

UAV用於集集地震後多年 破裂跡沿線局部地形調查

文◎ 邱奕維

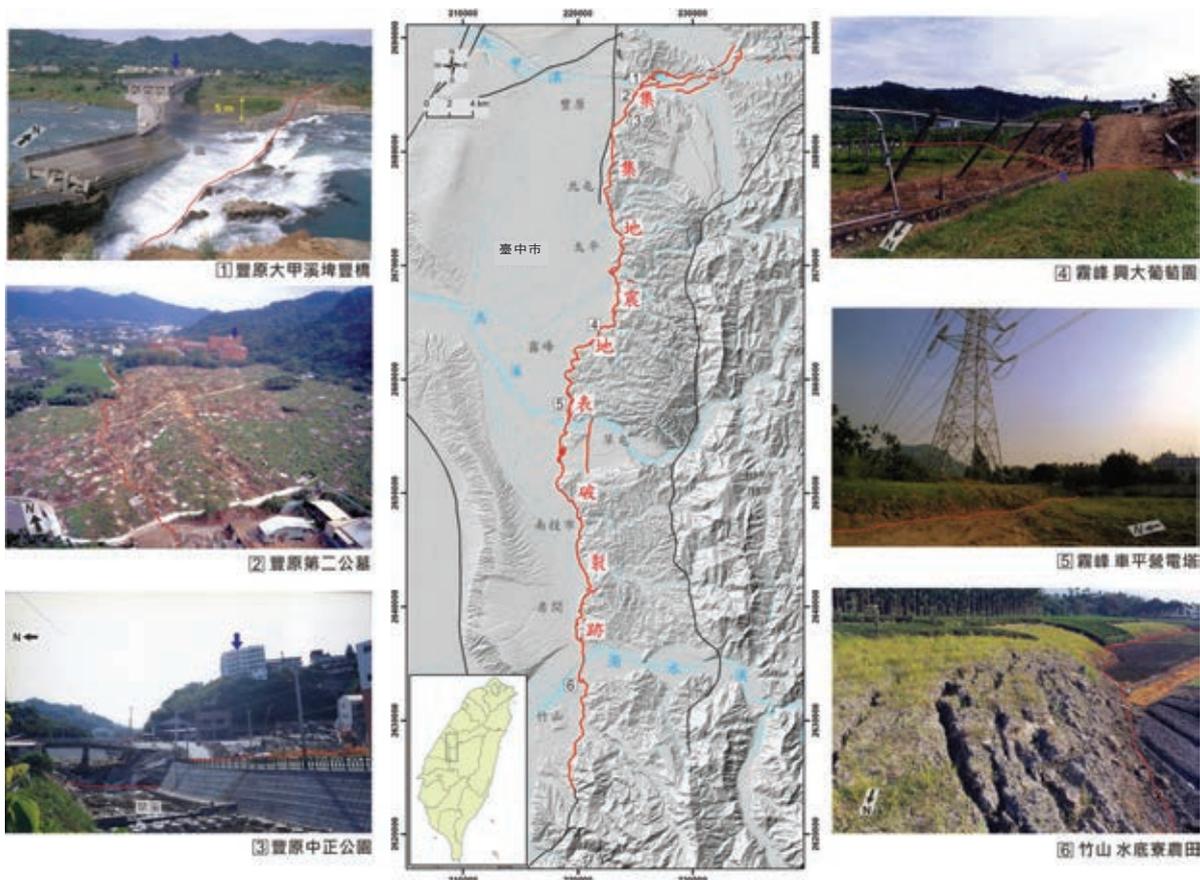
1999年9月21日凌晨臺灣發生的集集大地震奪走了近2千人的生命，從那時起活動斷層的相關議題再度受到人們的重視。無人飛行載具的應用，讓我們在調查活動斷層的過程中，更容易進行局部地形判釋，透過本文一同來瞭解UAV在傳統地質調查中所扮演的角色。

活動斷層與地形崖之間的關聯性

斷層錯動會在地表上形成連

續的地表線形，以在臺灣常見的斷層種類「逆斷層」而言，逆斷層因錯動地底下上盤抬升，會在地表上形成連續的地形崖。以1999年發

生的集集地震為例，此次地震在臺中與南投地區形成約100公里的地表破裂跡，破裂跡沿線可觀察到數十公分至數公尺不等的地形崖。



【集集地震引致破裂跡沿線可追蹤到明顯的地形崖（編號1、2、5連永旺攝，編號3、4、6黃文正攝）。】

邱奕維

國立中央大學應用地質研究所畢業。

為何要重新調查 921 地震引致的地形崖？

斷層引致地表破裂位置兩側的數十公尺範圍內，為地震發生時災情較慘重的區域，因此在活動斷層調查過程中，判定斷層跡的位置是十分重要的工作。判斷斷層跡位置的第一步是做地形判釋，此項判釋有助於規劃進一步的調查項目，例如地電阻測勘、鑽井、槽溝開挖等等。

集集地震發生後至今已經歷時將近20年，當時地震發生引致的地形崖，經過如此長時間破

裂跡沿線各地的變化狀況不同，這段時間地形崖的形貌及位置變化或許有助於我們去思考，當我們要去判定其他活動斷層位置、或安排進一步活動斷層調查規劃時，我們所觀察到現生的地形表徵所扮演的角色。

UAV 如何應用在地形崖的局部調查？

本研究使用斜拍空拍照以及利用空拍影像製成的地表數值模型，來追蹤921地震引致的地形崖現今的狀況。將斜拍的空照影像與1999年當時相同視角的影像比

對，藉以判釋地形崖在兩期間的不同；再用UAV拍攝航空照片製成的地表數值模型，來判釋地形崖的位置，以下介紹本研究使用的無人機及地表數值模型的製作流程。

本次調查使用的無人飛機型號為Phantom 3 professional，屬於四軸旋翼型無人飛機，軸距約40公分，體積小、重量輕巧，非常方便攜帶至野外作業，飛機操作比較容易上手。

製作地表數值模型的程序：

- (1)在野外測區拍攝多張航照，拍攝前必須先規劃拍攝範圍、設計飛航高度及飛航軌道；
- (2)野外拍攝結束後，將航照匯入影像處理軟體生成地表數值模型，地表數值模型的每一個點，都是由多張航照利用空間相對關係計算出來的坐標值。



本研究使用phantom 3 professional機型，重量輕巧攜帶方便。

地形崖 17 年前後變化的調查結果

本研究調查集集地震地表破裂跡沿線多個地點，以下列舉三個地點，分別位在河川、繁榮的住宅區及較無人為活動因素的農地，從空中觀察地震剛發生後與現今地形崖有何差異。

石岡壩及埤豐橋

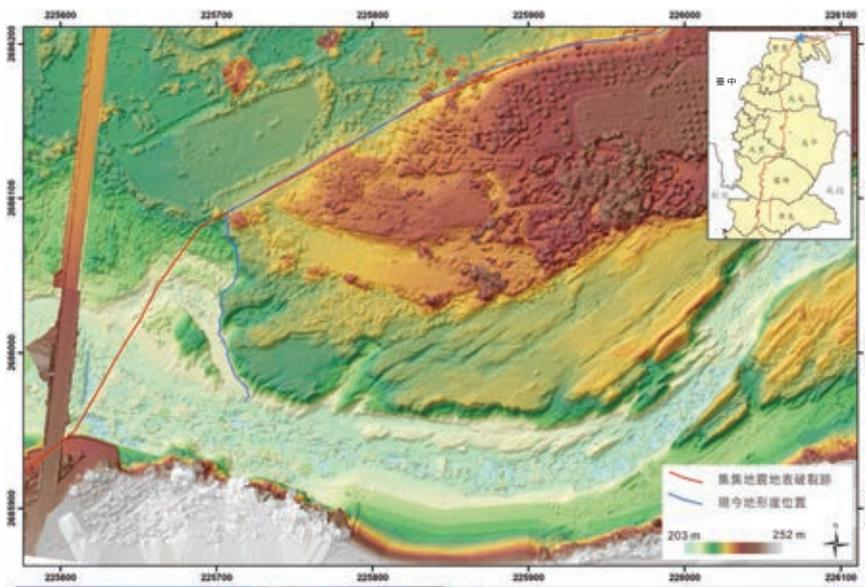
埤豐橋位於臺中市豐原區與東勢區的交界，橋下大甲溪河床在集集地震剛發生時，河床隆起約5公尺的地形崖，地形崖從北邊稻田至可連續地追蹤約300公尺左右；2016年重回現場拍攝相同角度的斜拍照，發現河床內的地形崖已被河水侵蝕殆盡，大甲溪北岸的農田地地形崖高程幾乎無變化，地形崖的位置與地震剛發生後幾乎吻合，且可被連續追蹤。

中正公園

中正公園位於臺中市豐原區水源路旁，公園及南側水源路在集集地震時，路面隆起約4公尺的地形崖，並直接穿越過住宅區，當時地形崖可連續追蹤約350公尺；現今路面上仍可觀察到隆起的路面，住宅區的地形崖已被整



飛航軌跡及地表數值模型示意圖，上圖為無人機飛行的軌道及航照拍攝的位置（在大甲溪埤豐橋），下圖為影像處理軟體計算出的地表數值模型。



埤豐橋下大甲溪河床的地形崖在集集地震後17年已遭受嚴重侵蝕（1999年空拍照連永旺攝）。

修過，甚至當時地表隆起的一側也興建了新的房屋，集集地震引致的地形崖已不可被連續追蹤。

國立中興大學園藝試驗場（葡萄中心）

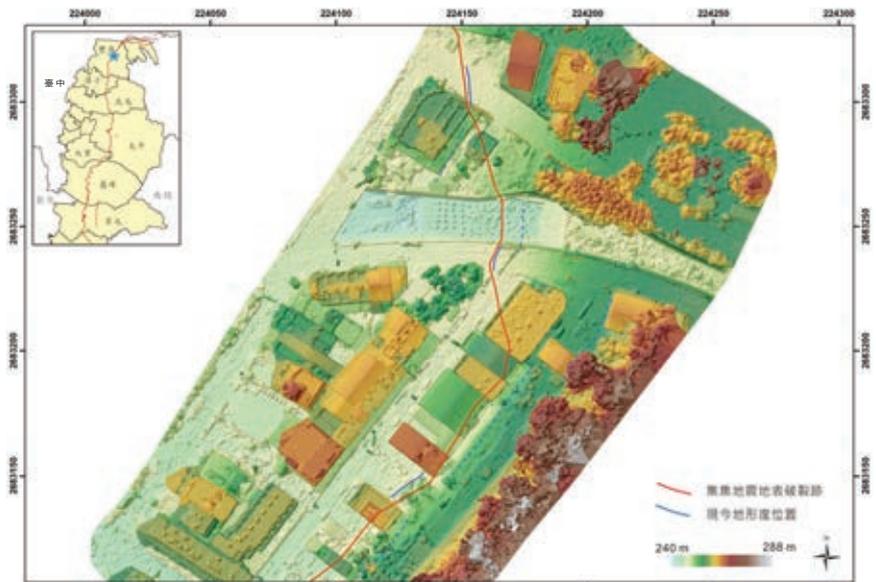
興大葡萄園位於臺中市霧峰區民生路，集集地震剛發生時，農田區的地表隆起約2至2.5公尺；現今葡萄園區內未刻意將地震引致的地形崖平整，因此仍可連續追蹤到地形隆起，且地形崖位置與地震剛發生後的位置吻合。

集集地震引致地形崖在這近20年間的變化，有些地方差異很大，有些地方則可看到明顯的高程差，期望這些現象能對其他活動斷層調查的實例有所助益。另外，本調查利用UAV進行局部野外調查，可以從航空照片快速的追蹤地表上的地形線形，且更容易呈現需從地表上連續追蹤的特徵，期望UAV將來能更廣泛的運用在需要局部調查的案例。

誌謝

首先感謝連永旺先生提供多張相片，另外感謝黃文正老師及其帶領的地質力學研究室成員們的幫忙，使本篇文章可順利完成。

興大葡萄園園區內現今仍可連續追蹤到集集地震引致的地形崖（1999年空拍照連永旺攝）。



中正公園附近住宅區在集集地震後17年已無法連續追蹤地震時隆起的地形（1999年空拍照為連永旺攝）。

