

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

台灣東部地區淺源地震再定位及其構造含意之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2119-M-002-026-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學地質科學系暨研究所

計畫主持人：吳逸民

共同主持人：張建興

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 9 月 16 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 台灣東部地區淺源地震再定位及其構造含意之探討

### Relocation of the crustal earthquakes in the eastern Taiwan and its tectonics implication

計畫編號：NSC 92-2119-M-002-026

執行期限：92 年 8 月 1 日至 97 年 7 月 31 日

主持人：吳逸民 國立台灣大學地質科學系暨研究所

計畫參與人員：郭陳浩 張建興

#### 中文摘要

為了解台灣東部區域的構造含意，此研究中對於中央氣象局地震目錄中東部地區的 6173 個地震做重新定位，並製作 33 個  $M_L \geq 5.0$  的震源機制初動解。從研究結果顯示，此地區地震分佈與震源機制解有相當的吻合度。縱谷斷層為一向東傾的地震板塊縫合帶。在縱谷斷層以西，中央山脈地區為淺層地震分布並為有張裂型態的震源機制解。然而在縱谷斷層以東，大多數的地震為具有逆衝性質型態的震源機制尤其在南部地區(23.5°N 以南)，而在北部地區兼具滑移與張裂型態的震源機制解，分布較為複雜。台灣東部的地體構造可分為南北兩半部，其分界約為 23.5°N 垂直縱谷的走向(N110°E)。在南部地區，從地震分布可以看出為一向東傾的板塊分界，且震源機制解也吻合此一板塊邊界分布(約 N25°E 向東傾 54 度)，此區域的地體構造較為單純，歐亞板塊向東隱沒至菲律賓海板塊下。在北部地區，構造較為複雜，因歐亞板塊向東傾，而菲律賓海板塊向西且有擾曲

的現象，因而在此區域外海有淺層帶有張裂型態的地震分布。

關鍵詞：地震、震源機制解、地體構造、台灣東部、板塊分界

#### Abstract

We relocated 6173 shallow earthquakes and determined focal mechanism solutions of thirty-three  $M_L \geq 5.0$  events in the eastern Taiwan region (bounded by 22.7° N, 120.8° E ; 24.5° N, 121.5° E; 24.3° N, 122.3° E and 22.5° N, 121.6° E) in order to investigate their tectonic implications. Our results suggest that the distribution of the relocated earthquakes generally agrees with the fault plane determined from the focal mechanism solutions. The Longitudinal Valley (LV) is an east-dipping seismic suture zone that separates two different tectonic regions. On the left-hand side of the LV, shallow earthquakes and normal fault-type focal mechanism were found in the Central Range region. But on the right-hand side

of the LV, most events occurred in the Philippine Sea Plate (PSP) were of the thrust-type, especially for the south portion and a few normal and strike-slip focal mechanism events were observed in the north portion. The tectonics of the eastern Taiwan can be classified from south and north into two regions, and there may exist a structure or boundary at about latitude 23.5°N with a strike of N110°E. In the northern portion of the eastern Taiwan, the plate boundary appears to be an east-dipping plane defined by the earthquake distribution. The focal mechanism solutions determined in this zone show thrust type faulting and agreed with this boundary plane (strike N20°E and dip about 50°). In this region, the Eurasia Plate (EP) dips to the east, and the PSP bends and dips to west. Thus, the shallow earthquakes with normal and strike-slip focal mechanism were observed in the offshore area of this region. On the other hand, the southern part of the eastern Taiwan is a simple tectonics condition. The EP subducts to the east under the PSP. The LV is a suture zone dipping to the east, and most events occurred on the right-hand side of the LV. Focal mechanism solutions of these events were thrust-type with strike about N25°E and dip 54° to the east.

Keywords: Earthquake, Focal mechanism solution, Tectonics, Eastern Taiwan, Plate boundary

## 前言

台灣位於板塊邊界，菲律賓海板塊向北隱沒於琉球海溝，而在台灣南部地區歐亞板塊向東隱沒於菲律賓海板塊之下。台灣東部則位於兩個板塊的縫合帶。在此區域前人已做的不少地質與地球物理相關的研究資料(e.g., Barrier and Angelier, 1986; Ho, 1986; Teng, 1990; Tsai, 1986; Wu, 1978; Wu et al., 1997; Chang et al., 2000)。從台灣東部北到南，地質與板塊移動資料顯示著為

不同型態的弧陸碰撞時期(e.g., Chemenda et al., 2001; Lee et al., 1991; Malavieille et al., 2002; Yu et al., 1990; Yu and Kuo, 2001)。在北部地區(靠近花蓮)為板塊隱沒與碰撞複雜的地區(e.g., Hsu, 2001)。且從三角測量與全球衛星定位資料顯示此區塊為以每年 25-36 公厘向 313-324°方向移動(Yu et al., 1990; Yu and Kuo, 2001, 圖一)，而在奇美斷層以南，則顯示為呂宋弧前變形的型態(e.g. Chemenda et al., 1997; Cheng and Wang, 2001; Cheng et al., 2002; Malavieille et al., 2002)，並且從地塊移動為每年 44-81 公厘向 298-318°。從三角測量與全球衛星定位資料結果吻合於 Lee et al.(1991)對於此區域所作之古地磁研究，東部地區呈現順時針旋轉的情形。

由於台灣地區位於兩個板塊間的交互作用地區造成地殼構造十分複雜，因而造成地震速度構造難以精確的掌握以致造成地震定位上的誤差。尤其會因此受限於以地震分部研究台灣東部的細微地殼構造上。舉例而言，花蓮地區為一構造十分複雜的地區，因此很難從地震分布去決定震源機制解的斷層面與輔助面(e.g. Kao and Jian, 2001)。所以，改進地震定位方法為其中一個途徑以研究台灣東部地區板塊間的相關性。近來，Waldhauser and Ellsworth (2000)提供雙差分定位方法(hypoDD)減少因速度模型的不吻合而造成定位上的誤差。此方法可以應用於較大區域且地震較多的時候，尤其是台灣東部地區為地震頻繁的地區。

為了分析大地震發生的潛勢，一些學者曾於此區域最為活躍的地塊活動地區(池上斷層)做長期研究與觀測(Angelier et al., 2000; Lee et al., 2003)，並對此區域的地震活動作一分析(Chen and Rau, 2002)。池上斷層的地震活動非常頻繁，為一向東南傾的地震帶分布，此結果顯示地震活動度高也反映出地表滑移的速率也十分大。因此，研究地震活動與地震型態有助於解

釋地表的破裂型態。

由於上述原因，本研究使用雙差分定位法對台灣東部地區 1991 年至 2002 年之地震重新定位，並製作震源機制解以了解此區域的地震型態與板塊間作用的相關性。

## 研究方法

自 1896 年起氣象局開始負責觀測台灣地區的地震，而至 1990 年氣象局地震觀測網有 73 個觀測站。為 3 向量、12 位元、每秒 100 個取樣率的觀測資料。至目前已經累積許多地震資料。本研究選取了 6625 個地震，時間為 1991 年一月一日至 2002 年十二月三十一日止。選取條件為：1.區域介於  $22.7^{\circ}\text{N}$ ,  $120.8^{\circ}\text{E}$ 、 $24.5^{\circ}\text{N}$ ,  $121.5^{\circ}\text{E}$ 、 $24.3^{\circ}\text{N}$ ,  $122.3^{\circ}\text{E}$ 、 $22.5^{\circ}\text{N}$ ,  $121.6^{\circ}\text{E}$ ；2.每個地震最少有 6 個測站紀錄 P 波或 S 波到時紀錄；3.地震規模大於等於 3 且深度小於 40 公里。

本研究將以兩階段地震定位改進地震地位。此方法不僅改進地震的絕對與相對位置。首先，我們使用三維地震定位 (3DLOC; Thurber and Eberhart-Phillips, 1999)以改進每個地震定位的精度。而後使用雙差分定位法將地震群的速度模型誤差值減至最小，速度模型為使用 Chen and Shin (1998)所建立的模型。震源機制解為使用規模大於 5 的初動解，並加入強地動觀測網的地震資料而後重新定位以獲取最好的控制結果。

## 研究結果

經過雙差分定位共有 6173 筆地震被選取，佔所有筆數 93%。地震分佈的比較一般例行性定位與雙差分定位分別繪於圖三與圖四。比較此兩種定位方法可以發現例行性定為較雙差分定位分布較為散亂，並無較好的線性與群聚分布。從誤差值比較，3DLOC 誤差值小於例行性地震定位。在比較不同地震定位方法震央分部方面，經過 3DLOC 定

位後平均向  $\text{N}74^{\circ}\text{W}$  移動  $5.3\pm 4.1$  公里，而經過兩階段地震定位後為平均向  $\text{N}76^{\circ}\text{W}$  移動  $5.2\pm 4.1$  公里，有系統性向西偏移 5 公里的現象。而比較 3DLOC 與兩階段地震定位則為平均移動  $2.5\pm 2.0$  公里並無一定方向性(圖五)。雖然跟 Lin et al.(1998)在花蓮地區所作之研究有所出入。但在之前研究中利用 P 波到時與 S-P 波時間也顯示相同相西移動的現象(Wu, et al., 1998)，且在 Cheng et al. (2002)與 Chen and Shin (1998)研究中也有類似現象。

依據重新定位與初動解加入強地動觀測站紀錄值，此次研究總共決定 33 個規模大於 5 的地震。經過重新定位後，測站的出射角與方位角也更為精確。加入強地動觀測網資料可以增加初動資料，所決定的震源機制解更有控制性(圖六)。圖六 A 與 B 為表示僅有氣象局觀測網資料。圖六 C 與 D 為加入強地動冠測資料與重新定位後之結果。可以明顯發現此方法確實提升了震源機制解的控制性。

圖七為震央分布與震源機制解。大部分震源機制解為逆衝型態(震源機制編號 1、2、3、4、5、8、9、10、11、12、13、15、19、22、23、24、26、30、31 和 33)；八個為張裂型態(震源機制編號 6、7、16、17、20、21、27 和 28)；五個為滑移型態(震源機制編號 14、18、25、29 和 32)

就一般言之，震央分不可以區分為三個線性地震型態分布，並與地形分佈有相關性(圖七)。地震帶 aa'位於中央山脈東部大多數為張裂型態地震。地震帶 bb'位於縱谷斷層左側，南方為滑移型態震源機制解，而在北方為兩個逆衝型態震源機制解。地震帶 cc'位於縱谷斷層右方，大多數為逆衝型態地震分布，由以南方地區更為分佈廣泛。

## 討論與結論

在此次研究中，重新定位後的地震幾何分布與震源機制解有高度的一致

性。在前人對於此區域的震源機制解的研究中大部分也相吻合(Cheng and Wang, 2001; Lin et al., 1998; Lin, 2002; Rau and Wu, 1998)。然而，此次研究加入強地動觀測資料更增加輔助面的控制性。圖八為七個震源頗面與震源機制側投影圖。在地震帶 aa'為一分佈淺層地震，大約於 10 公里內左右，並且為張裂型態震源機制解(圖八，震源機制編號 16、17、18、27 和 28，在剖面 C 和 F)。此研究結果與全球衛星定位資料相符合並與 Lin et al. (1998)研究的震源機制解吻合。此結果為造山後期的現象(Crespi, 1996; Crespi et al., 1996)。根據物理與數值模型結果，地殼張裂為重力擴散之結果(Wang and Hung, 2002)。在地震帶 bb'南方為淺層地震分布(0-15 公里)，北方為(15-30 公里)。而在地震帶 cc'震央分佈較為複雜。從震源與震央分布，可以發現縱谷斷層為一向東傾的地震帶(圖七和八)。在剖面 B、C 和 D，地震帶 aa'、bb'和 cc'為走向 N20°E 向東傾 50 度。在地震帶 bb'和 cc'大部分震源機制解為逆衝型態(震源機制編號 1、2、8、9、10、11、12、22、23 和 31)平均走向為 N25°E 向東傾 54 度，此與地震分佈相吻合。然而在外海地區有一向西傾的地震帶，但是缺乏震源機制解以供確認。

在本研究區域南段(圖九，剖面 E、F 和 G)，縱谷斷層為向東傾的地震帶，在淺層為較陡的角度，而在深度變為平緩。Chen and Rau (2002)重定池上斷層區域也顯現出類似的地震分布。地震分佈於縱谷斷層的延伸面，震源機制解(7、20 和 21)也符合此一結果。然而，在縱谷斷層延伸面下方也存在一地震帶。在圖九的剖面 A，地震分佈不同於其他分布，大多數地震分佈於外海地區，在淺部地區(約至 20 公里)有 3 個地震群，一個為垂直另兩個為向東傾的地震帶。並有一水平地震群因受菲律賓海板塊向北隱沒所造成。

根據地震分佈與震源機制解，研究

區域北段和南段呈現不同的地震分布。因此，在 23.5°N 應存在一構造邊界(也就是在圖九的剖面 D;圖十的紅色線)。前人研究曾提出此邊界，例如：Yu and Kuo(2001，圖一)研究全球衛星定位資料發現南北具有不同的聚合速率，北段約小於南段一半的速率。從海階研究，發現在南部地區有較高的上升速率與聚合速率(Liew et al., 1990)。Hsu (2001)也指出在南北段之間應該存在一撕裂斷層(tear fault)，在撕裂斷層北部，菲律賓海板塊隱沒向西方，而在南部歐亞板塊隱沒向東方。在速度構造上也顯現不同的速度構造(Cheng et al., 2002)。

從結果顯示，台灣東部地區可分為南北兩半部(圖九和十)。台灣東部北部地區地體構造繪於圖十 A，兩個板塊邊界為向東傾的面，大部分地震分佈於此地區。而且大部分震源機制解為逆衝型態與此邊界相吻合(走向 N20°E 和傾角 50 度向東)。在此區域歐亞板塊不僅向東傾，然而菲律賓海板塊有彎曲並向西傾的現象。因此，在外海淺層地區有張裂型態地震分布。然而，在南部地區為較為單純的構造型態(圖十 B)，歐亞板塊向動隱沒於菲律賓海板塊，縱谷斷層為一明顯的縫合帶，地震大部分分佈於縱谷斷層東側。逆衝型態震源機制解平均走向為 N25°E 向東傾 54 度，此結果與全球衛星定位資料相吻合(e.g. Yu and Chen, 1994; Yu et al., 1997)。縫合帶向南可以延伸至南縱海槽，而縱谷斷層向南延伸至台東(靠近鹿野斷層，圖一和七)也存在一淺層滑移型態的地震分布。地質與地形研究指出在中央山脈南段(為鹿野斷層)東側為左移與轉型壓力構造(Lu et al., 2001)。因此，在縱谷南段延伸至台東地區存在一滑移斷層(圖九)。

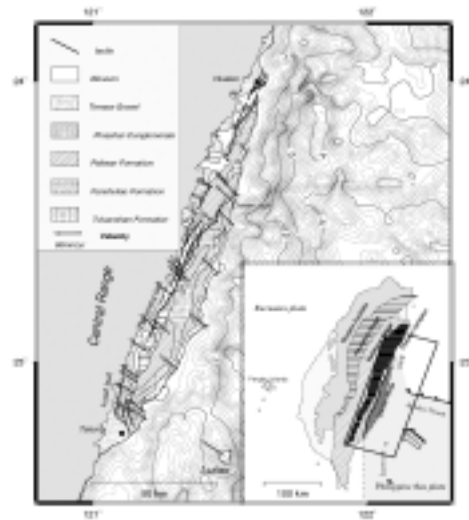
## 本計畫下所發表之論文

1. Kuochen, H., Y. M. Wu, C. H. Chang, J. C. Hu, and W. S. Chen, 2004: Relocation of the Eastern Taiwan

- Earthquakes and Its Tectonic Implications, *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, in press. (SCI)
2. 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. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, **14**, 421-430. (SCI)
  3. Wu, Y. M., N. C. Hsiao, and T. L. Teng, 2004: Relationships between strong ground motion peak values and seismic losses during the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake. *Natural Hazards*, **32**, 357-373.
- 參考文獻**
- [1]. Angelier, J., Chu, H. T., Lee, J. C., and Hu, J. C., 2000: Active faulting and earthquake hazard: The case study of continuous monitoring of the of the Chihshang Fault, Taiwan. *Jour. Geodynamics*, **29**, 151-185.
  - [2]. Barrier, E. and J. Angelier, 1986: Active collision in eastern Taiwan: The Coastal Range. *Tectonophysics*, **125**, 39-72.
  - [3]. Chang, C. P., J. Angelier, and C. Y. Huang, 2000: Origin and evolution of a melange: the active plate boundary and suture zone of the Longitudinal Valley, Taiwan: *Tectonophysics*, **325**, p. 43-62
  - [4]. Chemenda, A. I., R. K. Yang, C. H. Hsieh, and A. L. Groholsky, 1997: Evolutionary model for the Taiwan collision based on physical modeling. *Tectonophysics*, **274**, 253-274.
  - [5]. Chemenda, A. I., R. K. Yang, J. F. Stephan, E. A. Konstantinovskaya, and G. M. Ivanov, 2001: New results from physical modeling of arc-continent collision in Taiwan: evolutionary model. *Tectonophysics*, **333**, 159-178.
  - [6]. Chen, H. H. and R. J. Rau, 2002: Earthquake Locations and Focal Mechanisms in an Active Arc-Continent Plate Boundary: the Chihshang Fault of Eastern Taiwan, EOS Trans. AGU, 83(47), Fall Meet. Suppl., Abstract T61-1277.
  - [7]. Chen, W. S., 1989: Tectonic evolution of sedimentary basins in the Coastal Range, Taiwan. Ph. D. Dissert., National Taiwan Univ., Taipei.
  - [8]. Chen, Y. L. and T. C. Shin, 1998: Study on the earthquake location of 3-D velocity structure in Taiwan area. *Meteor. Bull.*, **42**, 135-169.
  - [9]. Cheng, W. B. and C. Wang, 2001: Seismogenic zones in the convergent margin, eastern Taiwan and its implications in the Luzon forearc deformation. *TAO*, supplementary issue, May 2001, 269-386.
  - [10]. Cheng, W. B., C. Wang, C. T. Shyu, and T. C. Shin, 2002: Crustal structure of the convergent plate-boundary zone, eastern Taiwan, assessed by seismic tomography, in Byne, T. B. and Liu, C. -S., eds., *Geology and Geophysics of an Arc-Continent collision, Taiwan, Republic of China: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 358*, 161-175.
  - [11]. Crespi, J., Y. C. Chan, and M. Swaim, 1996: Synorogenic extension and exhumation of the Taiwan hinterland. *Geology*, **24**, 247-250
  - [12]. Crespi, J., 1996: Deformation partitioning at shallow crustal levels in the Taiwan arc-continent

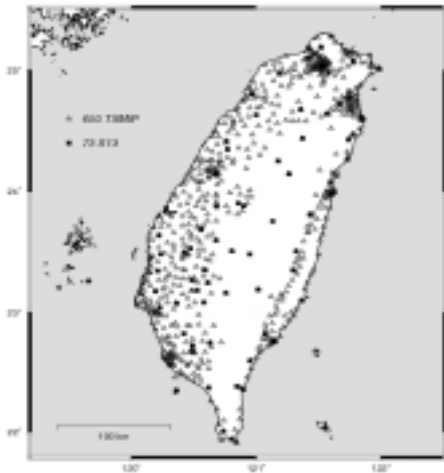
- collision zone. *Journal of the Geological Society of China*, **39**, 143-150.
- [13]. Flinn, E. A., 1965: Confidence regions and error determinations for seismic event location. *Rev. of Geophy.*, **3**, 157-185.
- [14]. Ho, C. S., 1986: A synthesis of the geologic evolution of Taiwan. *Tectonophysics*, **125**, 1-16.
- [15]. Hsu, S. K., 2001: Subduction/collision complexities in the Taiwan-Ryukyu junction area: tectonics of the northwestern corner of the Philippine Sea plate. *TAO*, supplementary issue, May 2001, 209-230.
- [16]. Kao, H. and P. R. Jian, 2001: Seismogenic patterns in the Taiwan region: insights from source parameter inversion of BATS data. *Tectonophysics*, **333**, 179-198.
- [17]. Lee, J. C., J. Angelier, H. T. Chu, J. C. Hu, F. S. Jeng, and R. J. Rau, 2003: Active fault creep variations at Chihshang, Taiwan, revealed by creepmeter monitoring, 1998-2001. *J. Geophys. Res.*, **108**, 4, 1-21.
- [18]. Lee, T.Q., C. Kissel, E. Barrier, C. Laj, and W. R. Chi, 1991: Paleomagnetic evidence for a diachronic clockwise rotation of the Coastal Range, eastern Taiwan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **104**, 245-257.
- [19]. Liew, P. M., M. L. Hsieh, and C. K. Lai, 1990: Tectonic significance of Holocene marine terraces in the Coastal Range, eastern Taiwan, *Tectonophysics*, **183**, 121-127.
- [20]. Lin, C. H., Y. H. Yeh, H. Y. Yen, K. C. Chen, B. S. Huang, S. W. Roecker, and J. M. Chiu, 1998: Three-dimensional elastic wave velocity structure of the Hualien region of Taiwan, *Tectonics*, **17**, 89-103.
- [21]. Lin, C.H., 2002: Active continental subduction and exhumation: the Taiwan orogeny, *Terra Nova*. **14**, No. 4, 281-287.
- [22]. Liu, C. S., S. -Y. Liu, G. S. Song, C. T. Shyu, H. S. Yu, L. Y. Chiaw, and C. Wang, 1996: Digital morphological file in the offshore region around Taiwan, Collection of Abstracts of Annual Meeting of Geological Society of China, 420-425. (in Chinese)
- [23]. Liu, C. S., S. Y. Liu, S. E. Lallemand, N. Lundberg, and D. Reed, 1998: Digital elevation model offshore Taiwan and its tectonic implications, *TAO*, **9**, 705-738.
- [24]. Lu, C. Y., K. J. Chang, J. Malavieille, Y. C. Chan, and J. C. Lee, 2001: Structural evolution of the southeastern Central Range, Taiwan. *Western Pacific Earth Sciences*, **1**(2), 213-226.
- [25]. Malavieille, J., S. E. Lallemand, S. Dominguez, A. Deschamps, C. Y. Lu, C. S. Liu, P. Schnürle, and the ACT Scientific Crew, 2002: Arc-continent collision in Taiwan: New marine observations and tectonic evolution, in Byne, T. B. and Liu, C. -S., eds., *Geology and Geophysics of an Arc-Continent collision, Taiwan, Republic of China: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 358*, 187-211.
- [26]. Rau, R. J. and F. T. Wu, 1998: Active tectonics of Taiwan orogeny from focal mechanisms of small-to-moderate-sized earthquakes, *TAO*, **9**, No. 4, 755-778.
- [27]. Teng, L. S., 1990: Geotectonic evolution of late Cenozoic arc-continent collision in Taiwan. *Tectonophysics*, **183**, 57-76.
- [28]. Thurber, C. H., 1993: Local earthquake tomography: velocities and Vp/Vs- theory, in Seismic Tomography: Theory and practice edited by H. M. Iyer and K.

- Hirahara published by Chapman & Hall, London, U.K.
- [29].Thurber, C. and D. Eberhart-Phillips, 1999: Local earthquake tomography with flexible gridding. *Comp. Geosci.*, **25**, 809-818.
- [30].Tsai, Y. B., 1986: Seismotectonics of Taiwan, *Tectonophysics*, **125**, 17-37.Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth, 2000: A double-difference earthquake location algorithm: method and application to the northern Hayward fault, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **90**, 1353-1368.
- [31].Wang, W. H. and W. J. Hung, 2002: Synorogenic extension, Taiwan: Implications of physical and numerical modeling, in Byne, T. B. and Liu, C. -S., eds., *Geology and Geophysics of an Arc-Continent collision, Taiwan, Republic of China: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 358*, 137-146.
- [32].Wu, F. T., 1978: Recent tectonics of Taiwan. *Jour. Phys. Earth*, **26**, supp., S265-S299.
- [33].Wu, F. T., R. J Rau, and D. Salzberg, 1997: Taiwan orogeny: thin-skinned or lithospheric collision? *Tectonophysics*, **274**, 191-220.
- [34].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. *7<sup>th</sup> Taiwan symposium on geophysics, 1998*. 165-180.
- [35].Yu, S. B., D. D. Jackson, G. K. Yu, and C. C. Liu, 1990: Dislocation model for crustal deformation in the Longitudinal Valley area, eastern Taiwan: *Tectonophysics*, **183**, 97-109.
- [36].Yu, S. B. and H. Y. Chen, 1994: Global positioning system measurement of crustal deformation in the Taiwan arc-continent collision zone. *TAO*, **5**, 477-498.
- [37].Yu, S. B., H. Y. Chen, and L. C. Kuo, 1997: Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics*, **274**, 41-60.
- [38].Yu, S. B. and L. C. Kuo, 2001: Present-day crustal motion along the Longitudinal Valley fault, eastern Taiwan: *Tectonophysics*, **333**, 199-217.

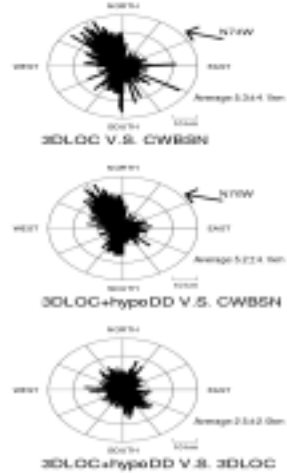


圖一：地質(Ho, 1986)與地形分佈。箭頭為各測站相對於澎湖測站全球衛星定位速度資料 (Yu and Kuo, 2001)。地形資料來源為 Liu et al., 1996; 1998。右下圖：台灣地體構造 (修改自 Ho, 1986)。方框為研究區域。

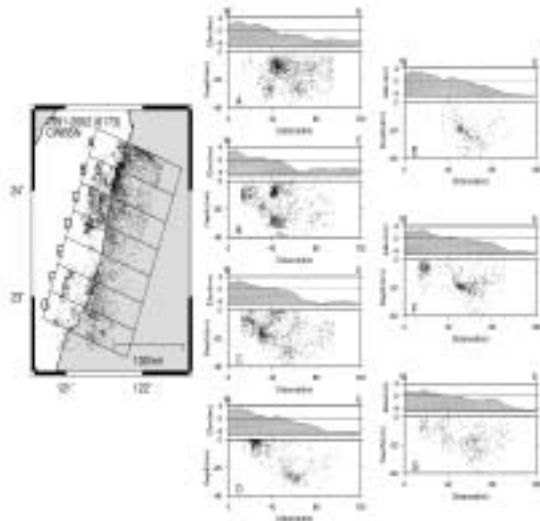




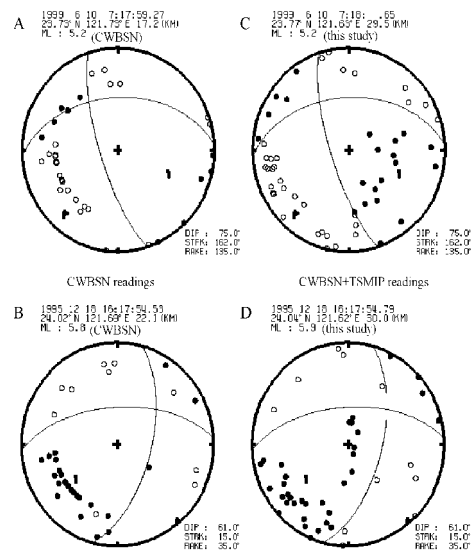
圖二：氣象局地震觀測網(實心方框)與強地動觀測網(空心三角形)測站分佈。



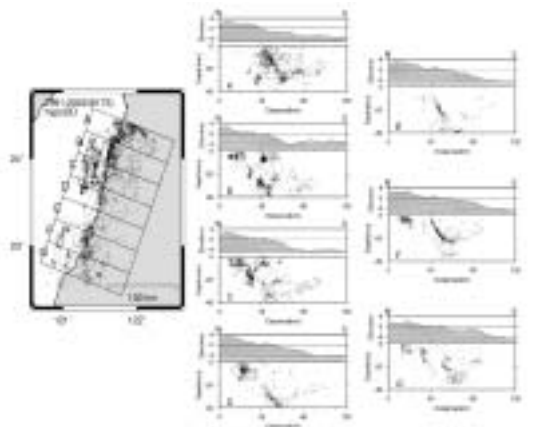
圖五：地震重新定位與例行地震定位比較玫瑰圖。



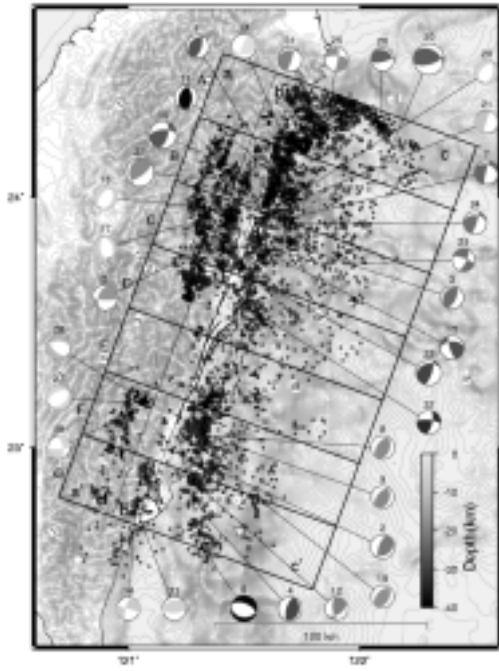
圖三：氣象局地震資料目錄的震央與震源分佈。



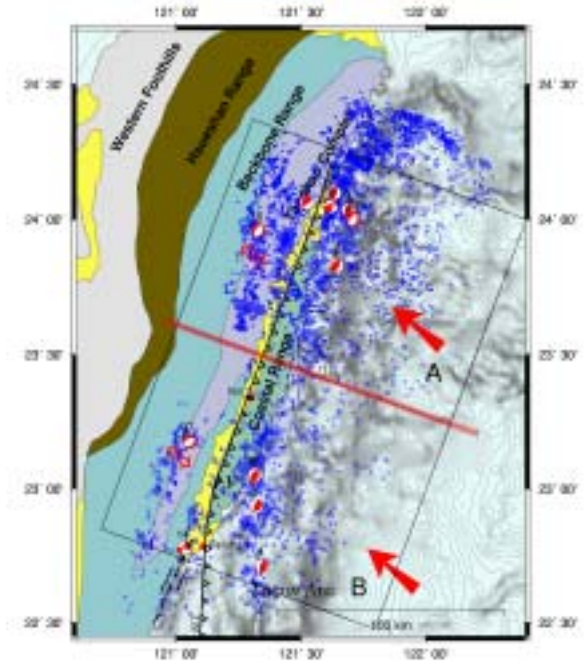
圖六：重新定位與加入強地動觀測資料有效改進震源機制解控制性。左圖：氣象局地震觀測網初動解。右圖：重新定為加入強地動觀測資料後之震源機制解結果。



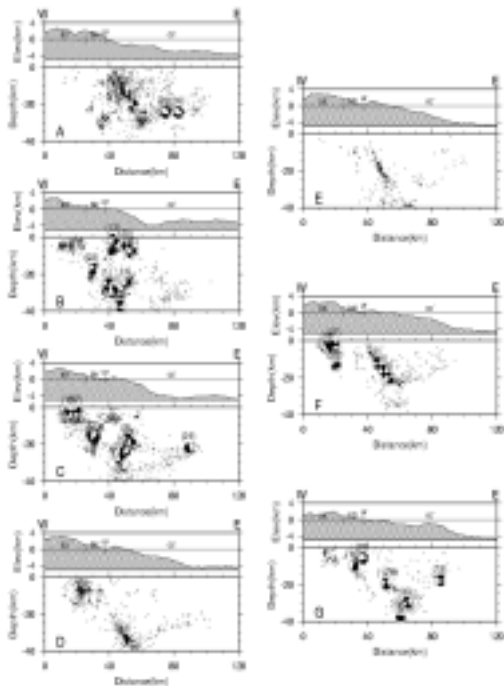
圖四：重新定位後的震央與震源分佈



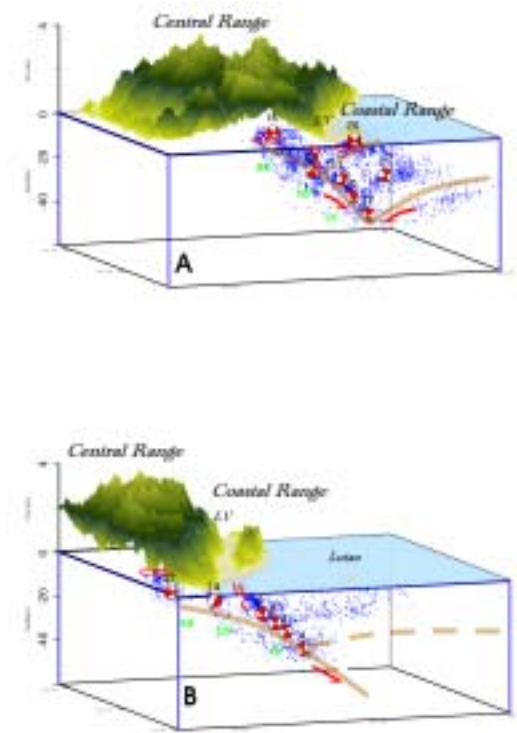
圖七：重新定位後震央與震源機制解分布。



圖九：台灣東部地體構造模型。



圖八：震源剖面與震源機制側面投影。



圖十：三度空間地體構造模型。