

自由場強震網資料收集及分析－北部地區

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

吳健富 吳建文

Wu, Chien-Fu Wu, Chien-Wen

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145部自由場強震儀，宜蘭地區則有78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(2007年)的第一次檢測共蒐集369比地震記錄資料，第二次和第三次檢測分別各蒐集299和552比地震記錄資料。2006年12月26日發生在屏東外海的兩次地震(M_w 6.8 and 6.9)是本年度台灣地區最為顯著的地震，此兩次地震在台北盆地及蘭陽平原的低頻震波放大主要是表面波所造成，低頻表面波可能在盆地/山區邊緣產生後傳入沉積盆地，造成強烈振動。

關鍵詞：台北、宜蘭、儀器檢測、地震資料、屏東外海地震

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 145 free-field strong motion stations in the Taipei area and 78 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 369, 299, and 552 waveforms were recorded and collected in the three field works, respectively, during this year. The 26 December 2006, Pingtung offshore earthquakes (M_w 6.8 and 6.9) are the remarkable events. Amplification of low-frequency seismic waves in the Taipei basin and Lanyang plain from both two earthquakes is mainly caused by the surface waves. Low-frequency surface waves may be produced at the edge of the mountain/basin interface and then enter the sedimentary basin, resulting in strong ground shaking.

Keywords : Taipei、Ilan、instrument examination、data collection、Pingtung offshore earthquakes

一、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223部自由場強震儀，大台北地區設有145部強震觀測站（圖一），而宜蘭地區則設有78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、IDSA和Smart24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。

二、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96年2月、96年6月及96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(2007年)三次例行檢測共蒐集18166比檔案資料，其中的1220比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。第一次例行檢測共蒐集369比地震記錄，第二次例行檢測共蒐集299比地震記錄，第三次例行檢測共蒐集552比地震記錄，各測站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。圖三和圖四分別顯示大台北地區和宜蘭地區各觀測站的地震記錄次數統計分析，每一個圓圈表示以5次地震記錄為間距，例如，2個圓圈表示該測站共蒐集6至10次地震記錄，3個圓圈表示該測站共蒐集11至15次地震記錄，依此類推。大台北地區和宜蘭地區除了少數測站的儀器故障外，各觀測站幾乎都記錄到不少高品質的地震記錄，值得一提的是位於圖四中右下角的金洋國小(ILA050)、永樂國小(ILA060)、南澳國中(ILA062)和武塔國小(ILA066)在本年度各蒐集了超過25比地震

記錄，尤其金洋國小(ILA050) 共蒐集了超過 100 比地震記錄，此測站地震記錄比較多的主要原因是該測站的地震記錄品質相當好，而且又容易記錄到地震資料，中央氣象局在該測站裝設了 3 部 A900A 的強震儀，因此，每發生一次地震該測站最多就會有 3 比地震記錄。

三、初步資料分析

2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 26 分在屏東外海發生規模 M_w 6.8 地震(圖五)，震央位於東經 120.5553 度、北緯 21.6873 度，震源深度 44.1 公里。緊接著在 8 時 34 分又發生規模 M_w 6.9 地震，震央位於東經 120.4196 度、北緯 21.9698 度，震源深度 50.2 公里。此兩次地震是本年度台灣地區最為顯著的地震，造成屏東地區 2 人死亡，高雄和屏東地區 42 人受傷，恆春地區 3 民宅倒塌，許多的民宅龜裂和圍牆倒塌，北部地區並沒有任何損傷。本文對於此兩次地震在台北盆地及蘭陽平原所蒐集的強地動記錄做進一步分析。

圖五顯示 2006 年 12 月 26 日屏東外海地震震央分佈圖和震源機制解，此兩次地震的發震時間僅相差約 8 分鐘，而其震央相距約 35 公里。根據中央氣象局的強地動資料，屏東外海地震之震度以屏東恆春地區 5 級最大，台北和宜蘭地區則為 2 級。另外根據中央氣象局的寬頻地震網的地震資料，前後兩次地震的震源機制解分別為正斷層和平移斷層。

圖六顯示台北地區成功國小(TAP003)和信義國小(TAP022)所蒐集的 2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 26 分的地震記錄及其頻譜分析，其中成功國小(TAP003)位於台北盆地的西北側，而信義國小(TAP022)則位於台北盆地的東南側(圖五)。台北盆地的沉積層厚度由東南側逐漸向西北側增厚，最厚約達 700 公尺。比較圖六中兩個測站的地震記錄及其頻譜分析，很明顯的看出位於沉積層厚度較薄的信義國小(TAP022)以高頻(>1.0 Hz)為主，而位於沉積層厚度較厚的成功國小(TAP003)則顯著出現低頻的訊號。相當一致性的，2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 34 分的地震記錄及其頻譜分析(圖七)，也有相同的現象。

圖八顯示宜蘭地區武塔國小(ILA056)和碧候國小(ILA064)所蒐集的 2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 26 分的地震記錄及其頻譜分析，其中武塔國小(ILA056)位於蘭陽平原的東北側，而碧候國小(ILA064)則位於蘭陽平原以南約 15 公里處(圖五)。蘭陽平原的沉積層厚度大致上由西南側逐漸向東北側增厚。比較圖八中兩個測站的地震記錄及其頻譜分析，很明顯的看出位於蘭陽平原以南約 15 公里處的碧候國小(ILA064)以高頻(>1.8 Hz)為主，而位於沉積層厚度較厚的武塔國小(ILA056)則顯著出現低頻的訊號。非常一致性的，2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 34 分的地震記錄及其頻譜分析(圖九)，也呈現出相同的現象。

屏東外海地震的震央距離蘭陽平原大約 360 公里，當地震波尚未進入蘭陽平原之前(碧候國小 ILA064)主要以高頻(>1.8 Hz)為主，而地震波傳達進入蘭陽平原後，低頻訊號顯著的增強。圖十顯示武塔國小(ILA056)所蒐集的 2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 26 分的加速度地震記錄，及其積分所得的速度和位移的地震記錄，由地震記錄

可以很明顯的看出低頻的訊號主要出現在 S 波之後，因此，這些低頻訊號最可能是表面波，然而，不論由加速度、速度或者位移的地震記錄，很難由肉眼辨認出表面波。

圖十一顯示地震記錄經由濾波(0.3~0.5 Hz)後的位移記錄和其質點運動 (particle motion)，從地震記錄第 60 秒到 105 秒大約每 10 秒畫出垂直向 (vertical component) 和徑向 (radial component) 的質點運動，五段不同的時間內都呈現出橢圓形的質點運動，此現象和表面波的雷利波 (Rayleigh wave) 之質點運動特性相吻合，因此，我們研判屏東外海地震在台北盆地及蘭陽平原的低頻震波放大主要是表面波所造成，低頻表面波可能在盆地/山區邊緣產生後傳入沉積盆地，造成強烈振動。

四、檢討與建議

本年度中央氣象局在大台北地區和宜蘭地區，陸陸續續更換新型儀器，到目前為止共有 41 個地震觀測站的儀器更新為 Smart24 的強震儀。本年度中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、IDSA、Reftek 和 Smart24 等九種不同種類的儀器共計 223 部，其中以 A900 型 (A900 和 A900A) 的儀器數量共有 85 部佔最多，其次為 CV-574 和 CV-575 的儀器數量共有 45 部。全年度所有儀器 (老舊儀器 IDSA 和 A800 除外) 平均報修率大約為 10%，依據儀器的種類分別列出全年度儀器平均報修率：A800 佔 43.33%，A900 佔 13.83%，A900A 佔 8.87%，CV-57X 佔 10.20%，ENTA 佔 13.77%，IDSA 佔 66.66%，Smart24 則佔 8.70%，其中以 IDSA 的儀器報修率最高，目前僅有的兩部 IDSA 儀器都已經報修，而 A900A 和 Smart24 的儀器報修率最低 (新安裝的 8 部 Reftek 地震儀都正常運轉，未列入參考)。IDSA 和 A800 的儀器已經使用相當長久，儀器數量也已經逐漸減少，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，依據第三次儀器檢測結果，41 部 Smart24 的強震儀只有 3 部儀器報修。然而，Smart24 強震儀的最大問題是很容易受到隨身碟 (USB) 病毒的感染而中毒，導致無法連線至 Smart24 的硬碟，而無法順利取得地震資料。本計畫責任區除了老舊的儀器之外平均報修率低，而各測站的儀器大部份都維持全年正常運轉，其中宜蘭地區的士敏國小 (ILA007) 最為嚴重。而台北地區則以中和國小 (TAP027) 和竹子湖站 (TAP056) 最為嚴重。

本年度各測站的儀器檢測結果分析，造成部分測站運轉不正常的原因主要有：

1. 測站附近施工或是改建，電源線被挖斷，或是關閉電源而未復歸，導致外部電源中斷或故障，(例如：龍山國小)。
2. 內部電池因外部電源不穩定，或是電源供應器一時無法供應大量電源供給電池充電與儀器運作，或是電池本身不良，效率不彰，致使儀器工作不正常 (對於 A900 及 ENTA 已於現場將不良之電池更新)，但是因第三次所申請之電池不夠用，所以有些站未能更換電池，(例如：雙連分校)。

3. 部分站址路況過久失修，每次需要一邊砍草一邊向前行，煩請編列預算維修，(例如牛鬥、蘇澳站、五股站、照安宮)，尤其以牛鬥狀況最糟。
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)需修正，當然也有可能是零件老化現象所導致，(例如：龍潭國小、竹林國小、玉清宮)。

針對站址的改善：

1. 部分站址位置不佳，所收到的雜訊也特別多，例如：樹林變電站、忠勤營區，已在當場回電話給氣象局，商請移至其他站址較佳之處。

2. 部分地區由於裝設在低窪地區，商請氣象局在適當時機，將站址墊高或是移至較高地區，(例如：文林國小、富安國小、玉清宮、三峽國小和大同國小)。

3. 部分站址遭到大、小、紅、黑、火螞蟻入侵，(例如：三峽國小、龍潭國小、照安宮及多處校區內之 FRP)，FRP 門框、儀器下方或是電源供應器下方皆易招蟻群佔據，並已當場作適當處理，部分地區並有拍照。

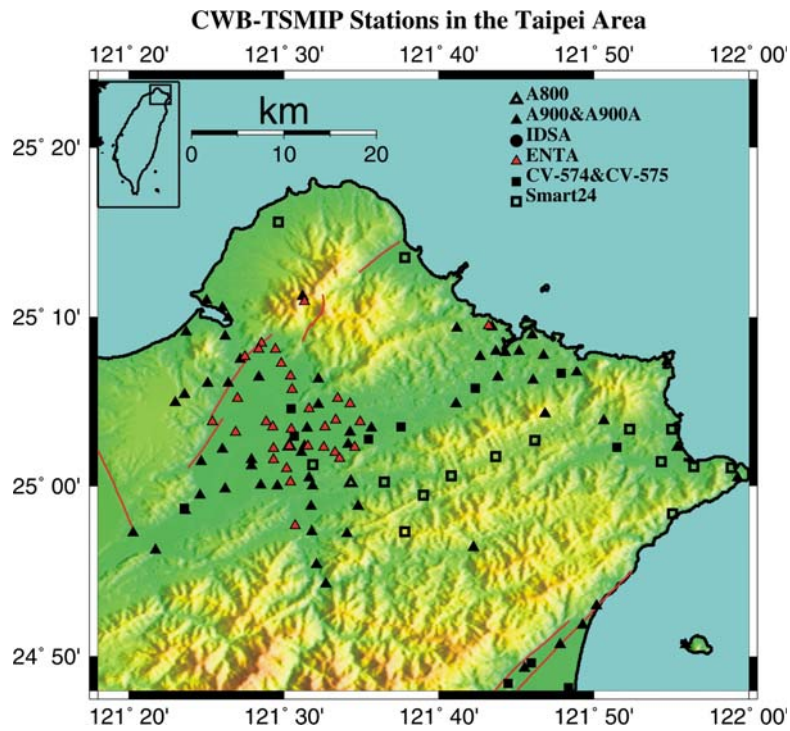
本年度更換的新型儀器主要為 Smart24 的強震儀，該儀器使用至目前為止還算穩定，報修率極低。然而，Smart24 強震儀的最大問題是非常容易受到隨身碟(USB) 病毒的感染而中毒，導致無法連線至 Smart24 的硬碟，進而無法順利取得硬碟中的地震資料，目前維修人員雖然可以解除這個困擾的病毒問題，但是否會有更具破壞力的病毒產生，則不得而知。到目前為止 Smart24 硬碟的地震資料尚未因為病毒感染而遭破壞，但必須考慮以後發展出來的病毒，會破壞 Smart24 儲存於硬碟的地震資料之可能性。使用該儀器時必須要考慮如何防止病毒感染。

五、誌謝

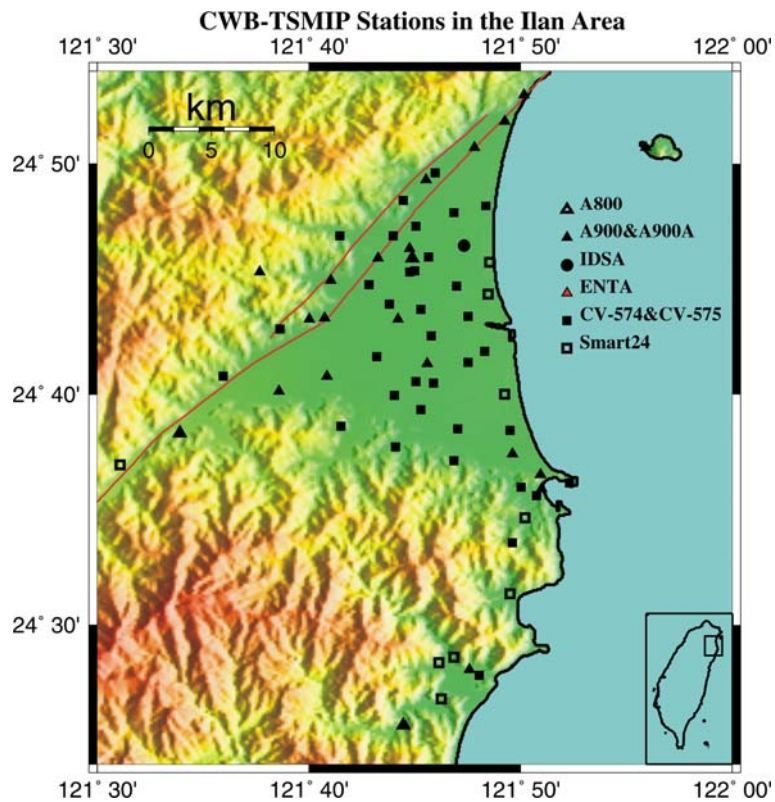
本計畫由中央氣象局提供經費(編號 MOTC-CWB-96-E-01)，地震測報中心吳健復先生鼎力協助計畫之進行，特此誌謝。

參考文獻

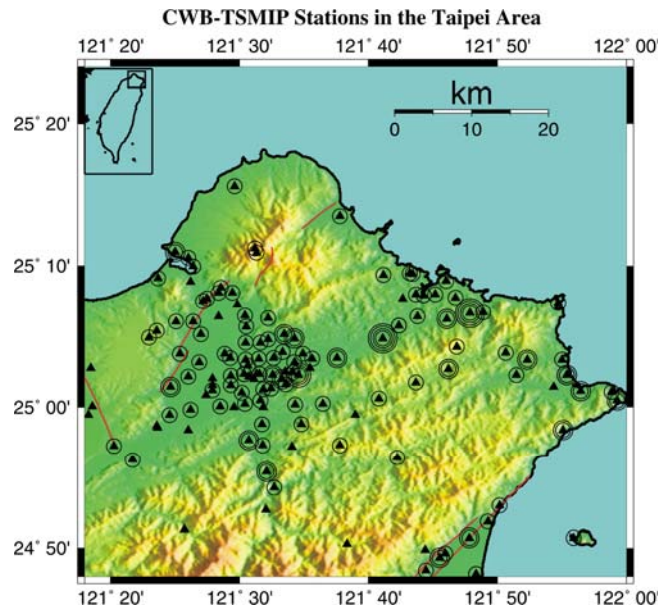
1. Terra Technology Corp. (1992). IDS-3602 Integrated Digital Seismograph.
2. Terra Technology Corp. (1994). IDS-3602A 16 Bit Digital Seismograph.
3. Terra Technology Corp. (1993). Accelerator III/A-900 Operation and Maintenance Manual.
4. Terra Technology Corp. (1994). Accelerator III/A-900A Operation and Maintenance Manual.



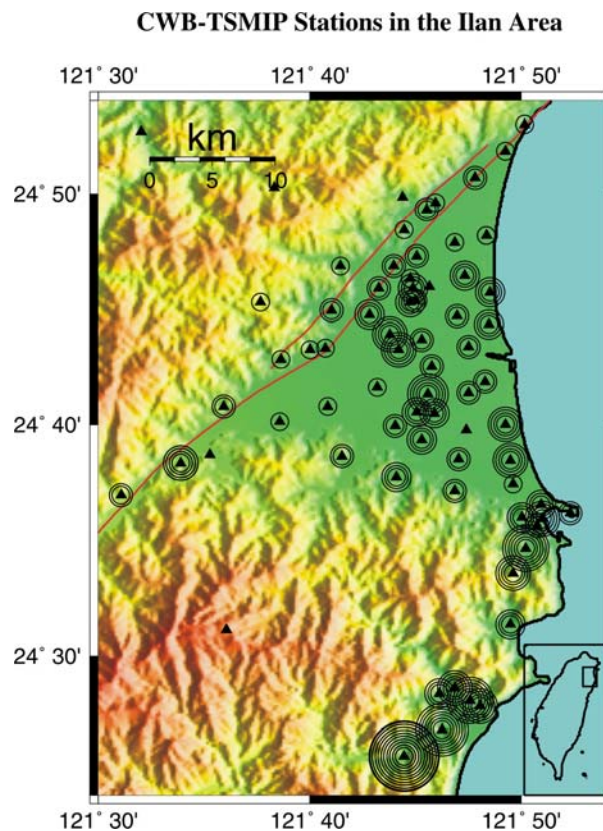
圖一、中央氣象局台北地區強地動觀測站分佈圖，各觀測站的強震儀種類以不同的符號表示。



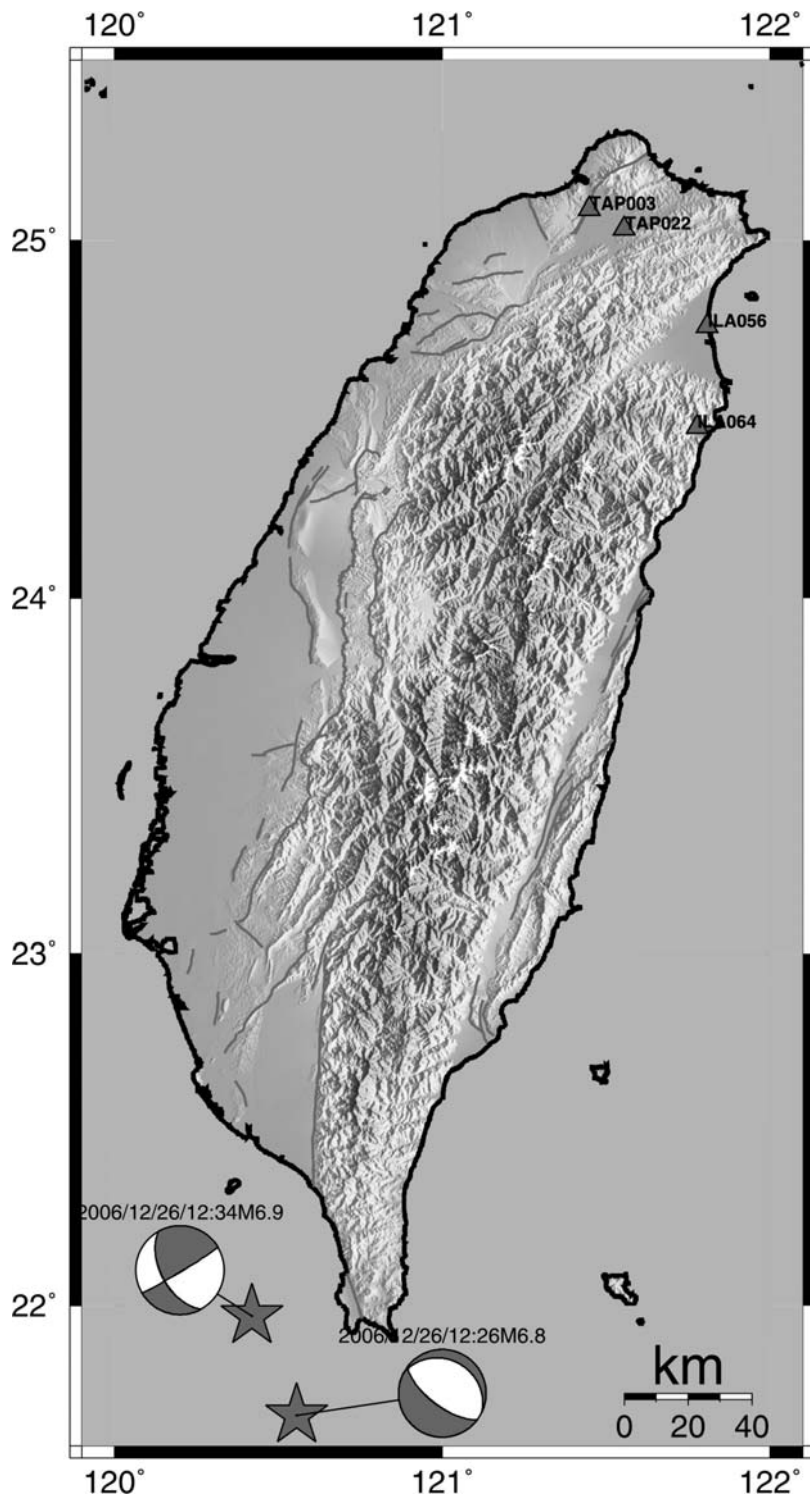
圖二、中央氣象局宜蘭地區強地動觀測站分佈圖，各觀測站的強震儀種類以不同的符號表示。



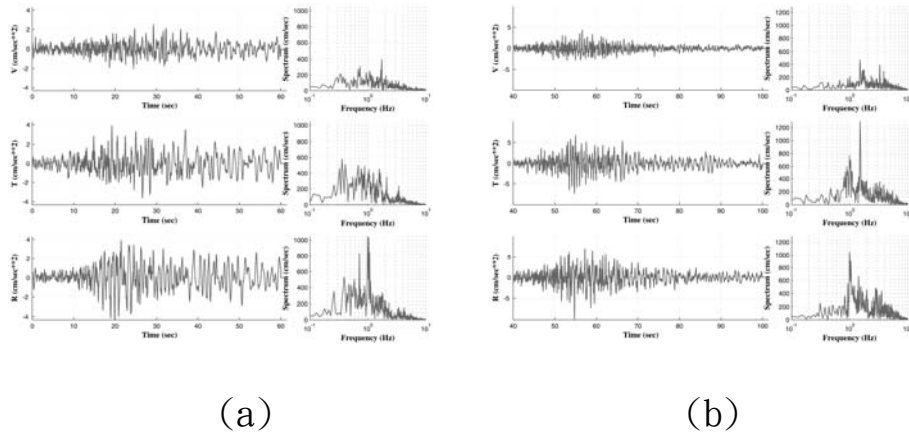
圖三、大台北地區各觀測站的地震記錄次數統計分析，每一個圓圈表示以5次地震記錄為間距，各觀測站的強震儀種類以不同的符號表示。



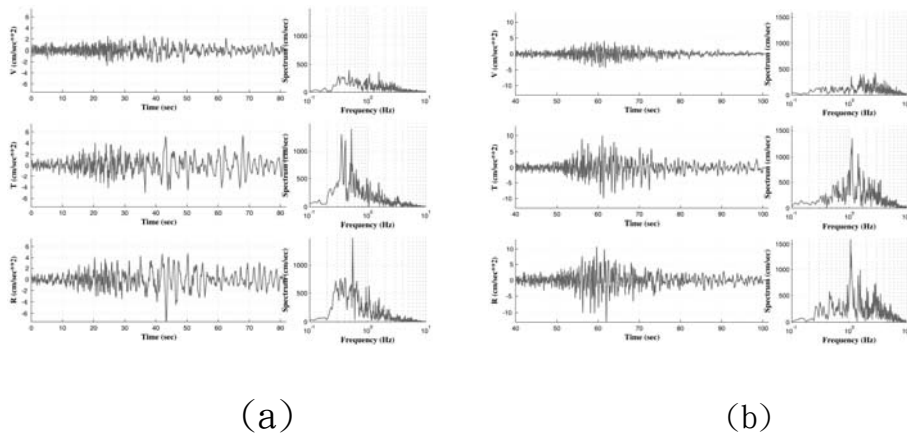
圖四、宜蘭地區各觀測站的地震記錄次數統計分析，每一個圓圈表示以5次地震記錄為間距，各觀測站的強震儀種類以不同的符號表示。



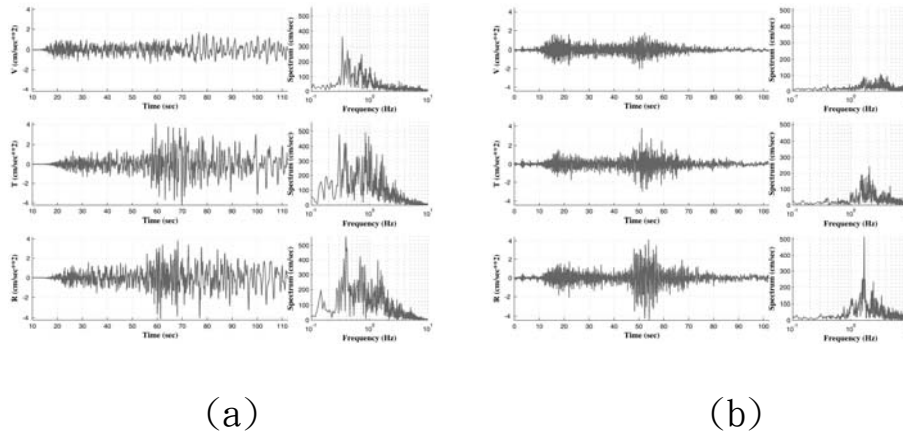
圖五、2006年12月26日屏東外海地震震央分佈圖和震源機制解。



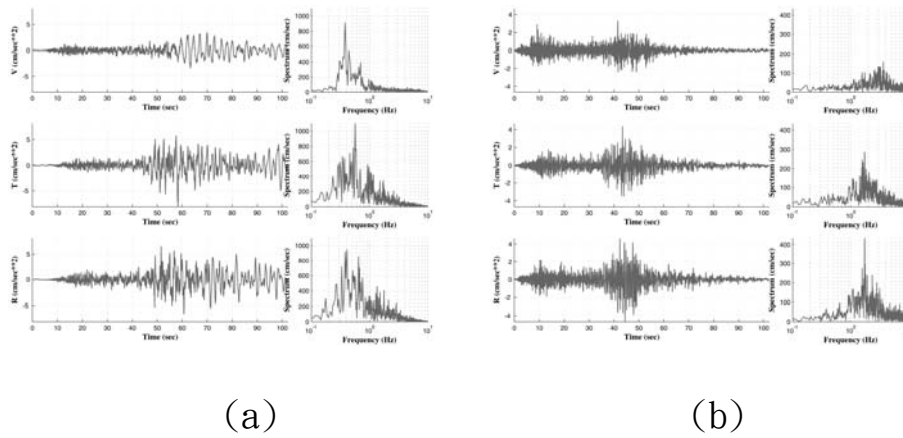
圖六、(a)成功國小(TAP003)和(b)信義國小(TAP022)所蒐集的2006年12月26日晚上8時26分的地震記錄及其頻譜分析。



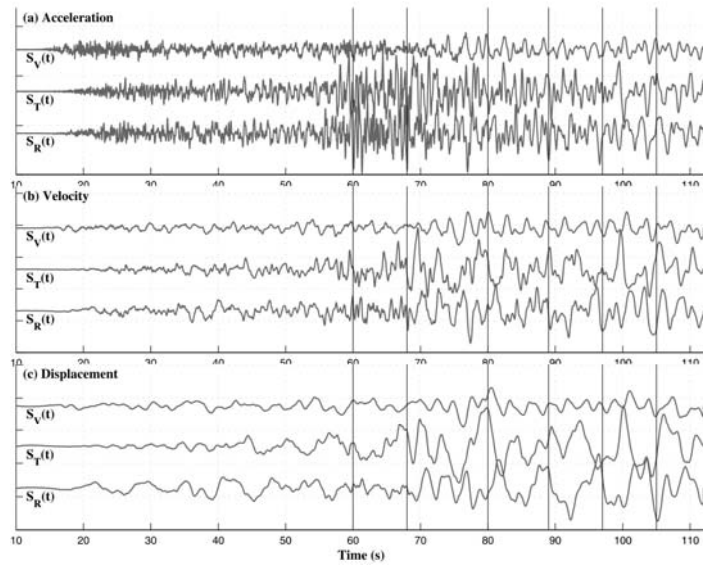
圖七、(a)成功國小(TAP003)和(b)信義國小(TAP022)所蒐集的2006年12月26日晚上8時34分的地震記錄及其頻譜分析。



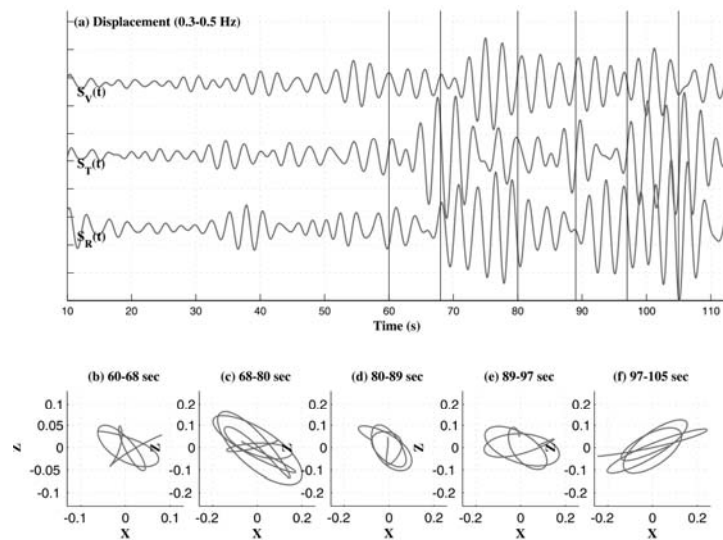
圖八、(a)武塔國小(ILA056)和(b)碧候國小(ILA064)所蒐集的 2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 26 分的地震記錄及其頻譜分析。



圖九、(a)武塔國小(ILA056)和(b)碧候國小(ILA064)所蒐集的 2006 年 12 月 26 日晚上 8 時 34 分的地震記錄及其頻譜分析。



圖十、武塔國小(ILA056)所蒐集的2006年12月26日晚上8時26分的(a)加速度地震記錄，及其積分所得的(b)速度和(c)位移的地震記錄。



圖十一、地震記錄經由濾波(0.3~0.5 Hz)後的位移記錄和其質點運動 (particle motion)，從 60 秒到 105 秒大約每 10 秒畫出垂直向 (vertical component)和徑向(radial component)的質點運動。