

# CS 立體圖之地形判釋手冊

## — 解說 —

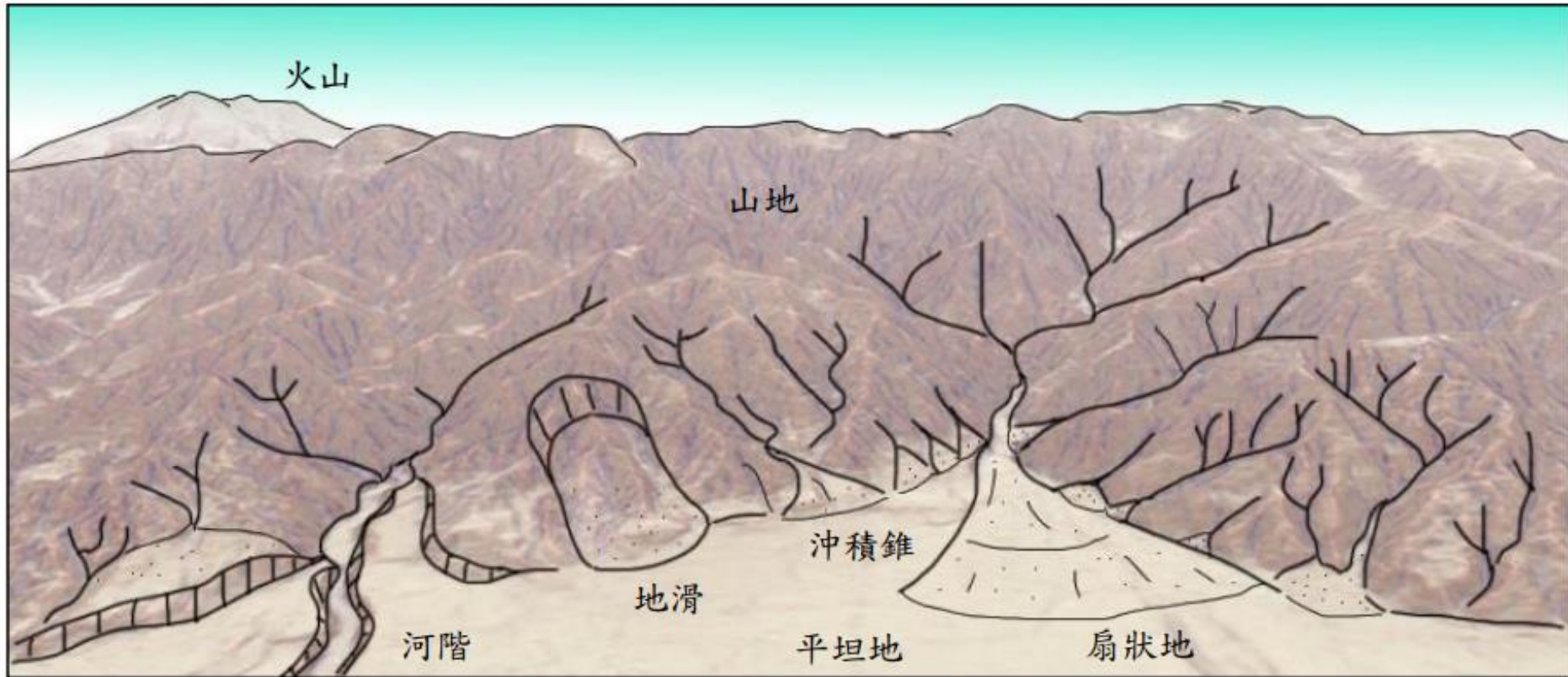
(股份公司) Geo・Forest

戸田 堅一郎

本資料係依據「應用 CS 立體圖之地形判釋手冊」2023年3月 林野廳  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/romou.html>) 增補而成。

# 1 地形判釋的基礎

## 1.1 「地形」的定義



各式各樣的地形



# 「地形」如何產生？

- 地殼變動
- 火山活動
- 水力
- 風力
- 人工改變

等等在該地區造成某現象的遺跡



這些現象亦即災害，  
在相同地點反覆發生的可能性相當高



以地形判釋預測未來可能發生的災害，提供擬定對策之參考



## 1.2 地形圖上可判讀的地形資訊

- 地形量** . . .
- 長度、面積及其比例等
  - 可量化的地形要素
  - 任何人量測都能得到相同的值

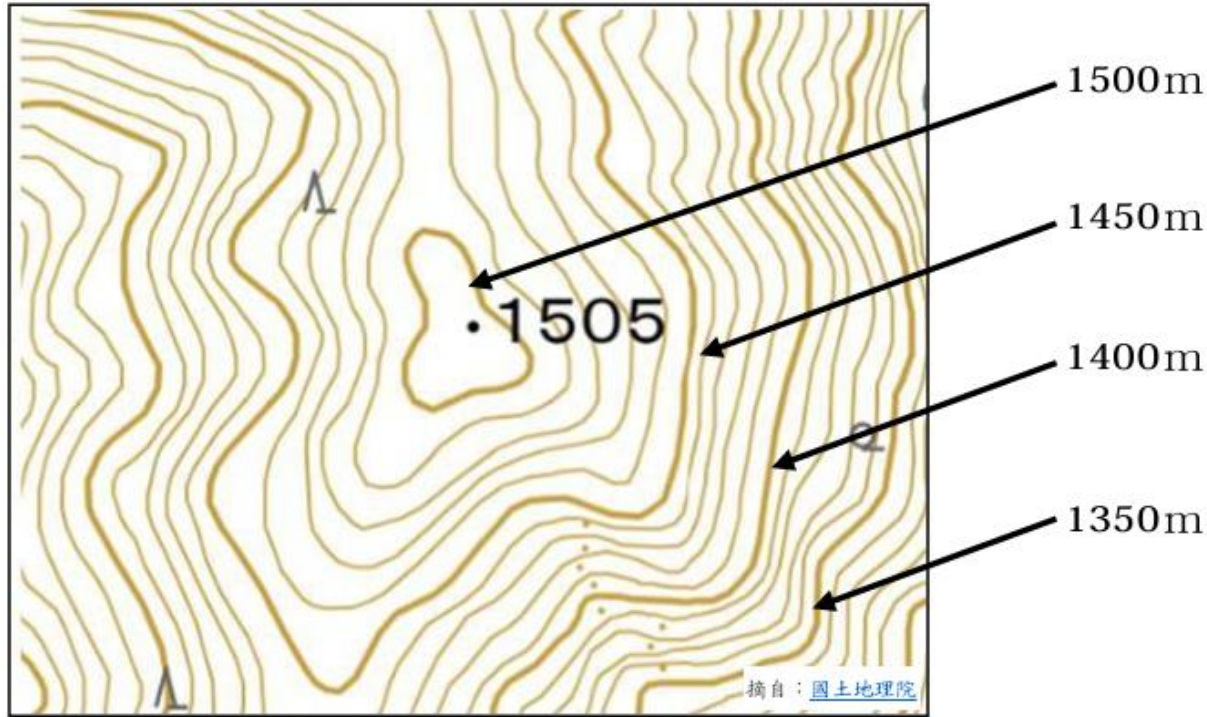
例) 高程、坡度、曲率、面積、體積、方位、起伏量 等等

- 地形種類** . . .
- 特定原因所形成、具特定形態特徵的地形
  - 判釋結果可能隨不同判讀者而異

例) 扇狀地、崖錐、地滑滑落崖、地滑側方崖 等



## (1) 高程 (elevation)



等高線標示的高程

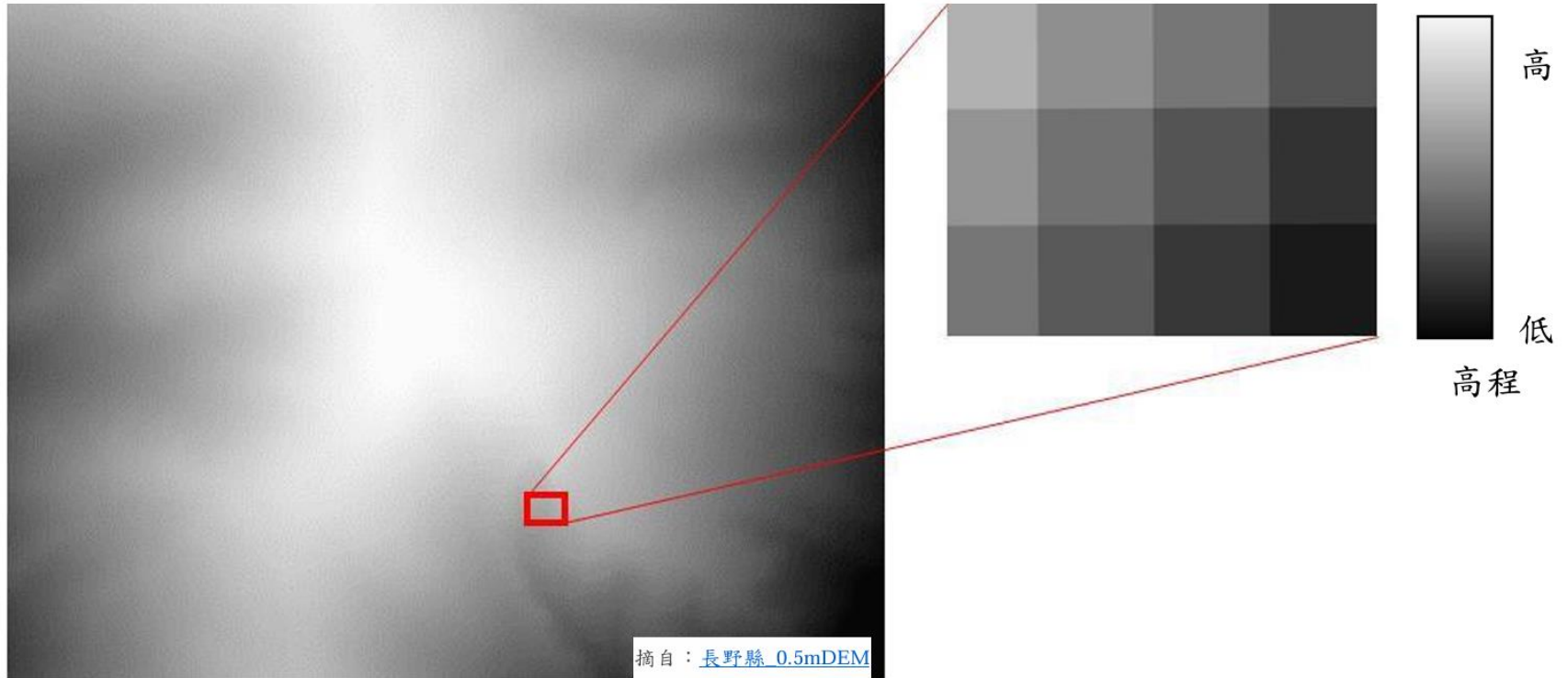
- 在日本，「高程」係指與東京灣平均海水面的垂直距離
- 等高線乃相同高程連結成的線

高程越高氣溫越低

⇒依不同耐寒性選擇適當的植栽樹木

⇒檢討病蟲害對策

## (1) 高程 (elevation)

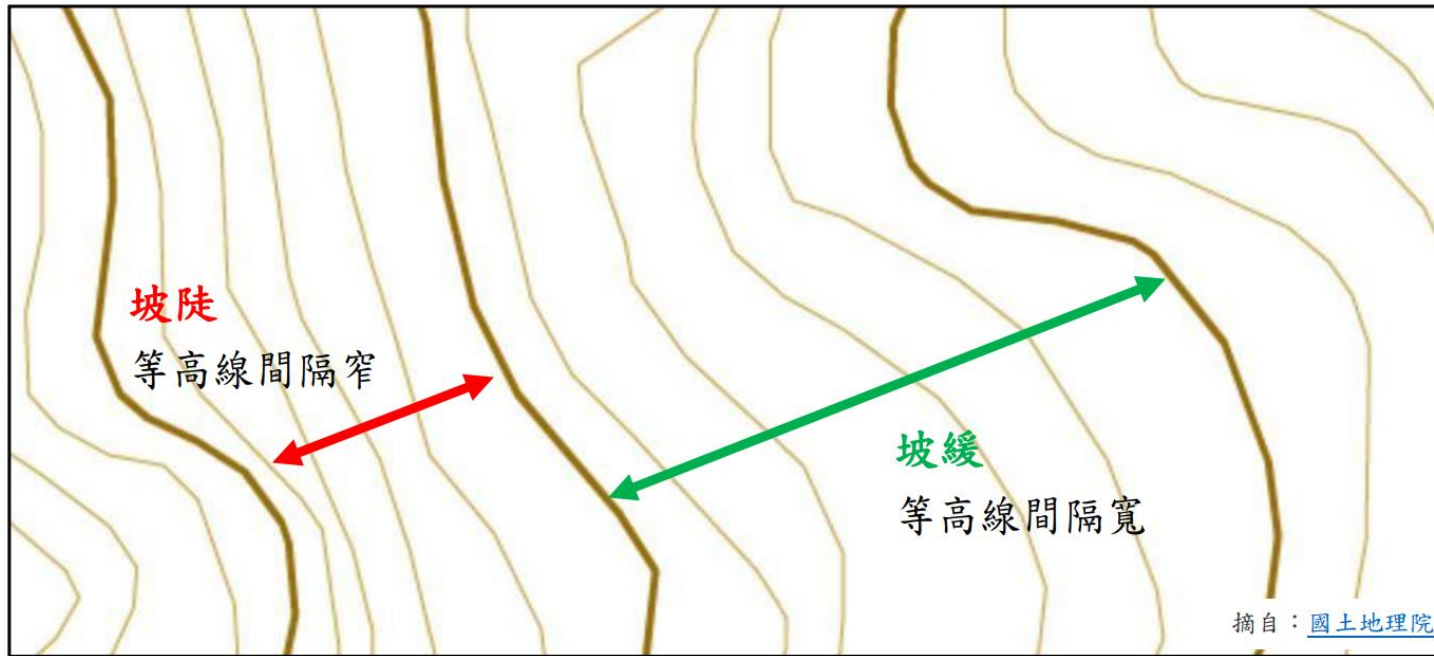


## 數值高程模型 (DEM : Digital Elevation Model)

- 放大來看，每個四方形網格代表 1 個高程值
- 近來空載光達普及，網格尺寸多為 0.5 公尺~1.0 公尺
- 地面光達測量可測製更精密的 DEM



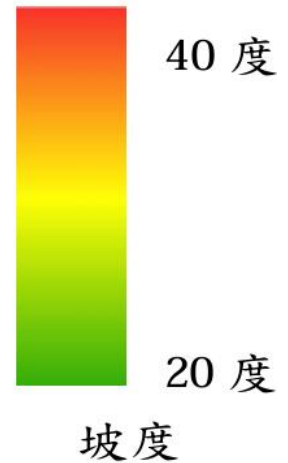
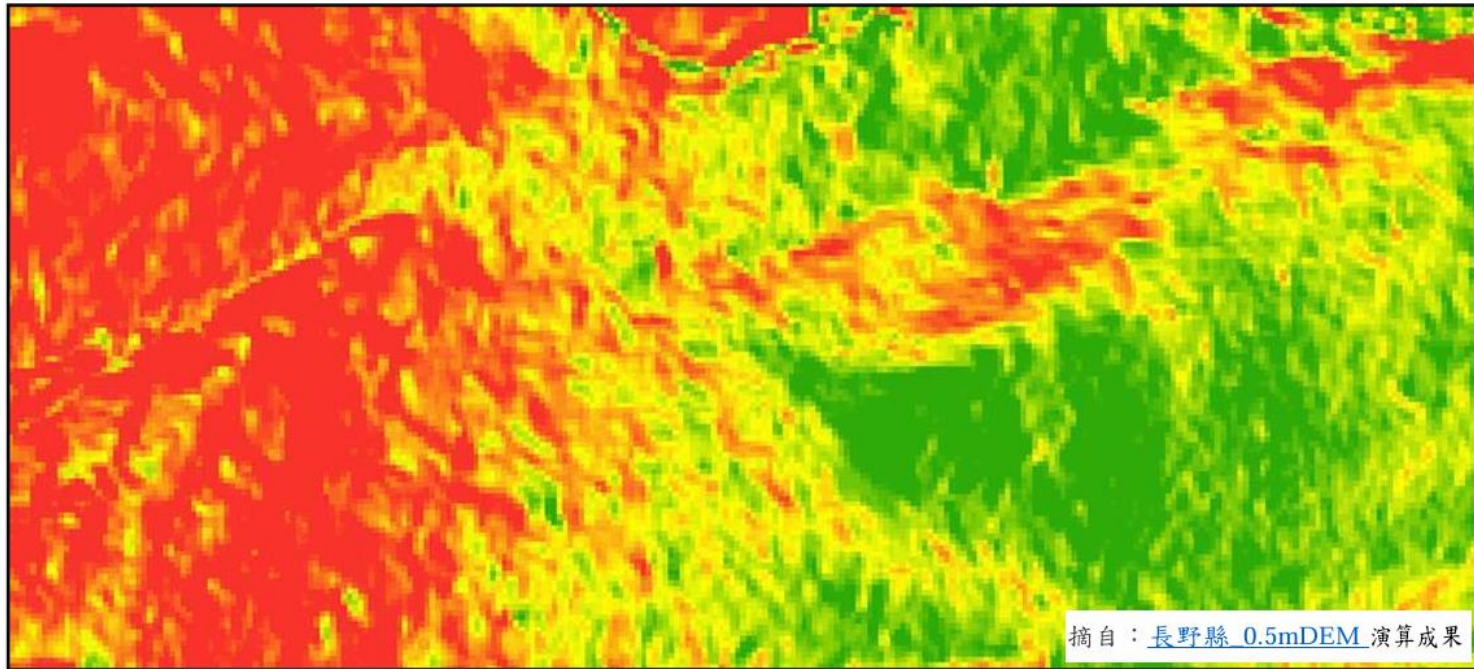
## (2) 坡度 (slope)



由等高線判讀坡度

- 坡度乃地表面與水平面的夾角
- 坡度愈陡的坡面愈容易崩塌
- 愈陡的坡面開設路廊土方量愈大，  
還得另外施作坡面保護工等構造物，工程費用大增

## (2) 坡度 (slope)

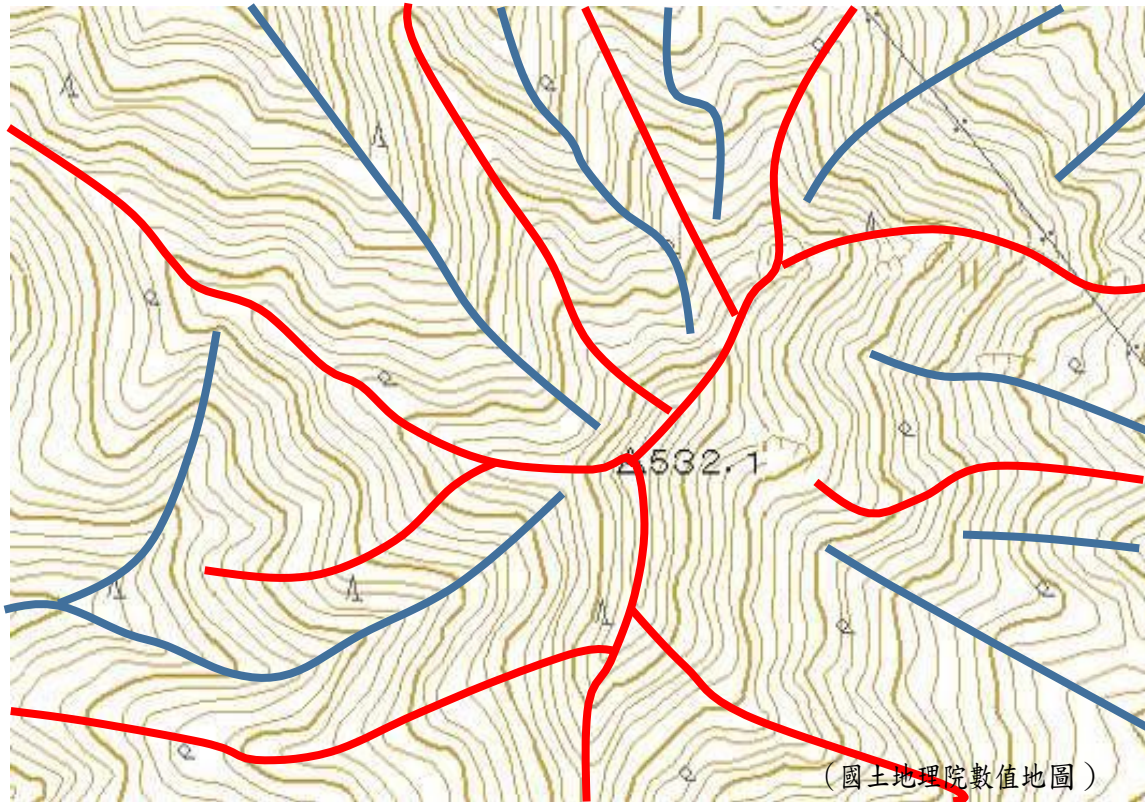


GIS 坡度圖

- 不同計算方法會得到不同的數值
- DEM 不同網格尺寸（解析度），所得到的數值也不同
- 坡度的單位：  
角度（度或弧度）、百分率（%）、坡降比（垂直／水平）、  
比（百分比或千分比）

### (3) 曲率 (curvature)

凹凸 • • 山脊、河谷 (水平斷面曲率)

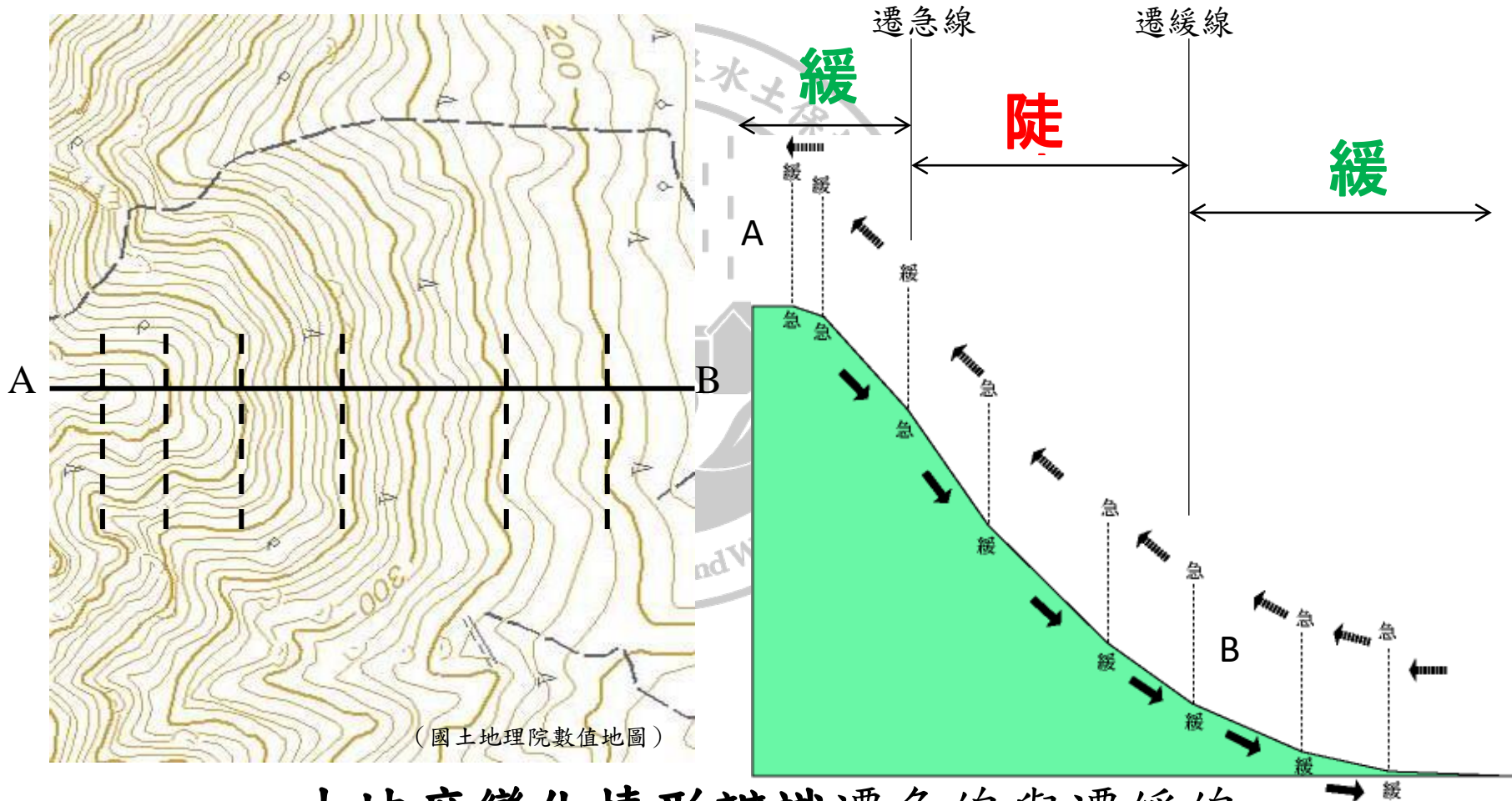


等高線的彎曲情形 (曲率) 辨識地形凹凸 (山脊、河谷)




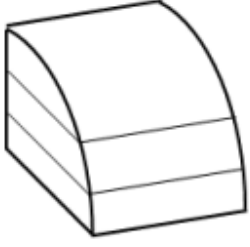

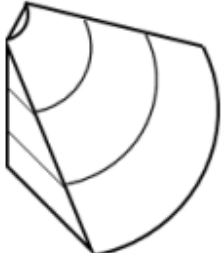
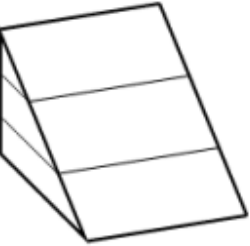

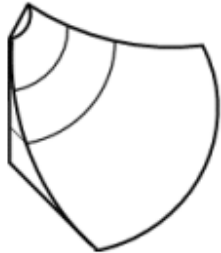


### (3) 曲率 (curvature)

#### ③-2 凹凸・・遷急線、遷緩線（縱斷面地形曲率）



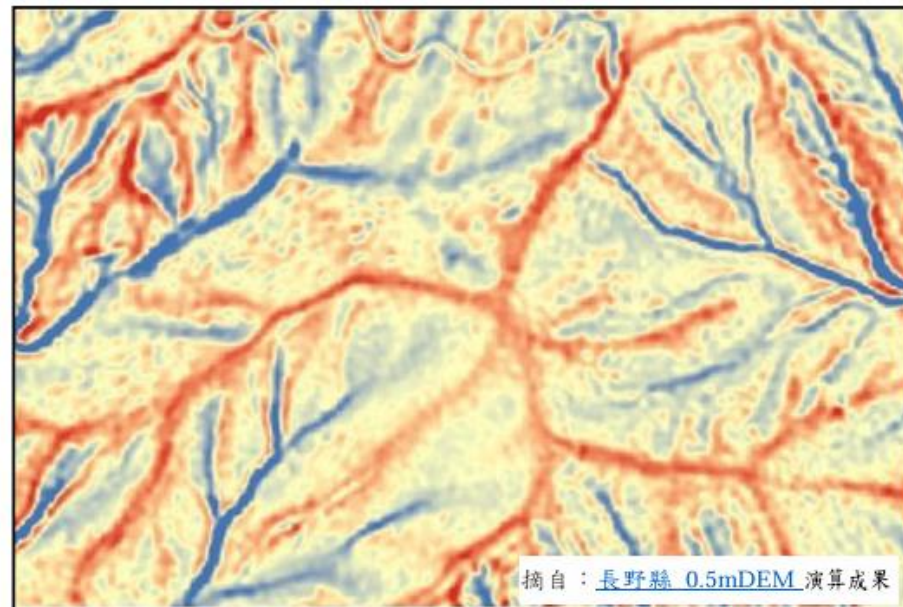
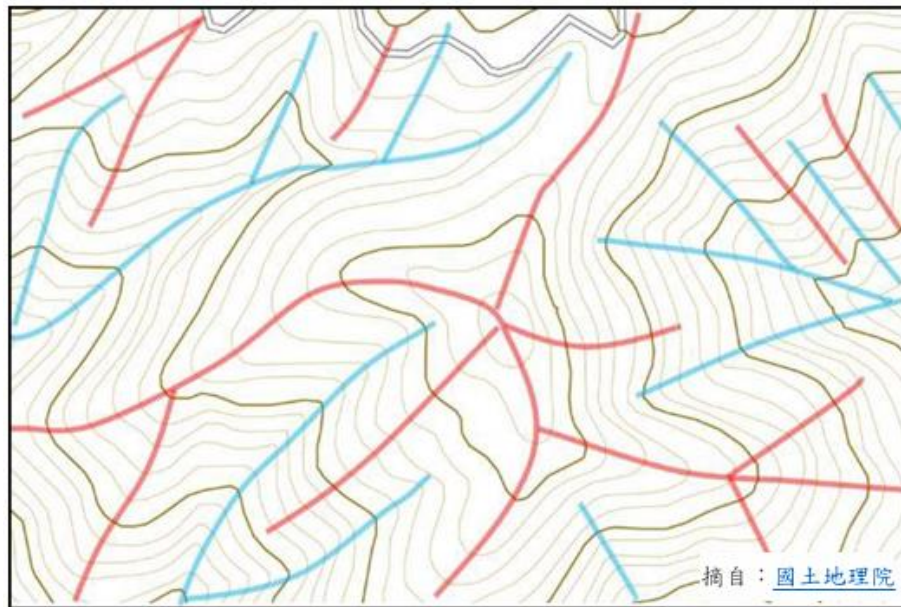
由坡度變化情形辨識遷急線與遷緩線

### (3) 曲率 (curvature)

		水平斷面曲率		
		凸坡面	直線型坡	凹坡面
縱斷面曲率	凸坡面			
	直線型坡			
	凹坡面			

水平斷面曲率與縱斷曲率組合而成的各種坡型種類

### (3) 曲率 (curvature)



山脊

河谷

凸地形

凹地形

GIS 分析所得曲率圖



地形種類乃是

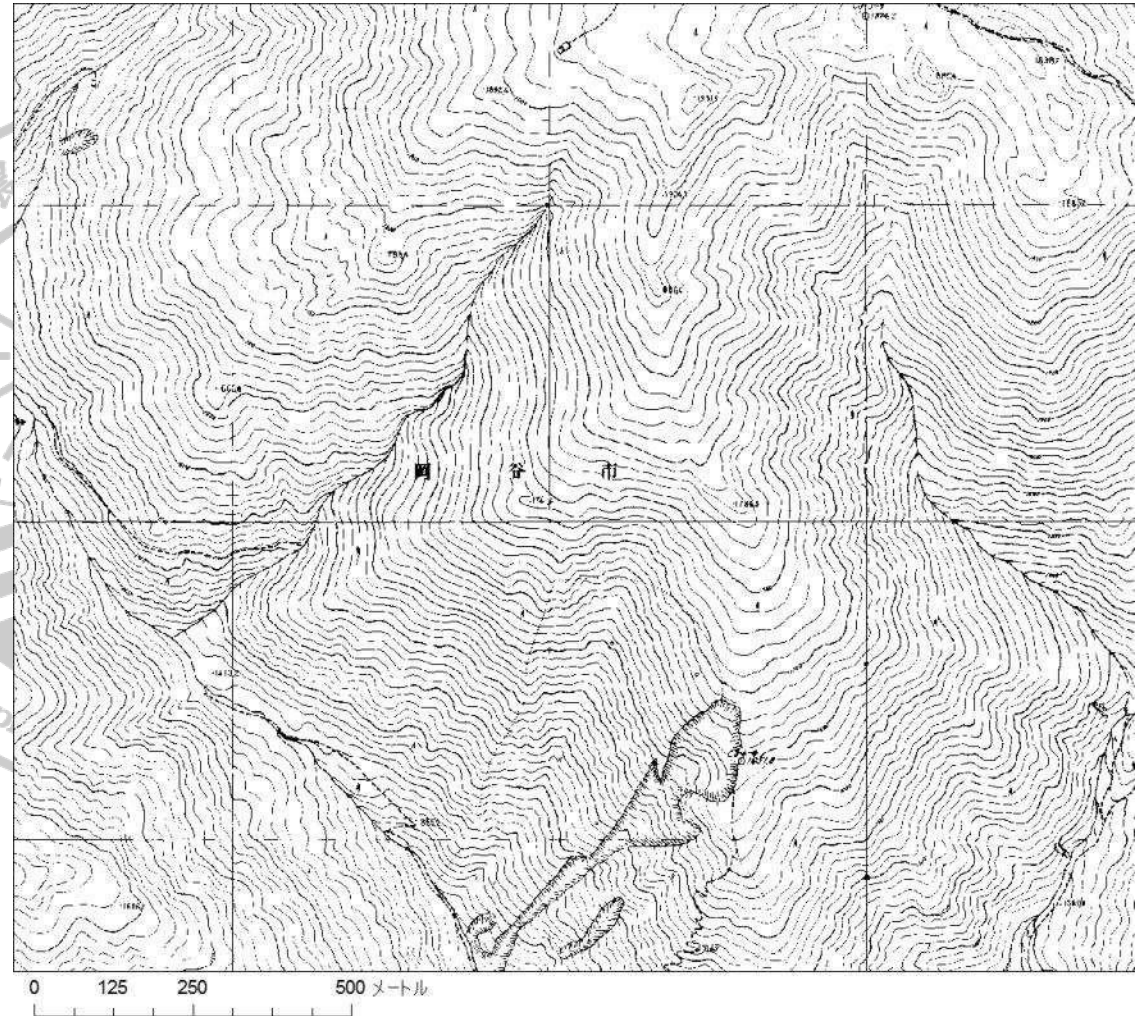
特定原因所形成、  
具特定形態特徵的地形

即使相同地形量，地形種類不同時，  
性質也不同

# 地形種類的判釋

右圖的地形種類有

- 地滑
- 深層崩塌遺跡
- 沖積錐（扇狀地）
- 河道阻塞
- 河岸侵蝕
- 表面侵蝕
- 表層崩塌

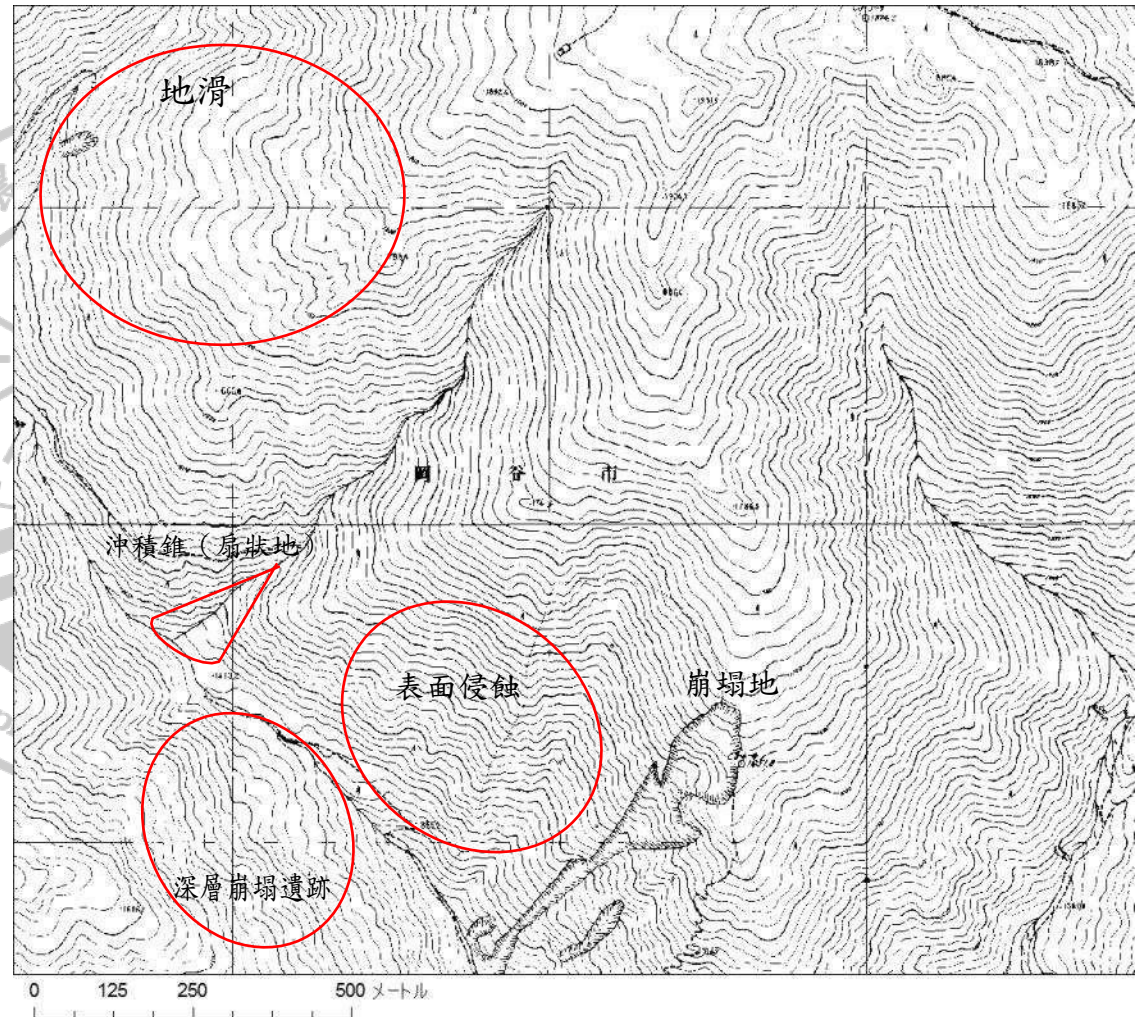




# 地形種類的判釋

右圖的地形種類有

- 地滑
- 深層崩塌遺跡
- 沖積錐（扇狀地）
- 河道阻塞
- 河岸侵蝕
- 表面侵蝕
- 表層崩塌



依高程、坡度、曲率等地形量所「判釋」的地形種類



## 2 CS 立體圖

只靠形狀判釋地形種類，

- 每個人的判釋結果有差異
- 初學者不易操作



**C S 立體圖**

讓地形判釋變容易



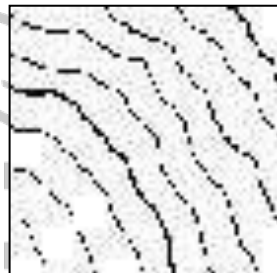
# 等高線地形圖可判釋的 3 種地形量

## ① 高程



## ② 坡度

坡陡：  
等高線間隔窄

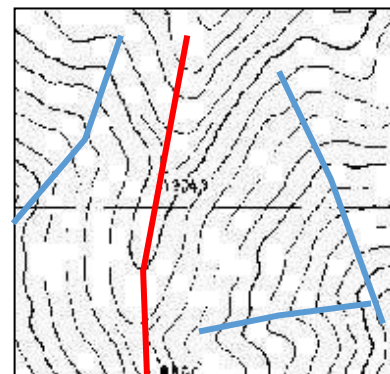


坡緩：  
等高線間隔寬

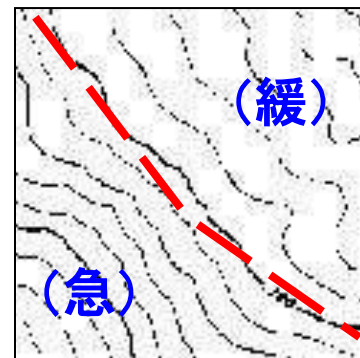


## ③ 凹凸（曲率）

水平斷面曲率（山脊、河谷）



縱斷面曲率（遷急線、遷緩線）





# CS立體圖



這 3 種地形量以不同色調著色之後透明處理

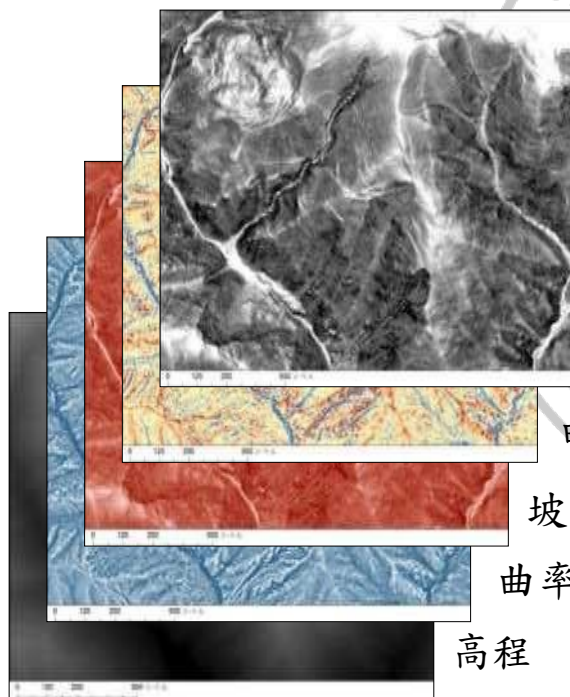
- 可直覺根據顏色與色調辨識地形特徵
- 可同時看出不同的地形資訊
- 能辨識等高線所難以呈現的地形資訊



# CS 立體圖

「高程」、「坡度」、「曲率」3種資訊分別著色、套疊與透明處理所製成的立體圖

2012年長野縣林業總合中心完成初稿



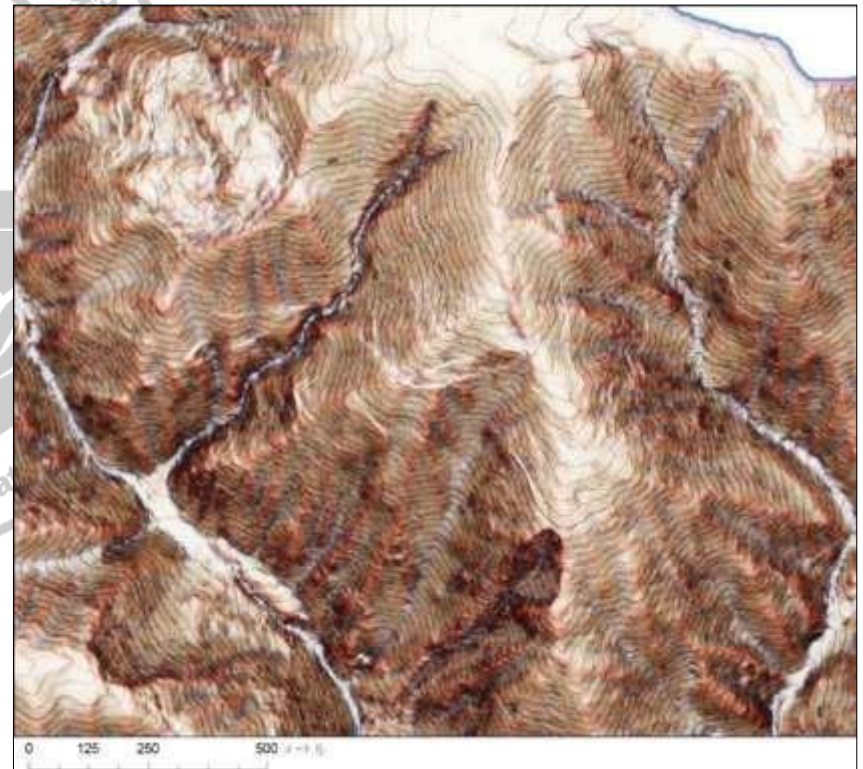
坡度

曲率

坡度

曲率

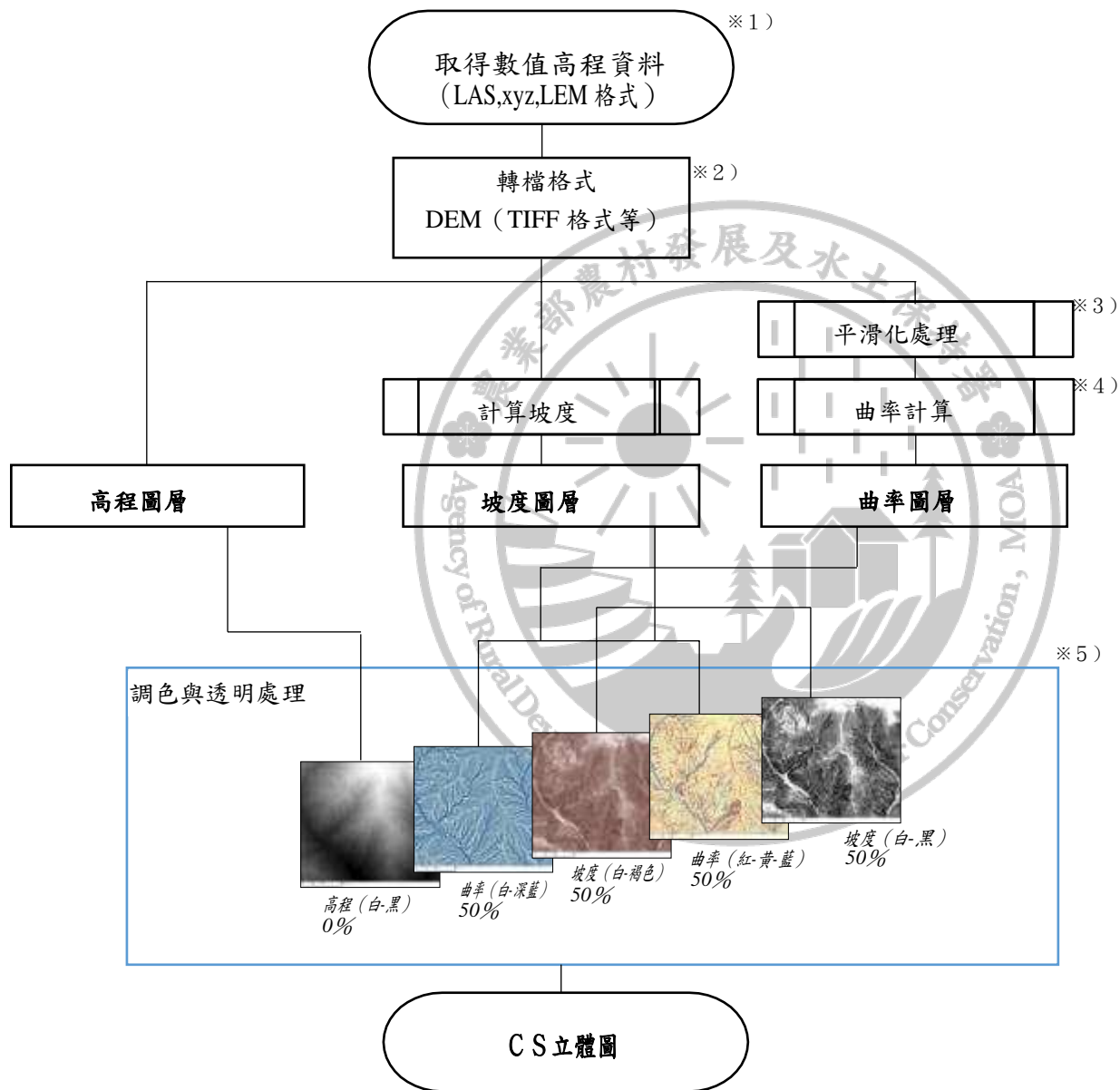
高程



「**CS**」乃曲率（**C**urvature）與坡度（**S**lope）英文字首合成



# C S 立體圖製作流程圖



## 【說明】

※1) 取得數值高程資料

- 透過「光達測量業者網站」等瞭解有無空載光達攝影成品，大多能取得資料。(LAS,xyz,LEM 格式等)
- 由國土地理院網站下載5 m網格與10 m網格資料。(LEM 格式等)

※2) 轉檔格式

- 能取得的數值高程資料多為LAS格式、xyz格式或LEM格式等，無法直接供GIS分析，須轉檔成TIFF等網格格式。

※3) 平滑化處理

- 計算曲率之前需先實施平滑化處理。若使用Gaussian filter軟體，即可平滑化。其中，調整 $\sigma$ =standard deviation (標準偏差)的參數，可改變平滑化的強度。若要強調小地形，可取較小的 $\sigma$ 值；若要強調大地形，則取較大的 $\sigma$ 值。

※4) 曲率計算

- 通常使用General curvature軟體。強調被水侵蝕的情形，可使用Plan curvature軟體；強調裂隙與道路等，可使用Profile curvature軟體。

※5) 調色與透明處理

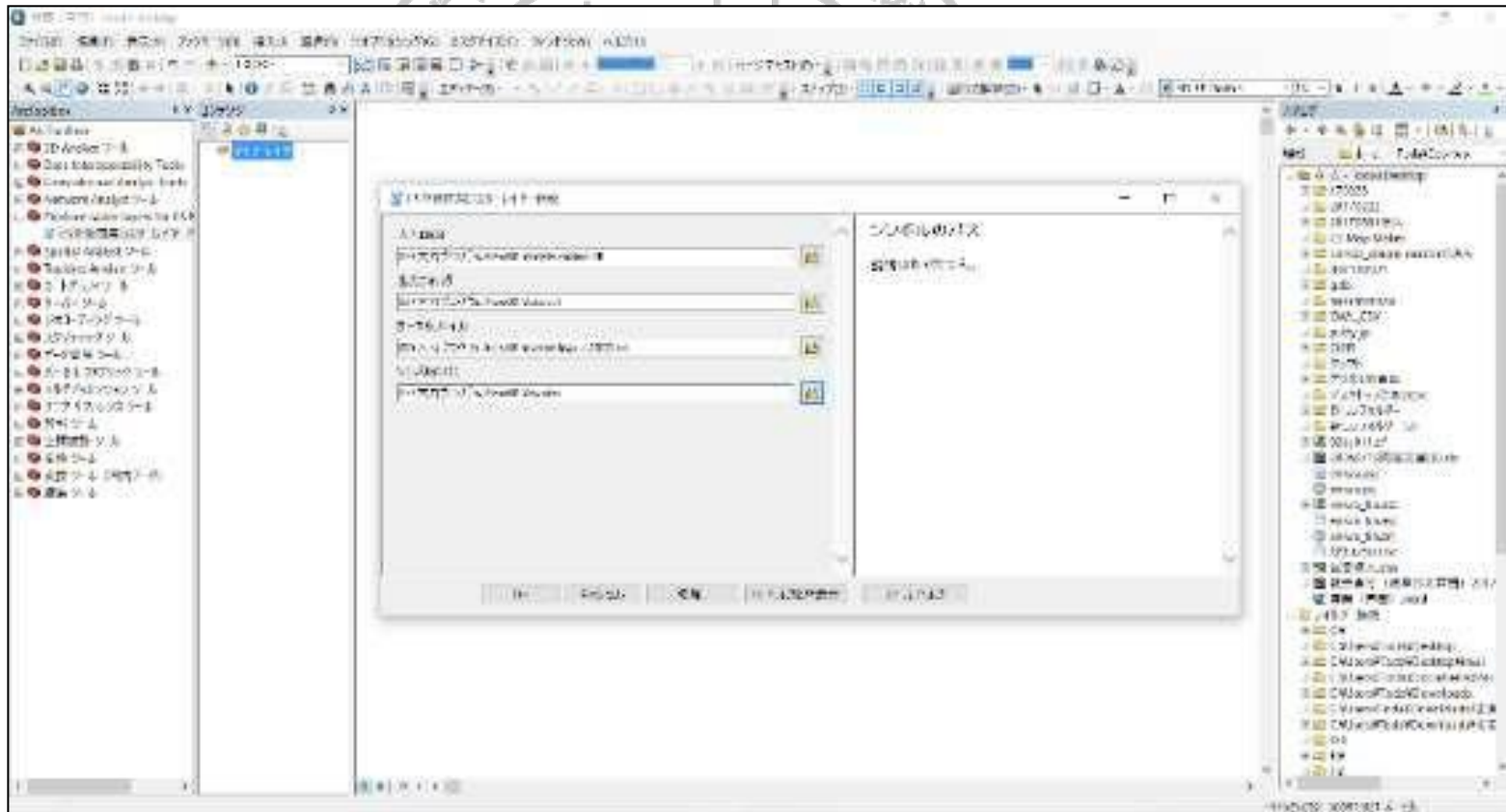
- 初始值設定方法如左。可配合用途、想判釋的地形規模等，調整色調與影像透過率。

# 免費提供自動作圖工具

ArcGIS版 （作者：森林総合研究所 大丸裕武氏）

可自 G 空間資訊中心網站取得（ArcGIS 本身需購買）

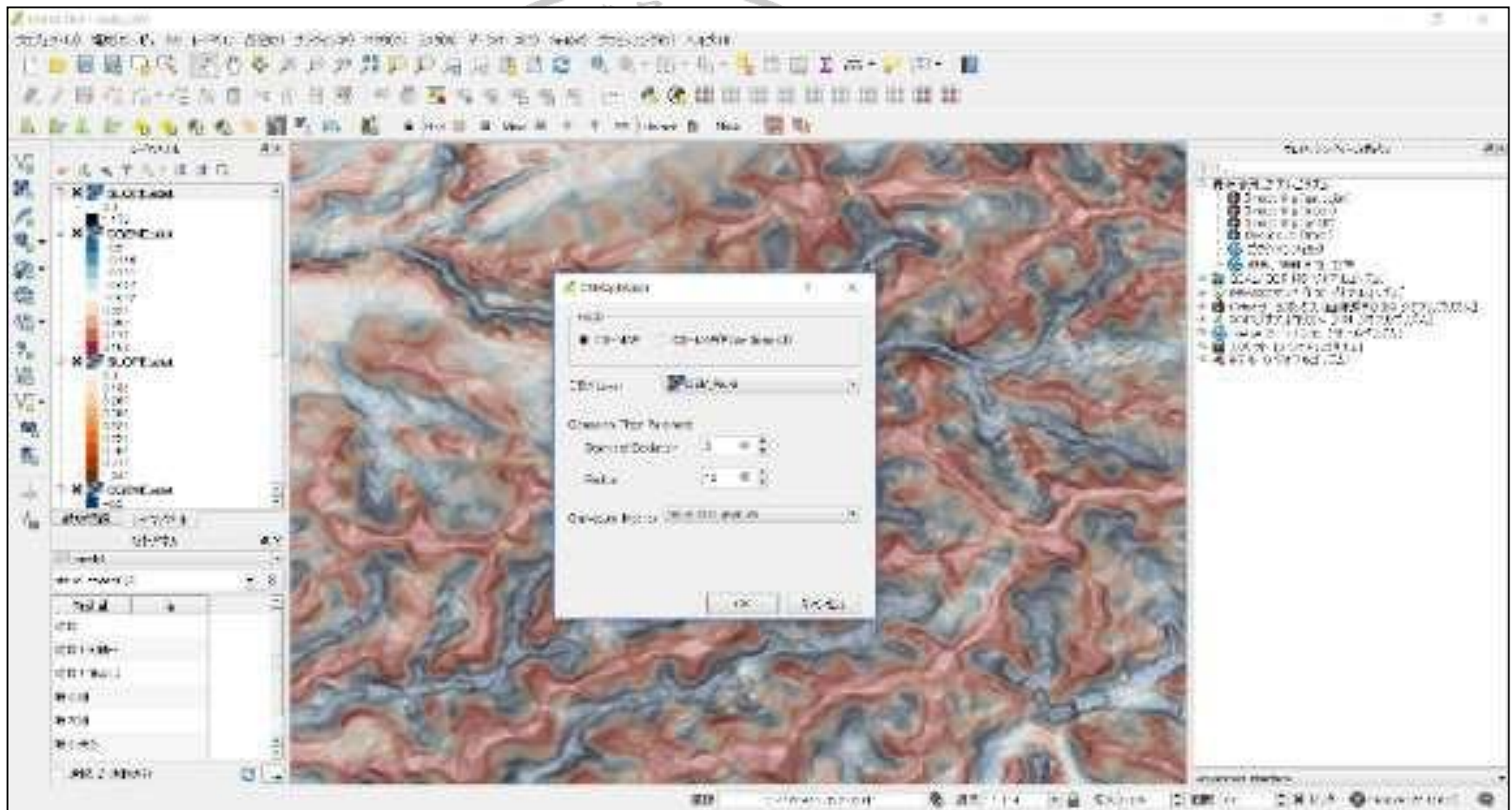
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmapmaker>



# 免費提供自動作圖工具

QGIS版 (作者：MIERUNE 地圖 朝日孝輔氏)

由 QGIS 外掛程式下載，安裝「CSMapMaker」





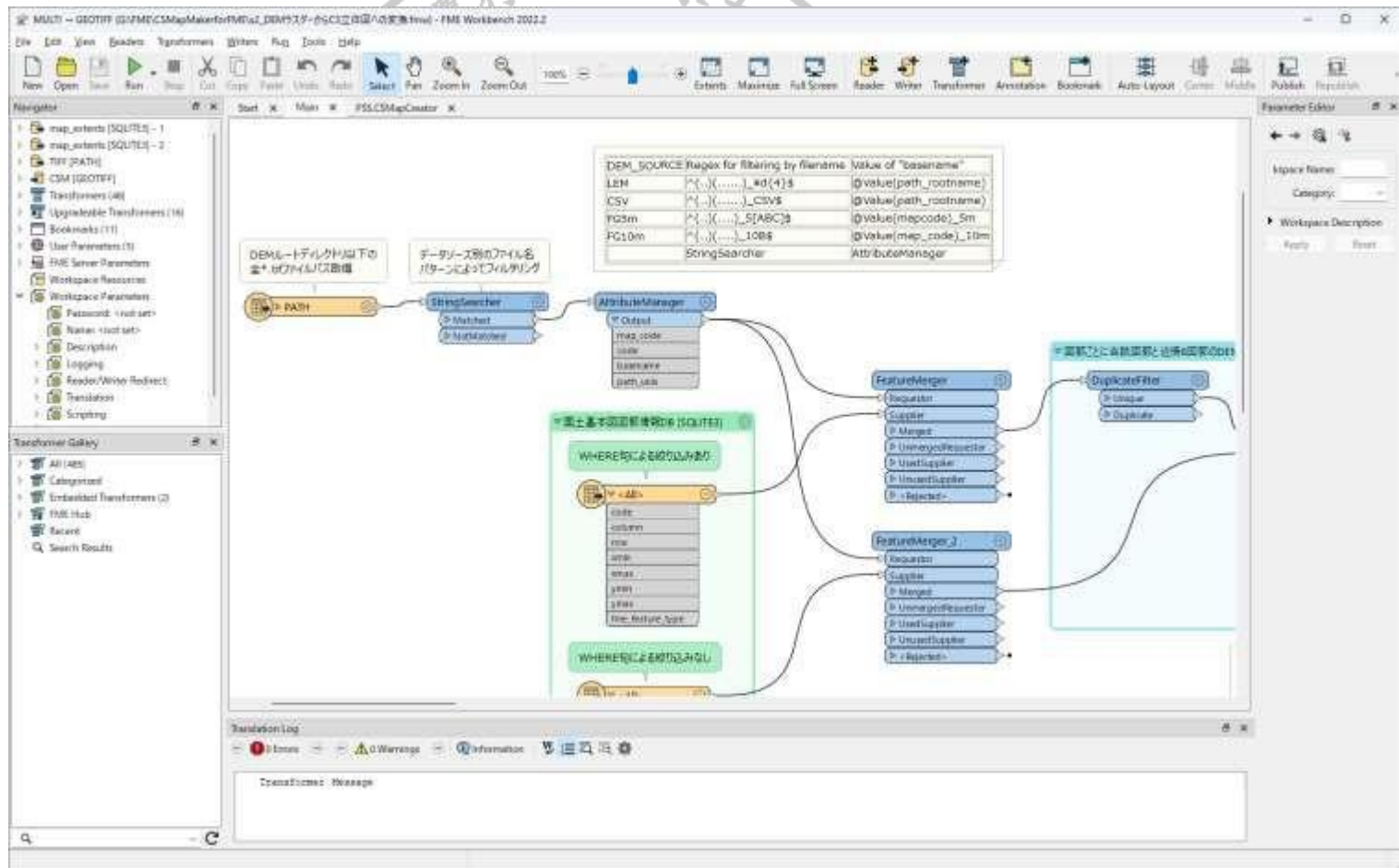
# FME版 CS 立體圖自動作圖工作空間

(作者：Pacific Spatial Solutions / 太平洋空間規劃解決方案)

使用資料轉換軟體 FME 的自動製作 CS 立體圖工具 (FME 需購買)

LEM 格式的高程資料 → GeoTIFF 格式 → 自動製作 CS 立體圖

大幅提高處理速度



# 已公開的 CS 立體圖可從 G 空間資訊中心網站 下載

## ① 上「G 空間資訊中心」網站查詢 (G 空間情報センター)

[https://www.geospatial.jp/gp\\_front/](https://www.geospatial.jp/gp_front/)



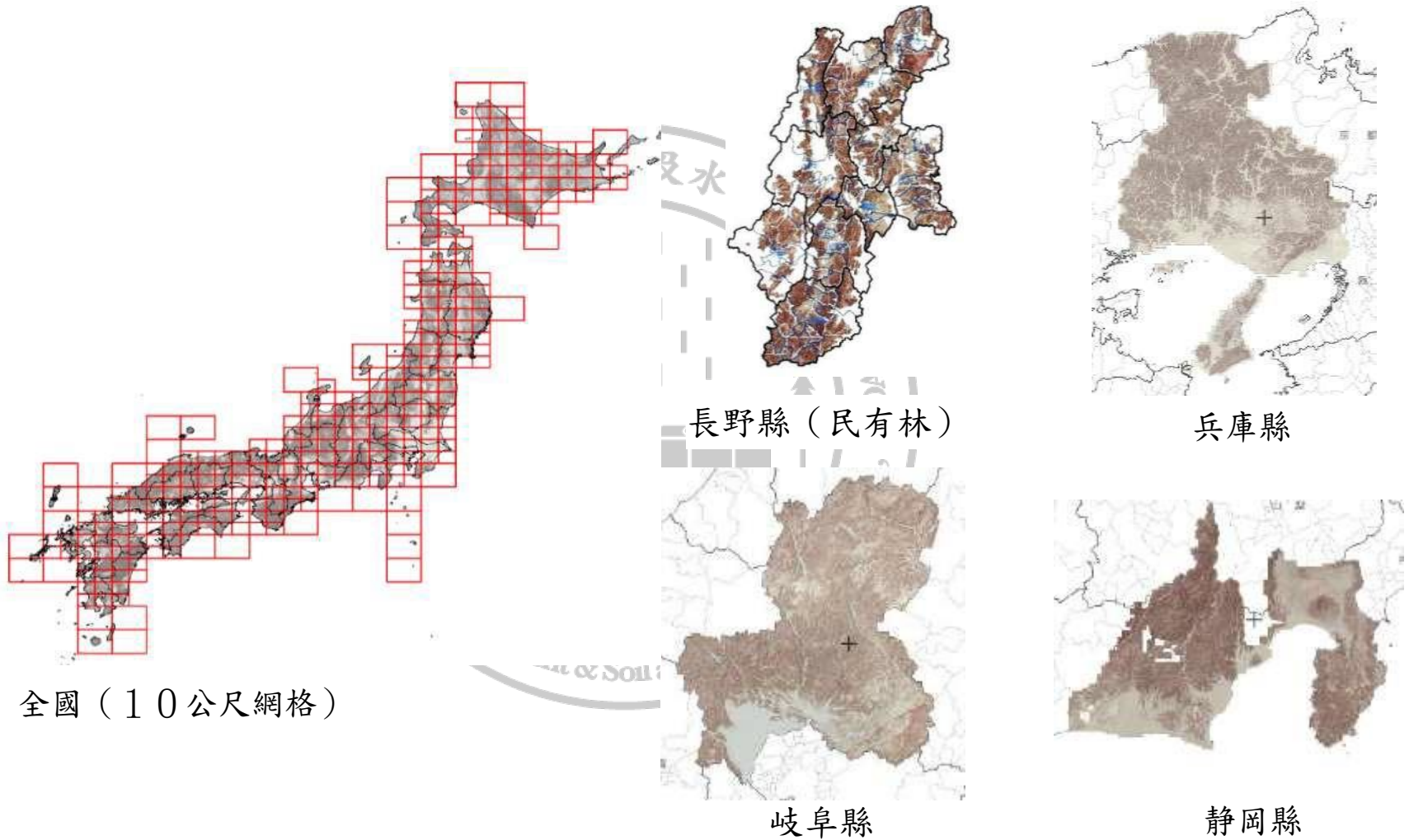
## ② 進入網站檢索「CS立體圖」





# G空間資訊中心公開的CS立體圖

[https://www.geospatial.jp/gp\\_front/](https://www.geospatial.jp/gp_front/)



長野縣、岐阜縣、静岡縣、兵庫縣、全國 (10公尺網格)

# 森林土壌數位地圖（森林総合研究所）

## 可自由閲覧

### ① 上網查詢「森林土壌數位地圖」（森林土壌デジタルマップ）

<https://www2.ffpri.go.jp/soilmap/index.html>



森林土壌デジタルマップ

マップはこちら

このページでは①林業に役立つ土壌図、②数千地点におよぶ土壌断面や土壌の物理化学特性の情報、③防災に役立つCS立体図、④気候変動問題に関連した土壌炭素量の推定マップを自由に閲覧できます。4つのマップは、同じ地図画面で重ねて見ることができます。

主なコンテンツ

↓ 3D表示

↓ 3D表示

# 森林土壤數位地圖中的 CS 立體圖

<https://www2.ffpri.go.jp/soilmap/index.html>



廣島縣、岡山縣（部分）



福島縣



愛媛縣、高知縣（部分）



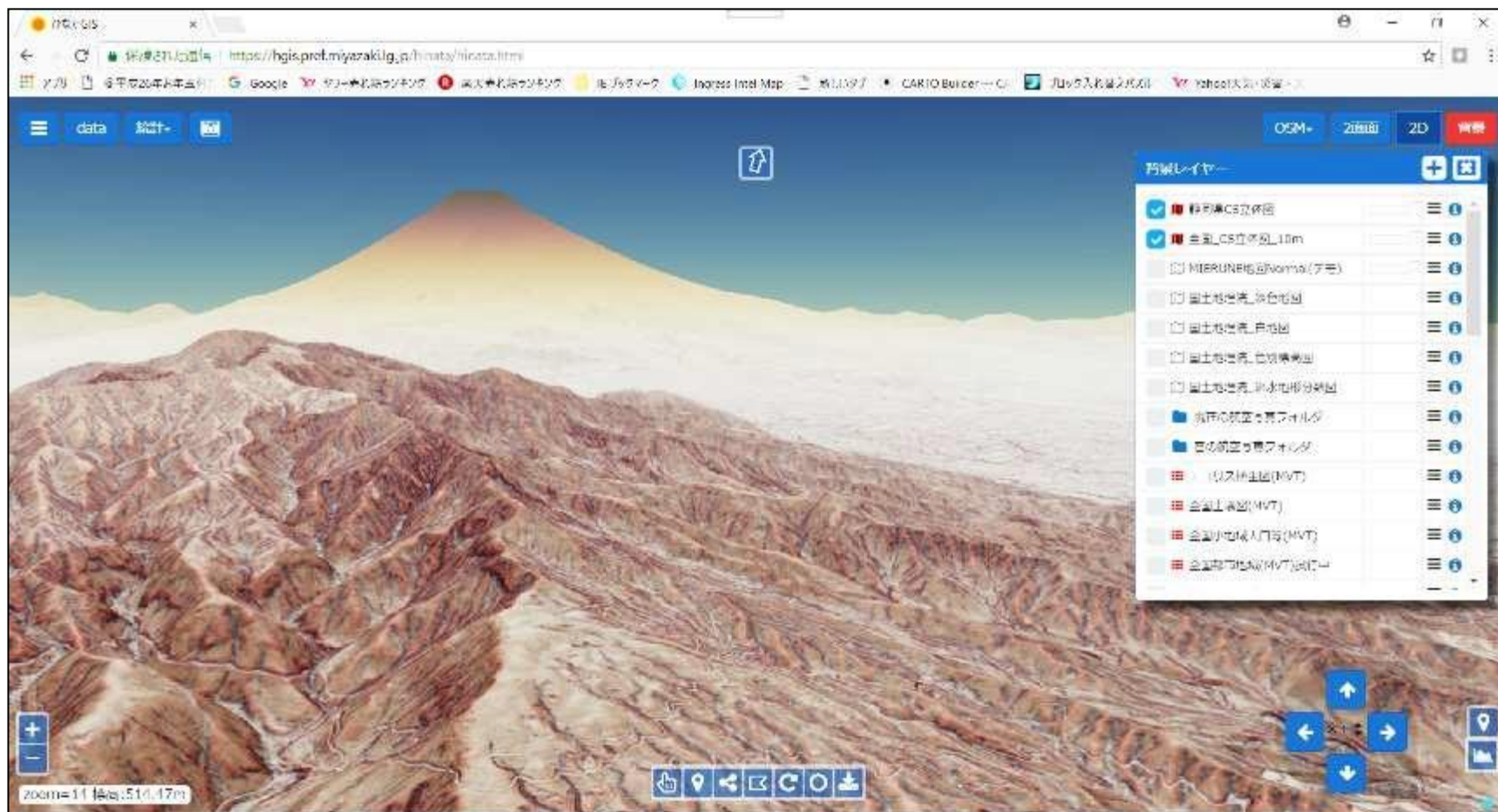
熊本縣、大分縣

廣島縣、愛媛縣、岡山縣、高知縣、福島縣、熊本縣、大分縣



# 宮崎縣縣政府網站「日向 GIS」（ひなたGIS）

<https://hgis.pref.miyagi.jp/hinata/>

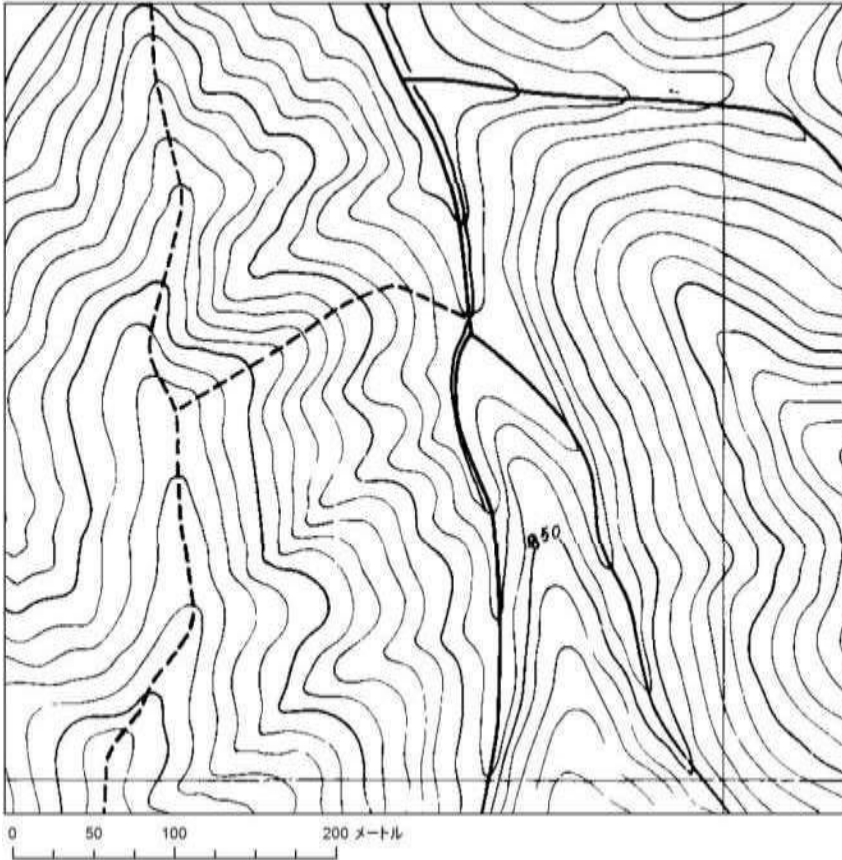


日向 GIS 的背景圖可公開使用【後面實際練習】

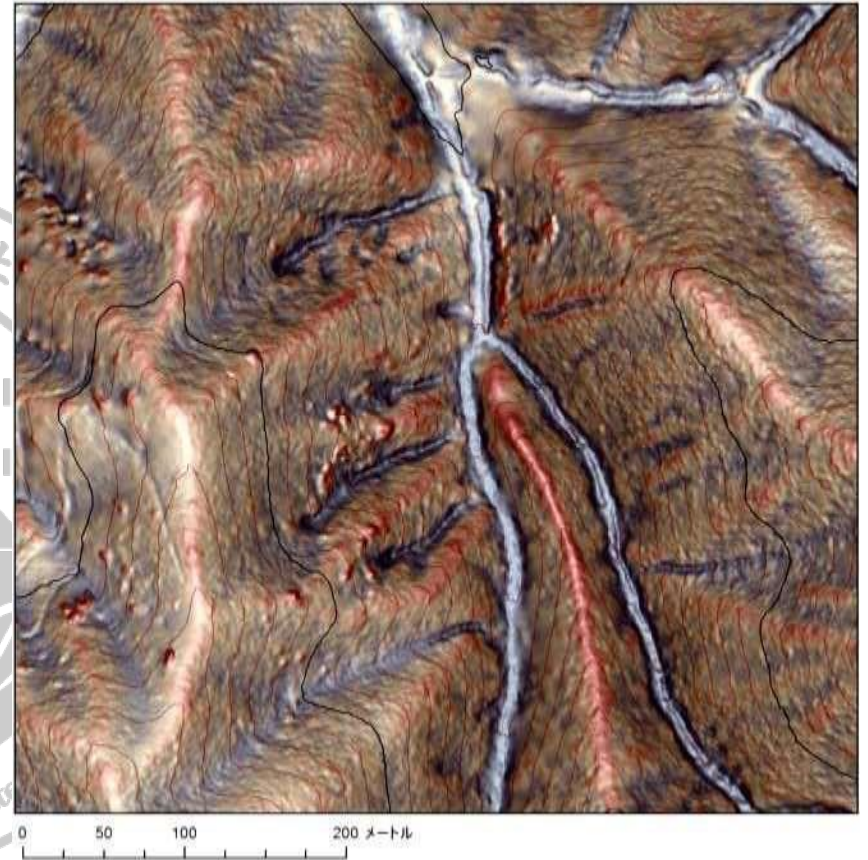
# 3 CS 立體圖

## 災害潛勢地形判釋方法

# CS 立體圖呈現的基本地形



森林基本圖

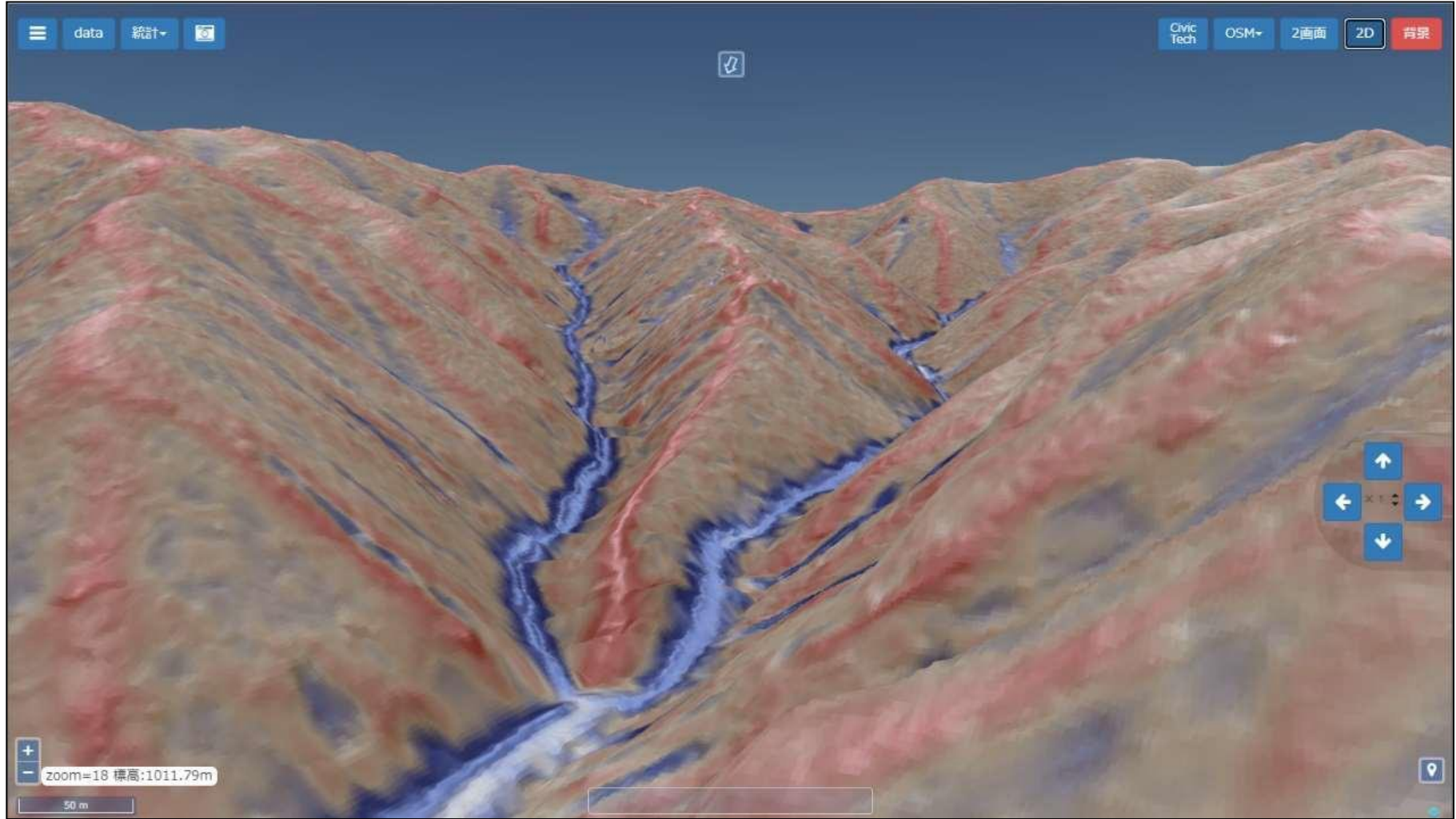


C S 立體圖

1. 山脊（凸地）紅色，河谷（凹地）藍色
2. 陡坡暗色調，緩坡淡色調



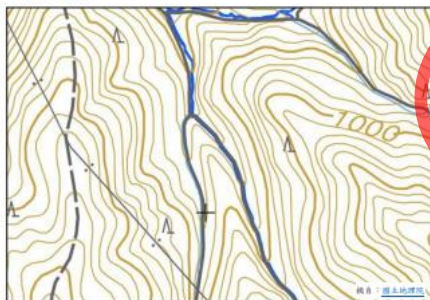
# CS 立體圖呈現的基本地形



日向 GIS 呈現的 3D 陰影圖

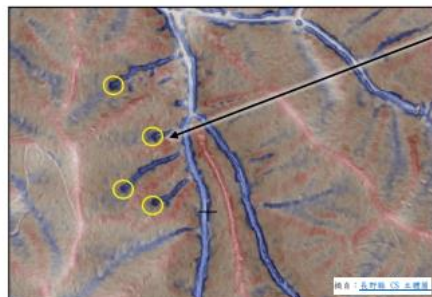
# 資料使用方法

<判釋案例>



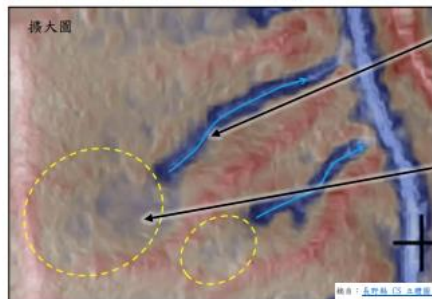
緯度：35.9718  
經度：38.0408  
長野縣

掃描 QR 碼，  
就能啟動  
日向 GIS



**源頭（侵蝕前線）**

國土地理院發行的地形圖很難判釋出河川源頭，CS 立體圖則清楚呈現 1 級河川為清晰的深藍色，零級河川為淺藍色，易於判釋。



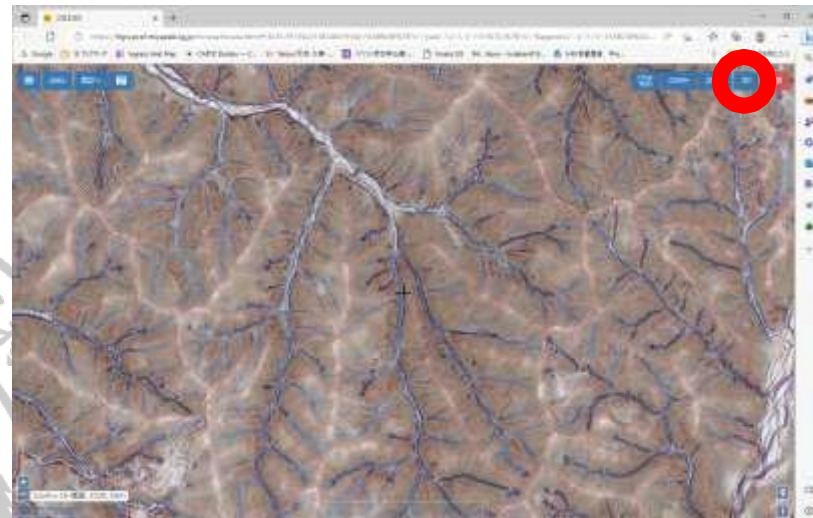
擴大圖

**1 級河川（明顯河谷地形）**

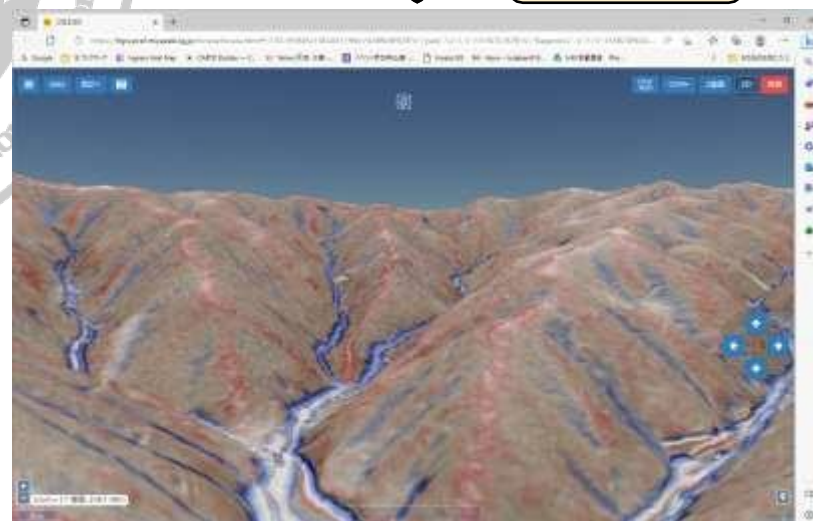
水流侵蝕而成的深谷。有常流水，或平常無水，豪雨即出現水流，開設路廊須施作暗渠等橫向排水設施。

**零級河川（無常流水的淺谷地形）**

原本河谷地形，被周邊農耕地掩埋。常有向源侵蝕。在此地點開設路廊應避免改變集水面積，並設置路面排水，或道路設計成波浪狀的縱斷線形。

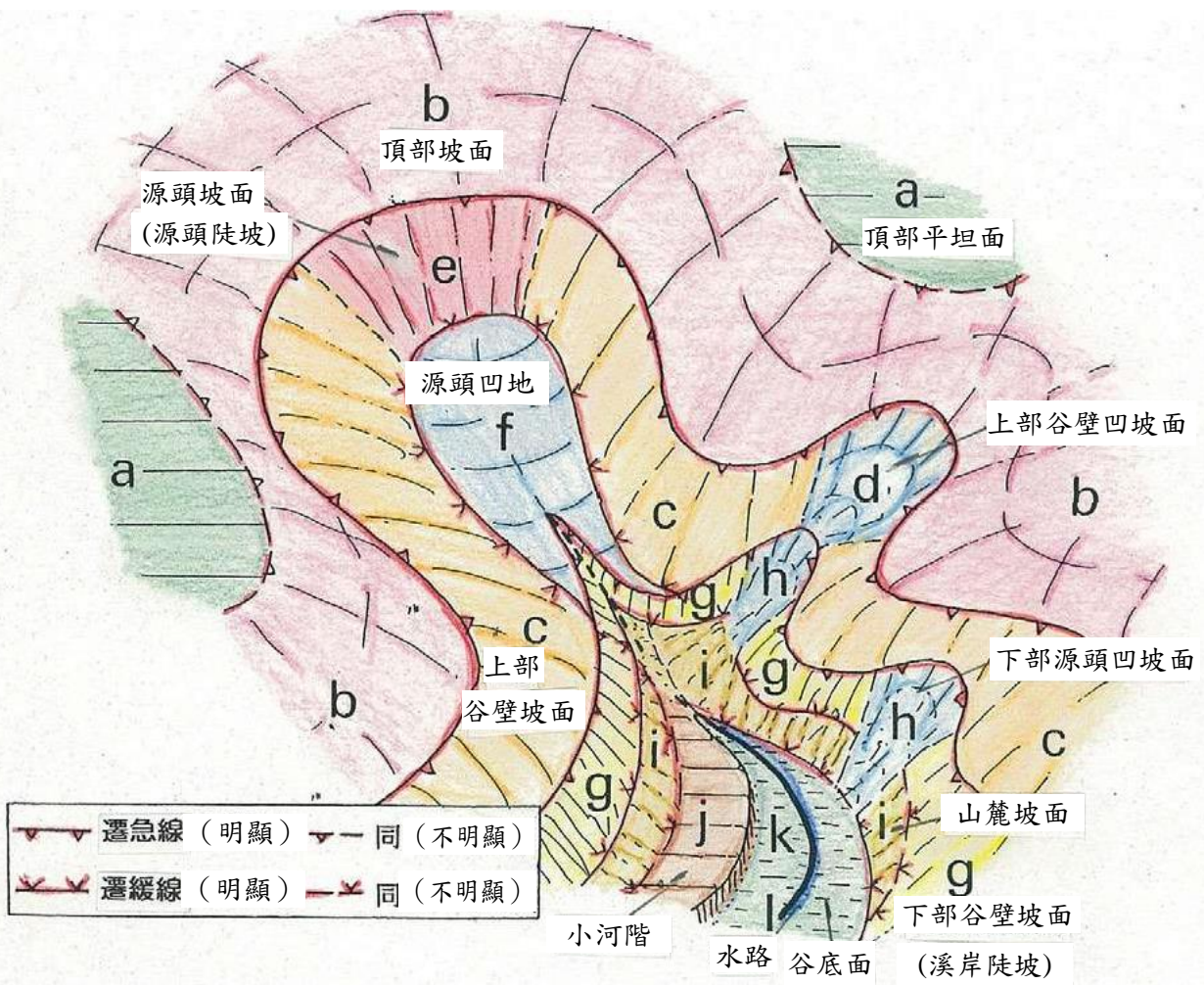


按 3D 按鍵  
即呈現立體

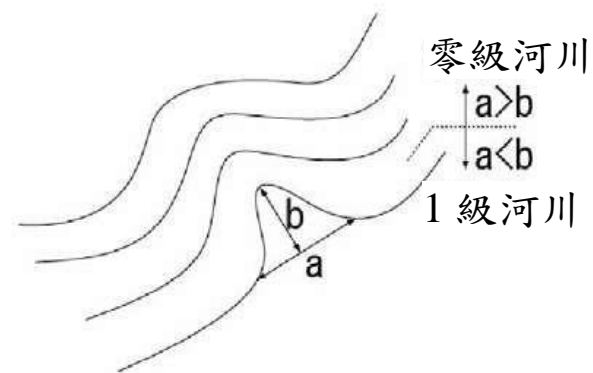




# (1) 源頭區—侵蝕前緣—

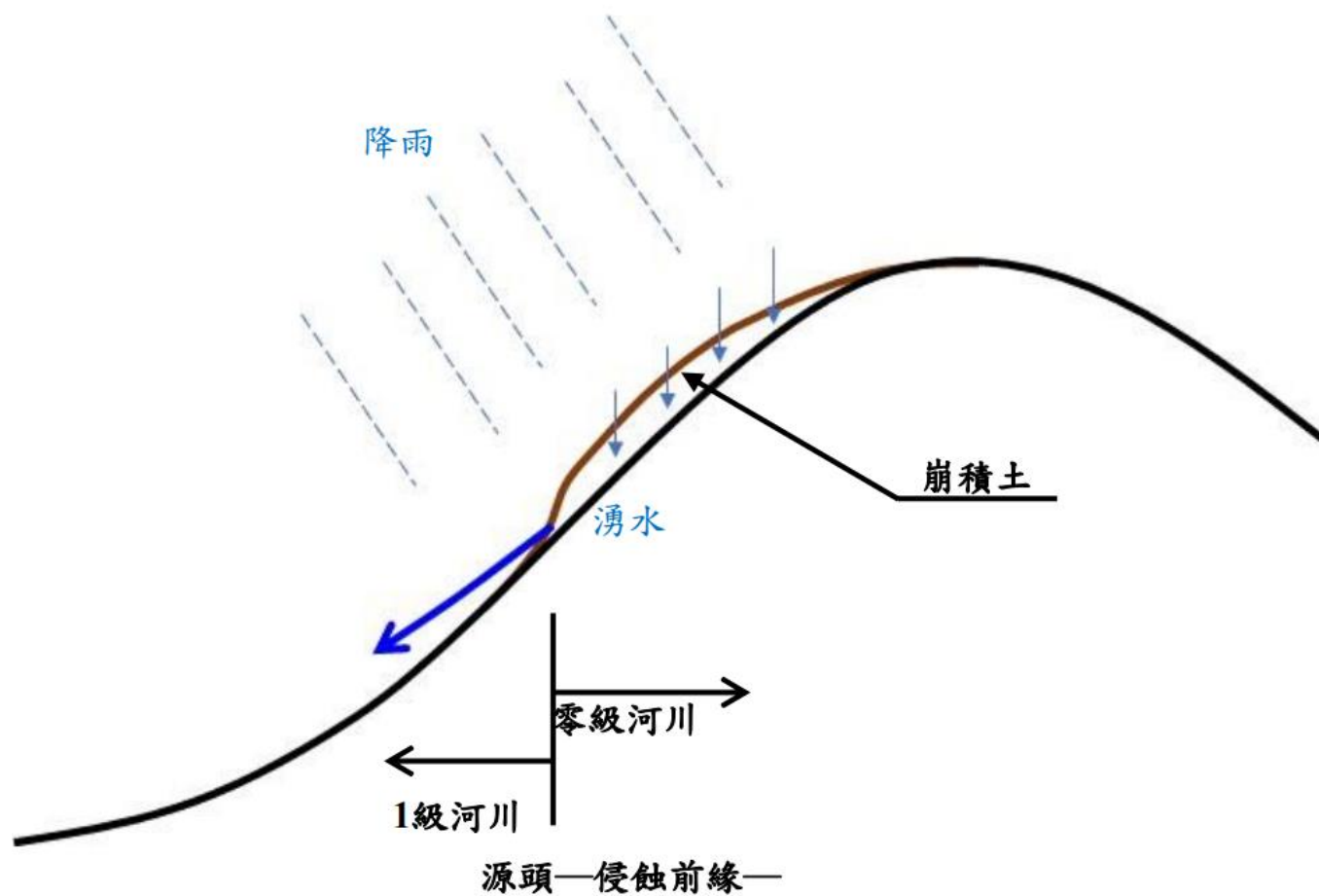


- 比1級河低1級序的流域
- 表層崩塌的發生源



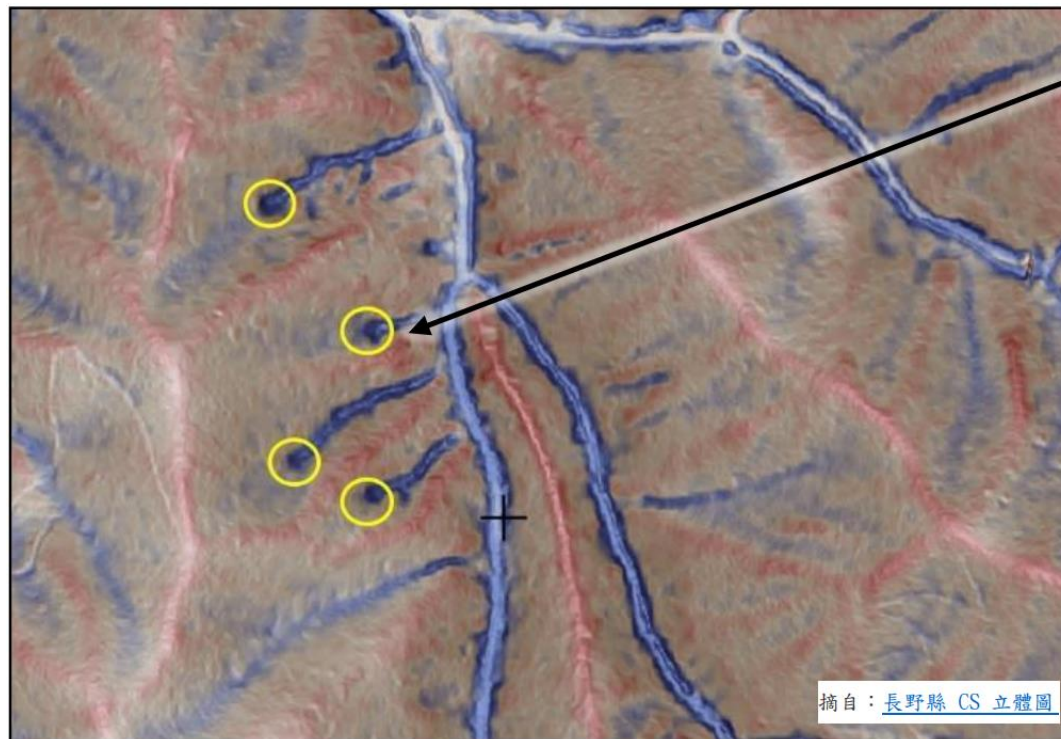


# (1) 源頭區—侵蝕前緣—



侵蝕前緣模式圖

# ( 1 ) 源頭區—侵蝕前緣—

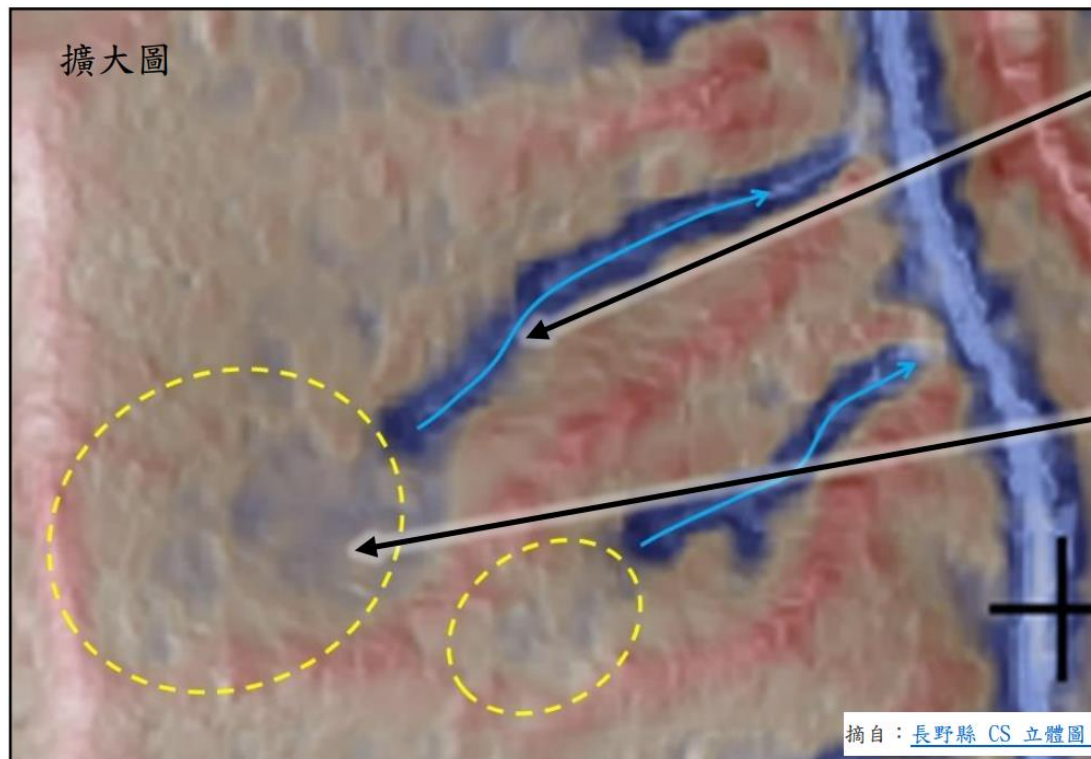


## 源頭 (侵蝕前緣)

國土地理院發行的地形圖很難判釋出河川源頭，CS 立體圖則清楚呈現 1 級河川為清晰的深藍色，零級河川為淡藍色，易於判釋。

摘自：長野縣 CS 立體圖

# (1) 源頭區—侵蝕前緣—



## 1 級河川 (明顯凹谷地形)

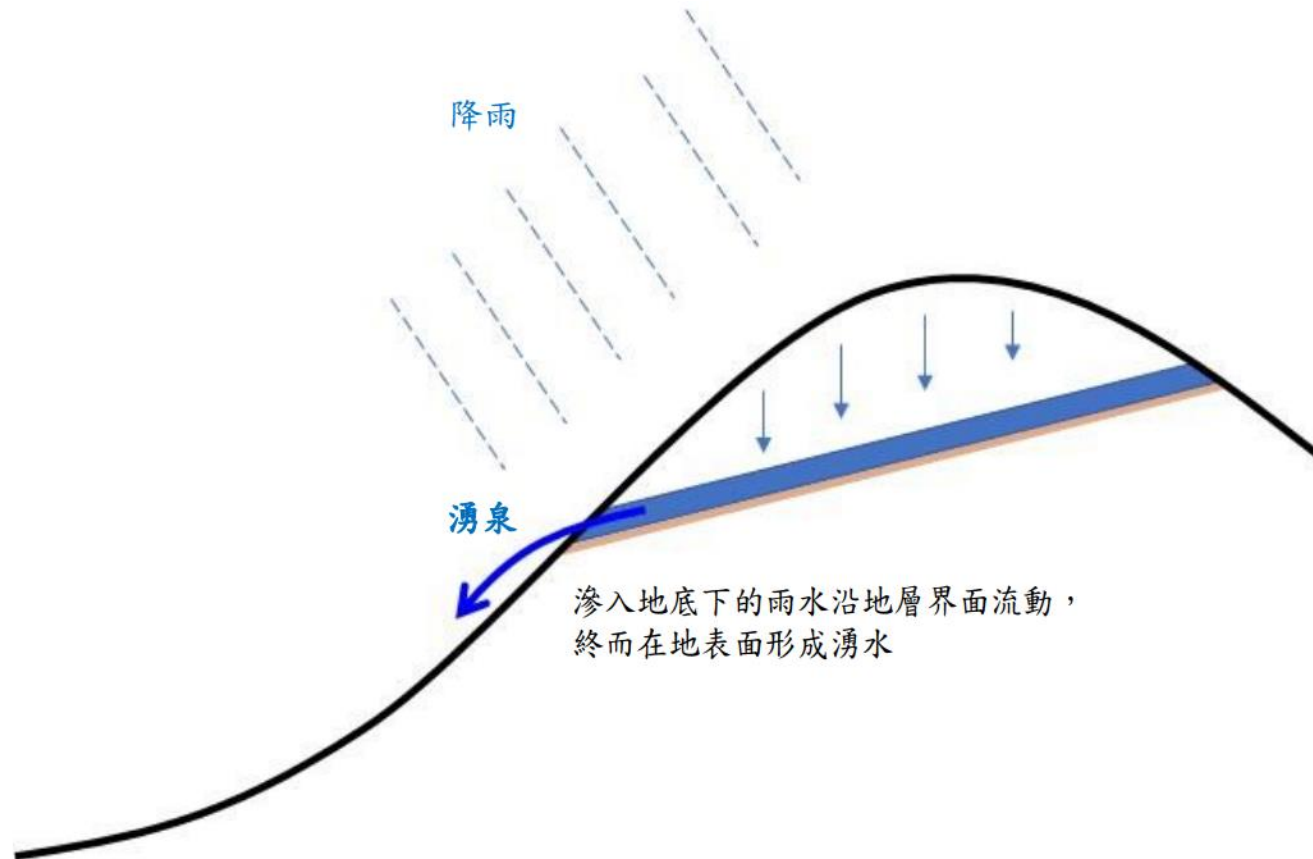
水流侵蝕而成的深谷。有常流水，或平常無水、豪雨即出現水流，開設路廊須施作暗渠等橫向排水設施。

## 零級河川 (無常流水的淺谷地形)

原本凹谷地形，被周遭崩積土掩埋。常有向源侵蝕。在此地點開設路廊應避免改變集水面積，並設置路面排水，或道路設計成波浪狀的縱斷線形。

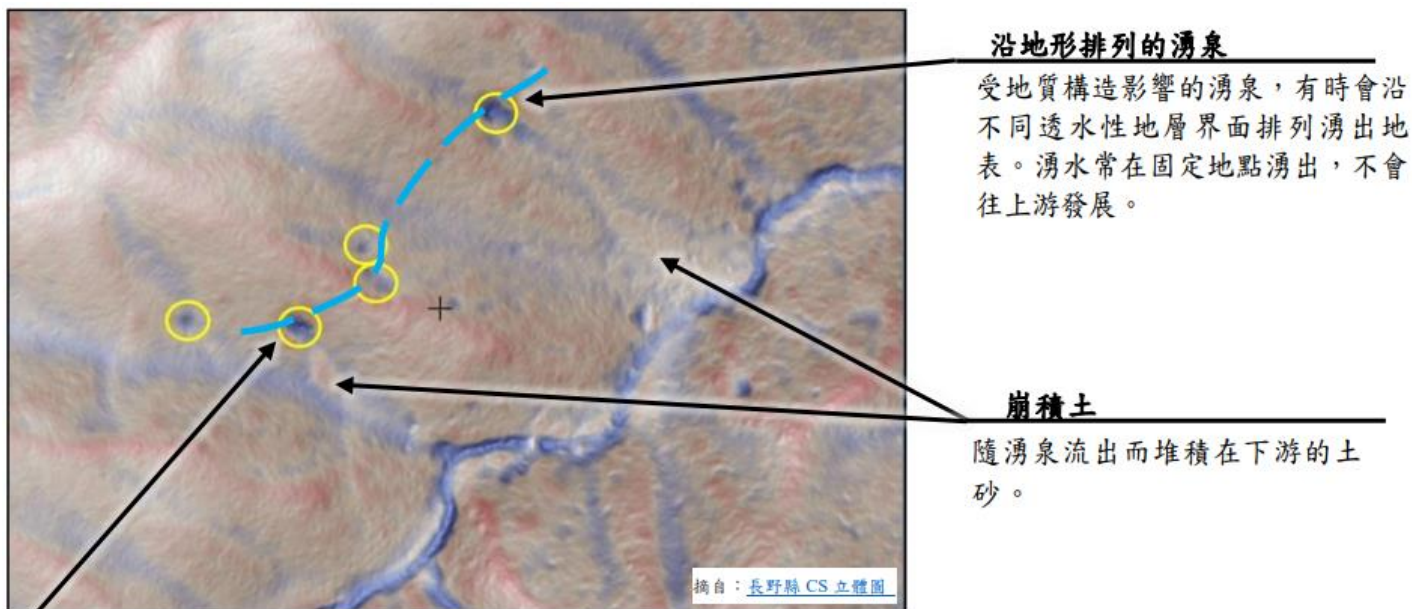


## (2) 受地質構造影響之湧泉



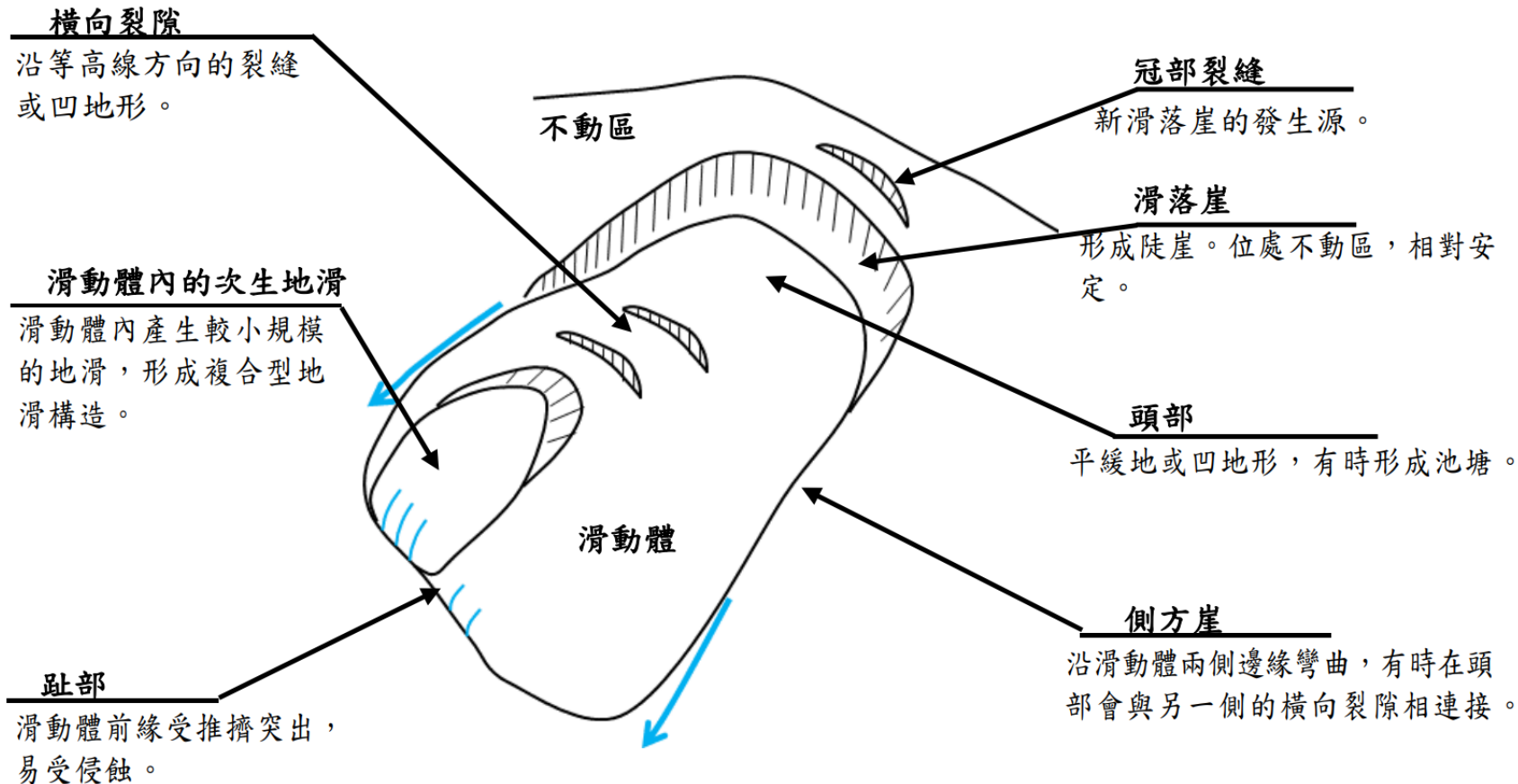
受地質構造影響之湧泉模式圖

## (2) 受地質構造影響之湧泉



雖然現地調查確實看到湧水，但其他季節或雨量不足時可能看不到湧水。開設路廊須注意即使眼前無湧水，豪雨時仍可能出現湧水。此類地點進行填方會有崩塌進而土石流化之虞。

### ( 3 ) 地滑



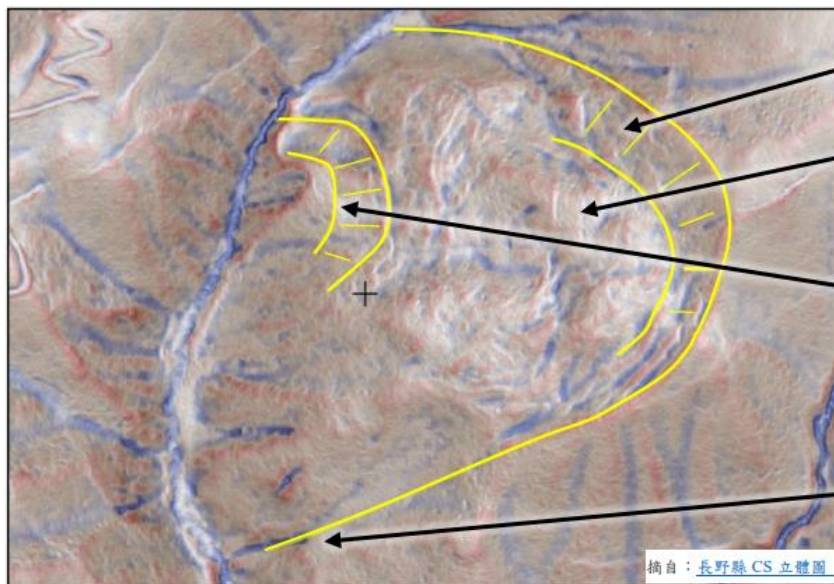
地滑地形模式圖

地滑：坡面局部或整體受重力影響而往坡面下方緩慢移動的現象

深層崩塌：豪雨等引致基盤岩層的較大規模崩塌



### ( 3 ) 地滑



**滑落崖**

**滑動體**

滑動體內有許多裂隙與小山脊。

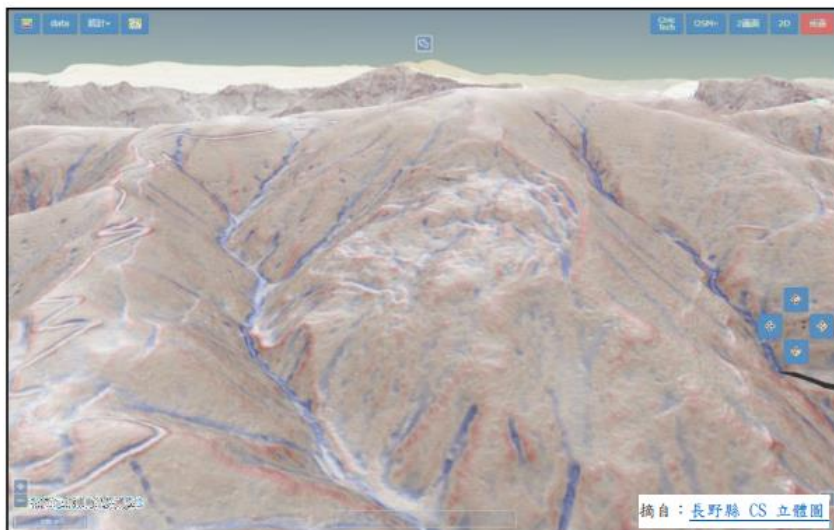
**內部的次生地滑**

愈小規模的地滑愈容易受開設路廊等人為活動影響而惡化。

**側方崖**

侵蝕作用活躍，開設路廊須特別注意。

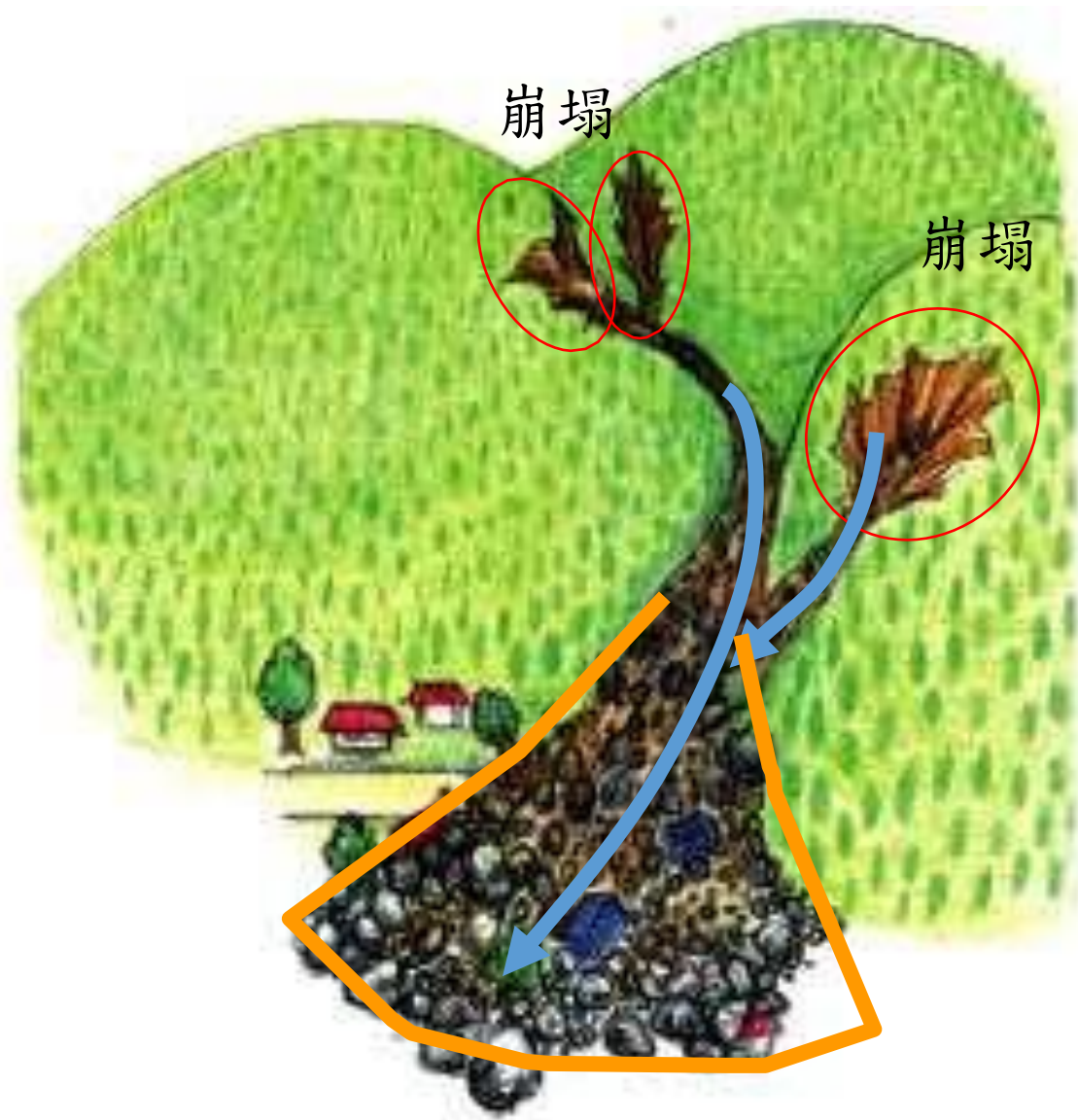
摘自：長野縣 CS 立體圖



日向 GIS 等 3D 立體影像，可從各種角度觀看地貌，更易於判釋地滑。

摘自：長野縣 CS 立體圖

## (4) 沖積錐

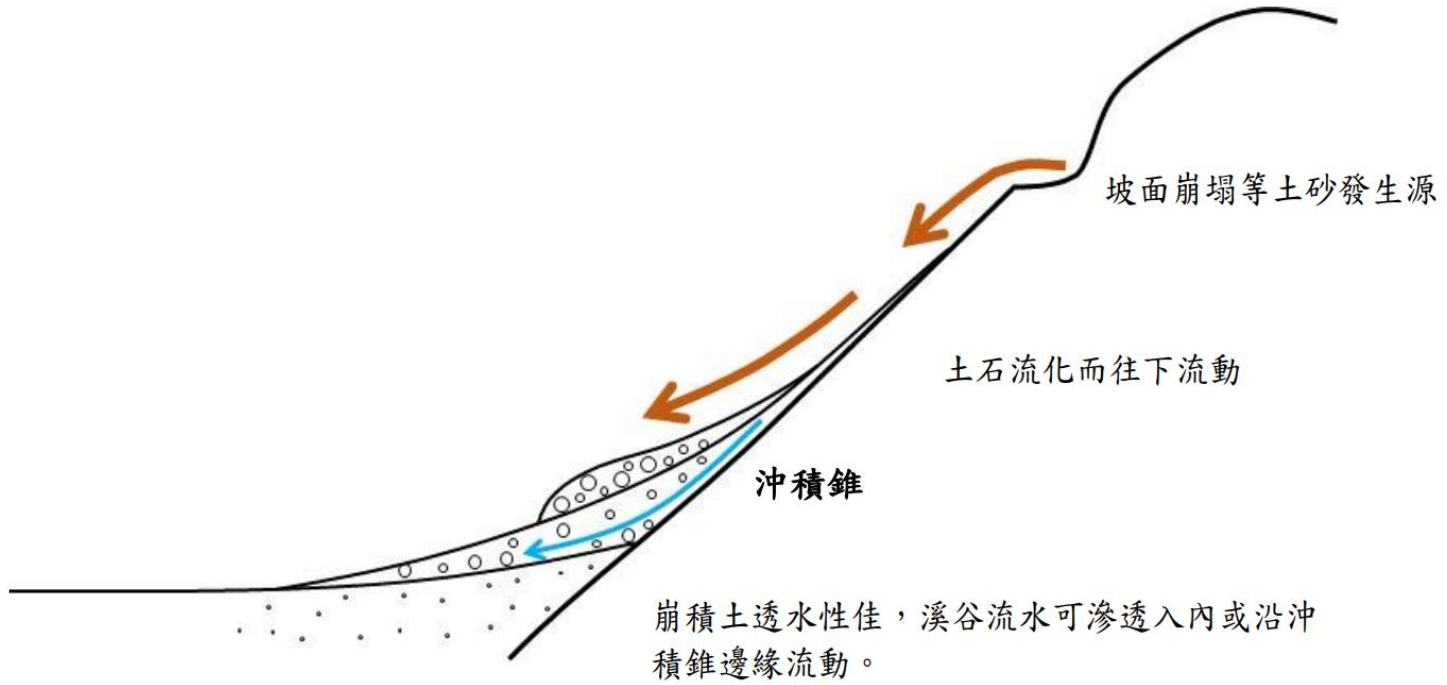


土石流，係崩塌的土砂①與水等混合②以水為滑動介質③長距離流向下游之現象

沖積錐係陡峭山谷出口土石流反覆發生與堆積所形成的扇狀地形

(摘自林野廳網站)

## (4) 沖積錐



沖積錐模式圖



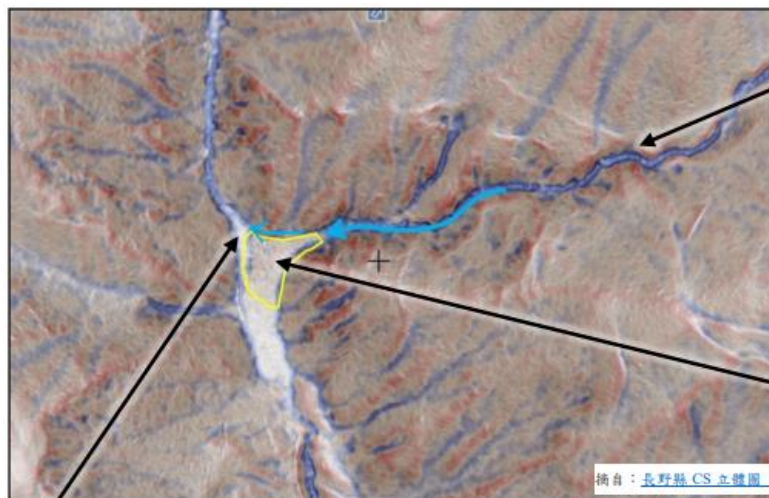
## (4) 沖積錐



(照片提供：長野縣林業總合中心)

沖積錐由崩積土形成，透水性佳，容易被溪谷流水滲入。

## (4) 沖積錐



### 土砂發生源

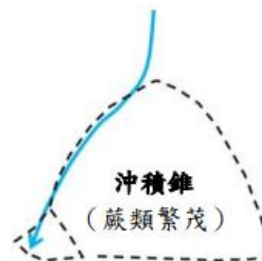
小規模溪流也可能在小溪出口形成沖積錐，代表上游土砂生產量大。

### 沖積錐



(照片提供：長野縣林業總合中心)

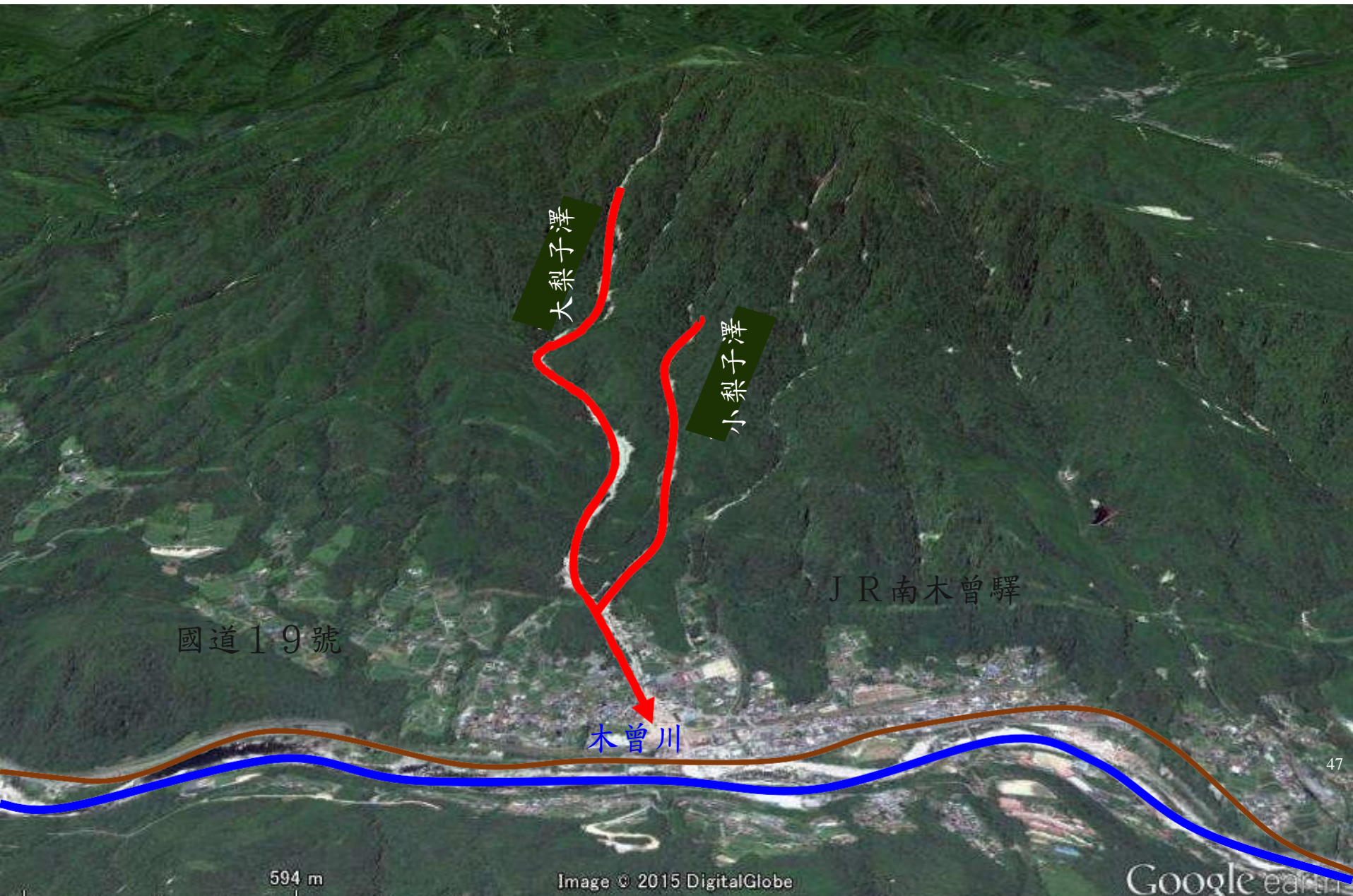
蕨類生長茂密，推測地下水位很高。  
沖積錐由堆積土砂形成凸地形，溪流沿側邊流動形成小溪，小溪出口形成更小的沖積錐。





## (4) 沖積錐

(南木曾町：2014年豪雨災區)





## (4) 沖積錐

(南木曾町：2014年豪雨災區)





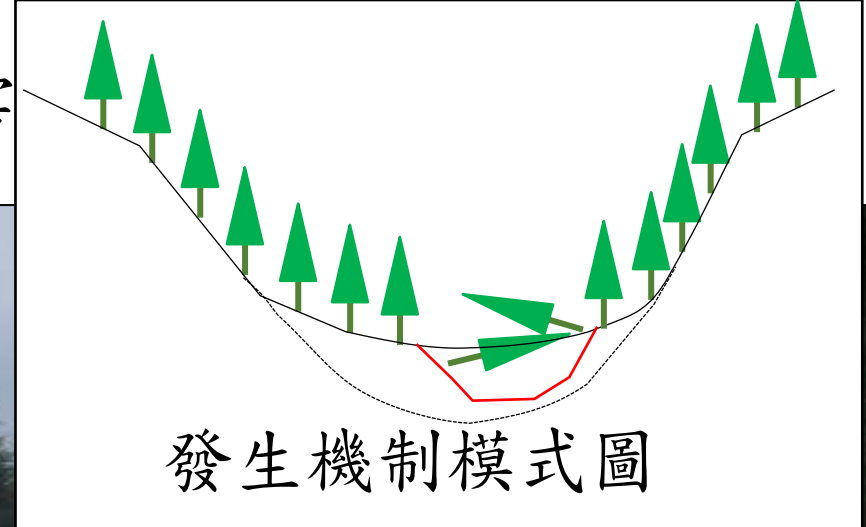
# 放大圖



周邊溪流出口也曾反覆發生土石流的土砂堆積

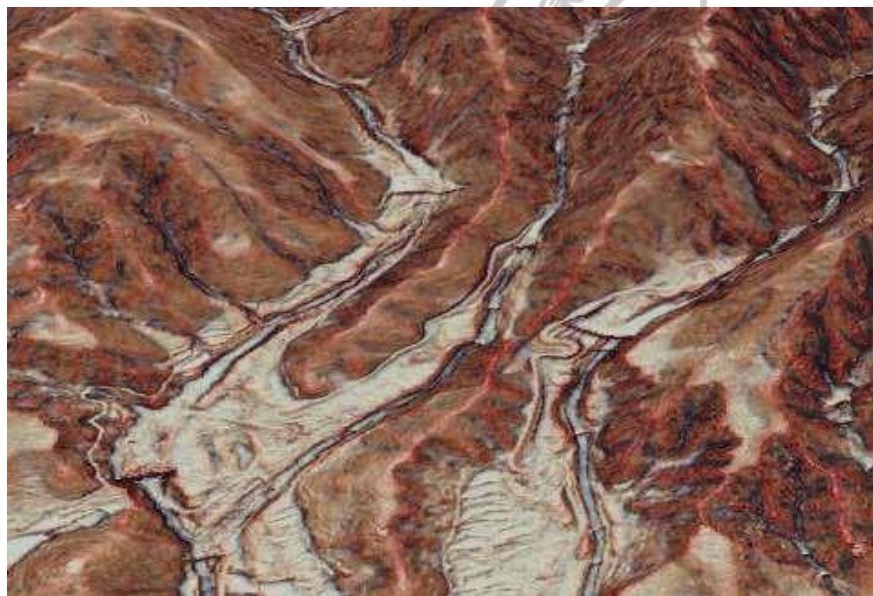
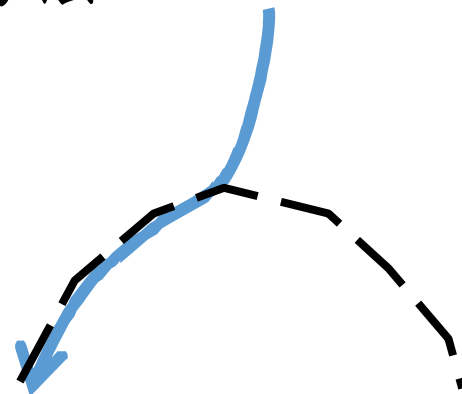
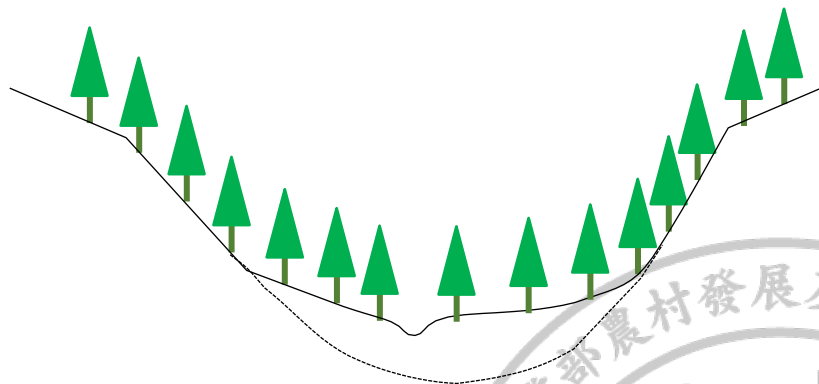


# 2014年南木曾町土石流災害





# 土石流危險溪流的判斷方法



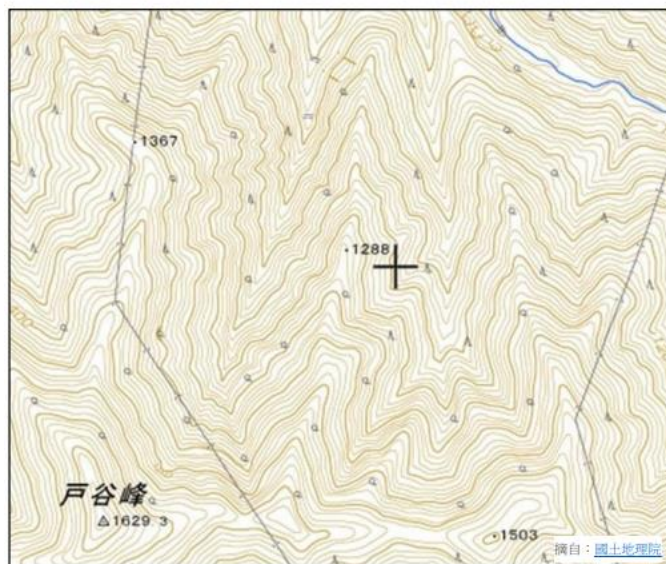
- 坡度陡且有大量河床的堆積物  
(過去的土石流堆積物)



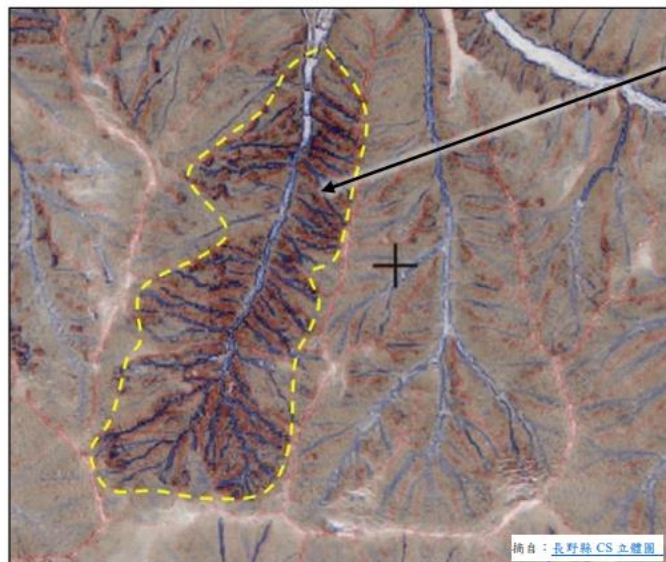
- 谷口有沖積錐的山谷

# (5) 侵蝕區域

<判釋案例>



緯度：36.2933  
經度：138.0442  
長野縣



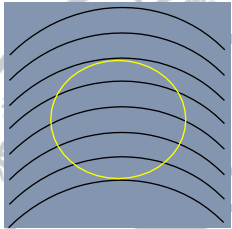
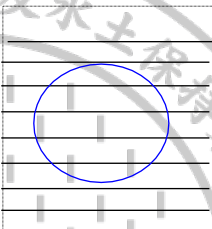
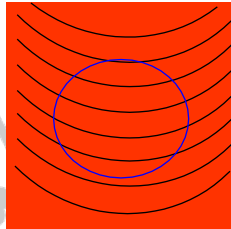
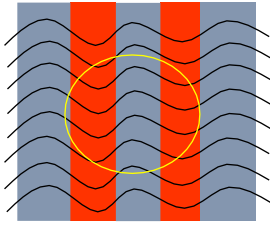
## 侵蝕區域

地質與坡度即使相同，也可能因為風化的差異及過去土地利用形態不同，而產生不同程度的侵蝕。

侵蝕區域容易崩塌，不適合開設路廊或作為木材生產林地。

# 平面曲率標準差

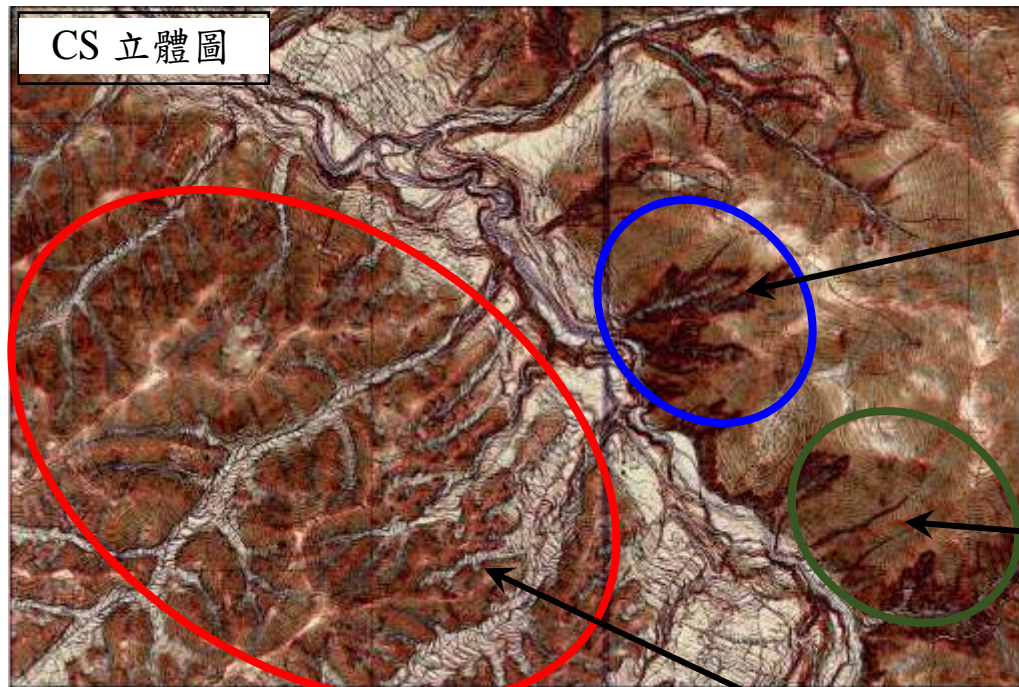
( **SHC** : Standard deviation of **H**orizontal **C**urvature )

坡面形狀	凹型坡面	直線坡面	凸型坡面	波型坡面
模式圖				
坡度	相同			
平面曲率	-	0	+	- + - + -
SHC (平面曲率標準差)	小	小	小	大

- 即使相同坡度，具有較多河谷的複雜地形較易發生崩塌。  
(代表過去發生多次崩塌事件)
- 計算一定面積（如半徑 100 公尺圓圈內）的平面曲率標準差，  
可呈現地形複雜程度。



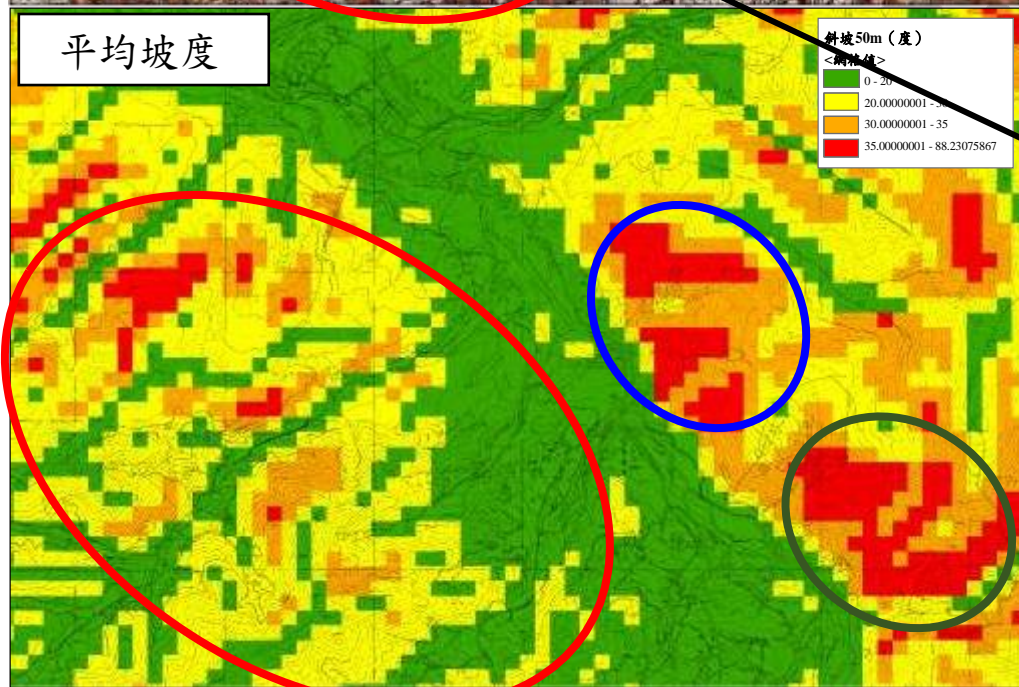
CS 立體圖



坡度陡  
崩塌密度高

坡度陡  
崩塌密度低

平均坡度

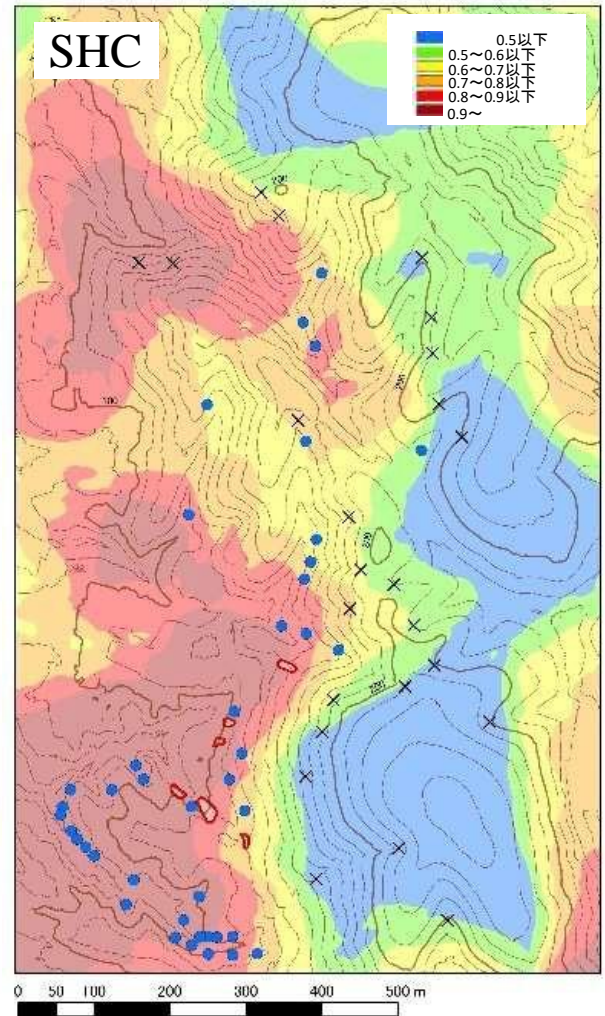
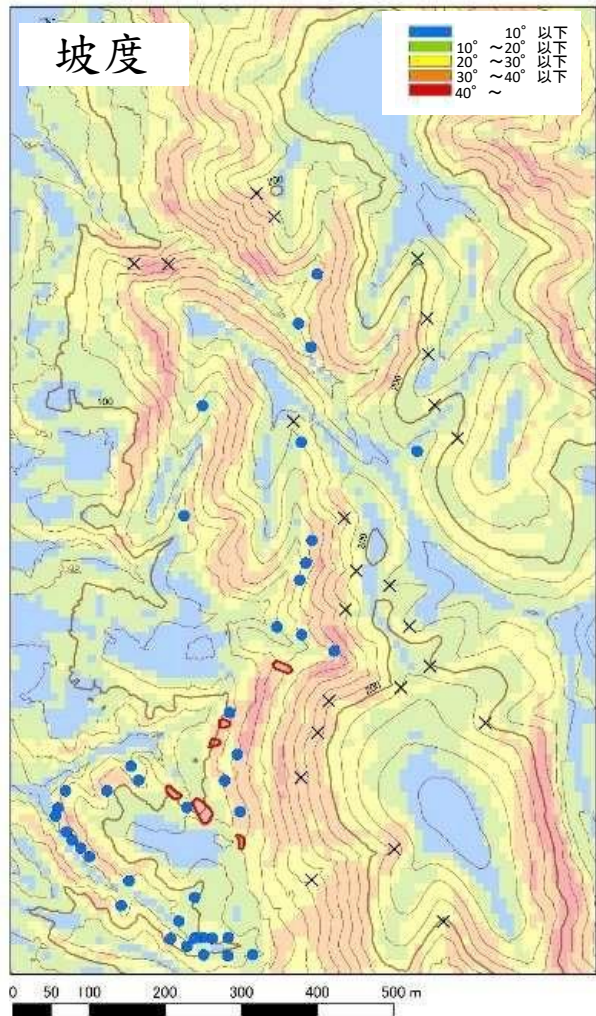
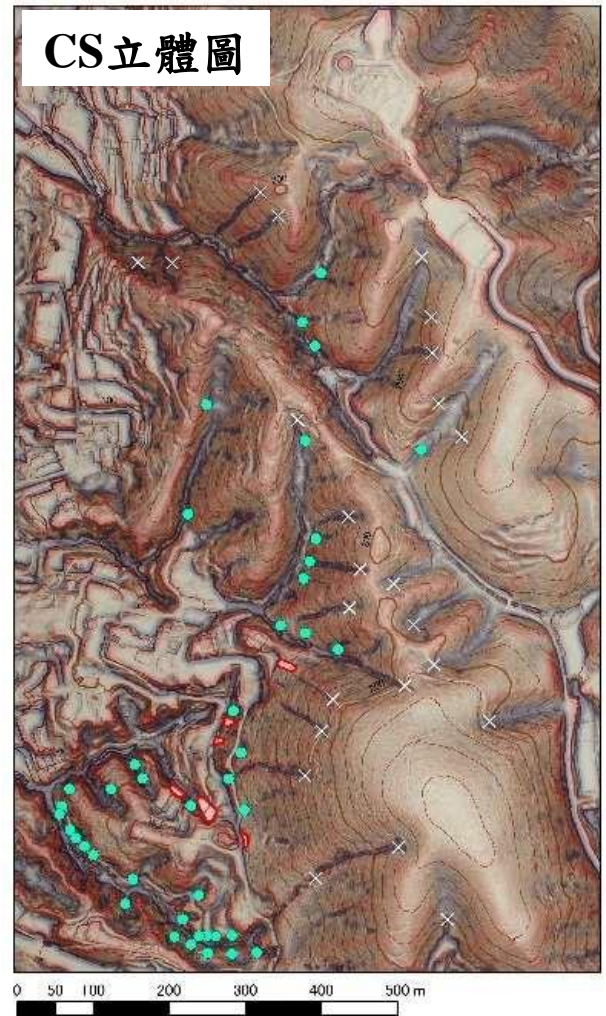


坡度緩  
崩塌密度高

(松本市薄川)



○分析案例 1 （京都市清水：沉積岩）



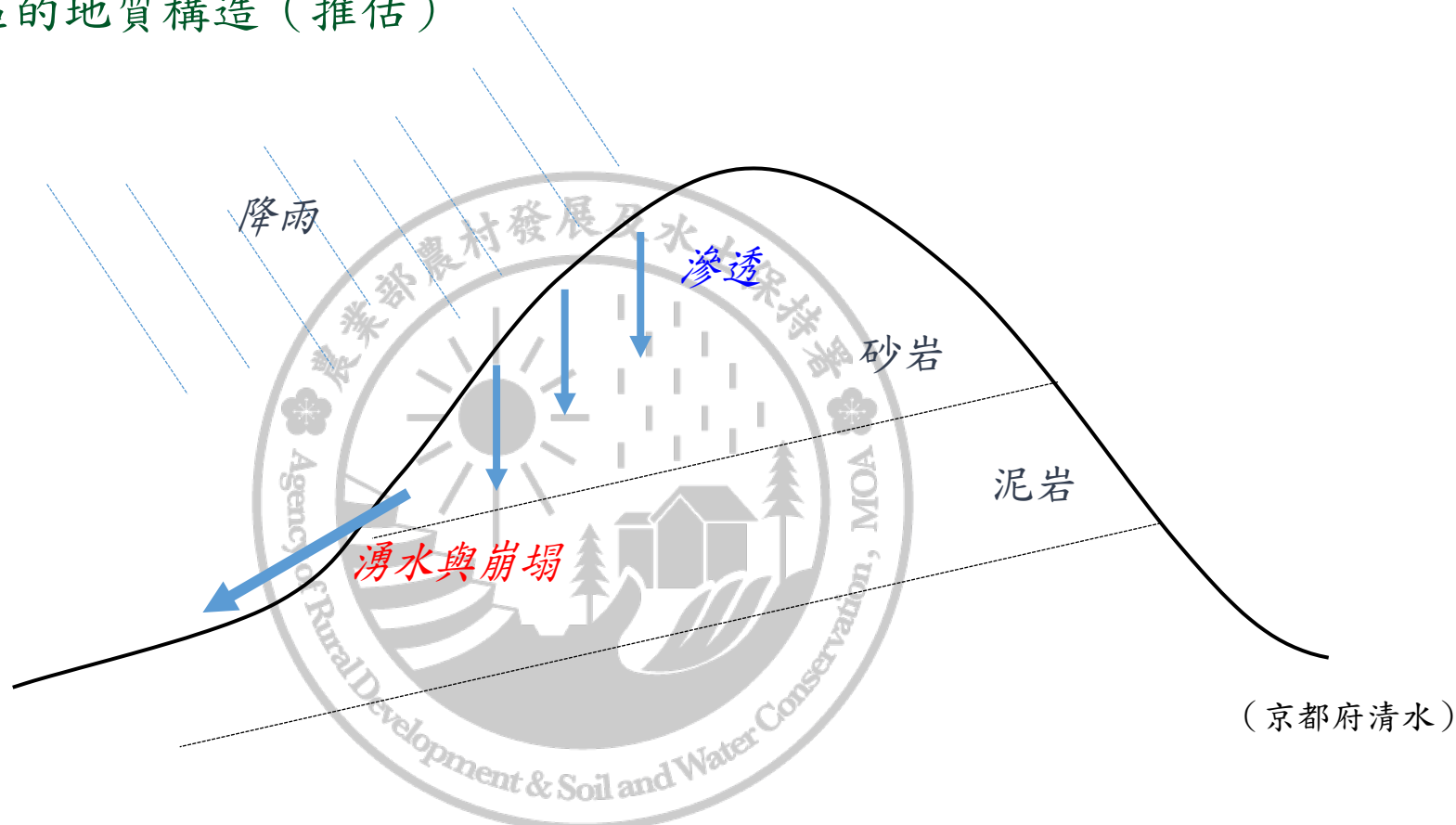
依近年來崩塌記錄與踏勘確認所完成的湧水位置分布圖

- 近年來的崩塌記錄
- 踏勘時有湧水
- × 踏勘時無湧水

與周邊坡度無明顯相關性  
（此處陡坡反而較少崩塌記錄與湧水）

SHC 高值地區有較多的崩塌記錄與湧水

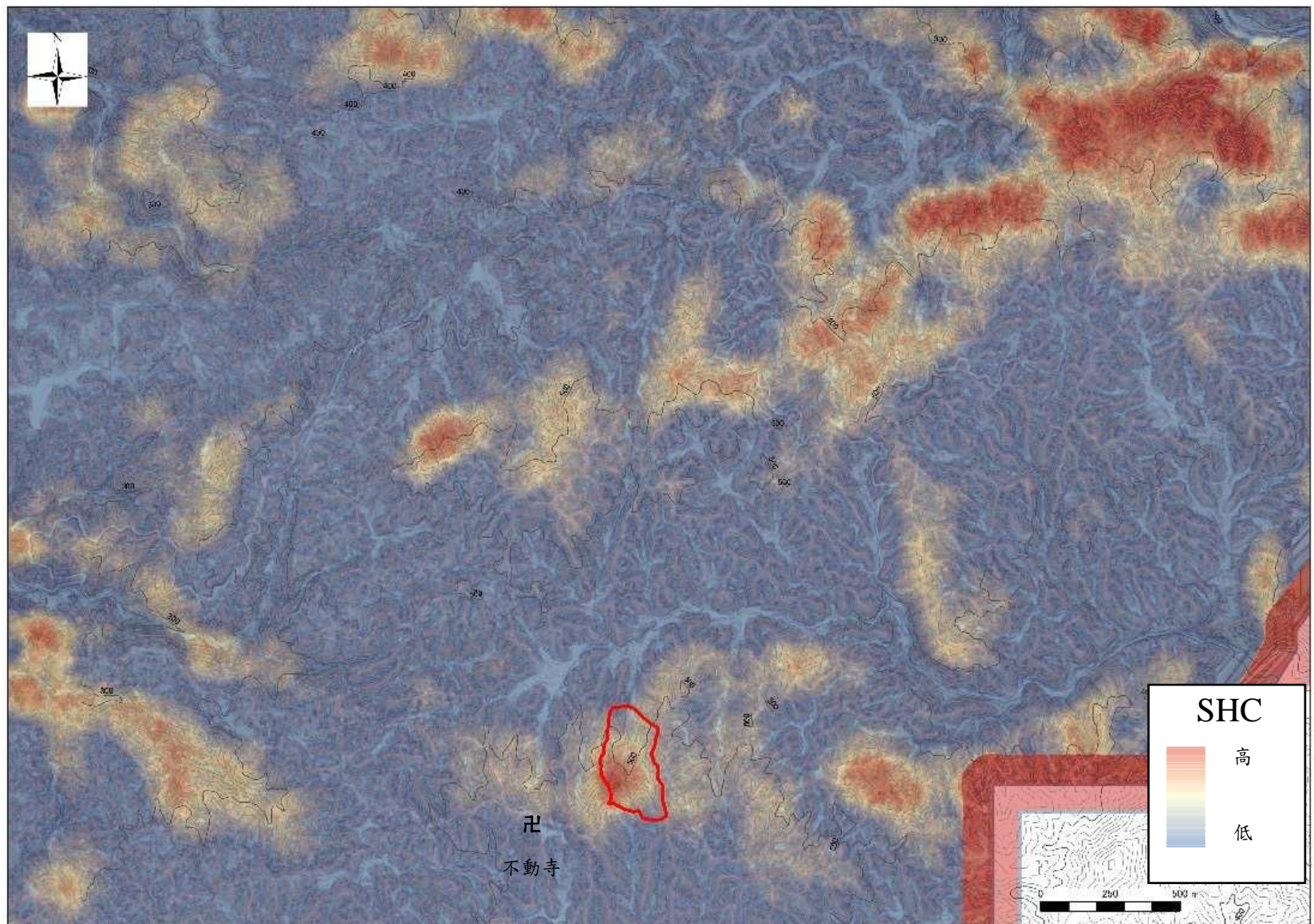
## 調查區的地質構造（推估）



滲入地下的水由特定不透水層湧出，在其下游處產生劇烈侵蝕



## ○分析案例2 （滋賀縣田上：花崗岩）

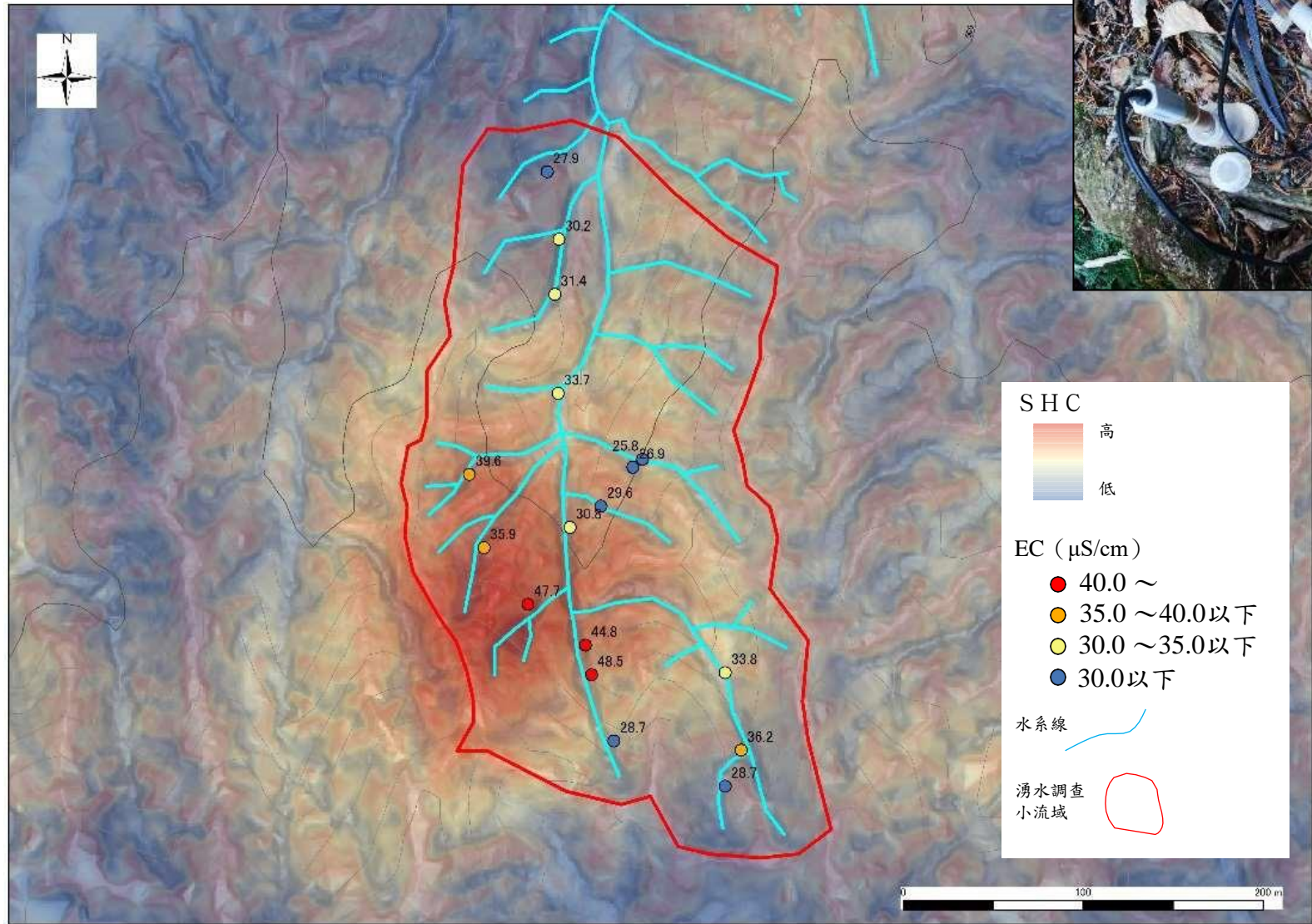


CS 立體圖套疊 SHC（平面曲率標準偏差）成果圖

主要分布在 SHC 數值較高的區域



○分析案例2 （滋賀縣田上：花崗岩）



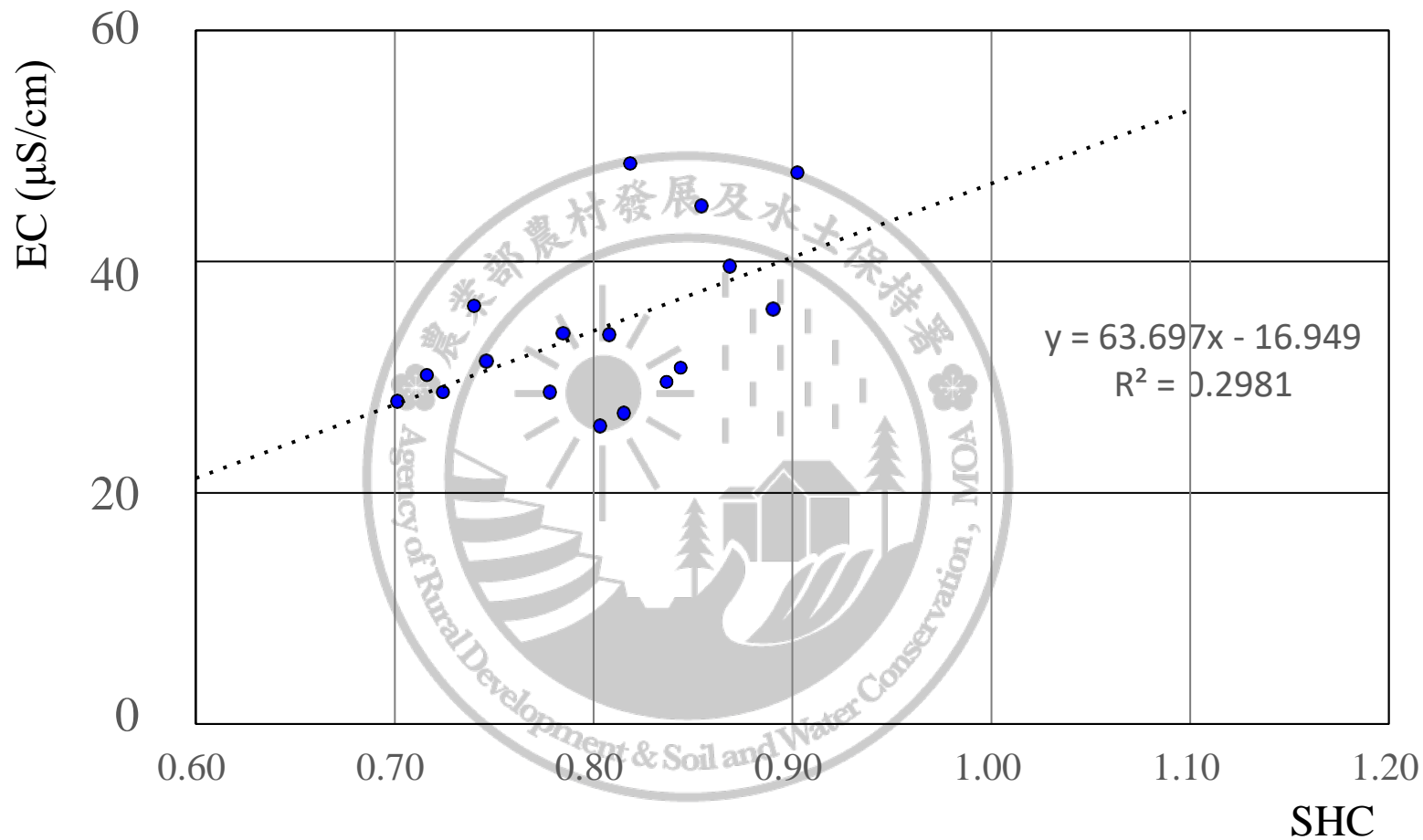
HORIBA ES-51

量測小流域湧水地點的導電度 (EC)

SHC 數值較高的地點，EC 也高

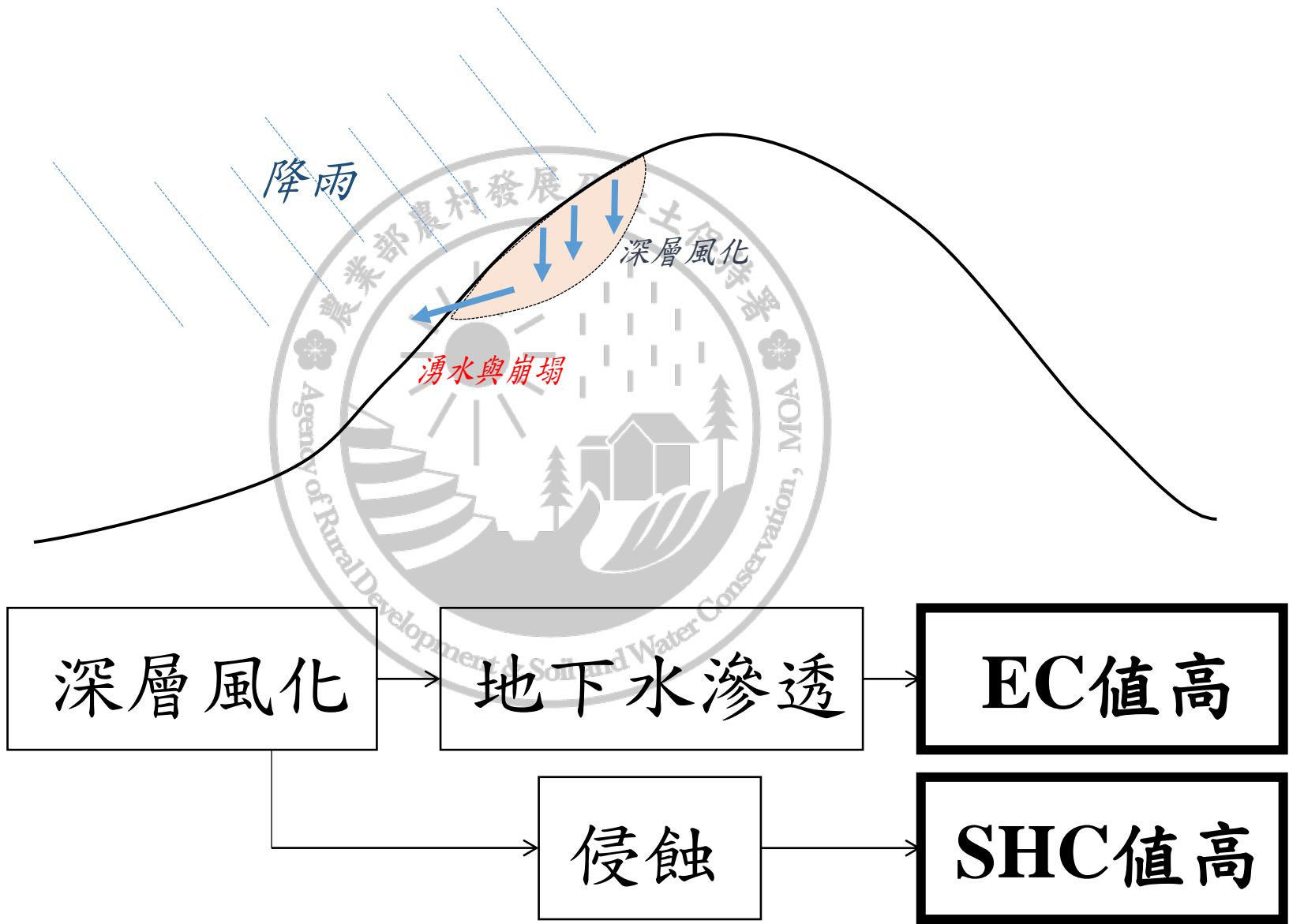


## ○分析案例 2 （滋賀縣田上：花崗岩）



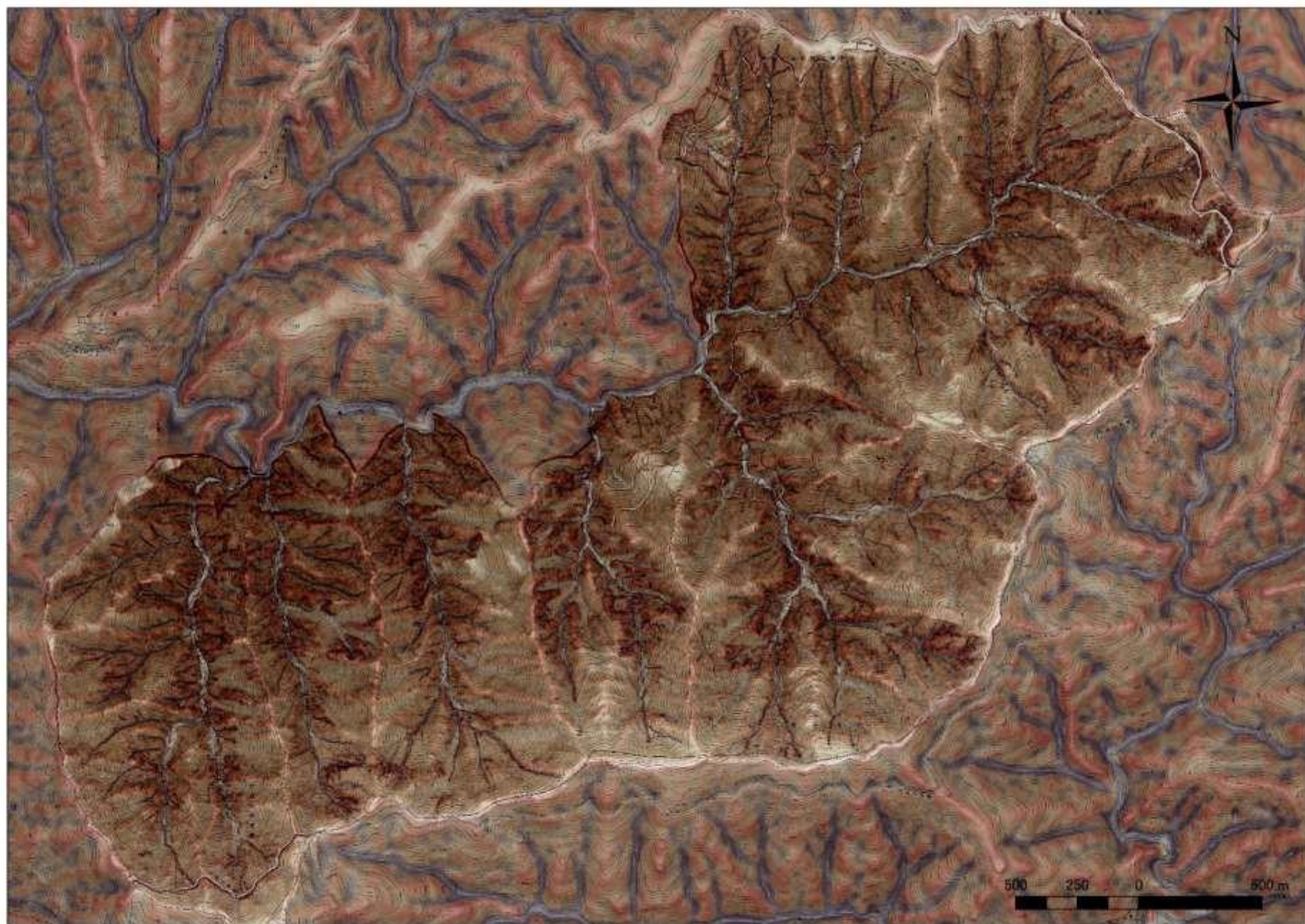
- SHC 與 EC 具正向關係
- SHC 數值較高的地點，風化較嚴重

# 調查地點的地質構造（推估）



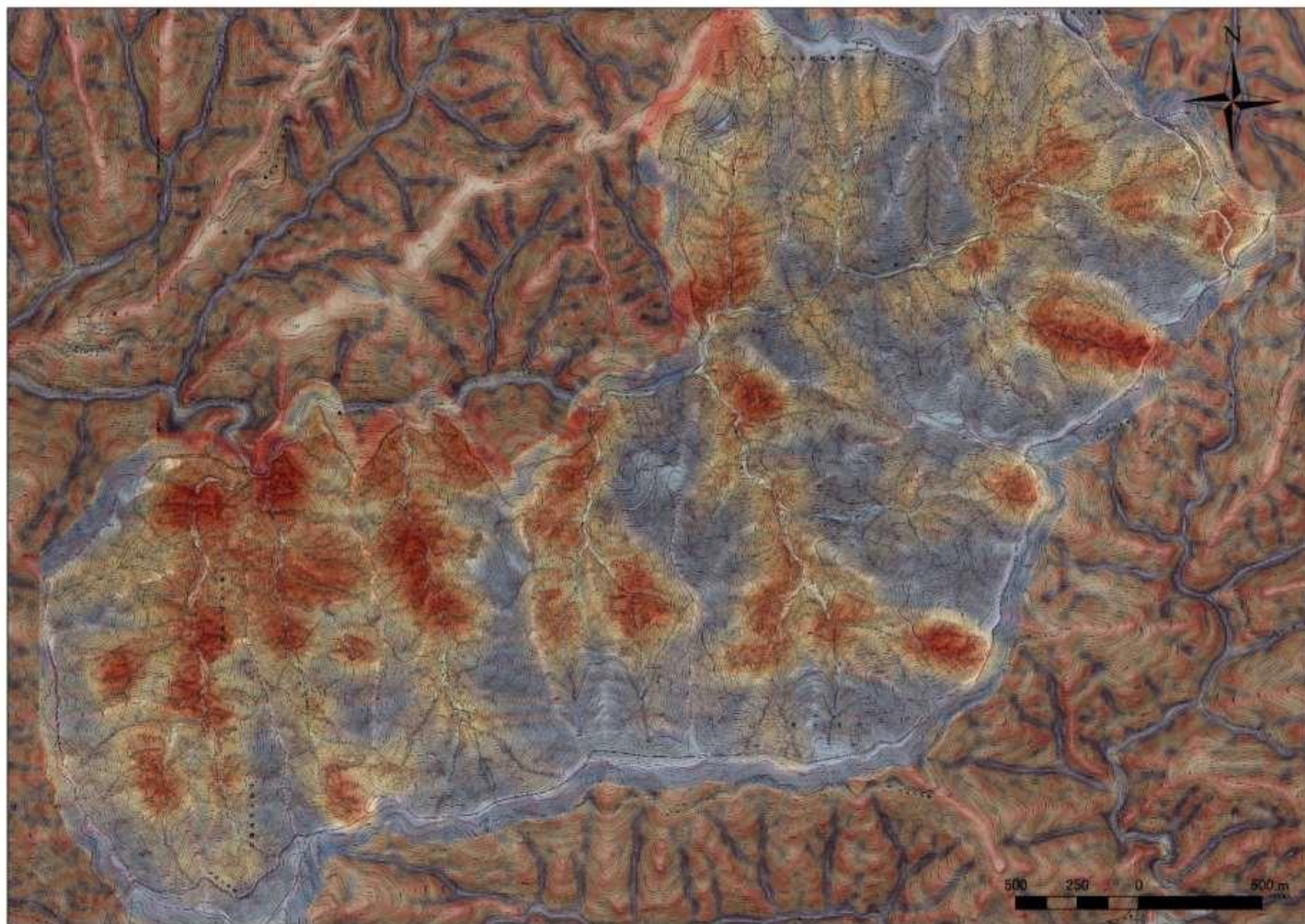


# ○分析案例3（和歌山縣有田川町：沉積岩）





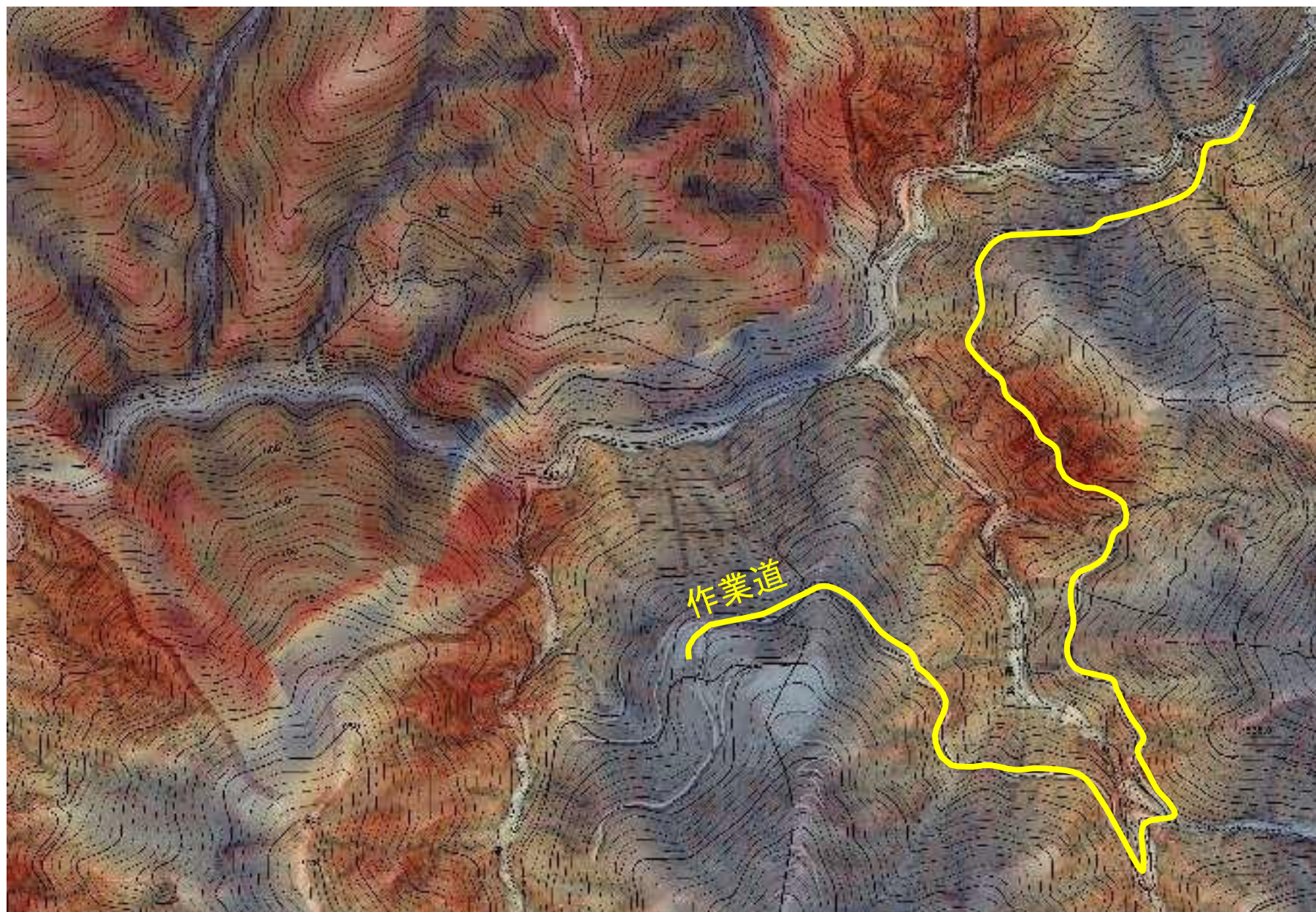
# ○分析案例 3 （和歌山縣有田川町：沉積岩）



CS 立體圖套疊 SHC 成果地圖 62



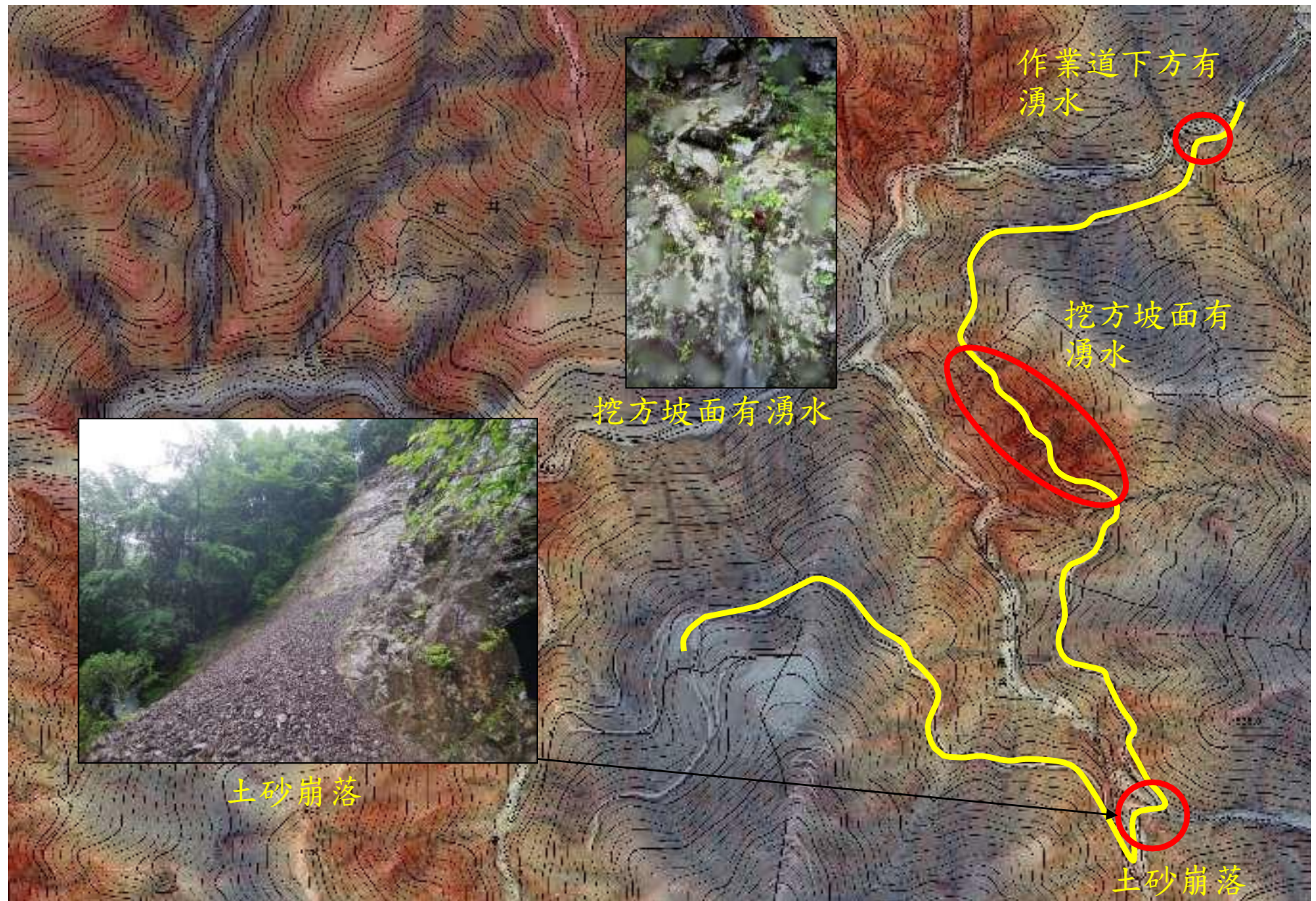
# ○分析案例3（和歌山縣有田川町：沉積岩）



2018.7.5 現地調査



# ○分析案例3（和歌山縣有田川町：沉積岩）

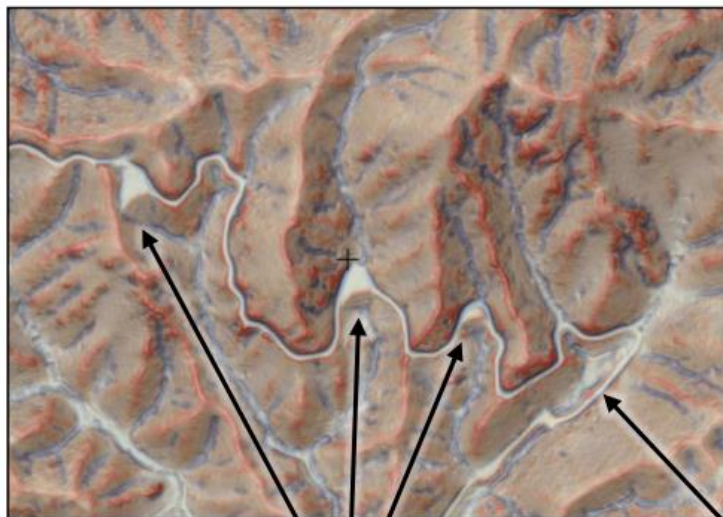


2018.7.5 現地調査



## (6) 人為改變地形

<判釋案例(路廊)>



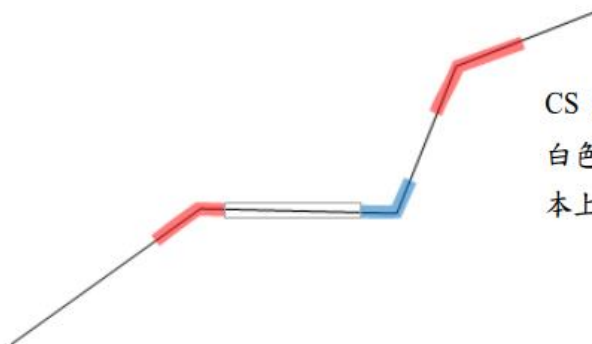
摘自：岐阜縣CS立體圖

填方

路廊線形



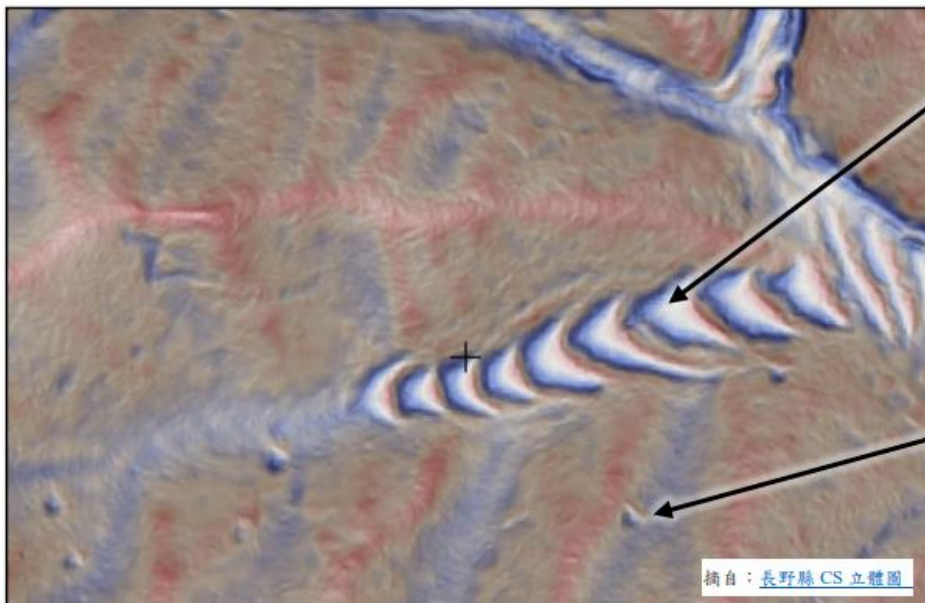
緯度：35.6424  
經度：136.9896  
岐阜縣



CS 立體圖紅色代表凸地形，藍色代表凹地形，白色代表平坦地形。人為打造的平坦地形，基本上呈左圖所示彩色圖形。

人為改變地形模式圖

## (6) 人為改變地形



### 廢耕地

人工梯田痕跡。  
施肥常形成黑色土壤，有利於樹木生長，但進行植栽仍須選定適當樹種。

### 炭窯遺跡

乍看下像湧泉圖形，但其下方無水流與土砂流動痕跡，此乃淺山區常見地形。



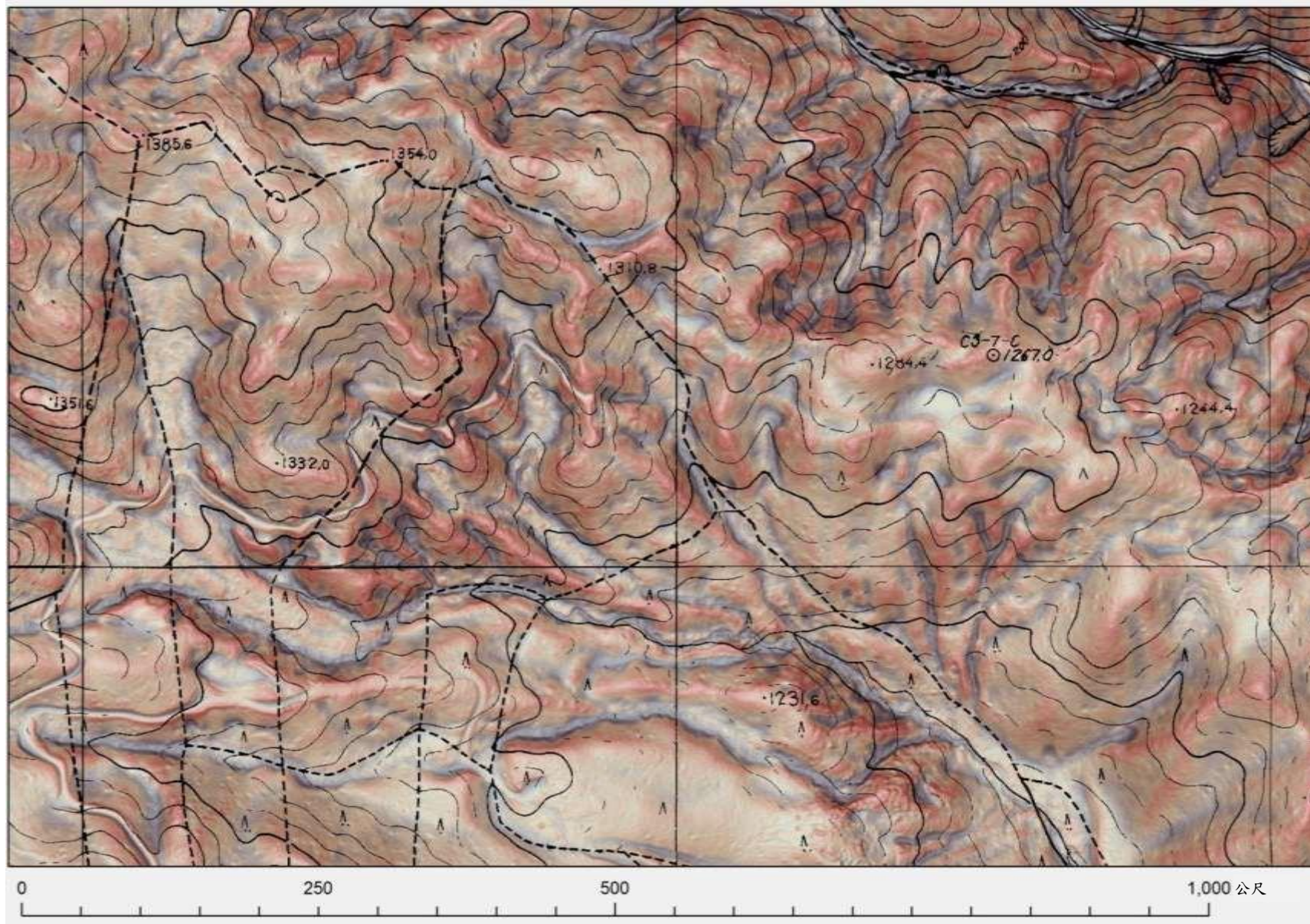
目前已經森林化的地區，無法從等高線地形圖或航空照片辨識出耕地痕跡與炭窯遺跡。



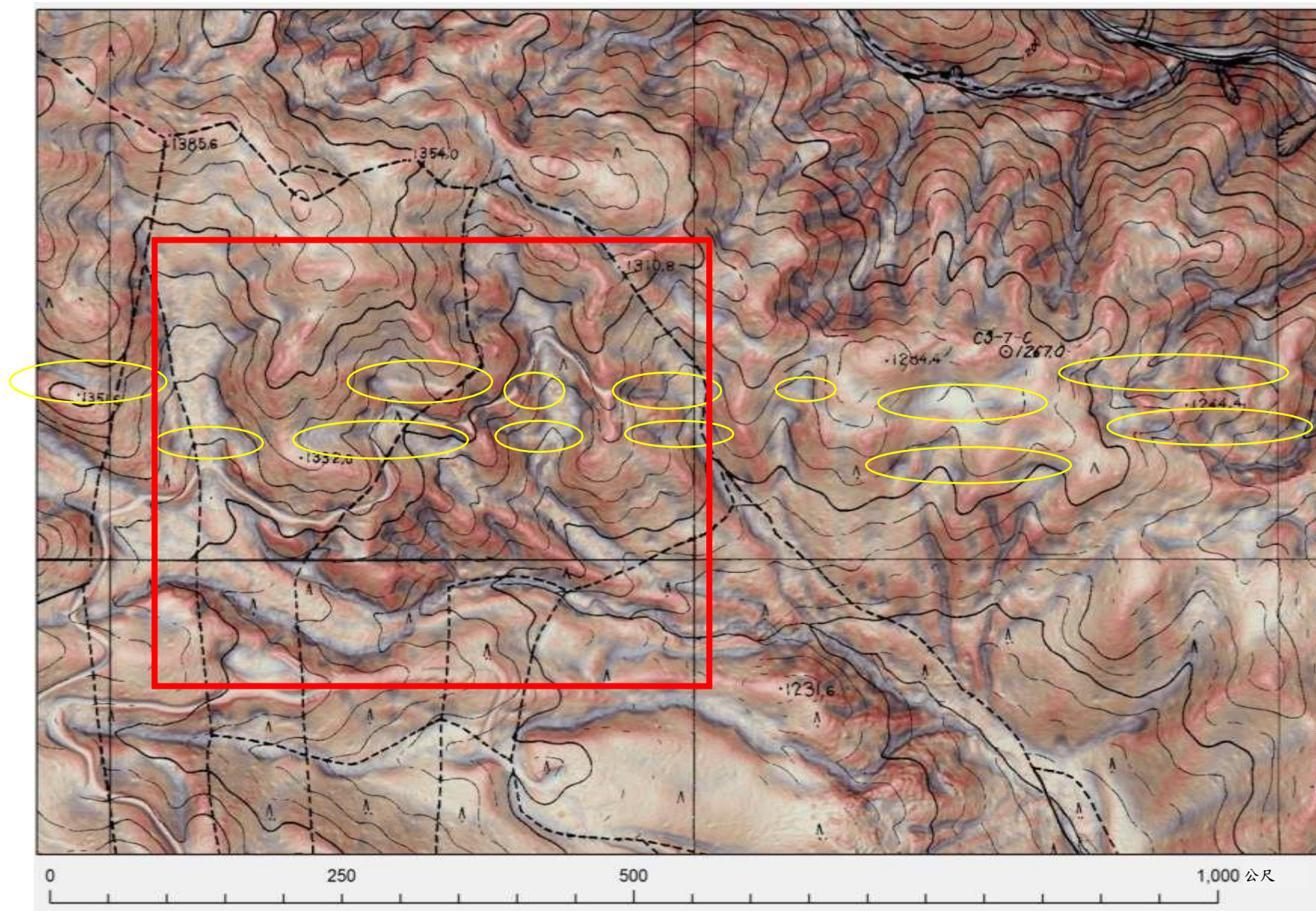
# 線性構造（斷層，lineament）

線狀地形



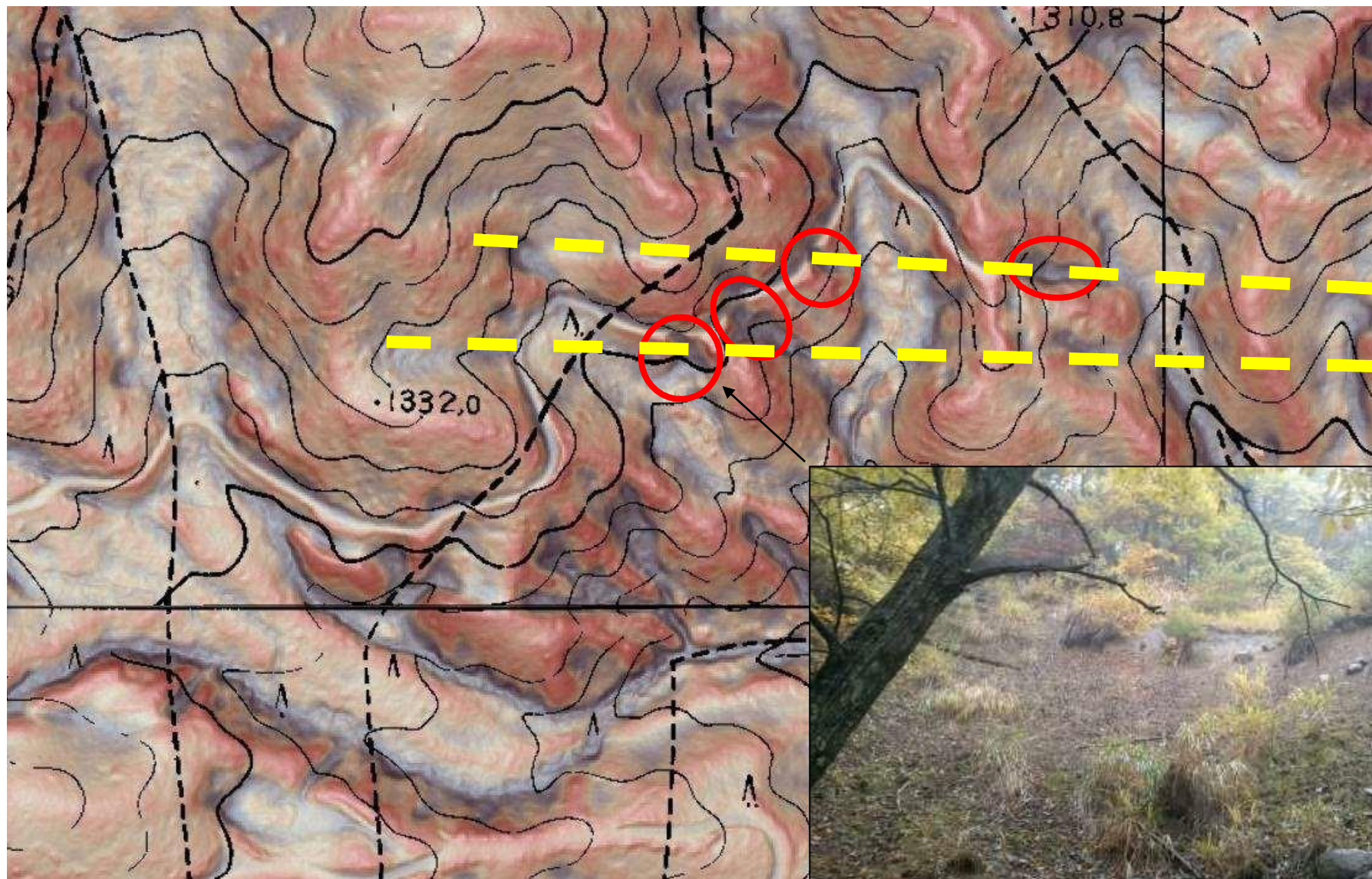






非平行於地形傾斜方向的凹地，有點奇怪



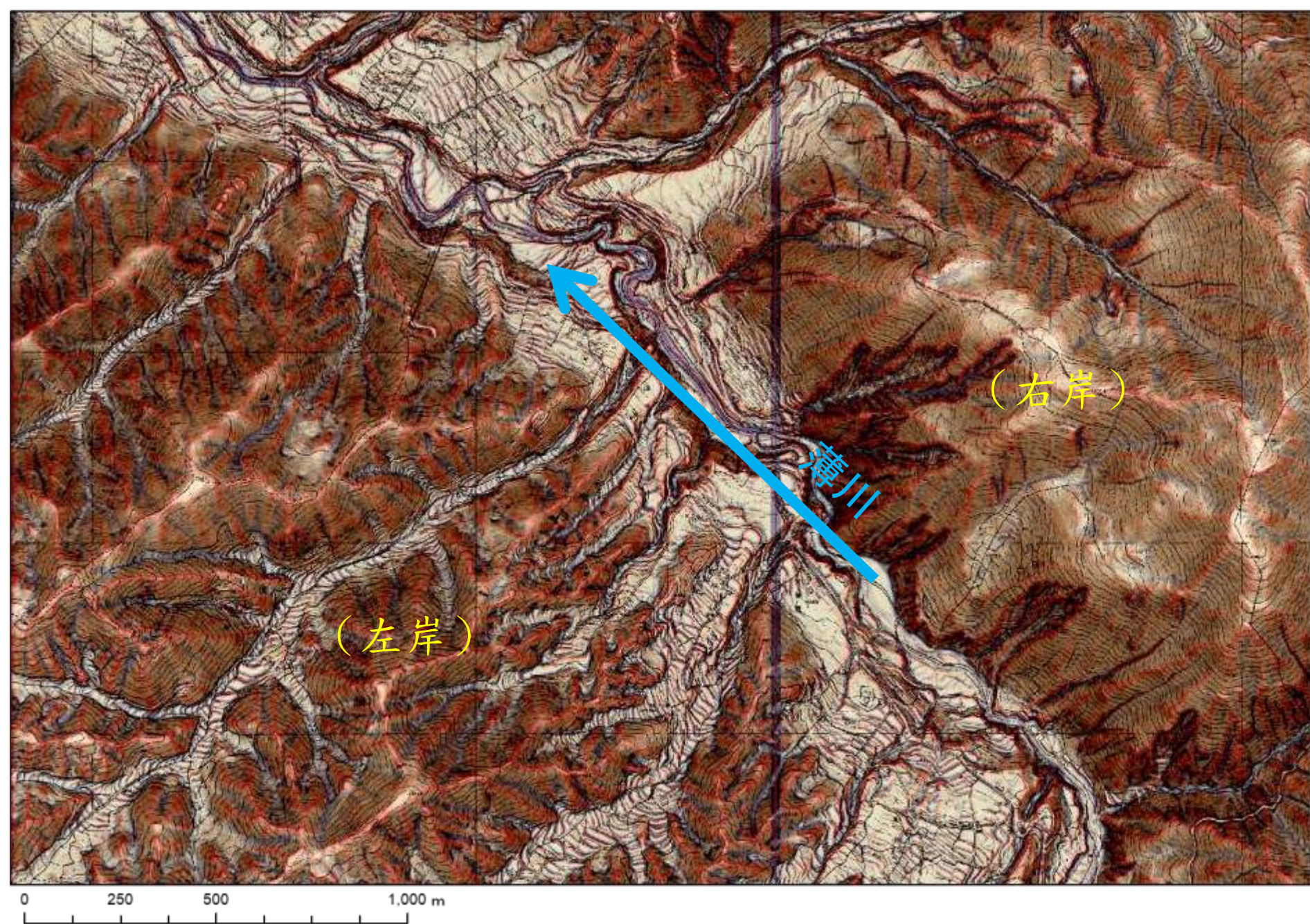


與線性構造交會處的作業道路常崩塌。（修復不易）





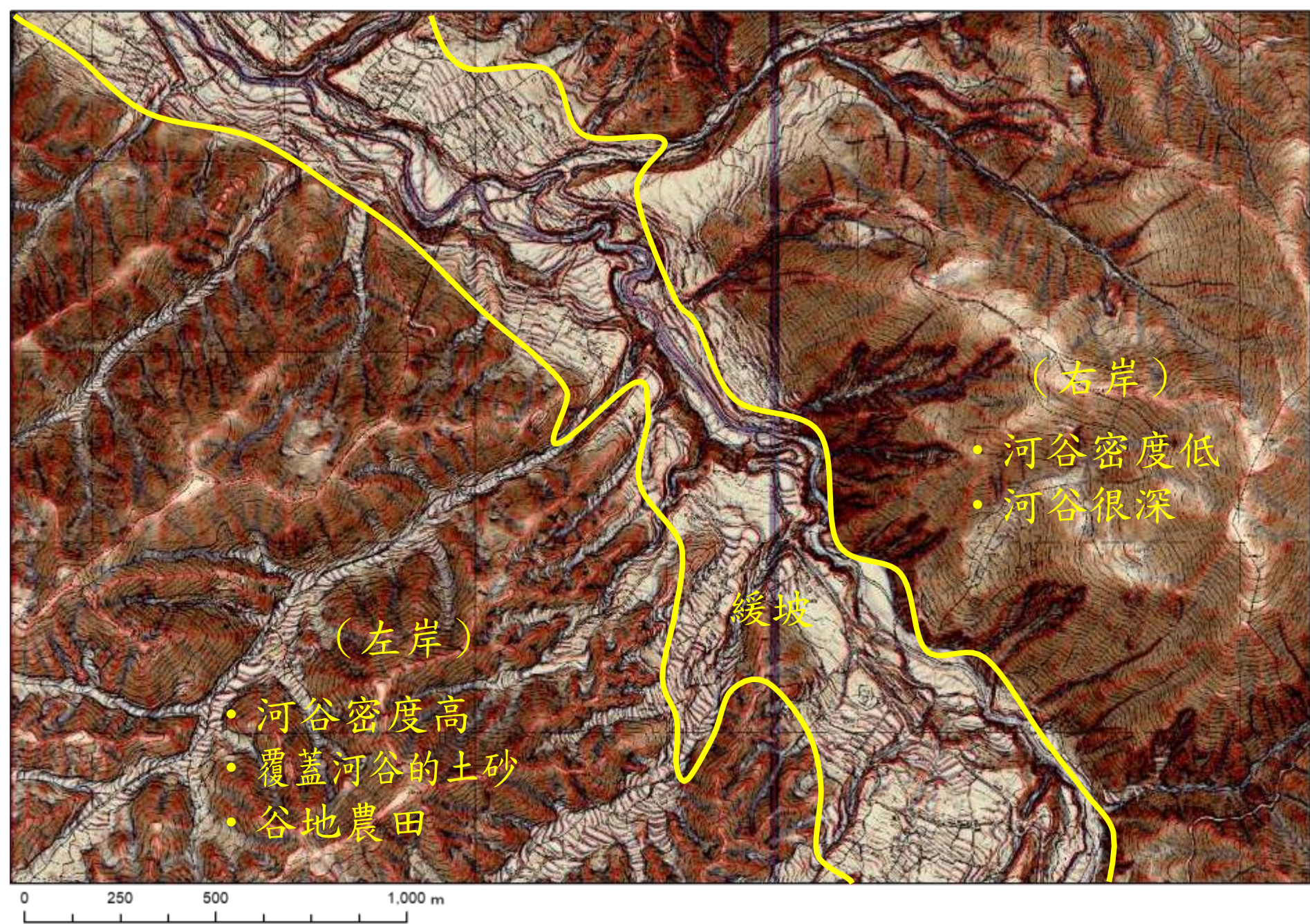




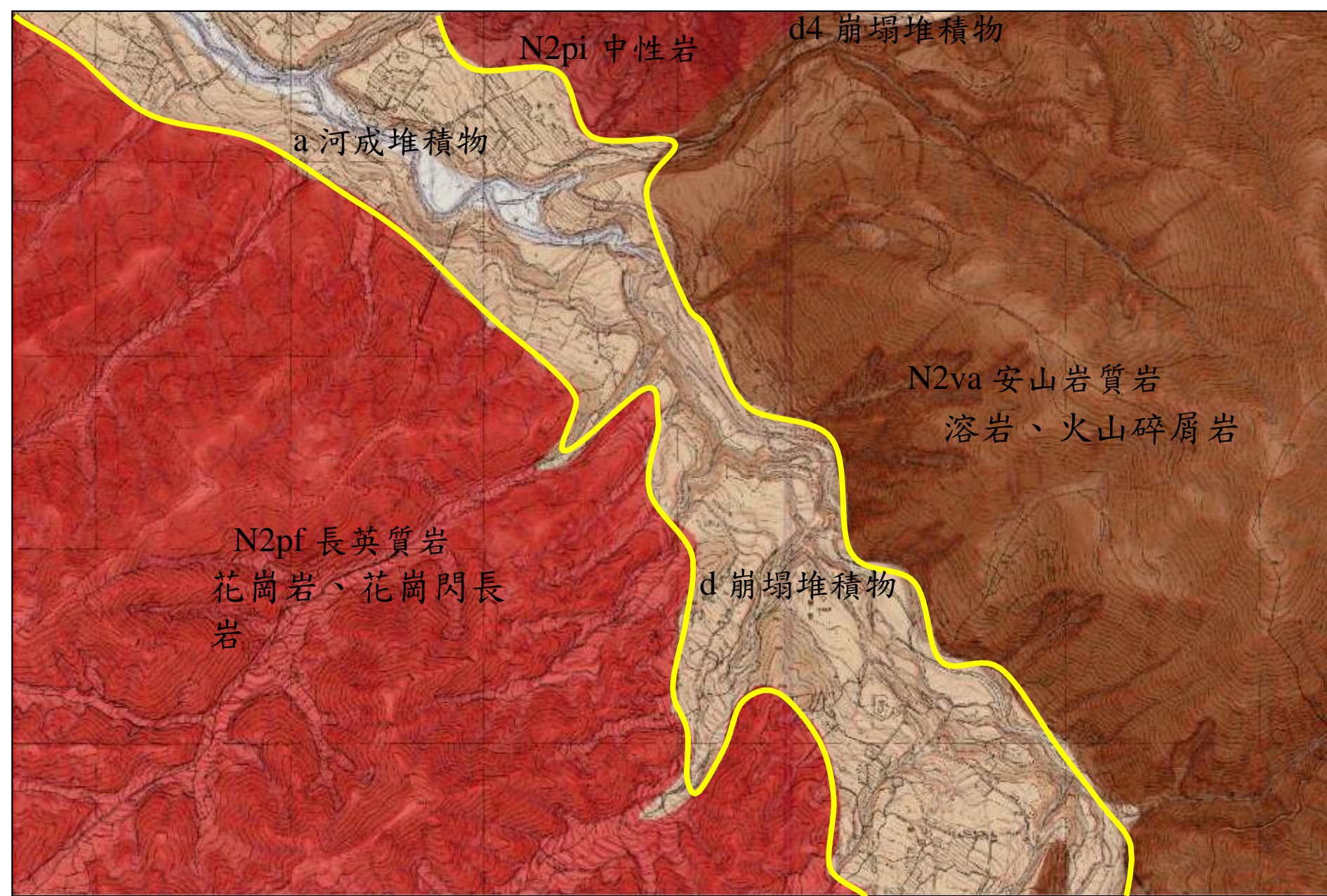
薄川東北側與西南側的地形不同

松本市薄川





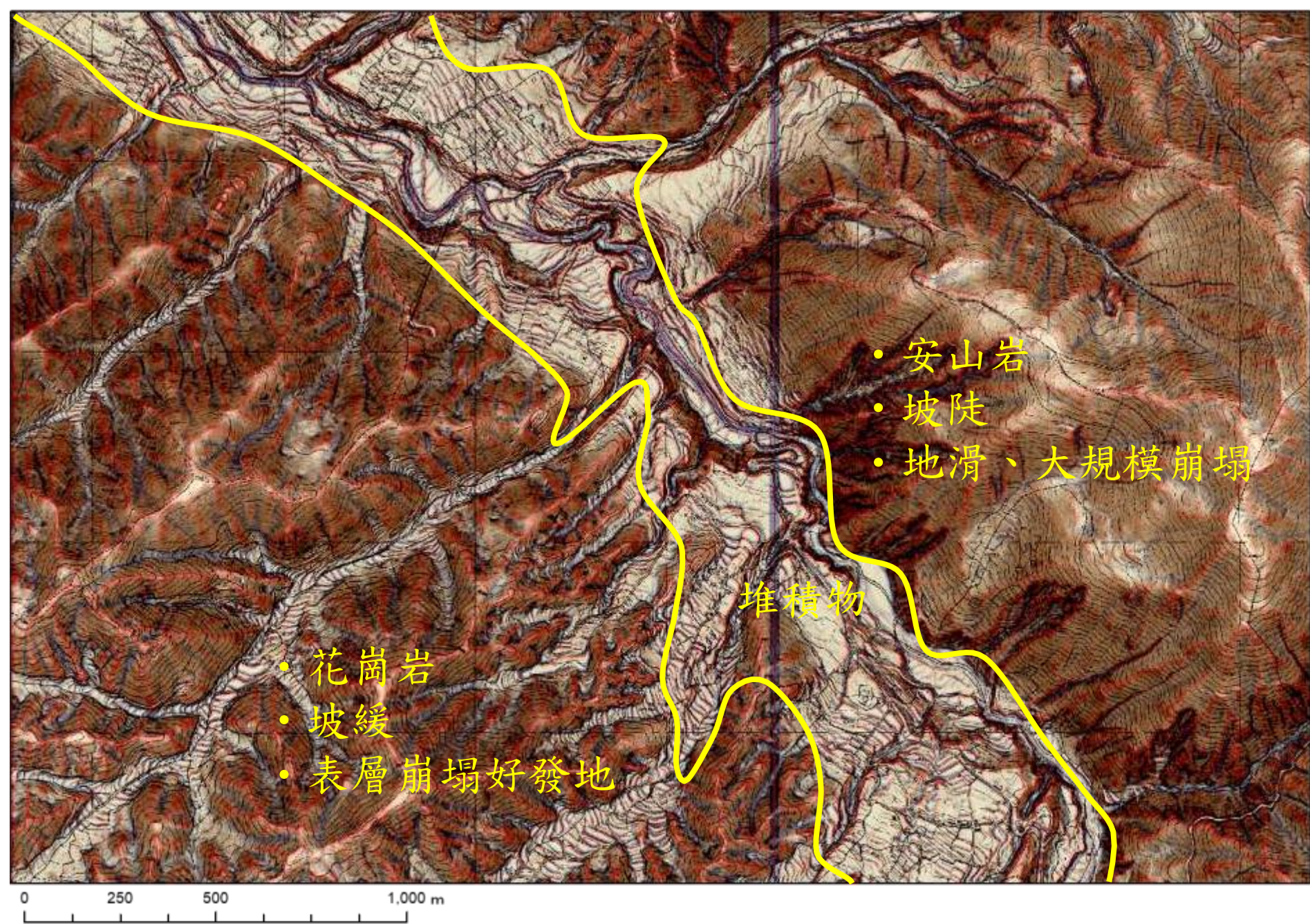




「長野縣數位地質圖 2015」 長野縣地質圖活用普及事業研究會編著

松本市薄川







# 地區防災

## CS 立體圖活用案例

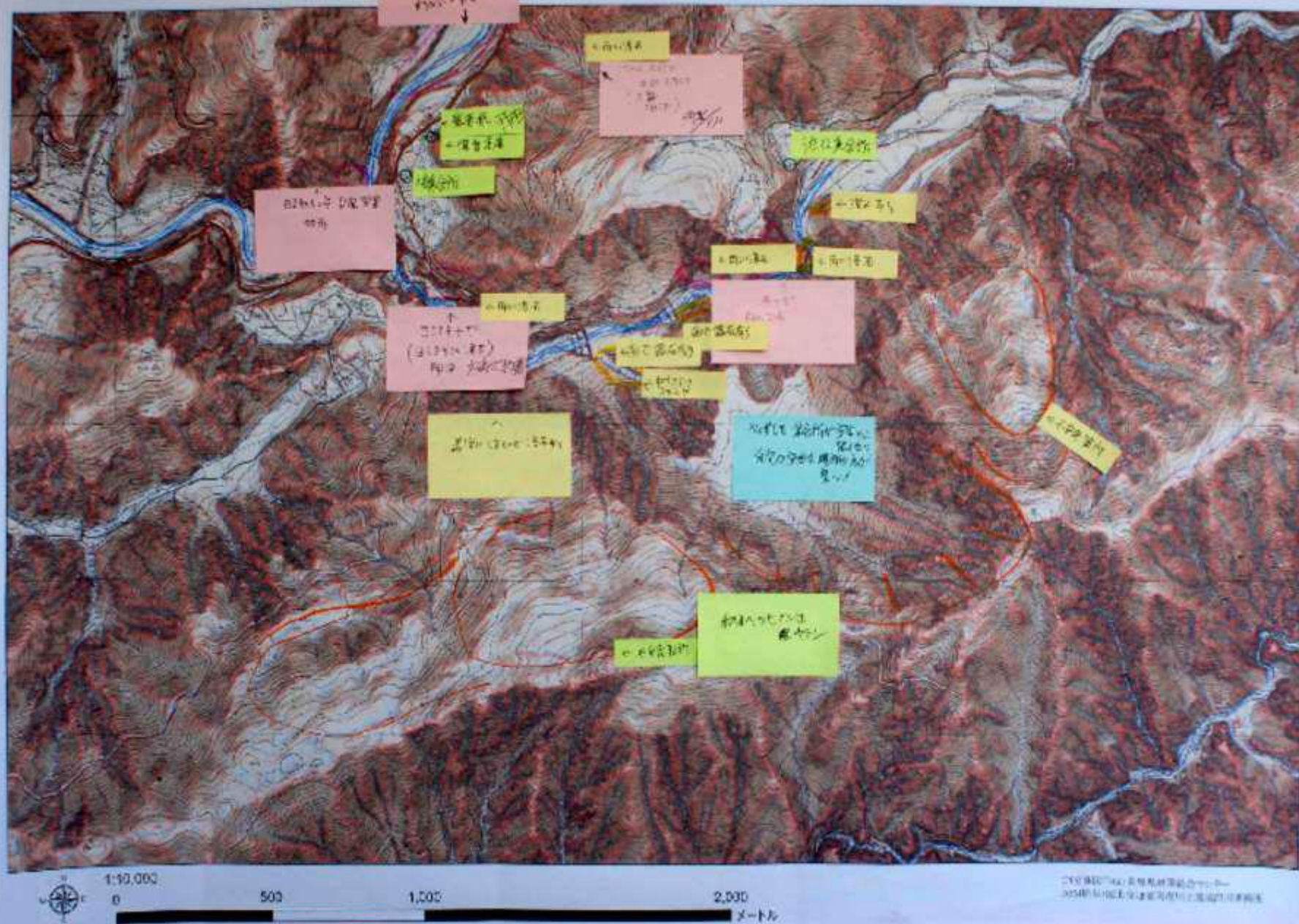




地區民眾合力製作防災地圖

（長野縣飯田市）





標籤紙寫上各種數據資料

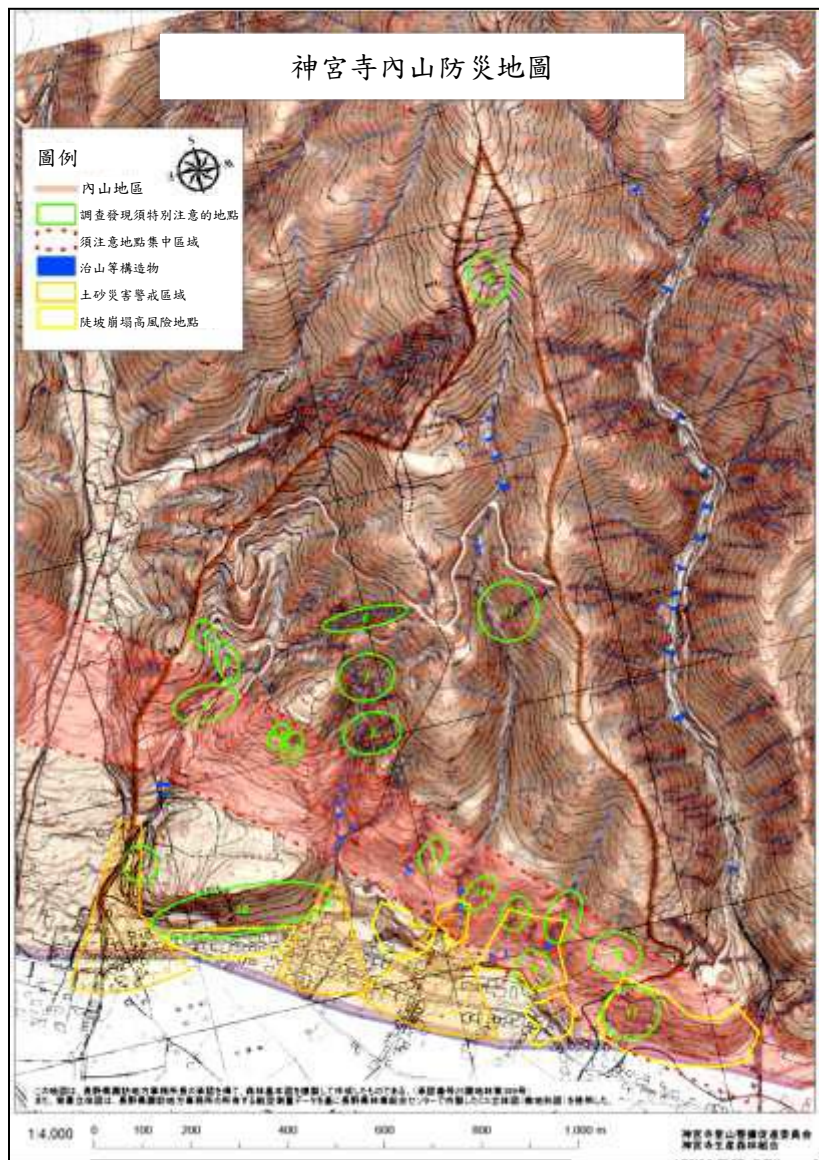




79



# 【活用案例】地區民眾自主製作防災地圖 應用於崩塌危險地點巡視時



諏訪市神宮寺地區民眾製作的防災地圖



居民手持自製防災地圖，一一  
點檢崩塌危險地點



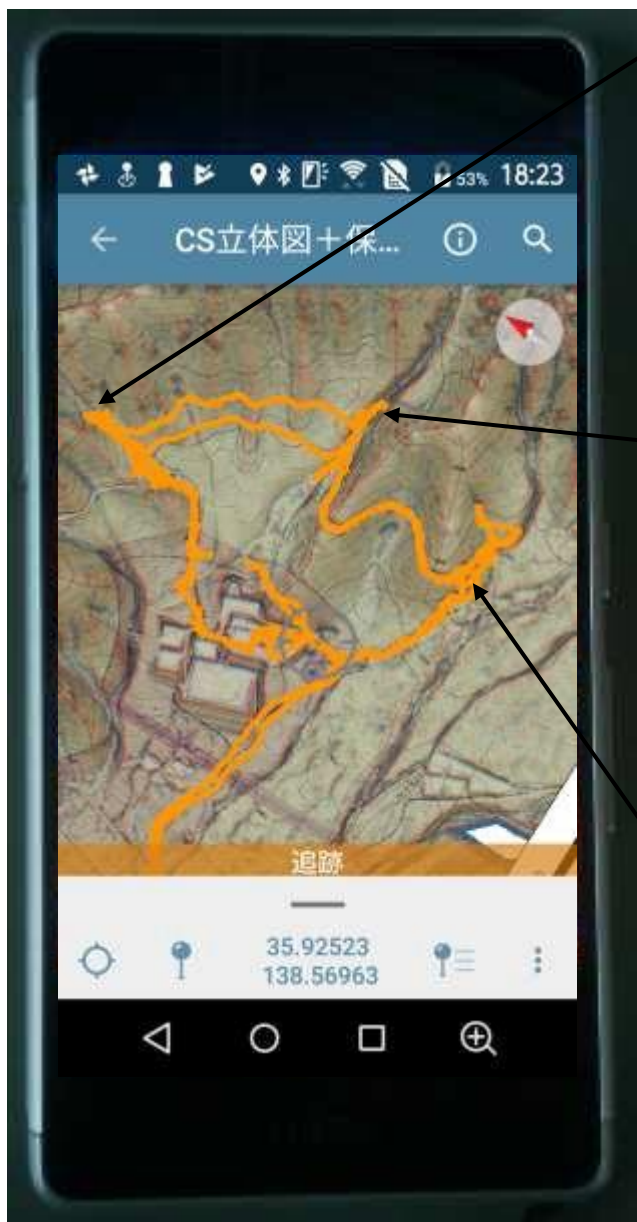
## 智慧型手機的應用

智慧型手機地圖 APP 下載  
CS 立體圖，利用 GPS 導航，  
能有效率地調查森林

(長野縣諏訪市)



# 應用於災害應對之案例



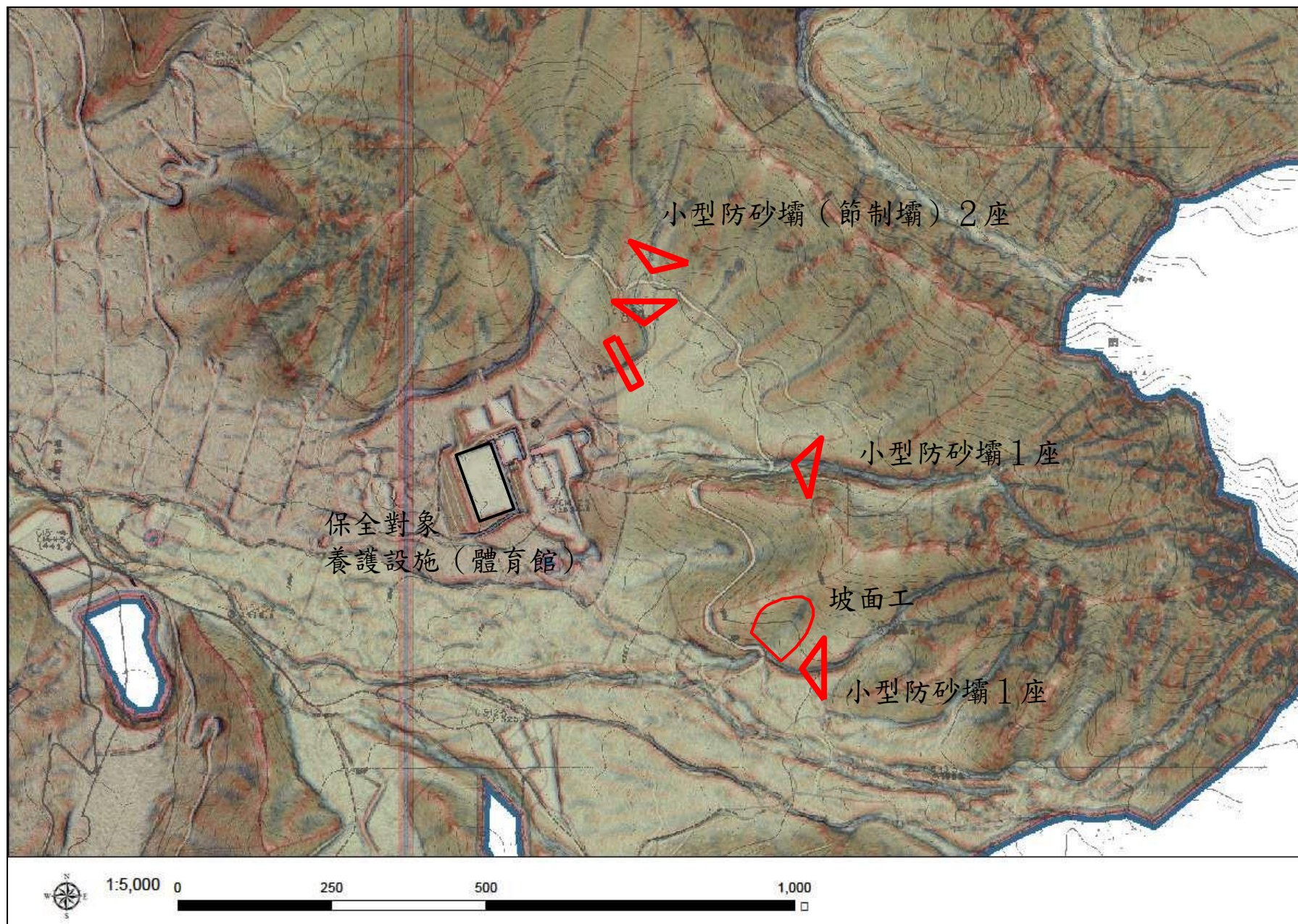
智慧型手機APP



2019.10.21

颱風第19號災害調查 (川上村)





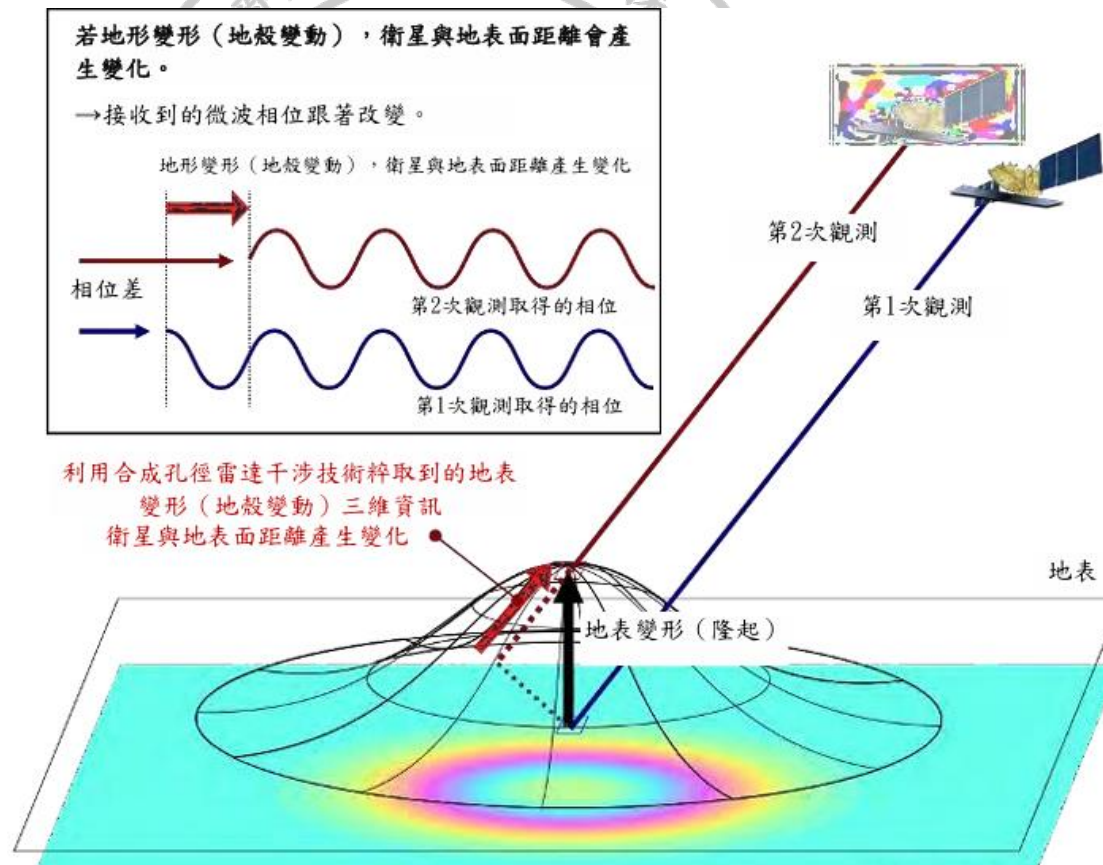
【地形變化可視化】

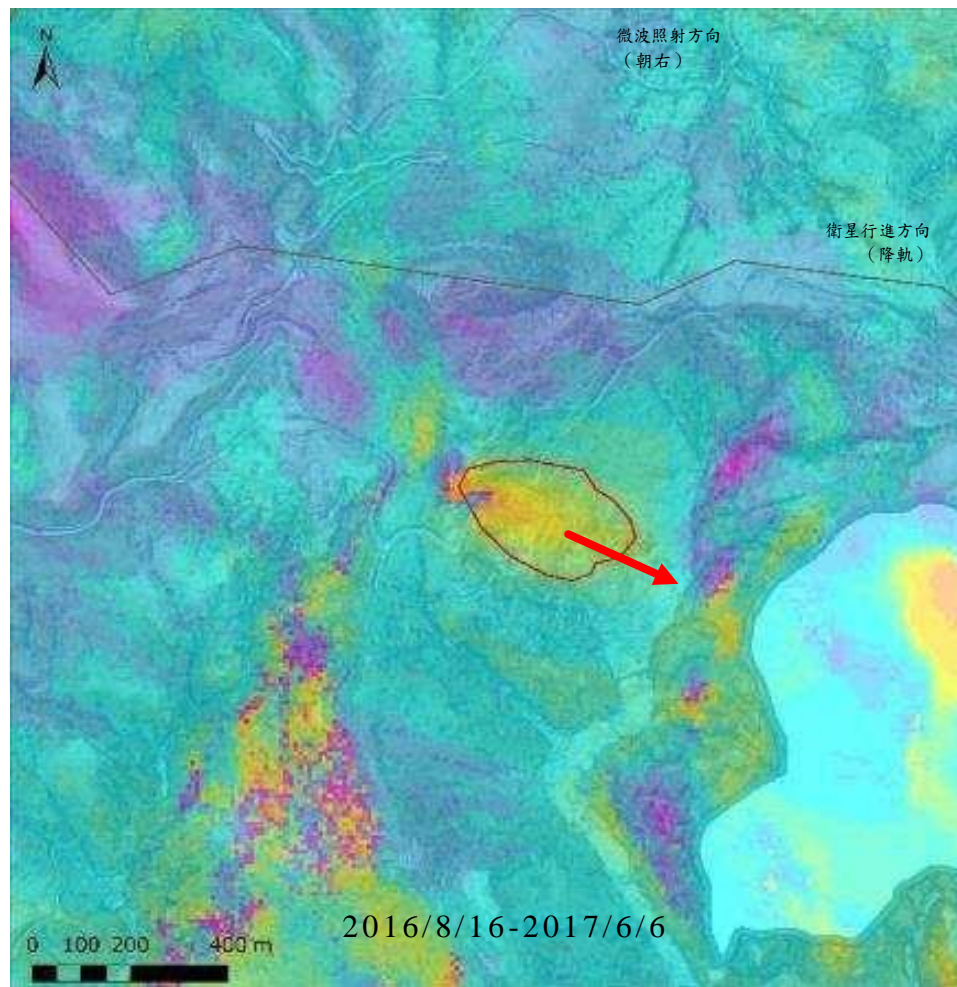
# 干涉 SAR 分析



# 所謂干涉 SAR

分析二時期雷達微波回傳數據，能得到地表變動量  
在數公分級精度的測量技術。



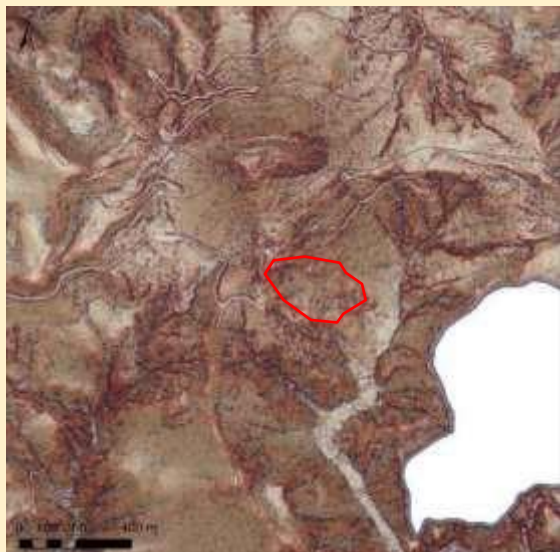


## 干涉 SAR

優點：能量測到目前的微小地形變動

缺點：無法精準取得絕對值，觀測值之中有許多受大氣、地形與植生等影響所產生的雜訊

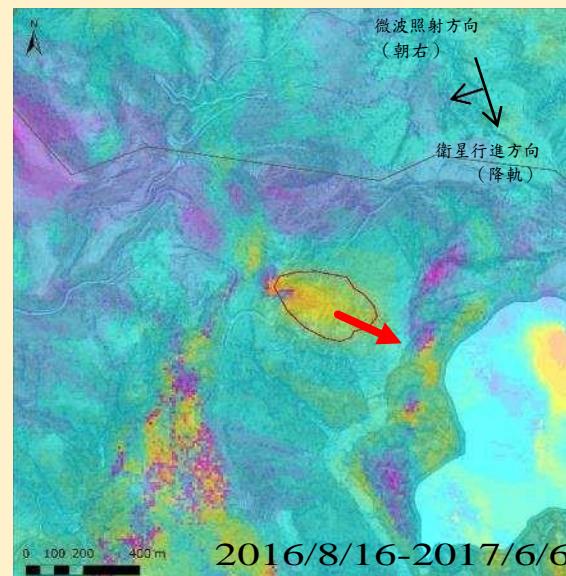




### C S 立體圖

優點：地形判釋容易

缺點：無法看出地滑是否正在滑動

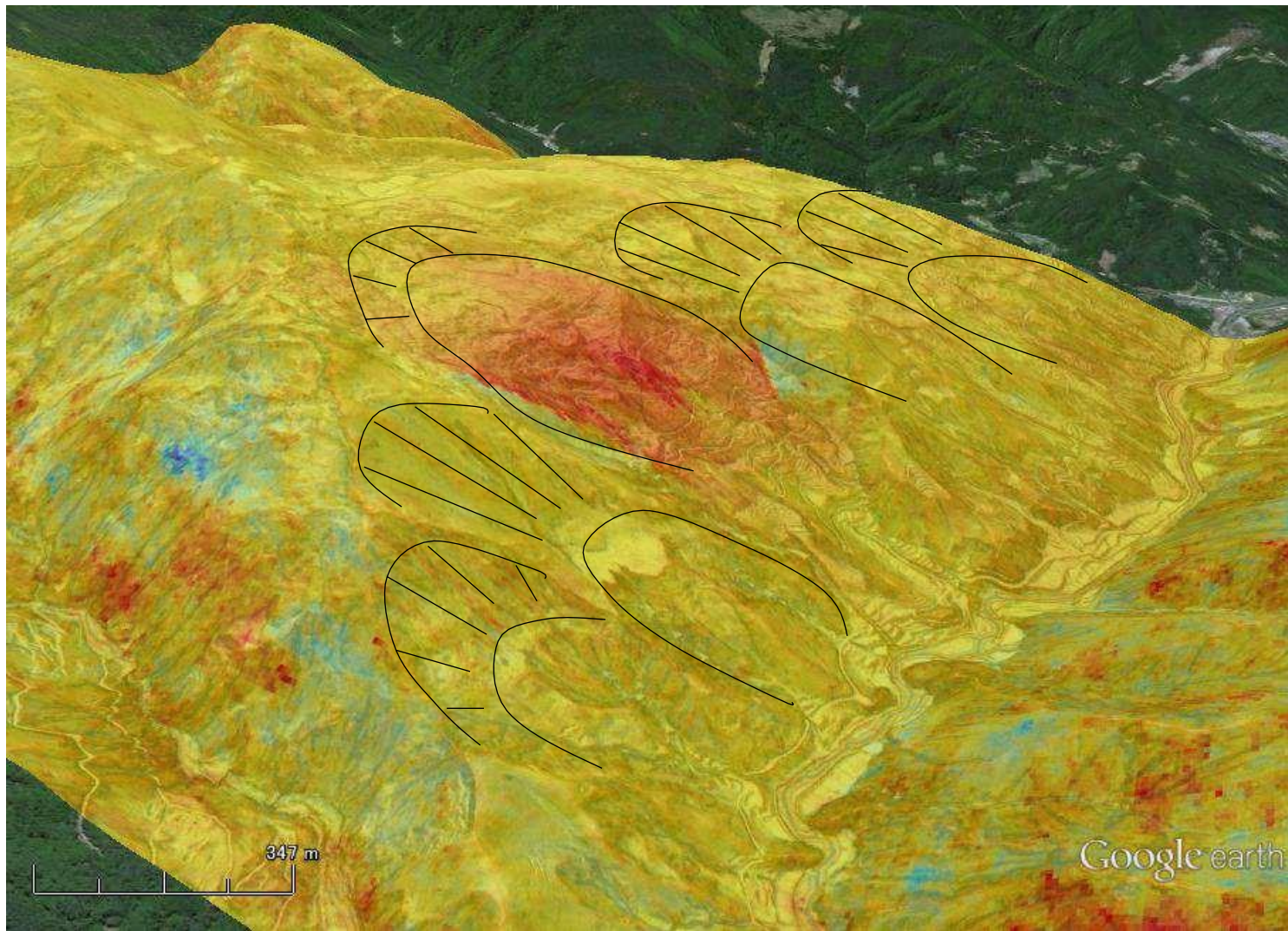


### 干涉SAR

優點：能量測目前的地形變位

缺點：無法精準取得絕對值，  
所取得的數據有很多雜訊。

合併使用能萃取出正在滑動的地滑危險區

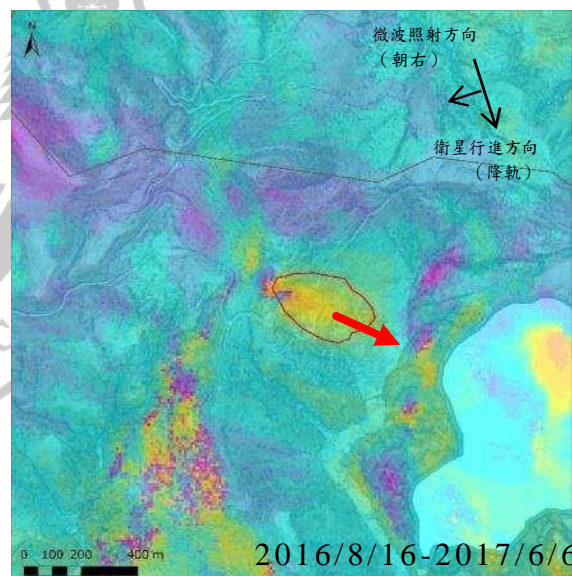
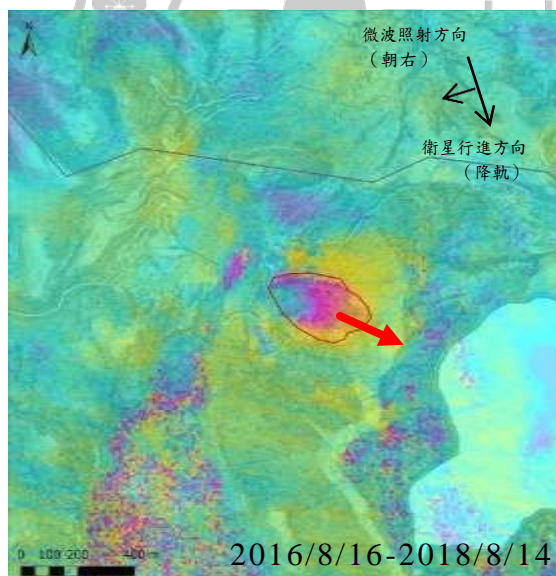
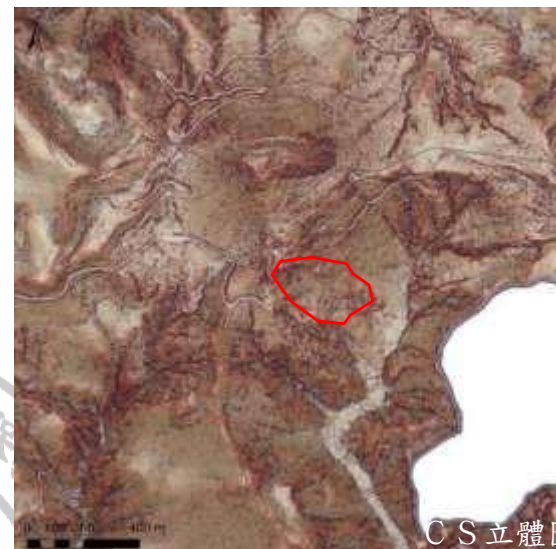


套疊 C S 立體圖與干涉 SAR 圖像，能萃取出正在滑動的地  
滑危險區

（長野縣大鹿村）



## 高山村笠岳



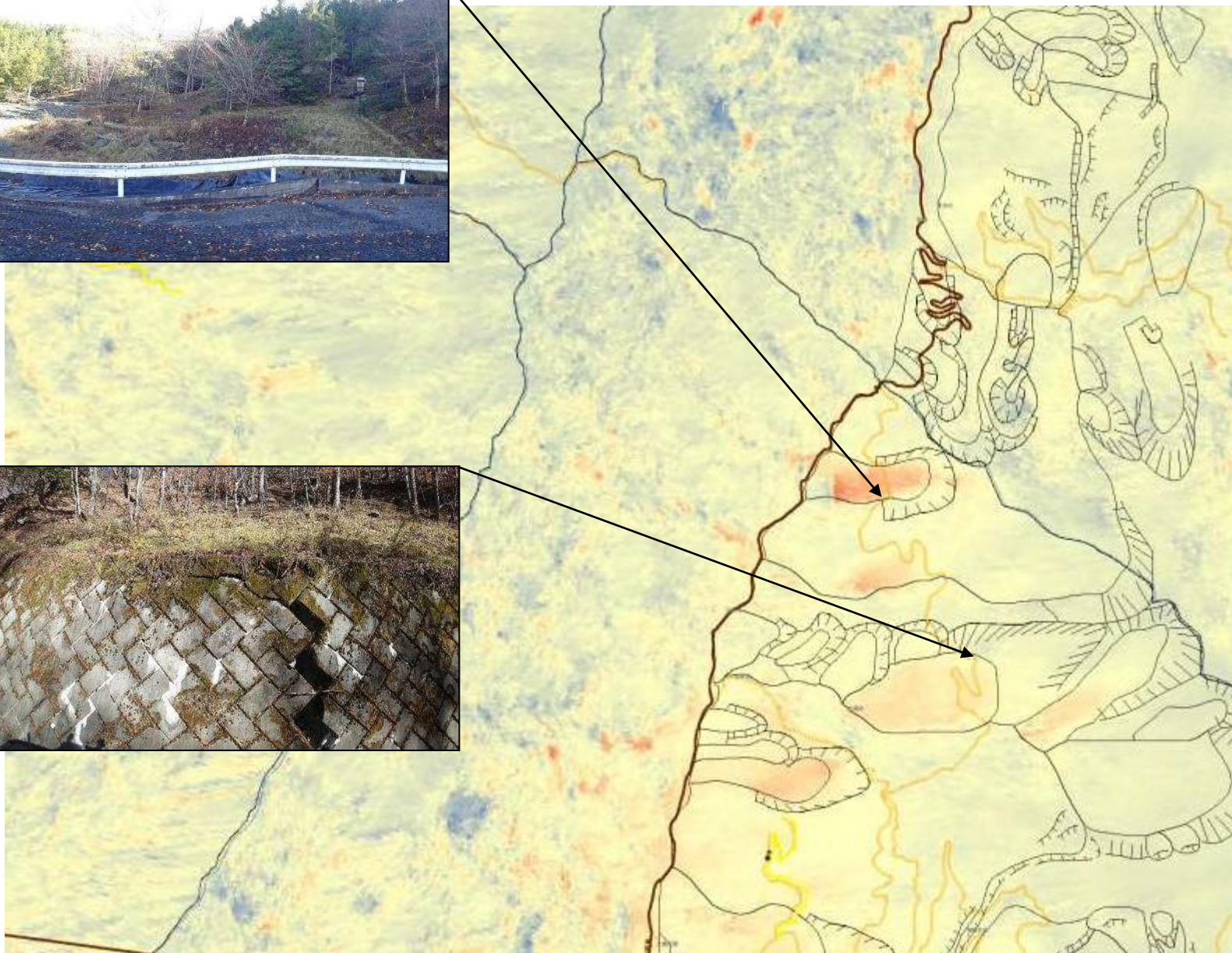
日本某縣政府治山課發包，2018 年度起實施全縣規模的地形干涉SAR 分析（找出 140 個地表面變動區）

## 現地調査



現地查核干涉 S A R 分析所萃取的地滑危險區，確認其地形變位狀況





現地之確認，絕對必要！

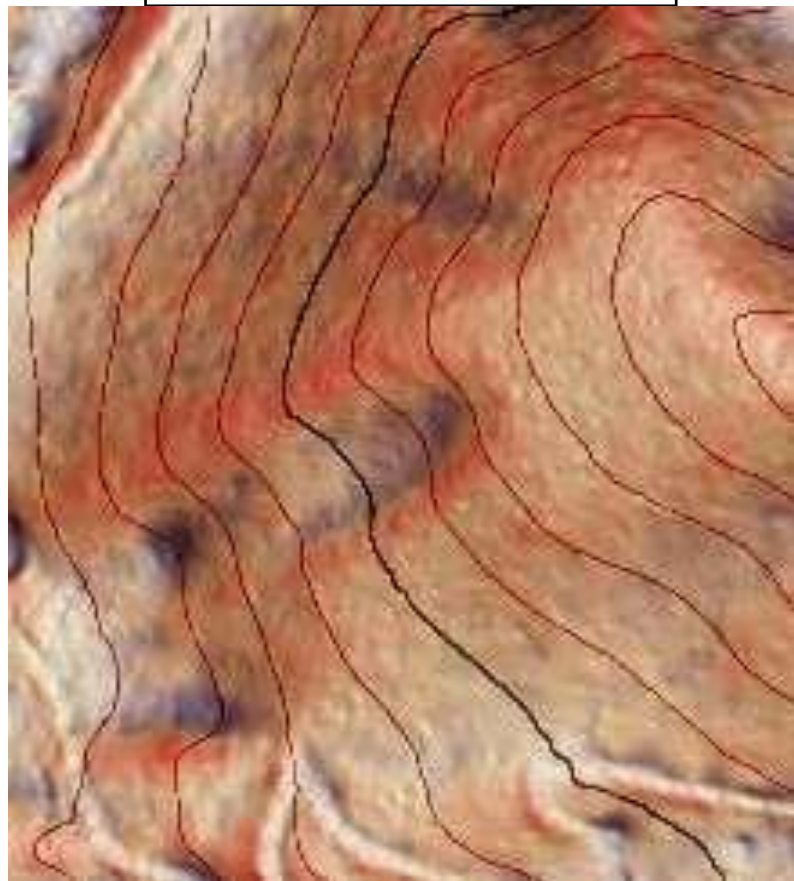
（長野縣飯田市）

【地形判釋自動化】

# AI 判釋崩塌危險區



2009年（災害前）



2012年（災害後）

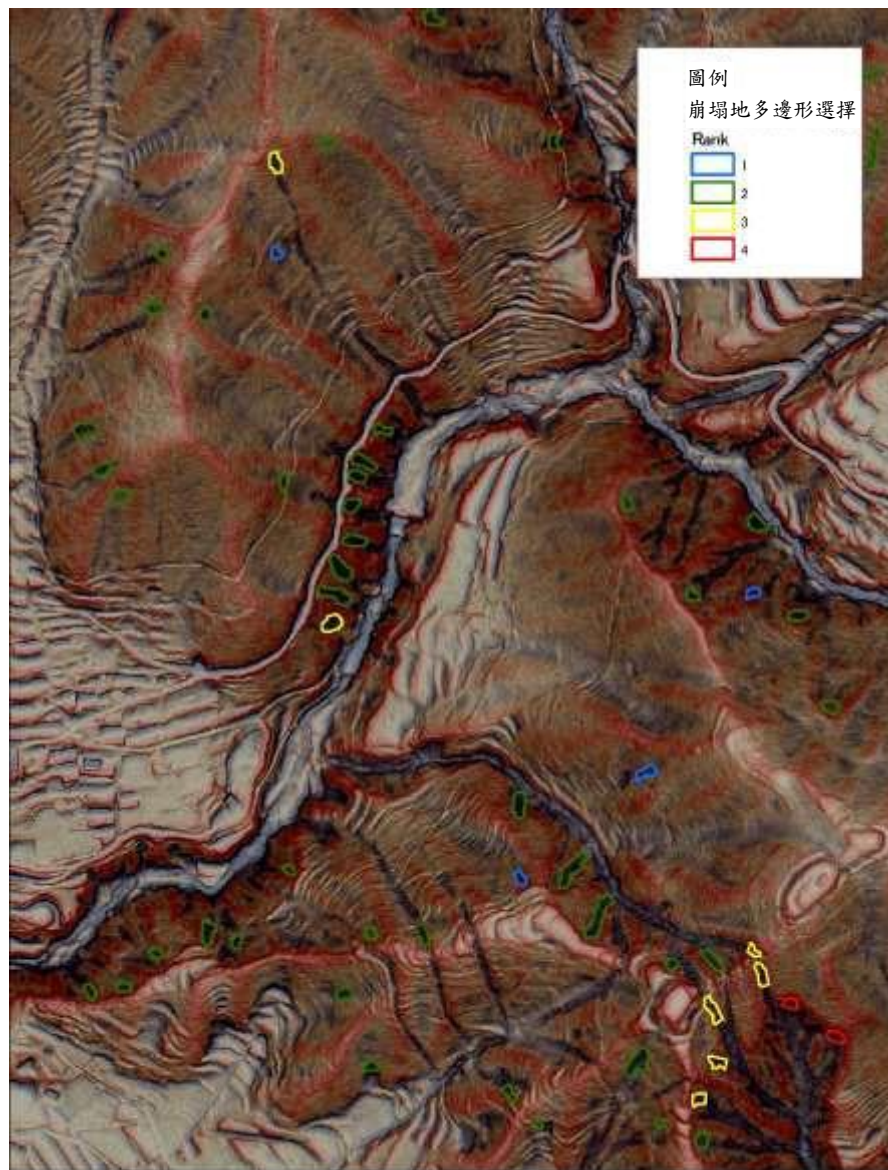


崩塌災害發生前出現淺凹地形。

相同地點反覆發生崩塌

AI 能精準找出崩塌危險區

# 崩塌地訓練資料製作（2018年度成果）



## 崩塌遺跡地形的萃取作法

(1) 植生高度較低  
DSM - DEM 低於周邊地形

(2) 凹地形上部進行地點  
標示

(3) 目視判釋 CS 立體圖，  
以多邊形圈繪出來



0 50 100 200  
m



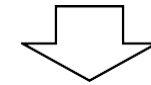
## 【訓練資料】

長野縣松本地區東部

判釋條件

- 植生高度較低  
(利用  $DCHM = DSM - DEM$   
，即「數位樹冠高度模型」)
- 崩塌遺跡（凹地形）

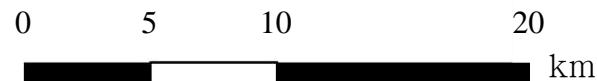
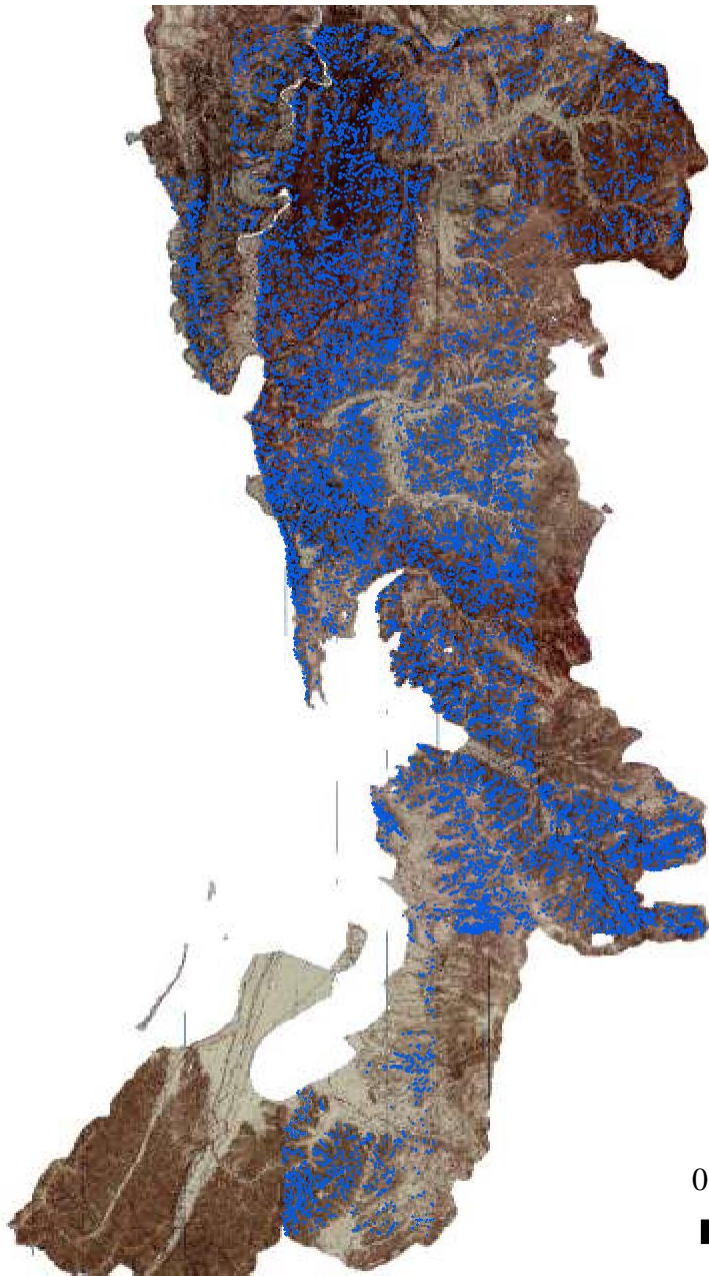
16,892處



## 【AI 深度學習】

Mask R-CNN（影像物件分割演算法）

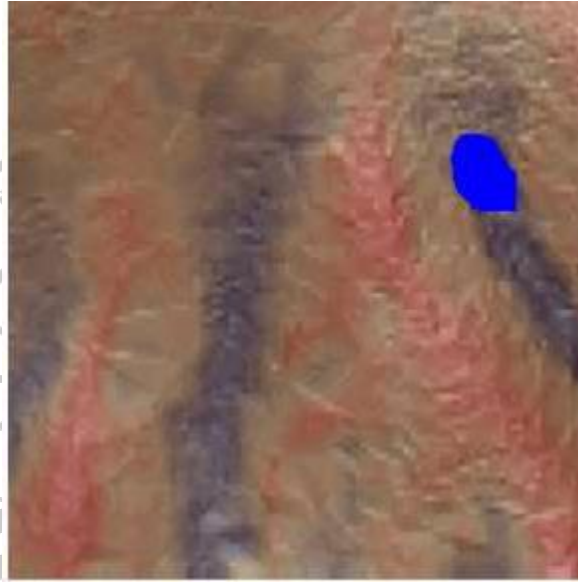
（Northern System Service Co., Ltd., Japan）



C S 立體圖



A I 進行萃取



訓練資料



自動判釋 C S 立體圖

人為目視判釋

- 植生高度較低
- 明顯的凹地形

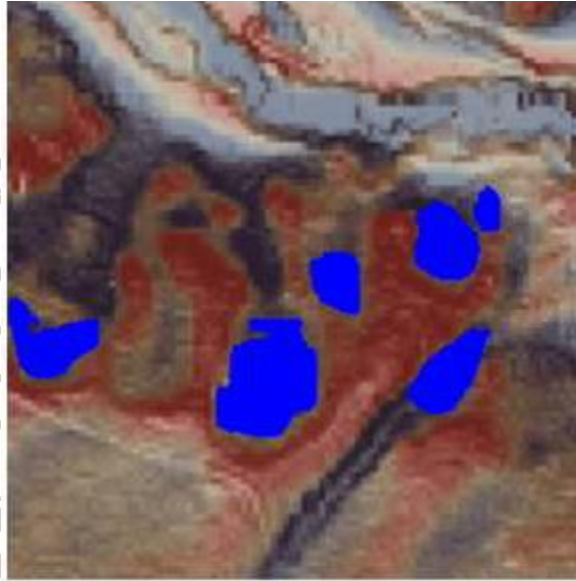
( 分析：Northern System Service Co., Ltd., Japan )



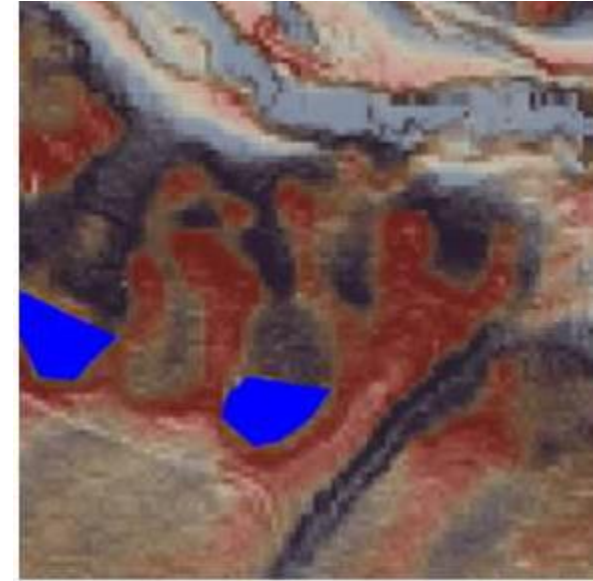
C S 立體圖



A I 進行萃取



訓練資料



自動判釋 C S 立體圖

人為目視判釋

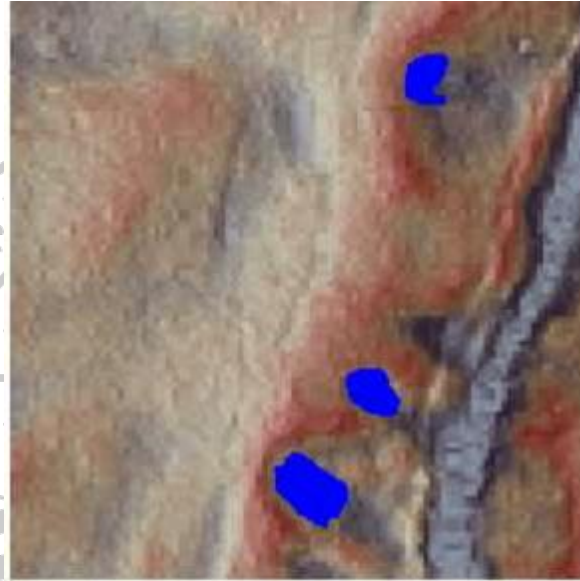
- 植生高度較低
- 明顯的凹地形

( 分析：Northern System Service Co., Ltd., Japan )

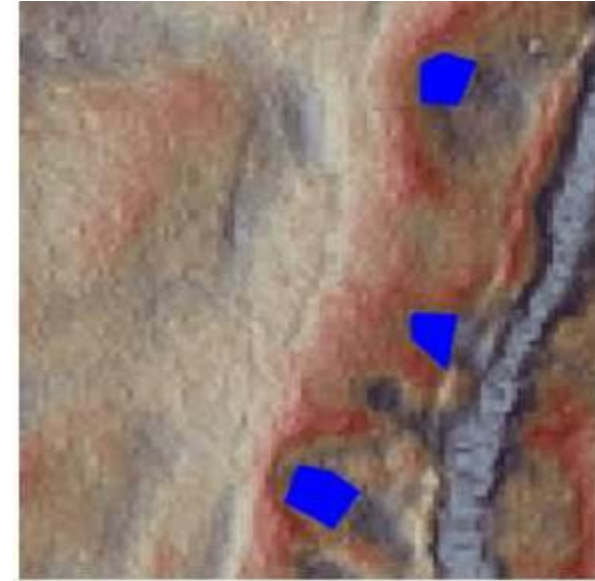
C S 立體圖



A I 進行萃取



訓練資料



自動判釋 C S 立體圖

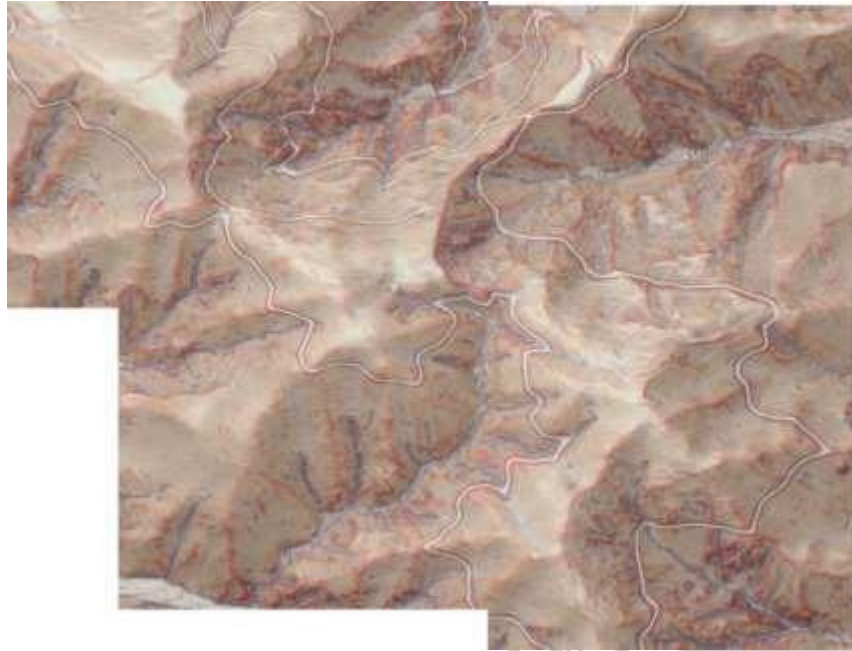
人為目視判釋

- 植生高度較低
- 明顯的凹地形

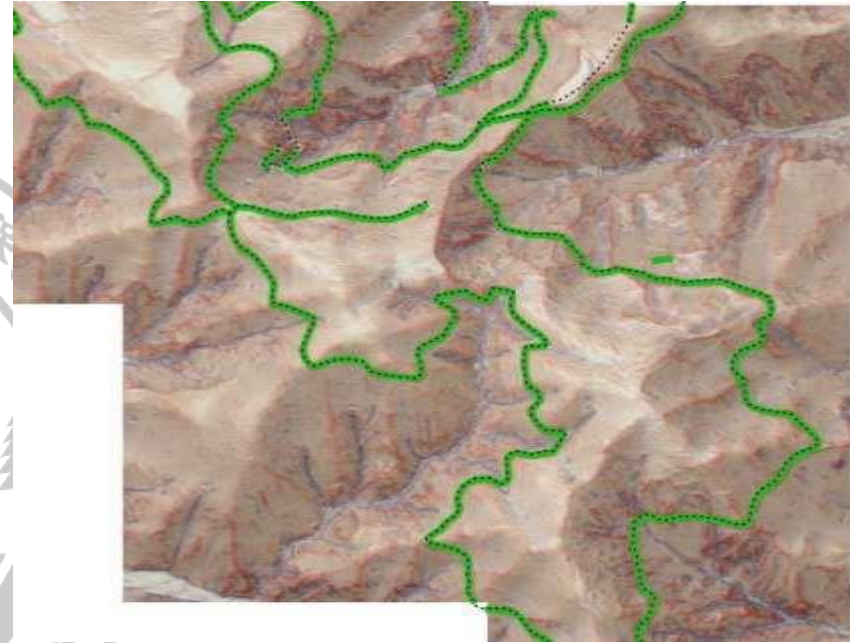
( 分析：Northern System Service Co., Ltd., Japan )



# AI 自動判釋森林路廊線形



CS 立體圖 (岐阜縣)



以 AI 自動萃取森林路廊及向量數據化

(分析：Northern System Service Co., Ltd., Japan)

利用訓練資料進行森林路廊的 AI 學習，可自動萃取出路廊線形

## 4 結語

- ① 前往現場前應先查看 CS 立體圖，想想為何如此形狀？當地為何種地質構造，以及是否有何種災害危險性？是否有其他值得注意的地形等等。
- ② 應儘量先蒐集 CS 立體圖之外的地圖資料，參照比對。例如，航空照片（從早期到最新的）、地質圖、地滑分布圖、政府部門公布的防災地圖等等。這類資料幾乎都能公開查閱。
- ③ 終於到現場先用手機或筆電上網，確認所到地點的 CS 立體圖位置。若發覺現場狀況與行前所瞭解狀態不同，等於得到新的學習成果。

