

臺灣地區有感地震次數與震度之關係

徐 明 同

Intensity-Frequency Relation for Felt Earthquakes in Taiwan

Ming-Tung Hsu

The relation between the seismic intensity, I and the mean annual number of earthquakes, N which gives that intensity at the seismological stations in Taiwan can be expressed by the formula,

$$\log_{10}N = \alpha - \beta I$$

The stations are grouped into four categories, namely, (A) West seismic zone, (B) East seismic zone, (C) Ryutai seismic zone which crosses both West and East seismic zones, and (D) Non-active area. Using the method of least squares α and β values are computed at each area.

The constants α and β differ from an area to another, and it appears that the value of β for an area is nearly proportional to the value of α for that area.

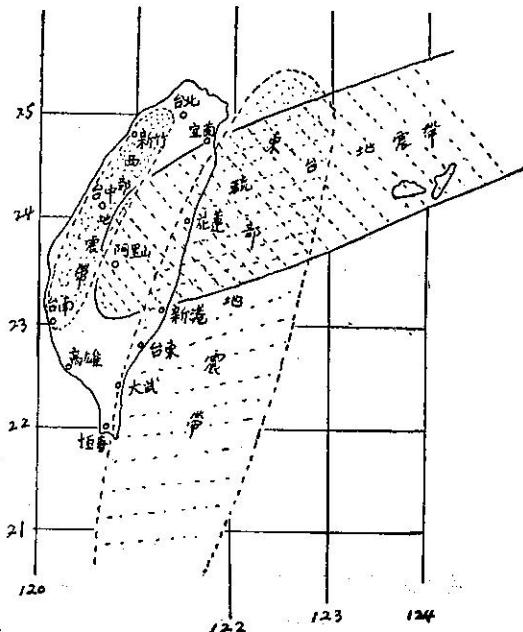
The relations between the constants α and β with earthquake magnitude and Ishimoto-Iida's relation are also discussed.

一、引言

臺灣省氣象局所屬地震觀測站依照第一表之規定經常觀測震度階級（簡稱震度）。應用最近三十年即1940年至1969年之觀測結果⁽¹⁾，統計各地各級地震次數，使用下述的方法求震度（I）與其年平均次數（N）之關係。其結果與日本所得結果比較，並討論之。

所計算的觀測站計有臺北、新竹、臺中、阿里山、臺南、高雄、恒春、大武、臺東、新港、花蓮及宜蘭等十二處。其中恒春缺少一年（1945年）紀錄，大武站因係於1943年成立，故缺三年，又各站於1945年7, 8, 9及10月計四箇月停止觀測無資料外，其餘尚稱完整。首先由地震調查表抄錄歷年各級地震發生次數，然後計算各觀測站各級地震年平均次數。筆者曾把臺灣地區地震帶分為（一）西部地震帶，（二）東部地震帶，（三）硫台地震帶^(1), 2, 3, 11)如第一圖，即（一）西部地震帶：起自臺北附近至臺南附近寬約50公里，（二）東部地震帶：起自宜蘭東北海底至恒春東南海底，寬約150公里。（三）硫台地震帶：起自奄美大島沿琉球列島至臺灣中部阿里山附近寬約150公里。十二處地震站（A）屬於西部地震帶者有臺北、新竹、臺中及臺南等四處，（B）屬於東部地震帶者有恒春、大武及臺東等三處

，（C）屬於東部或西部地震帶且屬於硫台地震帶者有宜蘭、花蓮、新港及阿里山等四處，（D）不屬於上述



第一圖 臺灣地震帶圖

Fig. 1. Seismic zones in Taiwan

第一表：震 度 分 級 表
Table 1: Scales of seismic intensity

地 震 度 分 級			說	明
震 度 (級)	名 称	加 速 度 (gal)		
0	無 感	<0.8	地震儀有紀錄，人體無感覺	
1	微 震	0.8-2.5	人靜止時或對地震敏感者可感到	
2	輕 震	2.5-8.0	門窗搖動，一般人均可感到	
3	弱 震	8.0-25	房屋搖動門窗格格有聲，懸物搖擺，盛水動盪	
4	中 震	25-80	房屋搖動甚烈，不穩物傾倒，盛水達容器八分滿者濺出	
5	強 震	80-250	牆壁龜裂、牌坊烟囱傾倒	
6	烈 震	>250	房屋傾塌、山崩、地裂、斷層	

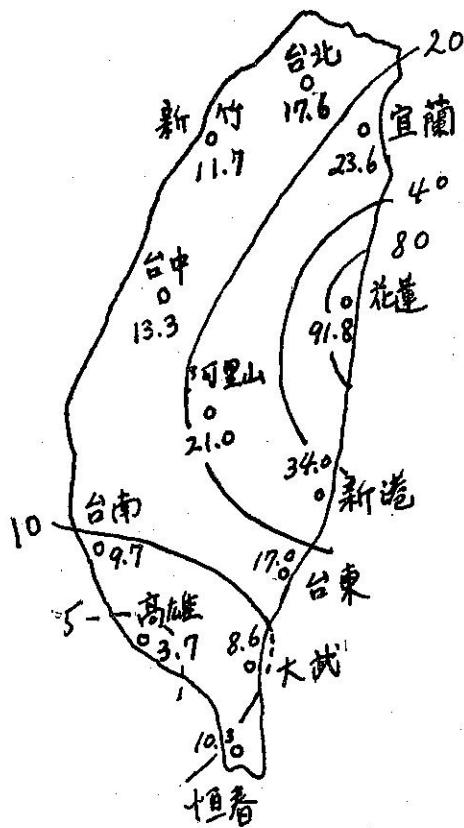
地震帶者有高雄一處。

第二表表示各地區各級震度年平均次數及其總計。僅從有感地震發生次數觀察，可以知道各區域有顯著不同的地震活動。即地震最多者為 C 地區，A，B 及 D 次之。最多者竟達最少者之二十五倍之多。第二圖表示各觀測站各級地震年平均次數之總計。

第二表 各區域各級地震年平均次數及其合計

Table 2: Total and mean annual numbers of earthquakes of various seismic intensity observed at the each station in the areas A, B, C and D.

測 站	震 度						合 計
	1	2	3	4	5	6	
西部地震帶 (A 地區)							
臺 北	10.8	4.3	2.0	0.5	0	0	17.6
新 竹	6.2	3.2	1.5	0.2	0	0	11.1
臺 中	9.2	3.0	1.0	0.03	0	0	13.3
臺 南	6.0	2.7	0.9	0.1	0.03	0	9.7
東部地震帶 (B 地區)							
恆 春	5.9	3.1	1.0	0.2	0.07	0	10.3
大 武	4.9	2.2	1.3	0.2	0	0	8.6
臺 東	9.2	4.1	3.1	0.5	0.1	0.03	17.0
硫台地震帶 (C 地區)							
宜 蘭	14.7	5.2	2.6	1.0	0.07	0	23.6
花 蓮	57.8	23.9	7.6	2.1	0.3	0.03	91.8
新 港	23.5	6.8	3.0	0.6	0	0.03	33.9
阿 里 山	13.4	5.4	1.9	0.3	0	0.03	21.0
不屬於地震帶 (D 地區)							
高 雄	2.2	0.6	0.7	0.1	0	0	3.6

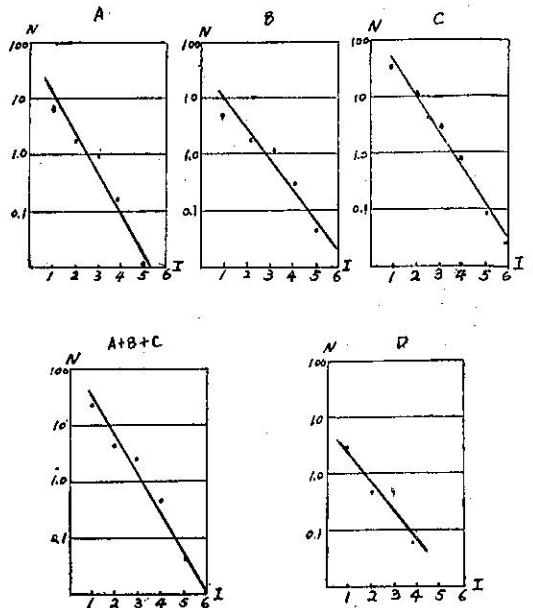


第二圖 各觀測站各級有感地震年平均分佈

Fig. 2. Distribution of the mean annual numbers of the total felt earthquakes

二、震度與年平均次數之關係

於上述的，A，B，C，A+B+C及D各區域，求震度(I)與該區域各測站年平均次數之平均值(N)之關係，可用第三圖A，B，C，A+B+C及D表示。I與N之關係可用下式



第三圖 各區域震度與其年平均次數之關係

Fig. 3. The mean annual number N of earthquakes having seismic intensity I.

第三表：各區域各種常數數值

Table 3: Various constants for each area

區域	α	β	α_6	$\alpha' = (\alpha - 4.85\beta)$	$\beta' = \frac{\beta}{2}$	a	b
A	1.88	0.70	—	1.48	0.32	4.54	0.63
B	1.70	0.59	-1.84	2.16	0.35	5.56	0.70
C	2.29	0.64	-1.55	2.69	0.39	6.47	0.78
D	0.74	0.40	—	1.39	0.45	5.71	0.89
A+B+C	2.06	0.65	-1.86	—	—	—	—

$$\log_{10} N = \alpha - \beta I \quad (1)$$

表示，使用最小二乘法求 α 及 β 值，其結果如第三表。

(1)式亦可寫做

$$\log_{10} N = \alpha_6 - \beta (6 - I) \quad (2)$$

α_6 表示震度 6 級地震次數之對數， α_6 值亦列在第三表。A 及 D 區域各站最近三十年來無震度 6 級烈震紀

錄故不能求 α_6 。

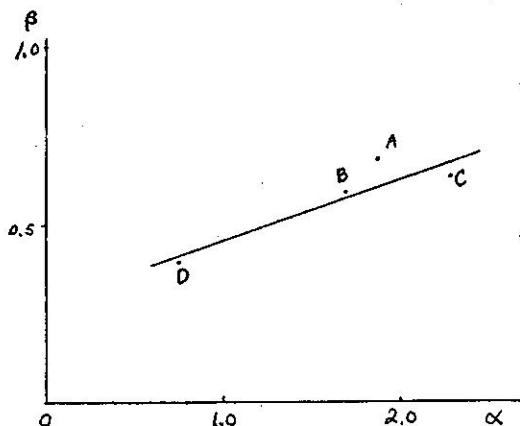
(1)式中 α 表示震度零，即無感地震次數之對數，而 β 表示回歸直線之梯度，即表示大小地震發生數之比率。 α 值和所計算的地區面積大小及時間長短有關，但 β 和它們無關，此亦足以表示某地區地震之特性之一。

由第三表我們知道 α 在 C 區域最大，A 區域及 B

區域次之，D區域最小，最大次數為最小次數之三十五倍餘。 β 值於 A區域最大，即震度小的地震次數與震度大的地震次數比率最大。C 及 B區域次之，D區域最小。

關於 α 值 C 地區最大，B 地區次之。

α 和 β 值之關係可以第四圖表示之，兩者略有線性增加的關係，即有 β 隨着 α 增加的傾向。



第四圖 各區域 α 及 β 值之關係

Fig. 4. Relation between the constants α and β in the areas A, B, C and D.

第四表：日本之 α 及 β 值

Table 4: α and β values in Japan

區域	α	β
A	2.06	0.58
B	1.48	0.46
C	0.75	0.39
A+B+C	1.61	0.49

上面所得結果將和 Ikegami⁽⁴⁾ 於日本所得結果（如第四表）比較。臺灣 D 地區和日本 C 地區之 α 及 β 值差不多完全一致。因兩者均位於地震活動極不活躍的地方。臺灣 C 地區 α 及 β 值比日本任何地區大。臺灣 A+B+C 地區之 α 值和日本 C 地區完全一致。但 β 值稍大，即有類似地震活動。除了 D 地區以外，臺灣各地區 β 值比日本大，這表震度小的地震次數和震度大的地震次數之比率大，換言之，臺灣地區震度小的地震比日本為多，震度大的地震為少。

三、 α 及 β 和 Tsuboi 公式之關係

Tsuboi⁽¹⁰⁾ 於 1952 年發見地震規模 M ⁽¹²⁾ 與其次

數 N_M 有下式關係

$$\log_{10} N_M = a - bM \quad (3)$$

(3) 林錦和⁽¹³⁾ 於 1970 年使用 15 年 (1954-1968) 來在臺灣觀測的資料計算 a 及 b 值如第三表。

此外 Kawasumi⁽⁷⁾ 於 1954 年定 M_k 為震央距離 100 公里處之震度，且獲得 M_k 和 M 有

$$M = 4.85 + 0.5M_k \quad (4)$$

之關係。

由(3)及(4)式可得

$$\begin{aligned} \log_{10} N_{M,k} &= (a - 4.85b) - 0.5bM_k \\ &= \alpha' - \beta'M_k \end{aligned} \quad (5)$$

利用林錦和所得 a 及 b 值計算 α' 及 β' 之值如第三表。 α , β 和 α' , β' 之傾向有若干相似之處，但數值相差很多。其理由可能林錦和所計算的年份有十五年，僅為本文所計算之一半。

四、 α 及 β 和 Ishimoto-Iida 公式之關係

於 1953 年 Suzuki⁽⁸⁾ 說，某一段時間內，在某地區發生的地震於震源的最大振幅 a 和 $a + \delta a$ 之間的地震次數 n 可用 Ishimoto-Iida 公式相同型式表示

$$n(a)\delta a = Ca^{-m}\delta a \quad (6)$$

又周期 T ，振幅 a 的地震最大加速度 A 為

$$A = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a \quad (7)$$

根據 Kawasumi, 1954⁽⁷⁾，第一表的震度 I 與加速度 A 有

$$A = 0.253 \times 10^{0.5I} \quad (8)$$

之關係。

由 (b), (7) 及 (8) 可得

$$n = C \times 10^{-0.5(m-1)} \quad (9)$$

N 為 n 除以統計年數，故

$$N = C' \times 10^{-0.5(m-1)} \quad (10)$$

(10) 和 (1) 比較，可得

$$\alpha = C' \quad (11)$$

$$\beta = 0.5(m-1) \quad (12)$$

由(12)式從前面所得的 β 值求 m 值，其結果如第五表。臺灣各地區 m 值於 A 地區最大而 C 地區最小。 m 值通常為 1.8 ± 0.3 ，且與區域、觀測時間及地震規模無關，而為比較穩定的數字。臺灣各地區的 m 值和 Ikegami⁽⁴⁾ 所得日本的 m 值第六表比較，其傾向是一致的，但數值稍大。這表示小規模地震的活動比較旺盛，而大規模地震活動比較少。

第五表 臺灣之 m 值

Table 5: m-value for various area in Taiwan

區域	m
A	2.40
B	2.18
C	2.28
D	1.80
A+B+C	2.13

第六表 日本之 m 值

Table 6: m-value for various area in Japan

區域	m
A	2.16
B	1.92
C	1.78
A+B+C	1.98

五、結語

本文將最近三十年來臺灣地區各地震帶中地震活動 (Seismicity) 之狀況，應用實測資料求各地震帶之 α , β , α' , β' a 及 b 值，把地震活動狀況以定量方法表示。又此種計算結果可以估計某地區未來若干時間某種震度之地震發生次數，但尚未能預測什麼時間會發生地震。

本研究之完成得國家科學委員會之補助特此誌謝。各站歷年地震觀測資料，由內子鄭九惠搜集，抄錄及統計一併致謝。

參考文獻 References

- Hsu, M. T. (1961): Seismicity of Taiwan (Formosa), Bull. Earthq. Res. Inst 39, 831-847.
- Hsu, M.T. (1965): Seismicity of Taiwan, Proc. 3rd World. Conf. Earthq. Eng. Newzaland.
- Hsu, M. T. (1968): The Distribution of initial motions of Seismic Waves and Earthquake mechanism, Met. Bull, Taiwan Weather Bureau, Vol. 14, No. 3, 1-11.
- Ikegami, I. (1961): Intensity-Frequency Relation for Felt Earthquakes in Japan, Seism. Soc. Japan Vol. 14, No. 2, 94-101.
- Kawarumi, H. (1952 a): On the Energy Law of Occurrence of Japanese Earthquakes. Bull. Earthq. Res. Inst. 30, 319-323.
- Kawasumi, H. (1952b): Energy Law of Earthquake Occurrence in the Vicinity of Tokyo, Bull. Earthq. Res. Inst. 30, 325-330.
- Kawasumi, H. (1954): Intensity and magnitude of Shallow Earthquakes. Publ. Bureau Cent. Seism. Int. 99-114.
- Suzuki, Z. (1953) : a statistical Study on the Occurrence of small Earthquakes, Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 5, Vol. 5, 177-182.
- 臺灣地震調查表 (1940-1969) : 氣象局
- Tsuboi, C. (1952): Magnitude-Frequency Relation for Earthquakes in and near Japan, Journ. Phys. Earth, 1, 47-54.
- Vesaneu, E. (1966): On "Seismic Activity Boundaries" as obtained according to Seismogram Type, Westward from Alaska to Formosa, B.I.I.SEE Vol. 3, pp. 71-79.
- 徐明同 (1966) : 臺灣地區地震活動：氣象學報第12卷第4期
- 林錦和(1970) : 臺灣地震發生之研究 (未刊)