

4 おわりに

前報において、大正12年の関東地震における神奈川県ほぼ全域、千葉県安房君津両郡の死者発生数と全壊家屋数との関係を調べた。この地域は関東地震の震源域とされており今心配されている首都圏直下地震の被害想定で死者数を推定するための基礎データになると考えたからである。その結果、震源域にあっても地域性があるように見えるが、全壊率 30% 以上のデータを用いると場所によらず安定した関係式が得られることが分かった。本報告において、この様な関係式が特定の地震だけではなく一般性を持つかどうかを明治以降の 32 地震のデータを用いて検討を行った。なおこの検討を行うに当たり不適当と思われる地震のデータはあらかじめ除いてある。今回のデータでは全戸数が不明の為、ある値以上の全壊率でデータを見なおすことは出来なかったが、32地震の大火災が発生した地域の被害を除いたデータを扱った場合 [式 (1)、(3)]、火災が発生した場合のみのデータを扱った場合 [式 (7)]、この場合は複数の地震のデータが混在している、特定の地震一つを取り上げた場合 [式 (12)]、いずれもTDのべきが誤差の範囲で0.9に近い値をとる事が分かった。

一方火災が発生した場合の死者数は火災の無い場合に対して倍以上になることが分かった。また大火災が発生したときは [全壊家屋数 + α · 全焼家屋数] を [相当全壊家屋数] とし、 $\alpha = 0.39$ とした場合最も観測データを良く説明することが分かった [式 (11)]。この式は死者発生数が相当全壊家屋数に比例するという結果を与えている。地震災害対策策定の為の震害予測では全壊家屋数と全焼家屋数が別々に想定されるので、この様な式は有用であろう。

文 献

宇佐美龍夫、1987、新編日本被害地震総覧、東京大学出版会、434pp.

国土庁編、1991、防災白書（平成3年版）、大蔵省印刷局、469pp.

嶋 悦三、1993、地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定、千葉敬愛短期大学紀要第15号、33-44.

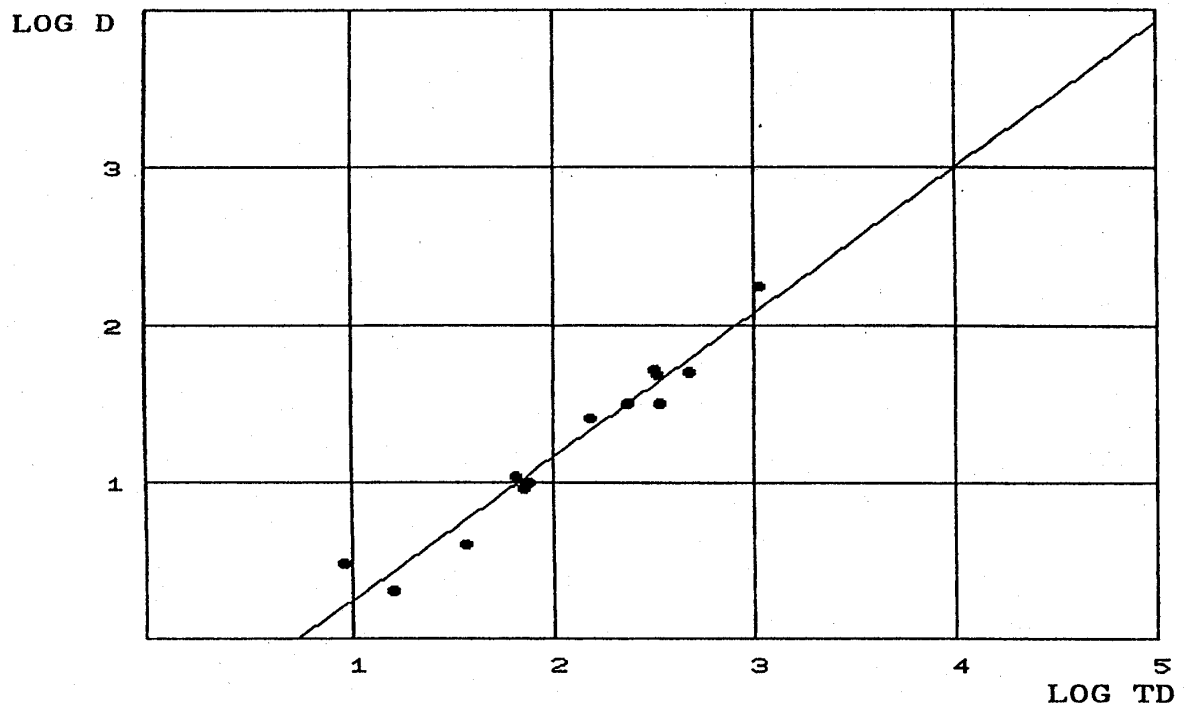


図6 南海地震の地区別データによる死者数と全潰戸数との関係。火災発生地区を除く。

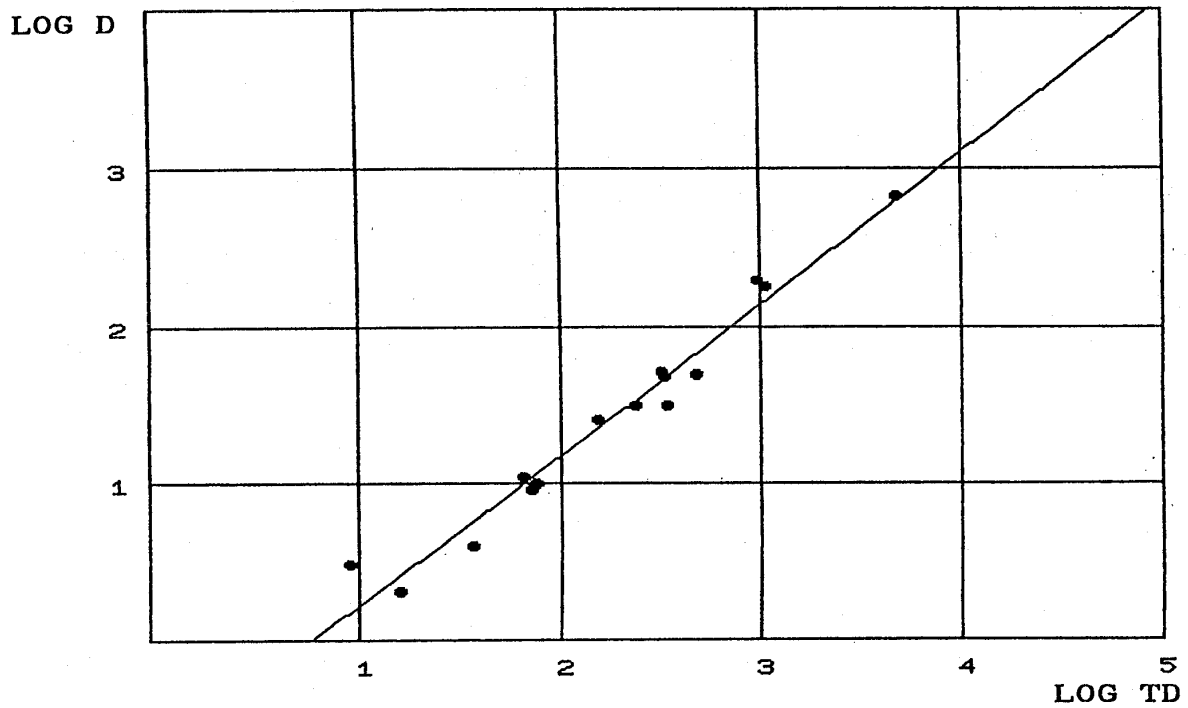


図7 南海地震の地区別データによる死者数と全潰戸数との関係。火災発生地区を含む。

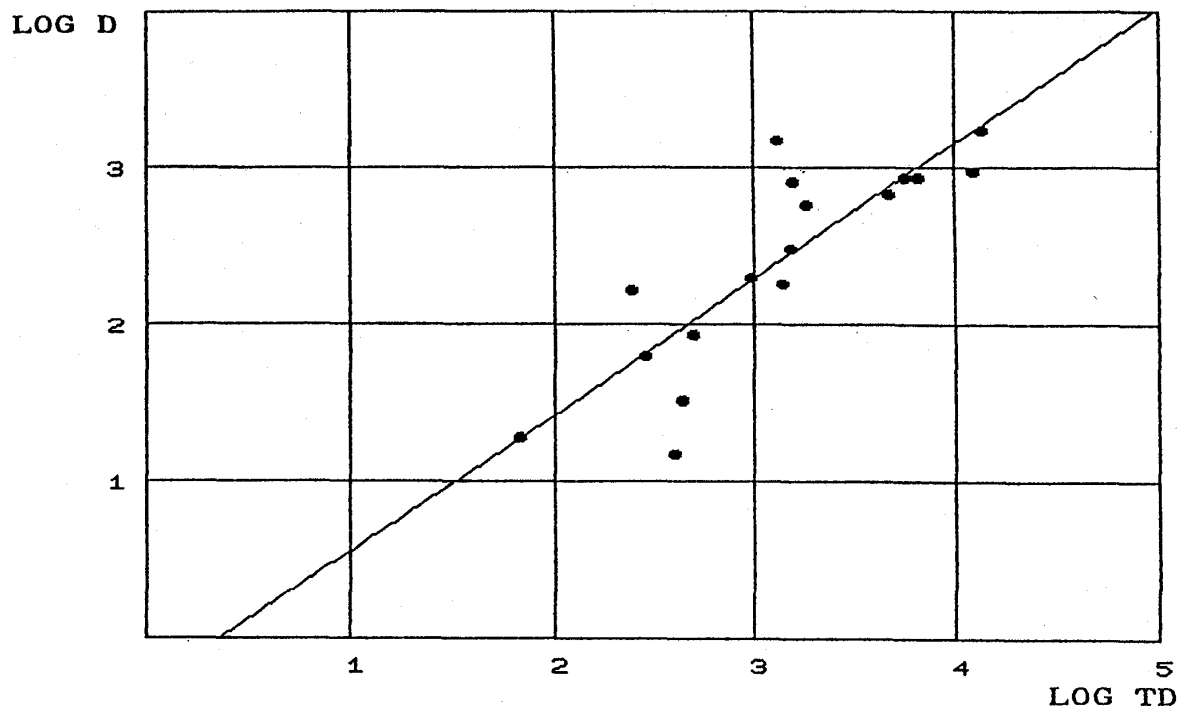


図4 大火災発生地域のデータによる死者数と全潰戸数との関係。

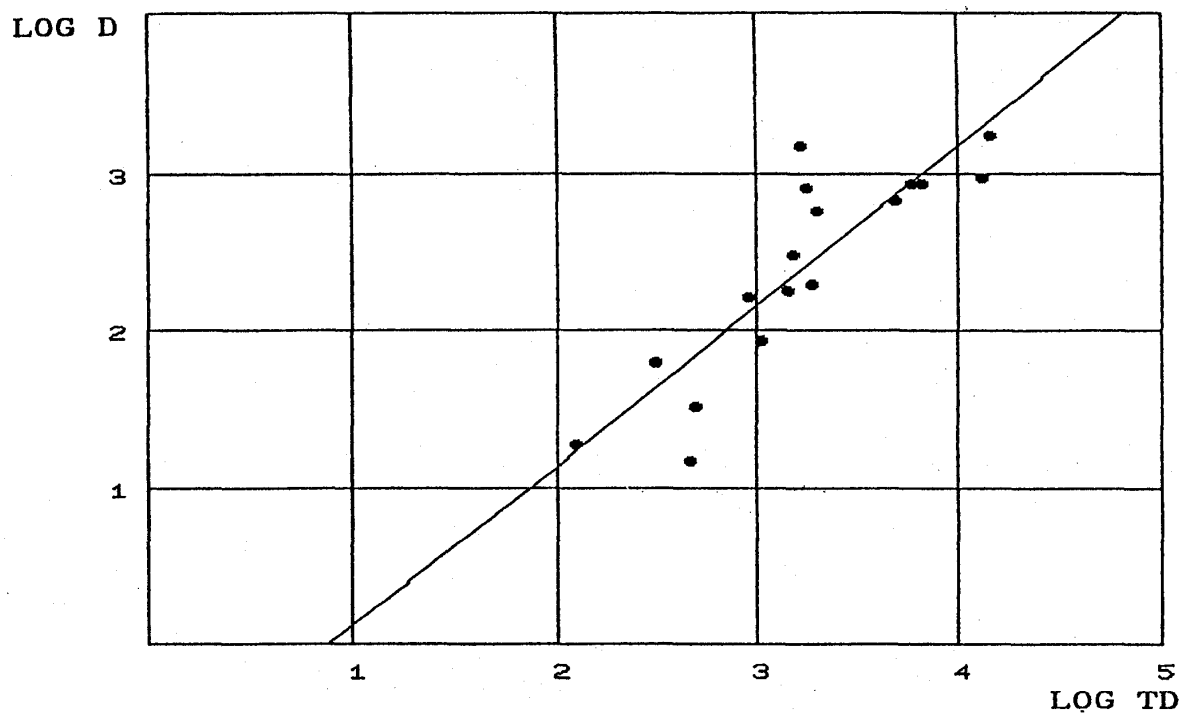


図5 大火災発生地域のデータによる死者数と全潰戸数+ α ・全焼戸数との関係。
 $\alpha=0.39$ の場合。

るように思われたので解析した火災データには加えなかった。図4に火災発生時の死者数と全壊戸数との関係を示す。

$$\log D = 0.87(\pm 0.10) \cdot \log TD - 0.31(\pm 0.30) \quad (7)$$

$$D = 0.49 \cdot TD^{0.87} \quad (8)$$

(4) 式と (8) 式を比較すると (8) 式が (4) 式の約2.4倍になっている。火災が発生すると死者が倍以上になるということである。次に横軸の戸数 $TD = \text{全壊戸数} + \alpha \cdot \text{全焼戸数}$ として死者数との関係式を求め、得られた関係式との誤差の自乗和が最小になる様に α を決めて見た。ここに α は常数である。その結果 $\alpha = 0.39$ となり、図5に示すように

$$\log D = 1.02(\pm 0.10) \cdot \log TD - 0.89(\pm 0.33) \quad (9)$$

$$D = 0.130 \cdot TD^{1.02} \quad (10)$$

が得られた。(10) 式は TD のべきが1に近いことから一次式で近似できる。それは TD が100と1000戸の範囲で

$$D = 0.148 \cdot TD - 0.3 \quad (11)$$

となる。全焼戸数の約4割が相当全壊戸数になる。最近国を始め地方自治体等で、震災対策策定の為に、将来発生するであろう地震を想定して震害を予測することがしばしば行われるようになった。この様な場合、全壊家屋数と全焼家屋数は別々に算定されることが多いので、大火災発生時の死者数推定には

(11) 式が有用であろう。ただし、火災の規模がそれほど大きくないときはこの式ではなく、(2) 或いは (4) 式を用いるべきである。

最後に表7の南海地震のみのデータを用いて同様の検討を行った。図6は火災の有った和歌山、高知を除いて

$$\log D = 0.92(\pm 0.04) \cdot \log TD - 0.67(\pm 0.09) \quad (12)$$

$$D = 0.21 \cdot TD^{0.92} \quad (13)$$

となり、和歌山、高知もそのまま加えると

$$\log D = 0.96(\pm 0.03) \cdot \log TD - 0.74(\pm 0.08) \quad (14)$$

$$D = 0.18 \cdot TD^{0.96} \quad (15)$$

が得られる (図7)。当然ではあるが後者が多くの死者発生を予測する。

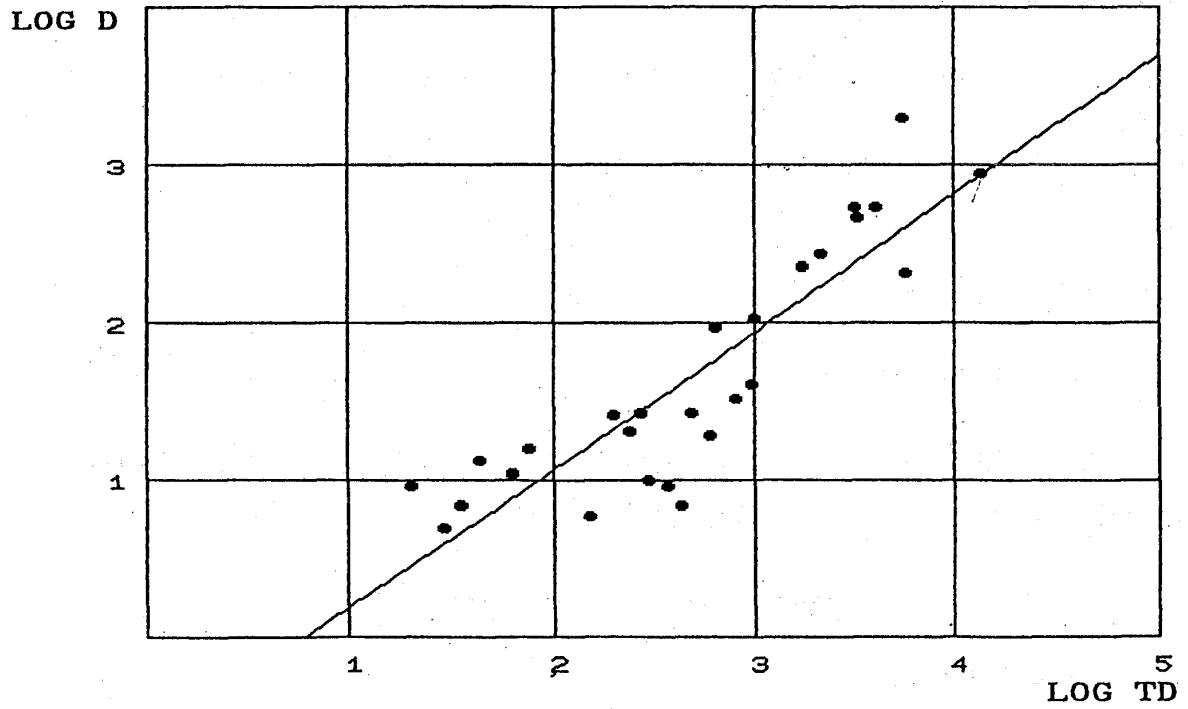


図2 表1に基づく死者数と全壊戸数との関係。1855年以前のデータを用いた場合。

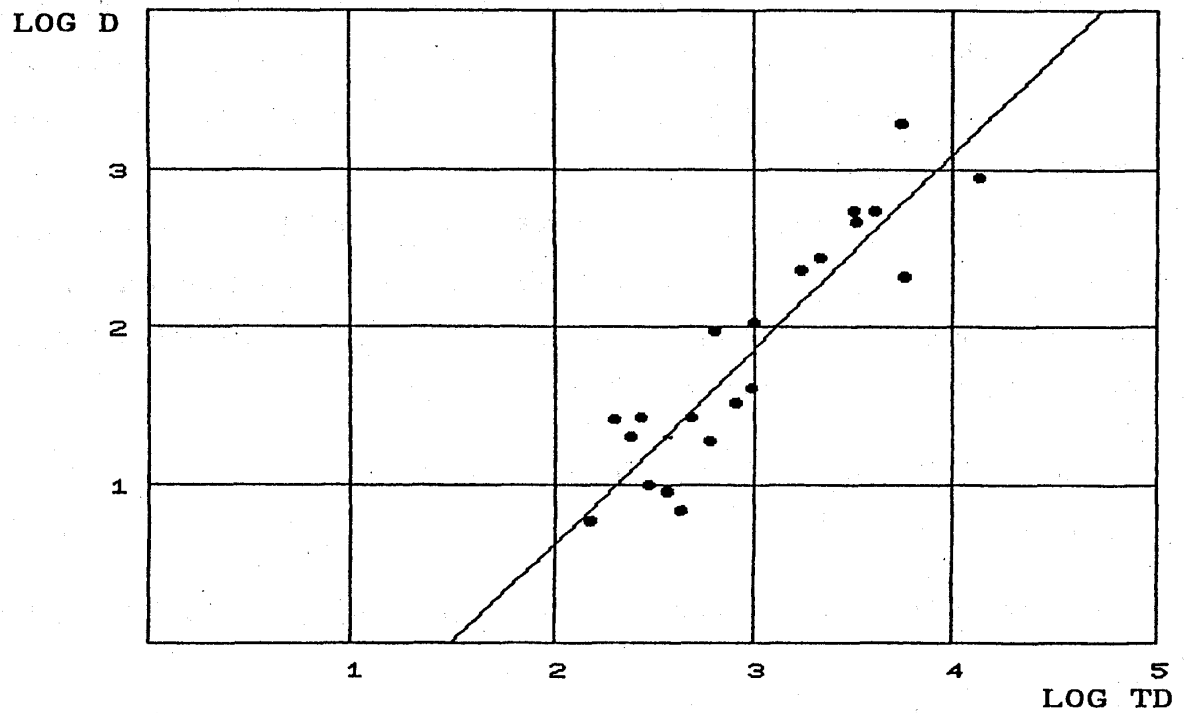


図3 図2のデータから全壊戸数100戸以下のデータを除いた場合。

3 全壊家屋数と死者数の関係

表1のデータから全壊家屋数 (TD) と死者数 (D) の関係を求めたのが図1である。最小自乗法により関係式を求めると

$$\log D = 0.90(\pm 0.08) \cdot \log TD - 0.87(\pm 0.21) \quad (1)$$

となる。これを書きなおすと

$$D = 0.136 \cdot TD^{0.90} \quad (2)$$

となる。全壊家屋数100、1000戸に対して死者はそれぞれ9、68名の割合となる。念の為図2に示すように1955年以前の27データについて関係式を求めると

$$\log D = 0.88(\pm 0.06) \cdot \log TD - 0.69(\pm 0.18) \quad (3)$$

が得られ、これを書き直せば

$$D = 0.204 \cdot TD^{0.88} \quad (4)$$

となる。これは全壊戸数100、1000戸につき12、89名の死者を予測する式になり、(1)式が(3)式より少ない死者を予測することから、一見太田等の言うように、最近家屋の耐震性が向上し、地震による死者が減少したようにも見えるが、得られた式の誤差範囲を見る限りでは両式を区別することは出来ない。1955年以降のデータ数がまだ少ないので(1)式を変えるまでには至っていないのかも知れない。今後のデータの蓄積を待って判断する必要がある。いずれにしろこの様な方法で得られる予測式の限界を示すものと言える。

前報[嶋(1993)]では全壊率30%以上のデータのみを用いると、死者数はほぼ倒壊家屋数に比例すると言う結果が得られた。今回のデータでは総戸数が不明であるので同様の検討が出来ないが、図2を見ると倒壊戸数100戸以下の町村データを除いたほうが良い相関が見られるようである。図2において全壊戸数100戸以下のデータ6を除いた図3について求めた関係式は

$$\log D = 1.24(\pm 0.09) \cdot \log TD - 1.84(\pm 0.26) \quad (5)$$

$$D = 0.014 \cdot TD^{1.24} \quad (6)$$

となり、これは前報の千葉県下安房郡の結果に近く、残念ながら前回のような結果を得るには至らなかった。

次に表2～8の内から火災が発生した17例を取り上げ、そのデータについて解析を行った。ただし、表3に示した北但馬地震の城崎のデータについては被害の割に極端に死者数が多く、特別の事情があ

表8 福井地震 1948年6月28日 M=7.1

市 郡 名		戸 数	全 焼	全 壊	半 壊	死 者	負傷者
福 井 県	福 井 市	15525	1859	12425	4418	930	10000
	足 羽 郡	5450	2	2328	980	134	343
	吉 田 郡	10343	156	6713	707	861	4992
	坂 井 郡	25000	1832	13707	3399	1747	6305
	大 野 郡					6	
	今 立 郡	9461		194	865	30	118
	丹 生 郡	6476	2	15	173	34	31
	小 計	72465	3851	35382	10542	3728	21750
石 川 県	江 沼 郡	14842		791	1231	39	451
	能 美 郡	7704		7	35		1
	河 北 郡	1952		1	2		
	小 松 市	12684		3	6	2	1
	小 計	37182		802	1274	41	453

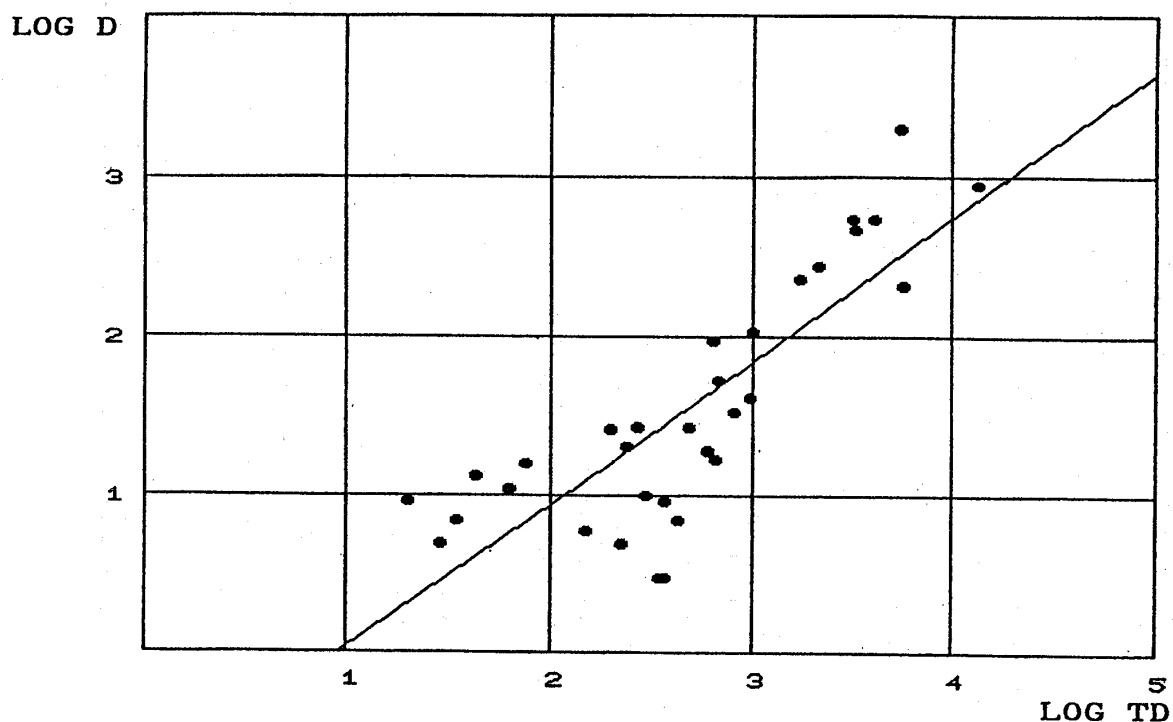


図1 表1に基づく死者数と全壊戸数との関係。

ちに耐震性が向上するとは考えられない。建築物が建て替えられて始めてそれが効果を発揮するからである。従って表1のデータだけから何時ごろから耐震性が著しく向上し死者発生数が減ってきたかを判断することは出来ないし、1955年以降の地震の数も少ないことで、今回の解析では時代は特に考慮しないこととした。

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定 その2

昭和25年に建築基準法が制定され、家屋の耐震性が向上したはずであることをその理由として上げている。確かに表1を見ても最近の地震の死者は少ないように思われる。しかしそれは偶然そうになっているかも知れない。1923年の関東地震は昼食の準備中に地震が発生したため火元が多かったことと、当時かなりの強風が吹いて居たと言う悪条件が重なり、大延焼火災となり史上最悪の被害をもたらしたのである。延焼火災がなければあれ程の災害にはならなかったのではないかと考えられる。このように地震による死者の発生は、建物を崩壊させる地震動の強さのみでなく、建物の耐震性、発生時刻、季節、気象条件などで地震一つ一つが特徴有る災害パターンを示すので、建物が全壊して死者が発生すると言う最も単純な過程によるものだけを選びだす必要がある。また建築基準法が制定されても直

表7 南海地震 1946年12月21日 M=8.0

府 県 名		全 焼	全 壊	半 壊	死 者	負傷者	不 明
長 岐	野 阜		2	4			
		1	340	720	32	46	
静 岡				1		2	
愛 知	岡 知		75	122	10	19	
三 重	重 賀		65	92	11	35	
滋 賀			9	23	3	1	
大 阪	阪 庫	1	234	194	32	46	
兵 庫			330	759	50	91	
奈 良	良 山		37	46		13	
和 歌		2399	969	2442	195	562	74
鳥 取	取 根		16	8	2	3	
島 根			71	161	9	16	
岡 山	山 島	1	478	1959	51	187	
広 島			19	42		3	
山 口	口 島			2			
徳 島			1076	1523	181	665	30
香 川	川 媛		317	1569	52	273	
愛 媛			155	425	26	32	
高 知	知 岡	196	4834	9041	670	1836	9
福 岡			1				
長 崎				2			
熊 本			6	6			
大 分			36	91	4	10	
宮 崎				1		1	
計		2598	9070	19204	1330	3842	113

地震、1923年の関東地震は意図的に省いてある。この二つの巨大地震は大延焼火災が発生した為データの一部が確実でないからである。また、日本海中部地震は住家の被害が主として地盤の液状化に伴うものであること、そして死者の大部分は津波によるからである。新潟地震を除いた理由は既に述べた。さらに伊豆半島沖地震、大島近海地震の死者は崖の崩壊が原因になっているので今回の解析から除いた。

太田等（1983）によれば昭和30年以前と以後では死者発生数に明らかな違いがあるという。彼らは

表4 北丹後地震 1927年 3月7日 M=7.3

郡名	戸数	全焼	全壊	半壊	死者	負傷者
与謝	11752	416	1861	1666	575	1324
中	4657	991	1318	1524	1499	3590
竹野	6619	612	1570	888	818	2608
熊野	3454		150	525	6	73
計		2019	4899	4603	2898	7595
兵庫 県		4640	80	250	6	85
大阪 府			127	117	21	126

兵庫・大阪では非住家を含む

表5 鳥取地震 1943年9月10日 M=7.2

郡市名	全焼	全壊	半壊	死者	重傷	軽傷
鳥取市	250	5754	3182	854	544	1988
岩見郡		694	916	56	12	137
八頭郡		3	28	49	11	15
気高郡	1	1014	1703	120	100	450
東伯郡		20	320	4	2	
計	251	7485	6158	1083	669	2590

表6 東南海地震 1944年12月7日 M=7.9

県名	全壊	半壊	死者	負傷者
静岡	5828	7815	255	704
愛知	5845	17515	360	571
岐阜	390	541	14	43
三重	1427	879	241	524
奈良	89	163	1	17
滋賀	7	76		
計	13586	26989	871	1859

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定 その2

表2 庄内地震 1894年10月22日 M=7.0

地 名	戸 数	全 焼	全 壊	半 壊	破 損	死 者	負傷者
酒 田	3460	1747	240	93	329	162	223
松 嶺 町	430	172	394	217	41	15	133
飽 海 郡*	9652	87	1521	1271	5188	305	315
西 田 川 郡	1615	80	285	130	1001	63	103
東 田 川 郡	6831	62	1418	686	1304	181	213
総 計	21988	2148	3858	2397	7863	726	987

*酒田、松嶺町を除く

表3 北但馬地震 1925年 5月23日 M=6.8

町 村 名	戸 数	全 焼	全 壊	半 壊	破 損	死 者	負傷者
豊 岡	2178	1483	489*	30	122	87	293
八 条	368		13	42	224	2	7
新 田	480		28	121	301	1	3
三 江	408		15	50	225		8
田 鶴 野	444		102	118	208	8	13
五 莊	677		56	20	421	5	9
内 川	305		61	50	79	11	13
城 崎	702	548	30	10	16	272	198
港	813	148	438	142	3	33	243
竹 野	648		31	61	199		8
中 筋	498	1	8	40	254		4
中 竹 野	405			11	394		
香 住	1055				53		
口 佐 津	528		1	5	368		4
國 府	701		3	23	309	2	1
小 島	83		23	52	6	1	5
瀬 戸	116	1	48	53	14	4	33
津 居 山	250	145	68	37		19	82
気 北	191	2	162		27	6	15
田 結	83		82		1	7	46
畑 上	59		34		25		
三 原	31		21		20		
久 美 浜	458		20	50		7	30
総 計	11023	2328	1733	915	3359	465	1016

*不確実

大火災が発生し焼失家屋が出た地域が分かっている場合は表1の統計からその地域の被害を除いて示してある。表で全焼戸数が一部を除いて少ないのはそのためである。大火災が発生した地震は、庄内地震（表2）、北但馬地震（表3）、北丹後地震（表4）、鳥取地震（表5）、南海地震（表7）福井地震（表8）で各表にその内訳を示してある。ただし、表6は東南海地震で火災の統計はないが、地区別のデータとして示してある。ところで、表1では著名な幾つかの地震が抜けている。1891年の濃尾

表1 明治以降の地震災害データ。大火災発生地域のデータを除く。

地震名	発生年	M	死者	負傷者	全壊戸数	半壊戸数	全焼戸数
浜田	1872	7.1	536	574	4049	5429	230
熊本	1889	6.3	20	54	239	236	0
庄内	1894	7.3	549	631	3222	2087	229
陸羽	1896	7.5	209	779	5792	3045	32
紀伊半島南東	1899	7.6	7	62	35	40	0
宮城県北部	1900	7.3	13	4	44	48	0
芸予	1905	7.6	11	177	64	105	0
姉川	1909	6.9	41	784	978	2444	0
喜界島近海	1911	8.2	7	26	418	565	0
秋田仙北	1914	6.4	94	324	640	575	3
千千石湾	1922	6.5	26	39	195	661	0
丹沢	1924	7.2	19	638	596	3434	0
北但馬	1925	7	27	53	265	401	0
北丹後	1927	7.5	6	73	150	535	0
北伊豆	1930	7	272	572	2165	5516	75
西埼玉	1931	7	16	146	76	124	0
静岡岡	1935	6.3	9	299	363	1830	0
男鹿	1939	7	27	52	479	858	9
長野市付近	1941	6.2	5	18	29	115	0
鳥取	1943	7.4	229	727	1731	2976	1
東南海	1944	8	871	1854	13586	26989	13
三河	1945	7.1	1961	896	5539	11706	2
南海	1946	8.1	465	1444	3267	7721	3
福井	1948	7.3	105	602	1000	2312	0
今市	1949	6.4	10	163	290	2994	0
十勝沖	1952	8.1	33	287	815	1324	20
吉野	1952	7	9	136	20	26	0
長岡	1961	5.2	5	30	220	465	0
宮城県北部	1962	6.5	3	272	340	1114	0
えびの	1968	6.1	3	42	368	636	0
十勝沖	1968	7.9	52	330	673	3004	0
宮城県沖	1978	7.4	17	1227	651	5450	0

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定 その2

嶋 悦 三

The loss of human lives due to the collapse of wooden houses
during earthquakes, 2nd paper

Etsuzo Shima

1 はじめに

「首都圏においては、大正12年の関東大地震タイプの巨大地震が発生する可能性は100年か200年先とされる一方で、マグニチュード7級の直下地震の発生についてはある程度の切迫性を有している」とされている[国土庁(1991)]。前報[嶋(1993)]ではこのような直下地震の際の死者数を推定することを目的として、大正12年の関東地震の震源域となった千葉県南部(安房郡、君津郡)及び神奈川県の一部を除いた全域の木造家屋の被災データを基に、死者数と倒壊家屋数の関係を求める試みを行った。その結果、全壊戸数と死者数の関係式には地域性がある様に見えるが、全壊率が30%以上の町村のデータを用いると、場所によらず安定した関係式が得られる事、全壊率がそれ以下の町村では死者の発生数が偶然性に支配されるためばらつきが大きくなり関係式を求めることは困難であることが分かった。

地震の被害には地震それぞれに特徴がある。例えば新潟地震ではそれまでそれほど注目されていなかった地盤の液状化により住家に不等沈下による倒壊をもたらした。強震動による家屋の倒壊は、住民が揺れが激しい為に外に逃げだせない状態で起こる。しかし地盤の液状化による倒壊の場合現象がゆっくり進行するので、家の外に逃げだす余裕があるとされている。我々は前者を想定して家屋の倒壊と死者の関係を求めようとしているので、新潟地震の被害データを同列に扱う訳にはいかない。従って沢山の地震データを扱い一般的な関係を見いだすためには前以て異質のデータを排除しておく必要がある。本報告では被害統計が信頼できるようになった明治以降の32被害地震のデータを用いて、検討を行った。今回は火災の発生により死者数がどのように変化するかの検討もあわせて行った。

2 データ

表1に今回の解析に用いた明治以降の32地震のデータが示してある。被害統計は文献により異なるのでここに掲げたデータはすべて新編日本被害地震総覧[宇佐美(1987)]によった。被害統計の内、