

## 遙測新利器—立體彩繪明暗圖

李璟芳 黃韋凱 冀樹勇\*

### 一、前言

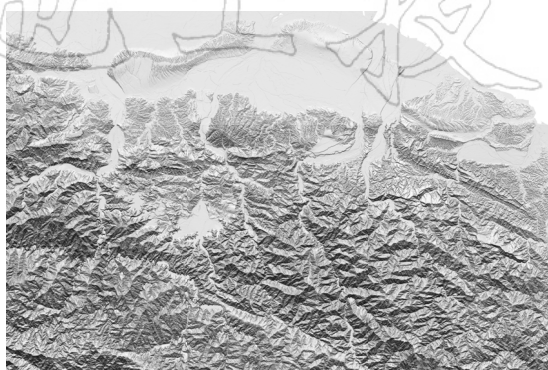
隨著地形測繪技術日新月異，數值地形的精度亦逐年提升，從早期以航測技術產製之廣域數值地形(5-40 m 精度)，已逐漸演進至利用空載光達(airborne LiDAR)之全波形回波濾除地表植被與建物，並產製高精度(0.5-1 m 精度)數值地表模型(digital surface model, DSM)與高程模型(digital elevation model)。受惠於高精度地形蓬勃發展與地理資訊系統(GIS)軟體的普及，著眼於工程地質、坡地防災、遙測判釋或智慧城市建模等目的，依據目的需求所研製之各類立體明暗彩繪圖也逐漸推陳出新。立體圖資工具之精進，除了可提升專家判斷相關潛在地質災害之正確性，同時也降低了地形判釋門檻與分析時間，並將原本二維平面圖地形轉化為三維立體化地貌之視覺呈現。

### 二、圖資產製原理與方法

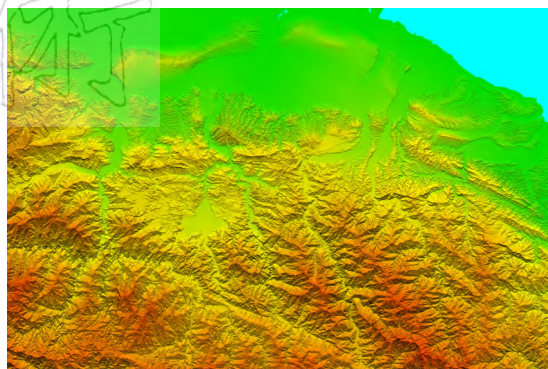
彩繪明暗圖一詞最早由李錫堤(1996)提出，其以不同日照方向、觀測角度及彩度色階賦予二維數值地形模型(digital terrain model, DTM)不同垂直高度的顏色，以突顯地形上之局部地表起伏特徵(如圖 1(a))，為了加強地表崎嶇之明暗度(illumination)表現，其考量散射效應以增顯數值地形立體感，並採用蘭勃式定律(Lambert's law)處理地表的反射光強度，依據不同高程值給定不同 RGB 色彩值(如綠色代表標高 0 m；黃色代表標高 250 m；紅色代表標高 5000 m)，完成後之立體彩繪明暗圖除可同時呈現山區地形之陰影效果外，同時也可藉由顏色差異區別地貌高程差異(圖一(b))。Yokoyama (2002)

則提出地表開度(surface openness)概念分別對地形隆起與凹陷之特徵進行地上開度(negative openness)與地下開度(positive openness)光照陰影分析(圖二(a))，並假設光源自物體垂直正上方以全方位照射。地上開度主要強調山脊線而降低山谷色調(圖二(b))，而地下開度則突顯山谷模糊山脊(圖二(c))。根據此原則，其率先提出尾根谷度度=(地上開度值 - 地下開度值)/2，意即將兩張不同開度灰階光照圖相減後進行套疊(稱為尾根谷度圖)，融合結果將使山脊與丘陵地形因開度值較高呈現明亮色澤，反之，山谷與窪地處則相對略顯色澤深暗。另 Chiba(2008)則將尾根谷度圖進一步以坡度之關係配合彩度色階來表現立體地形之緩傾程度，目的在於使陡峭地形呈現較深彩度，而緩坡或水平面則以淺淡的彩度展示。至於坡度彩度圖之顏色選擇上，則選定對人眼具有較佳辨識度之紅色，並稱之為赤色立體地圖(red relief image map)。該類地圖已於日本進行廣泛應用，並於日本、台灣及美國等國家陸續取得專利(台灣目前由專責測繪公司提供服務)。如 2014/3/22 於美國華盛頓州發生 Oso 大規模崩塌災害後(圖三(a))，日本亞細亞測繪公司即以美方開放資料之 1m 精度光達數值地形進行立體地圖產製，並提供圖資予相關官方或學術單位進行研析。針對 Oso 之坡地崩塌災害，中興工程顧問社亦以明暗數值地形，融合坡度圖與特定光源陰影圖產製之立體彩繪明暗圖(圖三(b))，其優點為產製迅速，不受既有專利限制，同時可達到凸顯局部地形特徵與地質災害判釋成效。

土工技術

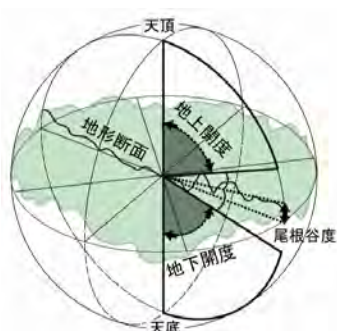


(a) 立體明暗圖



(b) 立體彩繪明暗圖

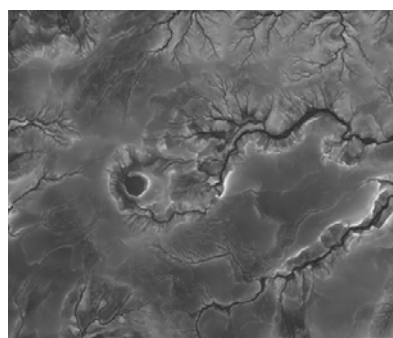
圖一 立體彩繪明暗圖(中央大學工程地質與新科技研究室)



(a) 地上開度與地下開度

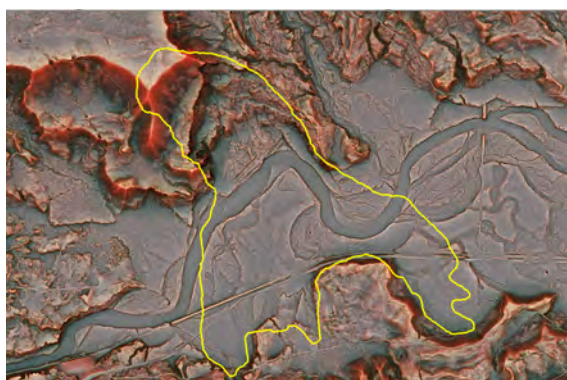


(b) 地上開度圖(正光)

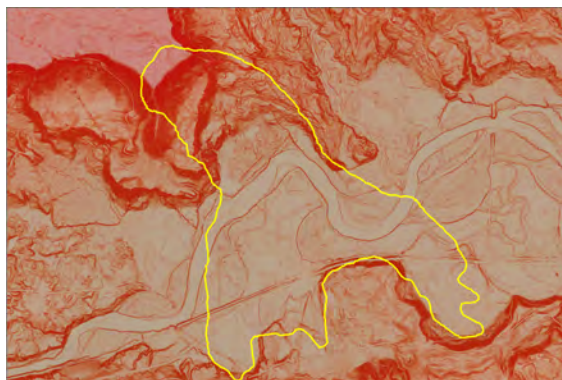


(c) 地下開度圖(負光)

圖二 地上與地下開度示意圖及其對應影像(橫山隆三等人，1999)



(a) 赤色立體地圖\*



(b) 立體彩繪明暗圖(中興社產製)

圖三 立體彩繪明暗圖(日本亞細亞測繪公司)

### 三、圖資應用

在立體彩繪明暗圖之應用上，目前以火山地形(如錐狀火山口、熔岩流分布範圍)、舊(具潛在危險)崩塌地、土石流集水區蝕溝、森林茂密區隱沒斷層帶或歷史古蹟點位判釋最為常見(李錫堤，1996、Huangrud, 2014、Lin et al., 2013)。以大地工程較為相關之坡面災害而言，如圖四(a)所示，為美國地質調查所(USGS)利用立體明暗圖針對 Oso 災害區周邊所圈繪之舊崩塌堆積滑動塊體分

布圖，圖中(a)-(d)分別表示不同年代所發生之崩滑堆積塊體((a)較年輕；(d)較古老)，本災害發生後即有專家學者根據立體明暗圖，研判該崩塌災害為兩次崩場所形成，該論述亦於災後地表振動訊號分析及現場調查被證實，顯示三維立體圖資確可協助釐清各崩塌塊體之土砂量體與破壞運移順序，並提供工程權責單位進行河道清疏及坡面治理參考。圖四(b)為利用立體彩繪明暗圖(坡度圖與高程模型套疊)，探討茂密森林區內之隱沒斷層線

通過對於地形貌演育之影響，藉由室內立體地圖之研判，可協助確認地工構造物周緣是否存在不利之地質構造，並縮短野外大範圍調查時程，可將節省時間針對重點區位進行詳細調查。美國科羅拉多州地質調查所則進一步整合平面地質圖與立體地圖進行套疊(圖四(c))，以三維彩繪陰影地質圖提供相關工程開發及工址選擇之參考。其他應用如地質構造線圈繪、水庫集水區蓄水量體評估(配合水深測量)、海岸沙丘、河道灘線測量與土石流下游沖積扇地貌評估等，未來透過各類新興測量工具之引進與立體地圖研製技術的更新，相信將必可提供工程師及研究人員於地形(質)圖資分析使用上的新選擇。

參考文獻

李錫堤(1996)，「數值地形的彩繪明暗製圖及應用」，  
 土工技術，第 56 期，第 69-84 頁。  
 橫山隆三、白沢道生、菊池祐(1999)，開度による地形  
 特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング,  
 38(4), pp.26-34.

日本亞細亞測繪公司

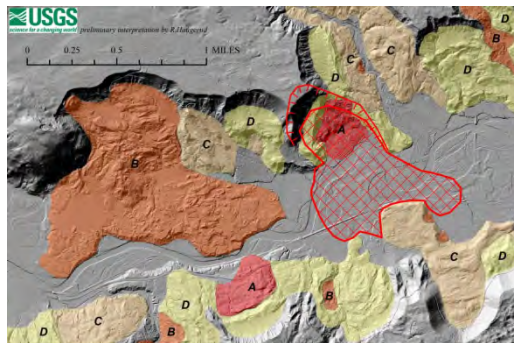
[http://www.ajiko.co.jp/en/recent\\_activations02.html](http://www.ajiko.co.jp/en/recent_activations02.html)  
 Yokoyama R., Shirasawa M. and Pike R. J. (2002),  
 “Visualizing topography by openness: a new  
 application of image processing to digital elevation  
 models”, photogrammetric engineering & remote  
 sensing, 68(3), pp.257-265.

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(B),pp.1071-1076.

Lin Z., Kaneda H., Mukoyama S., Asada N. and  
 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.

Haugerud R. A. (2014), “Preliminary Interpretation  
 of Pre-2014 Landslide Deposits in the Vicinity  
 of Oso, Washington”, U.S. Geological Survey,  
 pp.4.

Colorado Geological survey,  
<http://coloradogeologicalsurvey.org>



(a) Oso 舊崩場地復發塊體圈繪 (Haugerud, 2014)



(b) 繪影地質圖(Colorado Geological survey)



(c) 密林區隱沒斷層判釋  
 (Lin et al., 2013)

圖四 立體彩繪明暗圖於坡地防災與地質圖之應用