

台灣地區102年度自由場強震網資料收集及分析

Taiwan Strong Motion Instrument Program Field System Data Acquisition and Analysis

主管單位：中央氣象局地震測報中心

王乾盈¹ 陳朝輝² 陳國誠³ 劉忠智³ 黃柏壽³

Wang, Chien-Ying¹ Chen, Chao-Hui² Chen, Kuo-Cheng³ Liu, Chung-Chih³

Huang, Bo-Shou³

¹國立中央大學地球物理研究所

²國立中正大學地震研究所

³中央研究院地球科學研究所

摘要

中央氣象局地震測報中心自1992年起，於全島設置八百多部自由場強震儀，監測強地動情形。為維護儀器正常運作及資料蒐集方便，全省分成五個區域，分別由不同的大學與研究單位負責資料收集的工作。此五個區域分別為：中部地區193站、西南地區190站、北部地區230站、東部地區179站、台灣山區80站。本計畫主要的工作包含：1) 儀器維護 2) 資料收集 3) 基本資料分析與整理。目的是希望能夠收集高品質的強震資料，並使整個系統運作更為順暢，提高資料可信度。

透過一年三次的強震網資料收集，各計畫主持人針對所負責區域，分析所收集之資料品質與測站的運作表現，提出各分區不同的檢討與建議。

關鍵詞：強地動觀測計畫、強地動、資料收集

Abstract

The CWB earthquake center operates the TSMIP (Taiwan Strong Motion Instrumentation Program) to watch earthquake strong motions over the Taiwan island since 1992. A total amount of 872 instruments have been deployed on the free field to monitor the ground motion. In order to maintain the instrument and to collect the data, the system has been divided into 5 areas, and distributed among the universities or research institutes to share the load of data acquisition. The five areas are as follows: Central Taiwan (193), Southwestern Taiwan (190), Northern Taiwan (230), Eastern Taiwan (179), and Taiwan Mountain Area (80). The task of this project includes: 1) instrument maintenance, 2) data acquisition, and 3) documentation and basic signal analysis. All of these efforts will direct toward collecting higher quality strong motion records and making the system operate more smoothly and reliably.

Except data acquisition three times a year, the project leaders are responsible for the analysis of collected data to evaluate its quality and to propose proper recommendations to

promote the performance of the system.

Keywords: TSMIP、 Strong Motion、 Data Acquisition

一、前言

本計畫之目的在協助中央氣象局地震測報中心，對各分區之強地動觀測網（中部地區：193站、西南地區：190站、北部地區：230站、東部地區：179站、台灣山區：80站）（圖1），實施定期之儀器檢測及資料收集，並進行地震資料分析及站址效能、儀器參數之特性分析，評估資料品質，以提升測網的運作。

TSMIP自由場強震站除了少部份裝置於氣象站及地震觀測站外，基於供電正常及測站安全的考量，大部分的測站都裝設於學校校園內。目前強震網內運作的強震儀有：1) 美國Teledyne公司出品的A900及A900A型強震儀，2) 日本東京測震公司出品的CV-574C及CV-575C型強震儀，3) 尚有美國Geotech公司出品的SMART-24A型強震儀，4) 加拿大Nanometrics公司出品的TITAN型強震儀，5) 美國Kinometrics公司K2，6) Reftek公司的RT130A型強震儀。除Teledyne公司出品的強震儀為16位元記憶體容量較小（6MB）之外，大部分的強震儀都已經提升到24位元及高容量（64或128MB），可以紀錄更多及解析更佳的強震資料。這些強震儀使用之感應器為三向量力平衡式加速度型感應器（FBA），最大可記錄至±2g的強地動；用以判定地震激發的方式為Level trigger型式，當儀器感應到某種程度以上的振動時，即激發開始記錄，直到振幅降至標準以下時才會停止，目前中部地區絕大部分測站皆以最大振幅的千分之二為起動標準（約3.92 gal）。大部分測站並安裝有全球定位系統（GPS），可接收衛星發出之訊號來做定位和定時，不過有些測站GPS訊號鎖定不是很理想，在時間控制上需小心檢定。

二、資料收集與儀器檢測

強震站資料固定每四個月收集一次，由工作人員攜帶筆記型電腦巡迴至各測站，將四個月內強震儀所記錄的資料傳輸至電腦內，再攜回本所整理，彙出完整的地震資料送至地震中心；由於大部分之測站皆位於汽車可到達之國小校園內，收錄作業尚稱順利，扣除一些如下雨無法作業的狀況外，收錄各個強震網約需30-40個工作天。由於先前經過地震中心人員審慎的考量和選取場所，除了極少部份測站因儀器故障或電力供應有問題之外，其餘皆能正常運作、接收資料。

山區強震觀測網是由地球所負責站址的規劃、勘查與興建，利用地震測報中心所提供之強震儀完成儀器的設置。透過此計畫的執行希望能夠收集高品質的強震資料，擴大TSMIP的資料量，使其運作更臻完備。由於地震站地點都位在山區，需倚重熟悉台灣山區路況、地震儀器操作以及認真負責執行野外工作的人員參與。借重過去的經驗，逐年洽適宜地點來興建地震站。雖然山區路況不佳往返耗時，且儀器常受天候影響導致異常，維護工作相當不易。但若能夠維持這些測站的正常運轉，當可以獲得品質極佳的資料，並有效增加TSMIP在空間上之涵蓋範圍，以提高強震網的實用功能。

每次強震站資料收集之同時，亦同時進行站址之維護及基本之儀器檢測。主要執行的工作項目包括：1) 站址環境整潔之維護、2) 電源設備之檢測、3) 儀器時間之校時、

4) 儀器參數之檢視與測試、5) 地震資料之傳輸、6) 儀器故障之排除與報修、7) 臨時事件之應變處理等工作。

三、資料分析

3.1 中部地區

TCU 強震網共有 193 個測站，測站間距平均約 5 公里，其中在台中市較為密集。測站的分佈以平原區為主，山區較少。除了野外收集資料外，本計畫亦分析 2011~2013 年中部地區 TCU 網收錄到的 PGA 值之情形，用於評估本網運作之狀況，以找出缺點，加以改進。

因為地震有近有遠，大小也不相同，首先必須利用強地動衰減公式，來規一化強震 PGA 值，將所有資料都修正到距離 100km 及規模 6.0 (此時 PGA 約為 10mgal)，才能進行比較分析。本年度採用之比較方法有：

a、蕭乃祺 (2006) 衰減公式 (地震學理論形式)：

$$PGA = 1.657 \times e^{1.533 \times M} \times r^{-1.607} \quad (1)$$

b、簡文郁 (2001) 所做出的衰減公式 (屬於 Campbell 形式)：

$$PGA = 0.00369 \times e^{1.75377 \times M} \times (d + 0.12220 \times e^{0.7832 \times M})^{-2.0564} \quad (2)$$

c、衰減公式並加上場址修正函數：

$$\ln(PGA_{obs}) = C_0 + C_1 \times \ln(PGA_{theo}) \quad (3)$$

所得到的結果相互比較，比較結果發現二者很接近，但衰減公式加上場址修正函數，因為考慮到的情況較為周詳，其所得到的規一化結果比較容易發現行為特殊的測站，故本報告將採用此套模式來分析三年來 TCU 強震網的運作狀況評估。

整體來看，2011 年至 2013 年 TCU 強震網所有測站紀錄規一化後的平均 PGA 分佈，除了埔里盆地的測站接近標準值外，其餘測站因為大都在平原區，都有某種程度的場址放大效應，尤其愈往西南地區，愈為嚴重，例如大肚溪以南的彰化平原，放大作用極為顯著。區域性的規一化後平均 PGA 分布反映出該區域場址的共同特性，可以作為標準，來挑出行為異常的測站。經過小心交叉比對之後，在圖 2 中，特別挑出一個測站，其放大效應比鄰近測站大許多，列為「行為特殊」的測站，需特別加以注意。

3.2 西南地區

檢視 SMART24 強震儀所收錄到的記錄，仍有 7 個測站收錄到方形波(圖 3a)，收錄到方形波的測站分別為 CHY008(雙溪國小)、CHY010(民和國小)、CHY012(新塭國小)、CHY015(白河國小)、CHY018(湖東國小)、CHY034(竹崎國小)及 CHY108(麻豆國小)，有偶發或少數方形波記錄，相較之前收到的數量及測站數有明顯下降。其記錄檔中尚有較特殊波形情形(圖 3b)，CHY006(梅山國小)、CHY010(民和國小)、CHY022(南化國小) 及 CHY066(大甲國小)等 4 站收錄較多此類波形記錄，仍需注意。

檢視 CV 系列強震儀所收錄到的記錄，CHY042(永興國小)、CHY070(德高國小)、CHY071(安佃國小)、MND011 及 MND018 在收到記錄檔裡有異常波形記錄情形(圖 4)。

檢視 A900A 強震儀所收錄到的記錄，CHY048(大同國小)、KAU053(重溪國小)測站收到記錄檔中，在收到記錄檔裡有異常波形記錄情形(圖 5)。

3.3 北部地區

根據中央氣象局所發佈的地震資料，2013 年 1 月至 10 月台灣地區共發生 20 次規模 5.0 以上的地震，其中規模 6.0 以上的地震有 6 次，最大的地震(規模 $M_L6.8$)於 2013 年 9 月 6 日發生在台灣東南部外海，震源深度為 206.2 公里。有 3 次規模 6.0 以上的地震發生在台灣本島，分別於 2013 年 3 月 27 日和 6 月 2 日在南投附近發生規模 6.2 和 6.5 的地震，以及 2013 年 10 月 31 日發生在花蓮瑞穗附近規模 6.3 的地震。而台灣北部地區則以 2013 年 3 月 7 日發生在花蓮秀林鄉附近的地震(規模 $M_L5.9$)較為顯著，比較少見的是 2013 年 10 月 11 日發生在台北盆地附近的地震(規模 $M_L5.2$)，震源深度為 142.6 公里。

本文對發生於 3 月 7 日($M_L5.9$)、3 月 27 日($M_L6.2$)、6 月 2 日($M_L6.5$)和 10 月 11 日($M_L5.2$)的地震在台北及宜蘭地區所蒐集的強地動記錄做進一步分析。2013 年 3 月 7 日 3 時 36 分(台灣時間 3 月 7 日 11 時 36 分)在花蓮秀林鄉附近發生規模 $M_L5.9(M_w5.4)$ 的地震，此地震震央位於東經 121.46 度、北緯 24.3 度，而震源深度為 5.6 公里。中央氣象局推論此地震的震源機制為正斷層。大多數台北及宜蘭地區的觀測站都蒐集到高品質的地震記錄。此次地震造成宜蘭和台中德基地區的最大震度為 5 級，花蓮、新竹和南投合歡山 4 級，台南以北包括台北地區的最大震度為 3 級。

圖 6 顯示 2013 年 3 月 7 日 3 時 36 分花蓮秀林鄉附近地震震央位置、震源機制解、本計畫責任區內所蒐集到地震資料的測站分佈，以及其垂直、東西和南北三分量的最大強地動加速度值 $PGA(\text{cm}/\text{sec}^2)$ 分佈圖。根據中央氣象局的寬頻地震網的地震資料，此次地震的震源機制解為正斷層。圖 6 中的小正方形由西至東分別表示核一廠、核二廠和核四廠的位置，而實心三角形表示該測站記錄到此次地震資料，很明顯的宜蘭和台北地區絕大多數的測站均完整的記錄到此地震資料。此次地震以南山國小(NNS)蒐集到最大的強地動加速度地震記錄(圖 7)，其最大強地動加速度值分別為 54.9 (垂直向)，162.5 (東西向)及 207.9 cm/sec^2 (南北向)。根據最大強地動加速度值 $PGA(\text{cm}/\text{sec}^2)$ 分佈圖，宜蘭平原內的南部地區最大強地動加速度值較為顯著，而台北盆地最大強地動加速度值則以盆地東側較為顯著。值得一提的是台灣北部海岸附近的觀測站，其最大強地動加速度值相對的比較小，靠近核一廠、核二廠和核四廠的位置附近，其最大強地動加速度值也不顯著。值得注意的是南山國小(NNS)的震央距離為 17.9 公里，英士國小(ILA063)的震央距離為 21.5 公里，兩個觀測站相距不遠，最大強地動加速度值卻相差很大，英士國小(ILA063)的垂直、東西和南北三分量的最大強地動加速度值分別為 19.1, 38.4 及 34.2 cm/sec^2 (圖 8)。兩個觀測站的最大強地動加速度值相差約六倍，此異常現象是地形效應還是其他因素所造成，還需進一步深入分析與探討。

針對此次地震的最大強地動加速度值(PGA)相對於震源距離的關係圖(圖 9)，東西向及南北向最大強地動加速度值分別用不同符號表示，圖中的粗虛線和細虛線分別表示 Lin and Lee (2008)的強地動加速度衰減曲線和標準誤差曲線，絕大多數的最大強地動加

速度值都位於衰減曲線標準誤差下限以下。震源距離主要集中在宜蘭平原和台北盆地兩群區域，最大強地動加速度值隨著震源距離的增加而衰減，此次地震在宜蘭平原和台北盆地並沒顯示出顯著的震波放大作用。圖中也顯示出最靠近震央的兩個觀測站相距不遠，但是其最大強地動加速度值卻相差很大。

3.4 東部地區

2012/11/5日21時40分花蓮縣政府西南方30.1公里處(花蓮萬榮鄉)，規模4.9地震，震源深度14.1公里，花蓮縣西林震度5級(圖10)。本區西林(ESL)及鳳仁南平分校(HWA030)測站，Z、N、E分量之PGA值分別為66、187、182及74、80、81 gal(圖11)。本區本次測得的強震記錄共有50組。

2012/12/3日1時45分，花蓮吉安規模5.0地震，震源深度11.8公里，花蓮吉安及花蓮市震度5級(圖12)。本區明廉國小(HWA011)及太昌國小(HWA049)測站，Z、N、E分量之PGA值分別為98、128、202及95、112、191 gal(圖13)。本區本次測得的強震記錄共有52組。

2013/03/07日11時36分，花蓮秀林規模5.6地震，震源深度15.2公里，宜蘭南澳及台中德基震度5級(圖14)。本區合流(HWA056)及佳民國小(HWA027)測站，Z、N、E分量之PGA值分別為74、125、157及32、66、91 gal(圖15)。本區本次測得的強震記錄共59組。

2013年3月27日10時3分及2013年6月2日13時43分，南投縣仁愛鄉發生規模6.2及6.5地震，此二地震之震央，雖稍遠離本區之測站，但其為台灣地區本年少見規模大於6之地震。圖16、及圖18，為該二地震發生後中央氣象局地震測報中心發布的等震度圖。圖17、圖19則為本區測站於該二地震測得的波形資料與功率譜密度圖。3月27日之南投仁愛地震(I)，規模6.2，震源深度19.4公里，南投日月潭震度6級，南投縣、台中市、彰化縣震度5級，花蓮縣震度3級。本區本次測得的強震記錄共80組。6月2日之南投仁愛地震(II)，規模6.5，震源深度14.5公里，雲林縣草嶺震度6級，南投縣、台中市、彰化、雲林、嘉義等許多地區震度5級，花蓮市震度亦達四級。本區本次測得的強震記錄共132組，是今年本區由單一地震測得最多強震資料的地震。

3.5 台灣山區

2012年9月至2013年9月山區強震觀測網共收錄有觸發測站數目大於3個以上的62個地震，計有612筆三分量加速度紀錄，其震央分佈繪於圖20。其中3月7日的花蓮秀林($M_L=5.9$)、3月27日與6月2日的南投仁愛鄉地震($M_L=6.2$ 和 6.5)與6月7日的花蓮外海地震($M_L=6.2$)是4個較重要的地震事件(圖21)。

2013年3月7日花蓮秀林鄉地震($M_L=5.9$)：這是今年第1個發生於陸地上規模大於5的地震，地震是發生在台灣時間上午11點36分，震央位於花蓮縣秀林鄉，震源深度5.6公里，屬於淺層地震。中央氣象局表示，這起規模5.9的地震影響範圍大，其中震度最大的5級在宜蘭縣南山及台中市德基，震度測為4級的在花蓮縣太魯閣、花蓮市、南投縣合歡山與新竹縣竹東，另外，桃園縣三光、新竹縣竹北市、宜蘭縣宜蘭市、苗栗縣獅頭山、台北市信義區、新北市五分山、彰化縣員林、雲林縣草嶺及斗六市震度也有3級，可以感

受到明顯搖晃。

此一地震的震央是落在花蓮、宜蘭與台中交界的山區，屬TSMIP缺乏測站的區域，山區地震網共有51個測站收到紀錄，圖22是震央附近的山區地震站，藍色實心圓是配備Titan的測站，紅色實心圓是配備A900的測站。經檢視在最距震央約20公里範圍內的11個測站中，山區地震站就佔了9個，其中MTN175有最近的震央距(~14公里)。圖23是9個A900測站所收錄的三分量加速度紀錄，這些測站所收錄的水平向最大地動加速度(Peak Ground Acceleration, PGA)均大於 30 cm/sec^2 ，其中距震央約17公里的MTN141測站其東西向紀錄有該起地震的最大PGA(~ 229 cm/sec^2)。

此地震發生後的餘震也多數為山區地震站所紀錄到，並以山區地震站的資料為主要來源，圖24是數例餘震的收錄狀況，很清楚地彌補了TSMIP在此一區域觀測資料的不足，也彰顯山區地震觀測網在豐富地震資料上有其特定的功能。

2013年3月27日南投仁愛鄉地震(ML=6.2)：根據中央氣象局報導，這起地震是發生在台灣時間上午10時03分，地震深度19.4公里，震央在南投仁愛鄉。全台都有感，各地最大震度：南投縣6級，台中市、彰化縣5級，花蓮縣、嘉義縣、雲林縣、苗栗縣、嘉義市、台南市4級，宜蘭縣、新竹縣市3級。

此一地震的震央附近在1999年9月21日與2009年11月及2000年6月也發生3起重要的地震(圖25)。3月27日的南投仁愛鄉地震山區地震網共有51個測站收到紀錄，圖26是震央附近的山區與TSMIP地震站分布。圖27是鄰近震央附近9個山區測站所收錄的三分量加速度紀錄，這些測站所收錄的水平向PGA均大於 48 cm/sec^2 ，其中MTN167測站是最靠近震央的測站(震央距約8公里)，其東西向紀錄有該起地震的最大PGA值(~ 739 cm/sec^2)。

2013年6月2日南投仁愛鄉地震(ML=6.5)：此地震是發生在台灣時間下午1點43分，地點是在南投縣仁愛鄉，這是今年發生於陸地上的最大地震，規模達6.5，震源深度僅10公里，除了台灣感受到強烈震動與搖晃外，連對岸福建、日本琉球都感受到震動。氣象局地震測報中心表示，這起地震的震央距3月27日南投規模6.2的震央僅14.5公里；而在此起地震東北方約13公里處於2000年6月也發生一起規模6.7的烈震，這三起地震發生位置、規模及深度都很類似(見圖25)，很可能都是同一構造所引起。

這起地震山區地震網共有47個測站收到紀錄，圖28是鄰近震央附近8個山區測站(測站位置見圖26)所收錄的三分量加速度紀錄，這些測站所收錄的水平向PGA均大於 30 cm/sec^2 ，其中在西南方約16公里處的MTN170測站所記錄的東西最大PGA值約 625 cm/sec^2 ，而在震央北方約7公里的MTN167測站所記錄的東西向的最大PGA值則超過 $1g$ (~ 1036 cm/sec^2)，這是該起地震的最大PGA值。2003年12月10日的台東成功地震規模(ML=6.4)與此地震相當，在距震央約20.6公里的TTN034測站(台東縣東河鄉隆昌國小)曾記錄到近 $2g$ (~ 1951 cm/sec^2)的地表振動；此外在1999年9月21日的集集地震(ML=7.3)中，距震央約9公里的測站TCU084(南投縣魚池鄉日月潭)也觀測到大於 $1g$ 的地振動(~ 989 cm/sec^2)。

2013年6月7日花蓮外海地震(ML=6.2)：此地震是發生在台灣時間凌晨12點38分，規模6.2有感地震，震央在花蓮東方海域，深度35.3公里，而各地震度，宜蘭三級、花蓮、南投、台北有兩級，這也是今年第三起規模6以上地震。

這起地震發生在花蓮外海約107公里遠，引起的地震動較弱，山區地震網共有11個

測站收到紀錄，這些測站所收錄的水平向PGA最大約僅11 cm/sec²。本報告並未繪出其波形。

山區強震網目前已收集了不少寶貴的資料。2013年3月27日與6月2日發生於南投仁愛鄉的2次地震，所記錄的水平最大加速度值分別高達739 cm/sec² 與1036 cm/sec²。3月27日地震在距離震央約11公里(MTN171)和16公里(MTN161)之測站水平最大加速度則分別驟降至220 cm/sec² 和123 cm/sec²；6月2日地震在距離震央約19公里(MTN171)和24公里(MTN161)之測站水平最大加速度則分別驟降至137 cm/sec² 和76 cm/sec²，顯示在距震央小於30公里之範圍內，地震所引起的地表振動仍有相當大的變化，推測除震源因素外，山區強地動衰減可能存在著特異性。

四、檢討與建議

4.1 中部地區

1. 本年度的 TCU 強震網前兩季的表現大約維持在 85 個百分比以上；第三季則因部分儀器老舊、異常表現的數量偏多，正常運作表現降至 77%，建議優先淘汰一些比較有問題的 A900 型儀器；部分儀器因為當機或者是斷電之後無法重新再啟動亦需要盡快修復，期許能夠將整個強震網運作維持在九十個百分比以上。
2. TITAN 型強震儀為新採購之儀器，一年內在本網之故障率達 15%，儀器之穩定性值得注意。
3. 一個行為特殊測站：TCU095（峨眉國小）已採納建議在校園內另外建站，今年結果尚未見明顯改善，建議可在同測站內增設不同廠牌之儀器，提供不同的資料比對。

4.2 西南地區

1. SMART24 強震儀收錄到的方形波情形，仍有 7 個測站有偶發或少數方形波情形，將持續的追蹤改善狀況。
2. TitanCWB 強震儀操作上問題：(1)記錄檔為先儲存於內部儲存裝置後，再儲存於 SD 卡上並非同步，資料下載期間所產生的檔案可能會沒下載到，需在下載完成時在檢查。(2)透過首頁 Events 頁籤 Delete all event archives 清除資料功能，若資料量過大時，在按下刪除鈕時，未提示目前已在清除檔案的狀態，會以為儀器怎麼都沒動作。(3)未有強震儀目前運作狀態訊息提示(如，待命或記錄)，能明確的知道目前強震儀的運作狀態。(4)不明原因於操作中斷線。
3. TitanCWB 強震儀易記錄到大量雜訊，在第 2 次資料收集時所有西南部 TitanCWB 測站，皆依氣象局參數設定值完成修改，於第 3 次資料收集時，收錄雜訊問題有明顯改善，除了 CHY001(安南國小)、CHY024(林中國小)、CHY113(貴林國小)及 KAU092(高雄港務局)等 4 站仍有較大量雜訊問題，其中又以 CHY001(安南國小)較為嚴重，因測站位於 153 縣道旁(接 78 快速道路)，可能是來往大卡車、重車頻繁，經過時造成觸發記錄。

4.3 北部地區

本年度中儀器檢測時，各強地動觀測站的儀器如有故障，均報送中央氣象局地震

測報中心，請廠商儘速維修，以維持儀器正常運轉。本計畫責任區的儀器包括:A900、A900A、CV-574、CV-575、ENTA、Reftek、Smart24 和 Titan 等八種不同種類的儀器共計 230 部，其中以 A900 型(A900 和 A900 A)的儀器數量共有 56 部佔最多(表二)，其次為 Smart24 的儀器數量共有 50 部，CV-574 和 CV-575 的儀器數量共有 43 部，ENTA 的儀器數量共有 35 部，Titan 的儀器數量共有 45 部，Reftek 的儀器數量則只有一部。今年度的儀器報修數量比往年相差不多，主要原因是有些測站的儀器報修後尚未完成修復而再次報修，GPS 無法正常運轉，三分量地震儀的其中一個或兩個分量故障，儀器未固定，以及無法施作校正訊號。其餘絕大部份各測站的儀器都維持全年正常運轉，蒐集到相當多高品質的強地動記錄。

本年度(2013 年) 中央氣象局陸續換裝新型儀器 Titan 強震儀，由於安裝儀器時不熟悉儀器參數設定，以至於本年度第一次例行檢測共蒐集 89448 筆檔案，資料容量共約 28Gb，絕大多數資料是 Titan 儀器的假觸發啟動(false trigger)和重複記錄所造成的雜訊，期中報告時建議設定儀器的濾波器範圍參數，因此，本年度第二、三次例行檢測所蒐集的資料容量顯著的減少，主要是減少假觸發啟動的雜訊。對於新型儀器 Titan 強震儀必須改善之建議：

1. 負責廠商應該先完全熟悉儀器使用細節，並應先測試一段時間，確定儀器運轉穩定後，才安裝至野外的測站。
2. 本年度陸續換裝新型儀器 Titan 共 43 部，而大部分換下來的儀器依然放在平台上繼續保持運轉，儀器並未固定，而儀器的方位也不正確，該儀器所蒐集的地震記錄將會造成使用者的困擾和錯誤。
3. 雖然新設定 Titan 儀器的濾波器範圍參數，減少了儀器的假觸發啟動(false trigger)，但對於同一個觸發啟動的地震或雜訊卻有多個不同時段的重複記錄檔案，也就是說每隔一分鐘就記錄三分鐘的地震或雜訊檔案，這個問題至今仍未解決，應儘速請廠商改進。
4. 每一部 Titan 強震儀記錄器的磁碟容量配有 64Gb，已足夠儲存至少一整年的三分量連續記錄。建議中央氣象局將 Titan 強震儀器改成連續記錄，或增加可以連續記錄的功能，除了不會遺漏應該記錄到的地震資料之外，也可以提供研究週遭雜訊資料的使用。

4.4 東部地區

- 1、統計本年測站或儀器工作不正常的主要原因有：(1)測站附近施工，導致外部電源中斷或故障；(2)內部電池不良，導致儀器不正常運作；(3)儀器本身工作不正常，不能連線；(4)紀錄的波形資料不正確；(5)時間系統不正常；(6)加速度計輸出偏離過大。第二次及第三次例行檢測儀器故障的次數與2012年相較，增加許多，值得吾人持續關注。
- 2、本年本區中A900及A900A型強震儀，佔全部儀器的42.4%，因儀器老舊，故障比率與它型儀器相比，明顯偏高。而此二型強震儀，大部份(71%)都未配置GPS時間接收器，也因振盪晶體老化，其時間誤差正逐漸增加。本型儀器已停止生產多年，廠商

備品之供應將日趨困難，本年雖已購置新型的Titan型強震儀替換老舊儀器，建議強震觀測網仍需未雨綢繆，加速進行自由場強震儀的更新工作。

- 3、Titan 為氣象局 2012 年新購之強震儀，為充分瞭解其性能，建議盡速於花蓮氣象站 (HWA019) 之地震儀測試平台安裝一台測試用儀器，方便與其他廠牌之強震儀作長時間的比較、分析數位濾波器對信號的影響，並尋求最佳化之工作參數。
- 4、Titan 為一六波道的地震記錄器，為節省能源並減少資料使用者的困擾，可否關閉其中未使用的三個波道？又記錄強地動加速度的三個波道，為方便使用，其名稱是否可依循 SEED 格式的慣例，使用 Z、N、E 代表記錄的方向？
- 5、2013 年 10 月 31 日 20 時 2 分，花蓮縣瑞穗鄉(北緯 23.55 度，東經 121.42 度)，發生一規模 6.3 之地震，震源深度 19.3 公里，全台有感，花蓮縣紅葉震度 6 級，花蓮市、南投合歡山、宜蘭縣南山等多處震度亦達 5 級，圖二十一為該地震發生後中央氣象局地震測報中心發布的等震度圖。地震後本計畫已派員前往震央區附近，蒐集地震資料。唯本報告繳交之時，野外工作人員尚無法完成資料蒐集的工作，亦無法將此地震之資料呈現於本報告之中。

4.5 台灣山區

1. 2013年3月27日與6月2日的南投仁愛鄉地震是繼2010年甲仙、2011年南投、2012年霧台等發生於台灣山區的顯著地震，山區強震網提供記錄品質十分良好的近場資料(小於10 公里)，並記錄到大於1g的地動加速度，這些資料可提供作為地震定位，山區地震源，強地動衰減特性研究的基本資料。而3月7日的花蓮秀林鄉地震雖然規模僅5.9，但由於震央發生在TSMIP測站未及的區域，山區強震站蒐集相當完整的餘震資料。
2. 本計畫已進行10個測站的地震儀汰換，以Titan取代舊有A900型地震儀，歷經近一年的資料收取與檢視，由於若干測站當機或因站房受損，漏失不少的資料；此外由於儀器屬於測試階段，因Titan高靈敏度的特性造成若干測站每個月的資料異常暴增，經參數的重新設定已恢復正常運作。由於現存A900有不敷使用的狀況，建議測報中心在進行舊有儀器汰換時能優先考慮預留予山區地震站使用。
3. 目前山區地震站在南部與東部山區的區域路況普遍不佳，考量儀器與維護人員的安全，若干測站並未能每次都能順利進行維護與資料收取，將視實際狀況再實施。

五、誌謝

本計畫由中央氣象局提供經費(編號 MOTC-CWB-102E-01)進行。地震中心強震課、資料處理課多年來密切的支援、協助，特表鄭重致謝。

參考文獻

1. Geotech Instruments, LLS (2004). SMART-24 User's Manual, V2.
2. Iwan, W. A., M. A. Moser, C. Y. Peng (1985). Some observations on strong motion earthquake measurement using a digital accelerometer, B.S.S.A., 75, 1225-1246.
3. Lee, W. H. K. and C. M. Valdes (1989). User manual for HYPO 71PC, IASPEI Software

- Library, *International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior*, 203-236.
4. Lin, P. S. and C. T. Lee, (2008). Ground-motion attenuation relationships for subduction-zone earthquakes in northeastern Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **98**, 220-240.
 5. Ou, G.-B. (2008). Seismological Studies for Tensile Faults, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* **19**, 463-471.
 6. Rihn, W. J. (1972). Magnetic taperecording and processing of strong motion data, Application note, No. 14, Kinematics.
 7. Shin, T. C. (1993). The calculation of local maghitnde from the simulated Wood-Anderson seismograms of the short-period seismograms in the Taiwan area, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* **4**, 155-170.
 8. Teledyne Geotech (1993). Accelerator III/A-900 Operation and Maintenance Manual.
 9. Teledyne Geotech (1994). Accelerator III/A-900A Operation and Maintenance Manual.
 10. Teledyne Geotech (2005). SMART-24A Operation and Maintenance Manual.
 11. Terra Technology Corp. (1992). IDS-3602 Integrated Digital Seismograph.
 12. Terra Technology Corp. (1994). IDS-3602A 16 Bit Digital Seismograph.
 13. Tokyo Sokushin (2002). PC Card Strong-motion Accelerograph CV-574C/575C Operation Manual.
 14. Refraction Technology (2008). 130-01 System Startup manual.
 15. Wen, K. L., H. Y. Peng, Y. B. Tsai, K. C. Chen (2001). Wgy 1g was recorded at TCU129 site during the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake? *Sull. Seis. Soc. Am.*, **91**, 1255-1266.
 16. 辛在勤(1993) 台灣地區強地動觀測計畫，台灣地區強地動觀測計畫研討會論文摘要，1-10。
 17. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、陳國昌、陳燕玲(2006)。台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析。中央氣象局地震技術報告彙編，45，115-126。
 18. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、何美儀、陳燕玲(2007)。台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析。中央氣象局地震技術報告彙編，48，123-142。
 19. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、何美儀、陳燕玲(2008)。台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析(II)。中央氣象局地震技術報告彙編，51，123-170。
 20. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、何美儀、陳燕玲、張振生(2009)。台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析(III)。中央氣象局地震技術報告彙編，54，109-134。
 21. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、史閔弘、何美儀、陳燕玲、王怡勝、張振生(2010)。台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析(IV)。中央氣象局地震技術報告彙編，57，121-156。
 22. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、史閔弘、何美儀、陳燕玲 (2011)。台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析(IV)。中央氣象局地震技術報告彙編(準備中)。
 23. 東源科技工程有限公司(2001). TS Terminal Pwave32 軟體操作手冊。

24. 張毓文 (2002). 場址特性分析及最大加速度衰減模式校正，國立中央大學地球物理研究所碩士論文，157 頁。
25. 簡文郁 (2001). 考慮特徵地震與場址效應的地震危害度分析，國家地震工程研究中心報告，NCREE-01-036。
26. 蕭乃祺 (2006). 台灣即時強地動觀測在地震預警之應用，國立中央大學地球物理研究所博士班第一次進度報告初稿，182 頁。
27. 詹皓凱 (2008). 加速度地動潛勢預估，國立中央大學地球物理研究所碩士論文，114 頁。

TSMIP STATION

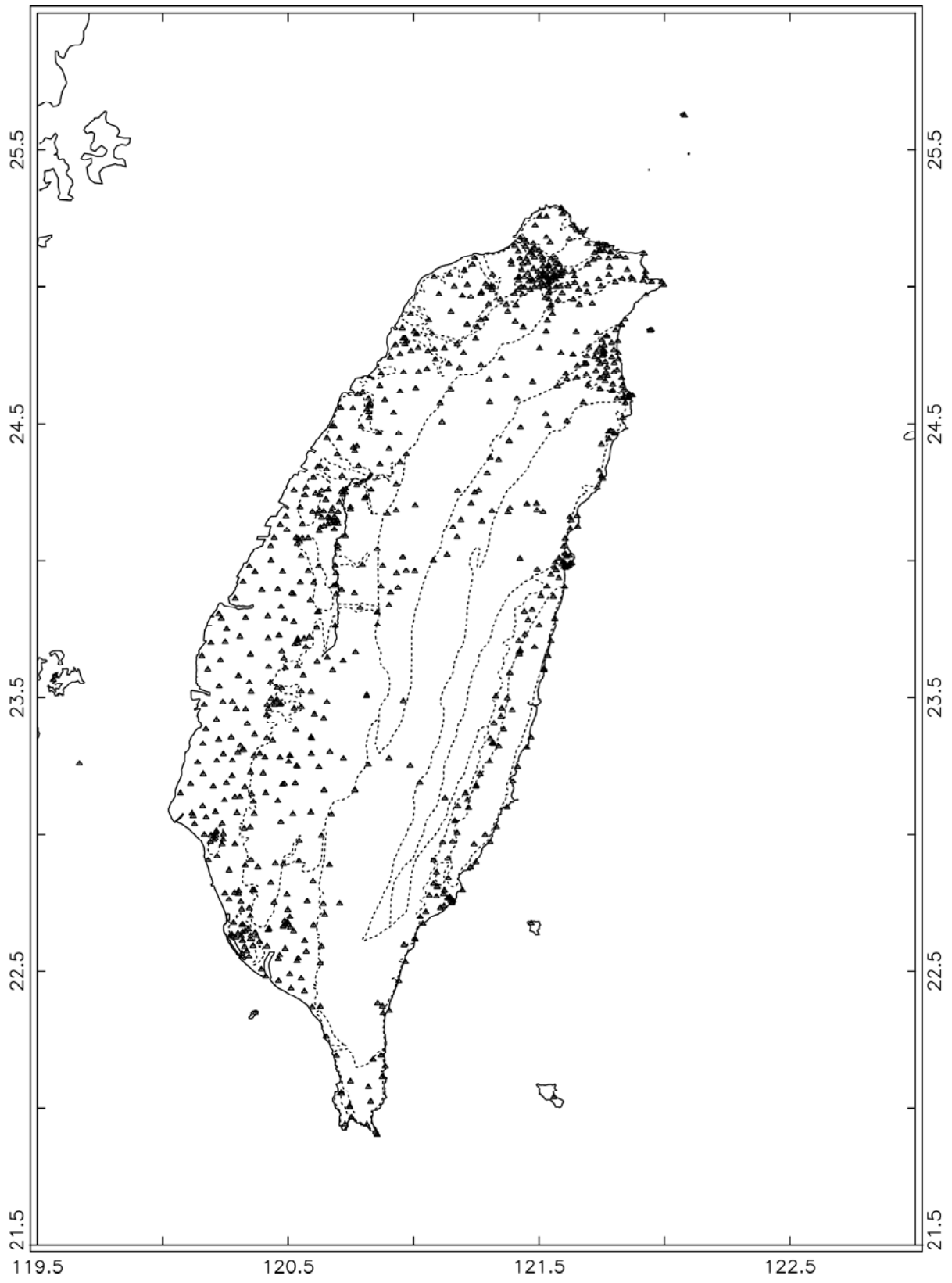


圖 1、台灣地區自由場強震網測站分布圖。

NW TAIWAN (2011-2013)

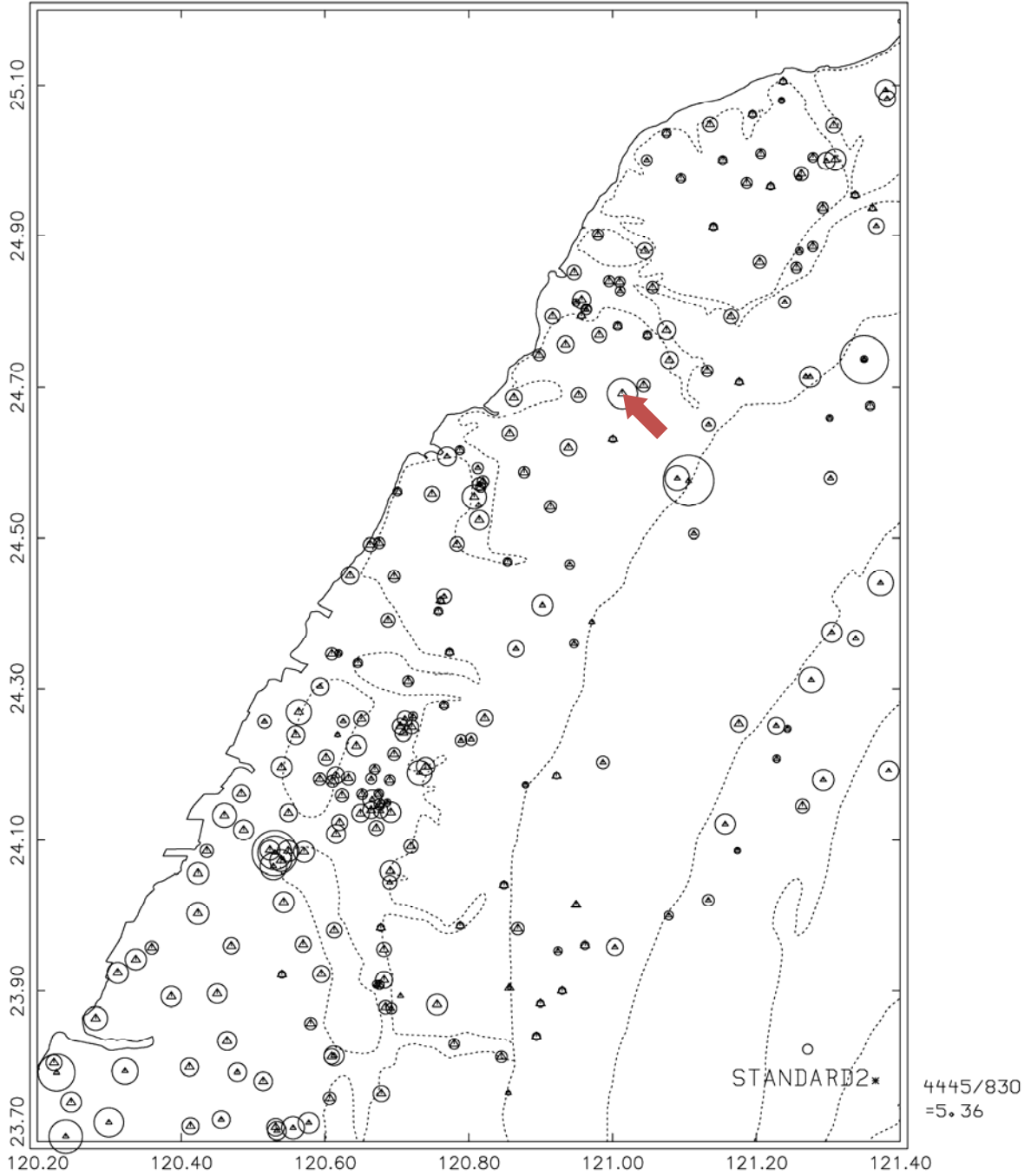
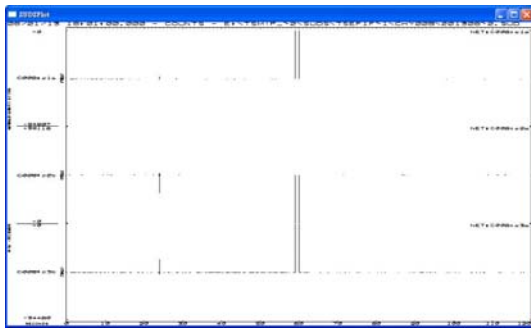
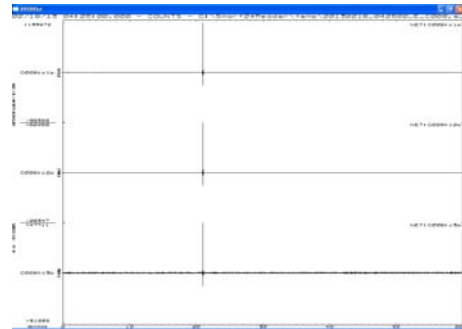


圖 2、TCU 網中三個「行為特殊」的測站，如箭頭所指。



(a)



(b)

圖 3、Smart24A 異常波形

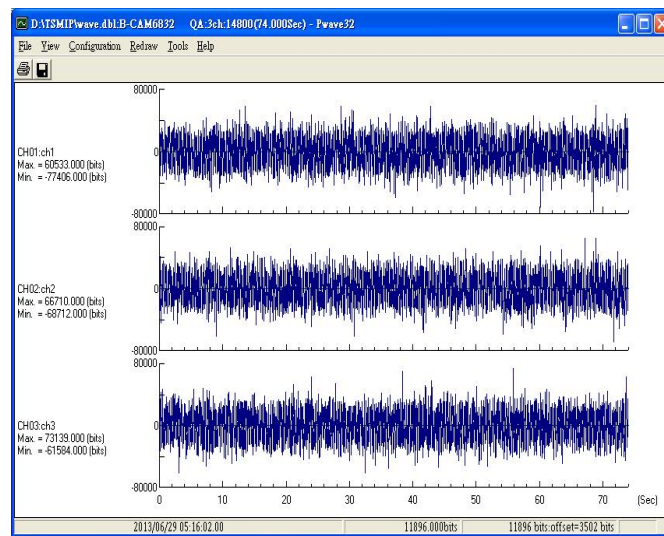


圖 4、CV575C 異常波形

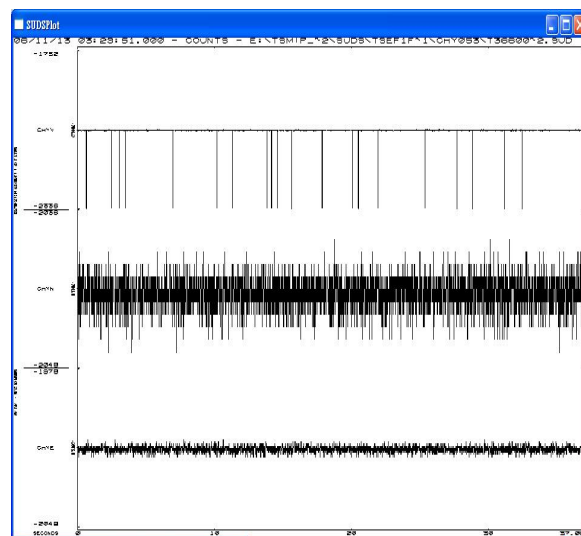


圖 5、A900A 異常波形

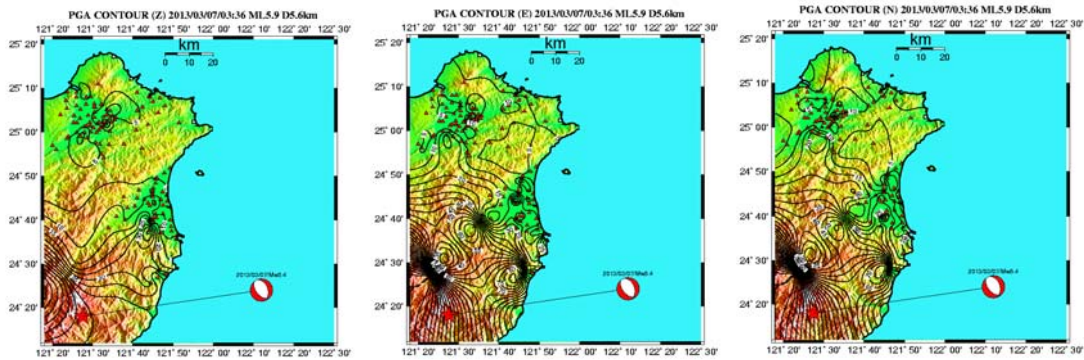


圖6、2013年3月7日3時36分花蓮秀林鄉附近地震(M_L 5.9)震央位置(星號)、震源機制解、本計畫責任區內所蒐集到地震資料的測站分佈(三角形)及垂直分量、東西分量、南北分量的PGA(cm/sec^2)分佈圖。

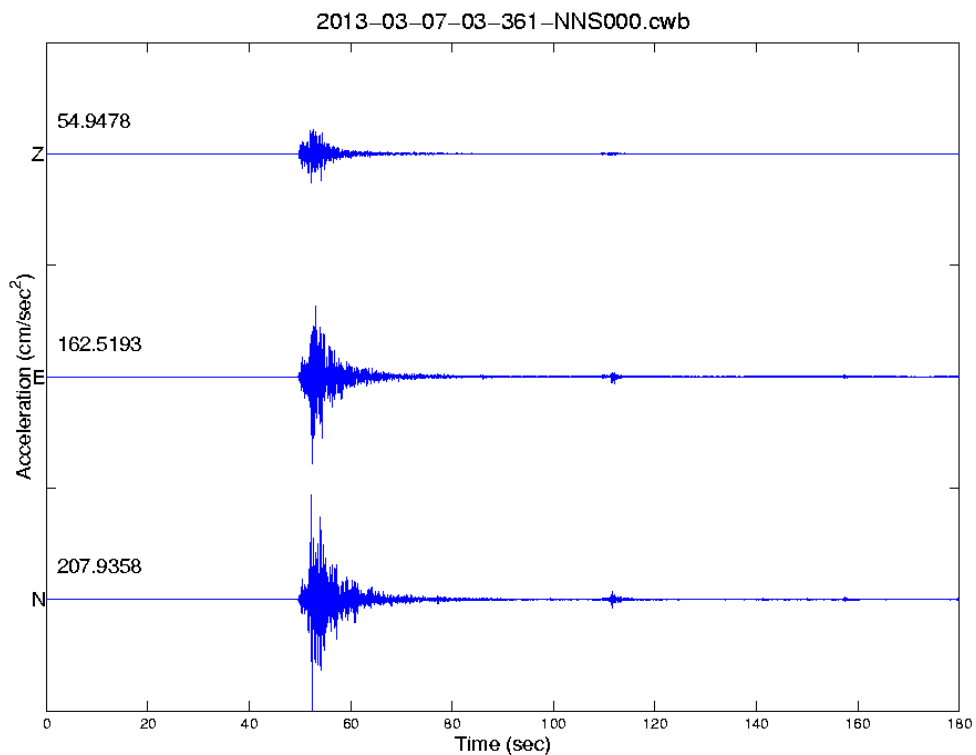


圖7、2013年3月7日3時36分花蓮秀林鄉附近地震(M_L 5.9)，南山國小(NNS)蒐集到最大的強地動加速度地震記錄，震央距離為17.9公里，垂直、東西和南北分量的最大強地動加速度值分別為54.9、162.5及 207.9 cm/sec^2 。

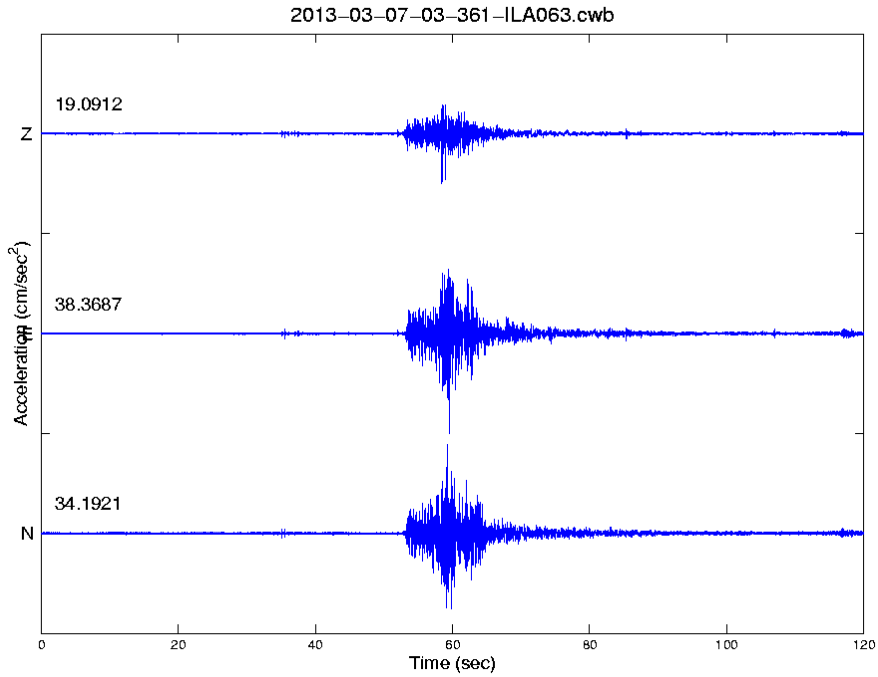


圖 8、2013 年 3 月 7 日 3 時 36 分花蓮秀林鄉附近地震(M_L 5.9)，位於震央距離 21.5 公里的英士國小(ILA063)，其最大強地動加速度值相當顯著，垂直、東西和南北分量的最大強地動加速度值分別 19.1，38.4 及 34.2 cm/sec^2 。

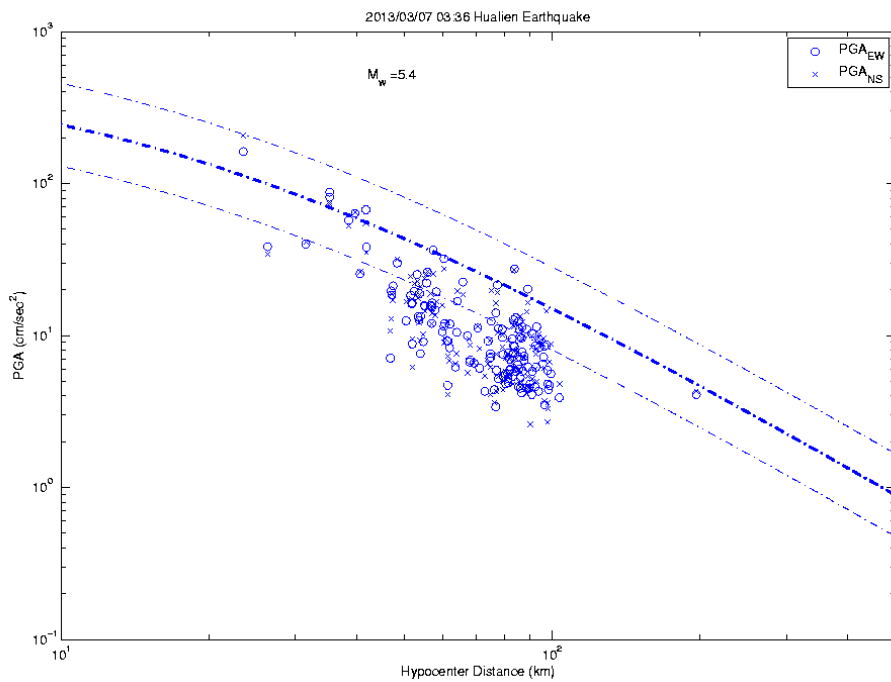


圖 9、2013 年 3 月 7 日 3 時 36 分花蓮秀林鄉附近地震 (M_L 5.9) 的最大強地動加速度值(PGA)相對於震源距離的關係圖，東西向及南北向最大強地動加速度值分別用不同符號表示，圖中的粗虛線和細虛線分別表示Lin and Lee (2008) 的強地動加速度衰減曲線和標準誤差曲線。

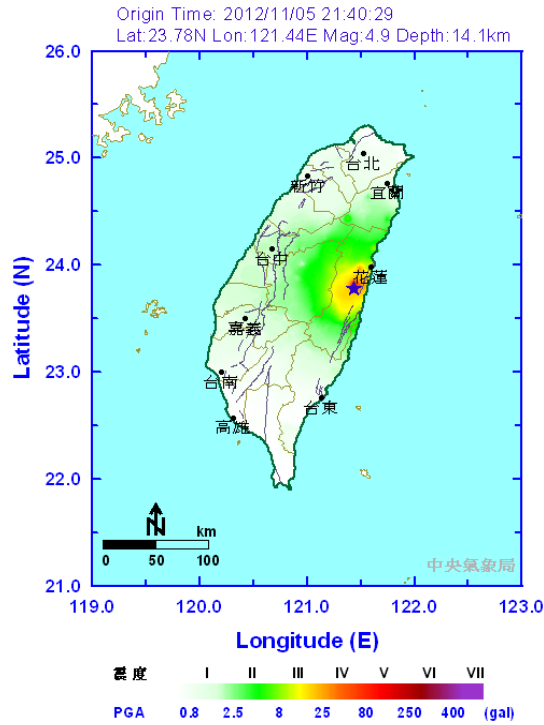


圖 10、2012/11/05 日 21 時 40 分,花蓮縣政府西南 30.1 公里處規模 4.9 地震,中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖,西林震度 5 級。

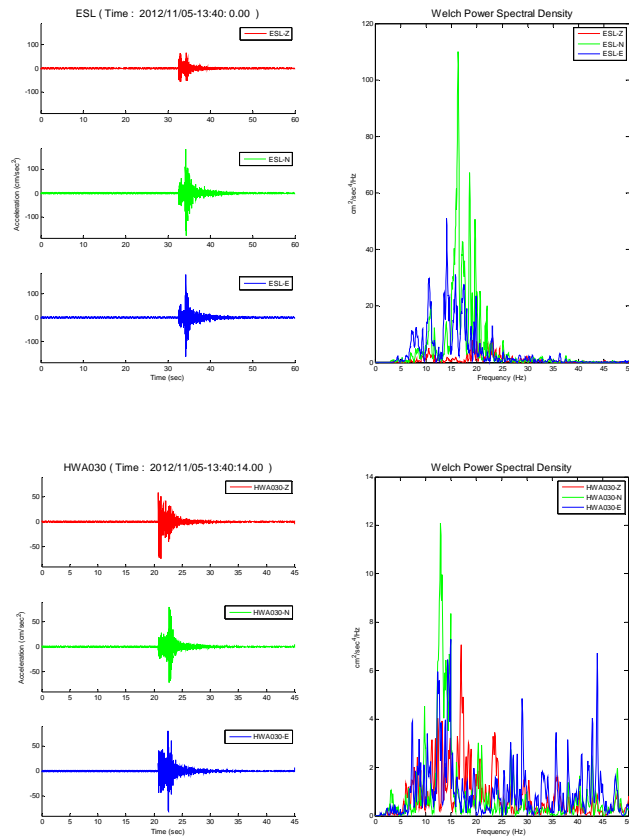


圖 11、2012/11/05 日 21 時 40 分,花蓮規模 4.9 地震,西林(ESL)及鳳仁南平分校(HWA030)的地震資料

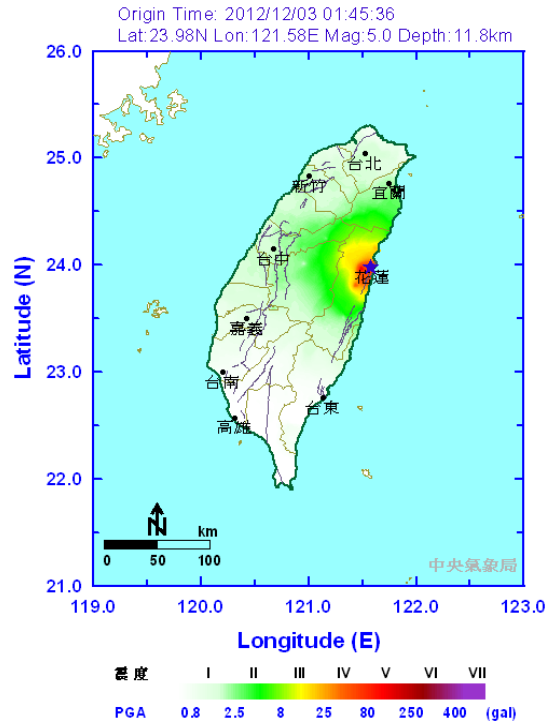


圖 12、2012/12/03 日 01 時 45 分,花蓮吉安規模 5.0 地震,中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖,花蓮吉安及花蓮市震度 5 級。

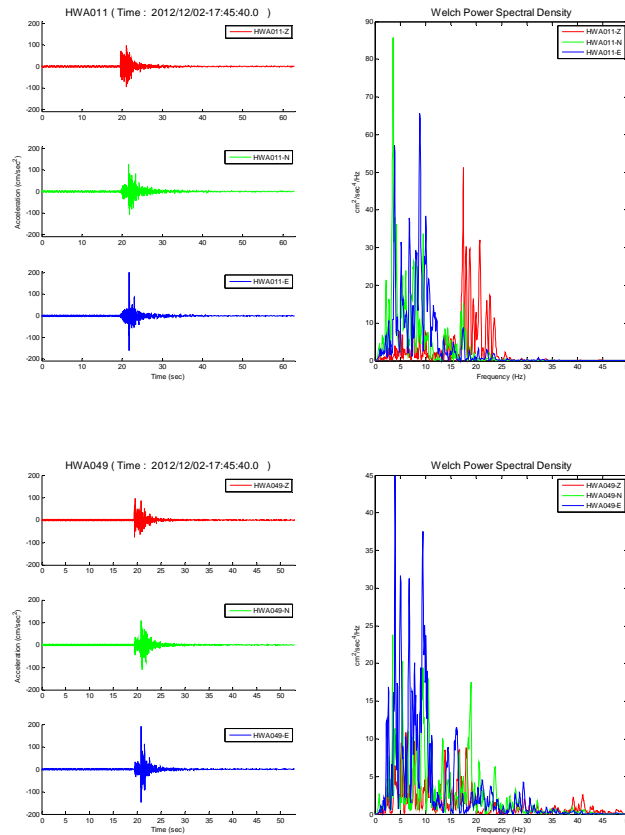


圖 13、2012/12/03 日 01 時 45 分,花蓮吉安規模 5.0 地震,明廉國小(HWA011)及太昌國小(HWA049)的地震資料

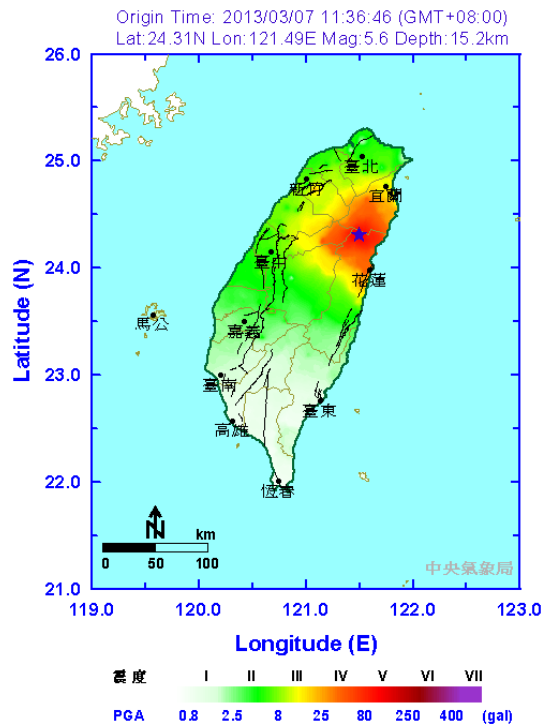


圖 14、2013/03/07 日 11 時 36 分,花蓮秀林規模 5.6 地震,中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖,宜蘭南山、台中德基震度 5 級。

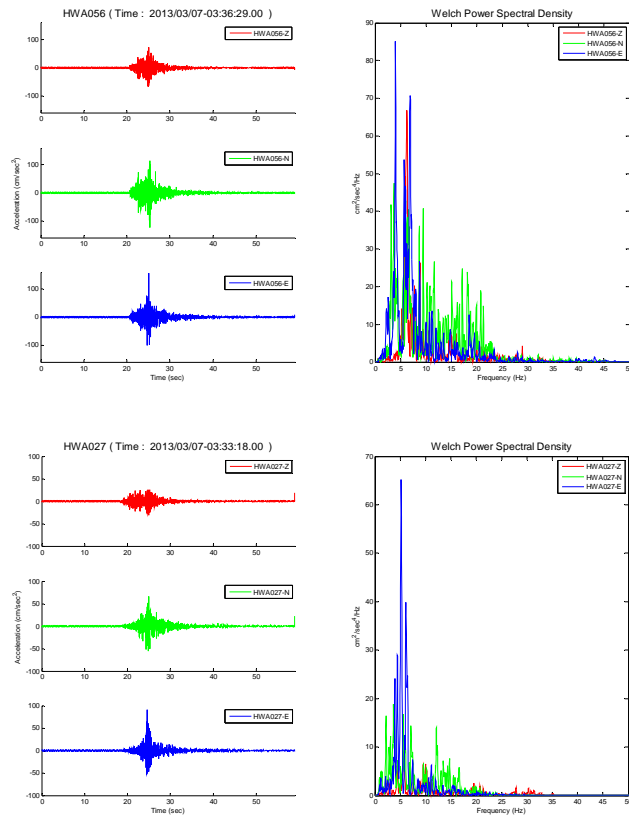


圖 15、2013/03/07 日 11 時 36 分,花蓮秀林規模 5.6 地震,合流(HWA056)及佳民國小(HWA027)的地震資料

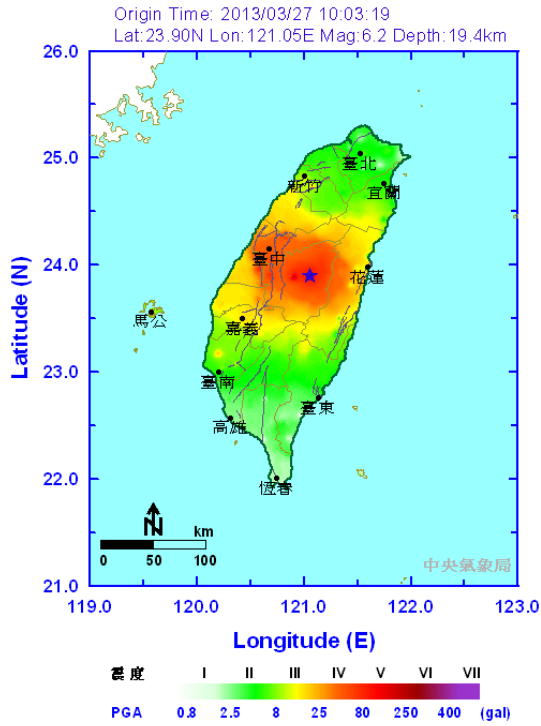


圖 16、2013/03/27 日 10 時 3 分，南投縣政府東方 36.9 公里規模 6.2 地震，中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖，花蓮縣花蓮市、西林震度 4 級。

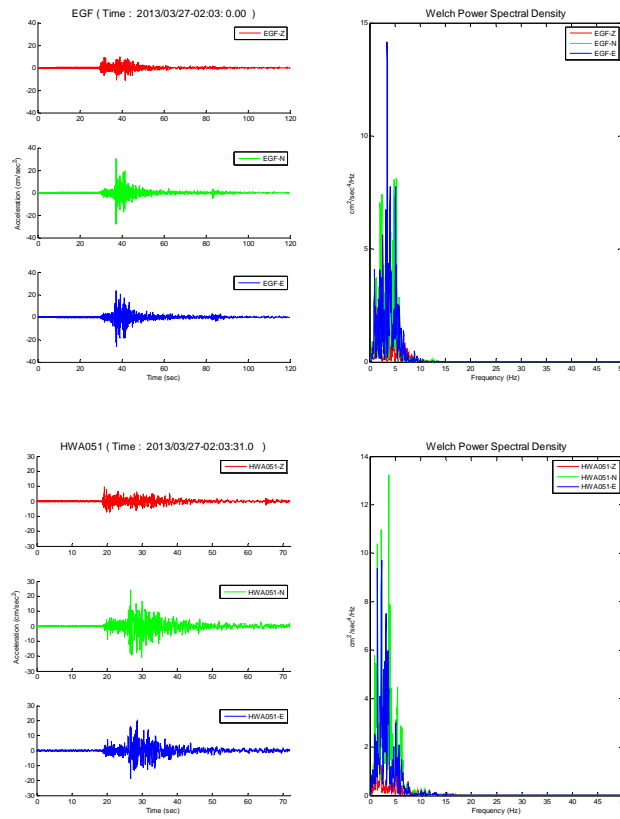


圖 17、2013/03/27 日 10 時 3 分，南投縣政府東方 36.9 公里規模 6.2 地震，大巴塑國小(EGF)及月眉國小(HWA051)的地震資料

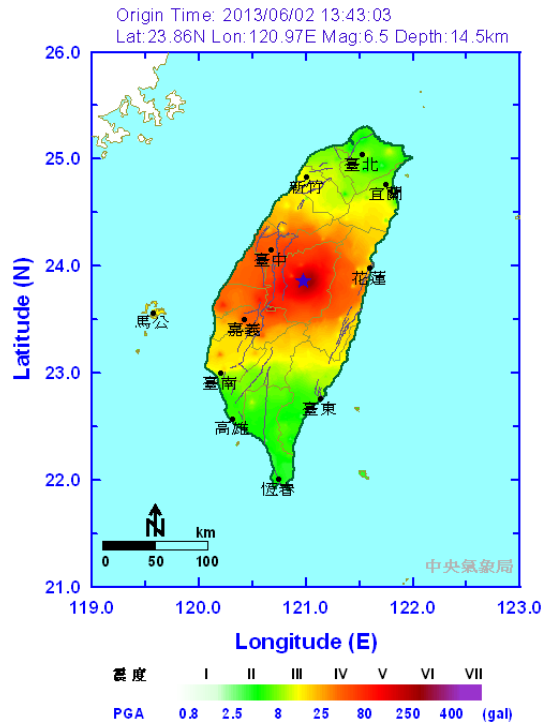


圖 18、2013/06/02 日 13 時 43 分，南投縣政府東方 29.3 公里規模 6.5 地震，中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖，花蓮縣花蓮市、西林震度 4 級。

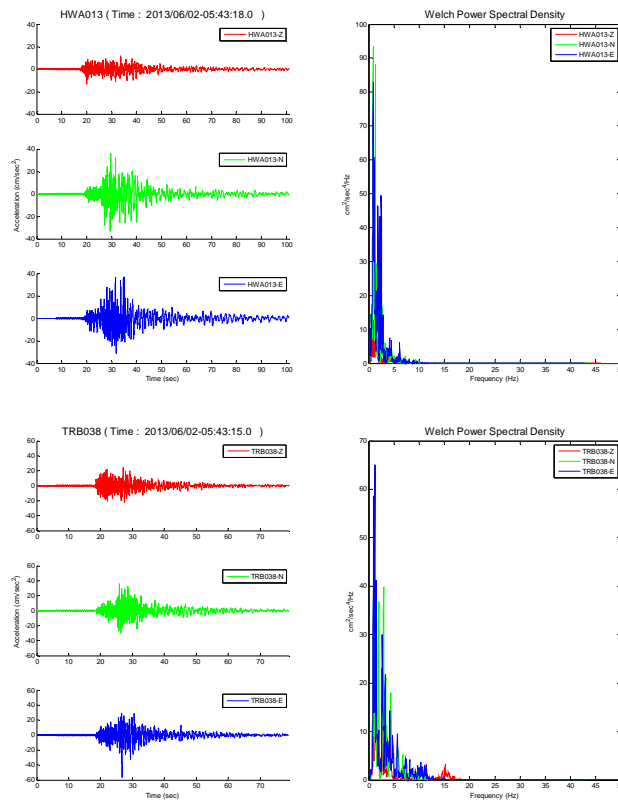


圖 19、2013/06/02 日 13 時 43 分，南投縣政府東方 29.3 公里規模 6.5 地震，忠孝國小 (HWA013)及光復車站(TRB038)的地震資料

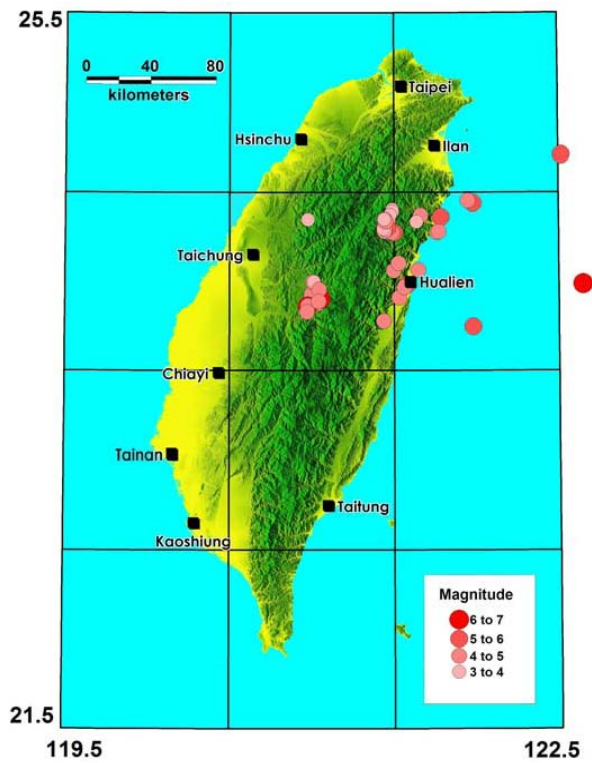


圖20、2012年9月至2013年9月台灣山區強震網收錄地震之震央分佈圖。



圖 21、2013 年以來發生於台灣地區的 4 個顯著地震(紅色實心圓)，每個地震的斷層面解繪於其側。

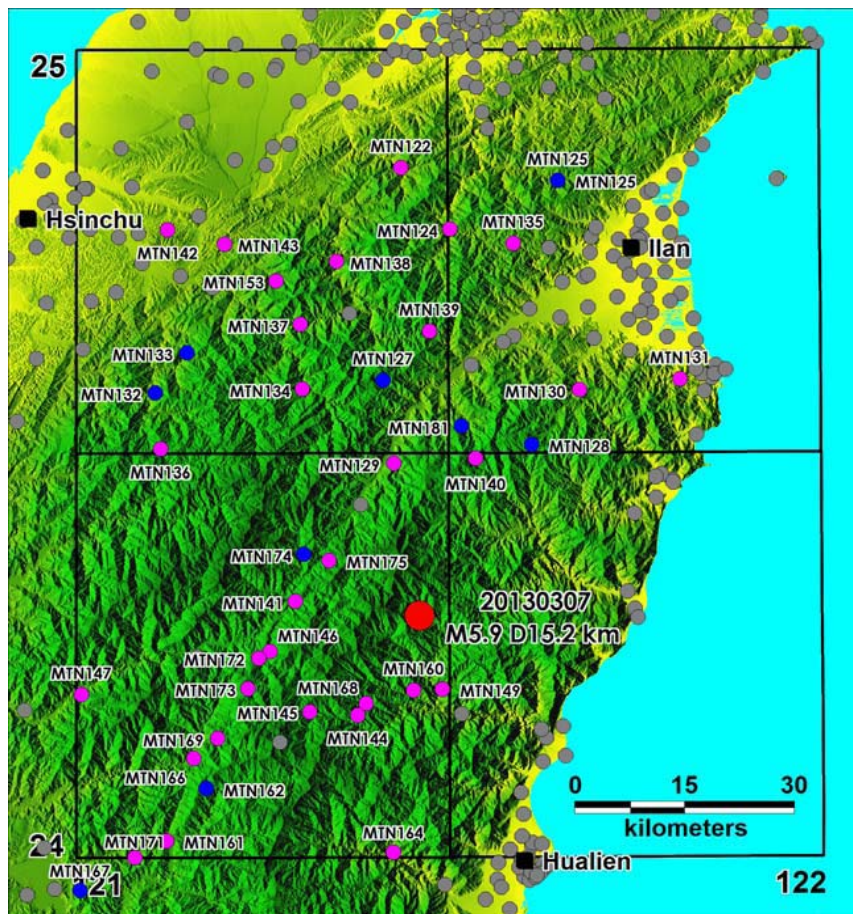
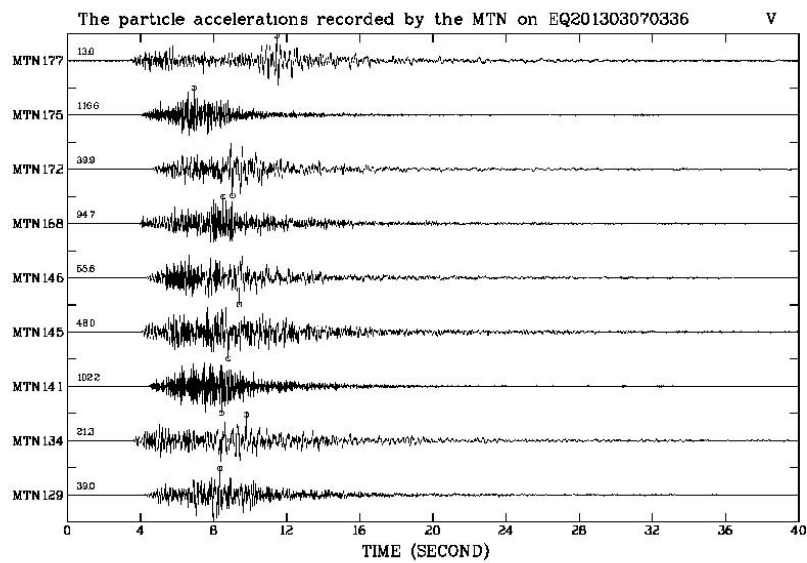
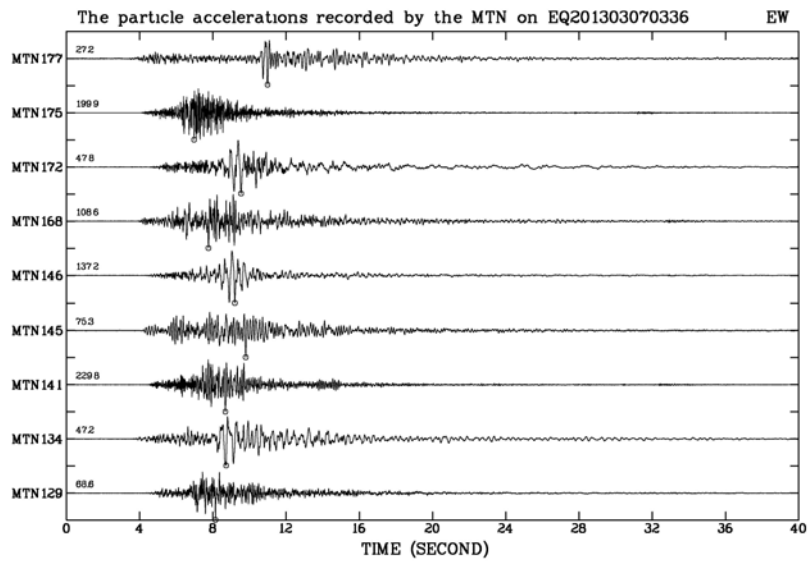


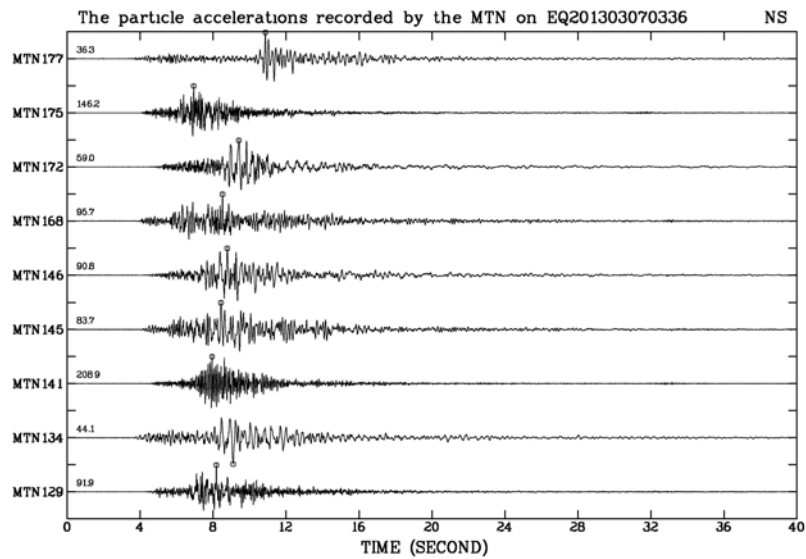
圖22、2013年3月7日花蓮秀林地震與震央區附近山區地震站分佈，灰色實心圓表TSMIP的測站，MTN序列的數字表示站碼。



(a)



(b)



(c)

圖23、2013年3月7日花蓮秀林地震(ML=5.9)震央區強震站收錄之(a)垂直向(b)東西向與(c)南北向加速度紀錄。每一時間歷時前的數字代表最大加速度值(cm/sec^2)。

20130307033746.26	2420.56	12126.66	7.89	4.38	8
MTN175 3	11.05	8.83	8.18	15.43	
ILA067 3	12.30	2.81	17.17	12.47	
MTN174 2	14.61	2.77	6.84	4.53	
MTN141 3	15.56	4.73	7.05	9.55	
MTN129 2	16.18	1.66	3.00	4.44	
MTN140 2	19.13	2.71	4.44	2.88	
ILA025 2	35.17	0.77	3.67	2.42	
MTN132 2	42.92	0.46	3.85	1.13	
20130307040351.76	2420.24	12126.31	6.87	3.70	10
MTN175 4	10.66	9.14	11.66	26.18	
ILA067 3	12.52	2.54	11.26	6.82	
MTN174 3	14.21	5.68	20.80	10.68	
MTN160 2	14.50	4.32	6.11	3.99	
MTN141 3	14.88	5.84	15.70	15.20	
MTN129 2	16.71	3.72	5.88	6.24	
MTN168 2	17.02	3.64	3.30	5.50	
HWA056 3	19.37	4.82	10.42	7.84	
MTN140 2	19.93	3.30	4.98	3.40	
HWA025 2	29.14	3.22	4.83	2.80	
201303070700	23.39	2417.65	12126.05	7.35	3.92
MTN160 4	9.82	10.60	30.14	16.44	
MTN168 3	12.40	8.62	9.02	8.78	
MTN175 4	12.67	10.06	14.72	30.70	
MTN141 4	14.51	13.34	36.34	48.04	
HWA056 3	15.37	8.56	9.76	10.56	
MTN174 3	15.94	5.12	15.22	10.86	
ILA067 3	16.76	2.82	22.28	16.54	
MTN145 3	17.61	4.72	5.08	8.44	
MTN146 2	18.21	3.80	6.44	5.78	
MTN129 3	21.46	2.88	8.22	3.92	
TCU130 2	23.42	1.12	2.22	4.18	
MTN140 2	24.38	4.84	7.44	6.42	
ILA053 2	31.19	2.66	4.90	5.60	

圖24、2013年3月7日花蓮秀林地震後餘震的收錄狀況。圖中每個地震的參數如第一列所示，此列的最後一個數目字表該起地震觸發的地震站數目，其下的第一欄為站碼，第二欄為震度，第三欄是震央距，第四至六欄依序為該站所記錄的垂直、南北和東西分量的PGA 值。結果顯示此數起地震的資料主要是以山區地震站為主[此圖修改自TSMIP的強震收錄檔案(a file)]。

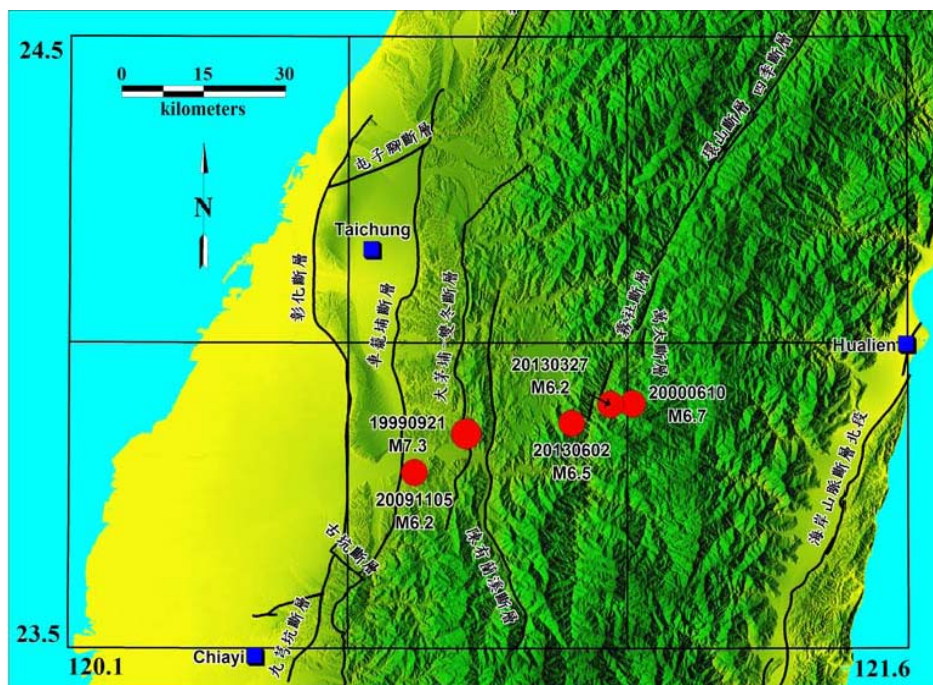


圖25、南投地區發生的重要地震與當地的斷層分布。2013年6月2日的震央距3月27日地震的震央僅14.5公里；而在此起地震東北方約13公里處於2000年6月也發生一起規模6.7的地震。此三起地震的西南方在1999年9月21日與2009年11月也發生2起重要的地震。

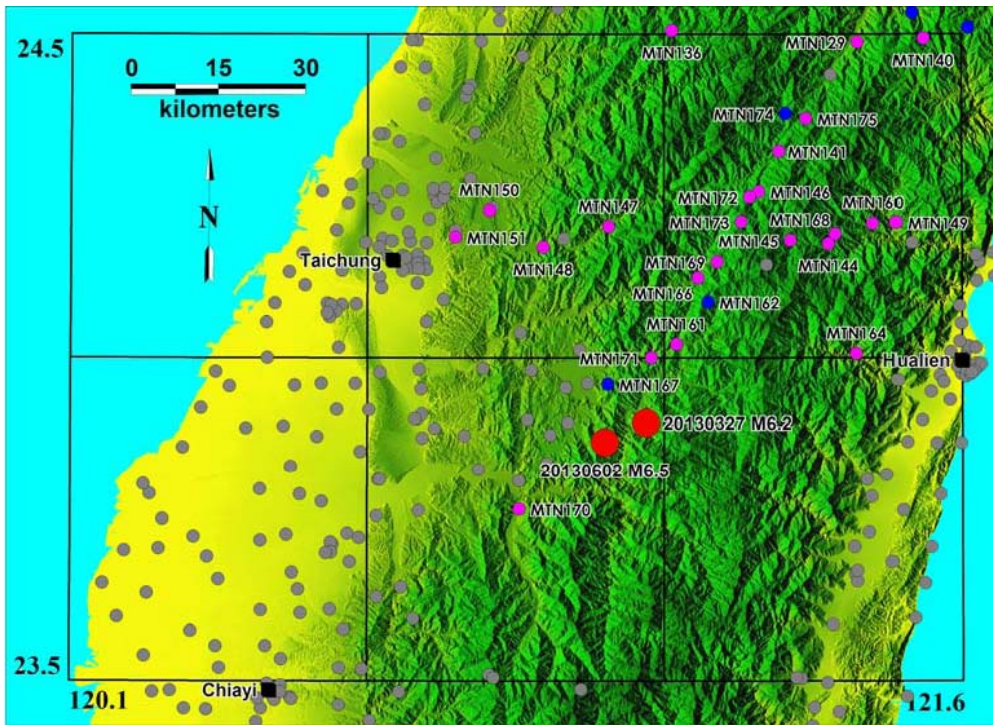
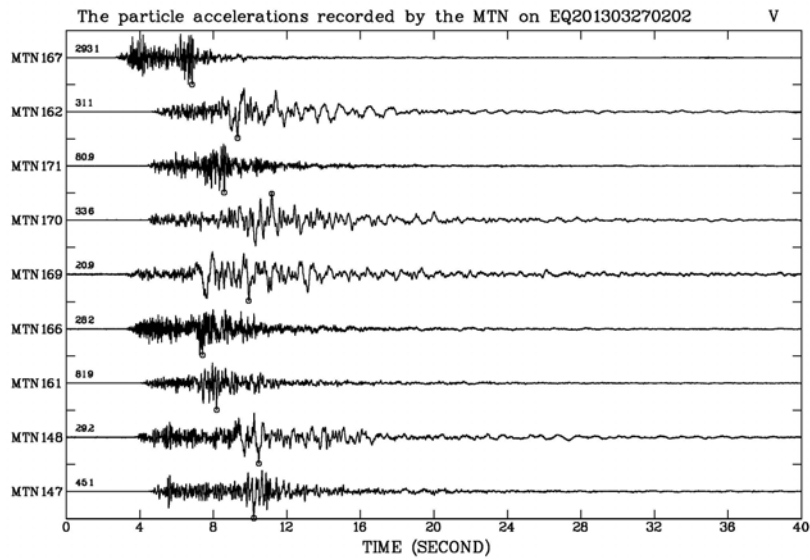
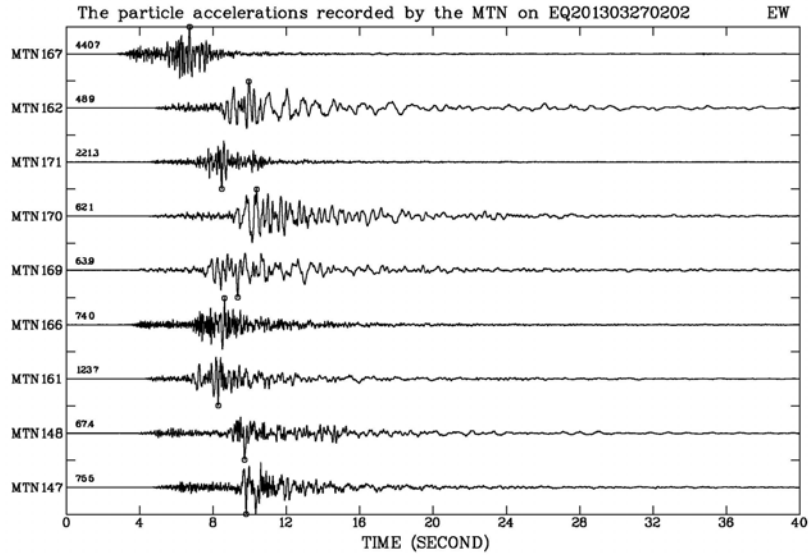


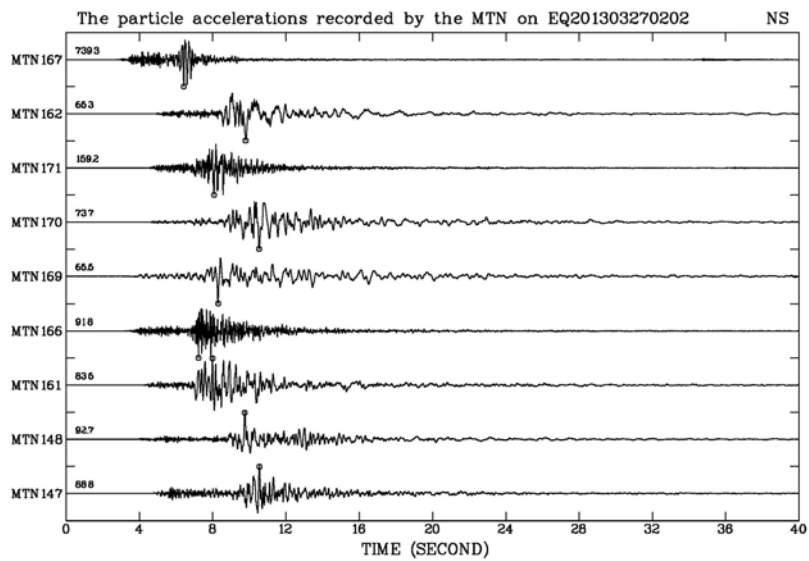
圖26、2013年3月27日與6月2日南投地震之震央(紅色實心圓)與強震站分布圖，灰色實心圓表TSMIP的測站，MTN序列的數字表示站碼，粉紅色實心圓是A900強震站，藍色實心圓是Titan強震站。



(a)

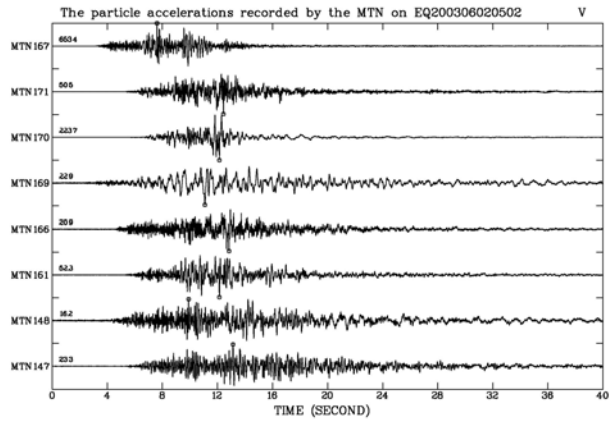


(b)

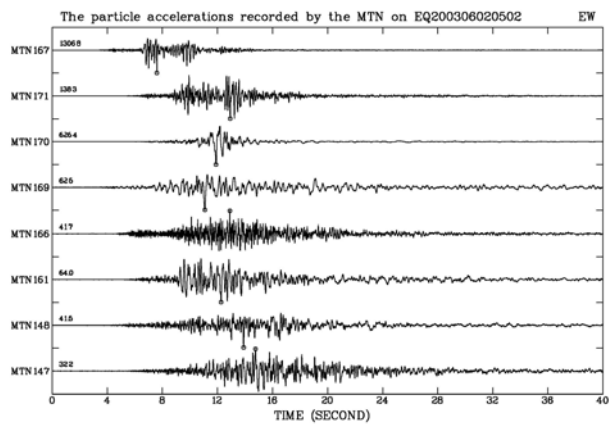


(c)

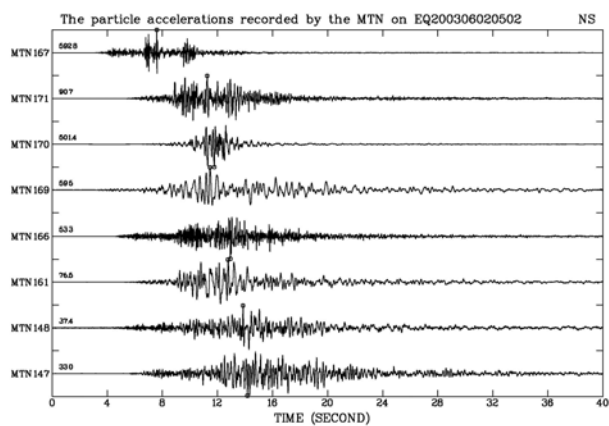
圖27、2013年3月27日南投仁愛鄉地震(ML=6.2)震央區強震站收錄之(a)垂直向(b)東西向與(c)南北向加速度紀錄，每一時間歷時前的數字代表最大加速度值(cm/sec^2)。測站MTN162與167設置Titan強震儀，餘測站使用A900強震儀。



(a)



(b)



(c)

圖28、2013年6月2日南投仁愛鄉地震(ML=6.5)震央區強震站收錄之(a)垂直向(b)東西向與(c)南北向加速度紀錄。每一時間歷時前的數字代表最大加速度值(cm/sec^2)。測站MTN167設置Titan強震儀，餘測站使用A900強震儀。MTN167的垂直、東西、南北向的PGA 分別是(653.4, 1036.8, 592.8) cm/sec^2 。