

す通りである。全壊家屋が30戸以上では件数が急減する事が分かり、(1)式が支持される。

また、全壊率が30%未満の場所では偶然性に支配されるため、関係式を求めるのは困難であることが今回の解析により明らかとなった。この問題については機会を改めて報告したい。東京都〔東京都防災会議（1991）〕では首都圏全域の全壊戸数50以上、死者数2名以上の136のデータを用いて同様の解析を行っている。彼らは、(死者数/全壊戸数)の値が地震動の強さにより変わらないものとしている。その原因はおそらく、震源域から外れた東京、埼玉のデータを含めて解析している為と考えられる。

4 おわりに

首都圏においては、大正12年の関東地震級の巨大地震の発生にはまだ余裕があるとされているが、中規模（マグニチュード7級）の直下地震についてはその発生がある程度の緊迫性があるとされている。本報告では、このような直下地震により、発生するであろう死者数の推定式を求める目的をもって、関東地震の震源域となった、千葉県の安房、君津両郡及び神奈川県の木造家屋の被害データを用いて、全壊家屋数と死者数の関係式を導いた。震源域のみのデータを用いたことが本報告の特徴である。

図1、2から、全壊戸数と死者の関係式には、震源域にあっても地域性があるように見えるが全壊率が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。関東地震のデータに関する限り、全壊率30%以下の町村では死者の発生数が偶然性に支配されてばらつきが大きくなり関係式を求めることが困難であるが、全壊家屋を出しながら死者の出なかった町村の統計から、大局的には(1)式が外挿出来そうである。

参考文献

- 国土庁編、1991、防災白書（平成3年版）、大蔵省印刷局、469pp.
- 中村左衛門太郎、1924、震災予防調査会報告第百号（甲）、67-140.
- 松沢武雄、1924、震災予防調査会報告第百号（甲）、163-260.
- 東京都防災会議、1991、東京における地震被害の想定に関する調査研究、東京都防災会議事務局、408pp.

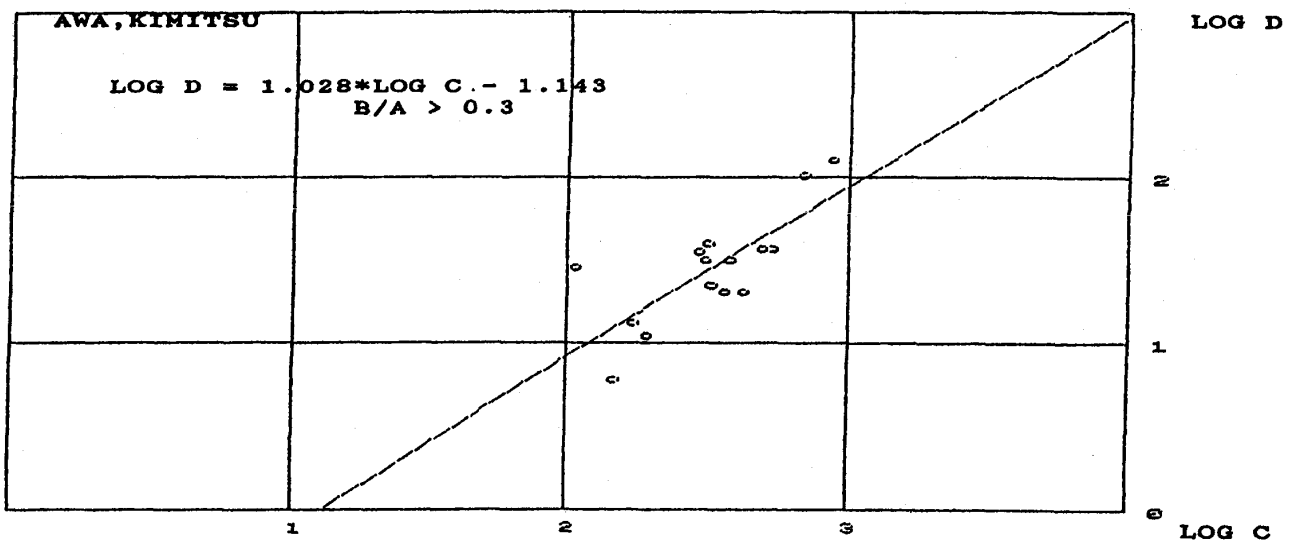


図4 全潰戸数と死者数（安房、君津郡で全潰率30%以上の市町村のデータ）

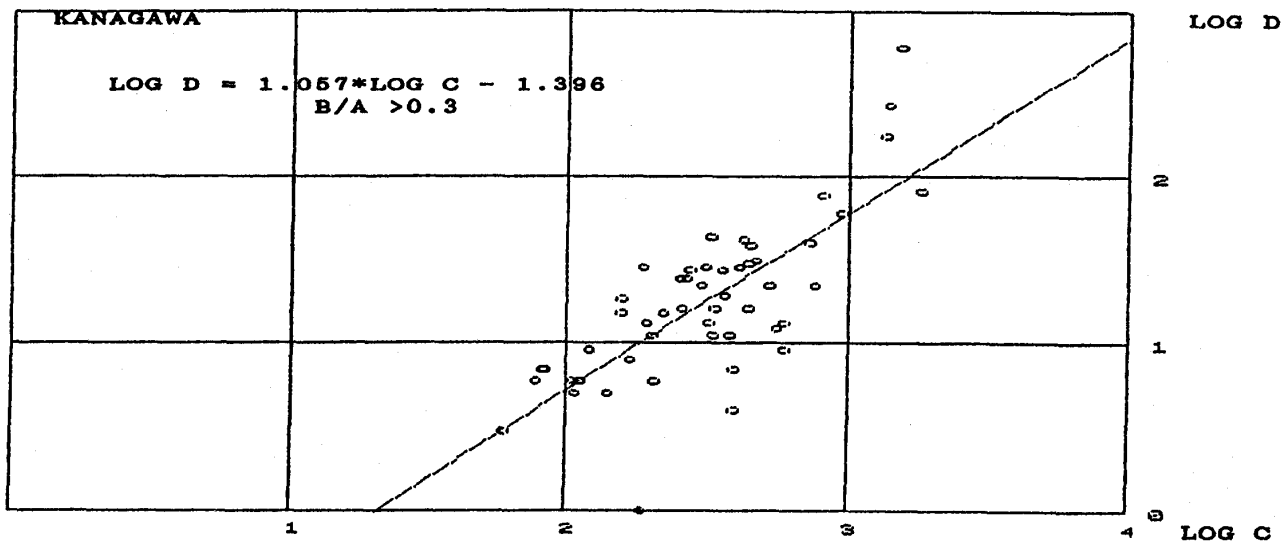


図5 全壊戸数と死者数（神奈川県で全潰率30%以上の市町村のデータ）

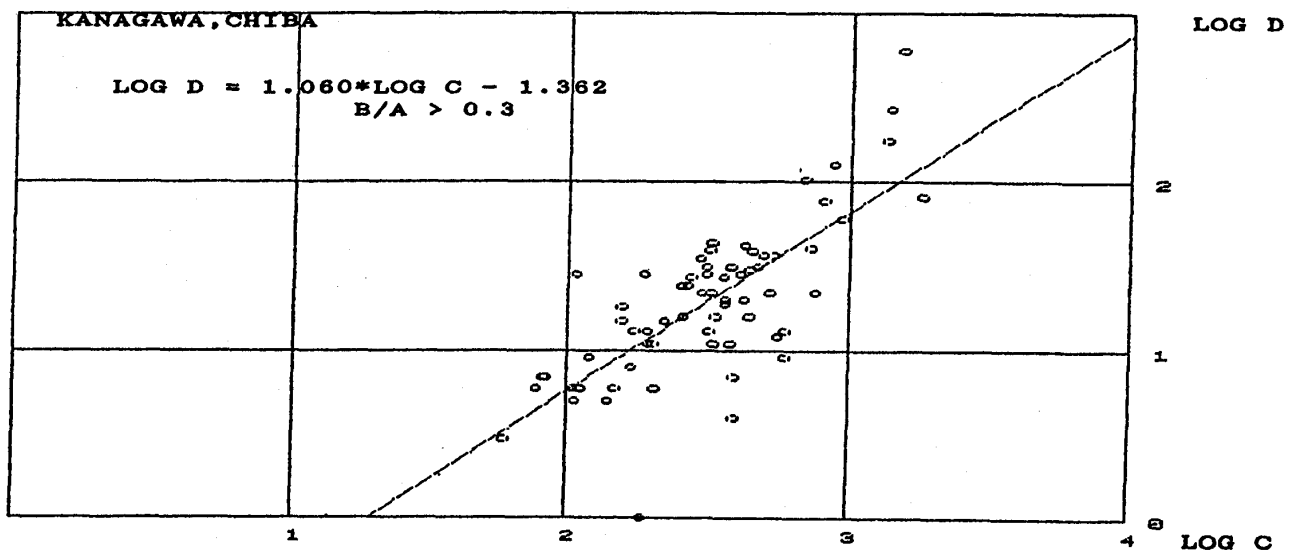


図6 全潰戸数と死者数（全潰率30%以上の市町村の全データ）

れている。そこで試みに、全壊率(図で B/A) 30 %以上のデータのみを用いて同様の関係式を求めて見た。結果は図 4、5、6 に示してある。図 4 は千葉県、図 5 は神奈川県、図 6 は両者を合わせたものである。関係式はそれぞれ

$$\log D = 1.028 \log C - 1.143 \quad (\text{千葉県}) \quad (7)$$

$$\log D = 1.057 \log C - 1.396 \quad (\text{神奈川県}) \quad (8)$$

$$\log D = 1.060 \log C - 1.362 \quad (\text{千葉、神奈川県}) \quad (9)$$

となり、実用上はほぼ同じ式が得られた。(8)、(9) 式が殆ど変わらないのは神奈川県のデータが千葉県のデータに較べて数が多いので当然であるとも言えるが、(7) と (8) 式がほぼ等しいということは、全壊率が 30 %以上と大きい場合には死者数が場所によらないということである。しかし、全壊率がそれ以下の場合には、死者もそれ程多くでないことから、図 1、2 に見られるように、運が良い場合には、100 戸程度の全壊家屋があっても死者が 1 名程度ということもあろうし、一方では、たまたま運が悪く一家が全滅したというような理由で死者数が増大する、つまり、死者発生数が偶然性に支配され、死者の発生数がばらつくことになる。しかし、全壊率がある程度を越す、言い換えれば地震動が極めて強い場合には死者数も多いことから偶然性の入り込む余地が少ないのではないかと考えられる。仮に、偶然性に支配された死者数が 5 人であったとする。本来の死者数が 10 人と 100 人の場所ではこの 5 人の影響がどちらに大きくきくかは自明であろう。

この考察の結果、全壊率 30 %以上の場所での関係式として (9) 式を採用する。(9) 式を書きなおすと、

$$D = 0.043 C^{1.060} \quad (10)$$

となる。C のべきが 1 に近いことから、(10) 式は一次式で近似できる。全壊戸数 100 戸と 10000 戸の範囲では、実用上

$$D = 0.067 C - 1.7 \quad (11)$$

となる [この区間を 180 等分して (10) 式によりそれぞれの D を計算し、これの直線近似式を求めた]。すなわち、死者数はほぼ全壊戸数に比例することになる。全壊戸数 100 戸あたりの死者は (10) 式によれば 6 人、(11) 式によれば約 5 人ということになる。(11) 式を外挿すれば、全壊戸数 25 戸で死者の発生は 0 となる。なお、今回扱った地域で全壊家屋を出しながら、死者 0 の町村は 35 あり、表 2 に示

表 2 死者 0 の町村の全壊家屋数の分布

(神奈川県、千葉県安房、君津郡)

全壊家屋数	1 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60
件 数	16	7	7	1	3	1

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定

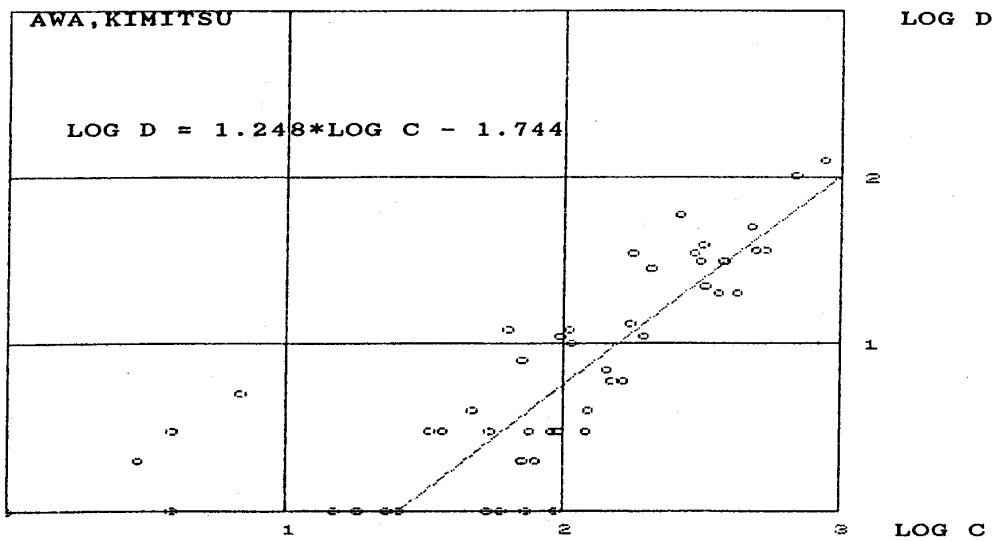


図1 全潰戸数と死者数（千葉県安房郡、君津郡）

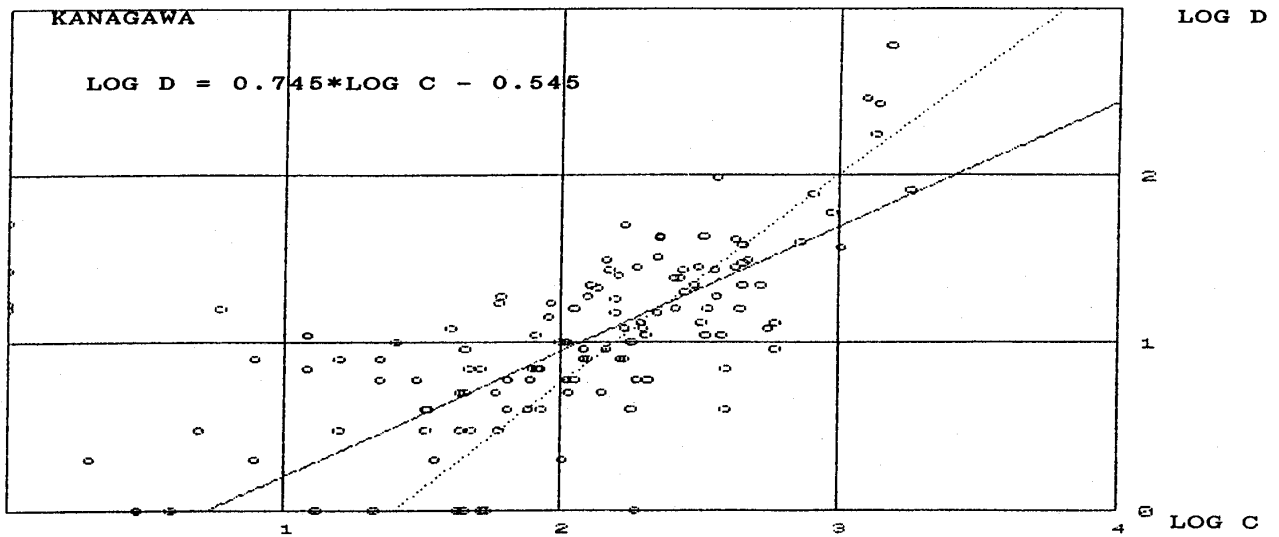


図2 全潰戸数と死者数（神奈川県）

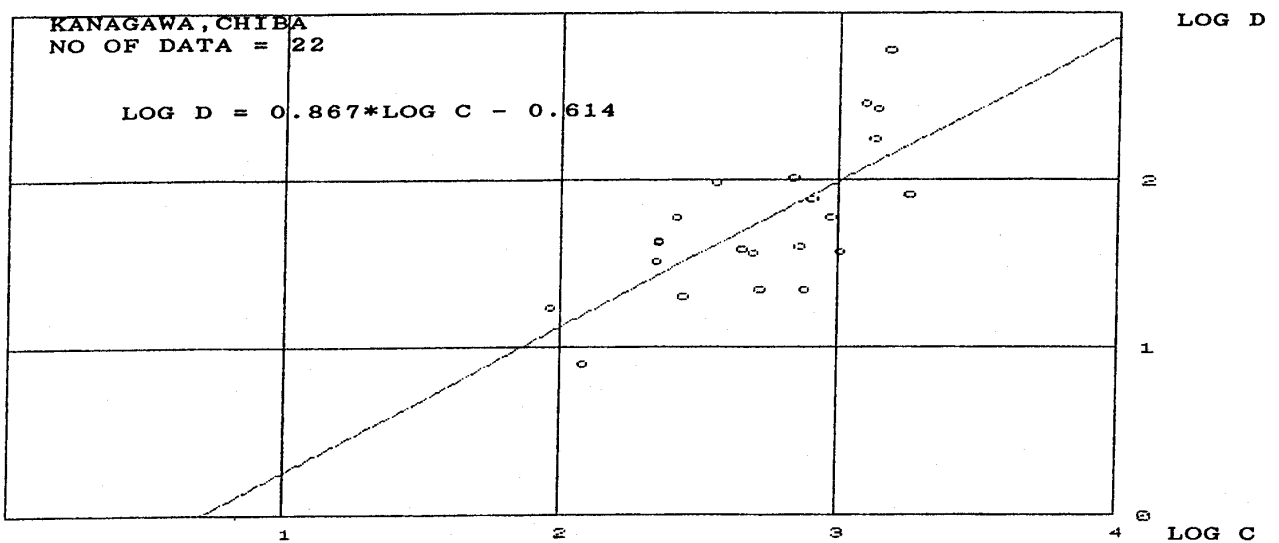


図3 全潰戸数と死者数（戸数1000戸以上の市町村の全データ）

3 全壊家屋数と死者数の関係

当然のことではあるが、家屋が全壊しても中に人がいなければ死者は出ない。従って、地震当時屋内に何人居たかにより死者発生数が変わるはずである。松沢（1924）によれば、当時の一所帯は 5 乃至 6 人で構成されていたが、関東地震が発生したのは丁度昼食時間であり、大部分が屋内に居たものと思われる。この様に、地震の発生した時間、季節なども死者の発生数にかかわるはずであるが、今回はこの問題には触れず、単純に全壊家屋数と死者発生数を較べることにする。

図 1 は千葉県下安房郡、君津郡における全壊家屋数(C)と死者数(D)の関係を示したものである。左の 5 データ（全壊家屋 10 戸以下の町村）を除けば両者に良い相関が見られ、最小自乗法により関係式を求めると、

$$\log D = 1.248 \log C - 1.744 \quad (1)$$

となる。この式を書きなおせば、

$$D = 0.018 C^{1.248} \quad (2)$$

となる。式から、倒壊家屋数が増えると、戸数あたりの死者数も増大することがわかる。次に、図 2 は神奈川県下のデータを用いて同様の関係式を求めたものである。この場合の関係式も倒壊戸数 10 戸以下のデータは省いてある。

$$\log D = 0.745 \log C - 0.545 \quad (3)$$

$$D = 0.285 C^{0.745} \quad (4)$$

と得られ、千葉県下のそれとは大きく異なる結果が得られた。なお、図に示してある点線は(1)式であり、神奈川県下では倒壊戸数 100 戸未満の町村で死者数が千葉県下のデータと較べて相対的に多いことがわかる。なお、倒壊戸数が 1000 戸を越す図の右上ではむしろ千葉県の式に合う様に見える。そこで、大きい町村は建て混んでおり、空間に余裕のある戸数の少ない町村より被害が大きくなるのではないかとの仮説を考える。試みに、総戸数 1000 戸以上の神奈川県下 19、千葉県下 3 町村について関係式を求めて見た。その結果を図 3 に示す。関係式は、

$$\log D = 0.867 \log C - 0.614 \quad (5)$$

$$D = 0.243 C^{0.867} \quad (6)$$

が得られた。この結果は、先に得た結果と較べて、倒壊家屋数が少ない場合の死者数を多く見積ることになり、この仮説が必ずしも千葉、神奈川県下の関係式の違いを説明することにはならない。

そこで、全壊率との関連を調べる。気象庁震度 6 は家屋全壊率 30 % 以下、それ以上は震度 7 とさ

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定

県・郡	町村名	戸数	全壊	半壊	死者数	負傷者数
	大 師 町	1,695	535	609	22	43
	大 川 崎 町	5,015	1,250	1,563	290	502
	御 幸 村	1,617	93	212	17	62
	日 吉 村	590	64	441	4	7
	住 吉 村	458	22	53	8	3
	中 原 村	770	102	278	2	14
	高 津 村	930	47	126	3	4
	橋 村	379	32	38	4	10
	宮 前 村	553	16	27	3	2
	向 丘 村	468	5	26	3	2
	稲 田 村	912	42	24	1	3
足柄下郡	足 柄 村	2,005	1,361	630	173	730
	豊 川 村	255	209	42	6	25
	上 府 中 村	339	170	165	8	31
	下 府 中 村	272	203	67	11	25
	下 曾 我 村	324	317	7	28	132
	田 島 村	141	107	37	5	23
	前 羽 村	432	100	116	10	102
	国 府 津 村	705	279	398	27	34
	酒 匂 村	1,079	736	184	40	34
	大 窪 村	583	126	131	8	12
	湯 本 村	545	61	448	19	16
	宮 城 野 村	328	59	150	17	12
	箱 根 町	197	40	68	12	15
	吉 浜 村	604	307	281	22	23
都 筑 郡	土 肥 村	625	172	156	50	40
	都 田 村	874	79	77	7	0
	新 田 村	553	32	119	3	8
	中 川 村	552	54	79	1	0
	山 内 村	538	22	35	6	2
	柿 生 村 他	626	21	36	1	0
	中 里 村	771	30	25	6	3
	田 奈 村	668	20	6	5	0
	新 治 村	760	57	74	1	3
	二 俣 川 村	613	21	13	2	1
	西 谷 村	518	25	165	24	17

研究紀要 第 15 号

県・郡	町村名	戸 数	全 壊	半 壊	死 者 数	負傷者数
足柄上郡	金 田 村	201	84	126	7	0
	豊 田 村	257	105	158	6	0
	城 島 村	270	112	167	6	1
	太 田 村	396	270	135	24	10
	神 田 村	446	458	3	30	8
	相 川 村	412	428	0	28	4
	成 瀬 村	472	195	292	13	0
	東 奏 野 村	720	148	147	31	9
	松 田 町	728	180	400	10	20
	中 井 村	807	255	225	24	1
	上 奏 野 村	329	76	183	4	2
	寄 村	313	45	124	5	0
	上 中 村	200	60	85	3	0
	山 田 村	151	82	70	7	9
	曾 我 村	480	430	46	41	97
	金 田 村	317	120	110	9	11
	吉 田 島 村	238	16	37	8	0
	桜 井 村	253	180	122	4	0
	岡 本 村	570	190	35	28	7
	南足柄村	618	43	500	3	0
	福 沢 村	449	86	135	4	0
	酒 田 村	319	45	125	1	0
	川 村	1,215	280	447	20	11
	北足柄村	315	33	130	4	0
	共 和 村	124	12	105	11	0
	清 水 村	287	12	252	7	0
	神 縄 村	65	3	30	1	3
愛 甲 郡	南 毛 利 村	665	187	202	6	7
	玉 川 村	430	52	99	1	3
	煤 ケ 谷	325	8	32	2	3
	妻 田 村	146	35	5	2	2
	荻 野 村	730	13	7	1	1
	愛 川 村	782	6	43	16	8
	高 峰 村	5	4	1	1	0
橘 樹 郡	保 土 谷 町	4,264	1,514	2,139	594	768
	城 郷 村	952	166	338	8	18
	大 綱 村	765	91	106	14	9
	旭 村	633	64	89	6	4
	鶴 見 町	3,450	227	206	42	11
	潮 田 町	3,457	1,020	2,305	37	100
	田 島 町	2,397	950	1,200	60	117

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定

県・郡	町村名	戸数	全壊	半壊	死者数	負傷者数
三浦郡	川上村	450	160	220	18	14
	永野村	177	46	58	7	2
	中川村	623	128	189	22	23
	瀬谷村	581	51	171	7	17
	中和田村	745	338	179	11	16
	大正村	450	140	167	5	5
	豊田村	350	58	43	5	4
	本郷村	488	112	295	16	33
	田浦村	3,616	368	960	97	93
	衣笠村	930	25	23	10	11
	久里浜村	757	162	447	25	324
	北下浦村	655	127	283	19	201
	逗子町	1,948	812	1,110	76	53
	西浦村	939	147	439	9	339
	武山村	431	45	130	9	81
	三崎町	1,910	227	370	43	82
	南下浦村	1,083	120	113	8	12
	初声村	612	105	106	10	38
	長井村	880	81	54	11	54
高座郡	茅ヶ崎町	3,223	1,815	842	81	280
	小出村	588	400	120	7	27
	寒川村	850	567	232	12	53
	御所見村	677	400	150	4	22
	有馬村	628	600	23	9	38
	海老名村	882	470	400	31	0
	綾瀬村	924	600	330	13	58
	渋谷村	766	136	90	21	75
	六合村	660	223	41	15	53
	座間村	924	54	127	1	2
	大沢村	651	2	16	2	0
中郡	大磯町	1,649	222	727	32	71
	平塚町	2,883	1,387	911	266	45
	須馬村	1,387	454	322	38	16
	大野村	1,034	758	293	22	19
	旭村	449	339	142	16	3
	土沢村	488	370	115	19	7
	国府村	697	362	320	27	17
	伊勢原町	742	322	483	13	5
	大山町	320	8	17	8	0
	高部屋村	625	189	442	1	0
	金目村	485	198	298	12	0
	岡崎村	292	263	3	16	3

研究紀要 第 15 号

県・郡	町村名	戸 数	全 壊	半 壊	死 者 数	負傷者数
君 津 郡	七 浦 村	570	18	5	1	10
	千 倉 町	1,278	503	195	36	78
	健 田 村	540	427	90	20	15
	千 歳 村	723	538	64	36	15
	豊 田 村	540	381	37	31	52
	丸 村	758	165	36	6	10
	南三原村	486	328	57	22	86
	和 田 町	723	23	33	1	64
	江 見 村	524	90	78	3	17
	木更津町	1,801	75	231	3	103
	金 田 村	754	25	3	1	0
	檜 葉 村	343	4	3	1	0
	長 浦 村	467	3	16	2	0
	中 郷 村	535	95	146	1	4
	小 櫃 村	1,046	53	80	1	0
	中 川 村	400	105	161	12	7
	八重原村	441	60	82	1	3
	周 西 村	520	74	80	1	5
	中 村	441	79	68	2	5
	小 糸 村	505	36	49	3	2
	秋 元 村	490	7	5	5	2
	貞 元 村	425	121	54	3	6
	飯 野 村	437	173	50	13	12
	青 堀 村	635	90	63	3	8
	富 津 村	811	96	317	3	43
	吉 野 村	480	54	51	3	5
	大 貫 町	487	149	144	6	40
	佐 貫 町	725	123	140	4	12
	湊 村	741	144	170	7	9
	天神山村	504	32	44	3	4
	竹 岡 村	612	46	19	4	18
	金 谷 村	482	63	118	12	32
神 奈 川 県 久 良 岐 郡	日 下 村	630	151	270	27	122
	大岡川村	599	383	211	11	163
	屏風浦村	479	103	129	10	152
	金 沢 村	914	328	473	43	203
	六 浦 荘 村	745	171	250	12	85
鎌 倉 郡	村 岡 村	220	78	71	6	25
	深 沢 村	300	157	82	15	52
	玉 縄 村	290	43	31	5	10
	小 坂 村	685	450	142	16	37

2 データ

表1は松沢（1924）による当時の行政区分による千葉県下安房、君津両郡及び神奈川県における木造家屋の被害統計である。これ等の地域の直下に関東地震を発生させた地震断層が推定されているからである。但し、火災が発生した市町村、津波による流失家屋がでた市町村、山津波により多数の死者を出した根府川（片浦村）、死者がでなかった市町村のデータはあらかじめ省いてある。

千葉県では東京湾沿いの町村に被害が多く、房総半島の東部では倒壊家屋は有っても死者は出ていない。全壊戸数／全戸数をパーセンテージで表したものを全壊率と呼ぶと（一般には全壊戸数に半壊戸数の半分を加えそれを全戸数で割ったものを全壊率と呼ぶ場合が多い）全壊家屋が有って死者の出なかった町村で最高の全壊率は田原村（現在の鴨川市の一部）の9.7％であった。一方、秋元村（現在の君津市の一部）では、全壊戸数7戸で死者が5人を数えている。

神奈川県では、仙石原村が全壊率18.9％であったのに死者は一人も出ていない。一方では愛川村では6戸の倒壊で、16人が命を落としている。このように地震時には運不運がつきまとうので死者数の推定が難しくなる。これらのことは数量化が困難であるから、ここでは倒壊戸数と死者数の間にできる限り簡単な関係式を求めることにする。

表1 関東地震による木造家屋及び人的被害

県・郡	町村名	戸数	全壊	半壊	死者数	負傷者数
千葉県 安房郡	西岬村	787	107	146	10	12
	神戸村	555	197	81	11	5
	富崎村	584	15	19	1	6
	長尾村	658	71	23	2	30
	豊房村	720	314	204	31	10
	館野村	500	478	11	50	28
	九重村	466	372	60	20	40
	稲都村	327	209	51	28	26
	那古町	900	870	18	125	300
	八束村	341	71	47	8	9
	富浦村	1,035	690	155	101	172
	岩井村	840	325	90	39	69
	勝山町	923	179	126	35	74
	保田村	1,129	264	65	60	260
	佐久間村	485	4	0	3	2
	瀧田村	461	99	12	11	9
	国府村	374	300	161	35	61
	白浜村	937	1	1	1	0

かるので長期間をかけて都市を改造していくのが現実的である。

さて、地震被害想定の中なかでも死者数の推定はもっとも困難なものの一つである。大正12年の関東地震の際には、死者と行方不明者を合わせ14万人強の人命が失われた。気象条件も災いして、都市部に大延焼火災が発生し多くの人が逃げ場を失い焼死したからである。もし火事が発生しなければこれ程多くの人命の損失は免れたのではないかと考えられている。実際に、家屋の倒壊による圧死者は当時の推定によれば、15,000人程度であったろうといわれている〔中村（1924）〕。諸外国と異なり、我が国は燃えやすい木造家屋で都市が構成されている。従って、我が国にあっては、建物を不燃化すると同時に、万一どこかで火災が発生してもそれが延焼火災とならぬ様な都市に改造していくことが震災対策の一つの大きな柱となっている。

東京都によれば〔東京都防災会議（1991）〕、火災によらない人的被害の発生要因は次の様に分類される。

- 1 震動による木造・軽量S（鉄骨）造の被害
- 2 地盤の液状化による木造・軽量S造の被害
- 3 崖よう壁の崩壊による木造・軽量S造の被害
- 4 宅造地の崩壊による木造・軽量S造の被害
- 5 RC（鉄筋コンクリート）造・S造の構造被害
- 6 RC造・S造の非構造物被害
- 7 ブロック塀・石塀の倒壊
- 8 ビル落下物
- 9 屋内収容物の転倒・滑動

これ以外にも堤防の決壊に伴う水害（外洋に面している場所では津波）、鉄道被害、自動車被害、有毒ガスを含む危険物の拡散などが考えられる。その他社会的混乱（パニック）に伴う人的被害も人口密集地では考慮する必要がある。また、最近ではショック死も報道されている。

前記の1の要因による死者数がもっとも多いことはこれまでの被災経験からも明らかである。先に述べたように、首都圏では近い将来直下地震を覚悟せねばならない。直下地震の被災地は震源域を離れると急速に減少する。そこで、直下地震の際の死者数を推定することを目的として、関東地震の被災地の内、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（久良岐郡、鎌倉郡、三浦郡、高座郡、中郡、足柄上郡、愛甲郡、橘樹郡、足柄下郡、都筑郡）の木造家屋の被災データをもとに推定式を求める試みを行った。

地震時における木造家屋倒壊に伴う死者の推定

嶋 悦 三

The loss of human lives due to the collapse of wooden houses during earthquakes

By Etsuzo Shima

1 はじめに

我が国史上最悪の被害をもたらした大正12年の関東地震から70年、首都圏は大地震に襲われていない。現在の地震学の基調によれば、地震は地殻内における断層運動による物であり、過去に発生したのと同じ場所に繰り返し発生するということである。従って、首都圏はいつの日か再び大地震に襲われることを覚悟しなければならない。

国土庁によれば、「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、同地域直下におけるマグニチュード7級の地震の発生については、同地域は大陸プレート、フィリピン海プレート及び太平洋プレートが互いに接し、複雑な応力集中が生じていることなどから、ある程度の切迫性を有している」とされている〔国土庁（1991）〕。残念ながら現在の地震予知の能力では前記のマグニチュード7級の地震の発生場所がどこであるかは特定することが出来ない。この級の地震が発生すると震源から半径20 km程度の地域で局地的に震度6 或いはそれ以上となり大きな被害が予測される。

このような地震の被害を僅少に食い止めるためには、震源位置を仮定して、予想される各地の地震動を推定して被害想定を行い、対策をたてておく必要がある。被害想定については国や自治体から幾つかの手法が提案されているが、まだ完全と言える物は無いというのが現状である。被害想定にあたっては、過去の地震による被害データが活用される。しかし、地震はそうしばしば起るものではないし、一方では被害を受ける側の社会の発展により、地震の洗礼を受けていない新しい構造物も数多く存在することから、予想もしていなかったような被害を受けることもあり、被害想定する為の基礎資料が常に不足しているからである。よって、かなり大胆な仮定に仮定を重ねて想定することになりかねない。従って、想定結果は相対的観点から評価することが大事である。すなわち、二地点での被害想定結果が与えられた場合、想定被害実数を重視するより相対的にどこが地震に強い場所かを見る方が良い。そして、弱い場所から優先的に対策を実施して行くのである。震災対策には費用も時間もか