

運用智慧型手機建立土砂災害現地三維立體模型應用探討

李哲宇^{[1] [2]}陳振宇^[2]陳國威^[2]

摘 要 台灣在極端降雨下經常引發土砂災害，防救災單位需短時間掌握災害狀況、完成現地調查。儘管近年無人飛行載具(UAV)已廣泛應用於資料蒐集，效率大幅提升，惟在颱風豪雨持續降雨期間，受限天候與飛行安全，UAV 常無法順利執行相關任務。為克服此類情境，並有效率的掌握災害現場狀況並完成調查工作，本研究以 2023 年卡努颱風發生之土砂災害事件為例，利用智慧型手機進行現地調查，藉由手機內建之 360 環景、LIDAR 測繪、攝影測量等工具，補足災害事件相關重要資訊。結果顯示，智慧型手機可短時間內建置三維立體模型，並進行多種三維測量與視覺化展示，未來可輔助 UAV 進行資料補充調查，並提升傳統人力調查精度與效率。

關鍵詞：智慧型手機、三維測繪、土石流、大規模崩塌、LIDAR

Exploring the Application of Establishing 3D Models of Sediment-Related Disasters Using Smartphones

Che-Yu Li^{[1] [2]*} Chen-Yu Chen^[2] Kuo-Wei Chen^[2]

Abstract Taiwan frequently experiences sediment-related disasters during extreme rainfall events. Disaster response units need to quickly assess the situation and conduct on-site investigations. In recent years, UAV have been frequently used for data collection, significantly improving efficiency. However, during continuous rainfall periods following typhoons and heavy rainfall, UAV is susceptible to damage and may not be able to take off. Additionally, certain areas may be inaccessible due to terrain obstacles, posing challenges to data collection. This study aims to explore methods for quickly and efficiently conducting investigations during disaster events. To effectively assess disaster scenes, this research utilized smart phones for on-site investigations, using tools such as 360⁰ panoramas, LIDAR mapping, and photogrammetry. These tools were employed in the context of the sediment-related disasters caused by Typhoon Kanu in 2023. The results show that smart phones can rapidly create 3D models and perform various three-dimensional measurements and visualizations. This approach can complement UAV-based data collection in the future, enhancing the precision and efficiency of traditional manual investigations.

Keyword: Smartphones, 3D mapping, Debris flow, Large-scale landslide, LIDAR

^[1]財團法人農業科技研究院，*通訊作者 E-mail:asdfghj544@mail.ardswc.gov.tw
Taiwan Construction Research Institute

^[2]農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA



智慧型手機於土砂災害建立三維資料之現地調查應用探討

李哲宇^[1] 陳振宇^[2] 陳國威^[2]

[1]財團法人農業科技研究院
[2]農村發展及水土保持署 減災監測組

前言

- 每逢颱風豪雨時期，山坡地發生土砂災害頻率高，需在短時間掌握，提供防救災決策參考。目前使用航遙測影像與UAV進行大範圍區域蒐集與調查的方法較為成熟，但小範圍區域無法拍攝清晰狀況時，需依靠傳統人力現場調查，惟背負繁重的儀器與交通不便，會影響現場調查效率，且不易掌握現場狀況。
- 本研究以2023年卡努颱風發生之土砂災害事件為例，嘗試使用智慧型手機進行災害現場調查，利用智慧型手機內APP之360環景功能、LIDAR掃描測繪功能、照片攝影測量功能與內建之各項分析和視覺化工具，針對航遙測影像與UAV無法拍攝之災害位置進行調查，補足災害事件相關重要資料。

材料與方法

研究案例

南投縣仁愛鄉南豐村-土石流
[土石流潛勢溪流(投縣DF013)]
坐標：258736,2655392 (TWD97)

南投縣仁愛鄉精英村-廬山立體停車場下方崩塌
&上游土砂阻塞河道
[大規模崩塌潛勢區-D067(廬山溫泉)]
坐標：268727,2657551 (TWD97)



南豐村-土石流
(資料來源:華視)

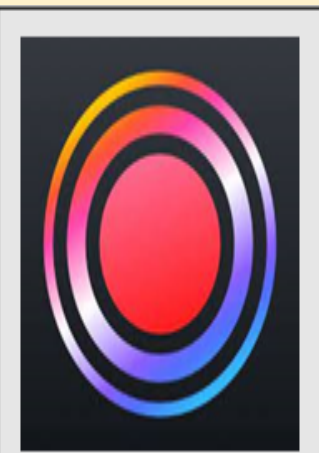
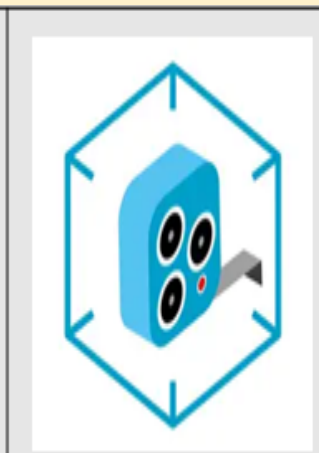
廬山立體停車場下方崩塌
(資料來源:自由時報)

研究材料



智慧型手機
iPhone 14 Pro

LIDAR掃描測繪法相關APP

項目			
應用程式名稱	Scanverse	3d Scanner App	ConstLIDAR Lite
作業系統	IOS		
適用機型(截至2023/9)	iPhone 12、13、14 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		
匯出格式	USDZ、OBJ、DAE等格式		現場即時展示
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	1.三維立體模型建置 2.無網路狀態可製作模型 3.長度、周長、體積測量 4.AR、VR、行走視覺化模式 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、體積等複雜計算功能 3.付費版可進行放樣功能
研究使用功能	1.三維立體模型建置 2.長度與周長測量	1.三維立體模型建置 2.體積測量 3.AR、VR、行走視覺化模式	水平、垂直、斜距等距離測量

照片攝影測量法相關APP

項目		
應用程式名稱	polycam	Luma AI
作業系統	IOS/android	IOS
適用機型(截至2023/9)	(攝影) iPhone 11等級或android 8.0以上(LIDAR) iPhone 12 pro等級以上	(攝影) iPhone X等級以上(AR功能) iPhone 11等級以上
匯出格式	USDZ、OBJ、DAE等格式	
功能特點	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.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	1.攝影三維立體模型建置 2.NeRF技術功能 3.呈現植物、岩石細節功能 4.無網路狀態可製作模型 5.線上模型展示功能
研究使用功能	1.快速自動對齊測繪功能 2.360環景模式功能 3.線上模型展示與測量功能	1.攝影三維立體模型建置 2.NeRF技術功能 3.呈現植物、岩石細節功能

研究流程



360環景影像

呈現目標物之環境周邊連結影像

↓

三維立體模型建置&快速三維測量

呈現目標物的重點位置之三維模型
· 快速了解三維尺寸

↓

三維量化分析與視覺化模式展示

針對全位置尺寸量測、體積計算
多種視覺化展示

結果與討論

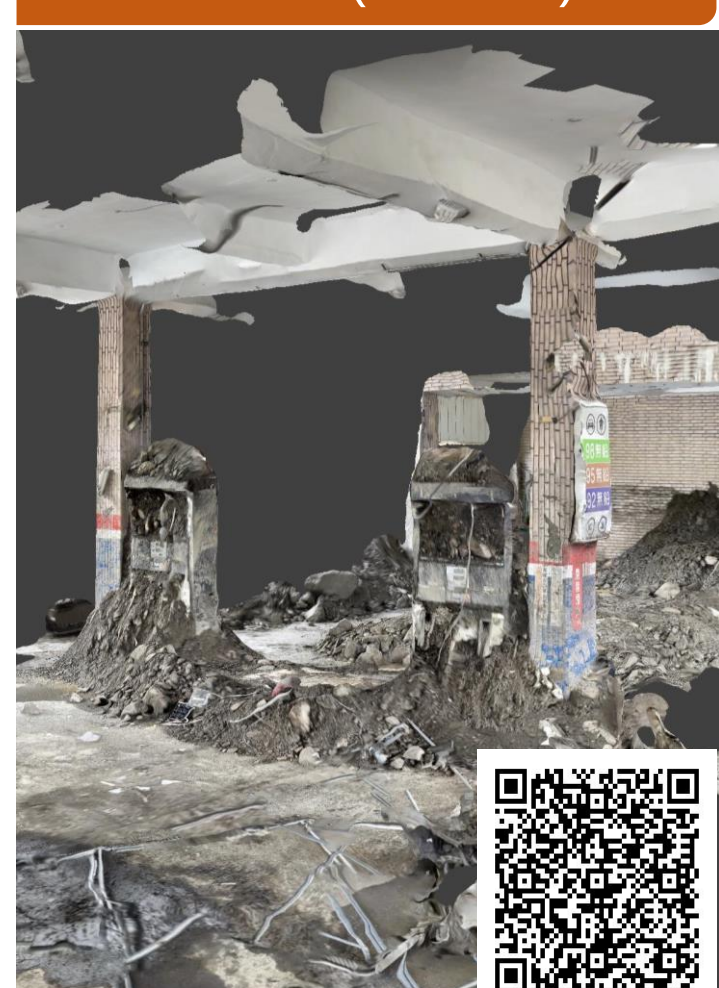
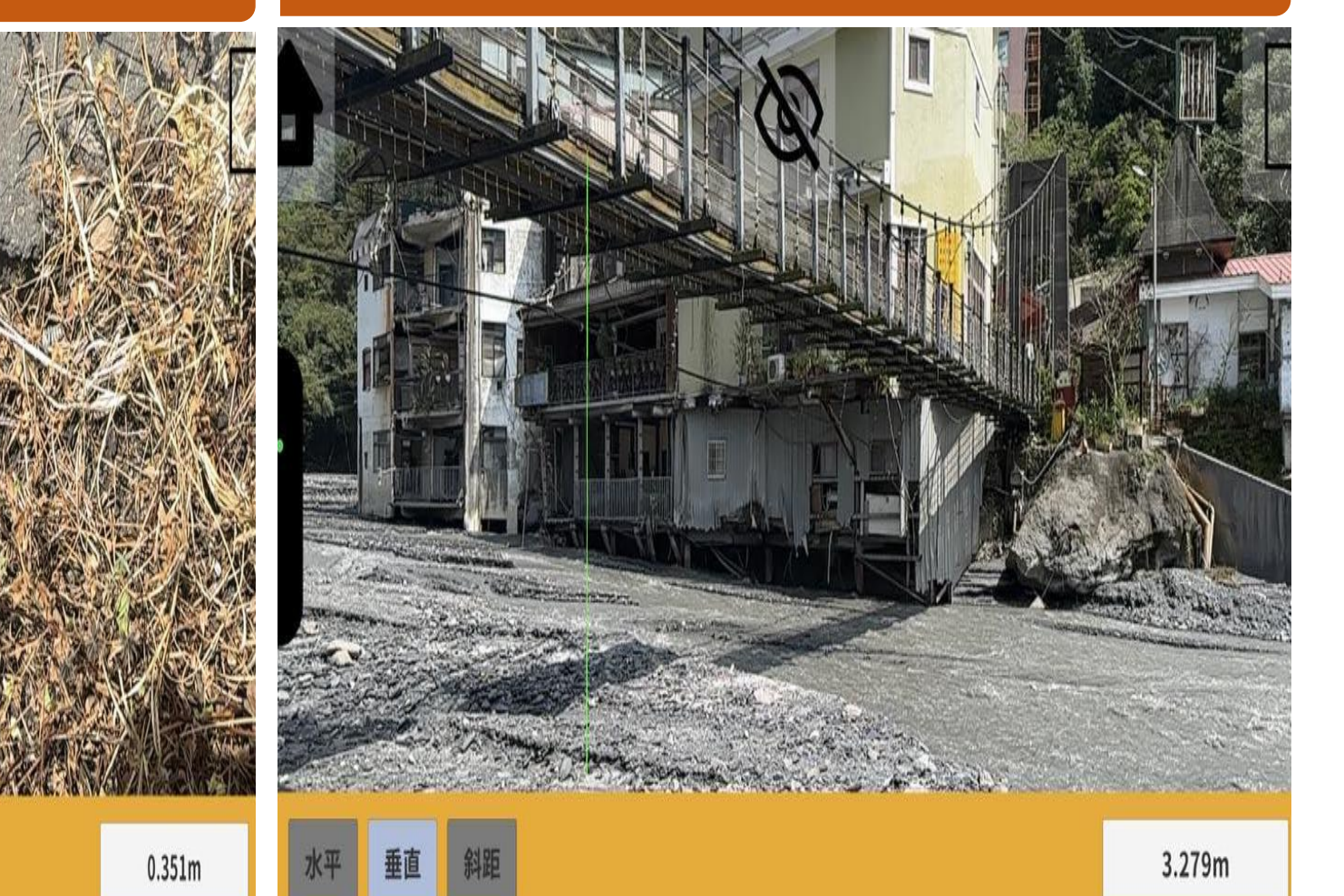
南投縣仁愛鄉南豐村-土石流[土石流潛勢溪流(投縣DF013)]

南投縣仁愛鄉精英村-廬山立體停車場下方崩塌&上游土砂阻塞河道

(1)360環景模式建置周邊連結環境

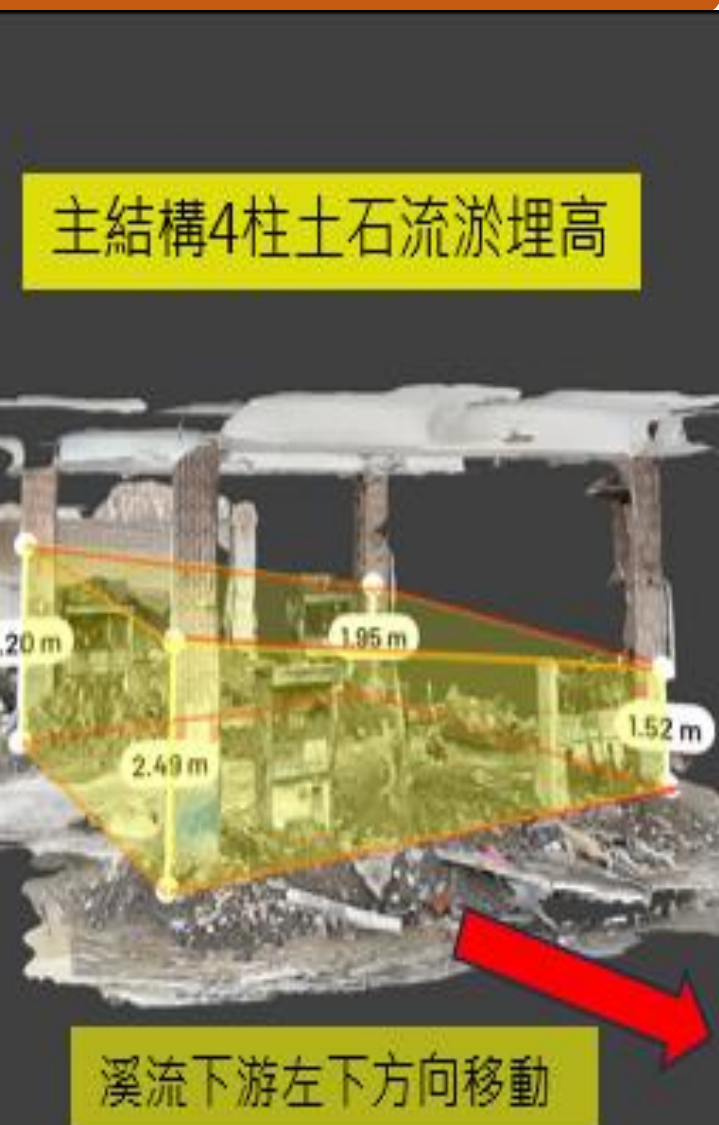
土石流潛勢溪流下游位置	土石流潛勢溪流中游位置	廬山立體停車場上方&側方	廬山立體停車場下方河道&廬山吊橋下方河道
			

(2)三維立體模型建置與快速尺寸測量

近距離(加油站)	遠距離(防砂壩)	土石流潛勢溪流中游位置現場快速尺寸測量	遠距離(傾斜建物&崩塌)	建物傾斜裂縫現場快速尺寸測量	土砂阻塞河道-斷面高現場快速測量
					

(3)三維量化分析與視覺化模式展示【以南投縣仁愛鄉南豐村-土石流[土石流潛勢溪流(投縣DF013)]為例】

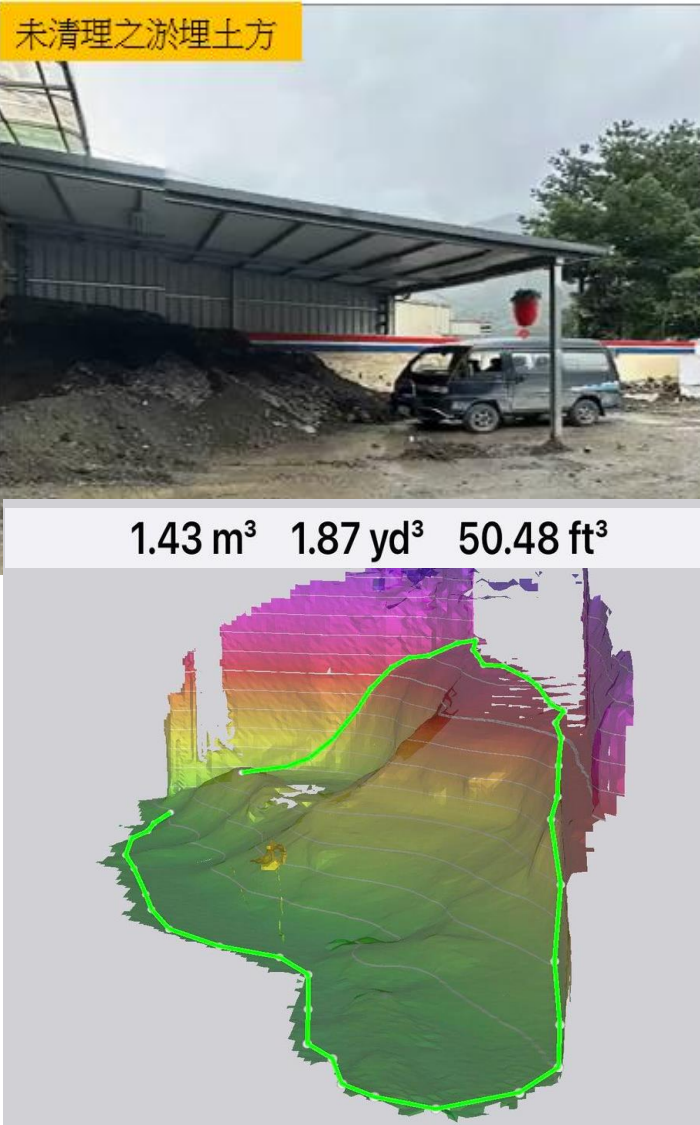
淤埋加油站之土砂三維尺寸



主結構4柱土砂淤埋高

溪流下游左下方向移動

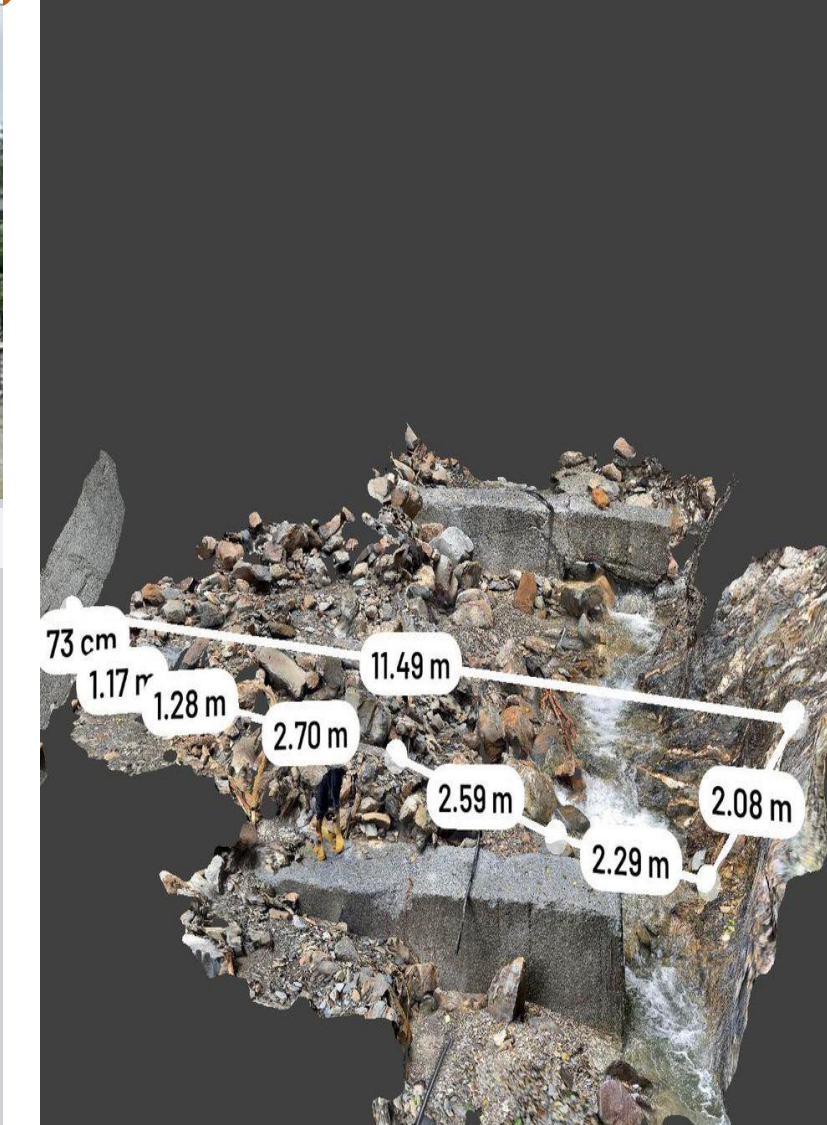
淤埋加油站之土砂體積



未清理之淤埋土方

1.43 m³ 1.87 yd³ 50.48 ft³

既有構造物通洪斷面寬



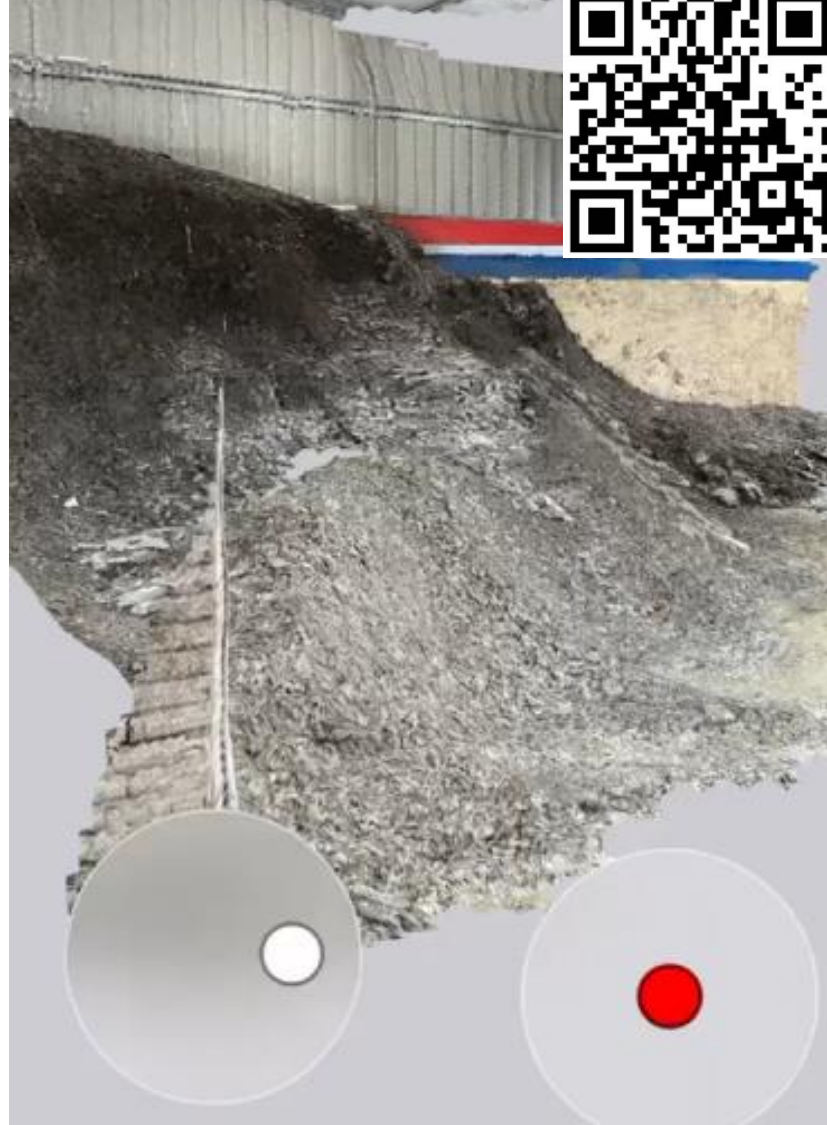
73 cm 1.17 m 1.28 m 1.46 m 2.70 m 2.59 m 2.28 m 2.08 m

土石流土石粒徑



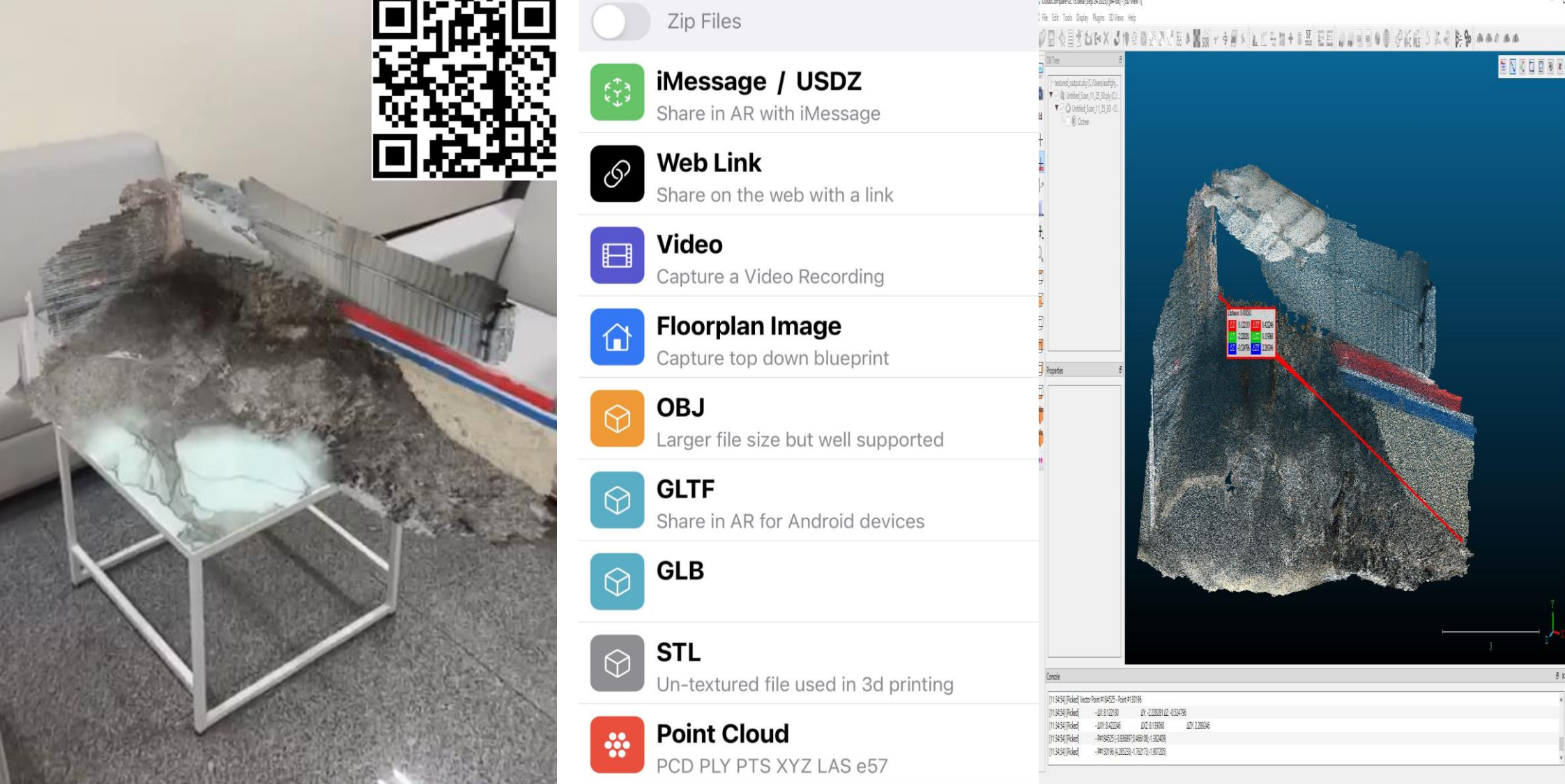
1.22 m 1.59 m 1.23 m

三維模型之行走/AR模式



QR code for AR mode

多種點雲匯出至PC加值應用(如CloudCompare)



Zip Files

iMessage / USDZ

Web Link

Video

Floorplan Image

OBJ

GLTF

GLB

STL

Point Cloud

結論與建議

- 利用360環景可清楚了解目標周遭環境狀況、環境互相連接關係，相較過去僅能使用多張照片判釋，或需專用的360環景相機拍攝，大幅提升辨識能力與效率。
- 利用360環景確認災害現場周邊狀況後，針對調查目標，可進行現場災害三維立體模型建置，從遠距離到近距離目標物均可快速三維化，了解重點區域的實際三維狀況，攜帶方便性與成果展現上大幅提升效率。
- 三維立體模型可自由重複對模型進行量化分析，針對不同情境下的需求進行多元的測量與展示，並且匯出多種點雲格式進行加值應用，在延伸上有更多的使用性，相較過去須依靠傳統測量工具需攜帶繁重的儀器、無法進行重複測量與無法現場立即解算，大幅提升工作效率與成果展示能力。
- 目前模型建置之相對距離為5m，但近期發展出最大達50公尺的手機掃描輔助工具，未來可持續嘗試利用，提升拍攝目標物的範圍與能力。
- 未來可嘗試將手機點雲與其他拍攝工具(如UAV、掃描儀)結合與附加真實點雲三維座標，提升未來模型應用更廣泛與探索地理位置加值的可行性。