



## 111年科技補助計畫 期中簡報

# 坡地土砂觀測站效能提升規劃及資料 料加值分析運用

計畫主持人劉格非 教授 報告

110年11月29日

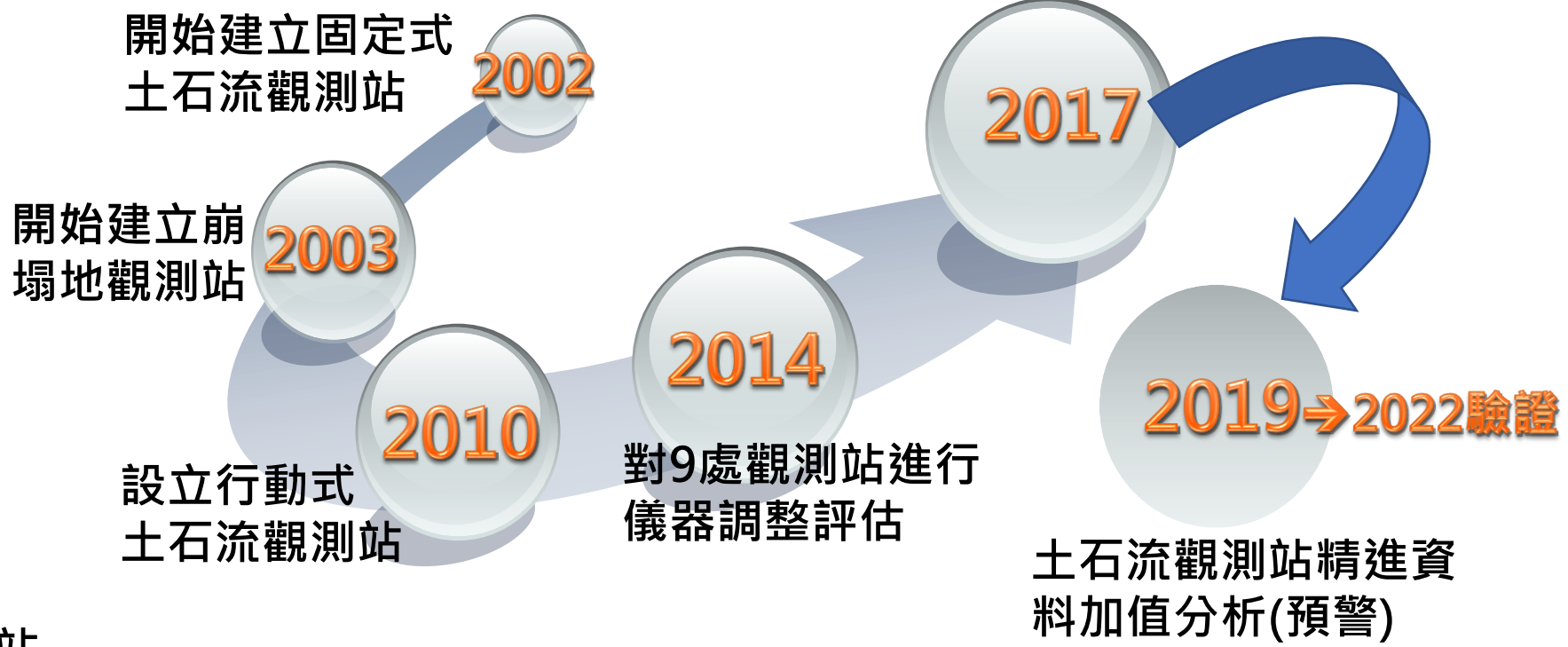
# 緣起

行政院農業委員會水土保持局基於職司山坡地保育利用之責，自民國91年開始，陸續發展**土石流防災觀測科技**，期能更加精進坡地土砂災害之觀測科技研究及發展。

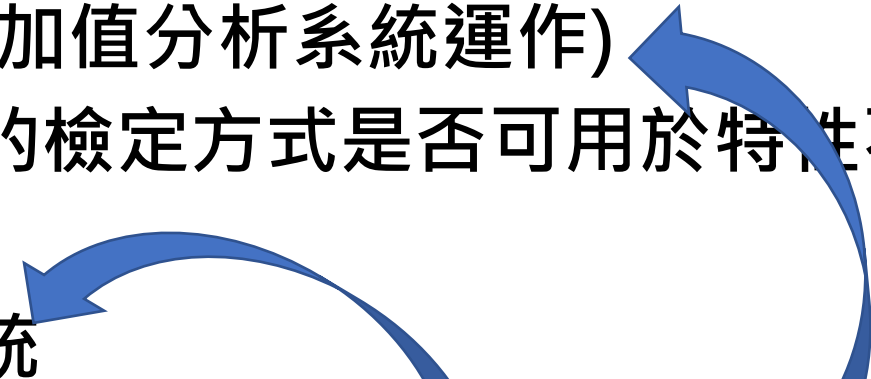


固定式及行動式土石流觀測站

現有**21站**固定式土石流觀測站儀器配置



# 工作項目

1. 建立新站(含檢查所有資料加值分析系統運作)
  2. 現地攝影機與地聲檢知器的檢定方式是否可用於特性不同的測站
  3. 航照與無人機照片分析
  4. 建立多測站之智慧防災系統
- 

## (二) 期末評核標準

1. 完成建構智慧型網站(包含神木土石流觀測站與研究場域測站等)
2. 觀測站之土石流事件流程完整分析



一、建立新站

四、建立多測站之智慧防災系統  
並完成英文系統





全長7.3公里，集水區面積1231.9公頃

玉穗溪



明霸克露橋

偵測到土石流或山崩  
立刻無線發布避難警告

土石流  
監測位置

土砂總生產量：1,107萬方  
溪床總堆積量：713萬方



道路警報

玉穗溪河岸崩塌  
崩塌深度：8 m  
土砂生產量：152萬方  
面積：29公頃

玉穗溪大規模崩塌  
崩塌深度：23.1m  
土砂生產量：851萬方  
面積：49公頃

荖濃溪河道堆積  
堆積高度：4.5m  
堆積量：311萬方

約1.8公里  
可爭取最短  
3分鐘避難時間

玉穗溪大規模崩塌堆積  
堆積高度：26.2m  
堆積量：529萬方  
面積：27.8公頃

匯流口沖積扇堆積  
堆積高度：11.9m  
最大高度：22.3m  
堆積量：202萬方

玉穗溪溪床邊坡堆積  
堆積高度：6.1m  
堆積量：184萬方

玉穗溪河道侵蝕  
侵蝕深度：5.7m  
侵蝕量：104萬方

2022/4/7



# 明霸克露橋監測預警系統規劃

## 地聲監測

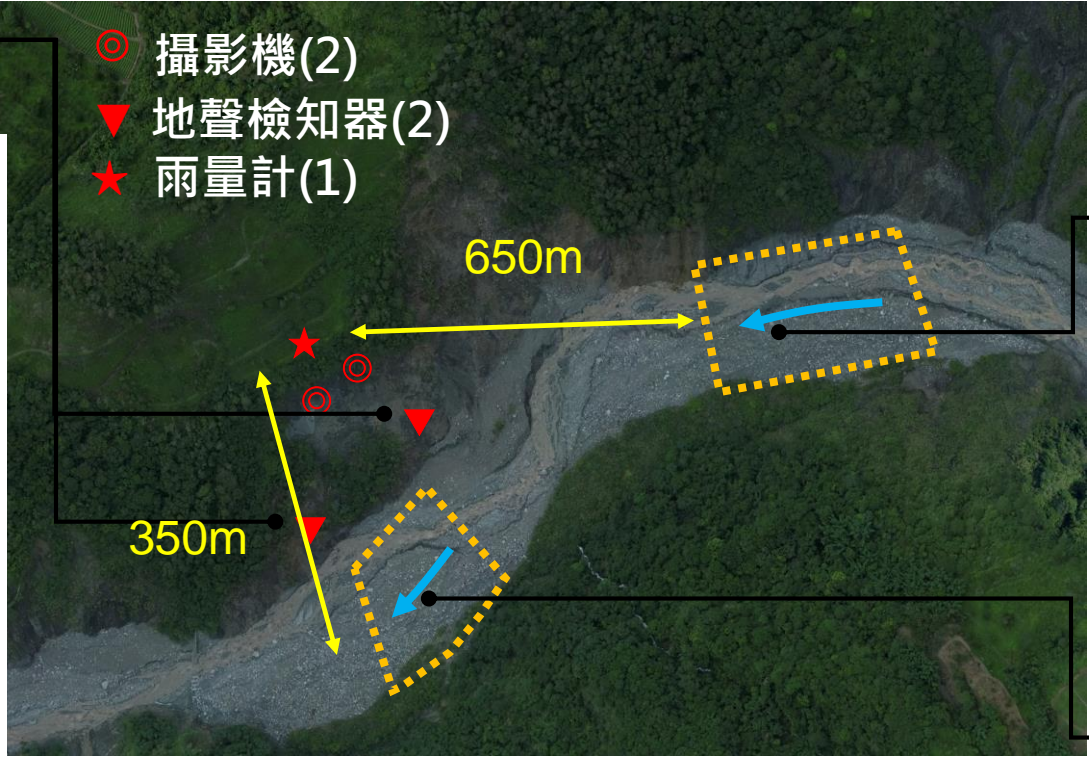
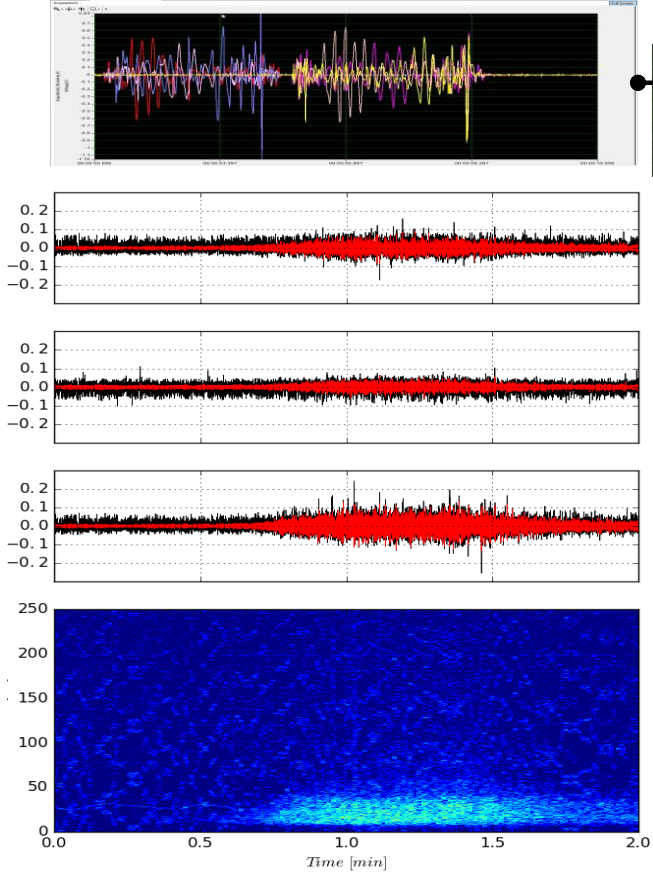
捕捉土方崩塌訊號 → 即將危險  
捕捉土石流流過的訊號 → 即刻危險

雙向訊號檢核  
降低錯誤警報

0.5秒 確認警報!

## 攝影機監測

捕捉土石流，估計運移速度，  
發佈偵測警報 → 即刻危險







攝影機

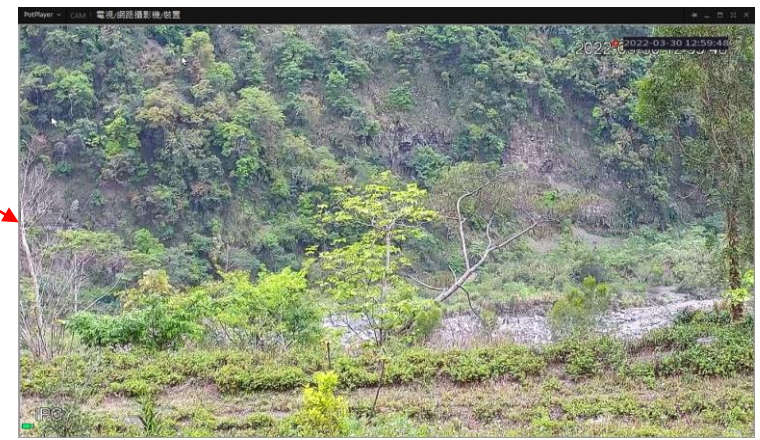
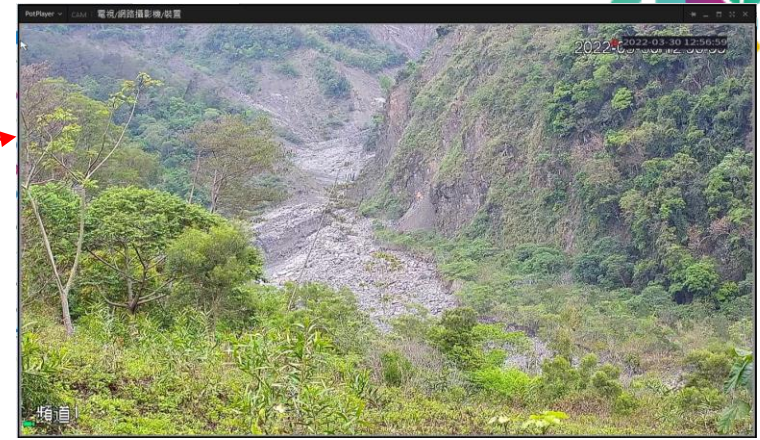
工業級電腦  
資料接受器

地聲檢知器





# 攝影機視角



影像分析:[總灰階值法](#)



# 玉穗溪監測畫面(上游)



22x26  
320x240



ROI

每個畫素代表3m(垂),4m(流)

以2m/s的速度,流動2秒內無法偵測,因為一個畫素都不會變,因此將偵測時間加倍到4秒

上游



# 玉穗溪監測畫面(中游)



ROI 44x77  
320x240

每個畫素代表1.5m(垂),2.5m(流)





# 玉穗溪新系統

1. 現場儀器資料僅傳回現場電腦
2. 所有影像與地聲資料於現場分析
3. 所有資料加值 A P P 安裝於現場
4. 預警機制為自動,影像用總灰階值法,地聲用能量法
5. 偵測到土石流時,
  - (a) 以蜂鳴器在下游預警(用無線電)
  - (b) 資料展示網頁
  - (c) 簡訊和line通知相關人員
6. 現場資料儲存(影像為低禎數),分析並可下載 (可存半年)
7. 事件發生後,資料另外存於儲存裝置中

0606所有儀器於現場裝設完畢

# 總灰階值原理

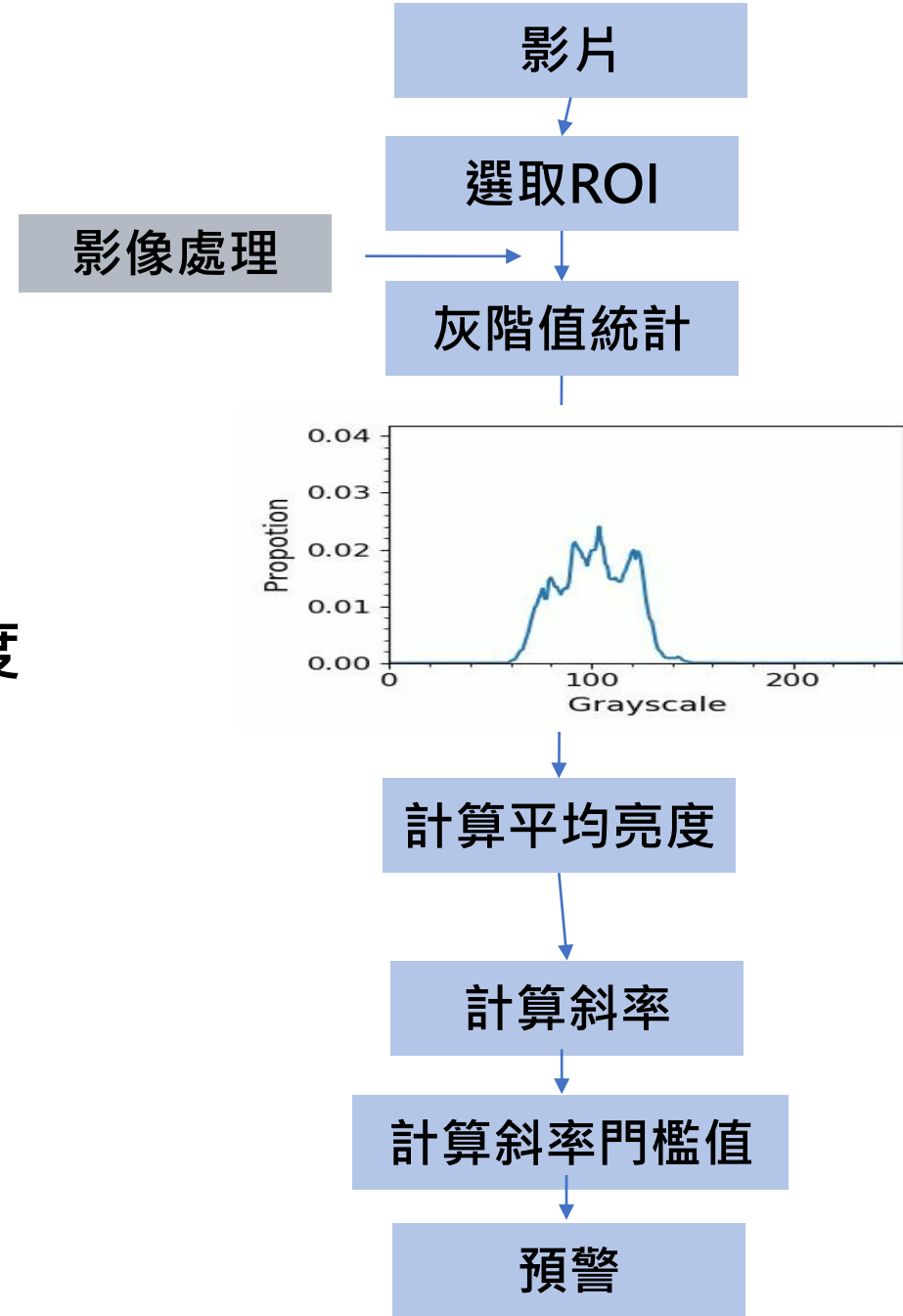
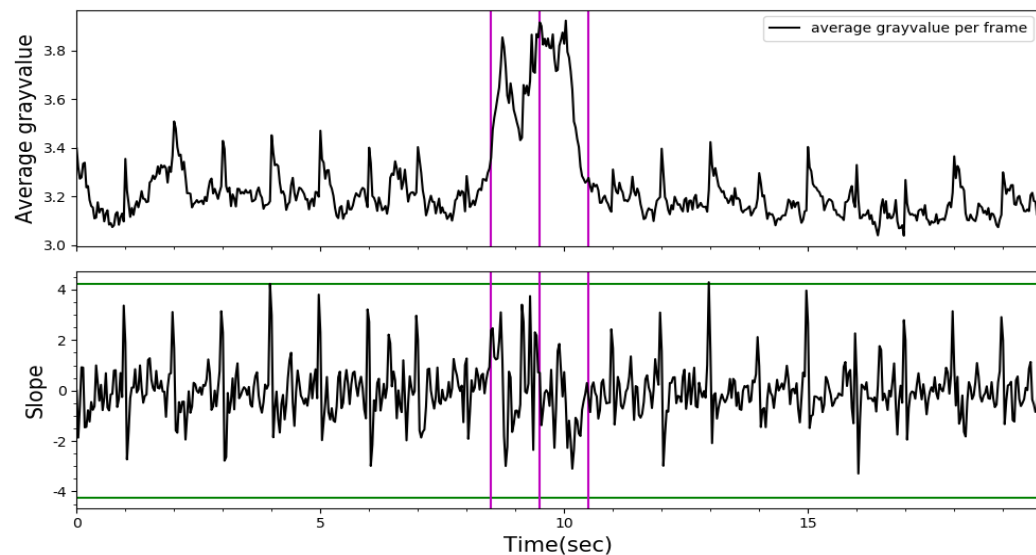
- ✓ t時間之平均亮度  $I^t = \sum_{i=0}^{255} i \times R_i^t$
- ✓ 平均亮度值  $S_{mean}^t = \sum_{frame=0}^{all\ frames} \frac{I^{frame+2} - I^{frame}}{2\Delta t}$
- ✓  $\Delta t = \frac{1\ frame}{video\ fps}$

$I$ : 平均亮度

$i$ : 灰階值( $i=0 \sim 255$ )

$R_i$ : 亮度值 $i$ 所佔的比例( $R_i=0 \sim 1$ )

為濾掉高頻震盪雜訊,每一筆資料為固定長度(10-30幀)資料之平均



# 敏督利颱風土石流

時間：2004/7/2 16:40

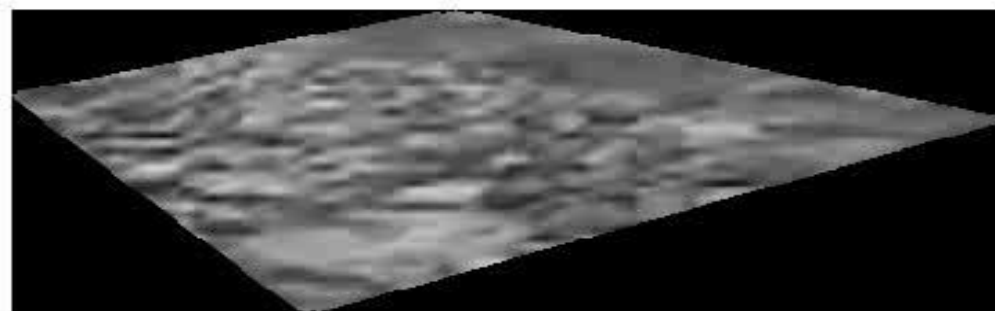


偵測到時間,土石流抵達前1.2秒,下游預警區疏散時間32分鐘

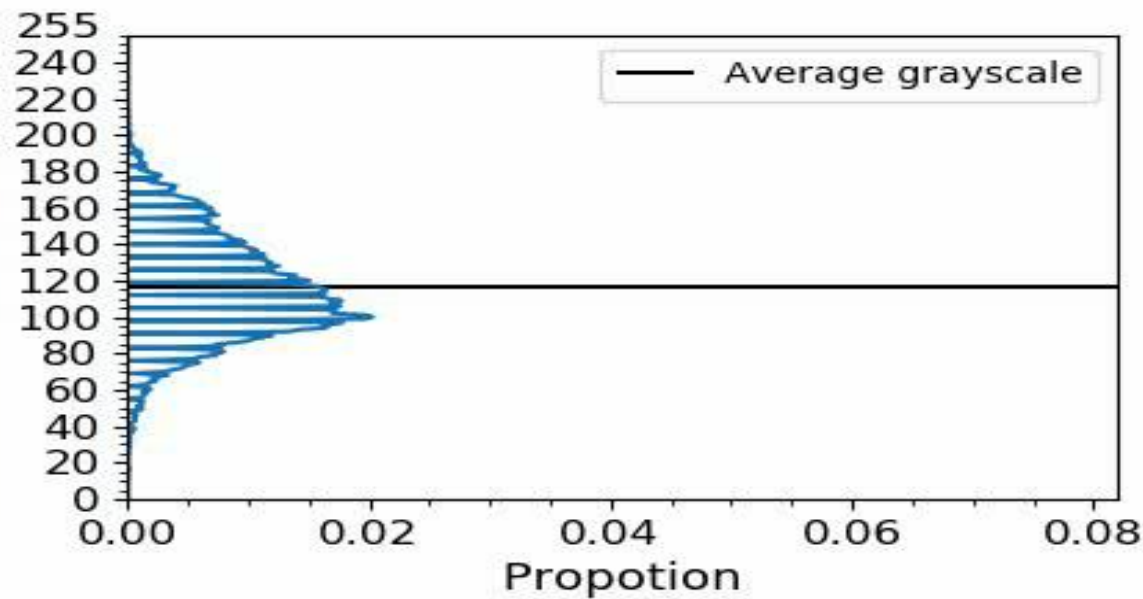
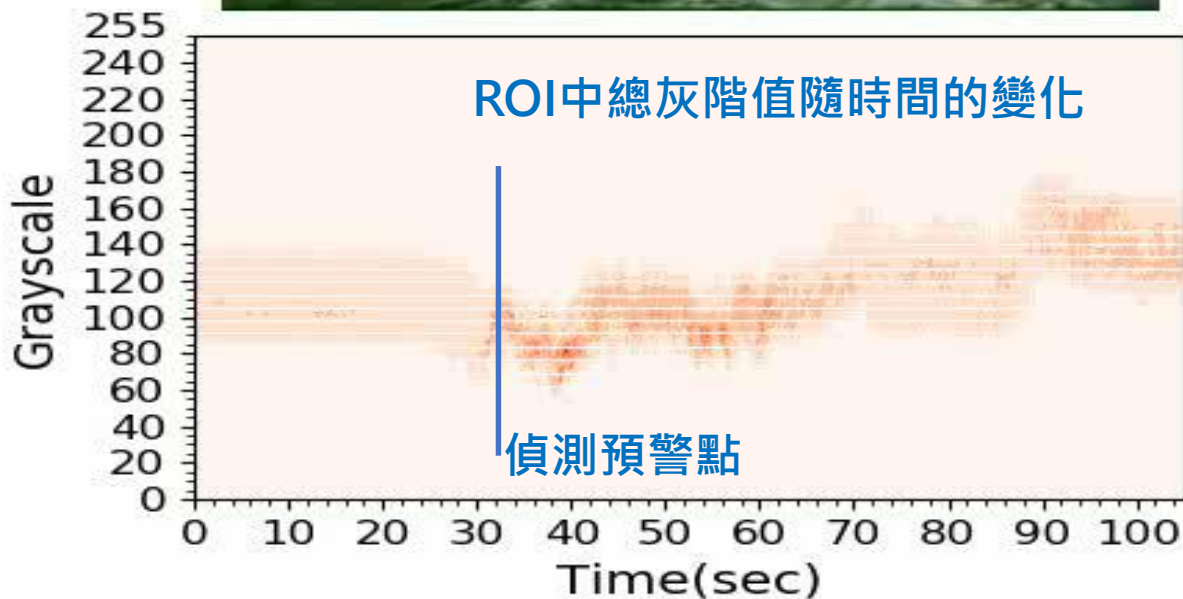
現場監測影片



紅色ROI中分析影像



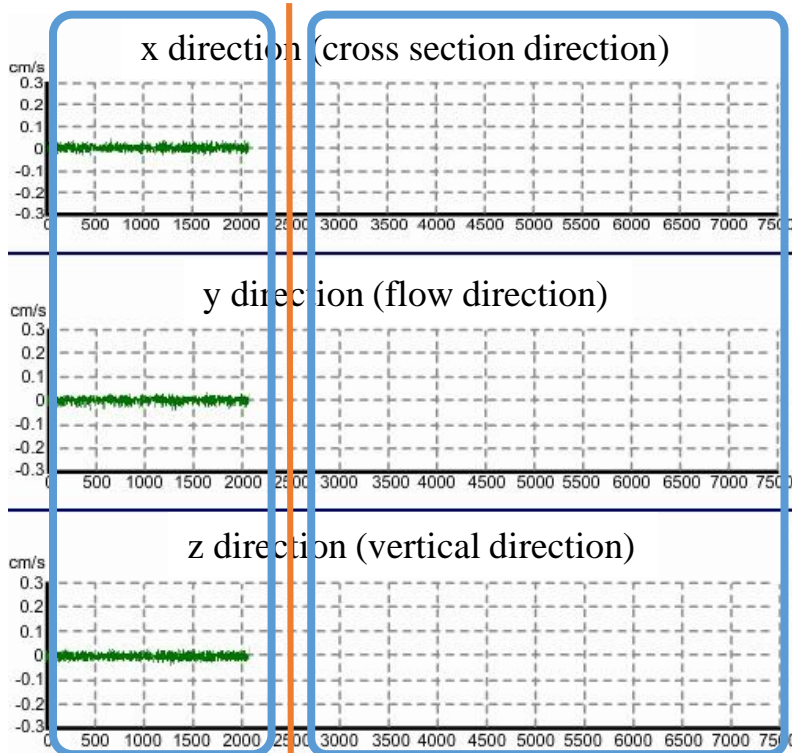
ROI中總灰階值隨時間的變化



# 地聲能量法結果

訊號取樣頻率 500 Hz

下層與上層鋼索高度分別為2.5 m 和 5 m



環境雜訊 土石流訊號

影片拍攝之  
土石流前峰 → 偵測目標



# 4. 建立多測站之智慧防災系統並完成英文系統



行政院農業委員會水土保持局  
Soil and Water Conservation Bureau,  
Council of Agriculture, Executive Yuan  
優質·效率·團隊

Debris flow monitoring system

[土石流防災資訊網](#) | [中央氣象局全球資訊網](#)



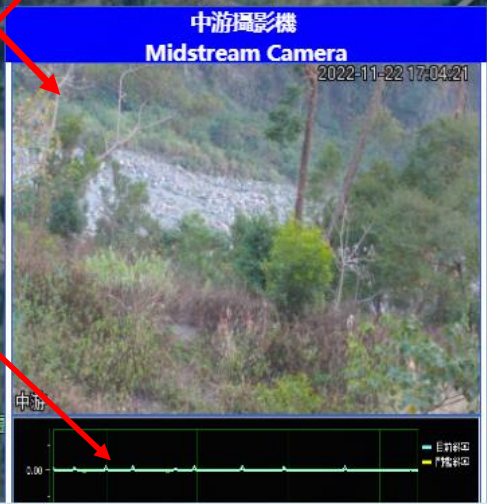
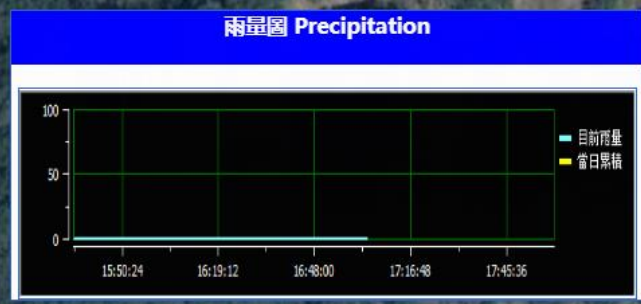
玉穗溪土石流預警系統

建議使用 [Chrome](#) / [Edge](#)

登錄



玉穗溪土石流即時預警  
Yusui River Debris flow warning system  
目前狀態 Status 正常 Normal



攝影機  
畫面

攝影機分  
析結果

地聲檢知器時域

地聲檢知器分析

# 資料儲存下載



當前位置: 首頁 /

文件名	修改時間	文件大小	操作
📁 Rain-Local	2022-11-01 00:00	-	
📁 SoundA	-----		
📁 SoundB			
📁 VideoA			
📁 VideoB			

當前位置: 首頁 / VideoA /

文件名	修改時間	文件大小	操作
📁 ..	2022-11-01 07:36	-	
📁 20220509	2022-05-09 15:19	-	
📁 20220510	2022-05-10 10:02	-	
📁 20220511	2022-05-11 16:16	-	
📁 20220512	2022-05-13 00:00	-	
📁 20220513	2022-05-13 00:17	-	
📁 20220613	2022-06-14 00:00	-	
📁 20220614	2022-06-15 00:00	-	
📁 20220615	2022-06-16 00:00	-	
📁 20220616	2022-06-17 00:00	-	
📁 20220617	2022-06-17 21:20	-	
📁 20220618	2022-06-19 00:00	-	
📁 20220619	2022-06-19 23:50	-	



# 3D 環場照



玉穗溪土石流監控

首頁/Home

歷史檔案/Data archive

3D照片/photo

神木監測站/SheMu monitoring

建議使用 Chrome/Edge

admin

**Bridge (0+000)**  
Date: 25/06/2022 2:22 pm  
Latitude: 23.1880861° N  
Longitude: 120.7885083° E



**Bridge (0+000)**



Close





LINE Notify

Line 警訊

【玉穗溪土石流預警系統】

請注意!

高雄六龜區玉穗溪上游疑似有土石流事件發生，請貴單位注意防範及應變。

(水土保持局GPAI監測系統)



# 智慧型網站，自動執行預警與建議決策執行事項

偵測方法建立模組,配合監測資料,發布預警

**完成**流程

**平時**:偵測資料顯示(影像,地聲,分析)

**警戒**:預警條件達到 →通知相關人員(line+簡訊)  
→執行預警措施(設備控制,廣播)

**紀錄**:事件結束分析→資料儲存於硬碟

# 系統安裝重要紀錄時間點

## 神木村

協力廠商只有分析資料  
資料接收由逢甲完成  
經由NATS交給系統分析

## 玉穗溪

協力廠商負責  
監測儀器安裝  
資料接收  
資料分析

- 2022-04-02 專案起始開發
- 2022-04-19 完成雨量器讀取系統應用系統
- 2022-04-23 完成雨量器讀取系統第二階改版功能
- 2022-04-23 完成即時分析中控系統
- 2022-04-24 完成地聲讀取系統應用系統
- 2022-04-25 完成影像讀取系統應用系統
- 2022-04-27 水保局及公路局現場會勘
- 2022-04-29 準備蘇院長來的展示
- 2022-05-07 地聲影像資料圖取系統程式更新
- 2022-05-24 系統程式更新: 增加通知人員名單維護功能
- 2022-05-29 台電電源可以使用, 設備進場安裝
- 2022-05-31 設備安裝完成
- 2022-06-10 土石流報警機電池爆炸
- 2022-06-13 系統更新說明: 影像讀取系統更新+Line 通知功能上線
- 2022-07-08 繳納中華電信ADSL裝設費用



- 2022-07-07 分析系統增加 OverWrite 偵測及防護因 OverWrite 狀況造成分析引擎的記憶池損壞
- 2022-07-11 即時分析圖表的記憶體控制優化,加強長時間運作
- 2022-07-13 Web 版即時監控狀態系統上線測試
- 2022-07-24 修正系統執行問題,更新版本
- 2022-08-05 修整系統監控程序的執行問題增加穩定度
- 2022-08-15 系統看門狗增加細部作業參數,增加系統運作調整參數
- 2022-08-15 中華電信工班施工
- ~~2022-08-23 作業 WINDOWS OS 更新服務,增加系統每週一凌晨 01 進行系統重新開機~~
- 2022-08-23 中電電信光世代網路進場
- 2022-08-27 即時監控的網頁查看系統更新,增加歷史資料可以透過瀏覽器進行下載
- 2022-08-28 系統看門狗昇級,增加對多重分析結果的檢查以提高即時分析系統的穩定度
- 2022-08-29 系統看門狗系統異常偵測功能昇級
- 2022-08-30 網頁版面及文字調整適應手機可顯示
- 2022-08-31 水位局專案現場查核

2022-09-02 現場電源問題修復 (不正常關機造成檔案毀損)

2022-09-04 修正分析系統在讀取 ROI 某些狀況會有 Bug

增加Camera 讀取及存檔系統對不同設備的相容性

2022-09-06增加專用高速大量暫存檔的處理機制,提高硬體使用壽命

2022-09-07 解決監控輸出頻繁問題

2022-09-12 進行顯示網頁系統修改作業

2022-09-23 新版顯示網頁系統上傳更新

2022-09-30 現地參數檢定與測量

2022-10-01 進行顯示網頁系統修改

2022-10-05 顯示網頁系統修改上傳

2022-10-07 修改顯示網頁系統

2022-10-19 更新通知:修正分析系統增加分析引擎穩定度

2022-10-24 影像分析工具修正 (斜率與峰值)

2022-10-27 網站英文修改

2022-11-02 修改監控網站部份功能無法執行

2022-11-04 公路局監視器廠商來借用網路通訊線路

# 全部工作大致所需要時間

工作大項	估計時間	
現場勘查	一個半月	
購買設備	一個月	
在室內準備與測試系統	兩個月	後續可以加快
現場裝設	一個月	
電源網路的協調申請	三個月	最無法控制
系統檢驗修正	兩個月	後續可以變快
現場參數校正	一個月	受限於地形險惡



# 現場狀況

2022/6/25



明霸克露橋起始點









沿路多處殘留土石流  
前鋒遺跡



第一座壩只剩1公尺  
壩翼最高點



















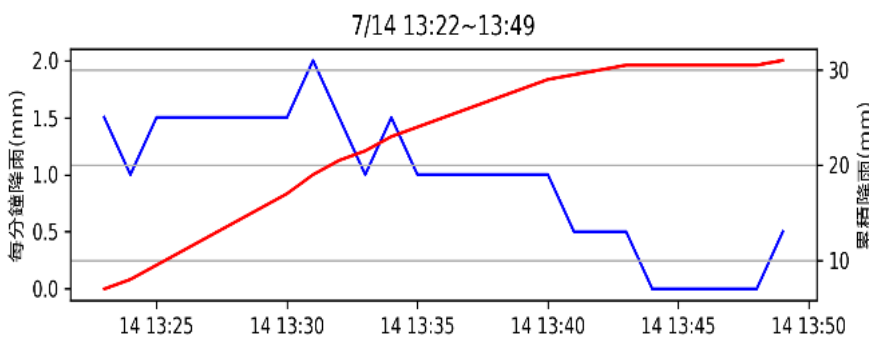
# 現勘結論

中游有非常長的超過10公尺的堆積層  
有大雨應該會發生崩坍與土石流  
目前監測系統會監測到並發出預警

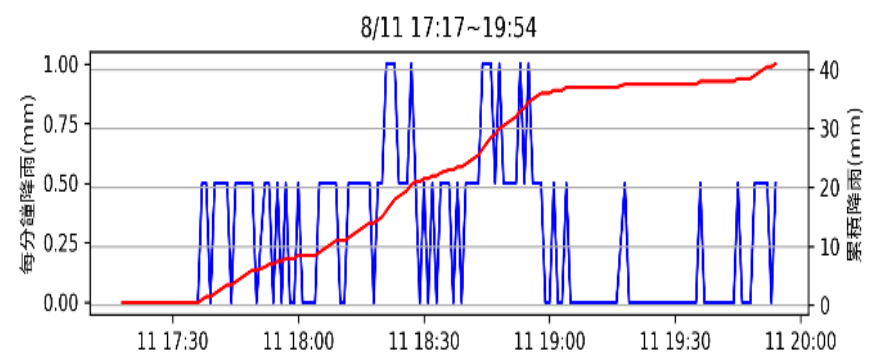
但是持續小雨可能造成溪溝持續刷深與變寬  
這種產生小規模泥流  
就無法監測出來

# 事件分析

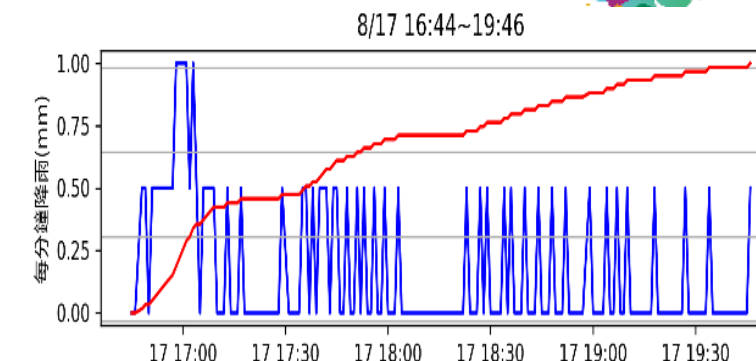
監測系統安裝完畢,沒有發生過大雨  
最大三場累積降雨如下



累積雨量 31mm



累積雨量 40mm



累積雨量 30mm

玉穗溪						
日期	2022/7/14		2022/8/11		2022/8/17	
位置	中游	上游	中游	上游	中游	上游
時間	13:25:35	13:12:48	17:31:35	17:31:43	16:39:25	16:39:35
	-	-	-	-	-	-
fps	13:50:33	13:50:40	19:06:35	19:04:30	19:47:22	19:47:32
	10	10	2	10	2	2
總偵數	14400	21000	11400	57000	22560	22560
ROI大小(pixel)	4167	661	4167	661	4167	661
計算時間(灰階值、斜率) hr:min:s	00:03:36	00:05:29	00:05:57	00:27:48	00:13:32	00:11:53

# 2022/6/7 土石流

由新聞報導,公路局提供影片照片  
公路局緊急封閉道路  
因為河面距離鋼便橋僅5公尺



▲▼ 恐怖土石流又來了！明霸克露橋便道今晚緊急「預警性封閉」。(圖 / 公路總局提供)



受鋒面影響，今日山區持續降雨，下午2點30分玉穗溪水位上升並有伴隨混濁泥流，下午4點大量土石泥流流出。目前明霸克露橋便道路段以鋼便橋形式通行，抗洪能力雖已有提升，但受到土石流持續下衝河道淤積，將

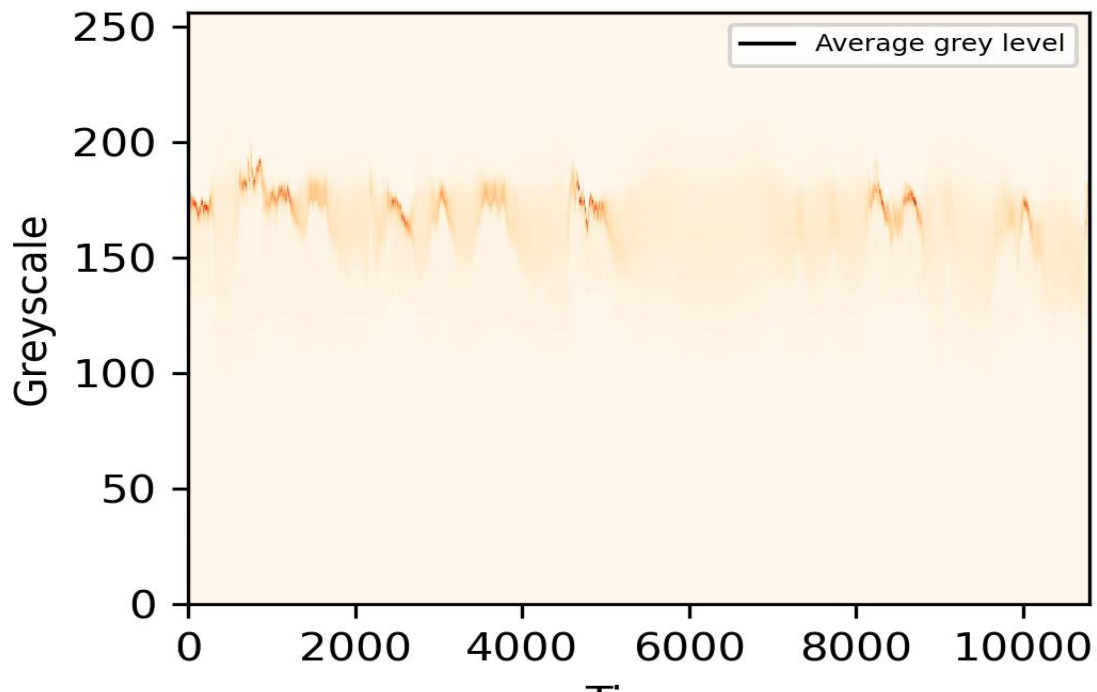


2022-06-07 15:00:02

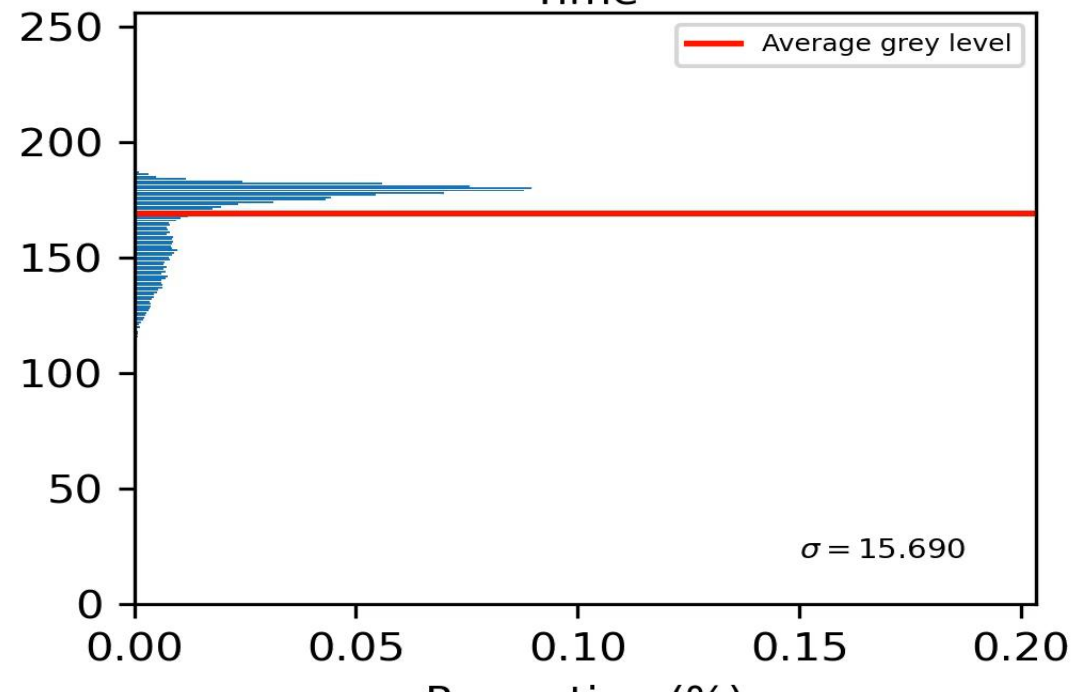
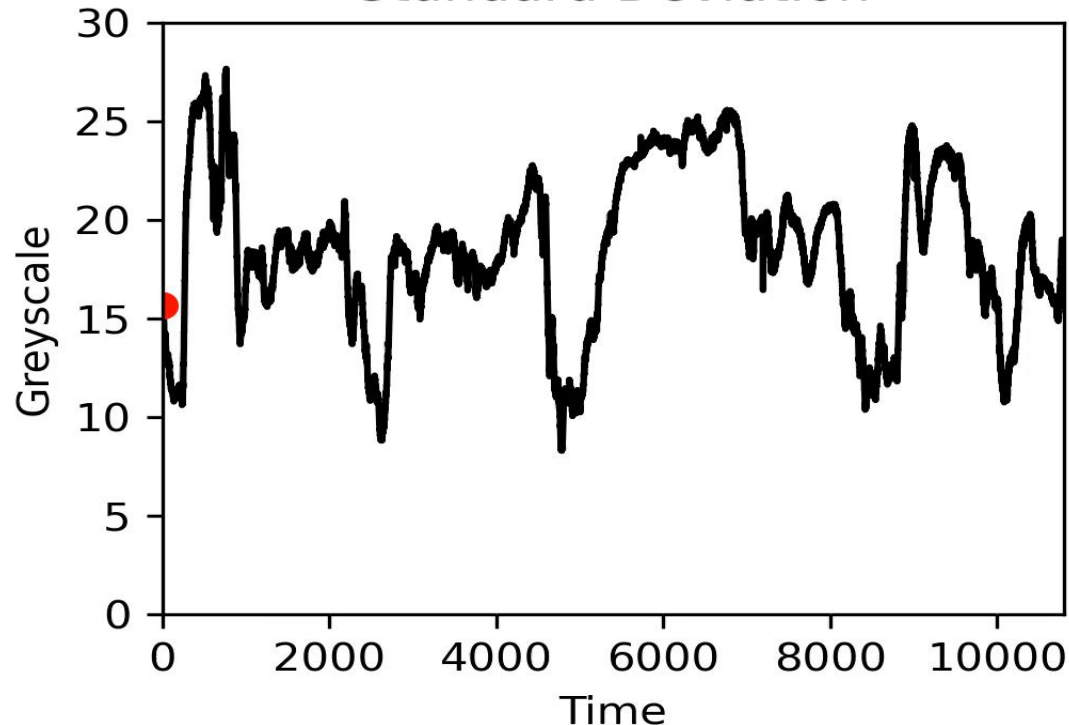


未發布  
警報

2022/6/7 中游監測影片,有大雨大霧  
紀錄總長3小時,加速10倍播放



Standard Deviation



# 7/14 號降雨事件紀錄分析

上游

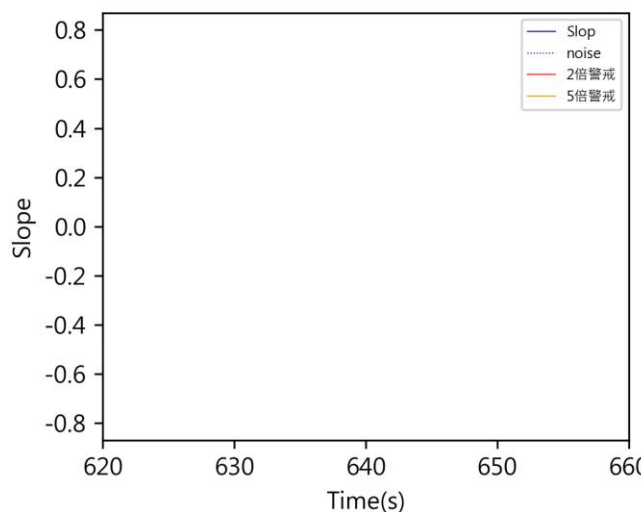
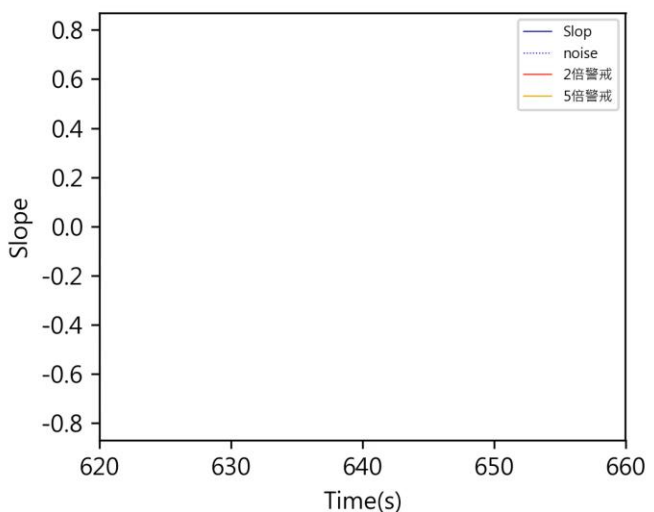
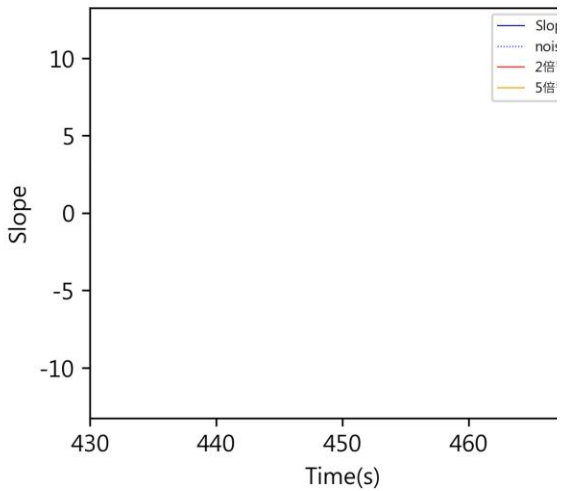
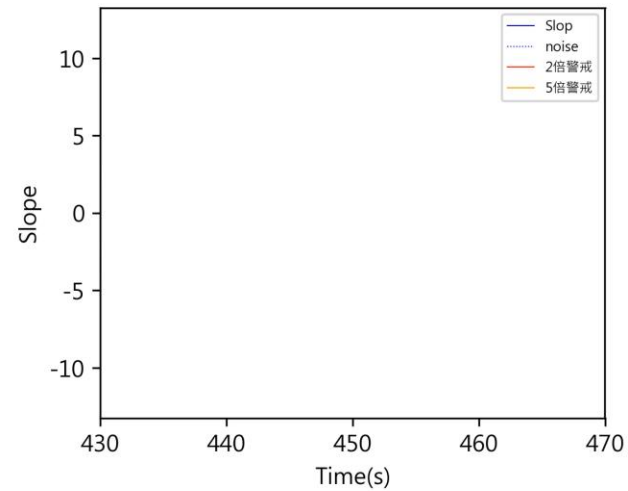
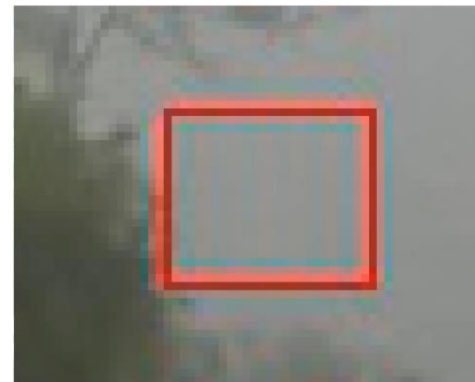
中游

2秒預警

4 秒預警

2秒預警

4 秒預警



# 8/11 降雨事件 紀錄分析

上游

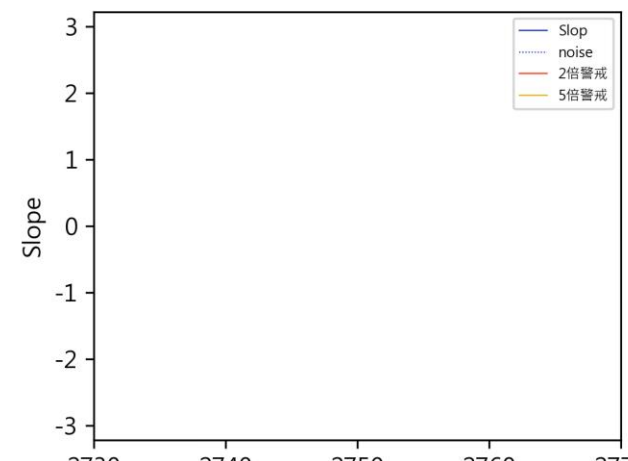
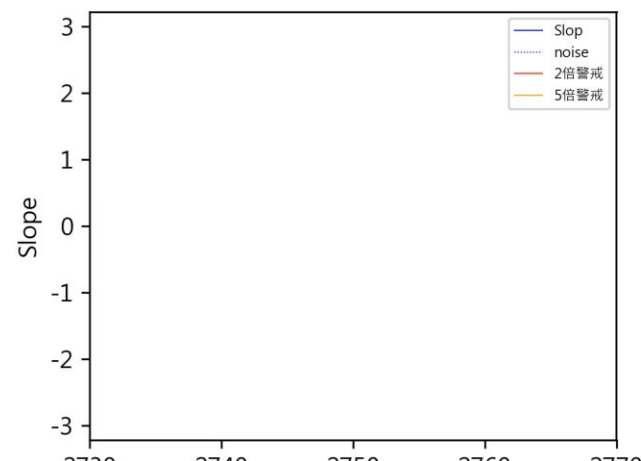
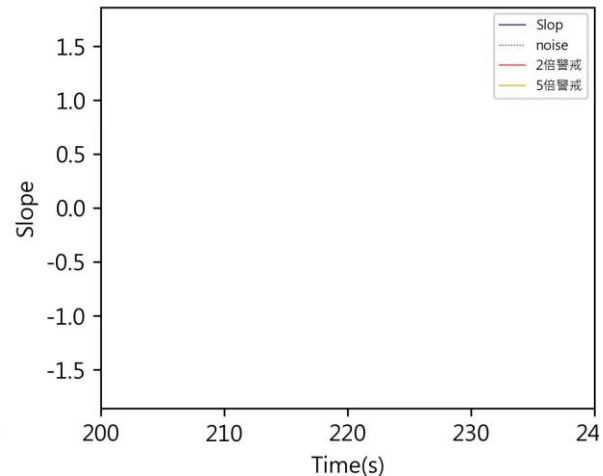
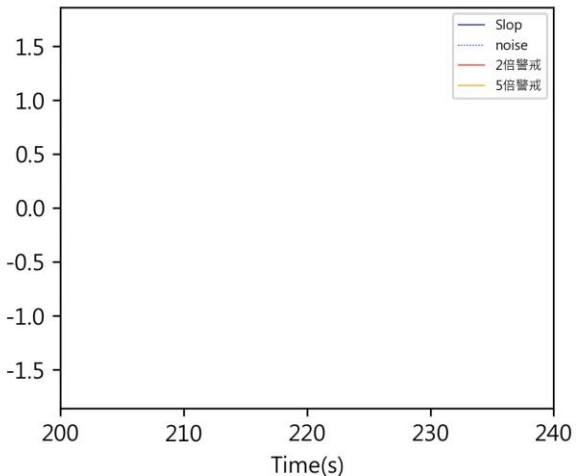
中游

2秒預警

4秒預警

2秒預警

4秒預警





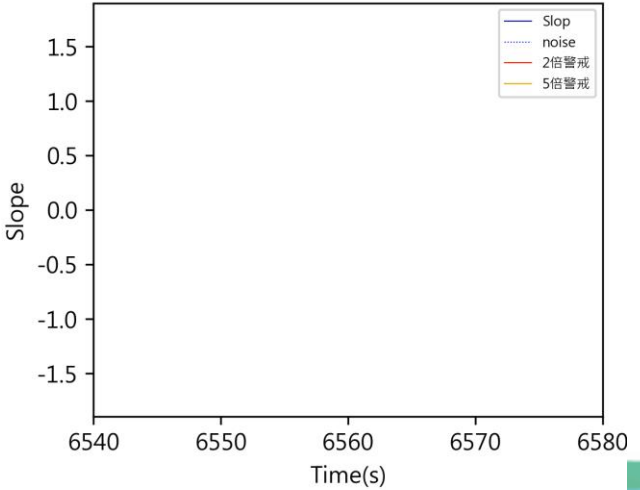
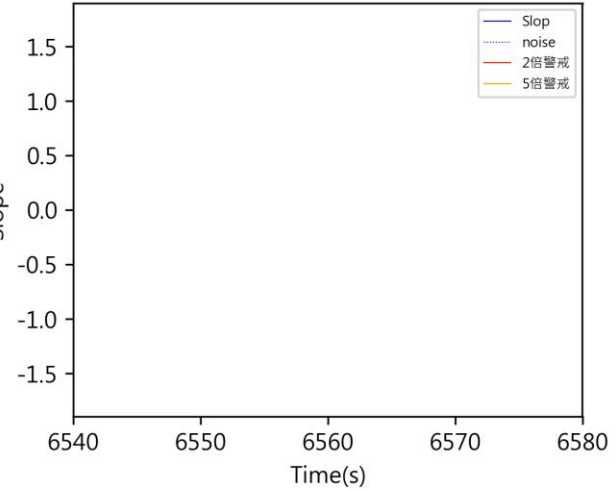
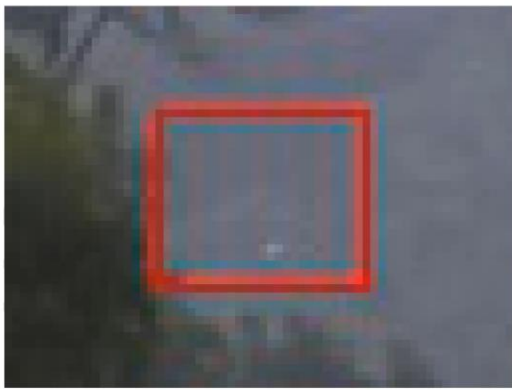
# 8/17 事件

上游

2秒預警



4秒預警

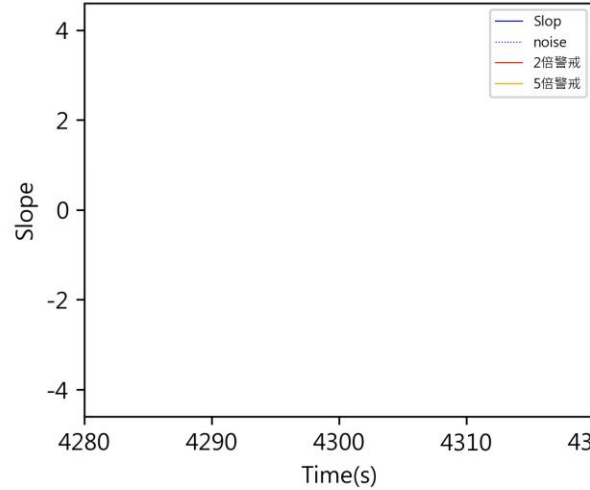
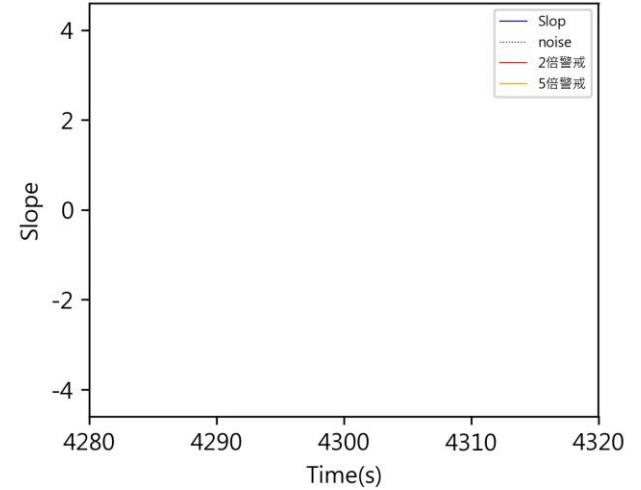


中游

2秒預警



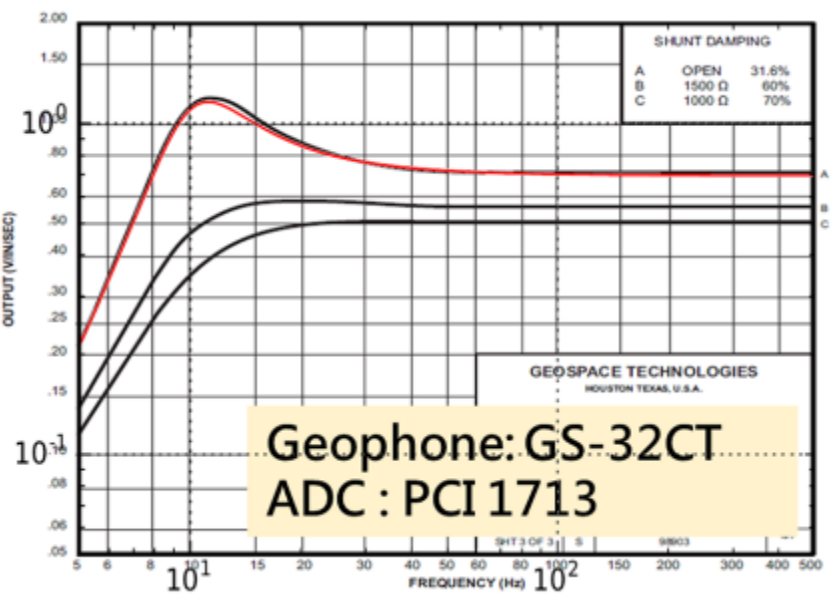
4秒預警





## 二、地聲檢知器與攝影機現場檢校

- (1) 於現場進行地聲、攝影機之檢定, 檢查是否參數與同型號之設備相同土石流偵測預警方法驗證。
- (2) 進行地聲與攝影機檢校方法之實用性比對驗證



$$T(\omega) = \frac{G\omega^2}{\sqrt{a^4 - 2a^2\omega^2 + \omega^4 + 4\left(h_0 + \frac{G^2}{ab}\right)^2 a^2\omega^2}}$$

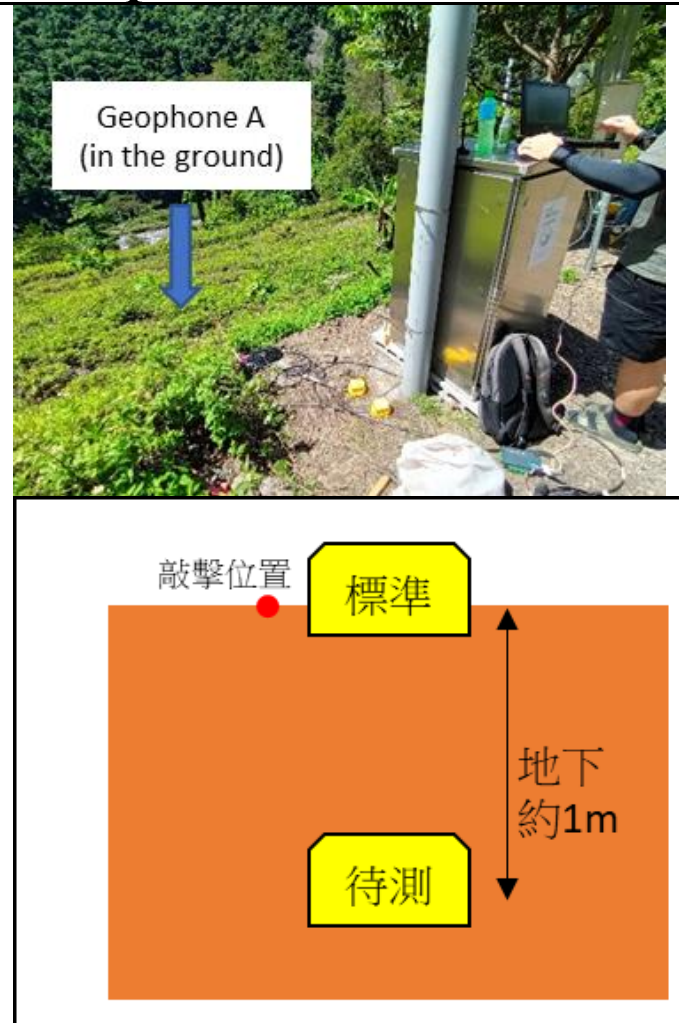
地聲檢知器型號



## Geophone B



## Geophone A



玉穗溪地聲檢知器檢定

埋於地下1m的地聲檢知器  
必須重新安裝  
攝影機旁的地聲檢知器  
非常準確

	地聲 A			地聲 B		
參數	G	a	$h_0$	G	a	$h_0$
誤差	100%	100%	100%	0.1%	2%	1%



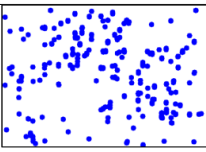
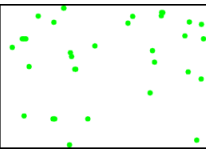
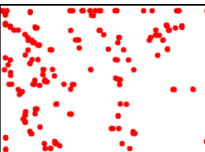
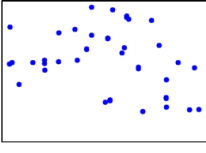
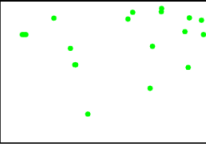
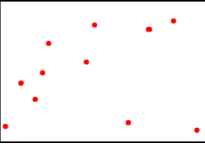
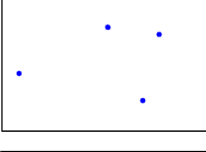

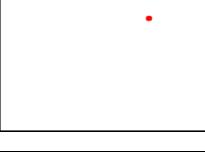
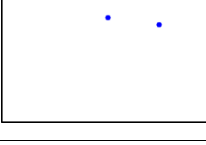
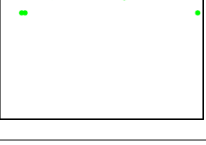
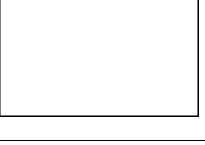
## 1. 缺陷像元: 是否有壞掉的pixel, 是否色素程度相

標準色板  
緩慢在接近  
鏡頭處(1m內)  
左右來回移動



檢查每個畫素  
如果有畫素不連續  
且都在同一點  
該點列為缺陷像元

1. 任何畫面都會受到環境光源影響而造成三原色灰階值不同
2. 環境可能有陰影造成灰階值變化
3. 等光源試驗, 同一相機也會有敏感度或扭曲效果造成灰階值不同

時間	藍色	綠色	紅色
~6 秒			
~7 秒			
~8 秒			
~9 秒			



	藍色	綠色	紅色
0~1 秒	19111 個	18622 個	14451 個
0~2 秒	9464 個	7779 個	10374 個
0~3 秒	5756 個	1799 個	8860 個
0~4 秒	2333 個	534 個	6780 個
0~5 秒	790 個	163 個	2396 個
0~6 秒	330 個	39 個	277 個
0~7 秒	41 個	20 個	14 個
0~8 秒	5 個	8 個	2 個
0~9 秒	2 個	6 個	0 個
0~10 秒	0 個	1 個	0 個
到第 9 秒時不合格點	(126, 360)	(56, 180)	(95, 505)
	(150, 535)		(95, 509)

### 檢測結果

神木村  
中游攝影機: 沒有問題  
下游攝影機: 5個畫素有問題 (同去年)  
玉穗溪  
三個攝影機: 沒有問題



# 2. 影像幾何校正:

## 二維畫面座標與三維真實空間座標轉換

$$Z_c \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{f}{dx} & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & \frac{f}{dy} & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ H \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

外參數矩陣      世界真實座標

攝影機原點在世界座標系的位置

$$\frac{f}{dx}, u_0, \frac{f}{dy}, v_0$$

**為待檢定的相機參數**  
帶入現場測量點 $X_w, Y_w, Z_w$   
與影像上的座標 $u, v$   
須誤差為零(檢定條件)

$(u_0, v_0)$ 為影像座標的原點(鏡頭光學中心)

$dx, dy$ 為感光元件長度除以 $x, y$ 方向上像素數

$f$ 為焦距

$Z_c$ 為圖像座標系原點至真實景物間的距離

**檢校完畢**  
**攝影機即可產出有**  
**物理單位數值**

旋轉矩陣(世界座標與相機座標三軸夾角)

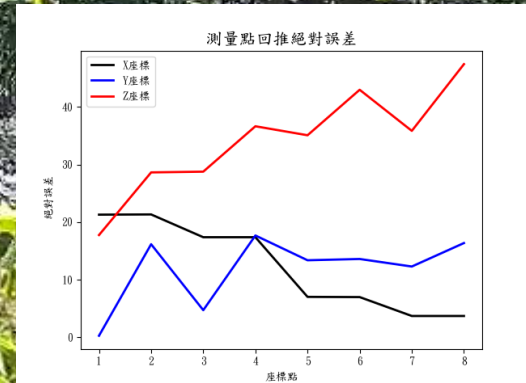
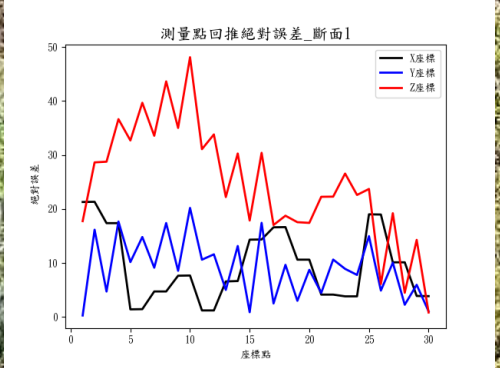
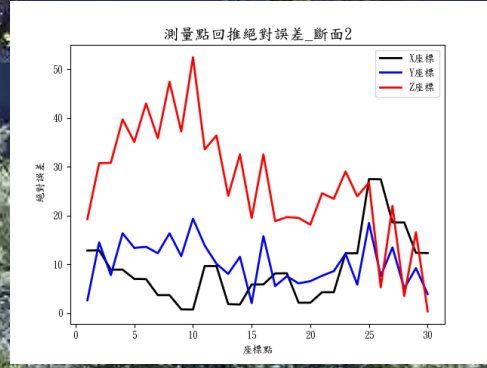
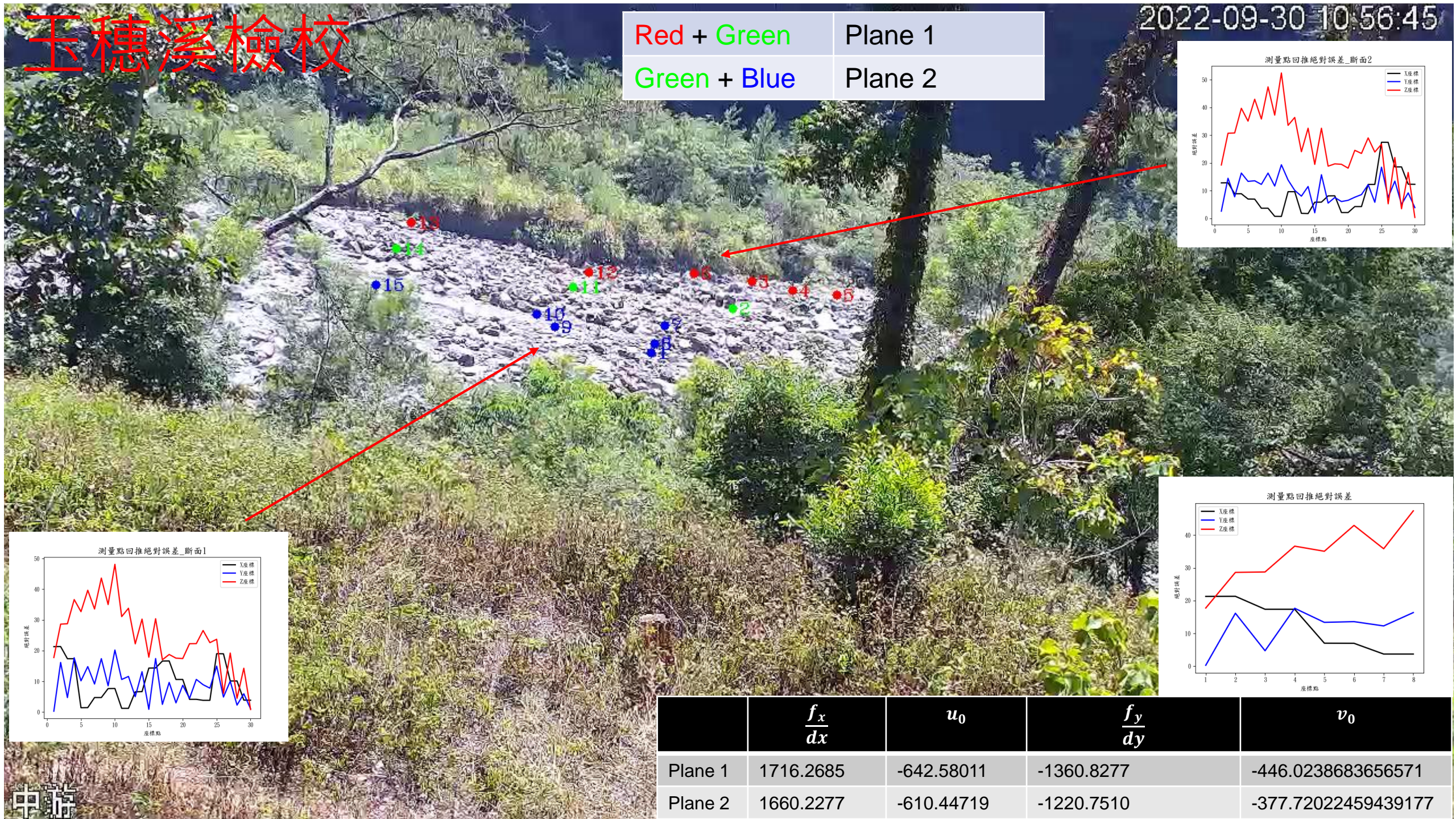
$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_z & \sin\theta_z & 0 \\ -\sin\theta_z & \cos\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_y & 0 & -\sin\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_x & \sin\theta_x \\ 0 & -\sin\theta_x & \cos\theta_x \end{bmatrix}$$



# 玉穗溪檢校

2022-09-30 10:56:45

Red + Green Plane 1  
Green + Blue Plane 2



	$\frac{f_x}{dx}$	$u_0$	$\frac{f_y}{dy}$	$v_0$
Plane 1	1716.2685	-642.58011	-1360.8277	-446.0238683656571
Plane 2	1660.2277	-610.44719	-1220.7510	-377.72022459439177

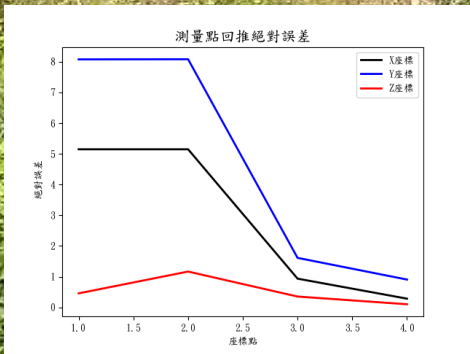
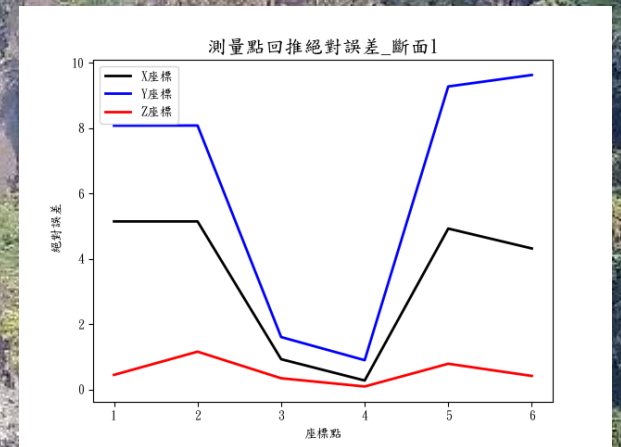


Red

Plane 1

Only 3 points could be recognized at upstream location

321



	$\frac{f_x}{dx}$	$u_0$	$\frac{f_y}{dy}$	$v_0$
Plane 1	1054.29628	666.88103	1189.1264	374.390706



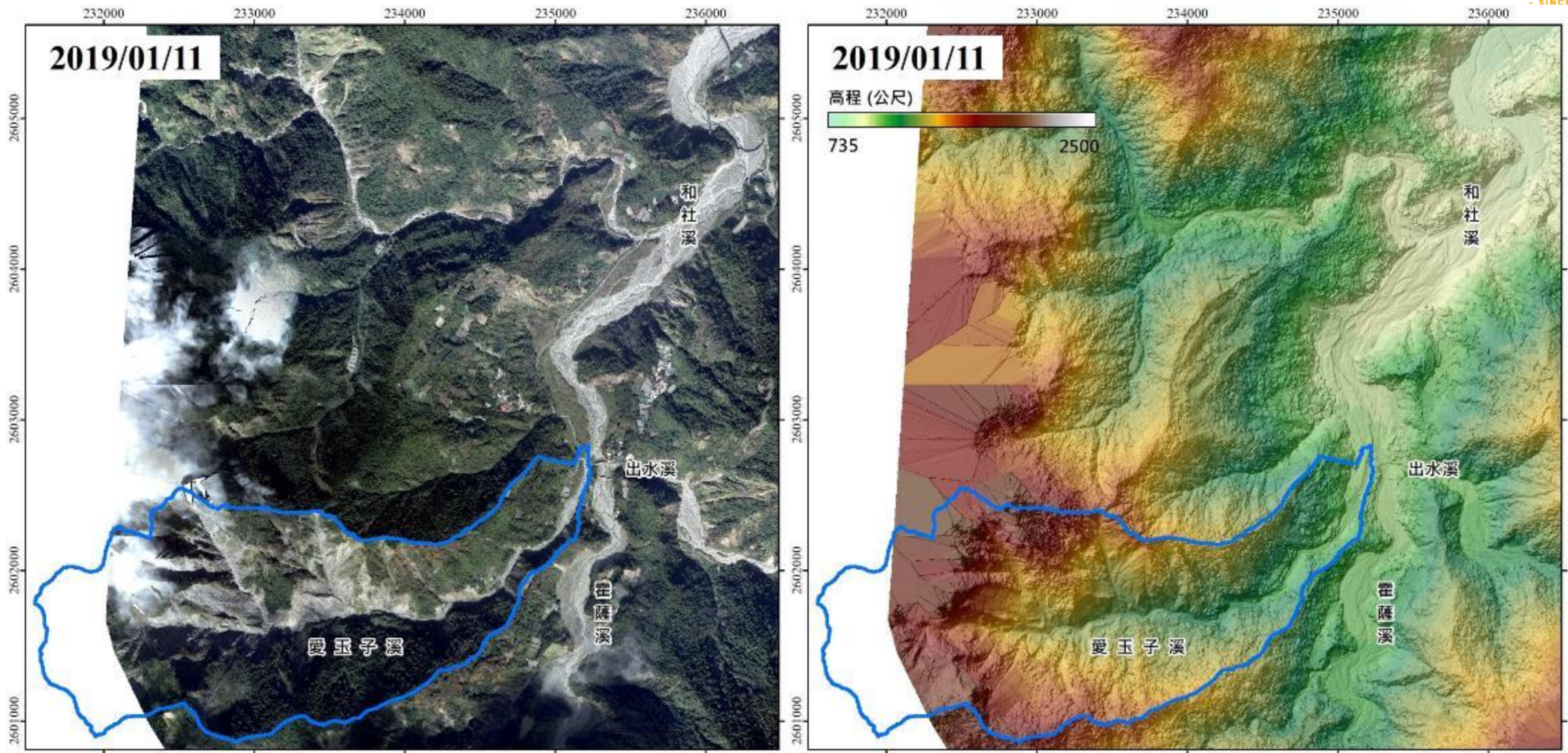


# 3. 航照與無人機照片分析

- (1) 持續分析神木站坡地與河川沖刷
- (2) 玉穗溪航照與無人機照片分析



# 運動恢復結構產生數值地表模型(DSM)





# 玉穗溪崩坍與河道沖淤

Event	玉穗溪邊坡 (萬立方公尺)			玉穗溪河道 (萬立方公尺)		
	Erosion	Deposition	Net	Erosion	Deposition	Net
2001/03 – 2002/02	-65.0	38.5	-26.5	-45.9	64.5	18.6
2002/02 – 2003/04	-38.1	27.6	-10.5	-31.7	42.3	10.6
2003/04 – 2007/01	-164.2	9.1	-155.2	-135.7	9.0	-126.7
2007/01 – 2008/08	-91.5	18.0	-73.5	-55.6	23.3	-32.3
2008/08 – 2009/11	-1,200.5	316.7	-883.8	-127.7	275.4	147.7
2009/11 – 2013/02	-407.6	76.1	-331.5	-146.8	22.7	-124.1
2013/02 – 2015/10	-108.4	28.0	-80.4	-24.2	12.6	-11.6
2015/10 – 2019/01	-58.5	38.6	-19.8	-42.2	23.1	-19.1
2019/01 – 2021/01	-652.7	126.8	-525.8	-38.2	45.1	6.9
2021/01 – 2021/08	-1,811.4	527.1	<b>-1,284.3</b>	-135.1	153.7	<b>18.6</b>
Total (萬立方公尺)	-4,597.9	1,206.6	-3,391.3	-783.1	671.7	-111.4



# 愛玉子溪邊坡與河道土砂變動量計算



Event	土壤沖蝕 [萬公噸]	愛玉子溪邊坡			愛玉子溪 (萬公噸)			霍薩溪 (萬公噸)			Net
		Erosion	Deposition	Net	Erosion	Deposition	Net	Erosion	Deposition		
19991210 – 20010802	1.0	124.4	39.9	-86	234.1	17.3	-217	71.1	161.8	91	
20010802 – 20030302	3.4	65.0	29.6	-39	49.0	31.8	-17	196.2	4.0	-192	
20030302 – 20040807	4.5	174.6	66.4	-113	45.7	49.5	4	41.3	60.7	19	
20040807 – 20051128	3.3	107.7	79.1	-32	40.7	26.6	-14	60.4	112.7	52	
20051128 – 20070126	5.4	46.0	38.0	-13	32.7	68.8	36	104.2	43.6	-61	
20070126 – 20080803	4.4	165.7	20.5	-150	115.6	2.7	-113	34.1	54.0	20	
20080803 – 20080826	3.3	68.7	17.5	-54	12.2	36.4	24	58.5	13.3	-45	
20080826 – 20091121	9.9	2388.7	842.5	-1,556	380.8	131.6	-249	182.6	693.3	511	
20091121 – 20130603	2.0	702.9	90.8	-614	117.1	97.5	-20	151.2	142.4	-9	
20130603 – 20140217	4.8	121.4	89.0	-37	24.4	102.8	78	37.2	121.3	84	
20140217 – 20171007	2.1	211.0	76.8	-136	44.2	73.9	30	154.1	33.7	-120	
20171007 – 20180529	1.5	71.3	30.2	-43	28.3	14.7	-14	61.5	18.6	-43	
20180529 – 20190111	0.8	53.7	35.8	-19	14.6	39.2	25	18.5	70.2	52	
20190111 – 20200508	3.6	468.5	16.3	-456	113.3	11.3	-102	64.7	61.7	-3	
20200508 – 20201020	1.2	27.6	18.7	-10	18.6	13.5	-5	30.0	12.1	-18	
20211020 – 20210908	3.4	26.9	12.5	-18	21.6	17.8	-4	49.0	25.9	-23	
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	54.4	4797.2	1491.0	-3,361	1293.0	735.5	-557	1314.5	1629.4	315	





## 結論

1. 觀測站設備已經安裝完畢,電與網路也都接好,整個過程約需11個月
2. 智慧網站運作正常,包含資料分析展示,自動預警等功能
3. 預警經由line, 簡訊還有無線電操控設備或播音等途徑
4. 目前結果證實在大霧與大雨之下,總灰階值法仍然不會因此誤發警報
5. 現場設備檢校完成,可以產出深度與速度等資料
6. 因為觀測設備距離溪流太遠,一個畫素代表的距離太長,因此必須調整偵測最短時間到4秒。其他系統參數不需要調整





# 報告完畢 敬請指教



行政院農業委員會水土保持局  
與您一起打拼