

臺灣地區110年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供

The rapid integration of 2021 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¹、金台齡²
主持人單位：¹中央研究院地球科學研究所
²國立臺灣科技大學資訊工程系

計畫摘要

本計畫針對臺灣地區中大規模地震震源破裂過程的時間與空間分佈進行分析，採用體波震源逆推法，利用世界地震觀測網的遠震體波資料、中央氣象局即時強震網的近場資料及氣象局震後發布的地震資訊（其中包括地震規模、震源位置、震源機制、斷層面解等資料），於中大規模地震發生後快速建立震源破裂過程的初步結果，此震源破裂模型持續且有系統地分析與建立將有利於地震與地質等基礎研究，亦可用於地震防災及減災的參考。本計畫將運用深度學習的技術，研究開發地型地震預警系統，利用人工智慧的方法取代人工特徵的選擇，期望能進一步提高地震P波訊號判斷以及震度預測的準確性，並將開發地預警系統，本計畫研究成果，未來也可以運用於氣象局即將進行的六都客製化地震預警系統建置計畫中。

I. 中大規模地震震源破裂特性近即時分析

本計畫所採用的方法為體波震源逆推法，利用世界地震觀測網的遠震體波資料與中央氣象局即時強震網的近場資料進行快速震源逆推分析。期建立震源破裂之時空模擬的快速反應機制，可對發震區的震源破裂特性有更清楚的瞭解，同時所建立之震源破裂模型對於後續之研究，如庫倫應力轉移分析、地震波傳遞模擬與強地動評估等可提供重要的資訊。

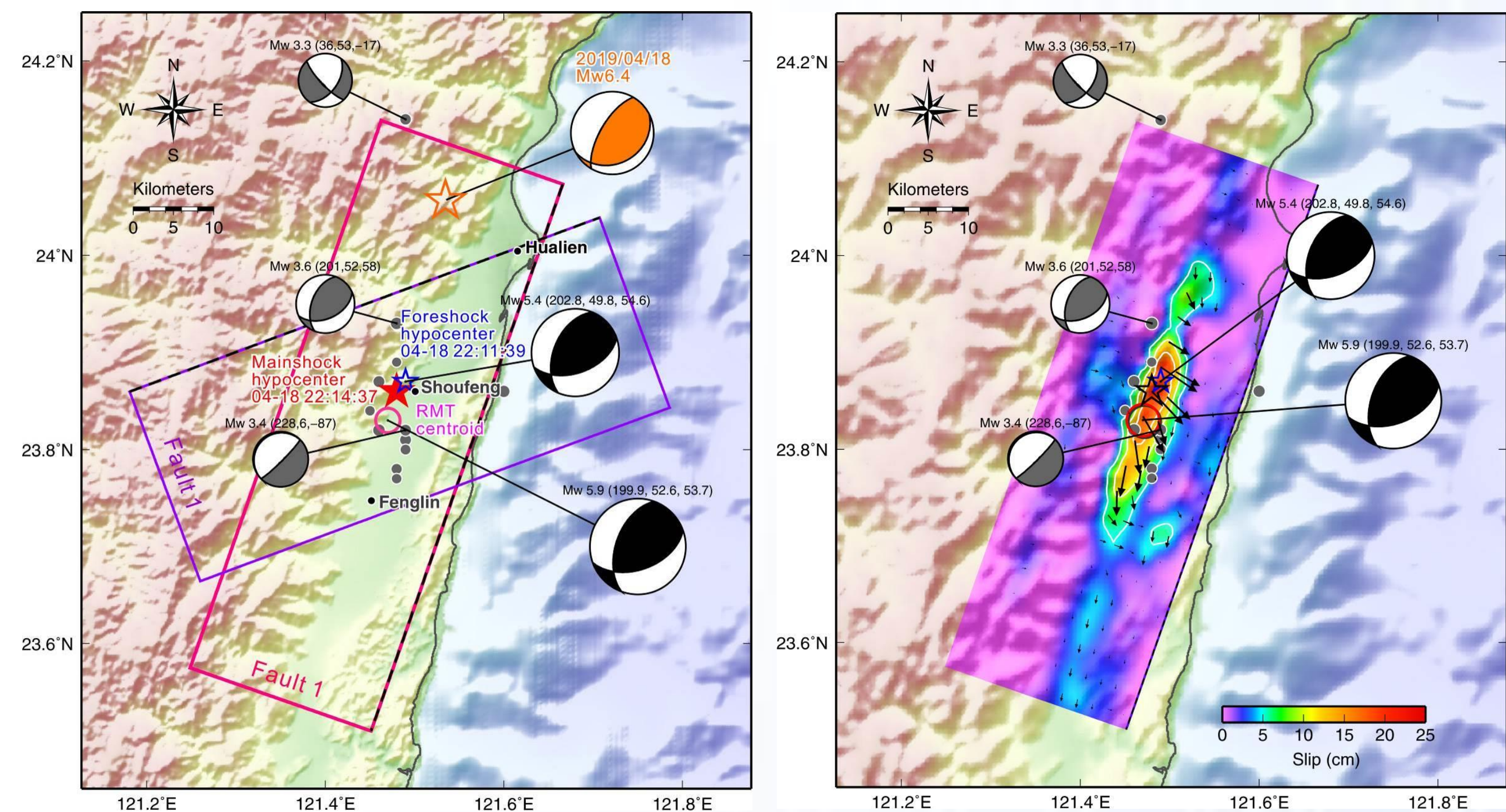


圖1、2021年4月18日M_w6.2花蓮壽豐地震。其破裂範圍約20 x 10 km²，最大錯動量約22 cm。紅色星星表示該事件的CWB震央，粉紅色的空心圓圈表示為RMT所得的震央。灰色圓圈表示主震後兩週內發生餘震。透過此震源破裂模型進行地動模擬的結果指出，此次在花蓮縣水連村出現的強烈地動加速度紀錄(723.59 gal)主要是由於震源輻射效應所造成，與破裂方向性無直接關係。

II. 運用深度學習方法開發地型地震預警系統

本研究中，提出Intelligent ground motion prediction (IGMP) 方法來預估地震動，本方法試圖利用Convolutional Neural Network (CNN) 技術找出強震波與P波間的關係。本IGMP方法利用前幾秒的P波時間窗來預估震央附近測站的接下來地震波的最大Peak Ground Acceleration (PGA) 是否會超過一定的閾值。

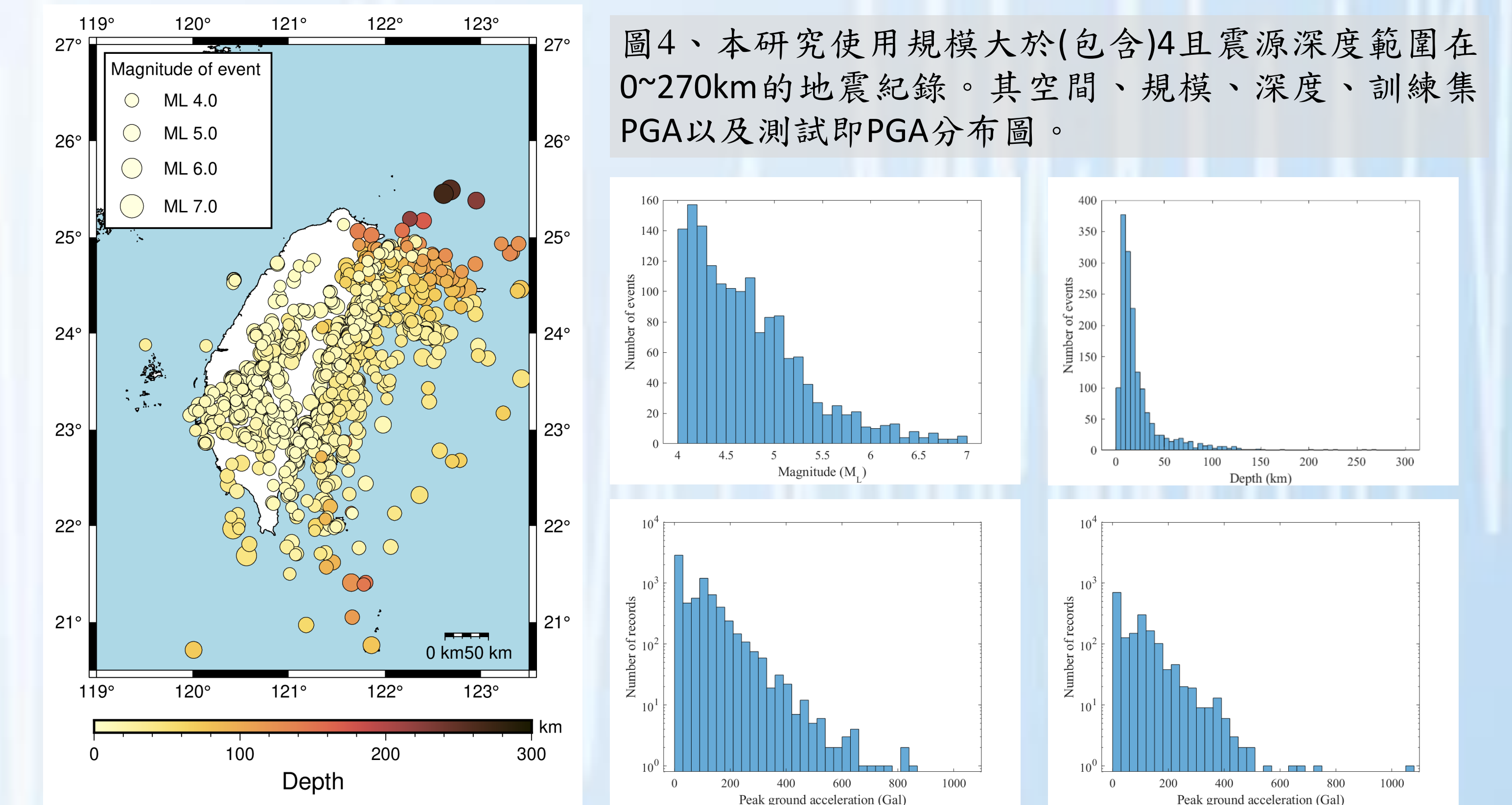


圖4、本研究使用規模大於(包含)4且震源深度範圍在0~270km的地震紀錄。其空間、規模、深度、訓練集PGA以及測試集PGA分布圖。

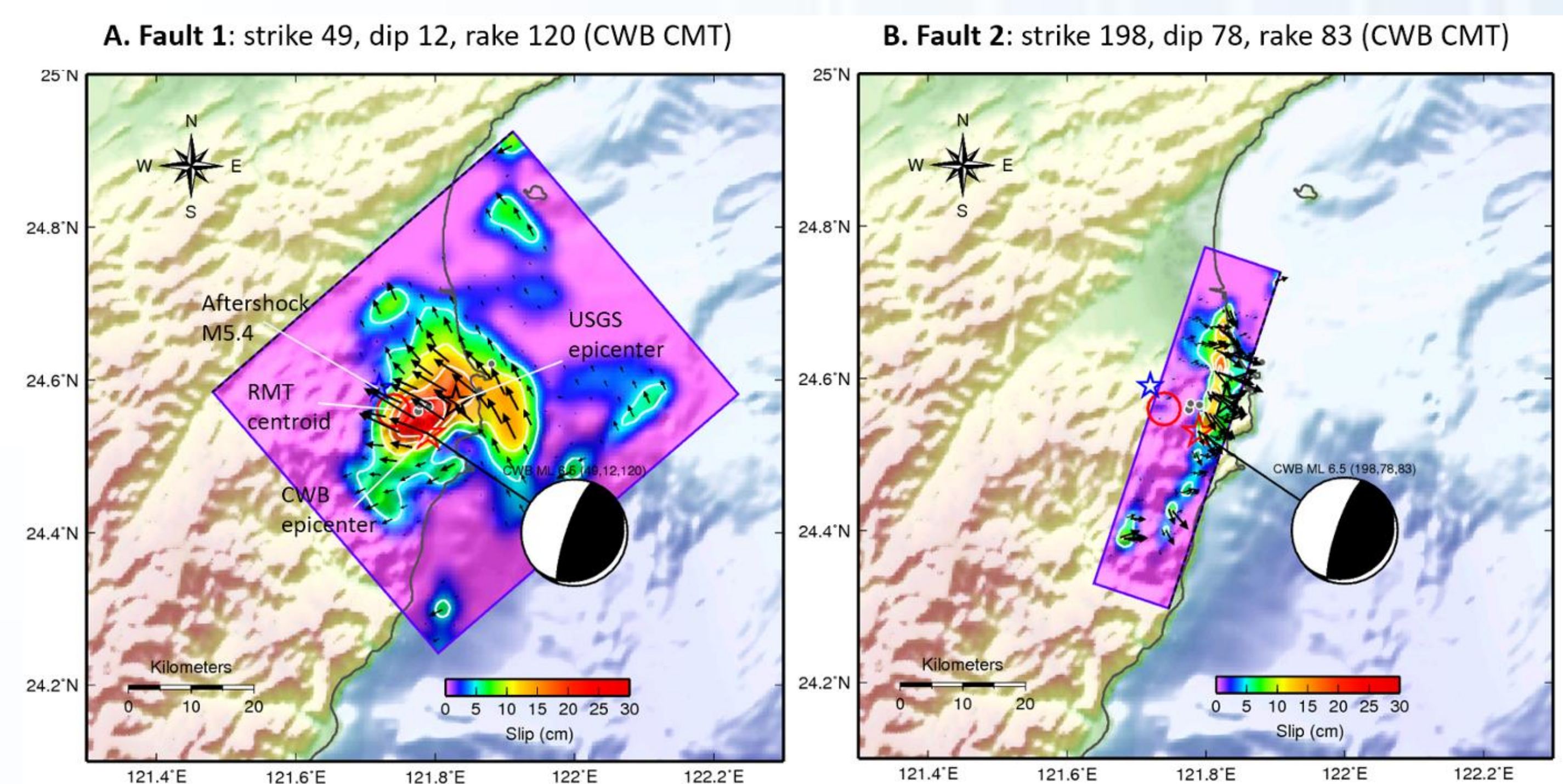


圖2、2021年10月24日M_w6.5南澳深震。從兩個斷層面的初步逆推結果來看，Fault 1 (strike 49, dip 12, rake 120)不論在錯動量與餘震分布間的相關性以及合成與觀測PGA分布的比較中都有相對較好的解釋。此斷層面會是可能性較高的滑動面。

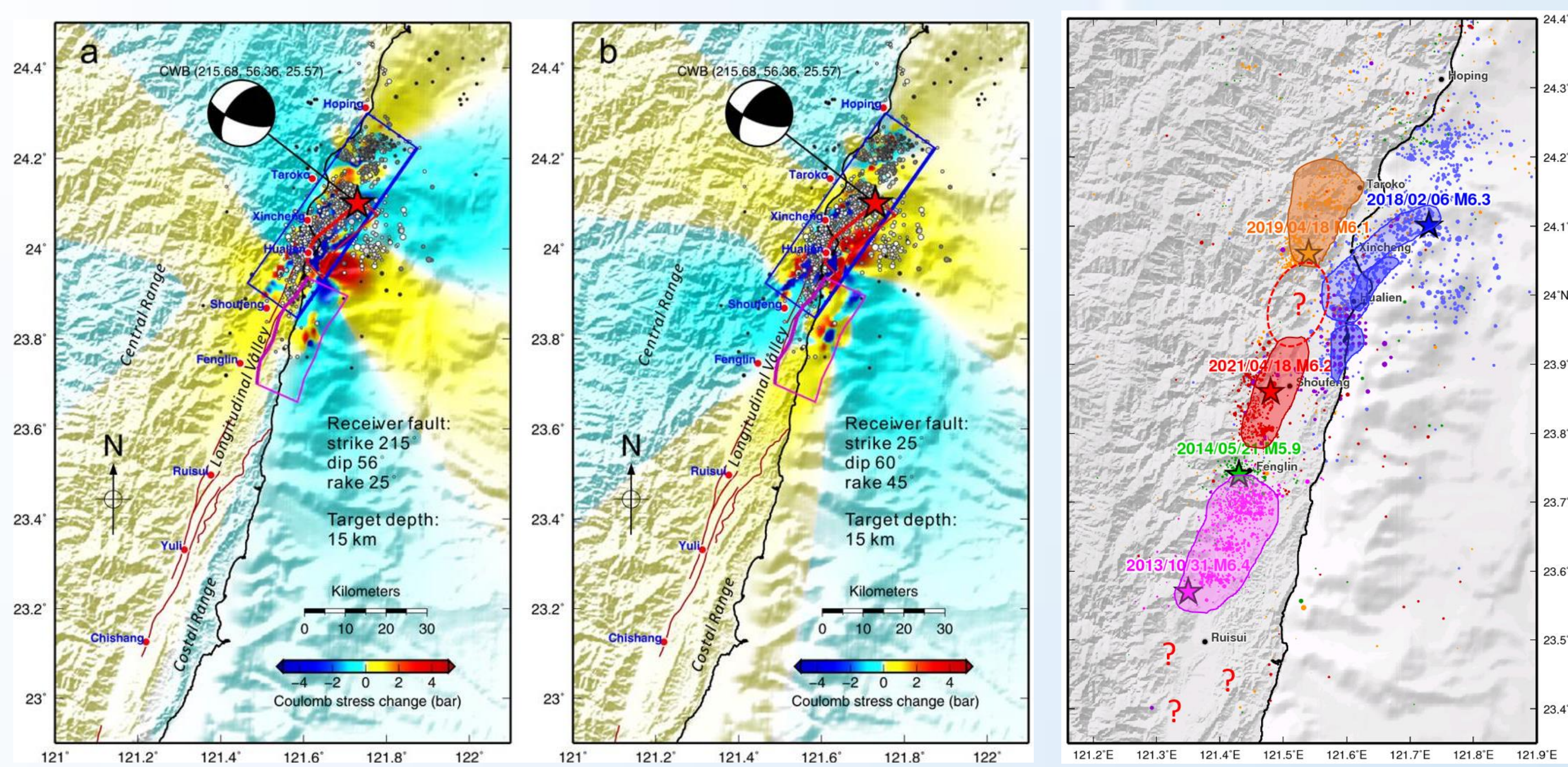


圖3、2018年花蓮近海地震引起的庫倫應力變化圖以及近年東臺灣地震序列主震、餘震和破裂區分布圖。在2018年事件後兩種斷層面下花東縱谷區域庫倫應力增加，即地震發生機率增加。在滑移量分布與2021年地震群的關係中，臺灣東部仍有一些地震活動空白區，後續東臺灣是否會有更大的地震發生，值得持續觀察與注意。

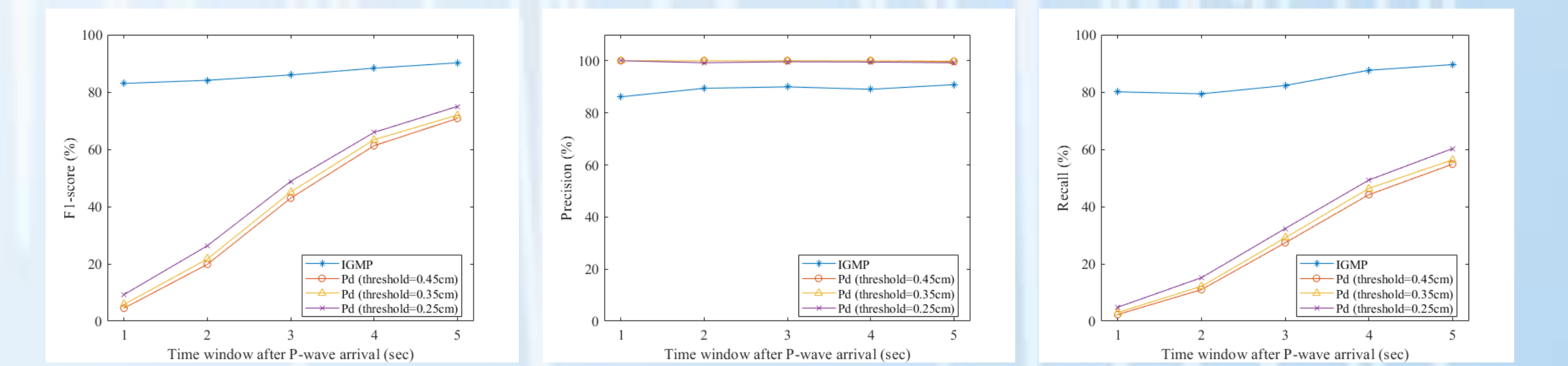


圖5、透過真實事件做測試和使用Pd方法來做比較，評估本研究方法(IGMP)的成果。結果顯示IGMP有很高的F1-score和較長的平均Leading time，代表其可靠度高和更多的反應時間。

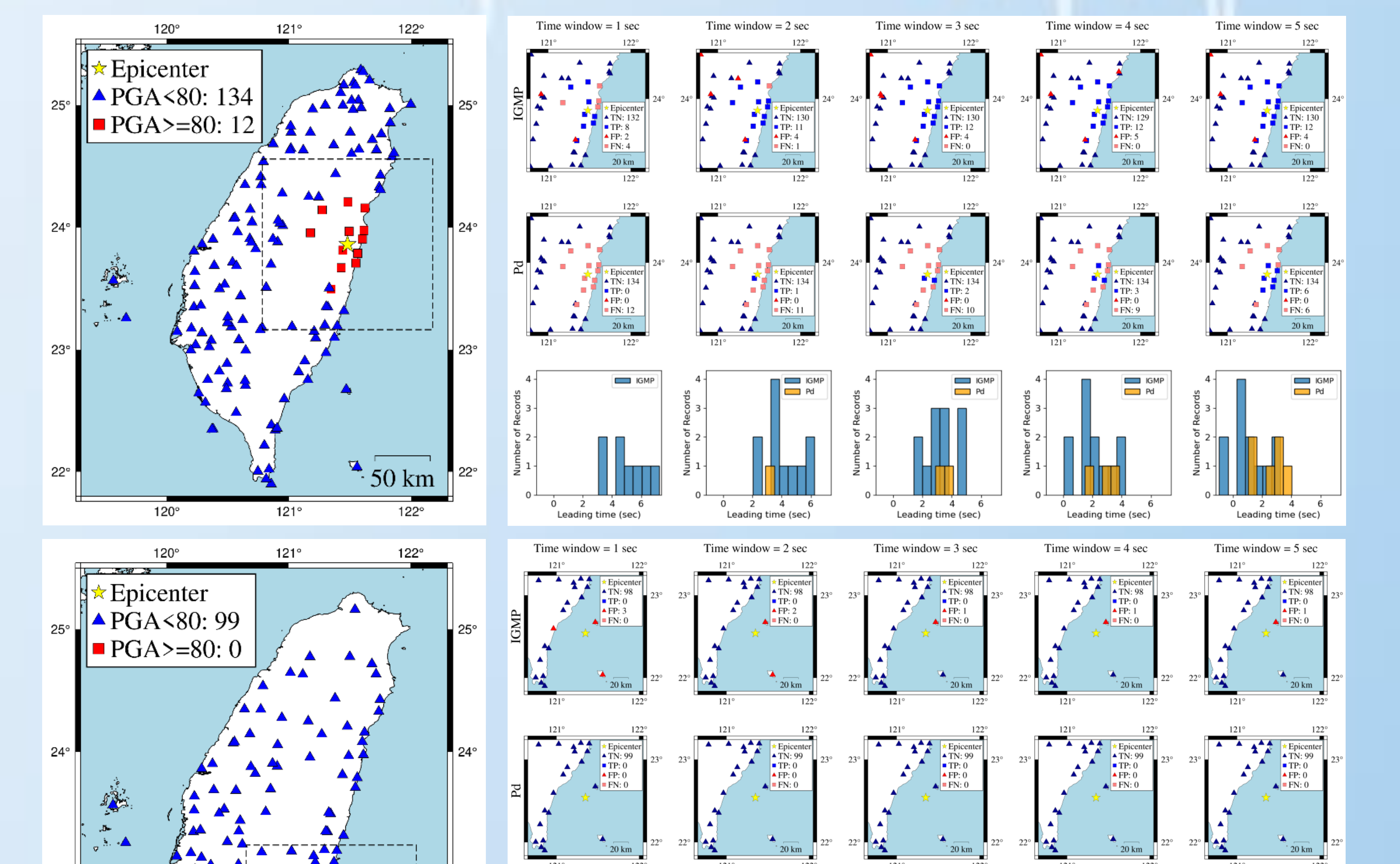


圖6、花蓮地震與臺東海外地震預警測試圖，包含PGA數值、模型預測結果及其Leading Time。在震央分別位於島內和外海的兩個預警測試範例中，IGMP也能精確的預測出震央附近是否有PGA高達80Gal的測站。

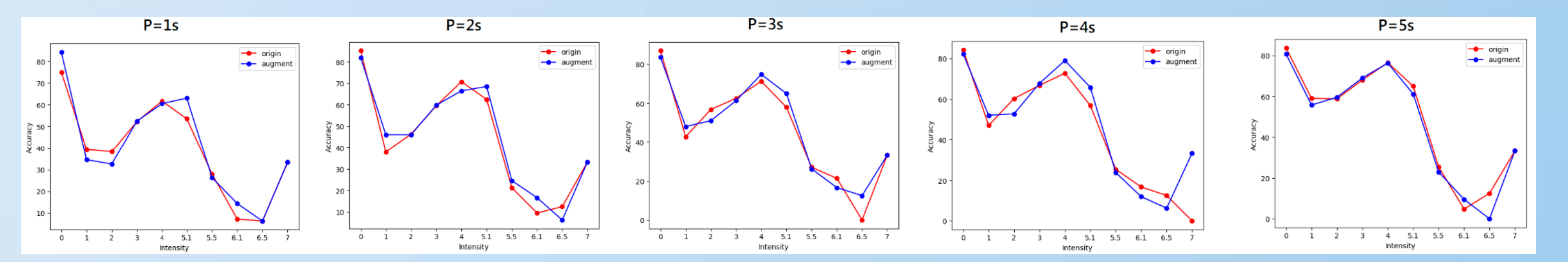


圖7、各P波長度輸入之震度預測結果。本研究提出使用類神經網路中的對抗式生成網路架構，產生出非常相似於真實地震的資料，以解決高震度資料少於低震度資料所造成的資料不平衡。利用產生的資料對訓練集擴充，用以訓練震度分類模型。實驗結果只有部分分類有小幅上升，整體上仍沒有太大進步。未來會再針對這些點進行研究解決方法、修改模型架構、調整參數或權重、整理品質更好的資料集，以產生出更好的結果。