



花蓮地震 應變與情資整合

黃明偉／國家災害防救科技中心 研究員

柯明淳／國家災害防救科技中心 助理研究員

楊清淵、塗冠婷／國家災害防救科技中心 佐理研究員

林佳瑩、吳佳容、謝蕙如／國家災害防救科技中心 助理研究員

于宜強、柯孝勳、李維森／國家災害防救科技中心 研究員

2024 年 4 月 3 日花蓮近海的規模 7.2 地震，全臺皆能感受到其震動，其中花蓮地區的震度達 6 強等級，鄰近強震區的蘇花公路因落石影響而中斷，也造成太魯閣國家公園內數個著名景區需要暫停遊客造訪，此外，花蓮市區有數棟建築物受損，在地震發生的初期階段，災情規模可透過中央氣象署的地震報告與地震評估技術提供相關的風險結果，除了標示須關注的區域與高風險的目標物外，亦提醒後續可能發生的影響，本文結合自動化評估模式與政府開放資料於震後提供相關風險評估結果，並於中央災害應變中心成立後，提供地震災害應變分析研判情資給相關部會與決策者的參考資料。

前言

地震發生後初期，相關災害資訊尚未能明確的標定，需導入災害風險評估技術，在第一時間提供強震區的暴露量，針對人員傷亡、財務損失、基礎設施與交通系統等項目，主責機關可參考相關的情資研判結果，可先行評估、整備與佈署相關的救災資源；因此，整合現階段的政府公開資訊，配合相關資料的即時更新，藉由自動化評估分析程式，可大幅縮短震後評估資訊之資料處理時間，並以視覺化圖表呈現分析資料，讓應變人員於短時間內解讀評估資訊，快速掌握災害可能發生的區域，本文以 2024 年 4 月 3 日上午 7 時 58 分花蓮近海發生芮氏規模 (M_L) 為 7.2 的地震為例，使用各部會的公開資訊，應用適合的分析評估模式後，解析出具受災高風險的暴露量，於最短時間內完成相關災害主題圖，供應變指揮官進行決策的參考依據。

地震資訊與餘震統計

中央氣象署於 4 月 3 日偵測到花蓮近海發生 M_L 7.2 地震，其地理位置為東經 121.67 度，北緯 23.77 度，震源深度為 15.5 公里，全臺各地皆能感受到強烈搖晃，其

中以花蓮縣和平地區的震度最大，其強度達 6 強震度，花蓮市震度為 6 弱，而震度 5 強至 5 弱的區域涵蓋宜蘭縣、苗栗縣、臺北市、新北市、桃園市、新竹縣、臺中市、彰化縣、南投縣等縣市，此事件為自 1999 年 M_L 7.3 集集大地震後在臺灣地區發生的最大規模地震事件^[1]。

中央氣象署自 1991 年起於全臺設置自由場地震觀測站，形成臺灣強地動觀測網 (Taiwan Strong Motion Instrumentation Program network, TSMIP)^[2,3]，此地震觀測網偵測地震發生位置與紀錄各地區的地動，在地震減災的工作中扮演重要的一環，迄今已記錄數起災害性的地震，如 1999 年南投集集大地震、2006 年屏東恆春外海地震 (M_L 7.0)、2010 年高雄甲仙地震 (M_L 6.4)、2016 年高雄美濃地震 (M_L 6.6)、2018 年花蓮地震 (M_L 6.2) 和 2022 年臺東池上地震 (M_L 6.8) 等。圖 1 為 0403 花蓮地震的震度分布，該資料根據最大地表加速度及最大地表速度繪製，顯示最大強震區主要分布於震央北側。本次餘震序列統計至 4 月 23 日止，超過千起的餘震事件，規模大於 6 的餘震事件有 4 起，分別發生在 4 月 3 日與 4 月 23 日各兩起地震，規模 5 至 6 有 61 起，規模 4 至 5 有 348 起，規模小於 4 餘震數為 709 起 (圖 2)；此外，

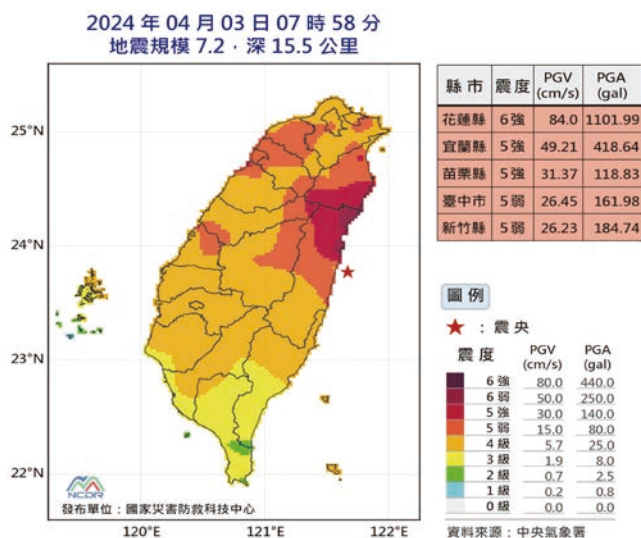


圖 1 花蓮外海 M_L 7.2 地震的各地震度

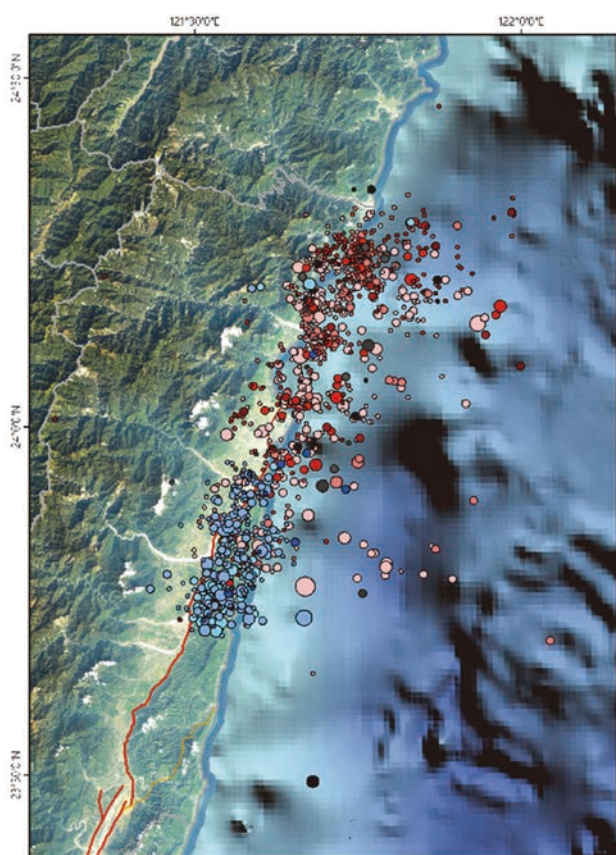
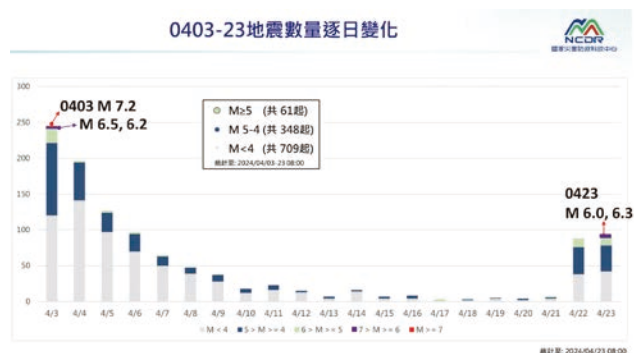


圖 2 主、餘震分布，紅色 - 黑色圓形表示 4 月 3 日至 21 日的餘震，藍色圓形為 4 月 22 日至 24 日的餘震，紅色線為活動斷層

在主震後的每日餘震規模與數量變化圖，於 4 月 3 日之餘震分析，可以觀察到當日地震規模大且數量多，共超過 200 起，而後隨著時間的推移，餘震於一周內便有規模減小、數量遞減的明顯趨勢，直至 4 月 22 日與 4 月 23 日餘震數量再次增多，如圖 3 所示。



臺灣地體構造與花蓮地區活動構造

臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊的碰撞隱沒帶交界，其中花蓮地區地體構造複雜，夾雜於隱沒帶與碰撞帶的轉換處，菲律賓海板塊在花蓮地區的東北外海處隨著琉球海溝向北隱沒至歐亞板塊之下，在陸上則沿著馬尼拉海溝仰衝至歐亞板塊之上。根據中央氣象署的地震統計數據，臺灣全島與鄰近海域每年發生約 20,000 至 40,000 起地震，其中約有 700 至 2,000 起屬於有感地震，約有一半的地震發生於花蓮地區，顯示此區域活躍的地質活動。陸上斷層的調查結果顯示，受菲律賓海板塊向西北方向擠壓碰撞影響，造成逆衝斷層的機制，在花蓮地區以東北—西南走向的逆衝斷層（圖 4），已

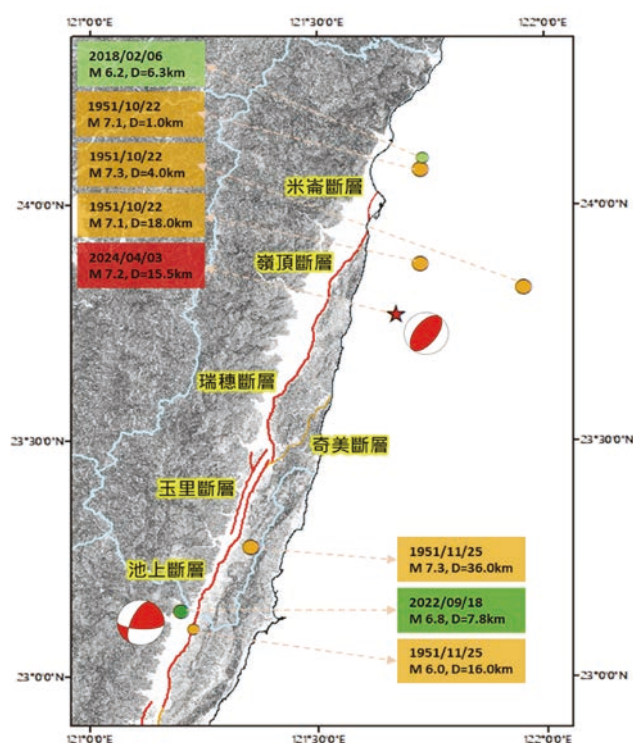


圖 4 花蓮地區活動斷層與重大地震事件震央分布



公告的活動斷層例如米崙斷層、縱谷斷層系統（嶺頂斷層、瑞穗斷層、池上斷層）與奇美斷層皆為向東傾的逆衝斷層；而往南地區的玉里斷層及中央山脈斷層（或稱中央山脈構造，臺東）即屬於斷層面向西傾斜的逆衝機制（經濟部地質調查及礦業管理中心）^[4]。

花蓮地區過去曾發生過規模大於 7.0 的地震事件。據中央氣象署的歷史文件資料顯示 1951 年 10 月至 11 月在花蓮外海與陸上曾發生一連串規模 7.1 至 7.3 的強烈地震事件，稱為 1951 年縱谷地震。該地震造成花蓮地區大量建物倒塌、地表錯移與坡地崩塌，並造成 85 人死亡、1200 人輕重傷（圖 5）。較為近期的地震災害則為 2018 年 0206 規模 6.2 的花蓮地震與 2022 年 0918 規模 6.8 的池上地震。其中，0206 花蓮地震震央位於

花蓮市東北部外海，造成米崙斷層的錯動，使斷層沿線產生明顯的地表破裂、數棟建物倒塌^[5]；而 0918 池上地震震央位於花東縱谷南部的臺東縣池上鄉，所造成之地表破裂廣布於花蓮及臺東地區，其中花蓮縣玉里鎮在玉里斷層沿線有明顯的地裂現象，並造成民宅、公有建物、醫院、校舍及各種維生管線的破壞^[6]。

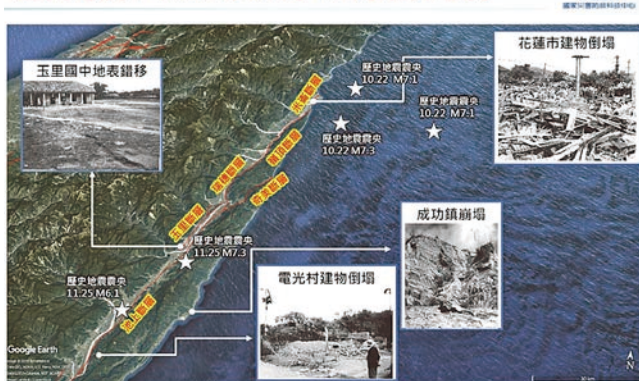
0403 花蓮地震之災害評估與情資整合

鑒於地震發生的時間及地點無法預測，當災害性地震事件發生後可能會造成人員傷亡、財物損失、基礎設施毀損等災損。針對在地震發生後，要在短時間內提供地震應變之分析資料及簡報，需藉由電腦的程式語言編撰自動化之資料處理流程，在中央氣象署發布地震報告後，自動化的資料分析會依地震報告內容，針對強震區以靜態的資料視覺化之方式呈現地震災害風險評估，並彙整資訊以提供中央災害應變中心與相關的防災單位進行後續的緊急應變與應對。

花蓮近海發生 $M_L 7.2$ 地震於 4 月 3 日上午 7 時 58 分發生後，中央災害應變中心成立，各部會需針對此地震進行相關的應變處置，災害情資研判工作為初期應變作業的首要任務，當中央氣象署進行地震觀測與地震報告發布之後，擷取地震報告內容，包含地震發生時間、芮氏規模、位置、震源深度、各觀測站之最大加速度值與最大速度值，針對強震區內各項查報重點以資料圖形化及資料表格化呈現，除了各地震度分布的資訊（圖 1），亦同時呈現相關的災害評估資訊，分述如下：

(1) 震源鄰近區域地質剖面圖（圖 6），結合地震報告

歷史地震：1951年10月-11月縱谷地震



資料來源：中央氣象署
發布單位：國家災害防救科技中心

地震規模：
 $M_L 7.3$ 、 7.1 、 7.1 、
 $M_L 6.1$ 、 7.3
強震區：花蓮縣、台東縣

人員傷亡	85人死亡 1200人輕重傷
建物破壞	房屋全倒增大約 3000棟

圖 5 1951 年縱谷地震震央與災損照片

震源鄰近區域地質剖面圖

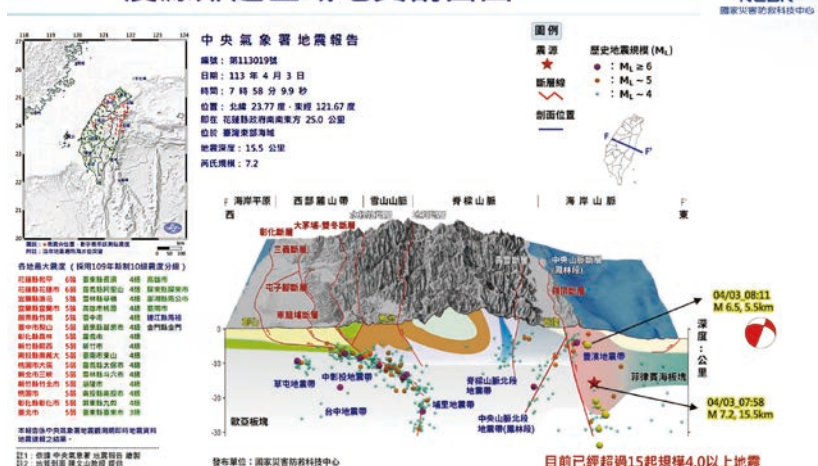


圖 6 主餘震的鄰近區域地質剖面主題圖

與地質構造狀況，說明震源鄰近的斷層與地質構造，初期餘震的分布已可以投影至此地質剖面，其中最大餘震 $M_L 6.5$ 於主震後 13 分發生，地震序列都位於菲律賓海板塊區域。此外，亦可以確認該地區的歷史地震分布，提供該地區的地震活動度。

- (2) 強震區受影響之交通設施（圖 7），使用的資料來源為政府公開資料開放平臺（Data.GOV.TW）提供主要交通資訊，包含高速公路、快速道路、省道、臺灣鐵路與捷運系統等資訊，應用地理資訊系統的圖層分析功能可以依強震區篩選需要關注的交通路



圖 7 強震區受影響交通設施的評估主題圖

段，其中位於強震區包含台 8、台 9、台 9 丙、台 9 丁、台 11 等省道，以及臺鐵 - 北迴線與花東線，再輔以衛星影像圖資更能增加此主題圖資的可讀性。

- (3) 坡地易致災的高風險區（圖 8），使用岩性、坡度以及地質構造等條件計算以網格為單元的地文敏感資料，再輔以地震的加速度警戒值，可以評估各地區的崩塌潛勢 [7,8]，提醒須關注的地區，如臺中市、南投縣、宜蘭縣、花蓮縣等；同時亦標示位於該高風險區內的道路系統，如台 7 甲、台 8、台 9、台 9 丙、台 9 丁、台 11、台 14 等。
- (4) 輔以現地的閉路電視（Closed-circuit television, CCTV）影像，提供即時的災害資訊，如圖 9 所示，快速檢視強震區範圍內的 CCTV，初期應變階段提供第一手現地資訊，並將相關資訊提供現地人員勘查作業。
- (5) 天氣的降雨評估資訊（圖 10），地震後救災的進度易受降雨影響，結合中央氣象署的震後四日的降雨資訊，提醒現地救災人員與位處坡地區域的人員須注意自身安全。

結論

在中央災害應變中心成立初期，由於災害類型與範圍尚無法確認，需透過災害風險評估技術依據地震報告的資訊提供相關的評估結果，使用自動化的評估程式可以大幅縮減人力操作的時程，在有限的時間內提供有用的資訊，以 0403 花蓮近海地震為例，應變階

坡地致災高風險區

- 坡地重點地區為臺中市、南投縣、宜蘭縣、花蓮縣
- 重點道路為台 7 甲、台 8、台 9、台 9 丙、台 9 丁、台 11、台 14，與縣管公路、產業道路等為易致災道路



圖 8 坡地致災高風險區的評估主題圖



現場災情 花蓮地區



圖 9 現地 CCTV 的協助災害點位的巡檢與災害畫面

未來四日，臺灣受兩波鋒面影響

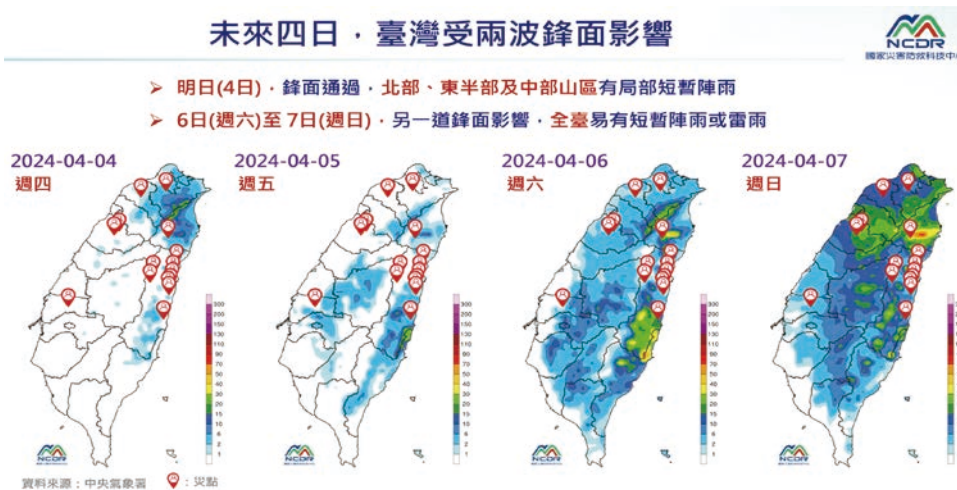


圖 10 震後四日天氣狀況主題圖

段初期須仰賴情資研判的結果，除了主震的位置、各地震度與鄰近區域的地質狀況外，也著重研判在強震區域的交通系統、坡地崩塌高風險區與未來數日內的天氣狀況，其中坡地崩塌高風險區研判結果涵蓋蘇花公路與太魯閣國家公園，應用 CCTV 的資訊可以快速檢視現地災害狀況，以及震後數日的天氣狀況也提供重要訊息給救災人員，預先準備對應的作業減少二次災害的發生。

參考文獻

1. Shin, T.C., T.L. Teng (2001). An Overview of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, 91 (5), 895-913. doi: <https://doi.org/10.1785/0120000738>
2. Liu, K.S., T.C. Shin, and Y.B. Tsai (1999). A free-field strong motion network in Taiwan: TSMIP, Terr. Atmos. Ocean. Sci. 10, 377-396.
3. Wu, Y.M., T.C. Shin, and C.H. Chang (2001). Near Real-Time

Mapping of Peak Ground Acceleration and Peak Ground Velocity Following a Strong Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, 91, (5), 1218-1228.

4. Chen, K.H., Toda, S., and Rau, R.J. (2008). A leaping, triggered sequence along a segmented fault: The 1951 ML 7.3 Hualien Taitung earthquake sequence in eastern Taiwan. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 113, B02304.
5. 柯孝勳、吳秉儒、黃明偉、柯明淳、林義凱、吳佳容 (2019)，0206 花蓮地震災害事件與應變作業說明，國家災害防救科技中心研究報告，NCDR 107-A30，共 24 頁。
6. 楊清淵、柯孝勳、黃明偉、柯明淳、鄧敏政、塗冠婷 (2023)，0918 池上地震災害事件應變作業與現地勘查報告，國家災害防救科技中心研究報告，NCDR 111-A19，共 43 頁。
7. Huang, M.W., C.Y. Chen, T.H. Wu, C.L. Chang, S.Y. Liu, and C.Y. Kao (2012). GIS-based evaluation on the fault motion-induced coseismic landslides, J. Mt. Sci. 9: 601. doi:10.1007/s11629-012-2434-2
8. 柯明淳、黃明偉、林聖琪 (2016)，地震山崩快速潛勢評估建立與應用，土木水利，第 43 卷，第 3 期，第 17-26 頁。