



# 臺灣地區111年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供

## The rapid integration of 2022 large earthquake source information in Taiwan

主管單位：交通部中央氣象局地震測報中心  
執行單位：中華民國地球物理學會

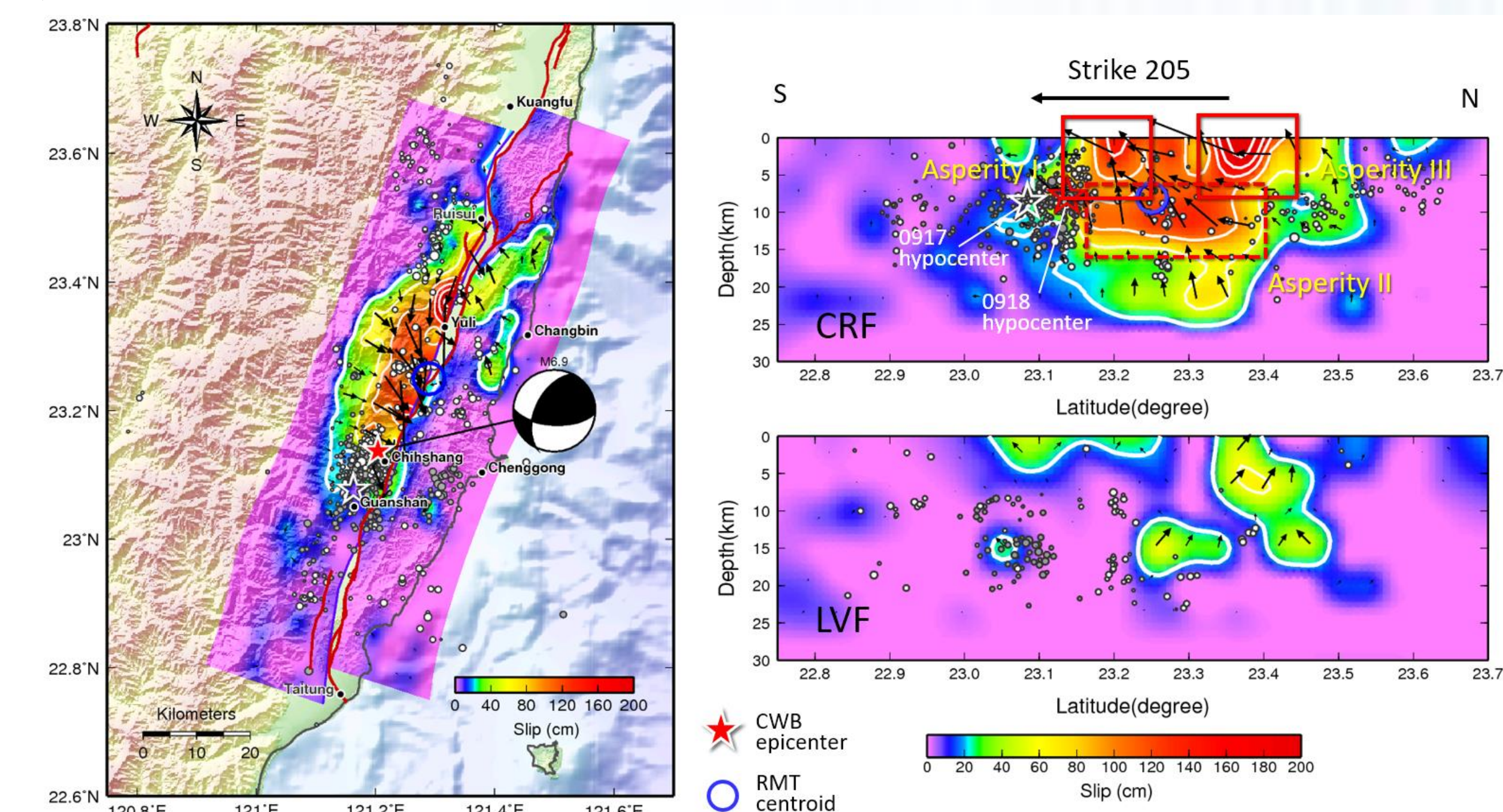
計畫主持人：李憲忠<sup>1</sup>，林彥宇<sup>2,3</sup>，詹忠翰<sup>2,3</sup>，李恩瑞<sup>4</sup>  
主持人單位：<sup>1</sup>中央研究院地球科學研究所 <sup>2</sup>國立中央大學地球科學系  
<sup>3</sup>國立中央大學地震災害鏈風險評估及管理研究中心 <sup>4</sup>國立成功大學地球科學系

### 計畫摘要

為了解2022年池上地震序列的產生機制，我們利用遠震體波、區域強震資料和GNSS同震位移進行聯合震源反演來分析破裂過程，並試圖了解哪些構造參與了這次事件，以及前震和主震之間的關聯性。本亦研究已經完成頻譜比法及Projected Landweber Deconvolution法(簡稱PLD)之標準資料處理流程建立、程式撰寫及對2019年花蓮地震波形之分析。地震過後，是否接連發生致災餘震，甚至下個更大的地震，總成為人們關心之重要議題。有鑑於此，本計畫將以花東縱谷北段為研究場址，建立地震預報模型並探討該模型之實用性。最後，為了在連續波形資料上同時偵測地震信號及P波波相判識，我們建立一個多任務學習(Multi-Task Learning, MTL)的深度學習網絡，並通過數據增強技術提高機器學習模型精確度，名為「即時地震偵測和波相挑選多任務注意力網絡模型」(Real-time Earthquake Detection and Phase-picking with multi-task Attention Network model; RED-PAN model)。

### I. 中大規模地震震源破裂特性近即時分析暨CWB24地震紀錄之極性檢驗

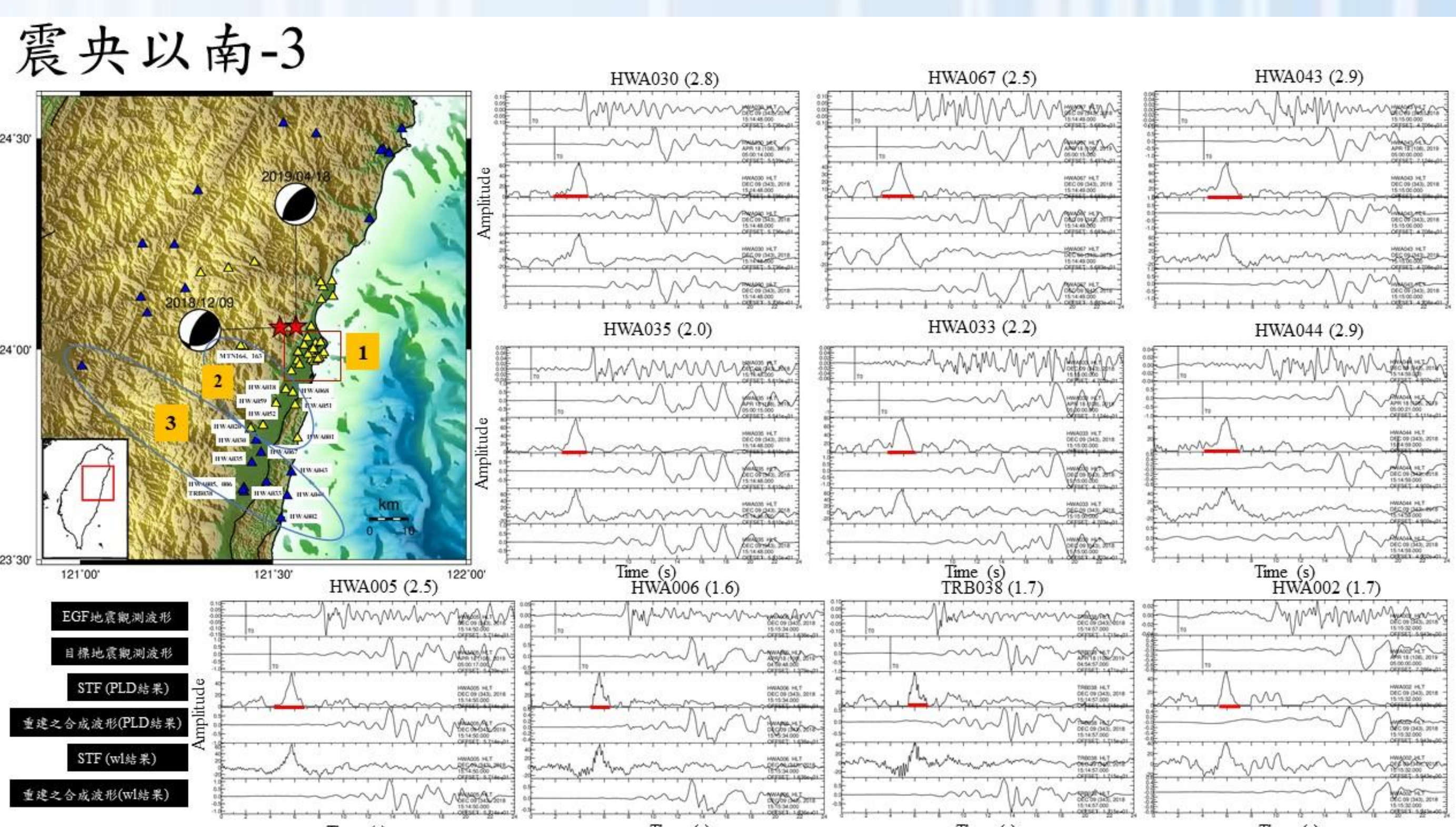
結果指出，錯動主要發生在一個西傾的斷層面上。主震的破裂起源於震源並向北傳播。朝東傾的縱谷斷層(LVF)也同時發生破裂，其滑動比較平緩，破裂速度亦較低。這一結果表明LVF上的錯動可能是被動的，其是由西傾斷層上的主要破裂所引發。最重要的是，此震源破裂模型加上過去十年來發生在縱谷地區的中大地震，有力地支持了中央山脈斷層的存在，其是一個由縱谷北端一路延伸到南端的西傾邊界斷層。



震源逆推滑移分布圖。左圖為鳥瞰圖，右圖為沿著斷層面的剖面圖。CWB epicenter以紅星號表示，RMT centroid以藍色圈號表示。海灘球以RMT之震源機制繪製。灰色及白色圈號為兩週內發生之餘震。

### II. 臺灣地區規模大於6之中大型地震震源時間函數分析

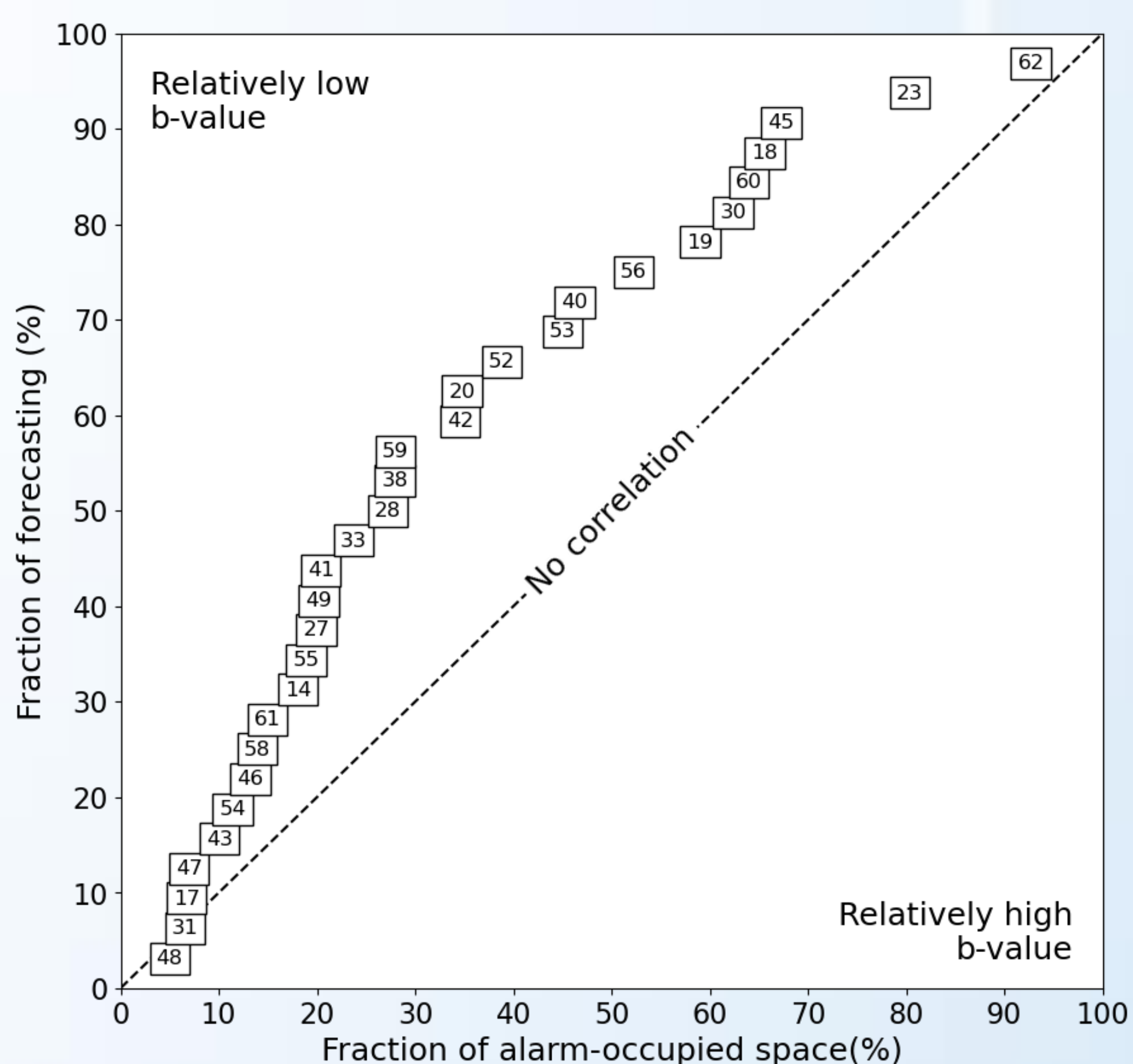
2019年花蓮地震於頻譜比法之平均拐角頻率約為0.33Hz，對應的震源時間函數寬度為2.2秒，與PLD法中求得之震源時間函數非常接近。若其為圓形破裂則破裂半徑為3.8km，面積為45km<sup>2</sup>，應力降為16MPa。此震源時間函數寬度，遠低於全球經驗式6.3秒，而應力降則高於全球。未來計畫使用本研究流程與程式，應用於臺灣地區其他規模大於6之中大型地震，並建立臺灣地區之震源時間函數寬度經驗公式。



PLD法於震央南部數測站所得之STF寬度。

### III. 地震序列預報：時間、空間與規模

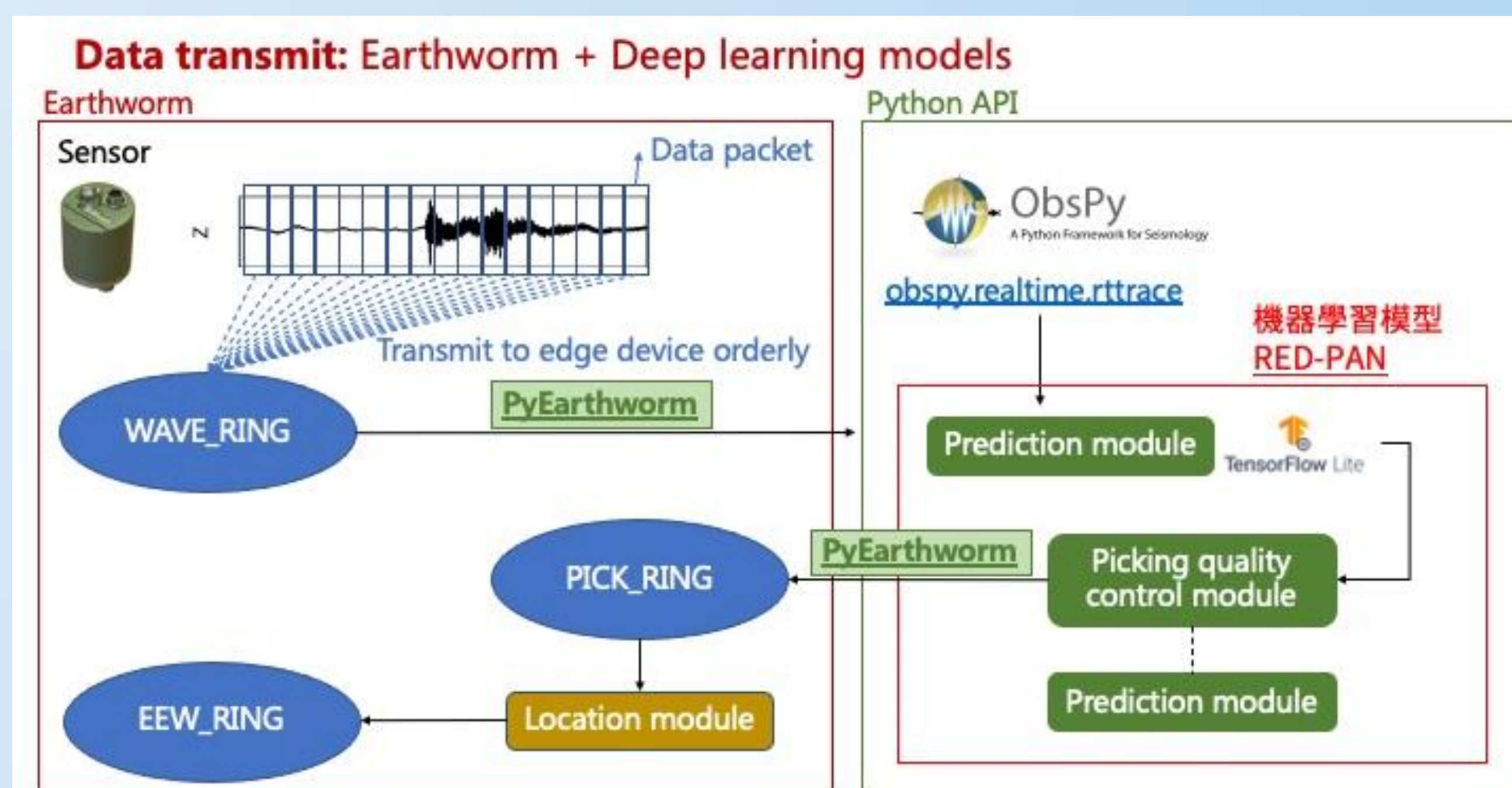
藉由近年來中、大型地震之破裂參數，建立各地震之庫倫應力模型並利用「速率狀態摩擦定律」提出地震機率預報平台。此外，將以「前震紅綠燈系統」以及「大森公式」探討餘震活動之特性，並分析前震誘發主震之特性並嘗試提出預報模型。本計畫的執行成果將有助於未來開發即時地震預報系統。根據近日發生之地震分佈，演算未來致災地震發生之機率。提供氣象局以及其他防災單位即時反應之重要資訊。除了提供科學研究重要訊息，對於一般民眾則更有感於本計畫之實用性。



Molchan diagram顯示研究臺灣規模大於6.0地震震前鄰近區域b值的百分位。數字代表各地震序號，各地震之參數詳見表一。

### IV. 運用邊緣運算技術縮短地震資料處理與傳輸時間

在地震預警應用方面，RED-PAN模型可在P波到達後，用短暫的波形即可精確判識。以P-alert資料上需約0.15秒，而臺灣強地動觀測網(TSMIP)的資料則只需約0.10秒的P波波形，可達即時判識的效率。在目前氣象局地震波形管理平台Earthworm下，使用RED-PAN對連續地震資料進行P波波相判識，一個AMD Ryzen 9 3950X 16核心的中央處理器，大約可對50個測站的波形資料進行沒有延遲的穩定判識。邊緣運算方面，在NVIDIA的Jason Nano使用RED-PAN進行即時地震波P波相監測，可穩定維持0.2秒監測更新。由於邊緣運算是在測站端進行RED-PAN波相判識，可減少波形資料傳輸時間。相較於波形資料，P波判識結果資料量小所需時間短，在地震預警應用上可進一步縮短所需時間。另外，由於RED-PAN在連續資料上對地震波相判識上有很好的效能，也有用於地震監測的潛力。以2022年9月關山-池上地震序列為例，在前震到主震發生後2週內，偵測出約12000筆的地震，展示了RED-PAN在地震活動監測自動化上的應用潛力。



讀取氣象局Earthworm平台的即時波形資料傳輸概念圖。以PyEarthworm讀取氣象局Earthworm的即時波形資料，並用obsypy的即時波形模組進行波形管理，將機器學習模型即時波相判識的結果回傳地震預警系統工作流程。