

# 都會區大規模地震應變與減災研究

## Emergency Operations and Disaster Reduction Research for large-scale Earthquakes in Metropolitan Areas

主管單位：國家災害防救科技中心

黃明偉<sup>1</sup> 柯明淳<sup>1</sup> 陳秋雲<sup>1</sup> 張芝苓<sup>1</sup> 溫國樑<sup>2</sup>  
Ming-Wey Huang Ming-Chun Ke Chiou-Yun Chen Chi-Ling CHANG Kuo-Liang Wen

<sup>1</sup> 國家災害防救科技中心

<sup>2</sup> 國立中央大學地球物理研究所

### 摘要

鑒於近年國內外災害地震的觀察與經驗，震後災害之評估，確為影響緊急應變效能的關鍵因子，有效的應變處理能夠大幅降低地震災害的持續影響。因此，除平時需建置相關資料與研發評估模式外，利用所收集建置之地震災害資料庫與災害潛勢資料庫內相關資料，予以分析加值，有利處理地震引致之多元化災害。參考歷史災害地震之應變時序，可以適度調整應變人員作業與資訊呈現，台灣地區之緊急需求推估參數的調整較能契合台灣地區之需求。因此本計畫之推動，除了結合本中心各組進行整合運用目前既有災害防救科技研發成果，也將邀請有關單位、人員進行跨領域合作或交流，共同探討災害的減輕對策，並於大規模地震發生後，進行緊急應變，提供有效之建議於決策者，以減少人員傷亡，達成大規模震災都會區防救災工作之總體目標。

本計畫主要成果可分為災後之緊急應變，提供地震發生後全面性初期災害評估與支援中央災害應變中心進行地震災害緊急應變；主要工作包含支援助地震應變、地震防救災資訊圖形化等，運用地震災害分析模組以支援 CEOC 地震應變作業，並擬定可能災害的主題，提供各階段災情資訊整合、境況展示及預估後續災情等情資以輔佐應變操作參考；依據傷亡救援情境模擬，彙整動態人口分布；強化地震引致山崩的評估模式；最後以人員傷亡需進行之醫療作為研擬緊急醫療情境設定。

**關鍵詞：**地震、緊急應變、災害評估、災害情境模擬

### Abstract

Based on the observation and experience of disaster induced by earthquakes around the world, the assessment of disaster immediately after earthquake occurred is the key to

improve the efficiency of response, which can greatly reduce the consequence of disaster. Therefore, we ordinarily collect data and develop the method for the disaster assessment. And we utilize and analyze the data to deal with consequences after the earthquakes occurred.

Taking these experiences of the historical events into consideration, we can properly coordinate the operation of our staff to fit in the local needs of Taiwan, including regulated process for the emergency operation and modified methodology of estimate for earthquake disaster. The promotion of this project does not only integrate the disaster reduction of research from science and technology, but also assemble the section of government and people to discuss the countermeasures of disaster reduction. We provide the decision-making to the commander immediately after earthquake at the aim of reducing the disaster.

The main results of this project can be used to response the disastrous earthquakes for primary estimate of the loss and to support the emergency operation center. We visualize the information of loss estimation in the emergency operation center. Meanwhile we draw up the themes associated with the disaster based on the data and loss estimate, i.e., the people in risk and the distribution of earthquake-induced landslide and the scenario of medical treatment for emergency.

**Keywords : earthquake, emergency response, loss estimate, scenario of disaster.**

## 一、前言

地震災害的複雜成因與機制，不僅須要藉助各學門科研來了解，更需要跨單位合作探討災害的減輕對策，才能確實減輕災害衝擊；2010年3月高雄甲仙發生規模6.4地震造成房屋損壞；同年海地規模7地震更造成逾20萬人的死亡，規模8.8智利地震造成約450人死亡，紐西蘭規模7的地震卻無人死亡，2011年2月紐西蘭規模6.3地震造成超過180人死亡，3月東日本大震災造成超過1萬5千人死亡。

鑒於上述案例提供重要思考觀點，即震後災害之評估，提升緊急應變效能。此外，利用所收集建置之地震災害資料庫與災害潛勢資料庫內相關資料，予以分析加值，並增加災害評估模式，有利於地震引致多元化災害。參考歷史災害地震之應變時序，可以適度調整應變人員作業與資訊呈現，台灣地區之緊急需求推估參數的調整較能契合台灣地區之需求。因此本計畫之推動，除了結合本中心各組進行整合運用目前既有災害防救科技研發成果，也將邀請有關單位、人員進行跨領域合作或交流，共同探討災害的減輕對策，並於大規模地震發生後，進行緊急應變，提供有效之建議於決策者，以減少人員傷亡，達成大規模震災都會區防救災工作之總體目標。

本計畫配合中心定位與目標，主要成果可分為災後之緊急應變，提供地震發生後全面性初期災害評估與支援中央災害應變中心進行地震災害緊急應變；主要工作包含支援助地震應變、地震防救災資訊圖形化等，運用地震災害分析模組以支援CEOC地震應變作業，並擬定可能災害的主題，提供各階段災情資訊整合、境況展示及預估後續災情等情資以輔佐應變操作參考；依據傷亡救援情境模擬，彙整動態人口分布；強化地震引致山崩的評估模式；最後以人員傷亡需進行之醫療作為研擬緊急醫療情境設定。

## 二、工作項目之設定

依照國家災害防救中心內各專業分組織專才，針對都會區大規模地震應變與減災研究之題目，進行各專業分項工作已完成相關防災規劃，101年度之分項工作如下所示：

- P05-1 即時地震災害分析與整合震災分析資料
- P05-2 中央災害應變中心專責人員與部會協商(由應變專案統一負責)
- P05-3 災害情境主題圖研擬與資訊界面設定(地震災害防治組)
- P05-4 震後山崩風險燈號設定(地震災害防治組)
- P05-5 標定受災風險人口分布(地震災害防治組)
- P05-6 研擬緊急醫療情境設定(體系與政策組)

## 三、各分項工作研究成果

### 3.1 P05-1 即時地震災害分析與整合震災分析資料

1. PGA 網格設定更新：以固定網格方式包含位置與大小進行計算與產製等值線震度圖，檔案格式包含地理資訊系統所需的圖層(shp 格式與 png 圖形檔案)，投影座標系統除原有 TW97 外，另外增加 WGS84 投影座標系統。
2. 地震簡訊更新：配合行政區更動，原台北縣更動為新北市、台中縣與台中市合併為台中市、台南縣市合併為台南市以及高雄市與高雄縣合併為高雄市，其鄉鎮之行政區更動為區，地震位置位於陸地上以所在鄉鎮區為標示，若以位於海域地震，則以最近鄉鎮區標示再加以外海 xx 公里。
3. 網頁訊息更新：即時處理中央氣象局發布之地震資訊，包含地震發生時間、規模、位置、深度與各地震度等值線圖，另以表格方式呈現各縣市的最大震度與 PGA 數值，作為可能災害產生研判參考(如圖 1 所示)。

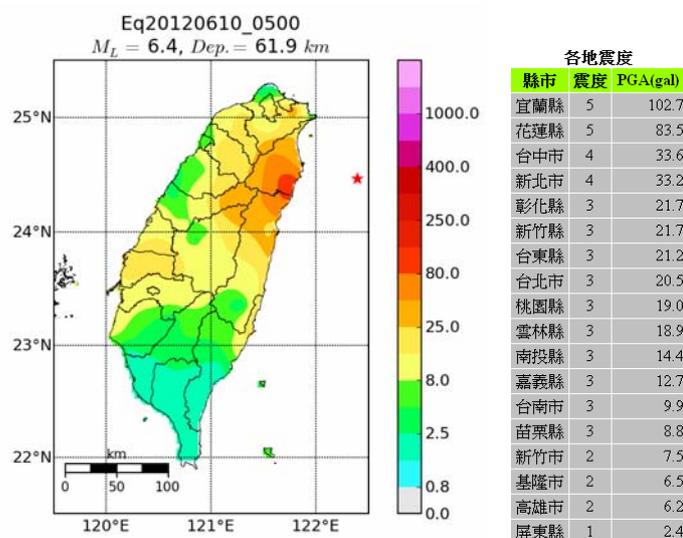


圖1、地震網頁訊息更新資訊

### 3.2 P05-2 CEOC 專責人員與部會協商

邀集相關專業組協助檢視各組目前對於決策支援需求所能使用工具與提供產品，藉以檢討中心進行地震應變時，各相關專業組任務內容之妥適性並構思實際執行之模式，更新NCDR內部標準作業程序(SOP)與新增風險管理。為強化與部會之聯繫以提昇地震應變作業能力，召開CEOC分析研判組協商會議，與各部會研商地震應變機制，並協商情資研判資訊；此外，進行各災害應變整合颱風、地震及人為的交流。

於4月17日針對本中心應變人員進行教育訓練，課題為「地震應變初期評估作業與機制」，大綱分為兩部分，第一為即時資訊加值處理，說明目前地震應變資訊的處理，依據中央氣象局發布地震報告為參考資料，為除考量各地區的震度外，亦將各地最大加速度值(Peak Ground Acceleration, PGA)數值提供應變人員參考。因考量地震發生時間與地點的不可預估性，地震資訊處理採用電腦即時化處理，包含將地震報告地理資訊圖層化、將初期評估結果以手機簡訊與電子郵件方式告知應變同仁。

第二部分進行操作流程，包含圖資放置處、匯入是通用型GIS系統中、將PGA圖層進行資料的判讀等項工作(如圖2所示)。

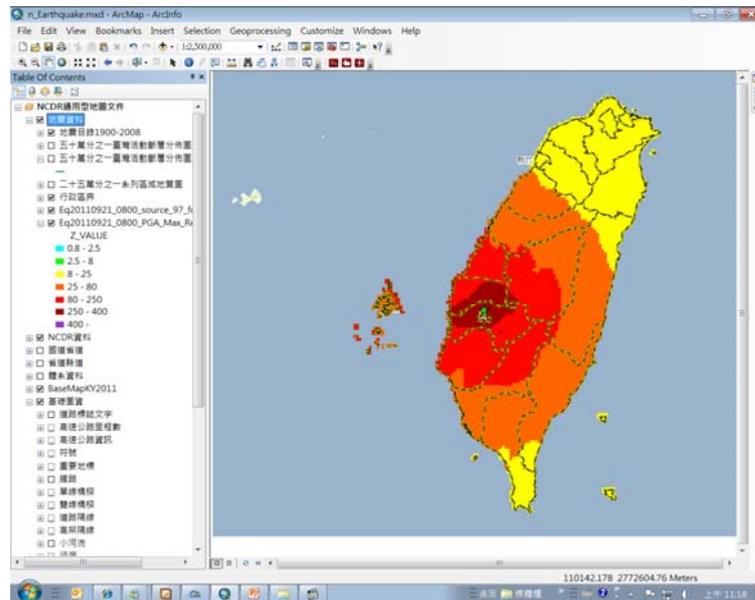


圖2、通用型GIS系統使用地震PGA分布圖

同時參與「101年國家防災日地震災害狀況推演」，演練時間為9月21日自10時至18時，地點為中央災害應變中心，推演基本想定為臺灣北部地區山腳斷層錯動，引發芮氏規模7.1地震，北部地區最大震度7級，震央位置為新北市萬里區，造成基隆市、臺北市、新北市及桃園縣等地區大規模災害，本中心代表情資研判組進行報告，本專案依據想定期程完成階段性簡報。此外，協調本中心緊急製圖組於當日針對想定災情狀況，協助相關主題製圖，共產製13張主題地圖，詳細主題可參閱P05-3工作項目之內容。

### 3.3 P05-3 災害情境主題圖研擬與資訊界面設定

建立圖資樣本說明手冊：以日本緊急製圖隊(Emergency Mapping Team, EMT)於311東日本大地震中所產出的各式地震災害主題圖資進行手冊訂定與整理，其主要目的為支援震災中央災害應變中心執行地震災害之分析研判，透過作戰地圖形式呈現災情相關資訊，用以輔佐相關決策採行措施。再者，經由日本經驗彙整災害主題圖在地震應變之實戰情形，可協助本中心製圖工作人員加速了解地震災害所需支援的工作內容，如災情評估及統計、災情彙整、圖資繪製等項目，以加速提升本中心震災緊急應變與支援之運作效能。

依據東日本大震災應變作業程序，自3月11日至6月所產製的主題圖資，以說明手冊依時序變化區劃應變階段分為災情評估及統計、緊急支援、災後復原三個階段，各階段主題圖資產製順序分別如圖3所示，共計25大類，84張圖資。同時參考東日本大震災緊急製圖隊之操作流程與產製之相關資訊，進行的工作包含震災境況推估設定，災情資料整備等項目，包含圖資權責主管機關確認、資料庫補強與資料共享、以及建置地震模組。完成以災情評估及統計階段建立作業操作流程，包含地震時序下該階段圖資產製項目(以受災人口、建物損毀、震後火災、孤島區等為主)、各主題



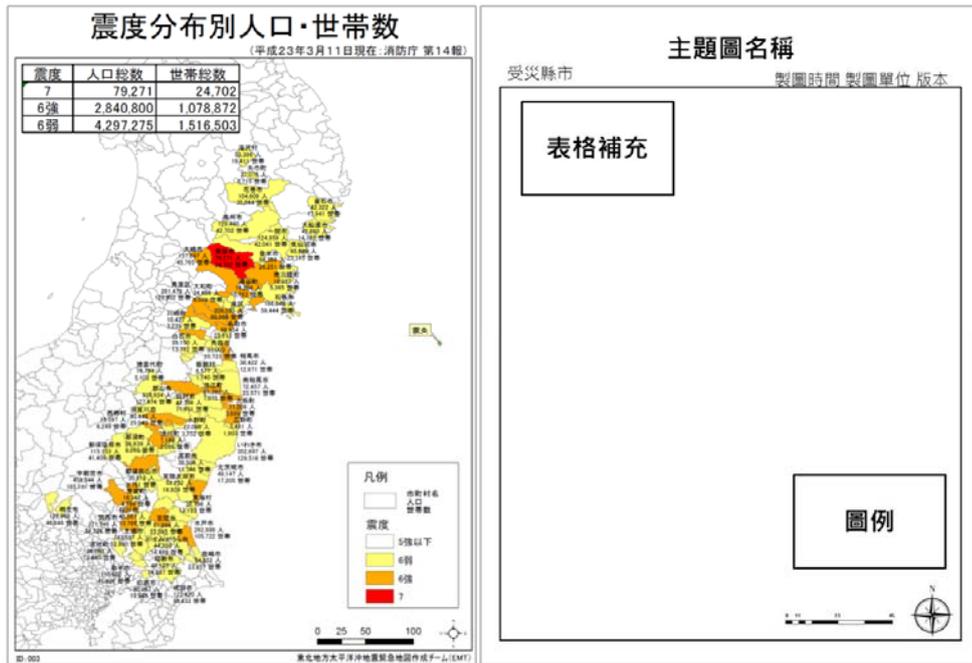


圖4、主題圖版面配置

1.主題圖名稱

2.分析主題圖圖層

左:疊圖之清單。  
中:對應圖層之來源單位。  
右:圖層資料取得時間。

4.圖資使用期程。

6. 整體呈現之空間區域。

8.該圖資之目的性

06.震度分布別人口・世帯数 (被害報)		
※圖層清單	資料來源	資料時間
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鄉鎮界</li> <li>• 各鄉鎮人口分布</li> <li>• 家戶數資料</li> </ul>	消防廳	2011.03.11
使用時機	災情統計	
起訖時間	2011/03/13~2011/03/18	
最小資料單元	鄉鎮	
空間範圍	日本東北部	
※內容說明		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 人口及家戶數一覽表: 詳細統計數字。</li> <li>• 震度分級: 震度五級以上分級。</li> <li>• 數字顯示: 人口/家戶數。</li> </ul>		
※目的		
1. 掌握各震度下影響人口及家戶數, 預估可能引致之受災人數。		
出圖時間		

← 3. 圖資用途分類。

← 5. 最小單元包含村里/鄉鎮/縣市。

← 7. 圖表內容詳細說明。

← 9. 圖資右上顯示時間。

圖5、主題圖屬性資料說明

相關實際應用上,則以「101年國家防災日地震災害狀況推演」想定災情發布狀況,納入時序概念,以災情統計、緊急支援、避難支援等三個時期為階段性任務,設定13項主題圖,如受傷人數統計、死亡與失蹤人數統計、學校死亡、失蹤/受傷人數統計、建物毀損統計(全倒/半倒)、重要道路與橋梁受損統計、變電所災損統計、自來水系統受災統計、醫療院所受災統計、可用醫療資源調查(自來水/電力)、醫療院所與交通路網位置圖、醫療需求說明(病床數/住院人數)、臨時避難人數統計(含弱勢人口)、民生需求總預估等主題,如圖6所示。

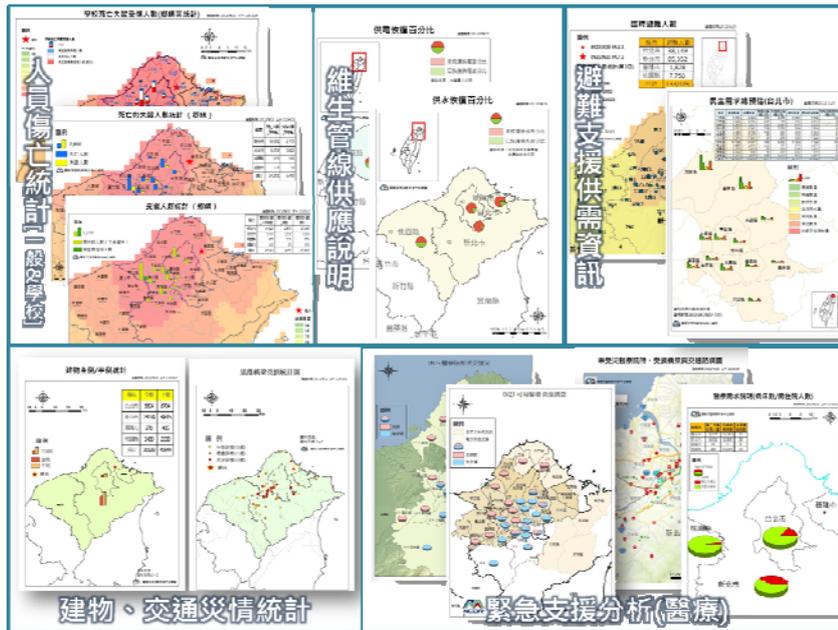


圖6、支援國家防災日之想定災情主題圖

### 3.4 P05-4 震後山崩風險燈號設定

網格化地文敏感圖由於其原來使用岩層的地質資料為比例尺25萬分之一之台灣全島地質圖，對於需進行小區域精度較高的分析作業雖可使用，但仍有其限制，因此藉由中央地質調查所新的大比例尺資料取代原使用岩層資料希望可得到較良好的分析結果，故共整理157幅1：25,000環境區域地質圖、56幅1：50,000區域地質圖以及18個比例尺為1：50,000流域地質圖作為地質資料更新之基本圖資，並進行圖資接合，完成後再依岩體強度分級分類給予權重評分後結合網格資料進行計算。

而由於所使用的地層資料，主要參考岩性的空間分布以及其岩體強度資料，對於地層的延續、分層等條件的合理性則暫不作考慮與要求，而地質圖繪製上，以1：25,000環境區域地質圖為底，逐漸利用區域地質圖以及流域地質圖陸續將1：25,000環境區域地質圖未涵蓋出之區域補足，但由於臺灣中央山脈部分地區的地質調查仍尚未完成，故因此仍以1：250,000的台灣全島地質圖為主，相關資料使用分區如圖7所示。

相關資料完成後，則依循原設定之分析方法，透過地理資訊系統中空間疊合功能，將每一網格內之岩體強度、地質構造、坡度等因子屬性資料，依其各因子與各因子下之分組權重，可得崩塌地文敏感總分值(式1)，並依其總分等劃分五等級，由低至高分為低敏感、中低敏感、中敏感、中高敏感以及高敏感之全台崩塌地文敏感值圖(圖8)。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( \frac{A_j}{A_{grid}} \times S_j \right) \quad (式 1)$$

式中，P 為網格所得所有崩塌地文敏感總分值； $P_i$  為第 i 項因子敏感值；n 為因子項目數；m 為 i 因子分組項目數； $A_j$  為 i 因子之 j 分組面積； $A_{grid}$

為網格面積； $S_j$  為  $i$  因子  $j$  分組敏感值。

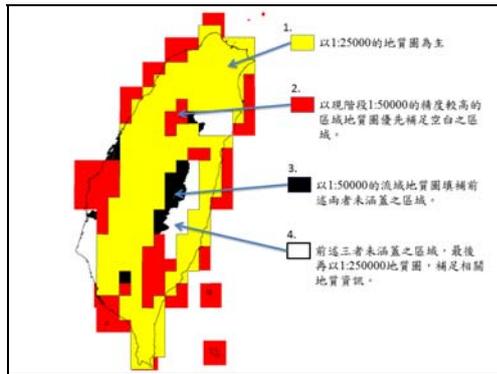


圖7、相關資料使用分區

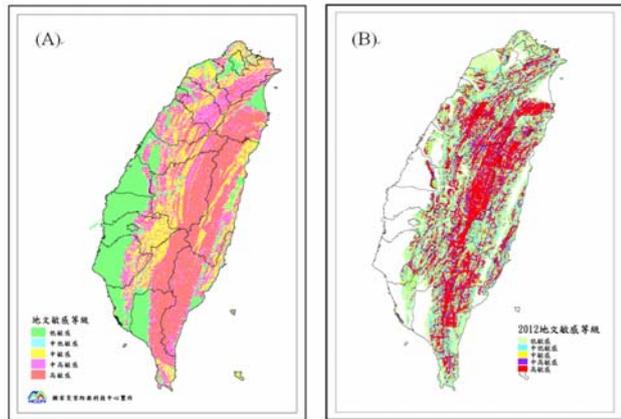


圖8、新舊版本的地文敏感圖  
 (A) 2011年版，(B) 2012年版

地震山崩資料之分析，由於在評估影響等級前，須針對生成地震崩塌的環境性質以及相關區位進行分析，因此藉由921集集大地震後所發生的崩塌紀錄，而因地震災害所帶來的破壞與其能練傳遞有關，故利用地表加速度、斷層最短距離以及震源距離，配合崩塌紀錄、地文敏感的資料進行分析，其結果如表2、表3、表4與表5所示，相關分析結果於後將做為影響範圍危險等級之設定。

表2、斷層環狀帶範圍各地文敏感等級中之崩塌紀錄

	斷層環狀帶範圍(O)			崩塌紀錄(H)			災害比(D=H/O)		
	1km	10km	30km	1km	10km	30km	1km	10km	30km
低	335	1701	3956	22	169	322	6.57%	9.94%	8.14%
中低	230	1615	4479	36	301	666	15.65%	18.64%	14.87%
中	140	1282	4702	27	278	718	19.29%	21.68%	15.72%
中高	87	1031	4491	16	273	845	18.39%	22.99%	18.82%
高	37	871	3829	13	350	847	35.14%	40.18%	22.12%
總計	829	6500	21457	114	1371	3398	13.75%	21.09%	15.84%

表3、震央環狀帶範圍各地文敏感等級中之崩塌紀錄

	震央環狀帶範圍(C)		崩塌紀錄(H)		災害比(D=C/H)	
	10km	30km	10km	30km	10km	30km
低	264	1831	19	226	6.71%	12.83%
中低	280	1864	56	349	19.79%	19.81%
中	237	1822	67	354	23.67%	20.09%
中高	253	1881	63	365	22.26%	20.72%
高	233	2208	78	468	27.56%	26.56%
總計	1267	9606	283	1762	22.33%	18.34%

表4、強震區各地文敏感等級中之崩塌紀錄

	PGA(P)		崩塌紀錄(H)		災害比(D=P/H)	
	400	250-400	400	250-400	400	250-400
低	1876	1728	228	99	12.15%	5.73%
中低	2236	2330	381	296	17.04%	12.70%
中	2224	2802	371	356	16.68%	12.71%
中高	2312	3086	390	456	16.87%	14.78%
高	2546	3887	467	380	18.34%	9.78%
總計	11194	13833	1837	1587	16.41%	11.47%

表5、強震區與各環帶對比結果

地震加速度 範圍	崩塌網格 數量	斷層環帶範圍			震央環帶範圍	
		1km	10km	30km	10km	30km
400	1837	155	912	1837	363	1655
250-400	1587	96	675	1578	0	238

同時考慮地文之因素、距離與強震區之資料，故在警戒值之設定上，研究中以崩塌記錄與各不同地文敏感等級、PGA紀錄進行回歸，設定各地文敏感等級的PGA警戒值(圖9)，其後按第一次模型中災害分析之結果，分給與強震區與距離權重後(圖10)，後利用列聯表之方式(圖11)計算潛勢分級，其結果如圖12所示。

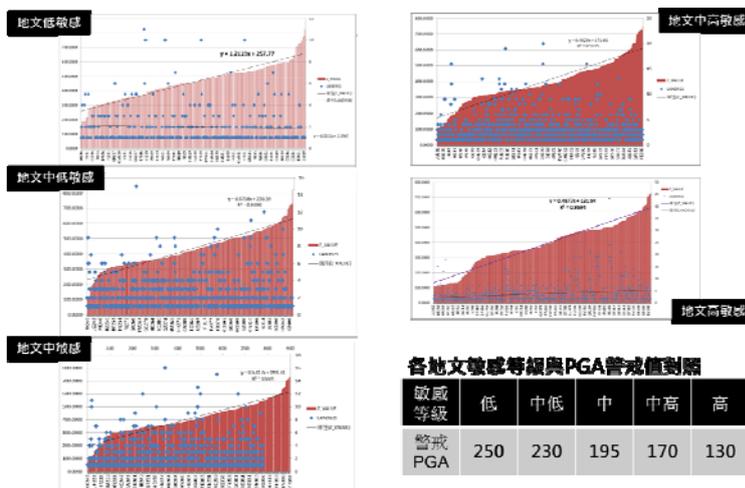


圖9、各地文敏感等級與PGA警戒值對照

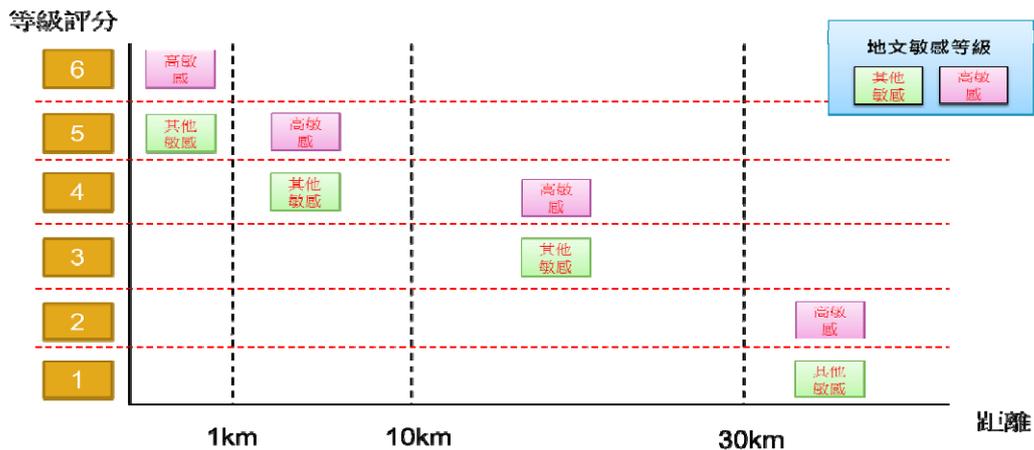


圖 10、距離之權重配分示意

震後崩塌潛勢分級說明

地文敏感類別距震央或斷層異列不同距離之配分

遠 ← → 近

強震區配分	配分	1	2	3	4	5	6
<250gal之震區	1	1	2	3	4	5	6
250~400gal之震區	2	2	4	6	8	10	12
≥400gal之震區	3	3	6	9	12	15	18

極高潛勢區

中高潛勢區

中低潛勢區

高潛勢區

中潛勢區

低潛勢區

圖 11、震後崩塌潛勢分級計算表

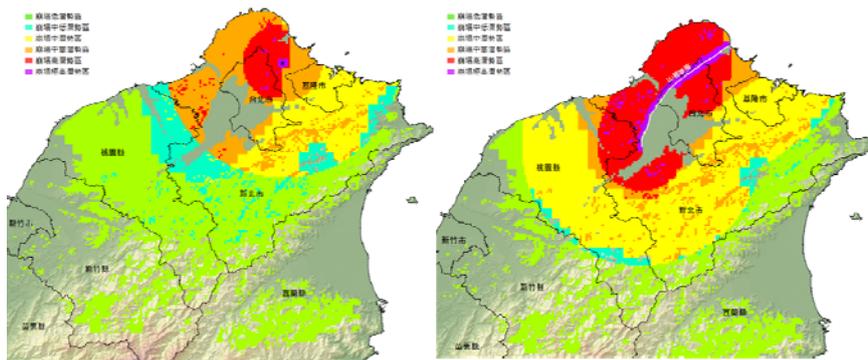


圖 12、101 年國家防災日模擬之結果

3.5 P05-5 標定受災風險人口分布

藉由行動通訊協助標定受災高風險人口，協助指揮官調度資訊於災害發生時標定災害影響範圍以及使用災害地圖來表示受災程度，其目的有二，首先可將救援人力於第一時間即投入需要救援的地區，因此若能有效管理應用地震災害資訊將能盡早讓災區透明化以提升政府救災效率；再者，有效應用地震應變資訊將可讓政府在地震災害應變中的角色從原先被動搶救轉換為主動警戒。

在國外相關使用範例：2010年海地地震發生後，民間團體與當地手機業者(Digicel)進行手機基地台標定震後發生19日之人口分佈情形，提供參考資訊於救災資源的配送作業；此外，海地地區發生霍亂疫情期間，疫區與鄰近區域人口的掌握，可掌握人口分布進一步協助緊急醫療作業，如圖13所示。

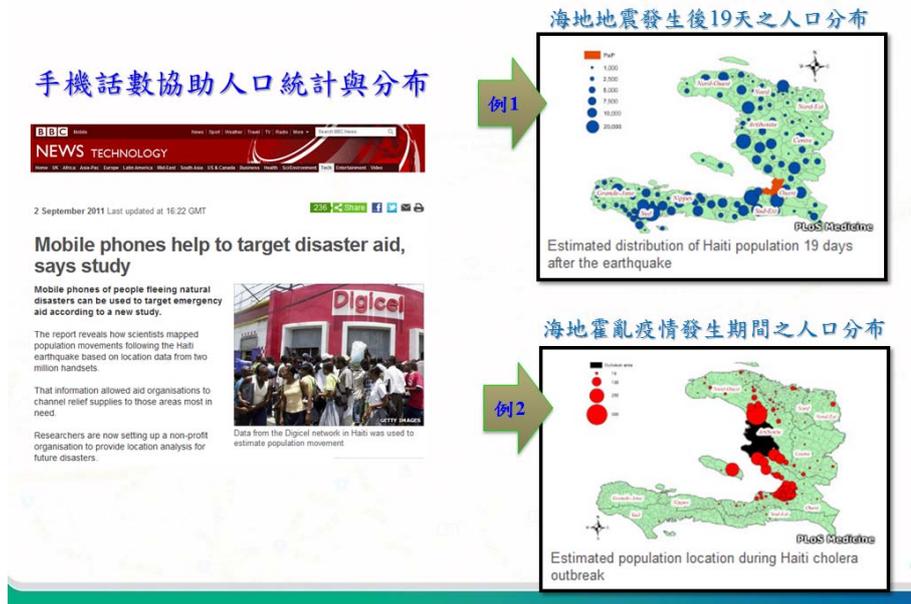


圖 13、國外應用案例—2010 年 Haiti Earthquake

資料處理流程：藉由建物基地面積結合基地台手機註冊數目，依據基地台手機註冊更新頻率得到該地區手機註冊數目，進而使用網格均化技術，建立500x500公尺的網格人口，可依不同時段建立人口分布圖層，如日間、通勤、夜間、以及假日時段等資料庫，於災害性地震發生後，第一時間依據地震發生時段，使用該時段已建置之人口分布圖層進行受災風險人口狀況並評估可能受災的人口總數，如圖14所示。

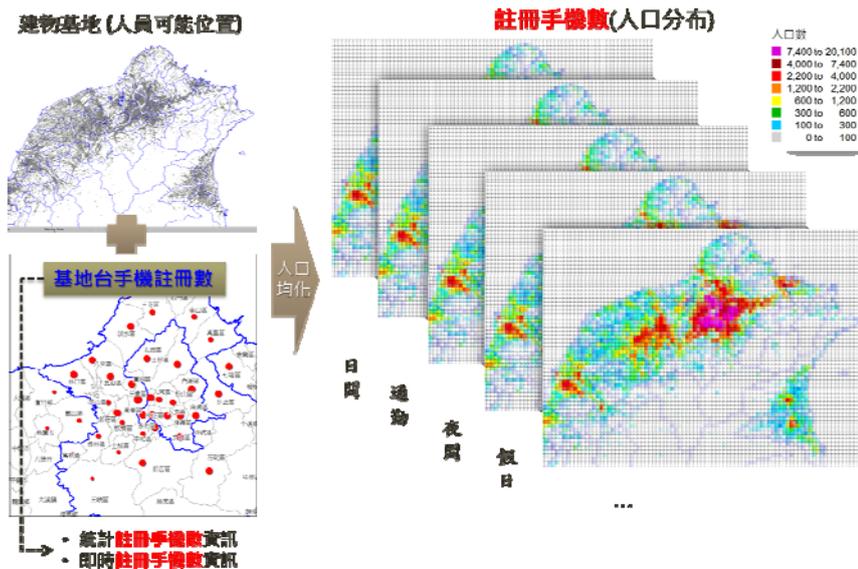


圖 14、結合建物基地與基地台註冊數之網格人口分布

### 3.6 P05-6 研擬緊急醫療情境設定

為提升緊急應變效能，持續研擬各種類型之緊急應變情境設定，本年度擬針對地震應變緊急醫療進行情境模擬，希望藉由對地震應變緊急醫療情境模擬，能對大規模震災時之醫療調度提供有效之建議於決策者，以減少人員傷亡，達成大規模震災都會區防救災工作之總體目標。由於災害性地震發生後，引致強地動、土壤液化、以及山崩等破壞因子，導致人口傷亡、建物或是設施受損的風險提高，交通要道(捷運、鐵道、國道、快速道路、聯外橋梁、高架橋梁、天橋、陸橋以及備援道路)可能因而受影響或是損壞，因此，規劃緊急救援道路及進行災區交通管制是於大規模震災時必須考慮的重要課題；人員救護部分，醫療救援需詳盡擬定相關對策與考量，涵蓋醫院位置、震後醫院受災程度、院內病患安置、臨時醫療站設置、可供醫療病床數目、水電維持與藥品、醫療人員充足問題等；此外，還包括緊急醫療系統啟動、緊急醫療救護總指揮中心成立、病患後送等應變體制等問題，如若是須設置野戰醫院時，除地點的選擇外亦須考量交通救援問題等(如圖15所示)，因此，本項工作優先鎖定大型醫院(區域級以上)之可能醫療救援工作。

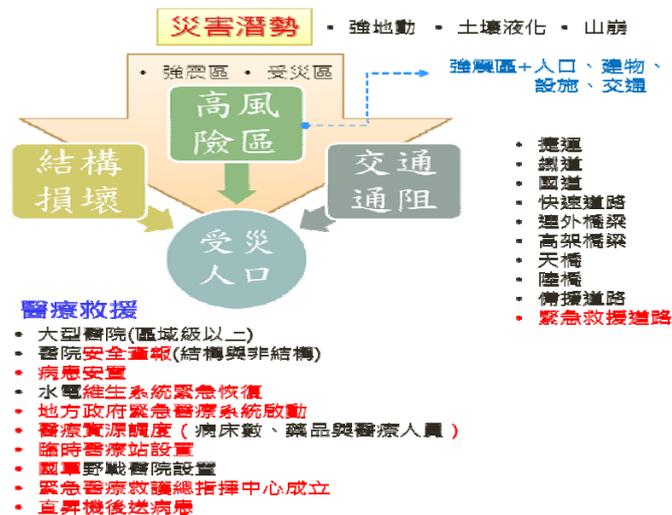


圖 15、緊急救援流程圖

其方式如下：

1. 已收集建置大型醫院地理資訊系統圖層，並建置屬性欄位供後續相關作業使用，屬性涵蓋醫院名稱、地址與聯絡電話等(如圖 16 所示)。
2. 參考近年來大規模災害，如 921 地震、莫拉克風災等，研擬各種類型之緊急應變情境設定，本年度針對地震應變緊急醫療進行情境模擬，完成地震應變醫療時序(如圖 17 所示)，希望藉由對地震應變緊急醫療情境模擬，能對大規模震災時之醫療調度提供有效之建議於決策者，依據地震發生後可能的狀況與考量時序的演進，研擬震後一周內可能的醫療情境，包含防災體制、罹難者處理、搜索、救助及緊急運送、醫療活動、國軍支援等分項作業進行。

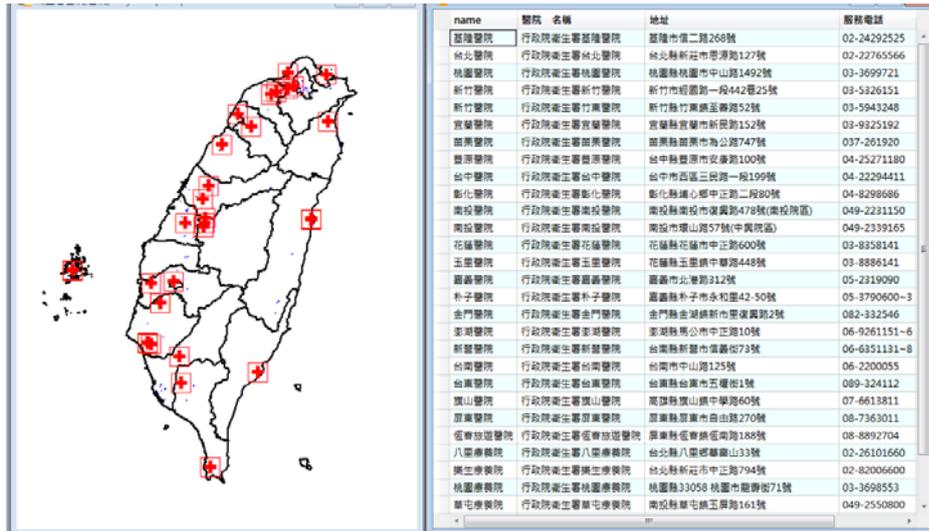


圖 16、衛生署立醫院位置與屬性表

	地震發生 30秒	90秒	3分	5分	15分	30分	1小時	2小時	3小時	4小時
A.地震資訊	※地震監測	2地震定位	4地震訊息通報							
B.防災體制		1強震即時警報訊息發佈	3地震報告傳遞							
F.罹難者處理										
G.搜索、救助及緊急運送										
H.醫療活動										
I.國軍支援										

	6小時	8小時	10小時	12小時	24小時	36小時	48小時
A.地震資訊	※地震監測						
B.防災體制		9醫療用品調配					
F.罹難者處理							
G.搜索、救助及緊急運送							
H.醫療活動							
I.國軍支援							

	三天	五天	一週
A.地震資訊	※地震監測		
B.防災體制	11調派法醫及檢察官協助驗屍	12全民健保費延繳、優惠	
F.罹難者處理	4罹難者身份比對		
G.搜索、救助及緊急運送			
H.醫療活動	8災區民眾預防針施打		9受災民眾心理輔導
I.國軍支援	3協助災區民眾預防針施打		

圖 17、地震應變醫療時序

#### 四、結論與建議

有效的應變處理能夠大幅降低地震災害的持續影響，此項作業需平時需持續建置相關資料與研發評估模式外，並加強相關資料的分析與運用，預先設定地震相關

的災害主題，有利處理地震引致之多元化災害。持續蒐整歷史或是世界上正在發生的災害地震之應變時序，適度調整應變人員作業與資訊資呈現，因應台灣地區之緊急需求推估參數進行合宜的調整，此項作業需要結合跨領域的災害防救科技研發成與人員合作交流，共同探討災害的減輕對策，並於大規模地震發生後，進行緊急應變，提供有效之建議於決策者，以減少人員傷亡，達成大規模震災都會區防救災工作之總體目標。