

## 地震の規模と被害のおよぶ範囲\*

勝 又 護\*\*

550.341

### § 1. 地震災害の発生状況

はじめに、我が国の地震災害の発生状況を概観してみる。いろいろな自然条件と、多方面にわたる人為的要素とが複雑にからみあってあらわれる地震災害の全容を数量化することや、その程度を階級わけすることは困難であるが、ここでは簡単のため Tab. 1 に示すような、ごく単純な基準にもとづいて災害の大きさを分類した。

比較的新しい時代の資料を使って、地震災害の発生度数を調べると Tab. 1 のようになる。表では、古い時代の災害も現代のものに準じて分類されているが、古いものは不明の点も多い。また、災害の様相も時代と共に著しく変化するので、そのまま現代のものと同視するわけにはいかない。分類においては、多少これらの事情も考慮されている。Tab. 1 は、以下に述べることの理解を助けるための参考として作られたもので、地震災害の統計を目的とするものではなく、厳密なものではない。

Tab. 1 によれば、なんらかの形の被害を生じるような地震が、平均して年3回、死者を伴うような地震が年1回、このうち死者10名以上が3年に1回、100名以上が6年に1回、1000名以上におよぶ大災害が11年に1回という割合になっている。最近20~30年間における発生状況は、これに比べ著しく下回っているといえる。

### § 2. 地震の規模と被害の波及する距離

地震に対する保安対策を考えるさい、災害が波及する範囲と地震の規模( $M$ )との間の、おおよその関係をつかんでおく必要がある。地震により、軽微ながら被害が発生するケースとして、次のようなものが考えられる。

(1) 大被害地域の周縁部 大被害を伴った地震では、周辺の軽微な被害についての記録は、重大な被害にかくされ、必ずしも完全とはいえないことが多い。ま

た、それらの地点を連続して追跡することは一般に困難で、多くの場合それらは飛び地として散在している。

(2) 沖合の地震 これらのうち、比較的小被害にとどまった地震の場合には、小さな被害までよく調査されていることが多い。この調査では、このようなケースの資料が多く用いられている。海の地震では一般に、被害を生じた地点がそれぞれ大きく飛びはなれており、分布も震央に対して著しく非対称なことが多い。

(3) 比較的小規模な地震 ここでは、 $M6\frac{1}{2}$ 程度以上の地震をとりあげているが、これ以下の規模の地震で局部的に小被害を生じた例は少ない。Tab. 1 に示したように、1950年以降最近までに、eクラスの地震災害が約50回(群発地震をふくむため、正確な数は不明)あるが、その約半数は $M5\frac{1}{4}\sim6\frac{1}{4}$ の地震によるものである。これらの地震の被害範囲は、通常20~30km以下であることが多く、後で述べる(1)式を延長したときの値より一般に小さい。例外的には、 $M4$ 前後の地震でも震央の近傍で、ごく軽微な被害が生じることもあるが、ここでいう被害(後に述べる)に該当するのは、大部分 $M5$ 程度以上の地震によるものである。

(4) 震源の深い地震 大被害を伴う地震の震源の深さは、20~20km以下のことが多い。たとえば、1927年以降に発生したcクラス以上の地震20回についてみると、1964年新潟地震(深さ40km)を除き、すべて30km以下となっている\*。震源のやや深い地震で被害が比較的大きかったものとして、1952年吉野地震(d,  $M7.0$ , 深さ60km)があるが、その他はごく軽微な被害にとどまっている。震源のかなり深い地震で、ごく軽微ながら被害を伴った例として、1965年根室海峡の地震(e以下,  $M7.1$ , 深さ160km)、1974年苫小牧沖の地震(e,  $M6.4$ , 深さ130km)等がある。

上記(1),(2)の資料を主に、1931年以降の地震について、被害の波及した最遠地点までの震央路離 $R$ (km)と $M$ との関係を調べてみる\*\*。なお、ここでいう被害

\* M. Katsumata: The Relationship among Earthquake Magnitude and Distance where Damage Reaches, and Area in which Severe Damage Extends (Received June 14, 1977)

\*\* 松代地震観測所

\* 再調査資料をふくむ

\*\* 津波によるものを除く

Tab. 1. 地震災害の発生状況

災害の概略	分類	統計期間	発生回数	100年間平均(累積数)
死者*1000人以上, その他大被害	a	約400年間	36	9 (9)
死者100人以上, または全壊家屋**2000戸以上	b	約200年間	16	8 (17)
死者10人以上, または全壊家屋200戸以上	c	約100年間	21	21 (38)
死者あり, または全壊家屋10戸以上	d	1926年以降	28	56 (94)
小被害	e	1951年以降	約50	約200 (約300)

\*; 行方不明をふくむ \*\*; 全焼, 流失をふくむ

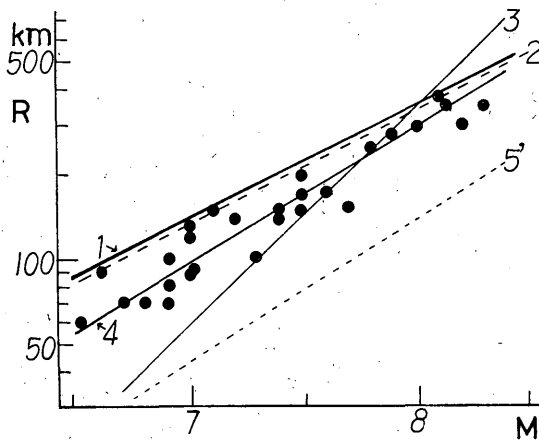


Fig. 1. 被害のおよび距離 R と M との関係

- 1;  $R_m$ , (1)式
- 2;  $R_d$ , (2)式
- 3;  $R_g$ , (3)式
- 4;  $R_a$ , (4)式
- 5;  $R_b$ , (5)式

とは“軽重を問わず, なんらかの形の地震災害”であるが, 社会生活にほとんど支障をきたさない程度のごく軽微で小規模な被害, および間接的被害はふくまれていない。

前記したように, R の判定には種々の問題があるが, 2, 3 の地震について実例を示す。

1946年南海道地震, (M 8. 1), 島根県境港, 出雲地方等まで被害が及ぶ, R; 360~380 km.

1972年八丈島東方沖の地震 (M 7. 2), 八丈島, 青ヶ島で小被害,  $R \geq 130 \sim 150$  km.

1970年宮崎県沖の地震 (M 6. 7), 宮崎市, 日南市等以小被害, R; 60~80 km.

このようにして求めた R と M との関係を Fig. 1 に示す. R の上限値 ( $R_m$ ) をとると

$$\log R_m = 0.4M - 0.65 \quad M \geq 6\frac{1}{2} \quad (1)$$

となる. (1) 式によれば,  $R_m$  は M 7 で約 140 km,

M 8 で約 350 km となる\*.

以前, 筆者ら(1971)は, 巨視的にみた震度 4 以上の範囲と, 被害の発生する可能性のある地域とほぼ一致すると述べ, その面積と M との関係を求めた. その範囲を円とみなし, 震度以上 4 の地域の半径  $R_d$  を求めると

$$\log R_d = 0.41M - 0.75 \quad (2)$$

となり, (1) 式とほぼ一致する。

被害発生の限界路離となるような地点は, 種々の悪条件の重なった, 特異地点とみなすことができる. したがって, (1) 式で示される範囲は, 通常の条件の地点に関

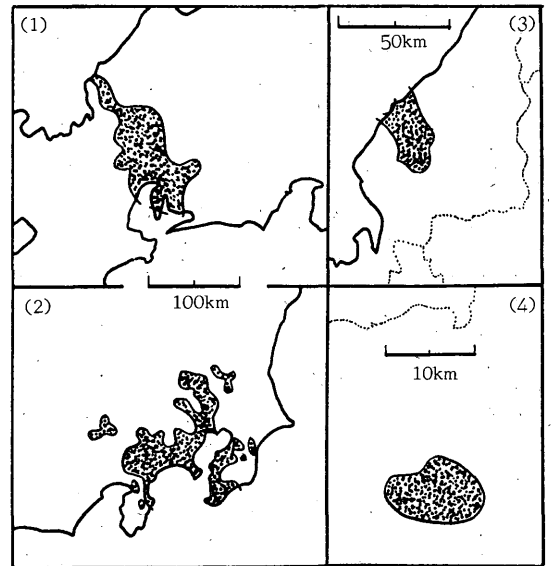


Fig. 2. 重大な地震災害を生じた地域

- (1): 1891年濃尾地震 (村松, 1973)
- (2): 1923年関東地震 (松沢, 1925)
- (3): 1948年福井地震 (河角, 1949)
- (4): 1941年長野市付近の地震 (金井, 1941)

\* 浜松(未発表)による同様な調査があるが,  $R_m$  は一般に今回のものの方が大きくなっている。

しては過大な値となつている。 $R_m$ , または  $R_4$  は, 条件によっては小被害が発生する可能性のある範囲として, 保安対策等において考慮されるべきものである。

栗林ほか(1974)は, 地盤の液化化現象の発生する限界震央距離  $R_q$  と  $M$  との関係

$$\log R_q = 0.77M - 3.6 \quad M \geq 6 \quad (3)$$

と求めている。(3)式は  $M7$  程度以下では(1)式より下回っているが, それ以上の場合には, 両者は交叉している。実際に, 大規模な地震では, 盛土等の人工地盤に起因する被害が発生した地点が  $R_m$  と一致しているケースが多い。

Fig. 1 で平均値  $R_a$  をとると

$$\log R_a = 0.5M - 1.5 \quad M \geq 6\frac{1}{2} \quad (4)$$

となる。村松(1969)は, 震度5以上の地域の面積

$S_3(\text{km}^2)$  と  $M$  との関係を

$$\log S_3 = M - 3.2 \quad (5)$$

であらわしているが, これを円と仮定し, 震度5以上の地域の半径  $R_5$  を求めると

$$\log R_5 = 0.5M - 1.85 \quad (5')$$

となる。(4)式であらわされる直線は, (2)式と(5)'式との間に入るが, (2)式のものに近い。

### § 3. 重大な災害を生ずる範囲

今度は, 地震により大被害を生じる範囲のひろがり, と  $M$  との関係を調べてみる。ここでは, “住家(原則として木造)全壊率1%以上の地域を重大な災害の範囲”と規定した。しかし, すべての震害報告に, 1%の範囲が明示されているわけではないので, これに相当す

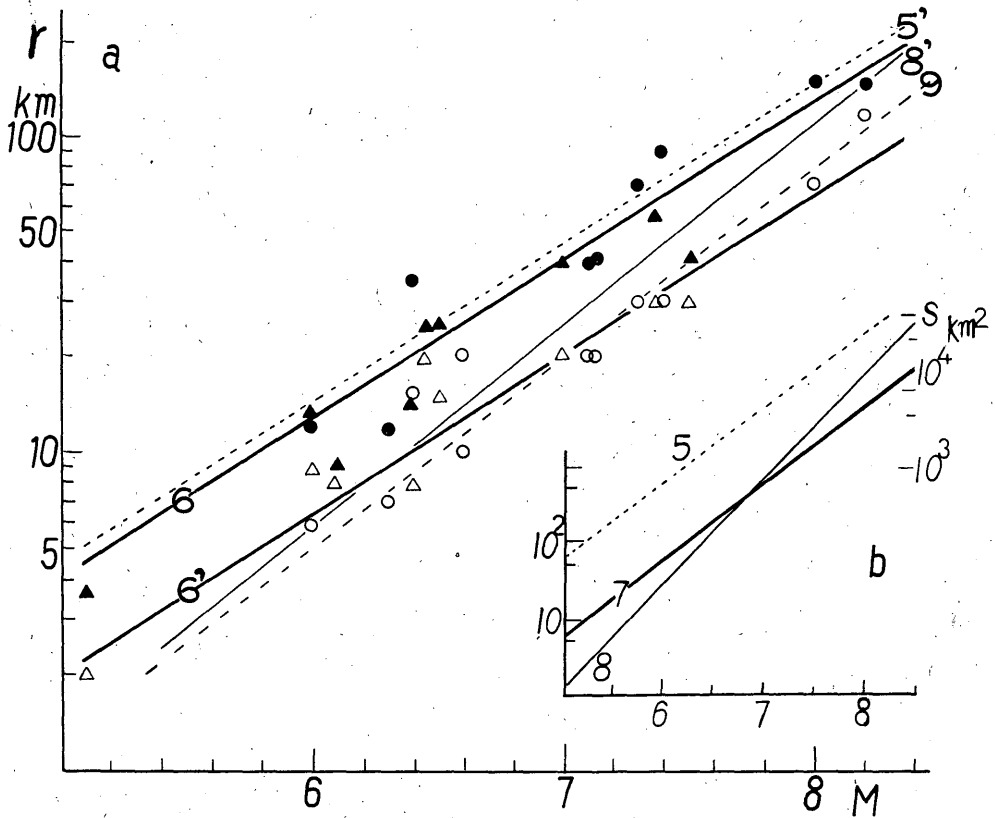


Fig. 3. 重大な地震災害を生じる範囲と  $M$  との関係

- a:  $r_1, r_2$  と  $M$  との関係 6:  $r_1$ , (6)式 6':  $r_2$ , (6')式 5':  $R_5 \times 2$ , (5')式  
 8':  $r_6$ , (8')式 9:  $r_f$ , (9)式  
 b:  $S_8$  と  $M$  との関係 7:  $S_8$ , (7)式 5:  $S_5$ , (5)式 8:  $S_6$ , (8)式

る地域を推定したのもふくまれている (Fig. 3a で三角印で示されているもの)。

被害地域の形が、震央を中心同心円的に分布することはまれであるので、そのひろがり長軸  $r_1$ (km)、短軸  $r_2$  の二つであらわすことにする。しかし、その形はいくつかの例を Fig. 2 に示すように、かなり複雑となることが多く、飛び地のとりあつかいをふくめ、 $r_1$ 、 $r_2$  の判定はかなり大まかなものである。なかには判定困難なものもあるが、それらは除外した。

重大な災害を伴った小規模地震の例として、1961長岡地震 ( $c$ ,  $M5.1$ ) があるが、これはむしろ例外的といふべきで、大部分は  $M6$  以上である。 $r_1$  の大きいものでは、1891年濃尾地震、1923年関東地震等があり、約 150 km におよんでいる。

比較的新しい時代の地震 (主として1900年以降) について  $r_1$  (Fig. 3a で黒で示す)、 $r_2$  (白) と  $M$  との関係を示すと Fig. 3a のようになる。かなりのばらつきがあるが、両者の関係はおおよそ次のようであらわせる。

$$\log r_1 = 0.5M - 1.9 \quad M \geq 6 \quad (6)$$

$$\log r_2 = 0.5M - 2.2 \quad M \geq 6 \quad (6')$$

(6)、(6') 式によれば  $r_1 \sim r_2$  は、 $M6$  で約 6~13 km、 $M7$  で 20~40 km、 $M8$  で 65~130 km となる。

重大な災害の発生した地域の形を、長軸  $r_1$ 、短軸  $r_2$  であらわされる楕円と仮定するとその面積  $S_s$  (km<sup>2</sup>) は (6)、(6') 式から

$$\log S_s = 1.0M - 4.2 \quad M \geq 6 \quad (7)$$

となる。(7) 式によれば、 $S_s$  は  $M6$  で約 60 km<sup>2</sup>、 $M7$  で 600 km<sup>2</sup>、 $M8$  で 6000 km<sup>2</sup> となる。(7) 式と、地震発生の規模別頻度に関する統計式とを組合わせれば、ある地域が重大な災害に襲われる危険率推定の一助となろう。

村松(1969)は、震度 6 以上となる地域の面積  $S_6$  と  $M$  との関係係を

$$\log S_6 = 1.3M - 6.66 \quad (8)$$

であらわしている。 $M7$  以下では (7) 式による  $S_s$  が、

$M7$  以上では (8) 式による  $S_6$  が大きくなっている (Fig. 3b 参照)。

$S_6$  を円と仮定し直径  $r_6$  を求めると

$$\log r_6 = 0.68M - 3.28 \quad (9)$$

となり、Fig. 3a に示すように、 $r_6$  は  $M6$  前後で  $r_2$  と、 $M7\frac{1}{2} \sim 8$  では  $r_1$  とほぼ等しくなる。

松田(1975)は断層の長さ  $r_f$  と  $M$  との関係を

$$\log r_f = 0.6M - 2.9 \quad (9')$$

と求めているが、 $r_f$  は  $r_2$  とほぼ一致する。また、 $r_1$  は宇津(1969)による余震域、檀原(1966)による地殻変動の範囲、羽島(1969)の浪源域のひろがり等と  $M$  との関係とほぼ一致している。これらのことから、 $r_1$ 、 $r_2$  であらわされる重大な災害を生じる範囲は、震源域 (あるいは破壊域) とほぼ一致しているとみることができよう。

### 参考文献

- 檀原 毅 (1966): 松代地震に関連した地殻の上下変動, 測地学会誌, 12, 18~45.
- Hatori, T (1969): Dimensions and Geographic Distribution of Tsunami Sources near Japan, Bull. Earthq. Res. Inst., 47, 185~214.
- 金井 清 (1941): 昭和16年7月15日長野地震の家屋被害について, Bull. Earthq. Res. Inst., 19, 64~76.
- 勝又 護・徳永規一 (1971): 震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 驗震時報, 36, 89~96.
- 河角 広 (1949): 福井地震概報, 昭和23年福井地震調査研究速報, 日本学術会議福井地震調査研究特別委員会, 1~14.
- 栗林栄一・龍岡文夫・吉田精一 (1974): 明治以降の本邦の地盤液状化履歴, 土木研究所集報, 第30号
- 松田時彦 (1975): 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震Ⅱ, 28, 269~283.
- 松沢武雄 (1925): 木造建築物に依る震害分布調査報告, 震災予防調査会報告, 第100号(甲), 163~260.
- 村松郁栄 (1969): 震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 自然科学, 4, 168~176.
- ” (1973): 地震動災害の諸問題, 物理探鉱, 26, 118~133.
- Utsu, T. (1969): Aftershocks and Earthquake Statistics (I)—Some Parameters which Characterize an Aftershock Sequence and Their Interrelation—, J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Series VI, 3, 129~195.