內多山，是新北市面積最大的行政區，也是新北市最南境的行政區。2015 年蘇迪勒颱風重創台灣，北台灣尤以新北市烏來區最為嚴重，許多山區都有土石崩落等災害發生，觀光聖地烏來老街也有嚴重的災情。
(<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%83%8F%E4%BE%86%E5%8D%80>)
5. 紅色地圖資訊：研究山崩地滑是水土保持中重要的領域，而近期蘇迪勒颱風重創北台灣，造成烏來山區有多處土砂災害發生，因此本研究選取烏來地區作為研究樣區，將其繪製成紅色地圖，並套疊上山崩目錄及 2015 年蘇迪勒颱風後新增的災害點位，由圖 21 可發現，絕大部分山崩發生地區均離河谷相當近，特別是蘇迪勒颱風所造成的新山崩事件，由於本團隊經費因素，無法獲得蘇迪勒颱風之後的光達 DEM，未來若能輔以前後兩期資料作比對便能觀察分析出在蘇迪勒颱風之後烏來山區新增之災區點位因土石災害造成的地形變遷，對於災害研究與防治有所幫助。

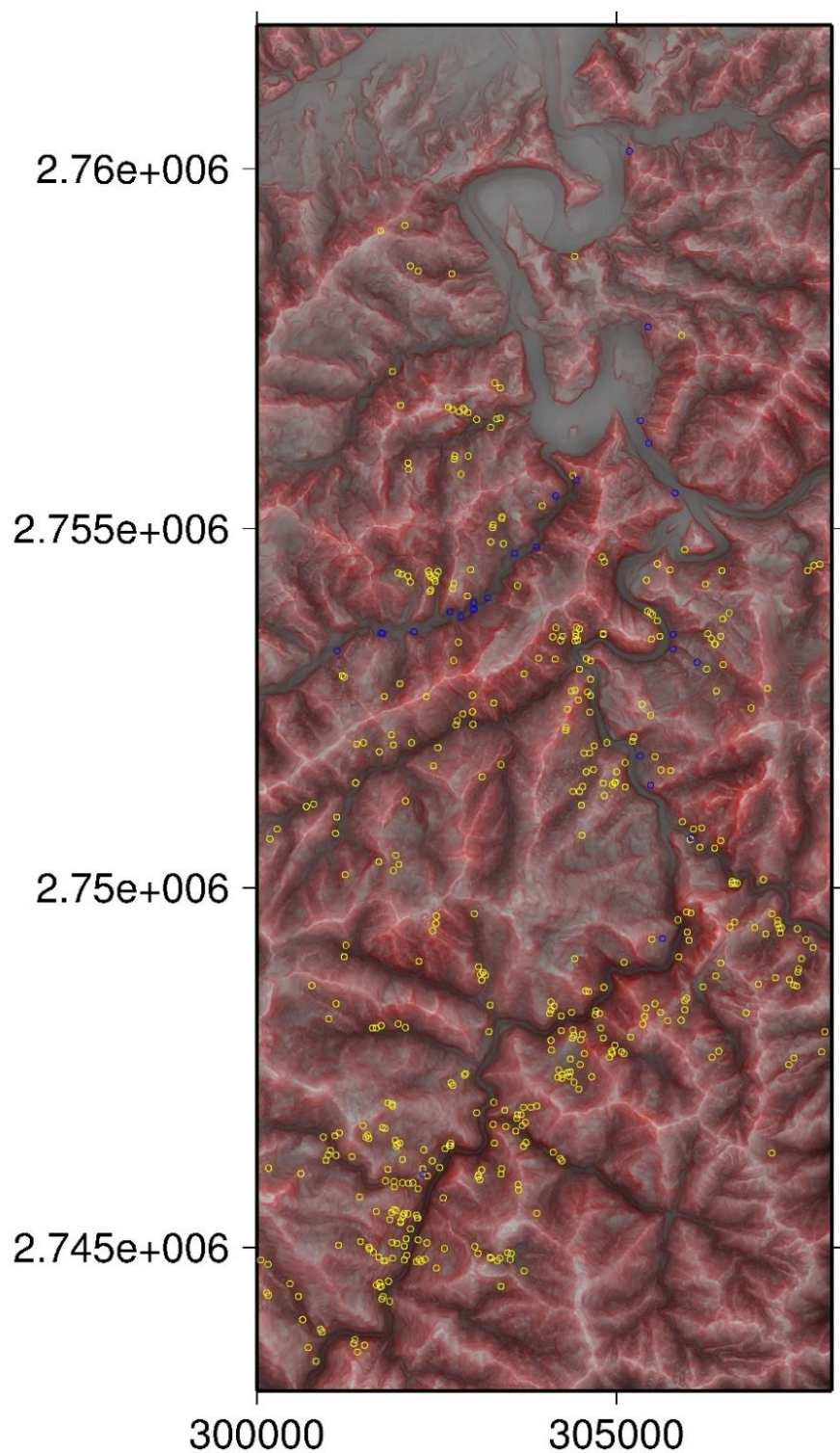


圖 21、Case7 烏來地區紅色地圖，黃圈為山崩目錄，藍圈為蘇迪勒

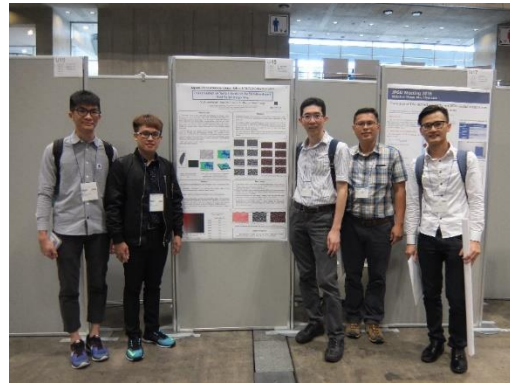
颱風過後災害點位。(資料來源: 魏倫瑋等(2015))

第二節 國外研討會發表

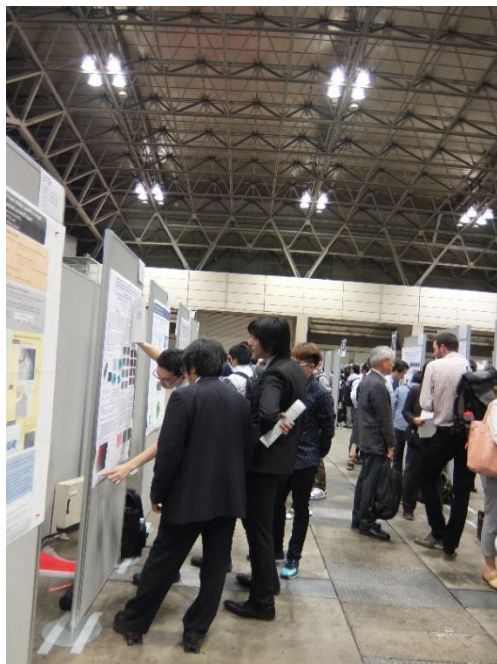
本研究已將部分成果於日本 Japan Geoscience Union Meeting 2016 (簡稱 JPGU2016)研討會發表，JPGU2016 為日本地球科學界的重大盛事，今年舉辦日期為 105 年 5 月 22 日至 105 年 5 月 26 日，舉辦地點為千葉市，會議參加人數將近 5 千人。與 AGU 或 EGU 等美國與歐洲地球科學年會相比，雖然 JPGU 規模較小，但研討會卻非常嚴謹。JPGU2016 雖為日本地球物理學會年會，但依然吸引不少全球各地的專家前往共襄盛舉，吾人於會議中遇到了數位來自中研院、成大、中央大學、等多位國內地科界重量級學者，而在這五天的會議中，吾人亦與多位國際知名學者交談，並從中學習，整體而言可說獲益良多。其中吾人發表的研究屬於張貼海報，場次為 5 月 22 一整天，當天有相當多參加者對吾人之研究感興趣(包括紅色地圖專家千葉達朗學者)並停留在海報前駐足觀看，大多數學者均對本團隊紅色地圖之研究興趣極大，並與吾人充分討論。



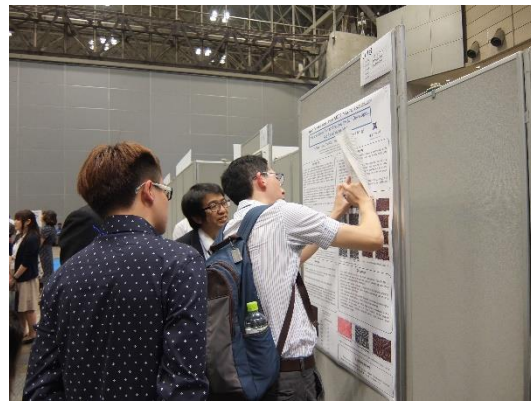
(a)



(b)

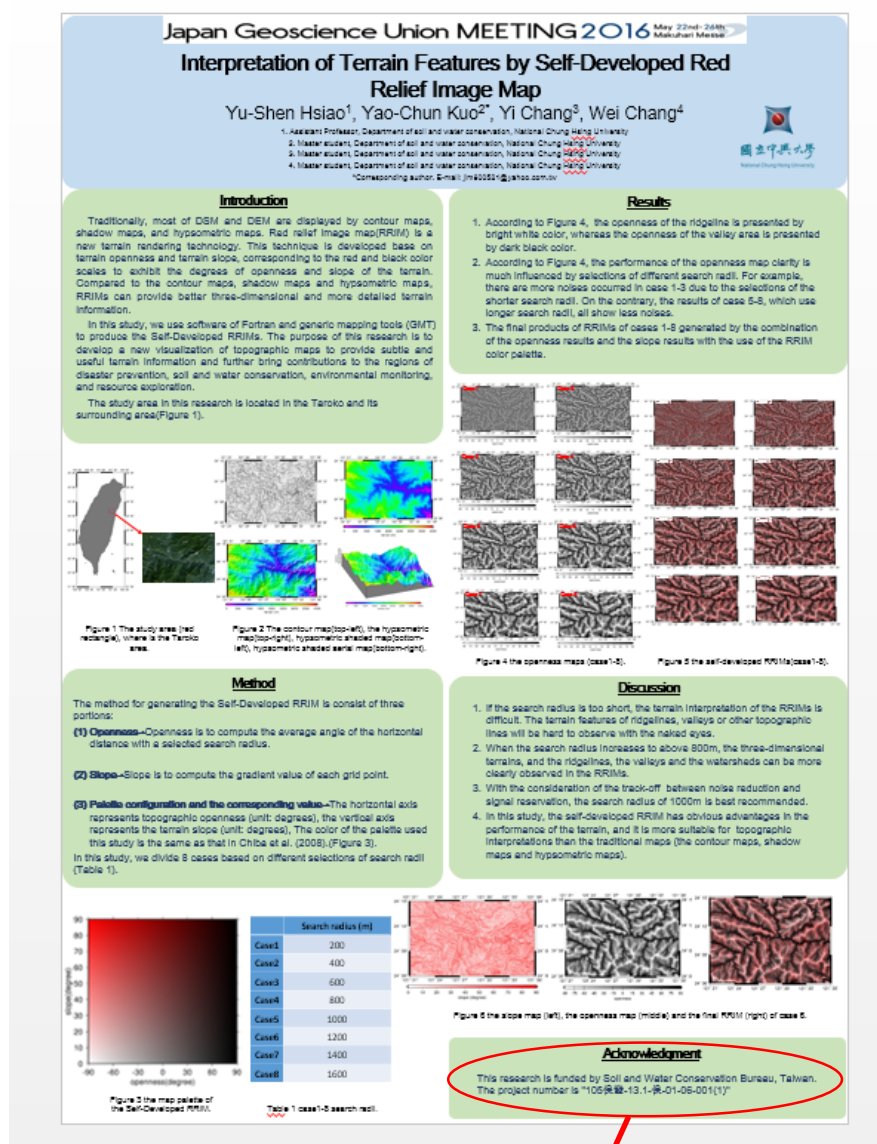


(c)



(d)

圖 22、本團隊參加 JPGU2016 之現場照片。



Acknowledgment

This research is funded by Soil and Water Conservation Bureau, Taiwan. The project number is "105保發-13.1-保-01-06-001(1)"

圖 23、本團隊參加 JPGU2016 之張貼海報內容。

第三節 國內期刊論文發表

本研究已於 2016 年 5 月投稿國土測繪與空間資訊期刊，題目為：利用自製紅色地圖輔助地形判釋：以太魯閣地區為例。目前已接受，預計 2017 年一月刊登。

第五章 結論與建議

本研究利用 GMT 軟體為基礎配合 Fortran 語法開發產製紅色地圖程式，並選擇了台灣幾個不同大小網格之區域作為研究區位，研究不同調色呈現之地貌，分析不同區域 DEM 及 DSM 之紅色地圖呈現結果，與傳統地圖做比較。研究顯示紅色地圖對解讀地形有很大的優勢，在網格較小之紅色地圖中可以證明其對微地形之呈現十分明顯，此圖能讓地形脈絡清晰並幫助地圖使用者更容易以肉眼觀察地形的樣貌以進行地形判釋，尤其對於研究地形變遷有極大之助益，但目前本研究因無兩期地形資料所以還未進行比對，未來會繼續朝此方向進行。然而本研究自製之紅色地圖現階段亦有缺點，即無法直接從圖上觀察出每個網格點的實際高程值，或兩網格點的實際高程差，故若要獲取此高程資訊，必須輔以分層設色圖或等高線圖來配合判釋解讀。未來本研究將持續修正相關程式軟體，期望能在考慮地形開闊度與地形坡度之餘，亦能同時將 DEM 之高程資訊呈現於紅色地圖中。未來若能套入更高精度之 DEM 於紅色地圖之中，微地形之區別會更加明顯。

整體而言，利用紅色地圖較能判釋出地表微地形，若該研究區域地形有些許變動，紅色地圖亦較傳統地圖更能察覺出差異性，這對於

分析例如:山崩、地滑、土石流等土砂災害有關之研究課題，亦或是沖蝕溝之變化、人工構造物之增減等問題都能方便觀察者從紅色地圖中獲取資訊，因此對於災害防治、水土保持、與環境監測等，應較能提供良好之參考。本團隊希望未來能針對不同地形均能製作精確之紅色地圖，以期對地形判釋及山坡地土砂災害潛勢之預估做出貢獻，並提供政府有關單位管理山坡地資源之參考。

參考文獻

- [1] 行政院農業委員會水土保持局 (2015) 水土保持相關法規彙編, 中華民國 104 年 10 月編印。
- [2] 李璟芳、黃韋凱、冀樹勇 (2015)。遙測新利器—立體彩繪明暗圖, 地工技術, 第 113 期, 第 113-115 頁。
- [3] 高治喜、連惠邦(2015)。運用遙測技術協助判釋大規模崩塌潛勢區域微地形特徵之研究, 行政院農業委員會水土保持局中華民國 104 年 10 月編印。
- [4] 陳奕中、侯進雄、謝有忠、陳柔妃、吳若穎 (2014)。高解析度空載光達資料結合地形開闢度分析於構造地形特徵之應用, 航測及遙測學刊, 第 18 卷, 第 2 期, 第 67-78 頁。
- [5] 郭耀駿 (2016)。以自製紅色地圖輔助地形判釋, 碩士論文, 國立中興大學, 台灣台中。
- [6] 張玲、楊曉平、魏占玉、黃偉亮 (2014) 三維數據的二維可視化方法綜述, 地震地質, 第 36 卷 第 1 期, 第 275-284 頁。
- [7] 蕭宇伸、郭耀駿 (2016)利用自製紅色地圖輔助地形判釋:以太魯閣地區為例, 國土測繪與空間資訊期刊 (已接受)。
- [8] 魏倫瑋、黃韋凱、黃春銘、李璟芳、林聖琪、紀宗吉 (2015)。蘇迪勒颱風於臺灣北部之山崩致災機制初探, 中華水土保持學報, 第 46 卷, 第 4 期, 第 223-232 頁。
- [9] Chiba, T., Kaneta, S. I., and Suzuki, Y. (2008). Red relief image map: new visualization method for three dimensional data, The International Archives of the

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, pp. 1071-1076.

[10] Hodgson, M. E., and Bresnahan, P. (2004). Accuracy of airborne Lidar-derived elevation: Empirical assessment and error budget, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(3), pp. 331–339.

[11] Lin, Z., Kaneda, H., Mukoyama, S., Asada, N., Chiba, T. (2013). Detection of subtle tectonic–geomorphic features in densely forested mountains by very high-resolution airborne LiDAR survey, *Geomorphology*, 182, pp. 104-115.

[12] Wang, K., Wang, C., Zhang, Q., Ding, K. (2015). Loess shoulder line extraction based on openness and threshold segmentation, *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 44, pp. 67-75.

[13] Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo, R., Luis, J., and Wobbe, F. (2013). *Generic Mapping Tools: Improved version released*, EOS Trans. AGU, San Francisco, USA.

[14] Yokoyama, R., Shirasawa, M., and Pike, R. J. (2002). Visualizing topography by openness: a new application of image processing to digital elevation models, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, pp. 257-265.

附錄一

105 年度創新研究計畫案期中審查會議紀錄

壹、時間:105 年 9 月 6 日(星期二)下午 3 時 30 分

貳、地點:第三會議室

參、主持人:林簡任正工仕修代

肆、委員意見及回覆

紀錄:高百毅

委員意見	意見回覆	對應章節
1. 本計畫特別針對紅色地圖進行研發，顯示紅色地圖確實是一張可以精細表徵地面微地形的圖資，提供後續廣泛的應用空間。	感謝委員對本團隊之意見與鼓勵!!	
2. 本計畫已初步獲得成果，為須特別注意侵權問題。	感謝委員意見，本研究在公式原理與調色盤建置和日本紅色地圖有諸多不同之處(內容請詳	第三章

	見對應章節)，故應不至於有侵權問題。	
3. 目前皆以製作大範圍(20km x 20km)紅色地圖為主，此無助於為地形之判釋。是否後續可以朝小範圍(<10ha)紅色地圖進行研發？	目前本研究已獲取10cm、20cm、1m之DEM，也將此網格資料繪製成紅色地圖，從圖中可以得知紅色地圖對於微地形的判釋有莫大的潛力。	第四章
4. 簡報中，是採用分層設色圖比較紅色地圖，建議採用陰影圖進行比較。	已新增陰影圖進行比較。	第四章
5. 與P2中提及本案係發展自己的地圖技術，並改善目前日本紅色地圖所遭遇之瓶頸與限制，建議於本案詳細為說明，並說明改善情形。	目前日本紅色地圖遭遇之瓶頸為無法直接獲取高程資訊，而本團隊目前繼續努力研發將高程資訊加入紅色地圖中。	

6. 調色盤若不以紅色而以其他顏色為基礎，是否會有影響。	本研究中藍色對於地形呈現亦有不錯的表現，但因坡度之緩斜對於紅色有一定之關聯性，坡度越陡顏色越紅讓觀察者較容易聯想。	第三章第三節
7. Areal~6 中部分 Case 有述明適用之罩窗半徑，部分沒有，建議都加以比較彙整提出應用建議。	已改正，感謝委員意見。	第四章第一節
8. 成果是否可以與日本產製之紅色地圖比較，又其方法機制有何異同？	本研究在公式原理與調色盤建置和日本紅色地圖有諸多不同之處，日本開闊度以最大最小值做計算，而吾人則使用平均值並配合地形對比值增加地形起伏。	
9. 目前使用 40mDEM 產製	目前本研究已獲取	第四章

紅色地圖，可使用 5m 或 1m 進行影像處理。	10cm、20cm、1m 之 DEM，也將此網格資料繪製成紅色地圖。	
10. 產製地圖的範圍尺度可縮小，增加地形判釋。	目前本研究已獲取 10cm、20cm、1m 之 DEM，也將此網格資料繪製成紅色地圖，從圖中可以得知紅色地圖對於微地形的判釋有莫大的潛力。	第四章
11. 紅色地圖產製成果分為 Case1~Case8，部分案例有說明其中操作差異，其餘案例亦請補充完整。	已有修改，感謝委員意見。	第四章

附錄二

自製紅色地圖軟體指令介紹：

(1) 適用於座標為經緯度：

openness - I dem.xyz -G dem_openness.z -T radius

openness: 計算地形開闊度程式

-I: 放置 DEM 輸入檔名(格式: 經度(deg), 緯度(deg), 高程(m))

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg))

-T: 罩窗半徑值(單位: km)

-S: 地形對比值

grdmath dem.grd 110000 DIV = dem_deg.grd

grdmath: 單位轉換程式(將網格距離單位 deg 轉換為 km)

dem.grd: DEM 之網格檔(輸入檔, 格式為 grd 檔)

dem_deg.grd: DEM 之網格檔(輸出檔, 格式為 grd 檔)

grdgradient dem_deg.grd -S dem_slope.grd

grdgradient: 計算地形坡度之程式

dem_deg.grd: DEM 之網格檔(輸入檔, 格式為 grd 檔)

-S: 放置輸出檔名, 輸出檔為坡度網格檔(格式: grd 檔)

```
grd2xyz dem_slope.grd > dem_slope.xyz
```

grd2xyz:將.grd 檔案格式轉換為.xyz 檔案格式

```
slope -Idem_slope.xyz -Gdem_slope(deg).z
```

slope:將坡度檔(格式 xyz)轉成坡度檔(格式 z)

-I: 放置輸入檔名(格式: 經度, 緯度, 坡度值)

-G: 放置輸出檔名(格式:坡度值(deg))

```
combine -Idem_openness.z -Jdem_slope(deg).z -  
Gopenness_slope.xy
```

combine:將開闊度與坡度檔案合併程式

-I: 放置輸入檔名(格式: 地形開闊度值(deg))

-J: 放置輸入檔名(格式: 地形坡度值(deg))

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg))

```
range_palette -R-90/90/0/90 -Gpalette101.txt
```

range_palette:調整色盤範圍之程式

-R:指定調色盤範圍

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg), 色盤編碼)

color_palette -A255/255 -B0/255 -C0/255 -D0/0 -E0/0 -F0/0 -
Gtemp100.cpt

color_palette:調整色盤顏色之程式

-A-B-C-D-E-F:指定顏色

-G:輸出調色盤(格式:cpt)

redmap -Idem.xyz -Jopenness_slope.xy -Kpalette101.txt -
Gdem_redmap.xyz

redmap: 將開闊度值與坡度值分別與對應之調色盤值結合之程式

-I: 放置 DEM 輸入檔名(格式: 經度, 緯度, 高程(m))

-J: 放置輸入檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg))

-K: 放置調色盤檔名(格式:cpt)

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg), 對應調色盤值)

psxy dem_redmap.xyz -JM6 -R121.35/121.6/24.1/24.25 -

Ctemp100.cpt -B0.05":longitude:"/0.05":latitude:" -Ss0.05 >

dem_redmap.ps

psxy: 繪製紅色地圖之程式

dem_redmap.xyz: 輸入檔(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg), 對應調色盤值)

-J: 選擇地圖投影方式

-R: 指定區域範圍

-C: 放置調色盤檔名(格式:cpt)

-B: 定義底圖邊框和軸的刻度、標註、標籤等資訊

-S: 輸出網格點大小設置

(2) 適用於座標為 TWD97 NE 座標：

openness - Idem.xyz -Gdem_openness.z -Tradius

openness:計算地形開闊度程式

-I: 放置 DEM 輸入檔名(格式: TWD97 X 座標(m), TWD97 Y 座標(m),
高程(m))

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg))

-T: 罩窗半徑值(單位: km)

-S: 地形對比值

grdgradient dem_deg.grd -Sdem_slope.grd

grdgradient:計算地形坡度之程式

dem_deg.grd: DEM 之網格檔(輸入檔, 格式為 grd 檔)

-S: 放置輸出檔名, 輸出檔為坡度網格檔(格式:grd 檔)

grd2xyz dem_slope.grd > dem_slope.xyz

grd2xyz:將.grd 檔案格式轉換為.xyz 檔案格式

slope -Idem_slope.xyz -Gdem_slope(deg).z

slope:將坡度檔(格式 xyz)轉成坡度檔(格式 z)

-I: 放置輸入檔名(格式: X 座標, Y 座標, 坡度值)

-G: 放置輸出檔名(格式: 坡度值(deg))

combine -I dem_openness.z -J dem_slope(deg).z -
Gopenness_slope.xy

combine: 將開闊度與坡度檔案合併程式

-I: 放置輸入檔名(格式: 地形開闊度值(deg))

-J: 放置輸入檔名(格式: 地形坡度值(deg))

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg))

range_palette -R-90/90/0/90 -Gpalette101.txt

range_palette: 調整色盤範圍之程式

-R: 指定調色盤範圍

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg),
色盤編碼)

color_palette -A255/255 -B0/255 -C0/255 -D0/0 -E0/0 -F0/0 -
Gtempl00.cpt

color_palette: 調整色盤顏色之程式

-A-B-C-D-E-F:指定顏色

-G:輸出調色盤(格式:cpt)

```
redmap -Idem.xyz -Jopenness_slope.xy -Kpalette101.txt -
Gdem_redmap.xyz
```

redmap: 將開闊度值與坡度值分別與對應之調色盤值結合之程式

-I: 放置 DEM 輸入檔名(格式: X 座標, Y 座標, 高程(m))

-J: 放置輸入檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg))

-K: 放置調色盤檔名(格式:cpt)

-G: 放置輸出檔名(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值(deg),
對應調色盤值)

```
psxy DEM2_redmap.xyz -JX15c/15c -P -
```

```
R280000/295000/2730000/2745000 -Ctemp100.cpt -
```

```
B5000":longitude:"/5000":latitude:"WSne -Ss0.05 > redmap.ps
```

psxy: 繪製紅色地圖之程式

dem_redmap.xyz: 輸入檔(格式: 地形開闊度值(deg), 地形坡度值
(deg), 對應調色盤值)

-J: 選擇地圖投影方式

-R: 指定區域範圍

-C: 放置調色盤檔名(格式:cpt)

-B: 定義底圖邊框和軸的刻度、標註、標籤等資訊

-S: 輸出網格點大小設置