

# 震度IVの範囲と地震の規模および震度と 加速度の対応\*

勝 又 護\*\*・徳 永 規 一\*\*

550. 340

## I まえがき

気象庁震度階によれば、一般的構造物に小被害を与える程度の地震動の強さの下限は、震度Vである。ある場所の震度は、地震の規模、震央距離、震源の深さ等に関係するだけでなく、その地点の地形、地質、地盤の性質、構造物の振動特性等により著しく影響される。また、震度の判定そのものも器械的計測によるものではないので、主観的要素もはいつて来る。したがって、巨視的には震度IVとみなされる地域の中にも、局地的に震度V程度に達する地点もあり得ることになるので、保安対策等においては、一応震度IV以上の地域に着目するのが妥当であろう。この意味で、以前筆者ら(1967)は、社会生活上問題となる地震動の強さを震度IV以上と考え、その頻度について調べたが、今回は、その範囲と地震の規模との関係を調べた。

主として体感にもとづいて決められる震度を、一義的に加速度と対応させることには問題がある。しかし、加速度の観測資料が十分でない現在、しばしば震度が地震動加速度推定のための補助手段として利用されている。近年加速度の観測値一強震計(SMAC型、DC型)による資料が次第に蓄積されて来ているので、それらを用いて、気象庁震度と加速度の最大値との対応について検討した。

## II 震度IV以上の範囲と地震のマグニチュードとの関係

地震観測官署、その他の気象官署、区内観測所等の震度観測の報告にもとづいて、震度分布図を作成し、各地震について、震度IV以上の面積(S)を求めた。震度分布図のいくつかの例を第1図に示す。

\* M. Katsumata and K. Tokunaga: Relation between Isoseismal Area of Intensity IV and Earthquake Magnitude, and Earthquake Intensity of J.M.A. with Corresponding maximum Acceleration.  
(Received March 15, 1971)

\*\* 気象庁地震課

震度の分布は、一般に、同心円的な分布とならず、かなり不規則な分布を示すことが多く、厳密にSを求めることが困難な場合が少なくないが、次の3つの方法によりSを求めた。1)第1図-aの例に示すように、閉じたコンターラインを引き、その面積を求めた(第1表、第2図で●であらわされているもの)。2)第1図-bの例に示すように、震度の分布が海上にまたがり、閉じたコンターラインを引けないものについては、陸上の震度分布から $S/2$ を求め、それらからSを計算した(第1表、第2図で○であらわされているもの)。3)第1図-cの例に示すように、沖合の地震、大規模な地震等では、一部分の震度分布しか得られない場合が多いが、陸上と同様な分布を仮定しSを推定した(第1表、第2図で●であらわされているもの)。

震源の深さのSに与える影響も無視出来ないが、ここではそれについて特別な考慮をせず、震源の深さ80km以下の地震のみを取り扱った。

以上のようにして求めた各地震のS、およびそれらの地震に関する必要事項を第1表に示す。

第1表のSとマグニチュード(M)との関係は第2図に示すようになる。S~Mの関係は

$$\log S = 0.82 M - 1.0 \quad (S: \text{km}^2) \quad (1)$$

で近似される(第2図の直線)。震度分布を円型とみなし、Sに相当する半径(R)とMとの関係に書き直すと

$$\log R = 0.41 M - 0.75 \quad (R: \text{km}) \quad (2)$$

となる(第3図-①の直線)。

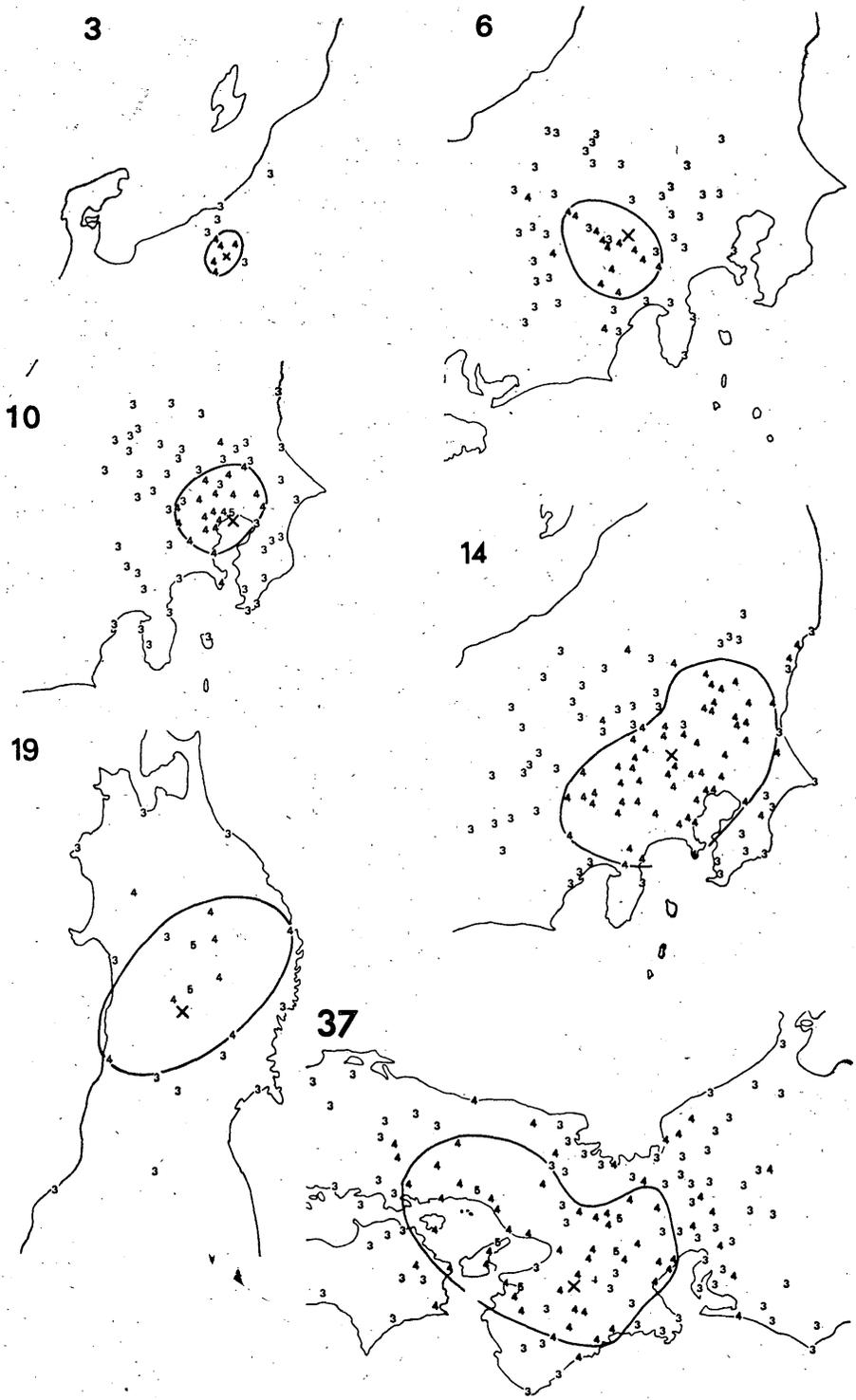
河角(1951)は、震度(I)、震央距離(D)、河角のマグニチュード( $M_K$ )との関係を

$$I; 100 \text{ km 以上について} \\ e^I = \left(\frac{100}{D}\right)^2 e^{M_K - 0.00183(D-100)} \quad (3)$$

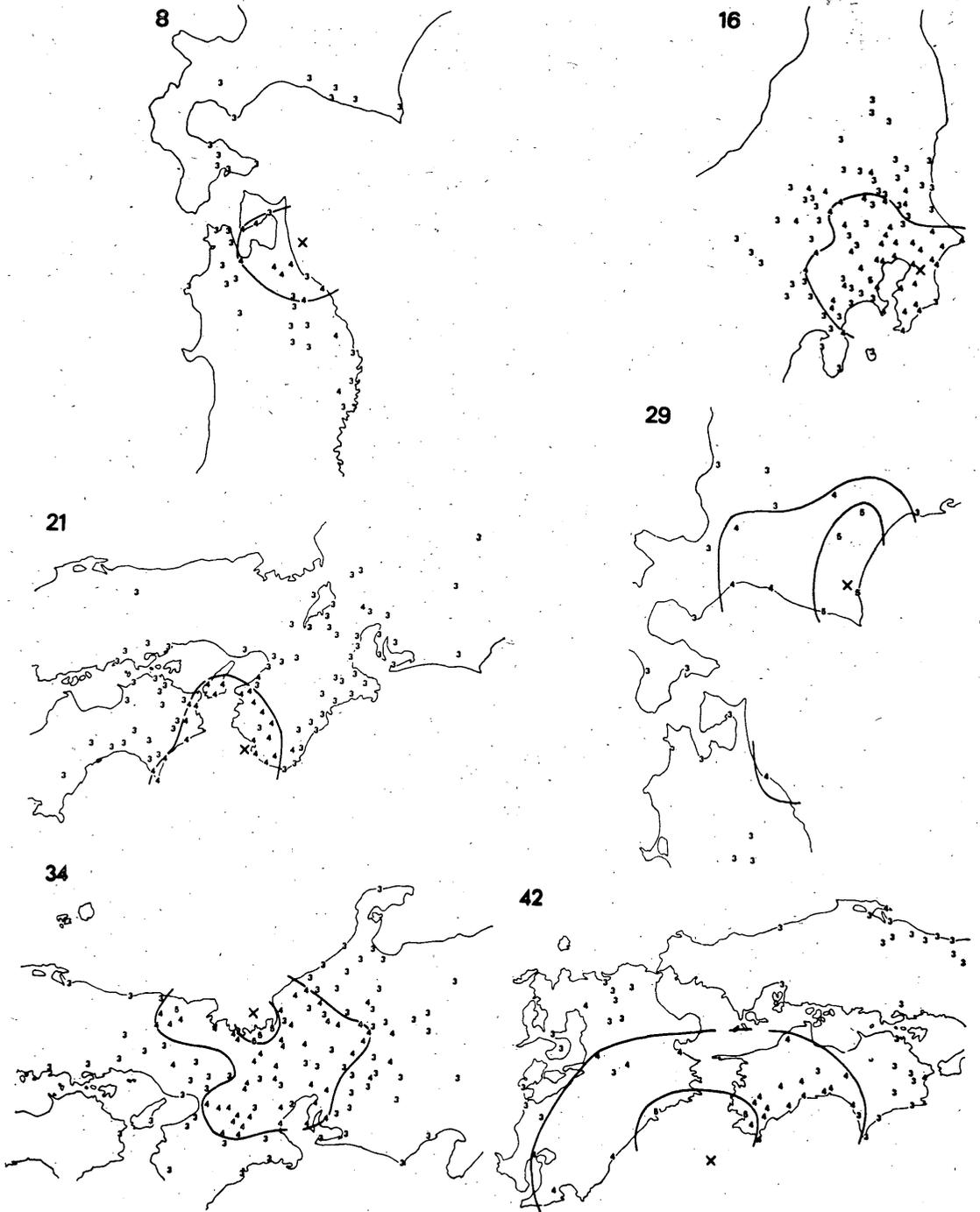
$$I; 100 \text{ km 以下について} \\ I = M_K + 2 \log(D'/100) + 0.0167(D'_{100} - D') \quad (4)$$

ただし、 $D'$ は震源距離、 $D'_{100}$ は $D; 100 \text{ km}$ における $D'$

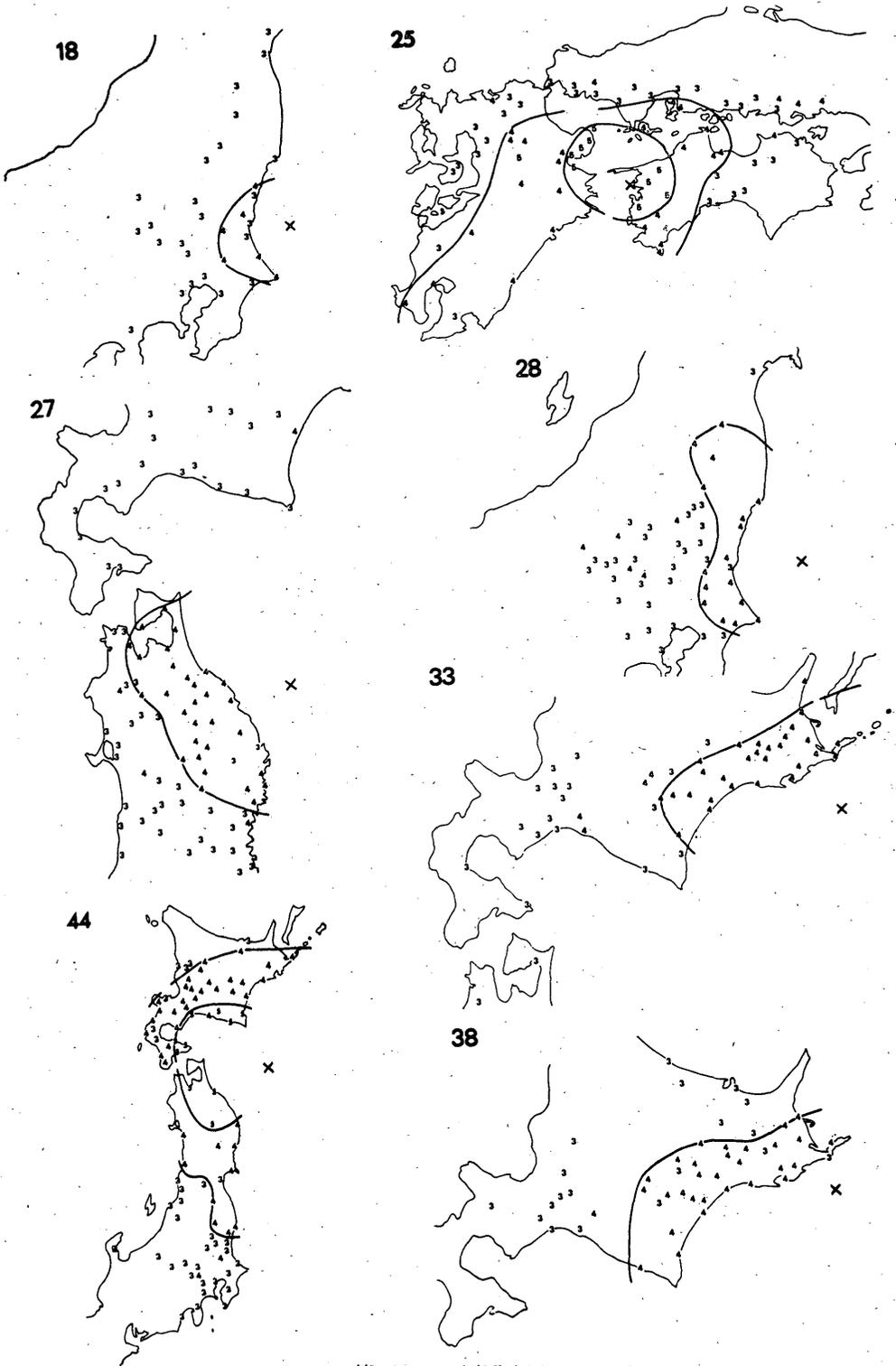
と求めている。(3)、(4)式から $I=IV$ について、



第1図-a 震度分布図 (各図の左肩の数字は第1表の番号を示す)



第1図-b 震度分布図



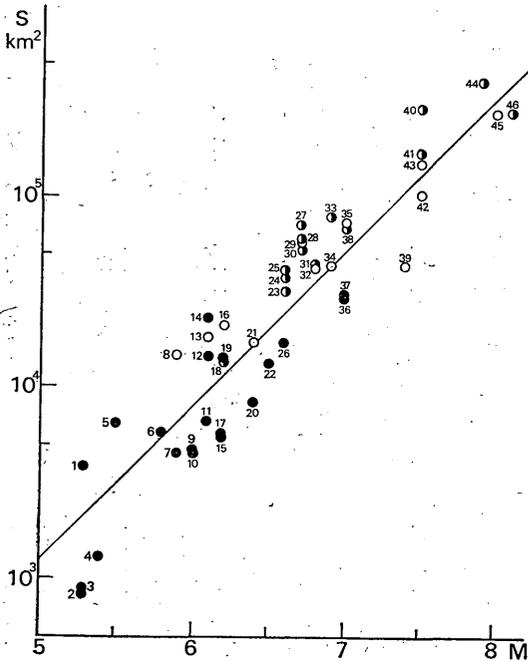
第1图-c 震度分布图

第1表 震度Ⅳ以上の地域の面積

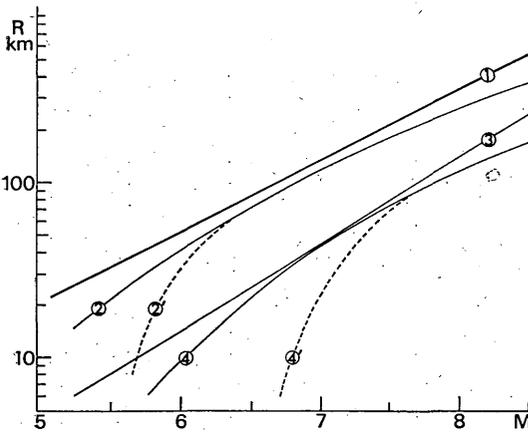
番号	年 月 日	震 央			深 さ	M	面積(S) ×10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup>	記号
		地 名	N	E				
1	1955 XII 18	茨城県西部	36.2	139.8	50	5.3	0.39	●
2	1968 I 26	松代付近	36.31	138.09	0	5.3	0.08	●
3	1968 IX 21	松代付近	36.49	138.16	10	5.3	0.09	●
4	1966 IV 5	松代付近	36.35	138.19	0	5.4	0.13	●
5	1965 IV 6	茨城県南西部	36.03	139.55	60	5.5	0.66	●
6	1959 IX 24	山梨県西部	34.7	138.4	10	5.8	0.60	●
7	1960 I 14	茨城県南西部	36.0	140.1	80	5.9	0.47	●
8	1960 IV 15	青森県東方沖	40.9	141.6	80	5.9	1.50	○
9	1955 VII 27	徳島県南部	33.75	134.3	0—10	6.0	0.47	●
10	1956 II 14	千葉県西部	35.7	139.9	50	6.0	0.46	●
11	1959 I 31	北海道弟子屈付近	43.45	144.4	0	6.1	0.69	●
12	1963 V 8	茨城県東方沖	36.24	141.11	40	6.1	1.5	●
13	1965 IV 20	静岡付近	34.53	138.18	20	6.1	1.9	○
14	1968 VII 1	埼玉県中部	35.59	139.26	50	6.1	2.4	●
15	1951 I 9	千葉県中部	35.4	140.1	40	6.2	0.6	●
16	1956 IX 30	千葉県南部	37.95	140.55	70	6.2	2.2	○
17	1959 I 31	北海道弟子屈付近	43.35	144.4	20	6.2	0.6	●
18	1964 V 30	茨城県沖	36.14	141.11	40	6.2	1.4	●
19	1970 X 16	秋田県南東部	39.12	140.46	0	6.2	1.4	●
20	1936 II 21	奈良県西部	34.5	135.7	20	6.4	0.9	●
21	1962 I 4	和歌山県西岸	33.38	135.13	40	6.4	1.8	○
22	1967 XI 4	北海道東部	43.29	144.16	20	6.5	1.4	●
23	1952 V 20	北海道南東沖	41.8	144.1	0	6.6	3.3	●
24	1963 VIII 15	福島県沖	37.40	141.57	40	6.6	3.9	●
25	1968 VIII 6	愛媛県西方沖	33.18	132.23	40	6.6	4.3	●
26	1969 IX 9	岐阜県中部	35.47	137.04	0	6.6	1.8	●
27	1960 VII 30	岩手県沖	40.2	142.6	30	6.7	7.3	●
28	1965 IX 18	茨城県東方沖	36.19	141.28	40	6.7	6.2	●
29	1970 I 21	北海道南部	42.23	143.08	50	6.7	6.1	○
30	1970 VII 26	宮崎県沖	32.04	132.02	10	6.7	5.6	●
31	1959 I 22	福島県東方はるか沖	37.55	142.35	30	6.8	4.9	●
32	1968 IX 21	浦河沖	41.59	142.48	80	6.8	4.6	○
33	1961 XI 15	北海道南東沖	42.39	145.34	60	6.9	8.2	●
34	1963 III 27	越前岬沖	35.47	135.46	0	6.9	4.6	○
35	1927 III 7	京都府北部	35.6	135.1	10	7.0	7.7	○
36	1931 IX 21	埼玉県中部	36.1	139.2	0—20	7.0	3.0	●
37	1952 VII 18	奈良県中部	34.45	135.8	70	7.0	3.1	●
38	1961 VIII 12	北海道南東沖	42.51	145.34	80	7.0	7.6	●
39	1941 XI 19	宮崎県沖	32.6	132.1	0—20	7.4	4.6	○
40	1953 XII 26	千葉県沖	34.3	141.8	40—60	7.5	31.	●
41	1960 III 21	三陸はるか沖	39.8	143.5	20	7.5	18.	●
42	1968 IV 1	日向灘	32.17	132.32	30	7.5	11.	○
43	1968 V 16	青森県東方沖	41.25	142.51	40	7.5	16.	○
44	1968 V 16	十勝沖	40.44	143.35	0	7.9	44.	○
45	1944 XII 7	熊野灘	33.7	136.2	0—30	8.0	29.	○
46	1952 III 4	北海道南東沖	42.15	143.85	45	8.1	30.	●

番号は第1図、第2図のものと共通。

記号は第2図のものと共通



第2図 S と M との関係  
直線は  $\log S = 0.82M - 1.0$  ( $S$ :  $\text{km}^2$ )  
番号, 記号は第1表に同じ.



第3図 R と M との関係  
①:  $\log R = 0.41M - 0.75$  ( $R$ :  $\text{km}$ )  
②, ②': 河角, IV (実線は震源の深さ 0 km, 点線は 30 km の場合を示す)  
③: 村松, V ④, ④': 河角, V

$M(M=4.85+0.5M_K)$  と  $A$  との関係を求めると第3図一②, ②' のようになる (実線は震源の深さ 0 km, 点線は 30 km の場合を示す). ただし, 第3図では  $R=A$  として表現されているが, (2)式から求められた  $R$  は震度 IV の地域の半径 ( $A$  の最大値) をあらわしているのに対して, (3), (4) 式から求められる  $A$  は震度 IV の  $A$  の平均値をあらわしていることになる.

同様に, (3), (4) 式から  $I=V$  について求めた  $M \sim A$  の関係を第3図一④, ④' に, 村松 (1969)\* によって求められた  $M \sim R$  の関係を第3図一③に示す.

### III 震度と最大加速度との対応

石本 (1932), 河角 (1943) は, 東京一本郷における加速度計の記録から, 震度と最大加速度との関係について調べているが, 大きい震度に関しては資料は十分ではない. 村松 (1967)\*\* は, 気象庁観測網の変位式地震計の記録の最大振幅とその周期を用いて, 震度と地震動速度の最大値とがよく対応しているとしている. しかし, 大きい震度に対する強震計の完全記録—震度 V 以上の記録はごくまれである.

最近, 気象庁以外の種々の機関, 研究所等により, SMAC 型, DC 型等の強震計—加速度計が全国約 450 カ所 (1968年 3月現在) に設置され, 大きな震度に関する記録もかなり豊富になって来た. しかし, それらの多くは, 構造物に設置された地震計記録で, いわゆる地盤上の観測値は多いとはいえない. ここでは, 建設省土木研究所, 運輸省港湾技術研究所, 日本国有鉄道等により得られた, 地盤上の加速度測定値を選び, 震度との対応について検討した.

震度 III, IV, V に対する最大加速度 ( $A$ , 一成分) の観測値は第4図-b に示すようになる. ただし, 加速度計設置地点の震度に関する報告のないものが多いので, 各地点の震度は, 震度分布図から推定されたもので, 直接の観測値ではない. 第4図-b から, 各震度に対応する  $A$  は, 非常に広範囲にわたっていることがわかる.

河角(1943)は, 東京一本郷における観測値から  $I \sim A$  の関係を

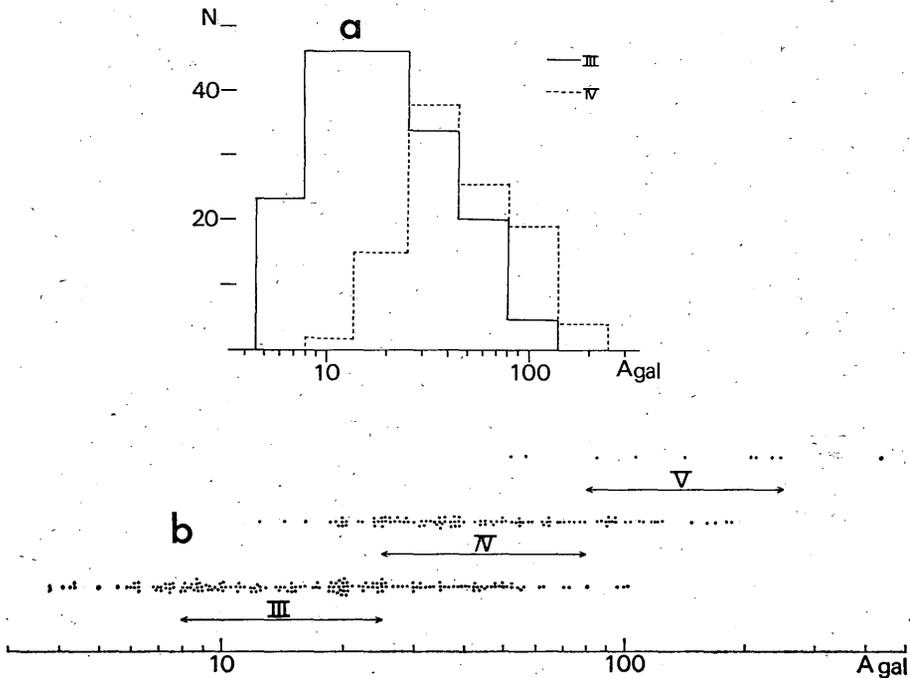
\* 村松 (1969) は, 震度 V, VI の面積 ( $S_v, S_{vi}$ ) と  $M$  との関係をそれぞれ

$$\log S_v = 6.8 + M \quad (\text{cm}^2) \quad (5)$$

$$\log S_{vi} = 3.34 + 1.36 M \quad (\text{cm}^2) \quad (6)$$

と求めている. 第3図一③は(5)式から求めた  $M \sim R$  の関係を示す.

\*\* 村松 (1967) は, 震度と最大速度 ( $V$ ) との関係を  $V = (0.04 \sim 0.13) \times 10^{0.5I}$  (Kine) (7) と求めている.



第4図 震度と最大加速度

- a: 各震度に対応する加速度の頻度分布 ( $N$  は%)  
 b: 各震度に対応する加速度の観測値 (矢印は河角の式から求められる範囲)

$$A=0.253\sim 0.800\times 10^{0.5I}(\text{gal}) \quad (8)$$

ただし、 $I\leq V$  について

であらわしている。第4図-bで $\leftrightarrow$ で示してある範囲は、(8)式から期待される、各震度に対する $A$ の範囲である。第4図-aの資料から、震度III、IVに対応する $A$ の頻度分布を求めると第4図-bのようになる。第4図では、震度IIIについては174例中92(53%)が、IVについては104例中64(62%)が、Vでは10例中7が(8)式から期待される範囲内にはいっている。また、震度III、IVについては、(8)式であらわされる $A$ より、観測値がやや大きい傾向がみとめられる。

上記したように、ここで用いている震度は推定値であるので、観測値を用いれば、 $I\sim A$ の対応は多少よくなるものと期待出来る。しかし、第4図からわかるように、 $A$ はかなり広範囲にわたっており、両者の対応を過信するわけにはいかない。

#### IV あとがき

地震に対する保安対策等で、一応注意を要するのは震度IV以上の地域であろう。震度IV以上となる地域の半径とマグニチュードの関係のおおよその目安は、 $M:5$ では約20 km、 $M:6$ では約50 km、 $M:7$ では約130 km、 $M:8$ では約340 kmとなる。

震度と最大加速度との対応について河角(1943)の式が広く用いられており、実測値も60%前後は河角の式で示される範囲内となっている。しかし、最大加速度はかなり広範囲にわたっており、両者の対応を過信するわけにはいかない。震度と地震動に関する他の要素との関係についても考慮されなくてはならないだろう。

資料を提供して戴いた土木研究所、港湾技術研究所、鉄道技術研究所の関係諸氏、種々お世話になった栗林榮一、土田肇、藤原俊郎の各氏に感謝いたします。資料整理に御助力戴いた土木研究所、日本気象協会に御礼申し

上げます。

### 参 考 文 献

石本巳四雄 (1932): Echelle d'intensité Seismique et accélération maxima. Bull. Earthq. Res. Inst., **10**, 614~626.

勝又・徳永 (1967): 地震の震度別有感回数について, 測候時報, **34**, 99~111.

河角広 (1943): 震度と震度階, 地震 I, **15**, 6~12.

〃 (1951): Measures of Earthquake Danger and Expectancy of Maximum Intensity throughout Japan as inferred from Seismic Activity in Historical Times, Bull. Earthq. Res. Inst., **21**, 469~481.

村松郁米 (1967): 地震工学, 地震 II, **20**, 281~290.

〃 (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, 一自然学科一, **4**, 168~176.