

台灣地區103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188站、西南地區191站、北部地區219站、東部地區178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 (188), Southwestern Taiwan (191), Northern Taiwan (219), Eastern Taiwan (178), 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188站、西南地區191站、北部地區219站、東部地區178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Kinematics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。

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

TSMIP 強震網 1992 年開始設立，1993 年 1 月 5 日收到第一筆紀錄，至 2013 年底屆滿 20 年，測站數由最早 500 多站，至今已增至 900 多站。二十年來總共收到 2 萬 2

千多個地震，17 萬 3 千多筆三分量紀錄。利用這二十年資料，可以客觀評估 TSMIP 每一測站的紀錄情形，以進行測站調整，提高未來 TSMIP 強震網的運作品質。

本 TSMIP 測站採用的評估方法分為兩方面：1、紀錄到的地震個數，2、記錄到的 PGA 值大小，方法描述如下：

1、記錄到的地震個數

利用氣象局標準 PGA 衰減公式，計算此 2 萬 2 千多個地震到達每一測站的理論 PGA 值，若理論 PGA 值高於 2 gal，且該測站已設立，則視為該測站應該被激發，如此得到第 x 測站應有的有效地震個數 (AVAIL)： N_x 。統計該 x 測站收到的地震個數 (TRIG)： P_x 。檢查此 N_x 紀錄是否在該激發的名單中 (GOOD)： Q_x 。 $R_x = P_x - Q_x$ 為不該被激發但卻收到紀錄的地震個數 (WEIRD)，代表此測站容易被激發的情形。

2、記錄到的 PGA 值大小

利用氣象局標準 PGA 衰減公式，計算 Q_x 地震中第 q 個地震到達測站 x 的理論 PGA 值，並與觀測到的 PGA 值比較，得放大倍率 (MAG)： $MAG_{qx} = (\text{觀測 PGA}) / (\text{理論 PGA})$ 。就此 Q_x 紀錄做統計，得 x 測站的平均放大倍率 (MAG_x) 及其標準偏差 (DEV)，並將之規一化： $DEV_x = (DEV) / (MAG_x)$ 。

針對每一個測站，可以計算得出四種評比類別：

- 1) 漏失率 (FAIL) = $1 - Q_x / N_x$ ，代表該測站漏接地震的情形。
- 2) 反常率 (WEIRD) = R_x / Q_x ，代表該測站不當被激發的情形。
- 3) 放大偏差率 (SITE) = DEV_x ，代表該測站 PGA 放大不穩定的情形。
- 4) 放大率 (MAG) = MAG_x ，代表該測站 PGA 放大的情形。

分別對所有測站之四種類別，進行評分。以漏失率為例，將所有測站的漏失率平均，得平均數，並以之算出標準偏差，再以 (標準偏差 / 2) 為級距，設平均數為 5 分，左右各 5 級分，故分數為 0 分至 10 分之間，分數愈高，代表該測站的漏失率愈高。將該測站四種評比類別的分數，經權重後加總，得最後分數。採用的權重可以為：漏失率 3、反常率 2、放大偏差率 5、放大率 2。所有測站的每一站之最後分數，再經平均及標準偏差，分出 A、B、C、D 四級，A 為最佳測站，D 為最差測站，D 級測站可以考慮調整。(圖 2) 為本網所有測站經類別評比權重加總後所得之圖形，有 25 個測站評比為 D 級測站，其中以中彰投地區的數量較多。

3.2 西南地區

檢視 CV 系列強震儀所收錄到的記錄，在第 3 次資料收集有 6 測站皆有收錄異常波形，將收錄狀況分成三類。第一類為異常波形的前後皆有收錄地震及雜訊記錄，CHY131(大內國小) 除了測試檔共收錄 24 筆記錄，其中收錄 7 筆地震、10 筆雜訊及 7/30 日收錄 7 筆的異常波形，有的記錄長度甚至到 10 分鐘；發生異常波形前後皆有收錄地震記錄，收錄異常波形前地震記錄、異常波形及之後地震記錄如(圖 3-1~圖 3-9)。第二類為收錄大量異常波形之後仍有收錄到地震記錄或雜訊，CHY132(內甕國小) 除了測試檔共收錄 98 筆記錄，其中收錄到 1 筆地震，其他 97 筆皆是垂直分量振幅較大，南北及東西則收錄到微弱的訊號。且分別於 6/30 日 53 筆、07/10 日 16 筆及 07/12 日 28 筆等 3 日觸發記錄；於 07/22 收錄 1 筆地震，之後到維護當日(10/04)間並沒有再收錄異常波形

記錄。CHY071(安佃國小)除了測試檔共收錄 78 筆記錄，3 筆雜訊及 75 筆此類波形，其記錄時間有的甚至到 10 分鐘。第三類收錄的都是收錄異常波形記錄，CHY042(永興國小)除了測試檔共收錄 220 筆記錄，皆是垂直分量振幅較大，南北及東西則收錄到微弱的訊號。CHY070(德高國小)除了測試檔共收錄 616 筆記錄，皆是東西分量振幅較大，垂直及南北則收錄到微弱的訊號，其記錄時間有的甚至到 10 分鐘。對於收錄的地震記錄，看似無明顯異常情形，仍需請廠商進一步的檢測。至於剛開始收錄正常，然後發生異常波形，之後又可以收錄地震記錄，到底是哪個環節出了問題讓儀器記錄正常變異常之後又可以變正常，這種情形是否會影響儀器收錄，若發生地震達到觸發值時是否會有漏掉的情況發生等問題，也應注意。

檢視 SMART24 強震儀所收錄到的記錄，方波問題目前只有少數測站有偶發記錄，詳見附表 3。在其他收錄資料中，仍有較特別的記錄如：CHY022(南化國小)除了測試檔共收錄 91 筆資料，其中收錄 1 筆地震，其他 90 筆記錄則為較特殊波形，仍需注意其造成觸發記錄原因。KAU003(中山大學)於資料收集當日施做 Calibration，連做 3 次垂直分量都無法得到正確的訊號。

3.3 北部地區

本次對 2014 年 2 月 12 日零點 31 分發生在台北市大屯火山地區的地震，在台北地區所蒐集的強地動記錄做進一步分析。此地震規模為 ML4.0、震央位於東經 121.57 度、北緯 25.13 度，而震源深度為 6.3 公里。這次地震是自從 1988 年以來發生在大屯火山地區的最大地震，大多數陽明山地區和台北盆地的觀測站都蒐集到高品質的地震記錄。圖 4a 和圖 4b 顯示震央附近堅硬岩石測站所蒐集的強地動資料，圖 4c 和圖 4d 則顯示台北盆地及基隆地區鬆軟地層所蒐集的強地動資料，由圖 4 可以很明顯的看出高頻震波在鬆軟地層很快的衰減。此次地震之最大強地動加速度值(PGA)位於距離震央約 4.9 公里的測站(TAP056)，其垂直向、東西向和南北向之最大強地動加速度值(PGA)分別為 100.7、93.4 和 66.6 cm/sec²。

圖 5 顯示 2014 年 2 月 12 日零點 31 分發生在台北市大屯火山地區的地震震央位置、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/sec²)分佈圖。圖 5 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，很明顯的東西分量和南北分量的最大強地動加速度等值線分布比垂直分量的最大強地動加速度等值線分布寬廣，顯示水平分量的最大強地動加速度值大於垂直分量的最大強地動加速度值，而且垂直分量的最大強地動加速度值比水平分量衰減得快。

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 6)，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。很明顯的最大強地動加速度值隨著震央距離的增加而快速的減小，顯示大屯火山地區的高衰減特性。

圖 7 顯示東西向和南北向的最大強地動加速度值的比值分布，除了最西南側的兩個測站(TAP041 和 TAP042)之外，絕大多數測站的比值都大於 1，表示東西向的最大強地

動加速度值比南北向的最大強地動加速度值大，可能與此次地震的震源機制有關。圖 8 顯示垂直向與水平向的最大強地動加速度值比值分布，很明顯絕大多數測站的比值都小於 1，表示垂直向的最大強地動加速度值比水平向的最大強地動加速度值小，而靠近震央附近測站的比值可達到 1.26，比值隨著震央距離的增加而快速的減小，因此，針對震央附近結構物的抗震設計，其垂直向最大強地動加速度值必須要列入考慮。

3.4 東部地區

2013/10/31 20:02:10 花蓮縣瑞穗鄉規模 6.4 地震，震源深度 15 公里，花蓮西林震度 7 級，花蓮縣花蓮市、南投縣合歡山、宜蘭縣南山震度 5 級。花蓮光復糖廠(HWA005) 及西林(ESL) 測得的 PGA 值分別為 517、232、330 及 115、402、473 gal。本區本次測得的強震記錄共有 106 組。

2014/01/15 02:28:13 台東縣卑南鄉規模 5.1 地震，震源深度 8.3 公里，台東縣初鹿震度 5 級，台東縣台東市震度 4 級。賓朗國小(TTN027) 及初鹿國小(ECU)，測得的 PGA 值分別為 223、105、186 及 106、211、184 gal。本區本次測得的強震記錄共有 52 組。

2014/05/21 08:21:14 花蓮縣鳳林鎮規模 5.9 地震，震源深度 16.5 公里，花蓮縣鳳林震度 6 級，花蓮縣花蓮市震度 5 級。長橋國小(HWA032) 及西林國小(ESL)，測得的 PGA 值分別為 482、341、390 及 81、398、305 gal。本區本次測得的強震記錄共有 90 組。

2014/05/25 20:41:13 台東縣關山鎮規模 5.0 地震，震源深度 12.7 公里，台東縣池上震度 5 級，高雄市桃源震度 3 級。初來新武分校(TTN041) 及海端國小(TTN021)，測得的 PGA 值分別為 134、186、210 及 82、194、132 gal。本區本次測得的強震記錄共有 46 組。

3.5 台灣山區

2013 年 10 月至 2014 年 10 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 36 個地震，目前共整理出有 347 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分別列於表四與繪於圖 5。由表四可知地震的規模(M_L)介於 3.2 至 6.4 之間；震源深度最淺 5.6 公里，最深 97 公里；其中 2013 年 10 月 31 日的花蓮瑞穗和 2014 年 2 月 11 日的台北大屯山、2 月 21 日的宜蘭大同地震與 5 月 21 日的花蓮鳳林地震是 4 個較重要的地震事件，簡述如下：

2013 年 10 月 31 日的花蓮瑞穗地震($M_L=6.4$): 這起規模 6.4 強震，發生在台灣時間 10 月 31 日 20 點 02 分，震央在花蓮縣瑞穗鄉，深度達 19.5 公里，全台有感，各地最大震度花蓮 6 級；南投、宜蘭 5 級；嘉義、台東、桃園、新北市 4 級；台北市、雲林、彰化、台中、苗栗、屏東、及新竹 3 級；高雄市及台南市 2 級。氣象局地震測報中心表示，這起地震是 2013 年規模第 2 大地震(第一大是 6 月 2 日的南投 6.5 地震)。地震測報中心表示，這起地震發生在花東縱谷的破碎斷層帶，是歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊經常擠壓地區。根據氣象局統計資料顯示，台灣 1 年發生規模 6 以上地震平均約在 2 到 3 個，2013 年已出現 6 個；而規模 5 以上地震 1 年約 20 到 30 個，2013 年已發生 22 個。

2014 年 2 月 11 日的台北大屯山地震($M_L=4.2$): 氣象局表示這起地震是陽明山在 1988 年發生規模 5.3 的地震後，26 年以來發生於陽明山地區的最大地震。根據中央氣象局報導，發震時間是台灣時間 2 月 12 日凌晨 0 時 31 分，地震震央在距離台北市政府

北方 11.8 公里處的士林區，地震深度僅 6.3 公里，最大震度在陽明山有 4 級，新北市五股 3 級，桃園市 3 級，台北市、基隆市 2 級，新北市、竹東 1 級。

2014 年 2 月 21 日的宜蘭大同地震(ML=5.4): 台灣時間 2 月 22 日凌晨 4 時 25 分宜蘭大同鄉發生芮氏規模 5.4 地震，震央深度 61.9 公里。氣象局地震測報中心指出，這起地震主要因菲律賓海板塊隱沒到歐亞大陸板塊造成，因板塊隱沒帶的範圍比斷層帶大很多，即使深度深，也容易有規模較大地震。中央氣象局地震報告顯示，這起 2014 年初以來台灣發生規模最大的地震，最大震度是羅東 5 級，搖晃時間長達 26.7 秒。台北市、新北市及桃園市震度都是 4 級，桃園市與新北市搖晃 20 幾秒，而 101 大樓所在的台北市信義區也搖了數十秒。

2014 年 5 月 21 日的花蓮鳳林地震(ML=5.9): 台灣時間 5 月 21 日上午 8 時 21 分花蓮縣鳳林鎮發生芮氏規模 5.9 的有感地震，是 2014 年以來規模最大的一起地震。中央氣象局表示，2013 年全台共發生 4 起規模 6 以上強震，2014 年至今還未發生過規模 6 以上地震，至於規模 5 以上地震則有 11 起，以今天鳳林地震最大。據中央氣象局資料表示這起地震深度 18 公里，由於屬於淺層地震，接近震央的花蓮西林最大震度達 6 級，花蓮市 5 級，南投合歡山、宜蘭南山 4 級，新北市、新竹市、桃園市等地 3 級，台北市、高雄市、基隆市 2 級，幾乎全台有感。中央氣象局表示，這起地震是板塊碰撞擠壓所致，震央發生的位置在板塊交界處，由於屬淺層地震，因此震央附近震度很大，不過因規模相對較小，震度從震央附近快速衰退，而台北搖晃時間較久，主要是長周期震波傳遞到盆地時有放大效應，民眾才會感受比較明顯。

四、檢討與建議

4.1 中部地區

1. 本年度的 TCU 強震網的表現大約維持在 85 個百分比左右；建議優先淘汰一些比較有問題的 A900A 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，二年內在本網之故障率達 36%，儀器之穩定性值得注意。
3. 利用記錄到的地震個數與 PGA 值的大小，計算出四種評比類別，進行測站各評比類別權重加總的評分，係為檢視測站行為表現的有效方法。

4.2 西南地區

1. SMART24 強震儀收錄到的方波問題，目前只有少數測站有偶發方波記錄，將持續的追蹤改善狀況。
2. TitanCWB 系列充電器已有故障情形發生，本區有 3 站故障；到站維護時應注意充電器是否有異音或者 LED 燈號是否有亮…等問題，以確保充電器是否正常供電。
3. TitanCWB 系列已陸續將韌體更新至 1.3.6 版本，本區內 TitanCWB2 韌體為 1.3.3 版本，會發生狀態顯示異常(但檢視參數卻正常)，有此種狀況的儀器，連線到 waveform 頁面通常無波形顯示及無法選擇頻道去施做 Calibration 等問題，應儘快將韌體更新至 1.3.6 版本，確認是否為 1.3.3 韌體的問題。

4. CV574C/CV575C 儀器異常觸發而收錄異常波形記錄問題，其收錄的時間長度有的甚至到 10 分或者筆數較多，易造成記憶體溢滿的可能。對於收錄的地震記錄，看似則無明顯異常情形，仍需請廠商進一步的檢測。至於剛開始收錄正常，然後發生異常波形，之後又可以收錄地震記錄，到底是哪個環節出了問題讓儀器記錄正常變異常之後又可以變正常，這種情形是否會影響儀器收錄，若發生地震達到觸發值時是否會有漏掉的情況發生等問題，也應注意。
5. CV574C/CV575C 儀器收錄異常波形記錄問題，MND018 於 103/07/21 經報修後，本年度第 3 次(10/14)所收錄的異常波形記錄跟上期有明顯減少；CHY042、CHY070、CHY071、CHY132 等測站於 102 年 10 月中報修，除了 CHY071 本年度第 2 次及第 3 次都收錄異常波形，其他僅在第 3 次有收錄異常波形情形，顯然有不完整修復之情況，是否請廠商完修後，提供這類狀況可能發生的原因或應注意事項，以利追蹤。
6. 本年度至測站維護及收集資料時，排除因施工造成斷電外，其他電源問題造成儀器停止運作的有 CHY008(雙溪國小)、CHY021(新市國小)、CHY023(歸南國小)、CHY095(太保國小)、CHY111(豐安國小)、KAU015(大華國小)、KAU061(高雄中學)、KAU090(大寮國小)及 MND004 等，其中 KAU015(大華國小)連續 2 次都發生無熔絲開關處於跳電狀態，應查修以確保能正常供電，CHY095(太保國小)及 MND004 為不明原因沒電，其他則是無熔絲開關處於關閉狀態，可能是人為或其他原因造成，皆已將無熔絲開關復電，發生 2 次的測站有重貼氣象局用電說明或與校方聯絡說明避免誤關。無熔絲開關處於跳電狀態應檢查是否有漏電情形或開關故障；至於無熔絲開關處於關閉狀態則於後續持續追蹤注意其可能造成的原因。
7. 有些 FRP 裡面會易有螞蟻、壁虎、蜘蛛、蛇或老鼠等，而這些也是主要影響站內環境的主要原因，在本年度第 3 次於 KAU092(高雄港務局)螞蟻於站內多處築蟻丘，經打掃清理出大量沙，後續仍應注意蟻丘問題或其他影響。

4.3 北部地區

1. 本年度儀器檢測時，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、Smart24 和 Titan 等七種不同種類的儀器共計 219 部，其中以 Titan 的儀器數量共有 65 部佔最多(表二)，其次為 Smart24 的儀器數量共有 47 部，CV-574 和 CV-575 的儀器數量共有 43 部，ENTA 的儀器數量共有 32 部，A900 型(A900 和 A900 A)的儀器數量共有 32 部，唯一 1 部 Reftek 的儀器在第二期已經拆除不再使用。第一、二、三期的報修率分別為 12.5%、8.1% 和 7.8%(表二)，第一期例行儀器檢測期間發現 Titan 儀器報修量較多，主要原因是第一代 Titan 儀器內部之 Sandisk 8G CF 記憶卡故障，導致儀器停機而無法啟動。目前廠商已將損壞的 8G CF 記憶卡更換為 Delakin 8G CF 記憶卡，並更新韌體由 1.0.3 版改為 1.3.6 版，其中加入韌體內的新程式，可以改善儀器停機而無法啟動的問題。當 8G CF 卡壞掉時，可由 64G SD 虛擬一個類似 8G CF 卡記憶區提供儀器使用，以維持儀器正常工作。
2. 本計畫之責任區內今年度換裝 10 部第二代 Titan 儀器，其中台北地區有 9 部新型儀

器測站，宜蘭地區則有 1 部新型儀器測站。對於第二代 Titan 強震儀是否已改善假觸發啟動(false trigger)，和重複記錄所造成數量非常龐大雜訊的問題，本計畫持續追蹤觀察，結果由第二、三期 Titan 儀器報修量變少的狀況，顯示更新韌體後儀器故障問題有明顯的改善。

3. 本年度第一期平均每部儀器所蒐集的地震記錄個數，以 Smart24 儀器平均每部儀器蒐集 5.0 個地震記錄最多，CV-574 儀器平均蒐集 3.2 個地震次之，而 Titan 儀器平均蒐集 1.6 個地震最少(表三)。而第二期和第三期平均每部儀器所蒐集的地震記錄個數，也是以 Smart24 儀器平均每部儀器分別蒐集 4.6 和 1.7 個地震記錄最多。分析檔案個數和地震記錄個數比值，可以很清楚的看出假觸發啟動雜訊的問題嚴重性，表三列出第一期 Smart24 儀器每蒐集 3.9 個檔案和 A900A 儀器每蒐集 3.8 個檔案當中有一個地震記錄最為理想，而第一、二、三期 Titan 儀器分別每 332.9、532.7、1066.5 個檔案個數才有一筆地震記錄個數，也就是說 Titan 儀器幾乎都是蒐集到雜訊檔案。Titan 儀器假觸發啟動的問題，依然需進一步改善，本計畫也將加強追蹤儀器報修後的運轉狀況，以提高地震記錄品質。

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。新建置之 Titan 內部配置 8GB 記憶體，容易故障，無法存取資料，廠商正逐漸更新韌體及記憶卡。
- 2、本年本區各縣市自由場強震儀的配置情形如表十，A900 型強震儀已全數淘汰，但 A900A 型強震儀，仍有 43 台，佔全部儀器的 24%，因儀器老舊，故障比率與它型儀器相比，明顯偏高。而此型強震儀，大部份都未配置 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，本年雖已增加新型的 Titan 型強震儀 32 台，用以替換老舊的儀器，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、2013 年 10 月 31 日 20 時 2 分，花蓮縣萬榮鄉(北緯 23.57 度，東經 121.35 度)，發生一規模 6.4 之地震，震源深度 15 公里，全台有感，花蓮縣西林震度 7 級，花蓮市、南投合歡山、宜蘭縣南山等多處震度亦達 5 級。地震後本計畫緊急派員前往震央區附近，蒐集靠近震央 33 個測站之地震資料。其餘測站資料則已於本年第一次例行儀器檢測時取回。
- 4、為方便固定儀器，廠商在安裝第一代的 Titan 時，都於儀器底部加裝了一片薄型鐵板。如安裝不慎，此一薄型鐵板易使儀器水平向加速度計，與環境的震動產生共振現象。由古風國小(HWA042)及海端國小(TTN021)的功率譜密度圖，及各自的時頻圖中，都可清楚觀察到共振的信號成分，建議將此鐵板全數移除。

4.5 台灣山區

1. 本計畫已進行 31 個測站的地震儀汰換，以 Titan 取代舊有 A900 型地震儀，希望藉

由 Titan 高靈敏度的特性來補捉山區微小地震的訊息。

2. 2013 年 10 月 31 日的花蓮瑞穗地震、2014 年 2 月 11 日的台北大屯山地震、2014 年 2 月 21 日的宜蘭大同地震與 2014 年 5 月 21 日的花蓮鳳林地震是近期發生的顯著地震，記錄品質十分良好，提供了不少寶貴資料，可提供作為地震定位，山區地震源研究的基本資料。
3. 由 2014 年 2 月大屯山地震的經驗顯示，低解析度強震儀與高解析度速度儀共站 (co-site) 不僅對遠域較大地震 (teleseismic) 所產生的微小振動能提供高品質的資料外，對發生於近場或區域內地質構造所引起的地震也能提供完整的波形，亦即具有小地震不漏失，大地地震不出格的優點。
4. 山區地震站由於分布區域較廣，目前在資料收集上是依收集的便利性與順序分成竹苗、宜蘭、中南橫、北部四個區域進行，但宜蘭、中南橫山區的區域路況普遍不佳，並非每次都能順利進行維護與資料收取，僅能依視實際狀況機動實施。此外，由於人為因素將電源拔除或破壞站房設備，造成若干重要地震資料未能完整收錄，這也是山區地震站在維護與資料收集時的困難。

TSMIP STATION

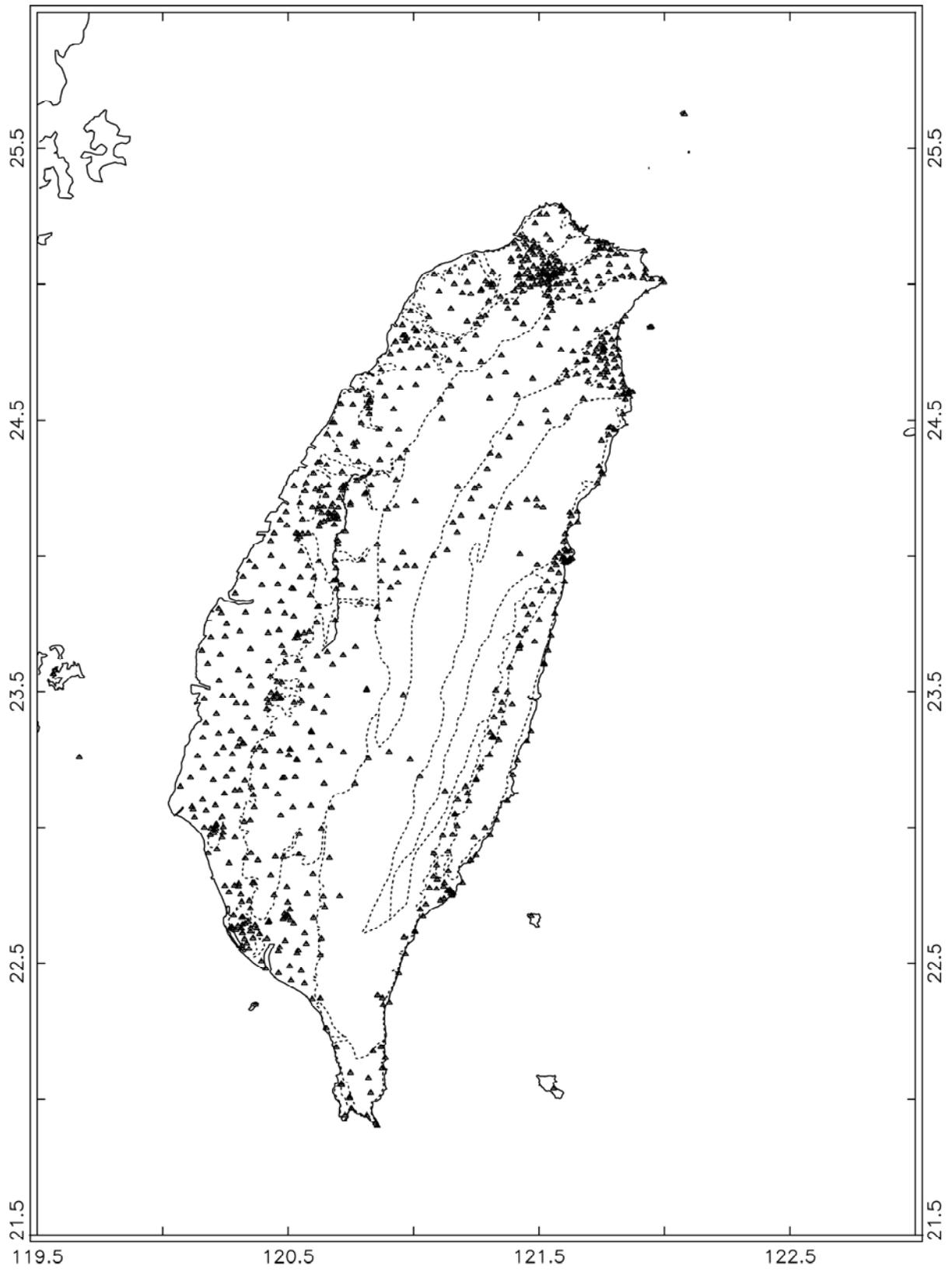


圖 1、台灣地區自由場強震網測站分布圖。

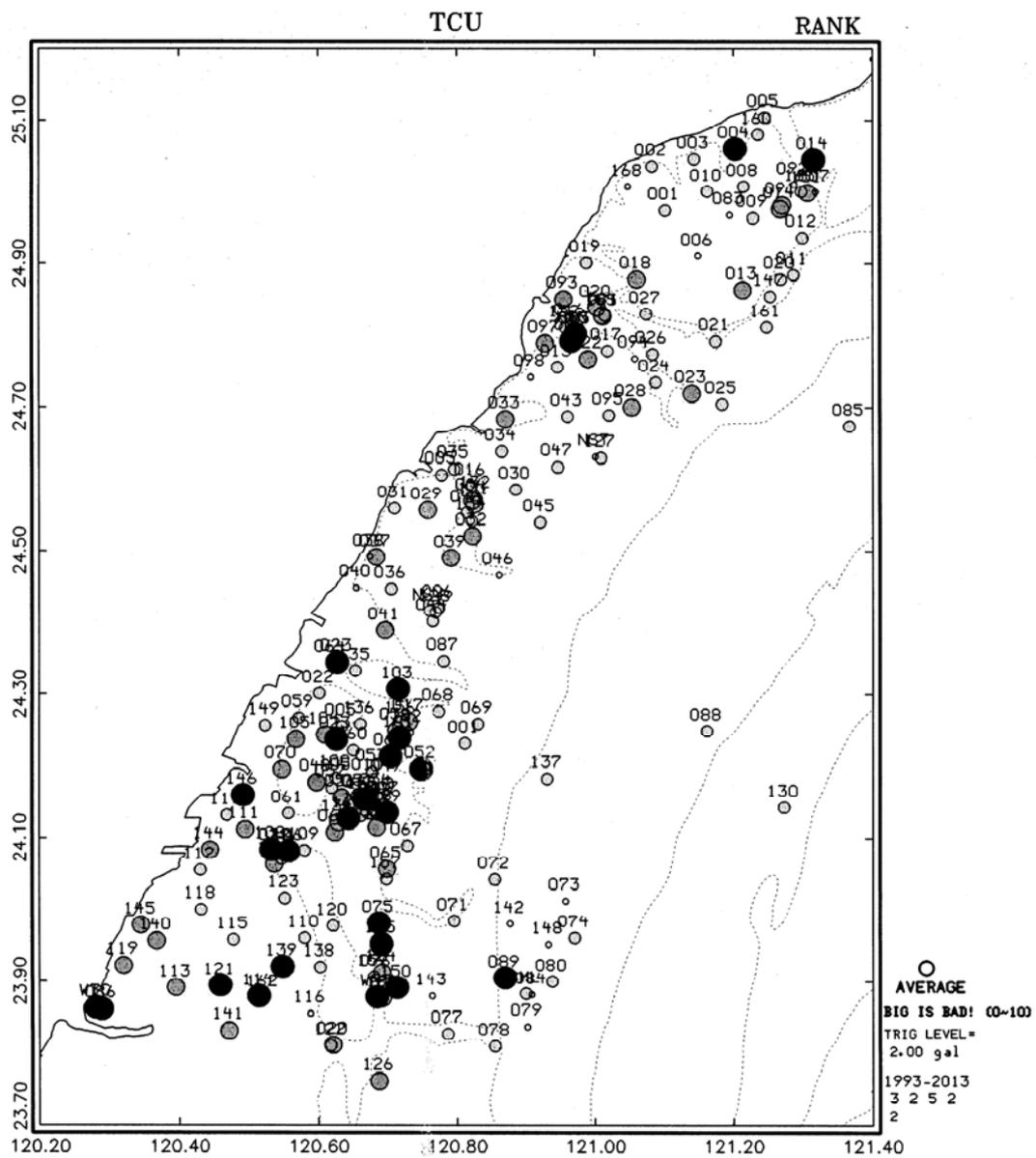


圖 2、中區網所有測站經類別評比權重加總結果 (1993-2013)。圓圈愈大及愈黑代表測站品質愈差。

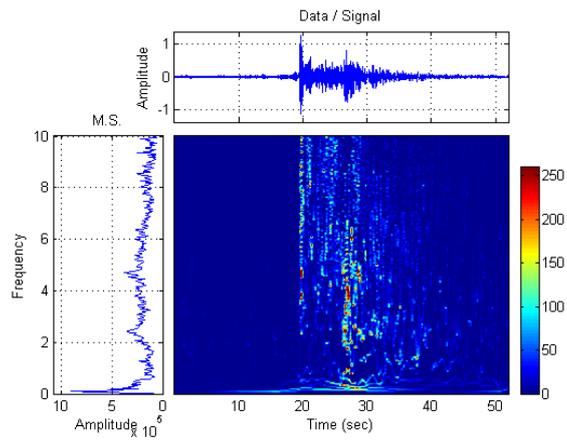


圖 3-1、CHY131-Z (異常波形前)

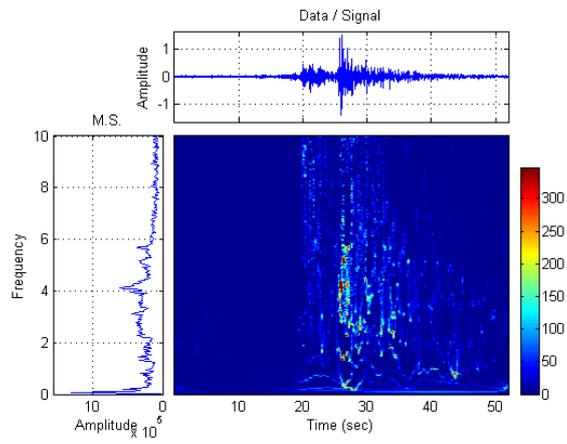


圖 3-2、CHY131-N (異常波形前)

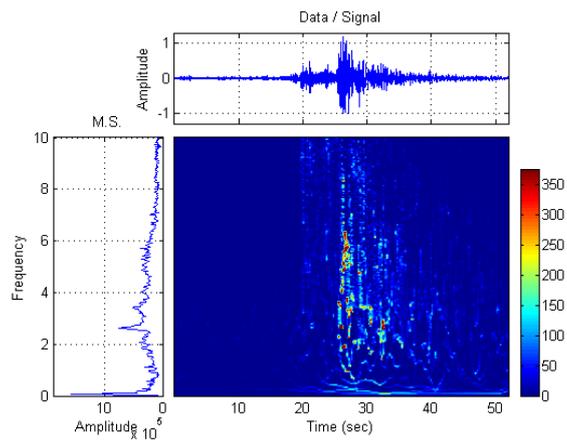


圖 3-3、CHY131-E (異常波形前)

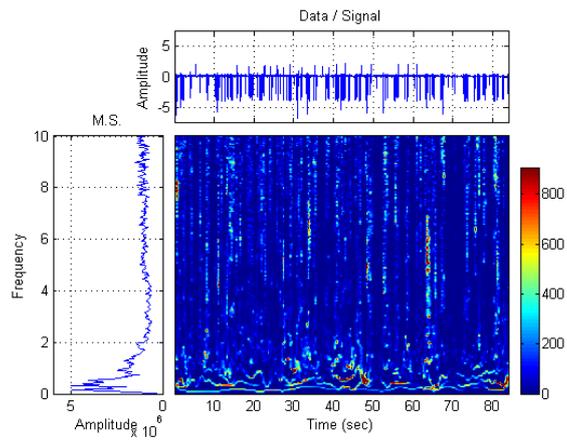


圖 3-4、CHY131-Z

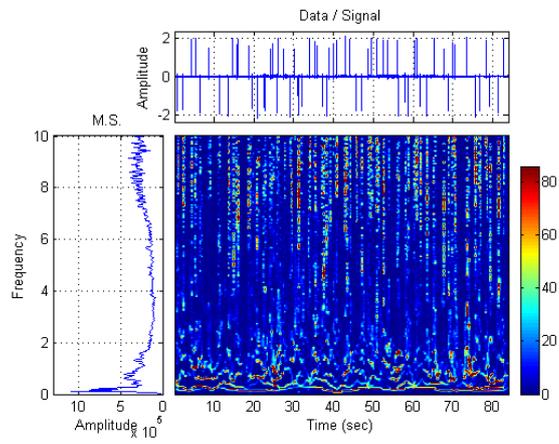


圖 3-5、CHY131-N

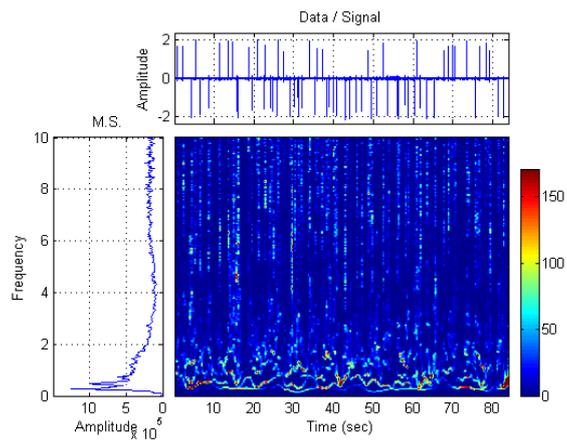


圖 3-6、CHY131-E

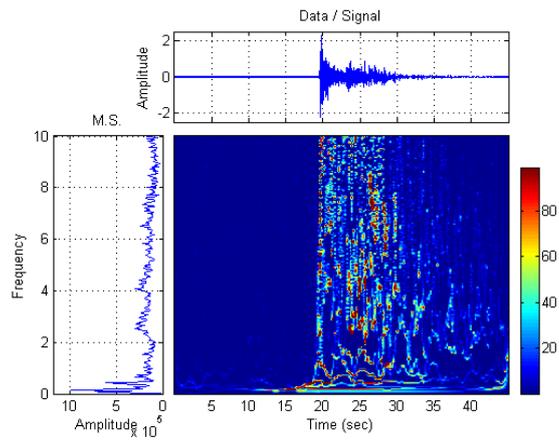


圖 3-7、CHY131-Z (異常波形後)

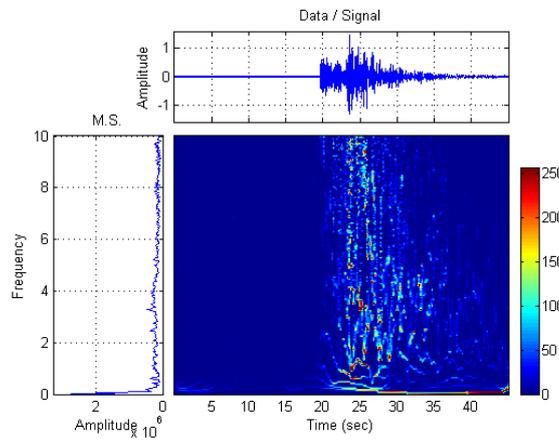


圖 3-8、CHY131-N (異常波形後)

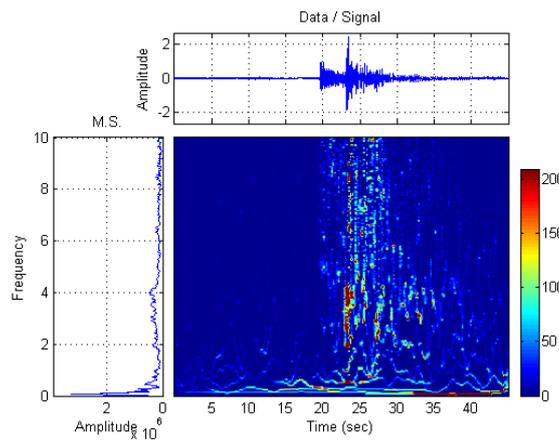


圖 3-9、CHY131-E (異常波形後)

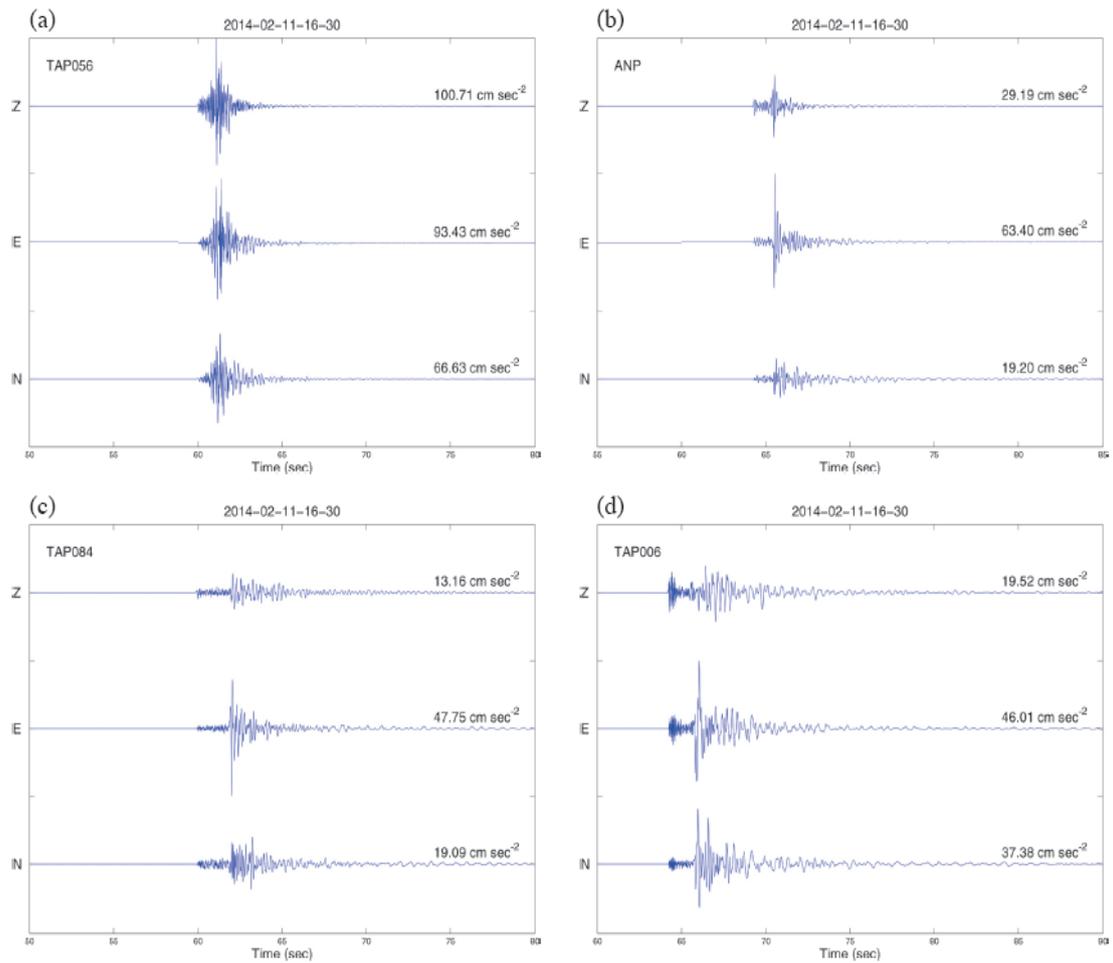


圖 4、2014 年 2 月 12 日零點 31 分發生在台北市大屯火山地區的地震震央附近所蒐集的強地動資料。此次地震之最大強地動加速度值(PGA)位於距離震央約 4.9 公里的測站(TAP056)，其垂直向、東西向和南北向之最大強地動加速度值(PGA)分別為 100.7、93.4 和 66.6 cm/sec²

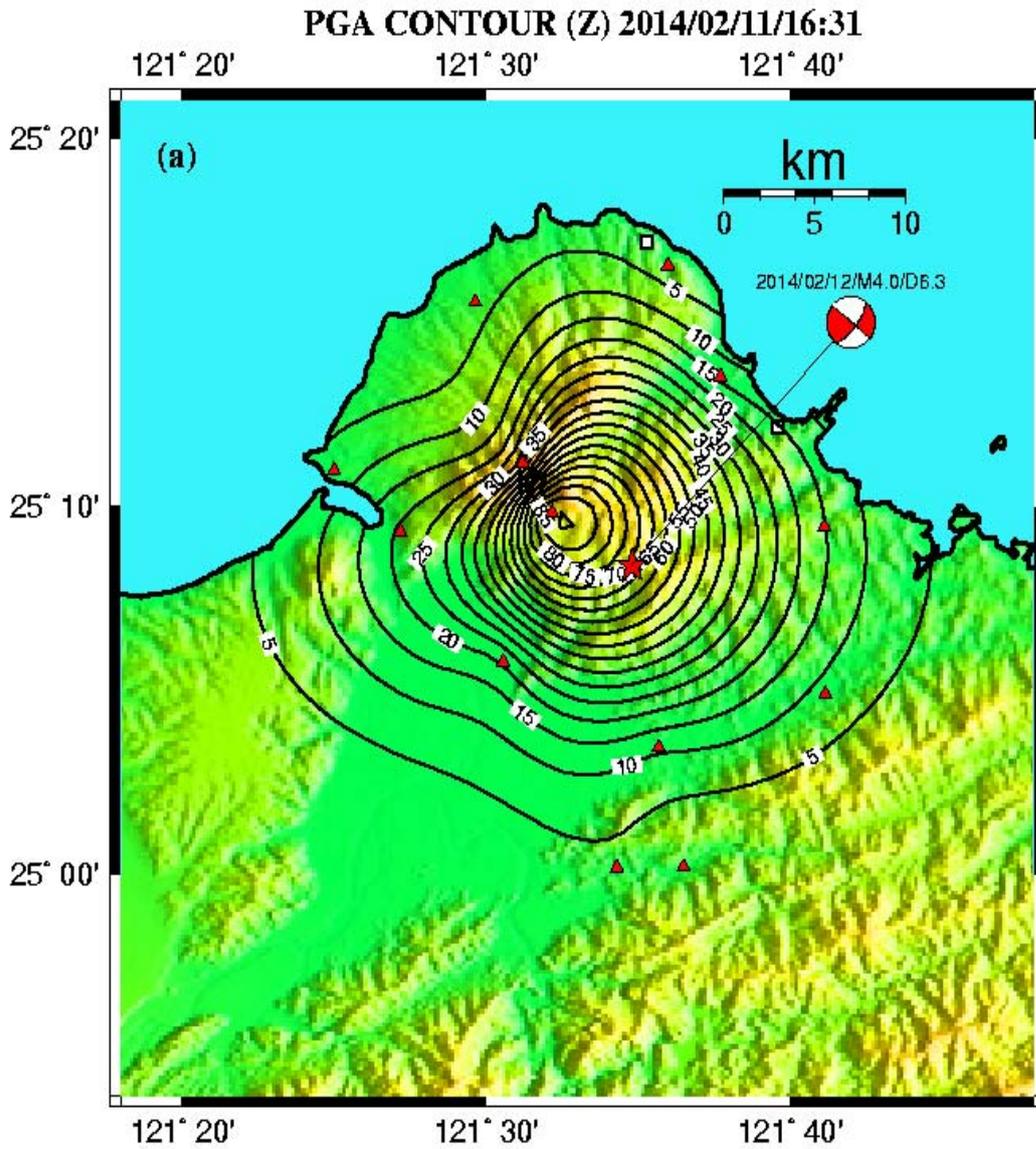


圖5a、2014年2月12日零點31分發生在台北市大屯火山地區的地震(M_L4.0)震央位置(星號)、震源機制解、本計畫責任區內所蒐集到地震資料的測站分佈(三角形)及垂直分量的PGA(cm/sec²)分佈圖。

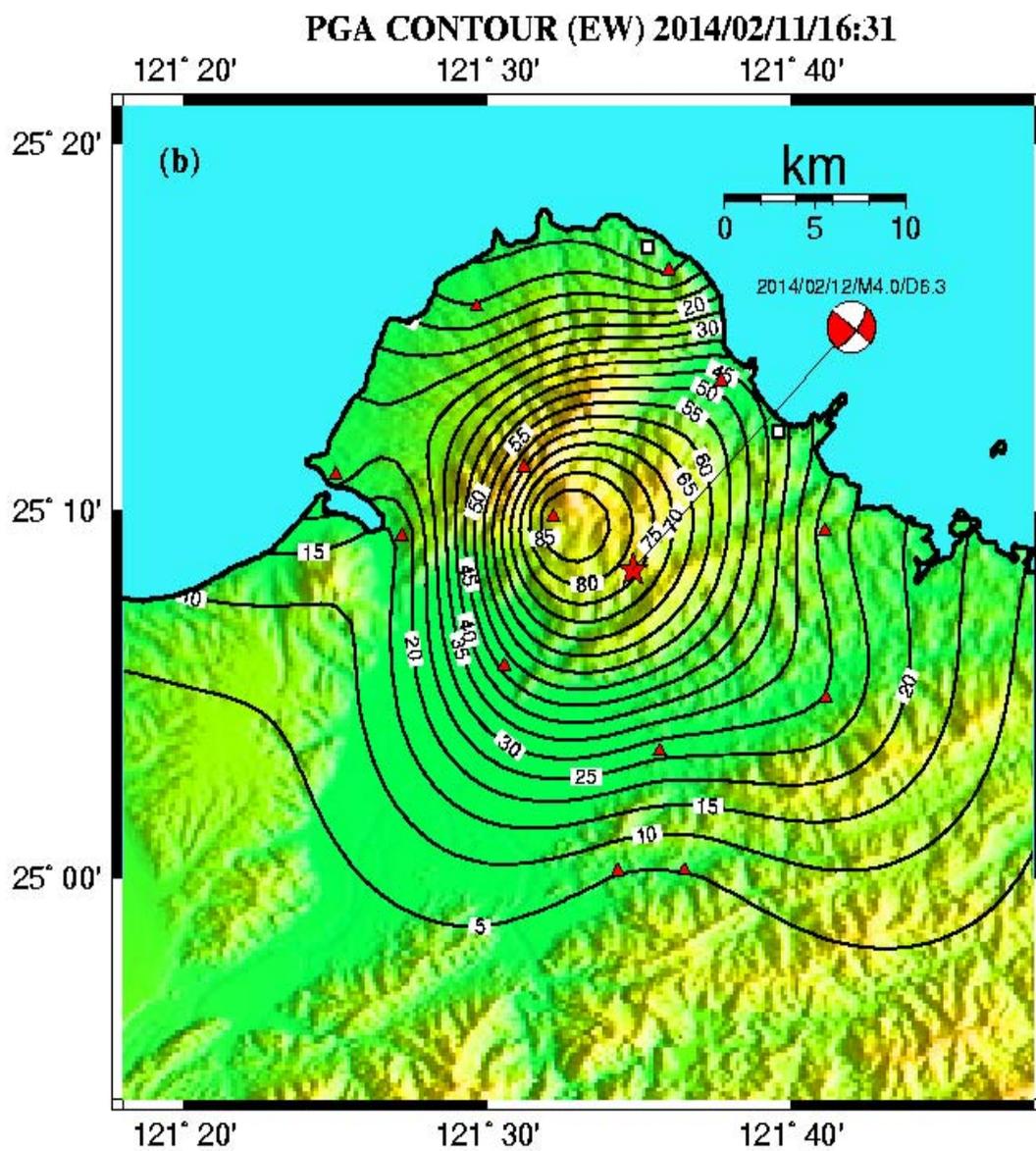


圖5b、2014年2月12日零點31分發生在台北市大屯火山地區的地震(M_L4.0)震央位置(星號)、震源機制解、本計畫責任區內所蒐集到地震資料的測站分佈(三角形)及東西分量的PGA(cm/sec²)分佈圖。

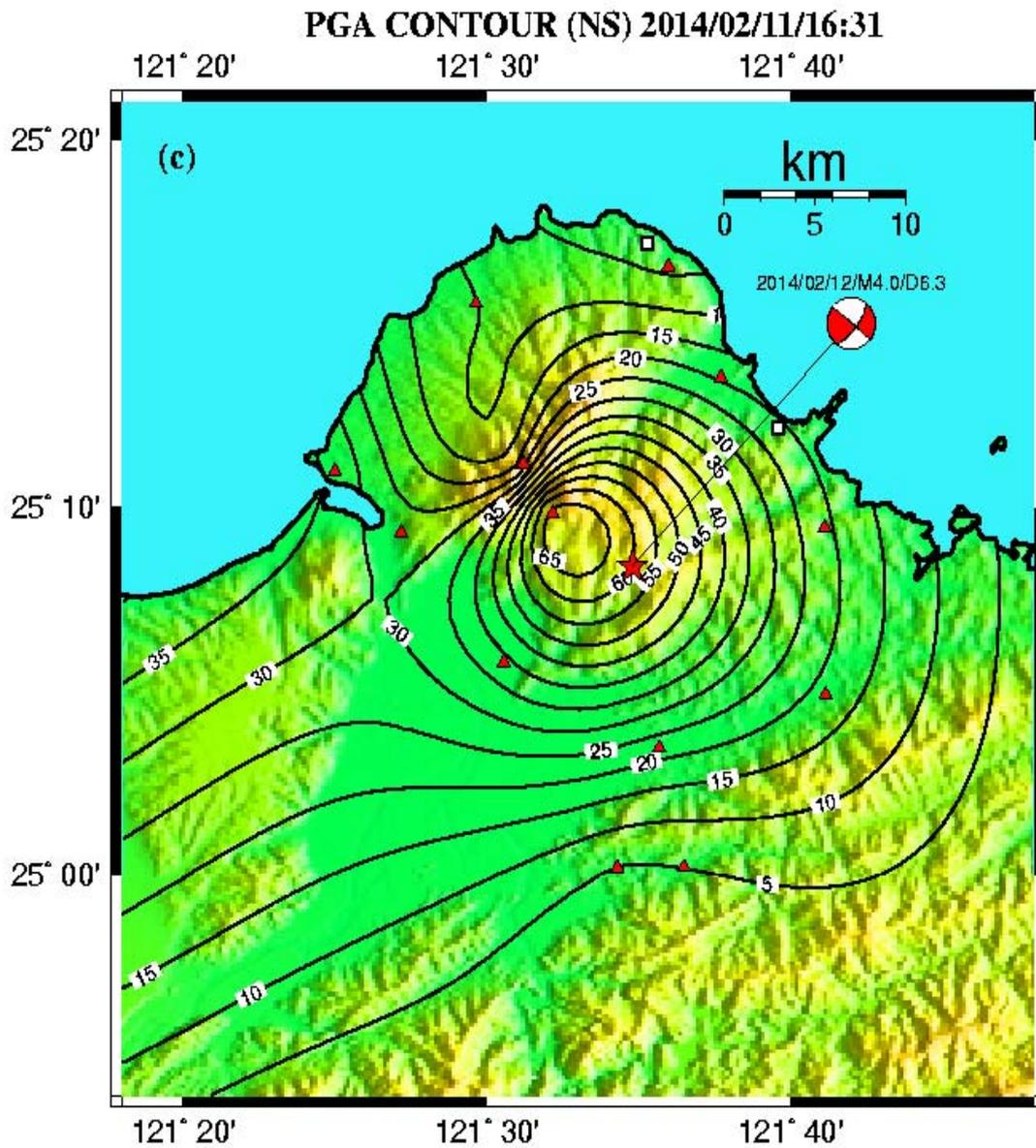


圖 5c、2014 年 2 月 12 日零點 31 分發生在台北市大屯火山地區的地震(M_L4.0)震央位置(星號)、震源機制解、本計畫責任區內所蒐集到地震資料的測站分佈(三角形)及南北分量的 PGA(cm/sec²)分佈圖。

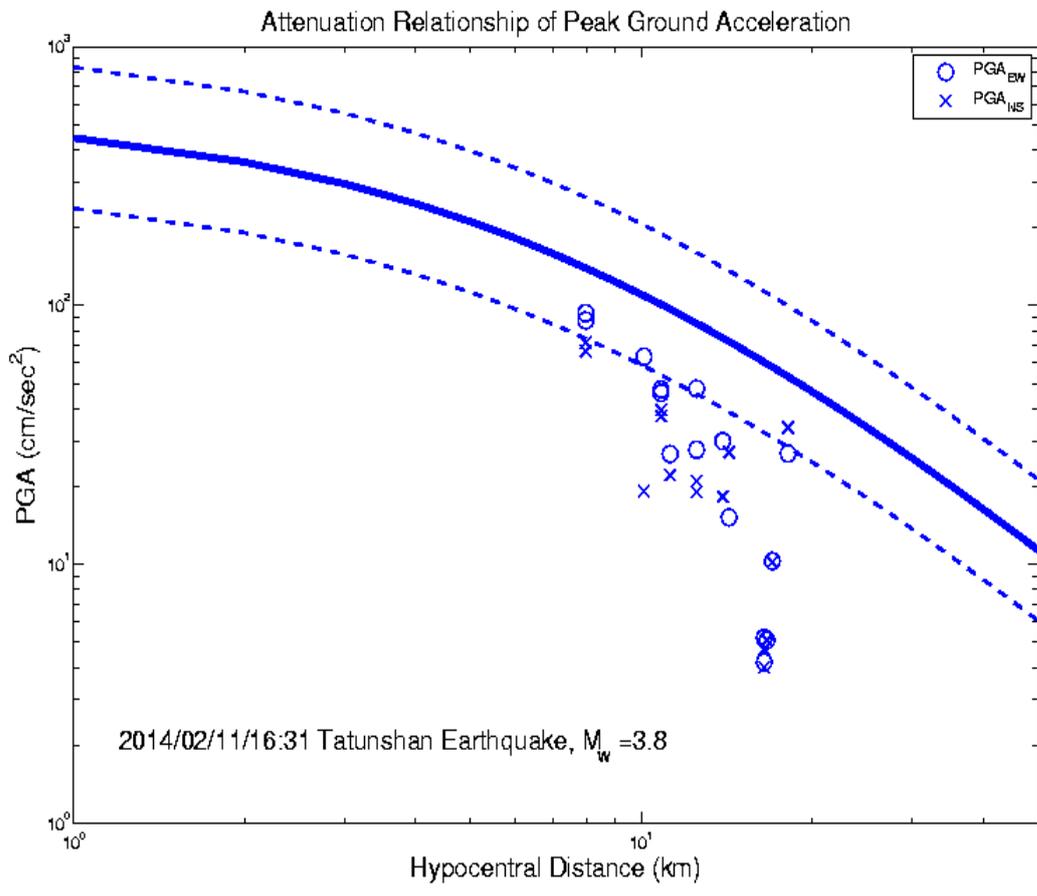


圖6、2014年2月12日零點31分發生在台北市大屯火山地區的地震(M_w 4.0) 的最大強地動加速度值(PGA)相對於震源距離的關係圖，東西向及南北向最大強地動加速度值分別用不同符號表示，圖中的粗虛線和細虛線分別表示Lin and Lee (2008)的強地動加速度衰減曲線和標準誤差曲線。

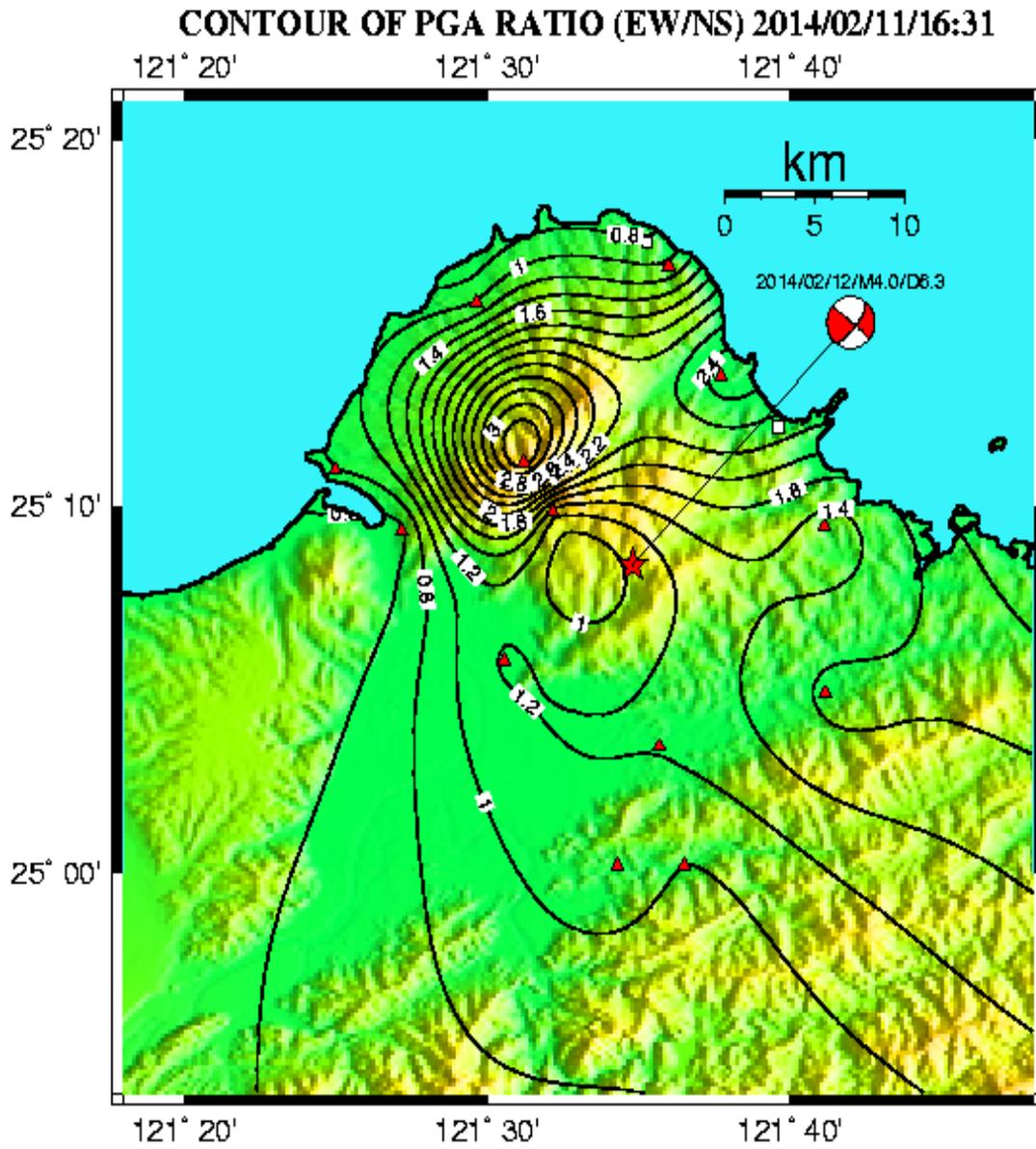


圖7、東西向和南北向的最大強地動加速度值的比值分布

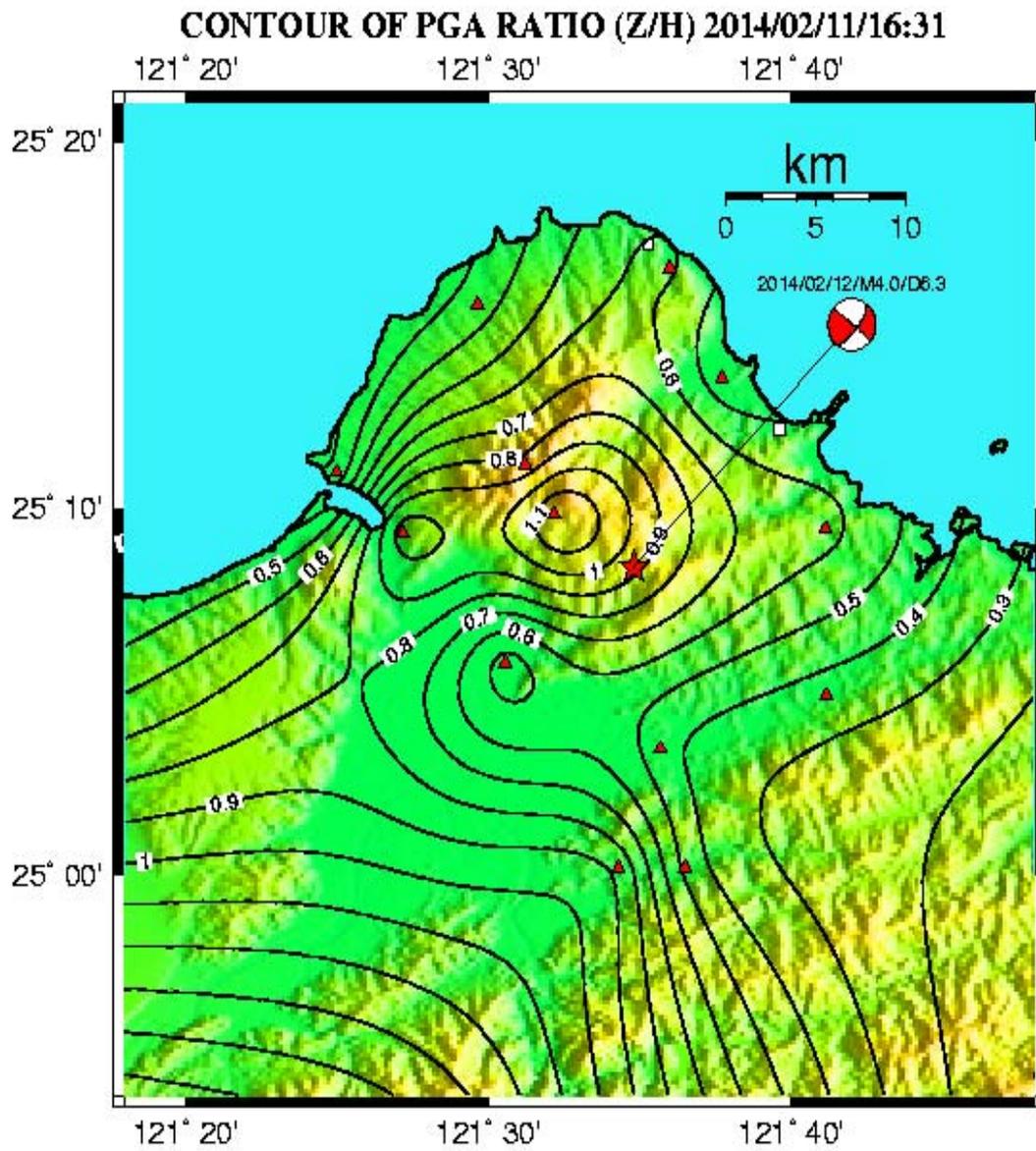


圖 8、垂直向與水平向的最大強地動加速度值比值分布