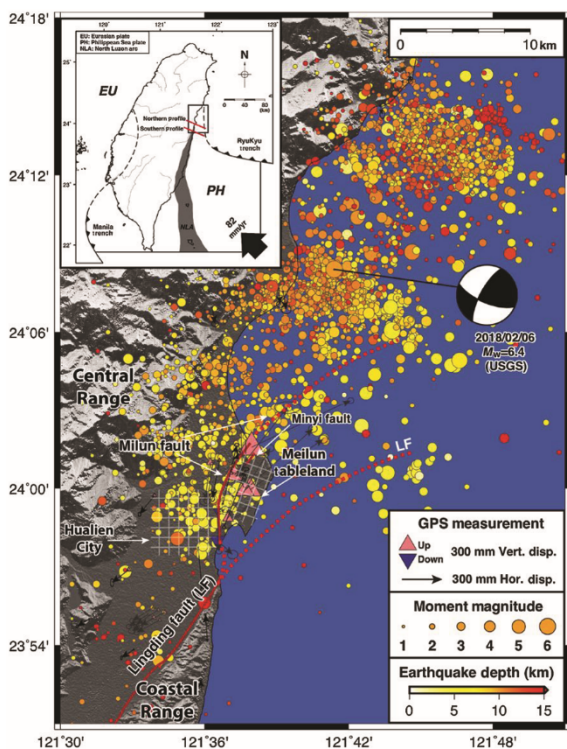


20180206 花蓮地震回顧與展望

東華大學自然資源與環境學系 顏君毅

去年(2018) 2 月 6 日在花蓮近海發生規模 ML 6.26 的地震(圖一)。地震震源距離花蓮市區大約 15 公里,深度則在 10 公里左右。因為距離市區近而且深度淺,因此造成相當嚴重的建物以及設施損毀(圖二),也不幸造成了 17 個人死亡。氣象局以及美國地質調查所(USGS)的資料都顯示這個地震斷層的性質是高角度向西傾斜、走向滑移為主並帶有少量逆衝分量(圖一)。不過野外調查顯示,大部分的破壞是沿著花蓮市附近的米崙斷層以及再南邊的嶺頂斷層形成。米崙斷層沿線主要是左移為主(圖三),斷層北端則帶有相當大的東側抬升的現象。嶺頂斷層則以左移的錯動為主(Huang *et al.*, 2018; Hsu *et al.*, 2018)。震

後在花蓮市附近發生非常多的餘震,在這些餘震中,除了靠海的以外,絕大多數都是正斷層形式,與 0206 地震以及再兩天前 0204 的大地震相當不同(Kuo-Chen *et al.*, 2018)。在隨後的地表調查中發現,沿著米崙斷層出露大約七公里的地表破裂,位移大小則隨著區域有很大差異。在米崙斷層北側接近七星潭附近,斷層破壞集中在非常狹窄的範圍,產生 20 到 70 公分的左移錯動以及最



圖一 20180206 花蓮地震位置以及餘震(Yen *et al.*, 2018)

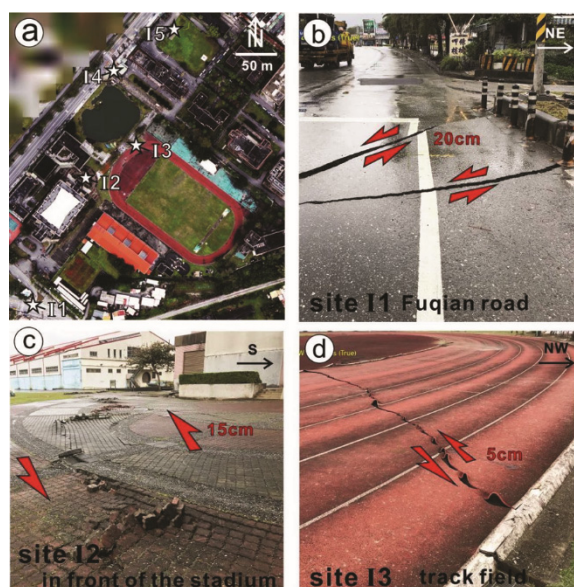


圖二 花蓮地震造成周遭建築物損毀



圖三 花蓮七星潭附近同震造成礫灘輪胎軌跡的左移錯動(Yen, 2018)

大 40 公分的抬升，抬升側在米崙斷層東南側之米崙台地。由七星潭往西到東華大學美崙校區，斷層破裂範圍變得比較寬廣而且具有多種不同的破裂型態，如體育館前廣場形成一系列的壓縮脊和左移構造（圖四(c)），體育館周遭總體位移可達到大約 15 公分；操場的 PU 材質則在剪動後產生雁行排列的拉張裂隙，單一條的位移可達 5 公分（圖四(d)）；校區附近最大的位移在校門口西側的馬路上，由路中央分隔線顯示的左移量可達 20 公分（圖四(b)），相對於七星潭附近，此



圖四 東華大學美崙校區附近的錯動(Hsu et al., 2018)

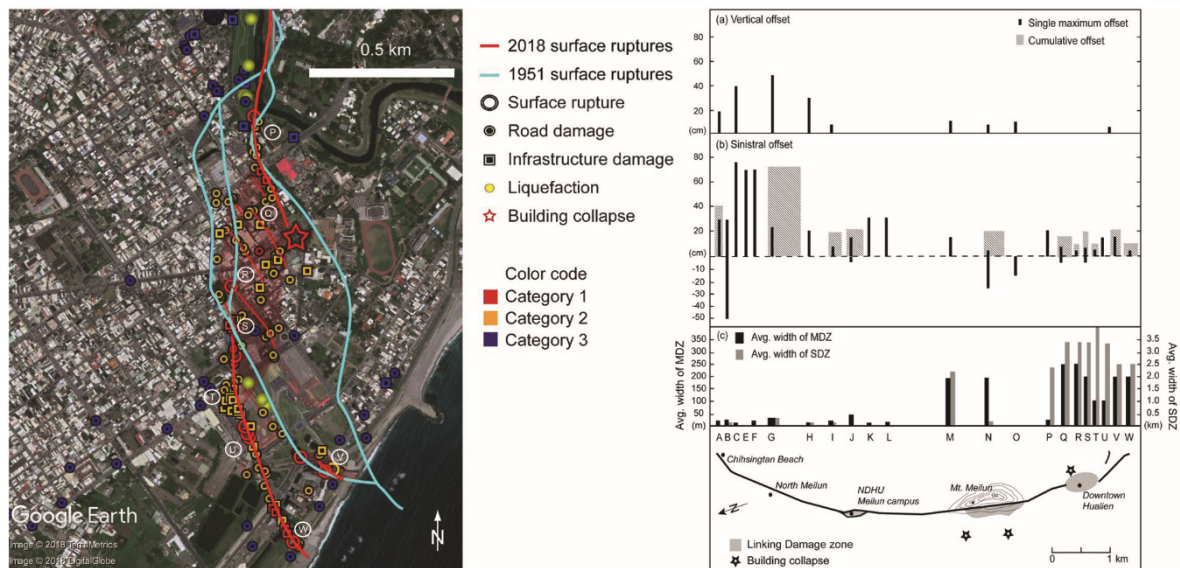
處的垂直變動並不明顯。繼續往西到美崙山，斷層由尚志路東側延伸到美崙山西側山腳，再往南到忠烈祠都有水平位移（圖五）。在此次地震中倒塌並造成最嚴重死傷的雲門翠堤大樓，位在美崙山以及美崙溪西側，附近並未發現明顯地表破裂，僅在大樓旁的美崙溪畔觀察到疑似破裂或是因為地震晃動造成之河岸積沙的裂隙，因為這些裂隙未位於主要斷層上，故推測可能是斷層分支、斷層帶在此區變寬並且跨越河道造成的。米崙斷層由此沿著明禮國小進入花蓮市區，除了造成統帥飯店倒塌外（圖六），地表的破壞與錯動相對於米崙斷層北側較為寬與分散（圖七）。地表破裂帶在南濱北側的抽水站附近出海，相對於 1951 年在南濱海堤最北端入海的花蓮地震斷層，顯示雖然同樣是「米崙斷層」，但是確實的地表



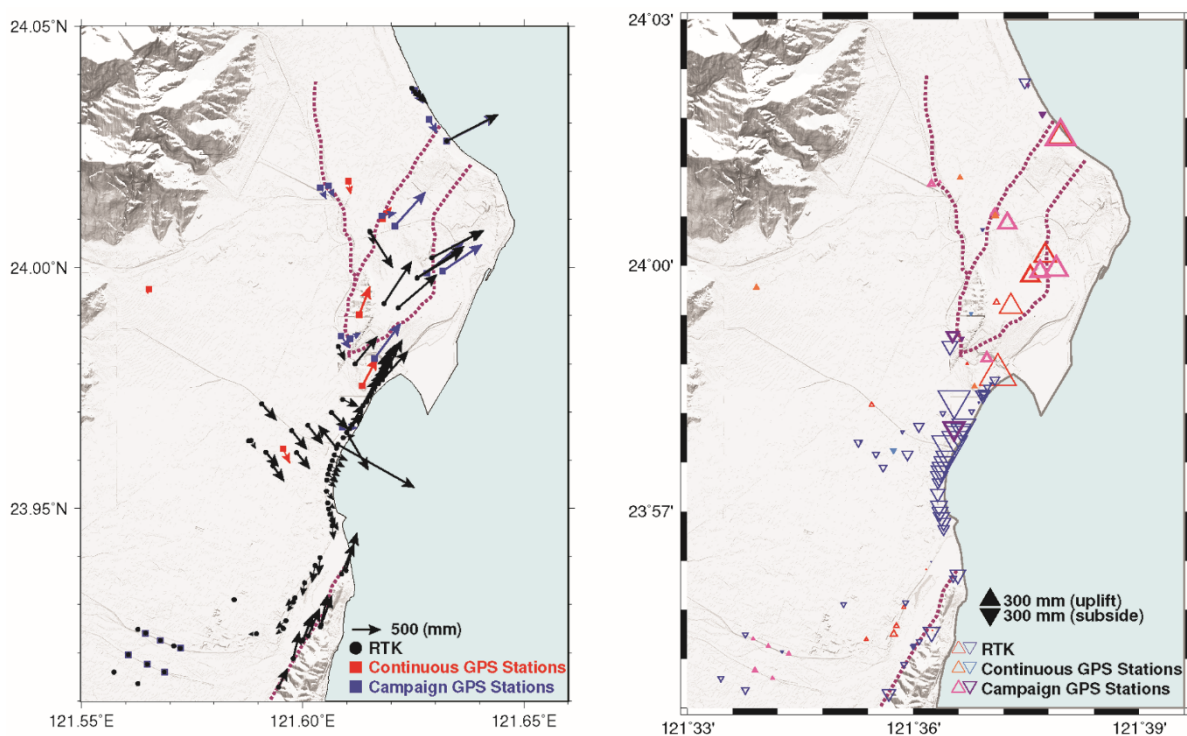
圖五 忠烈祠周遭的錯動(Huang et al., 2018)



圖六 明禮國小以及統帥飯店的破壞情形



圖七 花蓮市區破壞點位顯示斷層區域變寬。以及米崙斷層錯移統計(Huang *et al.*, 2018)



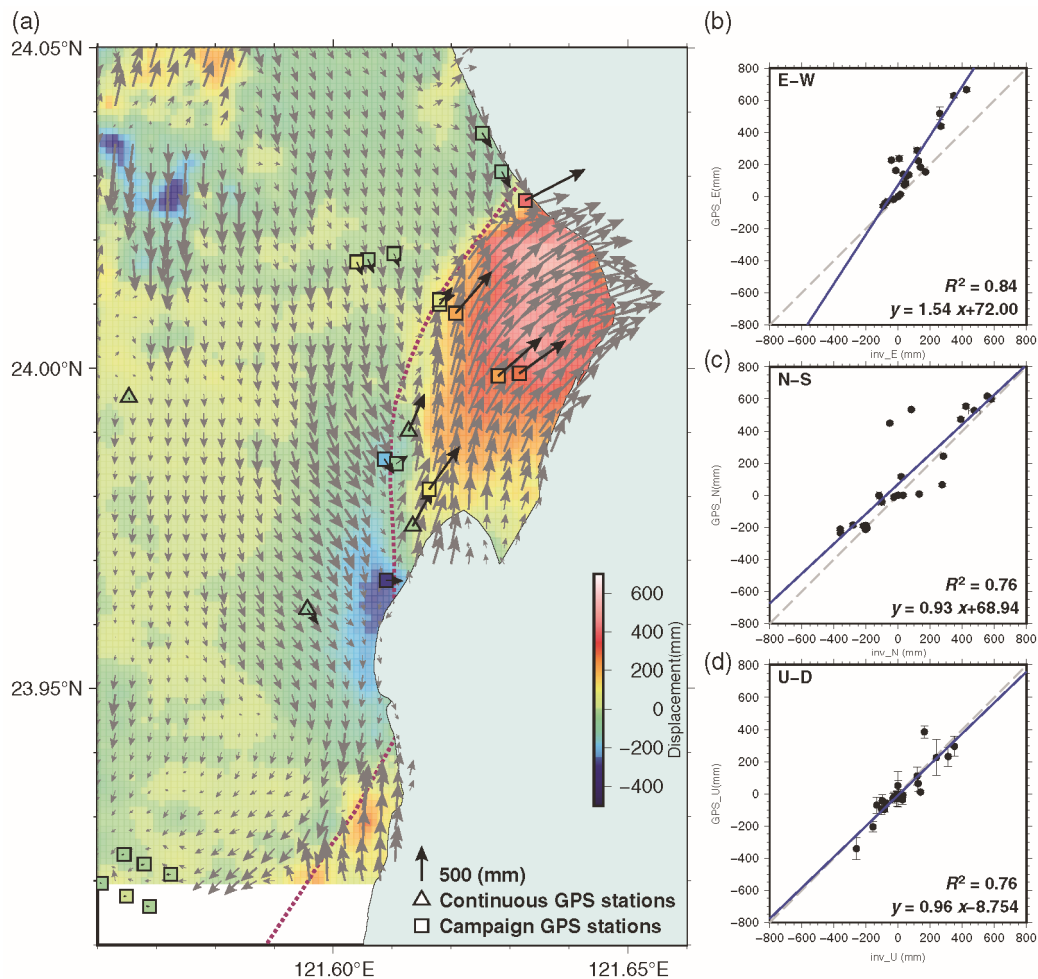
圖八 GPS 測量之水平與垂直位移(Wu *et al.*, 2019, under revision)

破壞位置卻會有數百公尺的差距。由地震後的地表破裂調查，可以看出米崙斷層北側的變形較大、較集中，而南段的位移較小，並且變形區往南變寬（圖七）。

不過野外調查受到許多限制，包含各級機關與民眾在極短期間內修復遭地震破壞之設施、較

不明顯的破壞可能不容易察覺而被忽略等等。因此，接著利用大地測量與遙測方法，探討地震前後各區域的位移現象。

圖八為包含 GPS 連續觀測站、重複觀測 GPS 基樁，以及利用 RTK GPS 測量公家機關設立之測量基準點所得到的同震變形。由圖可見，米崙

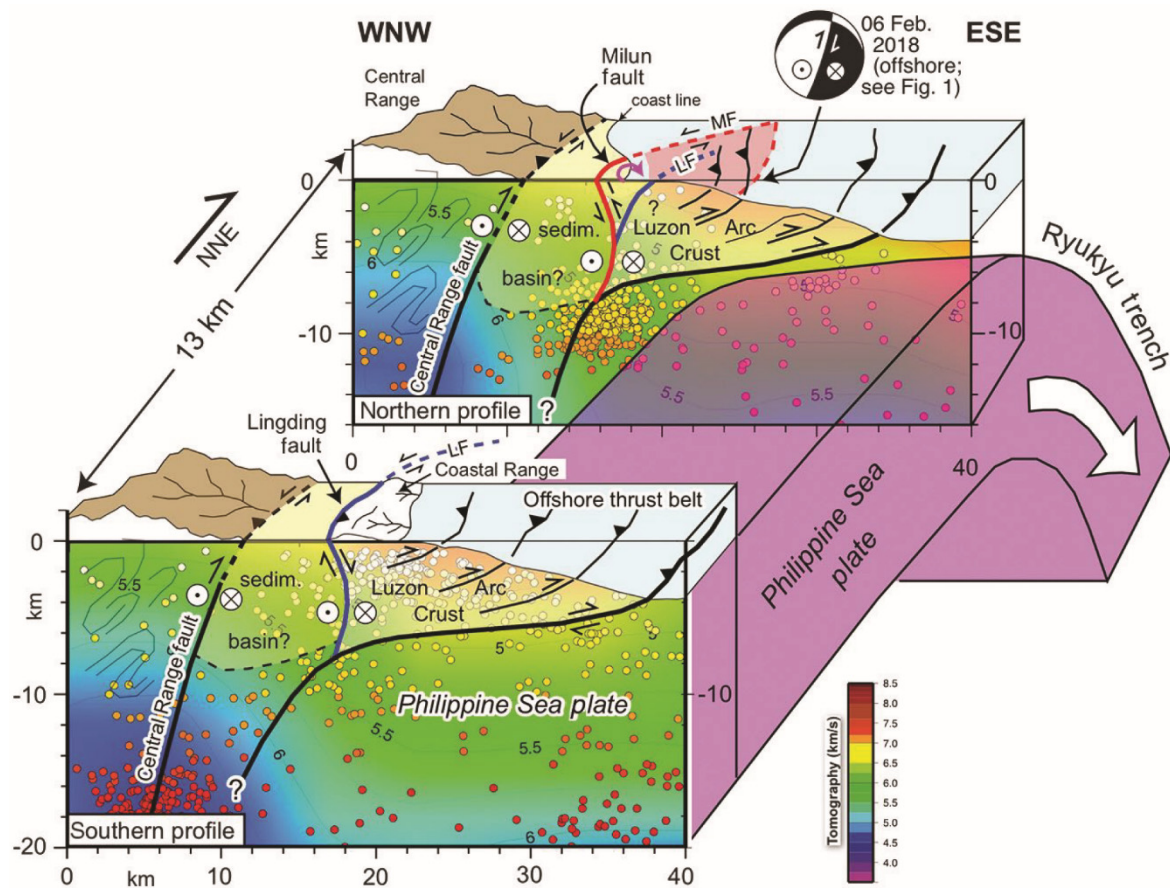


圖九 20180206 位移模型以及與 GPS 比較(Yen *et al.*, 2018)。

斷層東側之美崙台地多以約 50~70 公分的位移量相對向東北方向移動，抬升量可以超過 40 公分，且整個美崙台地有沿著米崙斷層順時針旋轉的趨勢。從花蓮港往南一直到吉安溪口附近，大部分測量顯示同震位移過程還是向北移動，但是此區開始呈現不超過 20 公分的同震下陷。再往南進入南濱與花蓮溪之間，普遍顯示向東南東移動，並且越往東下陷量明顯地越大。再往南進入縱谷的最北段，可以發現海岸山脈相對於縱谷有明顯的左移現象，在花蓮大橋附近相對位移達到 70 公分，與野外的測量值相當。值得注意的是此區的海岸山脈在同震變形中呈現下陷，與南側海岸山脈的長期抬升趨勢完全相反(Wu *et al.*, 2019)。

利用雷達差分干涉以及像素對比等遙測技術，我們可以得到花蓮附近全區的同震變形模型（圖九），並與附近 GPS 測站的成果比較(Yen *et*

al., 2018)。由此圖九可以看出與上述 GPS 測量大致類似的趨勢，美崙台地為抬升區域，並且整個台地沿著米崙斷層順時針旋轉。在美崙台地南側為明顯下陷區域，下陷區域集中在吉安溪北側，這樣的結果也與利用光學影像像素對比的結果相當符合(Kuo *et al.*, 2018)。然而，整合野外調查資料與遙測資料，互相比對、相互檢驗後，得到的花蓮市附近地表變形與以往的構造模型並不完全符合，所以我們參考餘震分佈以及 seismic tomography 的資料，提出一個新的構造模型（圖十）。這個模型將向東傾斜的米崙斷層與嶺頂斷層在深部連接，並且轉為向西傾斜，近海處用在震測剖面與模擬出現之向西傾斜的逆衝斷層，解釋美崙台地以及其南側的向東移動分量。主要地震產生原因則是菲律賓海板塊向北隱沒，並在其上方產生以走向滑移為主之斷層系統。



圖十 花蓮市附近的地體構造模型(Yen *et al.*, 2018)。

花蓮市造成地表破壞最著名的大地震發生在六十幾年前(1951年)，造成68人死亡多人受傷。如果更仔細檢視歷史地震災害紀錄，可以發現1986年也有一個相當大的地震發生在花蓮市近海，造成蘇花公路與中橫中斷、北迴鐵路鐵軌扭曲。換句話說，花蓮市附近在六十多年間已經經歷三次破壞性地震。雖然經過近代地球科學家的努力，我們已經對地震有很多的了解，但是致災、造成地表破裂的地震數量相對少，因而使大部分地震研究無法與地表破裂研究配合。因此，近年歷經三次造成地表明顯破裂地震的花蓮市，無庸置疑地應該成為地球科學最理想的天然實驗場。尤其2018地震後的這些研究成果，讓我們對花蓮地震和構造模型有更多、更新的認識。在撰寫本文同時(2019年4月)，花蓮市又發生規模5的地震，再度顯示米崙斷層與附近斷層的活躍性，也更加說明探討花蓮市周遭活動斷層及其活動方式的重要性。然而，我們對花蓮市附近地體架構與構造的資料掌握和證據仍然十分缺

乏，對如此短再現週期的地震亦應投入更多研究，以對地震，特別是造成地表破裂的地震能有更深入的了解，也能有更多資訊協助花蓮市做防災減災的規劃。

參考文獻

- Hsu, Y.-C., Chang, C.-P., Yen, J.-Y., Kuo-Chen, H. and Wang, C.-C., 2018, Investigating the Structure of the Milun Fault from Surface Ruptures of the 2018 Hualien Earthquake: Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences,, p. 1–30, doi: 10.3319/TAO.2018.09.28.01.
- Huang, S.-Y., Yen, J.-Y., Wu, B.-L., Yen, I.-C. and Chuang, R.Y., 2018, Investigating the Milun Fault: The coseismic surface rupture zone of the 2018/02/06 ML 6.2 Hualien earthquake, Taiwan : Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences,, p. 1–94.
- Kuo, Y.T., Wang, Y., Hollingsworth, J., Huang, S.-

- Y., Chuang, R.Y., Lu, C.-H., Hsu, Y.-C., Tung, H., Yen, J.-Y. and Chang, C.-P., 2018, Shallow Fault Rupture of the Milun Fault in the 2018 6.4 Hualien Earthquake: A High-Resolution Approach from Optical Correlation of Pléiades Satellite Imagery: *Seismological Research Letters*, doi: 10.1785/0220180227.
- Kuo-Chen, H., Guan, Z.K., Sun, W.F., Jhong, P.Y. and Brown, D., 2018, Aftershock Sequence of the 2018 Mw 6.4 Hualien Earthquake in Eastern Taiwan from a Dense Seismic Array Data Set: *Seismological Research Letters*, v. 90, no. 1, p. 60–67, doi: 10.1785/0220180233.
- Yen, J.-Y., Lu, C.-H., Dorsey, R.J., Kuo-Chen, H., Chang, C.-P., Wang, C.-C., Chuang, R.Y., Kuo, Y.-T., Chiu, C.-Y., Chang, Y.-H., Bovenga, F. and Chang, W.-Y., 2018, Insights into Seismogenic Deformation during the 2018 Hualien, Taiwan, Earthquake Sequence from InSAR, GPS, and Modeling: *Seismological Research Letters*, v. 90, no. 1, p. 78–87, doi: 10.1785/0220180228.
- 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: *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, p. 1–26. (under revision)