

# 台灣地區101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<sup>1</sup> 陳朝輝<sup>2</sup> 陳國誠<sup>3</sup> 劉忠智<sup>3</sup> 黃柏壽<sup>3</sup>

Wang, Chien-Ying<sup>1</sup> Chen, Chao-Hui<sup>2</sup> Chen, Kuo-Cheng<sup>3</sup> Liu, Chung-Chih<sup>3</sup>

Huang, Bo-Shou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>國立中央大學地球物理研究所

<sup>2</sup>國立中正大學地震研究所

<sup>3</sup>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183站、西南地區190站、北部地區209站、東部地區178站、台灣山區74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 834 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 (183), Southwestern Taiwan (190), Northern Taiwan (209), Eastern Taiwan (178), and Taiwan Mountain Area (74). 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：183站、西南地區：190站、北部地區：209站、東部地區：178站、台灣山區：74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。目前強震網內的強震儀大部分為美國Teledyne公司出品的A900及A900A型強震儀，少部份為日本東京測震公司出品的CV-574C及CV-575C型強震儀，尚有美國Geotech公司出品的SMART-24A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，另外兩家公司出品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 $\pm 2g$ 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 183 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 2010~2012 年中中部地區 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)：

$$PGA = 0.00369 \times e^{1.7537 \times M} \times (d + 0.12220 \times e^{0.7832 \times M})^{-2.0564} \quad (2)$$

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，2010 年至 2012 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，特別挑出三個測站，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 SMART24A 強震儀所收錄到的強地動記錄，方形波(圖 2)情形，經韌體更新後，收到方形波的測站及數量有明顯下降。

檢視 CV 系列強震儀所收錄到的強地動記錄，CHY025(饒平國小)、CHY033(文正國小)、CHY070(德高國小)、CHY071(安佃國小)及 CHY132(內甕國小) 幾站在 EVENT 記錄檔裡有較大量的異常波形情形(圖 3)。

### 3.3 北部地區

根據中央氣象局所發佈的地震資料，2012 年 6 月 9 日 21 時 00 分 (台灣時間 6 月 10 日 5 時 0 分)在宜蘭外海發生規模  $M_L 6.6$  ( $M_w 5.85$ )的地震，此次地震是今年度 1 月 1 日至 10 月 26 日發生在台灣地區的最大規模地震，此地震震央位於東經 122.31 度、北緯 24.46 度，而震源深度為 69.9 公里。中央氣象局推論此地震的震源機制為逆衝斷層。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，除了 17 個測站的儀器故

障問題之外，其餘共有 192 部自由場強震儀完整的記錄此地震資料，相當於 92% 的觀測站蒐集到高品質的地震記錄。

圖 4 顯示 2012 年 6 月 9 日 21 時 0 分宜蘭外海地震震央位置、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  $PGA(cm/sec^2)$  分佈圖。此次地震以中山國小(ILA028)蒐集到最大的強地動加速度地震記錄(圖 5)，其最大強地動加速度值分別為 44.1(垂直向)，135.7(東西向)及 57.7  $cm/sec^2$  (南北向)。根據最大強地動加速度值  $PGA(cm/sec^2)$  分佈圖，宜蘭平原內的中部地區最大強地動加速度值較小，而宜蘭平原南方山區靠近海岸附近的觀測站距離震央較近，其最大強地動加速度值比宜蘭平原南部的觀測站小，宜蘭平原的中山國小(ILA028)之最大強地動加速度值最為顯著。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。值得注意的是五堵國小(TAP057) 的最大強地動加速度值相當顯著(圖 6)，此測站震央距離為 93.5 公里，而其垂直、東西和南北三分量的最大強地動加速度值分別為 18.9, 30.2 及 53.5  $cm/sec^2$ 。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 7)，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範圍以內。由於此次地震的震源深度為 69.9 公里，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，在台北盆地並沒顯示出顯著的震波放大作用。最大強地動加速度值低於標準誤差曲線之下的測站，主要位於宜蘭平原南方和北方山區靠近海岸附近的觀測站，以及宜蘭平原內的中部地區觀測站。

### 3.4 東部地區

2012 年 2 月 26 日 10 時 35 分,屏東霧台規模 6.4 地震，震源深度 26.3 公里(圖 8)。屏東山地門、台東太麻里、台南新化等地區震度 5 級，高雄、屏東、台東、嘉義等地區之震度亦達 4 級，是今年發生於陸上規模最大的地震，所幸未傳出重大災情，也無人員在地震中傷亡，靠近震央的霧台國小(KAU077) 及賽嘉國小(KAU049,SSD)，Z、N、E 分量之  $PGA$  值分別為 107、99、138 及 75、204、138 gal (圖 9)，本次地震本區測得強震記錄的測站共有 134 組。

2012 年 6 月 15 日 0 時 15 分花蓮豐濱規模 5.3 地震，震源深度 6.5 公里，花蓮縣磯崎震度高達 6 級(圖 10)。本次地震，位於新社磯崎分校的 EGC 測站，測得 Z、N、E 分量之  $PGA$  值分別為 304、245、449gal (圖 11)，是本區本年測得的最大震動加速度。隨後本區發生密集加速度強而持續時間短的有感地震，其中並有多次地震的  $PGA$  值超過 125gal，而使得該區的震度達到 5 或 6 級，如 2012/06/17/17:01，規模 5.0 地震，EGC 測站測得 Z、N、E 分量之  $PGA$  值分別為 208、165、232gal。2012/06/19/02:03，規模僅 3.9 的地震，EGC 測站測得 Z、N、E 分量之  $PGA$  值分別亦達 119、214、179gal，圖 12 為本地震 EGC 測站的波形及時頻圖。EGC 測站本年共收錄了 169 筆強震記錄，其中 131

筆都是在 2012 年 6 月 14 日至 7 月 1 日間測得。

2012 年 8 月 18 日 4 時 20 分台東長濱地區發生規模 5.2 地震，震源深度 26 公里，台東長濱震度 5 級，花蓮紅葉震度 4 級，靠近震央的三間國小測站(TTN031)及長濱國小(TTN001)，測得 Z、N、E 分量之 PGA 值分別為 102、248、389 及 34、98、106gal，三間國小測得的 PGA 是今年本區之次高值，所幸亦未傳出災情。

### 3.5 台灣山區

2011 年 10 月至 2012 年 8 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 57 個地震，計有 429 筆三分量加速度紀錄，其震源參數(發震時間、震央位置、震源深度、地震規模)、觸發站數與震央分佈繪於圖 13。這些地震的規模( $M_L$ )介於 3.2 至 6.6 之間；震源深度最淺 5.2 公里，最深 216 公里。其中較引起我們注意的有：

- 2 月 26 日屏東霧台地震( $M_L=6.4$ )：簡稱 226 地震，是今年第 1 個規模 6 以上地震。226 地震是發生於屏東的霧台鄉，中央氣象局地震測報中心指出，此一地震發生在台灣時間上午 10 時 35 分左右，地震深度 26 公里，該地震發生後的 10 時 41 分和 10 時 43 分又發生兩次餘震，震央和規模分別在台東縣金峰鄉與台東縣卑南縣，規模為 4.0 與 4.2。根據地震測報中心統計，226 地震是台灣近 2 年島內規模最大的地震，也是 2012 年第一個規模 6 以上地震，也是繼 2010 年 3 月 4 日甲仙百年大地震後台灣陸上最大規模的強震。這起地震主因是菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊擠壓造成，震央地區位在中央山脈最南端，地質上屬於板塊擠壓後的年輕山脈。226 地震與 2010 年甲仙強震相距僅 26 公里(圖 5)，兩地震雖無直接關連，但氣象局和台大地質系都提醒，226 地震很靠近莫拉克重災區，土質脆弱，容易釀災。
- 6 月 9 日宜蘭地震( $M_L=6.5$ )：6 月 9 日發生於宜蘭外海規模 6.5 的地震，是今年第 2 起規模 6 以上地震。不過，宜蘭並未傳出地震災情，主要是震央深度達到 60 公里以上，震波傳到地面時，力量已減弱許多。
- 6 月 13 日新竹地震( $M_L=4.7$ )：台灣時間下午 4 時 22 分新竹縣尖石鄉發生規模 4.7 的地震，地震深度為 10.2 公里，屬於極淺層地震，最大震度為竹北市的 4 級，台北搖晃明顯。稍後 4 時 29 分在震央附近又發生規模 3.4 的餘震。地震測報中心指出，2010 年的 6 月 14 日，約在尖石鄉的震央附近，剛好也發生規模 4.3 的地震；再往前回溯，1942 年尖石鄉曾發生規模 5.6 地震，1954 年時發生 4.5 的地震，接下來就沒有規模大於 4.5 的地震，直到此一地震發生，因此是當地 70 年來規模最大的地震。

226 霧台地震共整理出有 25 個山區地震站收到記錄，圖 15(a)與 15(b)是在近震央區的 5 個山區測站所收錄到的垂直與東西向加速度波形，也是該地震的近震源資料，至為寶貴。圖 14 顯示在測站 MTN154 紀錄有最大的垂直與水平向地動加速度值，它們分別是 37 與 103 公分/秒<sup>2</sup>。

圖 16 是甲仙與霧台地震中 2 個近場測站 MTN154 與 MTN155(見圖 14)的東西向加速度歷時紀錄與經一次與兩次積分所得之速度與位移波形之比較。結果顯示 MTN154 的最大地動加速度、速度與位移在甲仙與霧台地震中分別為(476.3, 103.1) 公分/秒<sup>2</sup>、(34.7, 7.3)公分/秒與(7.7, 1.1)公分；MTN155 則依序為(273.4, 92.8)公分/秒<sup>2</sup>、(19.2, 6.2)公分/

秒與(6.8, 2.0)公分。此兩個近場測站與此兩個地震位於不同的方位與震央距，造成兩者觀測波形變化複雜的原因，推測主要是震源幅射型態有關。而在位移紀錄上此兩個地震在MTN154與MTN155的波形則相對的簡單。

圖17是2012年6月13日發生於新竹縣尖石鄉地震序列與鄰近地震站的相對位置，由圖中可知山區地震站提供最近震央的訊息(~5公里)，結合TSMIP與山區地震站對震央有更加的包覆性，對地震定位與決定斷層機制解提供更多的資料。圖18是尖石鄉地震中8個近場測站(見圖17)的垂直向與東西向加速度歷時紀錄，其中測站MTN153紀錄有最大的垂直向加速度值(~40公分/秒<sup>2</sup>)，而測站MTN142則紀錄有最大的水平向加速度值(~63公分/秒<sup>2</sup>)。

#### 四、檢討與建議

##### 4.1 中部地區

1. A900 及 A900A 型老舊的儀器在今年異常表現的數量居多，建議仔細篩選之後，優先淘汰一些比較有問題的儀器；儀器時鐘以及 GPS 校時的部分很重要，需要盡快找出原因修復；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. 分析 2010~2012 年紀錄的地震，全島 TSMIP 強震網 809 站共收到 21341 筆紀錄，來自 2370 個地震，即每個地震有 9 個測站收到。這段其間，本網共收到 397 個地震，紀錄有 3619 筆，平均每個地震有 9.17 個測站收到，略優於全島平均。
3. 三個行為特殊測站中，TCU095 (峨眉國小) 建議在校園內另尋廠址較佳的位置；TCU129 (新街國小) 則已經有在校園坡界下方處另外建置新的測站，並提供有趣的資料對比；TCU076 (南投國小) 建議廠商仔細檢驗評估該儀器的表現。

##### 4.2 西南地區

1. 重溪國小測站(CHY053)位於路邊易受車輛經過震動而使強震儀觸發記錄，建議在校園另尋場址較佳的位置。
2. 新高營區 (MND008)該站的警報器置放於營區放物品的房間，通常無人在房間內且會上鎖，無法達到發報警示之功用，建議另尋較佳的位置。
3. SMART24 強震儀收錄到的方形波情形，經韌體更新後，收到方形波的測站及數量有明顯下降；CV 系列強震儀所收錄記錄，幾站有異常波形的情形，將持續的追蹤改善狀況。

##### 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 和 Smart24 等七種不同種類的儀器共計 209 部，全年度所有儀器平均報修率大約為 14.5%，新型儀器 Smart24 的強震儀使用至目前為止還算穩定，Smart24 儀器出現方形波的情況已獲改善，今年度第三期的儀器報修率

比前兩期稍高，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，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。

2012 年 6 月 9 日 21 時 0 分 (台灣時間 6 月 10 日 5 時 0 分)在宜蘭外海發生規模  $M_L6.6$  ( $M_w5.85$ )的地震，本計畫責任區包括大台北地區和宜蘭地區共有 209 部自由場強震儀，除了 17 個測站的儀器故障問題之外，其餘 192 部儀器完整的記錄此次地震資料，相當於 92%的觀測站蒐集到高品質的地震記錄。本計畫將繼續加強與維修人員聯繫，掌握瞭解儀器報修後的進展狀況，以提昇儀器維持全年度正常運轉率。

本年度(2012 年) 中央氣象局全面換裝新型 FRP(100 公分\*100 公分\*140 公分)，猶如換了一個新家一般，整齊、清潔又大間，而且可以提高散熱效能。對於新設 FRP 必須改善之建議：

- (1)有一些新設的 FRP 測站使用家用二孔插座，實在不利儀器三孔插座使用。
- (2)新設的 FRP 之門鈕部份已經出現銹蝕現象，導致開門不易，建議拆除舊 FRP 的門鈕來更新，因為大部分的舊 FRP 門鈕都是使用不銹鋼材質的良品。
- (3)新設的 FRP 與水泥平台，有幾處會造成孔縫，容易讓蟲、蟻或蛇跑入，造成工作時的危險。

強地動資料蒐集和儀器檢測期間，如果有發現任何問題，將立即通報中央氣象局地震測報中心，請廠商儘速改善。

#### 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)時間系統不正常；(5)加速度計輸出偏離過大。與2011年相較，儀器故障的總次數差異不大，但測試異常的儀器有近3/4來自老舊的A900或A900A強震儀。KAU025、KAU039及KAU042等三站，全年未曾收錄任何地震記錄。
- 2、本年本區中A900及A900A型強震儀，佔全部儀器的45.8%，但因儀器老舊，本年於日常檢測時，發現異常的比率，與它型儀器相比，明顯偏高。而此二型強震儀，大部份(75%)都未配置GPS時間接收器，也因振盪晶體老化，其時間誤差已逐漸增加。本型儀器已停止生產多年，廠商備品之供應將日趨困難，建議強震觀測網需未雨綢繆，及早因應並持續進行自由場強震儀的更新工作。
- 3、2012 年 8 月 14 日 18 時 55 分，花蓮縣政府西偏北方 13 公里處，另有一規模 5.2 之地震，震源深度 21.8 公里，宜蘭縣南山震度 5 級，花蓮吉安、花蓮市、德基等多處震度亦達 4 級。唯距震央僅 10 公里之 TWD 測站並未測得此一地震，檢查取回之資料夾，發現該站早已於 8 月 1 日起即工作於不正常狀態，直至 8 月 21 日廠商更換電路板後始恢復正常工作。
- 4、2012 年 8 月 14 日 18 時 55 分之花蓮地震，HWA008、HWA010、EGC 等測站，其功率譜密度圖於垂直向近 19Hz 處有極為突出之分布，類似於一單頻之共振信號、應可繼續探究其成因。



## 4.5 台灣山區

綜合 2011 年 10 月至 2012 年 8 月的強地動觀測結果，山區強震觀測網共有觸發測站數目大於 3 個以上的 57 個地震，計有 429 筆三分量加速度紀錄。我們挑選出 2 月 26 日霧台與 6 月 13 日尖石鄉兩個地震分別繪出其垂直向與水平向波形紀錄以供查閱。此兩個地震都發生在過去資料較缺乏的地區且記錄品質十分良好，相當程度的提供了山區地震的近場與地震源研究的基本資料。

本計畫 2012 年共增設 6 個地震站，累計已在台灣山區設置了 80 個地震站。然南部與東部山區是屬於待加強的區域，但此區常受常受到天候影響，如 2009 年莫拉克颱風，乃至近期 2012 年 7 月後接連侵台的蘇拉、天秤、杰拉華颱風所帶來的大雨，造成山區道路因大雨土石崩落而中斷，這些不可抗力的天然災害，使若干測站在迄今仍無法進入。本計畫已更名「台灣山區自由場強震網儀器安裝及資料收集分析」，日後將以儀器維護、更新安裝與資料收集分析為主，另也考慮將增設測站的區域擺在南部與東部山區為輔，宜視實際狀況或日後路況改善再實施，作為此日後的工作重點。

臺灣山區近年來常有地震發生，造成地質脆弱；更由於常受颱風、豪雨影響，造成山崩災害。國內各界近年來也開始投入對山崩災害潛勢評估工作，甚者也著手對豪雨誘發山崩之潛勢評估與預警技術發展。而安裝於山區的地震站提供學者另一項研究的資料，透過地震儀的特性，可捕捉地震動的微小訊息。

## 五、誌謝

本計畫由中央氣象局提供經費（編號 MOTC-CWB-101E-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 magnitude 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

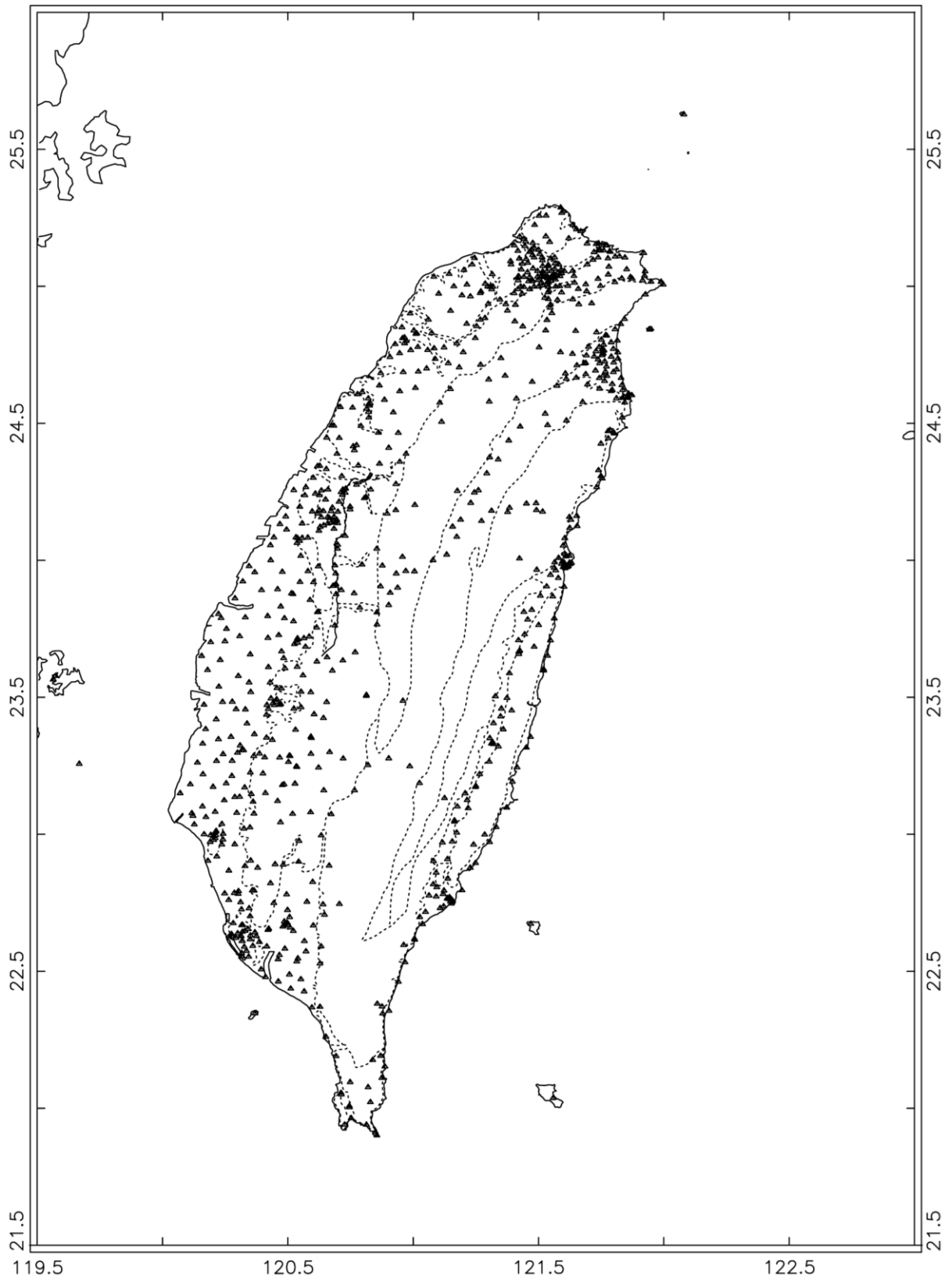


圖 1、台灣地區自由場強震網測站分布圖。

NW TAIWAN (2010-2012)

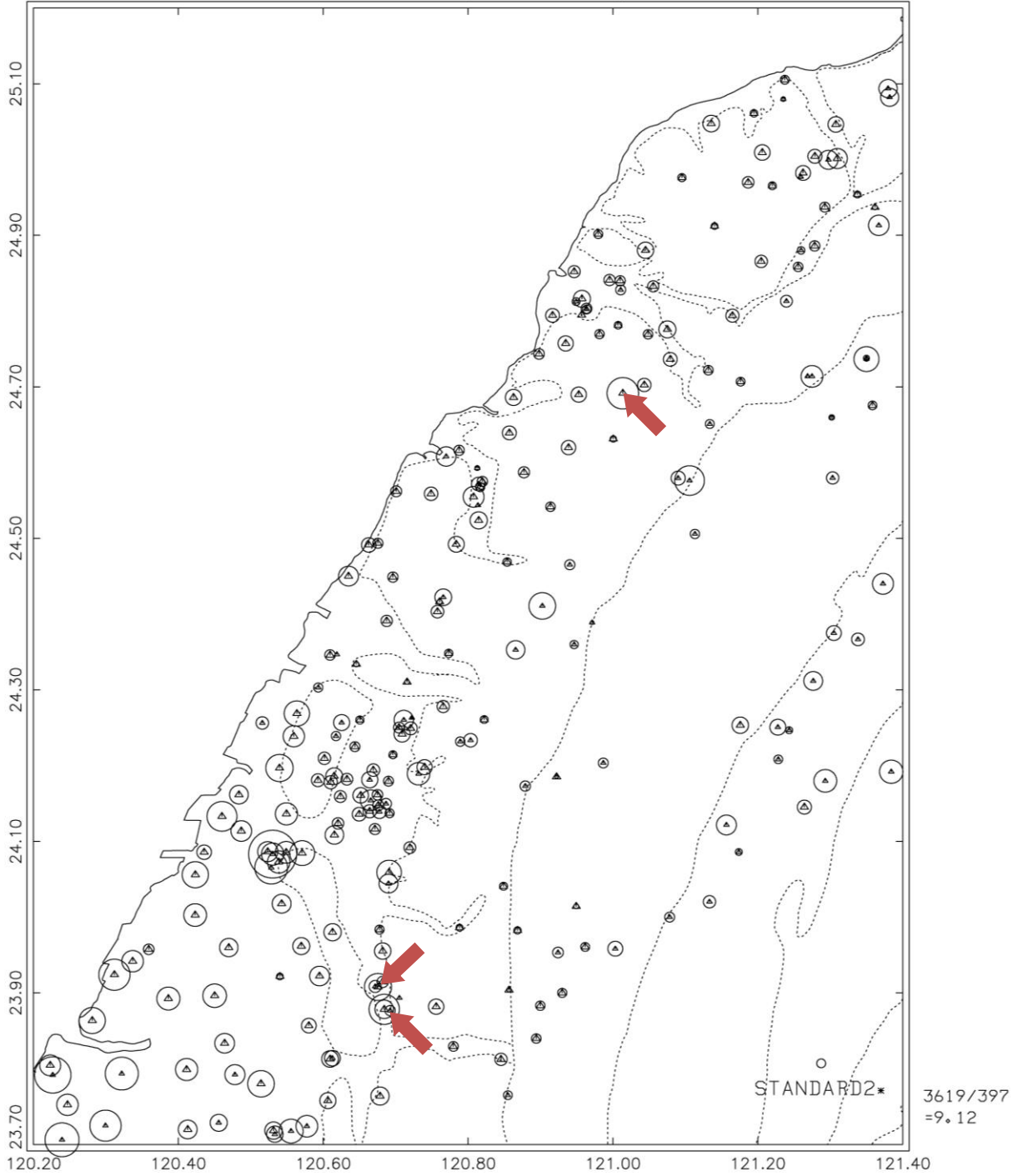


圖 2、TCU 網中三個「行為特殊」的測站，如箭頭所指。

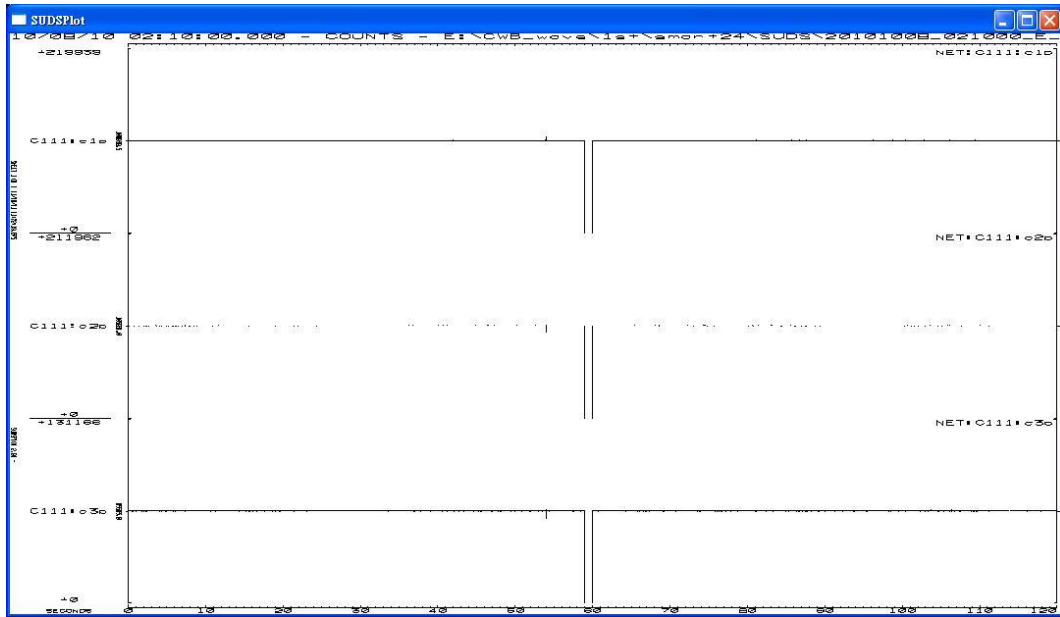


圖 2、Smart24A 方形波

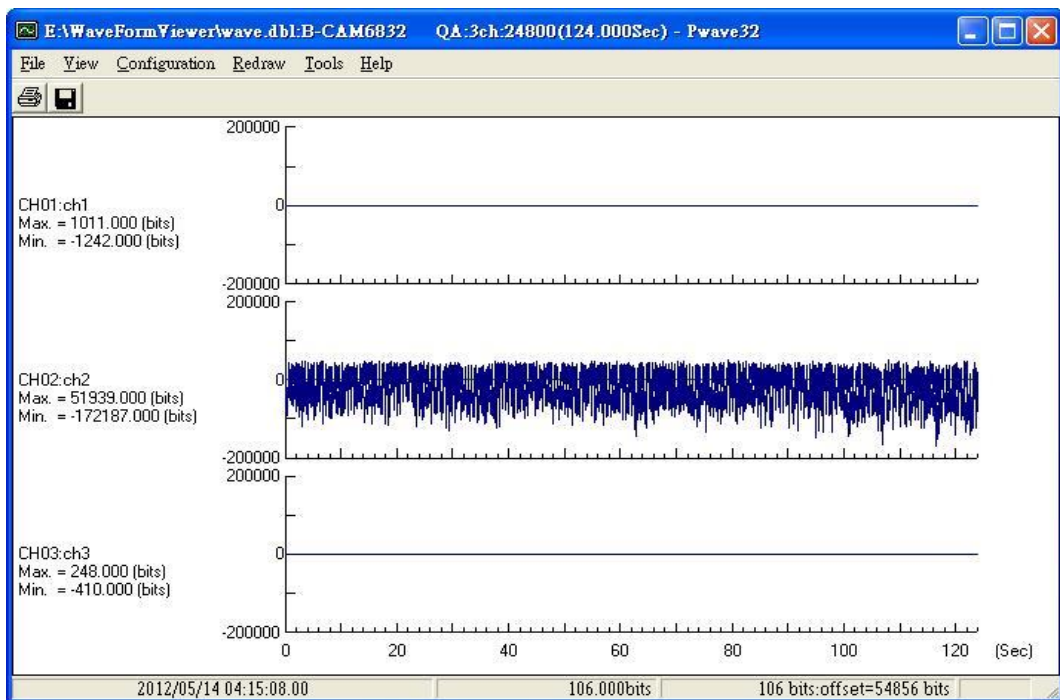


圖 3、CV575C 異常波形

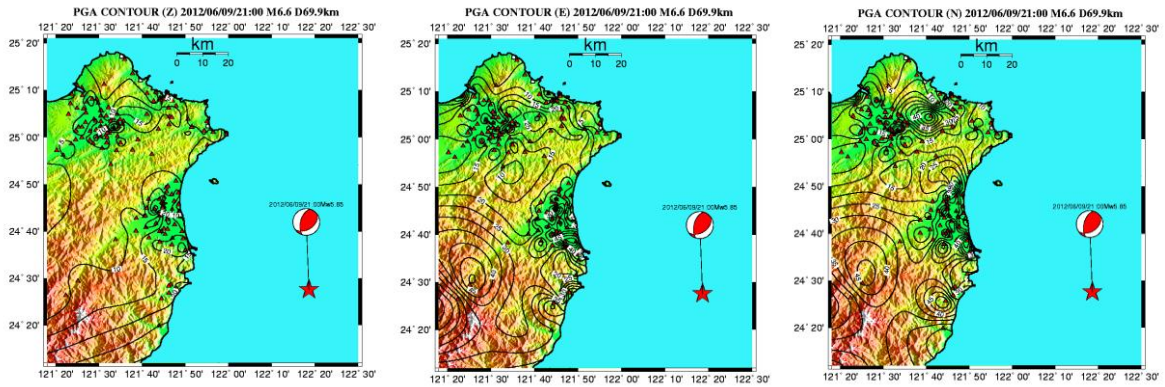


圖4、2012年6月9日21時00分宜蘭外海地震(M<sub>L</sub>6.6)震央位置(星號)、震源機制解、本計畫責任區內所蒐集到地震資料的測站分佈(三角形)及垂直分量、東西分量、南北分量的PGA(cm/sec<sup>2</sup>)分佈圖。

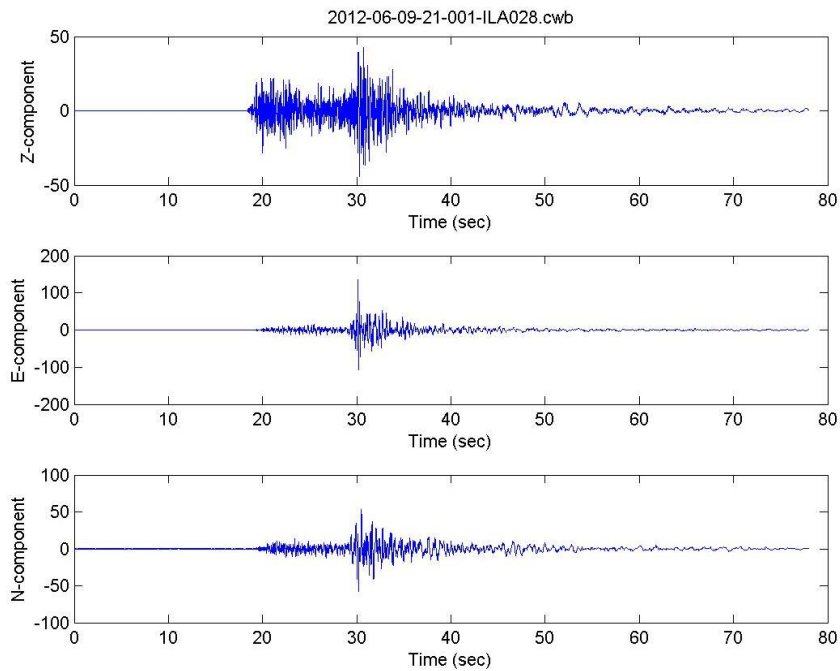


圖5、2012年6月9日21時00分宜蘭外海地震(M<sub>L</sub>6.6)，中山國小(ILA028)蒐集到最大的強地動加速度地震記錄，垂直、東西和南北分量的最大強地動加速度值分別為44.1、135.7及 57.7 cm/sec<sup>2</sup>。

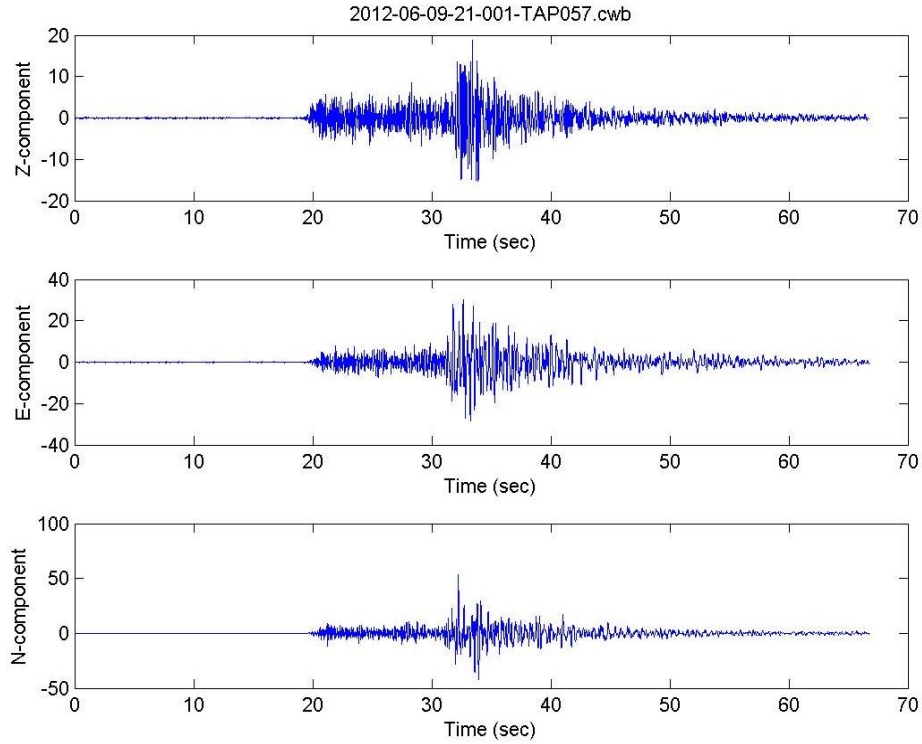


圖 6、位於震央距離 93.5 公里的五堵國小(TAP057)，其最大強地動加速度值相當顯著，垂直、東西和南北分量的最大強地動加速度值分別 18.9，30.2 及 53.5  $\text{cm}/\text{sec}^2$ 。

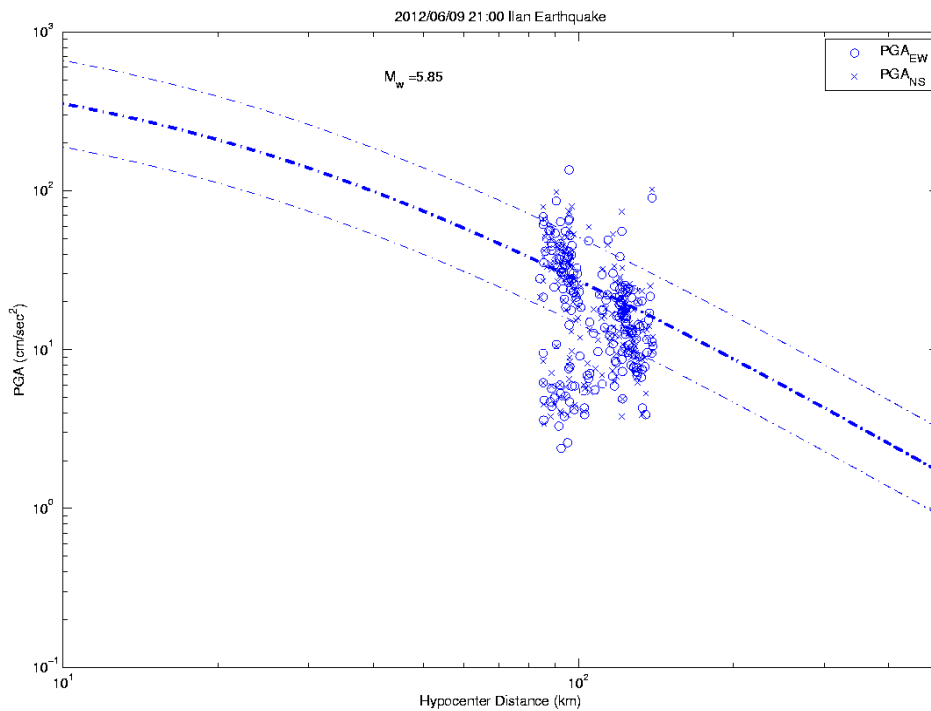


圖 7、2012年6月9日21時00分宜蘭外海地震( $M_L$ 6.6) 的最大強地動加速度值(PGA)相對於震源距離的關係圖，東西向及南北向最大強地動加速度值分別用不同符號表示，圖中的粗虛線和細虛線分別表示Lin and Lee (2008)的強地動加速度衰減曲線和標準誤差曲線。

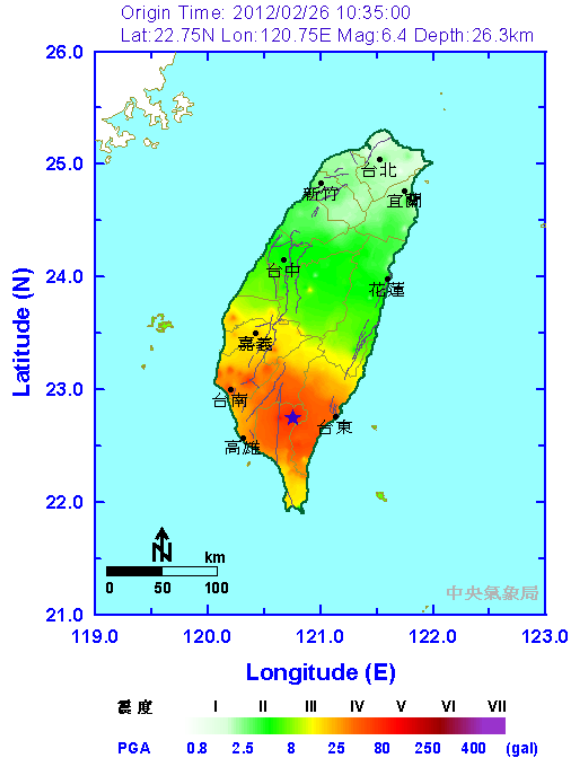


圖 8、2012/02/26 日 10 時 35 分, 屏東縣霧台鄉規模 6.4 地震, 震央深度 26.3 公里, 中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖, 屏東山地門、台東太麻里、台南新化等地區震度 5 級。

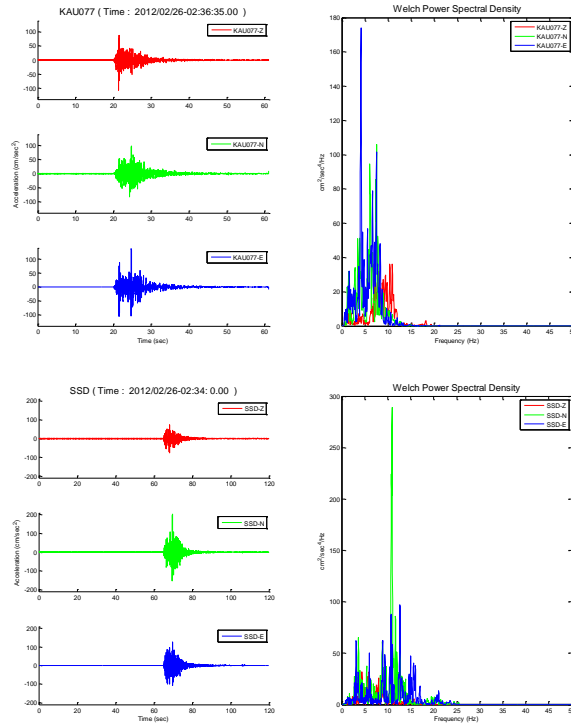


圖 9、2012/02/26 日 10 時 35 分, 屏東霧台規模 6.4 地震, 霧台國小(KAU077)及賽嘉國小(KAU049, SSD)的地震資料



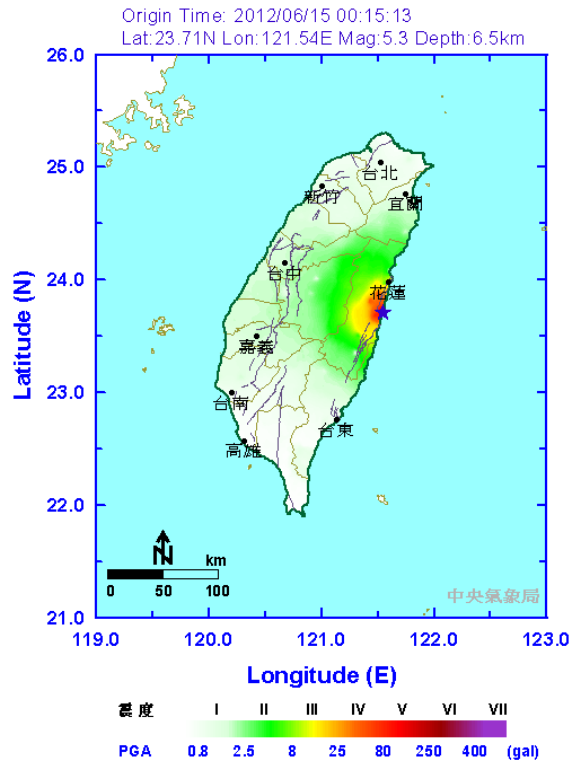


圖 10、2012/06/15 日 0 時 15 分,花蓮縣政府南偏西方 32.0 公里處規模 5.3 地震，震央深度 6.5 公里，中央氣象局地震測報中心測得的等震度圖，花蓮縣磯崎震度 6 級。

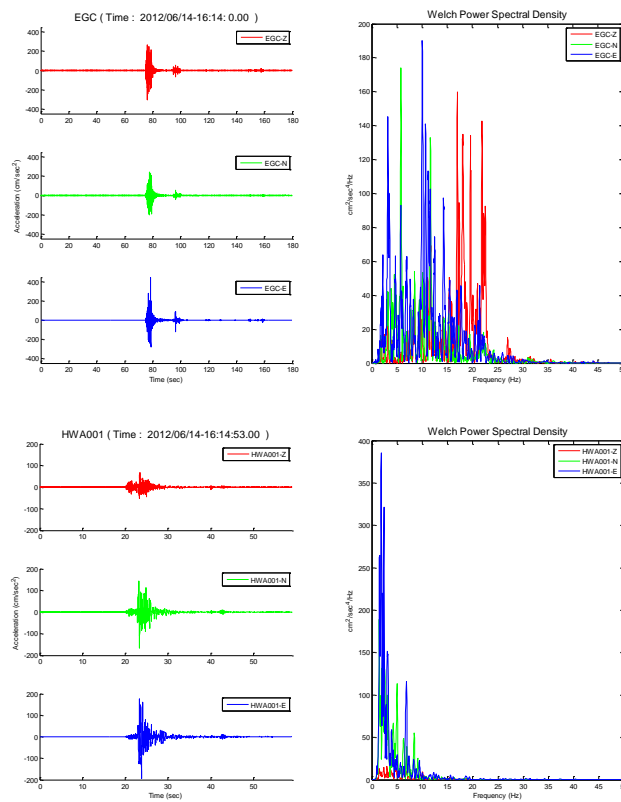


圖 11、2012/06/15 日 0 時 15 分,花蓮縣政府南偏西方 32.0 公里處規模 5.3 地震，磯崎分校(HWA043, EGC)及水璉國中(HWA001)的地震資料

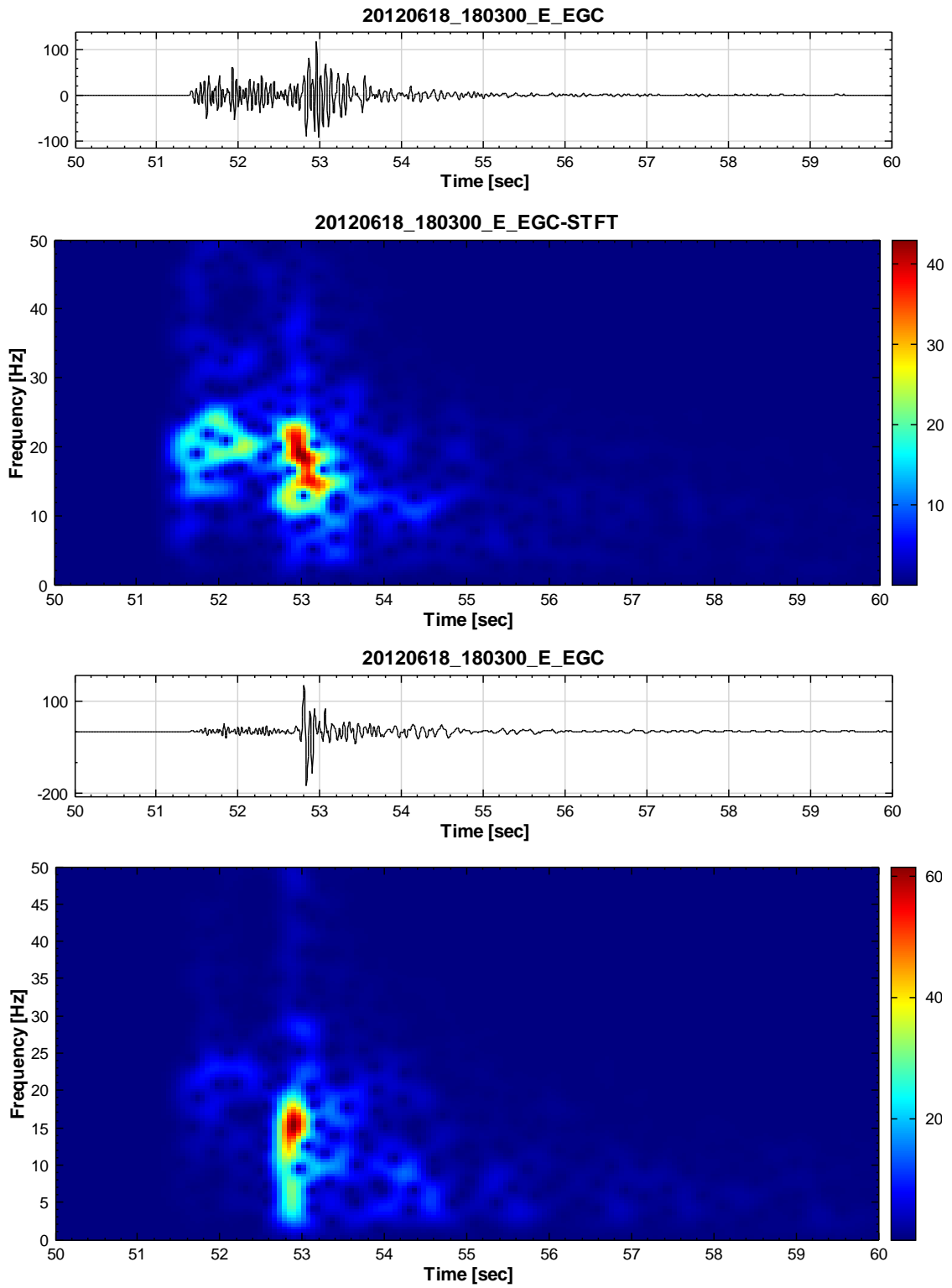


圖 12、2012/6/18:18:03 豐濱規模 3.9 地震，EGC 測站垂直及東西向時頻圖

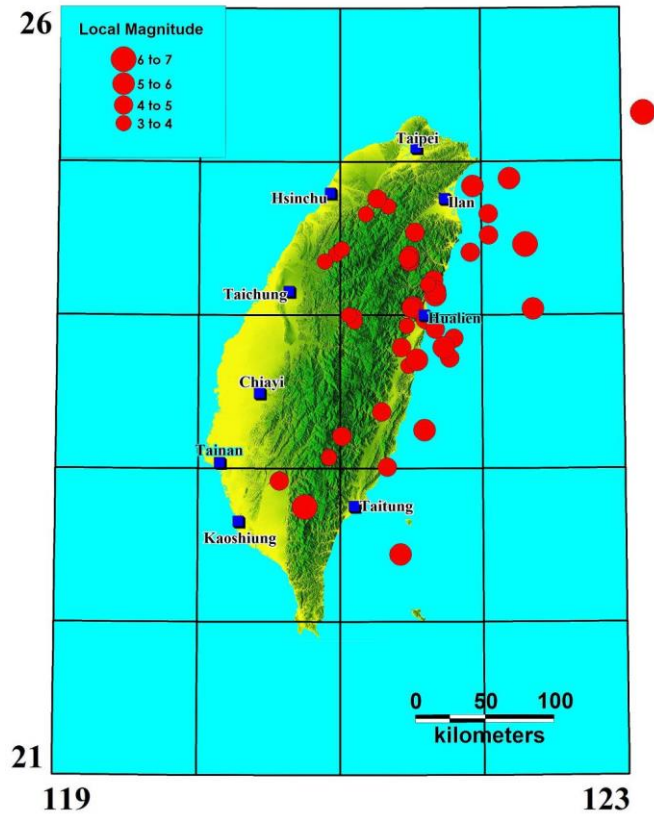


圖 13、2011 年 10 月至 2012 年 8 月台灣山區強震網收錄地震之震央分佈圖。

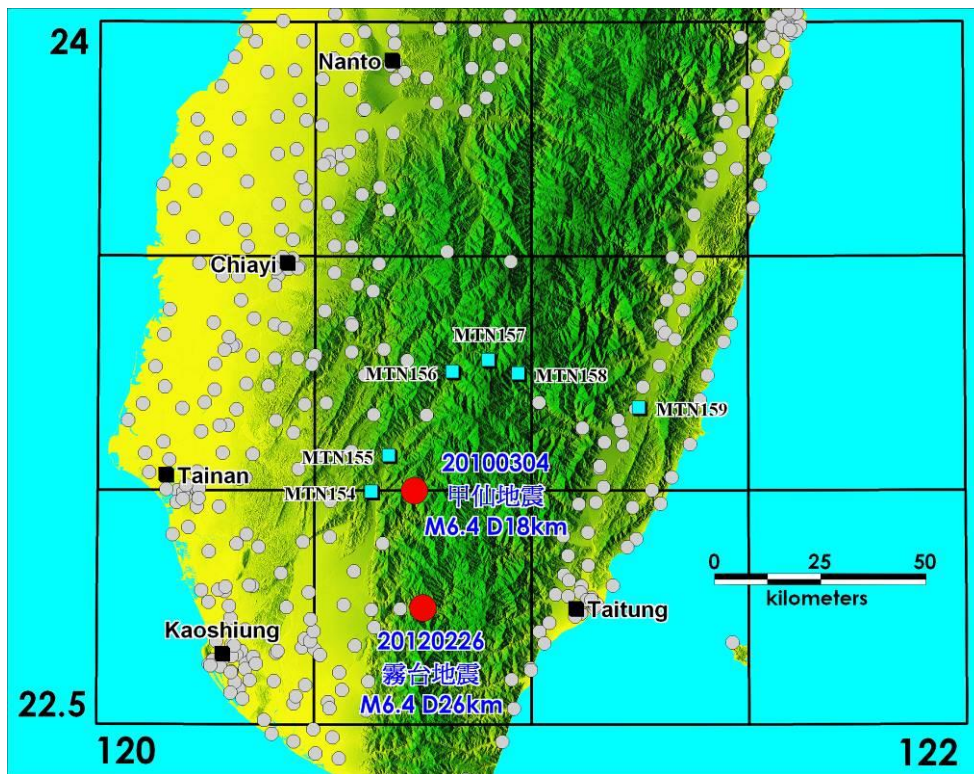


圖 14、2010 年 3 月 4 日甲仙地震與 2012 年 2 月 26 日霧台地震之震央(紅色實心圓)。淺藍色方塊為震央區的山區強震站，灰色實心圓為 TSMIP 的測站。

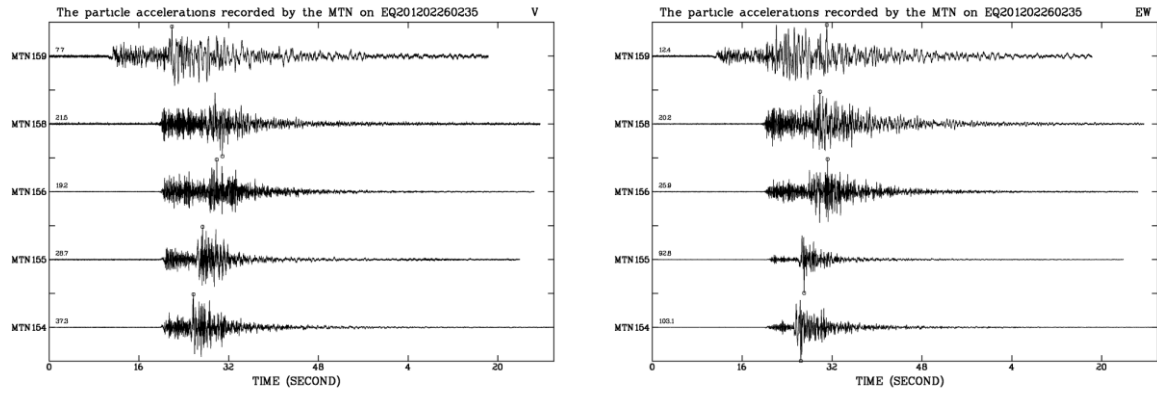


圖 15、2012 年 2 月 26 日屏東霧台地震( $M_L=6.4$ )震央區強震站收錄之垂直向(左圖)與東西向(右圖)加速度紀錄。每一時間歷時前的數字代表最大加速度值( $\text{cm}/\text{sec}^2$ )。

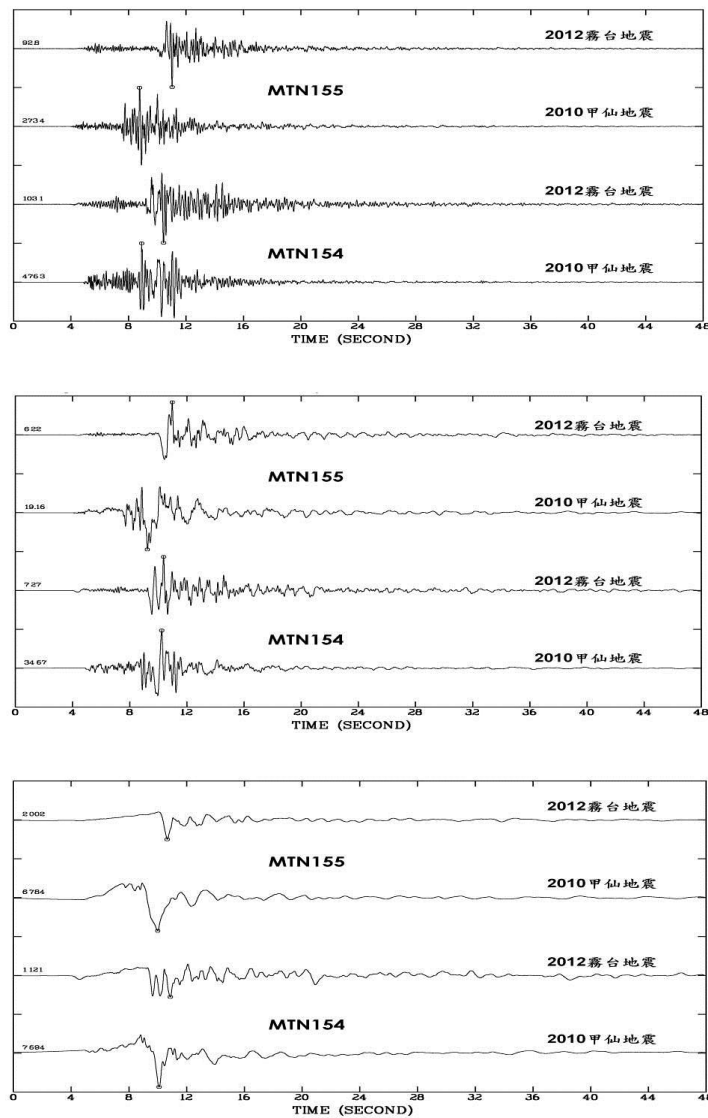


圖 16、2010 年甲仙與 2012 年霧台地震在 MTN154 與 MTN155 所記錄的東西向加速度、速度與位移波形(由上至下)之比較。每一時間歷時前的數字代表最大加速度值( $\text{cm}/\text{sec}^2$ )、最大速度值( $\text{cm}/\text{sec}$ )與最大位移值( $\text{cm}$ )。

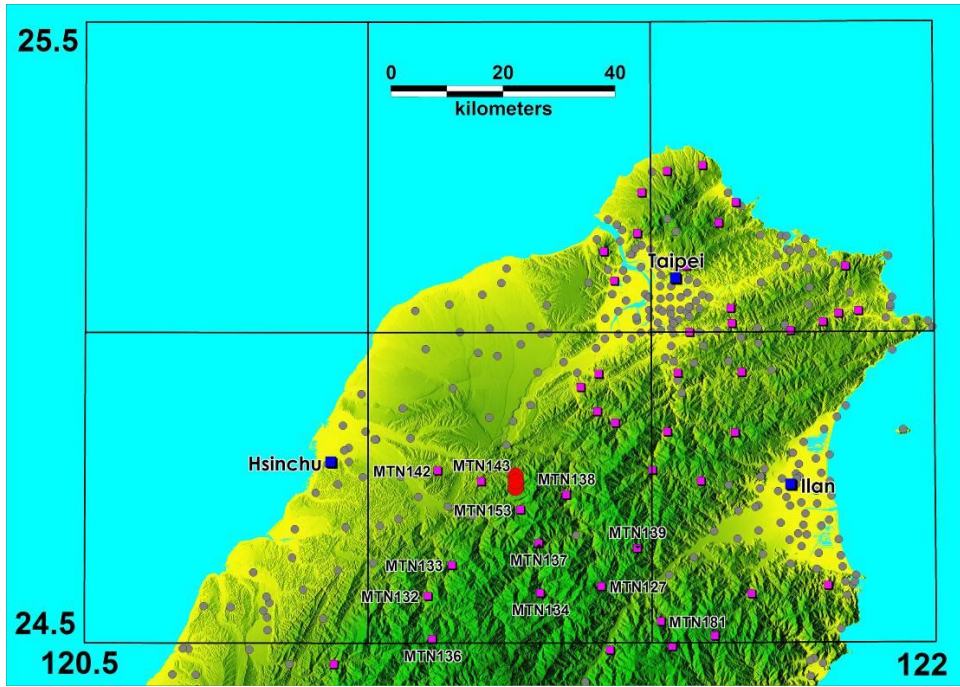


圖 17、2012 年 6 月 13 日新竹縣尖石鄉地震序列(紅色實心圓)，粉紅色方塊為山區強震站，灰色實心圓為 TSMIP 的測站。MTN 數字序列標示的是鄰近震央的山區地震站。

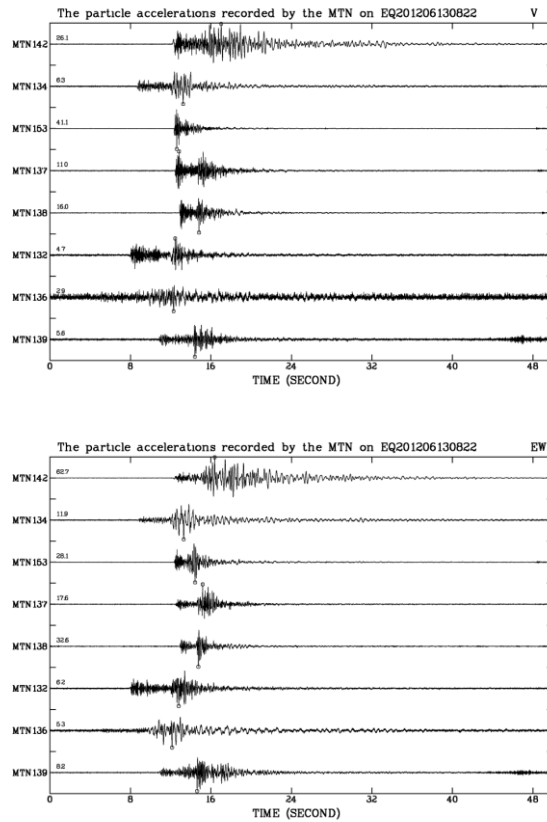


圖 18、2012 年 6 月 13 日新竹縣尖石鄉地震( $M_L=4.7$ )震央區地震站收錄之(a)垂直向與(b)東西向加速度紀錄。每一時間歷時前的數字代表最大加速度值( $\text{cm}/\text{sec}^2$ )。