

交通部中央氣象局

委託研究計畫(期中/期末)成果報告

臺灣地區地震潛勢評估之研究(II)

計畫類別：氣象 海象 地震

計畫編號：MOTC-CWB-101-E-02

執行期間：101年1月1日至101年12月31日

計畫主持人：溫國樑

執行機構：國立中央大學

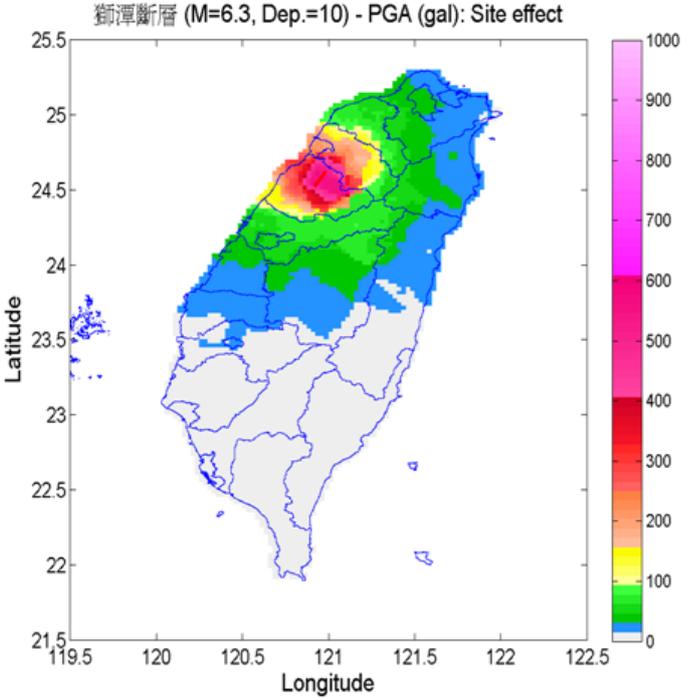
本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

- 赴國外出差或研習心得報告1份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告1份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各1份

中華民國101年11月25日

政府研究計畫(期中/期末)報告摘要資料表

計畫中文名稱	臺灣地區地震潛勢評估之研究(II)		
計畫編號	MOTC-CWB-101-E-02		
主管機關	交通部中央氣象局		
執行機構	國立中央大學		
年度	101	執行期間	101年1月1日至101年12月31日
本期經費 (單位：千元)	350		
執行進度	預定(%)	實際(%)	比較(%)
	100		
經費支用	預定(千元)	實際(千元)	支用率(%)
	350		
研究人員	計畫主持人	協同主持人	研究助理
	溫國樑		吳子修
			陳俊德
			黃雋彥
報告頁數		使用語言	
中英文關鍵詞	區域震源、斷層震源、強地動分佈圖 Regional Source, Fault Source, Shake Map		
研究目的	<p>臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊之碰撞與隱沒地帶，地震活動十分頻繁，尤其臺灣西部麓山帶的斷層多為活動性極高的新生斷層，對人口密集的都會區將會構成極嚴重的威脅，因此在臺灣從事地震潛勢研究是十分重要的事。本計畫首先將地震分為區域震源及斷層震源兩部分，分別建立發生機率模型，並計算未來可能發生機率。本計畫最後以最大地表加速度衰減模式做為強地動的評估模式，推估地區可能潛在震源之強地動分佈圖。本計畫的研究成果，將可以用來瞭解臺灣地區的地震潛勢威脅。</p>		
研究成果	<p>本計畫分兩年進行，第一年在建立臺灣區域震源發生機率模式，分別完成淺震源七分區、深震源四分區之可能致災地震規模之未來發生機率（分別計算大分區、網格化發生機率）。第二年（今年度）建立斷層的未來發生機率模式，並篩選中央地質調查所公布第一類活動斷層參數比較完整的斷層，進行評</p>		

	<p>估在未來的發生機率。另外，本計畫以最大地表加速度衰減模式做為強地動的評估模式，並以大臺北地區為示範區說明如何推估地區可能潛在震源及其強地動分佈圖。</p>  <p>圖 1. 最大地表加速度衰減模式評估斷層錯動後之強地動分佈</p>
<p>具體落實應用情形</p>	<p>本計畫以統計方式分別計算臺灣區域震源及活動斷層震源的未來發生機率。此外，本計畫以最大地表加速度衰減模式做為強地動的評估模式，並以大臺北地區為示範區說明如何推估地區可能潛在震源及其強地動分佈圖。本計畫的研究成果，將可以用來瞭解臺灣地區的地震潛勢威脅，更可以做為未來進行地震防災及救災規劃時的參考。最後，本研究建立分析模型，未來隨著地震記錄的增加或活動斷層參數的更新，可以重新進行評估以獲得更可靠的結果。</p>
<p>計畫變更說明</p>	<p>無</p>
<p>落後原因</p>	<p>無</p>
<p>檢討與建議 (變更或落後之因應對策)</p>	<p>無</p>

(以下接全文報告)

目 錄

目 錄.....	3
表 錄.....	4
圖 錄.....	4
摘 要.....	6
第一章 前 言	8
1.1 研究動機	8
1.2 研究流程與範疇	8
第二章 臺灣地區地震活動觀測與斷層調查	12
2.1 臺灣地體構造	12
2.2 臺灣地區地震活動觀測	13
2.3 臺灣地區斷層調查	13
第三章 斷層震源發生機率	18
3.1 斷層發生機率分析流程與模式.....	18
3.2 斷層震源發生機率之評估.....	21
第四章 加速度衰減模式之強地動預估	26
4.1 參考的最大地表加速度衰減模式	26
4.2 場址特性的修正函數	27
4.3 兩階段的強地動預估方法	28
第五章 大臺北示範區的強地動預估	34
5.1 大臺北地區的可能潛在震源	34
5.2 大臺北地區之強地動預估	35
第六章 結論與建議	40
參考文獻.....	41

表 錄

表 3.1 第一類活動斷層參數 (部分活動斷層)	22
表 3.2 第一類活動斷層(假設 COV=0.3)在未來 30 年發生機率	23
表 3.3 第一類活動斷層(假設 COV=0.3)在未來 50 年發生機率	23
表 3.4 第一類活動斷層(假設 COV=0.5)在未來 30 年發生機率	24
表 3.5 第一類活動斷層(假設 COV=0.5)在未來 50 年發生機率	24
表 4.1 簡文郁 (2001) 衰減模式係數與誤差之標準偏差分析結果	29
表 5.1 大臺北地區的歷史災害地震	36

圖 錄

圖 1.1 臺灣地體構造圖	10
圖 1.2 臺灣地區三維地體構造及震源分佈圖	10
圖 1.3 臺灣百年來之災害地震震央分佈圖(1901~2000)	11
圖 2.1 氣象局 TSMIP 自由場強震站及結構物強震監測系統	15
圖 2.2 臺灣地區主要地震目錄涵蓋時間與地震規模	16
圖 2.3 中央地質調查所發佈之臺灣活動斷層圖	17
圖 3.1 斷層震源的發生機率分析流程及步驟	25
圖 3.2 未來發生機率計算模型	25
圖 4.1 中央氣象局自由場強震站及中央研究院山區強震站位置圖	29
圖 4.2 測站正規化誤差殘值分別對地震規模與震源距離之比較	30
圖 4.3 測站誤差統計分析之正規化誤差殘值對 PGA 值之關係	30
圖 4.4 即時站實測值與第一階段計算結果比較及其修正函數	30
圖 4.5 過去災害地震與第一階段、第二階段加速度預測值之比較	31
圖 5.1 大臺北地區的歷史災害地震分佈圖	36
圖 5.2 區域震源(淺震源)規模大於等於 7.0 在未來 50 年發生機率	37
圖 5.3 大臺北地區可能潛在的活動斷層震源	37
圖 5.4 直下型地震的境況模擬 Shakemap	38
圖 5.5 遠距離斷層震源的境況模擬 Shakemap	38

圖 5.6 遠距離點震源的境況模擬 Shakemap.....39

臺灣地區地震潛勢評估之研究(II)

溫國樑
國立中央大學

摘 要

臺灣位於歐亞板塊及菲律賓海板塊間的弧陸碰撞帶上，由於板塊間的碰撞擠壓作用，使得臺灣地震活動相當頻繁，在1999年9月21日集集地震後，使得國內各界對於地震預測相關研究產生高度重視，但由於對地震發生機制還未徹底了解，導致地震準確預測之研究困難度極高，因此在進行地震預測研究同時，各界也試著以地震發生機率作為未來地震防災規劃參考。本研究將地震分為區域震源及斷層震源兩部分，並以統計方式分別計算臺灣區域震源及斷層震源的發生機率。在區域震源方面，藉由中央氣象局之地震目錄，並假設地震的發生遵循柏松過程，且對地震目錄去除各主震之餘震，並藉由震源分區，將某特定地區內的地震做統計分析，並考慮地震之靜待期，找出地震再現週期，建立地震發生機率模型，並計算在未來10年至50年內可能發生機率。在斷層震源方面，藉由中央地質調查所的第一類活動斷層資料，建立各斷層之發生機率模型，並計算活動斷層未來的發生機率。最後，本研究以最大地表加速度衰減模式做為強地動的評估模式，並採用兩階段的強地動預估步驟，以求得較佳地表加速度的預測。本計畫的研究結果，將可以提供防災相關單位作為參考及應用。

關鍵字：區域震源、斷層震源、強地動分佈圖

Taiwan located on an arc and continent collision zone, which is between the boundary of Eurasian plate and Philippine Sea plate. And the seismicity rate is very high in Taiwan region. Especially, after a disaster earthquake on September 21st, 1999, the earthquake prediction subject became popular. But there were still some difficult problem; due to earthquake occurred mechanism was not clear enough for us. To take it over, calculating the probabilities of potential earthquake turn into an important issue for disaster reduction. So statistic methods were used to analyze the probabilities of potential earthquakes. The results can provide for long-term seismic hazard estimation. In this study, we separated the earthquake source into regional and fault sources. For regional sources, the earthquake catalog from Central Weather Bureau will divide into several source regions. And all the earthquakes will follow the Poisson process was assumed. After removing the aftershock sequence, recurrence periods for each source region will be calculated. And the results can construct the earthquake occurrence probability model, which including ten to fifty years probabilities. For fault sources, we refer to the active fault parameters investigated by the Central Geological Survey, MOEA, set up the earthquake probability model, and calculated the probabilities of fault. Finally, we used two step method to predict the best results of PGA shakemap. The main factors that affect the attenuation relationship are the existence of site effects. It is believed that the systematic bias

mainly comes from the site effects. Therefore, it is necessary to take account of the site effects in applying the attenuation relationship of PGA, and the results in estimation of seismic hazard will be improved. The results of this study can be provided as a reference for disaster reduction project in government organizations.

Key Word: Regional Source, Fault Source, Shake Map

第一章 前言

臺灣的地理位置處於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊相互碰撞之交界帶，是一典型板塊碰撞下所產生之大陸邊緣島嶼(圖1.1)，每年平均發生的地震超過15000次；地震頻繁。從三維的角度來看，由臺灣地區的地震震源分佈可明顯看出地殼板塊間相互的關係(圖1.2)。根據過去歷史的記載，臺灣在近百年來曾經發生過多次災害性大地震，造成大量人員傷亡以及財產損失，例如1906年梅山地震、1935年新竹—臺中地震、1941年中埔地震、1951年花東縱谷地震、1964年白河地震、1986年花蓮地震以及令人印象深刻的1999年集集地震等(圖1.3)。如此多的災害性地震重複發生，顯示臺灣這個島嶼實為地殼活動非常劇烈的一個區域，而且隨著經濟建設的迅速發展，高樓大廈林立，各大都會區人口密度不斷提高，更大幅增加地震對於人民生命財產的威脅，在臺灣地區從事地震觀測和地震研究是非常重要的事。

1.1 研究動機

地震精準預測研究的困難度與挑戰性相當高。因此持續進行地震精準預測研究的同時，各界也嘗試以地震工程的觀點進行地震潛勢預測，以機率來顯示地震災害潛勢，並做為地震防災規劃之參考。例如，日本地震調查委員會(2002)制作「綜觀全國地震預測地圖」，其針對日本98條主要活動斷層中的37條及20個海溝地帶評估可能之地震規模與發生率，其分佈提供該國國土規劃與地震防災規劃之參考。而美國地質調查所(USGS, 2003)也完成加州地區的地震潛勢圖，調查加州地區的地震發生率，對都會區地震防災有重要之參考價值。而國內學者(溫國樑等, 2005)亦研究臺灣地區的地震發生機率及強地動模擬，許京穎(2008)與詹皓凱(2008)亦進行相關研究。本研究之目的即希望藉由目前中央氣象局的地震觀測與中央地質調查所活動斷層之調查成果，分別建立區域震源與斷層震源之地震機率模型，並計算各區域及活動斷層於未來的發生機率。最後，並以最大地表加速度衰減模式(Attenuation Law)做為強地動的評估模式，並以大臺北示範區為例說明如何推估地區可能潛在震源及其強地動分佈圖。本計畫的研究成果，將可以用來瞭解臺灣地區的地震潛勢威脅，更可以做為未來進行地震防災及救災規劃時的參考。

1.2 研究流程與範疇

一般而言，造成地表錯動或破裂的活動斷層地震所呈現出地震規模與再現期可視為可預期的現象，被稱為特徵地震(Characteristic Earthquake)，而除活動斷層破裂至地表所引發之地震外，區域震源型態乃包括規模較大但深度較深或規模小之地震，使得地層斷裂面隱於地下無法延伸至地表，亦即一般所稱的盲斷層，所有不屬於活動斷層的震源均可歸類為區域震源(Regional Source)。本計

畫第一年主要採用中央氣象局建置之地震目錄，計算臺灣區域震源之未來10-50年的可能發生機率。計畫第二年（今年度）針對中央地質調查所公布的活動斷層資料，調查臺灣活動斷層的未來的發生機率。有關分析斷層震源的未來發生機率部份，其研究方法及進行步驟如下：

1. 蒐集經濟部中央地質調查所公布的第一類活動斷層資料，篩選斷層參數比較完整的斷層進行分析。
2. 評估各斷層的參數，如斷層的可能的最大規模、再現週期（Return Period）及最近一次活動時間。
3. 建立斷層發生機率模型，配合斷層的再現週期，並考慮地震之靜待期（現在距離上一次斷層活動的時間），建立條件機率的發生模型。
4. 計算活動斷層在未來的發生機率。

最後，本計畫利用最大地表加速度衰減模式進行強地動預估，由前人的研究得知沖積層或盆地地形會產生震波放大現象，由於臺灣的都會區大多都為沖積層或盆地地形，分析時必須考慮到場址放大效應之影響。因此本研究採用二階段的強地動預估，其研究方法及進行步驟：

1. 蒐集加速度衰減模式（Attenuation Law）。
2. 選取加速度衰減模式進行強地動預估。
3. 進行場址效應（Site Effect）修正。
4. 推估可能潛在震源之強地動分佈圖（Shake Map）。

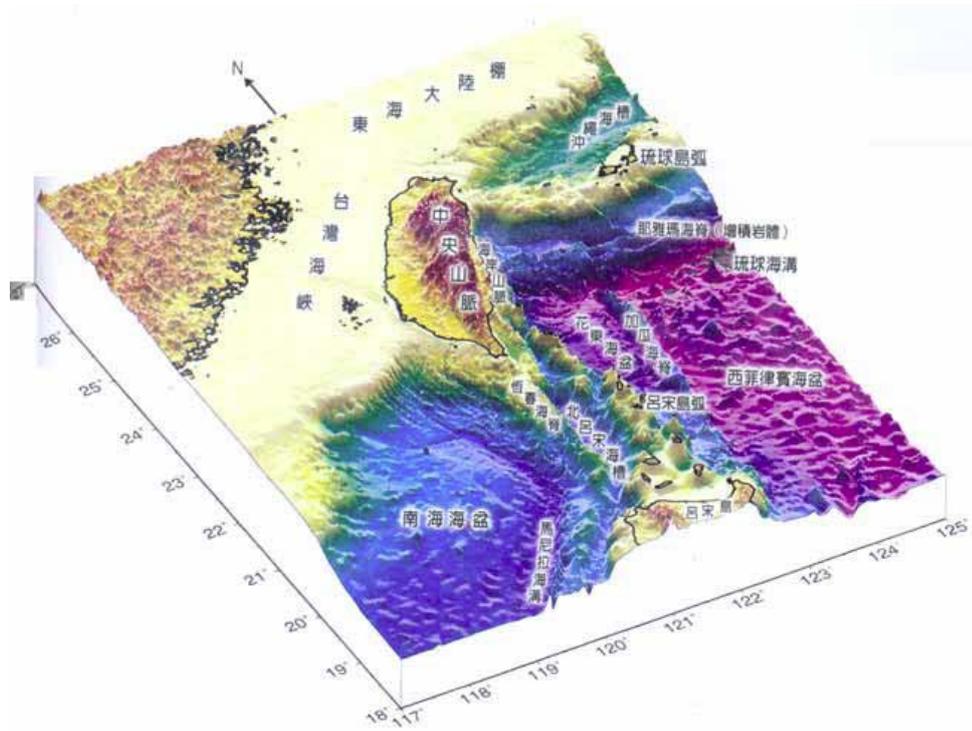


圖 1.1 臺灣地體構造圖 (資料來源：國家海洋科學研究中心)

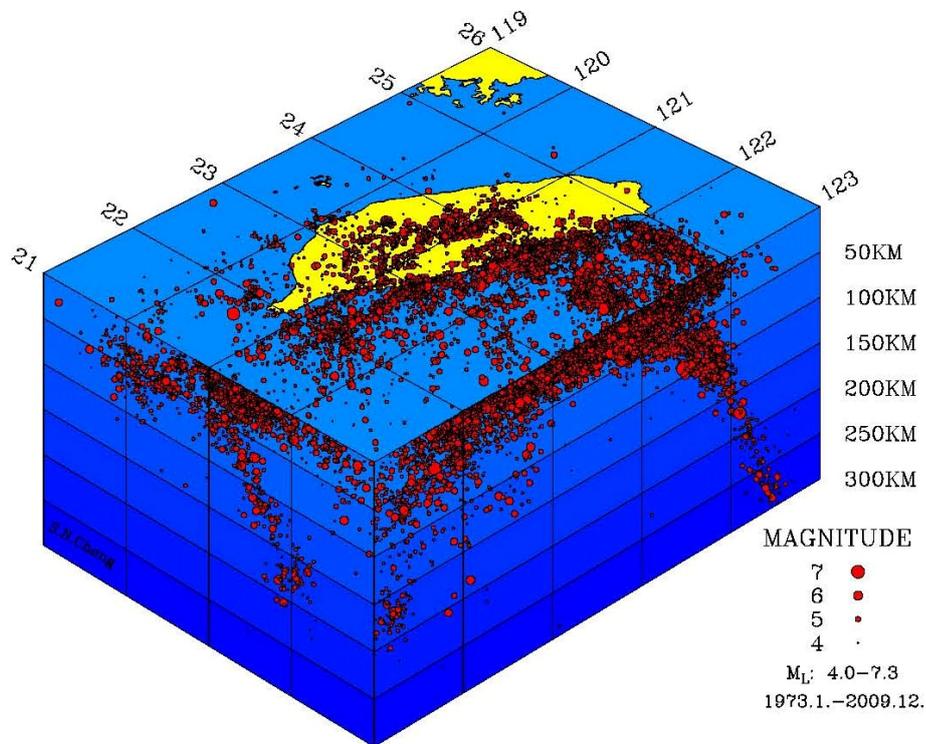


圖 1.2 臺灣地區三維地體構造及震源分佈圖 (資料來源：鄭世楠等, 2010)

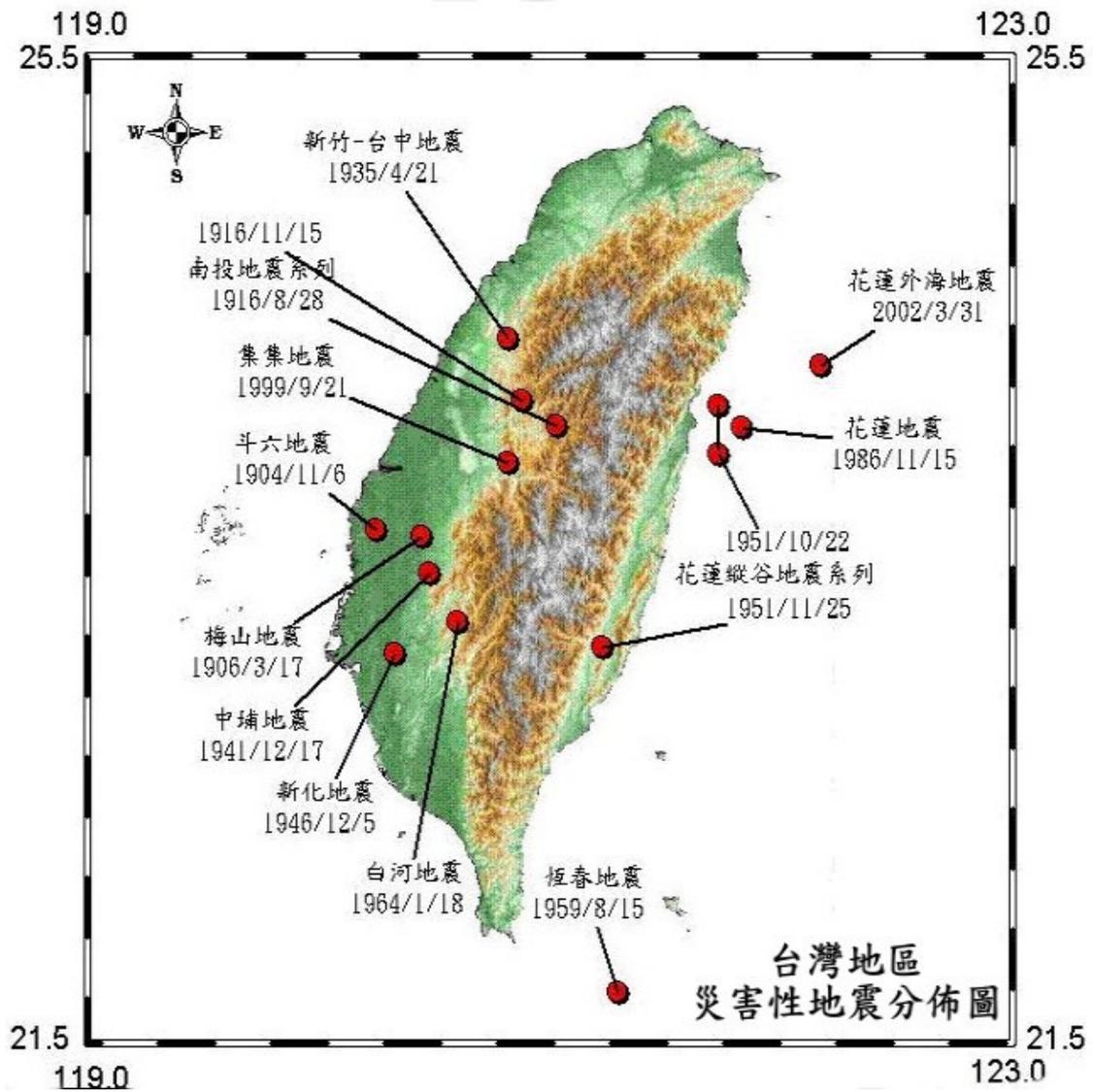


圖 1.3 臺灣百年來之災害地震震央分佈圖 (1900~2000 年以來,中央氣象局)

第二章 臺灣地區地震活動觀測與斷層調查

臺灣地區從事地震觀測和地震研究是非常重要的事。因此中央氣象局積極推動臺灣強地動觀測計劃 (Taiwan Strong Motion Instrumentation Program, TSMIP)，中央地質調查所 (Central Geological Survey, CGS) 也積極針對臺灣活動斷層之地質、斷層特性進行一系列調查。本研究藉由目前中央氣象局所擁有的地震資料庫與中央地質調查所活動斷層之調查參數，分別建立區域震源與斷層震源之地震機率模型，並計算各區域及活動斷層於未來的發生機率。

2.1 臺灣地體構造

臺灣坐落於太平洋西岸弧狀列嶼中，呂宋島弧與琉球島弧銜接之處，臺灣島是因呂宋島弧與亞洲大陸碰撞後擠壓隆起的一個年輕島嶼。臺灣島的中央山脈及中央山脈以西地區代表亞洲大陸邊緣被擠壓隆起的部份，臺灣東部的海岸山脈則代表呂宋島弧撞上臺灣島的部份，而臺東縱谷即是此種弧陸碰撞的縫合處在地面上的位置。由於弧陸碰撞的結果，臺灣地區地殼變動激烈，地震頻繁，在東北部，包含呂宋島弧在內之菲律賓海板塊隱沒到屬歐亞大陸板塊的琉球島弧底下。在東南部，南中國海亞板塊隱沒至菲律賓海板塊之下。在臺灣的中心部位，呂宋島弧則直接與歐亞大陸發生碰撞。目前菲律賓海板塊仍以每年約8公分的速率向西北移動，其與歐亞板塊之間的隱沒、衝撞、擠壓，使得臺灣島形成縱向的逆衝斷層，花東縱谷大致位於板塊交界處。受到大地應力的擠壓，臺灣的地層容易產生逆衝性的斷裂，這些斷裂隨時都可能再度錯動，並引發地震活動，尤其臺灣西部麓山帶的斷層多為活動性較高的新生斷層，對於鄰近都會區的影響不容忽視。

臺灣地區每年發生之地震在空間上之分佈大致相同，地震主要係發生在板塊接觸地帶暨隱沒板塊之內部。總體來看，臺灣的地震帶主要分佈在三個區域：東北部地震帶、東部地震帶及西部地震帶。東北部地震帶自琉球群島向西南延伸，經宜蘭、蘭陽溪上游至花蓮附近，震源深度從淺層延伸到300公里深。東部地震帶北起宜蘭東北海底向南南西延伸經過花蓮，新港至臺東，並可一直延伸到呂宋島，此帶北端自宜蘭與環太平洋地震帶延伸至西太平洋海底相連，南端幾乎與菲律賓地震帶相接，整體呈現近似弧形並面朝太平洋，亦和臺灣島相平行，此區的特徵為地震次數多，且通常震源較西部地震帶為深。西部地震帶自臺北南方經臺中、嘉義而至臺南，大致與島軸平行。地震發生頻率較低，且以深度約在20公里以內的淺源地震居多，容易造成地面劇烈錯動，因之地震災害較大，而且餘震次數也較多。

臺灣每年發生上萬次地震，根據近十年中央氣象局對地震密集觀測的結果，顯見板塊擠壓運動仍持續且活躍的進行中，每個地震帶內發生的地震有著不同的活動特性及發震型態，瞭解一個區域之地體構造將有助於評估此區域之地震潛能。

2.2 臺灣地區地震活動觀測

有關臺灣地區的地震資料大體上可分為兩類：第一類是儀器觀測以前的文字敘述資料；第二類是利用儀器觀測所得的數據資料。關於第一類的地震資料，來自各種歷史書籍及文獻中有關的文字記載。例如在臺灣志略、諸羅縣志、淡水廳志等各種地方志，清代地震檔案史料、福建臺灣奏摺、同治甲戌日兵侵臺始末等各種檔案、實錄及奏摺，巴達維亞城日記、臺灣中部碑文集成等筆記、碑文及文集中均可找到大地震震災之記載。由於無儀器可供觀測紀錄之用，這些文獻對於大地震的記述均以個人的觀感及調查為憑，人為的主觀因素較重，缺乏客觀的統一標準。對於地震大小、強弱的判定，受人口分佈的影響很大，並且所做的記載大多是零星片段的文字敘述，只能作為定性上的參考，此類的歷史地震資料最早可追溯至明朝萬曆三十二年（西元1604年）（鄭世楠與葉永田, 1989）。

交通部中央氣象局自1897年12月在臺北裝設了第一部地震儀後，臺灣地區才開啟了地震紀錄科學化的時代。氣象局在臺灣安裝地震儀開始之初期，地震儀數量少且放大倍率低，因此只能記錄到會引致災害的大地震（ $M_L \geq 5.5$ ），故1935年以前小規模（ $M_L < 5.5$ ）的地震紀錄並不完整。然而，從1936至1975年間 M_L 4.0的地震已可完整的被記錄到，但此時期之地震儀的精密度仍不足以記錄到所有小規模地震，因此僅有地震規模5.0以上之紀錄才是可靠而完整的。1976年以後由於臺灣地區強震網之佈設及儀器精度提昇，已可完整而可靠地記錄到規模4.0以上之地震紀錄。1990年以後，除了CWBSN即時遙記式地震觀測全面作業，嚴密監測全島之地震外：為了收集都會區的強地動資料，瞭解地震在不同人口密集地區或不同結構物內之振動特性，推動「臺灣強地動觀測計畫」（TSMIP），建置600部以上的自由場地震儀器（圖2.1），定位的準確性提升很多，而且大小地震都能收錄，已可完整而可靠地記錄到規模2.0之地震紀錄。由臺灣地區地震觀測網所收錄的資料而整理出的地震目錄相當多，但各個目錄所涵蓋的時間範圍不同，完成的時間背景亦不相同，故用來描述地震大小的標準亦不一致。由於以上各個地震目錄所涵蓋的時間不一，用來描述地震大小的尺度亦不盡相同，甚至使用同樣的近震規模亦有差異，圖2.2為臺灣地區主要地震目錄涵蓋時間與地震規模。中央氣象局（2010年12月）目前已重新校正地震目錄（重新校正震源位置、地震規模等），臺灣地區重新校準後的地震目錄在地震規模的定義上已經一致，均改為近震規模 M_L ，其結果可以減少因地震目錄對規模定義的不一致所引入的誤差。

2.3 臺灣地區斷層調查

國內早期的活動斷層調查缺乏系統性、整合性的計畫，九二一地震之後，才使得國內政府單位及學者全力投入活動斷層調查研究的領域。經濟部中央地質調查所為了擴大活動斷層調查的廣度與深度，於91年起配合國家防災型科技計畫，推動為期五年的「地震地質調查及活動斷層資料庫建置」計畫，針對臺灣地區重要的活動斷層進行地質精查與觀測。此一計畫的目標涵蓋了地震危害度評估

之相關參數的調查，例如斷層的長期滑移速率、短期滑移速率、最大可能地震規模、和斷層活動週期等。中央地質調查所考慮臺灣地區的地體構造環境，其將臺灣地區活動斷層依據距今曾經發生錯動的時間分為第一類、第二類及存疑性活動斷層。第一類活動斷層為全新世（距今 10,000 年內）以來曾經發生錯移之斷層；第二類活動斷層為更新世晚期（距今約 100,000 年內）以來曾經發生錯移之斷層，圖 2.3 為經濟部中央地質調查所於 2010 年發佈之臺灣活動斷層的位置分佈。

由於目前國內關於活動斷層方面之研究成果，在地震與活動斷層之關聯性、斷層活動度、定年資料、斷層長度、再現週期與古地震研究等方面，仍缺乏足夠的相關資料。因此本研究採用中央地質調查所的第一類活動斷層中，其中參數比較完整的斷層，計算活動斷層未來的發生機率。

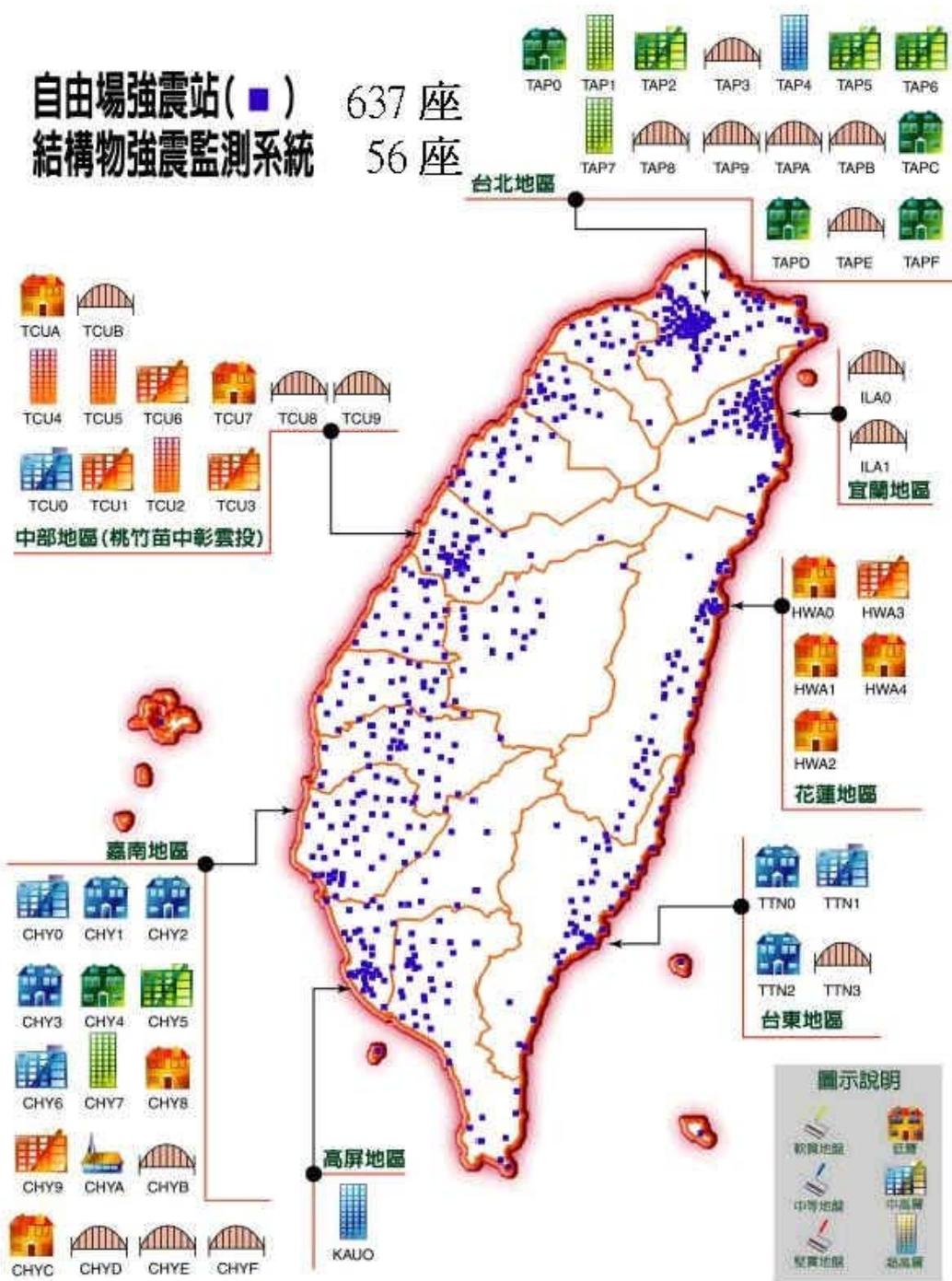


圖 2.1 氣象局 TSMIP 自由場強震站及結構物強震監測系統

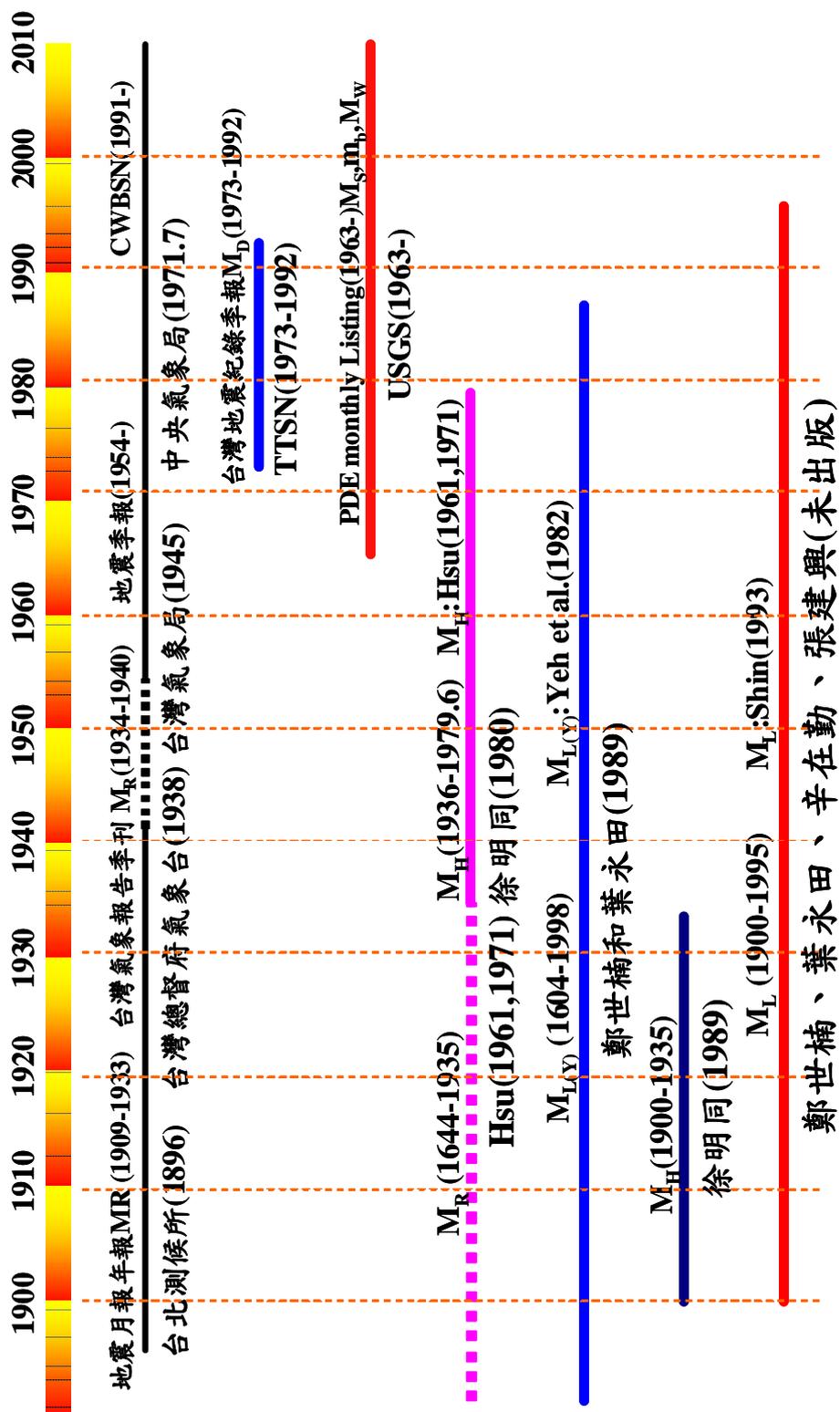


圖 2.2 臺灣地區主要地震目錄涵蓋時間與地震規模 (鄭世楠等, 2009)

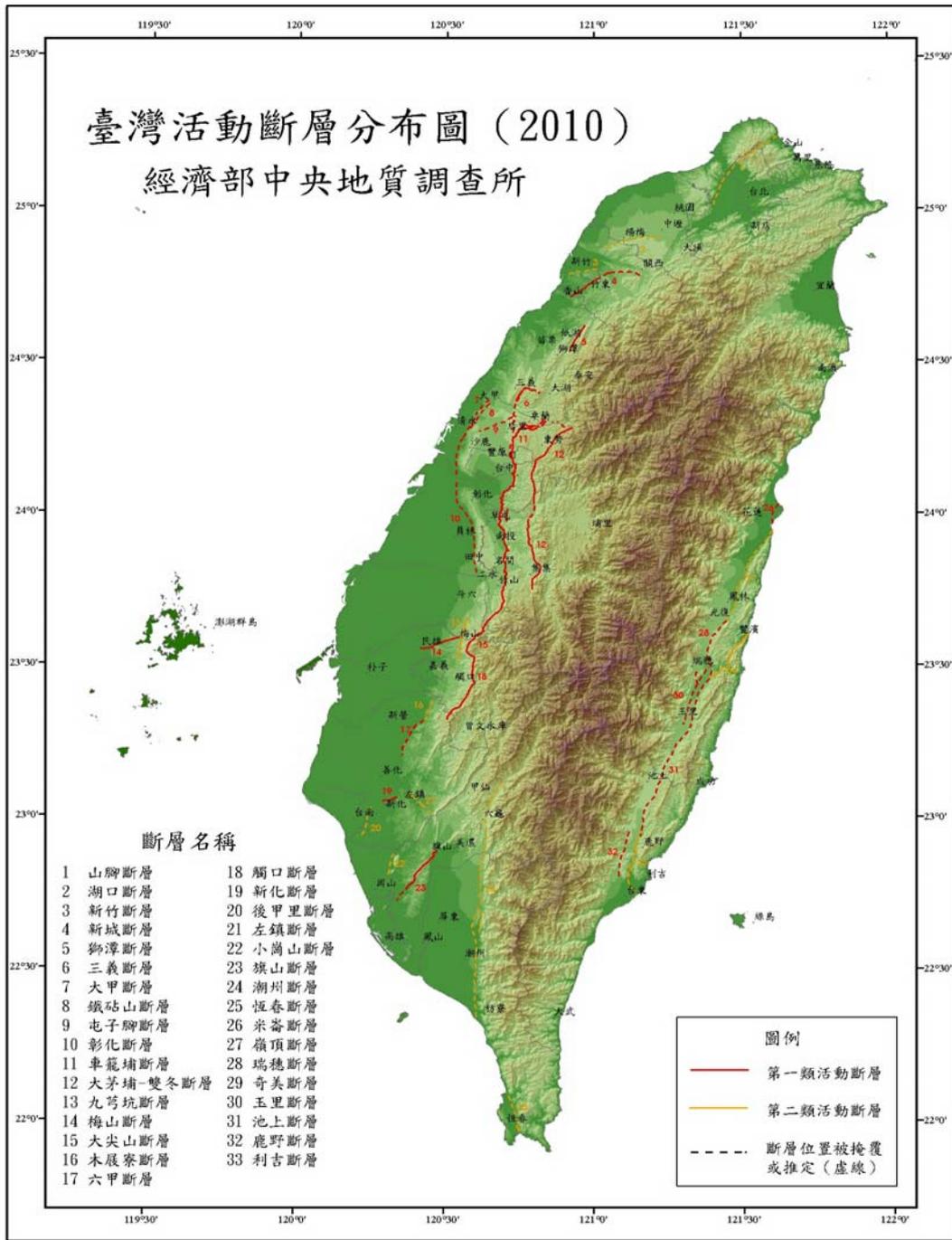


圖 2.3 中央地質調查所發佈之臺灣活動斷層圖

第三章 斷層震源發生機率

活動斷層一旦發生錯動，可能造成地盤的位移，或導致山崩，土壤液化，甚至對結構物造成嚴重的破壞。尤其近年來，國內工程建設的規模越來越大，居住密集的程度也日益集中，若發生斷層地震，所造成的損失將更嚴重。因此，對於地震防災，活動斷層研究的重要性顯得格外重要。由於目前國內關於活動斷層方面之研究成果，在地震與活動斷層之關聯性、斷層活動度、定年資料、斷層長度、再現週期與古地震研究等方面，仍缺乏足夠的相關資料。因此本研究採用中央地質調查所的第一類活動斷層中，其中參數比較完整的斷層，計算活動斷層未來的發生機率。

3.1 斷層發生機率分析流程與模式

地震震源概分為活動斷層震源及區域震源。前者是指地震時地層斷裂面延伸至地表而在地表留下錯動的痕跡，亦即斷層線；後者則是指地震時因為震源深度較深或地震規模較小，使得地層斷裂面隱於地下無法延伸至地表，亦即一般所稱的盲斷層，所有不屬於活動斷層的震源均可歸類為區域震源。本研究蒐整美、日及國內學者的研究成果，去年已完成調查臺灣的區域震源發生機率，今年針對臺灣第一類活動斷層，以數學統計的方式建立斷層震源發生機率分析流程及步驟（如圖3.1）。對於本研究決定模式參數的參考依據，以及資料的使用及處理步驟，詳細說明如下：

1. 蒐集斷層資料

中央地質調查所考慮臺灣地區的地體構造環境，其將臺灣地區活動斷層依據距今曾經發生錯動的時間分為第一類、第二類及存疑性活動斷層。第一類活動斷層為全新世（距今10,000年內）以來曾經發生錯移之斷層；第二類活動斷層為更新世晚期（距今約100,000年內）以來曾經發生錯移之斷層。中央地質調查所定期更新斷層資料，本研究採用中央地質調查所2010年發佈之臺灣活動斷層資料。（如圖2.3）

2. 第一類活動斷層參數

由於目前國內關於活動斷層方面之研究成果，仍缺乏完整的足夠相關資料。因此本研究採用中央地質調查所的第一類活動斷層中，其中參數（如斷層再現週期、斷層最大地震規模、斷層上次錯動時間等）比較完整的斷層，進行計算活動斷層未來的發生機率。

3. 劃定斷層系統

由過去地震紀錄發現，數條斷層可能彼此互相關聯，如1935年的新竹—臺中烈震，造成獅潭、神卓山、屯子腳斷層同時錯移，其震央位於這些斷層之間，又可由沉積層的位態發現斷層於地底可能互相連接而成為盲斷層，有待中央地質調

查所邀請學者專家討論是否將構造具相關性的數條斷層合併，視為一斷層系統。

4. 假設再現週期之變異性

由於本研究針對第一類活動斷層中，其中參數比較完整的斷層，計算活動斷層未來的發生機率。本研究對於斷層的規模將根據歷史紀錄或斷層地質調查來決定，並考慮再現週期之變異性分別有0.3及0.5變化區間，進行計算第一類活動斷層未來發生機率。

5. 建立地震發生機率模型

所謂地震發生機率，意指在未來某段時間內發生下一次地震的難易程度。根據應力累積的觀念，認為大地震發生後應力累積時間會增長，因此前一次地震發生後，下一次災害性地震發生的機率會隨著時間增長而增加，因此以條件機率模型來計算未來地震發生機率：

$$P(T_p | E_m, T_e) = 1 - \frac{1 - P(T_e + T_p | E_m)}{1 - P(T_e | E_m)} \quad (3.1)$$

考慮到地震事件的再現週期及已發生的等待時間 (T_e)，將 $P(T | E_m)$ 定義為考慮大於等於地震規模 E_m 的再現週期 T_r 所建立的機率密度函數，而 T_e 則為上次地震發生時間至今的靜待時間 (Elapse Time)，因此在未來 T_r 年內發生地震規模大於等於 E_m 之發生機率為 $P(T_p | E_m, T_e)$ ，各參數相關的關係以圖3.2說明之。

依據過去的經驗，一般具有災害潛勢的地震在時間上為可預期事件，過去一般常採用指數分佈 (Exponential Distribution) 之統計分析來描述再現週期 (T_r)，另外有學者曾提出其他數種間隔時間在統計上的可能分佈，如韋伯分佈 (Weibull Distribution)、對數常態分佈 (Log-Normal Distribution)、伽瑪分佈 (Gamma Distribution) 等。本研究為了測試何種分佈較為適合，首先假設再現週期 ($x = T_r$) 在統計上依循對數常態分佈 (Log-Normal Distribution)。其函數如下所示：

(1) 對數常態分佈 (Log-Normal Distribution)

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.2)$$

$$m = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \quad (3.3)$$

$$v = (e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu + \sigma^2} \quad (3.4)$$

其中 T_r 為地震事件 E_m 的再現週期或再現間隔，進一步分析出某特定規模之平均再現週期 μ (T_r) 及標準偏差 σ ，且由此二參數算出的變異係數 (Coefficient Of Variation, COV，為兩者的倍率關係 (σ_{T_r}/T_r)) 可容易的看出資料分散程度。

除了對數常態分佈外，本研究亦將各個區域分別做指數分佈、韋伯分佈、伽瑪分佈的比較，其三種函數如下：

(2) 指數分佈 (Exponential Distribution)

$$f(x; \beta) = \beta e^{-\beta x} \quad (3.5)$$

$$m = \frac{1}{\beta} \quad (3.6)$$

(3) 韋伯分佈 (Weibull Distribution)

$$f(x, k, \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (3.7)$$

$$m = \lambda \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (3.8)$$

$$v = \lambda^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)^2 \right\} \quad (3.9)$$

(4) 伽瑪分佈 (Gamma Distribution)

$$f(x, \alpha, \beta) = x^{\alpha-1} \frac{\beta^\alpha e^{-\beta x}}{\Gamma(\alpha)} \quad (3.10)$$

$$m = \frac{\alpha}{\beta} \quad (3.11)$$

$$v = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (3.12)$$

f 為各種分佈之機率密度函數， m 為平均值， v 為變異數。四種分佈之機率密度函數當中，除了指數分佈包含了一個參數 (β) 外，其他三種機率密度函數各包含了兩個參數，其中，韋伯分佈有 (k, λ)；對數常態分佈有 (μ, σ)；伽瑪分佈有 (α, β)。由實際資料之統計可得到間隔時間之平均值 m 與變異數 v ，經由上述各分佈的平均值與變異數兩項方程式，便可推算各分佈所包含的兩個參數。

靜待期 (Elapse Time) 意指上一次地震發生至今的時間，本研究假設特定規模以上地震已等待時間 T_e 的大小，靜待期是影響特定規模地震發生機率的重要因素之一，依據應力累積的觀點，靜待期越長，累積的能量越多，未來發生地震之機率則相對增加。

3.2 斷層震源發生機率之評估

本研究由斷層之再現週期可建立發生機率模型，採用指數分佈、韋伯分佈、對數常態分佈、伽瑪分佈四種機率分佈，並考慮各規模地震之靜待期，以圖3.2的方式將機率密度函數以面積比例計算，便可計算斷層在未來的可能發生機率。臺灣位處板塊碰撞帶，在地表擁有許多活動斷層，由於目前國內關於活動斷層方面之研究成果，仍缺乏完整的足夠相關資料。因此本研究採用中央地質調查所的部份第一類活動斷層中，其中參數（如斷層再現週期、斷層最大地震規模、斷層上次錯動時間等）比較完整的斷層（如表3.1），並考慮再現週期之變異性COV分別有0.3及0.5變化區間，進行計算第一類活動斷層未來發生機率。表3.2及表3.3為COV=0.3時，第一類活動斷層在未來30與50年的發生機率。表3.4及表3.5為COV=0.5時，第一類活動斷層在未來30與50年的發生機率。此外，表3.1中有些斷層的再現週期是落在一區間內（例如瑞穗斷層的再現週期為170~210年），因此分別有兩個對應的發生機率（例如表3.2中的2.33%~0.34%）。

表3.1 第一類活動斷層參數（部分活動斷層）

中央地質調查所第一類活動斷層					
斷層	分類	長度 (km)	再現週期 (year)	最近一次活動 (year)	最大規模
新城斷層	一	29	2000	<300	(6.8)
屯子腳斷層	一	14	141	1935	7.1 (6.4)
車籠埔斷層*	一	38(北) 38(南)	200~700	1999	7.3 (7.3)
大茅埔—雙冬 斷層	一	69	2894	1999	(7.2)
梅山斷層	一	15	162	1906	7.1 (6.4)
新化斷層	一	6	188	1946	6.1 (6.0)
瑞穗斷層*	一	24	170~210	1951	(6.8)
玉里斷層*	一	23	170~210	1951	7.3 (6.7)
池上斷層*	一	64	50~125	2003	6.6 (7.2)

註：可能最大地震規模：採用歷史地震記錄用(ML)，資料摘自臺灣十大災害地震圖集(1999)。及氣象局觀測資料，括號內為依本表各斷層長度由Wells and Coppersmith(1994)公式計算之地震規模(Mw)。

表 3.2 第一類活動斷層(假設 COV=0.3)在未來 30 年發生機率

中央地質調查所第一類活動斷層未來 30 年發生機率 (%)				
COV=0.3	Lognormal	Exponential	Gamma	Weibull
新城斷層	0.00	1.48	0.00	1.04
屯子腳斷層	19.13	19.16	18.42	19.65
車籠埔斷層*	0.00 ~0.00	13.92 ~4.19	0.00 ~0.00	9.59 ~2.03
大茅埔－雙冬斷層	0.00	1.03	0.00	0.33
梅山斷層	25.42	16.90	23.55	17.93
新化斷層	1.57	14.74	2.60	13.64
瑞穗斷層*	2.33 ~0.34	16.17 ~13.31	3.49 ~0.91	15.11 ~11.77
玉里斷層*	2.33 ~0.34	16.17 ~13.31	3.49 ~0.91	15.11 ~11.77
池上斷層*	24.20 ~0.00	45.11 ~21.33	24.41 ~0.08	42.90 ~16.05

表 3.3 第一類活動斷層(假設 COV=0.3)在未來 50 年發生機率

中央地質調查所第一類活動斷層未來 50 年發生機率 (%)				
COV=0.3	Lognormal	Exponential	Gamma	Weibull
新城斷層	0.00	2.46	0.00	1.75
屯子腳斷層	40.03	29.85	37.84	31.24
車籠埔斷層*	0.01	22.11 ~6.89	0.08 ~0.00	16.59 ~3.62
大茅埔－雙冬斷層	0.00	1.71	0.00	0.60
梅山斷層	45.42	26.55	42.60	28.55
新化斷層	6.67	23.35	8.09	22.27
瑞穗斷層*	9.55 ~2.14	25.48 ~21.18	10.84 ~3.41	24.56 ~19.38
玉里斷層*	9.55 ~2.14	25.48 ~21.18	10.84 ~3.41	24.56 ~19.38
池上斷層*	76.13 ~0.80	63.21 ~32.96	74.73 ~1.70	63.91 ~27.26

表 3.4 第一類活動斷層(假設 COV=0.5)在未來 30 年發生機率

中央地質調查所第一類活動斷層未來 30 年發生機率 (%)				
COV=0.5	Lognormal	Exponential	Gamma	Weibull
新城斷層	0.01	1.48	0.13	0.53
屯子腳斷層	25.33	19.16	22.26	19.79
車籠埔斷層*	0.12 ~0.00	13.92 ~4.19	1.14 ~0.01	4.74 ~0.54
大茅埔－雙冬斷層	0.00	1.03	0.00	0.04
梅山斷層	25.81	16.90	22.49	19.14
新化斷層	9.61	14.74	10.19	11.40
瑞穗斷層*	11.50 ~5.43	16.17 ~13.31	11.82 ~6.98	12.86 ~9.07
玉里斷層*	11.50 ~5.43	16.17 ~13.31	11.82 ~6.98	12.86 ~9.07
池上斷層*	38.57 ~1.28	45.11 ~21.33	37.56 ~3.78	38.61 ~9.35

表 3.5 第一類活動斷層(假設 COV=0.5)在未來 50 年發生機率

中央地質調查所第一類活動斷層未來 50 年發生機率 (%)				
COV=0.5	Lognormal	Exponential	Gamma	Weibull
新城斷層	0.02	2.46	0.24	0.90
屯子腳斷層	41.99	29.85	37.42	32.74
車籠埔斷層*	1.35 ~0.00	22.11 ~6.89	3.90 ~0.05	9.63 ~1.12
大茅埔－雙冬斷層	0.00	1.71	0.00	0.09
梅山斷層	41.29	26.55	36.77	31.31
新化斷層	19.67	23.35	19.18	19.74
瑞穗斷層*	23.22 ~12.51	25.48 ~21.18	22.15 ~13.77	22.23 ~15.94
玉里斷層*	23.22 ~12.51	25.48 ~21.18	22.15 ~13.77	22.23 ~15.94
池上斷層*	72.11 ~8.80	63.21 ~32.96	69.14 ~12.30	65.01 ~19.04

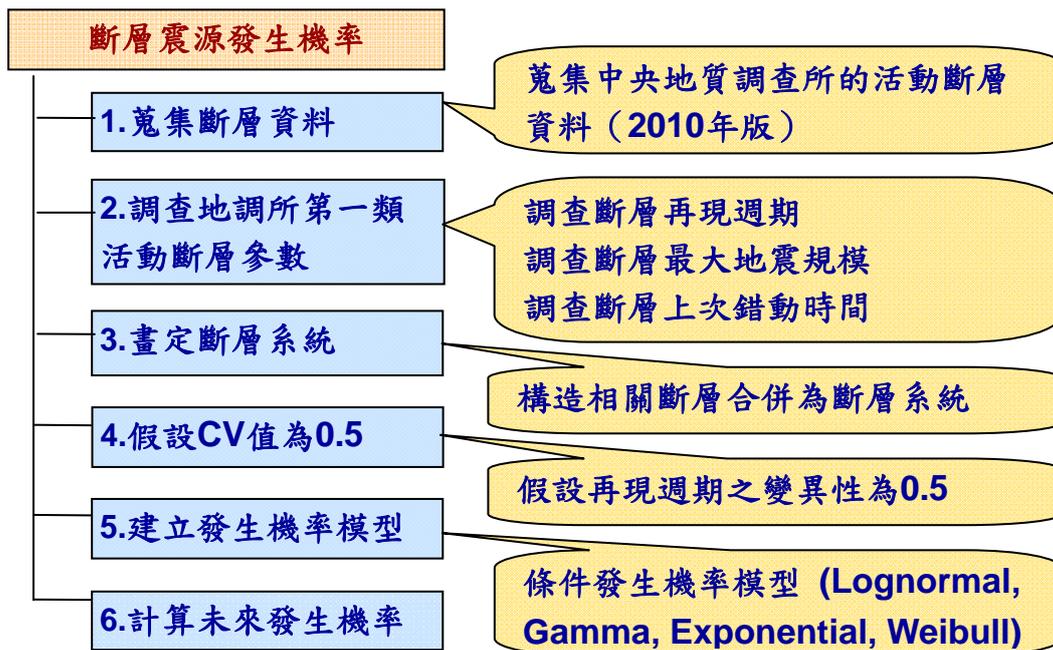


圖 3.1 斷層震源的發生機率分析流程及步驟

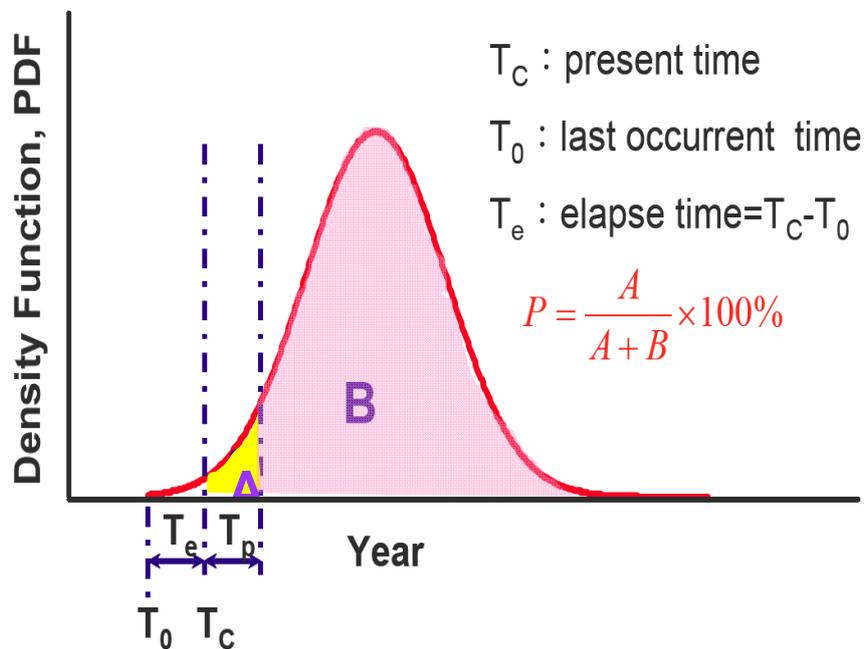


圖 3.2 未來發生機率計算模型

第四章 加速度衰減模式之強地動預估

一般的衰減模式多是使用震源形態，距離，測站場址等參數。而在分析測站場址的影響時，一般的衰減模式都將場址特性分為軟弱土層跟岩盤兩種，分別建立堅硬地盤及軟弱地盤不同的最大地表加速度衰減模式。由於臺灣目前對於測站場址並沒有完整的分類，所以本研究參考張毓文（2002）、詹皓凱（2008）兩階段的計算步驟，以求得較佳的最大地表加速度的預測值。第一階段利用參考的衰減模式進行分析，本研究使用簡文郁（2001）不考慮場址因素的衰減模式來進行最大地表加速度的預測，得到各測站初步的預測值。因為第一階段的計算並未考慮到場址特性的影響，第二階段為了要得到較可靠的預估結果，利用各測站的實際地震觀測值與第一階段參考的衰減模式所算得到的預測值，進行回歸分析的計算，而得到各測站本身對於參考的衰減模式之場址特性的修正函數。最後將第一階段計算的結果進行場址特性的修正計算，以求得較佳的最大地表加速度的預測值。

4.1 參考的最大地表加速度衰減模式

當地震發生後，地震波從震源傳遞到接收測站之間的過程十分複雜，涉及諸多變數，即接收測站所收到的地動值受到震源、路徑以及場址效應的影響。但若要逐一模擬每一參數，所使用的衰減模式將非常複雜並且難以配合工程上的應用，故選擇型式簡單而相關性強的參數，有助於衰減模式的分析與應用。所以本研究第一階段的計算，使用簡文郁（2001）不考慮場址因素的衰減模式來進行最大地表加速度的預測。簡文郁利用Campbell（1981）所提出的衰減模式進行回歸分析：

$$y=PGA(g)=f(M,R)=C_1e^{C_2M}[R+C_4\exp(C_5M)]^{-C_3} \quad (4.1)$$

其中PGA：地表最大加速度值，M：芮氏規模，R：距離， $C_1\sim C_5$ ：衰減模式之係數。簡文郁使用的地震資料主要是針對：

1. 芮氏規模5.0以上及震源深度35公里以內。
2. 包含全部即時站地震紀錄及25公里以內的自由場強震站地震紀錄。
3. 為避免回歸分析權重不一，排除臺北及宜蘭盆地有場址放大效應的測站紀錄。
4. 使用兩水平方向（EW，NS）地表最大加速度值的幾何平均值來進行回歸分析。

採用符合上述條件地震所觸發的測站紀錄，對式（4.1）進行回歸分析，求出PGA、 S_a （0.3秒）及 S_a （1秒）衰減模式之 $C_1\sim C_5$ 係數（表4.1），得到第一階段參考的衰減模式。而在進行分析時，由於衰減模式本身為非線性函數，屬於非線性回歸分析，故採用最小平方方法對式（4.1）求得最適合的係數。考慮到地震動衰減所具有的不確定性，故以對數分佈來含括地表最大加速度峰值在衰減過程中所含有之不確定因素。由第一階段參考之衰減模式得到的初步預測值，並未考慮到場址效應的因素，而中央氣象局所設置的測站大多皆位於都會區中，而都會區大多都為

沖積層或盆地地形，而參考之衰減模式利用這些測站之地震紀錄，排除有明顯場址放大效應的臺北盆地與宜蘭盆地的測站紀錄，分析得到結果可視為各類測站之場址特性的平均結果，僅適用於臺灣地區一般場址做地震評估的參考。

4.2 場址特性的修正函數

由前人對臺灣測站的場址效應所做的研究，可得知在地質上位於沖積層測站所量測到的地動值皆會大於岩盤站測站所量測的地動值，由於臺灣的測站大部分都位於都會區內，而都會區大多都為沖積層或盆地地形，這類地形當地震波傳遞至此時，會產生震波放大現象。因此這些沖積層或盆地地形，在做地震災害潛勢分析時必須考慮到場址放大效應之影響。所以本研究利用第一階段所得到的衰減模式預測結果跟測站實測值兩者做回歸分析，用回歸分析所得到的係數做為第二階段，修正測站的場址特性。本研究主要是利用中央氣象局強地動觀測網及速報系統的地震資料，為了補強各測站所得到之地震紀錄的資料量，增加中研院山區強震站的地震資料（圖4.1），本研究分析時使用的地震資料：

1. 芮式規模5.0以上，其中包含集集主震及其餘震。
2. 震源深度在50公里以內。
3. 包含全部即時站地震紀錄及自由場強震站地震紀錄。
4. 使用兩水平方向（EW，NS）PGA峰值的幾何平均值來進行分析。

1. 偏差分析（Bias）

為釐清各測站之實際觀測值對第一階段利用參考之衰減模式預估結果之間誤差的形成原因，則藉由此誤差殘值（Residual）作正規化計算後，進行誤差分析。進行分析時，定義實測值對參考衰減模式之系統誤差為：

$$Err_i = \ln(PGA_{obs})_i - \ln(Y_{att})_i \quad (4.2)$$

其中， PGA_{obs} 為測站實測值， Y_{att} 為對應之參考衰減模式預測值。利用各測站在不同地震下實測值對參考衰減模式之系統誤差，建立正規化誤差殘值NR_i（Campbell, 1981），定義為

$$NR_i = \frac{(Err_i) - MR}{\sigma_{Err_i}} \quad (4.3)$$

其中MR為測站實測值對參考衰減模式之系統誤差的平均值， σ_{Err_i} 為參考衰減模式之標準偏差。利用正規化誤差殘值，針對每一個測站進行分析。計算出各測站之正規化誤差殘值，來得到該測站對於不同地震特性之NR_S值，定義為：

$$NR_S = NR_i, i \in S \quad (4.4)$$

其中 $i \in S$ ，i表示第二階段所有地震紀錄S。而各測站對於不同地震特性之正規化誤差殘差越接近零，表示該測站利用於第一階段參考之衰減模式得到的預測值越接近測站收到的實際觀測值。由於本研究所使用之參考衰減模式，在對地震紀錄進行分析時，並未對主要影響地動值的震源、路徑、場址等因素做處理，所得到各測站之系統偏差以平均的效果處理這三個因素。但在針對某一測站分析其標準偏差時，其處理之資料包含各種規模及距離的地震紀錄，故對於震源及路徑的因素

會因平均的效應而被排除。為釐清此三種因素對正規化誤差殘值的影響，將各測站的正規化殘差在距離跟規模之間分佈情形做比較，於圖4.2繪出部分測站正規化殘差分佈結果。由結果得知各測站之正規化誤差殘值跟規模與距離之間的關聯性不高，代表參考之衰減模式分析時已將路徑及震源因素以平均的方法排除掉。另外由圖4.3顯示各測站之誤差殘值皆隨觀測PGA呈半對數關係，顯示此一系統偏差為觀測PGA大小之函數。故各測站之場址效應可經由各測站實測值對參考衰減模式預測值之間的系統偏差量加以校正。

2. 場址特性之分析

由上述分析得知，顯示參考之衰減模式由震源及路徑因素所造成的誤差，可藉由採取平均的方式消除。而誤差主要的來源則反應了測站的場址特性。因此，為了排除測站之場址效應對地動值的影響，將該測站所實際測量的PGA值與參考衰減模式預估的PGA值取對數後做回歸分析，建立兩者之間的線性關係式，利用線性關係式中得到的函數做為測站之場址特性修正函數。分別對各測站使用上述之方法，建立起各測站實測值與參考衰減模式預估值之間的線性關係式，得到各測站之場址特性修正函數，此關係式定義如下：

$$\ln(\text{PGA}_{\text{obs}})_S = C_0 + C_1 \times \ln(Y_{\text{att}})_S \quad (4.5)$$

其中 PGA_{obs} 為測站所收到實際觀測值， Y_{att} 為測站利用參考之衰減模式的預測值。使用最小平方方法回歸分析來得到測站之場址修正函數 C_0 、 C_1 值。由於部分測站收到的地震紀錄過少，回歸分析後的結果可能會不具代表性，故在進行分析時不對這些測站做回歸分析之步驟。圖4.4繪出部分測站的實測值與參考之衰減模式初步預測值，與 C_0 、 C_1 值修正之趨勢。經場址特性函數修正後，得到較佳之預測值 PGA_{sic} 。

4.3 兩階段的強地動預估方法

衰減公式代表在不同規模的地震下地表地動值隨距離產生的衰減關係式。而影響衰減公式的主要參數為規模、距離跟場址係數，利用這些參數建立的衰減公式可以預測各測站的地表地動值。因此只要指定某一震源位置與特定地震規模，將可以推估各地的強地動情形。例如，圖4.5為過去災害地震與第一階段、第二階段最大地表加速度預測值之比較，可以發現經場址特性函數修正後，將可以求得較佳的最大地表加速度的預測值。

表 4.1 簡文郁 (2001) 衰減模式係數與誤差之標準偏差分析結果

Case	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	$\sigma_{\ln Err}$
PGA	0.00369	1.75377	2.05644	0.12220	0.78315	0.7564
Sas	0.00974	1.73484	2.08572	0.11365	0.80032	0.7468
Sal	0.00279	1.77305	2.04190	0.11542	0.77139	0.8560

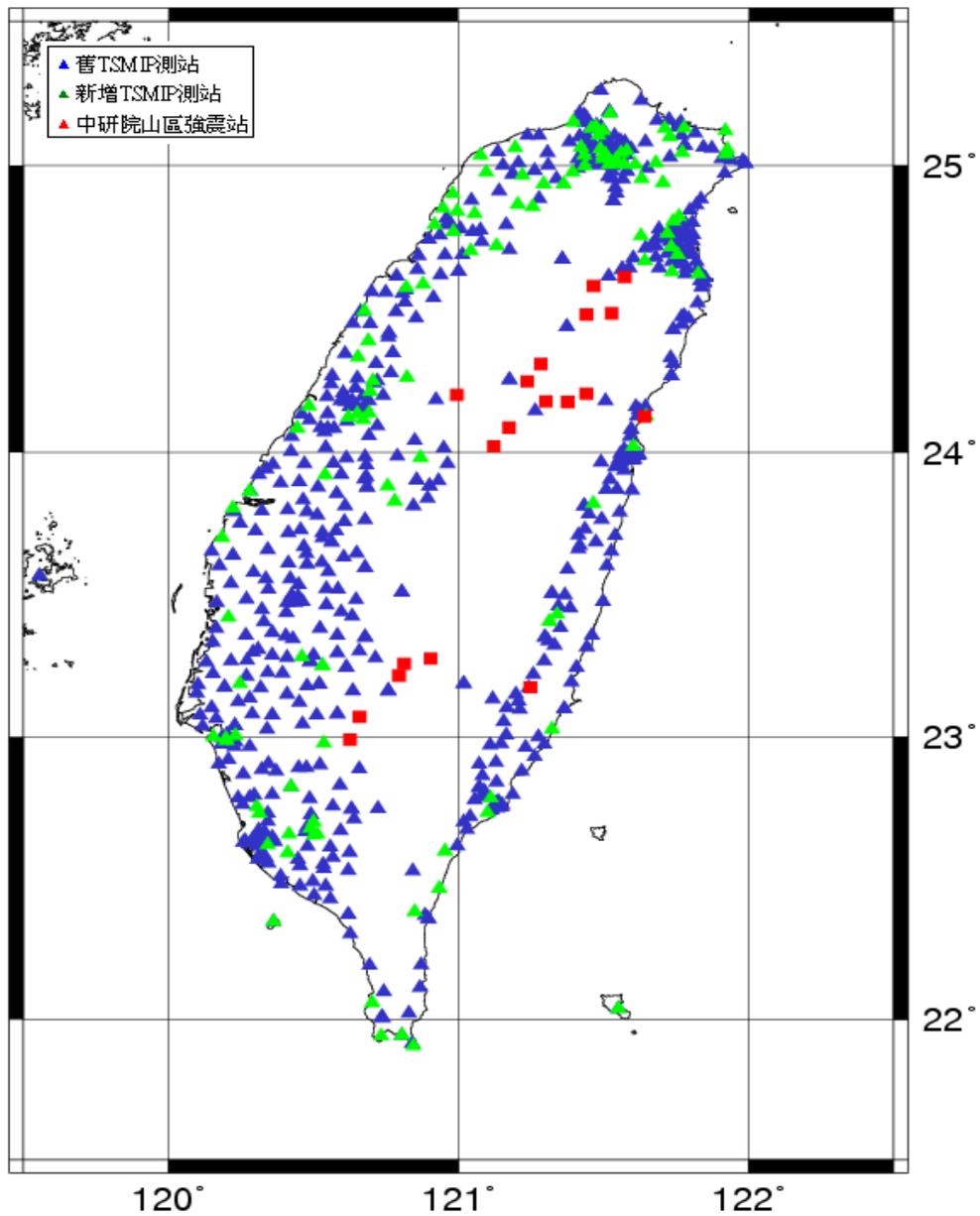


圖 4.1 中央氣象局自由場強震站及中央研究院山區強震站位置圖

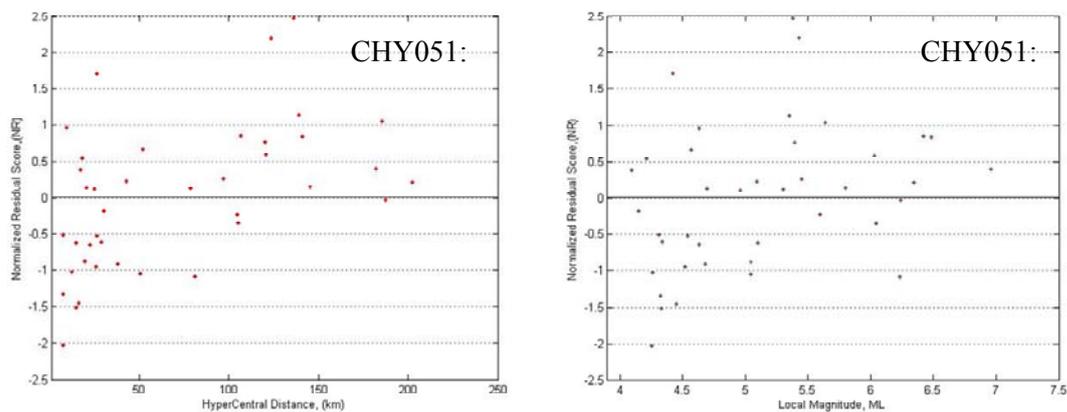


圖 4.2 測站正規化誤差殘值分別對地震規模與震源距離之比較

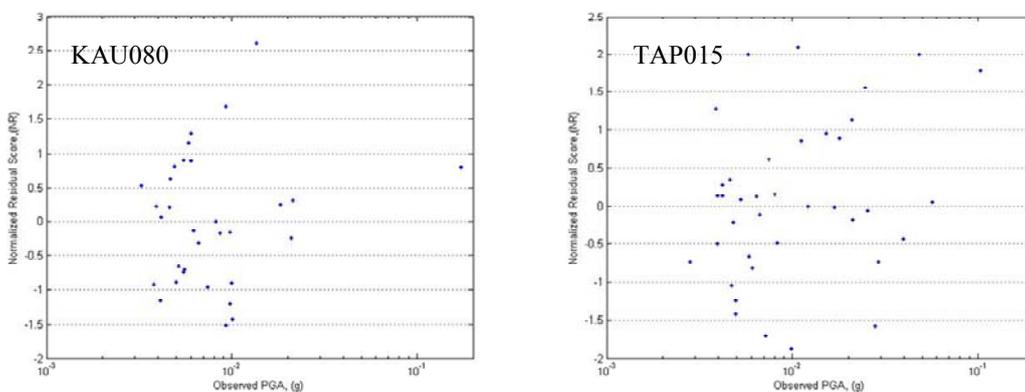


圖 4.3 測站誤差統計分析之正規化誤差殘值對 PGA 值之關係

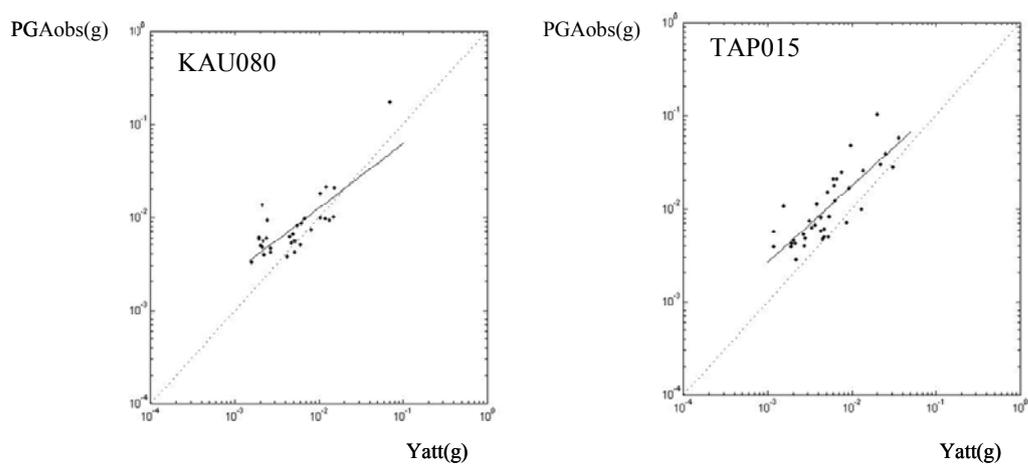


圖 4.4 即時站實測值與第一階段計算結果比較及其修正函數

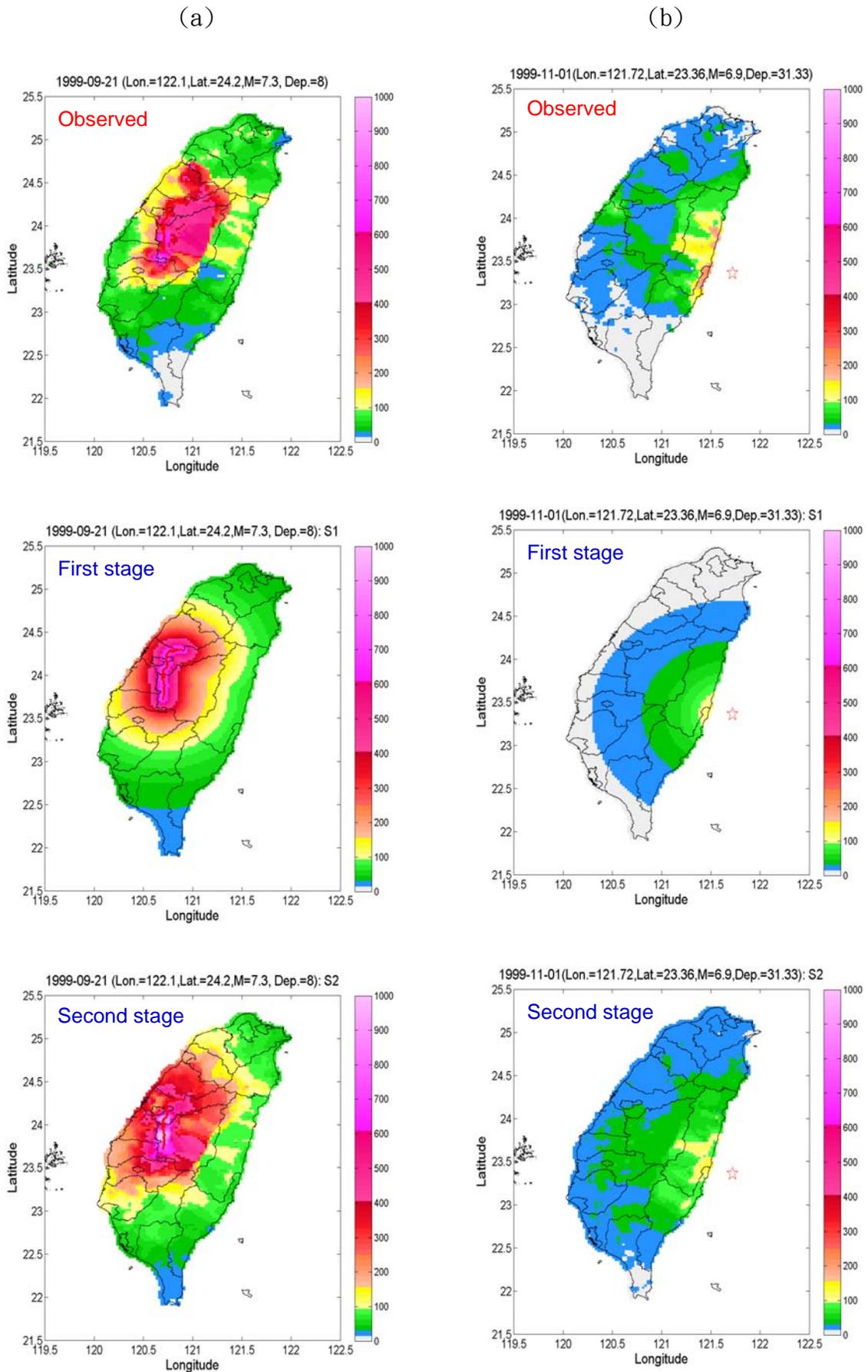


圖 4.5 過去災害地震與第一階段、第二階段加速度預測值之比較

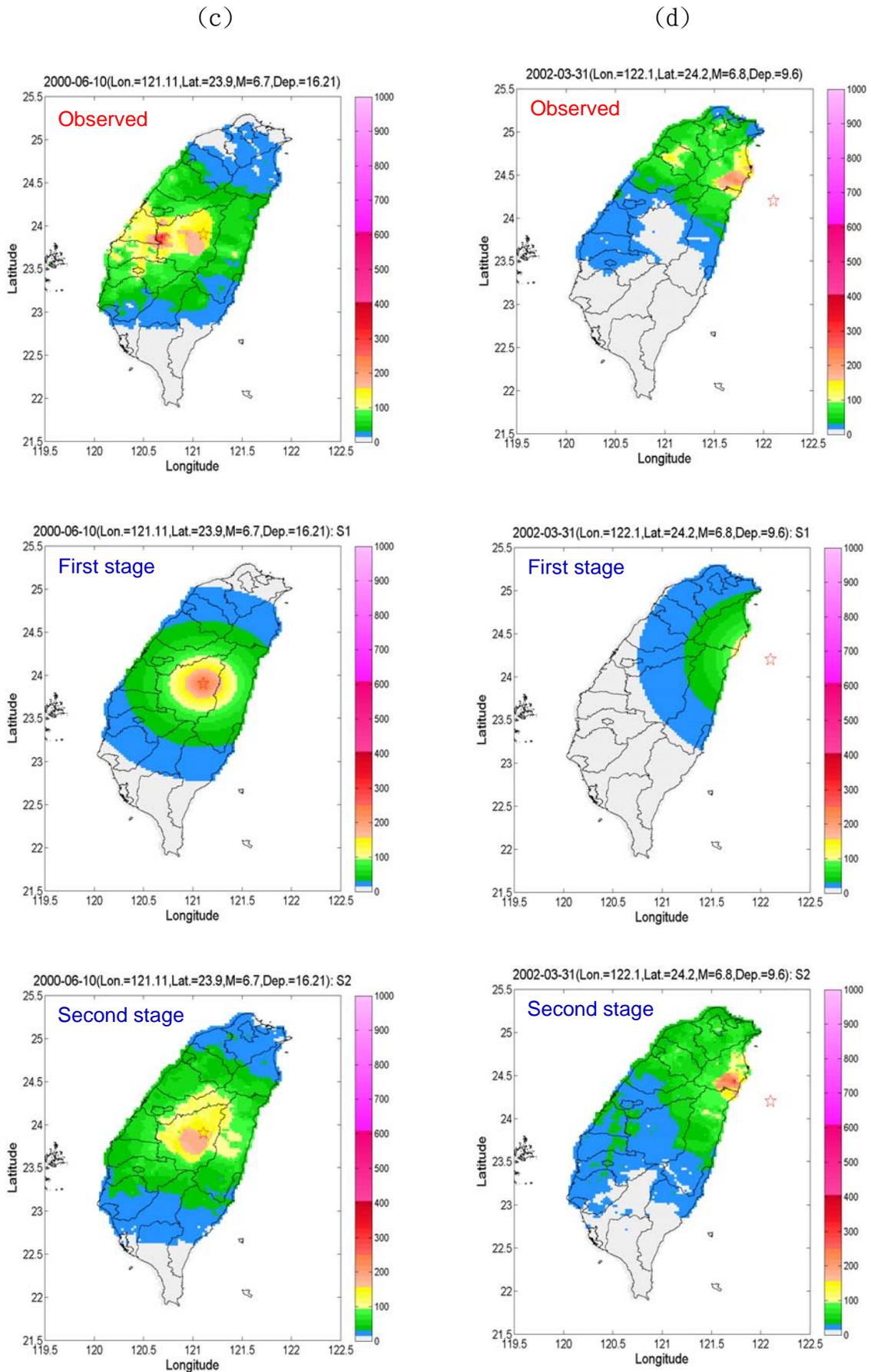
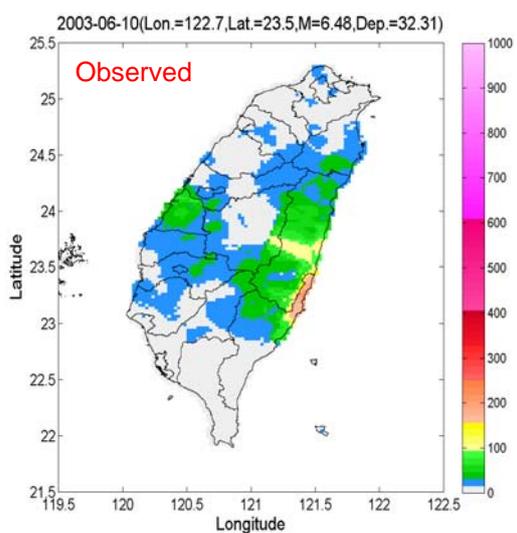


圖 4.5(續) 過去災害地震與第一階段、第二階段加速度預測值之比較

(e)



(f)

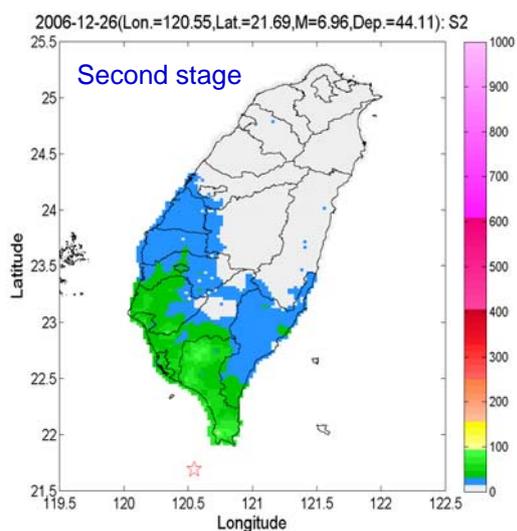
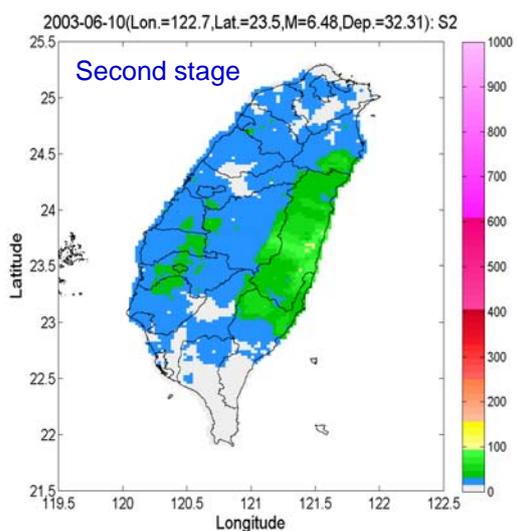
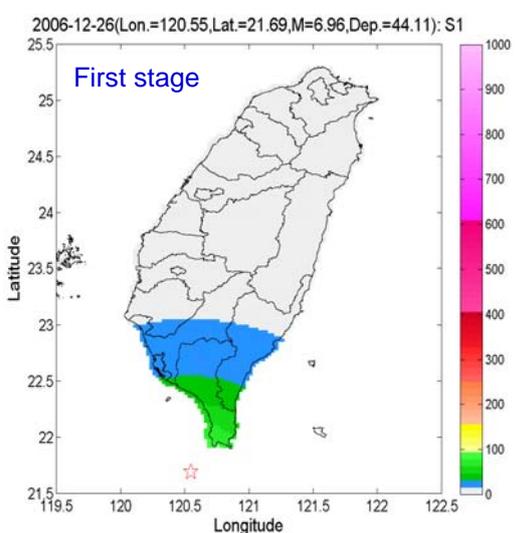
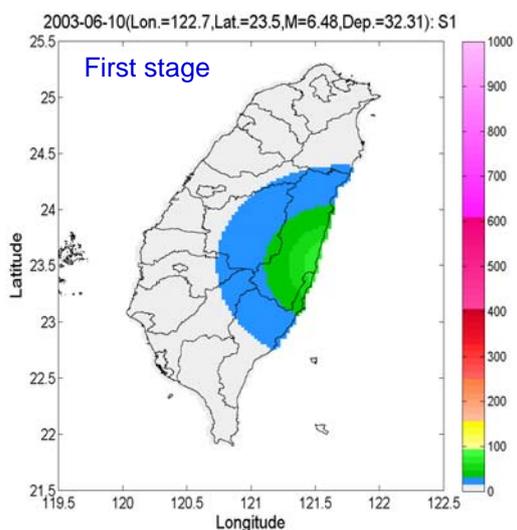
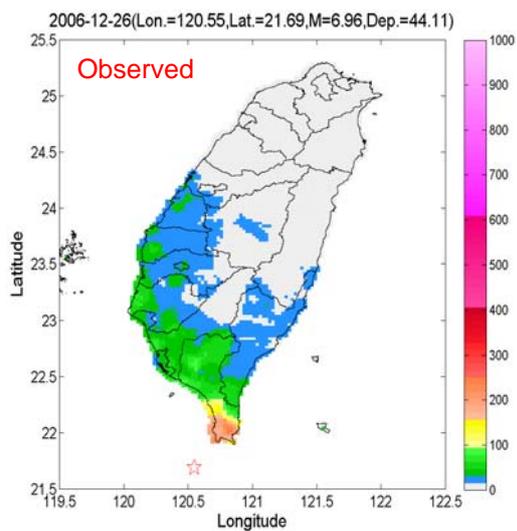


圖 4.5 (續) 過去災害地震與第一階段、第二階段加速度預測值之比較

第五章 大臺北示範區的強地動預估

本研究以大臺北地區為例，說明強地動預估的分析流程。本研究首先調查大臺北地區以往的歷史災害地震記錄、中央地調所的活動斷層調查以及臺灣區域震源（Regional Source）的未來發生機率，以決定大臺北地區的可能潛在震源。其次利用加速度衰減模式進行強地動預估，由前人的研究得知沖積層或盆地地形會產生震波放大現象，由於臺灣的都會區大多都為沖積層或盆地地形，分析時必須考慮到場址放大效應之影響。因此本研究採用兩階段的強地動預估步驟，第一階段利用簡文郁（2001）不考慮場址的衰減模式來進行最大地表加速度（PGA）的預測，第二階段參考張毓文（2002）、詹皓凱（2008）所提出的場址特性的修正函數，修正第一階段的預估值，以求得較佳地表加速度的預測值。

5.1 大臺北地區的可能潛在震源

在規劃地震災害防治工作時，首先應設定各種可能潛在震源，以便得到合理的災損評估結果，才可以提出地區適當的「地震減災對策」。本研究首先調查大臺北地區的歷史災害地震、中央地調所的活動斷層調查以及臺灣區域震源的未來發生機率，以探討大臺北地區的可能潛在震源。

1. 大臺北地區的歷史災害地震

本研究首先蒐集整理以往臺灣的歷史古文獻及歷年地震觀測記錄，探討大臺北地區以往的歷史災害震源。大臺北地區的歷史災害地震彙整如表5.1所示，表中的地震事件1~6是參考臺灣的歷史古文獻，地震事件7~13是參考臺灣的歷年地震觀測記錄。圖5.1是大臺北地區的歷史災害地震分佈圖。

2. 臺灣區域震源的未來發生機率

本研究參考本計畫第一年的臺灣區域震源發生機率潛勢圖，探討大臺北地區未來的潛在震源。本文限於篇幅僅呈現臺灣區域震源發生機率潛勢圖的部份成果，如圖5.2為分別考慮地震事件（淺震源）規模大於等於7.0在未來50年發生機率圖。

3. 中央地質調查所的活動斷層調查

活動斷層一旦發生錯動，可能造成地盤的位移，或導致山崩、土壤液化，甚至對結構物造成嚴重的破壞，因此斷層活動為地震災害防治工作不容忽視因素之一。在規劃地震災害防治工作時，應設定各種可能潛在震源，以便得到合理的災損評估結果，所以本研究在探討大臺北地區的可能潛在震源時，亦考慮活動斷層之因素（如圖5.3）。

綜合以上大臺北地區的歷史災害地震、中央地調所的活動斷層調查以及臺灣區域震源的未來發生機率的調查，大臺北地區的潛在震源，可能有以下類型：

(1) 遠距離的淺源地震：

如1986/11/15規模6.7的花蓮外海地震造成中和華陽市場倒塌。

如2002/3/31規模6.8的花蓮外海地震造成101大樓吊車倒塌。

如1999/9/21規模7.3的集集地震造成房屋倒塌及人員傷亡。

如1935年的新竹—臺中烈震，獅潭、神卓山、屯子腳斷層同時錯移。

如新城斷層在未來如果發生錯動。

(2) 直下型的深源地震：

如1909/4/15規模7.3及深度80 km的臺北地震。

(3) 直下型的淺源地震

如山腳斷層在未來如果發生錯動。

5.2 大臺北地區之強地動預估

本研究依據大臺北地區的可能潛在震源，並考慮大臺北都會區大多為沖積層或盆地地形，分析時必須考慮到場址放大效應之影響，因此本研究採用前面所介紹的二階段的強地動預估方法，進行推估大臺北地區的最大地表加速度值的分佈圖。如圖 5.4 為直下型地震的境況模擬 Shakemap，圖 5.5 為遠距離斷層震源的境況模擬 Shakemap。圖 5.6 為遠距離區域震源的境況模擬 Shakemap。

表 5.1 大臺北地區的歷史災害地震

事件	發震時間	震災地區	北緯	東經	規模	深度 (km)	備註： 資料來源：氣象局網站
1	1694/4~5	臺北地區	25.0	121.5	7.0	-	地陷、形成康熙臺北湖
2	1811/3/17	嘉義以北地區	23.8	121.8	7.5	-	人死21、傷6、房倒41
3	1815/7/11	臺北、宜蘭	24.7	121.8	6.5	-	龍山寺傾倒
4	1815/10/13	嘉義以北地區	24.0	121.7	7.7	-	人死113、傷2、房倒243
5	1865/11/6	臺北、基隆	24.9	121.6	6.0	-	壽山巖崩壞、死亡頗多。
6	1867/12/18	臺北、基隆、新竹	25.3	121.7	7.0	-	海嘯、地裂、人死數百。
7	1909/4/15	臺北附近	25.0	121.5	7.3	80	9人死亡
8	1920/6/5	全臺	24.0	122.0	8.3	20	5人死亡
9	1935/4/21	新竹、臺中烈震	24.4	120.8	7.1	5	3276人死亡
10	1986/5/20	花蓮、臺北	24.1	121.6	6.2	16	1人死亡
11	1986/11/15	花蓮、臺北	24.0	121.8	6.8	15	中和華陽市場倒塌
12	1999/9/21	南投、臺中	23.9	120.8	7.3	8	東星大樓、博士的家倒塌
13	2002/3/31	花蓮、臺北	24.2	122.1	6.8	9.6	101大樓吊車倒塌

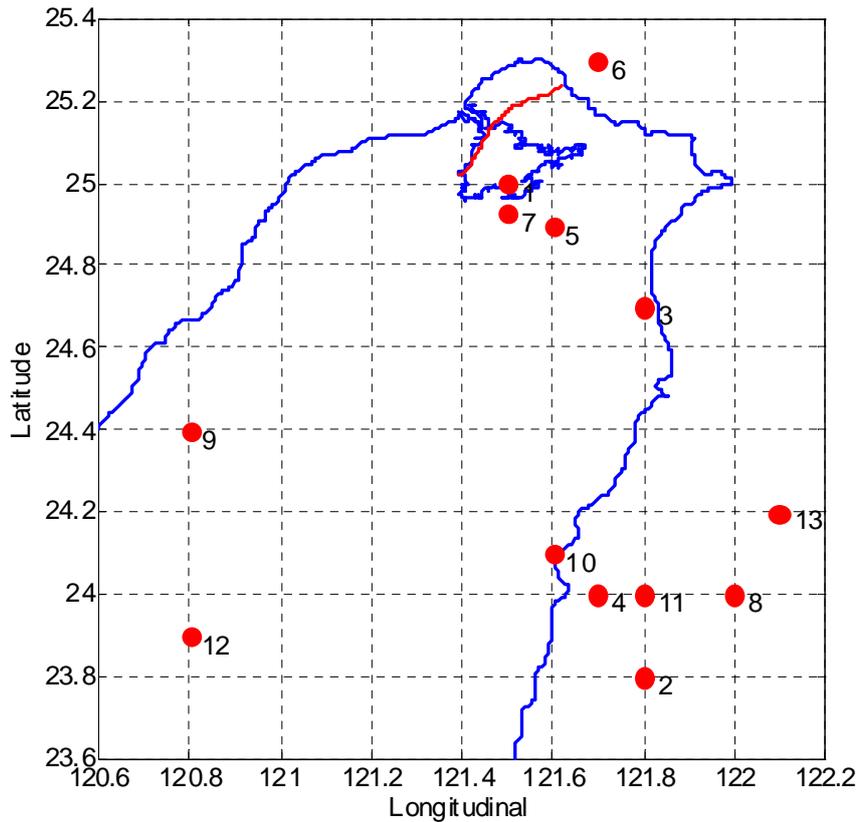


圖 5.1 大臺北地區的歷史災害地震分佈圖

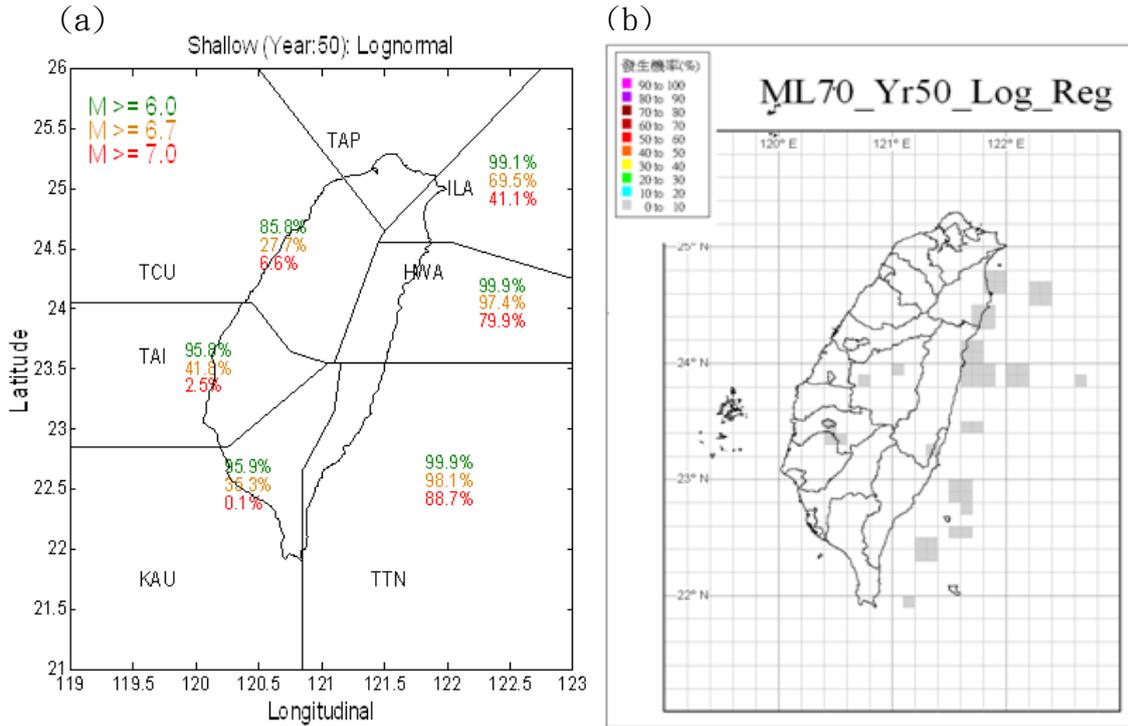


圖 5.2 區域震源(淺震源)規模大於等於 7.0 在未來 50 年發生機率。(a)大分區 (b) 網格化

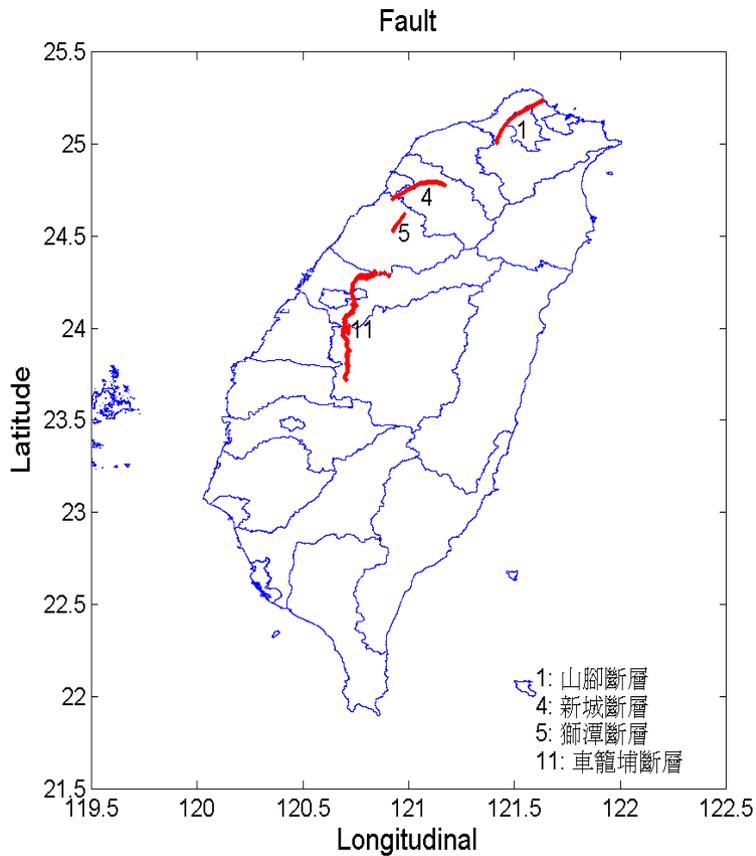


圖 5.3 大臺北地區可能潛在的活動斷層震源

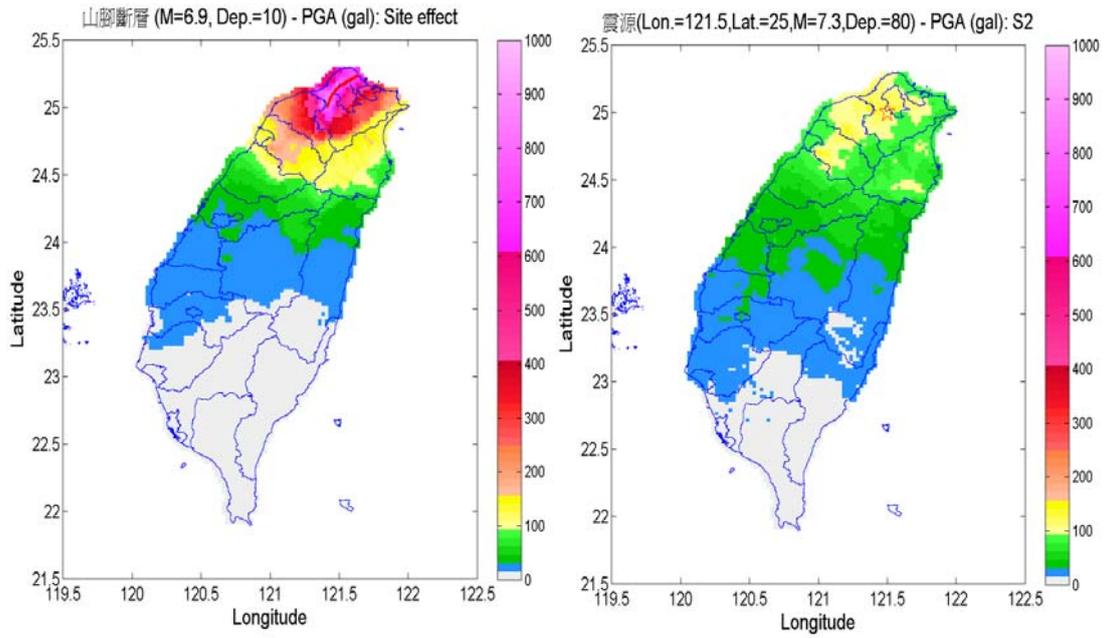


圖 5.4 直下型地震的境況模擬 Shakemap

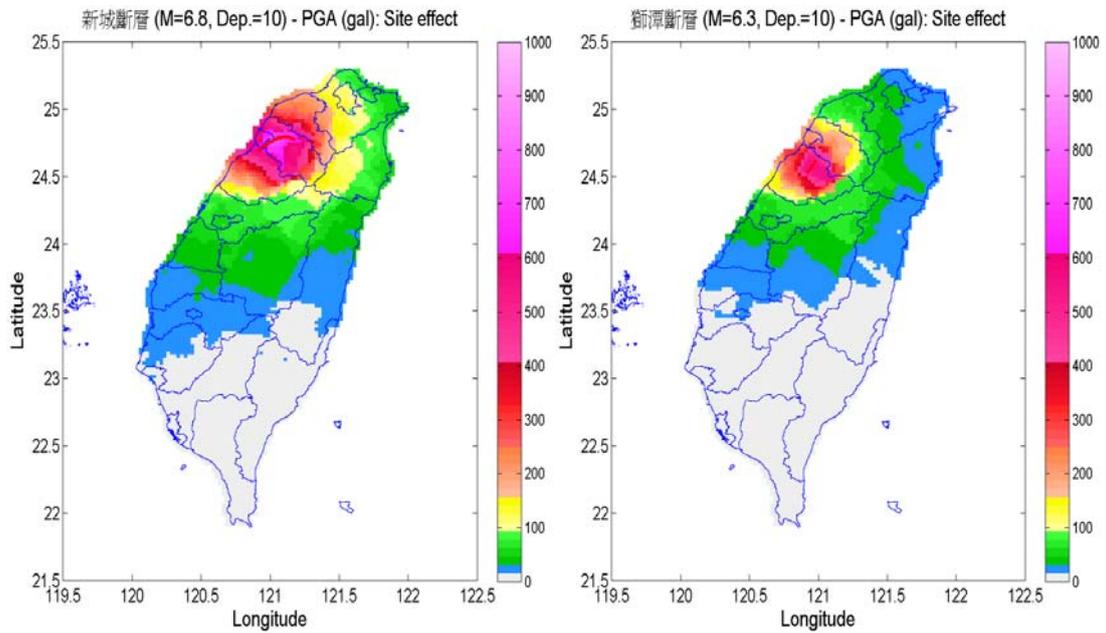


圖 5.5 遠距離斷層震源的境況模擬 Shakemap

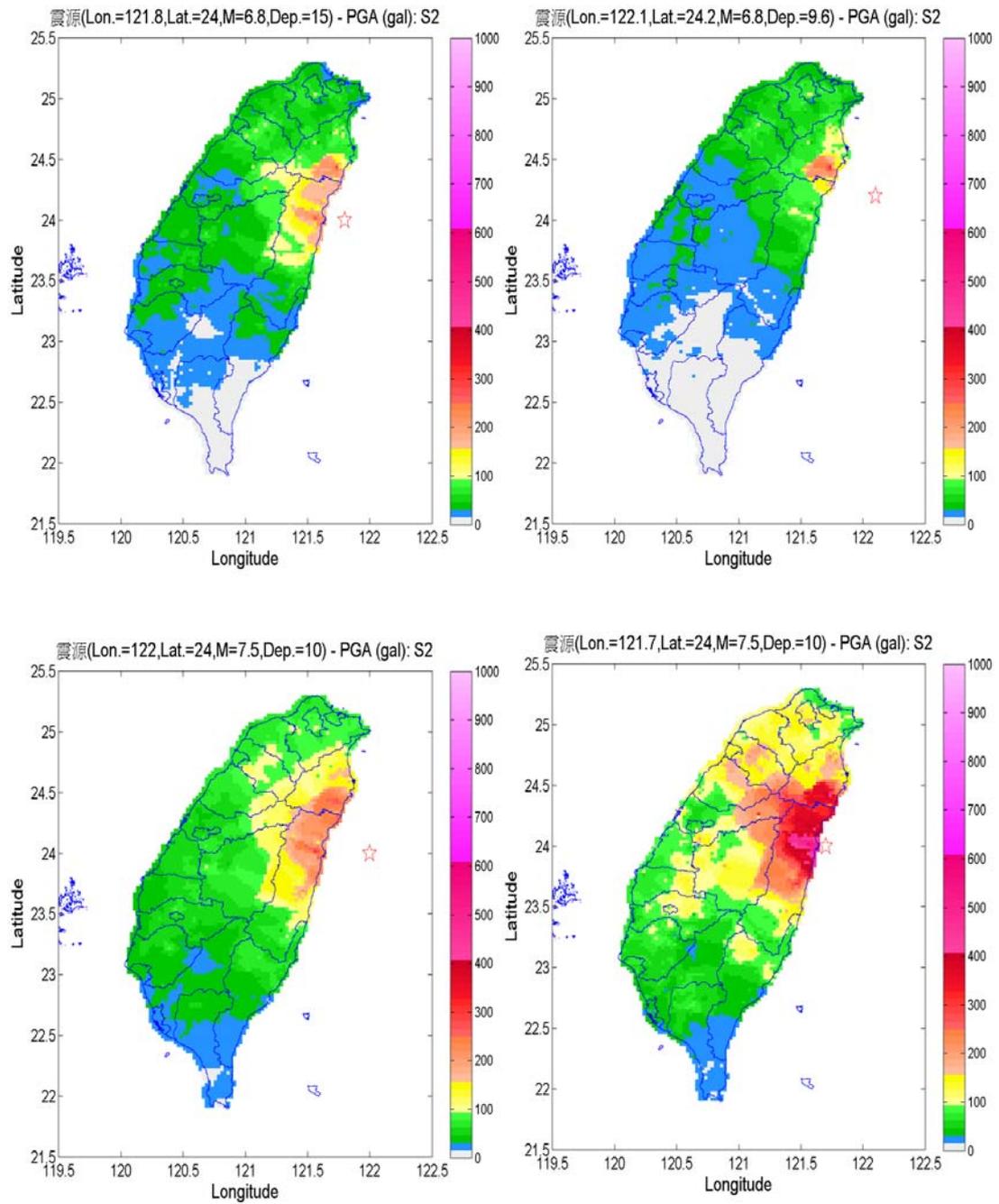


圖 5.6 遠距離點震源的境況模擬 Shakemap

第六章 結論與建議

本計畫為兩年度計畫，第一年主要採用中央氣象局建置之地震目錄，以地震學和統計學的理论進行分析。建立地震發生機率模型，計算臺灣區域震源之未來的可能發生機率。計畫第二年（今年度）則針對中央地質調查所公布的第一類活動斷層資料，篩選部份斷層參數（如斷層再現週期、斷層最大地震規模、斷層上次錯動時間等）比較完整的斷層，進行計算未來發生機率。最後，本計畫亦採用兩階段的最大地表加速度的預測方法，第一階段採用參考的衰減模式來進行最大地表加速度的預測，得到各測站初步的預測值。第二階段利用場址函數進行修正計算，以求得較佳測站最大地表加速度的預測值。

本研究以大臺北地區為例，說明強地動預估的分析流程。本研究首先調查大臺北地區以往的歷史災害地震記錄、中央地調所的活動斷層調查以及臺灣區域震源（Regional Source）的未來發生機率，以決定大臺北地區的可能潛在震源。其次依據大臺北地區的可能潛在震源，並考慮大臺北都會區大多都為沖積層或盆地地形，分析時必須考慮到場址放大效應之影響，因此採用兩階段的強地動預估方法，進行推估大臺北地區的最大地表加速度值的分佈圖。本研究所建立的強地動預估分析流程，將可以提供防救災相關單位在進行規劃地震災害防治工作時做為參考。

參考文獻

Campbell, K. W., (1981), Near-source attenuation of peak horizontal acceleration, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 7, pp.2039-2070.

USGS, (2003), Earthquake probabilities in the San Francisco Bay region: 2002–2031, *U.S. Geological Survey Open-File Report* 03-214.

Wells, D. L. and K. J. Coppersmith, (1994), New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 4, pp.974–1002.

日本地震調查委員會，(2002)，綜觀全國地震預測地圖。

許京穎，(2008)，臺灣潛勢地震之發生機率評估，國立中央大學碩士論文。

溫國樑、簡文郁、張毓文，(2005)，最具潛勢及歷史災害地震之強地動模擬，國家地震工程研究中心，NCREE-05-032。

張毓文，(2002)，場址特性分析及最大加速度衰減模式校正，國立中央大學碩士論文。

詹皓凱，(2008)，加速度地動潛勢預估，國立中央大學碩士論文。

鄭世楠和葉永田，(1989)，西元 1604 年至 1988 年臺灣地區地震目錄，中央研究院地球科學研究所，IES-R-661，255 頁。

鄭世楠、葉永田、徐明同、辛在勤，(1999)，台灣十大災害地震圖集，中央氣象局和中央研究院地球科學研究所，290 頁。

鄭世楠、張建興、何美儀、葉永田、辛在勤，(2009)，1900-2009 年台灣地區地震目錄，地震潛勢圖製作方法討論會第十二次會議專題演講。

鄭世楠、王子賓、林祖慰、江嘉豪，(2010)，臺灣地區地震目錄的建置，中央氣象局地震技術報告彙編，第 54 卷，575-606。

簡文郁，(2001)，考慮特徵地震與場址效應的地震危害度分析，國家地震工程研究中心報告，NCREE-01-036。