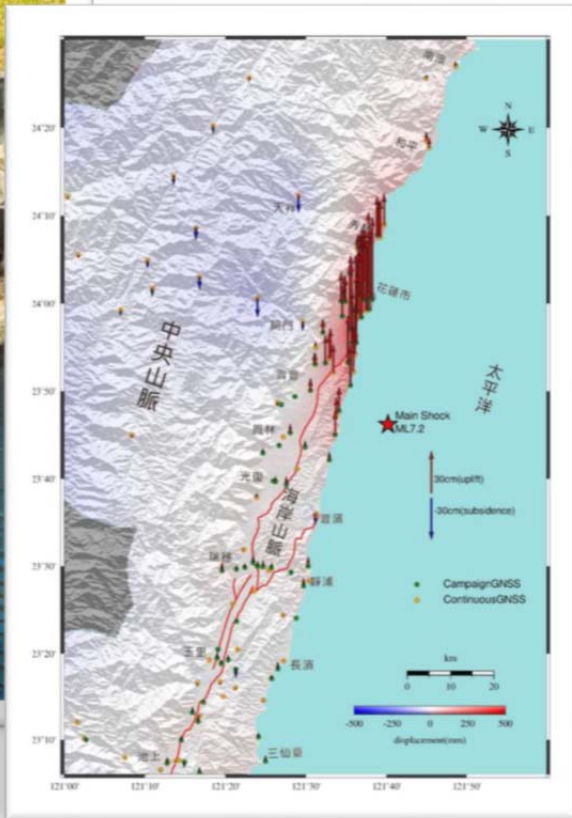
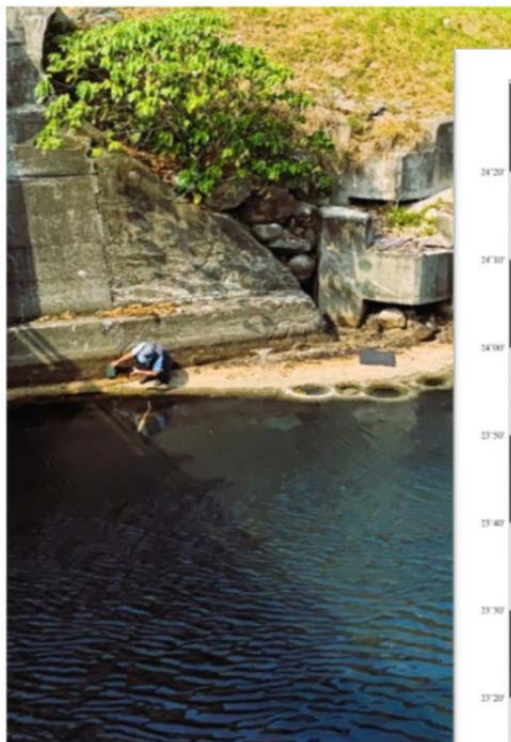




經濟部
Ministry of Economic Affairs

20240403 花蓮地震地質調查報告



經濟部地質調查及礦業管理中心

中華民國 113 年 5 月

摘要

台灣東部海域於民國 113 年 4 月 3 日發生強烈地震，震央位於花蓮縣近海，芮氏規模達到 ML7.2，震度於花蓮縣和平達 6 強為最大。此次地震可能由近海的北北東走向之逆移形式斷層錯動所造成，推測屬於菲律賓海板塊向北隱沒到琉球島弧下方的板塊邊界活動所致。本報告以地表地質調查及地表變形觀測兩部分進行地震探討。

野外地表地質調查部分，在米崙斷層與嶺頂斷層沿線並未產生地表破裂現象，僅部分區域受地震影響而導致噴沙現象。綜合衛星導航系統與雷達衛星觀測資料，地表垂直抬升約 45 公分，花蓮港驗潮站記錄港灣地表抬升達 49 公分，與地質人員在花蓮海岸沿岸地區現地觀察一致。

大地測量結果顯示，此次地震造成臺灣東部區大範圍的顯著位移，水平位移方面：主要的位移量分布於太魯閣以西之中央山脈區域，以及海岸山脈北段區域，最大水平位移為 SPAO（西寶）測站，往東南方向位移 24.1 公分；垂直位移的主要抬升量分布於米崙斷層東側的米崙臺地，以及海岸山脈北段區域，最大值為花蓮市華東（U037 測站），垂直抬升 58.5 公分；精密水準測量顯示：橫跨海岸山脈北段的龍澗-嶺頂測線具顯著抬升，且愈往東側抬升量愈大，最大位於東海岸風景區北口水準點（G970），抬升 48.1 公分。

本次地震未造成明確地表破裂現象，主要災情係受到地震波產生的強烈搖動所致，建議位於臺灣東部地區的重要結構物設計時須重新檢討安全係數，尤其是位於活動斷層敏感區範圍內的結構物，並視需要進行補強結構提高耐震能力，以因應下一次地震的到來。此外，相關單位應多進行宣導教育，增進民眾有關地震避難之知識，保障生命與財產安全，並強化地震地質調查工作與活動斷層觀測網的觀測與分析能力，期望能適時提出相關資訊作為防災與應變之參據，盡量減少地震發生可能帶來的損失與傷害。

20240403 花蓮地震地質調查報告

第一部分：

地表地質調查結果



經濟部地質調查及礦業管理中心

GEOLOGICAL SURVEY and MINING MANAGEMENT AGENCY, MINISTRY of ECONOMIC AFFAIRS

地質調查：梁勝雄、陳盈璇、范力仁、謝有忠、林錫宏、
黃志遠、鄭智仁、邵昀霆
報告撰寫：梁勝雄、陳盈璇、范力仁、劉彥求、林錫宏
責任審閱：林啓文

目錄

目錄	I
圖目錄	II
表目錄	III
摘要	1
壹、引言	2
貳、區域概況	3
一、區域地質	3
二、地震資料	12
參、地表地質調查	14
一、米崙斷層沿線調查結果	16
二、嶺頂斷層沿線調查結果	18
三、花蓮地區構造線形沿線調查結果	23
四、沿海地區地殼抬升觀測	23
肆、結論與建議	29
一、結論	29
二、建議	29
致謝	30
參考文獻	31

圖目錄

圖 1、交通部中央氣象署發布之地震報告與震央附近等震度圖。	2
圖 2、臺灣地質分區圖。	4
圖 3、本次地震的震央附近的活動斷層分布。	5
圖 4、米崙斷層條帶地質圖。	7
圖 5、米崙斷層活動斷層地質敏感區位置圖。	8
圖 6、嶺頂斷層條帶地質圖。	10
圖 7、嶺頂斷層活動斷層地質敏感區位置圖。	11
圖 8、國內外各單位解算 0403 花蓮地震震源機制解，其中 GRMT 與 CMT 為中央研究院地球科學研究所提供，W-Phase 為美國地質調查所（USGS）提供，GEOSCOPE 為法國全球寬頻地震網提供。	12
圖 9、交通部中央氣象署發布之 4 月 23 日凌晨 2 時 26 分 266 號地震報告與震央附近等震度圖。	13
圖 10、交通部中央氣象署發布之 4 月 23 日凌晨 2 時 32 分 267 號地震報告與震央附近等震度圖。	13
圖 11、0403 花蓮地震野外地質調查分布圖。	15
圖 12、七星潭地區因受地震力搖晃而產生的局部噴沙現象。	16
圖 13、東華大學創新園區操場於 2018 地震時受米崙斷層錯動，此次地震未再發生地表破裂現象。	16
圖 14、GOOGLE Earth 提供之 2024-04-04 衛星影像，紅色圈圈處為噴沙區域。	17
圖 15、忠烈祠附近美崙溪河畔局部噴沙現象。	17
圖 16、噴沙口清楚可見。	17
圖 17、往北拍攝花蓮大橋一帶沙洲側潰現象伴隨噴沙（紅圈處）。	19
圖 18、不同角度鳥瞰花蓮大橋一帶沙洲側潰現象（往北拍攝）。	19
圖 19、箭瑛大橋鳥瞰沙洲側潰與噴沙現象（向西北拍攝）。	20
圖 20、月眉大橋南北兩側的側潰現象，往南約可延伸約 100 公尺（Google Earth 影像，圖像時間 2024/4/4）。	20
圖 21、4 月 23 日地震後，花蓮大橋東側所見噴沙與側潰現象。	21
圖 22、4 月 23 日地震後，花蓮大橋噴沙現象南北延伸約 40 公尺。	22
圖 23、地震力造成柏油路破壞現象，紅色箭頭處（向東北拍攝）。	23

圖 24、花蓮港區藤壺與牡蠣等潮間帶生物被抬離水面。紅線為地震前潮水最高水位線，橘線為地震前潮間帶生物生長最上限，藍線為觀察日（4 月 17 日）滿潮最高水位線。.....	24
圖 25、太平洋公園南濱水閘門附近，向東拍攝，原應位在最低水位以下數十公分的吳郭魚巢穴已被抬離水面。.....	24
圖 26、滿潮時刻藤壺等潮間帶淺海生物仍位於水面下（紅圈處），推測抬升量小於潮汐變化而不易觀察。.....	25
圖 27、花蓮港潮位資料，在 2024 年 4 月 3 日上午 8 時相對築港高程基準為 94 公分，在 2024 年 4 月 3 日上午 9 時相對築港高程基準為 45 公分。.....	26
圖 28、0403 花蓮地震前後地表同震水平位移圖。.....	27
圖 29、0403 花蓮地震前後地表同震垂直位移圖。.....	28

表目錄

表 1、0403 花蓮地震參數列表：	12
--------------------------	----

摘要

民國 113 年 4 月 3 日早晨 7 時 58 分，臺灣東部花蓮縣壽豐近海發生芮氏規模 7.2 (M_L) 的地震，此次地震可能由近海的北北東走向之左移形式斷層錯動所造成，推測屬於菲律賓海板塊向北隱沒到琉球島弧下方的板塊邊界活動所致。野外地質調查結果，在米崙斷層與嶺頂斷層沿線並未產生地表破裂現象，僅部分區域受地震影響而導致噴沙現象。綜合衛星導航系統與雷達衛星觀測資料，地表垂直抬升約為 45 公分，花蓮港驗潮站記錄港灣地表抬升達 49 公分，與地質人員在花蓮海岸沿岸地區現地觀察一致。

本次地震未產生明確地表破裂現象，災情係受到地震波產生的強烈搖動所致，建議位於臺灣東部地區的重要結構物設計時須重新檢討安全係數，並視需要補強結構提高耐震能力，尤其是位於活動斷層敏感區範圍內的結構物，以因應下一次地震的到來。此外，應加強地震地質調查工作與活動斷層觀測網的觀測與分析能力，期望能適時提出相關資訊作為防災與應變之參據，減少地震發生可能帶來的損失與傷害。最後，感謝地震時投入救災的團體，也期望受本次地震影響的所有人事物都能盡快恢復往昔。

壹、引言

依據交通部中央氣象署發布的地震測報，民國 113 年 4 月 3 日早晨 7 時 58 分，臺灣東部發生芮氏規模 7.2 的地震（編號 019），震央在花蓮縣壽豐近海，震源深度 15.5 公里（圖 1），最大震度為 6 強，發生在花蓮和平。由於震央在近海，鄰國日本與菲律賓皆發出海嘯警報；隨即又在 8 時 11 分，上述地震北側發生芮氏規模 6.5 的地震，震源位置相近，深度 5.5 公里，後續並發生一系列規模大於 5.0 的餘震。相隔約 20 日後，4 月 23 日凌晨時分，發生兩起芮氏規模 6.0 與 6.3 之餘震（編號 266、267）；4 月 27 日凌晨時分，又發生芮氏規模 6.1 之餘震（編號 351）。

地震發生時，本中心同仁馬上彙整蒐集地震資料、災情與其它可能相關資訊，研判可能發震構造與可能產生破壞之位置。經彙整國內外相關單位提供地震資料顯示：此次地震可能由近海的北北東走向，斷層面向西傾斜，逆移兼具左移分量的斷層錯動所造成，推測屬於菲律賓海板塊向北隱沒到琉球島弧下方板塊邊界活動所致，與陸地上斷層沒有直接關係。本中心仍進行花蓮地區地表地質調查與同震變形量測等任務，並撰寫本野外地質調查報告，供各界參考。

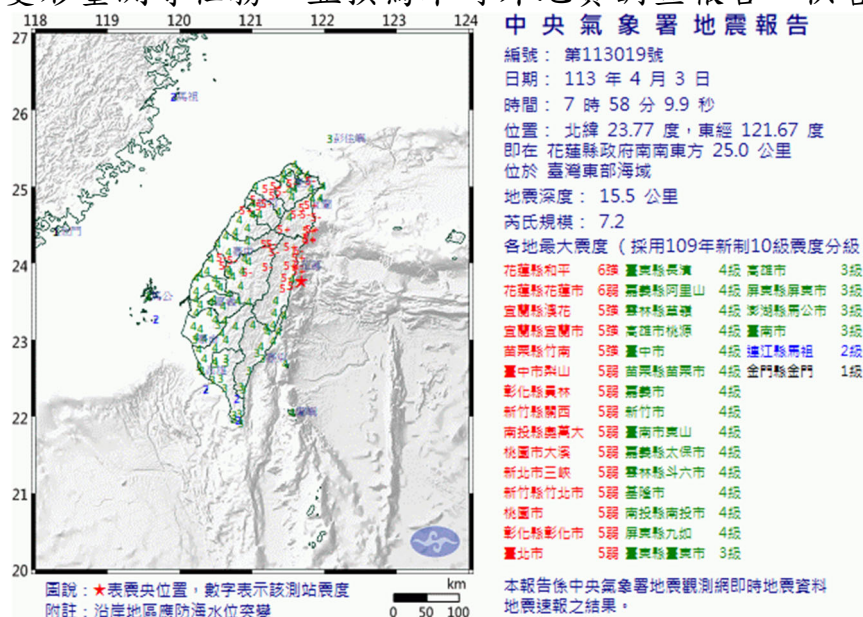


圖 1、交通部中央氣象署發布之地震報告與震央附近等震度圖。

（2024-04-03 檢索）

貳、區域概況

一、區域地質

臺灣位處環太平洋地震帶中，位於歐亞板塊和菲律賓海板塊的聚合處，菲律賓海板塊以每年約7-8公分的速度朝西北方向移動碰撞歐亞板塊，於臺灣東部沿琉球海溝向北隱沒至歐亞板塊之下，在板塊邊界產生逆斷層型態地震的孕震構造（陳文山等，2018）。花東縱谷即為此板塊碰撞的縫合帶，宜蘭外海的沖繩海槽及花蓮外海的琉球海溝與琉球島弧則屬於隱沒系統，本次地震發生區域位於海岸山脈東側壽豐鄉水璉村近海十多公里處。

此次0403花蓮地震主震的震央位置位於花蓮縣壽豐鄉近海，依臺灣地質構造區分類（陳文山，2016），在海岸山脈地質區（VI）之外。震央西側海岸山脈地質區（VI）以火成岩與沉積岩為主要組成，其地形、岩層、斷層與褶皺等主要構造多呈北10度至20度東走向，大致平行於板塊邊界縱谷斷層走向。縱谷西側屬於脊樑山脈地質區的大南澳片岩帶（V），是臺灣陸上最老的地質構造單元，主要由綠色片岩相以上的變質岩構成的變質岩。

脊樑山脈與海岸山脈間為寬度介於3至6公里之縱谷平原，主要是未膠結沖積扇與沖積層，泥沙與礫石所組成的沉積物來源為西側脊樑山脈與東側海岸山脈的岩層，局部受到縱谷的斷層系統影響，而有褶皺或斷層。地形上，自西側高達上千公尺的中央山脈，向東下降到略高於海平面的縱谷平原與米崙台地，再向東上升到丘陵地至局部數百公尺之山脊，再向東快速下降至近海區域，不論在岩石特性、變形與變質程度或地形特徵上，均顯現板塊交界位置特徵。

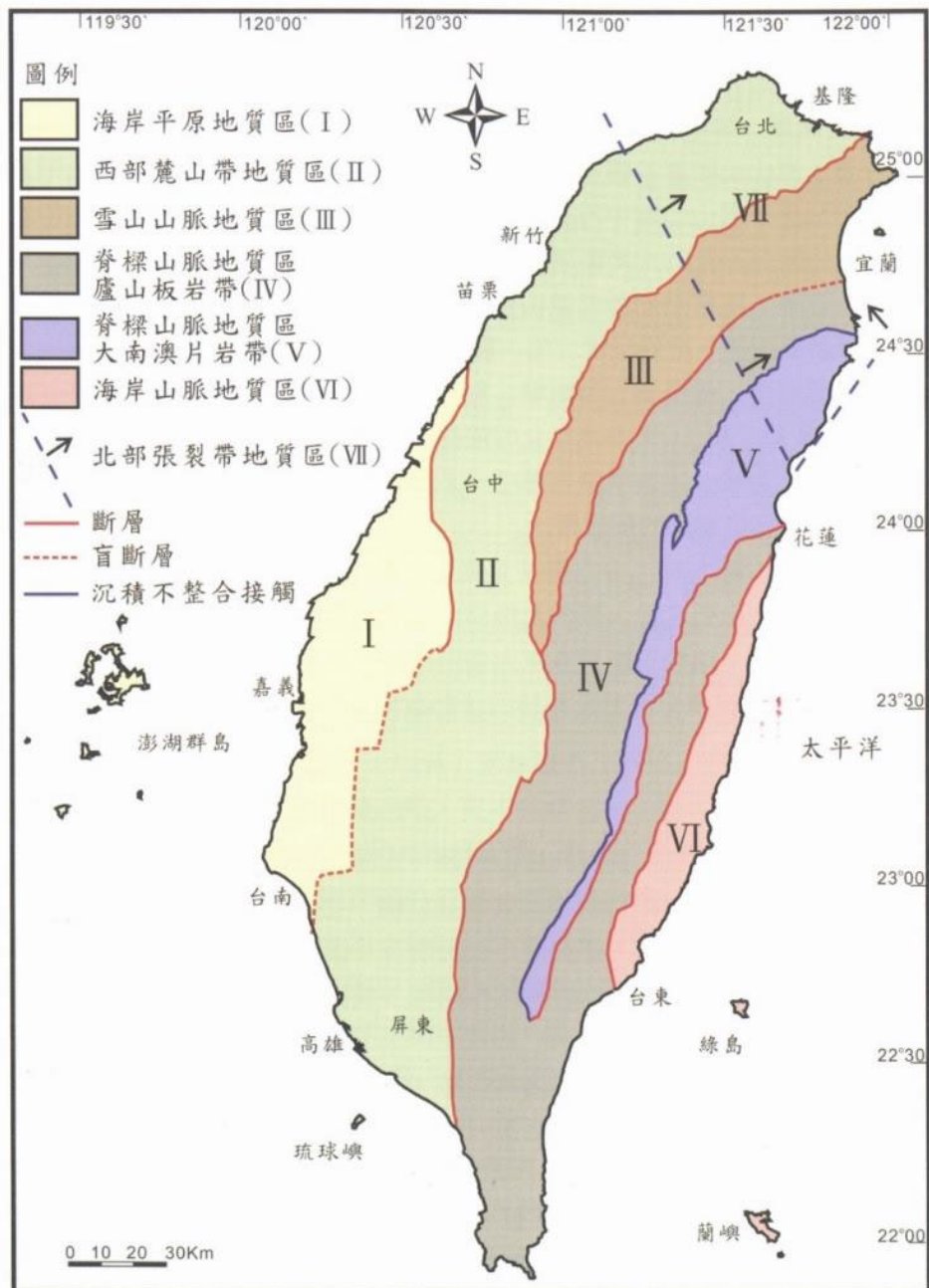


圖 2、臺灣地質分區圖。(陳文山，2016)

以下針對鄰近本次地震震央地區之活動斷層略作簡述，詳細活動斷層資料內容請參閱本中心出版之二萬五千分之一活動斷層條帶地質圖說明書，以及經濟部公告的嶺頂斷層活動斷層地質敏感區（F0020）與米崙斷層活動斷層地質敏感區（F1011）劃定計畫書等相關資料（圖 3）。

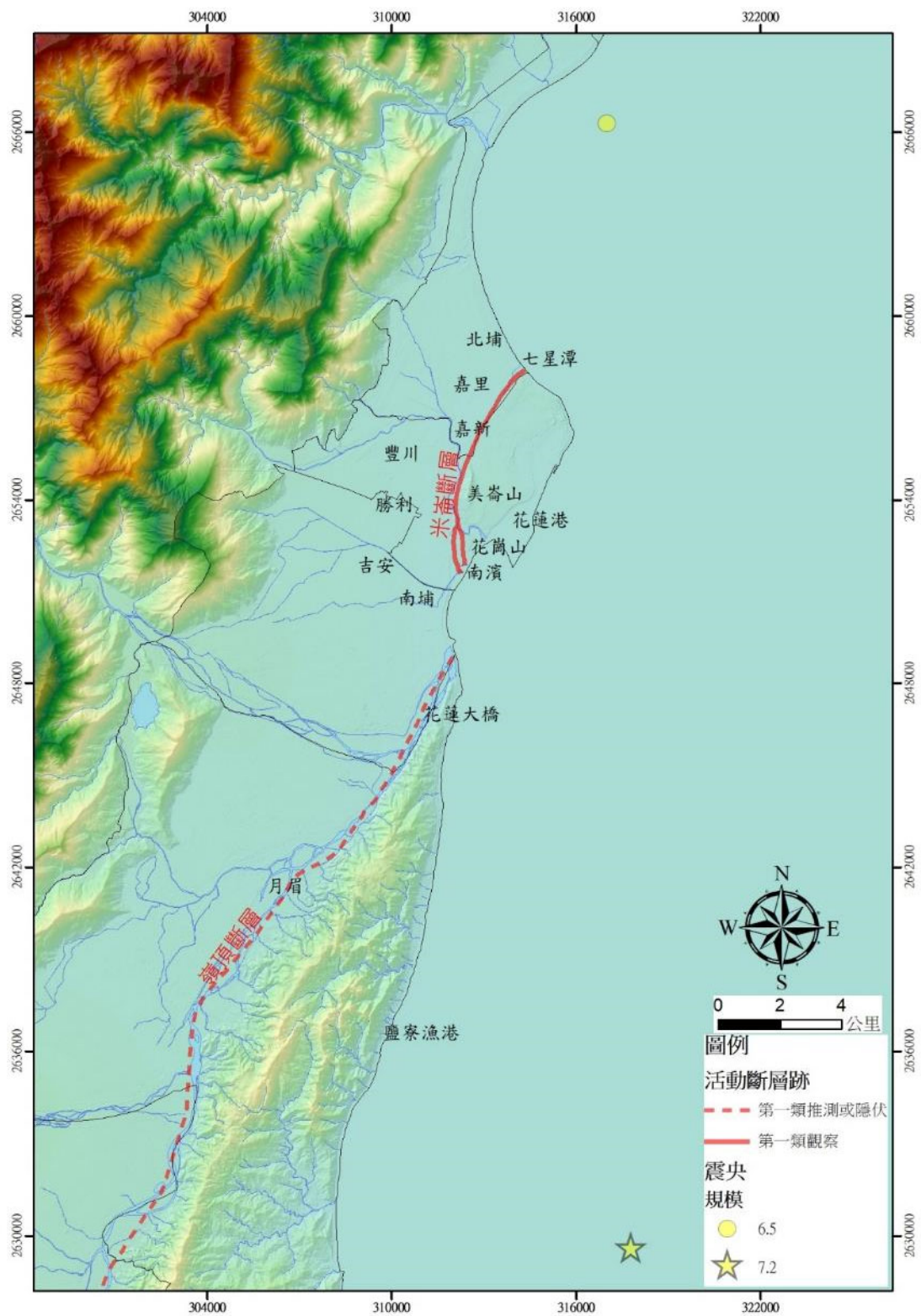


圖 3、本次地震的震央附近的活動斷層分布。

米崙斷層：

米崙斷層為左移斷層兼具逆移分量，約呈南北走向，由花蓮縣七星潭海岸向南延伸至花蓮市美崙山西南側（圖 4），長約 8 公里（Hsu, 1962；林啓文等，2009），透過地表破裂分析與地形分析結果，米崙斷層有多次活動跡象，部分位置有潛移或過去破裂的紀錄（梁勝雄等，2017）。

花蓮地區在 1951 年 10 月 22 日的 5 時 34 分及 11 時 30 分發生 2 次強震（臺灣省氣象所，1952）。將 2 次地震重新定位後，第 1 個地震位於花蓮東方外海，震源深度 9 公里，規模Ms 7.4，第 2 個地震位於七星潭北部外海，震源深度 30 公里，規模Ms 7.2，並造成花蓮地區地表破裂（Cheng *et al.*, 1996）。

1951 年地震時花蓮機場東側抬升50公分，七星山抬升120公分，七星潭東側抬升40公分，在加禮灣路基上斷層東側向北移動40公分（臺灣省氣象所，1952）。地震時七星潭附近斷層的視左移移距約 2 公尺，東側上升約 1.2 公尺（林朝榮，1962）。地震當時斷層上盤抬升50至60公分，下降側有斷池（Hsu, 1962）。地震抬升現象一直延伸至海岸，造成花蓮港水位線下降60公分（劉啟清，1988）。整個米崙台地可能都受到地震造成的抬升作用，米崙斷層則是該次地震的地震斷層。

2018年2月6日23點50分臺灣東部花蓮地區發生芮氏規模6.26地震，震央在花蓮東北方立霧溪口的海上，震源深度 6.3公里，由主震資料與餘震分布、震源深度及震源機制等地震資訊，以及鄰近地區的活動斷層特性研判，此次地震深度約6公里，約呈北東走向、向西北傾斜60度的海域發震構造所誘發，研判與琉球海溝的隱沒系統有關。此次地震在米崙斷層與嶺頂斷層沿線產生地表破裂與噴沙現象（盧詩丁等，2018）。

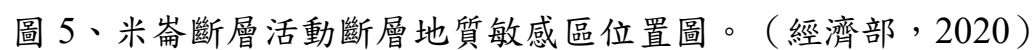
經濟部依據過往資料在2016年公告活動斷層地質敏感區（F0011 米崙斷層），並根據2018年花蓮地震地質調查資料，在2020年進行

活動斷層地質敏感區變更（F1011 米崙斷層）（圖 5，經濟部，2020）。



圖 4、米崙斷層條帶地質圖。（引自林啓文等，2009）

米崙斷層
地質敏感區編號：F1011



嶺頂斷層：

嶺頂斷層為左移斷層，兼具逆移性質，呈北北東走向，由花蓮溪出海口嶺頂岬向南延伸，經月眉至光復鄉東富村（陳文山等，2008），長約30公里（圖 6）。斷層上盤有斷續出現的一系列線狀崖，原被稱為月眉斷層（林啓文等，2000）。嶺頂斷層可能是海岸山脈向西北運動時形成的前緣斷層，向南延伸至富田一帶，再連接瑞穗斷層。大地觀測結果，嶺頂斷層兩側的垂直與水平速度場均有明顯的變化，透過鑽探分析該斷層曾於10萬年內活動（許晉瑋與劉彥求，2017）。

嶺頂斷層沿線地質鑽探結果，上盤為都鑾山層或八里灣層，下盤為全新世或更新世沉積物（顏一勤，2017；富國技術工程股份有限公司，2016），上盤都鑾山層或八里灣層逆衝至沖積層之上，藉由岩心剪切帶及岩性差異來判定斷層位置。依據岩心中斷層截切沉積層與碳樣定年資料，嶺頂斷層在距今約3萬年內有活動紀錄（富國技術工程股份有限公司，2016）。

2018年2月6日花蓮地震時，嶺頂斷層北段（月眉以北）發生地表破裂（盧詩丁等，2018），地表變形測量呈現斷層上盤向北的左移運動（Wu *et al.*, 2019），地表產生一系列帶狀分布、呈左移形式的破裂及變形，指示斷層跡位置（許晉瑋等，2018）。經濟部於2019年公告嶺頂斷層活動斷層地質敏感區（圖 7，經濟部，2019）。

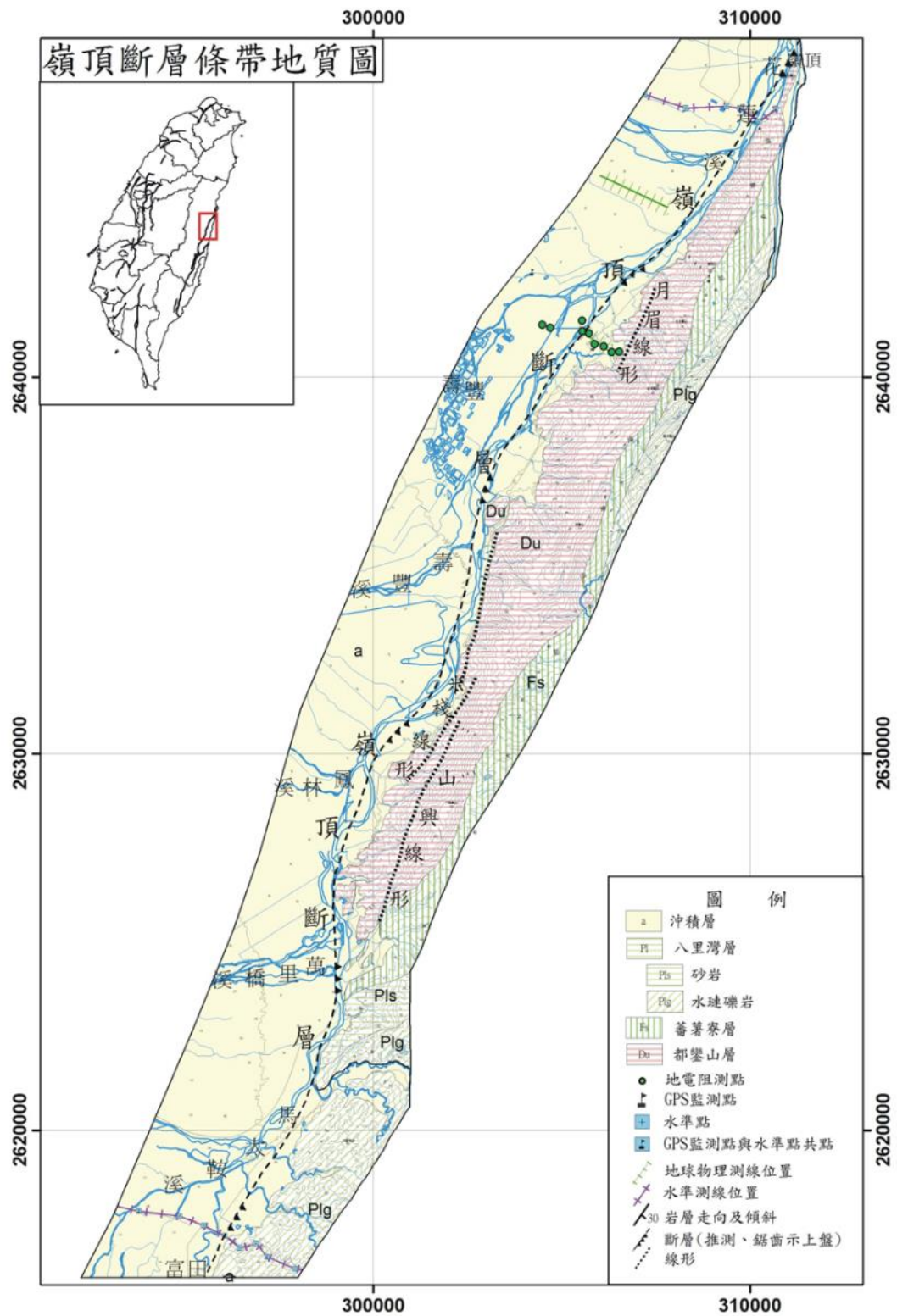


圖 6、嶺頂斷層條帶地質圖。(引自林啓文等，2009)

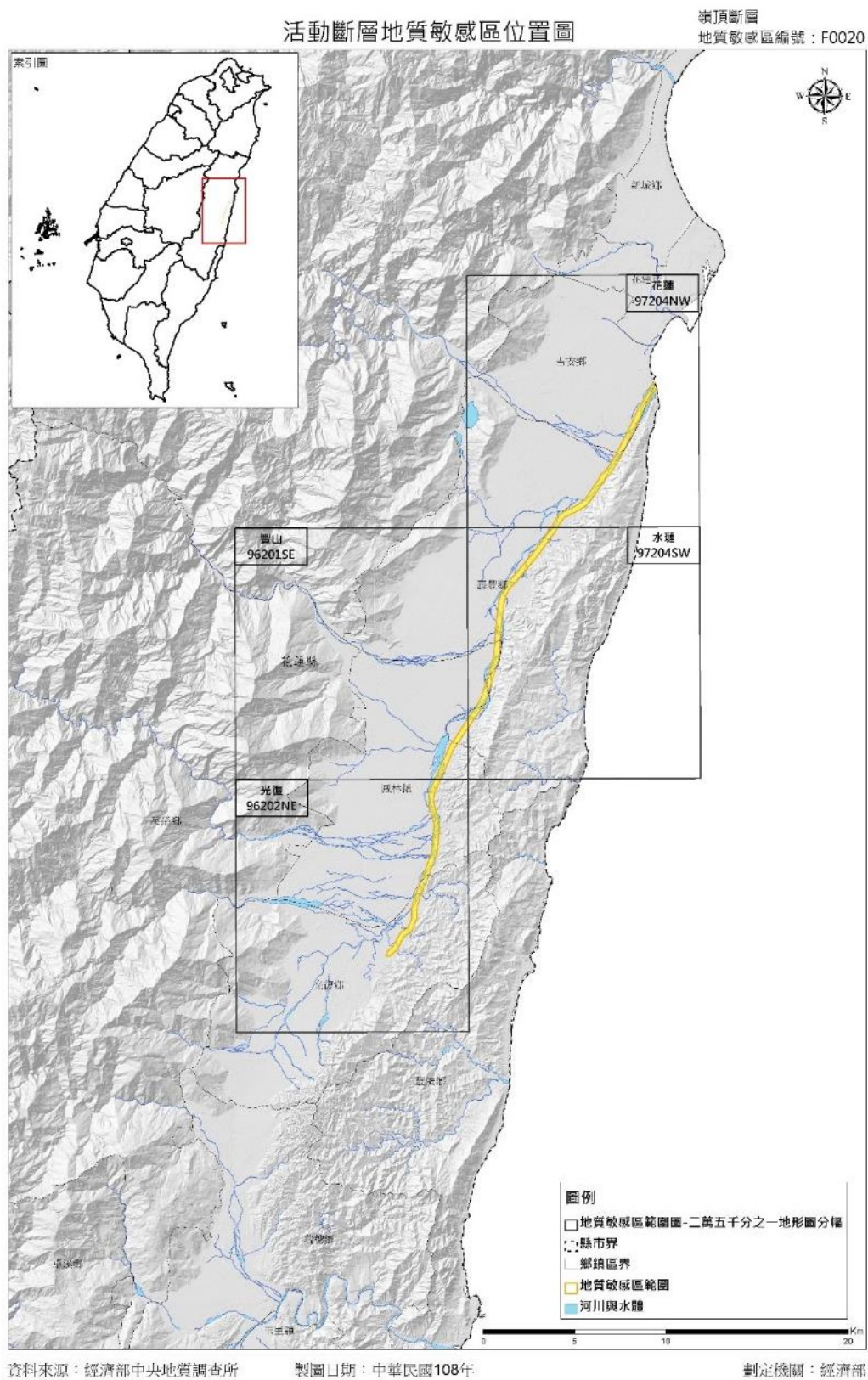


圖 7、嶺頂斷層活動斷層地質敏感區位置圖。（經濟部，2019）

二、地震資料

113年4月3日7時58分，花蓮縣壽豐近海發生芮氏規模7.2地震，震源深度15.5公里，隨後8時11分，上述地震北側發生深度5.5公里，芮氏規模6.5的地震，震源位置相近，後續並發生一系列規模大於5.0餘震。依中央氣象署地震報告，該次地震震央位置在花蓮縣政府南南東方25.0公里，臺灣東部近海海域，震度以花蓮縣和平震度為6強為最，花蓮市與太魯閣米為6弱，宜蘭縣與苗栗縣最大震度為5強，最大震度達5弱的縣市包括臺中市、彰化縣、新竹縣、南投縣、桃園市、新北市以及臺北市。

經主震及餘震震源投影與震度範圍分析（圖8、表1），此次地震震源深度在15-44公里之間，地震矩規模 M_w 7.3-7.6，可能由近海的北北東走向的左移斷層錯動所造成，推測屬於菲律賓海板塊向北隱沒到琉球島弧下方板塊邊界活動所致。依據目前所收集的資料，研判該次地震和陸地上斷層沒有直接關係。

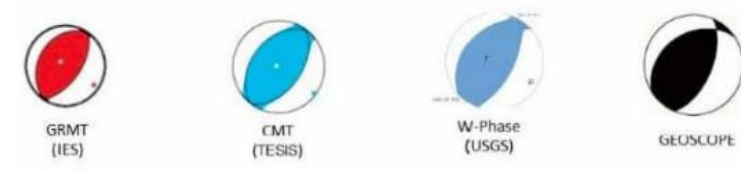


圖 8、國內外各單位解算 0403 花蓮地震震源機制解，其中 GRMT 與 CMT 為中央研究院地球科學研究所提供，W-Phase 為美國地質調查所（USGS）提供，GEOSCOPE 為法國全球寬頻地震網提供。

表 1、0403 花蓮地震參數列表：

資料來源	深度 (km)	規模
GRMT (IES)	35.5	M_{wc} 7.68
CMT (TESIS)	15.5	M_L 7.2
W-Phase (USGS)	23.5	M_{ww} 7.37
GEOSCOPE	44	M_w 7.4

經過 20 天左右，在 4 月 23 日凌晨 2 時 26 分與 2 時 32 分，在 0403 花蓮地震震央附近，分別產生芮氏規模 6.0 與 6.3 之地震，地震深度分別為 10 公里與 5.5 公里（圖 9 與圖 10）。

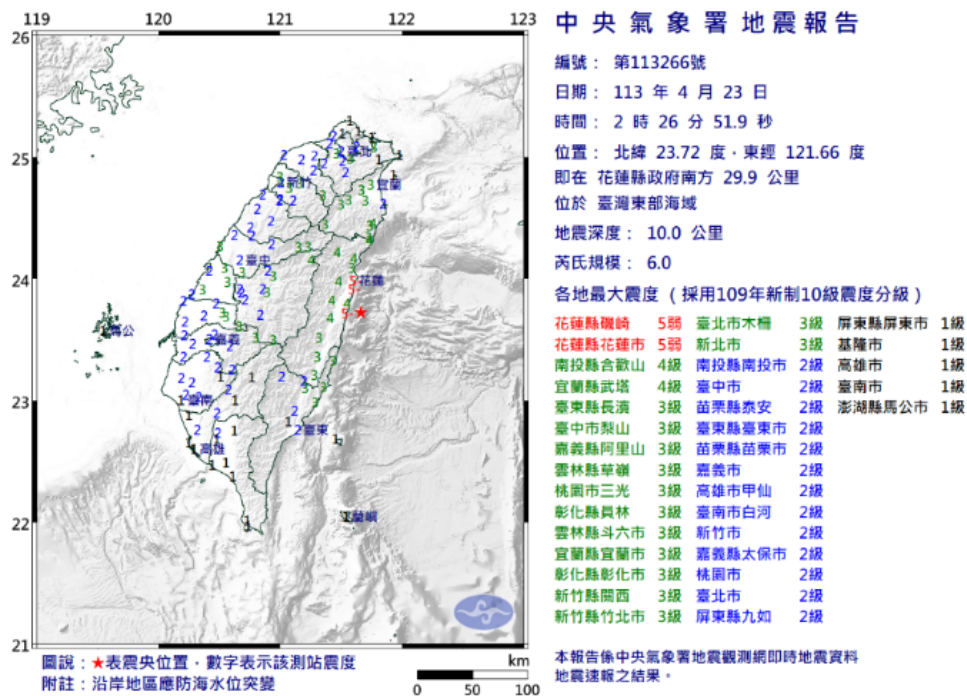


圖 9、交通部中央氣象署發布之 4 月 23 日凌晨 2 時 26 分 266 號地震報告與震央附近等震度圖。（2024-04-24 檢索）

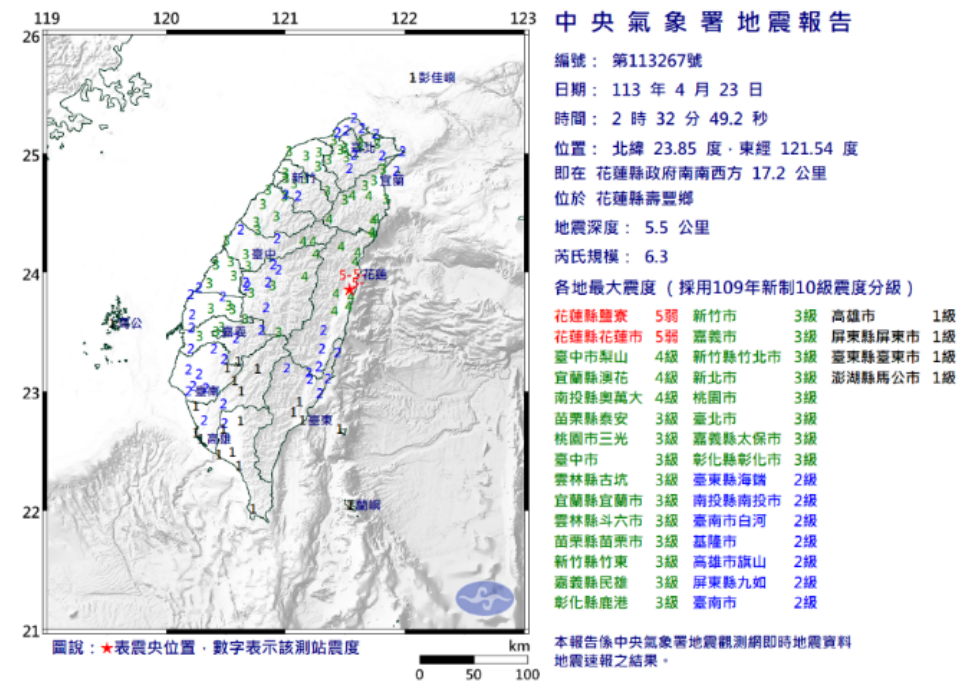


圖 10、交通部中央氣象署發布之 4 月 23 日凌晨 2 時 32 分 267 號地震報告與震央附近等震度圖。（2024-04-24 檢索）

參、地表地質調查

此次地震發生後，本中心同仁即刻著手蒐集地震、災情與其它可能相關資訊，研判可能的發震構造與可能產生破壞位置，同時國立東華大學自然資源與環境學系顏君毅教授也熱心提供地震當下花蓮地區相關地表破壞情形，綜合各資料藉以評估主要調查區域及工作重點。

經主震及餘震震源投影與震度範圍分析，此次地震可能由近海的北北東左移形式斷層錯動所造成，推測屬於菲律賓海板塊向北隱沒到琉球島弧下方的板塊邊界活動所致，研判和陸地上斷層沒有直接關係，但因過往經驗，可能仍然會造成鄰近震央之斷層產生地表破裂現象，故積極蒐集資訊，安排野外地質調查與地表同震變形成果施測。

0403花蓮地震規劃重點調查區域為米崙斷層與嶺頂斷層沿線，輔以進行前人研究指出可能的構造線形進行巡查，以確認是否發生相關地表破裂或相關的變形現象（圖 11）。調查範圍為花蓮縣花蓮市至花蓮縣鳳林鎮，鄰近震源位置鄉鎮與台11線花蓮海岸公路，本報告著重於地表地質現象，人工結構物破壞現象，不在本報告調查撰寫範圍。最後調查結果，以四部分說明：米崙斷層、嶺頂斷層，其他構造線形及花蓮沿海地區地殼抬升觀測。

4月23日凌晨發生規模 $M_L6.0$ 與 $M_L6.3$ 地震時，本中心謝有忠科長等人正在花蓮地區進行野外地質調查任務，立即提供當天地震後野外地質調查相關數據、照片，以及空拍檔案供本報告撰寫使用，相關資料放置於嶺頂斷層一節。

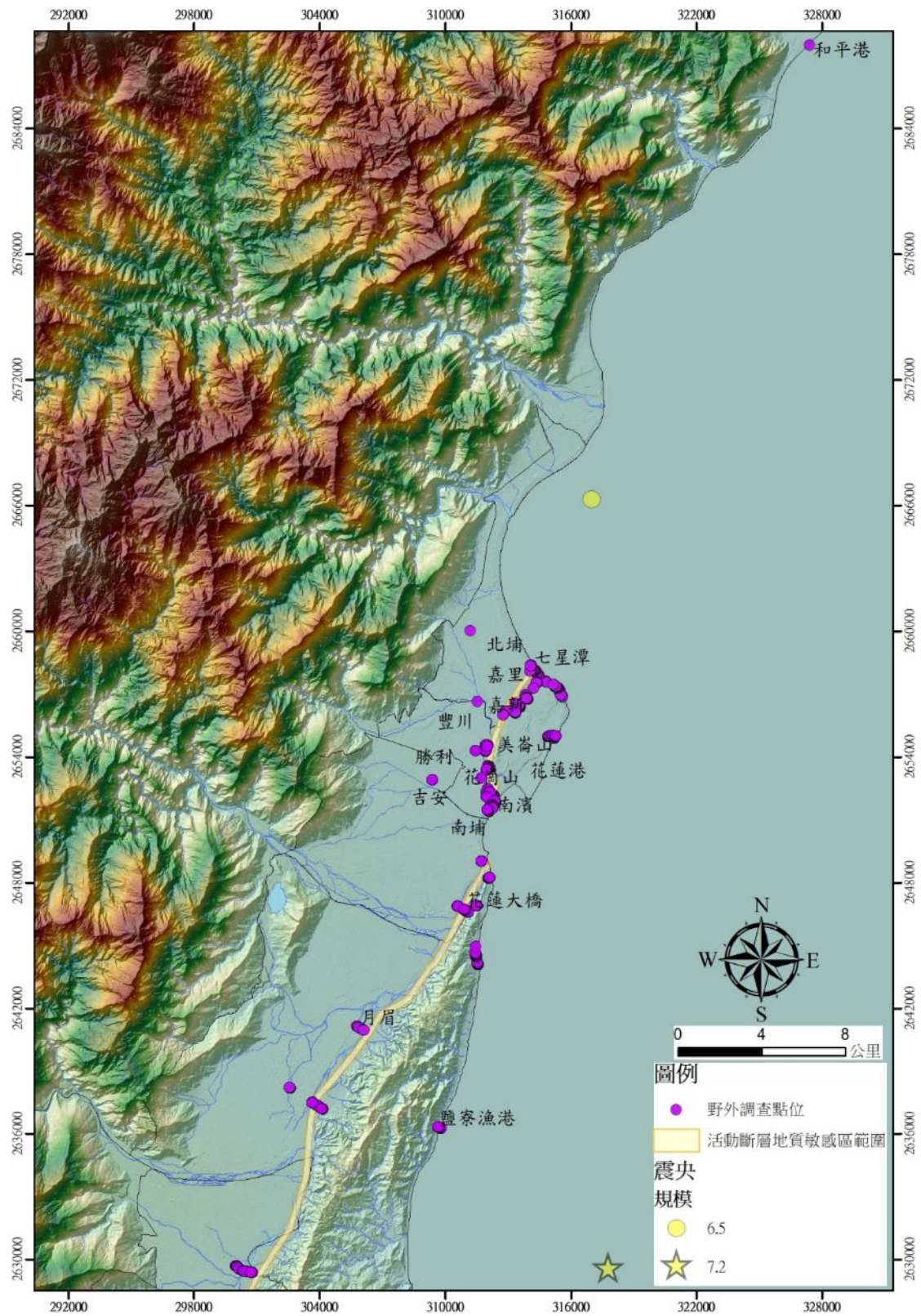


圖 11、0403 花蓮地震野外地質調查分布圖。

一、米崙斷層沿線調查結果

沿過去前人報導米崙斷層地表破裂位置（盧詩丁等，2018），七星潭一帶無明顯地表破裂現象，僅少部分建物受地震力搖晃而受損，部分區域產生局部噴沙現象（圖 12），惟無法進一步追跡；東華大學創新園區無地表破裂現象（圖 13）；忠烈祠附近美崙溪河畔（圖 14），存在局部噴沙現象（圖 15、圖 16），研判為地震力搖晃導致，並無法追跡；東大門夜市一帶及南濱海岸皆無發現地表破裂現象。



圖 12、七星潭地區因受地震力搖晃而產生的局部噴沙現象。（黃志遠拍攝）



圖 13、東華大學創新園區操場於 2018 地震時受米崙斷層錯動，此次地震未再發生地表破裂現象。（黃志遠拍攝）



圖 14、GOOGLE Earth 提供之 2024-04-04 衛星影像，紅色圈圈處為噴沙區域（2024-04-22 檢索）。



圖 15、忠烈祠附近美崙溪河畔局部噴沙現象。（梁勝雄拍攝）



圖 16、噴沙口清楚可見。（梁勝雄拍攝）

二、嶺頂斷層沿線調查結果

依此次主震的震源機制解（圖8），推測造成地震可能的斷層面為北北東走向，逆移形式為主，但其斷層面可能為向東或向西傾；若為向東傾斜，則嶺頂斷層活動可能性甚高；但若為向西傾，則可能是位在海底的斷層錯動所致。因此，沿嶺頂斷層過去曾發生地表破裂位置（盧詩丁等，2018），進行追蹤，確認是否再次發生地表破裂是此次地震調查的重要項目之一。花蓮大橋於20180206花蓮地震中，曾遭嶺頂斷層活動錯移，但此次地震沒有再受錯動跡象，而其它橫跨花蓮溪的幾座橋梁也都沒有受錯移情形，僅新箭瑛大橋與月眉大橋，受搖晃推擠而輕微受損。除橋梁是否受錯移之外，河床是否見到連續地表破裂也是重要觀察現象，花蓮大橋北側至花蓮溪河口間，可觀察到沙洲側潰伴隨噴沙現象（圖 17、圖 18）；液化現象最遠直到箭瑛大橋南側才消失，皆為沙洲側潰現象伴隨噴沙（圖 19），在這些液化區域中，以月眉大橋南北兩側所見液化範圍最廣（圖 20）。經分析比對過去的地表破裂現象，此次地震所見的液化等變形現象既不連續，也沒有線狀分布，未呈現雁行排列、斷層崖等構造特徵，也就是說不具斷層活動造成地表破裂的特徵，因此可以排除嶺頂斷層活動的可能性。

另外，4月23日凌晨餘震（267號）發生後，由於震度高達6.3，深度僅5.5公里，且位於陸上接近嶺頂斷層，本中心為確認是否發生地表破裂現象，又再一次立即前往米崙斷層與嶺頂斷層等區域，進行調查與執行空拍任務，但僅於花蓮大橋下產生新的噴沙現象（圖 21），延伸約40公尺（圖 22），所有區域仍未見地表破裂現象，也再次排除陸上活動斷層活動的可能性。



圖 17、往北拍攝花蓮大橋一帶沙洲側潰現象伴隨噴沙（紅圈處）。
（梁勝雄拍攝）



圖 18、不同角度鳥瞰花蓮大橋一帶沙洲側潰現象（往北拍攝）。
（梁勝雄拍攝）



圖 19、箭瑛大橋鳥瞰沙洲側潰與噴沙現象（向西北拍攝）。（陳盈璇拍攝）

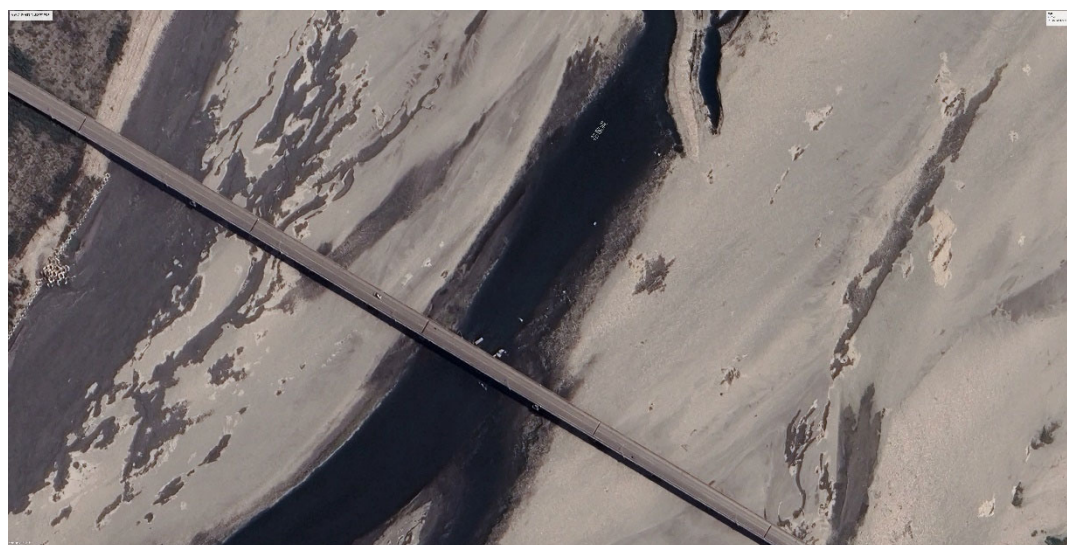


圖 20、月眉大橋南北兩側的側潰現象，往南約可延伸約 100 公尺（Google Earth 影像，圖像時間 2024/4/4）。



圖 21、4 月 23 日地震後，花蓮大橋東側所見噴沙與側潰現象。（謝有忠科長拍攝）



圖 22、4 月 23 日地震後，花蓮大橋噴沙現象南北延伸約 40 公尺。
（謝有忠拍攝）

三、花蓮地區構造線形沿線調查結果

依據同震變形的分布，米崙台地呈現抬升，雖然米崙斷層沒有任何同震變形跡象，但根據前人判釋（沈淑敏等，2006；張國禎，2014），米崙台地上有民意線形，依前人判釋位置，僅於民意線形發現一處因地震力造成柏油路破壞現象（圖 23），惟並不明顯，且難以追跡，不具地表破裂特徵，而其他如月眉與米棧等線形的巡查也沒見到任何地表破裂現象。



圖 23、地震力造成柏油路破壞現象，紅色箭頭處（向東北拍攝）。
（梁勝雄拍攝）

四、沿海地區地殼抬升觀測

生活在潮間帶的藤壺是判釋古海水面的重要指標（Doyle *et al.*, 1996; Hsieh and Rau, 2009）。0403花蓮地震後，花蓮港區能發現藤壺與牡蠣被抬離滿潮時的海水面（圖 24）；慈鯛科魚類繁殖期會在河岸或潮間帶近岸築巢（圖 25），太平洋公園南濱水閘門附近能觀察到慈鯛科魚類的巢穴被抬離水面的現象（圖 26），而在和平工業區專用港（圖 27）與鹽寮漁港因抬升量小於潮汐變化而不易觀察。



圖 24、花蓮港區藤壺與牡蠣等潮間帶生物被抬離水面。紅線為地震前潮水最高水位線，橘線為地震前潮間帶生物生長最上限，藍線為觀察日（4 月 17 日）滿潮最高水位線。（梁勝雄拍攝）

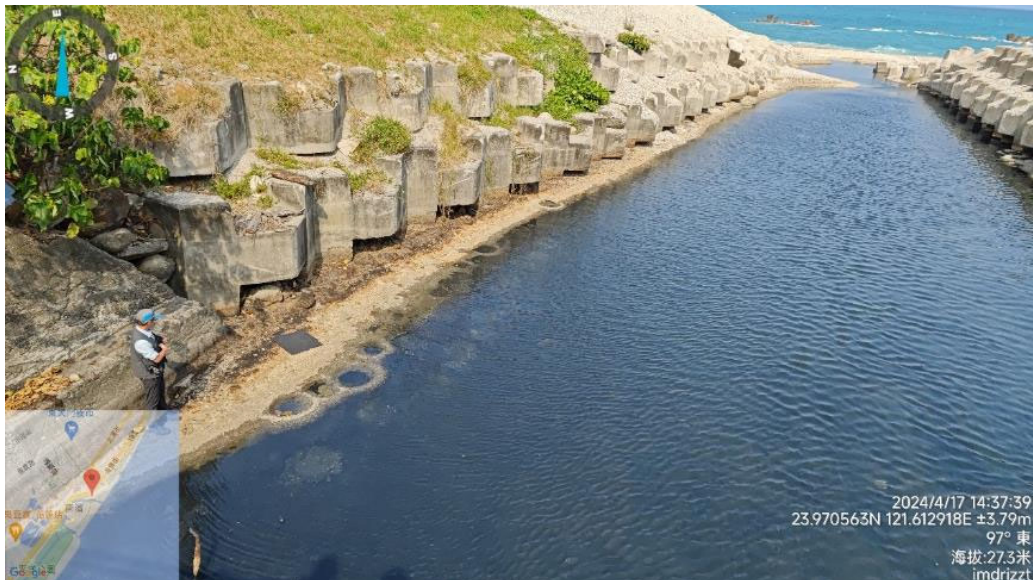


圖 25、太平洋公園南濱水閘門附近，向東拍攝，原應位在最低水位以下數十公分的吳郭魚巢穴已被抬離水面。（黃志遠拍攝）



圖 26、滿潮時刻藤壺等潮間帶淺海生物仍位於水面下（紅圈處），推測抬升量小於潮汐變化而不易觀察。（崔秀國拍攝）

比對交通部運輸研究所運輸技術研究中心「港灣環境資訊網」花蓮港區潮位資料，2024年4月3日上午8時相對築港高程基準為94公分，2024年4月3日上午9時相對築港高程基準為45公分（圖 27），另根據中央氣象署公布之花蓮港區潮汐預估，4月3日滿潮會發生在12時29分，故推得當日上午8時與9時原為潮位緩步上升的狀態，但潮位記錄高度突然減少達49公分，顯示為當時地震造成的地殼抬升所致，即因地震作用導致潮位站相對抬升近49公分。

內政部國土測繪中心發布花蓮地震衛星導航系統（Global Navigation Satellite System, GNSS）地表位移成果資料顯示相對於金門測站（KMMN），測站最大水平地表位移發生在東管處站（YENL），向東南方位移22.2公分（圖 28）；垂直最大抬升量為花蓮站（HUAL），抬升45.1公分（圖 29）。另外，由0403花蓮地震前後「大地2號（だいち2号，ALOS-2）」雷達影像解算地表變形資

料顯示視衛星方向（Line Of Sight, LOS）縮減量為45公分（日本國土交通省國土地理院，2024），與現地量測接近。

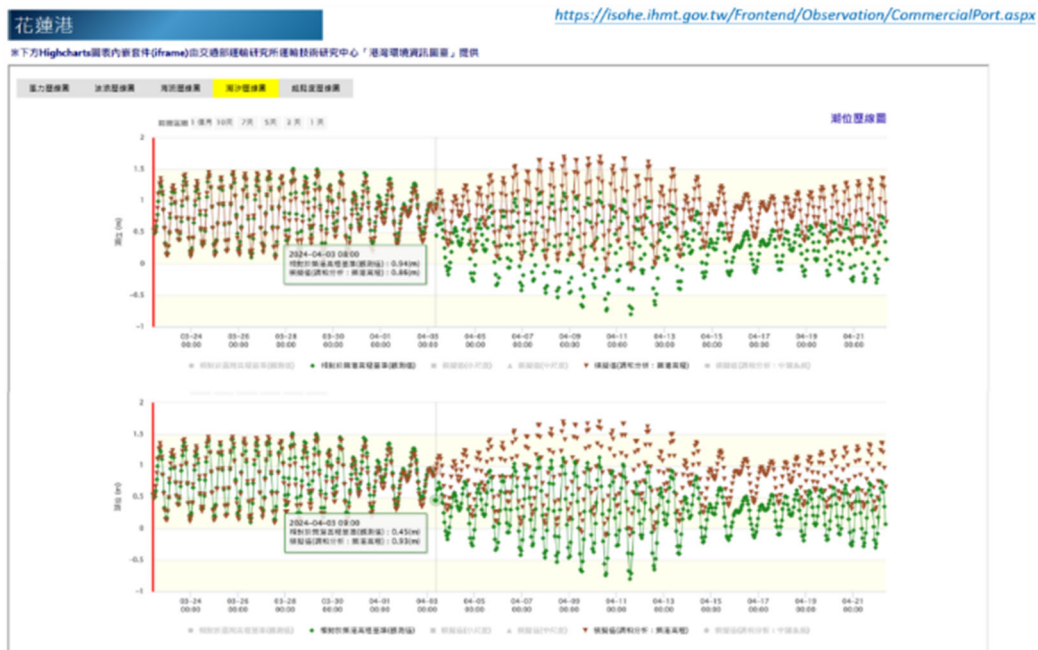


圖 27、花蓮港潮位資料，在 2024 年 4 月 3 日上午 8 時相對築港高程基準為 94 公分，在 2024 年 4 月 3 日上午 9 時相對築港高程基準為 45 公分。（港灣環境資訊網，2024-04-21 檢索）

113年4月3日花蓮地震地表位移圖(平面)

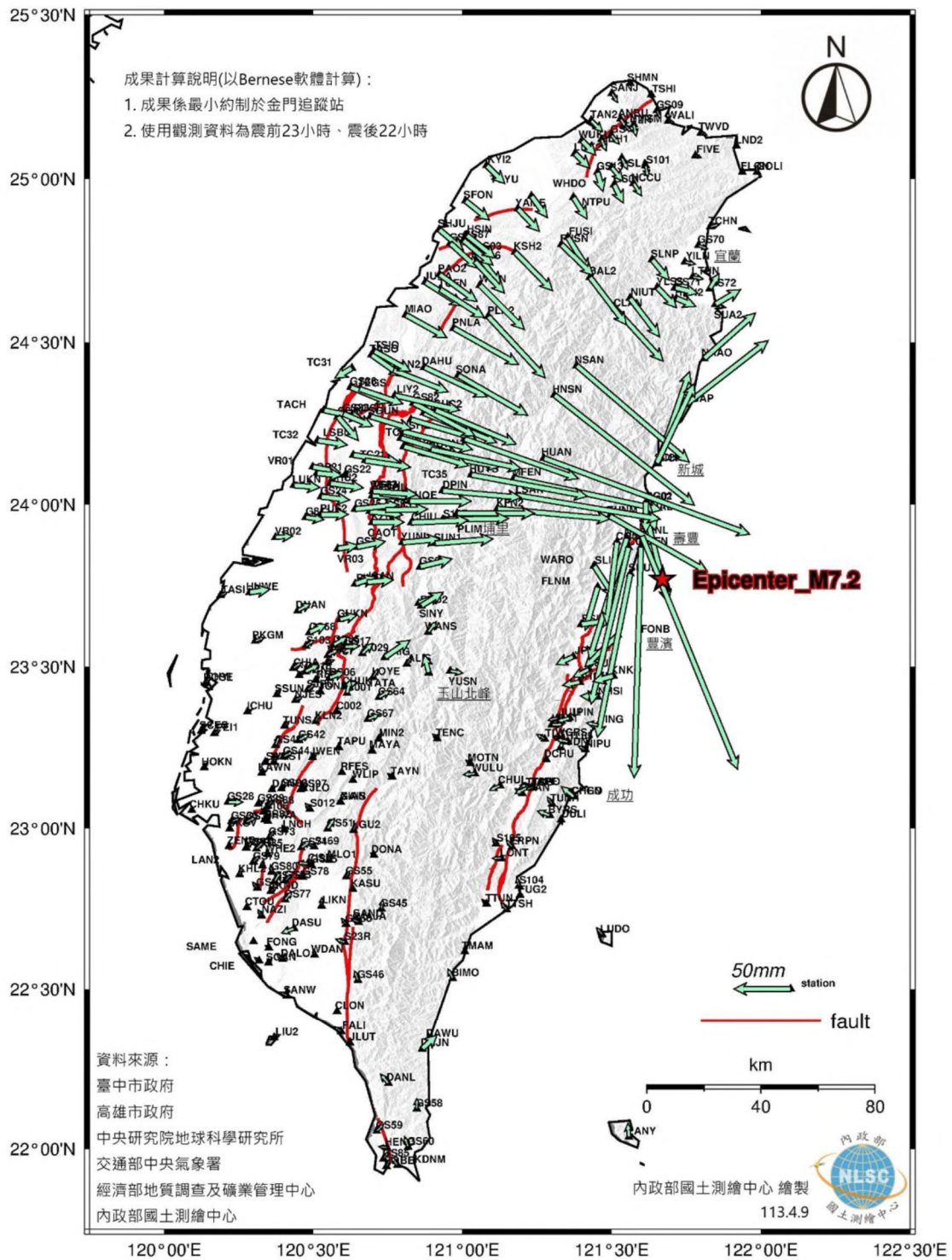


圖 28、0403 花蓮地震前後地表同震水平位移圖。(內政部國土測繪中心提供)

113年4月3日花蓮地震地表位移動圖(橢球高)

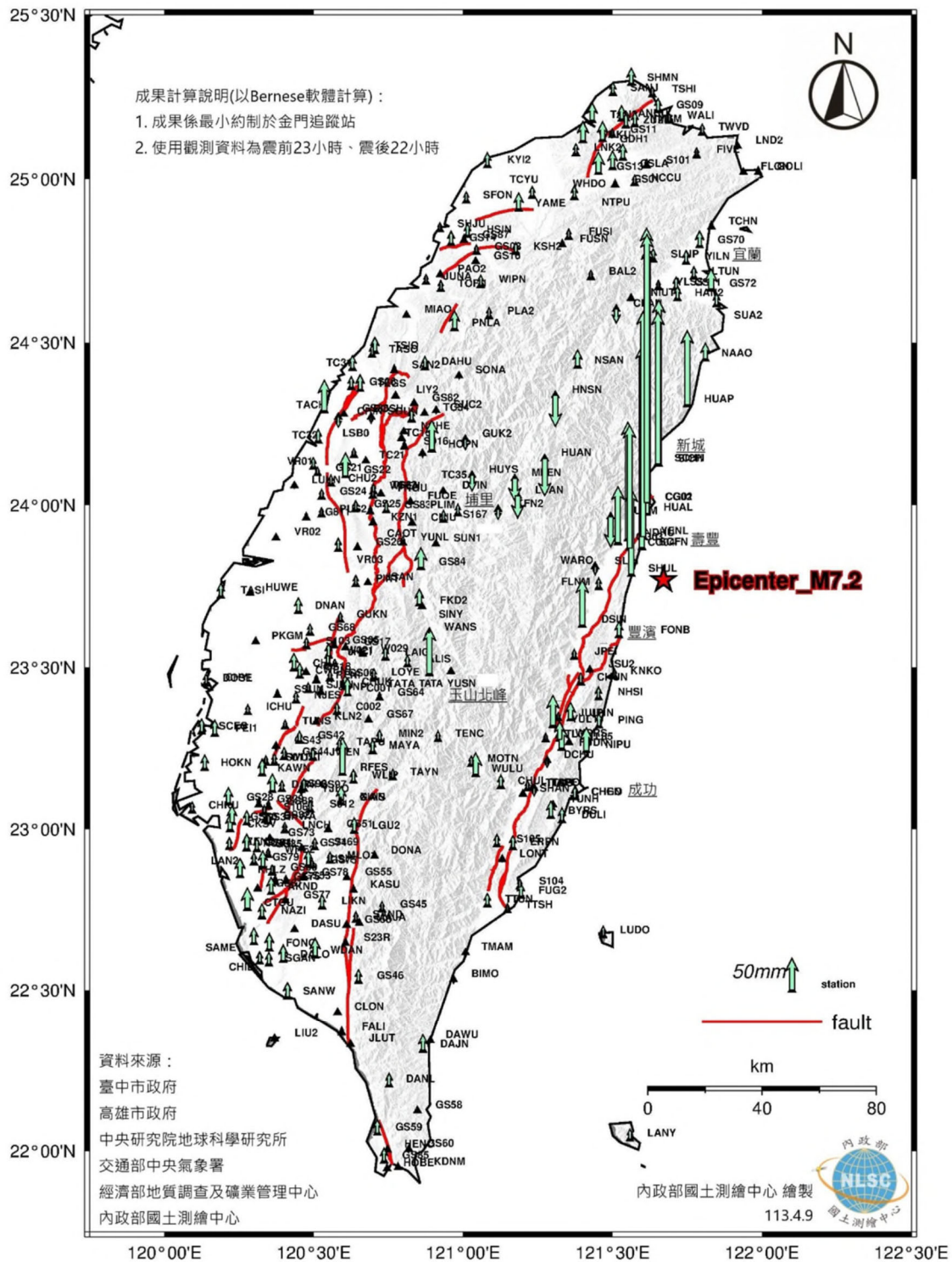


圖 29、0403 花蓮地震前後地表同震垂直位移動圖。(內政部國土測繪中心提供)

肆、結論與建議

一、結論

- (一) 本次0403花蓮地震發生的地震震央在花蓮縣壽豐鄉近海，震源深度在15-44公里之間，野外地質調查證據顯示與地表淺部的米崙斷層與嶺頂斷層等活動斷層無直接關聯，研判可能為地下深處的斷層構造所引致，建物破壞或山崩落石係受到震波搖動所造成。
- (二) 米崙斷層沿線於2018年0206花蓮地震曾發生地表破裂之處，本次地震後經現場檢視並未發現新的破裂現象，既有破裂亦無壓縮或擴大等變化，鄰近米崙斷層的美崙溪河道兩側僅靠近忠烈祠附近出現局部噴沙現象。
- (三) 嶺頂斷層沿線亦未發現地表破裂現象，僅於花蓮大橋至箭瑛大橋之間河床發現數處不連續噴沙範圍，單一分布範圍長100至150公尺，且與嶺頂斷層位置有相當差距。由於噴沙現象與河道走向相當一致，為本次地震之強地動致使液化與噴沙現象沿部分鬆軟的河道沉積物而發生。
- (四) 由現地調查發現花蓮港與太平洋公園等沿海地區抬升約40-60公分不等，與地震前後花蓮港驗潮站潮位資料地表抬升約50公分相當，而北至和平港，南迄鹽寮漁港，則因相對抬升量漸小而不易觀察。

二、建議

- (一) 由於引發本次0403花蓮地震的斷層位於海中，故陸上所見災情係地震表面波的強烈搖動所致。雖然依據地震觀測資料，本次地震發生的花蓮壽豐近海在過去地震活動較少，但臺灣東部位於兩個板塊擠壓的交界，為臺灣地震發生最為頻繁與平原區活動斷層最密集之區域，大規模地震之發生機率較高，建議位於臺灣東部地區的重要設施可重新檢討安全係數，並視需要進行

補強結構提高耐震能力，以因應下一次地震的到來。同時建議相關單位多進行宣導教育，增進民眾有關地震避難之知識，方能減少地震發生可能帶來的損失與傷害。

- (二) 此區域的地質構造較過去了解更為複雜，建議應持續加強地殼變形、地震及活動斷層等觀測與分析能力，藉由區域尺度的觀測資料成果進行構造解釋，作為防災與應變之參據。
- (三) 同震地殼變形觀測部分，本報告僅為初步成果，本中心活動斷層觀測網現地觀測已在4月23日完成，刻正進行解算與報告撰寫，相關成果將再整合初稿另行公布。地殼與活動斷層變動需藉長期觀測，瞭解其變動趨勢並評估其安全性，此項工作需充分的人力與經費配合，並且長期持續進行方能竟其功。地礦中心將持續努力，針對全國活動斷層及地殼變動敏感地區進行長期觀測與調查，提供基礎研究資料，以及作為災害防治與預警應變之參考。

致謝

中央研究院地球科學研究所、內政部國土測繪中心、台灣地震科學研究中心、交通部中央氣象署、高雄市政府、臺中市政府（按筆畫順序）等國內外各地震與測量等相關研究單位於本次0403花蓮地震後迅速提供地震報告與相關震源機制資料，以及地殼變形初步成果。

地震發生後不久，國立東華大學自然資源與環境學系顏君毅教授即致電本中心同仁，討論地震相關資料，隨後至現地進行調查及分享調查成果，感謝其熱心協助。最後，感謝地震時投入救災的團體，也期望受本次地震影響的所有人事物都能盡快恢復往昔。

參考文獻

- Cheng, S.N., Yeh, Y.T. and Yu, M.S. (1996) The 1951 Taitung Earthquake in Taiwan. J. Geol. Soc. China, no.39 (3), 267-285.
- Doyle, P., Mather, A. E., Bennett, M. R., Bussell, M. A., (1996) Miocene barnacle assemblages from southern Spain and their palaeoenvironmental significance. Lethaia, Vol.29, 3, 267-274.
<https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1996.tb01659.x>
- Hsieh, M.L. and Rau R.J. (2009) Late Holocene coseismic uplift on the Huatung Coast, eastern Taiwan: evidence from mass mortality of intertidal organisms. Tectonophysics, 474, 595-609.
- Hsu, T.L. (1956) Geology of the Coastal Range, eastern Taiwan. Bull. Geol. Surv. Taiwan, 8, p.39-64.
- Hsu, T.L. (1962) Recent faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. Mem. Geol. Soc. China, 1, 95-102.
- Wu, B. L., Yen, J. Y., Huang, S. Y., Kuo, Y. T. and Chang, W. Y. (2019) Surface deformation of 0206 Hualien earthquake revealed by the integrated network of RTK GPS. Terr. Atmos. Ocean. Sci., 30, 301-310, doi: 10.3319/TAO.2019.05.27.01
- 沈淑敏、張瑞津、楊貴三 (2006) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫－活動構造地形判釋及資料庫建置分析總報告。經濟部中央地質調查所報告，共 105 頁。
- 林啓文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正 (2000) 臺灣活動斷層概論，五十萬分之一臺灣活動斷層圖說明，第二版。經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號，共 122 頁。
- 林啓文、陳文山、劉彥求、陳柏村 (2009) 臺灣東部與南部的活動斷層。經濟部中央地質調查所特刊第 23 號，共 327 頁。
- 林朝榮 (1962) 花蓮地方的第四系－臺灣之第四紀研究 (三)。國家長期發展科學委員會研究報告，共 42 頁。
- 許晉瑋、劉彥求 (2017) 臺灣東部縱谷斷層北段及沿線地質調查研究，經濟部中央地質調查所 106 年度自行研究計畫報告，共 70 頁。

- 許晉瑋、顏一勤、劉彥求（2018）臺灣東部嶺頂斷層之斷層跡及地質調查研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 33 號，第 77-102 頁。
- 陳文山、林益正、顏一勤、楊志成、紀權宵、黃能偉、林啟文、林偉雄、侯進雄、劉彥求、林燕慧、石同生、盧詩丁（2008）從古地震研究與 GPS 資料探討縱谷斷層的分段意義。經濟部中央地質調查所彙刊，第 20 號，第 165-191 頁。
- 陳文山（2016）臺灣地質概論，中華民國地質學會，第 101-124 頁。
- 陳文山、吳逸民、葉柏逸、賴奕修、柯明淳、柯孝勳、林義凱（2018）臺灣東部碰撞帶孕震構造，經濟部中央地質調查所特刊，第三十三號，第 123-155 頁。
- 張國楨（2014）重要活動斷層調查特性研究—近斷層高精度地形資料之判釋與分析（總報告）。經濟部中央地質調查所委辦計畫成果報告書，共 327 頁。
- 梁勝雄、胡植慶、林依蓉、盧詩丁、許晉瑋、侯進雄、黃意茹、王金安、黃志遠（2017）臺灣東部鄰近米崙斷層北段之地表破裂調查，經濟部中央地質調查所彙刊第 30 號，第 89-118 頁。
- 景國恩、李易叡、張午龍、莊昀叡、顏銀桐、莊怡蓉、邵國士（2021）重要活動斷層地區地表變形觀測與斷層潛勢評估（1/2）。經濟部中央地質調查所 110 年度委託專業服務期末報告書，共 412 頁。
- 經濟部（2019）活動斷層地質敏感區劃定計畫書—F0020 嶺頂斷層，共 24 頁。
- 經濟部（2020）活動斷層地質敏感區劃定計畫書—F1011 米崙斷層，共 19 頁。
- 臺灣省氣象所（1952）中華民國 41 年地震報告。臺北，共 83 頁。
- 劉啟清（1988）臺灣地區地殼變動對驗潮紀錄的影響。第二屆臺灣地區地球物理研討會論文集，第 324-331 頁。
- 顏一勤（2017）106 年度臺灣東部活動構造精進研究案成果報告書。經濟部中央地質調查所研究報告，共 51 頁。
- 盧詩丁、陳建良、陳致言、劉彥求、陳柏村、許晉瑋、莊釗鳴、鄭

智仁、陳思婷、黃志遠、呂貞怡（2018）20180206 花蓮地震地質調查報告，經濟部中央地質調查所告，共 115 頁。

網頁資料（2024-04-24 最後檢索）

1. Broadband Array in Taiwan for Seismology.
<https://bats.earth.sinica.edu.tw/>
2. GEOSCOPE Observatory French Global Network of broad band seismic stations. <http://geoscope.ipgp.fr/index.php/en/>
3. Global Real-Time Moment Tensor Monitoring System.
<https://grmt.earth.sinica.edu.tw/>
4. United States Geological Survey. <https://www.usgs.gov/>
5. GEOSCOPE Observatory French Global Network of broad band seismic stations. <http://geoscope.ipgp.fr/index.php/en/>
6. 內政部
https://www.moi.gov.tw/News_Content.aspx?n=9&s=314685
7. 交通部中央氣象署 <https://www.cwa.gov.tw/V8/C/>
8. 台灣地震科學中心 <https://tec.earth.sinica.edu.tw/>
9. 港灣環境資訊網 - 交通部運輸研究所運輸技術研究中心
<https://isohe.ihmt.gov.tw/Frontend/index.aspx>

20240403 花蓮地震地質調查報告

第二部分： 地表變形觀測結果



經濟部地質調查及礦業管理中心

GEOLOGICAL SURVEY and MINING MANAGEMENT AGENCY, MINISTRY of ECONOMIC AFFAIRS

中華民國 113 年 5 月 16 日

地表變形分析：陳建良、陳盈璇、范力仁、黃琨哲、潘乙
喬、鄭智仁、黃志遠、林楊閔、王怡方、
邵昀霆

報告撰寫：陳建良、陳盈璇、范力仁、黃琨哲

責任審閱：林啓文

目錄

目錄.....	3
圖目錄	5
表目錄	6
摘要	7
一、前言	8
三、大地測量觀測方法說明.....	10
四、花東地區近期的地表變形情形.....	13
(一)間震時期	13
(二)同震時期	17
(1) 2013 年 10 月 31 日瑞穗地震.....	17
(2) 2018 年 2 月 6 日花蓮地震	18
(3) 2022 年 3 月 23 日長濱地震.....	20
(4) 2022 年 6 月 20 日光復地震	21
(5) 2022 年 9 月 17 日關山的地震	22
(6) 2022 年 9 月 18 日池上地震	23
五、0403 地震同震位移結果.....	24
六、合成孔徑雷達影像差分干涉觀測結果	31
(一)原理說明	31
(二)衛星影像干涉結果	32
七、斷層模擬結果.....	35
(一)原理說明	35

(二)斷層模型模擬結果	36
八、結論與建議	39
致謝	61
參考文獻	61

圖目錄

圖 1:0403 地震餘震分布圖。	9
圖 2:本中心於花蓮地區設置之 4 個 GNSS 連續追蹤站。	11
圖 3:GNSS 移動站野外測量觀測情形。	12
圖 4：精密水準測量情形。	12
圖 5：水準測量基本原理示意圖。	13
圖 6：東部地區相對於澎湖白沙站（S01R）水平方向速度場。	15
圖 7：東部地區相對於澎湖白沙站（S01R）垂直方向速度場。	16
圖 8：2013 年 10 月 31 日瑞穗地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直 方向(右圖)同震位移分布圖。	18
圖 9：2018 年 2 月 6 日花蓮近海地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂 直方向(右圖)同震位移分布圖。	19
圖 10：2022 年 3 月 23 日地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向 (右圖)同震位移分布圖。	20
圖 11：2022 年花蓮光復地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向 (右圖)同震位移分布圖。	21
圖 12：2022 年臺東關山地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向 (右圖)同震位移分布圖。	23
圖 13：2022 年 9 月 18 日臺東池上地震 0918 池上地震 GNSS 測量水 平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖。	24
圖 14：花東地區活動斷層分布圖。	26
圖 15：GNSS 連續站及 GNSS 移動站點位分布圖。	27
圖 16：0403 花蓮地震 GNSS 連續觀測站水平方向同震位移分布圖。	28
圖 17：0403 花蓮地震 GNSS 連續觀測站垂直方向同震位移分布圖。	29

圖 18：4 條精密水準測線垂直方向同震位移圖。	30
圖 19：利用不同時間的合成孔徑雷達影像干涉圖。	31
圖 20：0403 花蓮地震之 SENTINEL-1 升軌雷達差分干涉同震地表變位圖。	33
圖 21：0403 花蓮地震之 SENTINEL-1 降軌雷達差分干涉同震地表變位圖。	33
圖 22：0403 花蓮地震之 ALOS-2 升軌 STRIPMAP 雷達差分干涉同震地表變位圖。	34
圖 23：0403 花蓮地震之 ALOS-2 降軌 SCANSAR 雷達差分干涉同震地表變位圖。	34
圖 24：斷層錯位模型於水平方向擬合結果。	37
圖 25：斷層錯位模型於垂直方向擬合結果。	38
圖 26：臺灣水平速度場及斷層活動潛勢圖。	41

表目錄

表 1：0403 地震 GNSS 連續追蹤站同震位移資料表	42
表 2：0403 地震 GNSS 移動站同震位移資料表	54
表 3：0403 地震精密水準測量同震位移資料表	57

摘要

本報告以全球衛星導航系統（Global Navigation Satellite System；簡稱 GNSS）連續站、GNSS 移動站(Campaign Mode GNSS)、精密水準測量(Precise Leveling)與合成孔徑雷達差分干涉（Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar；DInSAR）技術等觀測方式聯合解析 0403 地震之地表變形情形。

觀測結果顯示，0403 地震造成東部大範圍之顯著位移，水平位移方面，主要的位移量分布於太魯閣以西之中央山脈區域，以及花蓮溪口以南的海岸山脈北段區域；垂直位移方面，主要的抬升量分布於米崙斷層以東之米崙臺地區域，以及花蓮溪口以南的海岸山脈北段區域。最大水平位移為 SPAO（西寶）測站，往東南方向位移 24.1 公分；最大垂直位移為花蓮市華東（U037 測站），垂直抬升 58.5 公分；精密水準測量在橫跨海岸山脈北段的龍澗-嶺頂測線具顯著抬升，且愈往東側抬升量愈大，最大的垂直抬升量為東海岸風景區北口水準點（G970），抬升 48.1 公分。雷達差分干涉成果指出，此次地震造成花東縱谷北段南北長約 60 公里地表變形，在花蓮市區有較密集的干涉環，地表變形位移量明顯，愈往南干涉環變得較疏代表地表變形逐漸變小，變形趨勢與 GNSS 觀測結果相似。藉由斷層模擬，可獲得一向西傾的斷層最佳模型解，主要滑移分布於斷層中段，集中在震央以北的地區，接近嶺頂至崇德區域，以逆移分量為主，推估斷層面的滑移量介於 818 - 2599 mm 之間，集中在深度約 10 -20 公里的位置，測地矩為 $1.149 \times 10^{27} \text{dyne-cm}$ ，相當於 Mw7.34。

一、前言

地震災害是台灣主要的自然災害之一，如何監測活動斷層的地殼應變累積與地震發生時的災害狀況，是進行地震潛勢評估乃至於防、減災很重要的一環，也是地質與地震相關研究的重點。在這些研究工作當中，利用測地資料進行觀測與分析活動斷層所造成的地表變形是相當重要的方法，也是近年來國際上有顯著發展的關鍵技術。透過高精度的測地資料可以觀測斷層在累積能量時造成的緩慢地表變形，也可以觀測斷層在釋放能量時在短時間所造成的大規模地表位移，此橫跨不同觀測時間尺度與變形量級的能力，讓測地方法成為地質調查與地震資料以外的利器。

2024年4月3日花蓮地震震央在近海，主震芮氏規模達7.2，這個地震在花蓮市以及其周遭造成相當多的災害，包含誘發海嘯以及崇德到和平之間，包含太魯閣國家公園內大量山崩落石、砂卡噹步道及木瓜溪上游形成堰塞湖，以及花蓮市與吉安鄉多棟樓房傾塌、損毀。參考餘震分布情形（圖1），本中心運用GNSS連續追蹤站、GNSS移動站與精密水準測量觀測資料進行聯合分析，共計使用394個GNSS連續追蹤站、95個GNSS移動站觀測資料進行整體平差與解算；並納入龍澗-嶺頂、光復-豐濱、紅葉-靜浦及東成-富岡測線4條跨斷層的精密水準測線的垂直變形成果，水準測線能精確量測地震同震垂直方向的變形，由於地震前後的同震變形必須考慮地表在時間上的持續變形，因此在年度測量的工作中適時予以提前觀測。

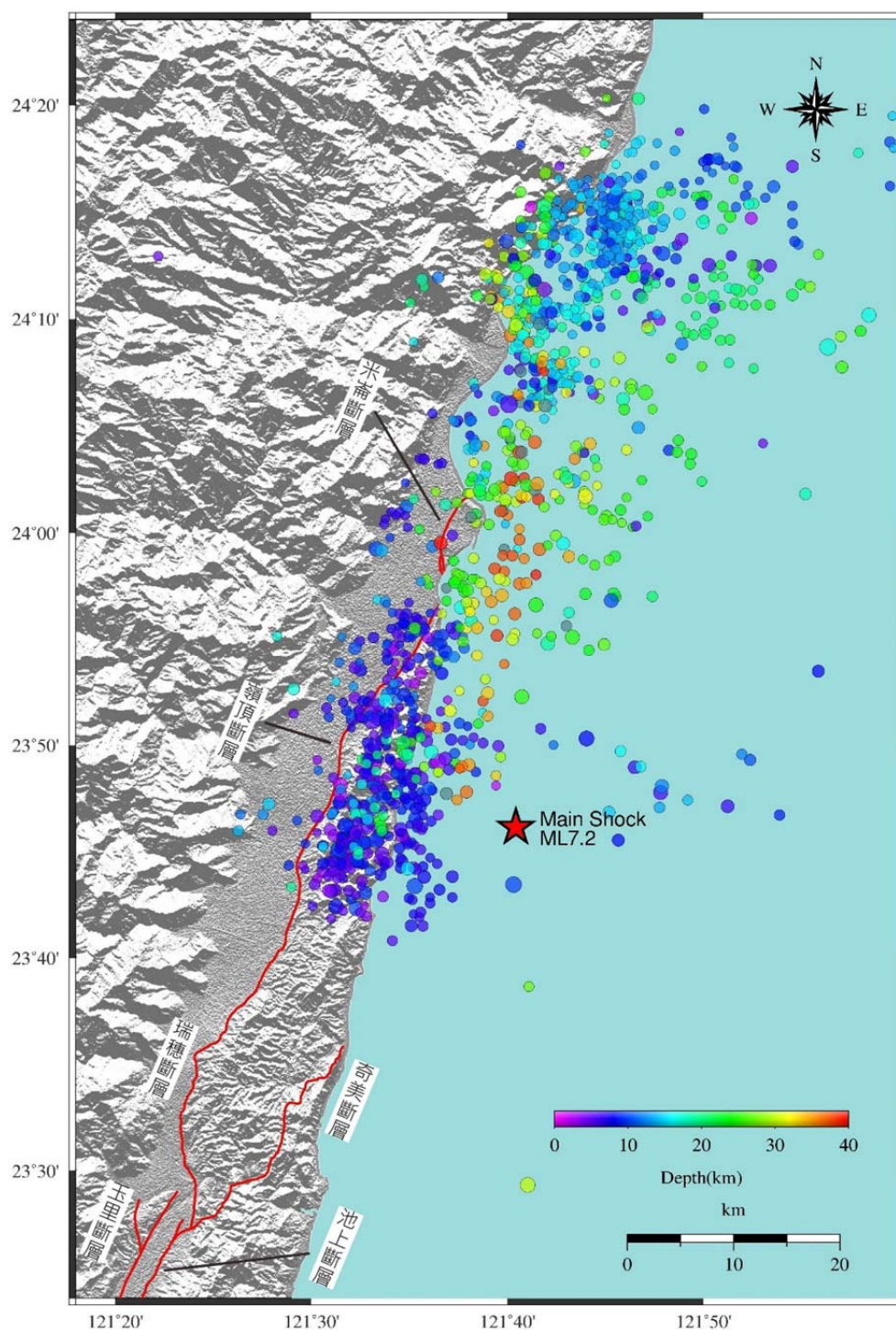


圖 1:0403 地震餘震分布圖。紅色星號為 0403 主震震央位置；圓點為餘震分布情形，顏色代表深度、直徑大小代表規模；紅色實線為活動斷層（地震資料來源:中央氣象署，時間段為 20240401-0430）

三、大地測量觀測方法說明

震後較快速的變形結果由GNSS連續追蹤站取得，GNSS連續追蹤站長期設置於野外，擁有穩定電力及電信系統供應其穩定接收衛星資料，多位於固定場址透空度良好處，可提供科學家進行長期且連續地精密定位（圖2），毋須赴野外作業即可遠端收取資料進行解算與分析。GNSS連續站接收儀(Receiver)近年來已多使用雙頻、多星系接收儀，具抗多路徑效應天線盤(Antenna)，並安全地裝設在天線罩內，觀測資料記錄間隔為每1秒一筆及每30秒一筆，藉由資料紀錄密度的差異特性，分別運用於同震時期及間震時期，衛星接收資料以網路即時將數據回傳至控制室，目前全臺各機關與學術單位共設立約3百多站，透過聯合分享機制交換，後續再配合精密星曆(IGS)進行解算，可得到每個連續站的坐標，獲取同震的地表變形訊息。

GNSS移動站分布密度較連續站高，通常在初步獲得連續站的成果後，參考地震規模與破壞程度，規劃適當大小範圍之區域，依照排定之觀測計畫，每日安排10部儀器與人員進行野外測量，架設儀器時在已埋設的地殼變動基準點上，以取得共同的變動基準（圖3）；觀測同時段所有儀器均須同步且持續接收衛星訊號達6小時以上，以獲得足夠之觀測精度，觀測值在觀測期間可以換算取得各點位的位移量或位移速度，由於移動式GNSS測量屬非連續性資料，因此利用階層函式以等速度擬合坐標時間序列來獲得同震位移，可降低觀測時間(t)對於觀測結果的影響。

精密水準測量參考內政部制定一等水準測量作業規範（內政部，2014），外業進行時通常為 3-4 人一組，觀測人員在二支標尺中間透過自動水準儀進行觀測，前、後豎立標尺均須定平，前、後視距

離亦須保持相等(圖 4)。藉由觀測前、後標尺讀數 (f_i 、 r_i) 相減後得到兩標尺間的高程差 (Δh_i) (圖 5, 梁勝雄等, 2019), 逐站累積計算後就可以獲得二個水準點的高程差值。一般多於夜間施測以避免折光誤差, 此外, 水準尺上、下均需量測溫度進行折光改正, 若於白天施測時, 觀測時間應避開艷陽高照之時段測量。觀測時間於冬天早上於黎明至 10 時, 下午於 15-17 時; 夏天早上於黎明至 9 時, 下午於 16-19 時。

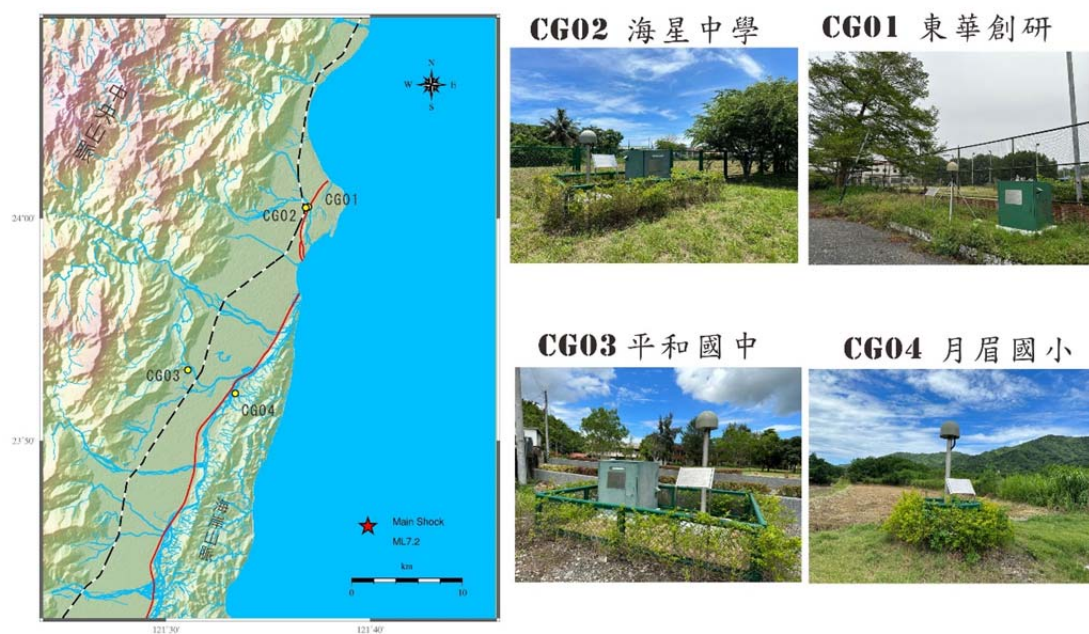


圖 2:本中心於花蓮地區設置之 4 個 GNSS 連續追蹤站。測站設於透空度良好地點, 均為地面型, 天線罩內為天線, 使用穩定之電力系統接收衛星訊號, 並透過網路傳送觀測資料



圖 3:GNSS 移動站野外測量觀測情形。(A)架設於基準點上觀測之 GNSS 移動站(B) 雙星雙頻接收儀 (C) 地面埋設之基準點(D)量測天線高度



圖 4：精密水準測量情形。(A)觀測人員觀測水準尺面並記錄讀數(B) 自動精密水準儀(C)水準尺放置水準點之情形

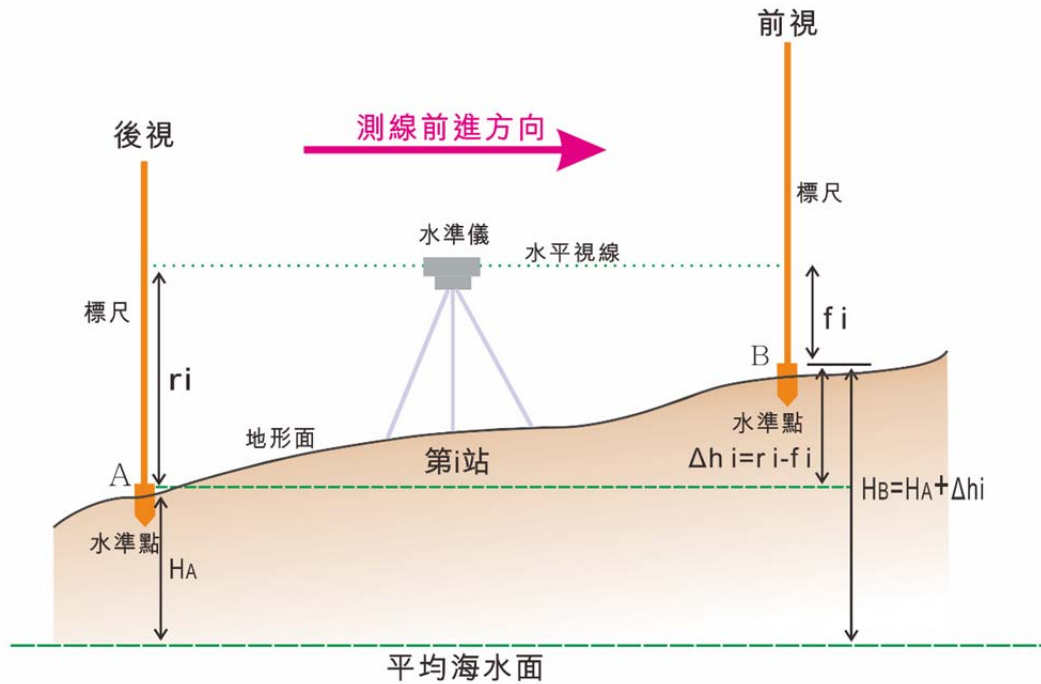


圖 5：水準測量基本原理示意圖

四、花東地區近期的地表變形情形

(一)間震時期

近期的大地測量成果顯示，花東縱谷正以每年約 40 mm/yr 的速度相互聚合（例如：Yu et al., 1997）。池上斷層表現出地表潛移的行為，池上地區之速度剖面以約 20-30 mm/yr 的速率在潛移（Angelier et al., 1997; Lee et al., 2001）。

透過本中心長期執行之精密水準測量與衛星導航系統觀測結果顯示，花東地區水平速度場位移方向為北偏西，每年位移速率超過3公分，於2013年之瑞穗地震、2018年之花蓮地震及2022年的關山、池上地震，改變了較長時期穩定之速度場，因此在評估花東地區速度場時，納入較大地震的影響，將同震時期的顯著變形量扣除，將速度場區分四個時間段分別估算不同區間的速度場，得到2002至

2013年水平速度量值分布於 13.6 - 70.2 mm/yr、2013至2018年速度量值 9.12 - 69.8 mm/yr、2018至2022年速度量值 1.4 - 83.8 mm/yr、2022至2023年速度量值 1.0 - 116.6 mm/yr。

垂直速度場方面，在花東縱谷東側的海岸山脈與西側的中央山脈變形機制在北、南段差異顯著（Chen, et al., 2021），海岸山脈南段沉陷較小，北段垂直變形則大致呈現下陷，跨池上斷層的兩側有不同的運動方向，東側約有10 mm/yr 的抬升速度，而西側約有10 mm/yr的沉降速度。此外，2022年池上地震震後，屬於中央山脈斷層系統其中一段的玉里斷層以東，具顯著的抬升速度。精密水準測量時間序列分析結果顯示，龍澗－嶺頂測線在2018年花蓮地震後顯著抬升，光復－豐濱與紅葉－靜浦測線則顯著沉降（圖6及圖7，莊昀叡等，2023）。整體而言，東部地區由於處於板塊聚合處，速度場相較臺灣其他地區快速許多。

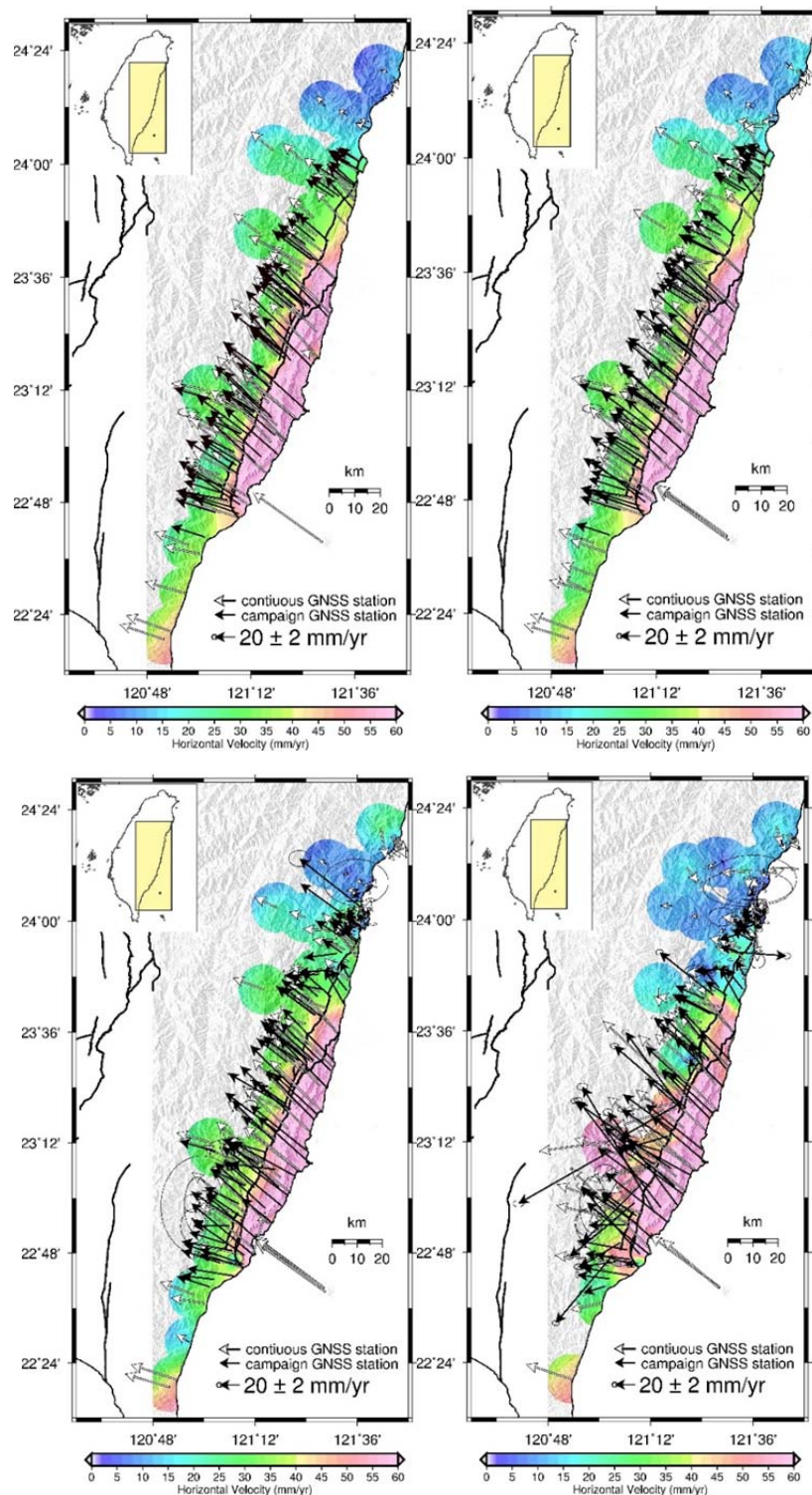


圖 6：東部地區相對於澎湖白沙站（S01R）水平方向速度場，彩色色階為水平速度場等值分布色階圖。（a）左上圖表示 2002 - 2013 年速度場，（b）右上圖表示 2013 - 2018 年速度場，（c）左下圖表示 2018 - 2022 年速度場，（d）右下圖表示 2022 - 2023 年速度場

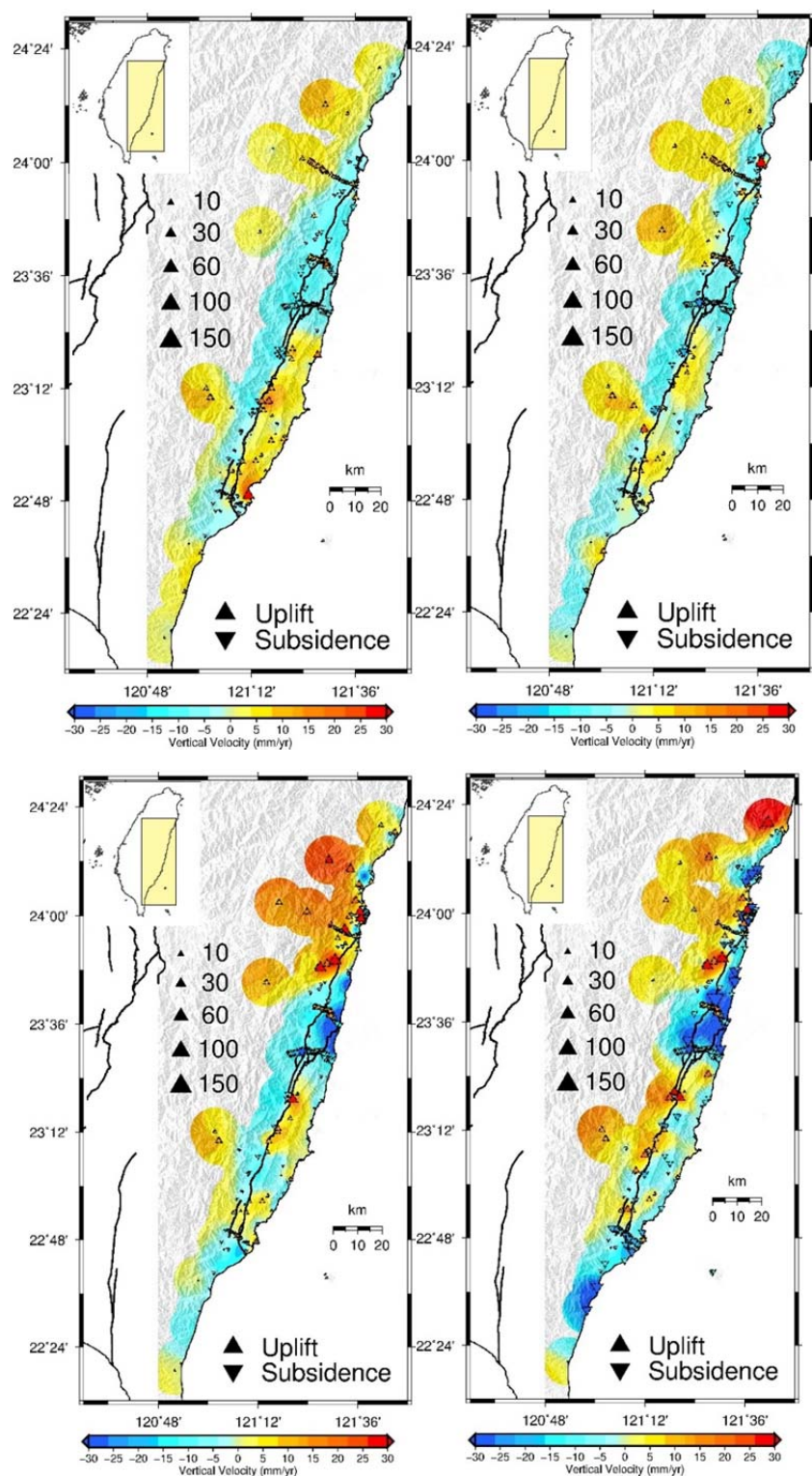


圖 7：東部地區相對於澎湖白沙站（S01R）垂直方向速度場，彩色色階為水平速度場等值分布色階圖。（a）左上圖表示 2002 - 2013 年速度場，（b）右上圖表示 2013 - 2018 年速度場，（c）左下圖表示 2018 - 2022 年速度場，（d）右下圖表示 2022 - 2023 年速度場

(二)同震時期

花東縱谷為菲律賓海板塊碰撞上歐亞板塊的縫合帶，1951年曾發生花蓮-臺東地震序列（Hsu, 1962; Bonilla, 1975; Cheng et al., 1996）烈震，地表位移經推估最大位移可能超過4公尺(林珈樺，2016)，近年來發生的較大地震摘述如下：

(1) 2013年10月31日瑞穗地震

震央位於花蓮縣政府南偏西52.9公里處(花蓮縣瑞穗鄉)，深度19.5公里。觀測結果顯示較大的變形集中在震央附近地區，最大水平位移為震央西北方靠近光復鄉大興村、大豐村一帶，水平位移量約6.2公分，方向朝西偏南；震央南側有約2至3公分的水平位移，但位移方向由東往西有呈現以逆時針方向旋轉的型態；最大垂直位移同樣出現在震央西北方靠近光復鄉大興村、大豐村一帶；震央東南側瑞穗鄉奇美村至豐濱鄉港口村一帶則有局部下陷的趨勢(圖8)。

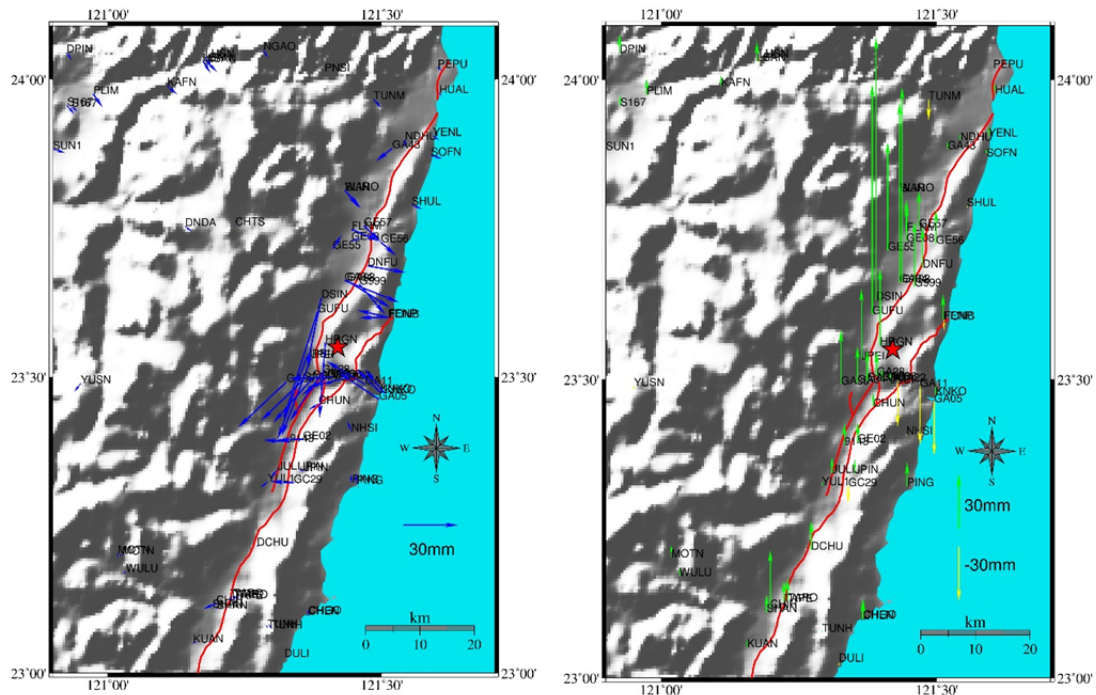


圖 8：2013 年 10 月 31 日瑞穗地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖(20131031 瑞穗地震地質調查報告，103 年)

(2) 2018 年 2 月 6 日花蓮地震

震央位於海岸附近，震源深度約 10 km，同時沿著米崙斷層產生一系列的地表破裂。在主震發生的前後，震源地區就開始發生一系列的群震，由 2018 年 2 月 3 日發生規模 4.6 的地震開始，接著在 2 月 4 日距離 2 月 6 日主震僅幾公里處發生規模 5.8 的地震，最後在 2 月 7 日於花蓮東北方發生規模 5.7 的地震。此次地震造成統帥大飯店倒塌，GNSS 連續站所測得的最大同震位移，並非在震央附近，而是在位於花蓮市，屬於米崙斷層的上盤，抬升近 100.4 mm，同震位移水平分量向東為 141.4 mm、向北 431.2 mm。位於此測站西北方的北埔，屬於米崙斷層的下盤，同震抬升量 36.0 mm，水平向西位移 52.7 mm、

向南 332.0 mm，顯示米崙斷層左移的性質，兼具逆衝分量的斷層運動。而南邊位於嶺頂斷層北段的上盤側的鹽寮，其同震下陷 19.7 mm，水平位移向西為 14.2 mm、向北為 202.1 mm。位於嶺頂斷層北段的下盤側的東華大學，垂直抬升 63.6 mm，水平位移向西為 82.9 mm、向南 37.0 mm(圖9)。由於跨嶺頂斷層北段兩側的同震變形，與嶺頂斷層的斜逆移運動形態不吻合，因此推測在嶺頂斷層的下盤存在一不知名的斷層系統，被花蓮外海 Mw 6.2 地震所誘發。

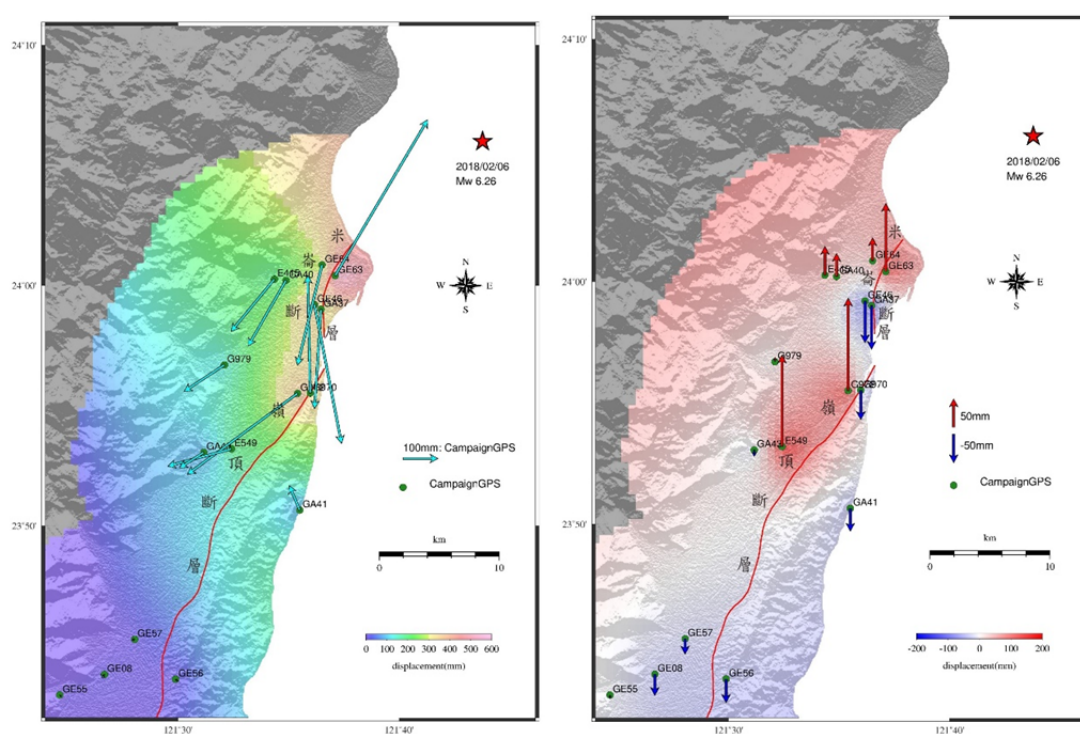


圖 9：2018 年 2 月 6 日花蓮近海地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖(20180206 花蓮地震地質調查報告，107 年)

(3) 2022 年 3 月 23 日長濱地震

震央位於臺東縣長濱鄉沿海，震源深度約 30.6 km，此次地震於花東地區造成部分地表破裂，且餘震頻繁。中央氣象署即時震度資訊顯示，最大 6 弱級震度則分佈在臺東長濱；5 強級則在花蓮玉里。

同震位移結果顯示，此次地震造成之同震位移方向由北往南以順時針方向旋轉，震央北邊以往東北方向運動之方向為主，其中以大港口及豐濱測站(測站編號：FONB)有較大之量值，震央南邊則由長濱測站的東南方向運動往西南方逐漸轉為西南方向運動；震央20公里範圍內之震後垂直方向位移以抬升為主，其中於海岸山脈東側之測站最大值達140mm之同震抬升量值，逐步往西遞減至池上斷層仍有約50mm之抬升量(圖10)。

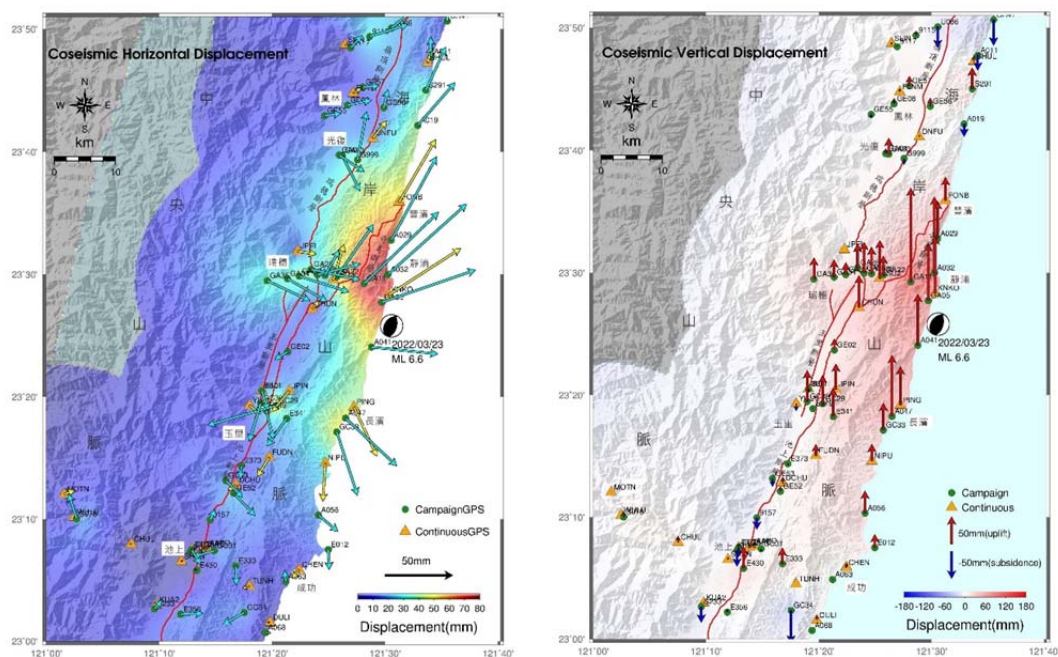


圖 10：2022 年 3 月 23 日地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖(20220323 長濱地震地質調查報告，111 年)

(4) 2022 年 6 月 20 日光復地震

震央位於花蓮縣光復鄉，震源深度約 6.8 km，此次地震於花東地區造成部分地表破裂，且餘震頻繁。中央氣象署即時震度資訊顯示，最大 5 弱級震度則分佈在花蓮光復。由震源機制解指出，本次地震為東北－西南走向之逆衝斷層所造成，其斷層面之傾角可能有東南傾斜或西北傾斜兩種型態。

地表同震位移場顯示，最大水平位移在震央南方約5公里附近，最大同震位移處抬升量達153.2mm(第二公墓站，G999)，除了距震央10公里範圍內有明顯之同震位移外，其他地區並無顯著的同震位移現象(圖11)。

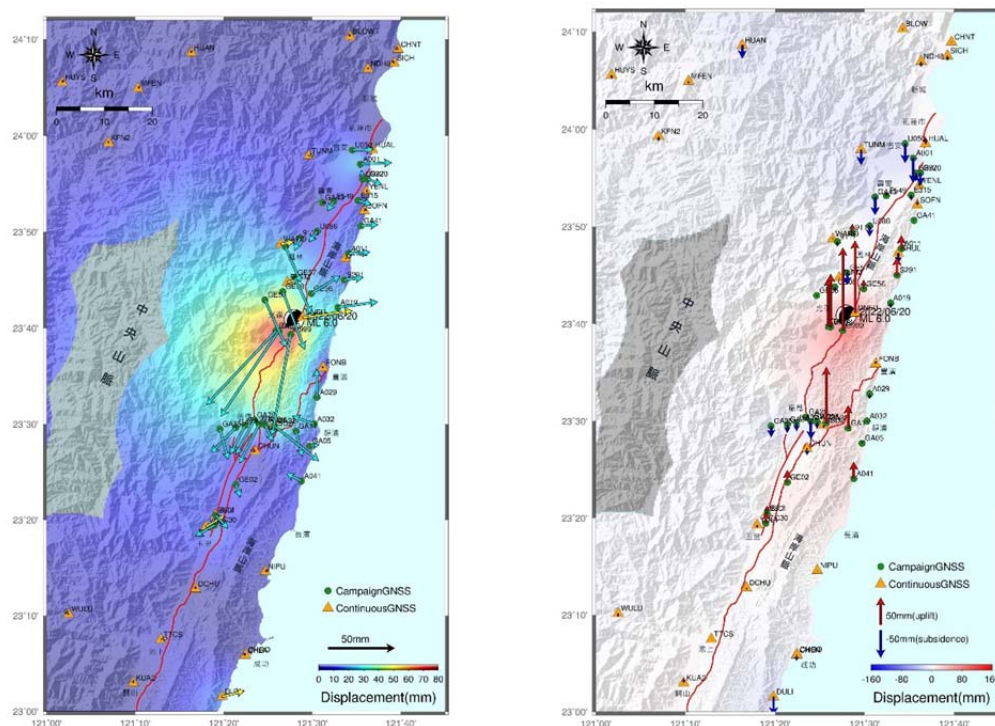


圖 11：2022 年花蓮光復地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖(20220620 光復地震地質調查報告，111 年)

(5) 2022 年 9 月 17 日關山的地震

震央位於臺東縣關山鎮，震源深度約 7.3 km，此次地震於花東地區造成地表破裂，且餘震頻繁。中央氣象署即時震度資訊顯示，最大 6 強級震度則分佈在臺東池上。由震源機制解指出，本次地震走滑兼逆衝斷層所造成，可能為走向近南-北向之西傾斷層或近東-西向之南傾斷層型態。餘震主要沿著近南北向分布，而深度約在 10 公里範圍內，根據現地野外調查之成果亦顯示此次地震以近南北向破裂為主。

同震位移結果指出，此次地震造成之同震位移集中在震央 10 公里範圍內，範圍以外地區較無顯著之同震位移。最大同震位移量，出現在鄰近震央之關山測站 KUA2，水平位移方向往南南西移位 171.03 mm，垂直方向抬升 102.19 mm。整體而言，同震位移場顯示於池上斷層以西朝南方位移且抬升，以東則無顯著水平向及垂直向位移(圖 12)。

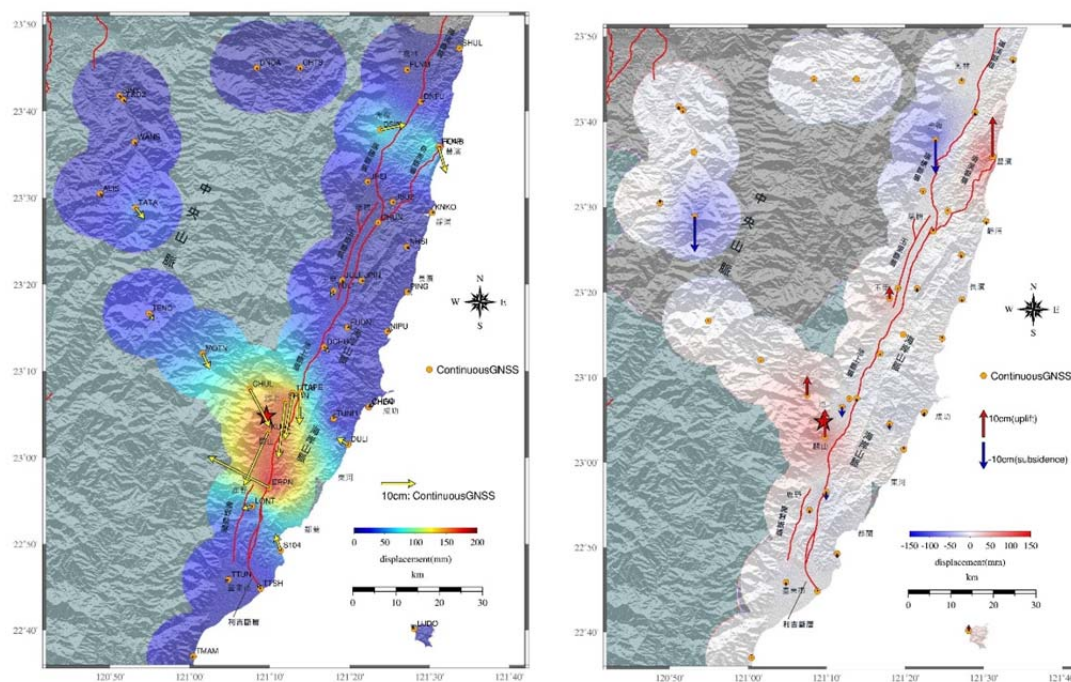


圖 12：2022 年臺東關山地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖(20220917 關山地震、0918 池上地震地質調查報告，111 年)

(6) 2022 年 9 月 18 日池上地震

震央位於臺東縣池上鄉，震源深度約 7.0 km，此次地震於花東地區造成大規模地表破裂，經本中心派員進行地質調查後，確認由玉里斷層錯動引發。中央氣象署即時震度資訊顯示，最大 6 強級震度則分佈在臺東池上。由震源機制解指出，本次地震為走滑兼逆衝斷層所造成，其可能為走向北北東-南南西之西傾斷層或近東-西向之南傾斷層型態。餘震多沿著北北東-南南西走向往南、往北分布，而深度約在 10 公里範圍內，根據現地野外調查之成果亦顯示此次地震以北北東-南南西北向破裂為主，接近玉里斷層出露地表位置。

同震位移結果顯示，此次地震造成大範圍之顯著位移，同震位移大致呈以花東縱谷走向為界線，東側的海岸山脈地區朝西北方向

位移，且呈下陷情形；西側的中央山脈地區朝西南方向位移，且呈抬升情形。同震位移量較大處分布在玉里至池上之間，最大水平位移為震央鄰近的臺東池上鄉福原國小（GC35 測站），往西南方向位移 98.5 公分；最大垂直位移為震央東北側的花蓮卓溪古風國小（GE53 測站），垂直抬升 97.5 公分(圖 13)。

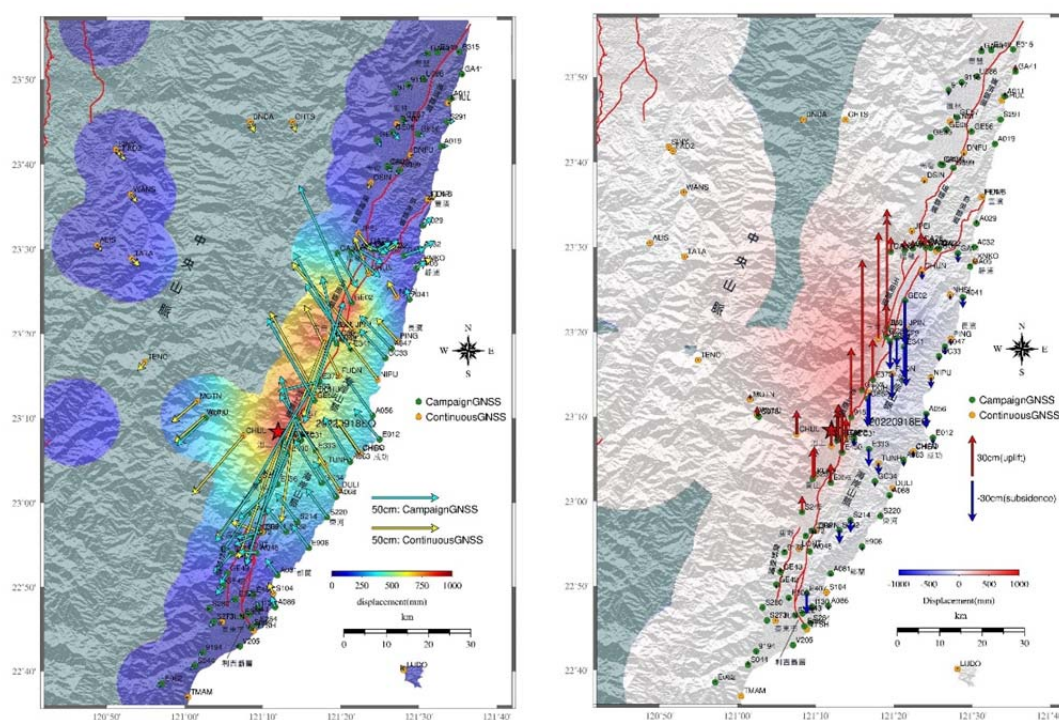


圖 13：2022 年 9 月 18 日臺東池上地震 0918 池上地震 GNSS 測量水平方向(左圖)及垂直方向(右圖)同震位移分布圖

五、0403 地震同震位移結果

花東地區為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的聚合處，地表變形劇烈，經調查發現本區主要活斷斷層有米崙斷層、嶺頂斷層、瑞穗斷層、奇美斷層、玉里斷層、池上斷層、鹿野斷層及利吉斷層等（圖14，林啟文等，2012），為了獲取地震同震位移值，我們利用

GNSS連續站長期與各單位進行交換的平臺，擷取所需觀測資料，使用GNSS連續站的震前平均坐標估算時間為2024年3月26日00:00:00至4月2日23:58:00，震後則為4月3日00:00:00至4月9日23:59:30，以進行解算，求取發震時間前後期間的坐標加權平均值。由於地表變形時時刻刻都在發生，在地震鄰近時間段尤其顯著，因此計算同震位移量採用地震後之坐標平均值減去地震前之坐標平均值；GNSS移動站及精密水準測量則考量GNSS連續站的解算結果，選擇測區範圍後，委託中興測量公司緊急調派人力進行野外測量，GNSS移動站觀測時間由4月15日至24日；精密水準測量觀測時間則由4月15日至23日，各觀測點位的分布情形如圖14及圖15。

同震位移結果顯示，此次地震造成東部地區大範圍之顯著位移，在水平位移方面，顯著的位移出現在太魯閣以西之中央山脈區域，以及花蓮溪口以南的海岸山脈北段區域，大致朝東南、朝南方向位移（圖 16）；在垂直位移方面，主要的抬升量分布於米崙斷層以東之米崙臺地區域，以及花蓮溪口以南的海岸山脈北段區域（圖 17）。最大水平位移為 SPAO（西寶）測站，往東南方向位移 24.1 公分；最大垂直位移為花蓮縣花蓮市華東（U037 測站），垂直抬升量達 58.5 公分；精密水準測量結果顯示在橫跨海岸山脈北段的龍澗-嶺頂測線具有顯著抬升現象，且愈往東側抬升量愈大，最大的垂直抬升處為東海岸風景區北口水準點（G970），垂直方向抬升達 481.5 mm（圖 18），本次地震之同震位移往南至鳳林一帶即顯著下降。

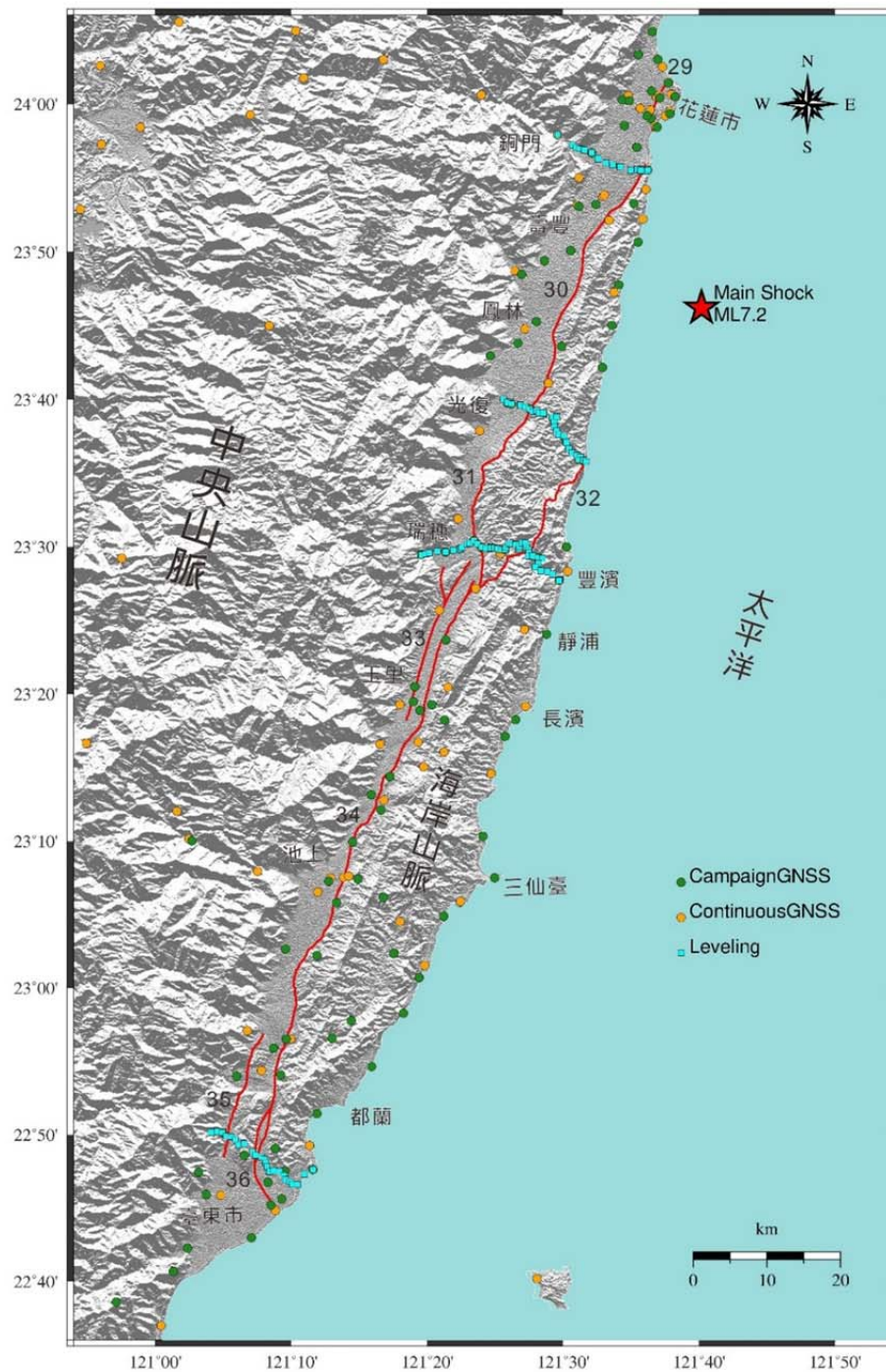


圖 14：花東地區活動斷層分布圖。（編號 29：米崙斷層；編號 30：嶺頂斷層；編號 31：瑞穗斷層；編號 32：奇美斷層；編號 33：玉里斷層；編號 34：池上斷層；編號 35：鹿野斷層；編號 36：利吉斷層，斷層編號引述自林啟文等，2012）

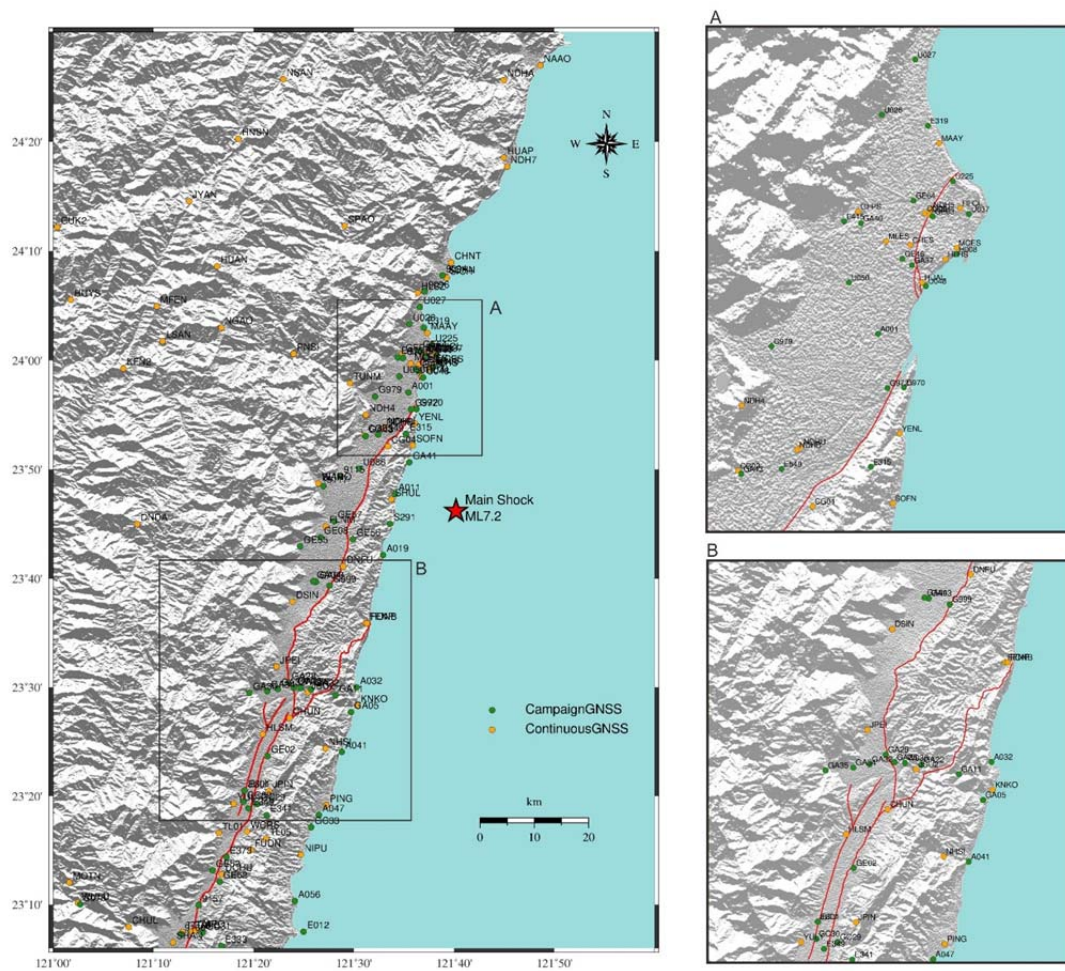


圖 15：GNSS 連續站及 GNSS 移動站點位分布圖（圖 A 及圖 B 為局部區域放大圖）

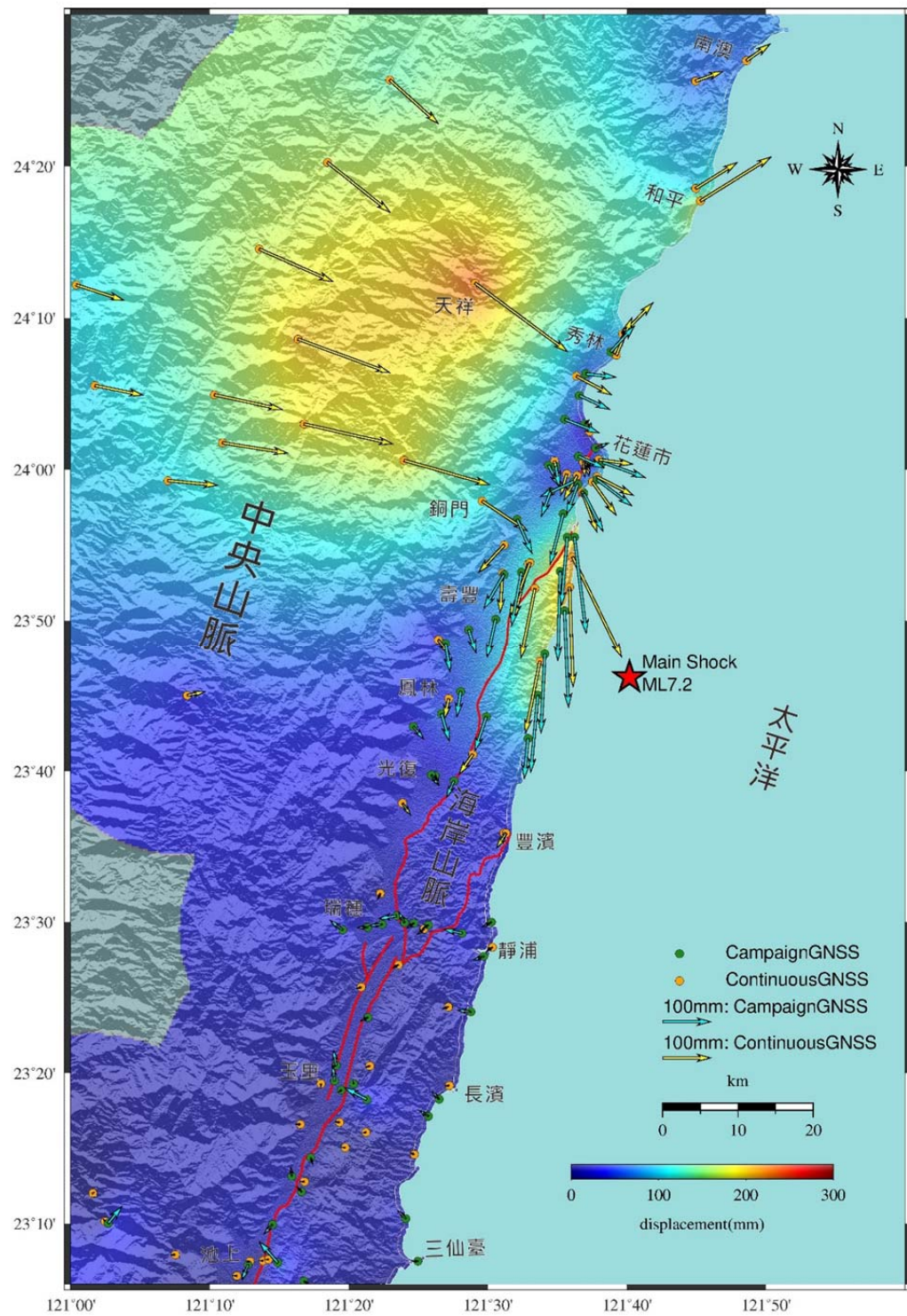


圖 16：0403 花蓮地震 GNSS 連續觀測站水平方向同震位移分布圖，箭頭代表水平位移方向、長度代表量值，彩色色階顯示等值化之成果

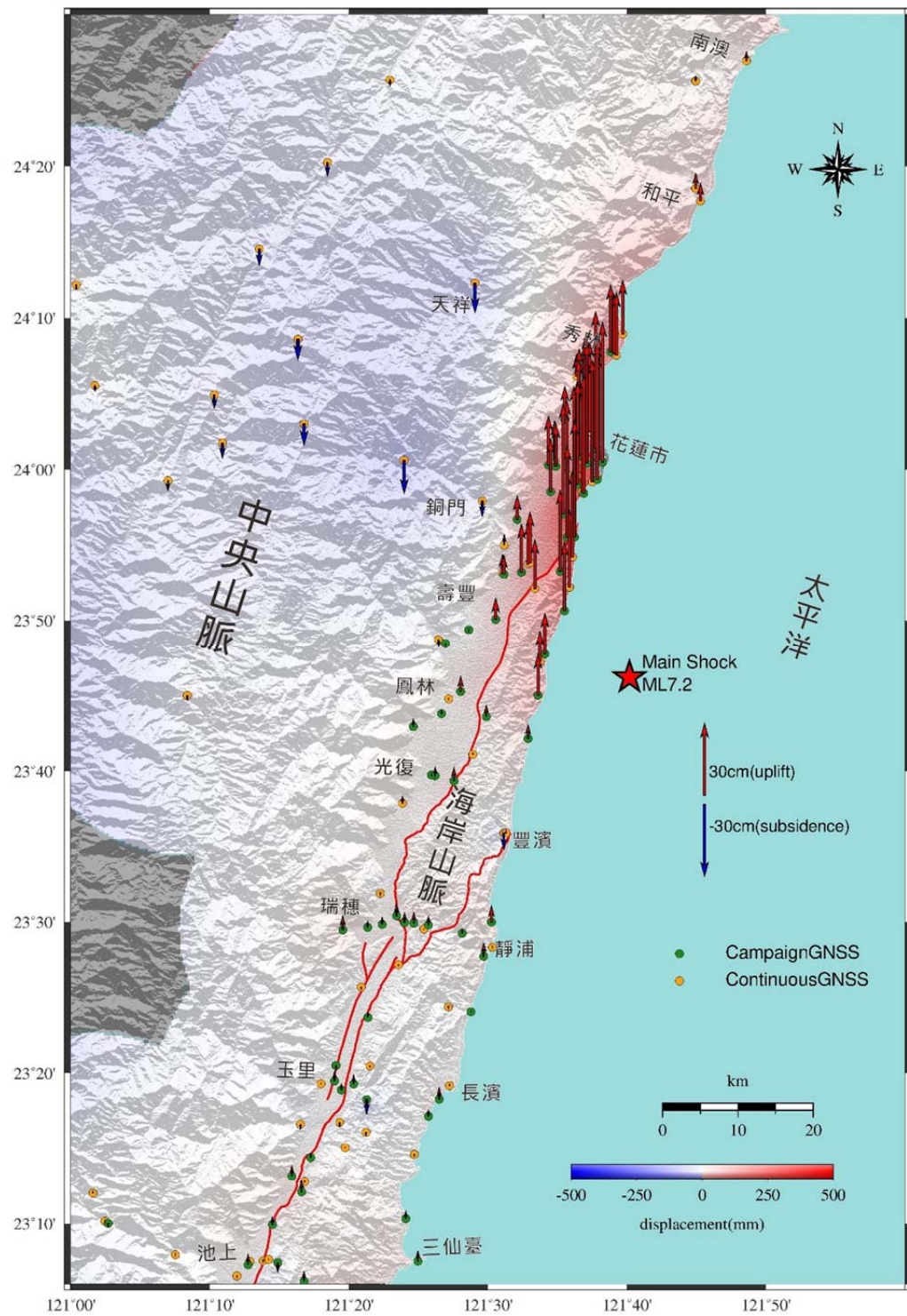


圖 17：0403 花蓮地震 GNSS 連續觀測站垂直方向同震位移分布圖，箭頭代表垂直位移方向、長度代表量值，彩色色階顯示等值化之成果

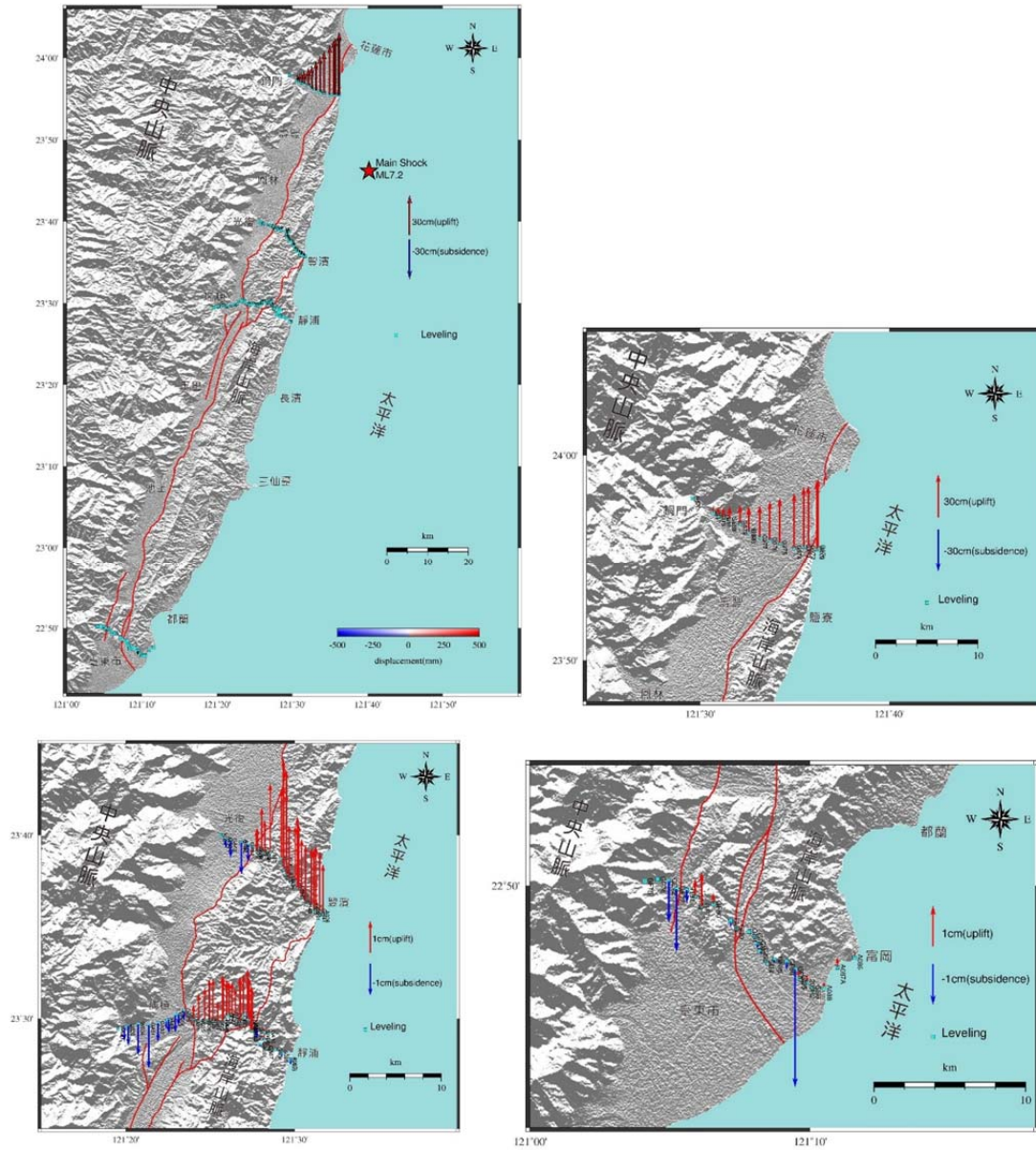


圖 18：4 條精密水準測線垂直方向同震位移圖（左上）；龍澗-嶺頂測線垂直方向同震位移圖（右上）、光復-豐濱測線、紅葉-靜浦測線垂直方向同震位移圖（左下）及東成-富岡測線垂直方向同震位移圖（右下），各圖右方有其位移量參考比例尺

六、合成孔徑雷達影像差分干涉觀測結果

(一)原理說明

將地震前的合成孔徑雷達影像當作參考影像，地震後的影像作為主影像，進行干涉演算，量測地震前、後雷達影像的相位差，這個方法稱為合成孔徑雷達差分干涉技術（Differential Interferometric SAR，DInSAR）。此方法假定航空器的飛行高度皆相同，待測物變成大地，如果某地點地表沒有變化，則相位差為0；如果產生相位差，表示是衛星與地表之間距離變化所造成。將相位差的變化，賦予不同的顏色，如把相位從 $-\pi$ 到 $+\pi$ ，設定為從紅色到紫色，形成環狀如同彩虹般的顏色，稱為干涉環（interference rings），現今此方法已經成功應用在地震、火山、地層下陷，以及山崩判釋等地質事件引起的地表變形事件（圖19，張中白，2005）。

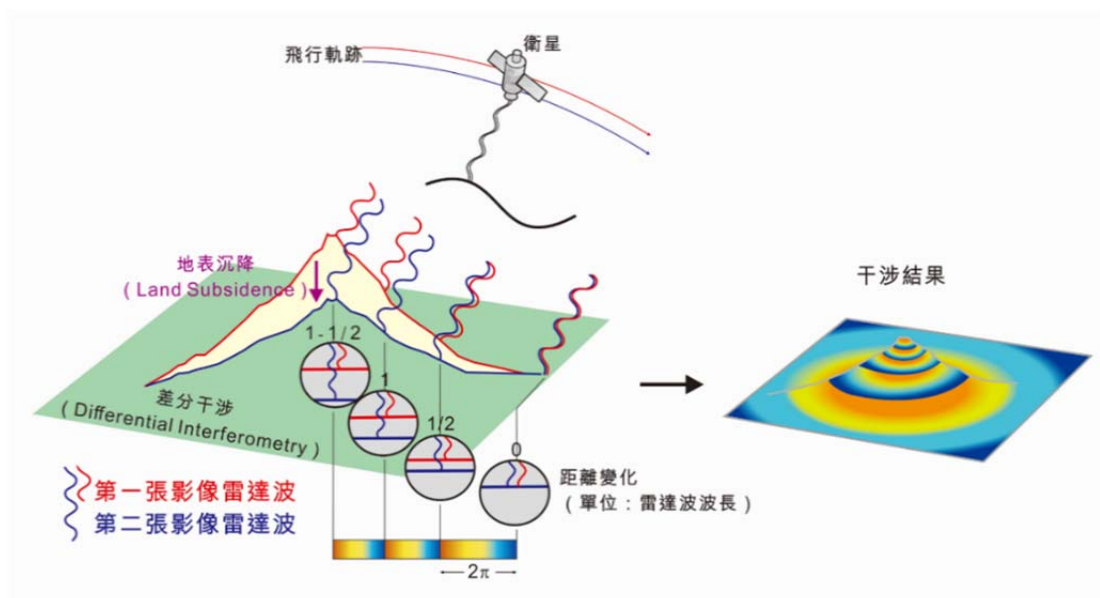


圖 19：利用不同時間的合成孔徑雷達影像干涉圖，以監測火山地表變形為例，進行干涉演算，得到雷達影像的相位差是衛星與地表之間距離變化所造成

(二)衛星影像干涉結果

藉由DInSAR技術，分析歐洲太空總署哨兵1號（Sentinel-1）衛星分別於震前和震後所拍攝的升軌（ascending）、降軌（descending）雷達影像，能協助判釋4月3日花蓮地震所產生之地表變形（圖20、圖21）。此外，也使用日本JAXA的ALOS-2衛星所拍攝的stripmap模式及ScanSAR模式，分別製作了兩組干涉圖，由於此影像為L波段（Band）波長較長（波長23.6公分），干涉環相較於Sentinel-1較少，較好判釋規模大的地表變形（圖22、圖23）。

觀察彩虹干涉環分布發現，此次地震造成陸地上花東縱谷北段南北長約60公里地表變形，在花蓮市區有較密集的干涉環，有顯著的地表變形位移量，愈往南干涉環變得較疏代表地表變形逐漸變小。縱谷兩側山區因Sentinel-1衛星的C波段（波長為5.6公分）不易穿透植被的限制，且植被的擾動較大等因素影響，導致影像資訊斑駁而不易成相，無法確認地表變形的狀況，因此太魯閣山區的變形不易呈現出來。但ALOS-2衛星的L波段較易穿透植被，可看到此次地震地表變形於海岸山脈仍是連續變化。

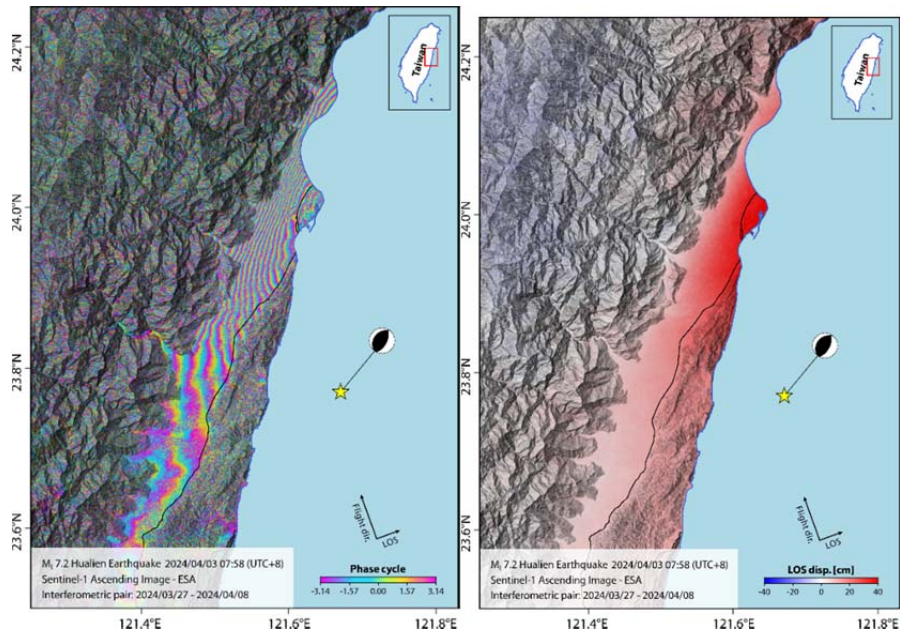


圖 20：0403 花蓮地震之 Sentinel-1 升軌雷達差分干涉同震地表變位圖。由 Sentinel 衛星拍攝，左圖為干涉圖、右圖為視衛星方向地表變形圖，黑白海灘球為震源機制解

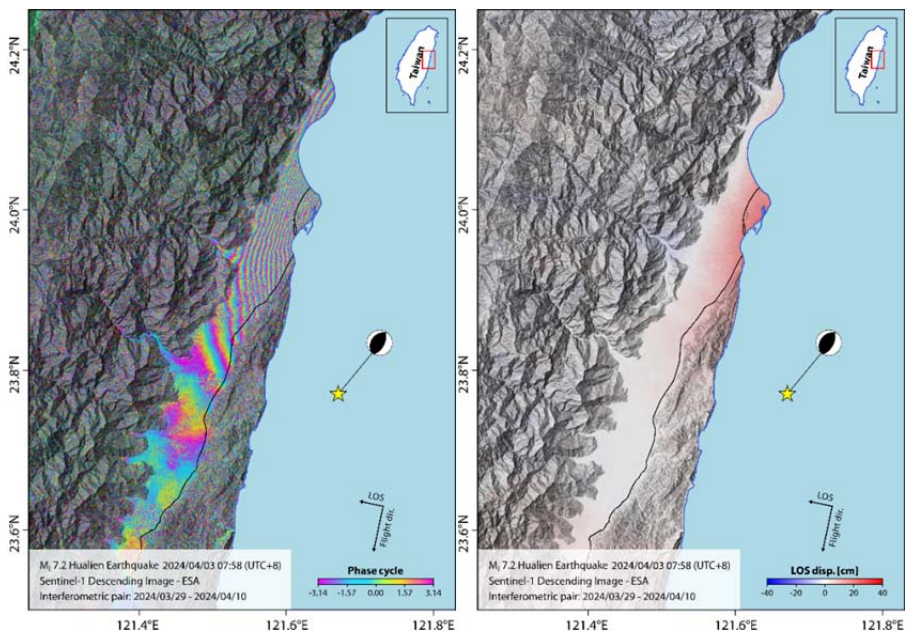


圖 21：0403 花蓮地震之 Sentinel-1 降軌雷達差分干涉同震地表變位圖。由 Sentinel 衛星拍攝，左圖為干涉圖、右圖為視衛星方向地表變形圖，黑白海灘球為震源機制解

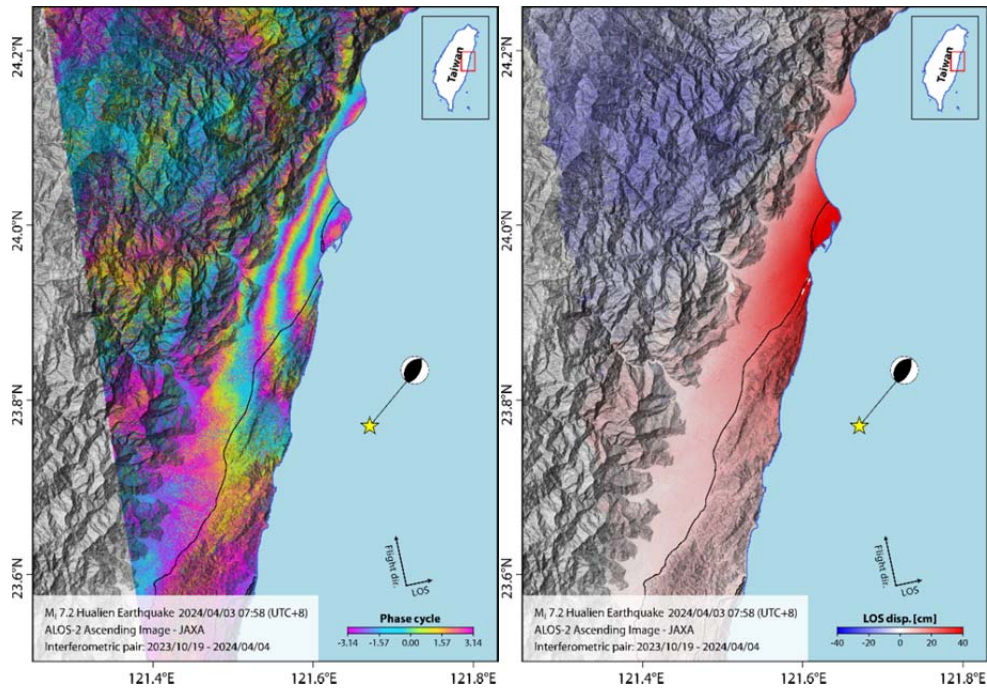


圖 22：0403 花蓮地震之 ALOS-2 升軌 stripmap 雷達差分干涉同震地表變位圖。由 ALOS-2 衛星拍攝，左圖為干涉圖、右圖為視衛星方向地表變形圖，黑白海灘球為震源機制解

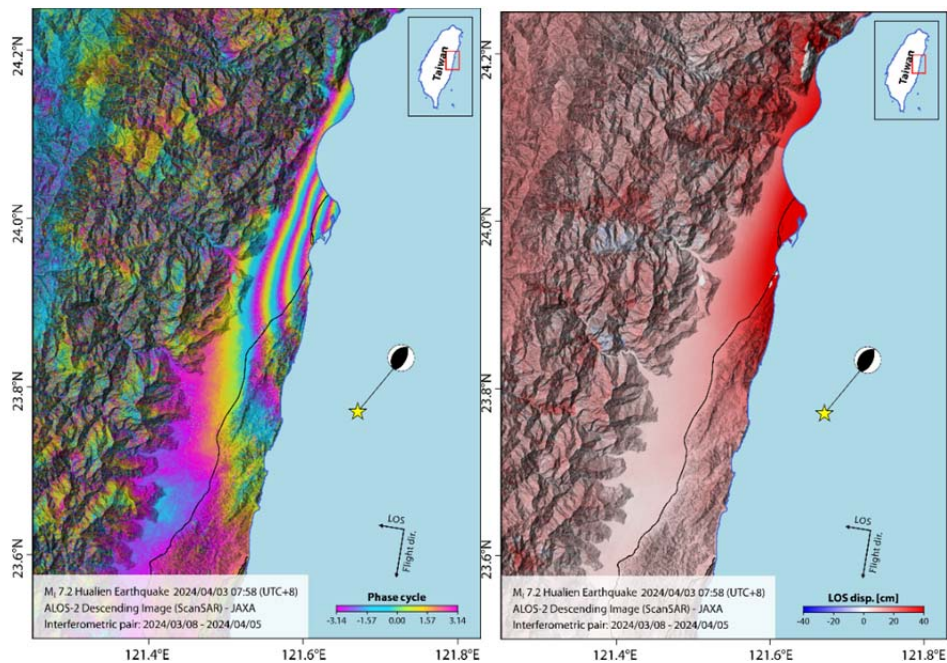


圖 23：0403 花蓮地震之 ALOS-2 降軌 ScanSAR 雷達差分干涉同震地表變位圖。由 ALOS-2 衛星拍攝，左圖為干涉圖、右圖為視衛星方向地表變形圖，黑白海灘球為震源機制解

七、斷層模擬結果

(一)原理說明

斷層錯位模型（Dislocation Model）是依據彈性錯動理論（Okada, 1985, 1992）所建立的斷層錯位模型，此理論是利用斷層滑移量去模擬計算地表特定點之位移量。

假設地球為表面平坦、垂直方向無限延伸的彈性半空間，介質特性為具有蒲松比 0.25 的蒲松固體（Poisson Solid），即彈性模量（ λ ）等於剪切模量（ μ ）之彈性體。沿著斷層面或斷層元素的斷層滑移量 $\Delta U_j(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ 會使均質均向的彈性體表面產生位移場 $U_i(x_1, x_2, x_3)$ ，其關係如下式所列。

$$U_i = \frac{1}{F} \int \int_{\Sigma} \Delta U_j [\lambda \delta_{jk} \frac{\partial u_i^n}{\partial \xi_n} + \mu (\frac{\partial u_i^j}{\partial \xi_k} + \frac{\partial u_i^k}{\partial \xi_j})] v_k d\Sigma$$

其中， δ_{jk} 為克羅內克函數； v_k 為正交於地表元素 $d\Sigma$ 之餘弦函數方向； F 為施力點之力量大小。

為了了解斷層幾何、斷層滑移量與地表位移量間的關係，在此重新定義下列參數：

1. 斷層幾何：斷層平面位置（km）、斷層深度（km）、長度（km）、寬度（km）、走向（°）、傾角（°）。其中，斷層平面位置是指斷層面下緣中間的位置；斷層深度是指斷層面下緣的深度。

2. 斷層滑移量：三個方向的分量[S1, S2, S3]，分別以左移、逆衝及伸張為正方向。在進行對雙偶合震源之斷層活動分析時，一般只會考慮走向滑移量（S1, Strike Slip）與傾向滑移量（S2, Dip Slip）；在進行火山之岩漿沿岩脈運動分析時，才會採用伸張滑移量（S3）。

斷層滑移角（Rake）指示斷層上盤相對於下盤之運動方向，其和斷層滑移量之關係為 $\tan(\text{rake}) = S2 / S1$ 。

3.地表位移量：包含在地表上三個方向的位移分量[U1, U2, U3]，分別以東西分量（EW）、南北分量（NS）與上分量（Up）為正方向。水平位移量則為 $\sqrt{U1^2 + U2^2}$ 。

(二)斷層模型模擬結果

運用地表 GNSS 測站解算之同震位移輸入斷層錯位模型進行斷層面滑移量模擬。透過地震資料歸納，假設 0403 花蓮地震屬於外海西側一向西傾的斷層面活動，將此斷層面劃分成 200 個小斷層面以求取同震斷層滑移量分布型態。獲得之最佳模型解（圖 24 至圖 25）指出，此斷層有一主要滑移分布，即位於斷層中段，並集中在震央以北的地區。此區域近嶺頂至崇德地區，以逆移分量為主的運動；斷層面的滑移量介於 818 - 2599 mm，並集中在深度約 10 - 20 km 的位置。此斷層計算之測地矩（ M_0 ）為 $1.149 \times 10^{27} \text{dyne-cm}$ ，相當於 $M_w 7.34$ 。

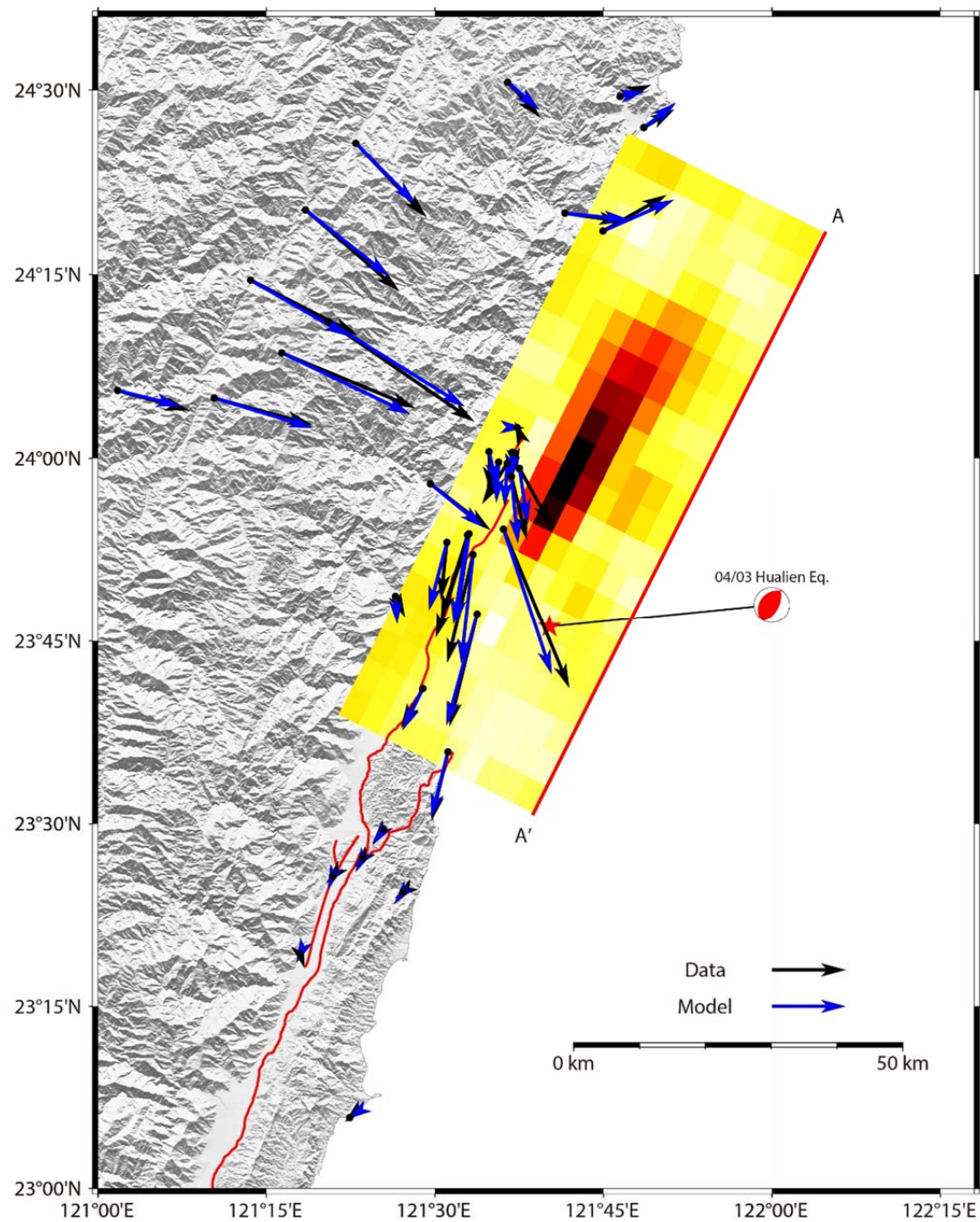


圖 24：斷層錯位模型於水平方向擬合結果。黑色箭頭為 GNSS 同震位移資料，藍色箭頭為模擬結果，黃色矩形為假設之斷層面，顏色代表滑移量，紅色實線為活動斷層

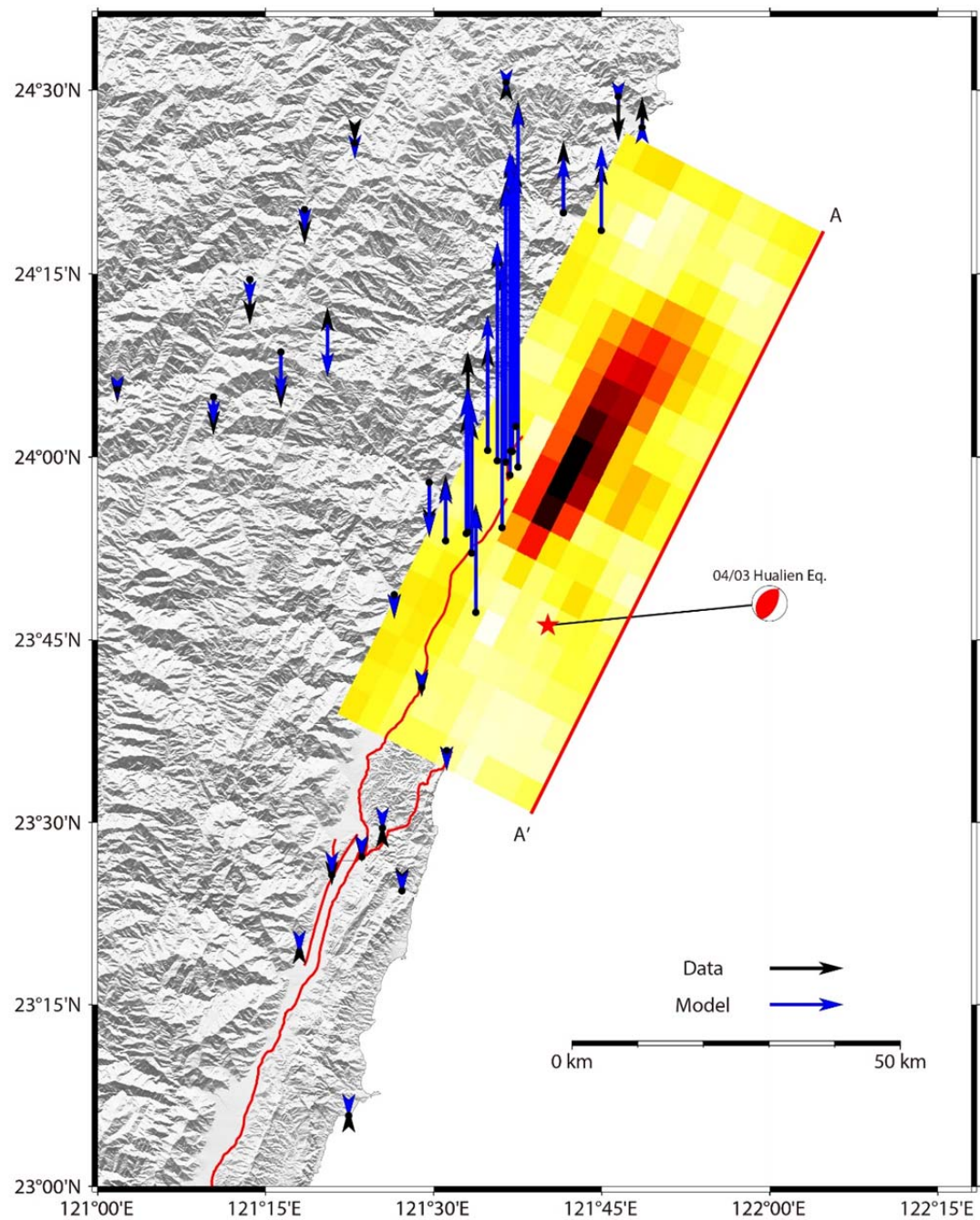


圖 25：斷層錯位模型於垂直方向擬合結果。黑色箭頭為 GNSS 同震位移資料，藍色箭頭為模擬結果，黃色矩形為假設之斷層面，顏色代表滑移量，紅色實線為活動斷層

八、結論與建議

2024年4月3日於臺灣東部花蓮地區發生規模7.2之地震事件，這個規模與破壞程度的地震，似乎可以直接與2018、1951的花蓮大地震對比，然而在地震後第一時間野外觀察顯示，花蓮市米崙斷層沿線卻沒有任何地表破裂的狀況發生，顯示此地震與過往造成花蓮災害的地震沒有直接關聯。後續調查也發現在2018年位移接近1公尺的嶺頂斷層在這次也沒有錯動。在大地測量資料出現之前，最明顯的地質活動證據為花蓮商港、漁港的蚵仔超過高潮水位線。本報告整合GNSS連續站、移動站與精密水準測量觀測結果，解析2024年4月3日花蓮地震事件造成之地表變形型態。再結合地質、地震等資訊，建立斷層模型來反演大地測量成果，初步釐清本次地震可能的發生機制。

根據GNSS移動站與連續站計算所得之同震位移成果，此次地震造成大範圍之顯著位移，在水平位移方面，主要的位移量分布於太魯閣以西之中央山脈區域，以及花蓮溪口以南的海岸山脈北段區域，大抵朝東南、朝南方向位移，最大位移量達24.1公分；在垂直位移方面，主要的抬升量分布於米崙斷層以東之米崙臺地區域，以及花蓮溪口以南的海岸山脈北段區域，最大位移量達58.5公分。

精密水準測量在橫跨海岸山脈北段的龍澗-嶺頂測線具顯著抬升，且愈往東側抬升量愈大，最大位移量達481.5 mm，其餘3條測線位移均不顯著。

結合DInSAR技術分析Sentinel-1與ALOS-2衛星影像成果，在平原區中，從花蓮市附近近中央山山脈側到花蓮港附近約14-15條干涉環，相當於約40公分的斜距變形。由於Sentinel-1衛星為C 波段衛星，在

山區的同調性較差，因此中央山脈、海岸山脈中沒有太多明顯的干涉環；ALOS-2衛星則為 L 波段，各種條件的同調性通常較佳，因此包含海岸山脈、中央山脈皆有相對清楚的干涉環，自中央山脈側算到花蓮港大約有5條的干涉環，大約等同約60公分的斜距變形，亦即變形量為視衛星方向的變形。雷達干涉成果發現地震造成陸地上花東縱谷北段南北長約60公里地表變形，顯著的地表變形位移量主要以花蓮市到崇德附近為中心，向二側逐漸減緩；位在花蓮市附近的已知斷層，在干涉圖上都沒有明顯錯動，這與野外觀察中未發現地表破裂狀況相符合。

最後，結合前述測地資料，透過斷層錯位模型進行斷層面滑移量模擬。獲得之最佳模型解指出此斷層有一主要滑移分布，即位於斷層中段，並集中在震央以北的地區。此區域近嶺頂至崇德地區，以逆移分量為主的運動；斷層面的滑移量介於818 - 2599 mm，並集中在深度約10 -20km的位置。此斷層計算之測地矩為 1.149×10^{27} dyne-cm，相當於Mw7.34。

經濟部曾於110年發布臺灣活動斷層潛勢圖，評估活動斷層未來50年內的活動機率，提及地震頻繁的東部，其中玉里斷層、池上斷層、米崙斷層未來50年內存在較高的活動機率（圖26），雖然東部在經歷數次地震後，能量均有釋放，斷層活動機率於震後應該下修，然而東部在板塊持續聚合累積應力下，斷層活動機率勢必較臺灣其他地區高，本中心也將持續對全臺活動斷層活動性進行更新評估與檢討，提供各界參考使用，落實運用至地震危害度評估、建築物耐震設計及地震防、減災等相關工作。

表 1：0403 地震 GNSS 連續追蹤站同震位移資料表

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
0498	24.7531	125.3738	1.65	-1.05	-1.77	1.27	1.27	5.78
0500	24.4263	123.7920	2.88	-2.39	2.53	1.25	1.28	5.56
0747	24.8280	125.1710	1.94	-1.54	-0.84	1.28	1.31	5.88
0748	24.6416	124.6924	2.37	-1.22	-0.24	1.29	1.34	6.05
0749	24.5366	124.3013	1.99	-0.80	4.84	1.41	1.46	6.68
0750	24.3389	124.1727	2.16	-2.48	2.35	1.36	1.36	6.10
0751	24.0615	123.7959	2.07	-5.26	3.43	1.21	1.24	5.43
1211	24.4474	122.9395	3.82	-3.88	-1.05	1.30	1.33	5.81
172K	24.0495	120.6041	-4.25	32.62	-18.68	3.74	5.17	20.24
AKND	22.8033	120.3573	2.13	-1.01	5.01	1.38	1.46	6.72
ALIS	23.5082	120.8133	4.74	7.74	0.11	2.13	2.17	10.78
ANBU	25.1826	121.5297	-8.64	7.80	4.65	1.67	1.71	7.85
ANES	23.7039	120.2491	1.90	8.48	-3.98	1.69	2.35	10.09
BAL2	24.6993	121.4272	-44.35	32.72	-23.88	4.57	6.84	29.25
BDES	23.3806	120.1719	1.56	5.19	1.96	1.29	1.35	5.99
BEG2	26.2155	119.9743	-1.32	3.47	-2.25	1.33	1.34	6.41
BIMO	22.5328	120.9674	0.43	-1.63	-5.48	1.58	1.94	9.07
BYRS	23.0394	121.2930	1.78	-6.41	13.87	1.31	1.38	6.11
C001	23.4179	120.6124	5.92	4.61	3.27	1.63	1.69	7.76
C002	23.3617	120.5772	2.06	4.29	1.97	1.94	2.28	11.61
CAOT	23.9794	120.6887	-2.69	36.68	-5.04	1.23	1.27	5.52
CG01	24.0078	121.6170	-27.31	7.59	430.64	1.94	2.39	10.66
CG02	24.0084	121.6147	-31.56	3.28	432.95	1.26	1.37	6.12
CG03	23.8858	121.5179	-82.54	-5.08	76.12	1.45	1.54	7.35
CG04	23.8688	121.5567	-146.36	-28.92	203.18	1.28	1.29	5.79
CHEN	23.0974	121.3736	3.90	-7.54	-2.32	1.36	1.51	6.72
CHES	23.9932	121.6073	-51.86	-27.73	391.89	1.70	3.43	7.89
CHGO	23.0983	121.3745	3.24	-7.95	-2.03	1.23	1.30	5.78
CHIA	23.4960	120.4332	2.83	7.28	-3.42	1.32	1.39	6.29
CHIN	24.2710	120.5822	-21.25	47.97	82.35	9.03	8.56	39.20
CHIU	23.9454	120.8289	-0.65	49.78	-6.08	1.34	1.51	6.79
CHKU	23.0558	120.0928	1.93	2.80	2.01	1.24	1.29	5.68
CHNT	24.1492	121.6619	64.82	63.04	222.94	1.39	1.55	7.01

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
CHU2	24.0659	120.5571	-3.17	35.71	-1.00	7.85	11.42	37.36
CHUK	23.4387	120.6047	1.60	8.31	2.77	1.73	1.59	7.94
CHUL	23.1324	121.1257	-0.86	-8.42	-2.69	5.68	6.04	26.22
CHUN	23.4529	121.3931	-6.74	-11.91	-4.30	1.66	1.49	7.54
CHYI	23.4508	120.1402	1.47	6.82	2.92	1.91	2.11	11.85
CIME	23.2046	119.4300	1.74	1.68	1.92	1.19	1.25	5.46
CISH	22.8896	120.4812	1.81	-1.68	2.23	1.24	1.29	5.79
CKSV	22.9989	120.2200	1.67	1.28	5.34	1.32	1.39	6.26
CLAN	24.6023	121.5120	-44.12	43.39	-23.89	3.36	2.65	19.54
CLON	22.4301	120.5796	1.26	-1.57	2.94	1.65	2.52	11.00
CTOU	22.7547	120.2778	-4.76	6.74	6.94	2.66	4.02	14.80
CWEN	23.4730	120.4528	2.56	6.43	-0.83	1.21	1.26	5.52
DAHU	24.4229	120.8718	-31.13	59.68	0.87	1.36	1.47	6.42
DAJN	22.3113	120.8650	5.26	3.05	-1.31	3.62	5.12	19.68
DANI	23.1195	120.3614	-5.53	28.80	-1.15	2.76	3.26	13.80
DANL	22.2041	120.7519	2.37	-1.02	1.34	2.35	2.69	13.57
DAWU	22.3406	120.8900	1.97	-5.29	3.19	1.24	1.30	5.74
DCHU	23.2132	121.2806	-0.07	-6.72	-1.75	1.40	1.54	7.24
DLIO	22.4080	120.5265	1.27	-0.72	0.58	1.26	1.29	5.81
DNAN	23.6738	120.4480	1.42	12.30	-0.43	1.49	1.83	7.61
DNDA	23.7500	121.1400	7.71	36.40	-18.12	1.16	1.16	5.12
DNFU	23.6851	121.4823	-42.12	-29.11	5.10	3.74	6.31	18.77
DONA	22.9156	120.7035	1.11	-1.67	5.30	1.36	1.35	6.11
DONY	26.3677	120.4897	-1.67	3.18	-0.44	1.22	1.21	5.42
DOSE	23.4500	120.1393	1.92	5.99	2.84	1.26	1.35	5.91
DOSH	24.2627	120.8269	-20.83	61.10	-7.59	1.20	1.22	5.37
DPIN	24.0431	120.9328	-9.65	76.55	-10.51	1.43	1.51	6.78
DSIN	23.6312	121.3980	-24.69	16.74	28.04	23.00	66.60	90.47
DULI	23.0257	121.3306	-1.33	-11.54	37.87	5.59	8.29	35.34
EQLD	22.9974	120.2184	1.62	0.99	4.13	1.29	1.36	6.19
ERLN	23.7976	120.4196	-5.33	-6.70	-64.83	12.08	21.49	80.01
ERPN	22.9422	121.1661	2.94	-7.65	3.98	1.28	1.35	5.93
FALI	22.3653	120.5936	2.46	-2.33	-1.69	1.20	1.28	5.63
FENP	23.5985	121.5194	-21.16	-0.29	-68.34	16.48	40.59	98.15
FIVE	25.0711	121.7811	-2.43	7.62	0.20	3.66	4.88	19.40

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
FKD2	23.6884	120.8620	6.71	22.78	-3.11	1.49	1.81	7.98
FLNM	23.7463	121.4534	-41.44	-8.93	2.00	1.25	1.30	5.83
FLON	25.0204	121.9375	2.46	7.62	-2.60	1.69	2.34	8.98
FNGU	24.0352	120.7245	-5.56	41.42	-7.52	1.32	1.40	6.18
FONB	23.5982	121.5220	-30.77	-19.42	9.77	1.24	1.28	5.71
FRES	23.7911	120.3122	1.79	13.02	-3.54	1.63	1.76	8.26
FTPL	24.9741	121.6872	-9.15	9.29	0.86	1.37	1.46	6.79
FUDN	23.2507	121.3293	0.41	-5.10	1.08	1.62	1.53	7.40
FUNY	23.9223	120.3202	-0.65	16.35	2.35	1.43	1.55	7.10
FUQE	24.0112	120.8233	-4.47	55.60	-5.08	1.49	1.64	7.43
FUSI	24.8212	121.3529	-33.10	23.75	-4.35	1.20	1.22	5.31
FUSN	24.7990	121.3315	-38.34	31.30	-17.54	2.75	3.32	14.81
GAIS	23.0803	120.5906	1.85	-0.56	1.99	2.01	1.77	9.21
GFES	23.7414	120.4025	0.83	14.21	0.25	1.68	2.21	10.77
GFPS	24.0091	121.5803	-48.24	10.27	165.65	2.23	4.09	11.26
GLS	23.6121	120.6078	3.01	12.48	1.57	1.37	1.42	6.40
GOLI	25.0204	121.9874	3.85	6.47	1.94	1.23	1.27	5.60
GS01	24.9820	121.5082	-16.14	10.99	2.38	1.51	1.56	7.16
GS03	24.7766	121.0441	-29.78	31.66	0.82	1.20	1.22	5.40
GS05	23.5671	120.5684	2.76	9.96	-1.94	1.78	1.76	8.54
GS06	23.4656	120.5542	2.41	7.49	-5.24	1.46	1.52	7.43
GS09	25.2086	121.6519	-5.78	7.42	1.77	1.39	1.34	6.22
GS11	25.1336	121.4988	-10.52	8.14	1.09	1.30	1.36	5.89
GS13	25.0200	121.4522	-18.42	15.10	4.90	2.88	2.15	16.61
GS14	24.8032	120.9595	-24.29	29.03	2.42	1.26	1.33	6.03
GS15	24.7667	120.9905	-27.62	31.10	8.43	2.86	1.93	11.23
GS16	24.7479	121.0416	-32.09	35.02	0.84	1.28	1.36	6.20
GS17	23.5612	120.6058	3.75	13.13	3.01	2.09	2.23	10.74
GS18	23.4850	120.4738	1.81	6.54	1.67	1.55	1.67	7.82
GS20	24.8419	121.9432	4.30	10.52	-5.01	1.25	1.28	5.61
GS21	24.0965	120.5124	-5.36	26.69	-0.54	1.83	1.76	8.39
GS22	24.0913	120.6039	37.93	23.46	-53.47	9.59	16.16	60.84
GS23	24.0937	120.6482	-7.18	36.63	-3.01	1.30	1.36	6.08
GS24	24.0256	120.5264	-3.25	27.38	-1.28	1.82	2.48	11.02
GS25	23.9867	120.6406	-1.07	32.57	-7.54	2.29	1.97	10.10

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
GS26	23.8249	120.5787	-0.25	27.34	0.29	2.54	2.21	10.71
GS28	23.0799	120.2136	5.83	3.97	5.12	2.99	3.25	17.52
GS29	23.0754	120.3176	1.91	1.89	1.64	1.37	1.50	6.58
GS30	23.0203	120.2261	1.97	0.87	5.17	1.29	1.37	6.06
GS31	23.0188	120.2759	1.32	1.36	4.52	1.28	1.36	5.99
GS32	23.0271	120.3358	1.24	0.48	0.79	1.30	1.38	6.15
GS34	22.9361	120.2763	1.09	0.33	7.01	1.53	1.51	7.07
GS35	22.9358	120.3085	1.40	1.32	0.41	2.06	2.02	10.65
GS36	24.3620	120.6253	-13.76	35.84	1.84	1.32	1.34	6.05
GS38	24.2798	120.6006	-7.18	34.76	-46.19	3.65	3.11	20.44
GS39	24.1844	120.5296	-7.58	29.82	2.27	1.64	1.92	9.00
GS42	23.2732	120.4520	1.73	3.04	1.14	1.24	1.29	5.72
GS43	23.2572	120.3736	2.97	5.89	17.91	5.75	7.04	38.02
GS44	23.2222	120.4004	1.62	2.48	0.44	1.40	1.51	7.22
GS45	22.7525	120.7280	1.45	-3.35	-2.81	1.67	1.43	7.33
GS46	22.5297	120.6395	0.54	-2.75	-1.53	1.56	1.61	8.45
GS51	23.0002	120.5401	1.83	0.27	3.06	1.94	2.08	9.01
GS53	22.8400	120.3983	2.37	-1.57	7.06	1.41	1.46	6.58
GS55	22.8507	120.6022	0.89	-2.50	-0.90	1.34	1.44	6.38
GS56	22.7039	120.6017	0.79	-1.45	-3.32	1.50	1.82	8.09
GS58	22.1264	120.8389	3.04	-1.98	2.29	1.38	1.53	6.73
GS59	22.0574	120.7044	2.95	-1.50	-2.35	2.55	3.13	14.39
GS60	22.0075	120.8097	2.46	-1.25	3.14	1.22	1.29	5.68
GS63	23.5433	120.6268	2.07	9.78	-1.48	1.24	1.21	5.34
GS64	23.4076	120.7122	3.18	5.05	-2.76	1.68	1.62	9.68
GS67	23.3397	120.6752	2.41	3.30	-3.11	1.56	1.57	7.15
GS68	23.6071	120.4877	2.67	10.17	-2.37	1.61	2.06	9.25
GS70	24.7967	121.7900	-3.19	13.88	-4.41	1.79	1.88	9.00
GS71	24.6675	121.7131	-9.80	22.36	-7.25	1.82	2.01	8.06
GS72	24.6647	121.8292	11.91	18.24	3.52	1.32	1.45	6.70
GS73	22.9711	120.3530	0.62	-3.00	3.99	4.17	4.14	21.26
GS74	22.9392	120.4598	1.73	1.99	6.61	5.55	5.26	32.67
GS75	22.8856	120.4941	1.24	-1.07	2.70	1.65	1.77	8.09
GS76	22.8353	120.3707	0.71	-2.38	-9.94	3.19	3.30	16.60
GS77	22.7776	120.4053	1.77	-1.95	-0.04	1.62	1.98	8.35

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
GS78	22.8478	120.4656	0.91	-1.56	7.00	1.35	1.43	6.33
GS79	22.8957	120.2996	0.80	1.23	0.46	2.22	3.28	15.70
GS80	22.8642	120.3606	1.01	-0.89	1.05	1.76	2.13	10.06
GS81	22.8149	120.3121	0.87	1.54	7.67	2.64	3.93	15.04
GS82	24.3126	120.8328	-26.49	59.48	-6.88	1.34	1.39	6.28
GS83	23.9840	120.7432	-2.33	41.98	-5.89	1.32	1.63	6.98
GS84	23.8098	120.8567	4.93	38.71	-6.09	1.55	1.72	8.50
GS85	21.9695	120.7351	2.44	-2.45	2.51	1.23	1.33	5.70
GS86	24.9197	121.1377	-23.19	22.04	2.01	1.78	1.69	8.00
GS87	24.8124	121.0024	-25.30	29.64	2.83	1.25	1.31	5.74
GS88	23.0685	120.3480	1.99	0.54	2.02	1.74	1.81	9.28
GS89	23.0340	120.3127	3.52	0.22	-13.94	2.73	2.76	14.29
GS91	24.7852	120.9283	-24.84	28.98	0.65	1.75	1.73	8.44
GS92	24.5466	120.9232	-32.80	52.36	-2.50	1.45	1.68	7.22
GS93	25.1655	121.5586	-9.17	7.01	0.48	1.61	1.90	9.27
GS94	25.1771	121.5586	-19.14	5.24	157.51	50.24	157.09	182.98
GS96	23.1217	120.3895	1.65	1.57	-2.51	1.54	1.65	7.36
GS97	23.1216	120.4570	1.38	-0.97	12.05	2.64	2.29	12.90
GUK2	24.2030	121.0070	-31.86	99.49	-15.36	2.14	1.98	9.43
GUKN	23.6459	120.5888	2.50	13.75	0.36	1.42	1.37	6.36
HAN2	24.6340	121.7168	-8.96	22.64	-9.70	1.58	1.92	8.56
HCBS	24.7519	121.0003	-26.72	37.08	-12.72	1.93	1.77	8.50
HENC	22.0039	120.7465	2.63	-1.34	1.02	1.45	1.58	7.39
HERI	25.2944	121.5809	-4.62	7.01	0.62	1.43	1.42	6.46
HFAN	24.9807	121.6930	-10.61	8.61	1.43	1.19	1.19	5.26
HLCL	24.0107	121.6331	-9.33	71.24	511.64	2.08	4.21	10.33
HLES	23.6866	120.3478	1.78	9.77	3.65	1.31	1.38	6.17
HLHS	23.9865	121.6255	-69.95	50.02	509.55	1.93	3.88	8.60
HLSM	23.4282	121.3486	-2.65	-8.41	-8.04	1.39	1.40	6.94
HLSZ	24.1027	121.6066	-39.01	73.00	90.23	2.09	4.16	11.33
HNES	23.9484	120.4791	-1.64	20.89	-3.95	1.36	1.44	6.59
HNSN	24.3377	121.3081	-104.43	130.86	-54.93	1.93	1.95	9.79
HOBE	21.9458	120.7452	-0.55	-1.63	9.66	1.64	2.20	8.96
HOKN	23.1884	120.1349	0.35	3.76	0.79	1.33	1.37	6.11
HOPN	24.1708	120.8949	-12.06	109.05	-57.70	9.21	11.98	43.09

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
HSIN	24.8278	121.0143	-25.02	28.84	5.33	1.55	1.66	7.61
HUAL	23.9754	121.6135	-84.11	30.94	462.50	1.49	1.58	7.98
HUAN	24.1435	121.2726	-70.50	192.33	-85.37	1.31	1.35	5.98
HUAP	24.3090	121.7494	54.37	86.62	62.29	3.85	6.99	23.29
HUSI	23.5664	119.6694	1.66	5.02	-1.06	1.19	1.24	5.35
HUWE	23.7294	120.2866	1.34	11.38	0.96	1.26	1.28	5.71
HUYS	24.0923	121.0294	-20.17	100.99	-21.85	1.63	1.88	9.02
ICHU	23.3607	120.2793	1.16	4.55	1.50	1.33	1.45	6.50
ILAN	24.7640	121.7566	-6.46	15.49	-3.68	1.70	1.93	9.32
JHCI	23.5137	120.5474	2.23	8.33	1.23	1.23	1.27	5.67
JHES	23.2963	120.1689	1.24	3.69	1.74	1.39	1.50	6.58
JHSN	23.6153	120.5767	2.54	11.99	1.79	1.34	1.40	6.55
JIBE	23.7414	119.6134	1.78	5.61	-0.51	1.20	1.26	5.48
JJES	23.6339	120.4000	0.71	9.80	3.00	1.32	1.45	6.28
JLUT	22.3300	120.6228	2.70	-2.45	-2.56	1.46	1.52	6.99
JMES	23.7093	120.4072	0.54	12.45	-2.89	1.76	1.93	8.99
JNHU	24.4171	118.4474	1.96	4.98	1.03	1.28	1.36	6.06
JNSA	24.5037	118.4218	2.18	3.12	-2.35	1.24	1.29	5.65
JONP	23.4230	120.5240	1.54	5.74	1.97	1.25	1.31	5.73
JPEI	23.5316	121.3714	-12.06	-5.90	-6.08	1.60	2.03	9.15
JPIN	23.3411	121.3589	-2.53	-8.58	-4.50	1.88	1.94	9.58
JSAN	23.7612	120.6809	1.75	23.74	4.35	1.52	1.60	7.51
JSES	23.6220	120.3151	0.60	9.59	2.05	1.46	1.47	6.82
JSU2	23.4924	121.4238	-11.38	-13.42	-1.37	1.46	1.46	8.27
JULI	23.3417	121.3182	-2.33	-8.37	-0.53	1.21	1.25	5.56
JUNA	24.6840	120.8754	-25.01	34.63	2.65	1.21	1.24	5.43
JWEN	23.2197	120.4973	1.91	2.40	-0.87	1.49	2.04	8.53
JYAN	24.2425	121.2263	-68.36	154.34	-67.34	1.51	1.39	6.85
JYGU	25.9597	119.9710	-1.41	5.49	1.35	1.23	1.23	5.49
KASU	22.8102	120.6330	0.46	-2.45	0.94	1.26	1.35	5.89
KDNM	21.9494	120.7820	2.46	-1.71	-3.51	1.50	1.96	8.29
KFN2	23.9877	121.1168	-9.77	103.97	-40.51	1.23	1.27	5.55
KHLZ	22.8559	120.2530	2.28	1.74	4.42	1.28	1.40	6.04
KIMN	24.4074	118.2892	2.17	1.57	2.00	2.01	2.02	12.16
KLN2	23.3311	120.5080	2.21	4.37	8.74	1.69	1.79	8.19

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
KMNM	24.4638	118.3886	2.04	4.68	-3.19	1.27	1.34	5.96
KNKO	23.4722	121.5057	-8.83	-12.44	-2.66	1.24	1.28	5.74
KSH2	24.7761	121.1761	-50.81	93.64	2.11	6.38	9.68	30.57
KTES	23.6266	120.3343	2.12	15.05	-2.88	4.10	4.94	25.68
KYI2	25.0410	121.0805	-14.91	16.84	-6.21	1.64	1.78	9.21
KZN1	23.9463	120.6980	-1.66	35.23	-8.29	1.28	1.38	6.09
LAIG	23.5294	120.7399	4.11	9.33	9.28	1.81	2.47	10.56
LANY	22.0373	121.5581	4.72	-2.78	-7.47	1.90	2.44	11.16
LBJ5	22.4323	120.5122	1.96	-1.28	-1.53	1.27	1.33	5.97
LEYU	24.4407	118.2393	2.53	3.03	0.64	1.27	1.33	5.89
LGU2	22.9938	120.6350	0.62	-0.56	0.32	1.30	1.40	6.19
LIKN	22.7586	120.5279	1.48	-2.14	1.07	2.50	2.53	12.40
LIU2	22.3462	120.3687	1.19	-2.54	1.28	1.27	1.35	6.00
LIY2	24.3364	120.7735	-20.89	52.25	0.03	1.64	1.68	8.20
LNCH	22.9946	120.4026	0.96	0.92	1.28	1.31	1.40	6.07
LND2	25.1004	121.9178	1.12	6.43	-2.73	4.25	6.13	25.06
LNJS	23.7575	120.5922	1.76	18.50	-0.51	1.40	1.52	7.07
LNK2	25.0776	121.3772	-15.55	11.99	5.84	1.44	1.62	7.67
LONT	22.9063	121.1306	3.52	-4.48	-4.24	1.28	1.38	6.19
LOYE	23.4686	120.7012	3.72	8.31	-0.43	1.44	1.57	7.53
LSAN	24.0293	121.1822	-21.58	136.49	-61.61	1.53	1.56	7.08
LSBO	24.1534	120.6342	-8.19	39.05	-2.84	1.27	1.28	5.69
LTUN	24.7000	121.7716	-2.88	18.40	-8.42	2.03	2.82	11.66
LTZA	23.5077	120.4458	-990.76	1080.03	24.49	6.05	7.36	27.15
LUDO	22.6693	121.4684	6.20	-4.72	-0.65	1.22	1.28	5.61
LUKN	24.0600	120.4351	-2.48	24.00	0.55	2.18	2.44	12.11
LYES	23.7227	120.3067	0.93	11.48	0.37	1.40	1.50	6.86
MAAY	24.0417	121.6222	17.72	2.91	375.12	1.40	2.87	6.25
MAJA	22.7076	120.6521	2.33	-2.77	3.62	1.43	1.37	6.51
MCES	23.9919	121.6312	-38.90	75.73	521.22	14.15	31.95	73.03
MDES	23.6526	120.1999	1.04	8.62	0.36	1.28	1.35	5.89
MFEN	24.0822	121.1725	-30.36	141.61	-55.17	1.29	1.37	6.00
MIAO	24.5835	120.8103	-23.50	40.75	-1.37	2.42	3.08	16.99
MIN2	23.2770	120.7199	2.61	2.05	-0.71	1.47	1.67	7.35
MLES	23.9950	121.5948	-44.72	-12.53	306.14	1.91	3.81	9.15

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
MLO1	22.9000	120.5540	1.77	-2.09	4.55	1.83	2.31	10.30
MOTN	23.2005	121.0269	1.57	2.34	6.71	1.27	1.31	5.89
MZUM	26.1571	119.9332	-3.17	3.78	-2.65	1.45	1.53	7.34
NAAO	24.4493	121.8102	35.06	49.26	36.49	1.48	1.58	7.21
NCKU	22.9385	120.2758	2.03	0.24	6.73	1.40	1.52	7.12
NDH4	23.9168	121.5199	-57.40	-53.25	41.88	1.22	1.24	5.45
NDH5	24.0100	121.6181	-26.72	7.68	439.95	1.20	1.22	5.38
NDH7	24.2953	121.7552	92.19	147.59	73.52	1.43	1.62	7.01
NDHA	24.4268	121.7492	20.60	57.08	20.99	1.99	2.32	11.00
NDHB	23.8958	121.5487	-113.57	-30.20	175.89	1.27	1.29	5.70
NDHU	23.8972	121.5508	-113.44	-42.50	210.70	9.65	9.69	38.70
NGAO	24.0500	121.2800	-41.86	185.69	-86.14	1.15	1.16	5.10
NGES	23.6120	120.2184	0.58	8.31	0.41	1.36	1.50	6.60
NHSI	23.4062	121.4530	-2.96	-11.59	-6.04	1.71	1.88	9.08
NIPU	23.2433	121.4121	2.90	-8.03	-6.88	1.37	1.52	7.25
NIUT	24.6348	121.5616	-29.21	27.83	-34.70	10.14	9.40	40.54
NJOU	22.5039	120.5714	-7404.52	-5639.51	-320.05	2.52	2.23	12.10
NSAN	24.4282	121.3828	-91.36	101.33	-24.18	2.28	2.37	12.32
NSHE	24.2258	120.8009	-17.88	59.23	-7.23	1.44	1.58	7.14
NTPU	25.0591	121.5424	-22.59	15.43	-0.66	1.31	1.32	6.02
NTUH	23.7330	120.4276	0.03	12.86	-0.34	1.51	1.49	7.07
PANG	23.5652	119.5637	1.00	4.86	0.58	1.75	2.03	10.43
PAO2	24.7080	120.9231	-27.33	35.92	2.77	1.47	1.87	8.46
PEI1	23.2940	120.1690	3.05	4.15	2.85	1.79	2.28	10.02
PING	23.3195	121.4543	-0.79	-8.25	4.58	1.30	1.40	6.23
PINT	23.7561	120.6406	1.50	18.66	0.00	1.72	1.57	7.95
PKGM	23.5799	120.3055	1.00	8.98	0.19	1.21	1.26	5.50
PLA2	24.5788	121.0864	-50.32	60.41	-6.96	1.88	2.14	9.52
PLIM	23.9739	120.9820	-4.94	74.74	-19.54	2.76	2.35	13.16
PLIN	24.9336	121.7140	-3.22	20.80	-11.33	4.26	5.39	22.83
PNCY	25.6275	122.0794	1.03	2.28	-1.44	1.28	1.31	5.87
PNLA	24.5429	120.9705	-38.82	57.86	2.81	1.57	1.60	7.22
PNSI	24.0100	121.4000	-50.89	178.95	-137.28	1.55	1.64	8.02
PTDG	22.4739	120.4653	2.38	-1.06	2.28	1.37	1.48	6.57
PUS2	23.9697	120.5262	-2.59	23.99	-2.71	1.20	1.24	5.45

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
QMYP	24.7274	125.3489	1.58	-1.62	-0.16	1.33	1.31	5.97
RENI	23.4589	120.5086	0.41	6.33	-2.08	4.39	5.72	24.04
RHES	23.6623	120.4227	0.92	10.56	2.47	1.45	1.52	7.53
S011	23.2054	120.3395	2.00	3.26	-1.09	1.23	1.29	5.64
S012	23.0595	120.4883	1.57	0.36	0.29	1.22	1.29	5.59
S016	24.1796	120.8029	-17.19	59.84	-5.90	1.57	1.76	7.98
S01R	23.6553	119.5924	1.74	5.54	-2.89	1.39	1.43	6.33
S101	25.0405	121.6139	-10.14	6.90	5.06	1.60	1.43	7.05
S103	23.5644	120.4752	1.44	8.70	2.34	1.20	1.24	5.38
S104	22.8208	121.1894	4.12	-2.71	2.32	1.42	1.49	6.73
S105	22.9517	121.1129	3.67	-0.62	-6.57	1.39	1.45	6.77
S106	23.0508	120.3341	0.88	1.69	5.88	1.34	1.43	6.53
S167	23.9544	120.9341	-3.41	60.62	2.89	2.77	2.68	13.76
S169	22.9423	120.5033	1.45	-0.81	2.96	1.37	1.44	6.55
S23R	22.6450	120.6062	1.03	-1.19	-5.29	1.72	2.02	9.38
SAN2	24.4136	120.7692	-21.07	46.86	1.48	1.30	1.41	6.31
SAND	22.7173	120.6406	1.23	-3.30	4.59	1.89	2.33	10.20
SANJ	25.2608	121.5009	-6.53	7.23	-5.06	2.09	1.79	9.77
SANL	23.6645	120.7686	3.83	17.41	-2.31	1.63	1.43	7.46
SCHN	24.1278	121.6516	65.53	35.71	246.01	1.32	1.40	6.21
SDW1	22.7576	120.7539	0.68	-2.80	3.74	1.62	1.46	7.52
SDW2	22.7576	120.7539	1.46	-3.65	0.47	1.87	1.73	9.38
SFON	24.9329	121.0102	-20.11	21.81	-1.45	2.03	1.82	9.62
SGAN	22.5813	120.3497	1.70	-1.09	4.66	3.62	2.44	13.22
SGUN	24.2716	120.6919	-14.19	44.45	-7.62	1.66	1.84	8.83
SHAN	23.1089	121.1995	0.46	-6.12	-5.00	1.28	1.39	6.20
SHJU	24.8451	120.9220	-20.88	25.28	0.96	1.21	1.25	5.46
SHLU	24.1445	120.5783	19.68	260.54	-179.80	107.17	210.20	500.71
SHMN	25.2915	121.5622	-5.55	6.02	0.16	1.21	1.23	5.46
SHUL	23.7876	121.5627	-150.16	-30.50	128.19	2.61	2.92	14.14
SHWA	23.0214	120.3478	0.79	-0.60	3.06	1.56	1.79	8.54
SICH	24.1257	121.6544	78.09	32.37	260.15	1.22	1.26	5.62
SINY	23.6965	120.8532	7.17	24.06	-1.68	1.36	1.52	6.76
SJES	23.8538	120.4982	-1.02	19.99	-0.42	1.50	1.60	7.35
SJPU	23.4285	120.4813	1.59	5.86	-0.48	1.30	1.38	6.13

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
SLES	23.5732	120.2472	0.65	8.33	1.71	1.41	1.64	7.15
SLIN	23.8119	121.4414	-28.28	17.63	-25.26	3.90	4.80	20.29
SLNP	24.7531	121.6356	-19.34	20.06	-3.03	1.49	1.62	7.67
SNES	23.6781	120.3115	-0.28	11.32	-5.18	2.42	2.39	12.56
SOFN	23.8703	121.5982	-210.00	7.35	320.11	1.33	1.54	6.95
SONA	24.3978	120.9858	-42.63	77.10	-16.11	2.85	2.58	15.76
SPAO	24.2050	121.4849	-143.71	193.90	-121.99	1.54	1.89	8.97
SSES	23.9379	120.3944	-1.01	18.94	-2.13	1.52	1.63	7.56
SSUN	23.4142	120.3778	1.66	5.64	2.94	1.30	1.44	6.36
STES	23.6587	120.3498	0.53	10.03	3.52	1.38	1.46	6.73
SUA2	24.6158	121.8477	11.10	24.99	-0.55	1.48	1.65	7.49
SUAN	23.4776	120.2999	1.18	6.62	-1.80	1.32	1.41	6.21
SUC2	24.2915	120.9091	-29.03	74.87	-23.09	4.05	5.24	19.12
SUN1	23.8812	120.9084	3.21	50.10	-4.66	1.61	1.71	9.25
TACH	24.2908	120.5351	-9.90	37.14	-0.84	2.15	4.18	15.57
TAN2	25.1787	121.4313	-10.64	9.38	3.18	1.25	1.29	5.69
TAPE	23.1256	121.2309	0.35	-6.03	-5.97	1.30	1.36	6.05
TAPO	23.1271	121.2374	-0.03	-5.03	1.17	1.26	1.30	5.76
TAPU	23.2508	120.5854	1.46	1.74	3.36	1.31	1.38	5.92
TASI	23.7203	120.1888	0.76	9.70	4.12	1.20	1.23	5.38
TASO	24.4613	120.6951	-18.64	38.00	1.16	1.50	1.57	7.23
TATA	23.4814	120.8871	-0.67	2.64	37.60	6.92	6.99	34.61
TAYN	23.1593	120.7642	1.78	-1.27	-1.24	1.60	1.82	7.70
TCHN	24.8536	121.8302	-0.38	12.30	-7.27	1.79	2.12	10.12
TEGS	24.3562	120.6550	-15.38	38.47	3.72	1.31	1.40	6.30
TENC	23.2778	120.9157	1.50	-0.38	-2.67	1.41	1.43	6.56
TK31	25.0586	121.2995	-16.68	12.73	2.70	4.37	5.99	29.18
TK93	24.6597	120.9158	-29.06	39.80	-1.61	1.62	1.69	8.13
TKJS	23.6880	120.3898	2.98	10.95	4.35	1.62	1.66	8.28
TL01	23.2766	121.2757	0.16	-10.23	-17.87	1.45	2.03	9.15
TL05	23.2677	121.3542	-0.97	-5.83	-12.14	1.39	1.52	6.95
TMAM	22.6161	121.0075	1.23	1.01	0.66	1.33	1.43	6.35
TNCG	23.0962	120.1445	2.42	1.31	3.05	1.73	3.51	8.04
TNMD	23.1777	120.2529	1.48	2.31	1.29	1.51	1.65	7.98
TNSY	23.3103	120.3025	1.51	4.16	-0.36	1.27	1.27	5.57

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
TOFN	24.6620	120.9248	-29.43	40.49	-1.16	1.36	1.43	6.38
TSHI	25.2569	121.6328	-6.30	4.77	-5.59	1.95	1.84	9.38
TSIO	24.4728	120.7041	-17.97	39.36	-1.24	1.58	1.74	8.41
TSLU	25.0869	121.4827	-12.72	9.47	4.58	1.26	1.27	5.62
TTCS	23.1249	121.2151	-1.91	-6.76	-1.72	1.30	1.41	6.21
TTSH	22.7471	121.1476	1.62	-2.56	-5.28	1.29	1.39	6.17
TTUN	22.7646	121.0807	1.55	-2.70	-4.07	1.75	2.17	8.92
TUNH	23.0752	121.3002	2.32	-4.22	-10.14	1.57	1.89	8.42
TUNM	23.9652	121.4936	-62.27	94.52	-62.31	2.89	2.66	13.31
TUNS	23.3172	120.4040	3.26	6.06	-0.63	1.72	2.14	8.97
TWTF	24.9536	121.1645	-22.42	20.24	3.66	1.40	1.35	6.35
TWVD	25.1405	121.7998	-1.50	5.21	4.36	1.60	1.62	7.74
VR01	24.1172	120.4982	-4.68	27.14	-2.17	1.21	1.24	5.45
VR02	23.8999	120.3735	-0.04	17.43	-2.99	1.44	1.50	6.88
VR03	23.8644	120.5815	-0.65	23.02	-1.05	1.28	1.40	6.17
W021	23.5357	120.5495	1.41	9.96	-1.64	1.41	1.49	6.66
W029	23.5408	120.6643	4.39	10.24	-6.91	1.73	1.91	8.77
WALI	25.1758	121.6894	-3.85	6.63	-4.93	1.47	1.49	6.72
WANS	23.6075	120.8852	5.89	16.07	-3.58	1.40	1.67	7.13
WARO	23.8120	121.4409	-31.00	23.52	-12.26	1.25	1.40	6.12
WCRS	23.2787	121.3226	1.22	-8.85	-17.61	1.25	1.28	5.71
WDAN	22.6061	120.5043	1.06	-1.72	3.09	1.25	1.34	5.86
WFEN	24.0419	120.6995	-5.36	41.34	-4.64	1.41	1.46	6.49
WIAN	23.5675	119.4808	1.58	3.95	-0.74	1.22	1.25	5.46
WIPN	24.6746	121.0586	-40.13	45.19	1.53	1.40	1.45	6.58
WLIP	23.1483	120.6326	1.56	0.06	-3.03	1.58	1.61	7.45
WNES	23.5008	120.3119	1.23	6.27	2.73	1.30	1.36	6.06
WUKU	25.1173	121.4007	-12.98	9.18	0.11	3.72	3.71	19.25
WULU	23.1693	121.0415	4.28	-3.18	2.73	1.59	1.74	8.25
WUST	23.2052	120.3682	1.95	1.15	-3.33	1.40	1.45	6.34
XPES	23.4843	120.3333	0.86	6.48	0.60	1.65	1.57	7.73
YAME	24.9085	121.1853	-25.27	23.19	4.83	1.57	1.75	7.91
YCES	23.6533	120.3089	1.04	9.86	3.44	1.33	1.42	6.26
YENL	23.9035	121.6018	-210.74	102.67	360.88	1.25	1.35	6.18
YILN	24.7461	121.7457	-4.46	15.86	-5.88	1.24	1.26	5.61

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
YLSS	24.6679	121.6530	-18.11	20.56	-11.16	1.28	1.32	5.85
YMSM	25.1657	121.5741	-10.13	7.09	-1.07	1.25	1.28	5.78
YOKN	23.6261	120.5542	1.90	12.09	4.84	1.32	1.45	6.20
YSLI	23.7392	120.2223	0.51	10.90	2.30	1.38	1.48	6.58
YUL1	23.3214	121.3002	-6.63	-0.52	1.05	3.72	4.21	19.19
YUNL	23.8839	120.7986	2.98	37.62	-4.40	2.35	3.09	12.15
YUSN	23.4873	120.9591	4.66	5.23	-5.46	2.66	2.98	12.80
YWJS	23.5462	120.1940	0.13	6.07	4.57	1.37	1.43	6.53
ZEND	22.9433	120.2176	1.18	0.82	7.19	2.34	2.86	13.11
ZH01	23.9521	120.6878	-2.61	35.73	-6.40	1.32	1.42	6.00
ZUZH	25.1621	121.5445	-9.48	8.33	-4.25	1.74	1.99	10.45

表 2：0403 地震 GNSS 移動站同震位移資料表

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
0308	22.9422	121.1608	12.21	0.57	13.98	2.61	2.56	5.39
0943	22.7793	121.1383	-7.62	-30.16	11.59	1.36	1.38	2.93
9094	24.1295	121.6474	53.77	49.77	278.42	1.89	1.91	4.12
9096	24.1052	121.6178	-6.93	62.26	163.25	1.89	2.02	4.31
9115	23.8232	121.4774	-49.64	15.18	-6.25	2.00	2.08	4.51
9117	23.8078	121.4495	-59.68	9.58	-8.64	2.94	3.02	6.30
9157	23.1658	121.2422	-19.84	-17.55	31.09	1.89	1.98	4.18
9160	23.1212	121.2128	-31.68	-12.47	41.56	1.76	1.94	4.17
9172	22.9318	121.1452	-32.64	-22.01	2.21	1.63	1.69	3.56
9176	22.8997	121.1000	-39.25	-21.53	-13.44	2.01	2.17	4.62
9194	22.7042	121.0397	-2.33	-9.96	18.80	1.88	2.03	4.35
A001	23.9510	121.5906	-105.96	-27.62	460.55	1.96	2.14	4.70
A011	23.7959	121.5686	-165.43	-8.13	172.41	2.00	2.14	4.62
A019	23.7026	121.5485	-83.54	-7.76	55.79	2.00	2.04	4.36
A032	23.4999	121.5045	-9.59	-18.25	67.24	1.87	2.12	4.61
A041	23.4011	121.4800	2.67	-27.28	2.32	2.05	2.07	5.01
A047	23.3043	121.4419	15.59	-14.40	47.04	2.15	2.19	4.73
A056	23.1722	121.4019	16.31	-16.18	29.71	1.80	1.89	3.90
A063	23.0815	121.3539	8.13	-12.78	10.56	2.03	2.12	4.56
A068	23.0117	121.3237	26.51	-16.29	-40.51	1.96	2.06	4.43
A081	22.8573	121.1985	25.47	-27.10	1.18	1.96	2.10	4.43
A086	22.7938	121.1934	22.61	-22.85	-12.54	1.87	1.89	4.02
E012	23.1251	121.4164	-0.37	-10.14	41.66	1.78	1.79	4.02
E062	22.6431	120.9525	-23.29	-20.32	43.15	1.98	2.04	4.16
E084	22.7534	121.1421	1.62	-5.30	69.11	1.79	1.80	3.87
E306	22.8099	121.1093	-1.94	-2.62	-11.27	1.90	1.86	3.98
E315	23.8877	121.5869	-188.17	-5.04	338.76	1.92	1.99	4.13
E319	24.0500	121.6164	8.42	8.85	336.56	1.91	1.93	4.19
E333	23.1030	121.2799	-8.80	12.40	38.82	2.68	2.76	5.68
E341	23.3040	121.3550	24.74	-46.09	-59.46	1.95	1.92	4.05
E349	23.3146	121.3248	-4.03	-5.22	23.54	2.67	2.71	5.79
E356	23.0369	121.1985	-17.59	-1.59	-37.86	2.58	2.52	5.31
E373	23.2397	121.2880	-11.90	3.89	16.83	1.66	1.62	3.46

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
E407	22.8178	121.1475	21.93	-27.58	51.56	2.56	2.96	6.40
E415	24.0045	121.5730	-46.52	24.52	204.80	2.37	2.65	5.97
E430	23.0968	121.2225	5.57	8.61	115.15	2.00	2.09	4.24
E549	23.8867	121.5406	-111.64	-20.90	199.82	2.01	2.25	4.66
E801	23.3416	121.3184	32.29	-5.71	-18.07	2.71	2.74	6.12
E906	22.9108	121.2654	22.95	-22.44	-9.06	1.90	1.93	4.12
G970	23.9254	121.6040	-201.70	24.72	490.49	1.95	2.00	4.60
G972	23.9252	121.5955	-142.29	-12.04	383.07	2.84	2.91	6.57
G979	23.9450	121.5353	-71.25	31.19	96.68	1.92	2.01	4.57
G999	23.6557	121.4597	-34.02	-15.29	54.17	1.68	1.86	3.80
GA03	23.6616	121.4371	-19.79	7.88	33.40	1.71	1.80	3.81
GA04	23.6623	121.4326	-20.96	14.35	5.93	1.69	1.72	3.89
GA05	23.4621	121.4954	-7.67	-21.79	53.30	2.71	2.84	5.82
GA11	23.4877	121.4695	8.07	-38.86	15.33	2.76	3.10	6.39
GA22	23.4969	121.4291	-7.71	-11.97	35.19	2.13	2.17	5.36
GA26	23.4995	121.4004	22.20	-12.02	39.54	1.79	2.09	4.68
GA28	23.5070	121.3910	-6.03	-37.19	47.58	2.93	3.12	6.56
GA32	23.4975	121.3736	-3.00	-26.41	29.09	2.63	3.03	6.01
GA34	23.4942	121.3562	-0.81	-21.51	22.33	2.90	2.97	6.39
GA35	23.4914	121.3264	19.51	-25.91	57.32	3.10	3.38	7.07
GA37	23.9836	121.6081	-62.84	-23.32	427.83	1.89	1.92	4.21
GA40	24.0036	121.5817	-43.37	7.16	178.17	1.83	1.84	3.89
GA41	23.8442	121.5921	-203.49	8.48	287.61	2.13	2.39	5.16
GA43	23.8843	121.5197	-71.34	-41.92	77.00	2.80	2.93	6.28
GC29	23.3213	121.3394	4.94	-1.54	36.78	2.79	2.98	6.53
GC30	23.3246	121.3166	30.94	-3.62	38.96	1.87	2.01	4.16
GC31	23.1235	121.2484	43.53	-38.21	-38.08	2.34	2.70	5.44
GC33	23.2855	121.4290	12.27	-19.72	23.41	1.61	1.77	3.61
GC34	23.0392	121.2927	6.11	4.84	-23.45	3.25	3.36	6.93
GE02	23.3947	121.3566	-7.56	-15.67	18.99	2.93	3.13	6.64
GE08	23.7300	121.4448	-56.82	16.25	15.05	2.87	2.86	6.18
GE42	22.8357	121.0828	4.72	-18.58	51.48	3.11	3.39	7.38
GE46	23.9867	121.6032	-31.99	-69.87	395.45	2.36	2.41	5.29
GE52	23.2019	121.2770	9.99	-9.46	46.75	2.44	2.53	5.15
GE53	23.2192	121.2653	17.67	-2.17	40.54	2.68	2.79	5.69

站號	緯度 (°N)	經度 (°E)	緯度方向 位移量 (mm)	經度方向 位移量 (mm)	垂直方向 位移量 (mm)	緯度方向 標準差 (mm)	經度方向 標準差 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
GE55	23.7157	121.4110	-26.04	21.46	29.47	1.61	1.73	3.64
GE56	23.7267	121.4984	-71.37	-24.22	46.37	2.00	2.00	4.28
GE57	23.7544	121.4676	-52.49	-7.74	60.77	2.72	2.63	5.58
GE63	24.0069	121.6188	-12.95	6.28	500.47	1.93	2.04	4.41
GE64	24.0144	121.6089	-24.10	53.91	407.18	1.71	1.73	3.75
H008	23.9889	121.6313	-55.09	72.43	572.10	1.85	1.87	4.10
I130	22.7919	121.1588	-13.49	3.25	85.72	2.82	2.80	6.29
S044	22.6778	121.0224	16.68	-15.91	9.11	2.62	2.54	5.54
S078	23.1670	121.0452	34.98	28.24	-12.87	3.46	3.34	7.36
S214	22.9630	121.2405	-29.72	-0.28	20.52	2.94	2.90	6.18
S220	22.9712	121.3045	-24.53	-7.48	54.09	3.10	3.19	6.80
S232	22.9430	121.2171	-27.01	10.24	348.44	3.42	3.27	7.11
S233	23.0442	121.1599	29.74	17.10	-273.39	2.86	2.84	5.99
S264	22.7602	121.1552	9.99	-22.54	98.12	3.41	3.79	7.28
S273	22.7653	121.0628	-1.82	-4.24	5.06	2.76	2.85	6.33
S280	22.7907	121.0534	37.48	16.70	57.66	2.59	2.53	5.41
S291	23.7503	121.5603	-161.21	-15.28	170.13	1.95	1.99	4.58
U027	24.0814	121.6099	-28.92	63.04	193.55	2.06	2.30	4.80
U028	24.0552	121.5925	-28.21	71.59	136.91	2.03	2.24	4.64
U037	24.0080	121.6377	-32.40	89.53	585.05	2.04	2.04	4.49
U048	23.9737	121.6154	-79.55	40.29	493.10	2.06	2.28	4.60
U050	23.9754	121.5755	-51.52	-19.43	219.94	1.89	1.94	4.19
U086	23.8347	121.5096	-80.94	-17.88	88.06	2.69	2.80	5.97
U225	24.0236	121.6294	10.12	26.67	570.24	2.19	2.33	5.18
V205	22.7162	121.1181	11.35	-9.41	-36.01	2.72	2.67	5.70
W036	23.4988	121.4116	-10.22	-14.13	43.17	2.32	2.46	5.34
W048	22.9013	121.1538	17.39	-8.11	-8.15	2.50	3.30	5.70

表 3：0403 地震精密水準測量同震位移資料表

點號	緯度 (°N)	經度 (°E)	垂直方向 位移量 (mm)	垂直方向 標準差 (mm)
N670	23.9652	121.4936	0.00	0.00
GI17	23.9534	121.5116	46.29	0.65
GI18	23.9506	121.5164	63.60	0.73
GI19	23.9495	121.5207	74.69	0.81
GE88	23.9482	121.5260	91.79	0.88
G979	23.9450	121.5353	127.60	0.90
9108	23.9393	121.5430	167.70	1.17
G978	23.9380	121.5430	171.79	1.18
G977	23.9336	121.5527	224.29	1.24
G976	23.9314	121.5616	272.59	1.28
G975	23.9290	121.5703	317.70	1.34
G974	23.9252	121.5830	382.69	1.40
G973	23.9263	121.5914	416.90	1.44
G972	23.9252	121.5955	434.49	1.45
A003	23.9243	121.6029	476.59	1.48
G970	23.9254	121.6040	481.50	1.49
X004	23.6668	121.4273	0.00	0.00
GA04	23.6623	121.4326	-2.69	0.50
A096	23.6634	121.4319	-2.09	0.54
GA03	23.6616	121.4371	-5.30	0.64
GA02	23.6605	121.4475	-9.90	0.85
A097	23.6601	121.4479	-9.90	0.85
GA01	23.6582	121.4543	-5.30	0.95
G999	23.6557	121.4597	0.39	1.03
G998	23.6541	121.4626	6.19	1.05
A098	23.6527	121.4635	7.30	1.07
G997	23.6539	121.4679	13.10	1.11
A099	23.6509	121.4707	10.30	1.28
U147	23.6510	121.4762	21.70	1.40
A100	23.6464	121.4869	21.59	1.60
G996	23.6466	121.4922	27.40	1.67
A101	23.6408	121.4891	33.00	1.84

點號	緯度	經度	垂直方向	垂直方向
	(°N)	(°E)	位移量 (mm)	標準差 (mm)
G995	23.6356	121.4895	26.09	1.93
A102	23.6311	121.4923	25.39	2.02
G994	23.6270	121.4949	16.99	2.06
A103	23.6251	121.5009	17.39	2.18
A104	23.6194	121.5030	22.40	2.26
G993	23.6180	121.5043	20.40	2.27
G992	23.6107	121.5073	18.10	2.33
GH40	23.6061	121.5111	17.89	2.36
A105	23.6034	121.5168	17.89	2.39
X305	23.6015	121.5214	19.10	2.43
G991	23.5983	121.5194	18.99	2.46
GH41	23.5975	121.5252	18.79	2.48
A026	23.5963	121.5283	15.30	2.69
GA35	23.4914	121.3264	0.00	0.00
W031	23.4909	121.3264	0.79	0.14
W032	23.4920	121.3324	-4.29	0.25
U028	23.4933	121.3361	-6.19	0.32
W034	23.4949	121.3459	-9.70	0.60
GA34	23.4942	121.3562	-13.59	0.74
GA33	23.4958	121.3655	-5.79	0.86
GA32	23.4976	121.3736	-2.39	1.01
9135	23.4993	121.3760	-4.30	1.08
GA30	23.5032	121.3825	-5.50	1.20
GA29	23.5040	121.3855	-3.59	1.22
GA28	23.5071	121.3910	-2.89	1.26
GA27	23.5034	121.3951	0.00	1.29
GA26	23.4995	121.4004	4.59	1.35
W035	23.4983	121.4056	8.39	1.52
W036	23.4988	121.4116	10.10	1.78
GI20	23.4989	121.4161	12.90	1.88
GI21	23.4977	121.4198	13.20	2.02
GI22	23.4967	121.4244	6.60	2.16
GA22	23.4969	121.4291	14.49	2.25
P026	23.4969	121.4291	14.89	2.27

點號	緯度	經度	垂直方向	垂直方向
	(°N)	(°E)	位移量	標準差
			(mm)	(mm)
GI23	23.4992	121.4300	12.79	2.32
GI24	23.5031	121.4335	11.09	2.34
GA21	23.5042	121.4356	10.19	2.40
GA20	23.5033	121.4386	10.50	2.52
GA19	23.5026	121.4419	8.60	2.58
S121	23.4972	121.4463	14.09	2.64
GI25	23.5003	121.4468	12.59	2.65
GA18	23.5040	121.4499	12.50	2.67
GA17	23.5047	121.4539	13.89	2.69
GA16	23.4993	121.4553	13.29	2.70
GA15	23.4963	121.4575	11.60	2.72
GA14	23.4966	121.4585	10.70	2.74
GI26	23.4932	121.4579	6.49	2.76
W044	23.4896	121.4572	5.70	2.09
GA13	23.4892	121.4584	5.20	2.79
GA12	23.4898	121.4629	-2.80	2.80
GA11	23.4877	121.4695	1.50	2.87
GA10	23.4871	121.4749	1.29	2.94
GA09	23.4814	121.4700	1.60	2.99
GA08	23.4770	121.4660	-0.90	3.03
GA07	23.4730	121.4728	1.29	3.09
GA06	23.4720	121.4814	0.90	3.14
A036	23.4690	121.4874	-1.49	3.16
A037	23.4629	121.4965	-1.79	3.17
GA05	23.4621	121.4954	-0.20	3.18
GF75	22.8359	121.0686	0.00	0.00
GF76	22.8368	121.0762	-0.20	0.65
GE42	22.8357	121.0828	-10.19	0.87
GF77	22.8315	121.0873	-15.60	0.90
9181	22.8310	121.0936	-3.29	0.94
GF78	22.8277	121.0984	4.29	1.37
GF79	22.8219	121.1023	8.50	1.47
GF80	22.8232	121.1093	2.70	1.59
GI89	22.8138	121.1196	-1.50	2.17

點號	緯度	經度	垂直方向	垂直方向
	(°N)	(°E)	位移量 (mm)	標準差 (mm)
GI90	22.8100	121.1229	0.00	2.20
GI91	22.8080	121.1306	0.40	2.35
GF83	22.8055	121.1336	-0.20	2.36
GI92	22.8014	121.1355	-1.20	2.39
GI93	22.7971	121.1371	-0.40	2.40
GI94	22.7912	121.1405	-0.39	2.44
GF85	22.7926	121.1456	-0.79	2.51
GF86	22.7915	121.1529	-1.99	2.53
GF87	22.7871	121.1579	-29.30	2.58
GI95	22.7824	121.1600	2.00	2.63
205R2	22.7800	121.1649	1.80	2.67
GI96	22.7769	121.1682	0.40	2.69
A088	22.7768	121.1750	1.50	2.72
A087A	22.7883	121.1831	2.40	2.82
A086	22.7938	121.1934	1.19	2.88

致謝

本報告為經濟部地質調查及礦業管理中心於0403花蓮地震後，進行GNSS觀測資料蒐集及現地測量撰寫而成，相關經費由本中心「斷層活動性調查及觀測第五階段」支持與提供，觀測工作執行及報告撰寫期間承蒙各單位及專家學者提供資料與協助。

特別感謝地震後中興測量有限公司調派人力協助辦理GNSS移動站與精密水準測量；交通部中央氣象署、中央研究院地球科學研究所、內政部地政司、內政部國土測繪中心及經濟部水利署等單位長期提供GNSS連續測站資料，並在地震後即時進行交換。

地表變形資料解算與斷層模擬分析由臺灣大學莊昀叡教授、中央大學張午龍教授、中央研究院地球科學研究所陳宏宇、成功大學景國恩教授、中興工程顧問社李易叡、莊怡蓉、國立中央大學地球科學系邱紀瑜、國立臺灣大學地理環境資源學系郭勝煒、趙荃敏、李子昕、李聿修、蔡耀萱等團隊提供協助；雷達差分干涉成果由東華大學顏君毅教授團隊提供協助，本中心敬致謝忱。

參考文獻

- 張中白（2005）大地彩虹-合成孔徑雷達。科學發展月刊。第 390 期，第 18-23 頁。
- 林啟文、盧詩丁、陳文山（2012）經濟部中央地質調查所特刊第二十六號，新期構造研究專輯（三）第 1-30 頁，民國 101 年 12 月。
- 內政部（2014）一等水準測量作業規範。內政部編印，共 52 頁，2014 年 7 月。
- 林珈樺(2016) 重建 1951 年花東縱谷地震序列震源破裂特性與縱谷斷層情境地震模擬之研究。國立臺灣大學理學院地質科學研究所碩士論文，共 108 頁。

- 梁勝雄與陳建良（2019）從地面到太空-全方位觀測地表變形。地質。第 38 卷，第 3 期，第 35-39 頁。
- 莊昀叡、景國恩、張午龍、陳宏宇、李易叡、莊怡蓉及邵國士等（2023）重要活動斷層地區地表變形觀測與斷層潛勢評估第二階段（1/3），經濟部地質調查及礦業管理中心 112 年度委託專業服務期末報告書，共 393 頁。
- 20131031 瑞穗地震地質調查報告，經濟部中央地質調查所，中華民國 103 年 2 月 10 日，共 34 頁。
- 20180206 花蓮地震地質調查報告，經濟部中央地質調查所，中華民國 107 年 3 月，共 115 頁。
- 斷層活動知多少，經濟部新聞稿，110 年 3 月 11 日。
- 20220323 長濱地震地質調查報告，經濟部中央地質調查所，中華民國 111 年 7 月 5 日，共 63 頁。
- 20220620 光復地震地質調查報告，經濟部中央地質調查所，中華民國 111 年 7 月 20 日，共 36 頁。
- 20220917 關山地震、0918 池上地震地質調查報告，經濟部中央地質調查所，中華民國 111 年 11 月 11 日，共 78 頁。
- Angelier, J., Chu, H.T., and Lee, J.C. (1997). Shear concentration in a collision zone: kinematics of the Chihshang Fault as revealed by outcrop-scale quantification of active faulting, Longitudinal Valley, eastern Taiwan. *Tectonophysics* 274, pp.117-143.
- Bonilla, M.G. (1975). A review of recently active faults in Taiwan. Open file report 75-41, U.S. Geological Survey, Menlo park, pp.58.
- Chen, H. Y., J. C. Lee, H. Tung, C. L. Chen and H. K. Lee (2021) Variable vertical movements and their deformation behaviors at convergent plate suture: 14-year-long (2004-2018) repeated measurements of precise leveling around middle Longitudinal Valley in eastern Taiwan *Journal of Asian Earth Sciences* 218, doi.org/10.1016/j.jseaes.2021.104865.
- Cheng, S.N., Yeh, Y.T., and Yu, M.S. (1996). The 1951 Taitung earthquake in Taiwan. *Journal of the Geological Society of China* 39, pp.267-285.
- Hsu, T.L. (1962). Recent faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. *Memoir of the Geological Society of China* 1, pp.95-102.
- Lee, J.C., Angelier, J., Chu, H.T., Hu, J.C., and Jeng, F.S. (2001). Continuous

monitoring of an active fault in a plate suture zone: a Creepmeter study of the Chihshang Fault, eastern Taiwan. *Tectonophysics* 333, pp.219-240.

Okada, Y.(1985). Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bulletin of the Seismological Society of America* 75, pp.1135-1154.

Okada, Y. (1992). Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bulletin of the Seismological Society of America* 82, pp.1018-1040.

Yu, S.B., Chen, H.Y., and Kuo, L.C. (1997). Velocity field of GNSS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics* 274, pp.41-59.

結論與建議

本次花蓮地震野外地質調查結果，在米崙斷層及嶺頂斷層沿線皆未發現地表破裂現象，僅部分區域能觀察到液化等變形現象，美崙溪河道兩側及花蓮大橋至箭瑛大橋之間河床發現數處不連續噴沙現象，由於噴沙範圍與河道走向相當一致，為地震之強地動致使液化與噴沙現象沿部分鬆軟的河道沉積物而發生。但以上現象既不連續，也沒有線狀分布，且未呈現雁行排列、斷層崖等構造特徵，即不具斷層活動造成地表破裂的特徵，因此可以推測與米崙斷層及嶺頂斷層等活動斷層無直接關聯，研判可能為地下深處的斷層構造所引致。

同震變形方面，依據現地調查，發現花蓮港與太平洋公園等沿海地區抬升約 40-60 公分不等，與地震前後花蓮港驗潮站潮位資料地表抬升約 50 公分相當，而北至和平港，南迄鹽寮漁港，則因相對抬升量漸小而不易觀察。根據同震位移觀測成果顯示，此次地震在水平位移方面，主要的位移量分布於太魯閣以西之中央山脈區域，以及海岸山脈北段區域，最大水平位移為 SPAO（西寶）測站，往東南方向位移 24.1 公分；在垂直位移方面，主要的抬升量分布於米崙斷層以東之米崙臺地區域，以及海岸山脈北段區域，最大值為花蓮市華東（U037 測站），垂直抬升 58.5 公分；精密水準測量在橫跨海岸山脈北段的龍澗-嶺頂測線具顯著抬升，且愈往東側抬升量愈大，最大位於東海岸風景區北口水準點（G970），抬升 48.1 公分。雷達干涉成果發現：地震造成陸地上花東縱谷北段南北長約 60 公里地表變形，顯著的地表變形以花蓮市到崇德附近為中心，向二側逐漸減緩；位在變形區域的活動斷層，在干涉圖上都沒有明顯錯動，與野外調查未發現地表破裂狀況相符合。

綜合震源分布、震源機制解、地表地質調查與同震變形測量結果，推測此次地震由外海，走向北北東，向西傾斜的斷層活動所致，因此

陸上的斷層無活動跡象，並造成越近海岸處抬升量越大。

臺灣東部位於兩個板塊擠壓的交界，為臺灣地震發生最為頻繁與平原區活動斷層最密集之區域，由於引發本次地震的斷層位於東部外海，陸上所見災情主要為地震表面波的強烈搖動所致。但此區域的地質構造較過去了解更為複雜，建議應持續加強地殼變形、地震及活動斷層等觀測與分析能力，藉由區域尺度的觀測資料成果進行構造解釋，瞭解其變動趨勢並評估其安全性，此項工作需充分的人力與經費配合，並且長期持續進行方能竟其功。本中心也將持續對全臺活動斷層活動性進行更新評估與檢討，提供各界參考使用，落實運用至地震危害度評估、建築物耐震設計及地震防、減災等相關工作。