

# 《地震學》學習歷程與成果回顧：探索地球內部的奧秘與工程實踐

林幼鎂<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 臺北市立大學地生四

## 一、學期學習歷程架構

本報告核心主軸：物理理論 → 程式計算 → 工程實踐

- W1-W2：課程介紹與軟體環境 (Antigravity, GitHub)、地震學導論。
- W3：2015 尼泊爾 M7.8 強震報告與 AI 協作技術。
- W4：野外震測實驗與 ObsPy 數據處理 (連續小波轉換、頻譜分析)。
- W5：國家地震工程研究中心 (NCREE) 參訪實踐。
- W6-W9：地震學第三、四章報告、宋冠毅老師演講與繪製震源機制球。

## 二、W1-W2：課程導論與軟體環境

- 軟體環境**：完成 GitHub、Hugging Face 帳號申請，安裝 Antigravity 工作環境，打下基礎，並發布成果：地震學第一章互動網頁。
- 核心觀念**：逆問題 (由觀測推算地球內部結構)、彈性波傳播 (P 波與 S 波)、波動力學與地質界面、震源機制與共振效應。

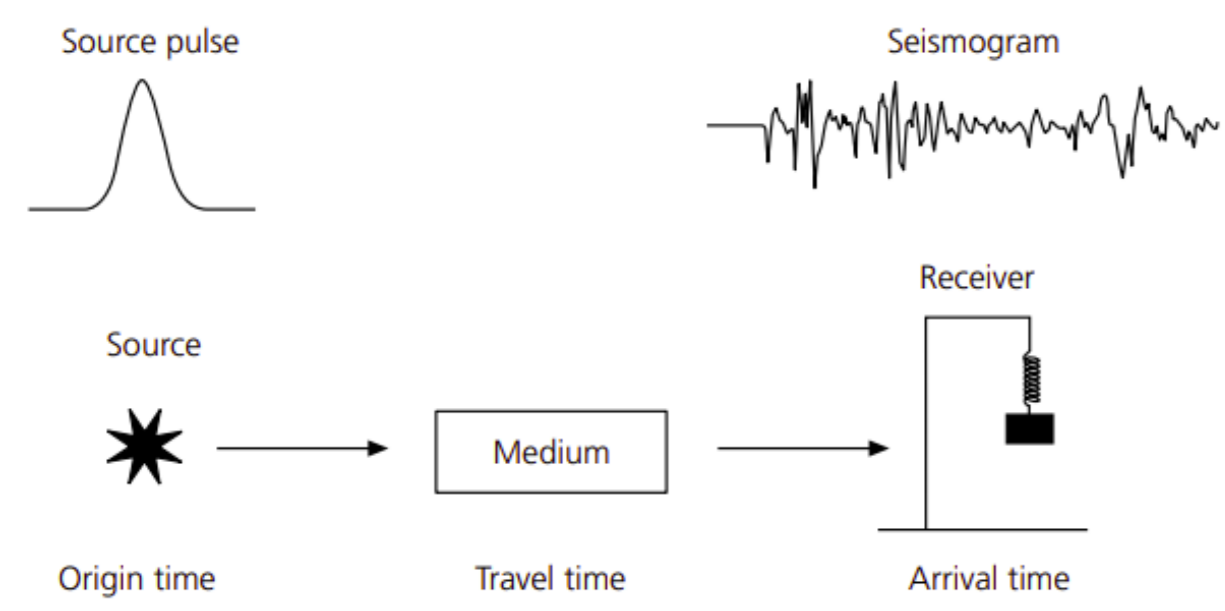


Figure 1.1-1 Schematic geometry of a seismic experiment.

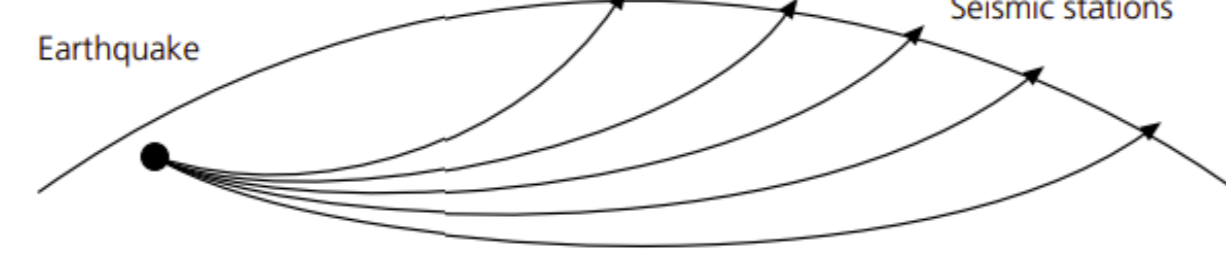


Figure 1.1-2 Seismic ray paths in the earth, showing the effect of an increase in seismic velocity with increasing depth. The waves travel in curved paths between the earthquake and seismic stations.

Figure 2. 圖 1.1-2：地震波射線路徑。地球深處波速較快，波傳遞時產生折射，導致路徑彎曲。

Figure 1. 圖 1.1-1：地震實驗示意圖。震源產生波，經介質傳播後被地震儀記錄，藉由抵達時間推算介質特性。

## 三、W3：地震報告學習 (AI 協作)

- AI 協作與溝通技巧**：運用 Markdown 格式化指令，引導 AI 生成合適的 prompt，提升科學寫作與提問能力。
- 2015 尼泊爾 M7.8 大地震分析**：
  - 構造背景：印澳板塊向北俯衝至歐亞板塊。
  - 破裂方向性效應：能量向東單向破裂釋放，加劇損害。
  - 場址效應：加德滿都盆地鬆軟沉積物導致地震動顯著放大。

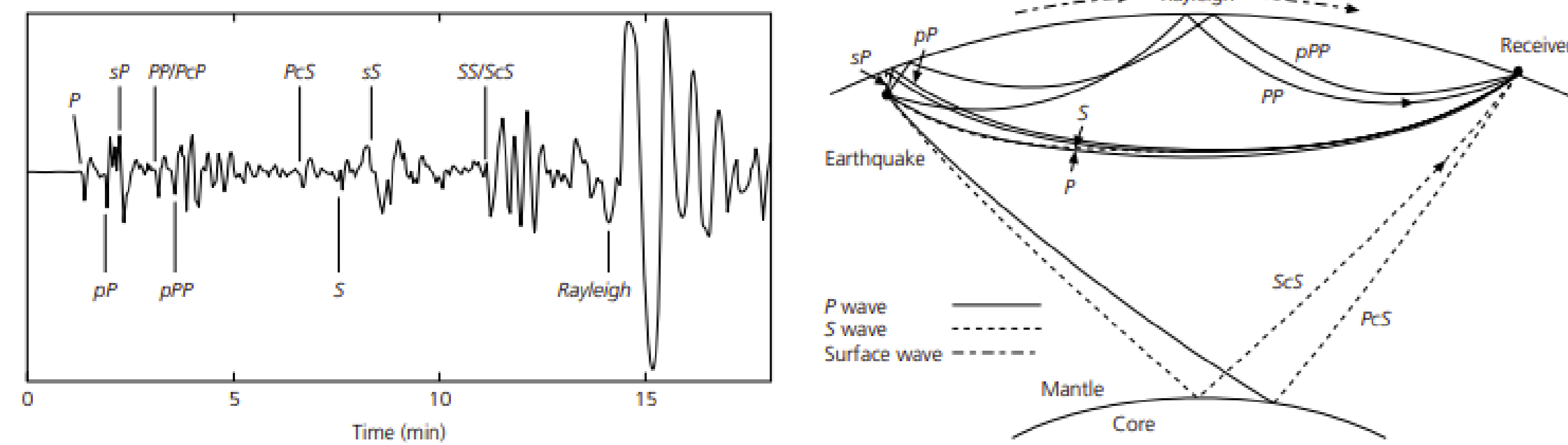


Figure 1.1-3 Left: Long-period vertical component seismogram at Golden, Colorado, from an earthquake in Colombia (July 29, 1967), showing various seismic phases. The distance from earthquake to station is 44°. Right: Ray paths for the seismic phases labeled on the seismogram.

Figure 3. 尼泊爾 M7.8 地震震源機制與破裂方向性分析示意圖

## 四、W4：震測套件應用與野外實驗

- 野外微震觀測**：於科學館外黑森林架設 SmartSolo 節點式地震儀，學習整置與對時，數據結果發布於微震觀測實驗網頁。
- ObsPy 數據處理**：讀取 SAC/MSEED 數據，進行去趨勢、帶通濾波等預處理。透過連續小波轉換 (CWT) 與功率譜密度 (PSD) 轉化波形圖與頻譜特徵圖。
- 測站座標旋轉**：N-S、E-W 分量旋轉為徑向 (Radial) 與橫向 (Transverse) 分量。



Figure 4. 黑森林微震觀測實驗與儀器解說

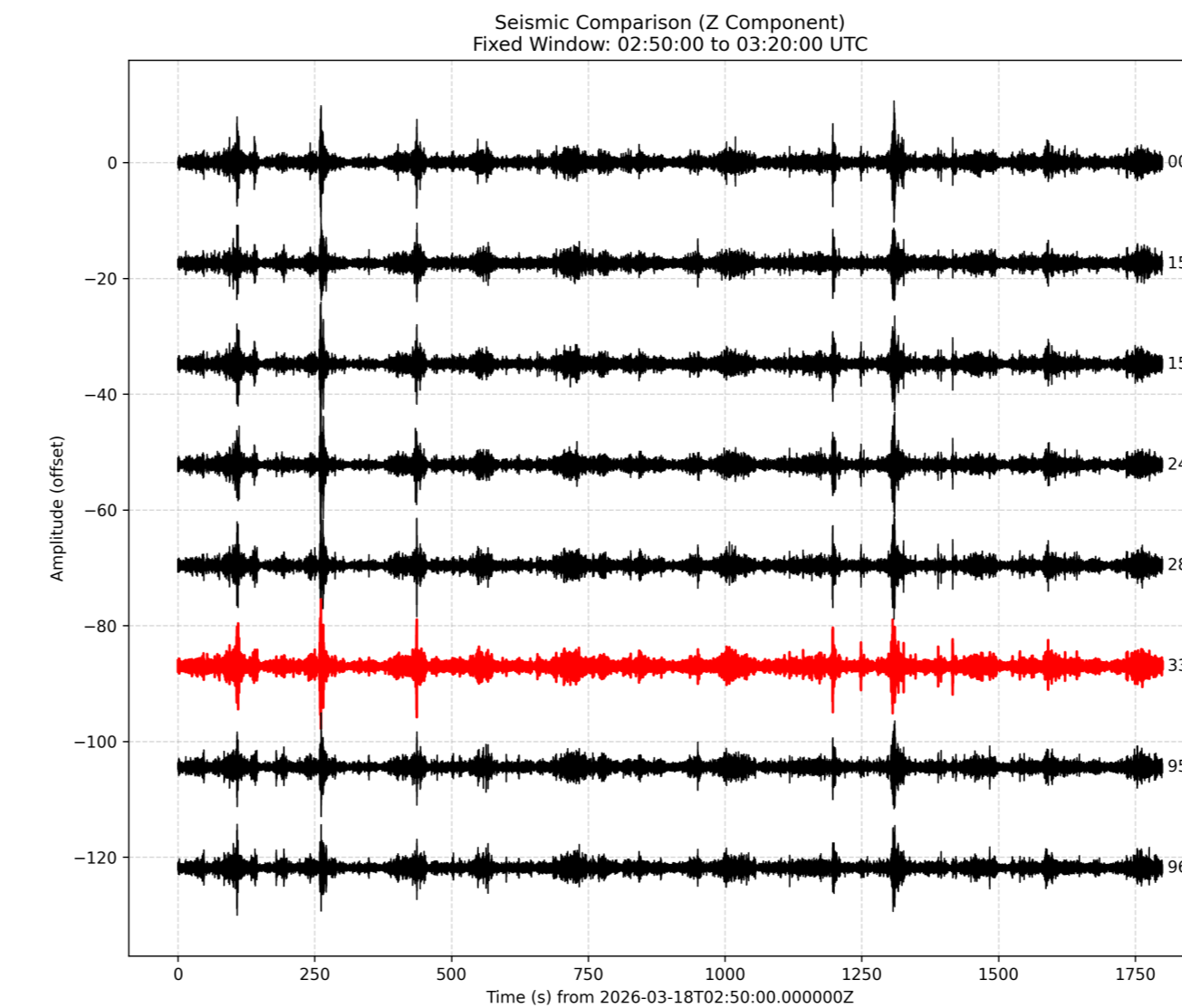


Figure 5. ObsPy 水平分量旋轉前後波形對比與頻譜特徵分析

## 五、W5：國震中心 (NCREE) 參訪實踐

- 鉛心橡膠隔震支承 (LRB)**：安裝於大樓底部，拉長結構物振動週期，隔絕地震能量。
- 鋼板阻尼器 (SPD)**：消能段鋼板削薄，地震時先剪力降伏，透過塑性變形吸收能量。
- 數位成果**：以 React 開發 國震中心參訪互動探索網頁 並部署至 Hugging Face 平台。



Figure 6. 一樓大廳震波展示區



Figure 7. 七樓減震與隔震設備：LRB 及鋼板阻尼器 (SPD)

## 六、W6：地震學第三章報告 (地震波走時與折射)

- 三種基本波路徑**：直達波 (直接傳播)、反射波 (介面反射回地表)、折射臨界波/首波 (沿介面傳播再釋放回地表)。
- 體波相位命名**：P, S 代表基本波型；小寫 c 為 CMB 反射；K 為液態外核 P 波；I, J 為固態內核 P、S 波。S 波陰影區證實了液態外地核的存在。
- 互動資源**：建立 地震學第三章互動學習網頁 展示介質波速與折射路徑。

## 七、W7：宋冠毅老師演講

- 青年百億海外圓夢計畫**：赴德國、瑞士與紐西蘭進行地震預警技術交流，分為築夢工場組與海外翱翔組。
- 國際合作與啟發**：勇於嘗試國際申請，地震預警技術是台灣強項。跨國知識交流能有效提升防災能力。

## 八、W8：繪製震源機制球

- 斷層幾何三要素**：走向 (Strike)、傾角 (Dip)、滑移角 (Rake)。
- 手繪實作與數位模擬**：利用等面積投影網繪製震源球；開發 Gradio 震源機制球互動教學平台。
- 宮古外海 M7.4 地震**：太平洋板塊向西俯衝引發板塊邊界逆衝地震。判定 NP1 (走向 184°、傾角 17°) 為真實斷層面，符合海溝俯衝幾何。

## 九、W9：第四章報告與學習總結

- Reid **彈性回跳理論**：斷層瞬間破裂滑移，釋放積累應變能；包含應力積累、前震、主震、餘震四階段。
- 雙力偶等效力源模型**：斷層滑移等效為兩對大小相等、方向相反的力偶 (Double Couple)，是震源機制球四象限對稱的基礎。

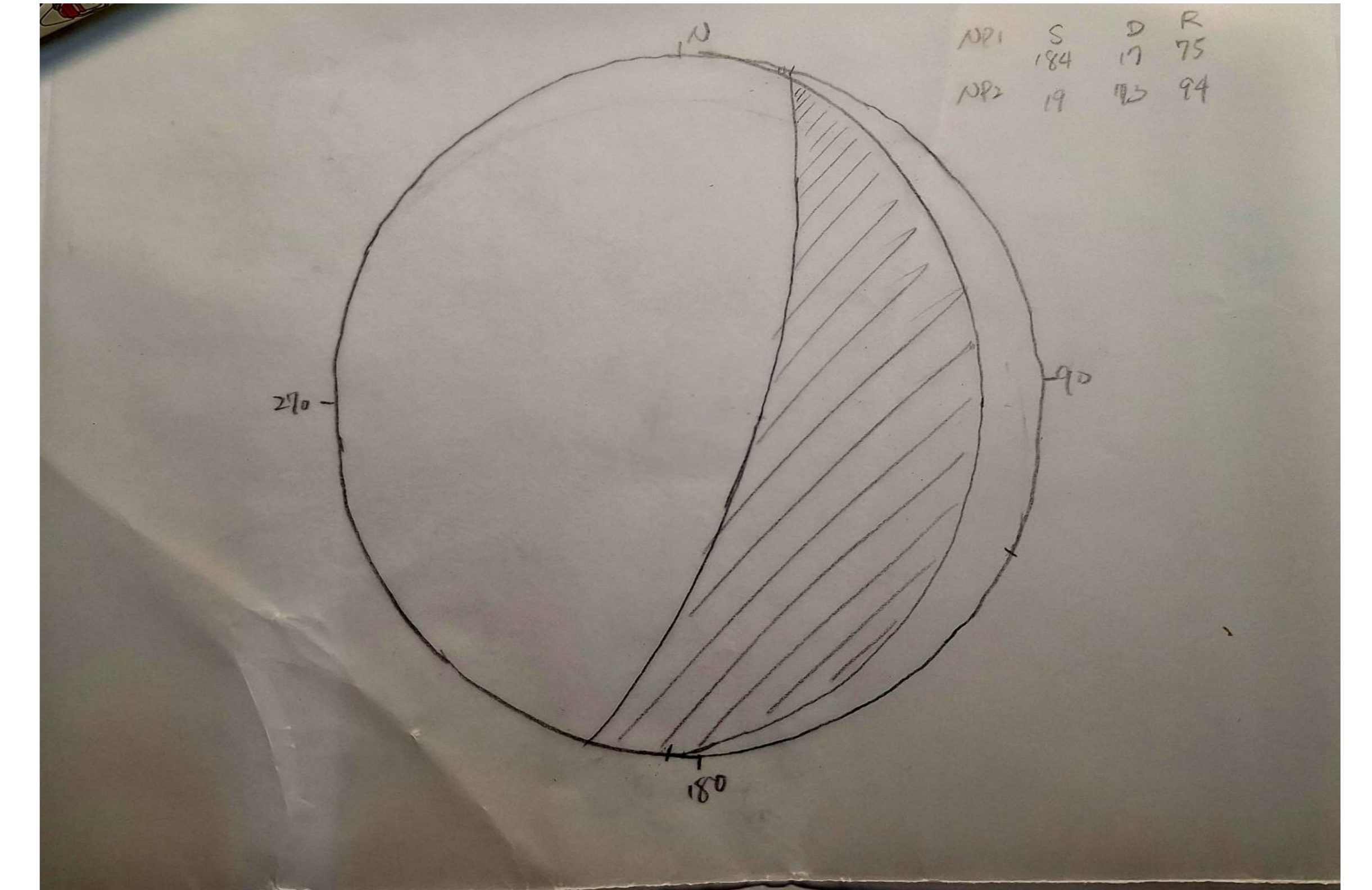


Figure 8. 斷層類型分類與彈性回跳理論示意圖

## 學習總結：三位一體的探索

- 從抽象公式到具體觀測**：將波動方程式與彈性係數轉化為 ObsPy 波形分量，藉由比喻真正看見地球的跳動。
- 跨學科能力的融合**：自動化整理講義、建立 Hugging Face 網頁、開發 Gradio 模擬器，結合地球物理與軟體工程。
- 地質災害與社會關懷**：地震學的核心始終是防震減災、保護人類社會。