

# 地震學學習回顧

## × Raspberry Pi 微型地震儀

從震波走時、觀測資料到防災科技實作

互動式網站整合 | 期末成果展示 | 防災科技實作

陳亞歆

臺北市立大學 | 地球環境暨生物資源學系 | 2026

### 報告內容安排

1. 統合網站的核心概念
2. 版面一：地震學學習回顧
3. 版面二：Raspberry Pi 微型地震儀
4. Python 主程式與三級警報邏輯
5. 成果展示、製作困難與解決方法
6. 整合價值與未來延伸

### 主軸



## 整合目標

- 將地震學課程內容整理為**互動式學習歷程**網站。
- 將 Raspberry Pi、MPU6050、LED、蜂鳴器與 Discord Webhook 整合為**微型地震預警系統**。
- 讓理論學習、現地觀測、案例分析與工程實作形成同一條學習路徑。

## 整體敘事

震波走時

震源機制

SmartSolo 觀測

嘉義大埔案例

Raspberry Pi

防災應用

網站不是兩份資料並列，而是把「我學到什麼」與「我如何做成作品」整合成一份完整成果展示。

## 一句話總結

從**地震學理論**出發，經過**觀測與資料判讀**，最後落實為可展示的**防災科技作品**。

### 版面一 | 地震學學習回顧

- Ch.3：震波走時、折射、反射、陰影帶。
- Ch.4：彈性回跳、斷層幾何、震源機制。
- SmartSolo：部署、授時、三分量資料、訊號判讀。
- 嘉義大埔地震：震源機制、GNSS、DInSAR、盲斷層。

### 版面二 | Raspberry Pi 微型地震儀

- GPIO、UART、MobaXterm、SSH 與 Linux 指令。
- LED、蜂鳴器、MPU6050 接線與測試。
- Python 主程式：讀取加速度、判斷震動等級。
- Discord Webhook：雲端警報推播。

### 版面連結

第一版面回答「**我學到了什麼**」；第二版面回答「**我如何把學到的做成作品**」。

### 學習主線

- 從 **travel time** 理解震波如何在地下傳播。
- 用 **direct wave**、**reflected wave**、**head wave** 判斷速度分層。
- 由陰影帶、波相與速度差異推論地球內部結構。
- 透過 **strike**、**dip**、**rake** 與 **P 波初動**理解震源機制。

### 互動功能

- 學習地圖節點展開。
- 折射走時計算器。
- 波相與地球內部速查表。
- 沙灘球控制台。
- 期末回顧小測驗。

### 設計理念

讓觀看者不只是閱讀地震學，而是能操作、比較並即時看到結果。

### 折射走時計算器

- 調整  $v_0$ 、 $v_1$ 、 $h_0$  與  $x$ 。
- 比較 direct wave 與 head wave 誰先到。
- 理解交會距離與地下高速層。

### 震源機制控制台

- 調整 strike、dip、rake。
- 切換逆斷層、正斷層與走向滑移。
- 觀察黑白象限與節面變化。

### 案例與測驗

- 嘉義大埔盲斷層概念圖。
- SmartSolo 訊號判讀器。
- 小測驗檢查理論與實作串連。

### 學習轉化

將公式、圖像與案例轉為互動操作，使地震學概念從**背誦**變成**理解**。

## SmartSolo 震測實驗

- 部署流程：挖孔、水平、北向校正、授時與土壤耦合。
- 以三分量資料理解地動方向與訊號來源。
- 透過時序圖與 spectrogram 區分可能的人為干擾。

## 嘉義大埔地震案例

- 初報規模： $M_L 6.4$ ；初報深度：9.7 km。
- AutoBATS 修正深度約 15-16 km。
- GNSS 與 DInSAR 顯示約 7 cm 地表變形。
- 地表有抬升但無明顯破裂，支持盲斷層推論。

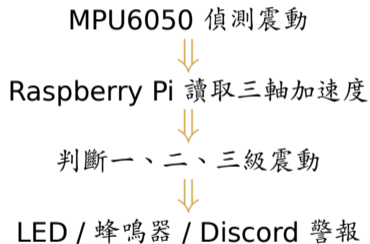
## 觀測意義

從野外儀器到真實案例，呈現地震學如何由資料建立科學解釋。

### 硬體組成

- **Raspberry Pi**：系統控制核心。
- **MPU6050**：讀取 X、Y、Z 三軸加速度。
- **LED**：隨震動等級改變亮度與閃爍頻率。
- **蜂鳴器**：以不同音頻呈現警報等級。
- **Discord Webhook**：將警報推播至線上頻道。

### 系統流程



## 核心參數

項目	設定值 / 意義
<b>LED 腳位</b>	GPIO 18
<b>蜂鳴器腳位</b>	GPIO 24
<b>MPU6050 位址</b>	I2C 0x68
<b>一級門檻</b>	1.0 g
<b>二級門檻</b>	1.5 g
<b>三級門檻</b>	2.0 g
<b>冷卻時間</b>	7 秒

## 判斷邏輯

```
ax = read_x() / 16384.0
ay = read_y() / 16384.0
az = read_z() / 16384.0

total_accel = sqrt(ax**2 + ay**2 + az**2)

if total_accel >= 2.0:
    level = 3
elif total_accel >= 1.5:
    level = 2
elif total_accel >= 1.0:
    level = 1
else:
    level = 0
```

## 程式意義

將三軸加速度合成為單一震動強度指標，再依門檻觸發現場與雲端警報。

### 三級警報效果

等級	LED 效果	蜂鳴器效果
一級	呼吸燈	低頻提示音
二級	中速閃爍	雙音頻交替
三級	快速爆閃	高頻連續警報

### 預期成果

加速度越大，蜂鳴器聲音越明顯，LED 亮度與閃爍效果也越強，超過門檻後可透過 Discord 發送警報。

### 成果展示區

- 放置成果影片：[GitHub 專案頁](#)。
- 影片下方加入：感謝雅涓做的影片超猛！
- 補充修正冷卻時間照片與實驗視覺化影片。

### 展示目的

讓觀看者直接看到系統如何感測、判斷、警示與回報。

### 製作困難

- 忘記製作步驟，需要反覆確認接線與執行順序。
- 蜂鳴器在麵包板上插錯洞，造成警報無法正常觸發。
- LED 因線材不足，沒有辦法做成並聯設計。
- 地震預警系統冷卻時間過長，導致警報反應不夠即時。

### 解決方法

- 將接線、測試與主程式執行整理成網站步驟。
- 檢查麵包板導通規則，修正蜂鳴器接線位置。
- 改以單一 LED 搭配 PWM 亮度變化呈現警報等級。
- 在螢幕上新增視覺化效果，補足冷卻時間造成的等待感。

### 反思

實作過程中的錯誤不是失敗，而是讓系統更穩定、展示更清楚的重要修正依據。

### 地震學版面提供的能力

- 理解震波如何反推地下構造。
- 判讀震源機制與斷層型態。
- 認識野外觀測與資料品質。
- 使用多源資料解釋真實地震事件。

### Raspberry Pi 版面提供的成果

- 建立可以運作的震動感測系統。
- 將加速度轉為警報等級。
- 讓 LED、蜂鳴器與 Discord 同步反應。
- 用影片與成果區展示實作過程。

### 總結一句話

第一版面回答「我學到了什麼」；第二版面回答「我如何把學到的做成作品」。

### 結論

- 統合網站將地震學理論、SmartSolo 觀測、嘉義大埔地震案例與 Raspberry Pi 實作串成完整學習歷程。
- 互動式設計讓抽象概念具體化，例如折射走時、沙灘球、盲斷層與訊號判讀。
- Raspberry Pi 微型地震儀把防災概念轉化為可展示的硬體作品，具備感測、判斷、警報與推播功能。

### 未來延伸

可加入即時加速度圖表、資料紀錄 CSV、震動事件回放、門檻自動校正，以及更多地震案例比較。

### 資料來源

- [1] 地震學課程資料：*Ch.3 地震學與地球構造*；*Ch.4 地震、斷層與震源機制*。
- [2] SmartSolo 震測實驗報告：*野外部署、三分量觀測、時序圖與時頻圖判讀*。
- [3] 2025 年 1 月 21 日嘉義大埔地震觀測資料：*震源機制、AutoBATS、GNSS、DInSAR 與盲斷層推論*。
- [4] Raspberry Pi 教材與微型地震儀主程式：*GPIO、MPU6050、LED、蜂鳴器與 Discord Webhook*。
- [5] GitHub 專案頁：*2026 Raspberry Pi 微型地震儀成果素材*。

# Thank You

## 感謝聆聽

感謝老師、同學與雅涓協助完成 Raspberry Pi 微型地震儀成果影片與展示。

本作品將地震學學習、觀測資料與防災科技實作整合為互動式期末成果網站。