

## 台灣地區地震速報系統之發展

蕭乃祺

吳逸民

辛在勤

中央氣象局地震測報中心

國立台灣大學地質科學系

中央氣象局

國立中央大學地球物理研究所

### 摘要

為強化台灣地區的地震測報工作，減少地震的災害與威脅，台灣自 1994 年起即開始積極辦理地震速報作業規劃以及相關技術研發的工作，並在 1997 年執行強地動觀測第二期計畫—建置強震速報系統，正式將台灣地區地震測報工作推進至速報的階段。經過幾年來的持續發展以及測報經驗，地震速報系統已經穩定運轉，成為台灣地區發布有感地震的核心系統。目前針對發生於島內或近海區域的有感地震，系統平均在地震發生後 60 秒即可初步掌握各地震度、震央位置及地震規模，並迅速透過網際網路、行動電話簡訊、傳真存轉等多重管道，在 3 至 5 分鐘內迅速的對外發布完整的地震消息。

關鍵詞：地震速報系統、有感地震發布。

### 一、前言

中央氣象局為強化台灣地區的地震測報工作，減少地震的災害與威脅（圖 1），自 1994 年即開始積極辦理地震速報作業規劃以及相關技術研發的工作（Shin et. al., 1996；Wu et. al., 1997；吳逸民等，1998），並在 1997 年執行強地動觀測第二期計畫—建置強震速報系統（中央氣象局，1996），正式將台灣地區地震測報工作推進至速報的階段。經過幾年來的持續發展以及測報經驗，地震速報系統目前已經穩定運轉，成為台灣地區發布有感地震的核心系統，同時近年來並成功偵測幾個災害性大地震，例如 1998 年瑞里地震、1999 年集集大地震、1999 年嘉義地震、2002 年 331 地震以及 2003 年成功地震（圖 1），迅速的提供防救災單位地震參數及強地動資訊，有效降低大地震所造成的衝擊。

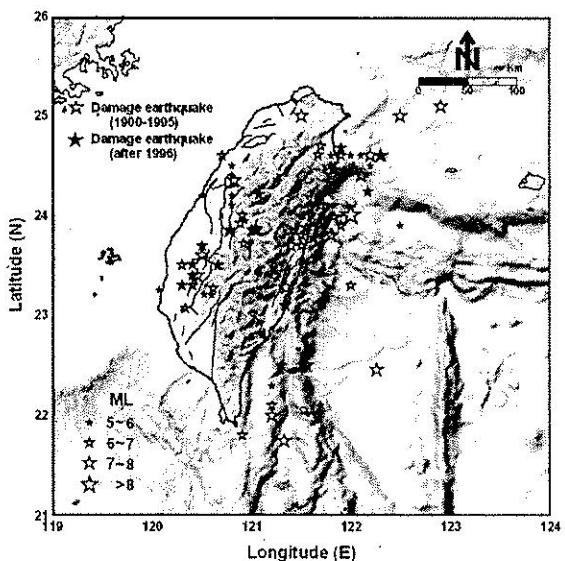


圖 1. 台灣地區 20 世紀以來災害性地震之震央分布圖。

Fig1. Epicenter distribution of the disastrous earthquakes occurred in Taiwan area since 1900.

綜觀中央氣象局整個地震速報工作的發展（表 1），早先幾年（1999 年前）為地震速報系統的研發階段，包含即時加速度型地震觀測網建置、地震自動定位技術研發以及地震消息傳

播技術開發等基礎工作，同時在實際地震測報過程中不斷累積經驗，適度調整地震測報的流程，以達到地震速報的要求（吳逸民，1999）。

表 1. 中央氣象局地震速報系統發展大事紀。

Table 1. Developments of the TREIRS compiled from 1996 to 2003.

年份	大事紀
1995-1997	<ol style="list-style-type: none"> <li>1994/12 設置「即時加速度型地震觀測網」，為發展地震速報系統先期作業。</li> <li>1995/1/10 記錄到第一筆地震資料。</li> <li>開發地震自動定位技術。</li> <li>開發地震消息自動傳播技術，途徑包括電子郵件、全球資訊網站、檔案伺服器、呼叫器。</li> <li>1996/3/5 開始進行地震速報系統有感地震發布測試。</li> <li>陸續增加即時強震站，1997 年底總共設置 52 站。</li> </ol>
1998	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震速報系統開始正式擔任發布有感地震作業。</li> <li>地震消息發布途徑增加 166/167 電話語音。</li> <li>成功發布 7/17 瑞里地震。</li> <li>即時強震站增加為 60 站。</li> </ol>
1999	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震速報系統修正 Y2K 問題。</li> <li>成功發布 9/21 集集大地震及 3 個規模 6.8 餘震。</li> <li>成功發布 10/22 嘉義地震。</li> <li>即時強震站增加為 62 站。</li> </ol>
2000	<ol style="list-style-type: none"> <li>重要即時強震站加裝 UPS 不斷電系統。</li> <li>地震消息發布途徑增加中文呼叫器。</li> <li>架設地震速報花蓮子網於花蓮氣象站。</li> <li>成功發布 5/17 及 6/11 災害性地震。</li> <li>即時強震站增加為 70 站。</li> </ol>
2001	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震消息發布途徑增加行動電話簡訊。</li> <li>架設地震速報南區子網於永康氣象站。</li> <li>成功發布 6/14 災害性地震。</li> <li>即時強震站增加為 81 站。</li> </ol>
2002	<ol style="list-style-type: none"> <li>提供一般民眾訂閱地震電子報。</li> <li>與中華電信合作，提供一般民眾地震特報簡訊訂閱功能。</li> <li>與中央防救災指揮中心及台灣鐵路管理局建置專線，提供地震消息。</li> <li>地震速報南區子網移至南區氣象中心。</li> <li>於各氣象站裝置網路傳輸設備，架設強地動訊號傳輸備援系統，同時增加衛星傳輸備援功能。</li> <li>成功發布 3/31 及 5/15 地震。</li> <li>即時強震站增加為 87 站。</li> </ol>
2003	<ol style="list-style-type: none"> <li>地震速報網路傳輸系統、南區地震速報子系統、花蓮地震速報子系統正式上線使用，強化地震速報作業備援功能。</li> <li>與公共電視合作，地震消息發布途徑增加公共電視跑馬燈。</li> <li>成功發布 12/10 成功地震。</li> </ol>

九二一集集大地震發生以後，由於整個系統在地震期間遭到相當程度的破壞，包括電源設備的損壞以及訊號通訊的中斷等，導致詳細震度資料的欠缺，同時在過程中也深刻體驗到地震速報工作在地震防災上的重要性，因此最近幾年的工作除了持續增加即時強地動觀測站外，主要以強化系統設備穩定性以及加強地震消息發布功能為主(Hsiao et. al., 2003)。強化系統設備穩定方面，包括重要即時強震站加裝不斷電系統、開發網路及衛星傳輸備援線路、建置南區及花蓮速報子系統等；加強地震消息發布功能方面，配合通訊科技的進步，增加地震消息發布途徑，包括中文呼叫器、行動電話簡訊、地震電子報的訂閱以及公共電視的跑馬燈，並與防救災單位及交通運輸單位以專線連接，傳送地震消息。

中央氣象局強地動觀測第二期計畫－建置強震速報系統已於 2003 年底告一段落，本文主要目的是將近年來中央氣象局地震速報作業的發展以及表現做一個整理，內容包括目前地震速報系統架構、現階段測報作業流程以及近年來整個系統運轉的效能評估和測報表現。

## 二、系統架構

地震速報系統之系統架構主要可分為四個部分，包括即時強地動觀測網、資料傳輸線路、快速資料處理中心以及地震消息發布途徑（圖 2）：

**即時強地動觀測網** 地震速報系統目前所使用的地震儀為數位加速度型地震儀，其使用 16 位元的解析度，擁有 96dB 的動態記錄範圍，此種地震儀又稱為強震儀，最大可記錄到正負 2G 範圍的地動加速度。地震網為即時性觀測網，所收錄之強地動訊號可以即時透過數據傳輸專線傳回至中心站處理；目前此網在台灣本島及離島地區，總共建置有 87 個測站（圖 3），並根據實際需求增加測站之建置，以強化有感地震之偵測能力。

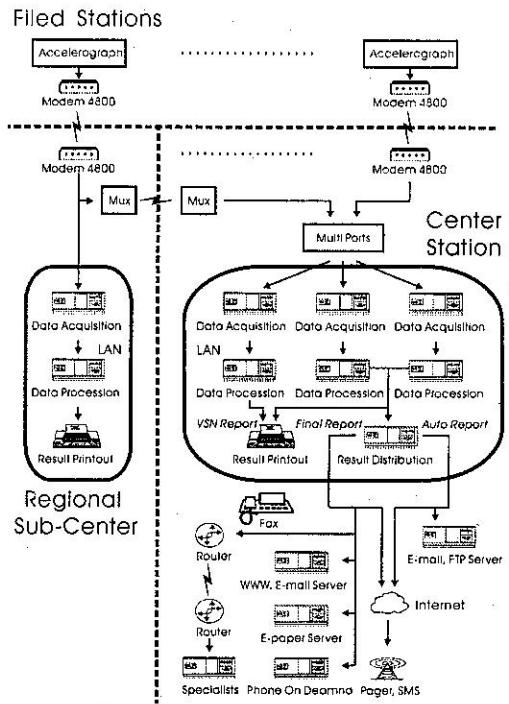


圖 2. 中央氣象局地震速報系統之系統架構圖。  
Fig2. Block diagram showing the hardware of the TREIRS.

**資料傳輸線路** 資料傳輸線路主要使用中華電信公司的數據專線，強震儀三軸向、取樣率每秒 50 點的地動訊號經過數據機後，以每秒 4800 bits 的速率，二十四小時不斷的傳回至中心站，並於中心站再透過數據機還原為原來的地動訊號。目前資料傳輸的方式有兩種（圖 3），一種是訊號直接由野外的測站傳回台北氣象局內的中心站；另外一種則是訊號會先集中至附近的氣象站，然後再透過 T1 專線，將匯集至區域中心的訊號一起傳回台北中心站處理，目前以此種方式傳輸訊號的測站包括台灣本島南部地區的測站，其訊號會先傳到位於臺南市的南區氣象中心，以及花蓮地區的訊號會先傳到花蓮氣象站，然後再分別透過兩條 T1 專線傳回到台北。除了數據專線以外，中央氣象局目前也藉由其局屬 Frame-Relay 的網路環境，以 TCP/IP 方式將訊號傳回中心站，此種訊

號傳輸環境並同時配備有衛星通訊的備援。

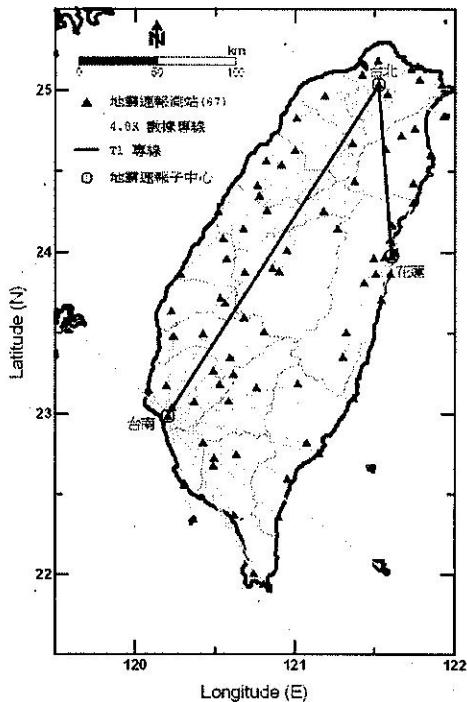


圖 3. 中央氣象局即時強地動觀網測站及訊號傳輸線路圖。

Fig.3. Map showing the telemetries and real-time strong-motion stations implemented in Taiwan.

快速資料處理中心 在中心站訊號處理的作業方面，目前有兩套並行的作業系統（圖2）。第一套採連續記錄方式，將每分鐘之地動訊號記錄成一個檔案，由電腦程式進行訊號判讀，若符合觸發條件，則將檔案移至另一電腦，由地震測報人員加以處理。第二套作業系統則採觸發記錄方式，此系統為完全自動作業，當地動訊號達觸發標準，系統會將其記錄成檔案，由另一部個人電腦進行判讀，若為地震觸發，則進行自動定位工作，並將其自動測得之地震位置、規模大小等定位結果及各地震度以圖文方式列印；由於系統中採用了自動定位的技術，因此可有效的減少作業處理的時間，一般而言，可於檔案結束記錄後數秒內得到自動

定位結果，時間平均約為地震發生後一分鐘。資料處理中心除了在台北氣象局本部外，由於即時訊號的傳輸方式（圖3），中央氣象局南區氣象中心以及花蓮氣象站也設置有兩個區域的子中心，而此子中心除了可以迅速提供當地地區震度的資訊外，其定位結果也可互為備援使用。

**地震消息發布途徑** 地震消息內容包括地震發生時間、震央位置、震源深度、地震規模、各地震度等基本參數，以及藉由這些參數的推估，在防救災上一些重要的參考資訊；地震消息透過傳播媒體迅速發布，可以提供大眾消息以減少恐慌，救災單位也可以運用於估計災害的位置及範圍，決定救災動員策略，同時各地研究機構與學校也能就其專業知識協助災後處理、安撫民心、災區勘查及受損建築物之認定等。中央氣象局鑑於網際網路使用的普遍性，地震情報的傳遞以網路為主要的傳播媒介（圖2），並隨著近年來通訊科技的發展，開發不同新的傳遞途徑；目前已上線使用的發布方式包括電子郵件、全球資訊網站、網路檔案傳輸、電子傳呼系統、行動電話簡訊、電話語音、群組傳真以及公共電視跑馬燈等。

### 三、作業流程

在地震速報系統的架構下，中央氣象局目前運作有感地震的發布作業如圖4所示。當台灣島內或近海區域發生有感地震時，系統會被觸發並進行自動地震定位，產生地震的初步報告，依據目前的設定，當初步計算的地震規模大於4.5時，系統會透過行動電話、呼叫器以及電子郵件等方式，將初步地震的訊息傳遞給防災單位人員以及氣象局同仁參考，而其主要目的為相關人員之緊急動員。同時，測報人員會立即檢視所有系統得到的自動報告，包括區域子中心等備援系統所傳送過來的結果，以確認地震參數以及各地震度資料的可信度，並在完成適度修正後，迅速透過網際網路、行動電

話簡訊、電話語音以及傳真存轉等多重管道，將正式的地震報告傳送給所有相關單位及社會大眾。

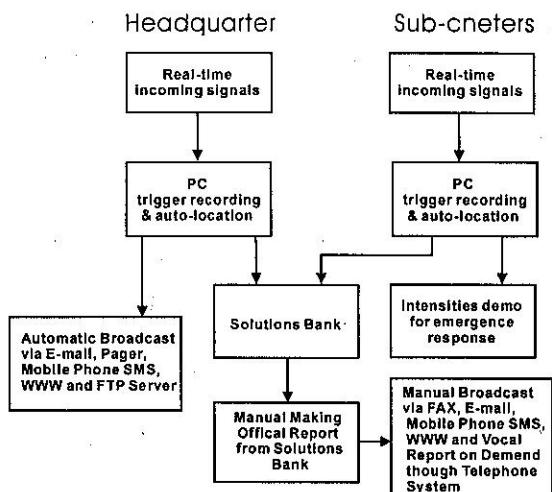


圖 4. 中央氣象局有感地震速報作業流程圖。

Fig4. Flowchart showing the felt earthquakes monitoring and rapid reporting procedures in Taiwan.

若在地震發生後，系統沒有產生自動報告，或是自動結果誤差太大，無法用於發布的狀況時，測報人員則必須以人工的方式進行地震定位，並在完成定位工作後，對外發布地震消息。

#### 四、效能評估

為瞭解地震速報系統之測報表現，本文挑選了 1996 年至 2003 年間，發生於台灣島內或近海區域的 287 個地震(圖 5)，以評估其效益。由於速報系統之建置主要為地震防災之目的，因此本文僅挑選具有地震災害潛能的有感地震，其挑選條件如下：

1. 地震規模 5 以上。
2. 震源深度淺於 35 公里。
3. 震央位於經度 119.5 度至 122.5 度、緯度 21.5 度至 25.5 度之間。

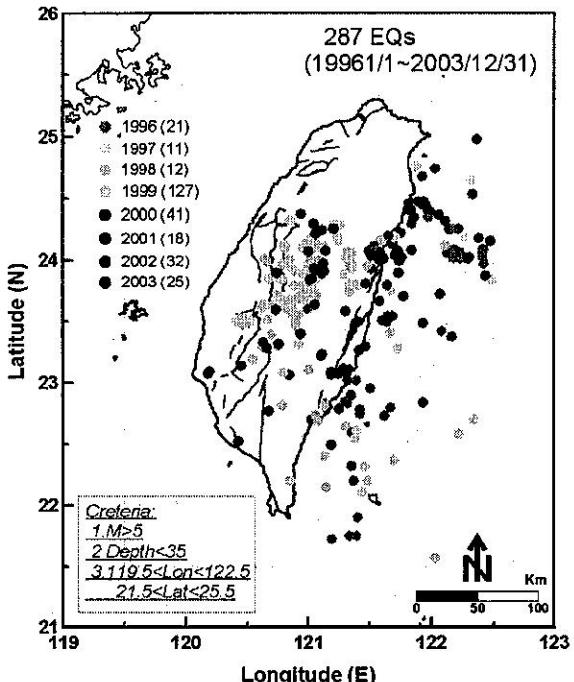


圖 5. 本研究挑選評估地震速報系統運轉效益之地震分佈圖。

Fig5. Epicenter distribution of the earthquakes compiled for assessing the performances of the TREIRS.

觀察這 8 年來地震的分布情形，前 3 年 (1999 年集集大地震發生之前) 的情形與台灣一般的地震活動較為類似，地震大都發生於台灣東部板塊碰撞的邊緣地區，僅有零星的地震發生於西部的嘉南地區，但跟以往較不同的是地震的次數有偏少的現象。1999 年由於集集大地震的發生，因此台灣中部地區發生了大量的餘震，而這情形一直延續到 2001 年。2002 年以後，較大規模的有感地震則回復到主要發生於東部及其外海地區板塊碰撞邊緣的孕震構造上，包括南澳外海地區、花蓮地區以及成功地區。

藉由挑選地震的分析，本文首先檢驗系統在運轉效能上，從 1996 年至 2003 年每年的統

計情形（圖 6）。隨著每年即時強震站的增加，地震發生後地震波到達最近測站的平均距離有逐年縮短的趨勢，有助於有感地震觸發時效的提升，而目前平均地震至最近測站的距離約為 20 公里。測站分布最大空區夾角(GAP)方面，由於此角度變化跟地震分布與觀測網的相對位置有關，因此每年平均角度的大小跟該年地震活躍的地區有著較大的關係；一般而言，由於地震觀測站都受限位在島內或零星的幾個離島上，而大部分地震卻發生於東部外海的區域，因此除了集集地震期間時，地震的位置受到了比較好的掌握，其角度較小外，近 2 年來雖然測站增加，此角度卻都接近 180 度。

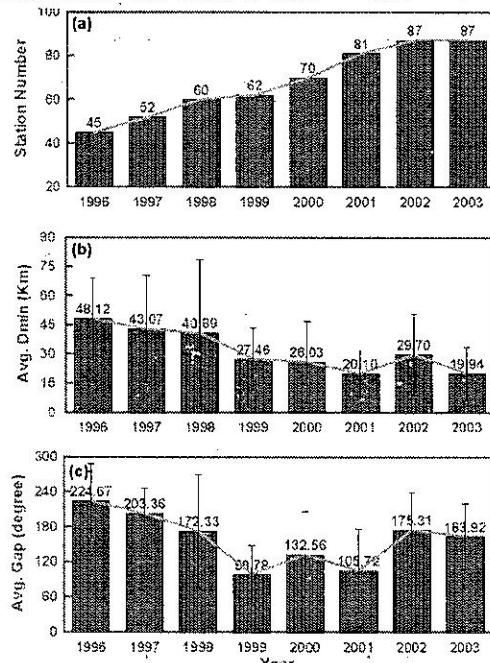


圖 6. 地震速報系統運轉效能分年統計圖(a)即時強震站數目(b)地震至最近測站距離(c)測站分布最大空區夾角。

Fig6. Assessments of the TREIRS from the results of (a) the real-time station number, (b) the epicentral distance to the nearest station, and (c) the largest azimuthal separation between stations compiled from 1996 to 2003.

地震定位時通常以走時殘差(RMS)、水平方向標準偏差(ERH)以及垂直方向標準偏差(ERZ)來描述定位的品質，代表定位結果與所使用速度模型吻合的情形。雖然近年來學者在地震定位技術上的研究，對於地震定位精確度有明顯的改進(Wu et al., 2003b; 張建興, 2004)，但由於速報系統防災時效性的考量，系統仍維持以水平層模式進行地震定位(Lee and Lahr, 1975)，使用之地殼速度模型為中央氣象局地震測報中心現行所採用的模型(陳燕玲和辛在勤, 1998)，因此基本上定位的品質皆無太大的變化（圖 7），RMS 約為 0.5 秒以下，ERH 和 ERZ 則控制在 1.0 公里以下。

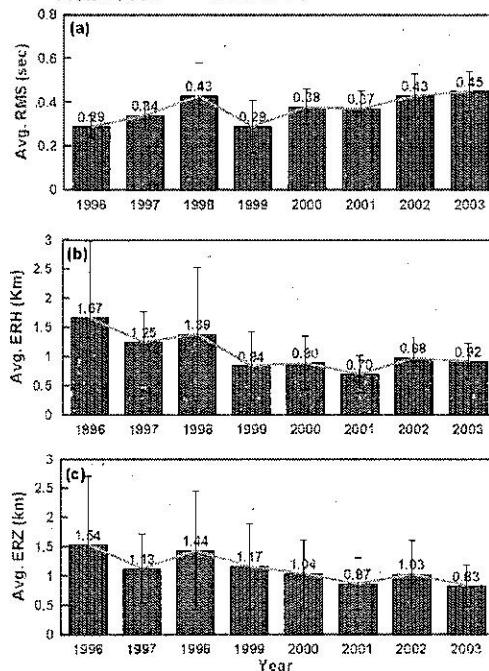


圖 7. 地震速報系統地震定位品質分年統計圖  
 (a)走時殘差(b)水平方向標準偏差(c)垂直方向標準偏差。

Fig7. Assessments of the TREIRS from the results of (a) the root-mean-square error of the time residual, (b) the standard error of the epicenter, and (c) the standard error of the depth compiled from 1996 to 2003.

速報系統由於能夠針對有感地震進行自動定位，大幅度的縮短地震測報之時間，因此其自動資料處理的情形是系統成功運轉的關鍵因素，本文接下來即對系統地震自動偵測之能力做一評估。在自動觸發率方面（圖 8），前 4 年自動觸發率雖然逐步成長，但仍有許多具有災害潛能的地震沒有被自動的偵測出來，而必須仰賴測報人員以人工定位的方式處理，直到 2000 年以後，備援系統的逐漸完成，觸發率才有明顯的改善，而近年來都可達到 9 成以上；累計這 8 年來，在本文挑選 287 個中大型地震中，系統總共自動偵測出了其中的 211 個地震。

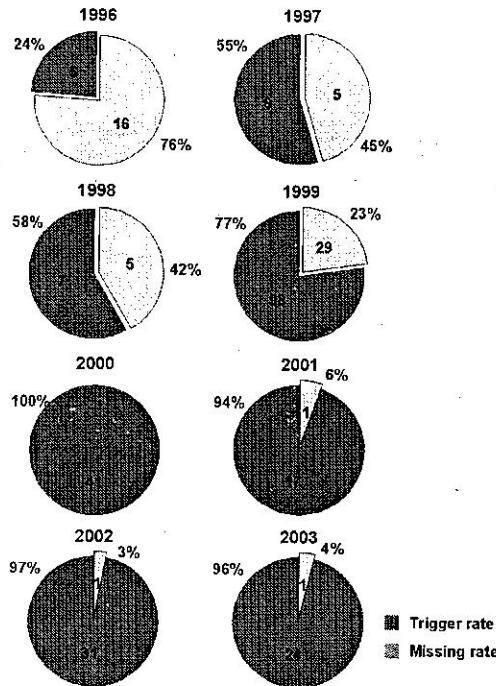


圖 8. 地震速報系統有感地震觸發率分年統計圖。

Fig8. Trigger rates of the TREIRS compiled from 1996 to 2003.

自動定位情形，與後來重新人工定位的結果比較（圖 9），震央位置與震源深度的偏差除了第 1 年較大外，其餘各年皆可掌握在 5 公里以內，自動定位地震規模也由前幾年超過 0.1

個規模單位下降到 0.1 個規模單位以下，而以目前系統如此的表現，在地震防災上的觀點而言，應可達到地震防災的要求。自動處理時間方面，除了第 1 年的平均時間超過 80 秒外，其餘處理時間皆在 60 幾秒左右，目前則約為 1 分鐘。

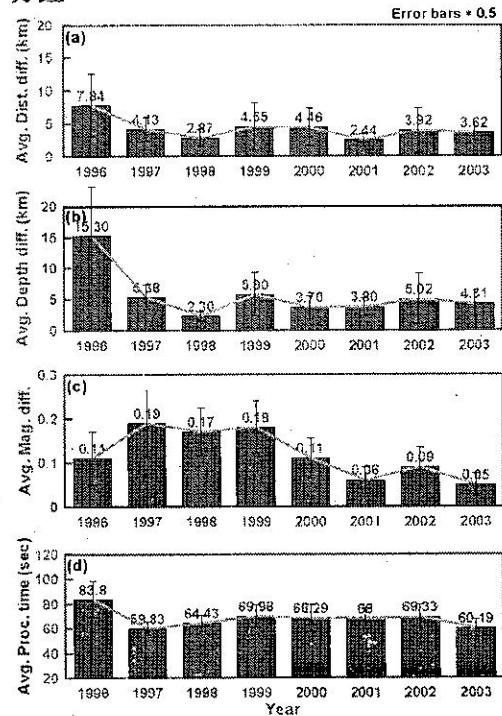


圖 9. 地震速報系統有感地震自動定位結果分年統計圖(a)與人工定位震央位置差異(b)與人工定位震源深度差異(c)與人工定位地震規模差異(d)處理時間。

Fig9. Assessments of the automatic-determined results of (a) the location difference with manual one, (b) the depth difference with manual one, (c) the magnitude difference with manual one, and (d) the earthquake response time compiled from 1996 to 2003.

進一步觀察系統自動定位震源位置與人工定位結果在空間上分布的情形（圖 10），我們可以發現台灣西部的地震，其自動定位的結果，不論在震央位置或是震源深度上，跟人工

重新處理過的結果都非常接近；相反在東部外海的地震，因為測站都位於陸地上的關係，所以自動定位結果的偏差較大，不過由於東部外海地震相對於台灣陸地的威脅也較小，因此其較大的偏差在防災的需求上仍應可接受。規模的比較方面（圖 11），自動定位的規模通常比實際規模來的小，但差異不大，其偏差量與實際地震規模大小、地震到測站最近距離、震源深度或是測站分布最大空區夾角則沒有什麼明顯的關係。圖 12 為系統自動處理時間的統計圖，由圖中我們可以發現處理時間跟地震規模

的大小有關，地震規模越大，所需之處理時間越久，這主要是因為通常大地震振動的時間較長，需要較久的記錄時間，所以需處理時間較長；至於其他影響參數方面，由於本文挑選的地震皆是位於島內或近海區域，震源深度淺於 35 公里的地震，因此處理時間跟地震到測站最近距離、震源深度或是測站分布最大空區夾角的關係較小。

地震速報系統所有相關的效能評估結果請參考表 2。

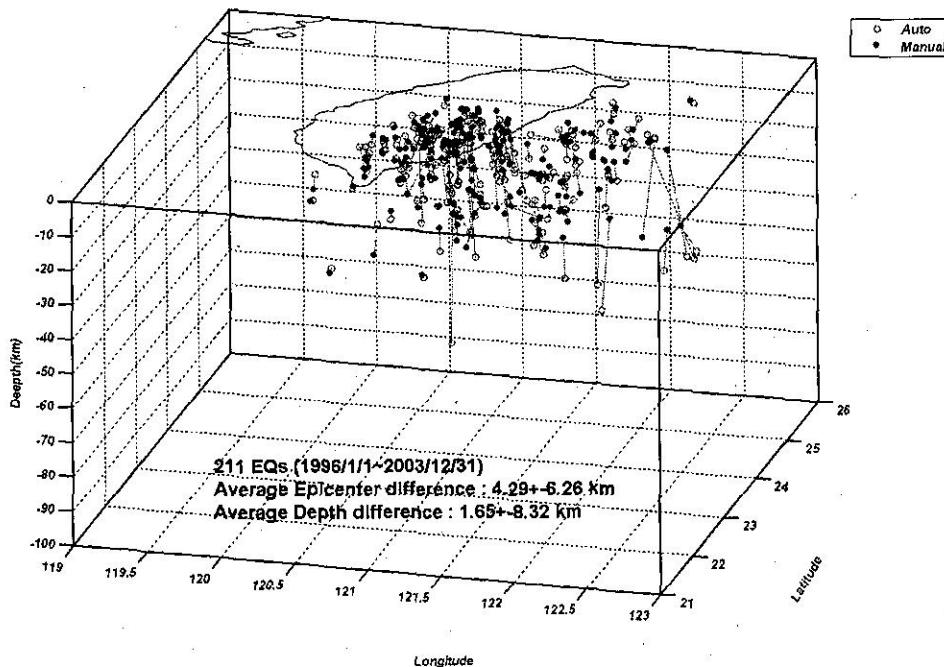


圖 10. 本研究挑選地震自動定位震源位置與人工定位震源位置比較圖。

Fig10. Comparisons of the automatic location with manual one determined by the TREIRS.

211 EQs (1996/1/1~2003/12/31)  
Average Mag difference :  $0.14 \pm 0.11$

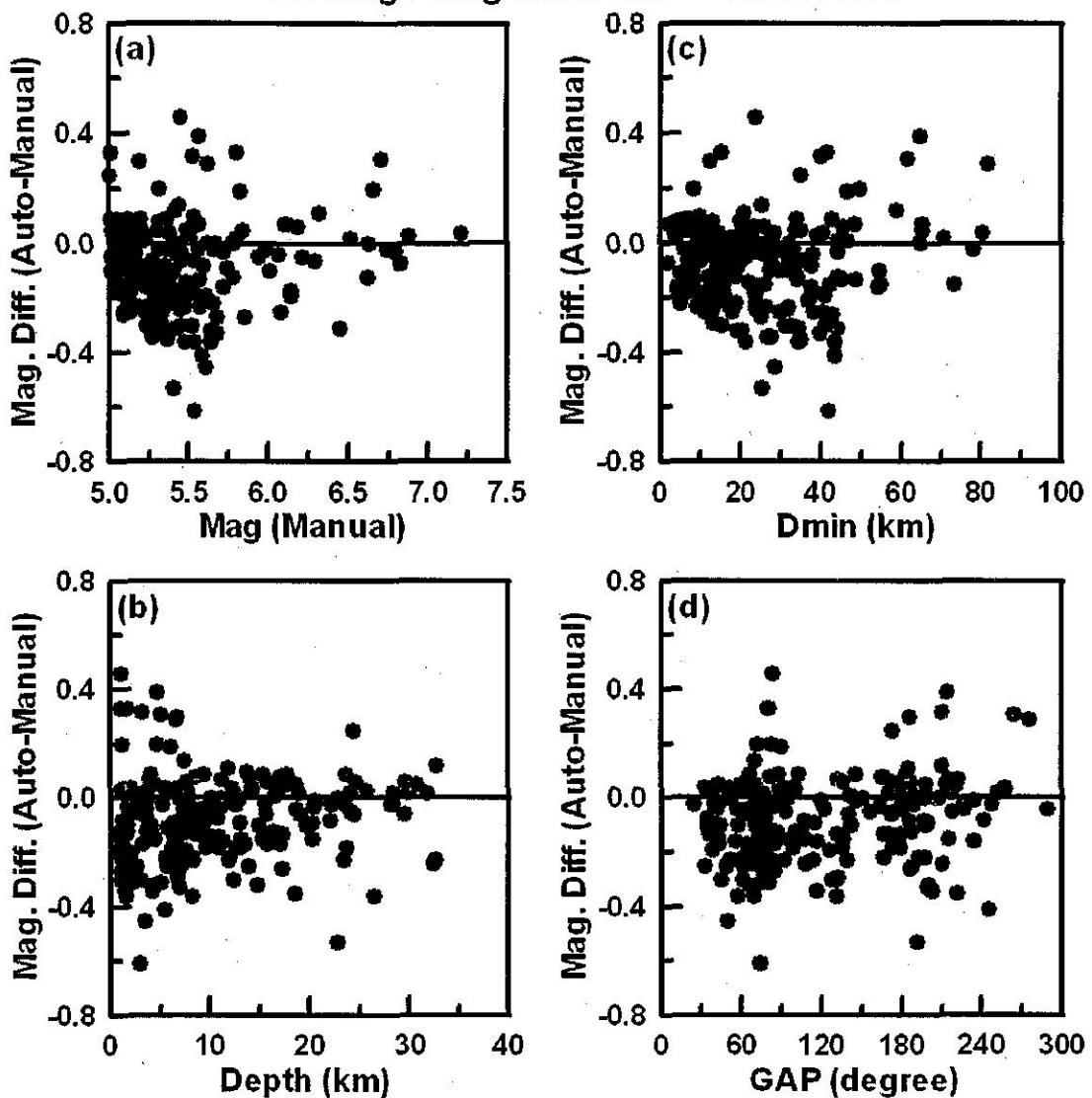


圖 11. 地震規模差值與(a)人工定位規模(b)震源深度(c)地震至最近測站距離(d)測站間最大夾角之關係圖。

Fig11. Relationships between the automatic-determined magnitude with (a) the manual-determined magnitude, (b) the focal depth, (c) the epicentral distance to the nearest station, and (d) the largest azimuthal separation between stations.

211 EQs (1996/1/1~2003/12/31)  
Average Process time :  $66.7 \pm 15.1$  sec

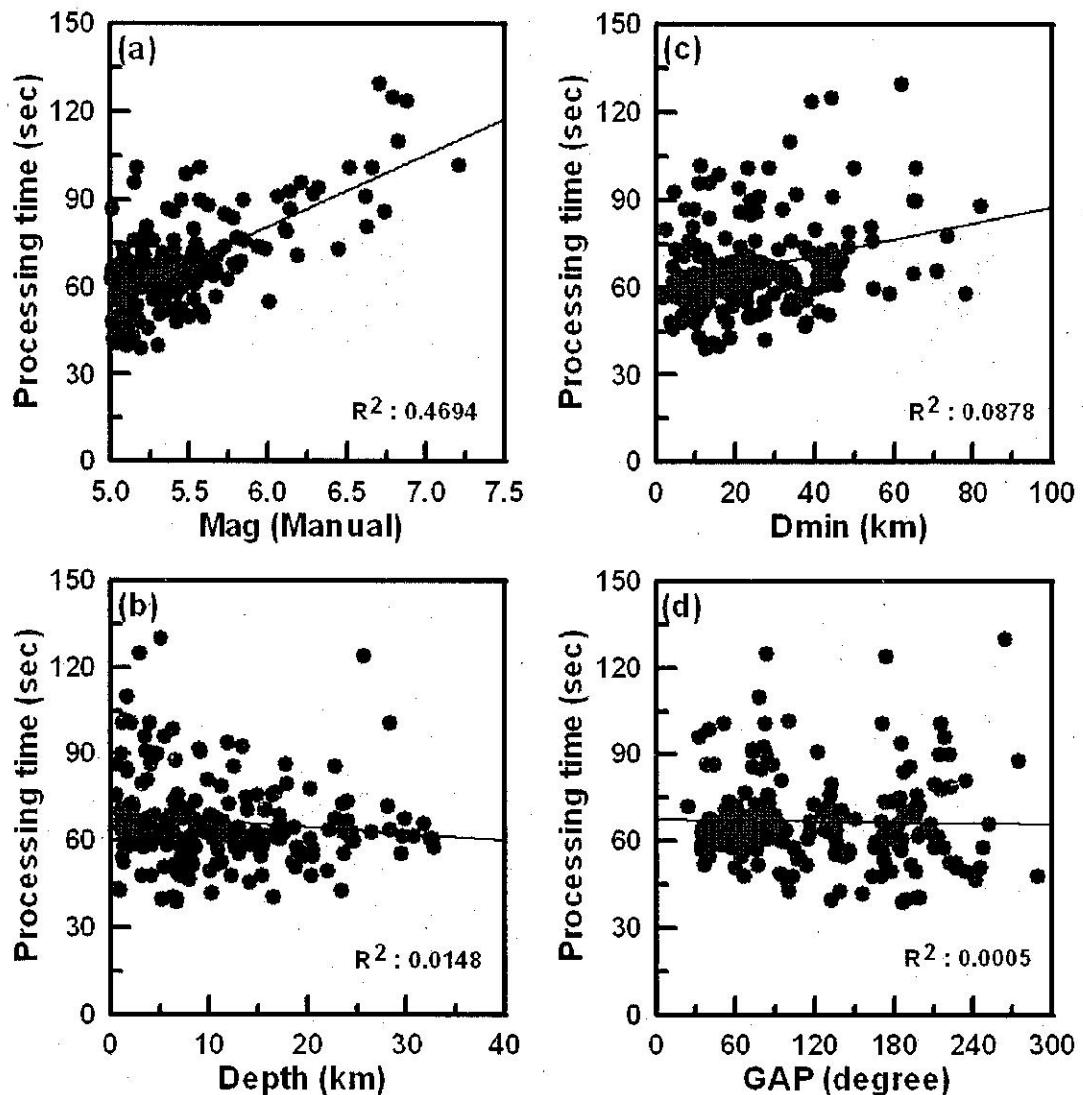


圖 12. 地震自動處理時間與(a)人工定位規模(b)震源深度(c)地震至最近測站距離(d)測站間最大夾角之關係圖。

Fig12. Relationships between the earthquake response time with (a) the manual-determined magnitude, (b) the focal depth, (c) the epicentral distance to the nearest station, and (d) the largest azimuthal separation between stations.

表2. 中央氣象局地震速報系統效能評估表。

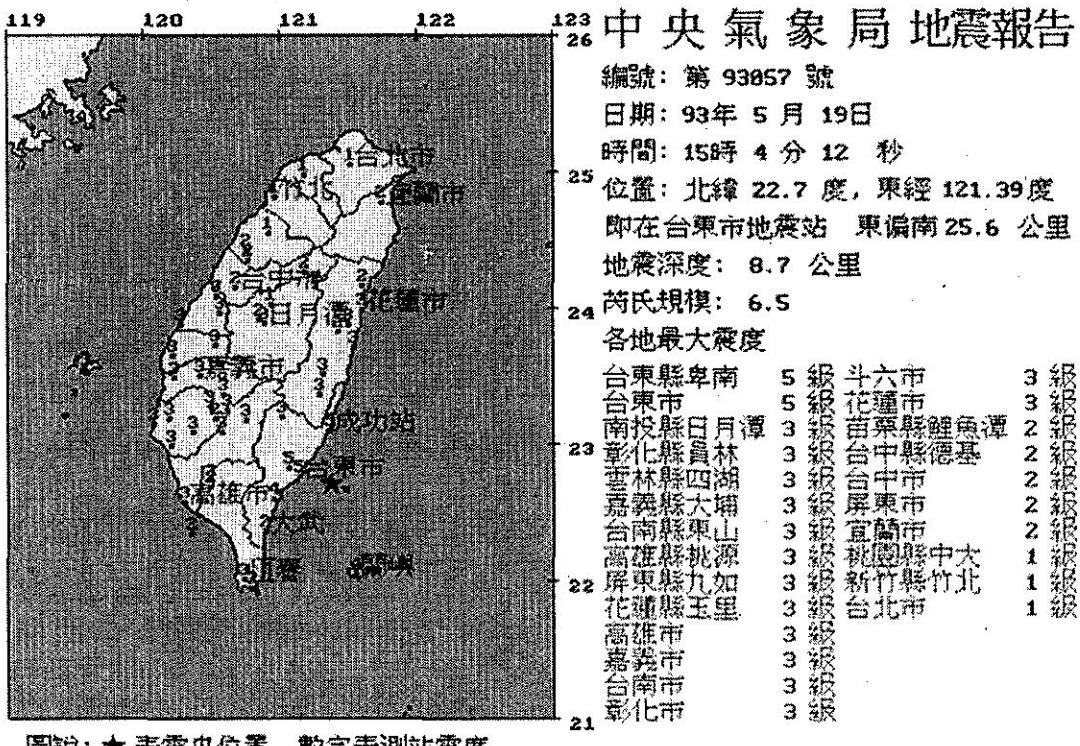
Table2. Performances of the TREIRS for earthquakes monitoring complied from 1996 to 2003.

年 評估項目	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
地震個數	21	11	12	127	41	18	32	25
即時測站個數	45	52	60	62	70	81	87	87
至最近測站 距離(km)	48.12 ± 21.05	43.07 ± 27.28	40.89 ± 37.88	27.46 ± 16.02	26.03 ± 20.71	20.10 ± 11.90	29.70 ± 21.01	19.94 ± 13.66
測站分布最大 空區夾角(°)	224.67 ± 63.39	203.36 ± 43.00	172.33 ± 97.13	98.78 ± 49.85	132.56 ± 73.58	105.72 ± 71.40	175.31 ± 63.49	163.92 ± 56.18
定位走時殘差 (sec)	0.29 ± 0.05	0.34 ± 0.06	0.43 ± 0.15	0.29 ± 0.12	0.38 ± 0.08	0.37 ± 0.08	0.43 ± 0.10	0.45 ± 0.09
定位水平方向 標準偏差(km)	1.67 ± 1.31	1.25 ± 0.52	1.39 ± 1.15	0.84 ± 0.59	0.90 ± 0.46	0.70 ± 0.32	0.98 ± 0.35	0.92 ± 0.31
定位垂直方向 標準偏差(km)	1.54 ± 1.17	1.13 ± 0.59	1.44 ± 1.01	1.17 ± 0.73	1.04 ± 0.58	0.87 ± 0.44	1.03 ± 0.58	0.83 ± 0.36
自動觸發個數	5	6	7	98	41	17	31	24
自動觸發比率 (%)	23.81	54.55	58.33	77.17	100	94.44	96.88	96
自動定位震央 位置偏差(km)	7.84 ± 9.47	4.13 ± 3.58	2.87 ± 2.58	4.55 ± 7.17	4.46 ± 5.73	2.44 ± 1.96	3.92 ± 6.90	3.62 ± 2.47
自動定位震源 深度偏差(km)	15.30 ± 15.68	5.38 ± 4.02	2.30 ± 1.47	5.80 ± 6.99	3.70 ± 3.64	3.80 ± 2.88	5.02 ± 8.22	4.31 ± 3.90
自動定位地震 規模偏差	0.11 ± 0.12	0.19 ± 0.15	0.17 ± 0.11	0.18 ± 0.12	0.11 ± 0.09	0.06 ± 0.06	0.09 ± 0.09	0.05 ± 0.05
自動定位地震 處理時間(sec)	83.80 ± 29.74	59.83 ± 10.82	64.4 ± 12.74	69.98 ± 18.11	68.29 ± 21.60	68.00 ± 16.84	69.33 ± 20.00	60.19 ± 14.50

## 五、討論

目前地震速報系統針對發生於島內或近海區域的有感地震，在正常運轉下，平均在地震發生後 60 秒內即可初步掌握各地震度、震央位置及地震規模，並透過多種地震消息發布途徑，在地震發生後 3 至 5 分鐘內迅速的對外發布完整的地震消息。若必須藉由人工定位結果發布地震消息時，則整個發布的時間則可能需要花費 10 分鐘。以 2004 年 5 月 19 日台東外海的地震為例（圖 13），該地震發生於台東市地震站東偏南 25.6 公里，震源深度 8.7 公里，地震規模 6.5，最大震度為台東市 5 級。根據當時

地震整個的發布時程（圖 14），在地震發生後 1 分 19 秒系統自動獲取地震的初步報告，內容包含初步的震源參數以及各地震度資料，並在 1 分 36 秒及 37 秒時分別透過行動電話簡訊及電子郵件傳遞至防災單位及氣象局相關人員；同時值勤人員立即檢視自動報告的準確性，在地震發生後 3 分 30 秒完成資料的確認，開始透過行動電話簡訊、資訊網頁以及電話語音的方式對外發布地震消息，並透過專線傳送給防災以及交通運輸等重要單位，最後在 4 分 40 秒進行公共電視跑馬燈的播放以及群組傳真的作業，完成整個地震的發布作業。



圖說：★ 表震央位置，數字表測站震度

圖 13. 2004 年 5 月 19 日規模 6.5 台東外海地震之地震報告。

Fig13. Report of the 19 May 2004 Taitung offshore earthquake.

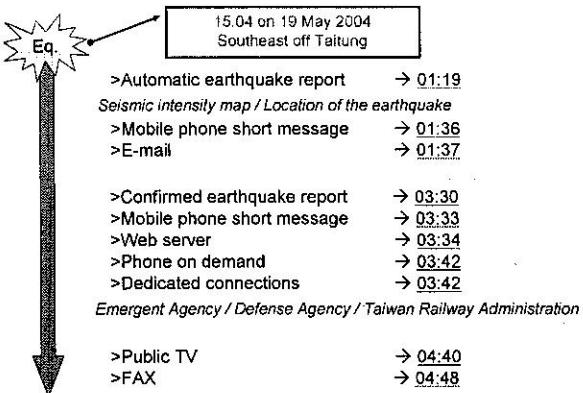


圖 14. 2004 年 5 月 19 日台東外海地震之發布時程圖。

Fig14. Information release process of the 19 May 2004 Taitung offshore earthquake.

配合整個地震速報系統的發展，近年來有關地震防災資訊的研究也陸續完成，包括強地動參數的預估（辛在勤，1998；Wu et. al., 2001）、強地動參數與地震災害的關連(Wu et. al., 2003a)、以及初步災害的評估(Wu et. al., 2002)等，因此，根據美國地質調查所在地震災害防救工作的規劃(USGS, 1998)，一個整體現代化的地震測報作業在台灣已逐漸成形。

## 六、結論

經過幾年來的發展，中央氣象局地震速報系統已成為台灣地區有感地震觀測以及發布的核心系統，此系統具有下列幾項的特點

1. 此系統為自動化的觀測系統，能夠在台灣島內或近海區域發生有感地震後，自動獲得包含地震震源參數以及各地震度資訊的初步報告。
2. 擁有可靠的強地動訊號傳輸線路，其線路包括數據專線、Frame-Relay 網路以及衛星傳輸線路等。
3. 建置並行的強震資料處理模式，可以提供完整的地震發布作業，並具有異地備援的功能。

4. 系統與防災單位以及媒體密切結合，可以迅速將地震的資訊傳遞給外界參考。

5. 24 小時持續運轉，並隨時皆有測報人員負責操作與維護。

## 七、誌謝

感謝地震速報系統發展期間，地震中心觀測課同仁在系統建置和管理維護上的努力，另外對蕭文啟先生於本文資料整理上的協助，亦表謝忱。最後感謝兩位審查者的寶貴意見。

## 八、參考文獻

中央氣象局，1996：強地動觀測第二期計畫—建置強震速報系統，中華民國台北，共 35 頁。

辛在勤，1998：台灣地區地震預警之初探。氣象學報四十二卷第二期，118-134 頁。

吳逸民、陳承俊、辛在勤、蔡義本，1998：臺灣地震資訊快速發布系統之評估，氣象學報第四十二卷第一期，16-28 頁。

吳逸民，1999：地震速報與預警系統之發展—台灣經驗，中央大學地球物理研究所博士論文。

陳燕玲、辛在勤，1998：台灣地區三維速度構造，氣象學報第四十二卷第二期，135-169 頁。

張建興，2004：高密度地震資料分析及其用於台灣中部及東部孕震構造之研究。中央大學地球物理研究所博士論文。

Lee, W. H. K., and J. C. Lahr (1975). HYPO71 (REVISED): A computer for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. U. S. Geol. Surv. Open-File Report 75-311, 114pp.

Hsiao, N. C., Y. M. Wu, T. C. Shin, and T. L. Teng (2003). Latest development of real-time strong-motion monitoring system in Taiwan, 2003 American Geophysical

- Union Fall Meeting, 8 - 12 December 2003  
(Monday-Friday), San Francisco, U.S.A..
- Shin, T.C., Y.B. Tsai, and Y. M. Wu (1996). Rapid response of large earthquakes in Taiwan using a real-time telemetered network of digital accelerographs. Paper No. 2137, proceeding of the 11th World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- United States Geological Survey, (1998). A plan for implementing a real-time seismic hazard warning system - A report to congress required by public law 105-47. March 27, 1998, USA.
- 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. *Seismo. Res. Let.*, 68, 931-943.
- Wu, Y. M., T. C. Shin, and C. H. Chang (2001). Near Realtime Mapping of Peak Ground Acceleration and Peak Ground Velocity following a Strong Earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am*, 91, 1218-1228.
- Wu, Y. M., N. C. Hsiao, T. L. Teng, and T. C. Shin (2002). Near real-time seismic damage assessment of the rapid reporting system. *TAO*, 13, 313-324.
- Wu, Y. M., N. C. Hsiao, and T. L. Teng (2003). Relationships between strong ground motion peak values and seismic losses during the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake, *Natural Hazards* 32, 357-373.
- Wu, Y. M., C. H. Chang, N. C. Hsiao, and F. T. Wu (2003). Relocation of the 1998 Rueyli, Taiwan, earthquake sequence using three-dimensions velocity structure with stations corrections, *TAO* 14, No. 4, 1-10.

# **The Developments of the Earthquake Rapid Reporting System in Taiwan**

Nai-Chi Hsiao

Seismological Center, Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.

Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R.O.C.

Yih-Min Wu

Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, R.O.C.

Tzay-Chyn Shin

Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.

## **ABSTRACT**

An earthquake rapid reporting system named Taiwan Rapid Earthquake Information Release System (TREIRS) has been developed by the Central Weather Bureau (CWB) for the purpose of monitoring and reporting earthquakes since 1994. After the successive developments from the past decade, the TREIRS has become utilized as a basis for the felt earthquake rapid reporting. The TREIRS plays an important role in the seismic mitigation in Taiwan. For the felt earthquakes that occurred around the island of Taiwan, the preliminary information such as earthquake location, magnitude, and intensities in cities can be automatically detected by the TREIRS. These usually can be obtained 60 seconds after the occurrence of the earthquake. Within 3 to 5 minutes later, the System will begin to release the earthquake report to the public by various communications, such as the Internet, mobile phone short message, fax, etc.

Keywords: earthquake rapid reporting system, felt earthquake rapid reporting.