

# 震度別有感地震回数\*

宇佐美 龍 夫\*\*

勝 又 護\*\*\*

550. 340

## 1. はしがき

日本における震度別地震回数の分布については池上(1961), 勝又・徳永(1967)の調査がある。しかし、その後、1971年に気象庁が「日本における震度観測の記録」を出版した。これには観測開始以来のすべての資料が含まれており、現時点でこれ以上のデータは望めない。そこで、この資料を使って以下に述べる調査を行った。

## 2. 資料と計算

上述の資料は各観測所ごとに、1970年までの毎月の震度別地震回数がある。これに1971年の資料を地震月報から追加した。資料と結果は表に示されている。以下、この表にしたがって説明する。

(イ) 統計年数 観測の行なわれた全期間で単位は年と月。いろいろな理由で欠測した期間は除いてある。括弧内の数字はそのうち、震度別の観測を行なった期間である。たとえば、旭川で統計年数83年から括弧内の81年を引いた2年間は有感地震の総回数は判っているが、震度別地震回数は不明であることを示す。括弧のない地点では全期間に亘って震度別観測を行なった。なお、沖縄の3ヶ所のデータは上記資料にないので別に追加したものである。

(ロ) 観測地震回数 “計”のらんの数字は有感地震の総回数で、震度別地震回数の合計と一致しない場合がある。このときには括弧内に震度別地震回数の和が書いてある。この括弧は統計年数のらんの括弧と対応する。括弧のない数字と括弧付きの数字との差は震度不明の有感地震回数である。計算には震度別地震回数を使

た。これには、大地震の余震が含まれている。余震を取り除くことはしていないので、その影響は第4~6図に現われている。また、空らんは零の意味である。

(ハ) 震度の度数分布 観測所ごとに、震度別地震回数  $n(I)$  は

$$\log n(I) = a - b \cdot I \quad a, b \text{ は定数 (1)}$$

という式で近似的に示されると考え、表の震度別地震回数を使って、最小自乗法によって定数  $a$  と  $b$  を求めた。表には、この値とその標準誤差を示す。第1図、第2図は直線のあてはめの数例を示す。第3図は係数  $b$  と  $a$  の

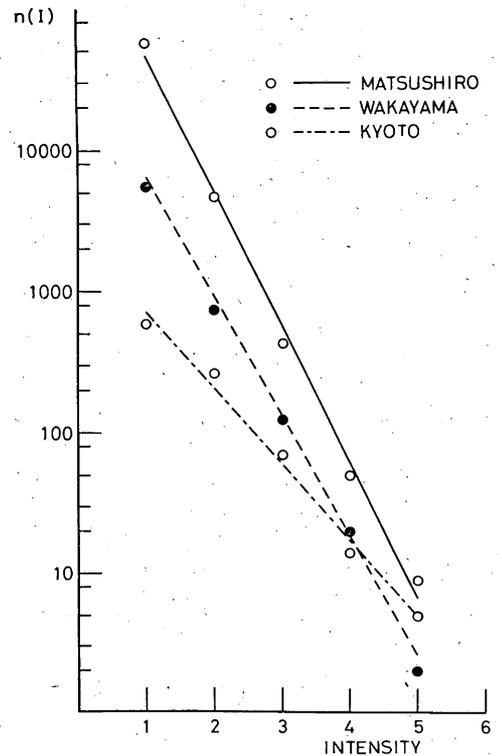


Fig. 1 Some examples of intensity-frequency relation.

\* T. USAMI and M. KATSUMATA: Intensity-Frequency Relation for Felt-Earthquakes in Japan (Received November 13, 1972).

\*\* 東京大学地震研究所

\*\*\* 気象庁地震課

地点名	統計年数 (年月)	a	b	観測地震回数							100年間に於ける期待地震回数							
				I	II	III	IV	V	VI	計	I	II	III	IV	V	VI		
稚内	31 1			16	11	2					29							
留萌	29 0 (81 0)	2.06±0.36	0.42±0.13	27	36	5	2				70 (99)	149	56	21	8	3.0	1.1	
旭川	83 0	2.21±0.39	0.45±0.14	73	10	14	2				101	71	25	9	3	1.1	0.4	
網走	81 0 (86 0)	2.71±0.39	0.62±0.14	79	42	14	1				136 (530)	153	37	9	2	0.5	0.1	
札幌	96 0 (68 0)	3.04±0.35	0.51±0.13	397	60	65	8				578 (993)	395	124	39	12	3.9	1.2	
帯広	78 0	3.47±0.20	0.55±0.06	603	246	123	17	4			1100	1230	345	96	28	7.7	2.2	
釧路	53 0 (68 0)	4.06±0.27	0.70±0.08	1611	498	129	35	2			2290 (2390)	4381	881	177	36	6.8	1.3	
根室	92 0	3.91±0.07	0.63±0.03	1801	447	120	22				4230	2792	653	153	36	8.4	2.0	
寿都	88 0			9	9	11	1				30							
室蘭	48 8	3.08±0.13	0.63±0.05	243	74	19	3				339	579	135	32	7	1.6	0.4	
苫小牧	30 0	3.17±0.17	0.61±0.05	250	107	33	5	1			396	1194	291	71	17	4.3	1.0	
浦河	45 0	3.77±0.19	0.59±0.06	1175	461	160	16	7			1809	3358	861	221	57	15	3.7	
森	33 11	2.85±0.25	0.55±0.09	153	63	25	3				244	579	162	46	13	3.8	1.1	
函館	99 0	3.81±0.41	0.68±0.12	661	421	84	30	1			1197	1352	283	59	12	2.5	0.5	
広尾	14 0 (43 10)	3.25±0.15	0.54±0.04	419	184	61	9	4			677 (795)	3713	1083	316	92	27	8.2	
青森	44 10	3.57±0.35	0.65±0.01	446	256	74	18	1			817	1927	437	99	22	5.0	1.1	
八戸	36 0	4.05±0.23	0.72±0.07	1294	575	126	17	2			2014	5951	1147	221	43	8.1	1.6	
盛岡	48 4	4.05±0.35	0.74±0.01	1190	449	104	27	1			1771	4221	773	142	26	4.9	0.9	
宮古	49 0	4.12±0.23	0.72±0.07	1612	554	149	23	2			2340	5082	970	185	35	6.9	1.3	
大船渡	7 6 (50 0)	3.14±0.21	0.58±0.08	276	123	35	5				439 (302)	4832	1279	339	90	23	6.3	
秋田	51 0	2.84±0.07	0.50±0.02	195	70	28	7	2			314	439	140	44	14	4.1	1.4	
酒田	35 0 (45 0)	2.83±0.18	0.53±0.06	155	58	26	7	1			247 (274)	573	161	50	15	4.5	1.3	
山形	82 0	2.92±0.26	0.57±0.10	174	70	27	3				718	503	135	36	9	2.5	0.7	
石巻	69 0	3.60±0.16	0.57±0.04	837	329	93	15	9	1		1284	1536	409	109	29	8.0	2.1	
仙台	45 2	3.34±0.12	0.52±0.04	502	250	81	17	5			855	1468	446	136	41	13	3.9	
福島	51 0	3.82±0.10	0.59±0.03	1414	479	145	23	7			2068	3297	842	215	55	14	3.5	
白河	30 4	3.51±0.38	0.62±0.14	499	251	85	6				841	2535	604	144	34	8.5	2.0	
小浜	48 6 (53 0)	3.65±0.17	0.52±0.05	950	589	172	30	11			1752 (4270)	2804	853	260	79	24	7.2	
水戸	75 0	4.32±0.10	0.71±0.03	3684	799	207	24	6			7010	7657	1493	291	57	11	2.0	
柿岡	45 8	4.41±0.27	0.74±0.08	2832	1015	296	39	3			4185	10306	1890	347	64	12	2.2	
宇都宮	52 0	4.46±0.29	0.84±0.19	2978	714	204	17	2			3915	8157	1192	174	25	3.8	0.6	
前橋	75 0	3.54±0.21	0.60±0.06	675	216	69	22	2			984	1158	288	71	18	4.5	1.1	
熊谷	75 0	3.88±0.23	0.59±0.06	1265	487	180	48	14	1		1995	2607	668	171	44	11	2.8	

地点名	統計年数 (年月)	a	b	観測地震回数							100年間における期待地震回数						
				I	II	III	IV	V	VI	計	I	II	III	IV	V	VI	
秩父	46 0	3.39±0.33	0.58±0.12	408	285	67	8				768	1408	375	100	26	7.2	1.9
銚子	68 0	3.88±0.19	0.60±0.06	1404	460	197	34	5			2102	2755	688	172	43	11	2.8
館山	45 10	3.02±0.29	0.61±0.09	192	69	35	2	1			299	566	139	34	8	2.0	0.5
東京	74 0	4.35±0.13	0.70±0.03	3670	811	252	37	10	1		4781	6021	1211	243	49	10	2.0
横濱	(47 10) 74 10	3.65±0.13	0.57±0.04	912	368	121	23	5			(1429) 3664	2509	671	180	49	12	3.1
大島	31 4	3.72±0.27	0.63±0.10	855	417	97	11				1380	3934	921	216	50	12	2.9
八丈	(28 0) 50 0	3.07±0.33	0.65±0.12	171	96	20	2				(289) 329	952	214	48	11	2.5	0.5
新瀉	(46 0) 86 0	2.87±0.17	0.59±0.05	175	51	19	2	1			(248) 541	419	108	28	7	1.9	0.4
相川	32 0	2.74±0.27	0.52±0.08	88	91	22	4	1			206	517	155	46	14	4.1	1.3
高田	46 0	2.75±0.19	0.49±0.07	176	52	30	5				263	401	130	42	14	4.4	1.5
富山	39 0	2.10±0.28	0.37±0.10	49	20	19	3				91	140	60	26	11	4.6	2.0
輪島	41 7	2.42±0.11	0.41±0.04	95	38	19	5				157	243	94	36	14	5.4	2.0
金沢	85 0	2.97±0.55	0.66±0.20	102	84	22	1				209	240	52	11	2	0.5	0.1
福井	46 0	3.47±0.09	0.59±0.02	703	193	74	11	3	1		985	1662	432	112	29	7.8	2.0
敦賀	29 6	2.84±0.12	0.50±0.03	171	87	29	7	2			296	755	241	77	25	7.8	2.6
長野	56 0	4.25±0.18	0.70±0.05	2224	791	248	42	4	1		3310	6385	1283	258	52	10	2.2
松代	22 0	5.62±0.13	0.96±0.04	57719	4742	430	50	9			62950	209217	22987	2526	277	30	3.0
松本	46 0	3.06±0.37	0.64±0.13	219	56	32	2				309	582	135	31	7	1.5	0.3
軽井沢	45 0	3.19±0.34	0.67±0.13	255	94	28	2				349	736	158	34	7	1.6	0.4
飯田	50 0	3.04±0.05	0.49±0.02	346	109	41	11				507	702	226	73	23	7.6	2.4
高山	56 0	3.15±0.45	0.72±0.16	213	44	26	1				284	479	91	17	3	0.6	0.1
岐阜	(70 0) 89 0	3.33±0.11	0.59±0.03	609	128	43	7	3			(790) 5086	793	205	53	14	3.6	0.9
甲府	75 10	3.52±0.20	0.50±0.05	1361	213	92	33	21	2		1722	1382	433	136	43	13	4.0
河口湖	39 0	3.43±0.23	0.60±0.08	510	227	60	8				805	1753	441	111	28	7.4	1.8
三島	41 7	3.47±0.24	0.60±0.09	595	201	75	8	0	1		880	1784	444	110	27	7.0	1.7
網代	34 0	3.61±0.28	0.71±0.10	544	225	44	4				817	2335	454	88	17	3.4	0.7
石廊崎	32 0	2.19±0.28	0.51±0.10	34	21	7	1				63	151	47	15	5	1.5	0.5
静岡	31 6	2.87±0.19	0.57±0.07	152	73	17	3				245	634	169	45	12	3.3	0.9
御前崎	39 0	2.61±0.33	0.53±0.12	97	35	22	2	0	1		157	310	92	28	8	2.4	0.7
浜松	47 0	2.98±0.36	0.63±0.11	186	59	25	1	1			272	476	111	26	6	1.4	0.4
名古屋	46 0	3.34±0.23	0.62±0.07	389	142	32	13	1			577	1130	270	64	15	3.8	0.9
津	52 0	3.16±0.07	0.53±0.02	469	108	35	15	3	1		631	822	245	73	22	6.6	1.9
尾鷲	32 0	3.14±0.19	0.60±0.06	364	101	19	3	2			489	1069	265	66	16	4.2	1.0

地点名	統計年数 (年月)	a	b	観測地震回数						100年間における期待地震回数						
				I	II	III	IV	V	VI	計	I	II	III	IV	V	VI
彦根	52 0	3.01±0.04	0.51±0.01	314	101	30	8	3		456	608	186	57	17	5.3	1.6
京都	80 3	3.40±0.11	0.54±0.03	583	263	70	14	5		935	896	258	74	21	6.0	1.7
舞鶴	25 0	2.58±0.25	0.48±0.09	89	72	13	4			178	502	167	55	18	6.1	2.0
奈良	52 0	3.21±0.17	0.56±0.05	501	136	31	6	4		678	861	240	67	19	5.0	1.4
大阪	(83 0) 90 0	3.06±0.30	0.49±0.11	533	60	47	13			(653) 752	442	142	46	14	4.8	1.5
和歌山	(72 4) 92 4	4.72±0.19	0.91±0.06	5559	741	125	20	1		(6446) 6639	9018	1120	139	17	2.0	0.3
潮岬	59 0	3.39±0.15	0.66±0.05	413	124	41	5	1		584	909	198	43	9	2.0	0.4
神戸	(57 0) 75 0	2.87±0.02	0.48±0.01	238	86	27	9			(360) 558	430	143	47	16	4.9	1.8
姫路	23 0	2.23±0.36	0.49±0.13	82	13	3	3			101	238	76	24	8	2.5	0.8
豊岡	(48 10) 49 10	3.14±0.15	0.43±0.04	673	201	63	17	8	6	(968) 975	1058	393	147	54	20	7.3
洲本	52 6	3.34±0.09	0.58±0.03	682	143	31	12	3		871	1109	293	77	21	5.4	1.4
鳥取	28 4	3.91±0.20	0.72±0.07	1573	242	89	9	0	1	2507	5534	1064	204	39	7.9	1.5
米子	31 0	2.51±0.26	0.51±0.10	75	38	15	2			130	324	100	31	9	2.9	0.9
松江	29 8	2.43±0.38	0.47±0.14	69	30	23	2			124	303	102	34	12	3.8	1.3
浜田	(49 0) 79 0	2.84±0.35	0.66±0.13	100	48	13	1			(162) 346	311	69	15	3	0.8	0.2
西郷	31 0	2.18±0.15	0.47±0.05	44	24	5	2			75	166	56	19	6	2.2	0.7
岡山	44 10	3.24±0.10	0.64±0.03	317	119	24	5	1		466	902	208	48	11	2.7	0.6
広島	52 0	3.38±0.40	0.78±0.14	243	97	20	1			361	756	124	20	3	0.5	0.1
萩	22 0			17	17	3				37						
山口	15 0			6	13	3	1			23						
防府	19 0	2.12±0.13	0.60±0.06	31	10	2				43	177	45	11	3	0.7	0.2
下関	47 11	2.36±0.20	0.54±0.09	59	25	5				89	149	41	12	4	1.0	0.3
高松	30 0	3.07±0.11	0.62±0.03	240	79	21	3	1		344	943	227	55	13	3.3	0.8
徳島	80 5	3.32±0.10	0.52±0.03	607	166	80	15	5		873	782	236	71	21	6.4	1.9
剣山	12 7	2.18±0.31	0.55±0.15	51	8	4				63	334	94	26	7	2.0	0.6
室戸岬	42 0	2.59±0.36	0.48±0.11	63	59	40	4	1		167	306	102	34	11	3.7	1.2
高知	45 0	3.27±0.19	0.64±0.06	304	111	39	4	1		459	939	215	49	11	2.6	0.6
足摺岬	38 4	2.50±0.21	0.44±0.08	87	54	20	4			165	300	108	39	14	5.0	1.8
松山	81 9	3.25±0.29	0.59±0.09	293	134	46	14	1		488	564	144	37	9	2.3	0.6
宇和島	46 11	3.45±0.17	0.68±0.05	457	129	43	4	1		634	1246	259	54	11	2.3	0.5
福岡	68 0	2.86±0.26	0.60±0.09	151	46	20	2			219	268	67	17	4	1.1	0.3
厳原	86 0	2.4	0.5	81	29	10				120	95	33	12	4	1.5	0.5
飯塚	34 0	1.8	0.3	36	19	10				65	106	56	29	15	8.1	4.3

地点名	統計年数 (年月)	a	b	観測地震回数							100年間における期待地震回数					
				I	II	III	IV	V	VI	計	I	II	III	IV	V	VI
佐賀	81 0	2.12±0.64	0.44±0.19	175	51	47	1	8		279	188	68	25	9	3.5	1.3
平戸	30 0			8	6	1				15						
佐世保	23 0			4	4	1				9						
日田	27 5	2.23±0.06	0.41±0.02	63	29	9	4			105	241	94	36	14	5.4	2.1
長崎	82 0	3.44±0.28	0.71±0.08	516	90	43	2	1		652	664	130	25	5	1.0	0.2
雲仙岳	46 11	3.67±0.41	0.70±0.15	578	265	74	4			921	1985	393	78	16	3.3	0.7
福江	48 0			11	3	1				15						
熊本	68 0	3.51±0.06	0.56±0.02	878	231	77	17			1203	1306	358	98	27	7.5	2.0
阿蘇山	39 0	2.88±0.15	0.43±0.06	223	138	40	12			413	713	262	96	35	13	4.5
大分	51 0	2.95±0.17	0.50±0.05	222	88	43	11	2		366	555	176	56	18	5.6	1.8
延岡	10 0	1.95±0.19	0.36±0.06	45	11	8	5	1		74	388	168	72	31	13	0.6
宮崎	46 0	2.96±0.07	0.44±0.02	302	122	50	19	5		498	724	265	97	35	13	0.5
都城	27 0	2.48±0.31	0.46±0.09	64	38	34	4	1		141	390	135	47	16	5.6	1.9
油津	22 0	2.63±0.29	0.47±0.09	83	71	21	10	1		186	652	221	75	26	8.5	2.8
牛深	21 0			15	8	3				26						
人吉	27 0	2.88±0.17	0.50±0.05	164	100	34	6	2		306	878	275	86	27	8.5	2.6
阿久根	31 0	2.23±0.43	0.49±0.16	32	28	11	1			72	176	57	18	6	1.9	0.6
鹿児島	49 9	2.96±0.31	0.53±0.09	196	66	42	13	1		318	538	159	47	14	4.0	1.2
枕崎	45 11	2.63±0.59	0.49±0.21	79	58	46	2			185	300	97	32	10	3.5	1.4
種子島	25 0			6	10	4				20						
屋久島	33 1	2.79±0.17	0.46±0.06	209	60	36	7			312	634	218	75	26	9.1	3.1
名瀬	63 0	3.78±0.18	0.66±0.07	1425	217	91	12			1745	2104	460	101	22	5.0	1.1
沖永良部島	17 0	2.18±0.16	0.45±0.06	51	18	10	2			81	321	115	41	15	5.6	2.0
那覇	20 0	3.98±0.44	0.83±0.16	82	55	22	4			163	7057	1036	152	22	3.4	0.5
宮古島	32 0	4.51±0.59	0.95±0.22	155	132	61	3			351	11466	1294	146	16	2.0	0.3
石垣島	76 0	4.63±0.39	0.85±0.12	584	182	58	8	5		804	7921	1119	158	22	3.0	0.4

関係でaが増えるとbも大きくなる傾向が認められる。aはその地点のサイズシィティを代表すると考えられる。第4図は係数bの地理的分布を示す。第3図に示すようにaとbは線形の関係がある。これについては安芸(1961)の研究がある。その例1)に従うこと、震度として $I=1.2\cdots, 5$ という離散的な値をとる場合とIは1~5の間に一様に分布しているとした場合(括弧の中)に $\rho$ (aとbの相関係数)=-0.9047(-0.9259),

$\tan \theta$  (図の楕円型にブラック点の長軸の勾配)=-3.61(-3.41),  $r$  (楕円の長軸と短軸の比)=8.1(11.2)を得る。一方、図から $\tan \theta \approx 5, r \approx 5$ となり計算値と一致しない。このことから第一近似的には、第3図のaとbの関係は確率論的に説明できるとは云えようもない。このことは次のことから云える。(1)式の関係は地震の集に関するものではなく、観測点に関するもので、たとえば、観測点Aでは地震の集a, b, cの影響を受け、観

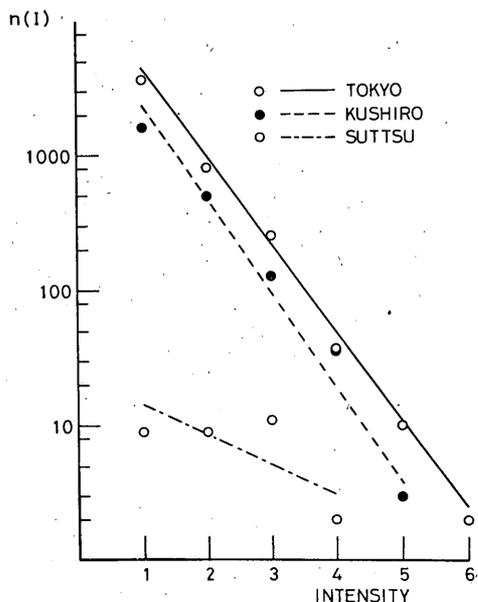


Fig. 2 Some examples of intensity-frequency relation.

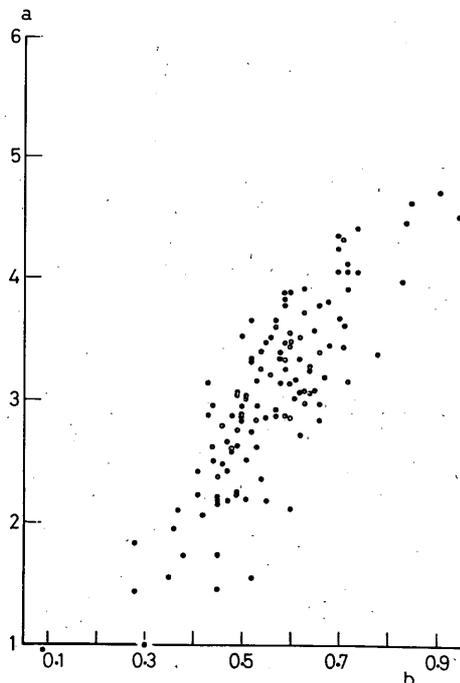


Fig. 3 Relation between coefficients a and b.

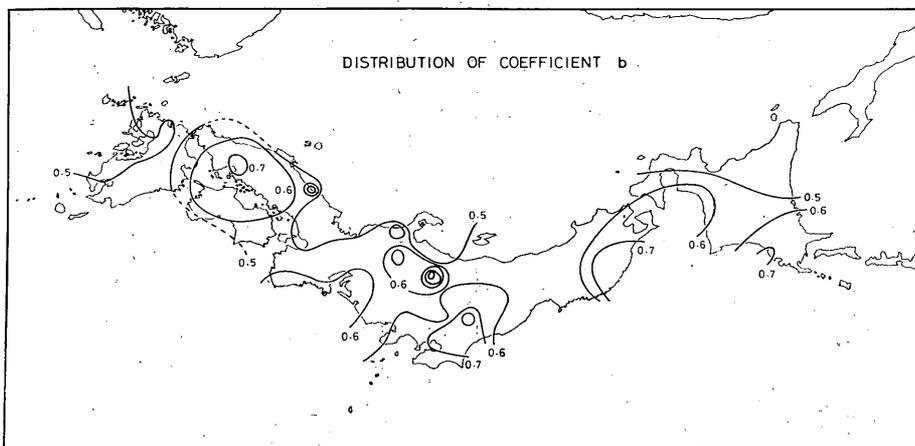


Fig. 4 Distribution of coefficient b.

測点Bでは全く別の集 x, y, z のみの影響を受けるとい  
う極端な場合もあり、各観測点ごとの震度別地震回数分  
布は同一母集団からの標本とは考えられない。

(二) 表中の 100 年間における期待地震回数のらんは  
(1) で求めた係数 a, b を(1)式に入れて得た計算値で、理  
論的期待回数というべきものである。これを図にしたのが  
第 5, 6 図である。

この表をみるとときには結語に述べてあることや、統計

期間を考える必要がある。統計期間についての詳細は気  
象庁 (1971) を見てほしい。たとえば岐阜では 89 年間に  
5000 回以上の有感地震があったが 100 年間の期待地震回  
数は 1100 回に満たない。これは震度別地震回数が判って  
いるのは 790 回に過ぎず、計算はこの震度別回数によっ  
たからである。岐阜の有感地震の大部分は明治 24 年の濃  
尾地震の余震で、その頃は震度別の観測をしていなかった。  
したがって、たまたま、岐阜の計算結果には濃尾地

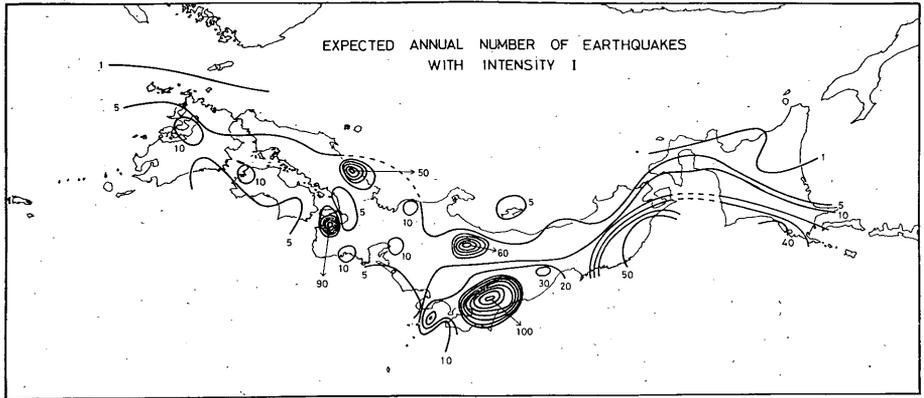


Fig. 5 Map showing expected number of earthquakes with intensity I per year.

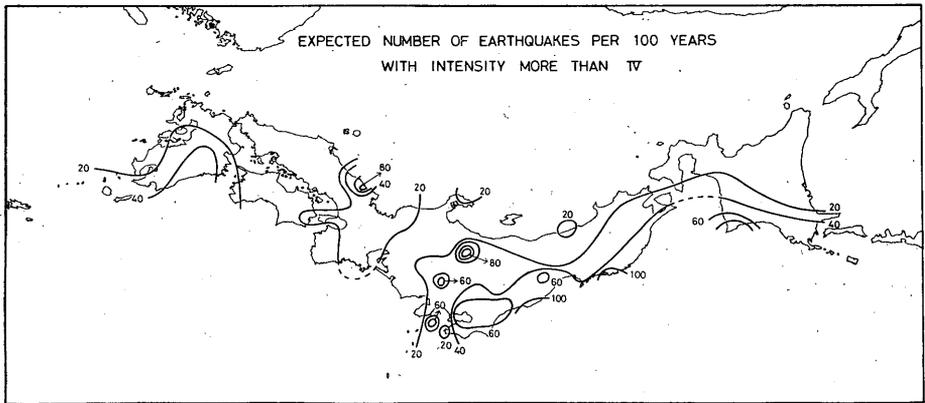


Fig. 6 Map showing expected number of earthquakes with intensity equal to and more than IV per 100 years.

震の余震の影響がほとんど入っていないと云える。

(ホ) 表には、統計期間の短い地点、資料数の少ない地点、定数の誤差の大きい地点等が少くない。したがって、それらについての期待地震回数の推定値には問題があるが、参考のためあえて掲載した（特に不十分な地点は空らんとした）。

勝又・徳永（1967）は、(1)式の  $n(I)$  のかわりに累積度数— $N(I)$  を使っているのので、本論文のものとは多少異なることに注意されたい。

### 3. 結 語

第5図・第6図は地震工学方面に役に立つと考えられる。また第1表の期待地震回数の逆数をとれば平均期待年数が得られるし、その地理的分布も容易に求められ

る。また、前に述べたようにこの小論の結果を利用する際には、大地震の余震や松代群発地震等の影響が入っていることを十分に考慮する必要がある。更に、統計に使った期間が、その地点の平均的地震活動を示しているという保証はないことにも留意してほしい。

### 参 考 文 献

- 安芸敦一（1961）：最小自乗法によって決めた係数相互の関係について、地震，〔Ⅱ〕，14，199-201  
 池上良平（1961）：日本における有感地震回数と震度との関係，地震〔Ⅱ〕，14，94-101  
 勝又 護，徳永規一（1967）：地震の震度別有感回数について，測候時報，34，99-111  
 気象庁地震課（1971）：日本における震度観測の記録，気象庁技術報告，第76号