



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

翻轉現地 3D測繪新思維

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

農業部農村發展及水土保持署 減災監測組 李哲宇
財團法人農業工程研究中心 洪若彬

報告人:李哲宇 助理研究員

2024年10月25日



簡報大綱

一、前言

二、研究區域與案例

案例類型(1)-大規模崩塌災害

(一)研究材料

(二)研究方法

研究課題(1)-即時動態定位(RTK)-單點定位

研究課題(2)-3D模型建置

(三)結果與討論

(四)結論與建議

案例類型(2)-土石流災害

(一)研究材料

(二)研究方法

研究課題-3D模型建置

a. 3D模型製作成果

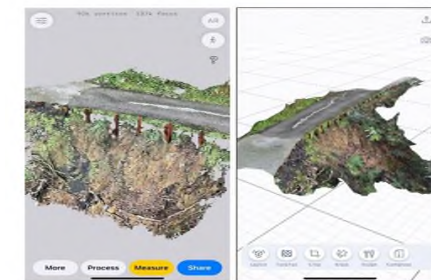
b. 3D模型三維地理座標應用成果

(三)結果與討論

(四)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

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漲 緊急撤離當地居民

龐大雨勢花蓮多處地區傳災情 壽豐民宅半間遭土石流埋住

累積雨量 高雄桃源 293 mm

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

提供大眾關於土石流與大規模崩塌災害之防救災資訊

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\(附帶決議\)](#)

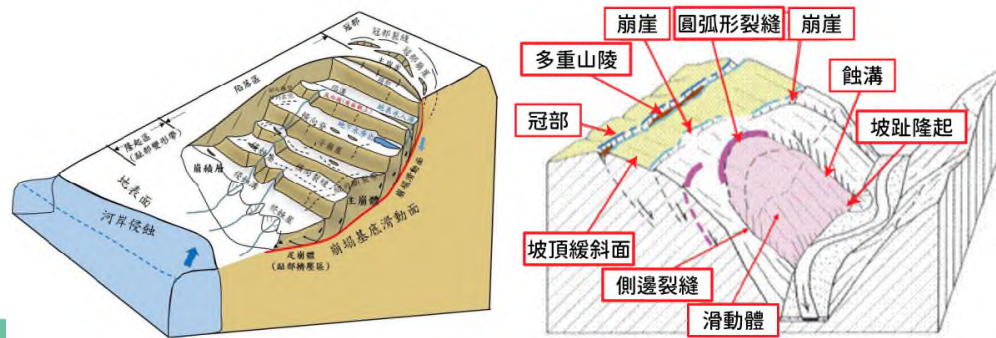
※如已配合行政院組織改造，公告變更管轄或停止辦理業務之法規條文，請詳見沿革

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、礦災、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。

以大規模崩塌災害為例，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年南投縣仁愛鄉精英村廬山地區
大規模崩塌潛勢區(投縣-仁愛-D067)
與
南投縣仁愛鄉南豐村
土石流潛勢溪流(投縣-DF013)
發生之大規模崩塌災害與土石流災害為例

利用
智慧型手機進行多元測繪方法
獲取災害現場的三維資料與現場快速分析
並與UAV及雷射掃描儀等工具
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-大規模崩塌災害



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)
- 現地調查案例：
災害發生時間:海葵颱風(20230903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：
2024/03/12(海葵颱風災害後6個月半)

研究材料

從遙測影像可得知:

- 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)



海葵颱風(20230903期間發生災害)
災後遙測影像
(20230905_Planet)



海葵颱風(20230903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)搭載手機定位輔助器ViDOC 進行測繪

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	手機定位輔助器 ViDOC + 手機應用程式 PIX4Dcatch	桌機端 建模軟體 PIX4Dmatic	- 即時動態定位(RTK)- 固定解 - 即時動態定位(RTK)- LiDAR掃描3D建模- 浮動解



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:
嘗試以**衛星定位儀**、**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) -固定解
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
雷射掃描儀	桌機端 付費版 建模軟體	雷射掃描-3D建模



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)-即時動態定位(RTK)-固定解

目的:

了解手機定位輔助器於土砂災害
真實地理資訊位置之定位功能適用性

手機定位輔助器ViDOC+
手機應用程式PIX4Dcatch

衛星定位儀

研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果比較

b. 三維地理座標位置比較

c. 三維尺寸比較

手機定位輔助器ViDOC+
手機應用程式PIX4Dcatch

無人飛行載具UAV

雷射掃描儀

目的:

現場土砂災害三維地形數位化、後端匯出應用分析

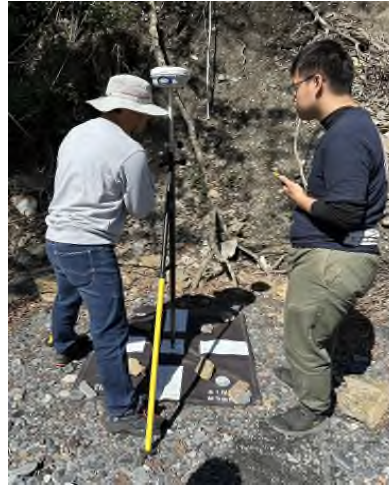
結果與討論

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**手機定位輔助器(ViDOC)**與手機應用程式(PIX4Dcatch) , 進行即時動態定位(RTK)-固定解

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)-固定解



手機定位輔助器(ViDOC)

衛星定位儀(Trimble R6)



正射影像(20240312)-控制點位置圖



結果與討論

研究課題(1)-即時動態定位(RTK)-固定解

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。



正射影像(20240312)-單點定位研究用控制點位置圖

研究課題(2)-3D模型建置

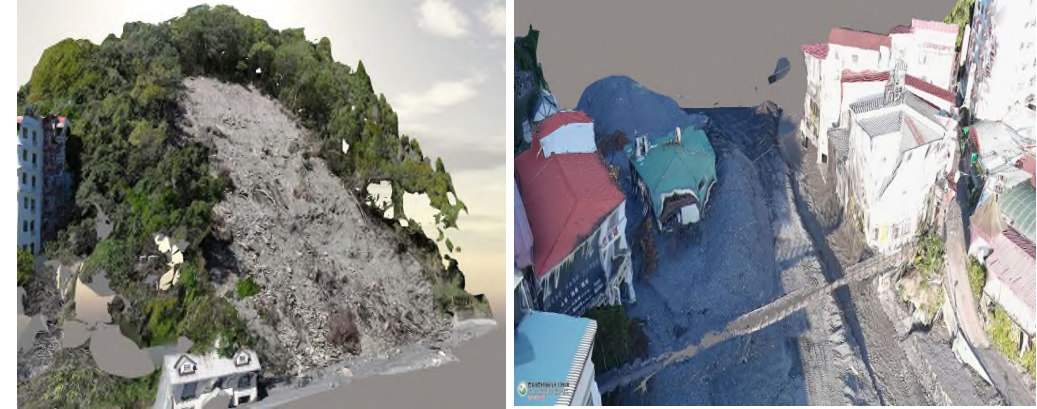
結果與討論

智慧型手機組:

嘗試使用**手機定位輔助器(ViDOC)**與**手機應用程式(PIX4Dcatch)**，進行3D模型建置

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



手機定位輔助器(ViDOC)



雷射掃描儀



結果與討論

研究課題(2)-3D模型建置

1. 手機成果可與UAV的成果相當。
2. 搭載LiDAR的項目可展現如擋土牆內部掏空深度、排水孔之細節。
3. 可進階輔助判斷與量化地質狀況。

a. 3D模型製作成果比較

項目	手機定位輔助器VIDOC+應用程式PIX4Dcatch (搭載LiDAR)		無人飛行載具UAV-3D模型	
擋土牆側邊內部與擋土牆表面				
	呈現側邊內部掏空深度	呈現側邊表面、排水孔阻塞狀況	無法呈現側邊內部掏空深度	呈現側邊表面、排水孔阻塞狀況
大規模崩塌右側坡緣				
	呈現邊坡土砂與岩層分布狀況	可進階量化地質方面三維尺寸	呈現邊坡土砂與岩層分布狀況	可進階量化地質方面三維尺寸

結果與討論

研究課題(2)-3D模型建置

b.三維地理座標位置比較

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.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)-固定解

(2)即時動態定位(RTK)-LiDAR掃描3D建模-浮動解

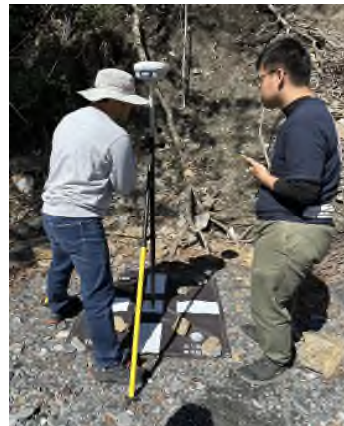
2.衛星定位儀(Trimble R6)



即時動態定位(RTK)
-固定解



即時動態定位(RTK)
-LiDAR掃描3D建模
-浮動解



衛星定位儀
(Trimble R6)





研究課題(2)-3D模型建置

結果與討論

b.三維地理座標位置比較

*ViDOC即時動態定位(RTK)-固定解數值請參閱簡報P11-研究課題(1)-即時動態定位(RTK)-固定解

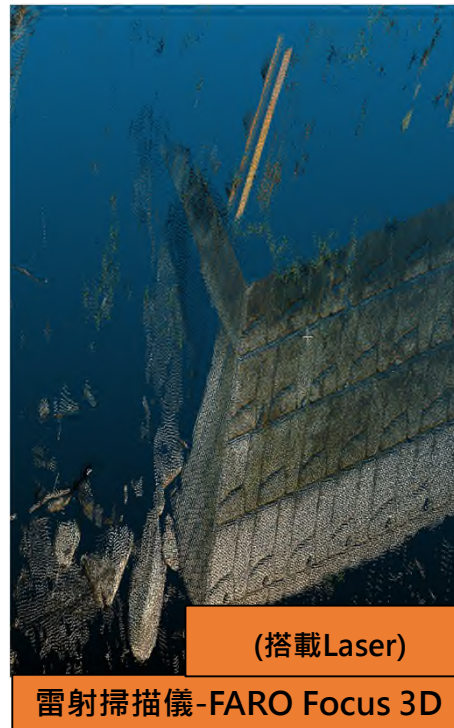
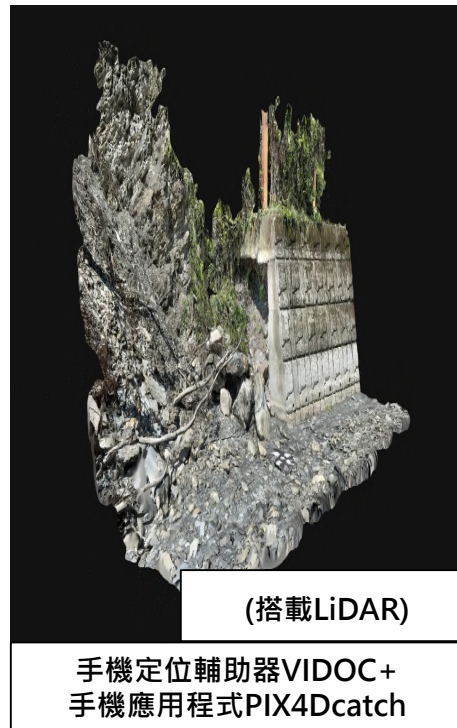
控制點	儀器	X (m) (TWD97)	Y (m) (TWD97)	Z (m) (橢球高)	即時動態定位 (RTK) -浮動解 與衛星定位儀 之 差異值絕對值 (m)	即時動態定位 (RTK) -浮動解 與 固定解 之 差異值絕對值 (m)
GCP1	ViDOC (RTK-浮動解)	2657621.643	269059.417	1113.357	X:0.301 Y:0.161 Z:3.654	X:3.472 Y:4.068 Z:0.976
	Trimble R6	2657621.342	269058.578	1109.703		
GCP4	ViDOC (RTK-浮動解)	2657652.186	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 (RTK-浮動解)	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		

- 以衛星定位儀為比較標的，去除極端值後，與即時動態定位(RTK)-LiDAR掃描3D建模-浮動解之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。
- 以即時動態定位(RTK)-LiDAR掃描3D建模-浮動解與即時動態定位(RTK)-固定解比較，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。
- 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

C.三維尺寸比較

1. 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. 手機建模成果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。



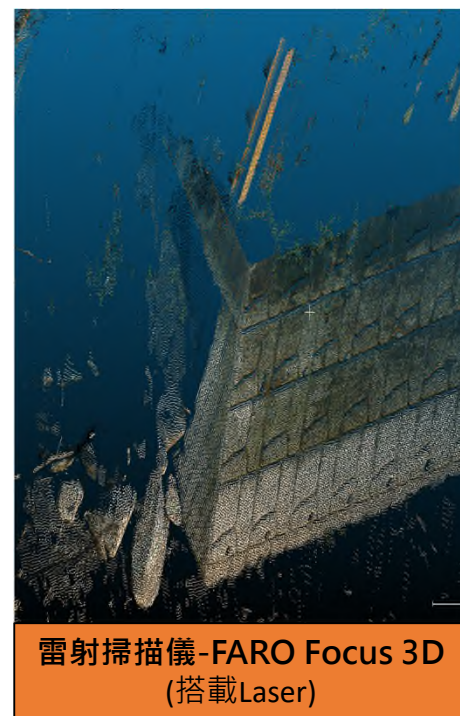
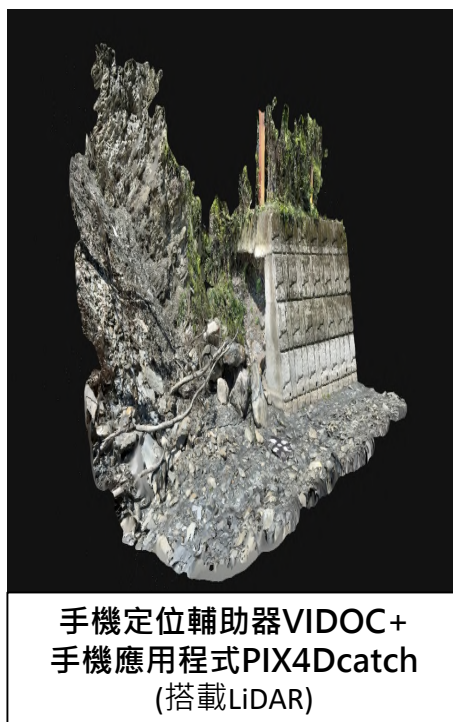
重點區域3D模型
比較位置



結果與討論

C.三維尺寸比較

1. 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. 手機建模成果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。



重點區域3D模型
比較位置

位置	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	2.304	2.391	3.7%
側邊斜邊長度	3.783	3.767	0.4%
造型模板 單塊長度	0.840	0.840	0.0%
造型模板 單塊寬度	0.830	0.840	1.2%

差異約0-3.7%，在防災成果應用上可進行使用

結論

- 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)-**固定解**，與衛星定位儀比較**最低為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。
- 使用手機進行3D模型建置，相較**UAV建模成果可與其相當**，並進一步進行地質方面的調查；針對真實地理座標部分，**即時動態定位(RTK)-LiDAR掃描3D建模-浮動解**與衛星定位儀進行比較，整體差異最低為15.7cm，**即時動態定位(RTK)-LiDAR掃描3D建模-浮動解**與**即時動態定位(RTK)-固定解**針對平面X與Y值進行比較，最低為3.2cm，**兩者差異不大**；**手機定位輔助器配合應用程式**與**雷射掃描儀**進行測繪相對距離成果比較，差異約**0-3.7%**，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。
- 手機進行測繪工作時，需考慮避開**手機LiDAR無法穿透植生，而無法測繪**的位置。
- 因手機定位輔助器輔助手機進行3D模型建置時，使用**手機的LiDAR**進行作業，需**考慮手機硬體掃描距離5m的限制(如APPLE-iPhone 14 Pro以下之型號)**，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。

研究區域與案例-土石流災害



- 地點：

南投縣仁愛鄉南豐村

- 區域：

土石流潛勢溪流(投縣DF013)

- 現地調查案例：

2022年8月4日下午3:00，卡努颱風引進西南風帶來極端強降雨，造成土石流發生，後方野溪遭土石流沖刷兩岸，臺 14 線 71K 之聖本篤加油站與便利商店遭掩埋，臺 14 線兩側堆積，空拍上游無明顯崩塌發生，河道既有橫向構造物未遭嚴重破壞，但河床淤積嚴重。

坐標：258736,2655392 (TWD97)

- 現地調查時間：

2024/04/09(卡努颱風災害後8個月)

資料來源：農村發展及水土保持署重大土砂災例報告、歷史影像平台 (農村水保署, 2023)

研究材料

從遙測影像可得知:

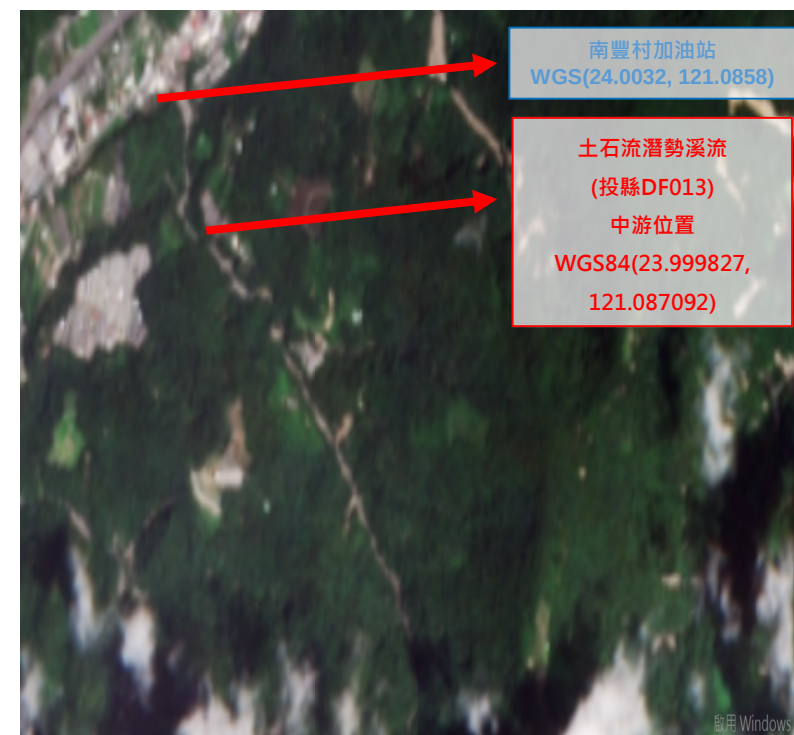
- 卡努颱風災前植生密布、不見河道。災時發生土石流，上游土砂集中於溪流河道，衛星影像顯示明顯**土砂堆積河道發生擴床情形**
- 土石流潛勢溪流(投縣DF013)**災後仍林蔭密布，且衛星影像解析度受限，無法得知現場狀況**



災害前遙測影像
(20230703_Planet)



卡努颱風(20230804期間發生災害)
災害後遙測影像
(20230810_Planet)



卡努颱風(20230804期間發生災害)
災害後遙測影像
(20230823_Sentinel-2)

研究材料

從UAV影像可得知:

- 卡努颱風引發土石流，上游土砂集中於溪流河道，並運移至下游加油站位置
- 因土石流潛勢溪流(投縣DF013)中游部分河段林蔭密布，覆蓋河道，UAV拍攝各視角無法詳細得知土砂堆積與防砂構造物的現場狀況



土石流潛勢溪流(投縣DF013)

中游側視圖



土石流潛勢溪流(投縣DF013)

中游正射圖

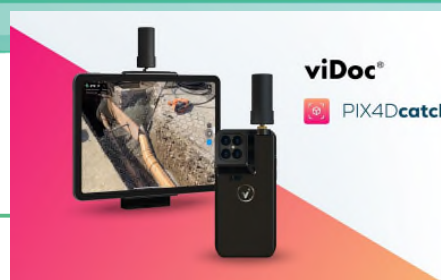


土石流潛勢溪流(投縣DF013)

中游3D模型



研究方法



研究課題

3D模型建置

a. 3D模型製作成果

b. 3D模型三維地理座標應用成果

目的:

1. 現場土砂災害三維地形數位化
2. 了解手機定位輔助器於土砂災害
真實地理資訊位置之定位功能的應用性

智慧型手機組

手機定位輔助器ViDOC+
手機應用程式PIX4Dcatch

輔助與驗證組

無人飛行載具UAV

智慧型手機組3D模型位置圖





結果與討論

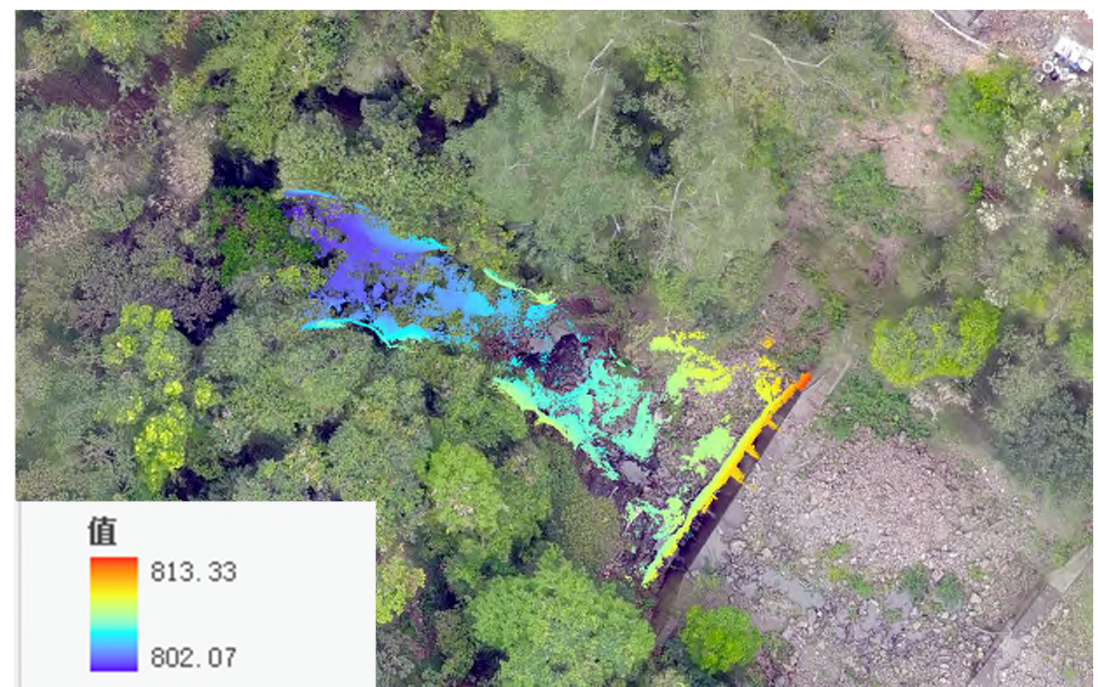
研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果-1.中游防砂壩、林蔭-2D視角



UAV

林蔭遮蔽，無法了解樹林下方地形狀況



智慧型手機

可展示樹林下方地形狀況



結果與討論

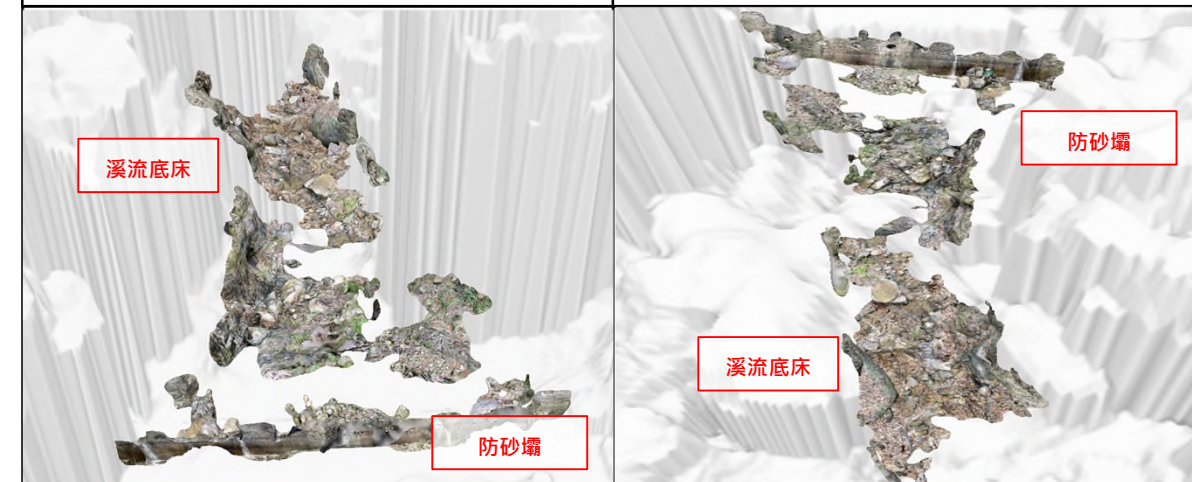
研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果-1.中游防砂壩、林蔭-3D視角



UAV-上游往下游方向視角

UAV-下游往上游方向視角



智慧型手機組-上游往下游方向視角

智慧型手機組-下游往上游方向視角



結果與討論

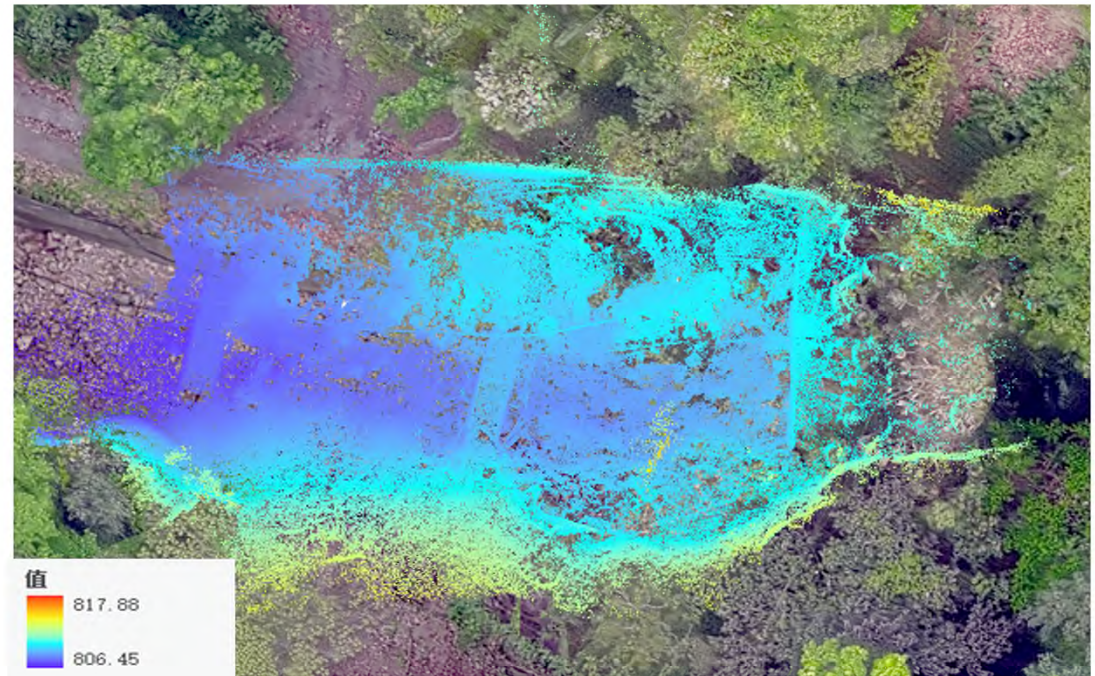
研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果-2.中游系列固床工-2D視角



UAV

上游部分林蔭遮蔽，無法了解樹林下方地形狀況



智慧型手機

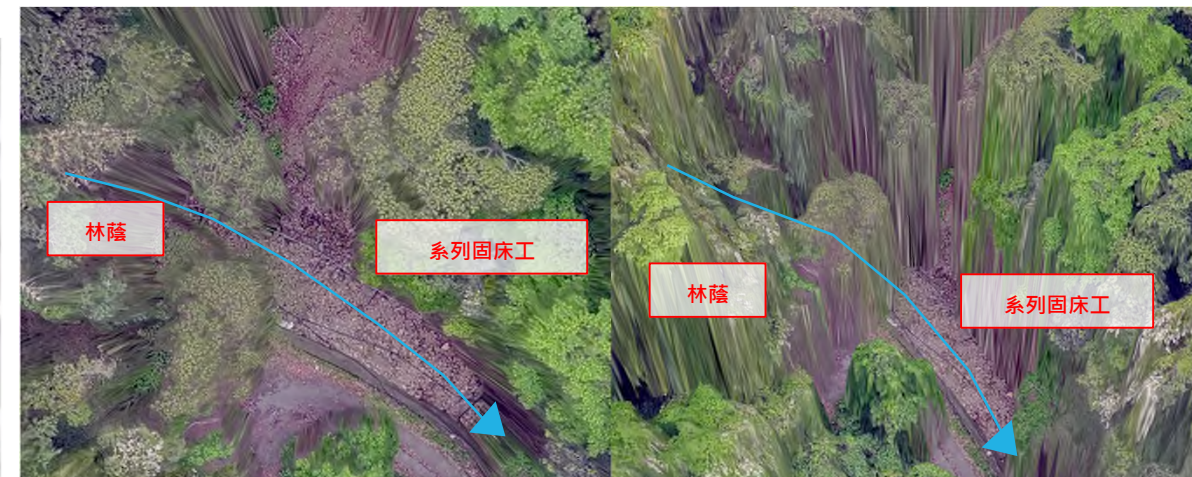
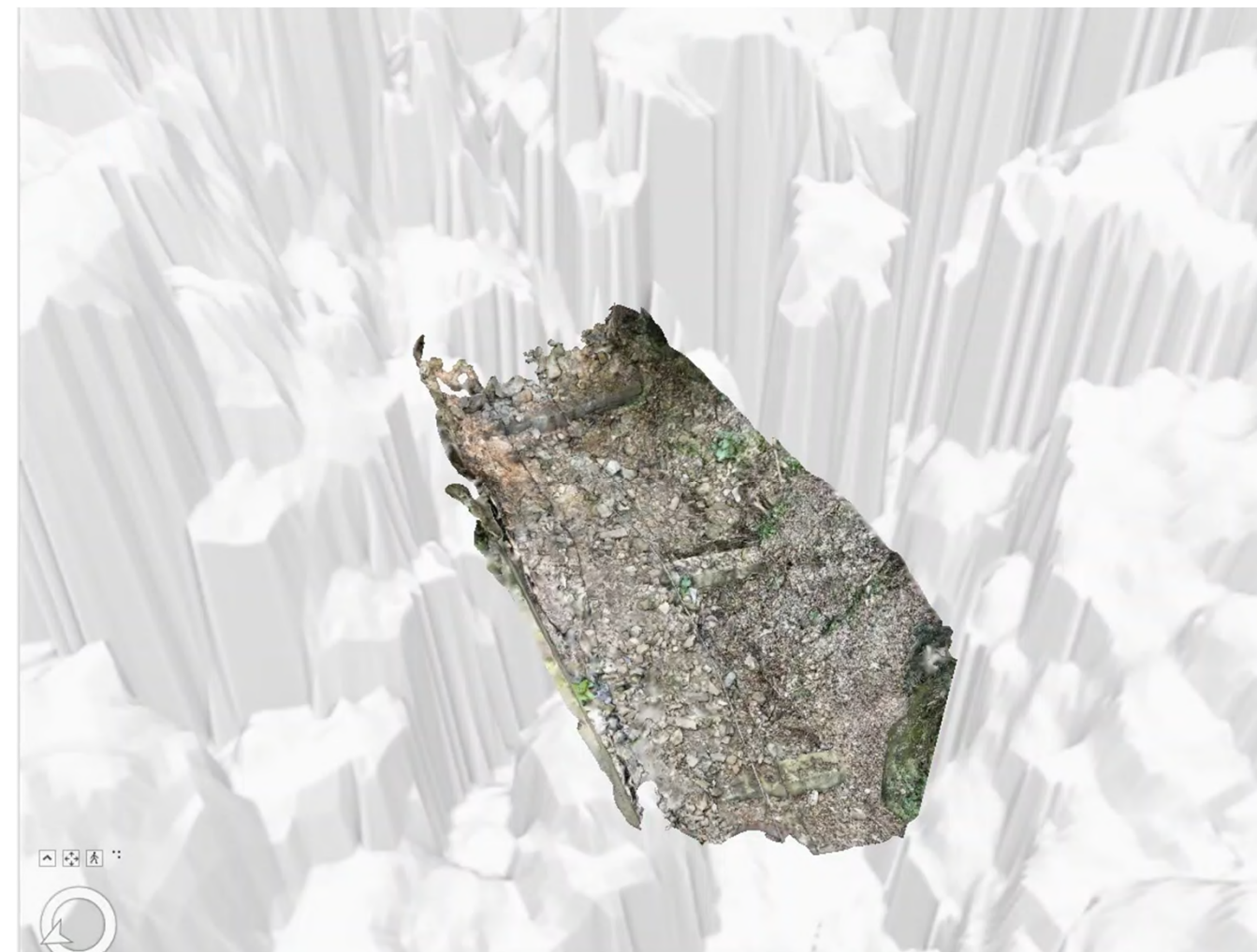
可展示上游樹林下方地形狀況



結果與討論

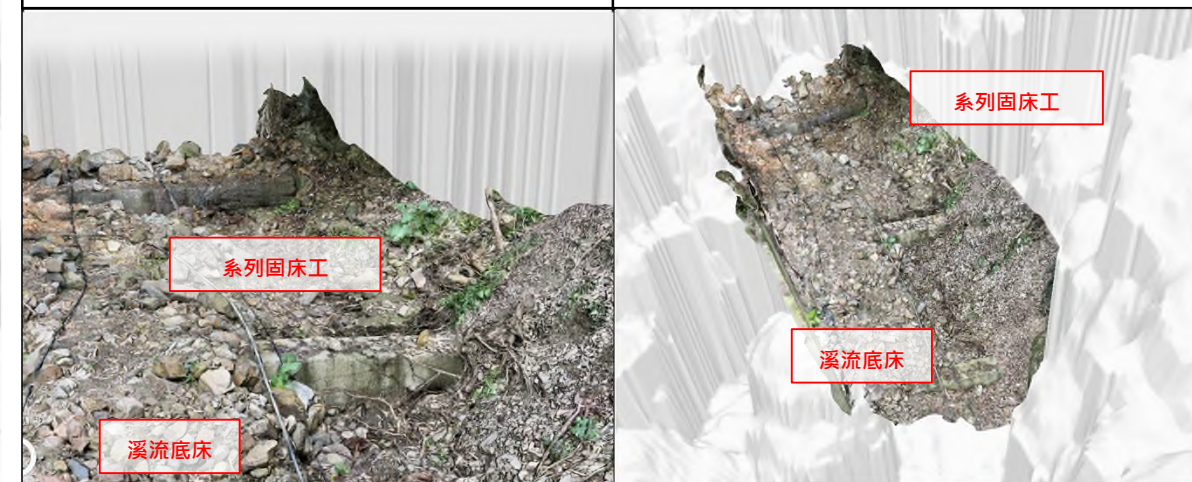
研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果-2.中游系列固床工-3D視角



UAV-下游往上游方向視角

UAV-下游往上游方向視角



智慧型手機組-下游往上游方向視角

智慧型手機組-下游往上游方向視角

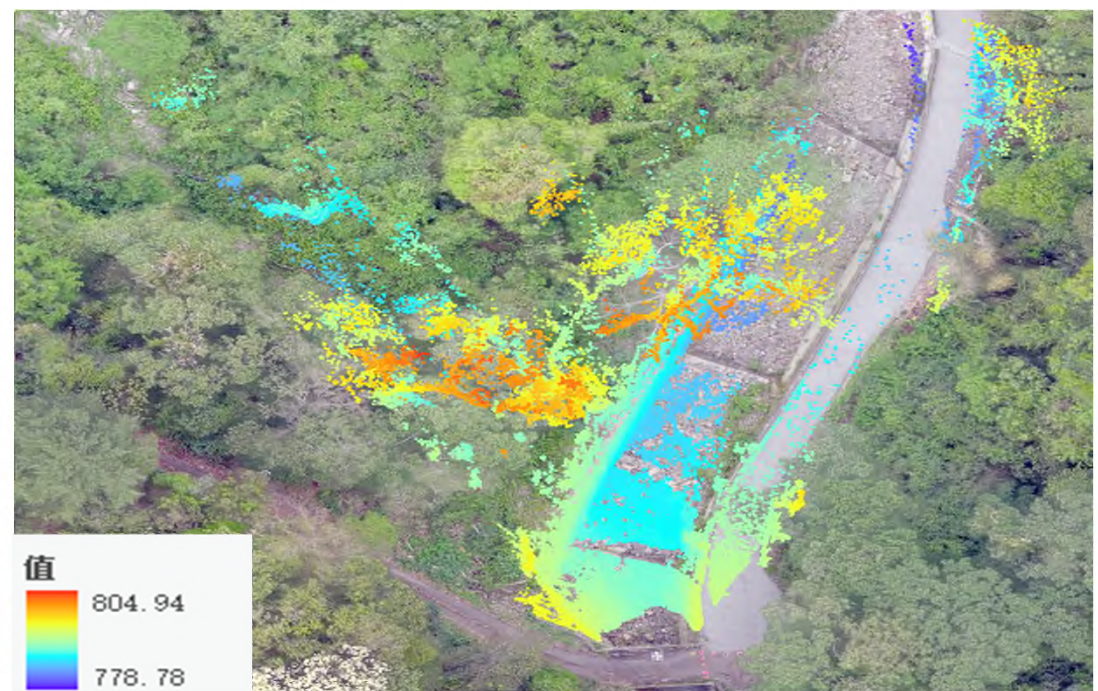
結果與討論

研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果-3.版橋下游方向護岸-2D視角



UAV
下游護岸-正射影像



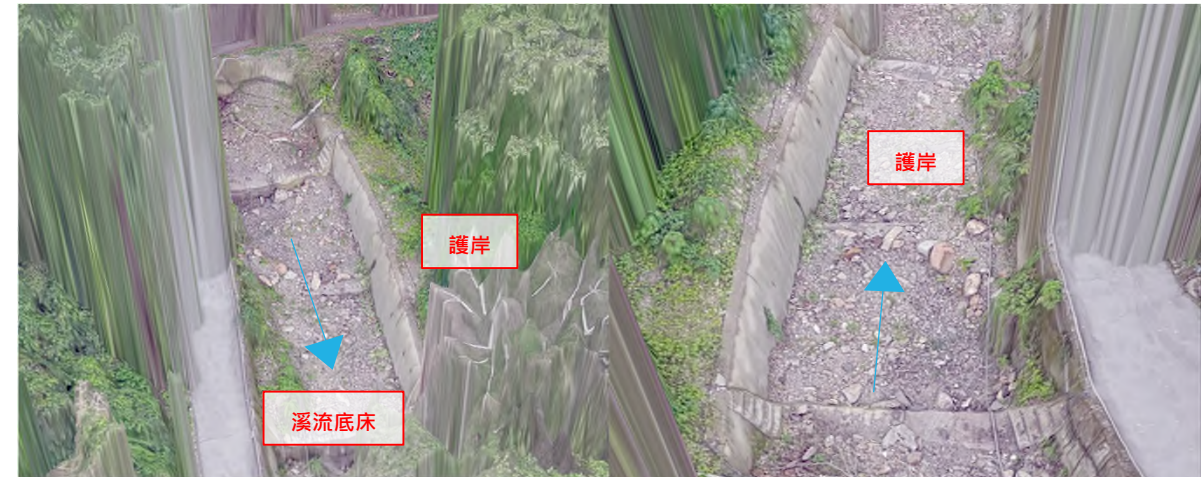
智慧型手機
下游護岸-可符合護岸實際狀況



結果與討論

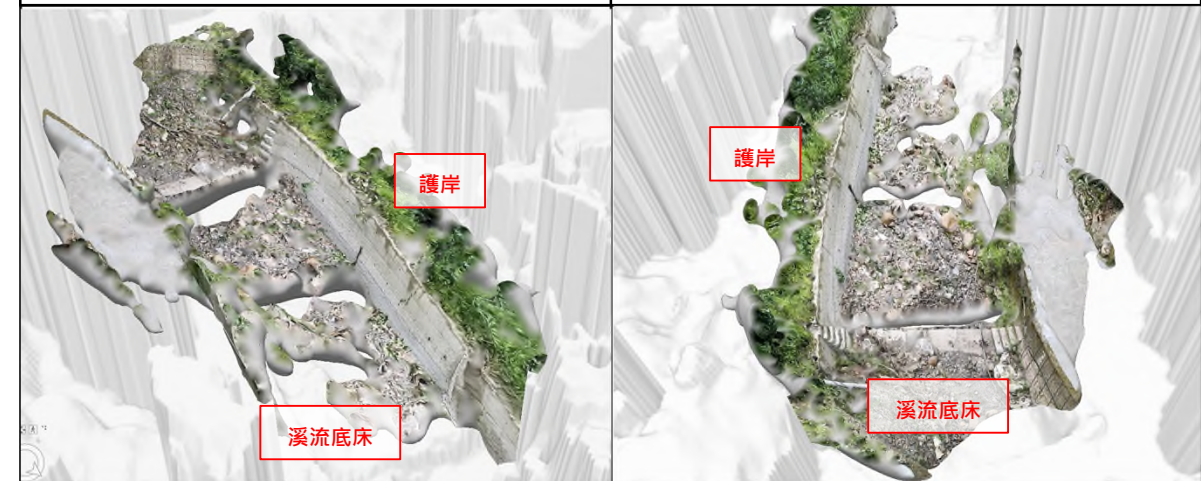
研究課題(2)-3D模型建置

a. 3D模型製作成果-3.版橋下游方向護岸-3D視角



UAV-下游往上游方向視角

UAV-上游往下游方向視角



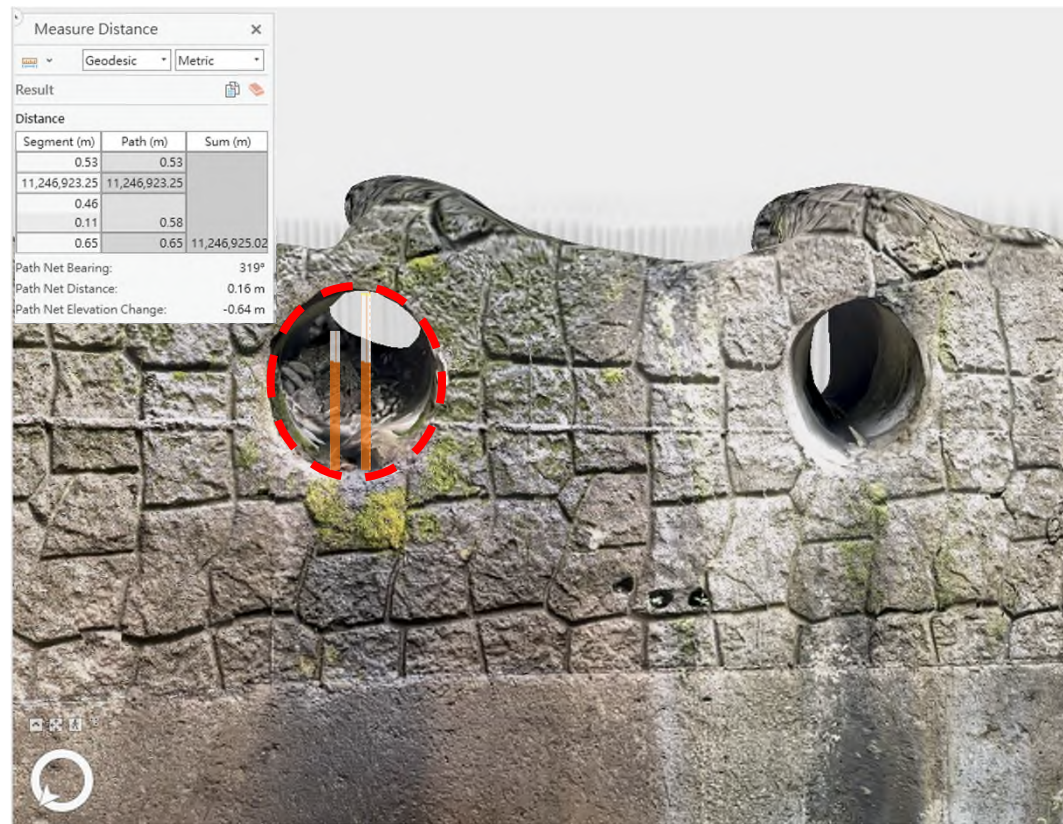
智慧型手機組-下游往上游方向視角

智慧型手機組-上游往下游方向視角

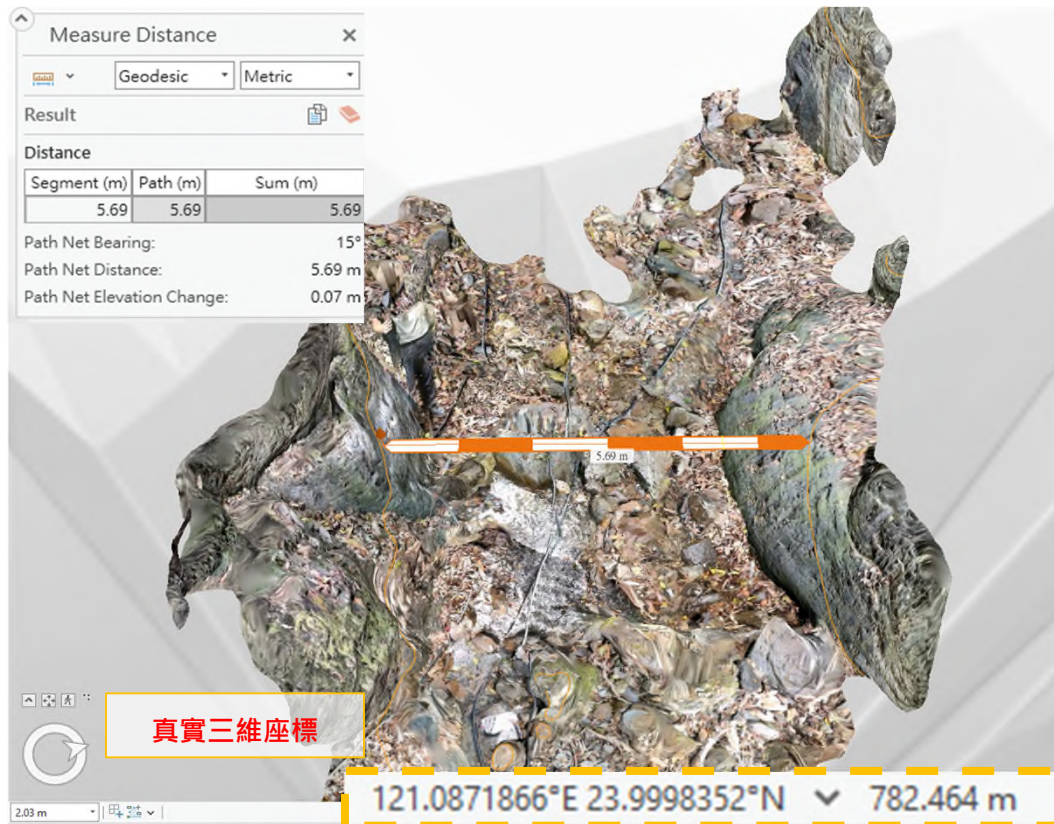
結果與討論

研究課題(2)-3D模型建置

b.3D模型三維地理座標應用成果-1.中游防砂壩、林蔭



可巡檢量化防砂構造物狀況
(排放口管徑:0.65m、土砂阻塞排放口高:0.53m)



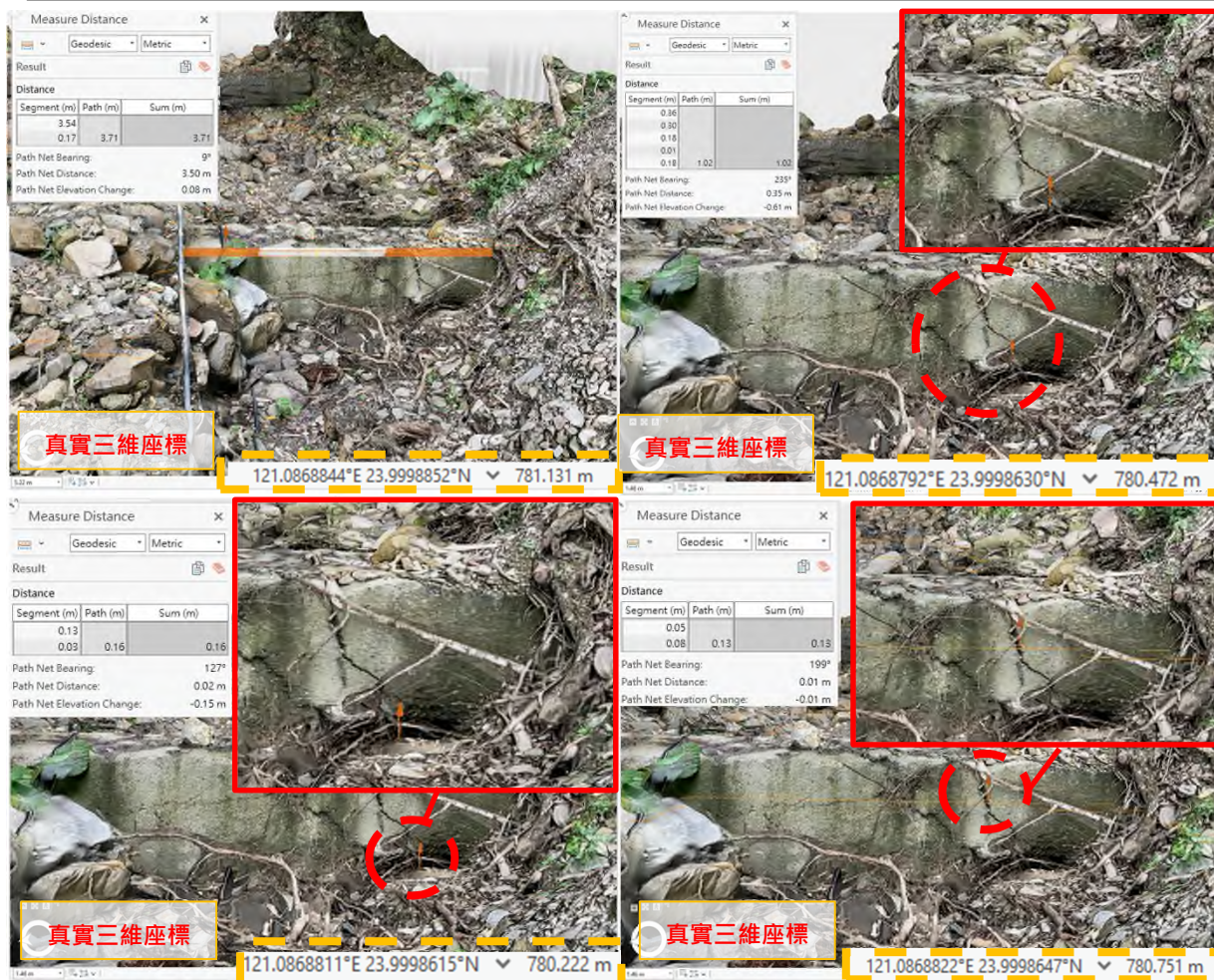
可量化土石流潛勢溪流之林蔭下地形狀況
(溪流寬度:5.69m)



結果與討論

研究課題(2)-3D模型建置

b.3D模型三維地理座標應用成果- 2.中游系列固床工



可巡檢量化防砂構造物損壞情形

(固床工-構造物長:3.71m、裂縫長:1.02m、裂縫寬:0.13m、掏空高:0.16m)

可巡檢量化防砂構造物淤砂狀況

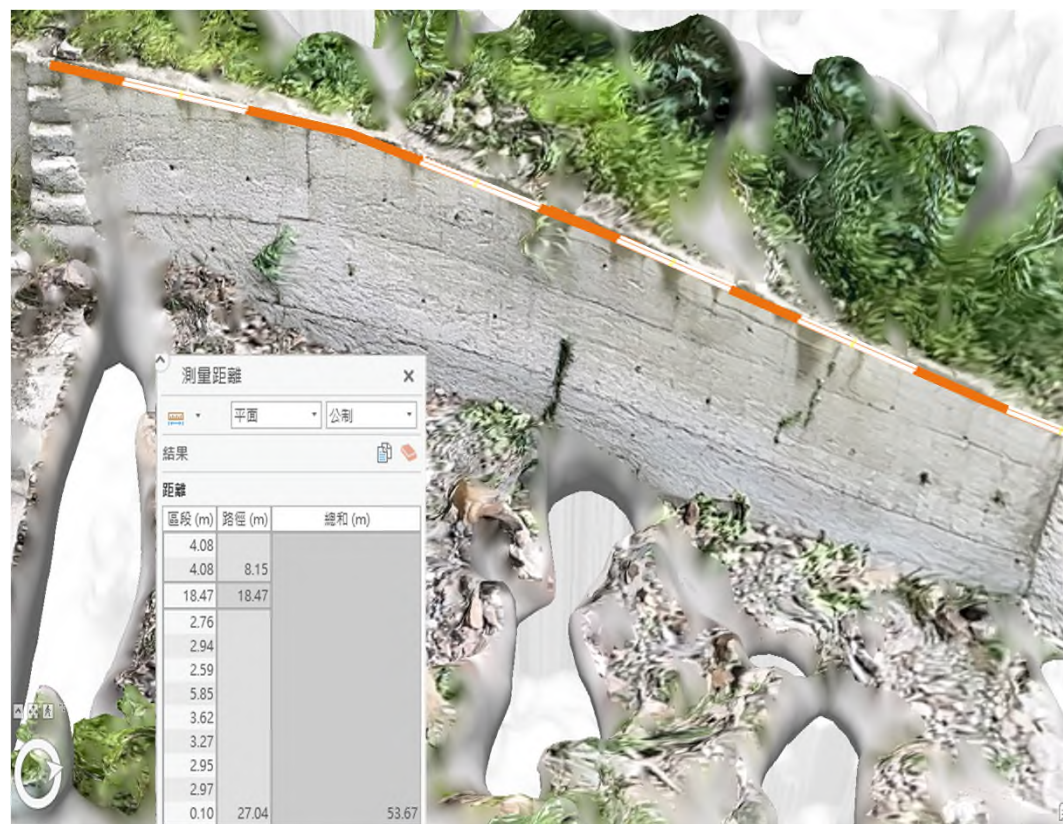
(固床工-底床露出高(上游側):0.79m、固床工上游側淤砂面積:43.48m²、固床工上游側剩餘淤砂量:34.3m³)



結果與討論

研究課題(2)-3D模型建置

b.3D模型三維地理座標應用成果-3.版橋下游方向護岸



可巡檢量化防砂構造物狀況
(護岸長度:53.67m)



可巡檢量化防砂構造物通洪斷面高
(護岸通洪斷面高:4.15m)

結論

- 針對如土石流潛勢溪流之狹小鬱閉位置使用手機搭配手機定位輔助器進行3D模型建置，可補足受地物遮蔽而空中無法拍攝的位置之真實狀況，且符合真實地理位置，相較過去在偏遠山區須攜帶配件繁重及多樣的儀器而言，其可快速得到3D模型成果，且攜帶方便。未來在偏遠山區的狹小鬱閉位置，可進行高精度的模型定位作業，為提升工作效率的目標提供新選擇。
- 使用手機搭配手機定位輔助器進行3D模型建置，可進一步量化現場的實際狀況，例如災害現場的地形狀況，防砂構造物的管涵之土砂阻塞情形、結構損壞情形、整體三維尺寸、通洪斷面高與儲砂情形，在防災工作上可進行應用，即時掌握災害現場的真實狀況，提供防救災更多決策參考的依據。

建議

- 因手機定位輔助器輔助手機進行3D模型建置時，使用**手機的LiDAR**進行工作，需**考慮手機硬體掃描距離5m的限制(如APPLE-iPhone 14 Pro以下之型號)**。進行土石流災害調查時，可針對**河道的三維尺寸5m以下之地形與地物(如固床工、護岸)**進行作業，**超過5m之地物(如防砂壩)**則無法完整取像；未來針對土石流災害進行調查時，可考慮選擇搭配**延長拍攝位置的工具(如自拍棒或工作梯)**進行嘗試。
- 手機進行測繪工作時，需考慮避開**手機LiDAR無法穿透植生、水面，而無法測繪的位置**。
- 更多農村水保署的土砂災害3D模型調查成果與手機建立3D模型方法建議，可參考**農村水保署技術研究發展平臺-3D建模成果與Youtube-20240116-Seminar「智慧型手機建立3D模型資料應用分享」**。



農村水保署技術研究發展平臺
-3D建模成果



農村水保署技術研究發展平臺Youtube
-20240116-Seminar
「智慧型手機建立3D模型資料應用分享」