



臺灣地區108年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供

The rapid integration of 2019 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

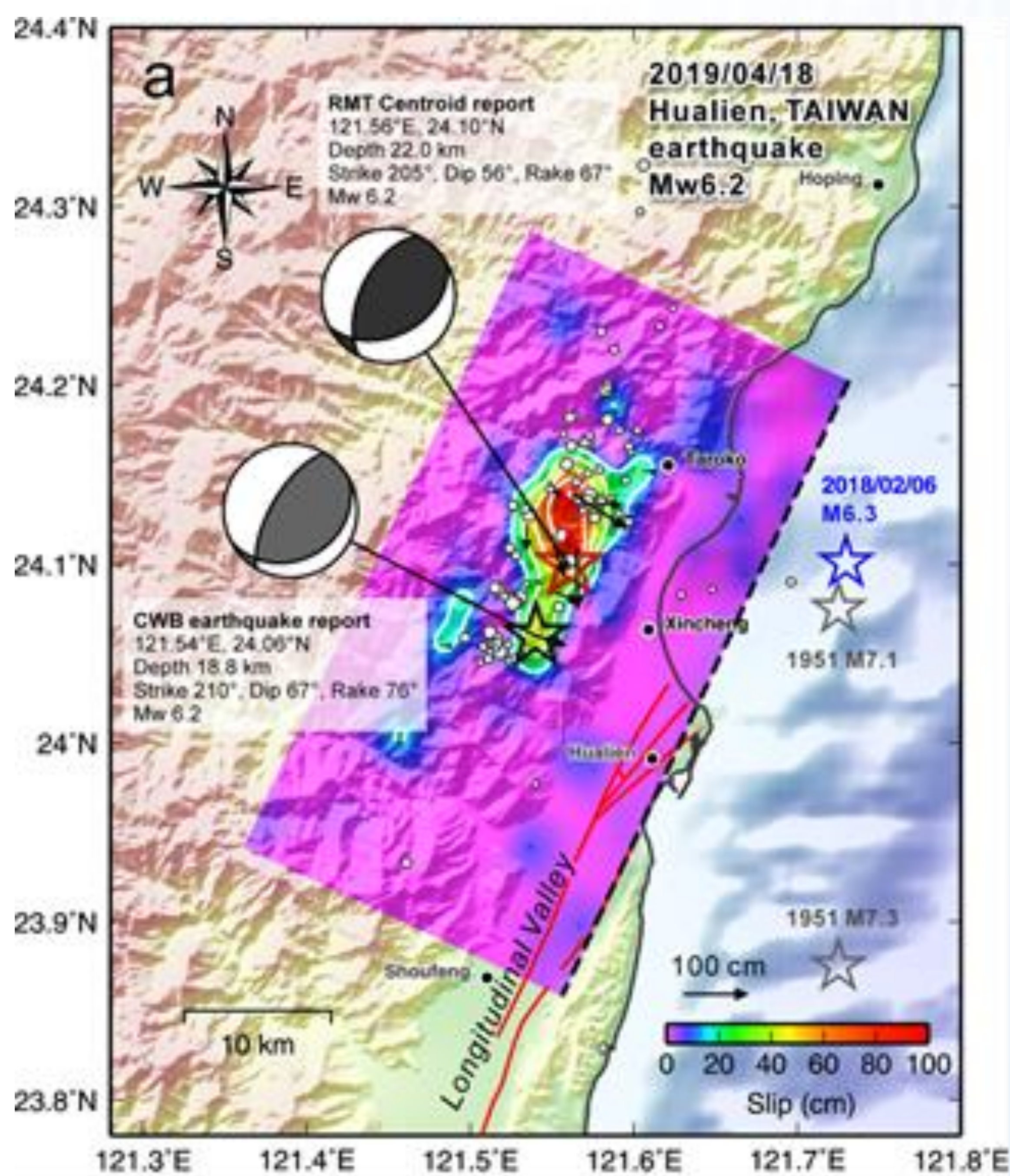
計畫摘要

臺灣位於活躍的造山帶，菲律賓海板塊每年以8.2公分的速度向歐亞板塊聚合，使得臺灣地區地殼變動劇烈，活動斷層遍佈且地震活動頻繁，災害性地震也經常發生。本整合型計畫以2019花蓮地震後，採用體波震源逆推方法，針對震源破裂過程的時間-空間分佈進行分析，可於地震發生後快速建立震源破裂過程的初步結果，所建立之震源破裂模型亦可對於後續研究提供重要的資訊。而本計畫也嘗試使用類神經網路技術應用於地震速報中，利用中央氣象局於全臺部屬的地震測站，藉由測站收集之資料搭配類神經網路演算法進行各式應用，其中包含利用遞迴式神經網路的即時地震即時預警、定位以及利用深度卷積網路進行的P波S波標記任務，盼望可以利用類神經網路演算法減少人工資料上的處理以及應用於即時系統上增強準確度。

I. 中大規模地震震源破裂特性近即時分析

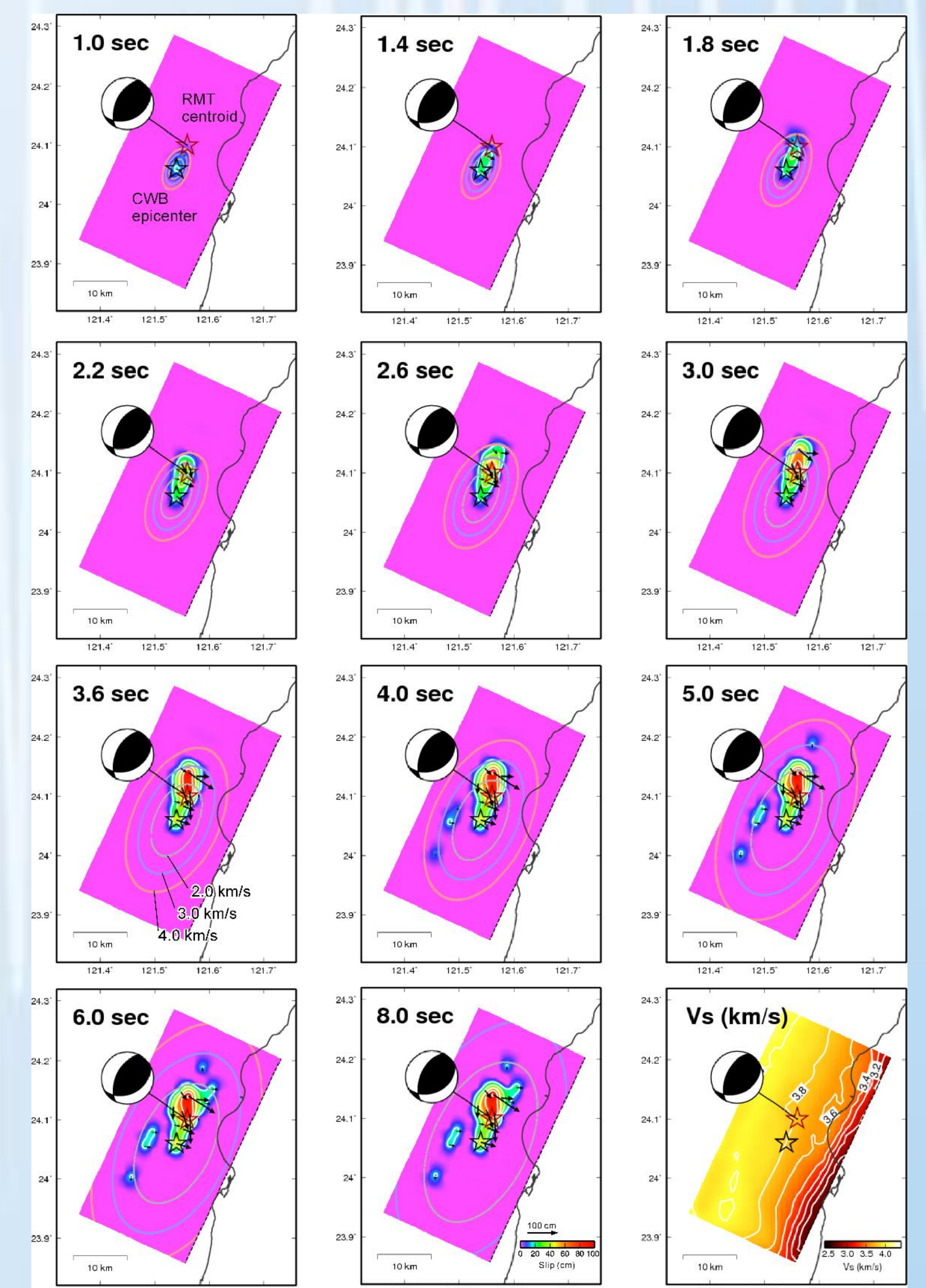
本計畫針對臺灣中大規模地震進行震源模式分析，可對發震區的震源破裂特性有更清楚的瞭解，同時所建立之震源破裂模型對於後續之研究，如庫倫應力轉移分析、地震波傳遞模擬與強地動評估等可提供重要的資訊。由長遠目標來看，震源破裂模型持續、有系統地分析與建立將可幫助地震與地質等基礎研究，亦可於地震防災、減災上做出貢獻。

2019 Mw6.2花蓮地震體波震源逆推



圖一、本研究採用遠場體波、近場強地動以及GPS同震變形資料進行聯合逆推2019年4月18日花蓮海域規模6.1地震 (Mw 6.2) 錯動量分布圖(左圖)，是該年於臺灣島內第一個芮氏規模大於6的地震。中央氣象局地震報告指出，此地震位於花蓮縣政府西北方約10公里，震源深度18.8公里。各單位所求得之震源機制解相當一致，大致為北北東-南南西走向之斜向逆衝斷層(圖一)。主餘震定位的結果亦呈現北北東-南南西走向分布，符合震源機制解其中的一個斷層面。

圖二、此地震的破裂範圍約10 x 10 km²，最大錯動量約101.8 cm。震源附近於發震後短時間內0~1秒的滑移量不大，隨後破裂以較快的破裂速度(大於3.0 km/s)朝北發展，約在2.5秒時破裂傳到斷層北邊釋放大量的能量，並形成斷層面上最大的錯動集中區(Asperity)。隨後破裂快速減緩，僅產生零星的小錯動。整個破裂持續時間約7-8秒，一開始的1-2秒能量在震源附近釋放，於2-5秒時破裂主要發生在北邊的Asperity，為此次地震主要的能量釋放，5秒後的能量於北側斷層零星產生並逐漸減緩。



II. 神經網路與深度學習在地震偵測上的應用

近幾年來類神經網路在各領域的研究皆有令人驚豔的成果，有許多種類神經網路結構被提出並應用於各種問題上，較常見的結構為卷積神經網路、遞迴神經網路、全連接神經網路，而各結構應用的方面也不同，例如卷積神經網路通常搭配全連接神經網路做分類任務，而遞迴神經網路則常應用於有時序關係的任務中，而本研究將這些不同結構的網路應用於地震偵測與定位問題中。本研究主要提出利用遞迴神經網路即時偵測P波、S波及事件的發生，在評估過程中針對各種因素做評估，結果顯示提出的方法有著不錯的表現，能準確的偵測地震並迴避雜訊影響，且也能準確的判定發生時間，也將提出的方法與Earthworm串接，盼將來可以應用到即時系統上於預警中提供準確的偵測結果。



圖四、本計畫中應用於定位的應用以2018年全年地震事件做為測試資料評估神經網路模型的效果，2018年全年約16199筆事件，在震央位置上的誤差與中央氣象局紀錄的位置平均差距4.78公里，深度平均差距4.56公里，而在僅使用前10個收到P波之測站作為預測得到位置平均差距4.83公里，深度差距5.46公里。而圖三為一範例，採用台北時間2018/02/13 00:00之地震紀錄，使用前10個收到P波之測站定位結果，圖中五邊形為實際震央，星形為本研究所定出之震央，圓形為測站。