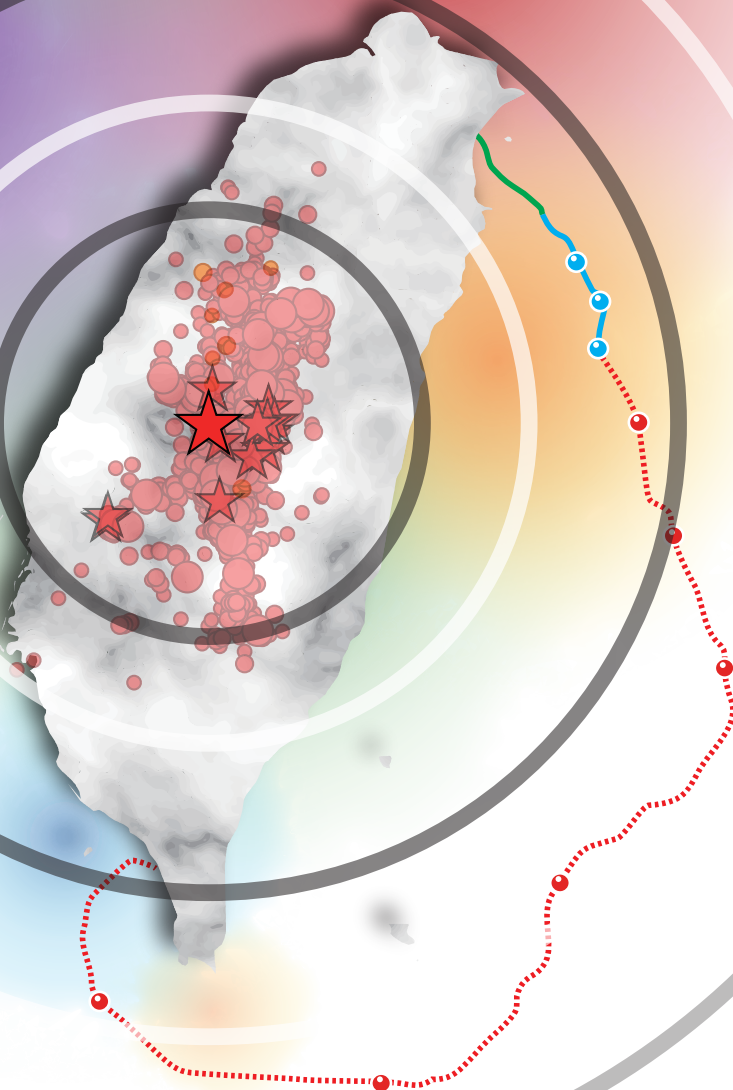


中央氣象局地震測報中心 成立三十週年

紀念專刊



序

臺灣位在地震活躍的環太平洋地震帶上，地震之發生在所難免，如何透由地震觀測資料提供強化建築物、交通設施等之參考，同時在地震發生後，快速蒐集及處理資料，通報有關機關，並利用各式傳播媒體管道轉知民眾及時採取防範措施，將地震災害減至最低程度，是氣象局持續努力的一個重點工作。

為了加強對地震活動之監測，氣象局奉准在民國 78 年將原有之地球物理科升格成立地震測報中心，至今屆滿 30 年。98 年該中心曾製作 20 週年專刊以資紀念，在此十年間該中心持續精進地震測報業務，並將主要的作為整理記錄成本專刊。在此十年間該中心執行「強地動觀測第 4 期計畫-建置新一代地震觀測系統」、「強地動觀測第 5 期計畫-強震即時警報於防災之應用」、「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統建置計畫」及「地震及海嘯防災海纜觀測系統擴建計畫」等計畫，一方面強化地震之觀測系統、一方面提升資料分析與災防應用，並推動地震前兆研究，完成了一、二期海纜之布建、地震資料庫資料查詢服務網頁更新、24 位元新一代有感地震發布系統，讓即時觀測站增加至 150 站，分析縮短至平均 14 秒。現今正執行第三期海纜系統之布建，預估 109 年完成後海纜觀測系統總長度將近 700 公里、新增 9 座海底地震站，同時島內地震預警發布時間縮短至 10 秒左右的目標。

30 而立，以強震即時警報而言，目前已顯示可用性，在逐步縮短發布時間後，將進入可供實用的階段；30 年，在地震測報中心之人事上也有許多傑出的長官、同事功成身退。策勵未來，期願中心在短期內能研提前瞻的下階段發展計畫，自 110 年起接續推動，同時期願中心仍本先前筭路藍縷的精神，在既有基礎上持續提升地震測報效能，為臺灣地區之震災防範善盡一份心力。

中央氣象局
局長 葉天降 謹識

目錄

壹、前言	1
一、地震測報業務主要發展方向	1
二、組織編制變革	2
貳、業務成果	4
一、觀測系統	4
(一)地震觀測系統	4
(二)臺灣地球物理觀測網	15
二、觀測分析	22
(一)地震活動分析	22
(二)地球物理觀測資料分析	40
(三)災害與特殊地震回顧	75
三、研發應用	99
(一)地震速報作業	99
(二)強震即時警報應用推動	107
(三)鄉鎮震度顯示系統	114
(四)服務導向	119
參、未來展望	128
肆、結語	133
伍、附錄	135
一、參考文獻	135
二、相關研究與成果	138
三、活動剪影	144
四、大事紀	150

圖目錄

圖 1-1、地震測報中心組織架構圖。	3
圖 2-1、2017 年 3 月 20 日 7 時 48 分宜蘭東部海域地震(規模 4.5)， 苗栗井下地震觀測站(震央距離為 136.3 公里)之地震波形紀錄， 上方 3 波道為地表強震儀波形紀錄，下方 3 波道為井下強震儀波 形紀錄。	9
圖 2-2、大屯火山監測網的地震站分布。三角形表示地震站的位置(地 表觀測站以黑色三角形表示；井下地震站以紅色三角形表示)， 其中 YM01 到 YM12 測站為大屯火山觀測站所維護之地震站。 11	
圖 2-3、大屯火山地區的即時地動訊號與地震訊號(紅色矩形時間段)。 X 軸為時間(全長代表 1 分鐘)，Y 軸為地震站。	12
圖 2-4、本局竹子湖氣象站。	12
圖 2-5、位於竹子湖氣象站內的大屯火山展示室。	13
圖 2-6、陽明山地區的三維地形模型。	13
圖 2-7、即時火山地區地動訊號的展示設備。	14
圖 2-8、地下地層的岩芯樣本(左圖)及火山地區的岩石樣本(右圖)。	14
圖 2-9、本局全球導航衛星系統測站分布圖。	18
圖 2-10、本局地震地下水觀測系統測站分布圖。	19
圖 2-11、本局地磁場觀測系統測站分布圖。	20
圖 2-12、本局大地電場觀測系統測站分布圖。	21
圖 2-13、2009 年至 2018 年地震分布圖，期間共觀測到約 33 萬起地 震，其中大小代表地震規模，顏色代表地震深度，詳細如圖例。	23
圖 2-14、2009 年至 2018 年各年地震次數(藍色，左邊座標軸)及累積 規模(紅色，右邊座標軸)統計圖。	24
圖 2-15、2009 年至 2018 年淺震(左)與深震(右)之累積規模等值分 析。等值圖係以經緯度各 0.2 度為網格大小，地震個數已正規化 (normalize)為 30 天之個數。等高線圖顏色愈紅，累積地震規模 愈大，如圖例 M 所示。圓形與星形表示震央位置，其中大小代表 地震規模，顏色代表地震深度，如圖例 Depth 所示。	25
圖 2-16、2009-2018 年規模大於 2 之淺震(左)與深震(右)之地震個數 等值分析。等值圖係以經緯度各 0.2 度為網格大小，地震個數已	

正規化(normalize) 30 天之個數。等高線圖顏色愈紅，地震個數愈多，如圖例 No. 所示。圓形與星形表示震央位置，其中大小代表地震規模，顏色代表地震深度，如圖例 Depth 所示。 26

圖 2-17、2009 年至 2018 年地震規模、累積規模及每日個數之時間分布圖。(2018 年 7 至 12 月尚有部分規模較小地震未完成，故地震個數較低。) 27

圖 2-18、2009 年至 2018 年由本局地震網規模大於 6 的 P 波初動資料與波形擬合方式求得 20 個初動(左圖)與 22 個 CMT 震源機制解(右圖)。 29

圖 2-19、大屯火山地區的背景地動訊號與地震訊號 (P 與 S 波) 。 32

圖 2-20、大屯火山地區地震日個數統計圖 (以 2014 年為例) 。 . 35

圖 2-21、大屯火山地區地震個數隨規模改變的統計分布 (資料區間為 2012 至 2018 年，深度淺於 20 公里的地震事件) 。 35

圖 2-22、2012 至 2018 年間，大屯火山地區的地震活動分布圖。其中的紅色實線代表山腳斷層，紅色倒三角形表示七星山的位置。 36

圖 2-23、大屯火山地區地震個數隨深度改變的統計分布 (資料區間為 2012 至 2018 年) 。 36

圖 2-24、2014 年 2 月 12 日陽明山地震之地震報告。 37

圖 2-25、陽明山地區 (東經 121.4 至 121.8 度；北緯 25 至 25.4 度；深度 0 至 40 公里) 在 1973 年到 2014 年間的地震數量與規模統計。上圖為中央氣象局的地震目錄中，陽明山地區地震的月個數統計。中圖為陽明山地區，地震規模大於 2 的月個數統計。下圖為每月的地震累積規模圖。 37

圖 2-26、2014 年陽明山地區 (東經 121.4 至 121.8 度；北緯 25 至 25.4 度；深度 0 至 40 公里) 的地震活動個數與規模的關係。計算規模 1.7 至 3.0 之間的地震個數與規模的回歸線，其中斜率為 b 值，截距為 a 值。 38

圖 2-27、2014 年 2 月 12 日士林地震序列與部份地震的震源機制投影於水平 (a) 與垂直 (b) 的分布 (Pu et al., 2017)。其中，(b) 圖中的粉色粗虛線表示地震序列的分布趨勢。 39

圖 2-28、臺灣地區 2009 至 2018 年平均水平絕對速度場圖。 47

圖 2-29、臺灣地區 2018 年平均水平絕對速度場圖。 48

圖 2-30、臺灣地區 2018 年平均水平應變場圖。.....	49
圖 2-31、2016 年 2 月 6 日美濃地震水平向同震變形分布圖。 ...	50
圖 2-32、2016 年 2 月 6 日美濃地震垂直向同震變形分布圖。 ...	50
圖 2-33、南沙崙農場站(GS35)的時間序列圖(直線表示美濃地震)。	51
圖 2-34、2018 年 2 月 6 日花蓮地震水平向同震變形分布圖。 ...	52
圖 2-35、2018 年 2 月 6 日花蓮地震垂直向同震變形分布圖。 ...	53
圖 2-36、花蓮站(HUAL)的時間序列圖(直線表示花蓮地震)。	54
圖 2-37、仁德-歸仁 GNSS 基線圖，此基線跨後甲里斷層，位於美濃地 震震央西南方，震前基線變化有顯著的轉折情形，並可觀察到同 震位移。.....	56
圖 2-38、美濃 1-多納 GNSS 基線圖，此基線跨潮州斷層，位於美濃地 震震央東南方，同震位移不明顯。.....	56
圖 2-39、花蓮-北埔 GNSS 基線圖，此基線跨嶺頂斷層，位於花蓮地震 震央西南方，同震位移明顯。.....	57
圖 2-40、水璉國中-東華大學 GNSS 基線圖，此基線跨嶺頂斷層，位於 花蓮地震震央西南方，震前基線變化有趨緩的情形。.....	57
圖 2-41、電離層全電子含量變化圖，圖中紅色曲線為每 15 分鐘一個 資料點之 TEC 連續觀測值，黑色曲線為理論上下界，曲線下紅 色及黑色色塊分別代表正負異常差值，綠色數字代表超出理論上 界之正異常點數，藍色數字為低於理論下界之負異常點數，豎線 標記地震發生之時間及規模，黃色框底為磁爆發生之時間。美濃 地震前有顯著的正異常現象。.....	58
圖 2-42、電離層全電子含量變化圖，花蓮地震前有反覆的正負異常現 象，正異常的異常差值較為明顯。.....	58
圖 2-43、地震地下水觀測網的測站分布圖。.....	60
圖 2-44、地下水觀測系統之系統架構圖。.....	61
圖 2-45、每日地下水資料時序圖，以 2016 年 2 月 6 日的那菝站為例 子，橫軸為臺灣時間，由上至下四欄分別為地下水位、氣壓、雨 量、預測潮，紅色方框為同震的訊號。.....	61
圖 2-46、那菝站觀測資料經由 BAYTAP-G 分析的結果，橫軸為三個 月的時間(2015/12/01 - 2016/02/05)也就是到地震前一天，圖第 四欄其他因素項中紅色方框為異常的訊號。.....	62
圖 2-47、花蓮站觀測資料經由 BAYTAP-G 分析的結果，橫軸為三個	

月的時間(2017/12/01 - 2018/02/05)也就是到地震前一天，藍色星號為地震發生的時間，圖第四欄其他因素項中紅色方框為異常的訊號，而發震時間點的藍色星號位置也能看見有異常的訊號，即是同震訊號。	63
圖 2-48、地磁觀測網的測站分布圖。	66
圖 2-49、地磁觀測網之系統架構。	67
圖 2-50、每日地磁資料時序圖，以 2016 年 2 月 6 日的雙龍站為例子，橫軸為 UTC 時間，縱軸為磁感應強度(nT)	67
圖 2-51、左圖為磁擾動分析結果，右圖為超低頻分析，三角形表示測站位置。	68
圖 2-52、連續 8 天的磁力擾動分析結果圖。(上)美濃地震(下)花蓮地震，星號為震央位置，第 7 張圖為地震發生，兩事件發生前並無明顯的相關係數低值(紫色)的出現，但在發生當天有開始出現低值的同震現象。	69
圖 2-53、連續 8 天的超低頻分析結果圖。(a)美濃地震(b)花蓮地震，綠色星號為震央位置，第 7 張圖為地震發生，兩事件發生前有明顯的相關係數低值(紫色)的出現，在第 8 張圖也就是地震發生之後震央附近相關係數值明顯提高(紫色或紅色色塊消失)。	69
圖 2-54、大地電場觀測網的測站分布圖。	72
圖 2-55、大地電場觀測網之資料傳輸流程。	73
圖 2-56、每日地電資料時序圖，以 2018 年 2 月 6 日代號為 em14 的新城站的南北向資料為例，橫軸為時間，縱軸為地電值(mV/km)。	73
圖 2-57、TIP 地震預警機率圖。左圖為 2016 年 1 月 24 日，右圖為同年 2 月 6 日，黑色星號表示主震與餘震的震央位置，三角形為測站位置，白色為無異常，紅色為有異常，黑色為測站故障，灰色圓圈表示 TIP 模型中測站預警範圍。	74
圖 2-58、TIP 地震預警機率圖。左圖為 2018 年 2 月 4 日，右圖為同年 2 月 6 日。	74
圖 2-59、2018 年規模 6.26 花蓮強震在米崙斷層沿線災情(摘自中國時報電子報)。	79
圖 2-60、2018 年 2 月 6 日花蓮地震序列規模與個數之時間分布圖。地震個數為以小時計算之時個數。	80

圖 2-61、2018 年 2 月 6 日花蓮地震序列空間分布圖及震源機制解。	80
圖 2-62、2016 年 5 月 12 日南澳地震之地震報告。.....	82
圖 2-63、2016 年的地震分布與 0512 地震的初動震源機制球。實心星號表示 0512 地震的位置，圖中的海灘球為 0512 地震的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於 A-B 剖面兩側 10 公里內的地震。短期背景地震為 2016 年的地震資料(彩色圓形)，長期背景地震為 1994 至 2018 年間的地震資料(灰色圓形)。	84
圖 2-64、宜蘭地區的構造分布(摘自 Ku et al., 2009)與 2016 宜蘭南澳地震(紅色星號)。	85
圖 2-65、宜蘭 2016 年 0512 地震週邊地震活動統計。地震資料為本局地震目錄中，地震樣本的空間選取標準為，東經 121.8 度~東經 122.2 度；北緯 24.6 度~北緯 24.8 度；淺於 20 公里的地震事件。上圖為所有地震的月統計數量，中圖為規模大於 2 的地震事件月統計數量，下圖為規模大於 2 的地震事件月累積規模。	85
圖 2-66、2009 年 10 月大屯火山地震序列(+與星號)。圖中的實線表示山腳斷層在地表被認定的位置，而地震分布剖面中的虛線則可能的斷層面，黑色三角形表示七星山的位置(圖摘自 Pu et al., 2014)。	87
圖 2-67、地震個數(縱軸)與地震規模(橫軸)的關係式(圖中方程式)。(圖摘自 Pu et al., 2014).....	88
圖 2-68、2014 年士林地震序列(黑色+號與星號)與背景地震(灰色+號)初步定位後的空間分布。	88
圖 2-69、2013 年 3 月 27 日南投地震之地震報告。	90
圖 2-70、2013 年 6 月 2 日南投地震之地震報告。	90
圖 2-71、以 2013 年南投雙地震序列的主震中點(經度, 緯度, 深度 = 121.01°, 23.88°, 16.95km)為圓心, 統計半徑 15 公里內的地震日個數。	91
圖 2-72、南投雙地震序列的地震分布與震源機制。著色符號 2013/03/27~2013/06/30 地震, 黃色與紅色星號各表示 0327 與 0602 地震位置, 紅色實線為活動斷層的地表位置。	92
圖 2-73、地震分布剖面與震源機制。各剖面中的地震樣本為距離剖面兩側 5 公里範圍內的地震事件, 著色符號為	

2013/03/27~2013/06/30 間的地震事件，無著色的地震事件為背景地震事件 (1994-2012)，黃色與紅色海灘球各為 0327 與 0602 地震的震源機制側投影。	93
圖 2-74、2010 甲仙地震、2012 霧台地震、2016 美濃地震的震央分布與景地震活動 (圖摘自 Pu, 2018)。	96
圖 2-75、2016 年 2 月的地震分布與 0206 地震的初動震源機制球。實心星號表示 0206 地震的位置，圖中的海灘球為 0206 地震的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於 A-B 剖面兩側 20 公里內的地震。背景地震為 1994/01/01 至 2016/02/28。符號顏色代表地震發生的日期。	97
圖 2-76、地震的發生時間序列圖。地震資料為本局地震目錄中，地震位於東經 120.2 度~東經 121.8 度，北緯 22.6 度~北緯 23.4 度，深度淺於 40 公里的地震事件。上圖為所有地震的月統計數量，中圖為規模大於 2 的地震事件月統計數量，下圖為規模大於 2 的地震事件月累積規模。	98
圖 2-77、84 年至 107 年中央氣象局發布有感地震分布圖。	104
圖 2-78、103 年到 108 年 2 月地震預警訊息發布時效分析圖。	105
圖 2-79、103 年到 108 年 2 月地震預警訊息效能綜合分析圖。	106
圖 2-80、地震波 P 波、S 波及傳輸通訊速度示意圖。	107
圖 2-81、107 年規模大於 5 之地震預警系統效能分析。	111
圖 2-82、美濃地震發布時效。	111
圖 2-83、強震即時警報發送實例(0206 花蓮地震)。	113
圖 2-84、全國震度分布圖，可藉由圖中之色塊粗略判斷震央位置。	116
圖 2-85、縣市震度分布圖，可由此圖研判災損最為嚴重之區域，以利救災單位有效分配調度救災資源。	116
圖 2-86、波線展示圖，供判斷該震度是否確實由地震造成。	117
圖 2-87、經計算後之速度波線展示圖，供判斷該震度是否可能致災之參考。	117
圖 2-88、經計算後之震幅頻譜展示圖，供判斷該震度是否可能致災之參考。	118
圖 2-89、震度參數文字檔，供使用者下載參數。	118
圖 2-90、強震即時警報傳送標準及管道。	119
圖 2-91、電視臺地震速報插播資訊。	120

圖 2-92 地震資訊 App：「中央氣象局 E-地震測報」。	121
圖 2-93 地震資訊 App：「中央氣象局 E-地震活動」。	122
圖 2-94、臉書「報地震」粉絲專頁。	123
圖 2-95、「地震事件查詢網頁」、「交通部中央氣象局-開放資料平臺」及「地球物理資料管理系統」。	125
圖 2-96、強震即時警報分層傳輸機制。	126
圖 3-1、地震資訊速報服務網。	129
圖 3-2、臺灣東部海域地震海嘯海纜觀測系統第三期規劃之海纜路徑（如圖中紅線標示，綠線及黃線分別為 100 及 106 年建置完成之海纜）。	131

表目錄

表 2-1、圖 2-18 中 20 組初動震源機制解參數。.....	30
表 2-2、圖 2-18 中 22 組 CMT 震源機制解參數。.....	31
表 2-3、2016 年 2 月 6 日美濃地震同震變形位移量統計表。 ...	45
表 2-4、2018 年 2 月 6 日花蓮地震同震變形位移量統計表。 ...	46
表 2-5、84 年至 107 年中央氣象局發布有感地震個數統計表。 ...	101
表 2-6、103 至 107 年中央氣象局強震即時警報發布個數與效能統計 表	104
表 2-7、104-106 年 42 起強震即時警報發布效能統計。	112

壹、前言

一、地震測報業務主要發展方向

地震測報工作著重於正確之地震資訊的蒐集與傳遞，尤其臺灣位於環太平洋地震帶上，地震頻繁，每每造成嚴重災情與人心恐慌，利用正確且快速的地震資訊，以達到防震減災的目的，是中央氣象局(以下簡稱本局或氣象局)長期以來努力的目標。地震成災的機率雖然不及其他天然災害，但一次嚴重地震的破壞所造成的損失，卻往往遠甚於其他天然災害，因此強化強地動觀測效能與防災應用，一直是氣象局的施政重點。

本局地震測報中心(以下簡稱本中心)在民國 78 年 7 月 1 日成立，至今已滿 30 年，在這期間本中心共執行 5 期「強地動觀測」中長程計畫，「強地動觀測計畫」為本中心重要之核心計畫，由第 1 期計畫-加強地震測報(民國 80 年 7 月至 86 年 6 月)、第 2 期計畫-建置強震速報系統(民國 86 年 7 月至 92 年 12 月)、第 3 期計畫-發展強震即時警報系統(民國 93 至 98 年)、第 4 期計畫-建置新一代地震觀測系統(民國 99 至 104 年)，為臺灣地區地震觀測現代化紮下重要基石，本專刊撰寫時間正處強地動觀測第 5 期計畫-強震即時警報於防災之應用(民國 105 至 110 年)之執行階段。

除了「強地動觀測計畫」外，近 10 年本中心尚有其他中長程計畫來輔助地震測報業務的推動，包括海纜第 1 與 2 期計畫(即「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統建置計畫」與「地震及海嘯防災海纜觀測系統擴建計畫」)、「井下強地動觀測計畫」、「強震與地球物理觀測系統效能提升計畫」及「全面性的地震與海嘯早期警報及地震潛勢分析系統建置計畫」等，在這些計畫的支持下，本中心建置了總長 115 公里與 3 座海底地震站的海纜觀測系統及 62 座井下地震站。而自民國 106 年起，更爭取到前瞻基礎建設計畫，擴建海纜觀測系統圍繞臺灣東部與南部外海，於屏東縣枋山登陸，為頭城海

纜站後建置之第 2 個陸上站，完成後海纜觀測系統總長度將近 700 公里，設有 9 座海底地震站；陸上觀測部分，700 餘站強震站儀器正逐步更新為 24 位元儀器，並以網際網路即時傳輸地動訊號；161 座地殼形變觀測站儀器全面採用全球導航衛星系統(GNSS)；地下水與地磁觀測儀器亦已納入更新規劃，儀器的精進使得地震相關觀測網及其應用系統更為健全。

綜整本中心的主要任務(業務)如下：

- 一、監測臺灣地區地震活動；
- 二、發布有感地震報告與海嘯警報；
- 三、執行強地動觀測計畫；
- 四、研究各種地震前兆現象；
- 五、提供地震資訊服務與地震防護宣導。

除了上述的業務外，由於氣象法定義之地震亦包括火山活動所引起地表振動，近年來本中心除與大屯火山觀測站(英文簡稱 TVO)合作進行例行地震觀測外，更以前瞻計畫經費擴充大屯火山觀測設施，另為建立完善之火山活動等級與預警發布機制，刻正辦理強化火山噴發前兆之分析研判及預警發布相關事項中。

本專刊將分篇敘述(1)地震測報業務主要發展方向與組織編制變革、(2)各觀測系統業務成果(含分析與應用)、研發應用、(3)未來展望及(4)結語。透由本專刊的內容撰述，引領讀者了解本中心成立 20 週年後，近 10 年來的業務發展、成長茁壯的歷程、當前的任務與未來展望，期由這些地震測報發展成果將臺灣的地震觀測再次推向一個新的里程碑。

二、組織編制變革

- (一) 1989 (民國 78) 年 7 月 1 日正式成立「交通部中央氣象局地震測報中心」，延續原地球物理科之業務，隸交通部中央氣象局附屬一等測報機構，首任主任由李白華先生擔任，並開始分課辦理業務，設置資料處理課、地震海嘯觀測課、研究發展課、系

統維護課 4 課。

- (二) 1992 (民國 81) 年 12 月增設強地動觀測課、行政課。
- (三) 1999 (民國 88) 年 1 月再增設資料服務課。
- (四) 2011 (民國 100) 年 3 月因業務發展需要，調整各課工作項目並配合更改課名，地震海嘯觀測課調整為地震監測課，系統維護課調整為地球物理課，企劃考評課調整為研究發展課，資料處理課不變，強地動觀測課調整為系統維護課，資料服務課調整為資料應用課，行政課調整為業務管理課。地震測報中心 2018 (民國 107) 年預算員額 46 人，設主任 1 人、副主任 2 人、簡任技正 1 人、薦任技正 4 人以及地震監測等 7 課(圖 1-1)。

地震測報中心組織架構圖

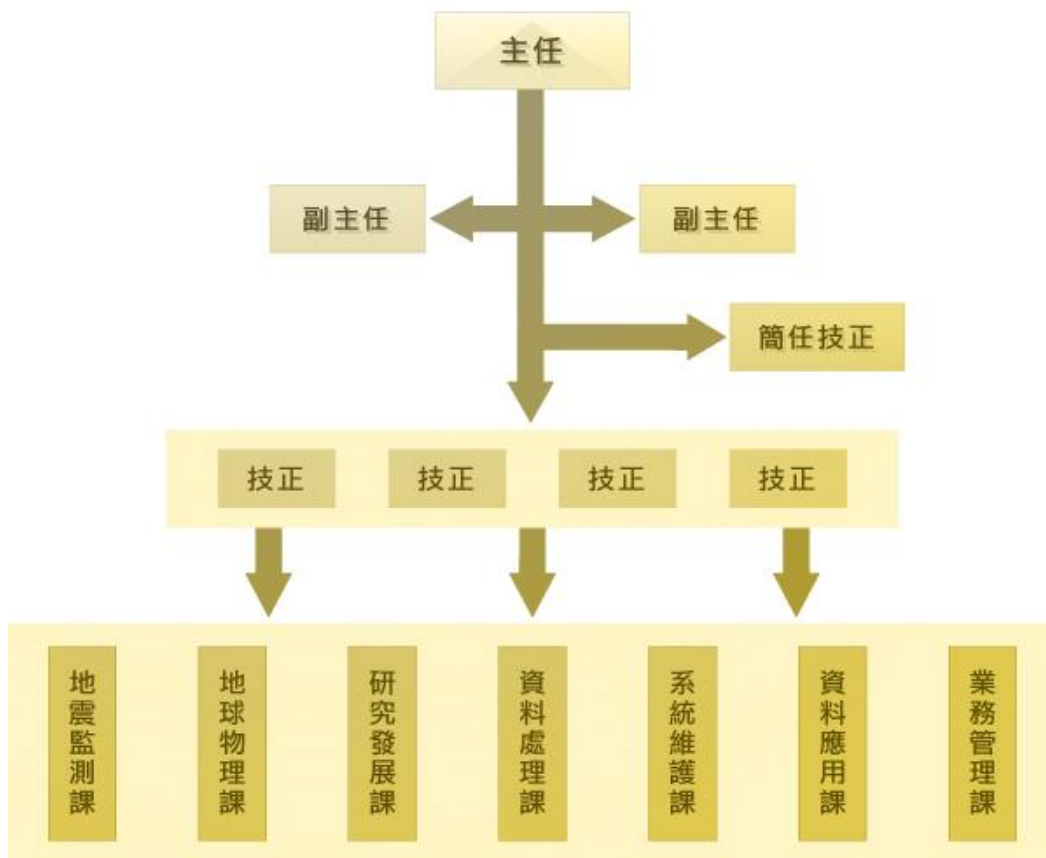


圖 1-1、地震測報中心組織架構圖。

貳、業務成果

一、觀測系統

(一)地震觀測系統

1. 即時地震觀測網

利用數據專線將各測站的速度型及加速度型地動信號，即時傳輸至本中心進行分析處理及錄存，達到即時監測地震活動的功能。近 10 年(自 2009 年至 2018 年)已蒐錄超過 30 萬次的地震資料，地震紀錄近 300 萬筆，對於監測斷層活動或大地震前的異常活動以及諸如地體構造、地震活動度、震源特性、場址效應等相關研究均極具應用價值。為擴大地震活動監測範圍並提昇地震測報精度與廣度，本中心自民國 90 年起開始建立「臺灣地區寬頻地震觀測網」。

本中心自 2003 (民國 92) 年啟用 NSDP 系統，此為由本中心同仁於 2002(民國 91)年 3 月自行研發完成之新地震監測系統(吳逸民，2002)，並於 2003(民國 92)年 1 月正式啟用成為地震作業主要系統。2006(民國 95)年開始，由於電腦科技提昇了地震觀測儀器之解析度，本局開始引進 24 位元地震儀並進行連線測試，2012(民國 101)年開始統整所有地震觀測站為 24 位元地震觀測網 (CWBSN24)，全面升級配置 24 位元觀測設備，並利用最新之網路架構-多協定標籤交換 (Multi-Protocol Label Switching, MPLS) 來傳輸即時地震訊號。同時改進 Earthworm 系統，設計開發三層次即時地震資料處理架構 (封包接收層、資料整合層與資訊應用層)，中央氣象局 24 位元即時地震觀測網 (Central Weather Bureau Seismological network, CWBSN24) 正式於 2012(民國 101)年啟用。CWBSN24 地震觀測網為一整合型觀測網，外站地震儀器包括短週期地震儀、強震儀與寬頻地震儀；通訊架

構則包含 Frame-Relay 線路、AT 專線甚至無線通訊。依據氣象局地震目錄統計 CWBSN24 啟用後，平均每年偵測地震數量由 2 萬起增加至近 4 萬起，多為規模 2 以下之微小地震，對於臺灣地體構造研究與地震活動解析能力大幅提昇。

本中心 1989(民國 78)年成立後，積極執行「加強地震測報建立地震觀測網計畫」，建置臺灣完整的地震觀測網(簡稱 CWBSN)，測站分布於臺灣各地以及金門、澎湖、蘭嶼、彭佳嶼等離島。各測站均裝配三軸向(垂直、南北和東西向)的短週期地震儀，地動訊號在當地數位化後利用數據專線即時傳送回中心處理。數位資料經由人工重新檢視、定位後建檔整理成資料庫，藉以研究、瞭解臺灣地震活動為長遠目標。

為了提昇地震測報效能，本中心透由執行「強地動觀測第二期計畫—建置強震速報系統」，於各地地震站加裝具即時作業能力之加速度型地震儀(強震儀)，即時將強、弱地動訊息同步傳送回中心，加強了對各地震度之掌控。此舉不但加快有感地震消息發布的作業速度，且提升地震資料的準確度，而所接收各測站的震度資料亦可供災損之初步判斷，自此地震速報系統成為本局發布有感地震資訊的核心系統。

本局於 2000(民國 89)年參與國科會「地震及活斷層研究」跨部會大型整合計畫，增設寬頻地震儀，各測站所收錄之資料透過數據網路專線傳回本局處理。由於寬頻地震儀之紀錄頻寬較寬廣且感應器更為靈敏，能夠記錄完整地震波形，可彌補傳統速度型及加速度型地震儀紀錄之不足。藉由斷層面破裂過程的完整地震波形紀錄，將更有助於了解臺灣及鄰近地區大地構造與地震活動之關連性。

近年來本局持續精進臺灣地震觀測網，包括：

- (一)升級全島之地震儀為高解析度 24 位元儀器；
- (二)逐年增建深井式地震站，將高精度地震儀器安裝於地表下

深達 300 公尺（或地下岩盤深度）之深井內，以有效避免地表人為或天候造成之雜訊干擾；

（三）推動電纜式海底地震儀之建置，將地震儀安裝於地震密集之臺灣東部海域海床上；

（四）與國際合作，交換鄰近國家之即時地震站訊號。

以上工作對於我國之地震觀測網，無論是地震訊號品質、測站密度與地震觀測網覆蓋範圍，均可有效監測臺灣之中大規模地震、或是微小地震活動、並可提供地震科技研究所需之寶貴資料。

2. 強地動觀測網

綜合過去震災經驗，地震成災多為強烈地振動使建築物毀壞而造成人員傷亡與財物損失。地震波引起的地振動在不同的地質狀況下會有不同的反應，利用強震儀可觀測記錄這些型態相異的地動反應，以瞭解強地動的特性及其對建築物所產生的影響。臺灣的地質狀況差異極大，造成各地區地振動特性不同，因此將單一地震頻譜，廣泛地運用於其他不同地質狀況的地區從事耐震設計，此種做法並不恰當。例如臺北盆地為一湖積盆地，盆地內堆積著厚而未固結之軟弱沉積土層，容易對某些週期的地震波產生放大效應，1986（民國 75）年 5 月 20 日發生於花蓮附近規模 6.2 的地震與同年 11 月 15 日發生於花蓮外海規模 6.8 的地震，震央在花蓮附近，主要災區卻在臺北地區，可見不同地質所造成的場址效應不可忽視，縱使是在臺北盆地內部，不同地點其地動特性差異也很大。

有鑑於此，本局自 1992（民國 81）年起逐年建立強地動觀測網，蒐集臺灣各都會區的強地動觀測資料，供工程界檢討現行之耐震設計規範，俾使未來的耐震設計更符合經濟與安全的原則。為收錄不同地質條件於地震時之地動特性資料，本局訂定強地動觀測站站址選取原則如下：

- (1)都會區：於臺灣各大都會區以先疏後密的方式建站；
- (2)斷層帶：在臺灣各活斷層周邊建站；
- (3)不同地質環境：在岩盤、軟弱土層與堅硬土層等不同地質環境建站。

3. 臺灣東部海域電纜式海底地震儀觀測系統

臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊交界處，地震活動頻繁且常對社會大眾的生命財產造成威脅，其中規模 6 以上的中大規模地震約有將近 70% 分布於東部海域，另周圍海域亦有孕育海嘯發生之地體構造存在，例如基隆在 1867 年即曾有過海嘯災害的紀錄。雖然現有的地震監測網具有提供預警或防災的功用，但是對於分布在臺灣陸上地震站網以外的海域地震，現有的陸上地震站尚不足以提供有效的監測。若能於臺灣東部海域設置電纜式海底地震儀，便可使影響臺灣的地震都能被包覆於本局所建地震網內，不但彌補陸上地震站觀測範圍之不足，也可改善海域和近岸的地震定位，增強本局強震即時警報系統的正確性和可信度，提供有效的防救災資訊。

此外，海域地震定位正確性的提升，讓我們能更精確地掌握地震是否會引起海嘯，同時海底觀測網也能監測海底山崩可能引發的間接海嘯，提早偵測海嘯之發生與威脅。因此本局自 2007 (民國 96) 年起執行「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統建置計畫」，在臺灣東部海域利用海底光纖電纜連接地震儀、海嘯壓力計及其他海洋科學觀測儀器，進行海底地震及海嘯活動之即時監測，以達到提升防震減災能力的目的。

歷經數年的規劃與施作，東部海域電纜式觀測系統在 2011(民國 100)年 11 月正式完工啟用，自宜蘭頭城向外海鋪設 45 公里長的海底電纜，並於終端設置地震儀、海嘯計，以及海洋物理觀測系統。

2015(民國 104)年開始執行「地震及海嘯防災海纜觀測系統

擴建」採購案，於 2017(民國 106)年建置完成由現有纜線尾端位置接續鋪設長度 70 公里的光纖海纜，並於路徑沿線 3 處位置裝設海底地震海嘯觀測設備(以下簡稱海底觀測設備)，內含地震、海嘯及其他相關觀測儀器，以強化臺灣東部海域地震與海嘯的監測防災能力。

為進一步擴展海纜觀測系統之監測範圍，本案針對南澳海盆、花蓮、臺東至屏東外海鄰近區域，以既有 115 公里為基礎，規劃再擴建至少 580 公里海纜系統，海纜沿線設置 6 座海底觀測設備，並於屏東枋山建置海纜陸上站。系統擴建完成後，對於東部海域地震，將可有效縮短地震測報時間、提高地震偵測率與定位精準度。

4. 井下地震觀測站

井下地震觀測站是將地震儀器設置在地表下約 30~500 公尺深的地方(視岩盤深度而定)，以降低地表雜訊干擾，提升地震觀測訊號品質的地震觀測站。一般地面常因鄰近人為活動等造成振動，讓置於地表之地震觀測站，收錄到這些雜訊，以致不易分離真正之地震訊號。建置「井下地震觀測站」，除了可以提高地震觀測訊號的品質外，對於地震波相的判定及地震定位都有相當大的助益(圖 2-1)，有助提升地震預警(Earthquake Early Warning, EEW)效能。本局自 2007(民國 96)年著手井下地震觀測站之建置，截至 2018(民國 107)年本局累計完成 62 座井下地震觀測站。

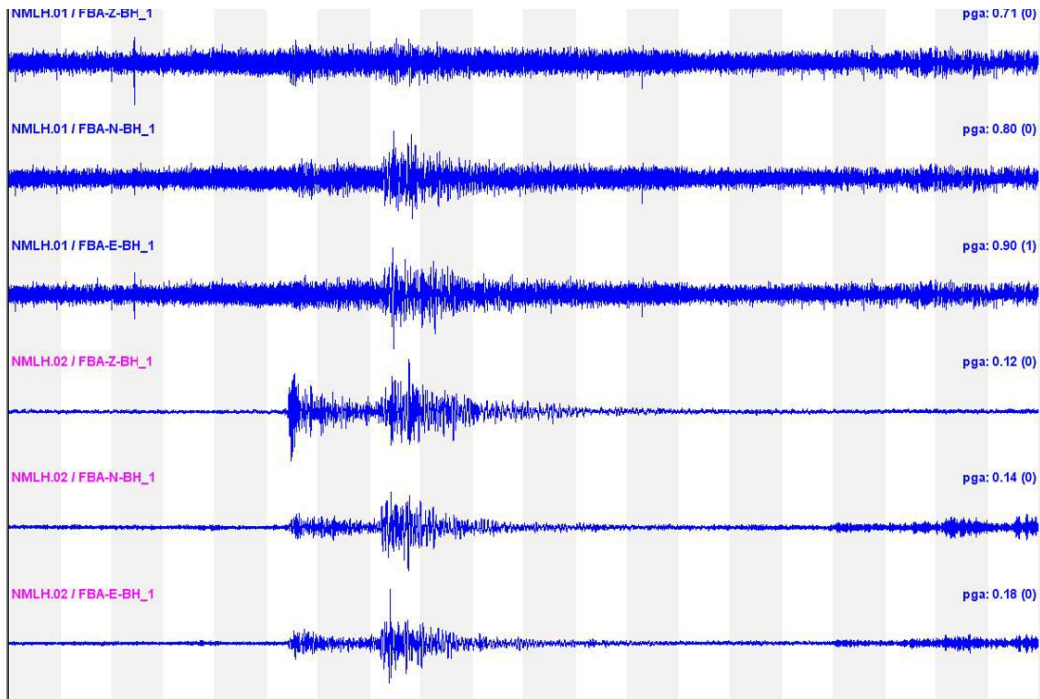


圖 2-1、2017 年 3 月 20 日 7 時 48 分宜蘭東部海域地震(規模 4.5)，苗栗井下地震觀測站(震央距離為 136.3 公里)之地震波形紀錄，上方 3 波道為地表強震儀波形紀錄，下方 3 波道為井下強震儀波形紀錄。

5. 大屯火山即時地震監測網

近年來，火山活動相關議題在臺灣持續受到關注。這個議題，初期是始於諸多科學研究指出大屯火山並非先前所想像的死火山，時至近期，政府相關單位開始重視火山相關議題，於 107 年 5 月 25 日中央災害防救會報第 38 次會議核定「災害防救業務計畫」，將火山災害列於災害防救法中。臺灣位於環太平洋火山地震帶上，存在火山活動的這個現象，本就是可被預期的。臺灣地區火山活動明顯地區包含大屯火山及龜山島火山，由於大屯火山群恰好在大臺北都會區邊緣(圖 2-2)，距離臺灣指標性的政經中心(總統府與臺北 101 大樓)，直線距離皆在 20 公里內，其亦鄰近臺灣北部的重要核電廠。因此，大屯火山活動可能造成的影響與衝擊不可忽視。

本局自 2007(民國 96)年開始，便開始與中央研究院地球科學研究所針對大屯火山地區討論火山地震監測的合作事宜，並在 2011(民國 100)年底大屯火山觀測站成立後，與該觀測站合作，共同進行火山監測。目前，本局在火山監測工作中扮演的角色，主要為提供近即時的大屯火山地區地震活動監測資訊。其中地動資料部分，主要即時接收來自於大屯火山觀測站之 10 個地震站觀測資料，配合本局在臺灣北部的即時地震站(圖 2-2)。這些位在大屯火山地區的地震監測儀器，皆具有能連續的記錄高解析度的地動資訊(圖 2-3)，即使是微小的地動訊號，依然可以被完整記錄，並經人工萃取有效的觀測訊號進行精確的地震定位。藉由這些資料與本局的近即時監測作業，大屯火山地區的地震活動可有效率的被監測，並快速提供火山資訊予相關的應變單位。

除火山地震的觀測系統與業務外，本局亦於陽明山的竹子湖氣象站（圖 2-4），建置火山展示室（圖 2-5）。這個展示室主要的目的為提供民眾了解大屯火山地區的火山構造與監測概況，該展示室於 2018(民國 107)年底完工。此火山展示室中，設有陽明山地區的三維地形模型(圖 2-6)、即時火山地區地動訊號的展示設備(圖 2-7)、地下地層的岩芯樣本(圖 2-8)、火山地區的岩石樣本(圖 2-9)、地殼變形的監測設備與井下地震觀測站。主要服務對象為一般民眾與教學單位參訪為主，目的在推廣火山的科普知識，並讓參訪者了解火山的監測方式，與目前在大屯火山地區的火山監測設備等。

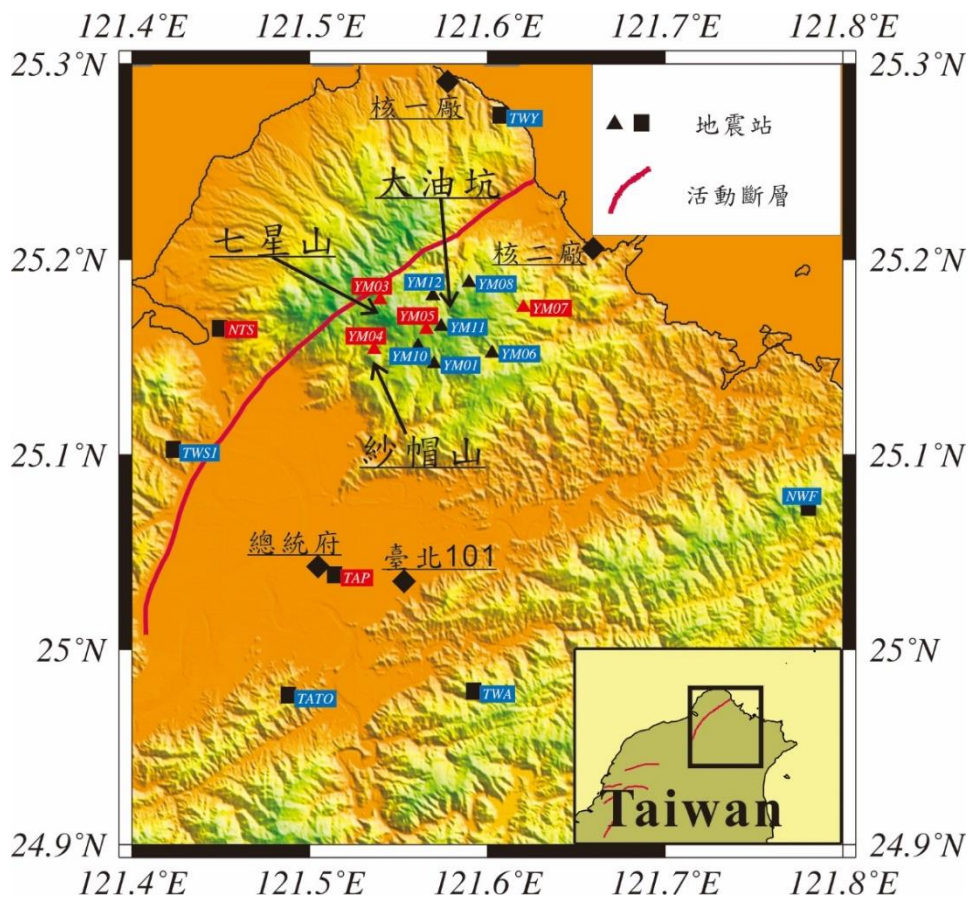


圖 2-2、大屯火山監測網的地震站分布。三角形表示地震站的位置(地表觀測站以黑色三角形表示;井下地震站以紅色三角形表示),其中 YM01 到 YM12 測站為大屯火山觀測站所維護之地震站。

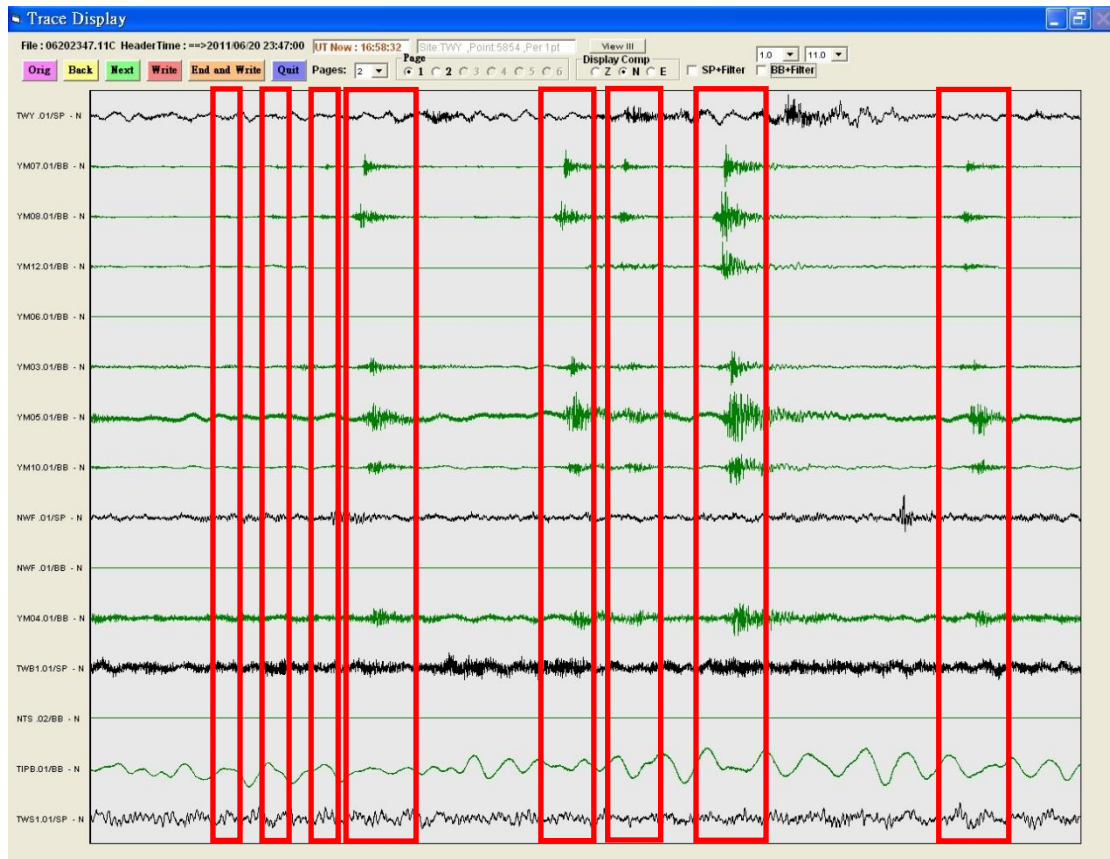


圖 2-3、大屯火山地區的即時地動訊號與地震訊號（紅色矩形時間段）。X 軸為時間(全長代表 1 分鐘)，Y 軸為地震站。



圖 2-4、本局竹子湖氣象站。



圖 2-5、位於竹子湖氣象站內的大屯火山展示室。



圖 2-6、陽明山地區的三維地形模型。



圖 2-7、即時火山地區地動訊號的展示設備。



圖 2-8、地下地層的岩芯樣本(左圖)及火山地區的岩石樣本(右圖)。

(二)臺灣地球物理觀測網

由於地震預測非短期內可以達成，本局採取階段性方式辦理地震防災工作，逐步完成各項重要工作，包括加強地震測報、建置地震速報與強震即時警報系統，藉以減低地震災害。為進一步減低地震災害，本局已運用各種地球物理觀測方法進行地震前兆分析與地震預測技術之研發工作。

為推動地震前兆預警之研發，本局近年來積極建置、維護各種地球物理觀測站，統整為臺灣地球物理觀測網(Taiwan Geophysical Network for Seismology, TGNS)，現階段已穩定蒐集各項地球物理觀測資料，並與學術界合作交流，導入新的觀測方法，未來希望透由觀測數據之整合，大量比對與地震發生之相關性，試圖找出較為適用臺灣地區之地震前兆觀測方法。

目前臺灣地球物理觀測網包含全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS，亦可用於電離層濃度變化監測)、地震地下水觀測系統、地磁觀測系統與大地電場觀測系統，各系統簡述如下：

1. 全球導航衛星系統

本局自 1993(民國 82)年起開始逐年建置全球衛星定位系統(Global Positioning System，以下簡稱 GPS)觀測站，至 1998(民國 87)年止共完成 17 座測站之建置。1999(民國 88)年 9 月 21 日發生芮氏規模 7.3 的集集地震，對臺灣中部地區造成相當大的災害，尤其在石岡、東勢地區更形成了高達數米的地表錯動，本中心 GPS 觀測網適時地發揮其應有之功能，確實監測到臺灣地區受該地震影響所造成的地殼形變。因此在 921 集集地震後，配合行政院國家科學委員會(現為科技部)推動「地震及活斷層研究」跨部會整合科技計畫，於 2001 至 2005(民國 90 至 94)年逐年將 GPS 觀測站數目增加至 152 站，以達到每 50 公里內皆有觀測站為目標，之後持續增站、並更新、汰換測站儀器。由於衛星

定位技術不斷更新，早期接收儀僅能接收美國 GPS 衛星訊號之系統，近年來已逐步進化成全球各衛星系統整合之全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System，以下簡稱 GNSS)，故本局自 2012(民國 101)年起開始將運行多年 LEICA RS500、Trimble 5700 和 Trimble NetRS 觀測儀器陸續汰換更新成 Trimble NetR9，採高精度的 GNSS 多星系統觀測，將觀測系統由 GPS 升級為 GNSS。至 2018(民國 107)年底止本局共建置與汰換完成 161 座 GNSS 測站(圖 2-9)，透過 ADSL 與 3G 無線網路等方式進行資料傳輸。另定期與其他單位進行資料交換，及透過網路下載公開資料，研究產品包括絕對水平速度場與方位角、相對水平速度場、年平均應變場與電離層濃度變化等。

2. 地震地下水觀測系統

1999(民國 88)年 921 集集地震，於車籠埔斷層附近之地下水位觀測井皆觀測到明顯的同震水位變化，且地震前車籠埔斷層附近超過 50 口井的地下水位出現明顯升降改變的變化。國外一些大地震發生前也曾觀測到水位異常變化，推斷應是地震前岩體受應力作用而產生微小裂隙，導致孔隙率與滲透率改變，進而產生地下水位變化，因此地下水之水位變化可反應出岩體應變，觀測地下水位的變化亦有助於地震前兆現象的掌握。

本局為配合行政院國家科學委員會(現為科技部)「地震及活斷層研究」跨部會科技計畫，與經濟部水利署負責之「地震發生前後地下水位異常之研究」計畫合作地下水位變化與地震前兆相關性之研究，分別於 2004(民國 93)年 1 月設置花蓮站、2005(民國 94)年 1 月設置宜蘭縣壯圍、臺南市那菝與臺南市六甲等 3 站、2006(民國 95)年 1 月設置雲林縣東和及屏東縣赤山 2 站，總計已完成 6 口觀測井之建置(圖 2-10)，各測站資料皆以 1Hz 的採樣率持續記錄大氣壓力與地下水位，並同步透過中華電信 T1 專線或 ADSL 方式將觀測資料即時傳回本局。

3. 地磁觀測系統

大地震發生前，因地下岩層應力長期累積，常導致地磁場產生相對應之改變，過去臺灣曾有幾次觀測案例，例如 1986(民國 75)年花蓮地震、1999(民國 88)年的 921 集集地震與 1022 嘉義地震等，這些前兆多為事後研究分析之結果，值得深入探討瞭解作為地震前兆之可行性。

臺灣的地磁場觀測系統早期由中央研究院地球科學研究所建置，經國立中央大學擴建後總計有 11 站，於 2006(民國 95)年移交至本局維運。2013(民國 102)年初因測站環境等因素撤除瑪家站，2014(民國 103)年新增臺東池上站，2015(民國 104)年新增屏東馬仕站，至 2018(民國 107)年底共有 12 座地磁場觀測站(圖 2-11)，所使用的儀器為加拿大 GEM 公司所生產之 GSM90F 型全磁場磁力儀，各站傳輸方式皆是透過 ADSL 將 1Hz 觀測資料即時傳回本局，並彙整於本局地磁場資料庫中，以利後續分析使用。2017(民國 106)年本中心於宜蘭內城站新增三分量磁力儀，規劃後續將逐步汰換其他測站之磁力儀為三分量磁力儀。

4. 大地電場觀測系統

從許多岩石破裂實驗顯示，在破裂過程中伴隨著電磁異常擾動是一項普遍的物理現象。因此，大地震發生前後之大地電場訊號變化被認為是研究地震前兆的一種方法。

臺灣的大地電場觀測系統為中央大學陳建志教授於 2010 至 2012(民國 99 至 101)年間執行行政院國家科學委員會(現為科技部)「臺灣地震預警與前兆現象整合研究與潛在防災應用-臺灣電場網建置計畫」，在中華電信公司技術支援下，協力完成共 20 處大地電場觀測站(圖 2-12)，每個站間距為 50 公里，遍佈全臺，希望透過大量且全面收集地表電訊號的監測資料，能在某種程度上發現與地震有關的訊號，自 2017(民國 106)年起移交本局維運。

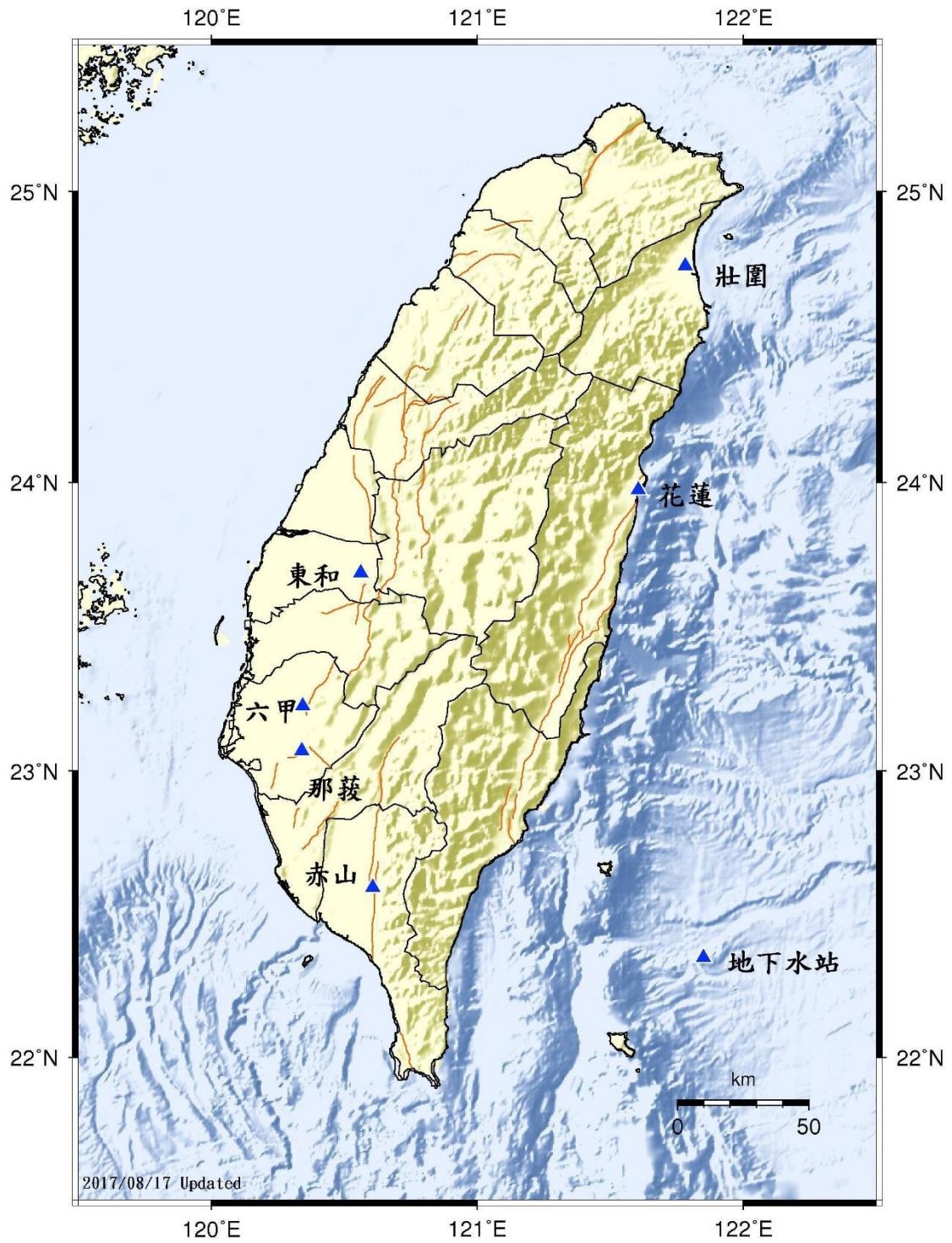


圖 2-10、本局地震地下水觀測系統測站分布圖。



圖 2-11、本局地磁場觀測系統測站分布圖。

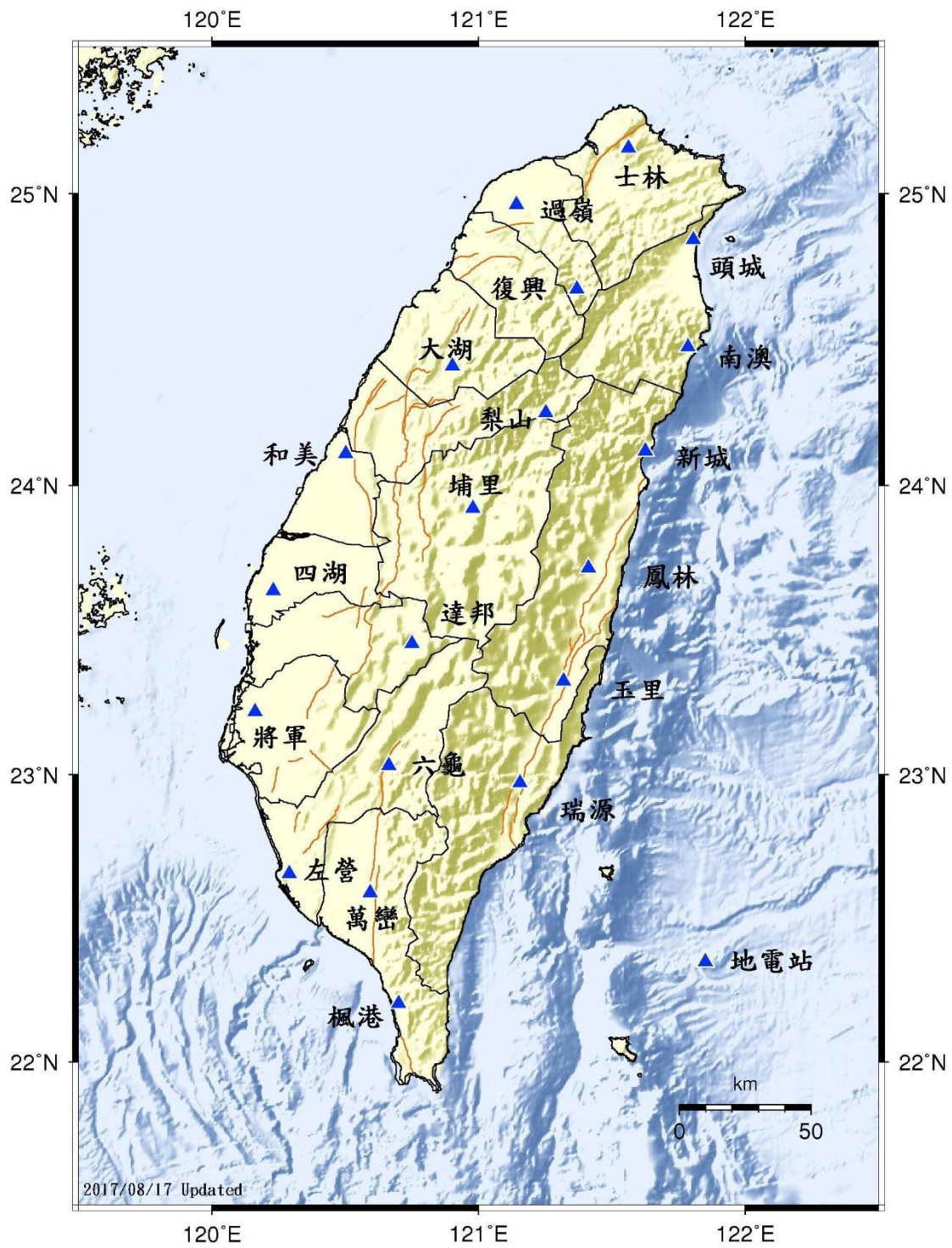


圖 2-12、本局大地電場觀測系統測站分布圖。

二、觀測分析

(一)地震活動分析

1. 地震活動分析

本局建置地震觀測網 (Central Weather Bureau Seismic Network, CWBSN) 以從事臺灣地區之地震觀測，自2012(民國101)年起，使用24位元系統觀測地震以後，微小地震的觀測資料數量明顯增加，其對於強震與弱震間相關性之探討，提供了豐富資料。自1994(民國93)年連續紀錄觀測以來，過去系統(1994-2011)平均一年觀測到約21,500起地震，24位元觀測系統至今(2012-2018)，平均一年觀測到約40,000起地震。2009年至2018年間觀測到規模大於6以上的強震有24個，平均1年2.4個地震(圖2-13)。

由地震活動在空間上的震源分布特性可以發現，震源深度較深的地震多發生在臺灣東北部，且在臺灣東部大約北緯24度附近，震源分布明顯呈現向北隱沒的傾斜地震帶，而臺灣南部在約東經121度附近也隱約呈現向東隱沒之傾斜地震帶。臺灣西部之震源分布，則主要為集中於斷層構造區附近之淺層地震。

與地震活動相對應之板塊運動，在臺灣東北部與南部分別具有由南向北與由西向東的板塊隱沒地震帶 (Angelier, 1986)。在臺灣東北部，菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊之下，造成琉球海溝 (Ryukyu Trench)、琉球島弧 (Ryukyu Arc) 與沖繩海槽 (Okinawa Trough) 之板塊隱沒構造。琉球弧溝系統之板塊隱沒構造，前緣為琉球海溝，緊接為安山岩噴發造成之琉球島弧，島弧後方為裂谷盆地與弧後擴張之沖繩海槽，向西延伸至宜蘭平原。沖繩海槽為張裂作用造成，有許多海底火山，一般認為，臺灣東北部之宜蘭平原是沖繩海槽進入臺灣的部分，龜山島為其進入臺灣前噴發的火山島。約於三、四百萬年前，沖繩海槽可能在現今臺北市北方登陸，造成觀音火山及大屯火山，南移後再次爆發造成基隆火山 (有金瓜石金礦)，目前已移到宜蘭外海。宜蘭

地區尚無明確之斷層，地震活動主要與板塊構造有關。在臺灣南部，歐亞大陸板塊則向東隱沒至菲律賓海板塊之下，造成馬尼拉海溝（Manila Trench）與呂宋島弧（Luzon Arc）之板塊隱沒構造。地殼上部的岩層被壓縮抬升成中央山脈和西部麓山帶，呂宋島弧則被抬升為海岸山脈（Angelier, 1986）。同時進行的板塊碰撞及隱沒作用，引發臺灣頻繁的地震活動。

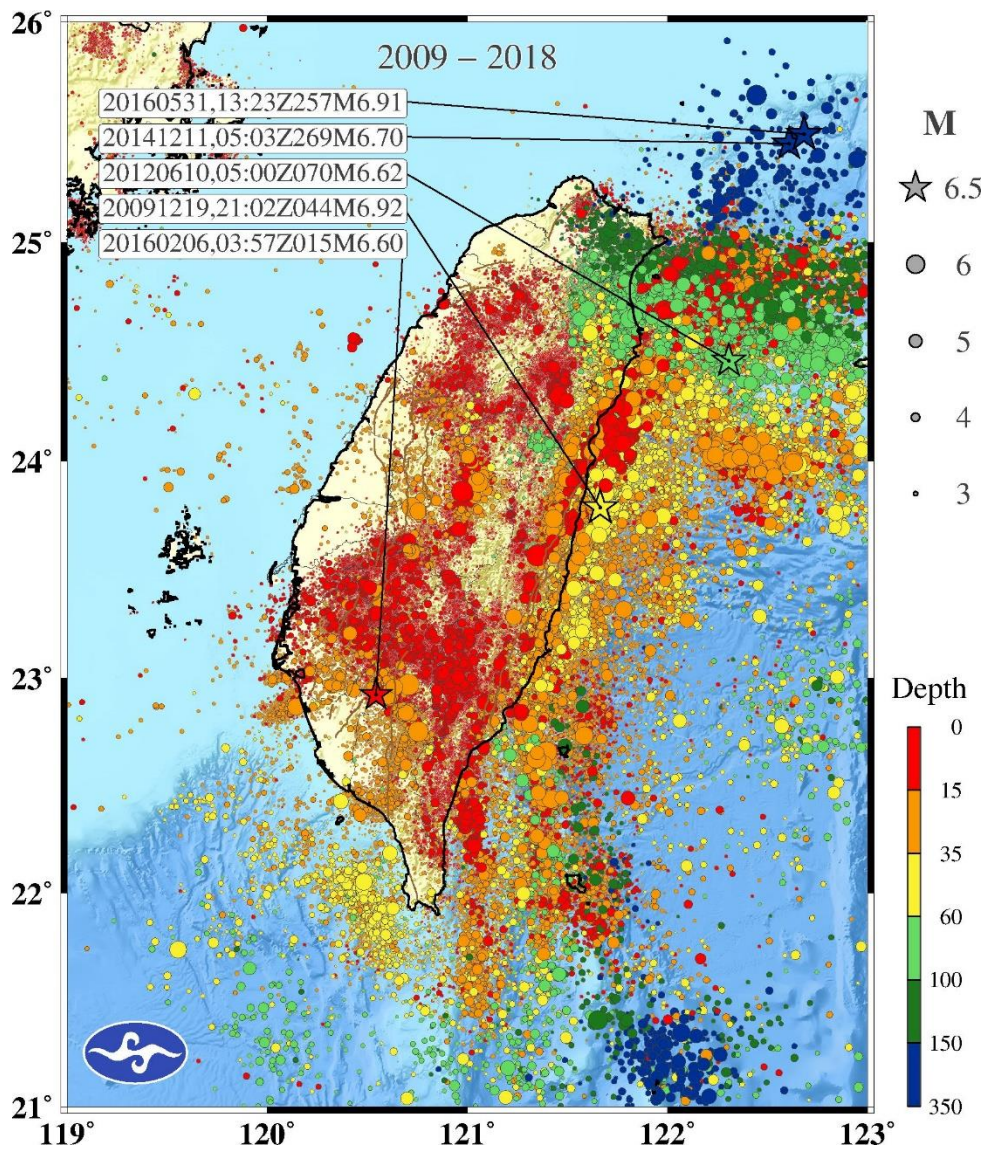


圖 2-13、2009 年至 2018 年地震分布圖，期間共觀測到約 33 萬起地震，其中大小代表地震規模，顏色代表地震深度，詳細如圖例。

地震規模與釋放能量之關係的經驗公式為 $\text{Log}E=11.8+1.5M$ (Gutenberg and Richter, 1956; Kanamori and Anderson, 1975; Wang, 1992)，其中M為地震規模，E為地震的釋放能量，規模每增加0.2，能量約增為2倍。

由於臺灣地震發生頻率高，地震釋放能量的數量太多，不便於個別分析，於後採累積規模(Cumulative Magnitude)以代表累積的地震釋放能量，其目的是將累積能量(Cumulative energy)的數值正規化為規模的尺度，以方便分析地震特性。地震累積規模的計算方式，是先藉由地震規模與能量關係的經驗公式，將規模轉換成對應的能量值，累積其能量總和，再藉由此相同的經驗公式，將累積能量轉換成對應的累積規模。此一累積方式的結果，舉例而言，累積約32個規模5.0的地震，相當於1個規模6.0的地震。依上述方式計算2009年至2018年累積規模顯示如圖2-14。

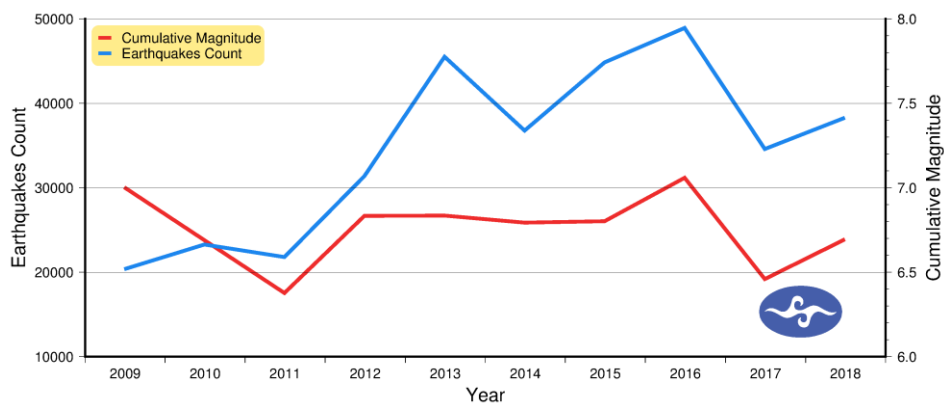


圖 2-14、2009 年至 2018 年各年地震次數(藍色，左邊座標軸)及累積規模(紅色，右邊座標軸)統計圖。

2009年至2018年淺震與深震之累積規模等值分析如圖2-15，等值圖係以經緯度各0.2度為網格大小。從地震累積規模等值圖可以發現，臺灣主要的地震活動大都發生在臺灣東部，主要是因為直接受到板塊碰撞和隱沒作用，等值圖的區域高區主要分布在宜蘭東北部外海、花蓮、花蓮外海、屏東、苗栗、新竹和臺東外海地區，等值圖高區大致呈現東北方向的狹長帶狀分布趨勢，臺灣西部則以臺南外海與嘉南地區之斷層構造區為局部高區。

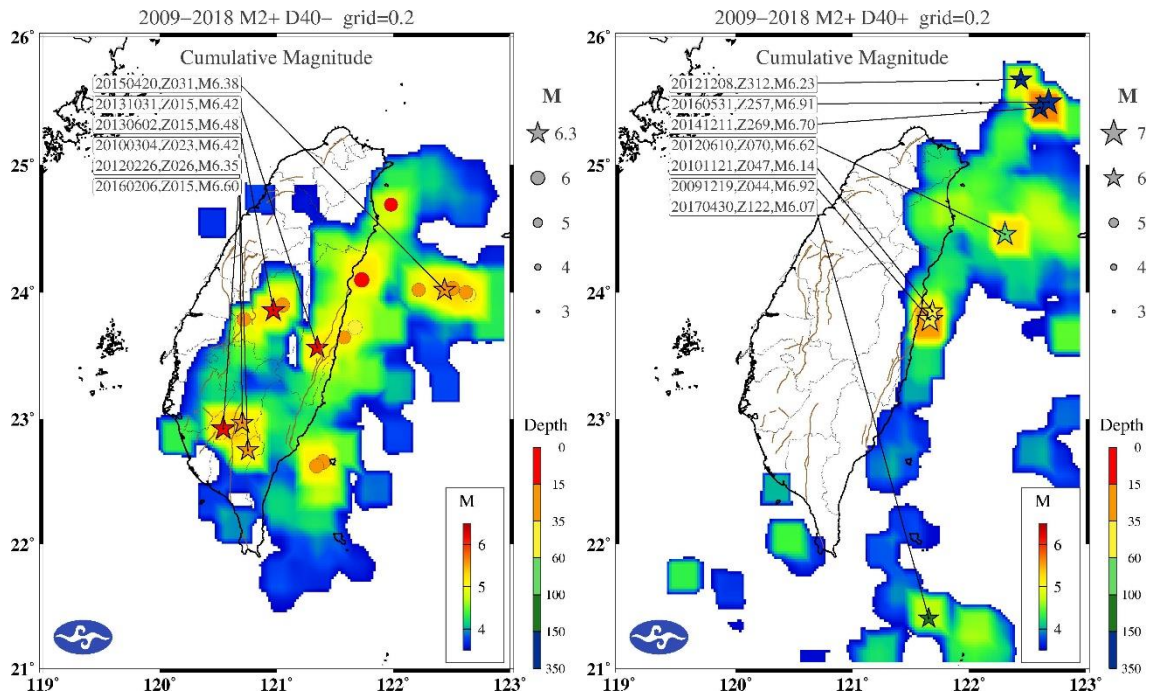


圖 2-15、2009 年至 2018 年淺震(左)與深震(右)之累積規模等值分析。等值圖係以經緯度各 0.2 度為網格大小，地震個數已正規化(normalize)為 30 天之個數。等高線圖顏色愈紅，累積地震規模愈大，如圖例 M 所示。圓形與星形表示震央位置，其中大小代表地震規模，顏色代表地震深度，如圖例 Depth 所示。

2009 年至 2018 年地震個數等值分析如圖 2-16，等值圖係以經緯度各 0.2 度為網格大小，規模大於 2 以上之地震個數已正規化(normalize)為 30 天之個數。地震個數高值區主要分布在臺灣陸地與東部近海地區，最高值位於花蓮地區與宜蘭地區，宜蘭地區雖無強震但有密集的小地震。地震個數等值圖顯示地震活動以臺灣東部與東北部(北緯 23.5 至 25 度，東經 121 至 122 度)花蓮和宜蘭地區最為頻繁，等值線大致亦呈東北向的狹長帶狀分布趨勢；臺灣西部則以臺南外海與嘉南地區之斷層構造區較為頻繁。

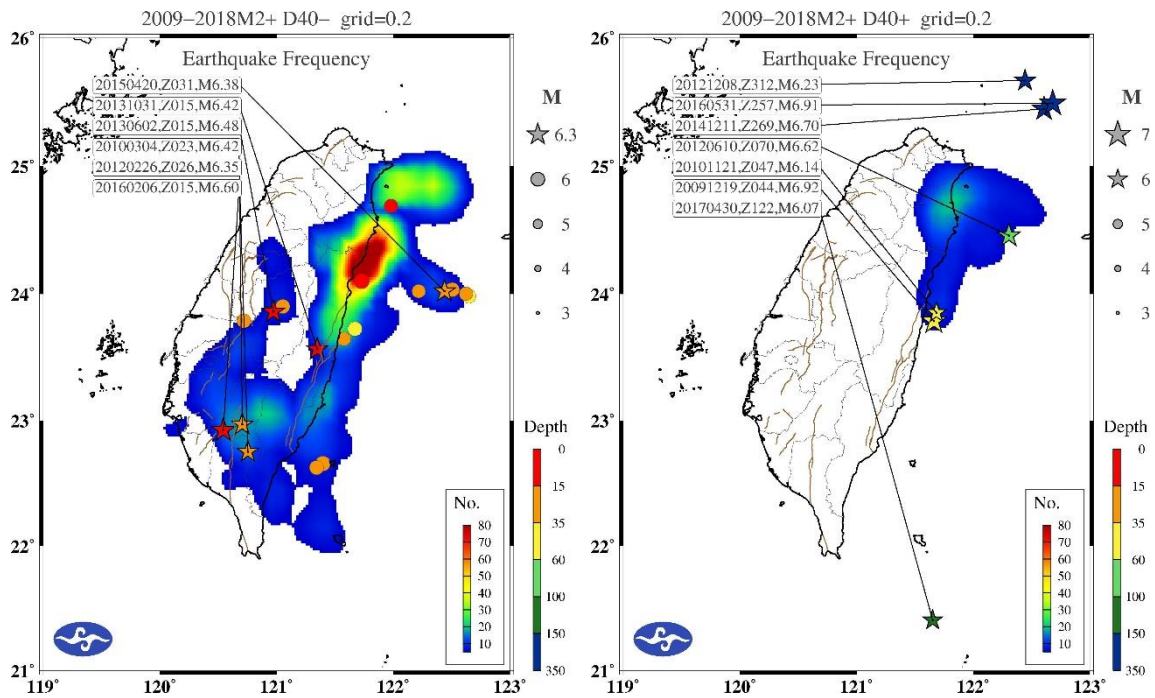


圖 2-16、2009-2018 年規模大於 2 之淺震(左)與深震(右)之地震個數等值分析。等值圖係以經緯度各 0.2 度為網格大小，地震個數已正規化(normalize) 30 天之個數。等高線圖顏色愈紅，地震個數愈多，如圖例 No. 所示。圓形與星形表示震央位置，其中大小代表地震規模，顏色代表地震深度，如圖例 Depth 所示。

由 2009 年至 2018 年地震規模、累積規模及每日個數之時序分布圖 (圖 2-17) 可知，規模大於 6 的地震有 21 個。其中深度淺於 40 公里地震有 15 個，有 5 個位於花蓮外海的南澳海盆附近，2009 年 7 月 14 日規模 6.0、2013 年 6 月 8 日規模 6.21、2015 年 4 月 20 日 9:42 規模 6.38 與 19:45 規模 6.15 兩個地震與 2018 年 10 月 23 日規模 6.11；2016 年 5 月 12 日宜蘭外海地震規模 6.1；2009 年 10 月 4 日花蓮外海地震規模 6.09，2015 年 3 月 23 日花蓮外海地震規模 6.19，2018 年 2 月 6 日花蓮外海災害地震規模 6.26 與 2013 年 10 月 31 日花蓮瑞穗地震規模 6.42；2 個中深度花蓮外海地震，2009 年 12 月 19 日規模 6.92 與 2010 年 11 月 21 日規模 6.14；3 個南投附近地震，2009 年 11 月 5 日規模 6.15、2013 年 3 月 27 日規模 6.24 與 2013 年 6 月 2 日規模 6.48；2

個綠島地震，2015年2月14日規模6.28與2016年10月6日規模6.15；3個高屏地區災害地震，2010年3月4日甲仙地震規模6.42、2012年2月26日霧臺地震規模6.35與2016年2月6日美濃地震規模6.6。較深地震有6個，北部隱沒帶5個地震，2012年6月10日規模6.62及12月8日規模6.23、2014年12月11日規模6.7與2016年5月31日規模6.91；南部隱沒帶1個2017年4月30日規模6.07。

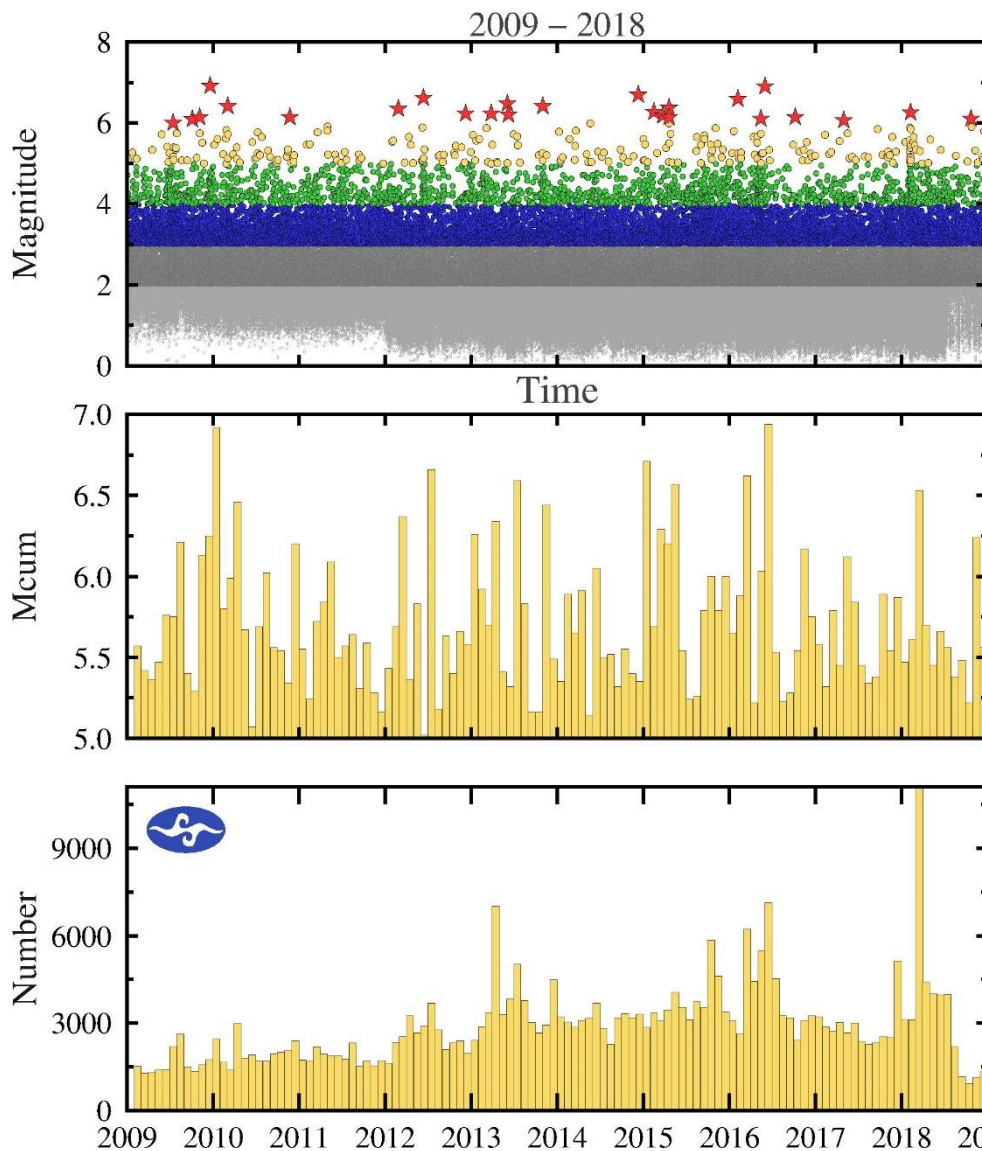


圖 2-17、2009 年至 2018 年地震規模、累積規模及每日個數之時間分布圖。(2018 年 7 至 12 月尚有部分規模較小地震未完成，故地震個數較低。)

震源機制 (focal mechanism) 是根據地表測站所觀測之地震波形紀錄以推測震源破裂型態，係用以表示地震的斷層錯動與應力型態，斷層錯動型態分為正 (normal) 斷層、逆 (thrust) 斷層與走向滑移 (strike-slip) 斷層，走向滑移斷層 (平移斷層) 又分為左移 (left lateral) 與右移 (right lateral) 斷層。

由本局地震網規模大於6的P波初動資料與波形擬合方式求得20個初動與22個CMT震源機制解，其震源參數資料列於表2-1與表2-2。傳統P波初動解因為只有使用P波初動極性方向(上動或下動)，在完成地震定位後即可迅速求解的優點，所以至今仍被廣為使用，並且由於臺灣地震網測站密度大，對於P波初動資料在象限分布上具有很好的約束。但是在P波初動極性方向的波形檢視資料處理時，經常會因為雜訊太大而不易判斷，為了避免污染品質，上述20個震源機制解是選用各個測站P波初動極性非常明確的資料。2009年至2018年P波初動與CMT之震源機制與震央分布如圖2-18。2009年至2018年的震源機制中，主要分布在臺灣東部之板塊隱沒構造區域。由震源機制顯示，臺灣地區之構造活動主要受到菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的碰撞擠壓作用所主導。臺灣東部在北緯24度以北，因菲律賓海板塊西北斜向碰撞與向北隱沒作用，以及沖繩海槽的擴張作用，故其構造活動較為複雜，其震源機制包含逆斷層、正斷層與走向滑移斷層。臺灣東部(東經121度以東)在北緯24度以南，主要以逆斷層為主，且最大壓縮應力方向(P軸方向)亦與菲律賓海板塊西北斜向碰撞的作用方向相符。花蓮外海的南澳海盆附近地震以東西向逆衝斷層為主；2016(民國105)年5月12日宜蘭外海地震為東北西南走向正斷層地震；2015(民國104)年3月23日花蓮外海地震為南北向逆斷層，2018(民國107)年2月6日花蓮外海災害地震為走向滑移地震；2013(民國102)年10月31日花蓮瑞穗地震為東北西南走向的逆衝斷層機制；南投附近地震2009(民國98)年11月5日、2003(民國92)

年3月27日與同年6月2日為南北向逆衝斷層機制；2015(民國104)年2月14日與2016(民國105)年10月6日綠島地震為南北向逆斷層地震；3個災害地震，2010(民國99)年3月4日甲仙地震、2012(民國101)年2月26日霧台地震與2016(民國105)年2月6日美濃地震為東西向低角度走向滑移地震。花蓮外海中深度地震，2009(民國98)年10月5日、2009(民國98)年12月19日與2010(民國99)年11月21日為北北東南南西走向的逆衝斷層機制；較深地震有向下壓縮軸為主的震源機制特性。

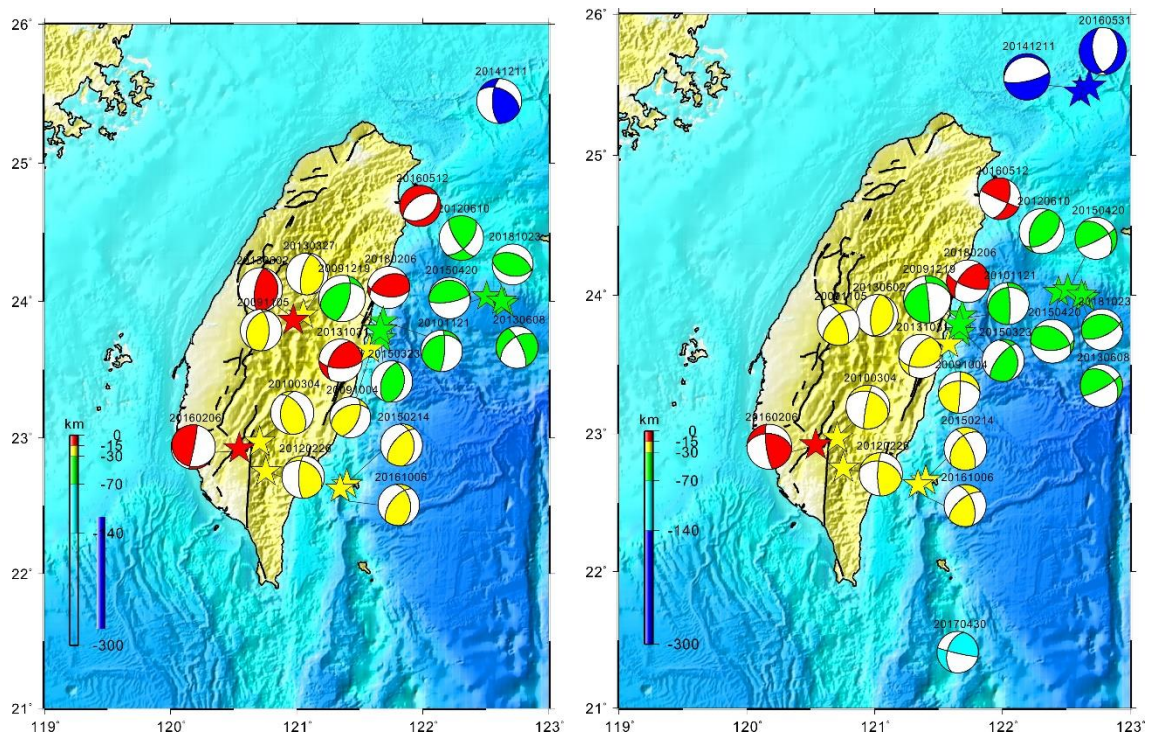


圖 2-18、2009 年至 2018 年由本局地震網規模大於 6 的 P 波初動資料與波形擬合方式求得 20 個初動(左圖)與 22 個 CMT 震源機制解(右圖)。

表 2-1、圖 2-18 中 20 組初動震源機制解參數。

年/月/日	時:分	東經	北緯	深度	規模	dip1	strike1	rake1	dip2	strike2	rake2
yyyy/mm/dd	Hh:min	Long.(E)	Lat.(N)	Depth(km)	M.						
2009/10/4	01:36	121.579	23.6475	29.15	6.09	57	24	63	41.6	247.1	125
2009/11/5	17:32	120.7187	23.789	24.08	6.15	34	206	113	59	358.9	75.2
2009/12/19	21:02	121.6633	23.788	43.78	6.92	66	15	60	37.7	249.8	138.3
2010/3/4	08:18	120.7067	22.9692	22.64	6.42	45	185	119	51.8	326.9	64.1
2010/11/21	20:31	121.6857	23.8525	46.87	6.14	78	4	66	26.7	249	152.4
2012/2/26	10:35	120.7547	22.7523	26.31	6.35	73	181	116	30.7	301.9	34.9
2012/6/10	05:00	122.3068	24.459	69.88	6.62	56	41	155	69.5	145.6	36.7
2013/3/27	10:03	121.0527	23.9022	19.43	6.24	69	193	98	22.4	351.6	70.1
2013/6/2	13:43	120.9742	23.8615	14.54	6.48	22	2	83	68.2	189.5	92.8
2013/6/8	00:38	122.647	23.9832	35.32	6.21	53	231	-22	72.6	334.7	-140.9
2013/10/31	20:02	121.3485	23.5662	14.98	6.42	61	90	132	49.5	208.3	39.6
2014/12/11	05:03	122.607	25.4492	268.62	6.7	65	180	-130	46	63.3	-36
2015/2/14	04:06	121.3967	22.6582	27.78	6.28	60	221	117	39.5	355.5	51.8
2015/3/23	18:13	121.6707	23.7257	38.4	6.19	40	8	80	50.7	201	98.3
2015/4/20	19:45	122.5065	24.0353	33.87	6.15	74	80	86	16.5	274.2	103.7
2016/2/6	03:57	120.5438	22.922	14.64	6.6	87	11	-103	13.3	268.2	-13.1
2016/5/12	11:17	121.9803	24.6918	8.86	6.1	37	56	-91	53	237.3	-89.2
2016/10/6	23:52	121.3438	22.627	23.7	6.15	58	219	120	42.7	351.5	51.3
2018/2/6	23:50	121.7297	24.1007	6.31	6.26	53	97	112	42.2	243.1	63.6
2018/10/23	12:34	122.624	24.0025	31.19	6.11	43	101	82	47.5	291.9	97.4

表 2-2、圖 2-18 中 22 組 CMT 震源機制解參數。

年/月/日	時:分	東經	北緯	深度	規模	dip1	strike1	rake1	dip2	strike2	rake2
yyyy/mm/dd	Hh:min	Long.(E)	Lat.(N)	Depth(km)	M _L						
2009/10/4	01:36	121.579	23.6475	29.15	6.09	44.3	269.5	174.9	86.4	3.2	45.7
2009/11/5	17:32	120.7187	23.789	24.08	6.15	58.9	228	150.8	65.3	334.1	34.5
2009/12/19	21:02	121.6633	23.788	43.78	6.92	32.7	258.7	173.4	86.4	354.2	57.4
2010/3/4	08:18	120.7067	22.9692	22.64	6.42	31.5	293.6	14.9	82.2	190.8	120.6
2010/11/21	20:31	121.6857	23.8525	46.87	6.14	25.7	251.2	161.7	82.1	357.7	65.4
2012/2/26	10:35	120.7547	22.7523	26.31	6.35	40.5	285.3	18.7	77.9	180.8	129
2012/6/10	05:00	122.3068	24.459	69.88	6.62	46.2	50.7	112.3	48.1	200	68.3
2013/6/2	13:43	121.0205	23.8525	15	6.2	25.2	16.9	99	65.2	186.9	85.8
2013/6/8	00:38	122.647	23.9832	35.32	6.21	36.3	316.3	162	79.5	60.9	55
2013/10/31	20:02	121.36	23.56	15.29	6.41	47.7	86.6	136.5	59.4	209.1	51.3
2014/12/11	05:03	122.607	25.4492	255.25	6.79	15.3	260.9	-87	74.6	77.8	-90.8
2015/2/14	04:06	121.4	22.66	27.78	6.28	45.4	220.4	148.9	68.4	333.3	49
2015/3/23	18:13	121.67	23.73	38.4	6.19	32.4	345.4	42.1	68.8	218	115.2
2015/4/20	09:42	122.44	24.02	30.57	6.38	41.3	304.6	120.7	55.4	86.2	65.8
2015/4/20	19:45	122.51	24.04	33.87	6.15	37.9	320.2	164.6	80.6	62.5	53.1
2016/2/6	03:57	120.54	22.92	14.64	6.6	41.7	274.8	17	78.7	171.9	130.4
2016/5/12	11:17	121.98	24.69	8.86	6.1	55.6	20.9	-174.9	85.8	288.1	-34.4
2016/5/31	13:23	122.68	25.49	256.89	6.91	38.3	17.7	-67.8	54.9	170.2	106.6
2016/10/6	23:52	121.34	22.63	23.7	6.15	56.6	341.5	35.2	61.1	230.3	141
2017/4/30	09:57	121.65	21.41	122.28	6.07	48.8	196.7	5.8	85.6	102.9	138.7
2018/2/6	23:50	121.73	24.1	6.31	6.26	56.3	215.6	25.5	68.9	110.8	143.5
2018/10/23	12:34	122.62	24	31.19	6.11	29.4	279.7	120.7	64.9	65.4	73.9

綜上，自從2012(民國101)年24位元系統上線以來，規模小於2的地震個數明顯增加，2012至2017年規模小於2平均地震個數(30,960)為2001至2011年規模小於2平均個數(10,024)的3倍，充分顯示此系統在地震收錄的效能。若以臺灣地區最小完整規模2以上地震個數為基礎來比較，2009年至2018年平均1年9,880個規模2以上地震，其中以2015年11,293個為最多，2009年11,009個地震次之，2014年8,707個為最少，為最平靜的1年。

2. 大屯火山活動分析

在火山地震監測作業方面，本局設立了一個火山觀測小組，專責處理和監控大屯火山的地震活動。這個小組初期4位人力，工作內容是常規化的監控大屯山地區的每日地動訊號，同時擷取疑似火山地震的訊號，針對較有分析價值的群震事件，進行地震波相挑選與地震定位。在2013(民國102)年3月起，在監測工作方面做了改變，從全面性的人工化資料處理，改成半自動化的資料處理。在前端的地震訊號擷取部分，採自動化的對全日地動訊號進行掃描，擷取出疑似地震的訊號，再以人工針對這些疑似地震訊號，進行波相挑選與地震定位(圖2-19)。依過去的經驗，火山觀測資料可以在下一個工作天內處理完成，比起先前的資料處理效率，提高了約2個工作天的時間。這個處理流程的改變，除了降低了人工處理的部分外，也讓大屯火山地區的地震活動監測，更具有時效性。

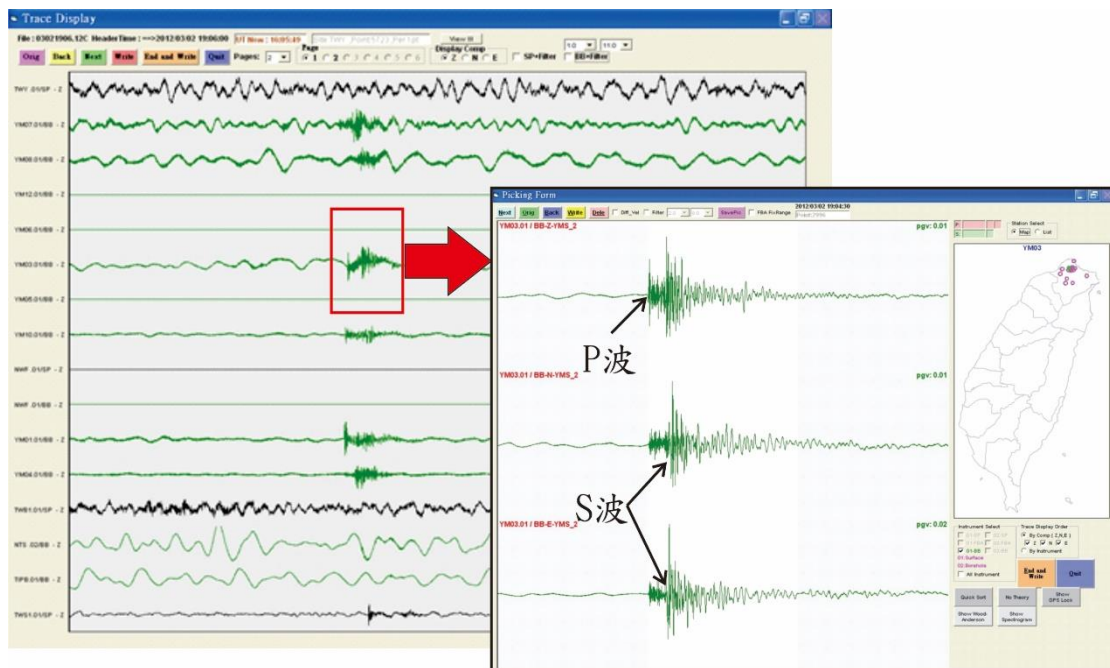


圖 2-19、大屯火山地區的背景地動訊號與地震訊號 (P 與 S 波)。

(1) 火山地震目錄

本局長年對大屯火山地區進行地震監測，並建立火山地震活動資料庫，這個資料庫的地震目錄，始於 2012(民國 101)年，並持續蒐錄火山地震資料中。截至 2018(民國 107)年底，此地震目錄中一共提供了超過一萬 (10,055) 筆的地震資訊。

在這個地震目錄中可以發現，大屯火山地區的地震活動，單日的地震活動量多半在 5 個以內 (圖 2-20)。但若有群震活動發生，單日的地震活動數量可以高達數十個，而在顯著有感地震發生後，地震數量常高達近百個 (如 2014 年 2 月 12 日)。

這些地震事件中，雖然多以規模多以 0-1 的微震為主(圖 2-21)，但偶有規模較大的有感地震，規模最大的事件為 2014(民國 103)年 2 月 12 日 (UTC 時間為 2 月 11 日) 的士林地震 (Pu et al., 2017)，單日的地震數量高達 84 個，這個地震數量也是地震網成立後，至 2018 年間，單日地震個數最多的一次，原因主要為這些地震事件發生的位置接近大屯火山地震觀測網中，因此，此地震觀測網可以監測到為數眾多與士林地震相關的微震活動。

依目前的觀測，大屯火山地區的地震活動，多數集中在七星山與大油坑地區 (圖 2-22)，地震的深度多集中在深度 1-4 公里間 (圖 2-23)。這些地震活動被認為可能與大屯火山地區的火山地熱活動有關 (Pu et al., 2014)，因為火山地區的地熱流體存在降低了地層構造間的摩擦力，因此促使了微小規模的地震頻繁發生，並常以短期密集發生的群震型態表現。這現象在過去在大屯火山地區的淺部地震 (地震深度在 10 公里以內的地區) 中亦可發現。檢視本局地震目錄，這現象可以回追到 1975 年 (Pu et al., 2014)，而近期的案例則是 2014 年 1 月的內湖地震與 2 月的士林地震。

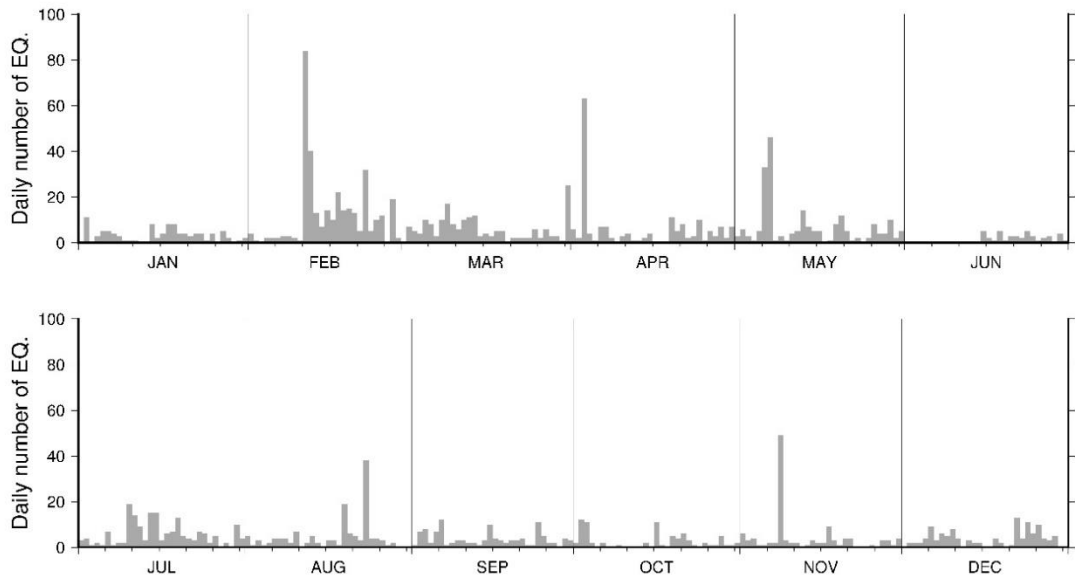
(2) 特殊火山地震序列 (2014/02/12 士林地震)

2014(民國103)年2月12日0點31分2.2秒，於臺北市士林區的陽明

山地區發生芮氏規模4.2，深度6.4公里的地震，詳細報告如圖2-24。臺灣北部地區皆為有感，最大震度4級在臺北市陽明山。這類的有感地震，在過去的地震監測中並不算常見。所幸地震後當地未再有顯著有感的地震發生，因此後續並未造成災情。

在本局的24位元地震目錄中(地震目錄的蒐錄時間為1973至2014年)，陽明山地區過去曾經有過類似於士林地震的地震紀錄。從本局過去至今的地震目錄中，發現陽明山地區(東經121.4至121.8度；北緯25至25.4度；深度0至40公里)，在1979年至1986年間，此地區也曾經有相對活躍的地震活動，但在這個時期內，並無規模較大的、顯著的有感地震發生。而在當地過去的紀錄中，規模最大的地震活動，則是發生在這個地震活躍期之後的1988年。此後，當地的地震活動就明顯的下降(圖2-25)。跟1988年的地震相比，2014年士林地震同樣是當地少有的顯著有感地震，但幸運的是，這類地震之後，地震活動就下降的很快。雖然類似2014年士林地震的地震活動在過去亦曾發生過，但在41年的監測歷史中，僅有上述的兩個可能類似案例，實屬少數。

為了能更深入的探討士林地震序列，本局與大屯火山觀測站、中央研究院、工業研究院、國家地震工程研究中心等單位合作，進行了細部的分析(Pu et al., 2017)。首先，由主震的震源機制來看，士林地震為正斷層的形式，但這個地震並非單純的錯動，而是錯動的同時，可能包含了流體一同參與其中(Pu et al., 2017, 高CLVD值)。從地震規模的特性來看，此地震序列的b值偏高(圖2-26)，此現象亦暗示流體可能參與了這個地震序列的發生。而地震序列發生的位置，主要發生在紗帽山下方，約2-5公里深的位置，朝東南傾約 50° (圖2-27)。這個餘震序列的分布，被推測可能與山腳斷層的再活動有相關。換言之，士林地震的發生，除了與火山作用有關之外，同時也可能觸發了山腳斷層的局部地區再活動。



Range:121.5~121.65;25.1~25.25;0~20km

圖 2-20、大屯火山地區地震日個數統計圖（以 2014 年為例）。

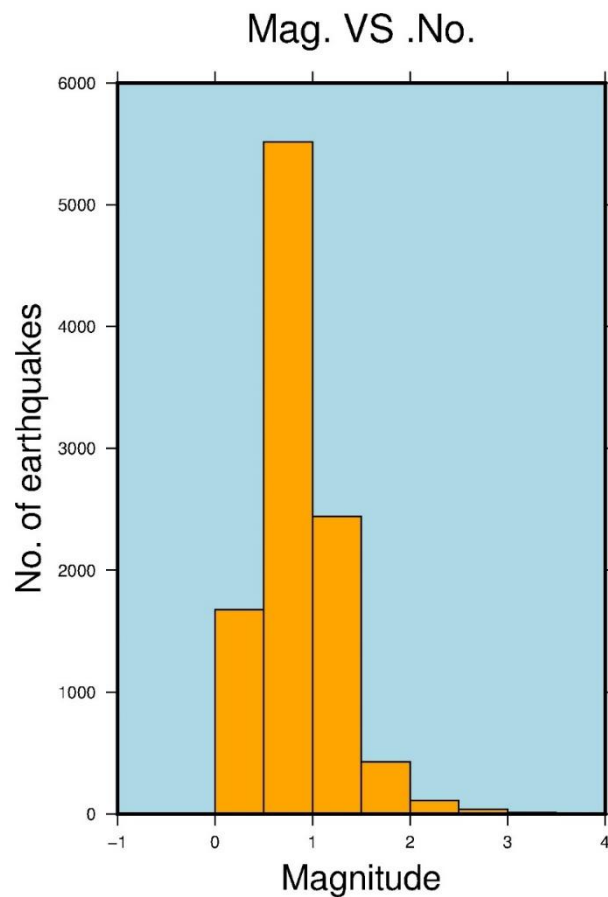


圖 2-21、大屯火山地區地震個數隨規模改變的統計分布（資料區間為 2012 至 2018 年，深度淺於 20 公里的地震事件）。

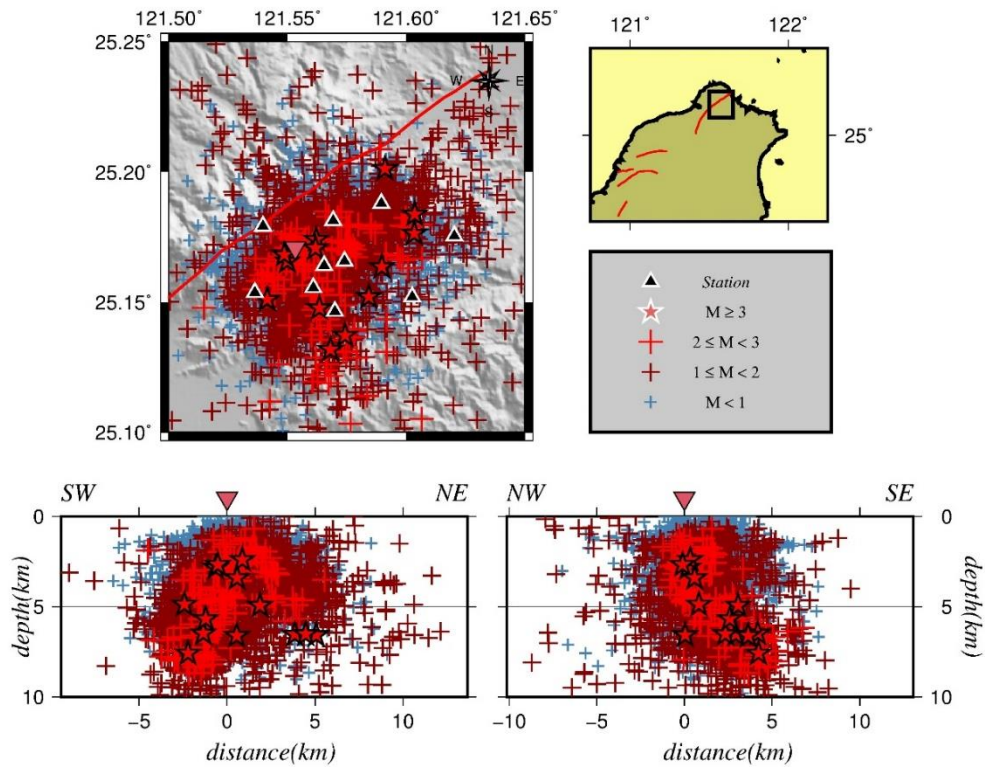


圖 2-22、2012 至 2018 年間，大屯火山地區的地震活動分布圖。其中的紅色實線代表山腳斷層，紅色倒三角形表示七星山的位置。

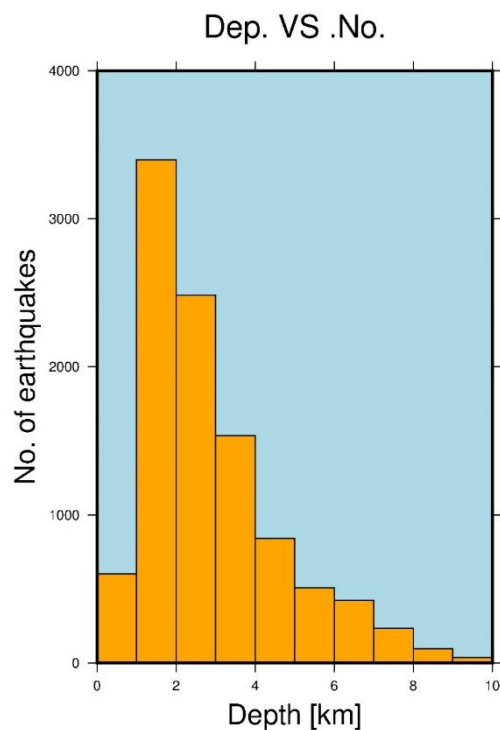


圖 2-23、大屯火山地區地震個數隨深度改變的統計分布（資料區間為 2012 至 2018 年）。

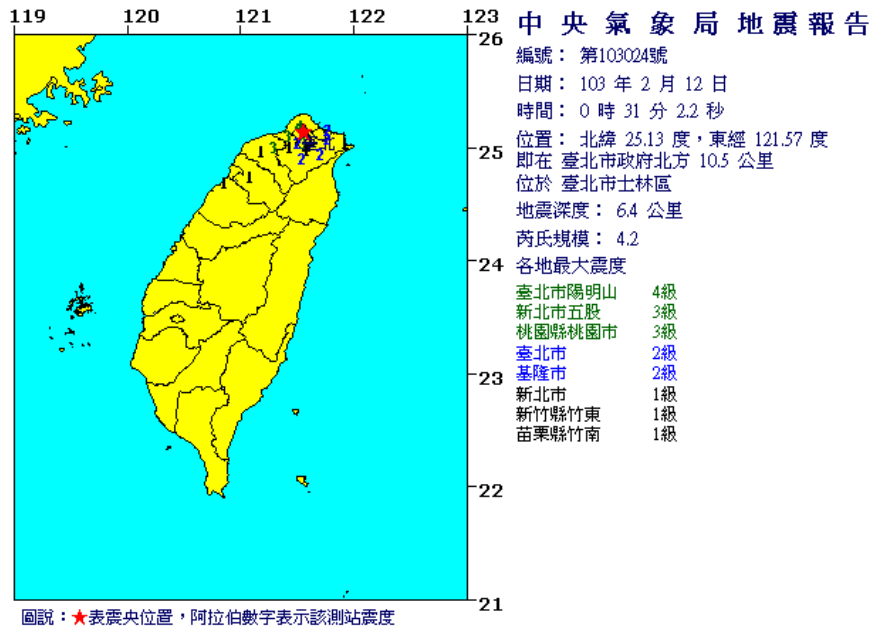


圖 2-24、2014 年 2 月 12 日陽明山地震之地震報告。

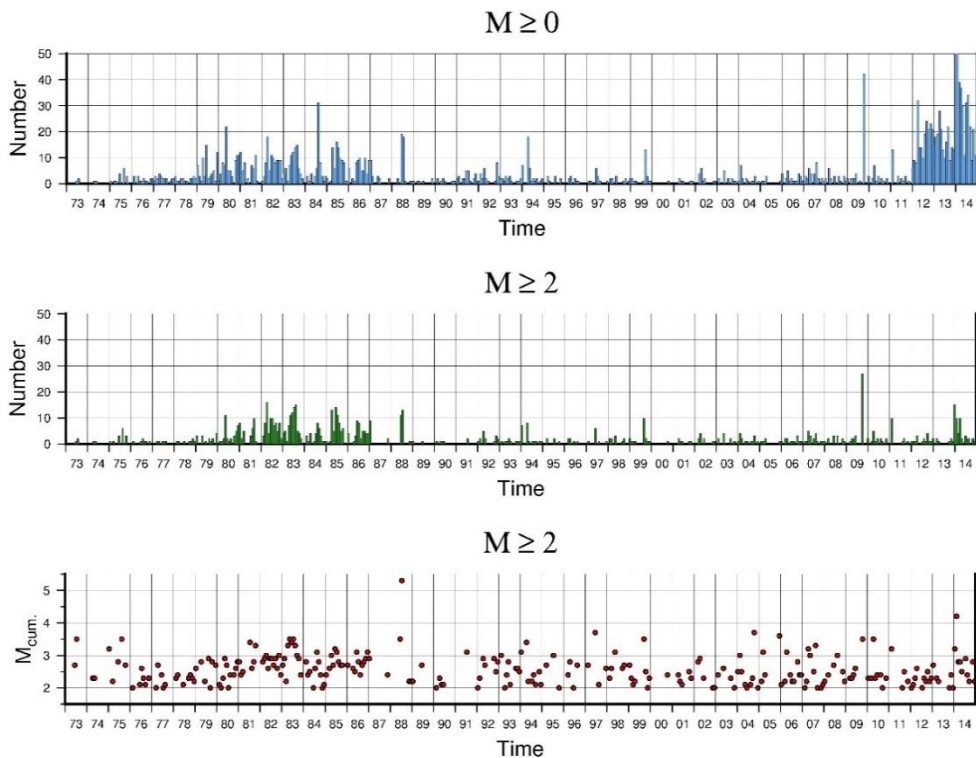


圖 2-25、陽明山地區（東經 121.4 至 121.8 度；北緯 25 至 25.4 度；深度 0 至 40 公里）在 1973 年到 2014 年間的地震數量與規模統計。上圖為中央氣象局的地震目錄中，陽明山地區地震的月個數統計。中圖為陽明山地區，地震規模大於 2 的月個數統計。下圖為每月的地震累積規模圖。

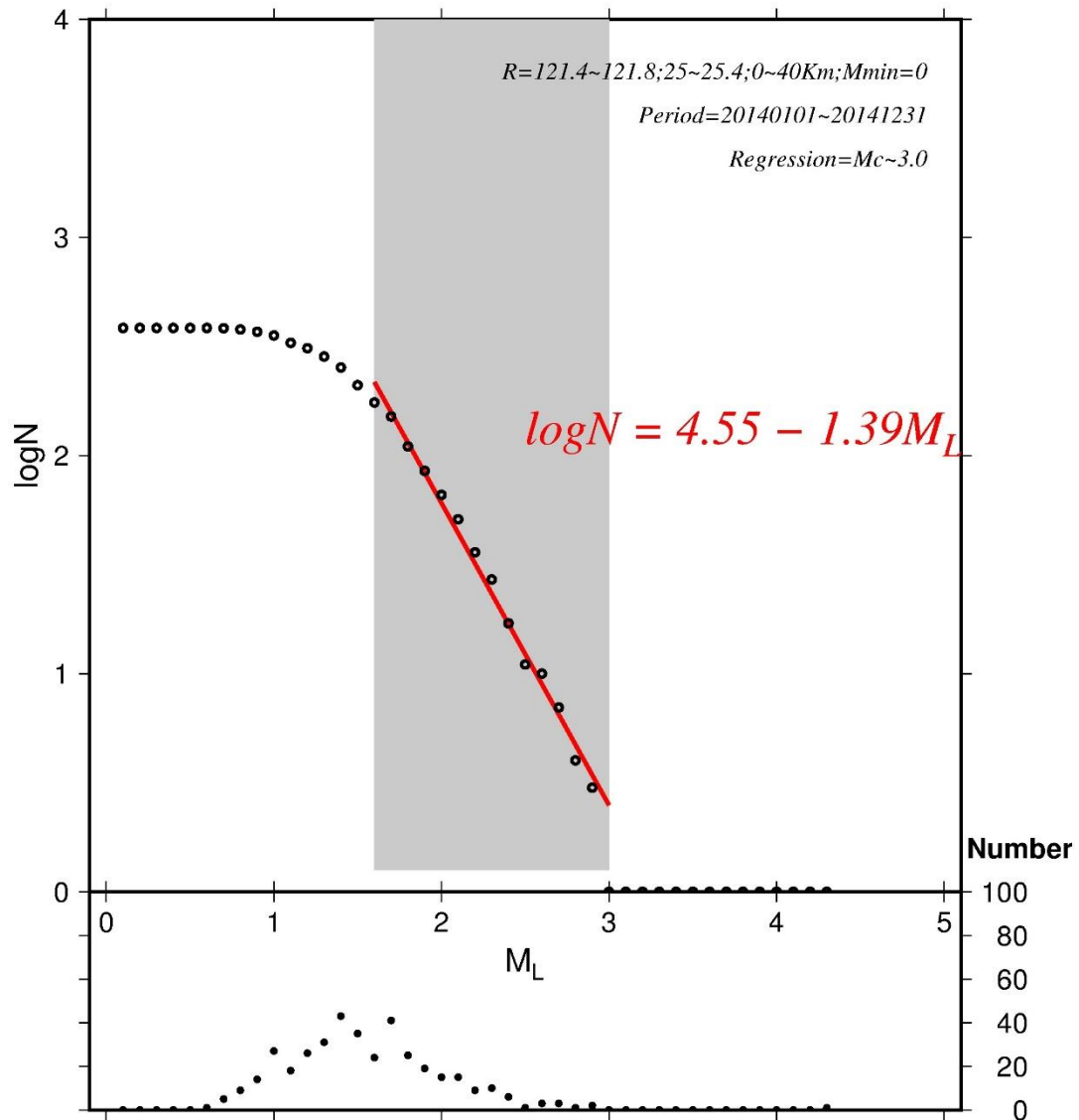


圖 2-26、2014 年陽明山地區（東經 121.4 至 121.8 度；北緯 25 至 25.4 度；深度 0 至 40 公里）的地震活動個數與規模的關係。計算規模 1.7 至 3.0 之間的地震個數與規模的回歸線，其中斜率為 b 值，截距為 a 值。

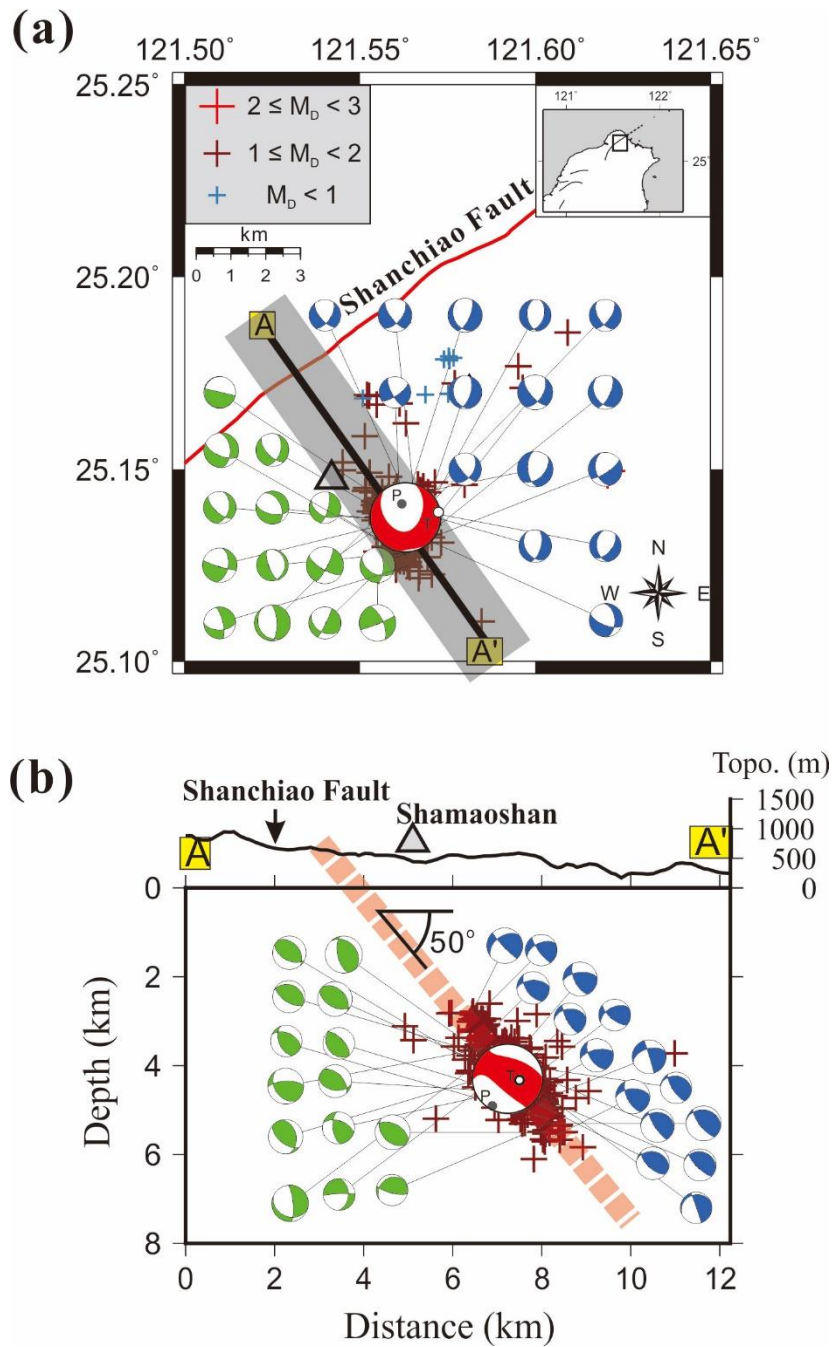


圖 2-27、2014 年 2 月 12 日士林地震序列與部份地震的震源機制投影於水平 (a) 與垂直 (b) 的分布 (Pu et al., 2017)。其中，(b) 圖中的粉色粗虛線表示地震序列的分布趨勢。

(二) 地球物理觀測資料分析

1. 全球導航衛星系統

(1) 系統架構

本中心 GNSS 觀測網之系統架構可分成 3 部分，包括 GNSS 接收儀器、資料傳輸線路以及中心資料接收：

A. GNSS 接收儀器

GNSS 接收儀器部分包含衛星接收儀、天線盤部分，早期的衛星接收儀如 AOA SNR8000，只能收取雙頻 4 至 8 個 channel 資料，也就是只能記錄 4 至 8 顆衛星的資料而已，隨著時代的演進，2001 年採購的 LEICA RS500 已經擴充至雙頻 12 channel，甚至 2006 年採購的 Trimble NetRS 已經可接收到超過 12 顆衛星以上的資料；2012 年起開始採購 Trimble NetR9，該儀器具備接收 GNSS 多星系統衛星的功能，可達 440 channel，至 2018 年本中心 GNSS 觀測網已全面替代為該儀器。

B. 資料傳輸線路

GNSS 系統資料傳輸的方式相當多樣化，除一般的市話撥接傳輸、ADSL 傳輸之外，尚有行動電話 GSM 撥接、3G 行動上網等等傳輸方式，如此多的傳輸方式最主要是由於本中心 GNSS 站有部分設置在人煙稀少的地方，而這些區域完全沒有電話跟網路線路，只能仰賴無線傳輸如 GSM 撥接、3G 行動上網等方式，若網路無法傳輸，則需要靠人力到當地接收資料。目前大部分的測站都具備兩種傳輸線路，以確保當其中一條線路故障時，仍可以由另外一條線路將資料即時傳回，確保觀測作業可以連續即時。

C. 中心資料接收

依據不同的接收儀器種類，中心資料接收系統也不盡相同，譬如 LEICA RS500 所使用的接收系統是 CRNet，此系統固定每 2 小時會以

市話撥接連結外站，將最新的觀測資料抓取回來，而 Trimble 5700 則有一部份是由 GPSNET 軟體接收，另一部份則是由 rfile 程式連線接收，同樣也設定固定時間進行接收作業；Trimble NetRS 接收儀本身具有網路 IP 位址，可以直接自網路連上儀器抓取資料；Trimble NetR9 接收儀含網路 IP 位址及 FTP 功能，可將資料直接發送至指定的網路位址。目前由各系統傳回的資料最後都會匯集至本中心 NAS 工作站一併儲存備份，以方便進行下一步的轉檔及資料解算。

(2) 分析方法

本中心自 1993(民國 92)年開始觀測 GNSS 至今，已累積大量的觀測資料，其資料處理的目標是利用 GNSS 的觀測資料，監測及量取地表位移與變形。處理方法則是將各測站所接收之衛星觀測資料，每日經由撥接電話或 ADSL 網路傳輸回臺北地震中心，待資料收齊後，使用 MIT(Massachusetts Institute of Technology)所發展之 GNSS 資料處理軟體 GAMIT，將所蒐集之觀測資料及預先選定的 IGS 觀測網 18 個測站 (COCO、DAEJ、DARW、DGAR、FAIR、GUAM、HOB2、IISC、IRKT、KOKB、KUNM、LHAZ、PERT、PIMO、SHAO、THTI、TOW2、WUHN) 之觀測資料，以 IGS 精密軌道做資料處理。處理目的在於修正虛擬距離觀測量，清除載波相位之週波脫落，再利用最小平方 (least square) 法，來調節各項參數，估計衛星軌道和測站坐標，並解出最佳的相位未定值，處理後所得之 variance-covariance 矩陣將被儲存，以便利用 Kalman filter 結合其他的條件及 IGS 觀測網的 variance-covariance 矩陣，來改善參數未來變化的估計，求得精確之測站坐標，建立測站觀測時間序列。

但 GNSS 觀測坐標之時間序列中，包含了非地殼變形之因子與共通性的誤差 (Nikolaidis, 2002)，去除這些非地殼變形之因素才能表現真正的地殼形變，時間序列可表示如下式：

$$y(t_i) = a + bt_i + c \sin(2\pi t_i) + d \cos(2\pi t_i) + e \sin(4\pi t_i) + f \cos(4\pi t_i) + \sum_{j=1}^{n_g} g_j H(t_i - T_{g_j}) + \sum_{j=1}^{n_h} h_j H(t_i - T_{h_j}) + \sum_{j=1}^{n_k} k_j \exp(-(t_i - T_{k_j})/\tau_j) H(t_i - T_{k_j}) + v_i$$

其中 $i = 1 \cdots N$ 為每日解，第一、二項（係數 a 、 b ）代表線性變化，可視為間震期地殼運動速率，第三、四項（係數 c 、 d ）代表年週期變化；第五、六項（係數 e 、 f ）代表半年週期變化，第七項（係數 g_j ）代表地震造成的同震位移，而 H 為階梯函數（Heaviside step function），第八項（係數 h_j ）為震後地殼運動速率改變量，第九項（係數 k_j ）描述震後變形呈指數衰減之現象， τ_j 為鬆弛時間（relaxation time），最後一項為殘差（ v_i ）。

解算後獲得的係數 b 即是純粹地殼形變的速率，整理全部測站解算所得的速率即可建立可信的臺灣區域水平速度場，再分析水平速度場中每個測站之間速度的變化，可以進一步得到臺灣區域的應變場，以進行相關地殼形變研究。

(3) 觀測成果

A. 臺灣地區速度場及地表變形分析

綜合本局、國土測繪中心、中央地質調查所、中研院地球科學研究所及水利署等單位之 GNSS 觀測資料，觀察 2009 年至 2018 年的平均水平絕對速度場部分（圖 2-28），較大的水平地表位移速度發生在宜蘭地區、花東地區及高屏地區，宜蘭地區最大水平速度為 6.4 cm/yr，方位角為 126.87° ，發生在蘇澳站（SUA2）；而花東地區最大水平速度為 6.92 cm/yr，方位角為 136.23° ，發生在和平港站（HGC7）；高屏地區最大水平速度為 4.19 cm/yr，發生在小琉球站（LIU2），方位角為 209.74° 。整體而言，臺灣北部的速度場呈現東南向，且速度量值變化不大；臺灣西部的速度場呈現東南向，且愈往中央山脈，其速度量值愈小；臺灣西南部的速度場呈現由東南向轉西南向的變化，此速度方向的轉折顯示西南部的脫逸構造（Ching, 2007）；臺灣東部的速度場呈現西北向，且由花東縱谷東邊至縱谷西邊，速度量值明顯變小。

比較臺灣地區 2009 年至 2018 年的平均水平絕對速度場與最近一年 2018 年的水平絕對速度場（圖 2-29），最近一年的水平速度場與長期的水平速度場均呈現相同的趨勢，臺灣地區最近一年 2018 年

的水平應變率場圖(圖 2-30)也與長期的水平應變率場的趨勢相同。綜觀臺灣地區速度場與應變率場，整體而言，宜蘭地區顯現區域處於拉張現象，與本區域處於弧後拉張區域相符合；花東地區縱谷兩側速度有很明顯差異，呈現應力壓縮狀態；中部地區顯示此區域正處於應力壓縮狀態；高屏地區旗山斷層兩側速度明顯不相同，表示著斷層處於壓縮且呈現右移錯動。

B. 臺灣地區地表變形與地震的關係

本中心在 921 地震後開始密集地建置 GNSS 觀測站，因此在 921 地震後，我們對於地表的同震變形 (cosesimic deformation) 擁有大量的 GNSS 觀測紀錄。至今有兩個地震發生較大的地表同震變形且引發災害，此兩個地震分別為 2016(民國 105)年 2 月 6 日的美濃地震及 2018(民國 107)年 2 月 6 日的花蓮地震，分別敘述如下：

(a) 美濃地震

2016 年 2 月 6 日的美濃地震，其震央在高雄美濃，芮氏規模(ML)為 6.6，深度為 14.6 公里。有 19 個 GNSS 測站觀測到較明顯的同震變形量(見表 2-3、圖 2-31、圖 2-32)，其中離震央最接近的測站為美濃站(ML01)，它與地震震源的距離約為 2.63 公里；美濃站的同震位移量在東西方向為-1.61 公分、在南北方向為 0.49 公分、在垂直方向為-2.09 公分；分析水平向的同震變形位移量及其方位角，在美濃站的水平向同震變形位移量為 1.68 公分，而方位角為 286.9°。美濃地震造成最大水平向同震變形的測站為臺南的南沙崙農場站(GS35)，其位移量為 4.16 公分、方位角為 250.77°，從其時間序列上可見到明顯的同震變形(圖 2-33)。震央西南及東北方的測站，其同震變形為西南方向，而震央西北方的測站，其同震變形為西北方向。

(b) 花蓮地震

2018年2月6日的花蓮地震，其震央在花蓮近海，芮式規模(M_L)為6.2，深度為6.3公里。有15個GNSS測站觀測到較明顯的同震變形量(見表2-4、圖2-34、圖2-35)，其中離震央最接近的測站為新城站(SICH)，它與地震震源的距離約為8.88公里；新城站的同震位移量在東西方向為2.82公分、在南北方向為-13.98公分、在垂直方向為-2.76公分；分析水平向的同震變形位移量及其方位角，在新城站的水平向同震變形位移量為14.26公分，而方位角為168.59°。花蓮地震造成最大水平向同震變形的測站為花蓮站(HUAL)，其位移量為46.4公分、方位角為21.49°，從其時間序列上可見到明顯的同震變形(圖2-36)。

表 2-3、2016 年 2 月 6 日美濃地震同震變形位移量統計表。

Sta	N (cm)	E (cm)	U (cm)	Horizon (cm)	Azi (degree)
DANI	1.963	-2.891	0.952	3.494	304.177
GAIS	-1.940	-2.505	-1.955	3.168	232.244
GS34	-0.624	-2.551	1.950	2.626	256.255
GS35	-1.370	-3.927	2.253	4.159	250.768
GS51	-1.309	-2.699	-2.925	3.000	244.127
GS52	-1.075	-3.252	-2.458	3.425	251.708
GS53	-2.084	-1.177	1.636	2.393	209.457
GS74	-1.475	-1.748	4.51	2.287	229.842
GS76	-1.822	-1.424	1.498	2.312	218.010
GS79	-1.103	-2.340	1.846	2.587	244.762
GS80	-2.006	-2.253	2.490	3.017	228.319
LIAN	-1.702	-2.554	1.708	3.069	236.320
LNCH	1.104	-3.661	9.787	3.824	286.781
NANK	2.474	-2.251	0.128	3.345	317.702
NCKU	-0.720	-2.628	1.554	2.725	254.678
NEMN	-2.971	-2.730	5.576	4.035	222.579
PAOL	-1.190	-1.800	-0.629	2.158	236.531
WLIP	-1.620	-1.426	-0.932	2.158	221.356
XIAN	-2.140	-2.452	-2.322	3.255	228.887

表 2-4、2018 年 2 月 6 日花蓮地震同震變形位移量統計表。

Sta	N (cm)	E (cm)	U (cm)	Horizon (cm)	Azi (degree)
HUAL	43.178	16.995	6.428	46.402	21.485
HUAP	-8.190	2.132	-2.949	8.463	165.409
NAAO	-2.919	0.765	0.277	3.018	165.314
NDH1	-31.674	3.140	-1.867	31.829	174.338
NDH3	-14.460	-10.922	6.912	18.121	217.065
NDH4	-5.985	-8.933	1.661	10.753	236.178
NDH5	14.253	5.975	9.304	15.455	22.744
NDHU	-6.649	-9.238	2.972	11.382	234.256
NSAN	-2.318	1.743	1.480	2.900	143.059
PEPU	-29.020	-5.090	5.940	29.463	189.948
SCHN	-13.957	3.126	-3.601	14.303	167.376
SICH	-13.975	2.821	-2.761	14.257	168.588
SLIN	-1.377	-1.663	-0.241	2.159	230.375
SOFN	8.994	-1.113	0.484	9.063	352.946
YENL	18.693	-1.113	-3.500	18.726	356.593

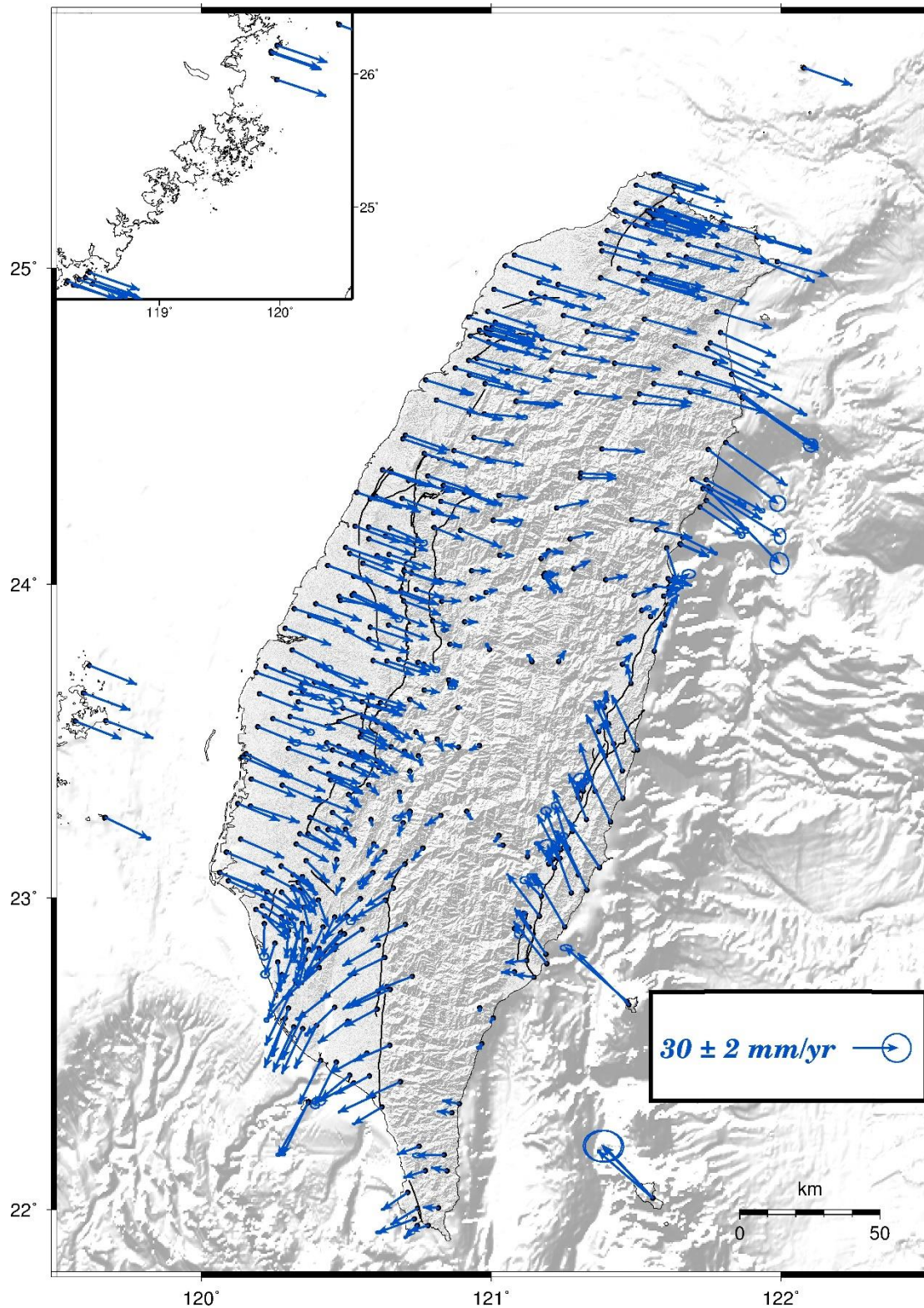


圖 2-28、臺灣地區 2009 至 2018 年平均水平絕對速度場圖。

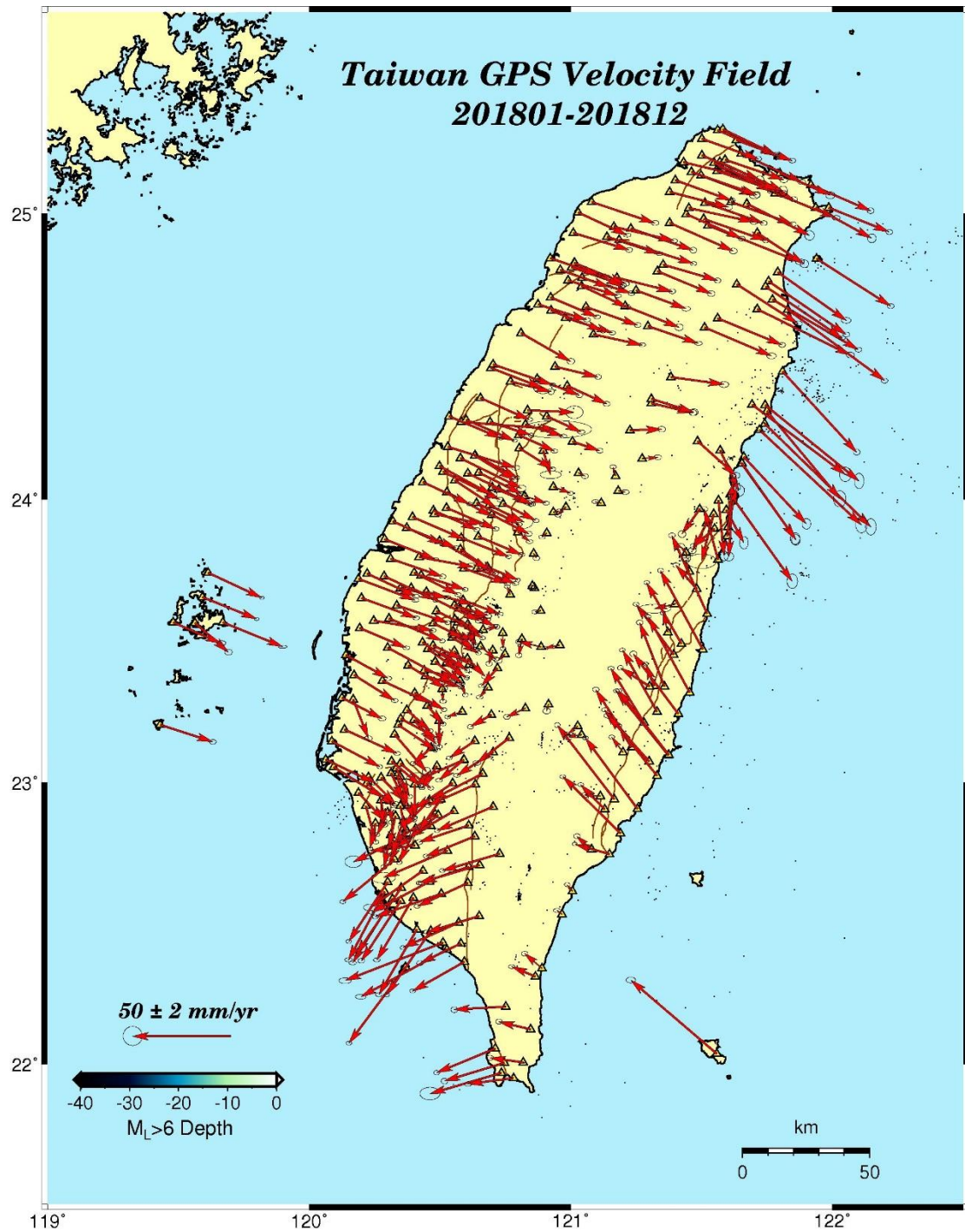


圖 2-29、臺灣地區 2018 年平均水平絕對速度場圖。

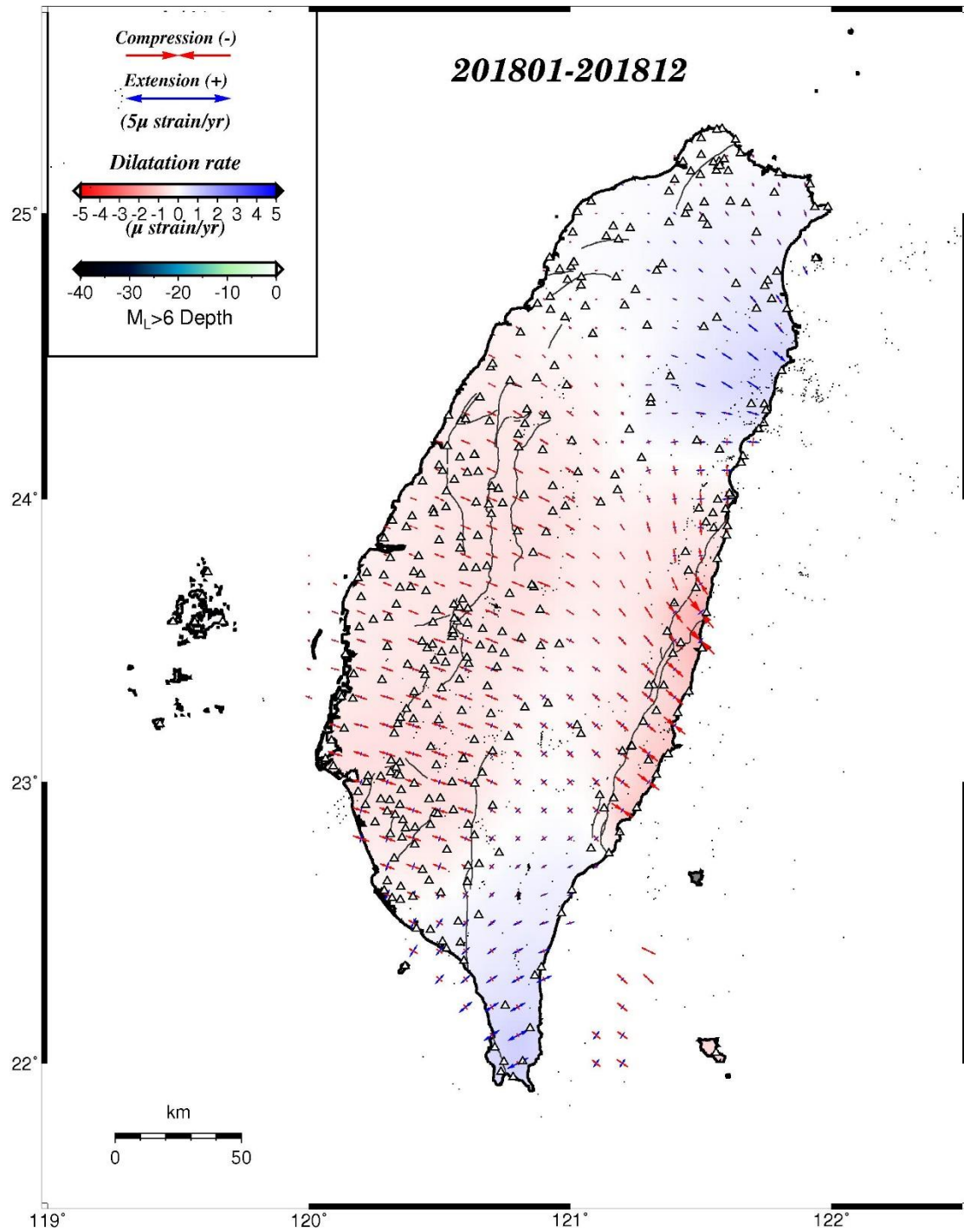


圖 2-30、臺灣地區 2018 年平均水平應變場圖。

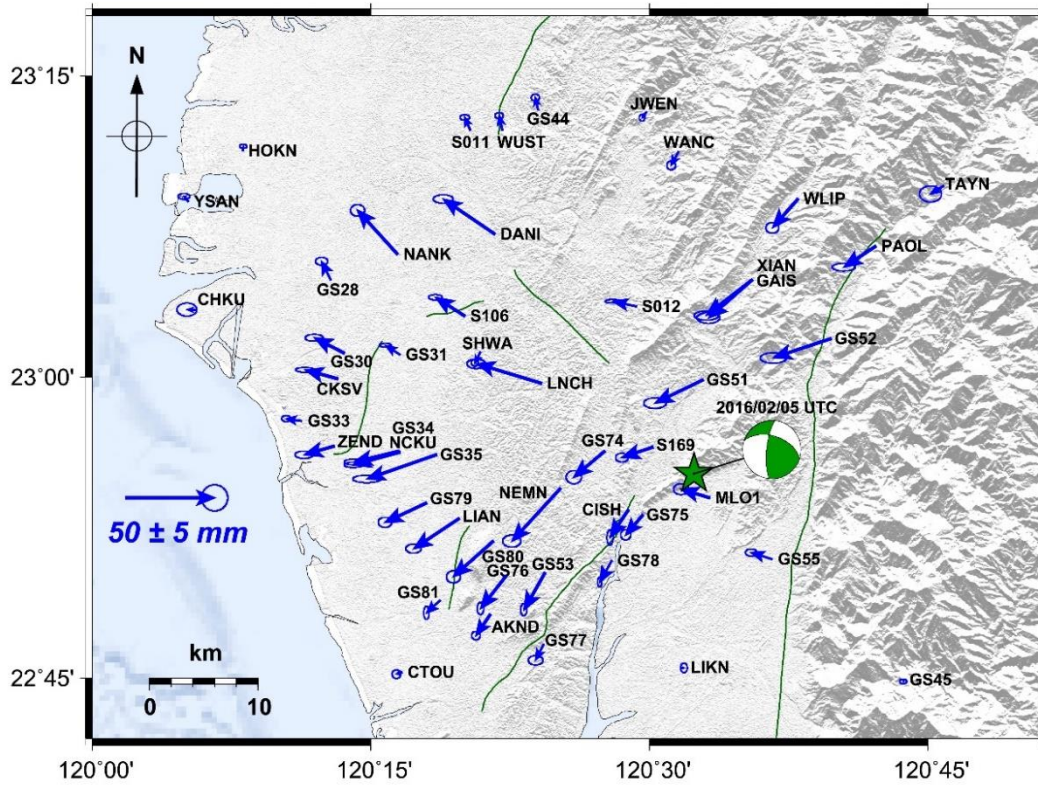


圖 2-31、2016 年 2 月 6 日美濃地震水平向同震變形分布圖。

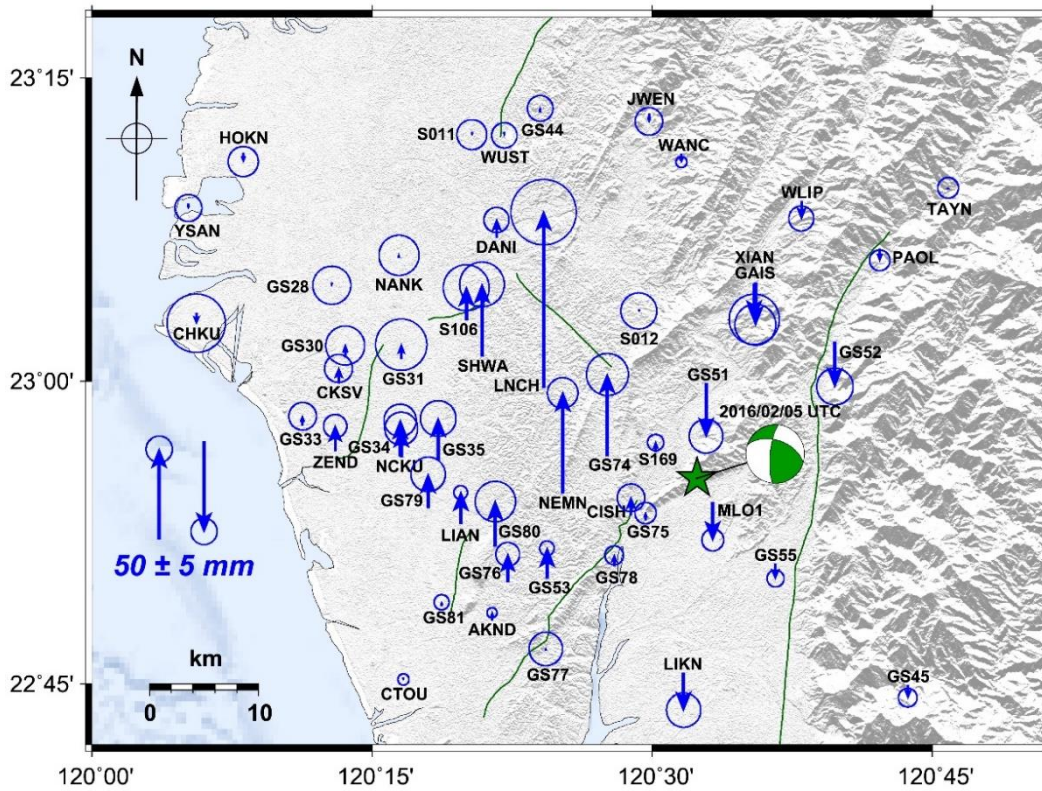


圖 2-32、2016 年 2 月 6 日美濃地震垂直向同震變形分布圖。



圖 2-33、南沙崙農場站 (GS35) 的時間序列圖 (直線表示美濃地震)。

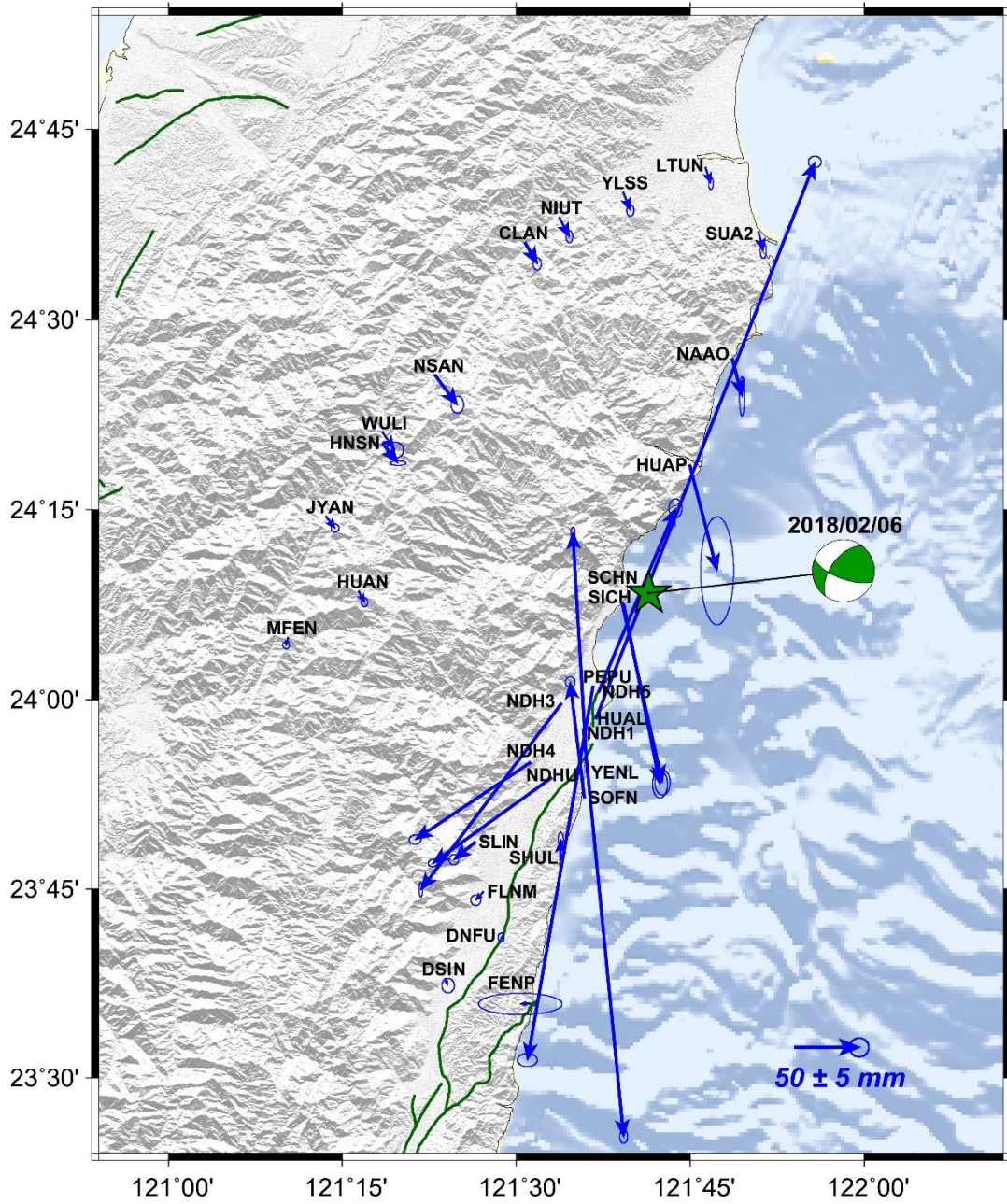


圖 2-34、2018 年 2 月 6 日花蓮地震水平向同震變形分布圖。

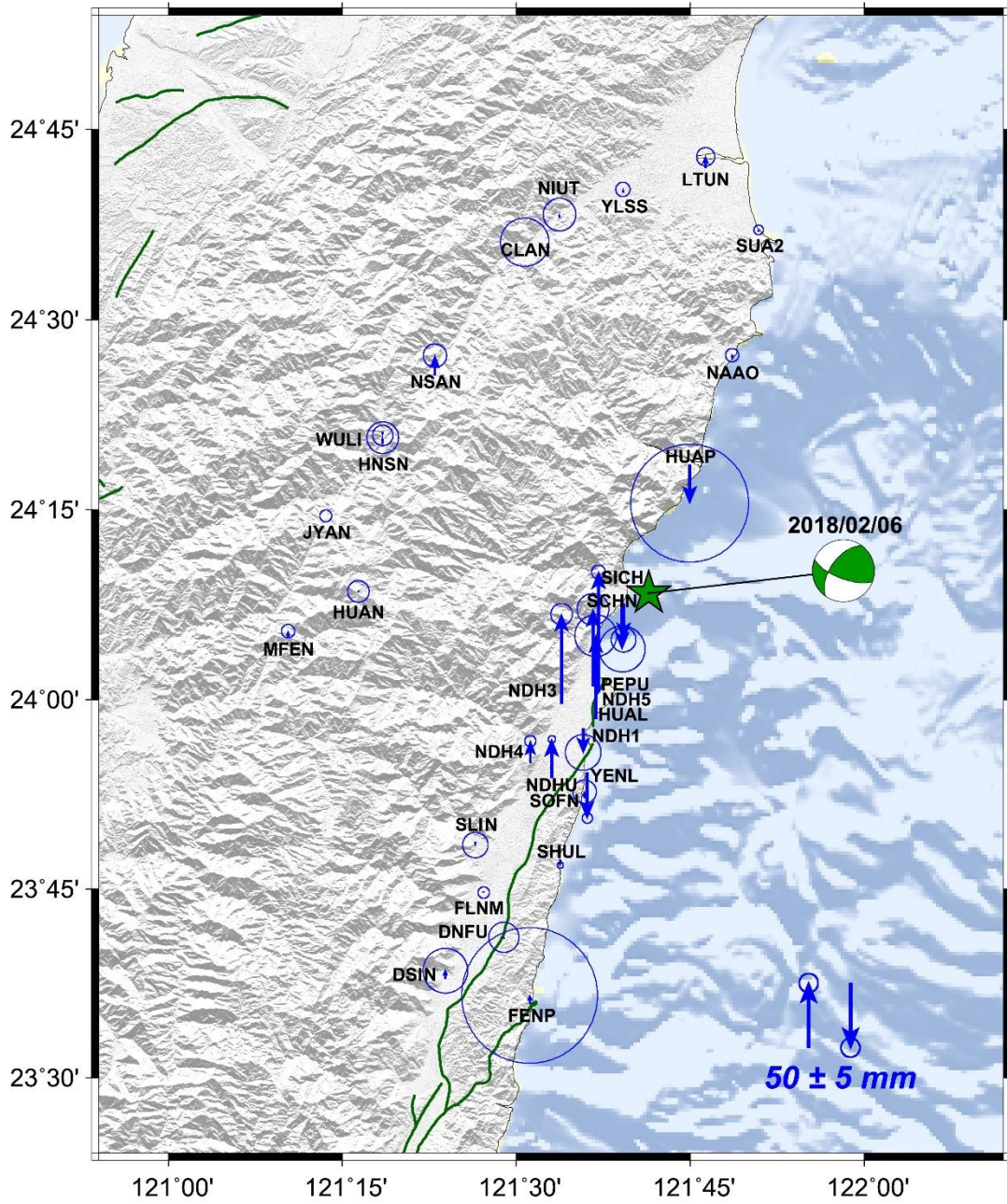


圖 2-35、2018 年 2 月 6 日花蓮地震垂直向同震變形分布圖。

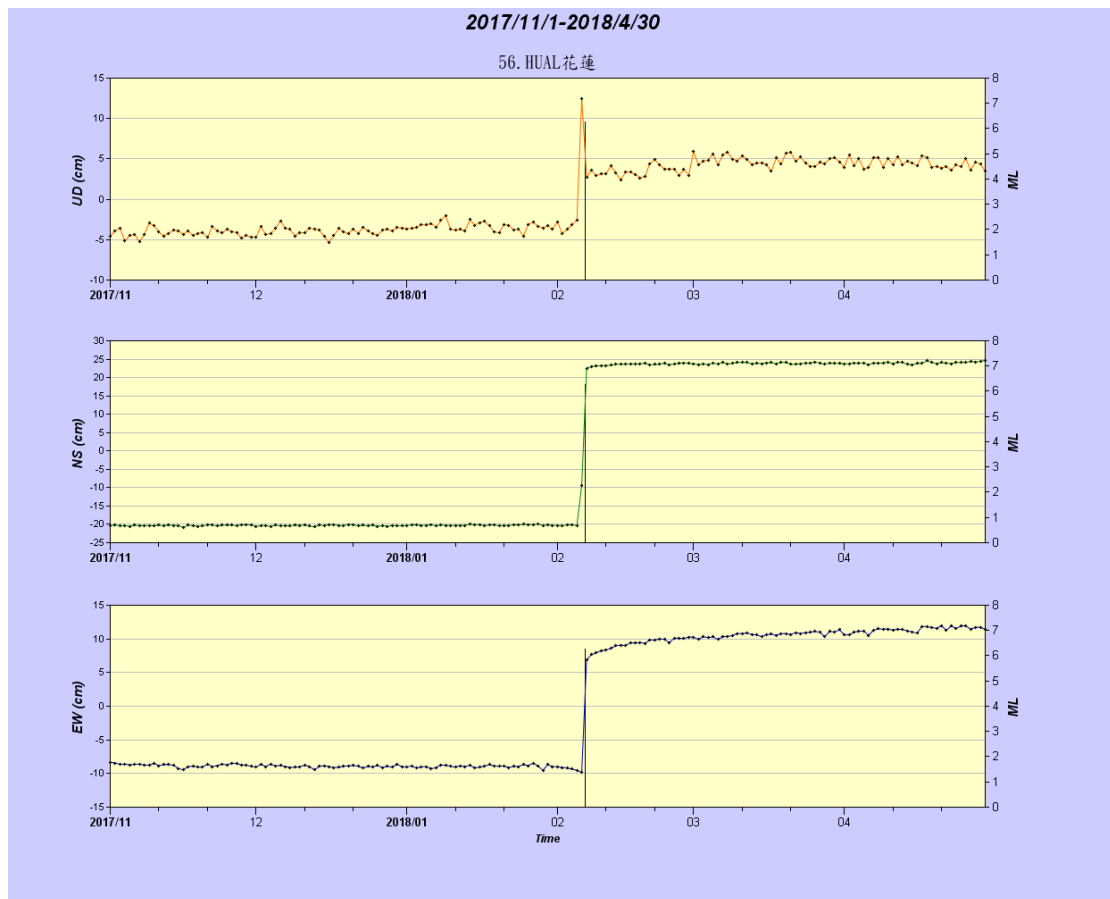


圖 2-36、花蓮站 (HUAL) 的時間序列圖 (直線表示花蓮地震)。

C. 斷層兩側基線變化分析

監測斷層兩側地殼變形的狀況，除了在地震後能了解同震位移的程度，也期望在大地震前能看到前兆現象，因此針對臺灣北部、中部、西南部、花東地區，選定斷層兩側之 GNSS 測站，計算其水平分量上的相對值，觀察長期的基線變化。2016(民國 105)年 2 月 6 日美濃地震之震前及同震特徵，在震央東側和西側的跨斷層基線大不相同，西南側跨後甲里斷層之基線有前兆現象，並可觀察到同震位移(圖 2-37)，東南側跨潮州斷層之基線則無(圖 2-38)。2018 年 2 月 6 日花蓮地震沿嶺頂斷層同震變化明顯(圖 2-39)，震前基線變化趨緩(圖 2-40)。

D. 電離層前兆分析

氣體、地殼擠壓或微小振動，會引起地電及地磁場的變化，產生的電磁場變化又會進一步感應大氣及電離層中之帶電粒子而引起異常（劉正彥，2002，科學發展月刊）。電離層中存在著相當多的帶電粒子，電波在電離層中傳播和帶電粒子產生交互作用後，傳播速度就和真空中的傳播速度不同，相對的傳播時間也隨之改變。同樣的情形也會出現在 GNSS 的雙頻電波(L1&L2)，因此藉由電波傳播時間的改變，即可推知電離層中的電子數目。

自 1999 年 9 月至 2002 年 12 月份臺灣地區共發生 20 起規模大於 6.0 的地震，其中有 16 筆地震在發生前 5 天皆有觀測到電離層負異常現象，地震規模 6.0 以上地震，於 5 天前發生電離層前兆的機會為 80%(Liu et al., 2004)。氣象局於全臺共建置逾 160 台地面 GNSS 接收器，除了監測地表運動之外，同時也解算臺灣地區電離層全電子含量(TEC)，並應用於長期監測地震電離層的時間前兆。

根據本局推算之電離層濃度觀測資料，2016 年 2 月 6 日美濃地震震前有顯著的電離層正異常現象，如圖 2-41，因此開始分別統計負異常及正異常之機率。2018 年 2 月 6 日花蓮地震前則有明顯的電離層負異常及正異常現象，如圖 2-42。統計 2016 年至 2018 年共有 63 個規模大於 5，深度小於 40 公里的地震，24 個地震發生前 5 天內電離層均有超過 60%負異常情形，機率為 38%(24/63)，31 個地震發生前 5 天內電離層均有超過 60%正異常情形，機率為 49%(31/63)，其中 3 個地震發生前同時有正、負異常情形，機率為 5%(3/63)；另外，2016 年至 2018 年電離層 TEC 共出現 122 次超過 60%負異常，扣除磁暴或颱風影響，電離層負異常後地震發生機率約為 21%(22/105)；137 次超過 60%正異常，扣除磁暴或颱風影響，電離層正異常後地震發生機率約為 22%(23/103)。

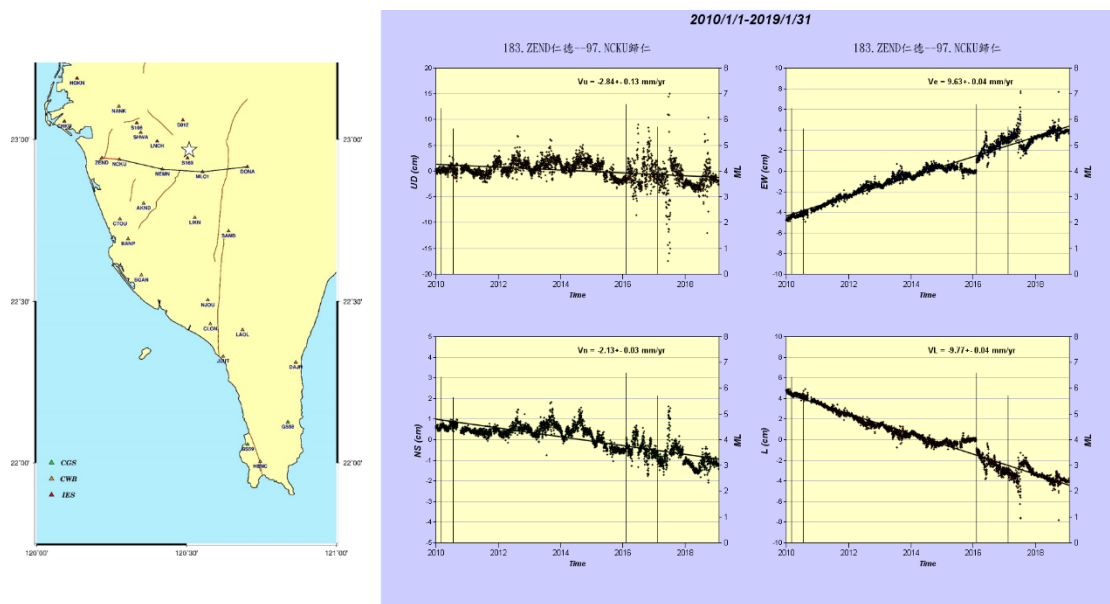


圖 2-37、仁德-歸仁 GNSS 基線圖，此基線跨後甲里斷層，位於美濃地震震央西南方，震前基線變化有顯著的轉折情形，並可觀察到同震位移。

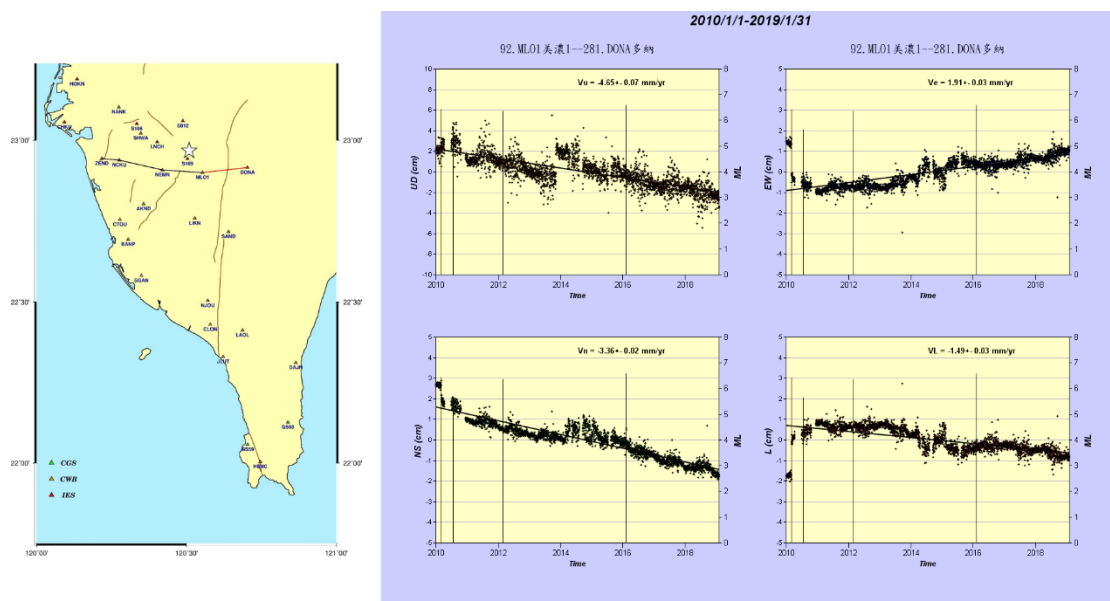


圖 2-38、美濃 1-多納 GNSS 基線圖，此基線跨潮州斷層，位於美濃地震震央東南方，同震位移不明顯。

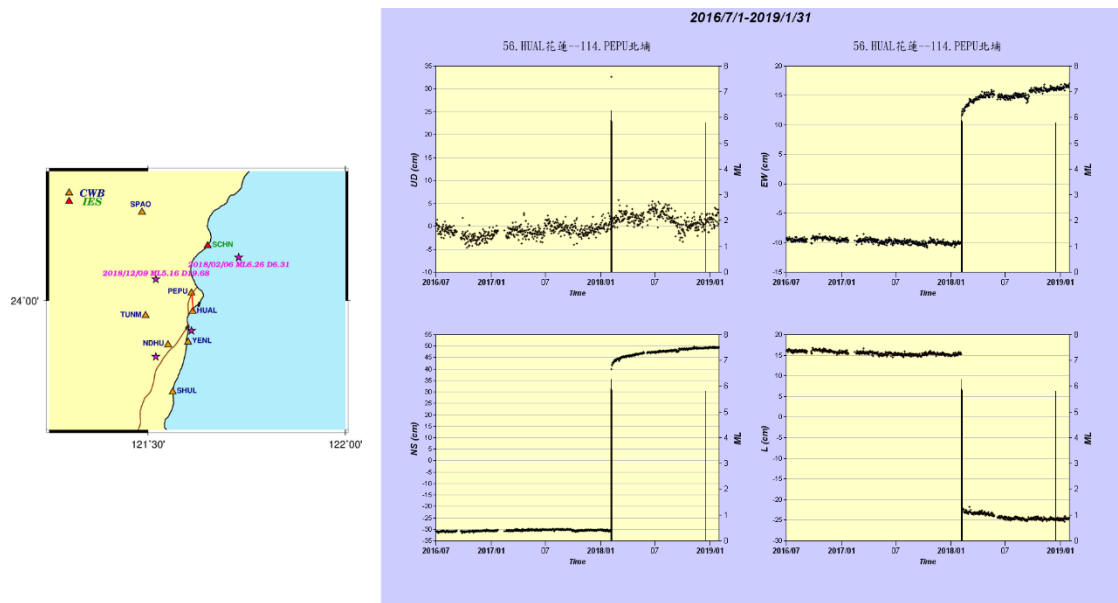


圖 2-39、花蓮-北埔 GNSS 基線圖，此基線跨嶺頂斷層，位於花蓮地震震央西南方，同震位移明顯。

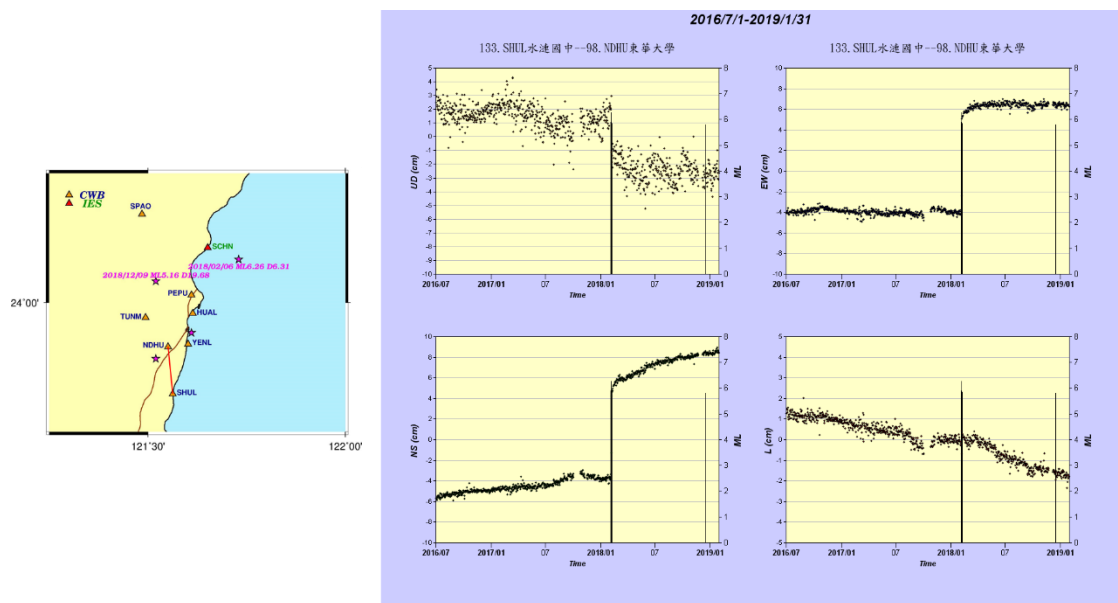


圖 2-40、水璉國中-東華大學 GNSS 基線圖，此基線跨嶺頂斷層，位於花蓮地震震央西南方，震前基線變化有趨緩的情形。

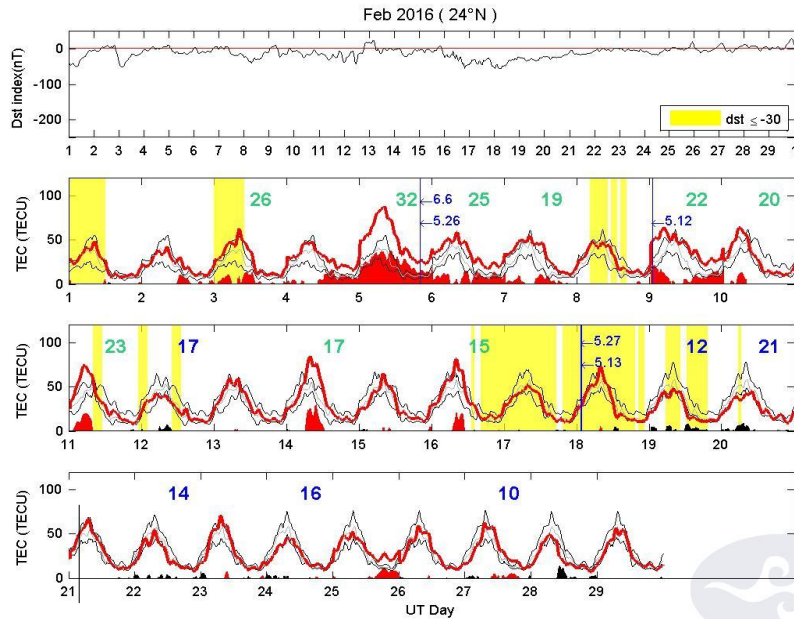


圖 2-41、電離層全電子含量變化圖，圖中紅色曲線為每 15 分鐘一個資料點之 TEC 連續觀測值，黑色曲線為理論上下界，曲線下紅色及黑色色塊分別代表正負異常差值，綠色數字代表超出理論上界之正異常點數，藍色數字為低於理論下界之負異常點數，豎線標記地震發生之時間及規模，黃色框底為磁爆發生之時間。美濃地震前有顯著的正異常現象。

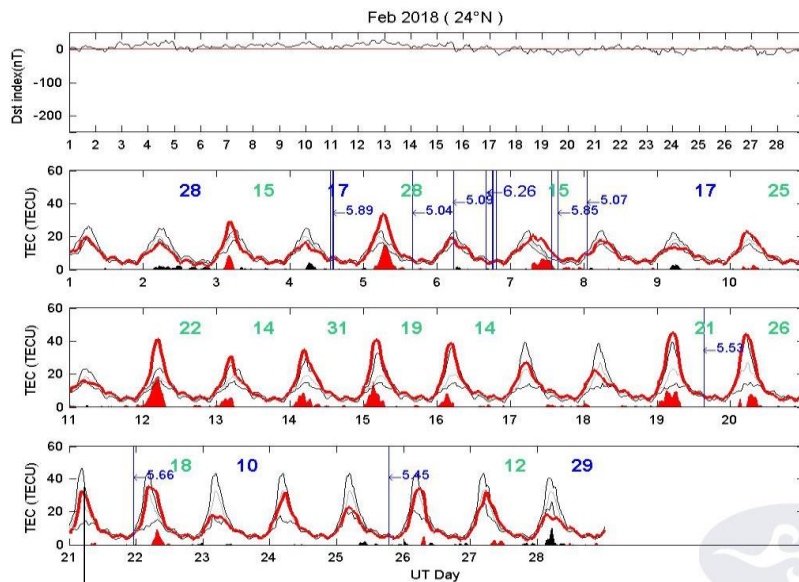


圖 2-42、電離層全電子含量變化圖，花蓮地震前有反覆的正負異常現象，正異常的異常差值較為明顯。

2. 地震地下水觀測網系統

(1) 系統架構

本中心目前有 6 個觀測站（圖 2-43），系統架構如圖 2-44，各觀測站的水井內放置水位計，其取樣率為每秒記錄 1 次觀測值，為修正並排除地下水水位受降雨、大氣壓力因素影響導致的水位變動，中心主機同時接收從氣象局第四組傳送的局屬雨量站之即時雨量觀測資料，並於觀測井內增設氣壓計傳回即時氣壓資料，另外還有從氣象局海象中心獲取預測潮資料用於進行之後的分析。各項資料傳回本中心的電腦主機後，負責接收的主機把記錄資料複製至另外兩台主機，一台做為備份，另一台除了備份以外，還有進行資料處理並繪製出圖，產置的圖檔如時序圖（圖 2-45）與分析圖（圖 2-46），以網頁即時展示供中心人員即時監控系統運作情況與異常訊號分析。

(2) 分析方法

就目前所記錄之地下水水位資料，對於地震同震變形、遠地地震的表面波皆有十分良好的紀錄（圖 2-45 中的紅色方框），顯示地下水水位觀測井封閉性佳，並對於地殼的應變反應靈敏。目前資料分析的方式，是採用日本學者(Tamura, Y., Sato, T., Ooe, M. and Ishiguro, M., 1991)發展的「Bayesian Tidal Analysis Program-Grouping (BAYTAP-G)」方法，此方法將水位資料，通過計算拆解成其他五項因子，即是圖 2-46 由上往下的前五欄，分別為地潮、大氣壓力、趨勢、其他因素、雨量，而第六、七欄是觀測站記錄到的地下水水位與大氣壓力。根據日本學者的理論，異常的訊號則會在第四欄其他因素項之中。

(3) 觀測成果

在圖 2-46 與圖 2-47 中，分別展示 2016(民國 105)年 2 月 6 日的發生在高雄地區規模 6.6 的美濃地震和 2018(民國 107)年 2 月 6 日發生在花蓮外海最大規模的主震為 6.2 的地震序列，兩張圖都是選擇

距離震央最近的觀測站分析結果，美濃地震是那菝站，而花蓮地震序列事件則選擇花蓮站。由於第四欄的異常訊號，有包含人為活動因素，所以只能推測在沒有大量降雨的時段的異常訊號可能與地震有關。然而對於同震訊號，不管是在時序圖還是 BAYTAP - G 的分析圖都能觀察到(圖 2-46)。

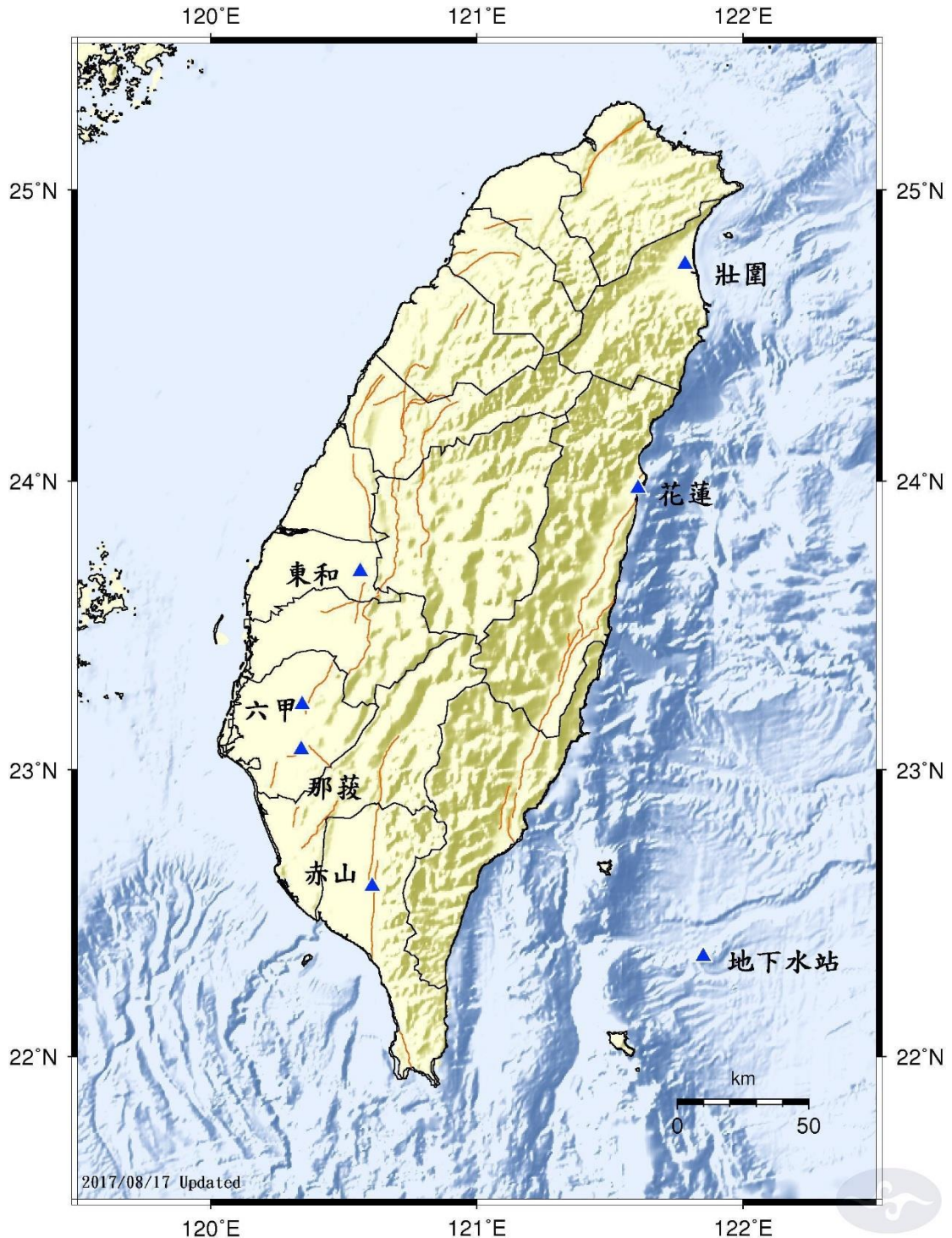


圖 2-43、地震地下水觀測網的測站分布圖。

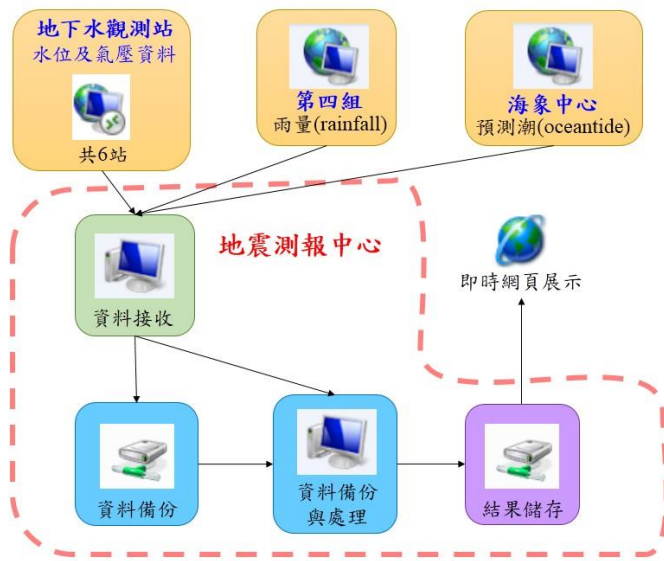


圖 2-44、地下水觀測系統之系統架構圖。

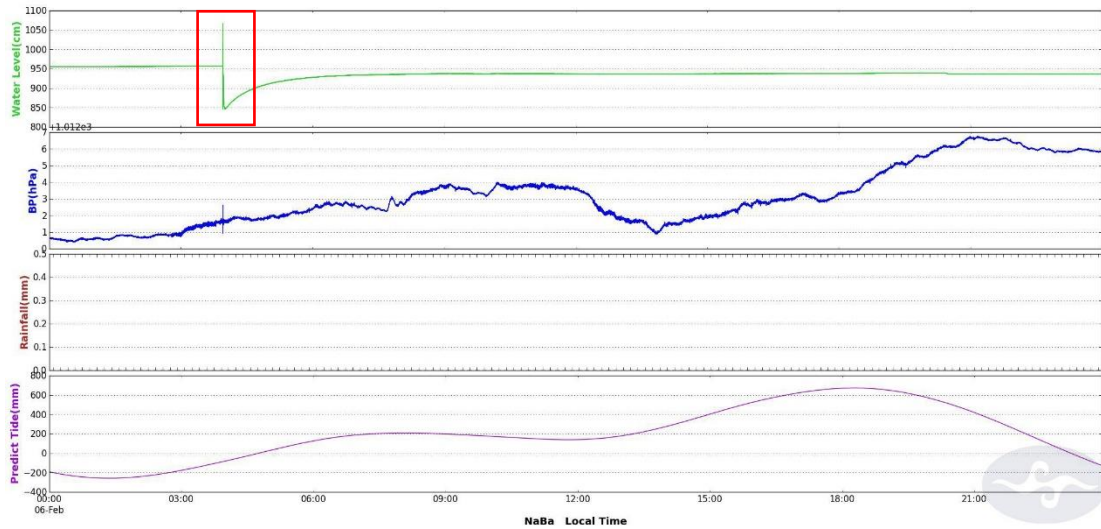


圖 2-45、每日地下水資料時序圖，以 2016 年 2 月 6 日的那菝站為例子，橫軸為臺灣時間，由上至下四欄分別為地下水位、氣壓、雨量、預測潮，紅色方框為同震的訊號。

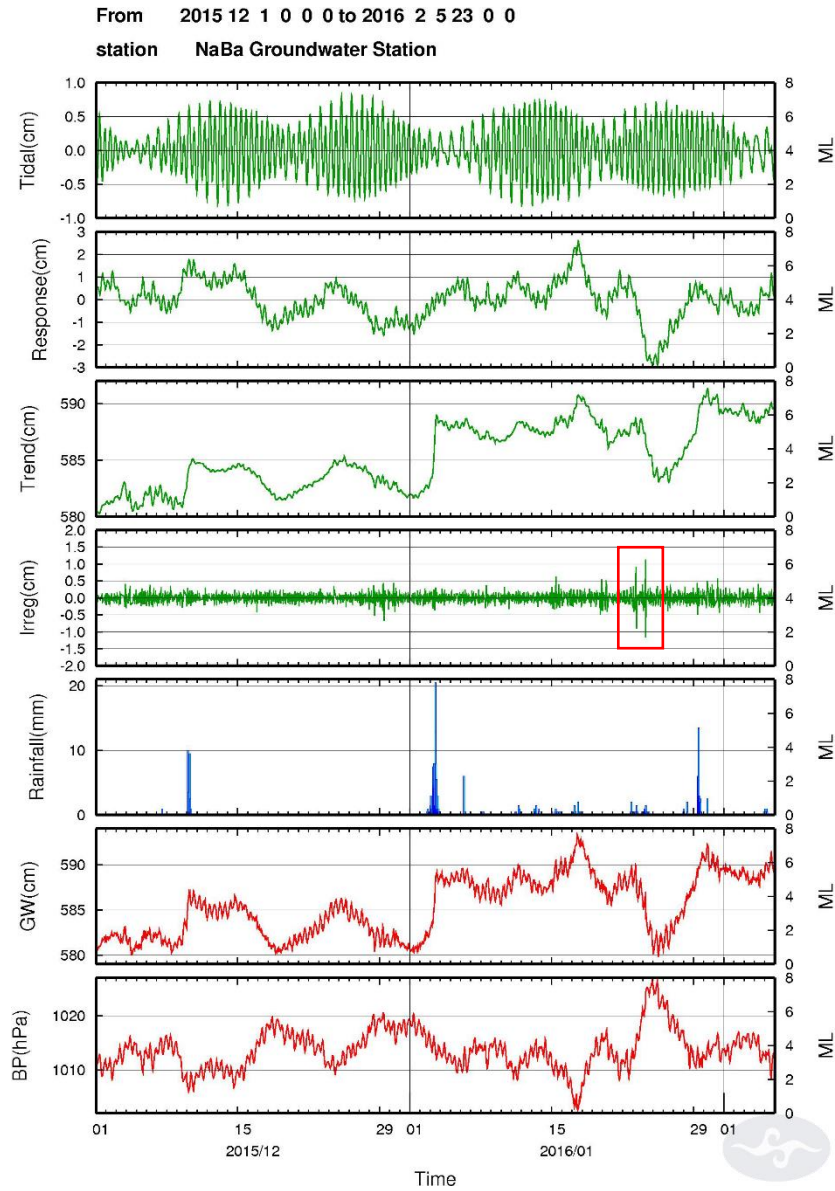


圖 2-46、那菽站觀測資料經由 BAYTAP - G 分析的結果，橫軸為三個月的時間(2015/12/01 - 2016/02/05)也就是到地震前一天，圖第四欄其他因素項中紅色方框為異常的訊號。

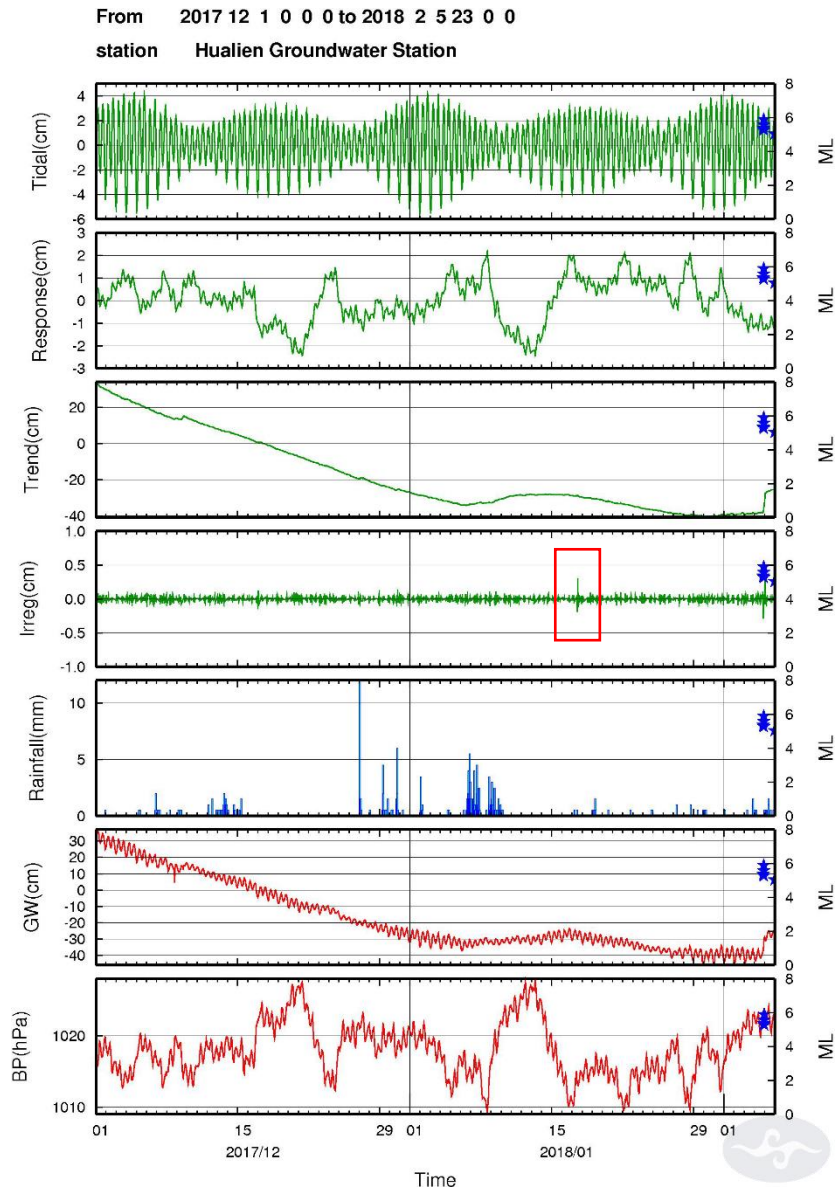


圖 2-47、花蓮站觀測資料經由 BAYTAP - G 分析的結果，橫軸為三個月的時間(2017/12/01 - 2018/02/05)也就是到地震前一天，藍色星號為地震發生的時間，圖第四欄其他因素項中紅色方框為異常的訊號，而發震時間點的藍色星號位置也能看見有異常的訊號，即是同震訊號。

3. 地磁觀測網系統

(1) 系統架構

地磁觀測網運作至今有 12 個觀測站 (圖 2-48)，系統架構如圖 2-49，各觀測站安裝精度為 0.1 nT 的全磁場強度磁力儀，其取樣率為每秒記錄一次觀測值。觀測值除了存放在儀器的記憶體內，同時將資料傳回本中心的電腦主機，負責接收的主機把記錄資料分別傳至另外兩台主機，一台做為備份，另一台除了備份以外，還有進行資料處理並繪製出圖，產置的圖檔如時序圖 (圖 2-50) 與分析圖 (圖 2-51)，以網頁即時展示供中心人員即時監控系統運作情況與異常訊號分析。

(2) 分析方法

本中心目前透過磁力擾動分析與超低頻分析來檢視磁力與地震之間關聯性，並每日繪製當日之分析結果，以利判斷地震前兆的現象。在 12 個測站中，金門站收到的資料作為一個參考用途，所以分析圖並不會將金門站的分析結果繪出。

(a) 磁力擾動分析

每日將前 3 天記錄的地磁資料從原本取樣率一秒一個觀測值降低成每小時一次，再把從日本京都大學的 World Data Center for Geomagnetism 公布的國際磁擾動指數與降頻處理完的地磁資料進行信號處理方法中的「互相關」(cross-correlation)計算，得出的數值以不同顏色繪製在地圖上。

(b) 超低頻分析

每日將前 7 天記錄的地磁資料進行中位數濾波(median filter)減少雜訊，為了盡量避免人類活動對資料造成的影響，所以選取晚上時間段的資料(19:00 - 03:00)，篩選完的資料進行濾波，過濾出根據 Wen et al. (2012)定義地磁的「地震相關頻段」(0.01 - 0.1Hz)與「參考頻段」(0.001 - 0.01Hz)，把兩頻段的資料進行互相關計算，得出的數值以不同顏色繪製在地圖上。

(3) 觀測成果

(a) 磁力擾動分析

挑選近 5 年內規模較大或對臺灣造成重大的災害的兩個地震作為例子討論，一為在 2016 年 2 月 6 日在高雄美濃地區發生規模 6.6 的美濃地震（圖 2-52 上圖），二是 2018 年 2 月 6 日在花蓮外海發生一系列的地震，其中最大規模的主震為 6.2（圖 2-52 下圖）。雖然分析結果兩個地震發生之前都沒有明顯低相關係數的前兆現象，但能觀察到地震發生的當天有低相關係數出現的同震現象。

(b) 超低頻分析

挑選與磁力擾動分析一樣兩個地震事件為例子，美濃地震（圖 2-53 上圖）與花蓮地震（圖 2-53 下圖）作為討論，兩地震事件發生前連續幾天都是有低相關係數（紫色）的情況出現，持續至第 7 張圖地震發生，而在第 8 張圖也就是地震發生後相關係數值回升，顏色轉為淺色。

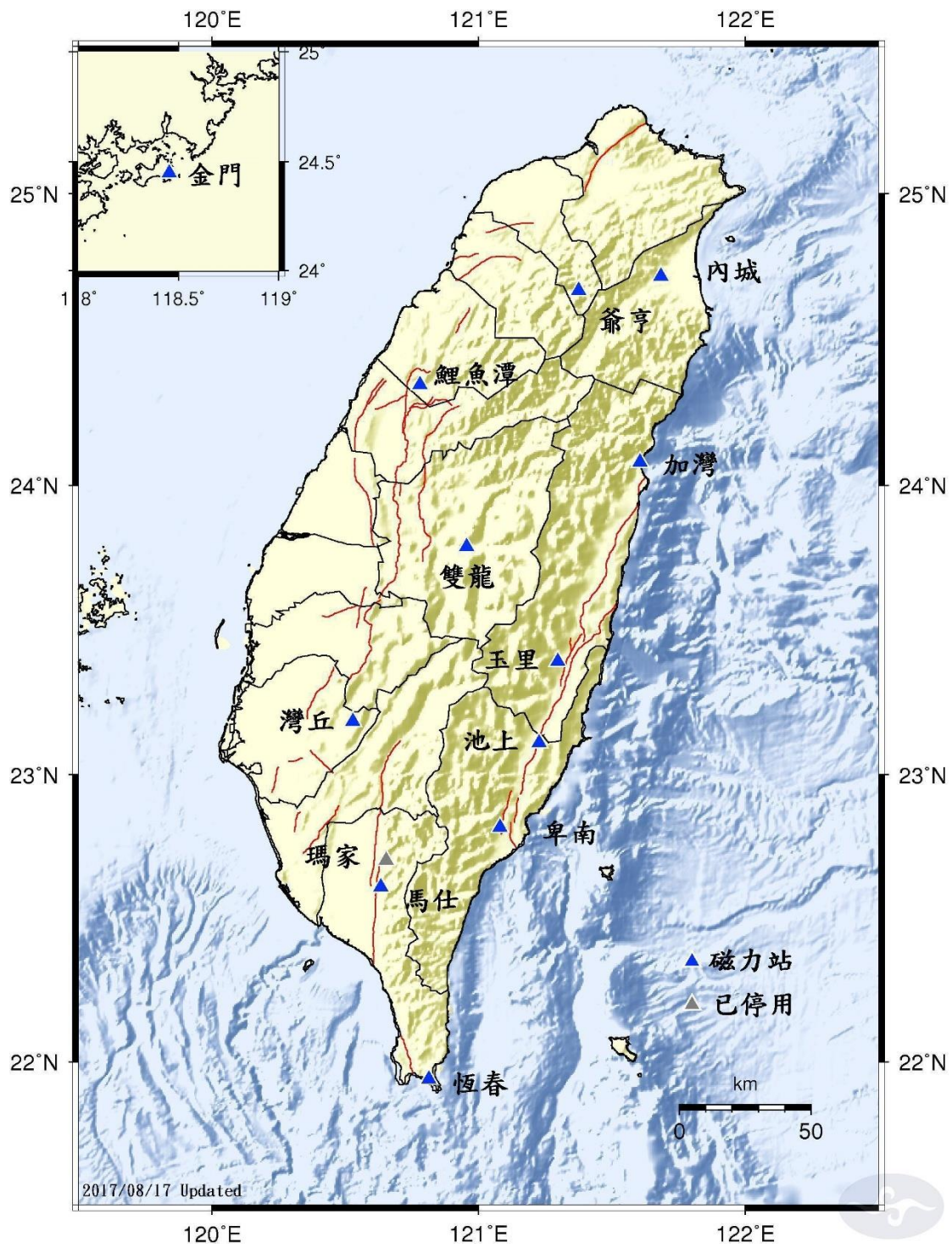


圖 2-48、地磁觀測網的測站分布圖。

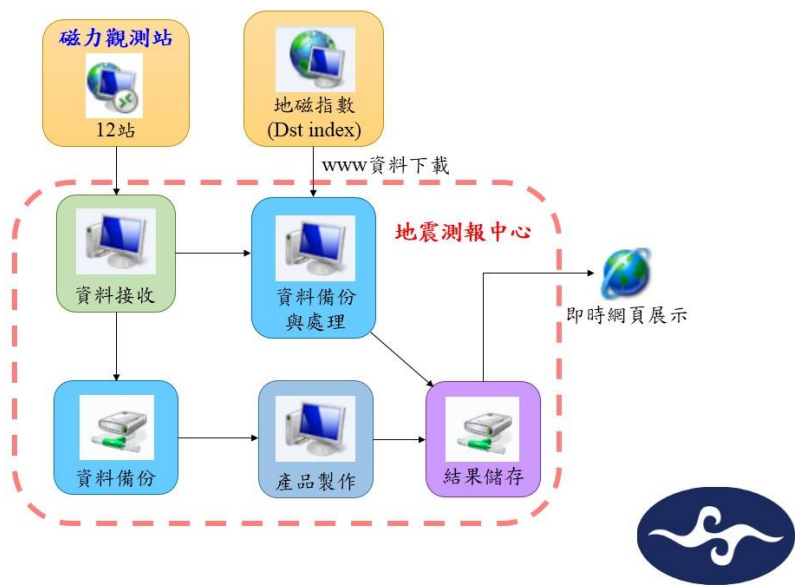


圖 2-49、地磁觀測網之系統架構。

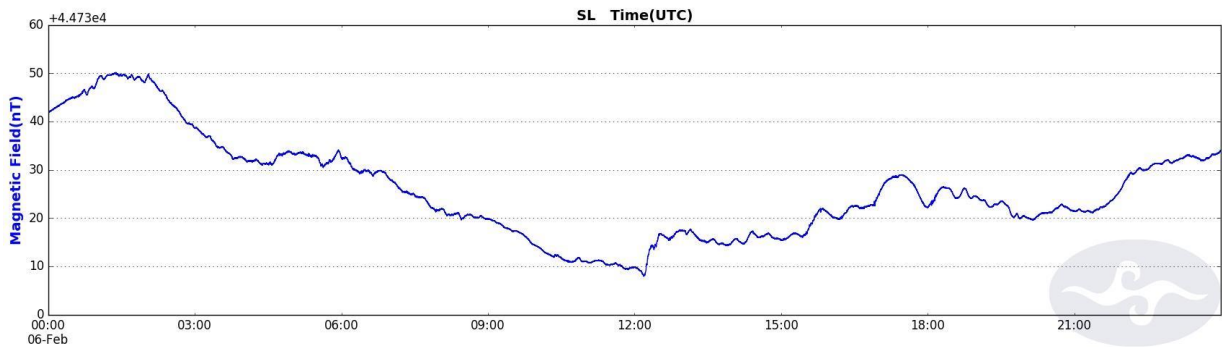


圖 2-50、每日地磁資料時序圖，以 2016 年 2 月 6 日的雙龍站為例子，橫軸為 UTC 時間，縱軸為磁感應強度(nT)

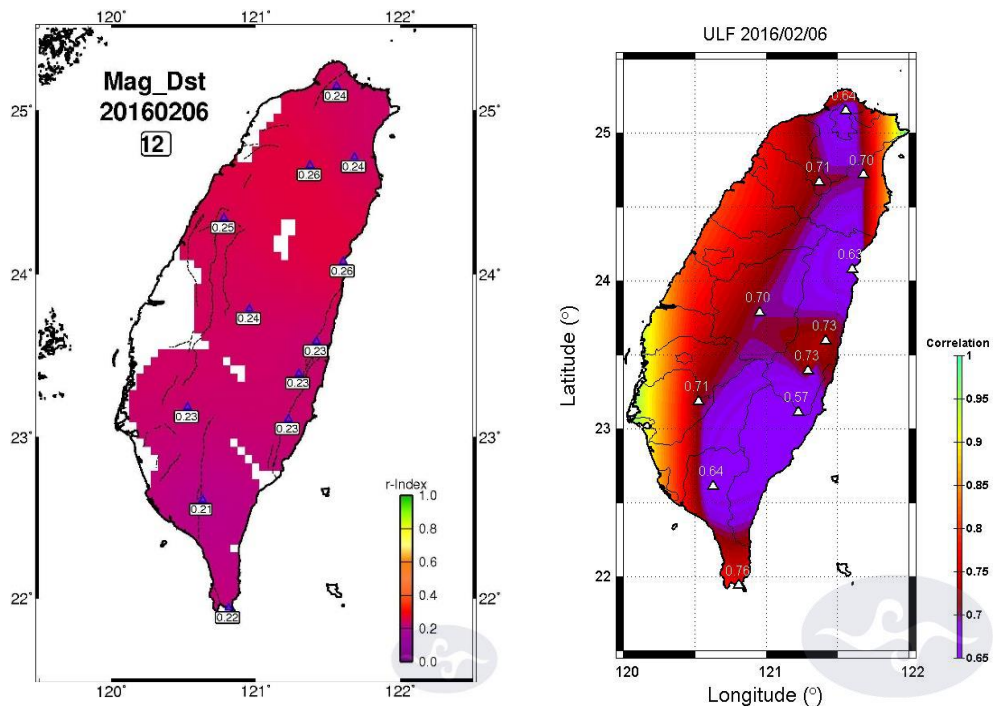


圖 2-51、左圖為磁擾動分析結果，右圖為超低頻分析，三角形表示測站位置。

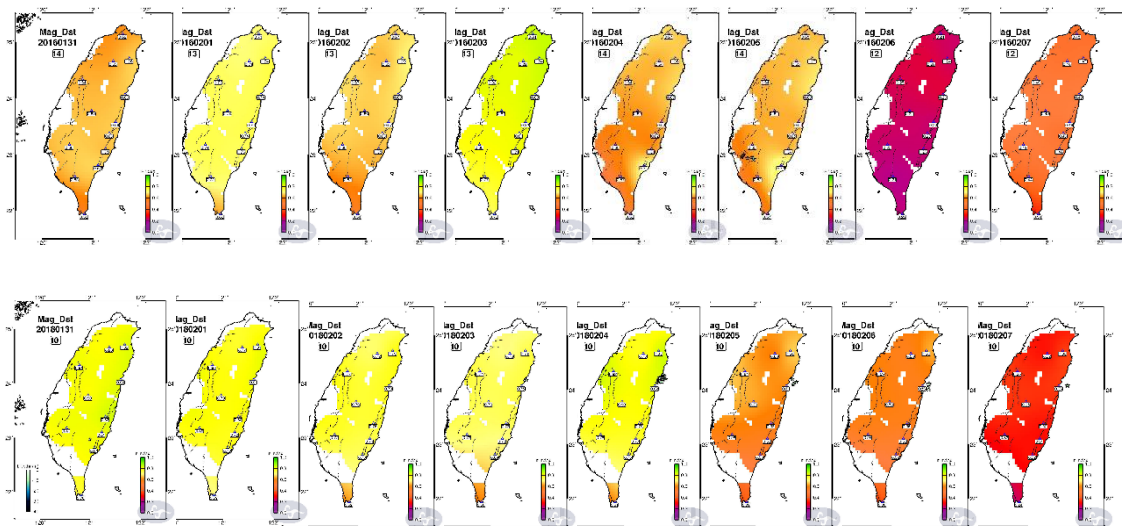


圖 2-52、連續 8 天的磁力擾動分析結果圖。(上)美濃地震(下)花蓮地震，星號為震央位置，第 7 張圖為地震發生，兩事件發生前並無明顯的相關係數低值（紫色）的出現，但在發生當天有開始出現低值的同震現象。

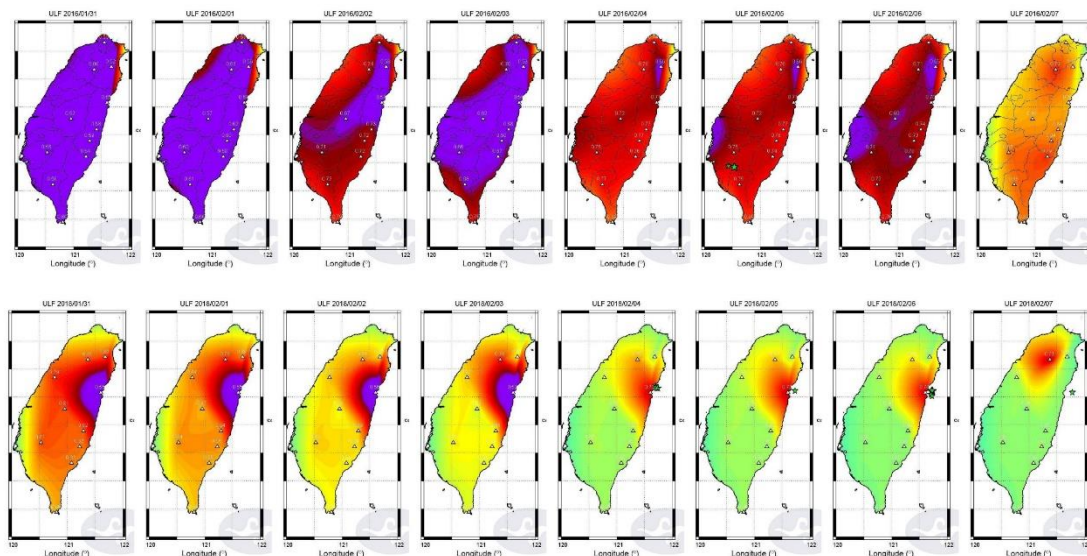


圖 2-53、連續 8 天的超低頻分析結果圖。(a)美濃地震(b)花蓮地震，綠色星號為震央位置，第 7 張圖為地震發生，兩事件發生前有明顯的相關係數低值（紫色）的出現，在第 8 張圖也就是地震發生之後震央附近相關係數值明顯提高（紫色或紅色色塊消失）。

4. 大地電場觀測網系統

(1) 系統架構

本中心自 2017(民國 106)年起接手中央大學陳建志教授的大地電場觀測站維運至今共有 20 站(圖 2-54),系統流程為圖 2-55 所示。儀器記錄資料分為兩方向,東西向與南北向,記錄資料的取樣率為 15Hz,每 10 分鐘經由網路將各測站記錄資料傳輸至本中心的主機,然後將資料分別備份至另一台主機與 TIP 計算,再把資料繪製成時序圖(圖 2-56)與 TIP 地震預警機率圖(圖 2-57),產置的圖檔儲存至備份主機並以網頁即時展示供中心人員即時監控系統運作情況與異常訊號分析。

(2) 分析方法

依照陳建志教授團隊所發展的地電地震預報系統(GeoElectrics-based Earthquake Forecast System, GEEFS)進行操作,每日將接收到的地電資料計算其日統計指標,接著藉由四分位距方法,計算日統計指標時間序列的上下門檻值,並以此門檻值作為當日的地電值異常與否的標準,進而得到超過門檻值的異常指標數的時間序列。使用歷史地震資料,計算出各測站的高機率的 earthquake 發生時間(TIP)模型。對照各測站得到 TIP 模型的最佳參數表與每日異常指標數的時間序列,評估地震發生的可能性,也就是 TIP 地震預警機率,並繪製空間上預警機率圖。

預警機率圖是根據過去資料得出的模型,表示當測站的異常指標達門檻時,估計測站的有效範圍及深度下,在異常之後判斷會發生地震有多少機率為成功,多少機率為失敗;同樣地,也可以算出沒有異常的測站之後沒有發生地震的成功機率,將機率對應不同顏色繪製在地圖上,以展示預警的有效程度。本中心改變原本陳教授團隊地震預警機率圖的參數、使用的歷史資料時間段與畫出機率對應的顏色,作為不同的版本相互比較與參考。

(3) 觀測成果

在 2016 年 2 月 6 日在高雄美濃地區發生規模 6.6 的地震，稱之美濃地震，從 1 月 24 日的地震預警機率圖（圖 2-57 左）上能觀察到，在黑色星號表示震央位置附近是為紅色區域，表示此區域高機率發生地震，直至地震發生當天的機率圖中此區域依舊維持紅色（圖 2-57 右），地震發生後幾天此紅色區域便消去。

2018 年 2 月 6 日在臺灣東部海域靠近花蓮地區發生了一系列的地震事件，其中主震的規模為 6.2，從 2 月 4 日的地震預警機率圖（圖 2-58 左）花蓮東北部開始出現黃色區域，持續至 2 月 6 日（圖 2-58 右）主震發生，黑色星號為整個地震序列中超過規模 5 的震央位置。

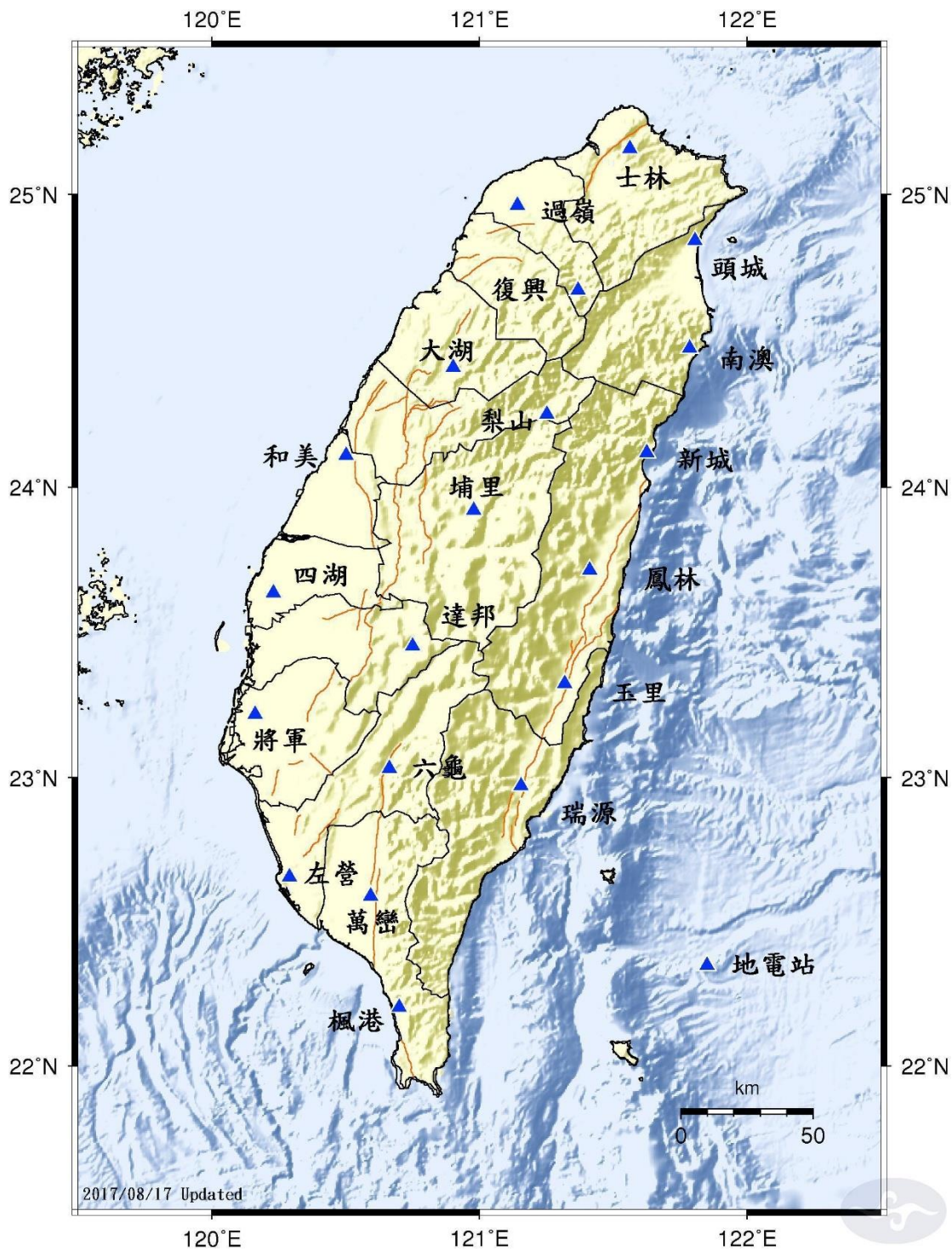


圖 2-54、大地電場觀測網的測站分布圖。

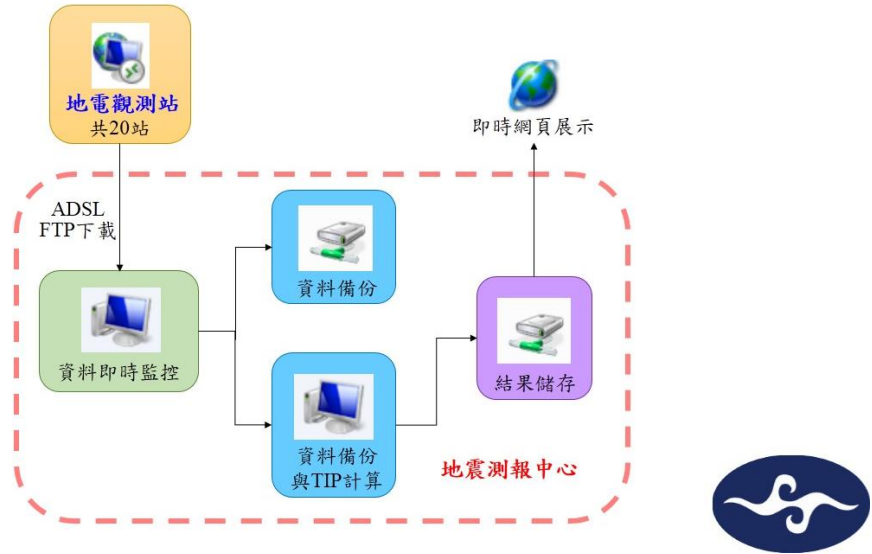


圖 2-55、大地電場觀測網之資料傳輸流程。

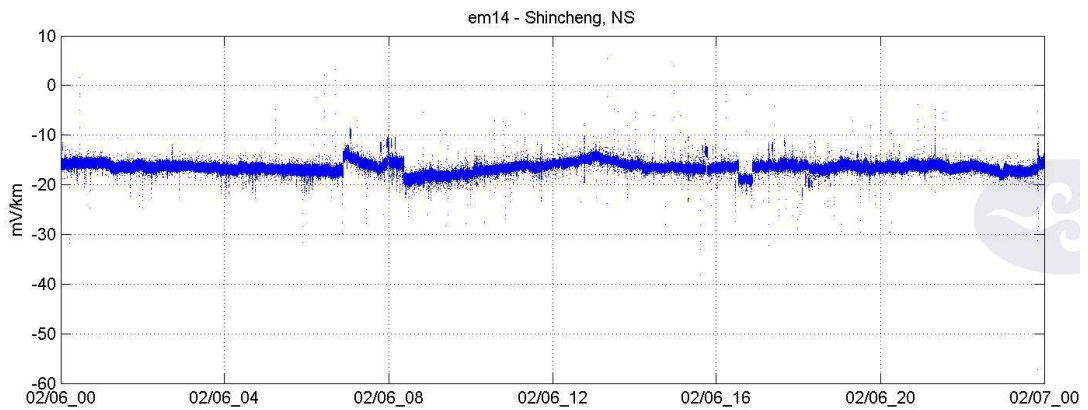


圖 2-56、每日地電資料時序圖，以 2018 年 2 月 6 日代號為 em14 的新城站的南北向資料為例，橫軸為時間，縱軸為地電值(mV/km)。

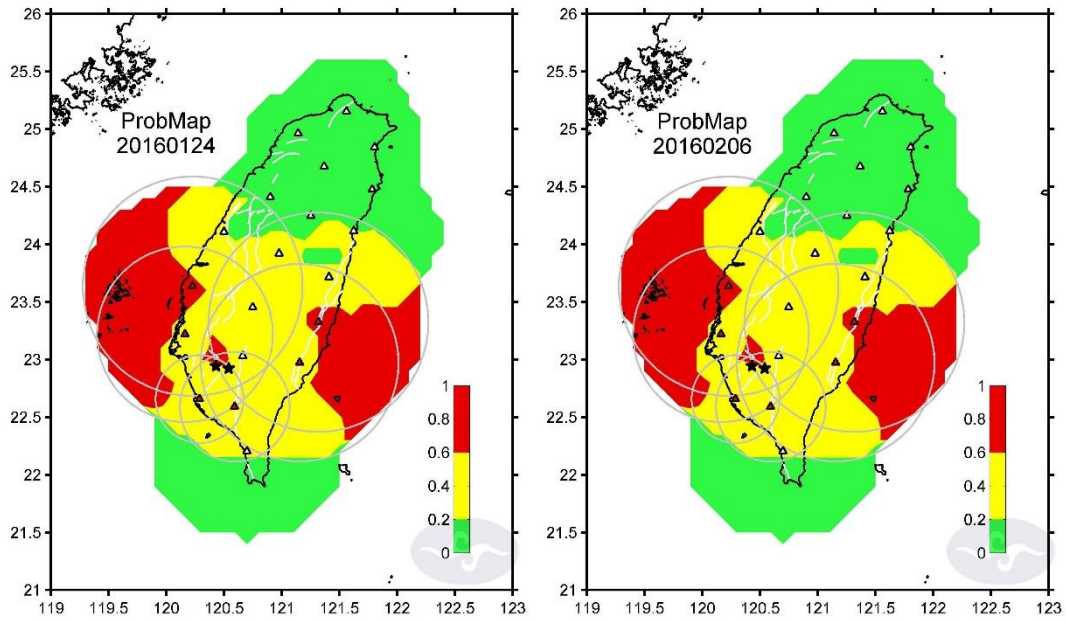


圖 2-57、TIP 地震預警機率圖。左圖為 2016 年 1 月 24 日，右圖為同年 2 月 6 日，黑色星號表示主震與餘震的震央位置，三角形為測站位置，白色為無異常，紅色為有異常，黑色為測站故障，灰色圓圈表示 TIP 模型中測站預警範圍。

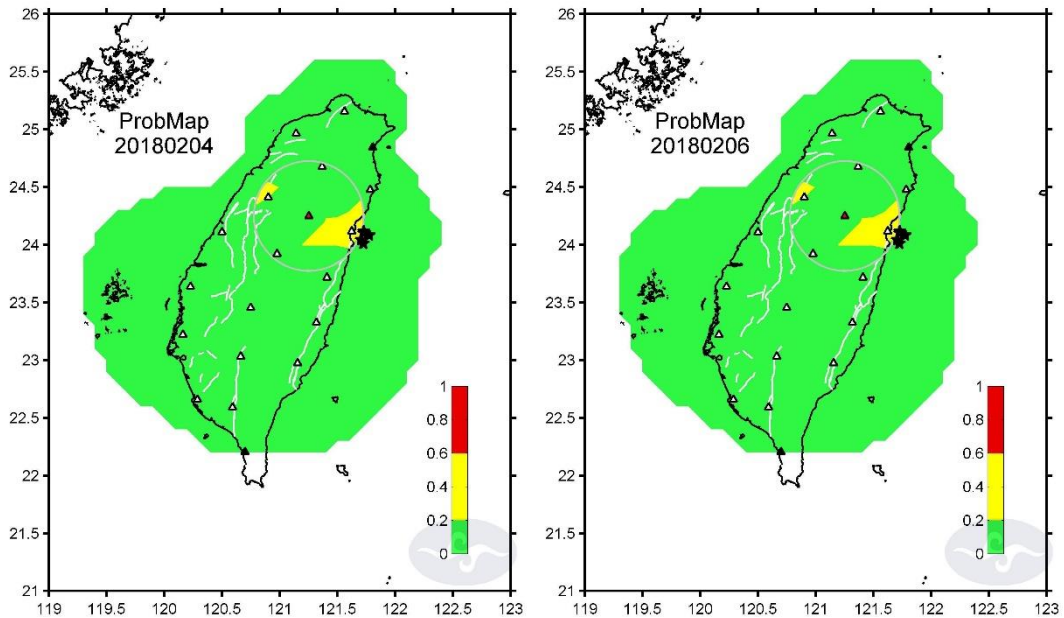


圖 2-58、TIP 地震預警機率圖。左圖為 2018 年 2 月 4 日，右圖為同年 2 月 6 日。

(三) 災害與特殊地震回顧

在 2009 至 2018 年間，臺灣地區發生了數起特殊地震，並造成關注或甚至產生嚴重的傷亡與財損，本專刊根據臺灣地區地震發生的位置將臺灣的地震初步分成五個地區，分別為東部地區（花蓮、臺東地區）、宜蘭地區、北部地區（大臺北都會區）、中部地區（新竹至臺南地區）、與南部地區（高雄、屏東地區），逐一說明此一時間區間內不同地區發生之地震、本局在地震觀測工作中所扮演的角色與其資料的應用解釋。

(1) 東部地區（花蓮、臺東地區）

臺灣東部地區，正好是菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的交界帶上，換言之，兩板塊的相對運動在臺灣東部地區是相對強烈。因為這個地體構造特性，這個地區的地震活動頻繁。而這些頻繁地震活動，不止是分布在臺灣東部地區，乃至於近海地區也包含在其中。在這個地區中的地震活動，不論是無感的微震活動或有感的大小地震，乃至於是強震，都是臺灣地區地震最活躍的地區。

為了要有效的監測這個地震活動頻繁地區的地震特性，地震站的設置是其中最重要的部分。但受限於這個地區的地理特性為山海相連，地震觀測儀器的布設不易，在中央山脈與臺東縱谷地區，本局已布設了相關數量的地震觀測儀器，接下來，將會再致力於海底地震儀的布設。

在這個地區中，民眾心中印象最深的地震，當屬 2018(民國 107)年 2 月 6 日發生的花蓮地震。2018 年 2 月 6 日 23 時 50 分於花蓮近海發生的規模 6.26 強震，震源深度為 6.3 公里，在米崙斷層沿線造成道路龜裂隆起，多棟大樓與飯店傾斜倒塌(圖 2-59)，導致 17 人死亡、280 人受傷的重大災情。

(a) 花蓮地震序列時間分布

由 2018 年 2 月 6 日花蓮地震序列規模與個數之時間分布(圖 2-60)顯示，在 2 月 6 日規模 6.26 主震發生前後發生 2 個較大的

強震，分別是 2 月 4 日規模 5.89 前震與 2 月 7 日規模 5.85 餘震，規模 6.26 主震所觸發的餘震最大時個數為 32 個，餘震個數衰減至約 2 月 10 日趨於緩和，而 2 月 4 日規模 5.89 前震所觸發的餘震最大時個數反而高達 39 個，但其個數衰減趨勢明顯較快，這樣的衰減差異性是否代表與其後即將發生更大的主震有關？是一個值得研究的課題。

一般的地震序列(earthquake sequence)大都是前震、主震和餘震，其中主震的規模最大，而前震和餘震規模較小。雙主震(earthquake doublet)或多主震則是在一個地震序列中，有兩個或多個規模大小相當，發生時間與發生位置也相近的地震，在短時間內接連發生。群震(earthquake swarm)是指群發性地震，於同一震源區域，在短時間內發生一群規模大小相當的地震，而無法明確判斷主震。美國地質調查局(USGS)指出群震可能持續的時間包括數天、數週、或數月長。群震是火山噴發前會發生的典型地震活動。在臺灣許多地區有群震現象，其中以花蓮區域的群震最為頻繁。

因為 2 月 6 日規模 6.26 地震明顯為主震，故通常會將花蓮強震歸類為地震序列。另因在 2 月 6 日規模 6.26 主震發生前後，各發生一個較大的強震，分別是 2 月 4 日規模 5.89 前震與 2 月 7 日規模 5.85 餘震，故亦有學者認為屬於群震。此外，2 月 6 日規模 6.26 主震觸發 2 月 7 日規模 5.85 餘震，尚屬合理，但 2 月 4 日規模 5.89 前震震源機制為逆斷層錯動機制與主震震源機制為走向滑移斷層錯動機制有很大的差異，有可能代表 2 個不同震源構造的雙主震。

(b) 花蓮地震活動空間分布

由 2018 年 2 月 6 日花蓮地震序列之空間分布(圖 2-61)顯示，2 月 4 日規模 5.89 前震與其觸發的餘震活動主要分布在米崙斷層的東北方海域區域(紅色橢圓範圍)，2 月 6 日規模 6.26 主震與其觸發的餘震活動則涵蓋 2 月 4 日規模 5.89 前震與 2 月 7 日規

模 5.85 餘震的活動區域，包含了米崙斷層整段與嶺頂斷層北段部分(綠色橢圓範圍)。紅色與綠色橢圓範圍是以主分量分析方法計算而得，分別代表 2 月 4 日規模 5.89 前震與 2 月 6 日規模 6.26 主震地震活動之震源錯動範圍，其計算對應的震源錯動長度(斷層長度)分別為 30 與 48 公里。以主分量分析方法可以特徵性的分析地震活動空間分布之特徵方向與長度，實際的地震空間分布非常散亂，不易辨識其空間形貌的特徵。由地震活動空間分布之主分量分析得到的震源錯動方向亦與震源機制之結果非常吻合，顯示此花蓮強震是與米崙斷層相符的左移斷層震源機制。中央地質調查所在花蓮強震後至現地調查，報告結論為米崙斷層是被動性的斷層活動。由本局地震分析顯示，花蓮強震震源錯動是在米崙斷層東北方開始，沿著米崙斷層向西南方向錯動，地震活動範圍包括嶺頂斷層北段。

(c) 花蓮地震規模與震源機制

本局強震速報的規模是根據臺灣區域地震網的地震波振幅計算，得到花蓮地震(芮氏)規模為 6.26，美國地質調查所根據全球地震網所計算的地震矩規模為 6.4。芮氏規模是以單一時間點最大振幅所計算，若地震規模愈大則偏差愈大，但具有可快速計算的優點；地震矩規模是計算主要震源時間函數所引起的地震矩，可較完整表達地震規模較大的震源，但計算過程較為複雜，本局雖已具有地震矩計算能力，但在自動計算方面具誤差偏大的問題，在人工計算方面有時間偏久的困擾，若要應用於強震速報或預警，尚須簡化或改良計算技術。

震源機制是雙力偶(double couple)之震源面剪力錯動(shear dislocation)的機制，以等面積投影的方式，表現震源錯動的三維空間形貌，其包含的 2 個節面，其中一個是震源錯動面(dislocation plane)，在地表地質所對應的則是斷層面(fault plane)，另外一個面是共軛的輔助面。震源機制的解析方法主要

有 P 波初動解和波形逆推之地震矩張量解，本局已具有計算技術，但仍待改善自動計算誤差與人工計算費時的問題。此花蓮強震經資料處理分析所得之震源機制(圖 2-61)為走向滑移(strike-slip)錯動機制，其震源機制面與米崙斷層的走向非常吻合，地震矩張量解結果為雙力偶成分 62%，非雙力偶成分 38%，顯示此地震震源錯動方式較為複雜，震源錯動的時間和空間函數變化都具有很大成分的震源效應。

(d) 花蓮強震震度分布

就防災應用而言，強震速報之震度分布是最重要的災害預估依據。根據目前本局強震速報或地震預警系統使用的經驗公式，2018 年 2 月 6 日花蓮強震的預估震度與震波到時分布皆可快速計算得到。由於預估震度是將震源簡化，所以震度分布是以震源為圓心的方式呈規律性圓形震度分布。另，由於預估震波到時也將速度模型簡化為一維深度(無側向變化)模型的方式，所以震波到時也是以震源為圓心的圓形分布。在地震預警的應用方面，舉例而言，預估 S 波在花蓮地震發震後約 35 秒到達臺北，預估震度為花蓮 6 級、臺北 3 級。在實際觀測上，此花蓮強震的觀測震度分布顯示，臺灣全島測站皆測到有感震度，花蓮與宜蘭最大震度達 7 級，南投 5 級，臺中、雲林 4 級，中臺灣地震大都為 2 至 3 級震度，臺北為 3 級，遠在高雄亦有 1 至 2 級震度，震度大致隨著距離震央愈遠而愈小，但並非呈規律性圓形震度分布。比較預估與觀測震度分布，較大的差異主要是因為震源效應與場址效應所致，例如預估震度為花蓮 6 級、宜蘭 4 級，觀測震度為花蓮 7 級、宜蘭 7 級；在臺北因盆地的場址效應故觀測高於預估震度，在高雄則反因場址效應而使觀測低於預估震度。



各界探討花蓮強震主因，學者指出「米崙斷層」受到群震誘發，釋放能量，在斷層上有
多棟大樓倒塌，似也映證了這個可能性。

圖 2-59、2018 年規模 6.26 花蓮強震在米崙斷層沿線災情(摘自中國時報電子報)。

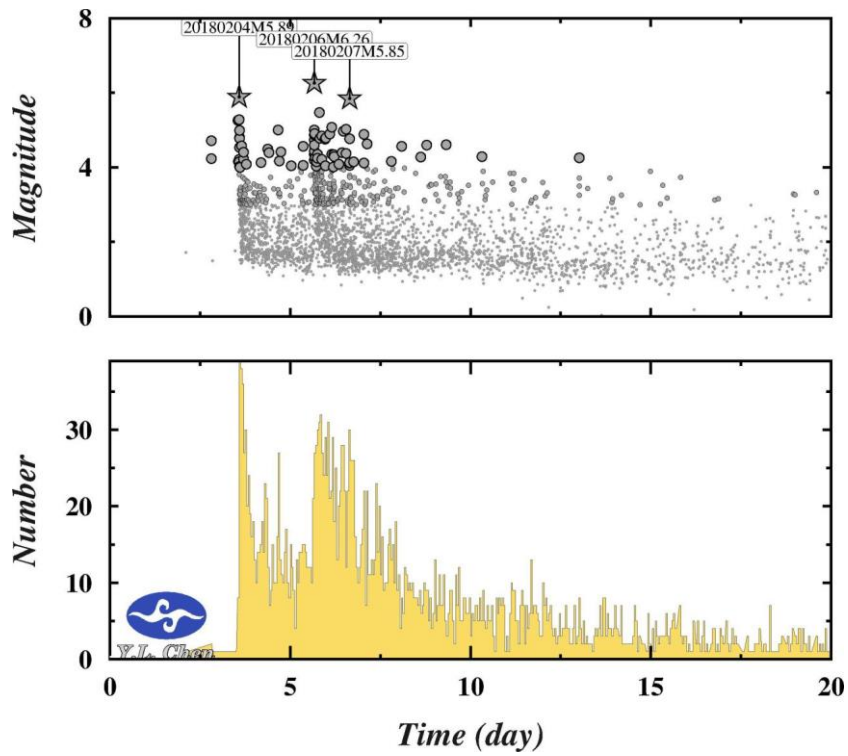


圖 2-60、2018 年 2 月 6 日花蓮地震序列規模與個數之時間分布圖。
地震個數為以小時計算之時個數。

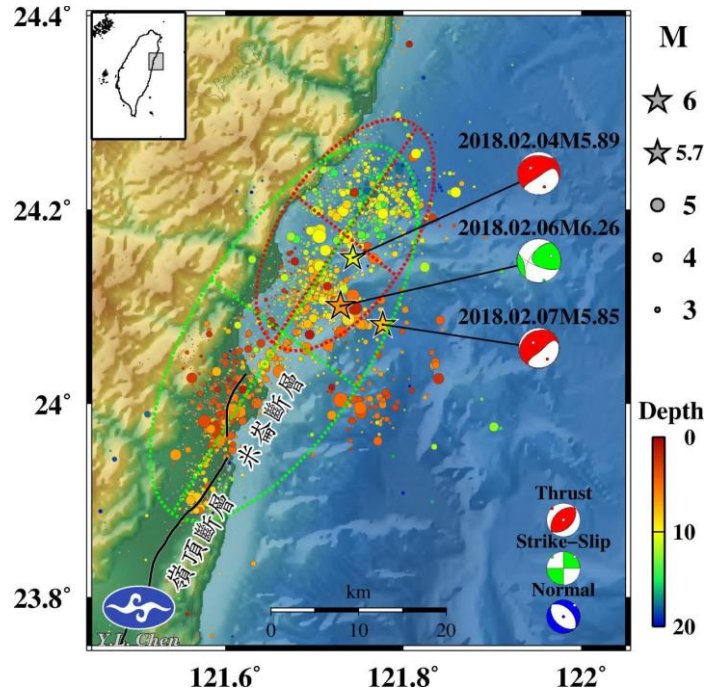


圖 2-61、2018 年 2 月 6 日花蓮地震序列空間分布圖及震源機制解。

(2) 宜蘭地區

宜蘭地區的地震活動主要可以分成兩個部分，一是淺層的地震活動，其特性與沖繩海槽張裂有關；另一個部分為深層的地震活動，其發生與菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊有關，因此地震的深度相對較深。

在淺層地震的部分，其發生對於臺灣地區影響相對較大，原因在這類地震若發生於宜蘭平原下，地震波直接傳達到宜蘭平原內，可能產生的災害相對大。若地震發生於海域，當其規模夠大時，也甚至有形成近海海嘯的可能。目前，宜蘭地區及其近海地區的這類淺層地震的發生，推測與地殼張裂有關。其中，部分的張裂活動甚至被認為與當地的火山活動有關，如龜山島地區。由於地震發生與地殼張裂有關，因此地震發生的位置多半在地殼內，在宜蘭地區，這類的地震發生深度多數淺於 20 公里。

宜蘭地區的深層地震，其影響相對於淺層地震就小很多。主要原因是菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊時，在宜蘭地區的深度皆已是約 50 至 150 公里處。因此，即便部分這類較深的地震發生，其產生的能量經較長的傳播距離與衰減後，對宜蘭地區或整個臺灣地區的威脅自然減少。

在宜蘭地區較為顯著的有感地震為 2016(民國 105)年 5 月 12 日 11 時 17 分 15.1 秒，於宜蘭縣南澳地區發生芮氏規模 6.1，震源深度 8.9 公里的宜蘭南澳地震，詳細報告如圖 2-62。此地震造成臺灣各地皆有感，最大震度 6 級在宜蘭縣南澳，震後亦有顯著的餘震活動。

以宜蘭南澳地震為例，本局地震測報中心人員透過即時視窗訊息、類比記錄器與警報音效等獲知地震發生。地震發生後 51 秒～2 分 24 秒，3 套全區網陸續完成自動定位；地震發生後 1 分 0 秒對外發出震度描述簡訊，供防救災單位快速應變；地震發生後 5 分 30 秒，確認所有資訊正確無誤後，透過各式通報管道迅速對外發布地震的相關資訊。

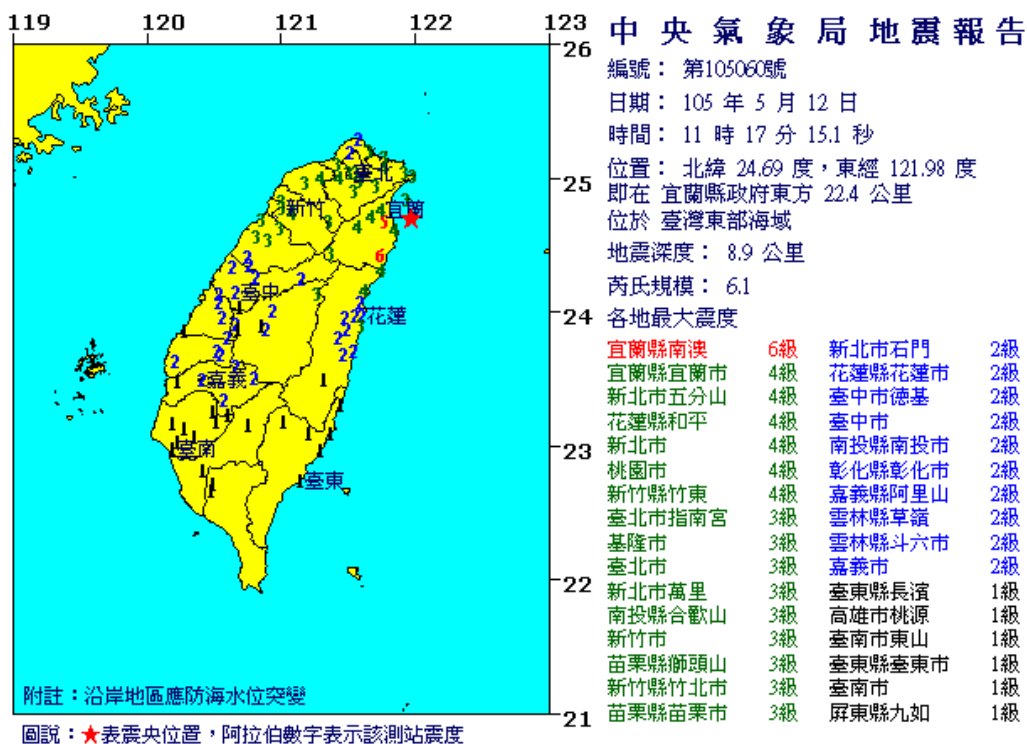


圖 2-62、2016 年 5 月 12 日南澳地震之地震報告。

檢視 2016 年在宜蘭南澳附近的地震活動可發現，宜蘭南澳地震的規模大（圖 2-63），震源位置也靠近臺灣陸地，且震源深度淺，僅有 8.9 公里。因此，在地震發生後，在宜蘭南澳地震震源區附近偵測到少量的地震活動。這些地震活動的分布，主要呈現東西走向的近垂直分布，這與本局所解算的震源機制斷層面走向相似。這個現象指出，形成這次地震的孕震構造可能是呈現近東西走向且帶高角度滑移，配合震源機制的特性告訴我們這個地震是受南北的拉張應力所形成（圖 2-63）。

依據中央地質調查所的活動斷層分布，宜蘭地區的未有斷層構造被歸類活動斷層。但從宜蘭平原的形成背景來看，存在東西走向的拉張構造並不為奇，因為宜蘭平原就是受到類似的應力所形成。事實上，在海上震測剖面的結果中可以發現在海域中存在部分的斷層構造，而在宜蘭南澳地震正好鄰近其中的一個斷層構

造-宜蘭陸棚斷層 (Ilan Shelf Fault, 圖 2-64) (Ku et al., 2008)。這個構造的幾何特性, 與宜蘭南澳地震相似, 但滑移方向就有所差別。宜蘭陸棚斷層是一個左移的斷層構造, 而宜蘭南澳地震則為正斷層的構造。依現有的資訊尚無法完全的將宜蘭南澳地震的發生與宜蘭陸棚斷層完全畫上等號, 雖然震測剖面的反應的宜蘭陸棚斷層是否能延伸到宜蘭南澳地震的震源深度仍是一個問題, 且斷層的滑移方向與斷層的破裂形態也存在不一致性。

接著, 討論 0512 地震週邊的地震活動背景(東經 121.8 度~東經 122.2 度;北緯 24.6 度~北緯 24.8 度; 深度 0~20km)(圖 2-65), 可以發現此地區在 1994、2002、2005 年時亦有顯著的地震活動。當時被觀測到的地震數量(規模大於 2)雖多大於 2016 年的這次活動, 但是其產生的累積地震規模卻多與 2016 年這次相仿。換言之, 在近 25 年的地震活動歷史中, 雖然此地區偶有規模較大的地震與大量的地震活動, 但未觀測到這些大量的地震活動在時間上有明顯的週期現象。

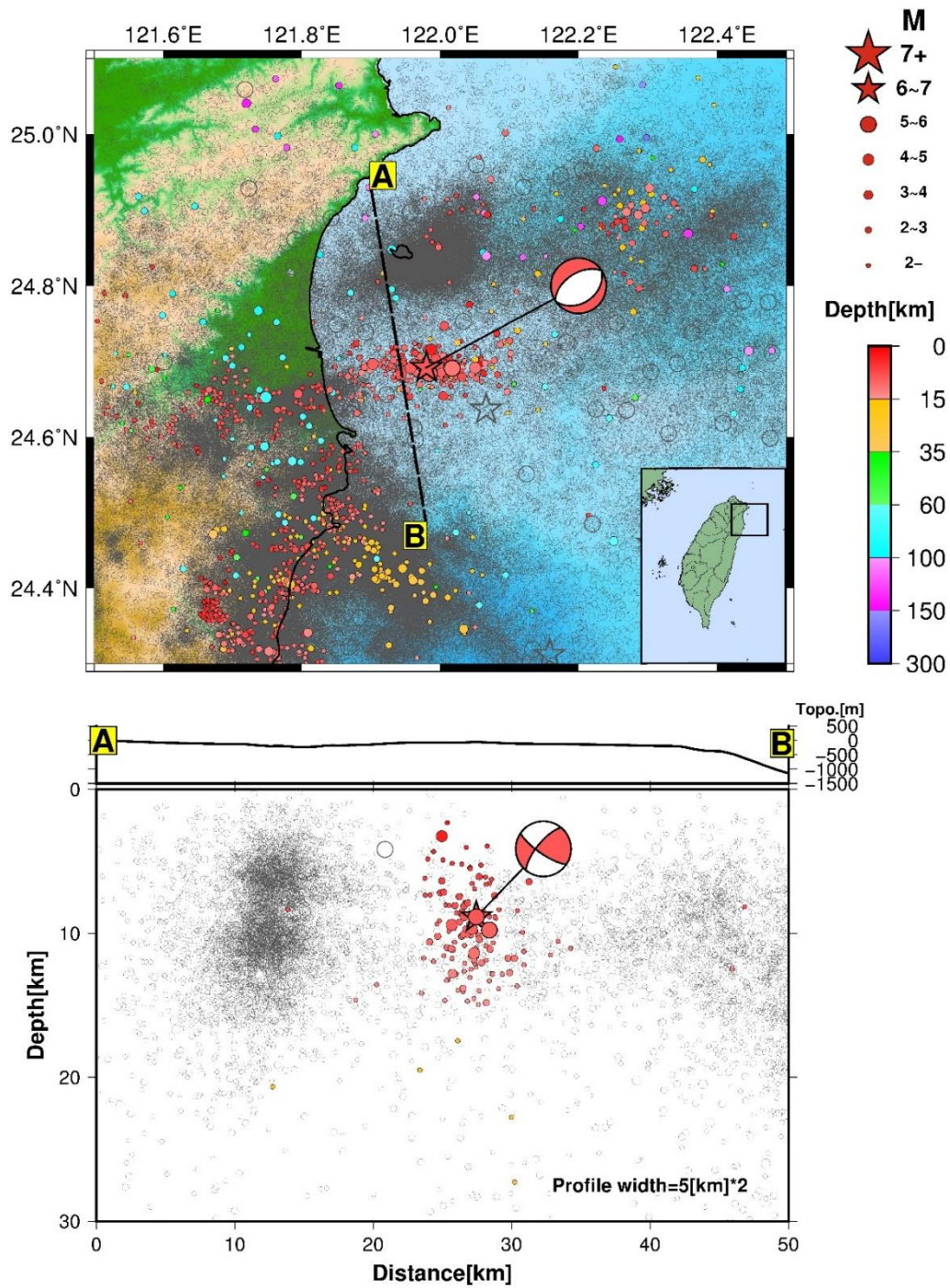


圖 2-63、2016 年的地震分布與 0512 地震的初動震源機制球。實心星號表示 0512 地震的位置，圖中的海灘球為 0512 地震的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於 A-B 剖面兩側 10 公里內的地震。短期背景地震為 2016 年的地震資料（彩色圓形），長期背景地震為 1994 至 2018 年間的地震資料（灰色圓形）。

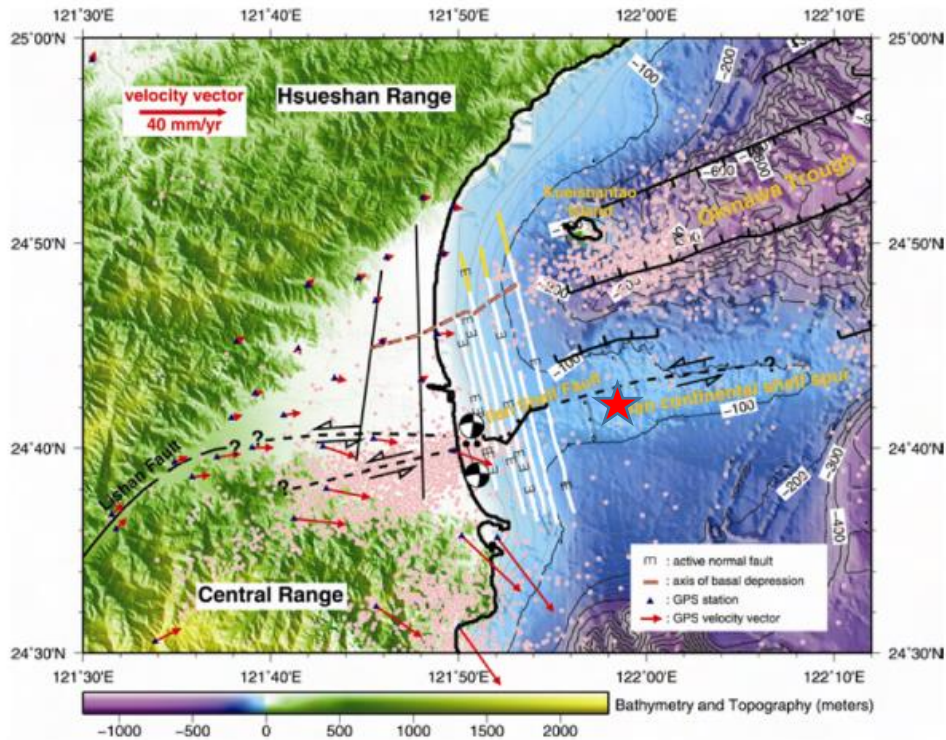


圖 2-64、宜蘭地區的構造分布（摘自 Ku et al., 2009）與 2016 宜蘭南澳地震（紅色星號）。

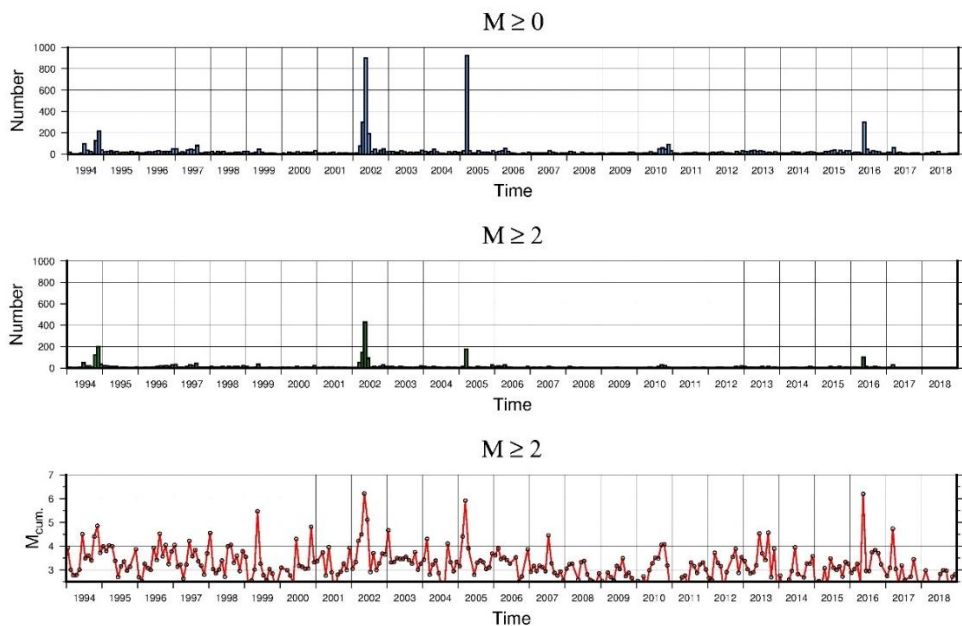


圖 2-65、宜蘭 2016 年 0512 地震週邊地震活動統計。地震資料為本局地震目錄中，地震樣本的空間選取標準為，東經 121.8 度~東經 122.2 度；北緯 24.6 度~北緯 24.8 度；淺於 20 公里的地震事件。上圖為所有地震的月統計數量，中圖為規模大於 2 的地震事件月統計數量，下圖為規模大於 2 的地震事件月累積規模。

(3) 北部地區（大臺北都會區）

臺灣北部地區，是臺灣陸地主要地體構造活動（歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊）最遠的一個區域。因此，地震活動相對少。目前，在大臺北地區，主要的活動地質構造有兩個，一是山腳斷層，一是大屯火山群。山腳斷層在中央地質調查所的認定中為活動斷層，換言之，其具有活動的可能。但在本局長年的地震監測中，與這個斷層相關的地震活動其實十分罕見。這暗示，山腳斷層目前的活動行為可能十分微弱。相對於山腳斷層，大屯火山的活動在近年則是相對受到關注。主要是近年來許多的觀測資料顯示，大屯火山的活動性並不如早年預期的平靜。支持此論點的觀測資料十分廣，如地動特性、地層定年、地殼變形、地球化學成分的分析等。

除了前述的研究外，2009(民國 98)年 10 月的大屯火山地區群震與 2014(民國 103)年 2 月 12 日的士林地震，也有研究指出其發生的原因可能與大屯火山淺層的火山地熱活動有關。其中的 2009 年群震發生之時，曾在 2 個小時內連續發生了五起有感地震 (Pu et al., 2014)。較為特別的是，這些地震的規模差距都很小，型態與一般認知的群震一致。經過詳細的資料分析後發現，這些地震序列的地震個數達 202 起，這些地震在空間上的分布呈柱狀 (圖 2-66)，由於這個地震分布與山腳斷層在空間上並不吻合，因此推測可能與山腳斷層的活動無關。而地震規模與個數關係中的斜率偏高 (圖 2-67)，則暗示可能有火山地熱的作用參與在這個地震序列中。因此，我們可以合理的推論這個地震序列可能與大屯火山的火山地熱活動有關。幸運的是，這個地震序列的活動時間並未持續很久，地震活動維持約 3 天的活躍後就逐漸歸於平靜。而這種偶發式的群震活動，在大屯火山地區時有所聞，若這些群震皆與火山地熱有關，則暗示大屯火山在淺層的活動性，依舊主導了當地的地震行為。

大屯火山地區除了 2009 年 10 月的群震活動外，近年來讓人

印象最深的地震應該就屬 2014 年 2 月 12 日的士林地震 (Pu et al., 2017)。這個地震序列雖然沒有形成如 2009(民國 98)年 10 月的大量有感地震，但這個地震的規模達 4.2，在當地的地震活動中，僅次於 1988(民國 77)年 7 月 3 日規模 5.3 的地震。這個地震發生的位置 (圖 2-68)，其實並不在大屯火山地區背景地震主要集中的區域內。換言之，這個地震序列的性質可能不完全相同於背景的地震活動。分析其特性後推測，主震的活動可能與地下蓋層的崩塌有關，而這個崩塌的現象促使了局部區域內的流體沿山腳斷層的破裂面流竄，進而引起了附近斷層的活動，而這個斷層可能就是山腳斷層。幸運的是，這些被誘發的斷層活動皆是以規模很小的微震為主。

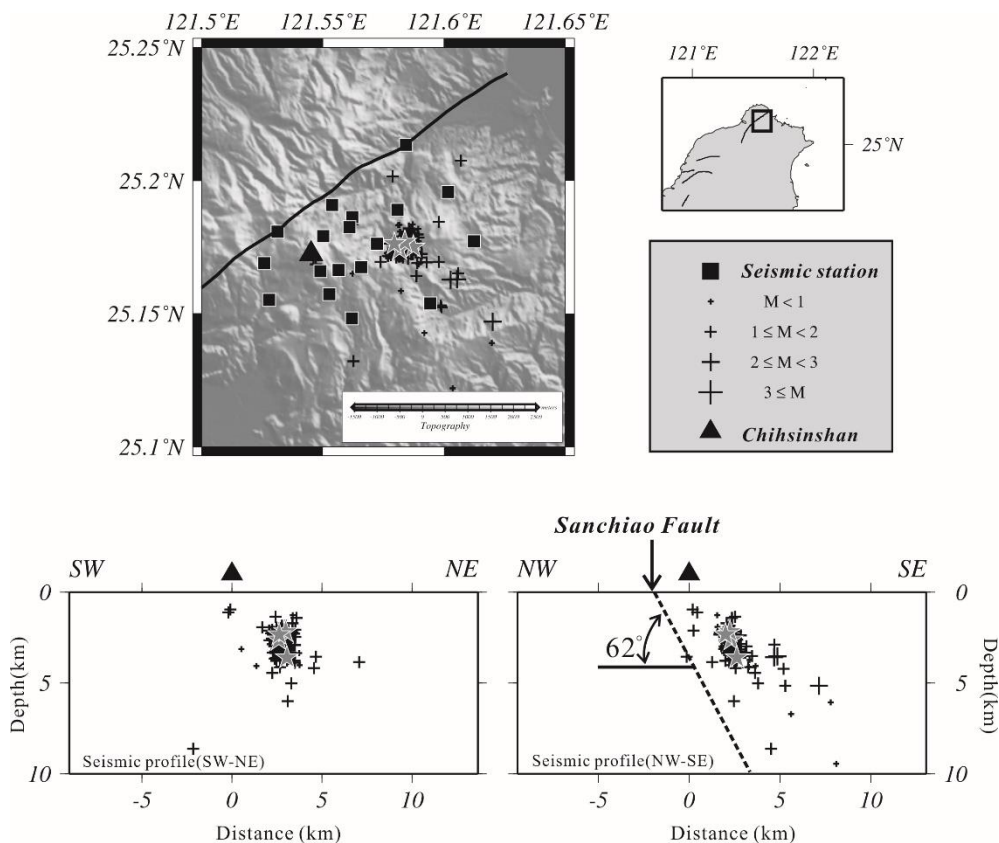


圖 2-66、2009 年 10 月大屯火山地震序列 (+與星號)。圖中的實線表示山腳斷層在地表被認定的位置，而地震分布剖面中的虛線則可能的斷層面，黑色三角形表示七星山的位置 (圖摘自 Pu et al., 2014)。

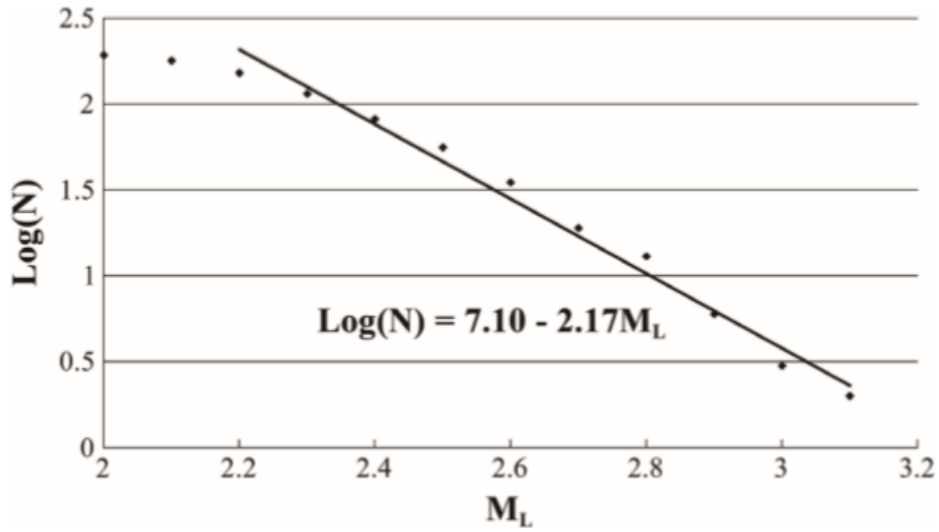


圖 2-67、地震個數（縱軸）與地震規模（橫軸）的關係式（圖中方程式）。（圖摘自 Pu et al., 2014）

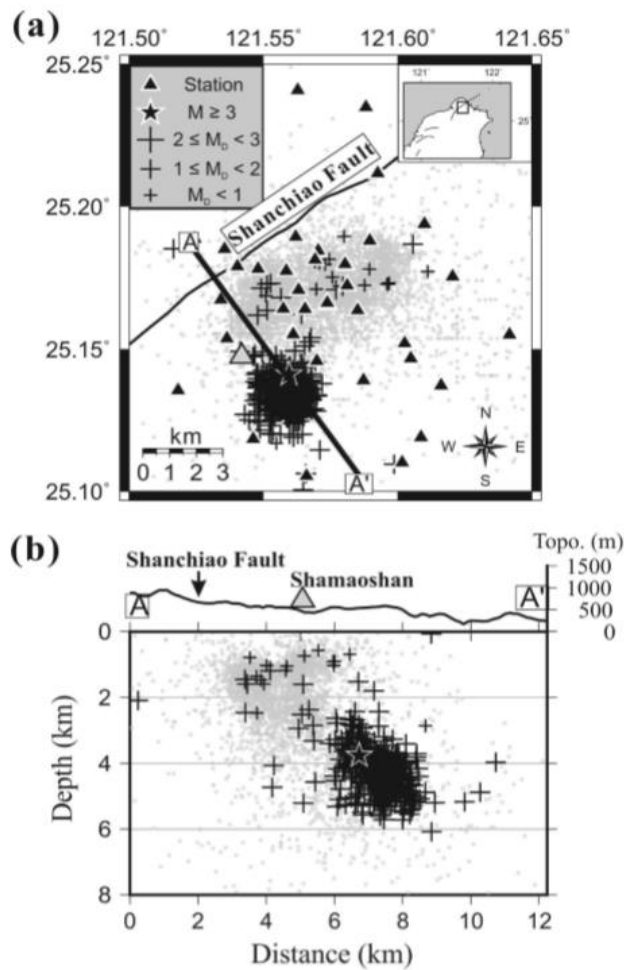


圖 2-68、2014 年士林地震序列（黑色+號與星號）與背景地震（灰色+號）初步定位後的空間分布。

(4) 中部地區（新竹至臺南地區）

臺灣中部地區是臺灣人口主要聚集的地區，也是過往災害地震主要發生的地區。這些災害地震的發生，多數被認為與臺灣西部的活動斷層有關，例如造成臺灣嚴重死傷的 1935 年新竹臺中地震與 1999 年的集集地震。這個地區的地震活動主要集中在深度數公里至二十幾公里間，如此淺層的地震其震央又正好是人口稠密的臺灣西部地區，因此，其威脅甚巨。

除了前述的兩個災害地震外，近年來在臺灣中部地區亦曾發生過數起讓人印象深刻的地震，如 2013(民國 102)年的南投雙震。這兩次規模大於 6.0 的有感地震分別發生在發生在 3 月 27 日上午 10 時 3 分（0327 地震），位置在南投縣仁愛鄉內，芮氏規模為 6.4（圖 2-69）；與發生在 6 月 2 日下午 1 時 43 分（0602 地震），位置在南投縣魚池鄉內，芮氏規模為 6.5（圖 2-70）。雖然發生的行政區不同，但它們在空間中的差距其實並不大，僅約 10 公里。由於這兩個地震規模都有 6 以上，因此，全島各地的震度幾乎都有 2 級以上，而它們所造成的最大震度各別發生在南投縣的日月潭與雲林縣的草嶺，震度皆為 6 級。根據內政部消防署所公布的資料，0327 的南投地震造成了 1 死 97 傷，而 0602 的地震也造成了 1 死 19 傷與 1 失蹤。這兩個地震的發生時間間距並不長，因此，當時曾經引起學術界相當程度的關注。

2013 年的南投雙地震序列的地震報告發布作業說明如下：在 0327 地震方面，本中心的預警系統於地震發生後 12 秒即獲得初步定位結果，值班同仁透過即時視窗訊息與類比記錄器獲知事件，立即準備對外發布報告。自動定位在地震發生後 53 秒後陸續完成。值班人員首先對外發出地震描述簡訊，隨後再逐一檢視確認所有地震波形與資訊無誤後，立即對外發布地震報告，約在地震發生後約 4 分 40 秒完成發布程序。至於 0602 地震方面，各方面的數據也差不多，惟在最後對外發布地震報告的時間上，為求謹慎，做了再三確認後才發布，因此，發布時間略長，約 8 分 10 秒。

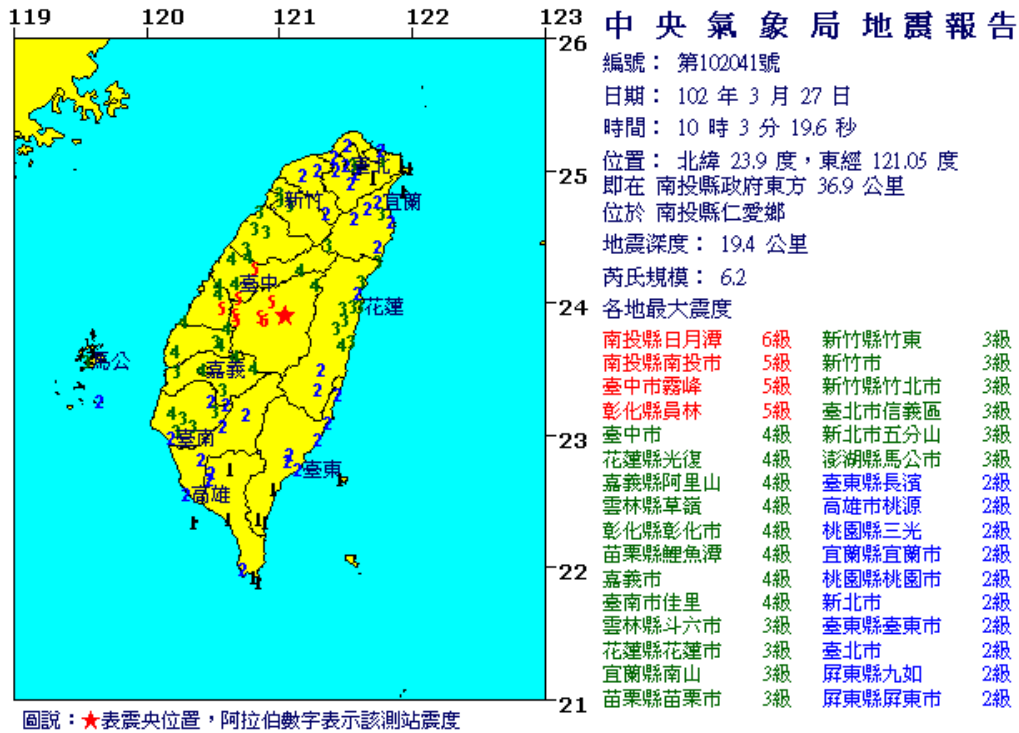


圖 2-69、2013 年 3 月 27 日南投地震之地震報告。

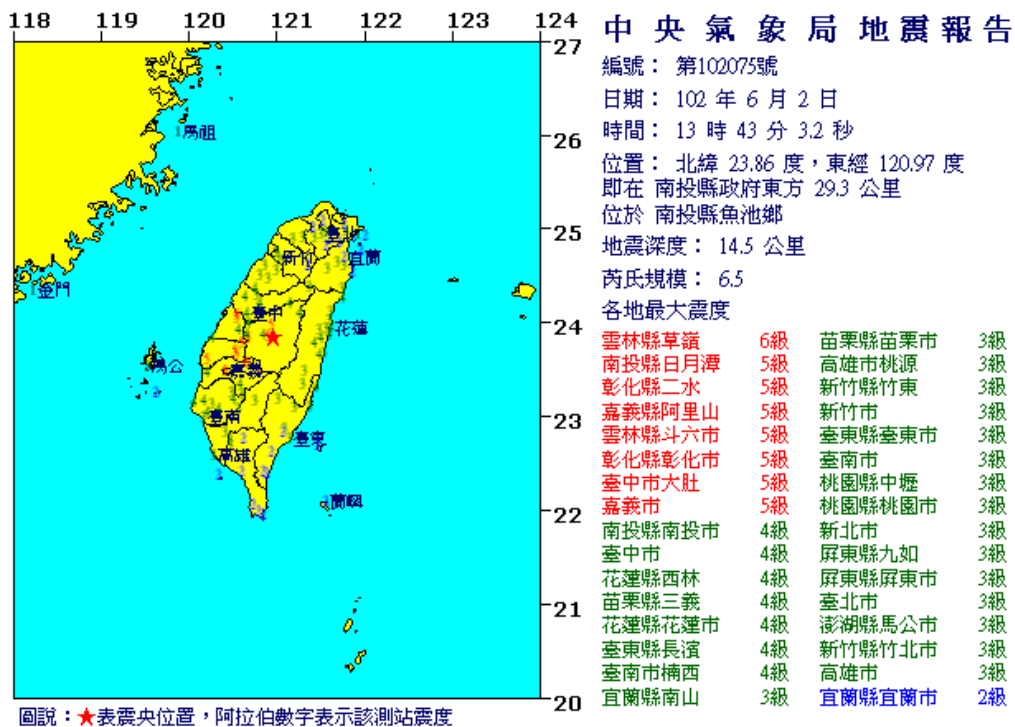


圖 2-70、2013 年 6 月 2 日南投地震之地震報告。

2013 年南投雙地震序列為自 2000(民國 99)年 6 月 11 日芮氏規模 6.7 之南投地震後，當地規模最大的有感地震。由於這兩個地震發生的位置，正好在臺灣的中部，是標準位在地震監測網內的地震事件。因此，其餘震活動得以被監測的更完整。以 0327 南投地震來看，其餘震的持續時間看似不長，約在 10 天之後，餘震活動就不明顯了。但相反的，0602 南投地震，其餘震的持續時間就相對延續的較長，約 1 個月之後，餘震活動才漸趨平靜(圖 2-71)。這顯示，雖然兩個地震規模相近，位置也相近，但餘震行為還是略有不同。

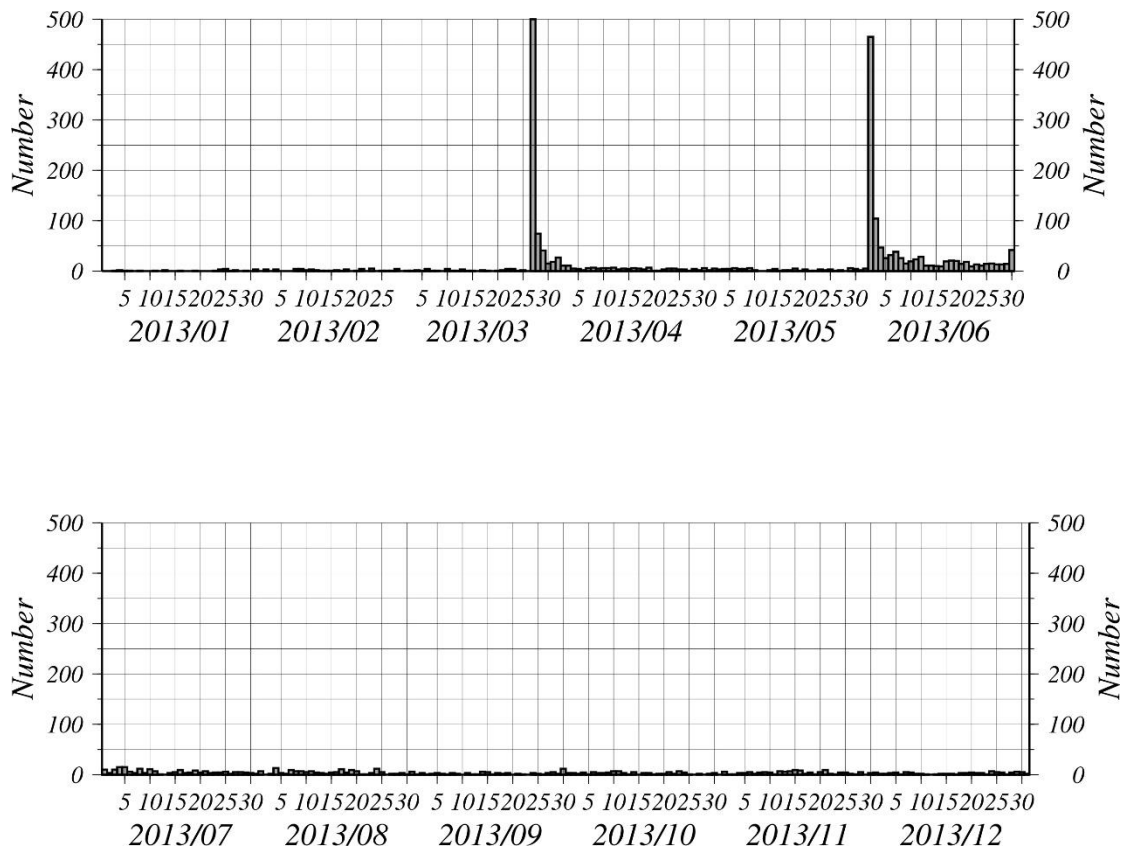


圖 2-71、以 2013 年南投雙地震序列的主震中點(經度，緯度，深度 = 121.01°，23.88°，16.95km)為圓心，統計半徑 15 公里內的地震日個數。

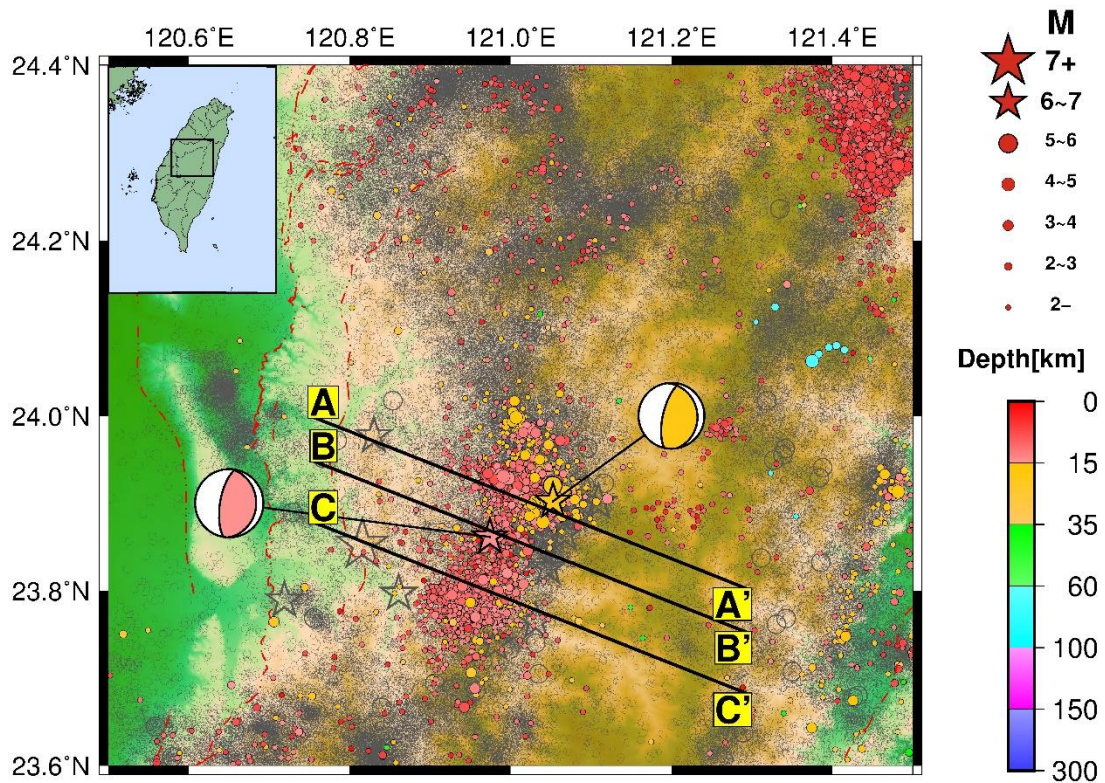


圖 2-72、南投雙地震序列的地震分布與震源機制。著色符號 2013/03/27~2013/06/30 地震，黃色與紅色星號各表示 0327 與 0602 地震位置，紅色實線為活動斷層的地表位置。

由震源分布與地震機制來看，這兩個地震序列的主震，皆屬於近南北走向的逆衝型式破裂(圖 2-72)。其中的震源機制部分，主要是藉由本局 24 位元地震觀測網的初動資料，逆推求得。這兩個震源機制，相似度極高，皆屬於近南北走向的逆衝斷層。從震源分布的剖面圖來看(圖 2-73)，可以發現這兩個地震序列有向明顯向東傾的趨勢。配合震源機制解，推測這兩個地震序列可能皆是低角度向東傾的破裂面。

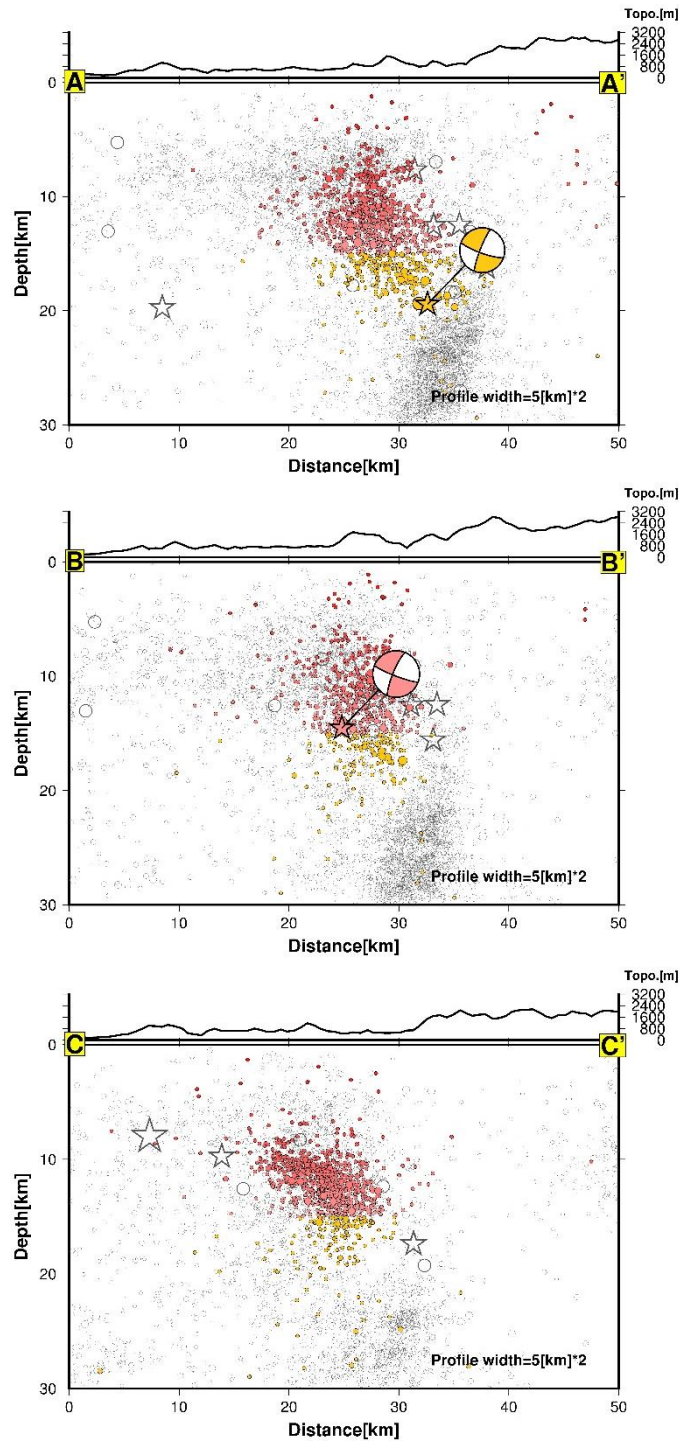


圖 2-73、地震分布剖面與震源機制。各剖面中的地震樣本為距離剖面兩側 5 公里範圍內的地震事件，著色符號為 2013/03/27~2013/06/30 間的地震事件，無著色的地震事件為背景地震事件（1994-2012），黃色與紅色海灘球各為 0327 與 0602 地震的震源機制側投影。

這兩個規模 6.0 以上的地震，其主震位置與餘震空間分布皆存在著一些偏差（圖 2-73）。以 0327 南投地震序列來看，主震發生的位置在深度約 20 公里的附近，但其餘震的分布，大多集中在深度 15 公里附近。相似的情況也發生在 0602 的南投地震序列，主震發生的位置在 B-B' 剖面上，但大多數的餘震皆發生 5 公里外的 C-C' 剖面上。可以確定的是，主震與餘震的位置的確存在空間偏差；但有趣的是，兩個震源機制的型態極為相似，餘震分布的相對方位卻有明顯的差異。配合前述的觀測現象，兩個地震序列的餘震延續時間也存在相當程度的差異。這顯示這兩個十分局部的震源區構造特性，可能還是存在著相當程度的差異性。

由於在震源區的地表部分有著許多的活動斷層構造（圖 2-72），這些深部的地震活動可能與這些斷層構造有著某些關連性。根據中央地質調查所公布的活動斷層資料，在兩個地震的震央東側有三條主要的活動斷層構造，彰化斷層、車籠埔和大茅埔-雙冬斷層。這些斷層的型式也皆為典型的逆衝斷層，看似與 0327 和 0602 地震的震源機制相仿。但若將地震分布和震源機制的可能破裂向地表延伸，則未能與這些活動斷層有密切的吻合。因此，很難直接把 0327 與 0602 地震與這些活動斷層直接連結。但可以確定的是，地震與活動斷層的機制相仿。換而言之，觸發地震與斷層的機制可能是相同的。即便這兩起地震與已知的斷層間不存在直接的相關性，卻也可能間接存在一定程度的關連性。

(5) 南部地區（高雄、屏東地區）

臺灣南部地區的地震活動特性，與臺灣中部地區的地震活動特性相似，多數地震也都發生於淺層，一般皆會討論其與斷層的相關性。但較為特殊的是，此地區部分顯著有感的地震發生的位置略深，且地震的活動機制難以與已知的斷層構造相連。換言之，可能有未知的構造活動存在這個地區。其中最典型的例子就是 2010 年的甲仙地震、2012 年的霧台地震、與 2016 年的美濃地震這 3 個規模都大於 6 的地震。其中的甲仙地震與霧台地震位在中央山脈南段的山區中，震源深度都有 20 公里以上。而美濃地震的位置則接近麓山帶地區，震源深度也較淺，僅 14.6 公里(圖 2-74)。而這 3 個地震中，也就屬這個相對最淺最接近人口都會區的美濃地震造成的災情最慘重。接下來，將以美濃地震為代表，以本局的地震資料來試圖了解這個造成嚴重災情的美濃地震。

美濃地震發生於 2016 年 2 月 6 日 3 時 57 分 26.1 秒，震央位在高雄美濃區，地震規模為 6.6，震源深度 14.6 公里的地震。此地震造成臺灣本島各地皆有感，最大震度 7 級在臺南市新化，震後造成了金龍維冠大樓的倒塌與 117 人的死亡。

本次地震報告發布作業說明如下：地震發生於凌晨，本中心值班人員透過即時視窗訊息、類比記錄器與警報音效等獲知地震發生。地震發生後 51 秒後陸續完成自動定位；地震發生後 1 分 32 秒對外發出震度描述簡訊，供防救災單位快速應變；地震發生後 7 分 12 秒，確認所有資訊正確無誤後，以 3 全區網擇優完成地震報告，並透過各式通報管道對外發布。

由 2016 年 2 月在臺灣南部的地震活動，可以發現在 0206 美濃地震附近雖有不少的地震活動，但 0206 地震震源區的背景地震活動，相對並不算十分強烈(圖 2-75)。目前，關於 0206 地震的破裂面，有研究推測是近東-西走向，朝北傾的斷層面(Lee et al., 2016)。因此，此報告沿垂直這個構造面做一剖面 A-B。結果發現這些地震在空間上的分布，並沒有顯著線性分布的特性。但從地震發生的時間性上來看，美濃地震後，最初兩天地震的分布主要是東南東-西北西的走向，朝北傾的地震分布，與震源機制

中的其中一組斷層面解的位態相似，同時也符合於其他研究的推測(Lee et al., 2016)。而在震源北側，淺層的地震，此地區的地震與目前推測的斷層面並不相符。根據最近的研究指出，0206地震的破裂複雜，除了向北傾的斷層面外，在此斷層面的淺部(5-10 公里)，尚有一個向西南傾的逆斷層構造(Huang et al., 2016)。而位在震源北側的淺層地震，可能就是這個構造面在主震後的錯動現象。

接著，討論 0206 美濃序列在空間上的變化。0206 地震後的約 3 天後，在美濃地震的北側開始出現一些地震活動，這些地震的震源深度，相對於美濃地震的發生初期的地震震源深度(約 15~25 公里)略淺，深度多半在 10 公里左右。配合近期的研究(Huang et al., 2016)，此現象意指複雜錯動(至少兩個斷層面)的美濃地震，在地震發生後的餘震，先以深部斷層面的活動為主，其後，才是淺層的斷層面才開始再有活動。而到了 2 月下旬，甚至利稻地區也發生顯著的地震活動。關於利稻地區的地震活動，在空間上，地震呈顯明顯的不連續，因此推測可能與美濃地震的破裂構造無關，極有可能是受到美濃地震所觸發產生的。

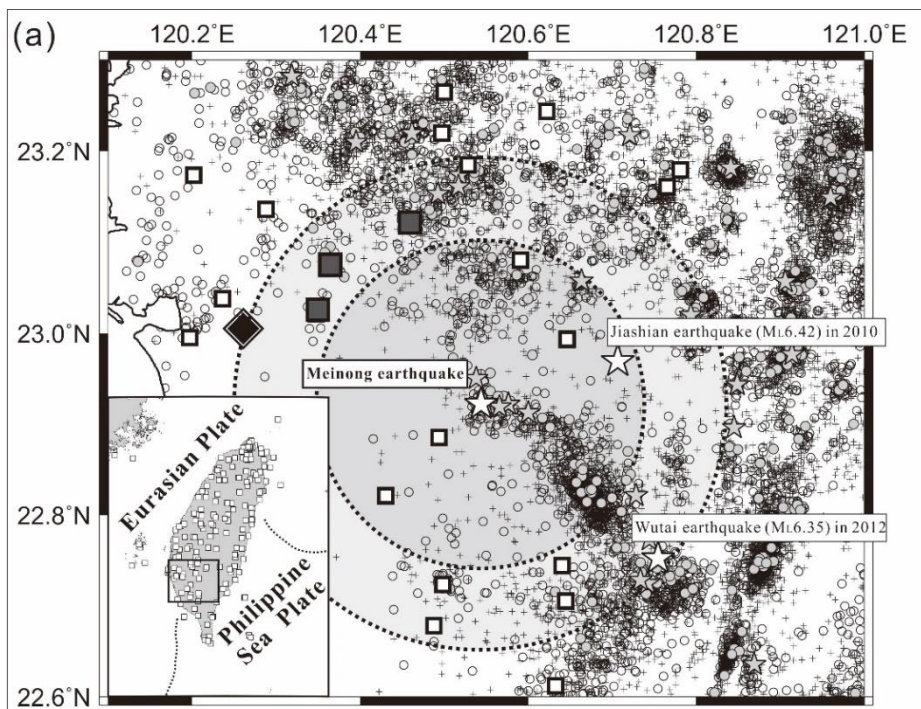


圖 2-74、2010 甲仙地震、2012 霧台地震、2016 美濃地震的震央分布與景地震活動 (圖摘自 Pu, 2018)。

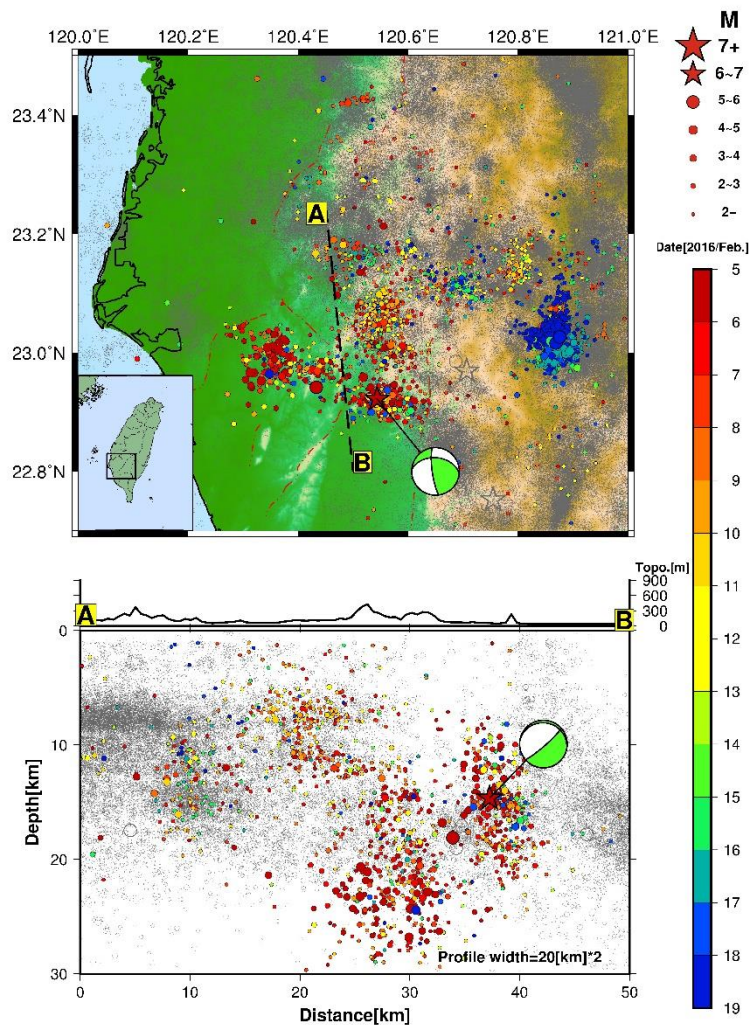


圖 2-75、2016 年 2 月的地震分布與 0206 地震的初動震源機制球。
 實心星號表示 0206 地震的位置，圖中的海灘球為 0206 地震
 的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於 A-B 剖
 面兩側 20 公里內的地震。背景地震為 1994/01/01 至
 2016/02/28。符號顏色代表地震發生的日期。

對 0206 地震附近發生的地震，進行時間上的分析。在此，選
 取地震位在東經 120.2 度至 120.8 度，緯度 22.8 度至 23.4 度，
 深度 0 至 40 公里的地震事件（圖 2-76）。初步發現，此地區偶
 爾會有地震大量發生的情況發生，除了美濃地震外，另一個顯著
 而臨近的例子就是 2010 年 3 月 4 日，規模 6.4 的甲仙地震；相
 異的是在 2008 年 3 月時，雖然此地區亦有較多的地震活動，但

這次的地震活動，並沒有規模大於6的地震發生。最後是，此地區的地震活動都相對偏低，即便是2012年2月26日的霧台地震後，地震活動量也都沒十分顯著的偏高。

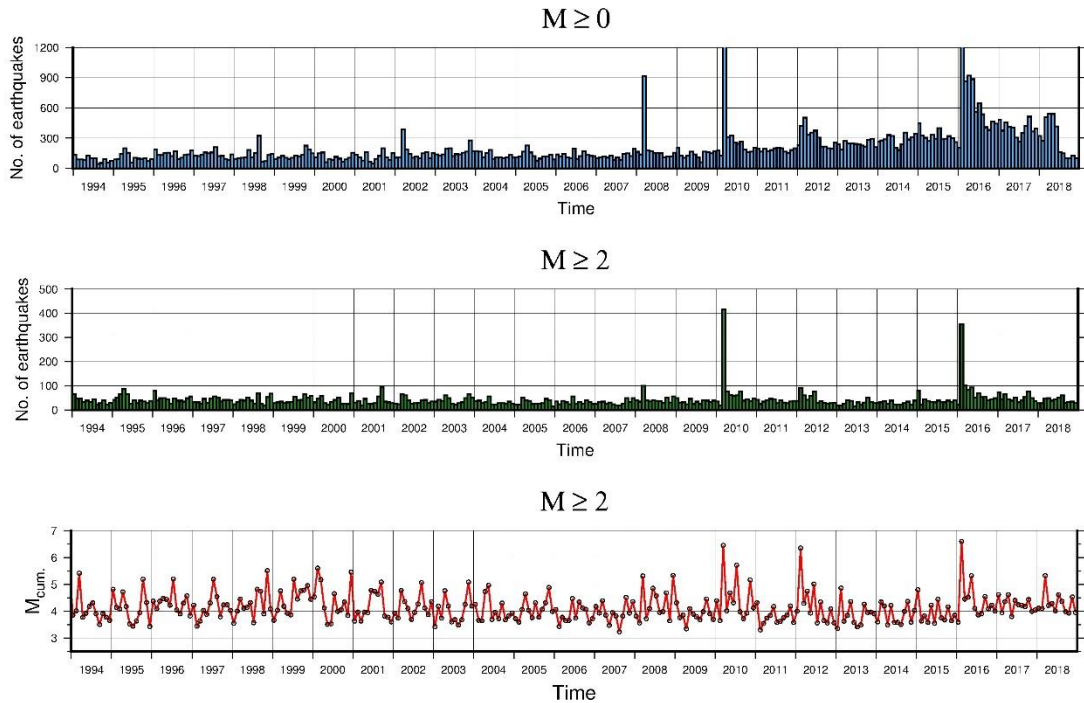


圖2-76、地震的發生時間序列圖。地震資料為本局地震目錄中，地震位於東經120.2度~東經121.8度，北緯22.6度~北緯23.4度，深度淺於40公里的地震事件。上圖為所有地震的月統計數量，中圖為規模大於2的地震事件月統計數量，下圖為規模大於2的地震事件月累積規模。

三、研發應用

(一)地震速報作業

1. 有感地震分布圖、規模統計、個數統計

本局自 84 年開始發展地震速報系統，持續建置即時強地動觀測站，利用各式傳輸專線把強震資料近同步傳回本局機房，即時資料可以提供進行有感地震參數資料處理，並可直接讀取各地震度資訊。此外，透過地震自動定位技術的開發，大幅縮短發布時效，針對島內或近海有感地震，地震報告平均發布時間從原先數十分鐘縮短至 5 分鐘，迅速對外提供地震參數及震度資訊，有效降低地震所造成的衝擊與開發自動地震定位技術，大幅縮短有感地震報告發布時間(蕭乃祺等，2005)。88 年 9 月 21 日集集規模 7.3 大地震發生，當時地震速報系統在地震發生後 102 秒，即自動對外發布初步地震報告，此一速報成果備受國際重視與肯定。

參考表 2-5，自 84 年至 107 年為止，本局累計發布 11,105 起有感地震，包括 3,290 起顯著有感地震及 7,815 起小區域有感地震，有感地震分布圖如圖 2-77 所示。以不同規模區間來看，規模 7 以上累計 6 起、規模 6 至 7 之間累計 89 起、規模 5 至 6 之間累計 589 起、規模 4 至 5 之間累計 2,766 起、規模 3 至 4 之間累計 5,623 起、規模 2 至 3 之間累計 2,007 起、規模 1 至 2 之間累計 24 起。規模 7 以上 6 起包括 85 年 9 月 6 日臺東蘭嶼西方規模 7.1 地震、88 年 9 月 21 日南投集集規模 7.3 地震、93 年 10 月 15 日宜蘭東部外海規模 7.1 地震、94 年 10 月 15 日與那國島北方規模 7.0 地震、及 95 年 12 月 26 日屏東恆春西南方兩個規模 7.0 地震。

本局於 101 年全面將即時地震觀測站儀器由 16 位元升級為 24 位元，觀測能力與準確度均有明顯提升。若以 101 年至

107 年共 7 年有感地震發布資料進行統計，以不同規模區間來看，規模 7 以上累計 0 起、規模 6 至 7 之間累計 27 起、規模 5 至 6 之間累計 185 起、規模 4 至 5 之間累計 889 起、規模 3 至 4 之間累計 2,538 起、規模 2 至 3 之間累計 1,110 起、規模 1 至 2 之間累計 21 起。平均而言，有感地震個數年平均值為 681 起，包括顯著有感 135 起、小區域有感 546 起；換算月平均值約 57 起，包括顯著有感 11 起、小區域有感 46 起。歷年有感地震報告發布次數最多的是 107 年，該年總計發布 1006 起有感地震報告，最主要是受到 2 月發生於花蓮近海規模 6.2 地震活動序列的影響，2 月份共計 500 起有感地震，幾乎達年平均值的 3/4。

表 2-5、84 年至 107 年中央氣象局發布有感地震個數統計表。

1995-2018年度發布有感地震不同規模範圍個數統計表																								年份	2012-2018平均	
年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	年份	2012-2018平均
規模7以上個數	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	規模7以上個數	0.0
規模6~7個數	1	3	2	1	12	5	4	6	2	3	3	6	2	1	5	5	1	3	7	2	5	6	1	3	規模6~7個數	3.9
規模5~6個數	21	10	13	13	60	34	13	28	27	20	26	20	19	21	26	35	18	25	23	28	28	28	21	32	規模5~6個數	26.4
規模4~5個數	41	21	37	33	183	191	127	162	139	101	149	120	89	106	149	108	121	105	116	94	132	149	77	216	規模4~5個數	127.0
規模3~4個數	8	6	10	10	49	215	147	204	155	117	294	233	248	269	438	305	377	350	397	300	298	412	268	513	規模3~4個數	362.6
規模2~3個數	0	1	0	0	0	87	43	25	24	20	85	24	68	79	134	161	146	284	145	187	84	81	92	237	規模2~3個數	158.6
規模1~2個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	2	2	6	5	規模1~2個數	3.0
規模0~1個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	規模0~1個數	0.0
總和	71	42	62	57	305	532	334	425	347	262	558	405	426	476	752	614	666	769	690	613	549	678	465	1006	總和	681.4
1995-2018年度發布顯著有感地震與小區域有感地震個數統計表																								年份	2012-2018平均	
年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	年份	2012-2018平均
顯著有感地震	71	42	62	57	305	266	136	196	148	113	167	110	91	102	154	153	172	214	166	154	100	112	60	139	顯著有感地震	135.0
小區域有感地震	0	0	0	0	0	266	198	229	199	149	391	295	335	374	598	461	494	555	524	459	449	566	405	867	小區域地震	546.4
總和	71	42	62	57	305	532	334	425	347	262	558	405	426	476	752	614	666	769	690	613	549	678	465	1006	總和	681.4

2. 地震速報系統速報效能分析

新一代中央氣象局地震觀測網於 101 年正式上線，全面使用 24 位元高解析度資料大幅提升微小地震地震監測能力，並以此為基礎完成新地震預警系統的建置與測試，於 103 年開始將強震即時警報的應用推動納入我國防災工作重點，建立臺灣完整的強震預警機制。先期以全國 3,500 所中小學為主要應用推動對象，透過教育部、各縣市教育局處與本局跨單位合作，於校園內裝設地震資訊的傳輸網路與接收軟體，以接收本局發布的強震警報，並逐步擴展至其他防災應用單位，累計至 107 年已完成接收端數量約 4,300 個。同時，透過簽署合作契約方式，尋求有能力及意願的單位，開放提供警報訊息，使其擔任警報傳遞單位，擴展地震預警的應用層面，並推動國內防救災產業之發展。至 107 年底有效簽約單位共計 13 個，包括學術單位與民間廠商，開發範圍除資訊轉發外，還包括警報廣播機制、地震警報器、行動裝置 APP、設備自動控制等多元應用。

此外，本局 105 年起開始參與政府建置災防告警細胞廣播系統，透過手機廣播災防訊息計畫，開發地震速報細胞廣播服務，於 105 年 4 月 1 日開始上線提供資訊，隨後同年 5 月 12 日臺東海域規模 6.1 地震時發送地震速報，為 PWS 啟用後首次廣播的災防訊息。另參考日本地震防災應用經驗，與電視臺簽訂合作契約，在地震預警系統偵測中大規模有感地震後，自動將訊息傳送於電視臺插播，提醒民眾注意，採取緊急應變。105 年 8 月開始提供服務，目前合作電視臺依合作時間順序包括東森電視、三立電視、TVBS、中天電視、中國電視、大愛電視臺及民視 7 家。

參考表 2-6，103 至 107 年本局總計 314 起地震發布強震即時警報，在平均時效方面，島內地震平均於震後 17.3 秒對外發布強震即時警報，島外地震則為 26.8 秒；在震央誤差方面，與

正式地震報告相比，島內地震平均誤差 4.3 公里，島外地震則為 22.9 公里；在規模誤差方面，與正式地震報告相比，島內地震平均誤差為 0.2，島外地震則為 0.3。

圖 2-78 為 103 年到 108 年 2 月地震預警訊息發布時效分析圖，不同區段時效分布約略顯示與海岸線平行的特徵，有些靠近海岸線，有些聚集於陸地中心。圖 2-78 共有 6 張小圖，說明如下；(1)時效在 15 秒內的地震分布在臺灣島內。(2)時效在 13 秒內的地震分布在臺灣島內，且靠近陸地中央。(3)時效在 16 至 20 秒內的地震分布在臺灣東部海岸沿線。(4)時效在 25 秒以上的地震分布在臺灣東北部與東南部外海。少數發生於臺灣島內的地震所需時間大於 25 秒，原因是地震規模鄰近發布門檻，有時需較多時間才會達到門檻。(5)選取規模大於 5.0 且時效在 25 秒以上的地震，顯示這些地震多分布在臺灣東北部與東南部外海，少數分布於西南沿海。(6)選取規模大於 5.0 且時效在 30 秒以上的地震，顯示這些地震都分布在臺灣東北部與東南部外海。

圖 2-79 為 103 年到 108 年 2 月地震預警訊息效能綜合分析圖。整體而言，發生於島內地震的定位誤差約 5 公里，而發生於島外地震的定位誤差約 25 公里。整體而言，發生於島內地震的時效約 15 秒，最快可達 12 秒，這些地震分布於臺灣島的陸地中心處，而鄰近東部海岸線的地震時效約 18 秒，西南沿海地震時效較慢約 20 秒。另外，分布於東北部和東南部的地震時效則在 25 秒以上，少數外海深震時效，最大可達 40 至 50 秒。橫軸為經人工處理後決定的地震規模，縱軸為地震預警系統所決定的規模，平均而言兩者相差約 0.3，少數規模較大地震，地震預警系統低估地震規模，原因是這些地震大多發生於外海，地震預警系統對於這些地震的定位誤差較大，且多偏向於海岸線。此外，地震預警系統所採用的地震觀測網共有 193 測站，絕大部分都分布於島內。平均每 15 公里有一個觀測站，少數地方測站密度可以達 5 公里有一個觀測站。

表 2-6、103 至 107 年中央氣象局強震即時警報發布個數與效能統計表

年度	個數	平均時效-島內	平均時效-島外	震央誤差-島內	震央誤差-島外	規模誤差-島內	規模誤差-島外
2014	37	16.0	26.0	3.9	20.3	0.3	0.3
2015	67	17.9	26.6	4.5	21.8	0.2	0.3
2016	67	18.6	26.0	5.2	20.4	0.3	0.4
2017	56	15.4	33.1	2.5	46.1	0.2	0.4
2018	87	18.8	22.6	5.3	5.8	0.2	0.2
平均		17.3	26.8	4.3	22.9	0.2	0.3
合計	314						

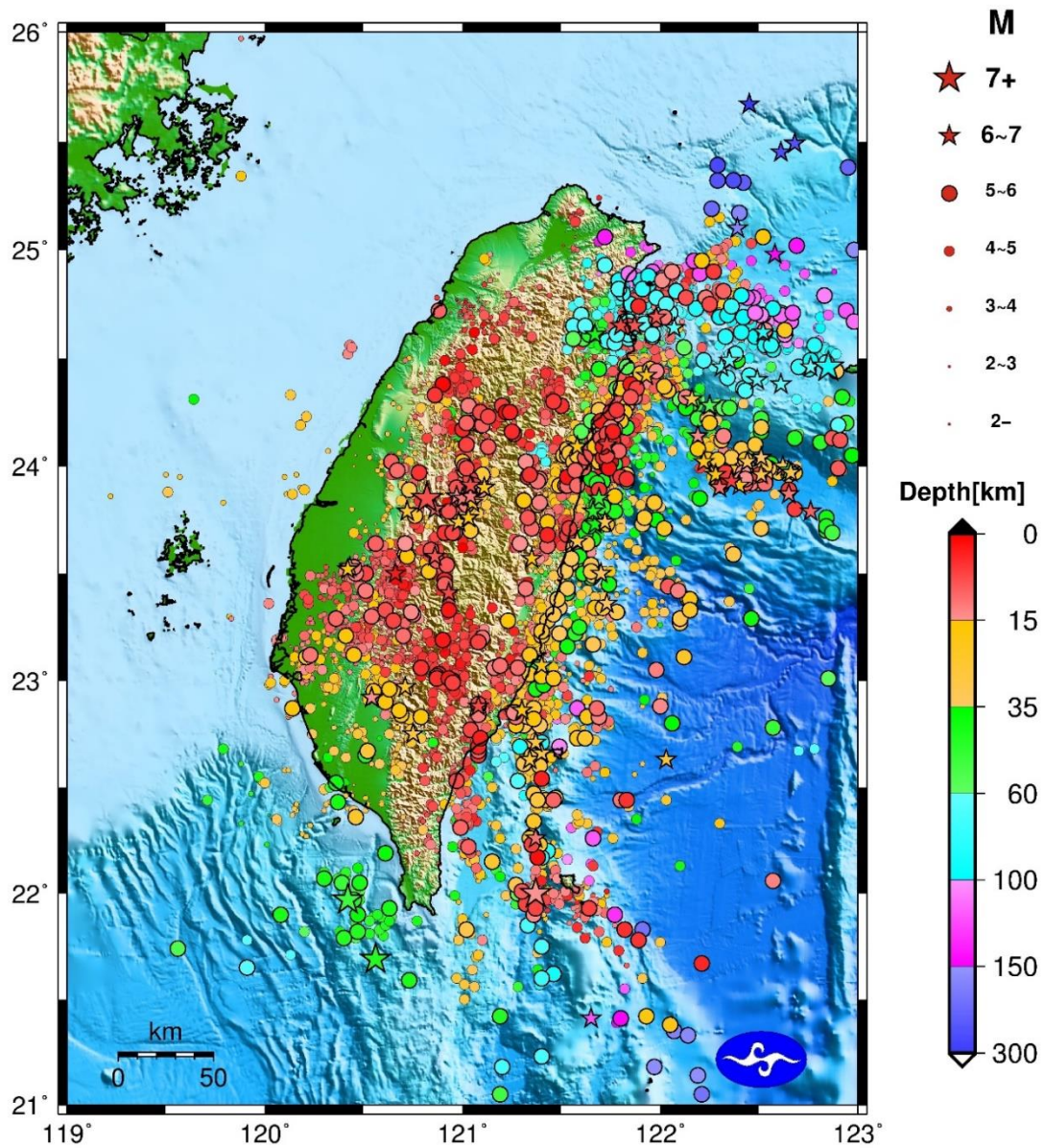


圖 2-77、84 年至 107 年中央氣象局發布有感地震分布圖。

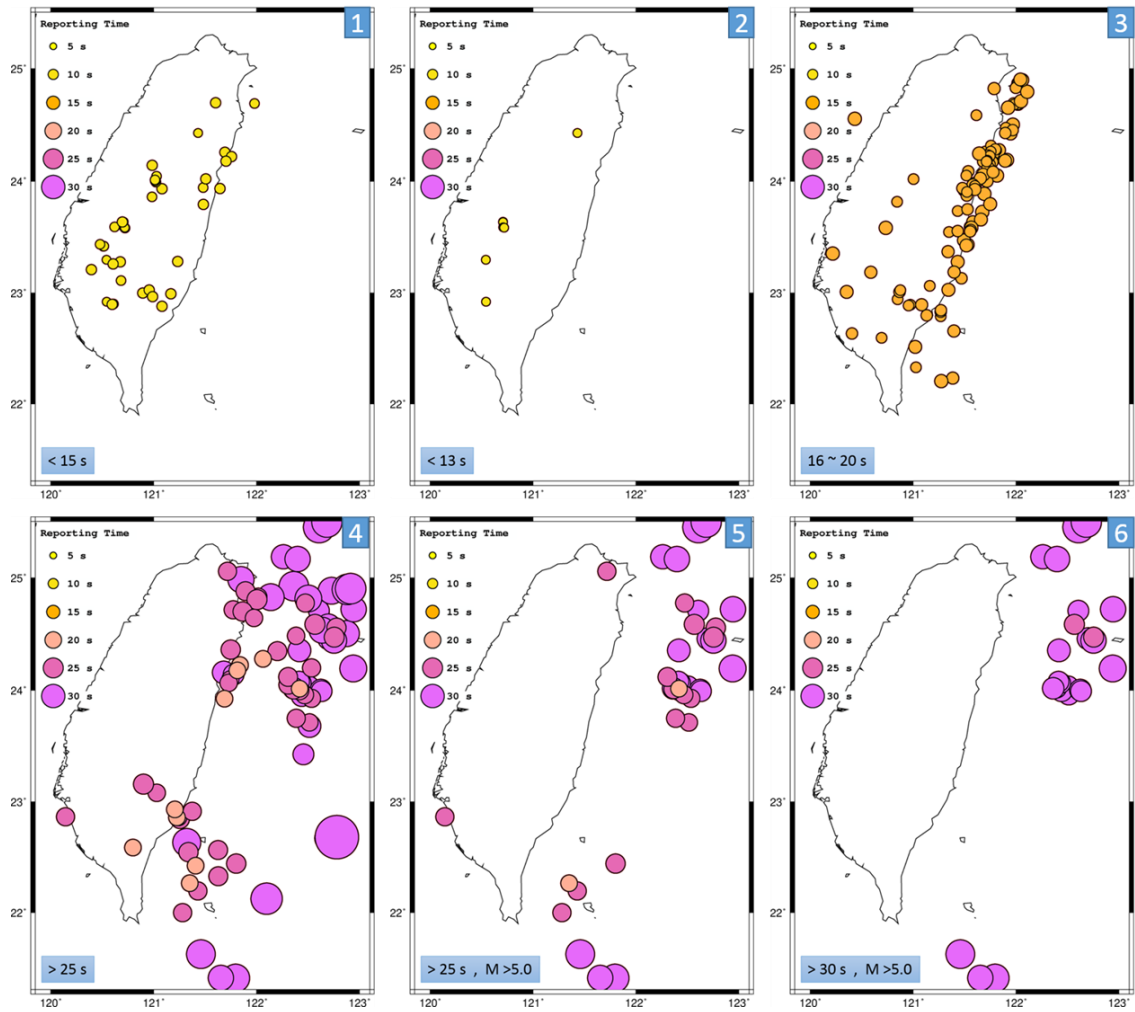


圖 2-78、103 年到 108 年 2 月地震預警訊息發布時效分析圖。

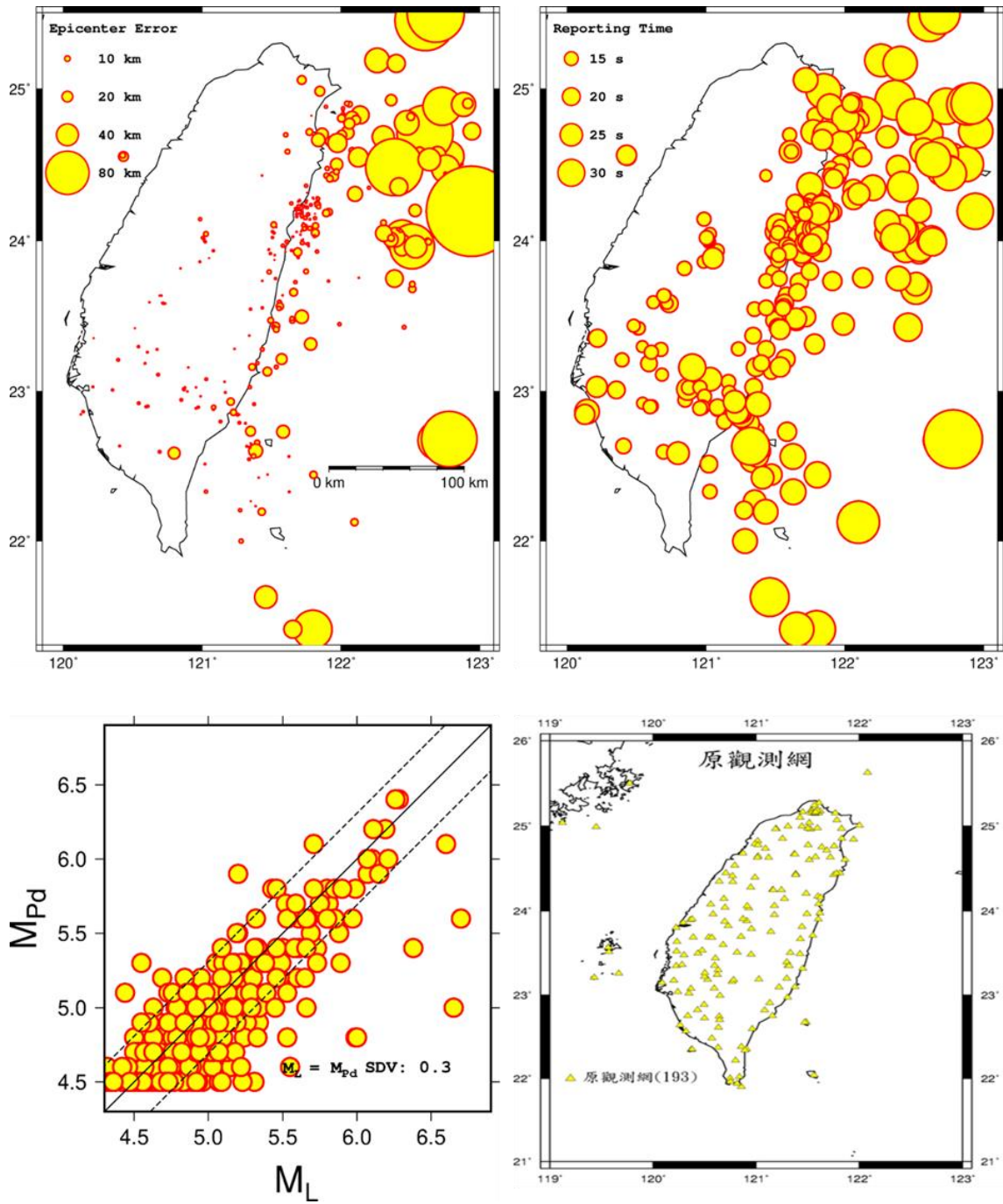


圖 2-79、103 年到 108 年 2 月地震預警訊息效能綜合分析圖。

(二) 強震即時警報應用推動

1. 原理與限制

以現今地震科學發展而言，尚無法準確預測地震發生，要進行可靠的地震預測或預報，需能提供必要的三個確切與必要的資訊：地震發生的時間、地點及規模大小，惟當今科技仍無法達成此要求。

地震波主要的有傳播速度較快的初達P波和速度較慢但振幅較大的S波(圖2-80)，S波會造成地面劇烈震動，而強震即時警報(Earthquake Early Warning, EEW)是利用P波、S波及通訊系統所採電磁波的傳播時間差，爭取關鍵的預警時間，搶在劇烈搖晃來臨前，作好自我防護，將傷害減低。本局在強震發生後，利用震央附近少部分地震站觀測到的P波資料，快速解算出地震規模、位置與深度，並以此預估各地區之震度與震波到達時間等資訊，再利用快速通訊技術，搶在具破壞力的地震波(S波)到達前，對民眾通報當地預估的震度及震波到時等資訊，透過強震即時警報的適時發送以爭取數秒至數十秒的預警時間供應變，可以將災損降低，減少地震造成的人員傷亡，是當前最有效的地震減災科技。

依據國立臺灣大學建築與城鄉研究所陳亮全教授研究(Chen, 2009)，以88年9月21日於集集大地震為例，模擬推估若當時臺灣擁有足夠能力全面運用強震即時警報資訊，將可有效降低400多人傷亡，可見其對於減災機制中所扮演的關鍵角色。

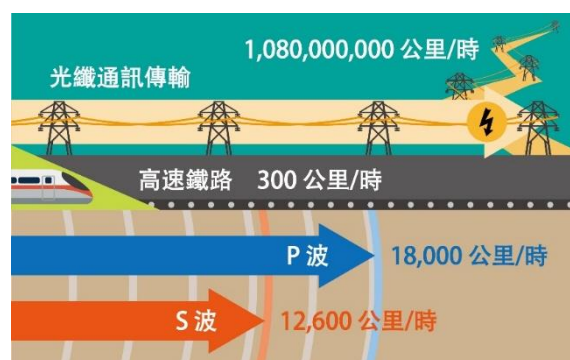


圖 2-80、地震波 P 波、S 波及傳輸通訊速度示意圖。

2. 推動規劃與成果

由於地震預測科技仍未到達實用階段，本中心因此規劃由強地動觀測第1期基礎觀測設施之建置，逐步推展到第2期以強震速報來協助救災，從而進入第3期「發展強震即時警報系統」，執行期間自93年至98年，持續縮短地震測報時間，在98年底已經可以在30秒內得知各地震度資料，並自動完成地震規模與震央位置的初步研判作業，迅速將地震訊息傳遞給距離震央較遠的地區，在破壞性地震波到達之前，即時採取緊急應變措施，避免災情擴大。為肆應防救災需求，第3期的強震即時警報系統建置完成後，已將速報訊息透由手機簡訊傳遞至防救災相關單位及負責人，提高應變效率。本中心與臺北捷運公司、臺灣鐵路局亦有合作關係，進行相關測試，即時將地震訊息傳遞至兩公司之行控中心，做為緊急應變以及事後軌道檢測之重要辦理依據。並與國家災害防救科技中心合作，開發其應用系統，例如軌道運輸、瓦斯、電力、核能、金融、高科技產業、校園等單位之地震緊急應變措施。

99年度至104年度的6年期間，本中心執行強地動觀測第4期計畫-建置新一代地震觀測系統，加強地震海嘯監測，建置高品質井下地震觀測站，整合海陸地震觀測網，並拓展強震即時警報資訊於防災利用。

強震即時警報系統採用穩定便捷的資訊傳輸網路，在大地震發生時，同步傳送地震資訊至全國中小學，學校亦可介接通報系統來接收本中心發布之地震速報資訊。為促進強震即時警報系統在學校防災預警之應用，推動全國中小學安裝強震即時警報(預警)系統接收軟體，本中心辦理跨單位工作協調會議與舉辦宣導說明會，自102年10月15日至12月15日，於22縣市共辦理23場次，約3,513人參加。全國公立中、小學共計3,344所，全數完成申請「強震即時警報」接收軟體帳號(包含私立、國立中小學則計有3,638所學校完成帳號申請)。

本中心建置完成之「強震即時警報系統」，針對臺灣本島地區近岸10公里內之中大型有感地震平均約在地震發生後10~20秒，可完成初步地震資訊並對外發送，預估各地震度與到時等資訊，對於距震央80~100公里以外之地區，將可提供約10秒以上之預警時效。並與教育部合作推廣至全國中小學完成接收軟體之安裝，提供學校預估震度及震波到達時間的重要地震資訊，有機會幫助師生爭取緊急應變的反應時間，在短時間內啟動應變防護與逃生避難，降低地震災害帶來之損傷。(宣導網站網址<https://scweb.cwb.gov.tw/zh-tw/guidance/eev>)。本中心除賡續精進系統效能以縮短預警時效，並提昇相關資訊之精確度。在擴大應用面的規劃上，則由國家通訊傳播委員NCC(National Communications Commission)整合電信業者共同投入訊息廣播之列，以期將強震即時警報快速提供至各式通訊載具上。

為延續強地動觀測第1至4期計畫之執行成果，本中心執行強地動觀測第5期計畫-強震即時警報於防災之應用計畫。為延續並擴展前期成果，推動相關的進階工作，計畫目標計有下列5項：

- (1)擴充觀測設施：增加高品質強震站即時連線 50 站，整合海陸地震觀測網，提升海陸地震觀測網的效能。
- (2)加強地震速報作業：提高測報資訊正確性與傳輸時效性，擴充強震測報資訊及升級速報作業操作主機與方式，針對島內中大型地震預警發布時間平均朝向縮短至地震發生後 10 秒左右的目標進行。
- (3)推廣強震即時警報系統之應用：配合政策使用災防告警細胞廣播訊息系統(PWS)推播地震速報訊息，持續與外部單位合作推動地震資訊傳遞服務或電視臺地震速報資訊插播。
- (4)整合觀測資料與資料庫發展：持續資料蒐集，擴增資料庫及改善其使用介面並推廣運用，提供政府開放資料庫及國內外學者分析研究運用。

(5)發展地震前兆觀測方法與技術研究：蒐集與分析地震與地球物理觀測資料，運用地震活動與地殼形變資料發展中長期地震前兆現象研究，運用磁力、地電、電離層及地下水等地球物理觀測資料發展近震前兆現象研究。109年工作重點在充分整合海陸地震觀測，提升強震即時警報系統預警時效，預警發布時間平均縮短至島內地震發生後10秒左右的目標，以強化地震防災功能，減少災害損失，並研發地震前兆觀測技術。

地震資訊速報服務最重要的，是資訊本身的準確性及時效性，根據104年1月至106年12月資料，本中心地震速報系統共發布42筆可能致災之強震即時警報事件(規模4.5以上、島內、震源深度40公里以內)，平均於0.3秒內完成資訊傳輸，地震發生後15.7秒完成強震即時警報發布，數量及效能統計分析如表2-7。

另依107年針對島內規模大於5的地震資料顯示，本中心強震預警系統平均約17.5秒可發布警報，若震源深度小於40公里，則警報發布時間可縮短至約15.6秒。107年規模大於5之地震預警系統效能分析如圖2-81，108與109年將持續以增加地震測站密度及精進強震即時警報演算法等方式，針對島內中大型地震預警發布時間平均朝縮短至地震發生後10秒左右的目標進行。

作業時效而言，在島內或近岸發生中大規模有感地震時，本局平均可在地震發生後10多秒發布強震即時警報，以105年2月6日高雄美濃地震為例，臺南新化測得最大震度7級，雲嘉南高屏地區均達4~5級震度，全國皆有感。本中心地震速報系統在地震發生後12秒自動對外發布強震即時警報，僅用0.127秒資訊就傳輸至3797個用戶端，並傳送破壞性震波的預估震度與到時給各地，以提供預警與應變(圖2-82)；地震發生後5~10分鐘左右則發布有感地震報告，提供包括震央資訊以及各地方地震站的實際量測震度，作為震後救災與重要建設檢測之參考。美濃地震發生於農曆春節假期前夕，許多救災人員全心投入震災，本中心亦第一時間派人員進駐中央災害

應變中心，提供主震後之餘震發生情形及天氣概況分析，協助救災指揮官作情資研判。

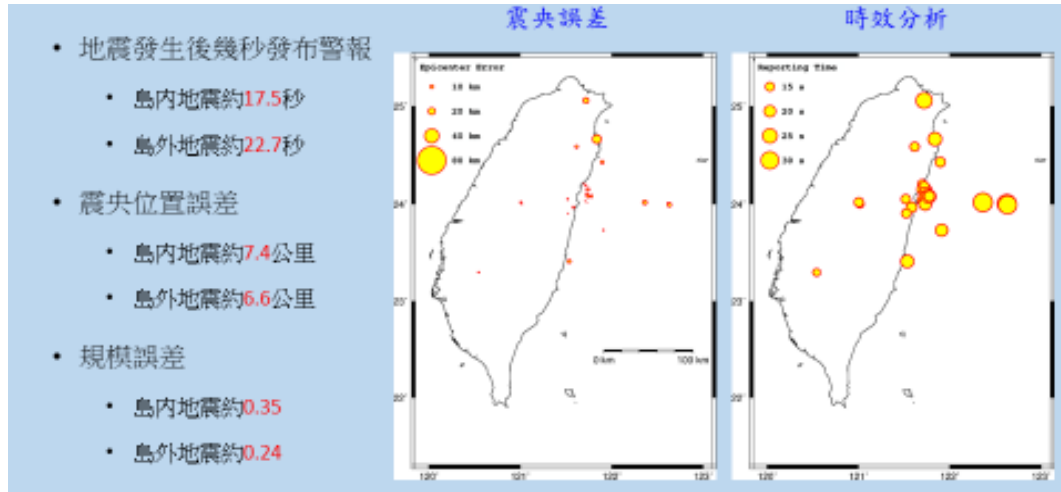


圖 2-81、107 年規模大於 5 之地震預警系統效能分析。



使用端動態展示介面(電腦螢幕) 2014/1/1 開始啟用



實例效能

2016/02/06 03:57 高雄美濃地震(規模6.6)
計算時間; 11.8秒 完成發送: 0.127秒

圖 2-82、美濃地震發布時效。

表 2-7、104-106 年 42 起強震即時警報發布效能統計。

	發布筆數	平均時效 (秒)	平均位置誤差 (公里)	平均規模誤差
104 年	13	15.3±1.2	3.6±1.7	0.1
105 年	17	17.1±3.4	4.0±2.0	0.2
106 年	12	14.9±1.9	2.5±2.1	0.2
總計/平均	42	15.7	3.3	0.16

再以107年2月6日23時50分花蓮縣近海發生芮氏規模6.2、震源深度6.3公里之顯著有感地震為例，花蓮縣太魯閣、鹽寮及花蓮市地震站皆觀測到最大震度7級，宜蘭、南投與臺中地區均高達4級震度，全國各地均有感。因震央位處近海，地震速報系統在地震發生後17秒自動對外發布強震即時警報(如圖2-83)，並於0.141秒內成功發送訊息給2,934臺使用端電腦。對於距離震央約60公里以外的地區，可提供數秒至10數秒的預警效益。

本次強震即時警報除了靠近震央約60公里範圍內無法提供預警外，其他各地在S波到達前即可收到警報。各地縣市政府所在地之預估震度與預警時效如下：宜蘭縣4級1.3秒、新北市4級10.8秒、臺北市4級11.0秒；苗栗縣、臺中市、新竹市4級預警時效約12秒以上，成功展示強震即時警報的成效。

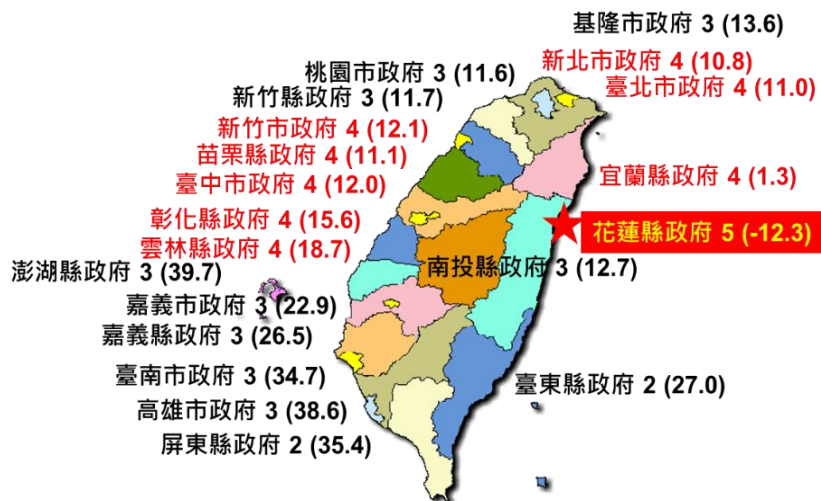
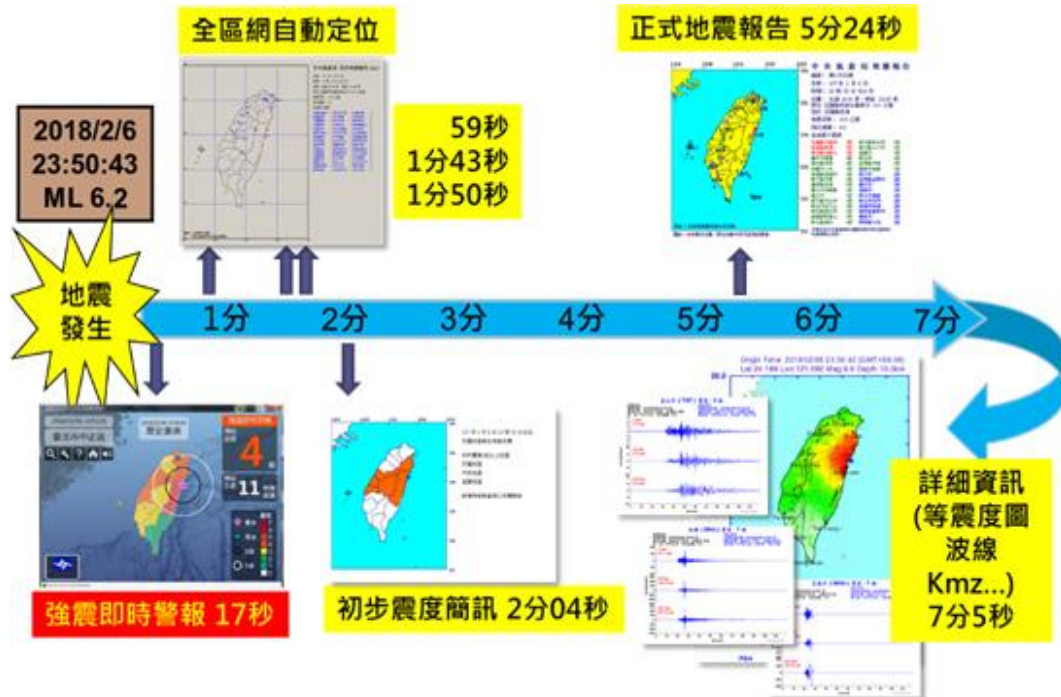


圖 2-83、強震即時警報發送實例(0206 花蓮地震)。

(三) 鄉鎮震度顯示系統

本中心自 78 年設立以來，積極開發地震速報系統並產製各項產品，提供外界使用，透過地震測報技術不斷地提升，現今可對外發布「強震即時警報」與「有感地震報告」，目前作業效能在島內或近岸發生中、大規模有感地震時，平均可在地震發生後 10 多秒發布強震即時警報，內容為全國各地破壞性震波的預估震度與到時，以提供預警與應變；地震發生過後 5~10 分鐘左右可產製有感地震報告並對外發布，內容包括震央資訊與各地震站實際量測到的震度。

本局在地震報告上顯示的震度位置為即時地震觀測站所在，設置的位置經評估分布於臺灣各地，即使有 152 個測站，但是這些測站分布還是無法涵蓋臺灣各地，因此目前中央氣象局地震速報系統之等震度圖，係根據強震網觀測站觀測到的 PGA 值內插求得全臺各地之震度，於震後約 10 分鐘後上傳至氣象局官網，並非真實觀測到之 PGA 值與震度資訊。由於臺灣的自然環境與人文背景複雜，評估各地的地震災害除地震規模與震央位置外，還須考量人口分布、地質環境、建築特性及關鍵設施等，因此詳細的震度資訊對於各地方政府的震後救災非常重要。依據過去的觀測經驗，即便相鄰鄉鎮的震度也經常會有差異，雖強震即時警報與有感地震報告可提供防救災單位快速決策參考，但對於更細緻的適地性救災規劃與應變，仍需進一步強化震度資訊的可用性。

為改善實測震度問題，除採用已安裝於各區的 24 位元地震觀測網測站之外，本局與教育部合作，於其它無即時地震觀測站之各區則挑選設置於中小學校園中之非即時地震站，各區測站選址標準為：

1. 現有自由場強震站；
2. 人口分佈較多；
3. 測站紀錄表現較佳；
4. 站址靠近斷層位置。

為得到更快速且精確的結果，鄉鎮震度顯示系統所有觀測站資料

皆透過網際網路即時傳輸至本中心，並且在地震發生之後由強震即時警報系統觸發，進而自動取得各區 PGA 值並計算其震度。鄉鎮震度顯示系統即時地震站數量計有 365 個，達成臺灣地區每個鄉鎮皆有 1 個地震站作為代表，外島地區因測站維護與通訊問題，金門縣、連江縣各 1 個站，澎湖縣 2 個站。

目前已於本中心機房建置震度顯示系統專屬網站（網址 <http://intensity.cwb.gov.tw/index.php>），以縣市為單位，展示各縣市轄下行政區的圖形化震度資訊，展示產品包括：

1. 震度展示；
2. 強地動震波圖（PGA）；
3. 速度震波圖（PGV）；
4. 頻譜圖；
5. 震度參數文字；

上述產品如圖 2-84~圖 2-89，使用者利用網路瀏覽器即可迅速獲得各行政區震度資訊。本中心也可透過其他發布管道，例如電子郵件、網路通訊軟體等方式，主動通報至各防救災單位。

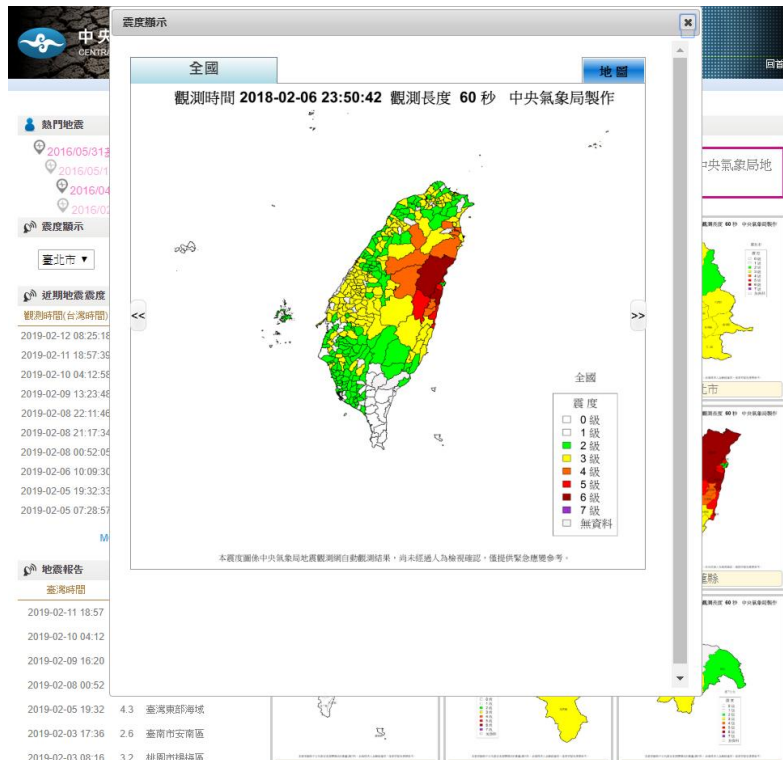


圖 2-84、全國震度分布圖，可藉由圖中之色塊粗略判斷震央位置。

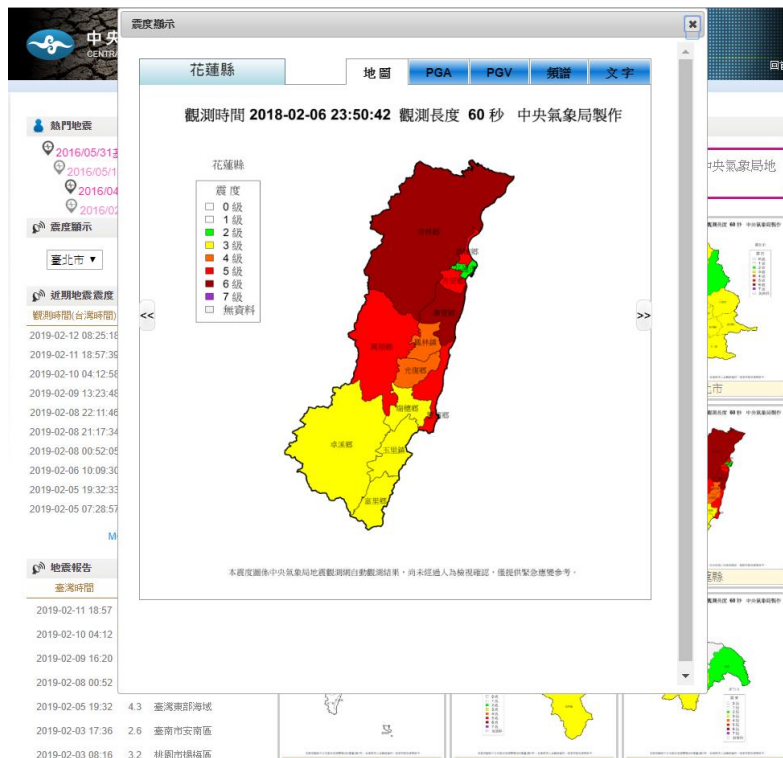


圖 2-85、縣市震度分布圖，可由此圖研判災損最為嚴重之區域，以利救災單位有效分配調度救災資源。

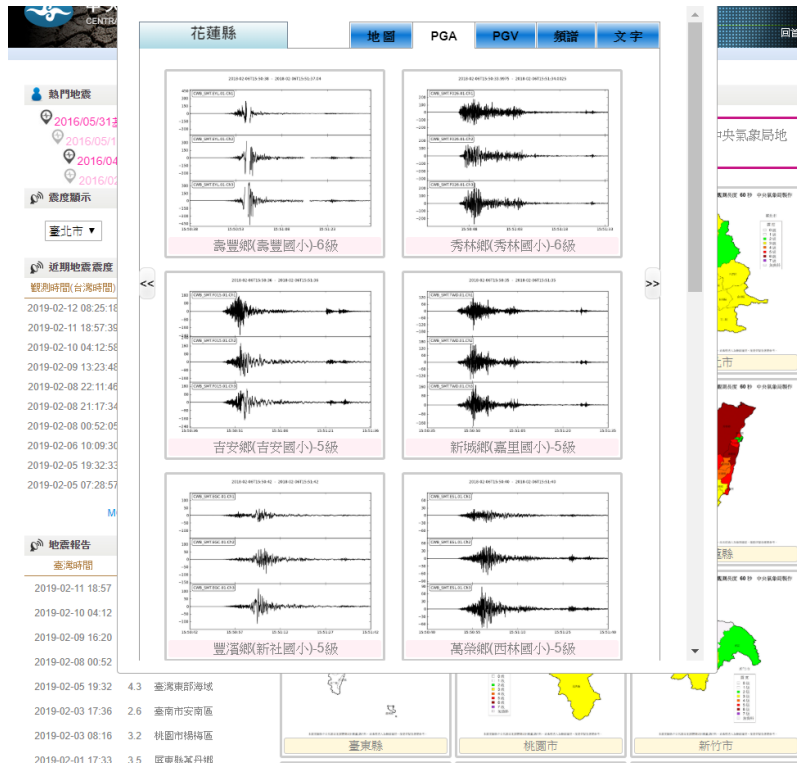


圖 2-86、波線展示圖，供判斷該震度是否確實由地震造成。



圖 2-87、經計算後之速度波線展示圖，供判斷該震度是否可能致災之參考。

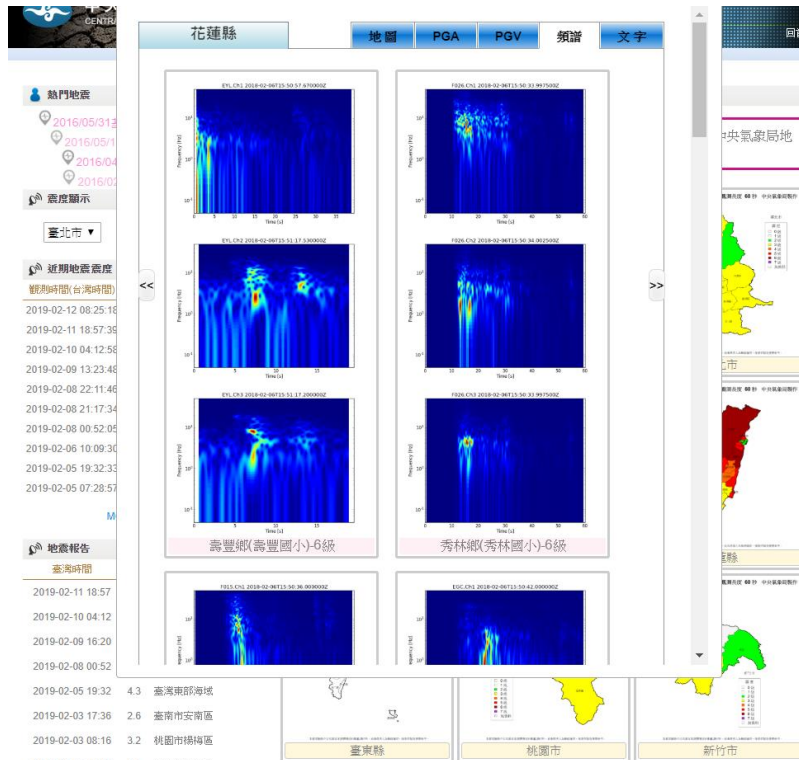


圖 2-88、經計算後之震幅頻譜展示圖，供判斷該震度是否可能致災之參考。



圖 2-89、震度參數文字檔，供使用者下載參數。

(四)服務導向

1. 透由災防告警系統(PWS)推播地震速報訊息

本中心配合國家通訊傳播委員會(NCC)針對4G無線通訊架構，推動「災防告警細胞廣播系統」(PWS)，利用其快速、大量廣播之特性，提升強震即時警報資訊之通報與應用成效(強震即時警報系統傳送管道如圖2-90)。



圖 2-90、強震即時警報傳送標準及管道。

網際網路雖然已成為獲取資訊的主流管道，惟仍有相當多年長者無法運用電腦、手機、平板設備，而需藉由電視得到資訊，過去氣象局對於電視臺的服務僅有公視頻道，於畫面側邊插入地震報告跑馬燈訊息，經評估告警效果似有所不足。

鑑此，本中心參考日本地震防災應用經驗，在地震速報系統偵測到地震事件時，自動判斷地震大小是否達規模5.0以上，且任一縣市政府所在地預估震度達3級以上，將達到門檻以上之縣市資料，製作成地震速報檔案，自動傳送到媒體端，電視媒體在收到訊息後，自動將地震相關圖文資訊插播到電視節目畫面(圖2-91)。



圖 2-91、電視臺地震速報插播資訊。

截至108年8月，本局已與東森電視臺、三立電視臺、TVBS、中天電視臺、中國電視公司、大愛電視臺及民視簽訂合作協議書，進行地震警示畫面蓋臺插播服務，創下全國第一個公務機關與媒體合作推動訊息插播。由於各家電視臺使用各別專屬之傳輸軟體，造成應用與管理上日趨複雜，耗費許多人力支援維護，本中心於106年6月起開發整合各家媒體使用之介接軟體，該項工作已於106年底完成，爾後可進一步透由統一版本的軟體傳遞資訊，使這項服務更有效率。

2. 開發地震測報 App

因應行動通訊時代來臨，本中心將地震相關資訊主動推播至接收者的手持式行動載具，期能發揮行動裝置隨手可得的便利性，有效縮短通報所需時程，以提供地震發生後之應變時效。主要功能及示意畫面如下(圖2-92)，分述如下：

(1) 強震即時警報

App 收到推播之強震即時警報後，結合手機之 GPS 定位或依使用者預先設定之地區與其他相關參數，進行快速演算，發出警報聲音、文字或影像之告警提醒。

(2)地震報告推播

App 接收推播之地震報告後，以清楚明顯之圖文方式展示：發震時間、震央地點(經緯度)、地震規模與深度、各地震度等。

(3)最新海嘯資訊

App 收到推播之海嘯資訊後，以清楚明顯之圖文方式展示：地震資訊、臺灣海嘯警戒分區之預估海嘯波到時與預估浪高等。

(4)其他項目

具備查詢歷史地震報告、全球地震、太平洋海嘯的功能，設計友善易用的介面列表彙整與圖文展示介面，並提供查詢條件設定功能，例如地區、縣市、時間、規模、震度等。



圖 2-92 地震資訊 App：「中央氣象局 E-地震測報」。

本中心亦推出「中央氣象局 E-地震活動」，以 3D 顯示的方式呈現臺灣每月近千筆的地震活動，讓民眾瞭解臺灣區域地震活動的概況，如圖 2-93。

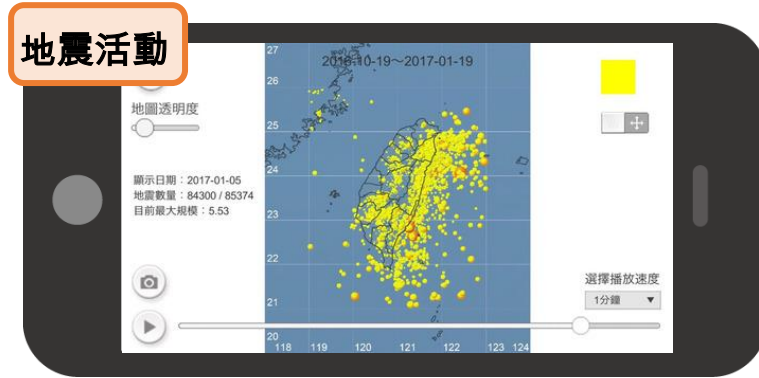


圖 2-93 地震資訊 App：「中央氣象局 E-地震活動」。

3. 臉書報地震

社群網站近年來成為社會主流資訊傳播媒介，其中最多人使用的就是臉書，全球活躍用戶超過20億人，臺灣佔了1,800萬人，許多企業、名人、政府機關紛紛以臉書作為資訊發布平臺，不僅省下大筆網頁開發費用，對使用者而言，只要追蹤訂閱，就可以獲得即時訊息，相當便利。鑑此，本中心於99年成立臉書「報地震」社團，透過社群網站提供地震資訊服務，106年底頁面顯示有8萬多位粉絲追蹤按讚。臺灣地區每年發生超過3萬起地震，每週平均有577筆地震紀錄，本中心快速處理地震資料，於粉絲團推出「地震週報」與「最新消息通報」，每週產製出1張地震分布圖，讓民眾瞭解地震活動趨勢。另外，當國際發生強烈地震、火山噴發或海嘯等事件，本中心亦於官網及臉書發布說明，減低民眾的恐慌感(如圖2-94)。



圖 2-94、臉書「報地震」粉絲專頁。

4. 地震資料供應

為服務民眾日益殷切之地震資訊需求，本局以三種管道提供客製化地震資料供應服務(圖2-95)：

(1)地震事件查詢網頁：

本中心網頁(<https://goo.gl/YxLnkH>)增闢「有感地震報告進階查詢」及「歷史地震查詢」，民眾可利用頁面查詢功能，自行設定搜尋條件(日期、地點、時間、地震規模或所在位置之震度等)，不僅可使民眾對所處區域之地震活動背景有更進一步的瞭解，亦可利於有關產業等(例如土木營造業)之資料需求。

(2)交通部中央氣象局-開放資料平臺：

本局持續致力於推動，為配合行政院開放資料(Open Data)政策，建置開放資料平臺(<https://goo.gl/ptshUS>)，提供氣象、地震、海象等資料的開放與增值運用，以落實並提升資訊運用、效能及共享的理念，創造政府服務新價值。

(3)地球物理資料管理系統：

本中心配合上述開放資訊政策，強化資訊現代化與整合歷年來所監測之地震相關資料，透過原有地球物理資料管理系統(<https://goo.gl/ADvJDa>)提供學術研究相關資料之查詢與申請服務。

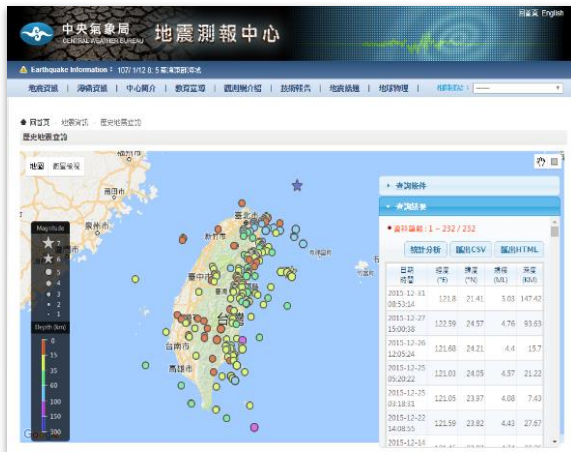


圖 2-95、「地震事件查詢網頁」、「交通部中央氣象局-開放資料平臺」及「地球物理資料管理系統」。

5. 研發訊息分層傳輸機制

本局強震即時警報自103年起推動，至105年已有超過4,200所高中職及中小學安裝地震速報訊息軟體，直接接收由氣象局傳送之地震資訊，數起較大有感地震發生後，該軟體已有效發揮預警功能，達到減災目的。

經統計，整體直接由氣象局資訊傳送服務數量(跨機關傳輸、交通主管單位、消防、軍方、教育單位)，已接近系統承載極限，若大量增加外部接收端(如為數眾多的各縣市幼兒園)數量恐影響系統效能，造成傳輸延遲，降低防災效益。

為期能進一步擴大接收對象與持續推廣應用，提供大量用戶接收地震訊息，本中心於105年規劃「強震即時警報分層傳輸機制」，由轉發單位建置伺服器擔任次發送中心，向其下用戶端發送資訊，樹形層狀構造(圖2-96)，不僅可減輕氣象局傳輸承載量，亦能服務更多終端用戶。該項於106年與花蓮縣教育處合作，舉辦說明會與軟體技術轉移，該處接收到地震資訊後，以當地電腦與網路資源即時再推播至轄區幼兒園，未來將視成效提供更多有意願轉發管理之單位利用。

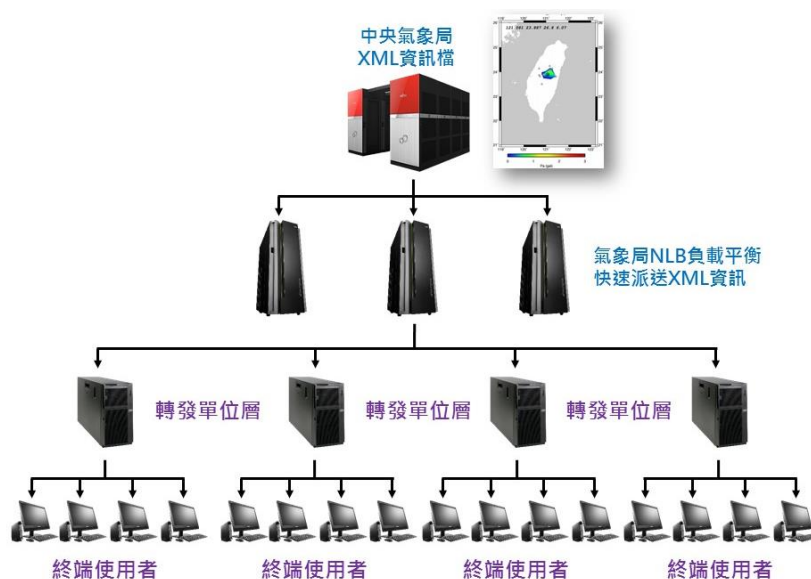


圖 2-96、強震即時警報分層傳輸機制。

6. 結合社會資源與創新能量

「政府力量有限，民間資源無窮」，充分運用民力已是時勢所趨，公共事務若能藉由民間參與投入，不但可引進企業經營理念以提昇公共服務品質，同時亦可創造商機，活絡經濟景氣。日本是全世界地震科技發展及地震預警應用最為蓬勃且成熟的國家，他們知道社會大眾對於地震資訊的需求遠大於氣象廳的服務能量，因此成立即時地震信息聯盟(Real-time Earthquake Information Consortium, REIC)，進行教育推廣，開發各種增值應用，讓地震資訊傳播方式能幫助最終端用戶採取有效的減災措施。其應用遍及日本電力公司、瓦斯公司、

捷運系統、保全業、保險業、物流業、新幹線、廣播媒體、電梯業者、醫院等。

為將地震資訊速報服務效益最大化，必須具有「快速且大量傳遞」及「多元化開發與應用」，本項工作無法單靠氣象局獨力完成，為此本中心自102年起，陸續與民間單位進行合作洽談，其中包含私人公司、學術單位、財團法人、國營企業等，無償開放地震速報資訊開發應用，期望民眾能在生活中，透過多元管道即時獲得地震速報資訊。

至107年底本局已陸續與13個民間單位完成合作契約的簽訂，其開發範圍除警報資訊轉發外，包括警報廣播機制、地震警報器、行動裝置APP、設備自動控制等多元應用。

參、未來展望

臺灣位於環太平洋地震帶上，地震活動頻繁，就天然災害角度而言，震災本身的突然及事前不可預測性所造成的人命及財產損失無法全然避免，但如能預先研擬危機管理機制，對各種風險之發生進行完整評估，再根據評估結果發展對應策略及具體作為方法，並確實依措施執行，可將各種可能損失降到最低。

以震災而論，本中心在防災體系中位於地震災害的觀測最前線，任務性質有如戰場中的偵察兵一般，進行諸般情報的收集，並確實的、及時的傳遞給國內各公私部門以及一般大眾，從救災單位對應決策的謀定到社區逃生、個人避難的計畫準備，使各項損失能夠盡可能的降到最低，都是本中心的職責與服務重點，並開始著手各項精進作為，同時搭上科技發展及學術發展趨勢，結合周邊相關資源，達到「地震資訊速報服務的防災效益最大化，震災損害極小化」之策進目標。未來策進規劃項目如下：

一、物聯網結合地震資訊，救災機制啟動零延遲

現行地震資訊與防災機制的結合，尚屬於互聯網階段，藉由網際網路將既定且有限之有關設備進行連接，於接收資訊後，再執行防災計畫，如目前的軌道運輸、核電廠或工廠機具相關設備之暫停，均屬此類(圖 3-1)。

物聯網，係所謂物物相連(Internet of Things)，將所有設備以網路方式連接，可靈活擴充防災計畫。在接收地震資訊後，藉由物聯網設備之間相互配合，可第一時間自動關閉天然氣、電力並打開大門，上述動作均可優先且同一時間自動完成，不再限於通知個人去行動，大大提升防災效益，無論是公部門、民間公司乃至於個人，均可受惠於此。

以強震即時警報防災計畫研擬而言，亦不再受限於救災單位之業

務作為，可由單一公司或家庭予以實現，對於防災意識的增進有所助益。



圖 3-1、地震資訊速報服務網。

二、提升地震資訊呈現方式

地震資訊除了在電腦軟體或行動 App 有圖像化與視覺化的呈現外，普遍受限於載具特性及傳輸頻寬，以地震資訊產品而言，為求即時性，檔案容量須盡量小，因此大多以文字方式呈現(簡訊、PWS、地震警報機)。

隨著最新 5G 行動網路之發展，其傳輸速度預估可達現行 4G 網絡的 10 倍(1Gbps)，根據聯合國旗下的國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)之公布資料，5G 網路之相關規格與系統可在 2020 年問世，可解決上述網速頻寬不足之問題，進而開發具實益之圖像化、視覺化地震資訊產品，使客戶端對於地震資訊更加易於瞭解。

此外，地震資訊產品亦可結合地理資訊系統(Geographic Information System, 簡稱 GIS)，藉其空間中各項要素之整合功能，例如人口密度分布、軍警及救災人員位置規劃與調度、各民生資源(水、

電、天然氣、電信) 相關管線骨幹及重要據點之配置情形、土壤液化區及地震災害潛勢區等，結合地震資訊產品後(震央位置、各地震度資料、歷史重大地震資料)，將有助於救災主管單位在震災發生後，以更短時間完成決策作業與各項救災資源調度，亦可擴及至國土規劃與跨機關之資訊整合，在可能發生強烈地震之區域予以事先防範，大幅度減低損害之影響程度。

三、強化地震速報系統效能

強震即時警報係以大地震發生後，利用震央附近地震站觀測資料，快速解算出地震規模、位置與深度，並以此估算各地區之震度與震波到時，利用快速通訊技術，搶在具威脅性的地震波(S波)到達前，對各地區進行通報。基於地震定位之正確性及穩定性因素，須達6個地震觀測站收錄到資料後，才進行地震定位，目前可於20秒內完成作業。另外70%的地震都發生在東部海域，氣象局將透過前瞻基礎建設計畫於臺灣東部海域執行海纜擴建，水深範圍由數百公尺至四、五千公尺，海底地形構造複雜，諸多地震活動，且有地質破碎帶，需於建置計畫開始第1年進行大範圍區域普查方能較為精確詳細之路線長度規劃資訊，擴建長度至少580公里，並新設6座觀測站(圖3-2)，總建置期程4年，完成後可將地震與海嘯預警對象擴及東部海域琉球島弧至耶雅瑪海脊之間、以及花東外海災害地震，有效縮短地震測報時間、提高地震偵測率與定位精準度。本中心將致力改良核心演算法，並於外海鋪設海底地震儀，增加觀測網範圍及密度，減少演算所需時間。

另外，依據本中心地震觀測歷史紀錄(地震目錄)，1900年至今已收錄接近80萬餘筆地震資料，未來計畫興建大數據資料庫(又稱巨量資料，Big data)，以發震時間配合空間分布情形，建立臺灣歷史地震剖面，以過往觀測資料為基礎，並結合各地區地震發生與震度及災害之情形，組成資料叢集。未來地震發生後，將震源參數導入大數據資料庫進行比對，有助於縮短相關數據演算時間，降低誤差率，爭取

預警及避難黃金時間，提升其防災與服務效能。

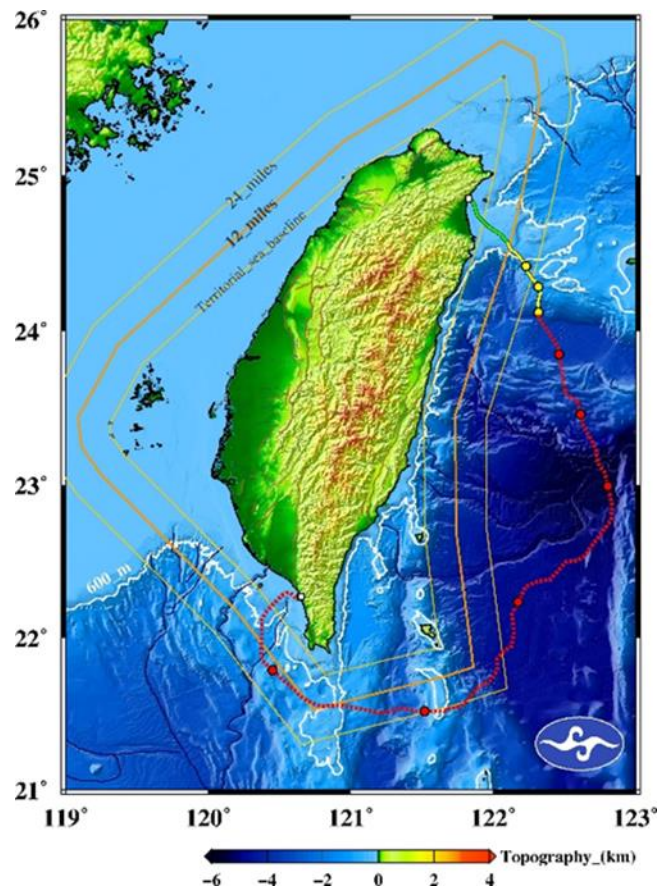


圖 3-2、臺灣東部海域地震海嘯海纜觀測系統第三期規劃之海纜路徑（如圖中紅線標示，綠線及黃線分別為 100 及 106 年建置完成之海纜）。

四、研究地震前兆現象，以地震預測為目標

現行科技與相關學術發展，地震預測尚為待實現之目標，目前地震觀測作業仍採階段性方式，以地震速報為工作重點。

為了進一步預防地震災害，本中心已運用多種地球物理觀測方法（例如全球導航衛星系統、地震地下水觀測系統、地磁場觀測系統等），建立地球物理觀測站，收錄並彙整各項地球物理觀測資料，進行地震

前兆分析與地震預測技術之研發工作，同時積極與學術界合作交流，導入新的觀測與分析方法，未來希望透由觀測數據之整合，大量比對與地震發生之相關性，期能發展出可靠的地震預測模式。

五、導入人工智慧，以大數據自動研判作業

人工智慧(Artificial Intelligence, 簡稱AI)係電腦經由演算法，對於各項輸入內容（例如棋譜、不同語言，有一定規則之要素）進行深度學習，不僅可就具體問題進行模擬並嘗試，更可在問題範圍內展現獨特之創造與學習能力（例如下棋、與人談天甚至文章寫作），進而提出解決方案。

後續若能將人工智慧導入地震資訊速報服務，系統或可模擬不同情境下之防災策略，並交由上述之物聯網體系，提升具體防災效能，亦可利用人工智慧判讀歷史地震與地球物理之巨量觀測資料，突破現有歸納統計方法之限制，提供另一角度來解釋資料特性，對地震預測及預警技術之開發與進展有所助益。

肆、結語

臺灣位於環太平洋地震帶上，亦是歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊交界處，係典型板塊碰撞下所產生的大陸邊緣島嶼，菲律賓海板塊向歐亞大陸板塊擠壓，引發臺灣地區頻繁的地震活動。由本局對地震密集觀測的結果顯示，臺灣陸地及鄰近海域，近十年每年平均約發生 34,000 次以上地震。再者，由近年衛星定位系統之測量資料證實，菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊以每年約 8 公分的速度相聚合，顯示板塊擠壓依然持續且活躍地進行中，大小地震活動仍將會不斷的發生。

震災防治是一項整體性的長期工作，須藉由專業分工、成果整合、推廣運用，將厚實的科技研究成果，落實於防災業務體系上，才能達到具體的效果。地震測報作業在震災防救過程中，雖然只是時間上的一個小環節，卻往往是第一時間救援行動成功與否的重要關鍵。加強地震測報能力對災害性地震具有減災的實質效果，對於未成災但卻又較常遇到的有感地震，速報訊息則可及早解除民眾疑慮，維持社會正常作息。

自 80 年起本局推動的一系列科技計畫，尤其是近十年來在各項科技發展計畫與防災海纜公共建設計畫經費的支持下，建置海纜系統、廣建新一代觀測系統之高品質井下地震觀測站及更新強震與地球物理觀測相關設備，精進強震即時警報系統及地球物理地震前兆系統。特別是將海纜觀測系統納入強震即時警報自動定位後，結果顯示 3 座海底即時觀測站平均可提升地震定位與規模準確度及增加預警時效，具有跨領域及跨時代的指標意義，不僅肩負地震活動之即時監測任務，亦可協助推動國內海洋科技與水下技術之研究發展，對於目前科技尚無法預測的地震與海嘯侵襲威脅，將提供監測資訊，提升防減災功效。

目前地震測報效能針對島內規模大於 5 的地震，強震預警系統平均約 17.5 秒可發布警報，若震源深度小於 40 公里，則警報發布時間

可縮短至約 15.6 秒。刻正積極以增加即時測站密度及精進演算法等方式，提升強震即時警報系統預警時效，預計於 109 年預警發布時間平均縮短至島內地震發生後 10 秒左右的目標，以強化地震防災功能，減少災害損失。

在地震報告發布內容的精進方面，新一代有感地震報告發布系統已正式上線運作提供服務，新一代系統特色包括加密測站分布數量、增加觀測儀器種類、提升觀測資料品質、優化系統整合平臺及更新地震報告圖示，以強化中小型規模地震與遠震偵測能力及地震報告之呈現，希望能提升社會大眾對地震報告內容資訊的滿意度。

臺灣地區縣市行政區震度顯示系統已於 106 年建置完成，行政區即時連線之強震站總數達 356 站。於中大型地震發生後預期可能致災時，可快速提供各縣市政府做為擬定救災方向、調配救災資源、提升救援時效及震後復建等防災業務的重要依據。

在強震即時警報系統的推廣應用方面，已有 4,300 個單位完成強震即時警報軟體的安裝與測試，可網路即時接收本局地震速報系統所發送的有感地震參數，並計算出當地的預估震度和震波抵達時間，另與 13 個民間單位完成合作契約的簽訂，其開發範圍除警報資訊轉發外，包括警報廣播機制、地震警報器、行動裝置 APP、設備自動控制等多元應用，與 7 家電視臺合作，進行強震即時警報訊息蓋台推播，亦是民眾獲得地震預警之管道。並透由「災防告警訊息服務 (PWS)」提供「地震速報」與「海嘯警報」服務，提升我國整體地震與海嘯預警效能，以達全民防震減災之效益。

未來本局尚須努力於擴建第 4 期海纜觀測系統、加強大屯火山監測、發展地震前兆技術及精進強震即時警報系統。臺灣位處在天然多震的地理環境，地震相關的資訊成為大眾不可或缺的重要生活資訊，為使國人容易即時獲取正確的地震資訊，本局仍將一本筆路藍縷的精神，持續提升地震測報效能。

伍、附錄

一、參考文獻

- Angelier, J., 1986. Preface. Geodynamics of the Eurasia-Philippine Sea plate boundary. Spec. Issue. Tectonophysics, 125, IX-X.
- Chen, L.-C.; Wu, B.-R.; Kuo, K.-W.; Tsai, K.-C.; Hsiao, N.-C.; Chen, M.; and Wu, T.-S., 2009. Promotion planning for application of an Earthquake Early Warning System in Taiwan, Journal of Disaster Research Vol. 4 No. 4, 2009.
- Ching, K.E.; R. J. Rau; J.C. Lee; J.C. Hu, 2007. Contemporary deformation of tectonic escape in SW Taiwan from GPS observations, 1995 - 2005, Earth and Planetary Science Letters, 262, 601 - 619.
- Gutenberg, B. and C. F. Richter, 1956. Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration (second paper), Bull. Seism. Soc. Am. 46, 105-143.
- Huang, M. H., H. Tung, E. J. Fielding, H. H. Huang, C. Liang, C. Huang, and J. C. Hu, 2016. Multiple fault slip triggered above the 2016 Mw 6.4 Meinong earthquake in Taiwan, Geophys. Res. Lett., 43, 7459 - 7467, doi:10.1002/2016GL069351.
- Kanamori, H. and D. L. Anderson, 1975. Theoretical basis of some empirical relations in seismology, Bull. Seis. Soc. Am., 65, 1073-1095.
- Ku, C. Y., S. K. Hsu, J. C. Sibuet, and C. H. Tsai, 2009. The Neo-tectonic structure of the southwestern tip of the Okinawa Trough, Terr. Atm. Ocean., 20, 749-759, doi: 10.3319/TAO.2008.09.01.001(Oc).
- Lee, S. J., T. Y. Yeh, and Y. Y. Lin, 2016. Anomalously large ground motion in the 2016 ML 6.6 Meinong,

- Taiwan, earthquake: A synergy effect of source rupture and site amplification. *Seismological Research Letters*, 87, 1319–1326, doi: 10.1785/0220160082.
- Liu, J.Y., Chuo, Y.J., Shan, S.J., Tsai, Y.B., Pulinets, S.A., Yu, S.B., 2004. Pre-earthquake ionospheric anomalies registered by continuous GPS TEC measurements. *Annales Geophysicae*, 22, 1585–1593.
- Nikolaidis, R., 2002, Observation of geodetic and seismic deformation with the Global Positioning System, Ph.D. dissertation, Univ. of Calif. San Diego, 249pp.
- Pu, H.C., C.H. Lin, Y.C. Huang, L.C. Chang, H.F. Lee, P.L. Leu, N.C. Hsiao, C.H. Chang and Y.H. Yeh, 2014. The Volcanic Earthquake Swarm of October 20, 2009 in the Tatun Area of Northern Taiwan, *Terr. Atm. Ocean.*, 25, 5, 625–635, doi: 10.3319/TAO.2014.04.11.02(T).
- Pu, H.C., C.H. Lin, L.C. Chang, C.W. Kan, C.M. Lin, Y.H. Li, Y.C. Lai, and M.H. Shih, 2017. Geological implications of 0212 earthquake in 2014 at the Tatun Volcanic Group of Taiwan: Synergistic effect of volcanic and faulting activities, *Journal of Asian Earth Sciences*, 149, 93–102, doi:10.1016/j.jseaes.2017.08.021.
- Pu, H.C., 2018. Spatial and temporal characteristics of the microseismicity preceding the 2016 ML 6.6 Meinong earthquake in southern Taiwan, *Pure and Applied Geophysics*, 175, 2077–2091, doi: 10.1007/s00024-018-1801-5.
- Tamura, Y., M. Ooe, T. Sato and M. Ishiguro, 1991. A Procedure for Tidal Analysis with a Bayesian

Information Criterion, Geophys. J. Int., 104, 507-516.

Wang, J.H., 1992. Magnitude scales and their relations for Taiwan earthquakes : A review. TAO. Vol.3, No.4, 449-468.

蕭乃祺、吳逸民、辛在勤，2005：臺灣地區地震速報系統之發展。中央氣象局氣象學報，45，1-15 頁。

劉正彥，2002，高空電離層透露的訊息。科學發展月刊，350，20-24 頁。

二、相關研究與成果

年份	研究計畫名稱	研究主持人
2009	強震即時警報系統之強化與應用	鄧大量
	自由場強震網資料收集及分析－北部地區(III)	陳國誠
	自由場強震網資料收集及分析－中部地區(III)	王乾盈
	自由場強震網資料收集及分析－西南地區(III)	歐國斌
	自由場強震網資料收集及分析－東部地區(III)	劉忠智
	臺灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析(III)	黃柏壽
	強地震與弱地震起始波相探討(III)	馬國鳳
	臺灣地區場址效應微分區之研究與應用(III)	溫國樑
	自由場測站強地動參數之預估與修正(III)	黃柏壽
	地震初達波強震即時警報系統之研發(II)	吳逸民
	地震震源機制即時波形逆推系統之發展－頻率波數法(II)	趙里
	臺灣現有地震前兆評估與未來研究規劃(III)	葉義雄
	臺灣地區地殼形變之時空變化研究(III)	余水倍
	GPS 地震監測短期數據計算之強化(III)	何慶雄
	地震前兆之電離層時空監測(III)	劉正彥
	地震前兆監測－重力重複觀測與地磁連續資料分析(III)	顏宏元
	臺灣地區前震時空變化特性(III)	林正洪
	剪波分裂與 P 波頻散衰減研究(III)	陳朝輝
	降雨對地下水水位變化的影響模式研究(II)	余貴坤
	井下應變與地震危險度之分析研究	劉啟清
	震度分佈的震源效應研究(II)	葉永田
	彙整分析臺灣地區地震活動度	陳朝輝
	海床雜訊及外海地震定位之評估	郭本垣
	利用單位海嘯模擬來建立臺灣海域近海海嘯預警系統	陳伯飛
	海底地震觀測系統諮詢研究	李昭興
	依據臺灣地區建築物強震資料之結構工程特性調查分析	林其璋
	臺灣地區地震目錄的建置	鄭世楠
	智慧型感測器及網路架構在橋樑系統健康診斷及損壞評估之研發(III)	羅俊雄
	建立建築物震損圖之研究	姚昭智
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2010	強震即時警報系統之強化與應用(II)	鄧大量
	自由場強震網資料收集及分析－北部地區(IV)	陳國誠
	自由場強震網資料收集及分析－中部地區(IV)	王乾盈
	自由場強震網資料收集及分析－西南地區(IV)	歐國斌

	自由場強震網資料收集及分析—東部地區(IV)	劉忠智
	臺灣山區自由場強震網測站建置及資料收集分析(IV)	黃柏壽
	臺灣地區場址效應微分區之研究與應用(IV)	溫國樑
	地震初達波強震即時警報系統之研發(III)	吳逸民
	地震震源機制即時波形逆推系統之發展—頻率波數法(III)	趙里
	井下地震儀微震觀測(I)	馬國鳳
	異常震波走時與振幅之分析	鍾仁光
	臺灣現有地震前兆評估與未來研究規劃(IV)	葉義雄
	臺灣地區地殼形變之時空變化研究(IV)	余水倍
	GPS 地震監測短期數據計算之強化(IV)	何慶雄
	地震前兆之電離層時空監測(IV)	劉正彥
	地震前兆監測—重力重複觀測與地磁連續資料分析(IV)	顏宏元
	臺灣地區前震時空變化特性(IV)	林正洪
	剪波分裂與 P 波頻散衰減研究(IV)	陳朝輝
	井下應變與地震危險度之分析研究(II)	劉啟清
	地下水水位變化與地震的關連性研究	余貴坤
	震度分佈的震源效應研究(III)	葉永田
	彙整分析臺灣地區地震活動度(II)	陳朝輝
	海底地震觀測系統諮詢研究(II)	李昭興
	臺灣地區地震目錄的建置(II)	鄭世楠
	海底地震儀資料分析與評估	郭本垣
	結構物觀測陣列資料收集及分析	林其璋
	智慧型感測器及網路架構在橋樑系統健康診斷及損壞評估之研發(IV)	羅俊雄
	建立建築物震損圖之研究(II)	姚昭智
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2011	臺灣地區自由場強震網資料收集及分析	王乾盈
	結合感測、系統識別及健康診斷技術探討外在環境因素對現有橋梁結構所造成之威脅程度及可能破壞預警模式之建構	羅俊雄
	建立建築物震損圖之研究(III)	姚昭智
	結構物觀測陣列資料收集及分析(II)	林其璋
	臺灣地區地震潛勢評估之研究	溫國樑
	最大餘震規模預報模式之建立	吳逸民
	井下地震儀微震觀測(II)	馬國鳳
	異常震波走時與振幅之分析(II)	鍾仁光
	臺灣中大型地震震源資訊之快速彙整與提供	林正洪

	利用 W 波相逆推震源參數與單位海嘯建立南中國海海嘯預警系統	陳伯飛
	臺灣地區中度地震致災因素之探討	葉永田
	臺灣地震前兆監測資料之整合分析	葉義雄
	彙整分析臺灣地區地震活動度(III)	陳朝輝
	地下水水位變化與地震的關連性研究(II)	余貴坤
	臺灣地區歷史地震資料的建置	鄭世楠
	海底地震儀資料分析與評估(II)	郭本垣
	火山地震之辨識與分析研究	林正洪
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2012	臺灣地區 101 年度自由場強震網資料收集及分析	王乾盈
	結合感測、系統識別及健康診斷技術探討外在環境因素對現有橋梁結構所造成之威脅程度及可能破壞預警模式之建構(II)	羅俊雄
	建立建築物震損圖之研究(IV)	姚昭智
	結構物觀測陣列資料收集及分析(III)	林其璋
	整合井下岩心、電測及岩石物性資料評估地震觀測站場址的力學特性研究	洪日豪
	臺灣地區地震潛勢評估之研究(II)	溫國樑
	最大餘震規模預報模式之建立(II)	吳逸民
	井下地震儀微震觀測(III)	馬國鳳
	異常震波走時與振幅之分析(III)	鍾仁光
	臺灣中大型地震震源資訊之快速彙整與提供(II)	林正洪
	利用 W 波相逆推震源參數與單位海嘯建立南中國海海嘯預警系統(II)	陳伯飛
	臺灣地區中度地震致災因素之探討(II)	葉永田
	彙整分析臺灣地震前兆監測資料	葉義雄
	彙整分析臺灣地區地震活動度(IV)	陳朝輝
	地下水水位變化與地震的關連性研究(III)	張健財
	臺灣地區歷史地震資料的建置(II)	鄭世楠
	以海底地震儀進行海域地震研究	郭本垣
	火山地震之辨識與分析研究(II)	林正洪
	臺灣北部地區中大型地震震波時頻即時分析系統	陳光榮
	震模資訊學與地震預測可行性之研究	陳建志
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2013	臺灣地區 102 年度自由場強震網資料收集及分析	王乾盈
	氣象局地表與井下測站場址效應之研究	溫國樑
	速報及預警系統中隨時變之地震規模制訂	吳逸民

	氣象局井下地震監測站資料分析與應用	馬國鳳
	震波走時殘差值之空間變異性分析	鍾仁光
	臺灣地區 102 年中大型與火山地震震源資訊之快速彙整與提供	林正洪
	利用強地動資料層析宜蘭平原速度構造	陳伯飛
	臺灣的地形對不同頻率強地動的影響	葉永田
	運用結構物強震監測資料於提升臺灣結構物耐震安全之研究	羅俊雄
	臺灣地區 102 年地震前兆監測資料彙整及分析	余水倍
	東部地震研究資料平台及地震前兆觀測實驗園區建置計畫	張文彥
	GPS 觀測之雜訊分析研究	饒瑞均
	臺灣地區歷史地震波形與紀錄之整理(II)	鄭世楠
	以海底地震儀進行海域地震研究(II)	郭本垣
	海嘯數值模式 COMCOT 之速算系統建置	吳祚任
	整合井下岩心、電測及岩石物性資料評估地震觀測站場址的力學特性研究(II)	洪日豪
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2014	臺灣地區 103 年度自由場強震網資料收集及分析	王乾盈
	臺灣地區 103 年地震前兆監測資料彙整及分析	余水倍
	東部地震研究資料平台及地震前兆觀測實驗園區建置計畫(2/2)	張文彥
	GPS 觀測之雜訊分析研究(2/2)	饒瑞鈞
	地磁帕金森向量變化與地震活動度之相關性	陳光榮
	臺灣地區 103 年中大型與火山地震震源資訊之快速彙整與提供	林正洪
	氣象局地表與井下測站場址效應之研究(2/2)	溫國樑
	速報及預警系統中隨時變之地震規模制訂(2/2)	吳逸民
	氣象局井下地震監測站資料分析與應用(2/2)	馬國鳳
	震波走時殘差值之空間變異性分析(2/2)	鍾仁光
	利用強地動資料層析花東縱谷速度構造	陳伯飛
	臺灣的地形對不同頻率強地動的影響(2/2)	葉永田
	全自動化的即時地震矩張量(CMT)解算系統(1/2)	梁文宗
	結構物強震監測紀錄應用於結構物耐震評估之研究	羅俊雄
	歷史地震波形資料處理與分析(1/2)	鄭世楠
	消除海纜式海底地震儀中之低頻雜訊(1/2)	郭本垣
	海嘯數值模式 COMCOT 之速算系統建置(2/2)	吳祚任
	地震前地殼破裂釋放出放射性物質監測與分析	李羅權

	建構地球科學研究服務-近即時 GPS 資料之自動化處理與時間序列分析	郭隆晨
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2015	臺灣地區 104 年度自由場強震網資料收集及分析	王乾盈
	臺灣地區 104 年地震前兆監測資料彙整及分析	李羅權
	臺灣東部地震研究中心及地震前兆觀測實驗園區 104 年維運計畫	張文彥
	臺灣 GPS 連續觀測網長期效能評估與資料解析能力提升	余水倍
	臺灣 GPS 連續觀測網測站資料品質長期檢控程序建置	張午龍
	GPS 近即時分析資料其精度提升之研究	郭隆晨
	地震前兆之物理模型機制探討	王錦華
	臺灣地區 104 年中大型與火山地震震源資訊之快速彙整與提供	林正洪
	臺灣地區 104 年版地震潛勢圖之製作	溫國樑
	臺灣地區震度圖測繪整合系統之探討	吳逸民
	應用井下地震儀分析岩盤地震距離衰減式	馬國鳳
	24 位元地震資料之定位分析與評估	鍾仁光
	利用強地動資料層析嘉南平原速度構造	陳伯飛
	以有限單元法數值模式研究強地動的地形效應	葉永田
	全自動化的即時地震矩張量(CMT)解算系統(2/2)	梁文宗
	應用結構物強震監測紀錄檢討我國耐震設計規範中水平及垂直地震力之設計值	羅俊雄
	歷史地震波形資料處理與分析(2/2)	鄭世楠
	消除海纜式海底地震儀中之低頻雜訊(2/2)	郭本垣
	1604 泉州地震於海嘯生成之敏感性分析及其對臺灣西部沿海之影響	吳祚任
	中央氣象局海纜觀測系統現況與後續擴充評估研究	許樹坤
	臺灣東北外海海域震波速度構造研究	林靜怡
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2016	臺灣地區 105 年地震前兆監測資料彙整及分析	李羅權
	利用滑體模型研究地震前兆	王錦華
	臺灣地區 105 年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供	張中白
	105 年度臺灣地區強震資料在強化地震測報作業之應用研究	黃柏壽
	大規模地震前後地殼應力和地震時空變化的相關性	葉永田
	105 年度臺灣海域地震與海嘯觀測之相關研究	郭本垣
	105 年度井下地震儀資料測報應用研究	馬國鳳
	105 年度地震資訊服務應用相關研究	劉忠智

	臺灣西南部中大型地震回復週期研究	陳朝輝
	花東地區之地震活動時空演化分析	溫怡瑛
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2017	臺灣地區 106 年地震前兆監測資料彙整及分析	李羅權
	利用滑體模型研究地震前兆的混沌問題	王錦華
	臺灣地區高解析近即時電離層全電子含量監測系統建置	陳佳宏
	臺灣地區 106 年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供	張中白
	106 年度臺灣地區強震資料在強化地震測報作業之應用研究	黃柏壽
	中大型規模地震後區域應力的時空變化與地震活動的相關性	葉永田
	106 年度臺灣海域地震與海嘯觀測之相關研究	郭本垣
	106 年度地震資料之分析應用	馬國鳳
	臺灣西南部由 b 值探求大型地震回復週期	陳朝輝
	縱谷斷層中段之地震活動時空演化分析	溫怡瑛
	臺灣海峽地震觀測紀錄之分析	鍾仁光
	建立高密度即時地震網資料例行處理流程	陳伯飛
	臺灣孕震構造之探查-西南地區	許雅儒
	複合型強震即時警報系統之應用研究	吳逸民
年份	研究計畫名稱	研究主持人
2018	臺灣地區 107 年地震前兆監測資料彙整及分析	李羅權
	利用二體彈簧-滑體模型研究地震前兆的問題	王錦華
	臺灣地區 107 年中大型地震震源資訊之快速彙整與提供	李憲忠
	107 年度臺灣地區強震資料在強化地震測報作業之應用研究	黃柏壽
	107 年度臺灣海域地震與海嘯觀測之相關研究	郭本垣
	107 年度地震資料之分析應用	馬國鳳
	縱谷斷層南段之地震活動時空演化分析	溫怡瑛
	臺灣孕震構造之探查-西南地區 II	許雅儒
	地震密集帶(盲斷層)之相關研究	黃信樺
	大屯火山活動監測相關應用研究	胡植慶

三、活動剪影

研討會與會議



2009 年中心成立 20 週年研討會



2009 年 88 風災土石流觀測與分析討論會



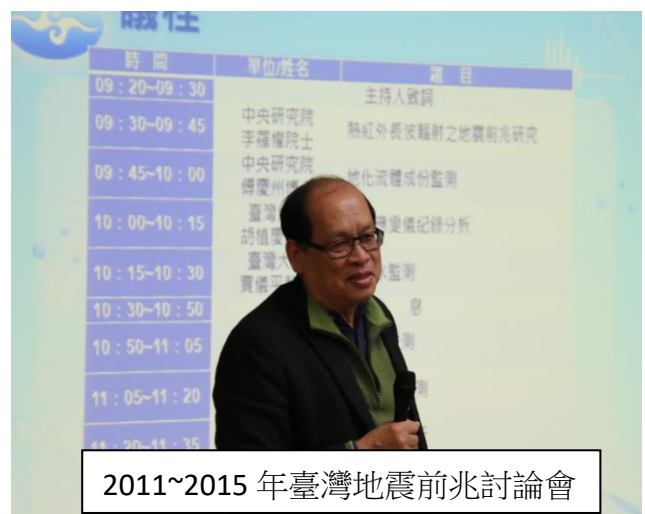
2010 年海峽兩岸加強地震測報與地震前兆研討會



2011 年建國百年天氣分析預報與地震測報研討會



2011~2015 年臺灣地震前兆討論會



2011~2015 年臺灣地震前兆討論會



2011 年海纜登陸典禮及記者說明會



2011 年海纜系統啟用典禮及記者說明會



2011 年立法院交通委員會視察頭城海纜站





2013 年兩岸地震監測及前兆研討會



2013 年 0602 南投地震學術討論會



2013 年瑞穗地震學術討論會



2014 年大屯火山地震學術研討會



2014 年海峽兩岸地震監測及前兆研討會



2015 年花蓮外海地震學術討論會



中心同樂





四、大事紀

時間	事件
1989	7月1日中央氣象局地震測報中心成立。
1989	增建大城、四湖、佳里、甲仙、九如、牛鬥、南澳、西林、紅葉、獅頭山十處地震觀測站。
1990	<p>與 TTSN 之 25 站連線。</p> <p>VAX - 6520 地震定位與資料處理系統 (SDP) 啟用。</p> <p>增建三光、南投、丹大、古坑、大埔、桃源、春日、和中、竹北、合歡山、三地門、龜山島十二處地震觀測站。</p> <p>12月13日花蓮強震 (M6.5)，蘇花公路坍方。</p> <p>12月14日花蓮強震 (M6.7)，多處房屋龜裂。</p>
1991	<p>合併 TTSN 25 站。</p> <p>本局除將中研院地科所的 25 個地震站合併，並增加 31 個測站，使測站數由原有的 19 個增加至 75 個外，並全面更新系統為即時監測系統。</p> <p>7月起，配合六年國建，積極執行強地動觀測計畫 (TSMIP) 該計畫有下列四項主要工作：1、六百部自由場強震儀及包含 400×3 個數位頻道之結構物強震儀陣列資料蒐集系統之安裝及維護，並經常性地進行儀器檢校，以確保所有輸出資料之品質。2、中央氣象局地震資料服務系統之運作，包括資料建檔及資料服務。3、資助強地動觀測之相關研究工作，以落實各項地震觀測資料之社會效益。4、發展地震速報系統。</p> <p>3月12日佳里地震 (M5.7)。</p>
1992	<p>改 TTSN 各站為三軸向。</p> <p>與中研院、中正大學地震所合作，在嘉南地區建立八個即時地震監測站。</p> <p>開始執行強地動觀測計畫。</p> <p>12月16日大埔地震 (M5.9)。</p>
1993	<p>開始建立 GPS 觀測網。</p> <p>改臺中、嘉義、高雄、恆春、花蓮為深井站。</p> <p>增建臺北、永康深井站。</p> <p>9月30日國聖 (TWZ) 廢站。</p> <p>11月初，震波連續記錄啟用。</p>

1994	資料服務系統完成上線。
	Plan A 區域地震速報網成立。
	12 月底地震速報系統正式開始啟用。
	6 月 5 日南澳強震 (M6.2) 蘇花公路坍方中橫公路中斷、南方澳道路龜裂。
1995	Plan B 地震速報監測網成立。
	建東吉、小琉球地震觀測站。
	6 月 25 日牛鬥強震 (M6.5) 三峽白雞山莊數棟房屋滑落坡谷。
1996	7 月 31 日烏來 (TWU) 廢站。
	9 月 6 日蘭嶼強震 (M7.1)。
1997	執行強地動觀測第二期計畫。
	增建五分山、南山地震觀測站。
	9 月 30 日土庫 (CHN6) 廢站。
1998	增建利稻、嘉蘭、安朔地震觀測站。
	7 月 17 日嘉義瑞里地震 (M6.2) 瑞里飯店嚴重受損，阿里山鐵路坍方，嘉南地區多處房屋毀損。
1999	4 月 10 日臺南 S13 站廢站 (蓋南區氣象中心)。4 月 26 日新 S13 地震資料接收系統 (ICP) 啟用。
	4 月 26 日新 S13 地震資料接收系統 (ICP) 啟用。
	9 月 21 日二十世紀臺灣島內最大強震 (M7.3)，車籠埔斷層活動，錯動長達八十公里，災情嚴重。
	集集地震是近代臺灣地區災害地震之代表案例，當時建置中的地震速報雜型系統，於地震發生後彙整全臺各地自動傳回之資料，於 102 秒後對外發布地震報告，此一速報成果備受國際重視與肯定。
2000	5 月 17 日德基地震，集集餘震 (M5.6)。
	6 月 11 日月潭地震，集集餘震 (M6.7)。
	7 月 29 日玉山地震 (M6.1)，集集餘震，無災害。
	9 月 10 日花蓮太魯閣地震 (M6.2)。
2001	開始建置寬頻地震觀測網-設置龍潭 (11/20)、安朔、小琉球、旗山、永康、西林、古坑、綠島、利稻等 9 站。
	6 月 1 日 S13 德基站遷站。
	6 月 13 日宜蘭蘇澳外海地震 (M6.25)。

	6月14日宜蘭南澳近海地震 (M6.3)。
	11月1日 S13 六腳站 (CHN7) 廢站。
	12月18日花蓮秀林外海地震 (M6.7)。
	12月29日 S13 龜山島站復站。
2002	增建寬頻地震站-雙連埤、六腳、嘉蘭、成功、甲仙、大坪頂、阿里山、壽山、春日、鹽寮、松安等 11 站，並於安朔、旗山、西林、綠島、利稻、雙連埤、成功、阿里山、春日、松安等站設置強震感應器。
	2月12日花蓮地震 (M6.2)。
	3月31日花蓮外海地震 (M6.8)，造成 5 死 280 傷。
	5月15日蘇澳地震 (M6.2)，1 死；5月29日花蓮外海地震 (M6.2)，皆為 331 餘震。
	8月29日蘭嶼地震 (M6.0)。
	9月16日三貂角外海深震 (M6.8，深度 175.7 公里)。
2003	1月1日啟用 NSDP 系統，由吳逸民研發的新一代個人電腦級速度型即時地震資料蒐集系統 (含 70 個 S13 站+16 個 RTD 強震站)。
	4月1日 S13 速度型地震網有感地震定位加入寬頻網 23 站 (共 109 站)。
	寬頻網接收國立中央大學先前所設置的 6 套儀器、5 個測站-獅頭山、南澳、坪頂國小、八卦山、富里。增建寬頻地震站-東沙站。
	6月10日花蓮紅葉地震 (M6.48)。
	12月10日臺東成功地震 (M6.42)，15 人受傷。
2004	執行民國 93 年度至 98 年度之「強地動觀測第 3 期計畫-發展強震即時警報系統」。
	3月16日開始建置地震下水觀測網。
	增建寬頻地震站 4 站-NASB 南沙、TWBB 三貂角、PCYB 彭佳嶼、TIPB 泰平分校。
	5月1日，花蓮地震 (M5.3)，中橫公路落石，2 人死亡。
	5月19日，臺東-綠島間地震 (M6.03)。
	10月15日 12:08，宜蘭蘇澳東方 101.8 公里地震 (M7.1)，與那國島附近，深度 91 公里。
	11月8日 23:54，花蓮東方 118.5 公里地震 (M6.58)，深度 10 公里。

	11月11日 10:16，南澳東南方 43.4 公里地震 (M6.09)，深度 27.26 公里。
	12月14日，增建墾丁雷達 S13+RTD 地震觀測站 (SEB)。
2005	增建 GPS 站 33 座，總數達 150 座。
	與日本交換地震資料-3 站-與那國島 YOJ、宮古島西仲宗根 JMJ、沖繩國頭 JOW，5 月 31 日完成雙方互送資料測試。
	增建寬頻地震站 1 站- NCUB 中大。
	3 月 6 日 03:06，蘇澳西北方 5.5 公里，深度 6.4 公里，雙震 (M5.96)，3 傷。
	4 月 15 日，NSDP 系統加 RTD 4 站 (ESF 壽豐、EHP 和平、EGC 磯崎、LDU 綠島)。
	4 月 30 日 22:48，花蓮秀林東南方 5.5 公里，深度 8.5 公里，M5.6。
	6 月 2 日 00:20，蘇澳東方 21.2 公里，深度 64.8 公里，M6.0。
	9 月 6 日 09:16，花蓮東方 68.2 公里，深度 16.76 公里，M6.0。
	10 月 15 日 23:51，彭佳嶼東北方 204.3 公里，深度 190.85 公里，深而有感的遠震，M7.02。
	10 月 20 日，SDP 系統正式除役。
2006	開始測試新一代 Smart24 強震儀+S13- 6 channel 接收系統。
	開始建置地磁觀測網。
	6 月 1 日將日本 3 站加入 S13 有感地震定位。
	增建寬頻地震站 1 站-LAYB 蘭嶼。
	4 月 1 日 18:02，臺東市地震站西北方 16.4 公里，M6.23，深度 7.2 公里，37 傷，部分建物受損。
	4 月 16 日 06:40，臺東市地震站東北方 19.1 公里，M6.02，深度 17.9 公里。
	12 月 26 日 20:26，恆春西南 40.2 公里，M6.96，深度 44.11 公里。
	12 月 26 日 20:34，恆春西方 33.9 公里，M6.99，深度 50.22 公里，造成 2 死，42 傷，3 民房倒塌，12 起火警。
2007	開始執行「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統建置計畫」，第一年先加強東部陸上觀測 (選 6 站-頭城、南山、花蓮、宜蘭、淡水、南澳設井下強震儀、寬頻地震儀，地下水站、GPS 及地表強震儀)，加強東部海嘯觀測系統。
	寬頻八卦山站停止運作。

	增設井下寬頻地震儀 3 站-新竹、永康、成功。
	測試新一代即時地震觀測系統 SMART24A, ie. RTD 格式輸出+S13+GPS TIME. — 8 站連網測試中。
	4 月 2 日 11:03, 日本 JMJ 站原 2 水平向由位移型改為速度型 SENSOR。
	9 月 7 日 01:51, 南澳東南方 53.8 公里, M6.63, 深度 54.01 公里, 部分建物受損 (羅東寺廟牌樓倒塌), 隱沒帶地震。
	11 月 26 日, 寬頻系統併入資料處理課。
2008	增設寬頻新竹地表站 1 站。
	陽明山火山觀測網 (原中研院地球所林正洪設置)。
	測試新一代即時地震觀測系統 SMART24A, ie. RTD 格式輸出+S13+GPS TIME. — 40 站連網測試中。
	8 月 1 日, 地球物理資料管理系統 (GDMS) 開始上線服務。
2009	10 月 20 日 14 時 32 分, 在臺北市地震站北偏東方 16.7 公里處 (即大屯山), 發生規模 3.0, 深度 6.7 公里地震, 於 2 個小時內連續發生了五起有感地震。
2010	開始執行「強地動觀測第 4 期計畫-建置新一代地震觀測系統」, 期程 2010~2015 年, 將現代化的地震觀測儀器裝設在地表下 300 公尺深或接近岩盤之位置。
	3 月 4 日 8 時 18 分, 高雄甲仙地震站東南方 171 公里, 發生規模 6.4, 深度 22.6 公里地震, 造成臺灣高鐵部分班次停駛。
2011	開始執行「井下強地動觀測計畫-加速建置新一代地震觀測系統」, 期程自 2011~2014 年。
	本局於中華電信國際電信分公司頭城海纜站辦理「海底地震儀觀測系統案施工說明會」, 邀請附近政府及民間單位參加, 由本中心郭鎧紋主任主持。
	臺北時間 13 時 46 分日本發生規模 9.0 強震, 本局於 15 時 30 分及 16 時 45 分共發布 2 次海嘯警報, 於 18 時 40 分研判已無災害性可能後, 發布解除海嘯警報。
	本局於基隆港辦理日本籍 KPL 號海纜佈放船參覽活動, 邀請新聞媒體同仁登船參觀。
	本局於中華電信國際電信分公司頭城海纜站辦理「海纜登陸典禮及記者說明會」, 邀請相關政府機關、新聞媒體與學者參與, 由辛局長在勤主持, 交通部郭蔡次長蒞臨指導。

	<p>本中心新訂「交通部中央氣象局海嘯資訊發布作業要點」通函周知，原「交通部中央氣象局地震測報中心地震及海嘯測報作業要點」同時停止適用。</p>
	<p>本局與國科會臺灣地震科學中心(TEC)合辦「臺灣地震前兆討論會」。</p>
	<p>建置完成6座深井地震觀測站，累計完成20站，大幅降低地表雜訊的干擾，提高地震觀測的資料品質，對於地震測報作業和地震相關研究都有相當大的助益。</p>
	<p>11月8日完成臺灣地區第1條海底電纜地震觀測系統之建置，該海纜由宜蘭頭城向東南延伸45公里，設置1座即時地震海嘯觀測站。</p>
	<p>開始執行「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統建置第2期計畫」，期程自2012~2014年。</p>
	<p>開始執行「強震與地球物理觀測系統效能提升計畫」，期程3年(2012~2015)，期程內預計更新自由場強地動觀測系統250站、結構物強震監測系統10座，以及全球衛星定位觀測系統75站，以提升該觀測系統之效能，延續強地動觀測計畫之執行成果。</p>
	<p>開始執行「全面性的地震與海嘯早期警報及地震潛勢分析系統建置計畫」，期程2012~2017年。</p>
2012	<p>2月26日10時35分，在屏東縣政府東偏北方28.4公里處，發生規模6.4，深度地震26.3公里地震(霧台地震)。</p>
	<p>本局與臺灣地震科學中心合辦「臺灣地區地震活動及前兆分析暨0226屏東霧台地震序列討論會」，分析臺灣之地震活動特性並比對各項地球物理觀測資料，設法尋找中大型地震前兆，並估算臺灣地震活動潛勢。同時以0226霧台地震(ML6.4)為例，分析其地球物理現象及構造意義。</p>
	<p>立法院交通委員會視察本局「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統」頭城陸上站，出席委員有葉宜津委員、陳歐珀委員等人，交通部毛志國部長全程陪同，本局負責簡報及接待。</p>
	<p>在宜蘭縣辦理「2013年海峽兩岸地震監測及前兆研討會」，兩岸的與會專家學者共約百人，中國大陸方面由中國地震局地球物理研究所吳忠良所長領隊，除了中國地震局所屬相關單位外，另有中國地震台網中心、湖北省地震局、新疆維吾爾自治區地震局等單位，共19人與會。</p>
2013	<p>本局與臺灣地震科學中心(TEC)合作舉辦「0602南投地震學術討論會」。</p>
	<p>本中心與國立東華大學環境學院簽訂合作備忘錄：環境院所屬臺灣東部地震研究中心提供地震前兆觀測實驗園區場地及維運空間；由本中心提供即時觀測資料予臺灣東部地震研究中心運用。</p>

	辦理「1031 瑞穗地震學術討論會」。
2014	2月12日0點31分，臺北市士林區的陽明山地區發生芮氏規模4.2，深度6.4公里的地震。
	召開大屯山地震學術研討會。
	本中心郭鎧紋主任率呂佩玲副主任、張建興簡任技正、何美儀技正及江嘉豪課長赴臺中，與內政部國土測繪中心(劉正倫主任)簽署GPS觀測資料交換合作備忘錄。
	國家防災日，本中心呂佩玲副主任、陳承俊技正及蕭文啟課長參與中央災害應變中心的高司演練。同時配合教育部辦理「103年國家防災日地震避難掩護演練」，發送強震即時警報演練測試檔案，啟動全國中小學的同步演練。宜蘭公正國小為演練示範觀摩學校，吳敦義副總統親臨視導，由本中心郭鎧紋主任向吳副總統簡報強震即時警報在學校防災預警之應用成效。
	於本局國際會議廳舉辦「2014年海峽兩岸地震監測及前兆研討會」，研討主題涵蓋地震監測、地震活動和地震前兆研究、地震監測於防災應用、地震防災宣傳和科普教育及強地動觀測，計有28篇專題演講，國內外專家學者及相關單位人員約120多位共襄盛舉。於會後，由本局地震測報中心呂佩玲副主任等人會同海峽兩岸地震科技交流中心牛之俊主任等17位中國地震相關單位的學者，參與為期4日的野外地質考察。
2015	開始「執行地震及海嘯防災海纜觀測系統擴建計畫」，以第1期45公里為基礎，規劃2015~2017年完成海底電纜繼續向南擴建延伸70公里(總長115公里)、更新1站及增建2站即時地震海嘯觀測站(共3座即時地震海嘯觀測站)。
	赴西藏參加「2015年海峽兩岸地震監測及前兆研討會」。
	本局召開「海嘯發布作業諮詢會議」。
	辦理「地震監測實務及預測分析研討會」邀請臺灣及大陸地震領域相關學者參與。
	辦理「104年合作推動地震資訊傳遞服務成果交流會」，請簽約合作單位發表開發成果，並邀請防救災單位、軍方、教育主管機關及學校代表出席與會。
2016	開始執行「強地動觀測第5期計畫-建置新一代地震觀測系統」，期程6年(2016-2021)。
	2月6日3時57分，屏東縣政府北偏東方27.1公里處發生芮氏規模6.6地震，地震深度14.6公里，震央位於高雄市美濃區，造成臺南市維冠金龍大樓等建物倒塌受損。

	<p>辦理 2016 年「0206 ML6.4 高雄美濃地震學術研討會」，並邀請地震領域相關學者參與。</p> <p>4 月 25 日辦理「天地人學思論壇」，以「弧陸碰撞與藍色地球-以人為本談臺灣測震與海洋」為主軸，邀請在地震與海洋領域學術成就輝煌，且對本局前述業務推展很有助力的重量級學者擔任講座，分享其畢生學術研究精華。</p> <p>本局配合政府建置災防告警細胞廣播系統(PWS)，開發地震速報手機細胞廣播服務，全面性對全國民眾發布地震速報資訊。105 年 4 月 1 日開始上線提供資訊，隨後 5 月 12 日臺灣東部海域規模 6.1 地震時發送地震速報，為 PWS 啟用後首次訊息廣播。</p>
2017	<p>於宜蘭內城站新增三分量磁力儀。</p> <p>接收中央大學陳建志教授 2010 年至 2012 年間執行行政院國家科學委員會（現科技部）「臺灣地震預警與前兆現象整合研究與潛在防災應用-臺灣電場網建置計畫」建置之 20 座大地電場觀測站。</p> <p>9 月開始執行前瞻基礎建設-海陸地震聯合觀測網計畫（內含「臺灣東部海纜觀測系統第 3 期計畫」）；「臺灣東部海纜觀測系統第 3 期計畫」預計延伸海底電纜至 680 公里以上，海底觀測站由 3 座擴充至 9 座，可提升地震定位準確度，擴展地震海嘯監測範圍，強化地震速報與預警系統功能。</p> <p>10 月 18 日完成延伸第 1 期建置之海底電纜地震觀測系統，海纜系統總長 115 公里，累計設置 3 座即時地震海嘯觀測站。</p> <p>建置完成臺灣地區縣市行政區震度顯示系統，行政區即時連線之強震站總數達 356 站。</p>
2018	<p>2 月 6 日 23 時 50 分，花蓮縣政府東北方 16.5 公里處發生芮氏規模 6.2 地震，地震深度 6.3 公里，震央位於臺灣東部海域，造成花蓮縣統帥飯店、雲門翠堤大樓等建物倒塌。</p> <p>7 月 23 日新一代有感地震報告發布系統正式上線運作提供服務，提升觀測資料品質、優化系統整合平臺及更新地震報告圖示，以強化中小型規模地震與遠震偵測能力及地震報告之呈現。</p> <p>11 月 2 日於竹子湖氣象站完成「竹子湖火山監測教育展示室」。</p> <p>自 2012 年起開始將運行多年 LEICA RS500、Trimble 5700 和 Trimble NetRS 觀測儀器陸續汰換更新成 Trimble NetR9，採高精度的 GNSS 多星系統觀測，將觀測系統由 GPS 升級為 GNSS。至 2018 年底止共建置與汰換完成 161 座 GNSS 測站。</p>

