

# 一九八六年五月二十日及十一月十五日花蓮 烈震的前震和餘震之時空分佈特徵

余 貴 坤 黃 瑞 德

國立中央大學地球物理研究所

## 摘 要

本研究初步分析1986年5月20日及11月15日花蓮烈震的前震和餘震之時空分佈情形，前震和餘震的資料分別選自這兩個烈震發生前後各60天內，且位於烈震周圍半徑50公里內的小地震。結果顯示，5月20日發生在花蓮市近郊陸上的烈震是因斷層錯動而產生，其前震的分佈除具一些群震特性外，並自5月1日起呈現一地震空白(seismic gap)特徵，空白的範圍涵蓋烈震周圍半徑約8公里的區域，空白區外的小地震也日漸減少。然而，11月15日發生在花蓮近海的烈震卻是受板塊間的擠壓作用而產生，其前震的時空分佈雖不是很均勻，但亦無明顯的特徵可言。至於餘震的分佈特徵，在空間上亦呈現與地質構造及板塊運動有密切關連，在時間上兩者的餘震次數都大致日漸減少且符合大森(Omori)的遞減公式，但5月20日烈震的餘震分佈比11月15日烈震的餘震分佈有較小的遞減係數及較大的遞減曲線偏差。本研究的分析結果，可提供未來地震預警研究及何時宣告餘震危害解除之參考。

關鍵詞：前震，餘震，地震空白

## 一、前 言

根據中央氣象局地震測報中心的觀測紀錄，台灣地區每年約有萬餘次地震，其中也有幾個地震造成一些災害，因此，尋找災害性烈震的前兆特徵，進而預測地震，是地震學者努力追求的目標之一。分析災害性烈震的前震時空分佈特徵，是尋找地震前兆的方法之一(Jones and Molnar, 1979; Von Seggern et al., 1981)。一般而言，在烈震後的幾天內餘震次數較多，之後才日漸減少，但餘震發生的時間往往受地質構造的特性影響，可能延續數月之久，且其中有些時段餘震的次數反而增加。因此，分析餘震的時空分佈，不僅有助於瞭解烈震附近的地質構造特性，也可提供餘震危害終止判定之依據。

由1900至1994年間台灣地區的中、大規模( $M \geq 6.0$ )地震震央分佈圖(圖1)可知地震的分佈大多集中

在台灣東部及嘉南地區，此顯示台灣地區的地震大部分是受菲律賓海板塊的衝撞作用而產生(Tsai et al., 1977; Tsai, 1986)。本研究初步選取1986年5月20日及11月15日發生在花蓮市附近的兩個烈震，分析烈震前後各60天(11月15日烈震的餘震，由於資料不全，僅取48天)內發生在烈震周圍半徑50公里內的微小地震在時空上的分佈特徵，一方面藉此瞭解烈震附近的地質構造特性，另一方面也期望能發現一些具有地震前兆意義的特徵及餘震次數衰減的規律，提供未來地震預警研判及何時宣告餘震危害解除之參考。本研究選用這兩個烈震的理由是這兩個烈震的震央位置相距不遠，但一個發生在陸上，另一個發生在近海，且都使花蓮、台北地區造成災害，值得優先分析。此外，根據前人的研究(e.g. Chen and Wang, 1988; Hwang and Kanamori, 1989; Pezzopane and Wesnousky, 1989; Shin et al., 1989; Wu et al.,

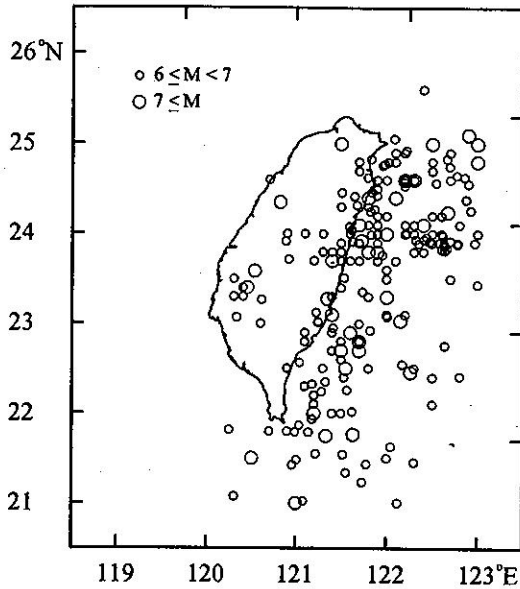


圖 1. 1900至1994年間台灣地區中、大規模( $M \geq 6.0$ )地震的震央分佈圖。

1989)得知，這兩個烈震的震源機制都是逆衝斷層型態，且主應力也都大致呈東南—西北方向，因此，這兩個烈震的前震和餘震是否有類似的時空分佈型態，也是值得進一步探討。

## 二、前震分析

根據中央氣象局地震測報中心提供的資料，

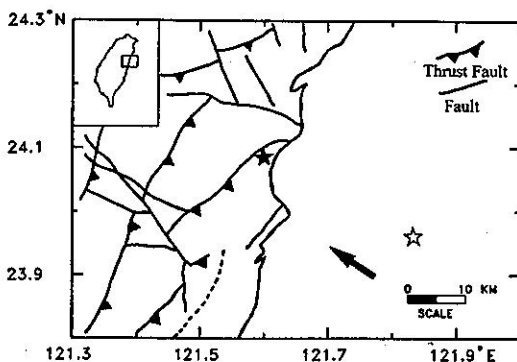


圖 2. 1986年5月20日及11月15日烈震的震央位置及花蓮市附近的地質構造略圖。圖中實心星號★和空心星號☆分別表示5月20日和11月15日烈震的震央位置，箭號表示菲律賓海板塊相對於台灣島的運動方向。

1986年5月20日的烈震，震央位置在北緯 $24.082^\circ$ ，東經 $121.592^\circ$ ，即在花蓮市北方約10公里的陸上，發震時間為台北時間13時25分46.9秒，震源深度約15.8公里，近地規模 $M_L = 6.5$ 。11月15日的烈震，震央位置在北緯 $23.975^\circ$ ，東經 $121.833^\circ$ ，即在花蓮市東南東方約27公里的海底，發震時間為台北時間5時20分10.5秒，震源深度約15公里，近地規模 $M_L = 6.9$ ，這兩個烈震的相關位置及附近的地質構造概況(Hsu, 1962)見圖2所示。

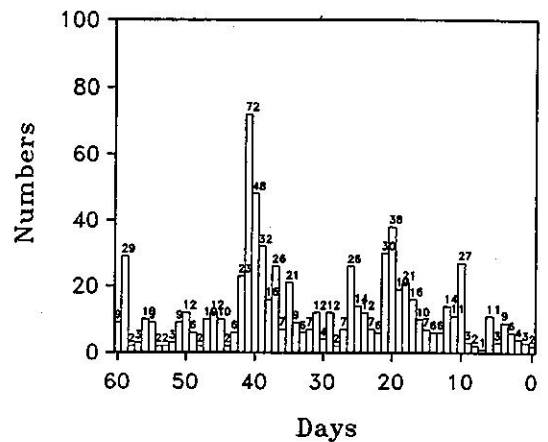


圖 3. 1986年5月20日烈震前60天內發生在烈震附近的小地震之時間分佈圖。

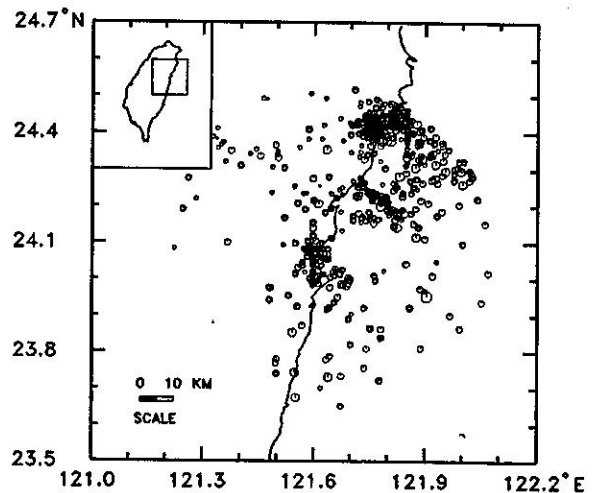


圖 4. 1986年5月20日烈震前60天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈圖。

為瞭解這兩個烈震的前震時空分佈特徵，本研究選取烈震前60天內在烈震周圍半徑50公里內的小地震分別作時空分佈圖(圖3至圖8)。由圖3及圖4可知，5月20日烈震的前震在時間和空間上都大致呈現兩群的分佈，即烈震前約40天左右(4月9日至13日)，在烈震附近發生七十餘次類似群震的地震序列( $M_L=3.0\sim 4.8$ )， $h\leq 10$ 公里)，以及前約20天左右(4月29日至5月4日)，在烈震東北方約25公里及

40公里附近陸續發生百餘次的群震序列( $M_L=3.0\sim 4.7$ )， $h\leq 20$ 公里)。而其他時間僅在烈震周圍發生一些零散小地震，且自5月1日以後，烈震附近呈現了地震空白區(seismic gap)，空白區大致呈一半徑約8公里的範圍，空白區外的小地震數目也逐漸相對減少(見圖5)。至於11月15日烈震的前震時空分佈雖不是十分均勻，但也看不出有任何具體的特徵(見圖6至圖8)。

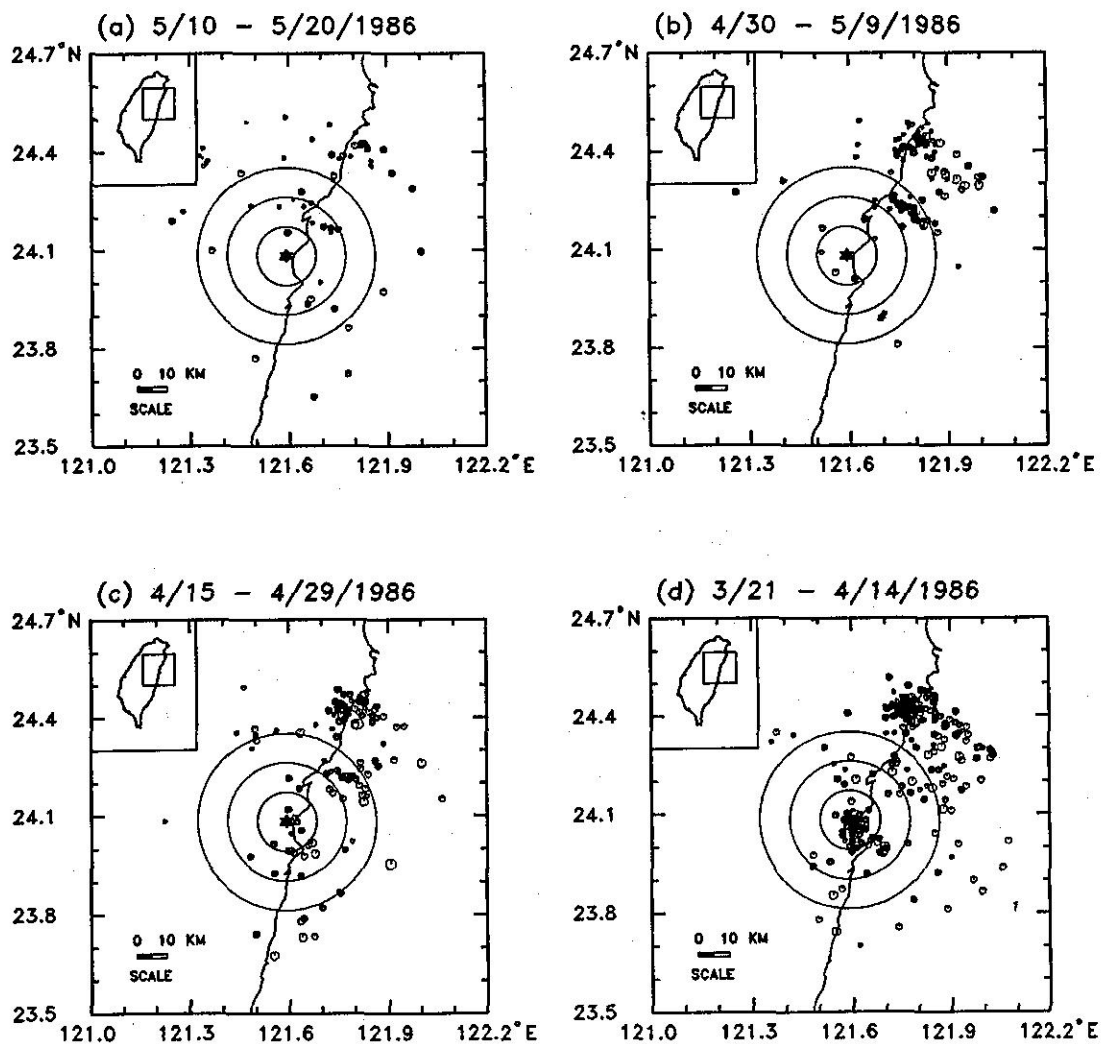


圖 5. 1986年5月20日烈震前60天內在烈震附近的小地震之震央分佈與時間關係圖。(a)0~10天前，(b)11~20天前，(c)21~35天前，(d)35~60天前。圖中三個同心圓是以烈震震央為圓心，距離分別以10、20及30公里為半徑作圓。

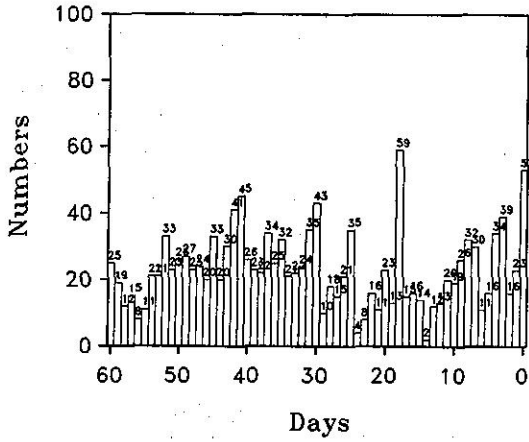


圖 6. 1986年11月15日烈震前60天內發生在烈震附近的小地震之時間分佈圖。

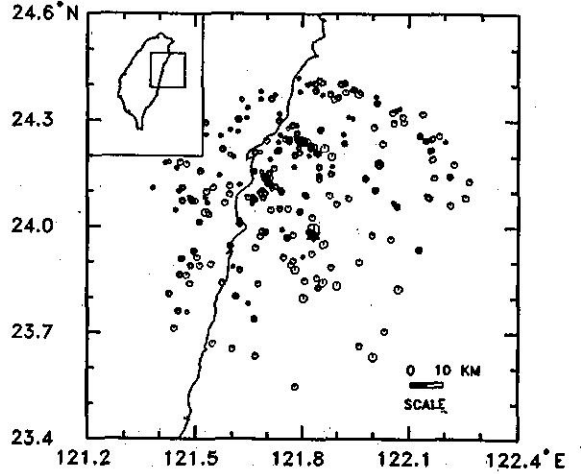


圖 7. 1986年11月15日烈震前60天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈圖。

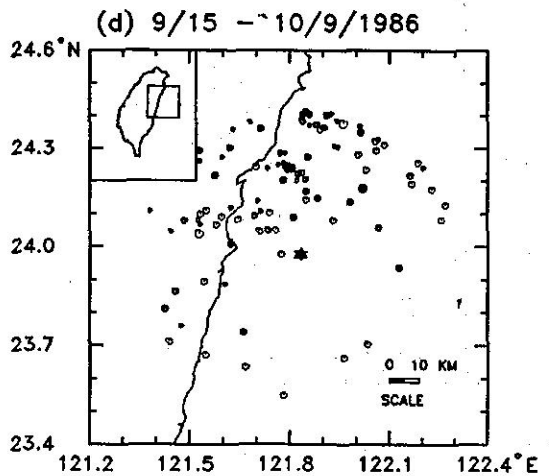
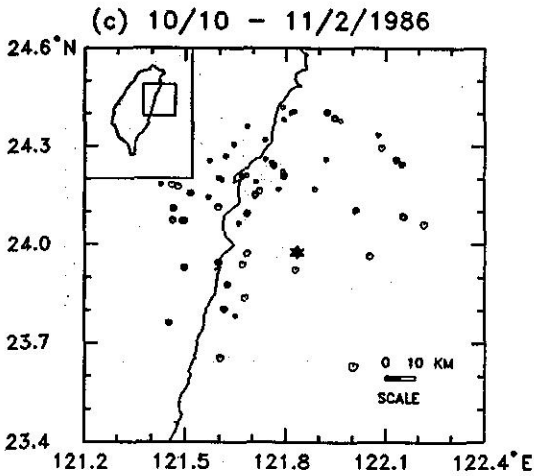
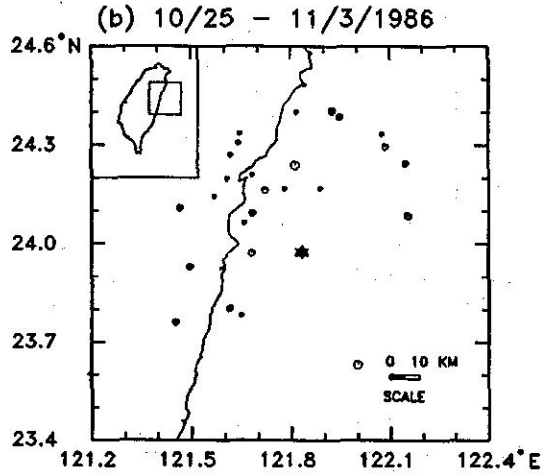
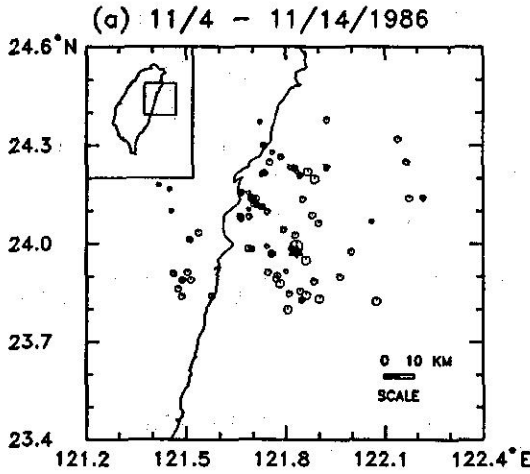


圖 8. 1986年11月15日烈震前60天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈與時間關係圖。(a)0~10天前, (b)11~20天前, (c)21~35天前, (d)35~60天前。

### 三、餘震分析

有關5月20日烈震的餘震空間分佈，過去已有多人研究(e.g. Chen and Wang,1986; Liaw et al., 1986)，但餘震的時間分佈及餘震次數的衰減特性則未見探討。至於11月15日烈震的餘震時空分佈，似乎也未見論文發表。基於此，本研究乃分別分析這兩個烈震的餘震時空分佈，並比較其間的差異及特徵。圖9至圖11及圖14至圖16分別表示這兩個烈震的餘震時空分佈情形。由圖9可知，5月20日烈震發生後的第一天就陸續發生百餘次的餘震，5天內共記錄到七百餘次的餘震，此後，餘震的次數大幅減少，但第15天又發生八十餘次的餘震，之後餘震再次減少，第25天起又連續三天每天發生約三、四十次的群震序列。在空間分佈上，餘震的震央也大致分成兩群，一群位於烈震附近，另一群位於烈震東北方約20公里附近(見圖10)。再仔細分析這些餘震的時空分佈，發現烈震後五天內發生的餘震多集中在烈震震央附近，而第25天起發生的群震序列卻是分佈在烈震東北方約20公里附近(見圖11)，依震源的分佈看，這群地震可能是受烈震引發的地層局部錯動而產生，但也有可能和烈震無關，僅由地震的時空分佈實不易推斷。

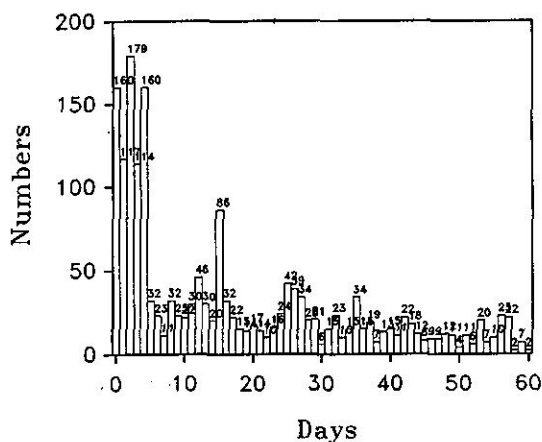


圖 9. 1986年5月20日烈震後60天內發生在烈震附近的小地震之時間分佈圖。

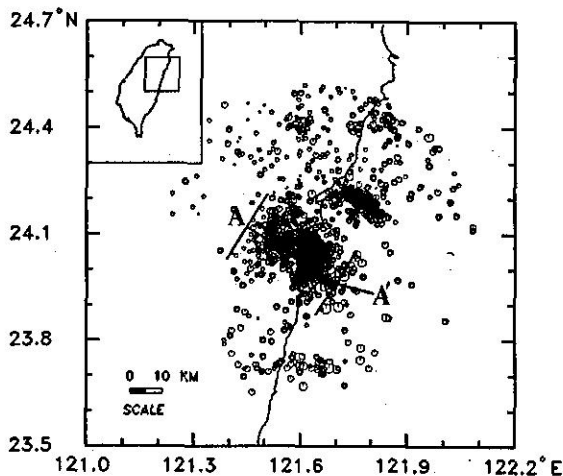


圖 10. 1986年5月20日烈震後60天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈圖。

將烈震附近的餘震依發震時間的先後分析，發現這群餘震的震央分佈有先向東再向東南移位的現象。若再將這群餘震的震源投影到垂直地質構造的剖面(圖10中的AA'剖面)上，則發現這些餘震又可大致分成兩群(見圖12)，第一群餘震由烈震的震源附近向西北以約78°的仰角往上及向東南以約45°的傾角往下延伸，形成一傾斜的帶狀分佈(即斷層形態，亦即Chen and Wang (1986)及Liaw et al. (1986)所謂的主斷層)。第二群餘震發生在烈震震央的東南方約3公里附近，震源深度均小於10公里且震源分佈近似碗形(Chen and Wang(1986)及Liaw et al. (1986)所謂的二斷層)。將這些餘震依發生的先後繪成圖13後，可發現這兩群餘震大多發生在烈震後的五天內，第六日以後的餘震次數日漸減少。若仔細分析烈震後五天內發生的餘震震源分佈(見圖14)，又可發現烈震後的第一天所發生的餘震大多位於烈震附近的第一群餘震，且震源深度較淺，第二天以後的餘震則多集中在第二群(碗形部份)，而位於第一群的餘震卻日漸減少，推測第二群的餘震可能因烈震及第一群餘震所引起的地層斷裂所產生。烈震後十五天的餘震震源深度均小於23公里，第十六天以後才陸續有較深的餘震發生，這些深層地震可能是因菲律賓海板塊的持續擠壓作用所造成。再將這

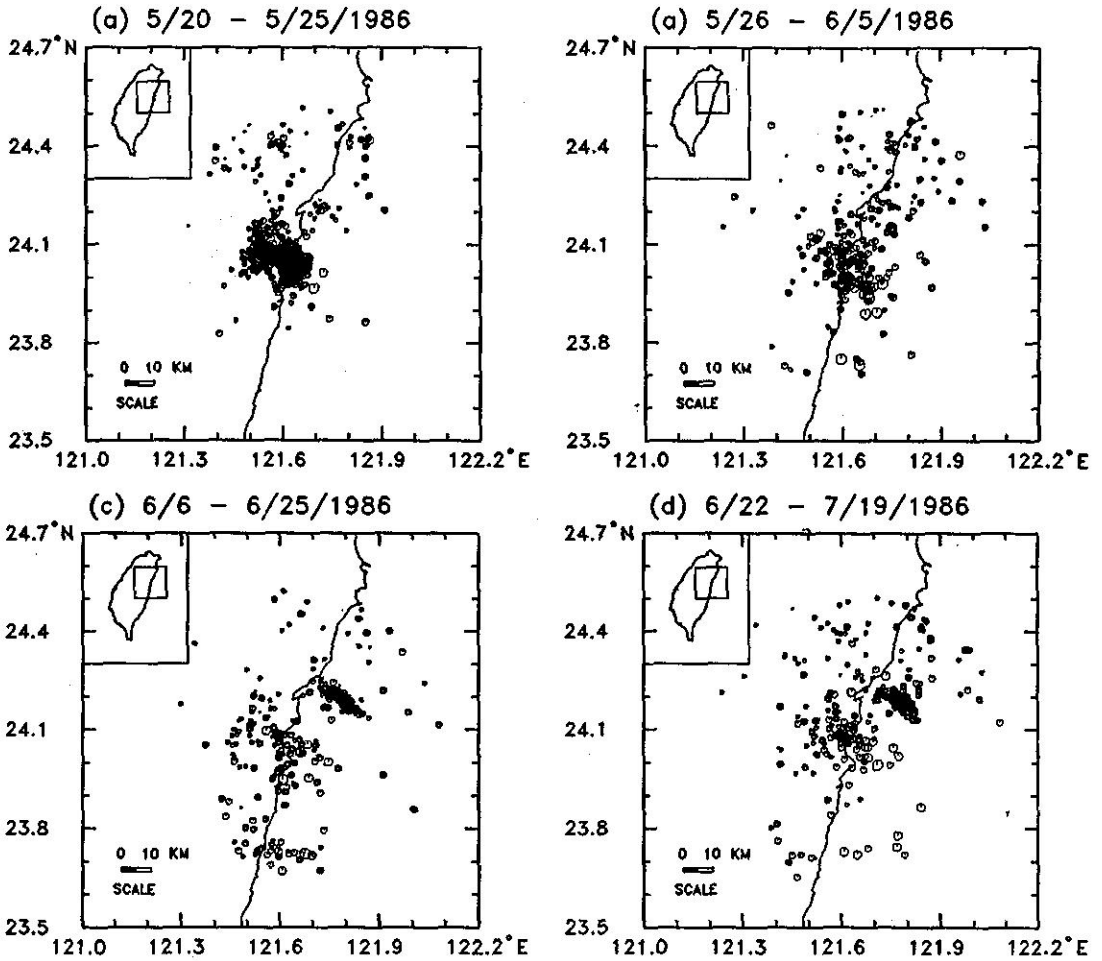


圖 11. 1986年5月20日烈震後60天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈與時間關係圖。(a)0~5天後，(b)6~15天後，(c)16~30天後，(d)31~60天後。

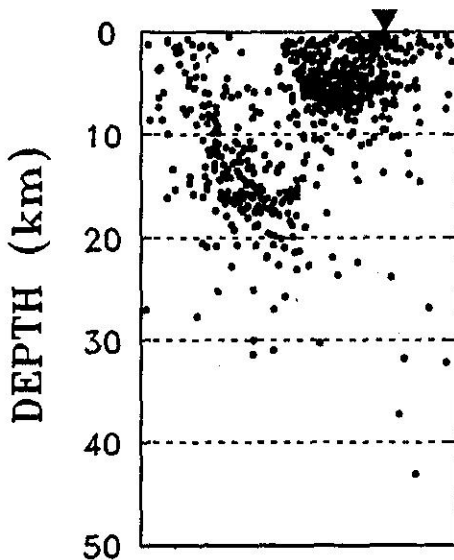


圖 12. 圖10中烈震附近的餘震震源投影在AA'剖面上的分佈圖。實心三角形表海岸線位置。

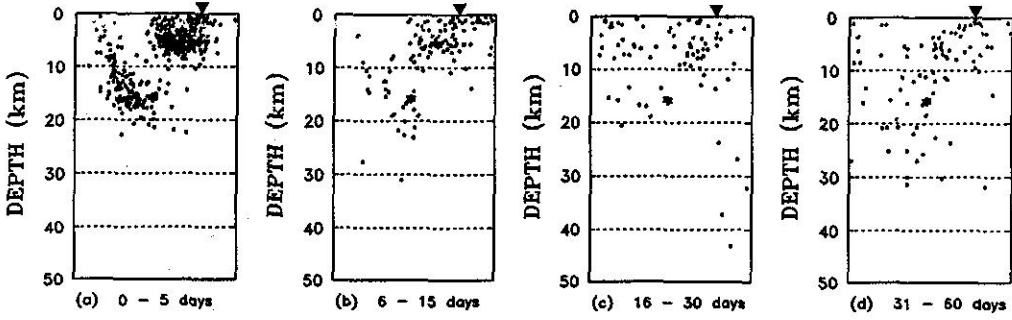


圖 13. 圖12的餘震震源剖面之時間分佈圖。(a)0~5天後，(b)6~15天後，(c)16~30天後，(d)31~60天後。實心三角形表海岸線位置。

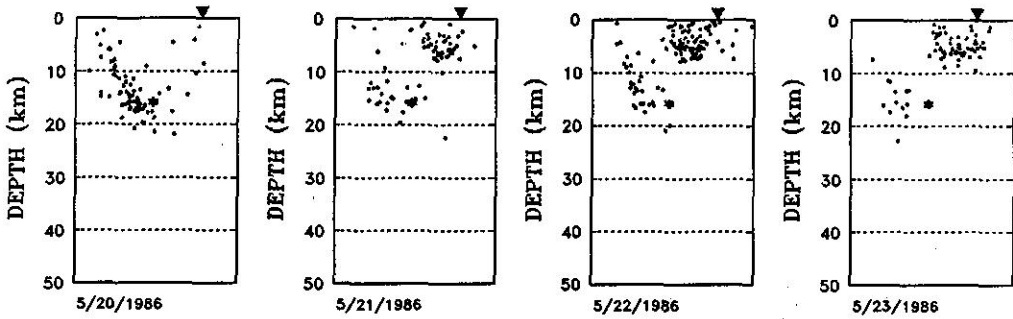


圖 14. 圖13(a)之餘震剖面時間分佈圖。實心三角形表海岸線位置。

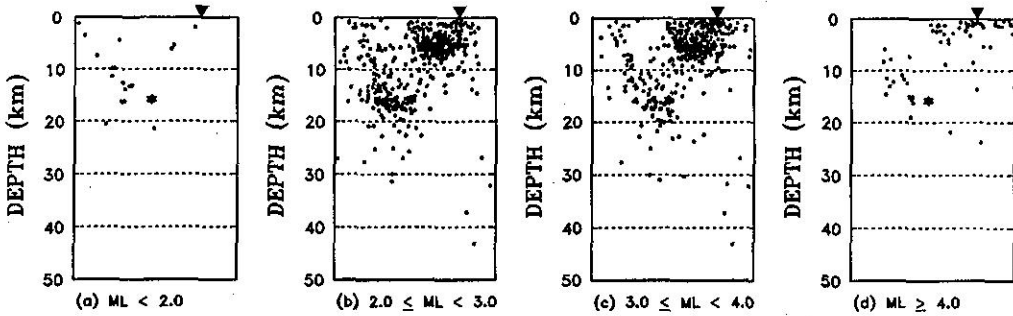


圖 15. 圖12的近地規模分佈圖。(a) $M_L < 2.0$ ，(b) $2.0 \leq M_L < 3.0$ ，(c) $3.0 \leq M_L < 4.0$ ，(d) $M_L \geq 4.0$ 。

些餘震依近地規模( $M_L$ )的大小繪其震源分佈圖如圖15，發現這些餘震的規模大多集中在2到4之間，且 $M_L \geq 4.0$ 的地震都發生在淺部，最大的餘震規模為 $M_L = 5.3$ ，其震源深度約23公里。

11月15日烈震的餘震比5月20日的餘震更多，烈震後的第一天就記錄到將近七百次的餘震，十天

內共累計約三千次之多，此烈震的餘震持續了近兩個月才稍止(見圖16)。這些餘震的空間分佈甚廣，除了烈震附近外，餘震亦延伸到東北海域數十公里遠(見圖17)，且部份餘震的震源深度達四、五十公里，顯示11月15日的烈震是受菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的碰撞擠壓而產生，它的餘震活動則與菲

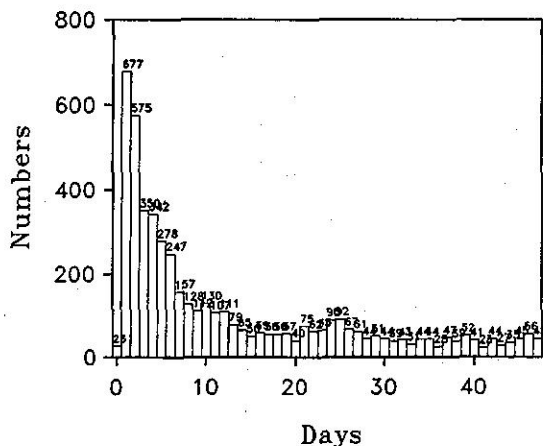


圖 16. 1986年11月15日烈震後48天內發生在烈震附近的小地震之時間分佈圖。

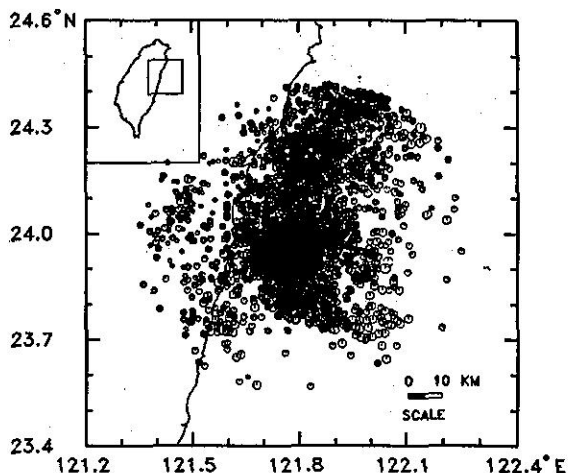


圖 17. 1986年11月15日烈震後48天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈圖。

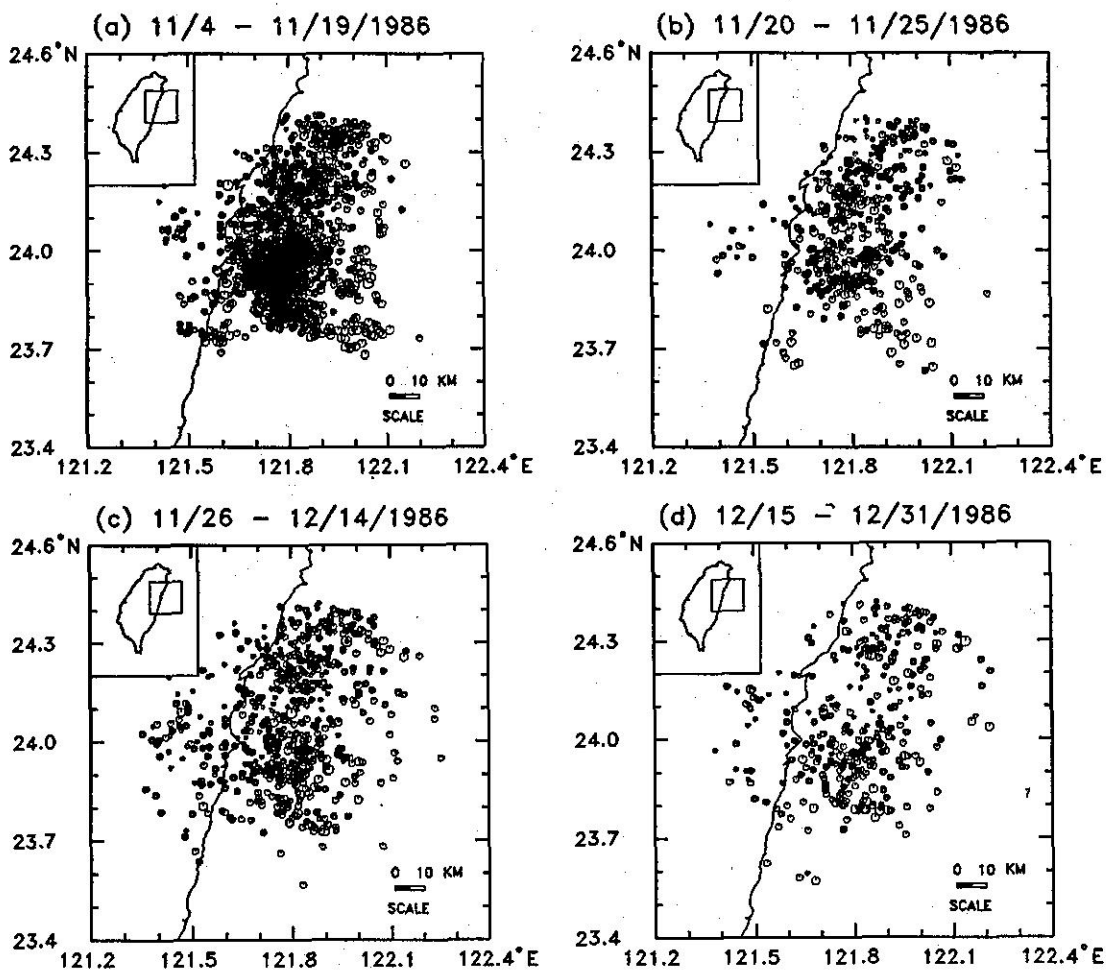


圖 18. 1986年11月15日烈震後48天內發生在烈震附近的小地震之震央分佈與時間關係圖。(a)0~5天後，(b)6~15天後，(c)16~30天後，(d)31~48天後。



律賓海板塊在花蓮附近朝北隱沒的運動有關(Tsai et al., 1977; Tsai, 1986)。再將這些餘震的時空分佈作進一步分析，發現餘震的震央分佈大多集中在烈震附近及烈震的東北方，餘震的次數隨時間之增長逐漸減少，震央也逐漸分散，並無明顯的特徵(見圖18)。

為了進一步瞭解餘震活動的遞減情形，提供判斷何時宣告餘震危害解除之參考，本研究參用大森(Omori, 1894)的遞減公式。

$$N(t) = kt^{-p} \quad (1)$$

式中 $N(t)$ 為 $t$ 時間內的震次數， $k$ 為常數， $p$ 為遞減係數(decay constant)。將(1)式兩邊取對數，使它變成線性方程式，即

$$\log N(t) = \log k - p \log t \quad (2)$$

利用(2)式以最小二乘法(least square method)分別分析這兩個烈震的餘震在時間上的分佈情形後，發現這兩個烈震的餘震次數隨時間的遞減特性大致相似(見圖19及20)，其對應的遞減係數 $p$ 值分別為0.87及0.93。惟11月15日烈震的餘震次數遞減曲線比5月20日烈震的餘震次數遞減曲線較為平順，顯示11月15日烈震的餘震比較單純，而5月20日烈震引發了附近多處小斷層局部錯動，造成餘震次數在時間上的分佈有時突然增加，也因此使該烈震的餘震次數遞減係數 $p$ 值較小，且餘震次數與遞減曲線的偏離度較大。

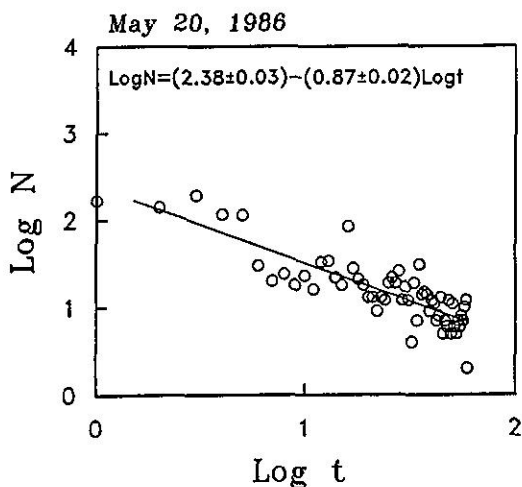


圖 19. 1986年5月20日烈震的餘震次數衰減曲線圖。

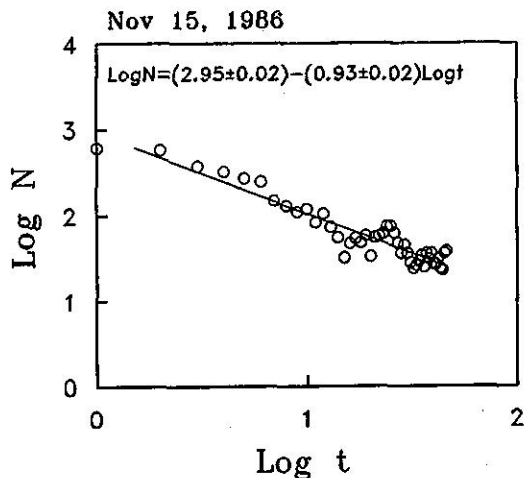


圖 20. 1986年11月15日烈震的餘震次數衰減曲線圖。

#### 四、討論與結論

本研究雖然只初步分析1986年5月20日及11月15日兩個烈震的前震和餘震的時空分佈情形，但也發現一些值得進一步探討的差異特徵，這些特徵可作為本研究的初步結論：

1. 5月20日位於花蓮市附近陸上的烈震是因斷層錯動而產生，烈震附近呈現明顯的前震空白特徵，且其餘震分佈受烈震引發附近多處小斷層局部錯動，使餘震次數的遞減係數較小，且餘震遞減曲線的偏離度較大。

2. 11月15日位於花蓮近海的烈震是受菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的碰撞擠壓而產生，看不出有前震空白或其他具體的前震特徵。在餘震的分佈上也僅呈現與菲律賓海板塊朝北隱沒的運動有關，其餘震次數的遞減曲線比較平順，但遞減係數較大。

由以上分析結果顯示，烈震的前震和餘震時空分佈特徵，似乎和烈震附近的地層構造有某種程度的關連，但這種關連是否具有實質的意義，則仍待分析更多烈震的資料後才能加以推斷。

#### 五、誌謝

本研究部分經費是由中央氣象局支助，計畫編號CWB83-2E-03，該局地震測報中心並提供所需地震資料，謹致謝意。

## 六、參考文獻

- Chen, K. C. and J. H. Wang, 1986: The May 20, 1986 Hualien, Taiwan earthquakes and its aftershocks. Bull. Inst. Earth Sci., Academia Sinica, ROC, 6, 1-14.
- Chen, K. C. and J. H. Wang, 1988: A study on aftershocks and focal mechanisms of two 1986 earthquakes in Hualien, Taiwan. Proc. Geol. Soc. China, 31, 65-72.
- Hsu, T. L., 1962: Recent faulting in Longitudinal Valley of eastern Taiwan. Mem. Geol. Soc. China, 1, 95-102.
- Hwang, L. J. and H. Kanamori, 1989: Teleseismic and strong-motion source spectra from two earthquakes in eastern Taiwan. Bull. Seism. Soc. Am., 79, 935-944.
- Jones, L. M. and P. Molnar, 1979: Some characteristics of foreshocks and their possible relationship to earthquake prediction and premonitory slip on fault. J. Geophys. Res., 84, 3596-3608.
- Liaw, Z. S., C. Wang and Y. T. Yeh, 1986: A study of aftershocks of the 20 May 1986 Hualien earthquake. Bull. Inst. Earth Sci., Academia Sinica, ROC, 6, 15-27.
- Omori, F., 1894: On the aftershocks of earthquakes. J. Coll. Sci. Imp., Tokyo University, 7, 111-200.
- Pezzopane, S. K. and S. G. Wesnousky, 1989: Large earthquakes and crustal deformation near Taiwan. J. Geophys. Res., 94, 7250-7264.
- Shin, T. C., Z. S. Chang and G. K. Yu, 1989: The complex rupture of the 20th May, 1986 Taiwan earthquake. Proc. Geol. Soc. China, 32, 233-253.
- Tsai, Y. B., 1986: Seismotectonics of Taiwan. Tectonophysics, 125, 17-25.
- Tsai, Y. B., T. L., Teng, J. M. Chiu and H. L. Liu, 1977: Tectonic implications of the seismicity in the Taiwan region. Mem. Geol. Soc. China, 2, 13-41.
- Von Seggern, D., S. S. Alexander and C. E. Baag, 1981: Seismicity parameters preceding moderate to major earthquakes. J. Geophys. Res., 86, 9325-9351.
- Wu, F. T., K. C. Chen, J. H. Wang, R. McCaffrey and D. Salzberg, 1989: Focal mechanisms of recent large earthquakes and the nature of faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. Proc. Geol. Soc. China, 32, 157-177.

THE TIME AND SPACE DISTRIBUTION FEATURES OF THE  
FORESHOCKS AND AFTERSHOCKS OF THE MAY 20 AND  
NOVEMBER 15, 1986 HUALIEN MAJOR EARTHQUAKES

Guey-Kuen Yu and Ruey-Der Hwang

Institute of Geophysics  
National Central University

ABSTRACT

The time and space distribution of the foreshocks and aftershocks of the May 20 and November 15, 1986 Hualien major earthquakes are analyzed in this study. Data of the foreshocks and aftershocks are selected for those small earthquakes occurred within 60 days before and after each major earthquake, respectively, and located within a radius of 50 km from epicenter of each major earthquake.

The results show that the May 20 major earthquake is located on the land closed to Hualien city and is produced by dislocation of the fault. Its foreshock distribution has formed a seismic gap with radius about 8 km around epicenter of the major earthquake since May 1, and numbers of small earthquakes outside the gap are also decreased day by day. However, the November 15 major earthquake is located at the off-shore near Hualien city and is produced by the collision between plates. Although its foreshock distribution is not even enough, there still no obvious feature can be concluded.

As to the distributions of aftershocks, there are also correlated much to geological structure and *plate motion in the space distributions*. In the time distributions, the numbers of their aftershocks are both decreased day by day and followed the Omori's decay formula, but the aftershocks of the May 20 earthquake have a smaller decay constant and larger variance in decay curve than those of the November 15 earthquake. Results of this study will provide some references to the earthquake early warning studies and the time to announce the aftershock hazard relief.

Keywords : foreshock, aftershock, seismic gap