

互動式地震學與樹莓派監測系統

Interactive Seismology and Raspberry Pi Monitoring System

陳佑昇

臺北市立大學地球環境暨生命資源學系

地球物理期末專題 | 2026 年 6 月

報告大綱

1. 專題動機與目標
2. 系統架構與核心平台
3. 地震學互動模組
4. 結構動力學與防震工程
5. Raspberry Pi 微型地震儀
6. 學習成果與結論

專題核心

將地震波傳播、震源機制、建築防震與感測器實作整合為互動式地球物理學習平台。

專題動機與研究目標

問題意識

- ▶ 傳統地震學教學多依賴靜態圖表與公式。
- ▶ 震波、震源機制與建築反應較難直觀理解。
- ▶ 缺少能連結理論、觀測與實作的學習工具。

專題目標

- ▶ 建立互動式地震學網頁平台。
- ▶ 使用 Raspberry Pi 與 ADXL345 製作微型地震儀。
- ▶ 模擬軟弱底層、TMD、隔震與斜撐系統。

核心統整平台：index.html

單檔大型互動應用程式

- ▶ 整合 HTML、CSS 與 JavaScript。
- ▶ 使用 Canvas 動態模擬地震學與工程現象。
- ▶ 包含九大互動分頁，形成完整學習平台。

平台特色

- ▶ 即時滑桿控制參數。
- ▶ 動態繪製走時曲線與震源機制球。
- ▶ 將抽象理論轉換為可視化操作。

走時曲線

- ▶ 顯示 P 波、S 波與不同震相到時差異。
- ▶ 觀察波速改變對斜率與交叉距離的影響。

震央定位

- ▶ 使用多測站到時差推估震央位置。
- ▶ 以包圍盒幾何交集呈現定位邏輯。

震源機制球

- ▶ 調整走向、傾角與滑移角。
- ▶ 即時呈現正斷層、逆斷層與平移斷層特徵。

地震波傳播與震央定位成果



Fig. 4.1-1 Aerial photograph of the San Andreas fault in the Carrizo Plain in California, seen from the south. Note the displacement of stream gullies as the Pacific plate (*near side*) has moved to the left (northwest) relative to North America. (Copyright John S. Shelton.)

重點說明

- ▶ P 波與 S 波速度差造成到時差。
- ▶ 多測站資料可限制震央可能範圍。
- ▶ 互動式圖形讓使用者觀察波速、測站與定位結果的關係。

震源機制解與沙灘球

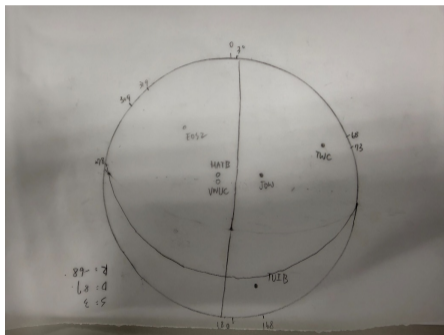


圖 2：震源機制解互動模組

核心概念

- ▶ 由 P 波初動判斷壓縮與張裂象限。
- ▶ 以兩個節面表示可能斷層面與輔助面。
- ▶ 使用走向、傾角、滑移角連結斷層幾何與受力型態。

軟弱底層

- ▶ 底層剛度不足時，層間位移集中。
- ▶ 模擬騎樓式建築在地震中較高的破壞風險。

TMD 制振

- ▶ 透過輔助質量與相位差抵銷主結構振動。



圖 3：國震中心參訪與結構模型觀察

Raspberry Pi 微型地震儀實作

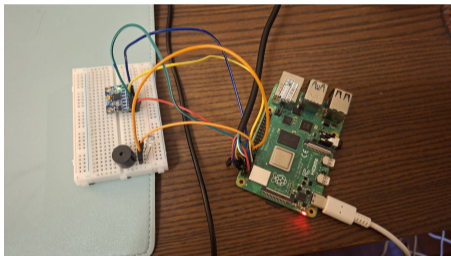


圖 4：Raspberry Pi 4 與 ADXL345 接線

硬體與演算法

- ▶ Raspberry Pi 4 + ADXL345 三軸加速度計。
- ▶ 透過 I2C 讀取加速度資料。
- ▶ 使用 STA/LTA 判斷震動事件是否觸發。
- ▶ 將地震儀觀測概念轉化為實際硬體操作。

學習成果

地震學理解

走時曲線、震央定位、P 波初動與震源機制解。

工程應用

軟弱底層、TMD、基礎隔震與斜撐系統。

實作能力

JavaScript 動態模擬、Python 資料擷取、Raspberry Pi 感測器整合。

整體成果

本專題將原本分散的課堂作業、網頁原型、地震分析圖與硬體實作，整合為可展示、可操作、可延伸的互動式地震學平台。

結論

- ▶ 本專題成功整合地震學理論、建築防震工程與微型地震儀實作。
- ▶ 互動式網頁平台能將抽象概念轉化為可視化操作。
- ▶ Raspberry Pi 與 ADXL345 實作展示低成本地震監測的可行性。
- ▶ 結構模擬模組使地震學知識延伸至防災工程應用。

Future Work

可進一步整合真實地震資料、即時雲端監測與自動警報系統。

References

- [1] Aki, K., & Richards, P. G. (2002). *Quantitative Seismology*. University Science Books.
- [2] Shearer, P. M. (2019). *Introduction to Seismology*. Cambridge University Press.
- [3] Stein, S., & Wysession, M. (2003). *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Blackwell Publishing.
- [4] Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Pearson.

Thank You

感謝聆聽

地球物理期末專題