



活動斷層地質敏感區變更計畫書

F1011 米崙斷層

變更機關：經濟部

中華民國 109 年 4 月

活動斷層地質敏感區變更計畫書

F1011 米崙斷層

目 次

壹、原公告日期、文號	1
貳、變更原因	2
參、變更範圍說明	4
一、變更內容	4
二、變更前後位置圖	4
三、變更前後範圍圖	5
肆、地質環境	7
一、地形	7
二、地層	9
三、斷層性質	11
伍、參考資料	14
附件一：米崙斷層活動斷層地質敏感區變更前後位置圖	
附件二：米崙斷層活動斷層地質敏感區變更前後範圍圖 2 幅	
附件三：米崙斷層活動斷層地質敏感區變更後範圍圖 2 幅	

圖 目

圖 1-1、活動斷層地質敏感區（F0011 米崙斷層）訂定公告.....	1
圖 3-1、米崙斷層活動斷層地質敏感區變更前後位置圖（詳附件一，原圖比例尺為十萬分之一）。	6
圖 4-1、米崙斷層活動斷層地質敏感區沿線之地形圖。	8
圖 4-2、米崙斷層條帶地質圖（座標系統：TWD67），原圖比例尺二萬五千分之一，修改自林啟文等（2009）。	10
圖 4-3、2018 年 2 月 6 日花蓮地震地表破裂。	13

表 目

表 3-1、本地質敏感區套繪之二萬五千分之一地形圖一覽表.....	5
-----------------------------------	---

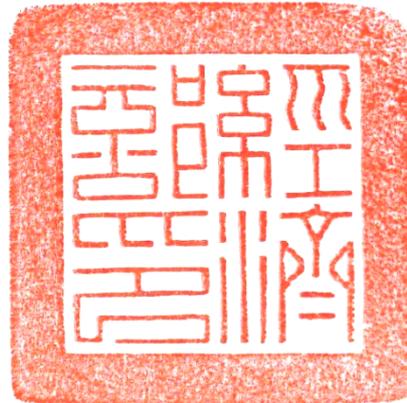
壹、原公告日期、文號

活動斷層地質敏感區（F0011 米崙斷層）於 105 年 12 月 21 日由經濟部以經地字第 10504606400 號公告。

檔 號：
保存年限：

經濟部 公告

發文日期：中華民國105年12月21日
發文字號：經地字第10504606400號
附件：如文



主旨：訂定「活動斷層地質敏感區（F0011米崙斷層）」、「活動斷層地質敏感區（F0012大甲斷層）」、「活動斷層地質敏感區（F0013九芎坑斷層）」、「活動斷層地質敏感區（F0014瑞穗斷層）」及「活動斷層地質敏感區（F0015奇美斷層）」，並自即日生效。

依據：地質法第五條第一項、地質敏感區劃定變更及廢止辦法第二條及第十三條第一項。

公告事項：訂定「活動斷層地質敏感區（F0011米崙斷層）」範圍圖詳如附件1~2、「活動斷層地質敏感區（F0012大甲斷層）」範圍圖詳如附件3~5、「活動斷層地質敏感區（F0013九芎坑斷層）」範圍圖詳如附件6~7、「活動斷層地質敏感區（F0014瑞穗斷層）」範圍圖詳如附件8~10、「活動斷層地質敏感區（F0015奇美斷層）」範圍圖詳如附件11~13，劃定計畫書得向花蓮縣政府、臺中市政府、雲林縣政府、嘉義縣政府、本部中央地質調查所閱覽，或逕自本部中央地質調查所全球資訊網站（網址：<http://www.moeacgs.gov.tw/main.jsp>）「地質法專區」下載電子檔。

部長 李吉先

圖 1-1、活動斷層地質敏感區（F0011 米崙斷層）訂定公告

貳、變更原因

米崙斷層為左移兼具逆衝分量之斷層，約呈南北走向，北起花蓮縣新城鄉七星潭海岸，沿著美崙臺地西緣崖坡向西南延伸至美崙山西側，再轉南南東延伸至花蓮市區，迄花蓮市南濱海岸，陸地上全長約 8 公里。1951 年 10 月 22 日 5 時 34 分及 11 時 29 分，花蓮外海分別發生芮氏規模 7.3 及 7.1 的地震，以及 2018 年 2 月 6 日 23 時 50 分的花蓮地震，均造成米崙斷層地表破裂。本部中央地質調查所將米崙斷層列為第一類活動斷層。

本部依據「地質法」第 5 條第 1 項以及「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 2 條第 1 項第 3 款與第 5 條第 2 項規定進行地質敏感區劃定，於 105 年 12 月 21 日公告訂定活動斷層地質敏感區（F0011 米崙斷層），公告內容詳如該地質敏感區劃定計畫書（經濟部，2016）。

2018 年 2 月 6 日花蓮地震，米崙斷層沿線出現地表破裂（經濟部中央地質調查所，2018），斷層兩側產生相對位移與變形，呈現左移運動（陳柏村等，2018），由干涉合成孔徑雷達（InSAR, Interferometric Synthetic Aperture Rader）與全球定位系統（GPS, Global Positioning System）資料，米崙斷層沿線出現左移及逆移的同震位移（Yen *et al.*, 2018），衛星影像分析顯示通過米崙斷層有左移現象（Kuo *et al.*, 2018）。該次地震的多數地表破裂位置，大多位於 105 年公告之米崙斷層活動斷層地質敏感區範圍內。另外，於忠烈祠以南的花蓮市地區，本次地震產生的地表破裂與美崙臺地南側地電阻探測結果（石瑞銓等，2004）判定之斷層帶位置相符，且與 1951 年花蓮地震的三條地表破裂（湯捷喜，1951）部分重疊，顯示米崙斷層的活動具有再現性。

本次地震花蓮市美崙溪以南，部分地表破裂跡位於已公告之米崙斷層活動斷層地質敏感區的範圍外。有鑑於該區域在 1951 年地震亦有連續的地表破裂，2018 年花蓮地震美崙溪以南之地表破裂屬新證據發現，足據以進行地質敏感區範圍改變，爰依據「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 9 條規定辦理該活動斷層地質敏感區變更。

本地質敏感區變更應載明之內容，依據「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 10 條之規定辦理，並依該辦法第 7 條研提計畫書，送

地質敏感區審議會審查。本變更計畫書編號為 F1011 米崙斷層，由活動斷層地質敏感區代號(F；表 Active Fault)、版本(1；第一次變更)、原劃定批號(011)及斷層名稱所組成。前揭關於地質敏感區變更相關法規依據擇要節錄於後：

地質法

第五條 中央主管機關應將具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地區，公告為地質敏感區。

地質敏感區之劃定、變更及廢止辦法，由中央主管機關定之。

中央主管機關應設地質敏感區審議會，審查地質敏感區之劃定、變更及廢止。

前項審議會之組成，專家學者不得少於審議會總人數二分之一；審議會之組織及運作辦法，由中央主管機關定之。

地質敏感區劃定變更及廢止辦法

第九條 地質敏感區因環境改變或新證據發現，致使地質敏感區範圍改變時，應辦理該地質敏感區之變更。

第十條 地質敏感區變更計畫書應載明下列事項：

一、原公告日期、文號。

二、變更原因。

三、變更範圍說明：說明涵蓋範圍之邊界，並附下列圖說：

(一)變更前後位置圖：標示地質敏感區變更前後位置與行政區之關係，其比例尺不得小於十萬分之一。

(二)變更前後範圍圖：標示地質敏感區之邊界，其比例尺不得小於二萬五千分之一。

四、地質環境。

參、變更範圍說明

一、變更內容

依據 2018 年花蓮地震地質調查結果（經濟部中央地質調查所，2018）、地表破裂調查與測繪結果（Lin *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2019; Hsu *et al.*, 2019; 陳柏村等，2018）與 2018 年花蓮地震相關文獻（Kuo *et al.*, 2018; Yen *et al.*, 2018 等），該次地震產生的地表破裂大多位於 105 年公告之米崙斷層活動斷層地質敏感區範圍內，僅美崙溪以南部分破裂位於已公告範圍之外，因此原公告之地質敏感區範圍並無需更動。本變更案以 2018 年花蓮地震兼具左移與逆衝位移現象、且具連續性與方向性等明確構造意義之地表破裂證據為變更依據，變更範圍僅針對原公告範圍外之破裂作新增劃定。

依據車籠埔斷層於 921 地震時產生的地表變形帶的特性及古地震研究，發現逆斷層錯動時在主要變形側（上盤）影響範圍較大，而在非主要變形側（下盤）影響範圍則較小，因此劃設原則為主要變形側 200 公尺，非主要變形側 100 公尺（經濟部，2014）。因米崙斷層之斷層面並非垂直，斷層兩側影響範圍不對稱，且 2018 年花蓮地震同震位移及變形（Huang *et al.*, 2019; Tung *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2019; Yen *et al.*, 2018）亦呈現不對稱的變形狀況，故本變更案比照原公告地質敏感區（經濟部，2016）之劃定原則決定活動斷層地質敏感區之變更範圍。該變更範圍大致位於已公告的活動斷層地質敏感區之西側，北起忠烈祠附近美崙溪南岸，向南延伸經花蓮市區至南濱附近。本變更範圍未與原公告之米崙斷層活動斷層地質敏感區重疊，屬於新增範圍，增加面積約 0.5 平方公里。

二、變更前後位置圖

變更前與變更後之米崙斷層活動斷層地質敏感區均位於臺灣東部花蓮縣，北起新城鄉七星潭海岸，向西南沿著美崙臺地西側崖坡延伸至美崙山西側，經美崙溪後，再轉向南南東延伸至花蓮市區，南迄花蓮市南濱海岸。該地質敏感區之位置分布於花蓮縣花蓮市及新城鄉等 1 個縣市，2 處行政區中（圖 3-1，附件一：米崙斷層活動斷層地質敏感區變更前後位置圖）。

三、變更前後範圍圖

變更前與變更後之米崙斷層活動斷層地質敏感區位於花蓮縣，北起新城鄉七星潭海岸，南迄花蓮市南濱海岸，總長約 8 公里，變更後總面積約 3 平方公里。本地質敏感區採比例尺二萬五千分之一經建版地形圖為底圖，繪製米崙斷層活動斷層地質敏感區範圍圖，共 2 幅(圖 3-1，表 3-1)。本次活動斷層地質敏感區變更範圍僅涉及地形圖圖號 97204NW 之花蓮分幅，位於圖號 97213SW 北埔分幅之活動斷層地質敏感區範圍並無變更。範圍圖標示內容包括地質敏感區之邊界與地形圖基本資訊，請參照附件二：米崙斷層活動斷層地質敏感區變更前後範圍圖。

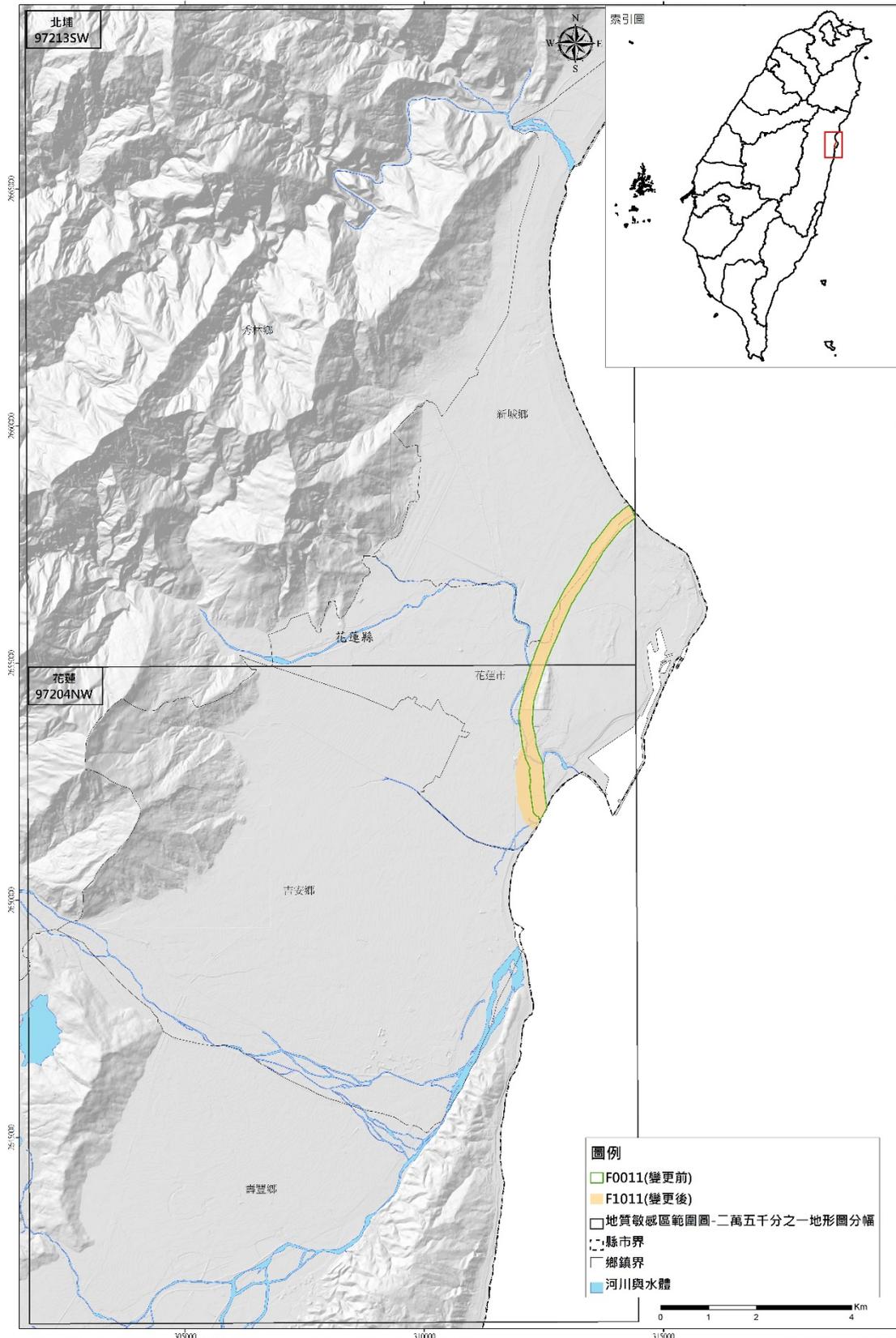
本地質敏感區之地形底圖為灰階化的原始地形圖，變更前地質敏感區採綠色邊界、無底色之圖徵繪於地形底圖之上；變更後地質敏感區則採半透明黃色底色之圖徵。地質敏感區範圍圖之圖版左下方標示本範圍圖之圖例、製圖年份等基本資訊，圖版右上方標示地形圖之圖號與圖名，左下角標示原始地形圖版本資訊，圖版右下角則標示範圍圖之位置索引圖，左幅索引圖為地質敏感區所在縣、市行政區之相對位置圖；中幅為本範圍圖分幅內之行政區界線；右幅則為本範圍圖分幅與鄰幅之相對位置關係。另為利於變更後範圍呈現，變更後地質敏感區以半透明黃色底色、橘色邊界之圖徵繪於地形底圖之上，請參照附件三：米崙斷層活動斷層地質敏感區變更後範圍圖。

表 3-1、本地質敏感區套繪之二萬五千分之一地形圖一覽表

圖號	圖名
97213SW	北埔
97204NW	花蓮

活動斷層地質敏感區變更前後位置圖

米崙斷層
地質敏感區編號：F1011



資料來源：經濟部中央地質調查所

製圖日期：中華民國108年

劃定機關：經濟部

圖 3-1、米崙斷層活動斷層地質敏感區變更前後位置圖（詳附件一，原圖比例尺為十萬分之一）。

肆、地質環境

花東縱谷為歐亞板塊與菲律賓海板塊聚合的縫合帶，由大地測量的研究顯示，菲律賓海板塊每年約以 8 公分的速率朝西北與歐亞板塊聚合，而東部地區消耗了 40% 之聚合能量 (Hsu and Bürgmann, 2006; Yu and Kuo, 2001)，顯示此區域新期構造活動顯著。本部中央地質調查所經調查後，列出臺灣東部現有 8 條活動斷層。米崙斷層位於花東縱谷北端，為西元 1951 年 10 月 22 日花蓮大地震之地震斷層，列為第一類活動斷層 (林啟文等, 2012)，此外於 2018 年花蓮地震米崙斷層沿線亦出現地表破裂與變形現象。以下分述其地形、地層、斷層性質。

一、地形

本地質敏感區地形以臺地與平原為主，米崙斷層東側為美崙臺地，斷層西側為沖積平原 (圖 4-1)。美崙臺地為隆起的海岸階地，林朝榮 (1957) 將美崙臺地分為七個地形單元：北米崙傾動地塊、砲臺山砂丘、古米崙湖、民本里砂丘、南部米崙臺地、米崙山殘丘及花崗山臺地，並提及美崙溪 (古沙婆礁溪) 昔日可能從北米崙傾動地塊與南部米崙臺地之間流過，後因河流襲奪與河口被砂丘堰塞所形成之一湖沼 (古米崙湖)。鍾令和等 (2004) 將美崙臺地分為三個不同的區塊，分別為北米崙傾動臺地 (相當於北米崙傾動地塊)、古米崙溪流流域 (包含砲臺山砂丘、古米崙湖與民本里砂丘) 與南米崙階地群 (包括南部米崙臺地與花崗山臺地)，而美崙溪的流路原先通過美崙臺地中央，流向的大幅度轉彎，推測與米崙斷層的活動有關。整體而言，美崙臺地北部為一向西南傾動之臺地面，海拔最高達 48 公尺，臺地中段存在古老河流侵蝕地形，地勢較低，臺地南段除美崙山一側海拔高達 108 公尺外，東側之臺地面較為平緩。

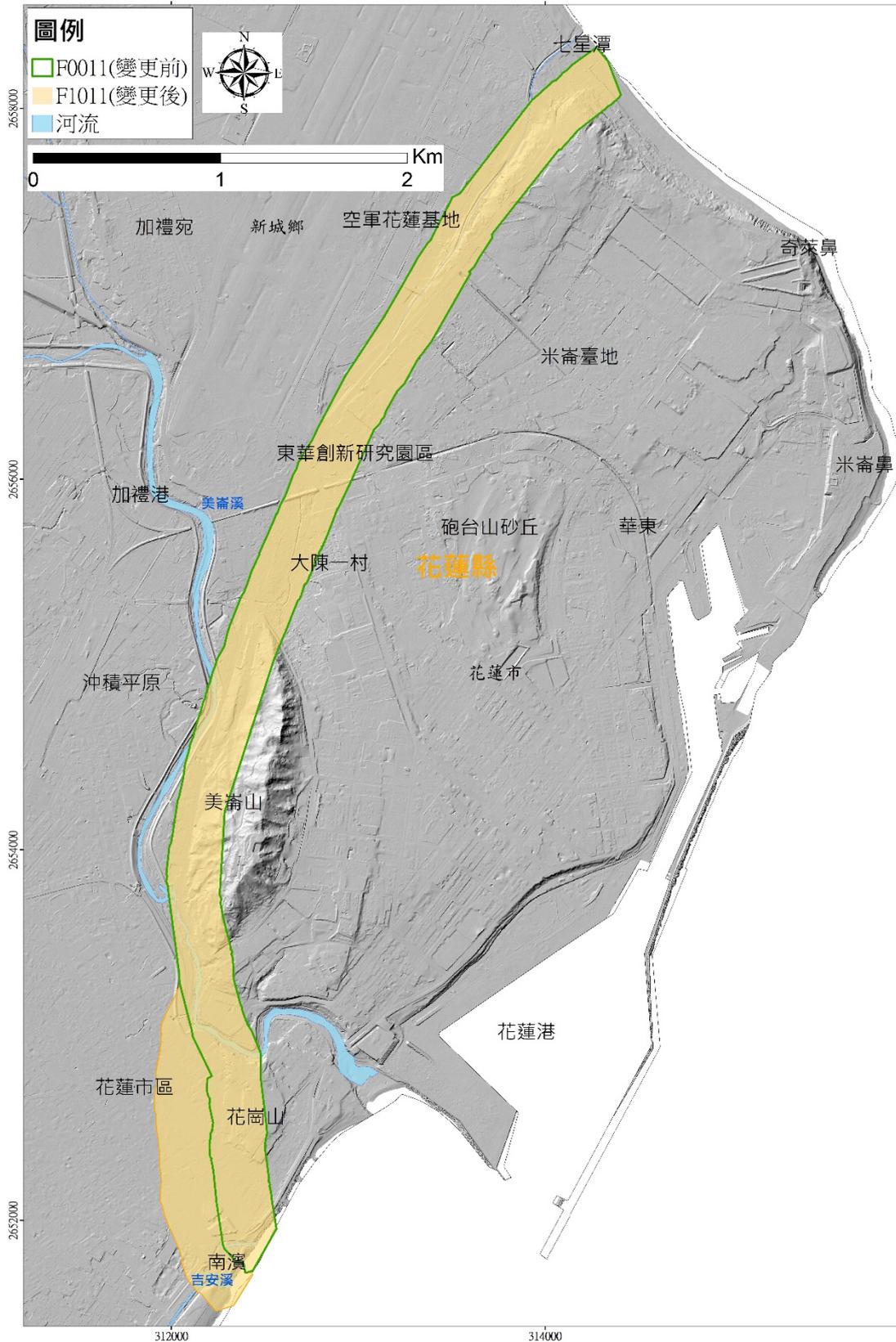


圖 4-1、米崙斷層活動斷層地質敏感區沿線之地形圖。

在構造地形方面，美崙臺地西側之線狀崖明顯，地形崖由七星潭海岸往西南延伸至美崙山西側，再往南南東到了花蓮市區內則逐漸趨於不明顯。沈淑敏等（2006）航照判釋將米崙斷層分為三段，北段在七星潭附近崖高約 20 公尺，崖高至花蓮教育大學尖滅（現為東華創新研究園區），此段具有明顯之直線崖，崖的走向與海岸線走向或古美崙溪流路直交，不可能為海洋或河流作用所形成，研判此段確實度為 I 級；中段在大陳一村附近，東側地形面西傾，確實度為 II 級；南段沿著美崙山西麓，美崙山可能為構造隆起，確實度為 II 級。張國楨等（2014）以光達影像判釋結果，米崙主斷層緊鄰美崙臺地西緣邊界，斷層北段由七星潭一路延伸，南段由美崙山西側之地形崖分布的位置，推論斷層走向轉向東南，在花蓮南濱附近出海。

二、地層

本地質敏感區中出露的地層包括米崙鼻礫岩、米崙山礫岩、米崙層、花蓮層、階地堆積層與沖積層。米崙鼻礫岩，又稱米崙礫岩，為美崙臺地的基盤岩層，僅出露於七星潭沿岸，礫石粒徑 10~20 公分，主要為變質岩礫，出露厚度約 300 公尺，岩層向南緩傾斜。米崙山礫岩分布於美崙山，由淘選度差的礫石與砂層組成，層態為 N20°W/10°W，米崙山礫岩與米崙鼻礫岩並未直接接觸。米崙層分布於北米崙傾動臺地與南米崙階地群的最頂層，厚度約為 10~30 公尺，時代為更新世晚期（Chi *et al.*, 1983），由上而下可以再分為巨礫段、珊瑚礁段、有孔蟲段、小礫段與含礫砂土段。花蓮層分布於古美崙溪流流域，可分為黑色含砂泥段和砲臺山沙丘段，前者為古米崙湖的湖相沉積物或是古美崙溪帶來的沖積層，厚度約數公尺，後者是美崙臺地上最年輕的沉積物，厚度可達 20 公尺。階地堆積層及沖積層分別分布於花崗山臺地及米崙斷層西側之沖積平原，由砂、礫石與泥所組成。（圖 4-2，林啟文等，2009；林朝榮，1962）



圖 4-2、米崙斷層條帶地質圖（座標系統：TWD67），原圖比例尺二萬五千分之一，修改自林啟文等（2009）。

三、斷層性質

1951年10月22日5時34分、11時29分及13時43分，花蓮外海相繼發生三個芮氏規模分別為7.3、7.1及7.1的強烈地震，鄭世楠等(1997)將地震重新定位後，第1個地震震央位於花蓮東方外海，震源深度9公里，第2個地震震央位於七星潭北部外海，震源深度30公里，並造成米崙斷層地表破裂。依據臺灣省氣象所(1952)的紀錄，地震造成七星山隆起高達120公分，七星潭民房內隆起40公分，加禮彎路基東部地塊向北移動40公分。報導指出斷層線以東地塊略向北移動，北端因壓力推高約1.2公尺(湯捷喜，1951)。徐鐵良(1955)指出地震造成之地變有斷層、地裂及地陷等現象，其後Hsu(1962)又以米崙礫岩抬升至美崙臺地上，斷層崖下有斷層池，證明斷層存在。林朝榮(1962)指出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。石再添等(1983)及楊貴三(1986)以具有直線狀的急崖和崖下的斷層池，研判米崙斷層為一活動斷層。劉啟清(1988)分析1951年的花蓮大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，顯示整個美崙臺地都受到地震造成的抬升作用。與米崙斷層有關之歷史地震除前述1951年地震外，依據槽溝開挖之古地震研究結果，發現過去三千年來至少有5次地震事件(曾雅筑，2019)。

依據地球物理資料，何邦碩(1974)根據海底地形及震測剖面資料，判斷米崙斷層北端出海後持續往東北外海延伸。張舜傑(1994)由淺層震測結果研判米崙斷層之錯動量在七星潭為170公尺，美崙山北端為80公尺，花蓮市南方則降至60公尺，顯示米崙斷層的逆移量向北逐漸增加。此外美崙臺地南側的地電阻探測結果(石瑞銓等，2004)亦指出米崙斷層帶位置，其與2018年花蓮地震產生的地表破裂跡相符。另廖宏祥(2006)由空軍花蓮基地內之震測剖面推測米崙斷層面向東傾，傾角約60~70度。而依據米崙斷層槽溝開挖剖面，米崙斷層主斷層以80度向東傾(曾雅筑，2019)。

在大地變形觀測方面，陳嘉俞(2009)解算2007~2009年之GPS測量資料，顯示米崙斷層有較明顯的左移運動，平行斷層水平速率約為3-8 mm/yr，南段速度較北段快，而抬升速率約為1 mm/yr。利用

PS-InSAR 之地表變形觀測結果，顯示鄰近米崙斷層地區的變形並不明顯（盧志恆，2009；顏君毅等，2012；廖昱茨，2014）。長期抬升速率方面，依據鑽井與槽溝開挖岩性對比結果，米崙斷層過去六千年以來最大的垂直錯移速率為 2.9 至 3.4 mm/yr（曾雅筑，2019）。而美崙臺地的海階地形與海相地層顯示該區域抬升現象，Yamaguchi and Ota (2004) 計算美崙臺地北側海階抬升速率約 5 mm/yr，研判海階高度向東南降低為米崙斷層重複活動的結果。彙整本區域海階地形面之高度及珊瑚礁定年資料，顯示美崙臺地的長期抬升速率約 4.4 至 8.7 mm/yr（陳俊甫，2013；Lin, 1969；Konishi *et al.*, 1968）。

2018 年 2 月 6 日 23 時 50 分花蓮外海發生芮氏規模 6.2 之地震，造成米崙斷層與嶺頂斷層沿線地表破裂與變形現象。米崙斷層北段的地表變形以左移運動為主，局部可觀察到東側、南側抬升的現象，美崙溪以南米崙斷層南段的地表變形大多位在弱帶上，地表破裂的東側局部抬升，或以壓縮而拱起現象為主（圖 4-3，經濟部中央地質調查所，2018），整體而言米崙斷層沿線的同震地表變形兼具了左移與垂直向滑動（Hsu *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2019）。地殼變形觀測結果顯示，米崙斷層呈左移運動，整體水平同震位移量約 6.6 至 519.8 mm，且斷層上盤與下盤均有抬升現象（經濟部中央地質調查所，2018）。在 InSAR 與 GPS 資料均顯示米崙斷層沿線出現同震位移，米崙臺地抬升數十公分、向西北移動約 50 公分（Yen *et al.*, 2018），衛星影像分析也顯示通過米崙斷層有約 1 公尺左移位移（Kuo *et al.*, 2018）。綜合 2018 年花蓮地震後的野外調查與大地測量結果，均指示米崙斷層在該地震出現東側抬升及左移同震變形現象。

綜合 1951 年與 2018 年地震地表破裂、地形、淺層反射震測及大地變形觀測結果，米崙斷層之斷層面呈高角度向東傾，為左移為主、逆衝為輔之活動斷層。



圖 4-3、2018 年 2 月 6 日花蓮地震地表破裂。破裂具左移及東側抬升現象，左圖位於廣東街與博愛街口東側空地，照片向北拍攝；右圖位於花蓮東大門夜市西南角鄰近自由街處，照片向西北拍攝。

伍、參考資料

本地質敏感區之標的斷層米崙斷層調查資料已有專書及報告記載，詳請參考臺灣東部地區活動斷層地球物理探勘(石瑞銓與陳平護，2001)、地球物理探勘計畫(石瑞銓等，2004)、活動斷層網頁資料及地震地質與活動斷層調查總報告(鍾令和等，2004)、槽溝開挖與古地震研究計畫及總報告(陳文山等，2004，2005，2006)、活動構造地形判釋及資料建置分析及總報告(沈淑敏等，2006)、地球物理探勘計畫總報告(董倫道等，2007)、臺灣東部與南部的活動斷層(林啟文等，2009)、斷層活動特性分析與評估及總報告(陳文山等，2012，2014)、近斷層高精度地形資料之判釋與分析及總報告(張國楨等，2014)及 20180206 花蓮地震地質調查報告(經濟部中央地質調查所，2018)等相關資料。

(一) 數值及網頁參考資料

California Department of Conservation (2015) The Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act.

<http://www.conservation.ca.gov/cgs/rghm/ap/Pages/index.aspx>

鍾令和、石同生、劉彥求、許文靈、謝中敏、吳文綜(2004)米崙斷層調查。活動斷層精查報告，網路版。

http://fault.moeacgs.gov.tw/UploadFiles/files/OLD/ATSTR42/active_fault/36-3.htm

(二) 英文參考資料

Chi, W. R., Huang, H. M., and Wu, J.C. (1983) Ages of the Milun and Pinanshan conglomerates and their bearings on the Quaternary movement of eastern Taiwan. Proc. Geol. Soc. China, 26, 67-75.

Huang, S. Y., Yen, J. Y., Wu, B. L., Yen, I. C. and Chuang, R. Y. (2019) Investigating the Milun fault: The coseismic surface rupture zone of the 2018 Hualien earthquake, Taiwan, Terr. Atmos. Ocean. Sci. 30(3), 311-335. doi: 10.3319/TAO.2018.12.09.03

- Hsu, L. and Bürgmann, R. (2006) Surface creep along the Longitudinal Valley fault, Taiwan from InSAR measurements. *Geophysical Research Letters*, 33, L06312.
- Hsu, T. L. (1962) Recent faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. *Mem. Geol. Soc. China*, 1, 95-102.
- Hsu, Y. C., Chang, C. P., Yen, J. Y., Kuo-Chen, H. and Wang, C. C. (2019) Investigating the structure of the Milun fault from surface ruptures of the 2018 Hualien earthquake, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* 30(3), 337-350. doi: 10.3319/TAO.2018.09.28.01.
- Konishi, K., Omura, A., and Kimura, T. (1968) ²³⁴U-²³⁰Th dating of some late Quaternary coral limestones from southern Taiwan (Formosa). *Geol. Palaeont. Southeast Asia*, 5, 211-224.
- 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 Mw 6.4 Hualien Earthquake: A High-Resolution Approach from Optical Correlation of Pléiades Satellite Imagery. *Seismological Research Letters*, 90(1), 97-107. doi: 10.1785/0220180227
- Lin, C. C. (1969) Holocene geology of Taiwan. *Acta Geology Taiwan*, 13(83), 126.
- Lin, Y. S., Chuang, R. Y., Yen, J. Y., Chen, Y. C., Kuo, Y. T., Wu, B. L., Huang, S. Y. and Yang, C. J. (2019) Mapping surface breakages of the 2018 Hualien earthquake by using UAS photogrammetry. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* 30(3), 351-366. doi: 10.3319/TAO.2018.12.09.02
- Tung, H., Chen, H. Y., Hsu, Y. J., Hu, J. C., Chang, Y. H. and Kuo, Y. T. (2019) Triggered slip on multifaults after the 2018 Mw 6.4 Hualien earthquake by continuous GPS and InSAR measurements. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 30(3), 285-300, doi: 10.3319/TAO.2019.04.03.01

- 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
- Yamaguchi, M. and Ota, Y. (2004) Tectonic interpretations of Holocene marine terraces, east coast of Coastal Range, Taiwan. *Quaternary International*, 115-116, 71-81. doi: 10.1016/S1040-6182(03)00097-1
- 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., F. Bovenga and Chang, W. Y. (2018) Insights into seismogenic deformation during the 2018 Hualien, Taiwan, earthquake sequence from InSAR, GPS, and modeling. *Seismological Research Letters*, 90(1), 78-87. doi: 10.1785/0220180228
- Yu, S. B. and Kuo, L. C. (2001) Present-day crustal motion along the Longitudinal Valley fault, eastern Taiwan. *Tectonophysics*, 333, 199-217.

(三) 中文參考資料

- 石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀明 (1983) 臺灣北部與東部活斷層的地形學研究。臺灣師範大學地理研究所地理研究報告，第 9 期，第 20-72 頁。
- 石瑞銓與陳平護 (2001) 活動斷層地球物理探勘計劃 (4/5) — 臺灣東部地區活動斷層地球物理探勘。經濟部中央地質調查所研究報告，共 103 頁。
- 石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山 (2004) 地球物理探勘計畫 (3/5)。經濟部中央地質調查所研究報告，第 93-7 號，共 185 頁。
- 何邦碩 (1974) 花蓮近海海域地球物理初步測勘。海洋彙刊，第 12 期，第 39-47 頁。
- 沈淑敏、張瑞津、楊貴三 (2006) 活動構造地形判釋及資料建置分析 (2/2)。經濟部中央地質調查所研究報告，第 95-13 號，共 174 頁。

- 林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村 (2009) 臺灣東部與南部的活動斷層—二萬五千分之一活動斷層條帶地質圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第 23 號，共 178 頁。
- 林啟文、盧詩丁、陳文山 (2012) 臺灣活動斷層分布圖 2012 年版說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第 26 號，第 1-30 頁。
- 林朝榮 (1957) 台灣地形。臺灣省文獻委員會，共 423 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。
- 徐鐵良 (1955) 臺灣之地震。臺灣銀行季刊，第七期，第 39-63 頁。
- 張國楨、徐浩德、詹瑜璋、陳柔妃、葉恩肇、賴光胤 (2014) 近斷層高精度地形資料之判釋與分析 (4/4)。經濟部中央地質調查所研究報告，第 103-5 號，共 260 頁。
- 張舜傑 (1994) 以淺層反射震測法調查花蓮市地區地下地質構造。國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共 109 頁。
- 陳文山、顏一勤、陳勇全、蔡坤智、朱耀國、楊志成、楊小青 (2004) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫—槽溝開挖與古地震研究計畫 (3/5)，二、花蓮市米崙斷層古地震研究。經濟部中央地質調查所研究報告，第 93-6 號，共 19 頁。
- 陳文山、顏一勤、陳勇全 (2005) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫—槽溝開挖與古地震研究計畫 (4/5)，一、槽溝開挖與古地震研究。經濟部中央地質調查所研究報告，第 94-08-1 號，共 165 頁。
- 陳文山、陳于高、楊小青 (2006) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫—槽溝開挖與古地震研究計畫總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共 133 頁。
- 陳文山、游能悌、楊小青 (2012) 斷層活動特性分析與評估 (2/4)。經濟部中央地質調查所研究報告，第 101-9 號，共 130 頁。
- 陳文山、陳于高、楊小青 (2014) 斷層活動特性分析與評估總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共 189 頁。
- 陳柏村、陳致言、江婉綺、黃志遠、李柏村、盧詩丁 (2018) 0206 花蓮地震地表變形現象之觀察與探討，經濟部中央地質調查所彙

- 刊，第 31 號，第 117-145 頁。
- 陳俊甫 (2013) 台灣東部縱谷北端區域的地震構造特性。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 112 頁。
- 陳嘉俞 (2009) 台灣花蓮北部的構造與近期地殼變形運動。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 107 頁。
- 曾雅筑 (2019) 台灣東部花蓮地區米崙活動斷層之古地震研究。國立中央大學應用地質研究所碩士論文，共 138 頁。
- 湯捷喜 (1951) 花蓮地震說明圖。新生報，1951 年 11 月 10 日，第 3 版。
- 新生報 (1951 年 11 月 9 日) 花蓮測候所長詳談斷層情形。新生報，第 3 版。
- 楊貴三 (1986) 台灣活斷層的地形學研究—特論活斷層與地形面的關係。私立中國文化大學地學研究所博士論文，共 178 頁。
- 楊蔭清 (1953) 四十一年來之花蓮地震。花蓮文獻，創刊號，第 67-71 頁。
- 經濟部 (2014) 活動斷層地質敏感區劃定計畫書—F0001 車籠埔斷層，共 31 頁。
- 經濟部 (2016) 活動斷層地質敏感區劃定計畫書—F0011 米崙斷層，共 22 頁。
- 經濟部中央地質調查所 (2018) 20180206 花蓮地震地質調查報告，共 115 頁。
- 董倫道、陳文山、李奕亨 (2007) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫—地球物理探勘計畫總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共 221 頁。
- 廖宏祥 (2006) 米崙斷層淺層震測研究。國立中正大學地震研究所碩士論文，共 82 頁。
- 廖昱茨 (2014) 利用持久散射體雷達干涉技術與 ALOS 影像探討台灣東部縱谷斷層北段的分段特性。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 98 頁。
- 臺灣省氣象所 (1952) 民國四十年地震報告，共 83 頁。
- 劉啟清 (1988) 台灣地區地殼變動對驗潮紀錄的影響。第二屆台灣地

- 區地球物理研討會論文集，第 324-331 頁。
- 鄭世楠、余騰鐸、葉永田、張建興（1997）1951 年花蓮-台東地震系列之重定位。紀念台灣地區氣象測報一百年—天氣分析與預報研討會 海象與地震論文彙編，第 690-699 頁。
- 盧志恆（2009）應用永久散射體差分干涉法探討花蓮市區斷層活動與地表變形。臺北市立教育大學自然科學系碩士論文，共 85 頁。
- 聯合報（1951 年 11 月 10 日）花蓮地震疑竇確定為斷層地震—測候所實地調查結果。聯合報，第 3 版。
- 顏君毅、陳怡安、張中白、盧志恆（2012）臺灣東部縱谷與海岸山脈北段之現今地表變形—永久散射體差分干涉觀測成果。經濟部中央地質調查所特刊，第 26 號，第 169-186 頁。