



農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA

日本文獻導讀

日本「潛在大規模崩塌邊坡危險程度判定手冊」

減災監測組：簡靖翰

113年4月16日



目錄

1	關於本手冊	1
1.1	背景和宗旨	1
1.2	大規模崩塌調查體系及本手冊的定位	1
1.3	適用範圍	3
1.4	手冊概要	3
1.5	實施本手冊之所需知識	3
2	微地形判釋	4
2.1	作為大規模崩塌前兆現象的微地形	4
2.2	判釋的準備和程序	5
2.3	判釋方法	6
2.3.1	龜裂和台階地形	6
2.3.2	線狀凹地和二重山稜	9
2.3.3	小崩塌	14
2.3.4	岩盤潛變斜坡	18
2.3.5	山頂緩斜坡	21
2.3.6	線性構造	23
2.3.7	地滑地形	25
2.4	藉由空拍圖進行判釋之間的比較	28
2.5	微地形判釋的注意事項	31
3	設定斜坡單元	32
3.1	斜坡單元的定義	32
3.2	斜坡單元的設定方法	32
3.2.1	依既有資料作設定	32
3.2.2	依據微地形判釋設定	37
3.2.3	依據近年來的崩塌歷史記錄進行設定	42
3.2.4	設定斜坡單元的注意事項	42
4	潛在大規模崩塌的邊坡危險程度判定	43
4.1	AHP法的概要	43
4.1.1	危險程度判定手法的概要	44
4.2	危險程度判定的實施方法	46
4.2.1	使用資料	46
4.2.2	各評估項目的判定方法	46
4.2.3	斜坡單元的危險程度判定	50
4.2.4	斜坡單元危險程度判定的注意事項	50

背景和宗旨：

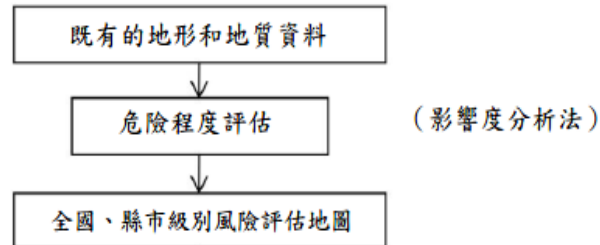
1. 林野廳所實施的「山地維護保全調查（大規模崩塌治山研討對策調查）（2011～2013年度）」，目的在於整理大規模崩塌發生機制等相關看法，以對於大規模崩塌研討治山之對策。
2. 並且從既有的歷史資料去評估大規模崩塌的危險程度，以及針對高危險程度的地區進行潛在大規模崩塌的邊坡判定手法進行彙整。
3. 同時製作現場技術員指引和大規模崩塌對策現場因應手冊。



大規模崩塌調查體系

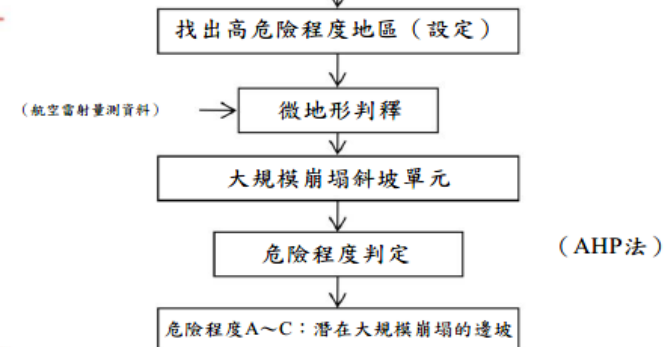
1. 第1階段：大規模崩塌風險評估地圖
2. 第2階段：潛在大規模崩塌地邊坡危險程度判定手冊
3. 第3階段：現場調查

第1階段調查 大規模崩塌風險評估地圖 製作手冊(草案)



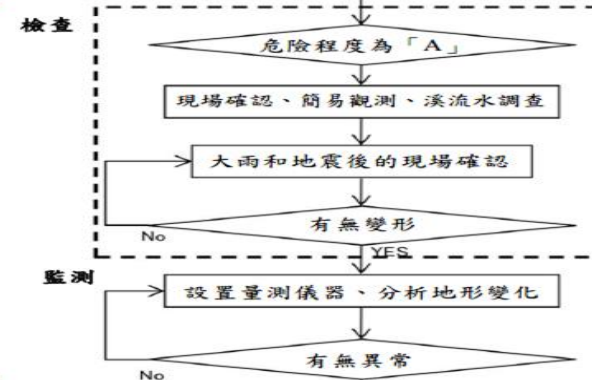
視其需要，根據地區特性和社會條件等，展開第2階段調查

第2階段調查 潛在大規模崩塌的邊坡危險程度判定手冊(草案)



視其需要，根據維護保全對象、地區的山地災害危險地區指定情況、治山事業的實施情況等，展開第3階段調查

第3階段調查

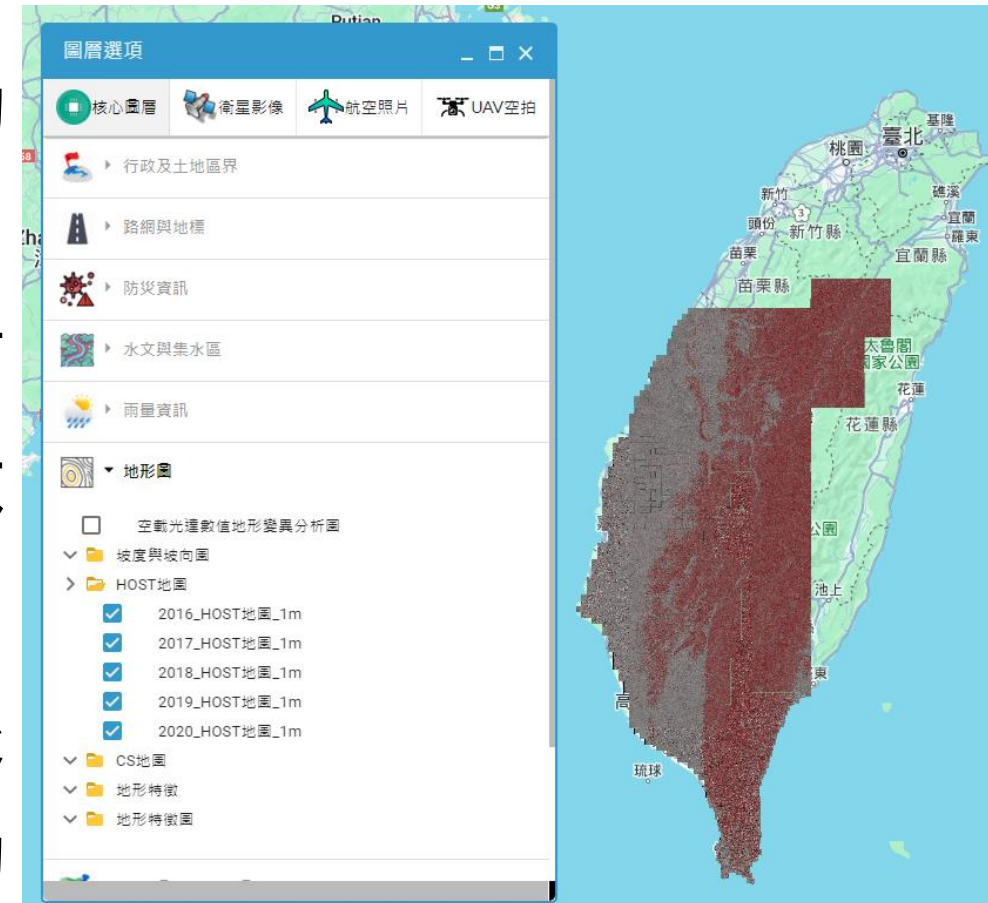


從緊急性、有效性、效率性等觀點，總體研討對策的必要性

實施軟硬體對策

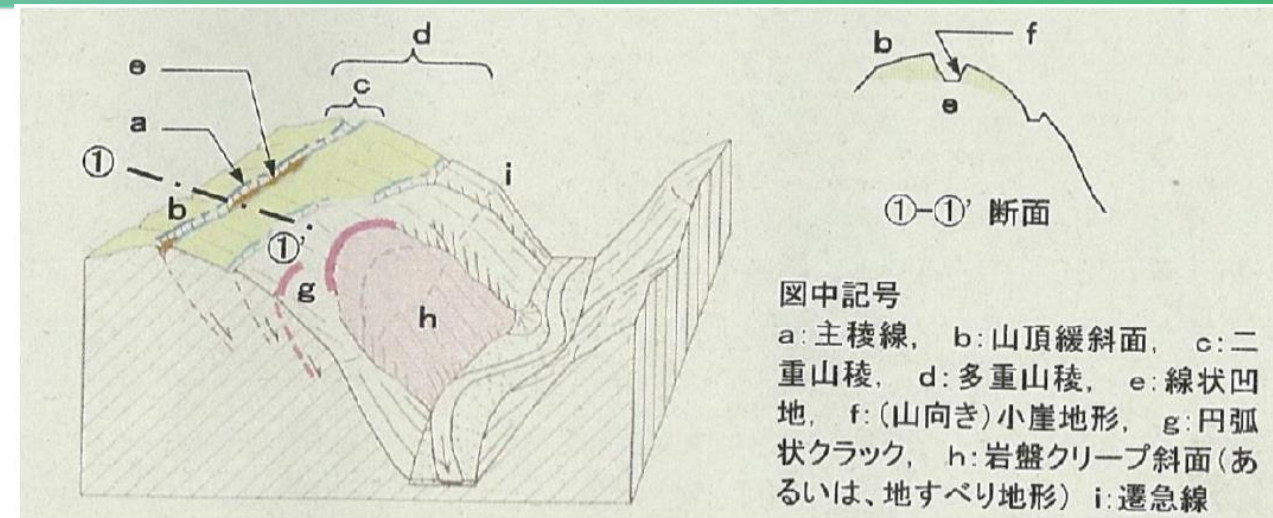
適用範圍

1. **高危險程度的地區**：有發生過大規模崩塌的斜坡為對象，進行危險程度判定。
2. **判釋微地形**：透過航空攝影測量資料用等高線地形圖（例如：赤色立體地圖等）判釋微地形為前提。
3. **設定斜坡單元**：高危險地區判釋所有斜坡後觀察到的微地形設定斜坡單元，未觀察到的斜坡單元視為非危險程度判定對象。



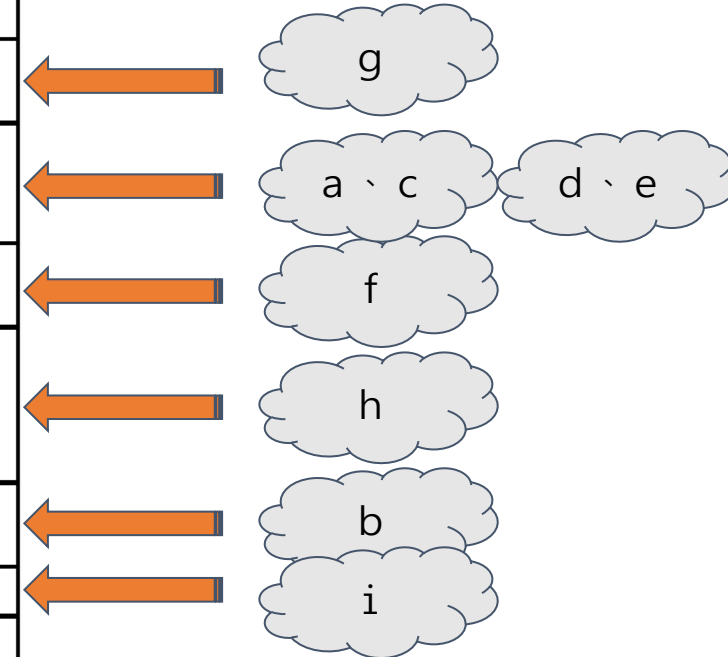
微地形判釋(一)

1. 天然堤防、沖積錐、線狀凹地等。
2. 判釋大規模崩塌危險程度。



斜坡上可見的微地形示意圖 (鈴木隆介, 2000)

微地形	定義、特徵	出處
龜裂和台階地形	因朝向構成斜坡岩盤下方的重力位移，而形成的裂縫即稱為龜裂。大多是沿著等高線而呈現圓弧狀。裂縫凹谷側 斜坡因朝下方位移而呈現高低差時，即稱為台階地形。	
線狀凹地和二重山稜	在斜坡上呈凹地狀，並幾乎連續分布成直線狀的地形，即稱為線狀凹地。在山地山稜部所見的並排兩列山稜地形，即稱為二重山稜。如有數個山稜，即稱為多重山稜。這些皆因岩盤潛變現象的進展和重力性斷層所形成。	
小崩塌	在斜坡上方和中腹部出現土塊變動，下方因河岸侵蝕而發生小規模崩塌。小崩塌地形被認為比斜坡更不穩定。	
岩盤潛變 (Creep) 斜坡	在具有高程差 (Difference in elevation) 的山地斜坡上，與周邊斜坡不同，有觀察到輕微不平整的斜坡。據研判為斜坡鬆動。大多出現在龜裂和台階地形、線狀凹地 and 二重山稜附近。岩盤潛變是地表附近的岩盤，因重力而逐漸變形與破壞的一種現象，即使存在數處局部性滑移面，也不會合併形成單一連續性滑移面 (千木良, 1992)。	土木研究所 (2008)
山頂緩斜坡	相較於周圍斜坡，在山地稜線附近坡度明顯較為平緩，而呈範圍廣的平坦斜坡。大多由溶岩所組成，屬於雨水容易滲透的地形。	土木研究所 (2008)
線性構造	受構造所支配的各種直線狀地形。暗示斷層、節理 (Joint)、岩層邊界的線。	
地滑地形	地滑是指部分或所有斜坡因重力而移往斜坡下方的一種現象。地滑地形是因地滑變動所產生 (或持續產生) 地形的統稱。地滑地形一般是由馬蹄形的滑落崖和滑動體所組成。再者，在此也將大規模崩塌跡地視為與地滑地形等同。	防災科學研究所





微地形判釋(二)

2. 判釋準備：

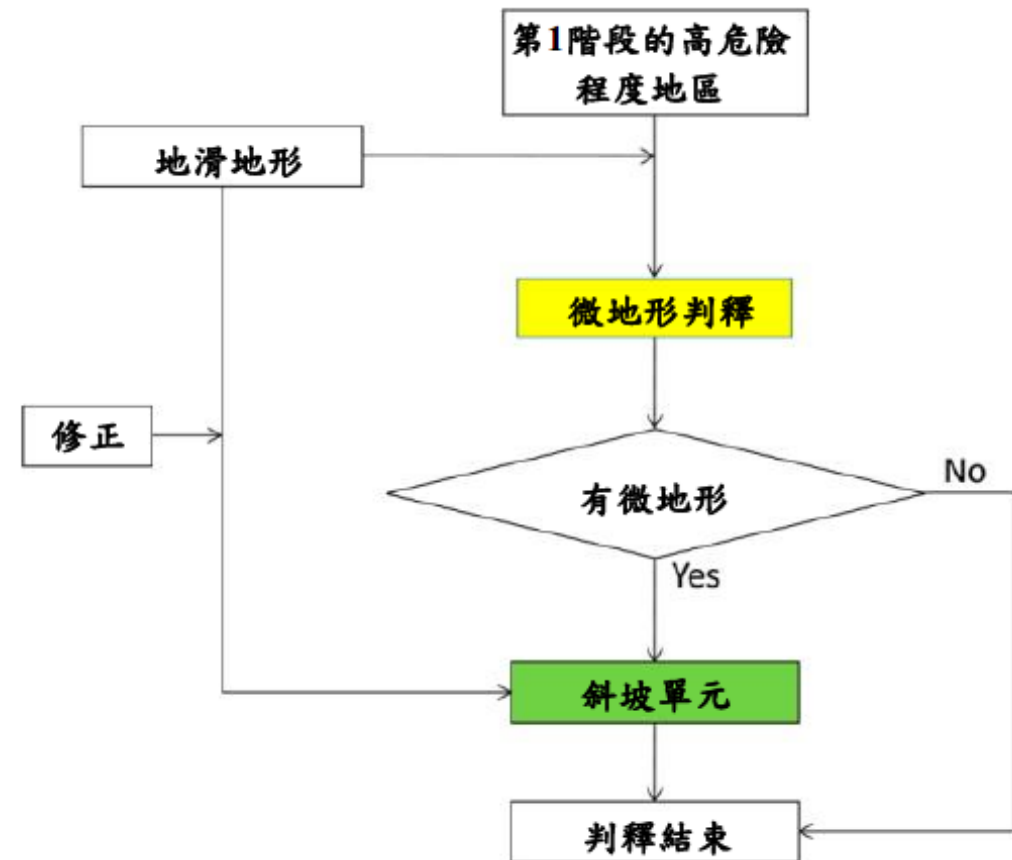
a. 等高線地形圖

b. ArcGIS

i. Polygon

ii. Ployline

3. 判釋程序：



微地形判釋(三)

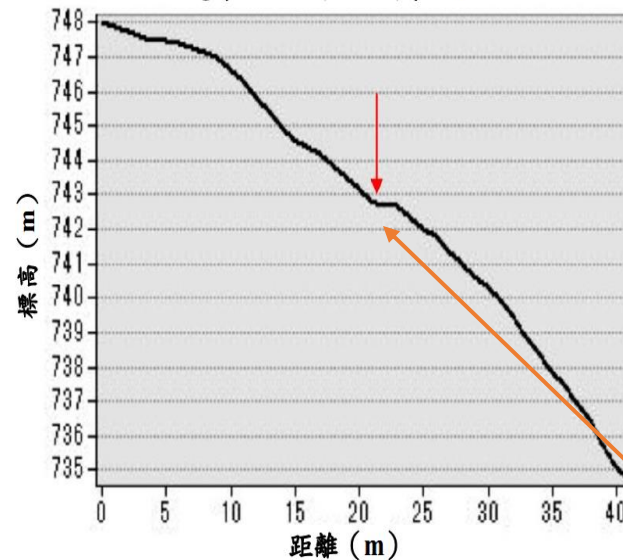
4. 判釋方法：

a. 龜裂

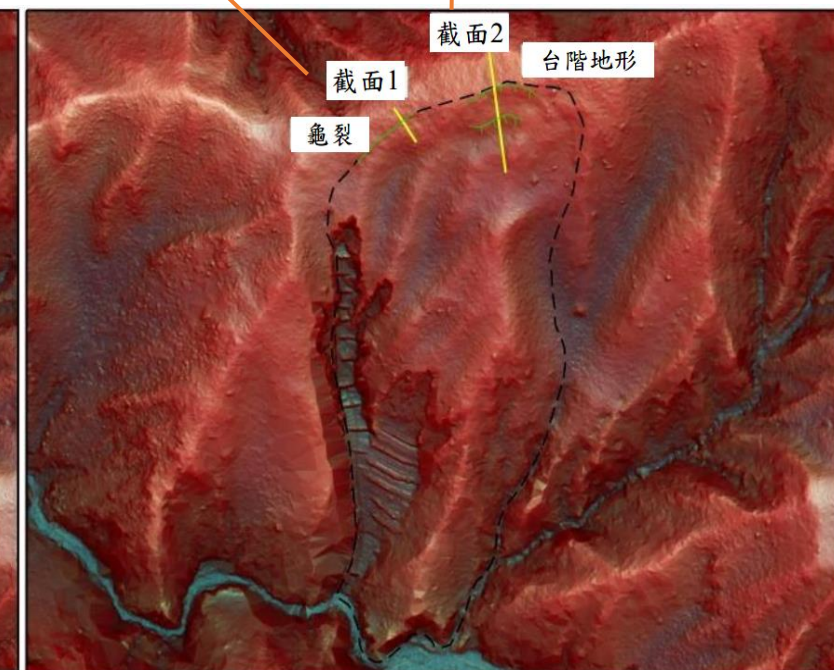
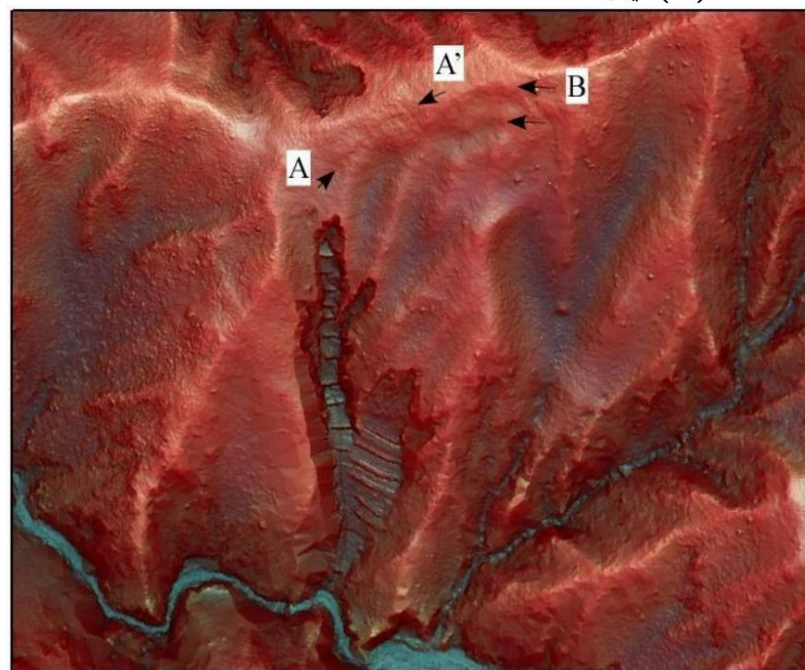
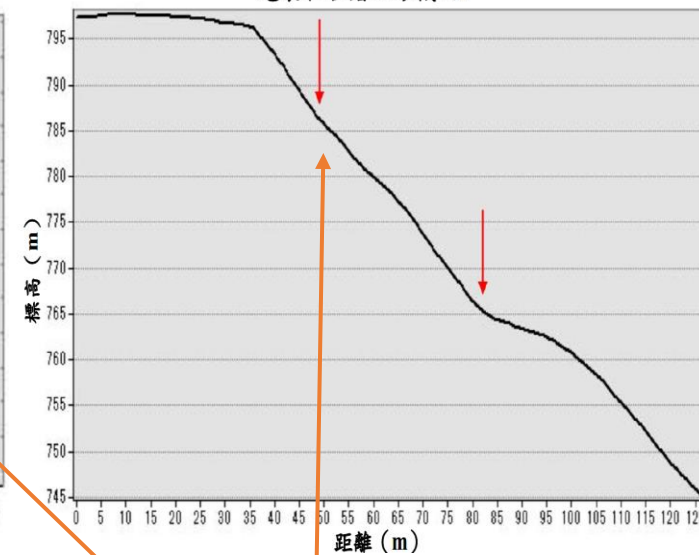
b. 台階地形

□ 龜裂和台階地形是因斜坡的重力變形，而在斜坡上形成的龜裂或梯型地形。

龜裂和台階地形截面1



龜裂和台階地形截面2



0 50 100 200
m



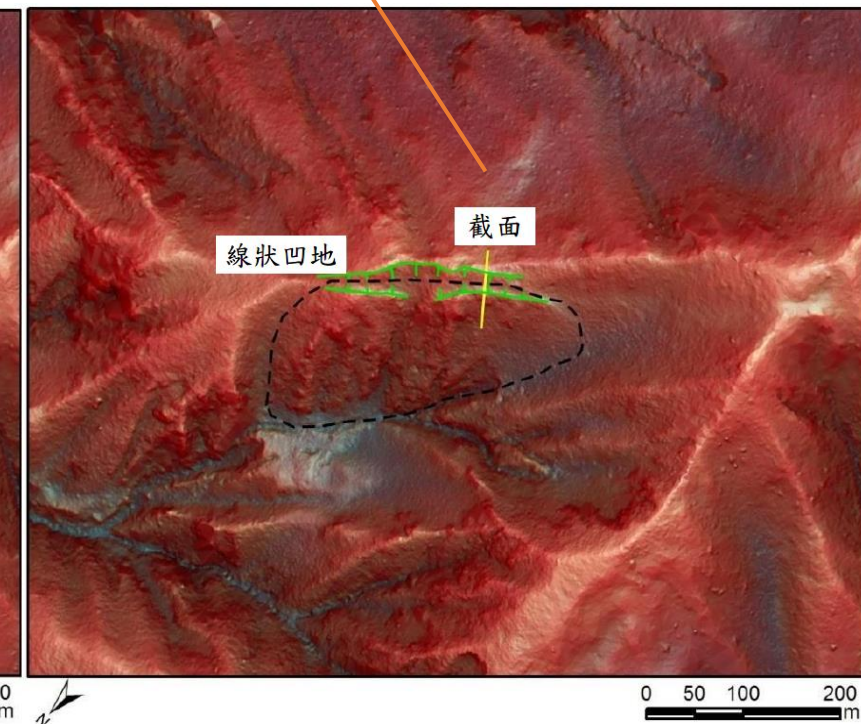
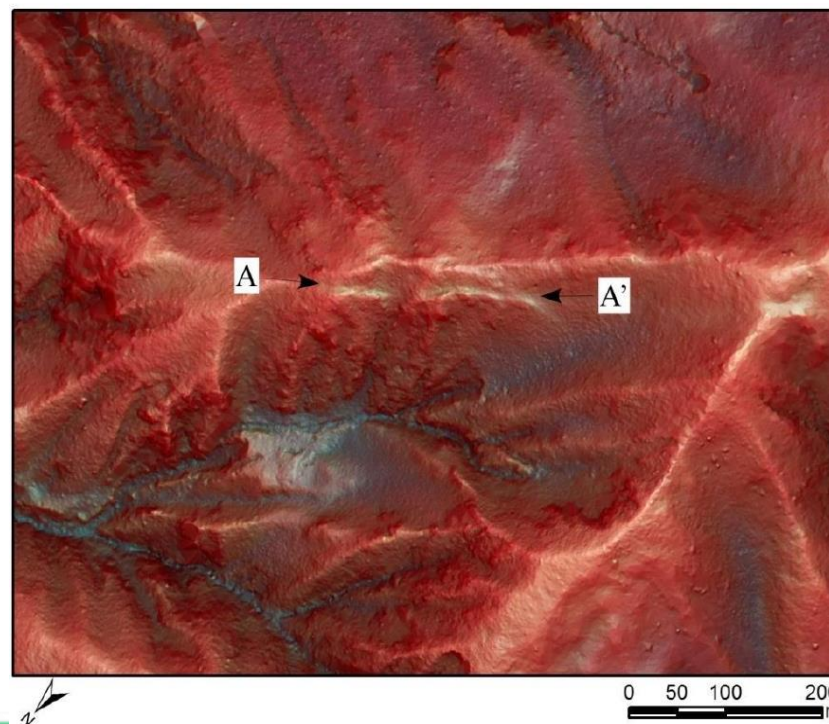
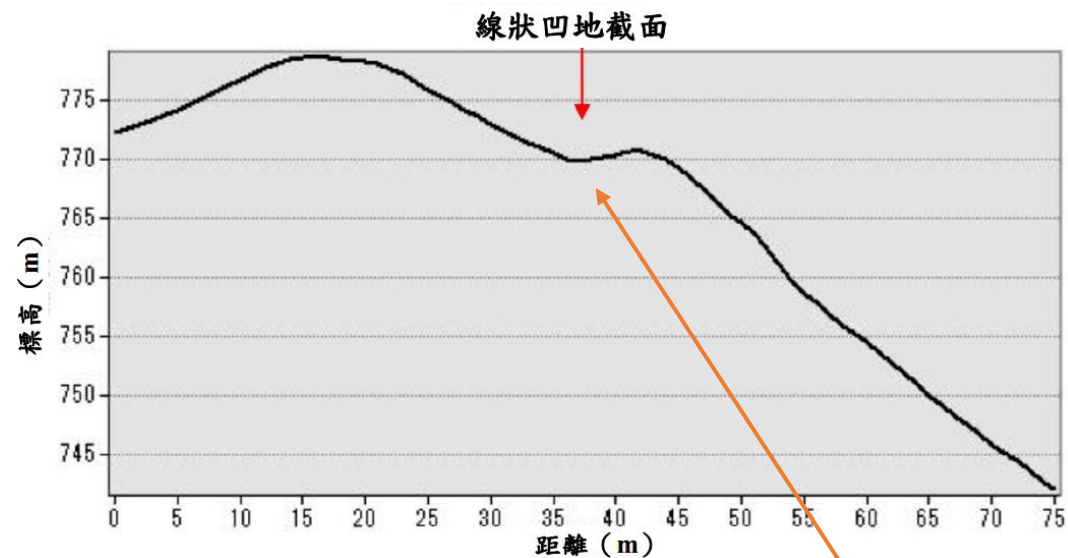
0 50 100 200
m

微地形判釋(三)

4. 判釋方法：

c. 線狀凹地

□ 線狀凹地大多作為重力變形，而平行形成於山稜。

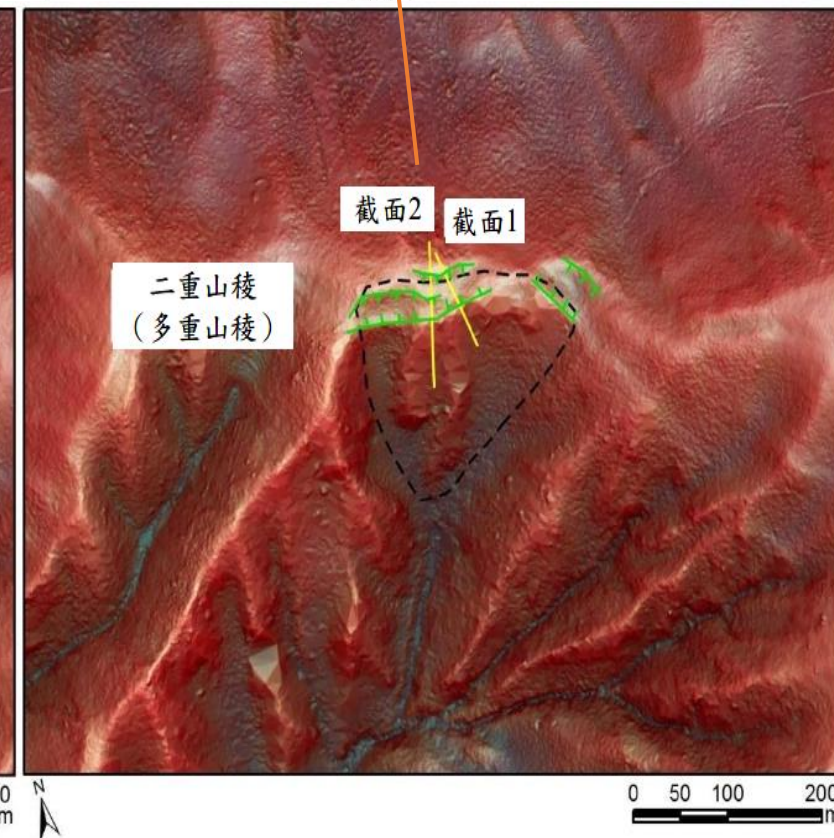
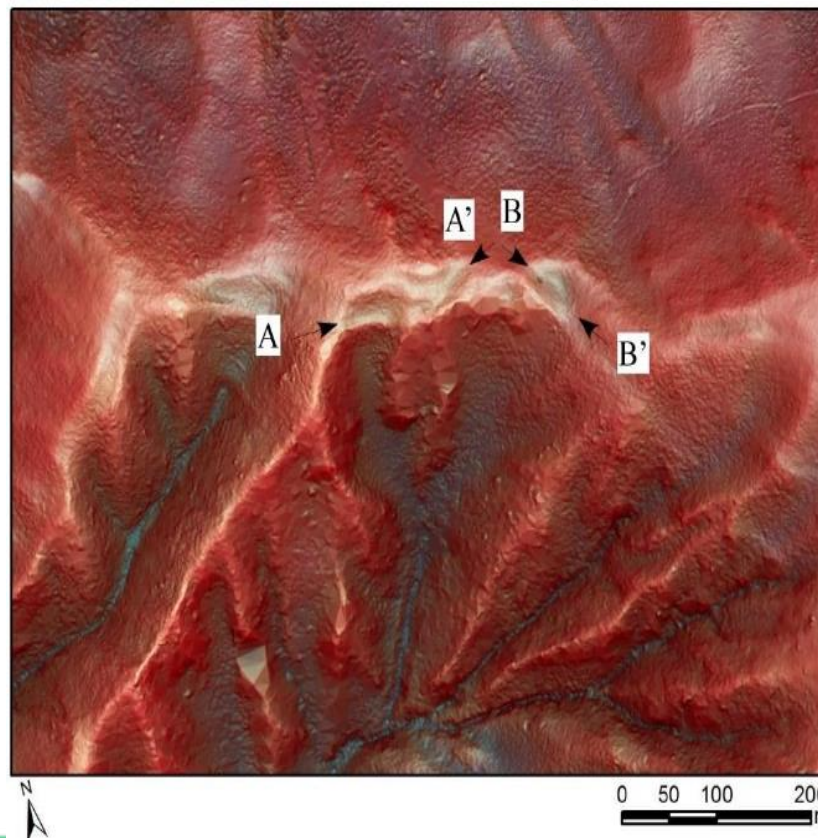
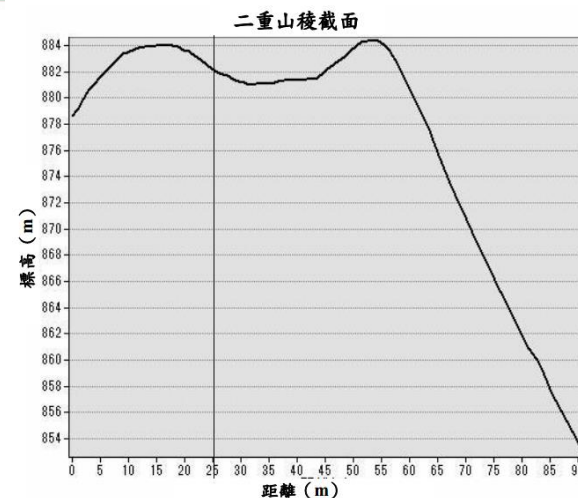


微地形判釋(三)

4. 判釋方法：

d. 二重山稜(多重山稜)

□ 二重山稜的特徵同於線狀凹地。

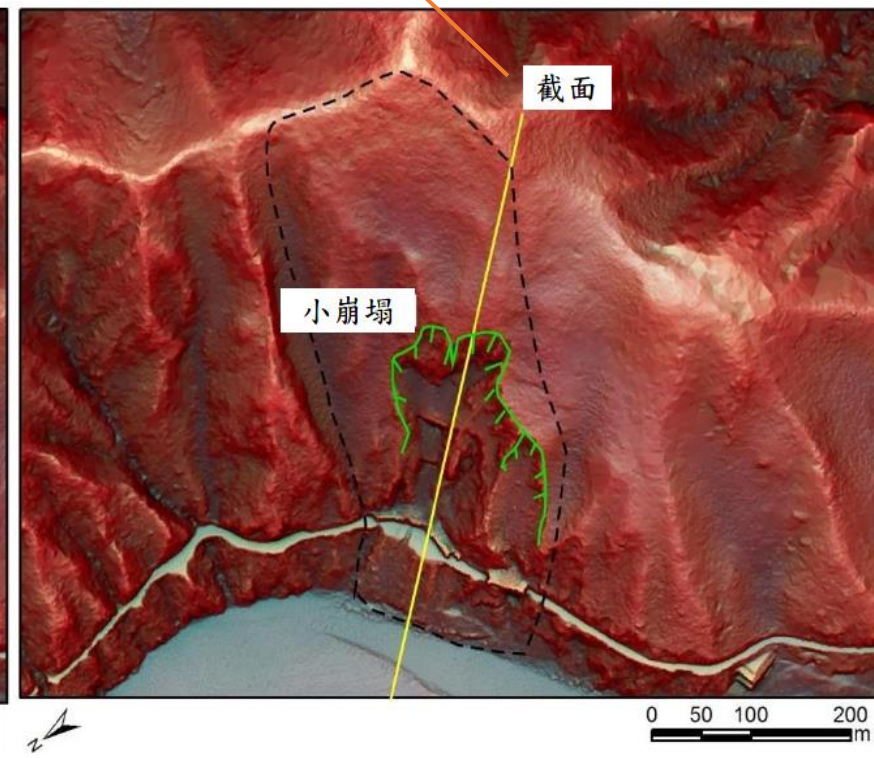
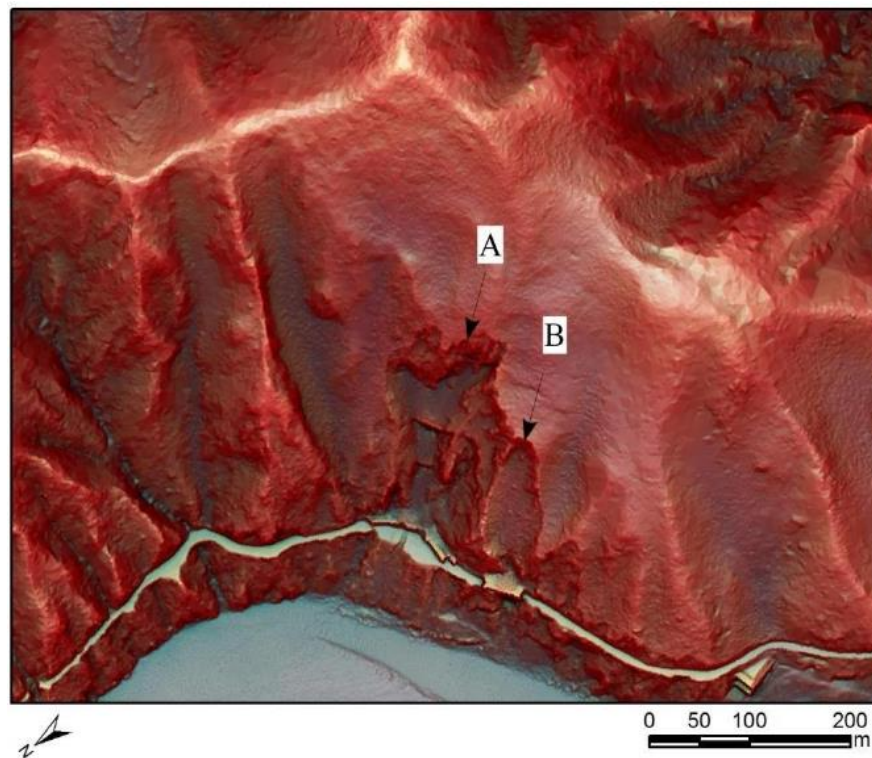
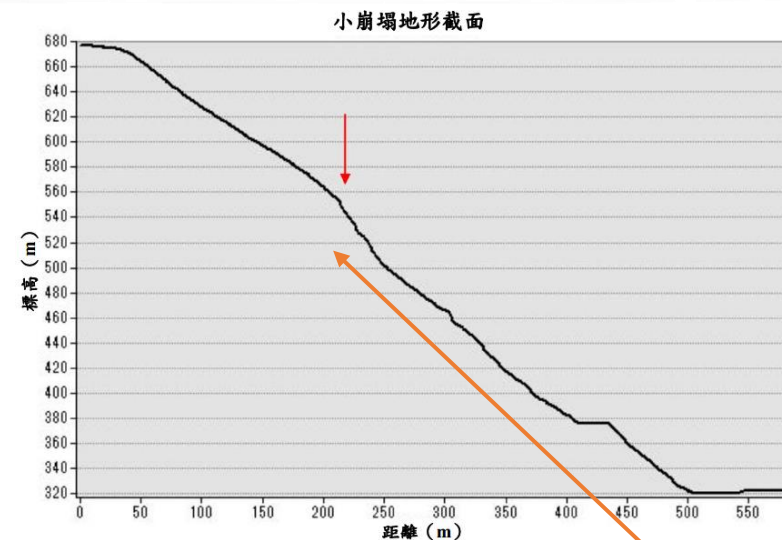


微地形判釋(三)

4. 判釋方法：

e. 小崩塌

- 斜坡（一般以下方居多）上存在小規模崩塌時，則基於凹谷和山脊地形設定斜坡單元。

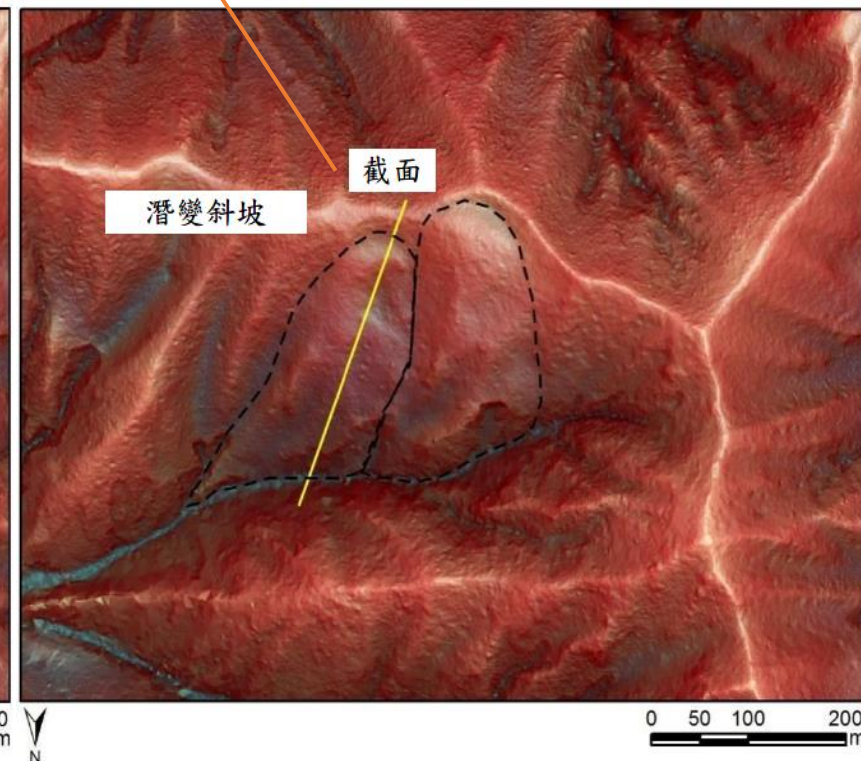
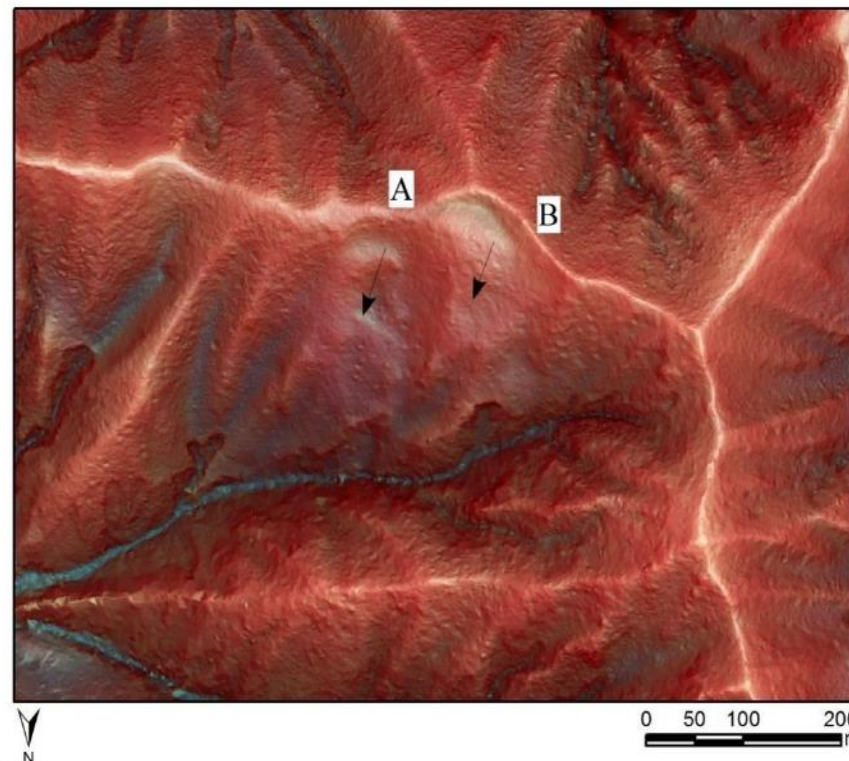
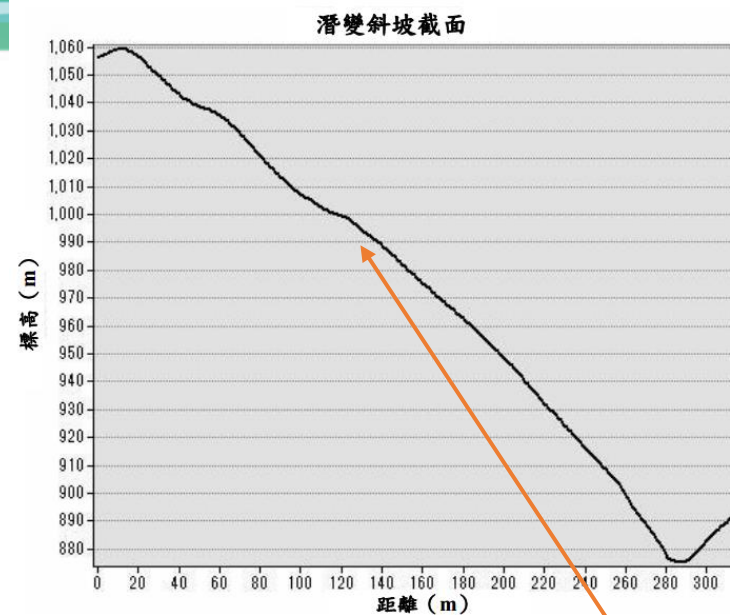


微地形判釋(三)

4. 判釋方法：

f. 岩盤潛變斜坡

- 岩盤潛變斜坡是一種斜坡地形，其特徵是岩盤因長期受到水分、重力作用，逐漸發生潛在的變形，可能導致滑坡等地質災害。

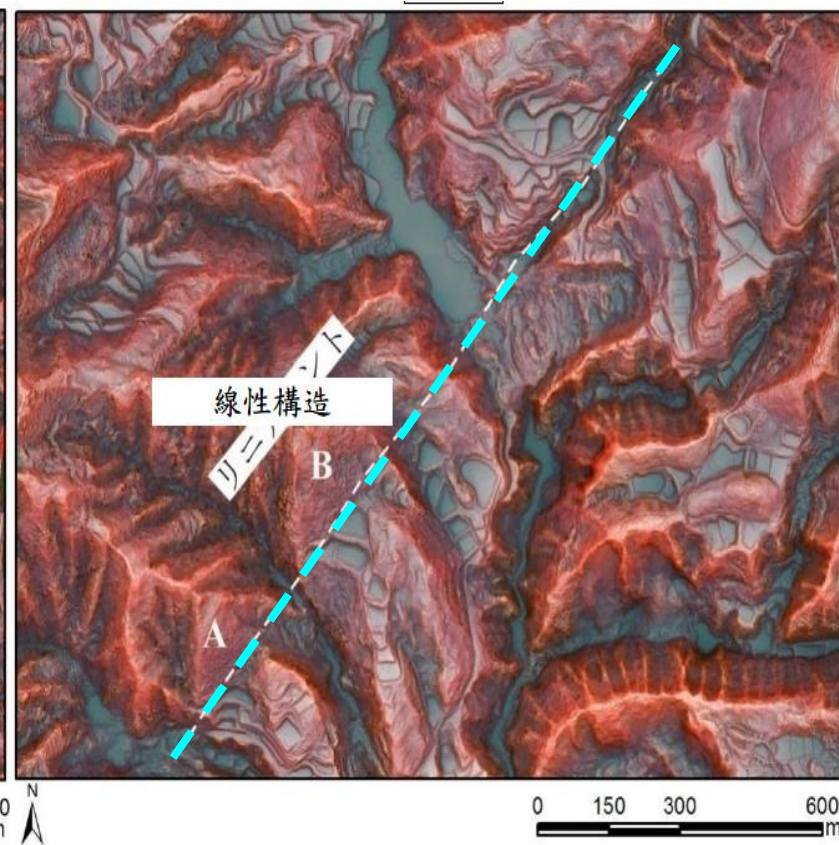
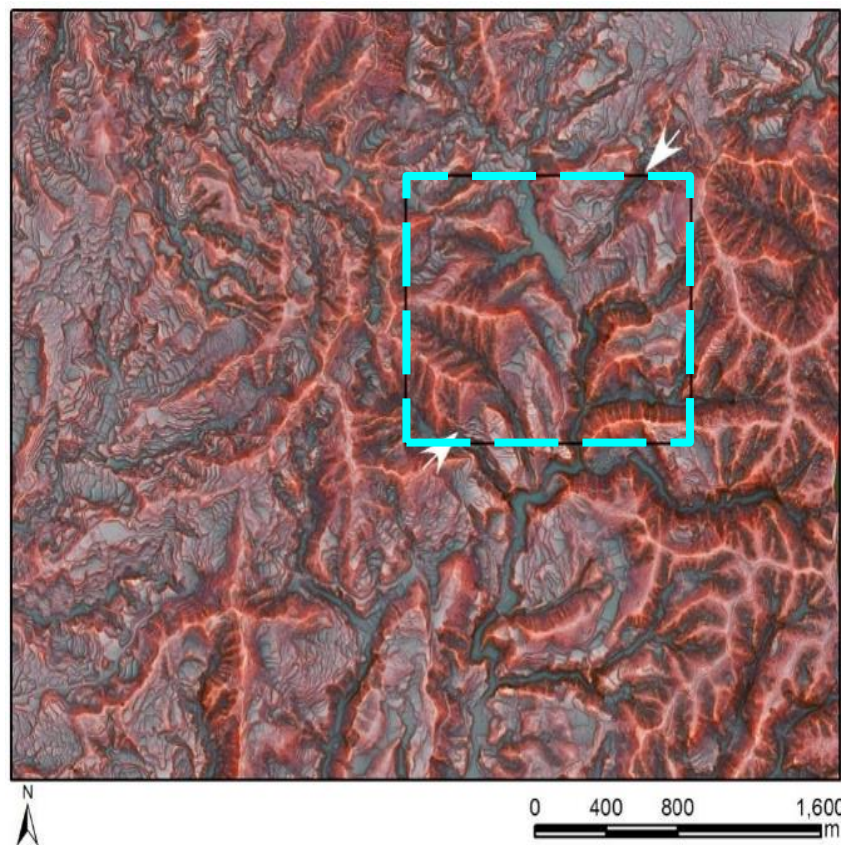


微地形判釋(三)

4. 判釋方法：

g. 線性構造

□ 延續線狀的凹谷地形和崩崖、不同種類地形邊界等地形的線狀模樣，即稱為線性構造。

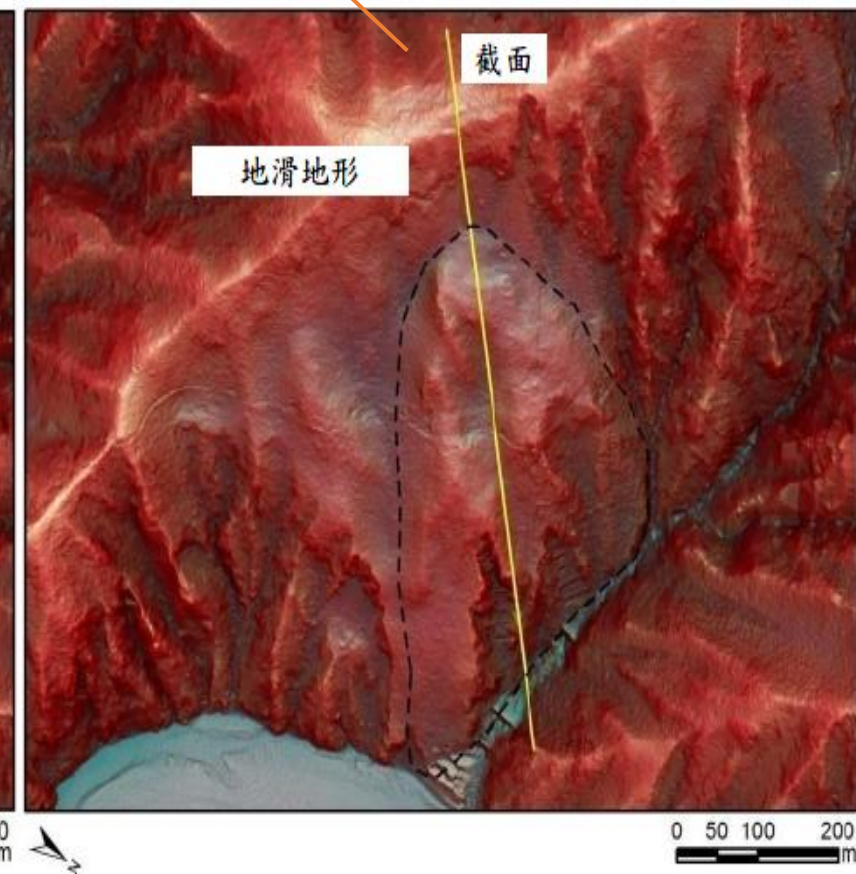
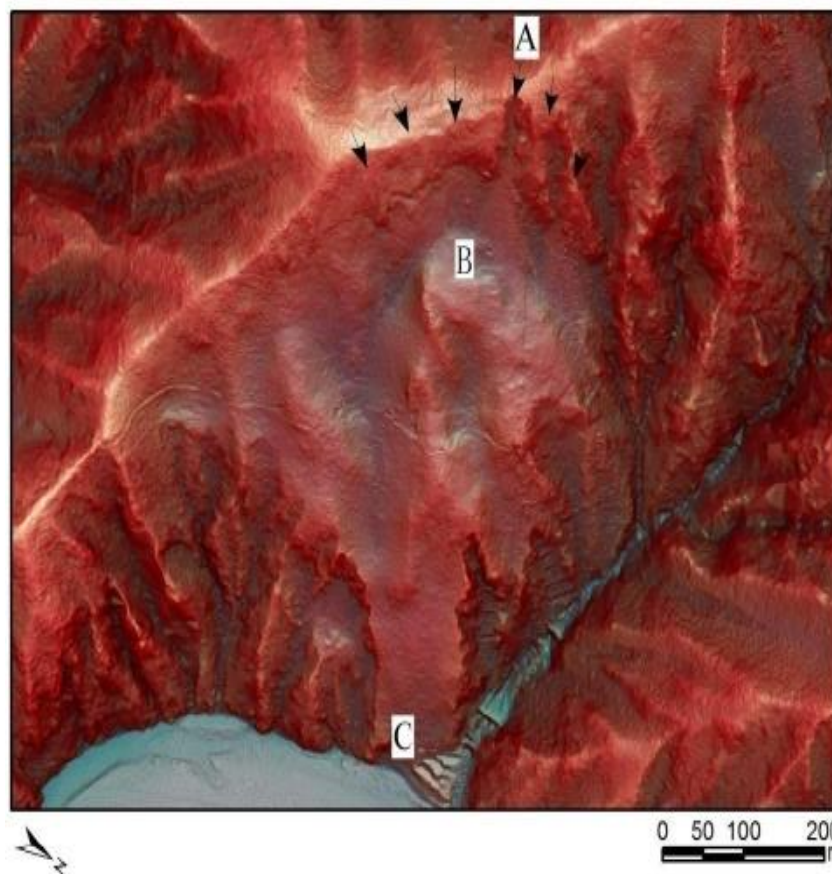
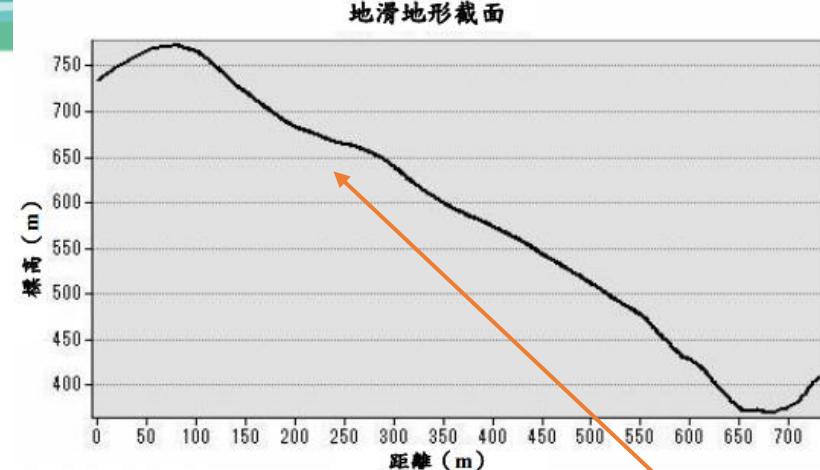


微地形判釋(三)

4. 判釋方法：

h. 地滑地形

- 地滑地形的特徵而言，上方有滑落崖該前面大多形成平緩的平坦面或凹凸不平的斜坡。



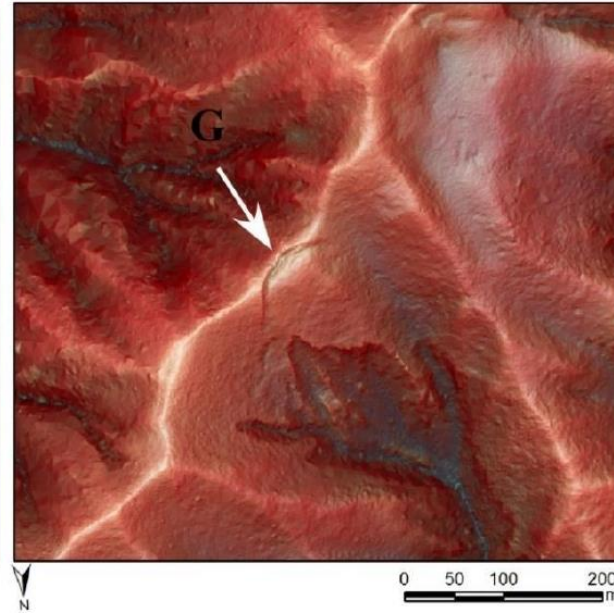
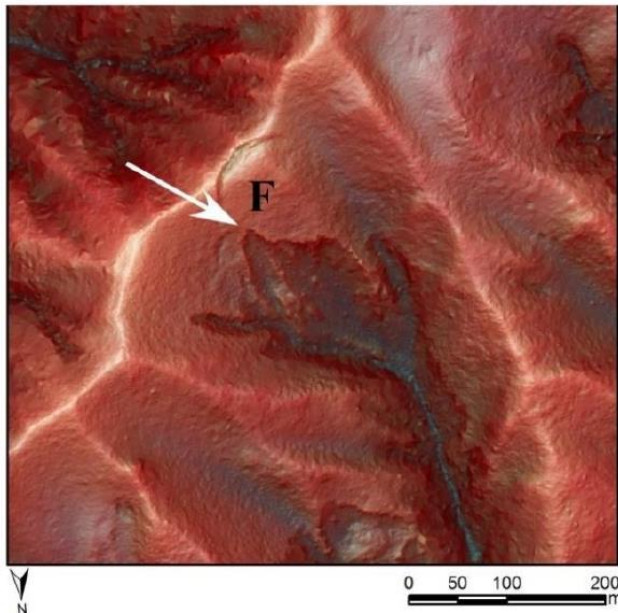
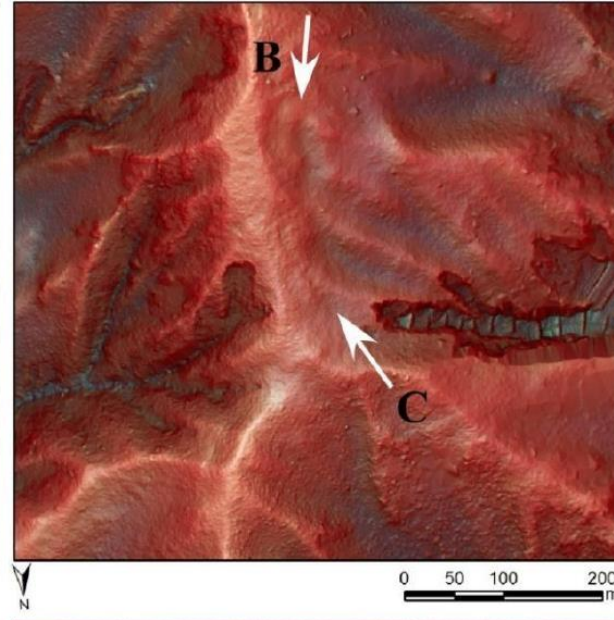
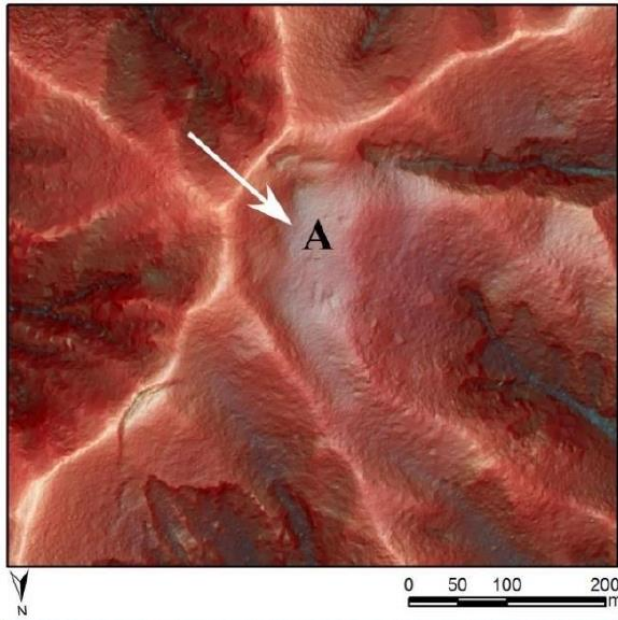
以空拍圖進行判釋之間的比較(一)

- ❑ 利用空拍圖讀取大規模微地形的判釋、線性構造、水系的情況等。
- ❑ 等高線地形圖中，可容易判釋滑落崖、龜裂和台階地形、山頂緩斜坡、線狀凹地和二重山稜、小崩塌。



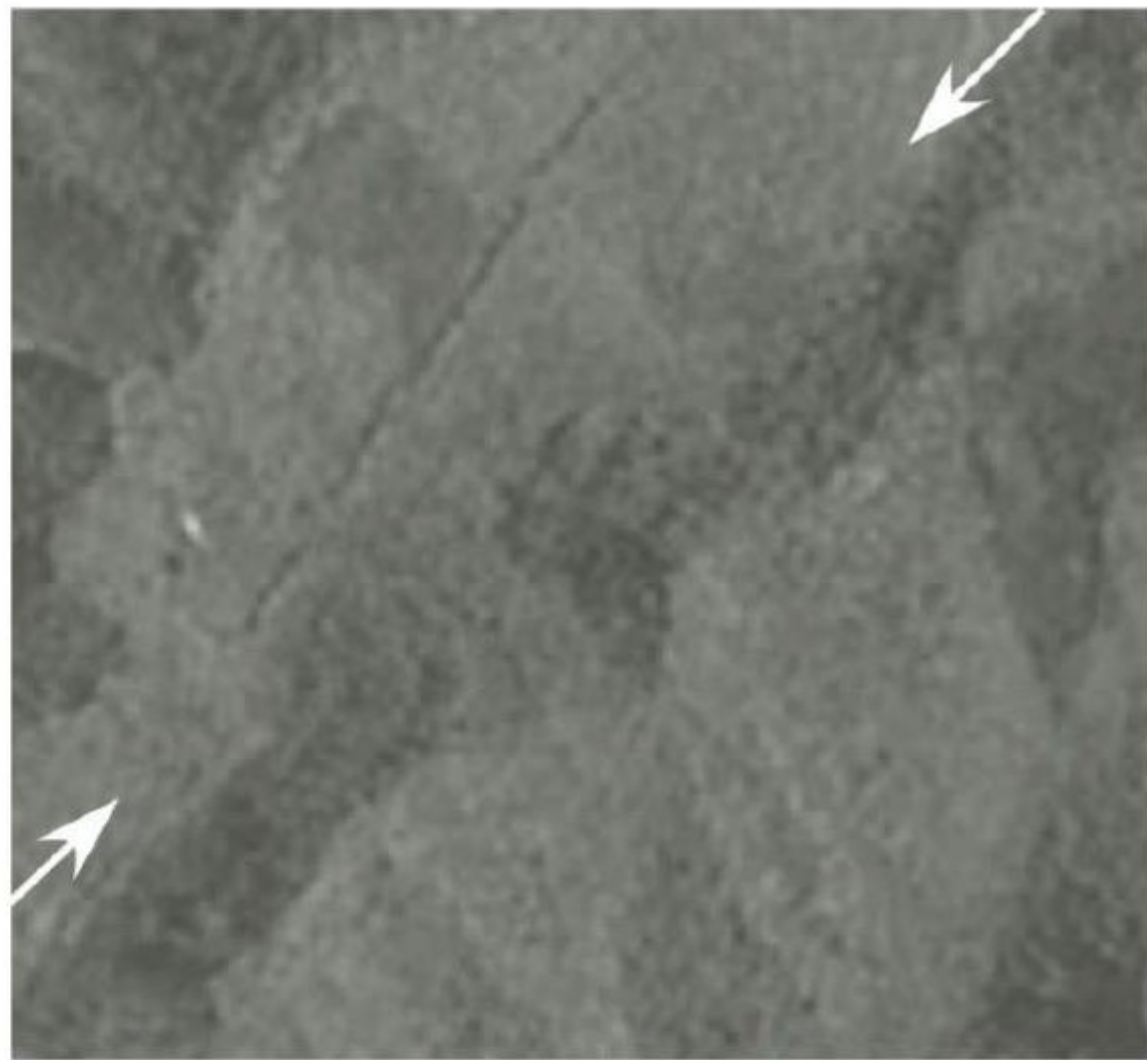
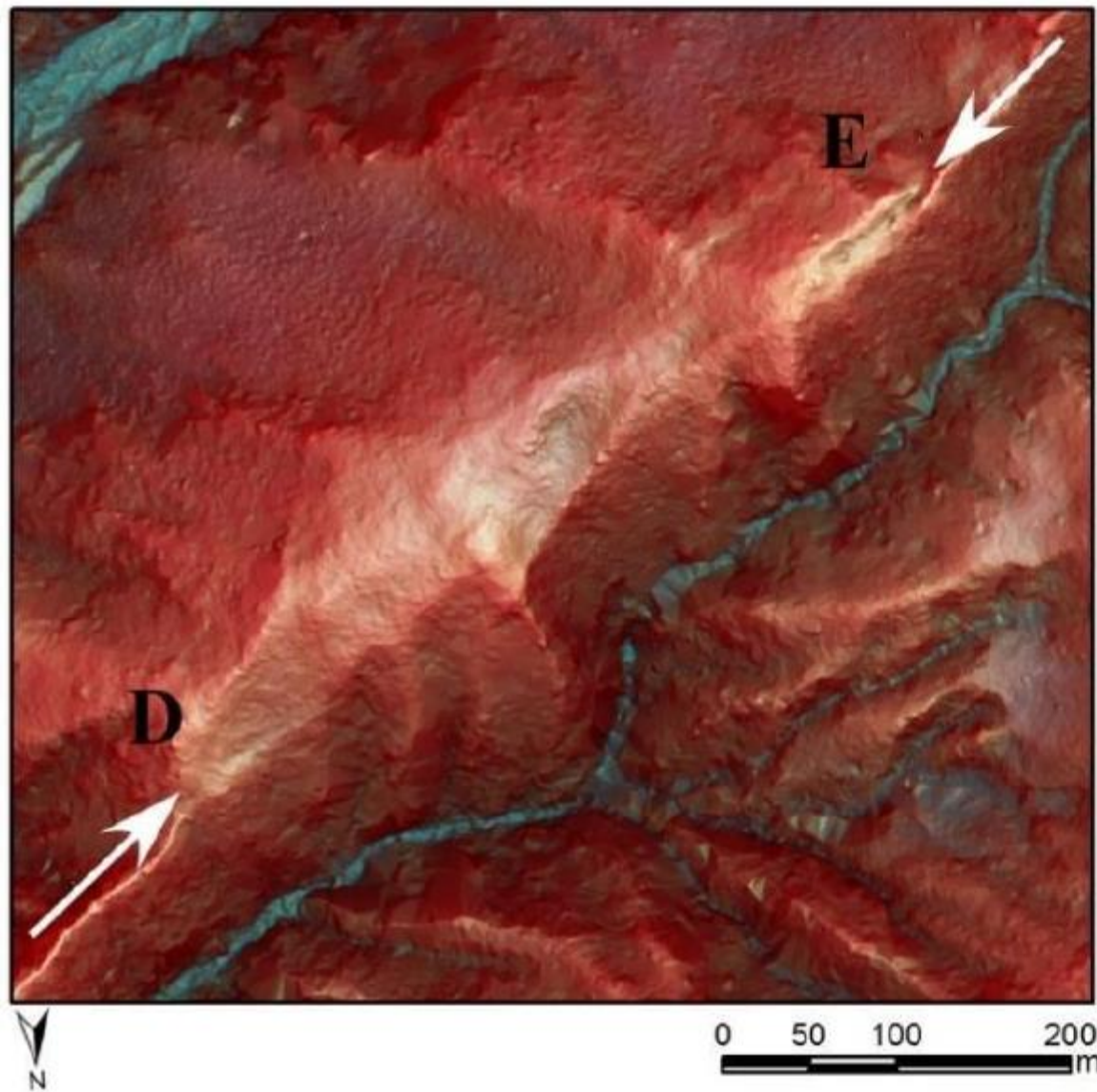


以空拍圖進行判釋之間的比較(二)





以空拍圖進行判釋之間的比較(三)





設定斜坡單元

1. **定義**：斜坡單元是指，發生大規模崩塌的危險性高，而顯現出地形變形的斜坡。
 - a. 被視為地滑地形的斜坡。
 - b. 存在直接呈現斜坡變形的微地形斜坡（龜裂和台階地形、線狀凹地和二重山稜、小崩塌、岩盤潛變斜坡）。
 - c. 無法透過上述 a、b 找出，但可在最近的事件活動中特定出發生大規模崩塌的斜坡。
 - d. 斜坡單元是以面積為1ha以上為對象，面積未滿1ha者除外。

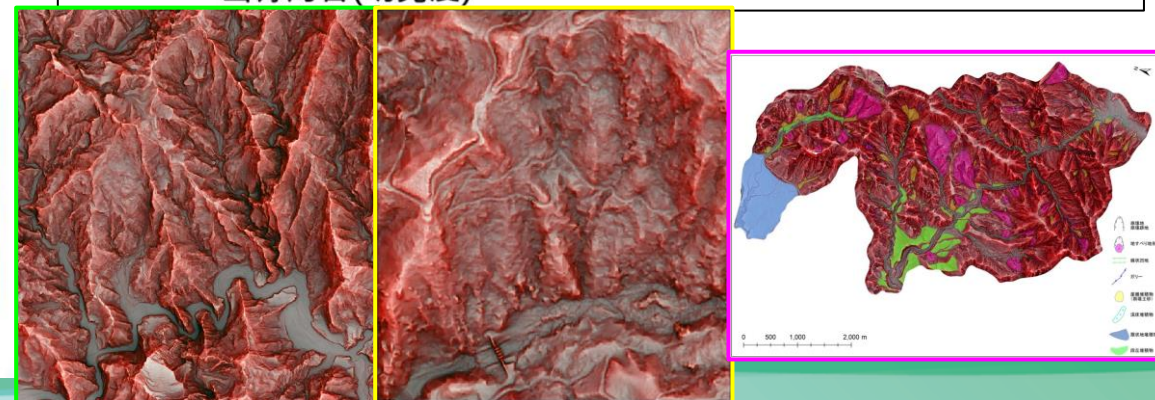
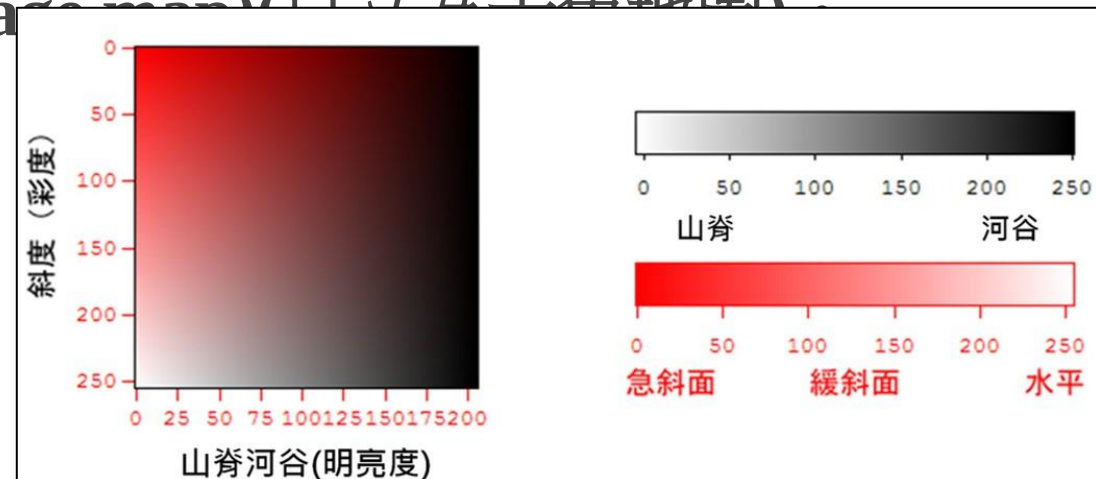
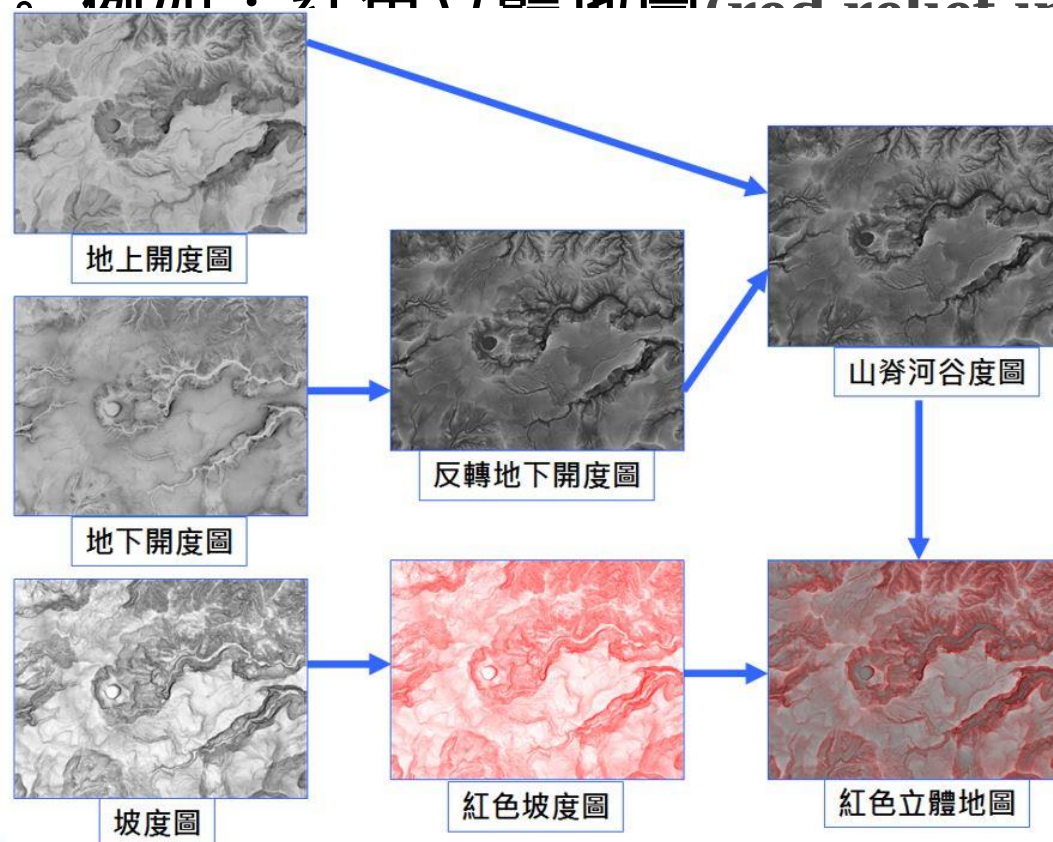


設定斜坡單元

2. 方法：利用視覺化詳細地形資料的等高線地形圖，透過判釋設定斜坡單

二、例如：紅色立體地圖 (red relief image) (日文為赤色地圖)

紅色立體地圖製作流程示意圖





HOST地圖開發歷程及製作原理(一)

1. **前言**：儘管目前GoogleEarth等3D地形展示工具已非常便利，但實務上，平面的地形圖仍是工程規劃設計時不可或缺的基礎工具。傳統地形圖的呈現方式包括：等高線法、分層設色法、立體陰影法等。但傳統地形圖還是有其不足之處。

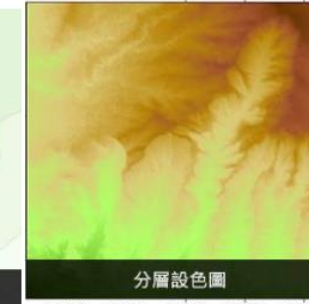


航拍正射影像

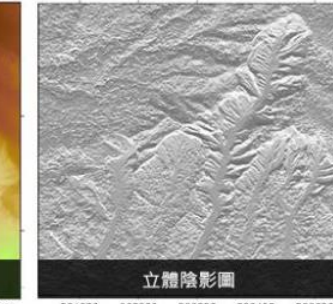


苗栗縣

等高線圖



分層設色圖

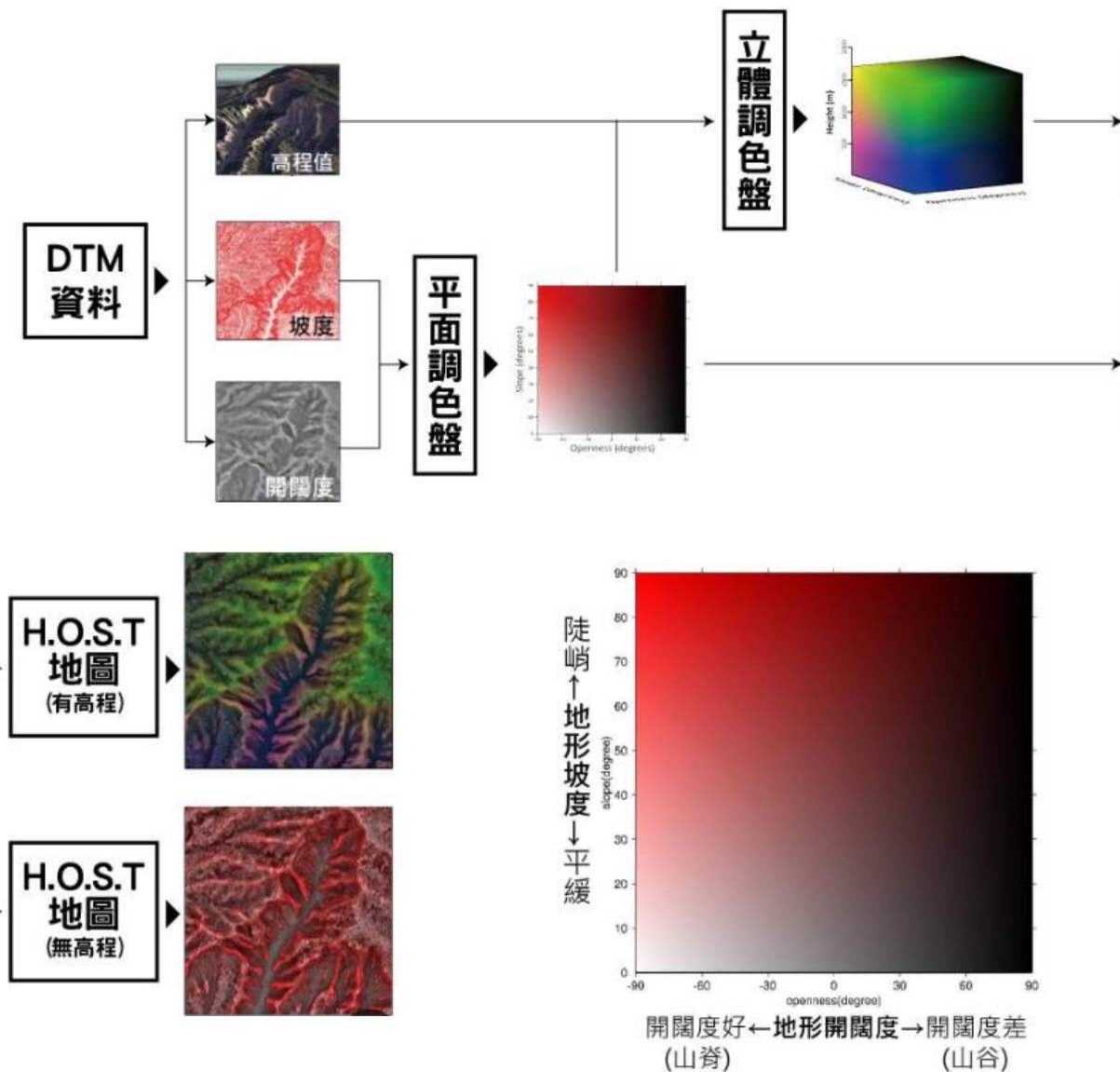


立體陰影圖

地形圖形式	優點	缺點
高解析度光學衛星影像及航照	較視覺化。	1. 因地表植生，較不易辨識植生下地表起伏。 2. 因強烈光影對比，易誤判光亮面為凸地。
等高線法及分層設色圖	適合表示大範圍高程變化。	無法反映地表之微地形狀況。
立體陰影圖	可凸顯局部地形起伏變化。	1. 陰影可能會遮蔽較細微地形。 2. 入射光源方向不同亦容易誤判地形凹凸。

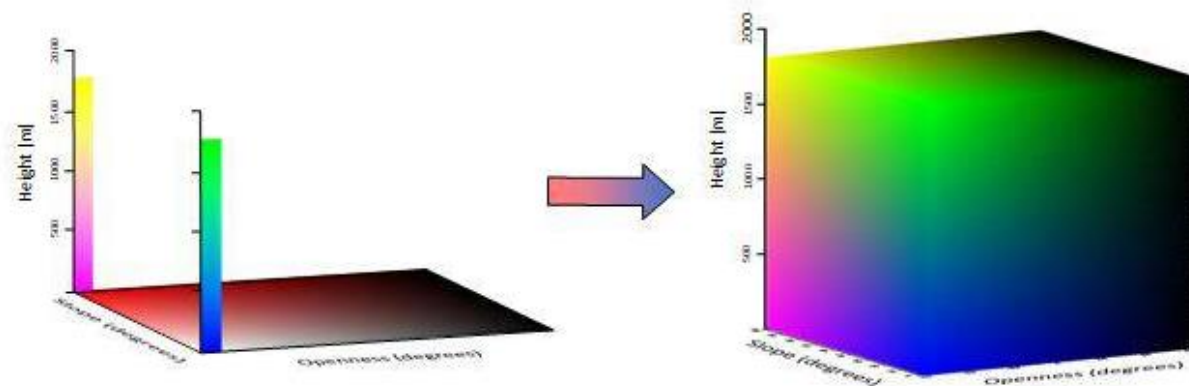
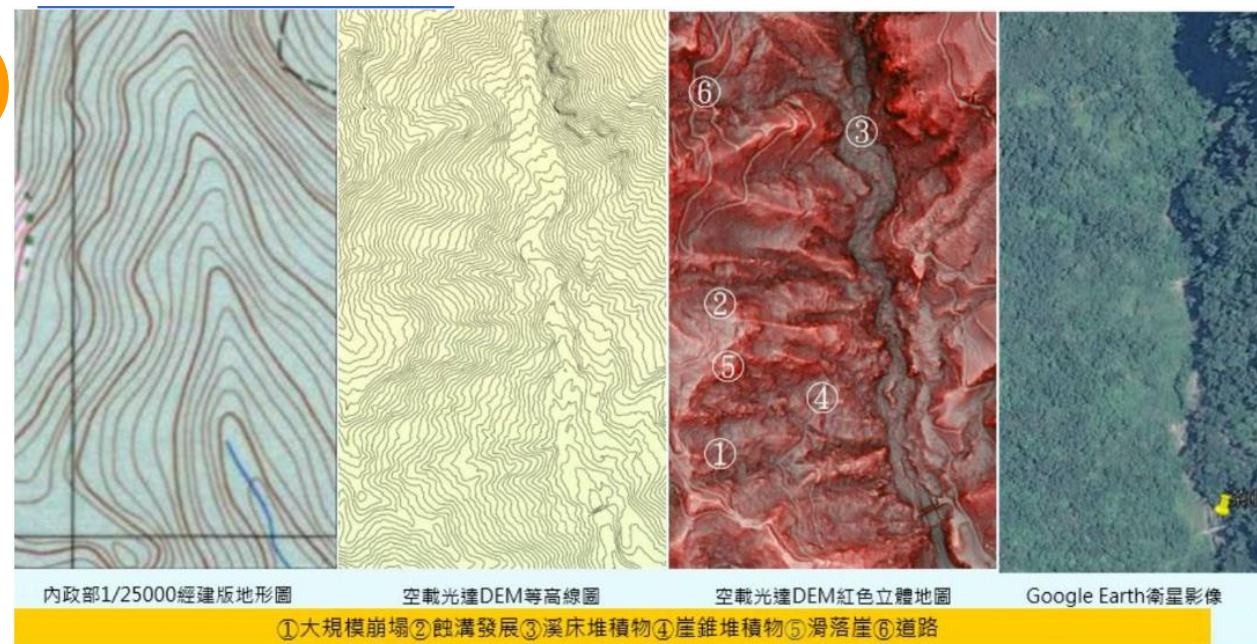
HOST地圖開發歷程及製作原理(二)

2. **歷程**：在農村發展及水土保持署2016及2017年創新研究計畫的支助下，國立中興大學水土保持學系蕭宇伸教授結合地形高程(**H**eight)、開闊度(**O**penness)、坡度(**S**lope)，開發出新型態的三維視覺化地形圖(**T**errain Map) - **H.O.S.T**地圖。

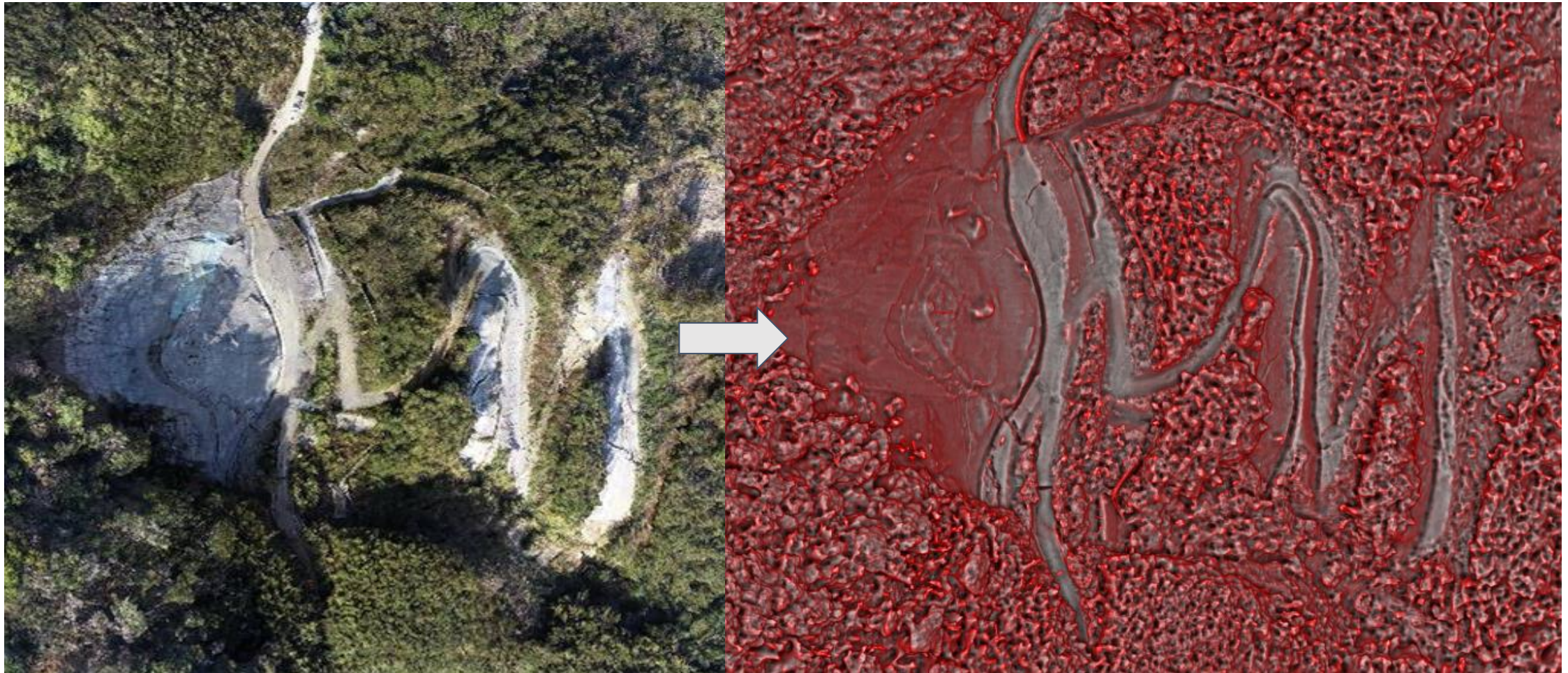


HOST地圖開發歷程及製作原理(三)

3. **成效**：過去常用之1/25000經建版地形圖，甚至使用空載光達製作高精度**1mDEM**(數值高程模型)。使用衛星影像則會因植生關係影響地形與地質災害判釋。透過地形開闊度與坡度的組合，H.O.S.T地圖表現出絕佳立體感。



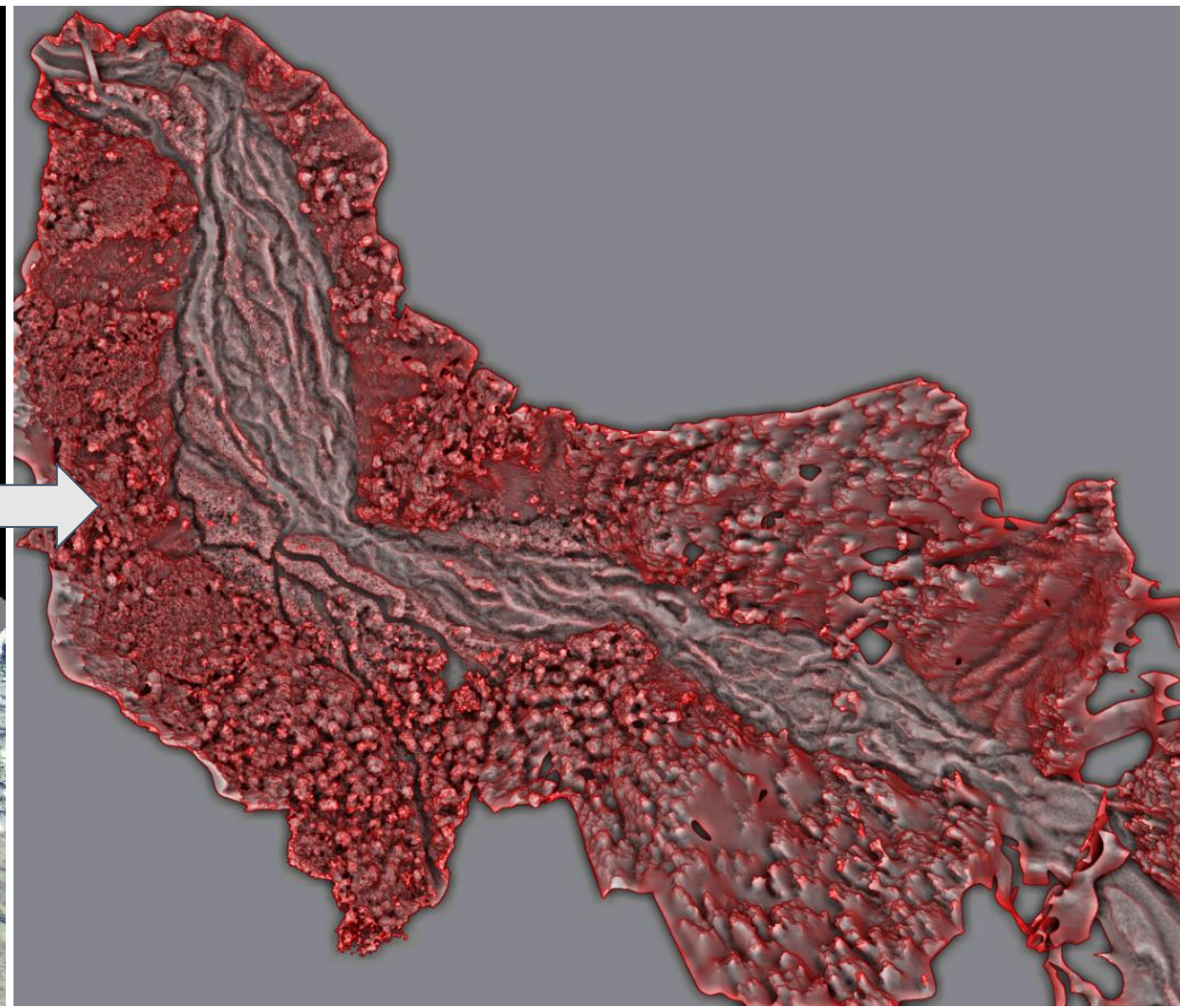
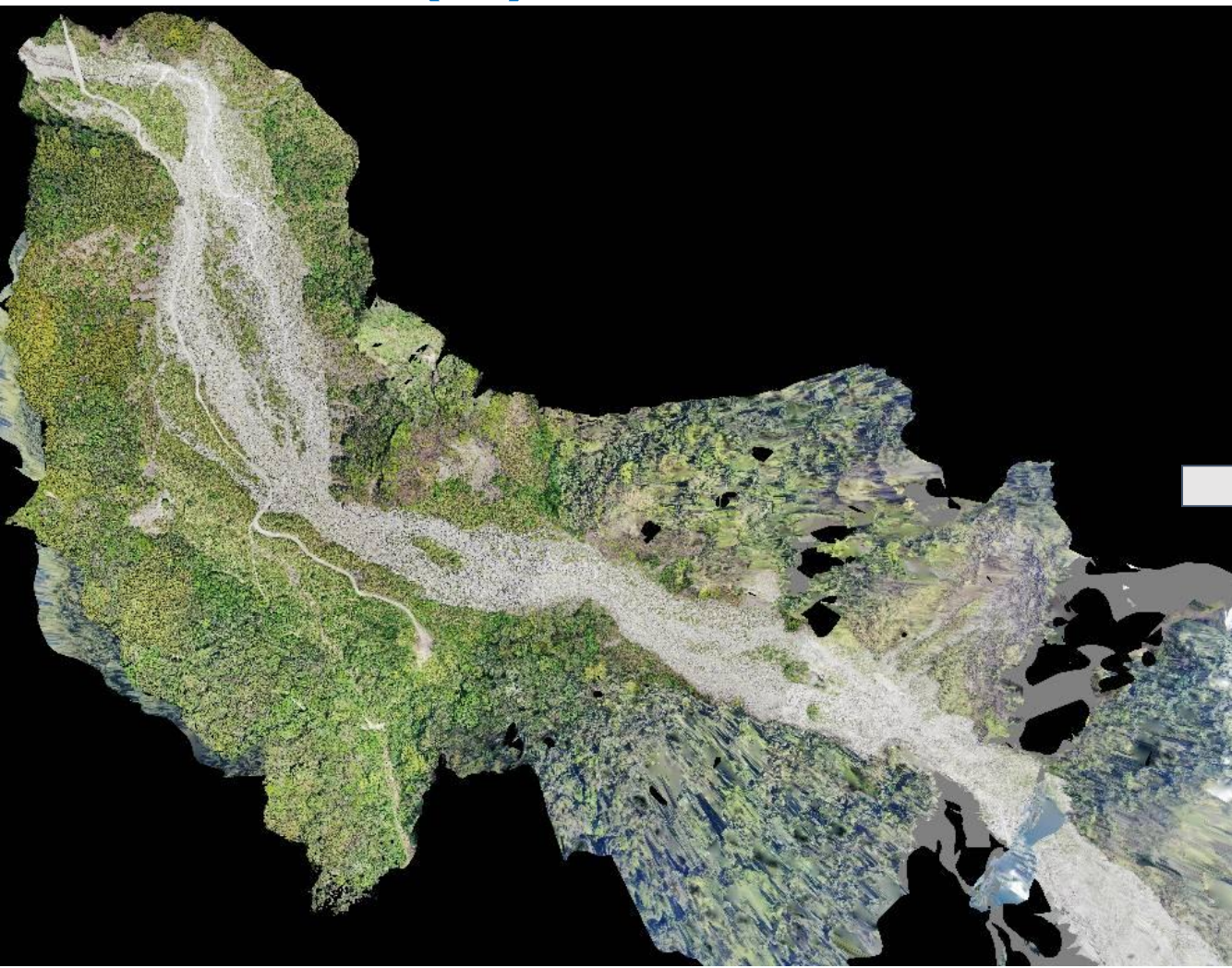
案例分享(一) 桃園市-復興區-T002(光華)



(拍攝時間110/02/04，拍攝者：林宥伯聘用副研究員)



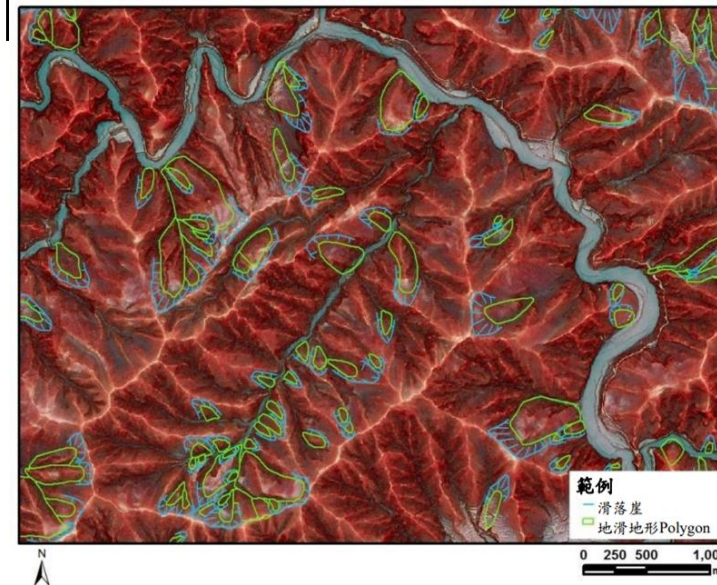
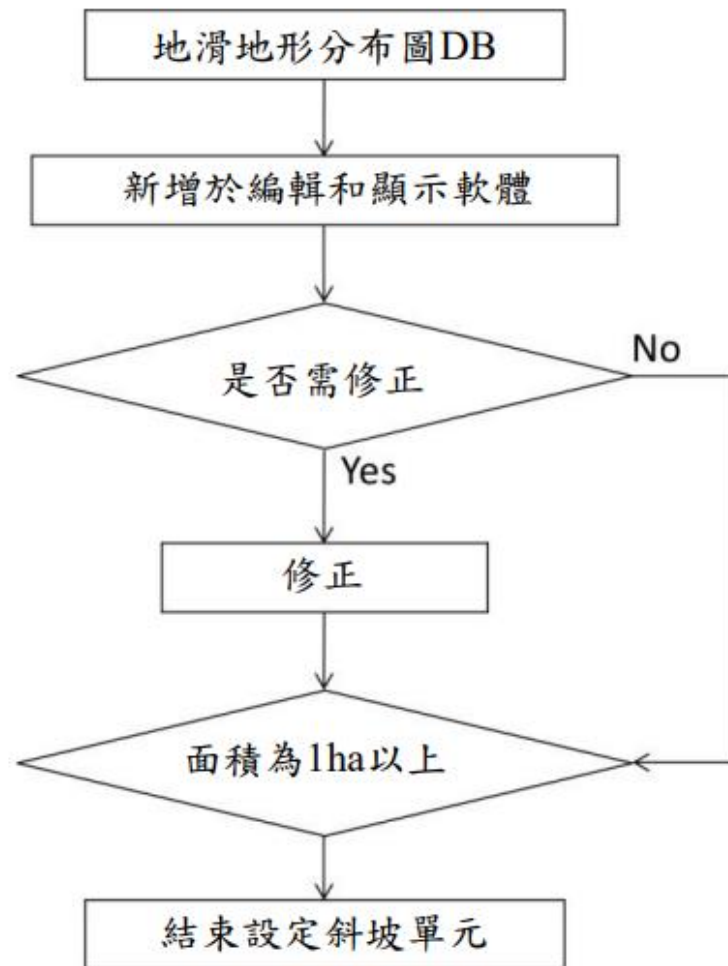
案例分享(二) 投縣DF199-神木村



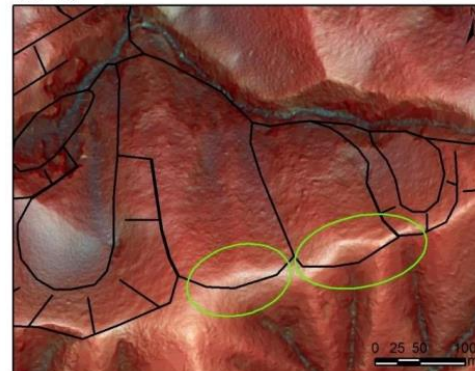
(拍攝時間110/05/07，拍攝者：林宥伯聘用副研究員)

設定斜坡單元

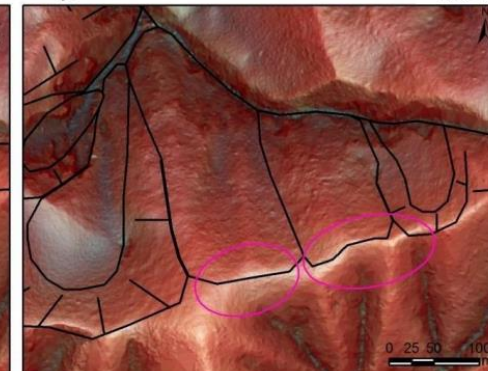
3. 流程 · 依照既有資料設定斜坡單元之流程如下



修正前



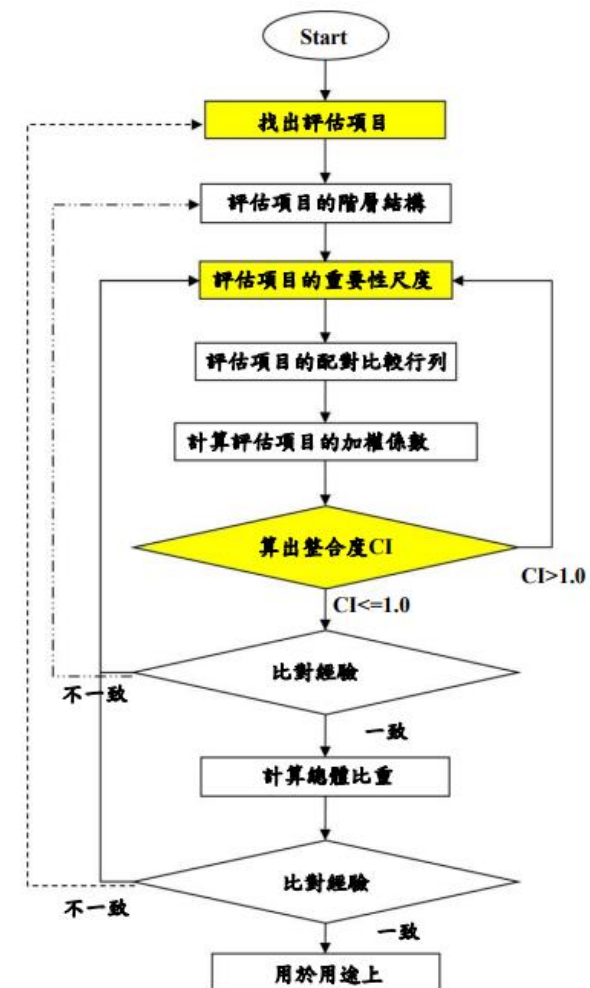
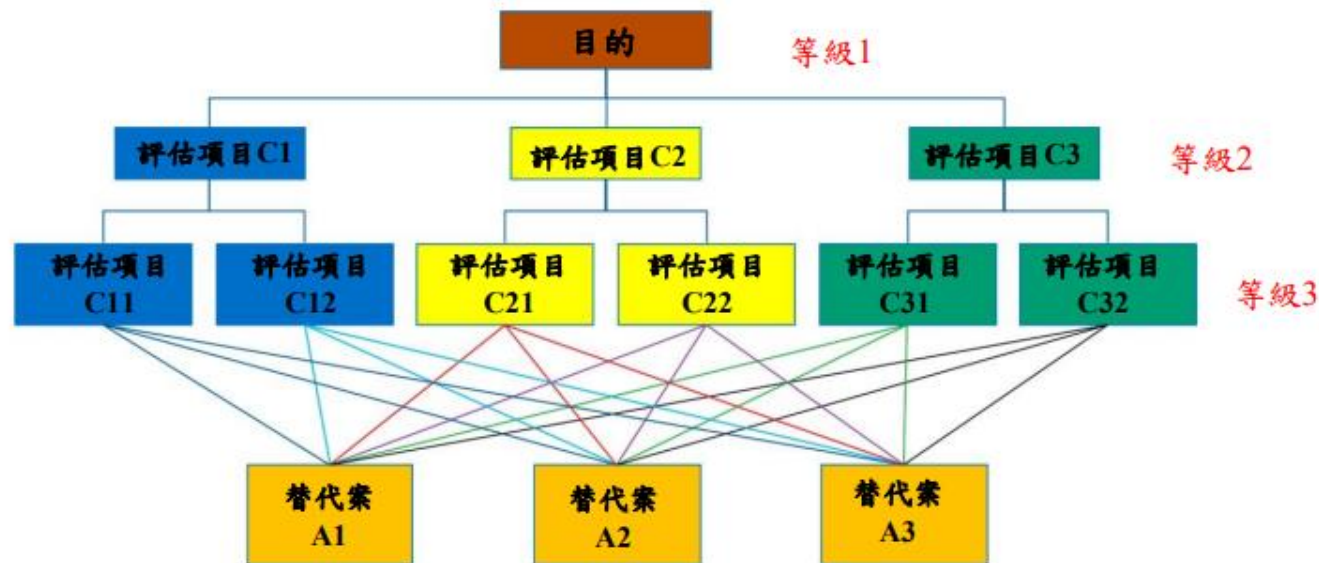
修正後



潛在大規模崩塌的邊坡危險程度判定

利用階層結構分析法（**AHP法**），判定已確立之大規模崩塌的危險程度

1. 定義問題與目標
2. 建構階層結構
3. 進行評估
4. 計算權重
5. 排定序位
6. 進行決策





危險程度判定手法

藉由在評估項目上，利用航空雷射量測資料製作的等高線地形圖而判釋的微地形和其他大規模崩塌的起因進行評分，以判定斜坡單元危險程度的手法。

評估項目 等級2	等級2的比重	評估項目 等級3	等級3的比重	評估項目 等級4	等級4的比重	總體比重 (等級2比重×等級3+等級4)
斜坡形狀	0.024	凸型	0.633	—	—	0.015
		中間	0.261	—	—	0.006
		凹型	0.106	—	—	0.002
斜坡傾斜	0.068	—15度	0.085	—	—	0.006
		15—25度	0.140	—	—	0.009
		25—35度	0.233	—	—	0.016
		35度—	0.542	—	—	0.037
起伏量	0.068	100m以下	0.067	—	—	0.005
		100—200m	0.148	—	—	0.010
		200—300m	0.291	—	—	0.020
		300m—	0.494	—	—	0.033
斜坡變形	0.253	龜裂和台階地形	0.292	上方	0.633	0.047
				中部	0.260	0.019
				下方	0.106	0.008
		雁狀凹地和二重山麓	0.181	30m以上	0.724	0.033
				10—30m	0.193	0.009
				10m以下	0.083	0.004
		潛落差	0.181	清晰	0.633	0.029
				略為清晰	0.260	0.012
				不清晰	0.106	0.005
		小崩塌	0.186	上方	0.106	0.005
				中部	0.260	0.012
				下方	0.633	0.030
		潛變斜坡	0.113			0.029
		山頂緩斜坡	0.026	—	—	0.007
		线性構造	0.026	—	—	0.007
束域侵蝕情況	0.169	強	0.566	—	—	0.095
		略強	0.274	—	—	0.046
		弱	0.113	—	—	0.019
		無	0.046	—	—	0.008
側向侵蝕情況	0.113	兩側有溪流	0.615	—	—	0.070
		單側有溪流	0.319	—	—	0.036
		無溪流	0.066	—	—	0.007
束域形狀	0.165	陡峻、高程差大	0.643	—	—	0.106
		陡峻或高程差大	0.283	—	—	0.047
		緩傾斜、高程差小	0.070	—	—	0.012
地質	0.024	火山系	0.592	—	—	0.014
		崩積層II	0.205	—	—	0.005
		崩積層I	0.131	—	—	0.003
		原生層 (包括變質岩 (Metamorphic Rock) 在內)	0.072	—	—	0.002
地質構造	0.117	順向坡	0.738	—	—	0.086
		對向坡	0.094	—	—	0.011
		其他	0.168	—	—	0.020



危險程度判定實施方法(一)

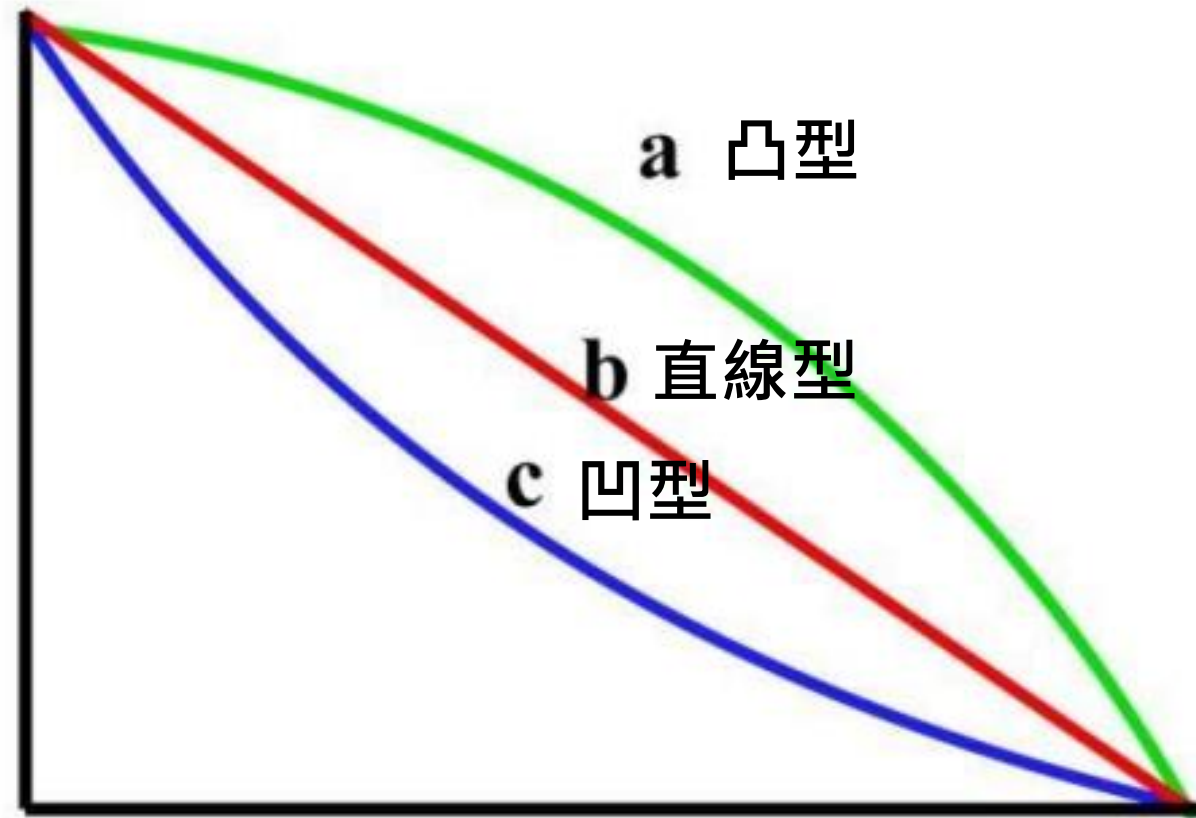
判定斜坡單元的危險程度時，需取得或算出以下資料：

1. 航空雷射量測資料（以下稱「詳細DEM」）、或依此製作的等高線地形圖。
2. 從詳細DEM製作的傾斜角網格。網格尺寸為30m。
3. 數位地質圖、地質構造資料。
4. 地滑地形DB。
5. 其他參考資料

危險程度判定實施方法(二)

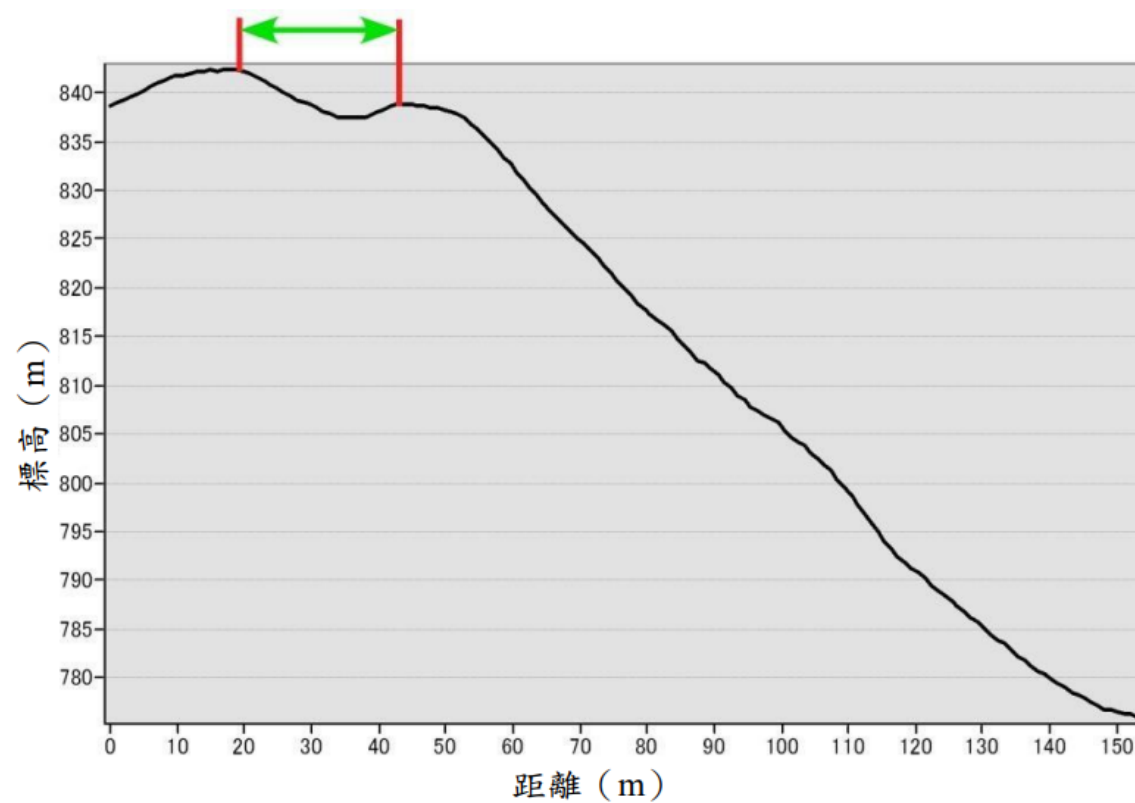
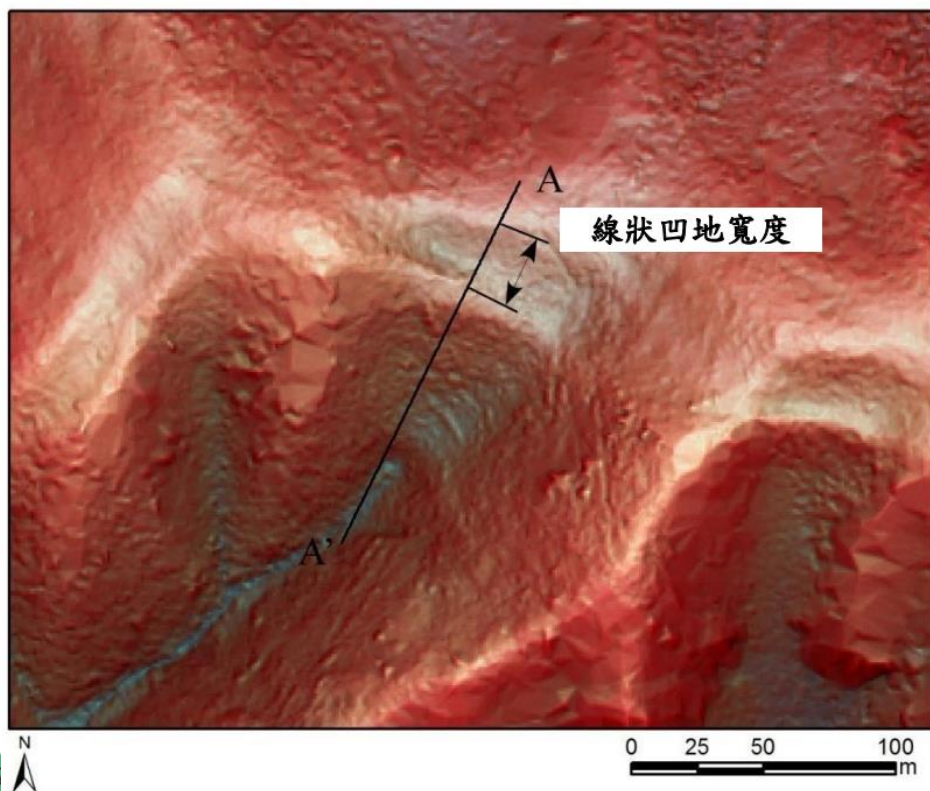
在判定大規模崩塌危險程度上，需算出各評估項目的得分。各評估項目的判定手法如下：

1. **斜坡形狀**：基於斜坡的截面形狀分為，凸型、直線型和凹型。
2. **斜坡傾斜**：為斜坡單元Polygon中的傾斜角平均值。
3. **起伏量**：在斜坡單元Polygon中最大標高值和最小標高值的差值



危險程度判定實施方法(三)

4. 斜坡變形：重力變形及線性構造。
- a. 龜裂和台階地形。
 - b. 線狀凹地和二重山稜。



危險程度判定實施方法(四)

c. 滑落崖：依照地滑地形資料庫。基於同資料庫的範例，設定清晰度的判定。如右圖。

d. 小崩塌。

e. 潛變斜坡。

f. 山頂緩斜坡。

g. 線性構造。

地すべり地形分布図 凡例 Legend of Landslide map

I. 輪郭構造 Boundary Structures

A. 滑落崖と側方崖 Main scarp and lateral scarp (flank)

-  1. 新鮮なまたは開析されていない冠頂をもつ滑落崖
Main and/or lateral scarp of which crown is fresh or not dissected.
-  2. 部分的に開析されている冠頂をもつ滑落崖
Partially dissected crown.
-  3. 冠頂が著しく開析された滑落崖
Mostly dissected crown.
-  4. 冠頂が丸味をおびて不明瞭になった滑落崖
Roundly subdued and vague crown.
-  5. 開析されて無くなってしまった冠頂・滑落崖の推定復元位置
The missing part of the scarp and crown by dissection.
-  6. 共通の冠頂をもち、互いに反対方向を向く滑落崖
Joint crown which divides two main scarps throwing opposite slope directions.
-  7. 中・細斜の流れ盤すべり面が地表に露出し、滑落崖にあたる急崖を呈しない斜面。冠頂は尾根の反対側斜面とすべり面との交線
Exposed side surface without sharp scarp; dip of the slide surface is usually gentle (<25°). The crown is defined by the intersection between the opposite slope and the slide surface.
-  8. 後方崖、多重稜線等
Lunar or crown cracks, multiple scarps and ridges.

B. 移動体の輪郭・境界 Margin of moving mass

-  1. 後方に滑落崖があり、移動体の輪郭が明瞭ないし判定可能
Definite and probable margin of the moving mass with a main scarp at the backward or upper slope.
-  2. 後方の滑落崖は明瞭であるが、移動体の輪郭の判定が困難
The questionable part of the margin. (Brown outline)
-  3. 滑落崖はほとんど開析されてしまったが、過去の移動体の一部（不安定土塊）が残存している
Moving mass margin without main scarp and crown symbols: The scarp has been almost eroded away. (Gray outline)
-  4. ほかの移動体や堆積物におおわれた部分
A part of margin overlain by another moved mass or deposits.
-  5. 斜面体の移動の初期状態、基岩から分離していないとしても不安定域・移動域と推定される範囲
Margin of a mass movement at the initial stage from the original slope. Probable boundary of an area inferred as an unstable or quasi-moving mass without clear detachment structures between the mass and bedrocks.
-  6. 斜面移動体かどうか判定できない山体・小丘
A mountain or hill difficult to identify whether mass is moving or not.

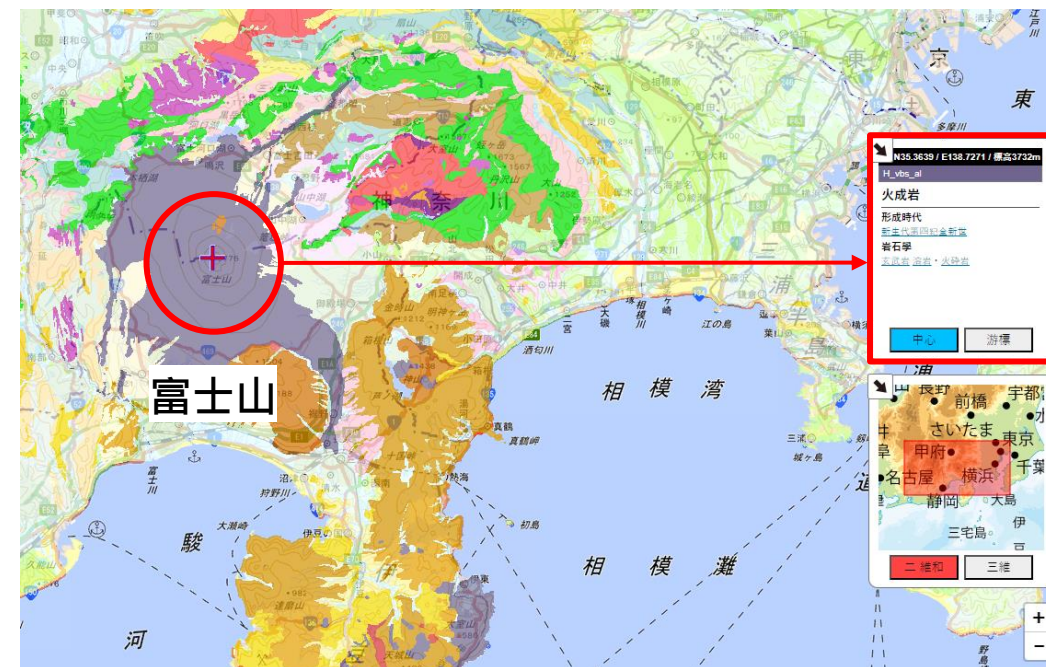
危險程度判定實施方法(四)

5. **地質**：基於大規模崩塌調查結果，建立崩積層 I、II、火山系和原生層。

- 採用產業總體技術研究所的**無接縫地質圖**。再者，地質類型基於無接縫地質圖的範例區分。
- 日本無縫地質圖**：2005年，日本地質調查局製作，用於查看日本各地的地質分布情形。



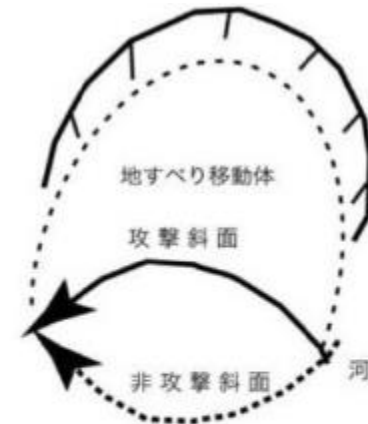
地質圖紙板無縫寬度示例 (擷取自日本地質調查局網頁)



擷取自日本無縫地質圖

危險程度判定實施方法(四)

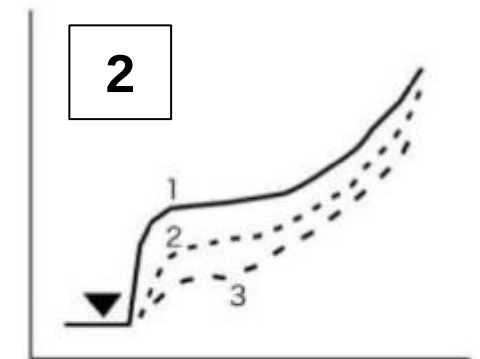
6. **地質構造**：順向坡(Dip Slope)、對象坡(Opposite Slope)等。
7. **末端侵蝕情況**：如圖1。
8. **末端形狀**：如圖2。
9. **側向侵蝕情況**：區分判定斜坡單元的兩側「有」或「無」溪流。
如圖3。



1

河川規模
本流
支流
溪流

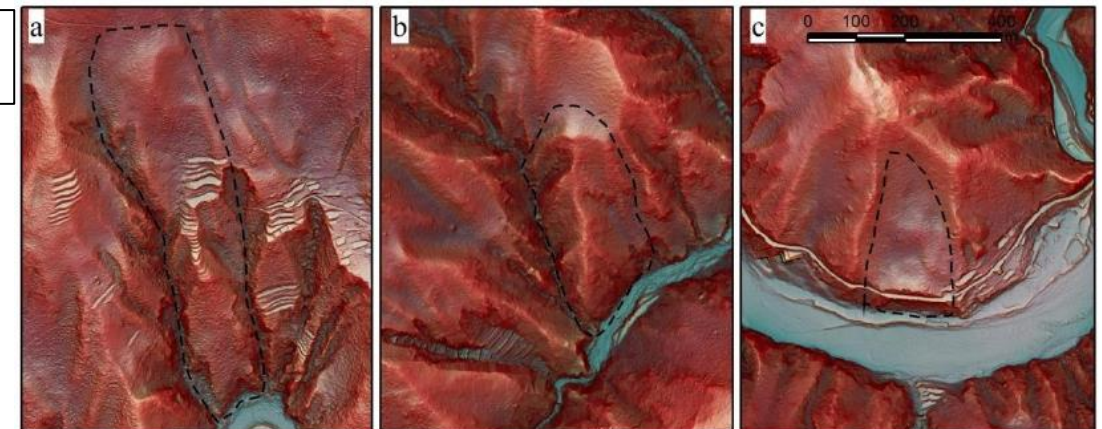
	本流	支流	溪流
攻撃斜面	強い	やや強い	弱い
非攻撃斜面	やや強い	弱い	弱い
河川に接しない	なし	なし	なし



2

末端形状
1: 急傾斜かつ比高大
2: 急傾斜あるいは比高大
3: 緩傾斜かつ比高小

3





危險程度區分

- 針對各項已設定的斜坡單元，製作調查表，再依照判釋或量測輸入各評估項目的得分。

等級	閾值
A	0.323以上
B	0.27—0.323
C	0.209—0.27
D	0.209以下



結論與注意事項

- ❑ 本手冊注重於微地形的判釋結果，以判定大規模崩塌潛斜坡的危險程度，其結果排除等級 D 外，A、B、C 等級則作為今後因應優先順序的參考。
- ❑ 但須注意，仍需視新確認的地形變形、發生大規模崩塌時的範圍、保全對象等情況而定，非一定依循危險程度區分而判定。

報告完畢 敬請指教



農業部農村發展及水土保持署
與您一起打拼