

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

目錄

- 1 前言、儀器服務平台、近期消息
- 2 夏威夷隆起的成因：岩石圈與軟流圈的剪力波速度構造研究
- 4 應用傳染型餘震序列與地震動模型進行地震活動與場址震度預報：以 2022 年 9 月台東地震序列為例
- 7 Strong Velocity Pulses in Earthquakes: Insights and Impacts
- 10 第八屆年會分組議題討論會後成果分享
- 14 本季成員發表文章 (2024.10~)
- 16 致謝

前言

郭陳浩

國立臺灣大學地質科學系 教授、台灣地震科學中心 執行秘書

本期內容共有三篇專文分享最近各研究團隊的成果發表，並收錄 TEC 第八屆年會中，針對相關議題以 (1) 後續推動及具體短中長期規劃、(2) 收斂主軸、(3) 主題規劃及演進、(4) 團隊形成、(5) 配合國家政策及角色等方向進行討論的成果，感謝臺灣大學地質學系陳凱勛博士、中央大學地震災害鏈風險評估及管理研究中心謝銘哲博士、德國 GFZ 顏銘萱博士、中央大學地球科學學系詹忠翰副教授、臺灣大學地質學系王昱副教授、中央研究院地球科學研究所黃信樺副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

- 113 年 10 月 23 日至 24 日在臺南國立成功大學舉辦「台灣地震科學中心第八屆年會」已圓滿結束，感謝研究學者及與會人士的參與，更多詳情請見年會網站 <https://tec.earth.sinica.edu.tw/annualmeeting/>。

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

doi: 10.30067/TECNL.202412_(46).0001

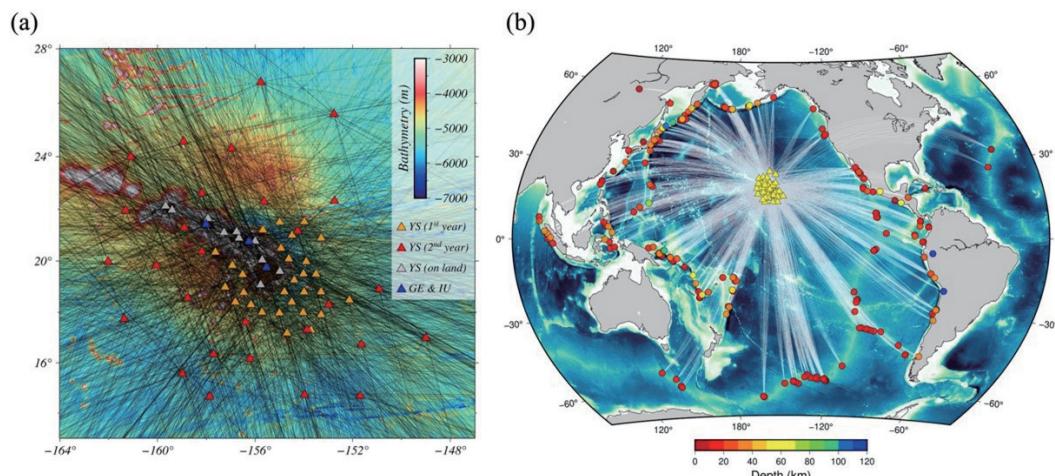
夏威夷隆起的成因：岩石圈與軟流圈的剪力波速度構造研究

陳凱勛¹、Donald W. Forsyth²¹The Department of Geosciences, National Taiwan University²The Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences, Brown University

夏威夷熱點 (hotspot) 與其周圍的夏威夷隆起 (swell) 長久以來吸引了地球科學家的關注，因為它們不僅揭示了地球因地幔熱柱導致的物質運動與對流，也對了解海洋地殼的形成和演化至關重要。為了探究夏威夷隆起的形成機制，我們利用 PLUME 海底地震儀 (ocean-bottom seismometer, OBS) 計畫 (圖一) 在 2005–2007 年間所記錄到的雷利波數據 (週期 20–125 秒)，重新檢視其下方岩石圈與軟流圈的剪力波速度結構。

從反演得到的三維模型顯示 (圖二)，30–70 公里深度的岩石圈結構相對均一，僅存在少量局部速

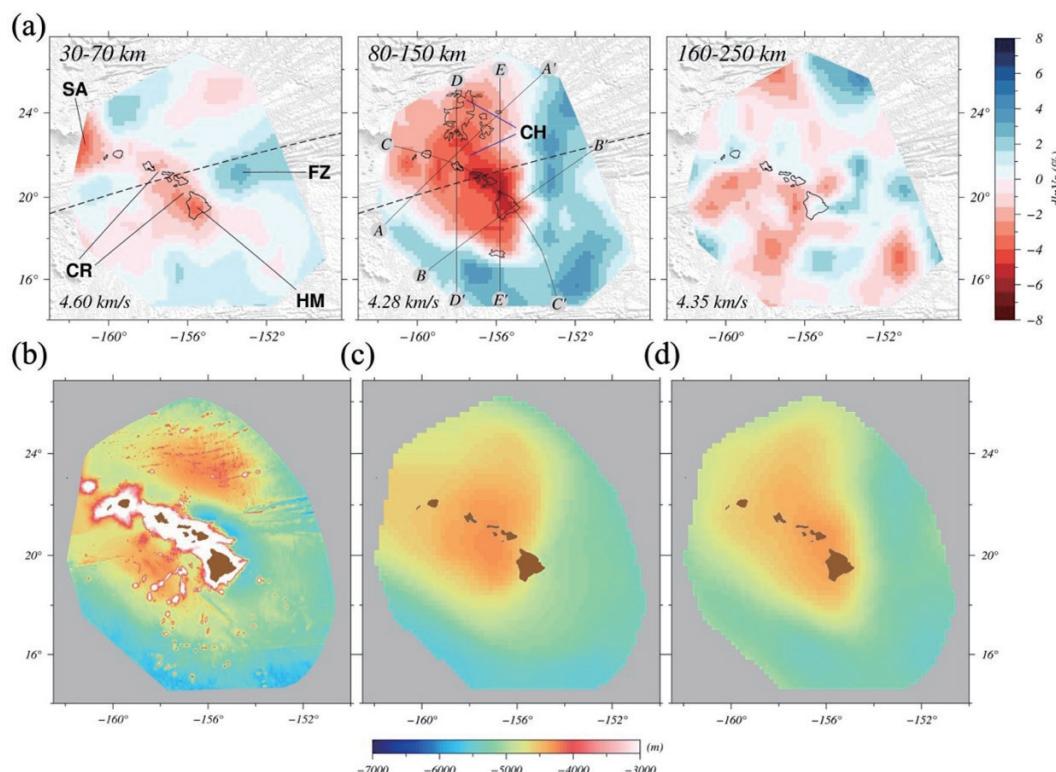
度異常，這表明夏威夷隆起的地形抬升與岩石圈上部的重新加熱或更替無關，這也支持了在 70 公里深處的岩石圈在其形成過程中因脫水作用而變得更具黏滯性，從而提高了對下部地幔流動的抵抗能力，然而，在 80–150 公里深度，發現了一片顯著的低速異常區域，尤其是在夏威夷 - 茂宜 - 摩洛凱島鏈附近，剪力波速最低值約為 4.0 km/s，較周圍區域低約 8%–10%。這表明來自深處地幔柱的高溫輕質物質在靠近正常海洋軟流圈頂部時水平擴展，並與夏威夷隆起的地形形態高度相關。



圖一、(a) 夏威夷島鏈及其周邊的海底地形、地震測站位置和雷利波波線分佈，三角形表示研究所使用的測站位置。背景顏色代表海底地形。圖中還標示了所使用的週期 50 秒雷利波的大圓路徑。(b) 遠震事件分佈以及波線分佈，圖中圓點展示了用於反演週期 50 秒的遠震事件分佈，並以白線表示其與測站之間的大圓路徑，高品質的遠震波形在方位角上分布均勻，使研究區域內的波線路徑交叉密集，有助於本研究的地震波分析。

TEC NEWSLETTER

臺灣地震科學中心簡訊 第 46 期



圖二、(a) 本研究所反演的三維剪力波速度分佈圖，左圖：30–70 公里深度，代表上部岩石圈；中圖：80–150 公里深度，代表最底部岩石圈及上部軟流圈；右圖：160–250 公里深度，代表下部軟流圈。剪力波速度異常主要在 80–150 公里深度沿島鏈分布的大規模低速區，暗示下部岩石圈和上部軟流圈可能經歷了加熱或物質替換過程，這可能是夏威夷隆起高度的成因之一。(b) 原始地形圖；(c) 經 $4^\circ \times 4^\circ$ 中值濾波處理後的地形圖，用作提取夏威夷隆起的貢獻；(d) 根據假設密度異常與剪切波速度異常成正比，並且浮力作用於具有 30 公里等效厚度彈性板底部所預測的夏威夷隆起變形。我們使用 30–70 公里和 80–150 公里深度範圍的平均剪切波速度模型，尋找最佳擬合濾波後地形的比例係數。結果顯示，預測的地形與觀測值高度吻合，同時表明最底部岩石圈及軟流圈的低速異常與夏威夷隆起的海底地形密切相關。

我們進一步假設密度異常與剪力波速異常之間存在正比關係，並利用彈性板模型模擬了隆起的地形抬升機制。結果顯示，厚約 30 公里的彈性板受到軟流圈內低速層的浮力作用，成功解釋了夏威夷隆起超過 75% 的地形變異，且主要貢獻來自 80–150 公里深度範圍（圖二）。透過以上計算我們得知夏威夷隆起的形成與其下方 80–150 公里深處高溫、低速、輕質的地幔物質密切相關。

參考文獻

- Chen, K.-X., & Forsyth, D. W. (2024). On the Origin of the Hawaiian Swell: Lithosphere and Asthenosphere Seismic Structure From Rayleigh Wave Dispersion. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129(7), e2024JB029407. <https://doi.org/10.1029/2024jb029407>

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

doi: 10.30067/TECNL.202412_(46).0002

應用傳染型餘震序列與地震動模型進行地震活動與場址震度預報：以 2022 年 9 月台東地震序列為例

謝銘哲¹、詹忠翰^{1,2}、馬國鳳^{1,3}、顏銀桐⁴、陳俊德⁴、陳達毅^{5,6}、廖怡雯^{7,8}

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 中央研究院地球科學研究所

⁴ 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心

⁵ 中央氣象署地震測報中心

⁶ 台北市立大學地球環境暨生物資源學系

⁷ GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

⁸ School of Earth and Environment, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand

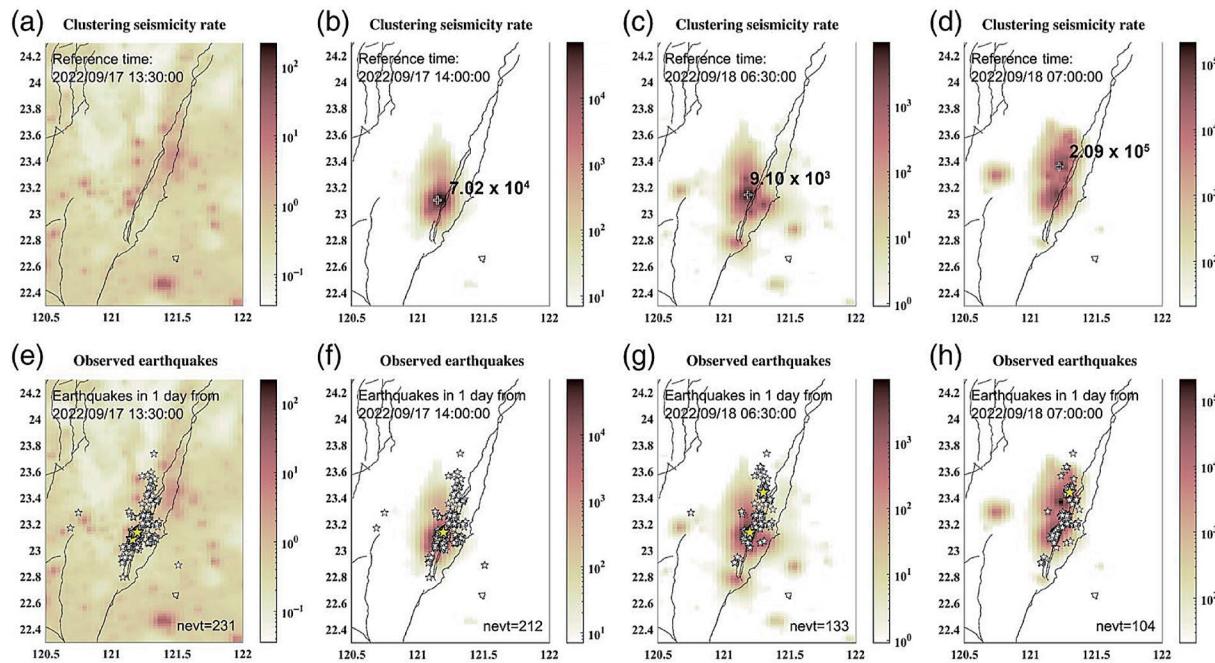
大規模地震後往往伴隨許多餘震，這些餘震可能帶來較大的地震動 (ground motion)，甚至引發地震次生災害。因此，透過地震預報 (earthquake forecasting) 並結合精確的地震動或其對應的震度 (seismic intensity) 估算，評估大地震後數小時至數天內餘震對特定場址 (例如核能電廠、高科技與精密製造業產線、政府機關等) 可能再次遭遇高震度衝擊的機率，除了保全重要設施之餘，對於保障人命之人員疏散、整體供應鏈支援運作策略與即時分派救災資源等面向皆具有重要助益。此外，這些作為預期能提升地震災害應變整備機制，強化面對震災的韌性。

本研究 (Hsieh et al., 2024) 參考 Zhuang (2011) 對於地震活動預報原型架構，採用基於統計學理論之傳染型餘震序列 (Epidemic-Type Aftershock Sequence, ETAS, 如 Ogata, 1988)，該模型基於點過程理論 (point process theory) 之自激發型霍

克斯過程 (Hawkes' mutual excitation process)，經由蒐集地震目錄並計算大量地震事件在空間中各網格點位置之條件強度函數 (conditional intensity function, CIF)，透過 CIF 反應該網格位置的地震活動趨勢，其組成包含背景地震與叢集地震活動兩項，而叢集項結合統計地震學常用之地震規模對次數關係 (即 Gutenberg-Richter Law)、主震後餘震次數隨時間衰減率 (即 Omori-Utsu Formula)，以及主震觸發餘震之空間機率密度函數共同組成。藉由 ETAS 模型並搭配即時地震定位資料，我們能夠及時計算反應地震活動變化之 CIF，進一步以該函數模擬大地震後的可能餘震分布，圖一即為我們針對 2022 年 9 月的台東地震序列進行即時 CIF 計算，並與接下來一天之內規模 3 以上的地震事件分佈進行比較，顯示 CIF 變化與實際觀測地震分佈高度符合，足以作為地震預報的基礎。而後，透過基於 ETAS 模型

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期



圖一、2022 年 9 月台東地震序列之 CIF 變化 (a) – (d)，與 CIF 計算時刻起一日內地震活動比較 (e) – (h)，各圖色階表示 CIF 量值，而星號則表示規模 3 以上地震，黃色星號則是規模 6 以上地震。(b) – (d) 中，CIF 最大值標示於圖面最大值發生處；而 (e) – (f) 中，觀測地震數量 (nevt) 標示於左下角。

進行地震活動模擬，產生大量虛擬地震事件，這些地震事件具有一定規模與時空分布，透過應用地震動模型 (Ground Motion Model, GMM)，代入虛擬地震的位置與規模，以及合適的場址條件參數 (例如 V_{S30})，即可計算所關注場址的地震動參數 (如 Peak Ground Acceleration, PGA 或震度)；上述模擬地震活動的歷時 (例如一天) 可視為預報的時間視窗，多次模擬則可視為對虛擬地震活動進行多次採樣，進而形成機率曲線，反應場址在預報區間內可能遭遇到的震度機率，圖二即為我們計算台東地震序列對 TTN 測站的震度機率預報曲線，和實際觀測到的震度發生次數有相當高的符合程度。

經由上述簡介，不難了解即時地震預報是具有相當程度可行性，對於大地震後的餘震分布與關注場址所造成的衝擊，皆可以統計學模式進行預估，而 2022 年台東地震序列是一個很好的示

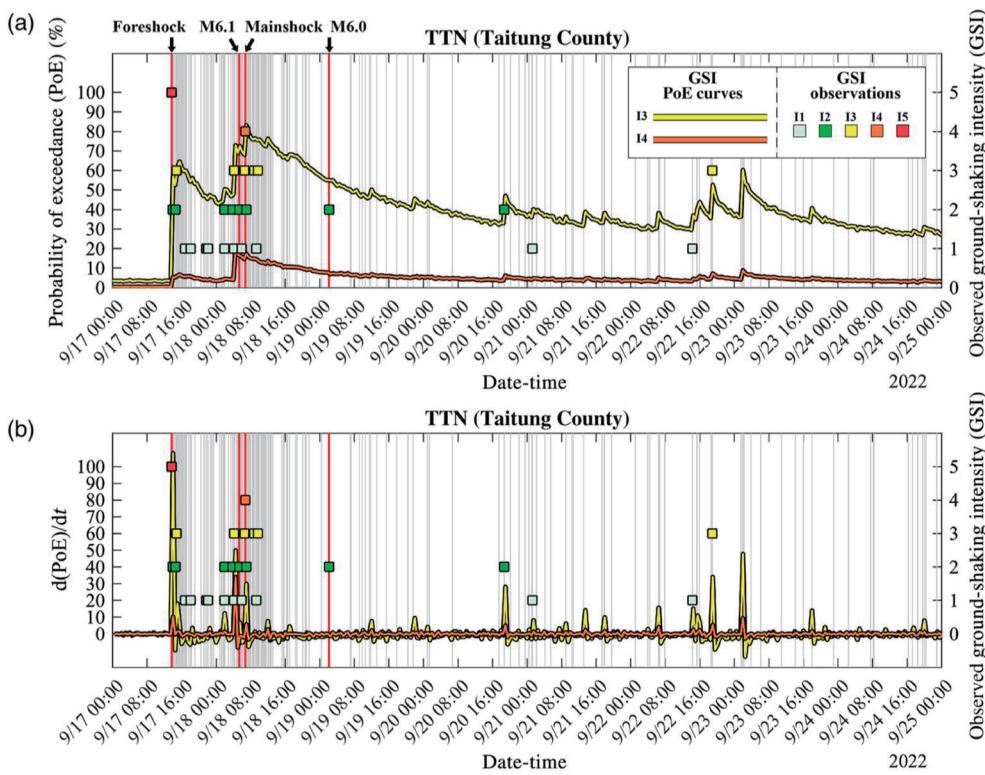
例，驗證本研究論述的即時系統具有實務應用價值。然而，大地震後產生餘震即時地震定位資料品質，以及小地震定位數量不足所造成的地震目錄資料缺失 (missing data)，皆有可能顯著影響 ETAS 模型參數，增加預報地震活動的不確定性；此外，本研究目前採用的是 2 維、基於點震源的 ETAS 模型，對於地震在深度方向的分布，以及具有較大破裂尺度的大地震後餘震分布描述存有較大不確定性，未來仍須仰賴更精緻的 ETAS 模型以精進地震預報成效。

參考文獻

- Hsieh, M.-C., Chan, C.-H., Ma, K.-F., Yen, Y.-T., Chen, C.-T., Chen, D.-Y., & Liao, Y.-W. M. (2024). Toward Real-Time Ground-Shaking-Intensity Forecasting Using ETAS and GMM: Insights from the Analysis of

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期



圖二、(a) 為 TTN 測站之震度 3 與震度 4 機率預報曲線，以及方形代表在 TTN 測站的實際觀測震度；(b) 為對機率曲線取一次時間導數，圖中各峰值位置可視為發報時刻，提醒有關單位注意餘震將帶來的地震動衝擊。

the 2022 Taitung Earthquake Sequence. *Seismological Research Letters*, 95(6), 3264–3277. <https://doi.org/10.1785/0220240180>

Ogata, Y. (1988). Statistical Models for Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes. *Journal of the American Statistical Association*, 83(401),

9–27. <https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478560>

Zhuang, J. (2011). Next-day earthquake forecasts for the Japan region generated by the ETAS model. *Earth, Planets and Space*, 63(3), 207–216. <https://doi.org/10.5047/eps.2010.12.010>

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第46期

doi: 10.30067/TECNL.202412_(46).0003

Strong Velocity Pulses in Earthquakes: Insights and Impacts

Ming-Hsuan Yen and Fabrice Cotton

German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

Earthquake ground motions characterized by long durations and high shaking amplitudes, known as strong velocity pulses, can cause extensive damage to buildings and structures, especially if their natural periods resonate with the pulse period. When earthquakes occur with the directivity effects, they produce amplified velocity amplitudes at certain periods, increasing the risk of resonance-induced structural damage. Even moderate earthquakes can cause extensive destruction under such

conditions, as demonstrated by the 2016 Meinong earthquake in Taiwan (see Figure 1). Therefore, understanding the periods and velocity amplitudes of such pulses is critical for earthquake structural engineering. Strong velocity pulses are typically observed at sites near the fault where the earthquake rupture propagates toward the station. These pulses are primarily caused by forward directivity effects, often referred to as *directivity pulses* (Somerville, 2003; Bray & Rodriguez-Marek,

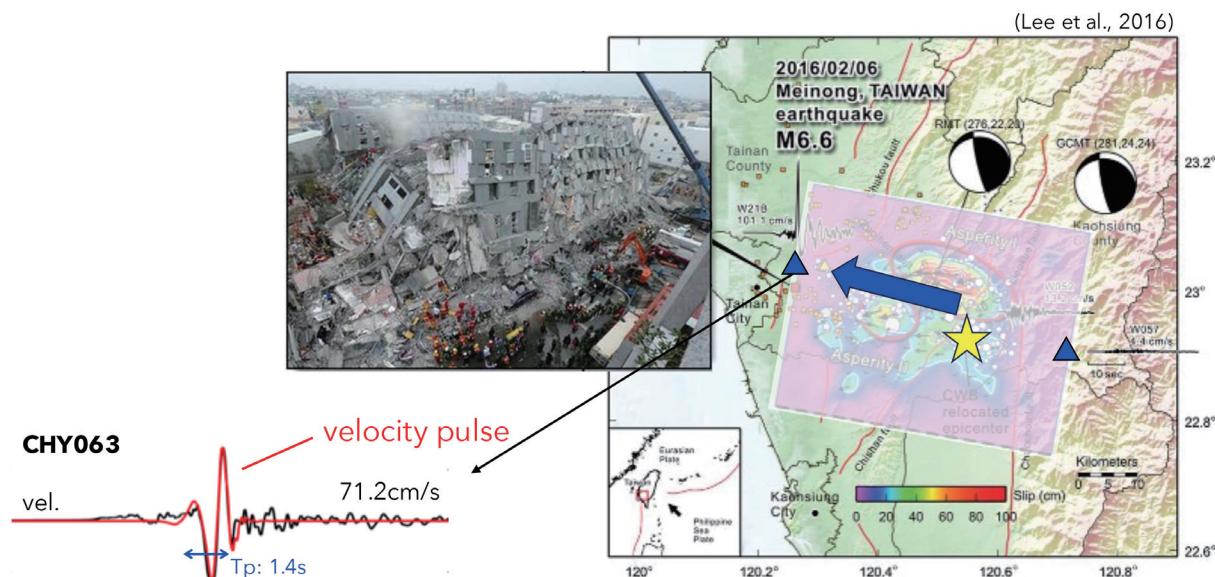


Figure 1. The seismic and structural impact of the 2016 Meinong earthquake (M6.6) in Taiwan, which was characterized by a strong velocity pulse (adapted from Lee et al., 2016). The velocity time history at station CHY063 shows a distinct velocity pulse with a peak amplitude of 71.2 cm/s and pulse period (T_p) of 1.4 seconds.

TEC NEWSLETTER

臺灣地震科學中心簡訊 第 46 期

2004). However, some studies have also identified another mechanism known as *fling-step pulses*, which result from tectonic deformation caused by rupture dynamic process along the fault zone. This type of pulse results in a spatially distributed static offset (Kamai et al., 2014). In some cases, both types of pulses – directivity and fling-step – can occur simultaneously at a station. To better isolate the impact of directivity effects, we proposed a strategy to remove the fling-step (static offset) from the displacement time history, allowing a clearer focus on the dynamic characteristics of directivity pulses (Yen et al., 2022).

In our recent studies, we applied the wavelet analysis of Shahi and Baker (2014) to characterize directivity pulses from moderate but damaging earthquakes in Japan, Taiwan, New Zealand, and Turkey (Yen et al., 2022,

2024; Türker et al., 2024). The results show that while the static offset strongly affects velocity amplitudes, it has a minimal impact on pulse periods (Yen et al., 2022). Figure 2 demonstrates the relationship between directivity pulse periods and earthquake magnitude, revealing that pulse periods depend on magnitude. Furthermore, the variability of pulse periods within individual earthquakes tends to increase with larger magnitudes. This observation suggests that larger events are associated with more complex rupture processes, which significantly influence the characteristics of directivity pulses.

Overall, pulse periods range between 1 and 15 seconds, corresponding to the natural periods of tall buildings (10 to 100 floors). Such velocity pulses caused significant damage to buildings and structures during the 2023 Kahramanmara

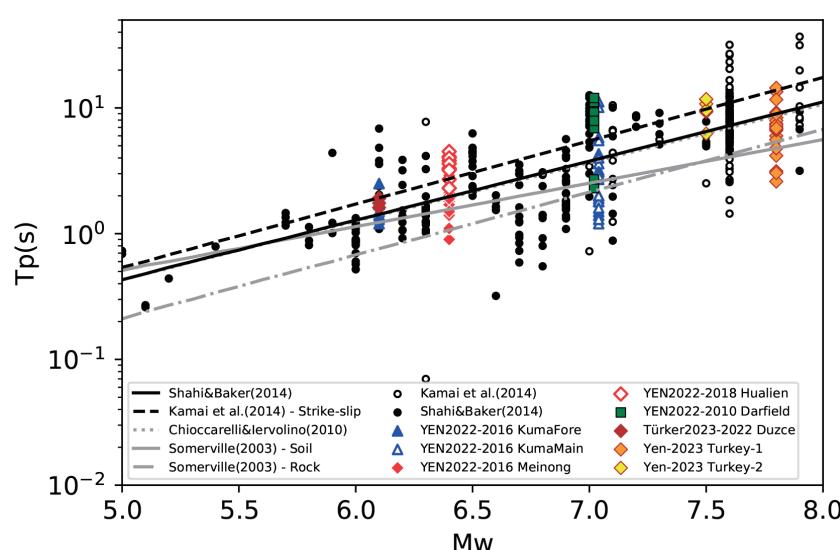


Figure 2. Pulse periods (T_p) as a function of earthquake moment magnitude (M_w). The lines show the regressions of Shahi and Baker (2014) (black solid line), Chioccarelli and Iervolino (2010) (grey dotted line), and Somerville (2003) (grey dashed-dotted-dashed line). Black dots represent the pulses identified from the NGA-West2 database in the study of Shahi and Baker (2014). Open circles represent the fling-step pulses published by Kamai et al. (2014). Figure modified and adapted from Yen et al. (2022).

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第46期

earthquake doublet. These findings suggest that the importance of incorporating velocity pulses into seismic hazard assessments and earthquake-resistant design strategies, particularly in urban areas with modern high-rise buildings.

REFERENCES

- Bray, J. D., & Rodriguez-Marek, A. (2004). Characterization of forward-directivity ground motions in the near-fault region. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24(11), 815–828. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2004.05.001>
- Chioccarelli, E., & Iervolino, I. (2010). Near - source seismic demand and pulse - like records: A discussion for L'Aquila earthquake. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 39(9), 1039–1062. <https://doi.org/10.1002/eqe.987>
- Kamai, R., Abrahamson, N., & Graves, R. (2014). Adding Fling Effects to Processed Ground-Motion Time Histories. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 104(4), 1914–1929. <https://doi.org/10.1785/0120130272>
- Lee, S.-J., Yeh, T.-Y., & Lin, Y.-Y. (2016). Anomalously Large Ground Motion in the 2016 M_L 6.6 Meinong, Taiwan, Earthquake: A Synergy Effect of Source Rupture and Site Amplification. *Seismological Research Letters*, 87(6), 1319–1326. <https://doi.org/10.1785/0220160082>
- Shahi, S. K., & Baker, J. W. (2014). An Efficient Algorithm to Identify Strong-Velocity Pulses in Multicomponent Ground Motions. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 104(5), 2456–2466. <https://doi.org/10.1785/0120130191>
- Somerville, P. G. (2003). Magnitude scaling of the near fault rupture directivity pulse. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 137(1–4), 201–212. [https://doi.org/10.1016/s0031-9201\(03\)00015-3](https://doi.org/10.1016/s0031-9201(03)00015-3)
- Türker, E., Yen, M.-H., Pilz, M., & Cotton, F. (2024). Significance of Pulse-Like Ground Motions and Directivity Effects in Moderate Earthquakes: The Example of the M_w 6.1 Gölyaka-Düzce Earthquake on 23 November 2022. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 114(2), 955–964. <https://doi.org/10.1785/0120230043>
- Yen, M.-H., von Specht, S., Lin, Y.-Y., Cotton, F., & Ma, K.-F. (2022). Within- and Between-Event Variabilities of Strong-Velocity Pulses of Moderate Earthquakes within Dense Seismic Arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 112(1), 361–380. <https://doi.org/10.1785/0120200376>
- Yen, M.-H., Türker, E., Ulrich, T., Marchandon, M., Gabriel, A. A., & Cotton, F. (2024). An analysis of directivity pulses using empirical data and dynamic rupture simulations of the 2023 Kahramanmaraş earthquake doublet. *Earthquake Spectra*. [Accepted]

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

第八屆年會分組議題討論會後成果分享

台灣地震科學中心 (TEC) 為了持續推動地震相關的發展，以 TEC CEO 為首，羅列出三項關於現在或未來的重要主題，並在年會中規畫以分組討論的型式，讓與會者共同參與討論。本次年會邀請中央大學詹忠翰副教授、臺灣大學王昱副教授、中研院地球所黃信樺副研究員為小組負責人，針對上一屆討論的內容，以 (1) 後續推動及具體短中長期規劃、(2) 收斂主軸、(3) 主題規劃及演進、(4) 團隊形成、(5) 配合國家政策及角色等方向進行討論。

主題
1

地震危害潛勢分析精進 (淺層速度構造、高解析數值模擬、多斷層破裂、海外構造、測地資料角色)

分組負責人：國立中央大學地球科學學系 詹忠翰副教授

測地資料角色

測地資料的應用日益成熟，現今的測地速率和地質速率之間逐漸趨於一致。在未來的地震危害分析 (台灣地震模型 2025 年版本，簡稱：「TEM PSHA2025」) 中，將整合大地測量速率與地質速率，以提供更高精度的地震模型。此外，測地結果將用於分析滑脫面 (décollement) 結構對於地震耦合以及間震期影響的評估，就測地資料之滑移速率虧損 (slip rate deficit) 分析以更準確地決定地震事件中的地栓區域 (slip asperity)。



機率式同震應變分析

目前，測地研究團隊已能針對特定斷層的同震地表位移場進行評估，期許未來將研究成果提供災害防救單位關鍵資訊，確定地震災害潛勢區域。然而，目前應變 (strain) 參數與災因辨識及防災策略仍無可明確對應闡述關係下，不建議將應變圖 (strain map) 直接納入地震危害圖，以確保地震模型精準度。

淺層速度構造與高解析數值模擬

淺層速度構造對於場址效應的影響顯著。現行的中大尺度速度構造已能夠支持長週期震波模擬地動之準確性，但在短週期振動的分析上仍需依賴隨機模擬方法。未來將依賴 TCVM 模型所納入精細的淺層速度構造，先進行與工程需求相符的過往大規模地震案例性數值模擬驗證研究，提出具體改善程度及可能誤差範圍。後續期望透過先進資料 (如 DAS 技術) 獲取更精細的淺層速度模型。此外，建議透過相關單位 (如：TEC、國科會) 租用相關設備以加強此領域的數據收集，從而增強建築工程應用中的場址效應分析。

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

強地動衰減式和高解析數值模擬之比對

在都會區及關鍵設施之地震災害分析中，針對特定震源區和場址條件配對所獨立開發的強地動衰減式至關重要。此外，利用大規模地震景況模擬計畫所針對臺灣各潛在斷層及孕震構造所產出的震波模擬數據所進行衰減式的回歸及適用性分析，將能提高模型的準確性。同時，必要的工程界反饋則對於驗證高解析數值模擬的成果實用性亦至關重要，可有效地提升模擬產出的應用價值。

主題
2

陸域及海域活動斷層及構造調查及彙整，與地質模型的不確定性討論

分組負責人：國立臺灣大學地質科學系 王昱副教授

從近期日本北部與臺灣東部地區的地震事件可以清楚的看到，臺灣的活動構造不僅僅分布於陸上區域，位於近海與外海的活動構造也對地震地質與地震災害的研究同等重要。因此，整合海域與陸域的活動構造研究，以及發展濱海帶調查技術，即為未來推進相關研究的重要基石之一。為此，我們建議除了發展能於濱海帶運用，且具大量部屬潛能的相關觀測技術與儀器之外，另應透過跨領域合作的方式，整合現有的陸域、海域觀測資料，並進行震前的系統性調查作業。在短期中，我們建議可先透過跨學門的聯合討論，整合不同研究領域間的看法與意見，並搭配現有的科學任務進行整合調查與觀測，以及加密現有的海底觀測網。在中期到長期階段，除了跨領域的計畫整合之外，我們建議未來可發展濱海帶的觀測能力，以及自主的海域鑽探與高解析度淺層地殼尺度的地物探勘能力，以確認外海構造之活動特徵與速率。



主題
3

高解析地球物理、DAS/DTS 以及人工智慧與大數據分析的精進應用

分組負責人：中央研究院地球科學研究所 黃信樺副研究員

因應新興光纖技術的出現以及人工智慧在各科學領域的飛速發展，地球物理探測已經進入公尺級的超高解析時代！不僅讓過去許多研究有進一步突破的可能性，也開啟許多過去可能無法想像或進行的新研究。討論小組基於台灣的在地性，討論高解析地球物理未來可能的關鍵應用：

建立縱谷斷層帶監測站

2018 年 2 月 6 日的花蓮地震與 2022 年 9 月 18 日的池上地震分別造成縱谷北段米崙斷層與中段玉里

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

斷層的破裂，經調查破裂位置與 1951 年的縱谷地震序列高度重疊 (Wang et al., 2024)，顯示不僅是米崙斷層只有 67 年的再現週期，玉里斷層的再現週期也可能只有 71 年，以芮氏規模 6.4 與 6.8 的地震來說，一般再現週期超過百年 (Wyss, 2020)，縱谷地區的斷層系統僅 70 年的再現週期不僅反映了台灣板塊縫合帶的高壓縮量，也凸顯研究與了解此區獨特斷層系統的重要性。因此，基於縱谷北段 MiDAS 計劃的成功執行 (Huang et al., 2024; Ma et al., 2024)，我們討論到在縱谷中段 (玉里斷層) 與南段 (池上斷層) 設置類似的斷層帶監測站的可能性，結合斷層鑽井與新興光纖技術來進行長期監測。光纖與地震儀結合之三維密集陣列可提供高精度的微震與斷層帶首波 (林姿綺等, 2024) 的偵測，串連了解縱谷北、中、南的斷層分段特性。



西南部泥火山的高解析地物監測

新興分散式光纖感測技術不僅能進行地震動的紀錄 (Distributed Acoustic Sensing, DAS)，也能紀錄光纖沿線的溫度 (Distributed Temperature Sensing, DTS) 與形變 (Distributed Strain Sensing, DSS) 變化，提供公尺級的超高解析地球物理觀測，能對地下流體的動態系統提供綜合性的多元探測，因此在小組討論中，我們發現西南部獨特的泥火山與泥貫入體的問題，或許非常適合光纖技術的應用，特別是對於可能對科技園區與重要設施造成影響的泥火山地區，可考慮圍繞泥火山埋設光纖纜線，並使用耐高溫的光纖纜線淺鑽或盡可能靠近火山口，進行其噴發週期與流體行爲的精細研究。

海底電纜在地震預警的應用

台灣是寶島，也是地震之島。地震預警是至關重要的減災技術，在過去也一直取得非常亮眼的成績 (Wu & Mittal, 2021)，對於發生在島內的地震平均發報時間約在 16 秒左右 (Chen et al., 2019)，甚至更短，可爭取數秒到十數秒的反應時間。這些都仰賴氣象署與許多研究團隊高密度測站的維護與預警技術的開發。但台灣的東邊有琉球海溝、南邊有馬尼拉海溝，隱沒帶地震的威脅無時不在，陸上的測站密度再高，對於隱沒帶大地震的幫助有限。因此全球許多研究團隊都在探索光纖技術在海底電纜的應用，期利用海纜更加靠近隱沒帶來爭取關鍵時效。這也是小組討論認爲台灣地震預警系統需要發展的重要方向，應積極與電信商 (如中華電信) 洽談使用跨洋海纜，以及與氣象署討論運用其海纜地震監測系統 (如馬祖計劃) 的可能性，用分散式光纖感測技術來大幅提高洋底的地震站密度、選取盡可能靠近隱沒帶的海纜路線，爲未來可能發生的隱沒帶大地震作更好的準備。

參考文獻

- Chen, D.-Y., Lin, T.-L., Hsu, H.-C., Hsu, Y.-C., & Hsiao, N.-C. (2019). An approach to improve the performance of the earthquake early warning system for the 2018 Hualien earthquake in Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 30(3), 423–433. <https://doi.org/10.3319/tao.2018.12.23.02>

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

Huang, H.-H., Ma, K.-F., Wu, E.-S., Cheng, Y.-Z., Lin, C.-J., Ku, C.-S., & Su, P.-L. (2024). Spatiotemporal monitoring of a frequently-slip fault zone using downhole distributed acoustic sensing at the MiDAS Project. In Y. Li, R. Mellors, & G. Zhan (Eds.), *Distributed Acoustic Sensing in Borehole Geophysics*. Geophysical Monograph Series, John Wiley & Sons, Inc. <https://www.wiley.com/en-us/Distributed+Acoustic+Sensing+in+Borehole+Geophysics-p-9781394179244>

Ma, K.-F., von Specht, S., Kuo, L.-W., Huang, H.-H., Lin, C.-R., Lin, C.-J., Ku, C.-S., Wu, E.-S., Wang, C.-Y., Chang, W.-Y., & Jousset, P. (2024). Broad-band strain amplification in an asymmetric fault zone observed from borehole optical fiber and core. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 402. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01558-6>

Wang, Y., Wu, S.-H., Chou, H. L. B., Li, Y.-Y., Cheng, W. S., Ho, A., Chen, J.-M., Liu, S.-C., Hsieh, C.-Y., Duan, S., Saw Myat Min, Ei Mhone Nathar Myo, Tsai, Y.-L., Liang, N.-W., Liao, J.-H., Lam, T. Y. A., Chang, E.-W., & Shyu, J. B. H. (2024). Surface ruptures of the 2022 Guanshan-Chihshang earthquakes in central Longitudinal Valley area, eastern Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 35(1), 16. <https://doi.org/10.1007/s44195-024-00077-3>

Wu, Y.-M., & Mittal, H. (2021). A Review on the Development of Earthquake Warning System Using Low-Cost Sensors in Taiwan. *Sensors*, 21(22), 7649. <https://doi.org/10.3390/s21227649>

Wyss, M. (2020). Return Times of Large Earthquakes Cannot Be Estimated Correctly from Seismicity Rates: 1906 San Francisco and 1717 Alpine Fault Ruptures. *Seismological Research Letters*, 91(4), 2163–2169. <https://doi.org/10.1785/0220200008>

林姿綺、Gregor Hillers、李憲忠、洪淑蕙 (2024)。揭開花東縱谷北段斷層結構的神秘面紗—淺談斷層帶首波。台灣地震科學中心簡訊，45，8–10。 [https://doi.org/10.30067/TECNL.202409_\(45\).0002](https://doi.org/10.30067/TECNL.202409_(45).0002)

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

本季成員發表文章 (2024.10~)

Casallas, I. F., **Hu, J.-C.**, & Perez, J. S. (2024). Rupture process of the 2019 Mw 6.8 Davao Del Sur earthquake, Philippines from geodetic and seismic data. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 15(1). <https://doi.org/10.1080/19475705.2024.2416522>

Chan, J.-B., **Hwang, R.-D.**, Lin, C.-Y., & Lin, C.-Y. (2024). Scaling Relationships between Local Magnitude, Seismic Moment, and Radiated Seismic Energy for the 18 April 2019 Xiulin, Taiwan, Earthquake Sequence: Implications for Source Non-Self-Similarity. *Seismological Research Letters*. <https://doi.org/10.1785/0220240251>

Hsu, C.-C., & **Wu, H.-Y.** (2024). Using RSQSim to Determine Seismic Sequence in Eastern Taiwan Fault System. *Seismological Research Letters*. <https://doi.org/10.1785/0220240144>

Hsu, Y.-J., Bürgmann, R., Jiang, Z., Tang, C.-H., Johnson, C. W., Chen, D.-Y., **Huang, H.-H.**, Tang, M., & Yang, X. (2025). Hydrologically-induced crustal stress changes and their association with seismicity rates in Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters*, 651, 119181. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2024.119181>

Huang, H.-H., Ma, K.-F., Wu, E.-S., Cheng, Y.-Z., **Lin, C.-J.**, Ku, C.-S., & Su, P.-L. (2024). Spatiotemporal monitoring of a frequently-slip fault zone using downhole distributed acoustic sensing at the MiDAS Project. In Y. Li, R. Mellors, & G. Zhan (Eds.), *Distributed Acoustic Sensing in Borehole Geophysics*. Geophysical Monograph Series, John Wiley & Sons, Inc. <https://www.wiley.com/en-us/Distributed+Acoustic+Sensing+in+Borehole+Geophysics-p-9781394179244>

Huang, Y.-S., **Chang, W.-L.**, Pu, H.-C., Chiu, C.-Y., Lai, Y.-C., & Shih, M.-H. (2024). Transient Deformation in the Tatun Volcano Group, Taiwan: A Spatiotemporal GPS Analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(24), e2024GL112500. <https://doi.org/10.1029/2024GL112500>

Hwang, R.-D., Lin, C.-Y., & Lin, C.-Y. (2024). Rupture directivity of the 2019 M_L 6.3 Xiulin (Taiwan) earthquake estimated by near-field seismograms. *Journal of Seismology*. <https://doi.org/10.1007/s10950-024-10251-2>

Kearse, J., Kaneko, Y., Nozuka, Y., Milliner, C., **Hsu, Y.-J.**, & Avouac, J.-P. (2024). Strong asymmetry in near-fault ground velocity during an oblique strike-slip earthquake revealed by waveform particle motions and dynamic rupture simulations. *Seismica*, 3(2). <https://doi.org/10.26443/seismica.v3i2.1155>

Lin, C.-R. (2024). Mechanism Design of Seafloor Current Meter (SCM) with Broadband OBS and Data Analysis in the Northeastern offshore Taiwan. *Annals of Limnology and Oceanography*, 9(1), 009–020. <https://doi.org/10.17352/alo.000017>

Lin, G.-P., **Chang, W.-L.**, & Chiu, C.-Y. (2024). Unraveling the role played by a buried mud diapir:

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

alternative model for 2016 M_w 6.4 MeiNong earthquake in southwestern Taiwan. *Geoscience Letters*, 11(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40562-024-00335-9>

Lin, H.-F., Canitano, A., & **Hsu, Y.-J.** (2024). Kinematic GNSS inversion of the large afterslip (M_w 6.4) following the 2019 M_w 6.2 Hualien earthquake (Taiwan). *Frontiers in Earth Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1457240>

Lin, S.-H., **Hu, J.-C.**, & Wang, S.-J. (2024). Assessing Potential Groundwater Storage Capacity for Sustainable Groundwater Management in the Transitioning Post - Subsidence Metropolitan Area. *Water Resources Research*, 60(11), e2023WR036951. <https://doi.org/10.1029/2023wr036951>

Nguyen, T.-V.-T., Ni, C.-F., **Hsu, Y.-J.**, Chen, P.-E. R., Hiep, N. H., Lee, I.-H., Lin, C.-P., & Gosselin, G. (2024). Quantitative Evaluations of Pumping-Induced Land Subsidence and Mitigation Strategies by Integrated Remote Sensing and Site-Specific Hydrogeological Observations. *Remote Sensing*, 16(20), 3789. <https://doi.org/10.3390/rs16203789>

Tung, H., **Chen, H.-Y.**, **Hsu, Y.-J.**, Tang, C.-H., **Lee, J.-C.**, **Wang, Y.**, & Lee, H. K. (2025). Geodetic constraints on the September 2022 Guanshan and Chihshang earthquakes, eastern Taiwan. *Tectonophysics*, 895, 230600. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230600>

Yang, C.-F., **Chi, W.-C.**, Ke, C.-C., & **Lin, C.-J.** (2024). Application of seismically derived tilt signals to characterize groundwater flow regimes: An example from a constant-rate pumping test in Taiwan. *Journal of Hydrology*, 645, 132188. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132188>

Yang, Y.-H., Li, L., **Hu, J.-C.**, Tung, H., Xu, Q., Li, X., Fan, X., Yao, Z., Xu, Q., Chen, Q., & Tsai, M.-C. (2024). Double-Vergent Plate Boundary Faults and Triggered Coseismic Rupture of the 2022 Chihshang Doublet Earthquake Occurred in Eastern Taiwan. *Seismological Research Letters*, 95(4), 2081–2091. <https://doi.org/10.1785/0220230026>

ACCEPTED

Lin, Y.-Y., **Wen, Y.-Y.**, Chen, C.-T., & Yen, Y.-T. (2024). Strong-motion characteristics of two 2022 M 6.5+ disastrous earthquakes in the southern Longitudinal Valley, Taiwan. *Earth, Planets and Space*.

TEC NEWSLETTER

台灣地震科學中心簡訊 第 46 期

致謝

本季刊由 TEC 辦公室成員許雅儒主任、馬國鳳特聘研究員、郭陳浩教授、楊詠寧、黃淑真及吳美芳協助編輯，第四十六期內容感謝國立臺灣大學地質學系陳凱勛博士、國立中央大學地震災害鏈風險評估及管理研究中心謝銘哲博士、德國 GFZ 顏銘萱博士、國立中央大學地球科學學系詹忠翰副教授、國立臺灣大學地質學系王昱副教授、中央研究院地球科學研究所黃信樺副研究員提供。

