

# 関東地方に起った地震について二、三のこと\*

市川 政治\*\*

550.341.2

## Tremblements de Terre du District du Kwanto (1933-1952)

M. Ichikawa

(Section de Séismologie, J. M. A.)

L'auteur investiga les séismes ayant un rayon maximum ressenti de plus de 100 km, qui s'étaient produits dans le district du Kwanto de 1933 à 1952, et trouva les résultats suivants.

(1) La repartition verticale des foyers dans le district est très caractéristique (voir Fig. 2~7), et suivant les caractères, on peut se diviser le district en trois régions (Fig. 8). Ce sont le district du Kwanto central (à notre cas, on nomme cette région provisoirement la région A), mer de Kashimanada (la région B) et le district du Kwanto sud (la région C).

(2) Au point de vue horaire, la phénomène de la production des séismes dans ce district entier est un peu complexe, mais, dans chaque trois régions, les séismes se produisent indépendamment les uns les autres (voir Tab. 1~7).

(3) La similarité à la curve de somme de la racine carrée d'énergie de séismes  $\Sigma \sqrt{E}$  dans chaque région s'explique que ces trois régions subissent une force à un système même (voir Fig. 10). Et puis, pendant la période, la région où la séismicité est la plus active est mer de Kashimanada (région B) (voir Fig. 11).

(4) Fig. 12 indique les relations statistiques entre l'énergie  $E$  libérée par secousses et leur fréquence dans chaque région.

### § 1. まえがき

関東地方に起った地震の震源の立体的分布, その発生の時間的な統計などについての研究はむかしから多くのひとびとにより手掛けられている。ここでは 1933 年から 1952 年までのあいだに, 関東地方に起った小区域以上の地震について震源の立体的分布, 毎月の地震発生回数のみん度分布, 各地震発生の時間間隔の分布, 放出されたエネルギーの年変化その他の事からを検討してみた。次にこれらの結果を報告する。

### § 2. 震源の立体的分布

関東地方に発生した地震の立体的分布については, 小平<sup>(1)</sup>, 永田<sup>(2)</sup>, 那須<sup>(3)</sup>らおよび和達・岩井<sup>(4)</sup>

\* Reçu le 17 juillet, 1956.

\*\* 気象庁 地震課.

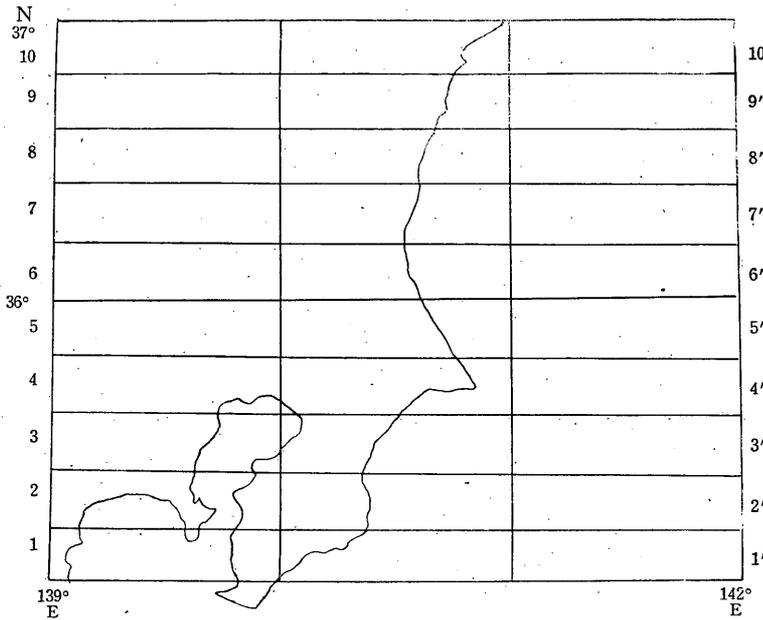


Fig. 1. Le district du Kwantou

らの研究があり、この地方の震源はわん（碗）状ないしは漏斗状といった、ある限られた範囲内に分布するという結果がでていいる。ここでは Fig. 1 に示すように、関東地方を幅 0.2° の東西に走る細長いベルトで区切り、その各ベルト内の震源の分布状態を調べた。その結果を Fig. 2 に示す。

Fig. 3, 4 は Fig. 2 の各図に示された震源の上限

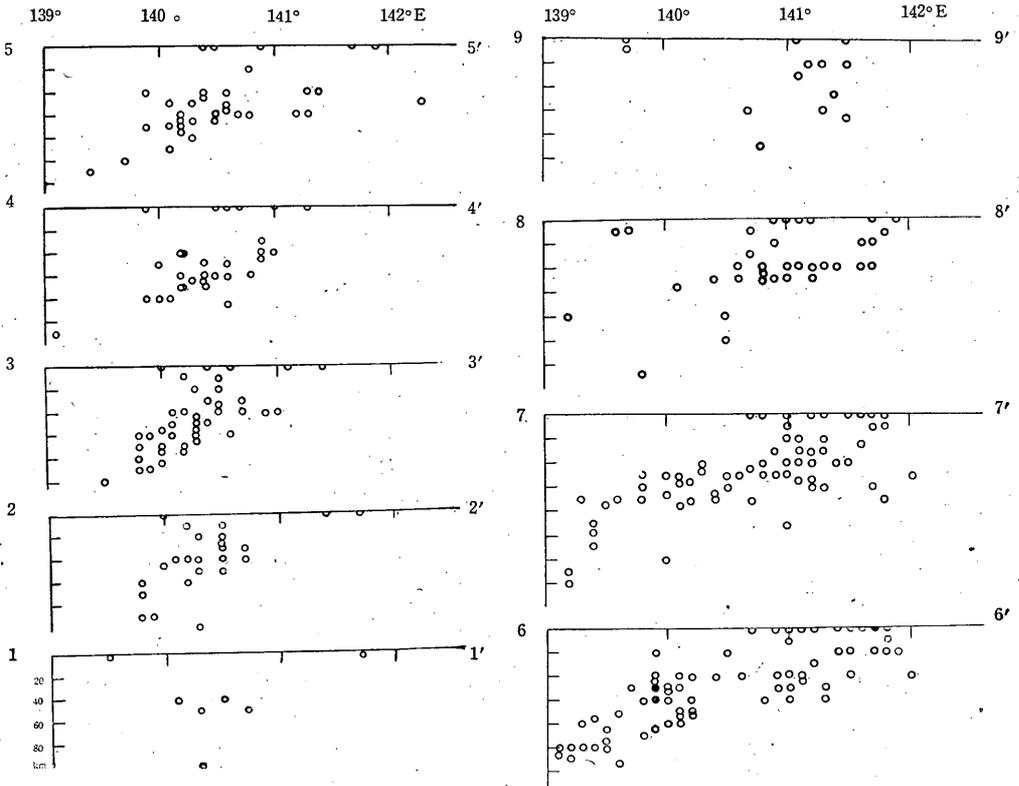


Fig. 2. Repartition verticale des foyers séismiques dans chaque zone coupée ouest-est à travers district du Kwantou

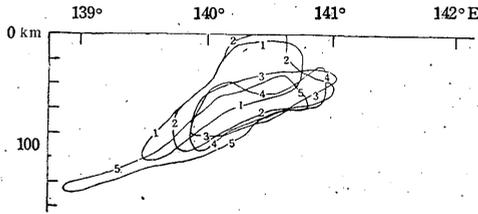


Fig. 3

および下限を結んで得た曲線で、結局、各ベルト内に発生した地震はこれらの各曲線内に分布していることになる。

これらの各図から、震源の分布に地域的な特異性の存在することがうかがえる。すなわち、関東の中部地域では Fig. 5 に示すような比較的ひらべったく、かつ、西にむかって傾斜している区域に、鹿島灘地域では Fig. 6 に示すように最低部の深さが 60 km くらい のわん状の区域内に地震は発生し、また、関東の南部地域（主として房総半島および東京湾）では、Fig. 7 のような上記二区域を重ね合わせたかっこうの区域内にそれぞれ地震は発生している。これらの三地域は次に述べるように、地震発生の時間的分布の面でもそれぞれ特長を持っている。

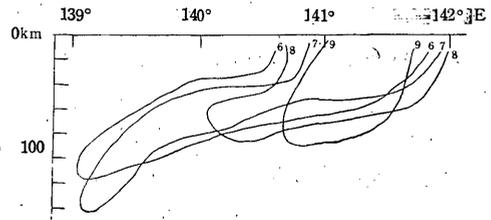


Fig. 4

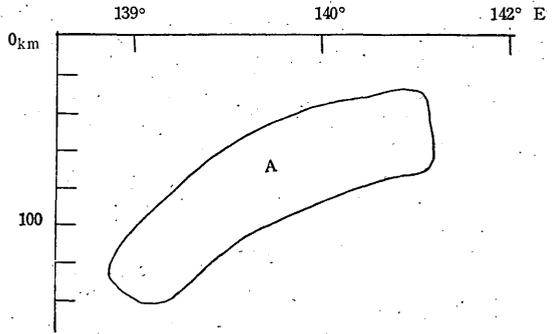


Fig. 5. Coupe verticale schématique résumant repartition des foyers dans région A (cf. Fig. 2, Fig. 3 et Fig. 4)

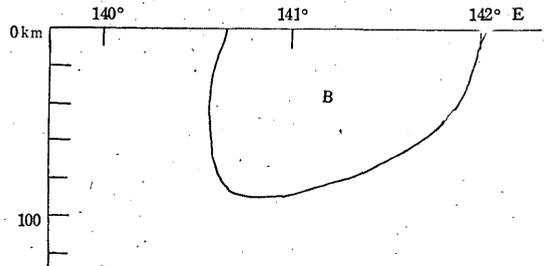


Fig. 6. Coupe schématique résumant repartition des foyers dans région B (cf. Fig. 2, Fig. 3 et Fig. 4)

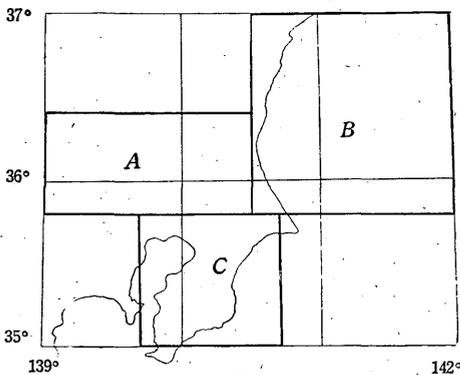


Fig. 8

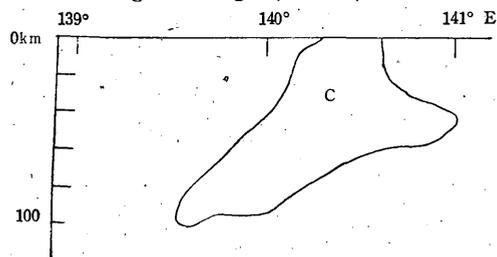


Fig. 7. Coupe schématique résumant repartition des foyers dans région C (cf. Fig. 2, Fig. 3 et Fig. 4)

以後、上記関東中部地域をA地域、鹿島灘地域をB地域、関東南部地域をC地域と仮に呼び調査を進めることにする (Fig. 8 参照)。

§ 3. 地震発生の時間的分布

地震発生の時間的分布に関する統計的研究は非常に多い\*。ここでは上記各地域および各地域全体に発生した小区域以上の地震について、毎月地震発生回数のひん度分布、地震発生の時間間隔の分布を調べた。

i. A, B, C 地域全体

1933 年から 1952 年までに上記 A, B, C の各地域全体内に起った小区域以上の地震毎の月の発生回数のひん度分布は Tab. 1 のとおりである。この結果に

Tab. 1. Repartition de nombre des séismes produits à chaque mois pendant la période et leur repartition calculée (Région A+B+C)

$x$	$N_{ob}$	$N_P$	$N_{P-E}$	$N_{G.P.}$	$N'_P$	$N'_{P-E}$	$N'_{G.P.}$
0	62	40	95	69	43	90	75
1	69	72	50	80	73	55	76
2	48	64	31	47	64	34	40
3	28	38	20	18	37	22	16
4	16	17	13	6	5	14	7
5	6	6	9	3	1	9	6
6	6		6	2		5	5
7	2	2	4	3		3	5
8	1		2	3		2	4
9	0		1	3		1	3
10	0	1	1	2			2
11	0			1			
12	0		8	1		4	
13	0						
18	1						
$P(\chi^2)$	—	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

$x$  : Nombre des séismes produits dans un mois  
 $N_{ob}$  : Fréquence observée  
 $N_P$  : Fréquence par loi de Poisson  
 $N_{P-E}$  : Fréquence par loi de Pólya-Eggenberger  
 $N_{G.P.}$  : Fréquence par loi de Poisson composé  
 $N'$  : Fréquence calculée, négligant  $x=18$

Poisson 分布

$$N(x) = \frac{e^{-h}}{x!} h^x$$

(ここで、 $h = \bar{x}$ ),

複合 Poisson 分布

$$N(x) = a_1 \frac{e^{-h_1}}{x!} h_1^x + a_2 \frac{e^{-h_2}}{x!} h_2^x$$

(ここで、 $a_1 + a_2 = 1$ ,  $a_1 h_1 + a_2 h_2 = \bar{x}$ ,  $a_1 h_1^2 + a_2 h_2^2 = \bar{x}^2 - \bar{x}$ ,  $a_1 h_1^3 + a_2 h_2^3 = \bar{x}^3 - 3\bar{x}^2 + 2\bar{x}$ ),

および,

Pólya-Eggenberger 分布

$$N(x) = \frac{m(m+\rho)(m+2\rho)\cdots(m+(x-1)\rho)}{x!} (1+\rho)^{-\frac{m}{\rho}-x}$$

\* 地震の統計に関する論文については友田, 安芸らによる, くわしい総合報告 (文献 (5) 参照) がある。

(ここで、 $(1+\rho)\bar{x} = \overline{x^2} - \bar{x}^2$ ,  $m = \bar{x}$ )

をそれぞれ当てはめ、 $\chi^2$  検定にかけてみたが、Tab. 1 に示すように適合度はいずれも悪い。そこで、これは一か月に 18 回地震の発生した月の影響かと考え、この月を除外してふたたび上記三分布を当てはめてみたが、その結果は前よりは少々良くなった程度で、依然適合度は悪い。しかし、上記三地域にこの地域を分けて統計をとると、各地域内に発生した地震のひん度分布は Poisson, 複合 Poisson ないしは Pólya-Eggenberger 分布のいずれかによく当てはまる。

ii. A 地域

この地域内に毎月発生した小区域以上のひん度分布は、Tab. 2

Tab. 3. Intervale de temps entre deux séismes successives  $t$  et leur fréquence  $N$  (Region A)

$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$	$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$
< 15	37	35.8	<135	3	3.4
< 20	27	26.6	<150	2	2.6
< 45	21	20.0	<165	0	1.9
< 60	19	14.8	<180	2	1.4
< 75	10	11.1	<195	1	1.1
< 90	10	8.4	<210	1	0.3
<105	6	6.2	<210	3	—
<120	4	4.6			
			$P(\chi^2)$	0.95 < P < 0.975	

$N_{ob}$  : Fréquence observée

$N_{cal}$  : Fréquence calculée par repartition exponentielle

複合 Poisson, Pólya-Eggenberger の各分布のいずれにも適合しない。各地震間の時間間隔のひん度分布も指数分布に当てはまらない (Tab. 5 参照)。

Tab. 4. (Région B)

$x$	$N_{ob}$	$N_P$	$N_{P-E}$	$N_{G.P.}$	$N'_P$	$N'_{P-E}$	$N'_{G.P.}$
0	139	106	162	126	113	141	135
1	57	87	36	78	84	54	65
2	21	35	17	25	32	24	20
3	11	10	10	5	8	11	8
4	3	2	6		2	5	5
5	3		4	5		2	3
6	0		2			1	2
7	1		1			1	1
8	1						
16	1		2				
$P(\chi^2)$	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.900 < P < 0.950	0.250 < P < 0.500

$N'$  : Fréquence calculée, négligant  $x=16$

Tab. 2. (Région A)

$x$	$N_{ob}$	$N_P$
0	135	133
1	75	78
2	24	23
3	5	5
4	1	1
5	0	0
$P(\chi^2)$	—	0.950 < P < 0.975

に示すように、Poisson 分布に非常によく当てはまる。さらに、各地震間の時間間隔のひん度分布も、Tab. 3 に示すように、指数分布に良く当てはまる。これは上の結果とともに、この地域内に発生する小区域以上の地震は互に独立であることを示すものである。

iii B 地域

この地域内に毎月発生した地震回数のひん度分布は、Tab. 4 に示すように Poisson,

Tab. 5. (Région B)

$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$	$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$	$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$
<15.	97	64.4	< 90	8	8.6	<165	2	1.1
<30	25	41.2	<105	4	5.7	<180	3	0.8
<45	21	28.9	<120	7	3.8	<195	1	0.5
<60	13	19.2	<135	4	2.5	<210	1	} 0.1
<75	6	12.8	<150	1	1.7	>210	2	

しかし、1 か月間に 16 回地震の発生した月を除いて、上記三分布を当てはめてみると、Tab. 4 に示すように、Poisson 分布以外の分布に当てはまり、特に Pólya-Eggenberger 分布のほうが複合 Poisson 分布よりも適合度は良い。この結果からすると、B 地域内の小区域以上の地震の発生は、一応、持続性をもつものとも考えられるが、Pólya-Eggenberger 分布は一種の複合分布でもある点や、Pólya-Eggenberger 分布より適合度は悪いが、複合 Poisson 分布も観測結果に適合するという点などから、地震の発生は異なった多くの平均値からなる、互に独立な現象と考えたほうがよいように思える。

Tab. 6. (Région C)

$x$	$N_{ob}$	$N_P$	$N_{P-E}$	$N_{G.P.}$
0	174	165	177	175
1	51	62	46	48
2	9	12	13	12
3	3	1	} 4	4
4	3	0		1
$P(X^2)$		$0.200 < P < 0.300$	$0.250 < P < 0.500$	$0.950 < P < 0.975$

## iv C 地域

C 地域内に毎月発生した地震回数のひん度分布は Tab. 6 に示すように、複合 Poisson 分布に非常に良く当てはまるが、Pólya-Eggenberger 分布には適合しない。また、発生時間間隔の分布も指数分布に適合する (Tab. 7 参照)。

Tab. 7. (Région C)

$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{ca}$	$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$	$t$ (jours)	$N_{ob}$	$N_{cal}$
<15	22	15.1	< 90	7	6.0	<165	2	2.4
<30	14	12.5	<105	8	4.8	<180	2	1.9
<45	6	10.4	<120	3	4.1	<195	1	1.7
<60	8	8.2	<135	0	3.3	<210	0	1.3
<75	5	7.2	<150	3	2.9	>210	8	...

$$0.10 < P(X^2) < 0.25$$

したがって、C 地域内に発生した小区域以上の地震はその発生は互に独立ではあるが、前記 A 地域よりは複雑で、平均値の異なった二系統の互に独立な地震活動よりなるものと考えてよいであろう。

## § 4. 地震活動の年変化

上記 A, B, C の各地域の地震活動状況の比較の目的から、各地域に毎年発生した地震のエネルギー

一の和の変化図と Benioff 流  
の地震エネルギーの平方根の  
積算図を作ってみた。

地震のエネルギーについては種々議論のあるところであるが\*、今回は震源の深さと有感距離がともに比較的正確に求められているので、Gutenberg-Richter の最大有感震源距離  $R$ 、震源の深さ  $h$  とエ

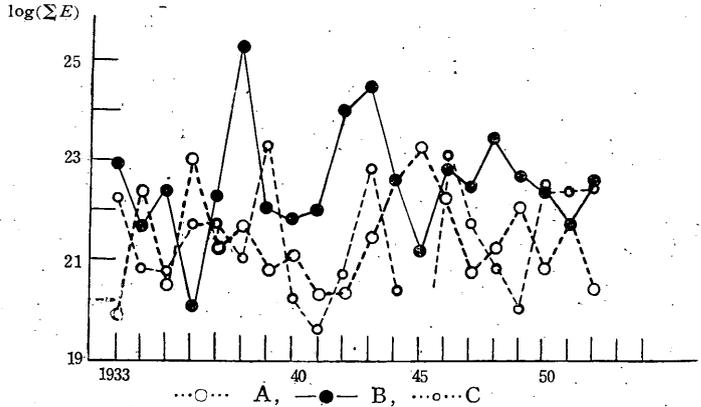


Fig. 9. Variation d'énergie libérée  $E$  (erg) en chaque année par les séismes dans trois régions

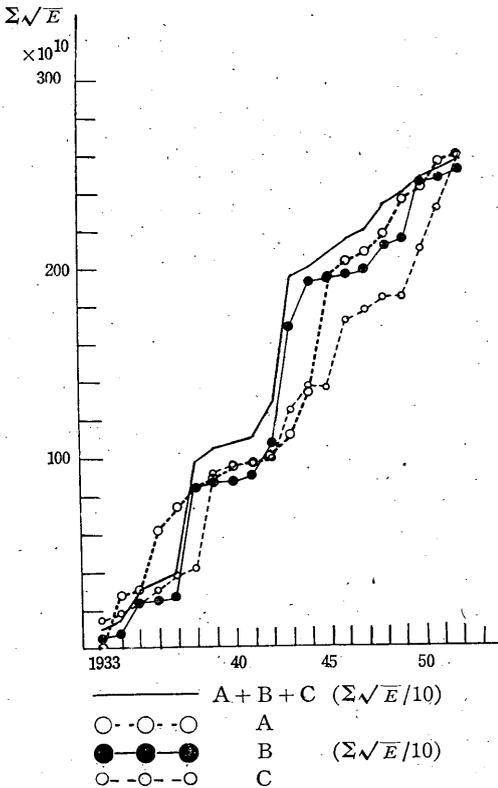


Fig. 10.  $\Sigma\sqrt{E_i}$ , de 1933 à 1952 dans chaque région

ネルギー  $E$  とのあいだの関係式

$$\log E = 11.1 + 6.4 \log R - 3.2 \log h$$

からエネルギーを求めることにした。

上の式から求めた各地域内に発生した地震のエネルギーの各年ごとの和の年変化図、および Benioff 流のエネルギーの平方根の積算図を Fig. 9, 10 に示す。

1933年～1952年間の各地域内の地震活動は、これらの図からわかるように、必ずしも同一位相ではないが、大体において、類似した変動を呈しているとみてさしつかえなからう。ところで、これを Benioff 流に考えるならば、上記三地域は同一系統の力の作用下にあると解釈される。さらに、前記のとおり、各地震の震源の分布状態や地震発生の時間的分布の相違を、各地域の地殻構成物質の相違によると考え、これが同一系統の力の作用下でありながら各地域が同一位相の活動を示さない一つの理由と考えたらどう

\* 最近、Gutenberg-Richter の規模  $M$  とエネルギー  $E$  との関係は全面的に改められた<sup>(6)</sup>。それによると、各  $M$  に対する地震のエネルギーは以前の値よりだいぶ小さくなる。したがって、上の  $E$ ,  $R$  および  $h$  間の関係式も修正さるべきかもしれないが、一応、この式によって各地震のエネルギーを求めることにした。

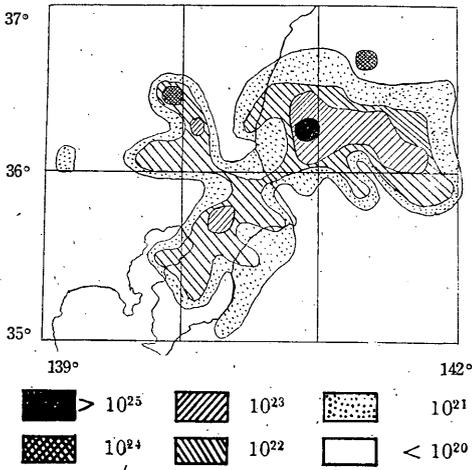


Fig. 11. Energie totale libérée par les séismes de 1933 à 1952

であろうか。

また、三地域とも活動期にはいる前には、大体において、静穏な年が続くという傾向が Fig. 9, 10 からうかがえる。

放出エネルギー量という見地からすると、1933 年~1952 年間を通じて最も活動的であった地域は B 域で、A, C 地域に比して 10 倍くらい多くのエネルギーを放出している (Fig. 11 参照)。

§ 5. 地震のエネルギーのひん度分布

この地域内の地震のエネルギーのひん度分布

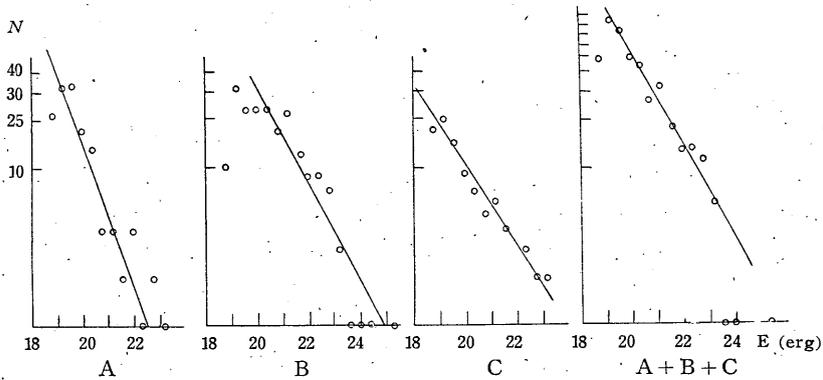


Fig. 12. Relation entre l'énergie  $E$  libérée par les séismes et leur fréquence

を  $0.4 \times 10^{20}$  エルグ単位でとった結果が Fig. 12 で、これに、

$$N = C_1 E^{-m}$$

なる分布式を当てはめ、指数を求めると Tab. 8 のようになる。

Tab. 8

Région	A	B	C	A+B+C
m	1.45	1.30	1.26	1.30
n	1.90	1.60	1.52	1.60

$N = C_1 E^{-m}$ ,  $N = K A^{-n}$ ,  $E$ : Energie,  
 $A$ : Amplitude maximum  
 $C_1, K$ : Constante

また、地震のエネルギーは近似的に震源における変位の最大振幅の自乗に比例し、振幅は震源距離を  $r$  とするとき  $e^{-kr} r^{-l}$  ないしは  $r^{-l}$  (ここに  $k, l$  は常数) の型で減衰すると仮定するならば、ある地域内に発生した地震のエネルギーのひん度分布は、次に示すように、これをその地域からある距離だけ離れ

た観測点で記録される変位の最大振幅のひん度分布(石本・飯田の分布)に変換でき、したがって、上表の  $m$  の check ができる。すなわち、

$$N = C_1 E^{-m}$$

は

$$N = K A^{-(2m-1)} = K A^{-n}$$

(ここで、 $A$  はある点で観測される変位の最大振幅、 $K$  は常数である)、

となる。

いま、観測点を原点とする球座標  $(r, \theta, \varphi)$  を考え、地震発生域を  $r_0 \sim r (r > r_0)$ ,  $\theta_0 \sim \theta (\theta > \theta_0)$ ,  $\varphi_0 \sim \varphi (\varphi > \varphi_0)$  とするならば、上の  $K$  は

$$K = 2C_1 C_2^{1-m} (\theta - \theta_0) (\cos \varphi_0 - \cos \varphi) \{2k(m-1)\}^{-2l(1-m)-3} \\ \times [\gamma \{2l(1-m) + 3, 2k(m-1)r\} - \gamma \{2l(1-m) + 3, 2k(m-1)r_0\}]$$

となる。

上式中の  $\gamma$  は不完全ガンマ函数で、 $2l(1-m) + 3 > 0$ ,  $(m-1) > 0$  のとき成立し、かつ、 $[\ ]$  は正の値をとる ( $r^{-l}$  の場合は本文末付記参照)。

Tab. 8 中の  $n$  の値は  $m$  から求めた値である。

この結果は従来の値より少々小さいようである。

## § 6. むすび

1933 年から 1952 年までに関東地方に起った小区域以上の地震について調査した結果、下のよう  
なことがわかった。

(i) 関東地方に起った地震の震源は、従来いわれているように、わん状、板状ないしは漏斗状の域内におさまることが今回も示された。

(ii) 1933 年 ~ 1952 年のあいだに関東中部、鹿島灘および関東南部内に起った地震の毎月の回数  
の分布は Poisson, 複合 Poisson および Pólya-Eggenberger などの分布のいずれにも当てはま  
らないが、これを上記各地域に区分して統計してみると、関東中部は Poisson 分布に、関東南部は  
複合 Poisson に適合するとともに、発生時間間隔の分布も指数分布に適合し、現象の独立性を示すこ  
とがわかる。しかし、鹿島灘地域の場合は上記三分布のいずれにも適合しないが、1 か月に 16 回発  
生した月を除いて三分布を当てはめると、複合 Poisson ないしは Pólya-Eggenberger の分布に適  
合することがわかる。これから、この地域内に発生する地震は関東中、南部域ほど単純ではない  
が、互に独立であると考えてよからう。これらの結果は、上記各地域の地震発生の場のそれぞれの  
特異性となんらかの関係があるかもしれない。

(iii) 1933 年 ~ 1952 年間の上記三地域の地震活動を比較してみると、必ずしも同一位相ではな

いが、全体を通してみると、三地域が同一系統の外力の作用下にあるような変動をしている。

一方、同一系統の外力の作用下にありながら同一位相の活動を必ずしも示さないのは、各地域の地殻構成物質の相違——上記したように、各地域の地震発生の場の特異性からその一端がうかがえる——によるのではないだろうか。

また、1933年～1952年を通して最も地震活動が活発であった地域は鹿島灘地域で、ついで、関東南部、関東中部の順となっている。

(iv) この地域に発生した各地震からエネルギーのひん度分布を求め、これを石本、飯田の式に変換し、その指数を比べると、今回の結果A地域をのぞいては従来のそれより小さく1.5～1.6となった。これは調査対象の地震を小区域以上と限ったことにその一因があるかもしれない。

最後に、種々御教示いただいた地震課長井上宇胤博士に深く感謝いたします。

#### 文 献

- (1) 小平孝雄：関東地方の地震，B. E. R. I., **11** (1933), 350～361.
- (2) 永田 武：関東地方に於ける震源の垂直分布，B. E. R. I. **14** (1936), 420～426.
- (3) 那須信治，萩原尊礼，表俊一郎：関東地方に於ける地震の発生（其1），B. E. R. I. **14** (1936), 427～437.
- (4) K. Wadati and Y. Iwai: The Minute Investigation of Seismicity in Japan, *Geophysical Magazine*, **25** (1954), 167～173.
- (5) 友田好文：地震統計とモデル，地震 **8** (1956), 196～204.  
安芸敬一：統計地震学の現状，地震，**8** (1956), 205～228.
- (6) B. Gutenberg and C. F. Richter: Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration (2nd paper), *Bull. Seism. Soc. Ame.* **46** (1956) 105～143.
- (7) H. Benioff: Orogenesis and Deep Crustal Structure, Additional Evidence from Seismology, *Bull. Geol. Soc. Ame.*, **65** (1954), 385～400.

#### 付 記

##### 地震のエネルギーのひん度分布の式から最大振幅のひん度分布の式（石本・飯田の式）への変換について

震源が  $dV$  なる小領域内に一様に分布しそれに対応する地震のエネルギーのひん度分布  $N(E)$  が

$$N(E) = C_1 E^{-m} \quad (1)$$

で表わされるとき、次に述べる仮定からこの領域より震源距離にして  $r$  だけ離れたある観測点で観測される変位の最大振幅の分布式に上の(1)式を変換してみる。

(i) 地震のエネルギーは震源における変位の最大振幅  $A_0$  の自乗に比例し、その波がある観測点で最大振幅  $A$  として記録される。

(ii) 振幅は  $e^{-kr}r^{-l}$  または  $r^{-l}$  の型で減衰する。

(ここに、 $k, l$  は常数)

上の仮定から  $A$  は

$$A = \alpha A_0 e^{-kr} r^{-l} \quad (2)$$

(ここに,  $\alpha$  は常数).

したがって,  $E$  は

$$E = C_2 A^2 e^{2kr} r^{-2l} \quad (3)$$

(ここに  $C_2$  は常数).

(1) と (3) の各式から上記  $dV$  内に起った地震のある点で観測される最大振幅  $A$  の分布は次のようになる.

$$N(A) = 2C_1 C_2^{1-m} e^{2k(1-m)r} r^{2(1-m)l} A^{1-2m} = KA^{-n} \quad (4)$$

次に, 地震が  $V$  なる領域内に一様に起る場合の  $N(A)$  を求めるため, 観測点を原点とする球座標を考え,  $V$  を  $r: r \sim r_0$  ( $r > r_0$ ),  $\theta: \theta \sim \theta_0$  ( $\theta > \theta_0$ ),  $\varphi: \varphi \sim \varphi_0$  ( $\varphi > \varphi_0$ ) とし, この範囲について (4) 式を積分すると

$$\begin{aligned} N(A) &= 2C_1 C_2^{1-m} \int_{r_0}^r \int_{\theta_0}^{\theta} \int_{\varphi_0}^{\varphi} e^{2k(1-m)r} r^{2(1-m)l+2} A^{1-2m} \sin \varphi \, d\varphi \, d\theta \, dr \\ &= 2C_1 C_2^{1-m} (\theta - \theta_0) (\cos \varphi_0 - \cos \varphi) \{2k(m-1)\}^{-2l(1-m)-3} \\ &\quad \times [\gamma \{2l(1-m)+3, 2k(m-1)r\} - \gamma \{2l(1-m)+3, 2k(m-1)r_0\}] A^{1-2m} \end{aligned} \quad (5)$$

となる.

上の  $\gamma$  は不完全  $\Gamma$  函数で  $2l(1-m)+3 > 0$ ,  $m-1 > 0$  のとき成立し, かつ, [ ] 内の値は正となる.

次に,  $r^{-l}$  の場合は上の場合と同様

$$\begin{aligned} N(A) &= 2C_1 C_2^{1-m} A^{1-2m} \int_{r_0}^r \int_{\theta_0}^{\theta} \int_{\varphi_0}^{\varphi} r^{2l(1-m)+2} \sin \varphi \, d\varphi \, d\theta \, dr \\ &= 2C_1 C_2^{1-m} (\theta - \theta_0) (\cos \varphi_0 - \cos \varphi) \{2l(1-m)+3\}^{-1} \\ &\quad \times \{r^{2l(1-m)+3} - r_0^{2l(1-m)+3}\} A^{1-2m} \end{aligned} \quad (6)$$

となる.

ここで, 上の (6) 式の  $A^{1-2m}$  の係数が  $r$ ,  $r_0$  のいかんにかかわらず正, かつ, 有限の値をとるためには (5) の場合と同様

$$2l(1-m)+3 > 0$$

でなければならない.

上の  $2l(1-m)+3 > 0$  のうち,  $l$  の取りうる値には限度があるから, それらの  $l$  に対する  $m$  の上限を与えることができる. たとえば,

$$l = \frac{1}{2}, \quad 1, \quad 2 \text{ に対する } m \text{ は}$$

$$m < 4, \quad m < 2.5, \quad m < 1.75$$

となり, これを  $n=2m-1$  なる関係式から石本, 飯田の式における指数を  $n$  求めると,

$$n < 7, \quad n < 4, \quad n < 2.5$$

が見られる.

従来求められている  $n$  の値は, 地震の場合で 1.8 前後, 火山性地震の場合で 3.5 くらい値があるが, いずれも上に求めた結果のいずれかの範囲内にはいる.