
坡地災害潛勢區全民參與 APP 大數據收集及自動化研判初探 - 使用智慧型手機與低成本裝置

A preliminary study on big data analytics for slope-failure potential areas using crowd-sourcing smartphones and low-cost devices

(期末成果報告書)

執行單位：國立臺灣科技大學

執行期間：110 年 01 月 27 日至 110 年 12 月 31 日

計畫主持人：謝佑明 副教授

共同主持人：王國隆 副教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 110 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

坡地災害潛勢區全民參與 APP 大數據收集及自動化 研判初探 - 使用智慧型手機與低成本裝置

摘要

臺灣地區地狹人稠，山坡地利用無可避免，然近年來由於極端氣候等等因素，使得坡地災害時有所聞。若待現場發現足夠明顯徵兆通知政府相關部門連絡協調專家至現場會勘恐曠日廢時；專業儀器之設置故然為有效措施，然而政府經費有限不可能隨處裝設，通常挑選已有明顯滑動徵兆處進行監測，因此無法照顧到所有坡地居民或用戶。

本計畫提出以 1) 智慧型手機與 2) 低成本物聯網裝置進行長時間的資料收集以輔助收集坡地防災資訊，以期能以低成本的方式提升坡地防災資訊的收集密度。

本報告為計畫期初報告書，內容包含 1) 計畫架構、2) 預定工作進度、以及 3) 預期工作效益等，另將依目前計畫進度提供初步執行資料。

關鍵詞：坡地災害、行動裝置、物聯網、防災、資訊科技

A preliminary study on big data analytics for slope-failure potential areas using crowd-sourcing smartphones and low-cost devices

Abstract

Taiwan is a small and populous island, and the use of hillside lands is inevitable. Due to the extreme weather condition, slope-related disasters become more frequent in recent years. Noting visible signs of slope failures in the field and then notifying government officials might be too late to prevent disasters. Setting up automated slope-monitoring instruments is an effective measurement, but the associated cost prevents massive deployment. It is often deployed to slopes that are known to be problematic, thus not all inhabitants or users of hillsides are taken care of.

This project proposes the use of 1) smart devices and 2) low-cost IoT (Internet of Things) devices to collect useful information for preventing slope-related disasters. Their usage can hopefully dramatically increase information collection density with low-cost.

This report is the initial report, and it contains 1) the overview of this project, 2) the expected benefit of this project, and 3) project milestones. The report also provides up-to-date progress report.

Keywords: slope disaster, smart devices, Internet of Things, disaster prevention, information technology

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	III
表次.....	V
圖次.....	VI
第一章 緒論	1-1
第一節 計畫背景與目的	1-1
第二節 欲解決問題	1-2
第二章 計畫架構與工作成果	2-1
第一節 計畫架構	2-1
第二節 工作成果	2-2
第三章 預期工作效益	3-1
參考文獻.....	參-1
附錄.....	附錄-1
附錄一、期初審查意見與回覆	附錄-1
附錄二、期中審查意見與回覆	附錄-6
附錄三、無線網路資訊設定辦法	附錄-9
附錄四、站臺 ID 設定說明書	附錄-11
附錄五、計畫說明書	附錄-13

表次

表 2-1 評估之開發板與三軸加速度計主要規格	2-5
表 2-2 評估成果.....	2-7
表 2-3 程式檔案列表與簡要說明	2-12
表 2-4 預定安裝測試地點	2-13
表 2-5 所開發 APP 在三款不同世代 ANDROID 手機上測試結果	2-15
表 2-6 以手機 APP 擷取手機重力加速度計換算傾斜之評估成果	2-18
表 2-7 MONGODB 資料庫設計.....	2-27
表 2-8 NODE.JS 資料接收程式主要流程.....	2-28
表 3-1 本計畫預期工作效益	3-1

圖次

圖 2-1 本計畫架構示意圖	2-2
圖 2-2 本計畫評估的三塊整合型開發板與感測器模組	2-4
圖 2-3 使用 M5STICKC 於辦公室的監測成果	2-6
圖 2-4 使用 ARDUINO NANO 33 IoT 的監測成果.....	2-8
圖 2-5 使用 ADXL-355 感測器的監測成果.....	2-9
圖 2-6 使用 ARDUINO NANO RP2040 CONNECT 並使用數位信號 處理 的監測成果	2-10
圖 2-7 使用 ARDUINO NANO RP2040 CONNECT 完成的本計畫監測儀器	2-11
圖 2-8 在 HTC U12 LIFE 上實測資料回傳的結果.....	2-15
圖 2-9 ANDROID 6.0 開始的瞌睡待機模式 (DOZE STANDBY MODE) 機制	2-15
圖 2-10 HTC DESIRE 21 PRO 5G 監測成果	2-16
圖 2-11 SHARP AQUOS V 監測成果	2-17
圖 2-12 HTC U12 LIFE 監測成果.....	2-17
圖 2-13 智慧監測 APP 使用畫面	2-19
圖 2-14 智慧監測 APP 使用畫面	2-21
圖 2-15 中央伺服器系統架構	2-28

第一章 緒論

本章介紹本計畫之背景與目的以及欲解決之問題。

第一節 計畫背景與目的

臺灣地區地狹人稠，山坡地利用無可避免，然近年來由於極端氣候等等因素，使得坡地災害時有所聞。若待現場發現足夠明顯徵兆通知政府相關部門連絡協調專家至現場會勘恐曠日廢時；專業儀器之設置固然為有效措施，然而政府經費有限無法隨處裝設，通常挑選已有明顯滑動徵兆處進行監測，因此無法照顧到所有坡地居民或用戶。

為協助有顧慮的坡地居民與用戶能自行收集坡地狀態，以能提早發現坡地災害的徵兆，本計畫提出以 1)低成本之物聯網裝置或 2)智慧型裝置，利用其上的感測器協助收集可輔助判釋坡地災害徵兆的感測資料，以提升坡地監測的密度與頻率。其中物聯網裝置目標為量測居家或工作所在處的傾斜狀態或特徵 (e.g. 振動)，為能降低其成本，故設定其將利用所安裝環境現成的 WiFi 無線網路環境與 USB 供電，如此在其設計上可節省掉傳統監測儀器 3G/4G 網路模組的硬體費用、通訊成本、與供電電源轉換模組的成本。而智慧型裝置如手機、平板電腦等已普及近 10 年，如今可謂人手一隻且家中抽屜可能還有兩、三隻汰換下來舊手機等，這些裝置可加以活化利用將其安置於固定地點以收集該處的傾斜狀況、或使用坡地防災專員與巡勘人員的手機在各自定點利用智慧型裝置內建的各式感測器收集資訊、並收集週遭環境中所安裝的智慧型感測器之監測資訊，以期能提高發現坡地災害徵兆的可能性、提升監測的密度與頻率、增進民

眾對於防災的參與程度，進而落實自主防災意識。

第二節 欲解決問題

綜合以上，本計畫擬解決問題條列如下：

- 如何開發價格低廉、簡易安裝維護的智慧型坡地災害感測器？
- 如何利用智慧型裝置與其內建之感測器量測到可能的坡地災害徵兆？
- 如何提供有效防災資訊給與參與民眾？
- 如何開發手機 App 提升或提醒民眾之參與？
- 如何綜整所收集到的全民大數據進行自動化的研判並將資訊提供與相關政府單位作為後續防救災的參考。

第二章 計畫架構與工作成果

第一節 計畫架構

本計畫架構如圖 2-1 所示，其中包含了軟硬體的研发。在硬體部份，本計畫擬設計實現一低成本智慧型坡地災害感測器可持續上傳坡地監測資訊至中央伺服器，以提升坡地監測資訊的密度與頻率。在軟體部份則分為 1)智慧型行動裝置上運行之坡地防災手機 App 以及 2)中央伺服器應用程式。坡地防災手機 App 會定期地 (e.g. 5 分鐘) 讀取智慧型裝置內建之重力加速度計三軸向的讀值，將其經適當轉換與訊號處理後成為手機本身的傾斜狀態或當地特徵，並結合手機本身的定位資訊後上傳至中央伺服器，以進一步地擴充坡地監測資訊的密度與頻率。本計畫亦擬將遊戲元素 (如成就、關卡、積分、電子寵物等) 融入所開發之 App，以提升民眾主動積極使用此 App 之意願，進而使所開發系統能收集大量的數據，以進而促成提供有效可靠分析之可能。中央伺服器則會記錄並融合鄰近觀測與其它防災資訊 (如歷史記錄、雨量等)，以自動推論該地點是否有坡地災害發生的徵兆，並將適當訊息推播給相關人員進行後續的行為。中央伺服器也會介接中央氣象局、水保局、與國家災防中心 NCDR 提供之氣象、雨量、土石流、以及公開示警訊息與使用者，使坡地防災手機 App 能提供多樣的防災相關資訊。中央伺服器除收納低成本智慧型坡地災害感測器與民眾手機所上傳的資訊、發布防災相關的推播資訊外，將自動化地分析研判所收集資料以轉化為災害潛勢，並以地圖方式將所收集到的數據資料與研判結果以圖形化的方式呈現於地圖上，以協助使用者能以簡易地方式消化所收錄的資料。

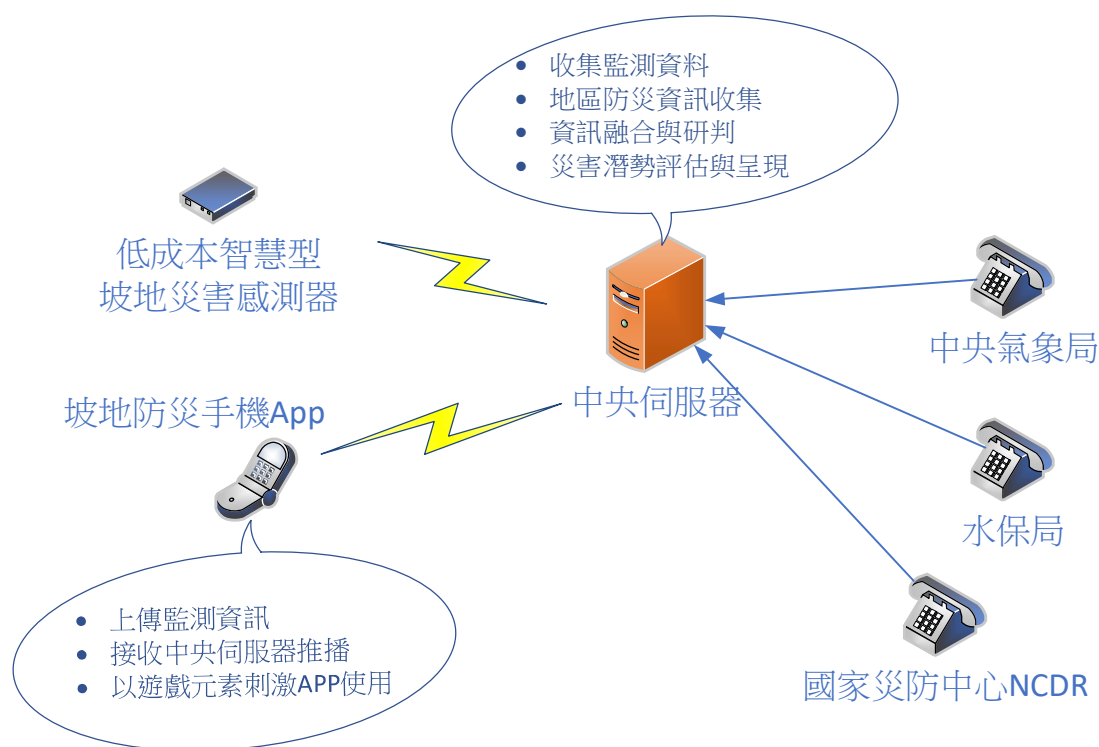


圖 2-1 本計畫架構示意圖

資料來源：本計畫

第二節 工作成果

依據圖 2-1 之架構，本計畫之擬定了五個主要工作項目：1) 開發智慧型簡易坡地災害感測器、2) 初步開發坡地防災手機 App、3) App 加入所在區域坡地防災數據與其呈現、4) 研擬適當的遊戲元素於前述 App、5) 初步開發中央伺服器軟體，以下將分別說明各項目與成果。

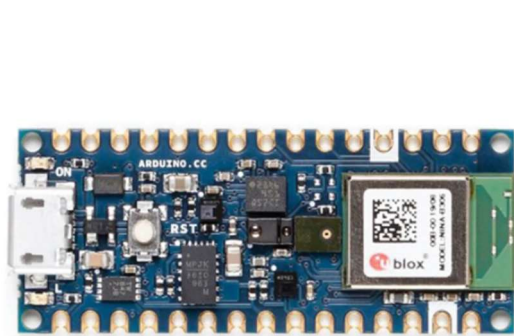
一、簡易智慧型坡地災害感測器

本計畫為達到主題之「全民參與 APP 大數據收集」，故需開發價格低廉且簡易安裝維護的坡地災害感測器，使全民參與與大數據收集變為可能。由過去以市面上大量生產元件以組成低成本儀器設計的經

驗[5]，在初始成本中行動網路傳輸模組佔超過 50%，而營運維護成本則主要來自於行動網路的費用以及供電的維護（電瓶更換與充電、太陽能板與控制器等）。故在本計畫中為進一步壓低資料收集的費用，所設計儀器其電源來自於參與民眾的手機或 USB 充電器進行供電，並利用民眾家中既存的 WiFi 無線網路上傳監測資料。此裝置擬安裝於室內如民眾家中或是山區中小學校舍，以協助評估房舍本身的狀態及其是否受到坡地災害的影響。在前述應用的設定下，感測裝置本身可大幅簡化且成本可大幅降低，以達到低成本的目的。

本計畫最終評估了 1) Arduino Nano 33 IoT、2) M5StickC、3) Arduino Nano RP2040 Connect 等三款整合型開發板以及由 Analog Devices, Inc. 所生產的三軸加速度模組 ADXL-355。整合型開發板代表所需之感測器與 WiFi 連網功能皆已被內建於開發板上，如圖 2-2，因此無需自行接線組裝，對於未來的可靠性與耐用性有極大的幫助並可進一步降低最終儀器的成本。所選用開發板上之感測器重要規格整理如表 2-1 所列。

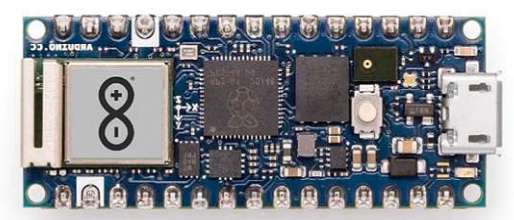
由表 2-1 可以看到本計畫評估之 Analog Devices, Inc. 所生產高精度低雜訊之數位式三軸加速度計 ADXL-355 其規格遠優於其它三款內建於開發板的三軸加速度計，其量測解析度 16 倍於其它三款，亦即在加速度的量測上可得到更微小的變化 ($3.9\mu g$)；而雜訊頻譜密度是其它款的約 1/4，亦即其量測數據更為可靠，受隨機雜訊的影響更小。唯其感測器取得成本已高於其它三款整合型開發板，尚需另外購買微控制器與連接與組裝，故本計畫最終並未採用此方案。



(a) Arduino Nano 33 IoT



(b) M5StickC



(c) Arduino Nano RP2040 Connect



(d) ADXL-355

圖 2-2 本計畫評估的三塊整合型開發板與感測器模組

資料來源：

- (a) <https://store-usa.arduino.cc/collections/boards/products/arduino-nano-33-iot>
- (b) https://docs.m5stack.com/#/zh_CN/core/m5stickc_plus
- (c) <https://store-usa.arduino.cc/collections/boards/products/arduino-nano-rp2040-connect>
- (d) <https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/EVAL-ADXL355-PMDZ.html>

表 2-1 評估之開發板與三軸加速度計主要規格

開發板	Arduino Nano RP2040 Connect	Arduino Nano 33 IoT	M5StickC	N/A
加速規廠商	STMicroelectronics		TDK/InvenSense	Analog Devices, Inc.
感測器型號	LSM6DSOXTR	LSM6DS3	MPU6886	ADXL-355
擬使用量測範圍	$\pm 2g$			
量測解析度(LSB/g)	16,384	16,384	16,384	262,144
靈敏度隨溫度變化量 Sensitivity change vs. temperature($\%/^{\circ}\text{C}$)	± 0.01	± 0.008	± 0.016	± 0.01
0g 偏移溫度敏感度性 Offset change vs. temperature($\text{mg}/^{\circ}\text{C}$)	± 0.1	± 0.5	± 0.5 (x, y axes) ± 1 (z axis)	± 0.02
雜訊頻譜密度 noise power spectral density ($\mu\text{g} / \sqrt{\text{Hz}}$)	70 (@all ODR)	90 (@all ODR)	100 (@10Hz ODR)	22.5 (@500Hz ODR)
輸出資料頻率(ODR , Output data rate (Hz))	1.6 ~ 6664	12.5 ~ 6664	3.91 ~ 1000	0.997 ~ 1000

資料來源：本計畫整理自各感測器規格書

圖 2-3 為本計畫初步使用 M5StickC 開發板進行評估，自六月一日起至今於計畫主持人辦公室的監測成果，其中縱軸為量測所得傾斜角度(單位為度)，亦可由上方的下拉選單選擇不同的監測站點。由圖中可看到除了在七月三日至七月七日無資料外，該時段由於臺科校園跳電並在復電時發現電纜損壞，故有約 2-3 天的時間主持人辦公室無電可用，其它時間均有資料。根據本計畫所開發的資料庫，自六月一日起 M5StickC 以每分鐘一筆透過 WiFi 無線網路傳送至本計畫開發之系統資料庫，至撰寫報告書時 (12:33, 7/19) 共累積了 63503 筆記錄，扣除 4 天無電可用後，其大約 99% 的資料都有成功透過 WiFi 傳送至伺服器並存入資料庫中。

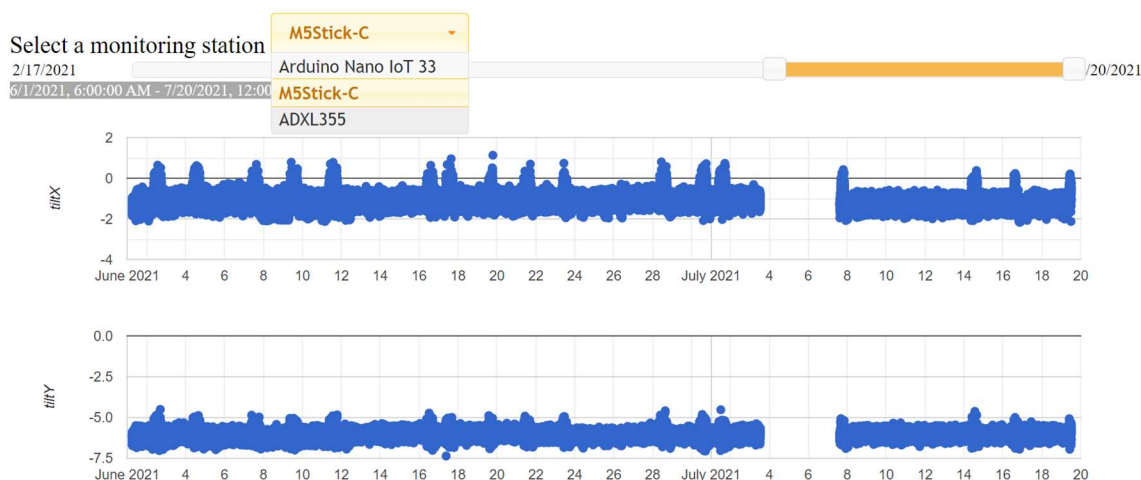


圖 2-3 使用 M5StickC 於辦公室的監測成果

資料來源：本計畫成果

由圖 2-3 的監測數據來看，其中幾個突起的地方為主持人進辦公室使用冷氣的時間，其會與平時溫度相差約 8 度，亦即加速度計所換成出來的傾斜角度會隨著溫度而有所改變。而排除那些突起的讀數外，可看出讀數大致維持穩定，而由於雜訊之影響讀數的跳動約為 $\pm 1^\circ$ 。

圖 2-4 則為使用 Arduino Nano 33 IoT 並配合數位信號處理的測試，其由圖 2-4a 原始資料轉換之傾斜量測量中觀察可知其傾斜量測值受雜訊影響之跳動約為 $\pm 0.1^\circ$ ，但若經過信號處理後，如圖 2-4b，其雜訊造成之跳動降至約 $\pm 0.02^\circ$ ，其表現優於 M5StickC。

圖 2-5 則為使用 ADXL-355 感測器的監測成果，由圖 2-5a 的原始資料轉換之傾斜量來看其雜訊之跳動約為 $\pm 0.01^\circ$ ，若配合使用信號處理後，如圖 2-5b，其雜訊造成的跳動約為 $\pm 0.004^\circ$ ，由圖中也可看只有三種數字：量測值與正負 0.004 度，其原因為目前通訊的程式碼為早期配合另外兩塊開發板所設計的，僅使用了 16 位元的資料代表一軸的讀值，但 ADXL-355 實為 20 位元的感測器，也就是在資料傳輸時有 4 個 bit 的資

料被放棄了，此被稱為量化誤差 (quantization error)，而也代表了實際的雜訊跳動可能比 $\pm 0.004^\circ$ 還要更小。若未來使用此感測器進行儀器的建置，則應將完整 20 位元的資訊進行處理與回傳。

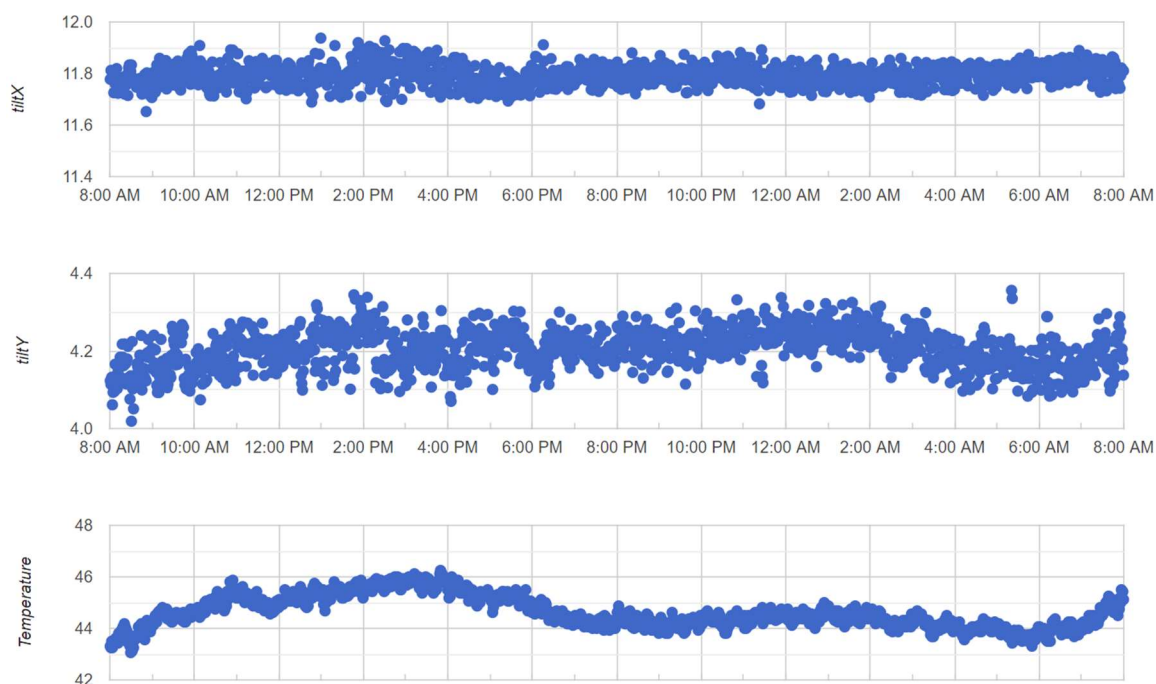
圖 2-6 為使用 Arduino Nano RP2040 Connect 開發板所配合數位信號處理的結果，由於已有 Arduino Nano 33 IoT 的經驗，此兩者的韌體程式碼大致相同，少部份需要根據硬體上的差異進行調整。由圖 2-6，其雜訊造成跳動與 Arduino Nano 33 IoT 相仿，約為 $\pm 0.02^\circ$ 。

表 2-2 整理本計畫目前的評估成果，由表中可看到 ADXL-355 有著最佳的表現，但是其價格相較於其它兩者高出不少，因感測器模組的價格就已高於其餘兩者，未來若使用它製成儀器還需要加上開發板與外殼的價格，會較其它兩方案的價錢高出 3 – 4 倍。故最終選擇使用 Arduino Nano RP2040 Connect 進行儀器的製作，其上所整合的感測器 LSM6DSOXTR 擁有規格上最低的雜訊密度，使其感測器品質應略優於其它兩款開發板。另雖然 M5StickC 已有外殼並自帶一小電池，其總體成本不到新臺幣 700 元，但由於其完全由中國製造，未來預計在推廣上會有一定的阻力，且其感測品質也不佳，故不予推薦使用。

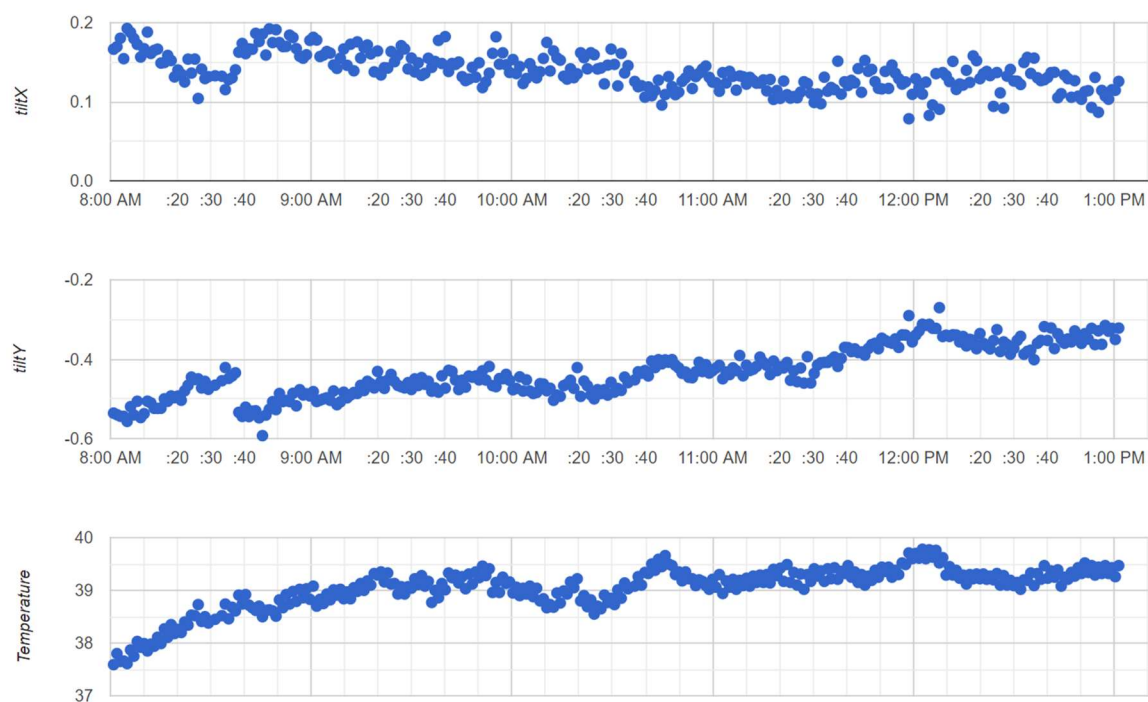
表 2-2 評估成果

開發板	Arduino Nano RP2040 Connect	Arduino Nano 33 IoT	M5StickC	N/A
加速規廠商	STMicroelectronics		TDK/InvenSense	Analog Devices, Inc.
感測器型號	LSM6DSOXTR	LSM6DS3	MPU6886	ADXL-355
理論角解析度(度)	0.0625	0.0625	0.0625	0.0039
原始傾斜量雜訊跳動	$\pm 0.1^\circ$	$\pm 0.1^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 0.01^\circ$
信號處理後雜訊跳動	$\pm 0.02^\circ$	$\pm 0.02^\circ$	N/A	$\pm 0.004^\circ$

資料來源：本計畫成果



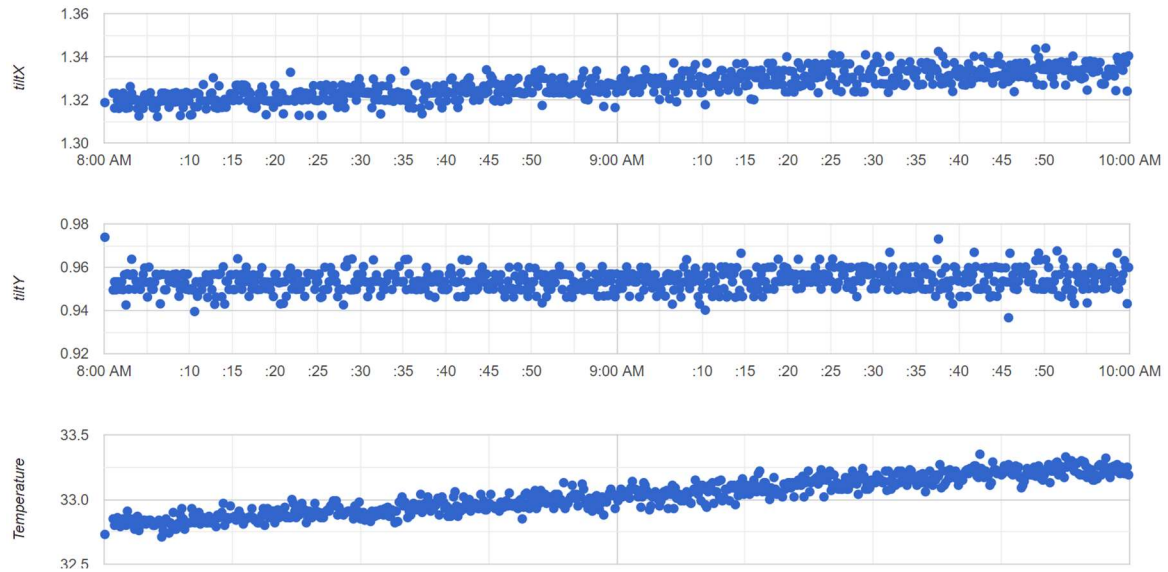
(a) 原始無信號處理的監測成果



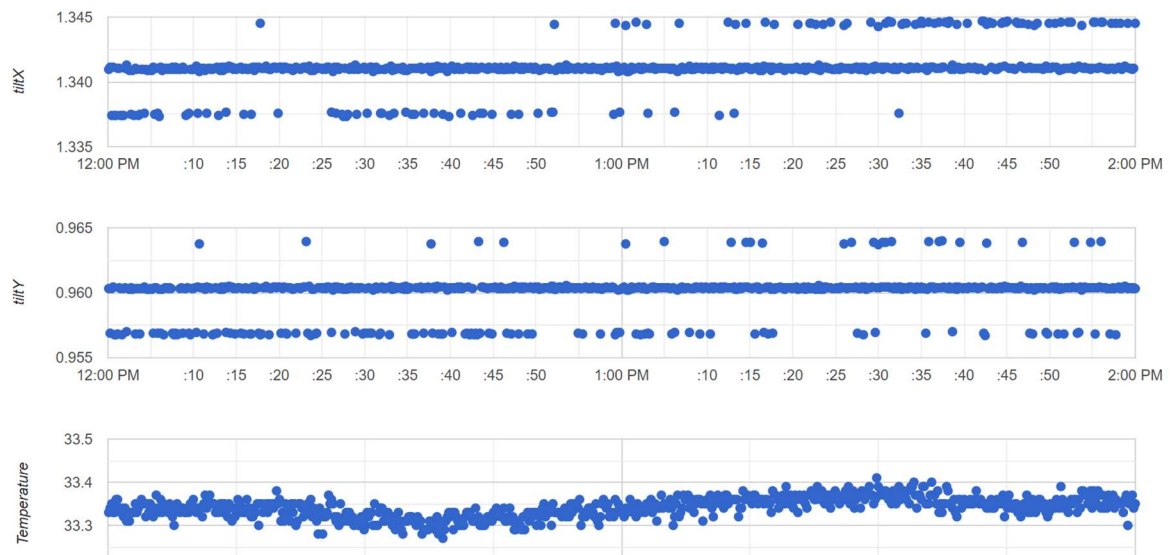
(b) 加入數位信號處理監測成果

圖 2-4 使用 Arduino Nano 33 IoT 的監測成果

資料來源：本計畫成果



(a) 原始無信號處理的監測成果



(b) 加入數位信號處理監測成果

圖 2-5 使用 ADXL-355 感測器的監測成果

資料來源：本計畫成果

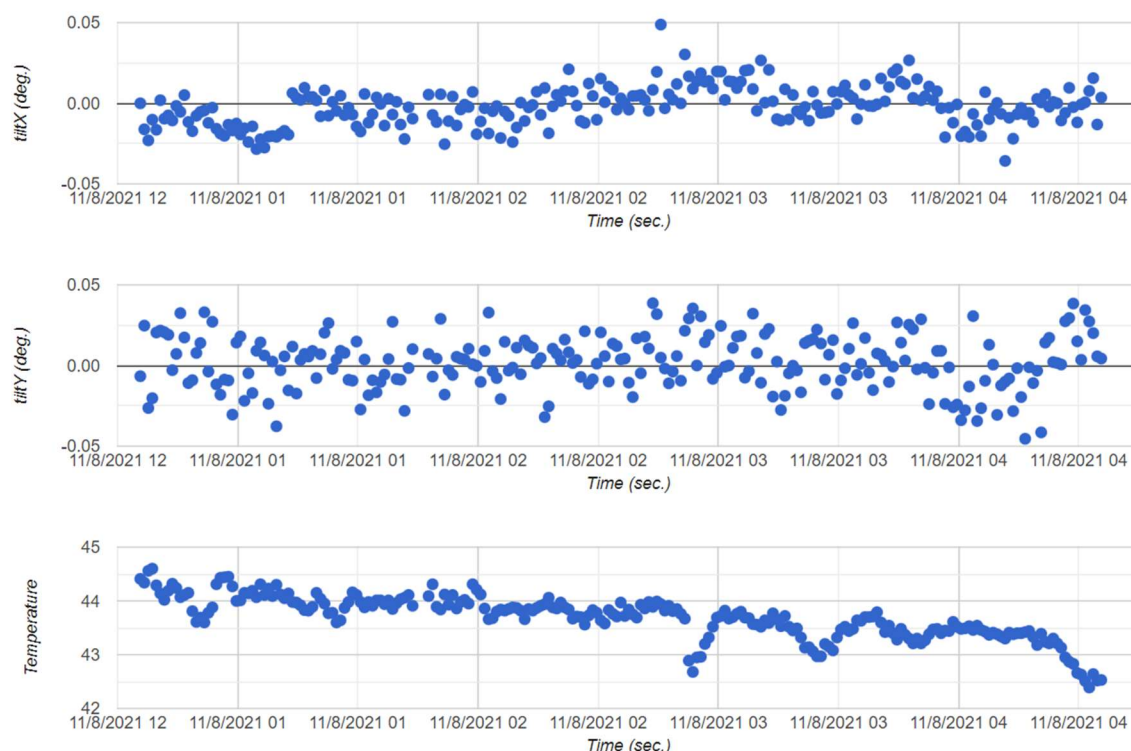


圖 2-6 使用 Arduino Nano RP2040 Connect 並使用數位信號
處理的監測成果

資料來源：本計畫成果

使用 Arduino Nano RP2040 Connect 完成的儀器如圖 2-7，其組成包含了 a) 由義大利進口的 Arduino Nano RP2040 Connect 開發板、b) MicroUSB 連接線以連接電源、以及 c) 由本計畫設計並使用 3D 列印完成的外殼，外殼設計上僅需將開發板與連接線結合後，放入下蓋中，再將上蓋按壓到底即可完成組裝，並透過機構設計在上蓋壓入下蓋後即可靠其間的摩擦力固定而不會鬆脫。最終若為考慮防水，可再使用熱縮膜/熱縮套管加以保護，但會略為增加組裝製作成本，最終總體硬體成本約新臺幣 1000 元。

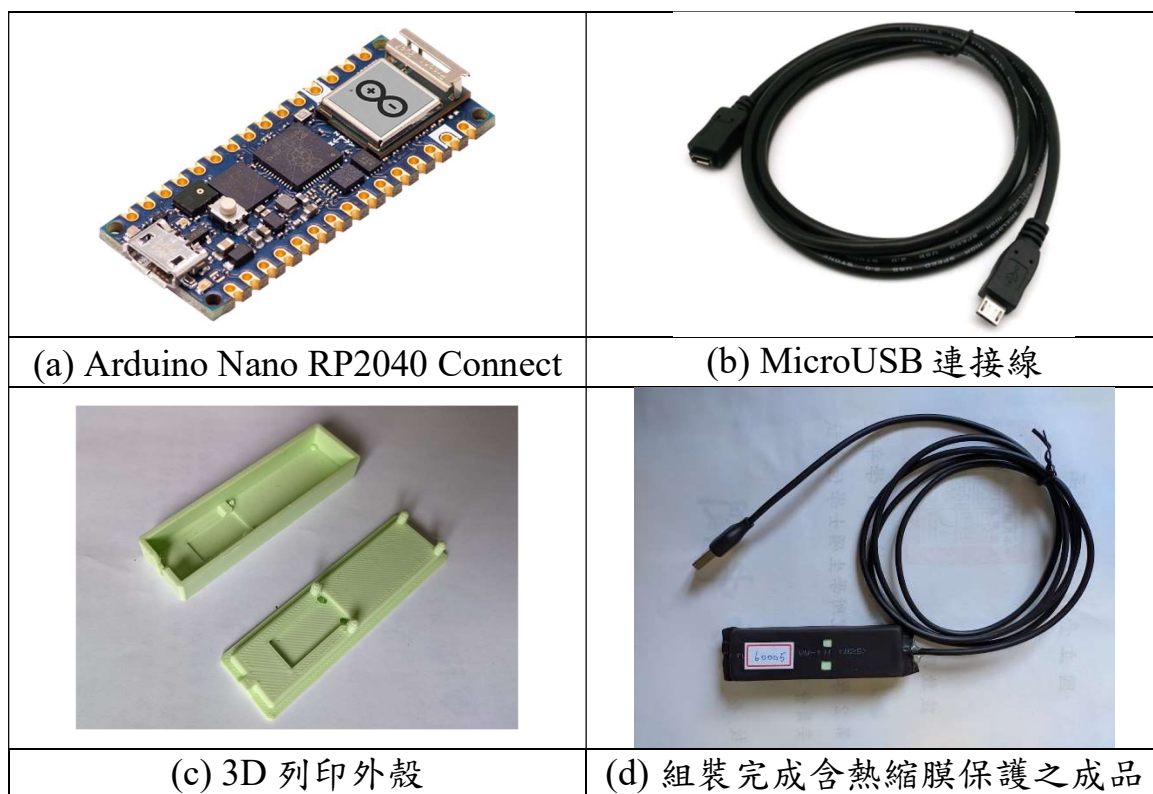


圖 2-7 使用 Arduino Nano RP2040 Connect 完成的本計畫監測儀器

資料來源：

- (a) <https://www.reichelt.com/de/en/arduino-nano-rp2040-connect-rp2040-without-header-ard-nano-rp2040-p304665.html>
- (b) <https://24h.pchome.com.tw/prod/DCACQ5-A90080IDP?fq=/S/DCACIK>
- (c) 本計畫成果
- (d) 本計畫成果

此儀器上使用 Arduino 程式執行環境以 C++ 程式語言開發，完整程式檔案列表如表 2-3。由表中可知此儀器的軟體程式分為六個部份：1) main.ino 主程式，負責儀器整體運作流程、2) config.cpp 裝置組態設定，將於後文詳述、3) myDNS.hpp 裝置組態設定期間之網路 DNS 服務，亦將於後文說明、4) status.hpp 負責燈號控制，用來讓使用者了解裝置的狀態、5) watchdog.hpp 看門狗機制，看門狗機制常用於嵌入式系統中，當裝置沒有在一定時間內去「照顧」看門狗時，看門狗就會重置 (reset) 系統，以期讓系統恢復正常運作。

表 2-3 程式檔案列表與簡要說明

./	
main.ino	Main program
config.cpp	Device configuration
monitoring.cpp	Data acquisition and processing
myDNS.hpp	DNS service during device configuration
status.cpp	LED control for showing device status
watchdog.cpp	Watchdog mechanism for reliable operations
inc/	Directory containing header files
config.hpp	Header file for device configuration
global.hpp	Header file for default parameters
monitoring.hpp	Header file for data ac. and processing
status.hpp	Header file for LED control
watchdog.hpp	Header file for watchdog mechanism

資料來源：本計畫成果

所開發完成裝置，將 USB 插入市面上標準的 USB 充電器並以膠布固定於堅硬物品表面、遠離水、人為活動與機器振動等干擾後即可完成硬體安裝。儀器上無任何可操作的開關與按鈕，所有設定乃透過無線網路完成。在儀器出廠狀態下，其本身並沒有監測現場的無線網路資訊，此時儀器會將其設定為一無線網路基地臺供手機或電腦以無線網路連接至該儀器進行設定，主要是設定其監測現場既有的無線網路之 SSID 與密碼，設定方式詳見附錄 C。設定完成後會自我重新開機並以所設定之密碼連線現場之無線網路。而不同儀器應有不同的站臺號碼，其設定流程詳見附錄 D。

此部份已根據當初計畫規劃，完成 10 個儀器的組裝與程式燒錄，並於十月份時已安裝至廬山國小，但由於發現韌體程式的缺陷未考慮到所連線的無線網路基地臺會定時重啟而導致監測資料雖已正確取得而無法回傳，目前已經所有儀器的韌體程式更新後，並預定於年底以前安裝至如表 2-4 所列的 10 個目標地點進行資料收集以實測在非實驗室環境之穩定性。

本計畫並草擬了如附錄 E 之說明書以供未來合作學校管理單位參考，其中初步評估了安裝該裝置至學校環境下所需耗費的電能約為每個月耗費 0.22 度電與網路流量 1.33MB、佔用頻寬約為 0.00000052Mbps，以說服學校單位本設備並不會對既有基礎建設帶來負擔。

表 2-4 預定安裝測試地點

場域	行政區	WGS84 座標
廬山國小	南投縣仁愛鄉	24.034691, 121.185921
廬山立體停車場	南投縣仁愛鄉	24.022659, 121.183392
清境國小	南投縣仁愛鄉	24.044680, 121.158241
仁愛高農	南投縣仁愛鄉	24.022060, 121.132668
仁愛國小	南投縣仁愛鄉	24.020821, 121.133690
南豐國小	南投縣仁愛鄉	24.000219, 121.078613
春陽國小	南投縣仁愛鄉	24.026520, 121.149559
港源國小	南投縣國姓鄉	23.927959, 120.865997
頭社國小	南投縣魚池鄉	23.837231, 120.902672
伊達邵國小	南投縣魚池鄉	23.848740, 120.934601

資料來源：本計畫成果

二、初步開發坡地防災手機 App

智慧型裝置如手機、平板電腦等已普及 10 餘年，如今可謂人手一隻且家中抽屜可能還有兩、三隻經汰換後閒置不用的舊手機。由於自第一代 iPhone 後的智慧型裝置皆內建有重力加速度感測器，其可用來量取手機本身的傾斜狀態，故本計畫擬活化利用這些裝置作為無額外成本的監測儀器。它們不但擁有前述的重力加速度計，也具有無線網路與行動網路的連網能力，因此在需要時也可以使用其行動網路的連網能力。

本計畫評估了跨平臺 App 開發技術 Apache Cordova 與 Google Flutter，兩者皆可以開發一次後即可在不同的平臺 (Android、iOS) 上運行其所開發的 App。但在評估後，本計畫認為由於此兩技術皆無法開發背景運行的程式，亦即使螢幕是關閉的或是在運行使用其它 App 時，背景運行程式仍會持續執行以讀取感測器資料以決定坡地的狀態，因此並不適合用於開發本計畫欲開發的 App。

由於跨平臺開發技術並無法滿足本計畫之 App 需為於背景運行之需求，故本計畫仍使用 Android 原生的 Java 技術進行 App 的開發，並達到以下功能：1) 定時讀取重力加速度感測器資料並進行信號處理、2) 完成信號處理的資料與手機當下的電池電量透過網路送至中央伺服器、3) 前述功能可在背景運行。其中最困難的部份實在於背景執行這部份，Android 作業系統為了讓手機在無外部電源的情況下能最大化運行時間，而在作業系統中對於背景運行 App 設下重重限制以最小化電能消耗，其被稱為瞌睡待命模式 (doze standby)。因此開發 App 時必需能開啟適當權限並遵守散布在 Android 開發文件中各處的規範，始能開發出能在背景正常運行的 App 並取得感測器的讀值。

結合以上三者功能之 App 分別在如表 2-5 所列三款不同版本的 Android 作業系統下進行測試，其中兩款可正常運作，無論手機當是否有被使用、螢幕是否亮起，每分鐘成功將資料回傳中央伺服器，但在 HTC U12 Life 上，目前仍無法達到定時回傳資料的目的。如圖 2-8，在 HTC U12 Life 上本計畫之 App 執行的頭一小時可在預定的一分鐘間隔回傳資料，但接下來應是 Android 的省電機制，分別間隔了約一小時、兩小時、四小時、與六小時才有回傳資料，這部份實符合了 Android 技術文件中對於如圖 2-9 所描述深度睡眠時的行為。但由於本團隊在開發

時已遵從官方文件的規範方式以能在深度睡眠期間醒來進行量測，而在其它兩隻手機上確實也已成功地每分鐘回傳的目的，因此針對 HTC U12 Life 若有必要時可能需要投入更多努力。

表 2-5 所開發 App 在三款不同世代 Android 手機上測試結果

手機廠牌與型號	作業系統版本	測試結果
HTC Desire 21 5G	Android 10	OK
Sharp AQUOS V	Android 9	OK
HTC U12 Life	Android 8	Not OK

資料來源：本計畫成果

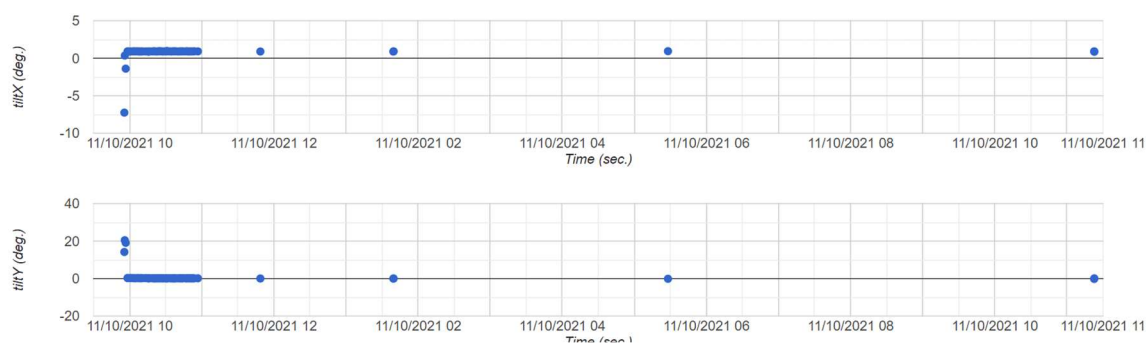


圖 2-8 在 HTC U12 Life 上實測資料回傳的結果

資料來源：本計畫成果

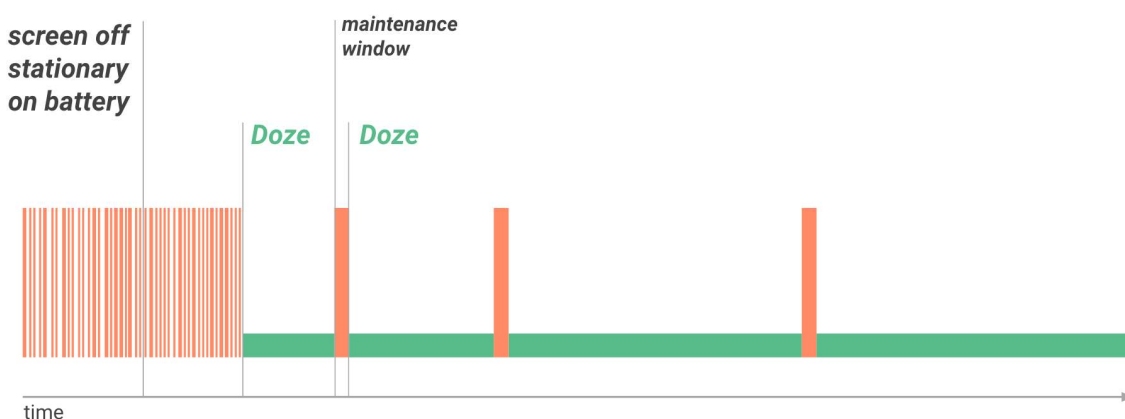


圖 2-9 Android 6.0 開始的瞌睡待機模式 (doze standby mode) 機制

資料來源: <https://developer.android.com/training/monitoring-device-state/doze-standby>

圖 2-10 至圖 2-12 為表 2-5 中每隻手機的部份擷取資料換算出的傾斜角度，主要想要了解在靜止狀態下由手機得到的傾斜資訊的品質，以作為其未來是否能利用的探討依據。表 2-6 則整理了由圖 2-10 至圖 2-12 觀察之雜訊跳動結果，其中可看到其品質相仿甚至優於表 2-2 整合型開發板的結果，甚原因可能為根據 Android 作業系統文件中，其有針對重力感測器作低通濾波訊號處理，因此由手機取得的成果為進行了兩次信號處理的結果，也代表本計畫在低成本所開發的韌體還仍有進步的空間。

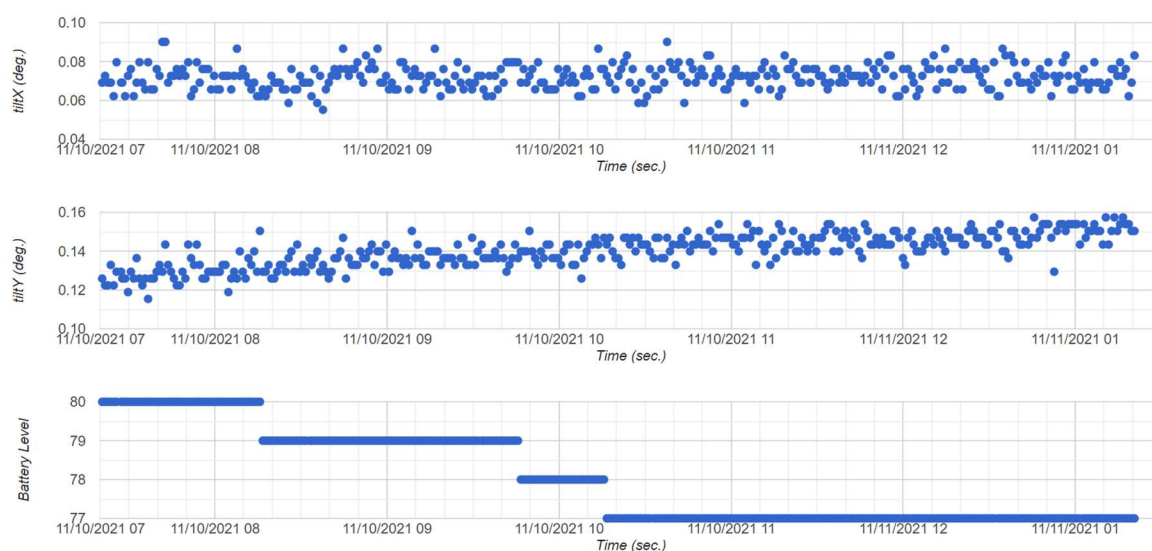


圖 2-10 HTC Desire 21 Pro 5G 監測成果

資料來源：本計畫成果

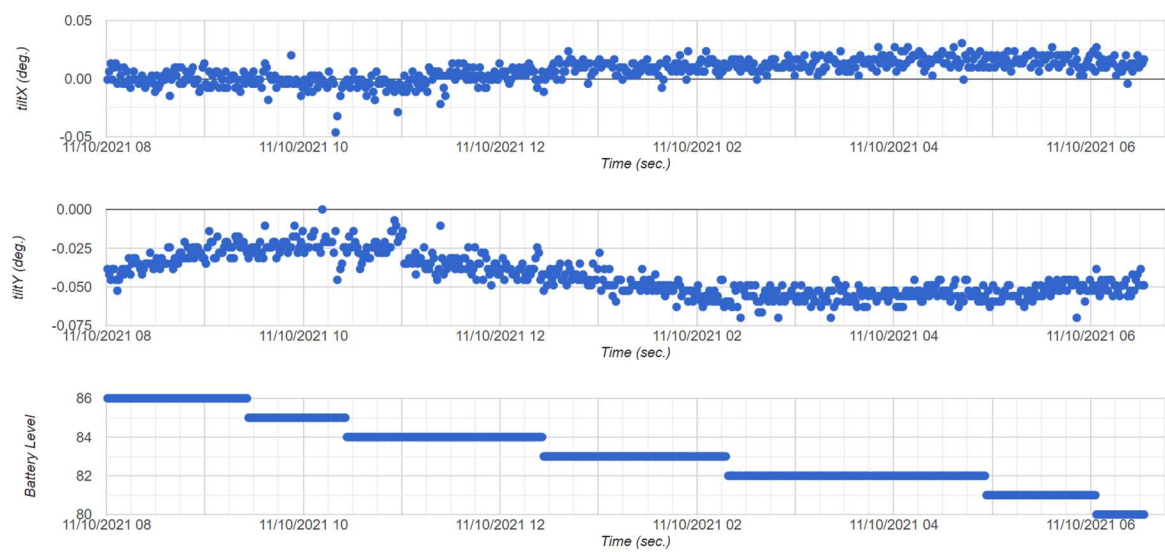


圖 2-11 Sharp AQUOS V 監測成果

資料來源：本計畫成果

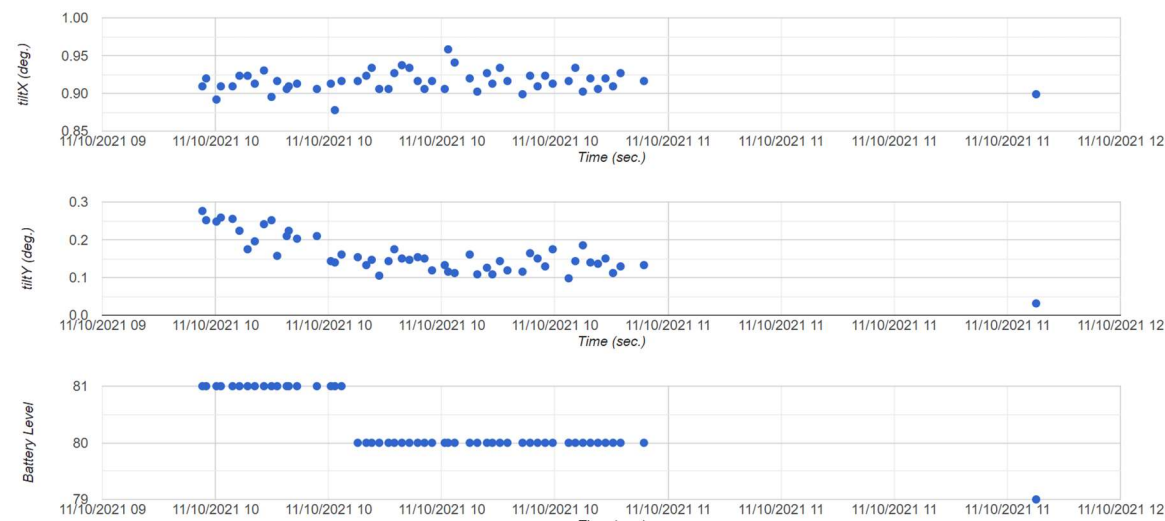


圖 2-12 HTC U12 Life 監測成果

資料來源：本計畫成果

表 2-6 以手機 APP 擷取手機重力加速度計換算傾斜之評估成果

手機	HTC Desire 21 Pro 5G	Sharp AQUOS V	HTC U12 Life
感測器廠商	TDK/InvenSense		Bosch
感測器型號	ICM40607	ICM40605	BMI120
最佳理論角解析度(度)	0.0625	0.0625	0.0625
信號處理後雜訊跳動	$\pm 0.01^\circ$	$\pm 0.01^\circ$	$\pm 0.05^\circ$
雜訊頻譜密度($\mu g / \sqrt{Hz}$)	110 (@10Hz)	100 (@10Hz)	180
資料來源：本計畫成果與各感測器規格書，其中 BMI120 無法由原廠找到該型號，故以 BMI160 規格為準。			

資料來源：本計畫成果

而由評估結果來看，使用舊手機作為傾斜狀況的量測有其可行性，由其感測器規格來看，理論上應該可感知 0.0625 度的角度變化，但由於手機作業系統中針對感測器的設定無法確切得知，故實際上的角解析度可能必需透過未來精密的校正測試方能得知。

而以前述之 Sharp AQUOS V 這隻手機，其之前使用了一年多，其電池已有衰老的現象，早上充飽電後正常使用，大概至傍晚時已剩不到 20% 的電量。但將其轉變為監測使用，使用 WiFi 每分鐘傳送一筆監測資料，尚能連續監測 6 天左右。在此使用情境下時，可能降低監測頻率並外接一大容量行動電源，有望可達到每個月僅需更換一次行動電源的可能性。

此部份所完成 App 如圖 2-13，其中使用「監測開關」來控制是否進行監測資料的收集，且在監測期間監測頻率是無法進行修改的。待監測關閉後才可調整監測頻率（最低 1 分鐘、最高 15 分鐘），並在開啟監測後進行監測。

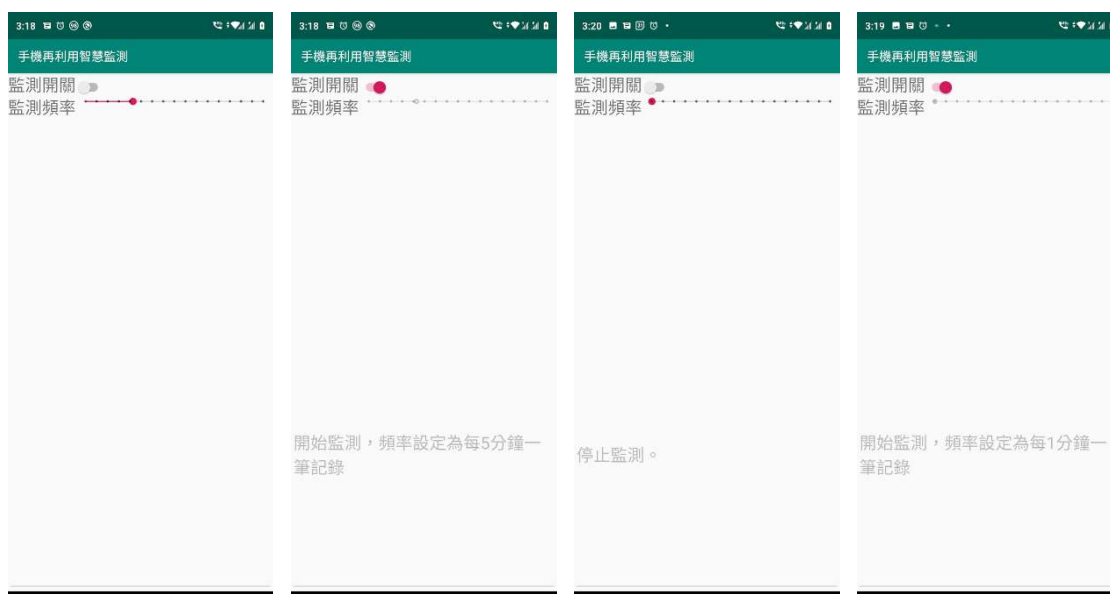


圖 2-13 智慧監測 App 使用畫面

資料來源：本計畫成果

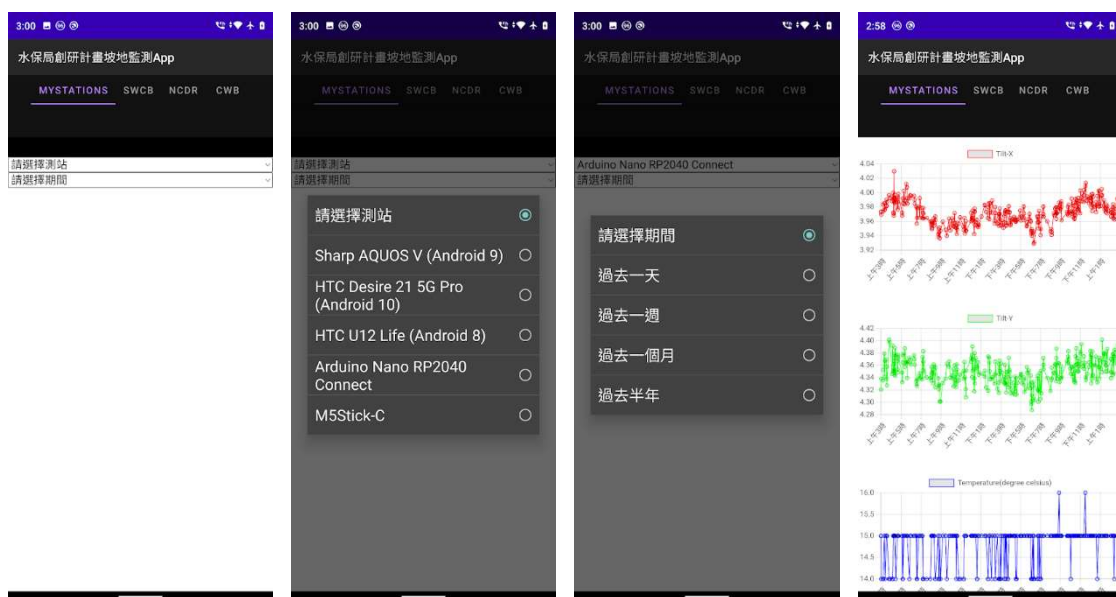
三、App 加入所在區域坡地防災數據與其呈現

在本計畫申請階段，提出「為使所開發 App 更具實用性，除能將手機感測資訊上傳中央伺服器外，亦將 App 加入各政府單位如中央氣象局、水保局、與國家災防中心 NCDR 提供之氣象、雨量、土石流、以及公開示警訊息給與使用者，使所開發之 App 能提供多樣的防災相關資訊，以提升其實用性與使用者使用本 App 之意願」。當時的設定為使用者可以拿個人使用的手機作為量測儀器，每日至定點進行該點位的傾斜度量測，以取得量測點位的傾斜度。但在進行手機測試時發現，手機上的電子羅盤精確度並不高，無法作為精準方位調整的依據，若手機放置的位態改變，也可能影響該定點傾斜變化趨勢的判讀。故本計畫建議調整將 App 拆分為二，一為針對淘汰下來的手機使其轉變為零成本的監測儀器，如圖 2-13 所示；另一 App 則用來展示屬於使用者的監測數據，並結合政府公開資料所提供的相關防災資訊加以匯整，

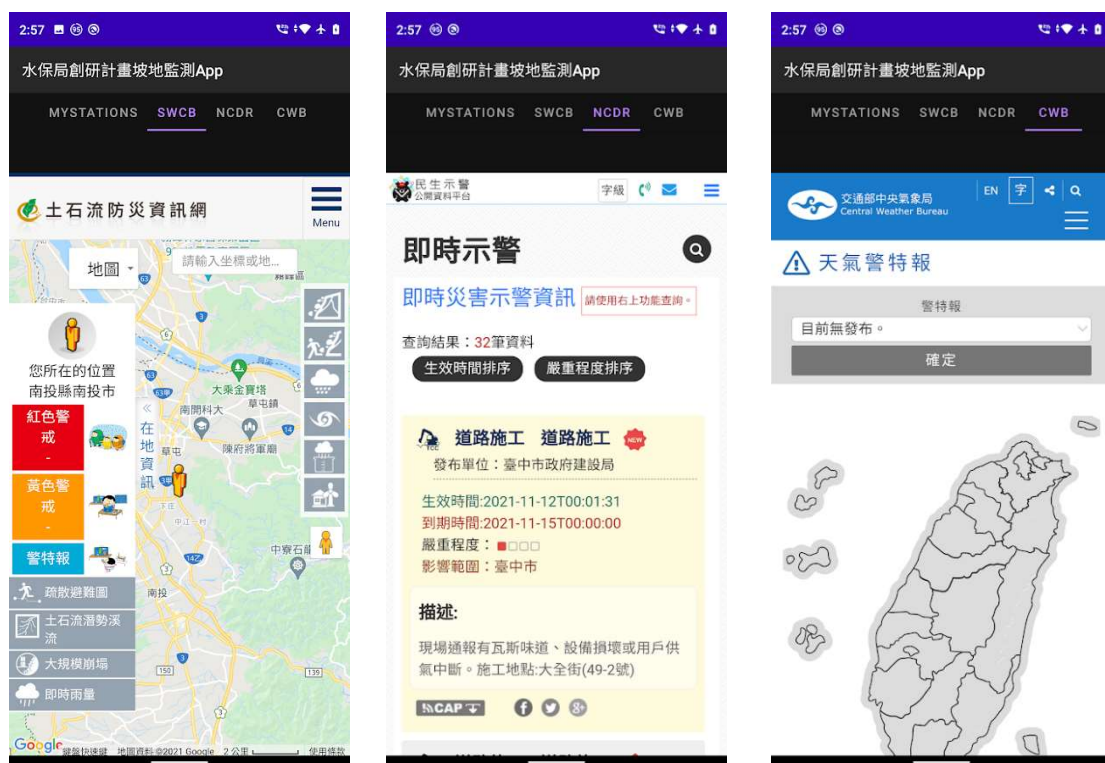
以提高此 APP 的實用性。

此部份目前已完成之 APP 如圖 2-14，其主要功能即為資訊的匯整，所匯整資訊包含 a) 個人貢獻的感測器資訊查詢、b) 行政院農委會水土保持局所維護之土石流防災資訊網、c) NCDR 民生示警公開資料平台所提供之即時示警、以及 d) 中央氣象局所提供之天氣警特報等。在原計畫中本擬使用各平臺所提供之應用程式界面(Application Programming Interface, API)，擷取其原始資料，但計畫執行中發現各平台已將其資料設定優良的展示介面，並已針對行動裝置作良好的設計，故本 APP 直接透過內嵌的方式，將各平台展示介面嵌入於 App 中，方便使用者快速於不同平台獲取相關資料。

此第二個 App 主要使用 Android 中的 WebView 元件，其為一嵌入在 App 中的網頁瀏覽器，用來展示網頁內容。因此前述各分頁的內容，實為透過網頁技術所建構存放在中央伺服器或各公開平台伺服器上的網頁內容，而非使用原生 Java 所開發的內容。採用此設計的好處是：可降低 App 更新的頻率與困難。過去 App 常會因 Android 作業系統的升級，由於部份 API 被更新而造成不穩定，此時 App 程式需改寫以適應新升級或更新作業系統。而此 App 的分頁與各分頁的內容可在中央伺服器上更新即可，App 開啟時會連絡中央伺服器以決定目前有那些分頁、以及各分頁應展示或連結的內容，故 App 內容的更新僅需於中央伺服器完成即可，而無需在 Android 的 Google Play 商店更新 App 或重新上架。



(a) 監測資料查詢



(b) 土石流防災資訊網 (c) 民生示警公開資料平台即時示警 (d) 中央氣象局所提供之天氣警特報

圖 2-14 智慧監測 App 使用畫面

資料來源：本計畫成果

四、研擬適當的遊戲元素於前述 App

原於計畫申請時此部份內容為「為進一步刺激使用者願意主動地使用本計畫所開發之坡地防災手機 App，本計畫擬將遊戲元素(如成就、關卡、積分、電子寵物等)融入所開發之 App，以提升民眾主動積極使用此 App 之意願，進而使所開發系統能收集大量的數據，以進而促成提供有效可靠分析之可能。」當初的構想實著眼於刺激民眾開啟此 App 以進行坡地資料的量測，始能得到大量的數據，進而促成提供有效可靠分析之可能。而在期中後由於認為一個使用者帶來帶去的手機無法可靠精準地以相同位態放置於量測點上，因此所量測數據將無法進行趨勢的評估。故決定將原始一個 App 拆分為二，一個 App 專注於資料的收集與上傳(2.2 節)、另一個 App 則著重於監測資料的呈現與防災資訊的匯整(2.3 節)。

而由於前述的改變，本計畫之遊戲元素將專注於如何刺激使用者願意 a) 安裝 2.1 本計畫所開發之簡易智慧型坡地災害感測器與 b) 使用自己淘汰掉的手機安裝 2.2 節所開發之手機再利用智慧監測 App。無論是安裝感測器或是安裝手機於 App 上，統稱為裝機貢獻。而所安裝機器或 App 上傳資料，則稱為資料貢獻。

本計畫建議由以下形式來達成前述刺激的目的：

1. 個人貢獻排行榜：單純以使用者裝機貢獻或以資料貢獻進行排行，然畢竟每個人所能貢獻的數量是有限的，而且過一段時間後此排行榜可能呈現停滯的狀態。因此需要更多方式來刺激群眾貢獻。
2. 團隊貢獻排行榜：讓使用者自行組隊，並以團隊裝機與資料貢獻分別進行排行榜。此為以同儕團隊合作的形式來刺激群眾作出貢獻。
3. 行政區貢獻排行榜：類似於團隊排行榜的概念，但是以行政區（鄰、

里、鄉、鎮、市、縣) 等自動將使用者貢獻歸至各層級行政區，再以行政區排行榜的方式刺激群眾作出貢獻，屆時甚至可能出現里長動員、村長動員民眾作出貢獻。

4. 虛擬貨幣系統: 使用者每作出各類貢獻，即可獲得虛擬貨幣。例如每裝一台簡易智慧型坡地災害感測器可獲得 5000 元、每裝一個 App 可得 2000 元。每貢獻一筆資料可獲得 5 元；每介紹一新人作出貢獻可獲 1000 元；登上排行榜前三名可得 500 元。並可以虛擬貨幣向水保局購買簡易智慧型坡地災害感測器以作出更多貢獻，又或未來可以發展虛擬市集，可以用虛擬貨幣來買賣虛擬寶物、虛擬商品。
5. 大富翁排行榜: 可以個人、團隊、行政區所擁有的虛擬貨幣進行排行。

五、初步開發中央伺服器軟體

本計畫需中央伺服器以及其系統軟體，其除收納民眾手機所上傳的資訊、防災相關的推播資訊外，將自動化地分析研判所收集資料以轉化為災害潛勢，並以地圖方式將所收集到的數據資料與研判結果以圖形化的方式呈現於地圖上，以協助使用者能以簡易地方式消化所收錄的資料。

本計畫最終採用 MongoDB 作為資料庫管理系統，MongoDB 為文件導向的資料儲存方式 (document store)，與傳統的關聯式資料庫不同。傳統關聯式資料庫以資料表、資料表的每一列為一筆資料或一筆記錄，一筆資料則有多個欄位可以儲存資料，每個欄位的資料型態必需事先定義好，其稱為資料綱要 (data schema)。關聯式資料庫的階層為資料庫→資料表→資料欄位，MongoDB 的階層則為文件集合 (collection)→文件，一份文件則由鍵值對所組成，但值的部份可能為單值、陣列、物件。

本計畫所設計 MongoDB 資料庫由 users 和 data 兩個集合儲存資料，其中 users 集合負責儲存使用者相關的資料，data 集合負責儲存監測資料。個別集合中的文件格式如表 2-7 所列，MongoDB 中的文件常以 JSON 格式物件表示。而 MongoDB 與傳統關聯式資料庫相比，可能最大差異在於其格式自由，在同一集合中的文件格式不必相同，因此給予程式撰寫人員極大的便利性，比較容易逐步依需求修改集合中所儲存的文件格式。

中央伺服器目前架構以 UML 佈署圖表示如圖 2-15，其中由於資料量不大，因此將 MongoDB 運行於同一台伺服器上。未來規模擴展時可將其獨立運行於一台或多台伺服器上 (資料量大時，MongoDB 支援橫向擴展，以網路串連的伺服器擴充其能力)。

圖 2-15 中 DataReceiver 為使用 Node.JS 運行環境所撰寫的資料接收程式以收取手機或簡易智慧型坡地災害感測器所傳送的資料。程式簡要列表如表 2-8，其中 parse 函式負責將接收的 UDP 封包解析為資料物件、databaseSave 函式負責將解析完的資料物件儲存至 MongoDB 資料庫。

圖 2-15 中 DataServer 為運行於 Apache/PHP 環境下的資料服務程式，其提供 WebAPI 供第三方程式介接本計畫所能提供的公開資料。目前僅服務圖 2-15 中 AppServer，將感測資料傳送至 2.3 節的 App 顯示。AppServer 則為 2.3 節所提及，用來傳送 App 內應呈現的資料至 App 的服務。

最終的 WebApp 初始畫面如圖 2-16，其主要功能為在地圖上展示各監測點的預警與監測資訊。其以 Leaflet.js 作為地圖介面的呈現，其右上角透過滑鼠點擊可切換使不用的底圖樣式: 1) Open street map，與內政部國土測繪中心國土測繪圖資服務雲所提供的 2) 臺灣通用電子地圖、3) 臺灣通用電子地圖正射影像 (航照混合)、4) 臺灣通用電子地圖正射影像。並以相同的操作方式在底圖上附加混合不同的圖層: 縣市界、鄉鎮區界、村里界、監測點 (詳細)、與監測點。由以上可知所提供的 WebApp 可高度客制化其呈現方式，其中監測點僅是將監測儀器所在位置以圓點加以標示，監測點 (詳細) 將於後文加以說明。

由於本計畫所開發的監測方式 (低成本監測儀器、智慧型手機) 所能量測到的傾斜精準度不若傳統監測儀器，因此不建議以其量測值直接作為管理的參考，而建議以所量測的長時間觀測作為管理的依據。因此本計畫建議在中央伺服器上，每天定期在伺服器上更新各監測點以一天、三天、七天監測數據進行線性迴歸，並以其迴歸直線的斜率

代表監測地點的傾斜速率，再參考如土石流防災資訊網所整理的應變管理值如 5sec/日或 50sec/日[6]作為警戒值或行動值的標準。

在 WebApp 的使用上，其操作與 Google Map 相同，透過壓住滑鼠按鍵 (左鍵、右鍵、或中鍵皆可) 進行拖拉可以拖拉地圖以觀看不同的區域或範圍。滑鼠停留在監測點上時，會自動帶出該監測點的計算出的管理值資訊，如圖 2-17。透過滑鼠滾輪可以縮放觀察範圍的大小，而當觀察的範圍縮小至一定程度後，本系統會自動切換「監測點」圖層至「監測點(詳細)」，使得監測點能呈現出比位置更多的資訊，如圖 2-18，其監測點的呈現方式將於後說明。

在監測點(詳細)圖層，如圖 2-18 所示，每個監測點是以三個同心圓(環)呈現之，如圖 2-19，其由內到外分別對應到一、三、七天傾斜速率所對應到的管理值狀態的顏色。例如，傾斜速率<5sec/日對應到綠色(綠燈)、傾斜速率介於 5sec/日與 50sec/日對應到黃色(黃燈、警戒值)、傾斜速率超過 50sec/日對應到紅色(紅燈、行動值)，如此使用者可以直接在地圖上看到本計畫認為重要管理值而不需要看到詳細的監測資料。若使用者真的想要看到完整詳細的監測資訊，則可以在地圖的監測點上以右鍵點擊，則可以另外開啟另一視窗以展示該監測點完整資料，如圖 2-20。

表 2-7 MongoDB 資料庫設計

Users Collection
<pre>{ uid: 284789823791, username: 'ymhsieh', password: 'password', name: '謝佑明', }</pre>
Data Collection
<pre>{ sid: 837249839234, uid: 284789823791, location: [24.034691, 121.185921], type: 'mobileApp', data: [[1635913892, -0.0082403590274136, -0.009766485623071, 4429], [1635913852, -0.0082403590274174, -0.009766485624025, 4430], ...], battery: 100, }</pre>
Feature Collection
<pre>{ sid: 837249839234, uid: 284789823791, tiltRate: [5, 2.7, 7.4, 0.2, 0.1, 0.02] }</pre>

資料來源：本計畫成果

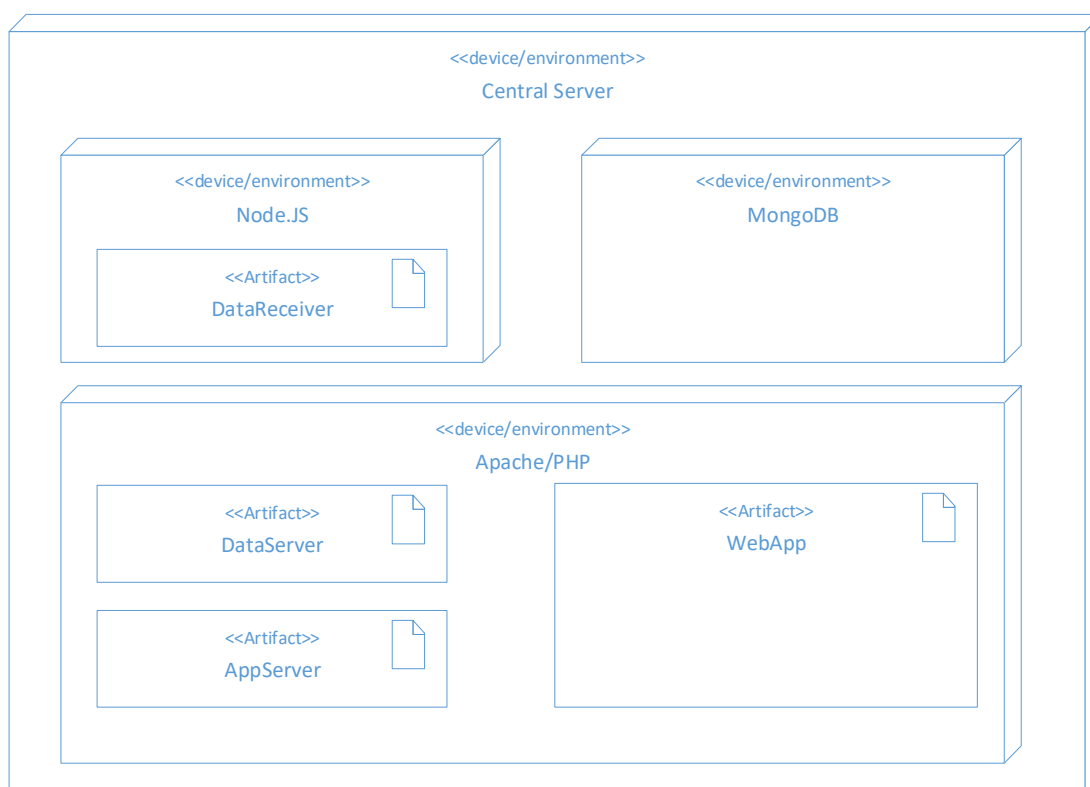


圖 2-15 中央伺服器系統架構

資料來源：本計畫成果

表 2-8 Node.JS 資料接收程式主要流程

```
var dgram = require('dgram');
var server = dgram.createSocket('udp4');

server.on('message', function( msg, rinfo ) {
  let info = parse( msg, rinfo );
  databaseSave(info);
});
server.bind(44444);
```

資料來源：本計畫成果

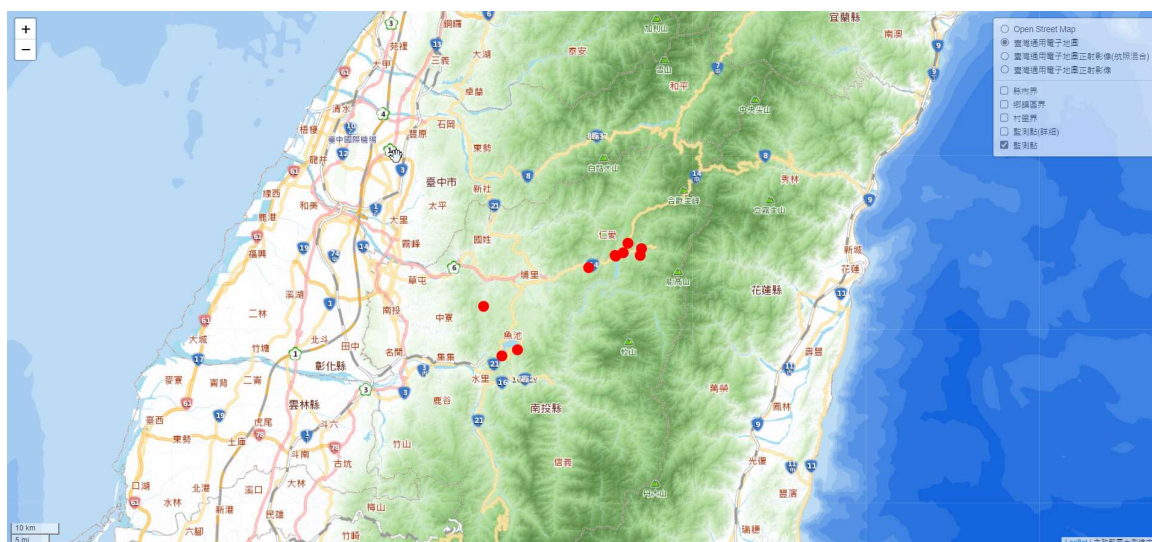


圖 2-16 本計畫所開發的中央伺服器使用者使用的網頁介面初始畫面

資料來源：本計畫成果



圖 2-17 滑鼠停留在監測點上時，可呈現較詳細資訊

資料來源：本計畫成果

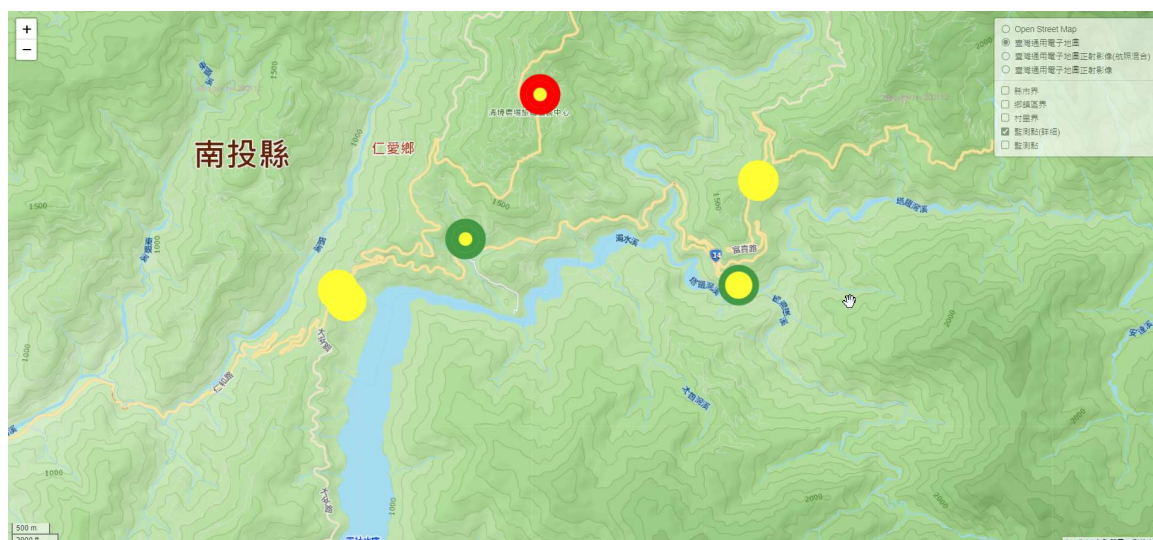


圖 2-18 區域縮放層級時，會自動切換至監測點(詳細)圖層

資料來源：本計畫成果

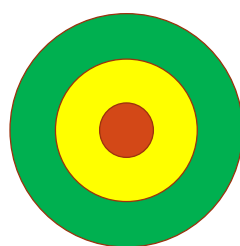


圖 2-19 監測點詳細資訊以三同心圓方式

呈現一天、三天、七天的傾斜速率

資料來源：本計畫成果



圖 2-20 滑鼠停留在監測點上並以右鍵點擊時，可完整呈現監測資訊

資料來源：本計畫成果

第三章 預期工作效益

本計畫預期工作效益整理於表 3-1。

表 3-1 本計畫預期工作效益

項目	數量	說明
科技創新	2 項	新的坡地防災 App 新型智慧型低成本坡地災害偵測裝置
學術成就	1 項	擬將本計畫成果整理投至資訊於防災或大地相關領域期刊發表。
社會效益		將所開發之 App 開放全民使用，以喚起民眾參與坡地災害防範之意識；並將所開發儀器投放至全省坡地聚落、社區、或中小學，以期能為減少坡地災害盡一份心力。
環境效益		促進回收再利用智慧型手機，減少「科技垃圾」，並進一步達到防範坡地災害造成之環境衝擊與影響。

參考文獻

1. 謝佑明(2020), “應用 IoT 與 MEMS 於坡地監測系統之開發經驗分享”, 土木水利 47 卷 1 期 (20200201) · pp. 70-78。
2. 彭信華 (2009), ” 應用三軸加速規於建物傾斜量測之設計與驗證”, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
3. 王煒剴 (2013), 「以數位式三軸加速規建構傾斜儀之設計與評估」, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
4. 彭敬鈞 (2016), 「三軸加速規於橋梁結構安全監測系統之研究」, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
5. Yo-Ming Hsieh, Kuo-Lung Wang (2016), "A Low-Cost Slope Monitoring Device Using Off-The-Shelf Components", Proceeding of the 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2016), pp. 254 - 261, Jul. 6 - 8, 2016, Osaka, Japan.
6. 行政院農業委員會水土保持局(2022), "土石流防災資訊網", URL:https://246.swcb.gov.tw/Landslide/Landslide_AlertValue

附錄

附錄一、期初審查意見與回覆

1.	本計畫擬完成至少 10 個簡易智慧感測裝置之具體規格及功能為何？如何應用及與手機 APP 相連接，應補充說明。
	[回應]感謝委員意見，由於本計畫規劃上初期需先評估市面上可取得感測器與開發板的規格，是故計畫初無法明確說明裝置具體規格。此部份將於期中報告補充說明之。 而在本計畫規劃之初，此感測裝置主要為進行定時監測並回傳感測資料，並無與手機 APP 相連接的需求。手機 APP 的功能有二，一為將手機轉為一監測裝置上傳其自身的感測資料，其次可展示本計畫建置平台所收集的防災資訊。
2.	承上，各感測器之接收訊號與物理量應加以驗證，才能發揮實際防災、避災功效。
	[回應]感謝委員建議，本計畫期末時將展示此部份成果。
3.	本計畫預定開發智慧型簡易坡地災害感測器計畫，主要以數位式加速計，且以民眾家中之 WiFi 及電源上傳資料，另外開發坡地防災手機亦以手機之三軸向的重力加速度計為手機本身之傾斜狀態，惟住家或手機之加速狀態與坡地災害有何關聯？
	[回應]如審查意見 5 所述，本計畫擬將三軸向量測的重力加速度轉換為傾斜度，以了解裝置所在處有無傾斜的發生，並透過長時間傾斜量的監測以作為坡地災害發生的可能徵兆。
4.	本創新計畫提出以智慧型手機與低成本物聯網裝置進行長時間的資料收集以輔助收集坡地防災資訊，期能以低成本的方式提升坡地防災資訊的收集密度。立意良好，也頗有創意。
	[回應]感謝委員肯定。
5.	唯執行前應細思幾個關鍵問題：究意要收集的坡地防災資訊為何？目前看起來是由三軸加速度計轉換成傾斜度，推論是否發生坡地災害。如果是如此，那是必須在發生災害後，且位於災害點，才有可能量到顯著的傾斜角度變化，但也為時已晚，且有可能儀器本身受到坡地災害的破壞，根本傳不回訊號了。若期望不在災害區位，裝置在附近也

	能量到傾斜度的變化，試問坡地災害發生後，可以導致附近位置，例如 500 公尺，1000 公尺，多少的傾斜角度變化？目前手機的三軸加速度計換算出來的數據，精度夠嗎？
	[回應]感謝委員提點。就目前測試(如圖 2-4~圖 2-6、表 2-2)看來，儀器的解析度極高，可量測到 0.01 度或更小的角度變化，本計畫期能從如此小的角度變化得知坡地災害發生的潛勢。而本計畫設定的保全對象為民眾所居住的房舍，故只要將儀器安裝在房舍內，即可得知其傾斜狀態是否有發生改變，以了解其是否受到坡地災害的影響。但主持人也同意委員的問題，若今天影響到房舍安全的，是來自於離房舍較遠處的塊體(e.g. 小林村案例)，本計畫提出的設備是無法提供幫助的。手機的三軸加速度讀值的傾斜精準度大約會落在表 2-2 中 M5StickC 與 Arduino Nano 33 BLE Sense 之間，至於是否足夠主持人目前沒有答案。本計畫所思考的保全對象為民眾之住家或工作地點，並假設所在坡地環境不會產生脆性破壞(突然且毫無事前徵兆的破壞)，因此若所開發儀器能有高靈敏度與精度時應能偵測到坡地災害的事前徵兆，但其與坡地特性(岩坡?土坡?深層?淺層?是否有明顯弱面存在?)有著密切關係。
6.	應用 IoT 的裝置時，最大的挑戰就是電力續航與訊號傳輸，目前所列的幾個方案，並沒有精算未來實際部署時，究竟可以工作的時間和範圍為何?也沒有以電子元件組成的儀器，在惡劣的坡地環境中可以耐受的度?如果把儀器的故障、維運的人力、電池的損耗、通訊的費用都加上，是否還算得上「低成本」?
	[回應]感謝委員提點。於期中報告 1-1 頁中已增加文字說明，本計畫之 IoT 裝置或回收利用的智慧型手機主要設定安裝於居家或工作所在處，使用現有室內環境既有的無線網路與電源，是故並無電池損耗與通訊費用。另由於設定上儀器安裝於室內居家或工作環境，故所在環境不若真實坡地環境般惡劣。另主持人過去經驗，若儀器安裝處有適當的儀器箱配置，其實電子元件並沒有想像中那麼不耐用，過去裝設幾個由單板電腦配合微機電感測器的儀器經過四、五年仍然能正常運作，其中較常故障的是記憶卡，其原因是該儀器乃 200Hz 取樣頻率讀取振動資料，並寫入記憶卡以長期保存供研究使用，而記憶卡的壽命主要取決於寫入次數，故該元件為較常故障的部份，而本次計畫所提出的儀器也無考慮加裝 SD 記憶卡，故本人對於儀器的

	耐久性保持樂觀的態度。 節錄 1-1 頁中相關文字供委員參考： 「其中物聯網裝置目標為量測居家或工作所在處的傾斜狀態或特徵 (e.g. 震動)，為能降低其成本，故設定其將利用所安裝環境現成的 WiFi 無線網路環境與 USB 供電，如此在其設計上可節省掉傳統監測儀器 3G/4G 網路模組的硬體費用、通訊成本、與供電電源轉換模組的成本。」
7.	請於後續報告中，詳述開發的 APP 要量測甚麼樣的物理量？其精度、靈敏度等應該都要有說明與預期的目標。
	[回應]感謝委員提醒，本計畫目前規劃量測為透過手機內建之三軸重力加速度計轉換為傾斜角度 (詳細方式見參考文獻 2)，本計畫測試的開發板或感測器的理論精度或靈敏度已說明於表 2-2，而手機 App 能達到的應介於表 2-2 中 M5StickC 與 Arduino Nano 33 BLE Sense 之間，但是否足夠主持人目前沒有答案，未來將嘗試透過文獻收集或案例資料等嘗試探討預期目標。
8.	各種量測數據，應該有測試校驗的數據供系統分析
	[回應]感謝委員提點，未來會在適當時機器嘗試進行校驗。
9.	接收外部資料要如何呈現？建議導入 UX/UI 的設計，提高使用意願。
	[回應]目前來自氣象局與 NCDR 的外部資料多為文字敘述的警訊 e.g. 「水利署訊:雲林縣斗六市淹水一級警戒(斗六站 1 小時雨量 65.5mm),如持續降雨轄內易淹水村里及道路可能已經開始積淹水(如：斗六市-虎溪里,公正里,公誠里,社口里,溪洲里,榴北里,三平里,久安里,中和里,太平里,江厝里,林頭里,長平里,長安里,信義里,湖山里,鎮西里,鎮南里)，建請即時進行淹水通報及應變，低窪地區及道路請特別注意防範積淹水。」，故可能僅使用文字呈現。未來如果有適當的數值資料，會使用圖形方式呈現之。
10.	建議有情境設定，理出 APP 使用的流程及架構
	[回應]感謝委員提點，在接下來的計畫執行時，會有 1)坡地居民、2)巡勘人員等兩種角色設定來研討其使用情境。
11.	建議考慮 APP 系統的營運模式，會比設計遊戲元素來得重要
	[回應]感謝委員建議，未來計畫執行時會嘗試思考此重要

	問題。
12	後台的伺服器，收整了手機端的資訊，要怎麼呈現？
	[回應]感謝委員提問，手機端目前僅提供其量測的傾斜資訊，目前規劃將不同時間相同手機(假設於相同地點收集資訊)的資訊以 X-Y 散佈圖，橫軸為時間、縱軸為傾斜度(如圖 2-4)展現，以協助使用者了解該地點傾斜程度的變化。
13	各項資安規劃、壓力測試等，都應在系統開發時同時導入。
	[回應]感謝委員建議，但考量到目前所能投入的資源與待完成的事項，目前尚無法考慮資安規劃與壓力測試，但在資訊系統安全性上的設計原則會儘量參考。
14	有關簡易坡地災害感測器擬使用民眾手機充電器及家中 WiFi 作為電源及通訊來源，如距保全對象太近，是否能提供足夠預警時間？如距離遠，電力及通訊是否可正常運作？
	[回應]感謝委員提點，本計畫所思考的保全對象為民眾之住家或工作地點，並假設所在坡地環境不會產生脆性破壞(突然且毫無事前徵兆的破壞)，因此若所開發儀器能有高靈敏度與精度時應能偵測到坡地災害的事前徵兆。
16	崩塌、地滑、土石流等不同坡地災害型態，其監測重點不同，監測設備之配置方式亦有差異，本計畫宜先釐清目標，並明確提出配置構想。
	[回應]感謝委員指教，的確不同坡地災害型態的監測重點並不相同，但本計畫的重點在於「民眾參與」，因此本計畫所思考的保全對象為民眾會關心的個人住家或工作地點，並假設所在坡地環境不會產生脆性破壞(突然且毫無事前徵兆的破壞)，因此若所開發儀器能有高靈敏度與精度時應能偵測到坡地災害的可能徵兆後，再針對可能的坡地災害正確的監測配置。
17	P2-5「開發 APP 以讀取…，將其經適當轉換…成為手機本身的傾斜狀態或當地特徵，…」此防災手機 APP 也要放在現場去量測傾斜狀態？
	[回應]感謝委員提問，本計畫的確打算將手機放置在現場量測傾斜狀態，但本計畫的「現場」主要是民眾居家或工作環境而非野外坡地，畢竟民眾多對於個人的房產在意程度會遠高於野外坡地。
18	坡地防災手機 APP 的目標是要蒐集各政府單位之資訊給使用者（民眾），還是要由 APP 去蒐集現地資料給政府防災

	單位？
	[回應]感謝委員提問，本計畫的手機 APP 主要會呈現在伺服器上面所收集的各政府單位防災資訊給予使用者。
19	P2-7 坡地防災 APP 欲加入遊戲元素以增加使用意願，進而使能收集大量數據，請問是收集何種數據，請明確說明。
	[回應]感謝委員提問，本計畫主要是希望能收集眾多地點的傾斜狀態，以協助推論坡地災害的發生與否。
20	期中報告附錄，除檢附期初審查之意見外，計畫核定時之審查意見回復亦請一併附上。
	[回應]很抱歉於報告書撰寫時並未得到計畫核定時之審查意見，預計於期末時補上。

附錄二、期中審查意見與回覆

1.	智慧型手機三軸加速度，各方向靈敏度是否相同?如何佈置及固定（以避免人為干擾）才能得到最大精度?應補充說明。
	[回應] 感謝委員相當專業的提問，在過去主持人的確接觸過數位三軸加速度計在 Z 軸的靈敏度低於 X 與 Y 軸。不過近三、四年我所看到智慧型手機中的 IMU 以 TDK/InvenSense 與 Bosch/Sensortec 這兩家出產的為大宗，而由他們產品的規格來說三軸向的靈敏度是相同的。
2.	量測結果的精度應與其他設備如傾斜儀等驗證，才能驗證本計畫之可行性，務請於期末報告提出說明。
	[回應] 感謝委員的建議，我相當認同若所開發儀器若要能證明其精準度，應與其它認證過的儀器進行比較。而過去我所指導的碩士論文[2][3]也的確進行過這方面的比較，證明了這些低成本、低功耗的三軸加速度計在經過校正後確能得精準的量測結果。然以當前這個計畫為「初探」，尚無法作到如此細緻的程度，尚請委員見諒。
3.	建議以實際案例說明防災手機 APP 之應用，如何多台手機可以得到較廣域之坡地傾斜或滑移狀態。
	[回應] 感謝委員的建議，由於相關的網頁端應用程式仍在開發中(計畫還有一個半月方結束)，將於最終版的期末報告補充之。
4.	計畫標題有提及”大數據收集及自動化研判初探”，惟期初、期中報告中均未對”自動化研判”提出相關規劃或執行內容，請說明。
	[回應] 感謝委員的提醒，目前實仍在構思中，一個初步想法是將區域內個別感測器資料以一週、雙週、一個月等期間進行線性迴歸以評估其變化率，並參考過去常用的變形量應變管理基準中地表傾斜儀之應變管理值 5sec/日 ~50 sec/日 (https://246.swcb.gov.tw/Landslide/Landslide_AlertValue) 將成果視覺化。
5.	有關低成本物聯網儀器部份： (1)所謂低成本是有多低？其確切所需金額及成本比較基準為何?後續維運成本是否納入計算及比較基準。另儀器預計接收 WiFi 訊號降低成本，但此 WiFi 訊號從何而來？如何付費?是否有考量山區通訊分布問題?
	[回應] 感謝委員的提問。如期末報告書中所述，所開發測感

	測器硬體成本約為新台幣 1000 元。而由於其設定為安裝於室內 (e.g. 民眾家中、校舍) 利用 USB 電源與既有無線網路，在安裝好後應無明顯維護成本，除 2.1 節最後的說明「每月耗費 0.22 度電與網路流量 1.33MB、佔用頻寬約為 0.00000052Mbps」。
	(2)目前儀器開發狀態為何？期中報告僅見規格比較及機板之測試數據，尚未決定機板採用何種型式。距離儀器完成及現地測試尚有相當大的差距，在計畫期內是否來得及完成儀器開發及現地安裝？
	[回應] 感謝委員的關切，儀器機板最終選用未見於期中報告的 Arduino Nano RP2040 Connect，其為期中報告中 Arduino Nano 33 IoT 同一家公司的後續產品。亦誠如委員的擔心，我們安裝至現場的儀器發現由於現場 WiFi 基地台會定時重啟，而在當初軟體撰寫時未考慮到此狀況，故又將儀器拆回更新硬體，預計能於計畫結束前完成 10 個儀器的安裝。
	(3)現 IoT 套裝設備愈來愈多，報告提及評估之開發板皆已內建 IMU 及 WiFi 功能，尚未提及儀器在本計畫如何整合與精度，與直接使用其它套裝儀器之優勢為何？請說明以強化本計畫成效。
	[回應] 感謝委員的建議，本計畫開發儀器應屬簡易型雙軸傾斜儀，其精度應不及專業儀器，但其價格便宜應可大量佈署，並可由其長期觀測的趨勢作為該坡地是否需要進一步關注調查的依據。
	(4)報告中有提及測試機板受電力影響中斷資料接收，惟坡地災害好發地區多為電力容易中斷或電網不普及地區，未來如何因應？
	[回應] 由於本儀器在設計上安裝於房屋室內可用市電與 WiFi 的區域，並未考量如室外、無市電區域。儀器本身設計未考量斷電時期應持續運作。未來若有需求可再進一步精進。
6.	有關防災 APP 部份：
	(5)介接中央各部會資料及資料回傳部份，NCDR、水保局、水利署及地方政府都有相關 APP 可以使用，本計畫之 APP 和前開單位 App 差異性為何？可以提供哪些更優化的服？請說明。
	[回應] 個人認為各部會局處所作之 APP 或網站其實都相當良好，故本計畫之 APP 單純就是 a) 供使用者查詢個人貢獻的監測資料與 b) 整合其它既有相關網站以方便使用者，暫

	時在有限的人力與資源下並沒有企圖提供更優良的服務。
	(6)現已是期中階段，APP 的規劃及開發目前僅見大致性的描述，其功能架構、使用者介面、數據使用態樣及規劃及遊戲元素均無初步成果或較詳細之說明，在執行時程上是否來得及？
	[回應] 感謝委員關切，由於儀器與監測 App 開發的過程中遭受一些技術性的困難，雖已克服但也造成了部份時程上的延誤。希望在此期末報告的初稿中已能回應委員部份的疑慮。
	(7)本計畫後續將選擇合適的場址並徵求參與民眾協助測試 APP，請說明場域選擇基準及徵求民眾計畫。場域選擇上若已有初步候選場址，請以作為案例說明。
	[回應] 感謝委員關切，由於儀器與監測 App 開發的過程中遭受一些技術性的困難，雖已克服但也造成了部份時程上的延誤。希望在此期末報告的初稿中已能回應委員部份的疑慮。
7.	開發中央伺服器軟體部份期中報告中描述過於簡略，目前資料庫結構、使用程式語言、使用者介面及軟體硬體均無資料，請說明。
	[回應] 感謝委員提點，本期末報告初稿已補充委員關心點於 2.5 節，最終的網頁應用程式仍在開發中，預計於計畫結束 12/31 前能完成。
8.	防災手機 APP 如欲放置於民眾居家環境，放置方式、要如何固定，應有明確指引，避免不小心碰觸造成誤判。
	[回應] 感謝委員建議，未來實際執行應會附上如附錄 E 的說明：「固定於室內空間、以 USB 供電、並遠離水、人的活動、與機器振動」。
9.	低成本智慧坡地災害感測器最後選定何者？
	[回應] Arduino Nano RP2040 Connect。
10.	低成本智慧坡地災害感測器未來於現地佈建的方式宜有明確規範，例如架設位置、方式、密度等。
	[回應] 感謝委員建議，未來實際執行應會附上如附錄 E 的說明：「固定於室內空間、以 USB 供電、並遠離水、人的活動、與機器振動」。

附錄三、無線網路資訊設定辦法

1. 裝置內若無任何無線網路資訊設定時，裝置開機時燈號會快速且均勻閃燈(約 1 秒 4 次)，此時裝置正在掃描鄰近 WiFi 無線網路基地臺。
2. 待裝置燈號變更為較慢速均勻閃燈(約 1 秒 2 次)時，此時裝置正等待被其它裝置透過 WiFi 連入進行設定。此時請使用您的電腦或手機使用以下資訊連接裝置本身所提供的無線網路：

SSID: SWCB_SlopeMonitoring

Password: SWCB2021

3. 待連線成功後，此時請使用您自己的電腦或手機開啟瀏覽器並以 <http://set.up/> 進入設定畫面，如圖 附錄 3-1 所示，其中 SSID 如圖 附錄 3-2 下拉選擇貴單位可使用的無線網路(僅支援 2.4GHz 的無線網路)，並於 Password 處輸入連接該無線網路所需的密碼。若貴單位無線網路有鎖網卡號碼(Mac Address)，由設定畫面可看到該裝置的網卡號碼(My MAC Address)，並請貴單位的網管人員予以解鎖。由設定畫面中亦可看到該裝置的站台號碼(My Station ID)。

Please provide your WiFi network information:

SSID

Password

My MAC Address: 85:5F:30:A8:CC:84

My Station ID: 4294967295

圖 附錄 3-1 設定畫面

Please provide your WiFi network information:

SSID

Password

My MAC Address

My Station ID

Available WiFi Networks:

- SRC
- dlink-CC42
- Ground Improvement 2.4G
- D-Link_DIR-612
- NTUST-PEAP
- E2-604-1_02
- NTUST
- TANetRoaming
- NTUST

圖 附錄 3-2 設定畫面中 SSID 可以下拉選擇欲連線的無線網路，

列表依訊號強度排序，請優先選擇列表前面的無線網路。

- 選擇完 SSID 並輸入正確的密碼後，點擊「submit」或「提交」後，設定即會寫入裝置、回應如圖 附錄 3-3 之「OK!」，並自動重啟監測裝置。

5.

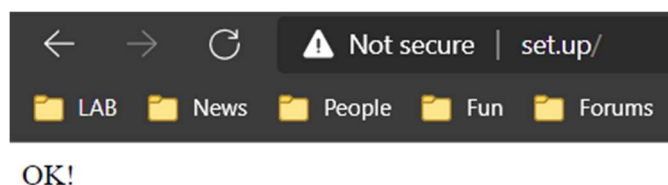


圖 附錄 3-3 設定完成送出設定後的回應

- 待已有無線網路資訊設定後，裝置燈號會重覆地不均勻閃燈 (**-- **-----)，此時裝置正在使用已設定的 WiFi 資訊連接無線網路。若在數次重試後仍無法連線會回到步驟 1。
- 若無線網路資訊正確並能正確網路，此時裝置的燈號會進入呼吸模式 (漸亮、漸暗、...)，此時設備已完成設定並正常運作中。

附錄四、站臺 ID 設定說明書

1. 裝置內若無任何無線網路資訊設定時，裝置開機時燈號會快速且均勻閃燈(約 1 秒 4 次)，此時裝置正在掃描鄰近 WiFi 無線網路基地臺。
2. 待裝置燈號變更為較慢速均勻閃燈(約 1 秒 2 次)時，此時裝置正等待被其它裝置透過 WiFi 連入進行設定。此時請使用您的電腦或手機使用以下資訊連接裝置本身所提供的無線網路：

SSID: SWCB_SlopeMonitoring

Password: SWCB2021

3. 待連線成功後，此時請使用您自己的電腦或手機開啟瀏覽器並以 <http://set.up/setStation> 進入設定畫面，如圖 附錄 4-1 所示，站臺號碼為一介於 0 至 4294967295 的整數，建議使用不重覆的連絡電話號碼，輸入後點擊「Set Station ID」後，如圖 附錄 4-2，即完成完該裝置的站臺號碼。此時即可連接 <http://set.up> 進行無線網路的設定。

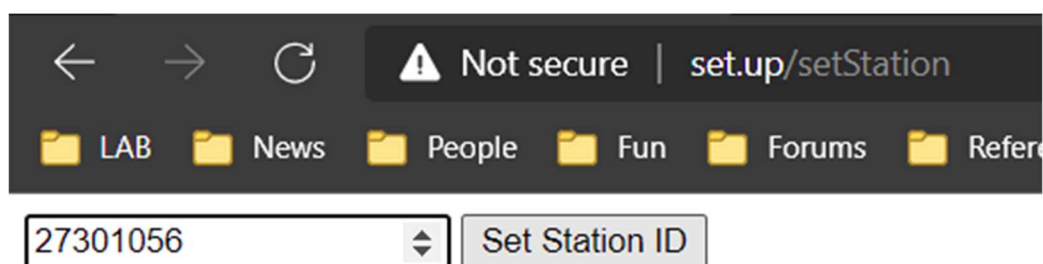
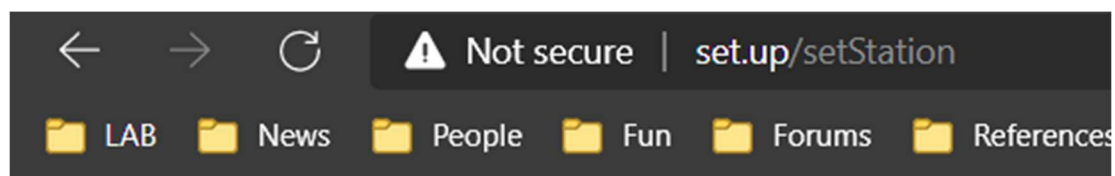


圖 附錄 4-1 設定站臺號碼之畫面



OK!

圖 附錄 4-2 設定站臺號碼完成之畫面

附錄五、計畫說明書

敬啟者：

您好，我是臺灣科技大學營建工程系謝佑明，目前與暨南大學王國隆教授正在共同執行行政院農委會水土保持局(<https://www.swcb.gov.tw/>)「坡地災害潛勢區全民參與 APP 大數據收集及自動化研判初探」創新研發計畫，本計畫中開發低成本坡地監測裝置，透過連續自動化監測的方式以了解坡地的安全狀況。

由於貴校地處山區，故本計畫擬於貴校設置前述裝置以進行資料的收集，而收集的資料未來亦將提供貴校一個網址以供查詢，有利於學校對於所在坡地是否有安全疑慮有更多的參考資訊。此裝置除需針對貴校無線網路進行設定(存取無線網路之 SSID 與密碼)後，簡單固定於室內空間、以 USB 供電、並遠離水、人的活動、與機器振動，此外並無需特別照顧。

本計畫所開發裝置利用貴校既有的電力與 2.4GHz Wi-Fi 無線網路將裝置所感測到的傾斜狀態回傳至雲端伺服器進行記錄管理，並透過長時間的觀測以了解貴校所在地有無傾斜狀況的改變，藉以作為初步瞭解的坡地安全的資訊來源之一。此裝置每月約使用貴校 0.22 度電並傳送約 1.33MB 的感測資料，頻寬使用約 0.00000052Mbps，相信對於貴校的電力與網路不會造成負擔。此裝置為使用義大利製造商 Arduino 設計組裝之 Arduino Nano RP2040 Connect 開發板，因此非大陸廠牌之資通訊設備，其上運行之軟體亦為本團隊自行撰寫，故應可符合行政院公務機關資通訊設備指導原則。

盼能得到貴校首肯與本計畫團隊合作，於貴校安裝本計畫所開發之監測裝置以收集坡地狀態的數據，感謝。

計畫主持人 謝佑明

共同主持人王國隆

國立臺灣科技大學營建工程系副
教授

國立暨南國際大學土木工程系副
教授

附錄六、期末審查意見與回覆

1.	計畫是否以全民防災為目的，期望加強參與者防災概念
	[回應]感謝委員提問，全民防災的確是本計畫的終極目的，而為能達到該終極目的，必需有實際可行的方法，也因此本計畫探索是否能以民眾可接受的成本與困難度進行監測。
2.	計畫研發利用手機，民眾自主監測地表或建物之長期變動狀況。其成果有助於坡地防災落實於全民。
	[回應]感謝委員肯定。
3.	量測標的為量測建物之相對傾斜角或絕對傾斜角？兩者之有效誤差範圍約多少？
	[回應]感謝委員的提問，所量測的傾斜角為理論上為參考重力方向的絕對傾斜角，然而量測值會受到雜訊與其它因素(如溫度、銲接等)影響，因此可能不同手機、不同 Arduino 開發板的誤差皆不相同，而本計畫並未嘗試量化其絕對誤差。本計畫最終的建議是將其視為相對傾斜並以其變化的趨勢作為管理基準。
4.	如能加入手機被移動，雜訊排除機制，應能增加資訊準確度。
	[回應]感謝委員的建議，手機移動與雜訊排除的確是可以考慮的未來研究方向，但由於其有一定的困難度，也因此本計畫建議將手機專用於監測而不要隨身攜帶使用。
5.	民眾傳來的數據是否有驗證？如何確認是坡地移動或是手機移動造成的訊號異動！？
	[回應]感謝委員提問，目前是沒有驗證機制，也因此無法確認是坡地移動或是手機移動造成的訊號異動。如同前一意見的回覆，這是個很好的未來研究方向。
6.	開發低成本的監測裝置，而且讓舊手機持續發揮功能，很有意義。
	[回應]感謝委員肯定。
7.	監測儀器單價低，隨手可用，如監測效益高，是值得推動
	[回應]感謝委員肯定。
8.	想請教其所收集數據精度？
	[回應]感謝委員提問，如表 2-2 所列，精度應為理論角解析度，為 0.0625 度，但是由於儀器本身尚有雜訊等影響，因此準確度或重現性為約 0.02 度。

