

台灣地區地震活動時空變化 (I)

葉義雄 姚秀寬

中央研究院地球科學研究所

陳國昌 簡文峰 邱太乙

中央氣象局地震測報中心

摘 要

本研究是利用中央氣象局及中央研究院地球科學研究所的地震資料，分析在不同地震活動區域，其地震活動隨時間與空間的變化，以獲得台灣不同地區地震活動之特性。再根據這些結果，試圖尋找台灣地區大地震發生前，地震資料可能呈現之前兆或相關訊息。本期之研究範圍將以東部地區為主，西部地區由於 1999 年 921 集集大地震的發生，已釋放出相當多地層所累積的能量，短期內再度發生大地震的機率也相對變小。地震活動之分區，是以歷年來之地震分佈為主要依據，並參酌目前之地體構造模式。我們選用自 1973 年元月起至 2002 年九月止，大約有近三十年之地震資料，並將地震規模訂在 ≥ 4.0 ，來進行相關之分析。目前之結果顯示：1、有些區域在較大地震前有前震，有些則無或出現較平靜的態勢。這表示地質與地體結構的差異，可能會表現出不同的前震特性。未來將在各大地震前後，加入規模 4.0 以下的地震資料來分析，期望能得到不同地區具體的前震特性，對未來地震之預測工作會有很大的幫助。2、多數區域均發現有群震，尤其在花蓮地區非常顯著，可是並未有較大地震伴隨發生。這是很有趣的現象，如確實，則遇有群震就不必擔心有大地震。我們將會對此課題，做進一步的探討。

壹、前言

世界上的地震並非隨處都發生，而是集中在少數的地帶上，這是數十年來地震觀測的重大發現。尤其自 1960 年代世界標準地震觀測網設立以來，世界地震發生的位置和範圍便更明確的顯現出來。由世界地震分佈，可以看出世界上有三個主要地震帶，分別稱為環太平洋地震帶、歐亞地震帶及中洋脊地震帶。全世界約有百分之八十的地震發生於環太平洋地震帶上，台灣即處於此最大的地震帶上。根據過去的資料，台灣地區曾遭受許多次大地震的侵襲，並造成嚴重生命與財產的損失。發生於 1999 年的 921 集集大地震，想必大家都有所體驗且餘悸猶存。在台灣，未來大地震的再度來襲，可以說是無法避免的。

每次大地震後，世人在驚愕之餘，總會聯想到，如果地震可以事先預測，人

們便有機會適時採取防震措施，以減少生命傷亡和財產損失，也因為能有心裡準備與防範，而減輕地震時的意外與驚慌失措。因此，地球科學家一直期望有一天能成功的預測地震，以造福社會。地層受到大地應力作用，開始變形，累積能量，直到地層無法承受而斷裂，將累積的能量在一瞬間釋放出來，造成振動，即所謂的地震。地震預測就是希望在地震醞釀過程中，找出相關的蛛絲馬跡。經過科學家多年的努力，在學理上及實驗室裡已充分了解有那些前兆現象。但這些徵兆均甚微量，因此在實際觀測上，很難分辨出它們是否真正屬於地震前兆，還是由其他因素所造成的雜訊。這種不確定性，使地震預測不易有所突破。然而，地震預測一直是國際間一項重要的目標。過去數十年間，先進國家均投入巨大的人力與經費，從事該項工作。雖然已獲得相當地成果，但距離預測之目標，還有一段相當長的路要走。

本研究之目的是希望利用中央氣象局及中央研究院地球科學研究所記錄的全省地震資料，逐步仔細分析不同地震活動區域內，地震活動隨時間與空間的變化，以求獲得台灣不同地區地震活動之特性。再根據這些結果，試圖尋找台灣地區大地震發生前，地震資料可能呈現之前兆或相關訊息。

貳、地震活動分區

根據 1991 至 1998 年間每月之台灣地區震源分佈圖，約略可以看出其地震之時空分佈特性。一般而言，蘇澳附近之地震活動度最高，其次為花蓮、台東等地方。蘇澳附近的地震發生機率最大，若仔細分析，發現 1993 年前後，蘇澳地震發生機率有很大的變化。1991 到 1993 年間，蘇澳附近並不是台灣地區地震發生機率最大的地方，而是花蓮一帶。此外，每年亦有幾個月份地震活動極為分散，無明顯的地震活躍區，例如 1991 年 6 月與 8 月等。1994 年後，地震活動集中於蘇澳之現象明顯增加。1994 年中有 5 個月份蘇澳活動度最大。1995 年以後，每年至少有 9 個月，蘇澳地區地震活動度明顯活躍。除了蘇澳與花蓮地區外，台東附近之地震活動度也值得注意的，1994 年有七個月，其地震極為活躍。除了上述區域性之地震活動比較外，最大地震活動地區隨時間似有朝一方向轉移的現象。例如，1992 年 5 至 7 月，最大地震活動度由台東往花蓮、蘇澳北移；1992 年 9 至 12 月，亦有相同之情形；1994 年 1 至 3 月最大地震分佈為台東地區，5 至 8 月移至蘇澳，9 至 12 月又回到台東地區。嘉南於 1991 與 1998 年 7 月為台灣地震活動最活躍地區。此外，台灣東部與西南部兩地區，地震發生之分佈與機制有明顯之差異。東部地震發生頻率較大，規模一般也較大，有些地震發生於隱沒帶上，其深度可達三百公里。西南部地區，地震雖較少且規模也較小，但因其深度淺，其所造成之災害反而可能較大。這些資料都相當寶貴，應予以重視。如能仔細的歸納分析，將有助於我們達成地震預測之目的。

本期之研究範圍將以東部地區為主，西部地區由於 1999 年 921 集集大地震的

發生，已釋放出相當多地層所累積的能量，短期內再度發生大地震的機率也相對變小。地震活動之分區，是以歷年來之地震分佈（圖一）為主要依據，並參酌目前之地體構造模式。初期將台灣東部分為A、B、C及D四個大區，如圖二所示。A區（ 121.5° — 123.0° E, 24.5° — 25.0° N）涵蓋宜蘭地區及其東方海域，其地震與沖繩海槽之擴張作用及菲律賓海板塊之隱沒作用有關，本區又以震源深度 35 公里為界，分淺與深兩部份來探討；B區（ 121.3° — 123.0° E, 23.7° — 24.5° N）包括花蓮地區及其東方海城，其地震主要與菲律賓海板塊開始隱沒之作用相關，其機制相當複雜；C區（ 121.3° — 122.5° E, 22.5° — 23.7° N）位於玉里與台東間及其外海；D區（ 121.0° — 122.5° E, 21.3° — 22.5° N）在台灣東南海域，蘭嶼一帶亦包括在內，此區之地震亦有因板塊隱沒作用產生，故也以震源深度 35 公里為界，分淺與深兩部份來探討。

參、資料選取

台灣地區之地震資料，可追溯至 1624 年，不過是根據文獻記載而得，故不完整。自 1897 年起，開始使用儀器來觀測地震，惟儀器屬機械式，精度不高，觀測站數亦不足，所得資料雖較文獻記載好很多，但還是有待改進。中央研究院地球科學研究所 1972 年底起，建立了台灣地區遙記式地震觀測網，開啟了台灣地區現代化的地震觀測作業，地震資料也就較具完整性，地震測報與研究工作因此更為進步。原屬於中央氣象局之機械式地震觀測網，因逐步改用電子式之儀器，觀測品質增進許多。為了兼顧測報業務與學術研究，使其有效率的發展及不重複投資節省公帑，中央研究院地球科學研究所及中央氣象局於 1989 年開始，將兩機構之地震觀測網連線，並逐步合併，統由中央氣象局運轉台灣地區之即時地震觀測作業。同時藉光纖通訊，中央研究院地球科學研究所亦擁有即時觀測資料。至此，台灣地區之地震觀測更邁上一層樓。

為了資料較具完整性，本研究選用自 1973 年元月起至 2002 年九月止，大約有近三十年之地震資料，並將地震規模訂在 ≥ 4.0 ，來進行相關之分析。

肆、結果分析

我們根據上述之分區，即 A、B、C 與 D 四個區。加上 A 與 D 區，再分為淺與深兩部份（以深度 35 公里為界），故一共有六個分區。將每個區內，自 1973 年元月起至 2002 年九月止，所發生規模 ≥ 4.0 之地震，依時間間隔分別為一個星期、一個月及三個月三種情況，來進行該分區地震發生頻率的統計，其結果如圖三所示。每個區域規模為 6.0 及以上之地震，亦同時標示在圖上，並列其相關資料於表一。

圖三(a1) 為 A 區震源深度小於 35 公里之結果。其地震基本上發生於地殼內，可能與沖繩海槽之擴張作用較有關聯，與板塊之隱沒作用就並不直接相關。大約

每個月有一次規模 4.0 或以上之地震發生，在近三十年期間發生三次規模 6.0 以上之地震，亦即約每十年一次。整體而言，本區之地震並不十分頻繁。但值得注意的是，三次規模 6.0 以上之地震前，均似有前震的現象。第二期的工作，會對這現象做較詳細的分析，將加入規模 4.0 以下之地震來探討。本區還有一特殊現象，在 1986 至 1987 年間，有一群震發生，規模不大，也沒有較大地震隨之發生。

圖三(a2) 為 A 區震源深度大於 35 公里之結果。其地震較與菲律賓海板塊之隱沒作用有關。本區之地震較淺部地區頻繁，表示隱沒作用還是相當活躍。大約每個月有二至三次規模 4.0 或以上之地震發生，在近三十年期間發生五次規模 6.0 以上之地震，最大達到 6.5。然而在該五次地震前，看不出有前震現象，此是否為隱沒帶內地震之特性，值得進一步探討。

圖三(b) 為 B 區之結果。本區之地震主要與菲律賓海板塊開始向北隱沒至歐亞大陸板塊下之作用相關，故其地震震源機制相當複雜。從圖中可以看出，此區之地震頻繁度為台灣地區之冠，每個月大約有六至七次規模 4.0 或以上之地震發生，在近三十年期間，規模 6.0 以上之地震有二十一次之多，平均不到一年半就有一次，最大達到 6.8，共有二次。一次發生於 1986 年 11 月，這次地震造成了生命與財產的損失，最明顯的災害是中和華陽市場的倒塌；另一次發生於 2002 年 3 月，即所謂的 331 地震，這次地震亦造成生命與財產的損失，信義區正在興建中之超高大樓，有起重機被震斷掉落並傷人命的慘劇。這兩次地震均距台北約 120 公里，可是台北之損失，遠大於震央附近的花蓮地區。這是由於除了盆地效應外，花蓮的地震到台北，呈現有地震波所經路徑的震波聚焦效應 (Yeh et al., 1988)，在雙重效應的作用下，使台北之災害較為嚴重。在這一區，較大地震前似乎較為平靜，與區域 A 之淺層地震特性有所不同，將於下期做進一步的探討。本區在 1990 年底有一數目相當多的群震發生，也跟 A 之淺層區一樣，沒有較大的地震伴隨。

圖三(c) 為 C 區之結果。此區位於玉里與台東間，再加上其外海。C 區之地震，主要是由菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊直接碰撞所造成，故地震機制較 B 區單純，地震也較不頻繁，不過其頻繁度較 A 之淺層地區大，且地震之規模也大。大約平均每個月有二次規模 4.0 或以上之地震發生，在近三十年期間發生三次規模 6.0 以上之地震，約每十年一次。不過其規模較 A 區大很多，分別為 7.0、6.4 及 6.9 (按發生之時間先後秩序排列)，由於震央在外海，其災害並不顯著。這三次較大之地震前，與 B 區相似，也沒有明顯的前震現象。第二期的工作，也會對這現象做較詳細的分析。本區亦曾出現群震，不過其次數較少。

圖三(d1) 為 D 區震源深度小於 35 公里之結果。本區位於台灣東南海域，蘭嶼一帶亦包括在內。其地震基本上發生於地殼內，與板塊之隱沒作用並不直接相關。地震發生之頻率與 A 區震源深度小於 35 公里之區域相近，大約每個月有一次規模 4.0 或以上之地震發生，不過在近三十年期間，發生規模 6.0 以上之地震，則比較多，共有六次，且有兩次達到 7.0 以上，最高為 7.4。整體而言，本區之地震並不

十分頻繁。雖出現有 7.0 以上之地震，但發生在海域，對陸地之損害力較不顯著。此區在較大地震前，並無明顯的前震現象，亦值得進一步來探討。本區在 1991 年與 1993 年也有群震發生，規模不大，沒有較大地震伴隨。

圖三(d2) 為 D 區震源深度大於 35 公里之結果。其地震較與板塊之隱沒作用有關。本區之地震並不頻繁，表示隱沒作用不是相當活躍。平均每個月約僅一次規模 4.0 或以上之地震發生，在近三十年期間，也只有二次規模 6.0 以上之地震。在 1991 年初，有規模不大的群震發生。

根據上述對台灣東部四個分區（其中二區分別以震源深度 35 公里為界，再分淺與深二個區域）的研究分析，我們得到有二項值得在後續的工作裡，繼續深入探討的課題：

- 1、大地震之前震及其特性：我們在 A 區的淺層部份，看出較大地震前有前震發生，其他地區均無明顯的前震，B 區甚至出現較平靜的態勢。這表示地質與地體結構的差異，可能會表現出不同的前震特性。本期的分析結果，主要是以規模 4.0 以上的地震資料來探討的。未來將在各大地震前後，加入規模 4.0 以下的地震資料來分析，期望能得到不同地區具體的前震特性，對未來地震之預測工作會有很大的幫助。
- 2、群震是否為大地震之前兆：我們在 A 區淺層、B 區、C 區及 D 區，均發現有群震，尤其在 B 區非常顯著，可是並未有較大地震伴隨發生。這是很有趣的現象，如確實，則遇有群震就不必擔心有大地震。我們將會對此課題，做進一步的探討。

參考文獻

- Yeh, Y.H., C.H. Chen and T.L. Teng (1988). Study on focusing of seismic wave energy in Taipei basin: I. A dynamic ray-tracing approach, Procs. CCNAA-AIT Joint Seminar on Research for Multiple Hazards Mitigation, Taipei, Taiwan, 107-120.

表一 地震規模 ≥ 6.0 之地震資料 (1973.1—2002.9)

◆ 地震規模 ≥ 6.0 , 深度 ≤ 35 公里

年	月	日	北緯	東經	深度 (公里)	規模	區域
1985	6	12	24.573	122.195	3.31	6.09	A
1986	1	16	24.763	121.961	10.22	6.09	A
2002	5	15	24.651	121.872	8.52	6.20	A
1978	2	8	23.920	122.697	5.00	6.01	B
1982	10	20	23.766	121.956	3.13	6.00	B
1983	5	10	24.458	121.507	1.23	6.00	B
1983	6	21	23.901	122.571	14.77	6.27	B
1983	6	24	23.982	122.613	25.03	6.57	B
1983	9	7	23.899	122.488	21.68	6.39	B
1983	9	21	23.938	122.317	18.00	6.54	B
1986	5	20	24.082	121.591	15.82	6.10	B
1986	11	14	23.992	121.833	15.00	6.80	B
1986	11	14	23.866	121.711	33.00	6.30	B
1989	8	21	23.963	122.437	8.12	6.16	B
1994	5	23	23.863	122.636	5.54	6.00	B
1994	5	24	23.827	122.603	4.45	6.60	B
1994	6	5	24.462	121.838	5.30	6.20	B
1996	3	5	23.930	122.362	6.00	6.40	B
2000	9	10	24.085	121.584	17.74	6.20	B
2001	6	14	24.419	121.928	17.29	6.30	B
2001	12	18	23.867	122.652	12.00	6.70	B
2002	2	12	23.741	121.723	29.98	6.20	B
2002	3	31	24.140	122.191	13.81	6.80	B
2002	5	28	23.913	122.397	15.23	6.20	B
1978	12	23	23.297	122.005	4.12	7.00	C
1989	8	3	23.078	122.010	5.61	6.44	C
1999	11	1	23.362	121.726	31.33	6.90	C

表一 (續)

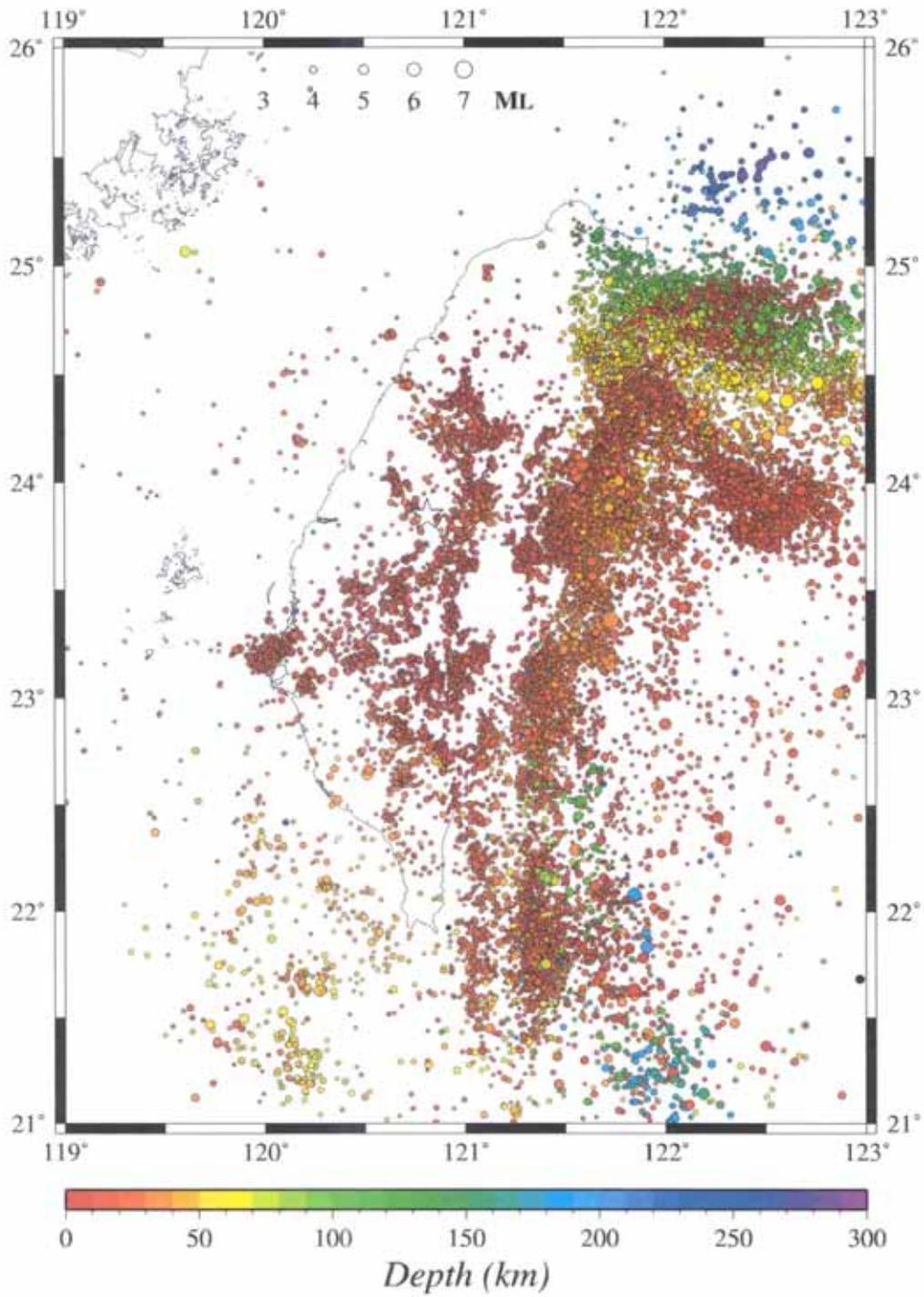
年	月	日	北緯	東經	深度 (公里)	規模	區域
1973	2	14	22.400	121.700	30.00	6.00	D
1978	7	23	22.352	121.329	6.10	7.40	D
1987	4	25	21.865	121.095	25.12	6.29	D
1987	6	7	22.123	121.009	6.18	6.09	D
1996	9	5	22.001	121.367	14.76	7.07	D
2002	8	28	22.261	121.372	12.03	6.03	D

◆ 地震規模 ≥ 6.0 , 深度 >35 公里

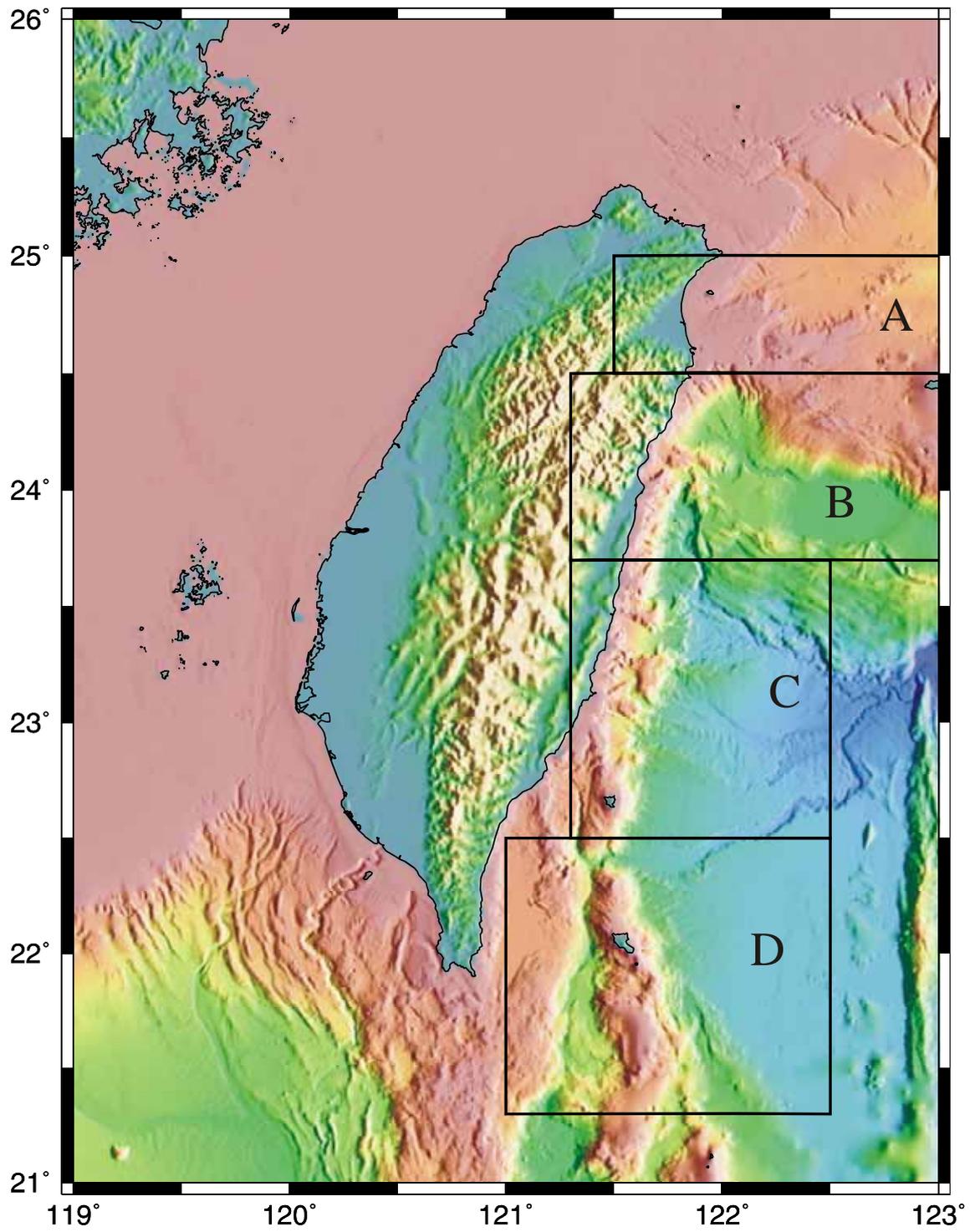
年	月	日	北緯	東經	深度 (公里)	規模	區域
1983	4	26	24.556	122.901	97.40	6.20	A
1994	2	1	24.747	122.693	115.55	6.13	A
1995	6	25	24.606	121.669	39.88	6.50	A
1997	7	15	24.622	122.516	86.61	6.10	A
1997	10	11	24.981	122.576	146.35	6.07	A
1973	2	14	22.288	121.550	38.00	6.10	D
1985	6	29	21.338	121.553	69.04	6.25	D

備註：區域範圍

區域	緯度範圍 (北緯)	經度範圍 (東經)
A	24.5 – 25.0	121.5– 123.0
B	23.7 – 24.5	121.3 –123.0
C	22.5 – 23.7	121.3 –122.5
D	21.3 – 22.5	121.0 – 122.5



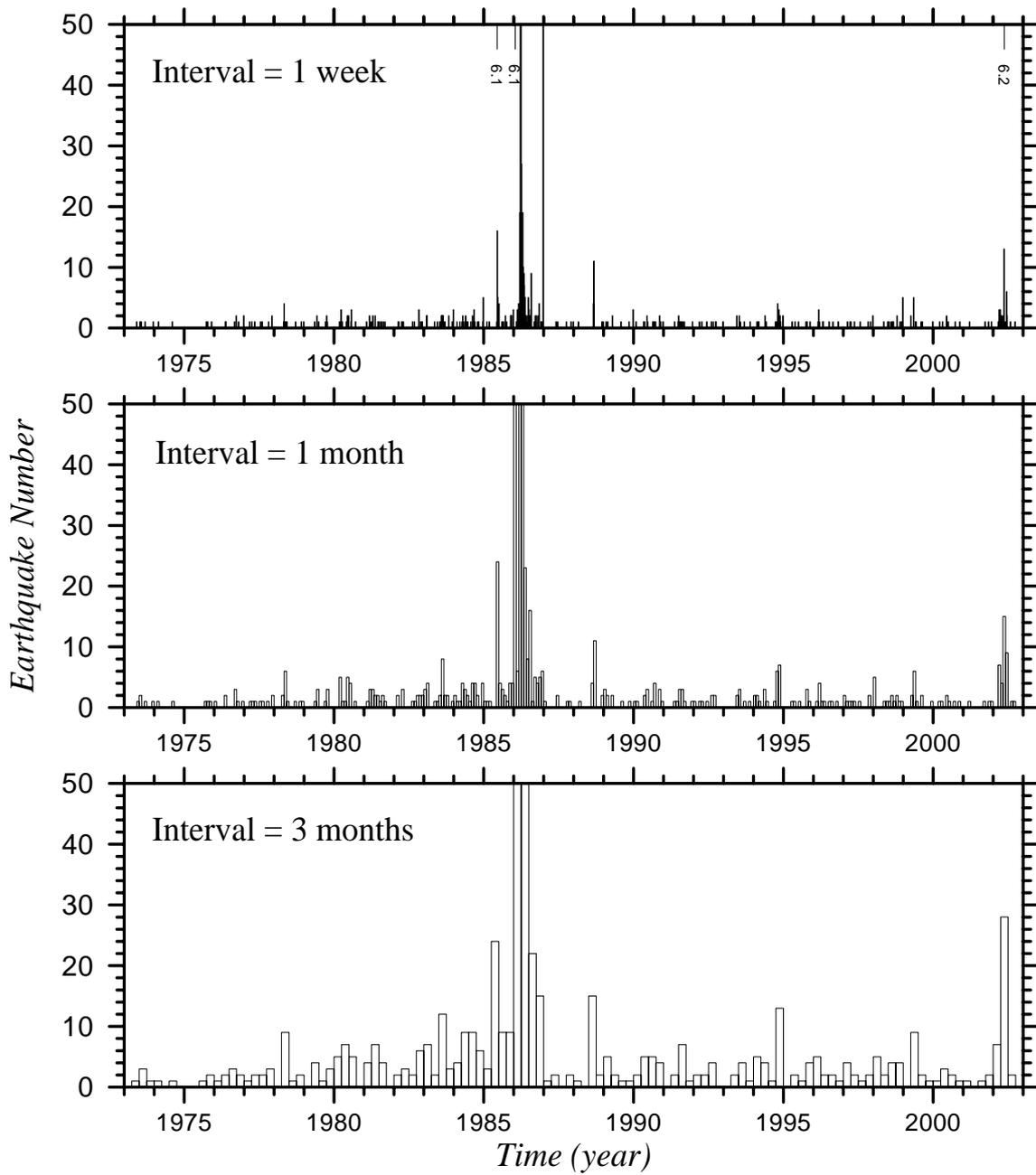
圖一 台灣地區地震分佈圖



圖二 台灣東部地區地震活動分區

Area A Seismicity

$M \geq 4$, Depth ≤ 35 km

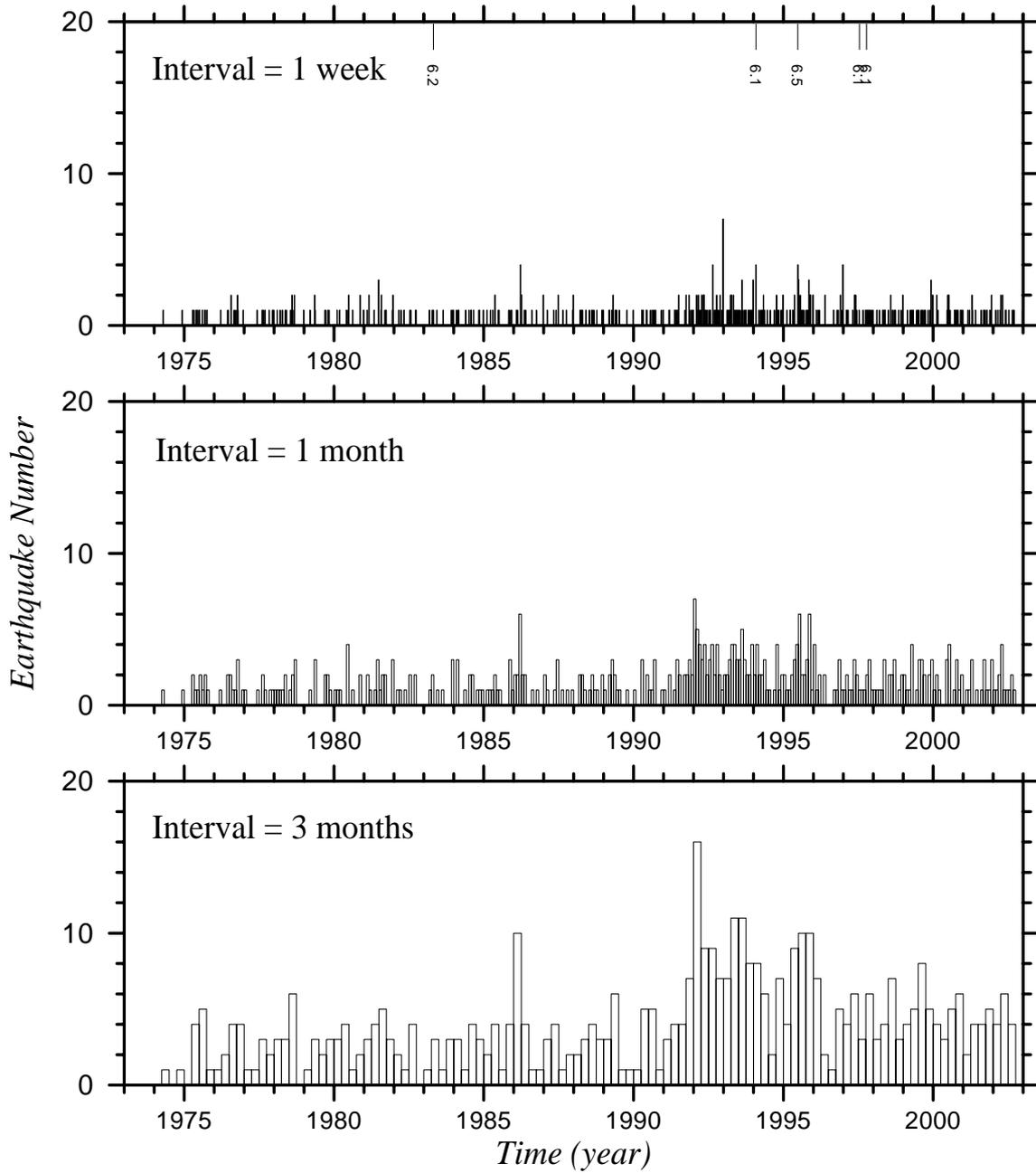


圖三 (a1) 依時間間隔分別為一個星期、一個月及三個月三種情況之
各分區地震發生頻率的統計結果

Area A

Seismicity

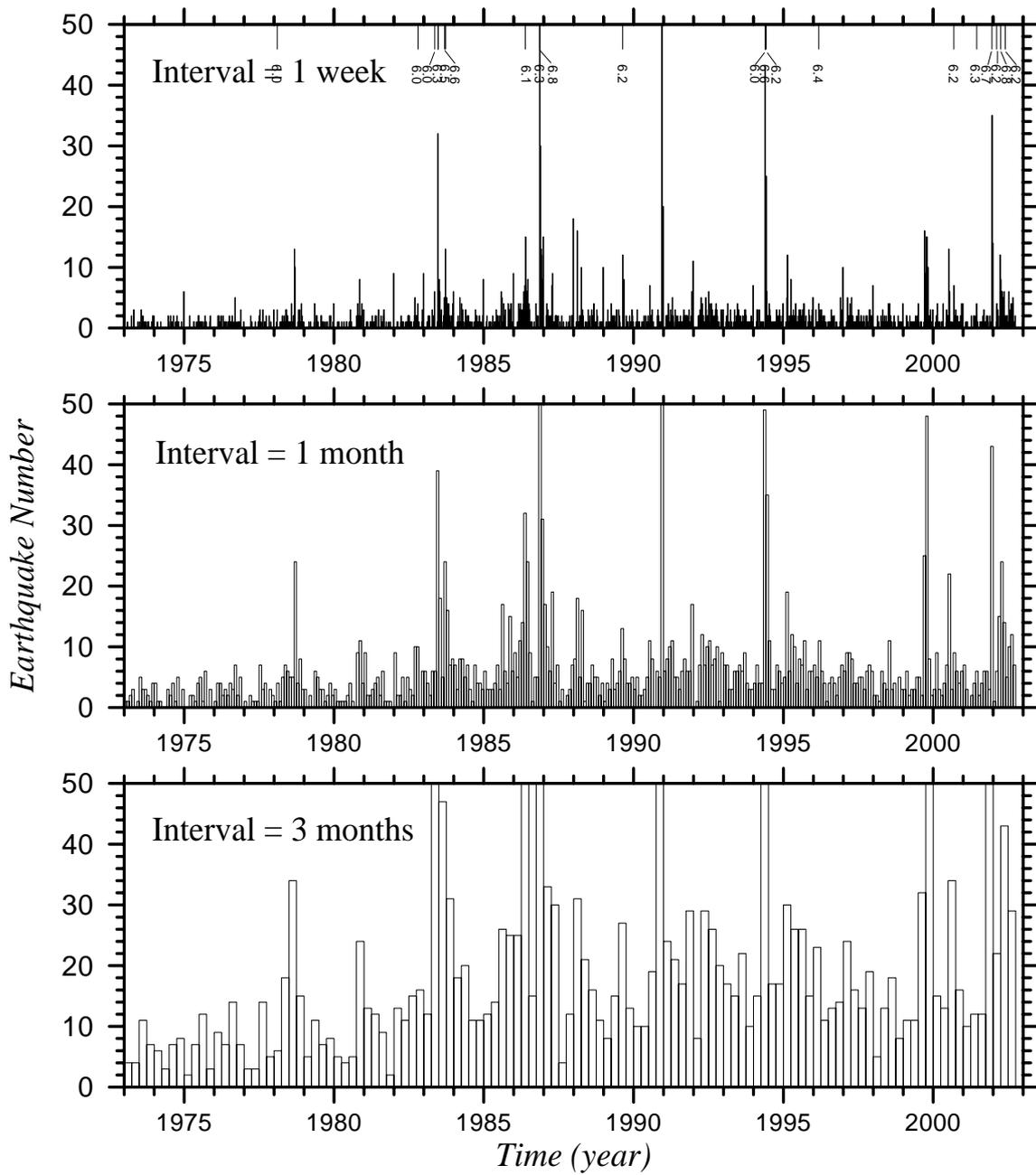
$M \geq 4$, Depth > 35 Km



圖三 (a2)

Area B Seismicity

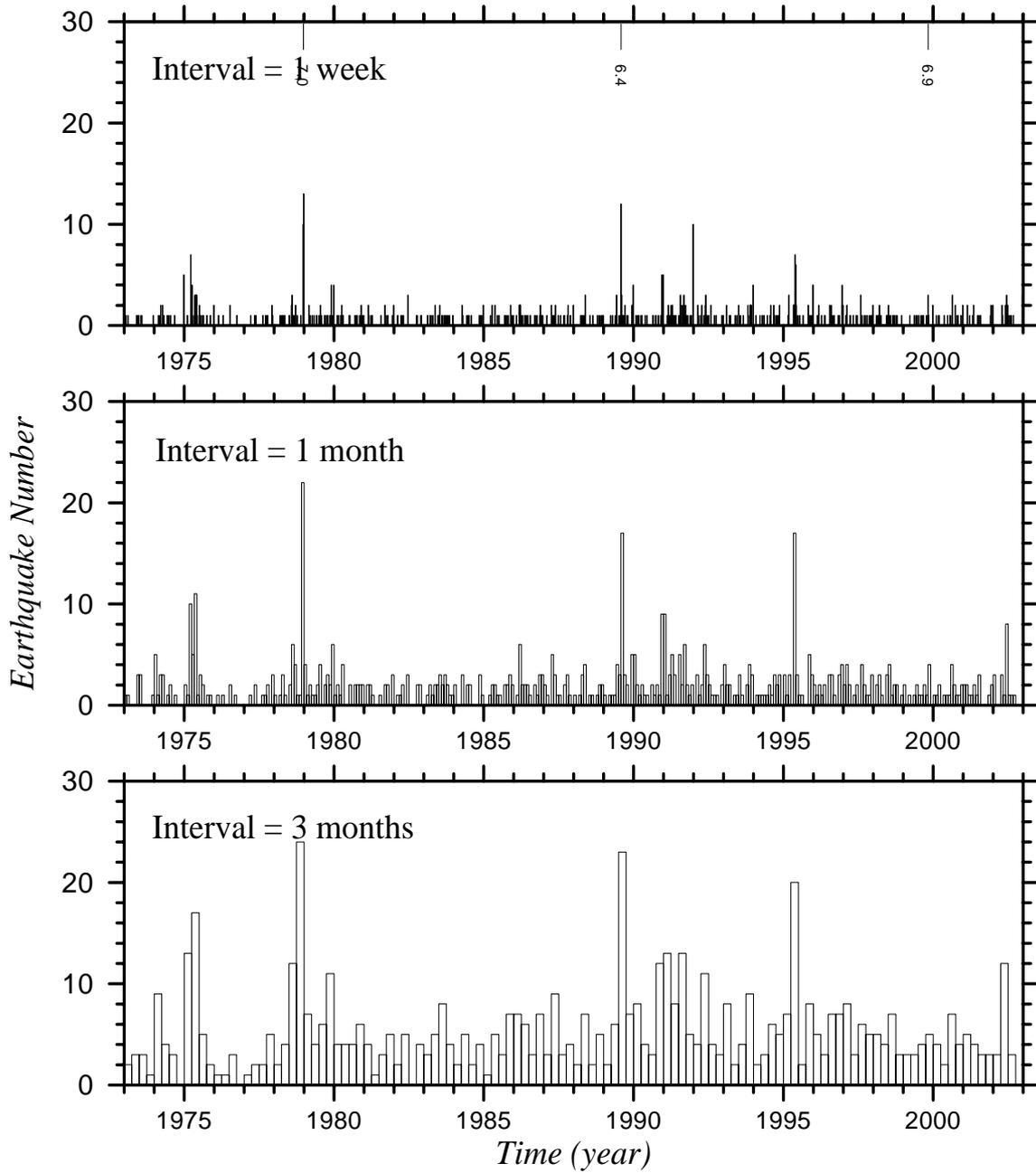
$M \geq 4$, Depth ≤ 35 km



圖三 (b)

Area C Seismicity

$M \geq 4$, Depth ≤ 35 km

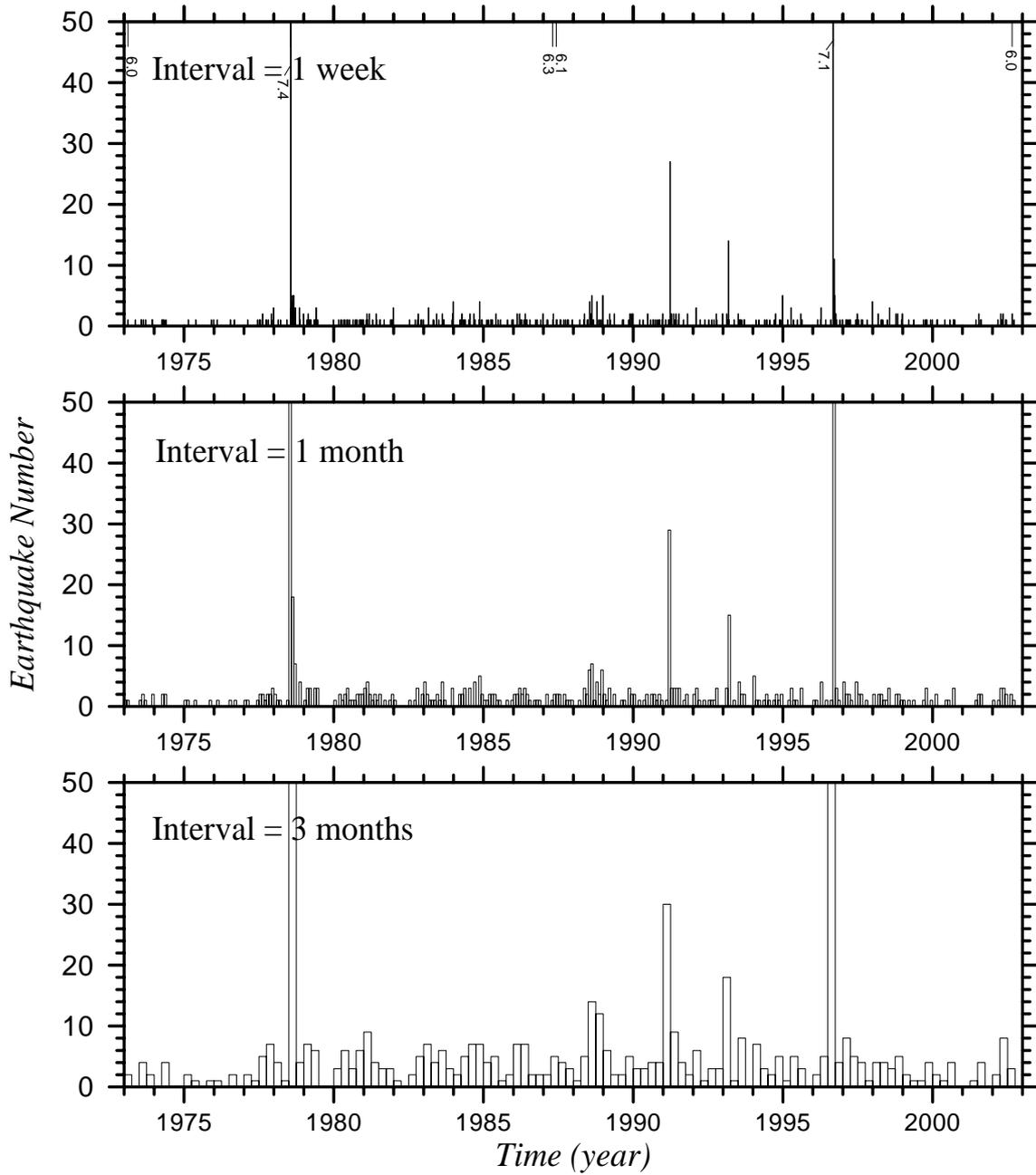


圖三 (c)

Area D

Seismicity

$M \geq 4$, Depth ≤ 35 km

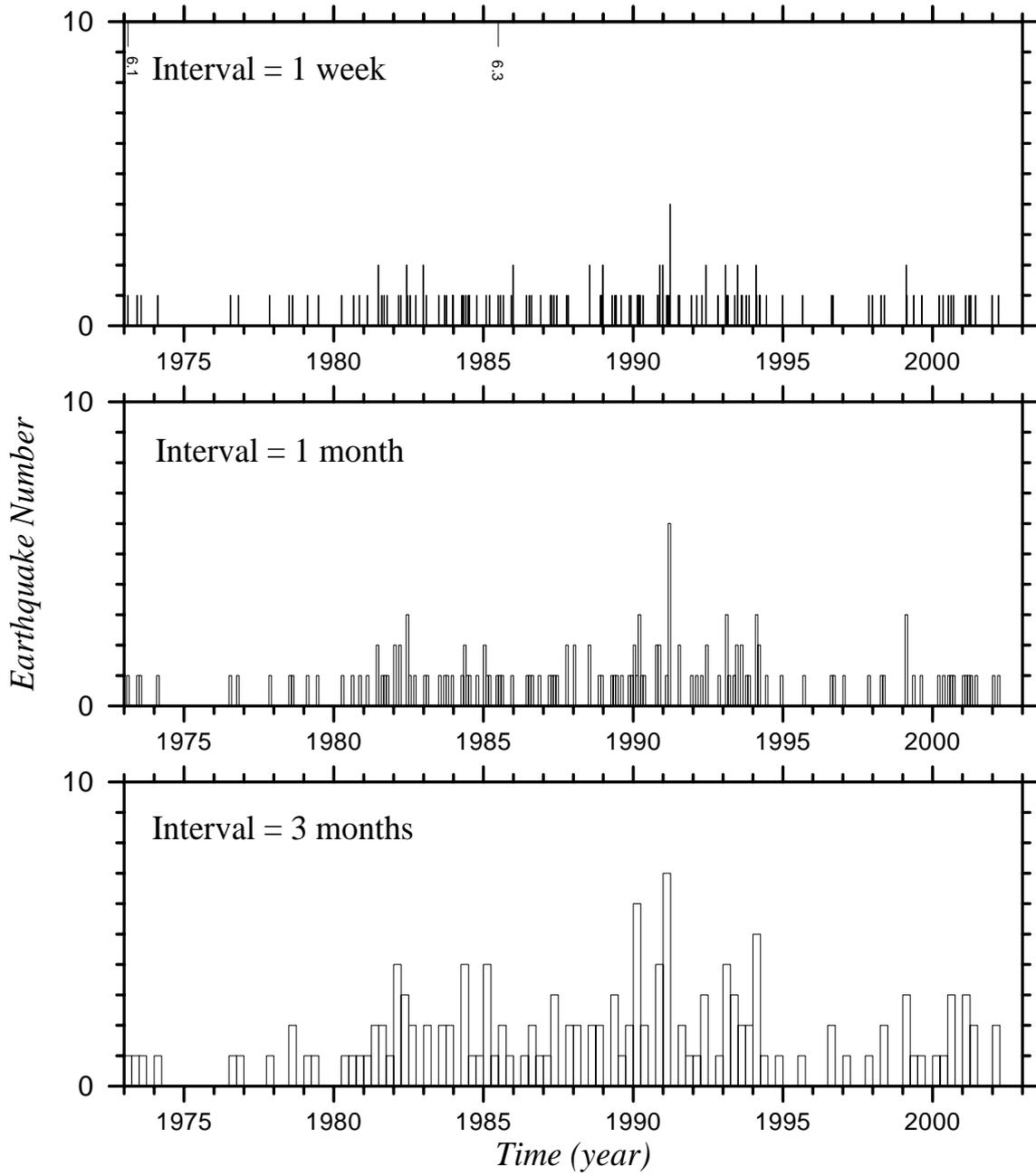


圖三 (d1)

Area D

Seismicity

$M \geq 4$, Depth > 35 Km



圖三 (d2)

