

國立聯合大學重點發展計畫

## 苗栗智慧防災系統建置(II)



簡報人：鄭玉旭 計畫主持人

單位：土木與防災工程學系



# 簡報大綱

壹

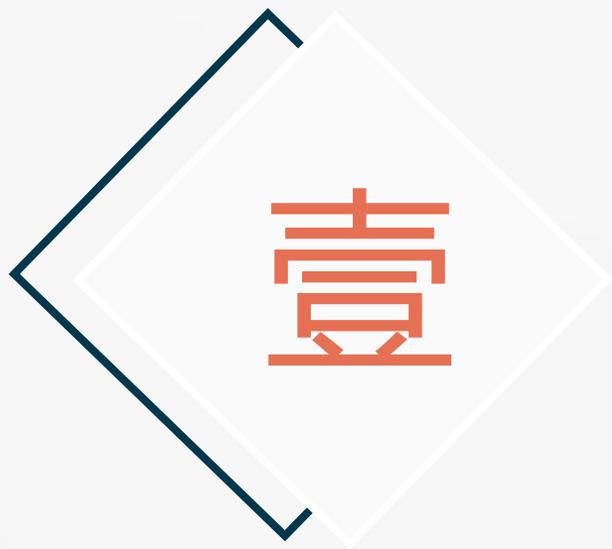
**報告內容**

(研究動機與研究內容)

貳

**達成指標**

(量化指標與質化敘述)



# 報告內容

# 子計畫

(研究動機與目的)

苗栗智慧防災系統建置

01

高解析度數值地表模型

02

淹水感測器智慧模組之發展

03

智慧化實景三維地震衝擊評估系統

04

智慧型地震預警系統之研究

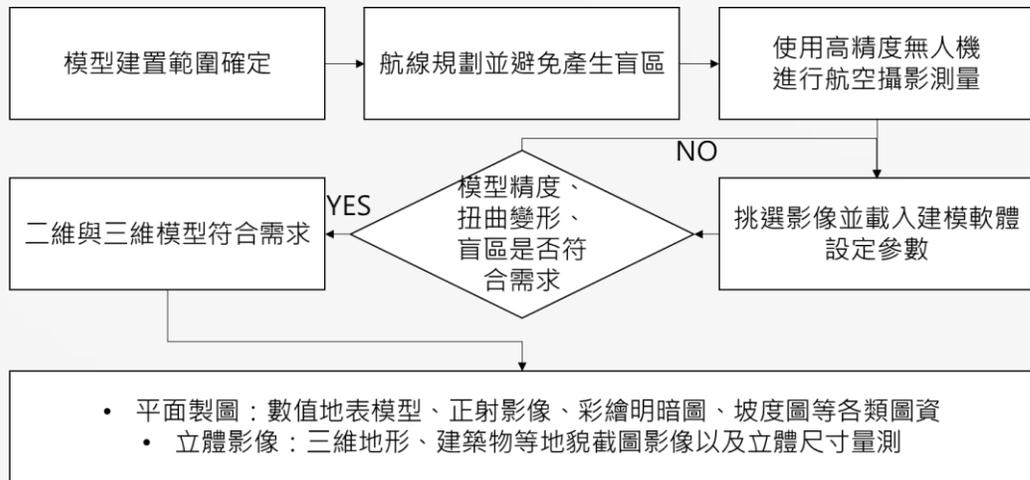
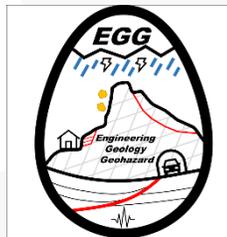
05

智慧型基礎建設動態風險評估AIoT模式之建構

06

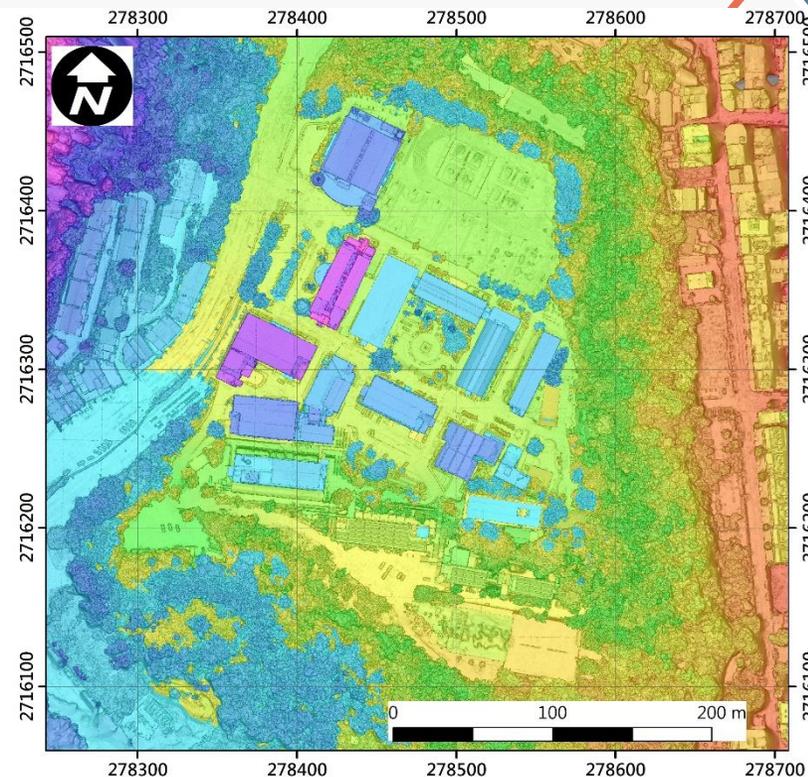
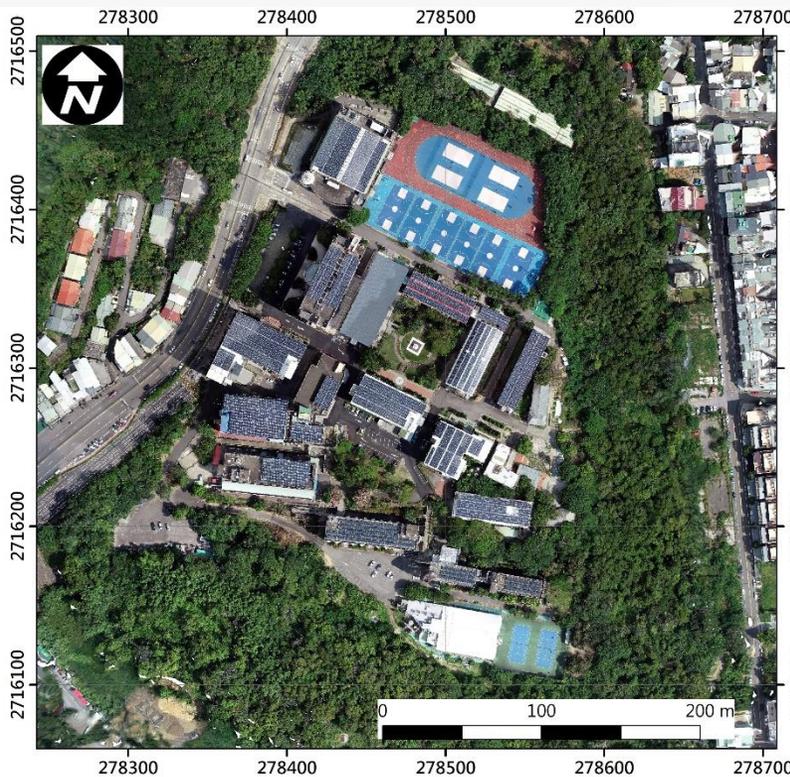
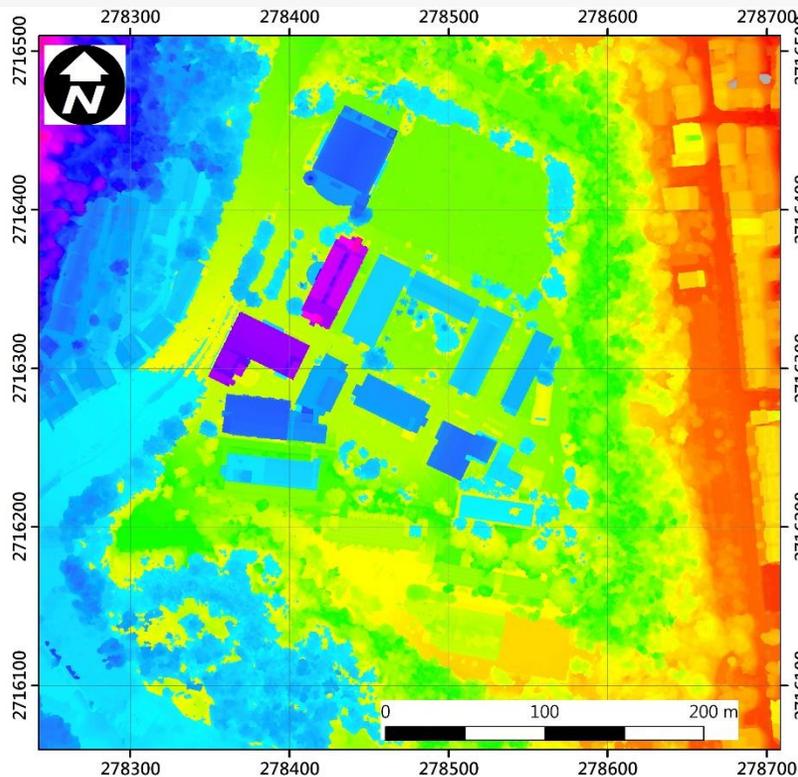
建築結構健康智慧診斷技術開發研究

- 聯合大學雙校區與聯大路-大面積數值地表模型
- 校內日間部與進修部81人，無人機操作訓練課程
- [陽交大、聯大、中正、臺大]跨校無人機訓練課程
- 苗栗縣內山區道路坡地災害空拍調查



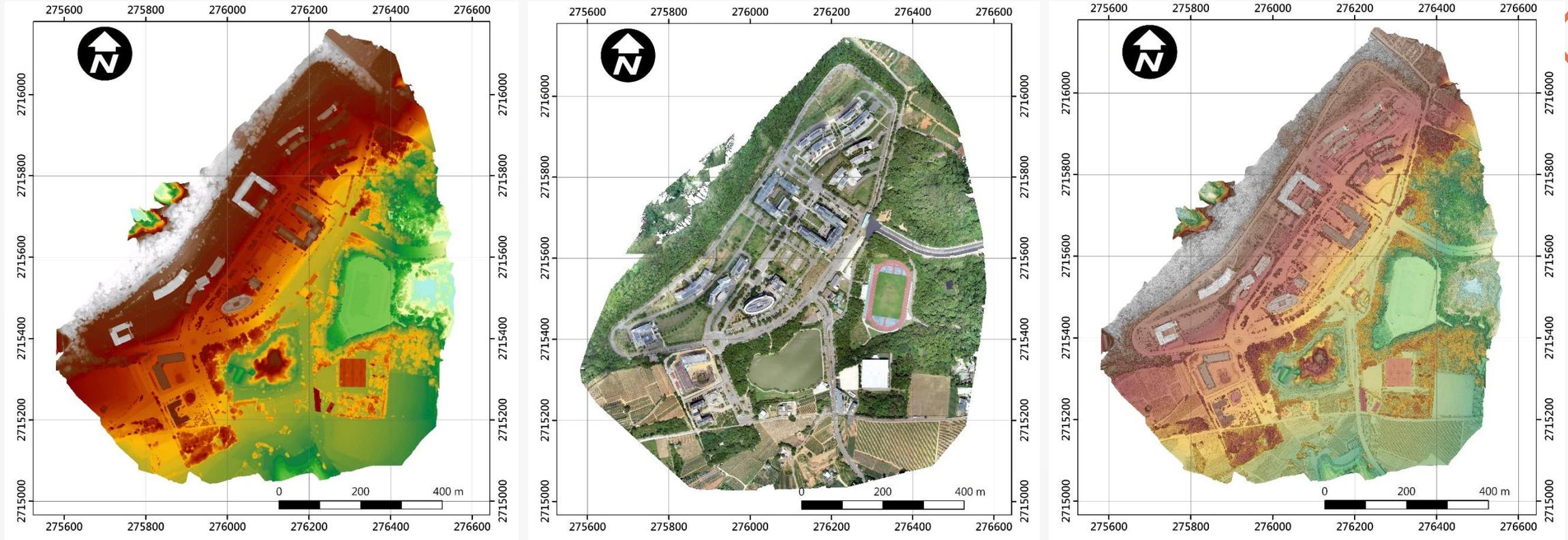
美國品牌Autel EVO 2 RTK高精度攝影測量無人機建置

- 二坪山與八甲校區高解析度數值地表模型
- 圖資繪製：彩色數值地表模型、正射影像、彩繪明暗圖等

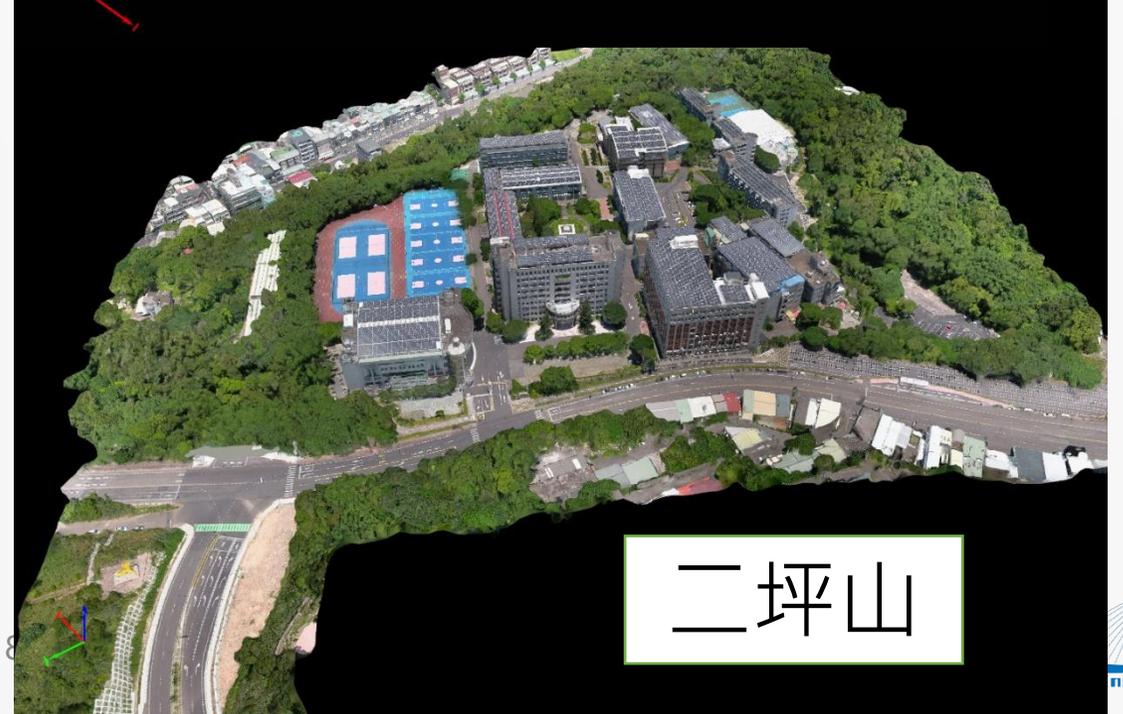


# 二坪山校區

- 二坪山與八甲校區高解析度數值地表模型
- 圖資繪製：彩色數值地表模型、正射影像、彩繪明暗圖等



## 八甲校區







項次	日期	講師	時間	課程內容	地點
1	8/3	黃韋凱 柳鈞元	10:00~11:00 (60min)	CAA 遙控無人機管理規則與術科考試內容說明	室內
2			11:00~11:10 (10min)	休息	
3			11:10~11:30 (20min)	CAA 無人機證照學科考試技巧說明	
4			11:30~12:00 (30min)	QA	
5			13:30~14:10 (40min)	航線規劃 APP(DroneDeploy、Pix4Dcapture、GS pro)說明、 航標設置與陽明交大操場、頭前溪案例規劃實作	
6			14:10~14:20 (10min)	休息	
7			14:20~15:00 (40min)	UAV 航拍技巧應用於三維地形建模	
8			15:00~15:10 (10min)	休息	
9			15:10~16:10 (60min)	光達與 UAV 可見光加值應用測繪技術應用於山崩調查	
10			8/4	黃韋凱 柳鈞元	
11	13:30~15:20 (110min)	攝影測量軟體說明(Pixel4D)與操作-陽明交大操場為例			室內
12	15:20~15:30 (10min)	休息			
13		黃韋凱	15:30~16:30 (60min)	Application of UAV image-based point cloud for landslide mechanism assessment	室內
14	8/5	黃韋凱 柳鈞元	09:00~12:00 (180min)	頭前溪(豆腐岩)野外操作	室外
15			13:30~15:30 (120min)	分組成果分享及討論	室內

### 航線規劃軟體- Pix4Dcapture

- ◆ 適用DJI Phantom 4系列、mavic系列
- ◆ 主要針對於正射影像建置
- ◆ 提供五種航線規劃模式
  - 多邊形航線、矩形、三維模型矩形、環繞、自訂飛行



### CAA遙控無人機管理規則與術科考試內容說明

報告人：財團法人中興工程顧問社 黃韋凱 正研究員

報告時間：2022/8/3



南莊鄉苗21線3.7k處  
數位地表模型



頭屋鄉明德水庫集水區  
苗126縣道 26.1-26.2k處  
數位地表模型



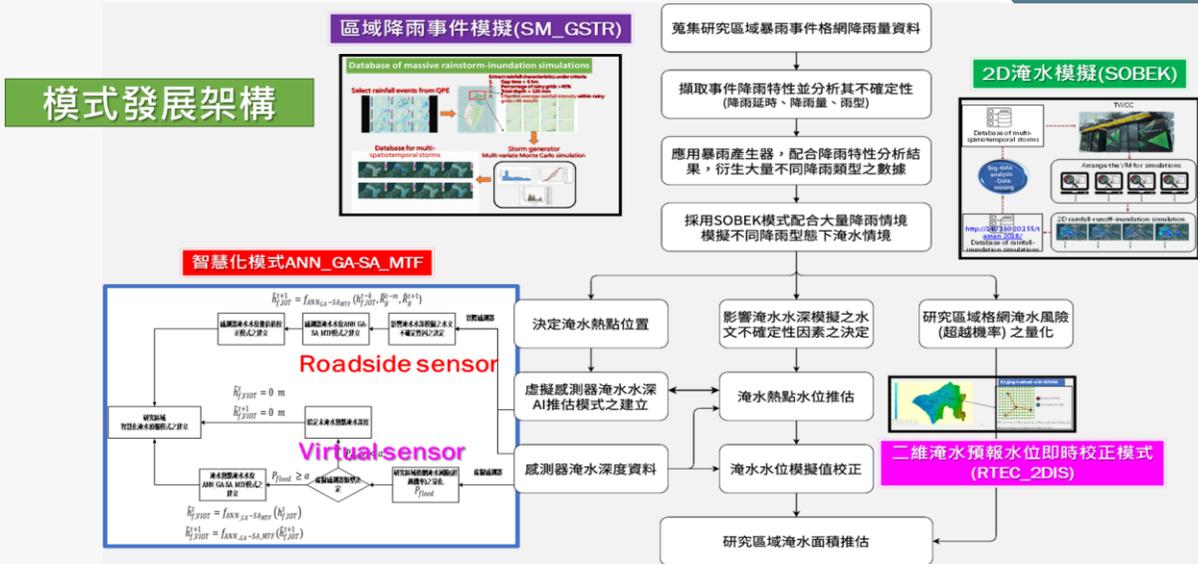
大湖鄉苗62線2.1k處  
數位地表模型

■ 現有水利署淹水感測器可能在成本與效益的考量下，仍無法有效詳細記錄完整淹水在時間與空間歷程的變化

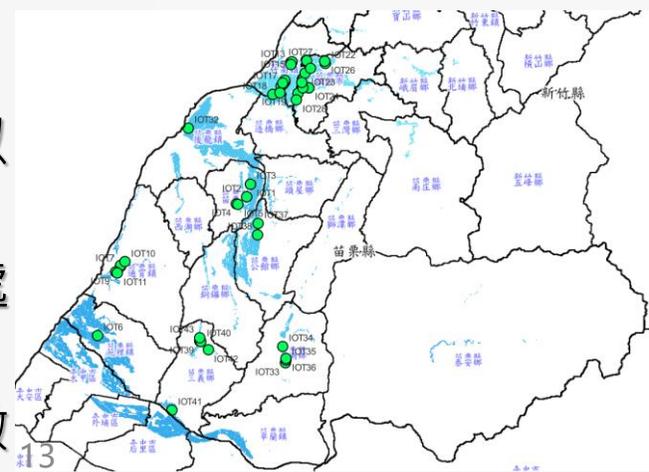
- 若該地點附近未設淹水感測器，可能因無淹水深度觀測值，而無法掌握淹水現況及進行預報校正

■ 本計畫擬發展**虛擬路面淹水感測器淹水深度推估模式**用於未設測站處之淹水深度推估 (Smart Model for Estimating the Inundation Depth at the Virtual IoT sensors, SM\_EID\_VIOT)

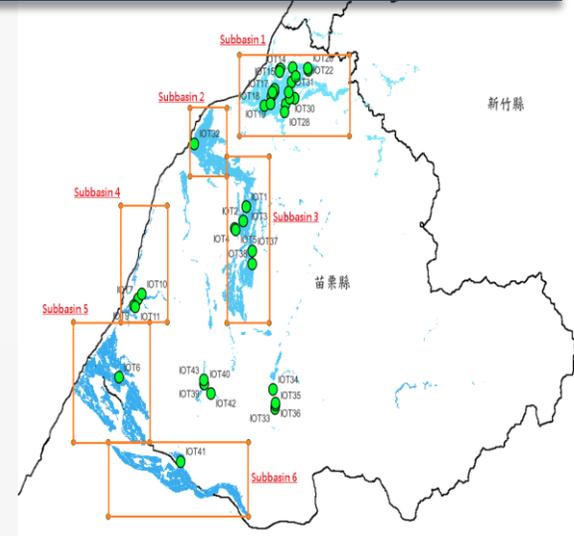
- 本計畫今年以苗栗縣為研究區域
  - 目前苗栗縣內共**43**支路面淹水感測器，其中以**竹南鎮**與**頭份市**擁有最多感測器
  - 本研究將苗栗縣分為**六個集水區**並選定**87134**處未設感測器地點設為**虛擬感測器地點**
  - 並完成**87134**組智慧化ANN\_GA-SA\_MTF參數之率定



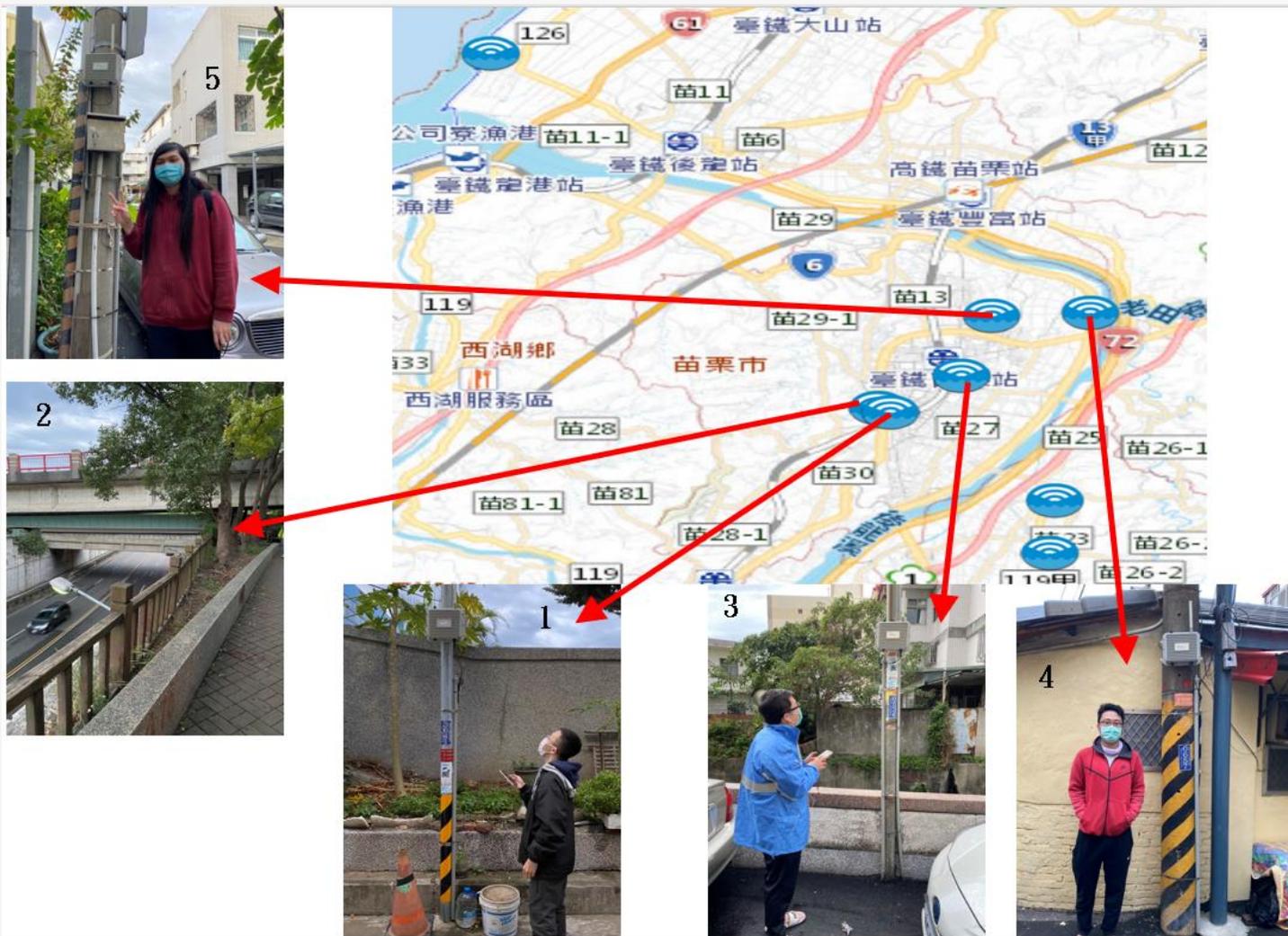
苗栗縣IOT淹水感測器位置圖



虛擬路面淹水感測器位置圖



# 苗栗市路面淹水感測器(IoT)

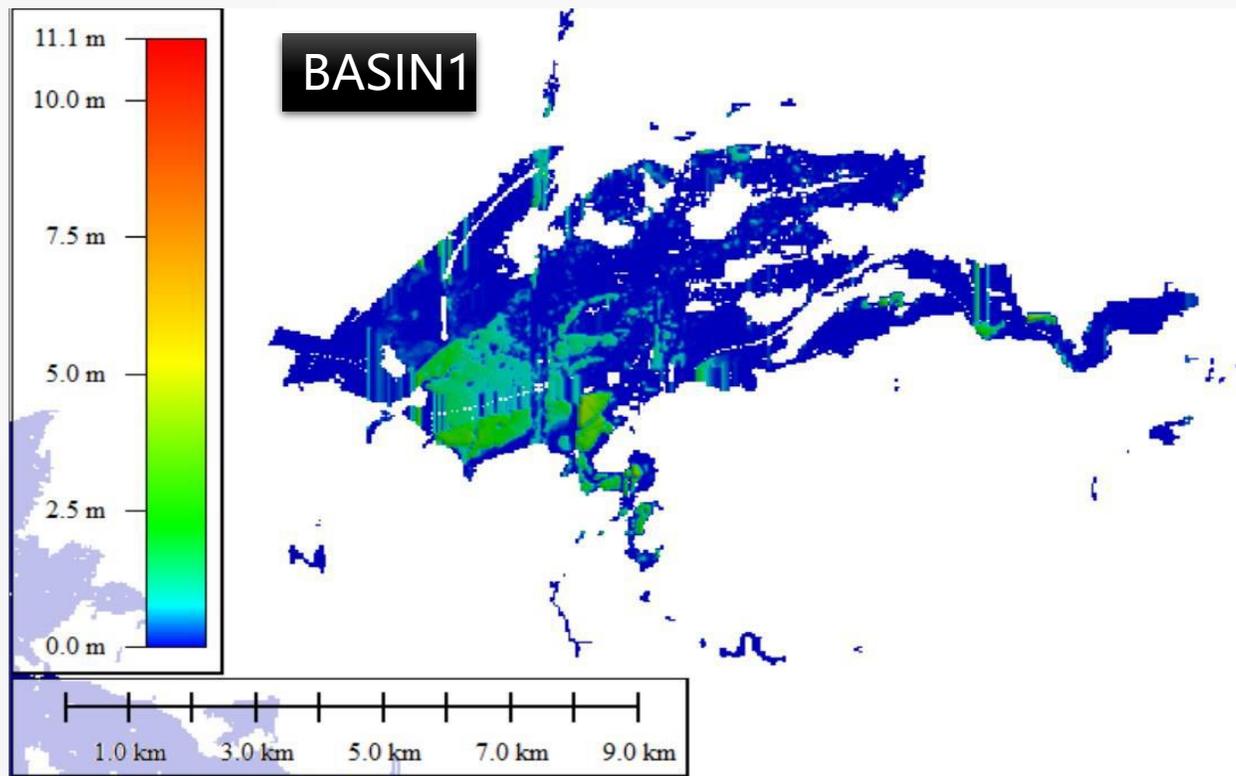
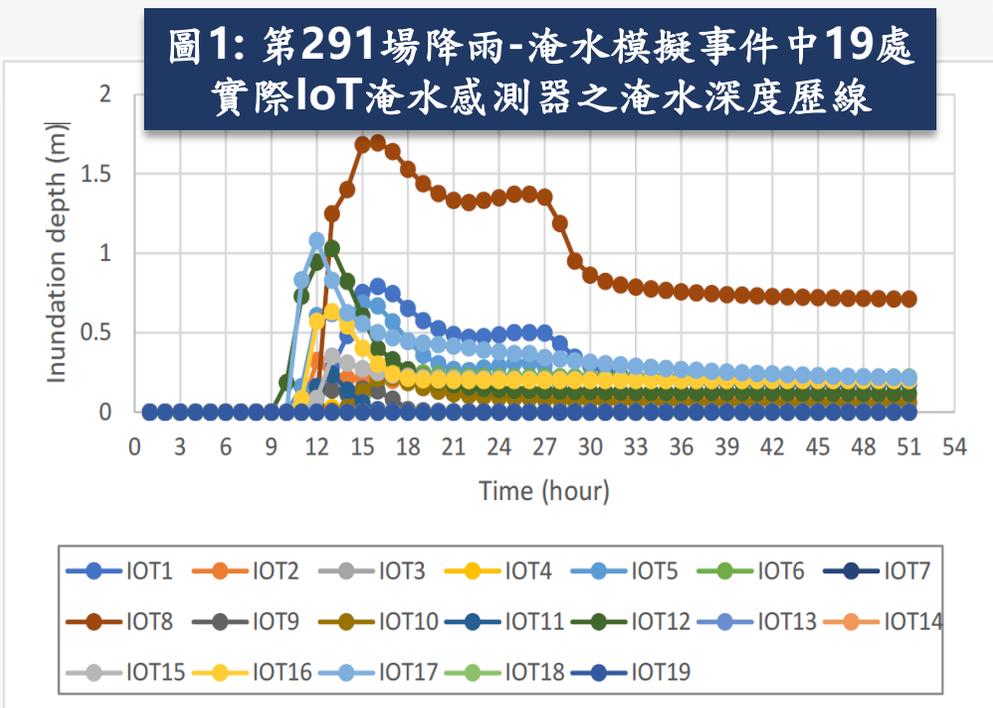


項次	位置	座標
1	苗栗縣苗栗市大同里 大同路二十巷9號	(120.8151457, 24.5546131)
2	苗栗縣苗栗市大同里公園 路40號(社區關懷據點)	(120.8136986, 24.5555786)
3	苗栗縣苗栗市玉華里勵志 街33巷1號	(120.8250235, 24.5623688)
4	苗栗縣苗栗市嘉盛里橋頭 北路13之1	(120.8422299, 24.5759317)
5	苗栗縣苗栗市嘉新里福樂 街17號	(120.82907, 24 575224)

(第一年研究成果已發表兩篇SCI期刊及一篇研討會論文)

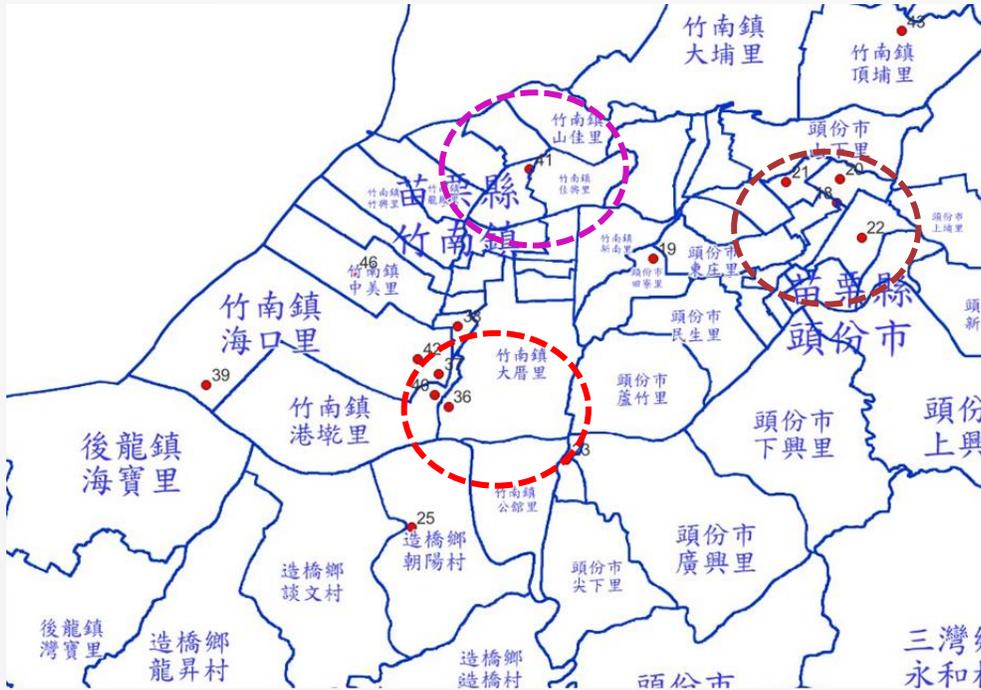


- 為驗證SM\_EID\_VIOT模式在實際降雨中及時推估淹水範圍面積之成效，採用了第291場降雨模擬事件(共51小時)做為模式測試案例
- 圖1為實際IoT淹水感測器之淹水深度歷線
- 圖2為研究區域BASIN1(頭份及竹南)淹水淹水事件最大淹水範圍圖

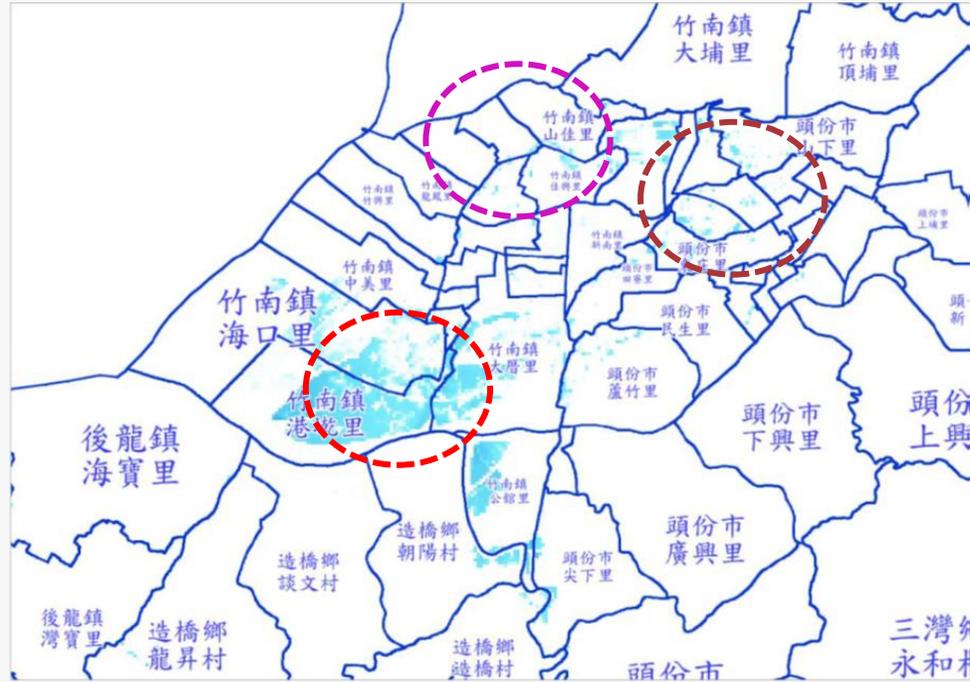


**圖2: BASIN1於第291場降雨-淹水模擬事件最大淹水範圍圖**

歷史淹水範圍之比較



歷史洪災點位圖



SM\_EID\_VIOT模式模擬淹水區域圖

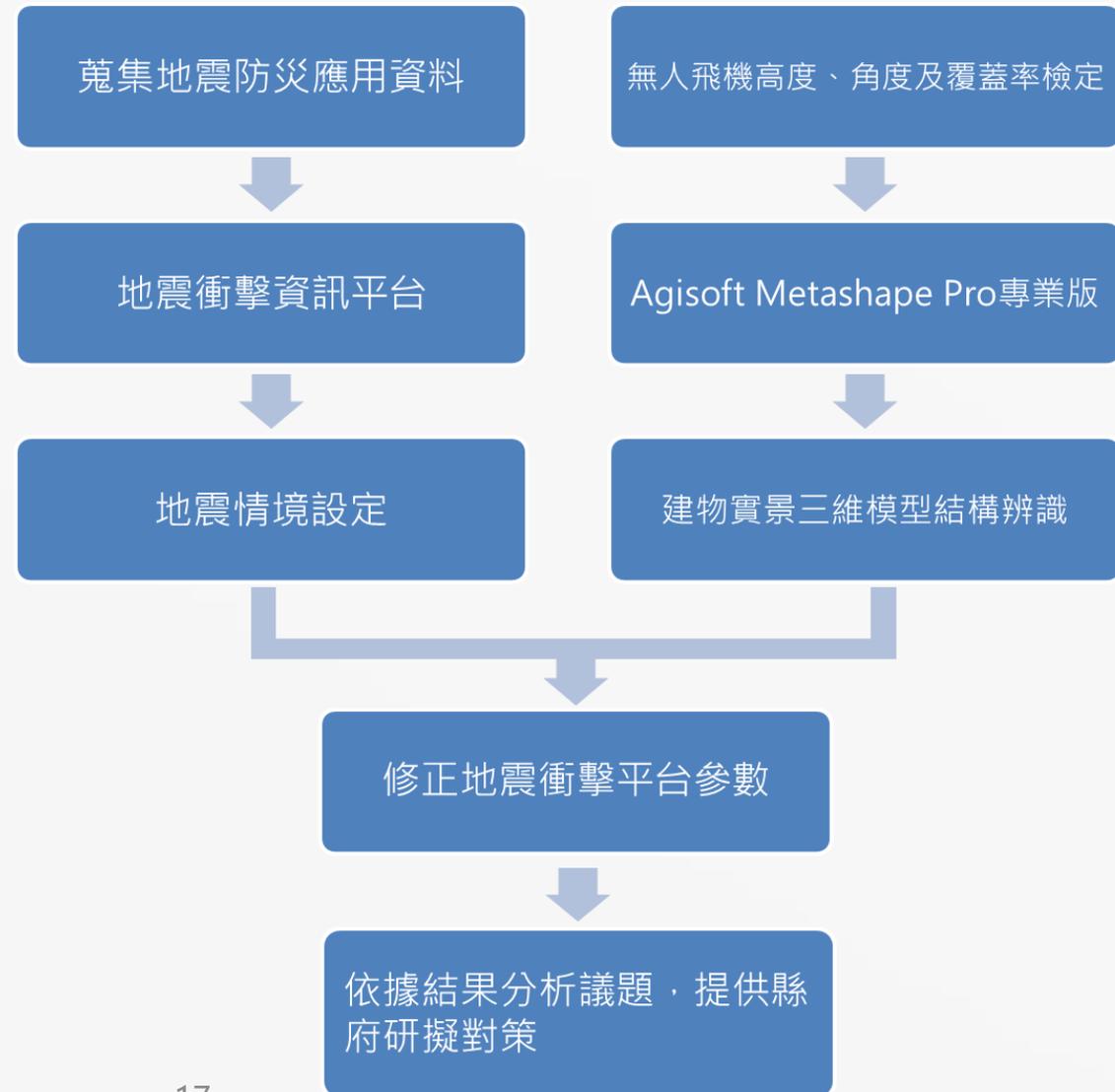
1. 頭份市及竹南鎮歷史洪災大部份位於由SM\_EID\_VIOT模式所模擬之最大淹水範圍
2. 顯示SM\_EID\_VIOT模式確實能有效反映頭份市及竹南鎮現實淹水情形
3. 證明本計畫所發展的苗栗縣智慧化淹水深度推估模式確實有能力提供具有可靠度淹水預報資訊

(第二年研究成果已發表兩篇SCI期刊)

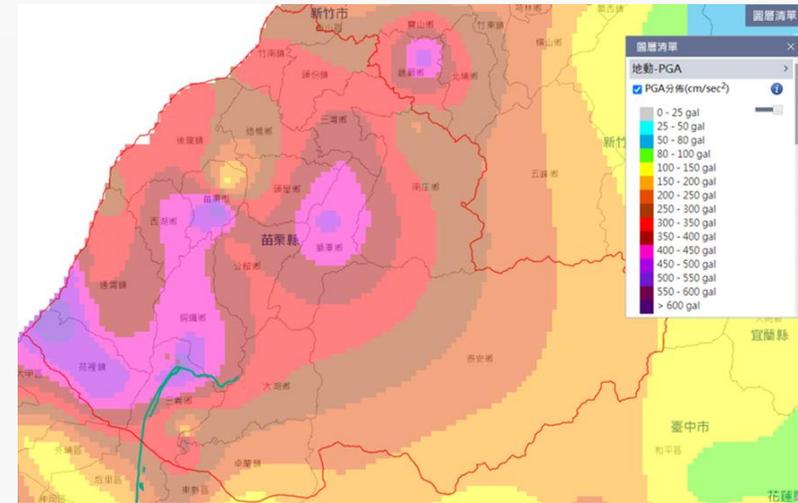
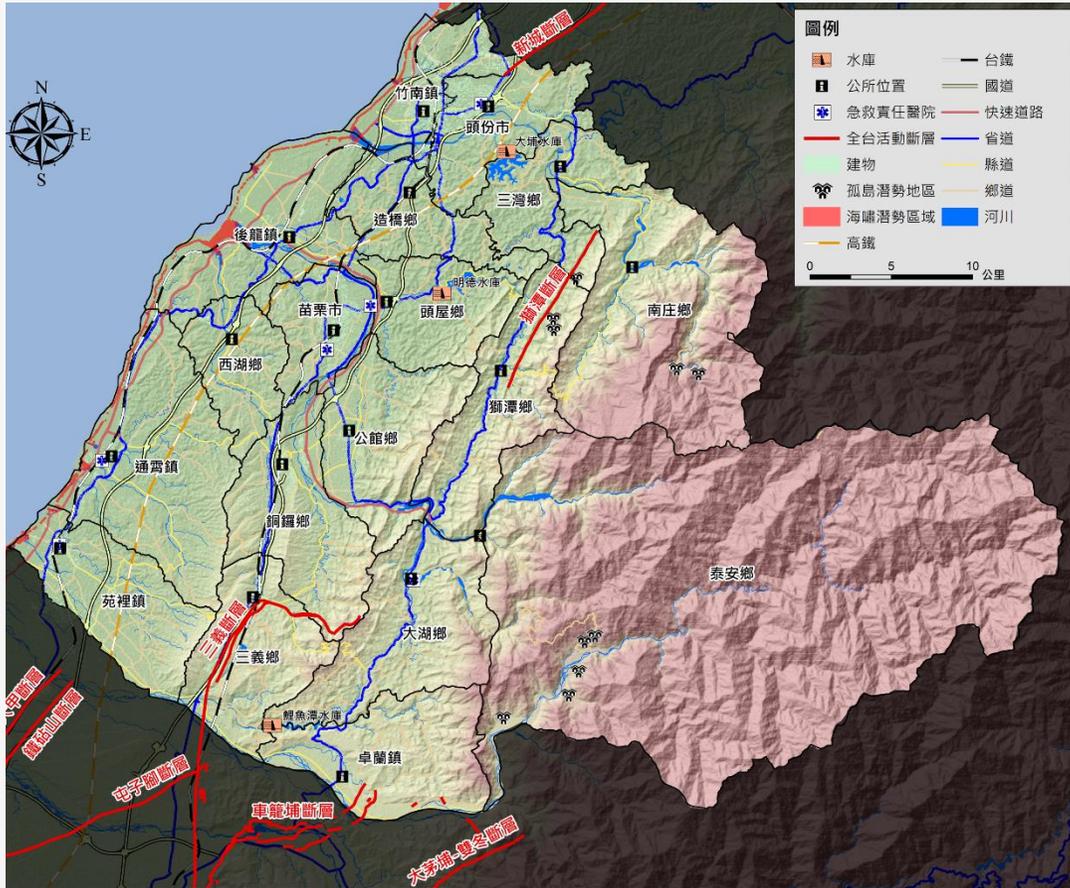
### 研究目的與方法

藉由「國家災害防救科技中心」所發展的地震衝擊資訊平台，整合衝擊分析技術分析地動、建物損壞、人員傷亡等災害資料，並結合苗栗縣地震防災應用資料（地質資料、動態人口、基礎建設資料等）建立開放式評估環境。

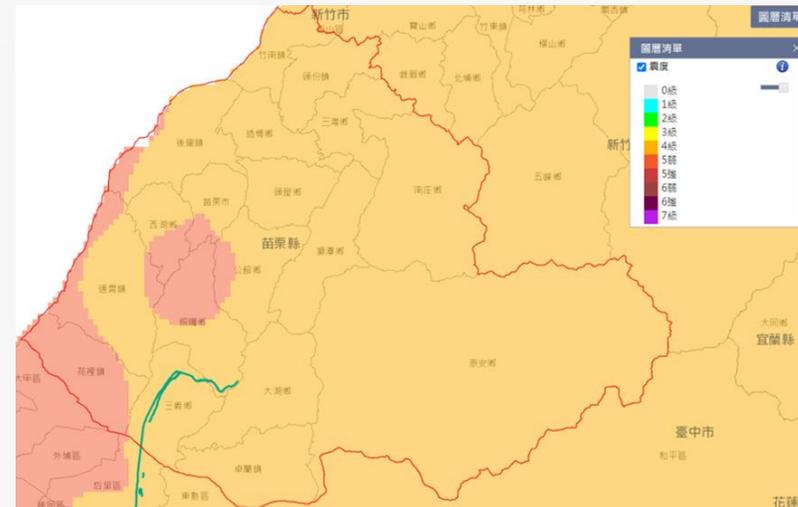
目的為發展由使用者透過介面設定錯動地點、地震規模、震源深度等條件藉由系統模擬得出量化數值及空間化分布情形，有效地協助研究人員進行震後交叉分析，例如建物毀損與人員傷亡情形。**本年度藉由地震衝擊資訊平台分析苗栗縣遭受三義斷層錯動所產生之地震災損。**包含地質資料、基礎設施資料、救援人力物資、重要設施資料、社經資料等，評估土壤液化、坡地災害、人員傷亡、建物損毀、交通設施毀損、電力系統、供氣、供水系統等災損項目。



# 三義斷層地震災害情境模擬： 規模7.0、深度10公里



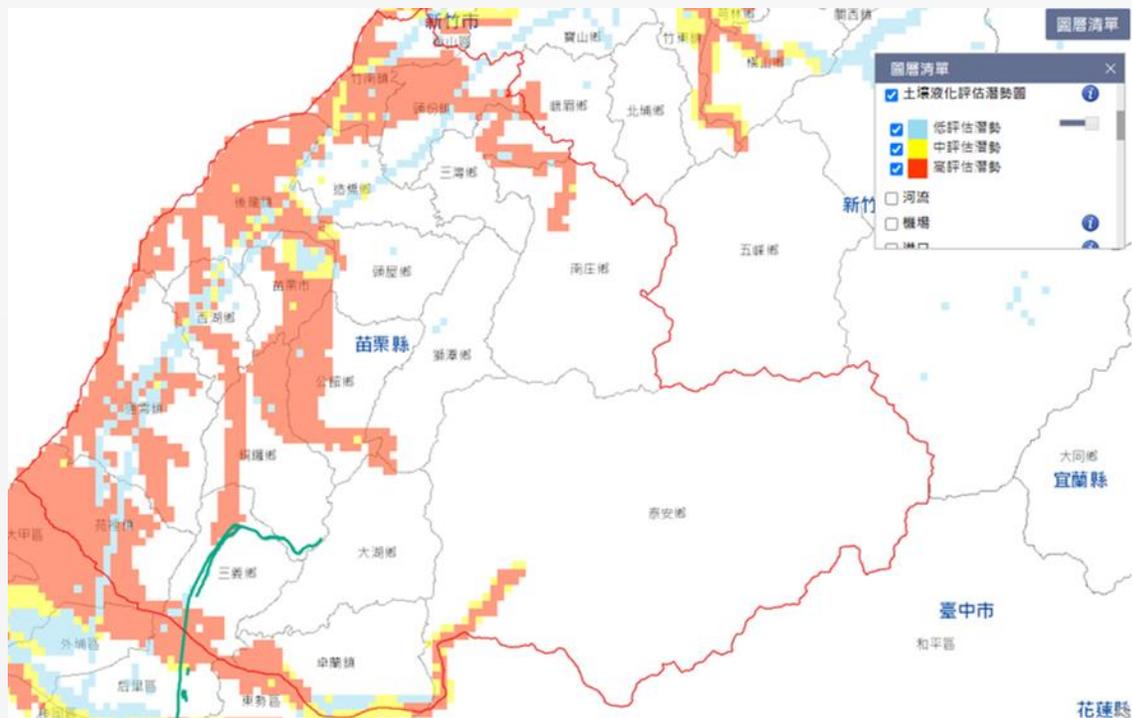
PGA 分布



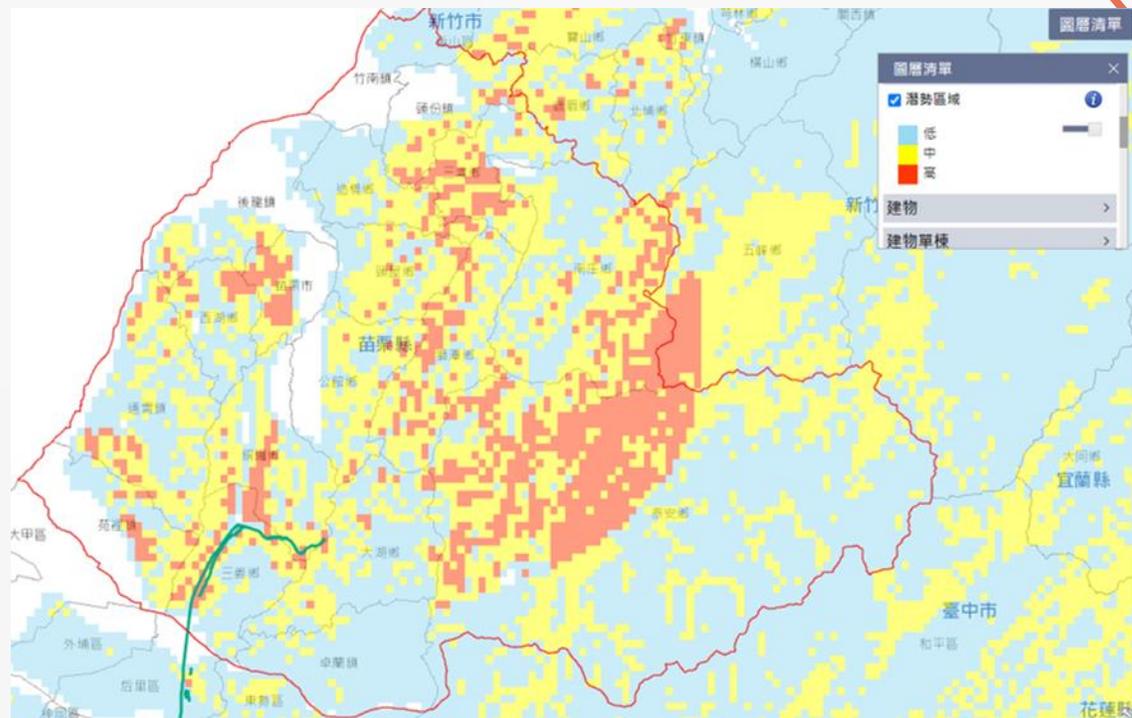
震度 分布

### 三義斷層地震災害情境模擬

土壤液化



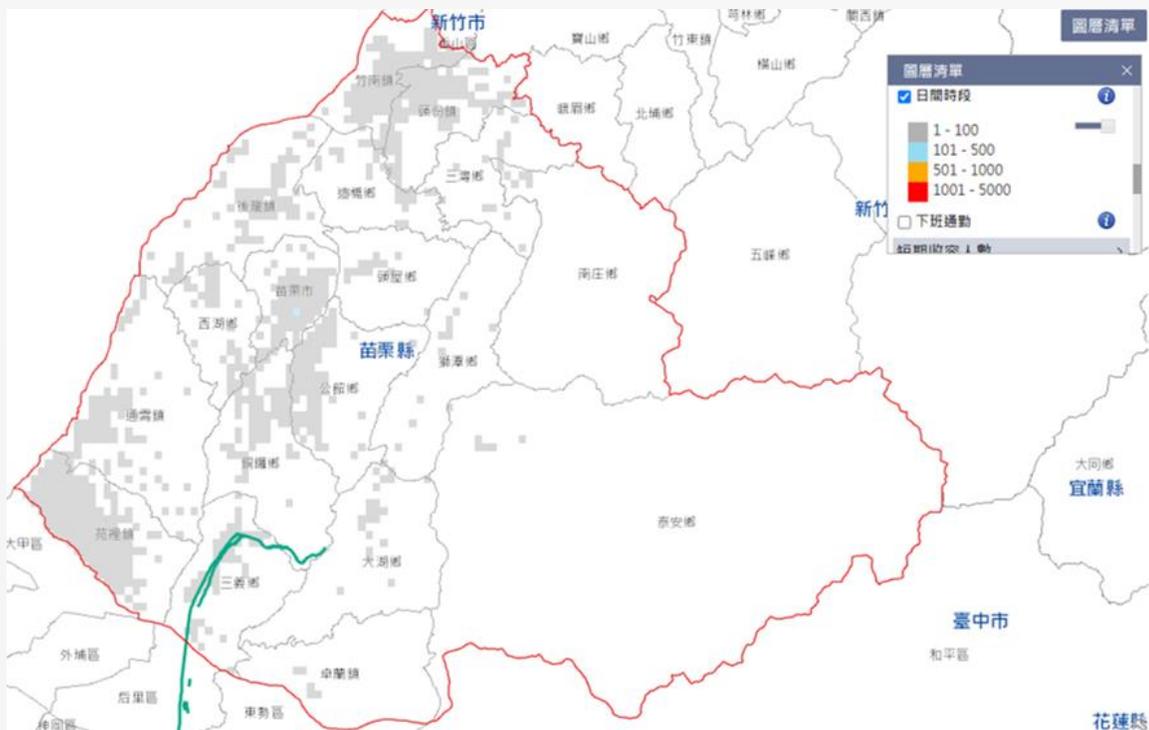
坡地崩塌潛勢



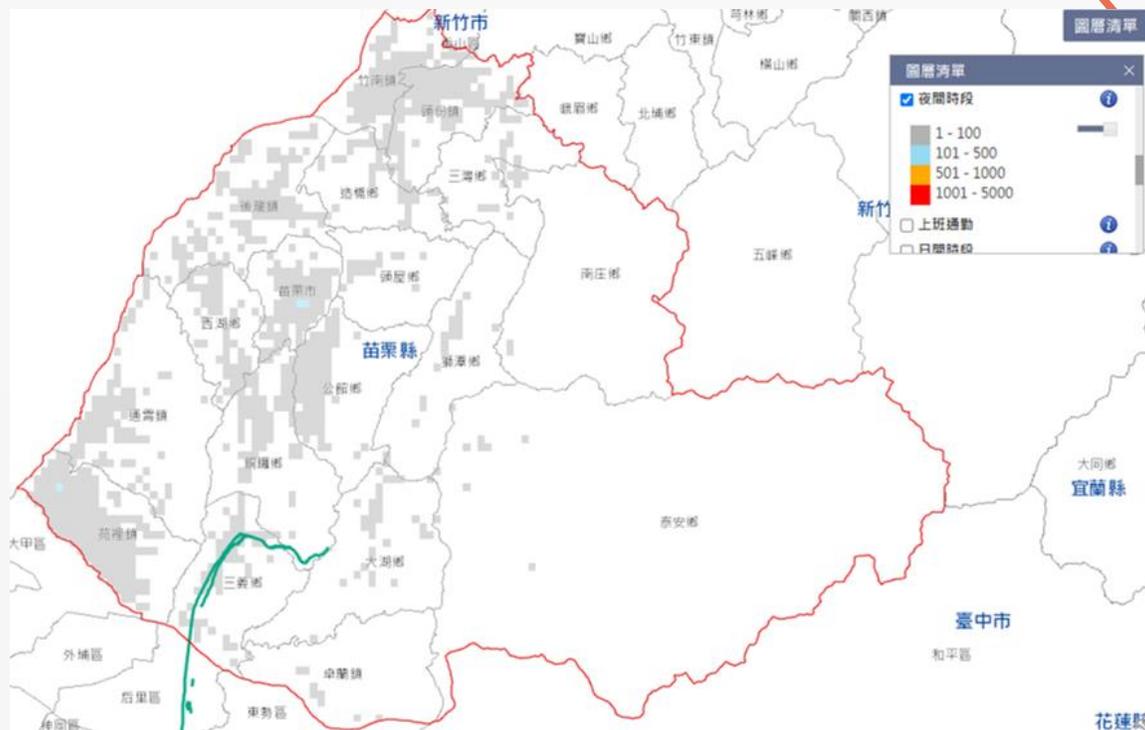


## 三義斷層地震災害情境模擬

### 日間避難人數分布



### 夜間避難人數分布

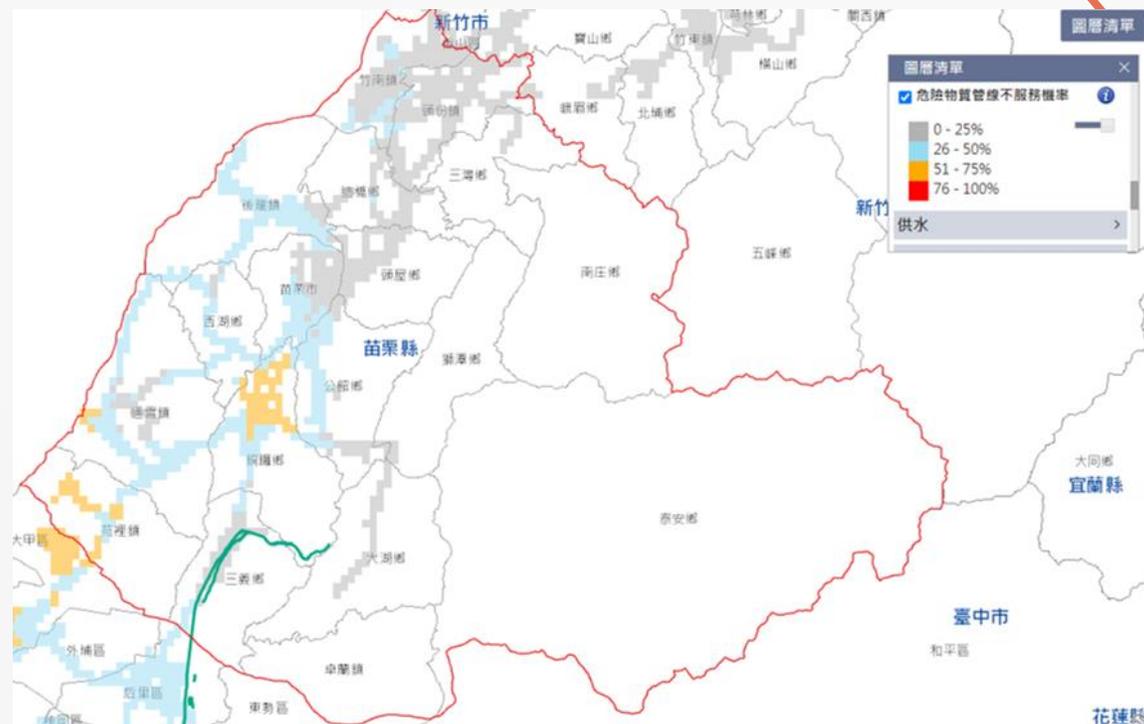


# 三義斷層地震災害情境模擬

## 橋梁損害機率

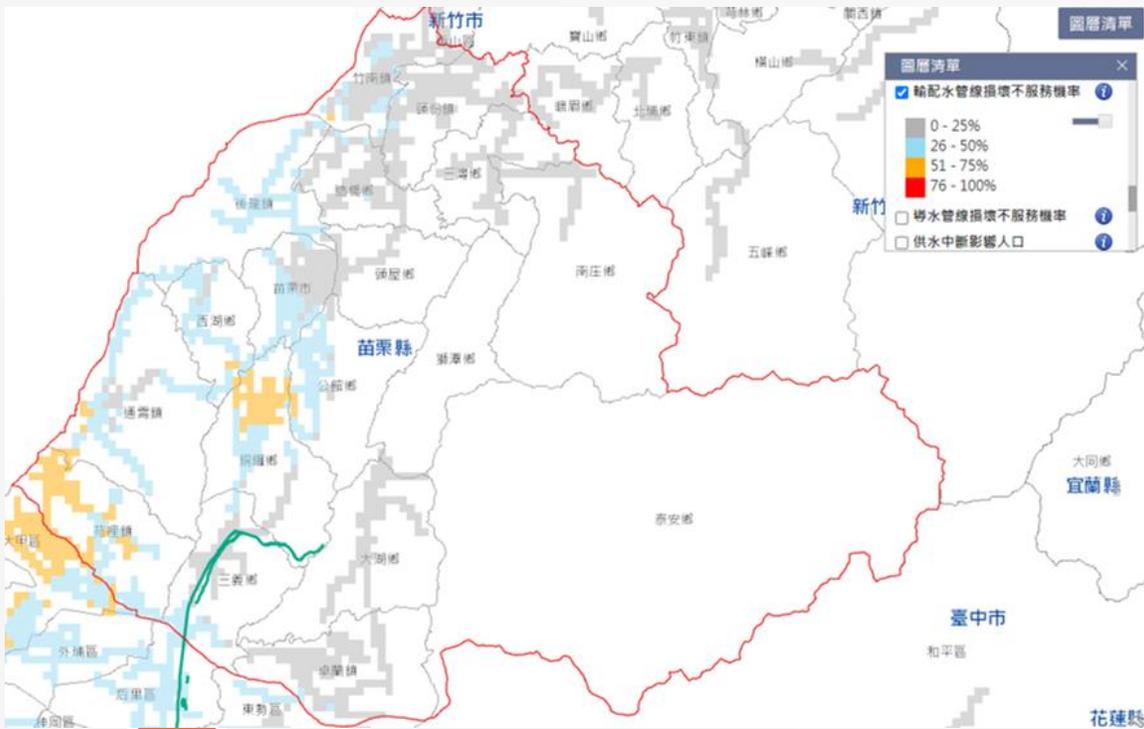


## 天然氣中斷機率



# 三義斷層地震災害情境模擬

## 自來水管線損壞機率



## 變電所損壞



### 研究小結

本年度已完成三義斷層之震災情境分析。接下來將分析新城斷層之賑災情境，並與獅潭、三義斷層之震損進行交叉分析，藉以掌握本縣地震衝擊下較脆弱之區域與設施項目。後續將規劃利用無人機進行本縣地震勘災之機制與結構物辨識之技術開發，協助本縣地震災害風險辨識與分析。**(第二年指導兩組學生專題)**

### 建築物結構與基礎設施之地震災害

斷層	三義斷層
地震規模	7.0
地震深度	10.0公里
建物(完全損壞數量)	246棟
死亡人數(日間時段)	27人
橋梁通行失敗機率(>75%)數量	27座
淨水廠(完全損壞數量)	0座
加壓站(完全損壞數量)	0座
配水池(完全損壞數量)	0座
發電廠(完全損壞數量)	0座
變電所(完全損壞數量)	0座

## 研究小結

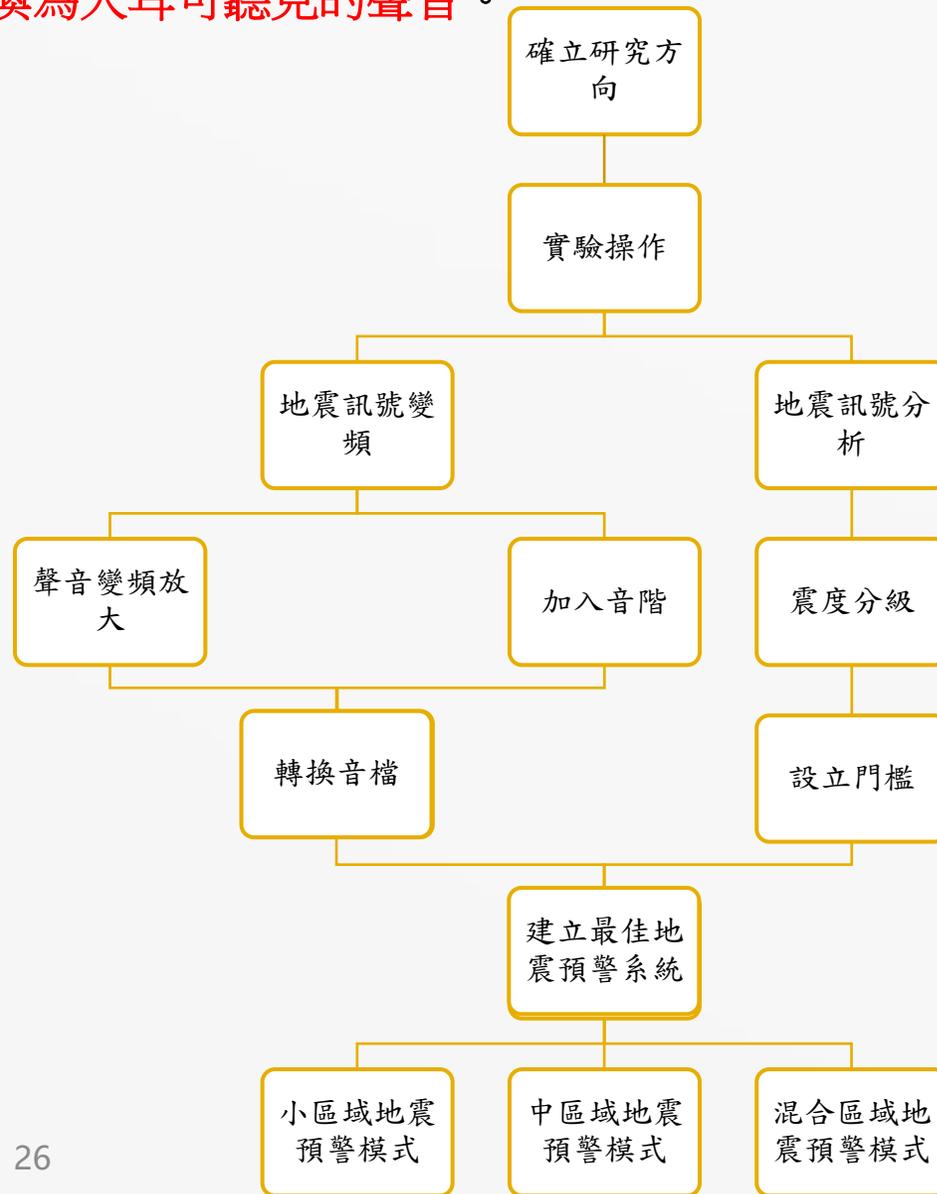
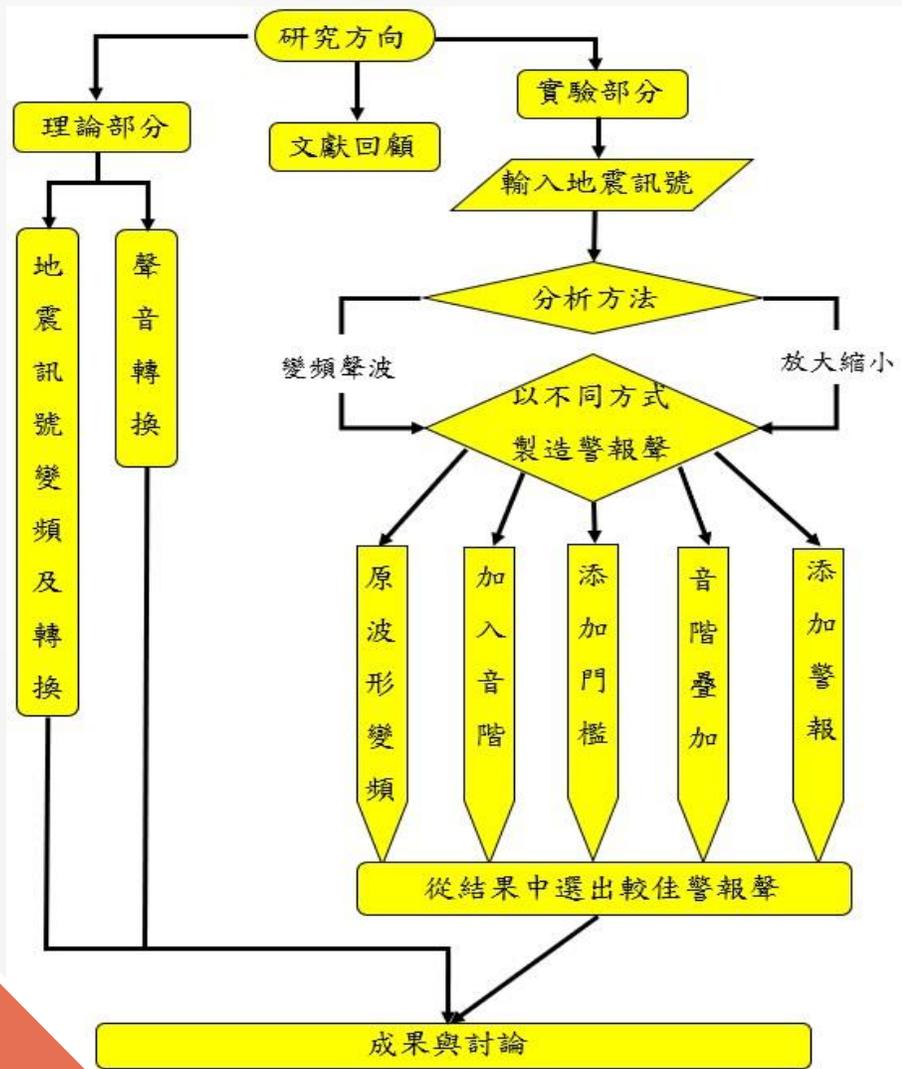
第一年以分析獅潭斷層為主。將逐步藉由與新城、三義斷層的地震威脅情境進行交叉分析，獲得本縣地震災害較脆弱之區域與設施項目。未來將利用無人機建構環境三維模型結構，應用於建築物結構與基礎設施之地震災害風險辨識與分析。

(第一年研究成果已發表一篇國際研討會論文)

## 建築物結構與基礎設施之地震災害

斷層	獅潭斷層
地震規模	7.0
地震深度	10.0公里
建物(完全損壞數量)	727棟
死亡人數(日間時段)	84人
橋梁通行失敗機率(>75%)數量	36座
淨水廠(完全損壞數量)	4座
加壓站(完全損壞數量)	13座
配水池(完全損壞數量)	0座
發電廠(完全損壞數量)	0座
變電所(完全損壞數量)	0座

- 藉由自行發展程式將地震速度及加速度訊號變頻轉換為人耳可聽見的聲音。
- 研究可作為區域型地震預警及警報的最佳聲音



聲音變頻轉換參數設定分析

分貝運用於震動與力量的標示 (ISO R1683)

	定義	參考值
加速度值	$L_a = 20\log\left(\frac{a}{a_0}\right) dB$	$a_0 = 10^{-6}g$
速度值	$L_v = 20\log\left(\frac{v}{v_0}\right) dB$	$v_0 = 10^{-3} \frac{mm}{s}$
位移值	$L_d = 20\log\left(\frac{d}{d_0}\right) dB$	$d_0 = 10^{-12}m$
力量值	$L_f = 20\log\left(\frac{f}{f_0}\right) dB$	$f_0 = 10^{-6}N$

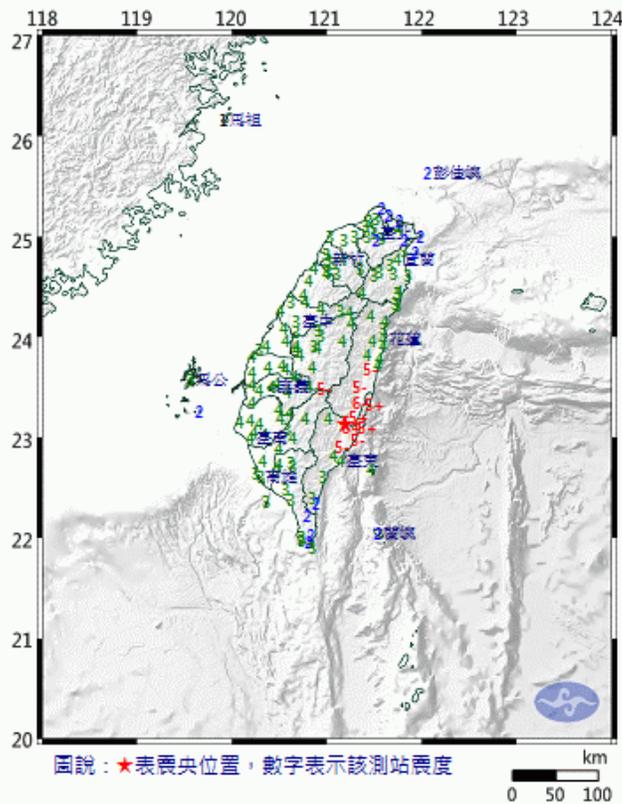
$$L_a = A \log\left(\frac{C_a a}{a_0}\right) + B$$

$$L_v = A \log\left(\frac{C_v v}{v_0}\right) + B$$

(dB)

中央氣象局地震報告(規模6.8級、苗栗震度4級)

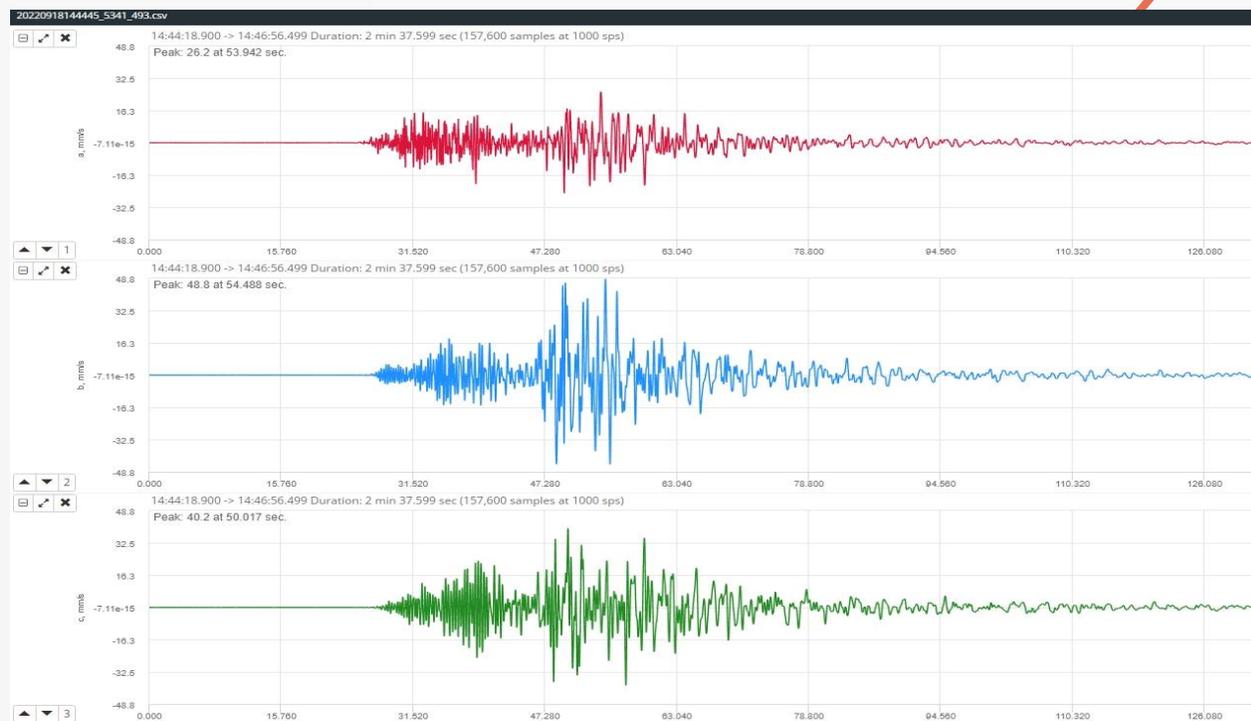
地震速度圖(X軸:時間,Y軸:速度cm/s<sup>2</sup>) · 採樣率 1000Hz



### 中央氣象局地震報告

編號：第111111號  
 日期：111年9月18日  
 時間：14時44分15.2秒  
 位置：北緯23.14度，東經121.2度  
 即在臺東縣政府北方42.6公里  
 位於臺東縣池上鄉  
 地震深度：7.8公里  
 芮氏規模：6.8  
 各地最大震度（採用109年新制10級震度分級）

臺東縣池上	6級	彰化縣彰化市	4級	新北市	3級
花蓮縣玉里	6級	臺中市梨山	4級	臺北市木柵	3級
南投縣玉山	5級	苗栗縣鯉魚潭	4級	高雄市	3級
臺東縣臺東市	4級	宜蘭縣南山	4級	臺北市	3級
高雄市桃源	4級	嘉義縣太保市	4級	基隆市	2級
嘉義縣阿里山	4級	苗栗縣苗栗市	4級	連江縣南竿	1級
臺南市楠西	4級	新竹縣關西	4級		
屏東縣九如	4級	宜蘭縣宜蘭市	4級		
嘉義市	4級	新北市五分山	4級		
屏東縣屏東市	4級	臺中市	3級		
雲林縣斗六市	4級	桃園市三光	3級		
南投縣南投市	4級	澎湖縣馬公市	3級		
花蓮縣花蓮市	4級	新竹市	3級		
臺南市	4級	新竹縣竹北市	3級		
彰化縣員林	4級	桃園市	3級		



111/09/18 14時44分15秒 地震報告

111/09/18 14時44分15秒 地震波形圖



加速度警報效果參數設定

音高

音量

震度	Gal ( $\frac{cm}{s^2}$ )	變頻(Hz)	震幅放大倍數
1	0.8~2.5	300	3
2	2.5~8	600	4
3	8~25	900	5
4	25~80	1200	6
5弱	80~140	1500	7
5強	140~250	1800	8
6弱	250~440	2100	9
6強	440~800	2400	10
7	800以上	2700	11



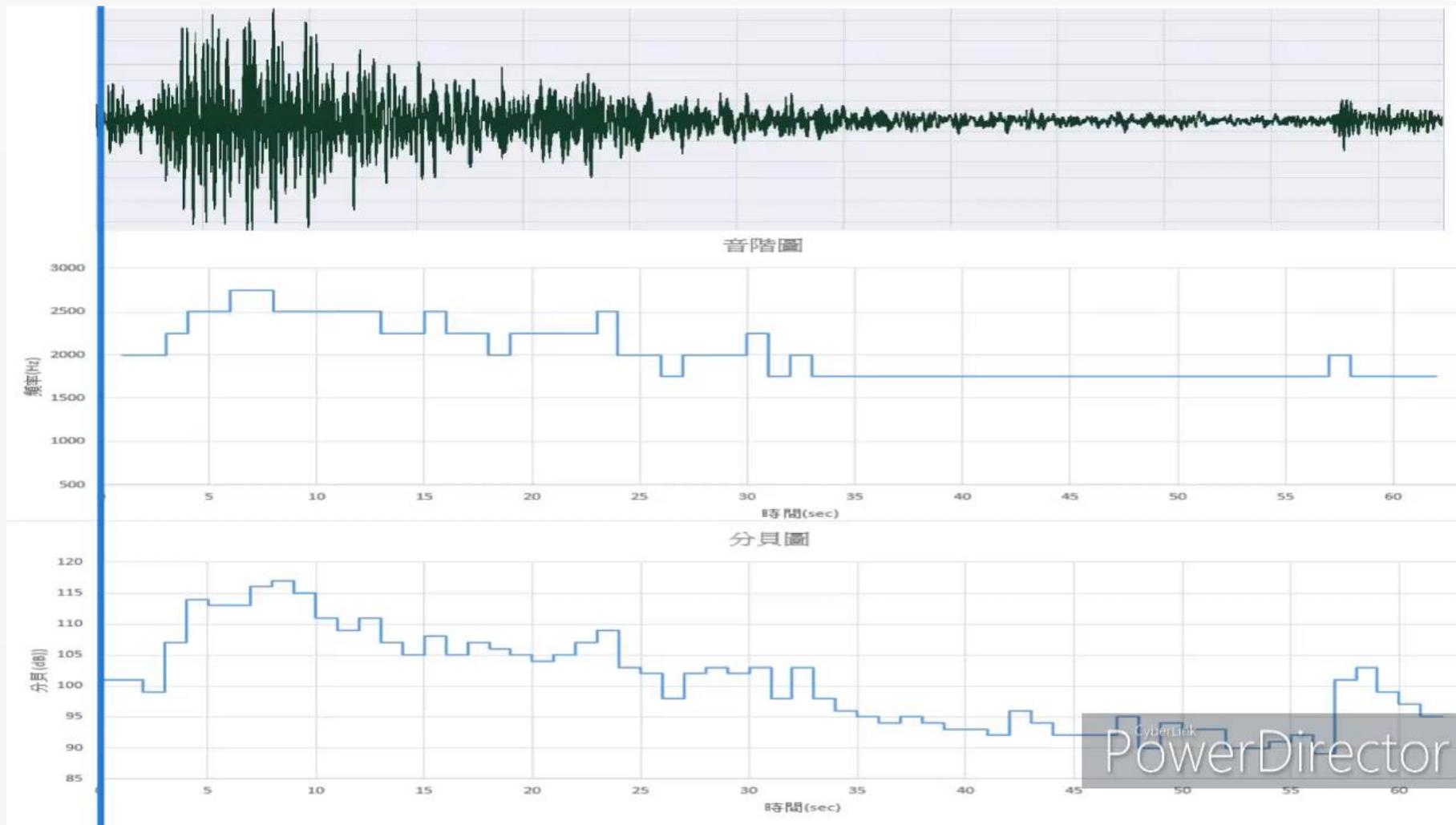
## 加速度警報效果研究

### 變頻模式一

根據地震分級設定不同音頻

音高

音量





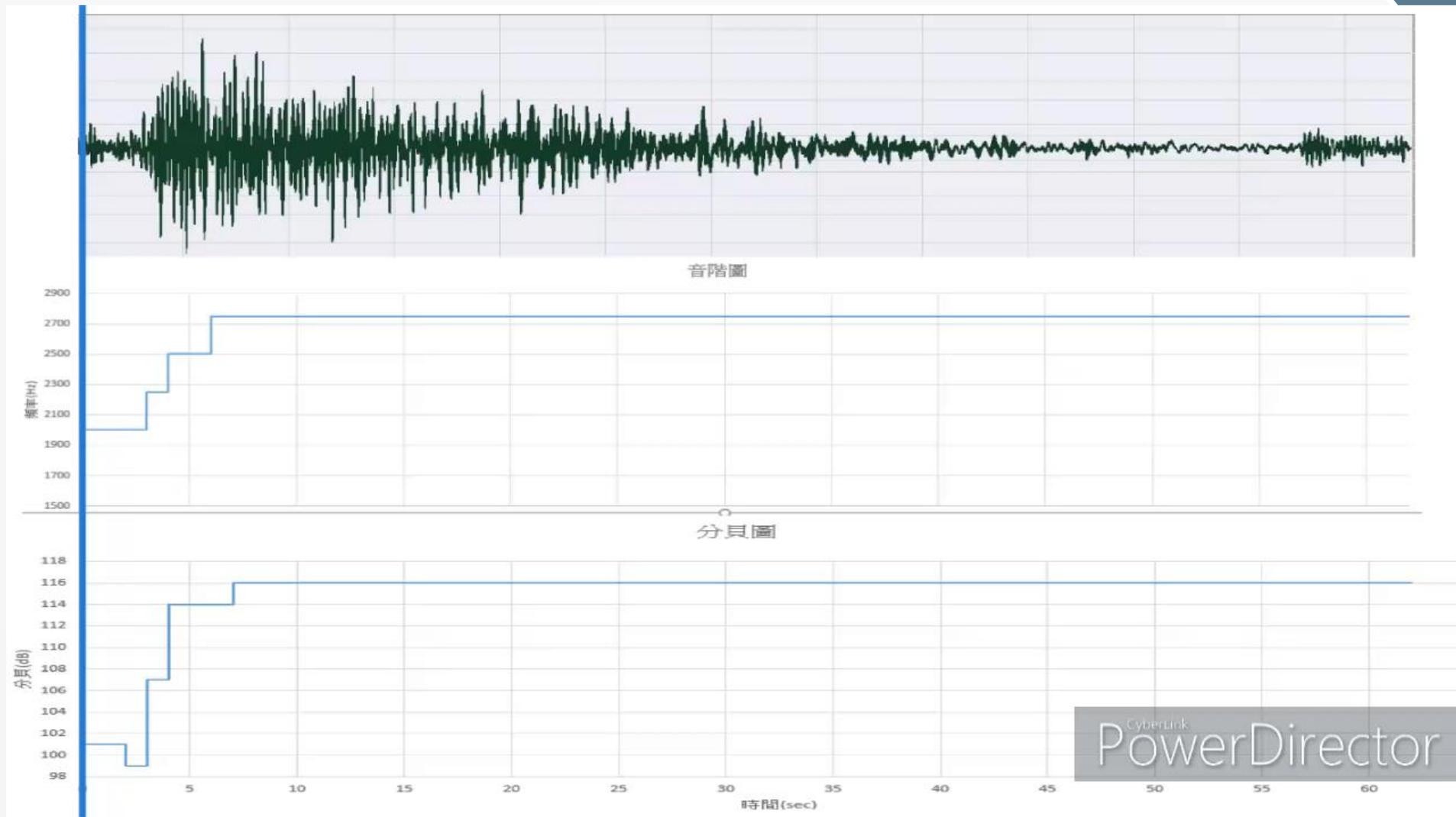
研究內容-加速度警報效果研究

變頻模式四

延續模式三，並於地震加速度達到一定震度時，觸發警報音效

音高

音量





## 多台儀器模擬小區域之應用

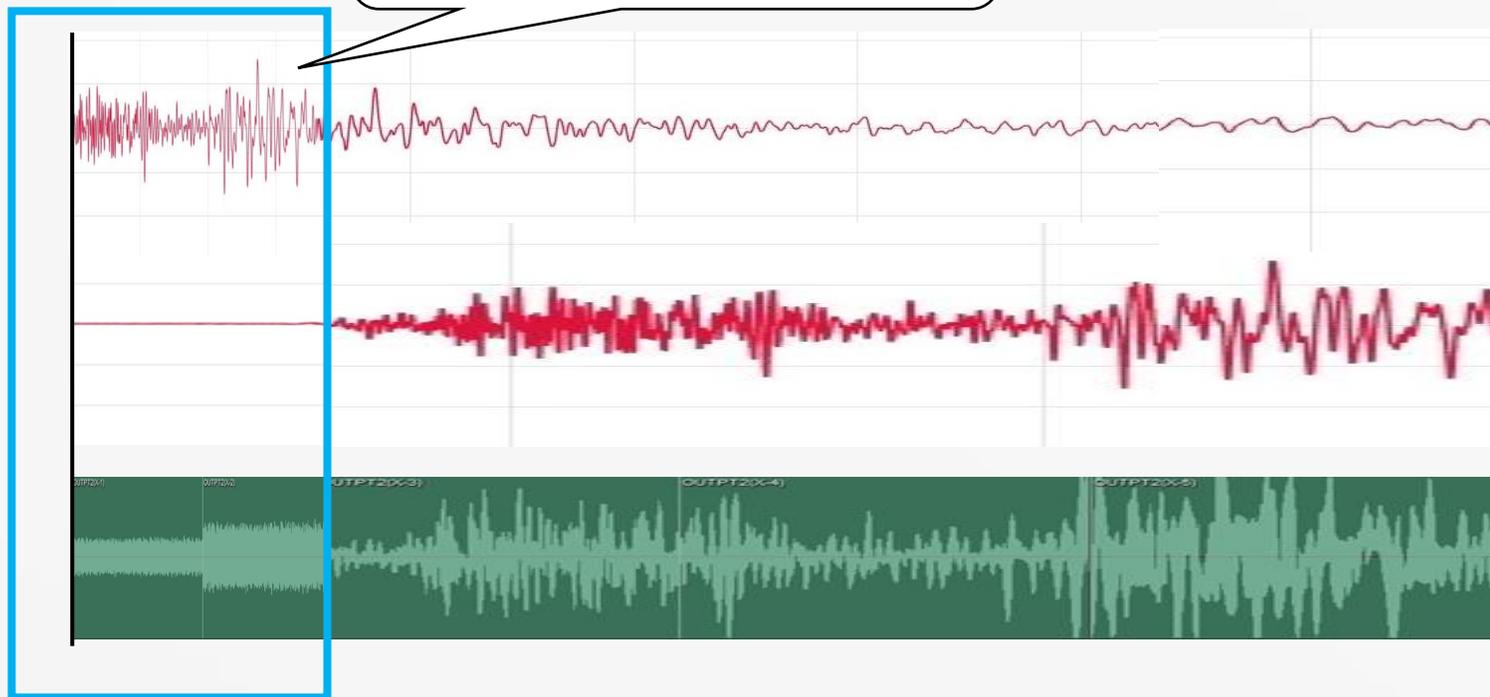


預警時間多7秒

模擬距離50km之儀器

位於苗栗之儀器

位於苗栗之警報器





## 多台儀器模擬中區域之應用

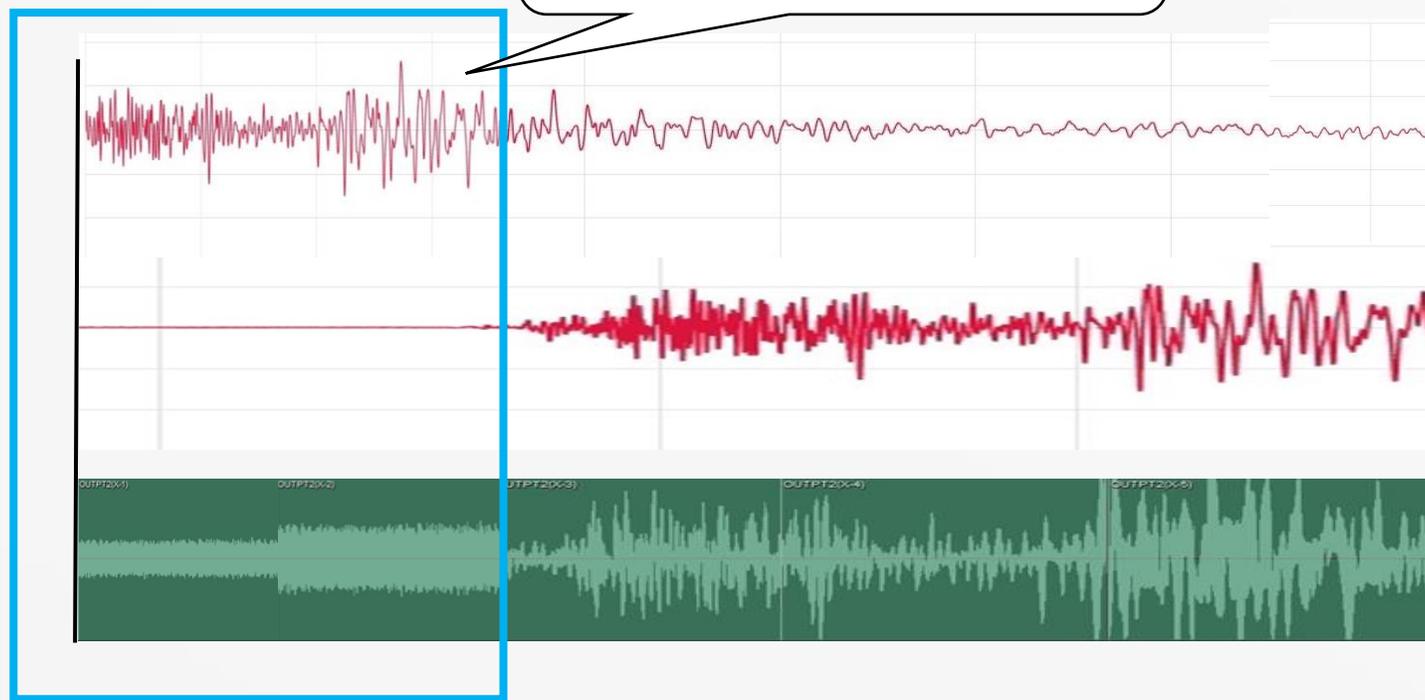


預警時間多14秒

模擬距離100km之儀器

位於苗栗之儀器

位於苗栗之警報器





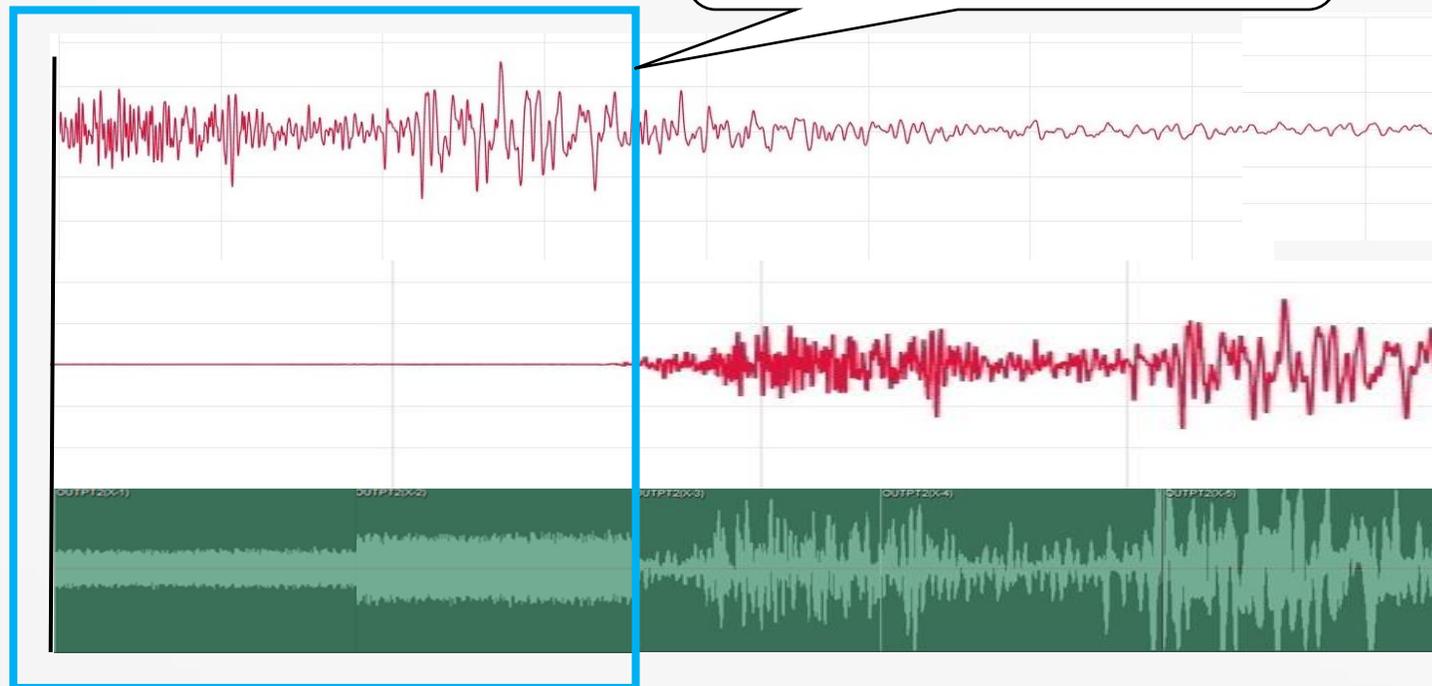
## 多台儀器模擬中區域之應用

預警時間多21秒

模擬距離150km之儀器

位於苗栗之儀器

位於苗栗之警報器





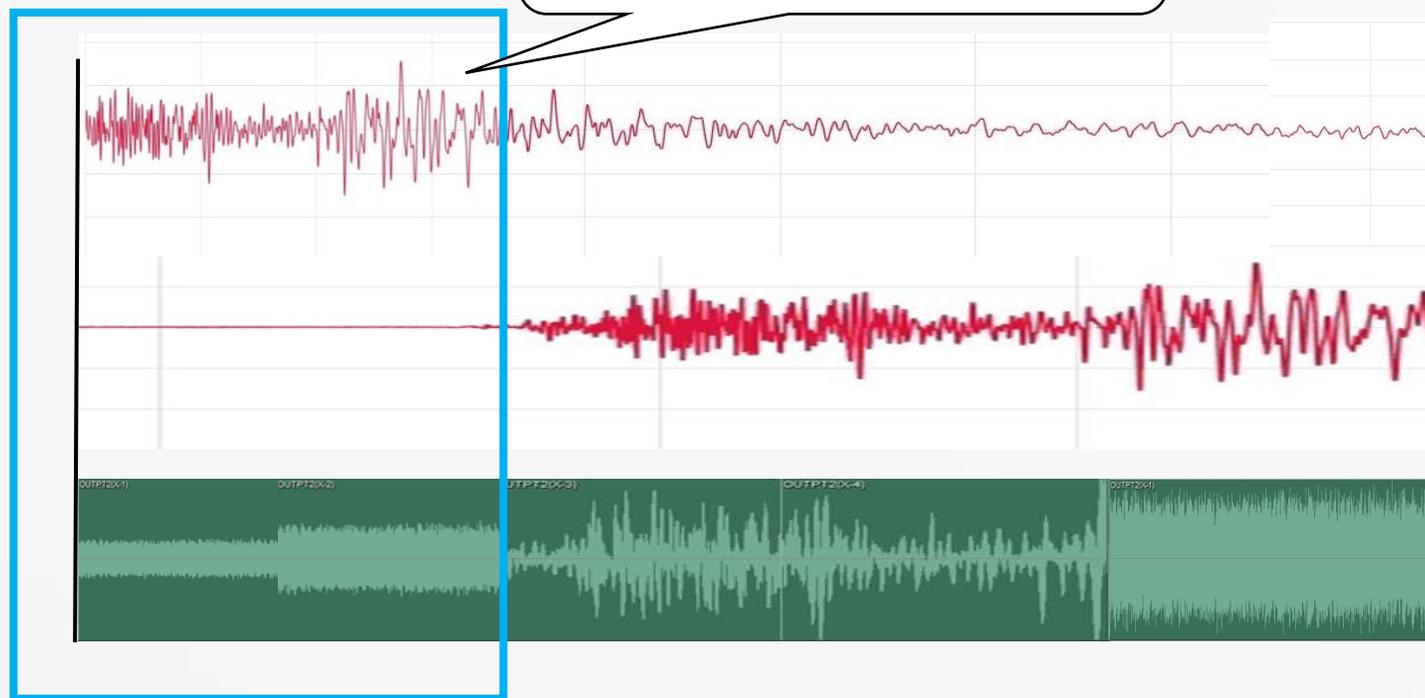
## 加入警報一

預警時間多14秒

模擬距離100km之儀器

位於苗栗之儀器

位於苗栗之警報器





# 研究內容

## 加入警報二

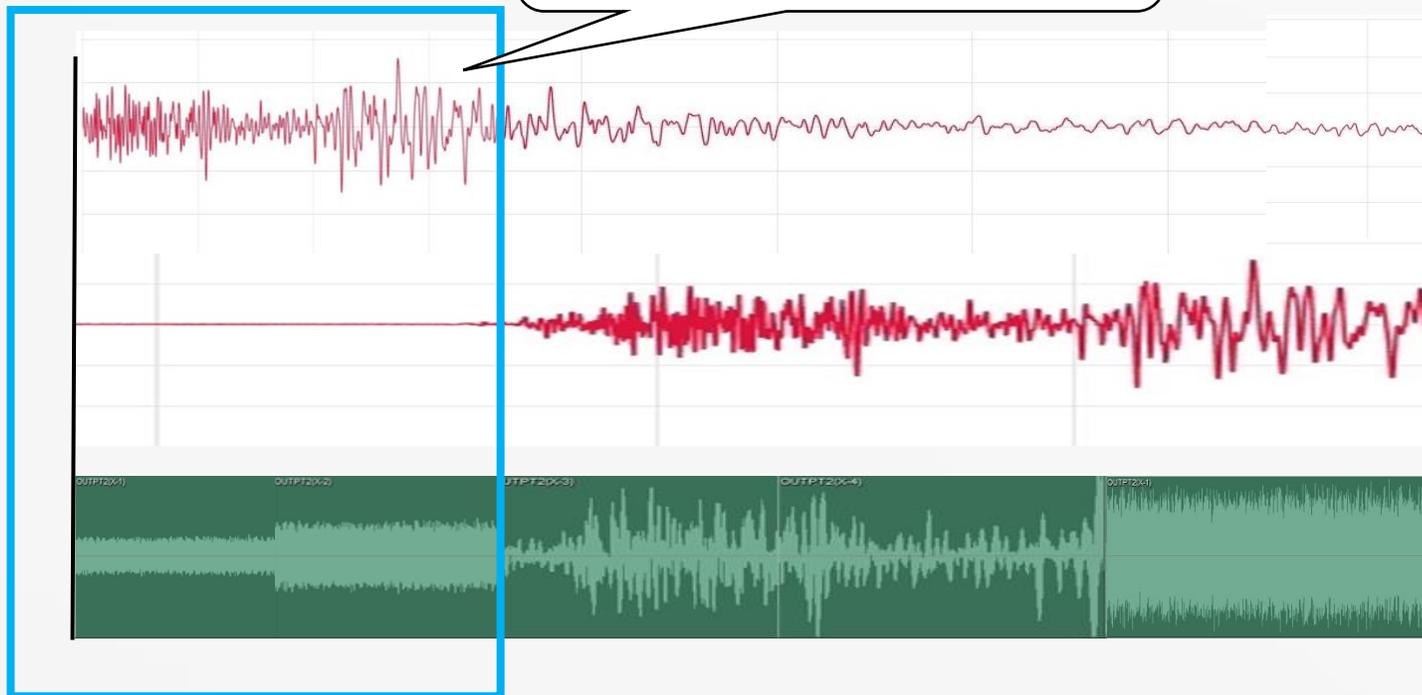


預警時間多14秒

模擬距離100km之儀器

位於苗栗之儀器

位於苗栗之警報器





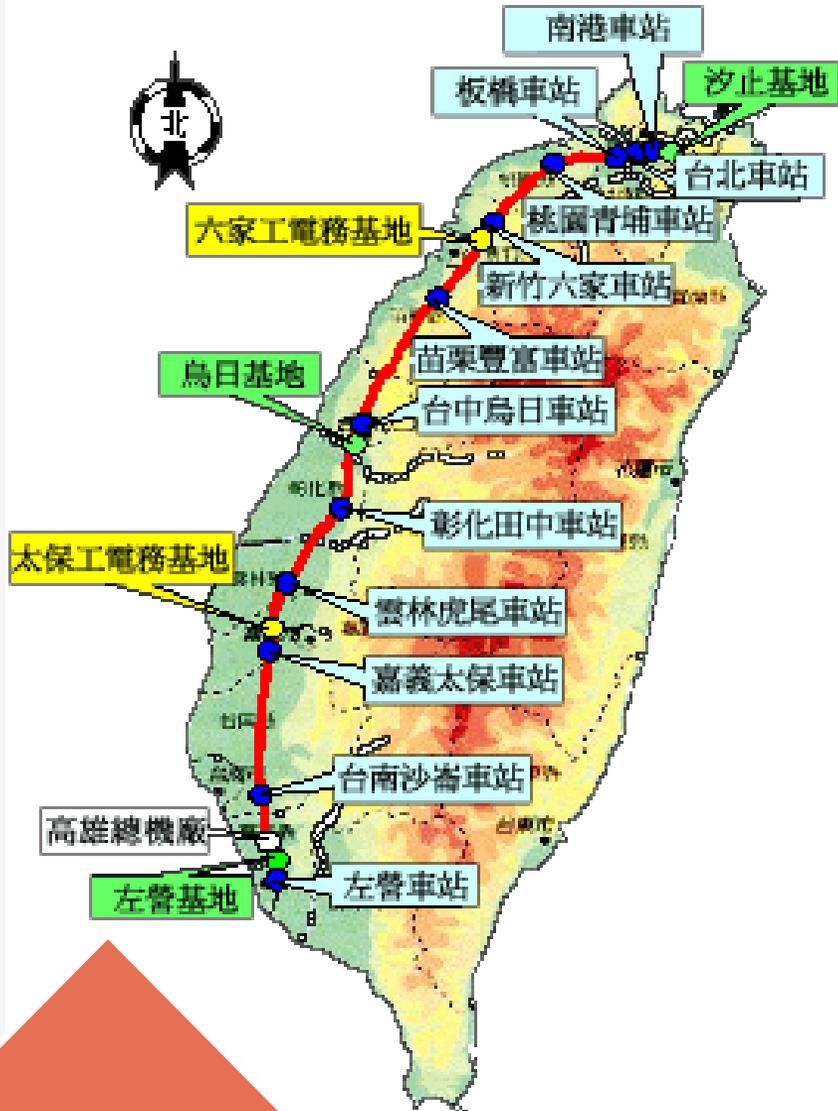
## 小結：區域型地震預警系統

1. 藉由多台地震儀模擬相距50公里、100公里、150公里，當兩地相距得越遠，預警的時間就越長。
2. 若以P波每秒7公里波速計算，預警時間約增加7秒、14秒、21秒。
3. 若以S波每秒3.5公里計算，預警時間約增加14秒、28秒、42秒。

**(指導兩組學生共八人參加專題研究)**

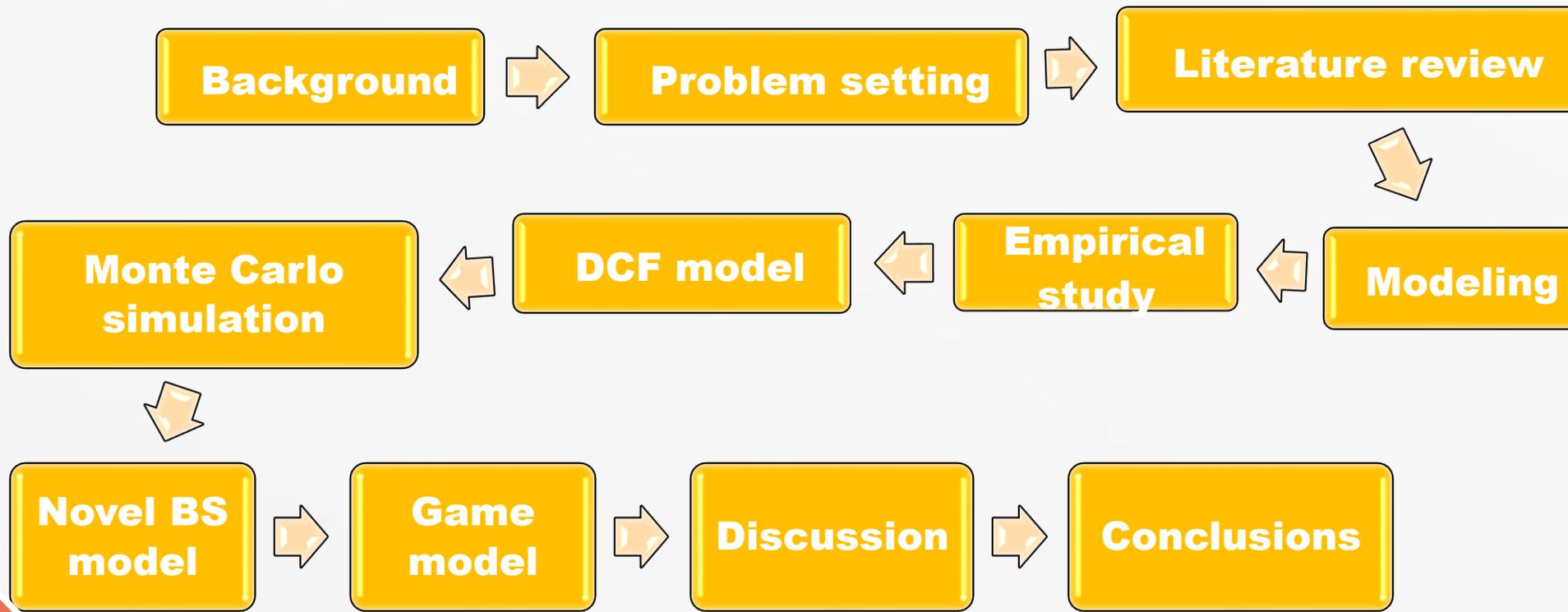
智慧型基礎建設動態風險評估模式之建構

# Taiwan High Speed Rail project





# 研究架構



## 台汽電股價之基本參數建構

依表列資料帶入模擬股價波動方程式求出次期股價與歷史股價做比較。

$$S_{x+1} = S_t(\mu t + \sigma dw) + S_x$$

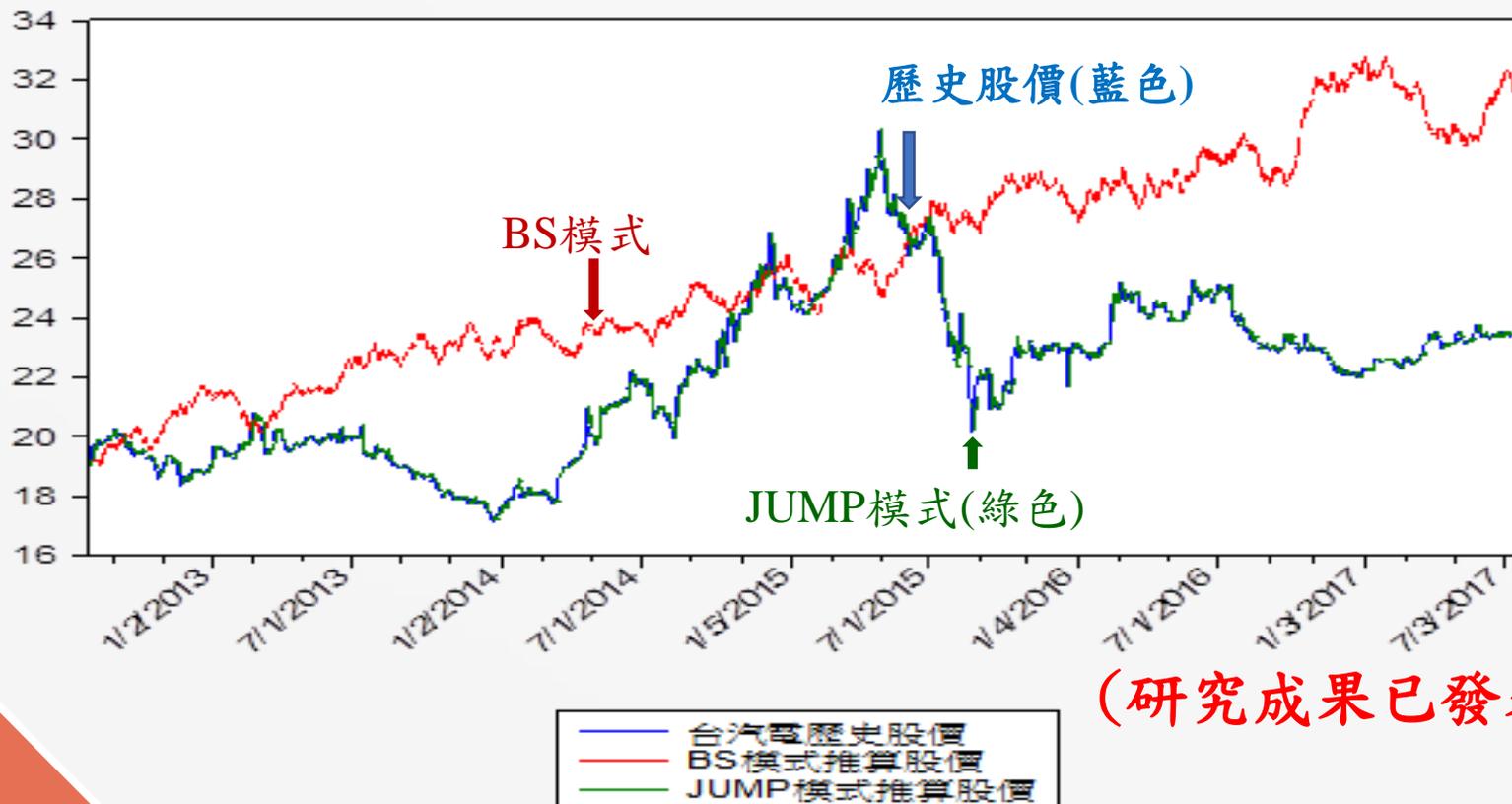
$\mu$ ：期望值； $\sigma$ ：標準差； $t$ ：期間(至少1年)； $dw$ ：隨機變數；

$S_t$ ： $t$ 期股票價格； $S_x$ ：第一期股價(初始)； $S_{x+1}$ ：次一期股價。

參數	數值	參數	數值
期望值( $\mu$ )	0.0234%	期望值( $\mu_J$ )	0.0700%
報酬率之標準差( $\sigma$ )	1.0151%	報酬率之標準差( $\sigma_J$ )	1.0315%
無風險利率( $r$ )	1.09%		

# 台汽電BS及JUMP模式趨勢圖

以台汽電第一筆歷史股價模擬BS模式、JUMP模式與歷史股價的趨勢可知，JUMP模式所推算的股價幾乎與原始股價相同，表示本研究導入JUMP模式預測結果優於BS模式。



Black-Sholes-Merton Mod  
(Continuous Model)  
Cox-Ross-Rubinstein Mod  
(Binomial Model)

(研究成果已發表15篇研討會論文)

針對臺灣鋼筋混凝土建築最常見之地面軟弱破壞發展相關災前量測診斷技術。



1999.09.21 921集集地震 新莊 博士的家

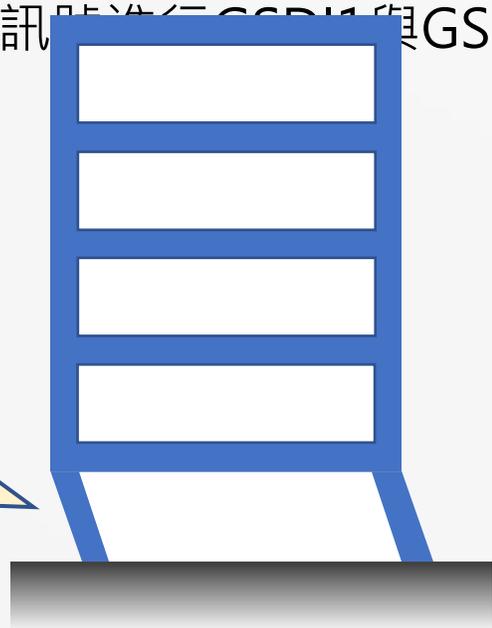


2018.02.06 花蓮地震--雲門翠堤大樓

## ■ 底層軟弱指標實驗驗證：(Ground Story Damage Index, GSDI)

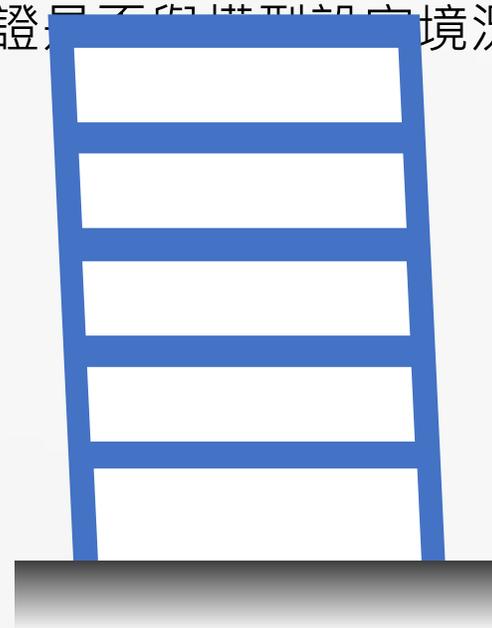
針對第一年計畫已發展之GSDI1與GSDI2底層軟弱指標，將房屋模型由未損傷以振動台模擬地震逐步放大振動乃至房屋發生永久側位移損傷，再以各樓層樓板在地震中量測到之加速度訊號進行GSDI1與GSDI2指標值計算，以驗證是否與模型破壞境況相符。

有軟弱底層破壞  
潛勢  
(不良破壞模式)



GSDI1指標值  $\gg 1$   
GSDI2指標值  $< 0.4$

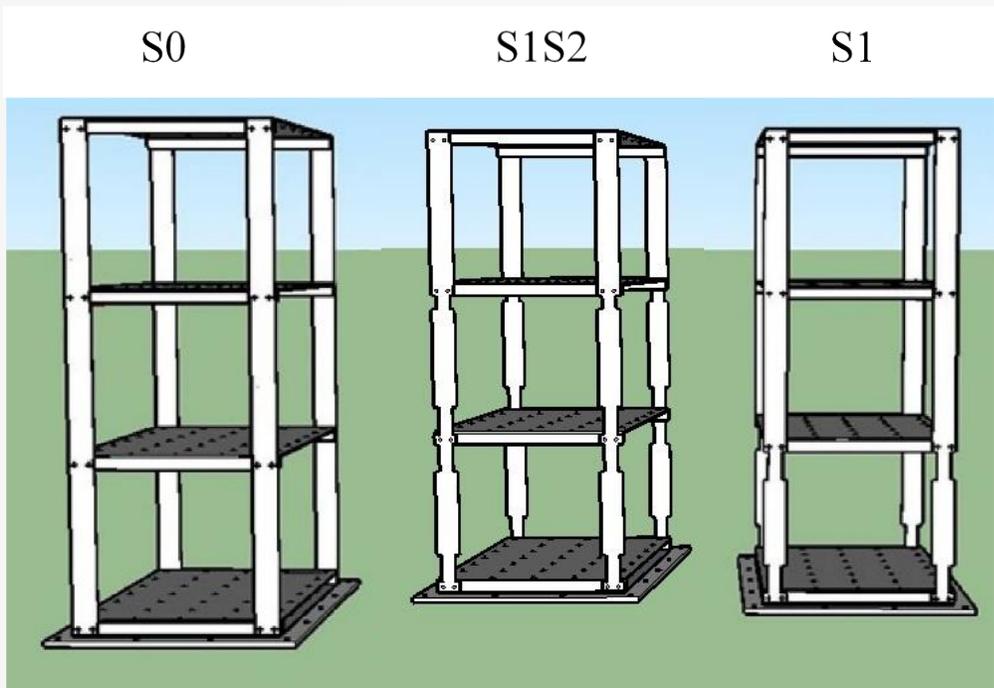
變形均勻  
(良性結構)



GSDI1指標值  $\approx 1$   
GSDI2指標值  $> 0.4$

## ■ 振動台試驗：

本研究以三層樓建築模型，模擬各層間不同損壞境況，以振動台模擬地震，以加速度計量測樓板加速度，進行指標值計算。



**S0**  
(無損壞)

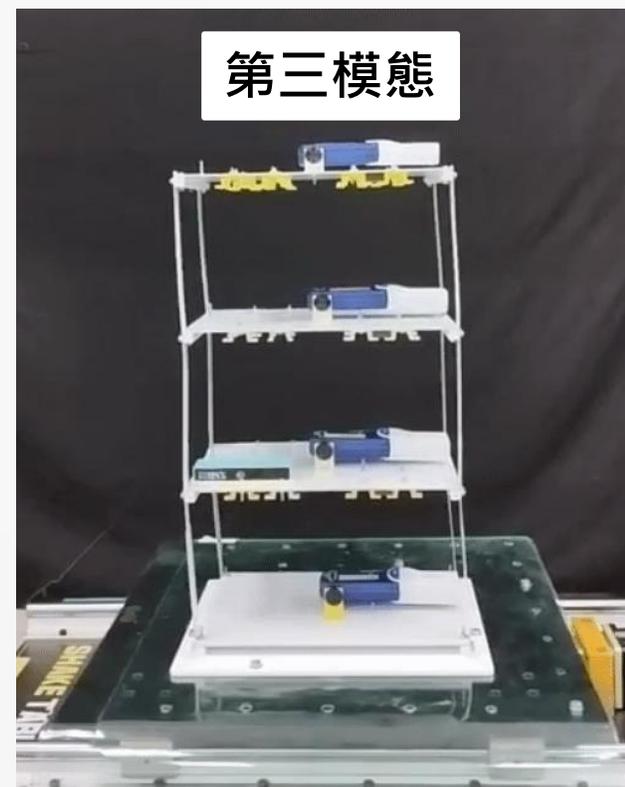
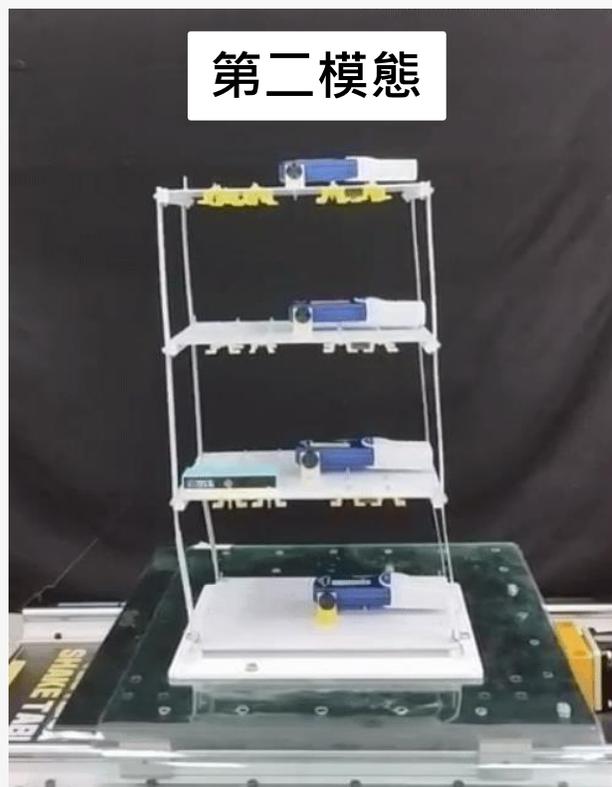
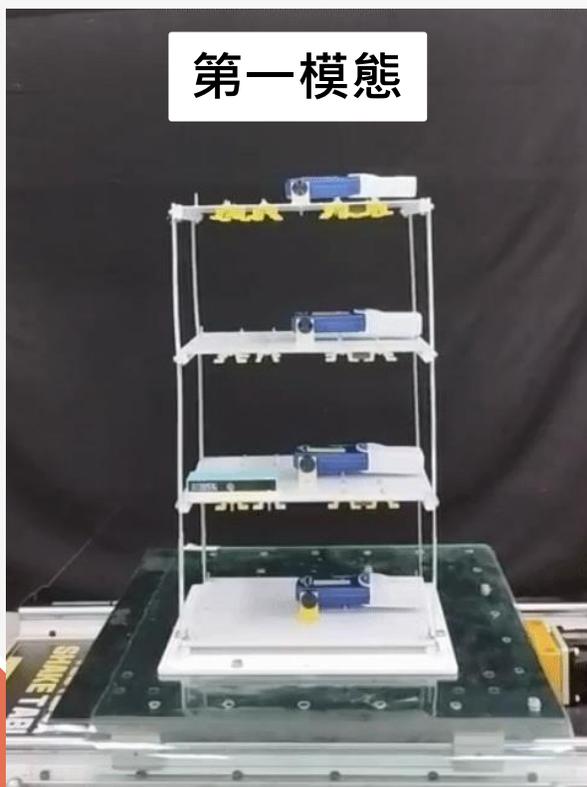
**S1S2**  
地面二層軟弱

**S1**  
地面一層軟弱



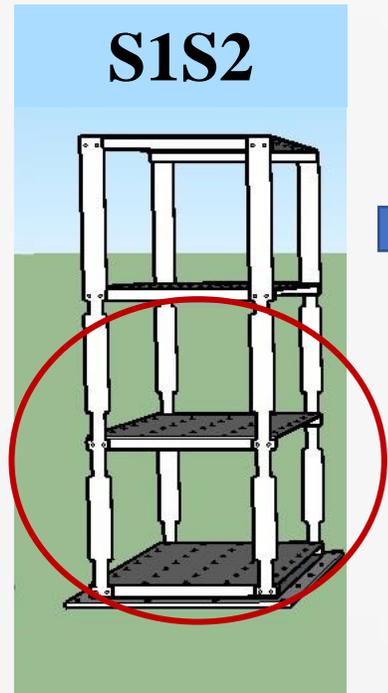
### ■ 振動臺試驗過程：S1結構

- 多段振動頻率由小逐漸增大之時間訊號
- 當振動臺上結構之振幅突然放大，表示結構正與該掃頻頻率發生共振



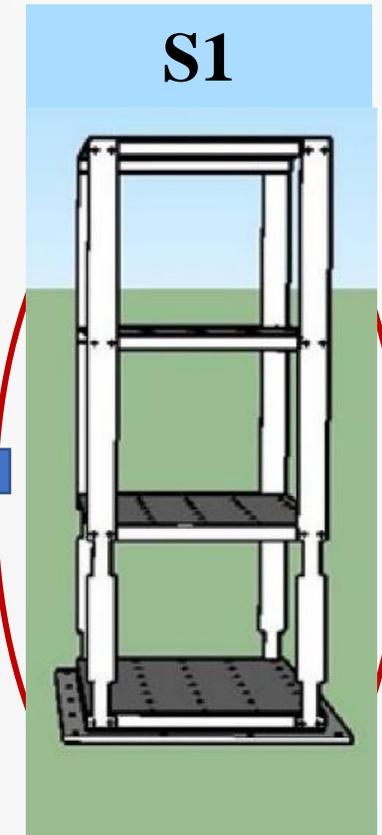
以振動台試驗計算模型GSDI1與GSDI2指標：

收集損壞前後之模型加速度訊號，進行指標值計算，計算呈現結果與模型損壞境況設定相符，證明本研究開發指標確實可行。



指標	試驗結果	S1S2模型診斷結果
GSDI1	<b>0.92~1.02</b>	微小於1屬 <b>輕微軟弱層</b>
GSDI2	<b>0</b>	< 0.4 屬 <b>軟弱層</b>

指標	試驗結果	S1模型診斷結果
GSDI1	<b>1.04~3.67</b>	>> 1 故屬 <b>地面層間軟弱損壞</b> ，與模型實況相符
GSDI2	<b>0</b>	< 0.4 故屬 <b>地面層間軟弱損壞</b> ，與模型實況相符



(研究成果已發表二篇研討會論文)

### 以振動台試驗計算模型GSDI1與GSDI2指標：

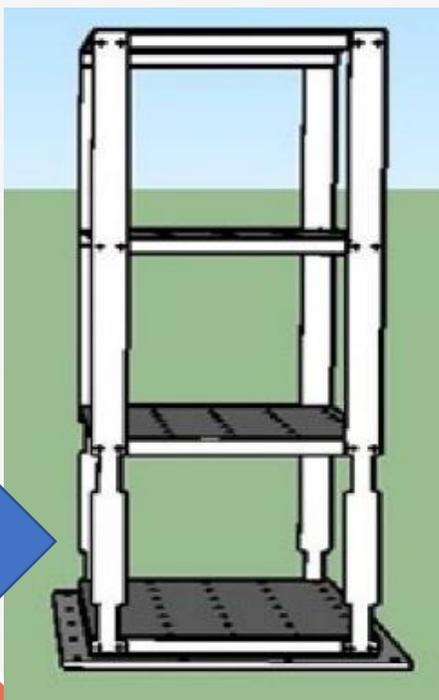
收集損壞前後之模型加速度訊號，進行指標值計算，計算呈現結果與模型損壞境況設定相符，證明本研究開發指標確實可行。

GSDI1 >> 1 或 GSDI2 < 0.4

⇒ 代表偵測到底層軟弱

GSDI1 接近 1 或 GSDI2 > 0.4

⇒ 代表無底層軟弱



試驗次序	1	2	3	4	5	6	7	8
地震振幅 (mm)	0.5	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0 (底層損壞)
GSDI1	初始狀態	2.16	2.36	2.35	2.40	2.40	2.36	3.67
GSDI2	初始狀態	0.63	0	0	0	0	0	0.62

⇒ GSDI1 值分布於2.16 ~ 3.67之間，遠大於1，而GSDI2大多為<0.4，指標值診斷顯示本結構存在軟弱底層，與模型設定相同，表示此二指標確實能用來於災前診斷結構是否存在軟弱底層。

軟弱底層

1. 本整合計畫共分為六個子計畫，目前皆已完成階段性研究工作。
2. 執行期間共召開三次協調會，順利推動研究計畫執行，因此獲得了良好的研究成果，同時發表19篇相關論文，執行進度自評達到90%以上。
3. 本計畫經費共100萬元整，包含設備費20萬元，業務費80萬元，其中資本門設備費20萬元，執行餘額776元，執行率及動支率皆為99.61%
4. 經常門業務費80萬元由六個子計畫主持人各分配12萬8000元，及本系分配人事管理費3萬2000元，實際執行率及動支率皆為100%，包含支援系上使用各子計畫執行餘額3萬3718元(如附錄四)，整體執行情形極佳，研究成果豐碩。



# 達成指標

### 一、量化指標達成情形：

#### (一) 共同指標

共同指標	執行成果	原定指標	達成情形
投稿期刊/專刊	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Wu, S.J.</b>, Hsu, C.T., Shen, J.C., and Chang, C.H., 2022. Modeling the 2D Inundation Simulation Based on the ANN-Derived Model with Real-Time Measurements at Roadside IoT Sensors. <i>Water</i> 14, n14: 2189. (SCI) (IF=3.53)</li> <li><b>Wu, S.J.</b>, Mai, J.S., Lin, Y.H., and Yeh, K.C. Modeling Probabilistic-Based Reliability Analysis for Irrigation Water Supply Due to Uncertainties in Hydrological and Irrigation Factors. <i>Sustainability</i>, 2022, 14, 12747. (SCI) (IF=3.889)</li> </ol>	2	2
研發成果	智慧數位校園模型建置	建置	完成 建置
相關研討會議	<ol style="list-style-type: none"> <li>C.C. Chang, <b>J.F. Wang</b>, C.C. Lin (2022, Sep). Control Parameters Design of Tuned Mass Dampers with Active Variable Inerter. The 8th Asia Conference on Earthquake Engineering (8ACEE), Taipei, Taiwan.</li> <li>.....</li> </ol>	3	17

## 貳、達成指標

### 量化指標

#### 一、量化指標成情形：

(二) 個別指標 (即依個別屬性自訂部分，亦請表明原定指標及達成情形)

量化指標項目	目標值	達成進度	進度完成說明
智慧數位校園三維模型建置。	100%	90%	完成二坪山校區與八甲校區及聯大路數位校園模型建立，指導兩組學生專題
淹水感測器智慧模組之發展	100%	95%	本年度已發表二篇SCI期刊 指導一組學生專題
建築物結構與基礎設施之地震災害風險辨識與分析	100%	85%	已建構並有研究成果 指導二組學生專題
創新智慧型地震預警系統之研發	100%	85%	已發展相關理論及程式開發，本年度發展區域型地震預警及警報系統，並指導兩組學生專題
智慧型基礎建設動態風險評估模式之建構	100%	85%	本年度已建構模式並有研究成果十五篇研討會論文
建立無人機操作訓練課程，學生考取操作證。	100%	90%	已建立無人機操作訓練課程，並積極輔導學生考取操作證2人。
建立無人機操作訓練與三維數值地表模型軟體建模訓練課程。	100%	90%	日間部與進修部兩班81學生，全員完成跨校操作訓練與數值地表模型建立流程
建立建築結構健康智慧診斷技術開發研究	100%	85%	已建構並有研究成果兩篇研討會論文並指導一組學生專題

## 二、請就上述量化指標達成情形，以質化方式敘述：

### (一) 請就執行情形與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估：

1. 本計畫執行皆按照原訂計畫方針展開研究工作，大部分研究成果已接近預期目標。
2. 達成多項原訂量化與質化指標，尤其在論文發表方面共發表19篇論文，表現亮眼。

二、請就上述量化指標達成情形，以質化方式敘述：

(二) 請依學術價值、技術或服務創新性、產業實用性、計畫相關之現況表現與執行成效、未來預期潛力等方面，評估研究成果之學術或應用價值

**本計畫執行之價值、影響或進一步發展之可能性簡述如下：**

1. 智慧數位校園三維模型建置擴展至苗栗市、甚至苗栗縣之三維模型建置。
2. 淹水感測器智慧模組之發展推廣應用（整合智慧化淹水感測模組及智慧數位校園三維模型以提供苗栗縣三維淹水潛勢圖資）。
3. 建立智慧型風險分析電腦程式，以供學界、業界使用。
4. 創新智慧型地震預警系統之研發，開發成大眾廣泛應用之儀器商品。
5. 智慧型基礎建設動態風險評估模式之建構實際應用。
6. 建立無人機操作訓練課程，輔導學生考取操作證。
7. 建立完整三維數值地表模型軟體建模訓練課程，造就相關人才。
8. 建構本系在建築地震災前預防之研究水準，有助於達成都會防災建築安全智慧相關技術之基礎設施建置。

THANKS  
敬請指教