

1998年嘉義瑞里地震之初步探討

吳逸民 張建興

中央氣象局地震測報中心
國立中央大學地球物理研究所

辛在勤

中央氣象局

摘要

本文利用強震紀錄探討 1998 年 7 月 17 日嘉義瑞里地震的震源位置及震源破裂機制，經利用強震紀錄之 S-P 時間差與即時測站的到時紀錄對瑞里地震重新定位結果為：震央位置為北緯 23.51 度，東經 120.66 度，震源深度為 6.0 公里深。根據此重新定位的震源位置及強震儀所紀錄的初動資料，得到一組逆斷層的震源機制解，其主要的應力方向為東南—西北的壓應力。參照該震源附近之地質構造環境，推測此次地震的斷層面可能為走向北 45 度東，向東傾斜 50 度的構造面。此次地震速報系統能夠頗具時效性的將消息發布出去，顯示其發揮了應有的功能，然而也出現幾個首次發生的觀測問題，例如：遇有通訊中斷時的震度推估問題以及自動定位深度定於地表的問題。這些問題也於地震後就適時加以修正。

關鍵詞：瑞里地震、震源機制、地震速報系統及有感地震。

一、前言

民國 87 年 7 月 17 日 2 時 51 分許，在嘉義縣竹崎鄉發生規模 6.2 的地震，後續引發了大小七百多次餘震（圖 1），由於這起地震是台灣嘉南地區近三十多年來唯一有較大災情之地震事件，因而引起各界的關切，沉寂已久的嘉南地震活動也因此再次被討論。根據中央氣象局例行測報的數據顯示，地震發生的位置在東經 120.66 度、北緯 23.50 度，震源深度 2.8 公里，規模值為 6.2，由於震央接近瑞里，遂以嘉義瑞里地震名之。就規模 6.2 的地震而言，尚不足以稱大地震，但是由於瑞里地震震源深度淺，震央附近實測到超過 0.7g 的地動加速值，可見震源區之搖晃程度著實驚人，因此對鄰近之建築物、橋樑及道路造成破壞。

本次地震除了中央氣象局之速報系統發揮其快速作業的功能獲得佳評之外，例行性的觀測作業將震源深度定於 2.8 公里深也帶來不少

爭議。因此，本文中將針對此次地震所呈現的觀測問題，檢討現行速報作業之處理狀況，以及根據氣象局所觀測的資料作初步分析，針對瑞里地震的主震重新定位，以提供較精確的震源位置。

二、中央氣象局地震測報作業分析

瑞里地震發生於民國 87 年 7 月 17 日 12 時 51 分，由於中央氣象局地震測報中心於一年多前已完成建立臺灣地震資訊快速發布系統（吳逸民等，1997；Wu et al., 1997），因此於 12:52 快速發布系統已藉由多重管道將地震消息自動送出（圖 2），12:53 時初步的報告（包括自動定位結果及各地震度消息）已由列表機印出，地震中心的同仁經審慎的確認後於 12:56 以傳真存轉一對多方式將初步震度消息發布。地震發生地的嘉義縣政府消防隊於 12:59 接獲初步震度消息，而嘉義縣政府於 13:10 成立地震災害處理中心。地震測報中心於 13:20 最後

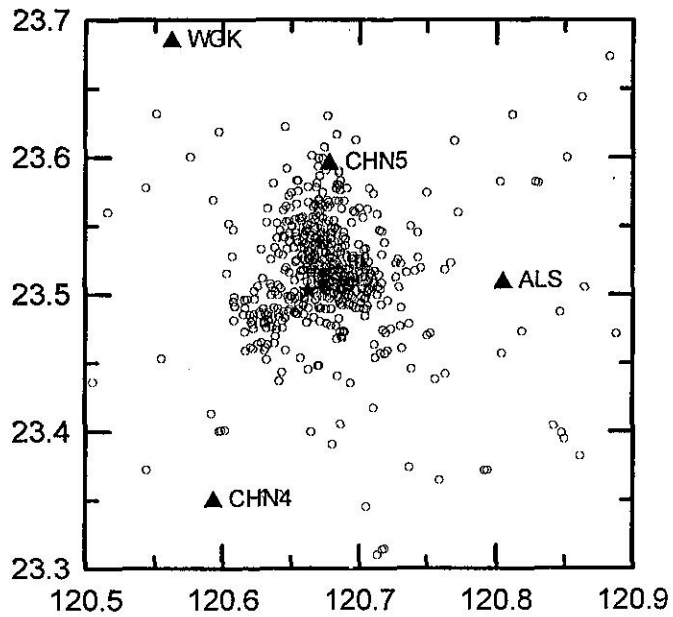
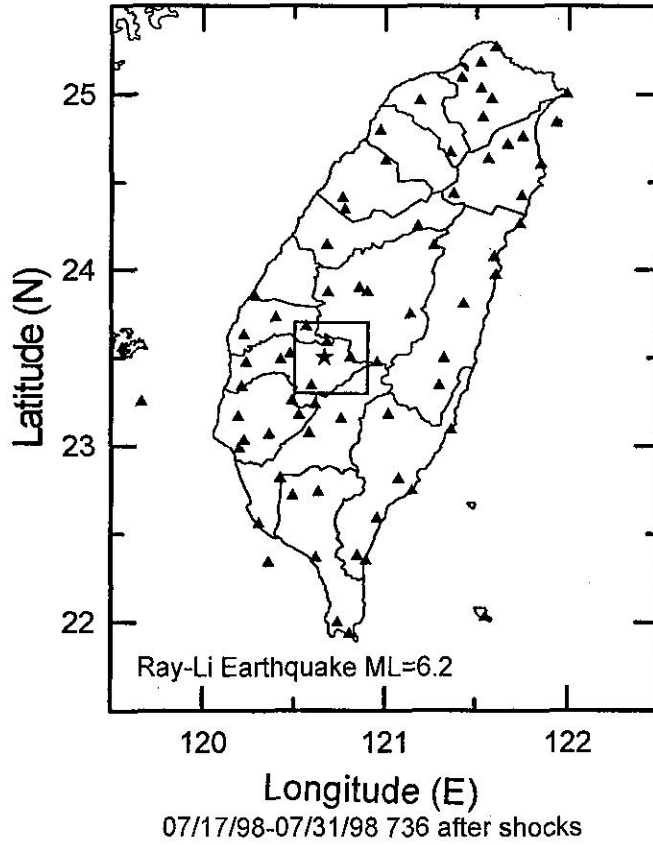


圖 1、中央氣象局即時地震站的分布及瑞里地震主、餘震之分布圖。

Figure 1 The location of main shock and the stations of the Central Weather Bureau Seismic Network (CWBSN) (upper) . Distribution of the after shocks is shown in the lower.

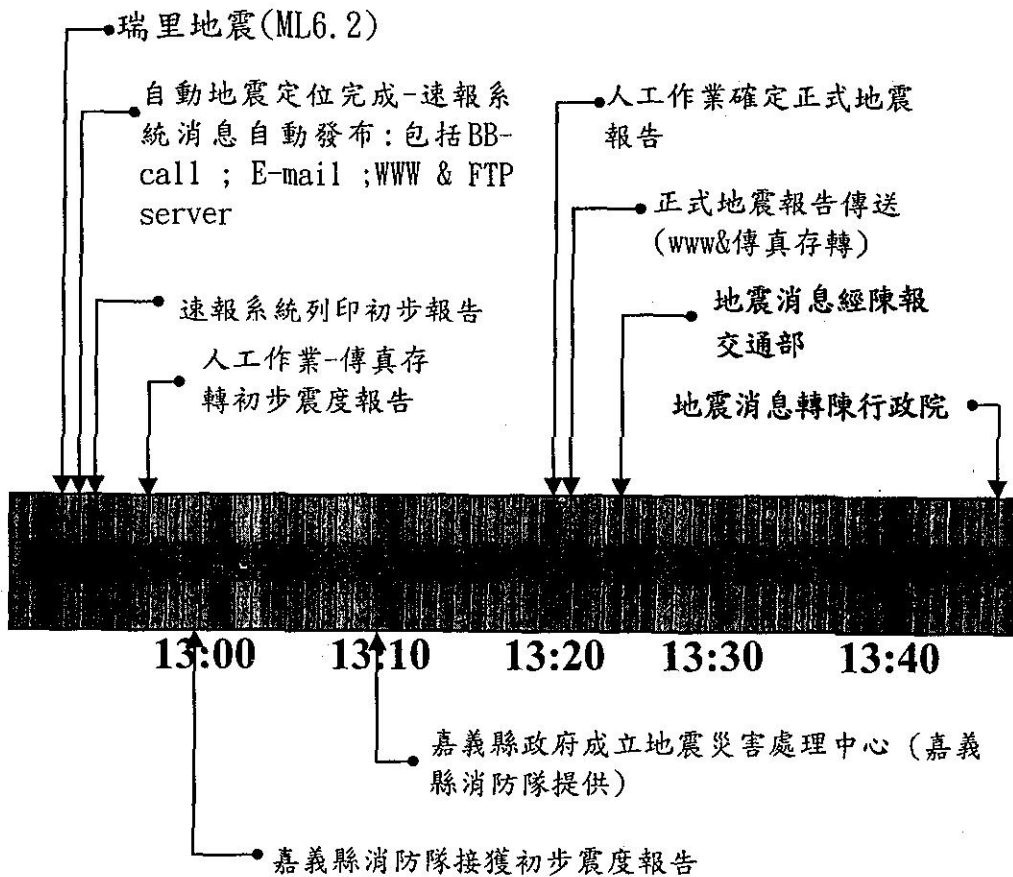


圖 2、瑞里地震中央氣象局地震處理程序之示意圖。

Figure 2 Rapid response procedure for Ray-Li earthquake of the Central Weather Bureau (CWB)

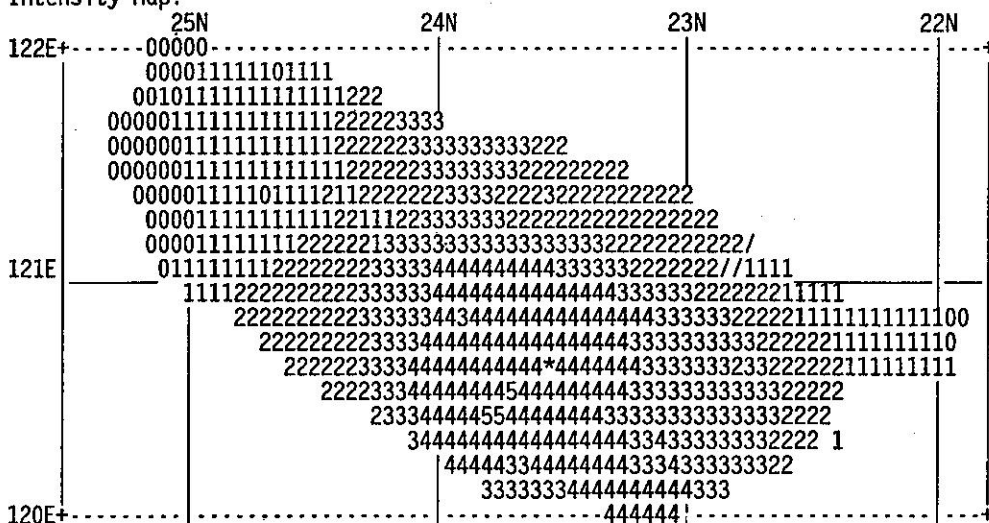
確認地震消息並製作正式地震報告，於 13:21 將正式地震報告以傳真存轉發布並公布於本局的全球資訊網站 (www.cwb.gov.tw)。中央氣象局於 13:24 將消息陳報至交通部，13:46 消息轉報至行政院。此時完成初步的地震測報，對於後續餘震的發生保持高度之監測及研判。

此次本局之速報系統，能在短時間內自動透過多種管道將消息散布出去 (例如：以電子郵件送消息至核能電廠及國內外地震學者、以呼叫器傳達訊息至消防單位及在網路上公布地

震消息等)，而地震發生地之縣政府也能在 20 分鐘內成立地震災害處理中心，時效上都符合速報之最新要求 (United States Geological Survey, 1998)。然而我們認為速報的資訊利用仍嫌不夠。在日本已將近即時的地震資訊與消防救災之地理資訊系統結合 (Yamazaki, 1998)，對於救災的規劃及災害的評估有相當大的幫助。我國的地震速報系統雖然已見雛型，然而對於速報資訊的利用及與消防救災體系之相互聯繫方式仍應再加強。目前國家科學

Earthquake Auto-Location Report
 Central Weather Bureau, Taiwan, R.O.C.
 Magnitude, ML=5.95
 Origin Time: 7/17/98 4:51:17.13
 Get Result Time ==> 04:52:28
 Location: 23.52N 120.65E, Depth: .00 KM

Intensity Map:



Number is intensity, / -> No data
 * -> Epicenter

Next map observed data post:

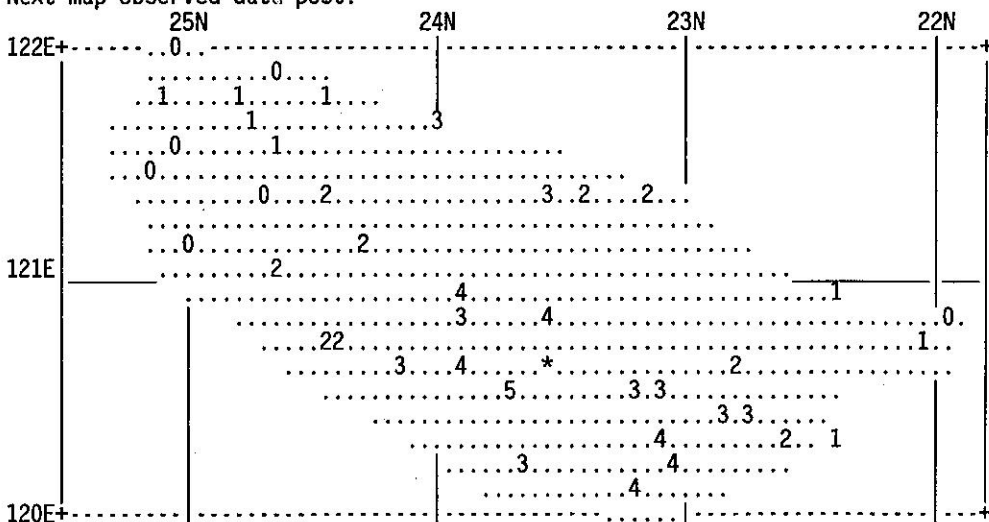


圖 3、瑞里地震之初步自動報告。

Figure 3 Preliminary automatic report for the Ray-Li earthquake.

委員會與經濟部共同合作，由美國引進的地震災害潛勢分析與損失評估方法稱 HAZ-TAIWAN，係為配合整合地理資訊系統的應用，除可作為地震災害境況模擬外，尚提供地震防、救災決策支援及規劃緊急應變措施等參考。因此，未來若能將速報的資訊即時與 HAZ-TAIWAN 相結合，對於我國的地震防救災能力則更能大幅的提升。

三、有感範圍

地震發生初期由地震速報系統的初步結果（圖 3）及各測站人員的回報震度研判，嘉義市及震源區有五級的震度。然而，經事後蒐集自由場強震紀錄顯示，震源區不僅僅只有五級的震度，部分地區實際上已達震度六級（圖 4），而其中最大的加速度峰值更高達 0.7g，因此於震央區造成建築物及橋樑的損壞。但是，由於此次地震為極淺源的地震，所以造成

破壞的區域不大且集中於震央區。此次地震於初期地震測報中心並未發布有六級的震度，其主要的原因乃在震度六級的區域中並無本局的有人觀測站，雖然有一速報系統的觀測站（CHN5）位於震度六級的區域中，但是由於該站之電信專線在搖晃最厲害的 10 秒內出現了傳輸中斷情形，以致振幅超過 0.25g 的訊息未能被傳回（圖 5 及圖 6），也因此於地震發生之初期並未發布六級的震度。然而，由地震速報系統的初步結果（圖 3）以及事後蒐集之自由場強震紀錄所製成之震度圖（圖 4）則可以看出，震央半徑 50 公里的範圍都有四級（含）以上之震度。

由此次瑞里地震的資料顯示目前本局所租用的數據線路，其耐震的程度似乎不足，由我們所觀測的資料顯示，在地動超過 0.25g 時就會造成傳輸中斷的情形（圖 5 及圖 6），以致於此次地震無法即時報導出六級的震度。這種

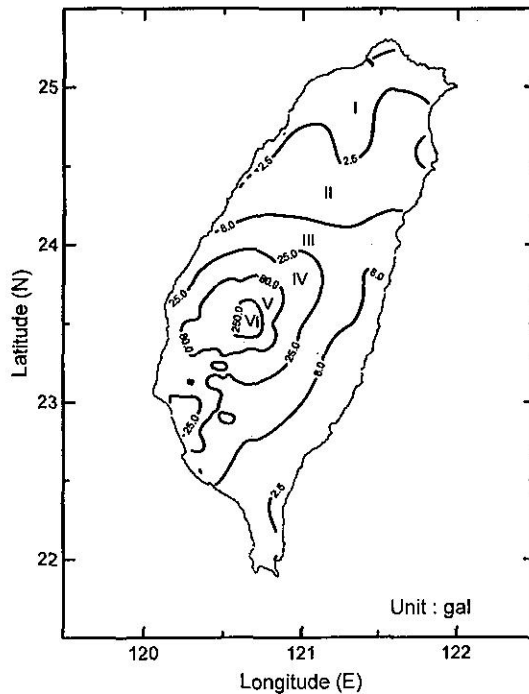


圖 4、瑞里地震之等震度圖。

Figure 4 Peak ground acceleration contours of the Ray-Li earthquake.

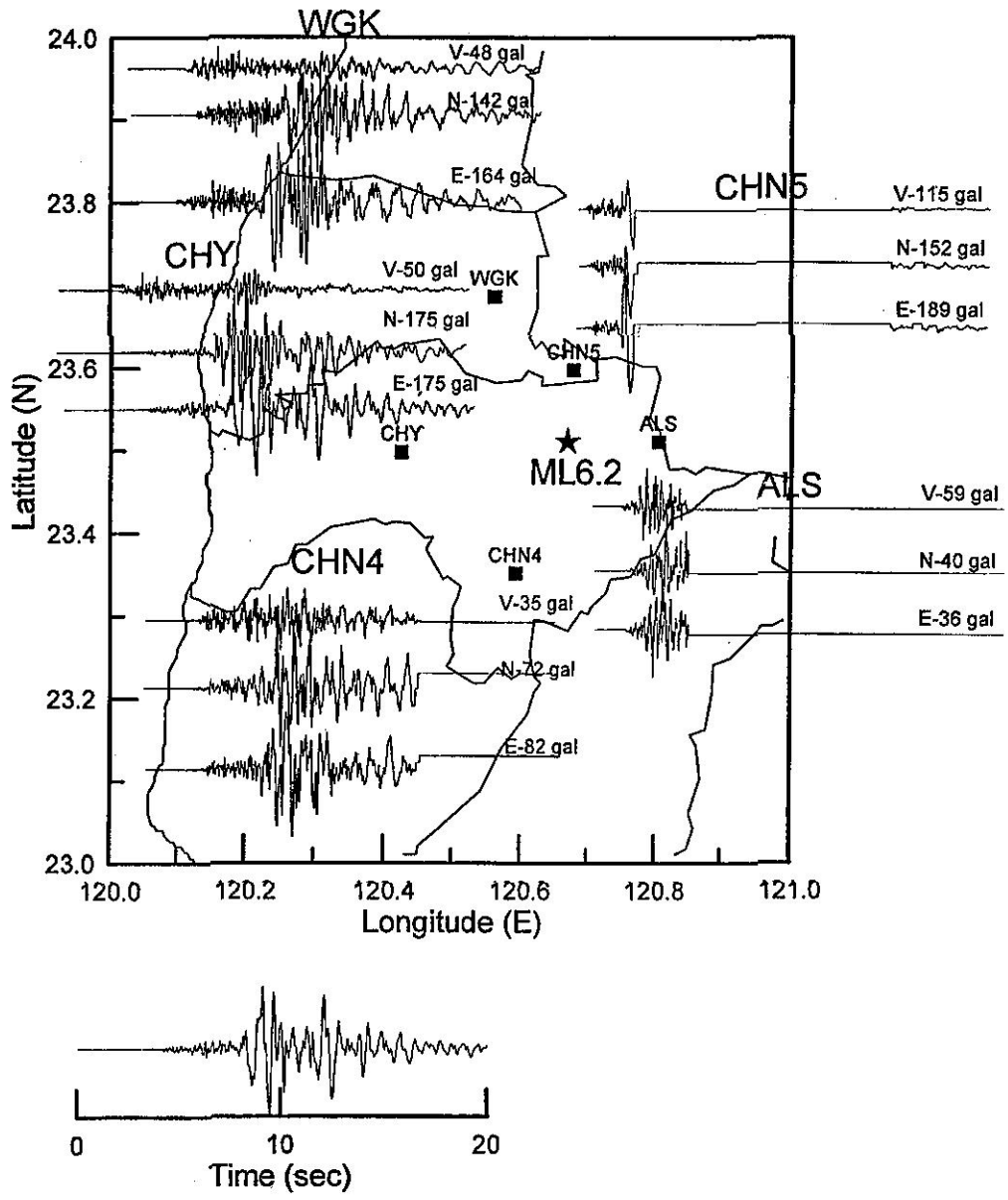


圖 5、瑞里地震震央附近即時強震站由電信專線所傳回之紀錄。

Figure 5 Real-time strong motion records of the Ray-Li earthquake near source area.

UT:1998/07/17_04:51:15.00

LOCATION:23.51°N 120.66°E DEPTH: 6.0 ML:6.20

This study

V,NS,EW COMPONENTS

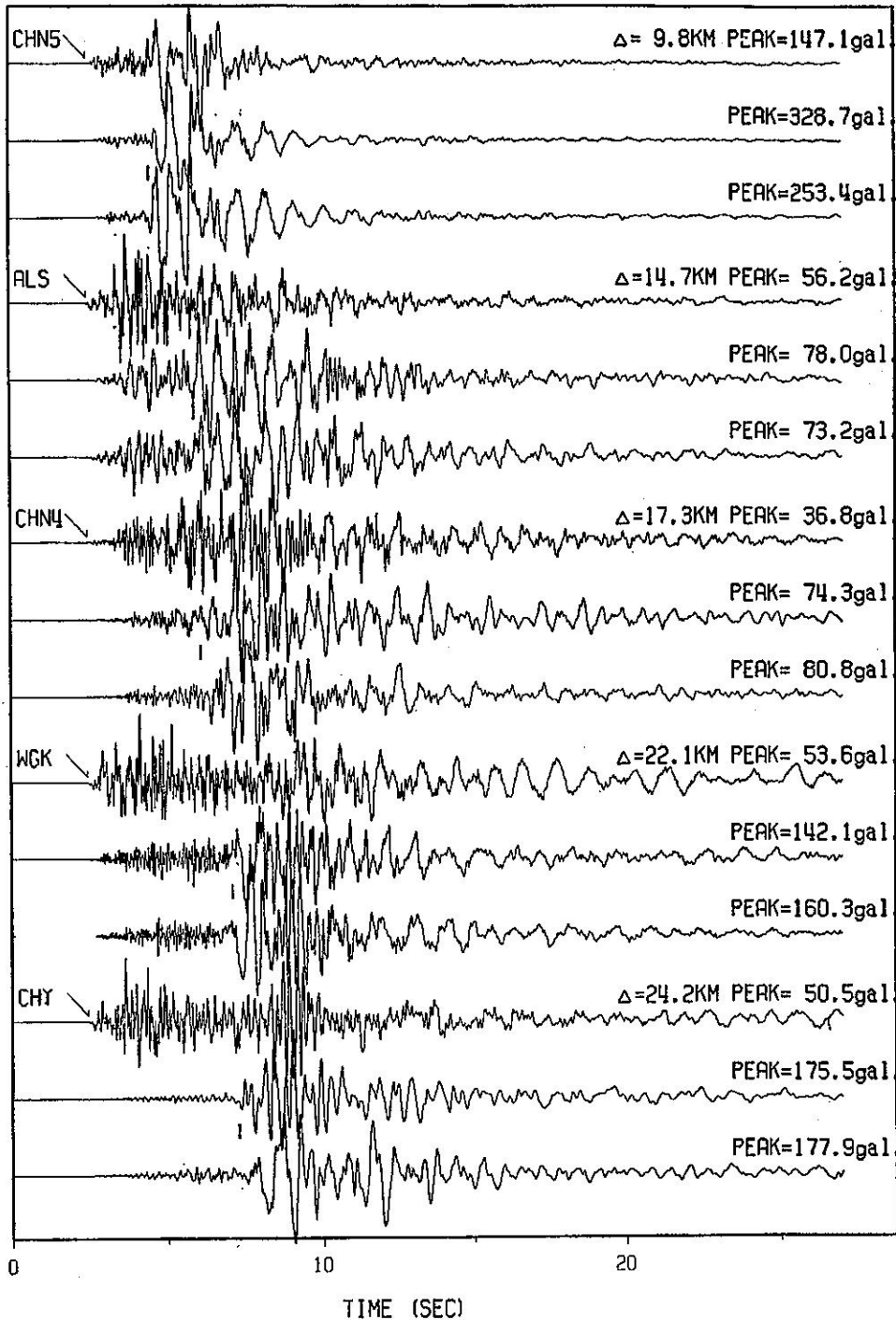


圖 6、瑞里地震震央附近即時強震站由當地取回之紀錄。

Figure 6 Strong motion records of the Ray-Li earthquake near source area that retrieved on site.

情形對於地震的救災可能會造成影響，因此，須設法加以補救。目前本局地震資訊快速發布系統的正確性可以控制在某一定的水準內（吳逸民等，1998a），因此我們認為可以利用地動衰減公式（辛在勤，1998）來重建震度六級的區域，以彌補可能因傳輸線路瞬斷所造成震度的低估。辛在勤（1998）所求出的衰減公式如下：

$$PGA = 12.44 \cdot e^{1.31M_L} \cdot R^{-1.837}$$

其中

PGA：地表加速度峰值（單位：gal）

R：震源距離（單位公里）

M_L ：地震規模

圖 7 及圖 8 分別為依最後及初步之定位參

數以衰減公式預估的震度，兩者對於震央區的震度預估都相當的接近。因此，經此次地震之經驗後我們修改了計算震度圖的流程，當規模大於 5.5 的地震發生時，對於震央附近地表加速度峰值大於 200gal 的部分以衰減公式預估的值加以重建。圖 9 則為瑞里地震速報系統之震度預估圖，此圖則有大幅的改進，對於震度 5 及 6 級之區域都可以有效的描繪出。

日本氣象廳在神戶地震後對於地震的觀測做了大幅改進（Doi，1998），已完成利用衛星傳輸震度消息以掌握地震消息。目前中華電信公司與新加坡已經共同將商業用的通訊衛星發射並實際運作，因此，利用衛星傳遞地震信號或消息值得考慮。

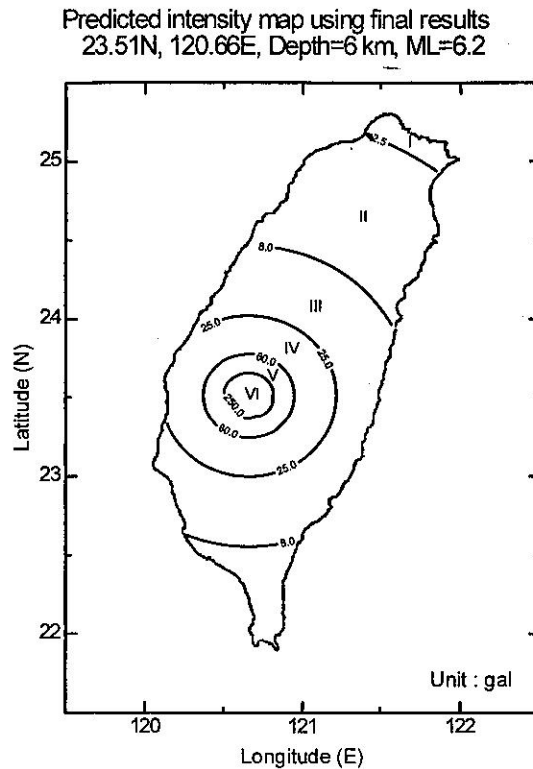


圖 7、瑞里地震以最後定位參數由衰減公式預估的震度分佈。

Figure 7 Distribution of estimated intensity of the Ray-Li earthquake by using the final location results.

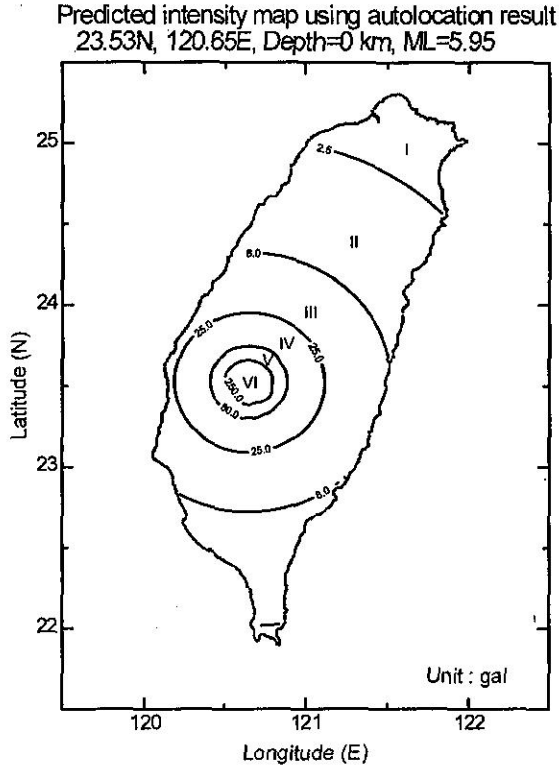


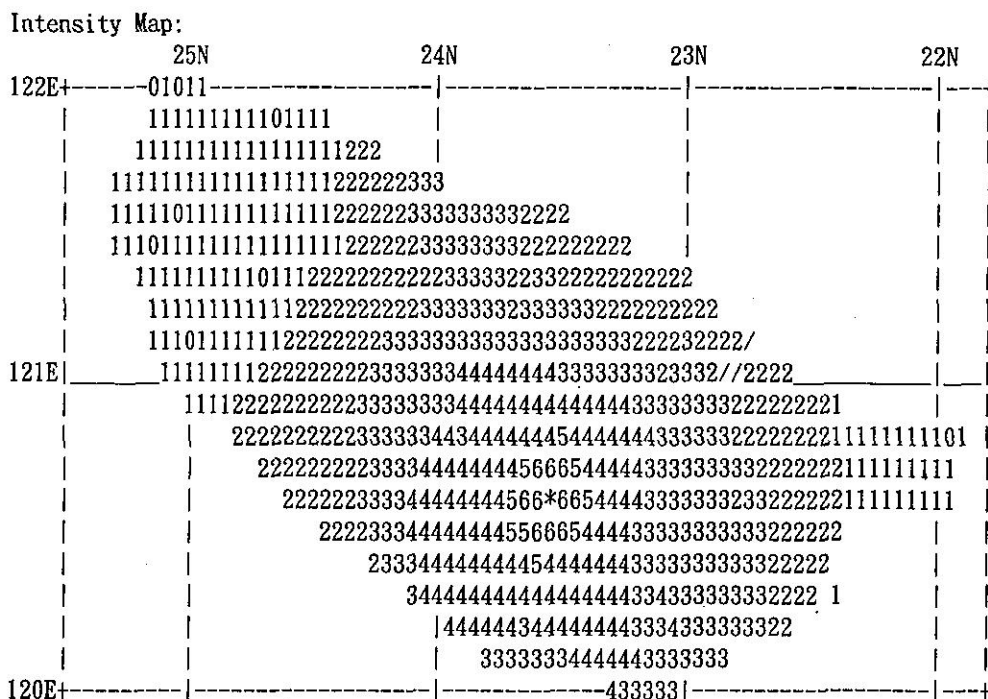
圖 8、瑞里地震以自動定位參數由衰減公式預估的震度分佈。

Figure 8. Distribution of estimated intensity of the Ray-Li earthquake by using the automatic location results.

四、震源參數之決定

於地震發生後一分鐘，本局的地震資訊快速發布系統立即發布初步自動定位結果，之後陸續又將人工定位的結果發布（表 1）。比較自動定位與人工定位的結果，自動定位的規模比人工定位的規模約小 0.2 個單位，震央則相差約有 2 公里，深度相差有 2.8 公里。自動定位系統規模略小於人工定位是可以理解的，因為，為了爭取時效自動定位系統僅擷取地震發生後約一分鐘的地動訊號加以分析，此時較遠的測站尚未記錄到地動峰值，所以規模會有略小的現象。但是，經過去的資料分析（吳逸民等，1998a），大部分地震近震規模數值之差異都可以控制於 0.3 以內。此次地震自動定位與人工定位震央位置的差異也是在可容忍的範

圍內。對於震源深度方面，自動定位度深收斂點為 0 公里，而人工定位震源深度收斂點為 2.8 公里，由於餘震多分布於深度 5 至 10 公里的位置（張建興等，1998），因此主震的震源位置是定淺了，其主要原因為缺乏近震央的 S 波到時，速報系統因近震央之部分測站通訊中斷及 S 波到時自動挑選不易（吳逸民等，1998b），故缺 S 波到時，速度型觀測網也因近震央之部分測站通訊中斷及振幅滿格而無法挑取 S 波到時。因此，本研究結合自由場強震站紀錄所提供的 S-P 時間差及即時站所提供的 P 及 S 波到時重新定位（Wu et al., 1998），重新定位後之結果如表一所示。本研究所重新定位與地震中心例行人工定位的結果其主要差異為將震源深度定為 6.0 公里，根據由兩組震源位置所決定出的震源機制（圖 10），可以發現根據本



Number is intensity, / -> No data
 * -> Epicenter

圖 9、瑞里地震以新的作業流程製作的震度分佈圖。
 Figure 9 Distribution of intensity of the Ray-Li earthquake reproduced by new operation procedure.

表 1、瑞里地震由不同資料及程序所得的震源參數
 Table 1 Source parameters of Ray-Li earthquake determined by different data sets and processing.

	位置	深度 (km)	規模 (M _s)
自動定位	23.52N 120.65E	0	6.0
人工定位	23.50N 120.66E	2.8	6.2
本研究	23.51N 120.66E	6.0	6.2

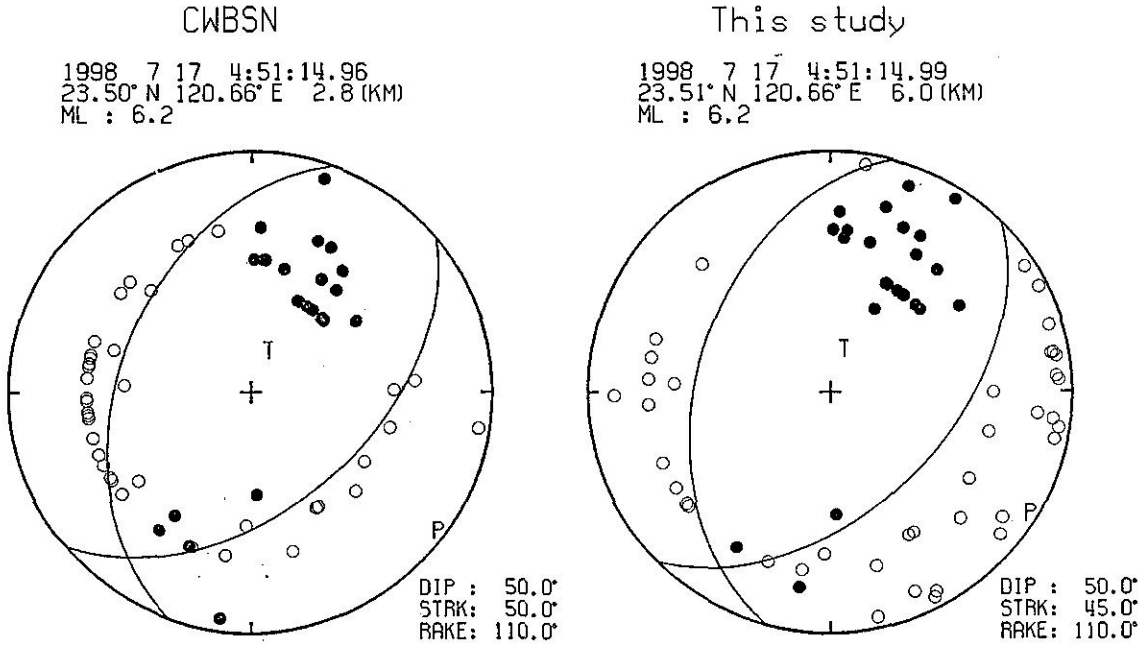


圖 10、瑞里地震由例行定位結果及本研究重新定位結果所得之震源機制。

Figure 10 Two focal mechanisms of the main shock reported by the CWB (left) and the new location determined in this study (right).

研究之震源位置所決定的震源機制有較佳的結果，因此，可以確定將震源深度訂定在 6.0 公里深較為合理。此次地震之震源機制（圖 10）為一逆斷層解，其主要的應力方向為東南—西北的壓應力，此應力方向與大地應力的方向一致。根據震源機制及地質構造環境，本文推測此次地震的斷層面可能為走向北 45 度東，向東傾斜 50 度的構造面。

此次地震的震源深度極淺，然而自動定位發出 0 公里及人工定位定位出 2.8 公里的震源深度，卻帶來許多詢問及質疑。自動定位有其誤差存在，尤其是要定極淺源的地震，常常震源深度會收斂於深度 0 公里的位置。因此，經此次地震後我們將自動定位之過程加以修正，規模 5.5-6.5 的地震自動定位的結果，若深度小於 5 公里，則將深度設定於 5 公里；規模 6.5-7.0 的地震自動定位的結果，若深度小於 7.5 公

里，則將深度設定於 7.5 公里；規模大於 7.0 的地震自動定位的結果，若深度小於 10 公里，則將深度設定於 10 公里。這項調整的主要是考慮斷層的破裂面與地震規模之關係，地震規模與其破裂面成正比，破裂面之深度分布亦然（Kanamori and Anderson, 1975），規模 6 的地震破裂面的深度分佈約有 10 公里，然而至規模 8.5 的地震則可達 200 至 300 百公里。因此，對於定位時深度收斂於地表的地震，隨規模增大將定位深度適度的調深是可以接受的。

根據作者等先前的研究（Wu et al., 1998）已發現氣象局例行的地震定位，對於嘉南地區淺源的地震有定淺的現象，此次人工定位定位出 2.8 公里的震源深度也是同樣的情形。然而考慮與餘震的同系統性，2.8 公里的震源深度暫且不用改變，然而當近震源的強震紀錄

收回後，可以利用強震紀錄的 S-P 時間差與即時測站的到時再加以重新定位，以得到最佳的震源位置。然後可利用聯合震源定位法將餘震重新定位，使主震與餘震有相同的系統性。

六、結 論

速報系統於本次地震中的表現是值得肯定的。本次地震由於電信線路的中斷造成震央區的震度低估，為速報系統運作以來首次出現的問題，經過這次經驗後，對於大地震震央區的震度，可以衰減公式加以重建，避免因通信中斷而造成的震度低估之問題。例行性的地震作業將震源深度定於 2.8 公里深也帶來不少爭議，經本文對瑞里主震重新定位結果為：震央位置為北緯 23.51 度，東經 120.66 度，震源深度為 6.0 公里深，我們認為此為較合理的震源位置供參考。根據此重新定位的震源位置及強震儀所紀錄的初動資料，本研究得到一組逆斷層的震源機制解，其主要的應力方向為東南—西北的壓應力。推測此次地震的斷層面可能為走向北 45 度東，向東傾斜 50 度的構造面。

誌 謝

作者感謝地震中心同仁江嘉豪先生協助繪圖，何美儀小姐及許麗文小姐協助校稿。

參考文獻

- 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、蕭乃祺、辛在勤、蔡義本，1997：地震消息自動傳播系統之建立與探討。氣象學報第四十一卷第四期，272-280 頁。
- 吳逸民、陳承俊、辛在勤、蔡義本，1998a：臺灣地震資訊快速發布系統之評估。氣象學報四十二卷第一期，16-28 頁。
- 吳逸民、陳承俊、鍾仁光、辛在勤，1998b：即時加速度型地震觀測網之波相到時自動撿拾系統。氣象學報四十二卷第二期，103-117 頁。
- 張建興、辛在勤、王乾盈，1998：1998 年嘉義瑞里地震——長逆衝構造上的片段錯動。第七屆台灣地區地球物理研討會論文集，1-12 頁。
- Doi., K., 1998: Earthquake early warning system in Japan. International Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters (EWC '98), September 7 to 11, Potsdam, Germany.
- Kanamori, H. and D. L. Anderson, 1975: Theoretical basis of some empirical relations in seismology. Bull. Seism. Soc. Am., 65, 1075-1095.
- United States Geological Survey, 1998: A plan for implementation a real-time seismic hazard warning system-A report to congress required by public law 105-47. March 27, 1998, USA.
- Wu, Y. M., C. C. Chen, T.C. Shin, Y. B. Tsai, W. H. K. Lee, and T.L. Teng, 1997: Taiwan Rapid Earthquake Information Release System. Seism. Res. Lett., 68, 931-943.
- Wu, Y. M., C. H. Chang, Y. B. Tsai, J. K. Chung, T. C. Shin, and C. Y. Wang, 1998: Improvement on earthquake location by using near-source P&S arrivals and S-P time differences. Proceeding of the seventh Taiwan symposium on geophysics, 165-180.
- Yamazaki, F., 1998: Early warning systems for the mitigation of earthquake-related technological risks. International Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters (EWC '98), September 7 to 11, Potsdam, Germany.

A PRELIMINARY STUDY OF 1998 RAY-LI EARTHQUAKE

Yih-Min Wu, Chien-Hsin Chang

Seismology Center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.
Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R.O.C.

Tzay-Chyn Shin

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

ABSTRACT

In this study, we investigated the location and focal mechanism of the Ray-Li earthquake in Chai-I Hsien on the 17th of July, 1998, by using the strong motion data. The relocated main shock epicenter was 23.51°N , 120.66°E with 6.0 km focal depth, which was calculated by the S-P time differences of strong motion records and real-time P&S arrivals. A reverse focal mechanism solution was determined based on the new hypocenter and the first motion polarities of strong motion records. Considering the geological setting, we suggested a fault plane of strike $\text{N}45^{\circ}\text{E}$ and dip 50°E for this event.

Keywords: Ray-Li earthquake, focal mechanism, earthquake rapid reporting system, and felt earthquake.