

目錄

- 01 前言、儀器服務平台、近期消息
- 02 利用背景噪音干涉法提升海嘯預測效率與普及性
- 05 台灣環境噪訊中的高階模態雷利波時空特性：來自多分量干涉法的觀察
- 08 北沖繩海槽不尋常之張裂模式
- 10 大埔地震特刊－臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示
- 23 本季成員發表文章 (2025.04~)
- 25 致謝

前言

黃信樺

中央研究院地球科學研究所 副研究員、
台灣地震科學中心 執行秘書

本期內容除了邀請三位學者分享最近各研究團隊的成果，更收錄大埔地震之震後科學調查中文短摘，感謝相關研究團隊及臺灣大學海洋研究所柯彥廷助理教授、中正大學地球與環境科學系陳映年助理教授、中央研究院地球科學研究所郭本垣研究員分享相關成果。

儀器服務平台

- 地震儀器中心儀器庫存查詢 <https://tecip.earth.sinica.edu.tw/>，若您有儀器使用之需求請與儀器中心聯絡。
- TEC 支援各大專院校相關科系之地球物理實習課程。歡迎有需求的授課教師於線上系統提出申請，申請網頁為：<https://tec.earth.sinica.edu.tw/geoclass/>

近期消息

- 114 年 11 月 4 日至 6 日即將在中央研究院環境變遷研究大樓潤學廳舉辦「12th ACES (APEC Cooperation for Earthquake Science) International Workshop」，歡迎有興趣的學者或研究人員報名參加，更多詳情請見會議網站 <https://aces2025.earth.sinica.edu.tw>。
- 114 年 11 月 10 日至 11 日即將在宜蘭國立傳統藝術中心舉辦「2025 Taiwan-Japan-New Zealand Seismic Hazard Assessment Workshop」，歡迎有興趣的學者或研究人員報名參加，更多詳情請見會議網站 <https://2025tw-jp-nz.earth.sinica.edu.tw>。

doi: 10.30067/TECNL.202506_(48).0001

利用背景噪音干涉法提升海嘯預測效率與普及性

柯彥廷

國立臺灣大學海洋研究所

隨著全球強震與海嘯事件頻繁發生 (e.g., Imamura et al., 2019)，如何在第一時間提供準確的海嘯預測，一直是防災科學的重要課題。過往海嘯模擬與預測仰賴精細的海底地形 (水深) 資料，透過震源參數及淺水波理論計算海嘯波傳播。然而，全球大部分偏遠海域與開發中國家海底地形資訊不足，且海底地形變遷迅速，導致海嘯模擬精度受限，也降低了海嘯預警系統的覆蓋範圍與可靠度 (Bernard & Meinig, 2011)。

為因應此挑戰，本研究提出一項創新方法，結合背景噪音干涉法 (Ambient Noise Interferometry; Campillo & Paul, 2003)，利用全球洋底壓力計 (DART) 長期紀錄的自然背景海洋訊號 (圖一)，直接推估海域內海洋波動傳播特性。我們分析 2008 年至 2017 年間來自 29 個 DART 洋底壓力計的資料，計算任一測站對逐天之交互相關函數並將十年資料疊加，成功提取亞重力波 (Infragravity waves, IGWs) 之格林函數 (Green's functions)，有趣的是，相對低頻之 IGWs 符合淺水波理論 (Bosboom & Stive, 2021) (圖二)，其傳遞模式和海嘯波相似。

該方法的最大突破在於，不需依賴高解析水深資料，也可取得高品質的波動傳播資訊，進一步應用於海嘯預測。格林函數亦可事前建置於資料庫，一旦地震發生，僅需結合簡單的震源資訊，

即可快速套用背景噪音推估的格林函數，計算海嘯波的到達時間與相對波高，減少繁雜的數值模擬流程。

本技術已成功應用於 2018 年阿拉斯加 Mw 7.9 地震引發的海嘯案例 (Ho et al., 2025)。分析結果顯示，透過背景噪音干涉法推估的海嘯波形與實際 DART 感測站的觀測資料高度吻合，且較傳統數值模擬 (COMCOT; Liu et al., 1998) 更接近實測波形，特別是在尾波結構與波高變化方面表現更佳 (圖三)。此案例驗證了背景噪音干涉法在海嘯預測領域的可行性與精度，且具備低成本、快速反應、簡化運算的優勢，特別適合缺乏水深資料或資源有限的沿海地區。

參考文獻

- Bernard, E. N., & Meinig, C. (2011). History and future of deep-ocean tsunami measurements. *OCEANS'11 MTS/IEEE KONA*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/oceans.2011.6106894>
- Bosboom, J., & Stive, M. J. F. (2021). Coastal dynamics. Delft University of Technology. <https://coastaldynamics.org/>
- Campillo, M., & Paul, A. (2003). Long-Range Correlations in the Diffuse Seismic Coda.

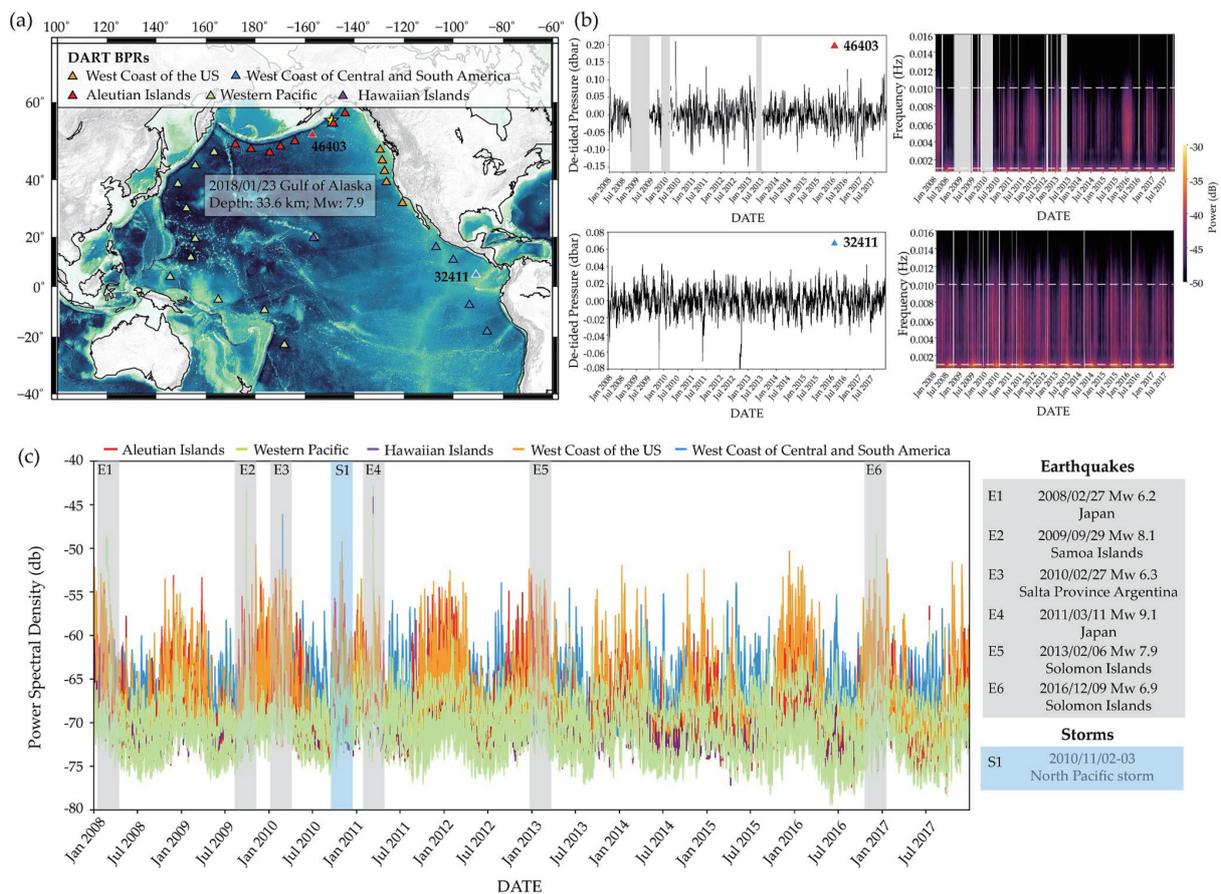
Science, 299(5606), 547–549. <https://doi.org/10.1126/science.1078551>

Ho, K.-C., Ko, J. Y.-T., Huang, H.-H., & Lee, S.-J. (2025). A Novel Approach to Tsunami Prediction Using Ambient Noise-Derived Green's Functions. *Geophysical Research Letters*, 52(5), e2024GL113971. <https://doi.org/10.1029/2024gl113971>

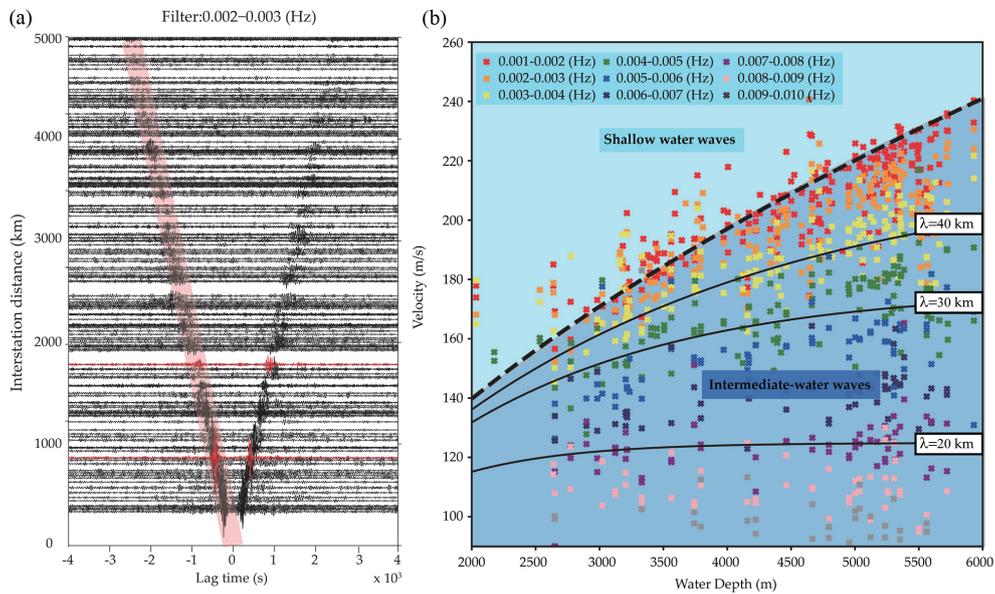
Imamura, F., Boret, S. P., Suppasri, A., & Muhari,

A. (2019). Recent occurrences of serious tsunami damage and the future challenges of tsunami disaster risk reduction. *Progress in Disaster Science*, 1, 100009. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100009>

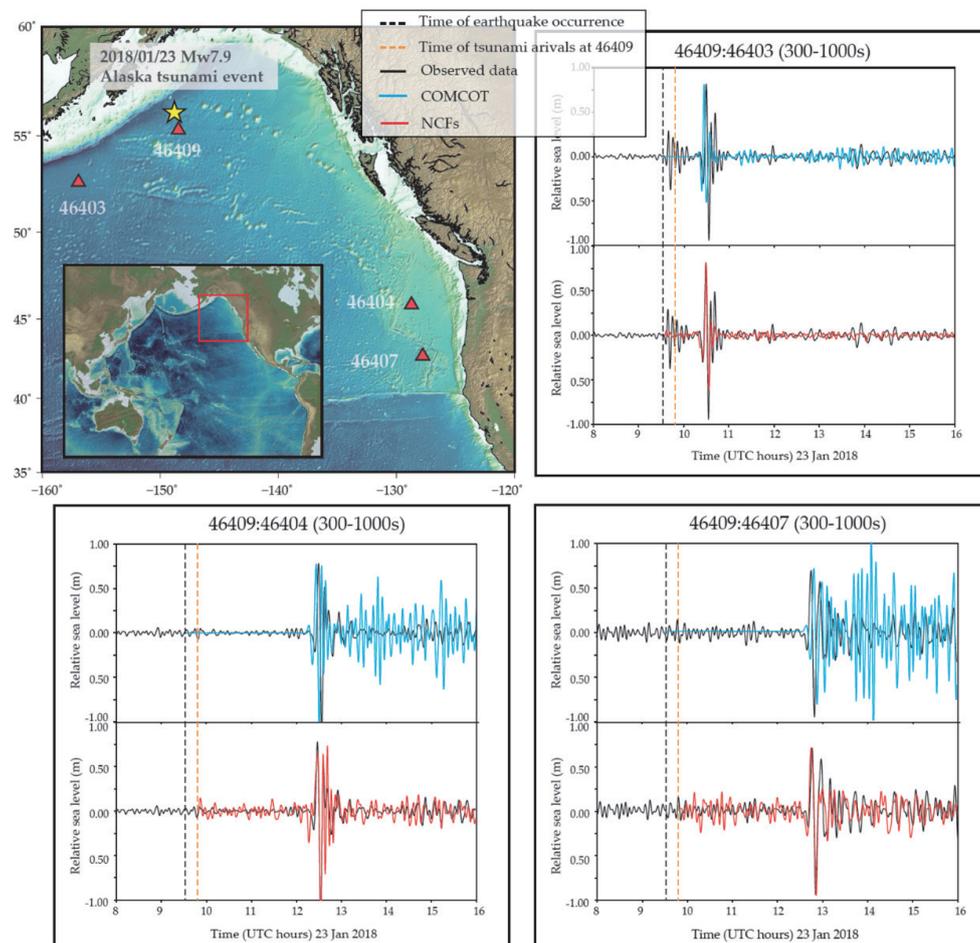
Liu, P. L.-F., Woo, S.-B., & Cho, Y. S. (1998). Computer programs for tsunami propagation and inundation. Cornell University, Report No. CE-TR-186.



圖一、太平洋 DART 站位示意圖與深海壓力計的時頻變化。各區域壓力紀錄除了海洋噪訊外亦具有季節性特徵，反映風場與氣候系統變化和極端事件 (如地震、風暴) 的影響。



圖二、(a) 不同站間距的洋底壓力計測站對近似之格林函數展示。(b) 不同頻段的環境噪訊格林函數呈現頻散特性，高頻波傳播速度明顯變慢，低頻波較快且符合淺水波理論。



圖三、比較阿拉斯加地震引發之海嘯波於各壓力計的真實紀錄(黑色)、傳統COMCOT海嘯波模擬(藍色)、以及環境噪訊干涉技術推估之格林函數(紅色)。

doi: 10.30067/TECNL.202506_(48).0002

台灣環境噪訊中的高階模態雷利波時空特性：來自多分量干涉法的觀察

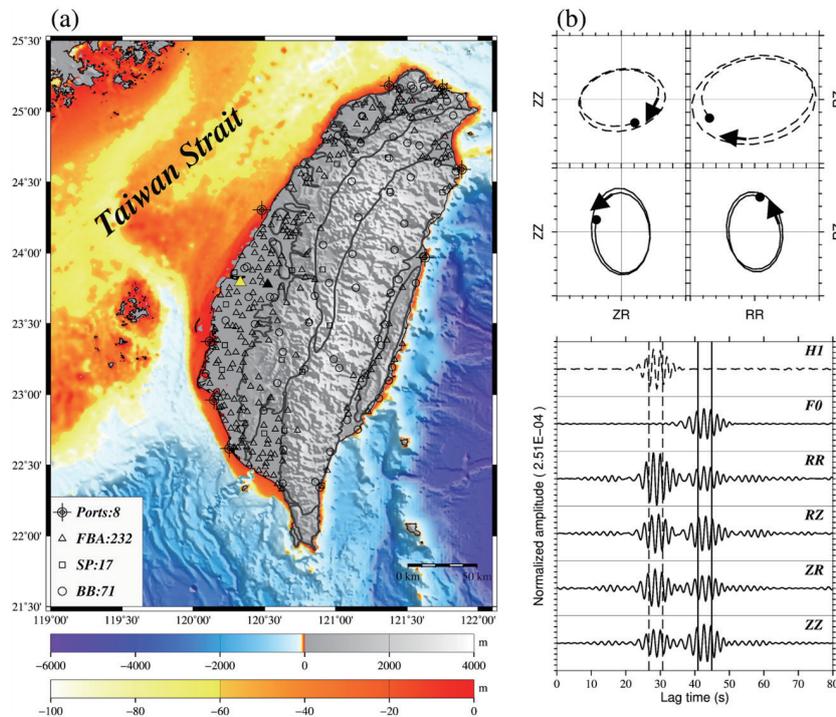
廖峻甫¹、陳映年²

¹ 國立臺灣大學地質學系

² 國立中正大學地球與環境科學系

噪訊干涉技術已被廣泛用於解析地下構造，而台灣噪訊速度構造成像多建立在基態表面波的基礎上(例如：Y.-C. Huang et al., 2010; T.-Y. Huang et al., 2015; Liu et al., 2021)。為了探索高階模態噪訊表面波應用在台灣速度構造成像的可能性，本研

究分析 2018 – 2022 年間台灣島內超過 300 座地震站的連續記錄，以獲取高階噪訊的時空特性。首先，我們透過多分量噪訊干涉法，將干涉波形分離出基態(F0)與第一高階模態(H1)的雷利波訊號(圖一)，並發現其能量主要集中在 0.2 – 0.5



圖一、台灣地區的地形、測站分布與代表性模態質點運動觀察。(a) 本研究所使用的地震測站(寬頻BB、短週期SP、與力平衡加速度計FBA)分布圖，並以 C094–C025 為示範測站對進行模態分析。圖中圓形、方形與三角形分別代表三種不同類型的地震儀器位置，其中黃色與黑色實心三角形標示 C094 與 C025 測站位置。(b) 測站對 C094–C025 多分量交互相關函數濾波至 0.5 Hz 之波形，並針對主要訊號設定長度為兩個週期(4 秒)的時間窗進行質點運動分析。基態(F0)顯示逆時針橢圓軌跡(實線框)，而第一高階模態(H1)顯示順時針橢圓(虛線框)，顯示質點運動為區分兩模態之主要特徵。(圖擷取自 Liao & Chen, 2025, 圖2)

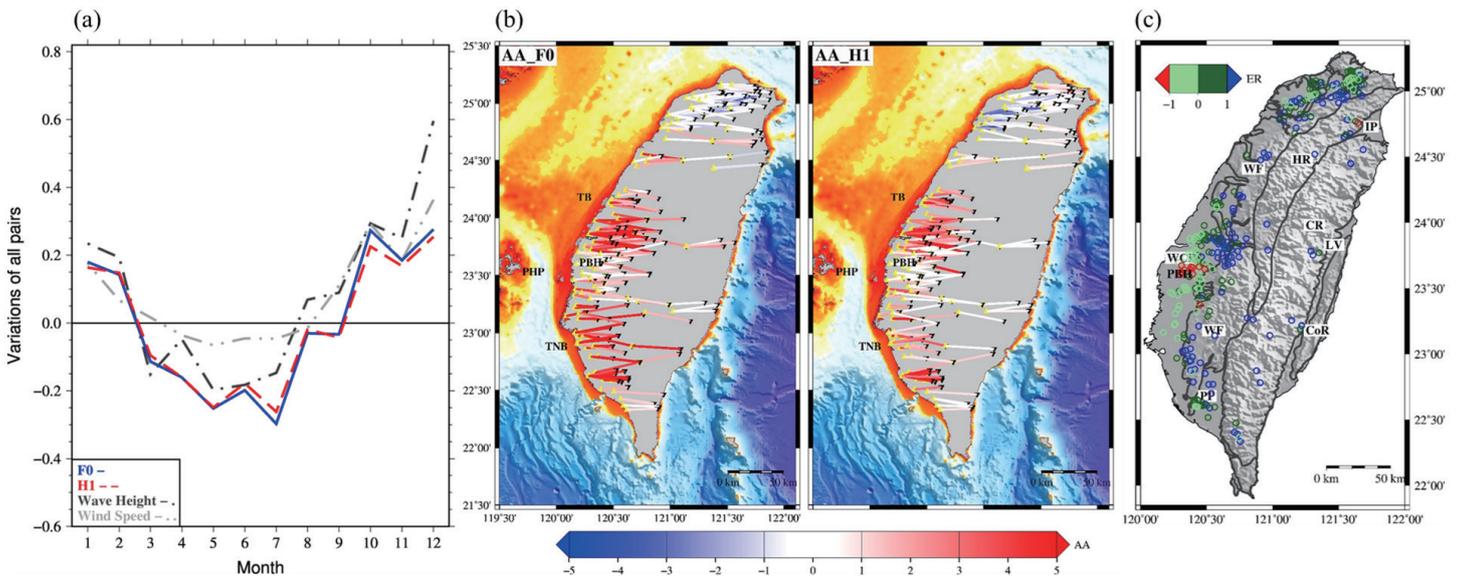
Hz 的短週期次生微震 (Short Period Secondary Microseisms)。接著，藉由觀察干涉波形的強度變化，我們發現這兩種模態的噪訊強度變化與台灣周遭的海浪高度密切相關，顯示東北季風為主要能量來源 (圖二 a)。此外，在干涉波形的強度非對稱性的分析中，我們發現來自台灣西側淺水區域的能量明顯強於東側深水區域，顯示水深與噪訊激發強度具有相關性 (圖二 b)。最後，我們將干涉波形中的模態能量比值作為指標，發現在台灣西部沉積層較厚的區域 (例如西部沿海平原與北港高區)，噪訊組成以高階模態雷利波為主 (圖二 c)，向東進到麓山帶之後則以基態雷利波為主。台灣人口與經濟行為多集中在西部平原，未來若能進一步加入高階模態進行速度構造研究，將可提升地震波波傳模擬的準確性，為地震災害風險評估提供更可靠的依據。

參考文獻

Huang, T.-Y., Gung, Y., Kuo, B.-Y., Chiao, L.-Y., & Chen, Y.-N. (2015). Layered deformation in the Taiwan orogen. *Science*, 349(6249), 720–723. <https://doi.org/10.1126/science.aab1879>

Huang, Y.-C., Yao, H., Huang, B.-S., van der Hilst, R. D., Wen, K.-L., Huang, W.-G., & Chen, C.-H. (2010). Phase Velocity Variation at Periods of 0.5-3 Seconds in the Taipei Basin of Taiwan from Correlation of Ambient Seismic Noise. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 100(5A), 2250–2263. <https://doi.org/10.1785/0120090319>

Liao, C.-F., & Chen, Y.-N. (2025). Characteristics of Higher-Mode Ambient Noise Rayleigh Waves in Taiwan: Insights from Multicomponent



圖二、雷利波能量之時間與空間變化特徵。(a) 干涉波形振幅之月平均強度變化 (F0 為藍色實線，H1 為紅色虛線)。不同模態呈現一致的季節性變化，且與台灣周遭的平均海浪高度與風速強度呈現正相關。所使用的海象資料來自台灣商港 (Ports，位置參見圖一 [a])。(b) 干涉波形振幅不對稱性 (Amplitude Asymmetry, AA) 於空間上的分布，紅色表示來自西邊噪訊強，反之則標示為藍色。結果顯示台灣噪訊之能量，不論是 F0 或 H1，都主要來自於西邊水淺的環境。(c) 呈現 F0 與 H1 兩模態之能量比值 (Energy Ratio, ER) 於空間上的變化。ER > 1 表示 F0 主導 (藍色)，ER < -1 表示 H1 主導 (紅色)，而 ER 介於二者之間則以深綠或淺綠顯示。結果顯示噪訊模態在空間上分布特性與地質構造有關。在西部平原以沈積為主的環境中以高階模態為主 (淺綠色與紅色，西部平原 WCP、北港高區 PBH)，而進入麓山帶 (WF) 則轉變為以基態為主。(圖改編自 Liao & Chen, 2025，圖 3-5)

TEC NEWSLETTER

June 2025 | No. 48

台灣地震科學中心簡訊 第 48 期

Interferometry. *Seismological Research Letters*. <https://doi.org/10.1785/0220240192>

Liu, C.-N., Lin, F.-C., Huang, H.-H., Wang, Y., Berg, E. M., & Lin, C.-H. (2021). High-Resolution 3-D Shear Wave Velocity Model of Northern

Taiwan via Bayesian Joint Inversion of Rayleigh Wave Ellipticity and Phase Velocity With Formosa Array. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126(5), e2020JB021610. <https://doi.org/10.1029/2020jb021610>

doi: 10.30067/TECNL.202506_(48).0003

北沖繩海槽不尋常之張裂模式

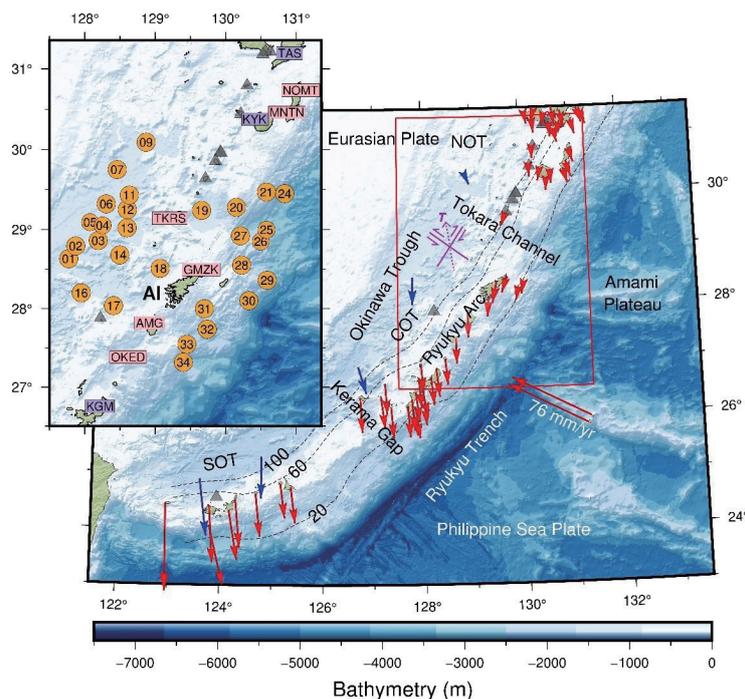
郭本垣

中央研究院地球科學研究所

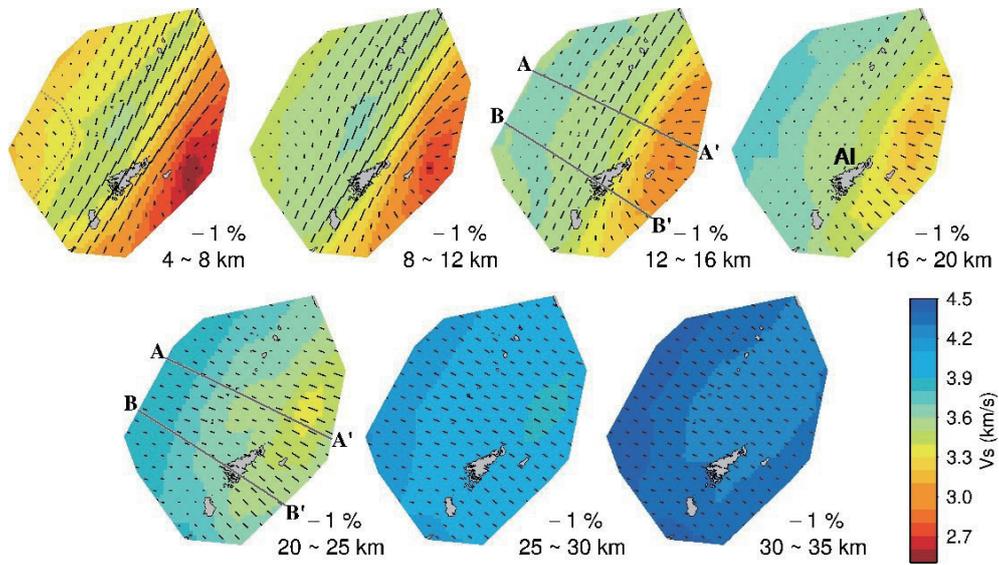
沖繩海槽是琉球陸塊張裂系統的一部分。全面了解沖繩海槽發展模式得仰賴地震學方法沿軸分段描繪再綜合解釋。2018-2019，地球所在中研院主題計畫與 TORI 的支助下，在北沖繩 (NOT) 之南段布下 35 部之海底地震儀 (OBS) 陣列 (圖一)。我們捨棄由台灣出發向東延展之作法，而一舉進入一個全然未知的水域，企圖由另一端來探討沖繩海槽的動力學。

本篇主要報導最近的成果：以周遭噪訊法來建立北沖繩地殼的三維速度 (V_s) 與非均向性模型 (ambient noise tomography; ANT) (Chen et al.,

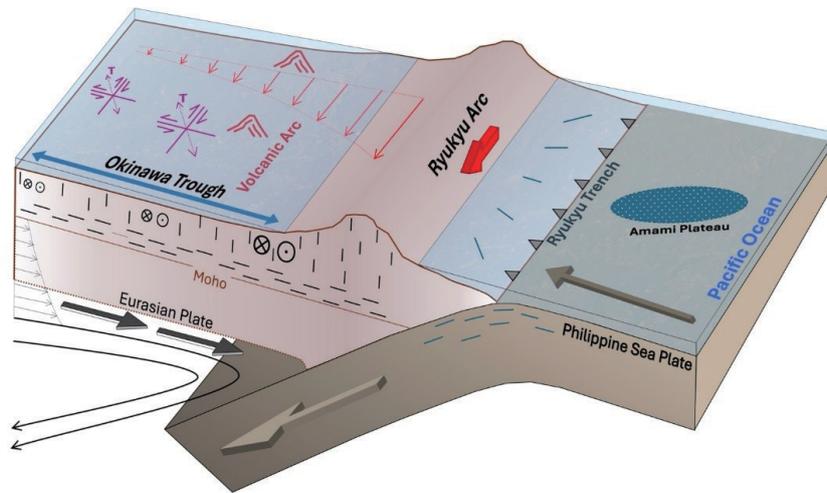
2024)。圖二顯示， V_s 之側向變化主要彰顯弧後-弧前之快-慢速度差異，並無太多新意。相對而言，非均向性則顯示自淺部地殼起，快方向方位角 ϕ 主要平行島弧，但到了 20 km 深度， ϕ 轉了 90° 而與島弧垂直，接近一般對弧後擴張之理解。為什麼一個張裂中的弧後盆地在殼內不會產生沿張裂方向的 ϕ ？答案要從 GPS 向量說起 (圖一)：琉球島弧之撤退在北沖繩並非與沖繩海槽正交，而是高度斜交。此右旋剪切力施加在沖繩海槽，使其地殼處於在垂直面上平行島弧之剪切形變。大陸地殼礦物如角閃石、雲母等都期望在此應力



圖一、沖繩海槽，OBS 陣列 (圓圈)，與 GPS 向量 (紅箭頭)。



圖二、三維 ANT，深度涵蓋 4 – 35 km. Amami Island (AI) 作為地理參考點。Vs 以弧後-弧前差異為主。非均向性之快方向由平行島弧隨深度轉為垂直島弧。



圖三。

下排列出地震學足以觀測到的非均向性。未來，地球所需要將 OBS 陣列部署在沖繩海槽之中段與南段，以求全面瞭解琉球張裂系統之運作機制。

參考文獻

Chen, K.-X., Kuo, B.-Y., Lin, T.-J., Lin, P.-Y. P., Gung, Y., Tan, E., Kodaira, S., Ishihara, Y., Nakamura, M.,

Arai, R., Lee, F.-Y., Hung, S.-H., Chen, K. H., Lin, C.-R., & Wang, C.-C. (2024). Shear-Dominant Continental Rifting in Northern Ryukyu Revealed by Ambient Noise Tomography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129(11), e2024JB029448. <https://doi.org/10.1029/2024jb029448>

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M_L6.4 Dapu Earthquake

1 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00086-w>

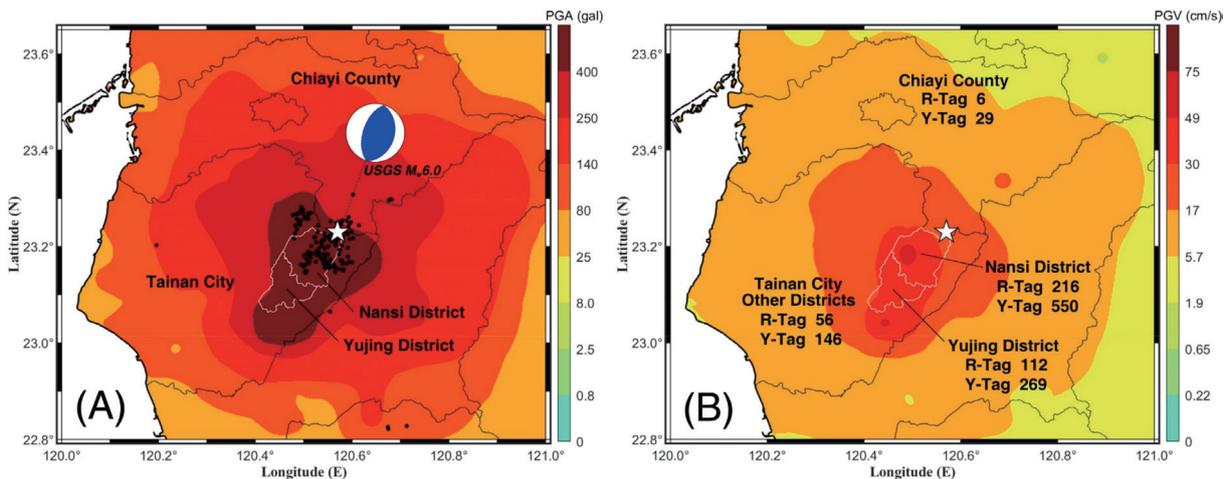
Performance of the *P*-alert real-time shakemaps system and onsite warning during the 2025 M_L6.4 Dapu earthquake

大埔地震期間 *P*-Alert 系統之即時震度圖與預警表現

Yih-Min Wu (吳逸民), Yueh-Ho Lin (林月合), Benjamin Ming Yang (楊民) & Siao-Syun Ke (柯孝勳)

國立臺灣大學地質科學系

P-Alert 地震預警網之即時震度圖系統在地震發生後僅 36 秒內就生成了詳細的震度圖。最強烈的震動主要集中在震央西南方，這與實際觀察到的災損分布情形相符，指示地震發生後往西南方破裂。大部分的災損集中在楠西區與玉井區，該區域的最大地表加速度 (PGA) 超過 400 gal，最大地表速度 (PGV) 超過 30 公分每秒。此外，單一 *P*-Alert 現地型預警於震央 30 公里內，可彌補區域型預警系統之缺憾。
註：災損統計至 2025/02/04。



P-Alert 地震預警網之即時震度圖與建物災損紅黃單分布

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M_L 6.4 Dapu Earthquake

2 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00094-w>

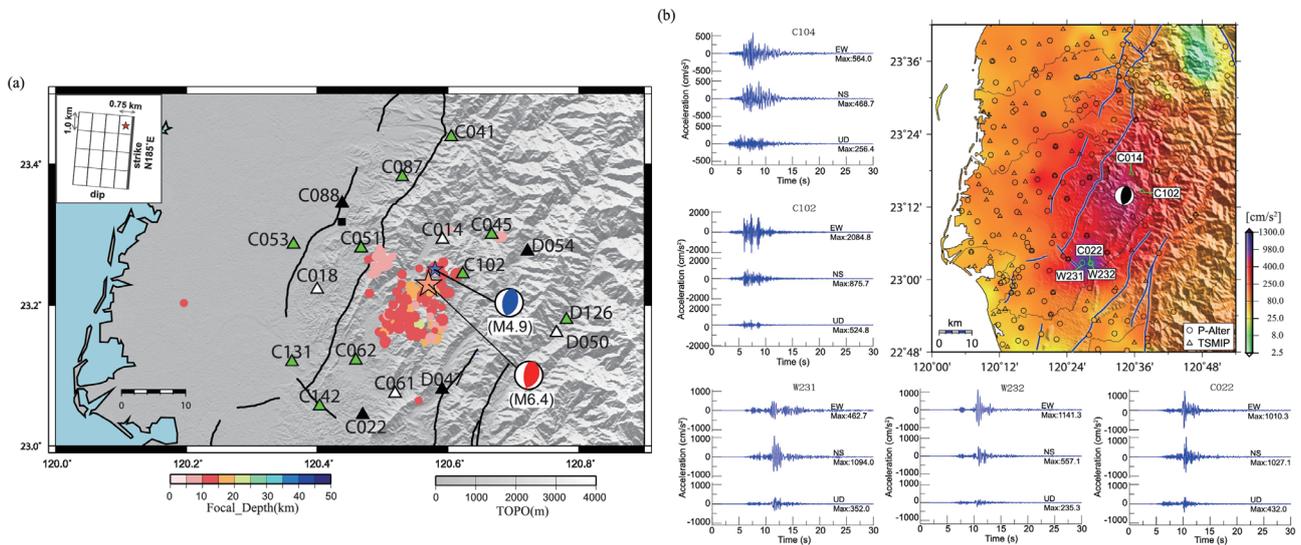
Strong-motion characteristics of 2025 M_L 6.4 Dapu earthquake, Taiwan

2025 M_L 6.4 大埔地震的強地動特性

Chien-Min Su¹ (蘇建旻), Yi-Ying Wen¹ (溫怡瑛) & Chun-Te Chen² (陳俊德)

¹ 國立中正大學地球與環境科學系、² 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心

本研究利用近場強震資料及經驗格林函數(EGF)法，成功模擬出 0.2 至 10 Hz 頻段內的寬頻強地動，結果顯示 2025 年大埔地震主要向南破裂的趨勢，並且於一面積約 4×3 公里的強地動產生區(SMGA)釋放出高達約 25.4 MPa 的應力；這一應力降值與 2010 年甲仙地震(26.2 MPa)和 2016 年美濃地震(17.0 MPa)的數值相當。此外，本研究亦發現，除了少數測站，大部分近震源地區在 2025 年大埔地震期間表現出線性反應。地震能量主要集中於 2 至 5 Hz 頻段，這一頻率範圍對低層建築的影響顯著。



2025 大埔地震的 SMGA 模型以及近場強震紀錄

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

3 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00097-7>

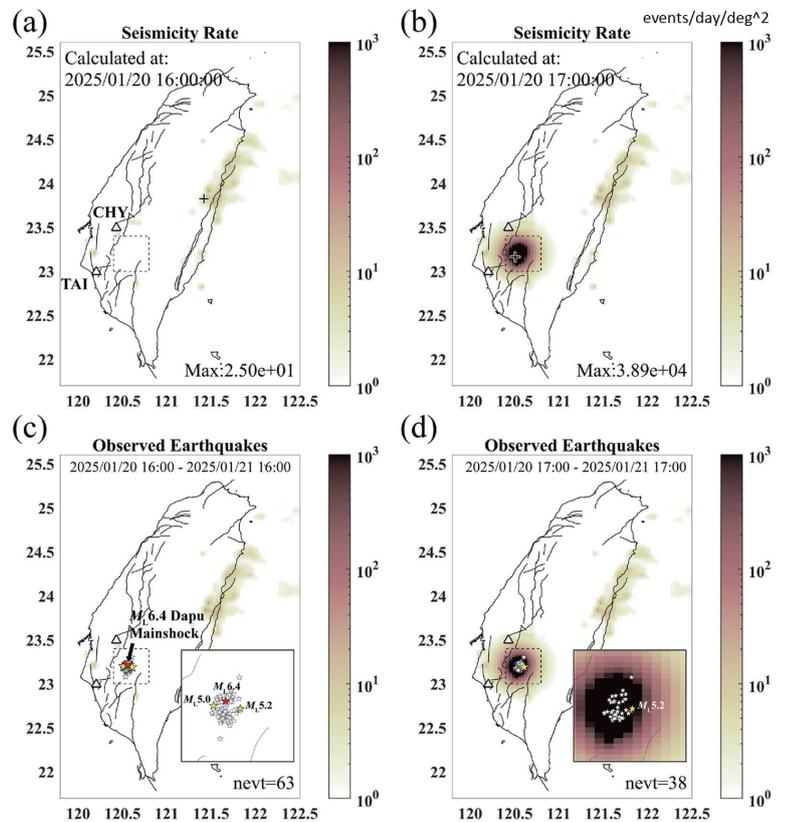
Performance of the ETAS model in forecasting aftershock occurrence and site-specific ground-shaking intensity for the 2025 Dapu, Taiwan, earthquake sequence

ETAS 模型於 2025 年台灣大埔地震序列中預報餘震發生與特定場址震度之性能表現

Ming-Che Hsieh¹ (謝銘哲), Min-Hsuan Chang¹ (張閔瑄), Yu-Chen Tai² (戴榆蓁), Chun-Te Chen³ (陳俊德) & Ting-Ying Lu² (呂亭瑩)

¹ 國立中央大學地震災害鏈風險評估及管理研究中心、² 國立中央大學地球科學學系、³ 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心

2025 年大埔地震序列突顯即時餘震與震度預報在地震災害應變與風險管理中之重要性。本研究結合傳染型餘震序列模型 (Epidemic-Type Aftershock Sequence, ETAS) 與地震動模型 (Ground Motion Model, GMM)，針對大埔地震進行餘震活動與特定場址震度之預報。分析結果顯示，透過長期與即時地震目錄評估地震活動率，可有效預報未來數日內餘震分布；主震後平均每 5–6 天即可能發生規模 5 以上之較大餘震；餘震發生機率由主震後 1 天內的 30.5% 上升至 10 天內的 67.8%，與實際觀測一致；根據地震動模型所計算的震度機率曲線，嘉義與台南兩觀測站的震度預測亦準確反應觀測震度。整體而言，本研究展示 ETAS 與 GMM 整合應用於大埔地震序列之成效，有助於強化台灣地震預報與震災應變能力，提供未來實務應用之參考。



大埔地震序列即時地震活動預報示意圖

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

4 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00093-x>

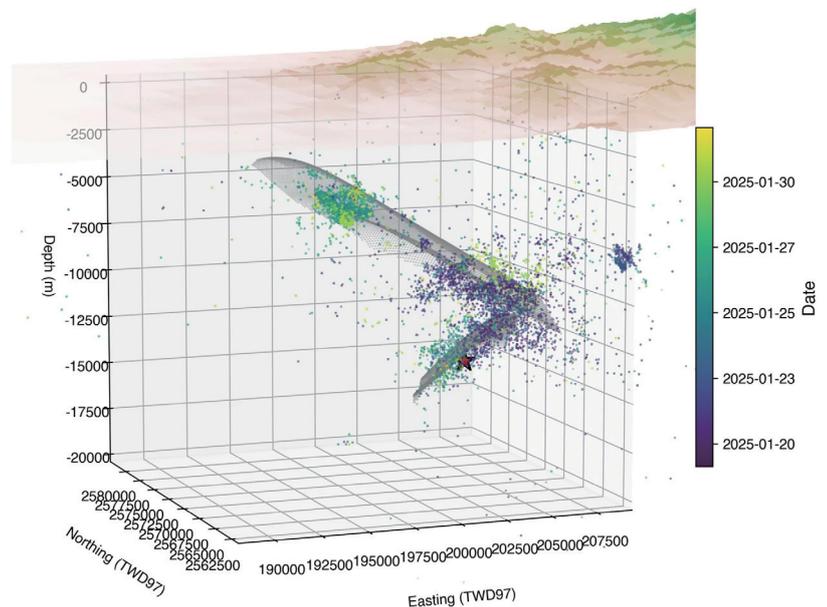
Seismogenic structure of the 2025 M6.4 Dapu earthquake sequence in western Taiwan revealed by a deep-learning-empowered earthquake catalog

基於深度學習地震目錄揭露 2025 年台灣西部大埔地震序列之發震構造

Wu-Yu Liao¹ (廖勿渝), En-Jui Lee¹ (李恩瑞), Ruey-Juin Rau¹ (饒瑞鈞), Da-Yi Chen² (陳達毅), Strong Wen³ (溫士忠), Kuo-En Ching⁴ (景國恩) & Wen-Tzong Liang⁵ (梁文宗)

¹ 國立成功大學地球科學系、² 中央氣象署地震測報中心、³ 國立中正大學地球與環境科學系、⁴ 國立成功大學測量及空間資訊學系、⁵ 中央研究院地球科學研究所

本研究探討 2025 年台灣西部大埔規模 6.4 地震相關的三維發震構造。基於台灣寬頻地震網、台灣強地動觀測網及中央氣象署地震觀測網的資料，本研究透過深度學習驅動的地震目錄建構方法，在 2025 年 1 月 20 日至 31 日期間共辨識出 6,805 個地震事件。值得注意的是，這次地震序列涉及一已存在的斷層系統的重新活動，其特徵為一條位於 5 至 10 公里深、傾角 27° 的東傾斷層（可能對應至木屐寮-六甲斷層），以及一條位於 10 至 15 公里深、傾角 37° 的西傾盲斷層。餘震與誘發地震的分布顯示出影響鄰近活動斷層的複雜應變累積模式。這些研究結果突顯出持續監測的重要性，有助於更深入了解並可能減輕該區域未來的地震災害。



大埔地震序列孕震構造之三維構造示意圖

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M_L6.4 Dapu Earthquake

5 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00095-9>

Applying a weighted template-matching algorithm (WTMA) to investigate the seismogenic structures and microseismic activity of the 2025 M_L6.4 Dapu earthquake sequence in Taiwan

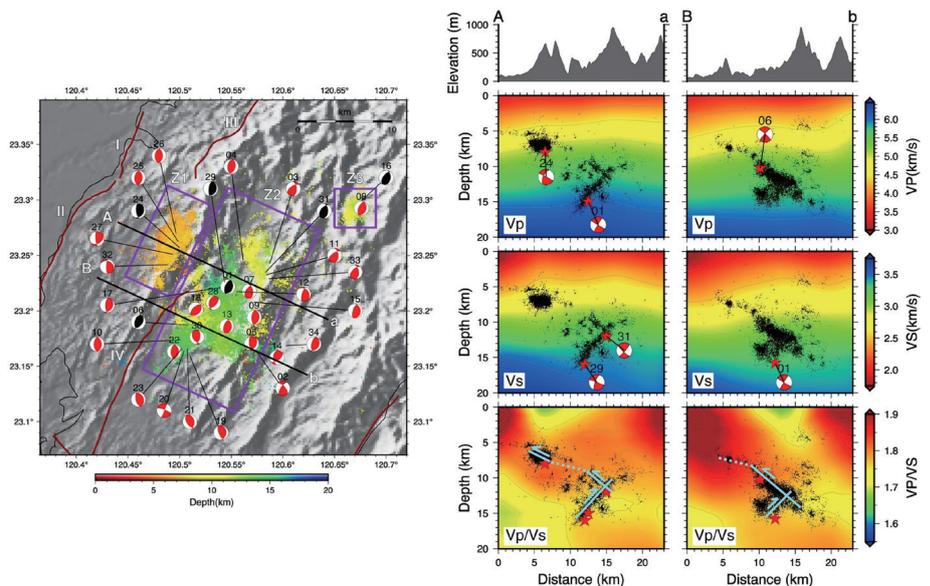
應用地震波形相似度搜尋技術解析大埔地震序列微震與發震構造特徵

En-Jui Lee¹ (李恩瑞), Wu-Yu Liao¹ (廖勿渝), Po Chen² (陳珀), Ruey-Juin Rau¹ (饒瑞鈞), Yuan-Hsi Lee³ (李元希), Strong Wen³ (溫士忠), Kuo-En Ching⁴ (景國恩), Da-Yi Chen⁵ (陳達毅) & Wen-Tzong Liang⁶ (梁文宗)

¹ 國立成功大學地球科學系、² 懷俄明州立大學、³ 國立中正大學地球與環境科學系、

⁴ 國立成功大學測量及空間資訊學系、⁵ 中央氣象署地震測報中心、⁶ 中央研究院地球科學研究所

此報告以深度學習建構的地震目錄為基礎，將地震波形以加權模版比對法 (Weighted Template Matching Algorithm, WTMA) 分析 2025 年 1 月 20 日 M_L6.4 大埔地震序列，成功偵測出超過 4 萬筆微震事件，大幅提升地震目錄的完整性與解析度。分析顯示地震主要分布在三個區域 (Z1、Z2、Z3)，主震區 (Z2) 顯示有多個斷層面參與破裂，包括東傾的滑脫面與西傾的基底斷層，顯示複雜的構造交互作用。研究進一步透過震源機制 (CMT) 分析與餘震分布推估主破裂斷層。分析結果指出，東傾斷層活動多出現在較淺層 (5–13 公里)；而西傾斷層多出現在較深層 (10–18 公里)，與既有基底構造再活化有關。此研究展示了 WTMA 與機器學習的結合可大幅提升地震序列解析能力，揭示大埔地震序列有多構造參與。



大埔地震序列微震分佈及發震構造示意圖

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M_L 6.4 Dapu Earthquake

6 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00098-6>

Source rupture model analysis of the 2025 Dapu earthquake, Taiwan

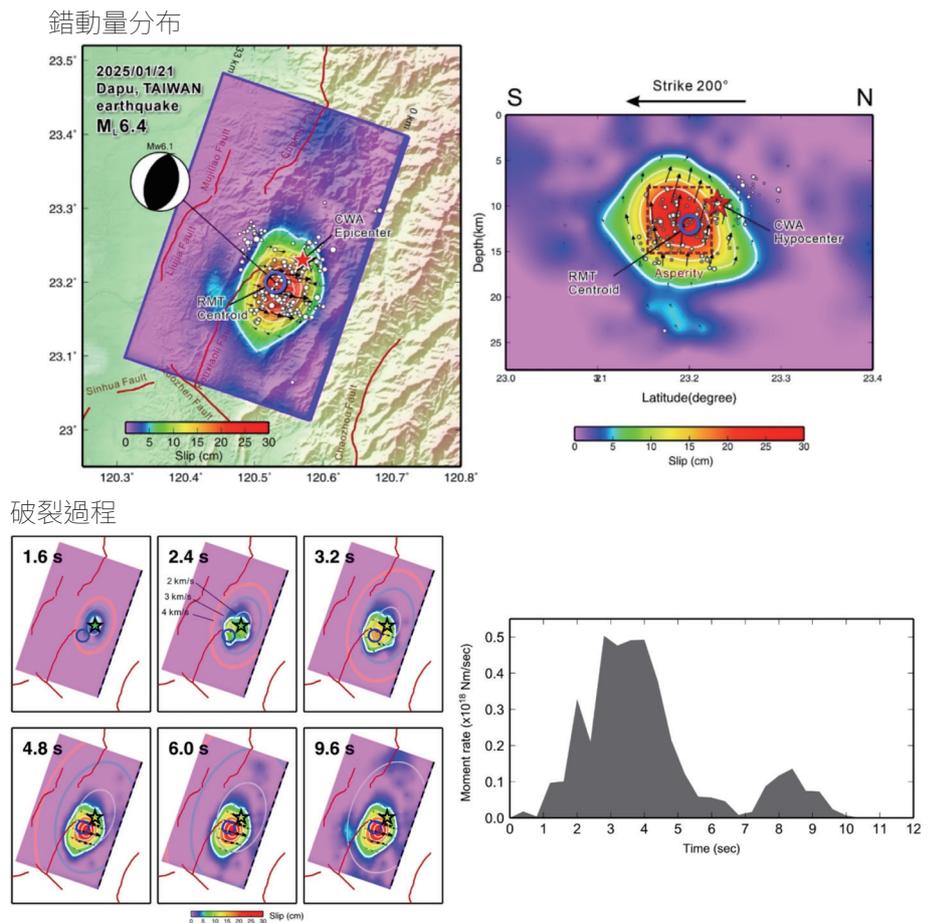
2025 年台灣大埔地震震源破裂模型分析

Shiann-Jong Lee (李憲忠), Ting-Yu Liu (劉庭佑) & Tzu-Chi Lin (林姿綺)

中央研究院地球科學研究所

本研究結合遠震波形、近場 GNSS 同震位移與強震動觀測資料，針對 2025 年發生於台灣西南部的大埔地震 (芮氏規模 M_L 6.4) 進行聯合震源逆推分析，以揭示其破裂過程。研究納入即時地震矩張量 (RMT) 系統所推定的兩個可能斷層面，結果指出，傾角約 50 度、向西傾斜的斷層面最能解釋所有觀測數據。此次地震破裂從震源深度約 10 公里處開始，朝西南方向單向擴展，呈現明顯的破裂方向性。破裂速度由初期約每秒 2 公里逐漸增快至接近 3 公里，顯示破裂歷程中存在速度變化。能量主要集中釋放於震央西南側，對應一處顯著的高滑移區 (asperity)，最大滑移量約為 30 公分，平均應力降為 1.0 兆帕 (MPa)。

綜合分析顯示，本次地震的主要致震構造為位於滑脫面下方、地殼中深部的西傾盲斷層，該斷層並未延伸至地表。此結果提醒我們，有必要對台灣西南部滑脫層以下的深層地殼構造進行更全面的調查，並重新評估該區的地震潛勢。



2025 年大埔地震震源破裂模型

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

7 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00103-y>

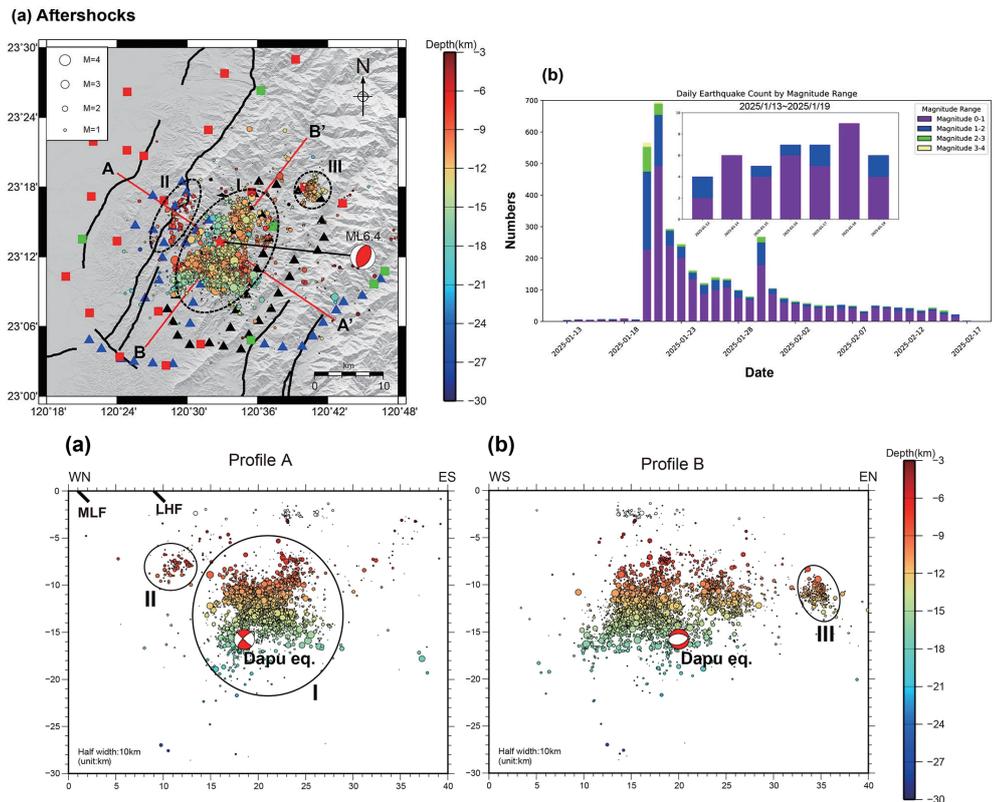
Exploring the 2025 Dapu earthquake sequence using dense array

利用密集陣列探索 2025 年大埔地震序列

Chia-Nan Lai¹ (賴佳男), You An Liu¹ (劉祐安), Strong Wen¹ (溫士忠), Chien-Min Su¹ (蘇建旻), Yi-Ying Wen¹ (溫怡瑛), Wu-Yu Liao² (廖勿渝), En-Jui Lee² (李恩瑞), Yu-Chih Huang³ (黃有志) & Ying Nien Chen¹ (陳映年)

¹ 國立中正大學地球與環境科學系、² 國立成功大學地球科學系、³ 財團法人國家地震工程研究中心

本研究利用密集陣列對大埔地震序列進行了研究，特別是在大埔地震發生前一周，我們就已經在震央週邊地區佈設了 39 台三分量便攜式地震儀陣列。在地震發生後，我們在密集陣列周遭再增設了 40 台便攜式地震儀用以追蹤餘震活動。此規模 6.4 主震發生在台灣西南部的麓山帶地區，該地區具有一系列疊覆褶皺和逆衝斷層的特徵。根據重新定位的震源與震源機制解分析，我們發現了兩種不同的餘震分佈：一種與向西傾斜的斷層一致，另一種呈現以逆衝斷層為主的向東傾斜的分佈。我們的研究結果顯示大埔地震序列的破裂過程可以用共軛斷層破裂模型和觀測到的空間特徵的觸發機制來解釋。詳細的震源機制解分布亦支持這一解釋，表明地震序列期間存在複雜的斷層相互作用。我們深信，此次監測工作能夠對前震、主震、餘震做出精確的分析，這將為研究大埔地震的成因提供寶貴的第一手資料。



大埔地震序列及其深度剖面示意圖

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

8 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00090-0>

Surface deformation associated with the 2025 Dapu earthquake

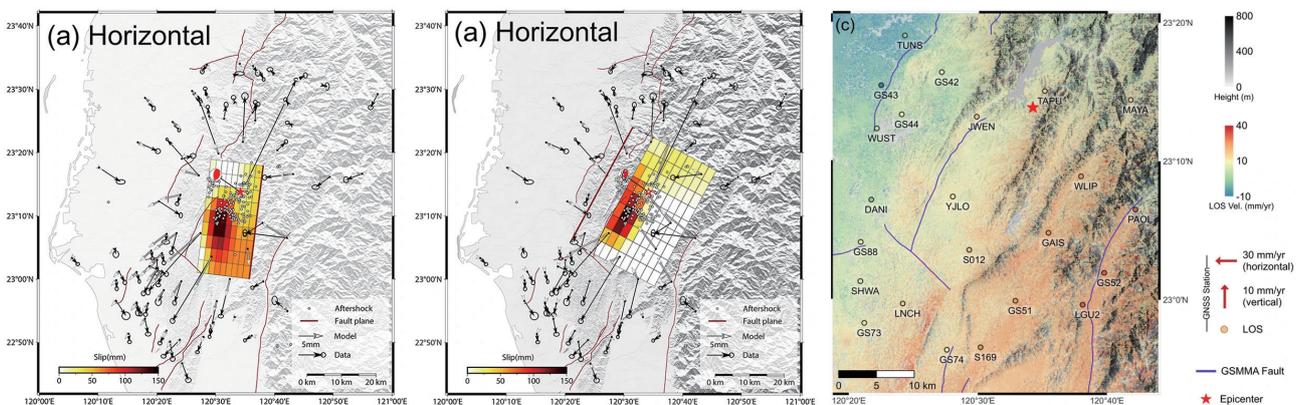
運用測地資料進行 2025 大埔地震地表變形觀測

Zixin Lee¹ (李子昕), Ray Y. Chuang¹ (莊昀叡), I-Ting Wang¹ (王奕婷), Lishiue Chen¹ (陳立學), Wu-Lung Chang² (張午龍), Chi-Yu Chiu² (邱紀瑜), Kuo-En Ching³ (景國恩), Sheng-Wei Guo¹ (郭勝偉) & Chien-Liang Chen⁴ (陳建良)

¹ 國立臺灣大學地理環境資源學系、² 國立中央大學地球科學學系、

³ 國立成功大學測量及空間資訊學系、⁴ 經濟部地質調查及礦業管理中心

本報告為震後快速地表變形分析，利用 GNSS 與 InSAR 觀測資料分析同震位移場。結果顯示，地表位移達數公分，且干涉圖中未見明顯的不連續變化，推測無顯著地表破裂。為評估斷層滑移，我們採用半空間位移模型，針對兩個基於 AutoBATS 震源機制的潛在斷層面進行評估(西傾和東傾斷層面)。模型結果顯示，西傾斷層面的擬合度略小，與同震位移的趨勢也較為相近。此外，我們亦分析震前的地表變形，使用 GNSS 與 SBAS-InSAR 時序資料。研究結果顯示，在本區緯度的西部丘陵地區，存在高達每年超過 35 毫米的縮短率，但震央周圍並無明顯的速度梯度。這些結果有助於增進對台灣西南部斷層動態的理解，並突顯大地測量資料在地震災害評估中的關鍵角色。



西傾與東傾斷層面錯動模型，震間地表變形場

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

9 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00099-5>

The 2025 M6.4 Dapu earthquake: preliminary field observation and surface deformation analysis

2025 年大埔地震 - 初步的野外調查與地表變形分析

Chih-Heng Lu¹ (盧志恒), Shao-Yi Huang² (黃韶怡), Yi-Chun Hsu³ (徐乙君), I-Chin Yen⁴ (顏一勤), Hsin Tung⁵ (童忻), & Yu-Ting Kuo⁶ (郭昱廷)

¹ 國立成功大學地球科學系、² 國立臺灣大學新碳勘科技研究中心、

³ 國立中央大學太空及遙測研究中心、⁴ 顏一勤應用地質技師事務所、⁵ 中央研究院地球科學研究所、

⁶ 國立中正大學地球與環境科學系

2025/1/21 發生於臺灣西南部的大埔地震，野外調查中發現包含六甲斷層附近出現排列一致的噴砂現象，以及口霄里斷層線上的地表破裂，此外，也觀察到邊坡崩塌與側向擴展現象，突顯場址條件對地震災害影響的重要性。儘管本次地震未造成明顯的地表破裂，遙測與測地分析仍偵測到顯著的地表變形，顯示斷層於地下發生滑移並伴隨應力重新分布。從全球衛星導航系統(GNSS)測量、合成孔徑雷達干涉法(DInSAR)分析，量化此次地震所造成的同震位移。38 個 GNSS 測站顯示，北向位移介於 -12.24 mm 至 +24.56 mm，東向介於 -17.92 mm 至 +9.7 mm，垂直向則為 -8.53 mm 至 +50.05 mm。利用 Sentinel-1A 衛星資料進行的 DInSAR 分析顯示，上升軌與下降軌的相對視線方向(LOS) 位移分別約為 120 mm 與 80 mm。研究成果對於西南臺灣的地震潛勢評估與災害風險管理具有重要意義，亦突顯地震後持續監測對於掌握應力重分布與震後變形效應之必要性。



2025 年大埔地震造成噴砂(A)、地裂(B)、路面裂縫(C)、邊坡崩塌與道路損壞(D)

38 個 GNSS 測站顯示，北向位移介於 -12.24 mm 至 +24.56 mm，東向介於 -17.92 mm 至 +9.7 mm，垂直向則為 -8.53 mm 至 +50.05 mm。利用 Sentinel-1A 衛星資料進行的 DInSAR 分析顯示，上升軌與下降軌的相對視線方向(LOS) 位移分別約為 120 mm 與 80 mm。研究成果對於西南臺灣的地震潛勢評估與災害風險管理具有重要意義，亦突顯地震後持續監測對於掌握應力重分布與震後變形效應之必要性。

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

10 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00100-1>

Coseismic source model of the January 2025 M_w 6.1 Dapu earthquake from geodetic data and its implications for seismogenic structures in Southwestern Taiwan

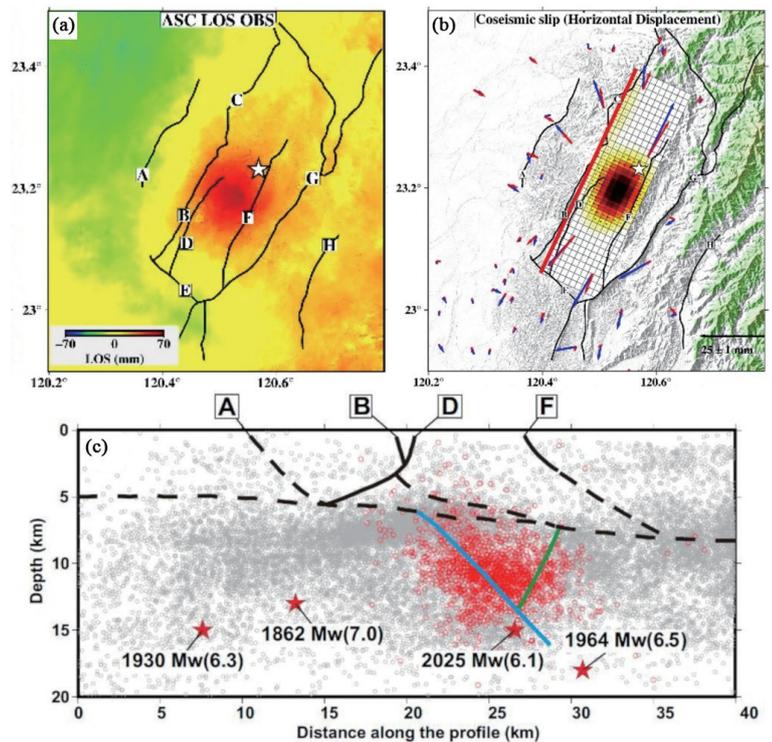
利用測地資料推求 2025 年大埔地震之同震震源模型及其對臺灣西南部發震構造的暗示

Yogendra Sharma¹, Kuo-En Ching¹ (景國恩), Wu-Lung Chang² (張午龍), He-Chin Chen³ (陳鶴欽), Shih-Han Hsiao¹ (蕭詩涵), Wu-Yu Liao⁴ (廖勿渝), En-Jui Lee⁴ (李恩瑞), Ray Y. Chuang⁵ (莊昀叡) & Chien-Liang Chen⁶ (陳建良)

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系、² 國立中央大學地球科學學系、³ 內政部國土測繪中心、

⁴ 國立成功大學地球科學系、⁵ 國立臺灣大學地理環境資源學系、⁶ 經濟部地質調查及礦業管理中心

本研究利用 GNSS 與 InSAR 解算成果推求 2025 年大埔地震同震震源模型，結果顯示地震的初期階段，地表同震位移場主要反映地震能量的釋放可能來自於滑脫面以下之東傾逆斷層，同震滑移分布集中於 8-15 km 深處，最大滑移量約 40 cm。比對本模型結果與餘震分布行為進一步指出，鄰近之西傾斷層隨後也被誘發活動，並和東傾斷層共同組成一個位於滑脫面以下之共軛斷層系統，暗示臺灣西南部的構造發育符合厚皮理論。由於此地區之災害性歷史地震皆發生在此深度，因此本研究推論，滑脫面以上存在高壓流體，可能促使淺部地殼中的斷層以潛移的方式釋放能量，因此災害性地震才會集中在深部之共軛斷層系統。此外，庫倫應力分析結果也指出此次地震的發生，可能會誘發此地區後續大地震之發生。



大埔地震同震為移場、震源模型與孕震構造模型

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M_L6.4 Dapu Earthquake

11 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00102-z>

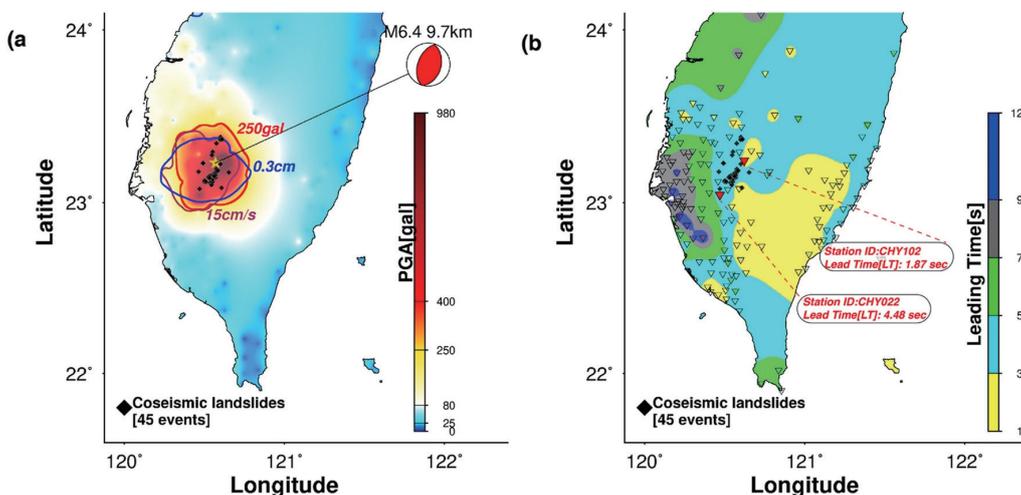
Near-real-time assessment of the M_L6.4 Dapu earthquake-induced landslides

大埔地震之近即時同震山崩評估

Kai-Shyr Wang¹ (王凱石), Wei-An Chao² (趙韋安), Che-Ming Yang³ (楊哲銘), Tz-Shin Lai¹ (賴姿心) & Yih-Min Wu¹ (吳逸民)

¹ 國立臺灣大學地質科學系、² 國立陽明交通大學土木工程學系、³ 聯合大學土木與防災工程學系

當地震發生後，對位於潛在同震山崩區域進行快速評估，以及分析其可能造成的道路設施影響，是進行緊急應變工作之關鍵資訊。在 2025 年臺灣南部的大埔地震(芮氏規模 6.4)發生後，本研究結合 Newmark 位移分析與決策樹模型，快速辨識出高潛勢同震崩塌的位置。隨後，本研究利用衛星影像和實地空拍照片，在地震發生後數週內建置了同震山崩目錄，總共辨識出 45 處山崩。根據近即時的地動參數與山崩目錄顯示，大多數同震山崩分布在特定地動參數的等值線內：包括峰值地表地動加速度 (PGA) 250 gal、峰值地表地動速度 (PGV) 15 cm/s，以及 3 秒 P 波的峰值垂直位移 (Pd₃) 為 0.3 公分。此外，本研究發現若 Pd 超過 0.3 公分，為同震山崩發生之重要指標參數，並可提供約 3 至 5 秒的預警時間，有助於進行疏散避難之緊急應變。本研究的成果可作為強化傳統震後山崩潛勢評估的基礎，進一步推動建立同震山崩之即時預警系統 (CoLEW)。



地動參數等值線、同震山崩與預警時間分布

臺灣西南部的地震與地質災害：2025 年嘉義大埔地區規模 6.4 地震之啟示

Seismic and geologic hazards in southwestern Taiwan: Lessons learned from the 2025 M6.4 Dapu Earthquake

12 <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00105-w>

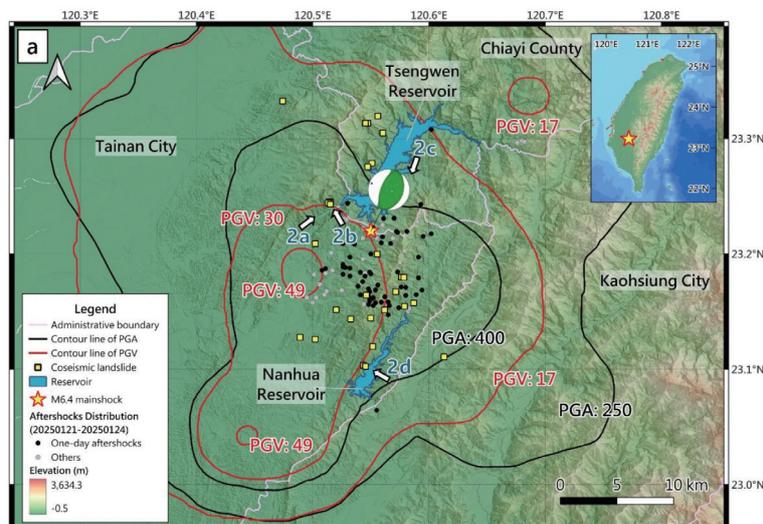
Preliminary analysis of coseismic landslides in the 2025 M6.4 Dapu earthquake

2025 大埔地震同震山崩特性初步分析

Yi-Yu Li¹ (李易諭), Chun-En Lin² (林駿恩) & Chen-Yu Chen² (陳振宇)

¹財團法人農業科技研究院、²農業部農村發展及水土保持署

在 2025 年大埔地震後，農村發展及水土保持署(農村水保署)利用 Sentinel-2 及 PlanetScope 衛星判釋出 29 處同震山崩，發現其中有三分之二的崩塌地位於震央南側，推測此分布可能反映南向的斷層破裂。這 29 處崩塌地具以下特性：(1)均位於 PGA 大於 250 cm/s^2 、PGV 大於 17 cm/s 的位置；(2)多發生於平均坡度 30-50 度的坡地，並集中在東南至西南坡向，另外本研究發現順向坡與歷史山崩的再活動也是引發大埔地震同震山崩的重要因素。雖然從衛星影像上判釋的山崩數量略少於其他類似規模地震所引起的山崩數量，但在野外調查時，可觀察到 PGA 大於 400 cm/s^2 、PGV 在 30 cm/s 左右的地點有許多小型的崩塌地與新鮮的崩崖。在這次大埔地震事件中，本研究提供山崩特性與促崩因子等資訊，指出震後詳細的山崩目錄圈繪與野外調查的重要性，可供主管機關針對受地震影響區域制訂減災策略，以因應即將到來的雨季。



同震山崩分布與 PGA、PGV 之關係圖

本季成員發表文章 (2025.04~)

- Fu, C.-C.**, Mu, C.-H., **Kuo-Chen, H.**, Wang, P.-L., Lin, L.-H., Walia, V., Chen, K.-H., & Wu, K.-W. (2025). Geochemical characteristics and origins of CO₂ emissions within the tectonic collision boundary of the Chihshang fault, eastern Taiwan. *Geoscience Letters*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40562-025-00395-5>
- Han, W.-C.**, Chen, L., **Chi, W.-C.**, Chiang, H.-T., Chen, S.-C., Liu, C.-S., & Shyu, C.-T. (2025). Seafloor thermal structures controlled by recent slope failure and fluid flow: An example from offshore SW Taiwan. *Marine and Petroleum Geology*, 177, 107394. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2025.107394>
- Hsieh, M.-C.**, Chang, M.-H., Tai, Y.-C., Chen, C.-T., & Lu, T.-Y. (2025). Fast report: performance of the ETAS model in forecasting aftershock occurrence and site-specific ground-shaking intensity for the 2025 Dapu, Taiwan, earthquake sequence. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00097-7>
- Lai, C.-N., Liu, Y. A., **Wen, S.**, Su, C.-M., **Wen, Y.-Y.**, Liao, W.-Y., **Lee, E.-J.**, Huang, Y.-C., & **Chen, Y. N.** (2025). Fast report: exploring the 2025 Dapu earthquake sequence using dense array. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 16. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00103-y>
- Lee, E.-J.**, Liao, W.-Y., Chen, P., **Rau, R.-J.**, **Lee, Y.-H.**, **Wen, S.**, **Ching, K.-E.**, **Chen, D.-Y.**, & **Liang, W.-T.** (2025). Fast report: applying a weighted template-matching algorithm (WTMA) to investigate the seismogenic structures and microseismic activity of the 2025 M_L6.4 Dapu earthquake sequence in Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 9. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00095-9>
- Lee, S.-J.**, Liu, T.-Y., & Lin, T.-C. (2025). Fast report: source rupture model analysis of the 2025 Dapu earthquake, Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 13. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00098-6>
- Lee, Z., **Chuang, R. Y.**, Wang, I.-T., Chen, L., Chang, W.-L., Chiu, C.-Y., **Ching, K.-E.**, Guo, S.-W., & Chen, C.-L. (2025). Fast report: surface deformation associated with the 2025 Dapu earthquake. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00090-0>
- Li, Y.-Y., Lin, C.-E., & **Chen, C.-Y.** (2025). Fast report: preliminary analysis of coseismic landslides in the 2025 M6.4 Dapu earthquake. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 21. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00105-w>
- Liao, W.-Y., **Lee, E.-J.**, **Rau, R.-J.**, **Chen, D.-Y.**, **Wen, S.**, **Ching, K.-E.**, & **Liang, W.-T.** (2025). Fast report: seismogenic structure of the 2025 M6.4 dapu earthquake sequence in western Taiwan revealed by a deep-learning-empowered earthquake catalog. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00093-x>

- Lin, Y.-H., & Wu, Y.-M. (2025). Magnitude determination for earthquake early warning using *P*-alert low-cost sensors during 2024 Mw7.4 Hualien, Taiwan earthquake. *Scientific Reports*, 15(1), 12538. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97748-z>
- Lu, C.-H., Huang, S.-Y., Hsu, Y.-C., Yen, I.-C., Tung, H., & Kuo, Y.-T. (2025). Fast report: the 2025 M6.4 Dapu earthquake: preliminary field observation and surface deformation analysis. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00099-5>
- Sharma, Y., Ching, K.-E., Chang, W.-L., Chen, H.-C., Hsiao, S.-H., Liao, W.-Y., Lee, E.-J., Chuang, R. Y., & Chen, C.-L. (2025). Fast report: Coseismic source model of the January 2025 M_w 6.1 Dapu earthquake from geodetic data and its implications for seismogenic structures in Southwestern Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 18. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00100-1>
- Su, C.-M., Wen, Y.-Y., & Chen, C.-T. (2025). Fast report: strong-motion characteristics of 2025 M_L 6.4 Dapu earthquake, Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00094-w>
- Sun, W.-F., Pan, S.-Y., Liu, Y.-H., Kuo-Chen, H., Ku, C.-S., Lin, C.-M., & Fu, C.-C. (2025). A Deep-Learning-Based Real-Time Microearthquake Monitoring System (RT-MEMS) for Taiwan. *Sensors*, 25(11), 3353. <https://doi.org/10.3390/s25113353>
- Wang, K.-S., Chao, W.-A., Yang, C.-M., Lai, T.-S., & Wu, Y.-M. (2025). Fast report: near-real-time assessment of the M_L 6.4 Dapu earthquake-induced landslides. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 17. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00102-z>
- Wu, C.-F., Rau, R.-J., & Chen, Y.-C. (2025). Fast report: the 2025 Dapu earthquake: simultaneous rupture of mid-crust antithetic thrust fault linkages in the fold-and-thrust belt of Southwestern Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1), 19. <https://doi.org/10.1007/s44195-025-00101-0>
- Wu, Y.-H., Chi, W.-C., Chai, L., Toh, A., Megawati, M., & Lin, C.-J. (2025). Mechanism of Dynamic Triggering for Slab-Related Fluid-Induced Tremors Occurred in Nanao, Taiwan. *Bulletin of the Seismological Society of America*. <https://doi.org/10.1785/0120240256>
- Yen, H.-Y., Chen, P.-F., & Chien, M. (2025). Mechanisms of two P-phase observations in earthquakes within the upper mantle beneath Northeast Taiwan: Insights from 2D waveform simulations. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 366, 107409. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2025.107409>

致謝

本季刊由TEC辦公室成員陳卉瑄主任、馬國鳳特聘研究員、黃信樺副研究員、楊詠甯、黃淑真及吳美芳協助編輯，第四十八期內容感謝國立臺灣大學海洋研究所柯彥廷助理教授、國立中正大學地球與環境科學系陳映年助理教授、中央研究院地球科學研究所郭本垣研究員及大埔地震特刊作者提供。