

台灣地震研究

蔡義本 / 中央大學地球科學系

一、前言

台灣位於環太平洋地震帶西側一個顯著的環節上，因此地震活動頻繁。自古以來，台灣就常發生大地震，而自明朝末期以來，地方誌、清宮檔案等即屢有記載（方豪，1969；徐泓，1983）。日人據台後於一八九六年設置台北測候所，並自次年陸續在台北、台南、澎湖等地裝置機械式地震儀，開始進行科學化的地震觀測。至一九四一年共計有十七處設有地震儀，觀測站可謂遍布全台。

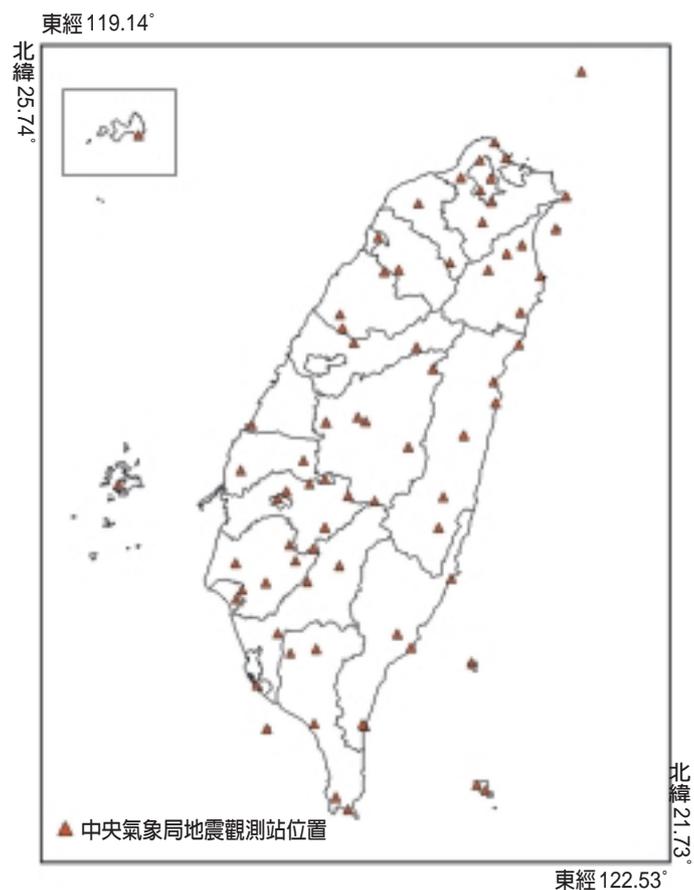
一九四五年台灣光復後，此一地震觀測網仍繼續維持。至一九八四年，始由中央氣象局以現代化高靈敏度的電磁式地震儀取代，並增加測站密度。在此之前，中央研究院地球科學研究所則自一九七二年起，在全台二十五處設置一個台灣遙紀式測震網，由此所測定的地震位置精度大幅改善，而可測地震規模下限則大幅降低。自一九七三年至一九九〇年，它所測定地震依每年四季列載於台灣地震紀錄上。

自一九九〇年十月起，上述中央氣象局測震網與中央研究院測震網合併，由中央氣象局統一管理，目前共有七十四處備有數值型地震儀的測站（Shin and Chang, 1992）。歷年來由中央氣象局測定之台灣地震資料，也是依一年四季列載於該局出版之地震季報上。圖一表示中央氣象局現有台灣地震觀測站分布情形。

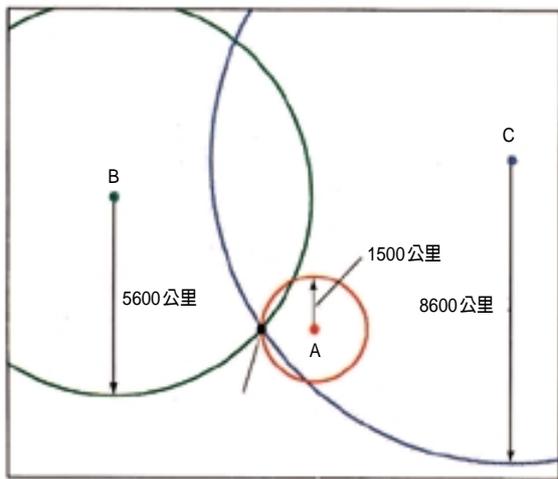
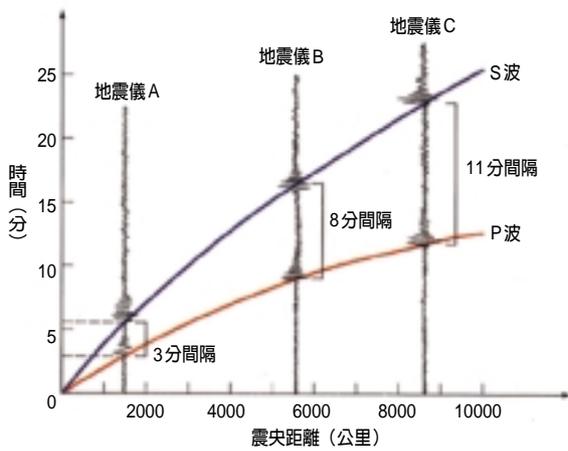
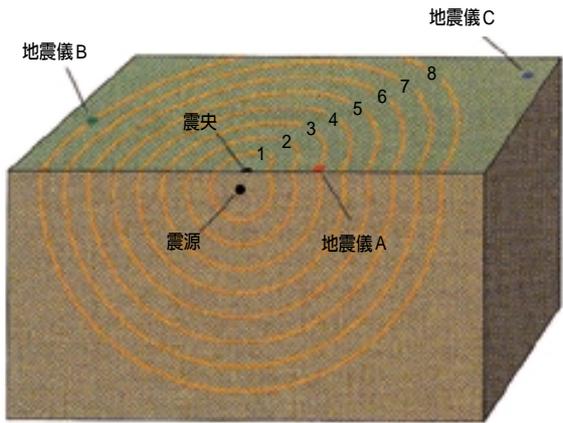
自從一九三三年美國加州長灘地震首次用加速度地震儀記錄到近距離強地動過程以來，美、日等國即陸續進行強地動觀測。相對於前述以高靈敏度地震儀測定微小地震，強地動觀測可說是另類地震觀測，因

為它是針對有感以上的地震才加以記錄。正因為如此，強地動紀錄是研究地震破壞力的最佳數據。

台灣自一九七二年以來，即由中央研究院在全台各地設置加速度地震儀。近年來由於都市建築物及各種工程建設大量增加，位於地震帶上的台灣必須未雨綢繆，使這些結構物具備足夠的耐震性能。另外，最近數年，美、日陸續發生數次災情嚴重的都市直下型地震，更增加結構物必須具備耐震性能的急迫性，因此台灣須有本土性的強地動紀錄資料。中央氣象局於是自一九九二年開始在全台灣九大都會區六四六處密



圖一 中央氣象局地震觀測站位置



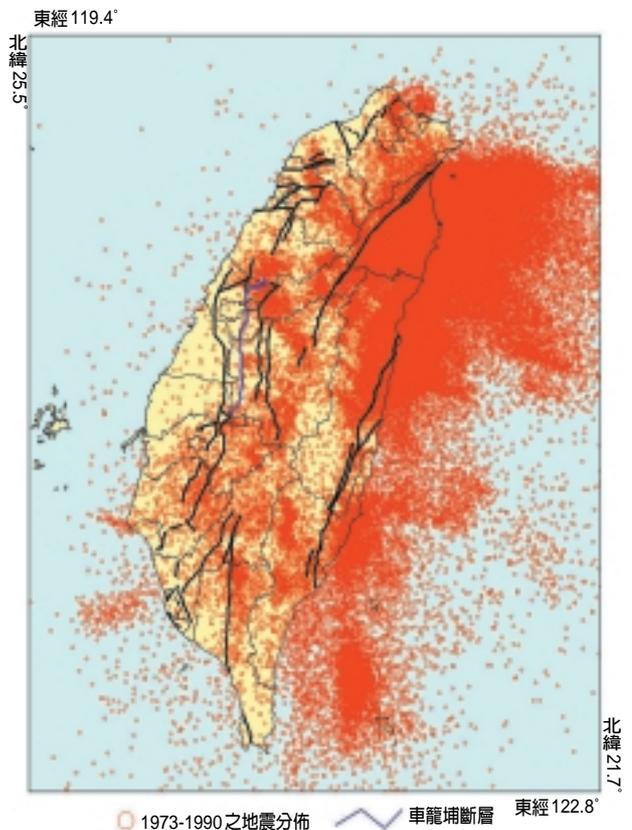
圖三 地震定位的原理

藍線表示。

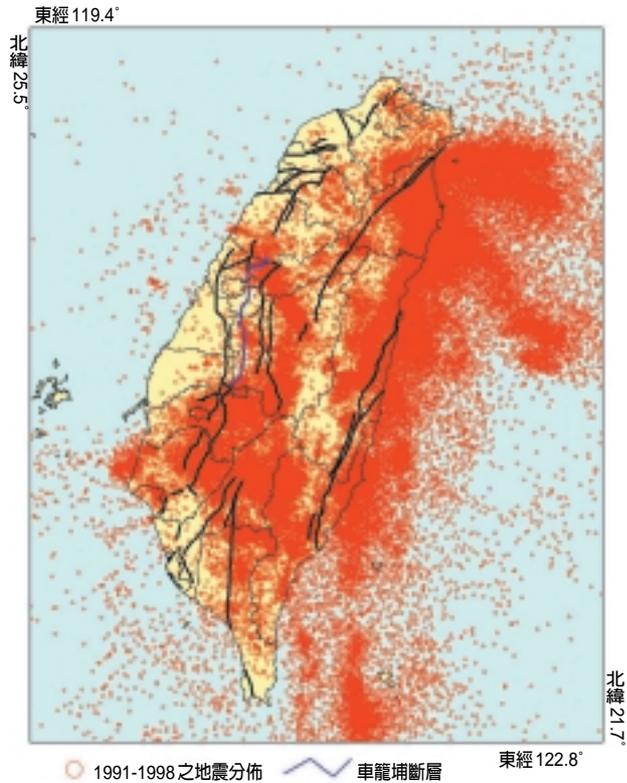
圖五表示一九七三年至一九九〇年間由中央研究院新式地震網所測得的地震分布情形 (Tsai *et al.*, 1973)。當時由於定位精密度大幅改善，且可測地震規模下限降低，因此地震活動資料的品質大為改善。圖中清楚顯示台灣東北部地震活動最頻繁，其它依次是



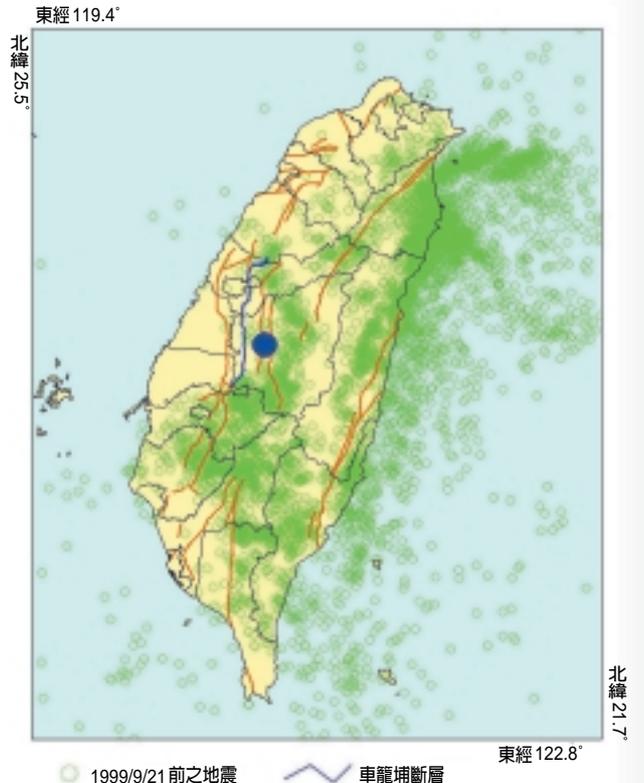
圖四 一九〇〇至一九七二年間台灣地震活動分布情形



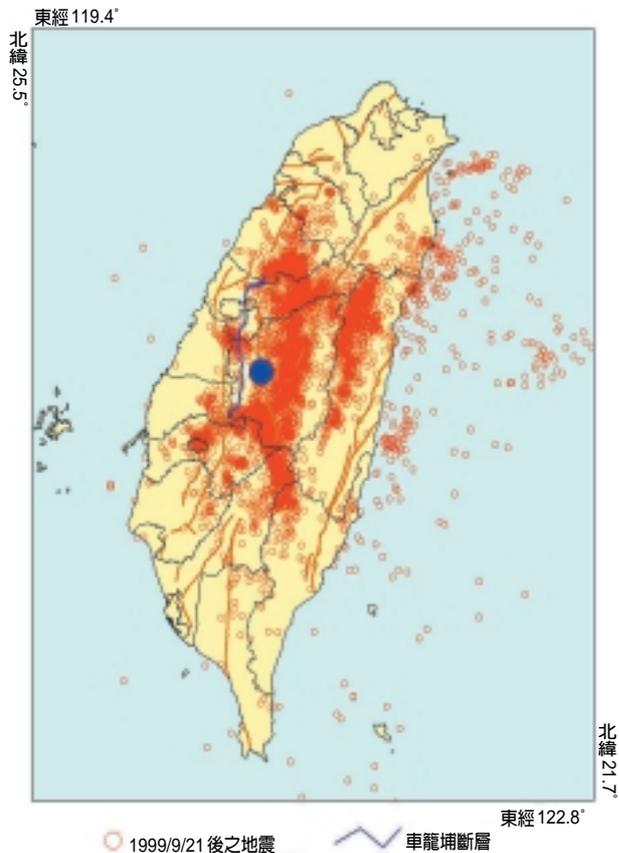
圖五 一九七三至一九九〇年間台灣地震活動分布情形



圖六 一九九一至一九九八年間台灣地震活動分布情形



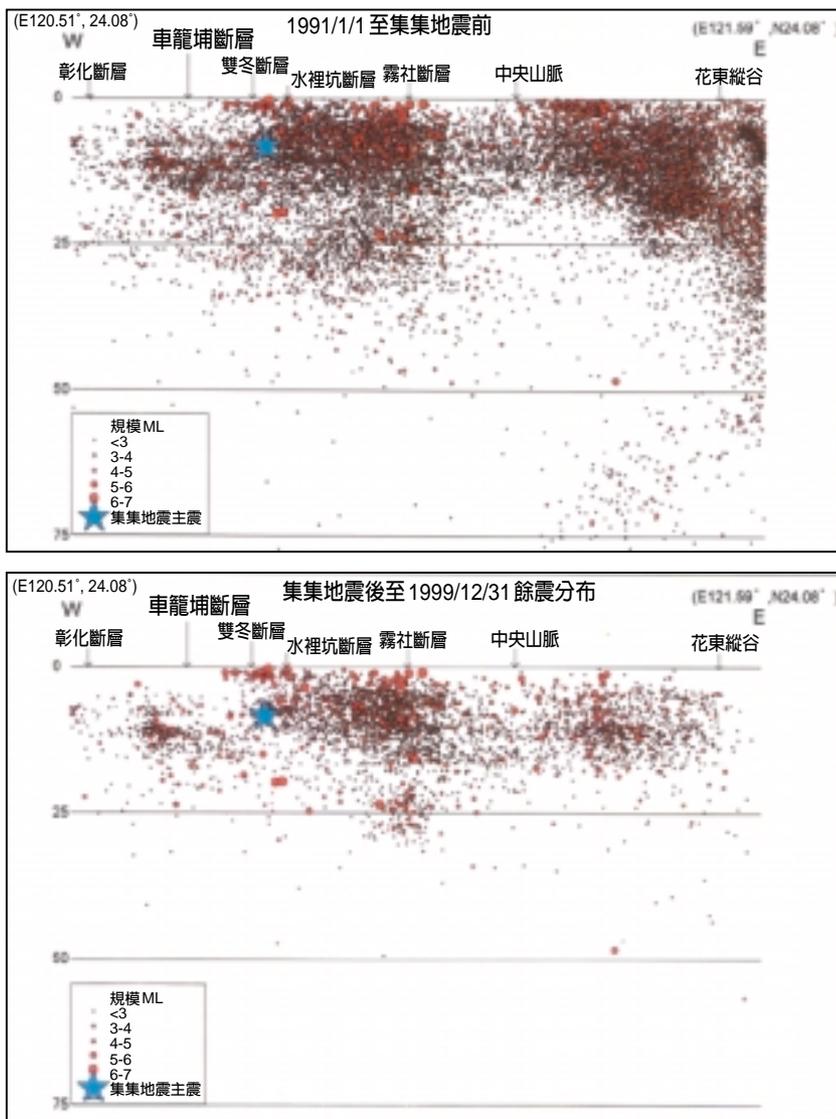
圖七 九二一集集大地震之前地震活動分布情形



圖八 九二一集集大地震之後地震活動分布情形

東南部、西南部和西北部。而彰化、雲林和高雄、屏東沿海地區，以及玉山東北一帶，則是地震活動顯著稀少的地區。

圖六表示一九九一至一九九八年間由中央氣象局合併及擴充後的台灣地震網所測得的地震活動分布情形。由於地震站數大量增加以及紀錄資料數值化，使定位精密度更高，所顯示的地震次數也增多，而地震分布更可精細地顯示出來。例如東北部海域地區可看出有疏密差別。惟總體而言，與前一時期大致相似。圖七表示一九九九年九二一集集大地震前八個多月的地震活動分布情形。它顯示車籠埔斷層附近很少地震活動，這和一九七三至一九九八年間情形相似。此外，由卓蘭至埔里一帶有一密集地震活動帶，另由埔里向西南至南投、嘉義縣界一帶也有地震密集活動情形。由此頗難預料車籠埔斷層會那麼快發生錯動。圖八表示一九九九年九二一集集大地震發生後至二〇〇〇年三月底之地震分布情形。圖中可見九二一地震引發的餘震活動分布極廣，幾乎涵蓋全島三分之一以上面積。其範圍北起新竹、苗栗縣界，南至台東、高雄縣界一帶，而東至花蓮縣西北部，西達彰化斷層東



圖九 九二一集集大地震震源東西向垂直剖面投影的地震分布

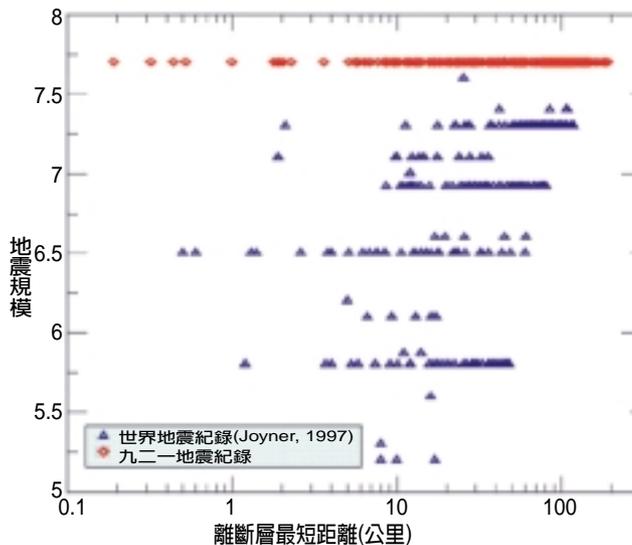
側，向南北延伸以及向東延伸都遠超過車籠埔斷層的長度，可見其影響之大。

圖九表示沿著一個通過九二一集集大地震震源的東西向垂直剖面所投影的地震分布情形。其中上圖為九二一地震前八個多月背景地震活動，而下圖為九二一地震後三個多月的餘震活動。由圖中可見不論九二一地震前後，位於車籠埔斷層與震源之間幾乎完全空白，這是以往其他大地震比較少見的情形。由於車籠埔斷層為一向東傾斜約 30° 的逆衝斷層，若按過去逆衝斷層地震案例，這一地帶應該是餘震較密集之處，而事實並非如此，實在耐人尋味。此外圖中顯示無論九二一地震前後，在震源以東地區都是地震密集發生

地帶，其深度達十二公里左右。另外有一群地震則發生於深度二十五公里一帶。從圖中，也可看到在車籠埔斷層以西及彰化斷層以東地帶，也有一群深度在十二公里左右的地震活動，它是否與彰化斷層有關，值得進一步研究。

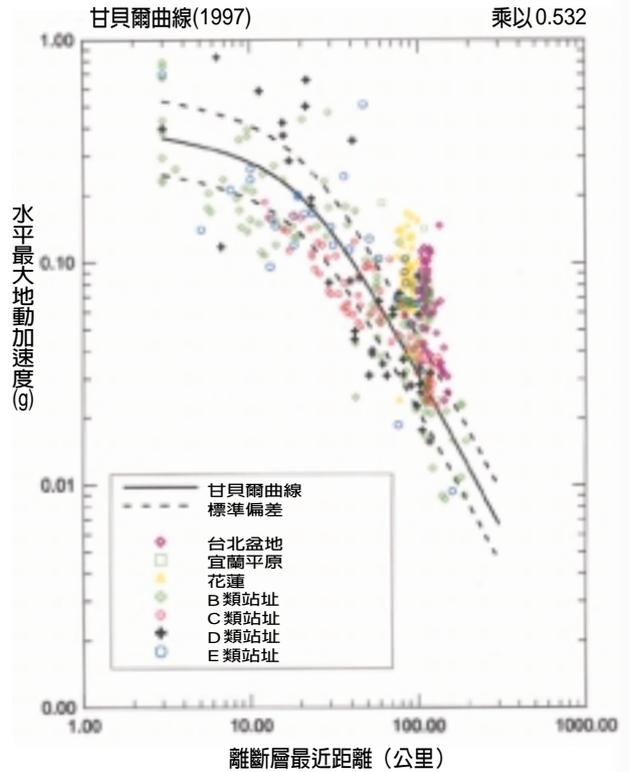
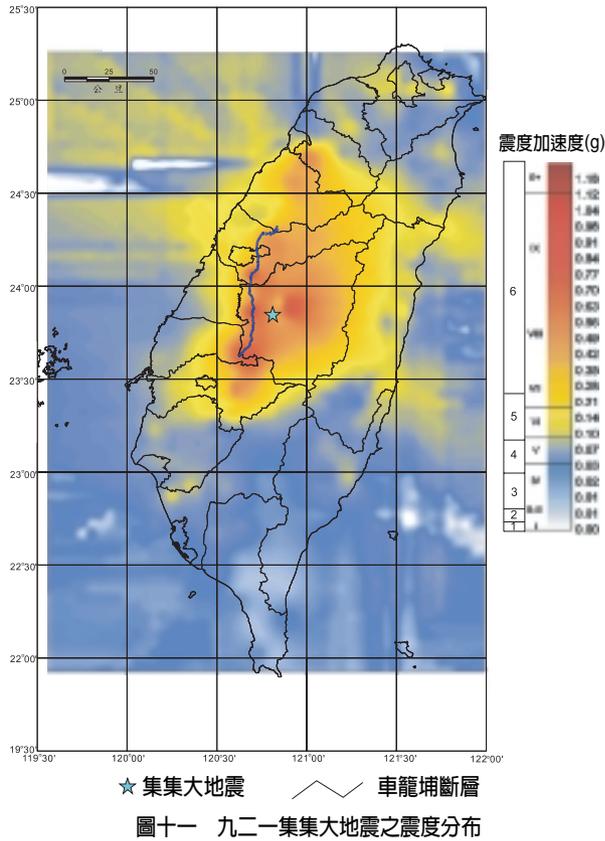
三、強地動觀測

從防震減災的觀點而言，強地動觀測更具有直接意義。這一點可從九二一大地震所收集的強地動加速度記錄資料完整地把九二一地震的震動過程保存下來略見一斑 (Shin *et al.*, 2000)。圖十表示這次地震所收集的記錄大幅充實了全球強地動資料庫，它是迄今規模最大、記錄總數最多的一次地震。也是在斷層近距離地帶內記錄數目最多的一次地震。從這些資料我們能夠更具體的瞭解九二一大地震災情分布特性。圖十一是根據各地所記錄到的最大水平加速度峰值所畫出來的震度分布圖。由圖中可見六級震度區



圖十 九二一集集大地震所收集豐富的強地動資料

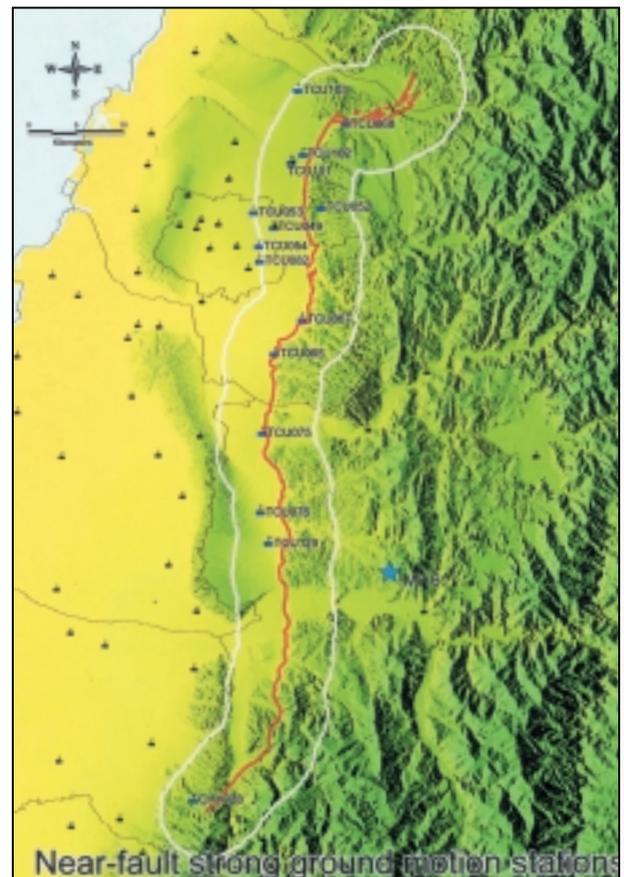
專 題 報 導



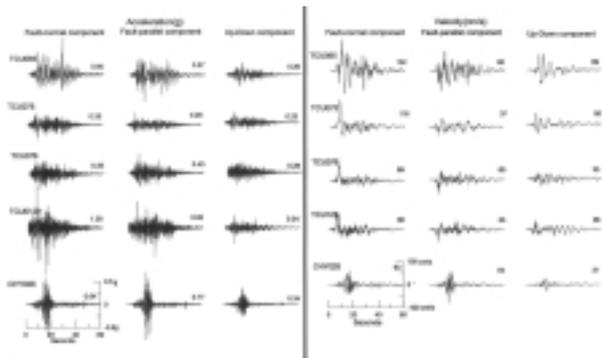
圖十二 九二一大地震水平地動加速度峰值隨距離衰減情形

域涵蓋車籠埔斷層以東的南投、台中、嘉義、雲林、苗栗、新竹等縣山地區域。其面積約占台灣總面積四分之一以上，而這些地區都災情慘重。不過在車籠埔斷層以西人口密集的台中市和沿海地區，以及南部和北部新竹市、桃園、台北縣市、基隆、宜蘭等地都在震度五級以下，除了少數零星地區外，基本上未受重大損失，實為不幸中之大幸。也是九二一集集大地震人員傷亡及財產損失低於日本阪神地震和土耳其地震的最主要原因。圖十二表示水平地動加速度峰值隨距離衰減的情形。圖中顯示六級震度(大於0.25g)大約延伸至距離斷層五十公里以內的上盤地區，而下盤地區則大部分小於六級震度。同時這些資料也顯示加速度值與各種強震儀所在場址地質性質並無顯著的相關現象。然而台北盆地、宜蘭平原以及花蓮一帶較軟弱地盤的加速度值則顯著大於其他相同距離測站，這也是台北盆地傳出有些災情的部分原因。

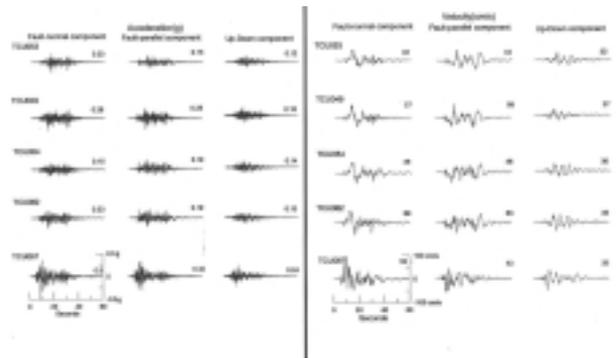
其次九二一集集大地震強地動紀錄資料的另一大特色是沿著斷層附近的紀錄特別多。圖十三表示距離車籠埔斷層兩側五公里範圍內共有十五個測站有紀錄，其中有兩站位於斷層上盤，其餘十三站則位於下



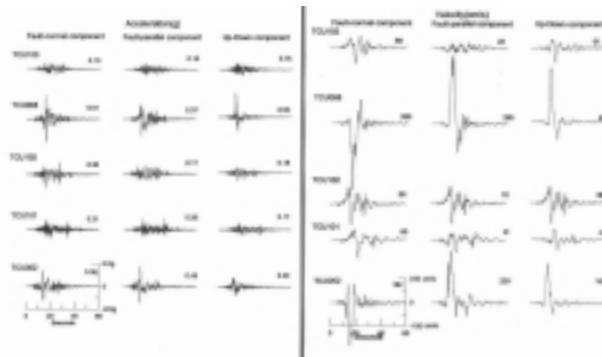
圖十三 車籠埔斷層兩側五公里範圍內強地動測站分布



圖十四a 車籠埔斷層兩側五公里範圍內強地動加速度(左)及速度(右)波形



圖十四b 車籠埔斷層兩側五公里範圍內強地動加速度(左)及速度(右)波形



圖十四c 車籠埔斷層兩側五公里範圍內強地動加速度(左)及速度(右)波形

盤。圖十四 a、b、c 表示由南至北各站所記錄到的三分向量加速度波形及積分後之速度波形。從圖十四 a 可見位於車籠埔斷層最南端的 CHY028 震動時間短促集中，顯示斷層破裂是由震源開始向南擴大，衝向該站而來。另外圖十四 a 中 TCU129 及 TCU076 正位於震源西側，也是車籠埔斷層開始破裂之處，它們的加速度和速度波形也和稍北方的 TCU075 十分相似。在稍北的 TCU065 及 TCU067 位於車籠埔斷層向東轉折之處，它們的加速度和速度波形較為複雜且與在它南側和北側兩端之波形都極為不同。接下來在 TCU082、TCU054、TCU049、TCU053、TCU101、TCU102、TCU103 等下盤測站所記錄之加速度與速度波形都十分相似。反之，位於上盤之 TCU052 及 TCU068 則有顯著不同之加速度和速度波形，後者尤為突出。總之，車籠埔斷層從震源開始破裂之後向北擴大過程中，位在下盤三個不同地段所引起之地動加速度和速度波形都各有特色，且互相區別。這也充分顯示在逆斷層附近的強地動性質變化多端。而位於北端上盤之速度波形則形成顯著的脈衝波，具有特殊的

破壞力。

最近數年，中央氣象局另外發展一套台灣地震速報系統 (Wu *et al.*, 1997 ; Wu *et al.*, 1998 ; Wu, 1999)。它是由設置於各個地震觀測站的加速度地震儀為骨幹所構成。該系統在九二一大地震發生後一〇二秒內即快速可靠地測定震源位置、地震規模和各地震度，創下速報成功先例，連美國專家都自嘆不如 (圖十五)。

該地震速報系統不僅對九二一大地震主震提供速報服務之外，它也對後來陸續發生的許多有感餘震都能在六十秒以內提供快速可靠的地震報告，對於安定民心和遏止謠言發揮重要功能。

四、結語

台灣因位於菲律賓海板塊和歐亞大陸板塊相互激烈碰撞的邊界上，因此地震頻繁。由於近年來中央氣象局積極強化觀測地震活動的測震網，並且密集設置自由場加速度儀和地震速報系統，因而提供地震學界及一般社會大眾及時而可靠的地震資訊，其價值在九二一大地震時獲得充分肯定。今後從不斷累積的地震活動精密的資料中，希望能夠發現地震活動的規律，最後達到地震預測的目標。

關於自由場加速度儀所提供之地動加速度記錄資料，已被用來分析地震災情、制訂地震設計譜、乃至於進行地震速報作業等多方面應用，為地震學及地震工程學界提供豐富寶貴的研究素材。尤其是九二一大地震及其餘震所帶來的強地動資料，更是世界少有。

台灣地震科技 美自嘆不如

102秒就掌握震央、強度等數據 美卻需花3小時 我氣象局希望未來60秒就OK

內亮／華盛頓報導
台灣的地震科技水準今天在美國國會公聽會上受到相當高的評價。美國「地震資訊中心」負責人並且表示，美國在地震科技研究上值得向台灣學習。

美國眾院科學委員會今天舉行公聽會探討從最近的台灣、土耳其與墨西哥大地震救災中美國所能學到之心得，而台灣在地震科技水準上的表現受到美國專家相當正面的評價。

美國內政部「地震資訊中心」主任皮爾森在作證時指出，台灣具有現代化的地震資訊系統，並且擁有一千具地震記錄儀，高居全球之首。而且「台灣地震中心」在這些先進設備下能在102秒之中就已可掌握各種數據，包括地震區域、震央、深度、強度等，比美國地震資訊中心需時三小時要高明得多。

同時，台灣的資訊系統又可自動即時製作出全島的地震搖

晃地圖，並預估出震動之嚴重度以及損害之程度。而這類地圖對於緊急救護工作極重要，在這方面，皮氏表示美國「遺落在台灣之後」。

維州費城的救護隊隊長塔米洛也在作證時指出，他們這次前往台灣救災之前曾接受斗六緊急中心負責人所提供的簡報，包括震場建築物、房屋結構以及市區地圖等全部資訊，這對外來救護隊很有幫助。

不過，塔氏也不無遺憾地表

示，美國救護隊具有進行最複雜的搜救行動能力，要發揮最大的功效「是必須要找到適合避之地方」才是，可惜的是美國隊被派到斗六，那裡只有六棟建築物倒塌而其救護工作也在那一天就已做完。「我們應該被派到一個災情最嚴重的地區約」。

這個公聽會顯示台灣在地震資訊與技術上都相當先進，至於災後搶救則可能與政府的「統籌與整合」能力有關。

蕭以書／台北報導

針對美國眾議院公聽會中，美國地震專家對台灣地震測報科技給予高度肯定，中央氣象

局副局長辛在動表示感謝，並且表示將會繼續努力，縮短地震測報的時間，在強烈發生時，能爭取更多救災的時間。

辛在動指出，目前台灣擁有接近1200具的地震記錄儀，密度的確是世界第一，在地震測報時間點的掌握上，也以世界第一。

辛在動指出，目前氣象局正進行地震測報系統，預計在民國92年完成。未來希望所有的地震都能在60秒中完成所有的計算，而在某些特別地區（如強烈易發生地區），測報系統希望能在20—30秒中計算出地震震元。

圖十五 台灣地震科技獲得國際肯定(資料來源：中時晚報 1999, 10, 21)

今後國內、國外學者必能利用這些數據資料獲得良好的研究進展，以減少地震災害，造福人群。

誌謝

本文在國科會專案研究計畫NSC89-2625-Z-008-007支助下完成。感謝黃明偉先生及趙曉玲小姐協助製圖及完稿工作。中央氣象局提供寶貴的地震活動和強地動紀錄資料，在此一併致謝。

參考文獻

方豪 (1969)，二十世紀以前台灣地震記錄彙考，方豪六十自訂稿，頁693-737，聯經出版公司，台北。

徐泓 (1983)，清代台灣天然災害史料彙編，行政院國學委員會防災科技研究報告72-01號，頁114。

Hsu, M. T. (1971) Seismicity of Taiwan and some related problems, *Bull. Intl. Inst. Seism. Earthquake Eng.*, **8**, 41-160.

Liu, K. S, T. C. Shin and Y. B. Tsai (1999) A free-field strong motion network in Taiwan: TSMIP, *TAO*, **10**(2), 377-396.

Shin, T. C. and Z. S. Chang (1992) Earthquakes in 1992, *Meteorol. Bull., Central Weather Bureau*, **38**, 218-232.

Shin, T. C., K. W. Kuo, W. H. K. Lee, T. L. Teng and Y. B. Tsai (2000) A Preliminary report on the 1999 Chi-Chi (Taiwan) earthquake, *Seismological Research Letter*, **71**(1), 25-30.

Tsai, Y. B., T. L. Teng, Y. M. Hsiung and C. M. Lo (1973) New seismic data of Taiwan region, *Ann. Rept. Inst. Phys. Academia Sinica*, 223-237.

Wu, Y.M., T. C. Shin, C. C. Chen, Y. B. Tsai, W. H. K. Lee and T. L. Teng (1997) Taiwan rapid earthquake information release system, *Seismological Research Letters*, **68**(6), 931-943.

Wu, Y. M, T. C. Shin, and Y. B. Tsai (1998) Quick and reliable determination of magnitude for seismic early warning, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **88**(5), 1254-1259.

Wu, Y. M. (1999) Development of Real-time Earthquake Reporting and Warning Systems-Taiwan experience, Ph. D. Thesis, Institute of Geophysics, National Central University, Chung-Li, Taiwan, p. 152.

(收稿日期：89年7月28日；接受刊登：89年8月18日)