HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	3. 世界各地域における地震のマグニチュードの度数分布について
Author(s)	富田, 弘雄; 宇津, 徳治
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 19, 57-64
Issue Date	1968-03-13
DOI	10.14943/gbhu.19.57
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/13937
Type	bulletin (article)
File Information	19_p57-64.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

3. 世界各地域における地震のマグニチュードの度数分布について

富田弘雄*・宇津徳治
(北海道大学理学部地球物理学教室)
— 昭和42年11月受理 —

I. 序　　言

ある地域内にある期間中に発生したマグニチュード M 以上の地震の数 $N(M)$ と M との関係は近似的に

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

という実験式で表わされ，b は 1.0 前後の値をとることが知られている。GUTENBERG と RICHTER[1] は全世界を 51 の地域に分けて各地域の地震活動を調査したが，そのいくつかの地域について前式の b の値を求め，0.45 から 1.8 までの値を得ている。宮村[2] はこの結果および他の資料に基づいて，b の値が地域的に異なるのは有意義であり，海洋地域の地震帯でもっとも大きく ($b=1.0\sim1.8$), 環太平洋の大きい島や大陸内の弧状山脈に沿う造山帯では中程度で ($b=0.7\sim1.0$), 大陸内部の古い安定地域ではもっとも小さい ($b=0.4\sim0.7$) と述べている。環太平洋の各地域の b の値についてはその後 DUDA[3] の研究もある。

GUTENBERG-RICHTER が b の値を求めるのに用いた地震は，1904 年から 1945 年までの $M\geq7\,^3/_4$ のもの，1922 年から 1945 年までの $7.7\geq M\geq7.0$ のもの，および 1932 年から 1935 年 6 月までの $6.9\geq M\geq6.0$ のものであり，その数は多い地域で約 100 個，少い地域では数個にすぎない。従って b の値の決定誤差も小さくないと思われる。DUDA は 1918 年から 1964 年までの $M\geq7.0$ の地震を用いているが地域を広くとったので，地震数は最低 50 個はある。

U. S. Coast and Geodetic Survey の発行する震源速報 (Preliminary Determinations of Epicenters, PDE と略称) には 1963 年から各地震のマグニチュードも記載されるようになった。このマグニチュードは P 波群の最大振幅/周期を基礎にしたもので，前述の GUTENBERG-RICHTER の準拠しているマグニチュード (表面波の振幅によるもの，あるいは実体波の振幅/周期から決めたマグニチュードを表面波によるマグニチュードに換算したもの) とは系統的に多

---

* 現在，日本レミントン・ユニヴァック社

1) B. GUTENBERG and C. F. RICHTER; Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, Princeton Univ. Press, 1949.

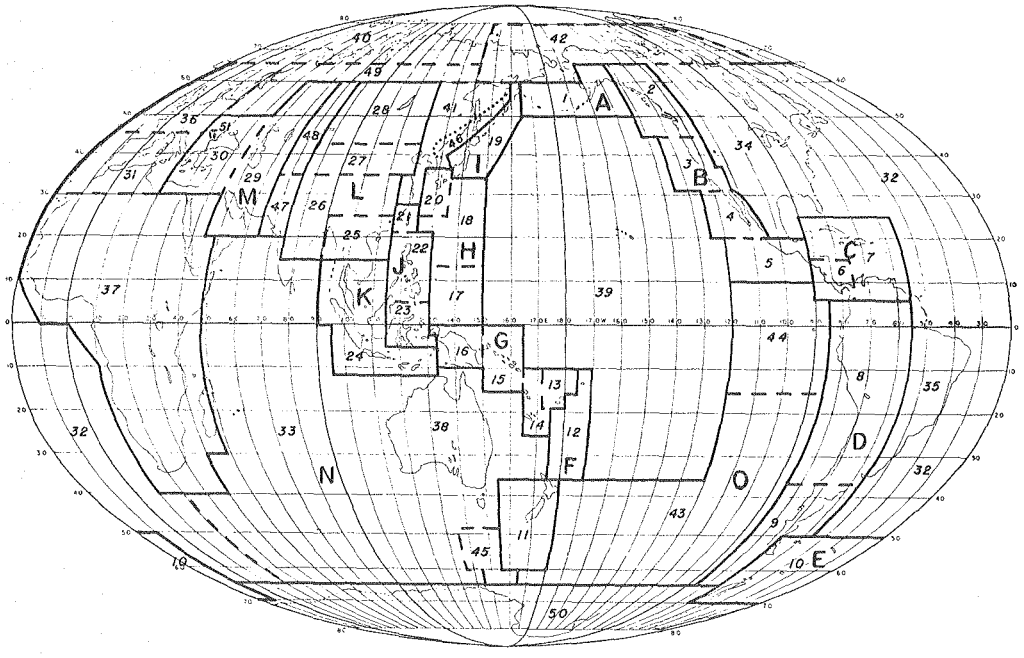
2) 宮村摂三；地震活動と地体構造，地震 (ii), **15** (1962), 23-52.

3) S. J. DUDA; Secular Seismic Energy Release in the Circum-Pacific Belt, Techtonophysics, **2** (1965), 409-452.

少異なるが，とにかく多数の地震（年間数千個）のマグニュードが同一基準で決められるようになった。そこでこの PDE のマグニチュードを用いて，世界各地域の b の値を求めてみた。この調査は筆者の一人（富田）の 1966 年度北大地球物理学科卒業研究として手がけたものであるが，その後宮村，溝上[4] によって同様な研究が発表された。しかし資料，方法等が若干異なるのでわれわれの結果もここに簡単に報告することにした。

II. 調査方法および結果

世界の地域分けは前記 GUTENBERG-RICHTER によるものをそのまま用いた。第 1 図に数字で示されたものである。各地域ごとに 1964 年から 1966 年末までの 3 年間に発生した深さ 100 km 以浅の地震のマグニチュード別度数を PDE から調べた。大多数の地域ではマグニチュード 4 以下の地震から記載されているが，数個の地域では最低のマグニチュードが 4.1～4.4 であった。そこでマグニチュード 5 以上の地震はもれなく含まれているものと考えた。マグニチュード 4 以下の地震の報告がない地域で以下の議論に関係があるかも知れないと思われるものは Region 10 と 11 で，ここでは記載されている最低のマグニチュードはそれぞれ 4.1 および 4.3 である。PDE のマグニチュードは，われわれの常識から多少ずれたものもあり，たとえば Region 19 (Japan-Kamchatka) での最大のものは 6.4 であり，新潟地震その他 7 以上と思わ



第 1 図　地域区分 1–51 および A–O を示す地図

Fig. 1.　Map showing the regions 1–51 and A–O.

4) 宮村摂三・溝上　恵；環太平洋地域における地震活動，序報，地震学会講演，1966 年 10 月.

れるものも PDE では 6.4 以下の値が与えられている。

b の値の計算は宇津の提案した式[5)]

$$b = \frac{s \log e}{\sum M_i - sM_s}$$

を用いた。ここで $\sum M_i$ はマグニチュード M_s (ここでは 4.95) 以上の全地震 (s 個) のマグニチュードの和である。結果は第1表のとおりで，$s<10$ の地域については b の値は求めなかったが，残りの 31 の地域の b の値は 0.60 から 1.40 までの間に分布している。しかし地震の数 s の小さいものは誤差が大きいので，隣接していて b の値にも大差がないいくつかの地域をまとめて数の増大をはかった。まとめられない地域あるいはまとめても総数が 50 に達しないような地域は捨て，結局第1図 A, B,……,O の 15 地域を得た。これらの各地域について b の値を求めたものが第2表である。各地域について $\log N(M)$ を M に対してプロットした図は第2図として示されている。

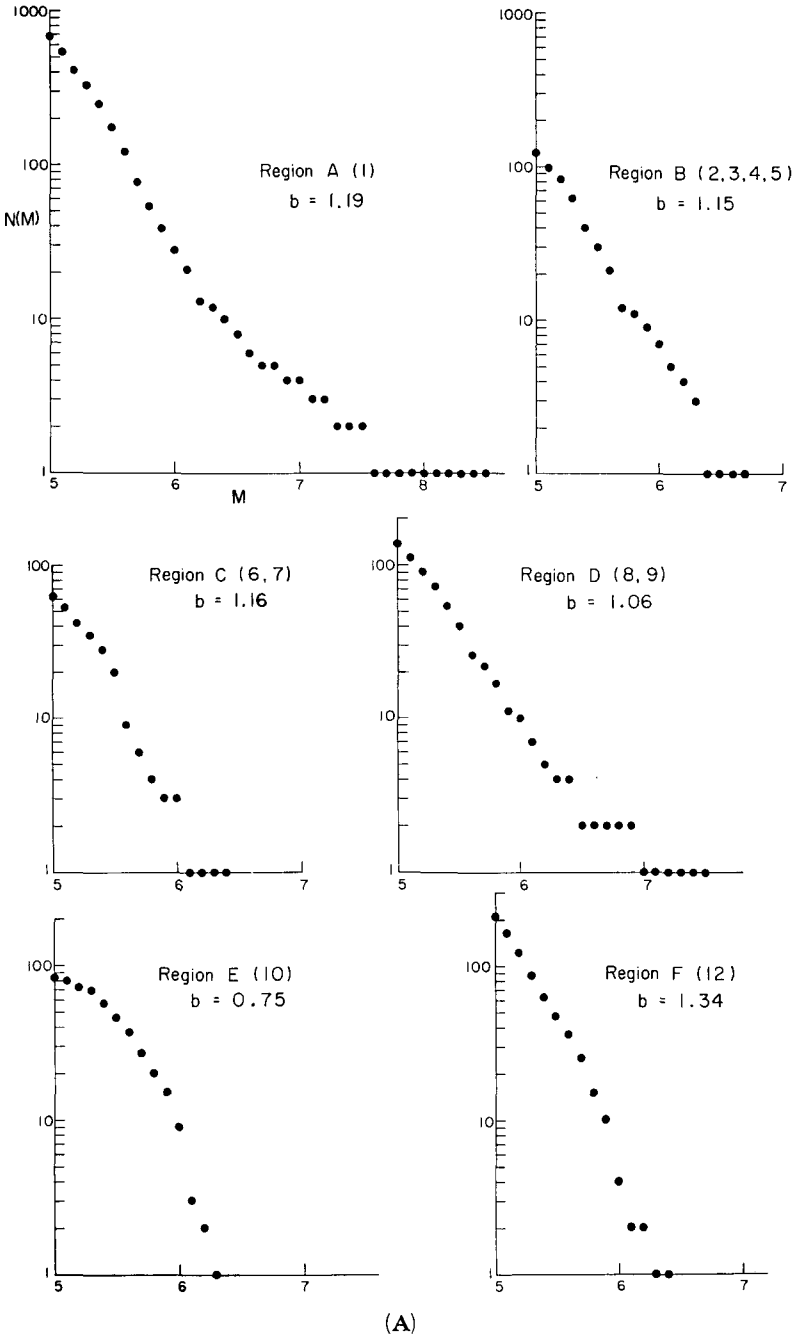
第1表　51 地域の $M \geq 5$, $h \leq 100$ km の地震に対する b の値と地震総数 s.

Table 1.　Value of b for 51 regions and the total number s of earthquakes with $M \geq 5$ and $h \leq 100$ km in each region.

Region	b	s	Region	b	s	Region	b	s
1	1.19	691	18	1.10	63	35	—	0
2	—	5	19	1.13	271	36	—	3
3	1.28	42	20	1.45	22	37	1.08	27
4	1.13	25	21	0.97	51	38	1.40	10
5	1.01	50	22	0.93	94	39	—	7
6	1.30	32	23	0.81	108	40	1.03	15
7	1.01	32	24	1.03	116	41	0.95	14
8	1.10	111	25	0.88	21	42	1.05	11
9	0.92	25	26	0.97	76	43	1.35	52
10	0.75	83	27	0.84	20	44	1.38	17
11	0.60	23	28	0.75	26	45	—	6
12	1.34	211	29	1.15	35	46	—	2
13	—	6	30	1.13	55	47	1.13	26
14	1.01	142	31	1.21	10	48	1.40	28
15	0.97	221	32	1.12	72	49	—	0
16	0.95	125	33	1.07	47	50	—	2
17	1.35	22	34	1.13	17	51	—	0
						World	1.07	3170

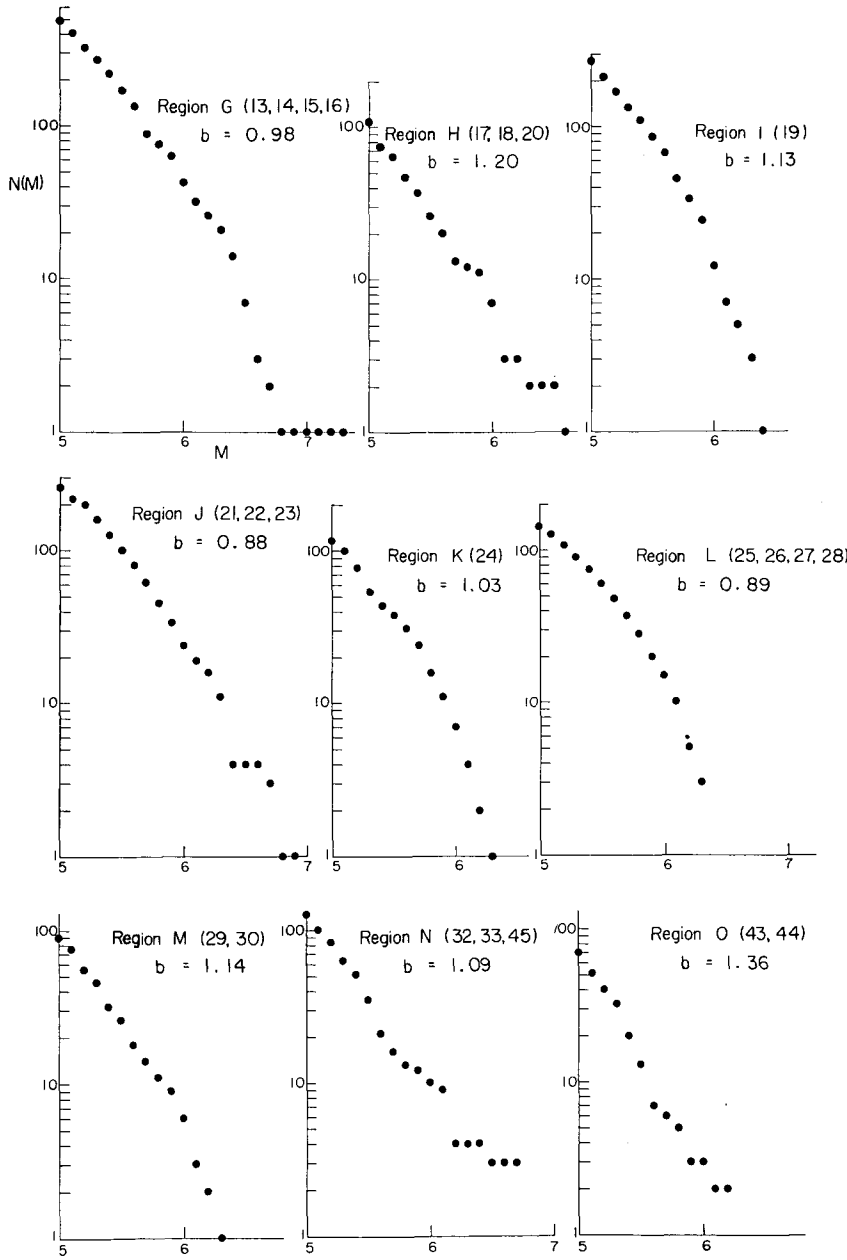
5) 宇津徳治；地震の規模別度数の統計式 $\log n = a - bM$ の係数 b を求める一方法，北大地球物理研究報告，**13** (1965), 99-103.

宇津徳治；地震の規模別度数分布に関連する諸問題 I，北大地球物理研究報告，**17** (1967), 85-112.



第2図 (A), (B)　15 地域に対する $\log N(M)$ 対 M のプロット

Fig. 2. (A), (B)　$\log N(M)$ plotted against M for 15 regions shown in Fig. 1.


N(M)
M
Region G (13, 14, 15, 16)
b = 0.98
Region H (17, 18, 20)
b = 1.20
Region I (19)
b = 1.13
Region J (21, 22, 23)
b = 0.88
Region K (24)
b = 1.03
Region L (25, 26, 27, 28)
b = 0.89
Region M (29, 30)
b = 1.14
Region N (32, 33, 45)
b = 1.09
Region O (43, 44)
b = 1.36

(B)

第2表 15 地域に対する b の値と地震総数 s.

Table 2. Value of b and the total numbers s for 15 regions.

Region			b	s
A	1	Aleutian-Alaska	1.19	691
B	2, 3, 4, 5	Pacific Side of North America	1.15	122
C	6, 7	Central America-Caribbean	1.16	64
D	8, 9	South America	1.06	136
E	10	South Atlantic	0.75	83
F	12	Tonga and Kermadec Is.	1.34	211
G	13, 14, 15, 16	Fiji-Solomon-New Guinea	0.98	494
H	17, 18, 20	South of Japan to Equator	1.20	107
I	19	Japan-Kamchatka	1.13	271
J	21, 22, 23	Formosa-Philippines-Celebes	0.88	253
K	24	Java-Sumatra-Malay	1.03	116
L	25, 26, 27, 28	Burma-China-Mongolia-Baikal	0.89	143
M	29, 30	Central Asia-Eastern Europe	1.14	90
N	32, 33, 45	Atlantic and Indian Oceans	1.09	125
O	43, 44	Southeast Pacific Ocean	1.36	69

A	×	×	×	○	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
×	B	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	D	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
○	○	○	○	E	○	×	○	×	×	×	×	×	×	○
×	×	×	×	○	F	○	×	×	○	×	○	×	×	×
○	×	×	×	○	○	G	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	○	×	×	H	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	○	×	×	×	I	×	×	×	×	×	×
○	×	×	×	×	○	×	○	○	J	×	×	×	×	○
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	K	×	×	×	×
○	×	×	×	×	○	×	○	×	×	×	L	×	×	×
×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	M	×	×
×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	N	×
×	×	×	×	○	×	○	×	×	○	×	○	×	×	O

第3図 A–O の地域中の2地域の間の b 値の有意差の検定，左下半は 90%，右上半は 98% の信頼度。白丸は有意差ありを示す。

Fig. 3. Significance of the difference in b-value between every pair of the regions A–O tested at the cofidence level of 90% (lower left) and 98% (upper right). Open circle indicates the significant difference.

第2表を見ると b が 1.0～1.2 程度の地域が多いが，それよりも大きい地域，小さい地域もあり，若干の地域差があるように思われる。二つの b の値に有意な差があるか否かの統計的検定法が示されている[6] ので，その方法を用いて各地域の間に有意な差があるか否かを調べてみた。計算は簡単で，結果は第3図に示されている。この図の左下半と右上半はそれぞれ信頼度を 90% および 98% にとった場合で，○は b の値に有意な差異があること，×は有意な差があるとはいえないことを示す。15 地域から2地域ずつとって作った組合せは 105 組あるが，90% の信頼度のとき 23 組が，98% 信頼度のとき9組が有意差ありと認められている。

6) 宇津徳治；二つの地震群に対する b 値の違いの有意性の検定，地震 (ii), **20** (1967), 54-56.
T. UTSU; A Statistical Significance Test of the Difference in b-value between Two Earthquake Groups, J. Phys. Earth, **14** (1966), 37-40.

Region E は b の値が小さく，他の地域との差が目立っているが，Region E における log N (M) の分布は第2図にみられるようにかなり上に凸になっており，データの完全性にやや疑問がある。Region E を除く91組中では有意差あり，が信頼度90％のとき12組，信頼度98％のとき5組である。これらは Region J と L が b の値が小さく，Region F と O が b の値が大きいため，これらの地域間の差によるものが主である。もっとも本来各組とも同一母集団からの標本であっても，多数の組合せをとればそのうちの何組かは有意差ありと判定されるものがでてくる筈であるから，第3図の結果からどの程度地域差の存在が主張できるか問題がある。

III. 結　　論

U. S. Coast and Geodetic Survey のマグニチュード資料を用い，世界各地域に発生する浅い地震に対する GUTENBERG-RICHTER の式の係数 b の値を調査した。その結果，東南太平洋から Tonga-Kermadec 諸島方面へかけての地域で b の値がやや大きく ($b=1.3+$)，中国大陸方面から台湾，Philippine 方面にかけての地域でやや小さい ($b=0.9-$) ことがみられたが，従来いわれていたような大きな地域差はみられず，b の値の地域差を地学的に意味づけするためにはまだデータが不充分な段階にあるものと思われる。

〔付記〕 調査期間中深さ 100 km を超え，マグニチュード5以上の地震は全世界で802個あったが，これについて b の値を求めてみると $b=1.03$ となった。これは深さ 100 km 以浅の全地震に対する値 $b=1.08$ ($s=3{,}170$) と大差がない。

3. Magnitude Distribution of Earthquakes in Various Regions of the World

By Hiroo TOMITA and Tokuji UTSU
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

This paper examines the regional variations in the value of b in Gutenberg-Richter's formula

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

expressing the relationship between the frequency of ocuurrence of earthquakes and the magnitude using the data taken from the U. S. Coast and Geodetic Survey's PDE cards during 1964-1966. The maximum likelihood estimates of the b-values have been obtained for 51 regions in the world introduced in Gutenberg-Richter's book "Seismicity of the Earth". These b-values fall in the range between 0.6 and 1.4 though the values between 1.0 and 1.2 are frequent (*cf.* Table 1). Since the error in b-value is large when the number of shocks used in its determination is small, several adjacent regions with nearly

equal b-values are combined to form large regions. The b-values for 15 combined regions scatter less widely (*cf.* Table 2). The 15 regions make 105 pairs of different combination of two regions, and the statistical significance of the difference in b-value for every pair of regions is tested by the method described by Utsu. The result shows that 23 and 9 pairs out of 105 pairs have significantly different b-values at the confidence level of 90% and 98% respectively (*cf.* Figure 3).