

7. 建物被害予測

本被害予測では、建物被害として「揺れ・液状化による被害」と「土砂災害による被害」を対象とし、それぞれについて被害予測を実施した。

7.1 揺れ・液状化による被害

揺れ・液状化による建物被害は、以下の方針に基づき実施した。

- ・揺れによる建物被害は、罹災証明に基づいた自治体判定基準である全壊棟数・半壊棟数を定量的に予測する。内閣府(2001)による罹災証明のための災害の被害認定統一基準による全壊、半壊の被災度判定を表 7.1-1 に示す。

表 7.1-1 罹災証明のための災害の被害認定統一基準による被災度判定(内閣府, 2001)

被災度	被災度判定基準
全壊	住家はその居住のための基本的機能を喪失したもの、すなわち、住家全部が倒壊、流失、埋没、焼失したもの、または住家の損壊が甚だしく、補修により元通りに再使用することが困難なもので、具体的には、住家の損壊、焼失もしくは流失した部分の床面積がその住家の延床面積の70%以上に達した程度のもので、または住家の主要な構造要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が50%以上に達した程度のものであるとする。
半壊	住家はその居住のための基本的機能の一部を喪失したもの、すなわち、住家の損壊が甚だしいが、補修すれば、元通りに再使用できる程度のもので、具体的には、損壊部分がその住家の延床面積の20%以上70%未満のもので、または住家の主要な構造要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が20%以上50%未満のものであるとする。

- ・揺れによる建物被害の予測は、地震動の大きさ－被害率（全壊率、全半壊率）の関係による被害関数を用いて行う。
- ・揺れによる建物被害は、年代や構造によって被害の状況が変わることから、被害関数はこれらの違いを反映できるようにする。したがって、建物データはこれらの違いを反映できるように資産課税データを収集・整理する。
- ・予測に用いる揺れによる被害関数は、これまで提案されてきた被害関数を兵庫県南部地震以降の複数の被害地震で検証した上で適切な被害関数を選定する。
- ・液状化による建物被害は、液状化発生地域における被害率を設定して、被害の予測を行う。
- ・液状化発生地域においては建物の傾斜や基礎の潜り込みによる被害が発生する。ただし、地震動そのものは地盤が液状化することにより、S波が大きく減衰し地震動が低減することから、揺れによる被害は発生しないと仮定し、揺れと液状化の被害は重複しないようにする。なお、液状化による全壊、半壊の区分に

については、東北地方太平洋沖地震において、表 7.1-2 に示す認定基準が適用されている。

表 7.1-2 液状化発生地域による被災度認定基準（内閣府, 2011）

区分	建物の傾斜	潜り込み量
全壊	四隅の傾斜の平均 $\geq 1/20$	床上1mまで
半壊	四隅の傾斜の平均 $\geq 1/100$	基礎の天端下25cmまで

図 7.1-1 に揺れ・液状化による建物被害の予測フローを示す。

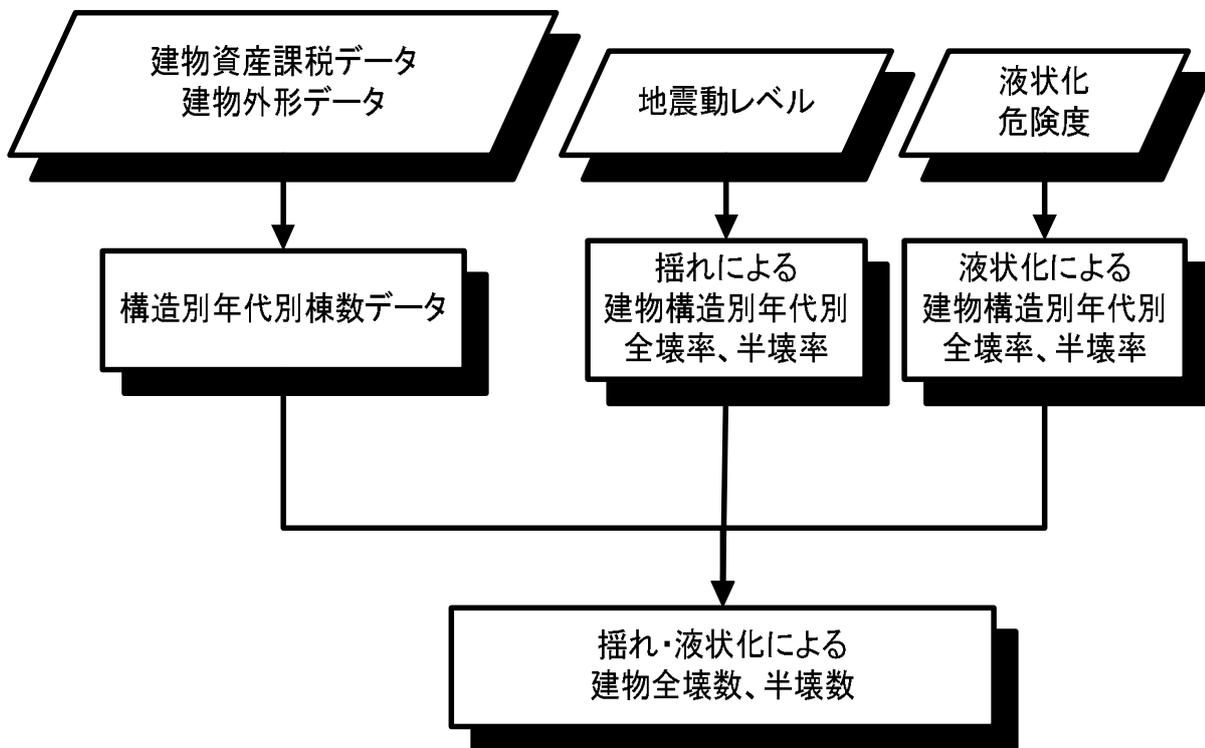


図 7.1-1 揺れ・液状化による建物被害予測のフロー

7.1.1 建物データの作成

1) データ整理の概要

各市町村の建物データについて、データ作成のフローを図 7.1.1-1 に示す。

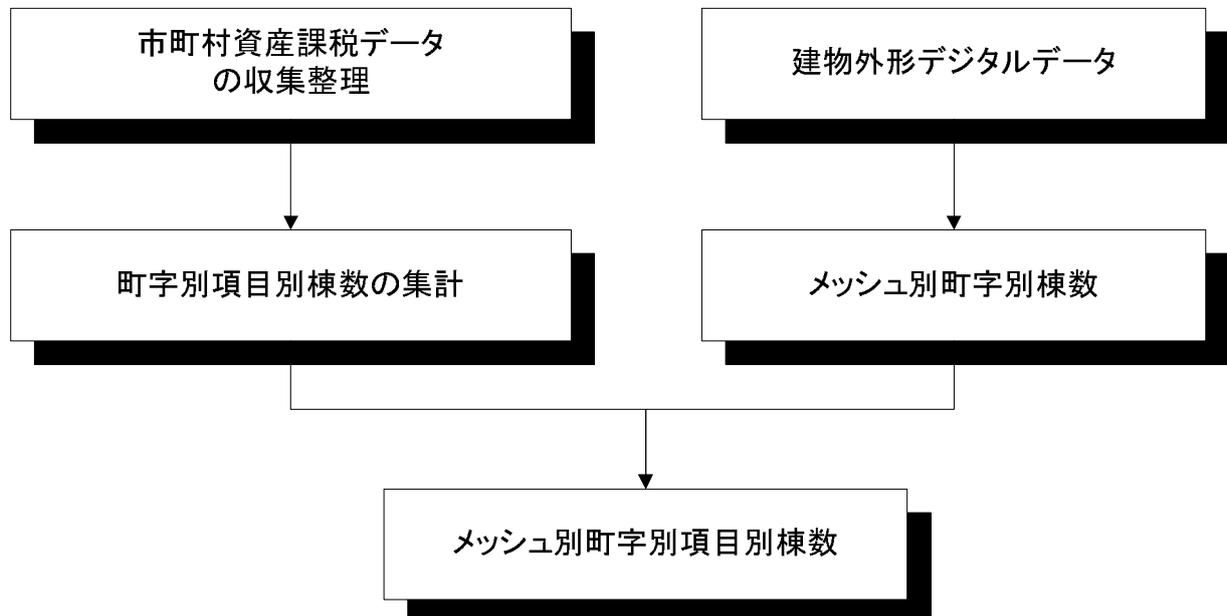


図 7.1.1-1 建物データの作成フロー

(1) 市町村資産課税データの収集整理

市町村資産課税データは、建物 1 棟ごとに以下の項目について、各市町村、県よりデータを収集し、整理した。

- | | |
|-----------|-------------------------------|
| 所在 | : 町丁目または字・大字まで。番地は不要。 |
| 構造 | : 木造、S 造、RC 造など |
| 屋根構造 | : 屋根の種類 |
| 築年代 | : (元号) + (年)。旧耐震、新耐震の目安として利用。 |
| 階数 | : 地上○階、地下△階など |
| 種類 (用途区分) | : 居宅、農家住宅、アパート、店舗、ホテル、工場など |
| 床面積 | : 総床面積や 1 階床面積 |
| その他 | : 増設や区分所有の有無など |

データ整理にあたっては、以下の方針に基づき処理を行った。

- 建物床面積が 20m²以上の建物を対象とし、20m²未満の建物についてデータから除外する処理を行う。
- 区分所有については、コードが入力されている市町村に対しては、所在、構造、階数、建築年、床面積等を基に 1 棟に集約する。また、マンション等における区分所有が入力されていない市町村についても、鉄筋コンクリート造建物が異常に多い市町村についてはデータを見直し、区分所有の物件と推定されるデータについては、1 棟に集約する処理を行う。これは、観光地でリゾートマンションが多く立地する町村で多くみられた。
- 築年不明の場合は、最も古い区分と同等として処理を行う。

表 7.1.1-1 市町村別人口、資産課税棟数、建物外形デジタルデータ棟数

コード	市町村名	H22国勢調査 人口	資産課税棟数	建物外形 データ数
10201	前橋市	340,291	170,597	177,383
10202	高崎市	371,302	180,953	184,215
10203	桐生市	121,704	69,543	66,016
10204	伊勢崎市	207,221	103,352	108,181
10205	太田市	216,465	109,122	113,986
10206	沼田市	51,265	38,635	35,900
10207	館林市	78,608	45,510	43,360
10208	渋川市	83,330	54,362	56,731
10209	藤岡市	67,975	43,101	43,722
10210	富岡市	52,070	35,289	35,658
10211	安中市	61,077	43,010	44,910
10212	みどり市	51,899	31,183	29,775
10344	榛東村	14,370	8,401	9,385
10345	吉岡町	19,801	9,765	10,803
10366	上野村	1,306	1,424	1,178
10367	神流町	2,352	2,985	2,406
10382	下仁田町	8,911	8,733	7,679
10383	南牧村	2,423	6,584	2,421
10384	甘楽町	13,618	10,618	10,362
10421	中之条町	18,216	15,158	10,682
10424	長野原町	6,017	7,895	9,771
10425	嬭恋村	10,183	17,420	12,029
10426	草津町	7,160	4,611	4,832
10428	高山村	3,911	3,372	2,666
10429	東吾妻町	15,622	13,521	9,951
10443	片品村	4,904	5,608	3,924
10444	川場村	3,898	3,421	1,975
10448	昭和村	7,620	6,966	5,962
10449	みなかみ町	21,345	18,468	16,098
10464	玉村町	37,536	18,817	18,877
10521	板倉町	15,706	10,446	13,821
10522	明和町	11,209	7,690	8,191
10523	千代田町	11,473	7,534	8,440
10524	大泉町	40,257	18,739	17,904
10525	邑楽町	27,023	15,596	17,277
合計		2,008,068	1,148,429	1,146,471

※ 建物外形データのうち、建物床面積が20m²未満の建物データは除いている。

7.1.2 揺れによる建物被害関数の検証

1) 方針

揺れによる建物の被害関数の選定を目的に、近年観測記録が数多く存在する 1995 年兵庫県南部地震以降の被害地震を対象に観測記録から空間補間手法により面的な地震動分布を推定し、既存の複数の被害関数を用いて住宅現況データから全壊棟数、半壊棟数を予測した結果を実際の全壊棟数および半壊棟数と比較して妥当性を検証した上で、予測に用いる被害関数を選定する。その具体的な手順は下記の通りである。

- ① 1km メッシュの住宅建物分布データを住宅・土地統計調査データおよび国勢調査地域統計メッシュデータより作成する。
- ② 複数の被害地震を対象に観測記録および断層形状モデルを用いて、空間補間法により表層地盤の影響を考慮した 1km メッシュの地震動分布を推定する。
- ③ 検討対象とする建物被害関数を用いて、住宅建物分布と地震動分布から 1km メッシュ単位で住宅の全壊棟数、全半壊棟数を予測し、それらを集計して地震全体の木造住宅被害棟数を予測する。
- ④ 消防庁による住家被害の全壊棟数、全半壊棟数の実数と予測した住宅被害棟数を地震ごとに比較し、被害想定調査に適切な方法を建物被害予測手法として採用する。

2) 対象とした地震

1995 年兵庫県南部地震以降に全半壊棟数が 1,000 棟を超えた、以下の 5 つの被害地震を対象とした。

- ① 1995 年兵庫県南部地震
- ② 2000 年鳥取県西部地震
- ③ 2004 年新潟県中越地震
- ④ 2007 年能登半島地震
- ⑤ 2007 年新潟県中越沖地震

表 7.1.2-1 には、これらの被害地震における震源の諸元および建物被害棟数を示す。

表 7.1.2-1 検証に用いた被害地震一覧

No.	発生年月日	地震名	Mw	セグメント数	断層基準位置(度)		上端深さ(km)	長さ(km)	幅(km)	走向(度)	傾斜(度)
					経度	緯度					
1	19950117	兵庫県南部	6.9	3	134.86	34.50	3.0	21.0	17.5	45	82
					135.14	34.68	3.0	15.0	17.5	233	90
					135.36	34.80	3.0	24.0	17.5	233	85
2	20001006	鳥取県西部	6.8	1	133.30	35.35	1.0	20.0	10.0	152	86
3	20041023	新潟県中越	6.7	1	138.96	37.40	2.8	20.6	10.2	210	53
4	20070325	能登半島	6.6	1	136.55	37.19	1.2	21.2	13.9	55	63
5	20070716	新潟県中越沖	6.7	2	138.36	37.41	2.0	27.0	14.0	40	40
					138.65	37.50	4.0	10.0	12.0	220	50

※Mw は気象庁 HP、断層形状パラメータは兵庫県南部地震が地震予知総合研究振興会(1999)、それ以外は、国土地理院のホームページによる。

3) 地震動予測

検証に利用する各被害地震における地震動分布は、観測データを利用して表層地盤の影響を考慮した空間補間法により、以下に示す内容で予測した。

(1) 利用した観測データ

- ・1995年兵庫県南部地震は、日本建築学会兵庫県南部地震特別研究委員会・日本建築学会近畿支部耐震構造研究部会(1996)の強震データを利用した。
- ・1995年兵庫県南部地震以外は、K-NET観測点、KiK-net観測点強震波形データおよび気象庁のHPより利用可能な強震波形がある場合は気象庁観測点の強震波形データも利用した。

(2) 予測方法

- ・位置情報(経度、緯度)、加速度波形から地表最大速度、計測震度の値のデータを取得した。
- ・各観測点においてAVS30の値を設定した。設定の考え方は下記の通りである。
 - ① 深度30m以上のS波速度構造が把握されている場合は、そのままAVS30を計算
 - ② 深度30m未満で表7.1.2-2の条件をクリアする地点については、最下層の深度から深度30mまで、最下層のS波速度が続いていると仮定してAVS30を算定

表 7.1.2-2 掘進長 30m 未満のボーリングにおいて AVS30 算定可能な地盤条件
(藤本・翠川, 2003)

最下層までの深さ(m)	10.0 ~	15.0 ~	17.5 ~	20.0 ~	22.5 ~	25.0 ~	27.5 ~
最下層のS波速度(m/s)	>1,000	>500	>400	>350	>250	>200	>100

- ③ ②の条件を満たさない地点のうち、深度20mまでS波速度構造が把握されている地点については、(7.1.2-1)式に示したKanno et. al.(2006)によるAVS20とAVS30の関係式からAVS30を推定

$$AVS30 = 1.13 \cdot AVS20 + 19.5 \quad \text{——— (式 7.1.2-1)}$$

AVS30 : 深度30mまでの平均S波速度 m/秒

AVS20 : 深度20mまでの平均S波速度 m/秒

- ④ 深度20mまでS波速度構造が把握されていない場合は、観測点上の1kmメッシュで推定されているAVS30を利用

- ・各観測点の地表での最大速度の値を工学的基盤面(S波速度600m/秒層上面とする)での値に引き戻す。ここでは、(7.1.2-2)式に示した藤本・翠川(2006)によるAVS30と最大速度の地盤増幅度の式から地盤増幅度を算出し、地表最大速度から地盤増幅度を割ることで、S波速度600m/秒層での基盤最大速度を推定した。

$$\log G = 2.3 \cdot 167 - 0.852 \times \log AVS30 \quad \text{——— (式 7.1.2-2)}$$

G : S波速度600m/秒基盤の最大速度に対する表層地盤の最大速度の増幅度

- ・各観測点の基盤最大速度より、空間補間により各メッシュの基盤最大速度を推定した。空間補間の方法は、観測点が存在しない断層近傍でも地震動が大きくなるように、観測点の基盤最大速度より最小2乗法で推定した(7.1.2-3)式による距離減衰式

をトレンド成分とした simple Kriging 法を用いた。その際、相関距離（自己相関がなくなる距離の値）は末富ほか(2007)を参照して20kmとして計算した。なお、simple Kriging 法の計算プログラムは、防災科学技術研究所川崎ラボラトリーより公開された”rasmo”(前述の条件で計算できるように一部コードを修正)を使用した。

$$\log PGV_{600} = a - \log(X + 0.0028 \cdot 10^{0.50M_w}) - k \cdot X \quad \text{——— (式 7.1.2-3)}$$

PGV₆₀₀ : S波速度 600m/秒の工学的基盤上の最大速度(cm/秒)
Mw : モーメントマグニチュード
X : 断層最短距離(km)
a, k : 回帰係数

- ・ 各メッシュの AVS30 の値より、藤本・翠川(2006)による AVS30 と最大速度の増幅度の式から、各メッシュの基盤最大速度に増幅度を乗じて、各メッシュの地表最大速度を予測した。
- ・ 計測震度は、地表最大速度より(7.1.2-4)式による藤本・翠川(2005)の経験式を用いて算定した。

$$I = 2.002 + 2.603 \cdot \log(PGV) - 0.213 \cdot \log(PGV)^2 \quad \text{———(式 7.1.2-4)}$$

PGV : 地表最大速度(cm/秒)
I : 計測震度

(3) 予測結果

検証に利用する5つの被害地震の地表最大速度(PGV)分布および計測震度分布を図7.1.2-1～5に示す。

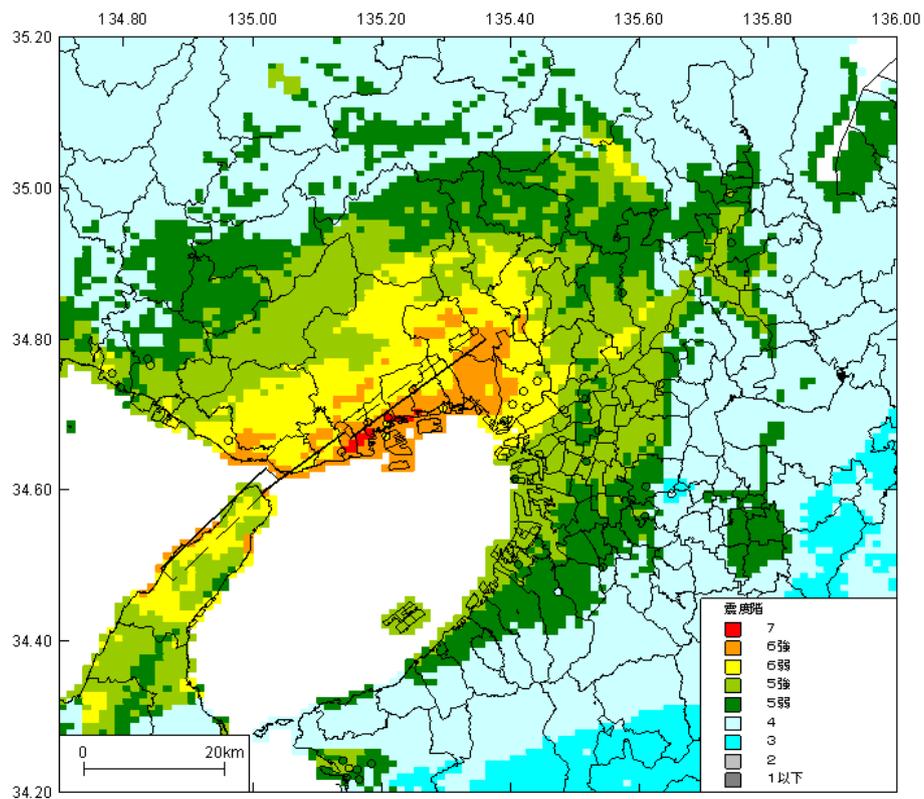
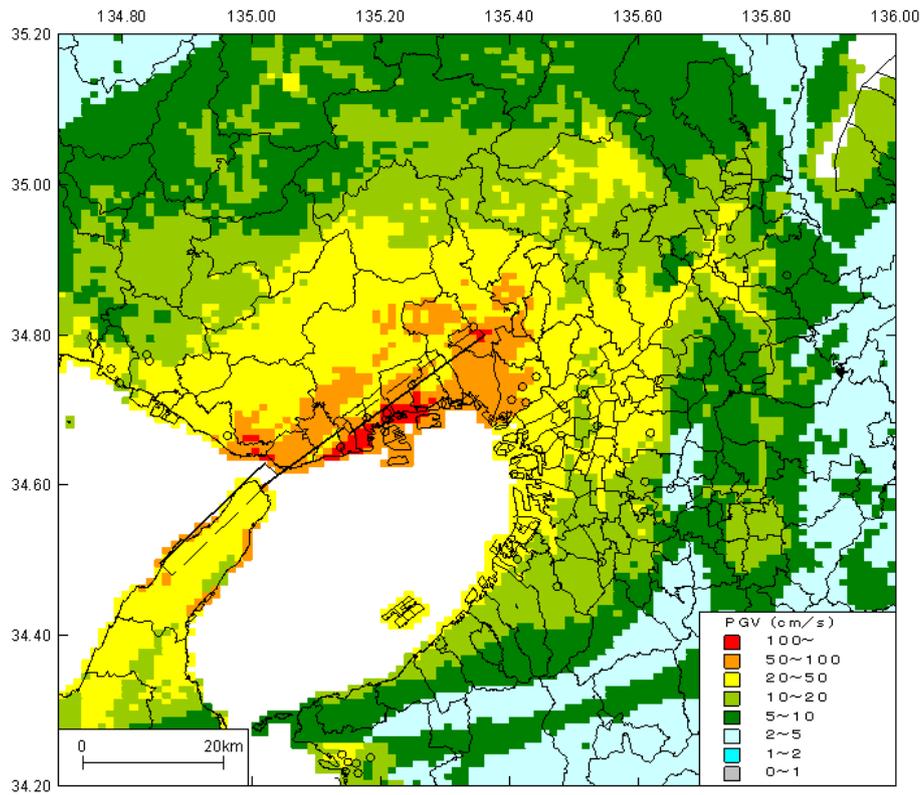


図 7.1.2-1 1995 年兵庫県南部地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

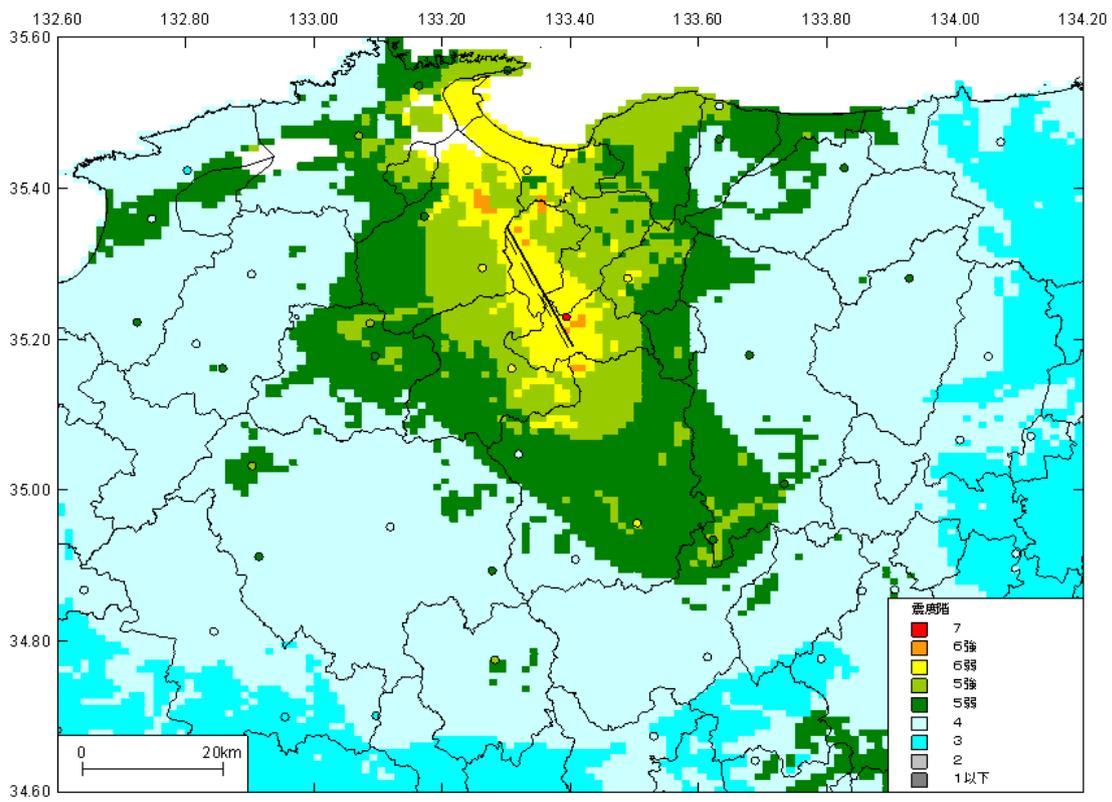
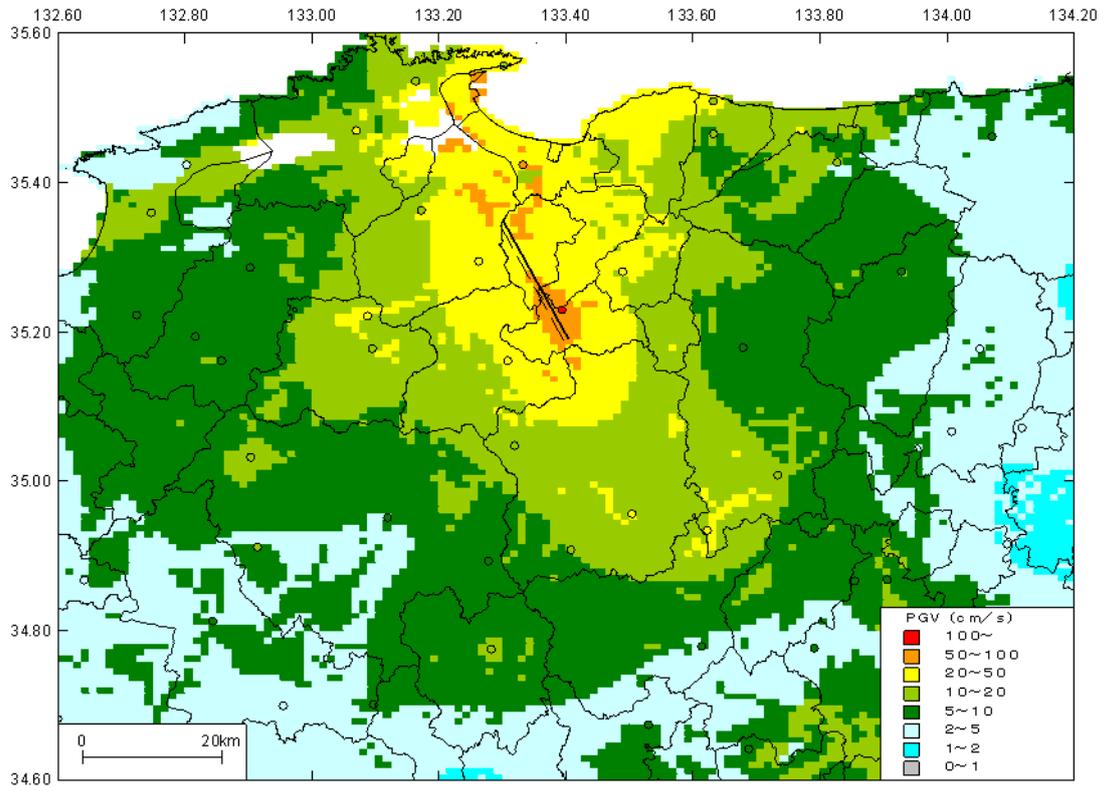


図 7.1.2-2 2000 年鳥取県西部地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

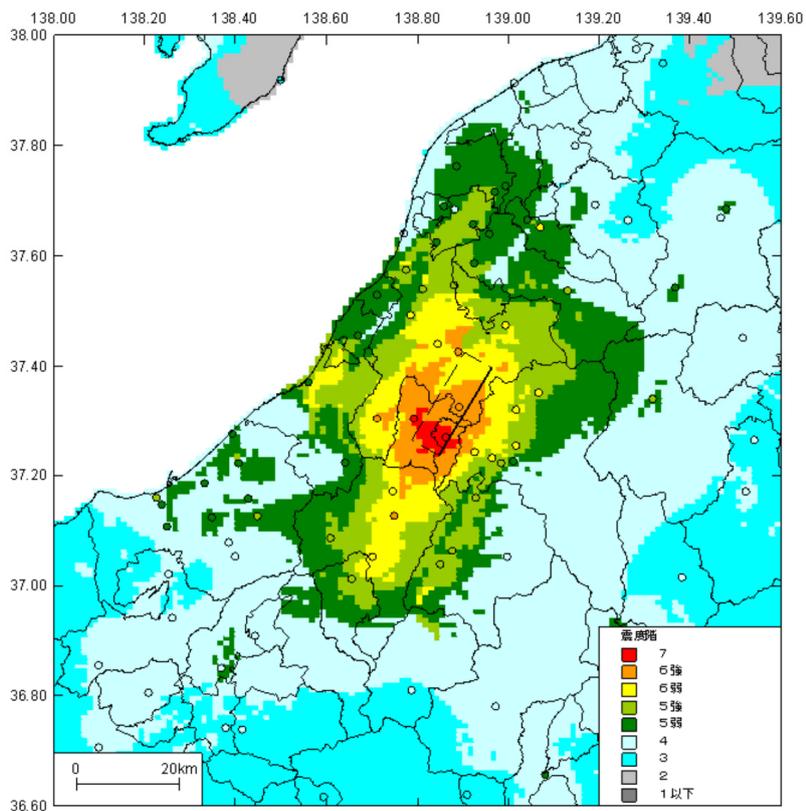
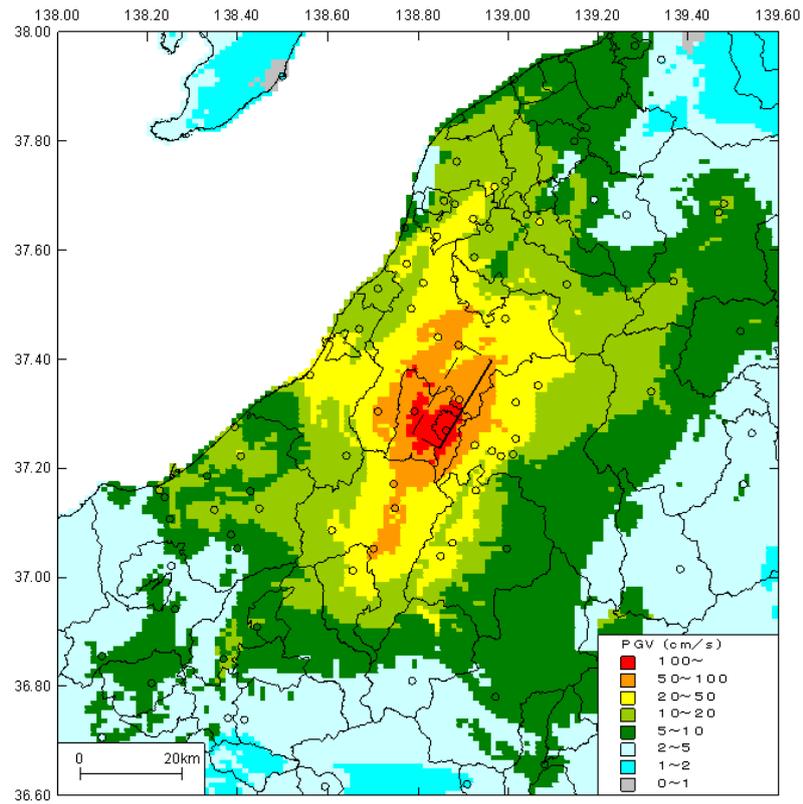


図 7.1.2-3 2004 年新潟県中越地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

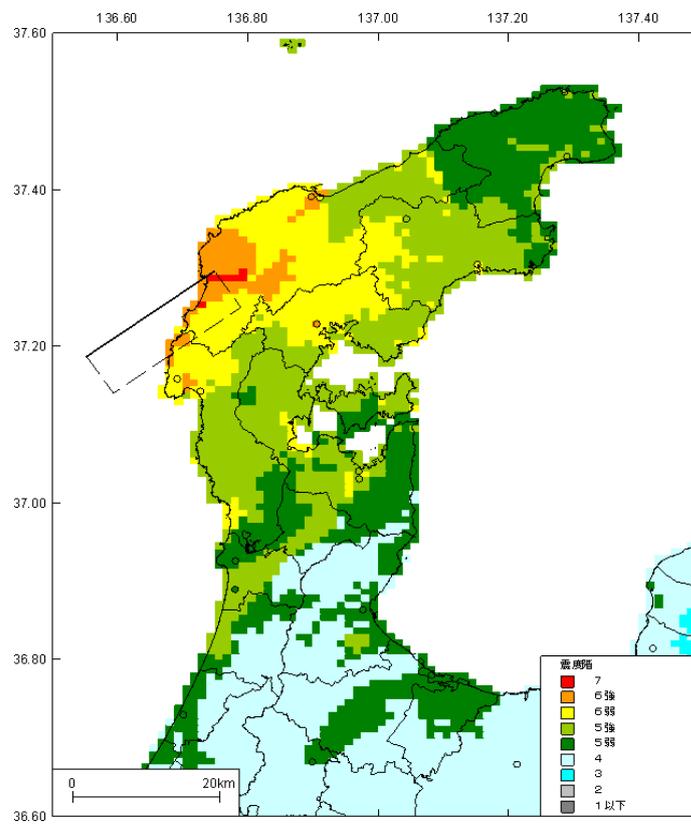
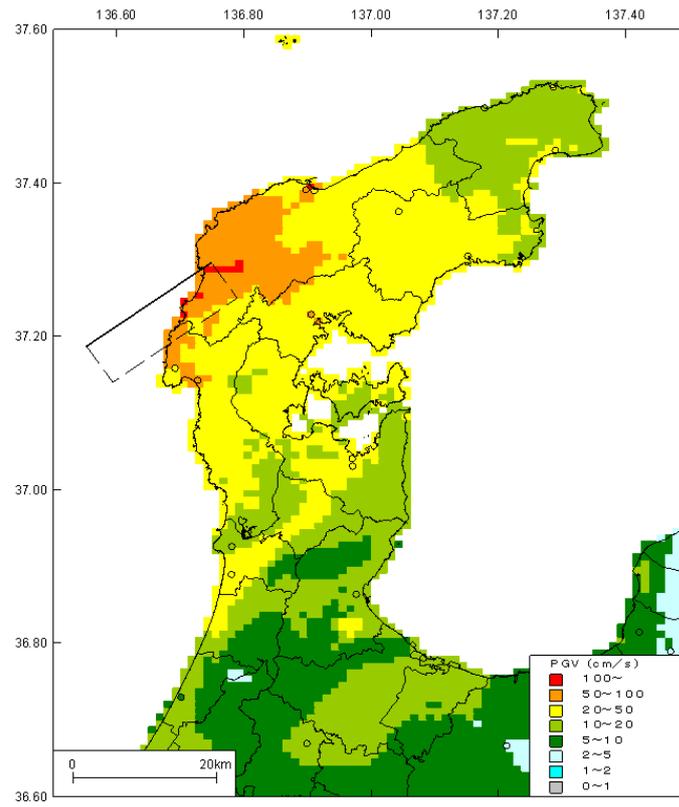


図 7.1.2-4 2007 年能登半島地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

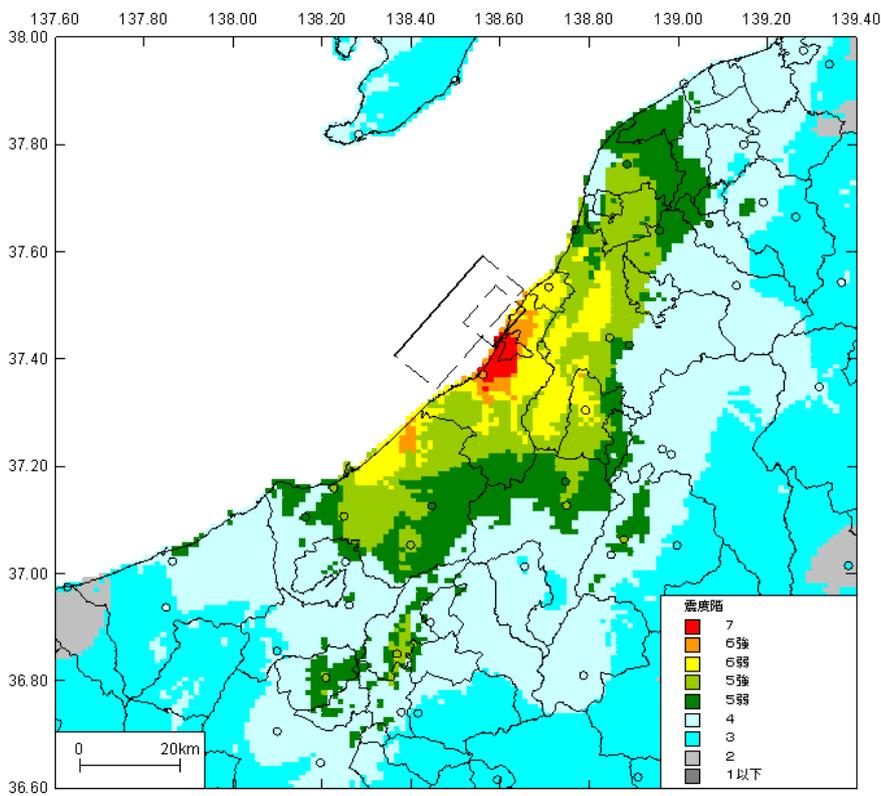
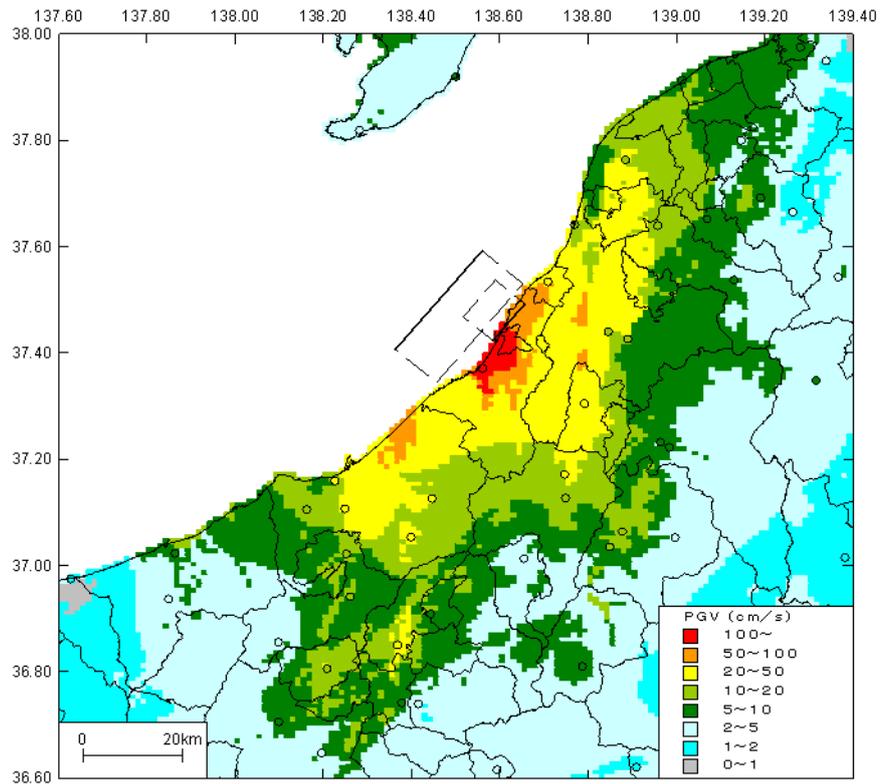


図 7.1.2-5 2007 年新潟県中越沖地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

4) 住宅建物データ

検証に用いた 1km メッシュ住宅建物棟数データは下記の通りである。

○1995 年兵庫県南部地震

基データ：1990 年国勢調査地域統計メッシュ、1993 年住宅統計調査

構造(2 区分)：木造、非木造

年代(6 区分)：終戦前、終戦後-s35, s36-s45, s46-s55, s56-h2, h3- (s:昭和、h:平成)

○1995 年兵庫県南部地震以外の 4 地震

基データ：2000 年国勢調査地域統計メッシュ、2003 年住宅・土地統計調査

構造(3 区分)：木造、RC 造、S 造

年代(6 区分)：-s35, s36-s45, s46-s55, s56-h2, h3-h12, h13- (s:昭和、h:平成)

5) 検証に用いる建物被害関数

以下の 6 つの文献の被害関数を検証の対象とする。

① 山口・山崎(2000)による自治体判定基準に基づく建物被害関数

特徴：兵庫県南部地震による西宮市の被害データを基に作成

地震動指標：地表速度、計測震度

被害：全壊、全半壊

区分：木造 -1951,1952-61,1962-71,1972-81,1982- の 5 区分

RC 造 -1971,1972-81,1982-の 3 区分

S 造 -1971,1972-81,1982-の 3 区分

② 村尾・山崎(2000)による自治体判定基準に基づく建物被害関数

特徴：兵庫県南部地震による灘区の被害データを基に作成

地震動指標：地表速度

被害：全壊、全半壊

区分：木造 -1951,1952-61,1962-71,1972-81,1982- の 5 区分

RC 造 -1971,1972-81,1982-の 3 区分

S 造 -1971,1972-81,1982-の 3 区分

③ 愛知県(2003)による自治体判定基準に基づく建物被害関数

データ：兵庫県南部地震の被害をベースに地震動の小さなところを他の被害地震によるデータを加え作成

地震動指標：地表速度

被害：全壊、全半壊

区分：木造 -1950,1951-70,1971-80,1981- の 4 区分

RC 造 3.1-4 階：-1971,1972-81,1982-

5-6 階：-1971,1972-81,1982-

7 階以上：-1971,1972-81,1982- の 9 区分

S 造 1-2 階：-1971,1972-81,1982-

3.1-4 階：-1971,1972-81,1982-

5 階以上：-1971,1972-81,1982- の 9 区分

④ 中央防災会議(2004)による罹災証明に基づく建物被害関数

特徴：兵庫県南部地震による西宮市の被害データに鳥取県西部地震や芸予地震の被害データを付加して作成

地震動指標：計測震度

被害：全壊、全半壊

区分：木造 -1960,1961-80,1981- の5区分

非木造 -1971,1972-81,1982-の3区分

- ⑤ 中嶋・岡田(2008)による木造住宅耐震精密診断値に基づく建物被害関数

特徴：木造建物の耐震診断値の分布に対応した被害関数（全国平均を用いる）

被害：ダメージグレード(D1～D6) D3：半壊相当、D4：全壊相当

地震動指標：計測震度

区分：木造のみ -1950,1951-60,1961-70,1971-80,1981-90,1991- の6区分

- ⑥ 翠川ほか(2011)による罹災証明に基づく建物被害関数

特徴：兵庫県南部地震より後に発生した7つの被害地震のデータについて、気象庁による観測点周りのデータを基に作成

地震動指標：最大速度、計測震度

被害：全壊、全半壊

区分：木造 -1981,1982- の2区分

非木造 -1981,1982- の2区分

参考までに、各文献の全壊率の被害関数を最大速度、計測震度の指標別に木造、非木造に分けて、図 7.1.2-6～9 に示す。

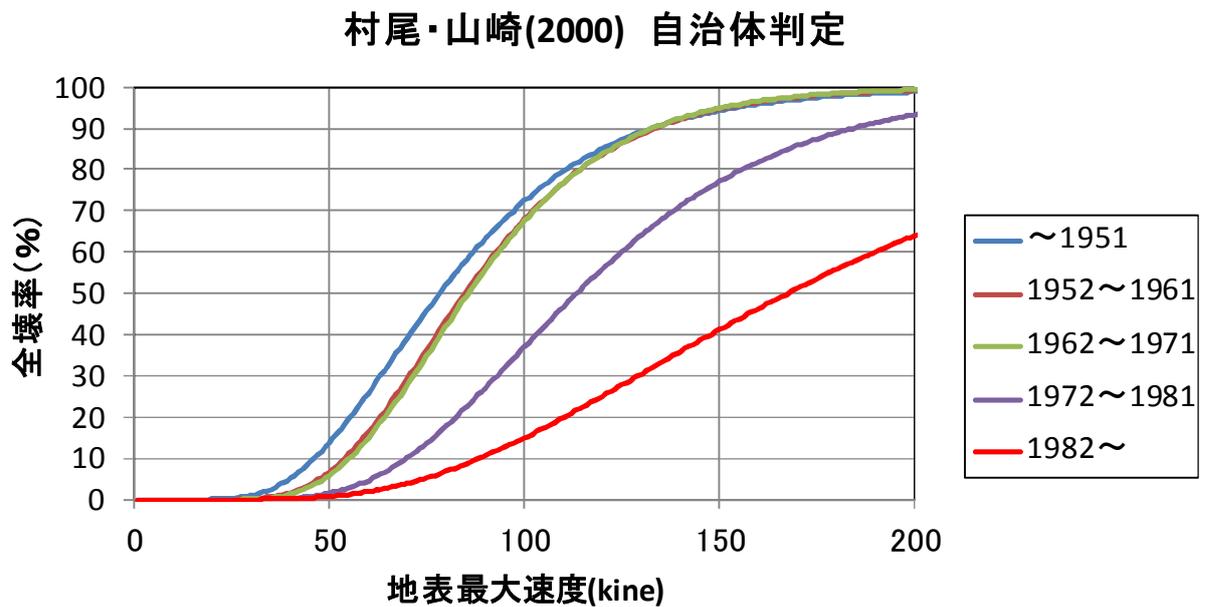
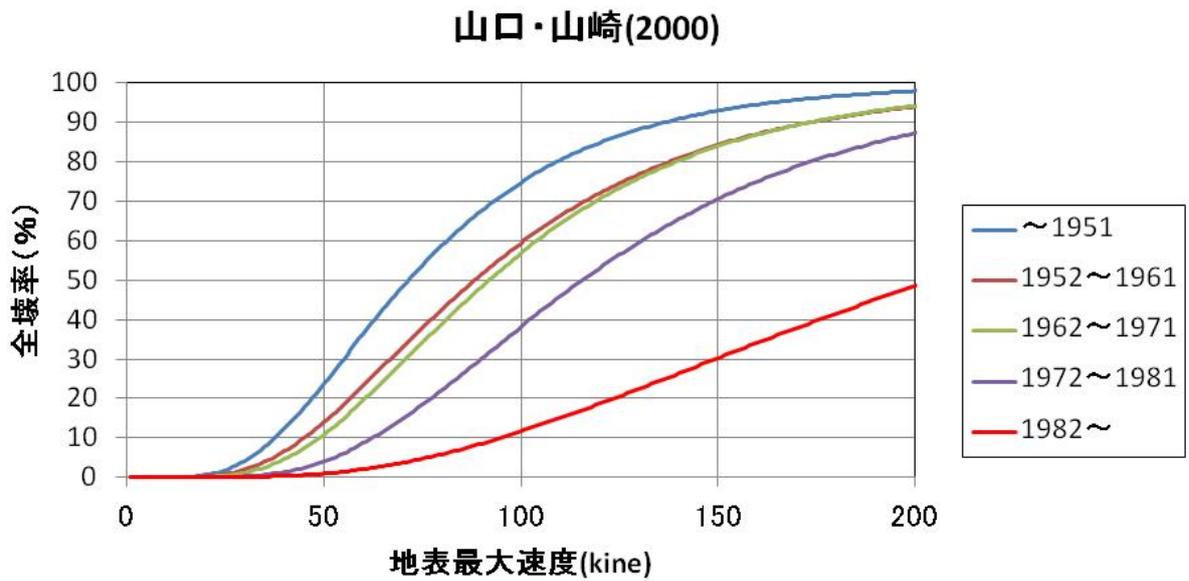
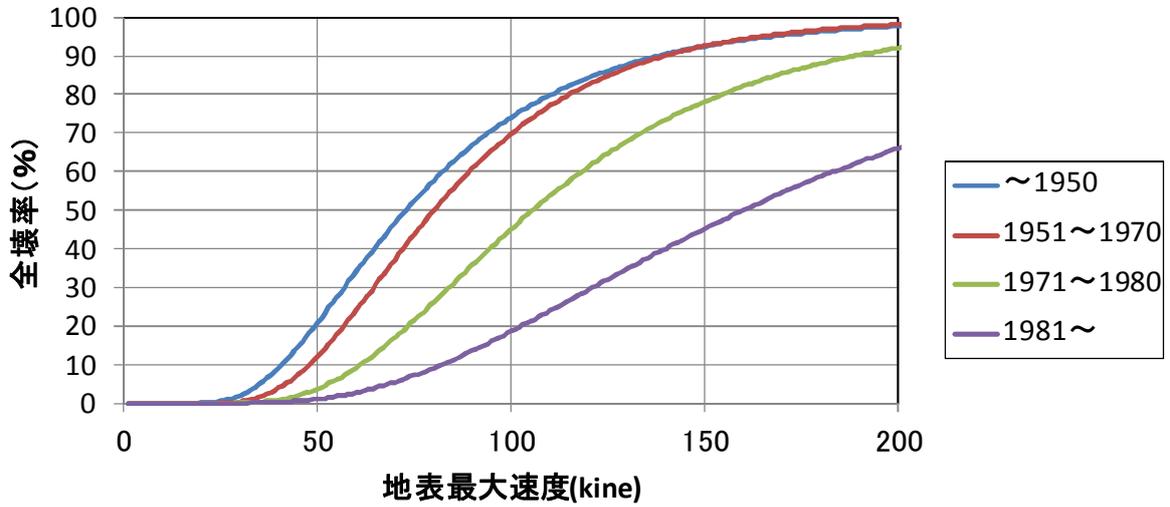


図 7. 1. 2-6(1) 木造建物における地表最大速度－全壊率の関係（その 1）

愛知県(2003)



翠川ほか(2011)

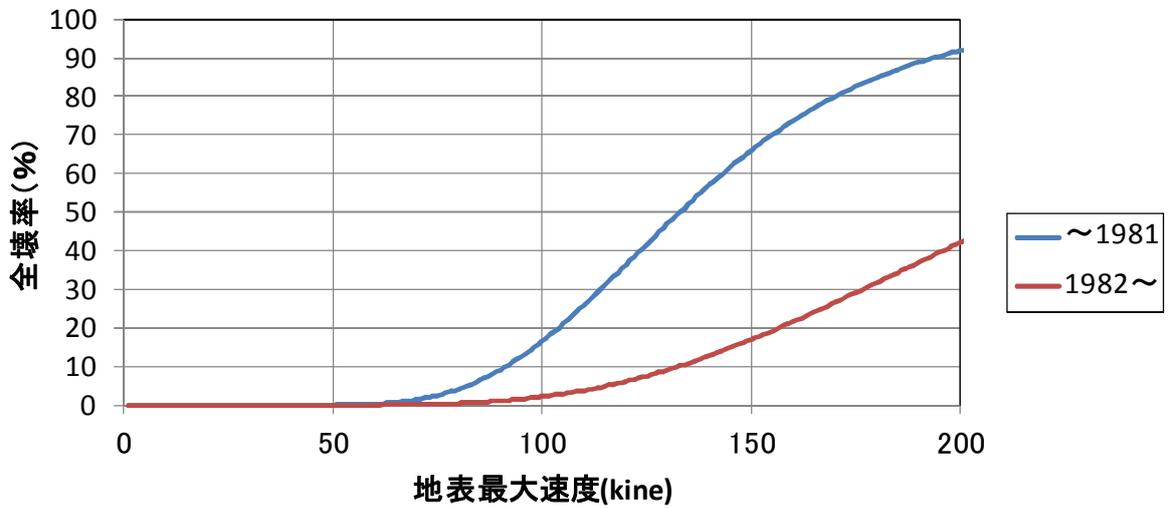
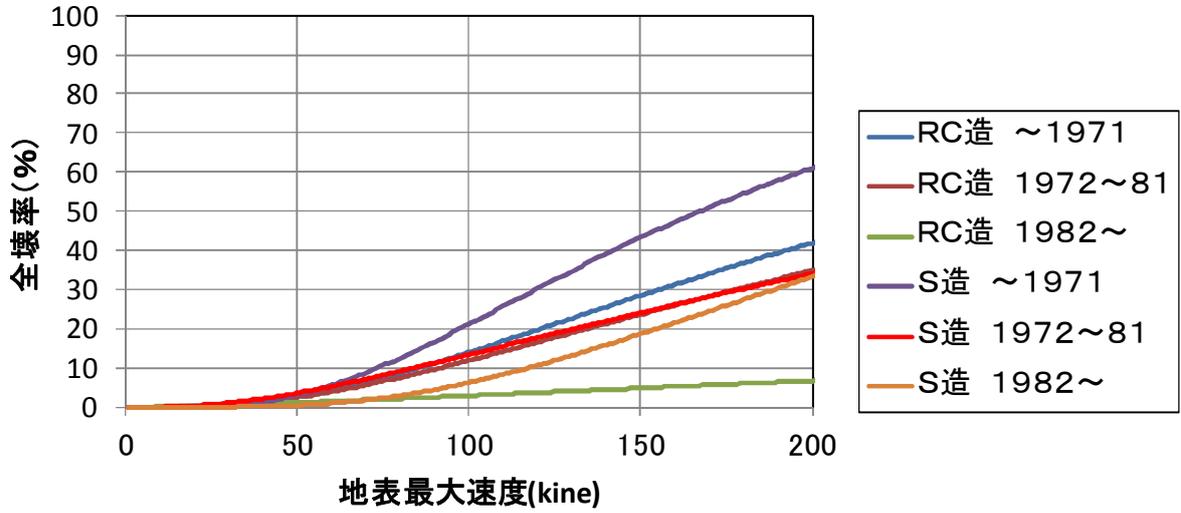


図 7.1.2-6 (2) 木造建物における地表最大速度－全壊率の関係（その2）

山口・山崎(2000)



村尾・山崎(2000) 自治体判定

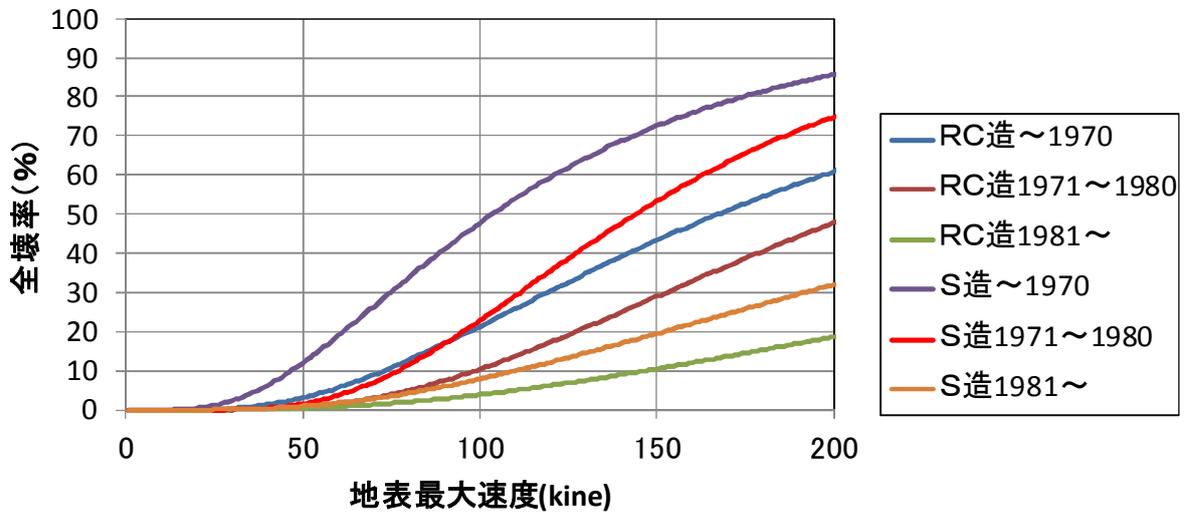


図 7. 1. 2-7(1) 非木造建物における地表最大速度—全壊率の関係 (その1)

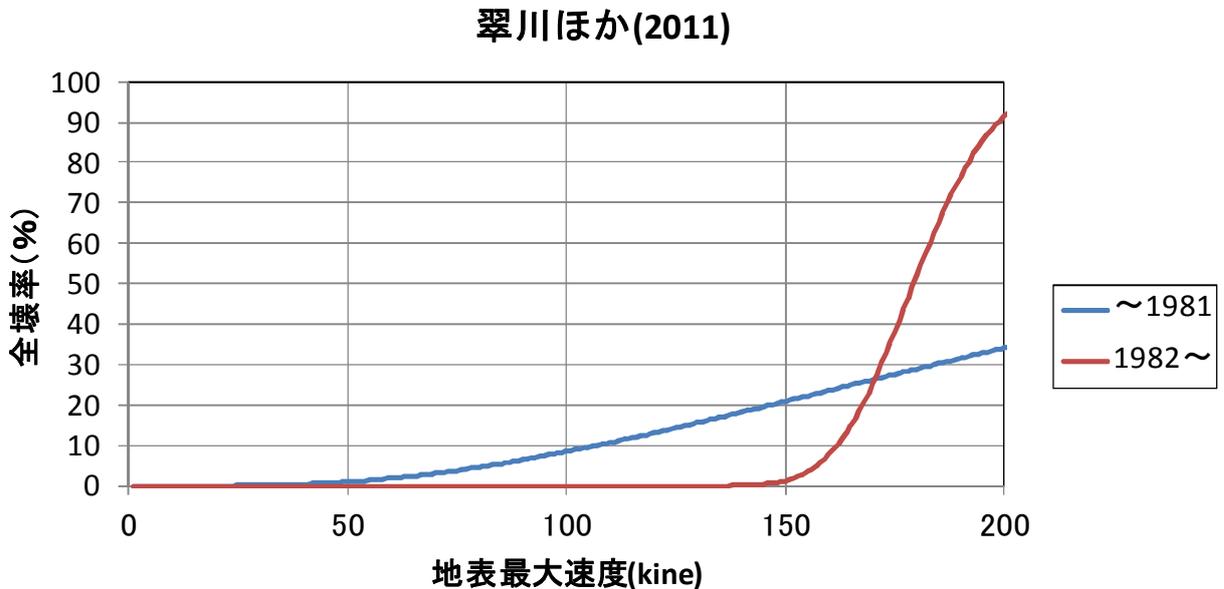
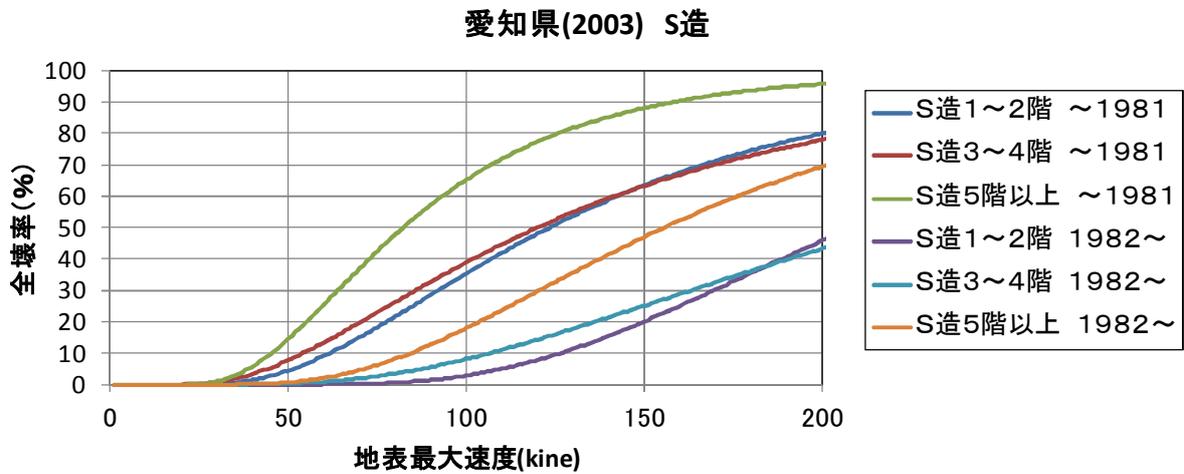
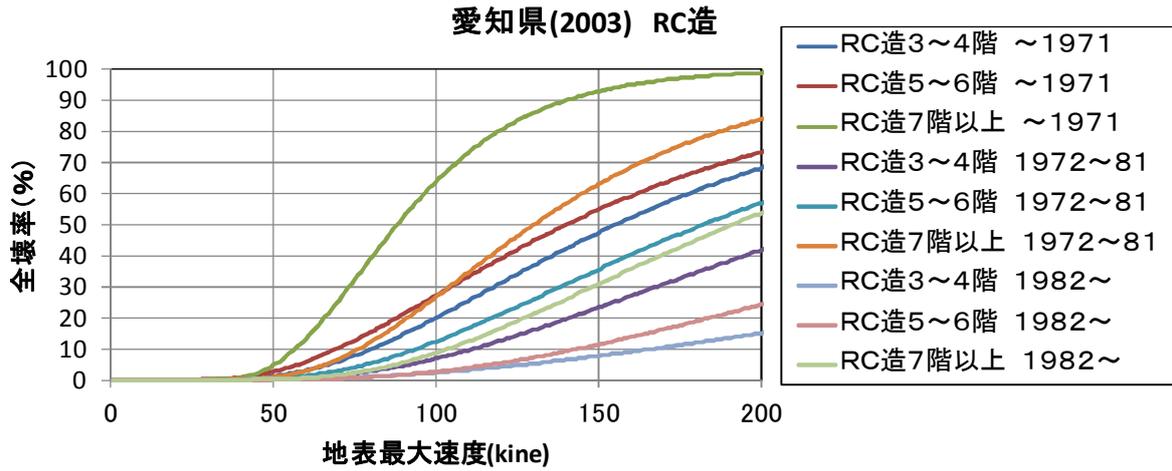


図 7. 1. 2-7 (2) 非木造建物における地表最大速度—全壊率の関係 (その 2)

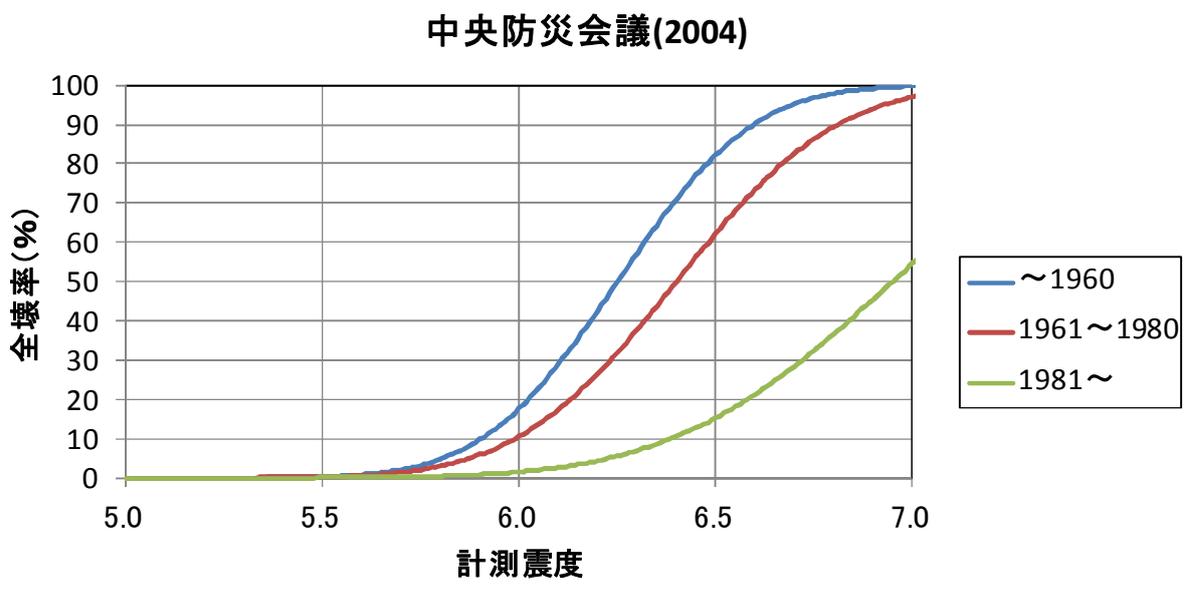
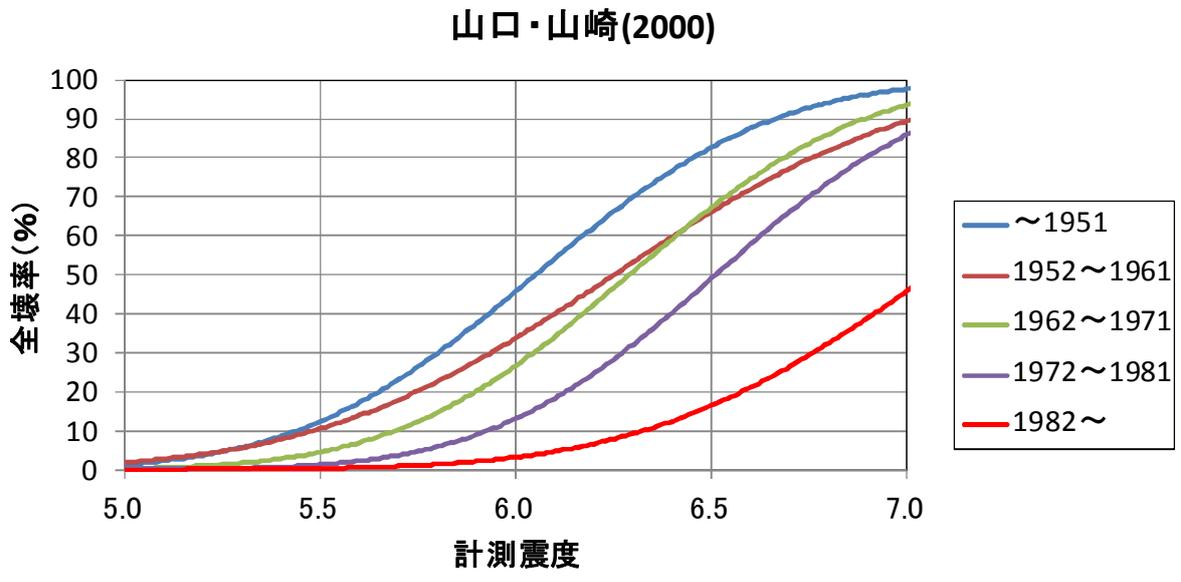
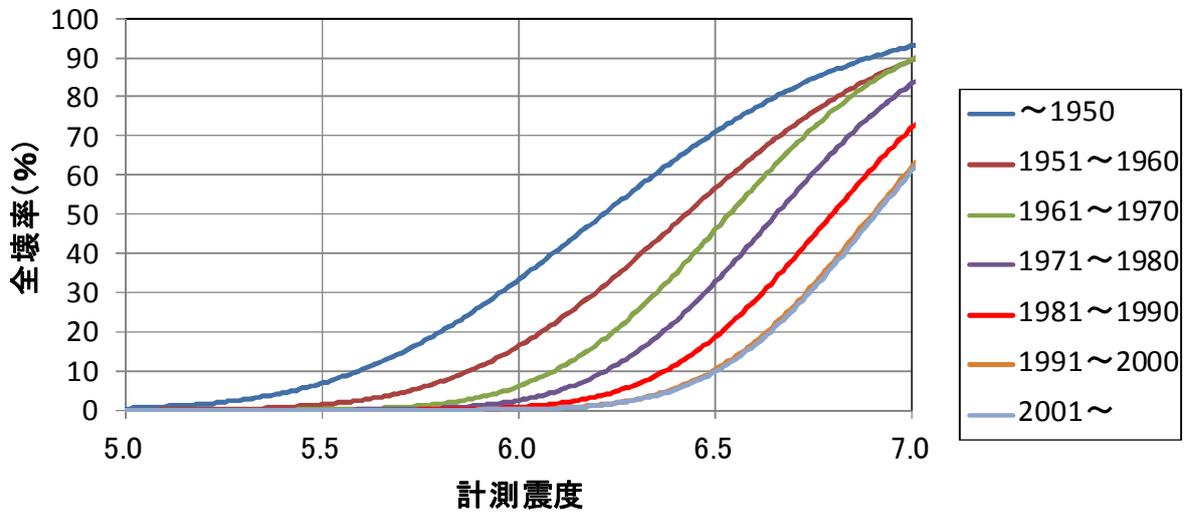


図 7. 1. 2-8(1) 木造建物における計測震度－全壊率の関係（その 1）

中嶋・岡田(2008)



翠川ほか(2011)

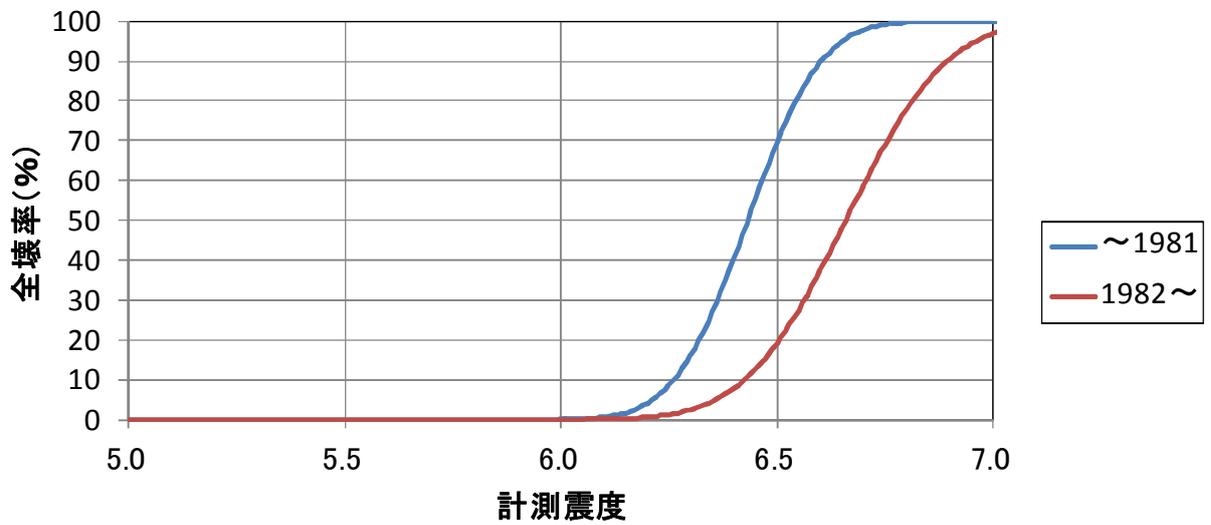
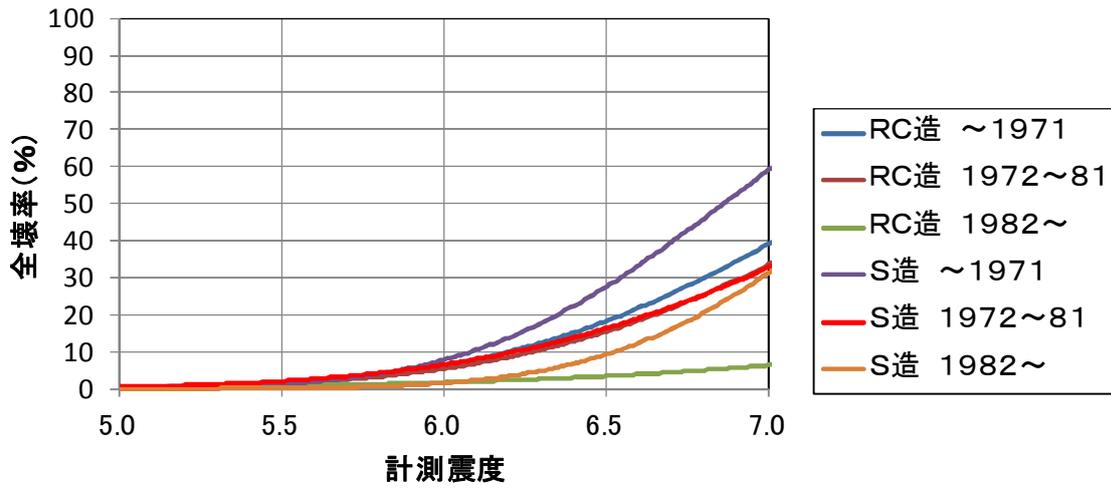
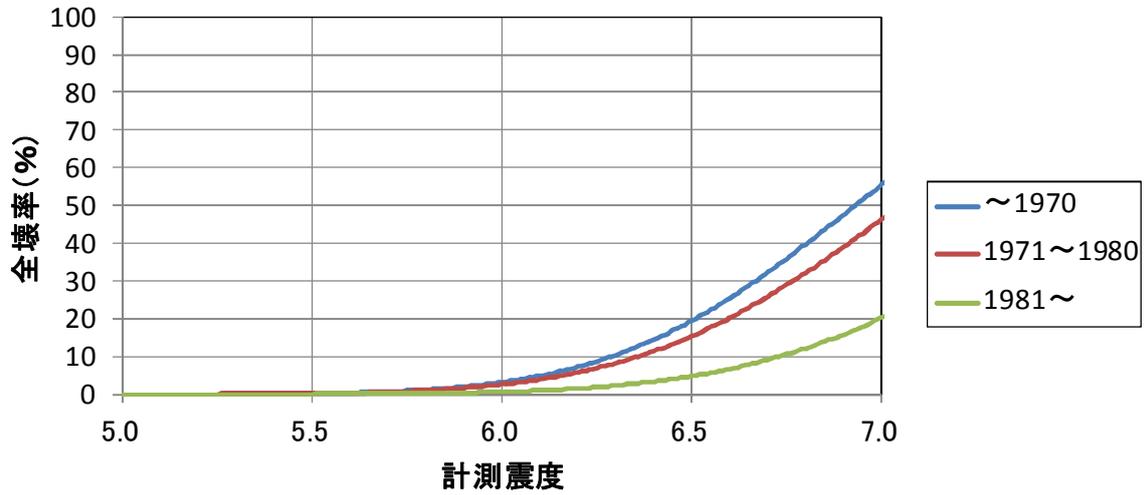


図 7. 1. 2-8(2) 木造建物における計測震度－全壊率の関係（その2）

山口・山崎(2000)



中央防災会議(2004)



翠川ほか(2011)

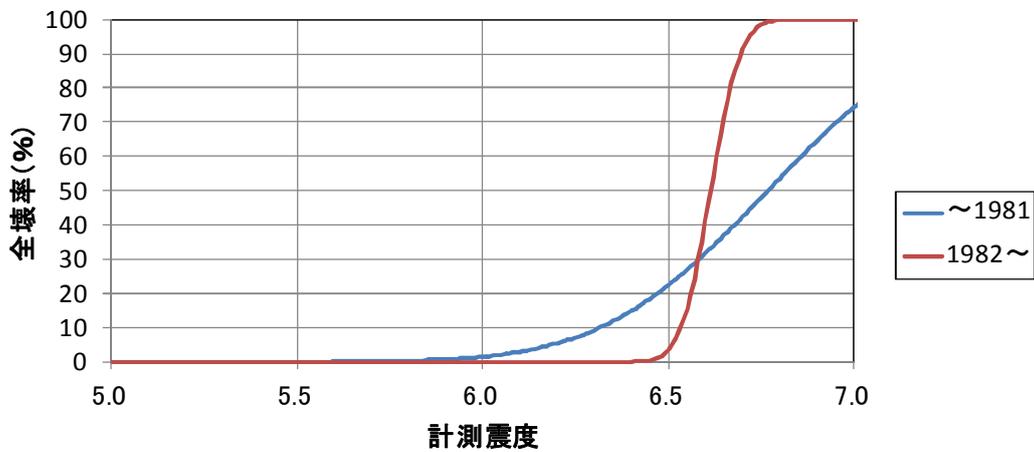


図 7.1.2-9 非木造建物における計測震度－全壊率の関係（その2）

6) 検証ケース

以下に示す8つのケースで5つの被害地震の住宅被害を予測した。なお、1995年兵庫県南部地震の検証用データには非木造建物においてRC造、S造の区分がないため、RC造、S造の区分がある被害関数を用いる場合にはS造の被害関数を用いて非木造建物の被害を予測した。

ケース1：山口・山崎(2000)による最大速度の被害関数

ケース2：山口・山崎(2000)による計測震度の被害関数

ケース3：村尾・山崎(2000)による最大速度の被害関数

ケース4：愛知県(2003)による最大速度の被害関数

検証データに階層区分のデータが無い場合、RC造は3～4階、S造は1～2階の被害関数を用いる

ケース5：中央防災会議(2004)による計測震度の被害関数

ケース6：木造：中嶋・岡田(2008)による計測震度の被害関数

非木造：中央防災会議(2004)による計測震度の被害関数

ケース7：翠川ほか(2011)による最大速度の被害関数

ケース8：翠川ほか(2011)による計測震度の被害関数

7) 検証結果

地震動予測結果から推定した5つの被害地震の全壊棟数、全半壊棟数のケース別集計結果を実際の被害数と比較した一覧表を表7.1.2-3に示す。なお、実際の被害数については、消防庁による災害情報の値を参照した。

これらの結果より特徴として、以下の点が挙げられる。

- ・1995年兵庫県南部地震の被害データより設定した山口・山崎(2000)、村尾・山崎(2000)、愛知県(2003)の被害関数は、実際の被害数と比較して1995年兵庫県南部地震の被害数は概ね整合するが、他の4つの被害地震の被害数はかなり過大評価となる。
- ・1995年兵庫県南部地震の被害データに2000年鳥取県西部地震や2001年芸予地震の被害データを加えた中央防災会議(2004)の被害関数は、上記3文献と同様に1995年兵庫県南部地震の被害数は概ね整合し、他の4つの被害地震の被害数は過大評価となるが、実被害との差は上記3文献と比較して小さい。
- ・中嶋・岡田(2008)による全国平均の耐力分布に基づく被害関数は、1995年兵庫県南部地震の被害数は過小評価であるが、他の4つの被害地震の被害数は全体的に過大評価であるものの、今回の中で最も実際の被害数に近い値となっている。
- ・1995年兵庫県南部地震以降の被害地震のデータより設定された翠川・他(2011)の被害関数は、被害地震によって過小評価となったり、過大評価となったりと大きくばらついている。

以上の検討より、被害想定調査に用いる被害関数としては安全側の評価であり、中央防災会議「首都直下地震に関する専門調査会」との整合性も考慮し、中央防災会議(2004)による被害関数を用いることとした。

表 7.1.2-3 5つの被害地震の全壊棟数、全半壊棟数のケース別予測結果一覧

ケース	文献 (木造)	地震動 指標	被災度	兵庫県 南部	鳥取県 西部	新潟県 中越	能登 半島	新潟県 中越沖	
1	山口・山崎 (2000)	地表 最大速度	全壊	113,424	2,422	12,793	2,306	10,625	
			全半壊	274,380	15,584	42,547	8,674	33,053	
2		計測震度	全壊	137,302	4,268	15,215	3,007	12,225	
			全半壊	347,339	17,072	40,345	9,363	32,172	
3		村尾・山崎 (2000)	地表 最大速度	全壊	104,165	1,286	11,850	2,109	10,575
				全半壊	325,178	11,110	35,474	6,787	27,002
4		愛知県 (2003)	地表 最大速度	全壊	125,891	2,165	14,558	2,547	12,113
				全半壊	307,884	12,052	37,559	7,119	28,123
5	中防 (2004)	計測震度	全壊	84,766	944	9,614	1,693	8,770	
			全半壊	243,882	7,962	29,374	5,181	21,761	
6	中嶋・岡田 (2008)	計測震度	全壊	57,417	628	6,518	1,135	6,152	
			全半壊	150,450	3,490	17,218	3,015	14,046	
7	翠川ほか (2011)	地表 最大速度	全壊	22,380	60	3,584	616	4,351	
			全半壊	56,733	237	7,806	1,388	9,070	
8		計測震度	全壊	34,999	43	5,702	933	7,764	
			全半壊	71,405	183	9,736	1,778	12,163	
実被害			全壊	104,906	435	3,175	686	1,331	
			全半壊	249,180	3,536	16,985	2,426	7,039	

7.1.3 被害予測手法

揺れ、液状化による建物被害について、それぞれにおける予測方法を以下に説明する。

1) 揺れによる被害

揺れによる建物被害は、震度－揺れによる建物被害率の関係による被害関数を用いて、次式により、予測を行った。

$$\text{揺れによる建物被害数} = \text{建物現況数} \times \text{揺れによる建物被害率} \quad \text{----- (式 7.1.3-1)}$$

被害関数は、建物構造・年代別に罹災証明に基づいた判定基準（全壊・半壊）による被害関数を設定した。その被害関数は、「7.1.2 揺れによる建物被害関数の検証」の検討結果に基づき、中央防災会議(2004)による標準正規分布の累積分布関数に基づいて設定した。

$$P(I) = \Phi((I - \lambda)/\zeta) \quad \text{----- (式 7.1.3-2)}$$

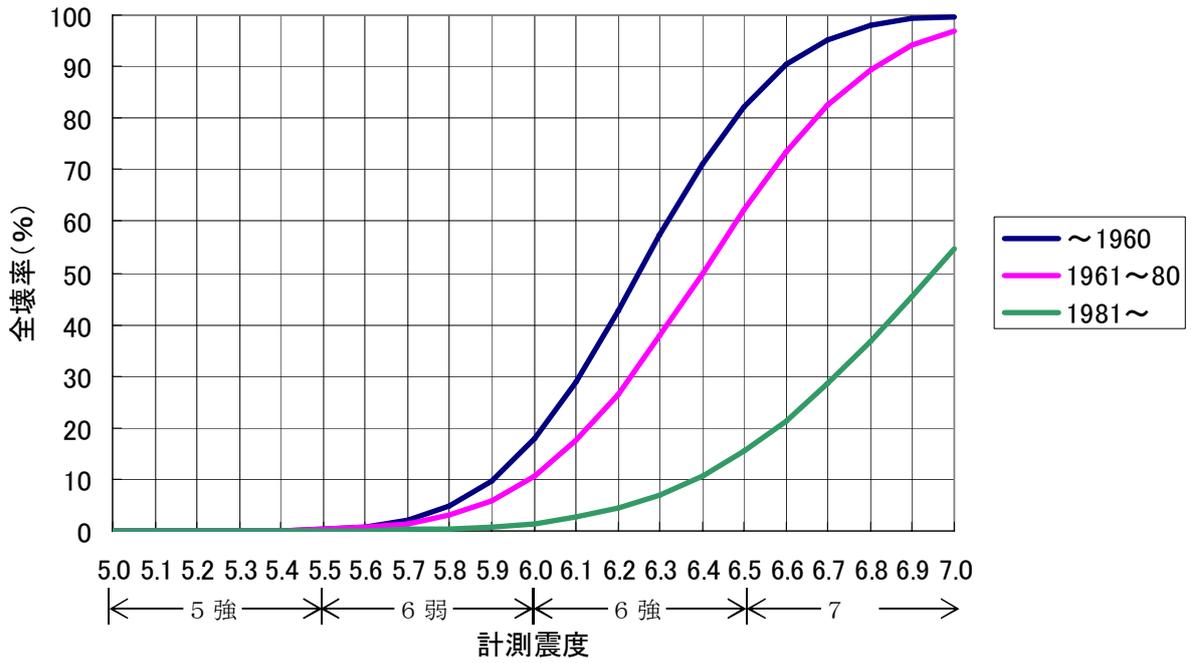
ここで、P：建物被害率　I：計測震度　Φ：標準正規分布の累積分布関数
λ, ζ：被害率曲線を特徴づける係数

被害関数を特徴づける係数λ, ζは、中央防災会議(2004)ならびにそれと同じ被害関数を用いている東京都(2006)の計測震度-全壊率、計測震度-全半壊率のグラフから読み取って推定した。木造、非木造の年代別（それぞれ3区分）の全壊率および全半壊率の係数λ, ζを表7.1.3-1に示し、震度－年代別全壊率および震度－年代別全半壊率の関係を構造別に図7.1.3-1～2にそれぞれ示した。

表 7.1.3-1 被害率曲線の係数λ, ζ一覧表

建物構造	年代区分	全壊率		全半壊率	
		λ	ζ	λ	ζ
木造	～1960	6.25	0.27	5.91	0.33
	1961～80	6.40	0.32	6.01	0.33
	1981～	6.95	0.44	6.57	0.44
非木造	～1970	6.93	0.50	6.58	0.53
	1971～80	7.05	0.54	6.67	0.54
	1981～	7.50	0.60	7.10	0.58

○全壊率



○全半壊率

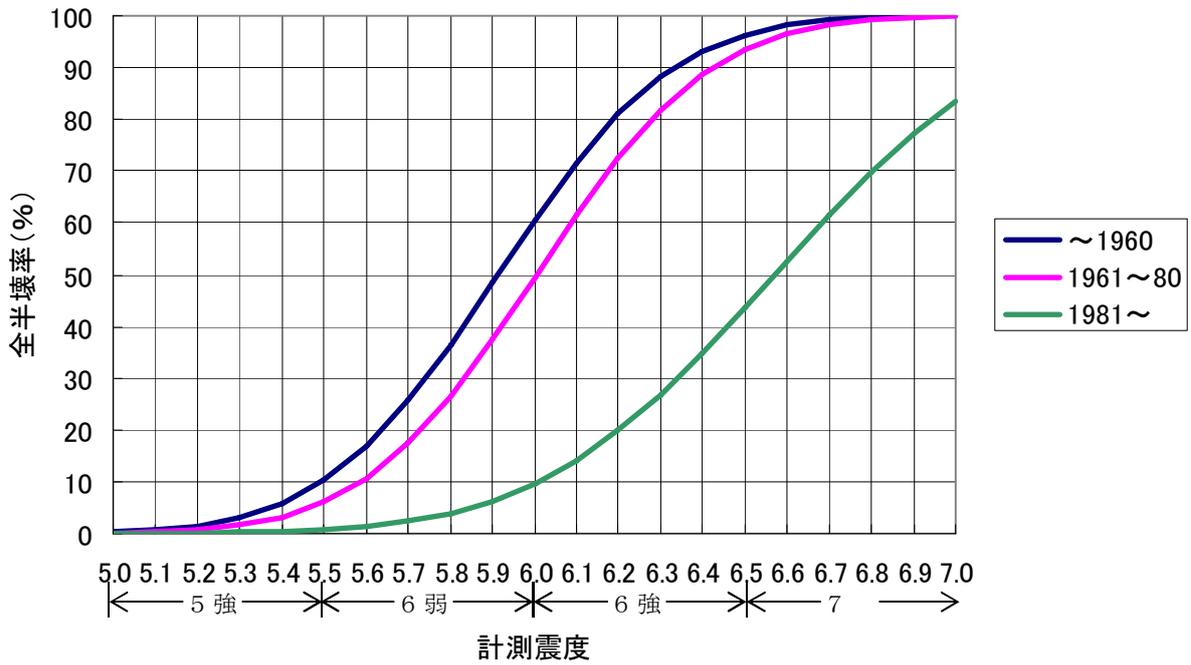
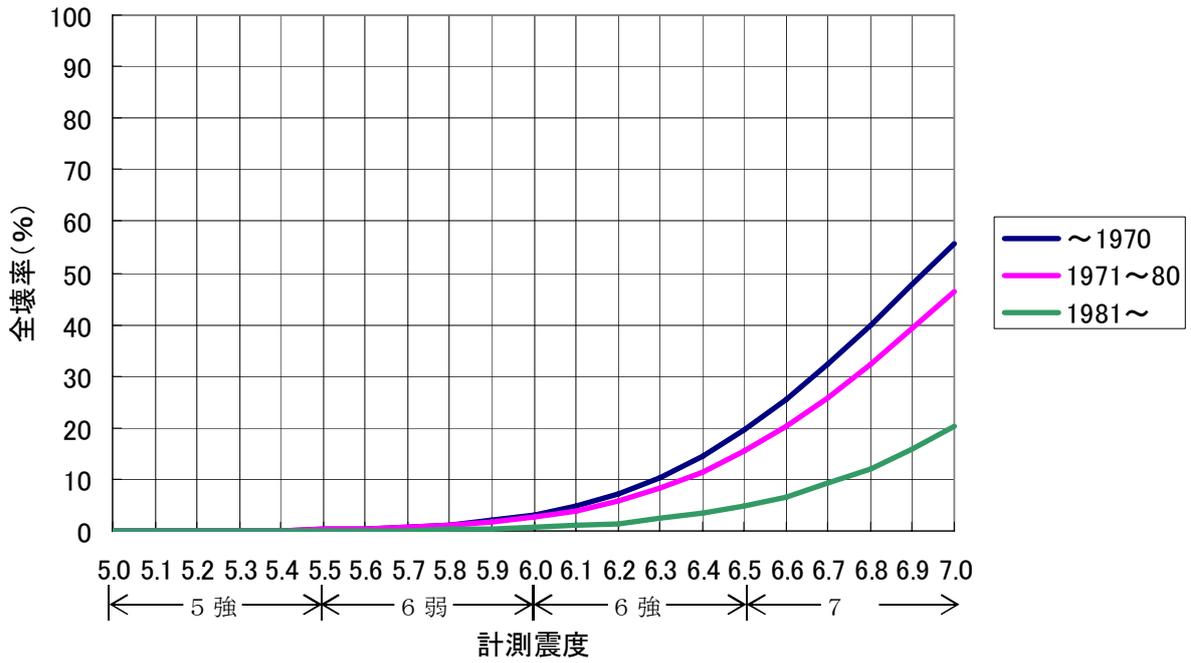


図 7.1.3-1 木造建物による計測震度一年代別全壊率、全半壊率の関係

○全壊率



○全半壊率

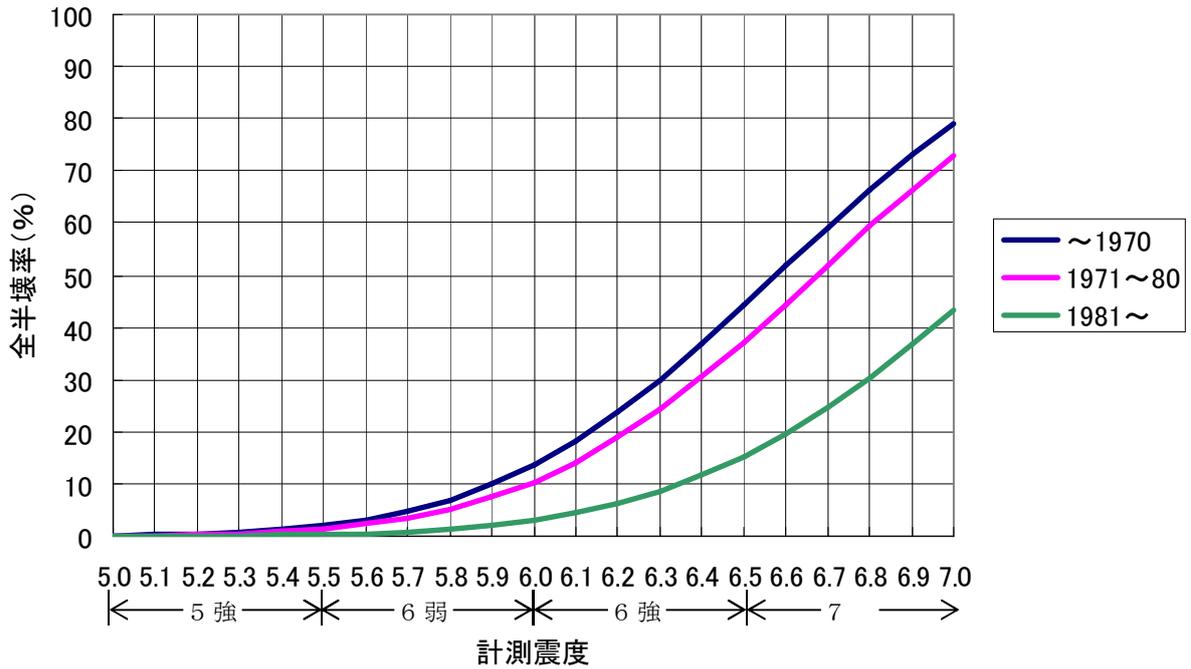


図 7.1.3-2 非木造建物による計測震度一年代別全壊率、全半壊率の関係

2) 液状化による被害

本被害予測では、液状化危険度の高さに応じて、液状化発生地域の面積率を設定し、その発生地域内で建物が液状化による被害を受けると考え、液状化発生地域における被害率を設定した。したがって、液状化による被害は次式により、算定する。

$$\text{液状化による建物被害数} = \text{建物現況棟数} \times \text{液状化発生地域の面積率} \\ \times \text{液状化発生地域内の被害率} \quad \text{----- (式 7.1.3-3)}$$

以下、液状化発生地域の面積率、液状化発生地域内の被害率の算定方法を示す。

(1) 液状化発生地域の面積率

メッシュごとの液状化発生地域の面積率は、 P_L 値が 15 よりも大きい地域を対象とし、東京都(2006)等を参照して、以下のように設定した。なお、液状化発生地域については、揺れによる被害は無いとして仮定した。

$$P_L > 15 \quad \text{-----} \quad 18\%$$

(2) 液状化発生地域内の被害率

木造建物、非木造建物別に液状化発生地域内の全壊率、半壊率を設定した。

① 木造建物の被害率

全壊率は、静岡県(2001)の方法を参照したが、静岡県の基準は大破であることから、東京都(2006)を参考にして、全壊の7割程度と仮定し、0.7を割った値で全壊率として設定した。一方、半壊率は東北地方太平洋沖地震において関東地方で液状化による半壊建物が数多く発生したことから、その被害状況に基づき浦安市(2011)で設定した値を利用した。

設定した液状化による木造建物の被害率を表 7.1.3-2 にした。

表 7.1.3-2 液状化発生地域における木造建物の被害率

建築年代	全壊率 (%)	半壊率 (%)
~1960	19.00	40.78
1961~	13.70	

② 非木造建物の被害率

液状化が発生した場合、基盤まで杭を打っている杭基礎の非木造建物は傾斜や沈下などの被害を免れるが、基盤まで杭が到達していない摩擦杭や直接基礎の建物は傾斜や沈下などの被害を受けると考えられる。

愛知県(2003)の方法を参照して、非木造建物の液状化発生地域における被害率を、杭打ち状況をもとに、表 7.1.3-3 のように設定した。愛知県(2003)の判定基準は大破・中破であるが、東京都(2006)による被害想定を参考にして、非木造の場合は全壊・半壊と同等と仮定した。

なお、杭有りの建物は、東京都(2006)による仮定した階層別棟数比率と同様にして、4階以上の建物すべてと昭和35年以降の1～3階の20%と仮定した。

表 7.1.3-3 非木造建物の液状化発生地域における被害率

杭の有無	全壊率 (%)	半壊率 (%)
有	0	0
無	23	30

7.2 土砂災害による被害

土砂災害による建物被害予測は以下の方針で実施した。

- ・土砂災害による建物被害は、地震の揺れによって斜面が崩壊し、崩壊した土砂によって被害を受ける建物を対象とする。
- ・対象とする斜面は、「急傾斜地崩壊危険箇所」及び「山腹崩壊危険地区」とする。なお、「急傾斜地崩壊危険箇所」と「山腹崩壊危険地区」では、重なり合う場所がみられるが、ダブルカウントの影響は考慮していない。
- ・地震による崩壊危険度ランクと崩壊率の関係を設定し、崩壊箇所数を予測する。
- ・崩壊した斜面に対しては震度と被害率（全壊率、半壊率）の関係を設定して、斜面の影響人家戸数より全壊数、半壊数を予測した。なお、本調査では影響人家戸数1戸を1棟に相当するものと仮定する。
- ・図 7.2-1 に、土砂災害における建物被害予測のフローを示した。

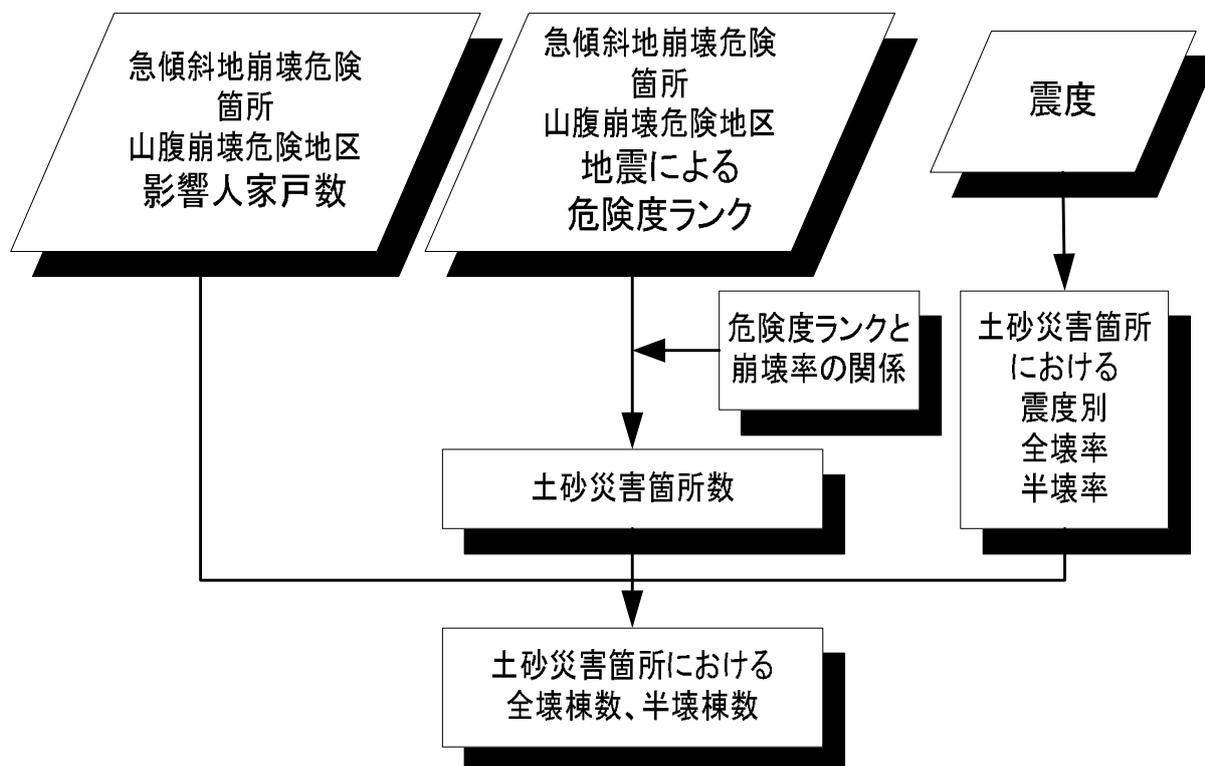


図 7.2-1 土砂災害における建物被害予測のフロー

7.2.1 被害予測手法

土砂災害による建物被害数（全壊数、半壊数）を次式により予測する。

$$\text{土砂災害による建物被害数} = \text{斜面の影響人家戸数} \times \text{崩壊危険度ランク別崩壊率} \times \text{震度別被害率}$$

———— (式 7.2.1-1)

上式中の斜面の影響人家戸数については、個々の急傾斜地崩壊危険箇所及び山腹崩壊危険地区にある人家戸数データを用いた。

崩壊危険度ランク別崩壊率は、中央防災会議(2004)による1978年宮城県沖地震の被害実態に基づいた値を利用した（表 7.2.1-1 参照）。

表 7.2.1-1 崩壊危険度ランク別崩壊率

危険度ランク	崩壊率
A: 高い	95%
B: やや高い	10%
C: 低い	0%

崩壊した斜面における、斜面の影響人家の震度別被害率は、中央防災会議(2004)による1978年伊豆大島近海地震と1978年宮城県沖地震の被害実態に基づいた値を利用した（表 7.2.1-2 参照）。

表 7.2.1-2 震度別被害率

被害区分	震度4以下	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7
全壊率	0%	6%	12%	18%	24%	30%
半壊率	0%	14%	28%	42%	56%	70%

7.3 非課税建物の検討

群馬県内の非課税建物について位置を特定し、3つの想定地震における震度6弱以上を示すメッシュ内の棟数を集計した。図7.3-1に非課税建物の位置図を示す。

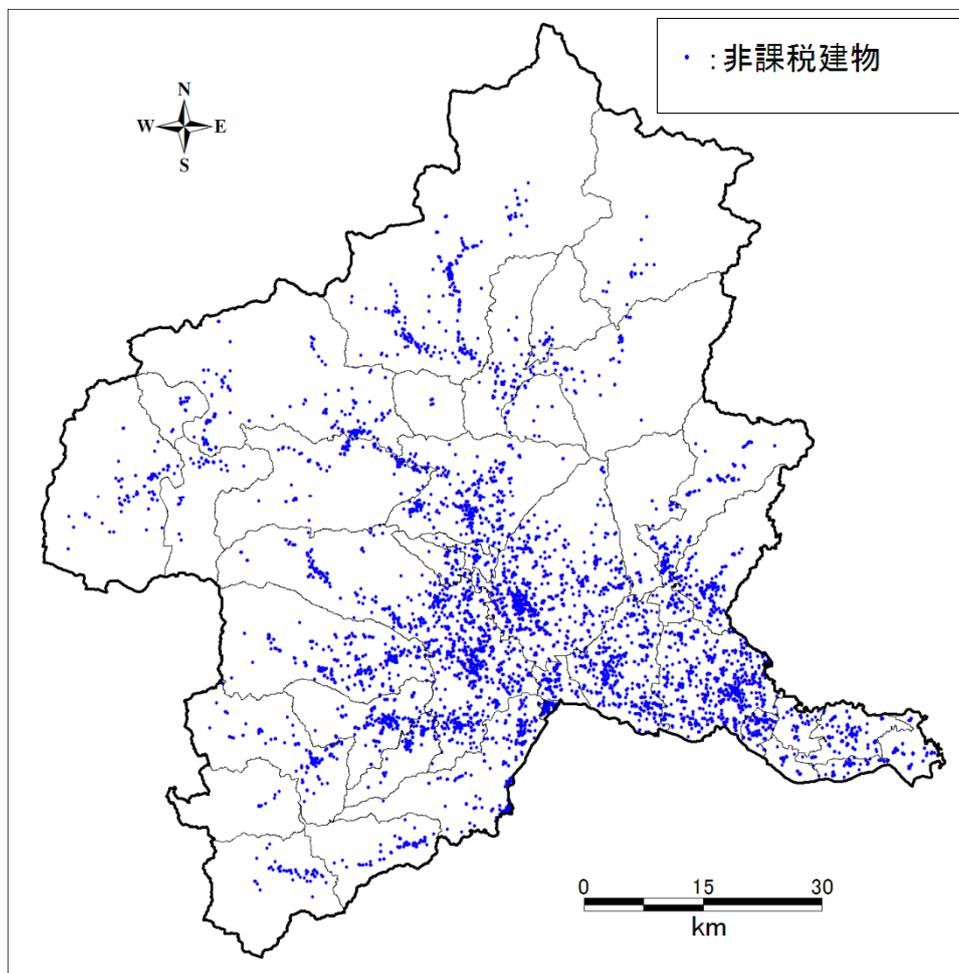


図 7.3-1 非課税建物分布図

表 7.3-1 に、群馬県全体における非課税建物について、震度別に集計した震度6弱以上のメッシュ内の棟数一覧を示した。

表 7.3-2～4 には、同様に集計した市町村別非課税建物の震度別棟数一覧を示した。

表 7.3-1 群馬県全体の非課税建物の震度別棟数一覧

地震	非課税建物数(棟)	震度別棟数(棟)		
		7	6強	6弱
関東平野北西縁断層帯主部	13,777	92	6,097	3,537
太田断層		48	2,008	1,354
片品川左岸断層		0	0	46

表 7.3-2 市町村別非課税建物の震度別棟数一覧（関東平野北西縁断層帯主部）

市町村名	非課税建物数 (棟)	震度別棟数(棟)		
		7	6強	6弱
前橋市	2,441	0	1,773	6
高崎市	2,811	42	998	1,695
桐生市	476	0	189	15
伊勢崎市	746	0	533	181
太田市	1,535	0	1,176	280
沼田市	153	0	0	0
館林市	194	0	103	0
渋川市	810	0	243	0
藤岡市	334	26	84	214
富岡市	336	8	70	255
安中市	830	2	139	516
みどり市	236	0	60	0
榛東村	111	0	55	0
吉岡町	52	0	24	0
上野村	63	0	0	0
神流町	111	0	48	0
下仁田町	201	0	33	0
南牧村	8	0	0	0
甘楽町	219	14	39	162
中之条町	350	0	9	0
長野原町	47	0	0	0
嬬恋村	116	0	0	0
草津町	25	0	0	0
高山村	8	0	0	0
東吾妻町	202	0	11	0
片品村	26	0	0	0
川場村	25	0	0	0
昭和村	27	0	0	0
みなかみ町	387	0	0	0
玉村町	248	0	68	180
板倉町	87	0	13	0
明和町	101	0	57	0
千代田町	22	0	20	1
大泉町	394	0	311	32
邑楽町	45	0	41	0
合計	13,777	92	6,097	3,537

表 7.3-3 市町村別非課税建物の震度別棟数一覧（太田断層）

市町村名	非課税建物数 (棟)	震度別棟数(棟)		
		7	6強	6弱
前橋市	2,441	0	177	0
高崎市	2,811	0	0	0
桐生市	476	0	246	28
伊勢崎市	746	0	494	195
太田市	1,535	48	357	1,122
沼田市	153	0	0	0
館林市	194	0	2	0
渋川市	810	0	0	0
藤岡市	334	0	0	0
富岡市	336	0	0	0
安中市	830	0	0	0
みどり市	236	0	111	0
榛東村	111	0	0	0
吉岡町	52	0	0	0
上野村	63	0	0	0
神流町	111	0	0	0
下仁田町	201	0	0	0
南牧村	8	0	0	0
甘楽町	219	0	0	0
中之条町	350	0	0	0
長野原町	47	0	0	0
嬭恋村	116	0	0	0
草津町	25	0	0	0
高山村	8	0	0	0
東吾妻町	202	0	0	0
片品村	26	0	0	0
川場村	25	0	0	0
昭和村	27	0	0	0
みなかみ町	387	0	0	0
玉村町	248	0	189	0
板倉町	87	0	0	0
明和町	101	0	0	0
千代田町	22	0	9	0
大泉町	394	0	385	9
邑楽町	45	0	38	0
合計	13,777	48	2,008	1,354

表 7.3-4 市町村別非課税建物の震度別棟数一覧（片品川左岸断層）

市町村名	非課税建物数 (棟)	震度別棟数(棟)		
		7	6強	6弱
前橋市	2,441	0	0	0
高崎市	2,811	0	0	0
桐生市	476	0	0	0
伊勢崎市	746	0	0	0
太田市	1,535	0	0	0
沼田市	153	0	0	27
館林市	194	0	0	0
渋川市	810	0	0	0
藤岡市	334	0	0	0
富岡市	336	0	0	0
安中市	830	0	0	0
みどり市	236	0	0	0
榛東村	111	0	0	0
吉岡町	52	0	0	0
上野村	63	0	0	0
神流町	111	0	0	0
下仁田町	201	0	0	0
南牧村	8	0	0	0
甘楽町	219	0	0	0
中之条町	350	0	0	0
長野原町	47	0	0	0
嬭恋村	116	0	0	0
草津町	25	0	0	0
高山村	8	0	0	0
東吾妻町	202	0	0	0
片品村	26	0	0	18
川場村	25	0	0	1
昭和村	27	0	0	0
みなかみ町	387	0	0	0
玉村町	248	0	0	0
板倉町	87	0	0	0
明和町	101	0	0	0
千代田町	22	0	0	0
大泉町	394	0	0	0
邑楽町	45	0	0	0
合計	13,777	0	0	46

7. における参考文献

- 1) 気象庁ホームページ：地震・津波，<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/index.html>.
- 2) 地震予知総合研究振興会(1999)：強震動評価手法のレビューと事例的検討報告書.
- 3) 国土地理院ホームページ：報道発表資料，<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE>.
- 4) 日本建築学会兵庫県南部地震特別研究委員会・日本建築学会近畿支部耐震構造研究部会(1996)：1995年兵庫県南部地震強震記録資料集.
- 5) 藤本一雄・翠川三郎(2003)：日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均S波速度分布の推定，日本地震工学会論文集，第3巻，第3号，13-27.
- 6) T. Kanno, A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara, and Y. Fukushima(2006)：A new attenuation relation for strong ground motion in Japan based on recorded data, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.96, No.3, 879-897.
- 7) 藤本一雄・翠川三郎(2006)：近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係，日本地震工学会論文集，第6巻，第1号，11-22.
- 8) 末富岩雄，石田栄介，福島康宏，磯山龍二，澤田純男(2007)：地形分類とボーリングデータの統合処理による地盤増幅度評価と2004年新潟県中越地震における地震動分布の推定，日本地震工学会論文集，第7巻，第3号，1-12.
- 9) 防災科学技術研究所川崎ラボラトリー(2007)：文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト III.1 震災総合シミュレーションシステムの技術の開発 III.2 大都市特性を反映する先端的な災害シミュレーションの技術の開発 公開ソフトウェア，<http://www.kedm.bosai.go.jp/japanese/daidaitoku/software.html>.
- 10) 藤本一雄・翠川三郎(2005)：近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法，地域安全学会論文集，Vol.7，1-6.
- 11) 山口直也，山崎文雄(2000)：西宮市の被災度調査結果に基づく建物被害関数の構築，地域安全学会論文集，No.2，129-138.
- 12) 村尾 修，山崎文雄(2000)：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数，日本建築学会構造系論文集，Vol.527，189 - 196.
- 13) 愛知県防災会議地震部会(2003)：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書－想定地震に基づく被害想定－、平成15年3月
- 14) 中央防災会議(2004)：「首都直下地震に係る被害想定手法について」，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/index.html>.
- 15) 中嶋唯貴・岡田成幸(2008)：時間軸上の死者低減率最大化を主目標とした木造住宅耐震化戦略の策定：東海・東南海連動型地震を対象とした東海4県への適用事例，日本建築学会構造系論文集，第623号，79-86.
- 16) 翠川三郎，伊東佑記，三浦弘之(2011)：兵庫県南部地震以降の被害地震データに基づく建物被害関数の検討，日本地震工学会論文集，第11巻，第4号，34-47.
- 17) 消防庁ホームページ：災害情報，<http://www.fdma.go.jp/>
- 18) 東京都(2006)：首都直下地震による東京の被害想定報告書.
- 19) 静岡県(2001)：第三次地震被害想定報告書.
- 20) 浦安市(2011)：浦安市液状化対策技術検討調査委員会 資料 3-3-3 建築物の被害・液状化対策.