寄 書

震度分布と震源との関係

村松 郁栄*

Relation between Earthquake Source and
Distribution of Seismic Intensity

Ikuei MURAMATSU

Nagara 2435-62, Gifu 562-0071, Japan

(Received May 7, 2000;

Accepted November 16, 2000)

§1. はじめに

1995年兵庫県南部地震のときに住家全壊率30%以上で定義された震度7の地域が発生し、大きな被害を生じた。この大被害を契機として、武村・他(1998)は過去の地震について、震度7の地域と地盤との関係を調べ、翠川・五艘(1997)は震度7の発生地域と発生頻度を調べた。ここでは同じく過去の地震について、震度7の地域およびその面積と震源となった断層の位置および地震の規模 M_j (気象庁マグニチュード)との関係を調べた。対称とした地震は1923年関東地震から1995年兵庫県南部地震までの陸の浅い地震17個であり、資料は宇佐美(1997)の「新編日本被害地震総覧 増補改訂版」に基づいた。関東地震は海域の大地震であるが、その断層は陸域にもぐりこみ、震度7の地域も広く現れたので、ここでは陸の地震と同様に扱う。なお、翠川・五艘(1997)の震度6の面積は著者(1969)の値の半分程になっているので、この問題にも注意して震度6および5の面積と M_j との関係を調べ直した。

§2. 等震度線の描き方

2.1 震度7の範囲の定め方

上記の宇佐美の著書(以後「総覧」と呼ぶ)の詳細な被害分布図より、気象庁の震度階級「解説表」[気象庁(1996)]に基づいて住家全壊率30%およびそれに相当する地変を用いて震度7の下限の等震度線を引いた。

2.2 震度6および5の下限の等震度線の定め方

等震度線の描き方によってその囲む面積に著しい相違が現れる。Fig. 1およびFig. 2に1923年関東地震およ

Fig. 1 Difference between the areal distribution of damage [Figure No. 430-2 in MCLDEJ (=Materials for Comprehensive List of Destructive Earthquakes in Japan, 416-1995 by Usami, 1997)] and the isoseismal determined by JMA (Japan Meteorological Agency) [Figure No. 430-1 of MCLDEJ] for the 1923 Kanto earthquake. In hatched areas, the ratio of collapsed wooden houses to the total wooden houses is greater than 1%. This area corresponds to seismic intensity 6. A broken line indicates the isoseismal of the lower limit of intensity 6 determined by JMA. In the lattice areas, the ratios of collapsed wooden houses to the total wooden houses is greater than 30% [KAYANO, 1992; TAKEMURA *et al.*, 1998]. A straight bold line indicates the fault line and a rectangular area indicates the fault plane.

び1930年北伊豆地震の例を示す。Fig. 1 関東地震の斜線部は住家全壊率1%以上であり、「解説表」の震度6に相当する。破線は気象庁発表の震度6の下限であり、「総覧」の分布図(総覧の番号430-1)に載せられている。この陸域の面積は斜線部の面積の約2倍である。Fig. 2は1930年北伊豆地震の住家全壊率の分布であり、砂地模様は住家全壊率30%以上、破線は0%より大きい等震度線である。一方、気象庁発表の震度分布図(総覧の番号461-2)に描かれている震度6の下限の等震度線は破線のようにになっている(原図を一部補充した)。後者の面積は前者の面積の約2倍になる。この原因は、気象庁の等震度線は該当する地点を含む一本の線で表わされ、観測点密度の粗い場合には、一つの楕円で表わすように描かれているからである。歴史地震の震度分布図は、この気象庁の表わし方に近くなるであろう。したがって、ここでは、震度6および5の等震度線として「総覧」に載せられた気象庁の等震度線を用いた。

* 〒502-0071 岐阜市長良 2435-62

Fig. 2. Differences between the areal distribution of damage and the isoseismals determined by JMA for the 1930 Kita-izu earthquake. The area where the ratio of collapsed wooden houses to the total wooden houses is greater than 0% is shown by a hatched area [Figure No. 461-3 in MCLDEJ]. A broken line indicates the isoseismal of the intensity 6 by JMA [Figure No. 461-2 in MCLDEJ]. In the dotted areas, the ratio of collapsed houses to the total houses is greater than 30%; that is, the seismic intensity is 7. Bold lines indicate the fault traces of the Kita-izu earthquake of 1930.

§3. 気象庁マグニチュード M_j の求め方

1925年頃に全国的に配備された Wiechert 地震計およびほぼ同じ周期特性の気象庁1倍強震計の水平動最大振幅 A (μm) と震央距離 Δ (km) とを用いて、坪井 (1954) は表面波マグニチュード M_s と合うような M を求める下記の式をつくった。

$$M_j = \log A + 1.73 \log \Delta - 0.83 \quad \text{坪井 (1954)}$$

この M_j を気象庁マグニチュードという。したがって M_j は気象庁観測網に用いられている地震計の周期特性に影響される。気象庁では1987年に強震計が全面的に「87型」に更新されたが、この記録を気象庁1倍強震計の感度特性で補正した出力を用いて M_j を定めている (気象

庁地震津波課, 1991)。

§4. 地震の規模 M_j と震度5, 6および7の面積との関係

4.1 対称とした地震

1923年関東地震の規模 ($M=7.9$) の求められた過程は現行の気象庁マグニチュード M_j の求め方と異なっている [宇津 (1979)]。最近、武村・他 (2000) は気象庁1倍強震計の原形であり、同じ周期特性を持った今村式地震計の7個所の記録より、関東地震の M_j を 8.1 ± 0.2 と求めた。 $M7.9$ との相違は誤差の範囲であるが、論旨の一貫性のために、ここでは $M_j=8.1$ を採用する。

M_j のなるべく広い範囲で関係式を見るために震度7の現れなかった地震も採用したが、震源が山地の小さい地震の場合には家屋の被害資料が乏しいので震度を定め難く、かつその不確かさが関係式に与える影響が大きいため省いた。

4.2 関係式

Table 1 は1923年から1995年までの17個の被害地震についての M_j と震度分布との関係である。左よりの第1欄はここでの地震番号、第2欄は地震名、第3欄は発生年、第4欄は M_j 、第5欄の F は地表に断層の現れたもの、第6欄、第7欄、および第8欄は震度5以上、震度6以上および震度7の面積 (S_5 , S_6 および S_7 ; 単位は km^2) の常用対数、第9欄は「総覧」に載っている震度分布図および被害分布図の番号である。

Fig. 3 は Table 1 の M_j を横軸に、 $\log S_5$, $\log S_6$ および $\log S_7$ を縦軸に描いたグラフである。 $\log S_5$ を白丸、 $\log S_6$ を黒丸、 $\log S_7$ を二重丸にし、それぞれに地震番号をつけた。

また、それぞれの M_j に対する回帰直線を (S_5) , (S_6) および (S_7) と名づけ、それぞれの標準偏差を点線で示した。 (S_5) および (S_6) と名づけた太線は前に筆者の求めた関係式である (村松, 1969)。前回の資料には海の大地震が多数含まれており、今回の資料には1957年以降の7個の陸の地震が加えられたにもかかわらず、本研究との相違は誤差の範囲である。したがって前報告の式を変更する必要はない。 (S_7) は翠川・五艘 (1997) が求めた震度7の面積と地震のマグニチュードとの関係式であり、 (S_7) の誤差範囲にある。Fig. 3 に示した関係式はそれぞれ次のように表わされる。

$$\log S_5 (\text{km}^2) = 1.10 M_j - 3.80 \pm 0.27 \quad (\text{本研究})$$

$$\log S_6 (\text{km}^2) = 1.25 M_j - 5.87 \pm 0.20 \quad (\text{本研究})$$

$$\log S_7 (\text{km}^2) = 1.25 M_j - 6.88 \pm 0.24 \quad (\text{本研究})$$

$$\log S'_5 (\text{km}^2) = M_j - 3.2 \quad (\text{村松, 1969})$$

$$\log S'_6 (\text{km}^2) = 1.36 M_j - 6.66 \quad (\text{村松, 1969})$$

Table 1. Relation between M_j and areal distribution of seismic intensity for 17 damage earthquakes from 1923 to 1995. From the left column to the right column: Earthquake number, Name of earthquake, Occurrence year, M_j (Magnitude of JMA), Surface appearance of fault, Logarithm of area (km^2) of the intensities 5, 6 and 7 and Figure number in MCLDEJ used here. The area S_7 is determined by the area where the ratio of the totally collapsed wooden houses to the total wooden houses is greater than about 30 % and by the equivalent land deformations.

No.	Name	year	M_j	$\log S_5$	$\log S_6$	$\log S_7$	Figure No.
1	Kanto Eq.	1923	8.1 F	4.8	4.2	3.2 ¹⁾	430-1, 2
2	Kita tajima Eq.	1925	6.8 F	3.5	2.4	1.6	438-1, 2
3	Kita tango Eq.	1927	7.3 F	4.4	3.4	2.4	445-1, 2
4	Kita izu Eq.	1930	7.3 F	3.9	3.0	2.0	461-2, 3
5	Kawachi Yamato Eq.	1936	6.4	2.9	—	—	480-2
6	Near Nagano Eq.	1941	6.1	3.1	1.7	0.7	498-1, 3
7	Tottori Eq.	1943	7.2 F	4.3	3.0	1.8	503-1, 3
8	Mikawa Eq.	1945	6.8 F	3.8 ²⁾	2.9 ²⁾	1.9 ²⁾	507-1, 3
9	Fukui Eq.	1948	7.1 F	3.4	2.7	2.4	515-1, 5
10	Imaichi Eq.	1949	6.4	2.7	2.1	1.3 ³⁾	518-2, 6
11	Teshikaga	1959	6.3	2.8	2.0	—	542-1
12	Near Nagaoka	1961	5.2	1.6	0.8	—	547-2
13	Ebino Eq.	1968	6.1	3.2	1.8	0.4	577-1
14	Niigata ken South-P.	1971	5.5	2.3	—	—	599-1
15	Oita ken Central P.	1975	6.4	2.8	2.3	1.2	616-4
16	Naganoken West P.	1984	6.8	3.2	2.3	—	653-2
17	Hygoken South P.	1995	7.2 F	3.9	3.4	1.9	703-1A, B

Remarks: 1) The area of S_7 for the 1923 Kanto earthquake is assumed to be twice of the lattice area shown in Fig. 1, considering the fault in the sea. 2) After Iida's figure, because the detailed figure of the ratio of the totally collapsed houses to the total houses is not contained in the MCLDEJ's figures. 3) The area of seismic intensity S_7 is determined by only the density of landslide.

§5. ま と め

1923 年の関東地震から 1995 年の兵庫県南部地震までの 17 個の陸の浅い被害地震について、震度 5, 6 および 7 の広がりや気象庁マグニチュード M_j との関係を調べた。震度分布の資料は、No. 8 を唯一の例外として、すべて宇佐美著「新編日本被害地震総覧、増補改訂版」である。震度 6 および 5 の判定は気象庁の震度「解説表」に基づいているけれども等震度線の描き方の相違によって、震度 6 および 5 の面積に著しい相違が現れる。気象庁発表の等震度線は Fig. 1 および Fig. 2 に見られるように、該当する地点を含むなるべく楕円に近い一本の線で表わされているので、詳細な分布図に比べてその面積は 2 倍ほどになる。ここでは気象庁の分布図に基づいて震度 6 および 5 の面積と M_j との関係式を求めた。これは観測点密度の粗い歴史地震の M_j を推定する場合に適している。震度 7 の等震度線は住家全壊率 30% およびそれに対応する地変によって求められた。震度 7 の地域はすべて震源となった断層の近傍にあり、断層はほとんど M_j が 6.8 以上の地震にだけ現れている。したがって、震度 7 の分布は歴史地震の震源となった活断層の確認にも役立つと思われる。

謝 辞

東京工業大学教授翠川三郎氏には有益な助言を頂き、匿名の査読者にはいくつかの重要な指摘を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 飯田波事, 1978, 昭和 20 年 1 月 13 日三河地震の震害と震度分布, 愛知県防災会議地震部会, pp. 96.
 JMA, 1957, Quarterly Journal of Seismology, 22, Supplementary volume, Seismograms of Strong Earthquakes in Japan, 1923-1957.
 茅野一郎, 1992, 図説 日本の大地震, 日本地震学会ニュースレター, 4(1), 10-14.
 気象庁, 1996, 度を知る—基礎知識とその応用—ぎょうせい, pp. 238.
 気象庁地震津波課, 1991, 87 型電磁式強震計と機械式強震計の周波数特性について (内部資料) pp. 13-17.
 翠川三郎・五艘隆志, 1997, 過去の事例に基づく激震動の発生頻度に関する基礎的研究 日本建築学会構造系論文集, No. 502, 55-60.
 村松郁栄, 1969, 地震のマグニチュードと震度分布の関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 4, 168-176.
 理科年表, 1998, 国立天文台編, 丸善, pp. 788.
 武村雅之・諸井孝文・八代和彦, 1998, 明治以後の内陸

Fig. 3. Relation between the earthquake magnitude M_j and the areas S_5 , S_6 and S_7 shown in Table 1. ○ indicates the relation between M_j and S_5 , ● indicates the relation between M_j and S_6 , and ⊙ indicates the relation M_j and S_7 . The attached number indicates the earthquake number in Table 1. The thin straight lines and the dotted lines indicate the relations between the areas of S_5 , S_6 and S_7 and M_j and their standard deviations, respectively. The bold lines named S_5' and S_6' are the relations obtained by the previous study [MURAMATSU (1969)]. S_7' is the relation obtained by MIDORIKAWA and Goso (1997).

浅発地震の被害から見た強震動の特徴—震度7の発生条件—地震 2, 50, 485-505.

武村雅之・池浦友則・野沢 貴, 2000, 関東地震のマグニチュード, 地震 2, 52, 425-444.

坪井忠二, 1954, 地震の最大振幅から地震の規模を定めることについて, 地震 2, 7, 185-193.

宇佐美龍夫, 1997, 「新編 日本被害地震総覧 増補改訂版」 東京大学出版会, pp. 434.

宇津徳治, 1979, 1885-1925年の日本の地震活動—M6以上の地震および被害地震の再調査—震研彙報, 54, 253-308.