

16. 地震群の一特性

—大きい地震の大きさ分布に関する指標—

地震研究所 茅 野 一 郎

(昭和57年4月30日受理)

§1. ま え が き

地震の発生は、時間的にも、空間的にも、非一様性が強い。ある地域にある時期に集中して発生した地震を、他のものと区別し、その物理的関連は一先ずおいて、地震の群れ(松沢, 1950)、地震群(例えば宇津, 1977 など)とよぶことがある。

地震群は、その発生様態によって、本震—余震型、前震—本震—余震型、群発地震型などと分類されることが多い(例えば宇津, 1977; MOGI, 1963)が、その区別ははっきりしたものではない。地震群中、特に目立って大きな地震のあるものを(前震—)本震—余震型、特に目立って大きな地震のないものを群発地震型とする分類がふつう用いられているが、“特に目立って大きい”といってもはっきりした規準があるわけではない。最大地震と次に大きい地震とのちがいの分布は連続的であり、はっきりいくつかのジャンルに分けられるわけではない。

本論文は、一種の指標を導入して、形態学的に地震群の発生様態・型を特徴づけようとする試みの一部である。このような指標の導入によって地震群の定量的な特徴づけが可能になれば、それは地震群の本質的な異同を考える基礎ともなり、また、地震予知のための有効な手掛かりを与えるものと考えられる。

§2. 地震群のいろいろな型

最初に一つの例として、1964年12月—1965年2月の伊豆大島付近の地震活動を考えてみよう。Fig. 1 下は伊豆大島で観測された地震回数、Table 1 は気象庁によりこの地域に震央が決められた地震を示している。

この期間、伊豆大島付近の地震活動は全体としてかなり高く、全体を一つの地震群とみることができ、細かく見ると非常に活発な期間と静かな期間に分けることができ、震央分布にも多少の相異があって、いくつかの地震群に細分することができる。

地震回数の消長および主な地震の発生状況から、12月6~9日前後の活動(1)、12月24日~1月1日頃の活動(2)、2月20~21日前後の活動(4)を区別することができる。また、地震回数の点では目立たないが、1月5~6日にマグニチュード(M)5.3が2回、と M 4.3の地震が集中して発生しており、その前後にめばしい地震がないことに着目して、1月5~6日の活動(3)として取上げ、4つの地震群を考えることにする。

ここに挙げた4つの活動期以外の期間には、気象庁によって震源が決定された地震はな

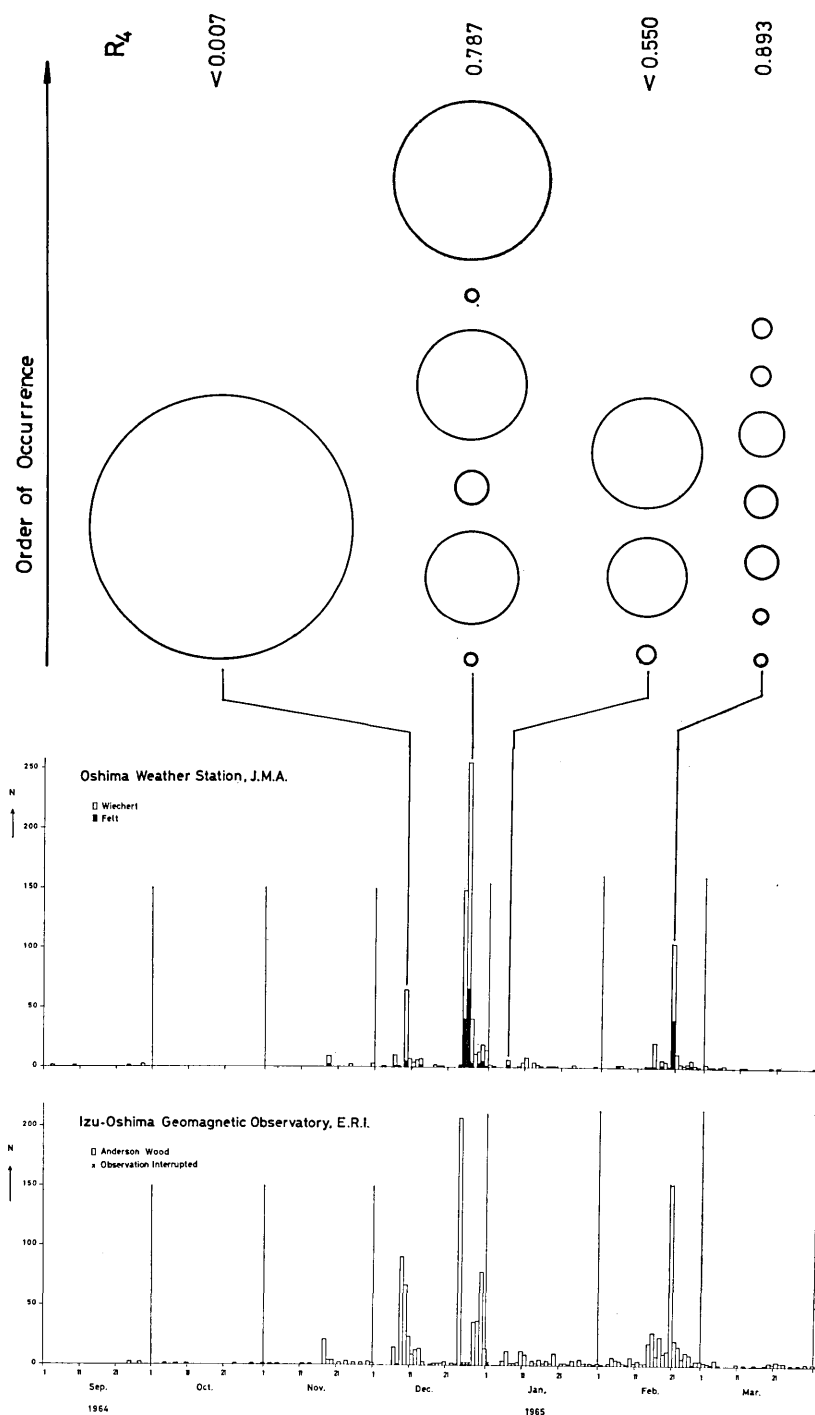


Fig. 1. Earthquakes that occurred near Izu-Oshima, Japan, from September, 1964 to March, 1965. In the lower part, the daily frequency of near earthquakes observed at Oshima Weather Station, JMA, and Izu-Oshima Geomagnetic Observatory, ERI (after Kaminuma, Kayano and Kubota, 1975).

In the upper part, circles of which areas are proportional to energy release are shown for earthquakes larger than magnitude 4 belonging to the four earthquake groups, in order of occurrence, respectively.

Table 1. Earthquakes that occurred near Izu-Oshima, 34°00'N-35°24'N, 138°40'E-139°24'E, from December 1, 1964 to February 28, 1965. (after JMA).

	Origin Time					Epicenter		<i>h</i>	<i>M</i>				
						Latitude	Longitude						
1	1964	12	6	h	m	s	34°	38'	139°	19'	20	3.4	
			9	2	49	40.0	34	35	139	18	0	5.8	
				4	07	45.9	34	41	139	13	0	3.1	
				6	3	41.0	34	38	139	12	0	3.7	
2			24	23	44	55.0	34	43	139	15	0	4.0	
			25	4	54	51.2	34	40	139	15	0	5.2	
				5	04	12.7	34	44	139	11	0	4.6	
				5	42	46.4	34	43	139	14	0	3.9	
				22	50	37.1	34	44	139	19	20	5.3	
				23	08	57.1	34	19	139	05	20		
			26	0	18	50.9	34	49	139	16	0	3.1	
				1	05	02.8	34	45	139	07	0	4.1	
				1	39	00.6	34	48	139	17	0	3.0	
				1	50	34.2	34	47	139	16	0	3.6	
				2	01	26.7	34	40	139	17	0	5.5	
				2	42	44.8	34	42	139	16	20	3.7	
				8	36	44.7	34	51	139	18	0	3.2	
				29	2	17	57.1	34	48	139	17	0	3.2
				30	2	10	11.3	34	39	139	12	0	3.7
				22	17	15.1	34	20	139	17	0	3.7	
				31	5	54	49.7	34	42	139	11	20	3.3
			3	1965	1	1	6	14	23.0	34	29	139	18
5	4	39				48.9	34	19	139	16	0	4.3	
6	5	45				13.5	34	38	139	17	20	5.1	
	5	46				05.0	34	41	139	31	20	5.3	
4			20	10	54	53.4	34	52	139	14	20	4.1	
				10	57	49.7	34	48	139	10	0	4.2	
				11	14	27.8	34	35	139	06	20	4.6	
				11	17	42.0	34	44	139	12	0	4.6	
				11	18	57.4	34	29	139	00	20	4.8	
				11	43	16.7	34	46	139	10	0	3.5	
				12	23	42.3	34	47	139	10	0	4.3	
				19	59	41.3	34	45	139	11	0	4.3	
				21	54	10.7	34	46	139	13	0	3.2	
				22	02	16.2	34	45	139	09	0	3.7	
				21	2	66	53.2	34	52	139	16	0	3.4

いから、 $M3.5$ 程度以上の地震は起こっていないと考えられる。

これら4つの地震群は、非常に近い時期に、非常に近い(かなり重なり合っている)地域に発生したにもかかわらず、発生様態が著しく異っている。(1)の地震群は $M5.8$ の地震と、多数の $M<4$ の小地震から成っている。(2)の地震群は $M5.5$, 5.3 , 5.2 および $M4.6$, 4.1 , 4.0 とそれ以下の多数の小地震から成り、(3)の地震群は $M5.3$, 5.1 (1分間隔)および $M4.3$ の地震とごく少数の小地震から、(4)は $M4.6\sim4.0$ の地震8個と $M<4$ の多数の小地震から成っている。Fig. 1の上部に、各群の $M\geq 4$ の地震について、面積がエネルギーに比例するような円を発生順に示したが、この4つの地震群の発生様態が著しく異なることは一目瞭然である。(1)は典型的な前震一本震一余震型、(4)は典型的な群発地震型であり、(2), (3)はその中間型で、敢えて名前をつけるなら(2)は三つ子型、(3)は双子型といってよいだろう。比喩的ないい方をすれば、(4)は典型的な俗にいう“どん

ぐりの背くらべ”であり、(2)，(3)，(1) と行くに従って独占傾向が強まって行くということができよう。

§3. 地震の大きさ分布

地震の大きさと度数との間の関係については、一定の地域・期間に起こったマグニチュード M から $M+dM$ までの地震の数を $n(M)dM$ ， M 以上の地震の数を $N(M)$ とするとき、グーテンベルグーリヒターの式 (GUTENBERG & RICHTER, 1944)

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

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

で表わされることがよく知られている。 b の値は、地域、期間によって異なるが、この関係式そのものは広く成立つことが知られている。細かく見れば、 M の範囲によって b の値が異なるとか、もう一項加えた式の方がよりよく適合する (例えば UTSU, 1973) といった議論もあるが、グーテンベルグーリヒターの式は地震学上の経験式としては、通常観測する範囲で広く実際の現象とよくあう方だといってよからう。

一つの地震群が観測されると、“グーテンベルグーリヒターの式に従っているものとして、最尤法 (宇津, 1964; AKI, 1965) で b 値を求める”ことは、今日ルーチン的な手続きの一つになっているといつてよい。

Fig. 2 の A~G は地震の大きさ分布のモデルである。C は規準となるもので

$$\log N(M) = 8.0 - 1.0M$$

に従う (端数切上げ、 M は 0.1 刻み) モデルである。他のモデルは、モデル C の大きい地震 4 個の M を、 b 値を変えないように、変更したものであり、大きい方から 5 番目の地震 (M 7.3) 以下の分布は全く同一である。図の右側に示した大きい地震 4 個のエネルギー (円の面積に比例) 分布からわかるように、地震群の性格は非常に違っていると考えられるが、グーテンベルグーリヒターの式に従っているとして最尤法で b 値を求めると、当然全て 1.00 が得られる。

つまり、 b 値は、Fig. 2 の A~G のモデ

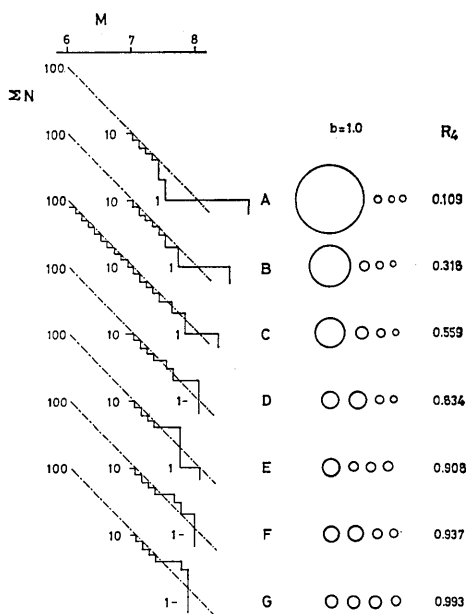


Fig. 2. Seven models of magnitude-frequency distribution. They all have the same value of b , the coefficient of Gutenberg-Richter formula, but a different value of relative entropy, R_4 , for energy distribution of the four largest shocks. In the right part, the energy distribution of the four largest shocks in each sequence is shown by the circles of which areas are proportional to the energies of the shocks.

ルの違いを識別するには全く無力だということがわかる。

さらに、実際問題として、地震群中 M の求められている地震の数が少ないため、 b 値を十分な精度で求めることすらできない場合が少なくない (宇津, 1968)。

最大地震よりある程度以上小さい地震については、グーテンベルグーリヒターの式は一般にかなりよく合う、つまり地震の大きさ分布をかなりよく表わしていると考えてよいだろう。しかし、Fig. 2 の各モデルからうかがわれるように、大きい幾つかの地震の度数分布のグーテンベルグーリヒターの式からの外れが、たとえ統計的変動とみなせる範囲内であっても、実現した個々の地震群は時に著しく異なった性格・特徴を持っていると考えられる。

ふつう、大きな地震数個のエネルギーは、その地震群全体のエネルギーの大部分を占めているから、地震群に属する大きな地震の発生様式(大きさ分布——エネルギーの配分——や発生順序など)は、その地震群の性格・特徴を規定する上で大きな意味を持っていると考えられる。

この性格・特徴は、Fig. 2 に見るように b 値では十分表現することができない。

そこで、この b 値では表わすことのできない地震群の特性——大きい地震の大きさ分布に関する特性を、何らかの方法で定量的に表現したいと考える。

このような点に着目した研究はこれまでにいくつか行われている。例えば、宇津は、最大地震のマグニチュードを M_1 、二番目、三番目に大きな地震のマグニチュードを M_2 、 M_3 とするとき、 $D_1 = M_1 - M_2$ 、 $D_2 = M_2 - M_3$ として、 D_1 の分布、 M_1 と D_1 の関係、(UTSU, 1961) D_1 と D_2 の関係 (UTSU, 1969) などを調べている。

MOGI (1963) は余震活動について D_1 の地域分布などを調べ、地殻の破砕度との関連を論じている。また、EVISON (1981) は、日本付近の地震群について、本震型と群発地震型とで $M_1 - M_3$ の値にはっきりした差があるという結果を出している。

さらに、UTSU (1978) は、 $M_1 - M_2$ 、 $M_1 - M_3$ の分布と、 M_1 と M_2 の発生順から、群発地震と前震の判別がある確率で可能なことを述べている。YAMASHINA (1980) は、ある時点までに起こった最大地震のマグニチュードを M_1 、それより前及びそれより後の最大地震のマグニチュードをそれぞれ F_1 、 A_1 とするとき、 $M_1 - F_1$ 、 $M_1 - A_1$ の分布から、その時点より後で M_1 より大きな地震の起こる可能性を確率的に予測し、地震活動の推移の予測に役立つことを述べている。

Table 1 の地震群 (2), (3), (4) はみな $D_1 = 0.2$ であって、 D_1 のみではこれらの地震群の違いを表現することはできない。 D_1 、 D_2 、 D_3 、... と増やして行けば表現できるかもしれないが、あまりパラメタを増やすと直観的に理解することも著しく困難になり実際的でない。 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、... あるいは D_1 、 D_2 、 D_3 、... の分布の特徴を一つの数値で表現できるようなものはないだろうか。

§4. 相対エントロピー (R)

いま、 k 個のカテゴリーがあって、それぞれに属する事象の度数を X_i 、合計を $X = \sum X_i$ 、相対度数を $p_i = X_i/X$ とし

$$H = - \sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i$$

という量を定義する。 k が大きいほど H は大きい値をとり得るが、 k 個のカテゴリの相対度数 p_i が全て等しい場合 (k 等分, すなわち完全な均等配分) に H は最大値 $\log_2 k$ をとる。 反対にある一つのカテゴリ (どのカテゴリかは問わない) に全ての事象が集中した場合 (すなわち完全な独占) に H は最小値 0 をとる。 そこで、 H をそのとりうる最大値で割った値

$$R = \frac{H}{\log_2 k}$$

は、 0 と 1 の間の値をとり、 散布度を示す一種の測度として用いることができる。

これは、 もともと情報理論で考えられた量で、 H は平均情報量、 R は相対エントロピーと呼ばれるが、 以下では単に R 指数または R と呼んでおこう。

R 指数は、 分配の均等性を表わす指標とみることができるから、 いろいろの事象に適用できると考えられる。 月別雨量をパラメタにすれば乾期・雨期のはっきり分かれた気候型、 一年中雨の降る気候型を定量的に識別する指標として役立ち、 陸地の高さや海底の深さ別面積分布、 地震の空間分布の不均一性等々を表わす指標としても役立つであろう。 また、 心理学や社会事象の統計調査などにも用いられているようである (池田, 1971)。

§5. 地震群に対する R 指数の適用

R 指数が分配の均等さを表わす指標という意味を持つことがわかったから、 これを、 地震群中の大きい地震の大きさ分布、 即ちエネルギーの配分の状態を表わすために適用することを考える。

カテゴリとして地震一つ一つを、 パラメタとして地震のエネルギーをとることにする。 すなわち、 地震のエネルギーを大きい方から $E_1, E_2, E_3, E_4, \dots$, その総和 $E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + \dots$ とし $p_i = E_i/E$ として R を計算することを考えよう。

ここに一つの問題がある。 地震は小さいもの程多数発生する。 たとえ一定の地域・期間に限っても、 全ての地震を観測し、 マグニチュード、 エネルギーを決めることは実際上不可能だから、 地震の総数や全体のエネルギー分布を知ることはできないし、 全地震を対象として R を求めることはできない。

全部の地震をとり上げることが不可能ならば、 とり上げる地震数を変えた場合、 求められる R の値がどうなるか調べておく必要がある。 いうまでもなく、 ここでは地震は大きい方から順次取り上げて行くので、 問題は、 地震を大きい方から何個とり上げたら、 あるいは M が何程以上の地震をとり上げたら、 R がどうなるかということになる。

Fig. 2 の各モデルについて、 M_m 以上の地震を全てとり上げて求めた R の値が Fig. 3 に示されている。 M_m が小さくなるにつれて、 とり上げた地震の総数 ΣN , つまりカテゴリ数は急速に大きくなる。 それと共に R の値は小さくなるが、 小さい方へ同じ分布をした地震を付け加えていっても R の大小为逆転することはない。 なお、 図の右端の点は各モ

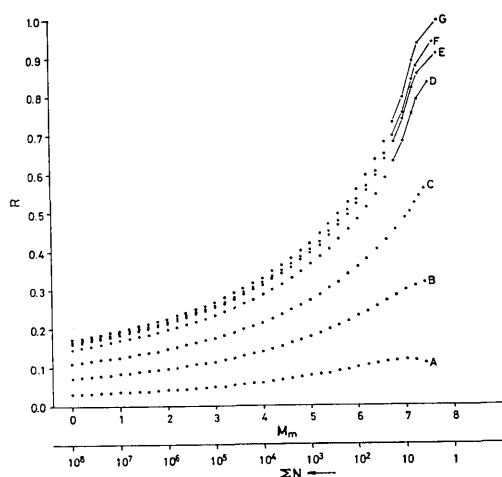


Fig. 3. Relative entropy, R , calculated for all earthquakes larger than magnitude M_m for the seven models in Fig. 2. The circle at the right end in each series indicates the relative entropy, R_4 , for the four largest shocks.

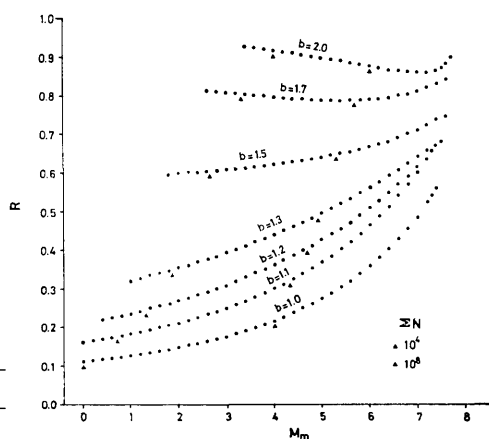


Fig. 4. Relative entropy, R , calculated for all earthquakes larger than magnitude M_m for groups distributed following to $\log N(M)=b(0.8-M)$ for seven values of b . \triangle and \bullet show magnitude levels, above which the cumulative number of earthquakes is 10^4 and 10^8 , respectively. The circle at the right end in each series indicates the relative entropy, R_4 , for the four largest shocks.

デルについて大きい方から4個の地震をとり上げて求めた R の値を示している。

次に, b 値による変化をみるために,

$$\log N(M)=b(8.0-M)$$

($M=8.0$ で $N(M)=1$, 端数切上げ, M の刻み 0.1) に従うモデルについて, M_m 以上全ての地震について求めた R の値を示したのが Fig. 4 である。

b 値が大きくなる程, 小さい地震まで入れた時の R の小さくなり方が緩やかになり, b が或程度以上大きくなると, R が或 M_m で最小値を示し, さらに小さい地震まで含めると R が再び大きくなり出す。これは, b が大きくなると, 小さい地震の数の増え方が極めて著しくなるので, 小さい方で“同じ大きさのものがたくさんあること”の寄与が大きくなるためであろうと考えられる。

大きい地震の大きさ分布と, b 値とが共に異るときは, M_m を小さくして行くと R の大小が逆転することがあるから, 一定の規準の下で比較する必要がある。

大きい地震の大きさ分布を表現するために R を使おうというここでの目的からは, b 値の影響が混ざってくるのを避けるため, M_m をあまり小さくしない, つまりあまり多数の地震をとり上げない方がよい。

カテゴリーの数が本来有限であり, その全てをとり上げている場合は, カテゴリー数に

拘わらず直ちに R の値を比較してよい。しかし、地震一つ一つをカテゴリーとしてとった場合の様にカテゴリーとしてその全てをとり上げていない場合には、 R の値はとり上げたカテゴリー数によって変わるから、カテゴリー数を同じにして求めた R の値同志を比較する必要がある。

地震群に適用する場合、カテゴリーとしていくつの地震をとり上げたらよいだろうか。一般に成立つ客観的・絶対的基準は見出し難いようである。目的や状況によって適当に選ぶほかはないだろう。

しかし、先にも述べたように、最大地震よりある程度以上小さい地震の大きさ分布はグーテンベルグ-リヒターの式でかなりよく表わせるものであるから、それは b 値にまかせて、大きい地震幾つかの大きさ分布の特性を表わすことができれば十分であると考え。Fig. 2 の A~G のモデルについていえば、 $M \leq 7.3$ の分布は b 値で十分よく表わされるから、 $M \geq 7.4$ の 4 個についてその大きさ分布が表現できれば十分であると考え。

以下、カテゴリー数 k 、すなわちとり上げる地震の数を 4 とした場合を考えることにする。 k を 4 とした理由は、第一に、地震群中の大きい地震の大きさ分布を表わすことが主眼であること、第二に、実際上手に入る——特に古い時代の——データを使おうとするとき、一つの地震群中マグニチュードの求められている地震が数個しかない場合が少なくないが、4 個なら、多くの場合に R を求めることができること、第三に、 k が 4 なら一々計算しなくても表を作っておいてかんたんに R の値が求められること、などである。

	R_4					
a	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1.000
1	1	1	1			
b	<table><tr><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	4	3	2	1	0.923
4	3	2	1			
c	<table><tr><td>1.5^3</td><td>1.5^2</td><td>1.5</td><td>1</td></tr></table>	1.5^3	1.5^2	1.5	1	0.931
1.5^3	1.5^2	1.5	1			
d	<table><tr><td>8</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	8	4	2	1	0.820
8	4	2	1			
e	<table><tr><td>27</td><td>9</td><td>3</td><td>1</td></tr></table>	27	9	3	1	0.640
27	9	3	1			
f	<table><tr><td>900</td><td>90</td><td>9</td><td>1</td></tr></table>	900	90	9	1	0.260
900	90	9	1			

9.1

4 個のカテゴリについて求めた R の値を R_4 と書くことにしよう。4 つのパラメタの分布と R_4 の値とがどんな関係にあるかを例示したのが Fig. 5 である。a は 4 個のパラメタが全く等しい場合、b は初項=公差=1 の等差級数をなす場合、c~f は公比 1.5, 2, 3, 10 の等比級数をなす場合である。パラメタが地震のエネルギーであると考えた場合、c,d,e,f はそれぞれマグニチュード差 $D_1=D_2=D_3$ が 0.117, 0.200, 0.318, 0.666 の場合に相当している。

Fig. 1 の伊豆大島付近の地震群、および Fig. 2 の A~G のモデルについて求めた R_4 の値が

Fig. 5. Samples of R_4 calculated for 4 categories.

カテゴリー数 4 の場合、 R を求めるには

$$\begin{aligned}
 M_1 &\geq M_2 \geq M_3 \geq M_4 \\
 D_i &= M_i - M_{i+1} \quad (i=1, 2, 3) \\
 d_1 &= D_1 + D_2 + D_3 = M_1 - M_4 \\
 d_2 &= D_2 + D_3 = M_2 - M_4
 \end{aligned}$$

4 個のカテゴリーについて求めた R の値を R_4 と書くことにしよう。4 つのパラメタの分布と R_4 の値とがどんな関係にあるかを例示したのが Fig. 5 である。a は 4 個のパラメタが全く等しい場合、b は初項=公差=1 の等差級数をなす場合、c~f は公比 1.5, 2, 3, 10 の等比級数をなす場合である。パラメタが地震のエネルギーであると考えた場合、c, d, e, f はそれぞれマグニチュード差 $D_1 = D_2 = D_3$ が 0.117, 0.200, 0.318, 0.666 の場合に相当している。

Fig. 1 の伊豆大島付近の地震群、および Fig. 2 の A~G のモデルについて求めた R_4 の値が図中に記入してある。大きい地震の大きさ分布を表わす指標として使いたいというここでの要求をほぼ満たしていることがわかる。

$$d_3 = D_3 = M_3 - M_4$$

として

$$A_i = 10^{1.5d_i}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + 1$$

$$R_4 = \frac{\log_{10} A}{0.602} - 2.49 \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3}{A}$$

に従って計算すればよい。

実際の地震群についてみると、 D_1 の範囲にくらべて D_2 , D_3 の範囲は狭く、特に D_3 は大部分 0.3 以下である。そこで Table 2 に $0.0 \leq D_3 \leq 0.3$ の場合の、 D_1 , D_2 , D_3 の組み合わせについて計算した R_4 の値を掲げた。多くの場合、これで間に合う。

M , 従って D の誤差は 0.1 より小さくないと考えられるから、 R の値も意味があるのは有効数字 2 桁程度と考えてよいだろう。

§ 6. 日本付近の地震群の R 指数

1926 年以降、日本付近に発生した地震群について R_4 の値を求めて、Table 3 に掲げた。データは特に注記をしたもの以外は気象庁 (1958) の「日本付近の主要地震の表」および地震月報によった。

時間・空間的に、集中していて、かつ周辺の地震活動と区別できるものを地震群として採り上げた。また、UTSU (1961), UTSU (1969), MOGI (1963), 植木 (群発地震研究会で配布された資料) などを参照している。最大地震のマグニチュード等で制限していないので、近年になるほど小さい地震群を含んでいる。

地震群の継続期間、特にその終期をどこにとったらよいかは甚だ判断に苦しむものである。Table 3 に挙げた期間は、本論文ではここまでとっているという意味であるが、期間を少し変えたために R_4 の値が急に変わるというようなことはないように考慮してある。

M の欄には、大きい方から 5 番目までの地震のマグニチュードが発生順に示してある。マグニチュードは原則として気象庁マグニチュード M_J である。ゴジックで示したのは最大の M , イタリアックスで示したのは R_4 の計算に用いられなかった 5 番目以降の M である。

1931 年 11 月 2 日の日向灘の地震と、1945 年 3 月 12 日の福島県はるか沖の地震は、いわゆる津波地震で、気象庁マグニチュード M_J と、グーテンベルグ・リヒターのマグニチュード M_G が大きく異なるので、 R_4 としては M_G を用いた値を採用した。

1938 年 11 月の福島県沖の地震群のマグニチュードは、辻・阿部 (1976) によると 7.7, 7.8, 7.7, 7.1 であり、最近公表された気象庁 (1982) の「改訂日本付近の主要地震の表」によると 7.5, 7.3, 7.4, 6.9 であるが、 R_4 の値は 0.865, 0.875 となって表の値と実質的な差違は生じない。

1944 年東南海地震 ($M 8.3$), 1946 年南海地震 ($M 8.1$) は別の地震群としてとり上げてあるが、歴史時代にはこの両地域の地震が 1 日おいて発生し、あるいは、一つの地震として発生した場合もあるらしいことを考えると、一つの地震群と見なした方がよいかもしれ

Table 2. Relative entropy for the four largest earthquakes, M_1, M_2, M_3, M_4 , $D_1 = M_1 - M_2$, $D_2 = M_2 - M_3$, $D_3 = M_3 - M_4$.

$D_3 =$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
$D_2 =$																
0.0	1.0000	0.9894	0.9594	0.9148	0.8617	0.8061	0.7527	0.7063	0.6624	0.6274	0.5980	0.5760	0.5580	0.5440	0.5332	0.5249
0.1	0.9910	0.9686	0.9291	0.8784	0.8228	0.7674	0.7121	0.6608	0.6125	0.5699	0.5324	0.5018	0.4773	0.4580	0.4432	0.4318
0.2	0.9612	0.9252	0.8758	0.8195	0.7621	0.7078	0.6553	0.6057	0.5592	0.5167	0.4782	0.4437	0.4132	0.3867	0.3632	0.3428
0.3	0.9083	0.8589	0.8013	0.7413	0.6840	0.6322	0.5875	0.5501	0.5197	0.4942	0.4720	0.4525	0.4351	0.4197	0.4062	0.3945
0.4	0.8334	0.7736	0.7109	0.6503	0.5953	0.5476	0.5075	0.4749	0.4487	0.4281	0.4120	0.4007	0.3932	0.3884	0.3851	0.3830
0.5	0.7418	0.6760	0.6123	0.5542	0.5037	0.4615	0.4265	0.3987	0.3768	0.3597	0.3466	0.3382	0.3336	0.3307	0.3292	0.3285
0.6	0.6409	0.5742	0.5133	0.4603	0.4157	0.3792	0.3500	0.3269	0.3090	0.2952	0.2846	0.2762	0.2705	0.2661	0.2625	0.2595
0.7	0.5389	0.4742	0.4203	0.3739	0.3359	0.3055	0.2815	0.2624	0.2484	0.2374	0.2291	0.2228	0.2180	0.2145	0.2118	0.2099
0.8	0.4423	0.3853	0.3374	0.2982	0.2669	0.2420	0.2227	0.2073	0.1966	0.1890	0.1815	0.1766	0.1729	0.1702	0.1682	0.1667
0.9	0.3557	0.3066	0.2664	0.2342	0.2088	0.1891	0.1739	0.1623	0.1535	0.1469	0.1419	0.1381	0.1353	0.1333	0.1317	0.1306
1.0	0.2813	0.2403	0.2075	0.1817	0.1616	0.1461	0.1343	0.1254	0.1186	0.1135	0.1097	0.1069	0.1048	0.1032	0.1021	0.1012
1.1	0.2194	0.1861	0.1599	0.1396	0.1239	0.1119	0.1028	0.0960	0.0909	0.0870	0.0841	0.0820	0.0804	0.0792	0.0784	0.0777
1.2	0.1692	0.1427	0.1222	0.1063	0.0943	0.0851	0.0782	0.0730	0.0691	0.0662	0.0641	0.0625	0.0613	0.0604	0.0598	0.0593
1.3	0.1294	0.1086	0.0927	0.0805	0.0713	0.0643	0.0591	0.0552	0.0523	0.0501	0.0485	0.0473	0.0464	0.0458	0.0453	0.0449
1.4	0.0982	0.0821	0.0699	0.0606	0.0536	0.0484	0.0444	0.0415	0.0393	0.0377	0.0365	0.0356	0.0350	0.0345	0.0342	0.0339
1.5	0.0741	0.0618	0.0525	0.0454	0.0402	0.0362	0.0333	0.0311	0.0295	0.0283	0.0274	0.0267	0.0263	0.0259	0.0256	0.0255
1.6	0.0566	0.0463	0.0392	0.0339	0.0300	0.0270	0.0248	0.0232	0.0220	0.0211	0.0205	0.0200	0.0196	0.0194	0.0192	0.0190
1.7	0.0416	0.0345	0.0292	0.0253	0.0223	0.0201	0.0185	0.0173	0.0164	0.0157	0.0153	0.0149	0.0146	0.0144	0.0143	0.0142
1.8	0.0310	0.0257	0.0217	0.0188	0.0166	0.0149	0.0137	0.0128	0.0122	0.0117	0.0113	0.0111	0.0109	0.0107	0.0106	0.0106
1.9	0.0230	0.0191	0.0161	0.0139	0.0123	0.0111	0.0102	0.0095	0.0090	0.0087	0.0084	0.0082	0.0081	0.0080	0.0079	0.0078
2.0	0.0171	0.0141	0.0119	0.0103	0.0091	0.0082	0.0075	0.0070	0.0067	0.0064	0.0062	0.0061	0.0060	0.0059	0.0058	0.0058
2.1	0.0126	0.0104	0.0085	0.0076	0.0067	0.0060	0.0055	0.0052	0.0049	0.0047	0.0046	0.0045	0.0044	0.0044	0.0043	0.0043
2.2	0.0093	0.0077	0.0065	0.0056	0.0047	0.0044	0.0041	0.0038	0.0036	0.0035	0.0034	0.0033	0.0033	0.0032	0.0032	0.0032
2.3	0.0069	0.0057	0.0048	0.0041	0.0036	0.0033	0.0030	0.0028	0.0027	0.0026	0.0025	0.0024	0.0024	0.0024	0.0023	0.0023
2.4	0.0050	0.0042	0.0035	0.0030	0.0027	0.0024	0.0022	0.0021	0.0020	0.0019	0.0018	0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.0017
2.5	0.0037	0.0030	0.0026	0.0022	0.0019	0.0018	0.0016	0.0015	0.0014	0.0014	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
$D_1 =$																
0.0	0.9929	0.9739	0.9373	0.8887	0.8344	0.7798	0.7208	0.6636	0.6450	0.6132	0.5874	0.5670	0.5510	0.5386	0.5291	0.5219
0.1	0.9788	0.9488	0.9042	0.8511	0.7955	0.7421	0.6937	0.6518	0.6168	0.5882	0.5654	0.5474	0.5324	0.5206	0.5113	0.5048
0.2	0.9429	0.9008	0.8482	0.7913	0.7354	0.6838	0.6387	0.6006	0.5692	0.5441	0.5241	0.5080	0.4936	0.4814	0.4711	0.4631
0.3	0.8939	0.8307	0.7719	0.7131	0.6584	0.6100	0.5689	0.5350	0.5076	0.4858	0.4688	0.4550	0.4455	0.4378	0.4320	0.4276
0.4	0.8041	0.7429	0.6811	0.6232	0.5717	0.5277	0.4913	0.4618	0.4384	0.4201	0.4059	0.3959	0.3867	0.3804	0.3750	0.3713
0.5	0.7096	0.6468	0.5837	0.5293	0.4827	0.4440	0.4127	0.3878	0.3693	0.3532	0.3415	0.3327	0.3260	0.3209	0.3171	0.3143
0.6	0.6082	0.5443	0.4871	0.4382	0.3976	0.3677	0.3395	0.3180	0.3021	0.2899	0.2806	0.2735	0.2682	0.2642	0.2612	0.2590
0.7	0.5077	0.4483	0.3973	0.3551	0.3208	0.2936	0.2722	0.2557	0.2430	0.2333	0.2259	0.2204	0.2163	0.2132	0.2109	0.2091
0.8	0.4141	0.3616	0.3179	0.2825	0.2544	0.2324	0.2153	0.2022	0.1923	0.1847	0.1790	0.1748	0.1716	0.1692	0.1674	0.1661
0.9	0.3314	0.2866	0.2504	0.2216	0.1990	0.1815	0.1681	0.1579	0.1502	0.1444	0.1400	0.1367	0.1343	0.1325	0.1311	0.1302
1.0	0.2609	0.2240	0.1946	0.1717	0.1539	0.1402	0.1298	0.1220	0.1161	0.1116	0.1083	0.1058	0.1040	0.1026	0.1016	0.1009
1.1	0.2028	0.1731	0.1498	0.1317	0.1179	0.1074	0.0994	0.0934	0.0889	0.0856	0.0831	0.0812	0.0798	0.0789	0.0781	0.0775
1.2	0.1560	0.1325	0.1143	0.1003	0.0897	0.0816	0.0756	0.0710	0.0677	0.0651	0.0633	0.0619	0.0608	0.0601	0.0595	0.0591
1.3	0.1190	0.1007	0.0866	0.0759	0.0678	0.0617	0.0571	0.0542	0.0523	0.0512	0.0503	0.0494	0.0487	0.0481	0.0475	0.0471
1.4	0.0902	0.0760	0.0653	0.0571	0.0510	0.0464	0.0430	0.0404	0.0385	0.0371	0.0361	0.0353	0.0347	0.0343	0.0340	0.0338
1.5	0.0679	0.0571	0.0490	0.0428	0.0382	0.0349	0.0322	0.0303	0.0289	0.0278	0.0271	0.0265	0.0261	0.0258	0.0256	0.0254
1.6	0.0509	0.0428	0.0366	0.0320	0.0285	0.0259	0.0240	0.0226	0.0216	0.0208	0.0202	0.0198	0.0195	0.0193	0.0191	0.0189
1.7	0.0381	0.0319	0.0272	0.0238	0.0212	0.0193	0.0179	0.0169	0.0161	0.0155	0.0151	0.0148	0.0145	0.0144	0.0143	0.0142
1.8	0.0283	0.0237	0.0202	0.0177	0.0157	0.0143	0.0133	0.0125	0.0119	0.0115	0.0112	0.0110	0.0108	0.0107	0.0106	0.0105
1.9	0.0210	0.0176	0.0150	0.0131	0.0117	0.0106	0.0098	0.0093	0.0088	0.0085	0.0083	0.0081	0.0080	0.0079	0.0079	0.0078
2.0	0.0156	0.0130	0.0111	0.0097	0.0086	0.0078	0.0073	0.0068	0.0065	0.0063	0.0061	0.0060	0.0059	0.0059	0.0058	0.0058
2.1	0.0116	0.0096	0.0082	0.0071	0.0063	0.0056	0.0051	0.0048	0.0046	0.0044	0.0043	0.0042	0.0041	0.0041	0.0040	0.0040
2.2	0.0085	0.0071	0.0060	0.0052	0.0045	0.0039	0.0034	0.0031	0.0029	0.0027	0.0026	0.0025	0.0024	0.0024	0.0023	0.0023
2.3	0.0063	0.0052	0.0044	0.0038	0.0032	0.0027	0.0024	0.0022	0.0021	0.0020	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0017	0.0017
2.4	0.0046	0.0038	0.0033	0.0028	0.0023	0.0020	0.0019	0.0018	0.0017	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014	0.0013	0.0013
2.5	0.0034	0.0028	0.0024	0.0021	0.0018	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011

D3=	0.2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
D2=	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
D1=	0.0	0.9753	0.9516	0.9120	0.8625	0.8091	0.7567	0.7086	0.6665	0.6210	0.6019	0.5785	0.5601	0.5456	0.5345	0.5259	0.5194
0.0	0.9753	0.9516	0.9120	0.8625	0.8091	0.7567	0.7086	0.6665	0.6210	0.6019	0.5785	0.5601	0.5456	0.5345	0.5259	0.5194	0.5139
0.1	0.9542	0.9244	0.8779	0.8249	0.7711	0.7203	0.6751	0.6364	0.6043	0.5783	0.5576	0.5413	0.5287	0.5190	0.5116	0.5060	0.5000
0.2	0.9188	0.8742	0.8211	0.7656	0.7121	0.6637	0.6218	0.5868	0.5582	0.5347	0.5174	0.5034	0.4926	0.4844	0.4781	0.4733	0.4690
0.3	0.8666	0.8025	0.7447	0.6884	0.6360	0.5884	0.5460	0.5094	0.4784	0.4531	0.4322	0.4153	0.4022	0.3923	0.3841	0.3779	0.3730
0.4	0.7747	0.7143	0.6549	0.6002	0.5523	0.5117	0.4784	0.4516	0.4305	0.4139	0.4012	0.3914	0.3835	0.3783	0.3741	0.3709	0.3683
0.5	0.6797	0.6172	0.5594	0.5087	0.4657	0.4303	0.4019	0.3793	0.3617	0.3481	0.3377	0.3298	0.3238	0.3193	0.3159	0.3134	0.3114
0.6	0.5794	0.5180	0.4656	0.4204	0.3832	0.3533	0.3296	0.3111	0.2968	0.2859	0.2775	0.2712	0.2665	0.2629	0.2603	0.2583	0.2568
0.7	0.4813	0.4258	0.3788	0.3401	0.3070	0.2843	0.2651	0.2502	0.2388	0.2301	0.2236	0.2186	0.2149	0.2122	0.2101	0.2087	0.2077
0.8	0.3910	0.3424	0.3025	0.2703	0.2449	0.2250	0.2097	0.1980	0.1890	0.1823	0.1772	0.1734	0.1705	0.1684	0.1667	0.1654	0.1644
0.9	0.3118	0.2708	0.2379	0.2118	0.1914	0.1757	0.1637	0.1546	0.1477	0.1425	0.1386	0.1357	0.1332	0.1313	0.1297	0.1284	0.1273
1.0	0.2448	0.2113	0.1847	0.1640	0.1480	0.1358	0.1265	0.1194	0.1142	0.1102	0.1072	0.1050	0.1034	0.1018	0.1004	0.0991	0.0979
1.1	0.1899	0.1630	0.1420	0.1258	0.1134	0.1040	0.0969	0.0915	0.0875	0.0845	0.0825	0.0806	0.0792	0.0778	0.0764	0.0751	0.0739
1.2	0.1458	0.1246	0.1093	0.0957	0.0862	0.0790	0.0736	0.0696	0.0666	0.0643	0.0625	0.0606	0.0592	0.0578	0.0564	0.0551	0.0539
1.3	0.1111	0.0946	0.0820	0.0724	0.0652	0.0597	0.0557	0.0526	0.0504	0.0487	0.0470	0.0453	0.0436	0.0422	0.0408	0.0395	0.0383
1.4	0.0841	0.0714	0.0618	0.0545	0.0490	0.0449	0.0419	0.0396	0.0379	0.0363	0.0347	0.0331	0.0316	0.0302	0.0288	0.0275	0.0263
1.5	0.0633	0.0536	0.0463	0.0408	0.0367	0.0337	0.0314	0.0297	0.0282	0.0267	0.0252	0.0238	0.0224	0.0210	0.0197	0.0184	0.0172
1.6	0.0474	0.0401	0.0346	0.0305	0.0274	0.0251	0.0234	0.0222	0.0212	0.0202	0.0192	0.0182	0.0172	0.0163	0.0154	0.0145	0.0136
1.7	0.0354	0.0299	0.0258	0.0227	0.0204	0.0189	0.0179	0.0170	0.0161	0.0153	0.0145	0.0137	0.0129	0.0121	0.0113	0.0105	0.0097
1.8	0.0264	0.0222	0.0191	0.0167	0.0149	0.0139	0.0130	0.0122	0.0114	0.0107	0.0100	0.0093	0.0086	0.0079	0.0072	0.0065	0.0058
1.9	0.0185	0.0152	0.0125	0.0105	0.0092	0.0083	0.0076	0.0069	0.0063	0.0057	0.0051	0.0045	0.0040	0.0034	0.0028	0.0023	0.0018
2.0	0.0107	0.0082	0.0077	0.0066	0.0061	0.0056	0.0052	0.0048	0.0044	0.0040	0.0036	0.0033	0.0030	0.0027	0.0024	0.0021	0.0018
2.1	0.0079	0.0066	0.0057	0.0050	0.0045	0.0041	0.0037	0.0033	0.0030	0.0028	0.0025	0.0022	0.0020	0.0018	0.0016	0.0014	0.0013
2.2	0.0058	0.0049	0.0042	0.0037	0.0033	0.0030	0.0028	0.0025	0.0022	0.0020	0.0019	0.0018	0.0017	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013
2.3	0.0043	0.0036	0.0031	0.0027	0.0024	0.0022	0.0020	0.0019	0.0018	0.0017	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013	0.0012	0.0011	0.0010
2.4	0.0031	0.0026	0.0023	0.0020	0.0018	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013	0.0012	0.0011	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006	0.0005
2.5	0.0020	0.0016	0.0013	0.0011	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
D3=	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
D2=	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
D1=	0.0	0.9522	0.9268	0.8968	0.8614	0.8301	0.7987	0.7730	0.7491	0.7267	0.7054	0.6851	0.6657	0.6472	0.6296	0.6129	0.5971
0.0	0.9522	0.9268	0.8968	0.8614	0.8301	0.7987	0.7730	0.7491	0.7267	0.7054	0.6851	0.6657	0.6472	0.6296	0.6129	0.5971	0.5821
0.1	0.9338	0.8989	0.8528	0.8014	0.7501	0.7022	0.6599	0.6240	0.5944	0.5705	0.5515	0.5347	0.5202	0.5074	0.4964	0.4871	0.4794
0.2	0.8929	0.8482	0.7964	0.7431	0.6925	0.6472	0.6083	0.5759	0.5497	0.5287	0.5122	0.4994	0.4886	0.4791	0.4714	0.4654	0.4600
0.3	0.8296	0.7765	0.7209	0.6675	0.6191	0.5772	0.5422	0.5136	0.4908	0.4728	0.4588	0.4480	0.4397	0.4335	0.4287	0.4252	0.4228
0.4	0.7474	0.6892	0.6327	0.5813	0.5366	0.4990	0.4684	0.4430	0.4244	0.4093	0.3976	0.3887	0.3819	0.3768	0.3729	0.3700	0.3683
0.5	0.6532	0.5938	0.5394	0.4921	0.4522	0.4196	0.3935	0.3728	0.3568	0.3444	0.3349	0.3276	0.3222	0.3181	0.3150	0.3129	0.3114
0.6	0.5549	0.4979	0.4481	0.4063	0.3720	0.3445	0.3228	0.3059	0.2928	0.2829	0.2753	0.2695	0.2652	0.2620	0.2596	0.2578	0.2564
0.7	0.4595	0.4077	0.3641	0.3284	0.2998	0.2772	0.2596	0.2460	0.2357	0.2278	0.2218	0.2173	0.2140	0.2117	0.2094	0.2074	0.2058
0.8	0.3723	0.3273	0.2904	0.2609	0.2376	0.2194	0.2054	0.1947	0.1866	0.1805	0.1758	0.1724	0.1699	0.1674	0.1654	0.1634	0.1618
0.9	0.2963	0.2585	0.2282	0.2043	0.1857	0.1714	0.1604	0.1521	0.1458	0.1411	0.1376	0.1349	0.1326	0.1304	0.1284	0.1264	0.1248
1.0	0.2323	0.2014	0.1771	0.1581	0.1436	0.1324	0.1239	0.1176	0.1127	0.1092	0.1067	0.1045	0.1024	0.1004	0.0984	0.0964	0.0948
1.1	0.1799	0.1553	0.1361	0.1213	0.1109	0.1034	0.0994	0.0971	0.0954	0.0937	0.0922	0.0907	0.0892	0.0877	0.0862	0.0847	0.0833
1.2	0.1380	0.1187	0.1037	0.0923	0.0836	0.0771	0.0722	0.0685	0.0657	0.0637	0.0622	0.0607	0.0592	0.0577	0.0562	0.0547	0.0533
1.3	0.1051	0.0900	0.0785	0.0698	0.0632	0.0583	0.0549	0.0521	0.0498	0.0478	0.0462	0.0447	0.0432	0.0417	0.0402	0.0387	0.0373
1.4	0.0795	0.0679	0.0592	0.0526	0.0476	0.0439	0.0408	0.0383	0.0362	0.0343	0.0326	0.0310	0.0294	0.0278	0.0262	0.0246	0.0231
1.5	0.0448	0.0381	0.0331	0.0294	0.0266	0.0245	0.0230	0.0218	0.0208	0.0201	0.0194	0.0187	0.0180	0.0173	0.0166	0.0159	0.0152
1.6	0.0324	0.0271	0.0247	0.0219	0.0198	0.0183	0.0171	0.0161	0.0152	0.0144	0.0136	0.0127	0.0121	0.0116	0.0111	0.0106	0.0101
1.7	0.0215	0.0181	0.0163	0.0142	0.0127	0.0116	0.0109	0.0104	0.0100	0.0096	0.0092	0.0088	0.0084	0.0080	0.0076	0.0072	0.0068
1.8	0.0137	0.0116	0.0100	0.0089	0.0080	0.0074	0.0070	0.0066	0.0062	0.0058	0.0054	0.0050	0.0046	0.0042	0.0038	0.0034	0.0031
1.9	0.0085	0.0074	0.0066	0.0059	0.0053	0.0049	0.0045	0.0041	0.0037	0.0033	0.0030	0.0026	0.0022	0.0018	0.0014	0.0010	0.0006
2.0	0.0074	0.0063	0.0055	0.0048	0.0044	0.0040	0.0036	0.0032	0.0028	0.0024	0.0020	0.0016	0.0012	0.0008	0.0004	0.0000	0.0000
2.1	0.0063	0.0054	0.0046	0.0039	0.0035	0.0031	0.0027	0.0023	0.0019	0.0015	0.0011	0.0007	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.2	0.0055	0.0046	0.0038	0.0031	0.0027	0.0023	0.0019	0.0015	0.0011	0.0007	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.3	0.0040	0.0034	0.0029	0.0024	0.0020	0.0016	0.0012	0.0008	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.4	0.0030	0.0025	0.0022	0.0019	0.0017	0.0016	0.0015	0.0014	0.0013	0.0012	0.0011	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006	0.0005
2.5	0.0020	0.0016	0.0013	0.0011	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000

Table 3. Earthquake sequences that occurred in and near Japan from 1926 to 1978.

M : Magnitudes of shocks larger than the sixth largest shock. The magnitudes of the largest and the fifth largest shocks are indicated by bold letters and italics, respectively.

$D_1 = M_1 - M_5$, $D_2 = M_2 - M_3$, $D_3 = M_3 - M_4$, $D_{14} = M_1 - M_4$.

R_4 : Relative entropy for the four largest shocks.

期	間	最大地震	地 域	M	D_1	D_2	D_3	D_{14}	R_4	Remarks
1927	III 7~V13	III 7	“北丹後地震”	7.5, 6.0, 5.6, 5.6, 5.6, 6.2	1.3	0.2	0.4	1.9	0.076	
1928	V21	V21	千葉県中部	5.8, 4.8, 4.5, 5.2	0.6	0.4	0.3	1.3	0.372	
1928	V27~VI 2	V27	三陸沖	7.0, 6.9, 6.0, 6.0, 6.9	0.1	0.0	0.9	1.0	0.882	
1930	II21~V22	III22	伊東群発	5.4, 5.1, 5.8, 5.1, 5.2, 5.4	0.4	0.0	0.2	0.6	0.775	
1930	IX21~XII14	XI26	“北伊豆地震”	4.6, 5.2, 7.0, 4.3	1.8	0.6	0.3	2.7	0.013	
1930	XI20~ 22	XI20	広島県北部	6.0, 5.0, 5.1, 5.7, 5.0	0.3	0.6	0.1	1.0	0.569	
1931	III 9~IV13	III 9	青森県東方沖	7.6, 5.1, 5.1, 6.0, 6.0	1.6	0.0	0.9	2.5	0.038	
1931	IX21~X 3	IX21	“西埼玉地震”	7.0, 4.7, 4.7, 4.7, 5.6, 5.6	1.4	0.0	0.9	2.3	0.068	
1931	XI 2	XI 2	日向灘	(6.3, 6.6, 6.2, 5.7, 5.2, 6.5*, 7.5*, 6.2, 5.7, 5.2	0.3	0.1	0.5	0.9	0.735)	
1931	X 3~'32V	XI 4	岩手県中部	4.9, 6.1, 4.3, 4.8	1.2	0.1	0.5	1.8	0.111	* M_G
1932	XI26	XI26	浦河沖	6.8, 5.1, 5.2, 5.5	1.3	0.3	0.1	1.7	0.076	
1933	III 3~V27	III 3	“三陸沖地震”	8.3, 6.5, 6.5, 6.7, 6.4	1.6	0.2	0.0	1.8	0.039	
1934	II17~ 22	II22	茨城県沖	5.0, 5.2, 4.8, 5.3	0.1	0.2	0.2	0.5	0.878	
1935	X13~ 19	X13	三陸沖	7.2, 6.6, 6.4, 7.1, 6.5	0.1	0.5	0.1	0.7	0.742	
1938	V23~VII30	V23	茨城県沖	7.1, 5.5, 5.9, 5.9, 5.7	1.2	0.0	0.2	1.4	0.146	
1938	XI 5~XII31	XI 5	福島県沖	7.7, 7.6, 7.5, 7.1, 7.0	1.0	0.1	0.4	0.6	0.875	
1939	V 1~ 3	V 1	“男鹿地震”	7.0, 6.7, 5.7, 5.5, 6.4	0.3	0.3	0.7	1.3	0.617	
1941	III12~ 20	III13,19	三陸沖	6.0, 6.3, 6.5, 5.1, 6.3, 5.1	0.0	0.3	0.4	0.7	0.817	
1941	XI14~XII 5	XI19	日向灘	5.6, 5.2, 7.4, 4.7, 5.3	1.8	0.3	0.1	2.2	0.018	
1942	VII22~ 25	VII22	日向灘	6.2, 5.3, 5.1, 6.1	0.1	0.8	0.2	1.1	0.604	
1943	III 4~ 21	III 4	鳥取沖	6.1, 5.8, 6.1, 4.2, 5.8	0.0	0.2	0.0	0.2	0.915	
1943	III12~ 20	III14	茨城県沖	5.7, 6.1, 5.7, 6.0, 6.3	0.2	0.1	0.3	0.6	0.825	

(to be continued)

Table 3. (Continued)

期	間	最大地震	地	域	M	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁₄	R ₄	Remarks
1943	IV12~14	IV12	茨城県沖		6.6, 5.3, 6.4, 5.9, 5.8	0.2	0.5	0.1	0.8	0.684	
1943	VI13~18	VI13	三陸沖		7.1, 6.3, 6.5, 6.2, 6.1	0.6	0.2	0.1	0.9	0.487	
1943	VIII12~28	VIII12	“会津田島地震”		6.1, 5.2, 5.0, 5.2	0.9	0.0	0.2	1.1	0.312	
1943	IX10~X18	IX10	“鳥取地震”		7.4, 6.1, 5.7, 6.1, 5.7, 5.7	1.3	0.0	0.4	1.7	0.101	
1944	XII 7~45 III 9	XII 7	“東南海地震”		8.0, 6.5, 6.0, 6.7, 6.0	1.3	0.2	0.5	1.8	0.074	三河地震及その 余震を含まない
1945	I 11~28	I 13	“三河地震”		6.0, 7.1, 5.9, 6.0, 6.4	1.7	0.4	0.0	1.1	0.336	
1945	III12	III12	福島県はるか沖		(6.6, 5.2, 4.9, 5.6 7.2*, 5.2, 4.9, 5.6	1.0 1.6	0.4 0.4	0.3 0.3	1.7 2.3	0.144) 0.027	*M _G
1945	II10~III 8	II10	青森県東方沖		7.3, 6.1, 6.1, 6.5, 6.1	0.8	0.4	0.0	1.2	0.267	
1946	XI21~48 XII30	XI21	“南海地震”		8.1, 6.2, 6.2, 7.2, 6.6, 6.2	0.9	0.6	0.4	1.9	0.158	
1948	III15~18	III15	茨城県沖		4.8, 6.1, 5.1, 4.9, 4.7	1.0	0.2	0.1	1.3	0.195	
1948	V12~29	V12	福島県沖		6.6, 6.3, 5.5, 5.3, 6.3	0.3	0.0	0.8	1.1	0.738	
1948	VI15~17	VI15	“日高川地震”		7.0, 4.9, 4.6, 4.9, 4.4	2.1	0.0	0.3	2.4	0.010	
1948	VI28~VII14	VI28	“福井地震”		7.3, 5.8, 5.4, 5.4, 5.5	1.5	0.3	0.1	1.9	0.043	
1949	VIII10	VIII10	京都府中部		4.5, 5.1, 4.7, 4.5	0.4	0.2	0.0	0.6	0.711	
1949	XI26~28	XI26	“今市地震”		6.4, 6.7, 4.9, 4.8, 5.9, 4.8, 4.8	0.3	0.5	1.0	1.8	0.535	
1952	III 2~XI31	III 4	“十勝沖地震”		8.1, 7.1, 6.5, 7.0, 6.3	1.0	0.1	0.6	1.7	0.188	
1952	III 7~V14	III 7	“大聖寺沖地震”		6.8, 5.3, 4.9, 5.1, 4.9	1.5	0.4	0.0	1.9	0.046	
1952	X26~XI 1	X27	三陸沖		6.5, 6.5, 6.4, 6.6, 6.4	0.1	0.0	0.1	0.2	0.979	
1953	XI26~XI31	XI26	“房総沖地震”		7.5, 6.6, 6.6, 5.9, 6.2	0.9	0.0	0.4	1.3	0.284	
1955	VI30~V12	V 1	三陸沖		5.6, 5.9, 5.7, 5.6, 5.6	0.2	0.1	0.0	0.3	0.925	
1955	VII27~X26	VII27	徳島県南部		6.0, 4.5, 4.5, 5.3, 4.8, 4.7	0.7	0.5	0.1	1.3	0.294	
1957	VI12~18	VI12	青森県東方沖		6.1, 4.7, 4.2, 4.6, 4.5	1.4	0.1	0.1	1.6	0.076	
1958	IV 8~17	VI 8	宮城県沖		6.5, 6.2, 6.2, 6.1, 6.4	0.1	0.2	0.0	0.3	0.904	
1959	I 22~28	I 22	福島県はるか沖		6.8, 5.7, 4.8, 5.1, 5.3	1.1	0.4	0.2	1.7	0.191	
1959	I 22~IV12	I 31	“弟子屈地震”		5.7, 6.2, 6.1, 4.3, 5.0	0.1	0.4	0.7	1.2	0.698	

(to be continued)

Table 3. (Continued)

期	間	最大地震	地	域	M	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁₄	R ₄	Remarks
1960	III20~IV16	III21	三陸沖		7.5, 6.2, 6.7, 6.1, 6.2	0.8	0.5	0.0	1.3	0.242	
1960	VI30~VII13	VI30	三陸沖		6.7, 4.3, 5.1, 4.9, 6.2	0.5	1.1	0.2	1.8	0.330	
1961	I 16~II 21	I 16	茨城県沖		6.8, 6.4, 6.5, 6.1, 6.6	0.2	0.1	0.1	0.4	0.901	
1961	II 27~III 1	II 27	宮崎県沖		7.0, 5.2, 5.3, 4.7, 4.4	1.7	0.1	0.5	2.3	0.027	
1961	III14~ 26	III16, 18	“吉松地震”		4.6, 5.5, 5.5, 4.5	0.0	0.9	0.1	1.0	0.613	
1961	IV12~VII29	V 7	兵庫県西部		4.5, 4.5, 5.9, 5.2	0.7	0.7	0.0	1.4	0.263	
1961	VII19~X 20	VII19	“北美濃地震”		7.0, 5.0, 4.6, 5.2, 4.6, 4.6	1.8	0.2	0.4	2.4	0.018	
1962	IV30~VII19	IV30	宮城県北部		6.5, 4.7, 4.6, 4.8, 4.6	1.7	0.1	0.1	1.9	0.032	
1962	V 5~X 27	VII26	三宅島近海		5.8, 5.9, 5.4, 5.8, 5.3	0.1	0.0	0.4	0.5	0.909	
1963	III27~V 18	III27	“越前岬沖地震”		6.9, 4.8, 5.2, 5.3, 5.2	1.6	0.1	0.0	1.7	0.046	
1964	V 7~ 24	V 7	“男鹿半島沖地震”		6.9, 5.2, 4.8, 6.5, 4.9, 4.8, 4.8	0.4	1.3	0.3	2.0	0.377	
1964	XII11~ 29	XII11	男鹿半島沖		6.3, 5.3, 4.2, 4.6, 5.0	1.0	0.3	0.7	2.0	0.154	
1964	VII16~VIII 2	VII16	“新潟地震”		7.5, 6.1, 6.1, 6.1, 6.0	1.4	0.0	0.0	1.4	0.098	
1965	IX17~ 27	IX18	茨城県沖		5.5, 5.6, 5.5, 5.7, 6.7, 6.2	0.5	0.5	0.1	1.1	0.444	
1965	XI 6~ 7	IX 6	神津島付近		5.2, 4.8, 4.6, 4.7, 5.6	0.4	0.4	0.1	0.9	0.572	
1965	VIII ~ '70		“松代地震”		5.4, 5.3, 5.3, 5.3, 5.3, 5.4, 5.3, 5.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.989	
1967	XI 4~ 5	XI 4	弟子屈付近		6.5, 5.7, 3.5, 4.4	0.8	1.3	0.9	3.0	0.167	
1968	II 21~X 31	II 21	“えびの地震”		5.7, 6.1, 5.6, 5.7, 5.4	0.4	0.0	0.1	0.5	0.804	
1968	IV 1~ 3	IV 1	日向灘		7.5, 4.6, 6.3, 4.7, 4.3	1.2	1.6	0.1	2.9	0.059	
1968	V16~XI30	V16	“十勝沖地震”		7.9, 6.3, 7.5, 6.3, 6.4	0.4	1.1	0.1	1.6	0.395	
1968	VII2~XII18	VII2	岩手県沖		7.2, 6.1, 5.8, 5.8, 6.4, 5.8	0.8	0.3	0.3	1.4	0.261	
1968	VII 1~ 4	VII 1	埼玉県中部		6.1, 4.0, 3.3, 4.1	2.0	0.1	0.7	2.8	0.010	
1968	VIII 6~ 11	VIII 6	宇和島付近		6.6, 4.8, 4.9, 5.3, 4.3	1.3	0.4	0.4	2.1	0.068	
1968	VIII18~X 6	VIII18	京都府北部		5.6, 5.2, 4.5, 4.3, 4.6, 4.3	0.4	0.6	0.1	1.1	0.491	
1969	IX 9~IX23	IX 9	岐阜県中部		6.6, 4.6, 4.9, 4.8, 4.6, 4.8	1.7	0.1	0.0	1.8	0.035	
1969	VIII12~IX27	VIII12	北海道東方沖		7.8, 5.6, 6.2, 5.6, 5.9, 5.6, 5.7	1.6	0.3	0.2	2.1	0.030	

(to be continued)

Table 3. (Continued)

期	間	最大地震	地 域	M	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	R ₄	Remarks
1970	I 21~II 28	I 21	北海道南部	6.7, 4.5, 4.8, 4.5, 4.5	1.9	0.3	0.0	2.2	0.014	
1970	VI 26~VIII 1	VII 26	日向灘	6.7, 4.7, 4.7, 4.8, 6.1	0.6	1.3	0.1	2.0	0.266	
1970	VIII 9	VIII 9	熊本付近	4.5, 4.1, 4.1, 3.7, 3.8	0.4	0.0	0.3	0.7	0.747	
1970	X 16~XI 27	X 16	秋田県南東部	6.2, 4.0, 4.0, 4.9, 4.0	1.3	0.9	0.0	2.2	0.050	
1971	II 15~ 20	II 15	長崎県南岸(橘湾)	4.2, 4.2, 4.6, 4.1, 4.1, 4.1	0.4	0.0	0.1	0.5	0.804	
1972	I 14	I 14	伊豆大島付近	3.8, 3.4, 3.8, 3.2	0.0	0.4	0.2	0.6	0.809	
1972	II 29~III 23	II 29	八丈島近海	7.1, 5.6, 5.5, 5.5, 5.7, 5.5, 5.5	1.4	0.1	0.1	1.6	0.076	
1972	XII 4~'73 II 26	XII 4	八丈島近海	7.2, 5.3, 5.5, 5.3, 5.2	1.7	0.2	0.0	1.9	0.029	
1973	VII 17~VIII 11	VII 17	根室半島沖	7.4, 6.1, 7.1, 6.1, 6.5, 6.2	0.3	0.6	0.3	1.2	0.542	
1973	IX 5~ 26	IX 5	福島県沖	6.1, 4.9, 6.0, 5.3, 4.9, 4.9	0.1	0.7	0.4	1.2	0.614	
1974	V 9~ 25	V 9	“伊豆半島沖地震”	6.9, 4.2, 3.9, 4.3, 4.5, 3.9	2.4	0.2	0.1	2.7	0.003 ₃	
1974	VI 24~VII 21	VII 9	伊豆半島中部	3.4, 4.9, 4.0, 3.4, 3.8	0.9	0.2	0.4	1.5	0.221	
1974	V 2~ 5	V 3	千葉県東方沖	4.9, 4.7, 5.1, 5.2, 4.7, 4.7	0.1	0.2	0.2	0.5	0.878	
1975	I 22~ 31	I 23	“阿蘇群発地震”	5.5, 6.1, 4.9, 5.1, 5.0	0.6	0.4	0.1	1.1	0.398	
1975	IV 21~V 1	IV 21	大分県中部	6.4, 4.1, 4.2, 4.2, 4.1	2.2	0.0	0.1	2.1	0.008 ₅	
1975	VI 10~VII 20	VI 20	北海道東方沖	7.0, 6.0, 6.5, 6.0, 6.2, 6.0	0.5	0.3	0.2	1.0	0.612	
1975	IX 25~X 15	IX 25	奄美大島近海	5.3, 5.1, 4.9, 5.0, 5.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.943	
1976	I 21~ 31	I 21	北海道東方沖	6.5, 6.0, 5.9, 5.7, 5.8	0.5	0.1	0.1	0.7	0.645	
1976	III 30~IV 19	IV 19	三陸沖	5.5, 5.5, 5.3, 5.2, 5.6	0.1	0.0	0.2	0.3	0.958	
1976	VI 4~ 10	VI 4	宮城県沖	5.8, 4.5, 3.9, 3.9, 3.7	1.3	0.6	0.0	1.9	0.059	
1976	VI 16~VII 28	VII 16	山梨県東部	4.7, 5.5, 3.5, 4.2, 4.3	0.8	0.4	0.1	1.3	0.254	
1976	XI 7~XII 12	XI 28	陸奥湾(鰐野沢付近)	4.0, 3.8, 4.6, 4.9, 3.3	0.3	0.6	0.2	1.1	0.554	
1977	III 3~VII 16	VII 18	熊本付近	4.2, 4.1, 4.1, 5.2, 4.1	1.0	0.1	0.0	1.2	0.240	
1977	V 2~ 4	V 2	島根県中部	5.3, 3.0, 3.6, 2.7, 3.8	1.5	0.2	0.6	2.1	0.041	
1977	X 19~'78 I 19	XII 24	三陸沖	5.2, 5.9, 5.3, 5.5, 5.1	0.4	0.2	0.1	0.7	0.681	
1978	I 14~ 26	I 14	“伊豆大島近海地震”	4.9, 7.0, 5.1, 4.9, 5.8, 5.4	1.2	0.4	0.3	1.9	0.084	

(to be continued)

Table 3. (Continued)

期	間	最大地震	地 域	M	D ₁	D ₂	D ₃	D ₁₄	R ₄	Remarks
1978	II 20~IV 17	II 20	宮城県沖	6.7, 4.9, 4.7, 4.8, 5.0	1.7	0.1	0.1	1.9	0.032	
1978	IV 6~ 18	IV 7	千葉県沖	4.7, 4.8, 4.6, 5.1, 6.1	1.0	0.3	0.1	1.4	0.172	
1978	V 16~ 17	V 16	青森県東岸	5.8, 5.8, 3.9, 4.0, 3.5	0.0	1.8	0.1	1.9	0.510	
1978	VI 4~ 9	VI 4	島根県中部	6.1, 4.4, 5.2, 5.5, 5.3	0.6	0.2	0.1	0.9	0.487	
1978	VII 2~ 30	VII 2	宮城県沖	5.8, 7.4, 5.7, 6.3, 5.4	1.1	0.5	0.1	1.7	0.107	
1978	VII 27	VII 27	茨城県沖	4.3, 4.7, 4.5, 4.4, 5.1	0.4	0.2	0.1	0.7	0.681	
1978	VII 1~ 10	VII 3	青森・岩手県境	4.0, 3.9, 4.1, 2.8	0.1	0.1	1.1	1.2	0.784	
1977	VIII ~		有珠	4.3, 4.3, 4.3, 4.3, 4.3, 4.3, ...	0.0	0.0	0.0	0.0	1.000	岡田ら (1979)

ない。そうすると $M_2 8.1$, $R_4=0.529$ となり、いわば双子型になる。

Table 3 の地震群中 R_4 の最も大きな地震群は松代地震で 0.989 である。

Table 3 には直接火山噴火に関係する地震を含まないが、参考として、末尾に 1977 年有珠火山の噴火に伴う地震群を掲げた。この地震群はグーテンベルグーリヒターの式に従わない特異なマグニチュード分布をしていることが指摘されている (岡田ら, 1979)。彼らによると最大の地震は $M 4.3$ であるが、同規模の地震が 1979 年 8 月迄の 2 年間に 18 回も起こっている。従って R_4 は 1.00 になる。

ここに得られた R_4 の分布は Fig. 6 に示す通りである。 $R_4 < 0.1$ の場合が全体の約 1/3 を占めている。 $0.4 \leq R_4 < 0.5$ に弱い谷が見られる。

Fig. 7 には $D_1 = M_1 - M_2$ の分布を示した。ここでは、少なくとも M_4 まで検知されている地震群だけをとり上げているので、例えば UTSU (1969) に挙げられているものより D_1 の大きな場合は少なくなっている。

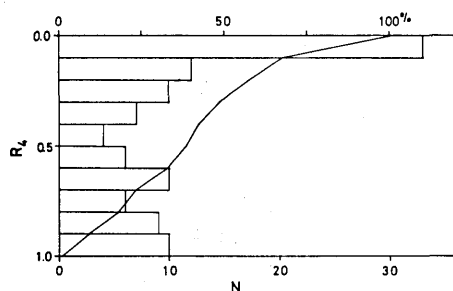


Fig. 6. Frequency distribution of R_4 .

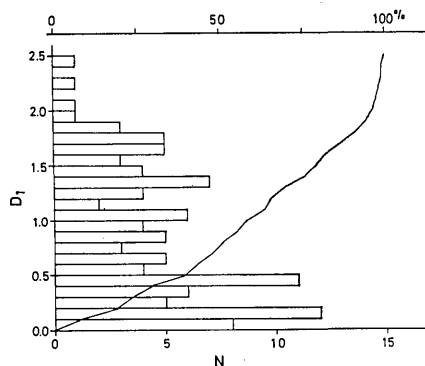


Fig. 7. Frequency distribution of $D_1 = M_1 - M_2$.

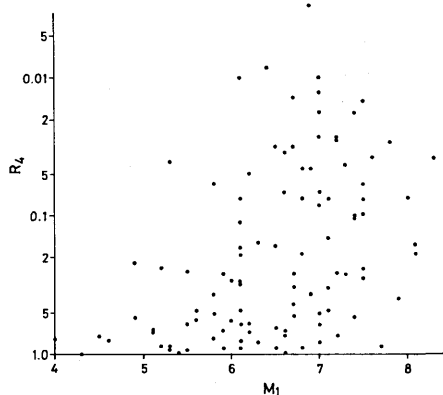


Fig. 8. Relation between R_4 and M_1 .

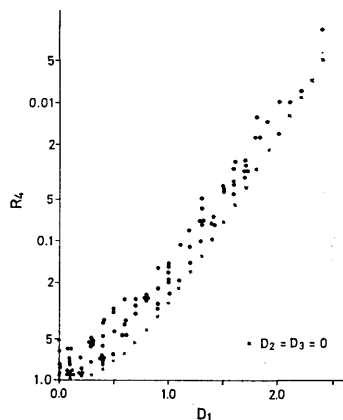


Fig. 9. Relation between R_4 and D_1 .

Fig. 8 は M_1 と R_4 の関係を示している。目立った相関は見られない。 M_1 の小さいところで R_4 の小さい例がないのは、存在しないわけではなく、 M_4 , M_5 さらには M_2 が検知限界を下まわることが多くなるためと考えられる。

Fig. 9 は D_1 と R_4 の関係を示したものである。×印は $D_2=D_3=0$, つまり $M_2=M_3=M_4$ の場合で、他のいかなる M_2 , M_3 , M_4 の組合わせでも、これより大きな R_4 は存在し得ない。例えば $D_1 \geq 1.4$ なら $R_4 < 0.1$ である (逆はいえない)。

Fig. 10 には EVISON (1981) のとり上げた M_1-M_3 と R_4 の関係を示した。図の右寄に分

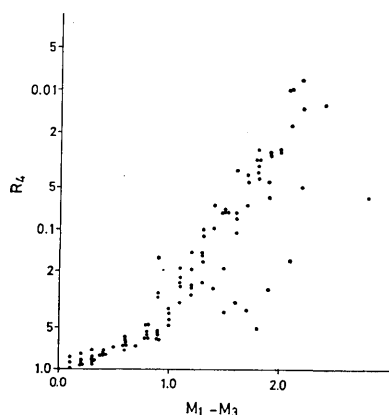


Fig. 10. Relation between R_4 and M_1-M_3 .

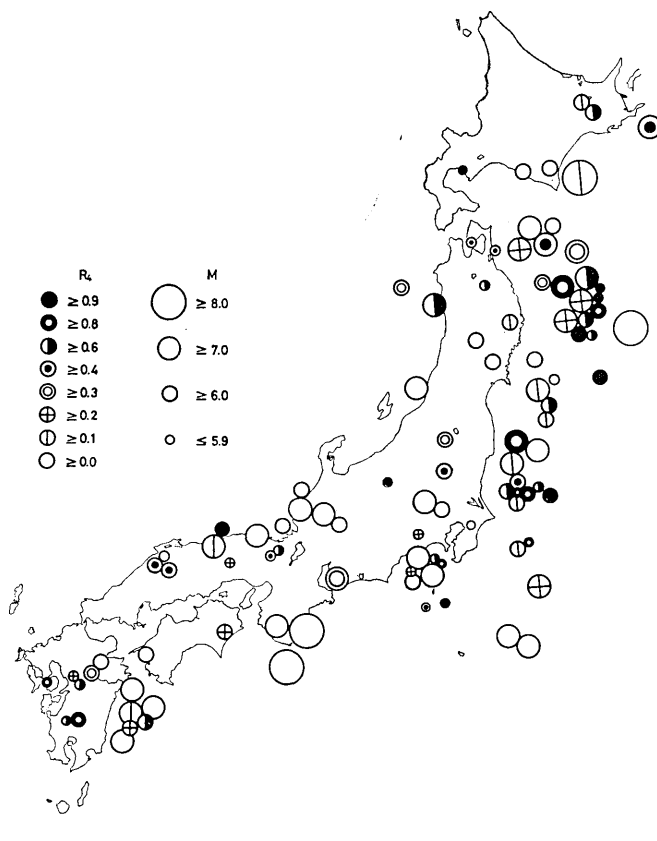


Fig. 11. Geographical distribution of R_4 . The symbols were indicated in the places of the largest shocks, but in some cases they are displaced slightly so as not to overlap.

布する点は $D_1 < D_2$, つまり双子型にあたる.

Table 3 の地震群の R_4 の地理的分布を示したものが Fig. 11 である.

岩手県沖, 茨城・福島県沖, 九州南西部に R_4 の大きい地震が多い. 特に, 岩手県沖では最大地震のマグニチュード M_1 がかなり大きくて, かつ R_4 の大きな地震が多い.

北陸地方は R_4 の小さい地震群が集中している.

日向灘, 伊豆半島・伊豆七島では R_4 の大きいもの, 小さいものが入り混っているが, M_1 の小さいものの R_4 が大きい傾向が見える.

M_1-M_2 の分布 (MOGI, 1963) や, M_1-M_3 に基いて分類した mainshock event, earthquake swarm, multiplet の分布 (EVISON, 1981) などと, 大勢としては共通の傾向を示すが, Fig. 9 や Fig. 10 からわかるように, より詳しい地震群の性格の違いの分布を表わしている.

§7. ま と め

地震群の性格・特徴を規定する上で大きな意味を持っていると考えられる地震群中の大きな地震の発生様式——大きさ分布, すなわちエネルギー配分, 発生順序等々の中で, 大きな地震の大きさ分布を定量的に示す指標として, 相対エントロピー R が有効であることがわかった.

地震の大きさ分布を特徴づけるものとしては, グーテンベルグーリヒターの式の係数 b が広く用いられているが, R は b とは相補的な意味をもっている.

二, 三の問題点についてかんたんに触れておこう.

D_1, D_2, D_3, \dots の多次元分布を R という一つの量で表わしているのだから, 同じ R の値を与える地震の相対的大きさ分布は一義的には決まらない. 同じ R の値を与える地震の大きさ分布がどういう関係にあるか, 換言すればどういう点で同等であるかということは R の物理的意味が明かになれば理解されよう. 今後の検討課題である.

また, ここでは地震群中の大きい地震の大きさ分布のみを考えたが, それがどういう順序で起こるかということも地震群の性格を考える上で基本的なことである. 次の機会にこの点も検討したい.

謝 辞

この研究に関して, 議論をして下さった大竹政和博士, 原稿を読んで注意をして下さった山科健一郎博士, 神沼克伊博士に厚く御礼申し上げます.

文 献

- AKI, K., 1965, Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43**, 237-239.
 EVISON, F., 1981, Multiple earthquake events at moderate-to-large magnitudes in Japan, *Journ. Phys. Earth*, **29**, 327-339.

- GUTENBERG, B., and C. F. RICHTER, 1944, Frequency of earthquakes in California, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, **34**, 185-188.
- 池田 央, 1971, 統計調査のコンピュータ解析, 東洋経済新報社, 389 pp.
- 神沼克伊・茅野一郎・窪田 将, 1975, 1964年12月~1965年2月の伊豆大島付近の群発地震, 火山 **II**, **20**, 37-47.
- 松沢武雄, 1950, 地震学, 角川書店, 374 pp.
- Mogi, K., 1967, Regional variation of aftershock activity, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 711-726.
- 岡田 弘・渡辺秀文・山下 済・前川徳光・横山 泉, 1979, 有球火山の群発地震—2ヶ年の活動からその特異性について, 地震学会講演予稿集, No. 2, 40.
- 辻 秀昭・阿部勝征, 1976, 1938年塩屋沖地震のマグニチュードとその付近のサイスミシティ, 地震学会講演予稿集, No. 1, 24.
- UTSU, T., 1961, A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geophys. Magazine*, **30**, 521-605.
- 宇津徳治, 1964, 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, 北海道大学地球物理学研究報告, **13**, 99-103.
- 宇津徳治, 1968, 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**, 54-56.
- UTSU, T., 1969, Aftershocks and earthquake statistics (I) —Some parameters which characterize an aftershock sequence and their interrelations—, *Journ. Faculty of Sci., Hokkaido Univ.*, ser. VII, **3**, 129-195.
- UTSU, T., 1970, Aftershocks and earthquake sequences (II) —Further investigation of aftershocks and other earthquake sequences based on a new classification of earthquake sequence— *Journ. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. VII, **3**, 197-266.
- UTSU, T., 1974, A three parameter formula for magnitude distribution of earthquakes, *Journ. Phys. Earth*, **22**, 71-85.
- 宇津徳治, 1977, 地震学, 共立出版, 286 pp.
- 宇津徳治, 1978, 前震と群発地震の識別に関する一調査, 地震 **II**, **31**, 129-135.
- YAMASHINA, K., 1980, Case study of probability-prediction; The 1980 east off Izu Peninsula earthquake, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **55**, 873-883.

16. A Characteristic of Earthquake Sequences

—An Index for Energy Distribution of Major Earthquakes Belonging to Earthquake Sequences—

By Ichiro KAYANO,
Earthquakes Research Institute.

The energy distribution of larger shocks of an earthquake group is an important characteristic specifying the group, but it cannot be sufficiently expressed by the widely used coefficient b of Gutenberg-Richter formula. In order to characterize earthquake groups, a kind of index, relative entropy, R , for energy distribution of larger shocks belonging to the group, was introduced. This index R is effective for characterizing quantitatively the type of earthquake groups, ranging from main-shock type to swarm type.