

# 臺灣地區地震活動之定量研究

## *On the Quantification of Seismicity of Taiwan*

徐 明 同

*Ming-Tung Hsu*

### ABSTRACT

Seismicity at the 13 areas of Taiwan was qualitatively studied by using of 2,886 earthquakes whose magnitudes are larger than 4.0, obtained by the Central Weather Bureau from 1936 to 1973. The seismicity is expressed by the new codes as follows:

Location/T/DDDD/EEEE/MMM/IIII/aaaa/bbbb/Remarks  
where T denotes type of earthquakes; D, depth of earthquake; E, mean energy release; M, maximum earthquake magnitude; I, maximum intensity with its acceleration; and a, b, constants of the Gutenberg-Richter's magnitude frequency relation.

By using these new codes, a general grasp of the seismicity of Taiwan can be realized not only qualitatively but also quantitatively, as well as certain relations between seismicity and geotectonics. Moreover, the seismicity at different places and in different time intervals could be able to compare with each other without any difficulties. This method is very useful both in the field of seismicity and earthquake engineering.

### 一、前 言

地震活動 (度) (Seismicity) 一詞, 在地震學及地震工程 (Earthquake Engineering) 方面, 被廣泛採用已有三十多年歷史, 但迄今並無明確的定義。僅模糊地表示地震活動旺盛程度之定性概念。至於如何表示某地區之地震活動情況, 大約八十年前起就有各種表示方法。例如 1900 年法國人 Montessus [1] 根據地震之發生次數和強度 (Intensity), 把地震活動度, 大略分為三類, 即穩定 (Stable or aseismic) 地區, 準地震 (Peneseismic) 地區及地震 (Seismic) 地區。屬於穩定地區如俄國和巴西等國家, 幾乎沒有發生地震, 屬於準地震區如瑞士, 只有發生少數不強烈地震, 而屬於地震地區如日本, 經常發地震, 包括許多強烈地震在內。此外他並定義地震線 (Seismic lines) 為每邊長度和  $\sqrt{PA/n}$  成比例之正方形, n 為地震次數, P 為觀測年數, A 為面積以  $\text{Km}^2$  為

單位, 想尋找這些線與區域地質構造之關係。

其後有許多學者例如 Sieberg (1904), Knott (1908), Byerly (1942), Gutenberg 和 Richter (1949), Benioff (1955), Amand (1956), Båth (1956), Ullmann 和 Maaz (1967), Riznichenko (1969), Terashima (1972) 等人, 則研究地震活動度之表示方法。關於這些人之研究, 著者 (1976) [2] 已撰文詳細介紹。綜合其結果, 地震活動度有時係指某地區, 某一段時間內之地震次數, 或這些地震所釋放出來之能量, 甚至於地震次數或能量之時間或空間變化以及地震規模 (Earthquake magnitude) 之分布。總而言之, 大家都想以地震活動來表示地震活動之生態, 並盼望亦能定量地表示地震活動情況, 特性, 以及其旺盛程度。因為大部分都以一種參數表示, 故無法成功地表示複雜的地震活動度。

著者 [2] 已創造一種新的地震活動綜合表示法, 可以定性地且定量地表示地震活動之生態, 旺盛

之程度，並言及地震活動與地體構造 (Geotectonics) 之關係，藉使各地以及同一地點不同時期之地震活動度能互相比較，且便於繪製地震分區圖 (Seismic zoning map)，配合地震活動之研究和耐震工程設計之需要。

## 二、地震活動度之新表現法

地震活動之研究，在實用上與地震預測和耐震工程之研究互相有密切關連；就學術言，在地震學及地震工程方面亦佔很重要地位。目前臺灣國民經濟建設正在迅速發展中，除十大工程建設積極進行，即將完成，繼之企劃十二大建設外，民間各種大型工程建設亦正陸續展開中。然臺灣位於環太平洋地震帶上，過去常蒙受強烈地震之災害，故地震活動之研究為目前迫切需要的問題。

前已述及著者 [2] 已創造一種新的地震活動度表現法，可以表示地震活動之各種參數，以及與地體構造有關之因子。其型式如下：

地名 / T/DDDD/EEEE/MMM/IIII/aaaa/bbbb/記事

地名表示某地點，以半徑 50 公里範圍代表此點。T 表示該地區之地震型式，採用 Santó [3] 之分類法。即 I 型為海嶺型 (Ocean ridge type)，表示發生沿海嶺之正斷層 (Normal fault) 淺層地震，以英文字母 R 表示。II 型為轉移型 (Transform type)，發生在海嶺錯開 (dislocate) 之地帶，也就是破碎帶 (Fracture zone) 或者轉移

斷層 (Transform fault) 上的淺層地震，以 F 字表示。III 型為下衝型 (Underthrusting type)，為發生在沿海溝的淺層地震，因海洋板塊 (Oceanic plate) 向大陸板塊 (Continental plate) 下，下衝而後者被前者拖曳而發生之逆斷層型 (Reversal fault type) 地震，以 U 字表示。IV 型為島弧型 (Arc-island type) 發生在海洋板塊向大陸板塊下衝部分，即沿海溝但靠大陸或邊海 (Marginal sea) 方面，也就是震源面 (Benioff zone) 內深度較深的地震，而最大應力或張力之方向和板塊平行，以 A 字表示。V 型為邊海型 (Marginal sea type) 發生的地方和 IV 型相同，但深度較淺，係因蓄積在大陸板塊內應力所引起，而應力方向和島弧或海溝 (Trench) 成垂直，以 M 字表示。VI 型為孤立大陸型 (Isolated continental type)，孤立地發生在大陸內部，震源深度大約 100 至 200 公里。最大應力軸都為水平，發生機制 (mechanism) 尚不太明瞭以 I 字表示。VII 型為分散型或塊狀形 (Dispersed or block type)，分散地發生在大陸地殼內的地震，可能是大陸板塊本身橫方向不均勻而引起，或者許多較小地塊間的互相作用所引起之地震，以 D 字表示。VIII 型為衝突型 (Collision type)，因兩個板塊衝突而引起之地震，以 C 字表示。IX 型為其他型式，不屬於上述八種型式之地震，以 E 字表示。表一表示，地震型式及其記號。

表一：地震型式

型式	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI
名稱	海嶺型	轉移型	下衝型	島弧型	邊海型	孤立大陸型	分散型	衝突型	其他型
記號	R	F	U	A	M	I	D	C	E

表二：地震深度

	極淺層地震	淺層地震	中深度地震	深層地震
深度 (km)	0~33	34~70	71~300	300 以上
英文字母	N	S	I	D

DDDD 計四格表示該地區之地震深度，而四個英文字母表示如表示。

該地區地震僅為極淺層地震時，第一格填 N 字，其餘即填「一」字。該地區地震為極淺層及淺層而沒有中深度及深層地震時，只填 N 及 S，餘類推。

EEEE計四格表示該地區單位面積，單位時間地震所釋放之能量，以每年每平方公分爾格 (erg) 為單位，即  $\text{erg}/\text{cm}^2 \cdot \text{yr}$ 。前三格小數一位數值而第四格填 10 之方數，例如該地區平均地震能量為  $1.5 \times 10^7 \text{ erg}/\text{cm}^2 \cdot \text{yr}$ ，即填 1.57。

MMM表示該地規定期間內發生之最大地震規模，填小數一位。

IIIII 計五格表示該地區規定期間內發生之最大震度 (Intensity)。震度階級 (Scale of seismic intensity) 採用聯歡組織於 1964 年所建議之 MSK (Medvedev, Sponheur and Karnik) 震度階級 [4]，共有 I 至 XII 級。第一格以羅馬數字表示震度，如知道加速度值，不管實際記錄或推測值，均以 g (重力加速度) 為單位，填至小數二位數字，使用第二至第五格。

aaaa 及 bbbb 各以四格表示地震規模與地震次數關係式之係數。據 Gutenberg 和 Richter [5]，地震規模在 M 與  $M+dM$  間之次數為  $n(M)$  時，有下列關係存在，即，

$$\log n(M)dM = (a - bM)dM \dots \dots \dots (1)$$

又據 Utsu [6]，積分(1)式可得，

$$\log N(M) = a - bM \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{而 } a = \dot{a} - \log(b \ln 10) \dots \dots \dots (3)$$

上式中  $N(M)$  為累積地震次數，也就是規模 M 以上之總地震次數。 $\ln$  表示自然對數。(2) 式與 (1) 式型式相同，係數 b 亦相同。a (或  $\dot{a}$ ) 表示規模零以上 (零) 之地震次數，與統計年數及所考慮地區之面積大小有關，而 b 表示較大地震與較小地震次數之比率。據 Miyamura [7] 和 Mogi [8] 之研究，此值與當地地體構造 (geotectonics) 有密切關係。以上 a 及 b 兩個常數係表示地震活動特性的重要參數。a 及 b 均使用四格，填小數兩位數字。此外據 Hsu [9]，使用最小二乘法決定 a 及 b 所需要地震之次數，至少要 400 次，故使用地震次數較少時所決定之 a 及 b 數值，即用括弧以便區別。

最後記事欄可填所使用資料之期間以及其他事項。

### 三、臺灣地區地震活動度之定量化

有關臺灣地區地震活動，著者 [10, 11, 12, 9, 13] 已有許多詳細報告。在這些報告中，曾經詳細地討論過臺灣地區地震之空間及時間分佈，並使用圖表表示之，同時也言及地震活動與地體構造之關係。

根據著者 [13] 所編自 1936 年至 1973 年臺灣地震目錄，地震規模 M 大於 4.0 之地震共有 2,886 次。下面將以此數據作為各種推算之依據。關於每次地震都有發生時間，震央位置經度及緯度表示，深度及地震規模。此外再參考 Hsu and collaborators [14] 所編之各地震度統計表，決定各地之最大震度並由中央氣象局震度階級換算為 MSK 震度階級。然後根據實際測定結果或估計，決定加速度值。

所計算之各地區如表三共有十三點，以某地點半徑 50 公里範圍內代表該地區，所包含的地區如圖一。顯然有些地區有重疊，小部分範圍尚未能包括在內。首先由總數 2,886 次地震選出該地區範圍內之地震，然後由所選出之地震計算各種參數。

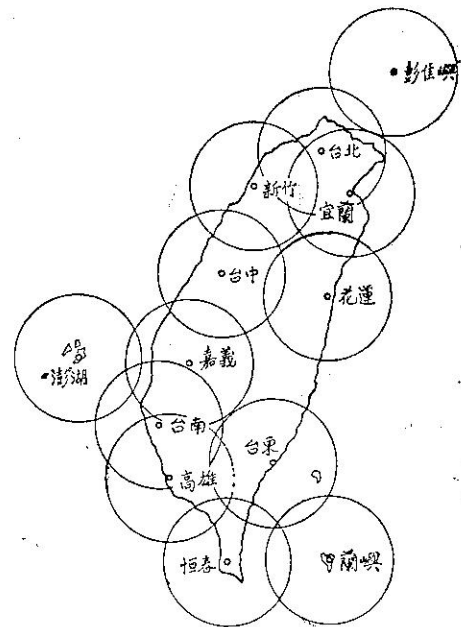


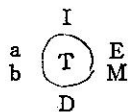
圖 1 臺灣地區各地點所代表之範圍

經過上述煩雜且費時計算後所獲得的結果却十分簡便，如表四，由此表可以一目瞭然地，定性且定量地了解各地區之地震活動度，並便於各地區互相比較。

表三：各地點之位置

地名	緯度 (N)	經度 (E)
臺北	25° 02'	121° 31'
新竹	24° 48'	120° 58'
臺中	24° 09'	120° 41'
嘉義	23° 30'	120° 25'
臺南	23° 00'	120° 13'
高雄	22° 37'	120° 16'
恆春	22° 00'	120° 45'
臺東	22° 45'	121° 09'
花蓮	23° 58'	121° 37'
宜蘭	24° 46'	121° 45'
蘭嶼	22° 02'	131° 33'
澎湖	23° 32'	119° 30''
彭佳嶼	25° 38'	122° 04'

表四亦可用圖來表示。著者 [2] 已提案用圓圈表示地點，圓圈內表示地震型式 T，圓圈上面 I 表示最大震度階級，旁邊寫加速度值。下面 D 字處表示震源深度，右邊 E 表示平均地震能量而 M 表示最大地震規模，左邊 a 及 b 依次表示常數 a 及 b 之數值，即如圖二。



圖二 地震活動度之表示

表四所示結果，如依照上述方法用圖表示即可得圖三。在此圖上亦可繪等震度線及等能量線。

表四：臺灣地區各地之地震活動度

地名	T	DDDD	EEEE	MMM	IIII	aaaa	bbbb	記事
臺北	A	NSI-	2.95	5.8	VII0.08	(6.22)	(1.05)	1936-1973
新竹	C	N--	2.95	5.8	VII0.05	(5.54)	(0.93)	同上
臺中	C	NS--	1.56	6.2	VII0.08	(6.39)	(1.00)	同上
嘉義	C	NS--	2.07	7.1	IX0.30	5.47	0.77	同上
臺南	C	NS--	2.26	6.4	XI0.20	(6.32)	(0.98)	同上
高雄	M	NS--	1.75	5.6	VII0.06	(9.03)	(1.61)	同上
恆春	M	NS--	1.27	7.1	IX0.25	(3.70)	(0.53)	同上
臺東	C	NS--	4.27	7.3	IX0.25	2.54	0.90	同上
花蓮	C	NS--	8.87	7.3	IX0.28	7.29	0.96	同上
彭佳嶼	A	NSI-	3.55	5.8	VII0.08	(3.77)	(0.63)	同上
澎湖	C	N--	1.15	5.6	VI0.04	---	---	同上
蘭嶼	A	NSI-	2.17	7.1	IX0.25	5.62	0.78	同上
宜蘭	A	NSI-	6.86	6.5	VIII0.18	8.20	1.22	同上

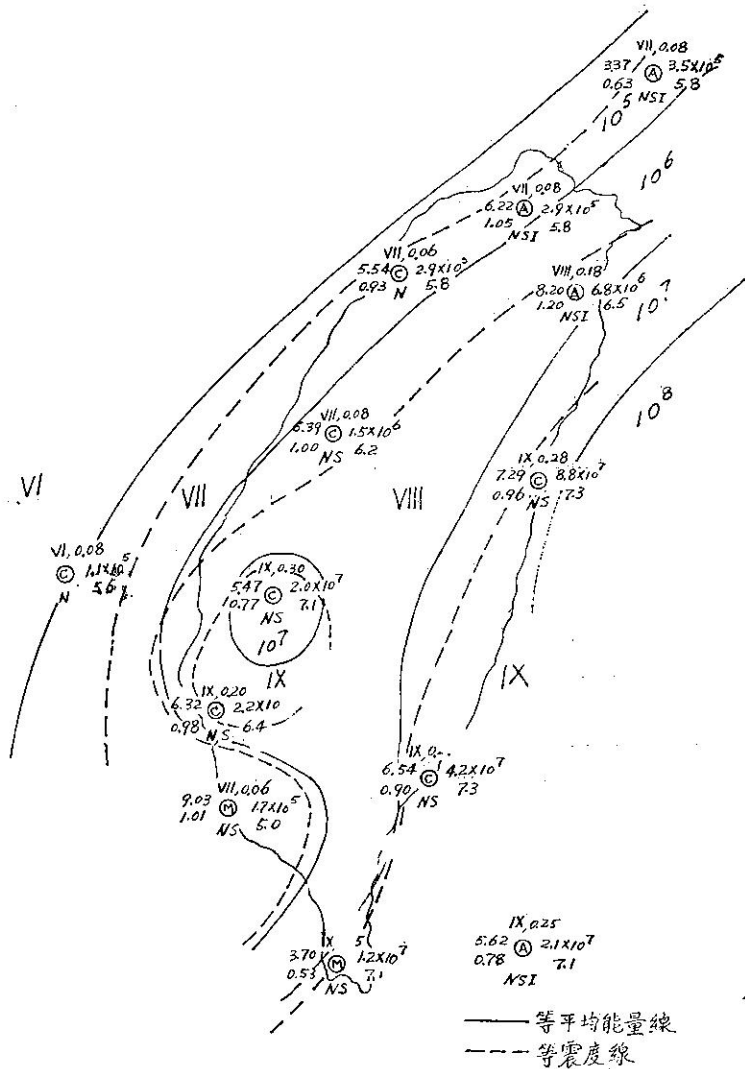


圖 3 臺灣地區各地之地震活動度

#### 四、結 語

本文試用著者所創造的公式及圖表示，臺灣島及附屬島嶼計十三地區，自 1936 年至 1973 年間之地震活動度，希望能定性且定量地，甚至於表示地震活動與地體構造之關係。這種新的表示方式包括許多有關地震活動之重要參數，諸如地震型式，震源深度，地震平均能量，最大地震規模，最大震度及其加速度值，以及與地體構造有密切關係之 a 及 b 值。然而其方法簡單明瞭且很容易記憶。

過去描寫某地區之地震活動度，大都僅用上述參數中之一部分而已，不够詳細，不能窺見其全貌，且無法互相比較其活動之旺盛程度。本文所採用

的方法，已網羅所有有關地震活動之參數，已獲莫大改善。由這種方法表示之結果，不但便於互相比較各地區間以及不同期間的地震活動情況，而且亦容易繪製地震分區圖，對地震活動之研究以及耐震工程設計上有很大參考價值。

這種表示法，希望能推廣至世界各地，盼望將來世界各地地震活動度都用這種方式表示，恰如和氣象學之氣候表類似性質之資料，便於地震學及地震工程研究人員以及實際工作人員廣泛應用。

最後在這種表示法裏，唯一值得再檢討者為地震型式之分類方法。本文中暫時採取 Santo 之方法，但將來有較恰當的方法出現時，當隨時參考修改。

本文會受行政院國家科學委員會獎助，特誌致謝。

### 參 考 文 獻

1. Montessus de Ballore (1900): Introduction à une description séismique du globe et mesure de la séismicite, Beitr. zur Geophys., 4, 331-382.
2. 徐明同 (1976) : 地震活動度定量化之研究, 氣象學報, 第22卷, 第 3 期, 1-6.
3. Santō, T. (1972): Classification of earthquakes into seven types from the view of plate tectonics, Bull. Intern. Inst. Seis. Earthq. Eng., vol. 9, 1-10.
4. Willmore, P. L. (1970): Manual of scismological observatory practice, Intern. Scis. Centre.
5. Gutenberg, B. and C. F. Richter (1954): Seismicity of the earth, 303 pp.
6. Utsu, T. (1961): A statirtical study on the occurrence of aftershocks, Geophy. mag., vol. 30, No. 4, 521-605.
7. Miyamura, S. (1962): Magnitude frequency relation of earthquakes and its bearing on geotectonics, Proc. Japan Acad., 38, 27-30.
8. Mogi, K. (1963): the fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena, Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ., Vol. 41, 585-614.
9. Hsu, M. T. (1971): Seismicity of Taiwan and some relnted problems, Bull. Intern. Inst. Seis Earthq. Eng., Vol. 8, 41-160.
10. Hsu, M. T. (1961): Seismicity of Taiwan (Formosa), Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ., Vol. 39, 831-847.
11. Hsu, M. T. (1965): Seismicity of Taiwan, Proc. 3rd World Conf. Earthq. Eng., New Zealand, 111/H/8, 1-8.
12. 徐明同 (1966): 臺灣地區地震活動研究報告, 氣象學報, 第 12 卷第 4 期, 33-51.
13. Hsu, M. T. (1975) Report on regional seismicity of Taiwan, Inst. Earth Sci., Academia Sinica, 431pp.
14. Hsu, M. T. and collaborators (1974): Report of regional seismicity of Taiwan, Special Rep. for Taipower.