

近斷層高精度地形資料之判釋與分析

Near fault active deformation and morphotectonic analysis based on high-resolution Airborne LiDAR data

主管單位：經濟部中央地質調查所

張國楨¹ 徐濤德² 陳柔妃³ 詹瑜璋⁴ 葉恩肇⁵

Chang, Kuo-Jen¹ Shyu, J. Bruce H.² Chen, Rou-Fei³

Chan, Yu- Chang⁴ Yen, En-Chao⁵

¹臺北科技大學土木工程系

²臺灣大學地質科學系

³中國文化大學地質學系

⁴中央研究院地球科學研究所

⁵臺灣師範大學地球科學系

摘要

台灣地區地震密集、構造發達，近百年來已發生多次嚴重的地震，造成生命財產重大損失。活動斷層的精確位置與斷層活動伴生的構造地形是斷層後續研究與活動斷層地質敏感區劃定的重要基礎。經濟部中央地質調查所「重要活動斷層調查特性研究」計畫之子計畫「近斷層高精度地形資料之判釋與分析(4/4)」，計畫中利用目前已有 LiDAR 數值地形模型資料基礎進行活動斷層及鄰近區域之構造地形分析。進行台灣中部、東部花蓮，以及南部恆春地區區域的活動斷層調查工作，包含大茅埔—雙冬斷層、恆春斷層、米崙斷層、嶺頂斷層、奇美斷層、湖口斷層、新竹斷層、新城斷層，獅潭斷層及三義斷層北段等，一共十條活動斷層之構造地形分析、構造線形位置數化，並藉以編修上述十條活動斷層之條帶地質圖。全部完成之工作項目有四：(1)運用 LiDAR 所呈現之原始地形資料來製作及呈現三維地形影像。(2)運用 LiDAR 資料來研判構造活動產生之線形位置、地形異常與可能之構造活動性。(3)將過去調查成果、地質圖資料套疊投影於其上比對分析，編修現有之活動斷層與構造線形位置。(4)依據 LiDAR 資料進行活動斷層沿線附近二萬五千分之一局部編修後之條帶地質圖三維紅青立體數值影像圖製作。透過本計畫，建立高精度地形資料庫中活動斷層之構造地形 GIS 圖層和屬性，以提供政府機關之自然災害防救護及國土規劃之參考。

關鍵詞：活動斷層、構造地形、活動斷層條帶地質圖、空載光達、數值地形模型、三維紅青立體影像

Abstract

Taiwan is situated on an active orogenic belt and therefore possesses high seismicity and

frequent geological hazards. More than 9 severe inland earthquakes have been recorded since last century. Unfortunately, most of the seismogenic faults pass across dense population areas and cause severe damage. The morphotectonic analysis provides not only the precise location and the activity of the faults, but provides also the fundamental information for geologic hazard assessment. To better constrain the potential threat brought by fault movements, the active faults morphotectonic study is thus been analyzed by using the Airborne LiDAR data. Based on LiDAR data, we focus on morphotectonic features analysis of totally 10 active faults in central Taiwan, including the Tamaopu-Shuangtung Fault, the Hengchun Fault, the Milun Fault, the Lingding Fault, the Chimei Fault, the Hukou Fault, the Hsinchu Fault, the HsinCheng Fault, Shihtan Fault, and the northern part of the Sanyi Fault. For the moment, we reached the following objectives, results and conclusions: first, generate 3D anaglyph images based on existed high resolution 1m LiDAR-derived data; second, analysis the detail structural characteristics by applying the LiDAR data; and third, to digitize the fault traces of active faults and its associated structures; and the forth, to evaluate and modify the strip geologic map within the study area, and generate near fault 3D geologic anaglyph images. Based on this analysis, the results may suggest some possible sites for field investigation and provide GIS dataset for other further applications.

Keywords : Active Faults, Morphotectonics, Strip Map of Active Faults, Airborne Light Detection And Ranging (LiDAR), Digital Terrain Model, 3-D Anaglyph image

一、前言

活動斷層常因地表可供判斷的高程資料有限，其詳細的斷層跡分布與斷層特徵行為，仍有相當討論與臆測的空間。為了改善並增強辨識活動斷層的基本資料，並更進一步瞭解構造地形相關的問題與思考其民生及工程應用，我們需要測製更高解析度與精度的數值高程模型，作為未來活動構造地形研究的基礎。

為了精確體現大地的三維立體形貌，除了需要高解析度的航空照片或衛星影像外，更需要高精度及高解析度之數值地形模型(Digital Terrain Model, 簡稱DTM)。目前以空載光達測距掃描技術所製成的數值地形，在解析度、精確度、方便性、與去除因建物與樹木遮蔽等方面極為優越，本技術已能充份地運用於各種地質、地形特徵研究應用上(Carter and Shrestha, 2003; 黃鐘等, 2004; Chen et al., 2005; Chan et al., 2007; Chang et al., 2010)。

二、研究地區與研究方法

本計畫利用現有空載光達掃描技術(Airborne Light Detection and Ranging, 簡稱為LiDAR)所獲取的高解析度與高精度數值地形模型資料庫，應用於研究分析台灣中、南、東部，以及北部局部區域之構造地形分析，以判釋研究區域的活動構造之地形特徵，進行斷層所在精細位置之研判，並進行野外查驗。另運用高精度 LiDAR 資料構造地形判釋成果來編修及建置活動斷層線形位置之 GIS 圖層和屬性表。本計畫研究分析之斷層包含：山腳、瑞穗、玉里、池上、鹿野、利吉、新化、後甲里、左鎮、小崗山、旗山、潮州、木屐寮、六甲、九芎坑、車籠埔、梅山、大尖山、觸口、三義、大甲、鐵砧山、屯子腳、彰化、大茅埔—雙冬、恆春、米崙、嶺頂、奇美、湖口、新竹、新城及獅潭等等，一共三十三條活動斷層相關之構造地形及構造活動特性等工作，各年度研究區域詳如圖 1 所示。本年度之活動斷層調查工作，包含、大茅埔—雙冬、恆春、米崙、嶺頂、奇美、湖口、新竹、新城及獅潭等活動斷層的精細構造地形分析及地質圖資料庫之建置工作；另三義斷層北段區域之 LiDAR 資料於 102 年終建置完成，故納入本年度的計畫中。

運用 LiDAR 資料庫中數值高程模型(Digital Elevation Model, 簡稱 DEM)及數值地表模型(Digital Surface Model, 簡稱 DSM)資訊，結合現有之地質圖，首先建立及整合斷層及斷層附近精細三維之地形、地質影像資料；依據活動構造地形及地貌上所呈現之活動地形及地形異常之特徵，為更清晰地分析研究地區的構造地形，我們將藉由已有之 2 公尺雷射掃描數值高程模型，利用 3D 影像處理來凸顯活動構造地形特徵，並直接於三維影像上研判構造線形所在之位置，並進行地形數值量化分析，在特殊情況下，並再依據 LiDAR 原始點雲資料 LAS 檔分析地面點雲資料，進行點雲及影像之融合處理，也生產更精細之 1m 及次米級解析度之數值地形模型，以供更精細之地形分析。

此外，我們將參考前人相關研究後，選定數條截切過斷層之地形剖面，利用雷射掃描數值高程模型，配合使用 ArcGIS 地理資訊系統中之地形分析功能，辨識更詳細之微地形起伏面。在製作構造地形剖面圖階段，則將已知地質資料(構造與岩層之分布、位態以及相對應之層位資料等)轉繪至剖面圖上，以呈現各地形面之特性與地表地質相對應的關係。經由整合地質資料及構造地形分析結果，依據 LiDAR 資料呈現二維或三維立體影像，同時檢測及建置活動斷層附近之二萬五千分之一條帶狀地質圖及構造線形位置圖。

本計畫主要研究分析工作將於室內完成，針對所分析的每一條斷層視實際需要，進行野外地質查核工作，包括在野外檢驗室內所做之地形構造分析結果、野外勘查活動構造地形特徵、分析活動構造的地表變形等。這些工作經常運用到全測站、GPS-RTK 儀器、航照立體顯微鏡及相關設備等。最後，結合數位航空相片解析地面 10cm 精度及廣域之不同時期衛星影像，來檢核地面上地表作用的形式及地面特徵物變化。兩者相互配合及印證；同時不僅可以查核所判釋之活動斷層之地表特徵，也可提供及建議地面上地表地質調查工作之進行及未來進行地面查核所在點之參考依據，並提供到達現地之方式及交通資訊。

三、研究成果

3.1 LiDAR DTM 三維影像建置

本研究完成空載光達高解析度與高精度數值地形模型資料，利用三維紅青立體影像技術來凸顯地形地貌，分析活動構造之地形特徵，並直接於三維影像上研判構造線形所在之位置及進行斷層所在精細位置之數化工作。圖 2 為楊梅台地—湖口台地之間，湖口斷層及雙連坡斷層附近之地形特徵三維地形紅青立體圖。圖中主要可見楊梅附近沖積平坦台地面上兩段近呈東西走向之緩起伏面，且此一低緩起伏面，東起於較低之中壠台地面，往西延伸至楊梅台地面上，再往西漸次隱伏於桃園新竹縣界附近之伯公岡台地面上。以此線狀緩起伏面為界，南側楊梅附近，呈一槽帶狀低地，楊梅南側和一低緩丘陵區(湖口台地)相鄰，台地面和丘陵相接處，呈線狀分布、東西延長。緩起伏面北側大致平整，但似可見兩處呈東北—西南走向，坡降稍有變化之線形崖面。

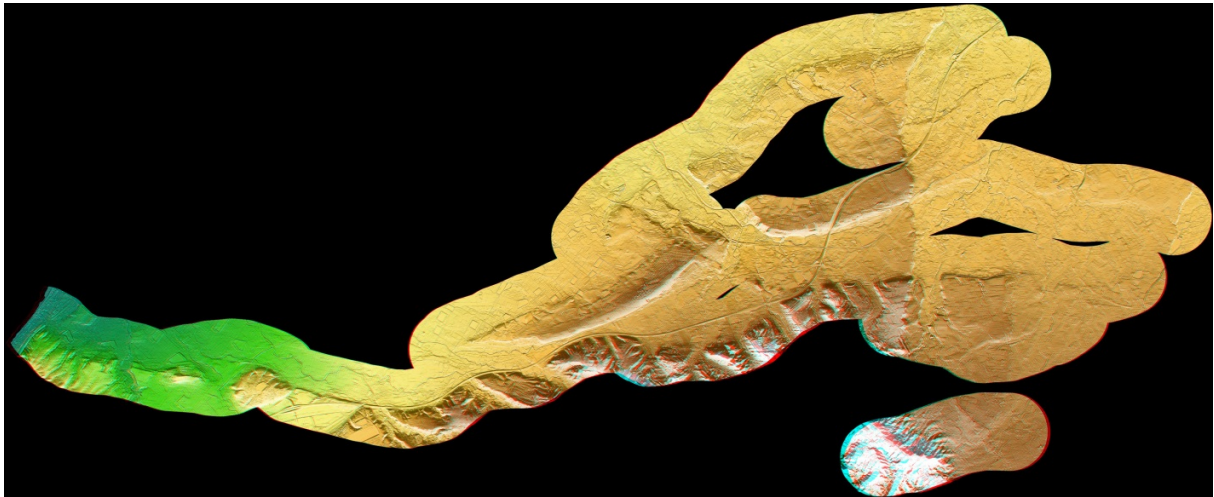


圖 2、楊梅—湖口附近之三維地形紅青立體圖

3.2 地數值地形模型構造線形判釋與分析

本計畫分析主要活動斷層兩側各 1 公里寬範圍內之精細地表構造線形特徵，斷層相伴隨之次生構造，以及可能之活動構造地形；此外，亦針對分析之成果，來建置數值資料庫。在此精度下之活動斷層調查工作，其總涵蓋面積範圍約 760 平方公里。

3.2.1 湖口斷層

LiDAR 影像資料顯示，湖口斷層東起中壠台地之伯公崙附近，往西經山崁子、大坑缺，上楊梅台地，過食水坑附近轉向西南西側，過老坑口、水流東、四角亭，至老湖口後，再轉呈東西向，經番子湖、王爺壟、員山、崎頂，至楊厝附近，總長約 28.5 公里，遠較前人文獻紀載為長，和沈淑敏等人(2005)之研究較為一致。本線形上大部份之地形特徵，除了食水坑至水流東附近一段，受人為開發以高速公路路廊整坡修地等影響外，全段之地形崖線性清晰。其中線形東段，中壠台地面之線崖兩側高差，對比於楊梅台地上的線崖高差，中壠台地面地形高差較小，但線形延伸性一致，指示本線崖之形成年代，早於中壠台地面之發育，並持續至台地面發育後，顯示本構造之活動性。同一現象亦見於線形西緣之湖口台地北界和現生河床沖積交界處，同樣指示本線形之活動性；另外本線段已在傳統上斷層線性之邊界外，其方向及位置未在前人的資料內，宜加注意。

另針對湖口線形以外，但位處湖口斷層至雙連坡線形間之區域，由 LiDAR 資料所呈現之地形資訊，指出楊梅北線形及雙連坡線形間，呈現一系列大致呈東北東—西南西走向之地形緩起伏，似為一系列小型背斜或壓縮脊，雙連坡線形位於北緣，地形落差較小，而楊梅北線形處，地形落差大，且呈線性變化；由構造推論及前人資料，推論本區為一由兩盲斷層所組成的雙衝構造(pup-up structure)，其中南側之楊梅北線形錯移量較北側之雙連坡線形為大。

野外核實工作中，於楊梅台地可見一連續而延長之地形崖，但較低位之平地上，受

人為開發影響，精細之地形大都已受人為破壞，於局部僅見呈線形的崖線，未能觀察到斷層露頭。本斷層於湖口台地北側，由西向東，其局部之線形崖線亦明顯。附近工地開挖，雖於其開挖面上未直接觀察到斷層，但表層紅土台地面呈近乎水平，但近2公尺下方之礫石層已彎曲傾斜，呈交角不整合接觸。

3.2.2 新竹及新城斷層

LiDAR資料區中，因新竹斷層與新城斷層位置相近，為單一資料區，且兩者似有相接之可能性，故將兩斷層一併討論。就LiDAR影像資料研判的結果，顯示新竹斷層可能東起頭前溪畔及河道南岸，並可能舉新城斷層相接，經柴梳山、赤土崎、埔羌圍、松樹腳，以至草納附近，基本上和前人文獻結果差異不大，惟本斷層似有往東延伸，而與新城斷層相接之勢，推論全長約15公里。本線形之大致位置尚稱明確，基本上沿竹東丘陵北緣分布，但精細之位置，受都會區人為開發整地而不夠精確。

新城斷層東起十來張附近，經東坑、西坑、雞隆山、柑園岡，至下田洋附近和頭前溪直交，並於頭前溪附近轉向西南，過頭前溪，經頭重埔、金山面、大確頂、大統壺、新城、深井，以至赤崎下附近，線形之總長約28.3公里。其中，東側一段，其線形特徵並不明顯，尤其於國道3號附近，線形似乎不連續，但於西坑—雞隆山之間，線形明顯，惟本段位置和前人文獻所載者，相差較大，其地形特徵及判釋結果如圖5-27及5-28所示。另於頭前溪畔及南岸附近，數階河階似受構造影響而撓曲，惟本區可能受人為開發整地，而影響判釋結果。再往西南，線形判釋和前人差異不大。

野外核實工作中，於楊梅台地可見一連續而延長之地形崖，但較低位之平地上，受人為開發影響，精細之地形大都已受人為破壞，於局部僅見呈線形的崖線，未能觀察到斷層露頭。本斷層於湖口台地北側，由西向東，其局部之線形崖線亦明顯。附近工地開挖，雖於其開挖面上未直接觀察到斷層，但表層紅土台地面呈近乎水平，但近2公尺下方之礫石層已彎曲傾斜，呈交角不整合接觸。

3.2.3 獅潭斷層

LiDAR資料研判獅潭斷層之構造線形，北起上十股東北方，經上十股、紙寮下、北寮、圳頭、下大窩、六份、大東勢、三份、食水坑、社寮、粗坑，以至蔗廓坑東側，全長可達近18公里，呈北北東—南南西走向，和前人所研判之上十股—大東勢，長約12公里之線形為長。其中北段線形和南側延伸之線形，因為岩性差異侵蝕的影響，在地形特徵上非常明顯，且北段與南段之特徵上，並無差異。

野外核實工作中，受植被生長及人為開發影響，精細之地形大都已不可見，再於河床可能之露頭，亦受河床面卵礫石堆積影響，亦無法直接觀察。就斷層帶岩性破碎，局部似可見地形線崖及地形鞍部，各區域呈現之地形鞍部特徵。

3.2.4 三義斷層

LiDAR資料所指示之構造線形，其東西走向之三義斷層，其地形特徵極不明顯，就

傳統上的斷層位置，於重河東側，或可再延伸約7公里長。就構造線形特徵來看，重河至伯公坑之間，構造地形特徵主要為一系列之壓縮脊為主，另構造前緣之地形崖及低地間之接觸位置，亦明顯。重河以東一段，其地形特徵就不明顯，尚需進一步分析。大安溪以南區域。本斷層線附近構造地形較明顯者有三處：西湖農場附近、后里台地東緣及豐原下南坑—軍功寮之間，其中西湖農場附近除前緣的構造線崖之外，於上盤處主要呈現一系列之褶皺；中段后里台地東緣之地形線崖，其連續性較差，但於上盤處可見受撓曲之褶皺，推論受斷層活動影響所致；南段位於下南坑—軍功寮之間，和傳統上認定之斷層位置，於西側平原區內，似可見另一地形崖，越往南線崖高度越低，如圖3所示；再往西南西，本線形已沒入平原區內，可能亦受人為開發整地影響，無法研判。

野外核實工作中，前人文獻中指明斷層野外於后里台地南側新鐵路山線四號隧道南口及大甲溪北岸河床上可見一系列三義斷層露頭（劉彥求與李亦亨，2006），本計畫於野外的查核工作中，於大甲溪北岸河床亦可見一系列之斷層帶，但於河床南岸下游測（即鐵路西側），發現一新的斷層露頭，指示卓蘭層直接和現生河床沖積層相接，其接觸帶呈斷層接觸，斷層面近乎垂直地表，再往下游，河床附近均為現生之階地堆積，未發現位處更為西側之斷層帶。斷層南段和車籠埔斷層相交處附近，位於下南坑—軍功寮之間，可見一地形崖，於野外查核，其崖線線形清晰。另於崖線附近，可見一系列之房屋結構物損傷及修復情形，但因本斷層已和車籠埔斷層相近，是否直接受其影響而造成錯移，得再精細評估。

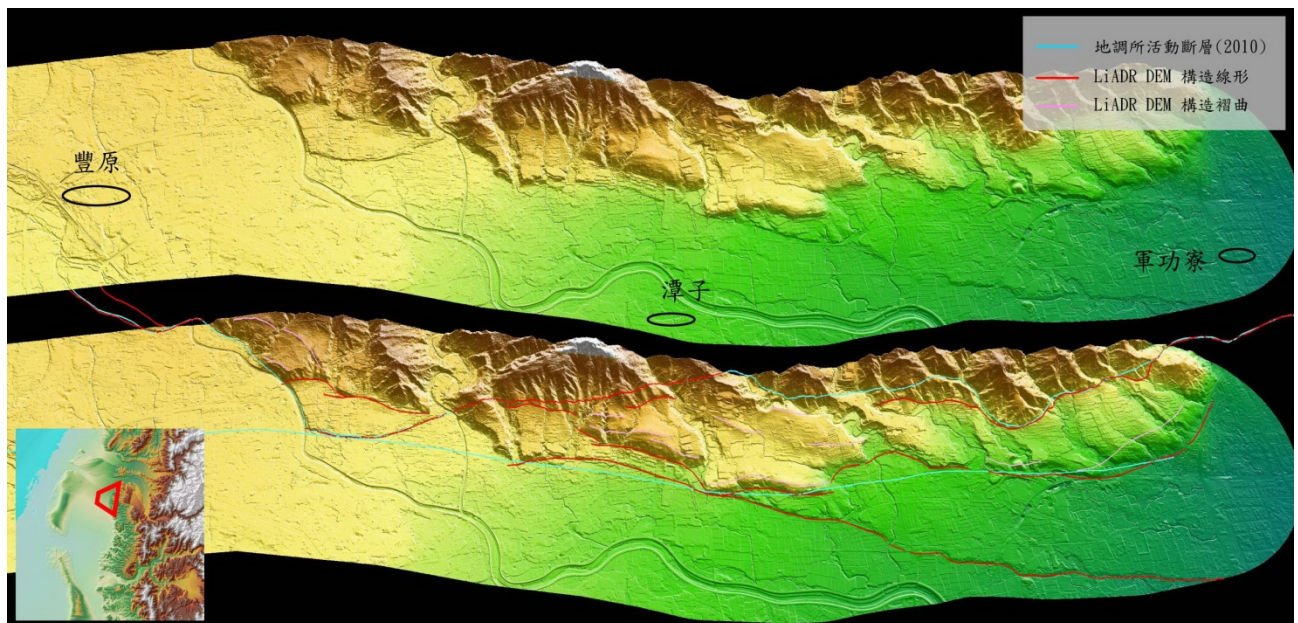


圖 3、下南坑—軍功寮附近三義斷層沿線三維地形特徵及分析成果

3.2.5 大茅埔—雙冬斷層

LiDAR 資料所呈現之地形特徵，可能因本區內人為開發影響仍不激烈，故大部份之地形仍保有其天然外貌，故就 LiDAR 針對構造地形所判識之結果，和前人文獻資料之差異稍大。各段細部分析結果，由北而南，描述如下：斷層北段，位於觀音山—雲仙洞

一段，本段之構造線形和前人所述之位置差異最大；由 LiDAR 資料所呈現之峽谷兩側岩層位態，峽谷北岸岩層近乎東西向，傾南側，而南岸岩層走向呈北北東—南南西走向，位態呈高角度傾向西北，此兩者近乎直交，交界處之未見地層位態變化，而直接相接，故將構造線形置於本河谷內；另外原有之斷層位置上，未見地層變化、地層之連續性亦良好、未見可疑之構造線性，另區外未取得 LiDAR 資料，故是否可見於區外，尚待進一步分析；另外值得一提的是，LiDAR 資料判識所得之線形，和文獻中之三叉坑斷層位置一致。再往西南，於雲仙洞—頭頭汙角附近，其地形特性猶如前所述，線形兩側之位態不一致，本區之岩性位態不如觀音山—雲仙洞一帶，單一而明顯，但仍似可見岩性位態差異。再往南，位於田寮子—乾溪灣一段，本段內 LiDAR 資料所判釋之構造線形位置和前人文獻中之位置差異不大，唯就 LiDAR 資料所呈現之地形資訊已可清楚呈現岩層岩性、位態，故於精細之構造分析上可以得到相當之助益，進而局部修訂斷層線可能之位置。再往南於九九峰附近，本區內北側其 LiDAR 構造線形和傳統斷層位置差異不大，但於南側，可能受河階堆積或人為開發影響，而使線形不明顯，但於九九峰內走滑斷層，其位置明顯。再往南，於烏溪南岸，線形進入雙冬巷，至馬鄰坑附近，本段線形除了傳統原有之斷層線附近之線形外，似可見一分叉，同樣於 LiDAR 資料所呈現之者，原斷層兩側岩層位態似乎一致，未見地層位態變化，但於新線形附近兩側岩層位態似有所差，故於構造線形之判釋上，新增一構造線形；而此一構造線似再相交於原舊有之斷層線，形成一小區域之斷層斷片。再往南，位於哮貓—油車坑間，本區內北側，LiDAR 構造線形和傳統斷層位置差異不大，但於南側，舊有之斷層線附近其地層似乎未見岩性、位態的差異、且岩層似乎連續，線形極不明顯，相反的於東側資料區附近，似以因岩性差異侵蝕等原因，似可見構造崖及局部的鞍部，但本區已在 LiDAR 資料區邊緣，宜進一步討論。再往南，位於濁水溪南岸之永樂巷以南區域，於永樂巷—白葉林之間，同樣因舊有之斷層線附近其地層似乎未見岩性差異，且岩層似乎連續，線形同樣極不明顯，於東側資料區附近，似以因岩性差異侵蝕等原因，似可見構造線形，同樣需進一步核實。

就野外觀察結果，田寮子附近溪床內，雖未見到主斷層，但可見一甚厚之斷層擾動帶。往南，於乾溪灣附近，可見卓蘭層逆衝至頭嵙山層之上；另外本露頭附近，亦可見頭嵙山層的礫岩(或上覆之沖積礫石層)呈現礫石成破碎、且成帶狀分佈的情況，指示了本線形位置上，構造更晚近的活動情形；再往南於馬鄰坑附近，可見一甚厚之斷層帶，同樣可能為卓蘭層?!逆衝至頭嵙山層之上。

3.2.6 恆春斷層

恆春斷層沿線，其地形特徵大致不甚明顯。恆春斷層於荊桐及竹林附近，或可見局部線形，但因資料區域較小，不易研判其可能性，仍待核實。恆春至南灣間，低緩平原及低緩丘陵交界處，似存在一構造線形，但本線型之變動地形特徵，可能受人為開發或

因墾丁層主為軟弱、膠結差之高量泥質物間夾其他岩性碎塊等，故易受地表侵蝕作用之影響，故使得受構造線形之地形特徵不易保存，因此不甚清晰。從LiDAR影像資料所判釋之結果來看，本線段北段，海口—統埔北邊，其線形特徵並不明顯，但於四重溪口統埔附近，其線型特徵稍微清晰，似可見兩段地形線崖；保力—下城之間，其線型特徵亦稍微清晰；再往南，除了網紗溪口之仁壽附近外，於下城—南灣間之線型並不明顯，可能受人為開發影響，線性之現地特徵已不明顯，但野外似仍可見一稍明顯之崖線。值得注意的是，於台灣南部墾丁南灣附近已建置了由多頻譜海底地形掃描資料，其中恆春斷層所在位置往東南方向延伸，可見明顯清晰之構造線形，故可推論恆春斷層往東南延伸，其海底內資料可完整追蹤至少11公里，並繼續再往東南延伸，資料範圍內，可見保存完整之地形崖。

3.2.7 米崙斷層

利用LiDAR資料所呈現之三維地形資料，並綜合歷史地震資料、地形學研究、地球物理探測等結果，顯示前人描述的1951年地震地表破裂位置，大致上與現今的米崙斷層地形特徵相符。米崙主斷層緊鄰美崙台地的西緣邊界，斷層北段由七星潭海邊一路延伸，斷層南段由美崙山西側的地形崖分布位置，推論米崙斷層往南延伸之後，斷層走向轉向東南，在花蓮南濱附近出海。另就1951年花蓮地震所造成的地表破裂，由於受到人為開發的影響，明顯的斷層露頭留存不多。另針對美崙台地之構造地形特徵，經由相對應之數值高程模型三維地形、構造線型特徵。有關不少前人研究在美崙台地表面上，劃分各不同高度階地的位置及範圍描繪，由於人為開發的影響下，數值地面模型完全呈現受建築物等人為特徵物所影響，無法確定美崙台地階面是否為人為開發之結果。台地北邊與南邊階地分布型態又有所不同，北邊階地稍向南東傾斜，而南邊階地則幾乎無傾動的狀況。整體來說，除了米崙斷層所造成的地形崖以外，在美崙台地表面上似乎存在幾條構造線型，惟本構造線形似和米崙斷層的構造活動無接關係。

七星潭附近因受海岸侵蝕影響，可能存在野外露頭，本研究亦至野外進行考察，在所謂之米崙斷層帶附近，未見斷層可能露頭，但於所謂之民意線型延伸處，可見一系列東北-西南向斷層帶，各單一斷層近乎垂直地表、寬度不足十公分，主要呈左移形式，並兼西北-東南向之低角度逆移斷層。

3.2.8 嶺頂斷層

LiDAR資料分析結果指出，傳統上的幾條線形大致清晰。月眉線型沿線，位於崩崁至月眉間，構造線型明顯且連續，延伸長約3.3公里；上月眉至朝保間，所謂之大平地線型一段，線形稍較不清晰、且斷續，線形總長約5.3公里，單一線段3.7公里。朝保至米棧南方之米棧線形一段，線形亦明顯而連續，總長約4.4公里。朝保至米棧南方之米棧線型一段，線形亦不清晰，僅米棧附近一段線形明顯連續，本段線形長度約3.7公里。山興線型，北起草鼻東側，往南至山興西北，本段線型特徵明顯而連續，但似有分叉的現象，總長約4.3公里左右。

3.2.9 奇美斷層

根據LIDAR數值地形模型的判釋結果，一般地質圖所指示的奇美斷層位置，和一般常見的活動，甚至於和認定已經不活動的斷層構造的地表線型相比，尤其於斷層中北段，在數值地形模型所指示的構造線型很不明顯；然而在一般所認定的奇美斷層所在位置相平行，距離約在1.5公里外，可見一條可疑的構造線型。其中最前緣之線型與地質圖所示之奇美斷層位置最相近，於舊有之線帶地質圖中斷層附近其地層似乎未見岩性、位態的差異，線形極不明顯；相反地，於LiDAR資料上所呈現之地形線形，可能因岩層差異侵蝕的關係，似可見構造崖及局部的鞍部。就上述的線形，指示可能之奇美斷層，近期內地形活動的特徵不明顯；亦或可能因強烈之地表作用，而消除了相關之地表特徵。另外就奇美村附近之斷層線跡，亦出現如上述的現象，構造線形所判定的位置和傳統上認定的奇美斷層的位置不一致，其位置兩者相差約110公尺。一般認定之奇美斷層露頭位置處，由兩側岩層相互的摩擦，產生一厚度約30公分的斷層泥帶，和數公尺的沉積岩以及火成岩破壞帶所組成，並和前人所指示之斷層位置一致。故本研究基於上述各點之觀察，因奇美斷層的構造地形不清晰，推論其活動性可能不高，亦或因岩性差異及地表等相關作用，使其地形特徵不明顯，而不易直接由地形資訊來加以判釋。

四、結論與建議

運用現有之空載光達掃描技術(LiDAR)所獲取的高解析度與高精度數值地形模型資料庫，分析台灣西南部區域之活動斷層高精度地理位置及斷層構造之活動性，以建立更完整之斷層沿線地形、地質特徵及活動斷層資料庫之建置工作。計畫具體績效有四項：(一) 基於雷射掃描數值高程模型資料庫，以構造地質學與構造地形學之研究經驗與方法，分析工作區域內之構造地形活動性，並適切討論相關地質災害之成因、影響範圍與程度；(二) 應用雷射掃描數值高程模型資料，調查繪製工作區域之構造地形線形特徵分佈圖；(三) 建置活動斷層及鄰近區域之條帶地質圖；(四) 運用三維影像技術，建立相關圖層之三維紅青立體影像圖，以方便後續其他工作的研判及分析。藉由本研究所得之資訊，一方面可提供災害活動特性的了解，可建置防救災之參考；二方面因應未來地質法中針對活動斷層鄰近區域精細地理位置及地質資料建置；三方面更可提供政府未來長期相關土地使用規劃之參考。

參考文獻

1. 黃鐘、詹瑜璋、胡植慶、李建成、史天元、陳于高 (2004) 空載雷射掃描技術製出之數值高程模型之簡介，地質，第二十三卷，第一期，43-54 頁。
2. Carter, B., and Shrestha, R. L. (2003) National center for airborne laser mapping proposed, EOS, 84, 281-285.
3. Chan, Y. C., Chen, Y. G., Shih, T. Y., Huang, C. (2007) Characterizing the Hsincheng active fault in northern Taiwan using airborne LiDAR data: detailed geomorphic features

and their structural implications, *Journal of Asian Earth Sciences*, 31, 303-316. doi: 10.1016/j.jseaes.2006.07.029.

4. Chang, K.J., Chan, Y.C., Chen, R.F., Hsieh, Y.C. (2010) Evaluation of tectonic activities using LiDAR topographic data: an example from the Nankan lineament, northern Taiwan, *Terrestrial, atmospheric and oceanic sciences*, 21, 463-476.
5. Chen, R. F., Chan, Y. C., Angelier, J., Hu, J. C., Huang, C., Chang, K. J., Shih, T. Y., (2005), Large earthquake-triggered landslides and mountain belt erosion: the Tsaoling case, Taiwan, *Comptes Rendus Geoscience*, 337, 1164-1172.