

# 震測實驗心得報告

---

## 1. 實驗過程

【照片記錄：老師講解與實地演練】





【照片記錄：儀器埋設、指北針校正與當下方位】



11:24

5G 54

< 羅盤



100台灣臺北市中正區愛國西路1號

25°2'10.18788"N

121°30'46.278"E



**LOW**

AD LOWER - 0.02 - 0.3MP 超低像素相機

Kehabisan Storan Telefon? Jimat ruang storan video dan foto dengan besar. Tukar sehingga 5

安裝



錶盤樣式



背景



【照片記錄：儀器閃爍綠燈，代表正常運作紀錄中】



本次地動量測實驗主要於科學館前面的草地上進行。這天的天氣非常好，為我們的戶外實作提供了絕佳的條件。

在中央大學郭炫佑老師的帶領下，我們學習了完整的地震儀器佈站流程。實驗的具體步驟如下：

1. 場地現勘與準備：選定合適的草地區域進行觀測作業。
2. 整地與開挖：在草地上挖出合適大小與深度的洞，以便將儀器安置於其中，確保與土壤有良好的耦合。
3. 儀器放置與水平調整：將儀器放入洞中，並仔細觀測水平儀，將儀器調整至絕對水平狀態。
4. 方位校正：使用指北針精準校正儀器的方位角（通常將特定的標記對準正北方），確保收錄到的三分量資料方位正確。
5. 開機與參數設定：啟動儀器，並根據實驗需求設定合適的取樣率、記錄時間等觀測參數。
6. 資料收錄作業：在儀器運作期間保持環境安靜，避免人為走動造成不必要的雜訊。
7. 拔站與儀器清潔：實驗結束後，將儀器從土中取出，並協助將儀器上的泥土清洗與擦拭乾淨，妥善收存。

8. 資料回收：回到教室後，將儀器內部紀錄的數據下載至電腦中，準備進行後續的分析。

## 2. 儀器介紹

【照片記錄：SmartSolo 儀器與充電狀態】





本次實驗中，我們所使用的核心觀測儀器為 SmartSolo 節點式地震儀。

### 儀器特色

這套設備是由中央大學郭炫佑老師特別帶來給同學們實作學習的。老師在課堂中特別提醒，這套專業的地震觀測儀器造價相當昂貴，因此在操作與清洗時都必須格外小心。

SmartSolo 是一款在現代地震學與震測探勘中非常受歡迎的節點式地震儀 (Nodal Seismometer)，具有以下幾項適合地球物理探勘的特性：

- 一體化設計：將感測器 (Sensor)、電池、GPS 與資料記錄器整合在同一個輕巧的柱狀機殼中，免除了傳統地震儀繁瑣的排線問題。

- 高機動性：體積小、重量輕，極度適合進行密集陣列 (Dense Array) 的佈站。像我們這次在科學館前草地進行的實作，只需挖一個小洞即可快速安裝。

- 內建 GPS 模組：能提供高精度的時間同步與精確的座標定位，對後續的資料分析與走時計算至關重要。

- 三分量紀錄：具備記錄 E（東西向）、N（南北向）與 Z（垂直向）三個正交方向地動訊號的能力。在我們用指北針精確對準北方後，便能取得完整的 3D 地動跡線。

### 3. 心得感想

【照片記錄：我自己的一組儀器，以及感謝老師從旁協助】





這一次的震測實驗對我來說是一次非常特別且難忘的經歷。

在實驗當天，剛好天氣非常晴朗，在溫暖的陽光下於科學館前草地進行實作，讓人感到相當有活力。然而，因為分組的關係，我只有自己一個人獨自成為一組。從一開始的挖洞、用指北針抓方位、確認水平，一直到後續的設定儀器與實驗結束後的儀器清洗工作，全都需要自己一手包辦。坦白說，一個人的工作量確實顯得比較吃力與辛苦。

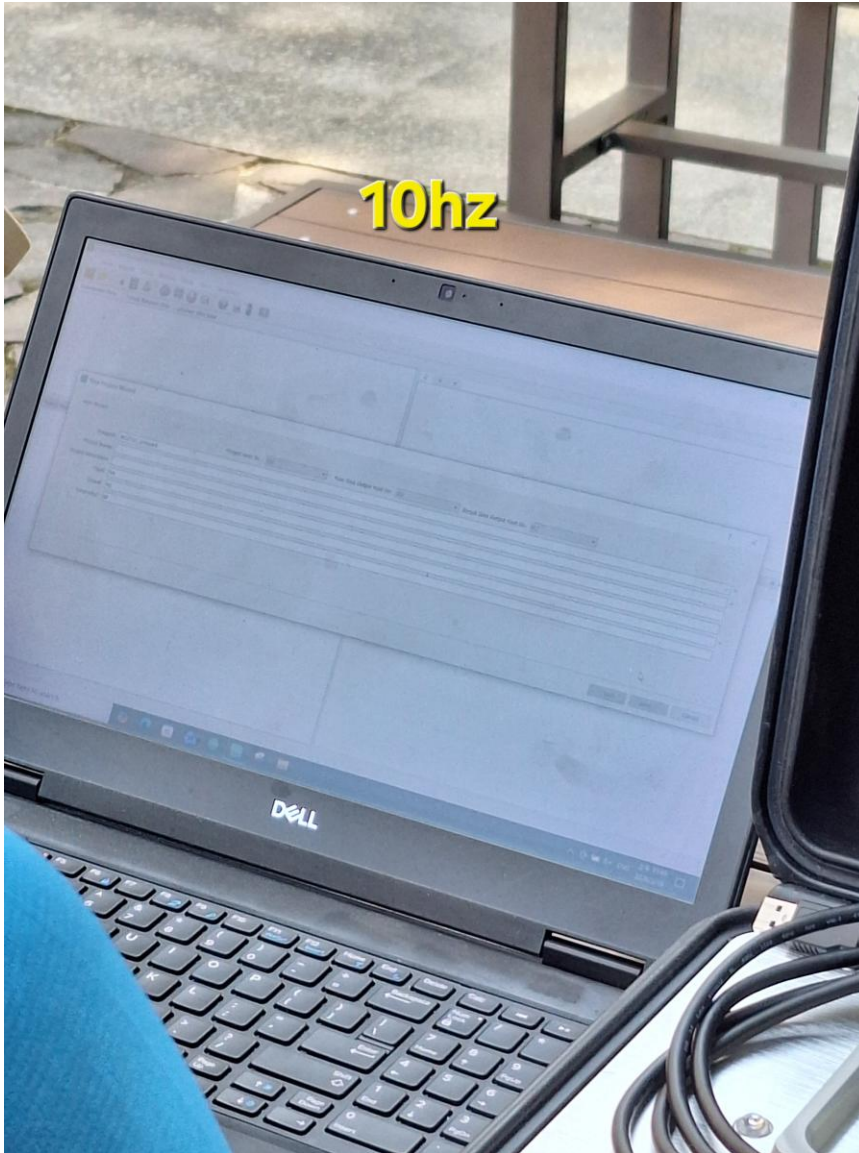
但在這個過程中，最讓我感動與倍感欣慰的是，中央大學的郭炫佑老師注意到了我的情況，並且主動前來幫助我完成各種繁瑣的安裝與善後步驟。老師親切且耐心的指導，不僅減輕了我的負擔，也讓我更專心地學習每個操作的細節。

整體而言，這次從戶外動手埋設昂貴的 SmartSolo 儀器，再到回到室內處理真實資料，整個連貫的流程讓我產生強烈的真實感。感覺這是一個「能夠真正切身實際體驗地震學家每天工作日常」的寶貴經驗。從野外考察的體力活，到室內面對電腦的腦力活，無一不包。

最後，再次誠摯地感謝郭老師的帶領與暖心的協助，讓我順利且豐收地完成了這次的實驗操作！

#### 4. 資料分析與繪圖

【照片記錄：課堂中進行數據資料下載與分析】



在完成戶外的 SmartSolo 佈站與觀測後，我們將儀器收回並清洗乾淨。接著，回到教室進入了室內的資料處理階段。

### 資料下載與準備

我們將儀器內部紀錄好的地震觀測資料下載至電腦中。這些資料包含了我們在科學館前草地上所記錄到的各項環境微震與人為震動訊號，檔案格式為地震學界標準的 SAC 格式。

### 使用 ObsPy 進行處理

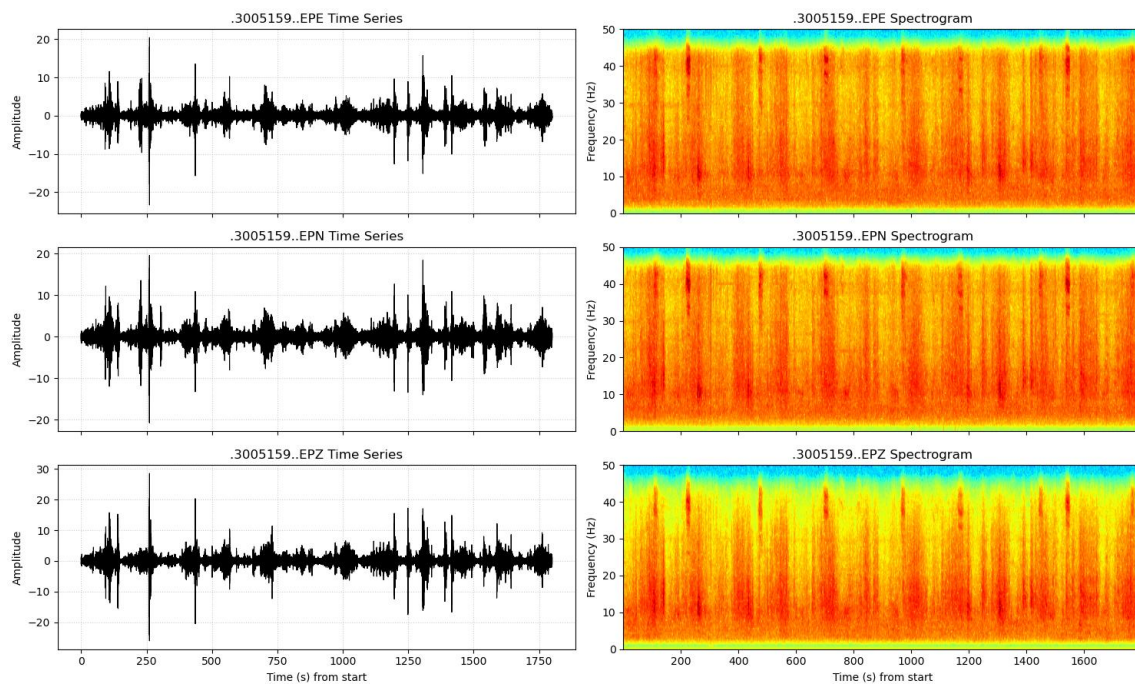
在課堂中，我們學習到如何使用 Python 語言中強大的地震學套件 ObsPy 來進行數據的處理。透過撰寫腳本，我們進行了以下步驟：

1. 讀取資料：利用 `obspy.read()` 函數將儲存的三分量 (E, N, Z) SAC 檔案讀取為 Stream 物件。
2. 截取波形：針對特定感興趣的時間段（例如特定的爆破或是震動事件），輸入精確的 `starttime` 與 `endtime` 對冗長的觀測資料進行時間軸的裁切與縮放。
3. 繪製時間序列圖 (Time Series)：運用腳本畫出地動振幅隨時間變化的波形圖，可以明顯觀察到訊號到達的特徵。
4. 繪製時頻圖 (Spectrogram)：除了直接觀察波形外，我們進一步利用傅立葉轉換的方式將震動訊號轉換至頻率域，並產出時頻圖。這讓我們可以從頻率能量的分佈，去對照並分析這些實驗數據是由何種訊號源（低頻或是高頻雜訊）所產生。

透過親自撰寫程式並產出這幾張關鍵的分析圖表，讓我對地震資料從「野外類比震動」轉換為「數位數位圖表」的過程有了透徹的理解。

### 實際波形與時頻圖特徵分析 (測站編號：159)

【圖表：159 測站時間序列與時頻譜圖 analysis】



這是一張典型的三軸震動訊號（或地震儀訊號）的分析圖表，為我負責的儀器測站（編號結尾 159）的紀錄。圖中展示了三個不同分量（通道）的數據，分別是 `'.3005159..EPE'`、`'.3005159..EPN'` 和 `'.3005159..EPZ'`。根據地震學或震動量測的慣例，字尾的 E、N、Z 通

常代表東西向 (East)、南北向 (North) 以及垂直向 (Vertical)。整張圖分為左右兩列，左側為「時間序列圖 (Time Series)」，右側為對應的「時頻譜圖 (Spectrogram)」。

以下為該 159 測站的詳細資料特徵分析：

### 1. 基本資料屬性

- 觀測時間長度：X 軸顯示為 Time (s) from start，顯示了我們裁切的總時長約為 1800 秒（整整 30 分鐘的區間）。

- 採樣頻率推估：從右側的時頻譜圖可以看出，Y 軸的頻率 (Frequency) 最高顯示到 50 Hz。根據奈奎斯特-香農採樣定理 (Nyquist frequency)，這意味著原始資料的採樣率 (Sampling Rate) 至少為 100 Hz。

### 2. 左側：時間序列 (Time Series) 特徵分析

時間序列圖顯示了震動振幅隨時間的變化。

- 突發性脈衝 (Impulsive Events)：在這長達 30 分鐘的紀錄中，存在許多非常明顯的、瞬間振幅極大的「突波」（例如在 100 秒左右、250 秒附近出現全場最高峰，以及 1200~1500 秒之間大量密集出現）。這表示感測器記錄到了多次短暫且強烈的環境震動。

- 連續性背景雜訊：在極具爆發性的脈衝事件之間，訊號並沒有完全歸零，而是保持著一定程度的微弱波動，代表著場域中持續存在環境微震或者是感測器的高敏感度底噪。

- 各軸振幅差異：EPZ (垂直向) 的瞬間振幅反應最為劇烈（在大約 250 秒時，正負峰值甚至可達將近  $\pm 30$ ）。而 EPE (東西向) 與 EPN (南北向) 在該時刻的最大振幅則約落在  $\pm 20$  左右。垂直向的巨大能量反應了震動源很可能來自於重物墜地、腳步等直接在垂直方向對地表施加外力的結果。

### 3. 右側：時頻譜圖 (Spectrogram) 特徵分析

時頻譜圖展示了不同時間點上，各個頻率成分的能量強弱。顏色越偏紅/橘代表能量越強，偏黃/藍/青色代表能量較弱。

- 寬頻帶能量爆發 (Broadband Energy Bursts)：時頻譜上出現了一條一條粗細不一的垂直紅橘色亮帶。這些垂直亮帶發生的時間點，與左側時間序列中的「突波」完全一致！這表示當這些劇烈震動發生時，能量是同時橫跨「極低頻一路衝向 40Hz 到 50Hz 以上」的，屬於典型的人為「寬頻衝擊訊號」。

- 極低頻連續噪音：在三張時頻譜圖的最底部 (0~5 Hz 以下)，有一條連續不斷深紅色的水平能量帶。這表示在觀測地點 (科學館前方草皮) 一直存在著穩定的極低頻環境噪音，很可能是遠方高速公路大客車或自然風吹拂。

- 40 Hz 附近的特定共振雜訊：仔細觀察 159 測站這三個分量的時頻譜中上方，在大約 40 Hz 左右的位置，隱約有一條連續的淡黃/亮橘色水平線帶（在後半段時間尤其顯眼）。這

項強烈的特徵暗示了我們測站可能剛好對準了科學館某台長時間運作的機電設備（例如抽水馬達或空調壓縮機運轉時產生的固定高頻共振）。

### 綜合推論與解釋

綜合我們 159 測站收錄到的特徵（突波反覆出現、大約每兩三百秒就有一次能量的高峰叢集、屬於寬頻帶垂直衝擊、加上明顯的 40 Hz 機械共振），這份結果完全證明了這不是自然的地殼變動，而是充滿生活氣息的人為活動噪音 (Anthropogenic Noise)。

最可能的整體訊號貢獻來源為：

- 紅綠燈號誌造成的交通週期：每隔 200~250 秒就出現明顯的波峰，跟鄰近幹道路口的紅綠燈週期一致，顯示了停等與起步車流的總體威力。
- 校園師生進出的走動活動：在科學館前方上下課時間，同學的大步走路或重物搬運都會明顯反應在 EPZ（垂直向）的巨大寬頻突波上。
- 科學館機電設施微震：40 Hz 頻帶的隱含水平線說明了即使在草地理，建物的設施微震依然被 SmartSolo 清晰地捕捉了出來！

## 5. 互動式網頁報告部署 (HuggingFace Space)

本實驗同步建置了互動式網頁應用程式，部署於 HuggingFace Spaces 平台上，以 Gradio 框架打造多頁籤互動介面。

除了本份書面報告之外，本實驗同步建置了一個互動式網頁應用程式，部署於 HuggingFace Spaces 平台上，以 Gradio 框架打造多頁籤互動介面。

### 網頁應用功能

頁籤 內容說明

|-----|-----|



實驗過程 完整的實驗步驟介紹，搭配多張現場操作照片



儀器介紹 SmartSolo 節點式地震儀的詳細規格與特色，附儀器照片



心得感想 個人實驗心得與感謝，搭配紀念照片



資料分析與繪圖 159 測站的三軸時間序列與時頻譜圖分析，附資料下載操作紀錄

### 部署技術

- 前端框架：Gradio Blocks（Python 驅動的互動式 Web UI）

- 平台：HuggingFace Spaces（免費託管，自動化 CI/CD）
- 內容：Markdown 文字 + 高解析度實驗照片 + 程式產出的分析圖表

### 線上瀏覽連結

HuggingFace Space 網址：[https://huggingface.co/spaces/Sam0424/seismic\\_exp\\_2](https://huggingface.co/spaces/Sam0424/seismic_exp_2)

網址：

[[https://huggingface.co/spaces/Sam0424/seismic\\_exp\\_2](https://huggingface.co/spaces/Sam0424/seismic_exp_2)]([https://huggingface.co/spaces/Sam0424/seismic\\_exp\\_2](https://huggingface.co/spaces/Sam0424/seismic_exp_2))

讀者可直接點擊上方連結，在瀏覽器中以互動方式瀏覽本次實驗的完整報告內容。