

臺灣地區地震次數與地震規模之關係

徐 明 同

Magnitude-frequency Relation of Earthquakes in Taiwan

Ming-tung Hsu

Abstract

It is generally accepted at the present time that the frequency of earthquakes, N , increases with decreasing magnitude, M , according to Gutenberg-Richter's statistical relation,

$$\log N = a - bM$$

where the constant a depends upon the period of observation and the size of the region considered. On the other hand, the constant b is independent of the period of observation and the size of the region considered, and indicates the relative proportion of earthquakes with high and low magnitudes, provided the number of earthquakes taking into account is sufficiently large. The constant b is directly related to the tectonic characteristics of the region concerned and therefore may be regarded as a representative seismotectonic parameter.

Considering the geotectonic conditions, the seismic zone in and near Taiwan is divided into three sub-seismic zones namely, (A) West seismic zone, (B) East seismic zone, and (C) Ryutai seismic zone. Using the method of least square, the values of a and b of corresponding areas are computed. They differ from an area to another and it seems that the values of a increase proportionally with the values of b . The values of b in Taiwan area are falling into the range of 1.0-0.7 which are for the Circum-Pacific and Alpidic orogenic zones including island arcs of big islands after Miyamura.

一、引 言

中央氣象局(舊稱臺灣省氣象局)於1896年在臺灣地區開始氣象觀測,同時也辦理地震觀測。於1897年在臺北裝置 Gray-Milne 型地震儀後,陸續在臺南、澎湖、臺東等測候所裝置同型式的地震儀,並加設大森型地震儀以及強震儀等,臺灣之地震觀測,因之乃步入科學的儀器觀測時期。於1920年代,始完成初步觀測網,可收集有感及無感地震之資料。

初期裝用儀器倍率較低,僅20~30倍,無法得到完善之觀測紀錄。後於1928年在臺北開始安裝

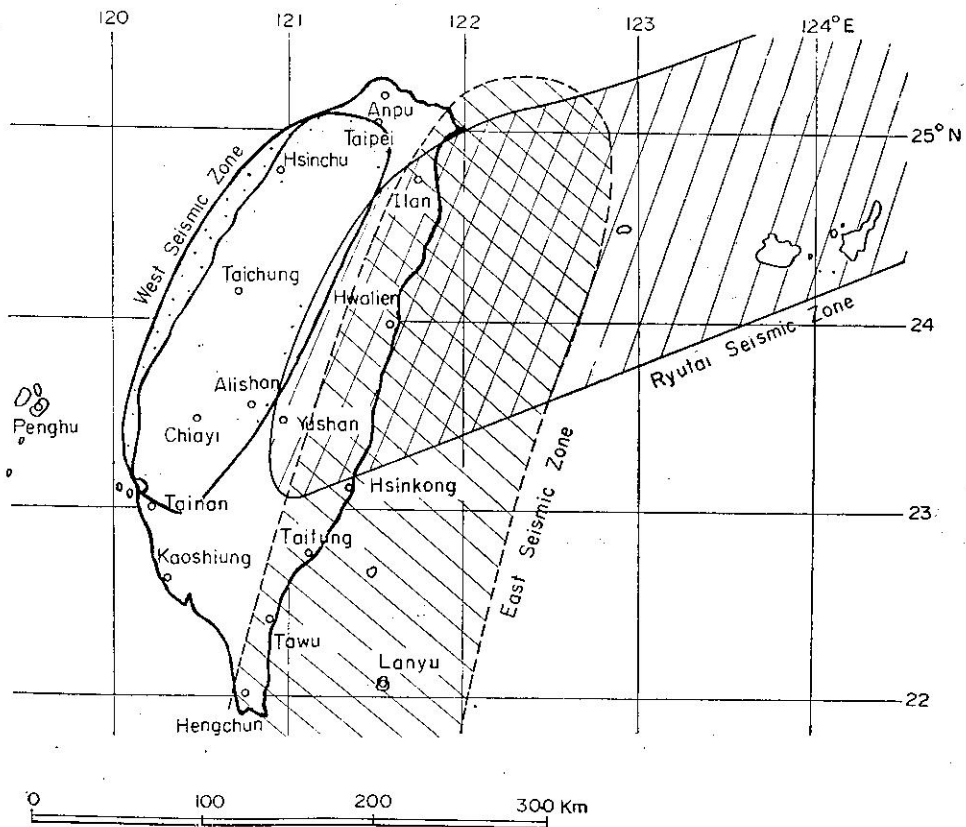
Wiechert 型地震儀,倍率增為80倍。嗣續在臺南、花蓮、阿里山、臺東、恒春、臺中等所亦設置此種地震儀,故於1930年代之上半期,觀測網已顯著加強,可作震央及震源之調查。各測站的振動紀錄也因此比較完善。1935年,因新竹、臺中發生烈震,引致空前地震大災害,故氣象局續在新竹、宜蘭、大武、新港等處裝設 Wiechert 地震儀及其他地震儀。

臺灣光復後,在1951年,花蓮及臺東地區再度發生大地震,因配合耐震工程需要,增設加速度地震儀及新型強震儀。1963年獲得美國商務部海岸大地

測量局之補助，建設較部世界標準地震站，裝置高倍率（為 750 倍）長週期電磁式地震儀及高倍率（為 6,250 倍）短週期電磁式地震儀各乙套，各為三分量，我國地震觀測隨之亦邁進了現代化的另一階段。

由於 1930 年代以後的地震資料較為完善，筆者 [1] 曾於 1970 年參照美國、英國及日本的觀測報告，計算臺灣地區所發生的地震之規模 M (Earthquake magnitude)。所計算者為 M 大於或者等於 4.0 之地震，而得到比較完善之地震目錄，包括發震時間、震央、震源深度及地震規模等。

根據 Le Pichon [2] 的板地體構造學 (Plate tectonics) 及 Isacks and Oliver [3] 的新地球構造學 (New global tectonics) 學說，地震係發生於板的兩端或者板與板的臨界。即地震發生區域和地體構造 (Structure of the earth's crust) 有密切的關係。考慮這種關係，筆者 [1], [4] 曾把臺灣地震帶分為 3 個副地震帶 (Sub-seismic zone)，即(1)西部地震帶，(2)東部地震帶及(3)琉台地震帶，如第一圖。以下 A 區代表西部地震帶，B 區代表東部地震帶，C 區代表琉台地震帶，而 B' 區代表東部地



第 1 圖 臺灣地區地震觀測站和地震帶

Fig. 1 Seismic Stations and Seismic Zones in Taiwan Region

震帶除掉和 C 區重疊部分即東部地震帶偏南部份，A+B'+C 區則代表整個臺灣地區。

本文應用自 1936 年至 1969 年臺灣地區地震目錄 [1]，研究各副地震帶及全臺灣的地震次數與地震規模之關係，藉以進一步了解臺灣地區地震活動狀況以及和地體構造之關係。

二、地震規模

我們知道地震大小有二種含義。一為地震本身之大小，例如「今天伊朗發生大地震」的說法，雖然我們感覺不到，但從災害狀況及觀測紀錄，我們知道它的大小。這時「地震」表示整個地震現象。另一為地震動的大小或者強弱，例如「今天的地震擺得太厲害，房屋傾倒了」的說法，此時地震表示地震動或者簡稱地動。地震動之強弱通常用震度階級表示，亦可用物理量即加速度（單位為 gal）表示之。地震本身之大小叫做地震規模，可用人體有感之範圍（面積或有感距離半徑），震央距離一定處的震度或地震動的振幅表示之，並可用能量（單位為 erg）表示之。

Richter [5] 於 1935 年首次使用儀器規模階級 (Instrumental magnitude scale) 定義地震規模 M，俾便比較各次地震大小關係。他着眼於同一震源及同一震央距離的地震，在某測站測得之記象，其最大動振幅較大者其地震規模必較大，而由其記象的最大振幅訂定 M。其定義為在震央距離 100 公里處之標準扭轉地震儀 (Wood-Anderson standard torsion seismometer)，(固有週期 $T_0=0.8$ 秒，阻尼常數 $h=0.8$ ，最大倍率 $V_m=2,800$ 倍) 所測記象最大振幅 A (單位為 micron, μ) 之常用對數為 M，即

$$M = \log A \dots\dots\dots (1)$$

如震央距離不等於 100 公里時可用下式

$$M = \log A - \log A_0 \dots\dots\dots (2)$$

A₀ 為標準地震 (M=0) 之最大振幅。

如無標準扭轉地震儀的地方，Tsuboi [6] 發見使用下列公式，可求得日本及其附近發生的地震規模 M。

$$M = \log a + 1.73 \log \Delta - 0.83 \dots\dots\dots (3)$$

上式的 a 為地動的最大振幅以 μ 為單位。 Δ 為震央距離以公里為單位。

筆者 [7] 從 Gutenberg 及 Richter 著作 [8] 尋找臺灣地區 M 已知之地震計 31 次，利用最小二乘法求臺北的地震最大振幅與 M 的關係而得

$$M = \log a + 2.24 \log \Delta - 1.77 \dots\dots\dots (4)$$

此顯然因所引用的地震次數太少之故。後又利用此公式實際計算的結果，發現震央距離 100 公里附近的地震，其 M 值較好外，其他均不太符合。

自世界標準地震觀測網完成後，臺灣附近發生的地震，其規模既知者增加不少。美國國立地震情報中心 (National Earthquake Information Center) 所發表的地震規模，為統一地震規模階級 (Unified magnitude scale) m，根據 Ichikawa [9] 所得 m 和 M 有下列關係，

$$M = 0.76m + 1.58 \dots\dots\dots (5)$$

根據此公式，由 m 很容易算出 M。至於大地震 ($M \geq 7$) 之地震規模亦可自 Duda [10] 的環太平洋地震帶大地震目錄尋找之。

1971 年筆者 [1] 使用上述方法，從新計算由地動最大振幅求 M 之公式。這次所應用地震計達 165 次，而全臺灣各站的地動最大振幅資料達 666 箇，而得 M 的新公式如下：

$$M = \log a + 1.09 \log \Delta + 0.50 \dots\dots\dots (6)$$

應用此式計算自 1936 年至 1969 年的 M 大於 4.0 的所有地震計 2,510 次，其結果詳列在參考文獻附錄 [1] 之中。

三、地震次數 N 與地震規模 M 之關係

現在大家都相信地震規模愈小，其次數愈多，此觀念可用 Gutenberg-Richter [8] 的公式表示，即

$$\log N(M) = a - bM \dots\dots\dots (7)$$

N(M) 表示 M 至 M+dM 的地震次數，常數 a 依觀測年數和所考慮的地區的面積大小而定，等於 M 為零的地震次數的對數。但常數 b 和觀測年數和所考慮的面積大小無關，僅表示此直線的梯度，即 M 小的地震對 M 大的地震的比率。即表示某一地區的地震特性常數，根據 Miyamura [11] 研究，b 和當地地體構造 (geotectonics) 有關。因此關於世界各地的 b 值，最近十幾年來計算者不乏其人。當推算常數 a 及 b 值時，筆者 [1] 曾作數值實驗，發見地震次數太少時，b 值不準確，最少應有 400 次以上所得 b 值才算可靠。

有關臺灣地區的 a 及 b 值，依照引言所述，可分成 A, B, B', C 及 (A+B'+C) 等區計算。各區地震年次數和地震規模如第 2 至第 6 圖第 1 至第 5 表，及。由這些圖，我們知道地震次數 N 於 M 大約等 4.7 附近時為極大，通常 M 愈大 N 愈小，但 M 等於 4.7 以下時，N 亦隨之減小。此表示 M 4.7 以下的地

Table 1 Yearly number of earthquakes according of magnitude (Area A)
 第1表 依據地震規模統計地震發生次數 (A地區)

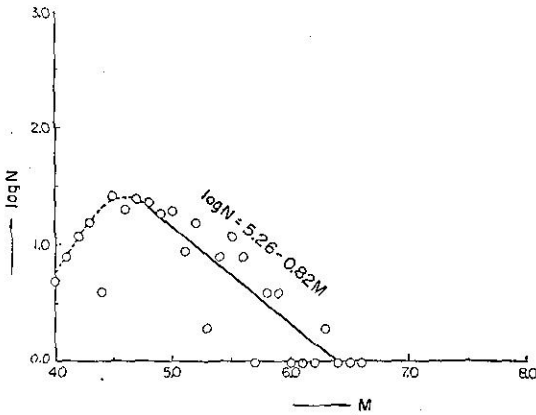
| Year | M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 計 | | | | | | | | |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|---|----|---|---|---|---|---|---|-----|
| | 4.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | 5.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | 6.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | | .6 | | | | | | | |
| 1936 | | | | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | 1 | | | 2 | 1 | | 1 | | | | | | | | 17 | | | | | | | |
| 37 | | | 2 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 2 | | | 2 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 14 | | | | | | | |
| 38 | | 1 | | 1 | 1 | 6 | 1 | 3 | 2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 17 | | | | | | | |
| 39 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | 14 | | | | | | | |
| 40 | | 1 | 2 | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 9 | | | | | | | |
| 41 | | | 1 | 1 | | 3 | 2 | | | | 5 | | 1 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 16 | | | | | | | |
| 42 | 3 | | 1 | 2 | | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | | | | | | | |
| 43 | | | 2 | 1 | | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 13 | | | | | | | |
| 44 | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| 45 | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| 46 | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | 1 | | | | 8 | | | | | | | |
| 47 | | 1 | | | | | 2 | | 2 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | | |
| 48 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| 50 | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| 51 | | | | 1 | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | 11 | | | | | | | |
| 52 | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| 54 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | | |
| 55 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| 56 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 9 | | | | | | | |
| 57 | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| 58 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| 59 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | |
| 60 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| 61 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| 62 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | |
| 63 | | | 1 | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| 64 | | | | | | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | | | 29 | | | | | | | |
| 65 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | | | | | | | |
| 66 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| 67 | | | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | 5 | | | | | | | |
| 68 | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| 69 | | | | 1 | 1 | | | | | | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | |
| 計 | 5 | 8 | 12 | 16 | 4 | 27 | 21 | 25 | 24 | 19 | 20 | 9 | 16 | 21 | 8 | 12 | 8 | 1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 249 |

Table 3 Yearly number of earthquakes according to magnitude (Area B')
 第3表 依據地震規模統計地震發生次數 (B' 地區)

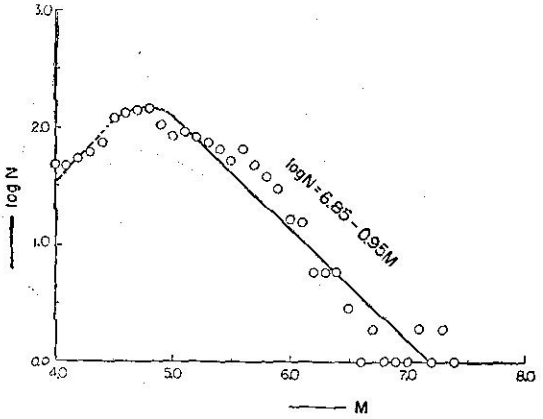
| Year | M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 計 | | | | | | | |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|-----|----|----|-----|
| | 4.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | 5.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | 6.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | | .7 | .8 | .9 | 7.0 | .1 | .2 | .3 |
| 1936 | | | | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | 14 |
| 37 | | 1 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 4 | | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | | | 1 | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | 42 | |
| 38 | | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | 2 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | 27 | |
| 39 | | | 1 | 1 | | 1 | | 2 | 2 | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 11 | |
| 40 | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | |
| 41 | 2 | | 2 | 2 | | 9 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 2 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | |
| 42 | | 1 | 2 | 1 | | 3 | | 1 | 4 | | 2 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 17 | |
| 43 | | 1 | | 1 | 4 | 7 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | 36 | |
| 44 | | | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | | 3 | 2 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | |
| 45 | | | 1 | | | | 1 | | 2 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| 46 | | | | | | 2 | | | | | 1 | 1 | 2 | | 1 | | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | |
| 47 | | 1 | | | 1 | 1 | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 9 | |
| 48 | 1 | | | | | | | | | 1 | | 2 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | |
| 49 | | | | | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | |
| 51 | 4 | 6 | 4 | 4 | 4 | 9 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | 1 | 62 | | |
| 52 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | 20 | | |
| 53 | 3 | 1 | 1 | | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | 1 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | |
| 54 | 1 | | | | 2 | | 3 | 2 | 4 | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 17 | |
| 55 | | | | | | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | | | 20 | | |
| 56 | | | 1 | 1 | | | 2 | 2 | | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | |
| 57 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | |
| 58 | 1 | | 1 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 14 | |
| 59 | | | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 6 | 4 | 3 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 3 | 2 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | 41 | | |
| 60 | 2 | | | | 1 | 1 | 2 | 1 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | |
| 61 | | | | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | |
| 62 | | | 1 | 2 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | |
| 63 | | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | |
| 64 | 2 | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 15 | |
| 65 | | 1 | 1 | | 2 | | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | | | 2 | | 1 | | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | 25 | |
| 66 | | | | 1 | | 1 | 1 | 2 | 2 | | | 1 | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 |
| 67 | | | | | | 2 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 2 | | | 2 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 68 | 2 | 2 | 5 | 5 | 1 | | 2 | 2 | 6 | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 33 |
| 69 | | | | | | | 1 | | | 1 | | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| 計 | 21 | 17 | 32 | 36 | 37 | 53 | 48 | 51 | 50 | 28 | 22 | 33 | 34 | 19 | 17 | 11 | 23 | 15 | 11 | 5 | 7 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 588 |

Table 4 Yearly number of earthquakes according to magnitude (Area C)
 第4表 依據地震規模統計地震發生次數(C地區)

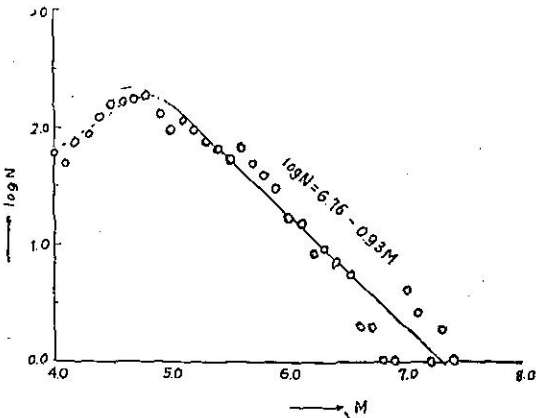
| Year | M | | | | | | | | | | | | | | | | | 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| | 4.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | .8 | .9 | 5.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | | .7 | .8 | .9 | 6.0 | .1 | .2 | .3 | .4 | .5 | .6 | .7 | | | | | | | | | | |
| 1936 | | 1 | | | 2 | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | |
| 37 | | 4 | 1 | 4 | 2 | 4 | 10 | 3 | 2 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | 50 | | | | | | | | | | |
| 38 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 11 | 7 | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | | | | 1 | 1 | 3 | | | | | 1 | 55 | | | | | | | | | | |
| 39 | | 1 | | 1 | | 3 | 1 | 2 | 2 | | 2 | 2 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | 17 | | | | | | | | | | |
| 40 | | | 3 | | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | | | 29 | | | | | | | | | | |
| 41 | 1 | | 1 | 1 | | 6 | 3 | 2 | 5 | 3 | 2 | 3 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | 31 | | | | | | | | | | | |
| 42 | 2 | 2 | | | | 9 | 6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | 46 | | | | | | | | | | | |
| 43 | | | 1 | 3 | 4 | 9 | 7 | 2 | 7 | 4 | 2 | 3 | 3 | | 1 | 1 | 5 | 2 | 1 | | | | 1 | | | | | 56 | | | | | | | | | | | |
| 44 | | | | 4 | 9 | 10 | 7 | 7 | 3 | 5 | 5 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | | | 1 | | | 70 | | | | | | | | | | | |
| 45 | | | | 1 | 2 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 2 | | | 20 | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | | 2 | | | 1 | 36 | | | | | | | | | | | |
| 47 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 9 | 5 | 7 | 4 | 7 | 3 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | | 1 | | | | | 1 | 80 | | | | | | | | | | | |
| 48 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | | 3 | 1 | 1 | | 4 | 2 | 4 | 2 | 1 | 6 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 40 | | | | | | | | | | | |
| 49 | 2 | 1 | | | 2 | 1 | | 2 | 2 | 4 | 1 | | | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | | | | | | | 1 | 24 | | | | | | | | | | | |
| 50 | 2 | 1 | | | | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | | | 3 | 1 | 2 | 4 | 1 | | 1 | | | | | | | | | 25 | | | | | | | | | | | |
| 51 | 13 | 5 | 7 | 6 | 10 | 12 | 13 | 11 | 21 | 19 | 7 | 10 | 9 | 10 | 10 | 12 | 20 | 15 | 7 | 10 | 6 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 249 | | | | | | | | | |
| 52 | 3 | 2 | 4 | 7 | 8 | 6 | 6 | 10 | 3 | 7 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 1 | | | | | 75 | | | | | | | | | | | |
| 53 | 2 | | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | 4 | 2 | 4 | | | 2 | 2 | 1 | 2 | | 1 | | | | | | | | | 33 | | | | | | | | | | | |
| 54 | 1 | | 1 | | 1 | | 4 | 7 | | 2 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | 22 | | | | | | | | | | | |
| 55 | 1 | | 1 | | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | | 3 | 6 | 2 | 2 | 2 | | 1 | | | | | | 1 | | | 35 | | | | | | | | | | | |
| 56 | | | 1 | 1 | 2 | 2 | | 5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 2 | | | | | | | | | | 22 | | | | | | | | | | | |
| 57 | | | 1 | 2 | 4 | 5 | 1 | 5 | 13 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | 56 | | | | | | | | | | | |
| 58 | 4 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 5 | 1 | 3 | 1 | 1 | 5 | 1 | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | 42 | | | | | | | | | | | |
| 59 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | 35 | | | | | | | | | | | |
| 60 | 1 | | | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 5 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | 29 | | | | | | | | | | | |
| 61 | | 1 | 2 | | 2 | 1 | 2 | 5 | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | | | | | 1 | | | 38 | | | | | | | | | | | |
| 62 | | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 3 | 5 | 7 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | | | | 1 | 3 | | | | | | | 51 | | | | | | | | | | | |
| 63 | 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 5 | 9 | 6 | 3 | 7 | 4 | 2 | 5 | 2 | 3 | 3 | 5 | 1 | | 1 | 2 | 1 | | | | 1 | | 72 | | | | | | | | | | | |
| 64 | | 2 | | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | | 2 | 2 | 3 | | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | | | 1 | | | | | | 39 | | | | | | | | | | | |
| 65 | 4 | 3 | 4 | 5 | 1 | 4 | 1 | 3 | 5 | 1 | 1 | 6 | | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | |
| 66 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 1 | 5 | 8 | 10 | 6 | 6 | 15 | 10 | 7 | 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | | | 1 | 1 | | | 1 | 101 | | | | | | | | | | | |
| 67 | 2 | 1 | 4 | 3 | | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 1 | 6 | 3 | 6 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 | | | 1 | | | | | | 61 | | | | | | | | | | | |
| 68 | | 3 | 4 | 3 | 4 | 1 | 6 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 7 | 3 | 3 | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | 52 | | | | | | | | | | | |
| 69 | | 1 | | | | 1 | 3 | 2 | | 3 | 5 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | 25 | | | | | | | | | | |
| 計 | 48 | 48 | 55 | 63 | 76 | 123 | 134 | 144 | 150 | 109 | 85 | 92 | 84 | 77 | 67 | 63 | 68 | 49 | 40 | 31 | 17 | 16 | 6 | 6 | 6 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1673 |



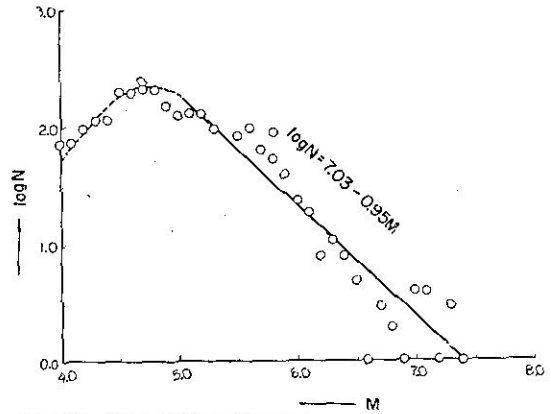
第2圖 地震次數與地震規模之關係 (A 地區)
Fig. 2. The number of earthquakes versus magnitude (Area A)



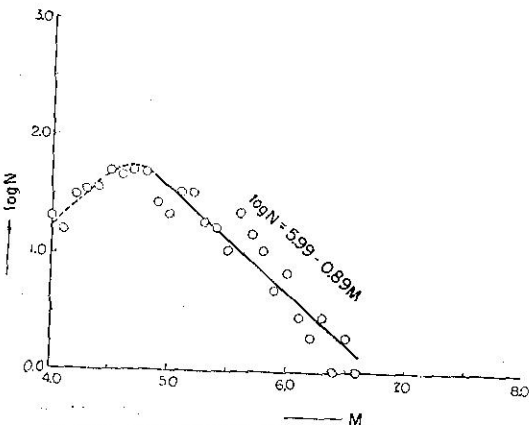
第5圖 地震次數與地震規模之關係 (C 地區)
Fig. 5. The number of earthquakes versus magnitude (Area C)



第3圖 地震次數與地震規模之關係 (B 地區)
Fig. 3. The number of earthquakes versus magnitude (Area B)



第6圖 地震次數與地震規模之關係 (A+B+C地區)
Fig. 6. The number of earthquake versus magnitude (Area A+B+C)



第4圖 地震次數與地震規模之關係 (B' 地區)
Fig. 4. The number of earthquakes versus magnitude (Area B')

震，實際有許多未被現有的觀測網測到，即臺灣現有地震觀測的地震檢知能力僅能達 M 等於 4.7 的程度，也就是小區域地震 [12]。

關於 A 及 B' 區， $\log N$ 和 M 在 M 等於 4.7 至 6.6 間有線性關係存在，而 B, C 及 (A+B'+C) 區線性關係在 M 等於 4.7 至 7.4 間成立。在上述 M 範圍內的地震次數，A 區為 155 次，B' 區為 286 次，B 區為 1,366 次，C 區為 1,124 次而 (A+B'+C) 區為 1,624 次。

依照最小二乘法，決定第 (7) 式的 a 及 b 之數值。其結果如第 6 表。依照前述的判定基準，於 A 及 B' 區所使用地震次數，稍嫌不足，但 B, C 及 (A+B'+C) 區的 b 值已相當可靠。而 C 及 (A+B'+C)

第六表 臺灣之 a 及 b 值

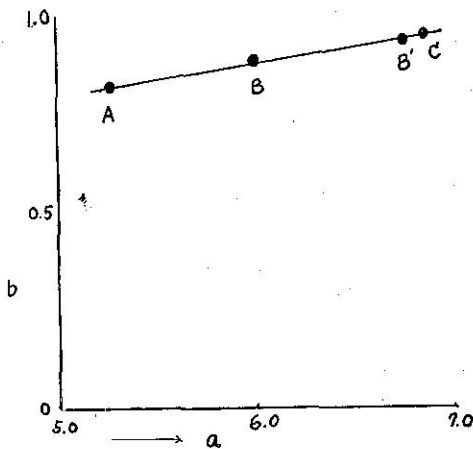
Table 6 The values of a and b in Taiwan

| 區 域 | a | b |
|--------|------|------|
| A | 5.26 | 0.82 |
| B' | 5.99 | 0.89 |
| B | 6.76 | 0.93 |
| C | 6.85 | 0.95 |
| A+B'+C | 7.03 | 0.95 |

區的 b 值為 0.95。Tomita 和 Uteu [13] 使用不同資料，計算臺灣地區的 b 值，其數值亦為 0.95 完全和筆者的結果一致。

第 7 圖表示 a 及 b 值的關係，b 值有隨着 a 值增加而增加的趨勢，其關係可由下式表示，

$$b = 0.077a + 0.419 \dots \dots \dots (8)$$



第 7 圖 a 值和 b 值之關係

Fig. 7. The relation between a and b

四、b 值之物理意義

根據 Miyamura [11]，某地區 b 值的大小和其地區地體構造有密切的關係。綜合世界各地的 b 值，而得第 7 表。宮村 [14] 考慮各地區的地質學的歷史及地體構造，把第 7 表歸納為如下三種。

(一) 於海洋中的海嶺（包括小島），裂線，沿海溝的地帶及島弧地帶，b 值較大，大約 1.8~1.0 的程度。

(二) 於環太平洋，阿爾卑斯及喜馬拉雅地帶，b 值大約 1.0~0.7 的程度。

(三) 於大陸內地溝帶，穩定臺地週圍的可動帶，

第 7 表 世界各地區之 b 值（參照宮村並加以補充）

Table 7 The values of b in the various part of the world (after Miyamura with addition)

| 地 區 | b 值 |
|---------------------|------|
| 東太平洋 | 1.8 |
| 北極海 | 1.6 |
| 大西洋 | 1.4 |
| 印度洋，東加一刻馬得克群島 | 1.3 |
| 印度洋—南極方面，東北日本濱太平洋地區 | 1.06 |
| 全日本 | 1.03 |
| 所羅門群島 | 1.01 |
| 加羅林群島—馬利亞納群島，全臺灣 | 0.95 |
| 巽他列島，中央美洲，墨西哥，土耳其 | 0.9 |
| 南加利福尼亞 | 0.88 |
| 紐西蘭 | 0.87 |
| 日本—堪察加 | 0.8 |
| 高加索 | 0.74 |
| 貝加爾 | 0.7 |
| 日本濱日本海地區 | 0.66 |
| 匈牙利 | 0.65 |
| 東非洲西剖裂谷 | 0.61 |
| 帕米爾—貝加爾 | 0.6 |
| 中國大陸 | 0.57 |
| 芬奴斯康地 | 0.46 |
| 南美洲 | 0.45 |
| 澳洲 | 0.4 |

舊的褶曲山地及大陸臺地，b 值大約為 0.7~0.4 的程度。

以上三種大約依照地質學史的新舊秩序排列。這種事實非常重要。現在我們所觀測的地震活動特性，M 大的地震和 M 小的地震比率，即 b 值足以反映該地區的地質學歷史。地震發生的地方，因其地質學史，分為幼年、壯年及老年階段。從現在觀察，如在幼年期，b 值較大，壯年期 b 值居中，而在老年期之 b 值較小。

據 M.ogi [15] 從實驗室裡的岩石標本破壞實驗研究，衝擊大小和其次數的關係發見，與地震規模與

次數關係相似。而且所使用岩石標本不同時，其 b 值亦不同。他發見標本物質愈不均勻， b 值愈大。

地震發生地區， b 值大的地方為島弧及海嶺地區，如應用 Mogi 的結論，這種地區現在造山活動頗活躍，地體構造不均勻，故 b 值較大。而大陸穩定臺地 b 值較小，表示其地體構造比較均勻。

關於臺灣地區之 b 值落在宮村(二)的範圍中，即 1.0~0.7，可表示環太平洋（包括島弧地帶中較大島嶼或半島）的地體構造。

五、結 語

本文筆者根據最近三十四年來（1936 年至 1969 年）在臺灣地區所發生地震的地震規模，推算求出地震次數與地震規模的關係。從地體構造考慮，把臺灣地區地震帶分為東部、西部及琉台等三副地震帶，使用最小二乘法求下列經驗公式

$$\log N = a - bM$$

之常數 a 及 b 的數值，並討論 a 及 b 值的物理意義。臺灣各副地震帶的 b 值落在 0.7~1.0 範圍內，表示此一地區是屬於環太平洋包括島弧地帶中較大島嶼的地體構造。 a 及 b 值均代表某地區地震活動特性，故亦可進一步說，已把臺灣地區地震活動特性，得到量化的表示。各地區地震次數與地震規模的關係確立後，可推算該地區 M 多大的地震，在多長的時間內所發生的次數。

六、附 誌

本研究獲行政院國家科學委員會之補助克以完成，特此申謝。所使用地震觀測資料係內子鄭九惠從中央氣象局地震觀測原簿抄錄及統計而成，亦一併附此誌謝。

參 考 文 獻

1. Hsu, M. T.: Seismicity of Taiwan and some related problems, Bull. IISSE, Tokyo, Vol. 8, 1971, 40-160.
2. Le Pichon, X.: Sea-floor spreading and continental drift, J. Geophys. Res., 73, 1968, 3661-3697.
3. Isacks, B. and J. Oliver.: Seismology and the new global tectonics, J. Geophys. Res., 73, 1968, 5885-5899.
4. 徐明同：臺灣地區有感地震次數與經度之關係，氣象學報，第 16 卷第 3 期，1970, 24-28.
5. Richter, C. F.: An instrumental earthquake magnitude scale, Bull. Seism. Soc. Am., 25, 1935, 1-32.
6. Tsuboi, C.: Determination of the Richter-Gutenberg's instrumental magnitudes of earthquakes occurring in and near Japan, Geophys. Notes, Tokyo Univ., 4, 1951, 1-10.
7. Hsu, M. T.: Seismicity of Taiwan, Proc. 3rd World Conf. Earthq. Eng., New Zealand, III/H/8, 1965, 1-8.
8. Gutenberg, B. and C. F. Richter: Seismicity of the Earth, 1954, 1-303.
9. Ichikawa, M.: Relationship between local earthquake magnitudes determined by body and surface waves, Zisin, 19, 1966, 280-220.
10. Duda, S. J.: Secular seismic energy release in the Circum-Pacific belt, Tectonophysics, 2(5), 1965, 409-452.
11. Miyamura, S.: Magnitude-frequency relations of earthquakes and its bearing on geotectonics, Proc. Japan Acad., Vol. 38, N1, 1962, 27-30
12. 徐明同：臺灣地區地震活動，氣象學報，第 12 卷，第 4 期，1966, 33-51.
13. Tomita, H. and T.: Utsu, Magnitude determination of earthquakes in various regions of the world, Geophys. Bull. Hokkaido Univ. 19, 1968, 57-64.
14. 宮村攝三：地震活動之地體構造，地震第 2 輯，第 15 卷，第 1 號，1962, 23-52.
15. Mogi, K.: Magnitude-frequency relation for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes. Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ, 40, 1962, 831-853.