

1951年花蓮—台東地震系列之重定位

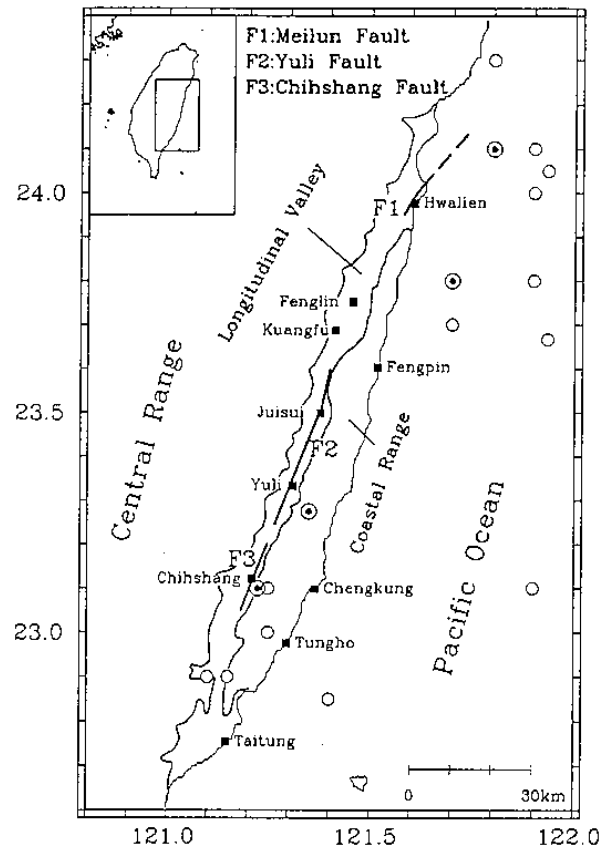
鄭世楠 余騰鐸 葉永田 張建興
地球學研究所 地震測報中心
中央研究院 中央氣象局

摘要

本研究利用台灣省氣象所收錄的S-P時間資料進行1951年花蓮—台東地震系列的重定位。由10月至12月間280個重新定位後的地震震源分佈顯示，地震活動與台東縱谷斷層有密切的關連。自10月22日台東縱谷北段的三個花蓮地震($M_s=7.3, 7.1, 7.1$)相繼發生及米崙斷層錯動後，改變了整個東部地區的應力場。應力沿著台東縱谷向南傳遞，11月25日引發台東縱谷中段的池上與玉里地震($M_L=6.0, M_s=7.3$)，造成池上與玉里斷層的錯動；12月影響台東縱谷南段的台東地區，引發12月5日台東地震($M_L=5.8$)。應力傳遞(stress migration)的平均速度約為2.6公里/日。1986年5月20日花蓮地震系列亦呈現類似的應力傳遞現象，亦是向南傳遞，傳遞速度約為2.3-2.6公里/日；惟一不同處是1986年5月20日主震的規模($M_L=6.2$)較小，影響的範圍亦較小，應力傳遞的現象亦較不明顯。由地震的斷層面解與複合斷層面解的結果顯示，最大主應力軸呈現東南—西北走向，我們推想1951年花蓮—台東地震系列可能是由於菲律賓海板塊西北向的運動所造成。

一、前言

1951年10月22日凌晨5時34分(東經120度時間)，台灣東部台東縱谷北端之花蓮地區發生規模7.3的強烈地震，主震發生9小時內，接連發生二個規模7.1的強烈餘震(11:29與13:43)，共造成68人死亡，106人重傷，750餘人輕傷，破毀房屋2,382棟，並伴隨米崙斷層的發生(圖一)。斷層走向為 $N20-55^{\circ}E$ ，由壽豐東北附近向北延伸至七星潭出海，長度約7公里，斷層東側上升並向北移，為一左移逆衝斷層，最大水平變位二公尺，最大垂直變位1.2公尺。跟據花蓮港務局之記錄，花蓮港內之平均潮位自10月22日地震以後下降60公分，即陸地及海底上升60公分。11月25日(主震發生後34天)在台東縱谷中段之玉里與池上地區再度發生二個災害地震(02:47與02:50)，造成17人死亡，91人重傷，235人輕傷，1,016棟房屋全倒，超過582棟房屋受損，並造成玉里與池上斷層的錯動。玉里斷層呈 $N20-30^{\circ}E$ 走向，長度約40公里，斷層東側上升並向北移，最大垂直變位量為130公分，最大水平變位量為163公分；池上斷層之走向呈 $N20-30^{\circ}E$ ，長度約10公里，斷層東側上升並向北移，與玉里斷層皆屬於左移逆衝斷層。12月5日(主震發生後44天)在台東縱谷南端之台東地區又再發生災害性地震，造成3人重傷，14人輕傷，32棟房屋全倒，半倒95棟，280餘棟受損。自10月1日至12月31日止，台灣省氣象所(中央氣象局的前身，以下簡稱為TWB)共偵測到788個有感地震及2,302個無感地震[1,2,3,4,5,6,7,8,10,12,13,14,15,16,17,18,19,23]。



圖一、1951年10月至12月顯著與稍顯著地震與斷層分佈圖。圖中粗實線表示斷層位置；符號 \odot 與 \circ 分別表示顯著與稍顯著地震。

1951年花蓮—台東地震是台灣東部地區本世紀以來，災情最為慘重的地震，震災地區遍佈整個

台東縱谷與海岸山脈。伴隨發生的米崙、玉里、池上斷層，對於台灣東部地區的地震學、板塊構造學、地震工程、危害度分析與耐震設計均有重大的意義與影響。由於當時 TWB 各觀測站的時間系統並不一致，僅能利用各測站所收錄 S-P 時間差，配合圖解法以推算震央位置，所得結果誤差較大，且大多欠缺震源深度的描述。而遠距觀測的資料，僅有數個規模較大地震的結果[13,16,19]；其後徐明同[3,17]重新整理的地震資料僅收錄 $M_H \geq 4.0$ 的地震，描述震央位置最小單位為 0.1 度(約為 10 公里)，且大多欠缺震源深度的資料。對於整個 1951 年花蓮—台東地震系列在時間與空間的分佈，以及相關震源機制的研究，因欠缺相關的資料而無法進一步的探討。雖然 Cheng et al.[15]以 S-P 時間差資料由蒙地卡羅(Monte Carlo)法重新探討 11 月 25 日 02:47 與 02:50 地震，而得到較佳的結果，但對於 1951 年花蓮—台東地震系列的認知仍嫌不足。有鑑於此，本研究嘗試依照 Cheng et al.[15]的方法，利用 TWB 收錄的 S-P 時間差資料[2]，由蒙地卡羅運算法進行重新定位，並由初達 P 波的極性推求地震斷層面解，進而探討 1951 年花蓮—台東地震系列在時間與空間的分佈與其應力的變化情形。

二、地震資料

1951 年 TWB 在台灣地區已有 10 處觀測所(台北、新竹、台中、阿里山、台南、恆春、宜蘭、花蓮、台東與大武)備有地震儀進行地震監測的工作。自 1951 年 10 月 1 日至 12 月 31 日期間，TWB 共偵測到 2,302 個無感地震及 788 個有感地震(10 月 411 個，11 月 272 個，12 月 105 個)，並詳細列表記載各測震站收錄的有感地震資料，其中包括 P 波到時、初動資料、S-P 時間、最大振幅及週期、總振動時間、震度、震央位置與規模[2]。由於各觀測站的時間系統並不一致，以初達 P 波或 S 波到時推求之震源參數的誤差相當大，僅能利用各測站所收錄 S-P 時間差，由震央距與 S-P 時間差的經驗式，並配合圖解法以推算大略的震央位置，除部份較大地震的震央有數字描述外，大部份的震央位置皆以文字敘述。地震大小是以有感半徑做為描述的依據，依照有感半徑區分為顯著地震(有感半徑大於 300 公里)、稍顯著地震(有感半徑小於 300 公里且大於 200 公里)、小區域地震(有感半徑小於 200 公里且大於 100 公里)、局發地震(有感半徑小於 100 公里)四級。圖一顯示 1951 年 10 月至 12 月間顯著與稍顯著地震的震央分佈圖。由於台灣四面環海且南北長僅有 4 百公里，對於發生在台灣中段的地震，就欠缺控制點以區分顯著或稍顯著地震。遠距觀測的結果對於地震規模有較佳的描述，但僅有 10 月 22 日 05:34，11:29，13:43 與 11 月 25 日 02:47，02:50 共 5 個地震的結果(表一)[13,16,19]。

表一、1951 年花蓮—台東地震震源參數

	10/22 05:34	10/22 11:29	10/22 13:43	11/25 02:47	11/25 02:50
TWB(1952)	23.8°N 121.7°E Dep=0 MR=4	24.1°N 121.8°E Dep=20 MR=4	23.8°N 121.9°E Dep=20 MR=3	23.0°N 120.9°E Dep=5 MR=4	23.2°N 121.5°E Dep=5 MR=3
Gutenberg & Richter (1954)	23.75°N 121.5°E $M_{GR}=7.3$	23.75°N 121.25°E $M_{GR}=7.1$	24.0°N 121.25°E $M_{GR}=7.1$		23.0°N 122.5°E $M_{GR}=7.3$
徐(1980a)	23.8°N 121.7°E Dep=0 MH=7.3	24.1°N 121.8°E Dep=20 MH=7.1	23.8°N 121.9°E Dep=20 MH=7.1	23.0°N 120.9°E Dep=5 MH=7.3	23.5°N 121.0°E Dep=5 MH=6.2
Lee et al. (1978)	23.8°N 121.7°E Ms=7.3	24.1°N 121.8°E Ms=7.1	23.8°N 121.9°E Dep=20 Ms=7.1	23.0°N 120.9°E Ms=6.75	23.5°N 121.0°E Ms=7.3
Abe(1981)	23.75°N 121.5°E mB=7.2 Ms=7.4	23.75°N 121.25°E mB=6.9 Ms=7.2	24.0°N 121.25°E mB=7.0 Ms=7.0		23.0°N 122.5°E mB=7.1 Ms=7.3
Cheng et al.(1996)				23.100N 121.225E Dep=16 Mw=6.3	23.275N 121.350E Dep=36 Mw=7.0

* MR: 有感半徑地震規模，1: 局發地震，2: 小區域地震，3: 稍顯著地震，4: 顯著地震。

三、地震定位與規模

為改善此時段的定位品質，本研究依照 Cheng et al.[11,15]的方法，利用各測震站收錄的 S-P 時間資料，使用蒙地卡羅逆推程序進行重新定位。所使用的方法如下所述：

假設在參數空間 M 中，對於欲推求參數 m 已有一些已知範圍的限制條件：

$$m_{low} \leq m \leq m_{up} \quad m \in M \quad (1)$$

m 為參數空間 M 中的某一特定點， m_{low} 與 m_{up} 為先前已知資訊的下限與上限。在正演問題中由計算求得的解以 d_{cal} 表示：

$$d_{cal} = G(m) \quad (2)$$

式中 G 表示由參數 m 計算出 d_{cal} 的函式，實際觀測所得之資料以 d_{obs} 表示。蒙地卡羅逆推法中包含一個模型參數產生法，可以在(1)式條件下隨機產生模型參數 m ，由(2)式推算出每一個模型參數 m 的計算值 d_{cal} ，由誤差函式 $S(m)$ (mistfit function)比對計算值 d_{cal} 與觀測值 d_{obs} 的差異，藉由誤差函式 $S(m)$ 的極小化，以求得最佳的模型參數解。

在本研究中， m 即為地震之緯度(Lat.)、經度(Lon.)與深度(Dep.)三個參數，測震站記錄的 S-P 時間即為觀測值 d_{obs} ， $G(m)$ 表示由參數空間 M 中某一特定點 m 計算得 S-P 時間的程序， d_{cal} 即計算所得的 S-P 時間。 $G(m)$ 計算過程中採用 Yeh and Tsai [22] 四層水平速度模型。誤差函式 $S(m)$

採用 S-P 時間殘差的均方根(root mean square; RMS)：

$$RMS_i = \sqrt{\frac{\sum (d_{cal}(i,j) - d_{obs}(i,j))^2}{N}} \quad (3)$$

上式中 $d_{cal}(i,j)$ 與 $d_{obs}(i,j)$ 分別表示第 i 個單元至第 j 個測站之計算與觀測的 S-P 時間； RMS_i 是第 i 個單元之 S-P 時間殘差均方根； N 表示所使用的測震站個數。

所欲推求的緯度、經度與深度三個參數依照(1)式，由等震度圖、出露地表的斷層的分佈或由有關報告定位結果(圖一與表一)來設定震源參數分佈的可能範圍：

$$\begin{aligned} 22.0^\circ &\leq \text{Lat.} \leq 24.5^\circ \text{N} \\ 120.5^\circ &\leq \text{Lon.} \leq 122.5^\circ \text{E} \\ 0.0 &\leq \text{Lon.} \leq 80.0 \text{ km} \end{aligned}$$

在 $G(m)$ 計算過程中，南北向(經度)與東西向(緯度)的單元距設定為 0.025 度，垂直向(深度)為 1 公里，則每一個地震共有 662,661 個單元進行測試，並計算出每個單元至各測站的 S-P 時間差(d_{cal})，由(3)式 S-P 時間殘差的均方根均方 RMS 比對計算(d_{cal})與觀測(d_{obs})的 S-P 時間之差異，藉由 RMS 的極小化推算得該地震最佳的震源參數[11,15]。

為易於與目前收錄的地震資料進行比對，地震規模一律以近震規模 M_L [21]表示。對於有登錄最大位移振幅資料的地震，先行以 Hsu[16]的經驗式計算出 M_H ，再以葉永田等[9]推導之 $M_L - M_H$ 的轉換經驗式推求得 M_L ：

$$M_H = \log A + 1.09 \log \Delta + 0.5 \quad (4)$$

上式中 A 為最大位移振幅(單位為微米)， Δ 為震央距(單位為公里)；

$$M_L = 0.988 M_H - 0.129; \quad (5)$$

對於欠缺最大位移振幅資料的地震則採用鄭世楠等[12]推導的有感距離(RF)與近震規模的經驗式推算 M_L ：

$$M_L = 1.698 \log(RF) + 1.658 \quad (\text{depth} \leq 35 \text{ km})$$

$$M_L = 2.113 \log(RF) + 0.997 \quad (\text{depth} > 35 \text{ km}) \quad (6)$$

由於近震規模尺度在較大地震($M \geq 7.0$)下的解析能力較不理想，對於較大地震的規模，則直接採用表面波地震規模(M_s)表示。

四、結果與討論

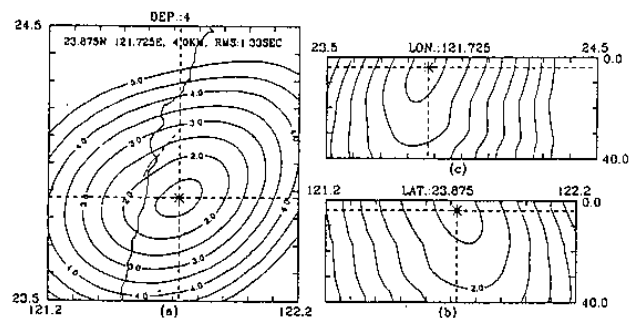
在定位程序中，我們挑選最少要有 3 個測站有 S-P 時間記載的地震以進行重新定位的工作。自 1951 年 10 月至 12 月止，有 304 個地震符合重新定位的條件。定位程序中採用的資料有 S-P 時間、最大水平振幅與震度等資料(表二)，其中最大振幅與震度為重新評估地震規模的依據。

表二、1951 年 10 月 22 日花蓮地震收錄之資料

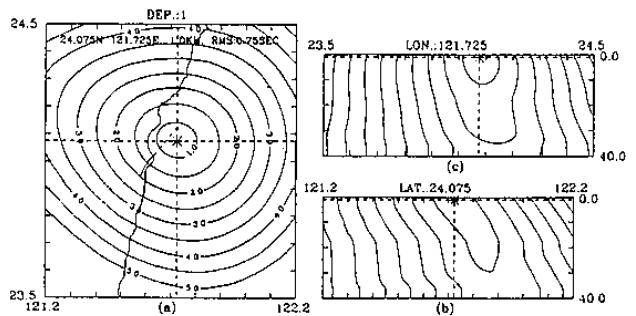
	05:34			11:29			13:43		
	S-P 秒	Max. Amp.(μ)	震度	S-P 秒	Max. Amp.(μ)	震度	S-P 秒	Max. Amp.(μ)	震度
HWA	2.0		V			IV			IV
TTN	5.8		IV	-18.5	1162.	IV	-23.6		IV
ILA	11.9		IV	-8.6		IV	10.7		IV
TCU	13.8	23750. 25250.	III	-13.2	14500. 13000.	III	+15.2	15170.	IV
TAP	-16.0	7000. 8520.	IV	+14.0	15625. 9800.	IV	-16.5	6075. 6080.	IV
HSN	16.2		III	14.2	17.	III	18.8	1750.	IV
TAI	23.1		III	-21.8		IV	23.2	8250. 11000.	II
HEN			III	+29.6		II	24.8	818.	II
ALS			IV	14.8		IV			
KAU			III			III			II

定位的結果如圖二、三、四所示，分別為 1951 年 10 月 22 日 05:34、11:29、13:43 三個較大的地震的定位情形。圖中(a)、(b)、(c)分別為震源所在位置之平面、東西與南北剖面上各單元的 S-P 時間殘差之 RMS 分佈，等值線的間格為 0.5 秒，* 表示 S-P 時間殘差的 RMS 值最小處，即在此模型下之最佳震源位置：

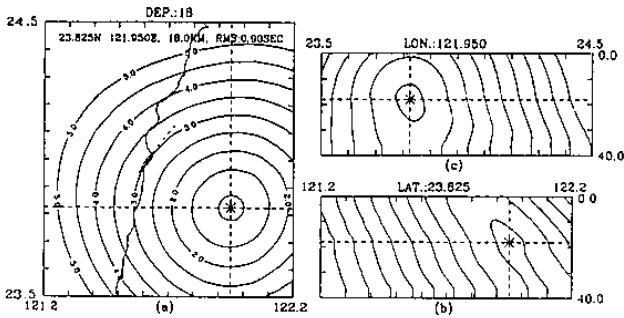
05:34 23.875°N, 121.725°E, Dep.= 4.0km, RMS=1.33 秒
 11:29 24.075°N, 121.725°E, Dep.= 1.0km, RMS=0.75 秒
 13:43 23.825°N, 121.950°E, Dep.=18.0km, RMS=0.90 秒



圖二、1951 年 10 月 22 日 05:34 地震重定位之結果，圖(a),(b),(c)分別顯示包含震源的平面、東西與南北剖面上各單元的 RMS 分佈，符號 * 表示最佳的震源位置。



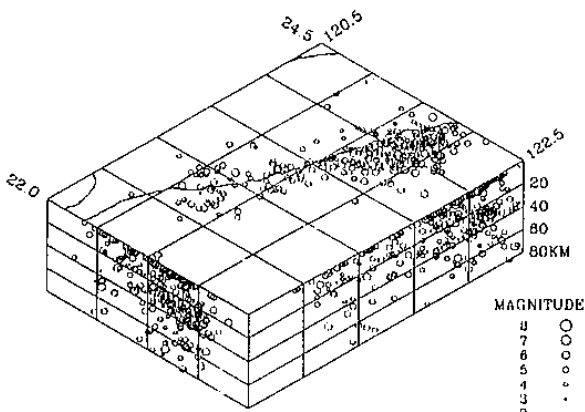
圖三、1951 年 10 月 22 日 11:29 地震重定位之結果，表示方式同圖二。



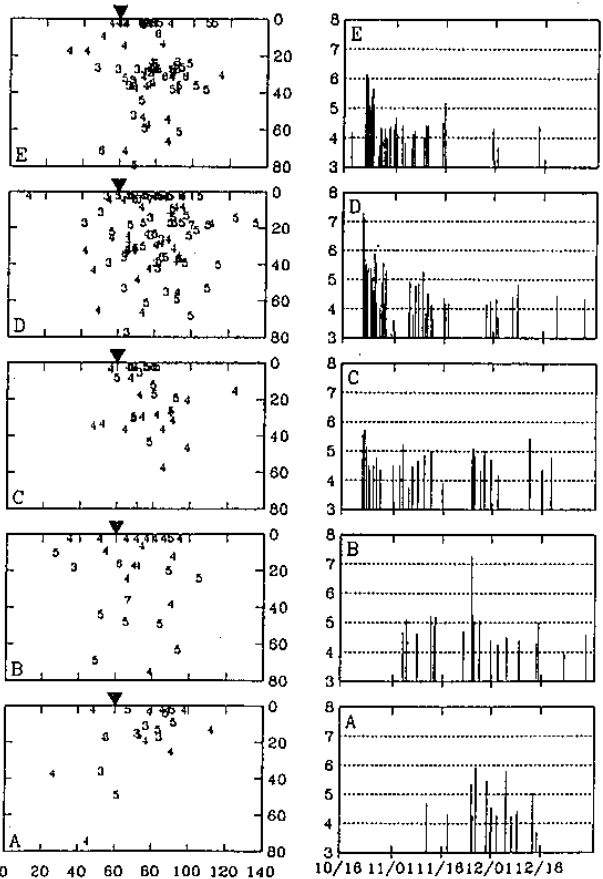
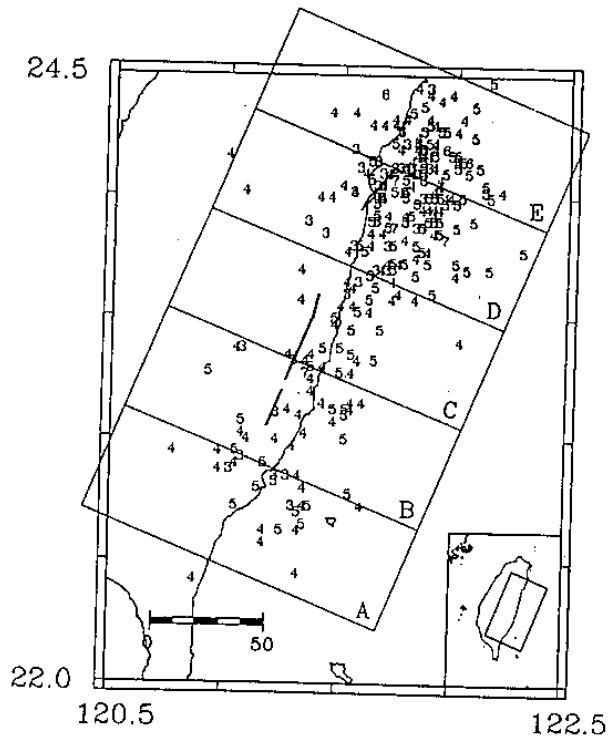
圖四、1951年10月22日13:43地震重定位的結果，表示方式同圖二。

圖二-四的等 S-P 時間之 RMS 分佈圖相當於三個參數(Lat., Lon., Dep.)的機率密度(probability density)分佈情形。較小的 RMS 值有較高的機率；相對地，較大 RMS 值反應的機率較低。本研究中是以 S-P 時間殘差的 RMS 值做為評估震源參數的依據，若最小 RMS 值位於設定範圍的邊界上，表示震源位於設定的範圍外，則排除此地震的定位工作。主震(05:34，圖二)的最小 S-P 時間殘差之 RMS 為 1.33 秒，表示在垂直向與水平向定位的平均偏差為 10.7 公里(以深度 4 公里的地殼模型計算)；11:29 與 13:43 地震(圖三、四)的最小 S-P 時間殘差之 RMS 分別為 0.75 與 0.90 秒，顯示在垂直向與水平向的平均偏差分別為 6.0 與 8.3 公里(分別以 1 與 18 公里的地殼模型計算)。

其餘 301 個地震以相同的方法進行重新定位的工作，並依照(4)、(5)、(6)式進行地震規模的評估，其中 1951 年 11 月 25 日 02:47 與 02:50 地震的震源參數直接採用 Cheng et al.[15]的結果。定位的結果共有 280 個地震位於有效範圍(22.0-24.5°N, 120.5-122°E, 0-80 公里)，圖五顯示這 280 個地震的三維震源分佈圖。由 1951 年 10 月至 12 月 280 個重新定位的地震震源分佈顯示，地震活動遍佈整個台東縱谷與海岸山脈，其中以北段的花蓮地區最為活躍，整個震源面呈現向東傾斜的現象，與台東縱谷斷層有密切的關連。



圖五、1951年花蓮-台東地震系列三維震源分佈圖。



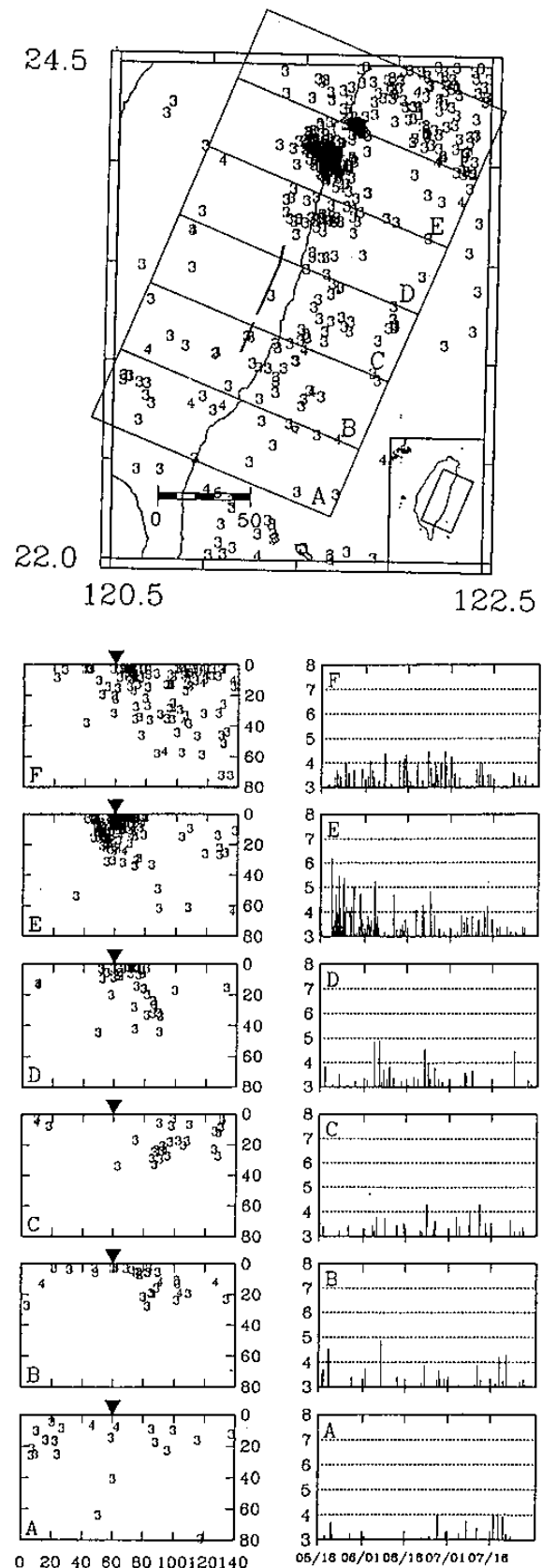
圖六、1951年花蓮-台東地震系列在空間與時間的分佈情形。

為進一步探討 1951 年花蓮-台東地震系列地震在空間與時間的分佈情形，依照台東縱谷的走向，由南至北取 5 個垂直縱谷的剖面以進行分析，如圖六所示。圖六上方顯示 5 個剖面(A,B,C,D,E)

選取的範圍與震央分佈圖，圖中阿拉伯數字表示地震規模，粗實線為出露地表的斷層位置；圖六左下方顯示 5 個垂直縱谷走向的震源剖面分佈圖(A, B, C, D, E)，實心倒三角形表示台東縱谷的位置；圖六右下方為 A, B, C, D, E 各區所對應之地震在時間軸的分佈情形，縱軸為近震規模，橫軸為為時間軸，以小時為單位。由震源剖面圖明白地顯示整個台東縱谷向東傾斜的震源面，傾斜角約 65-80 度；由圖六右下方的時間分佈圖可清楚表示整個地震系列在時間軸的分佈與變化狀況：10 月 22 日主震發生後即影響 C, D, E 三個區，並以縱谷北段的 D, E 區最為活躍，至 11 月 16 日以後 C, D 區的地震活動較為沉寂；縱谷中段的 B, C 區自 11 月開使活躍，至 11 月 25 日的 02:47 與 02:50 地震達到最高峰；而南段的 A 區至 12 月才有較活躍的地震活動，12 月 5 日台東地震為活躍期的中心，至 12 月 15 日以後台東地區的地震活動後才緩和下來。由整個地震系列在時間與空間的分佈情形看來，整個地區的地震活動似乎呈現由北往南遷移(migrate)的現象。由 10 月 25 日縱谷北段的 3 個花蓮地震(05:34, $M_s=7.3$; 11:29, $M_s=7.1$; 13:43, $M_s=7.1$)與引發的米崙斷層，改變了整個地區的應力場，應力沿著台東縱谷向南傳遞，至 11 月 25 日引發縱谷中段的池上與玉里地震(02:47, $M_L=6.0$; 02:50, $M_s=7.3$)，並造成池上與玉里斷層的錯動；至 12 月時，應力傳遞至縱谷南段的台東地區，並引發 12 月 5 日的台東地震($M_L=5.8$)。若假設整個台東縱谷地區的應力降變化相當均一，或是變動範圍的差異不是很大，則地震活動的遷移可以直接反應地區應力的遷移。以 10 月 22 日 05:34 主震的震央為起始點，分別計算傳遞至 11 月 25 日 02:47、02:50 地震與 12 月 5 日地震的速度為 2.8、2.2 與 2.9 公里/日，平均速度約為 2.6 公里/日。此速度值 2.6 公里/日，即反應 1951 年花蓮—台東地震系列在台東縱谷造成的應力遷移(stress migration)速度。

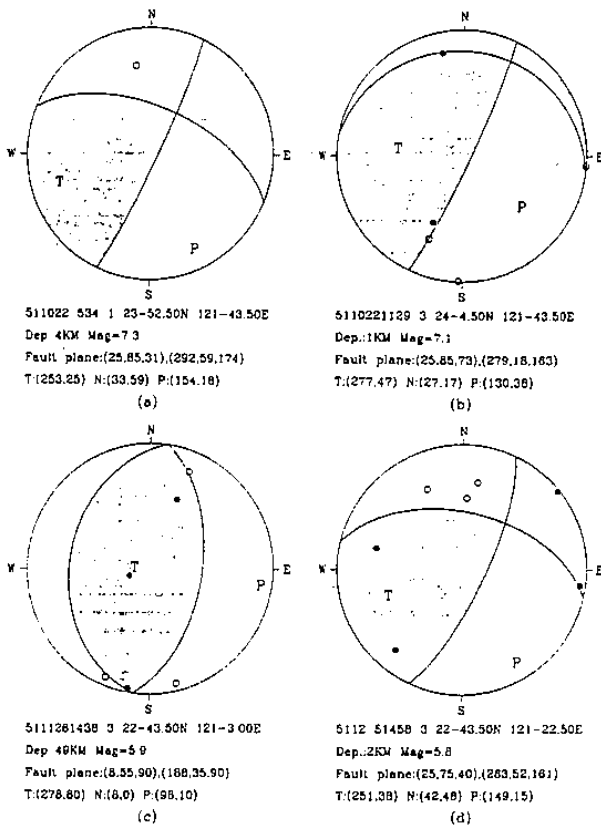
1986 年 5 月 20 日花蓮地震系列在台東縱谷北段亦呈現類似的應力傳遞現象，惟一不同處是 1986 年 5 月 20 日主震的規模($M_L=6.2$)較小，影響的範圍亦較小，應力傳遞的現象亦較不明顯。圖七為 1986 年 5 月 16 日至 7 月 30 日台灣遙記式地震觀測網(Taiwan Telemetered Seismographic Network，以下簡稱為 TTSN)收錄之 $M_L \geq 3.0$ 地震在空間與時間的分佈情形，所挑選空間範圍與時間軸長度均與 1951 年花蓮台東地震相同。自 1986 年 5 月 20 日在縱谷北段花蓮地區發生 $M_L=6.2$ 的地震後，在震源區附近引發一連串的餘震(圖七 E 區)，由於主震的規模較小，所引發的餘震面積亦較 1951 年花蓮地震小很多(圖六)。主震發生後約 15-17 天，在主震南方約 40 公里處引發一群地震(圖七 D 區)，最大規模為 $M_L=4.9$ ，傳遞速度約為 2.3-2.6 公里/日。再往南則已接近該地區地震活動的背景值，而無法進一步辨別。亦可能是 1986 年花蓮地震主震的規模($M_L=6.2$)較小，能夠影響的範圍亦較小；1951 年花蓮地震的主震較大($M_s=7.3$)影響的範圍較大

較明顯，但此二個地震系列所反應的應力遷移速度卻相當一致。



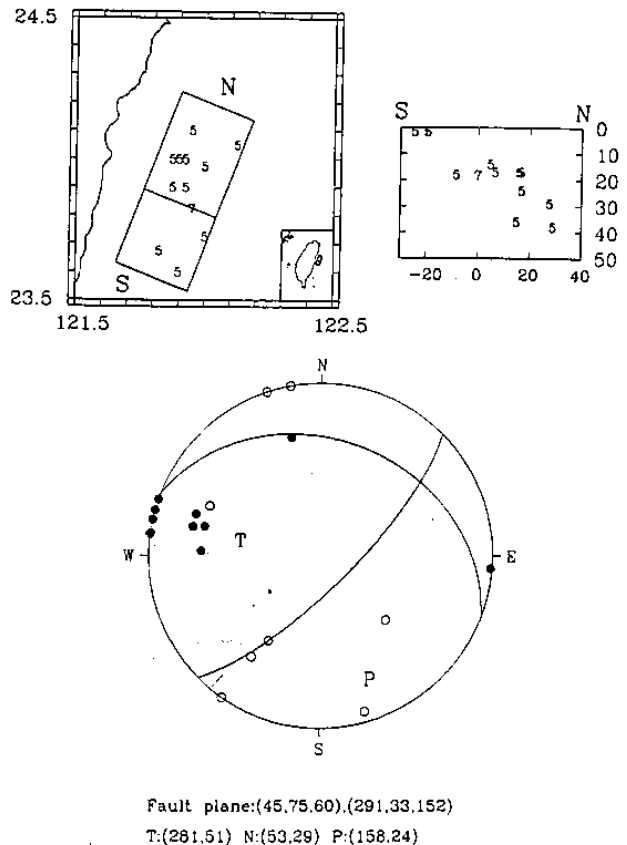
圖七、1986 年 5 月 16 日至 7 月 30 日 TTSN 收錄之 $M_L \geq 3.0$ 地震在空間與時間的分佈情形

由於當時 TWB 只有 10 個測震站，加上大部份地震欠缺初動 P 波相位的報告，故配合地表地質調查的結果(斷層走向、錯動量等資料)與餘震的震源分佈情形來建立可能的斷層面解。1951 年 10 月 22 日花蓮地震伴隨產生的米崙斷層為一左移逆衝斷層，走向取其野外觀測之平均值為 $N25^{\circ}E$ ，則 11:29 地震之斷層面解：走向 $N25^{\circ}E$ ，傾角 $85^{\circ}E$ ，滑移角 73° ，如圖八(b)所示。05:34 地震因只有一個測站有 P 波極性資料，故配合野外地質資料來建立斷層面解。野外地質觀測之最大垂直、水平錯動量分別為 1.2 公尺、2 公尺[5,6,7,8,14,18,23]，直接計算得斷層滑移角(rake)為 31° ，假設 05:34 與 11:29 地震在同一斷層面上，其斷層的走向與傾斜大致相同，則大致的斷層面解：走向 $N25^{\circ}E$ ，傾角 $85^{\circ}E$ ，滑移角 31° ，如圖八(a)，惟一有初動極性資料的台北站(表二)，其極性與斷層面解相符，更增加斷層面解的可信度。圖八(c)與(d)分別為 11 月 26 日 14:38 與 12 月 5 日 14:58 地震的斷層面解，由餘震的震源分佈而選擇其斷層面，分別為：走向 $N8^{\circ}E$ ，傾角 $55^{\circ}E$ ，滑移角 90° 與走向 $N25^{\circ}E$ ，傾角 $75^{\circ}E$ ，滑移角 40° 。



圖八、地震斷層面解，(a).10月22日05:34地震；(b).10月22日11:29地震；(c)11月26日14:38地震；(d)12月5日14:58地震。

10月22日13:47地震因只有3個P波初動資料，且欠缺相對應的地表觀測。但由於其規模相當大($M_s=7.1$)，其反應的意義相對相當重要。故結合鄰近震源地區餘震的初動資料，以推求其複合斷層面解(composite fault-plane solution)。圖九左方顯示所挑選地震的震源分佈，震源面向北傾，傾角約 $30-35$ 度，圖右為複合斷層面解的結果。由震源剖面圖取其斷層面為 $N69^{\circ}W$ ，傾角 $33^{\circ}N$ ，滑移角 152° 。



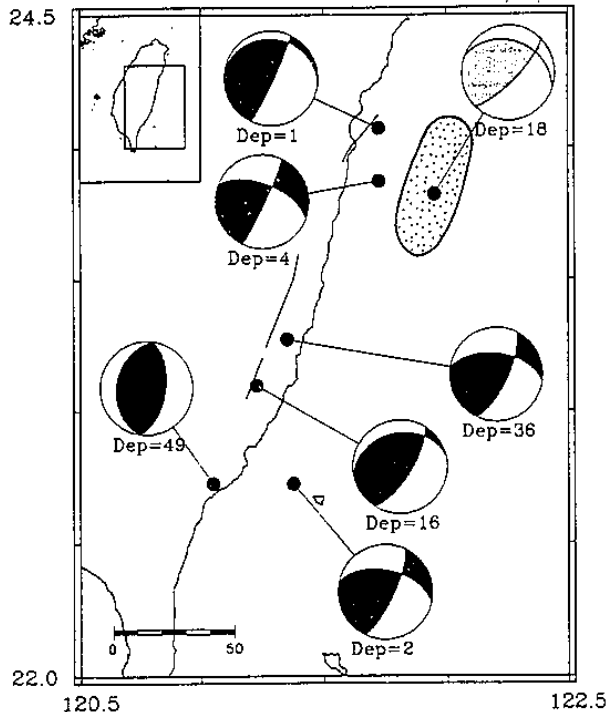
圖九、10月22日13:47地震複合斷層面解，圖上為挑選地震的震源分佈，圖下為複合斷層面解。

此外，11月25日02:47與02:50地震的斷層面解直接採用 Cheng et al.[15]的結果：

- 02:47 走向 $N32^{\circ}E$ ，傾角 $70^{\circ}E$ ，滑移角 70°
- 02:50 走向 $N25^{\circ}E$ ，傾角 $70^{\circ}E$ ，滑移角 40°

則 1951 年花蓮—台東地震系列共有 7 組斷層面解來探討應力的分佈情形(圖十)。10月22日三個 $M_s \geq 7.0$ 地震(05:34, 11:29, 13:47)及 11月25日池上與玉里地震(02:47, 02:50)相當符合 Scholz[20]提出之複合地震(compound earthquake)的特性，”二個或多個大小相近的地震，發生的時間相近但破裂面相異，且破裂時間不重疊”。Yu and Cheng[24]對於 1986 年 5 月 20 日與 1986 年 11 月 14 日花蓮地震亦有相同的觀測，顯示此地區應力的累積相當迅

速。圖十的斷層面中，除了 11 月 26 日 14:38 地震(深度 49 公里)為逆衝斷層，其餘深度較淺(1-36 公里)的 6 組均為具有左移分量的逆衝斷層面解，與地表的觀測相當一致[5,6,8,14,15,18]，且最大主應力軸均呈現東南-西北向，與菲律賓海板塊西北向的運動相當一致，顯示 1951 年花蓮-台東地震可能是由於菲律賓海板塊西北向的運動所造成。



圖十、1951 年花蓮台東地震系列斷層面解分佈圖

誌謝

本研究是由中央氣象局(計畫編號:CWB85-2E-13)與國家科學委員會(計畫編號:NSC86-2116-M-001-009)資助。中央研究院地球科學研究所黃柏壽博士、中央地質調查所游明聖先生提供寶貴的意見，並提供工作上的協助，在此一併誌謝。

參考文獻

- 1 王京良, 1967: "台灣之地震及其災害", 台灣之自然災害, 台灣銀行經濟研究室, 170-214
- 2 台灣省氣象所, 1952: "地震報告-民國 40 年" 台北市, 83 頁
- 3 徐明同, 1980a: "台灣地震目錄(自公元 1644 年至 1979 年)", 國立台灣大學地震工程研究中心, 77 頁
- 4 徐明同, 1980b: "台灣之大地震-1644 年至現在", 氣象學報, 26 卷, 3 期, 32-48
- 5 徐鐵良, 1955: "台灣之地震", 台灣銀行季刊, 7 卷, 2 期, 148-164
- 6 徐鐵良, 1954: "台灣東部海岸山脈地形與近期上升運動", 台灣省地質調查所彙刊, 7 號, 9-18

- 7 張憲卿, 1976: "近三十年台灣之地震", 台灣文獻, 27 卷, 2 期, 162-195
- 8 游明聖、鄭世楠、葉永田, 1994: "台東縱谷地區斷層分段", 地質, 14 卷, 1 期, 97-120
- 9 葉永田、鄭世楠、李靜、辛在勤、陳承俊, 1993: "台灣地區數個地震目錄的地震定位與規模之評估(I)", 中央氣象局地震測報中心科技報告彙編, 第 7 卷, 1-23。
- 10 鄭世楠和葉永田, 1989: "西元 1604 年至 1988 年台灣地區地震目錄", 中央研究院地球科學研究所, 255 頁
- 11 鄭世楠、黃柏壽、葉永田, 1996: "1941 年嘉義中埔地震系列之研究", 第六屆台灣地區地球物理研討會論文集, 47-56
- 12 鄭世楠、葉永田、黃文紀、辛在勤、張建興, 1997: "台灣地區地震目錄, 1898-1995", 中央氣象局(準備中)。
- 13 Abe, K., 1981: "Magnitudes of large shallow earthquakes from 1604 to 1980", *Phys. Earth Planet. Inter.*, 27, 72-92.
- 14 Bonilla, M. G., 1977: "Summary of Quaternary faulting and elevation changes in Taiwan", *Mem. Geol. Soc. China*, 2, 43-55
- 15 Cheng, S.N., Y.T. Yeh and M. S. Yu, 1996: "The 1951 Taitung earthquake in Taiwan", *Jour. Geol. Soc. China*, 39(3), 267-285.
- 16 Gutenberg, B. and Richter, C. F., 1954: "Magnitude and energy of earthquakes", *Annali di Geofisica*, 9, 1-15.
- 17 Hsu, M. T., 1971: "Seismicity of Taiwan and some related problems", *Bull. Intern. Inst. Seis. Eng.*, 8, 41-160.
- 18 Hsu, T. L., 1962: "Recent faulting in the Longitudinal Valley on eastern Taiwan", *Mem. Geol. Soc. China*, 1, 95-102.
- 19 Lee, W. H. K., Wu, F. T. and Wang, S. C., 1978, A catalog of instrumentally determined. *Bull. Seism. Soc. Am.* 68, 383-398.
- 20 Scholz, C. H., 1990: *The mechanics of earthquakes and faulting*. Cambridge University Press, p.439.
- 21 Shin, T. C., 1993: "The calculation of local magnitude from the simulated Wood-Anderson seismograms of the short-period seismograms in the Taiwan area", *TAO*, 4, 155-170.
- 22 Yeh, Y. H. and Tsai, Y. B., 1981: "Crustal structure of central Taiwan from the inversion of P-wave arrival times", *Bull. Inst. Earth, Academia Sinica*, 1, 83-102.
- 23 Yeh, Y. T., Cheng, S. N. and Yu, M. S., 1993: "A Revisit on 1951 Taitung earthquake", *Proceedings of third ROC and Japan joint seminar on natural hazards mitigation*. 74-88.
- 24 Yu, T. T. and Cheng, S. N., 1997: "Stress diffusion and spatial migration of aftershocks in the Hualien area, Taiwan", *TAO* (in press).

附錄、1951年花蓮—台東地震系列震源參數

發震時間 年月日時分	震央位置 秒 緯度 經度	深度 公里	規模 ML	站 數	S-P RMS
511018	955 33.952418.0012137.50	9.004	1.8	4	.34
511022	534 13.652352.5012143.50	4.007	3.0	9	1.49
511022	553 17.902348.0012143.50	23.005	3.0	4	3.24
511022	655 31.352343.5012143.50	2.005	8.5	7	1.17
511022	710 27.0024 .0012139.00	34.002	8.8	4	.55
511022	716 14.572342.0012143.50	36.005	1.9	3	1.24
511022	822 20.892412.0012145.00	36.004	0.2	3	.52
511022	854 46.952354.0012139.00	4.005	7.1	7	.08
511022	9 2 8.992352.5012151.00	2.005	1.5	6	1.20
511022	953 51.442342.0012139.00	14.003	9.6	6	1.72
511022	1017 6.022357.0012154.00	31.004	5.3	7	1.19
511022	1022 59.1724 7.5012143.50	33.003	8.8	7	.18
511022	1036 51.722348.0012142.00	24.003	4.0	3	.03
511022	1039 55.0224 7.5012145.00	27.003	9.4	7	.45
511022	1053 5.302410.5012154.00	26.004	2.4	4	.04
511022	1059 24.312340.5012137.50	2.005	0.1	4	1.96
511022	11 6 58.122412.0012149.50	28.004	8.7	6	.56
511022	1121 3.482351.0012154.00	.004	2.4	3	.39
511022	1129 31.2124 4.5012143.50	1.007	1.0	9	.75
511022	1147 16.692331.5012134.50	1.005	6.1	4	1.87
511022	1148 21.6724 .00122 1.50	68.005	7.1	4	.17
511022	1152 16.342343.5012146.50	1.005	9.2	4	.45
511022	1228 9.2324 4.5012151.00	.006	3.3	7	.86
511022	1236 49.3824 9.0012151.00	1.005	2.9	4	.99
511022	1239 3.522346.5012136.00	31.005	5.3	3	2.31
511022	1245 .9224 1.5012133.00	4.004	6.6	5	.98
511022	13 2 51.5224 9.00122 .00	38.004	0.8	7	.45
511022	13 5 3.7724 .0012158.50	.004	6.5	7	1.04
511022	1317 46.3424 7.5012152.50	8.006	1.4	5	.09
511022	1324 2.012358.5012149.50	38.005	8.5	6	.72
511022	1342 58.012349.5012157.00	18.007	1.0	7	.90
511022	1357 58.642412.0012151.00	28.005	5.5	4	.46
511022	14 4 38.622357.0012151.00	.004	7.4	3	.65
511022	1419 27.082342.00122 9.00	14.005	5.4	3	.96
511022	1457 21.502427.0012149.50	71.004	4.6	6	1.05
511022	15 7 24.702343.50122 .00	18.005	4.7	7	.89
511022	1512 15.002340.5012149.50	.005	5.3	7	.46
511022	1525 24.6324 6.0012157.00	29.005	4.9	5	.67
511022	1553 32.0624 1.50122 7.50	.005	3.1	4	.94
511022	1630 13.942418.0012154.00	35.004	9.6	4	.03
511022	1633 53.3024 4.5012146.50	30.005	1.9	5	.71
511022	1713 16.7724 7.50122 .00	61.005	4.4	5	1.09
511022	1715 .812352.50122 .00	21.005	5.9	6	.54
511022	1740 39.332410.5012158.50	27.005	5.6	8	.90
511022	1747 46.152413.5012152.50	29.005	2.3	6	.52
511022	1825 40.102343.5012152.50	13.005	4.0	6	.42
511022	19 9 58.3124 9.00122 3.00	31.006	0.0	8	.58
511022	1932 23.882410.50122 .00	25.005	6.1	6	.72
511022	1946 59.192346.5012218.00	17.005	7.1	4	2.74
511022	1951 7.8024 3.00122 7.50	38.005	5.9	5	1.09
511022	2047 8.9424 7.5012151.00	.005	1.8	7	.77
511022	21 8 22.7324 7.50122 .00	36.005	7.5	7	.53
511022	2132 40.462354.0012155.50	17.005	4.2	5	.51
511022	2146 35.522330.0012128.50	30.005	6.2	4	2.33
511022	2156 49.862415.00122 4.50	26.005	3.9	7	.87
511022	22 1 39.072422.50122 4.50	27.005	1.5	6	.90
511022	2214 35.082351.0012155.50	39.005	1.0	7	.62
511022	2218 37.352354.0012137.50	18.005	4.0	4	1.56
511022	2219 21.0224 .0012155.50	17.005	4.7	4	3.29
511022	2222 59.202355.5012148.00	.005	2.3	3	.92
511022	2228 29.1624 6.0012148.00	1.004	8.6	3	2.75
511022	2245 10.3624 7.5012146.50	.005	8.2	7	.73
511022	2254 22.6924 6.00122 3.00	24.005	4.7	6	1.97
511022	2316 12.242355.5012146.50	.004	6.3	4	.55
511022	2328 12.742425.5012140.50	71.006	1.6	7	.61
511023	0 1 26.802416.5012155.50	24.005	3.1	3	.03
511023	0 5 12.3324 9.00122 1.50	26.005	8.3	6	1.04
511023	012 43.392352.5012142.00	.005	4.2	4	.81
511023	017 13.6424 6.0012157.00	38.005	6.5	5	.48

發震時間 年月日時分	震央位置 秒 緯度 經度	深度 公里	規模 ML	站 數	S-P RMS
511023	122 46.4024 .0012152.50	36.005	4.9	4	.04
511023	2 7 11.172322.5012125.50	29.005	2.7	3	1.21
511023	217 58.122413.5012154.00	27.004	9.7	4	.69
511023	242 32.922337.5012139.00	.005	7.6	5	.70
511023	426 2.092416.5012157.00	.005	5.2	6	.62
511023	452 53.1024 6.0012157.00	27.005	5.4	5	.58
511023	617 43.452410.5012154.00	27.005	3.3	5	.55
511023	718 8.052416.5012151.00	3.005	1.0	3	1.10
511023	737 24.5224 .0012140.50	1.005	5.7	7	.54
511023	918 45.462412.0012157.00	31.006	0.2	7	.89
511023	1055 40.162358.5012157.00	37.005	1.3	7	.99
511023	1522 30.442413.5012143.50	32.005	2.0	4	.63
511023	1524 40.6924 9.0012137.50	22.005	2.8	4	.99
511023	1611 11.722319.5012118.00	8.005	1.8	6	.08
511023	1639 1.892316.5012133.00	36.004	6.2	3	2.17
511023	1847 4.722424.0012155.50	36.004	6.4	4	.05
511023	1919 24.2424 9.00122 .00	27.005	0.9	8	.63
511023	1926 13.412354.0012154.00	59.005	0.0	7	.73
511023	2124 20.332348.0012149.50	9.005	4.2	8	.89
511023	2127 26.3724 .0012146.50	.005	3.1	6	.86
511023	2130 50.152354.0012146.50	2.005	2.9	6	1.13
511023	2154 24.072425.5012158.50	34.004	6.8	5	.25
511024	218 54.912419.50122 1.50	66.004	7.7	7	1.20
511024	632 .0124 7.50122 6.00	36.005	2.6	7	.79
511024	8 4 10.682333.0012130.00	30.004	5.2	4	.82
511024	8 9 11.692421.0012148.00	36.005	2.0	7	1.09
511024	1153 41.8124 1.5012154.00	26.004	8.9	7	.47
511024	1155 21.4924 .0012154.00	17.005	2.7	5	.63
511024	1210 9.802422.5012151.00	79.005	4.1	5	.54
511024	13 8 36.072342.0012140.50	.004	8.1	7	.65
511024	1410 10.382342.0012119.50	34.004	3.8	5	1.62
511024	1426 26.362355.5012139.00	.005	2.1	6	.57
511024	1430 2.032343.5012142.00	29.004	1.5	4	1.16
511024	1434 20.292412.0012151.00	1.004	2.8	5	.83
511024	1445 40.402355.5012142.00	8.004	9.1	7	.93
511024	1447 8.832354.0012152.50	14.005	3.2	6	.74
511024	1451 42.0624 3.0012130.00	65.004	3.8	5	.77
511024	1534 30.422348.0012134.50	2.005	4.2	7	.04
511024	1620 24.4724 4.5012137.50	.005	1.5	6	1.48
511024	1749 56.392342.00122 3.00	40.005	1.6	7	1.06
511024	1912 31.042425.5012152.50	37.004	3.6	6	.78
511024	1918 37.342419.5012152.50	53.004	5.9	5	.80
511024	2142 23.442418.0012152.50	59.005	6.8	8	.08
511024	2156 58.332339.0012143.50	2.004	9.8	7	.35
511025	147 19.7024 1.5012146.50	61.005	0.3	7	.88
511025	322 44.902413.5012149.50	44.005	1.1	4	.06
511025	4 8 19.2324 6.0012151.00	26.005	0.4	5	.07
511025	420 32.402357.0012155.50	55.004	6.4	5	.04
511025	737 43.7324 4.5012146.50	17.005	1.2	7	.69
511025	11 1 9.032351.0012140.50	.004	6.3	6	.97
511025	12 6 8.432428.50122 9.00	.005	0.5	6	.99
511025	1338 33.7524 .0012140.50	3.004	4.7	8	.92
511025	1859 5.292331.5012137.50	28.004	5.4	5	2.73
511025	2019 34.692354.00122 4.50	53.005	9.0	9	.45
511026	150 34.402358.5012139.00	.005	0.6	3	.63
511026	537 56.522358.50122 .00	24.005	5.8	8	.78
511026	1411 15.732346.5012152.50	8.004	2.3	3	.01
511026	1435 29.892413.5012149.50	.003	4.0	4	.50
511026	16 0 13.252339.0012131.50	8.004	7.7	3	.07
511026	1910 17.6624 7.5012148.00	.003	7.7	3	.97
511027	145 29.382421.0012127.00	17.004	1.3	3	1.46
511027	415 6.492418.0012145.00	14.004	3.5	3	.07
511027	7 9 58.512418.0012140.50	.004	3.1	3	.21
511027	1016 39.142410.5012152.50	.004	2.8	3	1.17
511027	1030 15.642346.5012131.50	4.004	0.0	3	.05
511027	16 0 17.8124 .0012139.00	32.004	1.8	4	.45
511027	1659 42.0724 9.00122 .00	23.003	6.3	3	.05
511027	17 9 32.272412.0012151.00	57.004	2.8	3	.05
511027	20 8 23.502334.5012149.50	20.004	3.7	5	.09

發震時間 年月日時分	震央位置 秒 緯度 經度	深度 公里	規模 ML	站數	S-P RMS
5110272125	31.172416.5012145.00	.003.93	3	.54	
511028 3 3	7.522340.50122 .00	17.004.91	4	.54	
511028 955	46.432336.0012154.00	.005.57	7	.87	
5110281031	21.6124 6.0012149.50	23.004.07	6	.55	
5110281059	14.822415.0012149.50	.004.33	4	1.23	
5110281142	38.452355.5012154.00	38.004.55	7	.98	
51102818 6	55.7724 .0012158.50	.004.20	4	.67	
5110281940	3.5224 3.0012140.50	32.003.53	4	.61	
5110282335	13.672412.0012154.00	26.004.01	4	.33	
511029 555	36.0324 .0012157.00	35.004.77	5	.33	
511029 727	3.4424 6.0012149.50	29.003.97	4	.03	
511029 733	45.192346.5012151.00	37.005.33	5	.58	
51102912 3	48.4124 3.0012139.00	36.003.30	4	.08	
5110292128	24.8124 9.0012139.00	27.003.86	4	.45	
511030 150	7.192413.5012149.50	.004.29	3	.90	
511030 543	15.532419.5012143.50	.004.39	3	.75	
511031 354	5.1724 1.5012133.00	39.003.17	4	.03	
511031 643	7.5024 7.5012154.00	13.004.27	4	1.76	
5110311222	28.2424 3.0012155.50	31.004.41	7	.60	
51103119 8	14.772416.5012145.00	.004.30	3	1.06	
5110311934	33.802354.0012121.00	17.003.62	3	.42	
5110311937	23.472334.5012149.50	46.004.54	4	.05	
5110312017	16.882418.0012143.50	.004.68	3	1.07	
5111 1 838	27.1224 9.0012148.00	31.004.16	5	.58	
5111 22233	46.022419.5012146.50	.004.42	3	1.10	
5111 3 017	38.502333.0012133.00	29.004.53	4	.23	
5111 31645	59.392413.5012146.50	52.003.84	3	.02	
5111 32130	31.752327.0012140.50	26.005.22	7	.91	
5111 32132	22.782319.5012139.00	19.005.22	7	.88	
5111 4 248	32.6423 9.0012125.50	75.004.68	5	.55	
5111 5 4 5	56.3823 6.0012131.50	2.005.14	8	.73	
5111 5 417	43.0424 4.5012151.00	39.003.82	3	.07	
5111 5 429	13.932351.0012125.50	11.003.89	5	.34	
5111 512 6	39.7724 .0012151.00	26.003.83	3	.02	
5111 51336	29.9824 3.0012140.50	24.004.94	7	.51	
5111 51343	11.102427.0012152.50	34.003.65	4	.07	
5111 51648	.272336.0012131.50	.003.79	3	.18	
5111 6 244	49.9824 4.5012155.50	.004.16	3	.31	
5111 61231	32.372352.5012149.50	55.003.83	3	.07	
5111 617 0	6.922334.5012143.50	27.004.49	5	1.23	
5111 61710	1.482410.5012151.00	.004.24	3	.22	
5111 7 9 2	55.492349.5012146.50	28.004.80	9	.81	
5111 8 638	47.7924 1.5012146.50	23.004.87	8	.89	
5111 8 937	19.232321.0012122.50	.004.69	4	1.36	
5111 8 947	48.7423 7.5012133.00	12.004.66	8	.16	
5111 911 9	19.3924 7.5012146.50	1.004.00	3	.10	
5111 91352	41.7124 1.5012143.50	4.005.2910	.52		
511110 1 7	34.472421.0012133.00	17.004.41	3	1.01	
511110 632	41.802324.00122 1.50	15.004.89	8	.66	
5111101225	25.002348.0012133.00	34.003.88	5	.94	
5111101759	6.892413.5012149.50	.004.42	3	.46	
511111 318	28.202345.0012149.50	8.004.53	4	.07	
51111114 0	27.412257.0012058.50	74.004.73	4	.04	
511112 4 1	4.632351.0012137.50	32.004.15	6	.66	
5111121046	51.692316.5012130.00	17.005.02	5	2.41	
5111121140	34.4024 6.0012140.50	53.003.65	3	.07	
51111214 6	55.442257.00121 3.00	44.005.23	4	.06	
5111131019	27.242258.5012118.00	6.004.93	9	.41	
5111132222	17.9723 .0012131.50	63.005.23	9	.87	
511115 336	6.7424 1.5012212.00	30.004.52	4	.53	
5111151642	24.4124 .00122 9.00	.005.2010	.93		
5111152015	17.972339.0012134.50	5.003.94	3	.10	
5111152134	47.322357.0012152.50	11.004.35	3	.02	
5111152152	.0624 .0012124.00	32.004.25	5	.52	
5111152214	59.602410.5012149.50	.004.31	3	.49	
5111152253	19.0224 6.0012136.00	25.004.21	5	1.08	
5111161251	28.4024 1.5012145.00	.004.19	3	1.03	
5111171059	9.302351.0012140.50	66.004.18	9	.63	
51111711 3	37.472342.0012142.00	42.003.72	3	.07	
5111172159	18.092257.0012046.50	37.004.32	5	.86	
5111221053	40.8623 9.0012133.00	38.004.74	5	.56	

發震時間 年月日時分	震央位置 秒 緯度 經度	深度 公里	規模 ML	站數	S-P RMS
5111241918	54.102336.0012145.00	31.004.77	4	.10	
511125 247	22.4823 6.5012113.50	16.006.04	9	.88	
511125 250	29.742316.5012121.00	36.007.30	7	1.27	
511125 322	15.262328.5012128.50	.004.64	5	.65	
511125 335	16.552318.0012122.50	.005.14	6	1.54	
511125 338	8.512237.5012115.00	13.005.37	6	.03	
511125 343	45.132322.5012130.00	1.005.00	5	.09	
511125 354	7.8523 7.5012128.50	49.005.02	7	.04	
511125 4 7	50.122322.50121 3.00	.004.96	7	1.09	
511125 435	6.672312.0012122.50	17.004.97	6	.77	
511125 521	46.062246.5012133.00	24.005.23	7	.08	
511125 546	57.8123 9.0012136.00	.004.72	6	1.15	
511125 611	8.5623 7.5012116.50	.004.43	5	.68	
511125 740	49.702255.50121 4.50	17.003.88	7	.09	
5111251312	7.462254.0012110.50	48.005.30	7	.82	
5111251323	35.632334.5012137.50	12.005.08	4	1.61	
5111251354	29.212252.50121 1.50	36.003.80	7	.06	
5111251445	55.4723 1.50121 4.50	.004.69	7	1.17	
5111251611	51.132334.5012119.50	33.004.60	7	1.29	
5111251614	18.2923 .00121 6.00	9.004.11	4	.05	
5111251723	20.682225.5012052.50	.004.48	6	.85	
5111251745	51.142227.0012119.50	.004.29	6	.15	
5111252131	42.732319.5012134.50	57.004.81	6	.31	
511126 053	24.6423 4.50121 4.50	69.005.06	6	.41	
5111261438	38.642243.50121 3.00	49.005.93	7	.72	
5111271129	19.902337.5012133.00	78.004.37	7	1.13	
51112712 1	55.552316.5012055.50	10.005.09	6	.41	
5111281730	23.092327.0012133.00	43.005.05	8	.03	
5111282252	7.9824 6.0012142.00	27.004.17	6	.09	
5111291716	13.952248.00121 9.00	.005.33	8	1.12	
5111292226	55.082249.5012113.50	16.005.49	9	.05	
5111292350	24.662243.5012121.00	.004.02	6	.81	
511130 420	5.2424 3.0012148.00	42.004.27	5	.06	
5111301224	53.652416.50122 .00	54.004.32	4	.05	
5111301622	27.252319.5012121.00	36.004.73	6	.46	
5111302039	38.052251.0012116.50	11.003.74	5	.90	
5111302045	37.252251.0012119.50	.004.42	5	.66	
5112 1 224	51.412251.0012113.50	15.003.82	4	.08	
5112 1 331	27.272245.0012112.00	2.002.91	6	.61	
5112 1 357	26.312243.5012136.00	13.004.49	5	.07	
5112 1 834	10.682252.5012058.50	.004.57	5	.70	
5112 12223	49.542412.0012133.00	26.003.68	5	.05	
5112 123 3	7.0424 .0012139.00	.004.36	4	.68	
5112 21353	35.5324 7.5012134.50	.003.73	3	.21	
5112 21930	28.692339.0012131.50	.004.20	7	.79	
5112 22211	15.352254.00121 3.00	17.004.31	4	.78	
5112 3 3 0	20.1923 .0012113.50	24.004.28	6	2.57	
5112 5 9 0	18.522248.0012121.00	.004.92	9	.92	
5112 51458	36.582243.5012122.50	2.005.8010	.95		
5112 515 2	10.712239.0012121.00	9.005.4910	1.24		
5112 51510	57.5623 4.5012128.50	.004.53	4	.75	
5112 516 6	57.192237.5012119.50	25.004.70	8	1.01	
5112 62031	21.7724 .0012127.00	43.004.42	8	5.11	
5112 7 838	27.822237.5012110.50	19.004.28	7	.38	
5112 8 444	41.662410.50121 .00	46.004.40	8	.35	
5112 8 754	32.9724 1.50121 4.50	.004.82	7	.67	
5112 82337	.112234.5012110.50	3.004.45	6	.11	
5112 91010	26.4523 6.0012119.50	.004.41	9	.81	
511212 510	34.932321.0012133.00	.005.4510	.87		
5112131814	58.652242.0012119.50	4.005.05	9	.18	
511214 720	34.122415.0012149.50	.004.41	3	.75	
5112141333	13.9023 1.5012121.00	.004.31	6	1.57	
5112142244	19.462243.5012118.00	17.003.71	5	.08	
511215 455	50.6823 7.5012131.50	20.005.00	7	.68	
5112152338	38.022318.0012125.50	17.004.39	6	1.60	
5112181750	39.562321.0012116.50	3.004.81	8	.05	
511220 518	9.422348.0012137.50	48.004.47	7	.28	
5112222258	29.4224 .0012139.00	77.003.07	6	.07	
511222323	16.972322.50121 4.50	18.003.94	3	.67	
5112281456	27.932343.5012145.00	3.004.36	8	.11	
5112291041	39.962315.0012122.50	17.004.59	6	.62	

Relocation of the 1951 Hualien, Taitung Earthquake Sequence

Shih-Nan Cheng, Ting-To Yu, Yeong Tein Yeh and Zein-Shen Chang

Institute of Earth Science

Academia Sinica

Seismology Center

Central Weather Bureau

Abstract

The S-P time data recorded by the TWC were used to relocate the 1951 Hualien-Taitung earthquake sequence. The locations of 280 relocated earthquakes within the period from October to December, 1951 showed that the seismicity of this sequence was highly relative to the Longitudinal Valley Fault. The status of stress at eastern Taiwan was altered by the occurrence of three Hualien earthquakes (05:34, $M_s=7.3$; 11:29, $M_s=7.1$; 13:43, $M_s=7.1$) of October 22, 1951 and the slip of the Meilun Fault in the northern segment of the Longitudinal Valley. Stress change induced by the main shock migrated southward along the Longitudinal Valley, thus triggered the Chihshang and Yuli earthquakes (02:47, $M_L=6.0$, 02:50 $M_s=7.3$) and the Chihshang and Yuli Faults in the middle segment on November 25, then triggered the Taitung earthquake ($M_L=5.8$) in the southern segment of the Longitudinal Valley on December 5. The average speed of stress migrating is about 2.6 km/day. The results of fault-plane solutions and composite fault-plane solution denoted that the direction of the maximum compression axis is NE-SW. It is consistent with the NW movement of the Philippine Sea plate.