餘震區域の面積と有感半徑との關係 (承前)

本 間 正 作 ・ 關 彰

(昭和 25 年 11 月 20 日受理)

A Relation between the Area of Aftershock region and the Radius of Sensibility Circle (continued)

S. HOMMA and A. SEKI

Matushiro Seismological Observatory

In our previous report (Jour. Seis. Soc. Japan, 2nd Series, Vol. 2, No. 2 (1949), it was stated that the area of aftershock region ($A \text{ km}^2$) and the radius of sensibility circle ($R \text{ km}$) of several earthquakes in Japan were closely related with each other. Recently, we were able to collect more examples (cf. Table 1 and Figs. 1-9) and investigated these data together with those already reported.

From 12 land shocks and 9 oceanic shocks, we obtained the following relations:

$$\log_{10} A = (1.50 \pm 0.07) + (3.16 \pm 0.10) R \times 10^{-3} \quad \text{for land shock,}$$

$$\log_{10} A = (2.13 \pm 0.10) + (2.86 \pm 0.13) R \times 10^{-3} \quad \text{for oceanic shock,}$$

which well support our previous results. (cf. Fig. 10.)

If the radius R of the Great Kanto Earthquake of September 1st, 1923 be assumed as 700 km. instead of 900 km., the former formula becomes

$$\log_{10} A = (0.87 \pm 0.13) + (4.67 \pm 0.19) R \times 10^{-3}$$

According to Prof. H. Kawasumi the latter relation is more preferable.

1. われわれは前論文¹⁾において日本における若干の大地震についてその餘震の分布區域の面積 $A(\text{km}^2)$ と有感區域の半徑 $R(\text{km})$ との間に密接な函數關係があることを述べたが、その後資料を増した結果前の結論が確められた。

2. このたび新に調べ得た地震とその A 及び R は第1表の通りである。地震13は5個の餘震々央が比較的精密に決まり、その1つは神淵村と美濃町の間、他は八幡町、下川村及び金山町を頂點とする三角形内に起つたという記事があるだけだから、それらを含む圓の面積を A とした。No. 17 は東南海地震の餘震と區別がつかないので岡崎市附近と渥美灣附近のものを餘震として採つたと述べてある。したがつて以上2つの A は不確實として以下の統計的計算には用いていない。今市地震については矢崎技官の厚意により特に公刊に先立つて資料をいたゞくことが出来た。この餘震は東大震研の萩原、表兩博士によつても觀測され²⁾、それから求まる A はもつと小さくなるが、今までの資料が多く氣象臺の決定によるものであつたから、ここでも氣象臺の値を採つてある。No. 12 の R は北は釧路まで 825 軒、西は大坂まで 533 軒で方位により著しく違ふがその平均 680 軒を採つたので、他の地震で

Table 1.

番 號	地 震 名	發震年月日	$A(km^2)$	$R(km)$	海陸の區分
12	鹿 島 灘 ⁽²⁾	1923, 6, 2	8.82×10^9	680	O
13	岐阜縣八幡町附近 ⁽³⁾	1934, 8, 18	0.38 //	305	L
14	河 内・大 和 ⁽⁴⁾	1936, 2, 21	0.23 //	300	L
15	鹿 島 灘 ⁽⁵⁾	1943, 4, 11	3.405 //	480	O
16	八 戸 沖 ⁽⁵⁾	1943, 6, 13	4.66 //	550	O
17	三 河 ⁽⁶⁾	1945, 1, 13	1.08 //	470	L
18	日 向 灘 ⁽⁵⁾	1948, 5, 9	4.14 //	500	O
19	金 華 山 沖 ⁽⁵⁾	1948, 5, 12	3.065 //	490	O
20	日 高 川 上 流 域 ⁽⁵⁾	1948, 6, 15	1.00 //	470	L
21	今 市 ⁽⁷⁾	1949, 12, 26	0.47 //	360	L

はそれほどの方位的差はないが、大ていそのようにして R を決めてある。今市地震は徳島だけが例外的に微震でここまで入ると550 軒になるが、これは捨てた方が適當だという矢崎技官の御意見に従つた。なお前震のよく決定したものも可成り A の決定に使つた。No. 18の地震は前震が餘震と同數使つてある。一般に前震發生區域と餘震發生區域には格別の差違が認められなかつたから餘震の資料を補う意味でこれを取入れることは有効であつた。

各地震の餘震(前震を含む)分布圖は Fig. 1~9 に示してある。Fig. 4 と Fig. 7 にある點線の橢圓は飛び離れた點が、他の點と同じ母集團に屬し得るか否かを檢定するために増山博士⁹⁾による危險率 5% の棄却橢圓を描いたもので、第4圖の白丸の2點は採用しないのが適當であり、第7圖の1點はこの橢圓から僅かにはずれるが、これを棄てるとはゞ 5% に近い誤りを冒すおそれがあるから採用した。

Fig. 1
Kashimanada Earthq. (No. 12)
× main shock

Fig. 2
Yamato-Kawachi
Earthq. (No. 14)

Fig. 3
Kashimanada Earthq.
(No. 15)

Fig. 4 Earthq. off Hachinoe (No. 16). Broken line indicates the ellipse of Rejection limit with the level of significance of 5%.

Fig. 5
Mikawa Earthq. (No. 17)

Fig. 6
Hyuganada Earthq. (No. 18)

Fig. 7 Earthq. off Kinkazan No. (19) Broken line means the same as Fig. 4

Fig. 8.
Hidakagawa Earthq. (No. 20)

Fig. 9 Imaichi Earthq.
Two main shocks occurred (x)

Fig. 10

Black circle: Oceanic shocks, White circle: Overland shocks. Thin white circles (13, 17) are excluded from the calculation. Annexed figure shows the number of earthquakes given in our previous paper and Table 1 of the present paper. 1' gives the point of the Kwanto earthquake, R of which is assumed as 700 km. instead of 900 km. Lines I, II and III indicate oceanic curve, overland curve and that when R of the Kwanto earthq. is taken as 700 km respectively. Thin lines are the limits of the rejection deviation from the oceanic curve with of the the significance level of 1%.

3. 以上の資料に前回の分を加えて、前回と同様に

$$\log_{10} A = \alpha + \beta R \quad (1)$$

という實驗式を立てると、第2表のようになる。

Table 2.

	α	β	r_0 (km)
海底地震	2.13 ± 0.10	$(2.86 \pm 0.13) \times 10^{-3}$	6.5 ± 0.8
陸上地震	1.50 ± 0.07	$(3.16 \pm 0.10) \times 10^{-3}$	3.2 ± 0.3

この値は誤差の範圍で前に報告した結果と一致する。ここで r_0 は上の式を外挿して、丁度有感區域が消える時の餘震

面積の平均半徑で参考のため附記した。

前の報告で 1923 年 9 月 1 日の關東地震の R を 900 軒にとつたが、河角教授から、これは 700 軒にすべきであると御注意があつた。¹⁰⁾ そのように採ると陸上地震の公式は

$$\alpha = 0.87 \pm 0.13, \quad \beta = (4.67 \pm 0.19) \times 10^{-3}, \quad r_0 = 1.5 \pm 0.2 \text{ km}$$

で與えられる。これらを圖示すると Fig. 10 になる。關東地震については、現在の所數値には餘り關心を持つていないので、われわれとしては何れを採用しても定性的には差支えない。

今、海底地震の $\log_{10} A$ の計算値からの偏差をもとにして、偏差の値の 1% の危險率に對する棄却限界¹¹⁾を決めると上限は $+0.337$ ，下限は -0.315 となり、これらは Fig. 10 の海底地震の直線に平行な 2 本の直線で示してある。この限界の外にある地震は海底地震の母集團には入られないと認め得るわけであるが、唯今の所そのような地震は全部陸上地震であり、陸上地震と海底地震を區別して考えることは一應適當であると思われる。陸上地震は關東地震のような問題なものが含まれているから、それを基本にするより、色々の R に對して比較的一様に資料のある海底地震を基本にする方がよいと考えた次第である。

4. 要するに有感半徑と共に餘震分布區域が増大すること、その關係が海陸の地震で異なることが日本の淺發地震については大體確認されたわけである。

終りに東大の河角廣教授、佐藤泰夫助教授、中央氣象臺の矢崎敬三技官、その他御忠告を頂いた方々に厚く御禮申し上げる。

(1950, X, 10)

文 獻

- 1) 關 彰，本間正作 '餘震區域の面積と有感半徑との關係' 地震 II 輯 2 卷 2 號 (1949) 37-40.
この論文の附圖 10 における番號 No. 9, No. 12 は夫々 No. 11, No. 9 の誤り。
- 2) 石川高見 '本邦顯著地震表' 驗震時報 2 卷 3 號 (1926) 87-179, 保田桂二, 小平孝雄 '東京地震觀測 (明治 5 年 9 月—大正 12 年 12 月)' 震災豫防評議會 (1924)
- 3) 淵本一, 藤田兼吉, 須田瀧雄 '昭和 9 年 8 月 18 日岐阜縣下の強震に就て' 驗震時報 8 卷 2-3 號 (1935) 129-132
- 4) 石川高見 '河内・大和強震と前後の地震' 驗震時報 9 卷 3 號 (1936) 110-122
- 5) 氣象要覽
- 6) 金澤茂夫 '三河地震の驗測結果報告' 驗震時報 14 卷 3-4 號 (1950) 56-62

7. 中央氣象臺地震課調査係長 矢崎敬三氏による
8. 未公刊. 震研佐藤泰夫助教授の御厚意により, 兩氏の觀測結果を知り得た. なお, この地震の主震は餘震區域の中央近くにあるのは變つてゐる.
9. 増山元三郎, 少數例の纏め方と實驗計畫の立て方, 第2版 (河出書房) p. 63
10. 縦軸に震度, 横軸に震央距離をとつた. いわゆる '震度曲線' を作ると大ていの地震では平均曲線が直線かそれに近い下向きに凸の曲線になることが知られている. 關東地震については震度 III 以上の曲線が描かれているが, これを外挿すると, 震度 I において距離は 900 軒以上になり, もしこれを 700 軒にすると曲線が低震度に對して上向きに凸になる. (例えば 'The Fukui Earthquake of June 28, 1948' p. 9, Fig. 5 参照). それで一應 900 軒と探つてみたのである. 尙お水上博士等は 850 軒にとつておられる. 水上武, 内堀貞雄 '東南海地震に就いて, 特に震害と餘震分布' 地震研究所彙報 24 號 (1946) 19-30
11. 増山氏の棄却楕圓の一次元の場合に當るもので Thompson 氏の意味のものではない. 文獻 (9) 参照