

# 台灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析

## Construction, Collection and Data Analysis of Free-field Strong Motion Network in Taiwan Mountain Area

主管單位：交通部中央氣象局

計畫編號：MOTC-CWB-100-E-01

黃柏壽<sup>1</sup>  
Huang, Bor-Shouh  
何美儀<sup>2</sup>  
Ho, Mei-Yi

黃文紀<sup>1</sup>  
Huang, Win-Gee  
陳燕玲<sup>2</sup>  
Chen, Yen-Lin

葉仁傑<sup>1</sup>  
Yeh, Jen-Chieh  
張振生<sup>3</sup>  
Chang, Sen-Sung

<sup>1</sup>中央研究院地球科學研究所

<sup>2</sup>中央氣象局地震測報中心

<sup>3</sup>台灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處

### 摘要

2006年起中央氣象局地震測報中心委託中央研究院地球科學研究所共同合作執行「台灣山區自由場強震網建置、資料收集與分析」計畫，目的是在台灣山區廣泛的進行場址勘察與設置自由場強震站，地球所主要是負責地震站的規劃、選址、興建、儀器安裝、地震站維護與資料收集的工作，作為分析山區強地動特性的依據。

在過去5年，我們已依計畫內容與實際研究需求在台灣山區設立了65個自由場強震站，設置的地點主要是分佈在大台北、新竹、宜蘭、花蓮、台中與南投等地山區。本年度(2011年)強震站的地點觸及至南部山區，共完成了9個新增設的地震站。因此本計畫目前共設置了74個山區強震站。

本年度(2010年10月至2011年9月)山區自由場強震網共整理出觸發站數超過3個以上的49個地震，計有545筆3向量加速度紀錄。這些地震的規模( $M_L$ )介於3.1到6.1之間；震源深度最淺5.0公里，最深92公里。本報告除說明新建測站、儀器維護與資料收集外，並列出數例地震的垂直與東西向加速度歷時紀錄，提供參各界參考。

關鍵詞：山區自由場強震網、寬頻地震站、3向量加速度紀錄

### Abstract

In 2006, the Institute of Earth Sciences (IES) of Academia Sinica was contracted by the Central Weather Bureau (CWB) to execute a project entitled "Construction, Collection and Data Analysis of Free-field Strong Motion Network in Taiwan Mountain Area". The IES is response for the planning of site selection, housing, instrument installation, data collection and maintaining.

In the past five years, sixty-five seismic stations have installed. Most of the stations are located in the mountain areas of Taipei, Ilan and Hsinchu counties. In January 2011, IES began to perform the new site selections for the seismic stations. The selected sites extend through the northern part of Taiwan into southern part of Taiwan. With significant efforts, the housing and installation for nine new seismic stations were completed in November of 2011. Thus, seventy-four strong-motion stations were operated in the Taiwan mountain area.

During the period of October 2010 to September 2011, forty-nine earthquakes were recorded by the seismic network as a result of triggering more than three stations. Their magnitudes are in the range of 3.1 to 6.1. The focal depths vary from 5.0 to 92 km. A total number of 545 three-component recordings were accumulated. This report is to describe the installation, maintain and data collection of the seismic network. The accelerograms of vertical and east-west components for some significant earthquakes were shown here.

Key words: Free-field Strong Motion Network in Taiwan Mountain Area、Broadband seismic station、three-component accelerograms

## 一、前言

台灣處於歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊擠壓帶上，地殼活動激烈，地震活動相當頻繁，經常有破壞性的地震發生。由於近年來經濟發達及人口的成長，國內各種大型公共工程如橋樑、水壩、電廠等快速增加，及民間的商業大樓也快速的成長，使得地震災害的潛在危險性更甚於以往。為配合國家建設，加強台灣地區之強地動觀測，提升相關領域之研究工作，以減輕地震所造成的災害，交通部中央氣象局於1991年初起責成該局地震測報中心在台灣地區進行強地動觀測計畫(Taiwan Strong Motion Instrumentation Program，簡稱TSMIP)，此計畫的重點即在台灣地區廣泛、密集的裝設新一代高性能的數位式強震儀，設置地點除了人口聚集的都會區外，也涵蓋了地震災害潛能較高的斷層區域。自此之後，台灣的強地動資料蒐集在質與量上均有了顯著的改善，不僅可以提供國家建設之依據，亦可為全世界強震研究建立完整之資料庫。

在1994年底止TSMIP已在全省各地完成了600多部自由場強震儀及40餘座結構物陣列安裝工作(辛，1993)，並開始了資料蒐集的工作；同時也逐年繼續擴增地震站，至2006年已增加到超過700部的自由場強震站，形成一密度極高的強震觀測網(測站間距平均約3公里)。TSMIP自由場強震站的裝設地點都選擇位在沖積平原上地狹人稠的都會地區，其目標是為蒐集都會區的地表的強地動，作為研究人員探討地震波對地盤的影響所需的基礎資料，以提供政府各部門推動各種重要建設場址選擇的依據。

相較於人口密集的都會平原地區，佔台灣總面積約三分之二的高山及丘陵地區所裝設的地震儀數目則相當則明顯不足。山區的強地動資料對了解地震波的傳播過程與興建山區的各種重要建設(如水庫、水利及防洪設施的設置等)格外重要。然受限於山區地形與地物的影響，地震站場址的選擇和設置以及日後的維護和資料收集較為困難，因此山區的強地動資料在過去一直相當的缺乏。有鑑於此，2006年起中央氣象局地震測報中心與本所作採逐年進行的方式開始建構台灣山區強震觀測網，此項工作是由本所負責站址的規劃、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。工作內容包含下列幾項：(1)地震站的選址與興建；(2)儀器維護；(3)資料收集；(4)資料整理與基本分析。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。該網設置的主要目的有二：(1)了解中央山脈地區的地震源特性；(2)試圖探討震波行經中央山脈地區之傳遞演化過程。就工程應用而言然，山區地震站所記錄的強地動資料對於當地的公共建設有相當的幫助，所蒐集的資料除供學術界探討地震成因與震源特性外，並將併入台灣地震基礎資料以支援國家重大建設與震災評估。

經過數年的努力，整個地震觀測網涵蓋高雄以北的山區，測站的空間分佈日趨完整，對區域性地震應可蒐集更豐富的地動資料。本報告除說明新建測站、儀器維護與資料收集外，同時繪出若干顯著地震之加速度振動歷時。

## 二、山區強震觀測網的建置

本計畫的工作是以數年的時間進行場址勘查並設立地震站為主，由於地震站地點都在山區，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。借重本所過去的經驗，我們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。

過去 5 年(2006 年至 2010 年) 本計畫已完成設置 65 個測站(黃柏壽等人，2009，2010)，簡述如下：

- (1) 2006 年：完成設置 16 個地震觀測站，其分佈大致位於台北盆地的外圍包括大屯山區與烏來以南的地區。
- (2) 2007 年：完成設置 16 個測站，除了增設若干位於台北盆地的外圍山區的測站外，也將觀測網的範圍擴展至宜蘭縣與新竹縣山區。
- (3) 2008 年：完成設置 12 個測站，除了北部 2 站外，其餘是分佈在新竹縣、宜蘭縣與台中縣。
- (4) 2009 年：完成設置 10 個測站，其地點是在桃園縣、台中縣、苗栗縣、宜蘭縣、南投縣、花蓮縣。
- (5) 2010 年：完成設置 11 個測站，其地點是在台中縣與南投縣。

考量 2010 年甲仙地震時震央附近山區缺少的觀測資料，本年度我們將強震站的地點著重於南部山區，共規劃了 9 個擬新增設地震站的地點。站址的勘查於年初開始進行，接洽的單位有學校、行政院農業委員會林務局與當地的警察局。至 2011 年 11 月已完成此 9 個測站之建站與儀器安裝。測站地點如下：

- 高雄縣：六龜國小、荖濃國小與樟山國小
- 台東縣：關山分局向陽派出所
- 花蓮縣：慈恩派出所、銅門村龍澗電廠隧道內外(2 個測站)與富里國中

圖一是 2006 年起至 2011 年間山區強震觀測網的分佈狀況，本年度新建地震站以深棕色實心圓表示，目前新建構完成的地震站已加入 TSMIP 的運作。表一是新建各測站之參數，站房相片之 2 例則示於圖二。

## 三、強震儀維護

山區強震觀測網所使用的儀器是地震測報中心所提供由 Teledyne Geotech 公司出品的 A900 數位式三軸向力平橫式加速度地震儀(triaxial force-balanced accelerometer)。A900 的自然頻率(natural frequency)為 50Hz，阻尼值(damping value)為 70% 臨界阻尼(critical damping)。儀器響應在 DC 至 50Hz 的頻率範圍，振幅相當平坦，且相位(phase)也接近線性，因此對大部份的加速度紀錄而言，波形紀錄不致有顯著的扭曲。A900 可記錄的加速度範圍為  $\pm 2g$  ( $1g=980 \text{ gals}$ ,  $1 \text{ gal}=1 \text{ cm/sec}^2$ )，訊號之採樣率(sampling rate)為每秒鐘 200 點，並以 16 位元(16-bit)之數字式紀錄儲存下來，最大計數(count)範圍為 +32768

至-32767，即2g等於32768計數，也就是說其解析度約為0.0598 gal/conut，因此對僅數gals的地振動，均能記錄到良好的波形。此外，A900強震儀均有震前記憶(pre-event memory)裝置，此種設計的優點是可避免地震初達波的漏失，以確保紀錄的完整性。

地震紀錄的蒐集及儀器的檢測是本計畫除了地震站的選址與興建外的另一項執行重點工作，良好的檢測與維護才能確保收錄資料的正確性與完整性。根據中央氣象局地震測報中心所擬定之「強震儀維護檢測記錄表」，儀器檢測主要項目包括：

- (1) 維護站址環境的整潔。
- (2) 電源設備的檢測。
- (3) 儀器校時。
- (4) 傳收資料。
- (5) 儀器參數檢視與設定。
- (6) 儀器作業狀況登錄。
- (7) 人工敲擊測試。
- (8) 儀器故障之排除與報修。

本計畫在2010年10月與2011年11月共進行了6次的強震觀測站的資料蒐集及儀器的檢測。為便於儲存與日後追蹤測站的運轉歷史，這些維護紀錄表均掃描建檔，並連同收錄的地震資料一併交付中央氣象局地震測報中心存查。

#### 四、地震資料收集

2010年10月至2011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49個地震，計有545筆三分量加速度紀錄。這些地震的震央分佈繪於圖三。由圖三可知地震的規模( $M_L$ )介於3.1至6.1之間，主要發生於花東外海，而少部份規模介於3至4間的地震發生於中部山區。其中較重要的地震有：

■ 2010年

10月2日的南澳地震( $M_L=5.1$ )、11月21日的花蓮地震( $M_L=6.1$ )

■ 2011年

2月1日花蓮地震( $M_L=5.5$ )、3月30日宜蘭地震( $M_L=4.7$ )

4月30日宜蘭地震( $M_L=5.8$ )、5月3日花蓮地震( $M_L=5.2$ )

6月14日花蓮地震( $M_L=4.2$ )、6月26日南投地震( $M_L=5.0$ )

7月19日花蓮地震( $M_L=4.8$ )

上列地震中，2010年11月21日的花蓮地震收錄有最多測站的數目(52個)，顯示山區強震網隨著測站分佈的日趨完整已逐漸發揮其功能。而若干個發生於山區的地震則示於圖四，這些地震的震央附近是TSMIP測站較為缺乏的區域。本報告將整理本年度山區地震網在所蒐集的資料，並繪出若干加速度紀錄，以供參考。

#### 五、結果與討論

圖五是2011年1月14日(規模3.3)與2011年4月27日(規模3.7)發生於東部與中部山區的兩個地震(見圖四)所收錄東西向的加速度紀錄。由於規模較小，所觸發的地震站僅限震央附近，但記錄品質十分良好，並保持完整的時間歷時，相當程度的提供了山區地震的近場資訊，並適時的彌補此一資料的空白區可提供作為地震定位，山區地震源研究的基本資料。

2011年發生於山區的最大地震是6月26日南投地震( $M_L=5.0$ )，在近震央區MTN171測站所紀錄的三分量最大地動加速度值(Peak Ground Acceleration, PGA)為(18.42、58.49、42.99)公分/秒<sup>2</sup>。圖六是近震央區4個測站所蒐錄的垂直(V)與東西向(T)加速度紀

錄，每一時間的歷時紀錄均個別規一劃(normalized)，各分量的PGA值亦標示於圖上。

圖七說明 2006 年至 2011 年山區強震觀測網累計設置之地震站數目、每年收錄之地震個數與三分量加速度紀錄數目，已提供 TSMIP 超過 2,500 筆三向加速度資料。隨著測站數目繼續增加與施測區域日廣，希望本觀測網對區域性的較大地震能蒐錄山區過去缺乏的資料。

## 六、結論與建議

山區強震觀測網在2010年10月至2011年9月的強地動觀測，共有觸發測站數目大於3個以上的49個地震，計有545筆三分量加速度紀錄。

針對2011年1月14日(規模3.3)與2011年4月27日(規模3.7)發生於東部與中部山區的較小地震，結果顯示近本計畫在震央區週圍的測站都能有品質良好的紀錄。這是TSMIP過去資料缺乏的地區，對山區的地震源特性研究、地震定位與斷層面解提供新的資訊。

計畫目前所使用的強震儀大部份是氣象局提供的 A900，穩定性降低與修護校正費時，為避免因儀器老舊導致有資料記錄漏失的情形，本所除將規劃汰換部份儀器外，也建議測報中心能提供新式強震儀(如 SMART-24)安裝於適當地點。

## 誌謝

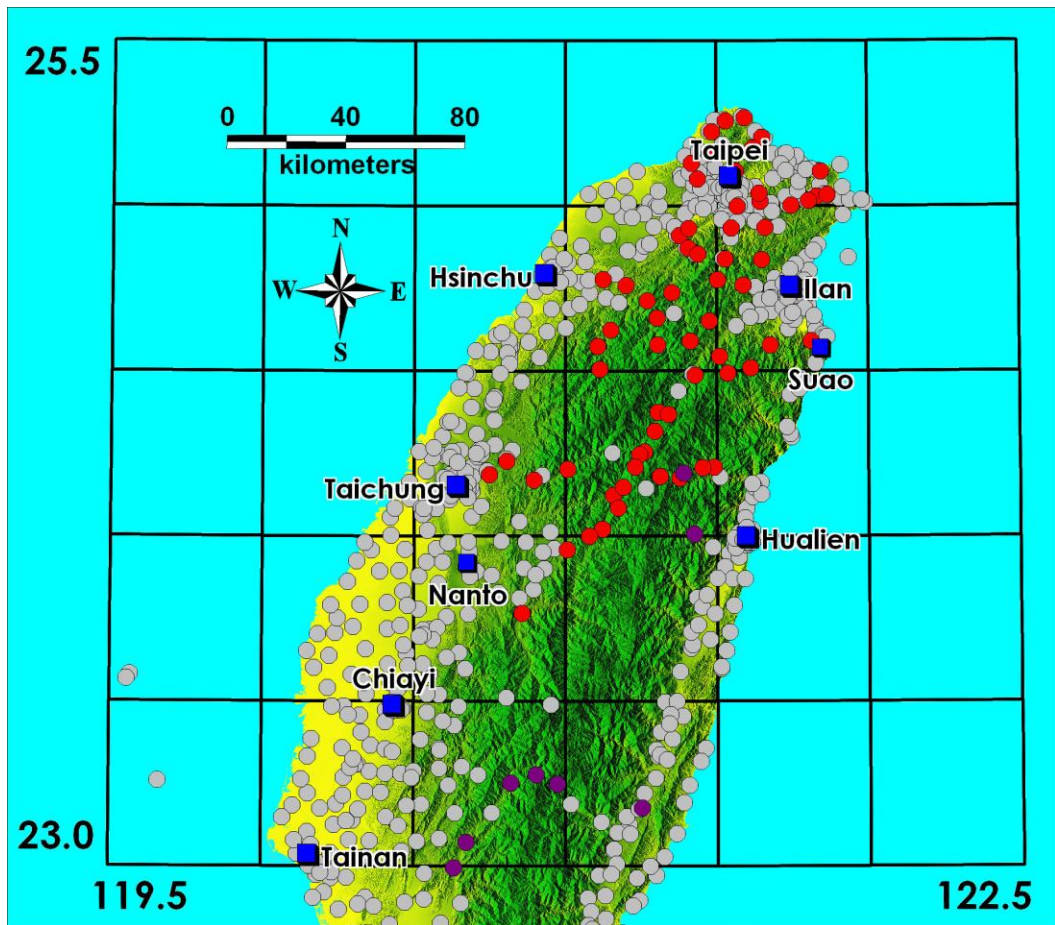
本研究計畫承中央氣象局贊助(計劃編號: MOTC-CWB-100-E-01)，特此致謝。行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處新城工作站、羅東林區管理處太平山工作站、新竹林區管理處竹東工作站與林業試驗所福山研究中心、行政院國軍退除役官兵輔導委員會武陵與福壽山農場、台灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處、花蓮縣警察局新城分局在地震站場址會勘與建站上鼎力相助，在此一併致謝，同時也感謝中央研究院地球科學研究所工作人員紀宗志先生在建站、資料收集與處理的協助。

## 參考文獻

1. 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。
2. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、史閔弘、何美儀、陳燕玲 (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，51，109-133。
3. 黃柏壽、黃文紀、葉仁傑、史閔弘、何美儀、陳燕玲 (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，121-156。
4. Iwan, W. A., M. A. Moser, C. Y. Peng (1985). Some observations on strong motion earthquake measurement using a digital accelerograph, B.S.S.A., 75, 1225-1246.
5. Nigam, N. C. and P. C. Jennings (1986). Digital calculation of response spectra from strong-motion earthquake records. Earthquake Research Laboratory, EERL68-77. California Institute of Technology, Pasadena.
6. Rihn, W. J. (1972). Magnetic taperecording and processing of strong motion data, Application note, No. 14, Kinometrics.

表一、2011年台灣山區強震網新建觀測站之各項參數

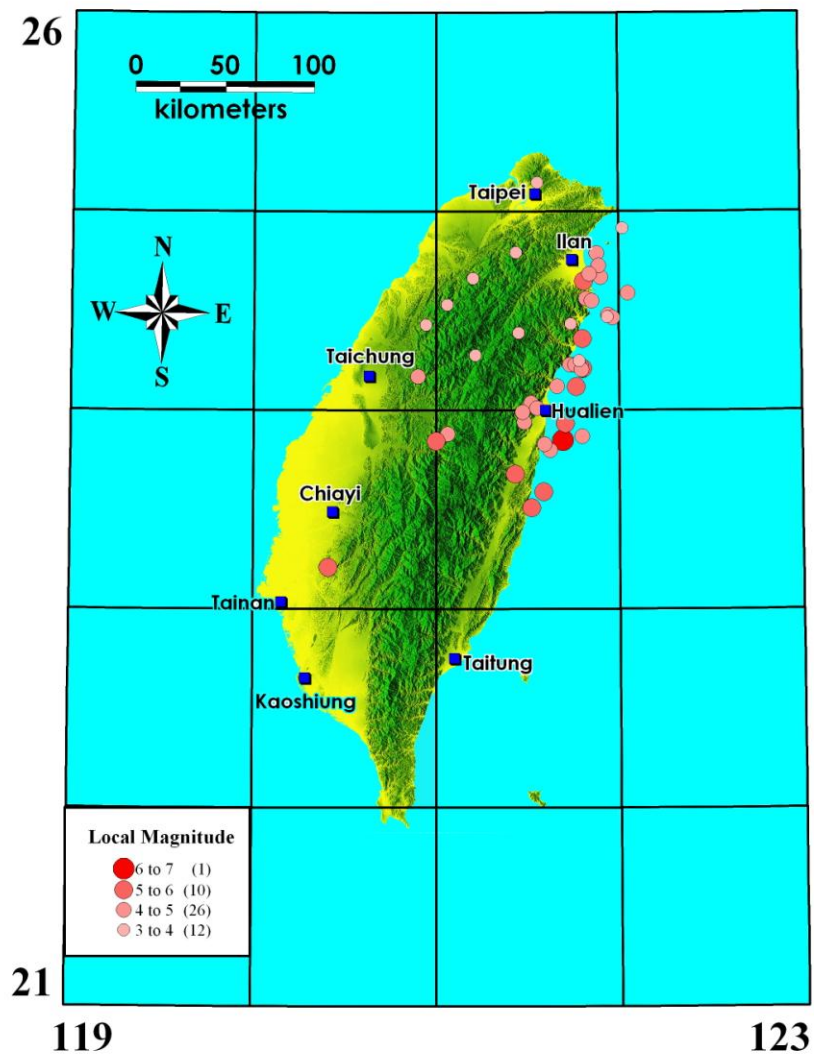
測站 編碼	測站位置		標高 (公尺)	儀器 序號	測站地點	測站地址
	東經	北緯				
MTN154	120.6330	22.9960	261	67	六龜國小	高雄縣六龜鄉義寶村光復路 40 號
MTN155	120.6730	23.0734	402	18	荖濃國小	高雄縣鳳山市五甲二路 424 號
MTN156	120.8197	23.2526	790	150	樟山國小	高雄縣桃源鄉樟山村 12 號
MTN157	120.9025	23.2770	2250	49	天池工作站	花蓮縣卓溪鄉卓清村 83-3 號
MTN158	120.9861	23.2483	2325	161	向陽派出所	台東縣海端鄉向陽 1 號
MTN159	121.2499	23.1763	263	75	富里國中	花蓮縣富里鄉永安路 173 號
MTN163	121.4240	24.0067	393	201	龍澗隧道外	花蓮縣秀林鄉銅門村
MTN164	121.4160	24.0078	393	158	龍澗隧道內	花蓮縣秀林鄉銅門村
MTN168	121.3841	24.1919	2189	202	慈恩派出所	花蓮縣秀林村富士村關原 2 號



圖一、台灣山區強震網之測站位置分佈，紅色實心圓為2006年至2010年已設之測站，深棕色實心圓為本年度(2011年)新增之測站，灰色實心圓是TSMIP的測站。



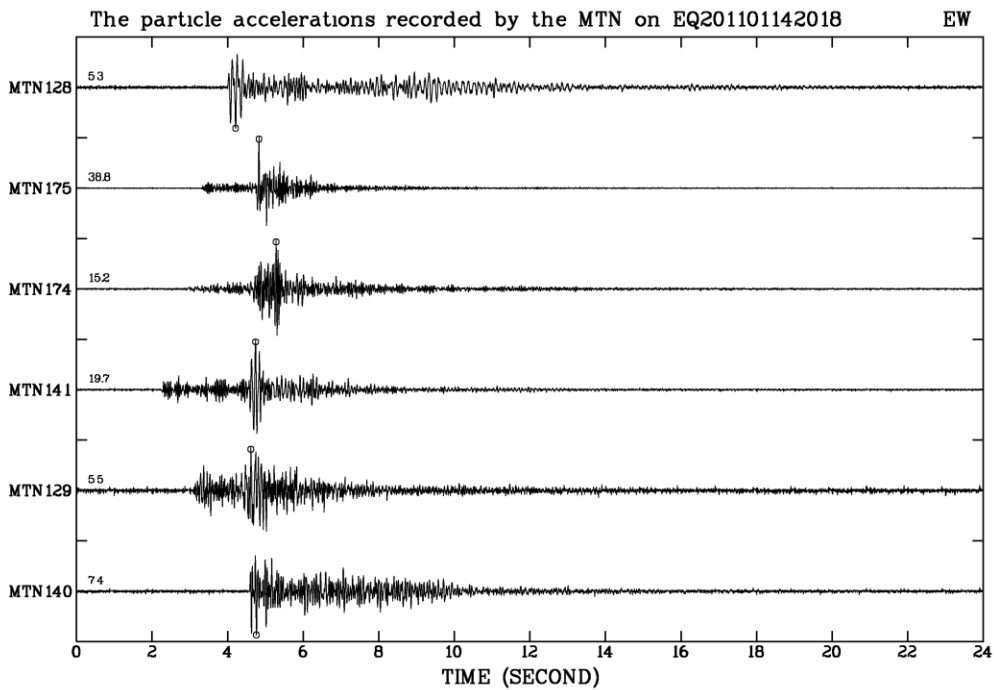
圖二、本年度台灣山區強震網2個新建站房。



圖三、2010年10月至2011年9月台灣山區強震網收錄地震之震央分佈圖。



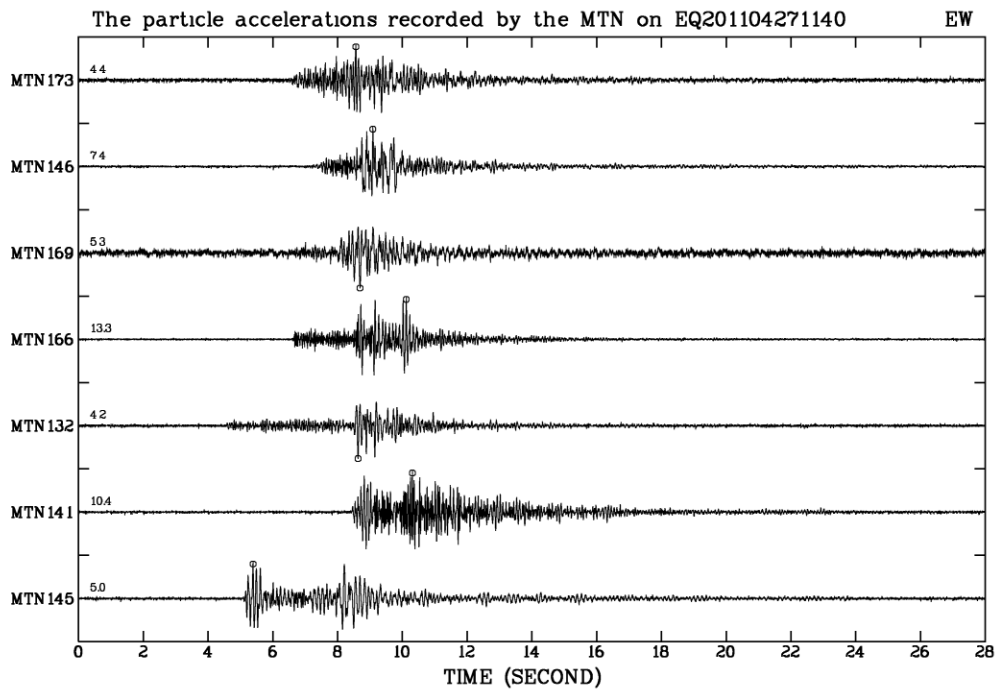
圖四、發生於2010年11月2日(規模3.7)、2011年1月14日(規模3.3)、2011年1月25日(規模4.0)、2011年3月10日(規模3.1)、2011年4月11日(規模3.3)、2011年4月17日(規模3.5)、2011年4月27日(規模3.7)、2011年5月22日(規模3.7)、2011年6月26日地震(規模5.0)山區地震的震央分佈(粉紅色星號)。



(a)

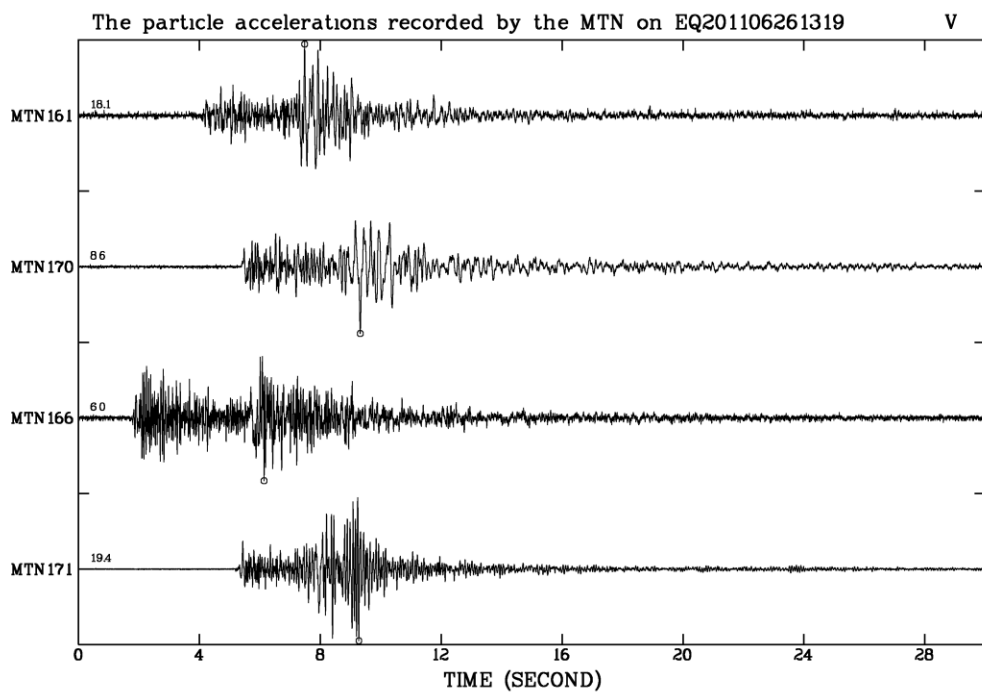


圖五(a)、2011年1月14日 ( $M_L=3.3$ )山區小地震(見圖四)在震央附近強震站的所收錄的東西向加速度紀錄。各測站所記錄的PGA值標示於圖上，單位是公分/秒<sup>2</sup>。



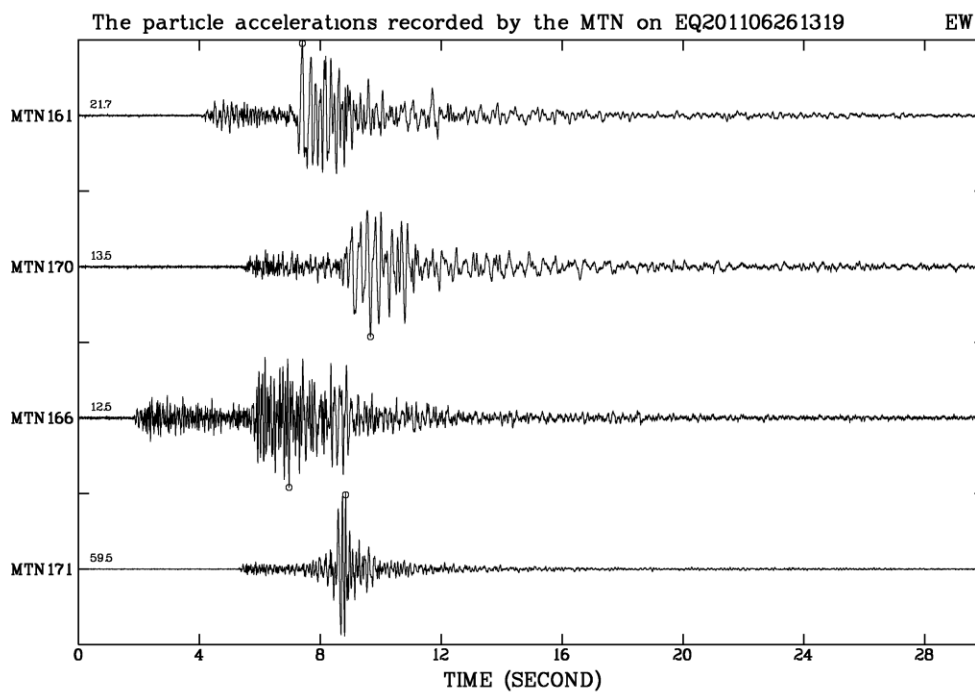
(b)

圖五(b)、2011年4月27日 ( $M_L=4.7$ )山區小地震(見圖四)在震央附近強震站的所收錄的東西向加速度紀錄。餘同圖五(a)。



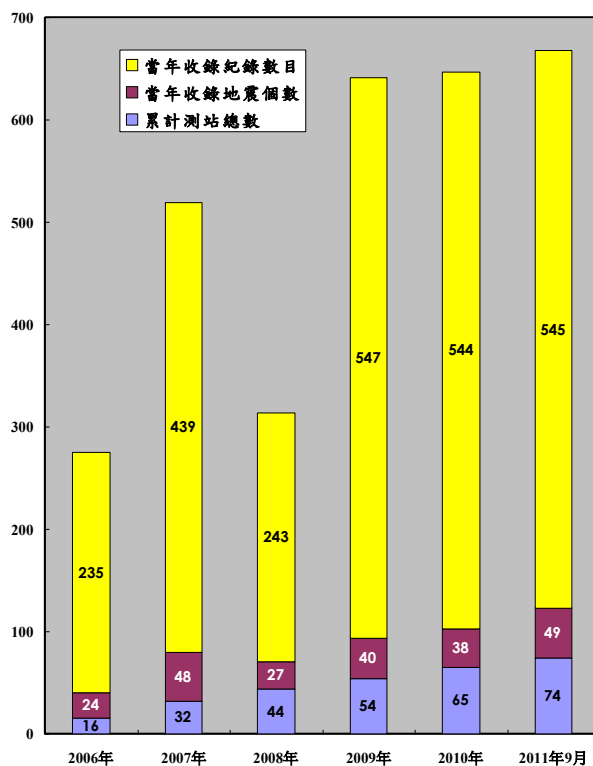
(a)

圖六(a)、2011年6月26日南投地震( $M_L=5.0$ )山區強震站收錄之垂直向加速度紀錄。  
餘同圖五(a)。



(b)

圖六(b)、2011年6月26日南投地震( $M_L=5.0$ )山區強震站收錄之東西向加速度紀錄。  
餘同圖五(a)。



圖七、山區強震觀測網自 2006 年至 2011 年累積的地震站數目、每年所收錄地震個數與三分量加速度紀錄數目。

# 台灣北部地區自由場強震網資料收集及分析

## Data Collection and Analysis of the Free-field Strong Motion Network in Northern Taiwan

主管單位：交通部 中央氣象局(地震測報中心)

陳國誠 周政達

Chen, Kou-Cheng Chou, Cheng-Da

中央研究院地球科學研究所

林昭儀 許文偉

Lin, Jau-Yi Hsu, Wen-Wei

中央氣象局地震測報中心

### 摘 要

本計畫之目的主要協助中央氣象局對於台北及宜蘭地區實施定期經常性之儀器檢測及地震資料的收集。在台北地區共設有135部自由場強震儀，宜蘭地區則有74部自由場強震儀。每四個月前往各個觀測站實施檢測，並將檢測結果、儀器作業狀況記錄，及蒐集的地震記錄篩選後，整理分類所得之地震資料送交中央氣象局地震測報中心。本年度(2011年)的第一次檢測共蒐集760筆地震記錄資料，第二次和第三次檢測分別各蒐集721和337筆地震記錄資料。本文分析2011年4月30日8點35分發生在宜蘭附近的地震，此地震規模為 $M_L 5.8$  ( $M_w 4.8$ )、震源深度75公里，中央氣象局推論此地震的震源機制為平移斷層。台北及宜蘭地區除了31個測站的電源或儀器問題之外，其餘共有178部(85.2%)自由場強震儀完整的記錄此地震資料，此次地震的垂直向、東西向和南北向之最大強地動加速度值(PGA)分別為11.6、60.9和92.8  $\text{cm}/\text{sec}^2$ 。

關鍵詞: 台北、宜蘭、儀器檢測、地震資料收集、宜蘭地震

## ABSTRACT

This project performs the routine work for the instrument examination and data collection of the CWB Strong Motion Network in the Taipei and Ilan areas. There are 135 free-field strong motion stations in the Taipei area and 74 stations in the Ilan area. The collected strong motion data and the results of instrument examination have been sent to the Seismology Center, Central Weather Bureau after each field work in every four months. A total of 760, 721, and 337 waveforms were recorded and collected in the three field works, respectively, during this year. An earthquake with magnitude  $M_L 5.8$  ( $M_w 4.8$ ) and focal depth of 75 km occurred in the Ilan area at 8:35, 30 April 2011. The CWBSN reported that the focal mechanism of this event is strike-slip faulting. In addition to 31 stations with instrument or power supply problem, a total of 178 stations (85.2%) in the Taipei and Ilan areas recorded this event completely. The maximum peak ground acceleration (PGA) of this earthquake for the vertical, east-west, and south-north directions are 11.6, 60.9 and 92.8  $\text{cm}/\text{sec}^2$ , respectively.

Keywords: Taipei, Ilan, instrument examination, earthquake data collection, Ilan earthquake

## 壹、前言

本計畫執行的重點在於地震記錄的蒐集及儀器的檢測，主要範圍包括大台北地區和宜蘭地區共有209部自由場強震儀，大台北地區設有135部強震觀測站（圖一），而宜蘭地區則設有74部強震觀測站（圖二）。每一個觀測站至少安裝一部強震儀，而強震儀的種類包括有A800、A900、A900A、CV-574、CV-575、ENTA、Smart24和Reftek等8種不同儀器，各觀測站的強震儀種類以不同的符號圖示於圖一和圖二。每一觀測站至少裝設有一部三向量、96dB動態範圍而且是16位元或24位元的強震監測儀器。本計畫主要工作項目包括：（1）維護站址環境的整潔；（2）電源設備的檢測；（3）儀器校時；（4）傳收資料；（5）儀器測試；（6）儀器作業狀況登錄；（7）儀器故障之排除與報修。儀器檢測參考Terra Technology Corp.（1992；1994）和Teledyne Geotech（1993；1993）公司之儀器操作及維護說明。電子技術人員以定期方式每四個月赴大台北地區和宜蘭地區的各強震觀測站，從事地震記錄的蒐集及儀器的檢測。每次實施檢測後，將檢測結果、儀器作業狀況記錄，及蒐集的地震記錄篩選後，立即將整理所得之地震資料及儀器檢測記錄裝訂成冊後送交中央氣象局地震測報中心。

## 貳、資料蒐集與儀器檢測

強地動資料蒐集和儀器檢測，以每四個月定期赴大台北地區和宜蘭地區的

各強地動觀測站實施檢測一次。本年度三次例行檢測作業分別於 100 年 2 月、100 年 6 月及 100 年 9 月實施，本年度中三次蒐集各強地動觀測站的地震記錄、儀器作業狀況記錄表、各強地動觀測站的儀器或站房有問題的照片均分別燒錄於光碟中，並已送交中央氣象局地震測報中心。本年度中各強地動觀測站的儀器運轉狀況，如有儀器故障，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。大台北地區和宜蘭地區的儀器，除少數測站因為電源問題及儀器故障，導致儀器無法正常運轉外，大部分強地動觀測站的儀器均維持全年度完全正常運轉。

本年度(2011 年)電源問題報修的測站包括日新國小(TAP012)、國泰國小(TAP037)、湖山國小(ILA015)、二城國小(ILA002)、師大分部(TAP029)、照安宮(ILA010)、埧公國中(TAP088)、北投國小(TAP095)。站房問題報修的測站包括湖山國小(ILA015)、牛鬥(ILA025)、照安宮(ILA010)、二城國小(ILA002)、建德國小(TAP058)。警報器報修的測站包括板橋站(TAP054)、竹子湖站(TAP056)、鞍部站(TAP066)、七堵車站(TRB011)、南澳車站(TRB044)等共 14 個測站，主要問題是警報器的大電池需更新。本年度三次例行檢測共蒐集 12210 筆檔案資料，其中的 1818 筆檔案資料確認為地震記錄，其餘資料則是測站附近人為所造成的雜訊，或儀器的假觸發啟動(false trigger)所造成。第一次例行檢測共蒐集 760 筆地震記錄，第二次例行檢測共蒐集 721 筆地震記錄，第三次例行檢測共蒐集 337 筆地震記錄。各測站所蒐集的地震記錄和資料蒐集次數的統計分析，已送交中央氣象局地震測報中心。

## 參、初步資料分析

本年度(2011 年)於台北及宜蘭地區蒐集到相當多高品質的強地動記錄，然而有些記錄可能受到測站附近所造成的干擾，例如隆聖國小(TAP059)的強地動記錄(圖三)，由於測站附近改建工程進行施工，干擾雜訊振動造成垂直、東西和南北三分量的最大強地動加速度值高達  $10 \text{ cm/sec}^2$  以上，自 2011 年 1 月 24 日至 1 月 29 日該測站共蒐集到 62 筆雜訊。有些記錄則是儀器問題，例如雲海國小(TAP074)的強地動記錄(圖四)，其東西分量的記錄相當良好，但是其垂直分量和南北分量的記錄則是儀器故障而無法使用。有些 Smart24 的儀器校正訊號很正常(圖五)，但是時常會出現方形波訊號，例如海洋大學(NU)測站的儀器不斷的產生方形波訊號(圖六)，自 2010 年 11 月 26 日至 2011 年 3 月 1 日該測站共蒐集到 87 筆方形波訊號。由於磁碟記憶體容量很快就被這些方形波訊號佔滿，以致於地震來臨時無法蒐集到地震記錄。

仔細觀察分析方形波訊號幾乎都出現在整點時間，根據 Smart24 的儀器使用手冊研判，此方形波訊號可能是儀器每一個小時產生的計時校正訊號，但仔細

檢查該測站儀器並沒有啟動計時校正訊號，更奇怪的是並非每一個小時都會出現方形波訊號，因此研判可能是儀器不正常的產生方形波訊號。除此之外，有些測站儀器的校正訊號不正常，例如金岳國小(ILA065)的強地動記錄(圖七)，該儀器的校正訊號在垂直分量和東西分量都正常，但是南北分量的校正訊號太小而且只有負值沒有正值。不正常的校正訊號顯示該儀器有問題，該儀器所記錄的強地動資料無法準確的顯示強地動加速度值，以致於無法使用該地震記錄。這些有問題的儀器都已經報修。

根據中央氣象局所發佈的地震資料，2011年4月30日8時35分(台灣時間4月30日16時35分)在宜蘭附近發生規模  $M_L 5.8$  ( $M_w 4.8$ ) 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 121.81 度、北緯 24.65 度，而震源深度為 75 公里。中央氣象局推論此地震的震源機制為平移斷層。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 31 個測站的電源或儀器問題之外，其餘共有 178 部自由場強震儀完整的記錄此地震資料，相當於 85.2% 的觀測站蒐集到高品質的地震記錄。此次地震造成宜蘭地區的最大震度為 4 級，苗栗以北包括台北地區的最大震度為 3 級，苗栗以南至台南地區的最大震度為 2 級，高雄和澎湖縣馬公市的最大震度為 1 級，沒有任何人員傷亡或建築物損害的報導。本文對於此次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。

圖八顯示 2011 年 4 月 30 日 8 時 35 分宜蘭附近地震震央位置、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  $PGA(cm/sec^2)$  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平移斷層。圖八中的小正方形表示核一廠、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。此次地震以新南國小(ILA041)蒐集到最大的強地動加速度地震記錄(圖九)，其最大強地動加速度值分別為 11.6 (垂直向)，60.9 (東西向) 及  $92.8 cm/sec^2$  (南北向)。根據最大強地動加速度值  $PGA(cm/sec^2)$  分佈圖，靠近震央附近的宜蘭平原觀測站，其最大強地動加速度值並非最大，而是位於宜蘭平原中部的新南國小(ILA041)之最大強地動加速度值最為顯著。值得注意的是台灣北部海岸靠近核二廠附近的隆聖國小(TAP059)之南北分量最大強地動加速度值相當顯著，此測站震央距離為 57.6 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 12.8，46.4 及  $75.8 cm/sec^2$ 。

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(圖十)，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 75 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。

## 肆、檢討與建議

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:A800、A900、A900A、CV-574、CV-575、ENTA、Reftek 和 Smart24 等八種不同種類的儀器共計 209 部，其中以 A900 型(A900 和 A900 A)的儀器數量共有 81 部佔最多，其次為 CV-574 和 CV-575 的儀器數量共有 43 部，ENTA 的儀器數量共有 36 部，Smart24 的儀器數量共有 48 部，其他種類的儀器數量則佔少數，全年度所有儀器平均報修率大約為 21%。IDSA 儀器使用至今年度已經完全拆除，A800 和 Reftek 的儀器數量使用至今年度只各剩一部，但都在報修中，A800 的儀器已經使用相當長久，如果報修後依然無法正常運轉，建議以新型儀器 Smart24 的強震儀更新。新型儀器 Smart24 的強震儀使用至目前為止還算穩定，今年度本計畫責任區的儀器平均報修率比去年度稍高，主要原因是有些 Smart24 的強震儀時常出現方形波而報修，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。

2011 年 4 月 30 日 8 時 35 分 (台灣時間 4 月 30 日 16 時 35 分)在宜蘭附近發生規模  $M_L 5.8$  ( $M_w 4.8$ ) 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，其中 178 部儀器完整的記錄此次地震資料，相當於 85.2% 的觀測站蒐集到高品質的地震記錄。仔細分析探討其餘 31 部自由場強震儀未記錄到此次地震資料的原因，主要包括有 10 部儀器報修、6 部儀器的記憶體記滿、6 部儀器的資料被維修人員收走、5 部儀器的電源報修、2 部儀器的站房報修、1 部儀器的電源被關掉以及 1 部儀器未紀錄地震資料。本計畫將會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，當地震來臨時，期望每一部儀器都能蒐集到高品質的強地動記錄。

本年度各測站的儀器檢測結果分析，有些測站必須儘快處理：

1. 有些 Smart24 的儀器校正訊號正常，但是時常會出現方形波訊號，例如海洋大學(NOU) 測站的儀器不斷的產生方形波訊號，由於磁碟記憶體容量很快就被這些方形波訊號佔滿，以致於地震來臨時無法蒐集到地震記錄，儀器報修後儘可能儘快處理修復。
2. 儀器內有病毒，例如：三貂角(TWB1)和海洋大學(NOU)，維修人員應注意自



己的連線電腦是否有病毒，以免影響到儀器正常運轉和避免蒐集地震資料人員的電腦中毒。

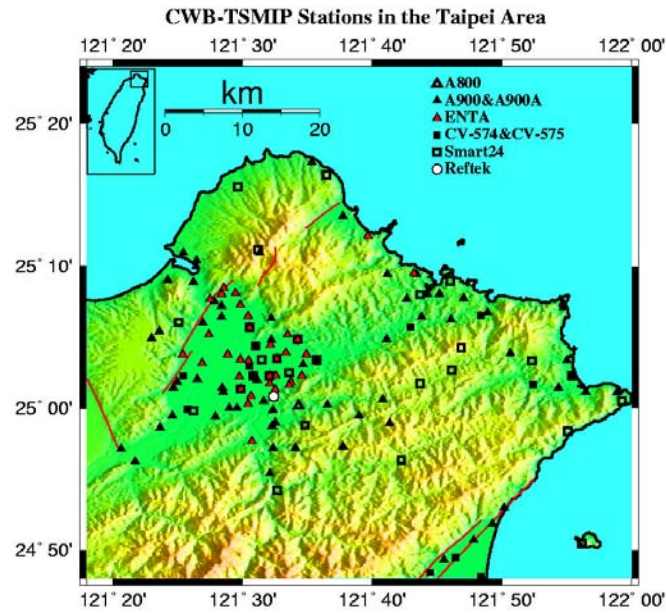
3. 維修人員前往測站維修儀器時，非必要時不要清除或取走儀器內的資料。
4. 時間系統不正常，主因是 GPS 長時間未收到信號，或是內部計時器因程式所用計時器(軟體部分)計時次數需修正，也可能是零件的老化現象所導致（例如：桃源國小、頂溪國小）。
5. 大部分的警報器失靈，主要問題是警報器的大電池需更新。

## 伍、誌謝

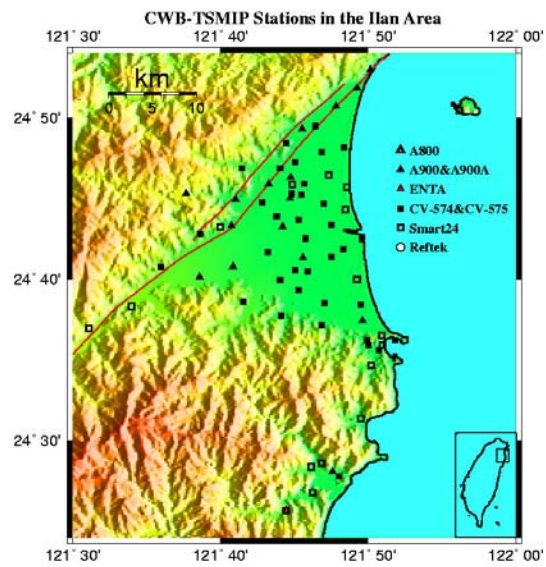
本計畫由中央氣象局提供經費（編號 MOTC-CWB-100-E-01），地震測報中心吳健復先生鼎力協助計畫之進行，特此誌謝。

## 陸、參考資料

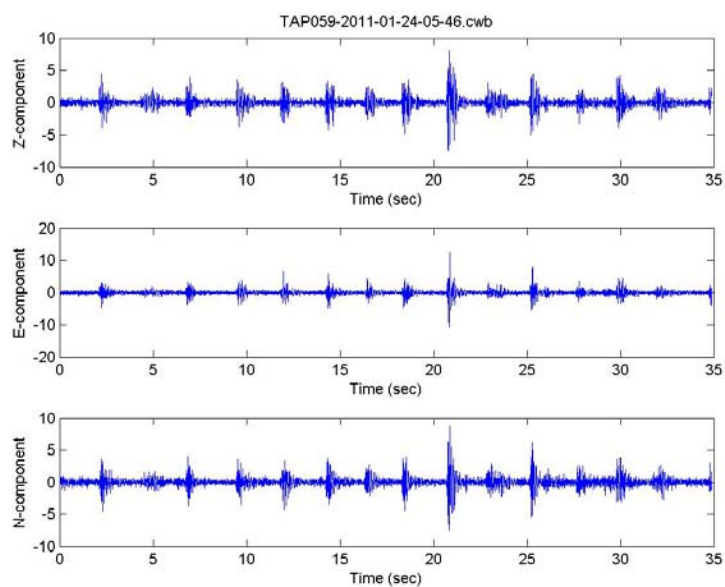
- Lin, P. S. and C. T. Lee, (2008). Ground-motion attenuation relationships for subduction-zone earthquakes in northeastern Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **98**, 220-240.
- Terra Technology Corp. (1992). IDS-3602 Integrated Digital Seismograph.
- Terra Technology Corp. (1994). IDS-3602A 16 Bit Digital Seismograph.
- Terra Technology Corp. (1993). Accelerator III/A-900 Operation and Maintenance Manual.
- Terra Technology Corp. (1994). Accelerator III/A-900A Operation and Maintenance Manual.



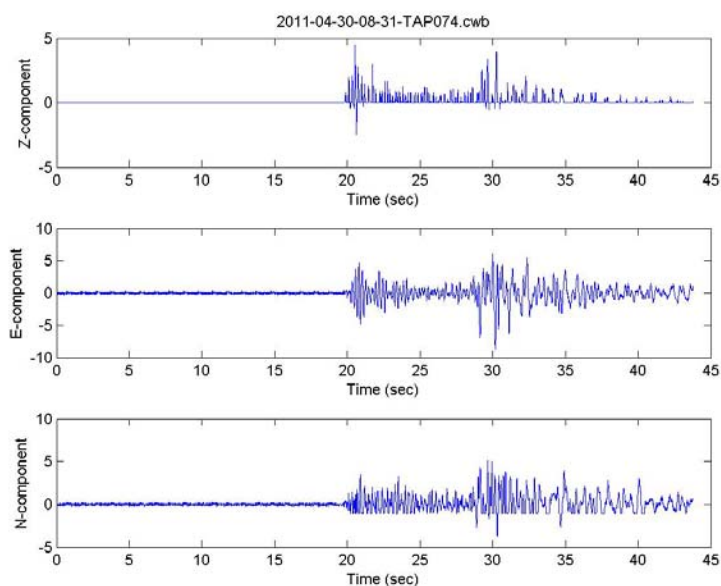
圖一、中央氣象局台北地區強地動觀測站分佈圖，各觀測站的強震儀種類以不同的符號表示。



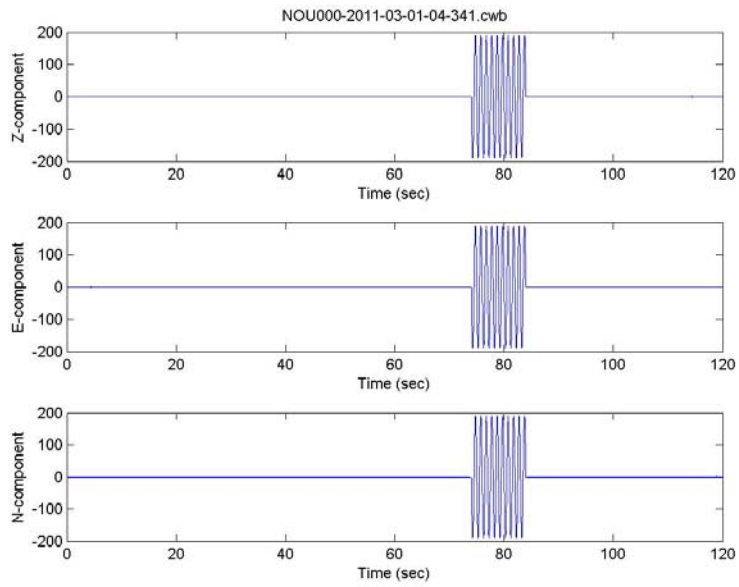
圖二、中央氣象局宜蘭地區強地動觀測站分佈圖，各觀測站的強震儀種類以不同的符號表示。



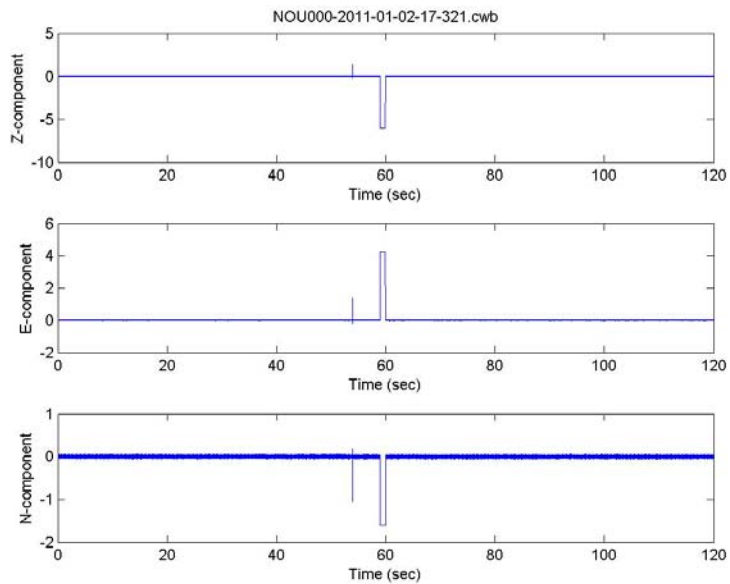
圖三、隆聖國小(TAP059)的強地動記錄，干擾雜訊振動造成垂直、東西和南北三分量的最大強地動加速度值高達 $10 \text{ cm/sec}^2$ 以上。



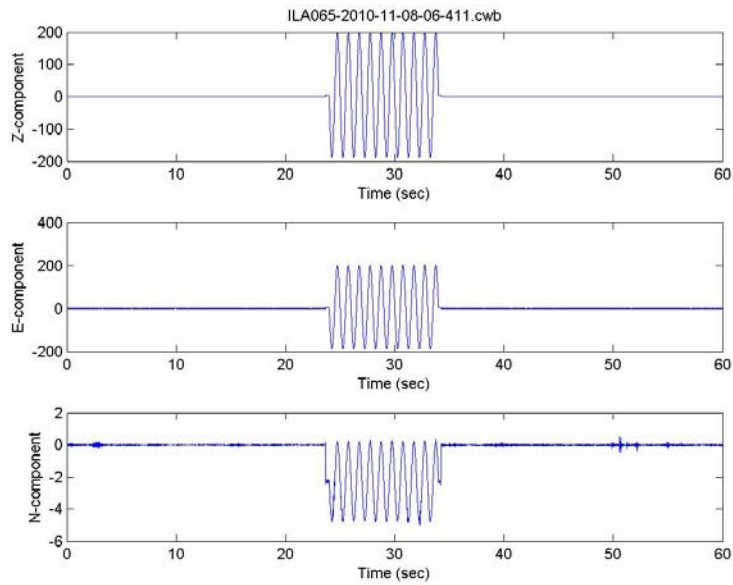
圖四、雲海國小(TAP074)的強地動記錄，其東西分量的記錄相當良好，但是其垂直分量和南北分量的記錄則是儀器故障而無法使用。



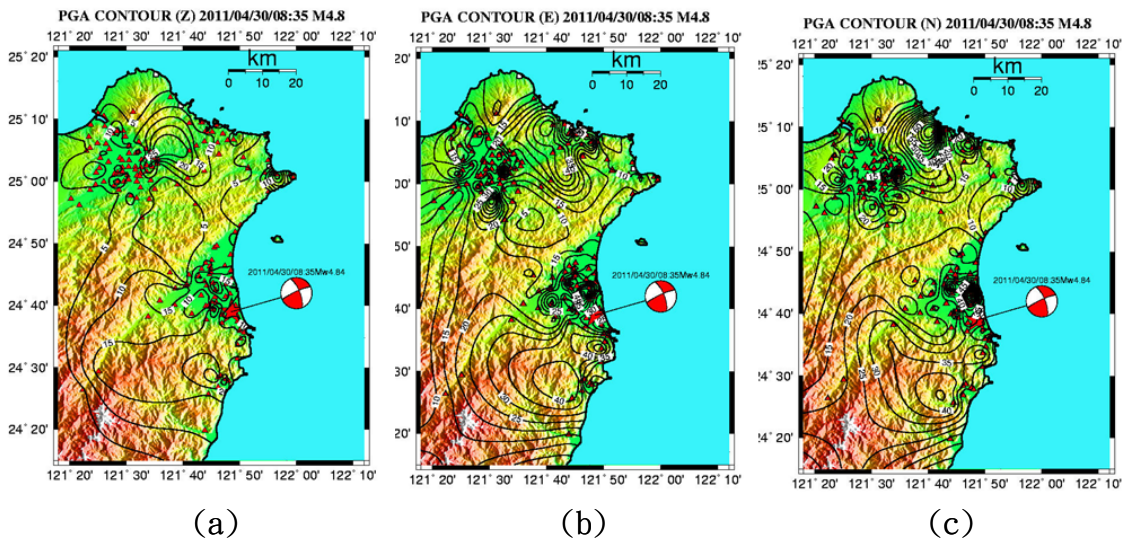
圖五、海洋大學(NOOU)的強地動記錄，其垂直分量、東西分量和南北分量的校正訊號相當良好。



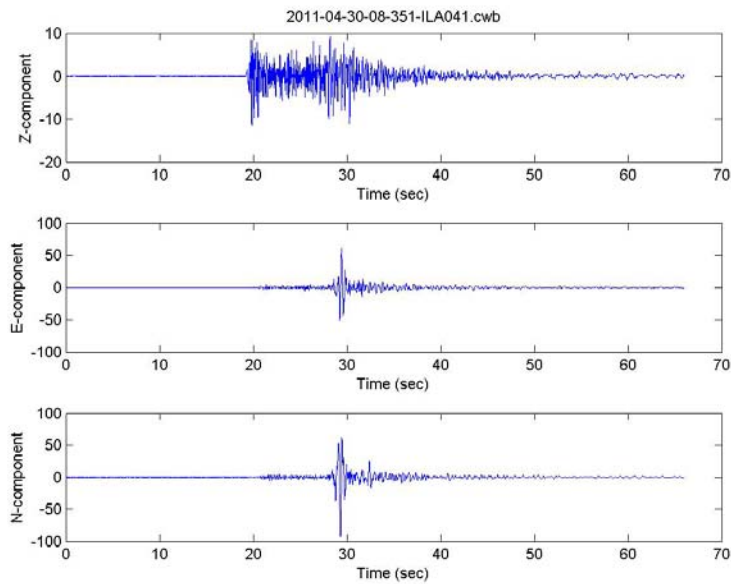
圖六、海洋大學(NOOU)的強地動記錄，時常會出現方形波訊號。



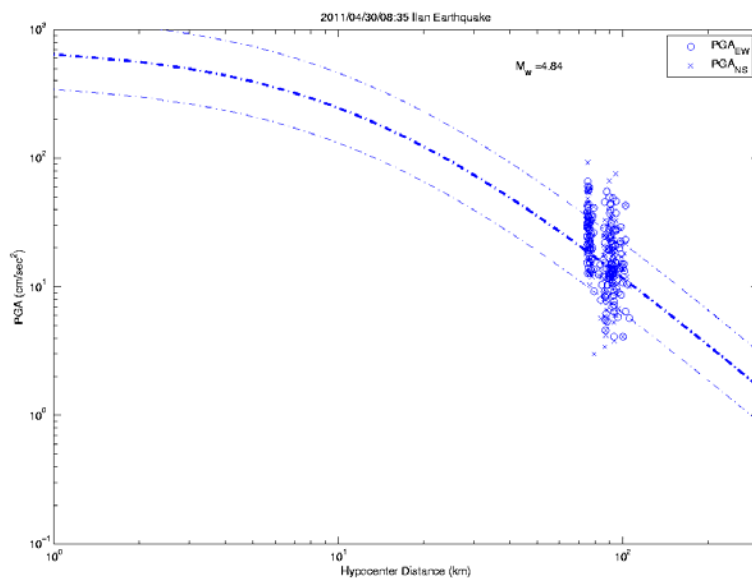
圖七、金岳國小(ILA065) 測站儀器的校正訊號在垂直分量和東西分量都正常，但是南北分量的校正訊號太小而且只有負值沒有正值。



圖八、2011年4月30日8時35分宜蘭地震( $M_L$ 5.8)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(a)垂直分量、(b)東西分量和(c) 南北分量的PGA( $\text{cm}/\text{sec}^2$ )分佈圖。



圖九、2011年4月30日8時35分宜蘭地震( $M_L$ 5.8)，新南國小(ILA041)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11.6、60.9及92.8  $\text{cm}/\text{sec}^2$ 。



圖十、2011年4月30日8時35分宜蘭地震( $M_L$ 5.8)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。

# 台灣中部地區自由場強震網資料收集及分析

## Central 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 計畫編號：MOTC-CWB-100-E-01

王乾盈

郭炫佑

Wang, Chien-Ying

Kuo, Hsuan-Yu

國立中央大學地球物理研究所

### 摘要

中央氣象局地震測報中心自1992年起，於全島設置七百多部自由場強震儀，監測強地動情形。為維護儀器正常運作及資料蒐集方便，全省分成四個區域，分別由不同的大學與研究單位負責資料收集的工作。本所負責中部地區強震網（TCU網），涵蓋面積約150公里 x 140公里，共計有182個強震站，範圍包括：桃園縣24站、新竹縣25站、苗栗縣29站、台中縣50站、彰化縣30站、及南投縣24站。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。

經分析2009~2011年中部地區TCU網收到的地震PGA資料，發現：1) 整個TCU網的PGA值往西南增加，亦就是，彰化地區比桃竹地區高約3倍，2) 台中盆地（尤其台中市）及埔里盆地場址放大不明顯，近岩盤站特性，3) 有5個站異於常態，場址放大明顯。

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 773 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 4 areas, and distributed among the universities or research institutes to share the load of data acquisition. Our research group is in charge of area of Central Taiwan (the TCU net) which has 182 stations including the counties of Taoyuan (24), Hsinchu (25), Miaoli (29), Taichung (50), Changhua (30), and Nantou (24), a total area of 150 km x 140 km. 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. We also analyse the performance of the TCU net using the PGA data collected during 2009 to 2011. Some interesting results are found.

Keywords: TSMIP、 Strong Motion、 Data Acquisition

## 一、前言

TSMIP強震網儀器檢測及資料收集處理之工作，由本所負責中北部地區，包含桃竹苗中彰投等六縣市的自由場強震站；此測區涵蓋有150kmx140km之面積，現有182個測站（圖1），比起其他三個強震網測區，本區所涵蓋範圍最大。本所負責之工作主要包括：1）儀器檢測，2）資料收集，3）基本資料分析與整理。

本報告亦利用這三年期間（2009~2011）年收到的地震紀錄之PGA值，分析本網的運作情形，發現各區域場址放大的大致分布情形，以及若干表現特殊的強震站。

## 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，收錄整個中北部強震網約需30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。中部網測站中有些在偏遠山區，例如合歡山、德基水庫與鯉魚潭水庫等，收集上較為困難，但其可收錄到品質良好之岩盤站資料，亦很值得。

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。圖2為本年度三次資料收集時所統計之正常運作、異常運作與不運作之強震儀數目，並將異常運作與不運作之儀器狀況及數量統計成圖3；大部分儀器異常運作之原因多為儀器較為老舊（A900型），容易當機或是無法連線，或是部分儀器在停電後電力恢復時無法自動啟動觀測，這類情形都在每次資料收集結束時，將故障情形統計彙整報請地震中心人員處理。本網鐵路局多數SENSOR故障之測站已經獲得改善，但是其OFFSET值卻異常偏大，是否與設置在鐵軌旁，常常受到火車震動感應之訊號影響有關？本年度特別針對SMART24A儀器調查方波造成儀器啟動紀錄之情形，方波之記錄如圖4a所示，本年度有方波測站統計資料顯示有方波之測站有27站，本網SMART24A型儀器有43站，異常之比例佔有6成之多，雖然方波之情形沒有造成地震資料之汙染（圖4b），但是卻影響著儀器的雜訊比，造成記憶體空間的浪費（TCU076（南投國小）），地震中心目前也已經積極要求儀器廠商找出造成此情形之解決方法。



### 三、資料分析

整個 TCU 強震網共有 182 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 2009~2011 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）：

$$PGA = 1.657 \times e^{1.533 \times M} \times r^{-1.607}$$

b、簡文郁（2001）所做出的衰減公式（屬於 Campbell 形式）：

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

c、衰減公式並加上場址修正函數：

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

所得到的結果相互比較，比較結果如圖 5，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。

本報告呈現的 2009~2011 年紀錄的地震，全島 TSMIP 強震網有 816 站，共收到 23754 筆紀錄，來自 2155 個地震，即每個地震有 11.02 個測站收到（23754/2155=11.02），這段其間，本網共收到 396 個地震，紀錄有 4206 筆，平均每個地震有 4206/396=10.62 個測站收到，與全島平均差距不大。圖 6 為 2009~2011 年本網所收到的地震及其到達本網之波線分布。

整體來看，2009 年至 2011 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 7 中，特別挑出五個測站，其放大效應比鄰近測站大許多，列為「行為特殊」的測站。

本報告利用規一化之平均 PGA 分佈，討論 TCU 強震網過去三年之表現，大概而言，TCU 強震網比全網表現略佳，其中又以台中彰化地區最佳。TCU 強震網中有五個「行為特殊」的測站，需特別加以注意。

### 四、檢討與建議

一、本年度的 TCU 強震網表現大約維持在八十幾個百分比；異常運作的因素裏

有儀器因為當機或者是斷電之後無法重新再啟動。SMAR24A 型號儀器方波造成之影響希望能夠獲得儀器廠商良好之解決方法；CV 系列的儀器大多以鐵路局測站為主，其中部分測站的 sensor 故障之問題雖已獲得改善，但是修繕後期 OFFSET 值卻異常偏高仍需密切關注。A900 及 A900A 類型儀器則多屬於儀器老舊，偶有當機或是無法連線之情形發生。

二、五個行為特殊測站中，TCU059（清水國小）、TCU070（龍泉國小）、TCU095（峨眉國小）、TCU129（新街國小）以及 TRB005（後龍變電站）建議在校園及變電站內另尋場址較佳的位置。

## 五、誌謝

本計畫由中央氣象局提供經費（編號 MOTC-CWB-100-E-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。

## 六、參考文獻

- Teledyne Geotech (1993). Accelerator III/A-900 Operation and Maintenance Manual.
- Teledyne Geotech (1994). Accelerator III/A-900A Operation and Maintenance Manual.
- Tokyo Sokushin (2002). PC Card Strong-motion Accelerograph CV-574C/575C Operation Manual.
- 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.
- 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。
- 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。
- 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。
- 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 (NW TAIWAN)

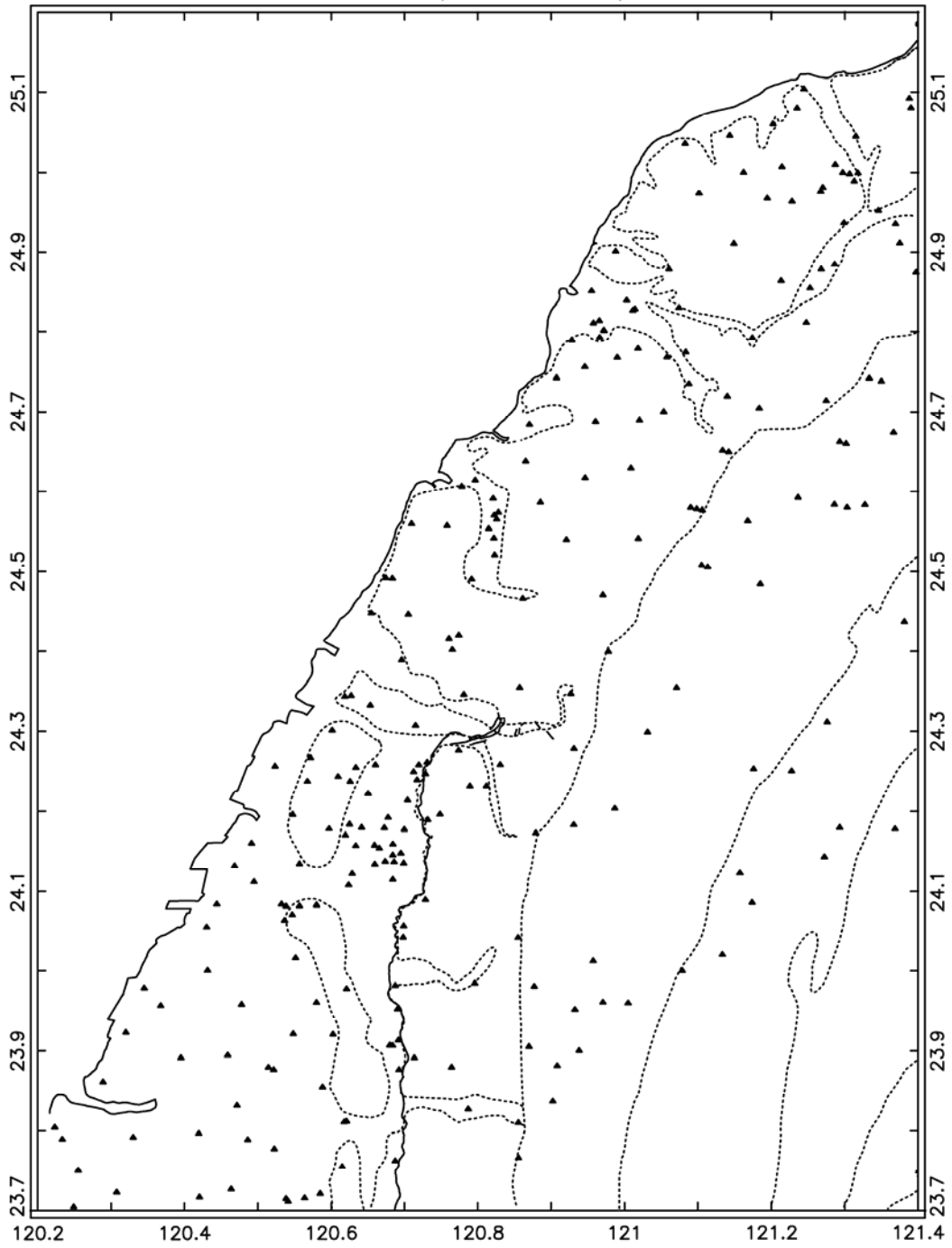


圖 1、中部地區自由場強震儀測站分布圖。

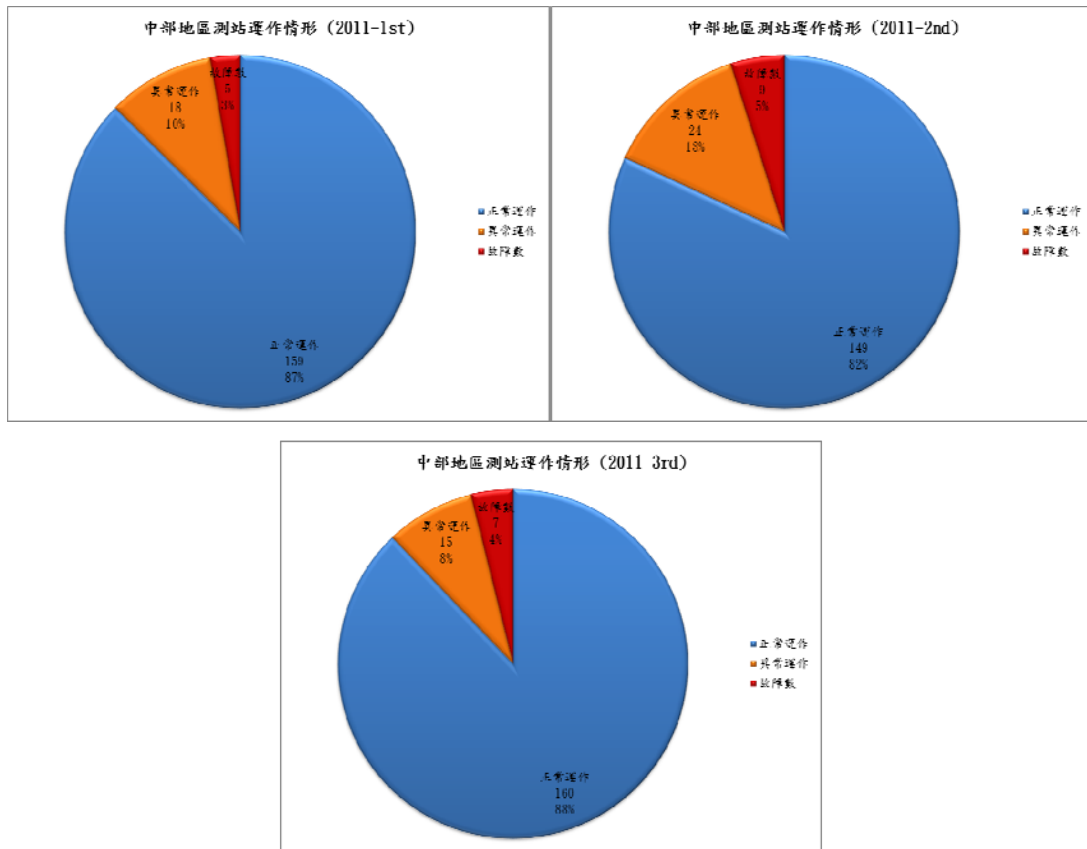


圖 2、2011 儀器運作情形百分比圖。

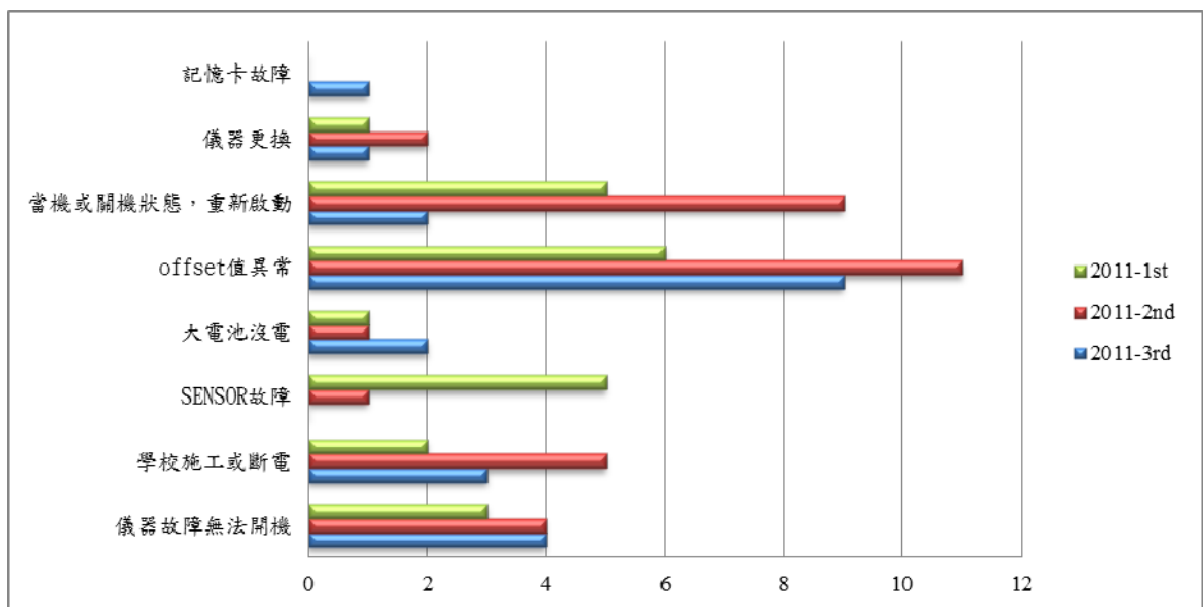


圖 3、2011 年強震儀異常運作之狀況統計圖。

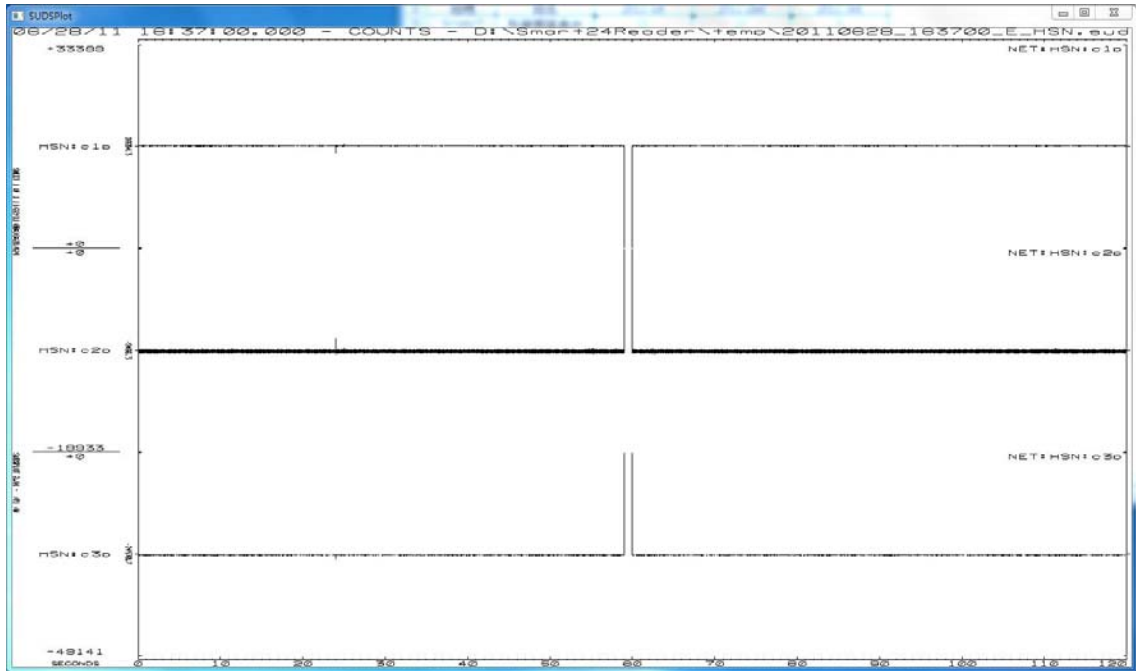


圖 4a、SMART24A 型儀器方波狀況圖 (TCU017)。

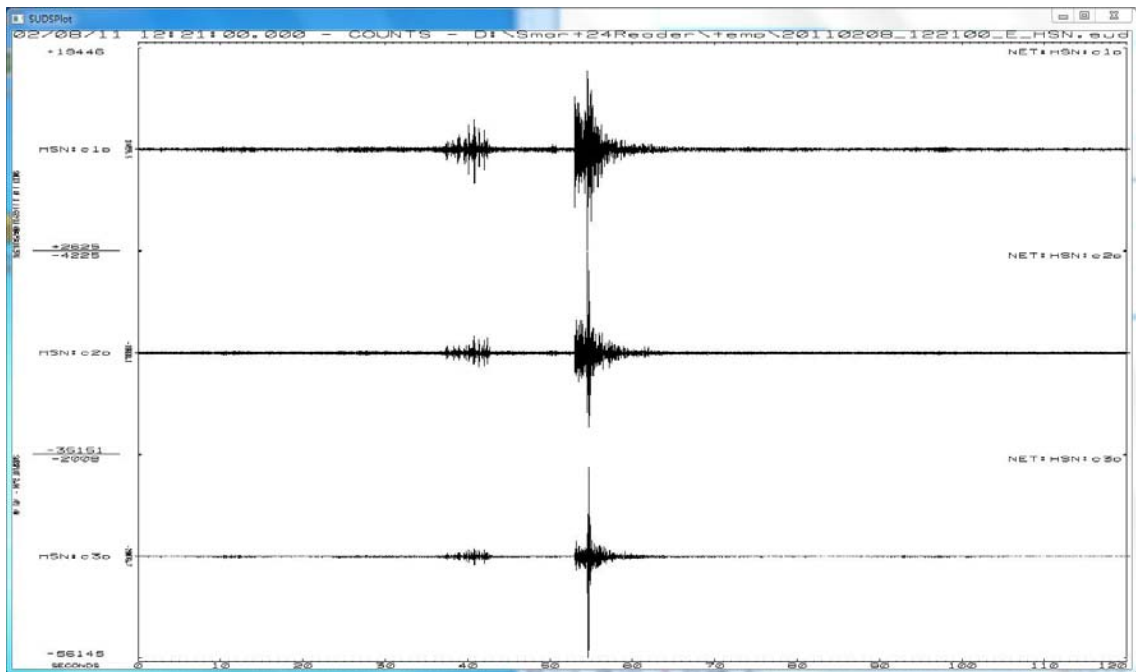


圖 4b、SMART24A 型儀器方波狀況並未影響地震資料 (TCU017)。

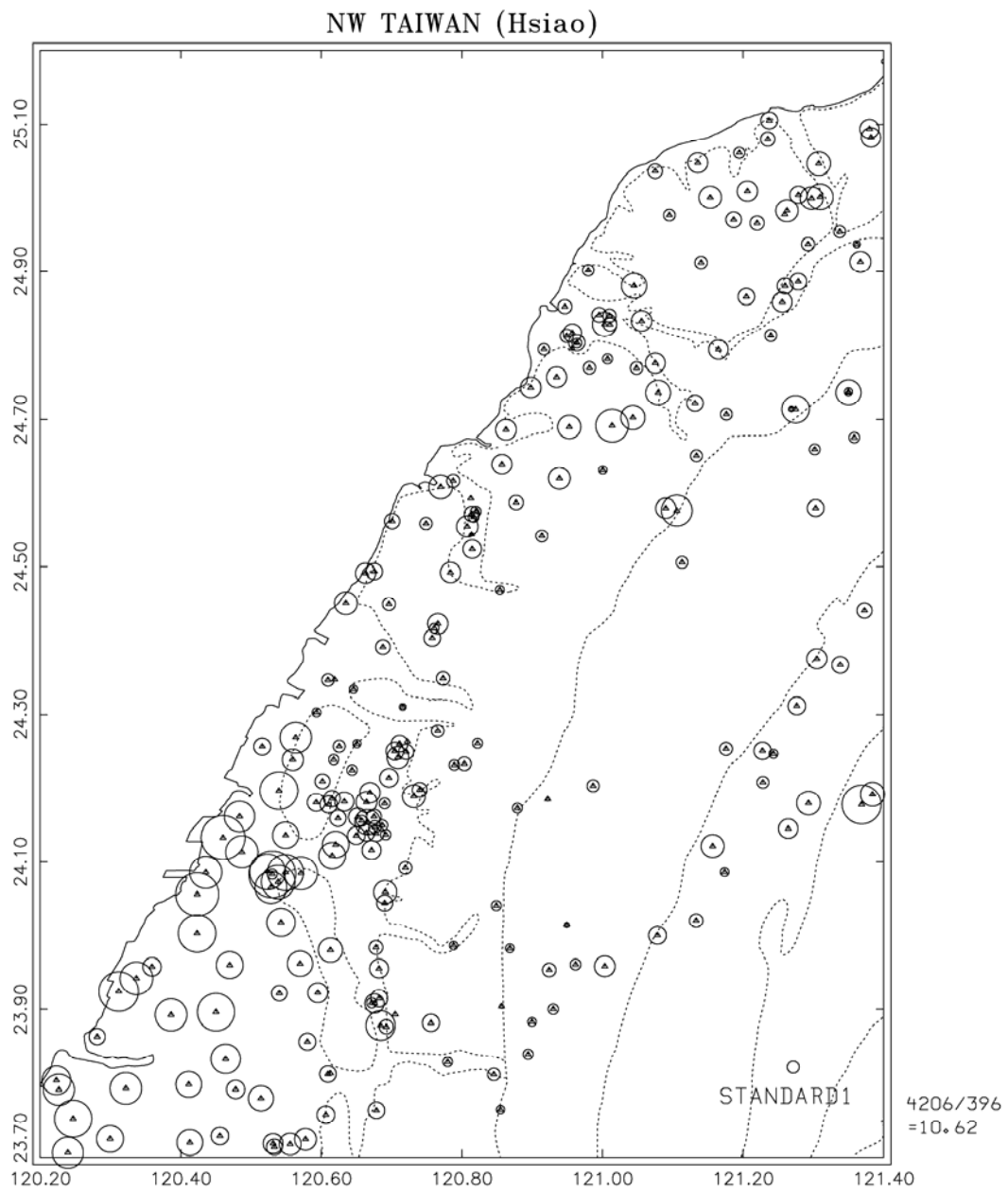


圖 5a、採用蕭乃祺(2006)衰減公式規一化之結果。

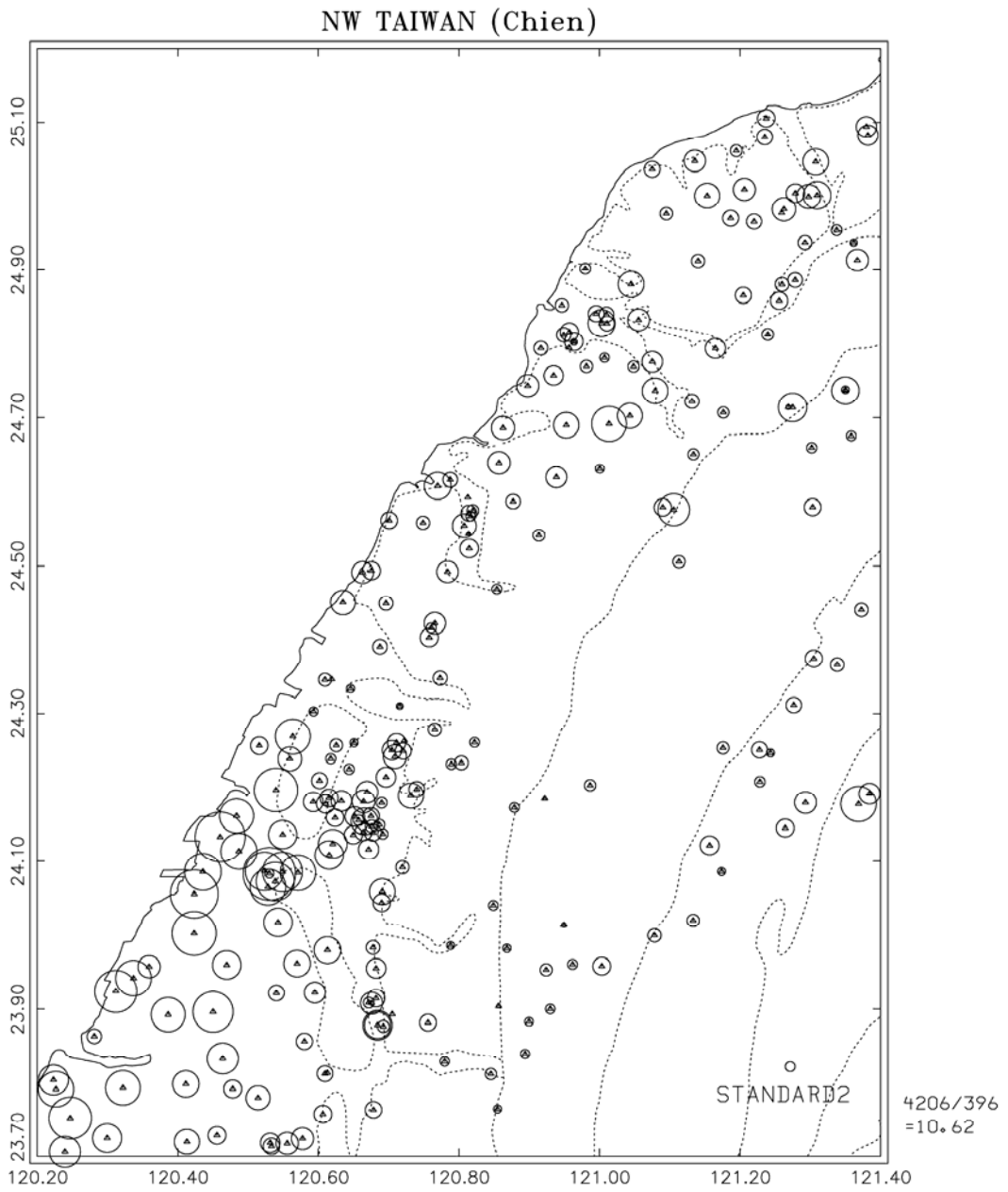


圖 5b、採用簡文郁(2001)衰減公式規一化之結果。

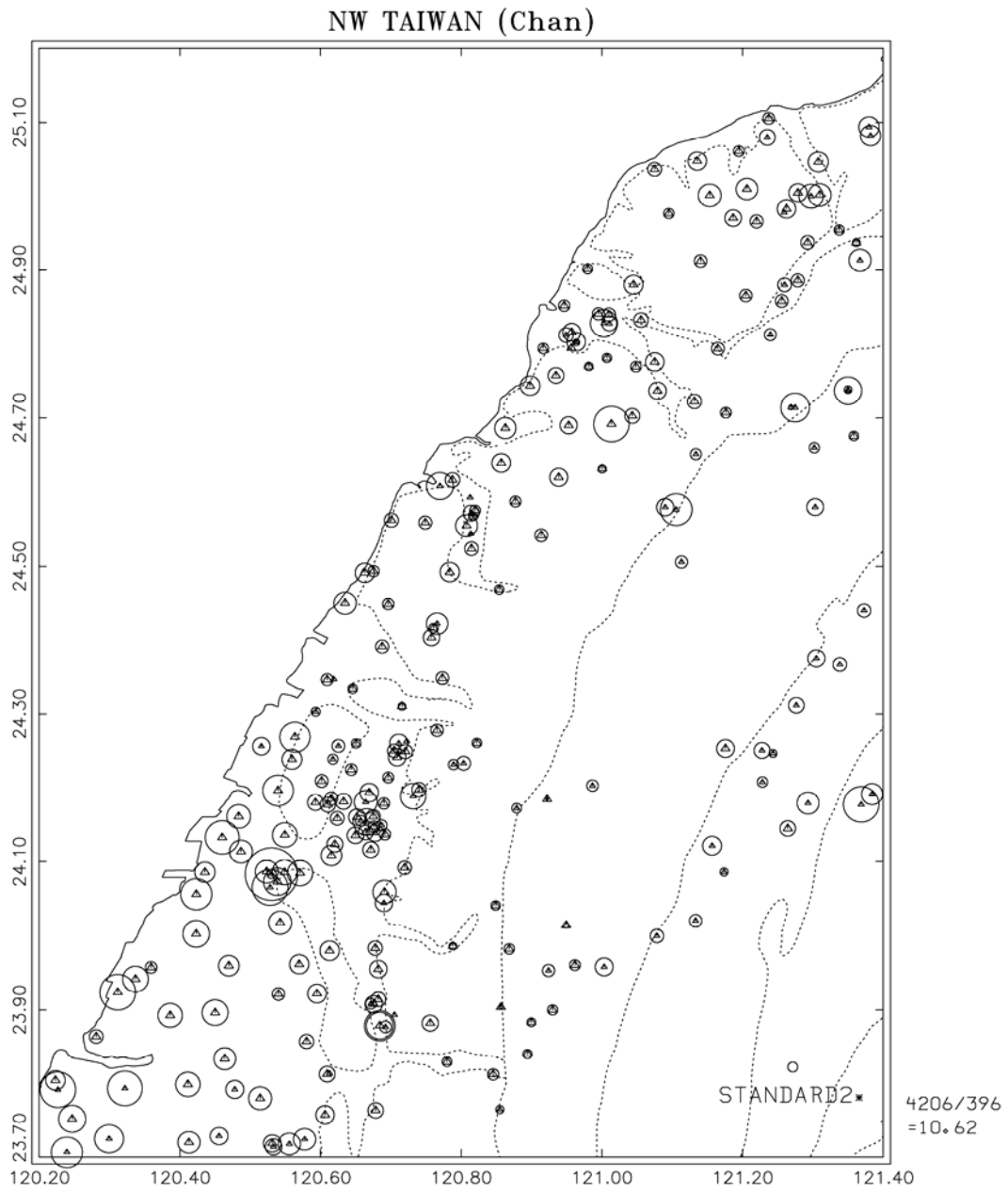


圖 5c、採用衰減公式搭配場址修正函數規一化之結果。



TSMIP (TCU 2009-2011)

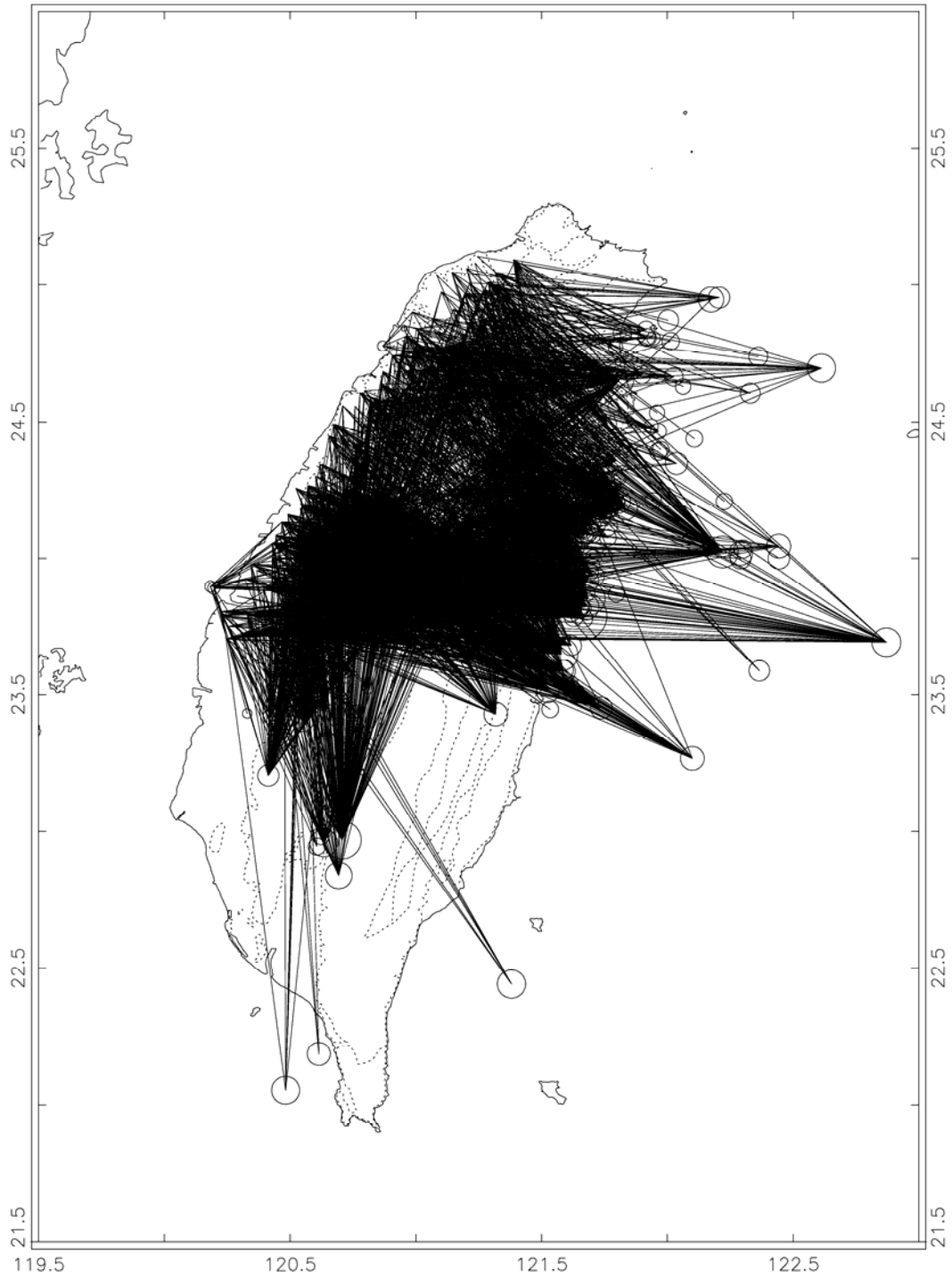


圖 6、本網 2007-2010 年收到地震及波線分布。

NW TAIWAN (2009-2011)

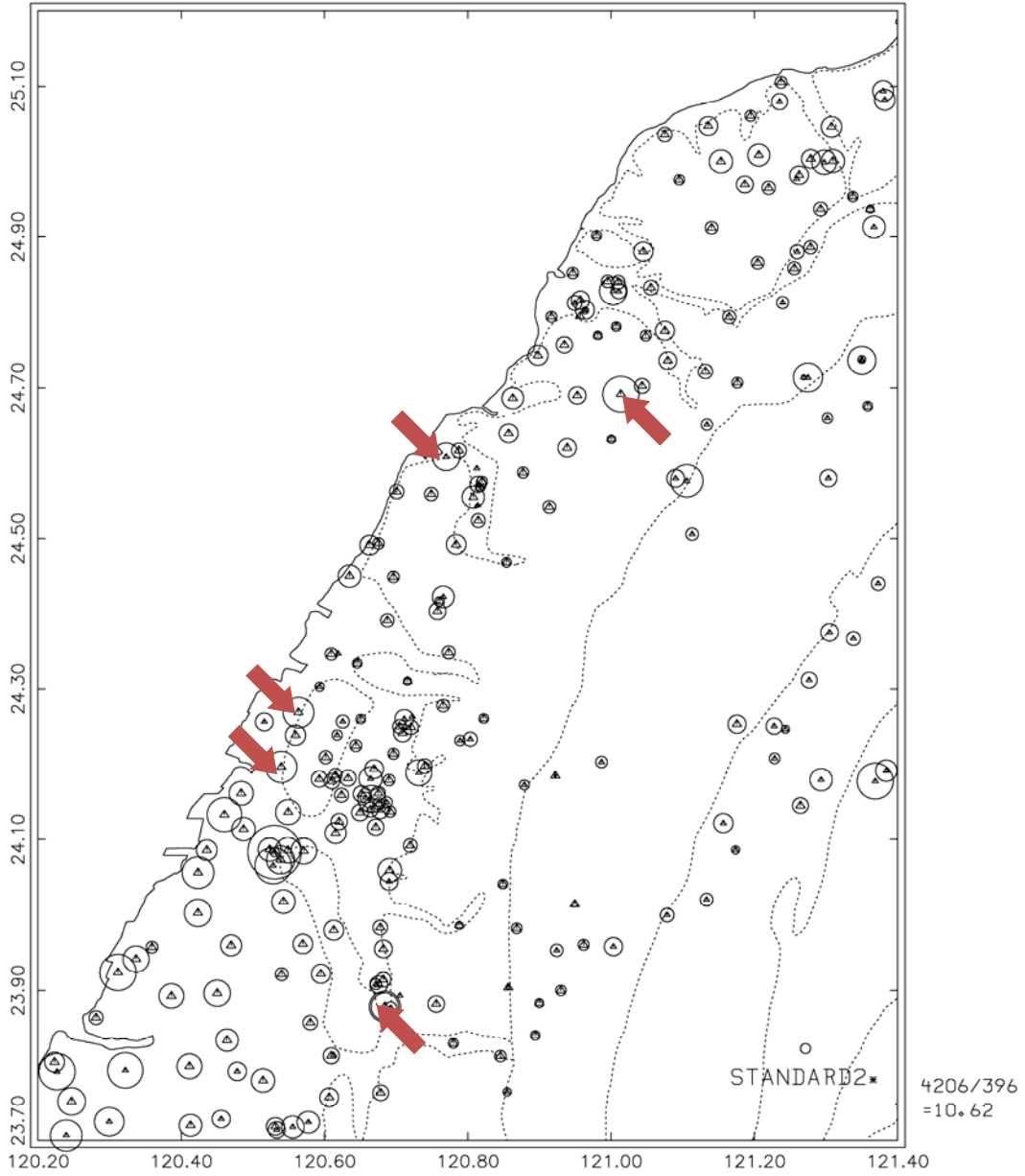


圖 7、本網中五個「行為特殊」的測站，如箭頭所指。

# 台灣地區自由場強震網資料收集及分析

## 子計畫四：台灣東部地區自由場強震網資料收集及分析

### Routine Examination and Data Collection of CWB's Strong Motion Network in Hualian, Taitung and Pingtung Area

主管單位：交通部中央氣象局 計畫編號：MOTC-CWB-100-E-01

劉忠智、吳嘉龍、溫錦富、黃正耀、張弼超

中華民國地球物理學會

#### 摘要

中央氣象局自由場強地動觀測網，至2011年9月底止，於花蓮、台東及屏東地區共設有179座自由場強震儀。強地動觀測網的數值式強震儀，動態範圍96~120db，能記錄高品質的強地動地震資料。儀器檢測與資料蒐集每四個月實施一次，自2010年10月至2011年9月止，本區共蒐集了2828筆三軸向自由場強震記錄。本區本年度較引人注目的地震有2011年2月7日13時55分花蓮地區規模4.6地震，2011年3月30日12時22分花蓮壽豐地區規模4.7地震，地震深度分別為13.8、19.2，兩者規模都不大，但震央附近部分測站測得的最大加速度超過200gal，震度分別高達五及六級。所有的地震記錄連同維護資料已於每次野外作業完成後，立即送交中央氣象局地震測報中心。

**關鍵詞：**強地動觀測網，自由場強震儀，儀器檢測

#### Abstract

Under CWB's Taiwan Strong Motion Instrumentation Program(TSMIP), a total of 179 accelerographs had been installed in Hualian, Taitung and Pingtung area. This project perform routine instrument examination and data collection in this area. All accelerographs offer very high quality strong motion data with dynamic range from 96 to 120 db. Totally, 2828 three-component strong motion records had been collected during Oct. 2010 and Sept. 2011. These records include the data of several very strong ground motion earthquakes, such as February 7, 2011  $M_L$  4.6 Hualian earthquake, March 30, 2011  $M_L$  4.7 Hualian Shoufong earthquake. The produced peak vertical ground accelerations or peak horizontal ground accelerations exceed 200 cm/sec/sec in some area. The collected strong motion data and the results of instrument examination had been sent to Seismology Center, Central Weather Bureau after each field work.

**Keywords :** Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, accelerographs, instrument examination

## 一、測站與儀器

本區北起花蓮(北緯24.37度)，南訖屏東鵝鑾鼻(北緯21.9度)，包括花蓮、台東、屏東三縣，涵蓋之面積約10900平方公里。至2011年10月底止，包含鐵路局及國防部委託，共設置了179座自由場強震儀(圖一及圖二)，較2010年新增一座。目前本區自由場強震儀大部分為美國Teledyne公司出產的A900(10座)、A900A型(72座)或SMART24A型(44座)強震儀、日本東京測振公司生產的CV-574強震儀(50座)，及為數甚少的美國Kinometrics公司K2及Reftek公司的RT130A型強震儀。A900及A900A使用16位元類比數位轉換裝置，而CV-574、SMART24A及其它型式的強震儀則都使用了24位元的類比數位轉換裝置。各型強震儀的感震器均為三向量大動態範圍的力平衡式加速度計(FBA)，最大記錄範圍 $\pm 2g$ ，取樣率每秒200點。其中CV-574、SMART24A、K2及RT130A全部都配置有GPS時間接收器，A900及A900A仍有近62座儀器未配置GPS時間接收器。配置GPS時間接收器的儀器，其時間與全球定位系統的時間同步，能獲致較高的時間準確度。六種儀器均以加速度信號的位準，判定強震之發生與否，目前大部分測站的觸發水準都設定在最大記錄範圍的0.2%(即4gal左右)，為獲得完整的地震記錄，儀器進入觸發狀態前20秒、觸發狀態時及脫離觸發狀態後15秒的地震資料均一併寫入儲存資料的固態記憶體中。CV-574配有64或128M-Byte記憶卡，SMART24A使用128M-Byte快閃記憶體二者都能儲存大量的強震資料。本區配置的新一代SMART24A型強震儀共44座，與去年度相同，未再增加。其中部份SMART24A測站為6波道資料擷取系統，除強震儀信號外，同時擷取並傳送S13型短週期地震儀的信號。

## 二、儀器檢測與資料蒐集

儀器檢測與資料蒐集，以定期方式每四個月實施一次，每次實施後並將檢測結果，含所蒐集的地震記錄磁片及儀器作業狀況的記錄，送交中央氣象局地震測報中心。本年度的例行檢測作業分別於年2011年3月、2011年7月、2011年10月實施完畢。由於本責任區包含花蓮、台東、屏東三縣，幅員遼闊，每次作業均由兩位野外工作人員分別前往，並執行：(1) 站址環境的整潔維護；(2) 地震記錄之蒐集和整理；(3) 儀器參數檢視；(4) 儀器校時與測試；(5) 故障之排除與報修及(6) 臨時事件之應變處理等工作。

整理蒐集的原始記錄，剔除非地震波之記錄後，本年度蒐集的自由場強震資料中，可被認定為地震記錄的共有2828筆三軸向強地動記錄。本年本區規模超過6之地震極為稀少，是過去非常罕見的現象，全年本區僅發生過一次規模超過6之地震(2010/11/21/20:31花蓮規模6.1)。但本年仍然有為數可觀，規模大於或近於5之地震發生於本區，並於震央附近產生震度4至6的強地動信號。本年本區收錄的強地動資料已依測站燒錄成光碟，連同儀器維護記錄送交氣象局地震測報中心。

## 三、本年主要地震資料

2010年10月至2011年9月臺灣地區有感地震的震央分佈如圖一，宜蘭及花東地區仍為地震次數較為頻繁的地區，收錄的地震記錄與前一年相較，減少許多。除了2010年11月21日20時31分花蓮地區規模6.1的地震外，其餘尚有2011年2月7日13時52分規模4.6、2011年3月30日12時22分規模4.7、2011年5月22日9時34分規模5.0及2011年7月19日22時01分規模4.8等發生於花蓮地區的地震，都記錄到較為明顯的強地動加速度信號，震央附近部分地區震度亦均達五至六級。

#### 四、資料處理與分析

##### 1、2010年11月21日20時31分花蓮磯崎地震

根據中央氣象局的資料，2010年11月21日20時31分(UTC時間2010/11/21 12:31)花蓮磯崎地震的震央位置在花蓮地震站南偏東方15.5公里處(北緯 $23.85^{\circ}$ ，東經 $121.69^{\circ}$ )，規模6.1，震源深度46.9公里。花蓮磯崎震度5級，花蓮市、南投及彰化雲林地區許多地方的震度亦達4級，表一為本次地震部分靠近震央的自由場強震站，測錄到的最大加速度值。圖二為本次地震，靠近震央的新社磯崎分校(HWA043, EGC)及水璉國中(HWA001)，測得的波形資料與功率譜密度圖。Z、N、E分量之PGA值分別為60、175、148及49、149、108 gal。其中磯崎分校N分量在5Hz有較為突出的能量分布。

##### 2、2011年2月7日13時55分花蓮太魯閣地震

根據中央氣象局的資料，2011年2月7日13時55分(UTC時間2011/02/07 05:55)花蓮地震的震央位置在花蓮縣政府北偏東方14.5公里處(北緯 $24.12^{\circ}$ ，東經 $121.66^{\circ}$ )，規模4.6，震源深度13.8公里。花蓮太魯閣震度5級，宜蘭南澳地區震度亦達4級，表二為本次地震部分靠近震央的自由場強震站，測錄到的最大加速度值。圖三為本次地震，靠近震央的太管處(HWA057, ETL)及富世國小(HWA046)，測得的波形資料與功率譜密度圖。Z、N、E分量之PGA值分別為157、272、106及145、211、190 gal。

##### 3、2011年3月30日12時22分花蓮壽豐地震

根據中央氣象局的資料，2011年3月30日12時22分(UTC時間2011/03/30 12:22)花蓮壽豐地震的震央位置在花蓮縣政府西偏南方15.6公里處(北緯 $23.94^{\circ}$ ，東經 $121.48^{\circ}$ )，規模4.7，震源深度19.2公里。壽豐震度6級，花蓮市、南投合歡山等地方的震度亦達4級，由於震央位於陸地，震度感受非常明顯。表三為本次地震，部分靠近震央的自由場強震站，測錄到的最大加速度值。圖四為本次地震，壽豐國小(HWA059)及西林(HWA020)，測得的波形資料與功率譜密度圖。Z、N、E分量之PGA值分別為110、204、255及54、146、179 gal。

##### 4、2011年5月22日9時34分花蓮外海地震

根據中央氣象局的資料，2011年5月22日9時34分(UTC時間2011/05/22 01:34)花蓮地震的震央位置在花蓮縣政府北偏東方20.3公里處(北緯 $24.12^{\circ}$ ，東經 $121.76^{\circ}$ )，規模5.0，震源深度6.1公里。花蓮太魯閣震度5級，宜蘭南澳地區震度亦達4級，表四為

本次地震部分靠近震央的自由場強震站，測錄到的最大加速度值。圖五為本次地震，靠近震央太管處(HWA057, ETL) 及秀林國中(HWA047)，測得的波形資料與功率譜密度圖。Z、N、E分量之PGA值分別為70、111、74及47、105、70 gal。

## 五、討論

1. 本年本區各縣市自由場強震儀的配置情形如表四，其中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，發現其異常的比率，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。
2. 採用A900A及SMART24A兩種儀器的測站，其校正信號大小的設定並不一致。A900A絕大部分設定為~1000gal，但有少數測站，其校正信號，設定為500或2000gal。SMART24A絕大部分設定為~200gal，也有部分測站設定為60gal，為免誤判，建議各站應予以統一。第一次檢測時部分A900A之校正信號設定 >2000gal，致使輸出波形失真，此現象廠商已予以改善並於爾後兩次檢測時未再出現。
3. 檢視各測站的儀器校正信號，不正常的儀器數量已較上年度大幅降低，第一次日常維護的結果，僅餘墾丁氣象站(KAU091, SEB)、惠農國小(SGL)、賽嘉國小(SSD)、潮州國小(KAU035)等站的校正信號不正常。第三次日常維護後，SEB、TTN012二站仍有疑慮，需再進一步檢測及確認。圖六為TTN012於七及十月兩次的校驗信號。
4. 圖七為和平測站(EHP)，SMART24A型強震儀記錄的地震資料，不同時間的地震記錄，其功率譜密度圖於45Hz~50Hz間都顯示有異常的能量分佈，經勘查其來源應為附近水泥廠的機械振動。
5. 第一次例行儀器檢測時發現屏東長樂國小站(KAU041)之站房鑰匙被破壞，抽取式記憶卡遭偷竊，是本區首見之案例，已報請警方處理。測站的安全維護，恐亦是今後須注意與加強之處。
6. 圖八為設於花蓮港務局SMART24A強震儀記錄的地震波信號。其波道一於地震時有明顯直流偏移現象，另西林站(ESL)及秀林國中站(HWA047)等亦有此一現象，應請維護廠商注意檢修。
7. HWA002 豐濱國小測站CV574強震儀，其GPS時間接收器已於2009年颱風吹襲時毀損。該站強震儀因無法校時，每季檢測都有數十秒的時間誤差(2011/10/07為1分33秒)，其時間飄移現象至為明顯，近聞其已有備品在庫，卻因行政程序無法取用更換，建議中心能協助盡快處理。
8. 花蓮TWD測站(HWA023)，除裝設有SMART24A強震儀外，另裝設有K2強震儀一台，其波道1~3連接內部之加速度計，波道4~6則外接至R1旋轉式地震儀。2010/07之後，R1已因故障送回原廠檢修。本年再因充電器及電池故障，K2已無法繼續運作，整組儀器已於2011/10拆除。
9. 地震儀定向是地震儀安裝時非常重要的工作，早期多半使用指北針找出磁北，再由地圖上查找該地區的磁偏角，然後將地震儀中某一水平分量定向於正北。此一方法易受安裝處所磁環境的影響，而產生相當大的誤差。最近幾年精密地震儀的定向，

則多藉助於天文、GPS、電子羅盤，甚至於陀螺儀。尤其是電子羅盤和陀螺儀，量測時不受天候及遮蔽物影響，且可就近於儀器旁直接量測，是野外工作人員最易於應用的工具。地球所最近致力於旋轉量之量測，光纖陀螺儀亦是其使用的感測裝置之一，由於選用之光纖陀螺儀其雜訊水準已低於地球自轉速度，也可將其應用於真北之尋找，初步的測試結果顯示其定向的準確度可小於0.4度(林欽仁等，2011)。2011年9月起，我們已開始在台灣寬頻網的測站，比較太陽尋北與陀螺儀尋北的結果，並檢測各測站地震儀定向的誤差情形。結果顯示有些測站的誤差十分明顯，須重新安裝調整其方向。

## 六、誌謝

本計畫由中央氣象局提供經費(編號 MOTC-CWB100-E-01)，地震中心林昭儀、許文偉等先生鼎力協助計畫之進行，特此誌謝。

## 七、參考資料

Refraction Technology (2008). 130-01 System Startup manual.

Teledyne Geotech (1993). Accelerator III/A900 Operation and Maintenance Manual.

Tokyo Sokushin (2002). PC Card Strong-motion Accelerograph CV-574C/575C Operation Manual.

Teledyne Geotech (2005). SMART-24A Operation and Maintenance Manual.

林欽仁、劉忠智 (2011), 光纖陀螺尋北儀的研究，中華民國地球物理學會與中華民國地質學會100年年會及學術研討會，2011/05台北。

表一、2010年11月21日20時31分花蓮規模6.1地震近震央測站之PGA值

站 碼	站 名	儀器序號	日 期	時 間	PGA_Z	PGA_N	PGA_E
HWA043	新社磯崎分校	1516	2010/11/21	12:31:00	59.5	175.0	147.6
HWA001	水璉國中	394	2010/11/21	12:31:34	49.1	149.4	108.5
HWA044	新社國小	423	2010/11/21	12:31:38	33.6	119.3	120.3
TTN031	三間國小	304	2010/11/21	12:31:38	26.3	114.0	62.6
HWA005	花蓮糖廠	531	2010/11/21	12:31:36	43.6	104.7	108.5
TRB038	光復車站	34	2010/11/21	12:31:36	44.7	85.2	65.5
HWA033	太巴壠國小	1331	2010/11/21	12:31:00	32.6	74.1	61.1
HWA059	壽豐國小	1544	2010/11/21	12:31:00	44.4	68.5	78.7
HWA051	月眉國小	117	2010/11/21	12:31:35	43.6	66.4	79.7
HWA032	長橋國小	414	2010/11/21	12:31:37	37.3	65.1	64.1
HWA037	春日國小	430	2010/11/21	12:31:37	30.0	64.5	59.7
HWA020	西林(ESL)	1494	2010/11/21	12:31:00	28.2	59.3	55.1
TTN043	信義國小	93	2010/11/21	12:31:55	12.0	58.0	49.2
HWA029	光華國小	364	2010/11/21	12:31:32	25.1	52.5	72.0
HWA060	花蓮東管處	1538	2010/11/21	12:31:00	31.9	52.3	69.0
MND025	佳山	575	2010/11/21	12:31:34	40.9	52.1	80.4
TTN002	東河國小	128	2010/11/21	12:31:56	14.9	52.1	42.8
TTN014	成功(CHK)	1246	2010/11/21	12:31:00	19.7	49.8	37.2
MND006	花蓮機場	497	2010/11/21	12:31:22	29.3	48.7	33.0
HWA030	鳳仁南平分校	373	2010/11/21	12:31:34	23	47.9	27.3
HWA003	豐濱鄉衛生所	123	2010/11/21	12:31:42	16.1	46.7	28.4
HWA058	銅門國小	1532	2010/11/21	12:31:00	43.0	45.9	55.9
HWA017	南華國小	134	2010/11/21	12:31:34	34.0	44.2	65.7
HWA019	花蓮(HWA)	192	2010/11/21	12:31:35	12.6	43.5	50.7
HWA035	鳳信國小	390	2010/11/21	12:31:37	36.7	43.0	32.4
HWA015	吉安國小	1337	2010/11/21	12:31:00	35.7	42.9	70.5
TRB042	花蓮車站	25	2010/11/21	12:31:35	18.5	42.1	43.1
HWA048	國福國小	121	2010/11/21	12:31:35	24.9	40.5	66.5
HWA013	忠孝國小	133	2010/11/21	12:31:35	20.1	40.3	45.9
HWA052	溪口國小	129	2010/11/21	12:31:35	29.2	40.3	37.5



表二、2011年2月7日13時52分花蓮規模4.6地震近震央測站之PGA值

站 碼	站 名	儀器序號	日 期	時 間	PGA_Z	PGA_N	PGA_E
HWA057	太管處(ETL)	1320	2011/02/07	05:54:00	156.7	272.4	106.1
HWA046	富世國小	574	2011/02/07	05:54:44	144.8	211.1	189.7
MND006	花蓮機場	497	2011/02/07	05:53:19	118.3	181.9	105.9
HWA061	北埔	124	2011/02/07	05:54:46	113.9	145.9	52.2
HWA047	秀林國中	140	2011/02/07	05:54:45	123.7	87.7	92.2
HWA028	嘉里國小	360	2011/02/07	05:54:43	159.3	74.8	55.5
HWA025	崇德國小	361	2011/02/07	05:54:47	51.9	69.0	82.8
HWA026	秀林國小	424	2011/02/07	05:54:34	130.5	68.4	91.7
TRB042	花蓮車站	25	2011/02/07	05:54:46	88.6	68.0	70.6
MND025	佳山基地	575	2011/02/07	05:54:45	32.2	63.9	47.3
HWA011	明廉國小	131	2011/02/07	05:54:47	50.6	59.4	54.0
HWA058	銅門國小	1532	2011/02/07	05:54:00	28.8	46.5	20.1
HWA050	北昌國小	118	2011/02/07	05:54:47	21.2	35.5	38.1
HWA063	花蓮縣消防局	537	2011/02/07	05:54:45	37.9	35.2	54.6
HWA023	花蓮1(TWD)	1488	2011/02/07	05:54:00	46.0	34.4	29.7
HWA008	花蓮商職	122	2011/02/07	05:54:47	21.3	31.6	36.7
HWA013	忠孝國小	133	2011/02/07	05:54:47	16.7	28.7	29.1
HWA009	花師附小	132	2011/02/07	05:54:47	21.8	27.5	32.3
HWA048	國福國小	121	2011/02/07	05:54:46	30.3	26.9	37.4
HWA049	太昌國小	126	2011/02/07	05:54:47	18.4	25.3	26.9
HWA015	吉安國小	1337	2011/02/07	05:54:00	31.4	23.4	25.2
HWA010	明義國小	135	2011/02/07	05:54:48	13.2	21.1	13.8
HWA012	明恥國小	137	2011/02/07	05:54:47	20.4	20.7	23.8
HWA016	稻香國小	127	2011/02/07	05:54:47	38.7	19.9	19.9
HWA019	花蓮(HWA)	192	2011/02/07	05:54:47	11.1	19.9	15.2
HWA019	花蓮(HWA)	1675	2011/02/07	05:54:00	11.5	19.7	15.2
HWA045	和平國小	1309	2011/02/07	05:54:00	10.2	19.6	20.0
HWA029	光華國小	364	2011/02/07	05:54:38	15.6	19.1	21.8
HWA059	壽豐國小	1544	2011/02/07	05:54:00	7.7	19.0	14.0
HWA014	信義國小	136	2011/02/07	05:54:50	13.1	17.5	24.0

表三、2011年3月30日12時22分花蓮規模4.7地震近震央測站之PGA值

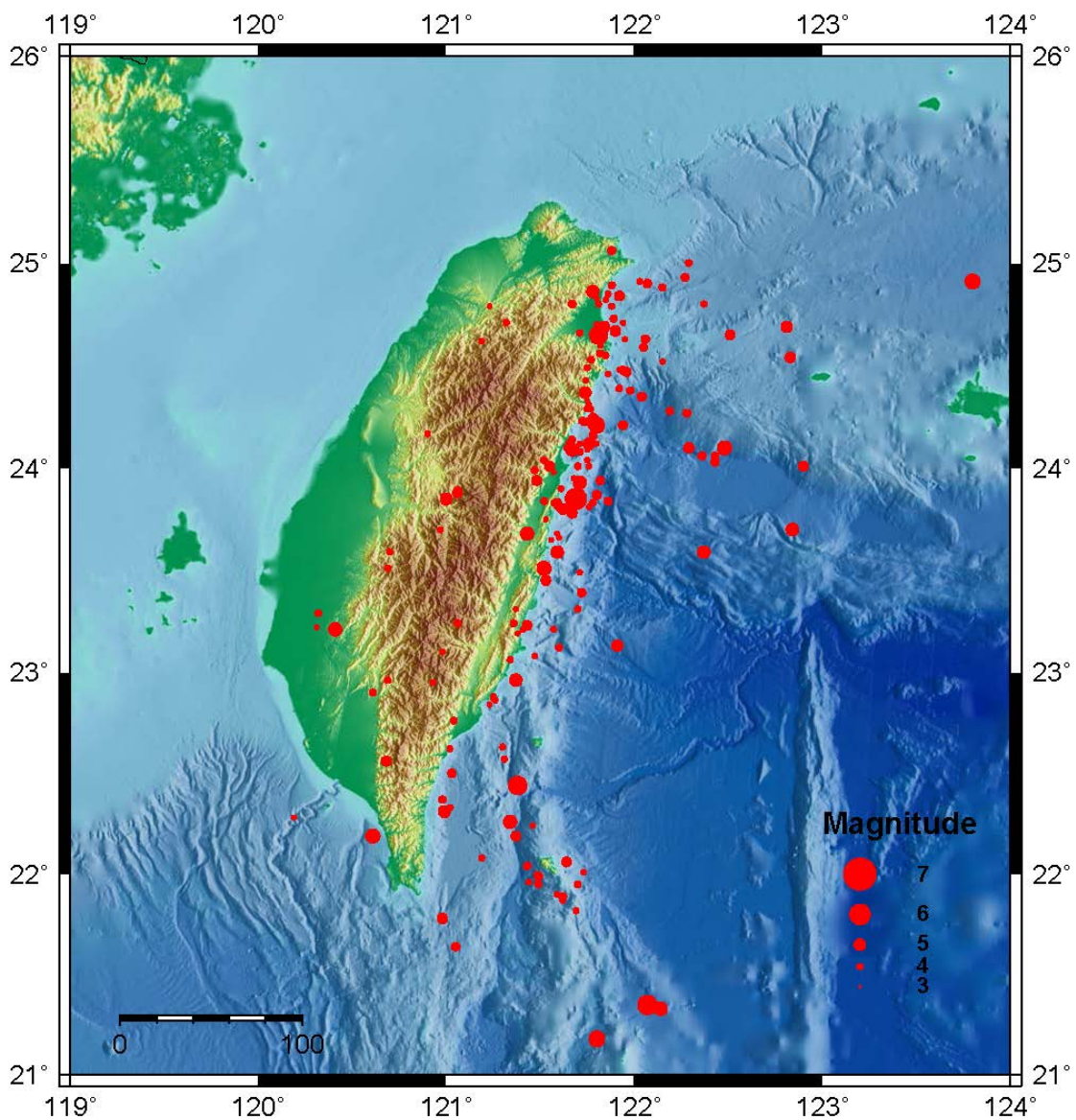
站 碼	站 名	儀器序號	日 期	時 間	PGA_Z	PGA_N	PGA_E
HWA059	壽豐國小	1544	2011/03/30	04:22:00	110.1	203.5	255.0
HWA020	西林	1494	2011/03/30	04:22:00	53.7	146.3	179.1
HWA058	銅門國小	1532	2011/03/30	04:22:00	115.7	151.2	164.4
HWA052	溪口國小	129	2011/03/30	04:22:17	56.9	101.1	130.7
HWA051	月眉國小	117	2011/03/30	04:22:17	79.7	146.3	100.1
HWA030	鳳仁南平分校	373	2011/03/30	04:22:14	44.2	61.2	75.1
HWA015	吉安國小	1337	2011/03/30	04:22:00	45.7	60.0	71.5
HWA018	志學國小	111	2011/03/30	04:22:16	80.1	105.6	70.6
HWA032	長橋國小	414	2011/03/30	04:22:17	36.4	68.1	62.0
HWA017	南華國小	134	2011/03/30	04:22:16	40.5	61.9	58.7
HWA049	太昌國小	126	2011/03/30	04:22:17	30.4	61.9	55.7
TRB038	光復車站	34	2011/03/30	04:22:19	37.9	41.5	52.7
HWA031	中興國小	451	2011/03/30	04:22:15	31.1	72.4	50.7
HWA063	花蓮縣消防局	537	2011/03/30	04:22:16	37.4	59.0	50.2
HWA057	太管處	1320	2011/03/30	04:22:00	40.7	44.3	50.1
HWA035	鳳信國小	390	2011/03/30	04:22:16	32.5	59.5	47.5
HWA005	花蓮糖廠	531	2011/03/30	04:22:18	21.3	41.2	42.6
HWA006	光復國中	130	2011/03/30	04:22:19	27.0	26.3	36.0
HWA011	明廉國小	131	2011/03/30	04:22:17	39.1	32.4	35.2
HWA009	花師附小	132	2011/03/30	04:22:18	35.8	28.5	32.2
HWA001	水璉分部	394	2011/03/30	04:22:17	12.2	38.5	31.9
HWA016	稻香國小	127	2011/03/30	04:22:17	31.8	31.6	31.5
HWA060	花蓮東管處	1538	2011/03/30	04:22:00	18.9	37.7	30.2
HWA048	國福國小	121	2011/03/30	04:22:17	16.5	24.2	29.7
HWA050	北昌國小	118	2011/03/30	04:22:17	22.2	26.0	29.4
HWA029	光華國小	364	2011/03/30	04:22:14	43.8	48.0	27.6
HWA028	嘉里國小	360	2011/03/30	04:22:18	26.8	20.6	27.5
HWA010	明義國小	135	2011/03/30	04:22:19	19.3	33.9	26.0
HWA013	忠孝國小	133	2011/03/30	04:22:17	27.8	30.9	25.1
TRB042	花蓮車站	25	2011/03/30	04:22:21	11.6	14.3	25.1

表四、2011年5月22日9時34分花蓮規模5.0地震近震央測站之PGA值

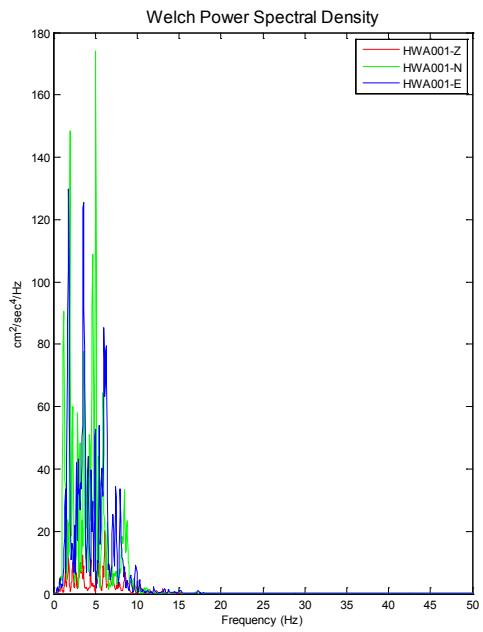
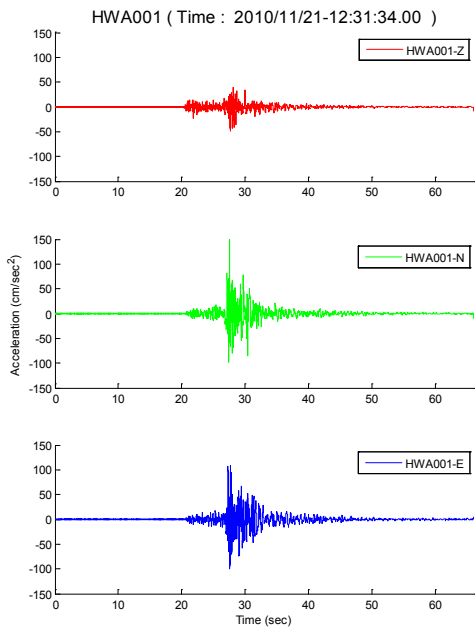
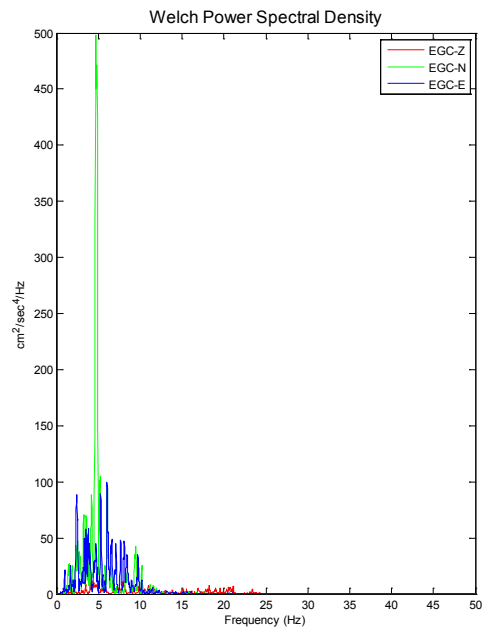
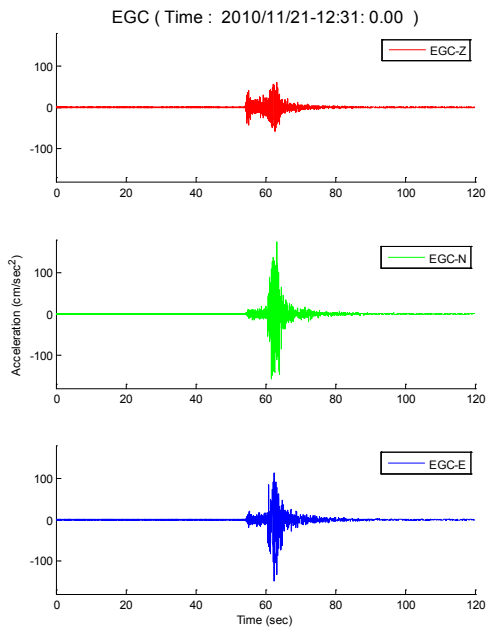
站 碼	站 名	儀器序號	日 期	時 間	PGA_Z	PGA_N	PGA_E
MND006	花蓮機場	497	2011/05/22	01:30:58	40.7	128.7	67.8
HWA057	太管處	1320	2011/05/22	01:33:00	70.2	111.3	73.9
HWA047	秀林國中	140	2011/05/22	01:33:56	46.6	105.1	70.3
HWA046	富世國小	574	2011/05/22	01:33:55	59.3	82.8	54.0
HWA027	佳民國小	402	2011/05/22	01:32:39	26.4	79.4	79.2
HWA064	佳山	575	2011/05/22	01:33:57	28.8	62.3	46.2
HWA028	嘉里國小	360	2011/05/22	01:33:58	19.0	53.8	48.8
TRB042	花蓮車站	25	2011/05/22	01:34:00	11.8	49.7	67.4
HWA061	北埔	124	2011/05/22	01:33:59	16.1	45.6	33.9
HWA025	崇德國小	361	2011/05/22	01:33:57	33.0	44.4	51.6
HWA026	秀林國小	424	2011/05/22	01:33:49	33.6	43.5	45.2
HWA009	花師附小	132	2011/05/22	01:33:59	15.8	40.0	33.2
HWA011	明廉國小	131	2011/05/22	01:34:00	11.8	37.0	39.3
HWA050	北昌國小	118	2011/05/22	01:34:01	18.8	35.4	31.2
HWA012	明聰國小	137	2011/05/22	01:33:58	11.8	34.1	35.5
HWA063	花蓮縣消防局	537	2011/05/22	01:33:59	19.4	33.6	28.0
HWA045	和平國小	1309	2011/05/22	01:33:00	20.5	28.2	21.4
HWA048	國福國小	121	2011/05/22	01:33:58	15.9	27.6	49.3
HWA008	花蓮商職	122	2011/05/22	01:34:01	10.2	25.6	21.2
HWA056	合流	330	2011/05/22	01:33:57	13.5	24.0	18.6
HWA062	花蓮港務局	1675	2011/05/22	01:34:00	8.1	23.4	17.2
HWA010	明義國小	135	2011/05/22	01:34:03	8.9	22.7	20.3
HWA058	銅門國小	1532	2011/05/22	01:33:00	12.1	21.6	14.2
HWA014	信義國小	136	2011/05/22	01:34:02	10.5	20.6	33.3
HWA019	花蓮	1499	2011/05/22	01:33:00	8.1	19.5	22.5
HWA019	花蓮(CV574)	192	2011/05/22	01:34:00	7.4	19.3	23.2
HWA013	忠孝國小	133	2011/05/22	01:34:02	8.9	19.2	30.7
HWA059	壽豐國小	1544	2011/05/22	01:34:00	6.7	19.2	15.5
HWA016	稻香國小	127	2011/05/22	01:34:03	14.8	18.6	15.1
HWA049	太昌國小	126	2011/05/22	01:34:02	12.7	18.1	30.8

表五、2011年10月花、東、屏地區自由場強震儀配置情形

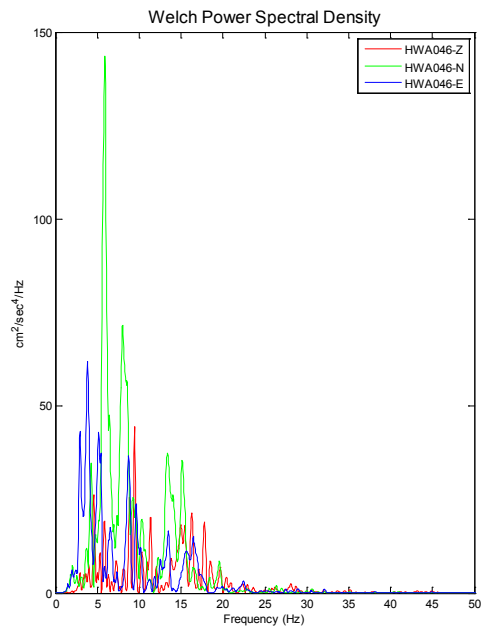
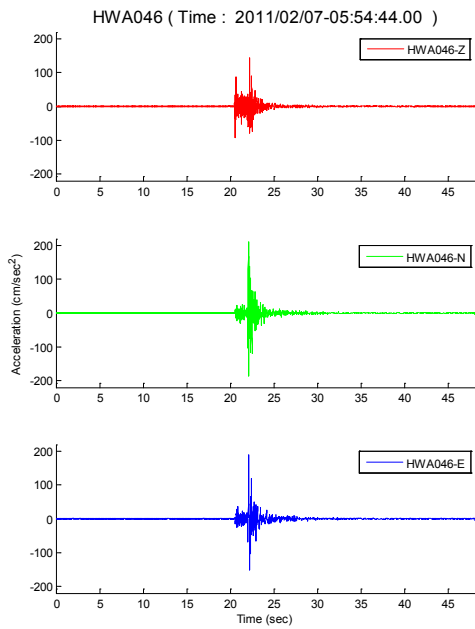
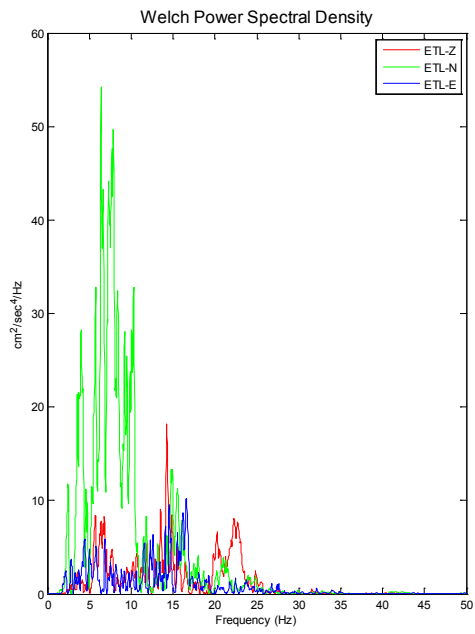
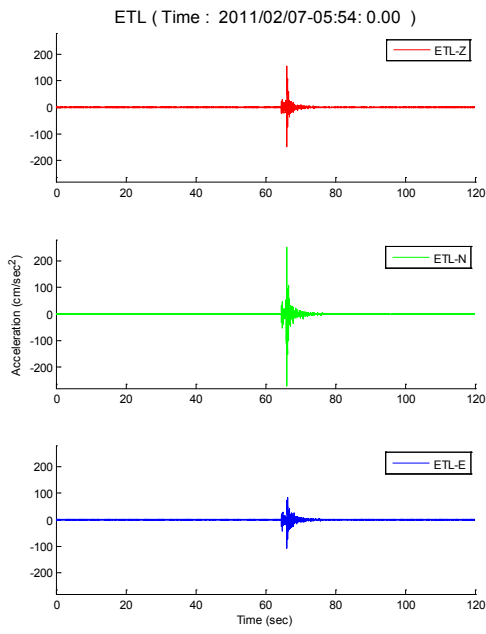
儀器	K2&RT130	A900	A900A	CV574	SMART24	GPS	Alarm
花蓮縣	3	0	26	30	14	51	10
屏東縣	0	0	26	4	19	29	7
台東縣	0	10	20	16	11	37	9
合計	3	10	72	50	44	117	26



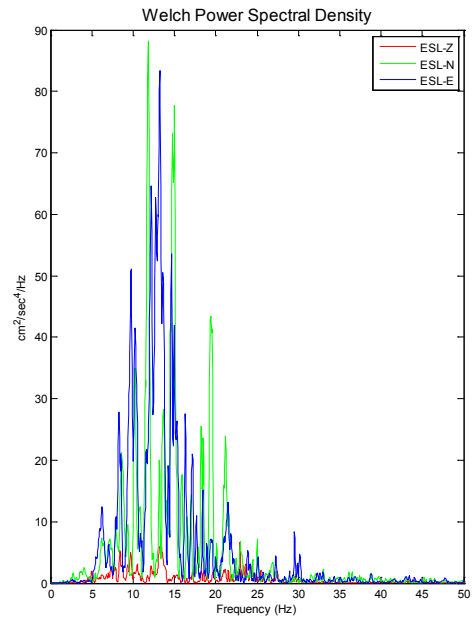
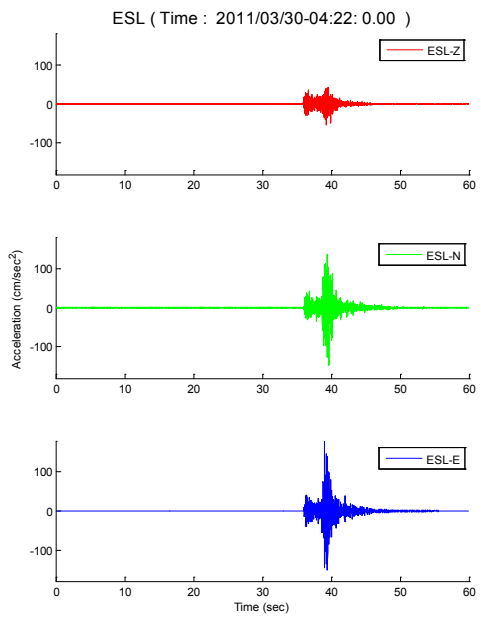
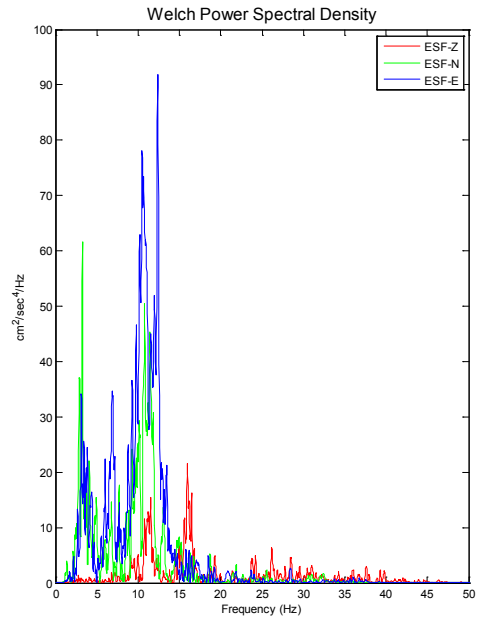
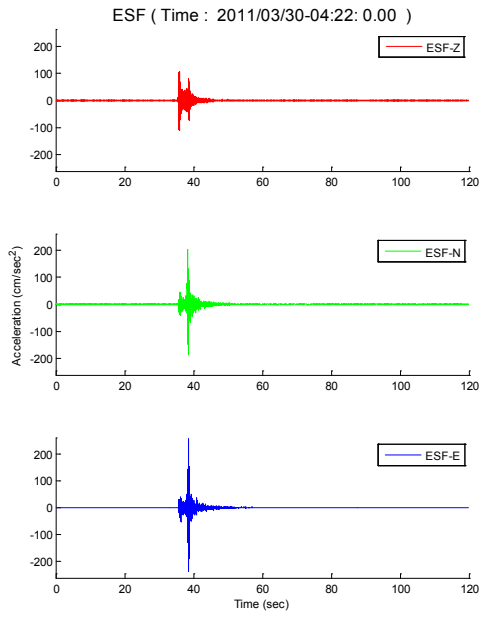
圖一、2010/10~2011/09 臺灣地區有感地震震央分佈圖



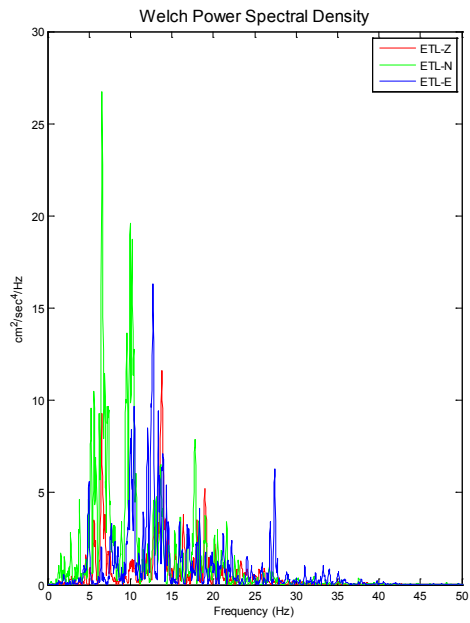
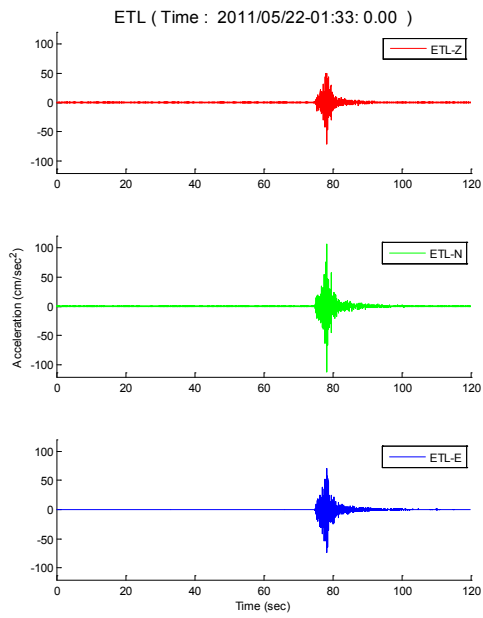
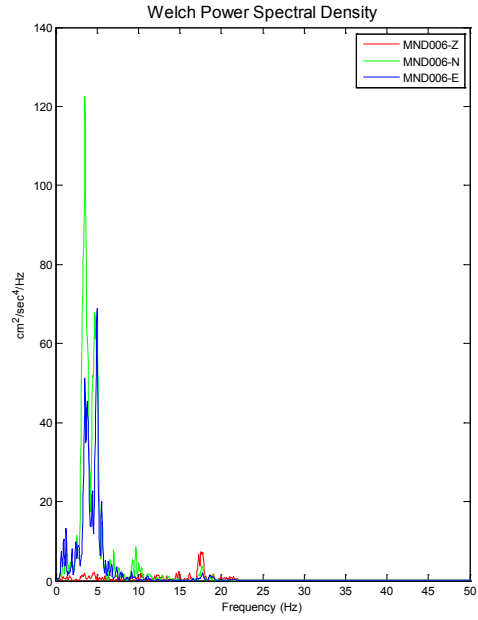
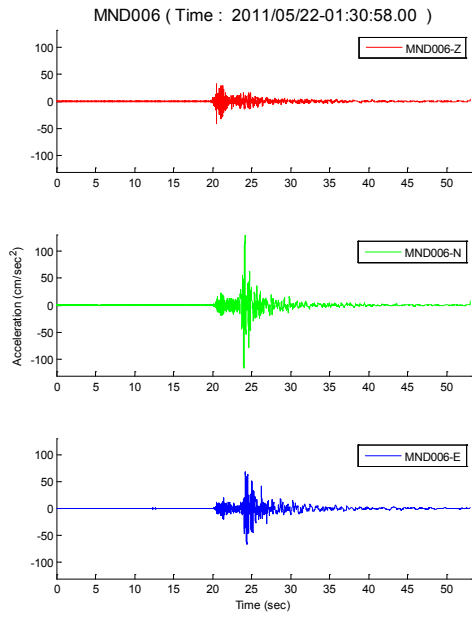
圖二、2010/11/21 日 20 時 31 分，花蓮規模 6.1 地震，新社磯崎分校(HWA043, EGC)及水璉國中(HWA001)的地震資料



圖三、2011/02/07 日 13 時 55 分, 花蓮規模 4.6 地震, 太管處(HWA057, ETL)及富世國小(HWA046)的地震資料

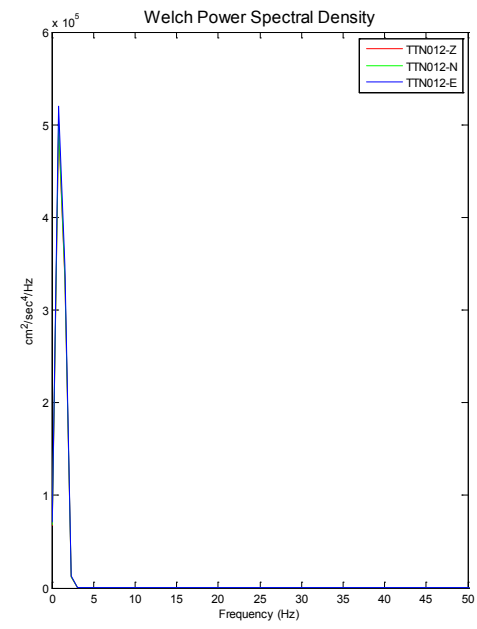
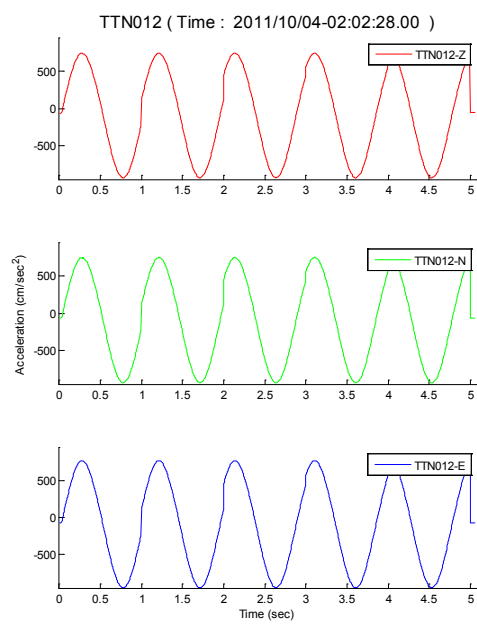
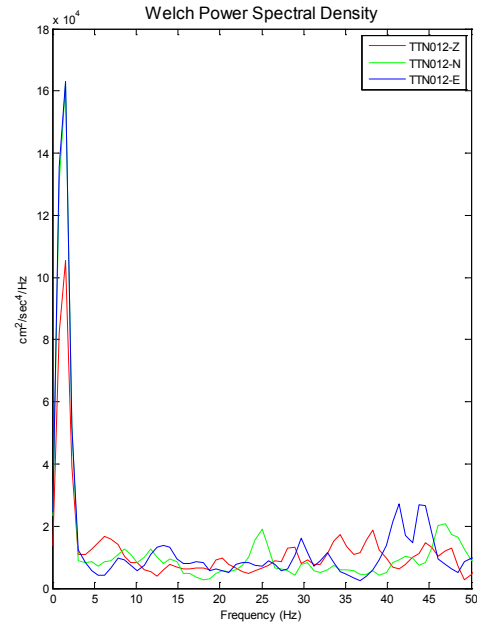
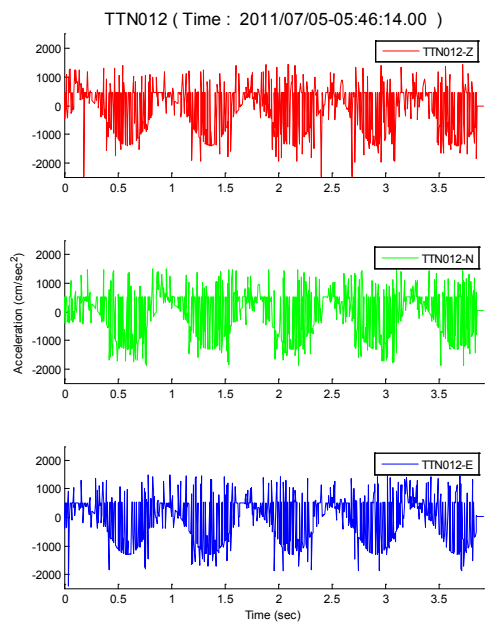


圖四、2011/03/30 日 12 時 22 分，花蓮規模 4.7 地震，壽豐國小 (HWA059, ESF)及西林(HWA020, ESL)的地震資料

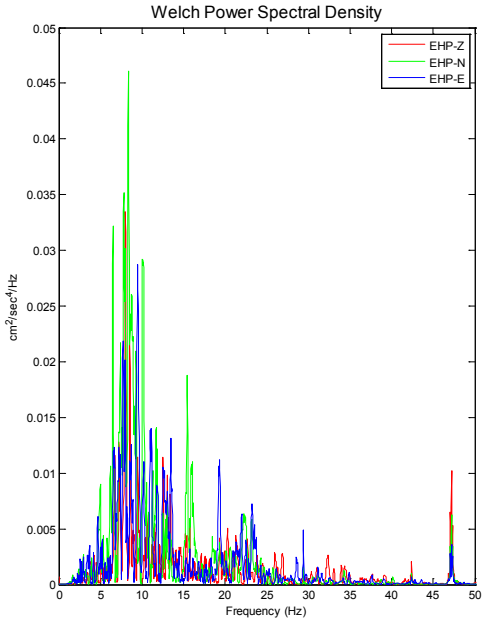
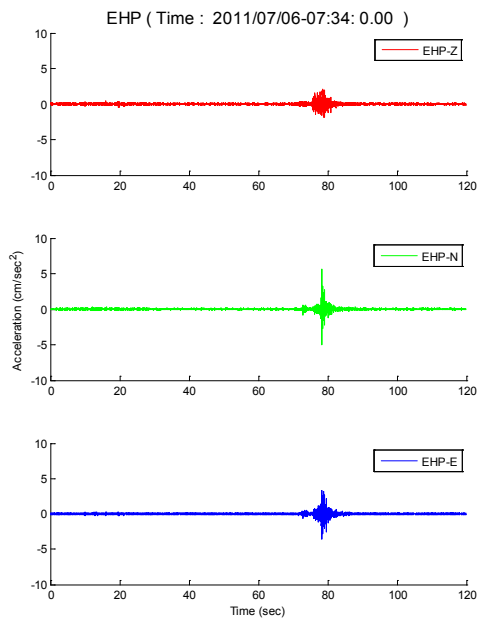
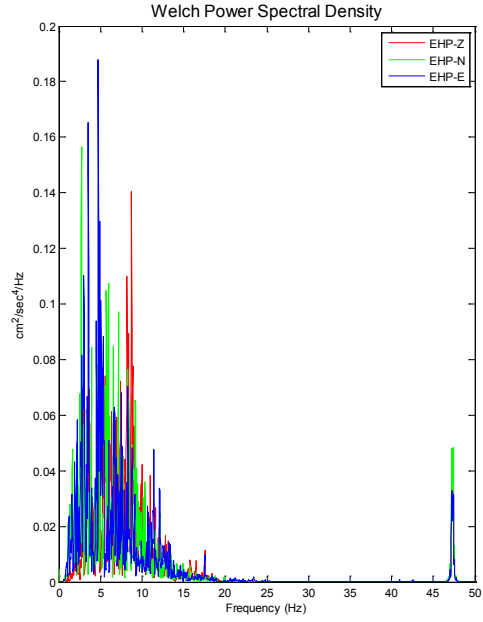
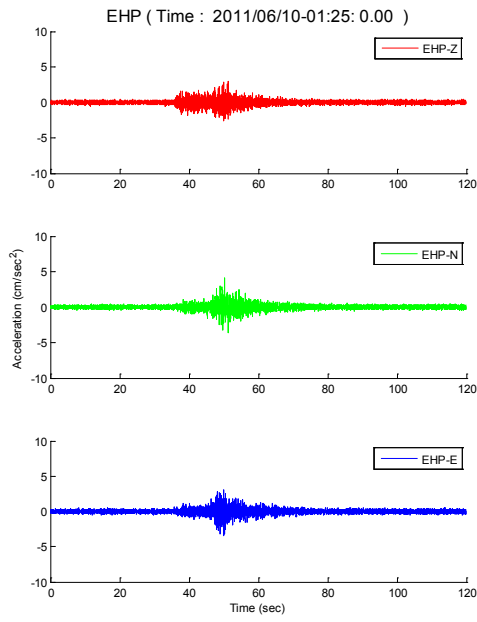


圖五、2011/05/22 日 9 時 34 分, 花蓮規模 5.0 地震, 花蓮機場 (MND006)及太管處(HWA057, ETL)的地震資料

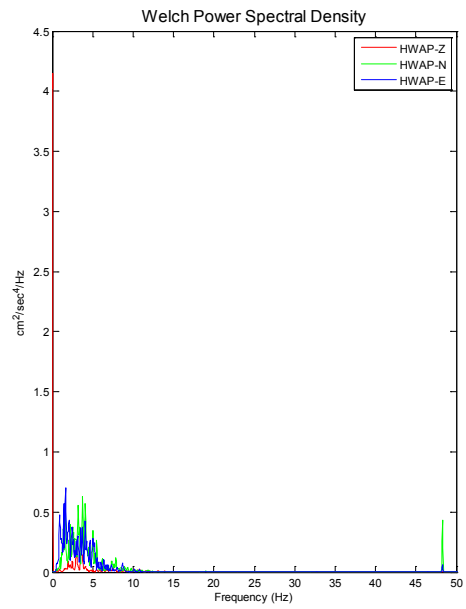
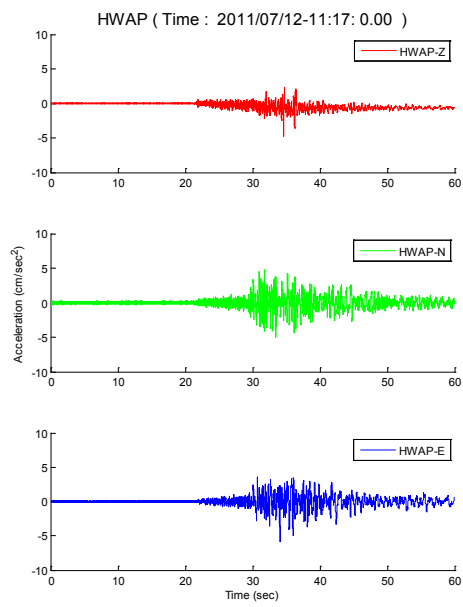
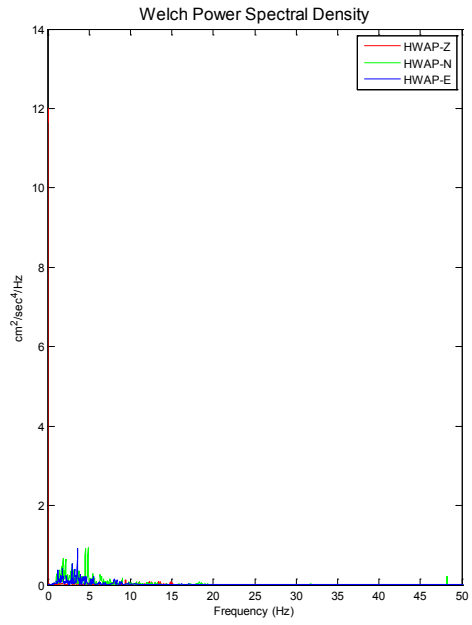
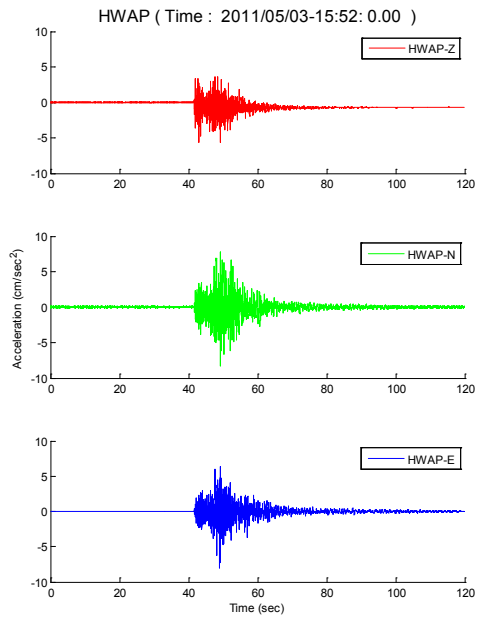




圖六、TTN012 測站 A900A 強震儀 2011/07 及 2011/10 的校驗信號



圖七、花蓮和平國小(EHP)測站的地震記錄



圖八、花蓮港務局(HWAP)SMART24A 的地震記錄

# 台灣西南地區自由場強震網資料收集及分析

## Southwestern Taiwan Strong Motion Instrument Program Field System Data Acquisition and Analysis

主管單位：交通部中央氣象局  
陳朝輝 高雁祥  
Chen, Chau-Huei Kao, Yen-Hsiang  
國立中正大學地震研究所

### 摘要

中央氣象局之台灣強地動觀測計劃(TSMIP) 至 2011 年 12 月，於台灣西南部地區自由場，共設 189 座強地動觀測站，其中安裝 A-900 強震儀 3 站、A-900A 強震儀 67 站、CV-574C 強震儀 18 站、CV-575C 強震儀 34 站、SMART-24 強震儀 66 站及陣列 1 站。觀測站之布設，以均勻分布於此地區為原則，雲林縣 32 站、嘉義縣 37 站、嘉義市 8 站、澎湖縣 3 站、台南市 57 站及高雄市 52 站，本年度依三次的例行資料收集和儀器檢測來維持各觀測站運作。

關鍵詞：強地動、自由場

### Abstract

The Central Weather Bureau has set up 189 free-field accelerograph stations in southwestern area on Taiwan strong motion instrumentation program (TSMIP) until December 2011. The seismic instruments include three A-900 accelerographs, 66 A-900A accelerographs, 18 CV-574C accelerographs, 34 CV-575C accelerographs, 66 SMART-24 accelerographs and one raid acclerographs. An even distribution for the instrument deployment in this area is considered. There are 32 stations in Yun-Lin county, 37 stations in Chia-Yi county, eight stations in Chia-Yi city, three stations in Peng-Hu county, 57 stations in Tainan city and 52 stations in Kaohsiung city. To maintain the accelerographs in a normal operation, three times of the routine data collection and instrument examination were scheduled in this year for all of stations.

**Keywords** : strong motion 、 free-field

## 一、測站概況

本年度台灣西南地區總計設有 189 座自由場強地動觀測站，包含雲嘉南高雄澎湖等縣市內裝設自由場強震站(圖 1)，行成西南地區強震網，測站主要分為四類別，CHY 代表位於雲嘉南澎湖地區，KAU 代表高雄地區，MND 與 TRB 是因應九二一地震後，由各單位申請加設之強地動觀測站，各類別的站碼分別以阿拉伯數字為測站編號。裝設強震儀之機型有 A-900、A-900A、CV-574C、CV-575C、SMART-24 及陣列。每部強震儀包含三座軸式加速度感震器，隨時記錄觸發值大於 4 gals 之地動加速度。強震儀之加速度感震器的溢滿值均為  $\pm 2g$ 。激發強震儀記錄的方式為 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，並截取達觸發值之前 20 秒和之後 15 秒之垂直、南北、和東西三方向地動加速度為一記錄檔案，直到振幅降至標準以下時才會停止激發記錄。地動被轉換成類比電壓訊號後，通過 50Hz 低通的巴特伍茲(Butterworth)濾波器，再以數據化資料儲存至電池所後援的記憶體內，其中 A-900/A-900A 強震儀為 16 位元記憶體容量較小 6MB，CV-574C /575C 與 SMART-24 強震儀都已經提升到 24 位元及高容量(64MB、128MB 或者可依需求安裝更大的記憶卡)。地動記錄之取樣時間距，A-900、A-900A、CV-574C、CV-575C 與 SMART-24 強震儀均為每秒 200 點。大部分觀測站安裝有全球定位系統(GPS)，可隨時接收衛星發出來的訊號來做時間校正與定位，但有些觀測站雖然有安裝 GPS，由於接收衛星訊號不佳而無法進行校時與定位，在時間上仍需以人工方式來校正時間。台灣西南部地區強地動觀測站之分布示於圖四，三角形為測站位置(紅色三角形為即時觀測站)。測站以均勻分布為原則外，斗六市、嘉義市、新營市、臺南市和高雄市分別有較密集之測站。本年度 11 月底於草嶺 GPS 站新增強震站(A900A)，該站已正常運作中。在每次例行資料的收集及檢測，若測站有異常，隨即報修來維持各觀測站運作。

## 二、資料收集和整理

強震站資料固定每四個月收集一次，由收集人員至各強地動觀測站，以筆記型電腦與地震儀連線後，讀取地震儀內記憶體儲存之強地動記錄資料，再將強地動記錄資料儲存至筆記型電腦，於每次巡迴完成後，將地震資料彙整後送至地震中心。2011 年度三次之例行性強地動資料收集，第一次巡迴於 2 月至 3 月中，第二次巡迴於 6 月至 7 月初，第三次巡迴於 10 月至 11 月初分別完成。資料收集的主要工作項目有儀器校時、資料傳收及簡易維護。A-900 與 A-900A 型強震儀以傳輸線方式下載檔案。CV-574C 與 CV-575C 強震儀為讀卡方式下載地動記錄檔案。SMART-24 則以 USB 連接 D-DRIVER 下載檔案。至各個觀測站的資料收錄工作，包括檢測日期、收錄地動的檔案數目、儀器時間的誤差和校時狀況...等。時間校正以國際時間為標準，”+”代表儀器時間比標準時間快，”-”代表比標準時間慢。每次收回的地動記錄，同時實施資料處理。而儀器異常連續觸發或者是測站週邊施工，是造成非地震波資料過多與記憶體溢滿的主因。

### 三、儀器檢測

每次例行強地動記錄收集之同時，亦實施站址維護及儀器檢測，A-900 與 A-900A 以 Teledyne Geotech 使用手冊(1993,1994)，CV-574C 與 CV-575C 以東源科技工程有限公司 TS Terminal Pwave32 軟體操作手冊(2001)，SMART-24 以 Geotech Instruments,LLS (2004)使用者手冊之內容為實施要則。主要工作有站房環境維護、儀器參數檢視與設定、儀器測試、故障排除及報修。例如測站附近有工程施工、積水等現象，則登錄其狀況；停電、短路、參數異常、記憶體溢滿、電池更換等問題，則立即排除；保險絲燒斷、校準波形或補償效應異常、檔案過大、自動啟動故障等因素，則反應報修。在每次資料收集時，電源問題多為造成強震儀停擺原因之一。除了電源問題外，常見的問題有：波形異常、GPS 訊號不好或者故障無法校時、儀器和電腦無法連線。

### 四、初步資料分析

檢視西南部地的 SMART24 強震儀所收錄到的強地動記錄，發現許多 SMART24 強震儀觀測站的強地動資料皆有方形波(圖 4)的情形，有些觀測站在 3 次巡迴中所收錄的強地動資料皆有方形波的記錄，有幾站則是收錄到滿大次數的方形波(表 3)。檢視 CV 強震儀所收錄到的強地動記錄，幾站有波形異常的情形，CHY025(饒平國小)、CHY132(內甕國小)、MND018，皆有收錄到類似的異常波形(圖 5)，且收錄到強地動記錄幾乎都是異常波形(圖 5)。檢視 A900 系列強震儀所收錄到的強地動記錄，嘉義縣消防局(CHY120)站的強地動記錄 CH3 有異常的波形，且收錄到強地動記錄幾乎都是異常波形(圖 6)。九曲國小(KAU067)站異常的波形(圖 7)。

### 五、檢討與建議

重溪國小(CHY053)位於路邊易受車輛經過會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。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。有關收錄異常波形之 SMART24 測站，應再與廠商共同詳細檢視發生原因及改進措施。

## 參考文獻

1. 東源科技工程有限公司(2001). TS Terminal Pwave32 軟體操作手冊。
2. Geotech Instruments, LLS (2004) . SMART-24 User's Manual, V2.
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. Ou, G.-B. (2008). Seismological Studies for Tensile Faults, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.* **19**, 463-471.
5. 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.
6. Teledyne Geotech (1993). Accelocorder III/A-900 Operation and Maintenance Manual.
7. Teledyne Geotech (1994). Accelocorder III/A-900A Operation and Maintenance Manual.

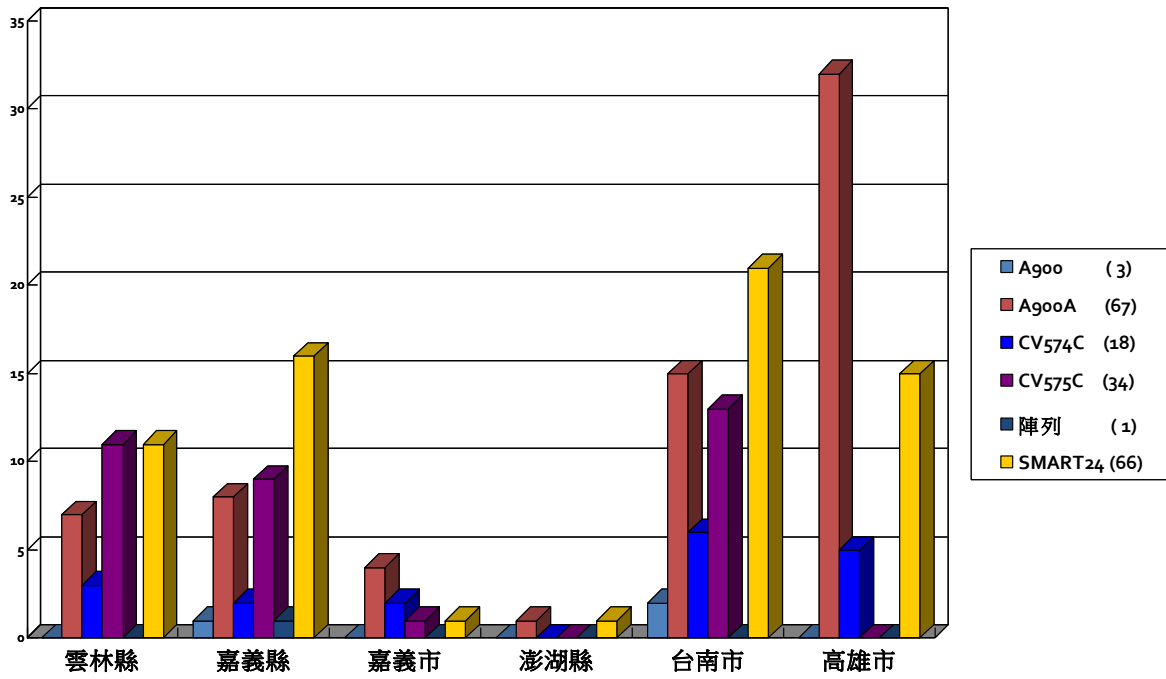


圖 1、西南部地區各類型儀器佔有比例

表 1、本年度強震儀運作情況統計表

次別 運作情形	2011-1st	2011-2nd	2011-3rd
正常運作數	168	167	170
異常運作數	6	8	6
不運作數	11	10	12
小計	185	185	188



表 2、本年度強震儀異常運作之狀況統計表

次別 狀況	2011-1st	2011-2nd	2011-3rd
儀器撤離	1	0	0
儀器故障無法連線	3	6	5
記憶體滿	3	1	2
持續Trigger	0	2	0
Offset值異常	0	2	1
Calibration波形異常	0	3	3
電源問題	10	4	7

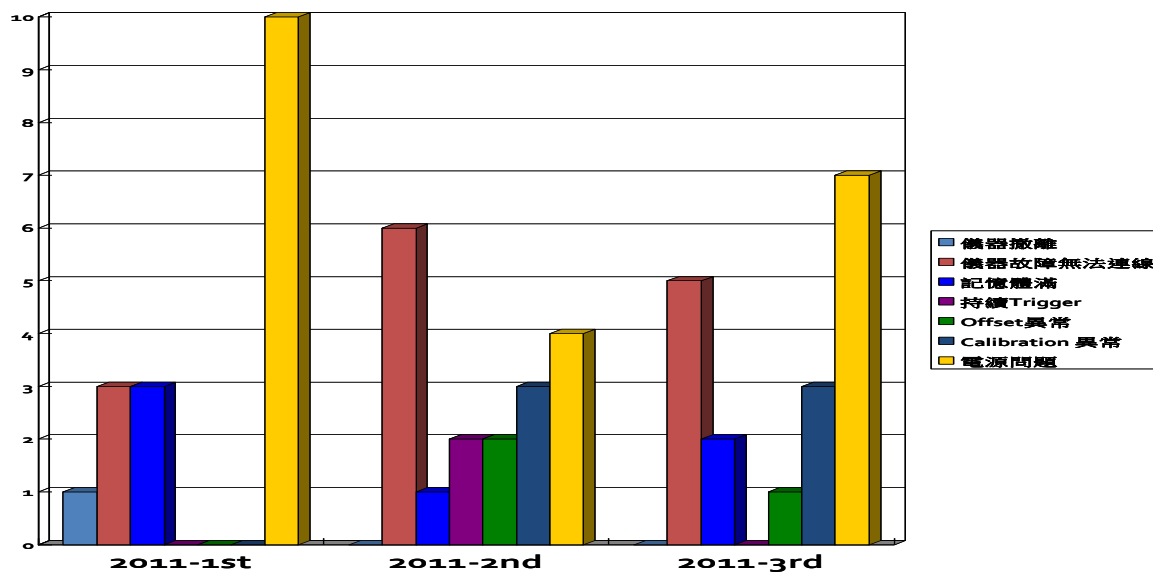


圖 2、本年度強震儀異常運作之狀況統計圖

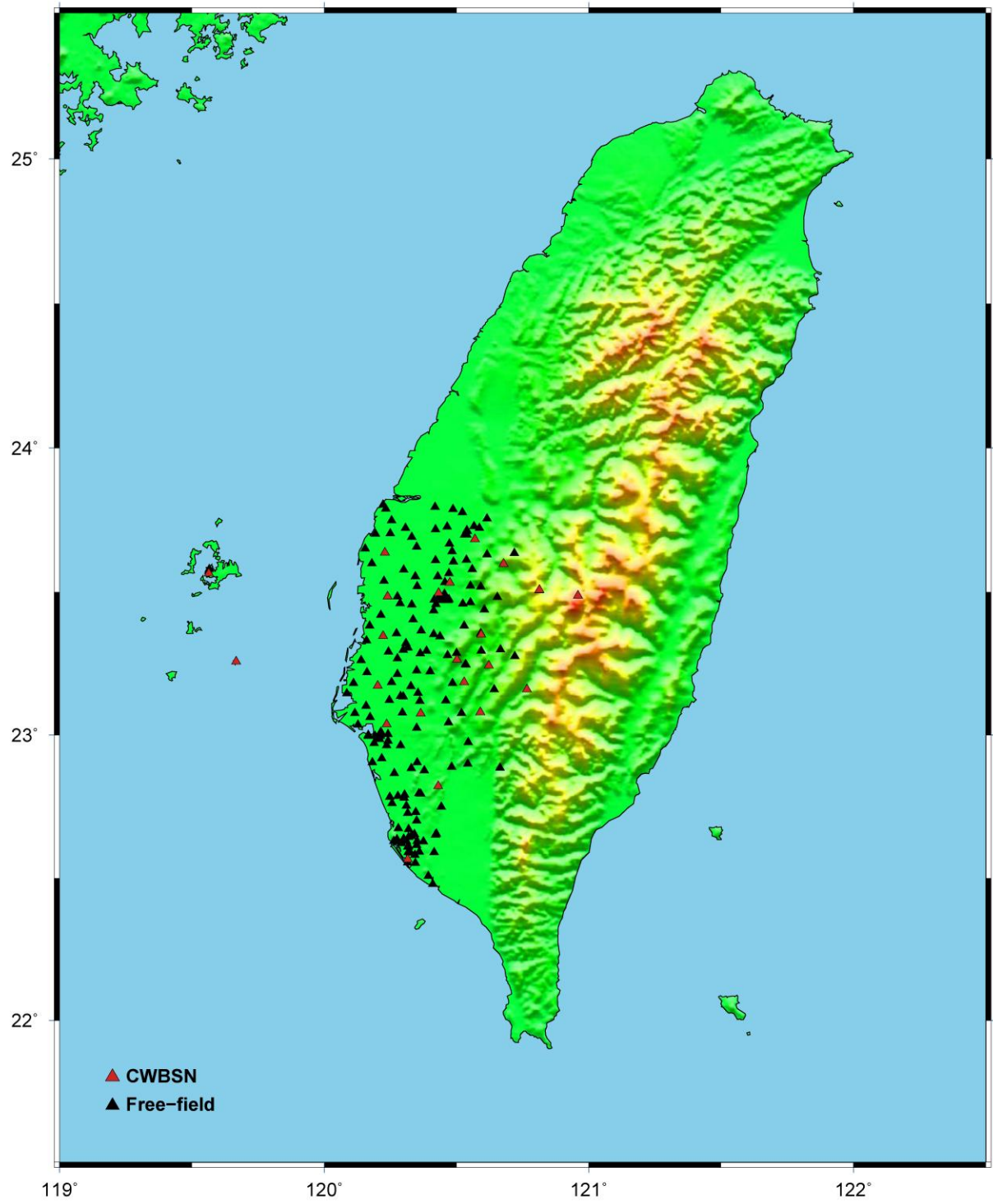


圖 3、台灣西南地區強地動觀測站之分布。

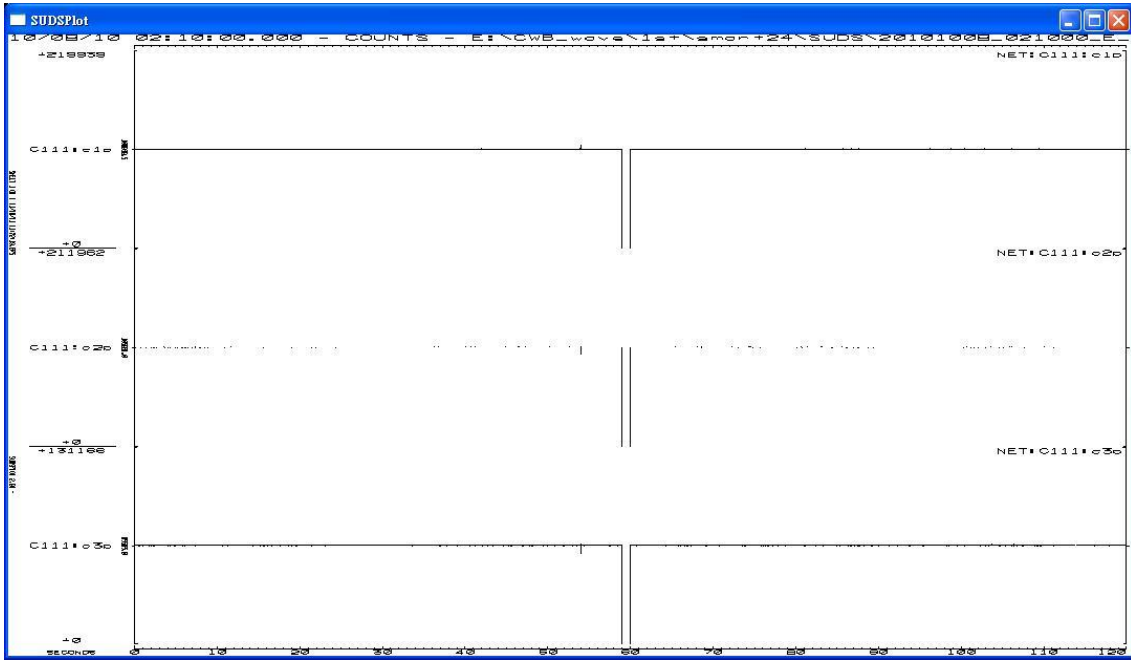


圖 4、Smart24 方形波截圖

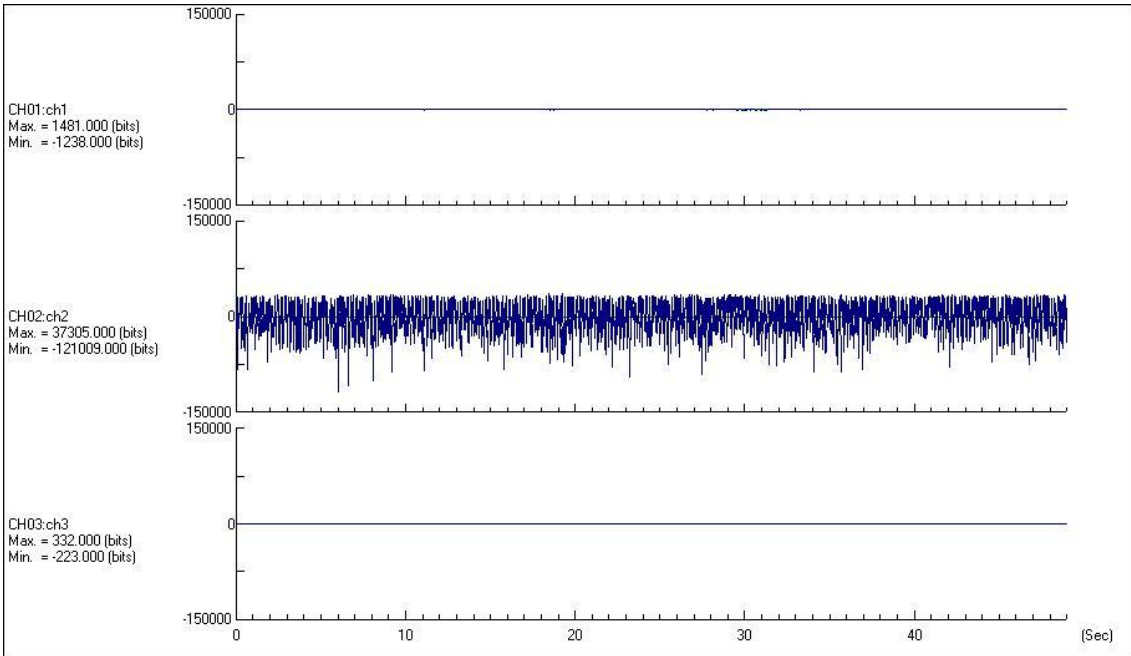


圖 5、CV 系列異常波形

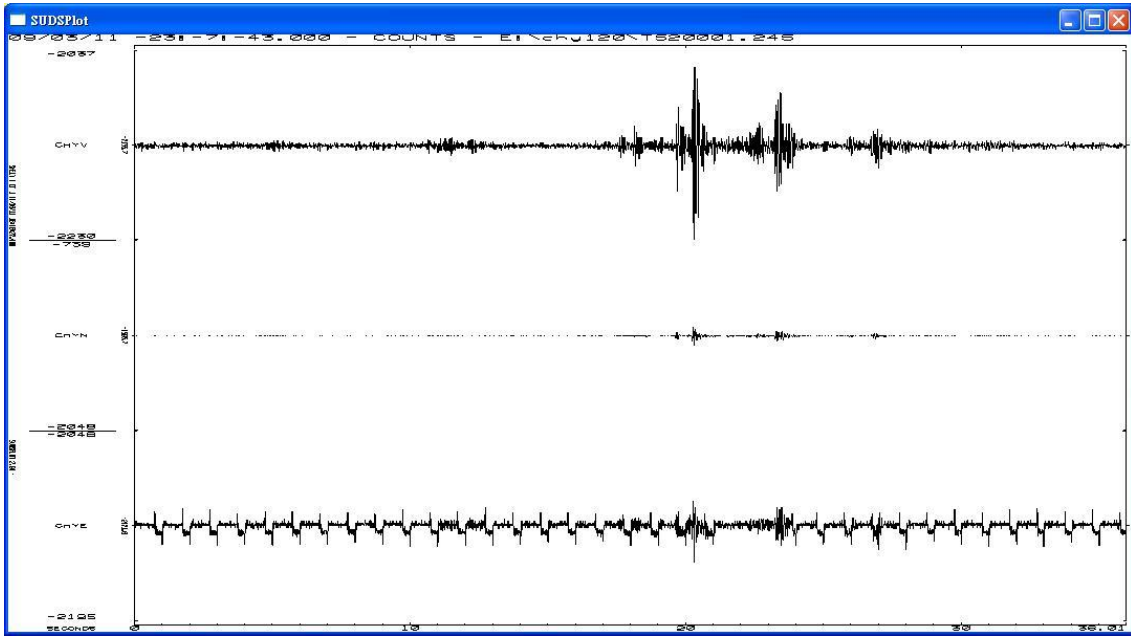


圖 6、嘉義縣消防局(CHY120)異常波形

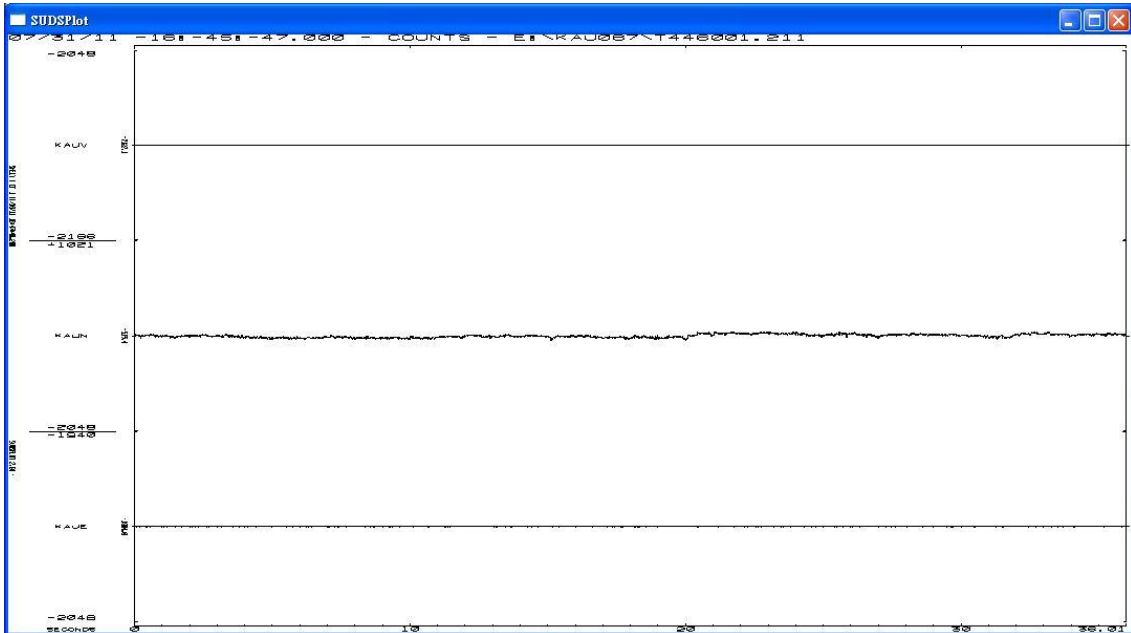


圖 7、九曲國小(KAU067)異常波形

表 3、SMART24 強震儀各站方波情形統計表(1/2)

站碼	中文站名	1st	2nd	3rd	備註
CHY001	安南國小			1	
CHY003	公誠國小				
CHY006	梅山國小	2	1	3	
CHY008	雙溪國小	23	36	26	
CHY010	民和國小	1		8	
CHY011	培英國小		1	1	
CHY012	新塭國小	20	21	10	
CHY014	大埔國小				
CHY015	白河國小				
CHY018	湖東國小	1	1	2	
CHY021	新市國小	71	42	34	
CHY022	南化國小	5	12	21	
CHY023	歸南國小				
CHY034	竹崎國小		2		
CHY052	青山李園分校		1	2	
CHY059	後港國小頂山分校	4	5	1	
CHY066	大甲國小				
CHY067	協進國小		2		
CHY073	嘉義氣象站				CHY
CHY074	阿里山氣象站				ALS
CHY075	澎湖氣象站				PNG
CHY076	四湖國小				
CHY077	子龍國小				SCL
CHY078	永康氣象站				TAI1
CHY079	楠西				CHN1
CHY080	草嶺-青山坪				WSF
CHY081	東山-仙公廟				TWL
CHY083	石榴國小	15	14	6	
CHY085	台南氣象站	107	181	92	TAI
CHY086	永興後山				CHN4
CHY087	澧水國小				
CHY089	豐德油庫			1	CHN3
CHY093	三崙國小	32	10	45	

表 3、SMART24 強震儀各站方波情形統計表(2/2)

站碼	中文站名	1st	2nd	3rd	備註
CHY095	太保國小	2	1		
CHY097	延平國中	8	13	6	
CHY099	善化國小	1			SSH
CHY100	六甲國小		3	13	
CHY101	東和國小				WGK
CHY102	大埔國小坪林分校				WTP
CHY103	鎮南國小	2		10	
CHY104	僑真國小	1			
CHY108	麻豆國小	1		6	
CHY109	曾文水庫霸頂	1	1		
CHY111	豐安國小	3	14	4	
CHY115	七股氣象雷達站	121		8	SCK
CHY117	麥寮六輕	16	19	44	
CHY118	楠西國中				
CHY123	更寮國小				CHN7
CHY124	東吉島氣象站				WDG
CHY133	中油民雄油庫				CHN2
CHY134	義竹國小埤前分校				CHN8
KAU003	中山大學	2	1	4	
KAU007	鎮北國小			2	
KAU012	崇德國小	5	5	4	
KAU014	仁武國小	1	1		
KAU015	大華國小			2	
KAU020	美濃國小	22			
KAU021	佛光山(福慧家園)	2			
KAU045	高雄氣象站				KAU
KAU047	甲仙國中			1	SGS
KAU050	桃源國小				STY
KAU053	旗山中寮				TWM1
KAU054	民生國小		2	1	
KAU058	高雄應用科技大學	2	7	13	
KAU060	文藻外語學院		13	9	
KAU092	高雄港務局			1	KAUP