

多元智慧型手機測繪方法

於土砂災害現場建置三維資料之應用探討

李哲宇^{1,2}、洪若彬⁶、陳振宇³、陳國威⁴、簡靖翰⁵

¹ 農業部農村發展及水土保持署減災監測組 助理研究員，E-mail: asdfghj544@mail.ardswc.gov.tw

² 財團法人農業科技研究院 助理研究員

³ 農業部農村發展及水土保持署減災監測組 組長

⁴ 農業部農村發展及水土保持署減災監測組 科長

⁵ 農業部農村發展及水土保持署減災監測組 工程員

⁶ 財團法人農業工程研究中心 副研究員

摘要

近年受氣候變遷與極端降雨影響，常於汛期或雨季時發生土砂災害，政府單位須在短時間內掌握與了解災害情形，作為應變期間災情蒐整、研判受災層面並提供防救災資訊。近年經常使用航遙測影像與無人飛行載具(UAV)進行災害位置的大範圍資料蒐集與調查，效率上較過去人力現場調查大幅提升。

儘管使用航遙測影像及UAV來獲取災害地區地表狀況效率極高，惟航遙測影像常受限於雲層遮蔽影響，無法即時提供災區影像資訊。其次，UAV於較低空飛行時雖可避免雲層遮蔽問題，但仍會受降雨、地形遮蔽及通訊屏蔽等干擾，亦可能無法立即提供調查成果。上述兩者在晴天無雨時能提供大範圍區域之地表特徵，但在降雨及狹小範圍區域將無法進行拍攝作業，仍需依靠傳統人力調查輔助，惟精密儀器通常昂貴、無防水性能、笨重且不易攜帶，將影響作業人員於現場調查效率。

本研究利用智慧型手機進行土砂災害現場調查，使用智慧型手機的LiDAR測繪及照片攝影測量等方法進行現地三維模型建立，應用多種免費版APP並搭配具GNSS之手機輔助定位工具，可有效獲取災害標的重要資訊。本研究成果顯示，藉由手機三維建模方式，災後可快速掌握災害環境，其成果可滿足所需調查精度，並輔助航遙測影像與UAV無法拍攝取像時進行災區資料蒐整，並提升傳統人力調查作業效率。

關鍵字：遙測影像；智慧型手機；LiDAR；三維模型；崩塌；土石流



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

第42屆測量及空間資訊研討會

多元智慧型手機測繪方法 於土砂災害現場建置三維資料之應用探討

農村發展及水土保持署 減災監測組

李哲宇 助理研究員

2024年8月28日-8月30日

簡報大綱

一、前言

二、研究區域與案例

三、研究材料

四、研究方法

五、結果與討論

研究課題(1)-360環景影像

研究課題(2)-即時動態定位(RTK)-單點定位

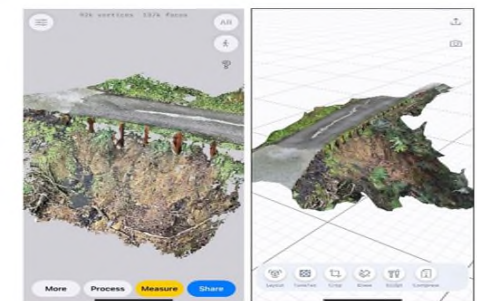
研究課題(3)-快速三維測量

研究課題(4)-3D模型建置

六、結論與建議



傳統照片



LIDAR掃描測繪法

照片攝影測量法

前言 TITV

情境

1. 氣候變遷下，汛期或雨季經常發生土砂災害
2. 政府機關須在短時間內災情蒐整研判，並提供大眾防救災資訊

常用調查方法

航遙測影像與UAV大範圍資料蒐集與調查

常用調查方法問題

1. 航遙測影像經常因雲覆率影響，災後無法短時間獲取所有衛星影像，需耗費數天才可蒐集齊全
2. UAV受降雨、地形遮蔽及通訊屏蔽影響，無法進行拍攝
3. 偏遠山區部分位置無法進行遙測調查作業，仍需依靠傳統人力調查輔助，惟精密儀器通常昂貴、無防水性能、笨重且不易攜帶，影響現場調查效率
4. 災害剛發生期間並無足夠人力即時至現場調查，需仰賴各單位協力提供現場影像情資

情境

如能在災後能使用特定工具快速取得與評估現場狀況，對於災害的緊急規劃與應變將有莫大助益

海葵風雨

南投仁愛

廬山塔羅灣溪又傳暴雨

龐大雨勢花蓮多處地區傳災情

累積雨量

高雄桃源293mm

居民

壽豐民宅半間遭土石流埋住

圖片來源：原視新聞網



前言

災害防救法第3條規定
「土石流及大規模崩塌災害」
防救業務主管機關為農業部(昔行政院農業委員會)
農村水保署屬於其中轄下土砂災害主管機關
提供大眾關於大規模崩塌之防救災資訊

法規名稱：災害防救法 [EN](#)

修正日期：民國 111 年 06 月 15 日

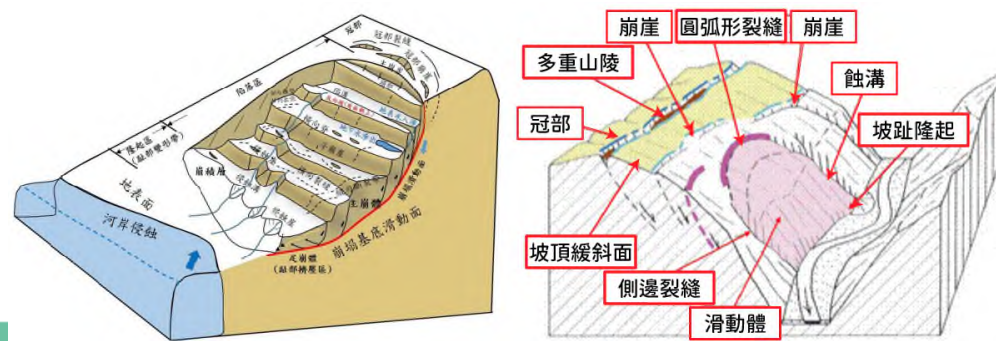
法規類別：行政 > 內政部 > 消防目

[所有條文](#) [編章節](#) [條號查詢](#) [條文檢索](#) [沿革](#) [立法歷程\(附帶決議\)](#)

※如已配合行政院組織改造，公告變更管轄或停止辦理業務之法規條文，請詳見沿革

- 第 3 條 1 各種災害之預防、應變及復原重建，以下列機關為中央災害防救業務主管機關：
- 一、風災、震災（含土壤液化）、火災、爆炸、火山災害：內政部。
 - 二、水災、旱災、礫災、工業管線災害、公用氣體與油料管線、輸電線路災害：經濟部。
 - 三、寒害、**土石流及大規模崩塌災害**、森林火災、動植物疫災：行政院農業委員會。
 - 四、空難、海難、陸上交通事故：交通部。
 - 五、毒性及關注化學物質災害、懸浮微粒物質災害：行政院環境保護署。
 - 六、生物病原災害：衛生福利部。
 - 七、輻射災害：行政院原子能委員會。
 - 八、其他災害：依法律規定或由中央災害防救會報指定之中央災害防救業務主管機關。

依據國家災害防救科技中心完成之「大規模崩塌災害防治行動綱領」，大規模崩塌係指「**崩塌面積超過10公頃或土方量達10萬立方公尺或崩塌深度在10公尺以上的崩塌地**」，致人命傷亡，建築物、橋梁、公共設施毀損，造成生命或財產損失，稱為『**大規模崩塌災害**』
例如:98年8月9日，小林村獻肚山崩塌造成491人死亡

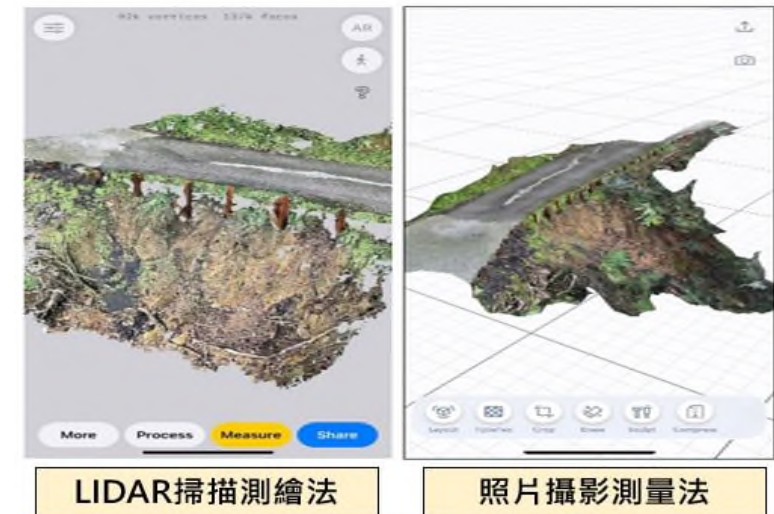


前言

本研究針對
以2023年南投縣仁愛鄉廬山地區
大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)
與塔羅灣溪
發生之大規模崩塌災害與河道土砂淤積災害為例

利用
智慧型手機進行多元測繪方法與多期調查
獲取災害現場的三維資料與現場快速分析
並與UAV及雷射掃描儀
進行應用輔助與驗證比較

以獲取災害事件現場相關重要資料
作為未來土砂災害快速評估工具之新選擇



研究區域與案例



資料來源：農村水保署BigGIS

地點：

南投縣仁愛鄉精英村

區域：

大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)、塔羅灣溪

現地調查案例：

(1)廬山吊橋

災害發生時間:卡努颱風(20230803期間)

災害狀況:塔羅灣溪上游土砂淤積於廬山溫泉區，吊橋通洪斷面縮減

坐標：269039,2657538(TWD97)

(2)大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)

災害發生時間:蘇拉暨海葵颱風(20230831期間)

災害狀況:因颱風降雨影響，右下方坡腳發生崩塌

坐標：269054,2657654 (TWD97)

現地調查時間：

2023/09/27(卡努颱風災害後2個月)

2024/03/12(卡努颱風災害後7個月半)

研究材料

從遙測影像可得知:

- 卡努颱風後，塔羅灣溪下游廬山溫泉區段受土砂淤積掩埋，河床溪流工程不復見，無法得知廬山吊橋下通洪斷面狀況
- 蘇拉暨海葵颱風後，大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳發生崩塌，但影像不清晰且無法詳細得知現場崩塌狀況
- 災害後因正值汛期經常性降雨，雲覆率高，清晰且無雲之遙測影像稀少，取像不容易



災害前遙測影像

(20221226_google earth)



卡努颱風(20230803期間發生災害)

災害後遙測影像

(20230825_Pleiades)



蘇拉暨海葵颱風(20230831期間發生災害)

災後遙測影像

(20230912_Sentinel-2)

研究材料

因遙測影像有無法得知現場災害狀況、取像不容易的問題:

1.嘗試以智慧型手機iPhone14Pro

(硬體具LiDAR與相機鏡頭)進行各項方法測繪

2.嘗試以UAV與雷射掃描儀進行智慧型手機應用之輔助與驗證

研究工具	現場調查工具	模型後製工具	調查方式
智慧型手機	免費版 手機應用程式	免費版 手機應用程式 後臺	360環景 - 照片攝影測量法-3D建模 (無人機模式、攝影測量模式、高斯發濺法) - LiDAR掃描測繪法-3D建模 - 即時三維測量
	付費版 手機定位輔助器 + 付費版 手機應用程式	桌機端 付費版建模軟體	- 即時動態定位(RTK)-單點定位 - 即時動態定位LiDAR掃描測繪-3D建模

項目	LiDAR掃描測繪法		照片攝影測量法
應用程式			
	Scaniverse	ConstLiDAR Lite	polycam
作業系統	IOS		IOS/android
適用智慧型手機機型 (截至2024/7)	iPhone 12、13、14、15之Pro等級以上、 iPad 11吋(第2代)等級以上、iPad Pro 12.9吋 (第4代)等級以上		(攝影) iPhone 11等級或 android 8.0以上 (LiDAR) iPhone 12 pro 等級以上
匯出格式	USDZ、OBJ、DAE 等格式	現場即時展示	USDZ、OBJ、DAE 等格式
功能特點	1.三維立體模型建置 2.無網路狀態可製作模型 3.長度、周長測量 4.AR視覺化模式 5.線上模型展示功能	1..Lite版可即時進行水平、 垂直、斜距等距離測量 2.付費版可進行坡度(%或 1/N)、面積、體積等進階 計算功能 3.付費版可進行放樣功能	1.LiDAR、攝影三維資料建置 2.快速自動對齊測繪功能 3.360環景模式功能 4.部分功能無網路狀態可製 作模型 5.長度、周長測量 6.AR、行走視覺化模式 7.線上模型展示與測量功能
研究使用功能	1.三維立體模型建置 2.三維測量	水平、垂直、斜距 等距離測量	1.360環景模式功能 2.照片、影片即時建模功能 3.三維測量

免費版-手機應用程式-3款



付費版-手機定位器、手機應用程式、建模軟體 -ViDOC、PIX4Dcatch、PIX4Dmatic

研究材料

因遙測影像有無法得知現場災害狀況、取像不容易的問題:

- 1.嘗試以智慧型手機iPhone14Pro
(硬體具LiDAR與相機鏡頭)進行各項方法測繪
- 2.嘗試以UAV與雷射掃描儀進行智慧型手機應用之輔助與驗證

現場調查 輔助與驗證 工具	模型後製 工具	調查方式
衛星定位儀	-	即時動態定位(RTK)-單點定位
無人飛行載具 UAV	桌機端 付費版 建模軟體	- 照片攝影測量-3D建模 - 照片攝影測量-正射圖 (空中三角測量法)
雷射掃描儀	桌機端 付費版 建模軟體	雷射掃描-3D建模
捲尺	-	距離測量



衛星定位儀-Trimble R6



無人飛行載具UAV
-Autel Robotics EVO II



雷射掃描儀-FARO Focus 3D



付費版建模軟體-ContextCapture



研究方法

研究課題

智慧型手機組

輔助與驗證組

研究課題(1)-360環景影像

目的:呈現土砂災害的環境周邊連結影像
· 輔助多項載具現場判斷

免費版手機應用程式

無人飛行載具UAV

研究課題(2)-即時動態定位(RTK)-單點定位

目的:了解手機定位輔助器於山坡地土砂災害
真實地理資訊位置之定位功能適用性

付費版
手機定位輔助器+手機應用程式

衛星定位儀

LIDAR掃描測繪法

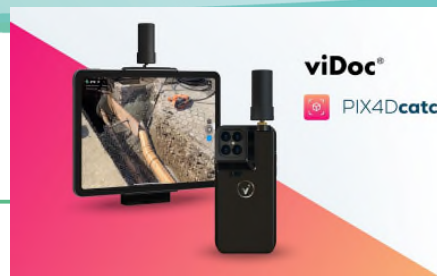


照片攝影測量法





研究方法



研究課題

智慧型手機組

輔助與驗證組

研究課題(3)-快速三維測量

免費版手機應用程式

無人飛行載具UAV

目的:即時了解現場土砂災害特徵之三維尺寸

捲尺

研究課題(4)-3D模型建置

免費版手機應用程式

無人飛行載具UAV

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

a. 不同建模方式製作時間比較

b. 製作成果比較

c. 三維尺寸比較

研究課題(4)-2-光學測深儀器掃描建置重點區域3D模型

a. 製作成果比較

b. 三維地理座標位置比較

C. 三維尺寸比較

目的:現場土砂災害
三維地形數位化、
後端匯出應用分析

付費版
手機定位輔助器+手機應用程式

雷射掃描儀

研究課題(1)-360環景影像

結果與討論

智慧型手機組:

嘗試使用**免費版手機應用程式-polycam**之**360環景功能**，於指定條帶移動，即可拍攝完成，並可在**數分鐘內完成產製**，**上傳至線上展示平台**提供閱覽

輔助與驗證組:

嘗試使用**無人飛行載具UAV**進行大範圍拍攝**正射影像**



免費版手機應用程式-polycam-360環景模式



無人飛行載具UAV-正射影像(20240312)



結果與討論

免費版手機應用程式-polycam-360環景模式

研究課題(1)-360環景影像

調查位置:廬山吊橋

調查時間:2023/09/27、2024/03/12



河槽中心彎曲擺盪不定



塔羅灣溪河床受上游土砂淤滿平整，
通洪斷面縮減，河道自然溢流

2023/09/27-廬山吊橋下方



堆積土方

河槽中心



堆積土方

2023/03/12-廬山吊橋下方



堆積土方

堆積土方

塔羅灣溪河床經人工土方堆積整理，
土砂堆積於兩側，河槽中心已整理於房屋側

2023/03/12-廬山吊橋上方





研究課題(1)-360環景影像

結果與討論

免費版手機應用程式-polycam-360環景模式

調查位置:大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌
調查時間:2023/09/27、2024/03/12



大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌
崩塌本體左側尚存房屋no.1，前方尚存房屋no.2

2023/09/27-崩塌本體左側



大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌
崩塌本體左側尚存房屋no.1，前方尚有房屋no.2，房屋no.2左已被人工堆積土方環繞，崩塌本體右側尚存既有擋土牆

2023/03/12-崩塌本體左側



2023/03/12-崩塌本體右側

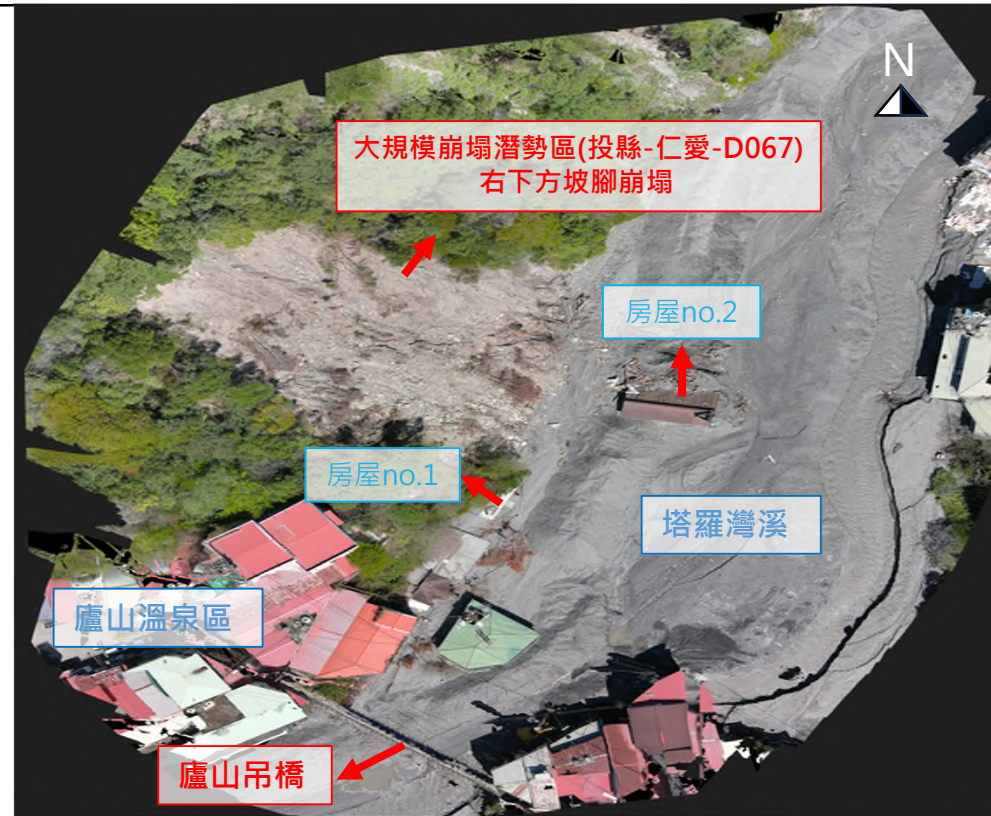


結果與討論

研究課題(1)-360環景影像



免費版手機應用程式-polycam-360環景模式(20240312)



無人飛行載具UAV-正射影像(20240312)

範圍

局部廣域重點

廣泛地理位置

細節

地物地貌呈現細節高

相對位置呈現細節高

輔助功能

可補充大範圍正射影像之現場廣域真實細節，
快速展示多現場多時序地貌變遷

可輔助360環景影像
得知地物地貌間相對位置

結果與討論

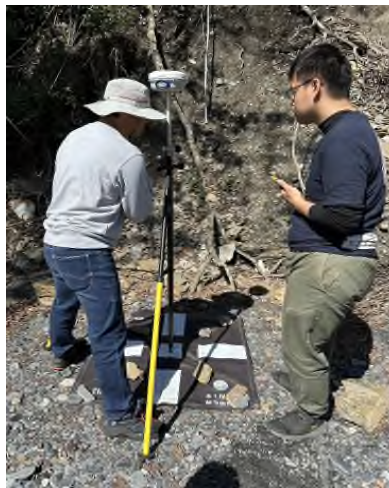
研究課題(2)-即時動態定位(RTK)-單點定位

智慧型手機組:

- 1.作業時間:3/12 12:00
- 2.定位時間:預設30秒結束
- 3.儀器高度:貼合地面
- 4.測量方式:嘗試使用付費版-**手機定位輔助器(ViDOC)**、**手機應用程式(PIX4Dcatch)**，進行即時動態定位(RTK)-單點定位

輔助與驗證組:

- 1.作業時間: 3/12 12:00
- 2.定位時間:預設收斂至精度範圍內結束
- 3.儀器高度:1.5m
- 4.嘗試使用**衛星定位儀(Trimble R6)**進行即時動態定位(RTK)-單點定位



付費版-手機定位輔助器(ViDOC)

衛星定位儀(Trimble R6)



正射影像(20240312)-單點定位研究用控制點位置圖



結果與討論

研究課題(2)-即時動態定位(RTK)-單點定位

控制點	儀器	X (m) (TWD97)	Y (m) (TWD97)	Z (m) (橢球高)	差異值 (m) 【(Trimble R6 -ViDOC) 之絕對值】
GCP1	ViDOC	2657618.171	269062.646	1110.679	X: 3.171 Y: 4.068 Z: 0.976
	Trimble R6	2657621.342	269058.578	1109.703	
GCP2	ViDOC	2657633.748	269065.789	1109.052	X: 0.129 Y: 0.167 Z: 0.858
	Trimble R6	2657633.619	269065.622	1109.910	
GCP3	ViDOC	2657638.838	269073.737	1109.595	X: 0.147 Y: 0.250 Z: 0.061
	Trimble R6	2657638.691	269073.487	1109.534	
GCP4	ViDOC	2657652.218	269074.503	1110.070	X: 0.189 Y: 0.211 Z: 0.162
	Trimble R6	2657652.029	269074.292	1109.908	
GCP5	ViDOC	2657671.714	269073.663	1110.288	X: 0.211 Y: 0.190 Z: 0.101
	Trimble R6	2657671.503	269073.473	1110.187	

1. 以衛星定位儀為比較標的，去除極端值後，X值差異約12.9cm~21.1cm、Y值差異約16.7cm~**25cm**、Z值差異約6.1cm~16.2cm，最低約**6.1cm**。
2. 極端值達80~400cm，推測以點位GCP1為例，因其位置鄰近房屋且屬林蔭遮蔽處，訊號接收不易。
3. 結果可能因人為誤差(操作習慣)、儀器誤差(儀器校正)與一般誤差(作業時間)等因素影響測量成果。



正射影像(20240312)-單點定位研究用控制點位置圖

研究課題(3)-快速三維測量

結果與討論

智慧型手機組:

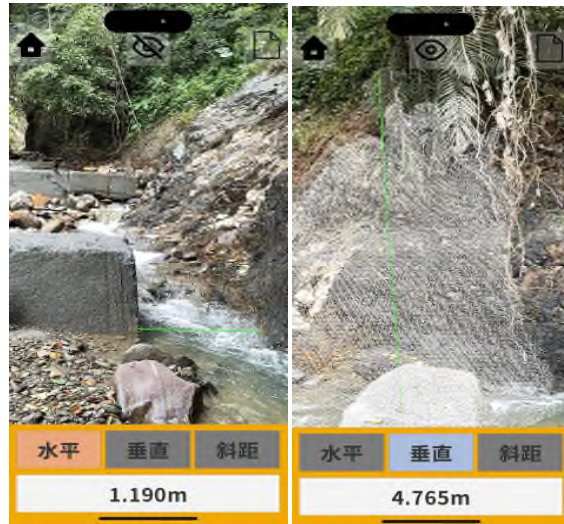
嘗試使用**免費版手機應用程式-ConstLiDAR Lite-即時測量模式**，利用手機**LiDAR**先行掃描地形後，點選欲分析之區段**即時測量**

輔助與驗證組:

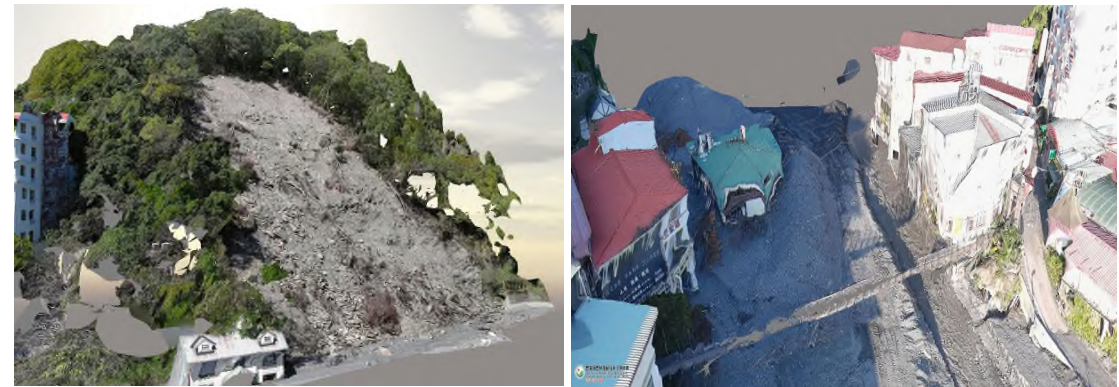
嘗試使用**無人飛行載具UAV資料**建立**3D模型**，另使用**捲尺**進行構造物**尺寸驗證**



捲尺(20240312)



免費版手機應用程式-ConstLiDAR Lite-即時測量模式



無人飛行載具UAV-3D模型(20240312)

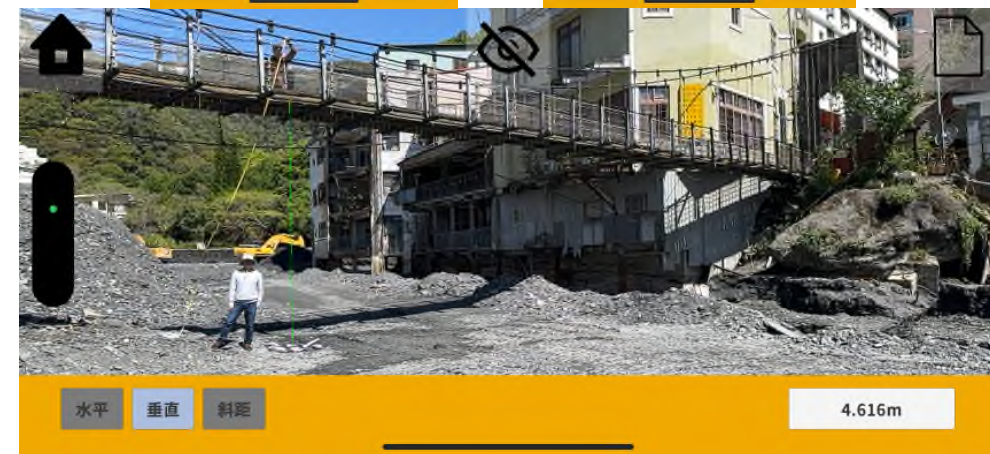
結果與討論

研究課題(3)-快速三維測量

免費版手機應用程式-ConstLiDAR Lite-即時測量模式



大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌
崩塌本體右側尚存既有擋土牆側邊掏空尺寸



廬山吊橋通洪斷面高



研究課題(3)-快速三維測量

結果與討論

免費版手機應用程式-ConstLiDAR Lite-即時測量模式

位置	儀器	尺寸(m)	差異值(m) (吊橋以捲尺為 標的， 擋土牆以UAV 為標的)	差異比率(%) (吊橋以捲尺為 標的， 擋土牆以UAV 為標的)
廬山吊橋 通洪斷面高	捲尺	4.760	-	-
	app-ConstLiDAR	4.616	0.144	3%
	UAV(20240312)	4.801	0.041	0.8%
	UAV(20230927)	2.790	1.970	-
大規模崩塌潛勢 區 (投縣-仁愛- D067) 右下方坡腳崩塌 崩塌本體右側 尚存既有擋土牆	app-ConstLiDAR (側邊掏空高度)	2.313	0.023	0.9%
	app-ConstLiDAR (側邊掏空寬度)	2.254	0.061	2.7%
	UAV(20240312) (側邊掏空高度)	2.336	-	-
	UAV(20240312) (側邊掏空寬度)	2.193	-	-

- 廬山吊橋通洪斷面高以捲尺為比較標的時，手機差異為**3%**；擋土牆以UAV為比較標的時，手機差異為**0.9-2.7%**。
- 手機與比較標的差異原因推測，吊橋部分可能因**橋面的點雲分析位置不同**有所差異，擋土牆掏空寬度因內部有**植生遮蔽而不易標定點雲分析位置**，因此有所差異。
- 從廬山吊橋通洪斷面高兩期的調查資料比較，目前**兩期高差約1.970m**，與研究課題(3)-360環景成果-廬山吊橋調查得知人工土方堆積整理工作部分相互驗證。



研究課題(4)-3D模型建置

結果與討論

智慧型手機組:

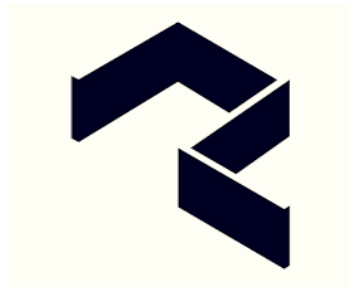
嘗試使用免費版手機應用程式(Scaniverse
、polycam)、手機定位輔助器(ViDOC)與手機
應用程式(PIX4Dcatch)，進行照片攝影測量
法(無人機模式、攝影測量模式、高斯潑灑法)
與LiDAR掃描測繪法建立3D模型

輔助與驗證組:

嘗試使用無人飛行載具UAV、雷射掃描儀之資
料建立3D模型



無人飛行載具UAV-3D模型(20240312)



雷射掃描儀(20240312)

免費版手機應用程式-Scaniverse
、polycam-照片攝影測量法與LiDAR掃描測繪法

付費版-手機定位輔助器(ViDOC)



研究課題(4)-3D模型建置

結果與討論

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

a. 不同建模方式製作時間比較

攝影測量法-無人機模式、攝影測量模式

建模模式	DRONE PHOTOGRAMMETRY (無人機模式) (開源版本:照片最多150張·影片最多3:00)		
影像來源	UAV 正射影像	UAV 45度斜拍照片	UAV 0度斜拍照片轉影片
影像張數	149張	88張	張數:254張 (影片1:30秒)
檔案大小	2615MB	1563MB	142MB
建模時間	製作日期:07/19 上傳開始:10:02 上傳結束:10:28 製作完成:10:38	製作日期:07/19 上傳開始:10:27 上傳結束:10:44 製作完成:10:59	製作日期:07/19 上傳開始:10:46 上傳結束:10:48 製作完成:10:52
	總製作時間:36分鐘 上傳時間:26分鐘 建模時間:10分鐘	總製作時間:32分鐘 上傳時間:17分鐘 建模時間:15分鐘	總製作時間:6分鐘 上傳時間:2分鐘 建模時間:4分鐘

建模模式	PHOTOGRAMMETRY(攝影測量模式) (開源版本:照片最多150張·影片最多3:00)		
影像來源	UAV 正射影像	UAV 45度斜拍照片	UAV 0度斜拍照片轉影片
影像張數	149張	88張	張數:254張 (影片1:30秒)
檔案大小	2615MB	1563MB	142MB
建模時間	製作日期:07/19 開始時間:15:51 上傳結束:16:10 製作完成:16:27	製作日期:07/19 開始時間:16:18 上傳結束:16:30 製作完成:16:41	製作日期:07/19 開始時間:16:32 上傳結束:16:34 製作完成:16:37
	總製作時間:38分鐘 上傳時間:21分鐘 建模時間:17分鐘	總製作時間:23分鐘 上傳時間:12分鐘 建模時間:11分鐘	總製作時間:5分鐘 上傳時間:2分鐘 建模時間:3分鐘

- 素材:
以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌為例· UAV正射影像149張· UAV 45度斜拍照片88張· UAV 0度斜拍照片254張· UAV 3者轉成影片
- 手機模型以免費版手機應用程式-polycam製作
- 網路速度:
下載與上傳之平均速度:28MB/秒



結果與討論

研究課題(4)-3D模型建置

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

a. 不同建模方式製作時間比較

攝影測量法- 3D Gaussian Splatting (高斯潑灑法)

建模模式	3D Gaussian Splatting (高斯潑灑法) (開源版本:照片最多100張・影片最多1:40)		
影像來源	UAV 正射影像轉影片	UAV 45度斜拍照片	UAV 0度斜拍照片轉影片
影像張數	149張 (影片1:30秒)	88張	張數:254張 (影片1:30秒)
檔案大小	150MB	1563MB	142MB
建模時間	製作日期:07/19 上傳開始:12:26 上傳結束:12:28 製作完成:12:48	製作日期:07/19 上傳開始:13:19 上傳結束:13:20 製作完成:13:49	-
	總製作時間:20分鐘 上傳時間:10分鐘 建模時間:10分鐘	總製作時間:30分鐘 上傳時間:1分鐘 建模時間:29分鐘	-

攝影測量法-建模各項方法製作時間統計

項目	數值
平均網路速度	28MB/秒
檔案大小	最大:2615MB (UAV 正射影像149張) 最小:142MB (UAV 0度斜拍照片轉影片254張 (影片1:30))
總製作時間 (上傳+建模)	最長:38分鐘 最短:5分鐘
上傳時間	最長:26分鐘 最短:2分鐘
建模時間	最長:29分鐘 最短:3分鐘
正射影像 (149張照片) 總製作時間	最長:38分鐘 (PHOTOGRAMMETRY (攝影測量模式)) 最短:10分鐘 (3D Gaussian Splatting (高斯潑灑法))

- 總製作時間，手機約**5-38分鐘**，UAV約**2-6小時**。
- 以同樣標準(正射影像149張照片)下，手機比UAV可省下**至少70-92%**的時間。

無人飛行載具UAV- 攝影測量-空間三角測量法-付費版 建模軟體-ContextCapture製作時間

項目	製作時間
平均網路速度	離線製作
正射影像(149張照片)	
總製作時間 (空間三角+建模)	2小時17分鐘
空間三角平差時間	13分鐘
建模時間	2小時4分鐘
UAV 0度+45度斜拍照片(491張照片)	
總製作時間 (空間三角+建模)	7小時35分鐘
空間三角平差時間	48分鐘
建模時間	6小時47分鐘



研究課題(4)-3D模型建置

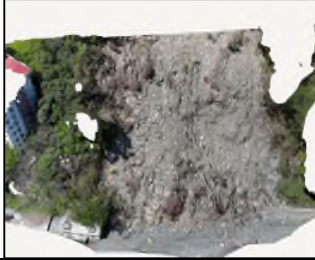
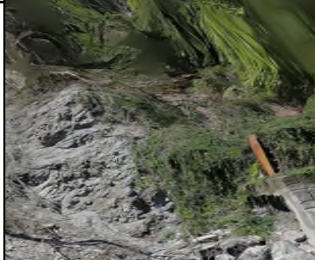
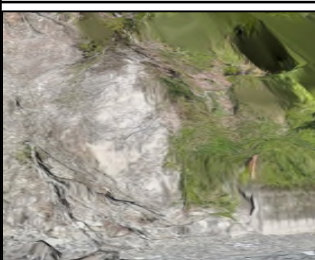
結果與討論

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

b. 製作成果比較

素材:

- 以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌為例，UAV正射影像149張、UAV 45度斜拍照片88張、UAV 0度斜拍照片254張、UAV 3者轉成影片
- 手機模型以免費版手機應用程式-polycam製作

建模模式	攝影測量法-DRONE PHOTOGRAMMETRY (無人機模式)			建模模式	攝影測量法-PHOTOGRAMMETRY(攝影測量模式)		
影像來源	UAV 正射影像	UAV 45度斜拍照片	UAV 0度斜拍照片轉影片	影像來源	UAV 正射影像	UAV 45度斜拍照片	UAV 0度斜拍照片轉影片
網址QRcode				網址QRcode			
整體影像				整體影像			
	影像完整	影像截半	影像左側平差消失		影像完整	影像截半	影像左側平差消失
影像狀況 (以崩塌右側之岩盤、植物、擋土牆為例)				影像狀況 (以崩塌右側之岩盤、植物、擋土牆為例)			
	影像均模糊	岩盤與擋土牆清晰、植物模糊	岩盤與擋土牆清晰、植物清晰但曲折		影像均模糊	岩盤與擋土牆清晰、植物清晰但曲折	岩盤與擋土牆清晰、植物清晰但曲折



研究課題(4)-3D模型建置

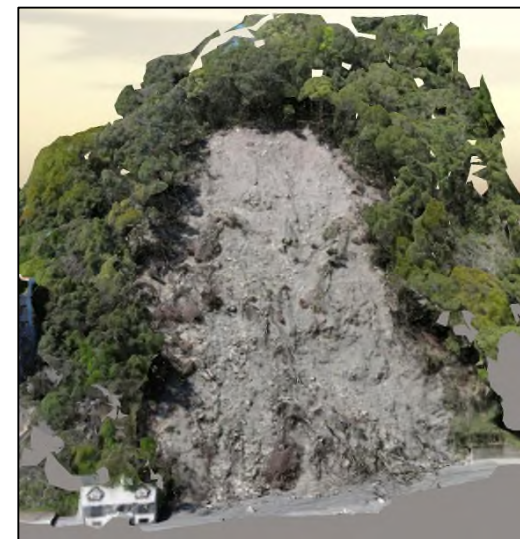
結果與討論

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

b. 製作成果比較

建模模式	攝影測量法-3D Gaussian Splatting (高斯潑濺法)		
影像來源	UAV 正射影像 轉影片	UAV 45度斜拍照片	UAV 0度 斜拍照片轉影片
網址QRcode			失敗，無法製作
整體影像			失敗，無法製作
	影像完整	影像完整	失敗，無法製作
影像狀況 (以崩塌右側之 岩盤、植物、 擋土牆為例)			
	影像均模糊	岩盤與擋土牆清晰、 植物模糊	崩塌坡頂植物清晰呈陰影 (此為UAV 45度斜拍照片成果)

無人飛行載具UAV-攝影測量-空間三角測量法-付費版建模軟體-ContextCapture製作成果



影像完整



植物清晰但曲折、
岩盤與擋土牆清晰、

1. 手機模型經測試可與UAV模型之**成果相當**。
2. 手機模型成果如欲**整體完整者**，可首選**UAV正射影像**建模或利用**高斯潑濺法**進行製作。
3. 大部分模型成果呈現清晰，惟植物較難成型，若須考慮植物可選用**高斯潑濺法**。
4. 手機建模時**邊界易平差消失或模糊**，可適當考慮取像範圍擴大。

結果與討論

研究課題(4)-3D模型建置

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

b. 製作成果比較

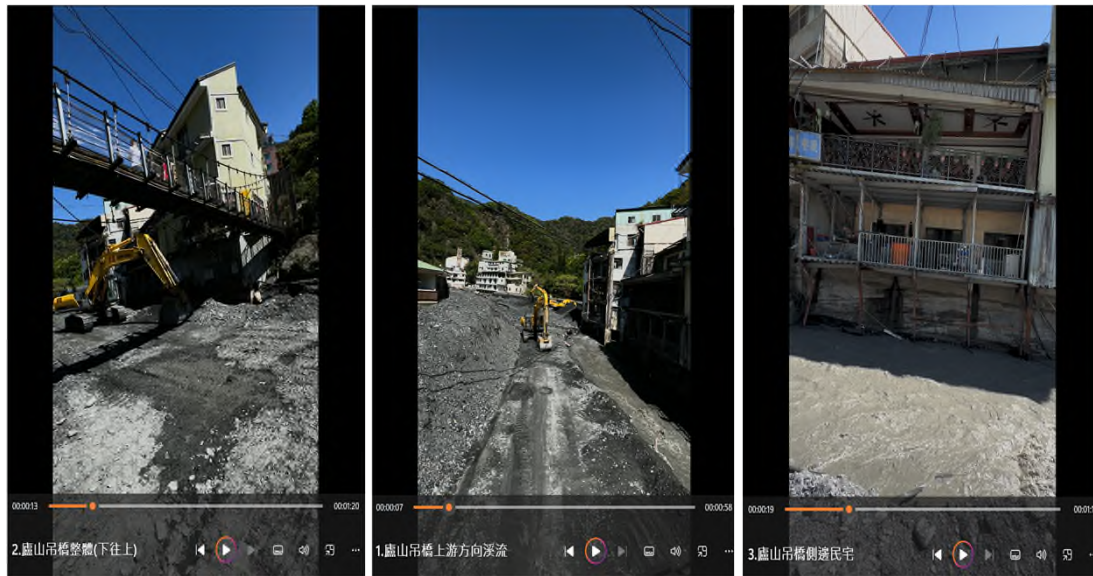
攝影測量法-3D Gaussian Splatting (高斯潑濺法)

素材:以廬山吊橋為例

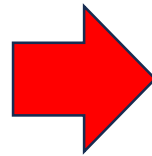


模型成果

1. 高斯潑濺法以廬山吊橋為例，利用地面調查時隨手拍攝之手機影片3段合併，製作3D模型，總製作時間25分鐘。
2. 手機模型以免費版手機應用程式-polycam製作。
3. 從結果得知，可製作大範圍3D模型、可呈現如民宅欄杆與梁柱等細節，並可真實呈現吊橋相關細節。



手機地面調查-錄影片段3段



大範圍3D模型



吊橋側邊民宅細節



吊橋、河床
與陰影細節



研究課題(4)-3D模型建置

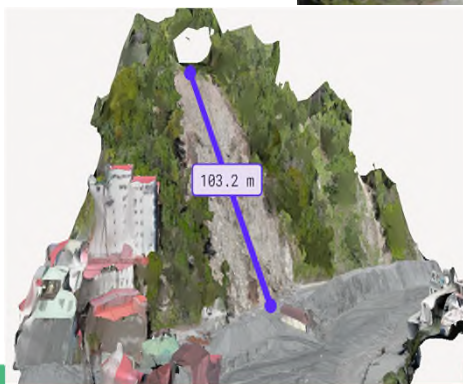
結果與討論

研究課題(4)-1-外部影像(照片、影片)匯入手機快速3D模型建置

c.三維尺寸比較

- 素材:以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌為例,進行手機與UAV之模型尺寸比較
- 手機案例以免費版手機應用程式-polycam-攝影測量法-DRONE PHOTOGRAMMETRY (無人機模式)-UAV 正射影像為例
- 手機快速3D建模成果均為相對比例尺換算成果,案例以建築物通常尺寸3m為比例尺換算

免費版手機應用程式-polycam(20240312)



無人飛行載具UAV(20240312)



- 利用手機進行相對比例尺換算量化,可得到崩塌相關數據,換算崩塌體積。
- 手機估算之崩塌體積與UAV建模成果差異比率約12%,可在防災應用上使用。

位置	免費版手機 應用程式- polycam	UAV 建模成果	差異 比率 (%)
崩塌長度(m)	103.2	103.4	0.2
崩塌寬度(m)	41.5	41.7	0.4
崩塌面積(m²)	3842	3505	7.9
崩塌體積(m³)	10781.7	9480.5	12.1

*崩塌體積採用農村水保署(2023)「大規模崩塌潛勢區影響範圍劃設作業流程與方法」建議之崩塌體積-面積關係式進行計算

$$V_L = 0.1025A_L^{1.401}$$



結果與討論

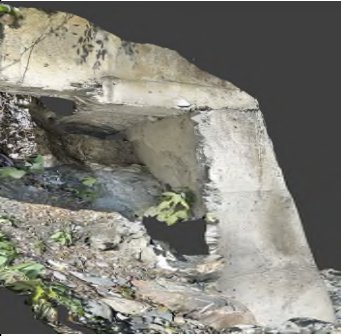
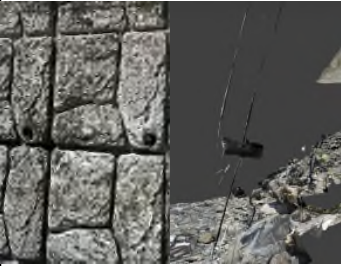
研究課題(4)-3D模型建置

研究課題(4)-2-光學測深儀器掃描建置重點區域3D模型

a.製作成果比較

素材:以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌後損毀之右側擋土牆與邊坡為例，利用以下項目進行比較：

- 1.免費版手機應用程式Scaniverse (搭載LiDAR)。
- 2.付費版手機定位輔助器VIDOC與應用程式PIX4Dcatch (搭載 LiDAR)。
- 3.免費版手機應用程式polycam-DRONE PHOTOGRAMMETRY (無人機模式)-UAV 45度斜拍照片(攝影測量)。

項目	免費版手機應用程式 Scaniverse (搭載LiDAR)	付費版手機定位輔助器VIDOC與應用程式 PIX4Dcatch (搭載LiDAR)	免費版手機應用程式polycam- DRONE PHOTOGRAMMETRY (無 人機模式)-UAV 45度斜拍照片 (攝影測量)
擋土牆側邊 內部			
	呈現側邊內部掏空深度	呈現側邊內部掏空深度	呈現邊坡土砂與岩層分布狀況
擋土牆表面			
	呈現側邊表面、排水孔阻塞 狀況、排水孔內部深度	呈現側邊表面、 排水孔阻塞狀況	可進階量化地質方面三維尺寸

- 1. 搭載LiDAR的成果明顯可呈現比攝影測量的成果有**更多紋理細節與清晰程度**。
- 2. 搭載LiDAR的項目可觀測如排水孔之**細節**，更可**測深其深度**。
- 3. 可進階輔助判斷與量化**地質狀況**。

結果與討論

研究課題(4)-3D模型建置

研究課題(4)-2-光學測深儀器掃描建置重點區域3D模型

b.三維地理座標位置比較

素材:

以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌佈設之GCP1、GCP4、GCP5為例，利用以下項目進行比較:

1.付費版手機定位輔助器VIDOC與應用程式PIX4Dcatch (搭載 LiDAR)

(1)即時動態定位(RTK)-移動掃描定位

(2)即時動態定位(RTK)-單點定位

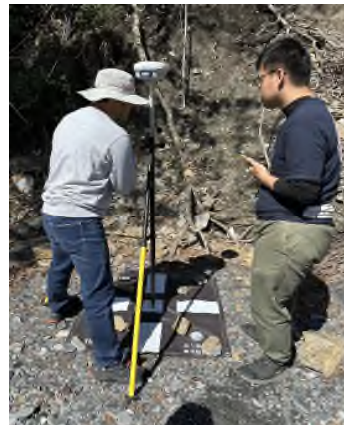
2.衛星定位儀(Trimble R6)



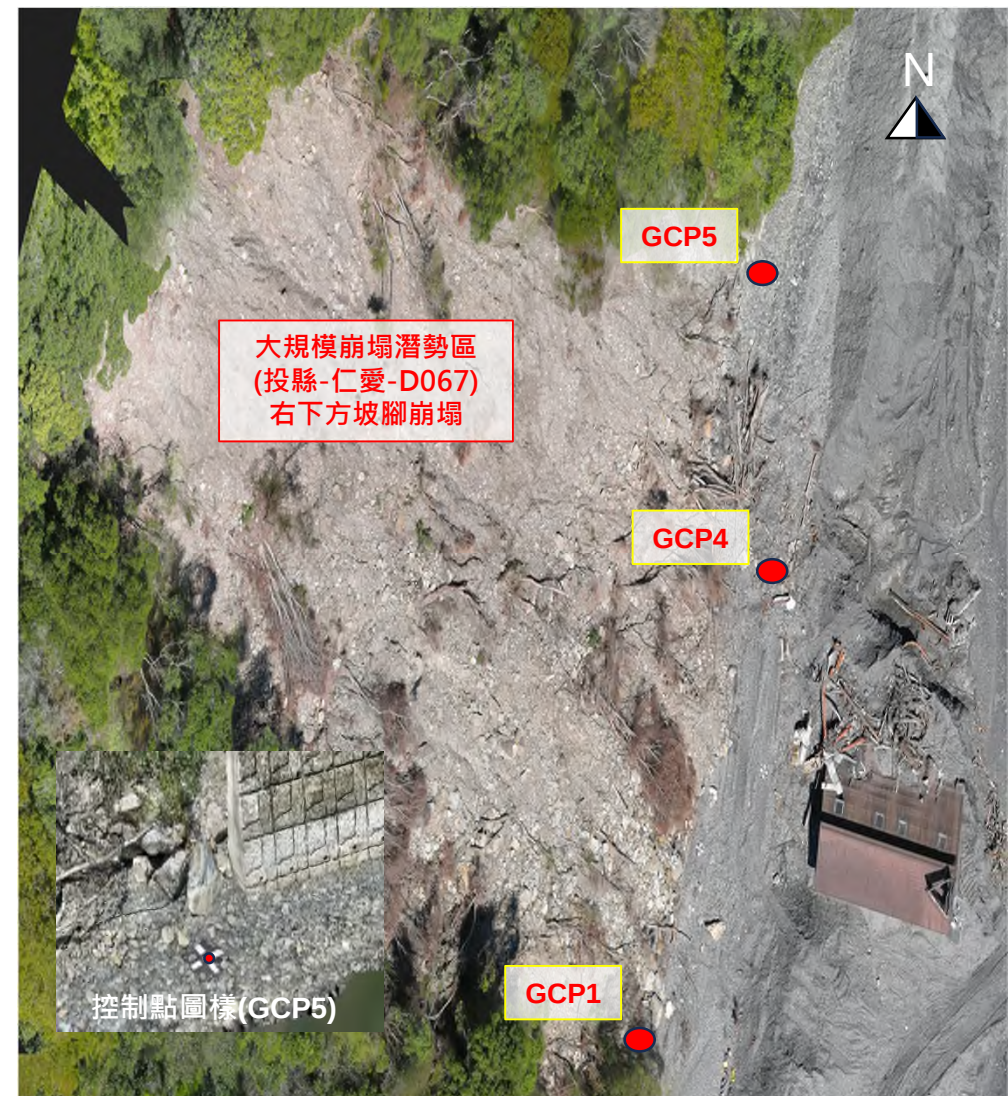
即時動態定位(RTK)
-移動掃描定位



即時動態定位(RTK)
-單點定位



衛星定位儀
(Trimble R6)





研究課題(4)-3D模型建置

結果與討論

研究課題(4)-2-光學測深儀器掃描建置重點區域3D模型

b.三維地理座標位置比較

*ViDOC單點定位三維數值請參閱簡報P16-研究課題(2)-即時動態定位(RTK)-單點定位

控制點	儀器	X (m) (TWD97)	Y (m) (TWD97)	Z (m) (橢球高)	移動掃描 定位 與衛星定位儀 之 差異值 (m) 【(Trimble R6 - ViDOC 移動 掃描定位) 之絕對值】	移動掃描 定位 與單點定位 之 差異值 【(ViDOC移動掃 描定位-單點 定位) 之絕對值】
GCP1	ViDOC (移動掃描 定位)	2657621.643	269059.417	1113.357	X:0.301 Y:0.161 Z:3.654	X:3.472 Y:4.068 Z:0.976
	Trimble R6	2657621.342	269058.578	1109.703		
GCP4	ViDOC (移動掃描 定位)	2657652.186	269074.574	1109.374	X:0.157 Y:0.282 Z:0.534	X:0.032 Y:0.071 Z:0.696
	Trimble R6	2657652.029	269074.292	1109.908		
GCP5	ViDOC (移動掃描 定位)	2657671.665	269073.765	1109.667	X:0.162 Y:0.292 Z:0.480	X:0.049 Y:0.102 Z:0.621
	Trimble R6	2657671.503	269073.473	1110.187		

1. 以衛星定位儀為比較標的，去除極端值後，移動掃描定位之X值差異約15.7cm~30.1cm、Y值差異約16.1cm~29.2cm、Z值差異約48cm~53.4cm，整體最低差異約**15.7cm**。
2. 以移動掃描定位與單點定位比較，去除極端值後，X與Y差異約**3.2~10.2**公分，Z值約**62.1~97.6**公分。
3. 點位GCP1成果為極端值，因其位置鄰近房屋且屬林蔭遮蔽處，訊號接收不易。

結果與討論

研究課題(4)-3D模型建置

研究課題(4)-2-光學測深儀器掃描建置重點區域3D模型

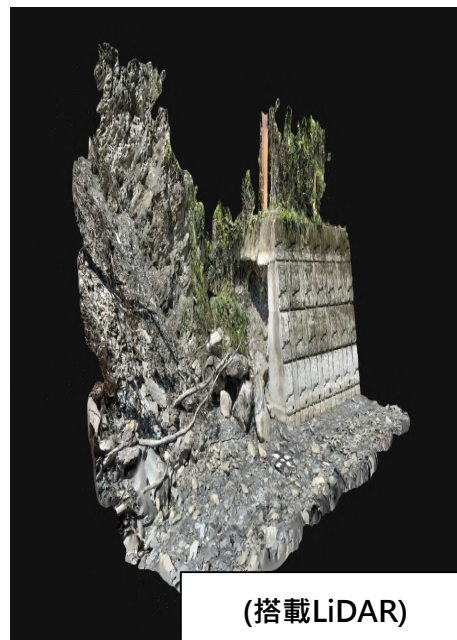
C.三維尺寸比較

1. 素材:以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌後損毀之右側擋土牆為例，進行免費版手機應用程式(搭載LiDAR)、付費版手機定位輔助器與應用程式(搭載LiDAR)、光學掃描儀(搭載Laser)比較，以光學掃描儀為比較標的。
2. 光學測深儀器建模成果均為光學測深之真實距離，以智慧型手機iPhone14Pro為例，距離限制為5m。



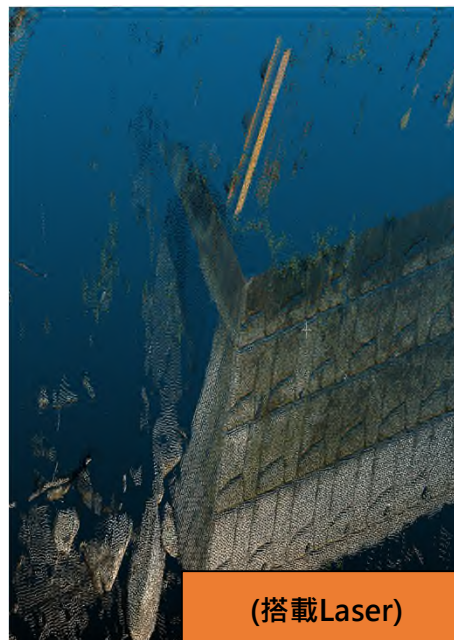
(搭載LiDAR)

免費版手機應用程式-
Scaniverse



(搭載LiDAR)

付費版
手機定位輔助器VIDOC+
手機應用程式PIX4Dcatch



(搭載Laser)

雷射掃描儀-FARO Focus 3D



重點區域3D模型比較位置



結果與討論

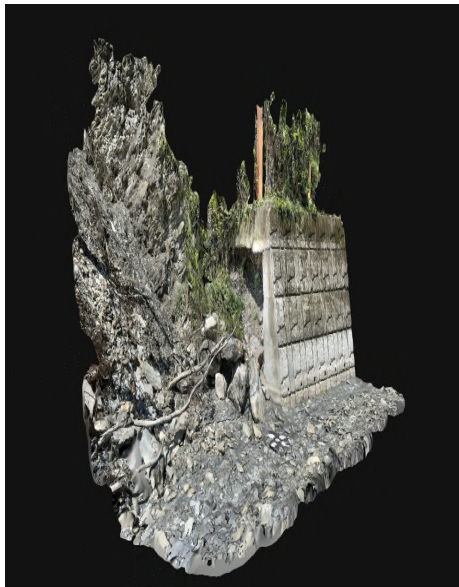
研究課題(4)-2-光學測深儀器掃描建置重點區域3D模型

C.三維尺寸比較

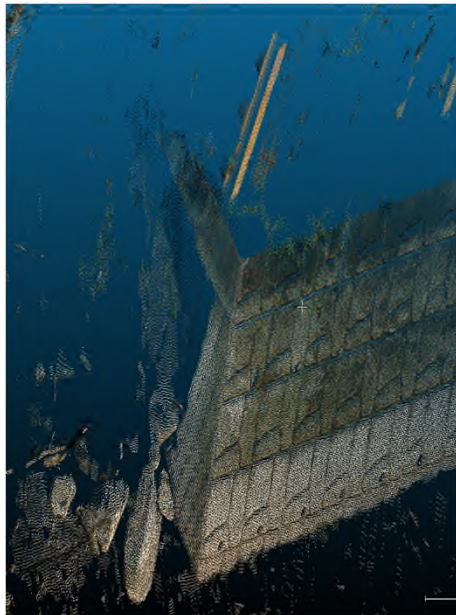
1. 素材:以大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)右下方坡腳崩塌後損毀之右側擋土牆為例，進行免費版手機應用程式(搭載LiDAR)、付費版手機定位輔助器與應用程式(搭載LiDAR)、光學掃描儀(搭載Laser)比較，以光學掃描儀為比較標的。
2. 光學測深儀器建模成果均為光學測深之真實距離，以智慧型手機iPhone14Pro為例，距離限制為5m。



免費版手機應用程式-
Scaniverse
(搭載LiDAR)



付費版
手機定位輔助器VIDOC+
手機應用程式PIX4Dcatch
(搭載LiDAR)



雷射掃描儀-FARO Focus 3D
(搭載Laser)

免費版手機應用程式相較雷射掃描儀差異約2-3.1%，付費版則差異約0-3.7%，免費與付費版成果相當，在防災成果應用上可進行使用。

位置	免費版手機 應用程式- Scaniverse (搭載LiDAR) (m)	付費版 手機定位輔助器 VIDOC+手機應 用程式 PIX4Dcatch (搭載LiDAR) (m)	雷射掃描儀- FARO Focus 3D (搭載Laser) (m)	與雷射 掃描儀 差異比率 %
側邊掏空高度	2.343	2.304	2.391	免費版: 2.0% 付費版: 3.7%
側邊斜邊長度	3.736	3.783	3.767	免費版: 3.1% 付費版: 0.4%
造型模板 單塊長度	0.820	0.840	0.840	免費版: 2.4% 付費版: 0.0%
造型模板 單塊寬度	0.857	0.830	0.840	免費版: 2.0% 付費版: 1.2%

結論

- 針對調查目標，利用360環景可了解局部廣域的地物與地貌狀況，並得到環境影像的多時序變遷狀況，且可搭配正射影像互相比對得到相對位置。相較過去需使用專用360環景相機拍攝或從平面圖辨識，可大幅提升效率，提供情資判斷。
- 針對調查目標使用手機搭配手機定位輔助器進行即時動態定位(RTK)，其單點定位相較衛星定位儀最低達6cm的差異值，相較過去在偏遠山區須攜帶配件繁重的衛星定位儀而言，其精度尚可且攜帶方便，對於未來在偏遠山區進行高精度的定位作業，可做為提升作業效率的新選擇。
- 使用手機的LiDAR進行快速三維測量，與捲尺和UAV進行比較時，差異比率最低達0.9-3%，且在廬山吊橋調查部分可與前期比較得知目前兩期的河床通洪斷面高差。相較過去多種工具攜帶便利性而言，手機可達到相對精度且便利性提高。

結論

- 使用手機進行攝影測量法之3D模型建置，可使用**免費應用程式匯入外部影像資源**，進行**快速3D模型建模並線上展示**，相較UAV的建模時間可**節省70-92%的時間**；在影像的**成像清晰度**上，手機與**UAV的建模成果相當**；另可利用相對比例尺換算，初步量化土砂災害的三維尺寸與體積，**相較UAV在體積的部分差異約12%**，在防災應用上可進行使用。對於未來災害發生無法即時現場調查，須由外部單位提供災害影像資源進行互惠協助時，**可大幅節省建模時間，短時間掌握災害現場狀況**。
- 使用手機的LiDAR進行3D模型建置，相較攝影測量可呈現更多紋理細節與清晰程度、進行地質方面調查，並可針對細微構造物進行測深；針對地理座標部分，手機付費版應用程式的**移動掃描定位與衛星定位儀**進行比較，整體差異最低為15.7cm，**移動掃描定位與單點定位**針對平面X與Y值進行比較，最低為3.2cm，**兩者差異不大**；手機的免費版應用程式、付費版應用程式與雷射掃描儀進行測繪相對距離成果比較，差異約**0-3.7%**，**免費版與付費版應用成果相當**，可在防災應用上進行使用。

建議

- 未來手機進行手機定位輔助器使用時，可考慮通訊佳與不受林木或構造遮蔽的位置進行作業，如需與衛星定位儀比對驗證時，可嘗試兩者收斂精度秒數同步，並且嘗試將接收器位置調整至相同高度進行作業。
- 手機進行快速三維測量時，需考慮避開手機LiDAR無法穿透植生而無法測量的位置。
- 利用外部影像匯入手機進行3D模型建置時，需注意其為利用相對比例尺進行量化的特性，取像周遭需盡量包含可相對比例尺量化的構造物(如房屋、車子、道路)；另因建模時需利用雲端上傳進行製作，可考慮選擇適當的網路環境下進行作業。
- 使用手機的LiDAR進行3D模型建置時，需考慮掃描距離5m的限制，進行大規模崩塌災害調查時，可針對邊坡坡腳的地文特徵與構造物進行作業，超過5m之位置無法施作；未來針對其他土砂災害進行調查時，可考慮選擇狹小鬱閉的位置進行嘗試。