
**坡地自主防災之微氣象站與環境監測教具
開發和實作教學**

**Development and in-situ study of disaster-
resistant monitoring system on slopeland
with micro-weather stations and
microcontrollers**

執行單位：建國科技大學

執行期間：110 年 01 月 27 日至 110 年 12 月 31 日

計畫主持人：彭思顯 教授

協同主持人：林喻峰 副教授、陳毅輝 助理教授

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）

坡地自主防災之微氣象站與環境監測教具開發和實作教學

摘要

針對山坡地土砂災害與環境安全監測，應用最新微控制器與微電腦系統開發自主防災監測單元並結合防災教育，讓社區民眾或校園學生瞭解如何利用簡易型感測器監測社區或校園環境安全，以及應用互動式儀器操作，了解社區之自主防災觀念。其儀器設備模型包括即時防災監測之 micro:bit 微氣象站、土石流監測儀器(智慧鋼索檢知器、地聲感測器、水濁度計)、崩塌地監測(智慧型鋼索位移計、智慧型地下水位計、光學地表變位計、MEMS 傾斜計)並結合微電腦(樹莓派)成為物聯網展示之監測數據系統，其特色為節能、即時、雲端、大數據。透過互動的自主防災教育教具與實作戶外監測整合系統，應用新科技於實際山坡地及自然資源防災監測，建立更經濟的簡易型土砂防災智慧監測模組，使社區皆能以簡易的設備達到自主防災的能力，以加強土石流警戒與大規模崩塌之土砂災害應變能力。未來透過此創新科技，將實現防災監測儀器輕量化、可攜式套裝設備與提供緊急設置之設計理念。

關鍵詞：自主防災社區、微控制器監測、土石流防災、大規模崩塌

Development and in-situ study of disaster-resistant monitoring system on slopeland with micro-weather stations and microcontrollers

Abstract

The study applies new microcontrollers and microcomputers to design a monitoring system of disaster prevention for disaster-resistant communities and environmental safety on the slopeland. The display of the monitoring system consists of disaster-prevention education and interactive instrument operations. It is a simple and easy-to-understand system including a micro:bit micro-weather station and Raspberry Pi IoT microcomputer. The micro:bit micro-weather station is energy saving, real-time, and automatic devices, which are installed outdoor for rainfall and environmental monitoring. The system can be communicated wirelessly through two micro:bit devices to connect to indoor IoT microcomputer in real time. Meanwhile, the micro-weather station only needs 10W solar power. Thus, there is no in need of electric wires and network cables. It is practical to apply the new devices for the monitoring of disaster prevention and environmental safety. Furthermore, the system is more economical and simple-installed so that all disaster-resistant communities can set up the micro-weather station to enhance the disasters resilience in the debris or large-scale landslide areas.

Keywords: Disaster-resistant community, microcontroller monitoring, debris disaster prevention, large-scale landslide

目次

摘要.....	1
Abstract.....	2
目次.....	I
表次.....	II
圖次.....	III
第一章 緒論.....	1-1
第二章 工作執行方法與步驟	2-1
第一節 工作執行方法	2-1
第二節 工作執行步驟	2-23
第三章 工作進度與交付項目	3-1
第一節 計畫甘特圖	3-1
第二節 計畫交付項目	3-2
第四章 結論及建議	4-1
第一節 結論	4-1
第二節 建議	4-1
參考文獻.....	參-1
附錄一 期初審查會議記錄暨回覆辦理情形	附錄-1
附錄二 期中審查會議記錄暨回覆辦理情形	附錄-5
附錄三 期末聯合審查會議記錄暨回覆辦理情形.....	附錄-8
附件一 社區自主防災教育訓練講義	附件 1-1
附件二 校園自主防災教育訓練講義	附件 2-1

表次

表 2-1	微氣象站雨量測試	2-26
表 2-2	微氣象站應用範圍及發展潛能	2-27
表 2-3	安裝地點一覽表	2-35
表 2-4	彰化縣土石流潛勢溪流基本資料表	2-38
表 2-5	電腦視覺式光學地表變位儀之數據分析	2-53

圖次

圖 2-1 MICRO:BIT 微控制器裝置圖	2-2
圖 2-2 MICRO:CLIMATE KIT 氣候開發系統套件	2-3
圖 2-3 MICRO:CLIMATE KIT 擴展版裝置圖	2-3
圖 2-4 MICRO:BIT 與 MICRO:CLIMATE KIT 程式開發界面.....	2-4
圖 2-5 樹莓派微電腦裝置圖	2-4
圖 2-6 樹莓派之 PYTHON 撰寫程式開發界面	2-5
圖 2-7 NODE-RED 架構之物聯網示意圖	2-5
圖 2-8 自主防災監測展演單元現場設置展具示意圖	2-6
圖 2-9 SPARKFUN 雨量計	2-7
圖 2-10 SPARKFUN 風速套件.....	2-8
圖 2-11 MICRO:BIT 應用於地下水位的偵測示意圖.....	2-9
圖 2-12 MICRO:BIT 連接水位尺感測器	2-9
圖 2-13 MICRO:BIT 傾斜角計算之程式碼示意圖	2-11
圖 2-14 MICRO:BIT 傾斜數值即時顯示變化圖	2-11
圖 2-15 防砂壩震動與傾斜之感測器設備模型	2-12
圖 2-16 樹莓派地震感測儀	2-13
圖 2-17 全世界地震偵測示意圖	2-13
圖 2-18 樹莓派地震感測儀之振動紀錄示意圖	2-14
圖 2-19 樹莓派地震儀之感測器設備模型	2-14
圖 2-20 互動式自主防災監測系統	2-15
圖 2-21 微氣象站之雨量偵測與雨量計讀數測試	2-16
圖 2-23 智慧型鋼索位移計示意圖	2-18
圖 2-24 智慧型鋼索位移計模型展示	2-19

圖 2-25 水濁度感測器示意圖	2-20
圖 2-26 GEOPHONE 地聲感測器示意圖	2-21
圖 2-27 地下水位感測器示意圖	2-22
圖 2-28 MICRO:BIT 之 BLOCKS 積木式程式示意圖	2-23
圖 2-29 NODE-RED 流程圖方式的程式開發界面	2-24
圖 2-30 MICRO:BIT 微氣象站之組裝	2-25
圖 2-31 小型標準雨量筒(50 MM)試驗裝置	2-25
圖 2-32 微氣象站戶外架設示意圖	2-28
圖 2-33 微氣象站室內之樹莓派架構示意圖	2-29
圖 2-34 長期監測時序圖	2-30
圖 2-35 長期雨量監測之比較	2-31
圖 2-36 微氣象站現地架設(嘉義竹崎-中心崙崩塌地)	2-32
圖 2-37 中心崙地區之長期雨量監測比較	2-33
圖 2-38 MICRO:BIT 微氣象站之防災監測物聯網示意圖	2-34
圖 2-39 微控制器應用防災監測科技教育展具實作照片	2-44
圖 2-40 MICRO:BIT 微氣象站之 MAKECODE 積木程式	2-45
圖 2-41 MICRO:BIT 之 2.4G 無線傳輸示意圖	2-46
圖 2-42 防砂壩傾斜之感測器設備配置	2-47
圖 2-43 由微控制器加速度推估位移之概念示意圖(HRISKO, 2021)	2-48
圖 2-44 智慧型地下水計設備配置	2-50
圖 2-45 光學式變位儀器裝置示意圖	2-51
圖 2-46 光學式變位監測儀器室內實驗裝置	2-52
圖 2-47 AIOT 光學式位移計設備配置	2-54
圖 2-48 AIOT 光學式位移計結合微氣象站之畫面展示	2-55
圖 2-49 微氣象站之後臺監測管理系統	2-56

圖 2-50	管理人員新增微氣象站資料設定	2-56
圖 2-51	微氣象站的手機網頁平台	2-57
圖 2-52	後臺雲端資料庫執行資料讀取畫面示意圖	2-58
圖 2-53	點選各站之微氣象站資料	2-58

第一章 緒論

為應用自主防災監測儀器來加強韌性社區防災資源與應用教具科技來教學自主防災社區土砂災害概念。本研究應用最新微控制器與微電腦系統開發自主防災監測單元並製作創新教學與學習策略來說明山坡地土砂災害與環境安全監測之實作與演練。

應用英國 BBC micro:bit 微控制器(原設計就是針對學生所開發之創意啟發科技)，應用 micro:bit 本身的既有感測器以及結合氣象監測擴充模組，達到社區自主防災監測之教育展示並實作於現地監測，項目包括 micro:bit 微氣象站之風速、風向、環境溫度、雨量計、土壤溫濕度的感測器設定與軟體撰寫。micro:bit 微型氣象站特色為即時傳輸、省能源、具經濟效益，並可以與社區民眾互動的自主防災教育。本系統可透過兩台 micro:bit 進行無線通訊，即時監控微氣象站監測資料。本計畫利用 2.4G 無線傳輸系統將戶外微氣象站監測資料傳送之室內樹莓派主機，再經由樹莓派之微型伺服器功能成為物聯網架構。應用樹莓派微電腦系統從短距離到遠距離無線傳輸技術之防災教學與 micro:bit 微氣象站連結成為完整之坡地監測物聯網系統。

本計畫另將設計一組微氣象站與環境安全監測教具模型，其結合崩塌地或土石流監測儀器，利用微控制系統與電腦視覺技術，讓社區民眾瞭解土石流或大規模崩塌監測之感測器以及最新人工智慧技術，配合微氣象站互動式操作功能，成為自主防災監測教具，讓社區民眾瞭解土石流與大規模崩塌之防災監測，達到科技教育之效果，提升自主防災社區之土砂災害概念。

第二章 工作執行方法與步驟

第一節 工作執行方法

一、製作防災應用科技實作監測系統

應用英國 BBC micro:bit 微控制器既有感測器以及結合氣象監測擴充模組，達到社區自主防災監測之教育展示並實作於現地監測，項目包括 micro:bit 微氣象站之雨量、風速、風向、環境溫濕度、土壤溫濕度的感測器設定與軟體撰寫。

(一)、 micro:bit 微控制器

BBC micro:bit 是一款由英國廣播電視公司（BBC）推出的專為青少年編程教育設計的微型電腦開發板。透過 BBC micro:Bit，讓教育訓練人員了解 IoT 架構與實務。micro:Bit 是一個高度靈活、可程式設計的嵌入式設備，它是以「幫助這一代人成為程式設計開發員、程序員和未來開拓數字化的先驅」為目的而創造的。micro:bit 大小只有一個火柴盒大小，方便隨身攜帶，隨時聯繫用 Python、TouchDevelop、Blockly 和 JavaScript 開發應用。其內嵌 25 顆紅色 LED 作為顯示，配有溫度、磁力、3 軸加速度感測器，詳如圖 2-1 所示。

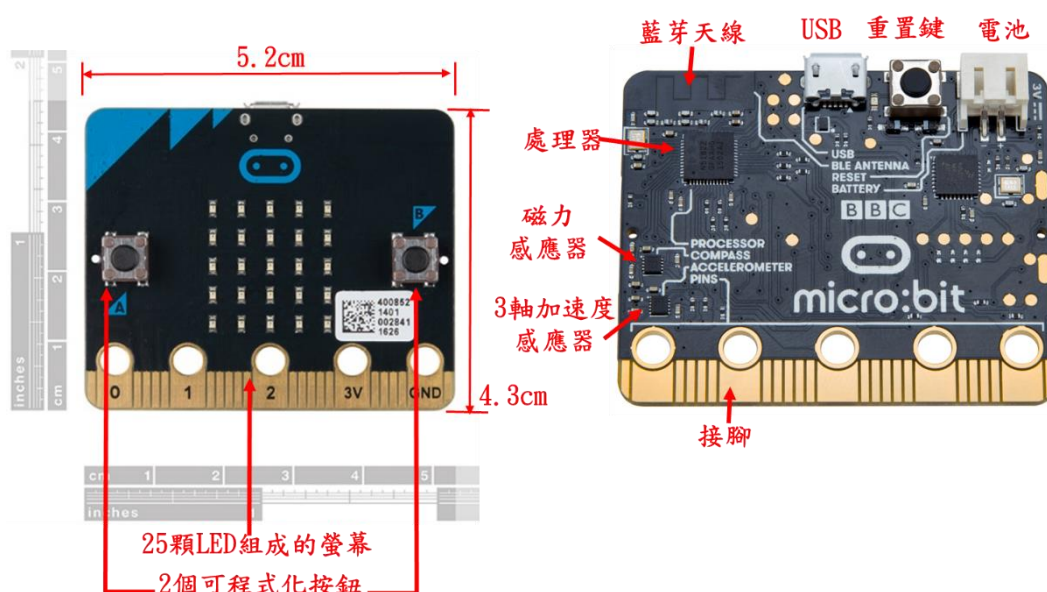


圖 2-1 micro:bit 微控制器裝置圖

(二)、micro:bit 微型氣象站特色

本系統可透過兩台 micro:bit 進行無線通訊，持續監測並傳送氣象環境資料，人員能夠在不暴露天氣的情況下監測天氣，降低颱風豪雨期間專人暴露戶外觀測之風險。微型氣候套件包過 SparkFun micro:climate kit 氣候開發系統套件是一個完整的氣象站開發套件，包括專業氣象氣候感測等所需組件。連結 micro:bit 微控制器建構出整套專業氣候感測系統，氣象資料監測(micro:bit 之感測器)包括雨量、風速、風向、環境溫度、環境濕度、大氣壓力、土壤溫度、土壤濕度等。



圖 2-2 micro:climate kit 氣候開發系統套件

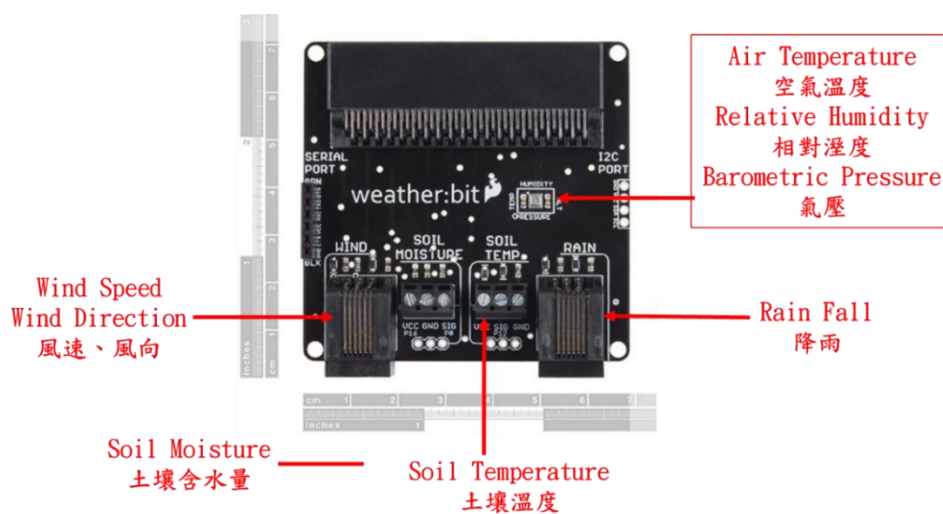


圖 2-3 micro:climate kit 擴展版裝置圖

其中 SparkFun micro:climate kit 氣候開發系統套件之官方網站說明，雨量計屬於傾斗式記錄裝置，每一傾斗裝滿代表 0.011 英寸的降雨量；風速計之精度為每秒點擊 1 次大約為 1.5 mph；風向計之讀取為簡化成八個方向（N、NE、E、SE、S、SW、W、NE）作為字符串，但可以測得 16 個方位數值。另溫度、濕度、大氣壓力採用 BME280 晶片傳感器，其溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）精度為 0.1% FS(Full Scale 為 0~100 度)，濕度精度為 0.1% FS(Full Scale 為 0~1024)，大氣壓力精度為 0.1% FS(Full Scale 為 0~25600 hPa)。本報告於第二節工作執行步驟中將探討雨量計於室內實驗與戶外實際安裝測試時的誤差分析。

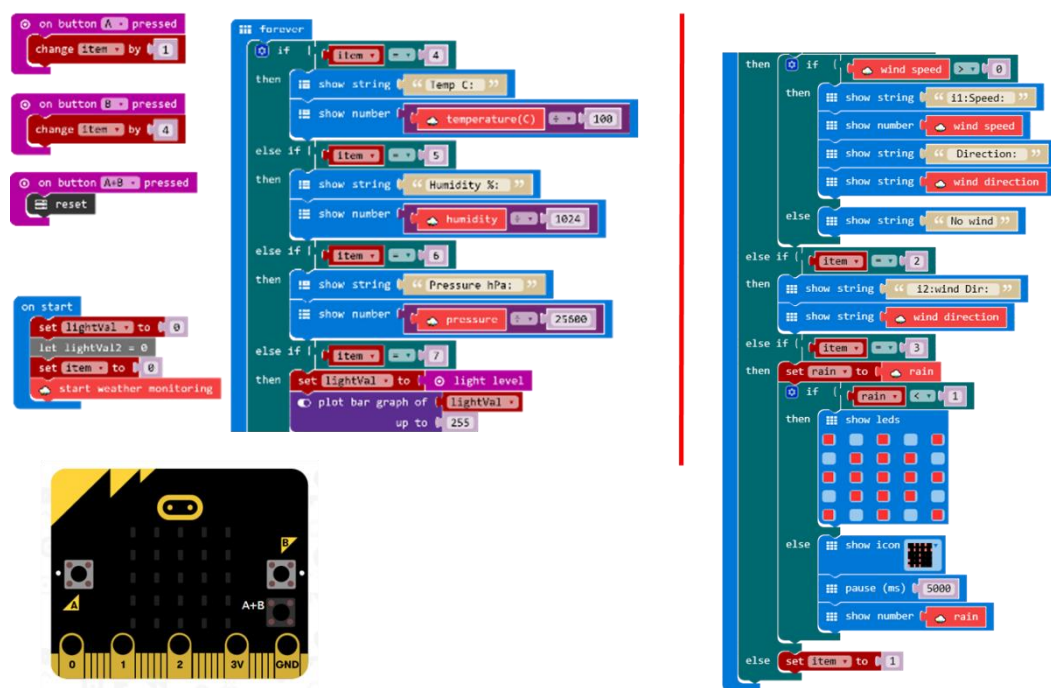


圖 2-4 micro:bit 與 micro:climate kit 程式開發界面

(三)、樹莓派微電腦 IoT 系統

樹莓派(Raspberry Pi)是一款基於 Linux 系統的單板機電腦，由英國的樹梅派基金會所開發。開發目的是以低價硬體及自由軟體開發刺激學校的電腦教育操作系統採用開放式的 Linux 系統提供 Python 做為主要程式語言，支援 BBC BASIC, C, 和 Perl 等程式語言。

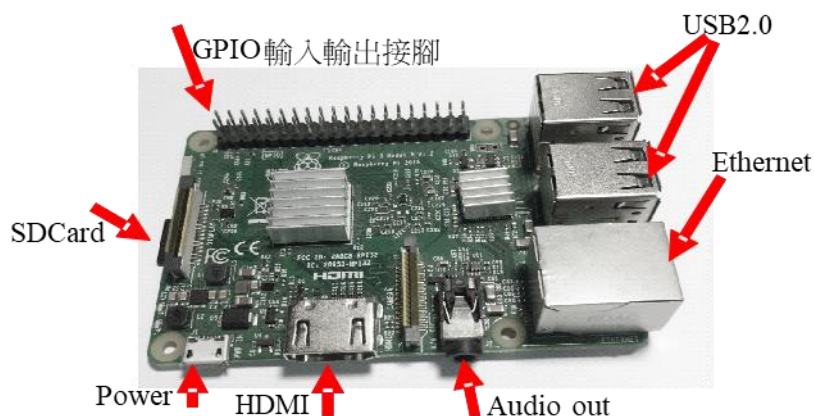
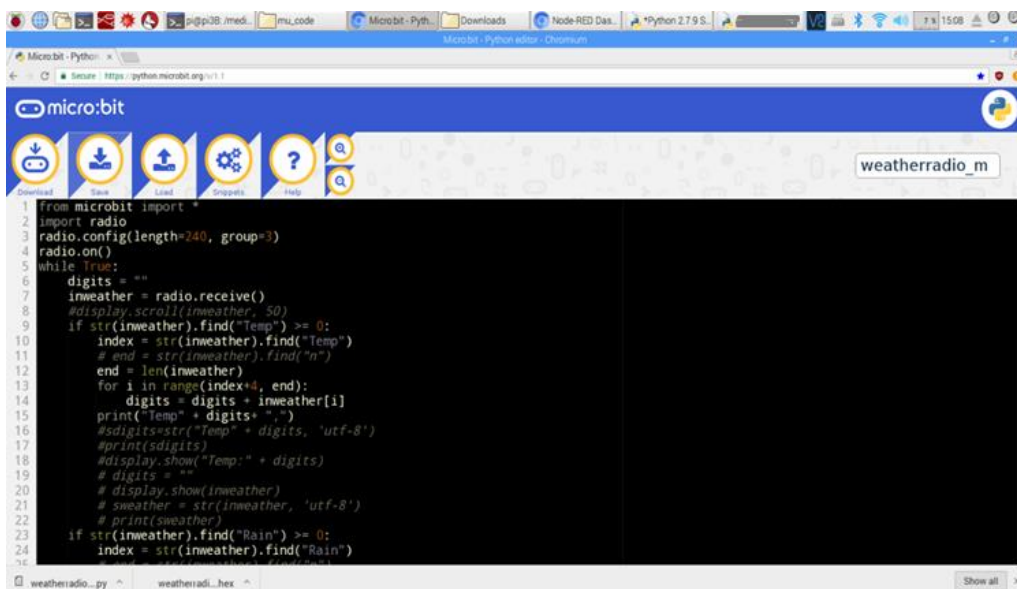


圖 2-5 樹莓派微電腦裝置圖

本設備利用 2.4G 無線傳輸系統將微氣象站監測資料傳送之樹莓派主機，再經由樹莓派之微型伺服器功能成為物聯網架構。樹莓派已內建 Node-RED，故可建立 IoT 伺服器架構。透過安裝 MQTT，建立 IoT 通訊協定(Raspberry Pi MQTT data exchange with Python)。然後利用 Python 撰寫讀取 micro:bit 的傳入之資料，並轉成 json 格式，透過 MQTT 建立 PUBLISHER AND SUBSCRIBER。最後，利用樹莓派 Node-RED 架構，抓取 json 格式的氣象資料，以網頁形式呈現。



```

1 from microbit import *
2 import radio
3 radio.config(length=240, group=3)
4 radio.on()
5 while True:
6     digits = ""
7     inweather = radio.receive()
8     #display.scroll(inweather, 50)
9     if str(inweather).find("Temp") >= 0:
10         index = str(inweather).find("Temp")
11         # end = str(inweather).find("\n")
12         end = len(inweather)
13         for i in range(index+4, end):
14             digits = digits + inweather[i]
15         print("Temp" + digits + "\n")
16         #sdigits=str("Temp" + digits, 'utf-8')
17         #print(sdigits)
18         #display.show("Temp:" + digits)
19         # digits = ""
20         # display.show(inweather)
21         # sweather = str(inweather, 'utf-8')
22         # print(sweather)
23     if str(inweather).find("Rain") >= 0:
24         index = str(inweather).find("Rain")
25         # end = str(inweather).find("\n")
26         end = len(inweather)
27         for i in range(index+4, end):
28             digits = digits + inweather[i]
29         print("Rain" + digits + "\n")
30         #sdigits=str("Rain" + digits, 'utf-8')
31         #print(sdigits)
32         #display.show("Rain:" + digits)
33         # digits = ""
34         # display.show(inweather)
35         # sweather = str(inweather, 'utf-8')
36         # print(sweather)

```

圖 2-6 樹莓派之 Python 撰寫程式開發界面



圖 2-7 Node-RED 架構之物聯網示意圖

二、製作防災應用科技教育展具

本計畫另設計一組微氣象站與環境安全監測教具模型，其結合崩塌地或土石流模型，配合微氣象站以及利用 micro:bit 擴充感測器功能，成為自主防災監測教具，讓社區民眾瞭解土石流或大規模崩塌監測之意義與感測器種類，透過互動式教具展示，讓民眾親身操作防災監測系統，包括土石流監測之雨量監測、地聲監測(震動量測)、智慧型鋼索檢知器、水濁度偵測儀器；以及大規模崩塌監測之雨量、地下水位監測與 MEMS 傾斜計之簡易儀器說明與互動操作，另研發 AIOT 光學式地表變位計與智慧型地下水位計，成為防災監測之人工智慧物聯網(AIOT)架構。



圖 2-8 自主防災監測展演單元現場設置展具示意圖

(一)、 雨量與地下水位防災警報系統

本系統有自主防災教育之 micro:bit 環型燈光模組與聲音警示互動式設計，可設定社區土石流潛勢地區之累積雨量的注意與警戒，雨量之監測就是利用 micro:bit 微氣象站紀錄雨量，例如當 1 小時雨量達 40 毫米以上，以黃燈代表防災注意階段；當累積雨量達 200 毫米以上，以紅燈代表防災警戒階段，其 micro:bit 環型燈光模組，設計可以發出燈光與警戒聲音。

micro:bit 微氣象站之雨量計採用 SparkFun micro:climate kit 氣候開發系統套件(如下圖)，在官方網站說明其雨量計屬於傾斗式記錄裝置，當傾斗裝滿 0.011 英寸的雨時，即觸發一次計數，所以，其精度為 0.011 inch，經本案程式設計計算為毫米，即為一次傾斗量為 0.28 mm 的降雨量值。本報告報將於第二節工作執行步驟中，分析室內實驗與實際戶外架設雨量站之誤差說明。



圖 2-9 SparkFun 雨量計

SparkFun micro:climate kit 氣候開發系統套件還包括風

速與風向之整組套件(如下圖)。風速偵測之原理為當磁頭旋轉時，集線器中心的磁鐵經過一個簧片開關，以記錄單位時間的次數，風越快，風速計旋轉得越快，簧片開關被觸發的速度也越快。官方網站計算風速之精度為（每秒點擊 1 次大約為 1.5 mph）。經程式換算成國內常用單位， $1 \text{ mph}=0.45 \text{ m/s}$ 。另風向計是旋轉的箭頭狀之設計，micro:bit 讀取時簡化成八個方向（N、NE、E、SE、S、SW、W、NE）作為字符串。



圖 2-10 SparkFun 風速套件

地下水位的偵測，一般地下水槽或地下水監測井之水位監測，多以電子式水壓計量測水壓電壓值，經由電線之傳輸至紀錄器，再將電壓值轉換成為地下水位高程，而地下水位監測井設置亦有制式標準之專用塑膠硬管，有 2 吋管(直徑 2 吋)與 4 吋管(直徑 4 吋)，上述之裝置安裝複雜且維護不易，需有專業人員之安裝與接線且電壓原理複雜，不適用於展示與教導民眾或學生，故本案利用微控制器連接液位感測計，就可以量測地下水位，且可以了解量測水位之即時物聯網監測系統，如下圖之模型製作。



圖 2-11 micro:bit 應用於地下水位的偵測示意圖

本計畫應用 micro:bit 微控制器連結水位尺感測器，自動化計算水位於升降時之數據變化。讓學生了解地下水監測的重要性，並學習微控制器應用的科普教育(如圖 2-12 模型展示圖)。



圖 2-12 micro:bit 連接水位尺感測器

(二)、山坡地防砂壩傾斜與地聲(震動)偵測儀器

防砂壩震動或變位監測是對於土石流或崩塌地工程結構物可推行之監測項目，藉由防砂壩震動與傾斜量，了解上方邊坡是否有土石流或崩塌地滑之趨勢。因此，本案防災教育展示以此觀念設計利用 micro:bit 自身之 3 軸加速度感測器，經由 FFT(快速傅立葉變換)的軟體開發可以同時量測震動與傾斜之即時監測。當防砂壩受到震動或傾斜時，micro:bit 會發出紅色警報，燈號將亮紅燈警示。同時防砂壩傾斜監測可以即時傳送至樹莓派物聯網展示系統中，並同步顯示微氣象站與環境安全監測數據於物聯網平台。

micro:bit 可經由 3 軸加速度之類比轉數位之方式間接求得旋轉角度值，當旋轉 micro:bit 微控制器為 180 度，3 軸加速度感測器所感應到的值 x、y、z 的值會改變 2048，意即當正面朝上，x、y、z 的值為(0, 0, -1024)，當翻轉 180 度使開發板正面朝下而其他角度和方向不變時，x、y、z 的值將變為(0, 0, 1024)，得到旋轉 180 度對應到的值為 2048，再經由 python 程式之撰寫，即可得到即時加速度變化時的旋轉角度值，如下圖自行撰寫 Python 程式示意圖。

```

from microbit import *
#import utime
#import os
flag = True
#T_datatxt = "Date , ACC_X , ACC_Y , ACC_Z , DEG_X , DEG_Y , DEG_Z ,"
#save_txt = "c:\temp\MB_ACC.txt"
#def current_time():
#    ctime = time.localtime(time.mktime(time.localtime()) + 28800)
#    return "[%0}/{1}/{2} {3}:{4}:{5}"].format(ctime[0], ctime[1], ctime[2], ctime[3], ctime[4], ctime[5])
sec1 = 0
datatxtList = ""
display.scroll("Go")
while True:
    sec1 = sec1 + 1
    date = "202006_" + str(sec1)
    #time.ctime(time.time()) #time.strftime("%Y%m%d" + "_" + "%H%M%S")

    #sleep(1000)
    if button_b.was_pressed():
        flag = not flag
    if button_a.was_pressed():
        flag = True
    if flag:
        display.scroll("A")
        ACC_X = accelerometer.get_x()
        ACC_Y = accelerometer.get_y()
        ACC_Z = accelerometer.get_z()
        sleep(250)
        DEG_X = round((ACC_X * 180 / 2048),2)
        DEG_Y = round((ACC_Y * 180 / 2048),2)
        DEG_Z = round((ACC_Z * 180 / 2048),2)
        sleep(250)

```

圖 2-13 micro:bit 傾斜角計算之程式碼示意圖

透過 micro:bit 連接電腦後所讀取之初始角度變化資料如下圖所示，使用 Mu 編輯器以方便於操作 micro:bit，之後將對 micro:bit 量測到的加速度與旋轉角度數值資料作進一步之處理。

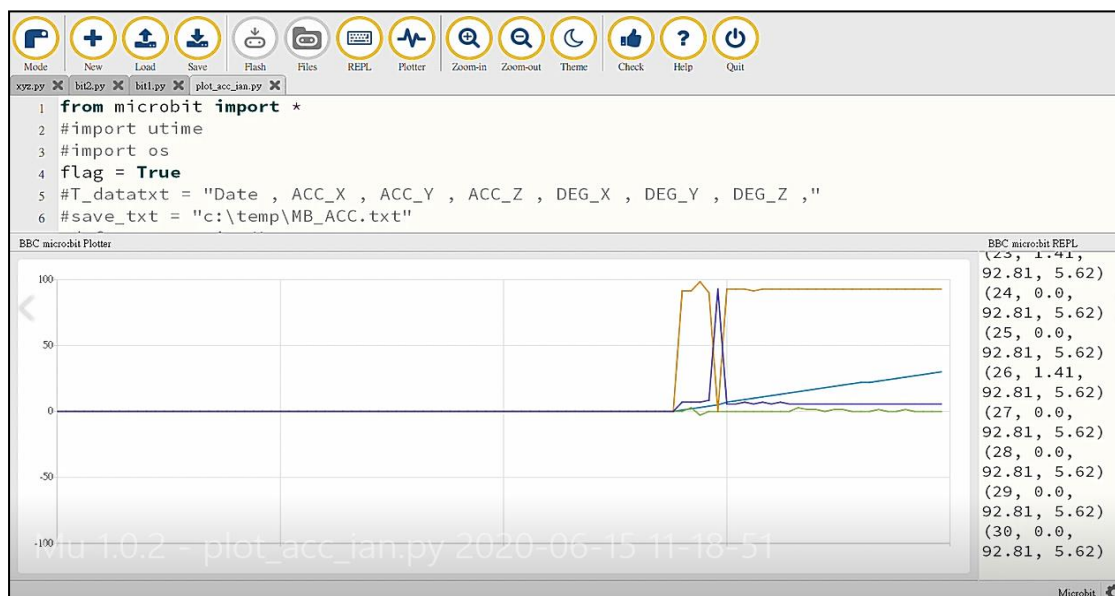


圖 2-14 micro:bit 傾斜數值即時顯示變化圖

如下圖 2-15 防砂壩傾斜之感測器設備模型，當防砂壩受到震動或傾斜時，micro:bit 會發出紅色警報，燈號將亮紅燈警示。當防砂壩傾斜量達到 1 度時，micro:bit 本身的 LED 燈將呈現 / 斜線符號。且傾斜監測可以即時傳送至樹莓派物聯網展示系統中，並同步顯示微氣象站與環境安全監測數據於物聯網平台。

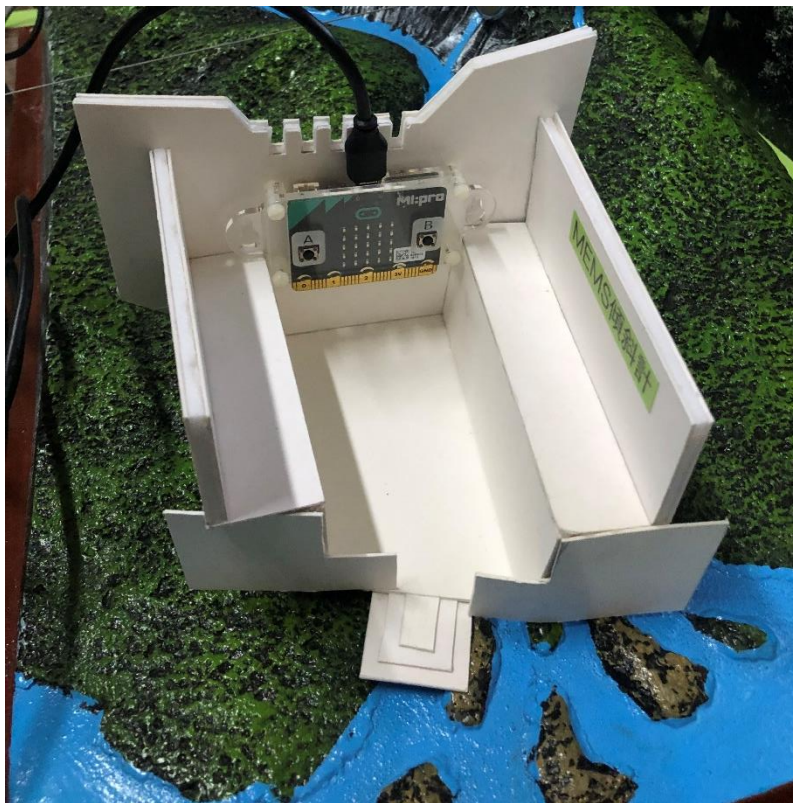


圖 2-15 防砂壩之傾斜感測器設備模型

本計畫之地聲(震動)偵測儀器利用近年熱門之樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀(Turnkey IoT Home Earthquake Monitor -RS 3D；如下圖)，其為即插即用地球監控方案，即時監測地震和地震活動(如水力壓裂，爆炸，火山爆發，雪崩，坡地崩塌、地滑等)，其原理配備 3 個運動監測傳感器（地震檢波器），可監測垂直和橫向等 3 維方向，測量並記錄各個方向的運動，每秒 100 次監測頻率，可透過網頁即時監控。



圖 2-16 樹莓派地震感測儀

樹莓派地震感測儀可以即時網頁線上掌握全世界地震偵測與展示自身之地震紀錄，如下圖之示意圖。



圖 2-17 全世界地震偵測示意圖

透過樹莓派地震感測儀專用程式(SWARM)，即時線上下載最新振動資料，其專用程式可即時監看振動感測資料，包括崩塌之

振動、土石流之地聲頻率紀錄等，如下圖之示意圖。

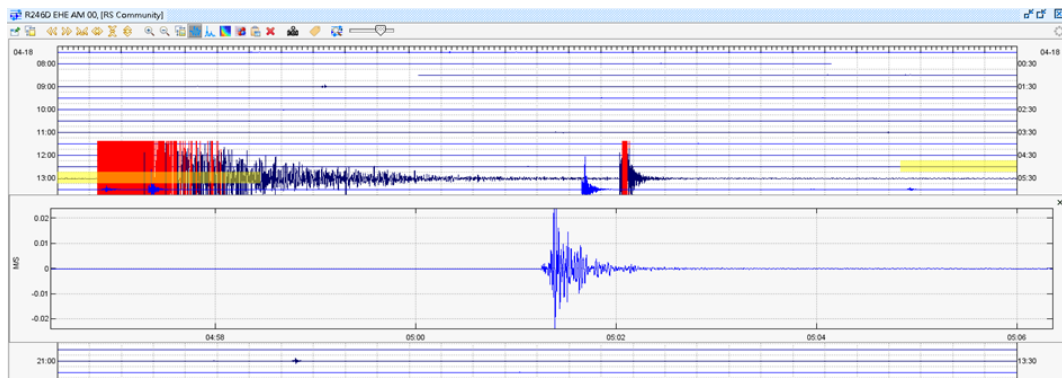


圖 2-18 樹莓派地震感測儀之振動紀錄示意圖

如下圖 2-19 樹莓派地震儀之感測器設備模型，當地震儀受到震動，可以即時傳送至樹莓派地震儀物聯網展示系統或該儀器配置之 SWARM 軟體中，同步顯示震動監測數據於電腦設備中。



圖 2-19 樹莓派地震儀之感測器設備模型

三、micro:bit微氣象站+土砂防災智慧監測物聯網系統說明

設計特色：輕量化、模組化、可分拆式、可攜帶式、互動式教學，並與自主防災監測結合，說明如下：

(一)、雨量監測：

自主防災概念：

(1)、大雨”定義：24 小時累積雨量達 80 毫米以上，或 1 小時雨量達 40 毫米以上的降雨現象。

(2)、警戒事項：當 1 小時雨量達到 50mm，研究顯示山坡地崩塌潛勢區域就有發生崩塌或土石流之可能。



透過室內 micro:bit 燈光模組可以即時發出燈號與聲音警示(當 1 小時雨量達 40 毫米以上，以黃燈代表防災注意階段；當 1 小時雨量達 50 毫米以上，以紅燈代表防災警戒階段)

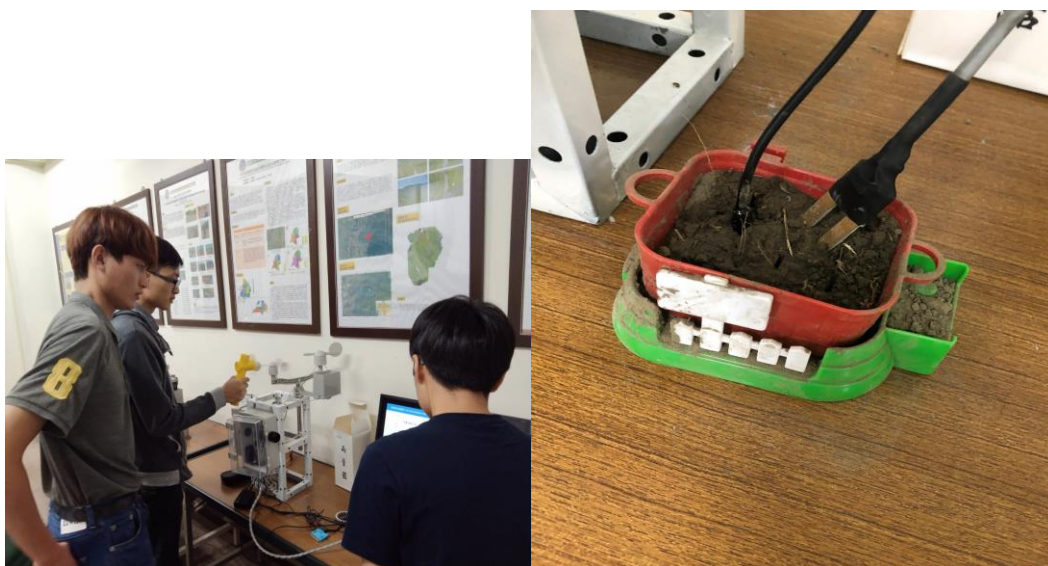
圖 2-20 互動式自主防災監測系統

雨量監測之互動式設計：

可以自行倒水顯示雨量變化之互動(如下圖 2-20)，風速可用吹風機互動，以及光感度、風向、環境溫濕度、大氣壓力、土壤溫溼度資料。



圖 2-21 微氣象站之雨量偵測與雨量計讀數測試



(利用吹風機模擬風量大小並自動記錄風速以及利用小盆栽之土壤模擬現
地情況)

圖 2-22 微氣象站之風速偵測與土壤溫溼度偵測

(二)、智慧型鋼索位移計

自主防災概念：

(1)、土石流地區裝設鋼索拉伸產生之位移訊號，進而依位移之大小或速率，辨識出土石流狀況，並發出警訊。

(2)、鋼索拉伸之變化量，依型號可拉伸達 50cm~10m。能反應出土石流之推移過程，包括初始出現土石撞擊及之後大量土石推擠之狀態。

(3)、鋼索被拉斷或脫離扣環時，剩餘的鋼索會自動捲回，並產生【斷離】的警訊。

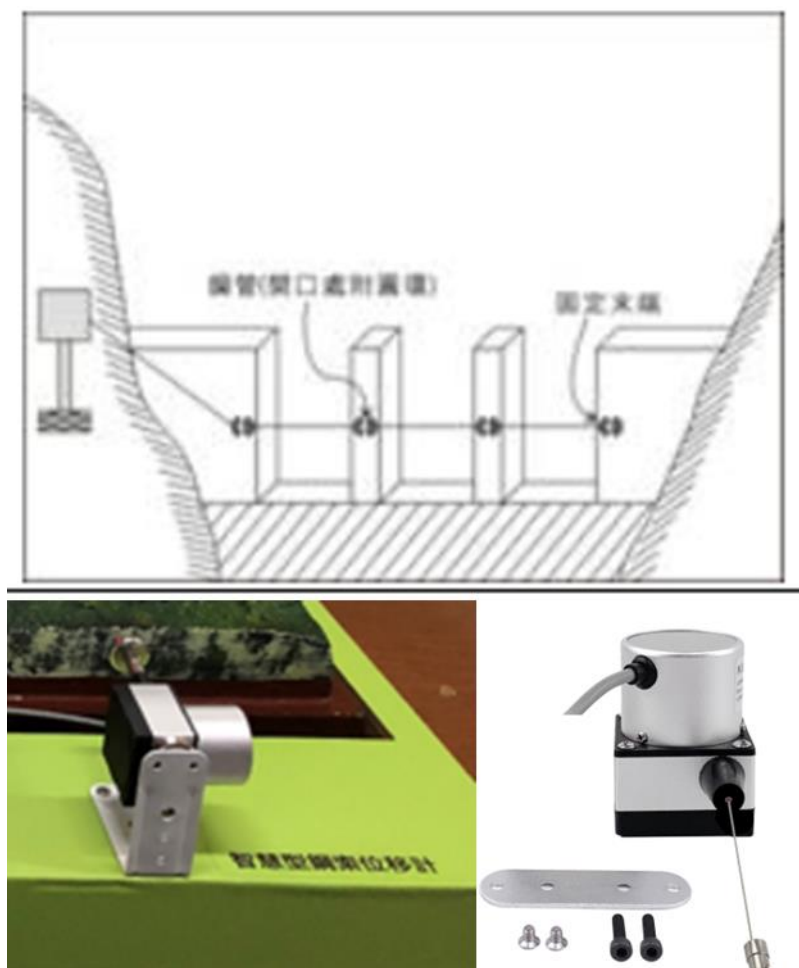


圖 2-23 智慧型鋼索位移計示意圖

智慧型鋼索位移計除了可應用於土石流地區裝設鋼索拉伸產生之位移訊號，目前也應用於大規模崩塌地區的地表位移量監測使用，依型號可選擇拉伸達 50cm~10m 的設備(依據地表地形條件選取)，能即時反應地表拉伸或地中變位之位移量量測。

鋼索位移監測之互動式設計：

鋼索被拉斷或脫離磁環時，剩餘的鋼索會自動捲回，並產生【斷離】的警訊。本模型自動顯示鋼索拉伸或縮短位移(mm)顯示，並於鋼索脫離磁環並小於 50~100mm，發出警訊

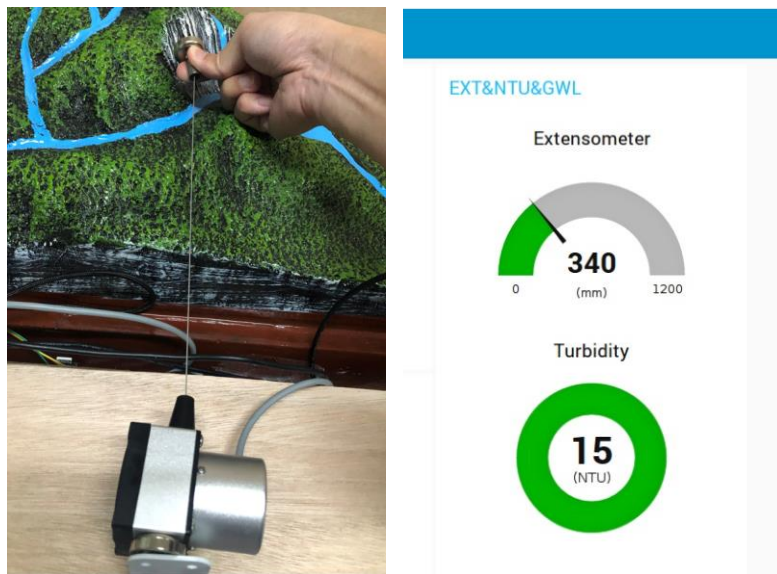


圖 2-24 智慧型鋼索位移計模型展示

(三)、水濁度感測器

自主防災概念：

- (1)土石流三大運動參數:泥沙體積濃度、流速、流量
- (2)當山區降雨時，若土石流潛勢溪流的溪水由清水流變成濁水時，要注意可能有土石流發生。
- (3)本模型濁度計設定大於 3000 NTU，系統發出燈光警告

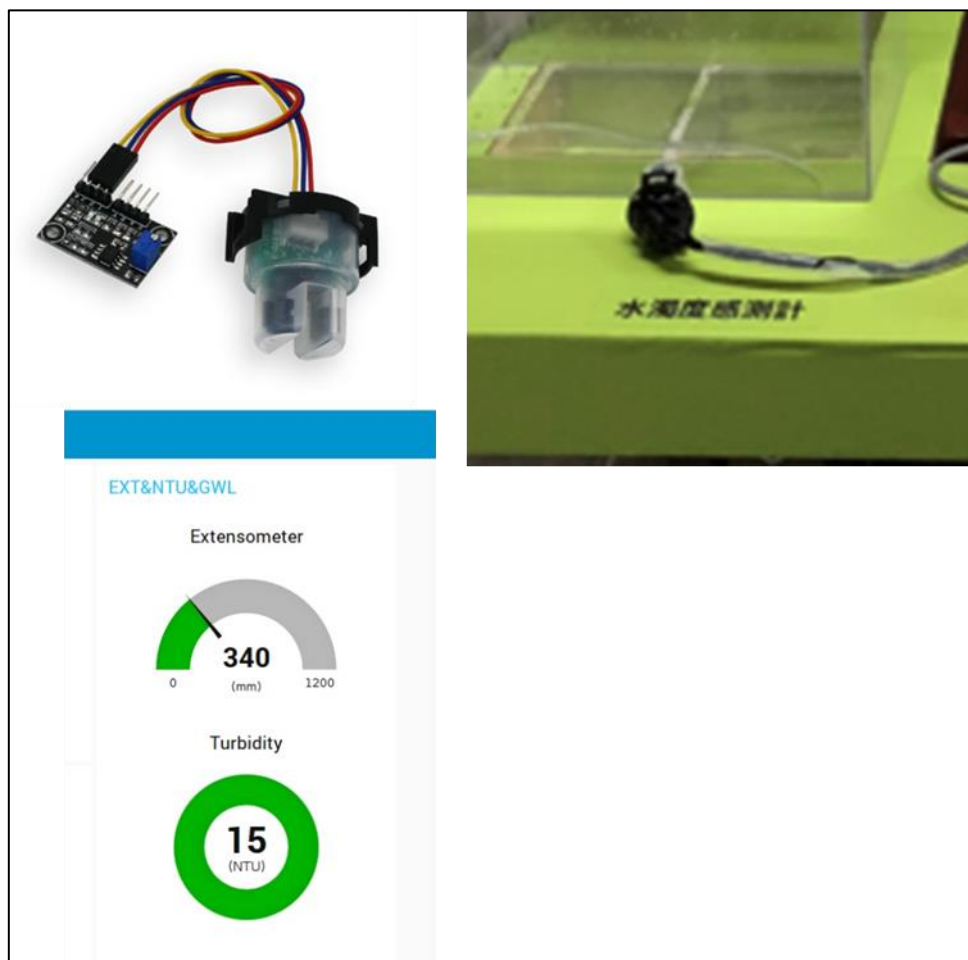


圖 2-25 水濁度感測器示意圖

水濁度計說明：

(1)通過測量水中懸浮固體總量（TSS）的變化，來測量水中懸浮顆粒物的光透過率和散射率，利用光來檢測懸浮顆粒物濁度表示的單位是 NTU，1 NTU 或 1 度的意義是 1 公升的水中含有 1 毫克（mg）的泥沙細顆粒。

(2)濁度在 5 千 NTU（濁度單位）以上已是泥漿水。

(四)、Geophone 地聲感測器



Geophone

規格

- 頻率範圍 : 0 to 500 Hz
- 靈敏度 : > 25 V/m/s



圖 2-26 Geophone 地聲感測器示意圖

自主防災概念:

地聲感測器(geophone)作為量測土石流以及大規模崩塌的發生時，與地中連動關係之感測儀器，並由土石流歷史事件中的地聲資料設立土石流地聲警戒值，文獻研究現場土石地聲傳遞速率值約為 833~1000 m/s，當地可能會有土石流發生之地聲傳遞速率。

(五)、地下水位感測器

水位傳感器是一款固態電子電阻輸出的液位（液體或粉末）傳感器。它有別於機械式浮球量測方式，應用電子控制與系統連接，傳感器的外殼被浸入其中的流體的靜水壓力壓縮，導致電阻的變化，其對應於從傳感器頂部到流體表面的距離。傳感器的電阻輸出與液體高度

成反比：液位越低，輸出電阻越高；液位越高，輸出電阻越低。

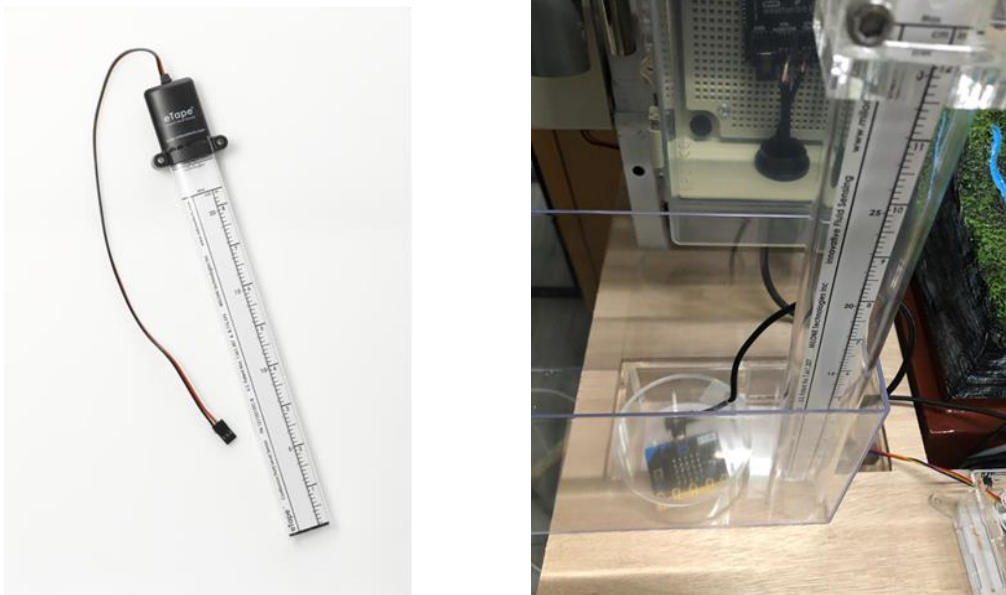


圖 2-27 地下水位感測器示意圖

自主防災概念：

地下水位量測為大規模崩塌潛勢區重要之監測儀器，大規模崩塌潛勢區發生豪大雨時，坡地之地下水位可能會上升，使坡地之土壤或較軟弱之岩層土壤單位重呈現飽和，因而造成土壤之有效應力降低，當土壤之有效應力降低會造成土體中抗剪力破壞的能力降低，當抗剪力破壞能力低於邊坡穩定之安全係數 1 時，就有可能發生崩塌的情形。目前大多以電子式水壓計為量測儀器，而模型使用之水位傳感器(水位尺)多用於淹水模式之水面監測儀器，本計畫亦研擬新型智慧型水位計，詳如後章節說明。

第二節 工作執行步驟

一、micro:bit 微氣象站(積木程式撰寫)

利用免費且簡單之積木程式撰寫，透過此架構讓科普知識發展成為簡易土砂防災監測之創意啟發。如下圖為透過微氣象站之硬體架構搭配撰寫 BLOCKS 積木式程式，讀取微氣象站感測器資料。

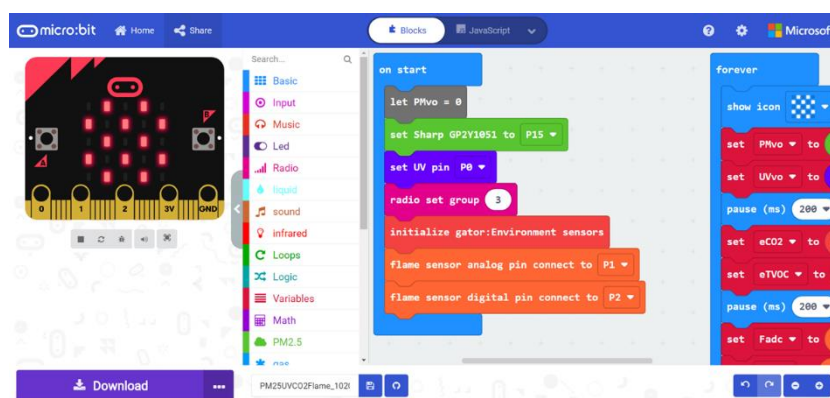


圖 2-28 micro:bit 之 BLOCKS 積木式程式示意圖

二、micro:bit微氣象站與樹莓派結合之物聯網架構

將樹莓派與 micro:bit 的無線傳輸模組結合成為物聯網即時監測系統，透過樹莓派內建的 Node-RED 軟體成為接收監測數值的網頁展示。Node-RED 軟體透過「流程圖」方式的操作，以及內建的強大功能，可以簡單方便的顯示感測器傳輸的數據，Node-RED 是 IBM 開發出來的視覺化 IOT 開發工具，透過流程圖的方式工作，透過 Node-RED 完成許多伺服器端才能做的物聯網系統。

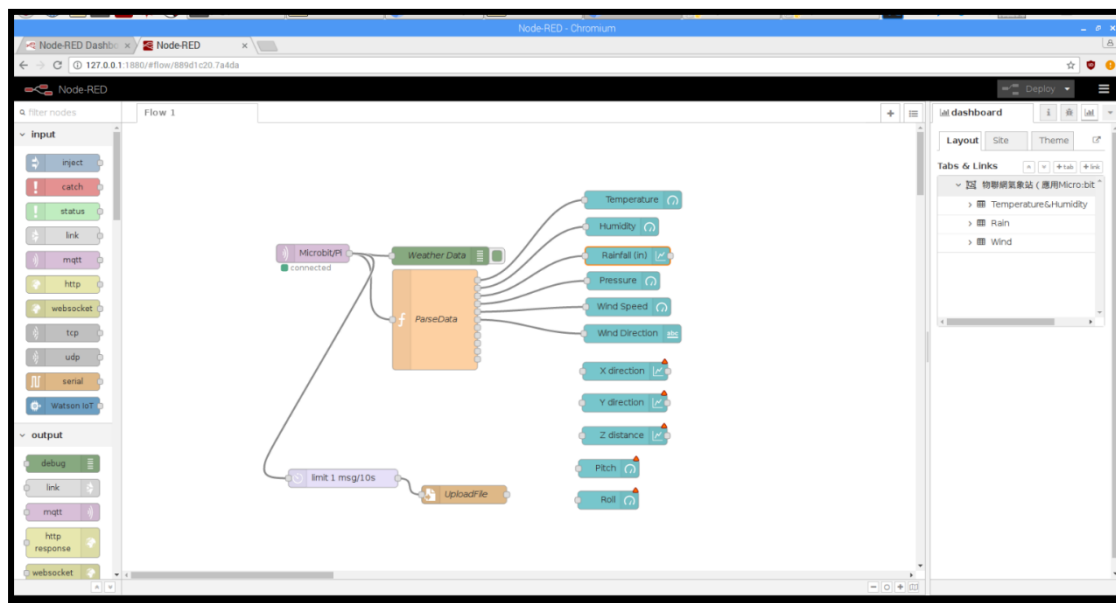


圖 2-29 Node-RED 流程圖方式的程式開發界面

三、室內氣象站之架設與實驗

從零件之開箱，至自行 DIY 組裝，讓學生知道氣象站的基本感測器與連接之方法，了解什麼是風速計、風向計、雨量計，以及土壤溫濕度感測器，如下圖之 micro:bit 微氣象站原零件照片以及自行組裝之示意圖。



圖 2-30 micro:bit 微氣象站之組裝

開發「自主防災監測演示」展演單元，可演示風速、風向、溫度(可用吹風機模擬風量大小)；雨量計(可用小型標準雨量筒以灑水模擬降雨量以啟動雨量計(如下圖所示)，並將雨水集中於收集桶中)；土壤溫濕度(利用盆栽土，手動加水，模擬土壤之濕度量測)。

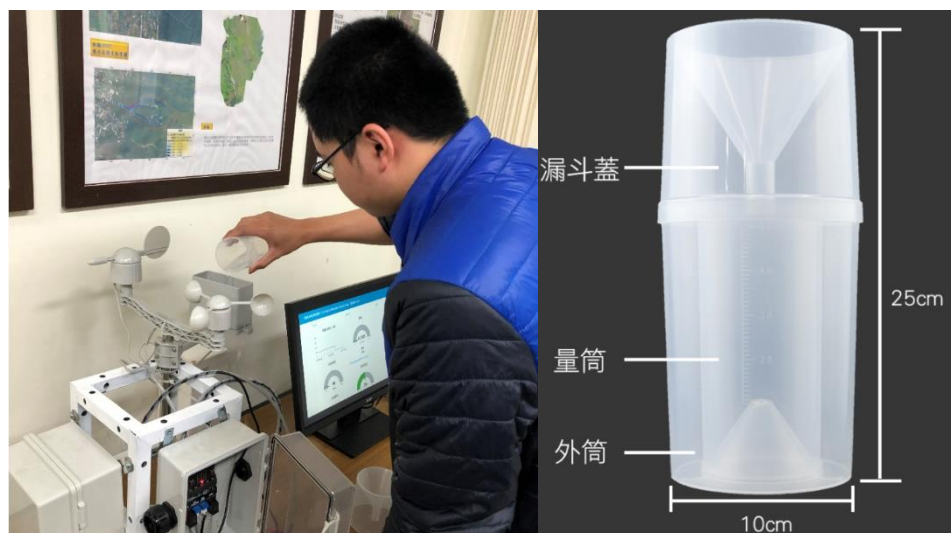


圖 2-31 小型標準雨量筒(50 mm)試驗裝置

以標準儀器測量對比與 micro:bit 微型氣象站所產生之數值差

異，如雨量以雨量筒為基準，以 10 mm/hr 降雨量為逐次增加到 50 mm/hr 降雨量，研究結果如下表所示：

表2-1 微氣象站雨量測試

	1	2	3	4	5
10mm/hr	9.89	9.14	9.14	9.64	9.38
20mm/hr	19.27	19.26	19.54	19.29	19.54
30mm/hr	29.43	28.94	29.84	29.69	28.94
40mm/hr	38.83	39.33	39.04	39.56	39.31
50mm/hr	49.37	48.85	48.64	49.4	49.42

幾次實驗發現氣象站量測數值越大與標準值相差就越大，但平均之誤差約 6.9%，後續將裝置戶外實驗，以測試實際量測戶外降雨量之差異。

micro:bit 微氣象站之應用範圍廣，可以結合物聯網又可擴充更多之感測器，詳如下表 2-2 之微氣象站應用範圍及發展潛能。主要之效益包括(1)建立科技化的自主防災監測與教育系統，建構性價比高之防災預警監統；(2)防災監測儀器輕量化，可攜式套裝設備與提供緊急設置之設計理念。

表2-2 微氣象站應用範圍及發展潛能

關鍵夥伴	關鍵活動	價值主張	目標客層
(1)永續校園的國小到技職體系。 (2)土石流自主防災社區。 (3)易淹水自主防災區域。	微氣象站互動式教學活動，達到自主防災概念的教育訓練與監測儀器展示。關鍵資源 (1)micro:bit 微控制器與感測單元。 (2)樹莓派微電腦物聯網系統。	(1)自主防災科技結 STEAM 課程的創意啟發教育 (2)最新微控制系統應用於自主防災監測物聯網。	(1)防災社區里長，針對防災社區協助提供自主防災監測與儀器之操作教學。 (2)永續校園的國小應該有興趣推廣與教育微氣象站互動式教學。 (3)僅需簡易型監測之崩塌地區
成本結構			整體效益
(1)micro:bit 二個。 (2)氣象站感測器一組。 (3)樹莓派一個(含 32 記憶卡)。 (4)連接線、電源線、防水盒、三腳架等零件。 (5)10W 太陽能板與儲電設備。 (6)後端樹莓派網路傳輸架構。 (7)物聯網系統設計。 總硬體成本約 25000，加上系統設計與雲端資料庫維運，一台約 45000 元。			簡易型微氣象站硬體價格便宜。後續推廣可以設定一組微氣象站架設於每個崩塌地或永續校園。建立科技化的自主防災監測與教育系統，建構性價比高之防災預警系統。防災監測儀器輕量化，可攜式套裝設備與提供緊急設置之設計理念。

四、現地微氣象站之架設

戶外 Micro:bit 微氣象站可以即時監測雨量、風速等防災基本資訊，無線傳輸至室內 Micro:bit 微電腦系統。透過室內 Micro:bit 燈光模組可以即時發出燈號與聲音警示(當 1 小時雨量達 40 毫米以上，以黃燈代表防災注意階段；當 1 小時雨量達 50 毫米以上，以紅燈代表防災警戒階段)。



圖 2-32 微氣象站戶外架設示意圖



圖 2-33 微氣象站室內之樹莓派架構示意圖

現地接收成果：

以苗栗西湖國小微氣象站為例，其監測期間從 2021/4/8 至今，採用物聯網 Json 格式十分鐘紀錄一筆資料，每天轉存 txt 檔備份至雲端 FTP 資料庫，可即時透過物聯網網頁設計展示即時數據，可匯入 Excel 表格，繪製長期監測時序圖(以 4/8 ~ 4/16 為例)。下圖最底部紅色圖形為氣象局西湖站溫度變化，氣象局僅能下載每天平均溫度與最高最低溫度。故看不出每小時學校的微氣候變化。但透過微氣象站每十分鐘記錄一筆，即可以看出每日約中午溫度最高而環境濕度最低，且大氣壓力在每日也是於中午時段相對最高。這樣的每日微小變化，將可作為科學性的區域微氣候變化之參考

長期雨量監測之比較，擷取 2021/5 月至 2021/6 月有降雨之資料比對，如下圖所示，其誤差約 10%，其趨勢亦表現一致性，故微氣象站架設於校園尚屬可行。

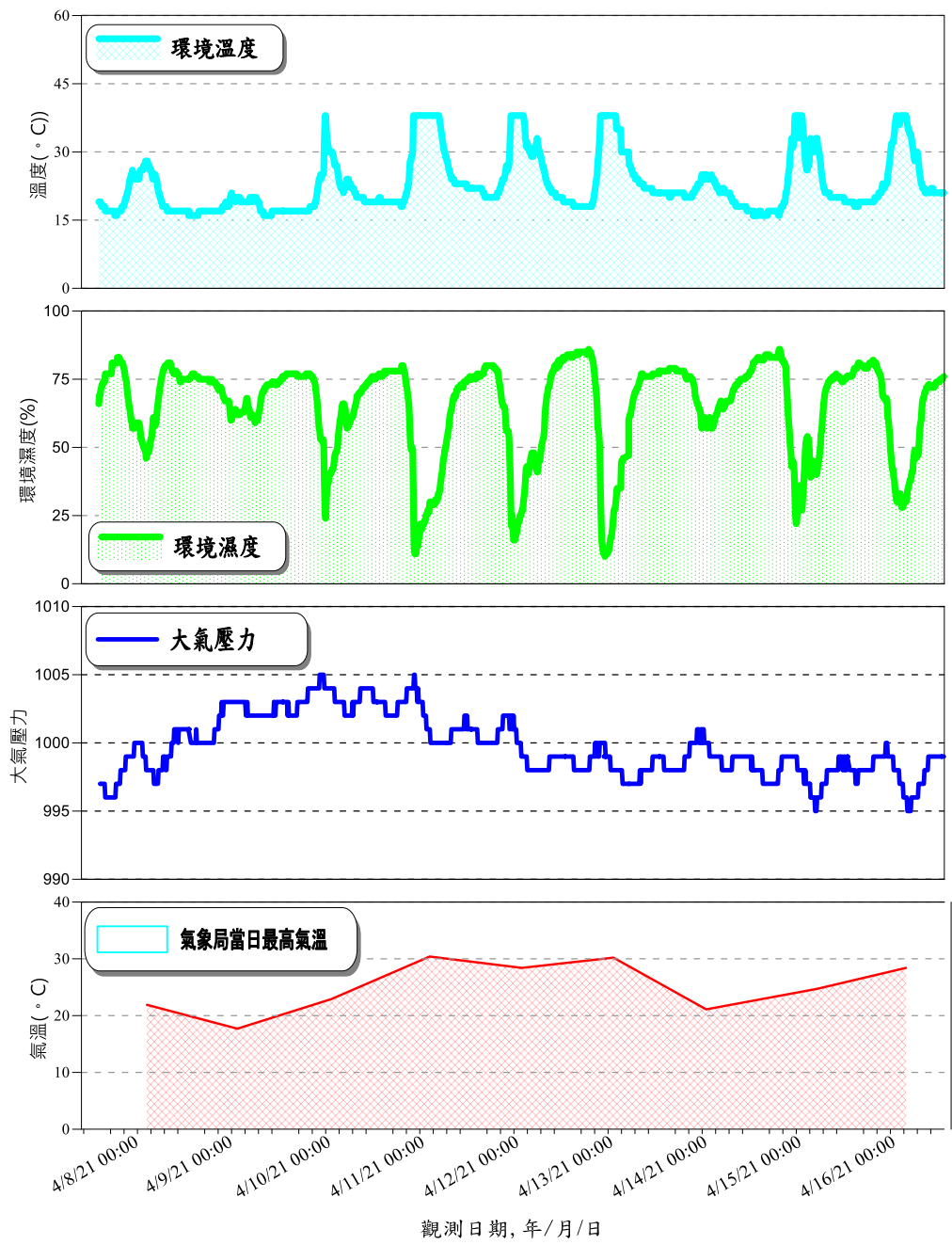


圖 2-34 長期監測時序圖

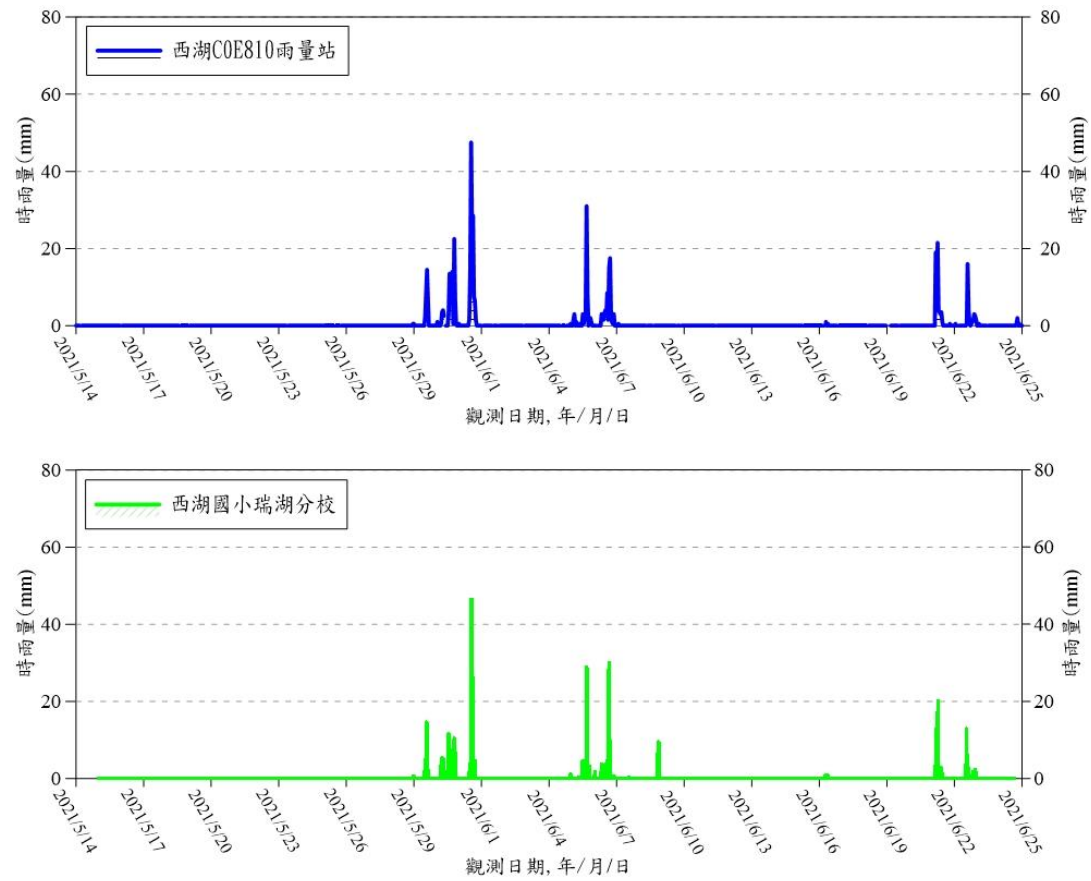


圖 2-35 長期雨量監測之比較

另比較以微氣象站架設於大規模崩塌區之嘉義竹崎-中心崙崩塌地，如下圖之現地架設情形。擷取 2021/5 月至 2021/6 月有降雨之資料比對，其現地氣象局雨量與為氣象站雨量監測儀器之比較，如下圖所示，其誤差亦約 10%，且其趨勢表現一致性，故微氣象站架設於崩塌地尚屬可行。



圖 2-36 微氣象站現地架設(嘉義竹崎-中心崙崩塌地)

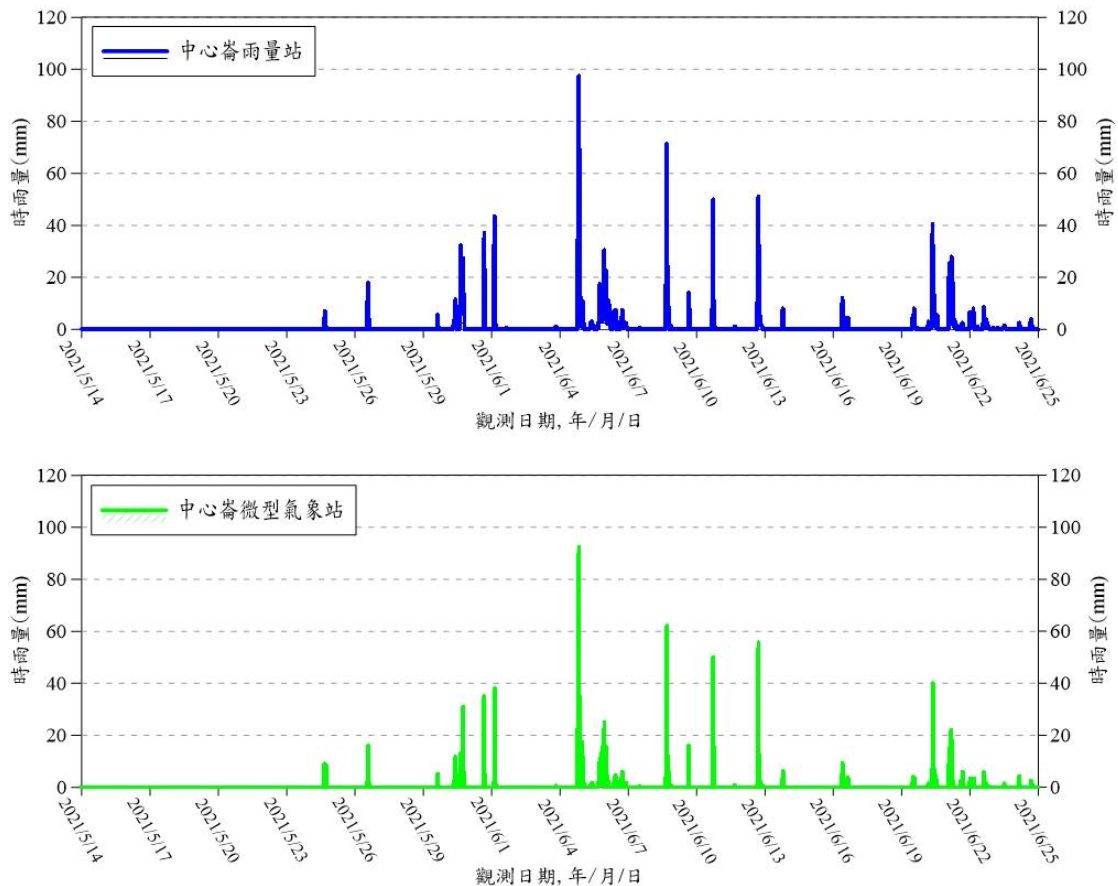


圖 2-37 中心崙地區之長期雨量監測比較

五、micro:bit微氣象站之防災監測物聯網

即時顯示各自主防災社區氣象環境教育資料，成為雲端儲存並可自行下載本身與它社區的氣象教育資料，作為共享大數據教學或研究之用，如下圖之示意圖。本案計畫完成製作5處防災社區(校園)之物聯網展示網頁，設置於彰化縣3處防災自主社區與2處大學校園，另辦理之社區教育訓練如後說明。

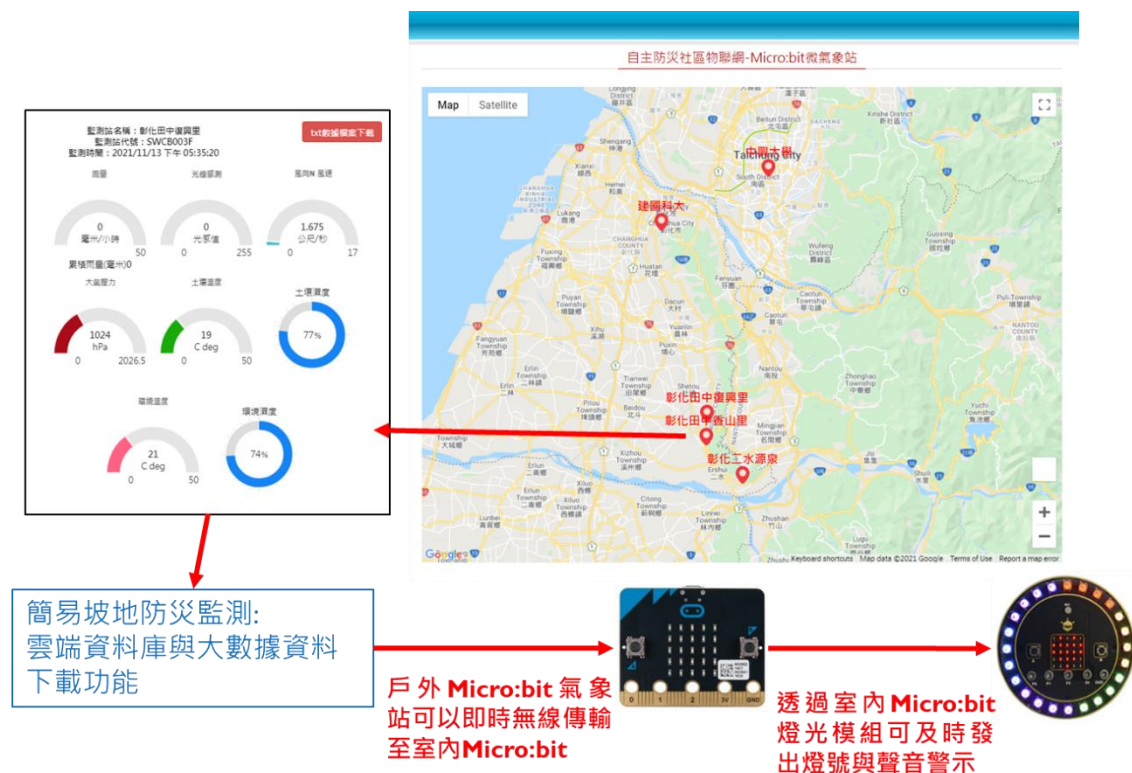


圖 2-38 micro:bit 微氣象站之防災監測物聯網示意圖

六、辦理5場的現地儀器安裝與「坡地防災自主監測」教育訓練

已選定建國科大所屬彰化地區之自主防災社區為推廣對象，並完成3處村里辦公室現地安裝本氣象站以及2處校園(建國科大與中興大學)之氣象站安裝，詳后附之現地照片。

表2-3 安裝地點一覽表

	1. 地點：彰化縣田中鎮香山里 (1)戶外氣象站裝置
	(2)室內物聯網裝置
	2. 地點：彰化縣田中鎮復興里 (1)戶外氣象站裝置
	(2)室內物聯網裝置



3. 地點：彰化縣二水鄉源泉村

(1) 戶外氣象站裝置



(2) 室內物聯網裝置

	4. 地點：中興大學土木系 (1)戶外氣象站裝置
	(2)室內物聯網裝置
	5. 地點：建國科技大學空間設計系 (1)戶外氣象站裝置
	(2)室內物聯網裝置

辦理 5 場之「坡地防災自主監測」教育訓練，彰化縣境內土石流潛勢溪流總計 9 條詳如表 2-4，其中二水鄉共計 6 條，田中鎮 2 條，社頭鄉 1 條。

表2-4 彰化縣土石流潛勢溪流基本資料表

編號	鄉鎮	村里	溪流名稱	警戒等級
彰縣 DF001	二水鄉	大園村	大丘園野溪	低
彰縣 DF002	二水鄉	大園村	大園橋野溪	中
彰縣 DF003	二水鄉	源泉村	隆興橋野溪	低
彰縣 DF004	二水鄉	倡和村	152 線道野溪	中
彰縣 DF005	二水鄉	倡和村	外埔	中
彰縣 DF006	田中鎮	平和里	太平	中
彰縣 DF007	社頭鄉	清水村	清水岩	持續觀察
彰縣 DF008	二水鄉	倡和村	二條坑	中
彰縣 DF009	田中鎮	香山里	香山坑	中

(資料來源：行政院農委會水土保持局網站)

本計畫「坡地防災自主監測」教育訓練配合彰化縣政府之政令宣導，共辦理 5 場「坡地自主防災之微氣象站與環境監測教具開發和實作教學」，包括：彰化縣二水鄉源泉村、芬園鄉舊社村、田中鎮香山里、花壇鄉灣東村、社頭鄉仁和村。教育訓練社區民眾自主防災之重要性，且展示微氣象站之理念與防災監測，獲得社區民眾熱情之迴響並互動熱絡，如后頁現場照片之民眾教育訓練情況。教育訓練之講義詳如附件一社區自主防災教育訓練講義，另針對學校之教育訓練針對監測儀器有更詳細之說明，如附件二校園自主防災教育訓練講義。

(1)二水鄉源泉村 9 月 9 日晚上七點



講師講解



講師講解



講師講解



講師講解



民眾上課情況



民眾上課情況

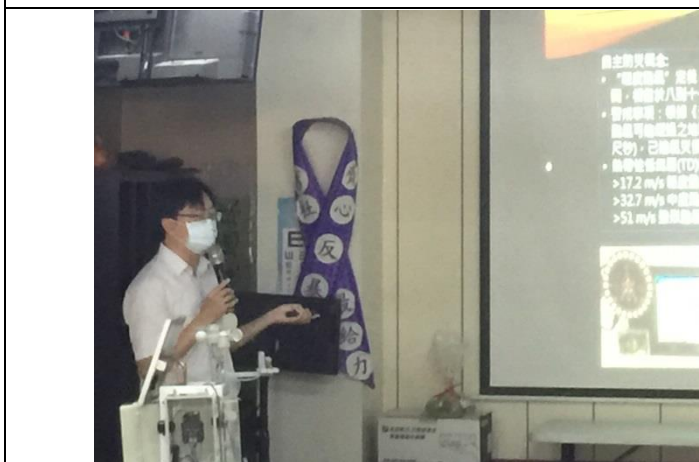
(2)芬園鄉舊社村 9 月 10 日 早上十點



講師講解



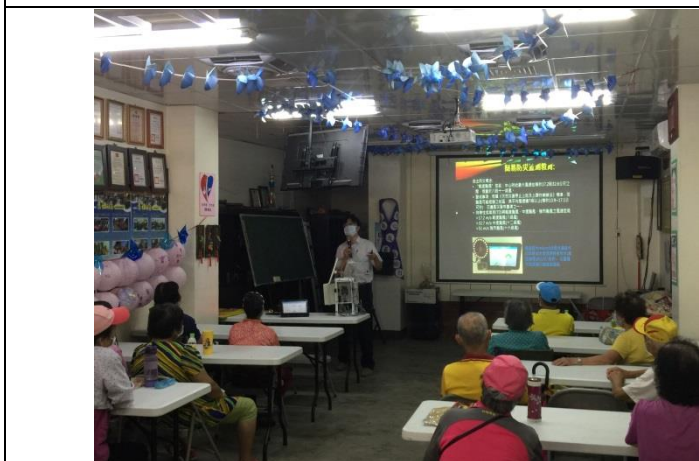
講師講解



講師講解



講師講解



民眾上課情況



民眾上課情況

(3)田中鎮香山里 9 月 24 日早上十點



講師講解



講師講解



講師講解



講師講解



民眾上課情況



民眾上課情況

(4)花壇鄉灣東村 10 月 19 日早上十點



講師講解



講師講解



講師講解



講師講解



民眾上課情況



民眾上課情況

(5)社頭鄉仁和村 10 月 19 日晚上七點



講師講解



講師講解



講師講解



講師講解



民眾上課情況



民眾上課情況

七、防災應用科技教育展具之模型與創新儀器說明

本計畫製作防災應用科技教育模型，以可模組化拆解與方便攜帶性之互動式教學設計，模型尺寸為長90公分、寬60公分，背板高度為60公分(可插拔收納，方便收納)，如下圖實作照片。本模貝之展演單元包括微氣象之風速、風向、環境溫度、雨量計、土壤溫濕度的感測器設定與軟體撰寫；水位變化之感測器發佈警告展示；防砂壩震動與傾斜感測器設置與軟體撰寫；智慧型鋼索位移監測儀器與展示；新型土砂災害安全監測等展示，最後將監測資訊呈現於樹莓派微型電腦中並呈現物聯網網頁型式於螢幕中。各展演單元之功能與成果項目分述如下：



圖2-39 微控制器應用防災監測科技教育展具實作照片

(一)、Micro:bit 微氣象站之軟體開發

Micro:bit 微型氣象站特色：即時、省能源、雲端、大數據並可以與社區民眾或學生互動的自主防災教育。氣象資料監測(micro:bit 之感測器)：雨量、風速、風向、環境溫度、環境濕度、大氣壓力、土壤溫度、土壤濕度。

本系統可透過兩台 micro:bit 進行無線通訊，即時監控微氣象站監測資料，其中微氣象站之軟體架構為 micro:bit 和 Microsoft MakeCode，自行撰寫之程式如下圖所示。

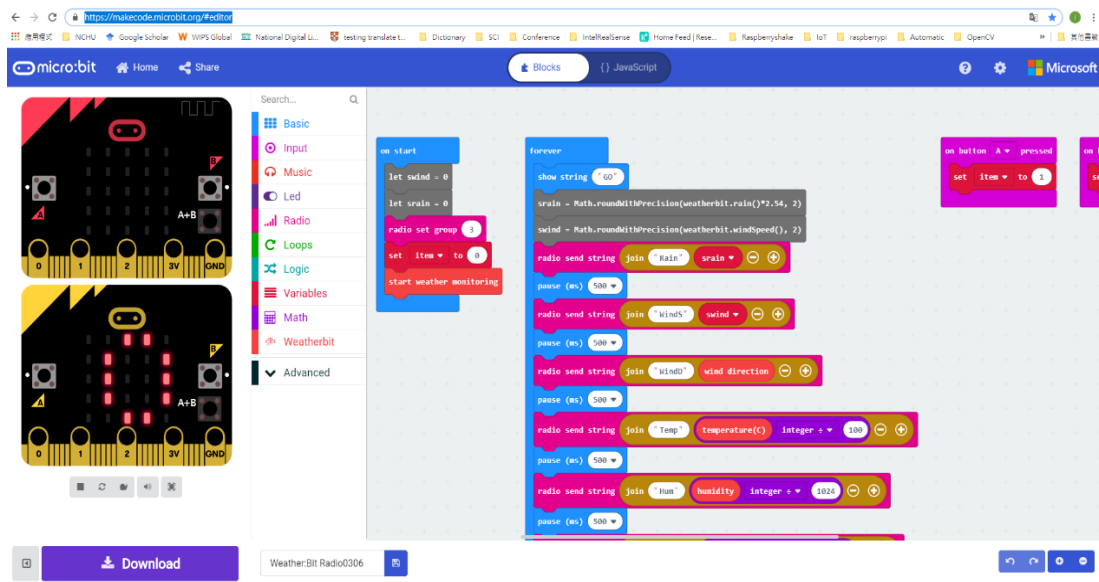


圖2-40 micro:bit 微氣象站之 MakeCode 積木程式

(二)、無線傳輸(含 micro:bit 與 LoRa 介面傳輸設計)及樹莓派安裝設定。

micro:bit 內建藍芽與 2.4G 無線傳輸系統，本案利用 2.4G 無線傳輸系統將微氣象站監測資料傳送之樹莓派主機，再經由樹莓派之微型伺服器功能成為物聯網架構。下圖為 micro:bit 之 2.4G 無線傳輸示意圖。

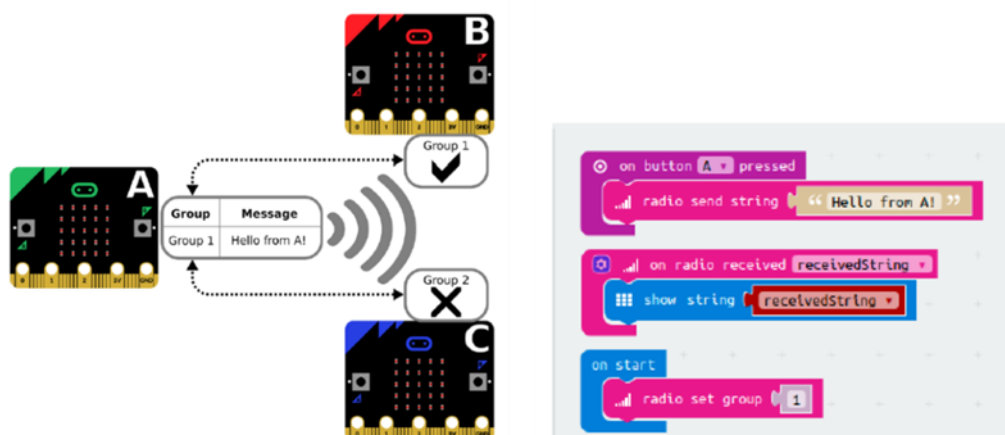


圖2-41 Micro:bit 之 2.4G 無線傳輸示意圖

另本案架構另一種無線傳輸技術，LoRa (Long Range) 無線傳輸技術，此為低功耗廣域網路(Low Power Wide Area Network, LPWAN)通信技術的一種，可以無線對傳距離達 15 公里。本案因為 micro:bit 之 2.4G 無線傳輸距離僅 50 公尺，故對於戶外遠距離傳輸有其限制，因此本案架構 LoRa 無線傳輸技術於環境安全監測系統與架構，說明本案之微氣象站與環境安全監測的傳輸技術已可以從短距離無線傳輸，到遠距離無線傳輸技術之防災教學。應用樹莓派所撰寫之 LoRa 無線傳輸技術的 Python 程式無線傳輸程式碼，已儲存於樹莓派微電腦儲存空間中。

(三)、防砂壩傾斜偵測軟體開發

坡地災害之監測與預警，對於防砂壩變位監測是重要之監測參考數據，藉由防砂壩之震動與傾斜偵測，了解上方邊坡是否有進一步之崩塌與滑動，是否有邊坡破壞成災害之預警監測。因此，本案教育以此觀念設計利用 micro:bit 自身之 3 軸加速度感測器，經由軟體開發可以同時量測震動與傾斜之即時監測。如下圖防砂壩傾斜之感測器設備展具，當防砂壩受到震動或傾斜時，micro:bit 會發出紅色警示。當防砂壩傾斜量達到 1 度時，

micro:bit 本身的 LED 燈將呈現警告符號。



圖2-42 防砂壩傾斜之感測器設備配置

(四)、智慧型地下水計之軟體開發

坡地崩塌區之監測，地下水位是重要之監測參考數據，本計畫藉由微控制器的加速度感測器，經由模擬姿態模式的動態感測，經由加速度的 2 次積分，計算垂直方向的位移變化，應用於地下水上升下降時，微控制器浮於地下水位面，而達到簡易型智慧感測裝置之構想，進一步推廣於自主防災監測之教育展具。

micro:bit 微控制器，Z 軸為垂直方向測量，而內建加速度感測器量測之數位值轉換而成，先轉換為重力值 g ，再轉換為垂直位移。若能夠將測量得到之每個深度 Z 軸平均變位轉換為原始加速度值(g)，再經過積分兩次所紀錄之兩個深度間之移動時間得到 Z 軸方向也就是垂直移動距離。

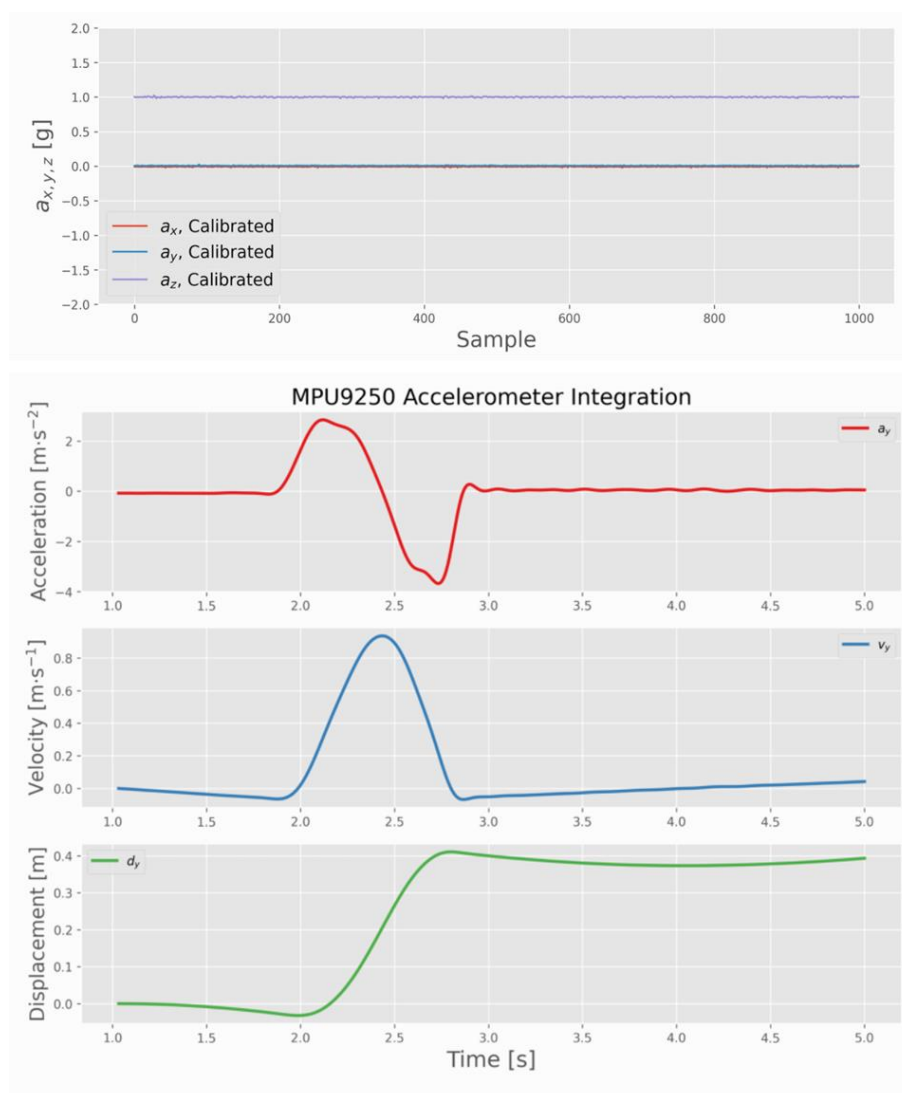


圖2-43 由微控制器加速度推估位移之概念示意圖(Hrisko, 2021)

micro:bit 本身傾斜加速度感測可量測範圍為(1g、2g、4g、8g)，本計畫設定值為 1g 範圍量測，數值範圍為 +1024 ~ -1024，每轉 180 度則數值增或減 1024，若欲得到原始加速度單位必須先將量測到之加速度值經由 1024 與 1g 之間的運算，之後便能計算得到其移動距離。

本研究以模型初步測試 micro:bit 資料進行運算並分析是否可行，且記錄下每個深度以手動方式移動至下一個深度的時間後求得平均加速度值，並利用儀器紀錄時間，然後計算加速度積

分 2 次所得到之位移量，初步實驗，每下降 1 公尺計算累積位移值，並系統自動計算 10 次之平均值，結果如下列測試結果。

深度 (m)	Z 軸量測值 (m)
0	-0.15
1	1.24
2	2.51
3	2.66
4	3.81
5	5.89

以上僅為初步設計之結果，發現此法所用之 Z 軸所測量之值積分後若要自動化仍有一定之誤差(約 20%)，由於 micro:bit 僅有加速度感測裝置，未來將朝向加速度感測計，另再加上陀螺儀與磁力計，才能校正成為更精準的加速度變化，藉此計算出更準的 Z 方向之深度。

本模組僅提供可於教學上展示之智慧型地下水感測器(如下圖)，提供教學與原理之說明，對於未來實際現地之使用，尚須進一步的研究與外加輔助之感測器。

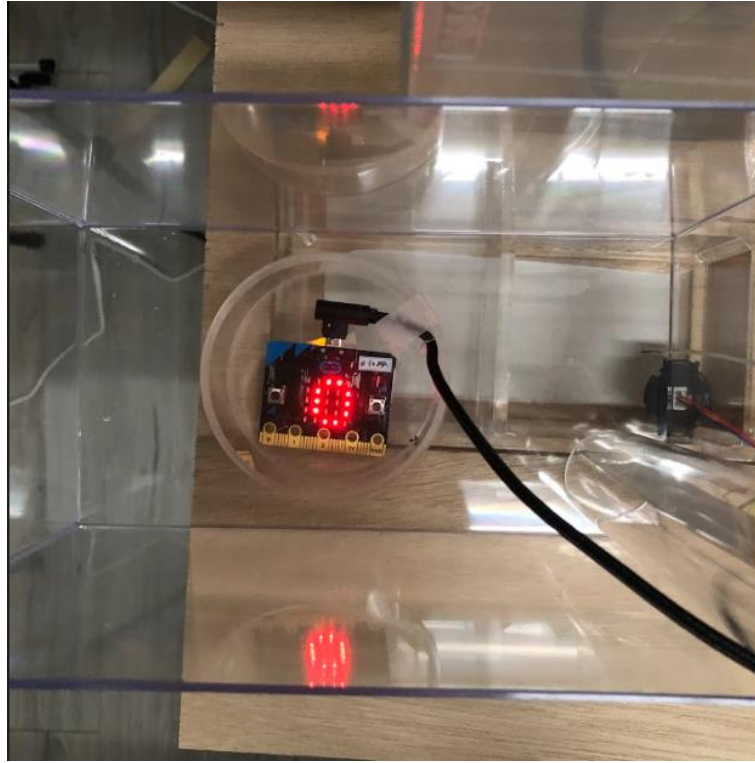


圖2-44 智慧型地下水計設備配置

(五)、光學式地表變位儀之應用與創新

本研究將電腦視覺技術之光學原理，應用於現地動點與不動點之相對變位感應與記錄的裝置，包括一個用來安裝具攝影功能的智慧型裝置及設置在欲量測相對變位的規標設計。應用影像改變的原理，分析規標變位造成影像上的變化量，即可推算待測物相對變位量。所記錄的資料，可以顯示在智慧型裝置，或儲存，定時或即時傳遞至其他必要之裝置。

原啟發性的單點裝置構想如下圖之示意圖，對所欲量測的相對變位的點位，設置簡易的機械裝置，要量測現地兩點位之間位置關係的變化量，將具備可供量測尺寸大小之規標固定在可能變位的測點，具相機之固定架固定在不動點位置。當測點與不動點之間產生相對位移時，規標所在之位置亦會隨之改變，相機成像中，規標的大小亦會隨之改變，由連接相機之電腦或智慧型裝置

中，即可計算影像中規標各部分尺寸的大小變化，來推算測點之間的相互關係變化，此為最初電腦視覺式變位儀之構想。

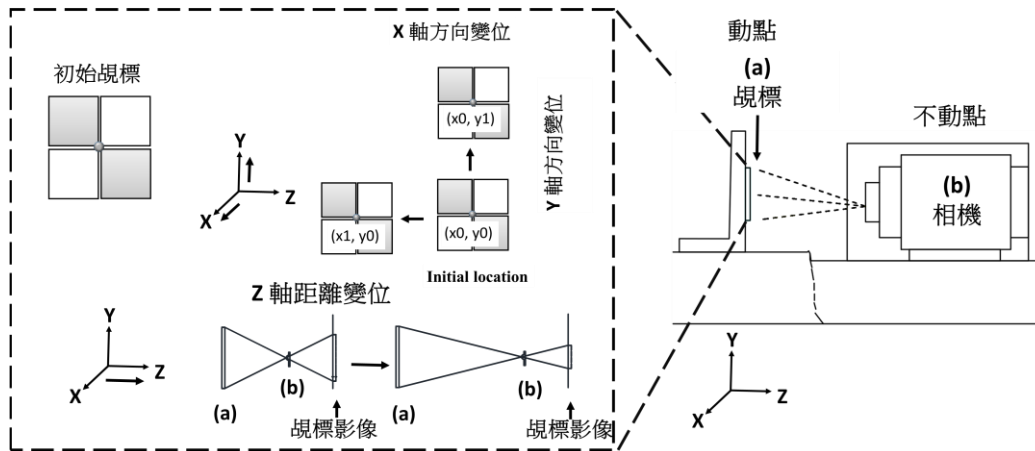


圖2-45 光學式變位儀器裝置示意圖

本研究利用人工智慧電腦視覺技術之 OpenCV 函示庫，並自行撰寫 Python 程式語言，結合物聯網裝置與數位相機，開發整合此分散式監測系統感測系統。

本研究利用樹莓派與 OpenCV 程式計算 NoIR Camera V2 相機以及 chessboard 規標中心點距離，利用三角幾何關係，反求中心點規標與相機距離，再運用程式碼判讀之(X, Y)利用前後期數據相比對，計算出水平、垂直位移量變化。將本設備安裝在 STAGE 手動微調平台，可測得微調平台之 XYZ 軸已知位移量，如下圖之室內研究裝置。利用 chessboard 規標大小與距離，設定距離 10cm、規標大小為 $3.2 \times 3.2\text{cm}$ 以及距離 18cm、規標大小為 $5 \times 5\text{cm}$ 共兩組實驗，然後運用本實驗自行撰寫之程式碼判讀之 chessboard 規標(X, Y)前後期數據影像比對，計算出水平 XY 軸、垂直 Z 軸之位移量變化，即可決定本裝置(3D 光學式位移計)之精度。

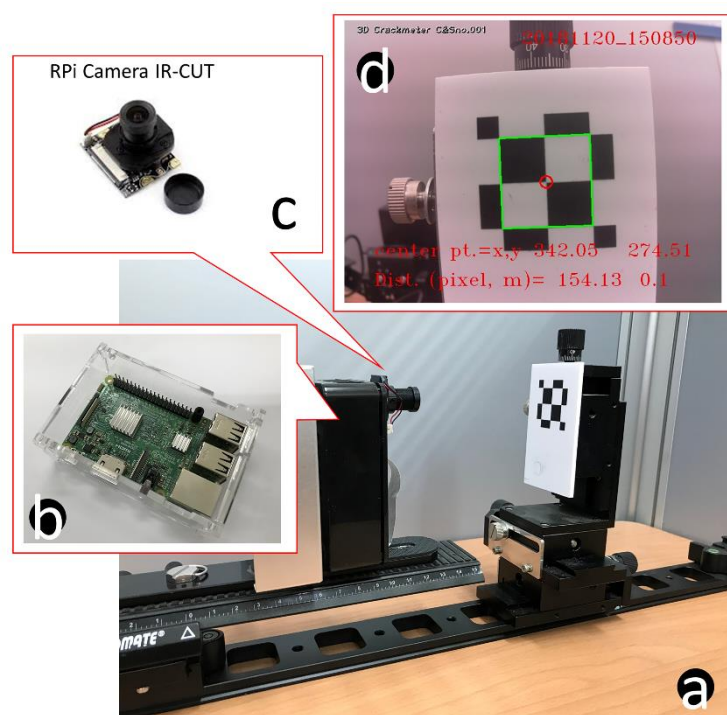


圖2-46 光學式變位監測儀器室內實驗裝置

本研究室內試驗利用樹莓派相機和 STAGE 手動微調平台裝上規標，然後於手動平台進行 XYZ 三軸各方向之位移(0cm、0.005cm、0.01cm、0.015cm、0.02 cm、0.025cm、0.3 cm、0.05 cm、0.1 cm、0.5 cm、1.0cm)測試，本裝置運用 OpenCV 程式撰寫相機影像三角關係計算式，使用邊長投影與斜邊長投影取得(X, Y)之值，故影像規標邊長尺寸與相機規標距離尺寸已知，便可求得實際之距離，本裝置 3D 光學式位移計之室內實驗中，取 1 分鐘一筆數據，1 筆數據為 30 次讀取資料之平均值計算，其中量測 Z 軸方向之距離時標準偏差約為 0.0031 公分，X 軸方向之標準差約為 0.0069 公分，Y 軸之標準差為 0.0020 公分，室內實驗證明本研究裝置之穩定性與可行性。

由室內實驗得知之式數據分析如表 2-5。AIOT 光學式變位儀之水平軸方向所量測標準偏差約為 0.273 Pixel，垂直軸方向之標準差約為 0.298 Pixel。試驗之平均精度為 0.01 公分，證明

本研究裝置之穩定性與可行性。

表2-5 電腦視覺式光學地表變位儀之數據分析

規標觀測值	平均值(Pixel)	標準差(Pixel)	二倍標準差機率(%)
中心點 X 軸	367.779	0.273	97.90
中心點 Y 軸	184.820	0.298	97.80

本研究之地表變位監測無線感測系統架構，透過樹莓派主機之電腦視覺運算，得到每個地表變位監測的 XYZ 變位監測，經由單位換算(1pixel=0.4mm)，並由前後期之影像 pixel 之差異，系統即可自動顯示位移量(mm)之數據資料。另本系統還包括微型氣象站等資料，可以顯示本模型之雨量、環境溫溼度等資料。

本研究系統之網路層，是將樹莓派與 LoRa 無線傳輸模組結合成為物聯網即時監測系統，透過 MQTT 通訊協定與 Node-RED 軟體成為接收變位監測數值。LoRa 是低功率廣域網路(LPWAN, Low Power Wide Area Network)規範的其中一種，主要概念是以低耗電的裝置傳遞訊號給遠距離的接收端，遠距離的終端節點利用 LoRa 傳輸到 Gateway，再由 Gateway 連上網路伺服器(Network Server)，透過網路伺服器把資料上傳至雲端或應用伺服器，這樣終端節點的訊息可透過 Gateway 來橋接(Bridge)並延伸傳輸距離，理論上傳輸距離可達到 15 公里，達到低耗電與遠距離無線傳輸之目標。

最後於應用層中展示監測成果於雲端網頁，本模型結合物聯網氣象站與 AIOT 光學式位移計儀器(如下圖 2-47 之模型配置圖)。

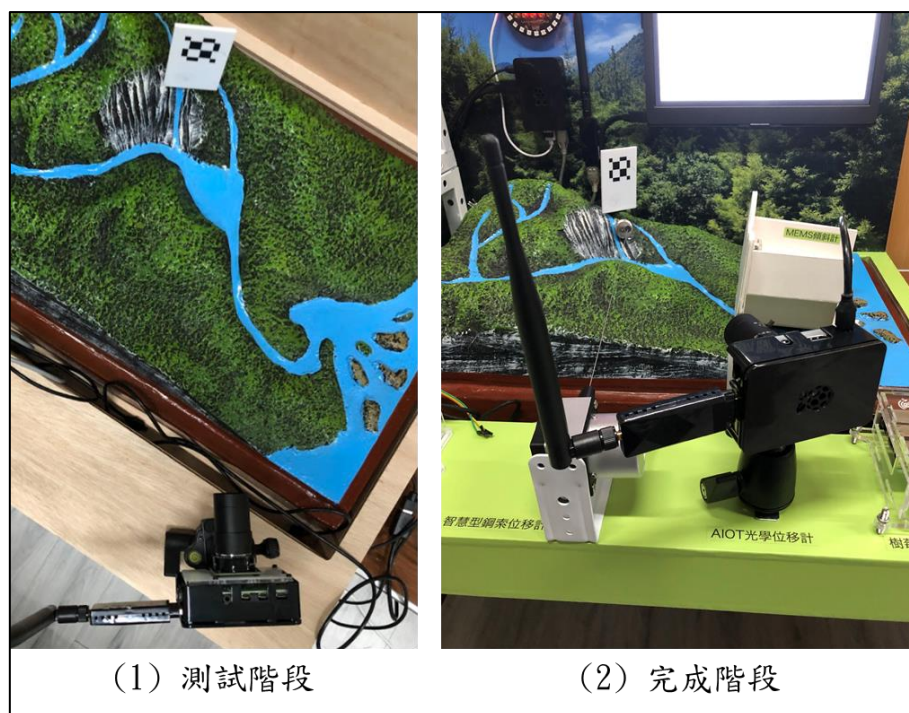


圖2-47 AIOT 光學式位移計設備配置

本模型結合樹莓派物聯網，架構可以即時監測與互動式之軟體介面，包括微氣象站(自動記錄地表 XYZ 變位資料並即時顯示現地雨量、風速、風向、溫度、濕度、大氣壓力以及土壤溫度與土壤濕度資料)，以及 AIOT 光學式位移計儀器(監測地形模型 XYZ 變位資料)，加上智慧型鋼索位移計與地下位計資料等，透過樹莓派物聯網頁之設計，可即時顯示系統所有數據，如下圖 2-48 之無線感測物聯網架構與網頁示意圖。本計畫將以此架構製作成模型展示，以展現多樣性感測器與防災監測物聯網的實作與創新防災科技應用。



圖 2-48 AIOT 光學式位移計結合微氣象站之畫面展示

(六)、微氣象站雲端資料庫系統

目前微氣象站雲端資料庫設置於中興大學土木系，利用 FTP 通訊協定將各處之微氣象站透過網路或 4G 傳輸，回傳各區氣象站環境監測資料，並透過跨平台網頁設計，即可於手機觀看各自主防災社區或校園之微氣象站資料，成為微氣象站雲端資料庫系統，架設說明如下列圖示說明：

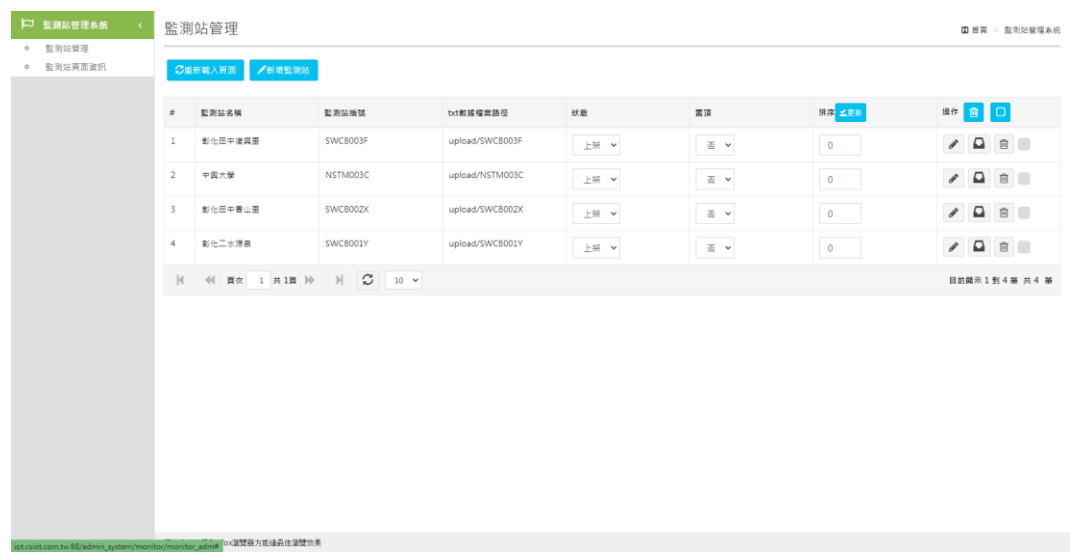


圖2-49 微氣象站之後臺監測管理系統

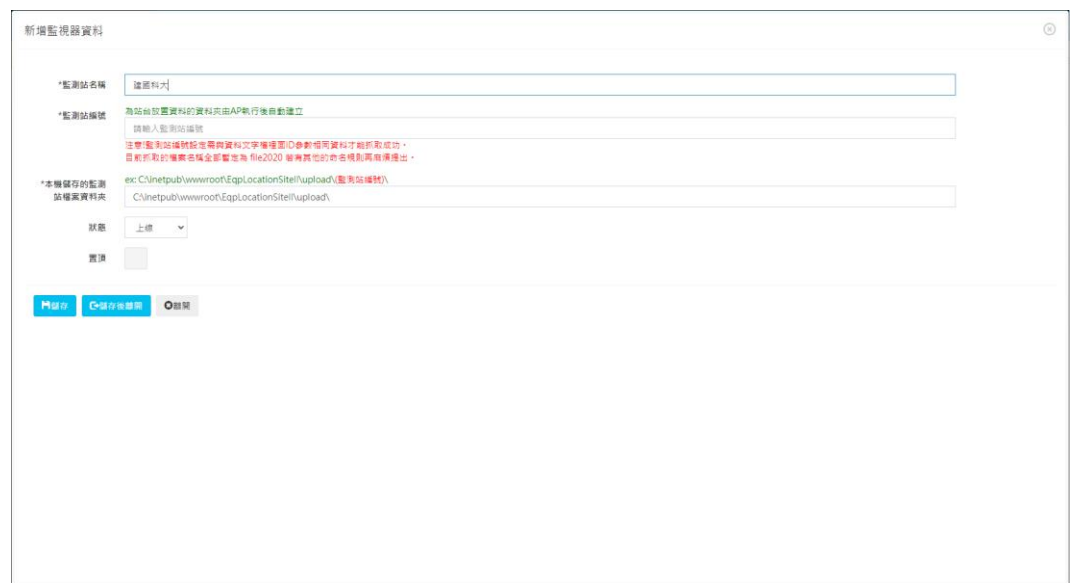


圖2-50 管理人員新增微氣象站資料設定

自主防災社區物聯網-Micro:bit微氣象站

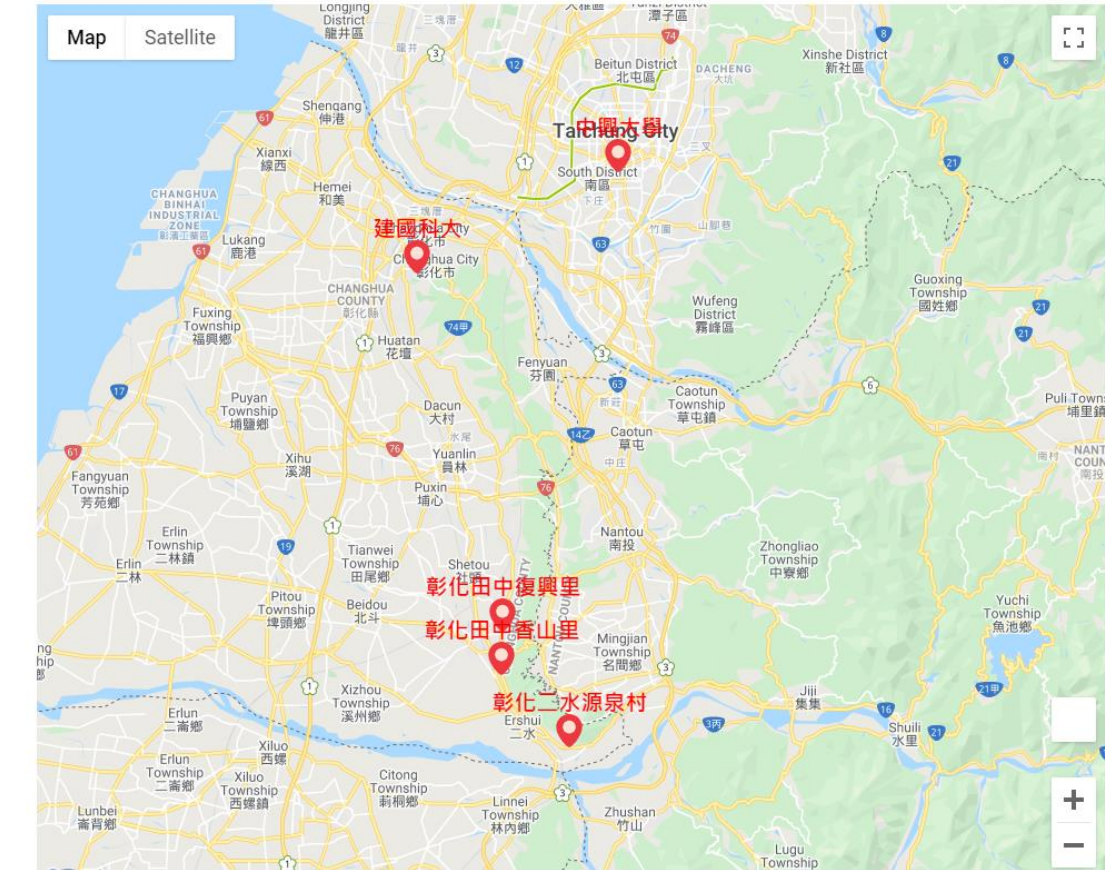


圖2-51 微氣象站的手機網頁平台

站台監測資料擷取V2

重新載入

	站台名稱	站台代號	檔案路徑	最後更新日期	擷取狀態	擷取進度	資料更新
1	24-中興大學	NSTM003C	D:\RaspberryPI_FTP\N	2021/11/7 下午 04:08:15	●		資料處理中
2	25-彰化二水源泉	SWCB001Y	D:\RaspberryPI_FTP\S	2021/11/07 16:06:43	●		資料處理中
3	26-彰化田中香山里	SWCB002X	D:\RaspberryPI_FTP\S	2021/11/7 上午 11:59:03	●		資料處理中
4	27-彰化田中復興里	SWCB003F	D:\RaspberryPI_FTP\S	2021/11/7 下午 04:05:07	●		資料處理中
5	28-達國科大	SWCB005T	D:\RaspberryPI_FTP\S	2021/11/07 16:08:34	●		資料處理中

圖2-52 後臺雲端資料庫執行資料讀取畫面示意圖

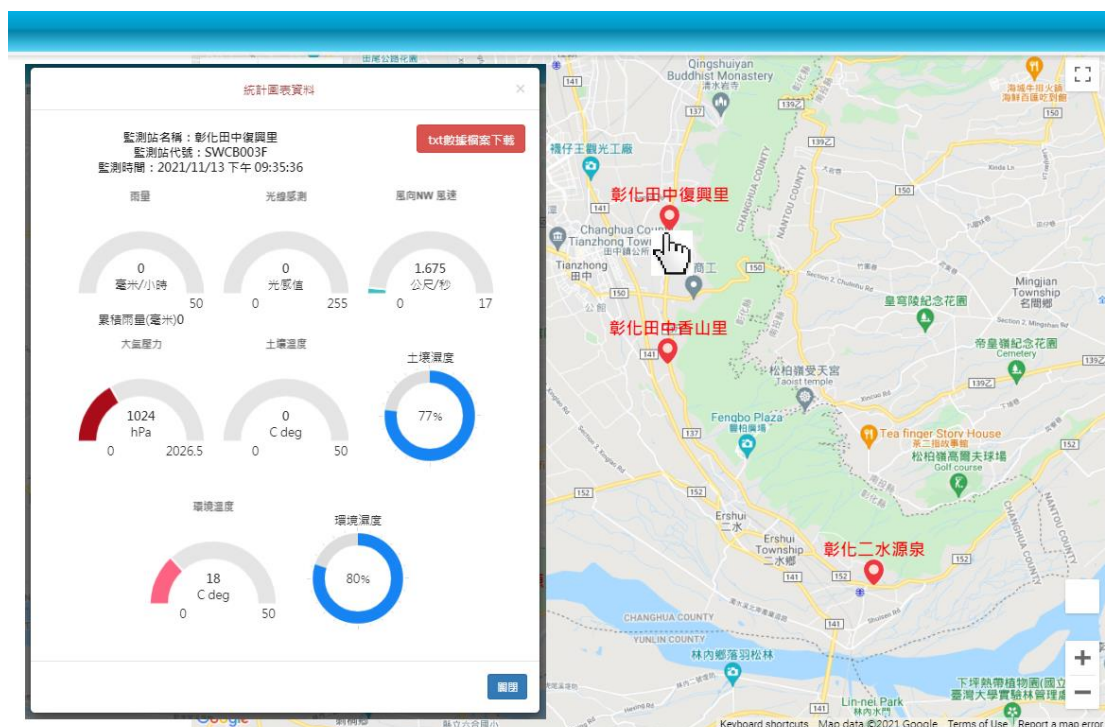


圖2-53 點選各站之微氣象站資料

第三章 工作進度與交付項目

第一節 計畫甘特圖

主要工作項目	110 年			
	1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月
微氣象站與環境安全監測教具 模型				
微氣象站與環境安全監測軟體 開發				
Micro:bit 微氣象站安裝與設 定				
微氣象站雲端資料庫系統建立				
微氣象站與環境安全監測系統 教育訓練				

第二節 計畫交付項目

一、計畫執行項目

執行項目	單位	數量
微氣象站與環境安全監測教具模型	組	1
微氣象站與環境安全監測軟體開發	套	1
Micro:bit 微氣象站安裝與設定	處	5
微氣象站雲端資料庫系統建立	套	1
微氣象站與環境安全監測系統教育訓練	處	5

上述項目皆已完成。

二、期中報告、期末報告、成果報告書期程

(一)、期中報告：110 年 7 月 19 日

(二)、期末報告：110 年 11 月 15 日

(三)、成果報告書：110 年 12 月 24 日

第四章 結論及建議

第一節 結論

micro:bit 微氣象站是應用最新的微控制器啟發科普教育之創新發展，micro:bit 微氣象站與樹莓派之結合架構自主防災之物聯網系統，戶外 micro:bit 微氣象站具節能效益，體積小具空間效益並對於社會效益有提升防災社區的韌性指標價值。透過科普教育建立科技化的自主防災監測與教育體系，建構完善之防災社區避難制度的系統。

本計畫教育訓練配合彰化縣政府之政令宣導，共辦理 5 場「坡地自主防災之微氣象站與環境監測教具開發和實作教學」，獲得社區民眾熱情之迴響並互動熱絡。多數里村長皆表示肯定自主防災之重要性與教育社區民眾之必要性，可以持續推廣並安裝簡易型微氣象站。

整體效益包括：(1)簡易型微氣象站硬體價格便宜。後續推廣可以設定一組微氣象站架設於每個崩塌地或永續校園。(2)建立科技化的自主防災監測與教育體系，建構性價比高之防災預警監測系統。(3)防災監測儀器輕量化、可攜式套裝設備與提供緊急設置之設計理念。

第二節 建議

一、「立即可行建議」：一組戶外 micro:bit 微氣象站(含無線通訊與即時監測之樹莓派物聯網系統)可以訓練防災專員簡易操作與應用，減少人員暴露於戶外觀察之風險，可以全面性推廣。

二、「中長期建議」：目前 micro:bit 微氣象站資料可裝設在自主防災社區，亦可裝設於僅需簡易型監測之土石流或崩塌地土砂防災地區。未來系統可採用 4G 或 5G 的傳輸系統，成為 5G 雲端大數據之防災教育氣象資料庫應用的先驅。

參考文獻

1. 李啟龍，林育安，詹庭任，2019，用 micro:bit + Python 寫程式當創客！培養創造力，基峰。
2. 陳會安，2017，「Raspberry Pi 樹莓派從不懂，到玩上手」，旗標科技股份有限公司。
3. 陸瑞強，廖裕評，2017，物聯網實作：Node-RED 萬物聯網視覺化，五南。
4. Raspberry Pi 台灣樹莓派，
「<https://www.raspberrypi.com.tw/>」。
5. Cicolani, J., & Cicolani, J. (2018). Beginning Robotics with Raspberry Pi and Arduino. Apress.
6. Halfacree, G. (2017). The official BBC Micro: bit user guide. John Wiley & Sons.
7. Hrisko, J. (2021). Gyroscope and Accelerometer Calibration with Raspberry Pi. Maker Portal.

附錄一 期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

行政院農業委員會水土保持局

「110 年度創新研究計畫」-「軟體防災對策（B 場）」

期初審查會議紀錄

壹、時間：110 年 5 月 6 日(星期四)下午 1 時 30 分

貳、地點：本局 A 區第一會議室

參、主持人：鐘啟榮副總工程司兼主任(林仕修簡任正工程司代理) 紀錄：

黃珮琦

肆、出(列)席單位人員：詳簽到簿。

伍、受委託單位簡報：略。

陸、審查意見：如后附件。

柒、結論：

一、本場次「土砂災害肇生前兆之綜觀環境條件診斷」、「坡地自主防災之微氣象站與環境監測教具開發和實作教學」、「整合地文與水文資訊之深層崩塌即時預警模式(3)」、「採用低功耗廣域網路執行土石流潛勢溪流流域土砂與崩塌地變化防災監測傳輸之驗證研究」、「臺灣地區沉積岩地質區淺層崩塌與土石流潛勢關聯性分析」、「結合遙測土壤含水量降尺度方法及 QPESUMS 雨量資料建立坡地災害預警模式」等 6 件研究計畫期初審查通過，請參照與會委員相關意見辦理。

二、並請各執行單位於 7 月 19 日（一）前以公文提送期中報告書 5 份，俾利後續審查作業推展。

捌、臨時動議：無

玖、散會：16 時 45 分

期初審查會議紀錄與回覆辦理情形

序號	委員意見	辦理情形
1.	(一) 微氣象站之各項感測器精度是否有校正？	感謝委員意見，本計畫之微氣象站採用 SparkFun micro:climate kit 氣候開發系統套件，其官方網站說明中，雨量計屬於傾斗式記錄裝置，每一傾斗裝滿代表 0.011 英寸的降雨量；風速計之精度為每秒點擊 1 次大約為 1.5 mph；風向計之讀取為簡化成八個方向（N、NE、E、SE、S、SW、W、NE）作為字符串，但可以測得 16 個方位數值。另溫度、濕度、大氣壓力採用 BME280 晶片傳感器，其溫度 (°C) 精度為 0.1% FS(Full Scale 為 0~100 度)，濕度精度為 0.1% FS(Full Scale 為 0~1024)，大氣壓力精度為 0.1% FS(Full Scale 為 0~25,600 hPa)。上述說明已撰寫於本報告 2-3 頁。
2.	(二) Micro:bit 之整體傳輸容量及取樣率為何？不同感測器是否可有不同之取樣頻率？	Micro:bit V2.0 具有 512KB 快閃記憶體與 128 KB RAM，具藍芽與 2.4GWiFi。其有多樣性感測器，故有不同取樣率，其中雨量計約 10 秒讀取計數器，其餘感測器反應時間約 5~10 秒。另三軸加速度晶片之取樣率可設定從 1Hz 到 6400Hz。
3.	(三) 是否有現地暴雨條件下微氣象站之實體案例進行驗證？	本報告於第二節工作執行步驟中將探討雨量計於室內實驗與戶外實際安裝測試時的誤差分析，詳見本報告 2-14~2-21 頁。
4.	(四) 目前設備校驗？例如：Micro:climate kit ？	微氣象站之 SparkFun micro:climate kit 目前仍以官方資料為準，本計畫有針對雨量做室內簡單試驗與戶外安裝實際資料與氣象局資料

序號	委員意見	辦理情形
		之比對，詳見本報告 2-14~2-21 頁。
5.	(五) 目前用的 Micro:bit，樹莓派等都是雛型，對於實際風雨交加的環境是否可靠？	本報告目前針對 1 所學校測試以及 1 處崩塌地(嘉義中心崙崩塌地)有實際降雨資料之接收，從今年到現在仍持續接收資料，儀器尚屬穩定，本計畫另預計安裝 5 處防災社區，未來亦可加以比對資料。
6.	(六) 本計畫因為是水保局的計畫，除了是教具外，最實用的目的是什麼？	主要藉由簡易微氣象站的設置，具省電、多感測器功能、物聯網系統，未來可廣設於僅需簡單監測設備之崩塌地或土石流地區。
7.	(七) 氣象站儀器如何校正？若未校正，誤差多少？請列表，避免未來誤用。	本報告於第二節工作執行步驟中已探討雨量計於室內實驗的誤差約 7%與戶外試驗誤差約 10%，詳見本報告 2-14~2-21 頁。
8.	(八) 一個微氣象站的成本多少？請列表。計畫成果可讓水保局推廣使用。	已列表於表 2-2 微氣象站應用範圍及發展潛能，詳見報告 2-15 頁。
9.	(九) 本計畫目的請釐清：製作微氣象站？使用微氣象站？製作教具？教育？	本計畫主要由兩個面向，一為藉由簡易微氣象站的設置，未來可廣設於僅需簡單監測設備之崩塌地或土石流地區。二是藉由土砂災害之監測感測器之教具研發，提供未來可設置於現地架設或實驗的基礎。
10.	(十) 只能用積木程式嗎？能不能自己用其他語言？目前如何傳輸？多遠？	Micro:bit 控制器除積木程式外，可用 Javascript 以及 Python 程式撰寫。其 2.4G 傳輸距離約 50 公尺。
11.	(十一) 在防災監測科技教具中，如何偵測地下水位及鋼索檢知斷裂？	micro:bit 微控制器連接液位感測計量測模型中之小水槽水位；鋼索檢知預計利用 micro:bit 與繼電器之通路與斷電模式，當鋼線於模型被拉動或脫落時，系統自動發出警告訊息。

序號	委員意見	辦理情形
12.	(十二) 微氣象站之雨量計原理及精度如何？以及環境及土壤溫濕度、大氣壓力等偵測儀器之精度如何？對防災有何用處？整組價格如何？	感謝委員意見，微氣象站之感測器原理已說明於報告中之 2-3 頁、2-7 頁、2-8 頁。另整組價格詳見表 2-2 微氣象站應用範圍及發展潛能，詳見報告 2-15 頁。
13.	(十三) 相關設備如雨量計、風速計、風向計是否與標準度量所得數值一致？	微氣象站之 SparkFun micro:climate kit 目前仍以官方資料為準，本計畫有針對雨量做室內簡單試驗與戶外安裝實際資料與氣象局資料之比對，詳見本報告 2-14~2-21 頁。
14.	(十四) 此套設備是否可能輕量化，轉換成可攜式套裝設備，提供緊急設置或移動教具應用。	感謝委員意見，本計畫之目標就是朝向輕量化，可攜式套裝設備與提供緊急設置之設計理念。
15.	(十五) 相關設置成本應予列出，供規劃參考。	整組價格詳見表 2-2 微氣象站應用範圍及發展潛能，詳見報告 2-15 頁。
16.	(十六) 微氣象站之設置環境、地點、耐用度條件為何？另單 1 站之設置成本及後續維運成本維何？建議之後可進一步分析研究其開發及製造，以供後續推廣應用參考。	本報告目前針對 1 所學校測試以及 1 處崩塌地(嘉義中心崙崩塌地)有實際降雨資料之接收，從今年到現在仍持續接收資料，儀器尚屬穩定，本計畫另預計安裝 5 處防災社區，未來亦可加以比對資料。
17.	(十七) 預定辦理 5 場教育訓練，目前主要以彰化地區之自主防災社區為主，建議未來可考量其他縣市。	感謝委員意見，本計畫未來持續洽談其他縣市之防災社區與防災校園之土砂防災監測教育與實作訓練。
18.	(十八) 環境監測教具之開發，建議可進一步分析開發及製作成本，以供後續推廣應用量產化參考，另建議教具可安排於教育訓練中進行實際應用及成效分析。	感謝委員意見，本計畫朝此目標發展。

附錄二 期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

行政院農業委員會水土保持局

「110 年度創新研究計畫」

期中報告書面審查意見暨回覆辦理情形

序號	委員意見	辦理情形
1.	本計畫未來的成果應可推展至社區，中、小學的自主防災應用上，值得鼓勵，實作教學的對象，建議優先考慮表 2-4 所列的鄉鎮村里國中、小學為對象，啟發學童對微控制器及程式撰寫的興趣。	感謝委員之意見，將持續推動自主防災應用科學。
2.	P2-19 圖 2-24 顯示微氣象站對應西湖 COE810 雨量站監測結果的差異，尤其是 2021/06/07 的降雨最為明顯 2021/05/31 亦同。建議深入瞭解原因。	因為本微氣象站雨量單位為英吋，本展示系統式經由程式撰寫計轉換為 mm，可能在四捨五入之整數取捨時，造成累積之誤差，後續將持續校正優化。
3.	P2-27 提出兩案無線傳輸方案，但僅對傳輸距離進行陳述，建議可增加維運成本及自主防災自主維護的技術門檻進行分析比較。	感謝委員之意見，未來將持續進行比較分析。
4.	P2-23 中的展示建議修正如下： (1) 3D displacement 不要用 pixel 做為單位，應改用實際位移長度，例如 mm。 (2) UV 的單位不宜用 MV (3) Wind Speed 的單位請改為公制。	感謝委員之意見，單位已做修正。

序號	委員意見	辦理情形
	(4) Soil Humidity 改為 Soil Moisture Content, 且單位不宜用 MV, 建議改為% U/V(但需視土壤水分感知器, 進行單位轉換。	
5.	目前疫情警戒已降為 2 級, 有關預計辦理 5 場現地儀器安裝與坡地防災自主監測教育訓練, 建議團隊儘速規劃辦理, 並依據疫情指揮中心因應嚴重特殊傳染肺炎(COVID-19)所訂定之相關工作指引進行規劃及辦理。	已完成計畫合約應辦事項。
6.	報告書表 2-4 安裝欄位為圓圈圖示, 其所代表意思為何?	因內文已重新編排, 原表 2-4 已刪除。
7.	報告書 P2-6 及 P2-15 頁內文分別提到當累積雨量達 200 毫米以上及當 1 小時雨量達 50 毫米以上條件, 以紅燈代表防災警戒階段, 請問為何有兩種標準, 是否是因為教育展具及現地條件不同而有差異。	感謝委員之意見, 文字已修正, 僅以當 1 小時雨量達 50 毫米以上之條件, 以免造成混淆。
8.	電力供應方式為何?內容並無相關電力供應方面之測試分析, 從表 2-2 及圖 2-21 上看, 似乎有太陽能板及儲電設備, 是否有進一步考量天氣狀態不佳時, 太陽能板續電效能有限情況下, 儲電設備能支撐多久。	戶外型微氣象站使用 10W 太陽能板, 因 micro:bit 相當省電, 於本案社區與校園安裝已可運作數月之久。
9.	微氣象站之相關儀器, 實際應用時, 設備之耐用度為何?	戶外型微氣象站, 從去年即開始於野外測試, 目前至少已運作 1 年以上, 尚屬正常。
10.	總硬體成本約 25000 元, 加上系統設計與雲端資料庫維	目前戶外型微氣象站運作尚屬穩定, 維運成本主要是室內之樹莓

序號	委員意見	辦理情形
	運，一台 約 45000 元，那後續硬體維運成本與維運方式呢？使否需定期或不定期保養維護或更換零件以維持最佳資料監測運作狀態。	派物聯網之雲端資料庫，須定時觀察資料是否有定時回傳，網站之資料是否是最新資料。
11.	所有設備似乎皆假定都是正常運作狀態下，惟設備本體如有異常時，相關顯示系統是否會警示或告知設備狀態異常。	感謝委員意見，目前為定時人員檢查，未來會朝向自動化檢查機制。
12.	結論中提及微氣象站硬體價格便宜，自主防災之里長與居民都能架設與理解，爰建議如下： (1)製作簡易的操作說明 (2)硬體成本、後續的維護成本 (3)儀器的精確度及雨量計算 (4)需要那些配合設備，如電腦、網路等。以上應做綜合性說明，以利推廣。	感謝委員意見，已詳細說明於附件一與附件二之教育訓練簡報。未來仍將持續精進。

附錄三 期末聯合審查會議紀錄暨回覆辦理情形

行政院農業委員會水土保持局

110 年度「創新研究計畫計畫期末聯合審查暨成果發表會」

會議紀錄

- 壹、時間：110 年 12 月 10 日（星期五）上午 9 時 0 分起
- 貳、地點：本局 B 區第一會議室、A 區第一會議室、B 區應變小組會議室、B 區第三會議室
- 參、主持人：林副局長長立、王副局長晉倫（黃組長振全代）、陳主任秘書重光、徐總工程司森彥、陳副總工程司振宇（陳主任秘書重光代）
- 肆、出（列）席單位人員：略
紀錄：高百毅
- 伍、計畫主持人簡報：略
- 陸、評核結果：如后附件。
- 柒、結論：
- 一、通過評核之計畫，請參照期末成效評核表之審查意見修正，並於成果報告書內回覆辦理情形。
 - 二、受補助單位請於 110 年 12 月 30 日（星期四）前繳交成果報告書（5 冊）及會計報告（非屬公私立學校之民間團體，尚需檢附原始憑證），俾辦理結案作業。
 - 三、計畫結束後有賸餘者請辦理繳還，繳還帳戶說明如下：
 - （一）計畫編號為「110 保發-8.1-保-01-06-001（○）」者：
 1. 金融機關：中央銀行國庫局（代號：0000022）。
 2. 戶名：行政院農業委員會水土保持局。
 3. 帳號：24510302129004。
 - （二）計畫編號為「110 農再-1.1.1-1.1-保-020（○）」者：
 1. 金融機關：中央銀行國庫局（代號：0000022）。
 2. 戶名：農村再生基金-水土保持局。
 3. 帳號：24519201016011。
- 捌、臨時動議：無
- 玖、散會：下午 4 時 15 分

期末聯合審查會議紀錄暨回覆辦理情形

序號	委員意見	辦理情形
1.	本計畫建議未來可強化如何將開發的系統傳遞給民眾，以達到教育目的。	感謝委員之意見，將持續推動自主防災社區之資訊應用。
2.	本計畫如何做資料校核及應用在社區時避免誤報狀況。	本計畫設置5台戶外型微氣象站，定時觀察監測數據之異常情形，尤其有降雨時，將比對氣象局鄰近雨量站做參考資料，未來將適時修正微氣象站之降雨量，以同步氣象局之降雨資料，以免以異常誤報之情形發生。
3.	整套教具不論在自主監測的功能和教育宣導方面都極具影響力，相當厲害。	感謝委員之意見，未來將持續推動自主監測。
4.	微氣象站可評估運用減輕防災專員戶外之風險，原則可行。	感謝委員之意見，本計畫目標之一即是運用簡單易懂之科技來減輕防災專員於颱風豪雨之暴露戶外風險。

附件一

社區自主防災教育訓練講義



微氣象站之監測系統與自主防災

一. micro:bit(微比特)微控制器與監測感

測器介紹

二. micro:bit微氣象站(微比特氣象站)的

設計與自主防災之結合

BBC MICRO:BIT 的介紹

- ◆ micro:Bit 是一款由英國廣播電視公司 (BBC) 推出的專為青少年編程教育設計的微型電腦開發板
- ◆ 透過BBC Micro:Bit，讓教育訓練人員了解IoT架構與實務

BBC micro:bit 特色

- BBC micro:bit 是一個**高度靈活、可程式設計**的嵌入式設備，它是以「幫助這一代人成為程式設計開發員、程序員和未來開拓數字化的先驅」為目的而創造的。
- micro Bit 大小只有一個火柴盒大小，方便組裝與開發應用。
- 內嵌 25 顆紅色 LED 作為顯示，配有兩個可編程控制的按鈕，能以藍牙、Micro USB 連接，讓使用者可以通過手機、平板輕易連接。



關於 BBC MICRO:BIT 微型氣象站 5

- micro:bit 微型氣象站特色：
 - ✓ 即時、省能源、雲端、大數據
 - ✓ 學生互動與自主防災教育
- 氣象資料監測(micro:bit之感測器)：
 - ✓ 雨量、風速、風向、環境溫度、環境濕度、大氣壓力、土壤溫度、土壤濕度
- 本系統可透過**兩台 micro:bit** 進行**無線通訊**，持續監控環境的氣象系統，能夠在**不暴露戶外**的情況下**監測天氣**。



micro:bit微氣象站防災教育展具

micro:bit二個



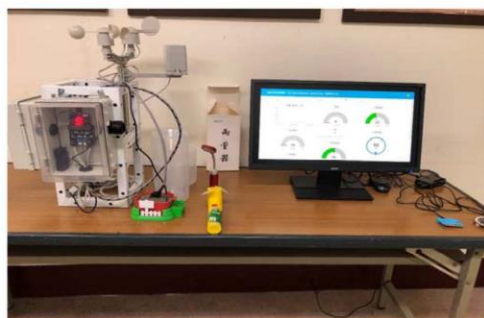
氣象站感測器一組



燈光模組一個



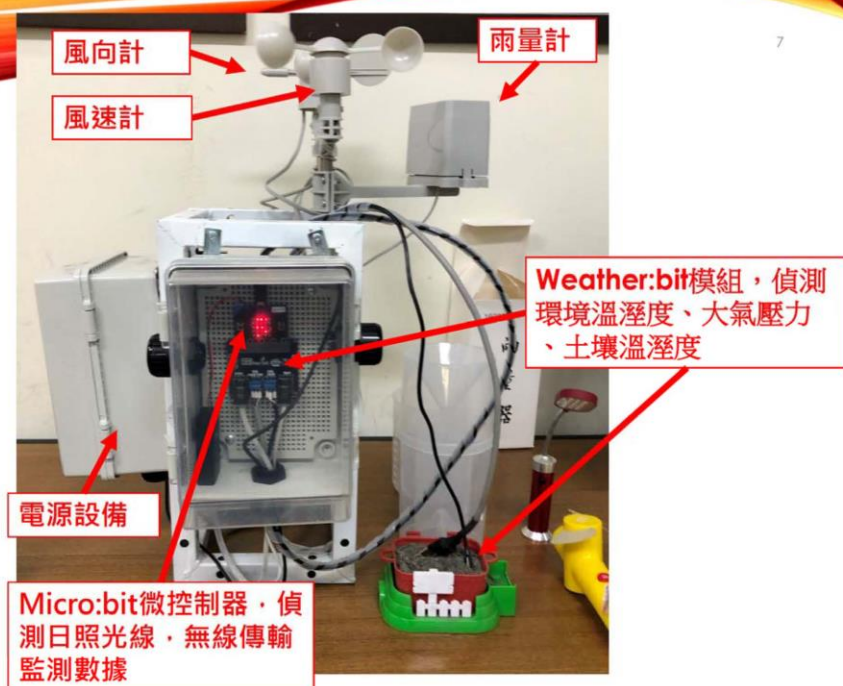
樹莓派與展示螢幕一組



物聯網即時氣象資料展示系統

6

微氣象站組裝成品與功能介紹



簡易防災監測教育:

自主防災概念:

- “大雨”定義：24小時累積雨量達80毫米以上，或1小時雨量達40毫米以上的降雨現象。
- 警戒事項：當1小時雨量達到50mm或累積雨量達200毫米以上，研究顯示山坡地崩塌潛勢區域就有發生崩塌或土石流之可能。



- 透過室內micro:bit燈光模組可以即時發出燈號與聲音警示(當1小時雨量達40毫米以上，以黃燈代表防災注意階段；當1小時雨量達50毫米以上，以紅燈代表防災警戒階段)
- 可客製化設定彰化縣土石流警戒雨量值至系統中，經由手機查詢即時累積雨量

簡易防災監測教育:

自主防災概念:

- “輕度颱風” 定義：中心附近最大風速在每秒17.2到32.6公尺之間，相當於八到十一級風。
- 警戒事項：根據《天然災害停止上班及上課作業辦法》標準，若颱風可能經過之地區，其平均風速達7級以上(每秒13.9~17.1公尺秒)，已達風災發布基準之一。
- 熱帶性低氣壓(TD)與輕度颱風、中度颱風、強烈颱風之風速定義
 - >17.2 m/s 輕度颱風(八級風)
 - >32.7 m/s 中度颱風(十二級風)
 - >51 m/s 強烈颱風(十六級風)



透過室內micro:bit燈光模組可以即時發出燈號與聲音警示(當風速達18公尺/每秒)，以藍燈代表風速已達輕度颱風

簡易防災監測教育:

自主防災概念:

- 「高溫燈號」定義，以據觀測或預測之氣溫高低與延續情形，分黃燈、橙燈、紅燈 3 等級：
- 黃燈：氣溫達攝氏 36 度以上。
- 橙燈：氣溫達攝氏 36 度以上，且持續 3 天以上；或氣溫達攝氏 38 度以上。
- 紅燈：氣溫達攝氏 38 度以上，且持續 3 天以上。



透過室內micro:bit燈光模組可以即時發出燈號與聲音警示(當溫度達38度)，以橙燈代表已達高溫警示

自主防災監測-微氣象站

11

特色：

- 即時、省能源、雲端、大數據
- 教學互動與自主監測微氣候教育
- 無線傳輸、可攜帶式、簡易裝置、無限擴充感測系統

物聯網螢幕即時顯示9種監測數據

氣象資料監測

- 日照
- 雨量
- 風速
- 風向
- 環境溫度
- 環境濕度
- 大氣壓力
- 土壤溫度
- 土壤濕度



微比特氣象站防災社區物聯網

12



- 電腦、平板、手機皆可上網查詢即時監測資料



**Have fun with the
micro:bit**

感謝您的參與

附件二

校園自主防災教育訓練講義

自主防災監測教育 ——MICRO:BIT微氣象站與樹莓派物聯網系統

土砂防災智慧監測系統物聯網

簡報人員：陳毅輝 助理教授（國立中興大學土木系）

合作單位：建國科技大學空間設計系、土木工程系

日期：2021年10月



微氣象站 + 環境安全監測感測器 (Microbit + 樹莓派 + 無線傳輸)

=

自主防災(校園)教育物聯網

設計特色：

輕量化
模組化
可分拆式
可攜帶式
互動式



自主防災環境安全 監測教具

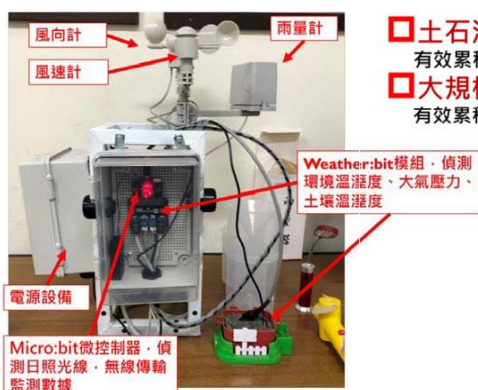
- 微氣象站
- 智慧鋼索位移計
- 地聲感測器
- 水濁度計
- 地下水位計
- AIOT光學變位計
- MEMS傾斜計

3

互動式自主防災監測系統

1. 雨量監測

微氣象站可以實際於戶外監測氣象資料。亦可成為互動式教具，可自行倒水顯示雨量變化之互動，另可同步讀取風向、溫度、濕度、大氣壓力等資料。



- ☐ 土石流發布警戒
有效累積雨量警戒值(350-600mm)
- ☐ 大規模崩塌發布警戒
有效累積雨量警戒值(600-900mm)

4

2. 水濁度感測器

工作電壓：DC3.3 ~ 5V

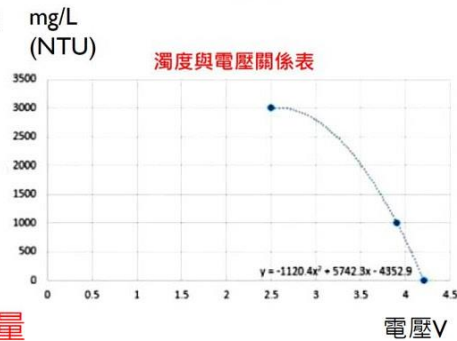
◎ 工作電流：40mA(最大)

◎ 響應時間：<500ms

◎ 絕緣電阻：100M(最小)

◎ 測量範圍：0 ~ 3000NTU

◎ 說明：通過測量水中懸浮固體總量 (TSS) 的變化，來測量水中懸浮顆粒物的光透過率和散射率，利用光來檢測懸浮顆粒物



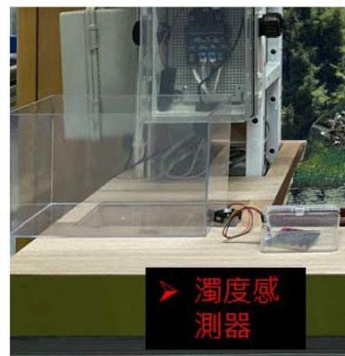
土石流三大運動參數
泥沙體積濃度、流速、流量

當山區降雨時，若土石流潛勢溪流的溪水由清水流變成濁水時，要注意可能有土石流發生。

5

2. 水濁度感測器

- 濁度表示的單位是 NTU，1 NTU 或 1 度的意義是 1 公升的水中含有 1 毫克 (mg) 的泥沙細顆粒。
- 自來水水質標準濁度的上限是 4 到 30 NTU
- 當原水濁度在 2,000 NTU 以上，淨水場處理之可出水已無法達百分之百
- 濁度在 5 千 NTU (濁度單位) 以上已是泥漿水
- 本模型濁度計設定大於 3000 NTU (顯示數字小於 2)，系統發出燈光警告

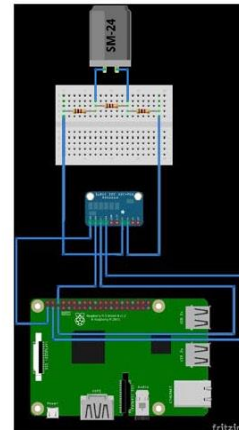


6

3. Geophone地聲感測器



Geophone
規格
- 頻率範圍 : 0 to 500 Hz
- 靈敏度 : > 25 V/m/s



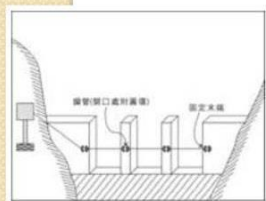
地聲感測器(geophone)作為量測土石流的主要儀器，並由土石流歷史事件中的地聲資料設立土石流地聲警戒值，當地聲檢知器所量得的地聲資料到達所訂定之土石流地聲警戒值時。

文獻研究
現場土石地聲傳遞速率值約為 833~1000 m/s

7

4. 鋼索檢知器

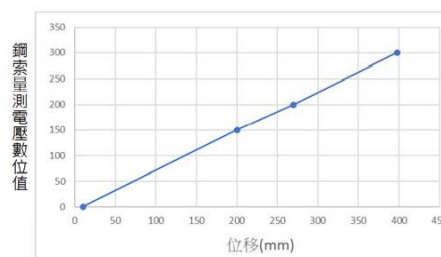
智慧型鋼索位移計



- 土石流地區裝設鋼索拉伸產生之位移訊號，進而依位移之大小或速率，辨識出土石流狀況，並發出警訊。
- 鋼索拉伸之變化量，依型號可拉伸達50cm~10m。能反應出土石流之推移過程，包括初始出現土石撞擊及之後大量土石推擠之狀態。
- 鋼索被拉斷或脫離扣環時，剩餘的鋼索會自動捲回，並產生【斷離】的警訊。

8

智慧型鋼索位移計



- 模具裝設鋼索拉伸產生之位移訊號，進而依位移之大小或速率，判識鋼索縮短時，並發出警訊。
- 鋼索拉伸之變化量，本型號可拉伸達0mm~600mm。能反應出模型被之推移過程，鋼索拉伸或縮短情形。
- 鋼索被拉斷或脫離磁環時，剩餘的鋼索會自動捲回，並產生【斷離】的警訊。本模型自動顯示鋼索拉伸或縮短位移(mm)顯示，並於鋼索脫離磁環並小於50~100mm，發出警訊

9

可以擴充之土砂防災偵測

土石流防災

- 雨量監測
- 地聲感測器
- 鋼索檢知器
- 濁度偵測

大規模崩塌防災

- 雨量監測
- 地下水位監測
- 光學地表變位感測器

10

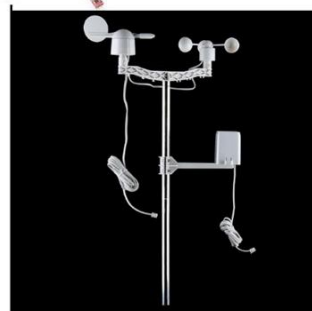
--監測系統物聯網與感測技術--

Micro:bit微氣象站的設計與微氣候環境監測之結合

11

關於 BBC Micro:Bit 微型氣象站

- Micro:bit 微型氣象站特色：
- 即時、省能源、雲端、大數據
- 小朋友互動與自主防災教育
- 氣象資料監測(Micro:bit之感測器)：
- 雨量、風速、風向、環境溫度、環境濕度、大氣壓力、土壤溫度、土壤濕度
- 本系統可透過兩台 Micro:bit 進行無線通訊，持續監控您所搭建的氣象系統，能夠在不暴露天氣的情況下監測天氣。
- 微型氣候套件包，軟體架構為 Micro:bit 和Microsoft MakeCode之上，低價且易於使用。
- SparkFun **micro:climate kit** 氣候開發系統套件是一個完整的氣象站開發套件，包括專業氣象氣候感測等所需組件。
- 搭配 SparkFun 獨家開發的 SparkFun



雨量筒傾倒一次為
0.011英寸 (0.2794毫米) 12

關於 BBC Micro:Bit 監測應用

• SparkFun micro: climate kit

套件、SENSOR介紹



關於 BBC Micro:Bit 監測應用

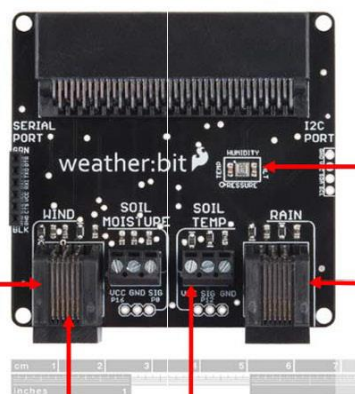
• SparkFun micro: climate kit

套件、SENSOR介紹

SparkFun
weather:bit
(主控版)

Wind Speed
Wind Direction
風速、風向

Soil Moisture
土壤含水量

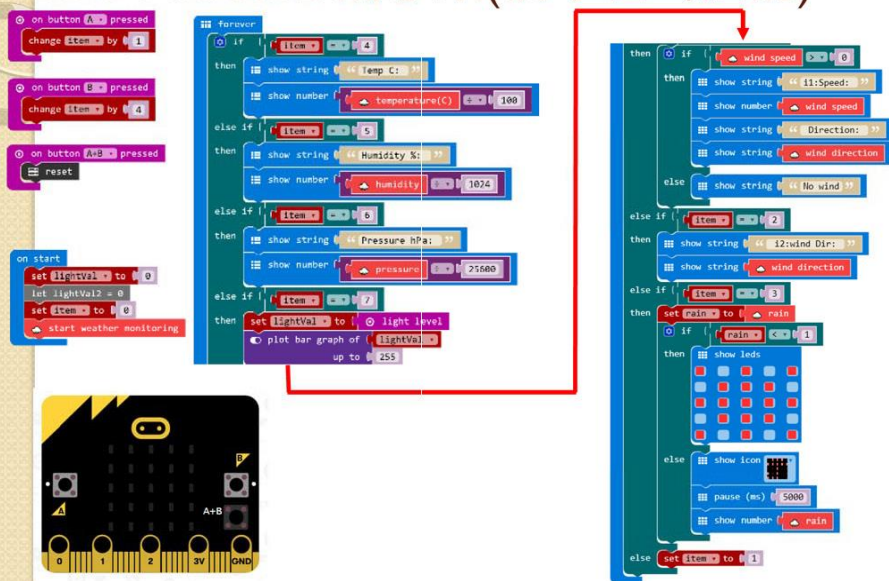


Soil Temperature
土壤溫度

Air Temperature
空氣溫度
Relative Humidity
相對溼度
Barometric Pressure
氣壓

Rain Fall
降雨

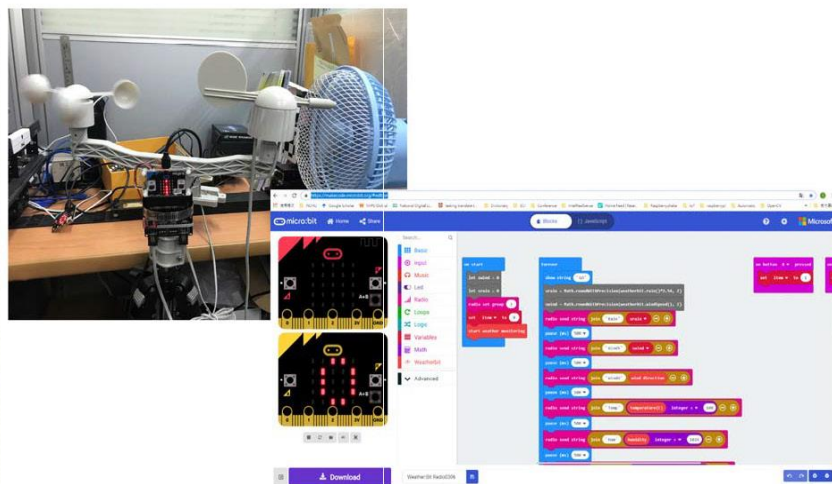
BBC Micro:Bit 氣象站(積木程式撰寫)



氣象站程式碼線上教學 <http://sfe.io/t643>

15

1. 利用 <https://makecode.microbit.org/#editor> ,
撰寫BLOCKS積木式程式讀取器氣象資料



16

Micro:bit微氣象站防災教育展具

Micro:bit二個



氣象站感測器一組



燈光模組一個



樹莓派與展示螢幕一組



太陽能充電組



物聯網即時氣象資料展示系統

17

簡易坡地防災監測教育:



戶外Micro:bit微氣象站可以即時監測雨量、風速等防災基本資訊，無線傳輸至室內Micro:bit微電腦系統。

初步自主防災概念:

- “大雨”定義：24小時累積雨量達80毫米以上，或1小時雨量達40毫米以上的降雨現象。
- 警戒事項：當1小時雨量達到50mm或累積雨量達200毫米以上，研究顯示山坡地崩塌潛勢區域就有發生崩塌或土石流之可能。
- “輕度颱風”定義：中心附近最大風速在每秒17.2到32.6公尺之間，相當於八到十一級風。
- 警戒事項：根據《天然災害停止上班及上課作業辦法》標準，若颱風可能經過之地區，其平均風速達7級以上(每秒13.9~17.1公尺秒)，已達風災發布基準之一。



透過室內Micro:bit燈光模組可以即時發出燈號與聲音警示(當1小時雨量達40毫米以上，以黃燈代表防災注意階段；當1小時雨量達50毫米以上，以紅燈代表防災警戒階段)

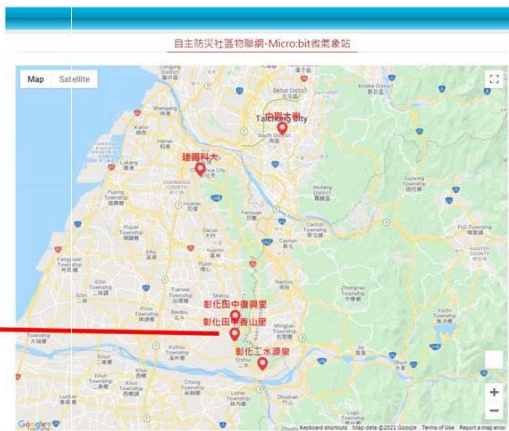
自主防災社區物聯網-Micro:bit微氣象站

特色：

- 物聯網、雲端、大數據、可擴充性
- 資料共享與自行加值



簡易坡地防災監測:
雲端資料庫與大數據資料
下載功能



戶外 Micro:bit 氣象站可以即時無線傳輸至室內 Micro:bit

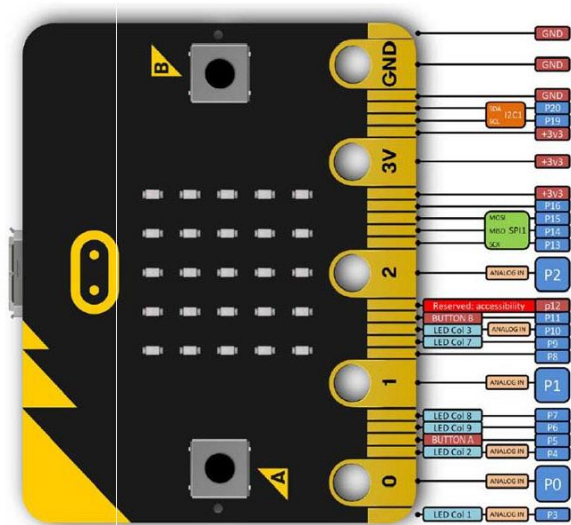
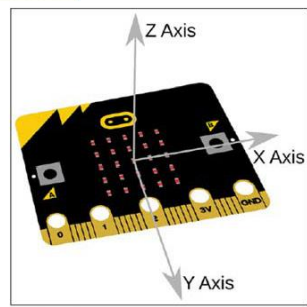


透過室內**Micro:bit**
燈光模組可及時發
出燈號與聲音警示

19

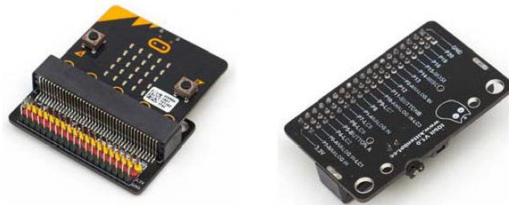
感測器的連接與新型監測儀器介紹 (環境監測與AIOT的無限擴充)

20

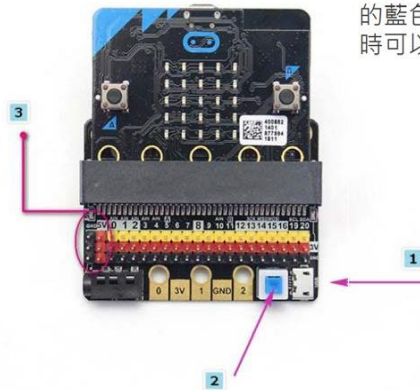


21

lobitV.1.0



lobitV.2.0

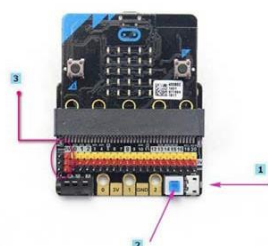
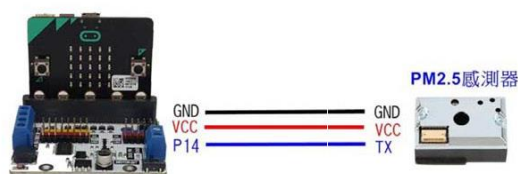


按照圖示1插入USB供電（5V 1A），按下2的藍色按鈕，3處的紅色指示燈會亮起，此時可以使用左邊的5V介面



22

空氣品質偵測 PM2.5



1. 接5V電源
 - PM2.5的一端接P14、另一端接VCC及GND
 - 直接測得的電壓值之變化
2. 接樹莓派(變成IoT系統)
 - 傳送數值
3. 接LoRa(變成無線IoT系統)

23

測試得到的數據和空氣質量對照

測試得到的數據和空氣質量對照：

>= 3000	很差
1050~3000	差
300~1050	一般
150~300	好
75~150	很好
0~5	非常好

SHARP 夏普光學粉塵傳感器

(GP2Y1010AU0F) GP2Y1051AU0F

在檢測非常細的顆粒，如 PM2.5, 香煙煙霧，是特別有效的，常用的空氣淨化器系統。該裝置中，有一個紅外發光二極管和光電晶體管，對角佈置成允許其檢測到在空氣中的灰塵反射光。電流消耗極低（約11~20mA），可以搭載高達7VDC的傳感器。輸出的是個類比電壓正比於所測得的粉塵濃度，敏感性0.5V/0.1mg/m³。

<https://sites.google.com/jes.mlc.edu.tw/ljj/microbit%E9%96%8B%E7%99%BC%E6%9D%BF/microbit%E7%A9%8D%E6%9C%A8/pm2-5%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E6%84%9F%E6%B8%AC>

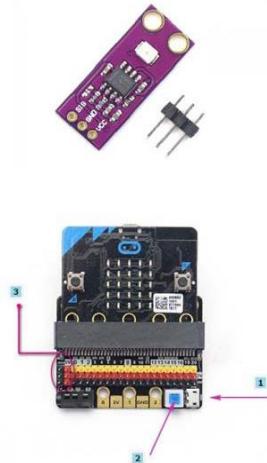
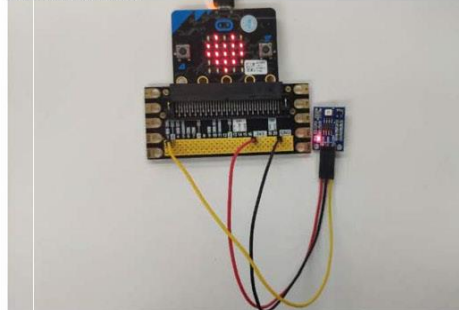
24

UV偵測

GUVA-S12SD UV 感測器是適合於檢測在太陽光的UV輻射

Micro:bit	UV Sensor
VCC	VCC
GND	GND
P0	AOUT

具体硬件连接图如下图所示。



1. 接3V電源

- UV的一端接P0、另一端接VCC及GND
- 直接測得的電壓值之變化

25

測試得到的數據和UV品質對照

UV Index	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606

UV Index	6	7	8	9	10	11+
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+

GUVA-S12SD 太陽紫外線強度感測器
UV檢測波長為200 – 370nm，輸出校準的模擬電壓，隨UV光強度而變化，因此基本上所有您需要做的是將GUVA-S12SD 其連接到ADC輸入並讀取該值。

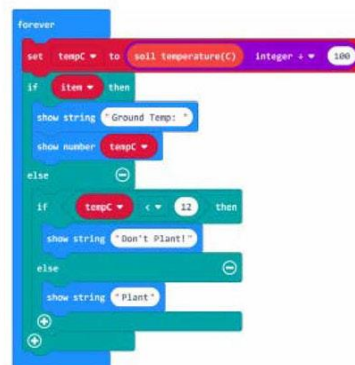
檢測範圍寬：240nm-370nm
大角度：130度

<http://www.waveshare.net/study/article-878-1.html>

26

土壤溫度 感測器

探頭可以直接插入土壤中。
這是一個土壤溫度的數字顯示。

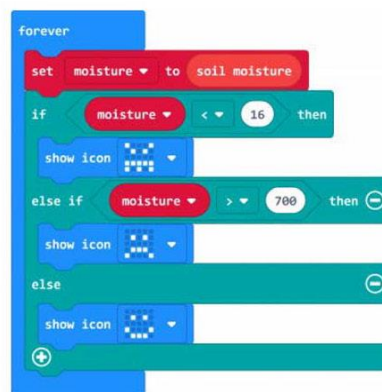


數據直接顯示土壤溫度，
單位 攝氏 °C

27

土壤濕度 感測器(I)

探頭可以直接插入土壤中。這是一個土壤濕度的數字顯示。



原則
土壤濕度指標，0~1023
16以下 土壤太乾
700以上土壤太濕

28

土壤濕度 感測器(2)

探頭可以直接插入土壤中。這是一個土壤濕度的數字顯示。



原則
土壤濕度指標，2965~210
空氣2965
滿水210



1. 接5V電源
- 感測器的一端接P0、另一端接VCC及GND
 - 直接測得的電壓值之變化

29

CO2有害氣體偵測

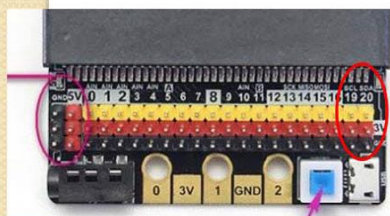
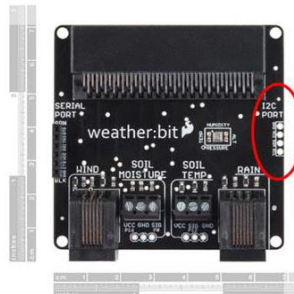
(I2C) of the weather:bit for micro:bit system



SparkFun Air Quality Breakout - CCS811

CCS811 Air Quality Sensor
(空氣品質偵測感測)

1. 接5V電源
- Micro:bit 連結的Pins為
P19 -- I2C - SCL
P20 -- I2C - SDA



<https://learn.sparkfun.com/tutorials/sparkfun-gatorenvironment-hookup-guide/adding-the-makecode-extension>

<https://github.com/ADataDate/pxt-airQuality>

30

測試得到的數據和CO₂品質對照



SparkFun Air Quality Breakout - CCS811

The TVOCs 數值
0ppb to 1187ppb.

The eCO₂ (equivalent CO₂) 數值
400ppm to 8192ppm.

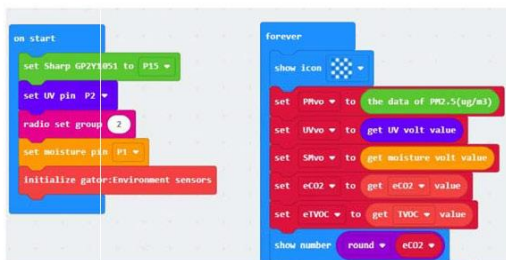
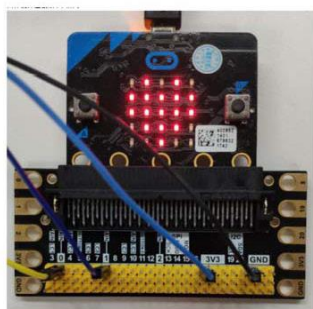


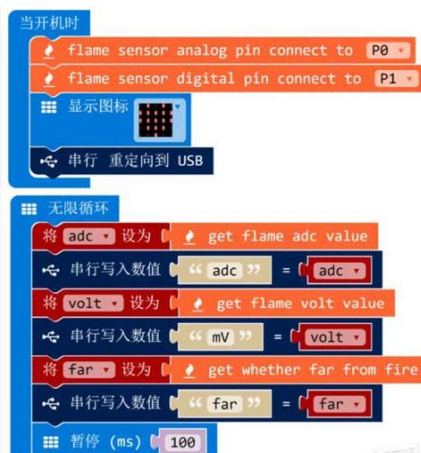
Table 5. Parameters for IAQ as Reported by the IAQ Management Group in Hong Kong

Parameter	Unit	8-Hour Average	
		Good Class	Excellent Class
Room Temperature	°C	< 25.5	20 to < 25.5
Relative Humidity	%	< 70	40 to < 70
Air Movement	m/s	< 0.3	< 0.2
Carbon Dioxide (CO ₂)	ppm	< 1000	< 800
Carbon Monoxide (CO)	µg/m ³	< 10000	< 2000
Particulates (PM ₁₀)	µg/m ³	< 180	< 20
Nitrogen Dioxide (NO ₂)	µg/m ³	< 150	< 40
Ozone (O ₃)	µg/m ³	< 120	< 50
Formaldehyde (HCHO)	µg/m ³	< 100	< 30
Total Volatile Organic Compounds (TVOC)	µg/m ³	< 600	< 200
Radon (Rn)	Bq/m ³	< 200	< 150
Airborne Bacteria	cfu/m ³	< 1000	< 500

火焰感測器



Micro:bit	Flame Sensor
VCC	VCC
GND	GND
P0	AOUT
P1	DOUT

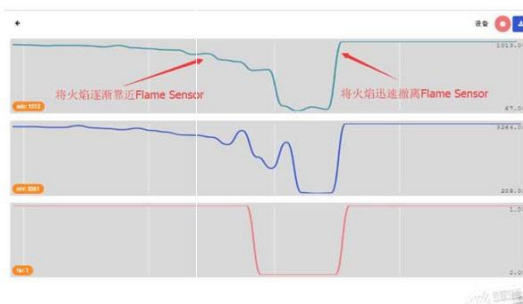


火焰感測器

用途：各種火焰、火源探測

模塊特色：

- 1、可以檢測火焰或者波長在760納米~1100納米範圍內的光源，打火機測試火焰距離為80cm，對火焰越大，測試距離越遠
- 2、探測角度60度左右，對火焰光譜特別靈敏
- 3、靈敏度可調（圖中藍色數字電位器調節）
- 4、比較器輸出，信號乾淨，波形好，驅動能力強，超過15mA
- 5、配可調精密電位器調節靈敏度
- 6、工作電壓3.3V-5V
- 7、輸出形式：DO數字開關量輸出（0和1）和AO模擬電壓輸出



33

監測系統物聯網與感測技術 新式監測感測器介紹

• 光學式變位儀

- 規標、光學鏡頭、電腦組成
- 透過像元資料進行特徵分析
- 分析規標左右上下平面移動(平面、角度變位)
- 分析規標與光學鏡頭相對距離(光學式伸縮計)



XY平面變位 & 兩點伸縮變位分析



XY平面變位轉換角度變位(傾斜儀)



九份二山龍南路光學式變位儀與微型氣象站



南投九份二山崩塌地
Micro:bit氣象站



嘉義中心崙崩塌地
Micro:bit氣象站

35

監測系統物聯網與感測技術 新式監測系統介紹

樹莓派(Raspberry Pi)

- 是一款基於Linux系統的單板機電腦，由英國的樹莓派基金會所開發。
- 開發目的是以低價硬體及自由軟體開發刺激學校的電腦教育
- 操作系統採用開放式的Linux系統
- 提供Python做為主要程式語言，支援BBC BASIC，C，和Perl等程式語言。



36

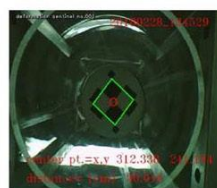
監測系統物聯網與感測技術

新式監測感測器介紹

專利

設備：

- 硬體: Raspberry Pi、數位相機以及 Chessboard 規標
- 軟體: 利用 Python 撰寫 OpenCV 程式之影像二值化與 Chessboard 角點追蹤函數



攝素線長63cm

主軸旋轉一圈
為0.1度

攝影機視距為
30cm

37

監測系統物聯網與感測技術

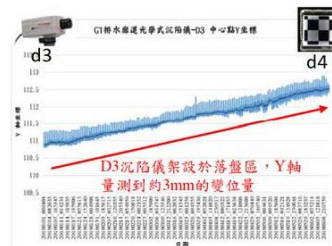
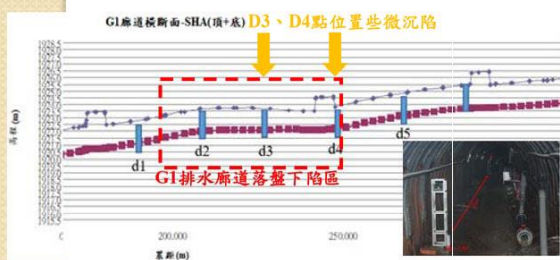
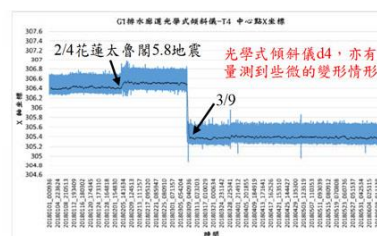
新式監測感測器介紹

研究成果

2018年1月至6月G1排水廊道光學式變位計之即時監測

D4測站

- 0.05度的傾斜量
- 3 mm的沉陷量



38

監測系統物聯網與感測技術

新式監測感測器介紹

山坡地監測儀器 之革命性創新

過去山坡地工程構造物之地上物監測

- 裂縫計
- 沉陷計或地表伸縮計
- 地盤傾斜計

- ◆ 多採用人工測讀，費工費時。
- ◆ 自動化系統多採用電子式的裝置，精度高但花費更高

比較項目	儀器	本研究之光學式三軸變位計	電子式傾斜計感測器	電子式伸縮計感測器
解析度		0.1mm與0.033度	0.0025度	0.1mm
價格		\$5000	\$50000	\$40000
物聯網		可	尚須接其他硬體設備	尚須接其他硬體設備
便易性		安裝不受地形影響	易受人為干擾	易受地形影響而安裝不易

39

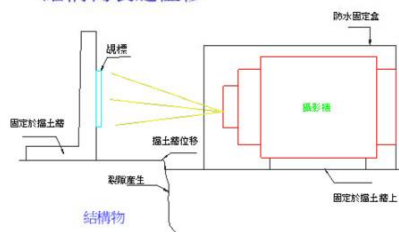
電腦視覺式裂縫計

專利

- 一種應用電腦視覺技術之光學式裂縫計，用於構造物裂縫相對變位感應與記錄的裝置
- 應用影像改變的原理，分析規標變位造成影像上的變化量，即可推算結構物相對變位量。
- 所記錄的資料，可以顯示在智慧型裝置，或儲存，定時或即時傳遞至其他必要之裝置。

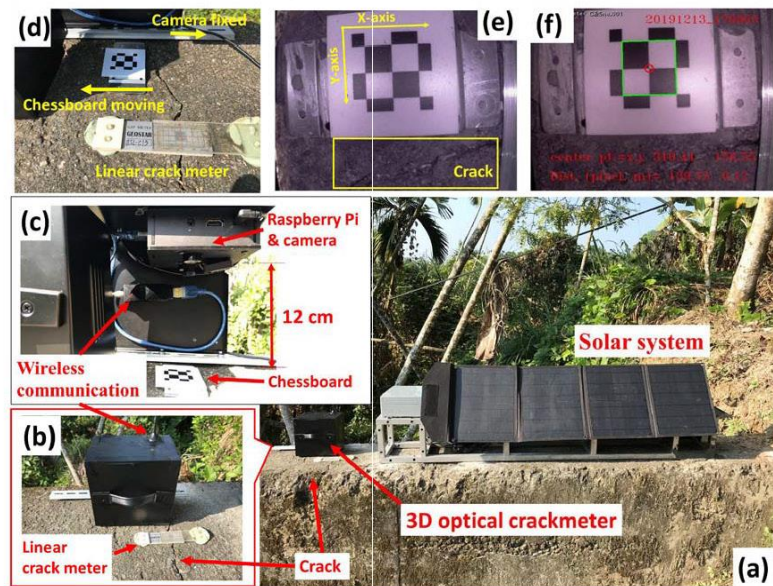


結構物裂縫位移



40

電腦視覺式裂縫計



41

分散式人工智慧物聯網架構

主題

- 新型監測系統
 - 一. 人工智慧物聯網(AIOT)
 - 二. 3D變位量測之LoRa物聯網系統
 - 三. 氣象站(MicroBit)

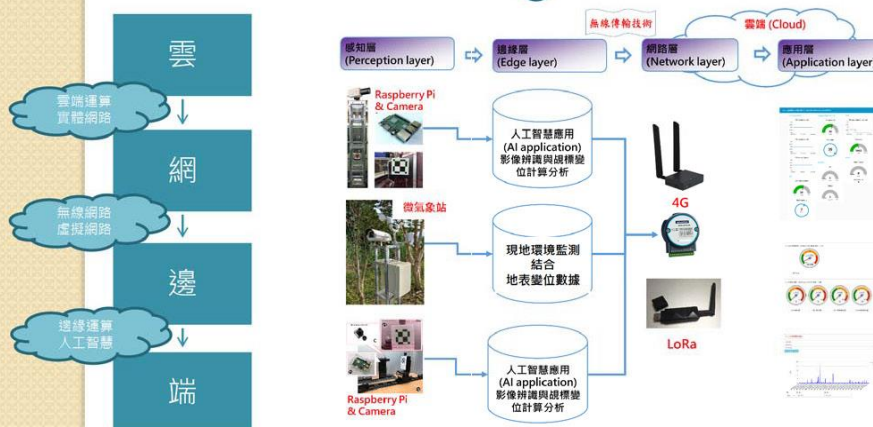


物聯網 (英語 : Internet of Things , 縮寫IoT)

42

- 人工智慧物聯網：
 - ✓ 電腦視覺之AI技術
 - ✓ LoRa之無線傳輸技術
 - ✓ 樹莓派Node-RED物聯網架構
- 分散式監測系統之4層級架構：

Real-time
Energy-saving
Cost-effective
RECORDing to cloud



樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀

● Turnkey IoT Home Earthquake Monitor - RS 3D

- 實惠的即插即用地球監控方案
- 監測地震和地震活動，如水力壓裂，爆炸，火山爆發，雪崩，山體滑坡等
- 配備3個運動監測傳感器（地震檢波器），可監測垂直和橫向等3維方向
- 測量並記錄各個方向的運動
- 每秒100次監測頻率
- 可透過網頁即時監控



樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀

- 即時網頁線上掌握:
- 遍部全世界地震帶

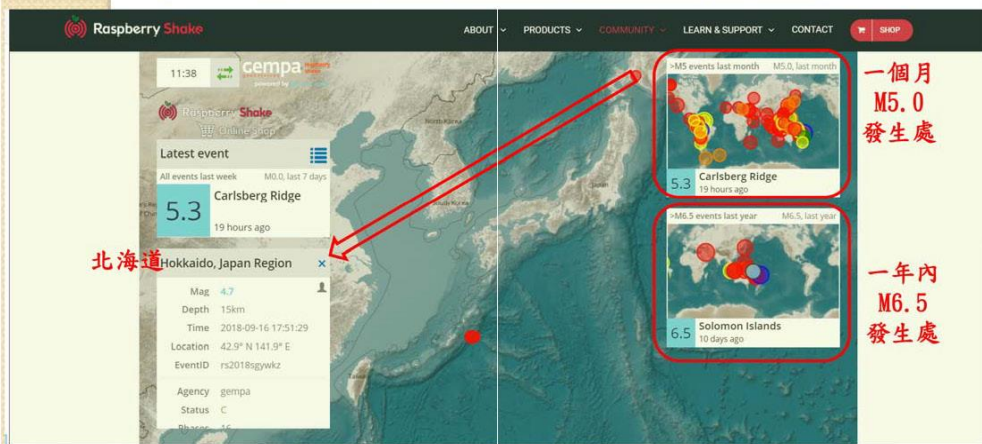


45

樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀

全世界即時地震規模展示-依時間區間篩選顯示

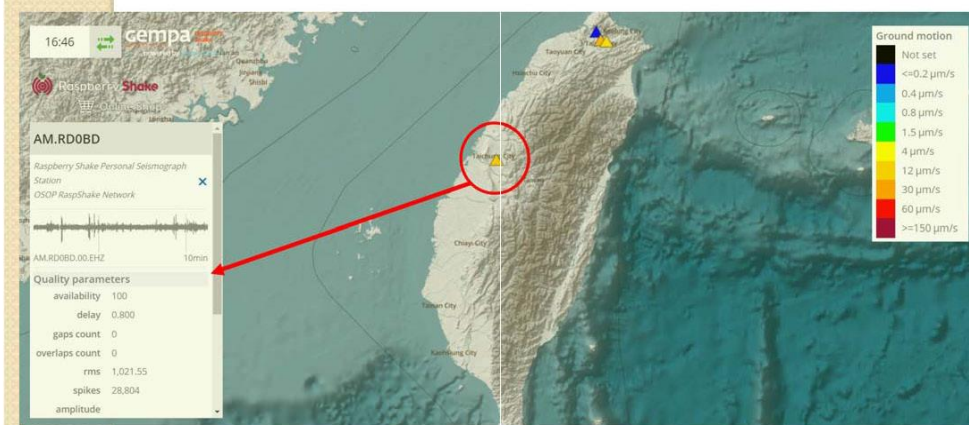
EQ-View: <https://raspberrysake.org/community/eq-view/>



46

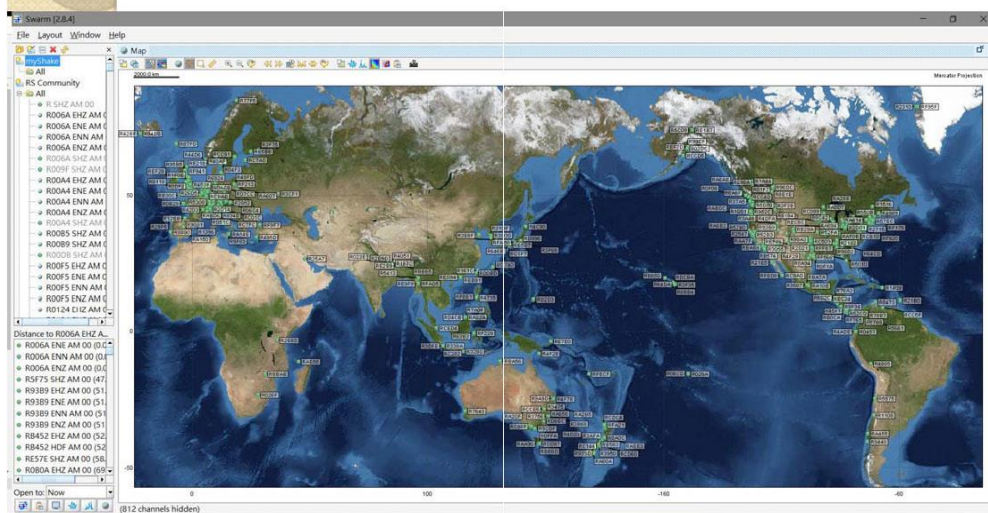
樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀

- 即時網頁線上掌握:
- <https://raspberrypishake.net/stationview/#/!//%23%3Fnet=AM&sta=R161C>



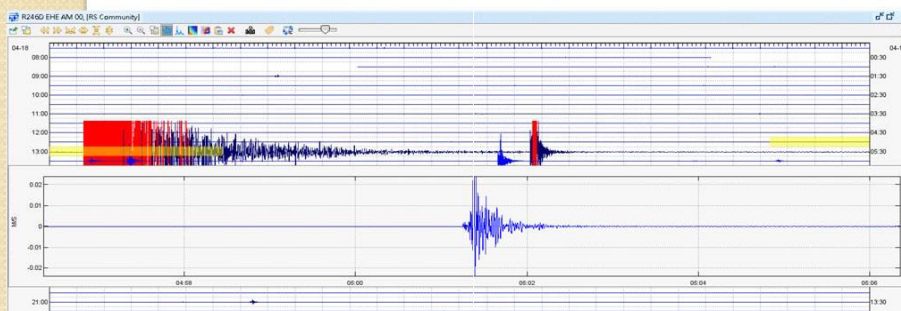
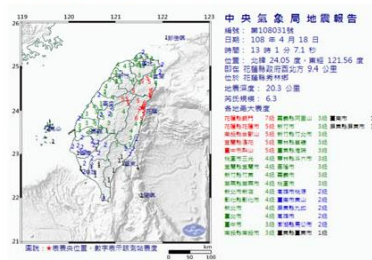
樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀

- 地震感測儀-專用程式



樹莓派 Raspberry pi-地震感測儀

- 專用程式-監看感測資料
- 目前儀器編號:RD0BD



49

自主防災教育物聯網 AIOT的無限擴充

特色：

- 即時、省能源、雲端、大數據
- 小朋友互動與自主防災教育

氣象資料監測(Micro:bit之感測器)：

- 雨量、風速、風向、環境溫度、環境濕度、大氣壓力、土壤溫度、土壤濕度

環境安全監測(外加擴充模組)：

- UV紫外線、PM2.5空氣品質、CO2有害氣體、Flame火災偵測、噪音偵測

坡地防災監測(Micro:bit之感測器)：

- 擋土牆震動警報、擋土牆左右傾斜監測、淹水警報

崩塌防災監測(樹莓派外加擴充模組)：

- AIOT光學地表變位系統
- MEMS智能地下水位監測

MICROBIT物聯網氣象站與樹莓派 (顯示系統設計)

1. Makecode(積木程式撰寫)
 - Micro:bit的微氣象站擴充模組
 - Micro:bit的環境安全感測器擴充模組
 - Micro:bit的無線傳輸
2. 樹莓派的安裝與連結micro:bit連結
3. 樹莓派的無線傳輸(LoRa)
4. 樹莓派物聯網設計界面

51

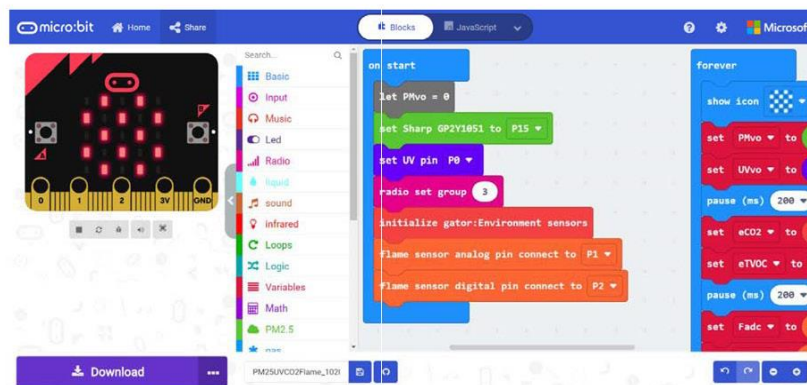
1. Makecode(積木程式撰寫)
 - **Micro:bit**的微氣象站擴充模組
 - **Micro:bit**的無線傳輸
 - Micro:bit的環境安全感測器擴充模組



52

1. Makecode(積木程式撰寫)

- Micro:bit的微氣象站擴充模組
- Micro:bit的無線傳輸
- **Micro:bit的環境安全感測器擴充模組**



53

MICROBIT物聯網氣象站與樹莓派 (顯示系統設計)

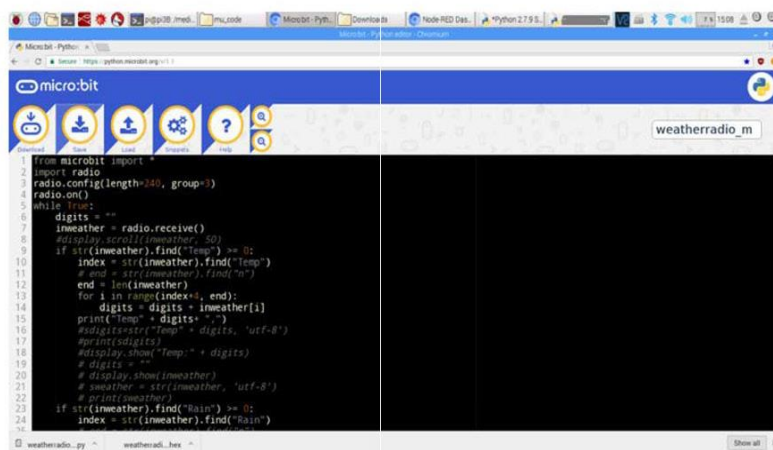
2. 樹莓派的安裝與連結micro:bit



54

2.

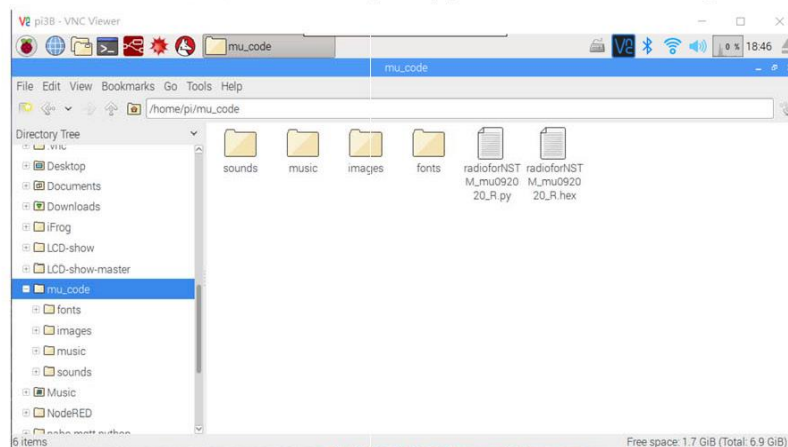
- Microbit 安裝PC版 Mu (MicroPython)
- 樹莓派安裝 Mu或<https://python.microbit.org>



55

2.

- Microbit 安裝PC版 Mu (MicroPython)
<https://codewith.mu/en/tutorials/>
- 樹莓派安裝 Mu或<https://python.microbit.org>



56

3. 樹莓派的無線傳輸(LoRa)

LoRa與LoRaWAN的不同

- LoRa僅包含鏈路層協議，並且非常適用於節點間的P2P通信
- LoRaWAN也包含網絡層，因此可以將信息發送到任何已連接到雲平台的基站。

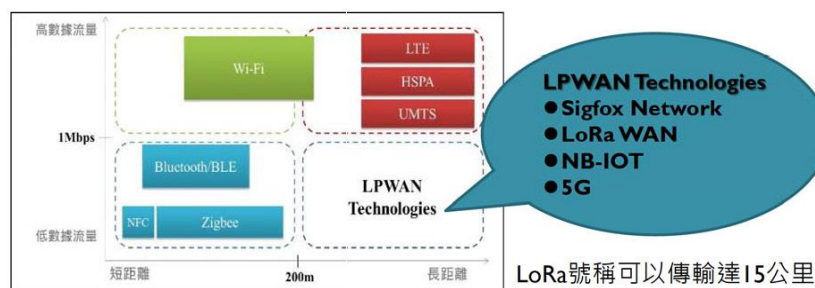
- LoRa模塊也比LoRaWAN便宜一點
- LoRaWAN送到共同雲端，LoRa可以設定私有雲

IFROGLAB LoRa USB dongle

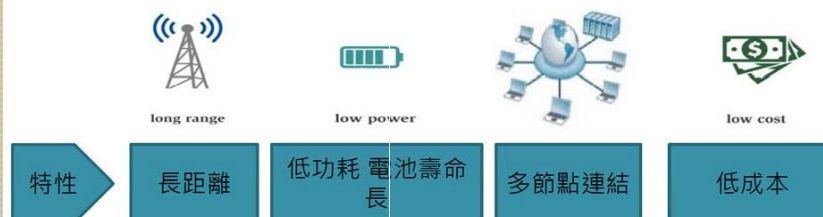


57

低功耗廣域網路(Low-Power Wide-Area Network，LPWAN)



LoRa號稱可以傳輸達15公里



58

4. 樹莓派物聯網設計界面



59

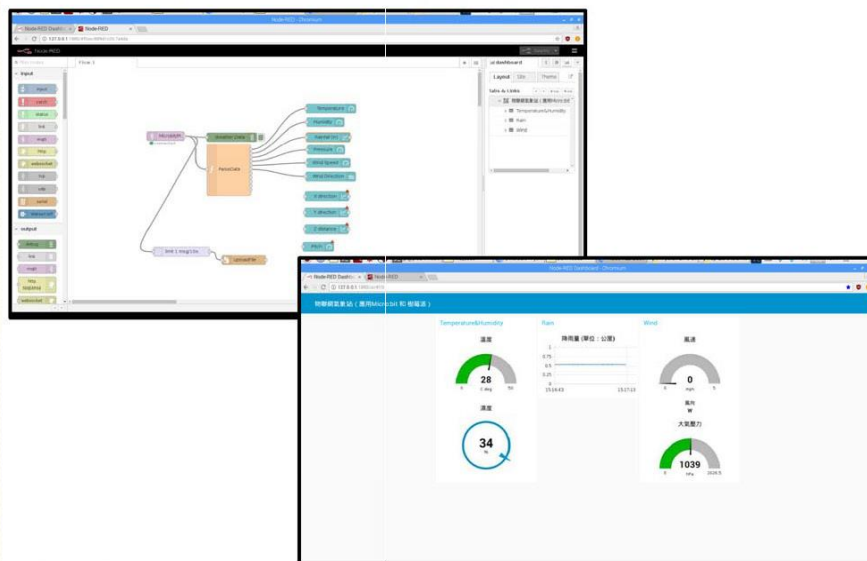
- (1) 樹莓派安裝 Node-RED (已內建)，建立 IOT 伺服器。
- (2) 樹莓派安裝 MQTT，建立 IOT 通訊協定 (Raspberry Pi MQTT data exchange with Python)

```
sudo pip install paho-mqtt
sudo pip3 install paho-mqtt
```

- (3) 利用 PYTHON 撰寫讀取 MICROBIT 的 RADIO 傳入之資料，並傳成 JSON 格式，透過 MQTT 建立 PUBLISHER AND SUBSCRIBER

60

(4)利用Node-RED on the Raspberry Pi，抓取JSON的氣象資料，以網頁形式呈現。



參考書籍

物聯網實作：Node-RED萬物聯網視覺化

61



62