

群馬県地震被害想定調査

報 告 書

調査手法編

平成 24 年 6 月
群 馬 県

目 次

	頁
1. 調査の概要	1
1.1 調査範囲	1
1.2 調査項目と調査フロー	2
1.3 地震被害想定における条件設定	3
2. 想定起震断層、震源モデル	4
2.1 想定起震断層	4
2.2 想定起震断層の設定	6
2.3 想定起震断層及び県外断層における震源モデルの設定	7
2.4 予防対策用地震の設定	16
3. 地盤モデルの作成	19
4. 地震動予測	32
4.1 地震動予測手法の概要	32
4.2 地震動予測手法	33
4.3 地震動予測結果	38
4.4 その他の想定地震による地震動予測	73
4.5 予防対策用地震による地震動予測	79
5. 液状化危険度予測	89
5.1 概要	89
5.2 検討の流れ	89
5.3 液状化危険度の判定手法	92
6. 土砂災害予測	99
6.1 概要	99
6.2 検討の流れ	99
6.3 急傾斜地崩壊危険度予測	99
7. 建物被害予測	103
7.1 揺れ・液状化による被害	103
7.2 土砂災害による被害	132
7.3 非課税建物の検討	134
8. 火災被害予測	139
8.1 火災被害予測の概要	139
8.2 前提条件	140
8.3 火災予測手法	142
8.4 火災被害予測結果	153
9. 人的被害予測	155
9.1 人口データの作成	156
9.2 被害予測手法	158
10. 交通輸送施設の被害予測	169
10.1 道路	169
10.2 鉄道橋脚の被害予測	173
11. ライフライン施設の被害予測	175

11.1	上水道の被害予測	175
11.2	工業用水道の被害予測	183
11.3	下水道の被害予測	184
11.4	ガスの被害予測	189
11.5	電力施設の被害予測	196
11.6	通信（電話）施設の被害予測	199
12.	土木構造物被害予測	205
12.1	ため池被害予測	205
13.	避難者数の予測	209
13.1	避難者数の予測	209
13.2	避難者（乳幼児及び高齢者）数の予測	210
13.3	避難者（災害時要援護者）数の予測	210
14.	帰宅困難者数の予測	211
15.	直接経済被害予測	212
15.1	予測方法	212
16.	その他の被害予測	216
16.1	「孤立の可能性のある集落」における孤立危険性予測	216
16.2	文化財の被災可能性予測	217
16.3	震災廃棄物の予測	218
17.	社会機能支障の予測	219
17.1	物資不足量の予測	219
17.2	医療機能支障の予測	225
17.3	住機能支障の予測	227
17.4	清掃・衛生機能支障の予測	228

<巻末資料>

1. 用語解説

1.2 調査項目と調査フロー

図 1.2-1 に調査項目と調査フローを示す。

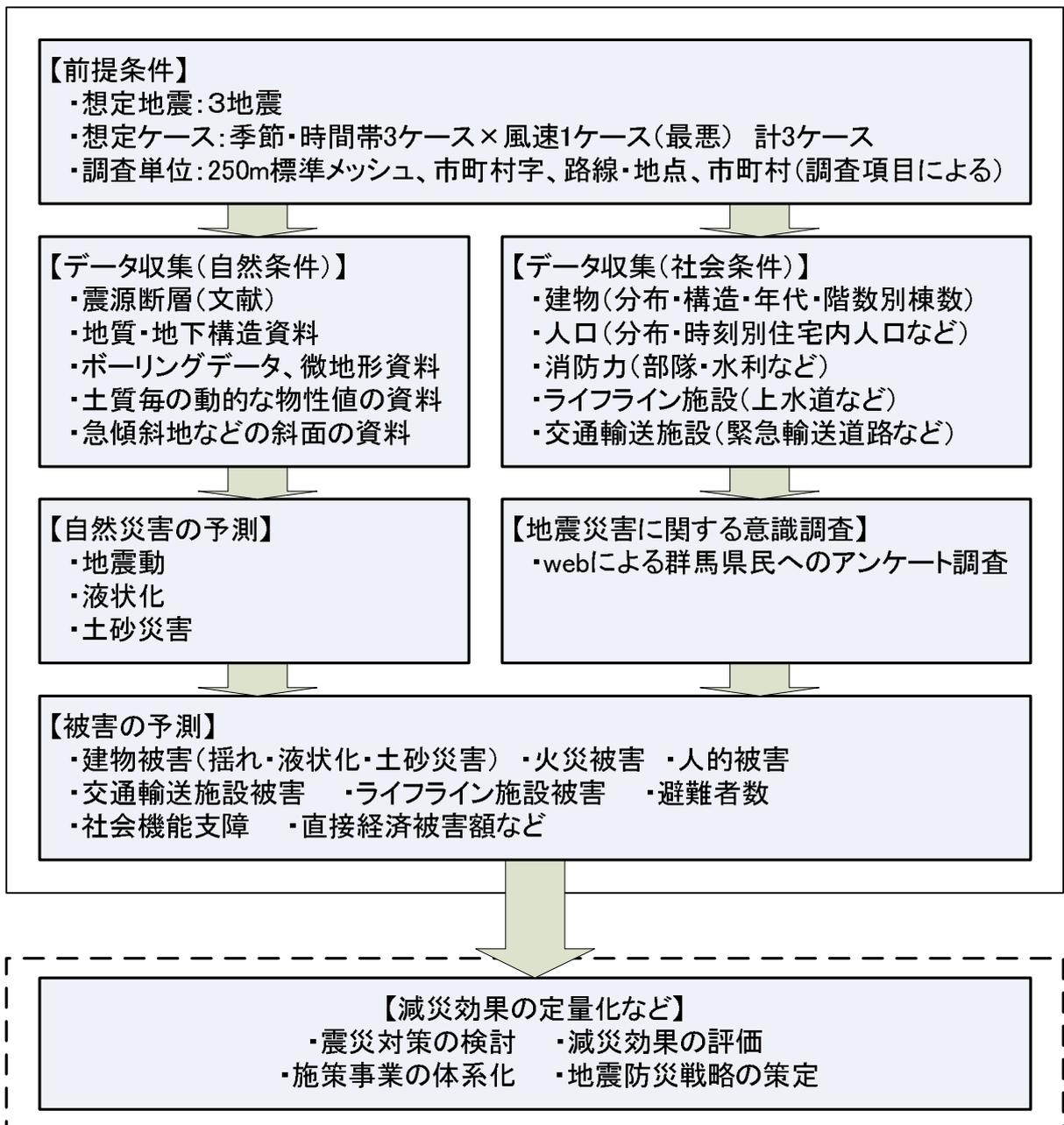


図 1.2-1 被害想定調査項目と調査フロー図

※ 地震動の算出及び被害予測など解析・評価を行う単位は、基本的に 250m メッシュ (約 250m × 約 250m の四角形)。標準地域メッシュ (昭和 48 年行政管理庁 (現 総務省) 告示第 143 号) の第 3 次メッシュが 1km メッシュだが、その 1/4 地域メッシュが 250m メッシュとなる。

1.3 地震被害想定における条件設定

地震による被害は、季節・時刻の違いや気象条件等の違いによって大きく変わるため、想定地震ごとに表 1.3-1 に示すケースを設定して被害予測を行う。

表 1.3-1 季節と時刻及び風速の想定ケース一覧表

No.	季節：時刻	想定ケースの説明	風速
1	冬 5時	<ul style="list-style-type: none">・ 大多数の人が住宅で就寝中に被災して、住宅の倒壊や家具の転倒などによる死傷者数が最も多くなるケース。・ 屋外滞留者数は少なくなる。・ 1995年兵庫県南部地震と同じ発生時間帯。	9 m/秒
2	夏 12時	<ul style="list-style-type: none">・ 大多数の人が通勤・通学先に移動している平日・日中の平均的なケース。・ 住宅内の滞留者数は1日の中で最も少なくなる。	7 m/秒
3	冬 18時	<ul style="list-style-type: none">・ 火気の使用が一年中で最も多く、地震による出火数や火災の被害が最も多くなる平日のケース。・ 3つのケースの中では、帰宅・移動などで屋外滞留者数が最も多くなる。	9 m/秒

風速については、過去10年間(2002-2011)の前橋地方気象台の観測記録をもとに、季節毎に強風(最悪)のケースを設定した。これは、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの想定地震を設定したことに準拠するものである。

2. 想定起震断層、震源モデル

2.1 想定起震断層

海溝から遠い内陸の群馬県において地震被害想定を実施するにあたり、震源となる起震断層の候補は、後述(2.2)の理由により以下の2点を条件とした。

- a) 群馬県内に十分な長さを有する活断層
- b) より長い(県内の)活断層が近傍に無いもの

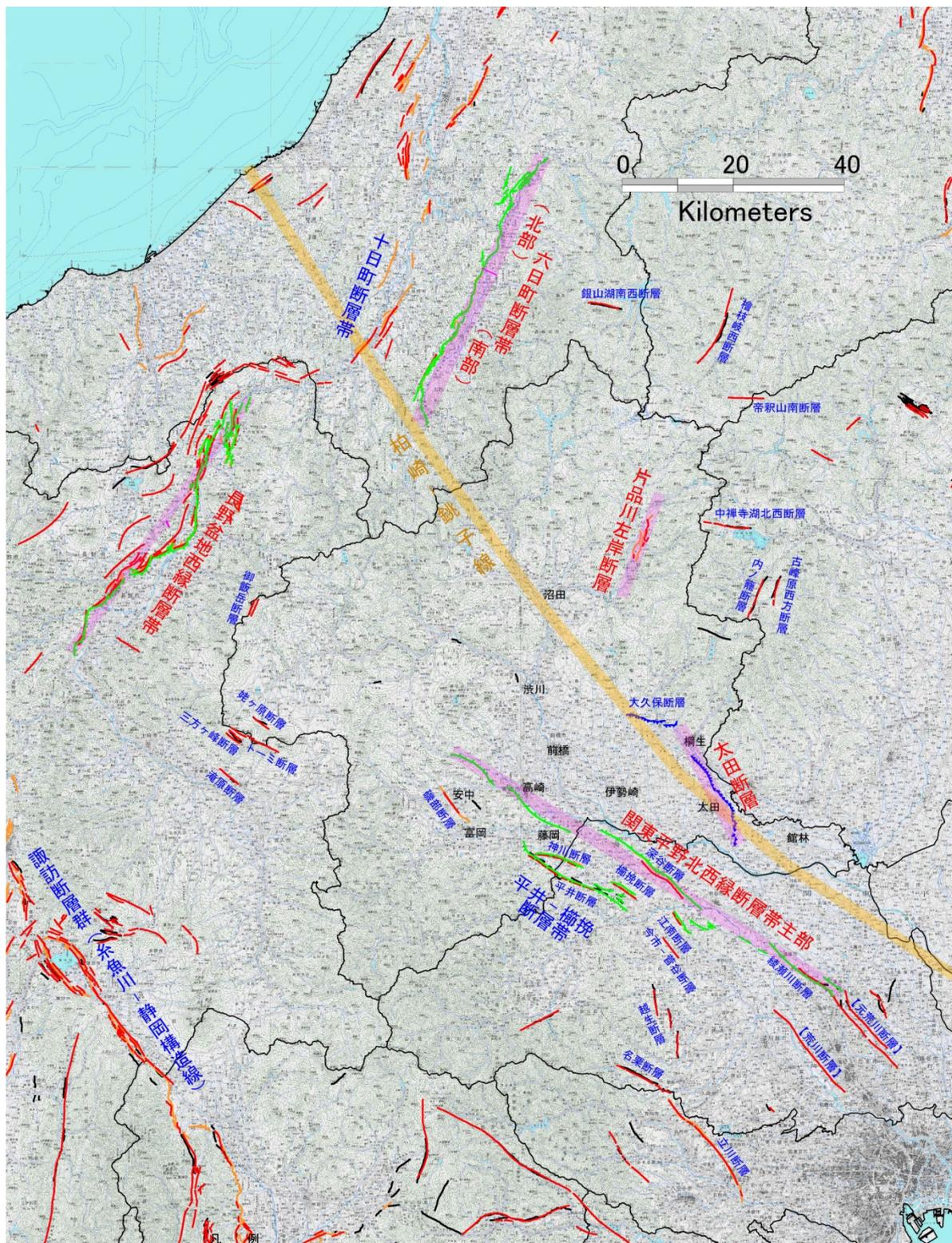
図2.1-1の群馬県及びその周辺の活断層のうち、平井-櫛挽断層帯(長さ23km)は関東平野北西縁断層帯として評価されており(地震調査研究推進本部,2005)、並行する関東平野北西縁断層帯主部で代替できると考えられる。同様に磯部断層は関東平野北西縁断層帯主部で、大久保断層は太田断層で代替できる。

以上を踏まえ、県内の次の3つの断層・断層帯を、地震被害想定を実施する起震断層とした。

- ① 関東平野北西縁断層帯主部(長さ82km)
- ② 太田断層(長さ18km)
- ③ 片品川左岸断層(長さ7~9km)

またこの他に、県外の断層帯で活動した場合に本県に影響を及ぼす可能性のある、新潟県に分布する六日町断層帯及び長野県に分布する長野盆地西縁断層帯についても、群馬県内において想定される震度を算出した。

更に、中央防災会議(2004)で示された、全国どこでも発生しうる、地殻内の浅い場所で発生する地震を、県内の全ての市町村に仮に設定して、「ゆれやすさ」を調べた。



線種	断層名	出典
	(活断層：確実度Ⅰ・Ⅱ)	新編日本の活断層(1991)
	(活断層)	活断層詳細デジタルマップ(2002)
	(推定活断層)	
	関東平野北西縁断層帯主部 (平井-櫛挽断層帯)	地震調査研究推進本部(2005)
	長野盆地西縁断層帯	地震調査研究推進本部(2001)
	六日町断層帯	地震調査研究推進本部(2009)
	大久保断層	松田ほか(1977)、熊原・近藤(2008)
	太田断層	熊原・近藤(2009)
	(柏崎-銚子線)	

図2.1-1 群馬県及びその周辺の活断層の分布図

2.2 想定起震断層の設定

今調査で被害想定を実施する3つの断層（帯）については、その活動による地震発生確率がたとえ低くても、あるいは不明な場合でも、一度発生すればその被害により群馬県に大きな影響を与える可能性がある。

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生を受け、内閣府中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」（2011）の報告によると、今回の東北地方太平洋沖地震を踏まえた今後の想定地震・津波の考え方として、以下の点を指摘している。

- この際、地震の予知が困難であることや長期評価に不確実性のあることも踏まえつつ、考えうる可能性を考慮し、被害が想定よりも大きくなる可能性についても十分に視野に入れて地震・津波を検討する必要がある。
- すなわち、今後、地震・津波の想定を行うにあたっては、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである。
- また、具体的な防災対策を検討する際に、想定地震・津波に基づき必要となる施設設備が現実的に困難となることを見込まれる場合であっても、ためらうことなく想定地震・津波を設定する必要がある。

上記の内容を考慮すると、地震を想定する際は、発生確率が低い、あるいは不明とされていても、現状においては、科学的に考えられる最大クラスの地震を想定する必要がある。

そこで、上記専門調査会の報告に基づき、各想定起震断層（帯）の長さ及びその規模（マグニチュード）を設定した。

（1）関東平野北西縁断層帯主部

関東平野北西縁断層帯主部は、その全長は約82kmであるが、複数の断層で構成されており、その一部のみが活動することも考えられるが、断層全体が活動することも否定できない。そこで、上記専門調査会の報告も踏まえたうえで、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2009a）による強震動予測のための断層モデルを参考に、断層帯全体が活動する場合の長さを82km、地震の規模をM8.1と設定した。

なお、同断層帯主部の活動に伴う地震の今後30年以内の発生確率は、2012年1月1日算定において、ほぼ0%～0.008%程度と低い値となっている（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2012）。

また、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の発生により、立川断層帯など東日本の一部の活断層については発生確率が高まった可能性が指摘されているが、関東平野北西縁断層帯主部への影響についての見解は発表されていない。

（2）太田断層及び片品川左岸断層

現在確認されている状況においては、太田断層の長さは約18km、片品川左岸断層の長さは約7～9kmである。

近年までの日本における内陸地震（陸域の比較的浅い場所で発生する地震）に関する知見から、マグニチュード(M)7.3程度以下の地震については、必ずしも地表に予め活断層が認められない場合もあることや、全長20km程度以下の活断層については、図2.2-1の様に必ずし

も地下の震源断層の長さ全てが地表に活断層として現れる訳ではなく、一部の短い断層としてしか現れていない場合があることが分かってきている（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会，2010）。

以上のように、断層の不確かさを考慮した上で、前記専門調査会の報告を踏まえた結果、長さが20km以下であるとされる両断層については、後述（2.3）するように断層の長さを延長して震源断層とした。

なお、太田断層及び片品川左岸断層については、活動に伴う地震の発生確率は不明である。

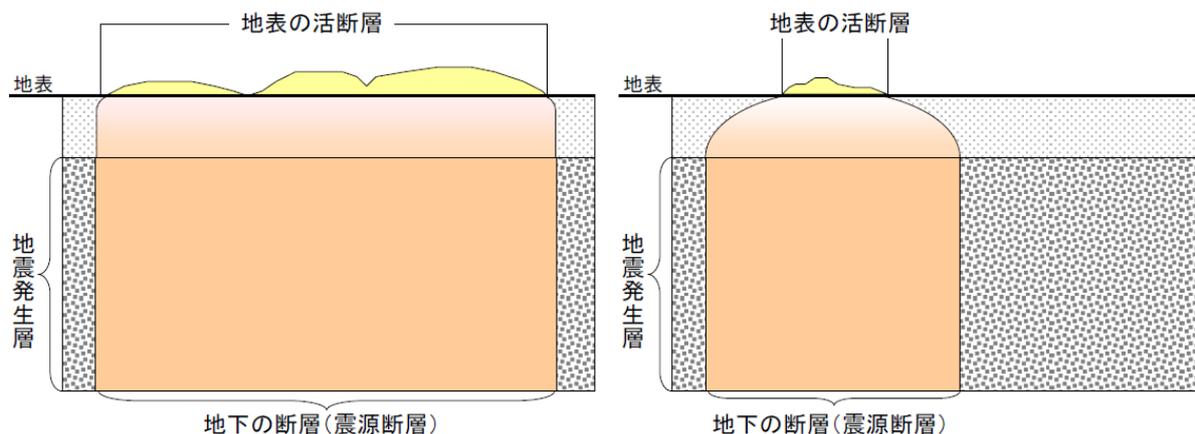


図 2.2-1 通常の活断層のイメージ(左)と「短い活断層」のイメージ(右)
(地震調査研究推進本部地震調査委員会，2010a)

2.3 想定起震断層及び県外断層における震源モデルの設定

地震被害想定を実施する想定起震断層の1つである関東平野北西縁断層帯主部(図 2.3-1)と、県外断層で、県内における震度分布を算出する群馬県近傍に存在する六日町断層帯及び長野盆地西縁断層帯の震源パラメータについては、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009a、2010b)による強震動予測のための断層モデルを参考とした。

太田断層は、南端を熊原・近藤(2009)の太田断層の南端とし、北端を大久保断層直前までとして、長さ24km(松田式(松田, 1975)より想定地震規模M7.1)とした(図 2.3-2)。大久保断層は、太田断層(西側隆起の逆断層という活動センス)とは異なり北側隆起の活動センスであるため、連動して動くことはないと考えた。

片品川左岸断層は、文献で示された断層を南北に延長し、北方のリニアメントの北端位置から20kmの長さ(松田式より想定地震規模M7.0)とした(図 2.3-3)。

両断層の震源パラメータについては、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009b)による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」(以下「レシピ」と略す。)を参考として設定した。各想定起震断層の断層パラメータを表 2.3-1(1)(2)に示す。両断層とも地下の傾斜角は不明の逆断層であることから、レシピに従い傾斜角を45度に設定した。

表 2.3-1(1)の関東平野北西縁断層帯主部、太田断層、片品川左岸断層の地表の分布図を図 2.3-4に、震源断層モデルの概略図を図 2.3-5(1)~(3)に示す。また、これら3つの震源断層モデル(地下)の位置図を図 2.3-6に示す。この図では、地下の震源断層モデルを示しているため、地表の活断層の位置と必ずしも一致しない。

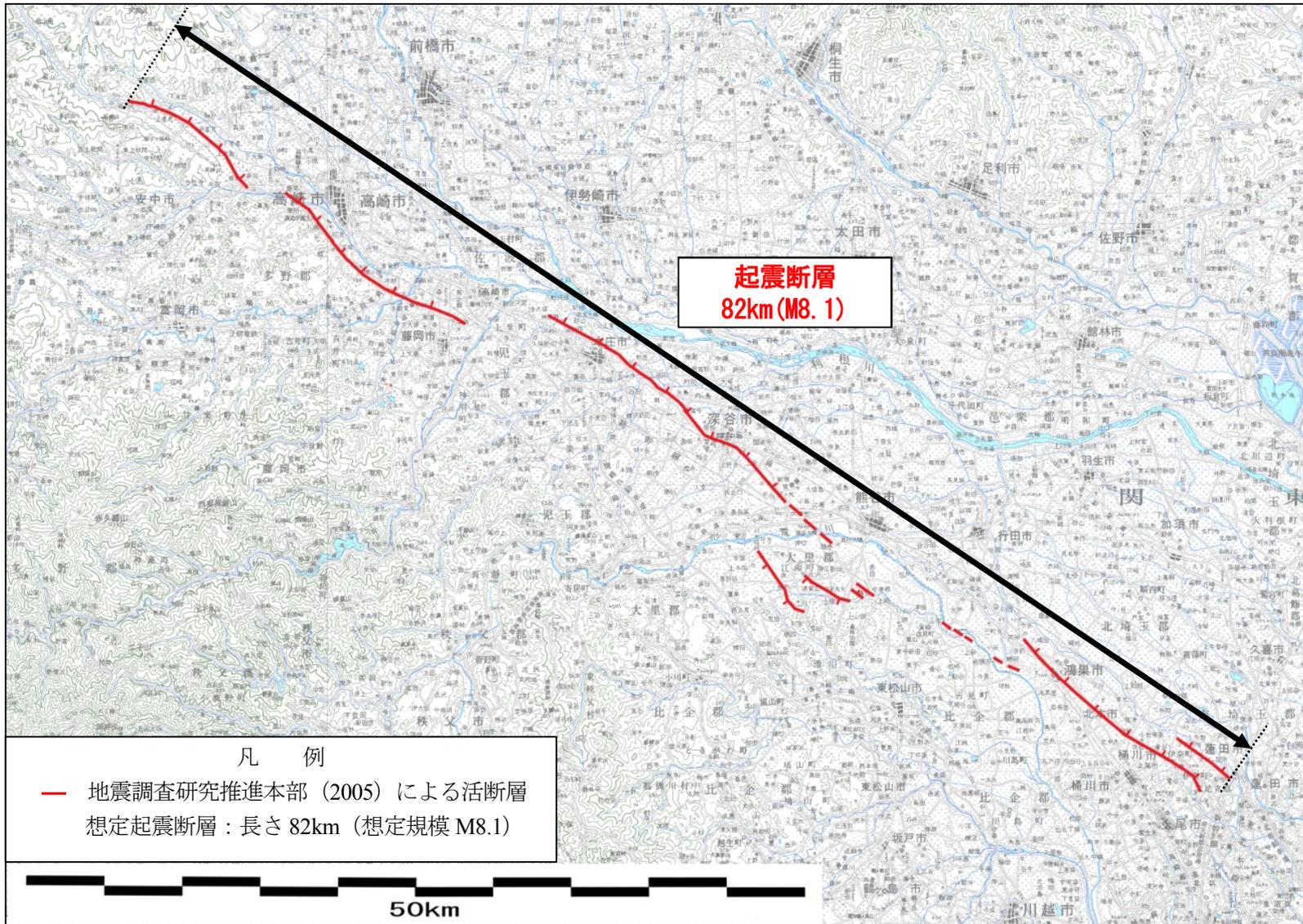


図 2.3-1 関東平野北西縁断層帯主部の長さについて

地震調査研究推進本部（2005）による関東平野北西縁断層帯の長期評価結果より、関東平野北西縁断層帯主部の長さを 82km とした。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2009a）による関東平野北西縁断層帯主部の震源断層モデルではマグニチュードは 8.1 となる。

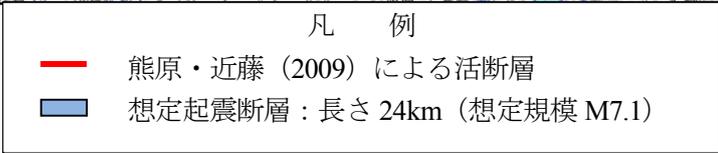
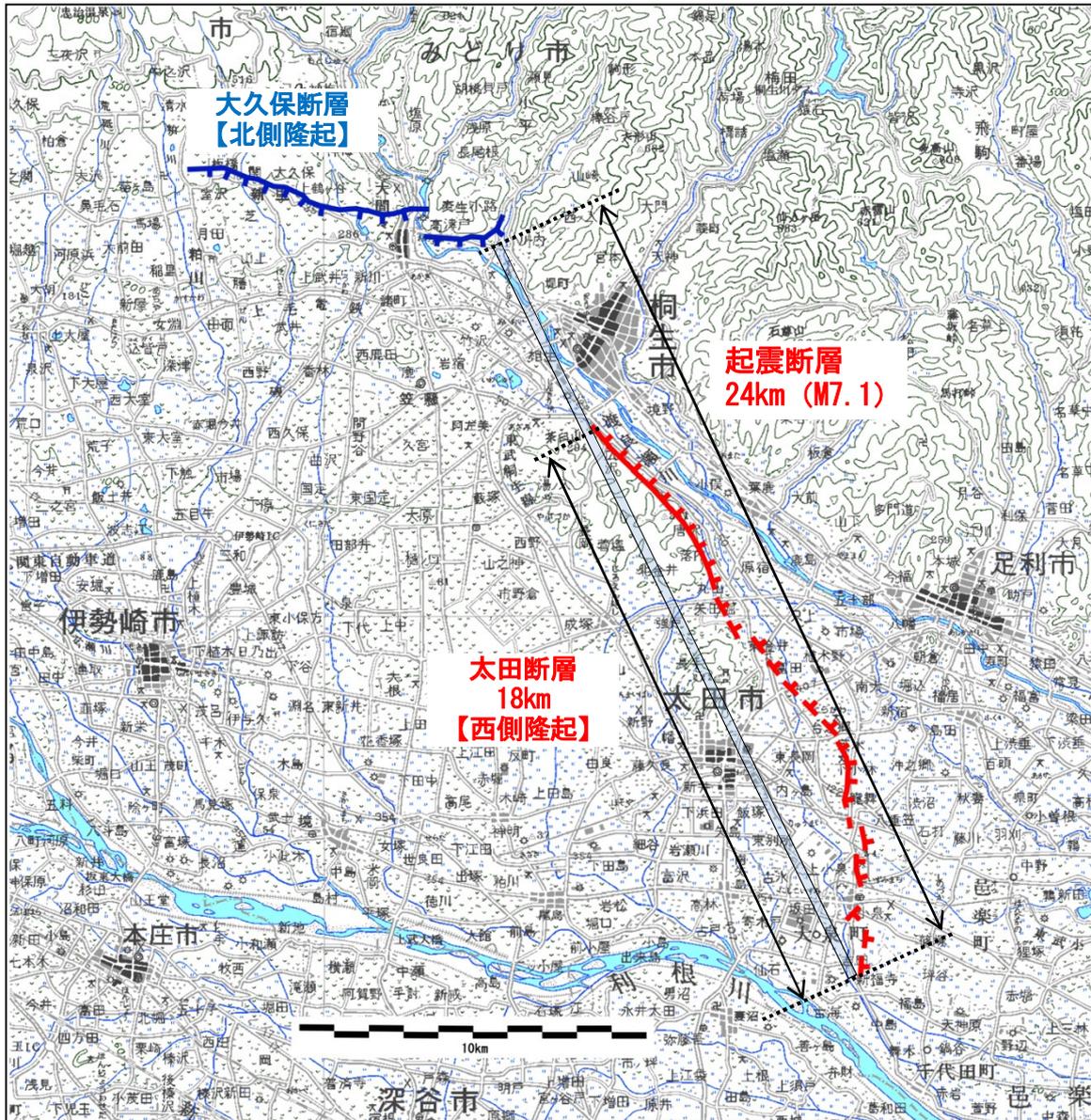


図 2.3-2 太田断層の長さについて

熊原・近藤 (2009) は長さ約 18km (想定マグニチュード(M)6.9) の太田断層を示した。断層の不確かさを考慮して、想定起震断層としての太田断層は、北西に延長し長さ 24km (想定規模 M7.1) とする。南端は太田断層の南端とし、北端は西側隆起の逆断層の活動センスである太田断層と異なる北側隆起の活動センスである大久保断層直前までとする。

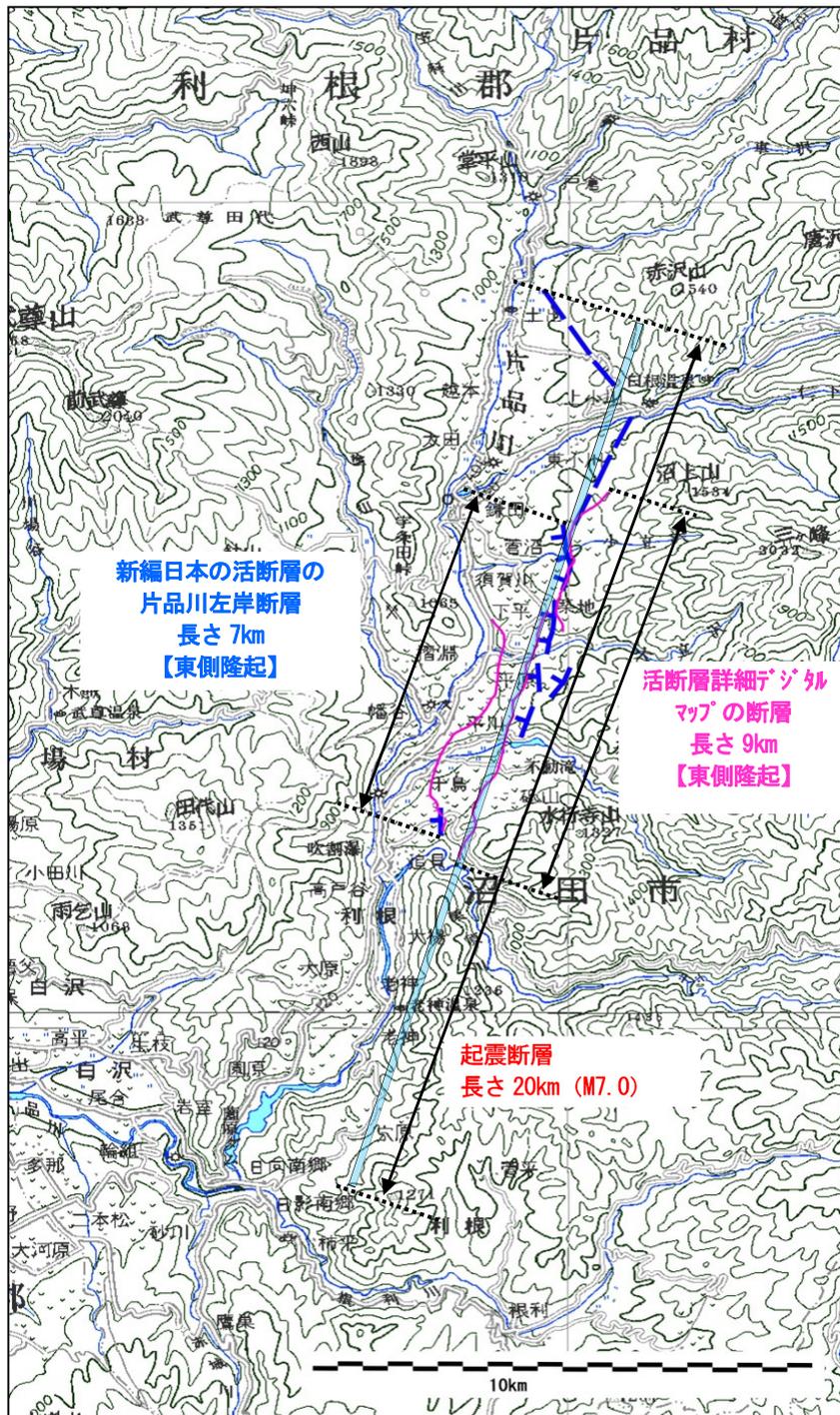


図 2.3-3 片品川左岸断層の長さについて

新編日本の活断層（活断層研究会編, 1991）により東側隆起の変位を示す長さ 7km の「片品川左岸断層」が示されており、北方延長にリニアメントが示されている。一方、活断層詳細デジタルマップ（中田・今泉, 2002）では、東側隆起の変位を示す活断層が 2 条示されており、長さは 9km である。

断層の不確かさを考慮して、想定起震断層としての片品川左岸断層を文献による断層を南北に延長し、リニアメントの北端位置から南へ長さ 20km（想定規模 M7.0）とする。

凡 例	
—	活断層研究会編（1991）「新編日本の活断層」における活断層・リニアメント
—	中田・今泉編（2002）「活断層詳細デジタルマップ」における活断層
—	想定起震断層：長さ 20km（想定規模 M7.0）

表 2.3-1 (1) 想定起震断層の断層パラメーター一覧表

断層名	上端 深さ	長さ	走向	傾斜	幅	ずれの向き	地震規模 (M)	パラメータの出典
関東平野北西縁断層帯 主部	5km	82km	121°	60° 南西傾斜	20km	南西側隆起 逆断層	8.1	地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009a):全国地震動予測地図
太田断層	2km	24km	154.8°	45° 南西傾斜	18km	西側隆起 逆断層	7.1	地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009b):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
片品川左岸断層	2km	20km	16.8°	45° 東傾斜	18km	東側隆起 逆断層	7.0	地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009b):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)

11

表 2.3-1 (2) 県外断層の断層パラメーター一覧表

断層名	上端 深さ	長さ	走向	傾斜	幅	ずれの向き	地震規模 (M)	パラメータの出典	
六日町断層帯	(北部)	5km	22km	209.6°	50° 西傾斜	18km	西側隆起 逆断層	7.1	地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010):全国地震動予測地図 2010年版
	(南部)	5km	32km	199.5°	50° 西傾斜	18km	西側隆起 逆断層	7.3	
	(全体)	5km	52km	205.0°	50° 西傾斜	18km	西側隆起 逆断層	7.7	
長野盆地西縁断層帯	4km	60km	216.4°	45° 西傾斜	18km	西側隆起 逆断層	7.8	地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009a):全国地震動予測地図	

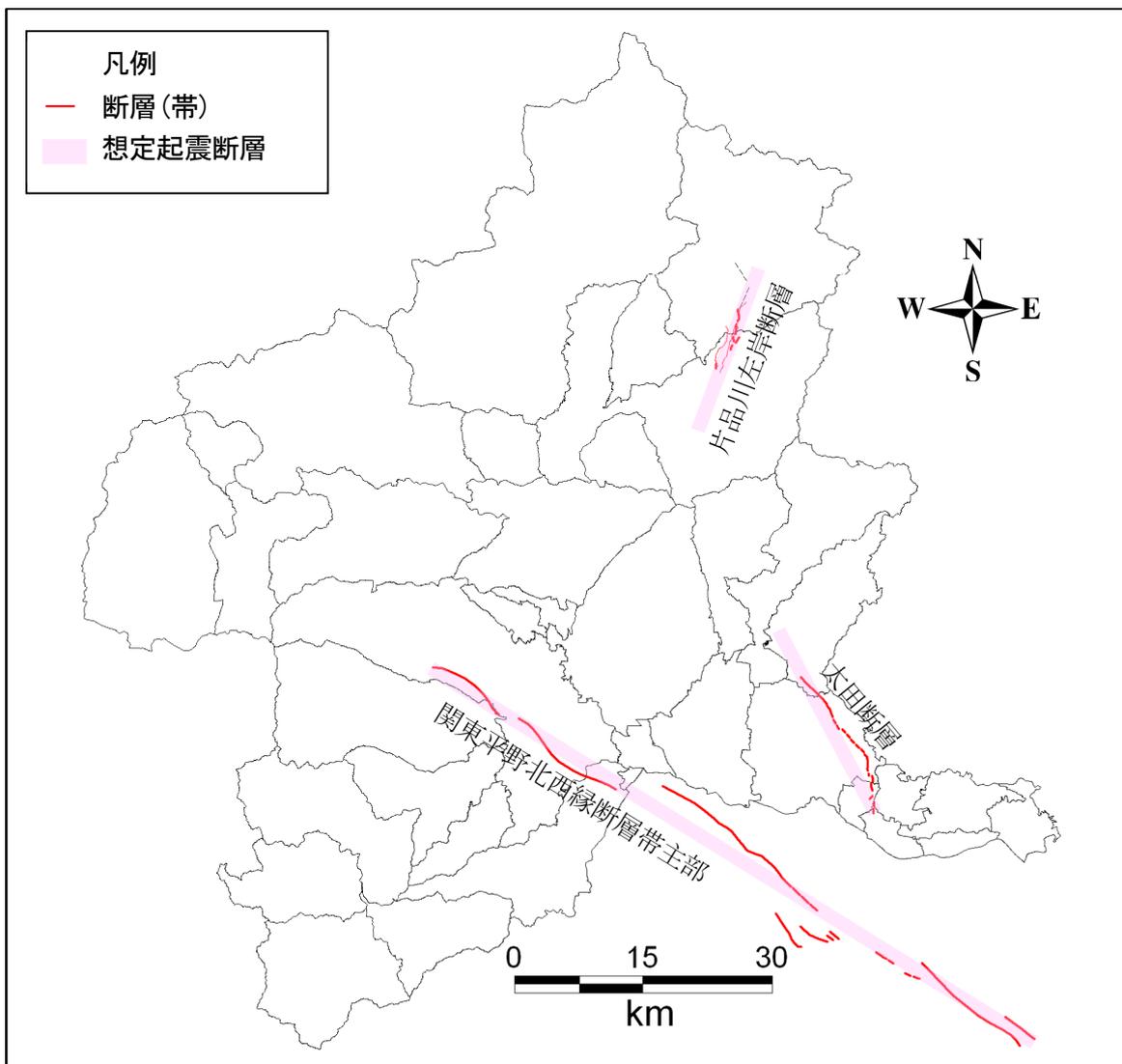


図 2.3-4 地震被害想定を実施する3つの断層(帯)と想定起震断層の位置図

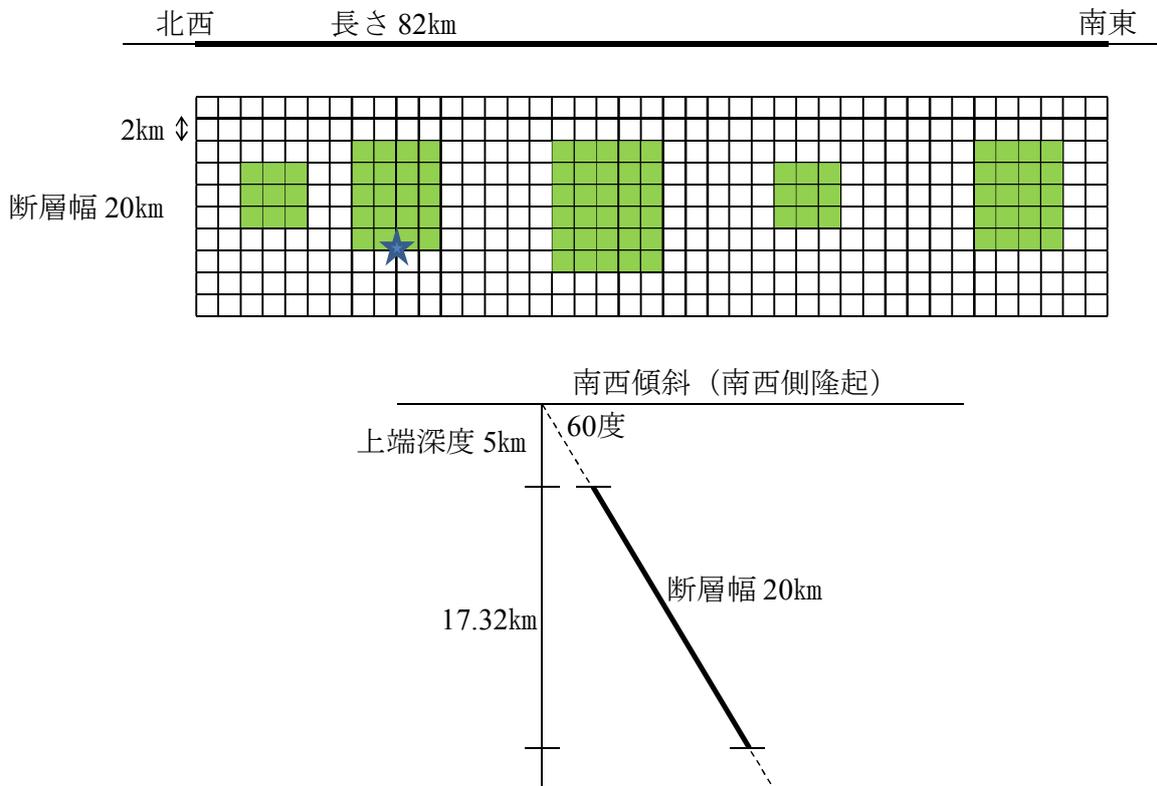


図 2.3-5(1) 関東平野北西縁断層帯主部の震源断層モデルの概略図
 上図：震源断層面を正面から見た図 (★：破壊開始点、緑：アスペリティ)
 下図：震源断層面 (太線) の地下断面図
 (地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009a)：全国地震動予測地図より)

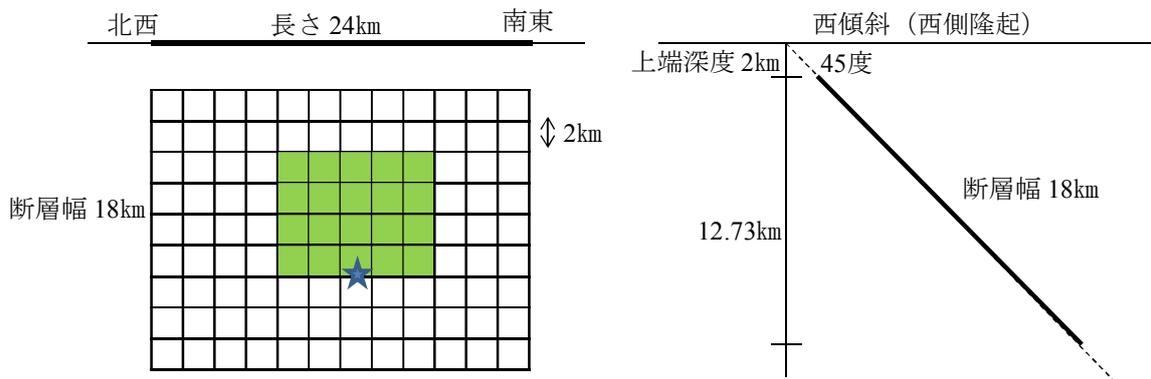


図 2.3-5(2) 太田断層の震源断層モデルの概略図

左図：震源断層面を正面から見た図（★：破壊開始点、緑：アスペリティ）

右図：震源断層面（太線）の地下断面図

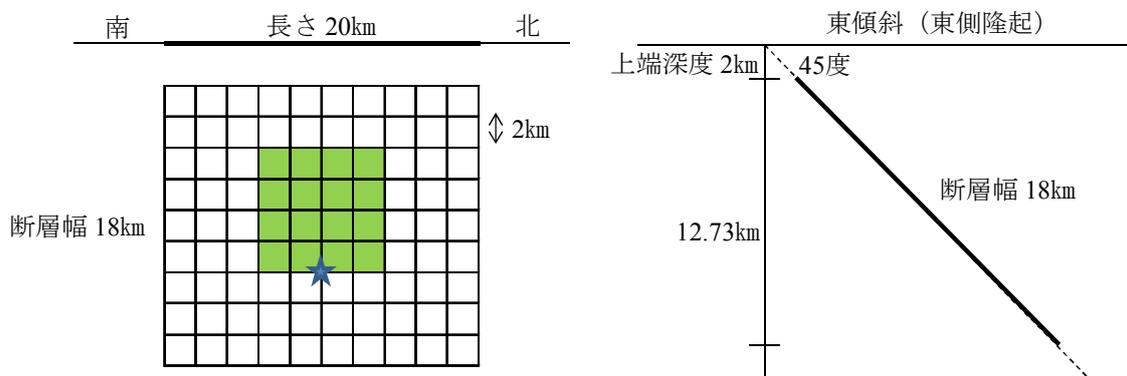


図 2.3-5(3) 片品川左岸断層の震源断層モデルの概略図

左図：震源断層面を正面から見た図（★：破壊開始点、緑：アスペリティ）

右図：震源断層面（太線）の地下断面図

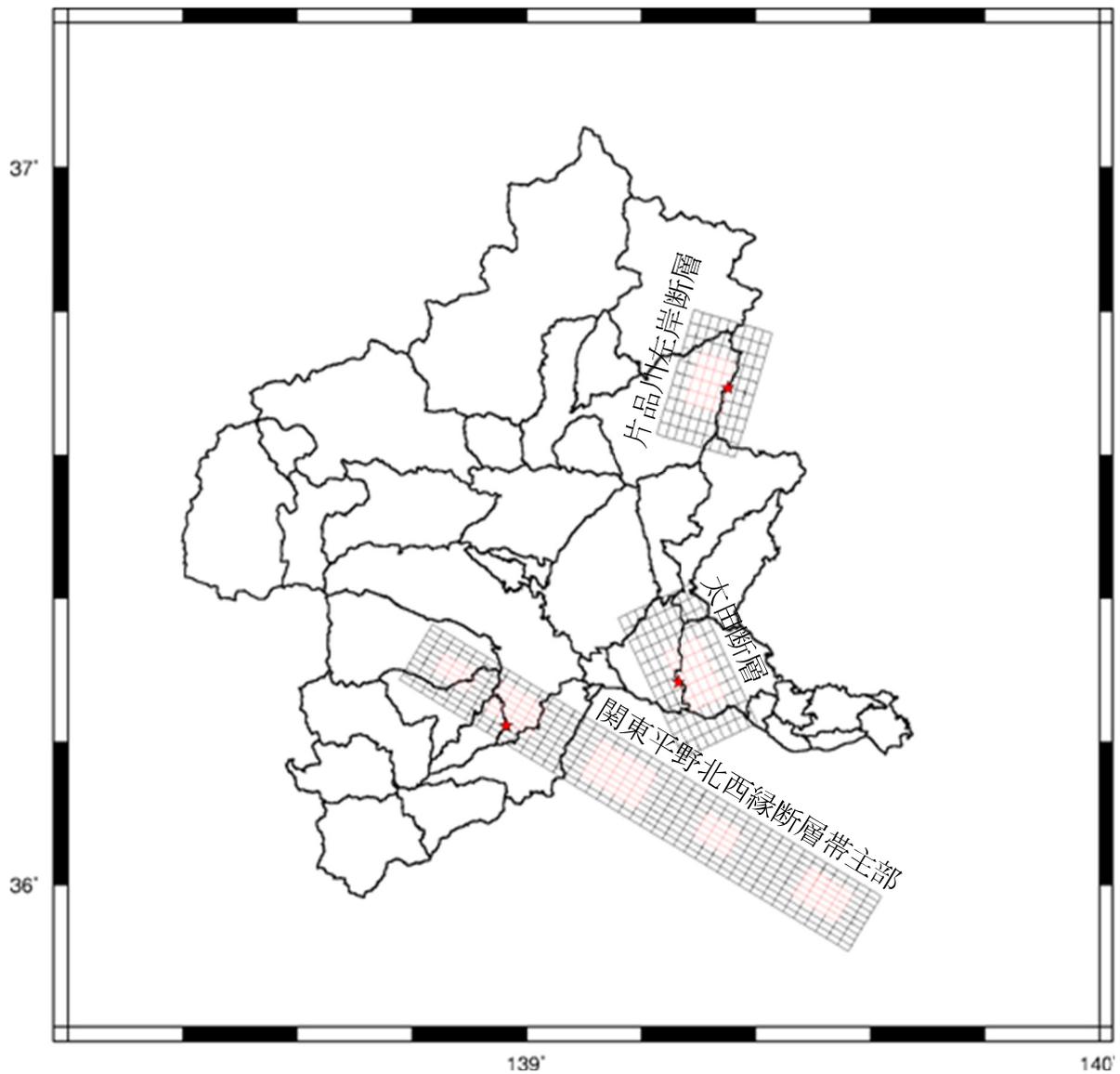


図 2.3-6 被害想定を行う3つの断層(帯)についての震源断層モデルの位置図
(地下の震源断層モデルを地表に投影した図。★：破壊開始点、赤：アスペリティ)

2.4 予防対策用地震の設定

既知の活断層以外においても、地殻内の浅いところで発生する地震については、いっどこで発生するかわかっていない。これまでも、内陸部の地震について、地表に活断層が特に認められていなかった場所でも M7 前後の地震が突然発生した事例が見られる（表 2.4-1）。

表 2.4-1 日本の主な内陸地震（M6.8 以上）による地表地震断層の出現状況
（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(2010)に加筆）

	地表地震断層が現れた地震	地表地震断層が不明瞭な地震
主要活断層帯	1847 年善光寺 (M7.4) 1858 年飛越 (M7.0-7.1) 1891 年濃尾 (M8.0) 1896 年陸羽 (M7.2) 1927 年北丹後 (M7.3) 1930 年北伊豆 (M7.3) 1995 年兵庫県南部 (M7.3) (注1) 2004 年新潟県中越 (M6.8) (注2)	1854 年伊賀上野 (M7.25) (注4) 1894 年庄内 (M7.0) (注5) 1931 年西埼玉 (M6.9) 1948 年福井 (M7.1)
短い活断層	1943 年鳥取 (M7.2) (注3) 1945 年三河 (M6.8) 1974 年伊豆半島沖 (M6.9)	
活断層なし (予め震源を特定しにくい地震)		1900 年宮城県北部 (M7.0) 1909 年姉川 (M6.8) 1914 年鹿児島県中部 (M7.1) 1914 年秋田県仙北 (M7.1) 1925 年北但馬 (M6.8) 1939 年男鹿 (M6.8) 1961 年北美濃 (M7.0) 1984 年長野県西部 (M6.8) 2000 年鳥取県西部 (M7.3) 2008 年岩手・宮城内陸 (M7.2)
沿岸海域の活断層		1802 年佐渡小木 (M6.5-7.0) 1804 年象潟 (M7.0) 1871 年浜田 (M6.9-7.3) 1922 年千々石湾 (M6.9) 1963 年越前岬 (M6.9) 1978 年伊豆大島近海 (M7.0) 2005 年福岡県西方沖 (M7.0) 2007 年能登半島 (M6.9) 2007 年新潟県中越沖 (M6.8)

(注1) 六甲・淡路島断層帯の長期評価（地震調査委員会、2005）では、「淡路島西岸区間では断層活動が地表まで達し明瞭な地表地震断層が出現したほか、六甲山地南縁においては余震活動や地震波形の観測・解析等から地下において断層活動が起こったことが明らかになっている。」、としている。

(注2) 六日町断層帯の長期評価（地震調査委員会、2009）では、ケース2では中越地震を本断層帯の最新活動と評価しているが、ケース1では、「本トレンチにおける中越地震の活動に伴う変位量はそれ以前の活動の変位量に比べ有意に小さいことから、この活動は本断層帯北部の最新活動ではないと判断した。」、としている。
(注：六日町断層帯では、その北部が中越地震の震源とするケース（ケース2）と、震源ではないとするケース（ケース1）の両論が併記されている。)

(注3) 金田・岡田（2002）は、地表地震断層の長さは11kmと推定しているが、中田ほか(2004)は、吉岡断層西端から約8km離れた鳥取市の東方に長さ約6kmの活断層が存在し、これらの活断層が一括して活動したと考えられる、としている。

(注4) 木津川断層帯の長期評価（地震調査委員会、2004）では、「横田ほか（1976）、萩原（1982）は、現地調査等から1854年（安政元年）の伊賀上野地震が本断層帯の活動による地震である可能性を言及した。ただし、荻谷ほか（1999）は横田ほか（1976）が指摘した地震断層は地すべりによる滑落崖の疑いがあると指摘している。」、としている。

(注5) 庄内平野東縁断層帯の長期評価（地震調査委員会、2009）では、「これまでのところ、庄内地震時の変位を直接示す証拠は認められておらず、断層は地表までは到達しなかったと推定されている（鈴木ほか、1994；太田ほか、2000）」、としている。

そこで、中央防災会議の「首都直下地震対策専門調査会」の報告に準じて、全国どこでも発生しうる地殻内の浅い場所で発生する地震を、地震防災対策上仮に設定した「予防対策用地震」（以下、「予防対策用地震」と略す。）として、県の全ての市町村で設定する。設定する地震の規模は、中央防災会議（2004）に準拠してM6.9とする。（図2.4-1、図2.4-2参照）

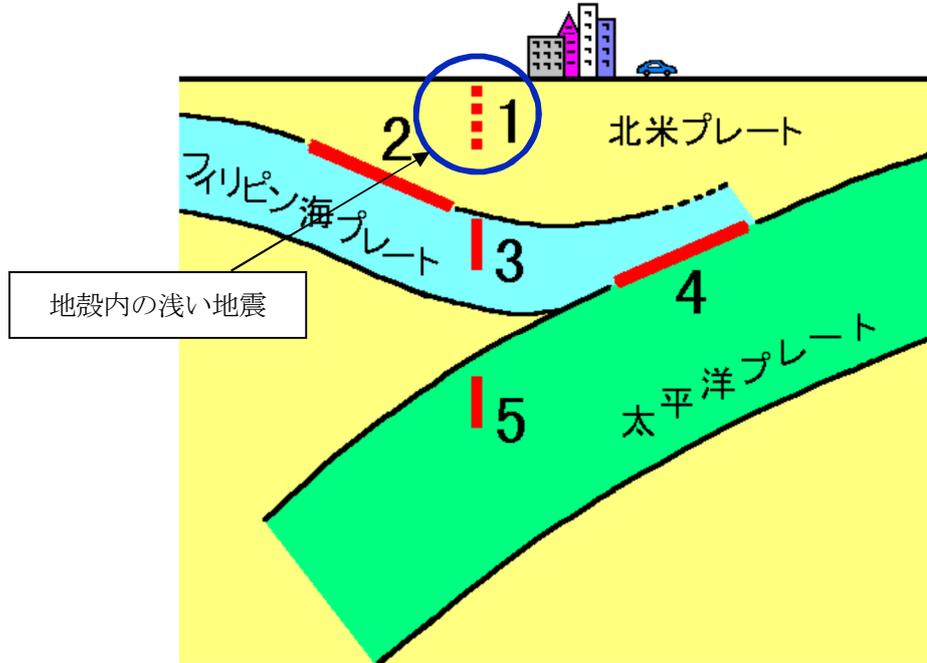


図 2.4-1 直下の地震の発生様式（中央防災会議(2004)に加筆）

- 1:地殻内の浅い地震 2:フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震
- 3:フィリピン海プレート内の地震 4: フィリピン海プレートと太平洋プレートとの境界の地震
- 5:太平洋プレート内の地震

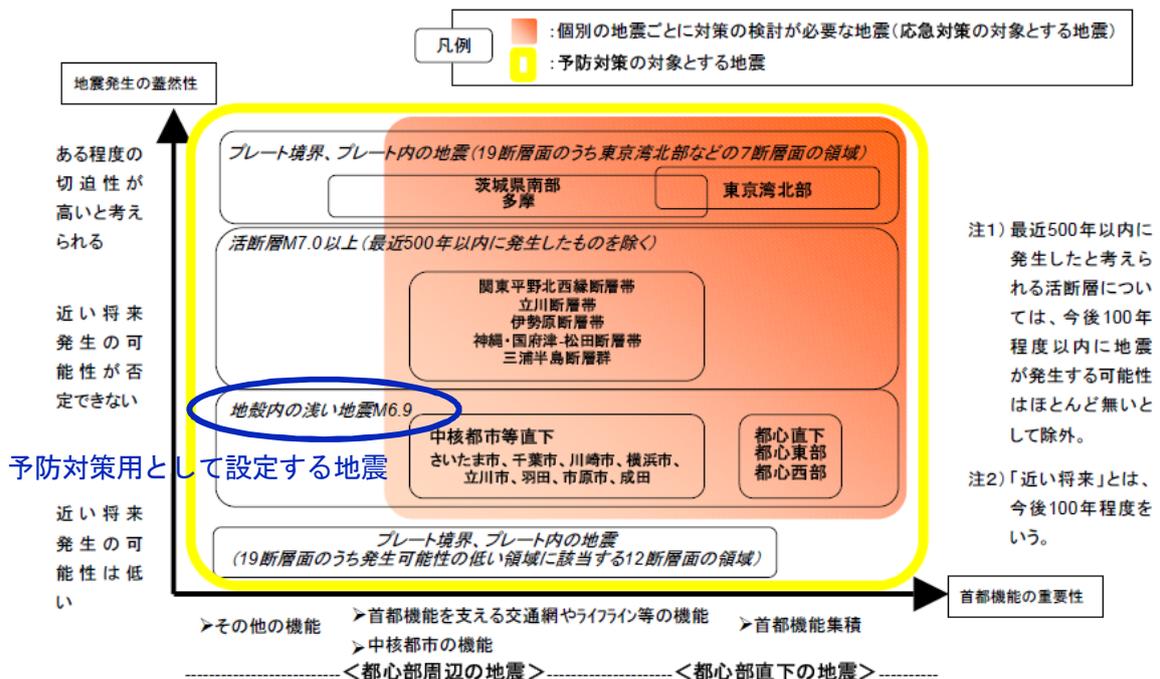


図 2.4-2 予防対策用として想定する地震（中央防災会議(2004)に加筆）

2. における参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)：関東平野北西縁断層帯の長期評価について.
- 2) 中央防災会議(2004)：中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書(図表集).
- 3) 活断層研究会(編)(1991)：新編日本の活断層.
- 4) 中田 高・今泉俊文(編)(2002)：詳細活断層デジタルマップ.
- 5) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)：信濃川断層帯(長野盆地西縁断層帯)の評価.
- 6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009)：六日町断層帯の評価.
- 7) 松田博幸・羽田野誠一・星埜由尚(1977)：関東平野とその周辺の活断層と主要な構造性線状地形について，地学雑誌，86(2).
- 8) 熊原康博・近藤久雄(2008)：群馬県東部大間々周辺における活断層の地形学的認定，えりあぐんま，第14号，1-13.
- 9) 熊原康博・近藤久雄(2009)：群馬県南東部で新たに発見した活断層の地形・地質学的証拠，日本活断層学会2009年度秋季学術大会講演要旨.
- 10) 中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会(2011)：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告，平成23年9月28日，44p，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/houkoku.pdf>.
- 11) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009a)：「全国地震動予測地図 別冊2 震源断層を特定した地震動予測地図」，平成21年7月21日，352p.，http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09_yosokuchizu/index.htm.
- 12) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012)：今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧，平成24年2月9日現在.
- 13) 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(2010)：「活断層の長期評価手法」報告書 暫定版，http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu_hyokashuho/honpen.pdf.
- 14) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010a)：「活断層の長期評価手法(暫定版)」報告書の公表について，平成22年11月25日，http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/katsu_hyokashuho/101125katsu_hyokashuho.pdf.
- 15) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010b)：全国地震動予測地図2010年版，平成22年5月20日，http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/index.htm.
- 16) 松田時彦(1975)：活断層から発生する地震の規模と周期について，地震2，28，269-284.
- 17) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009b)：震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(平成21年12月21日改訂).

3. 地盤モデルの作成

地震動予測計算に用いる地盤モデルとしては、地震基盤から工学的基盤までの地盤を対象とした深部地盤構造モデルと、工学的基盤から地表までの浅部地盤構造モデルを構築した。

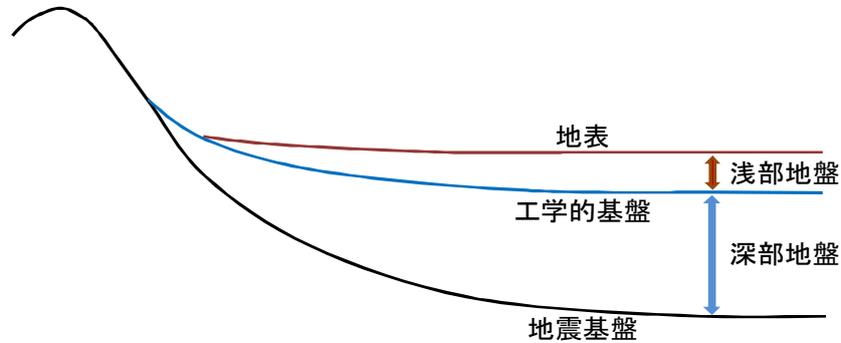


図 3.1 地盤構造の模式断面図

1) 深部地盤構造モデル

深部地盤モデルは、地震調査研究推進本部により検討され、「全国地震動予測地図」の強震動計算に用いられている深部地盤モデルを利用した。このモデルは、既往の探査データ・地質データを元に作成され、地震観測記録等による検証されたものであり、地震調査研究推進本部及び防災科学技術研究所の「地震ハザードステーション (J-SHIS)」で公開されているものである (例 図 3.2)。

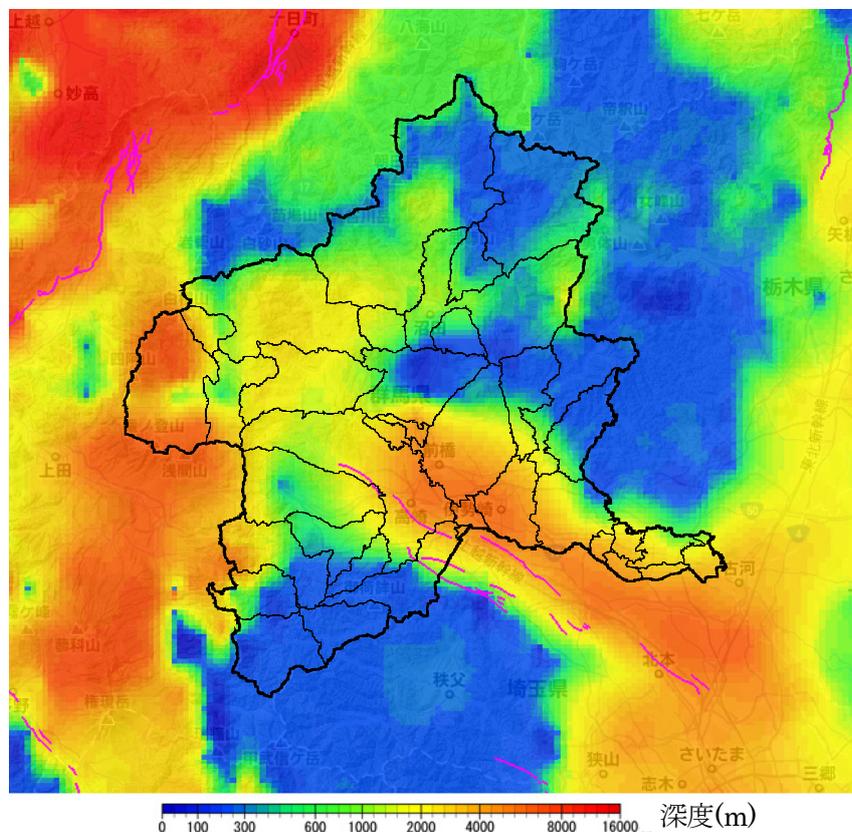


図 3.2 深部地盤モデルにおける地震基盤の上面深度分布図 (J-SHIS より：行政界を加筆)

2) 浅部地盤構造モデル

工学的基盤以浅については、藤原(2007)の方法を参照して、図 3.3 に示すように、250mメッシュ毎に、ボーリングデータに基づいて、地質区分と地盤の硬さの指標であるN値の代表柱状図を設定し、N値と地震波（S波）速度の相関を用いて、各層にS波速度を与えて層構造を設定した。この浅部地盤モデルを用いて、地震応答計算により地表の地震波形を作成する（「4.1 地震動予測手法」参照）。

収集したボーリングデータ数は7,441本であった。その分布を図 3.4 に示した。また、250mメッシュ内のボーリングデータの本数を図 3.5 に示した。

ボーリングデータが複数存在するメッシュについては、掘進長の一番長いボーリングデータを採用した。ボーリングデータの存在しないメッシュについては、同一微地形区分で最も距離の近いメッシュのボーリングデータを採用した。

微地形区分については、若松・松岡(2011)による世界測地系 250mメッシュ微地形区分データを用いた。群馬県の微地形区分を図 3.6 に示した。

各メッシュの工学的基盤の深さについては、まず、以下の条件により工学的基盤に達しているボーリングデータの抽出を行った。

- ① 最下端でN値 50 が連続して3回以上確認される。→ 最上位のN値 50 確認深度
 - ② N値 50 が連続5回以上確認される→ 最上位のN値 50 確認深度
 - ③ 土質表記が「岩」でN値なし → 岩盤層の上端深度+1m
 - ④ 土質表記が「岩」でN値 50 未満 → 岩盤層の上端深度+1m
 - ⑤ 土質表記が「岩」でN値 50 以上 → N値最終深度
- ①～⑤のうち、最も浅い深度をボーリングデータの工学的基盤の上面深さとした。

工学的基盤に達していないボーリングデータについては、平成9年度群馬県地震被害想定調査報告書の工学的基盤コンター（図 3.7）を参照して、以下の条件で工学的基盤を設定した。

- ① ボーリングデータの下端深度+3m
 - ② 工学的基盤コンターの深さ（10m以浅のメッシュについては、10mとした）
- ①、②のうち、深い方の深度を工学的基盤とした。

作成したモデルの表層 30mの平均S波速度（AVS30）を図 3.8 に示した。なお、AVS30については、後述する距離減衰式による地表地震動の評価において、工学的基盤に対する地表の増幅度を計算するために用いる。

また、作成した浅部地盤モデルの例を図 3.9～図 3.11 に示した。

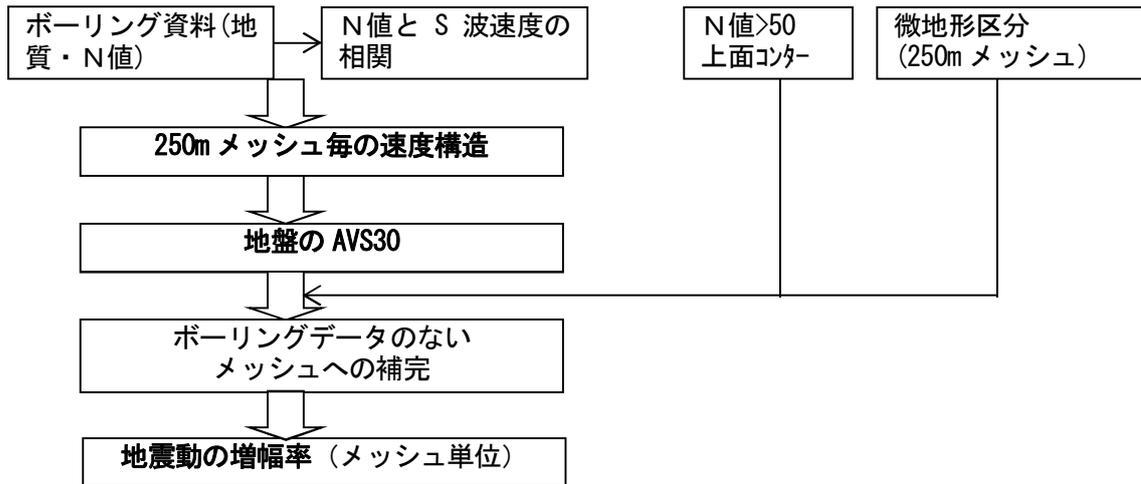


図 3.3 浅部地盤構造モデルの作成フロー

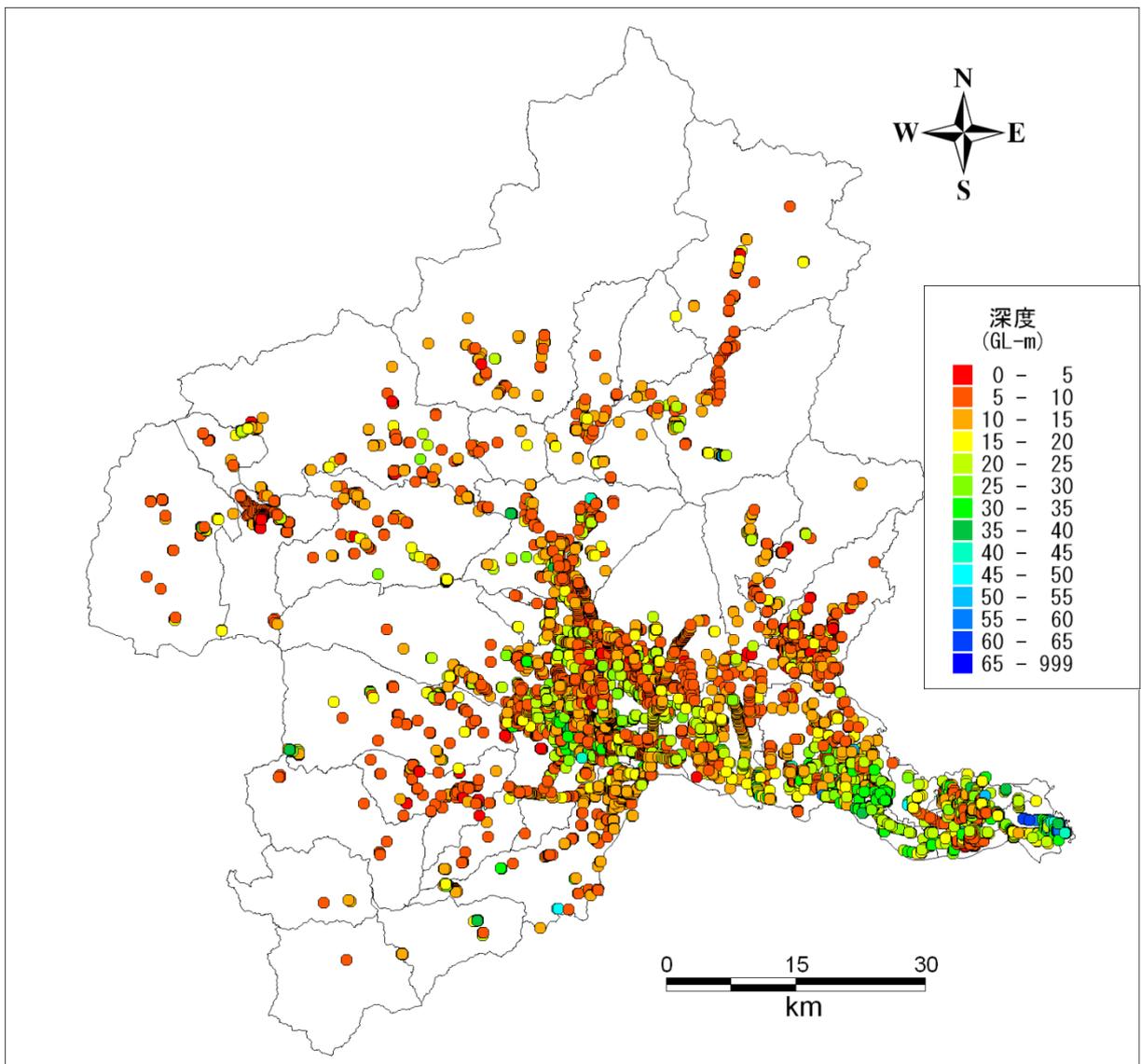


図 3.4 ボーリングデータの分布（掘進深度で色分け）

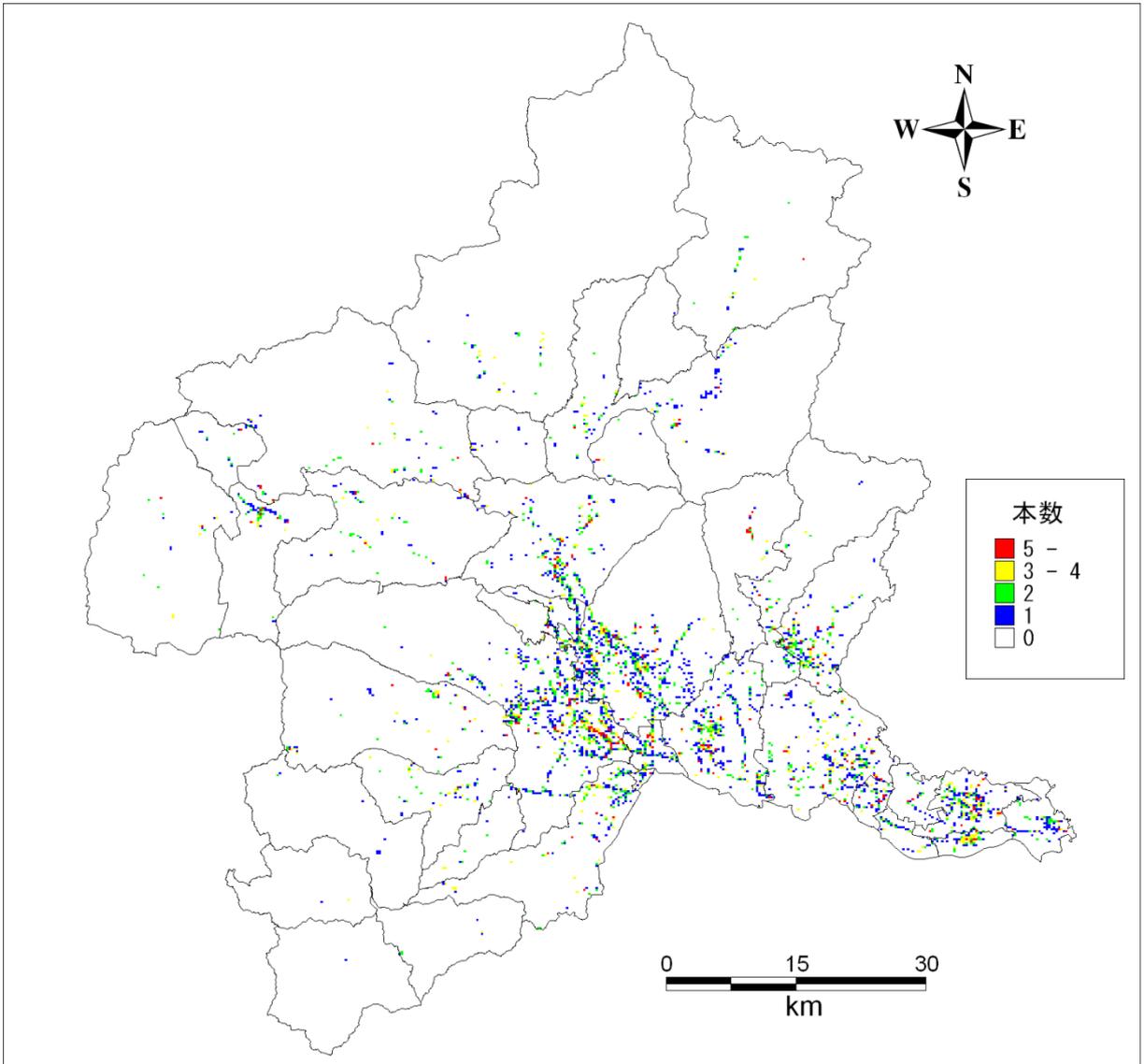


図 3.5 250m メッシュ内のボーリングデータの本数

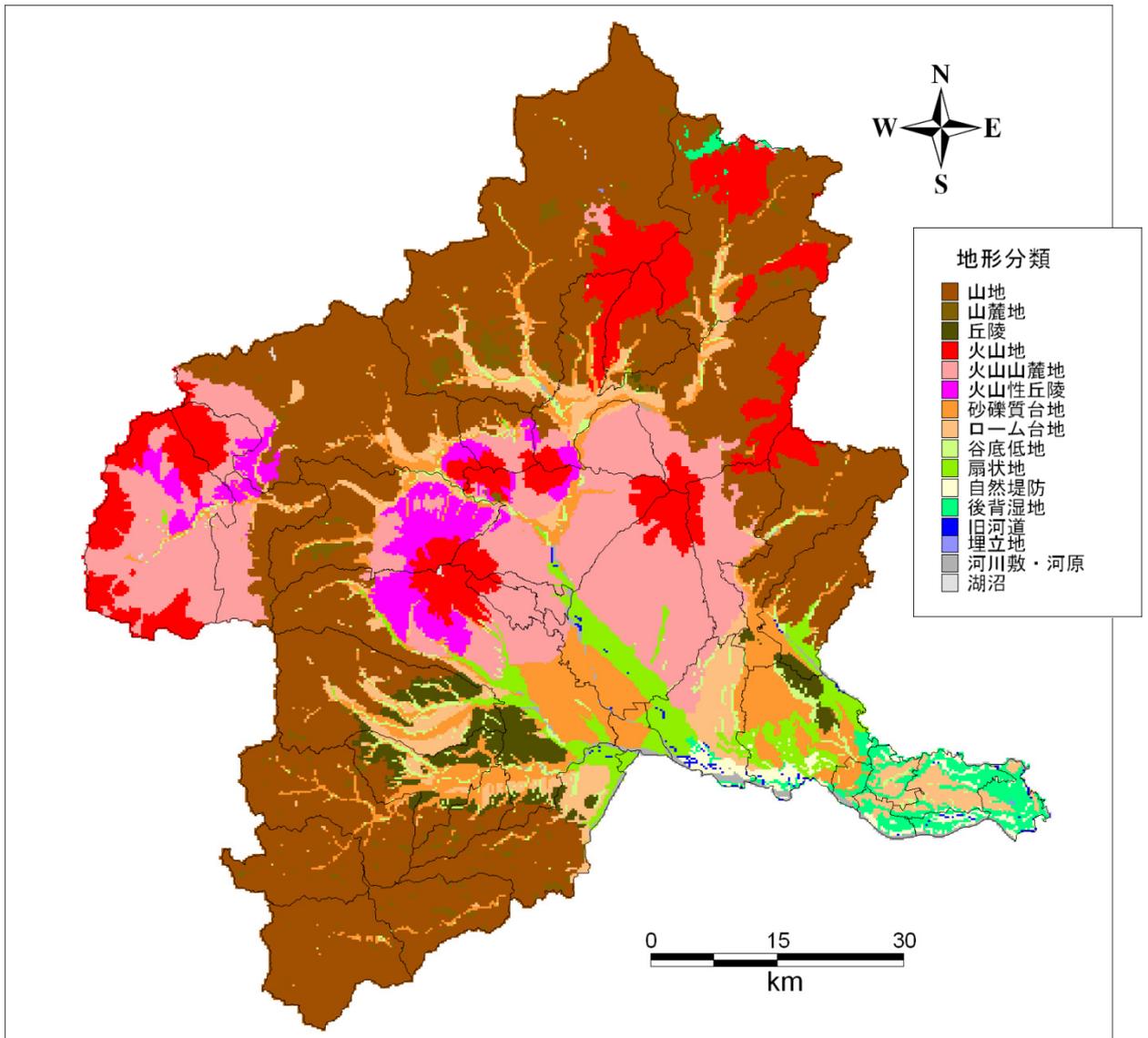


図 3.6 若松・松岡（2011）による世界測地系 250m メッシュ微地形区分



図 3.7 平成 9 年度地震被害想定調査報告書による工学的基盤深さ

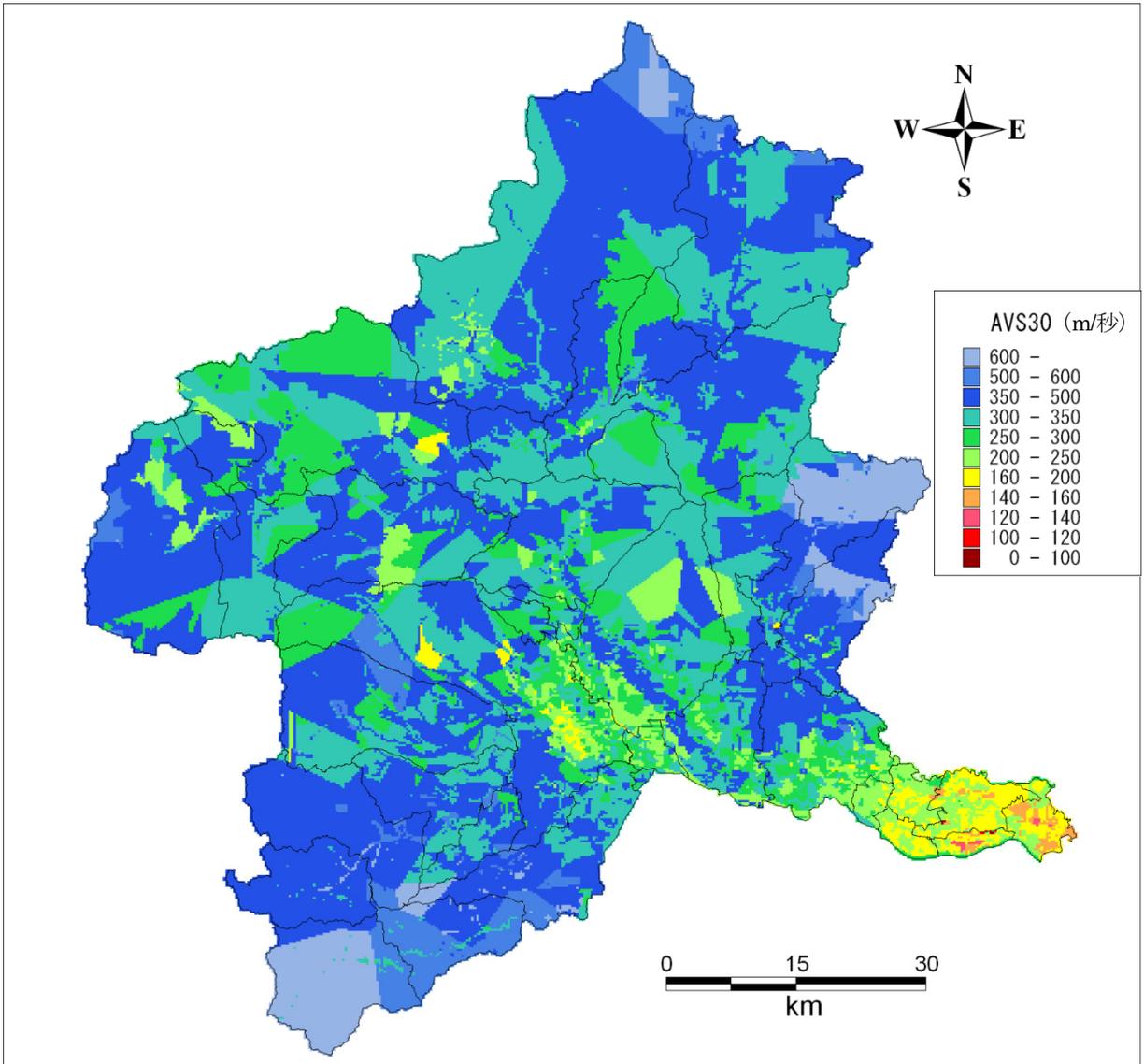


図 3.8 作成した地盤モデルの AVS30 の分布

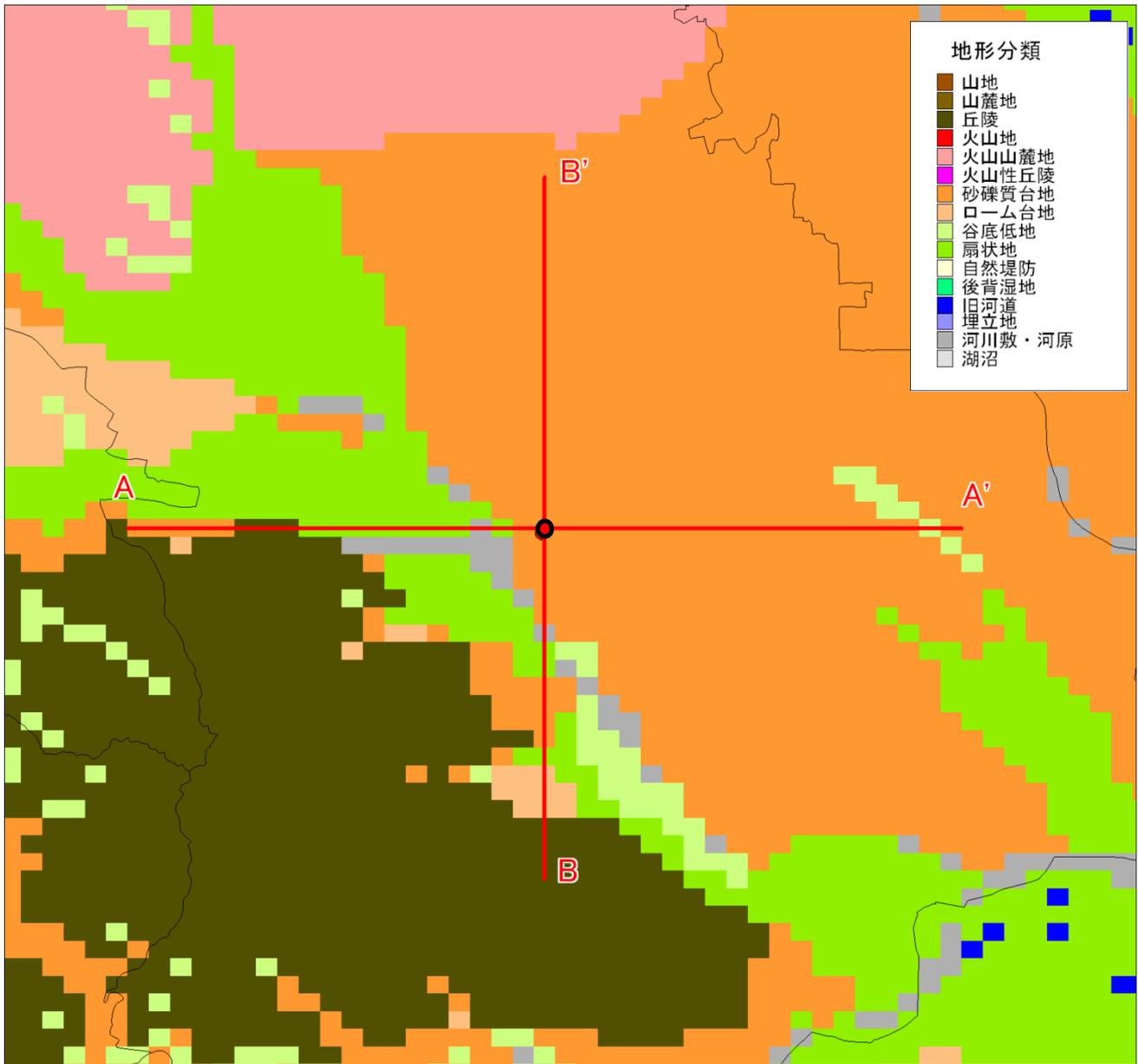


図 3.9 浅部地盤モデルの拡大図（赤線：高崎市役所を中心とした断面線の位置）

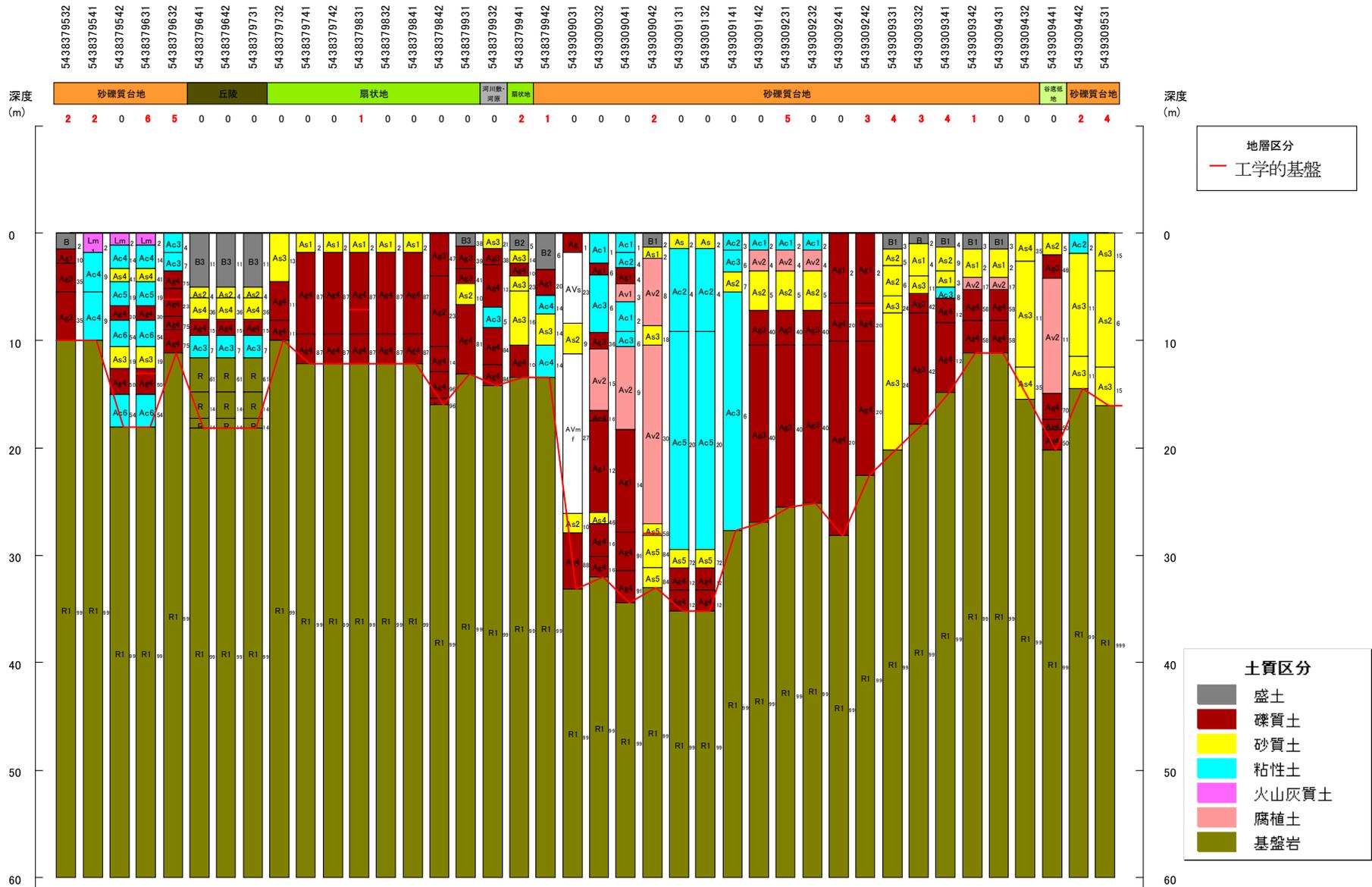
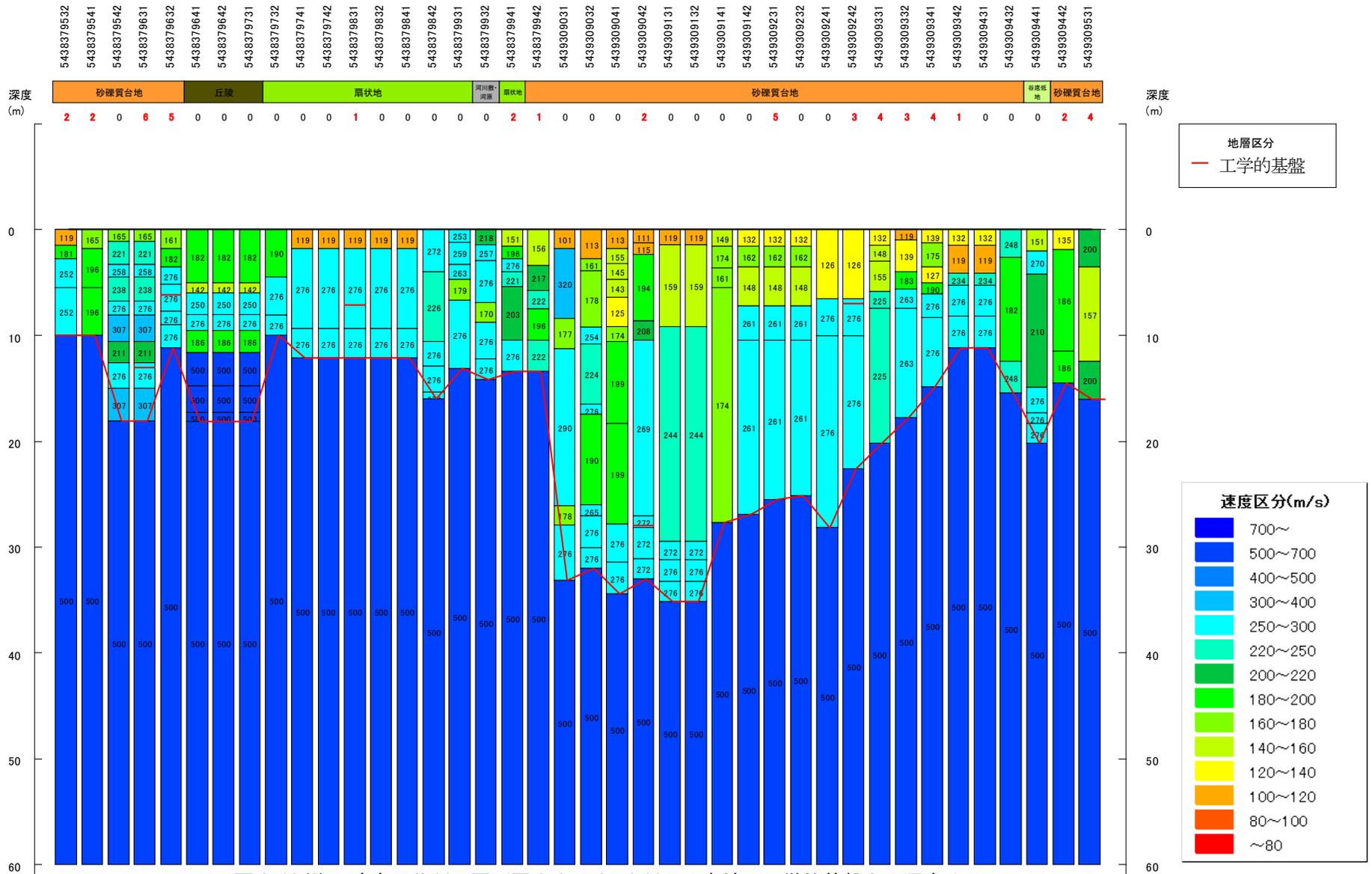


图 3.10(1) 土質区分断面图 (图 3-9 の A~A'断面。赤線：工学的基盤上面深度。)



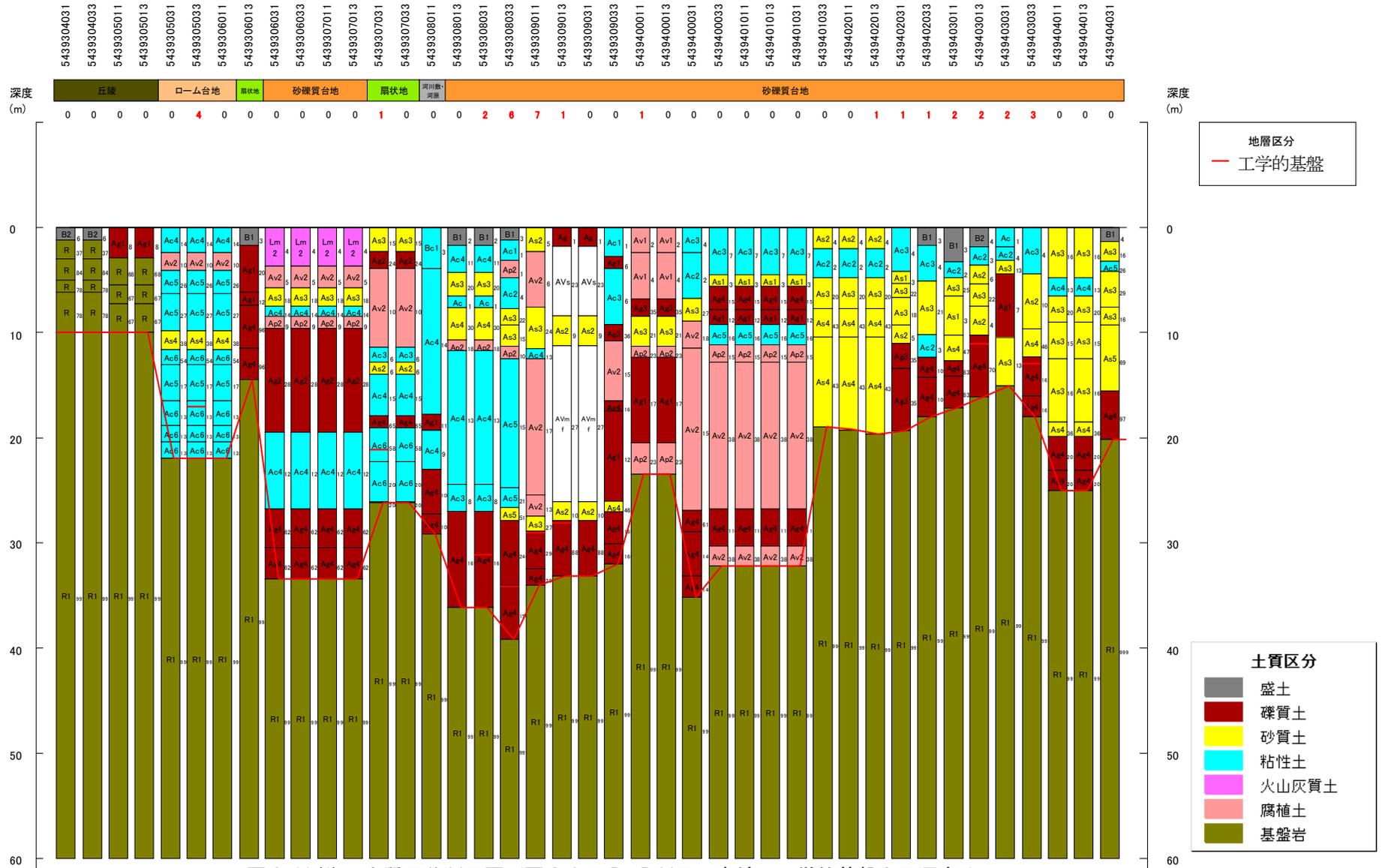


图 3.11(1) 土質区分断面图 (图 3-9 の B~B'断面。赤線：工学的基盤上面深度。)

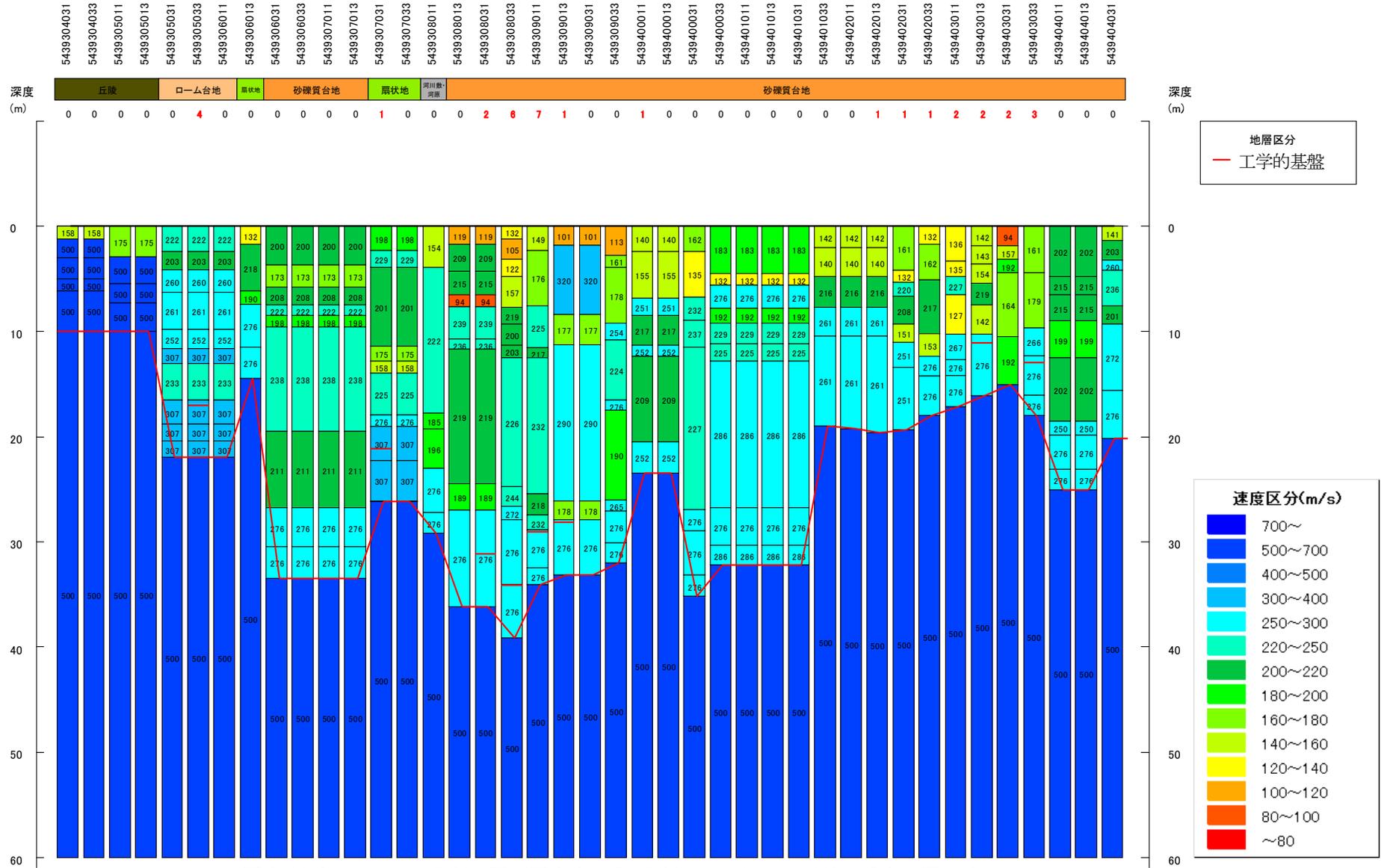


図 3.11(2) 速度区分断面図 (図 3-9 の B~B'断面。赤線：工学の基盤上面深度。)

3. における参考文献

- 1) 防災科学技術研究所(2009)：地震ハザードステーション J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>.
- 2) 藤原広行(2007)：統合化地下構造データベースの構築に向けて，シンポジウム 統合化地下構造データベースの構築に向けて 予稿集，防災科学技術研究所, 9-22.
- 3) 若松加寿江・松岡昌志(2011)：世界測地系に準拠した地形・地盤 250m メッシュマップの構築，日本地震工学会大会-2011 梗概集, 84-85.
- 4) 群馬県総務部消防防災課(1998)：平成 9 年度群馬県地震被害想定調査 報告書 平成 10 年 3 月.

4. 地震動予測

4.1 地震動予測手法の概要

地震動は、深部地盤と浅部地盤に分けて検討した。図 4.1-1 に地震動予測の概念図を示す。

関東平野北西縁断層帯主部や、太田断層、片品川左岸断層による地震については、次のような手法で地表の地震動を予測した。

震源断層から深部地盤の上面である工学的基盤までは、統計的グリーン関数法で発生する地震波を計算した。深部地盤モデルには、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010)の「全国地震動予測地図 2010年版」の強震動計算に用いられている深部地盤モデルを利用した。断層面やその中でも地震動を強く発生する領域(アスペリティ)及び断層の破壊開始点を設定して、工学的基盤における地震波の計算を行った。

また、工学的基盤から地表までの浅部地盤の範囲では、地下を伝わって来た地震波が浅い地盤(表層地盤)で増幅され地表に達する過程を、地盤の非線形性を考慮した等価線形法を用いた応答計算を行うことで計算し、地表の地震波形を求めた。計算には、群馬県のボーリングデータを基に作成した浅部地盤モデルを使用した。

予測した地表面での地震波から、地表震度などを算出した。

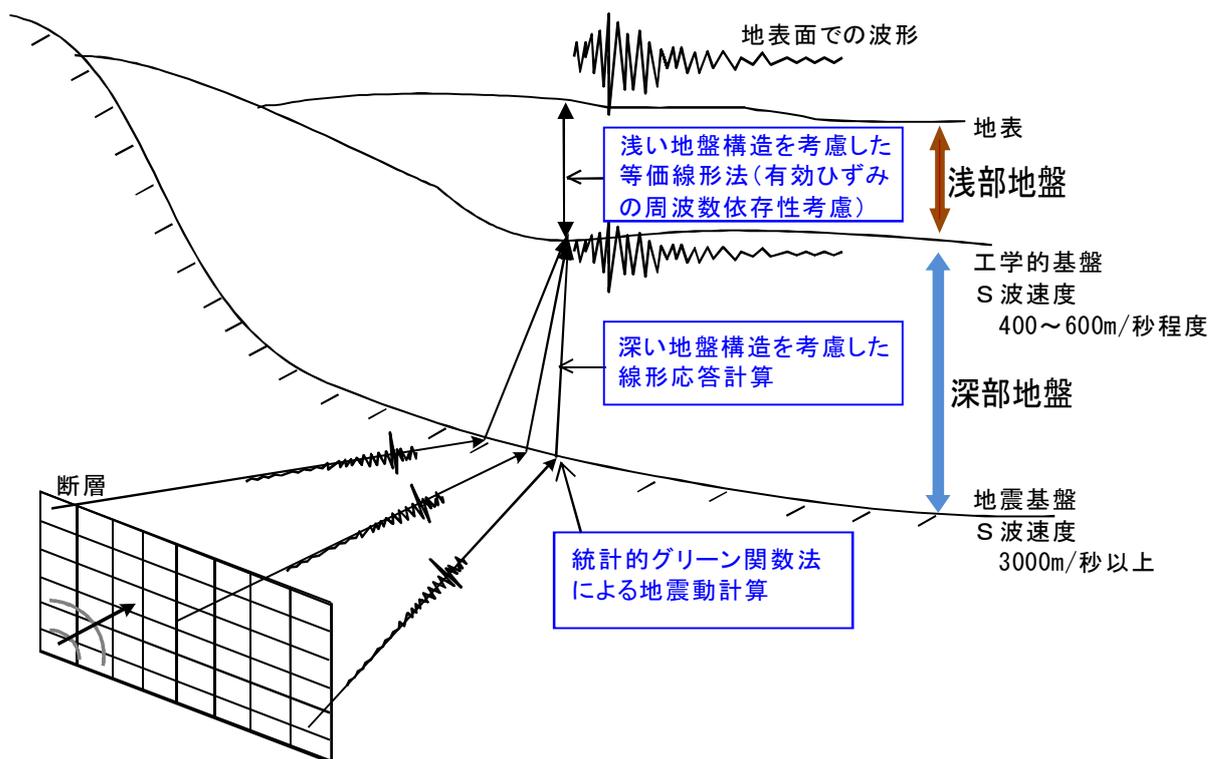


図 4.1-1 地震動予測の概念図

4.2 地震動予測手法

1) 震源～深部地盤の地震動予測

震源から工学的基盤までの地震動予測においては、想定地震ごとに工学的基盤上における3成分（水平2成分および上下成分）の地震動波形を、統計的グリーン関数法を用いて計算した。

統計的グリーン関数法では、Boore(1983)に準拠した地震基盤における要素波をSV波、SH波それぞれについて作成し、入倉ほか(1997)による方法で波形合成を行った。ここで、地震基盤から工学的基盤までの地盤増幅は、SV波、SH波それぞれの斜め入射により評価し、座標回転によりNS成分、EW成分、UD成分の3成分の波形を計算した。なお、理論ラディエーション係数を算出するための射出角および非弾性減衰を算出するための走時については、球殻モデルによる計算値を用いた。以下に要素波の計算条件、波形合成の条件を示す。

a) 要素波の計算条件

Boore (1983) に準拠し、地震基盤における要素波をSV波、SH波それぞれについて作成する。まず、周波数 f に関する加速度振幅スペクトル $A(f)$ を設定する。

$$A(f) = \frac{R_{\theta\phi}(f)}{4\pi\rho\beta^2} \cdot \frac{M_0 \cdot (2\pi f)^2}{1 + (f/f_c)^2} \cdot \frac{1}{[1 + (f/f_{\max})^{2s}]^{1/2}} \cdot \frac{\exp(-\pi f t_t / Q)}{R} \cdot \sqrt{\frac{\rho\beta}{\rho_b\beta_b}}$$

----- (式 4.2-1)

ここで、 $R_{\theta\phi}$ はラディエーション係数、 ρ [kg/m³] および β は震源における密度およびS波速度を表す。 M_0 [N·m] は地震モーメント、 f_c [Hz] はコーナー周波数であり、 f_{\max} [Hz] はハイカットフィルターの遮断周波数を表し、係数 s はフィルターの次数を表す。 Q は非弾性減衰定数、 t_t [秒] および R [km] はそれぞれ、震源からサイト直下の地震基盤までの走時および距離を表す。また、 ρ_b, β_b はそれぞれ、地震基盤における密度およびS波速度である。

高周波遮断周波数 f_{\max} は対象の地震タイプごとに設定し、次数 s は2を用いた。また、コーナー周波数 f_c は Brune(1970) に基づき、次式で算出した。

$$f_c = 4.9 \times 10^6 \beta (\Delta\sigma/M_0)^{1/3}$$

本検討では、 $A(f)$ の振幅に一様乱数で位相を与え、Boore (1983) による時刻 t に関する包絡関数 $w(t)$ を考慮し、要素波を作成した。

$$w(t) = at^b e^{-ct} H(t)$$

ただし、

$$\begin{aligned} a &= (e/\epsilon T_w)^b \\ b &= \epsilon \ln \eta / [1 + \epsilon(\ln \epsilon - 1)] \\ c &= b/\epsilon T_w \end{aligned}$$

とする。ここで、 $H(t)$ は単位ステップ関数、 T_w [秒] は継続時間を表す。Boore (1983) に準じ、 T_w は破壊継続時間 $T_d = f_c^{-1}$ [秒] の2倍を用いた。また、 $\epsilon = 0.2, \eta = 0.05$ を用いた。

次に、ラディエーション係数 $R_{\theta\phi}(f)$ について、周波数では理論放射係数 $R_{\theta\phi 0}$ 、高周波数では平均化された放射係数 $R_{\theta\phi m}$ となるように、次式の香川(2004)による方法を用いた。

$$R_{\theta\phi} = \frac{(\log(f_2) - \log(f))R_{\theta\phi 0} + (\log(f) - \log(f_1))R_{\theta\phi m}}{\log(f_2) - \log(f_1)}$$

本検討では $f_1 = 0.25\text{Hz}, f_2 = 2\text{Hz}$ とし、高周波数での平均化された $R_{\theta\phi m}$ は、大西・堀家

(2004) により算出した

震源からサイト直下の地震基盤までの走時 t_t および射出角については、笠原(1985)を参考にした球殻モデルにより算出される値を用いた。球殻モデルの S 波構造は、モホ面深さ M を 32[km]、地表からの深さを H [km]として以下のように設定した。

$$V_s = 3.2 \times \left(\frac{R_0 - H}{R_0} \right)^{-60} \quad H < M$$

$$V_s = 4.475 \times \left(\frac{R_0 - H}{R_0 - M} \right)^{-3} \quad H \geq M$$

ここで、球殻モデルの半径 R_0 は 6371[km]とした。

最後に、波形合成に用いる要素波に関する一様乱数列（シード）は、香川(2004)を参考に、変位波形がベル型となるという条件を採用した。

b) 波形合成の条件

SV 波、SH 波それぞれに、サイト直下の地盤構造を用いた斜め入射による地盤増幅係数を乗じ、Radial および Transverse 成分から NS および EW 成分への座標回転を考慮した後、入倉ほか(1997)による補正関数を用いて波形合成を行った。

$$U(f) = \sum_m^{N_L} \sum_n^{N_W} e^{-i2\pi f t_{mn}} \left\{ \left(1 + \frac{1}{n'(1-e^{-1})} \right) \sum_{k=1}^{(N_D-1)n'} e^{-\frac{k-1}{(N_D-1)n'}} e^{-i2\pi f \frac{(k-1)\tau}{(N_D-1)n'}} \right\} u_{mn}(f)$$

ここで、 $U(f)$ は波形合成後のサイトの加速度フーリエスペクトルであり、 $u_{mn}(f)$ は要素断層によるサイトの加速度フーリエスペクトルである。 t_{mn} は破壊開始時刻からサイトに到達するまでの時間であり、球殻モデルによる走時と破壊開始点から要素断層までの破壊伝播時間の和で表される。 N_L, N_W, N_D はそれぞれ長さ方向、幅方向、すべり方向の分割数であり、 τ [秒]はライズタイム、 n' は重ね合わせによる人工的な周期特性を有効周波数より高い周波数側に移動させる再分割数である。

統計的グリーン関数法は遠方近似に基づいているため、震源断層からの距離（震源距離 R ）が大きくなるにつれて地震動が小さくなる幾何学的減衰については式(4.2-1)のように R の逆数 $1/R$ で表現されるが、震源との距離が近い場合は地震波振幅が過大評価される。地震波振幅の幾何学的減衰は、断層に近いところでは、遠方での $1/R$ よりも、 $1/(R+C)$ でよりよい近似となることが解析的に示されている（中央防災会議，2004）。このことは、司・翠川(1999)の経験的な手法（距離減衰式）でも同様の形で表現されている。 C については、司・翠川(1999)では、兵庫県南部地震など震源近傍でデータが得られている複数の地震を用いて、モーメントマグニチュード (M_w) と C の関係を求めているが、一方、中央防災会議(2004)では、司・翠川(1999)の距離減衰式との整合性を確認して、海溝型地震では $C=2.8\text{km}$ 、活断層型地震及び直下の地震では $C=8\text{km}$ を採用している。

2) 浅部地盤の地震動予測計算（地震応答計算）

工学的基盤まで計算された地震動波形を用い、群馬県内のボーリングデータを基に作成した浅部地盤モデルを用いて、地盤の非線形性を考慮した応答計算を行い、地表の地震動波形を予測計算した。また、この地震動波形から、気象庁による定義に従って、地表での計測震度を算出した。予測単位は250mメッシュ単位で行い、予測結果は、最大加速度、計測震度及び最大速度によりメッシュ単位で整理した。図4.2-1に今回の応答計算に用いた等価線形地震応答解析プログラムの概要を示した。また、等価線形地震応答解析については、図4.2-2に示す有効ひずみ周波数依存性を考慮した手法も考慮して計算を行った。

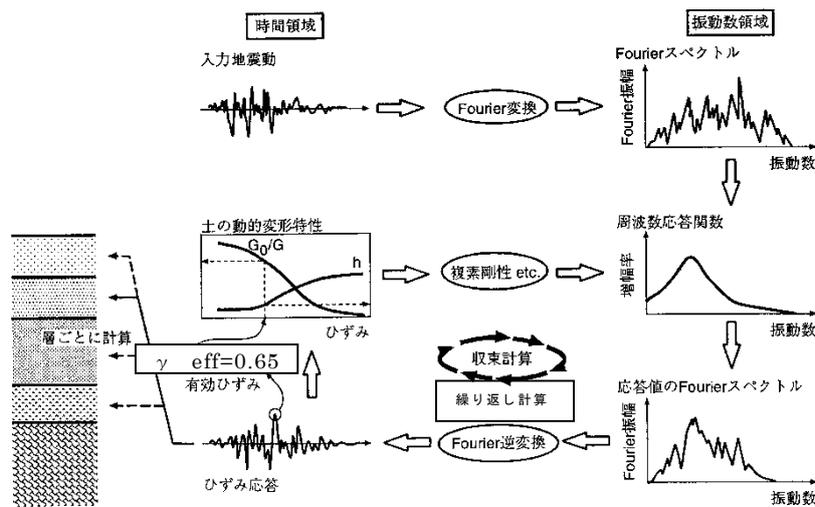


図 4.2-1 等価線形地震応答解析プログラムの概要（盛川，2005）

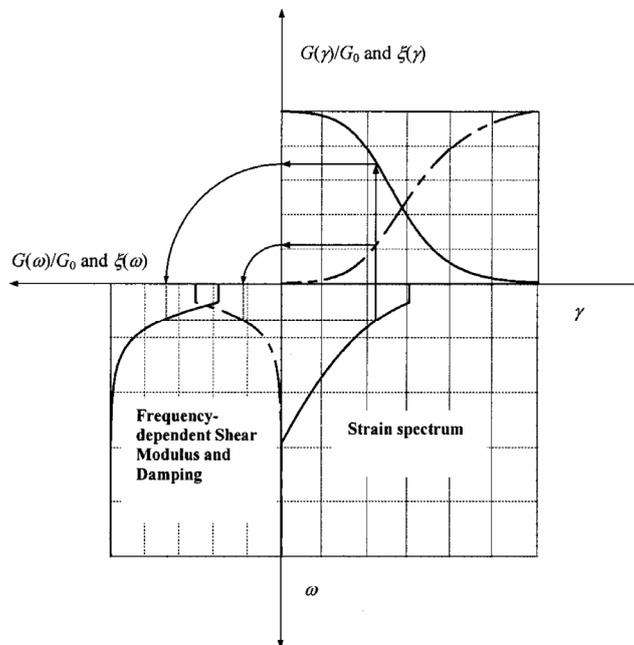


図4.2-2 有効ひずみの周波数依存性を考慮した場合の動的変形特性性曲線の概念図（Kausel & Assimaki, 2002）

地震応答計算に必要な物性値については、中央防災会議(2001)の値を用いた。
表4.2-1及び図4.2-3に、採用した物性値を示した。

表 4.2-1 設定した土質区分と単位体積重量

地質区分	地質名	記号	N値	単位体積重量 (kgf/cm ³)	
第四紀	埋土	B1	0~4	1.6	
		B2	4~10	1.7	
		B3	10~	2.0	
	腐植土	Ap1	0~1	1.2	
		Ap2	1~	1.3	
	粘性土	Ac1	0~2	1.4	
		Ac2	2~4	1.5	
		Ac3	4~8	1.6	
		Ac4	8~15	1.7	
		Ac5	15~30	1.8	
		Ac6	30~	1.8	
	砂質土	As1	0~4	1.7	
		As2	4~10	1.8	
		As3	10~30	1.9	
		As4	30~50	1.9	
		As5	50~	1.9	
	礫質土	Ag1	~20	1.9	
		Ag2	20~30	2.0	
		Ag3	30~50	2.0	
		Ag4	50~	2.0	
	更新世	ローム・凝灰質粘土	Lm1	0~4	1.4
			Lm2	4~	1.5
		粘性土	Dc1	0~2	1.5
			Dc2	2~4	1.6
			Dc3	4~8	1.7
			Dc4	8~15	1.8
			Dc5	15~30	1.8
			Dc6	30~	1.8
砂質土		Ds1	0~4	1.8	
		Ds2	4~10	1.8	
		Ds3	10~30	1.9	
		Ds4	30~50	1.9	
		Ds5	50~	2.0	
礫質土		Dg1	~20	1.9	
		Dg2	20~30	2.0	
		Dg3	30~50	2.0	
	Dg4	50~	2.1		
第三紀		K		2.1	

ON 値と S 波速度の関係

$$V_s = a \cdot N^n \cdot \left\{ \begin{array}{l} alluvium \\ diluvium \\ tertiary \end{array} \right\} \cdot \left\{ \begin{array}{l} clay \\ sand \\ gravel \end{array} \right\} \quad \text{—— (式 4.2-2)}$$

ただし、

- V_s : S 波速度
- a : 定数 (=112.73)
- N : N 値
- alluvium : 沖積層に対する補正係数 (=1.000)
- diluvium : 洪積層に対する補正係数 (=1.223)
- tertiary : 新第三紀層に対する補正係数 (=1.379)
- clay : 粘土層に対する補正係数 (=1.000)
- sand : 砂層に対する補正係数 (=0.885)
- gravel : 礫層に対する補正係数 (=0.900)
- n : 指数項 (=0.256)

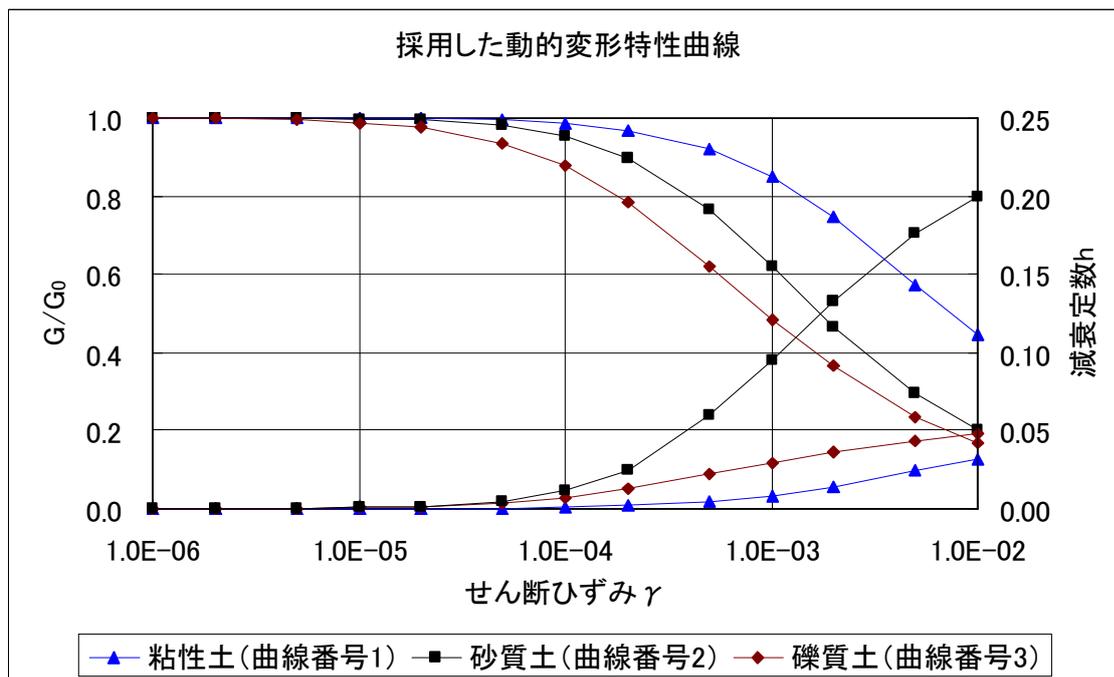


図 4.2-3 採用した動的変形特性曲線

※ 表 4.2-1 における埋土、腐植土、ローム・凝灰質粘土については、図 4.2-3 の曲線番号 1 を用いた。

4.3 地震動予測結果

統計的グリーン関数法による工学的基盤までの地震動計算及び地表までの地震応答計算は、以下の3ケースの地震について実施した。

- 1) 関東平野北西縁断層帯主部
- 2) 太田断層
- 3) 片品川左岸断層

これらの地震について、統計的グリーン関数法における震源断層からの距離 R が大きくなるにつれて地震動が小さくなる幾何学的減衰を示す関数系を $1/(R+C)$ として表したときに、 $C=0$ とする場合と、 $C=8.0\text{km}$ とする場合及び $C=2.8\text{km}$ とする場合の3種類を設定した。

3ケースの地震について、それぞれ3種類の C の値を用いて地震動を予測した。予測結果は、それぞれの想定地震毎に、工学的基盤における最大速度と震度、及び地表震度、地表最大速度、地表最大加速度の分布の順で、図 4.3-2～図 4.3-13 に示した。

< C の値の妥当性についての検討 >

3種類の C の値について、どの値を用いることが妥当かの検討を行った。

式(4.2-1)が遠方近似であることから、 $C=0$ の場合は、断層近傍では明らかに地震動は過大評価になる。一方で、この $C=2.8\text{km}$ 及び 8.0km は、中央防災会議の「東海地震に関する専門調査会」、「東南海、南海地震等に関する専門調査会」、「首都直下地震対策専門調査会」の際に用いられているもので、海溝型の地震に関しては 2.8km を用い、活断層型地震及び直下の地震については 8.0km を用いている（中央防災会議，2004）。この 2.8km と 8.0km は、各地震の地震動を司・翠川(1999)の距離減衰式と比較して整合的な場合の値を求めたものであり、物理的な意味づけがあって海溝型と活断層の地震で異なる C を設定したわけではなかった。他の自治体の地震被害想定を検討の中で、同じ活断層型地震に対して中央防災会議の $C=8\text{ km}$ とは異なる $C=2.8\text{ km}$ を用いる事例があった(例 東京都防災会議(2012)における立川断層帯地震)。

各地震においてそれぞれ3種類の C を用いて実施した今回の統計的グリーン関数法によるシミュレーション結果についても、中央防災会議(2004)と同様に図 4.3-3、図 4.3-7 及び図 4.3-11 において、司・翠川(1999)による距離減衰式と比較した。これらと比較すると、距離減衰式との一致度が最も良いのは $C=8.0\text{ km}$ の場合であった。しかし、今回のシミュレーションのように断層モデルのアスペリティの中央真下に破壊開始点を設定して上方に向けて破壊する様な場合は、断層近傍で距離減衰式を上回ることもあり得て、一概に距離減衰式との一致度だけで C の値を決定できない面もある。

更には、司・翠川(1999)では、兵庫県南部地震など震源近傍でデータが得られている複数の地震を用いて、モーメントマグニチュード (M_w) と C の関係 (最大速度の場合) を式(4.3-1)の様にまとめている (R を断層からの最短距離とした場合)。

$$\text{(最大速度の場合): } C = 0.0028 \times 10^{0.50M_w} \quad \text{--- (式 4.3-1)}$$

この場合の M_w には、地震動計算に使用した断層面の最小単位の M_w を用いる。最小単位の面積は $2\text{km} \times 2\text{km} = 4\text{ km}^2$ で、各断層のアスペリティにおけるすべり量の範囲 $1.5 \sim 7.1\text{m}$ を考慮すると、最小単位の断層面の M_w の範囲は $5.4 \sim 6.0$ 程度となり、そのまま式(4.3-1)に適用すると $C=1.5 \sim 3$ 程度となる。この値に近い値が妥当な C の値と考えられる。

一方で、シミュレーション結果で得られた地表震度分布における震度7の範囲について、既往の研究におけるマグニチュードとの関係と比較する。村松(2001)及び翠川・五艘(1997)は、過去の被害地震から気象庁マグニチュード(Mj)と震度7地域の面積(S7)の関係を以下の経験式のように求めている。

$$\log S7(\text{km}^2) = 1.25Mj - 6.88 \pm 0.24 \quad \text{村松(2001)}$$

$$\log S7(\text{km}^2) = 1.44Mj - 8.40 \quad (6.8 \leq Mj \leq 8.0) \quad \text{翠川・五艘(1997)}$$

これらの経験式から今回の3つの想定地震の震度7の面積を求め、統計的グリーン関数法による計算結果と比較すると表4.3-1(1), (2)のようになる。

表 4.3-1(1) 村松(2001)及び翠川・五艘(1997)の式による震度7の推定面積

気象庁マグニチュード Mj	震度7が分布する推定面積(km ²)			
	震度7の面積(km ²)村松(2001)の式	村松(2001)の式-標準偏差(-σ)	村松(2001)の式+標準偏差(+σ)	震度7の面積(km ²)翠川・五艘(1997)の式
6.0	4.2	2.4	11.5	1.7
6.1	5.6	3.2	15.3	2.4
6.2	7.4	4.3	20.4	3.4
6.3	9.9	5.7	27.2	4.7
6.4	13.2	7.6	36.3	6.5
6.5	17.6	10.1	48.4	9.1
6.6	23.4	13.5	64.6	12.7
6.7	31.3	18.0	86.1	17.7
6.8	41.7	24.0	114.8	24.7
6.9	55.6	32.0	153.1	34.4
7.0	74.1	42.7	204.2	47.9
7.1	98.9	56.9	272.3	66.7
7.2	131.8	75.9	363.1	92.9
7.3	175.8	101.2	484.2	129.4
7.4	234.4	134.9	645.7	180.3
7.5	312.6	179.9	861.0	251.2
7.6	416.9	239.9	1148.2	349.9
7.7	555.9	319.9	1531.1	487.5
7.8	741.3	426.6	2041.7	679.2
7.9	988.6	568.9	2722.7	946.2
8.0	1318.3	758.6	3630.8	1318.3
8.1	1757.9	1011.6	4841.7	1836.5

表 4.3-1(2) 統計的グリーン関数法から求めた今回の計算結果の震度7の分布面積

想定地震名	気象庁マグニチュード(Mj)	メッシュ数			面積(km ²)		
		C=0	C=2.8	C=8	C=0	C=2.8	C=8
関東平野北西縁断層帯主部	8.1	1,553	296	10	100.8	19.2	0.6
太田断層	7.1	786	123	0	51.0	8.0	0.0
片品川左岸断層	7.0	752	280	53	48.5	18.1	3.4

表4.3-1(1)からは、村松(2001)及び翠川・五艘(1997)という2種類の個別の検討において、震度7の面積が、Mj=7で数十km²、Mj=8で千km²程度となっている。これを今回の計算結果(表4.3-1(2))と比較すると、関東平野北西縁断層帯主部については、震度7の面積は経験式の結果と差がある。その原因は、表4.3-1(2)の面積は群馬県側のみを集計しただけで、埼玉県側に予想される面積を省いた形になっているためと考えられる。一方で太田断層と片品川左岸断層については、震度7の範囲の大部分は群馬県側にあると考えられるが、C=0でも約50km²と経験式の結果とあまり差がない。この中で、C=8.0kmの場合、Mj=7.0~8.1で0~3.4km²と、経験式と比較して極端に小さい値となり、適切とは言えないと考えられる。

以上、多くの観点から検討した結果をまとめると、C=0 では過大評価となるが、C=8.0km では震度7の面積が小さく適切とは言えない。司・翠川(1999)の式(4.3-1)から C=1.5~3 程度に妥当な値が考えられることから、中央防災会議(2004)で用いている C=2.8 km のケースが今回採用すべきものであると考えられる。

<太田断層による地震と片品川左岸断層による地震の比較についての検討>

C=2.8 km を採用した場合、C=0 の場合と異なり、M7.1 の太田断層における地震での震度7の範囲よりも、M7.0 の片品川左岸断層における地震の方が大きくなっている(表4.3-1(2))。

一般的に、工学的基盤上で同じ様な地震動となっている場合は、表層の沖積層が厚い太田断層周辺の方が、山地の片品川左岸断層周辺よりも大きく揺れる結果になると考えられる。

しかし、今回のシミュレーション結果における C=2.8 km の場合では、工学的基盤の段階で片品川左岸断層の方が震度が大きくなっている傾向が見られる(図4.3-6(3)下図と図4.3-10(3)下図)。一方で最大速度の分布については、工学的基盤(図4.3-6(3)上図と図4.3-10(3)上図)及び地表(図4.3-9(3)上図と図4.3-13(3)上図)においても、太田断層の方が大きくなっていることから考えると、震度についても太田断層の方が大きくなると類推され、先に述べた傾向と矛盾する。

この原因について検討するために、太田断層と片品川左岸断層について、周辺の地盤の特性や今回のシミュレーション結果の簡単な比較を表4.3-2に示す。

まず、周辺の地盤の特性について比較すると、地盤の厚さ及び硬さについては、太田断層周辺は厚く軟らかく、片品川断層周辺は薄く硬いという特徴があり、このことから太田断層周辺の地盤の卓越周期は、片品川左岸断層周辺の地盤の卓越周期よりも長いことが想定される。加えて、全国のK-NET地震観測点で観測されたH/Vスペクトルから求めた地盤の卓越周期(図4.3-1(2)(中央防災会議(2008)に加筆))によると、太田断層周辺の卓越周期は1~2秒(周辺は2~10秒)、片品川左岸断層周辺は1秒以下であり(図4.3-1(3))、太田断層周辺は比較的長周期が、片品川左岸断層周辺は比較的短周期が卓越している。

表4.3-2 太田断層周辺と片品川左岸断層周辺における地盤及び計算結果の比較

比較項目		太田断層周辺	片品川左岸断層周辺	備考
地盤の特性	地震基盤の深さ	深い(1~2km)	浅い	図4.2より
	深部地盤の厚さ	厚い(1~2km)	薄い	図4.2より
	浅部地盤の厚さ	厚い	薄い	図4.7より
	浅部地盤の硬さ	軟らかい	硬い	図4.8より
	地盤の卓越周期	1~2秒 (周辺は2~10秒)	1秒以下	図5.3-1(3)(中央防災会議, 2008)より
工学的基盤地震動の特性	最大速度の分布範囲	大	小	図5.3-6(1), 図5.3-10(1), 図5.3-6(3), 図5.3-10(3)より
	震度6強の分布範囲(C=0)	大	小	
	震度6強の分布範囲(C=2.8)	小	大	
地表地震動の特性	最大速度の分布範囲	大	小	図5.3-9(1), 図5.3-13(1), 図5.3-9(3), 図5.3-13(3), 図5.3-8(1), 図5.3-12(1), 図5.3-8(3), 図5.3-12(3)より
	震度7の分布範囲(C=0)	大	小	
	震度7の分布範囲(C=2.8)	小	大	
	加速度の分布範囲(C=2.8)	小	大	

一般的に、地震動の指標の一般的な特性は、「速度」が短周期から長周期の広い周期帯を表現する指標であるのに対し、「震度（計測震度）」は主として0.1～1秒（図4.3-1(1)で1～10Hz）の短周期の地震動を強調して表現するという特徴がある。「加速度」も、主に短周期の地震動を強調して表現する特徴がある。

これらの地盤や地震動指標の特性から、片品川左岸断層周辺の地盤では短周期が卓越しているため、加速度が大きめに出て、震度の高いところが広めに出ているのに対し、太田断層の方は長周期が卓越しているため、工学的基盤でも地表でも、加速度や震度は小さめに出ていると考えられる。最大速度については震度の傾向とは異なり太田断層の方が大きめに出ているが、その理由は、太田断層付近の浅部及び深部地盤が、片品川断層付近の地盤より厚く柔らかなため、地震波の長周期成分が卓越した結果だと考えられる。

以上より、トータル地震動で見ると太田断層の方が大きめだが、震度という限られた周期帯で見ると、片品川左岸断層の方が震度7の範囲が大きくなる場合もあることが考えられる。

表4.3-2より、 $C=0$ で計算した場合は太田断層の方が震度7の範囲が大きくて、 $C=2.8\text{km}$ や $C=8\text{km}$ とすると、逆になってしまうことから、太田断層周辺と片品川左岸断層周辺でCの効き方に差がある可能性も考えられる。

以上の検討より、図4.3-2～図4.3-13に示した3ケースの地震に関するそれぞれ3種類のCの値を用いた地震動の予測結果については、 $C=2.8\text{km}$ の結果を採用した。

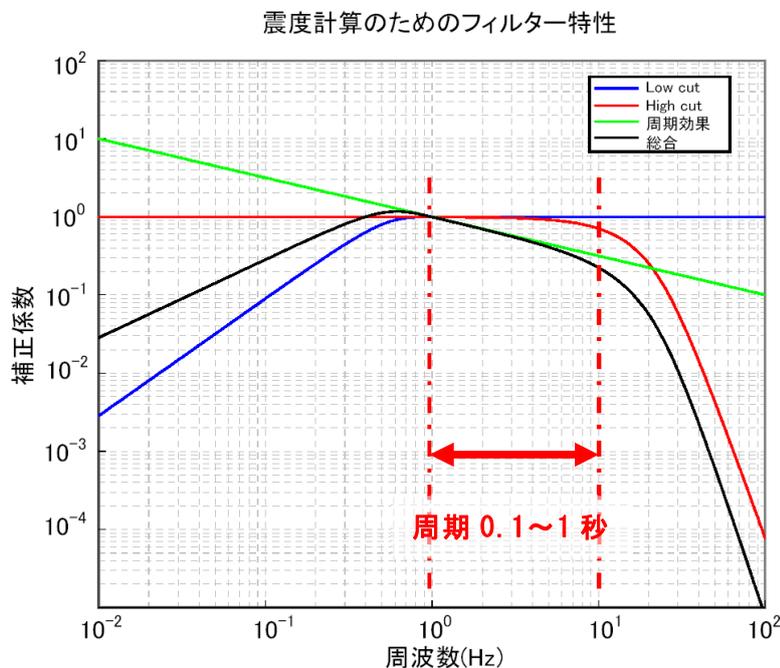


図4.3-1(1) 計測震度の計算に用いるフィルター特性（出典：気象庁HPに加筆）

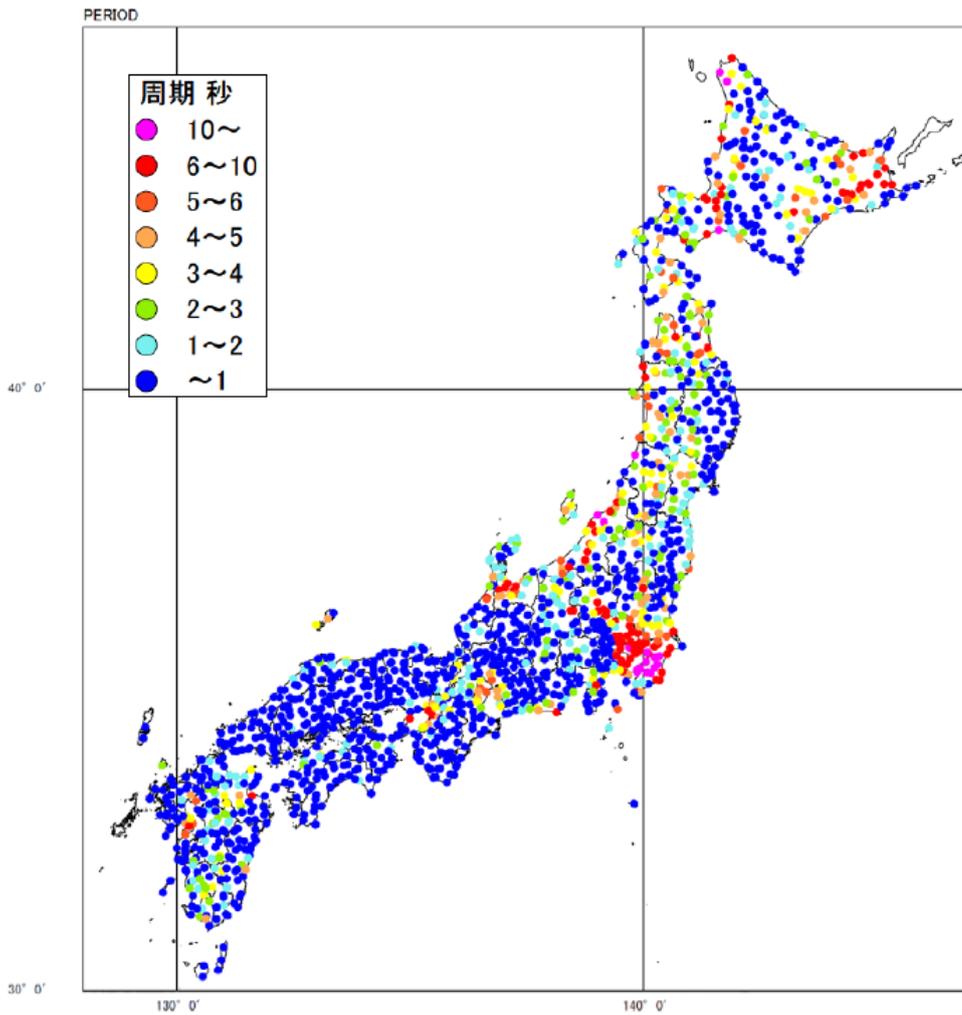


図 4.3-1(2) K-NET による観測 H/V スペクトルの卓越周期 (中央防災会議, 2008)
(出典: 内閣府 HP)

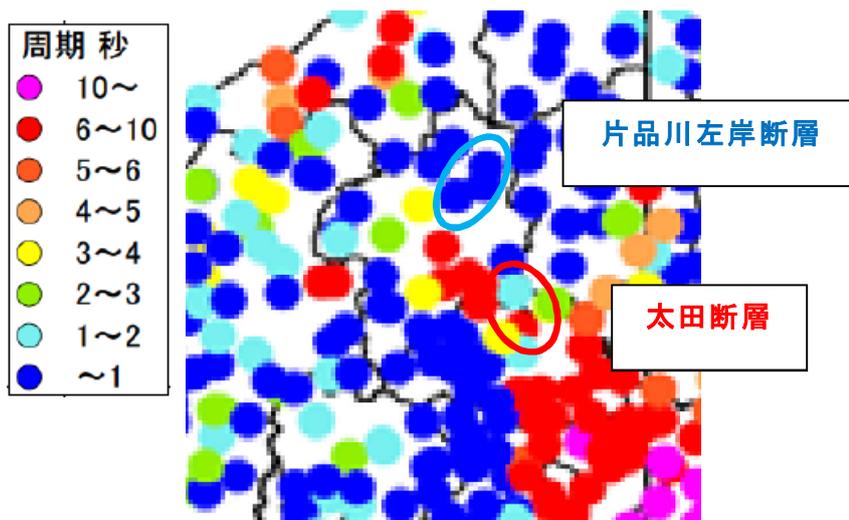
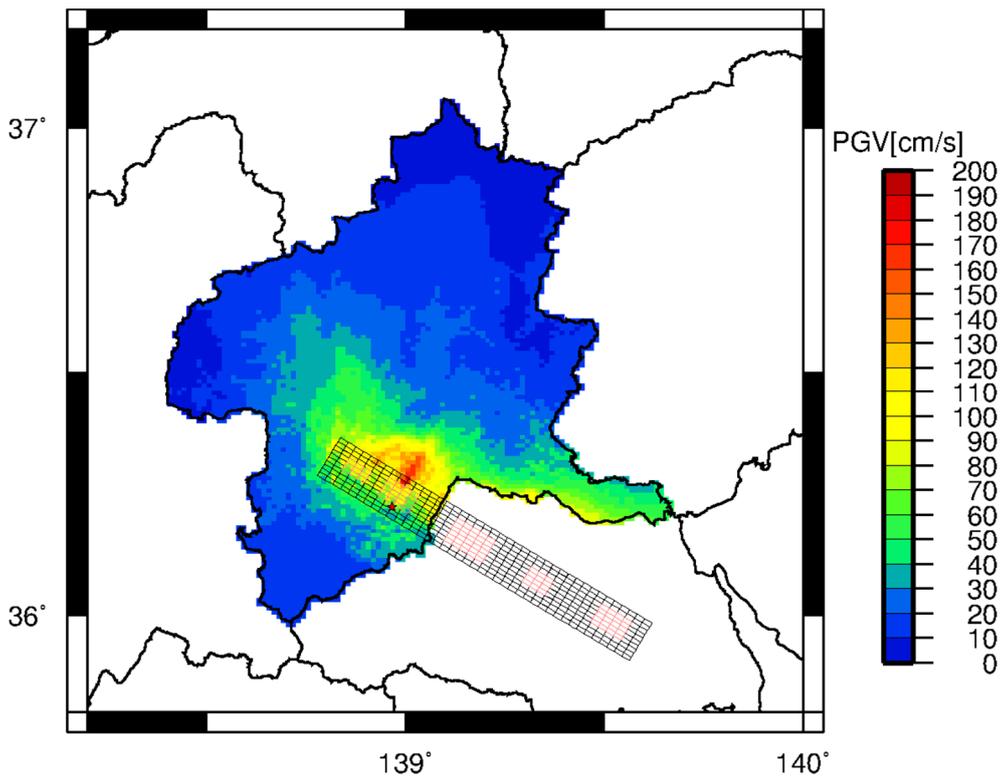
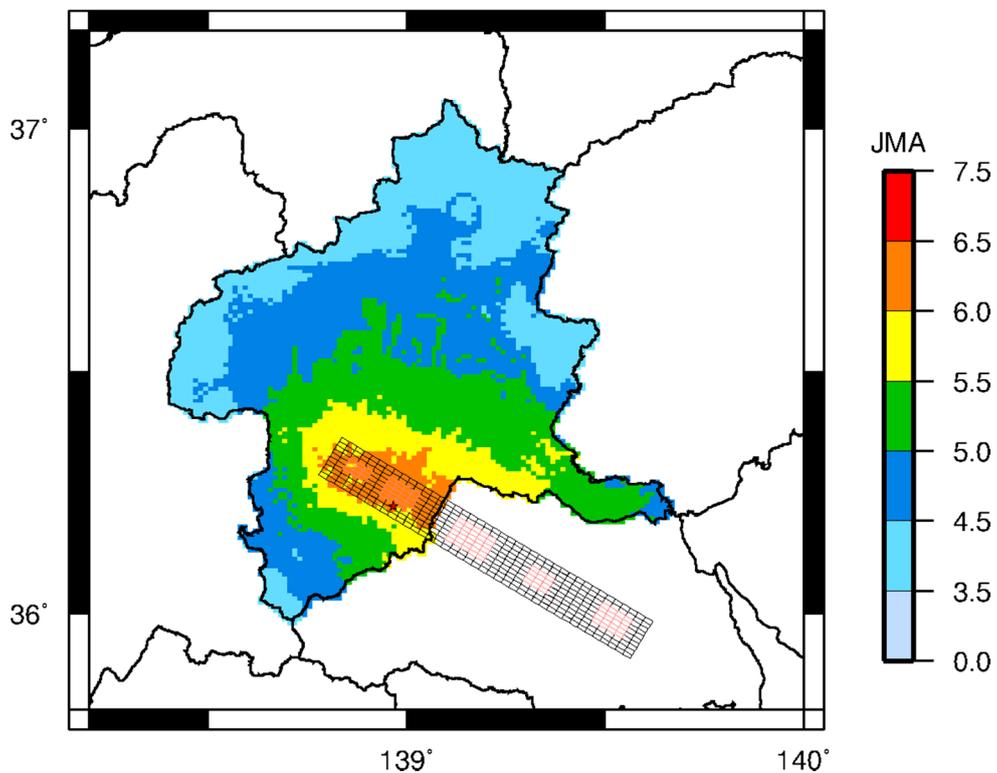


図 4.3-1(3) K-NET による観測 H/V スペクトルの卓越周期 (中央防災会議, 2008)
群馬県付近の拡大図 (出典: 内閣府HP に加筆)

1) 関東平野北西縁断層帯主部による地震動予測

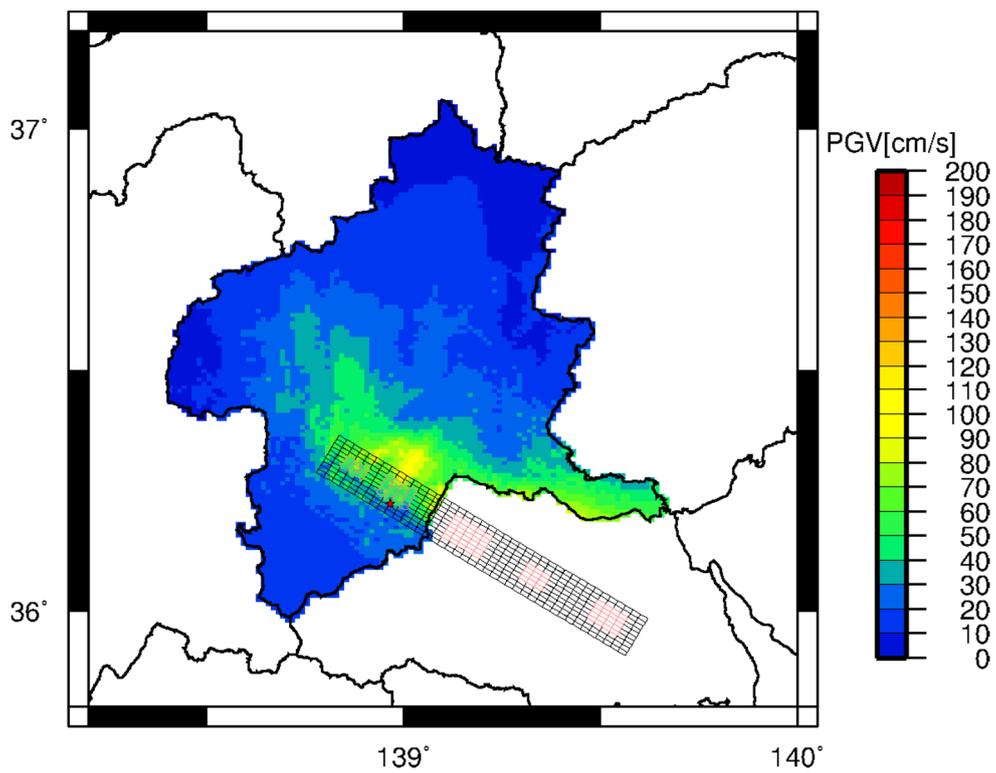


最大速度分布

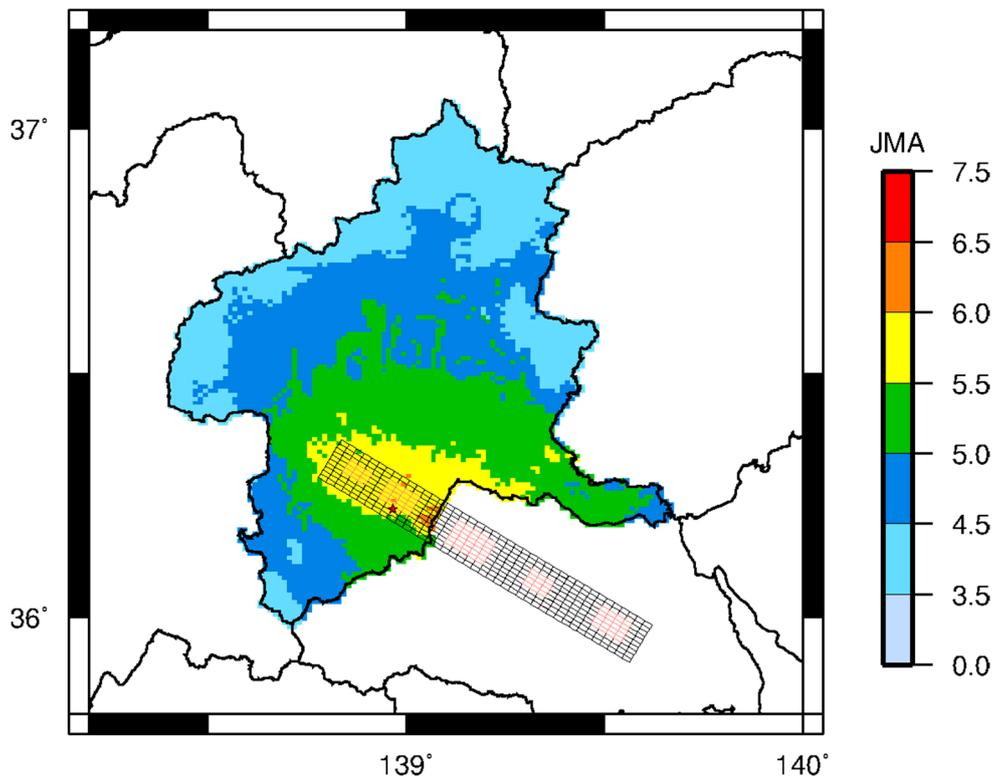


震度分布

図 4.3-2(1) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=0km)

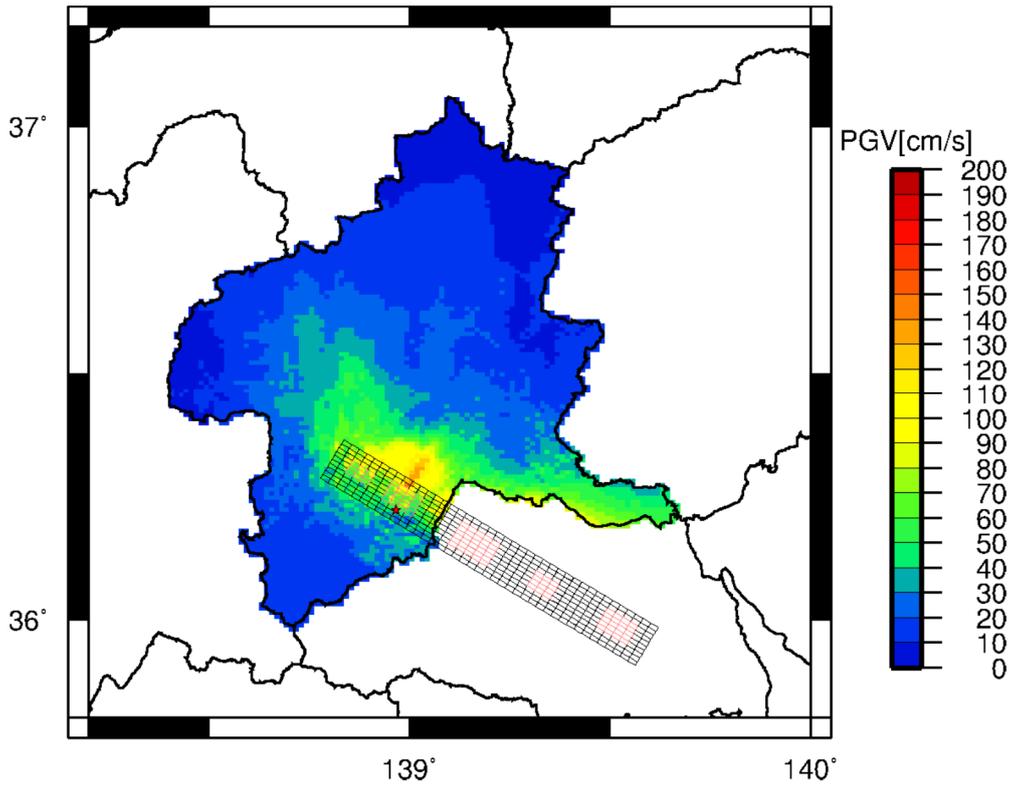


最大速度分布

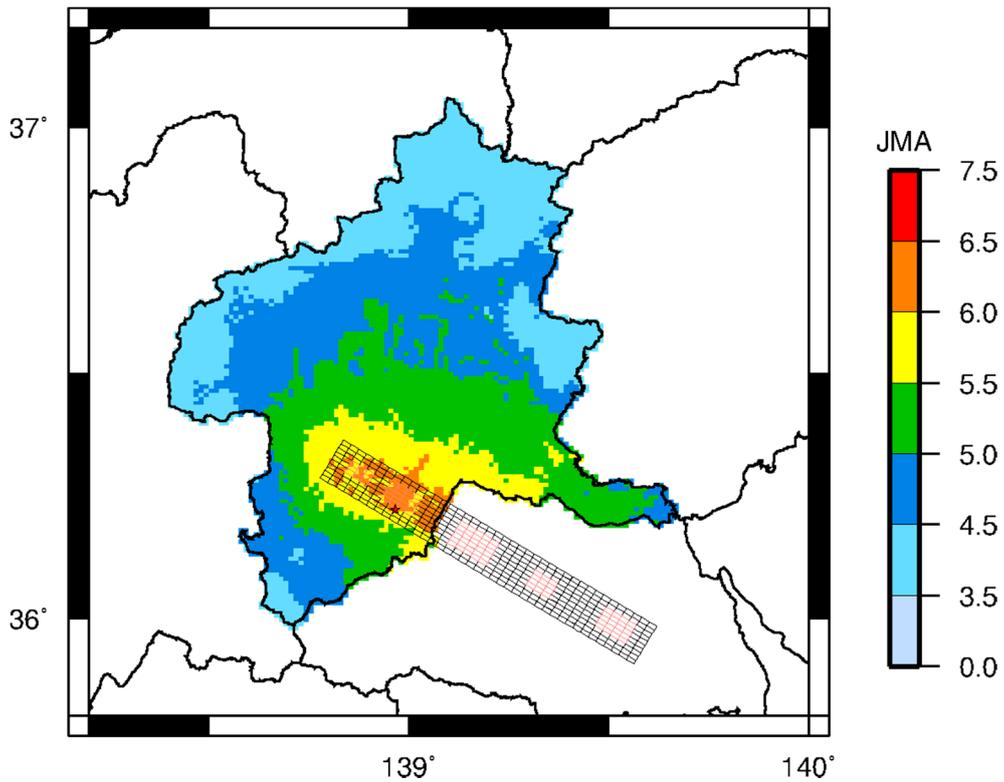


震度分布

図 4.3-2(2) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=8.0km)

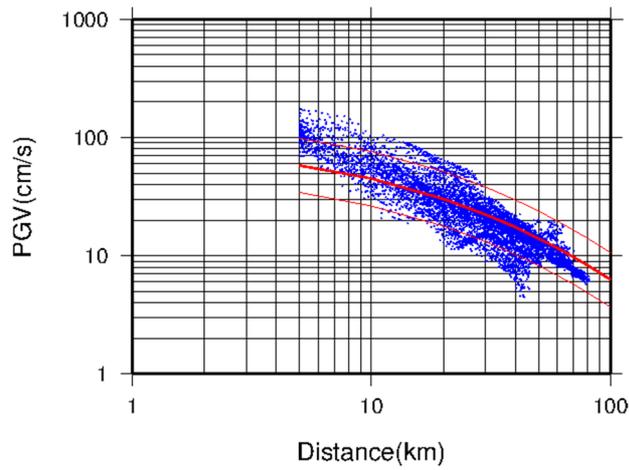


最大速度分布

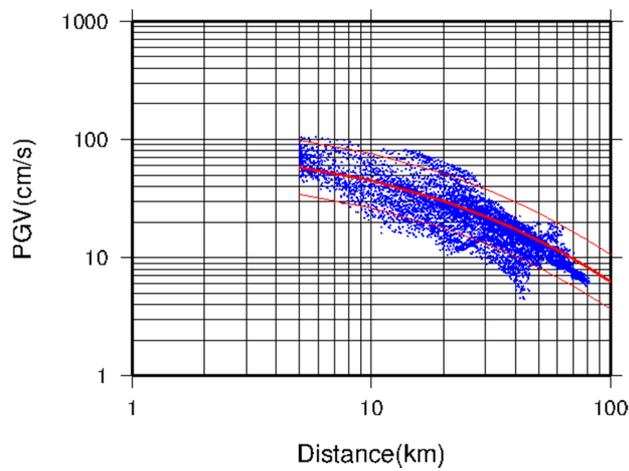


震度分布

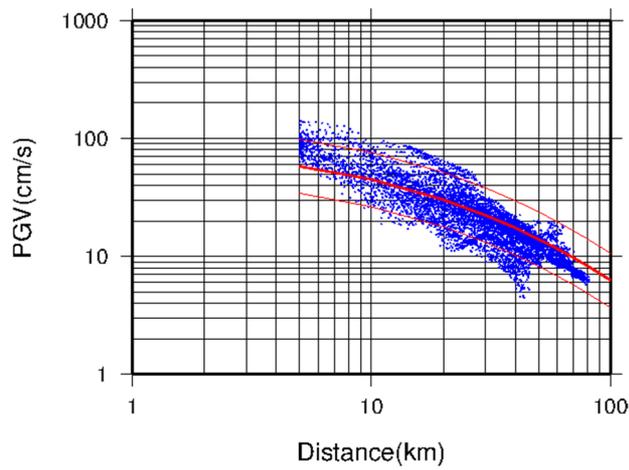
図 4.3-2(3) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=2.8km)



(a) $C=0$ km



(b) $C=8.0$ km



(c) $C=2.8$ km

図 4.3-3 距離減衰式 (司・翠川, 1999) との比較
 関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合 (M8.1)

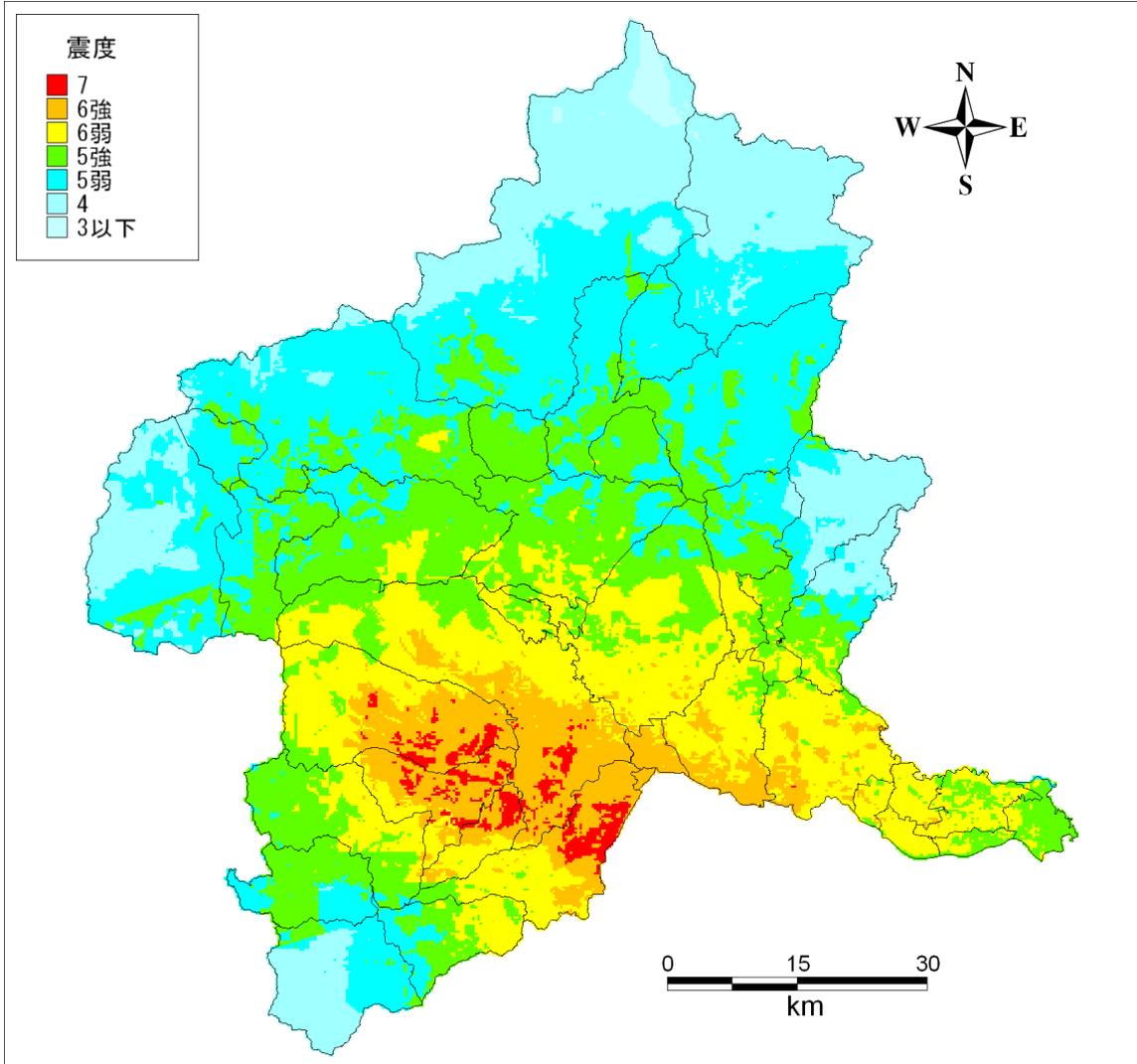


図 4.3-4(1) 地表震度分布
 (関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合 (M8.1)。C=0km)

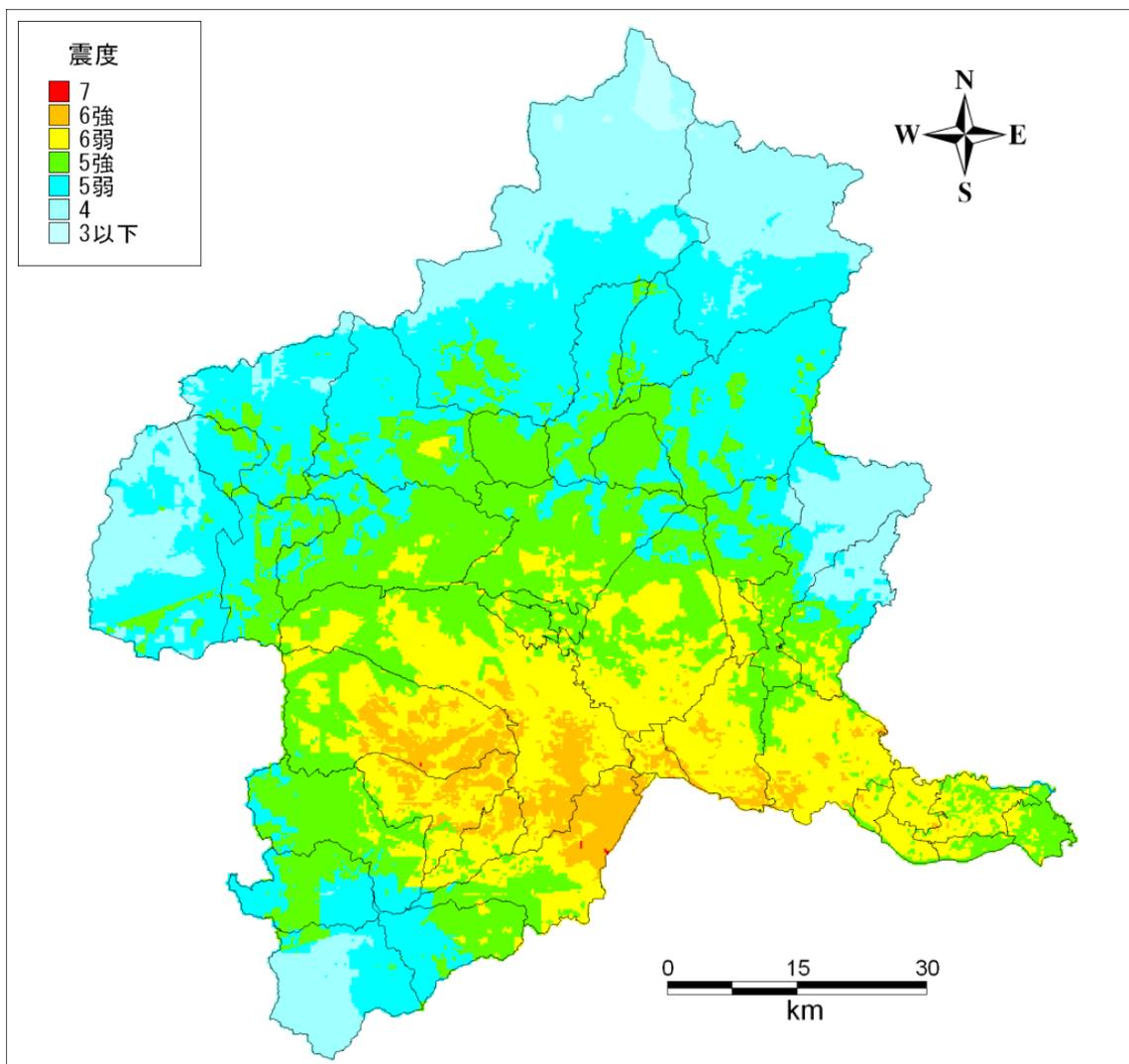


図 4.3-4(2) 地表震度分布
 (関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=8.0km)

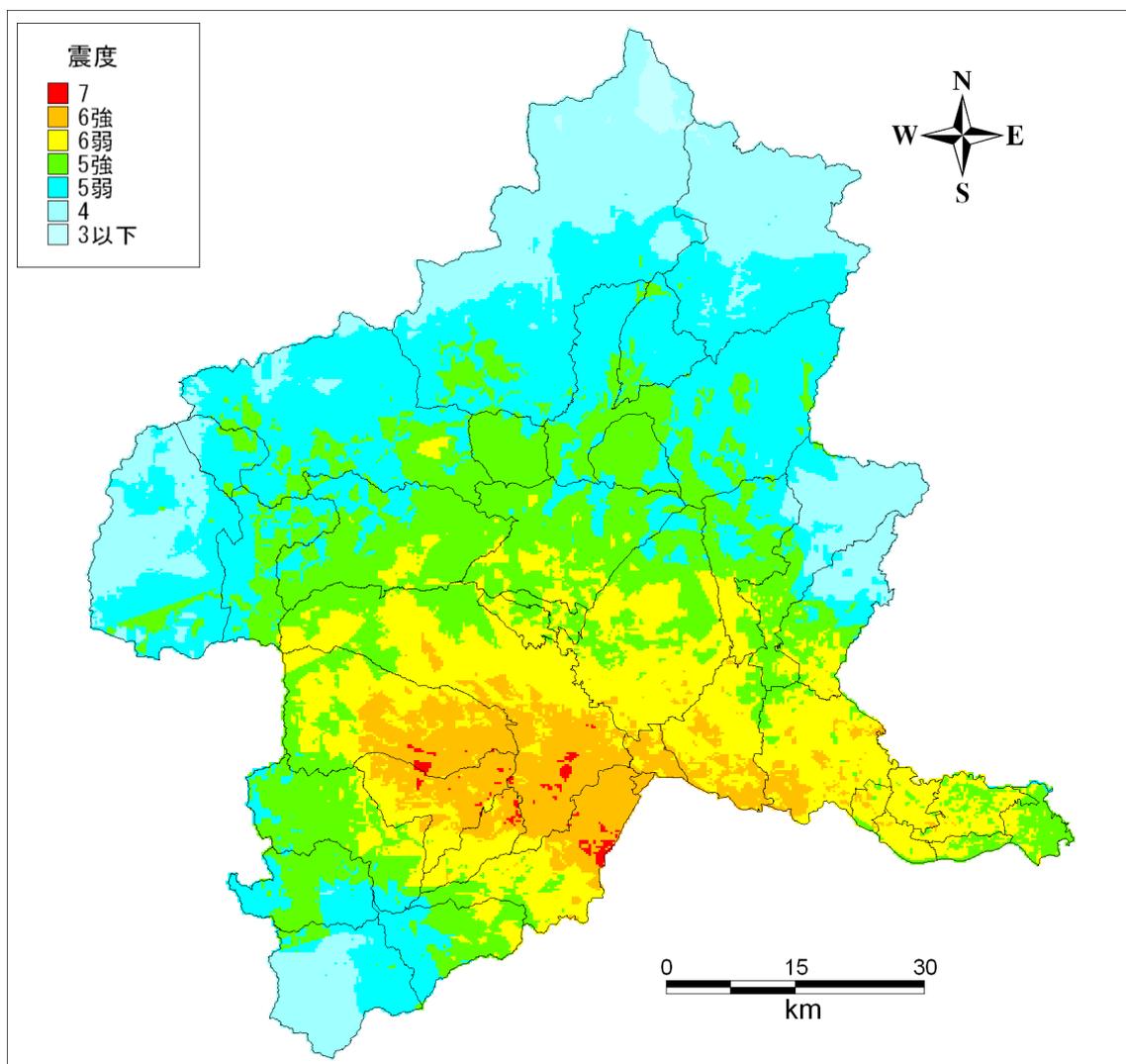
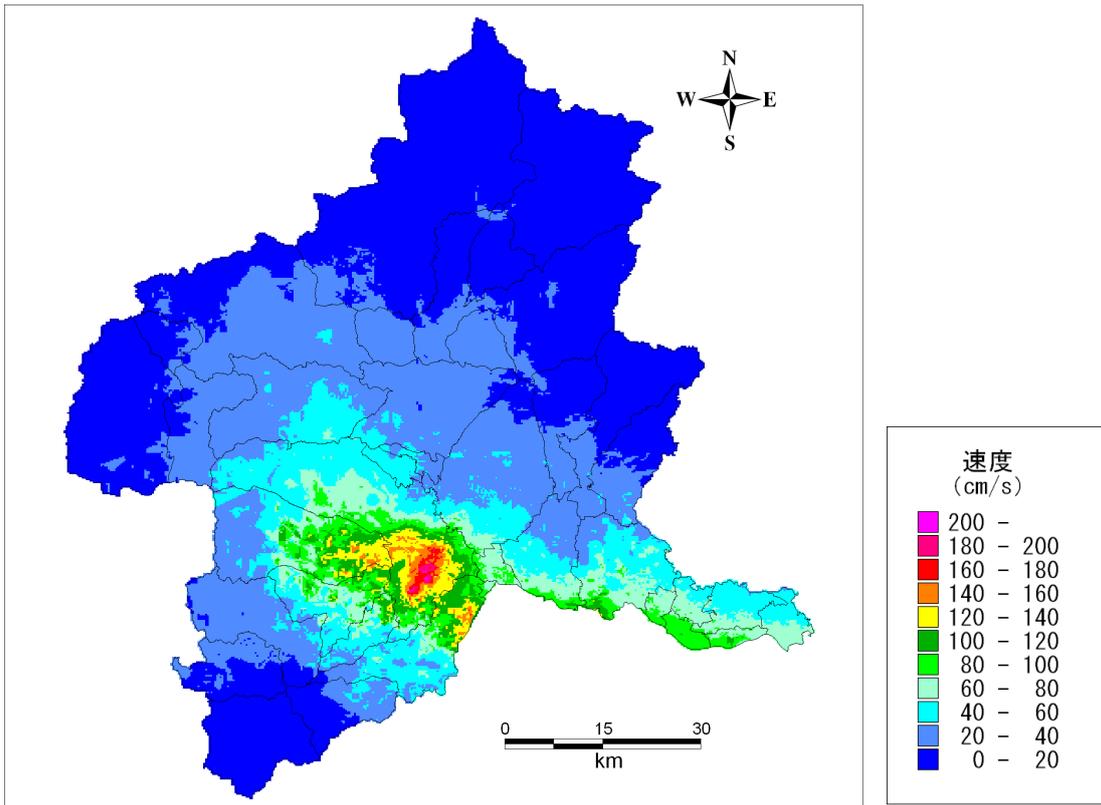
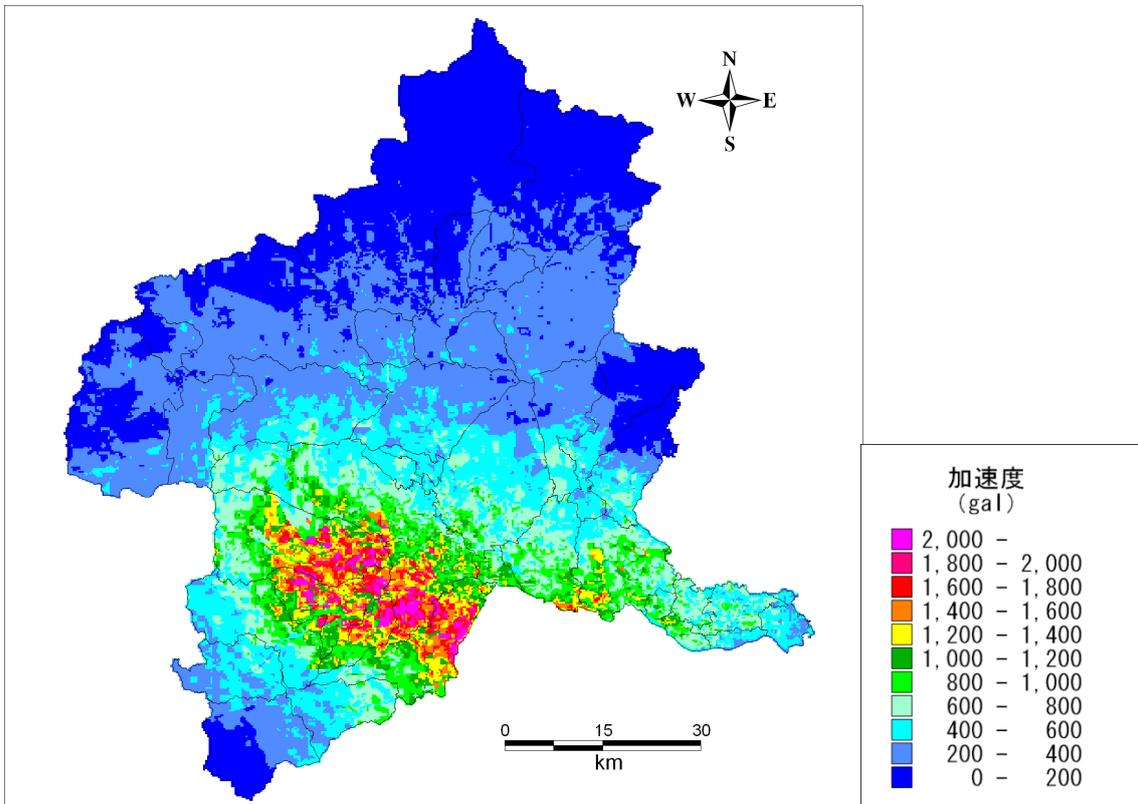


図 4.3-4(3) 地表震度分布
 (関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合 (M8.1)。C=2.8km)

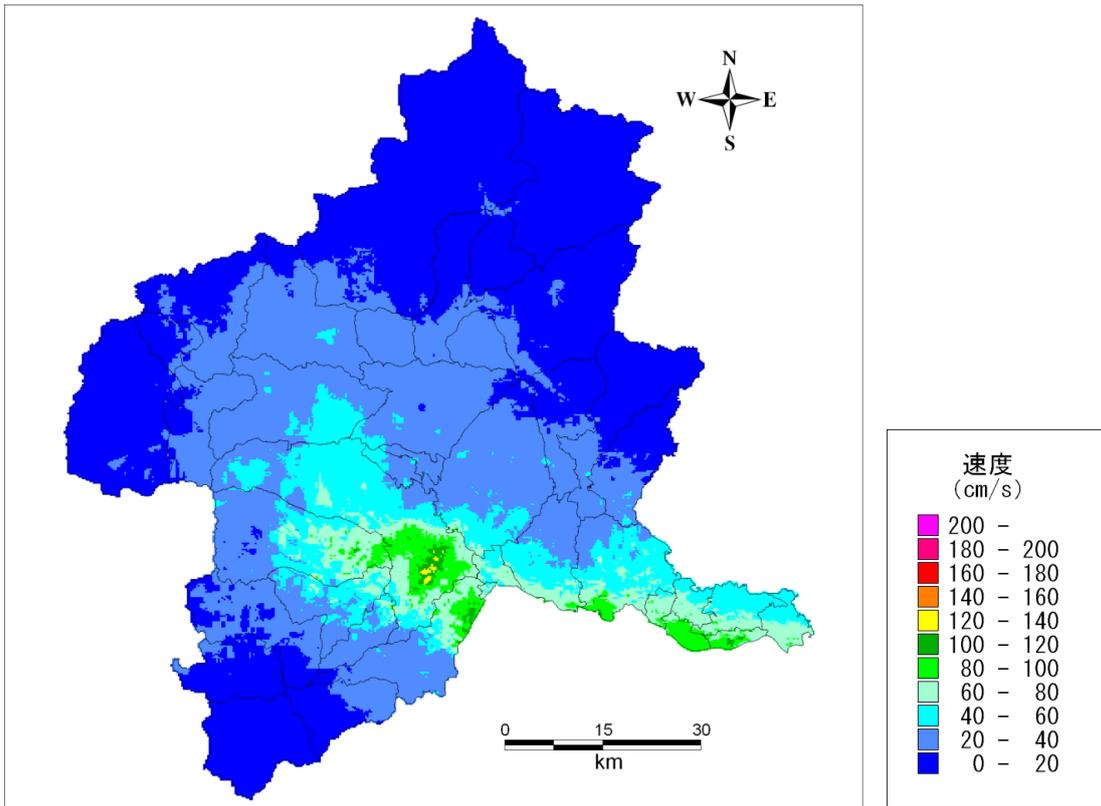


地表最大速度分布

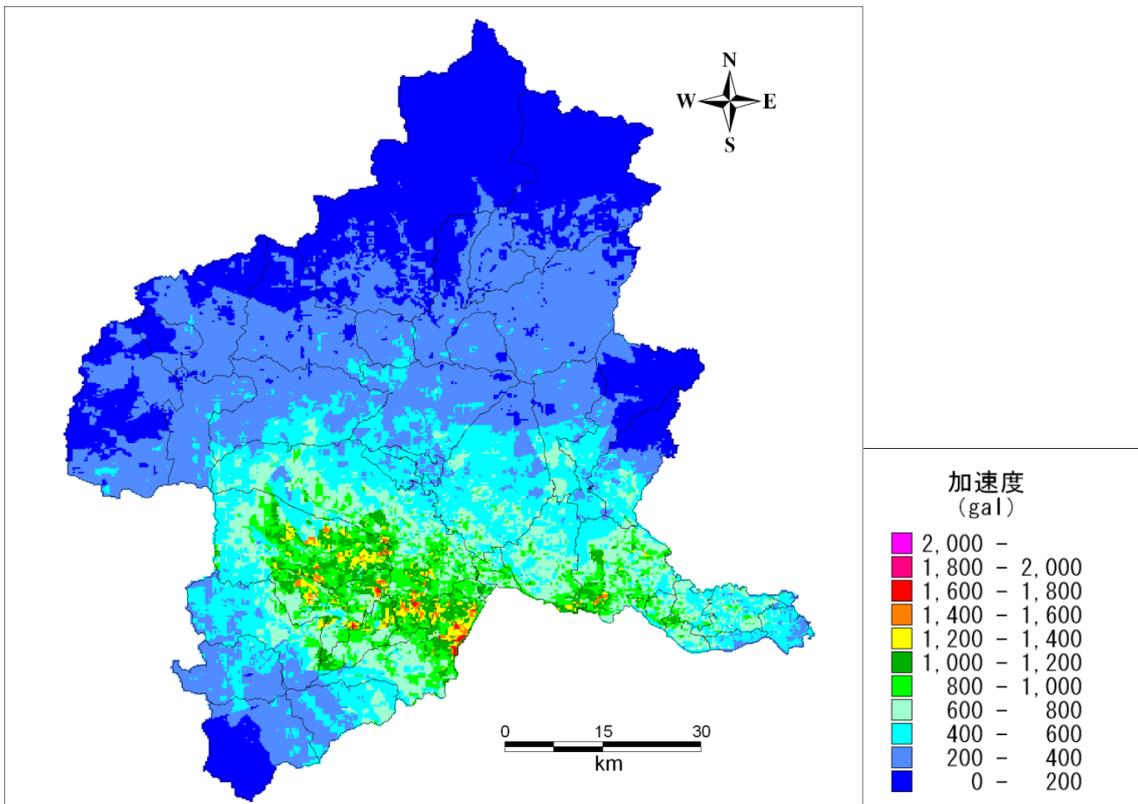


地表最大加速度分布

図 4.3-5(1) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=0km)

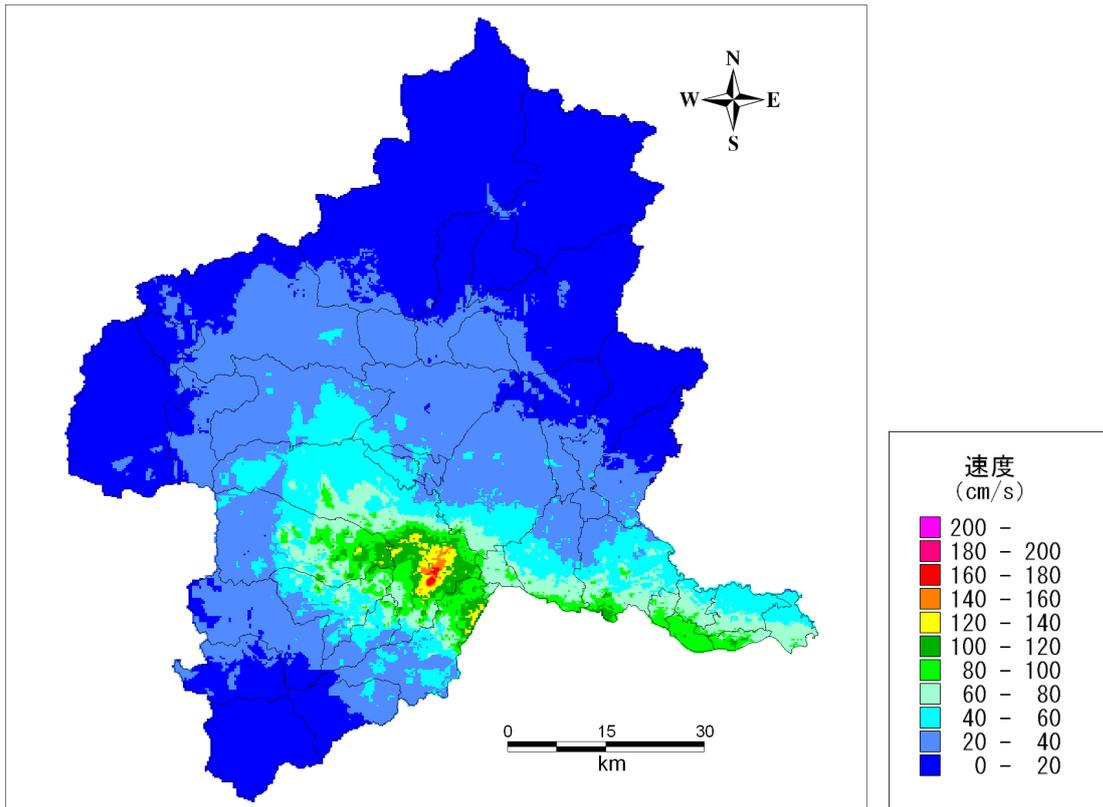


地表最大速度分布

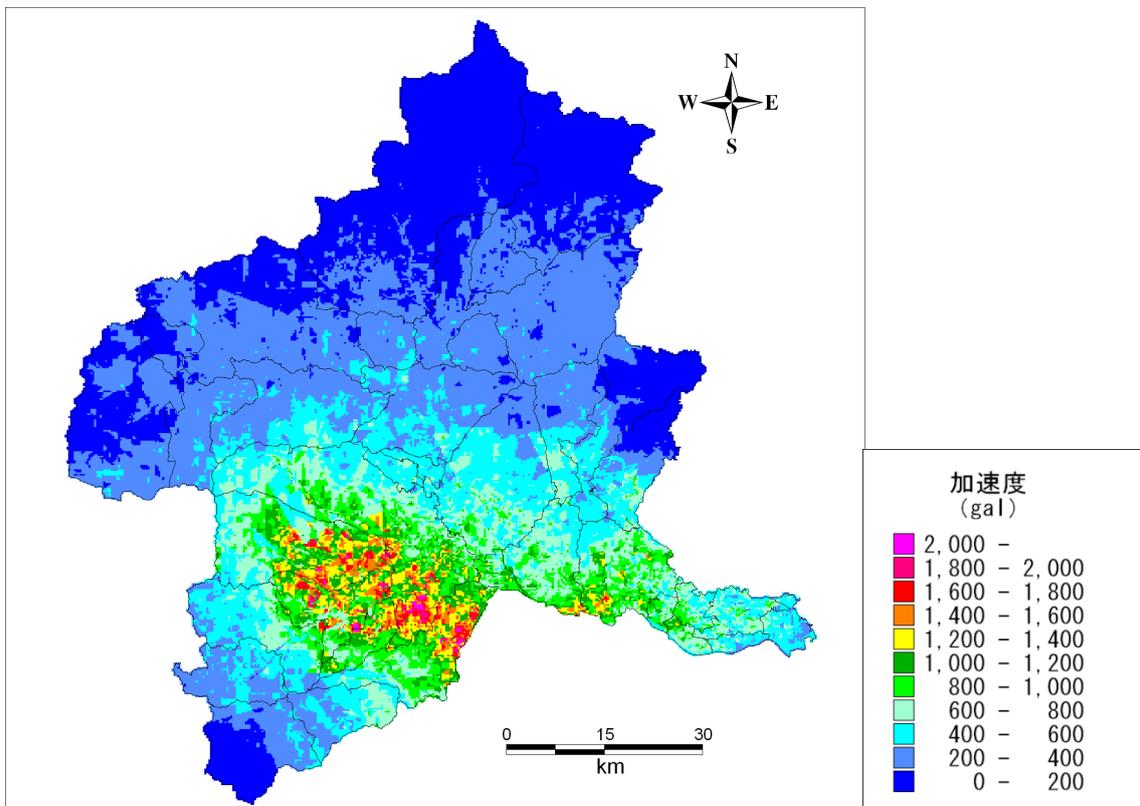


地表最大加速度分布

図 4.3-5(2) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=8.0km)



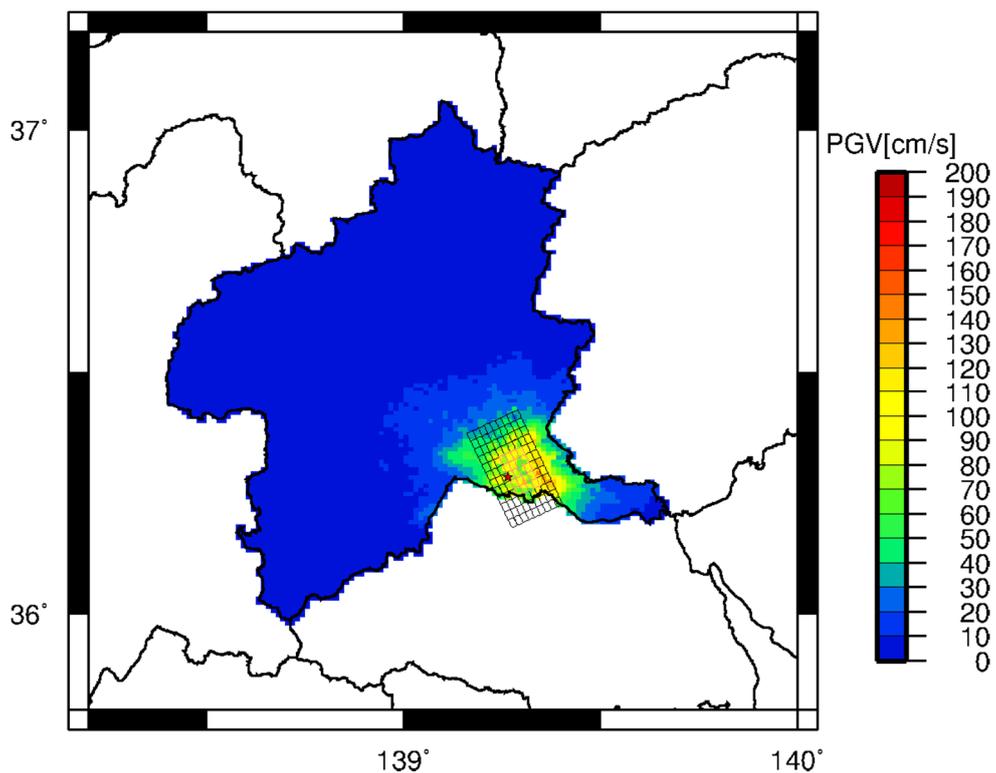
地表最大速度分布



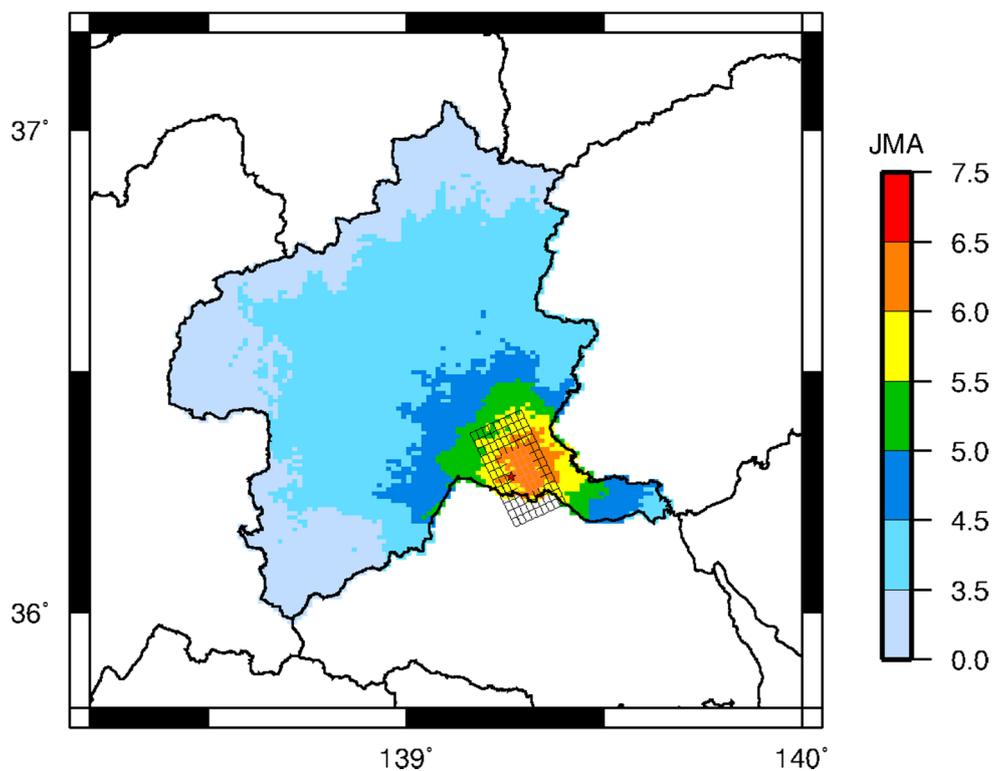
地表最大加速度分布

図 4.3-5(3) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(関東平野北西縁断層帯主部による地震の場合(M8.1)。C=2.8km)

2) 太田断層による地震動予測

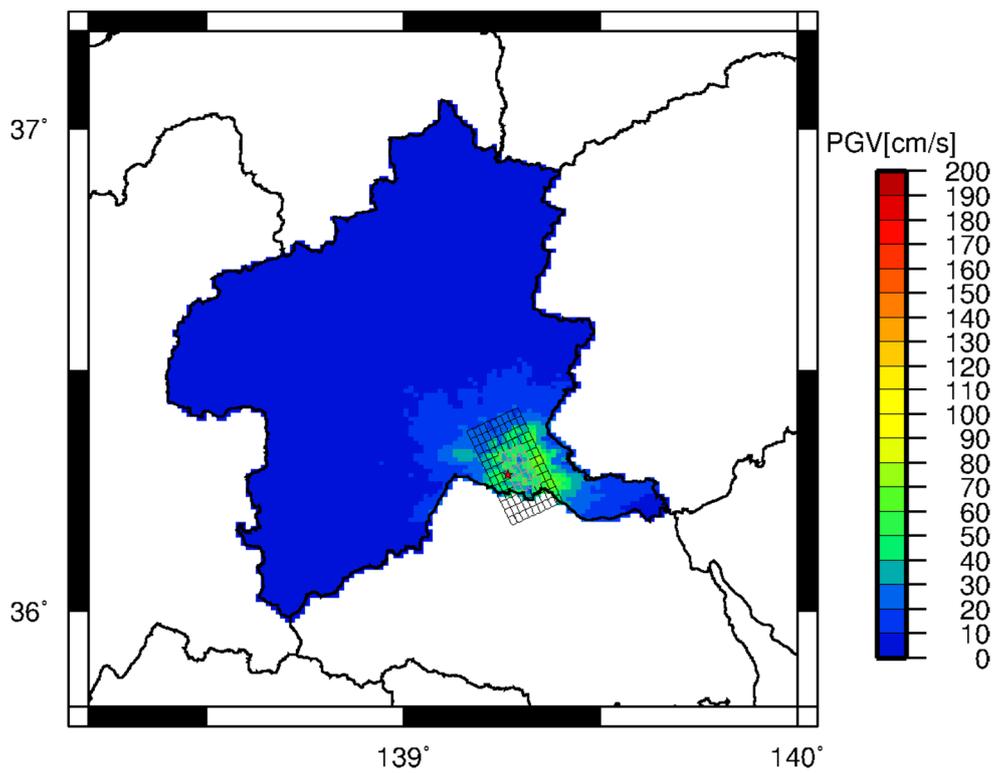


最大速度分布

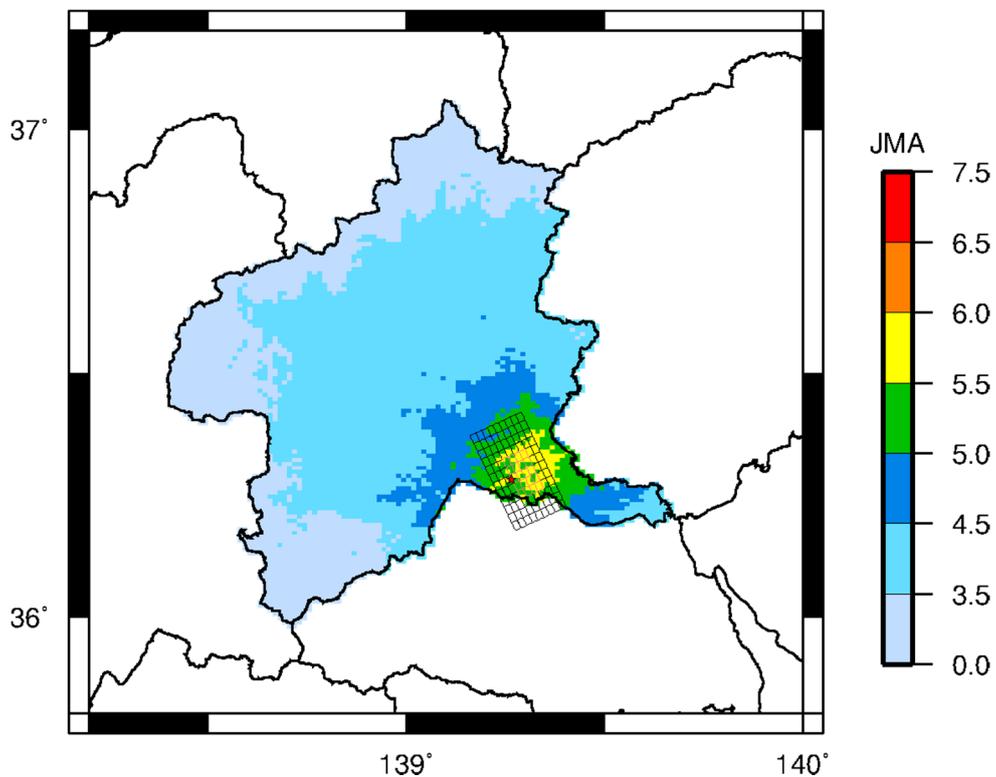


震度分布

図 4.3-6(1) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(太田断層による地震の場合(M7.1)。C=0km)

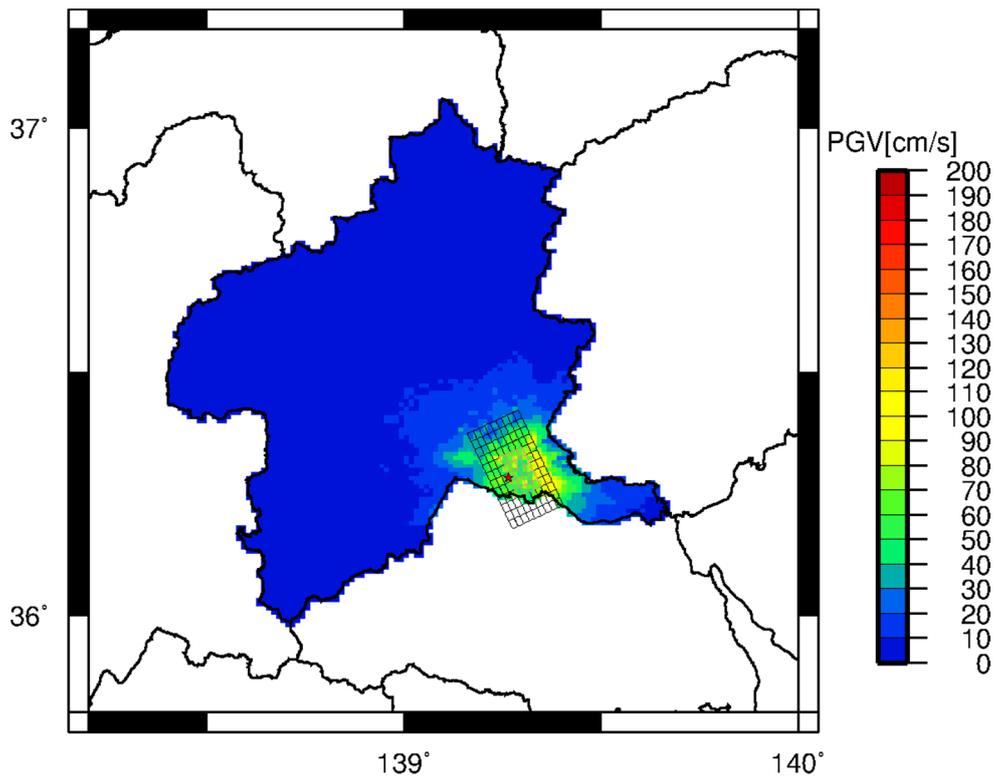


最大速度分布

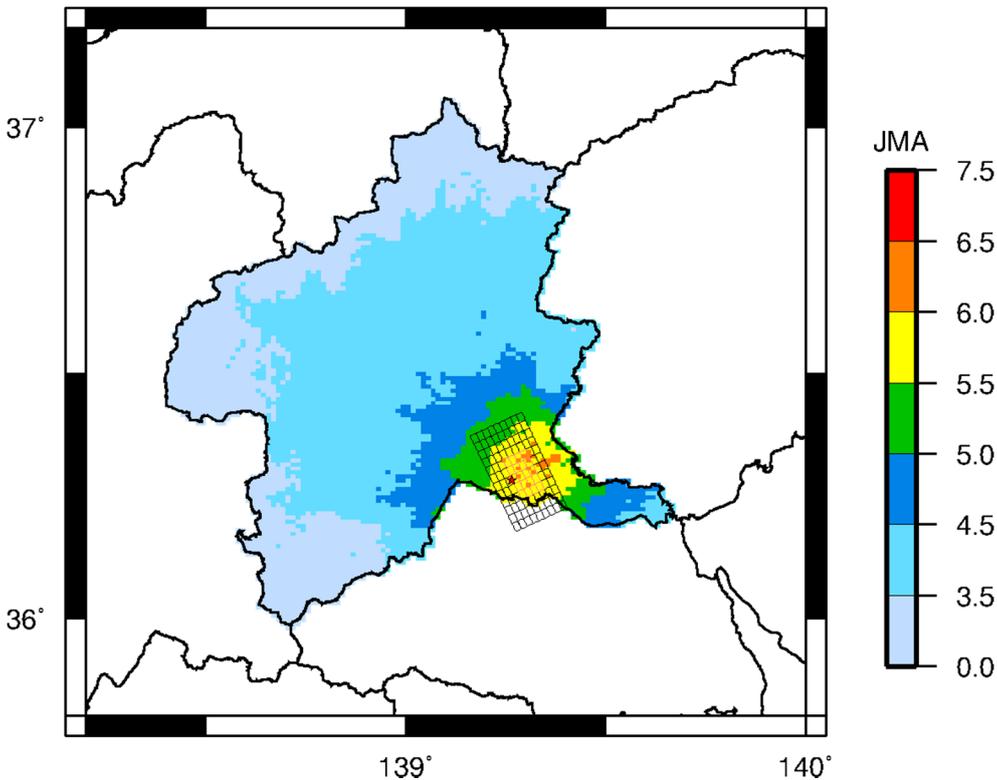


震度分布

図 4.3-6(2) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(太田断層による地震の場合(M7.1)。C=8.0km)

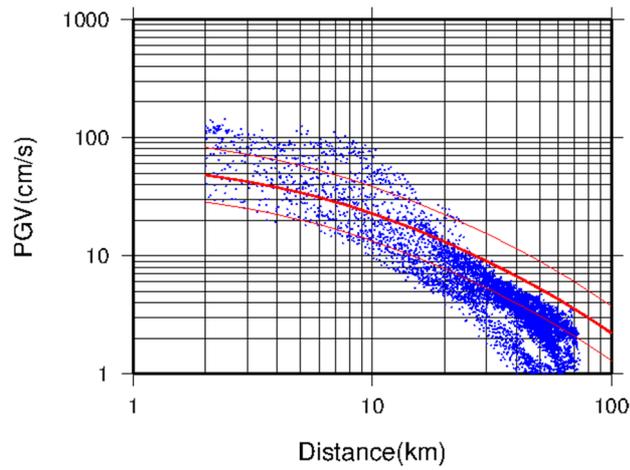


最大速度分布

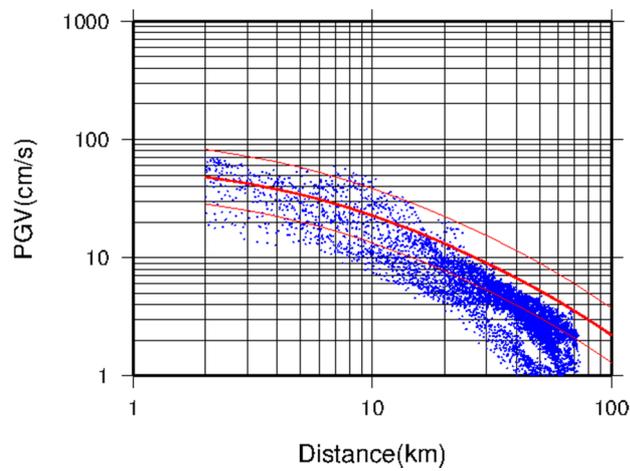


震度分布

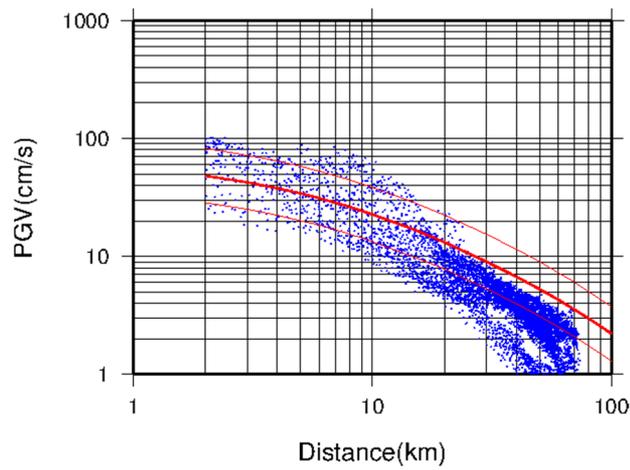
図 4.3-6(3) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(太田断層による地震の場合(M7.1)。C=2.8km)



(a) $C=0$ km



(b) $C=8.0$ km



(c) $C=2.8$ km

図 4.3-7 距離減衰式 (司・翠川, 1999) との比較
太田断層による地震の場合 (M7.1)

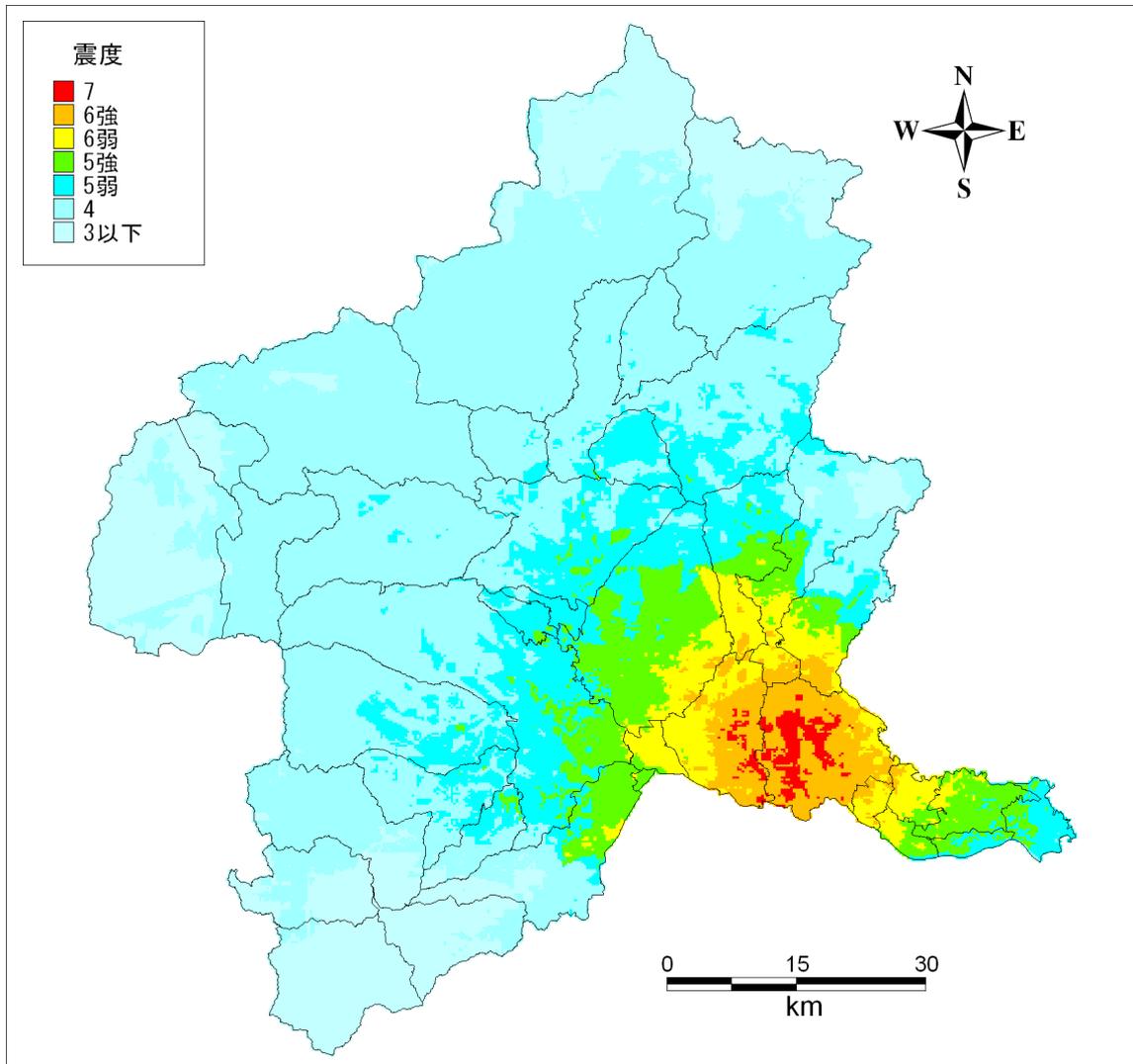


図 4.3-8(1) 地表震度分布
 (太田断層による地震の場合 (M7.1)。C=0km)

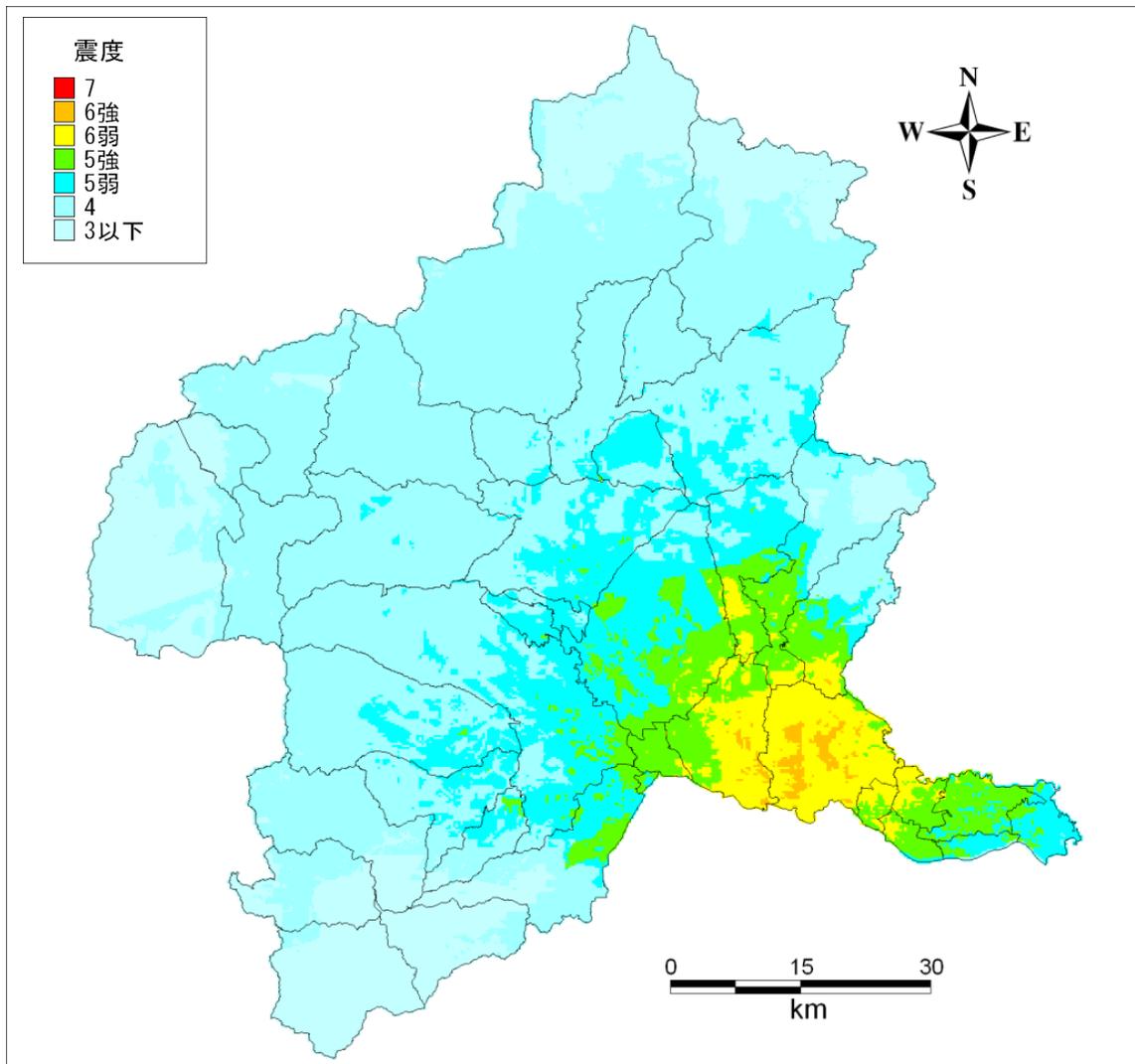


図 4.3-8(2) 地表震度分布
 (太田断層による地震の場合 (M7.1)。C=8.0km)

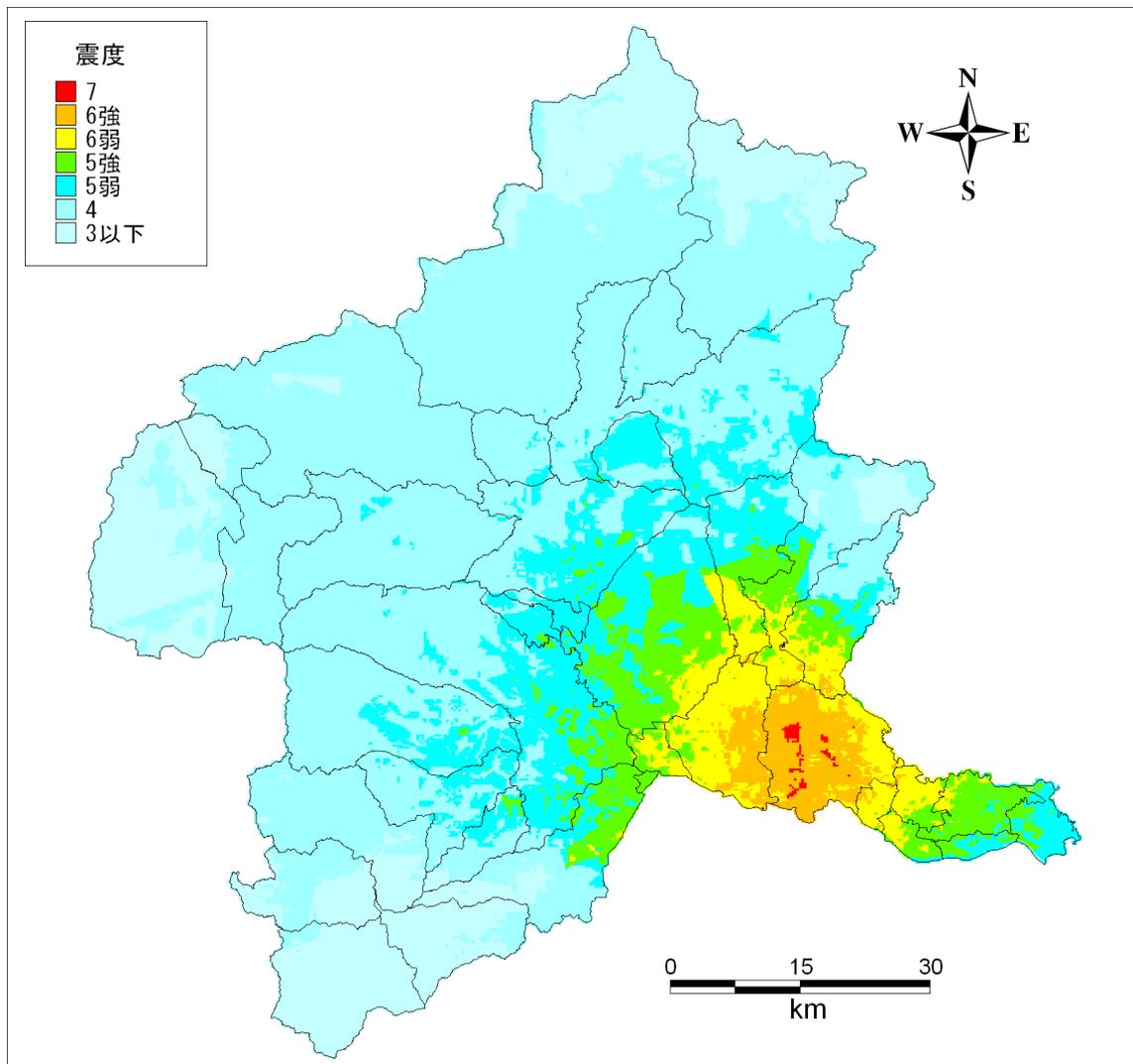
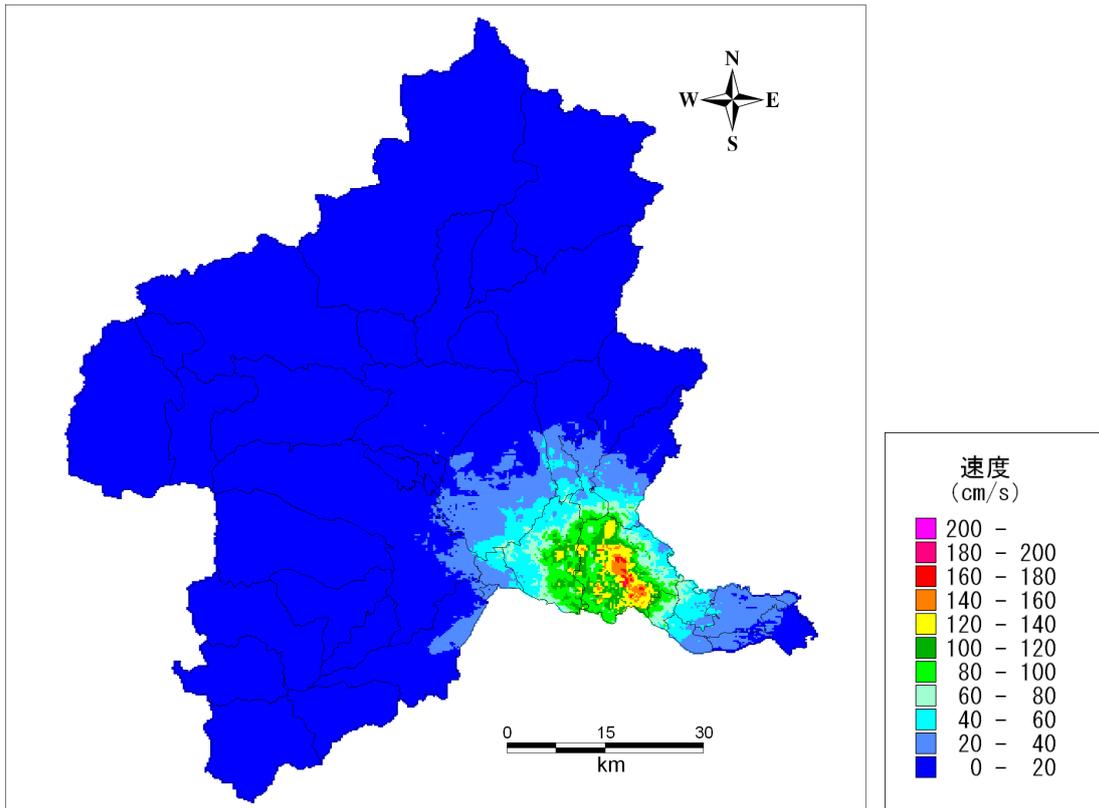
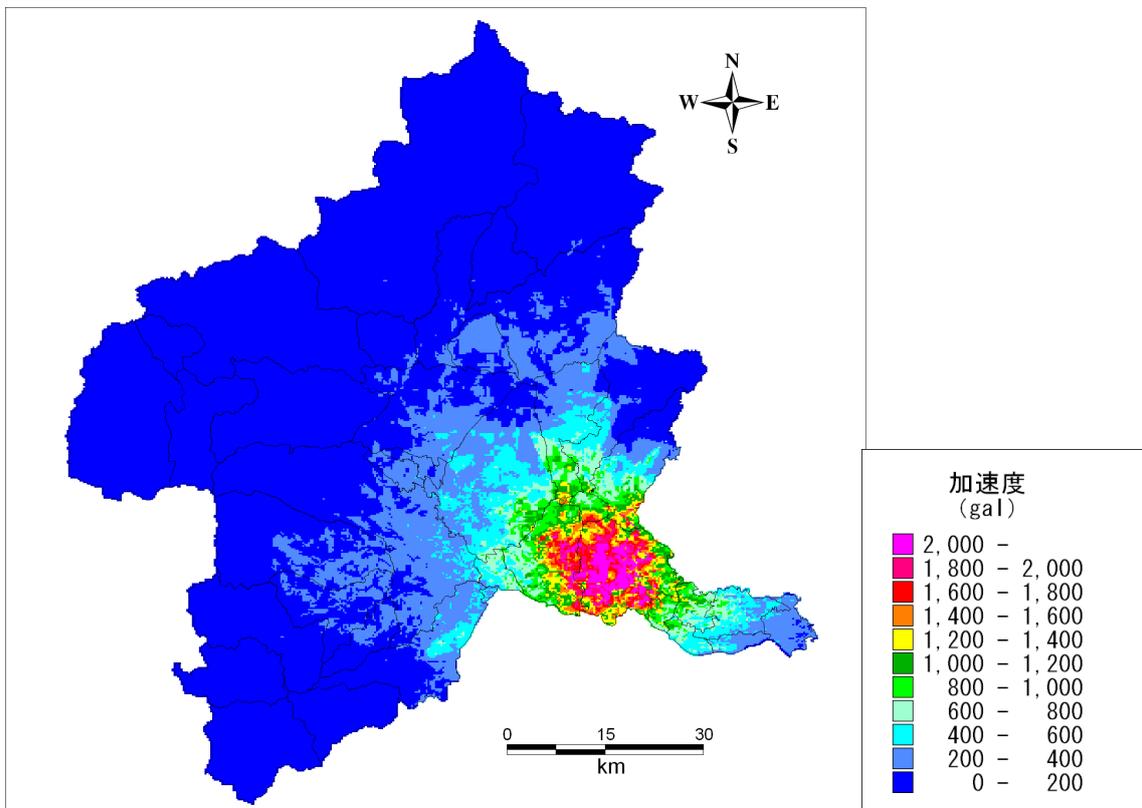


図 4.3-8(3) 地表震度分布
 (太田断層による地震の場合(M7.1)。C=2.8km)

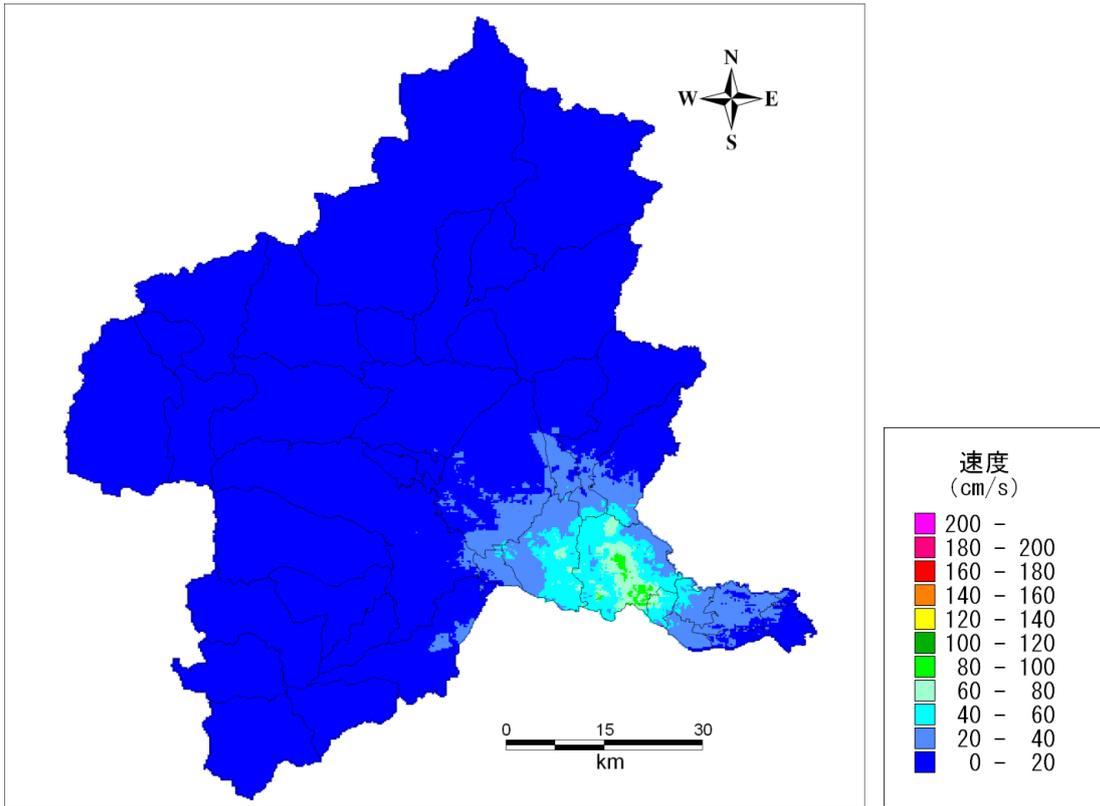


地表最大速度分布

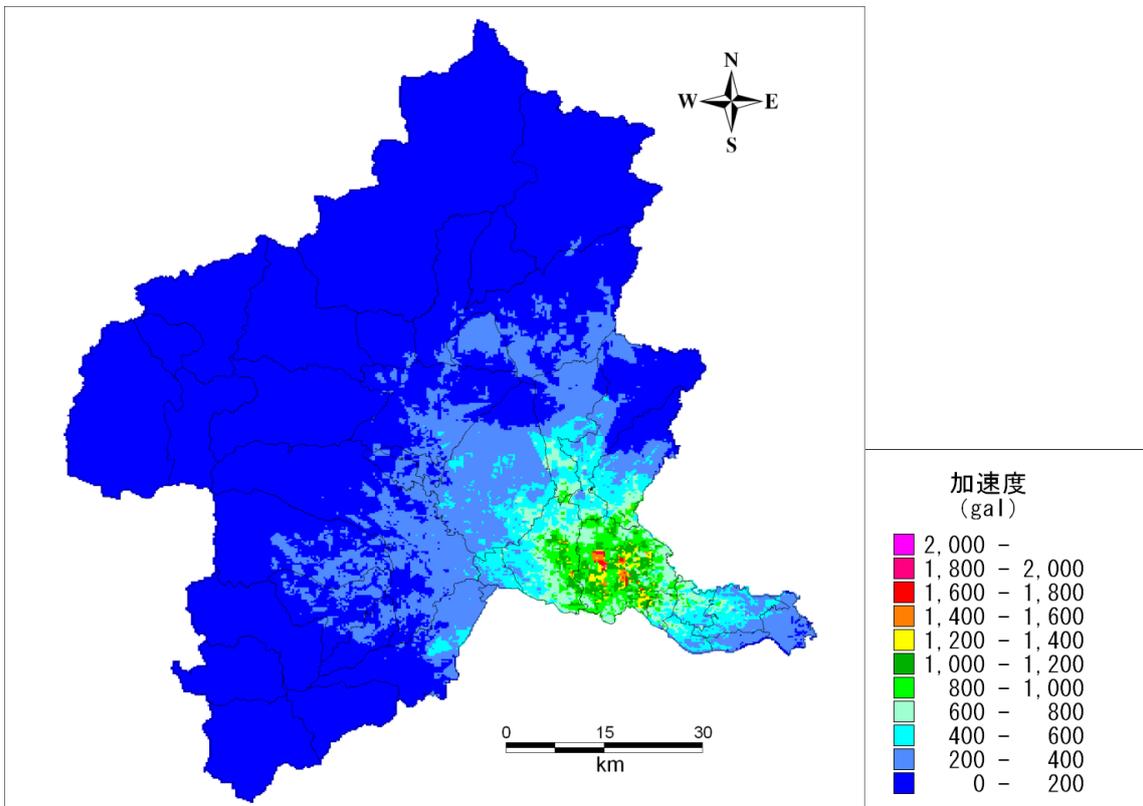


地表最大加速度分布

図 4.3-9(1) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(太田断層による地震の場合(M7.1)。C=0km)

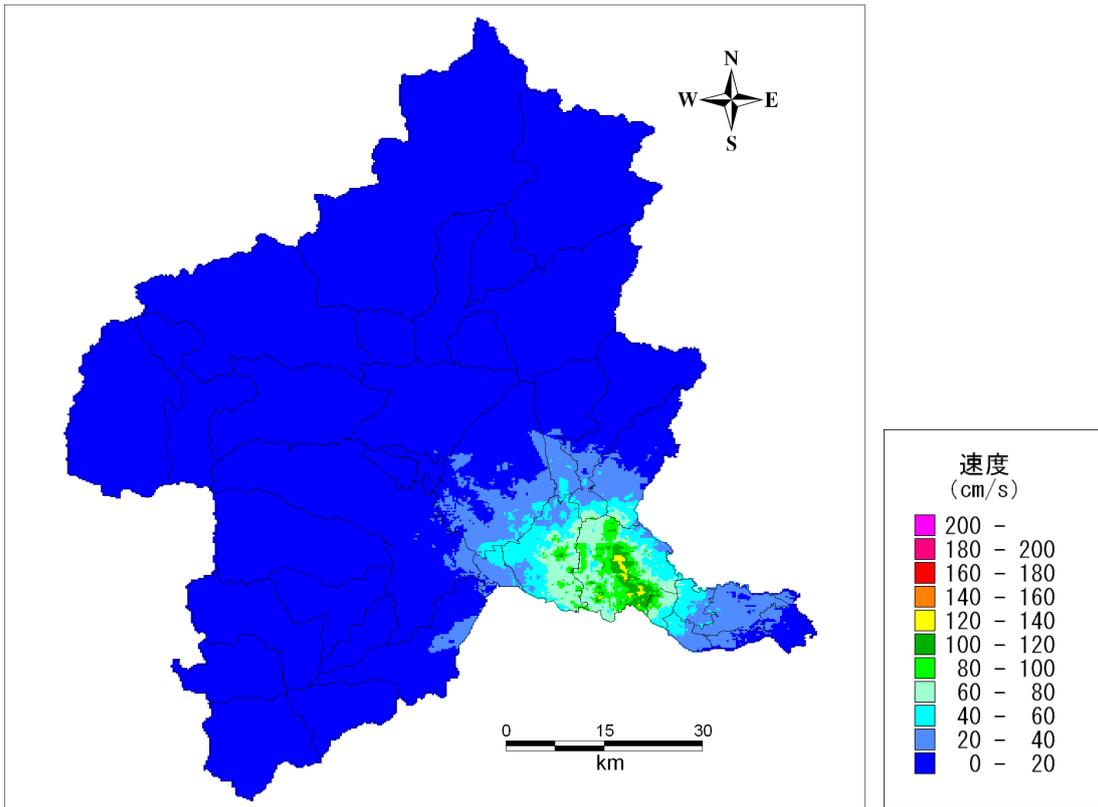


地表最大速度分布

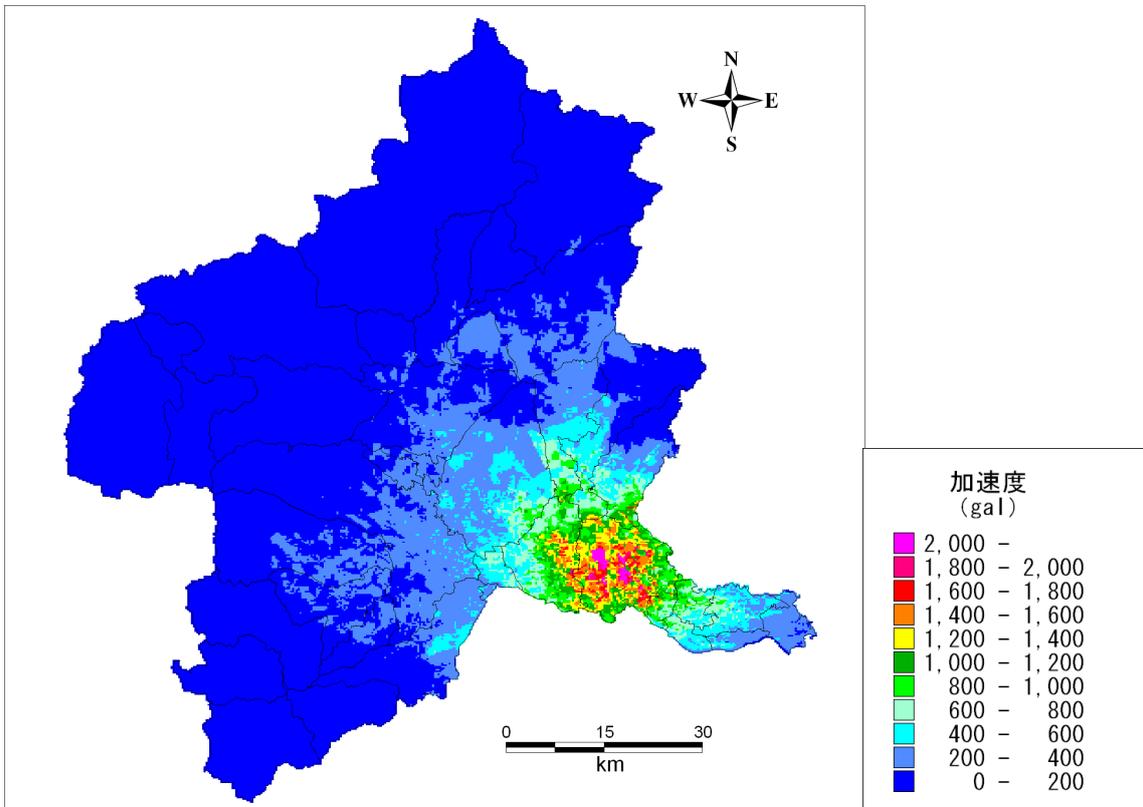


地表最大加速度分布

図 4.3-9(2) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(太田断層による地震の場合(M7.1)。C=8.0km)



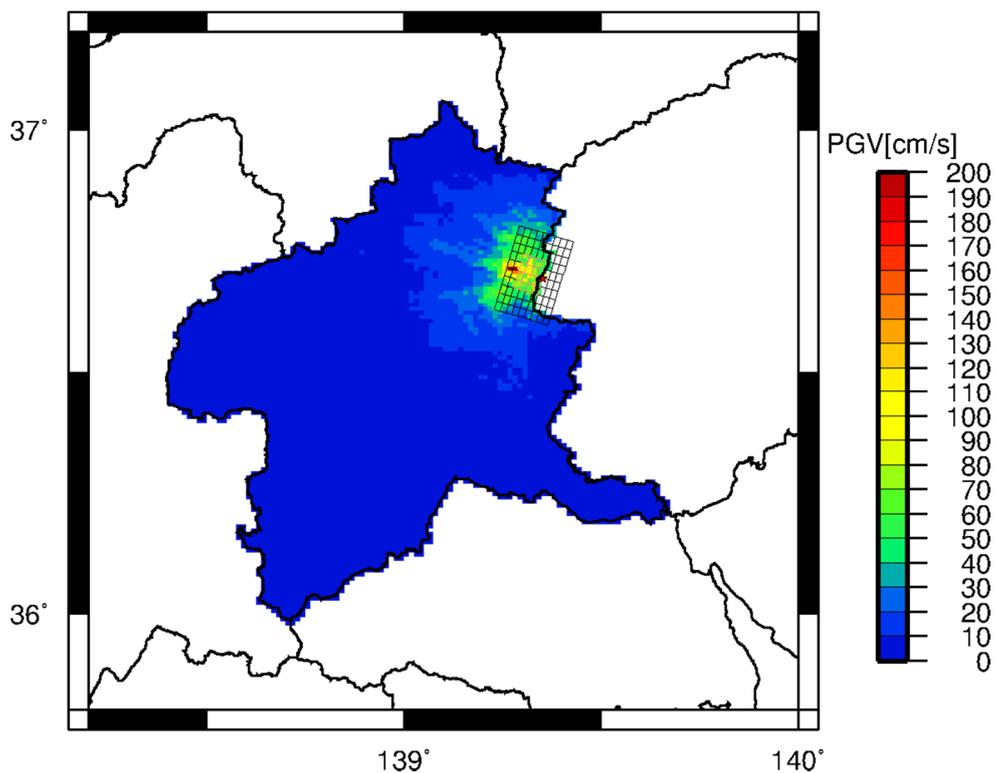
地表最大速度分布



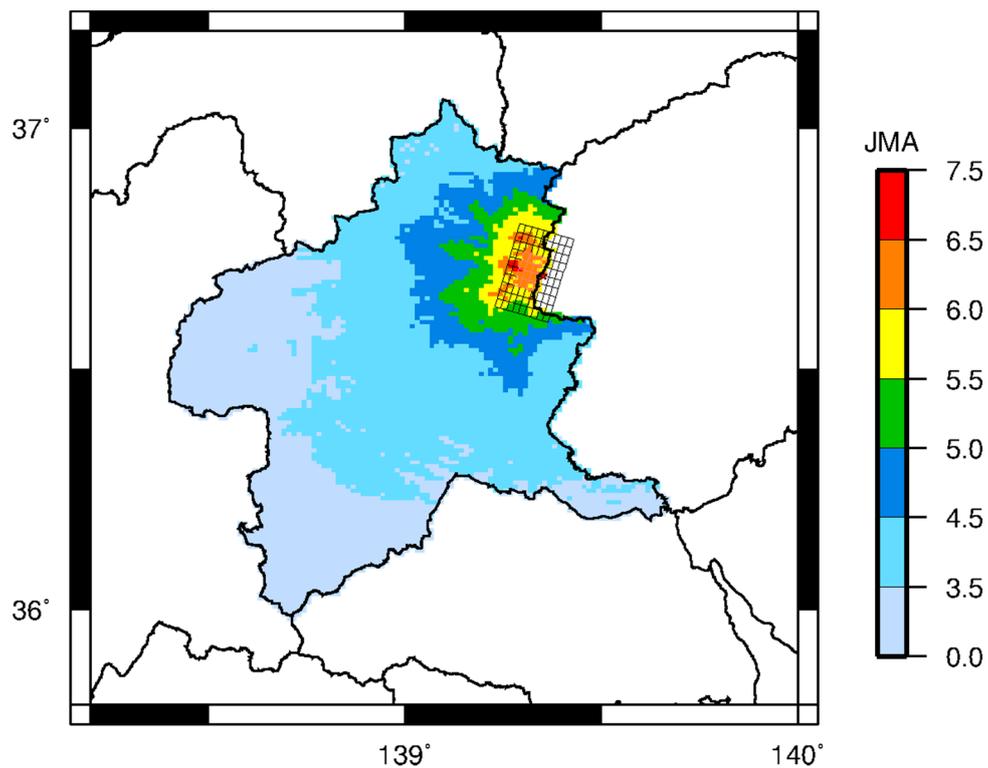
地表最大加速度分布

図 4.3-9(3) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(太田断層による地震の場合(M7.1)。C2.8km)

3) 片品川左岸断層による地震動予測

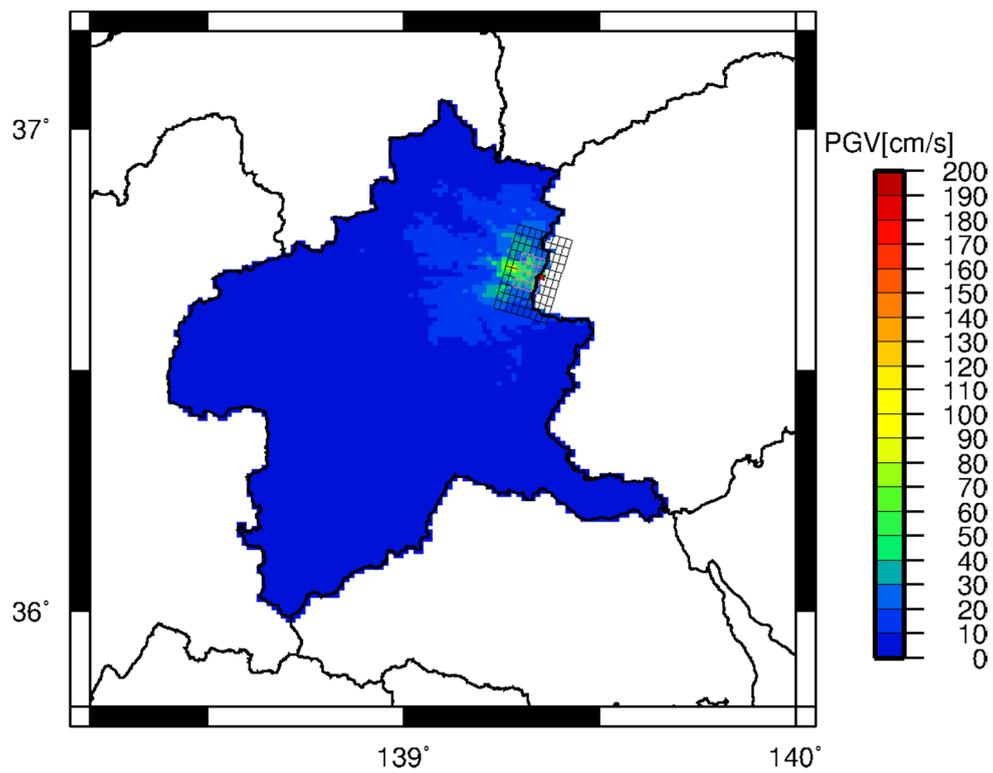


最大速度分布

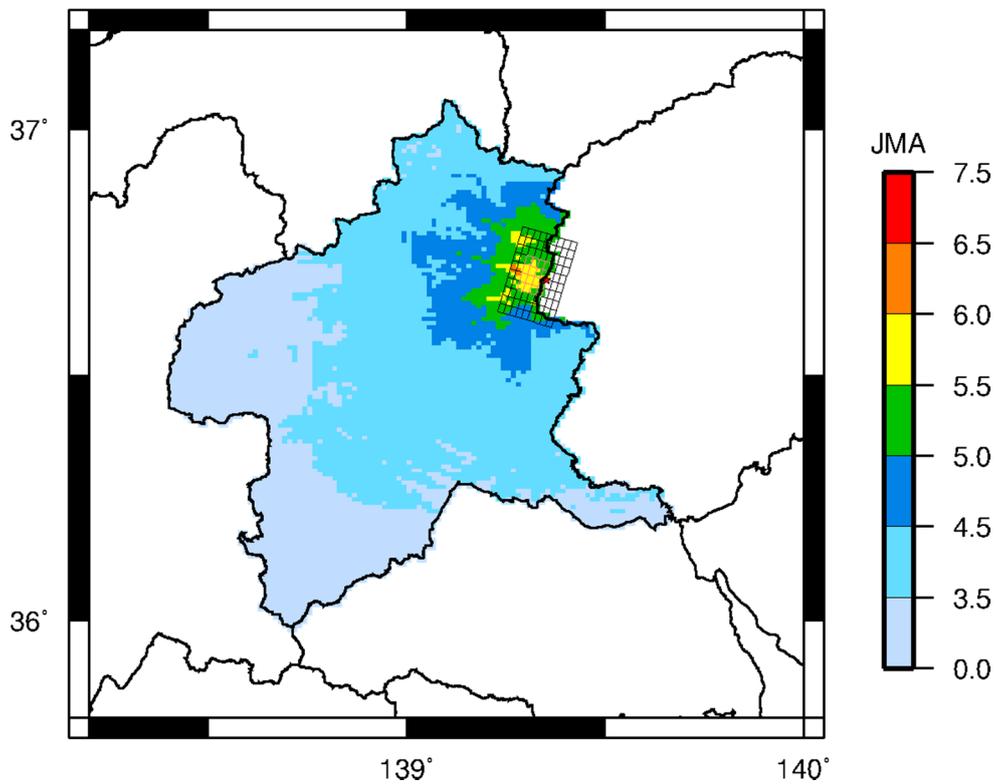


震度分布

図 4.3-10(1) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=0km)

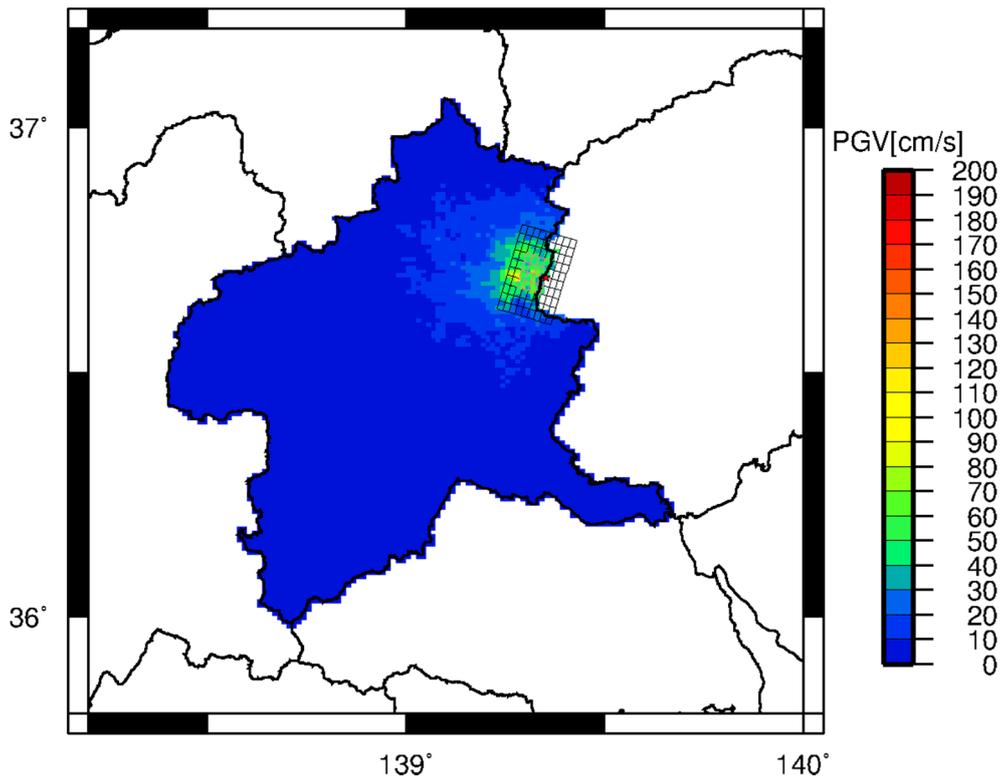


最大速度分布

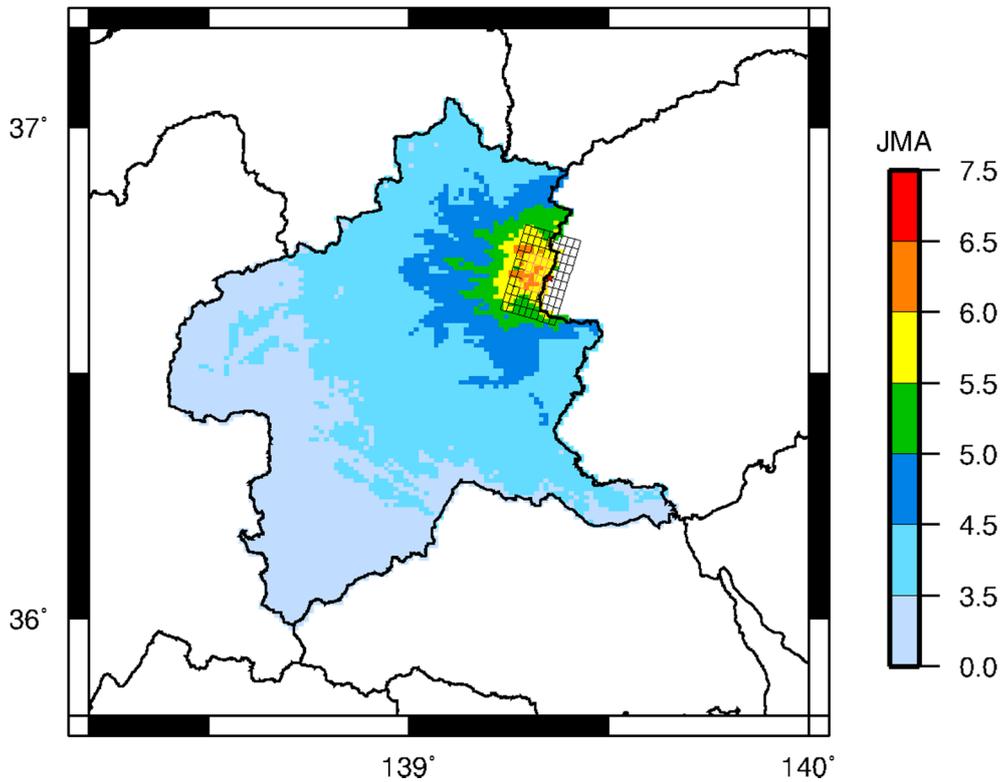


震度分布

図 4.3-10(2) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=8.0km)

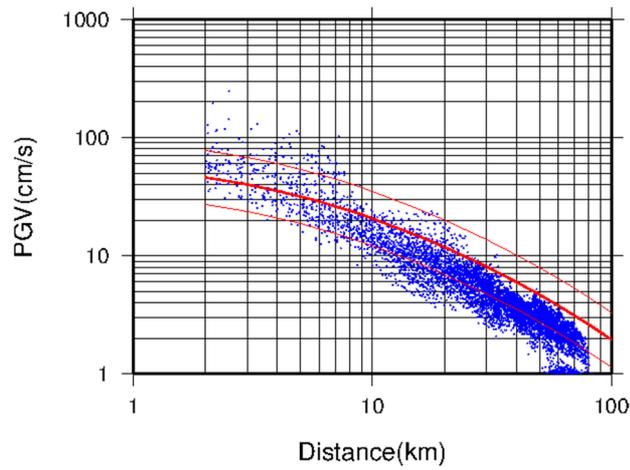


最大速度分布

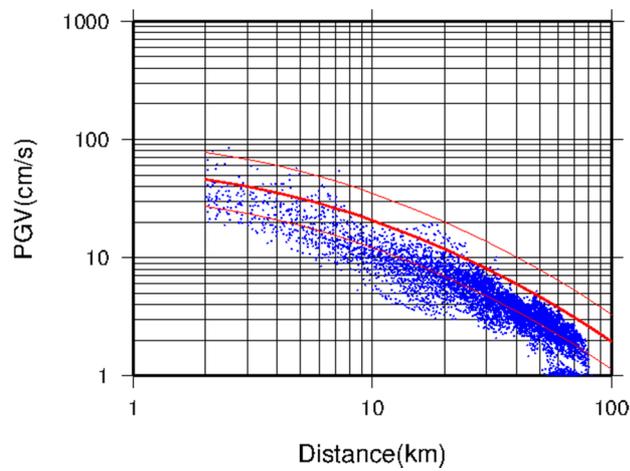


震度分布

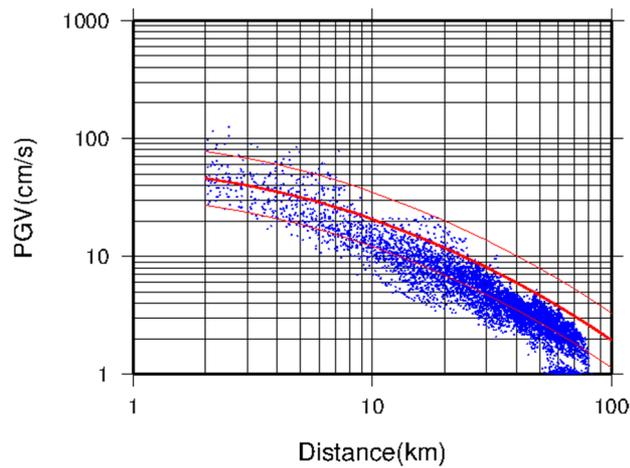
図 4.3-10(3) 工学的基盤における最大速度と震度分布
(片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=2.8km)



(a) $C=0$ km



(b) $C=8.0$ km



(c) $C=2.8$ km

図 4.3-11 距離減衰式（司・翠川，1999）との比較
片品川左岸断層による地震の場合 (M7.0)

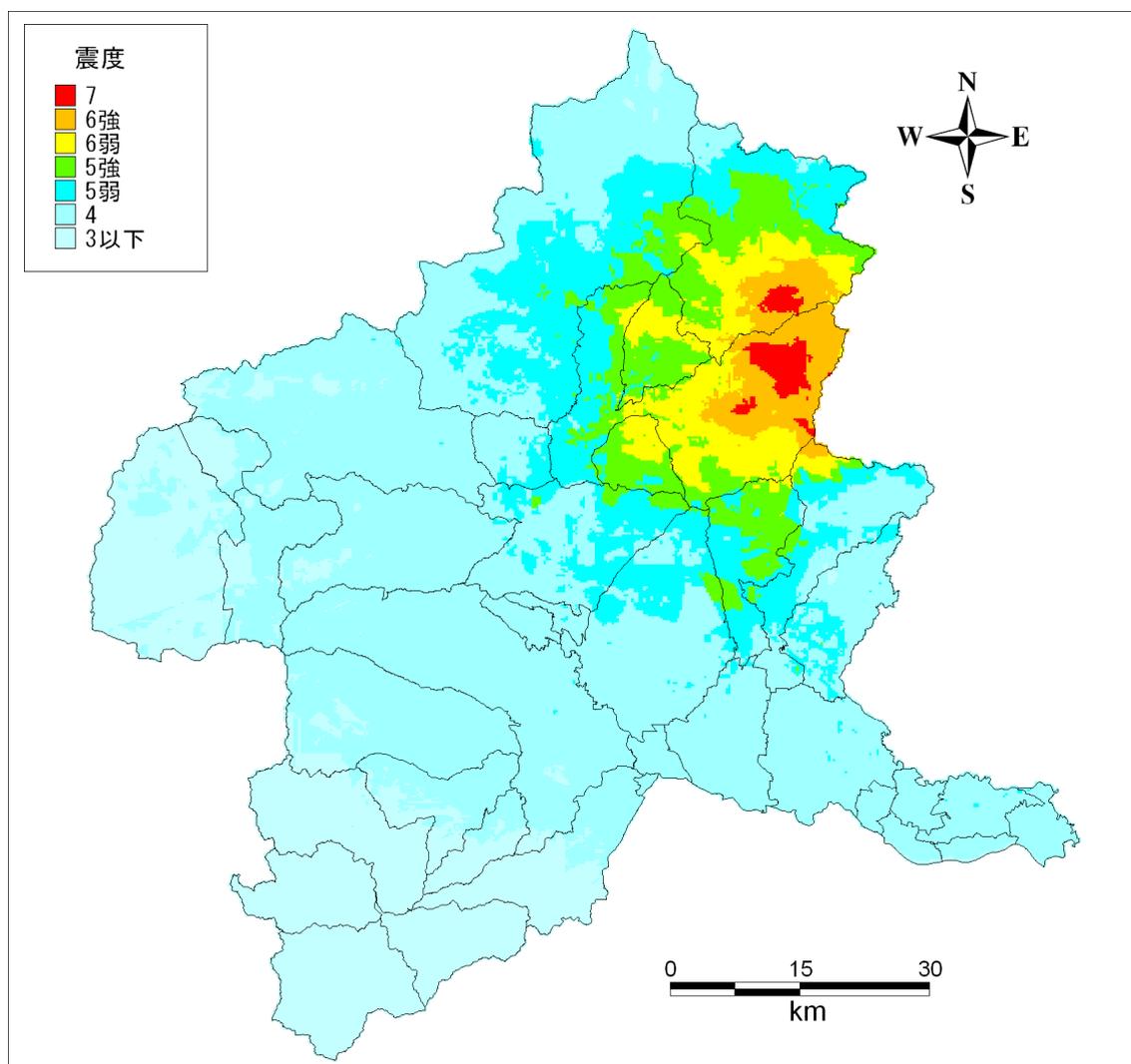


図 4.3-12(1) 地表震度分布
 (片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=0km)

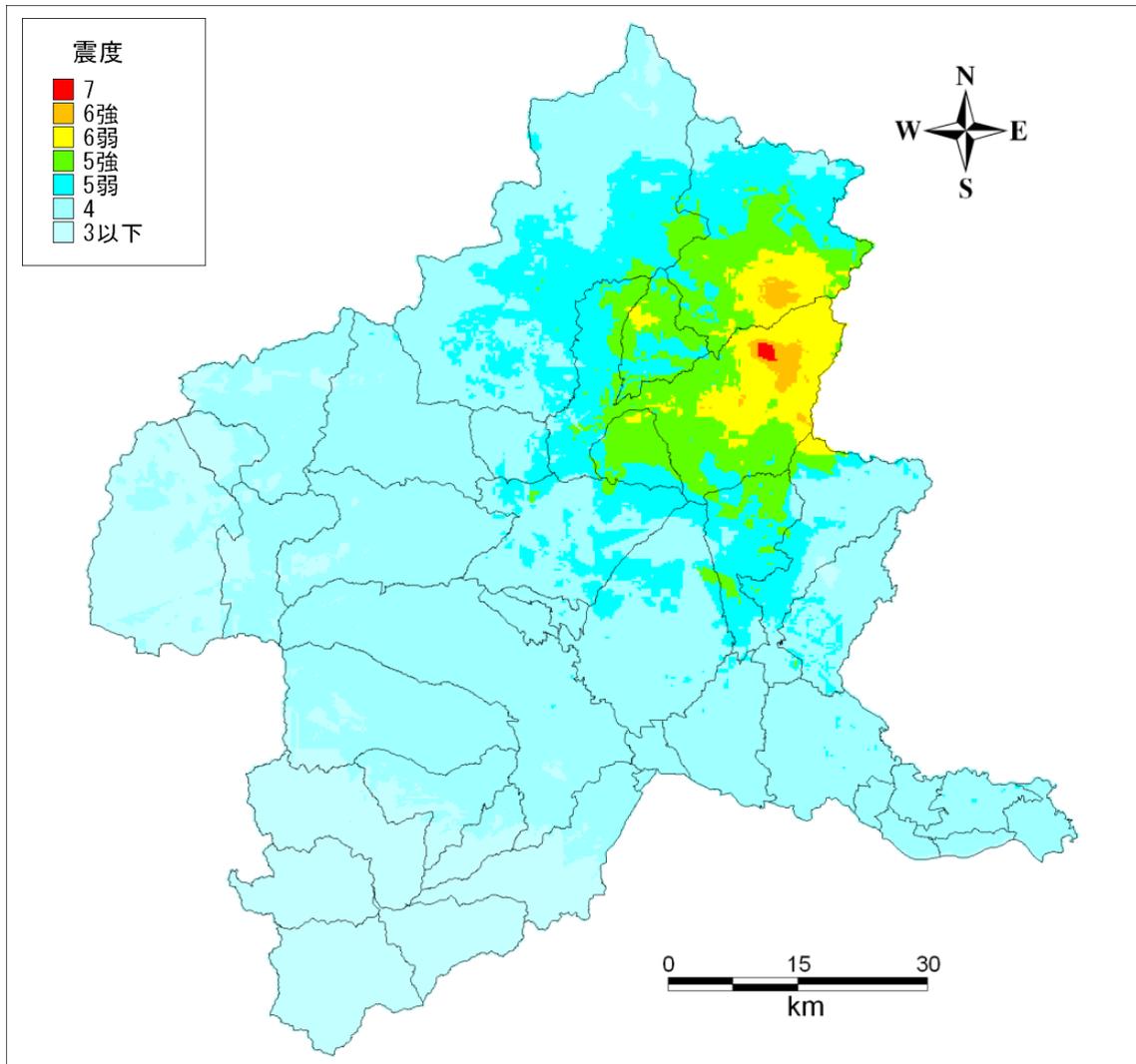


図 4.3-12(2) 地表震度分布
 (片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=8.0km)

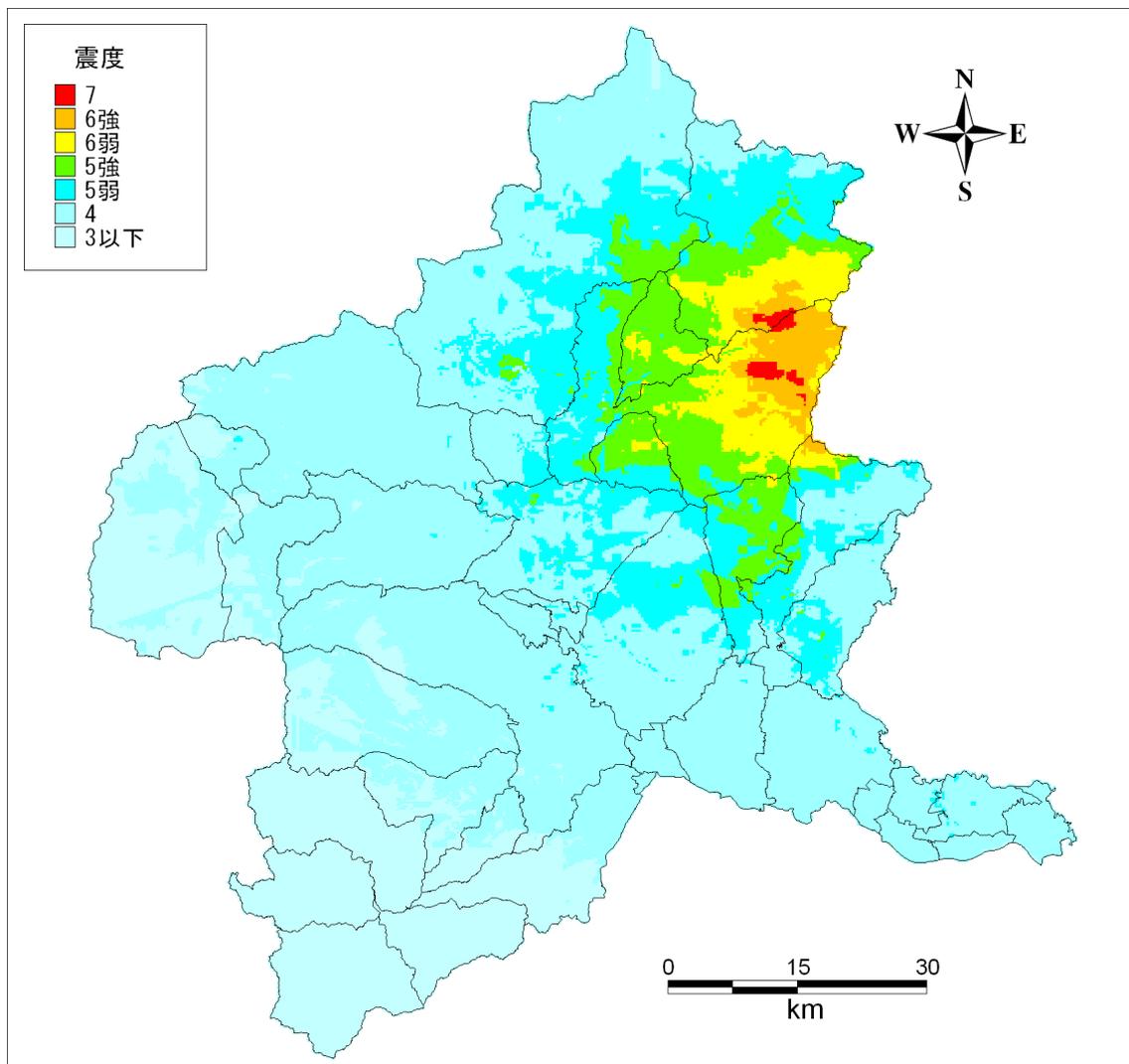
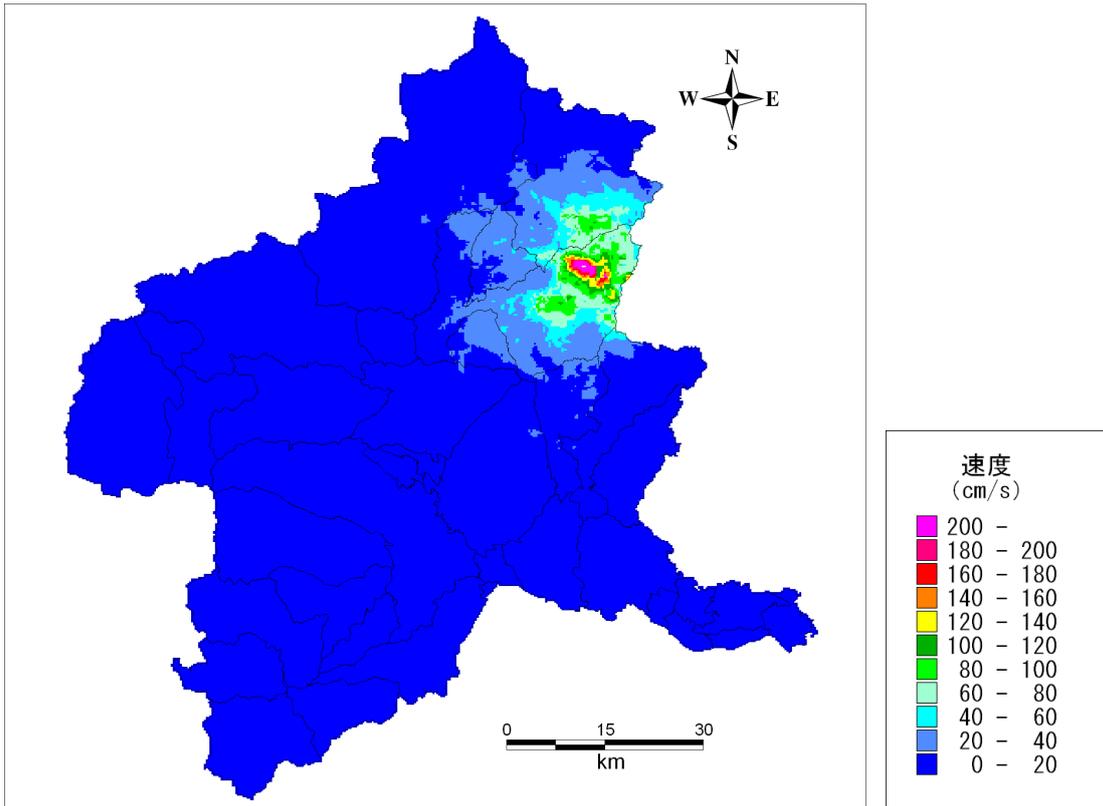
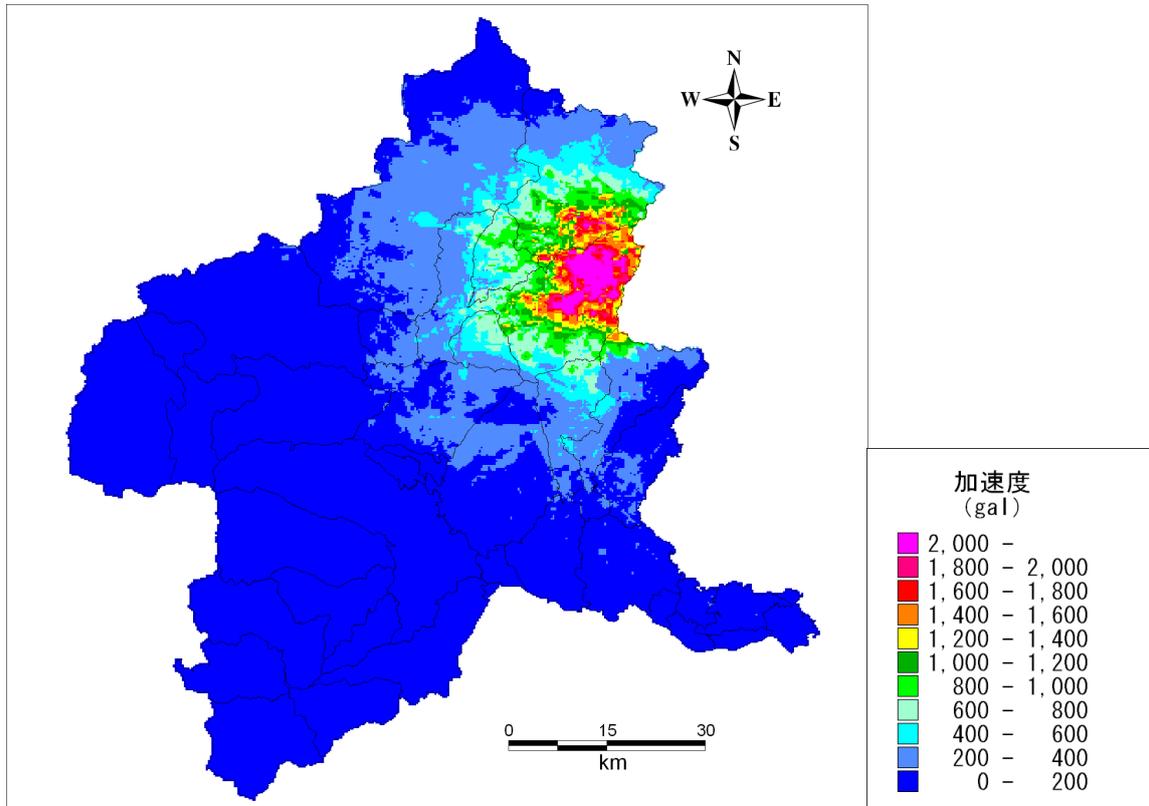


図 4.3-12(3) 地表震度分布
 (片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=2.8km)

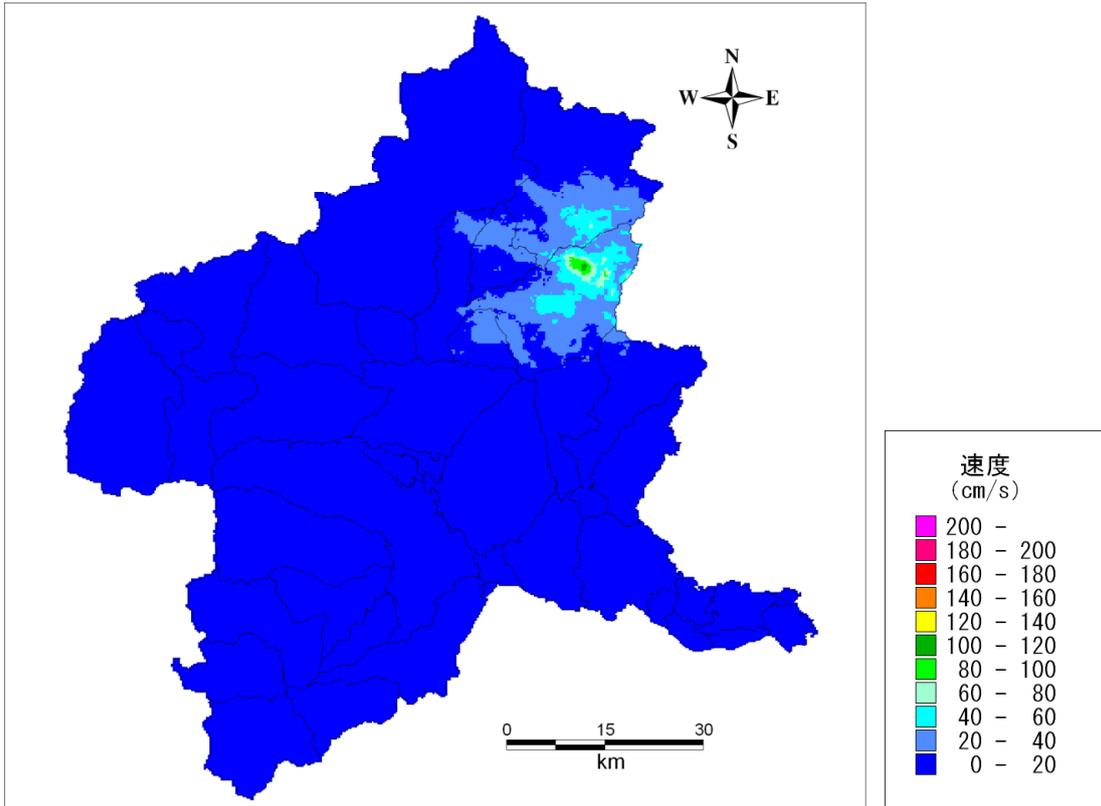


地表最大速度分布

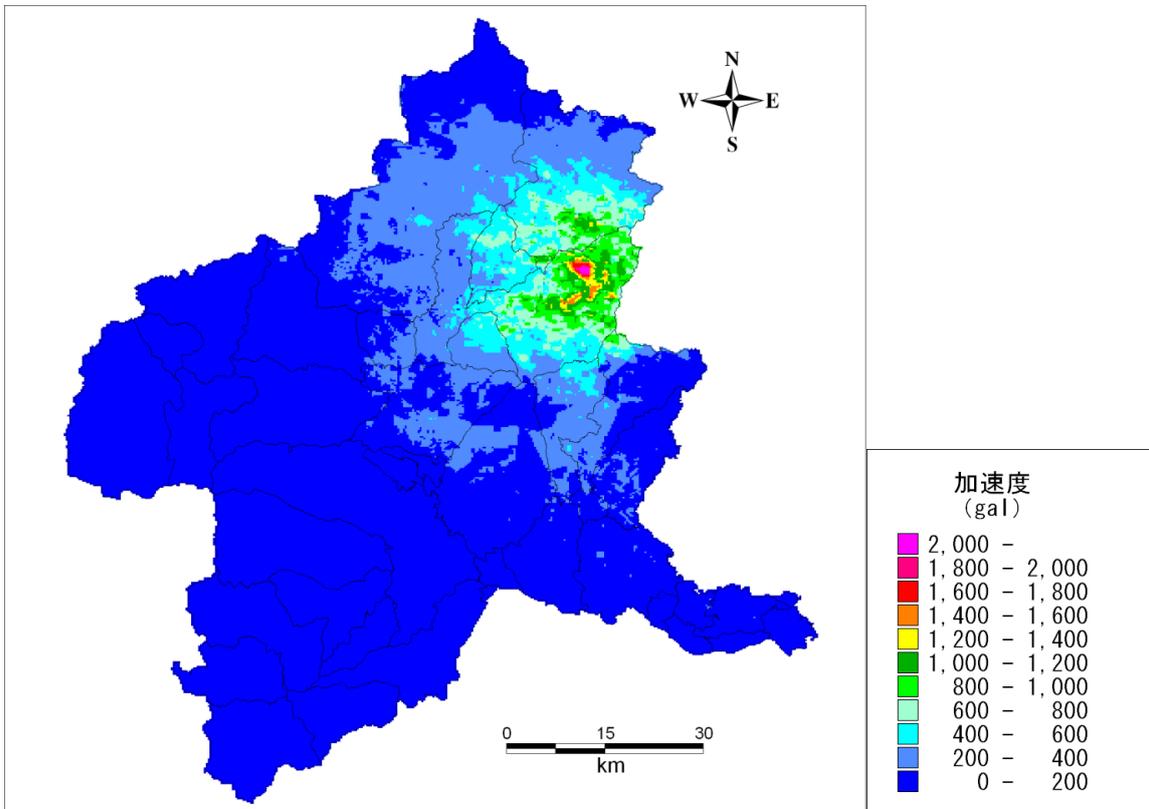


地表最大加速度分布

図 4.3-13(1) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=0km)

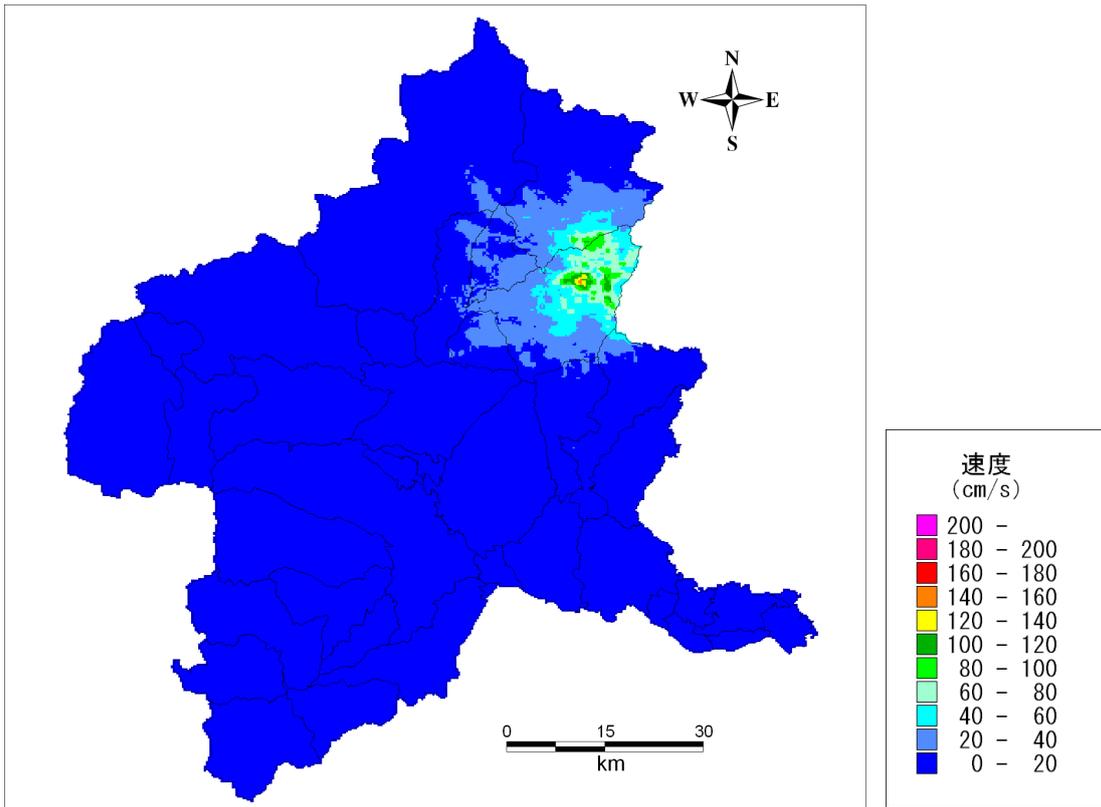


地表最大速度分布

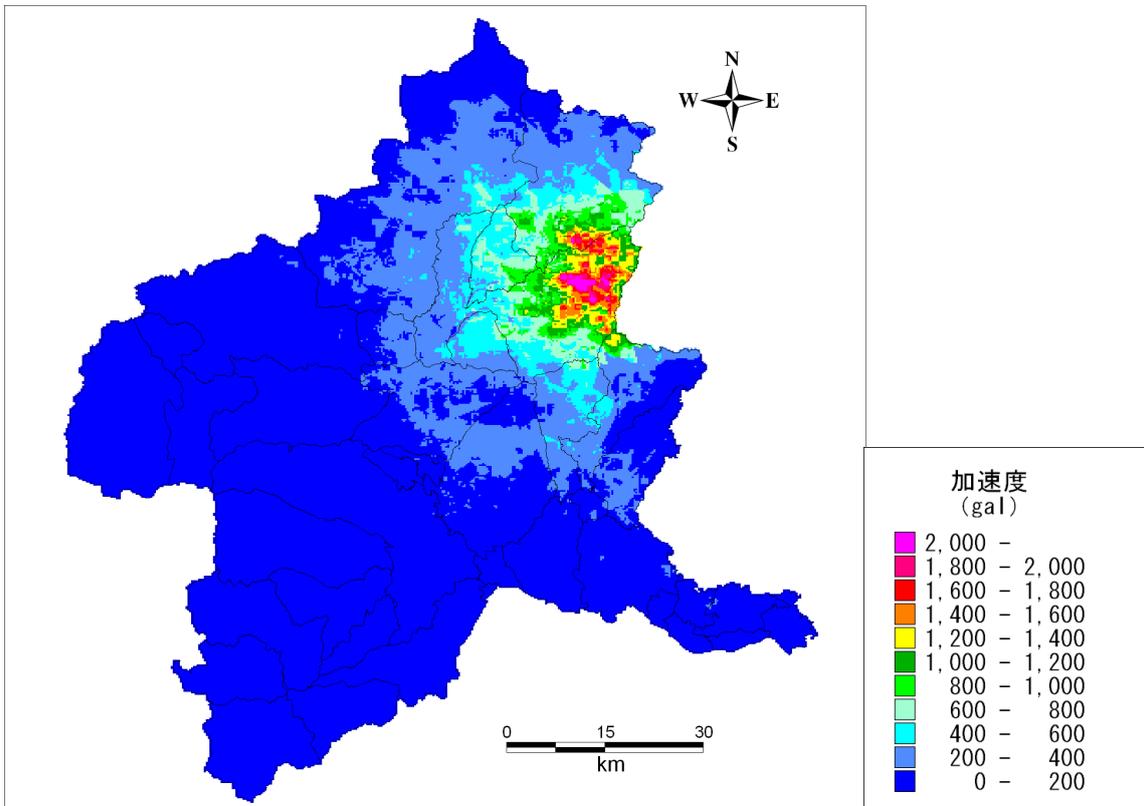


地表最大加速度分布

図 4.3-13(2) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=8.0km)



地表最大速度分布



地表最大加速度分布

図 4.3-13(3) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(片品川左岸断層による地震の場合(M7.0)。C=2.8km)

4.4 その他の想定地震による地震動予測

県外の断層帯で、活動した場合に本県に影響を及ぼす可能性がある、次の2つの断層帯を震源とする地震については、群馬県内において想定される震度を算出した(図4.4-1~2)。

- 1) 六日町断層帯(全体) -新潟県
- 2) 長野盆地西縁断層帯 -長野県

震源から工学的基盤までは距離減衰式を用いて地震動を予測し、工学的基盤から地表の地震動については、「3. 地盤モデルの作成」において県内のボーリングデータと微地形区分を用いて作成した浅部地盤モデルの地盤増幅率や震度増分を用いて算出した。

工学的基盤上の最大速度(PGV_b[cm/秒])は、司・翠川(1999)による距離減衰式(式4.4-1)により算出した。

$$\log PGV_b = 0.58M_w + 0.0038D - 1.29 - \log(X + 0.0028 \cdot 10^{0.50M_w}) - 0.002X + d \quad \text{--- (式4.4-1)}$$

ここで、

PGV_b : S波速度 600m/秒基盤上の最大速度

M_w : モーメントマグニチュード

D : 震源の深さ(km)

X : 断層最短距離(km)

d : 地震タイプ別の係数(地殻内 0.00, プレート間 0.02, プレート内 0.12)

また、工学的基盤上の地震動から、地表の地震動を予測するために用いる地盤増幅率の評価手法については、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009)による強震動予測の「レシピ」に基本的に従った。採用した手法を、以下に示す。

- a) 250m メッシュの速度構造モデルより、以下の式を用いて AVS30 を求める。

$$AVS30 = \frac{30}{\sum(h/V_s)} \quad \text{--- (式 4.4-2)}$$

ここで、

AVS30 : 表層 30m の平均 S 波速度(m/秒)

h : 各層の層厚(m)

V_s : 各層の S 波速度(m/秒)

- b) 工学的基盤から地表への最大速度の増幅率 *amp* については、表層 30m の平均 S 波速度 AVS30 との相関性が認められる。そこで次式を用いて、AVS30 から最大速度の増幅率 *amp* を算出する(藤本・翠川, 2006)。

$$\log(amp) = 2.367 - 0.852 \cdot \log AVS30 \pm 0.166 \quad (100 < AVS30 < 1500) \quad \text{--- (式 4.4-3)}$$

ここで、*amp* : 平均 S 波速度 600m/秒の工学的基盤を基準とした最大速度増幅率

- c) 工学的基盤上の最大速度 PGV_b (cm/秒) に前述の最大速度の増幅率 amp を乗じ、地表の最大速度 PGV (cm/秒) を算出する。

$$PGV = amp \cdot PGV_b \quad \text{----- (式 4.4-4)}$$

- d) 地表の最大速度 PGV から最大速度と計測震度の関係式 (藤本・翠川, 2005) を用いて、地表の震度 I を求める。

$$I = 2.002 + 2.603 \cdot \log(PGV) - 0.213 \cdot \{\log(PGV)\}^2 \quad (4 \leq I) \quad \text{----- (式 4.4-5)}$$

$$I = 2.165 + 2.262 \cdot \log(PGV) \quad (I < 4) \quad \text{----- (式 4.4-6)}$$

- e) 地表の震度 I から、震度と速度の関係式 (童・山崎, 1996) を用いて、地表の加速度 PGA を求める。

$$PGA = 10^{-0.23+0.51 \cdot I} \quad \text{----- (式 4.4-7)}$$

以上により求められた地表震度、速度及び加速度の値を、六日町断層帯の地震については図 4.4-1 に、長野盆地西縁断層帯については図 4.4-2 に示した。

1) 六日町断層帯（全体）による地震動予測

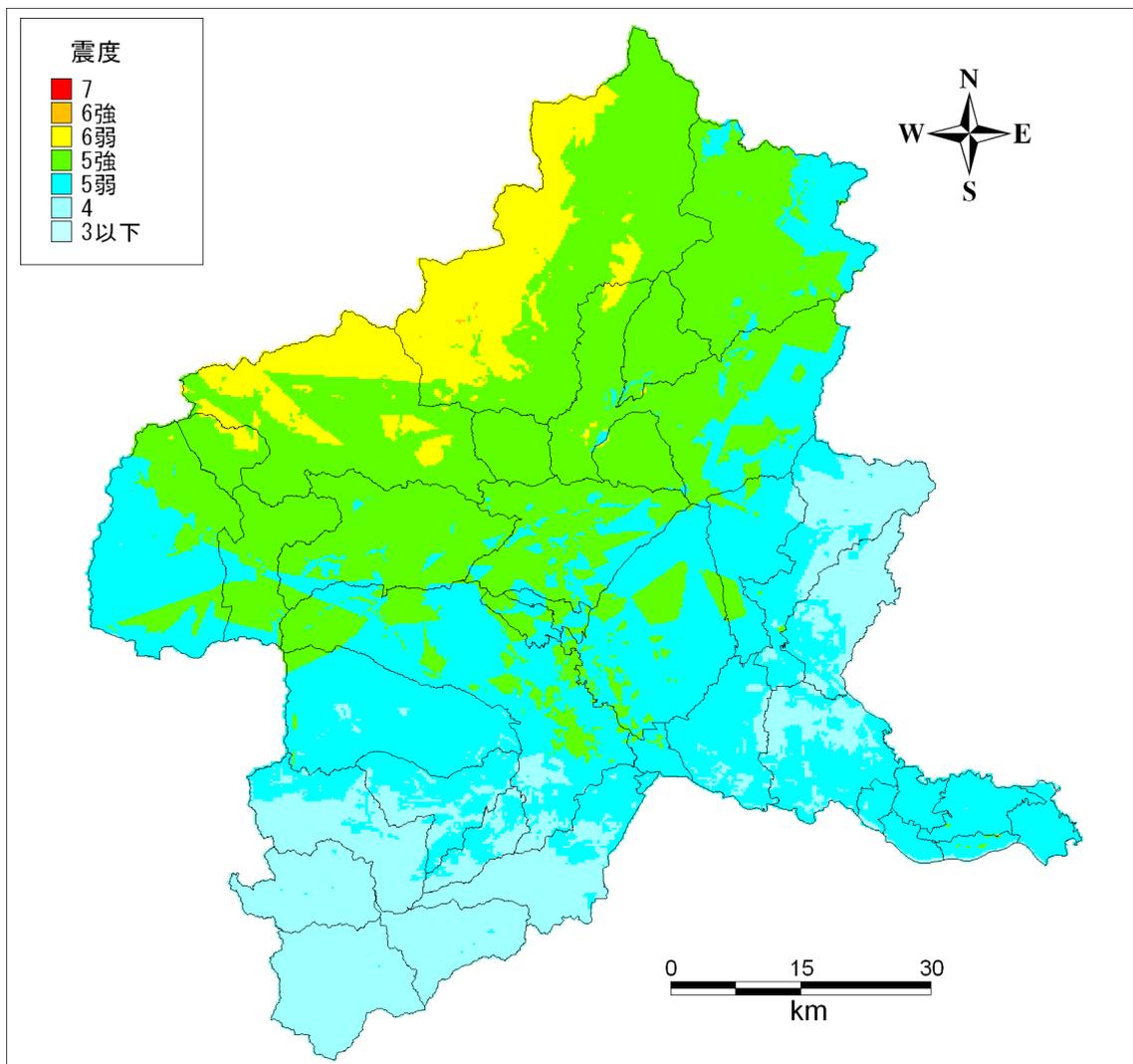
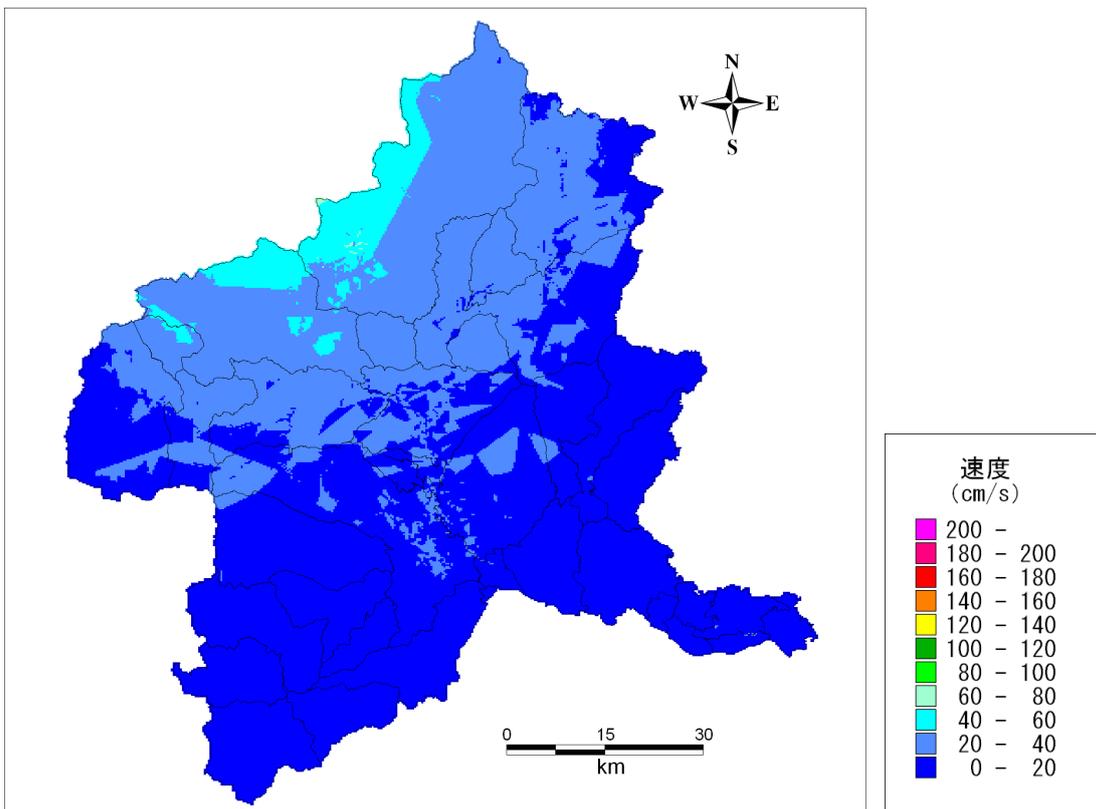
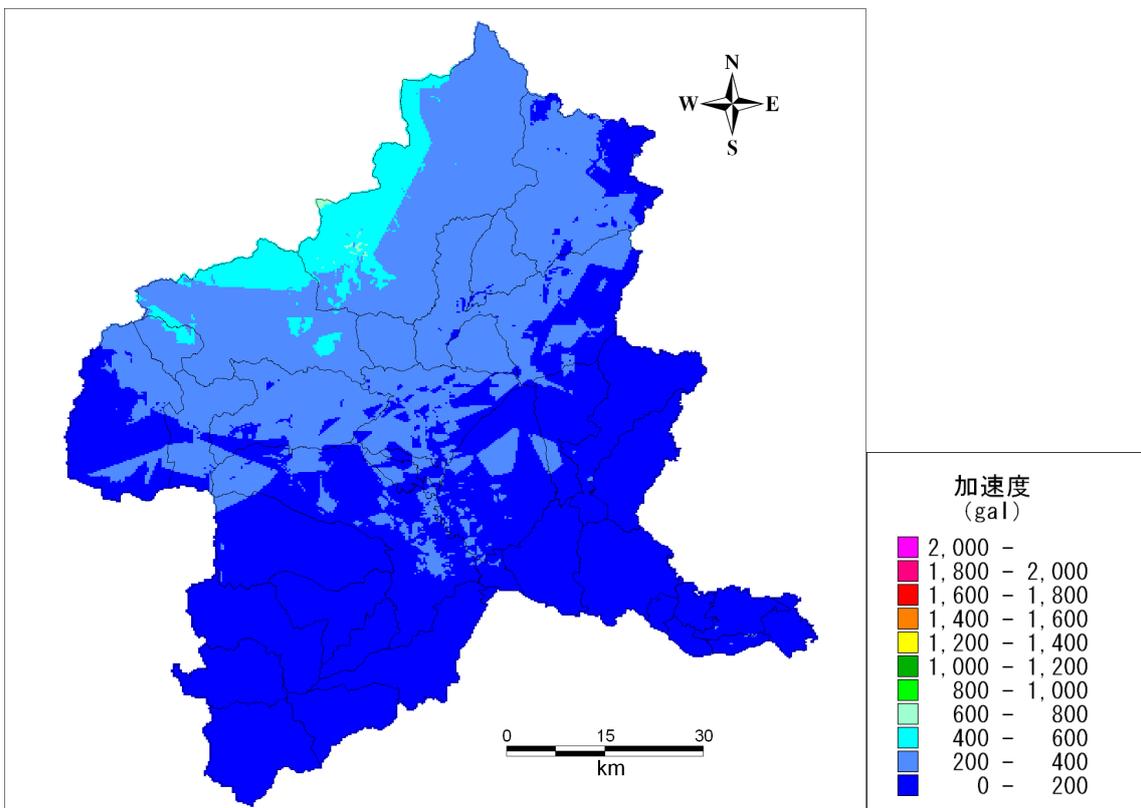


図 4.4-1(1) 地表震度分布
(六日町断層帯（全体）による地震の場合(M7.7))



地表最大速度分布



地表最大加速度分布

図 4.4-1(2) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(六日町断層帯(全体)による地震の場合(M7.7))

2) 長野盆地西縁断層帯による地震動予測

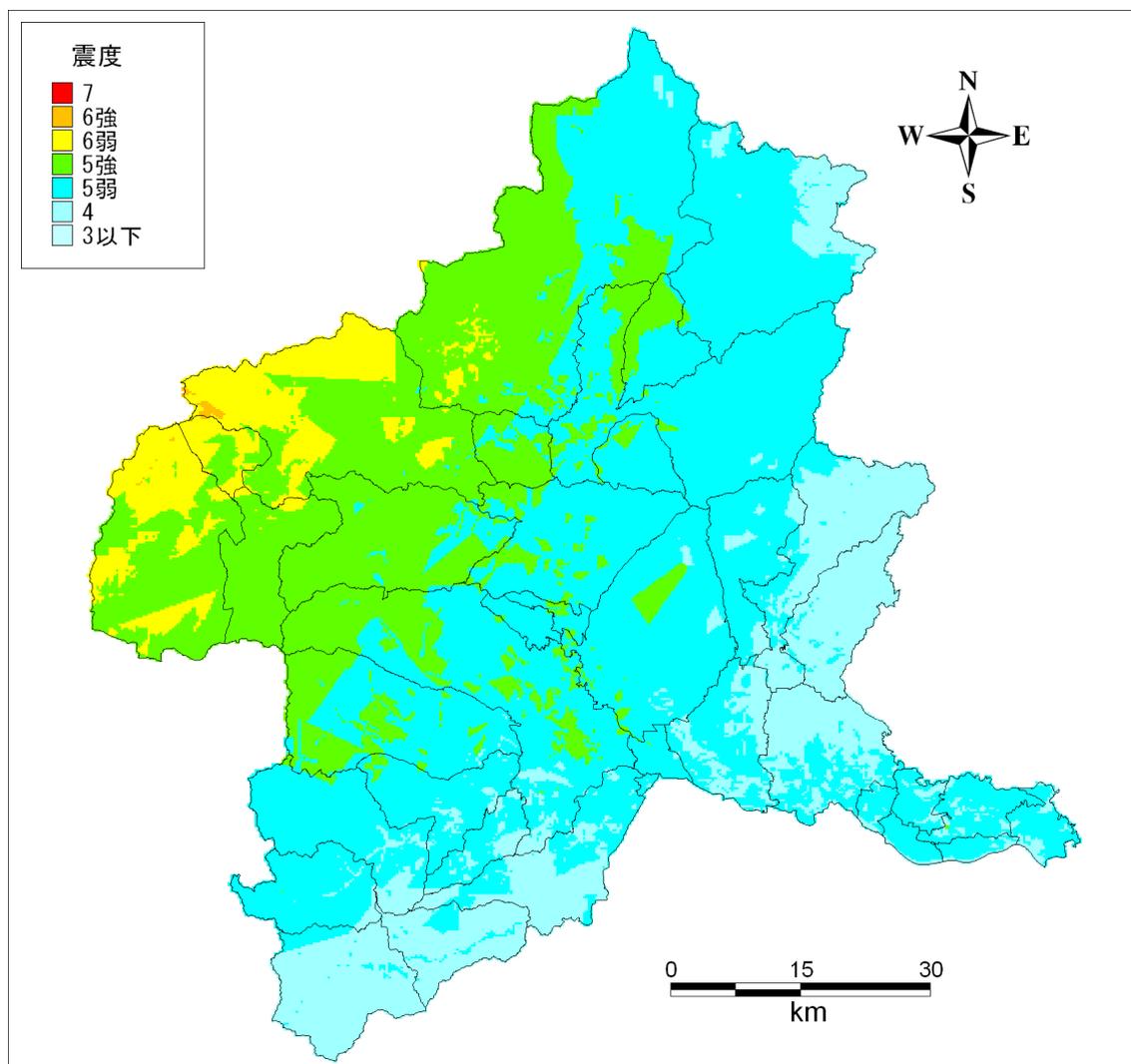
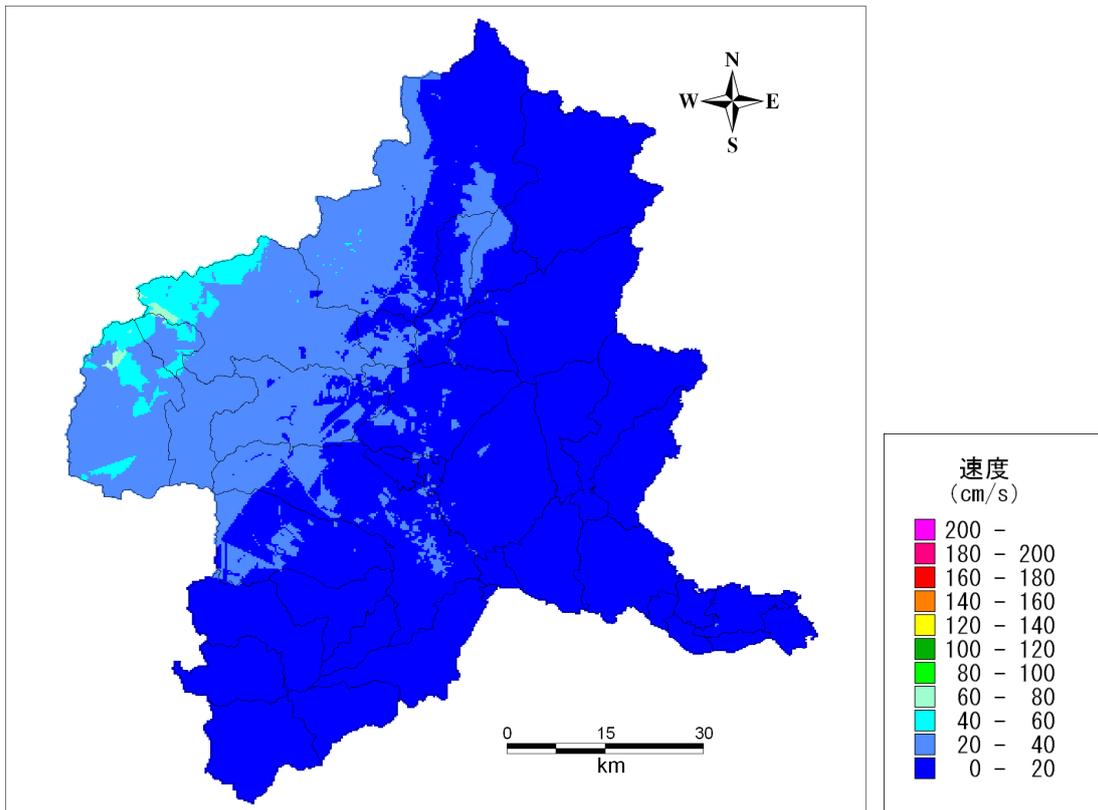
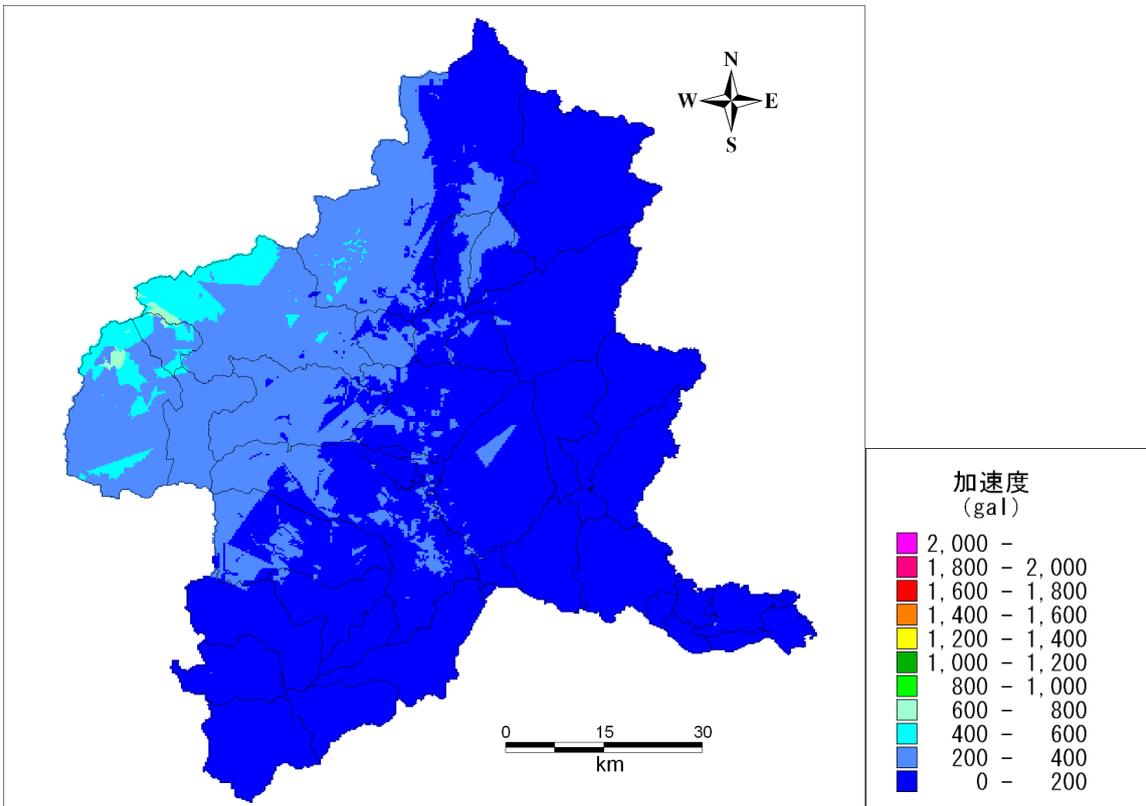


図 4.4-2(1) 地表震度分布
(長野盆地西縁断層帯による地震の場合 (M7.8))



地表最大速度分布



地表最大加速度分布

図 4.4-2(2) 地表最大速度分布及び地表最大加速度分布
(長野盆地西縁断層帯による地震の場合(M7.8))

4.5 予防対策用地震による地震動予測

全国どこでも発生しうる、地殻内の浅い場所で発生する地震として、県内各市町村の直下に設定した「予防対策用地震」については、震源から工学的基盤までは距離減衰式を用い、工学的基盤から地表までは、県内のボーリングデータと微地形区分を用いて作成した浅部地盤モデルの地盤増幅率や震度増分を用いて、地表のゆれやすさを算出した。震源を設定していることから、想定した地震に対しての絶対的なゆれやすさを示している。

予防対策用地震の震源としては、県内各市町村の役所・役場の直下に、M6.9の地震を生じる震源断層を仮定した（表4.5-1）。震源断層の上端深さは、地震基盤の深さを参考とする（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2009）が、山間部では地震基盤が地表付近まで浅くなっていることから、一律に各市町村における地震基盤の深さ+2kmの深さを上端と設定した。震源断層の走向・傾斜は、群馬県では柏崎-銚子線を境に南西と北東で活断層の分布傾向に違いが見られることから、南西側は関東平野北西縁断層帯主部の走向・傾斜（長期評価の50~70°の内、浅い傾斜を採用）に、北東側（片品村、川場村のみ）は片品川左岸断層の走向・傾斜に準拠するとした。

表 4.5-1 予防対策用に市町村直下に設定した断層

市町村名	地震規模 (M)	断層長さ (km)	震源断層の走向	震源断層の傾斜(度)・向き	断層の種類	断層上端深度 (km)	地震基盤上面深度 (km)
前橋市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	7.5	5.5
高崎市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	7	5
桐生市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
伊勢崎市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	8	6
太田市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3.5	1.5
沼田市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
館林市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	4	2
渋川市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	4	2
藤岡市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	5	3
富岡市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
安中市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	4	2
みどり市	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	4	2
榛東村	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	5	3
吉岡町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	6.5	4.5
上野村	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	2	0
神流町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	2	0
下仁田町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	2	0
南牧村	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	2	0
甘楽町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
中之条町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	4	2
東吾妻町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	4	2
長野原町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3.5	1.5
嬭恋村	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3.5	1.5
草津町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
高山村	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3.5	1.5
片品村	6.9	17.4	16.8	45・東傾斜	東側隆起の逆断層	2	0
川場村	6.9	17.4	16.8	45・東傾斜	東側隆起の逆断層	2.5	0.5
昭和村	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
みなかみ町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	3	1
玉村町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	7.5	5.5
板倉町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	5	3
明和町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	5	3
千代田町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	6.5	4.5
大泉町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	6	4
邑楽町	6.9	17.4	120.0	50・南西傾斜	南西側隆起の逆断層	5	3

図 4.5-1 では、各市町村におけるゆれやすさが最大となるケースを示す。これは、属する市町村における予防対策用地震よりも、隣接する市町村の地震の方が大きい場合は、大きい方を採用したケースを意味する。図 4.5-2(1)～(7)では、各市町村でそれぞれ設定した 1 つの震源断層からの地震動を市町村ごとに計算した結果を個別に示す。

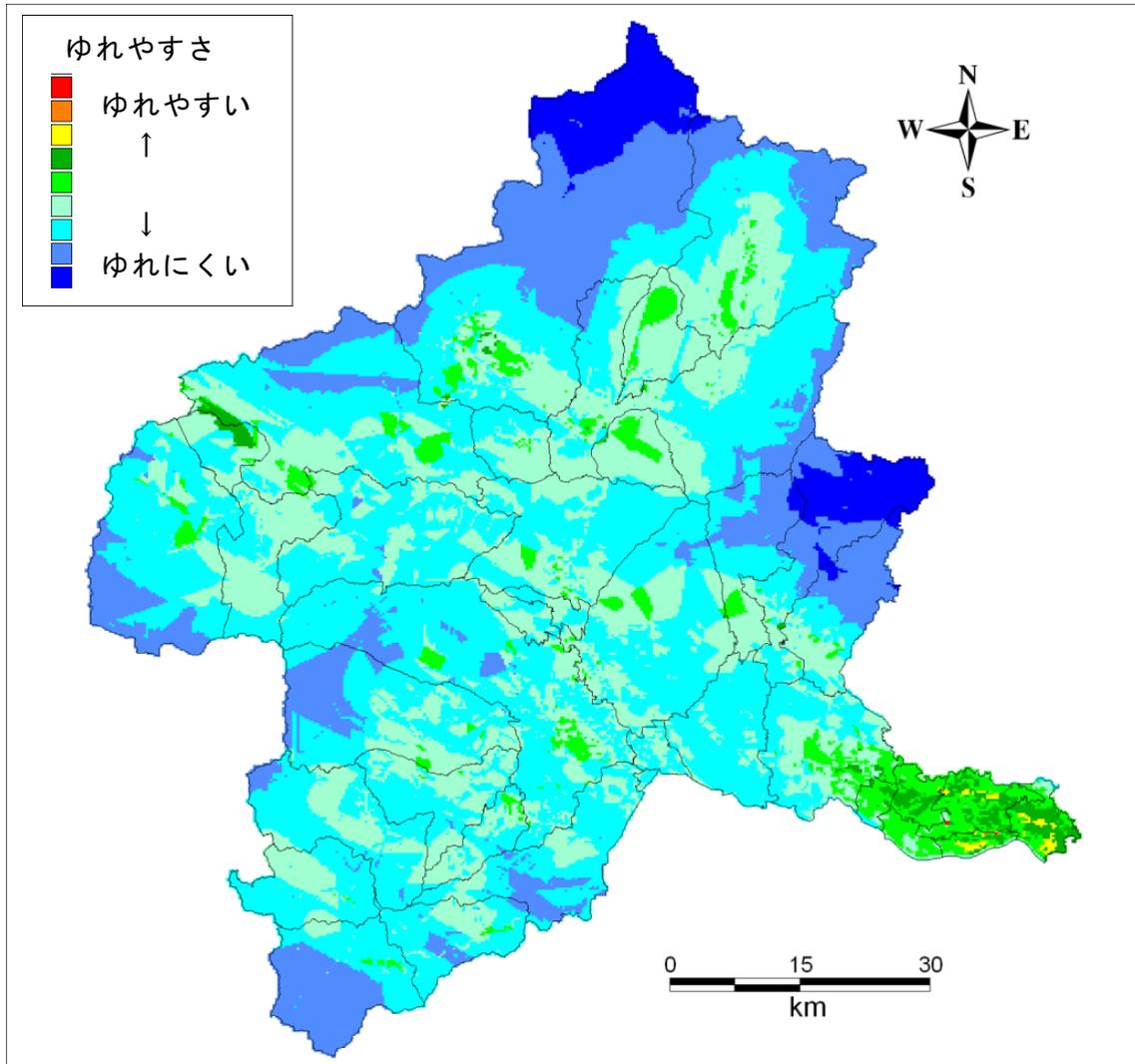
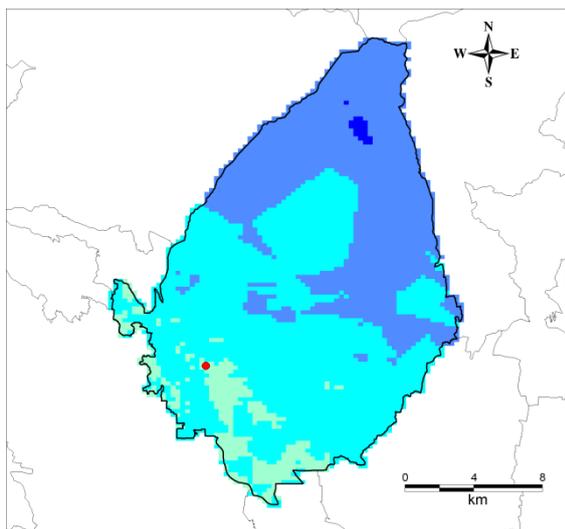
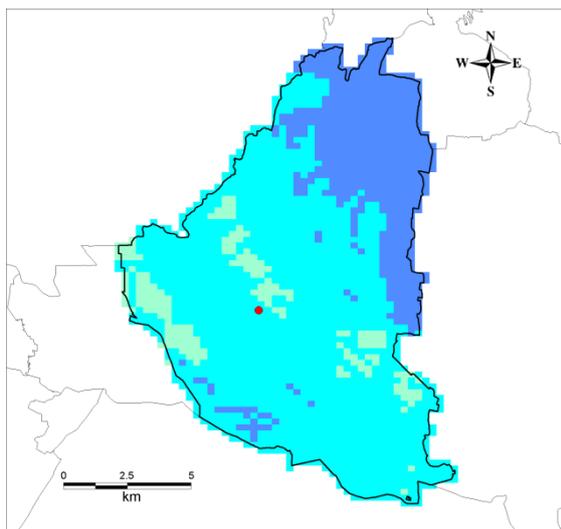


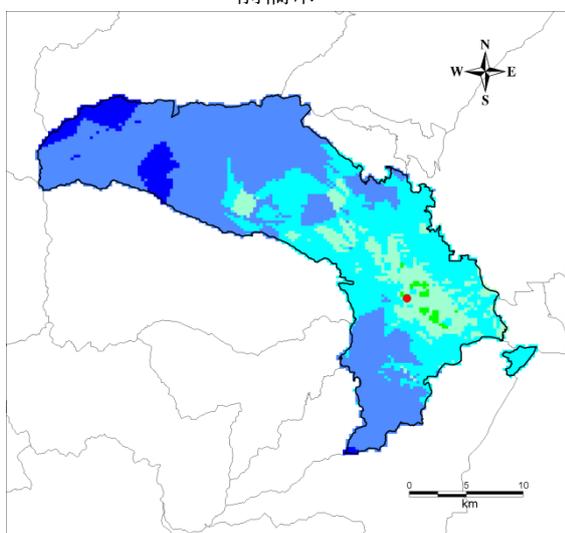
図 4.5-1 予防対策用に設定した各市町村直下の地震（それぞれ M6.9）によるゆれやすさの分布



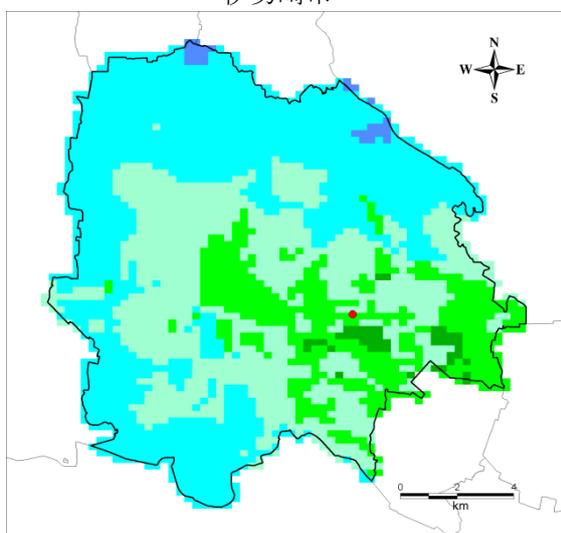
前橋市



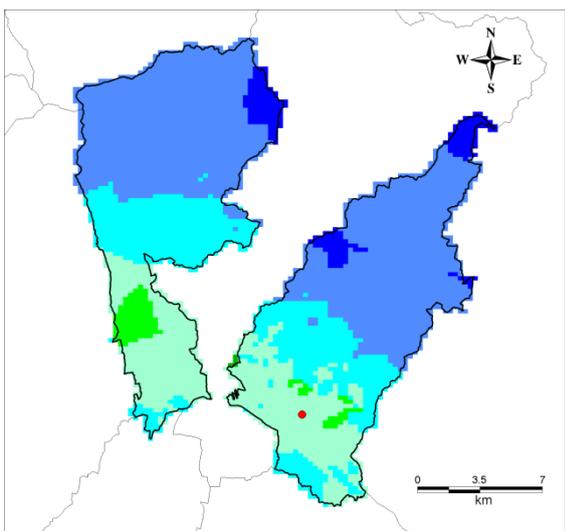
伊勢崎市



高崎市



太田市



桐生市

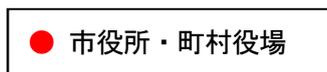
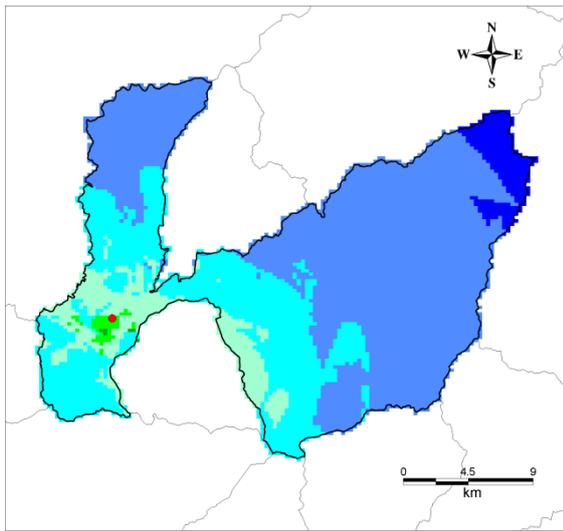
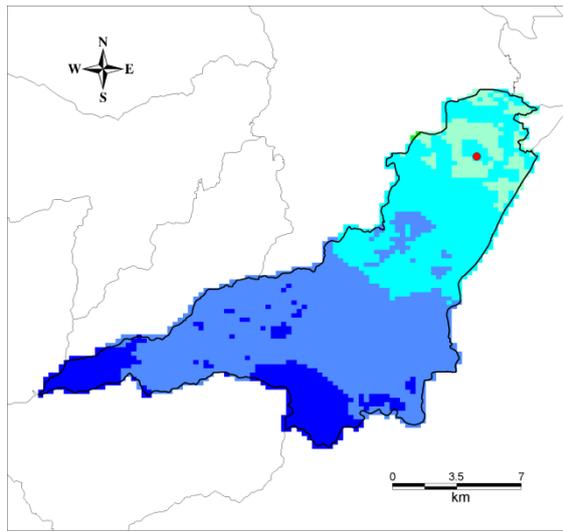


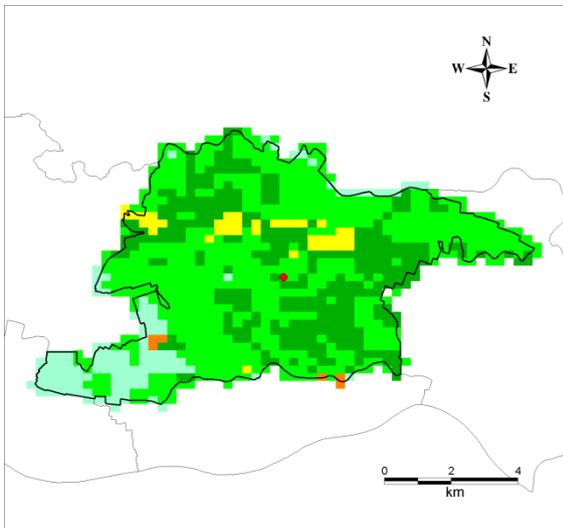
図 4.5-2(1) ゆれやすさの分布図 (予防対策用の市町村直下の地震・市町村別)



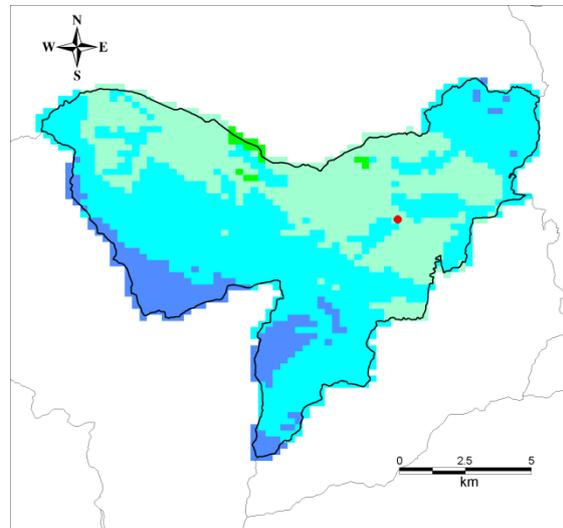
沼田市



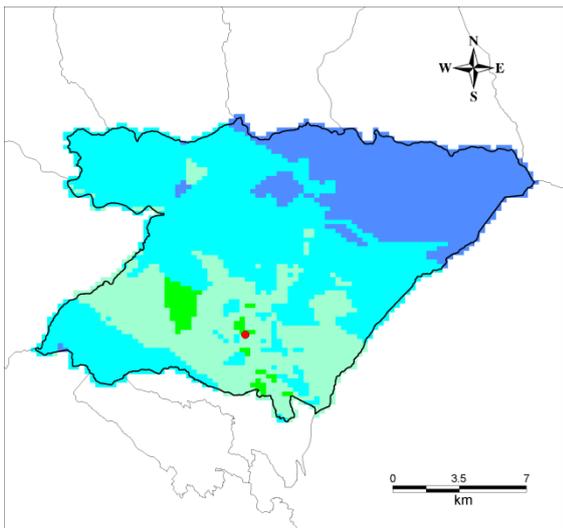
藤岡市



館林市



富岡市



渋川市

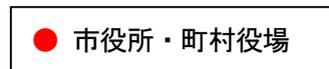
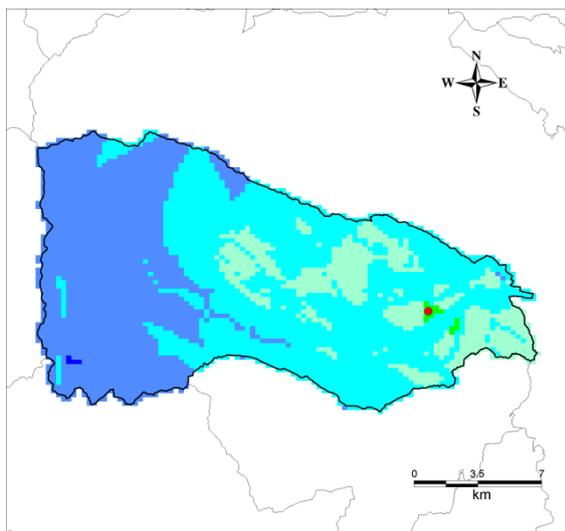
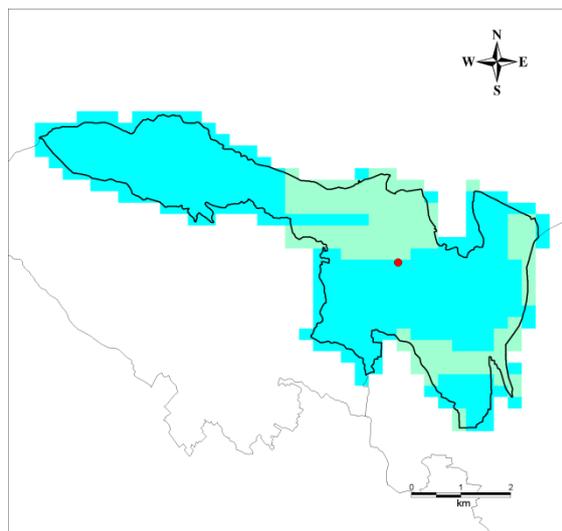


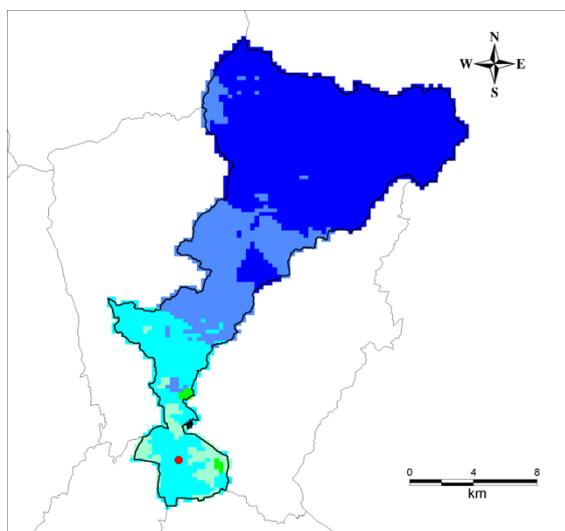
図 4.5-2(2) ゆれやすさの分布図（予防対策用の市町村直下の地震・市町村別）



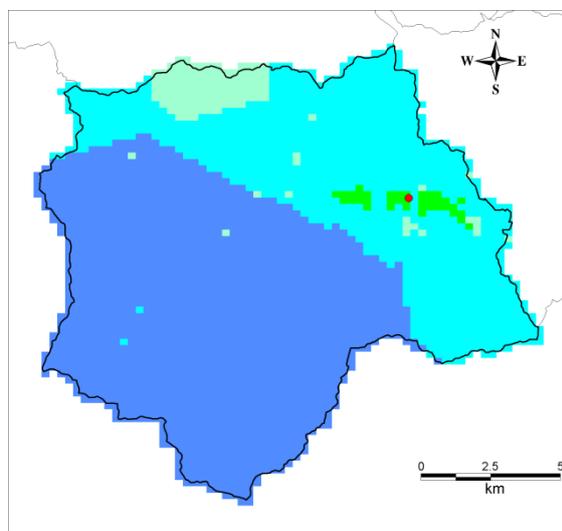
安中市



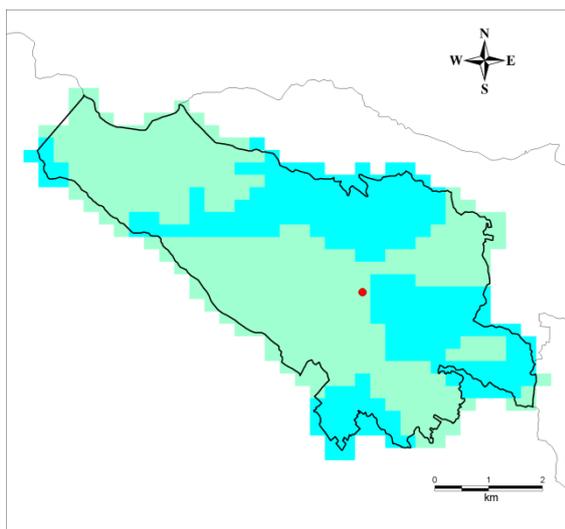
北群馬郡吉岡町



みどり市



多野郡上野村



北群馬郡榛東村

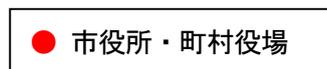
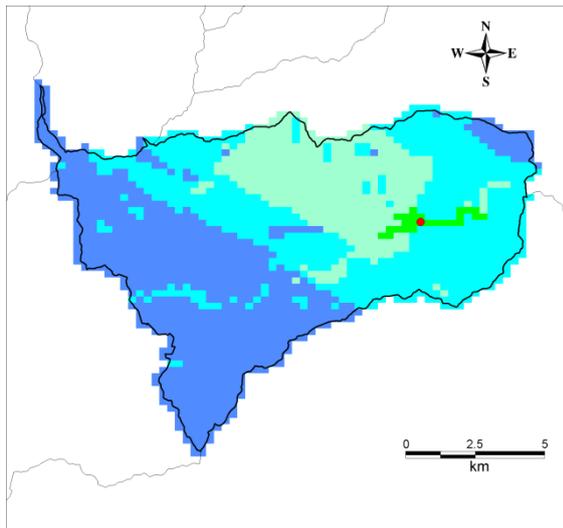
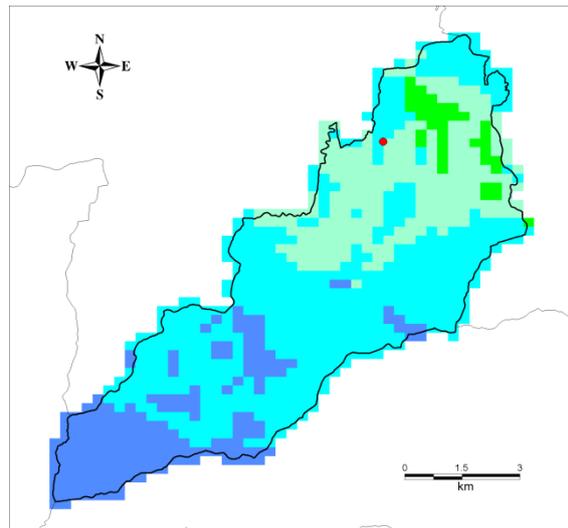


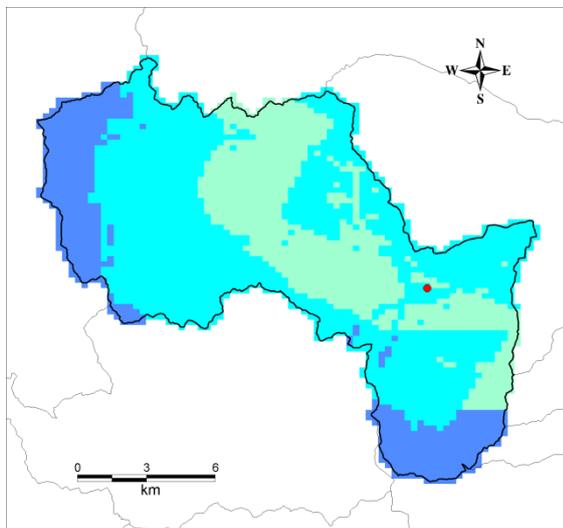
図 4.5-2(3) ゆれやすさの分布図 (予防対策用の市町村直下の地震・市町村別)



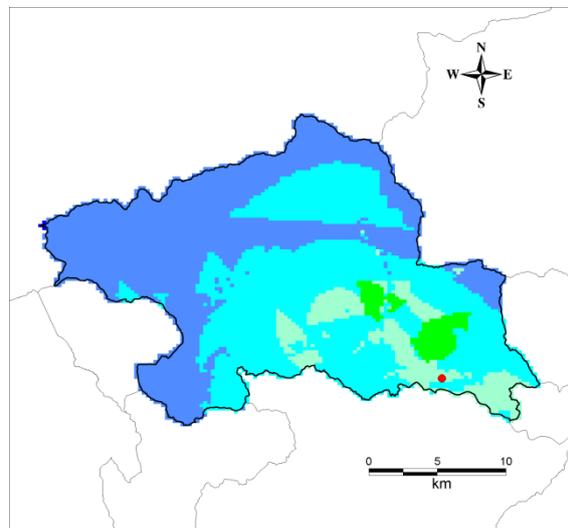
多野郡神流町



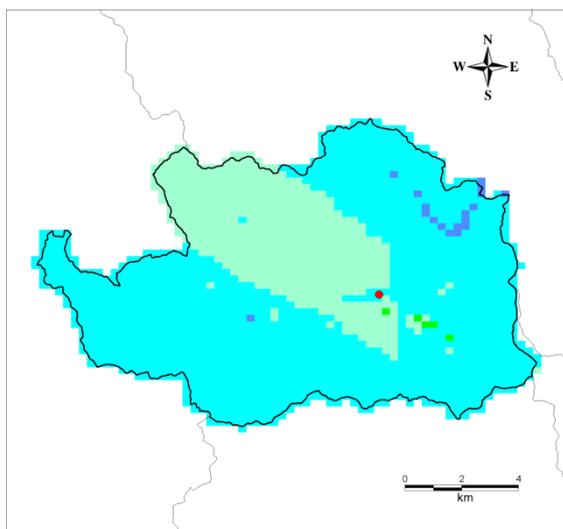
甘楽郡甘楽町



甘楽郡下仁田町



吾妻郡中之条町



甘楽郡南牧村

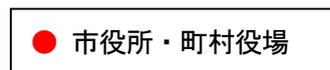
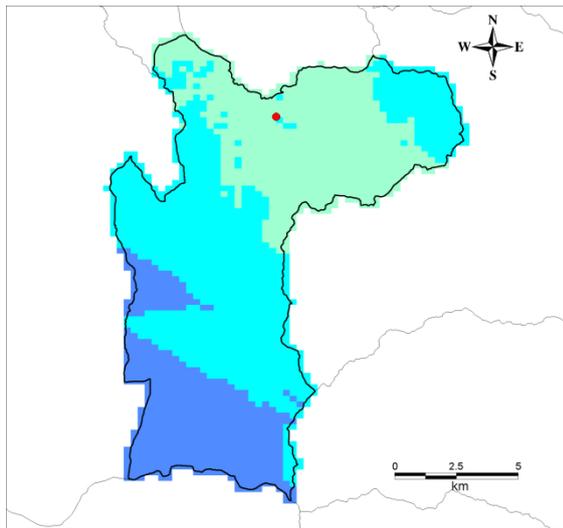
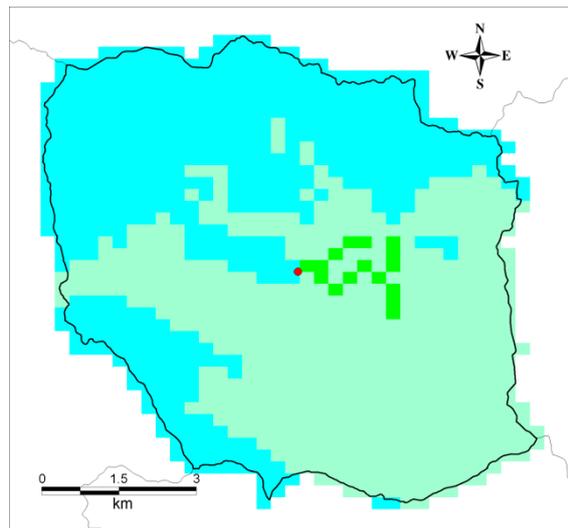


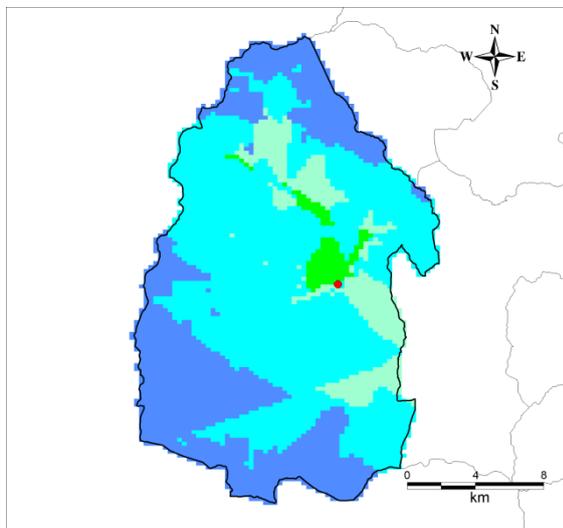
図 4.5-2(4) ゆれやすさの分布図 (予防対策用の市町村直下の地震・市町村別)



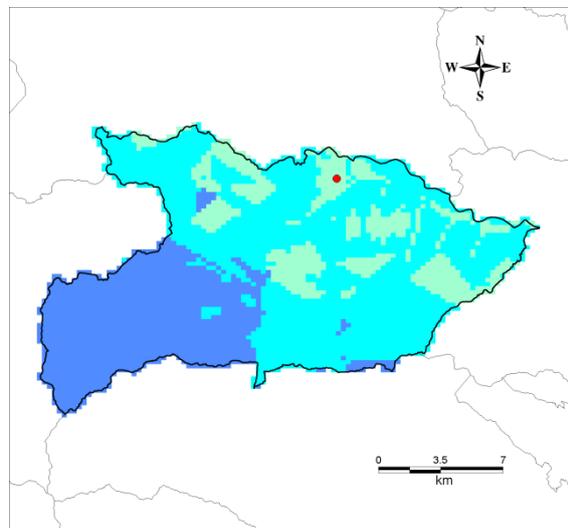
吾妻郡長野原町



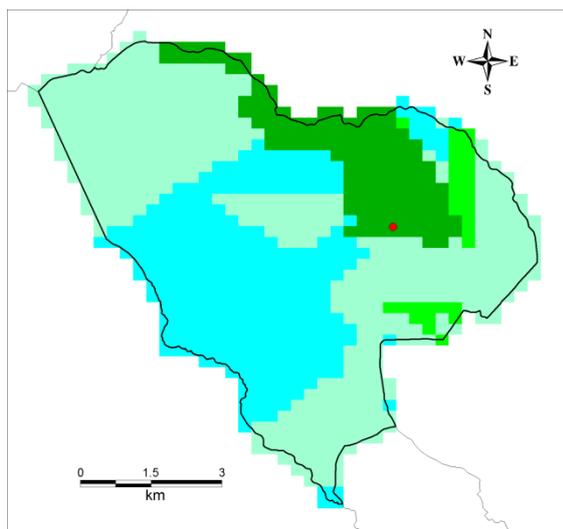
吾妻郡高山村



吾妻郡嬭恋村



吾妻郡東吾妻町



吾妻郡草津町

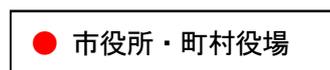
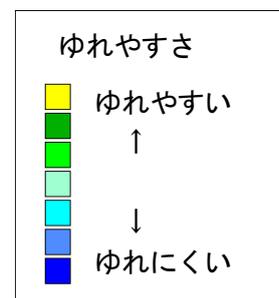
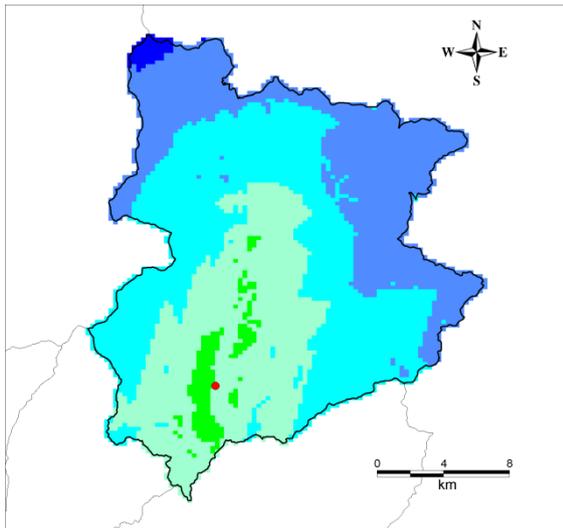
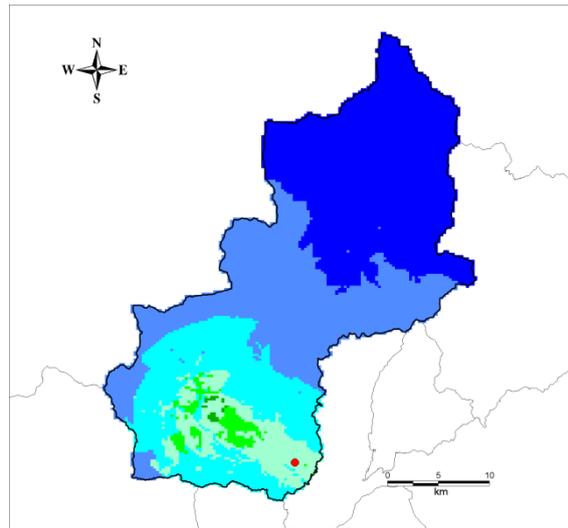


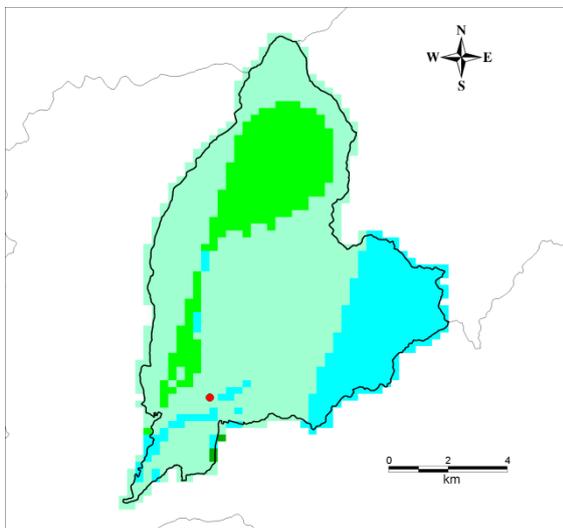
図 4.5-2(5) ゆれやすさの分布図 (予防対策用の市町村直下の地震・市町村別)



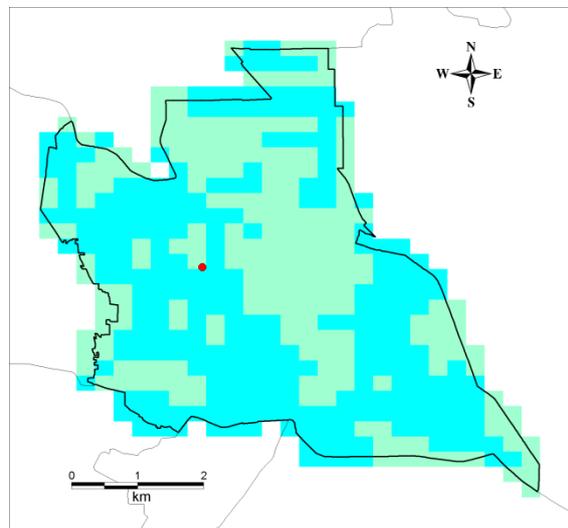
利根郡片品村



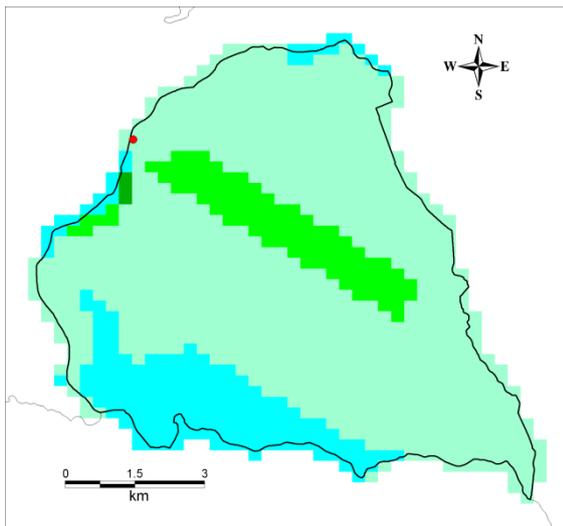
利根郡みなかみ町



利根郡川場村



佐波郡玉村町



利根郡昭和村

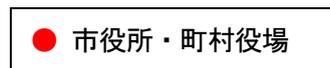
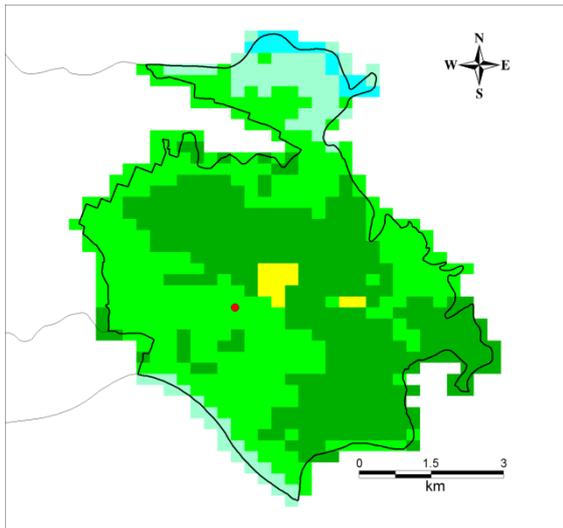
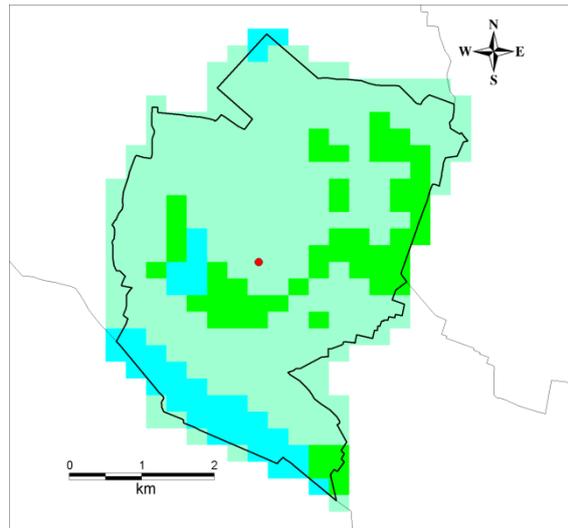


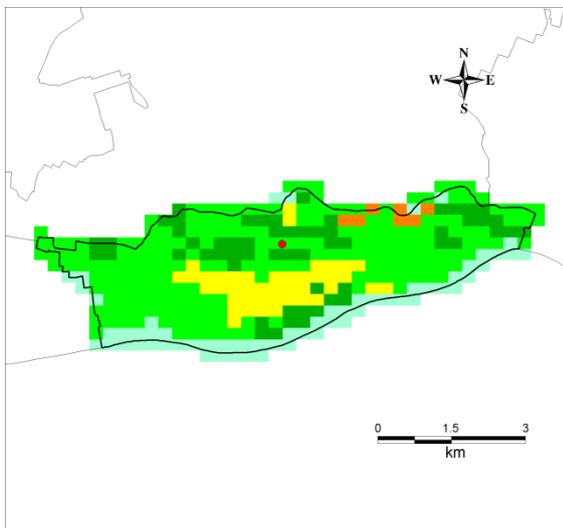
図 4.5-2(6) ゆれやすさの分布図 (予防対策用の市町村直下の地震・市町村別)



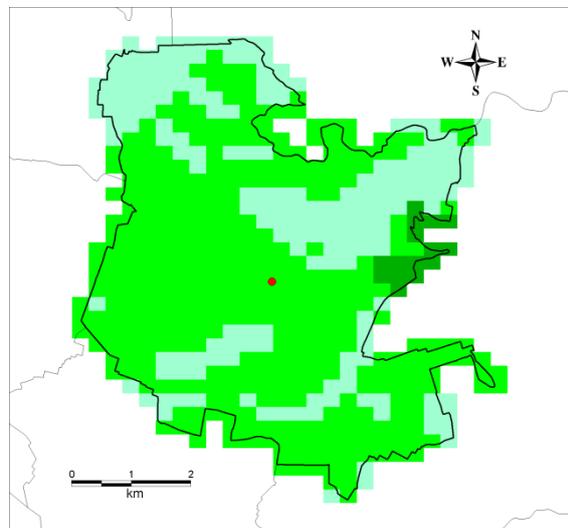
邑楽郡板倉町



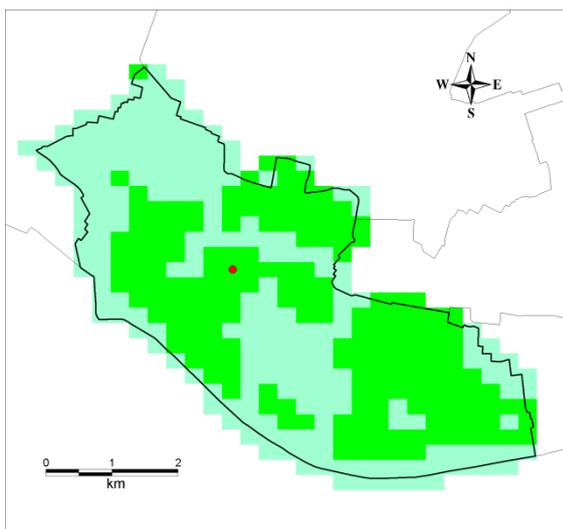
邑楽郡大泉町



邑楽郡明和町



邑楽郡邑楽町



邑楽郡千代田町

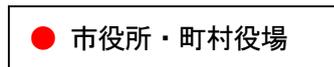


図 4.5-2(7) ゆれやすさの分布図 (予防対策用の市町村直下の地震・市町村別)

4. における参考文献

- 1) Boore, D.M. (1983) : Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Amer., 73, 1865-1894.
- 2) 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997) : 経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良, 日本地震学会講演 予稿集, No.2, B25.
- 3) Brune, J. N.(1970) : Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res., 75, 26, 4997-5009.
- 4) 香川敬生(2004) : ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期領域への拡張, 日本地震工学会論文集, 4, 2, 21-32.
- 5) 笠原敬司(1985) : プレートが三重会合する関東・東海地方の地殻活動様式, 国立防災科学技術センター研究報告, 35, 33-137.
- 6) 大西良広・堀家正則(2004) : 震源近傍での地震動予測のための拡張統計的グリーン関数法とそのハイブリッド法への適用に関するコメント, 日本建築学会構造系論文集, NO.586, 37-44.
- 7) 司 宏俊・翠川三郎(1999) : 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, 63-70.
- 8) 中央防災会議(2004) : 「首都直下地震対策専門調査会」(第 12 回) 地震ワーキンググループ報告書, 平成 16 年 11 月 17 日, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/12/shiryo2-1.pdf>.
- 9) 盛川 仁 (2005) : 非線形地震応答解析と SHAKE の使い方, 強震動予測—その基礎と応用, 日本地震学会強震動委員会.
- 10) Kausel, E. and Assimaki, D. (2002) : Seismic simulation of inelastic soils via frequency-dependent moduli and damping, J. Eng. Mechanics, vol. 128, January, 34-47.
- 11) 中央防災会議(2001) : 東海地震に関する専門調査会 (第 11 回) .
- 12) 中央防災会議(2008) : 「東南海、南海地震等に関する専門調査会」参考資料 長周期地震動の卓越周期と深部地盤の固有周期, 平成 20 年 12 月, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/36/shiryou/shiryou4.pdf>.
- 13) 東京都防災会議(2012) : 首都直下地震等による東京の被害想定 手法解説書.
- 14) 村松郁栄(2001) : 震度分布と震源との関係, 地震 2 輯, 第 53 巻, 第 3 号, 269-272.
- 15) 翠川三郎・五艘隆志(1997) : 過去の事例に基づく激震動の発赤頻度に関する基礎的考察, 日本建築学会構造系論文集, 第 502 号, 55-60.
- 16) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009) : 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」) (平成 21 年 12 月 21 日改訂).
- 17) 気象庁ホームページ : 計測震度の算出方法, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.htm.
- 18) 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.
- 19) 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, No.7, 241-246.
- 20) 童 華南・山崎文雄(1996) : 地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係, 生産研究, vol. 48-11, 31-34.

5. 液状化危険度予測

5.1 概要

「4. 地震動予測」における地震動の算出結果を用いて、道路橋示方書(2002)の F_L 法、 P_L 法により 250m メッシュごとの液状化危険度を求めた。

5.2 検討の流れ

検討の流れを図 5.2-1 に示す。

まず、若松・松岡(2011)の世界測地系 250m メッシュ微地形区分図（図 5.2-2）より、表 5.2-1 に示す液状化想定の対象となる微地形区分のメッシュを抽出し、GL-20m 以浅の盛土層(砂質土)及び砂質土層を対象とした。抽出した各微地形区分における地下水位(表 5.2-1)は、収集したボーリングデータの地下水位を微地形区分ごとに集計して、その最頻値を採用した(図 5.2-3)。

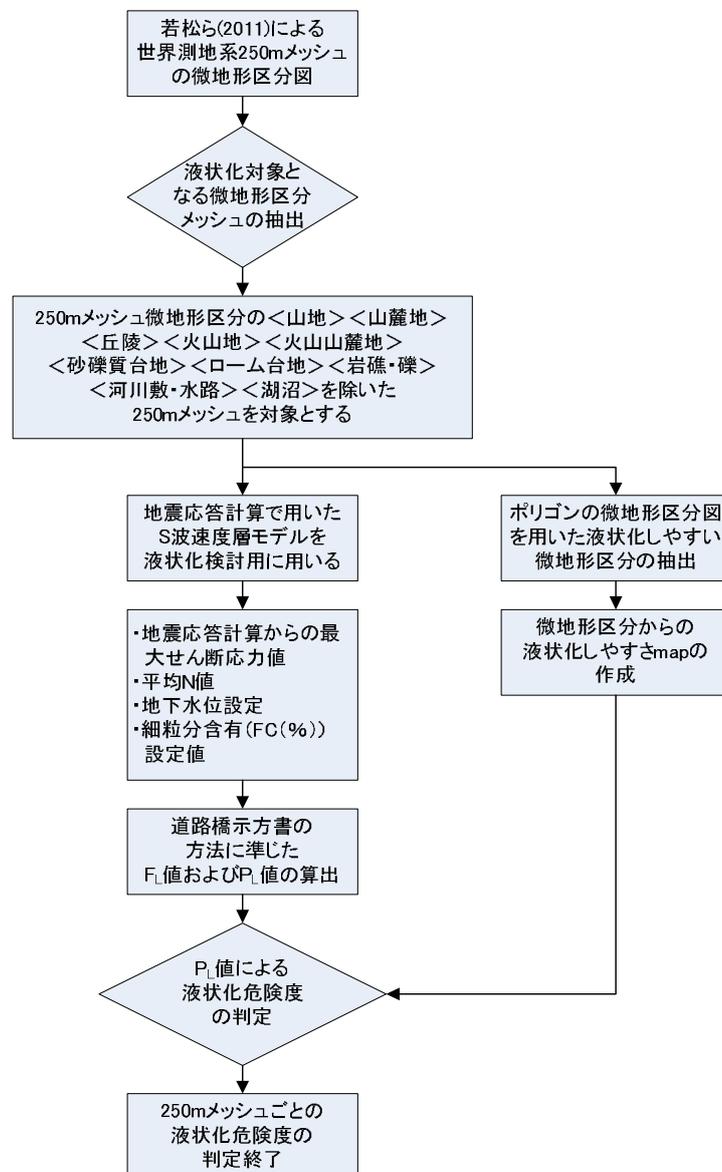


図 5.2-1 液状化危険度の判定フロー

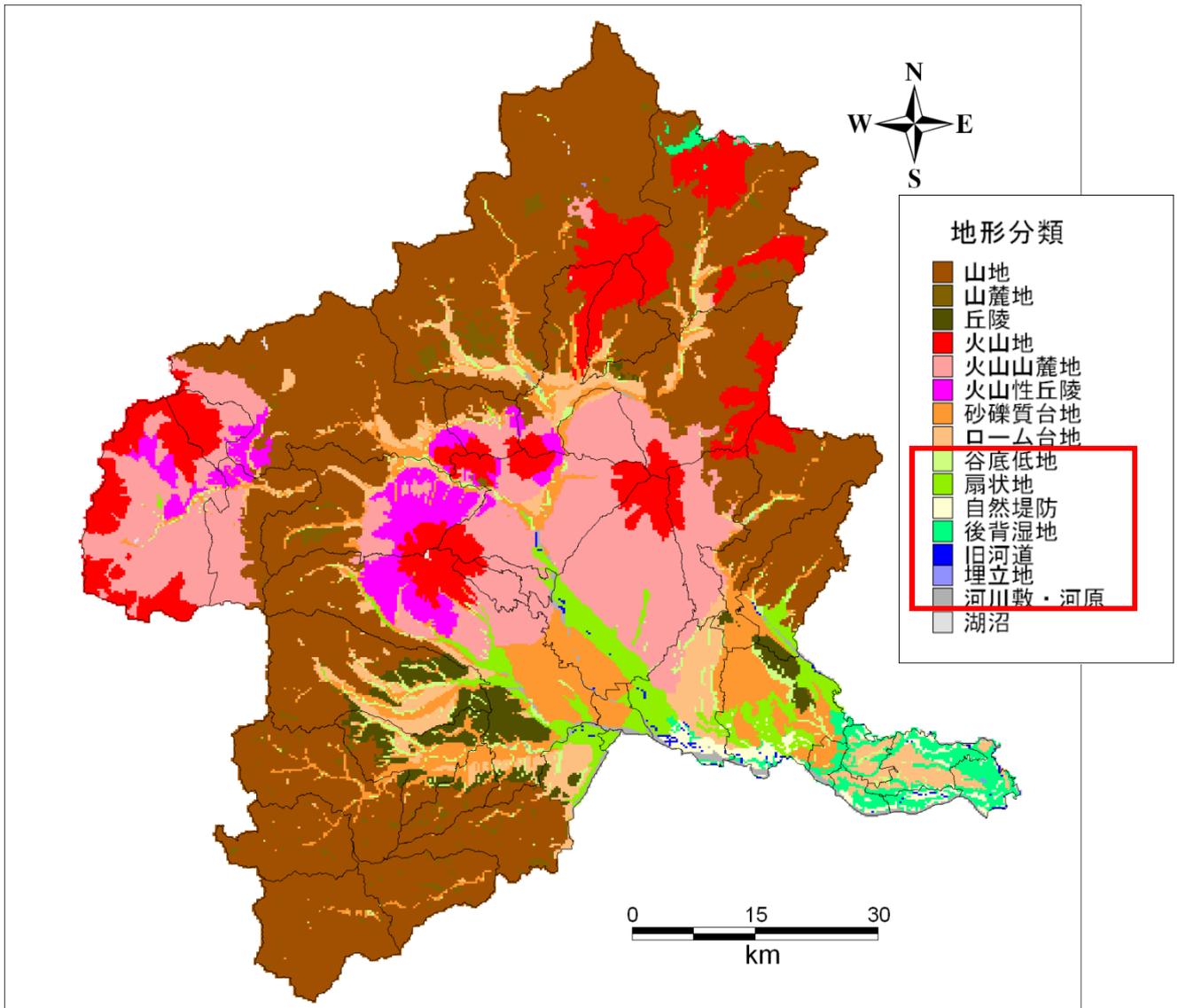


図 5.2-2 若松・松岡（2011）による世界測地系 250m メッシュ微地形区分における液状化想定対象の微地形区分（凡例の赤枠で囲った微地形区分）

群馬県内の火山性の地質（火山噴出物等）の範囲については、比較的新しい火山灰質主体の層など液状化しにくい土質区分となるため、液状化危険度計算の対象外とした。

表 5.2-1 液状化判定の対象とした微地形区分及び設定した地下水位

微地形区分	地下水位 (GL-m)
谷底低地	1.7
扇状地	1.7
自然堤防	1.7
後背湿地	0.8
旧河道	0.3
河川敷	2.3

※ボーリングデータの最頻値を採用

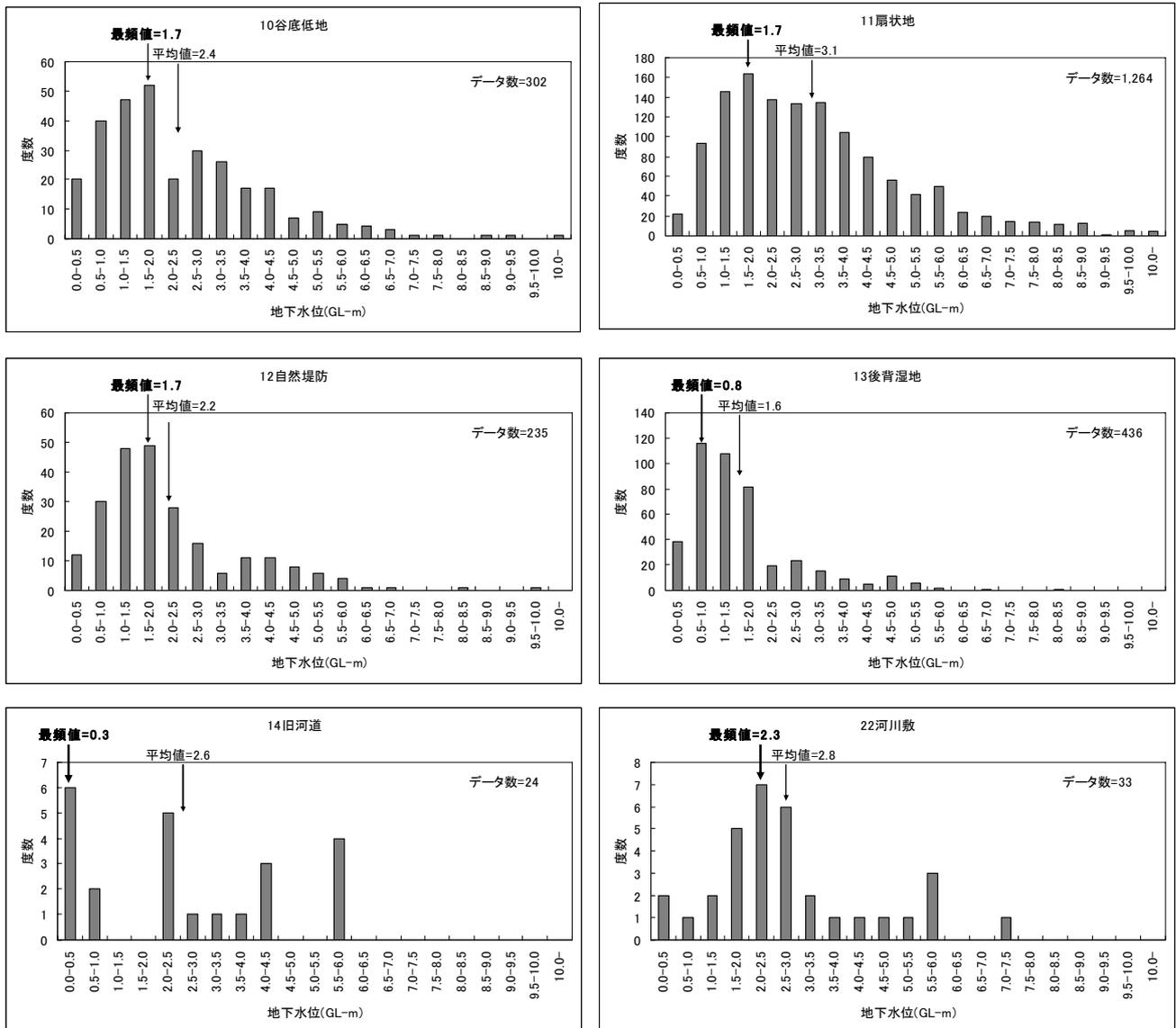


図 5.2-3 各微地形区分におけるボーリングデータの孔内水位の度数分布 (最頻値を、液状化想定対象とする各微地形区分における地下水位に設定する。)

5.3 液状化危険度の判定手法

液状化危険度の予測は、道路橋示方書(2002)に代表される F_L 法及びこれを深さ方向に積分した P_L 法を用いた。 P_L 法では、地震時に作用する地震動の強さ（最大せん断応力）と地盤のもっている液状化に対する抵抗力（液状化強度）を各深度で比較して判定し、その判定値（ F_L 値）を深さ方向に重みをつけて足し合わせ、その地点での液状化危険度の指標となる P_L 値を算定する。液状化判定の対象とする地層は、過去の液状化事例に基づいて、緩い砂を主体とする地層が深度 20m 以浅に現れる地下水位以深の地層とした。

液状化危険度は、岩崎ほか(1980)による新潟地震等の液状化事例の評価に基づいた、 P_L 値と液状化危険度の関係（ P_L 値によるランク判定）から求めた。表 5.3-1 に P_L 値による液状化危険度判定区分を示す。また、 F_L 法の概要を図 5.3-1(1)～(4)に、 P_L 法の概要を図 5.3-1(5)に示す。

図 5.2-1 のフローにも示したように、 P_L 値の計算結果については、250m メッシュ地盤モデルでの評価を行った。

表 5.3-1 P_L 値による液状化危険度判定区分（岩崎ほか(1980)に加筆）

	$PL=0$	$0 < PL \leq 5$	$5 < PL \leq 15$	$PL > 15$
PL値による 液状化危険度判定	液状化危険度は 極めて低い 。液状 化に関する詳細な 調査は不要	液状化危険度は 低い 。特に重要な 構造物に対して、 より詳細な調査 が必要	液状化危険度が やや高い 。重要な 構造物に対しては より詳細な調査が 必要。液状化対策 が一般には必要	液状化危険度が 高 い 。液状化に関する 詳細な調査と液状 化対策は不可避

8.2 耐震設計上ごく軟弱な土層又は橋に影響を与える液状化が生じると判定された砂質土層の土質定数

8.2.1 一般

8.2.2の規定により耐震設計上ごく軟弱な土層と判定された土層、又は、8.2.3の規定により橋に影響を与える液状化が生じると判定された砂質土層については、8.2.4の規定により耐震設計上土質定数を低減させるものとする。

ごく軟弱な粘性土層やシルト質土層、液状化すると判定された土層がある場合には、土の強度及び支持力が低下する可能性がある。このため、8.2.4の規定により耐震設計上土質定数を零あるいは低減させるものと規定した。ただし、設計水平震度を求める際には、6.2.3(1)に規定するように、8.2.4に規定する土質定数の低減は見込まないで固有周期を算出するものとする。

8.2.2 耐震設計上ごく軟弱な土層の判定

現地盤面から3m以内にある粘性土層及びシルト質土層で、一軸圧縮試験又は原位置試験により推定される一軸圧縮強度が 20 kN/m^2 以下の土層は、耐震設計上ごく軟弱な土層とみなすものとする。

一般に、一軸圧縮強度が 20 kN/m^2 以下の粘性土及びシルト質土は、試験時に供試体を自立させることが困難な程度に軟弱であるため、地震時に基礎を有効に支持する効果は期待できない。このため、このような土層を耐震設計上ごく軟弱な土層とみなすこととした。

図 5.3-1(1) F_L 法の概要その1 (道路橋示方書, 2002)

8.2.3 砂質土層の液状化の判定

(1) 液状化の判定を行う必要がある砂質土層

沖積層の砂質土層で以下の3つの条件すべてに該当する場合には、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、(2)によって液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ、現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率 FC が35%以下の土層、又は、 FC が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
- 3) 平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層

(2) 液状化の判定

(1)の規定により液状化の判定を行う必要のある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 F_L を式(8.2.1)により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

$$F_L = R/L \quad \dots\dots\dots (8.2.1)$$

$$R = c_w R_L \quad \dots\dots\dots (8.2.2)$$

$$L = r_d k_{hg} \sigma_v / \sigma'_v \quad \dots\dots\dots (8.2.3)$$

$$r_d = 1.0 - 0.015 x \quad \dots\dots\dots (8.2.4)$$

$$\sigma_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma_{t2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (8.2.5)$$

$$\sigma'_v = \gamma_{t1} h_w + \gamma'_{t2} (x - h_w) \quad \dots\dots\dots (8.2.6)$$

(タイプIの地震動の場合)

$$c_w = 1.0 \quad \dots\dots\dots (8.2.7)$$

(タイプIIの地震動の場合)

$$c_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3 R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (8.2.8)$$

ここに、

F_L : 液状化に対する抵抗率

図 5.3-1(2) F_L 法の概要その2 (道路橋示方書, 2002)

R : 動的せん断強度比

L : 地震時せん断応力比

c_w : 地震動特性による補正係数

R_L : 繰返し三軸強度比で, (3) の規定により求める。

r_d : 地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hg} : 6.4.3 に規定するレベル2地震動の地盤面における設計水平震度

σ_v : 全上載圧 (kN/m²)

σ'_v : 有効上載圧 (kN/m²)

x : 地表面からの深さ (m)

γ_{t1} : 地下水位面より浅い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の単位体積重量 (kN/m³)

γ'_{t2} : 地下水位面より深い位置での土の有効単位体積重量 (kN/m³)

h_w : 地下水位の深さ (m)

(3) 繰返し三軸強度比

繰返し三軸強度比 R_L は式 (8.2.9) により算出するものとする。

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{N_a/1.7} & (N_a < 14) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases} \quad \dots\dots (8.2.9)$$

ここで,

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 N_1 + c_2 \quad \dots\dots\dots (8.2.10)$$

$$N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70) \quad \dots\dots\dots (8.2.11)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40) / 50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC / 20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (8.2.12)$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10) / 18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (8.2.13)$$

<れき質土の場合>

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10} (D_{50}/2)\} N_1 \quad \dots\dots\dots (8.2.14)$$

図 5.3-1(3) F_L 法の概要その3 (道路橋示方書, 2002)

ここに、

R_f : 繰返し三軸強度比

N : 標準貫入試験から得られる N 値

N_1 : 有効上載圧 100 kN/m^2 相当に換算した N 値

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値

c_1, c_2 : 細粒分含有率による N 値の補正係数

FC : 細粒分含有率 (%) (粒径 $75 \mu\text{m}$ 以下の土粒子の通過質量百分率)

D_{50} : 平均粒径 (mm)

昭和 39 年新潟地震以後進められてきた研究の成果に加え、平成 7 年兵庫県南部地震の事例解析等に基づき、定めたものである。

(1) 従来、地震時に液状化現象が生じるのは、ほとんどの場合沖積砂質土層である。ただし、兵庫県南部地震や近年の地震において沖積砂質土以外の土層が液状化した例も見られることから、液状化の判定を行う必要がある土層の範囲は、1) ~ 3) に示すとおりとした。

1) 土層の深さについては、従来の経験及び構造物に与える影響の度合い等を勘案して、現地盤面から 20m までとした。

2) 液状化の判定を行う必要がある土層の粒度の下限値としては、近年の研究成果を踏まえ、条文のように規定したものである。既往の事例によれば、液状化が確認された地盤の大部分は FC が 35 % 以下の土層であるが、 FC が 35 % を越えても塑性指数の低い土層、たとえば、低塑性シルト質砂等では液状化が生じた事例もあるので、条文のように規定した。したがって、 FC が 35 % 以下であれば、液性・塑性限界試験は行う必要はない。

3) 液状化の判定を行う必要がある土層の粒度の上限値としては、兵庫県南部地震を含む最近の地震において平均粒径が 2 mm を超えるれき質土の液状化が観察されたことを踏まえ、条文のように規定した。ただし、ここに示す粒径は、標準貫入試験により得られる試料を粒度分析して求めた値によるものとする。標準貫入試験の試料は、粒子破碎等の影響により、原位置に比べて粒度が細くなる。この程度は粒子の硬さや粗さにより必ずしも一定の関係があるわけではないが、標準貫入試験の試料の平均粒径 10 mm は概ね原位置の平均粒径 20 mm 程度あるいはそれ以上に相当する。

また、10% 粒径 D_{10} を 1 mm 以下としたのは、粗粒で均等係数の低いれき質土では透水性が高く液状化しにくいことを考慮したものである。ここで、砂質土は、平均粒径 D_{50} が 2 mm 未満、れき質土は、 D_{50} が 2 mm 以上とそれぞれ区分するものとする。

図 5.3-1(4) F_L 法の概要その 4 (道路橋示方書, 2002)

この手法の中で重要な物性値である細粒分含有率 FC 及び平均粒径は D_{50} については、道路橋示方書(1990)より、表 5.3-2 の様に設定した。

表 5.3-2 設定した物性値

記号	FC(%)	D_{50} (mm)	備考
Bs1	40	0.1	砂質土
Bs2	40	0.1	砂質土
Bs3	30	0.15	砂質土
Bg1	0	2	礫質土
Bg2	0	2	礫質土
Bg3	0	2	礫質土
As1	40	0.1	砂質土
As2	40	0.1	砂質土
As3	30	0.15	砂質土
As4	10	0.35	砂質土
As5	10	0.35	砂質土
Ag1	0	2	礫質土
Ag2	0	2	礫質土
Ag3	0	2	礫質土
Ag4	0	2	礫質土

※ (社) 日本道路協会(1990)：道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編)
 (「記号」については、「3. 地盤モデルの作成」及び表 4.2-1 を参照)

また、地震時せん断応力比 L については、等価線形の地震応答計算 (幾何減衰： $C=2.8\text{km}$ の場合) による地中のせん断応力の最大値を深度ごとに用いた。

5. における参考文献

- 1) (社)日本道路協会(2002)：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、平成 14 年 3 月.
- 2) 若松加寿江・松岡昌志(2011)：世界測地系に準拠した地形・地盤 250m メッシュマップの構築，日本地震工学会大会-2011 梗概集，84-85.
- 3) 岩崎敏男・龍岡文夫・常田賢一・安田 進(1980)：地震時地盤液状化の程度の予測について，土と基礎，Vol.28，No.4，23-29.
- 4) (社)日本道路協会(1990)：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、平成 2 年.

6. 土砂災害予測

6.1 概要

県が把握している急傾斜危険地（急傾斜地崩壊危険箇所、山腹崩壊危険地区）のうち、高さや勾配等の斜面の諸元をまとめた診断書（カルテ）が作成されている箇所を対象として地震時の相対的な危険度を算定した。

なお、土石流危険渓流や地すべり危険箇所については、地震後の降雨などによる土砂災害（複合災害）を考慮した上で、より詳細な検討が必要となるため、今回の調査では対象外とした。また、斜面の表層よりも深い場所から発生する深層崩壊についても、発生メカニズムが明確に解明されておらず、地震に伴う発生の評価手法も確立されていないことから、今回の調査では検討していない。

6.2 検討の流れ

図 6.2-1 に地震時における斜面被害の相対的な危険度予測の流れを示した。

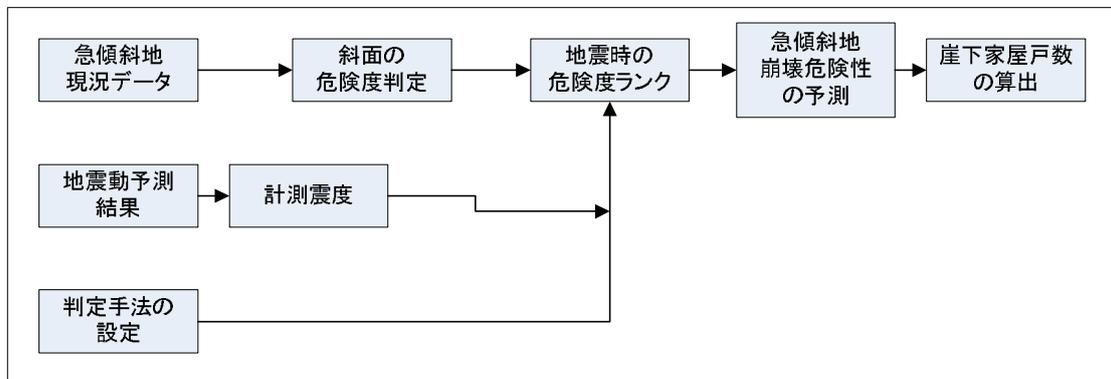


図 6.2-1 地震時における斜面被害の相対的な危険度予測フロー

6.3 急傾斜地崩壊危険度予測

1) 急傾斜地のデータ

今回、斜面の危険度評価で使用したデータは、「急傾斜地崩壊危険箇所等点検要領」（建設省河川局砂防部傾斜地保全課，1999）による急傾斜地崩壊危険箇所及び「山腹崩壊危険地区調査実施要領」（林野庁，2006）による山腹崩壊危険地区のデータである。これらのうち降雨危険度評価結果のある点検箇所（5,841 箇所）について検討を行った。

急傾斜地崩壊危険箇所については、建設省河川局砂防部傾斜地保全課（1999）の点検要領に基づき、1 箇所のデータにつき、表 6.3-1 の大項目に示す各項目に対し、小項目の分類がなされていた。これに表 6.3-1 に示す点数を付け（日本道路協会道路震災対策委員会，1986）、算定された斜面の危険度ランクの一覧を表 6.3-2 に示した。

山腹崩壊危険地区については、林野庁（2006）の調査実施要領に基づき、各地区のデータにつき、既にランク分けされていたが、一部にはランク評価が無いものもあった。それらはランクを判断するデータも乏しいことから、ランク評価の無いものは評価から除外した。

図 6.3-1 には、急傾斜地崩壊危険箇所と山腹崩壊危険地区の評価箇所の位置図を示した。

表 6.3-1 急傾斜地崩壊危険箇所の危険度判定基準
(日本道路協会道路震災対策委員会, 1986)

大項目	小項目		
	データ項目	点数	
① 斜面高(H)m	・斜面の高さ	$50 \leq H$	10
		$30 \leq H < 50$	8
		$10 \leq H < 30$	7
		$H < 10$	3
② 斜面勾配(α)	・傾斜度	$59^\circ \leq \alpha$	7
		$45^\circ \leq \alpha < 59^\circ$	4
		$\alpha < 45^\circ$	1
③ オーバーハン グ	・横断形状	オーバーハングあり	4
		オーバーハングなし	0
④ 斜面の地盤	・地表の状況	亀裂が発達・開口しており転石・浮石が点在する	10
		風化・亀裂が発達した岩である	6
		礫混じり土、砂質土	5
		粘質土	1
		風化・亀裂が発達していない岩である	0
⑤ 表土の厚さ	・表土の厚さ	0.5m 以上	3
		0.5m 未満	0
⑥ 湧水	・湧水	有	2
		無	0
⑦ 落石・崩壊頻度	・崩壊履歴	新しい崩壊地がある	5
		古い崩壊地がある	3
		崩壊地は認められない	0

表 6.3-2 検討した急傾斜地の数量一覧表

		全箇所数	検討箇所数	備考
急傾斜地崩壊危険 箇所 (上の方が危険度 が高い)	ランク 1		389	表 6.3-1 より 24 点以上
	ランク 2		2,854	表 6.3-1 より 14~23 点
	ランク 3		945	表 6.3-1 より 13 点以下
	小計	4,188	4,188	
山腹崩壊危険地区 (上の方が危険度 が高い)	ランク a	250	250	林野庁(2006)によりラ ンク分け済み
	ランク b	510	510	
	ランク c	893	893	
	ランク 無	98	0	
	小計	1,751	1,653	
合 計		5,939	5,841	

注：検討箇所は、診断書（カルテ）のある地点について実施した。

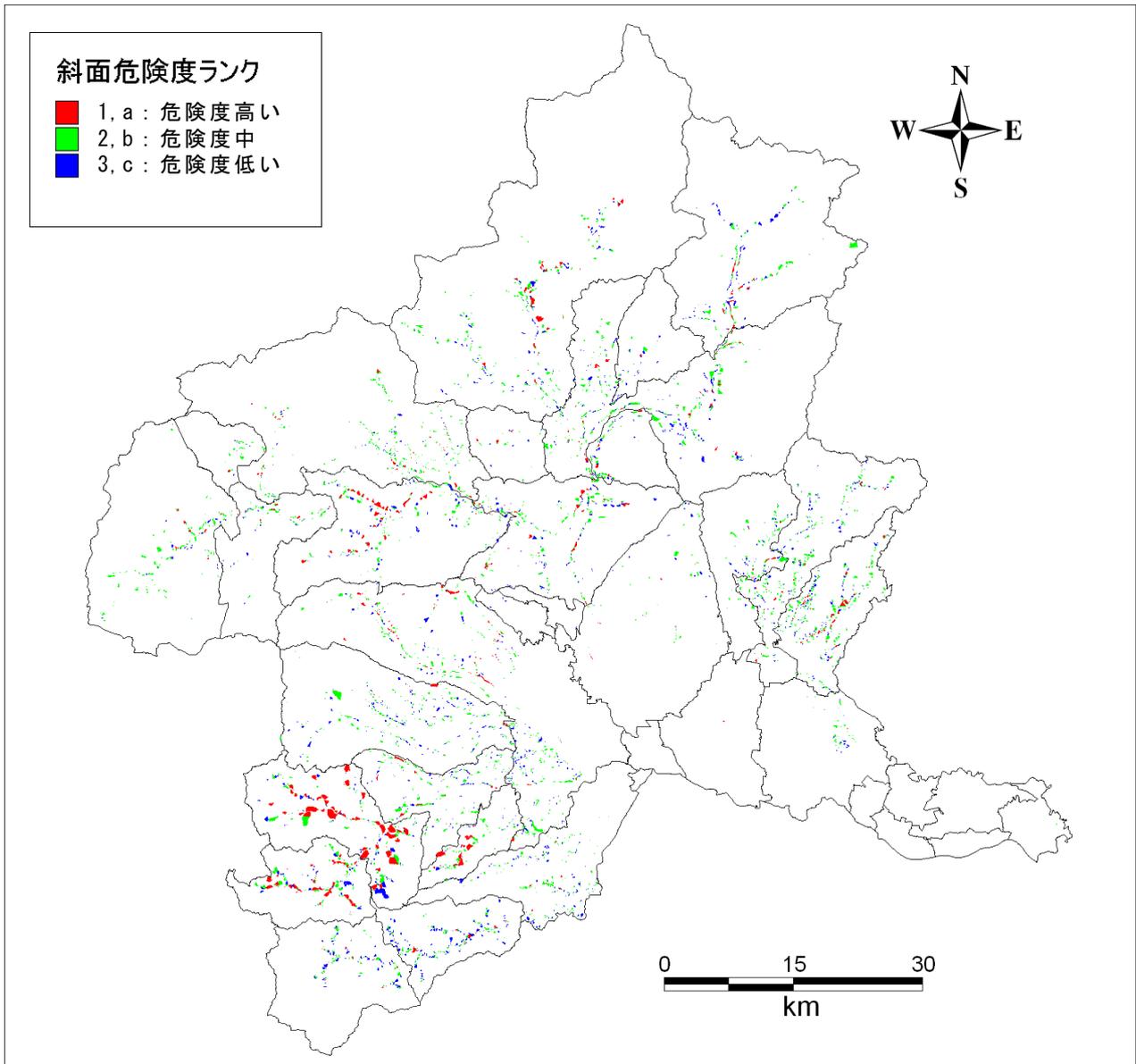


図 6.3-1 急傾斜地崩壊危険箇所・山腹崩壊危険地区位置図
 <斜面危険度ランク 1 または a, 2 または b, 3 または c 計 5,841 箇所>

2) 危険度評価

県内の急傾斜地崩壊危険箇所、山腹崩壊危険地区を対象に地震力を加味した危険度点検表（表 6.3-3：日本道路協会道路震災対策委員会(1986)）に基づき、地震時における斜面被害の相対的な危険度を求めた。計算結果については、250mメッシュ単位で表現した。なお、250mメッシュ内に複数の斜面が存在する場合は、最も高いランクを採用した。

表 6.3-3 地震時における斜面被害の相対的な危険度ランク
(日本道路協会道路震災対策委員会, 1986)

計測震度 \ 斜面の危険度ランク	斜面の危険度ランク		
	3 または c	2 または b	1 または a
6.0 以上	A	A	A
5.5 以上～6.0 未満	B	A	A
5.0 以上～5.5 未満	C	B	A
4.5 以上～5.0 未満	C	C	B
4.5 未満	C	C	C

< (相対的な) 地震時危険度ランク A, B, C > の説明

- ・ランク A：斜面被害の危険性が高い
- ・ランク B：斜面被害の危険性がある
- ・ランク C：斜面被害の危険性が低い

< その他 >

- ・対策工が既成の場合は、地震時危険度ランクを C とする。

6. における参考文献

- 1) 建設省河川局砂防部傾斜地保全課(1999)：急傾斜地崩壊危険箇所点等点検要領 平成 11 年.
- 2) 林野庁(2006)：別記 1 山腹崩壊危険地区調査実施要領, 山地災害危険地区調査要領, 平成 18 年 7 月.
- 3) (社)日本道路協会道路震災対策委員会(1986)：道路の震災対策に関する調査報告—道路構造物の耐震調査及び震災対策工法に関する研究—.

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、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、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、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。

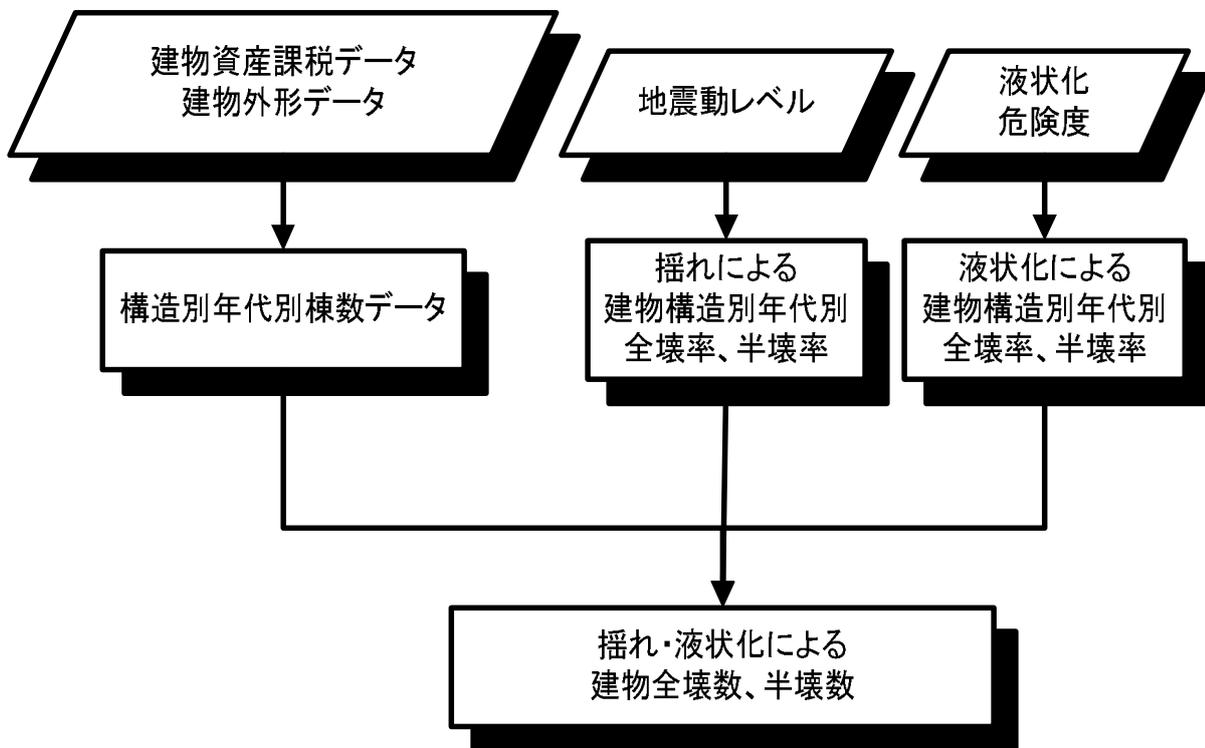


図 7.1-1 揺れ・液状化による建物被害予測のフロー

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。

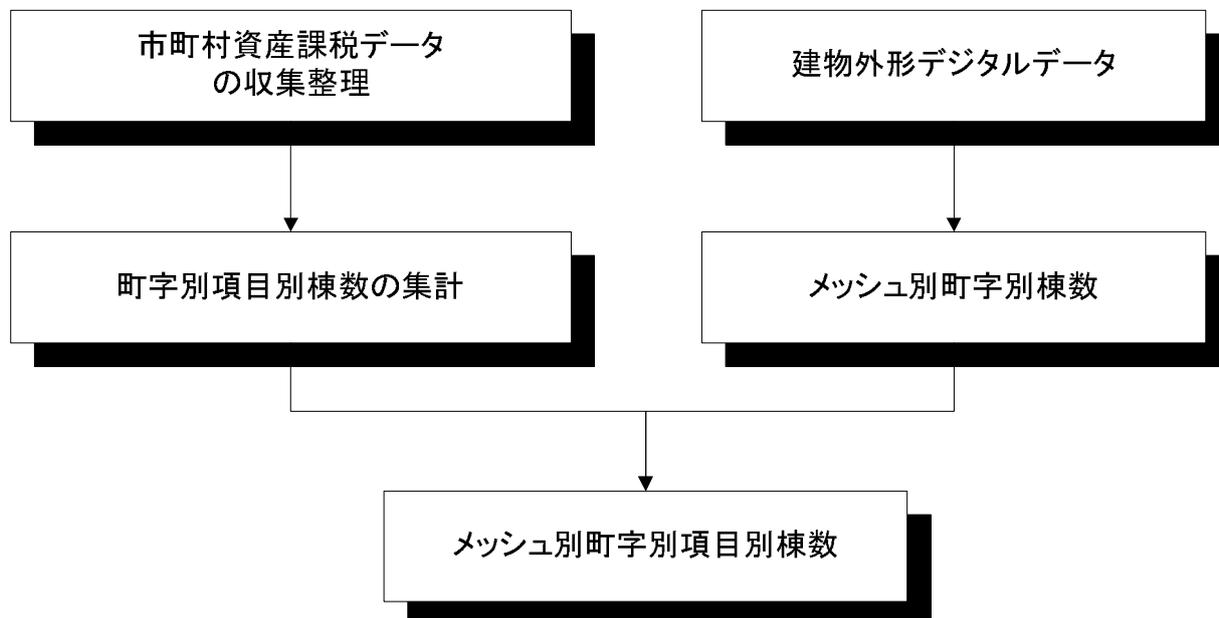


図 7.1.1-1 建物データの作成フロー

(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。

(2) 町字別項目別棟数の集計

収集整理した1棟ごとのデータを以下の項目別に集約して、町字別に集計を実施した。

① 構造（3区分）

木造　――　木造、2×4、耐力の弱い非木造（CB造、煉瓦造、石造等）等
RC造　―　鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造等
S造　――　鉄骨造、軽量鉄骨造等

② 用途（3区分）

住家　――　専用住宅、併用住宅等
非住家（人がよく利用する）　――　事務所、工場、病院等
非住家（人がほとんど利用しない）　―　倉庫、物置、家畜舎等

③ 築年（7区分）

～1950年、1951～1960年、1961～1970年、1971～1980年、1981～1990年、1991～2000年、2001年～の7区分

④ 規模（2区分）

大規模　――　1階床面積200m²以上
小規模　――　1階床面積200m²未満

以上より、全項目で3×3×7×2=126区分となる。

(3) メッシュ別町字別棟数

群馬県内の建物外形デジタルデータを利用して、そのデータにメッシュデータ及び町字境界データを重ねて、1棟ごとの建物データにメッシュコードと町字コードの属性を付加し、メッシュ別町字別建物棟数を集計する。その際、外形デジタルデータから得られる面積から、小規模建物（200m²未満）、大規模建物（200m²以上）の2区分に分けて集計を行った。なお、面積が20m²未満の建物は集計に含めなかった。

(4) メッシュ別町字別項目別棟数

資産課税データによる町字別規模別項目別棟数と建物外形デジタルデータによるメッシュ別町字別規模別棟数を照合し、同一町字内は規模に応じて項目別棟数比率が一定であると仮定し、その比率で振り分けることにより、被害予測に用いるメッシュ別町字別項目別棟数を算定した。

なお、全体の棟数は資産課税データの棟数と建物外形デジタルデータによる棟数が概ね整合していることを確認したうえで、位置情報が明らかな建物外形デジタルデータによる棟数の値に調整した。

市町村別に平成22年国勢調査人口及び資産課税データによる棟数と建物外形デジタルデータによる棟数を一覧にして比較した結果を表7.1.1-1に示す。

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。

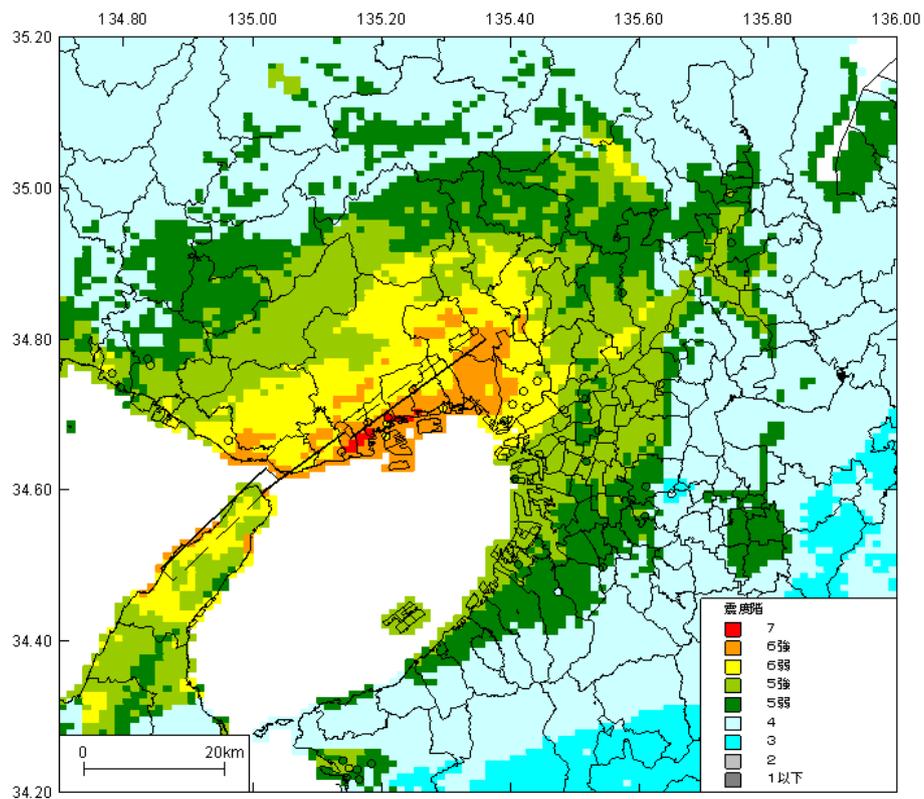
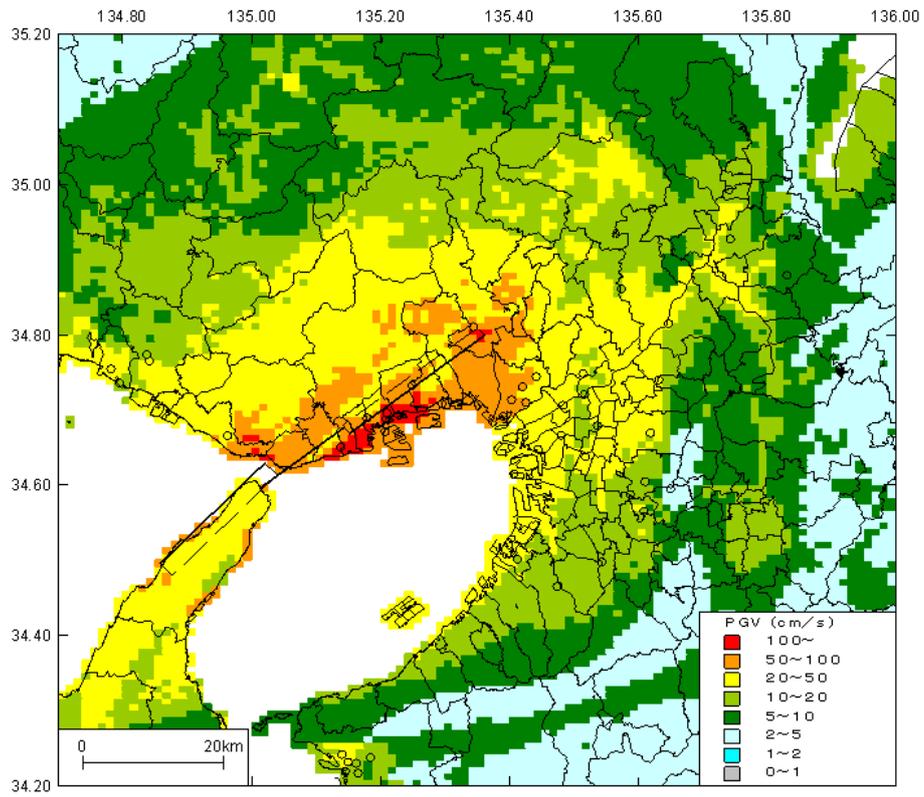


図 7.1.2-1 1995 年兵庫県南部地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

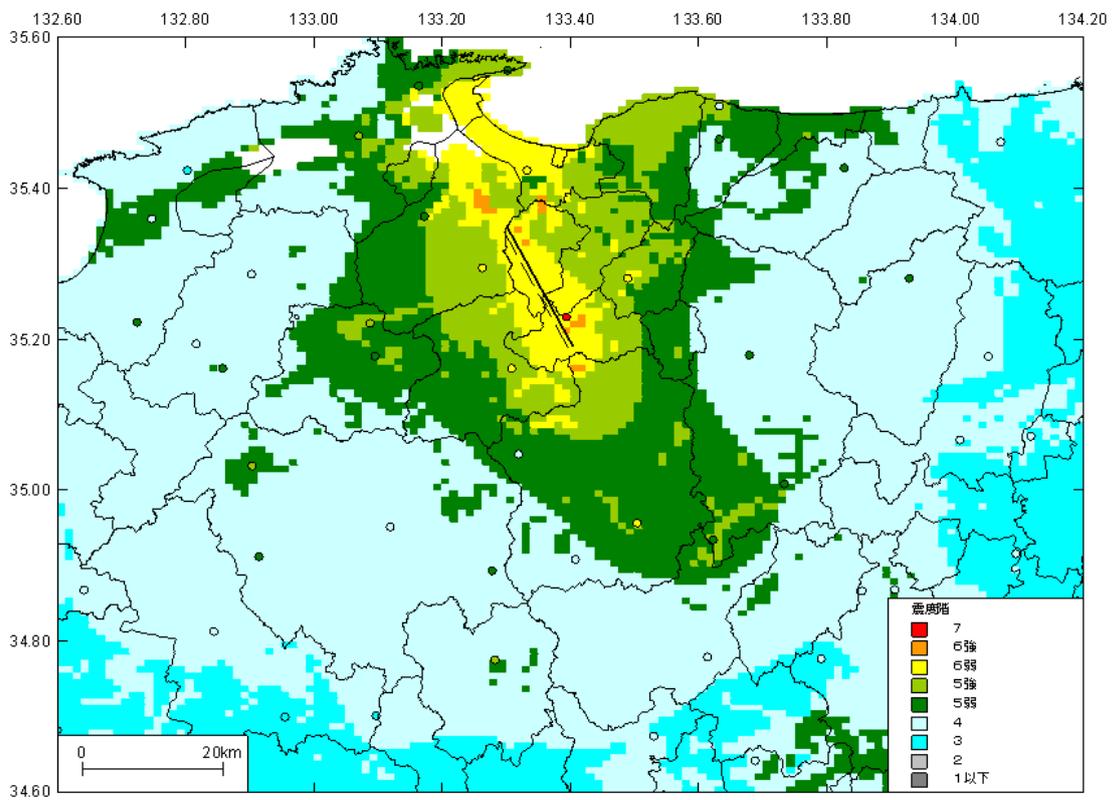
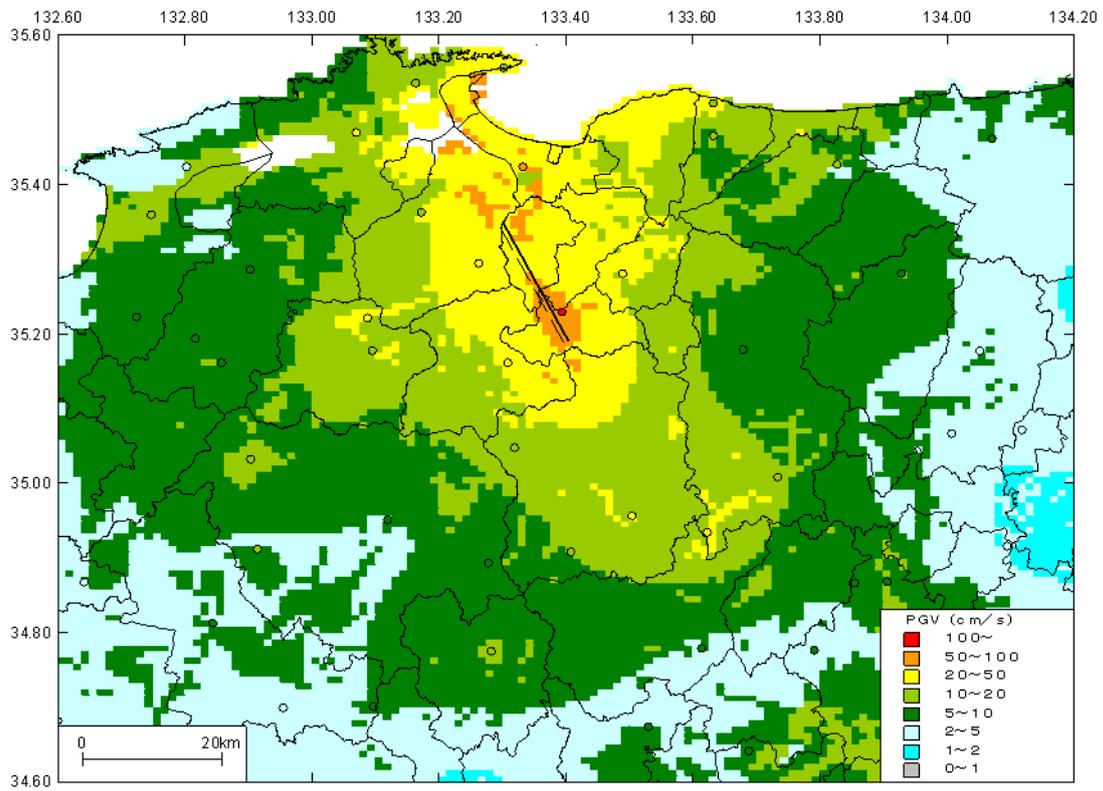


図 7.1.2-2 2000 年鳥取県西部地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

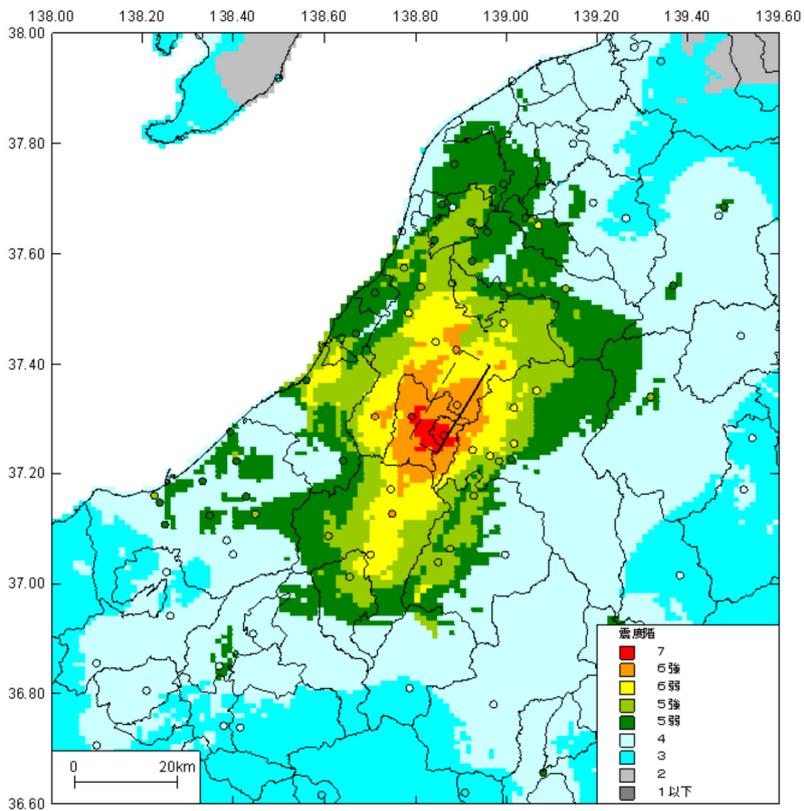
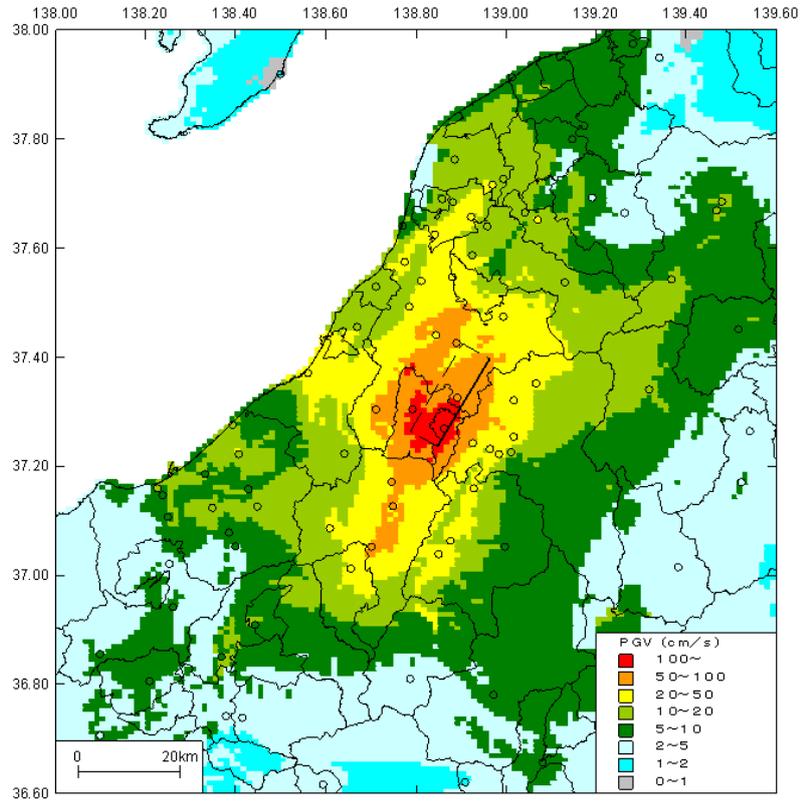


図 7.1.2-3 2004 年新潟県中越地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

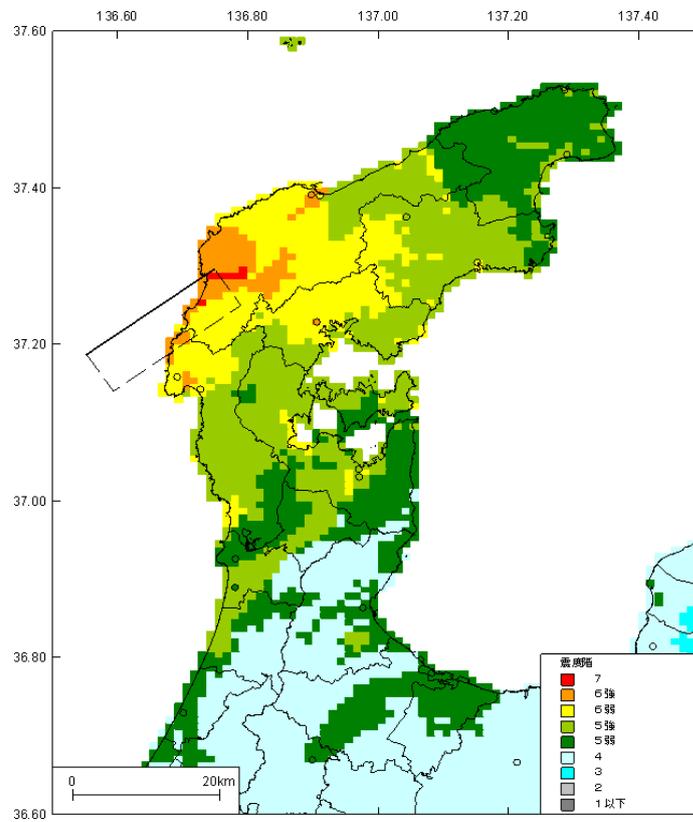
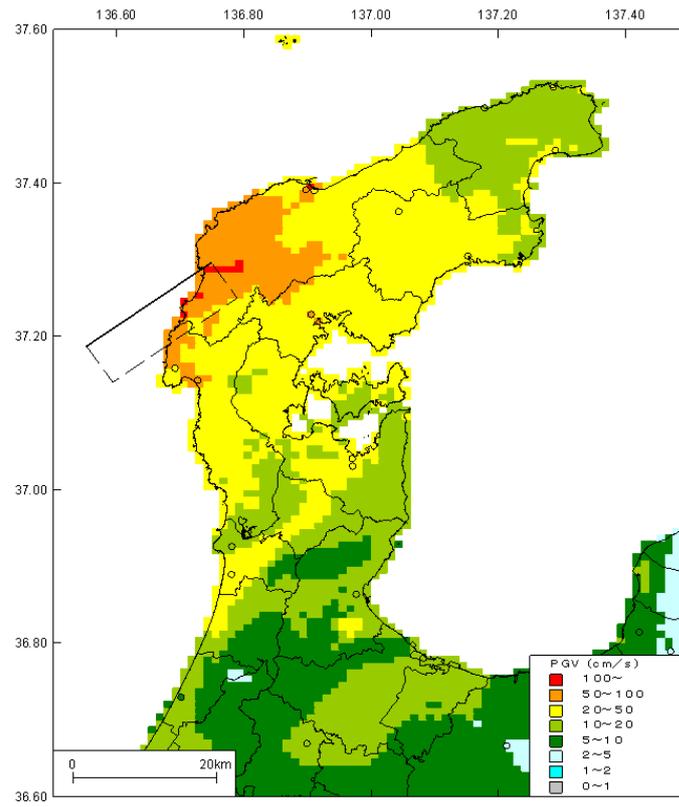


図 7.1.2-4 2007 年能登半島地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

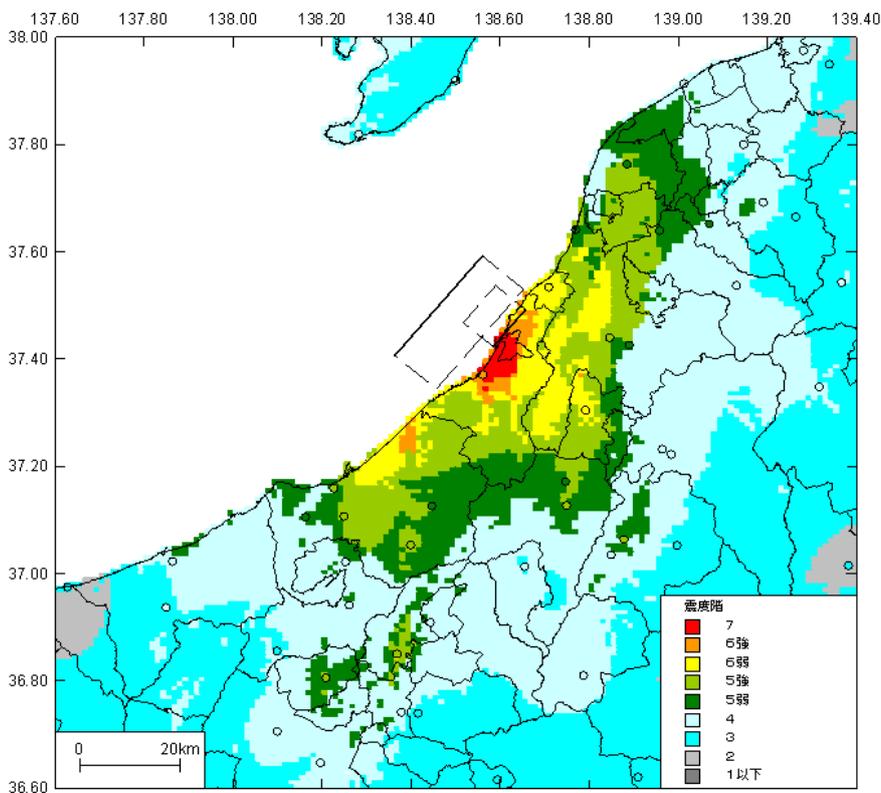
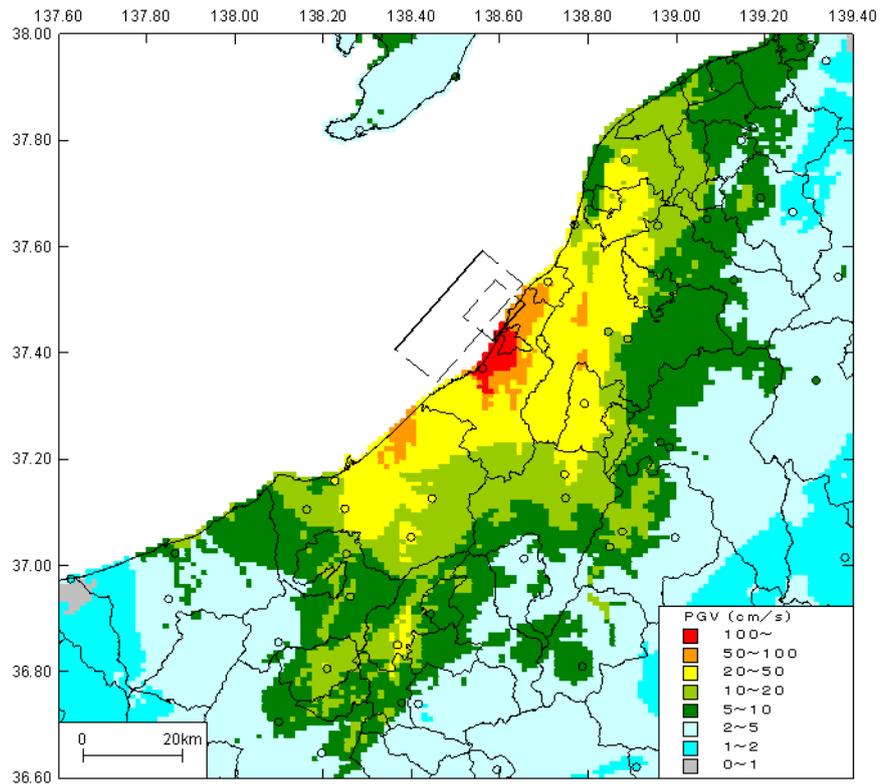


図 7.1.2-5 2007 年新潟県中越沖地震における地震動分布図（上段：PGV, 下段：震度）

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。

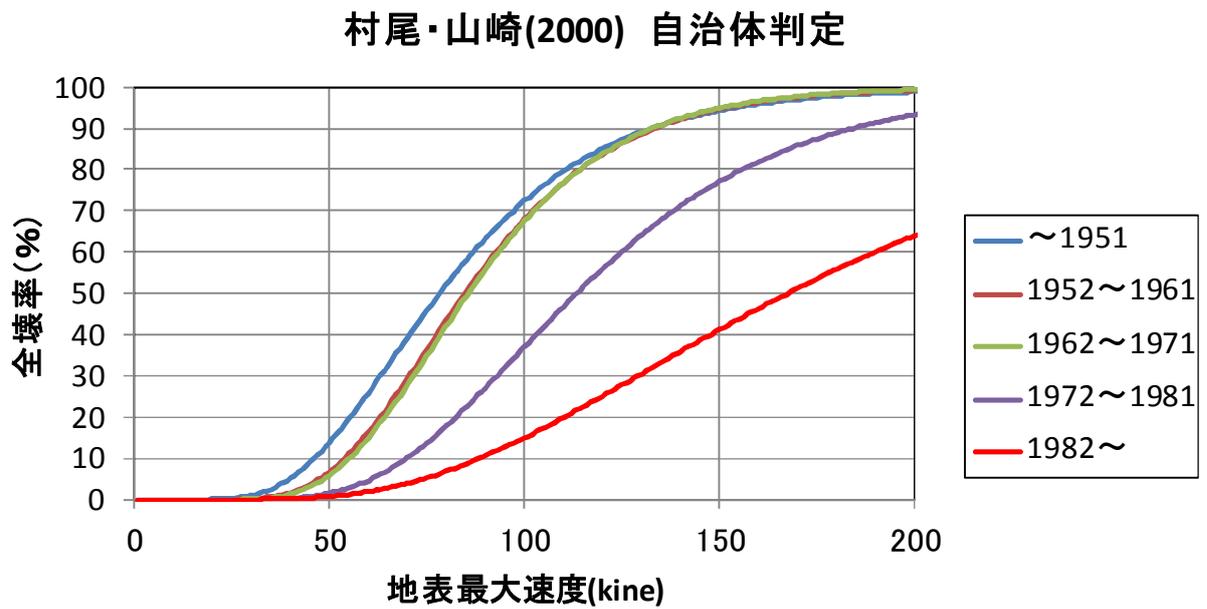
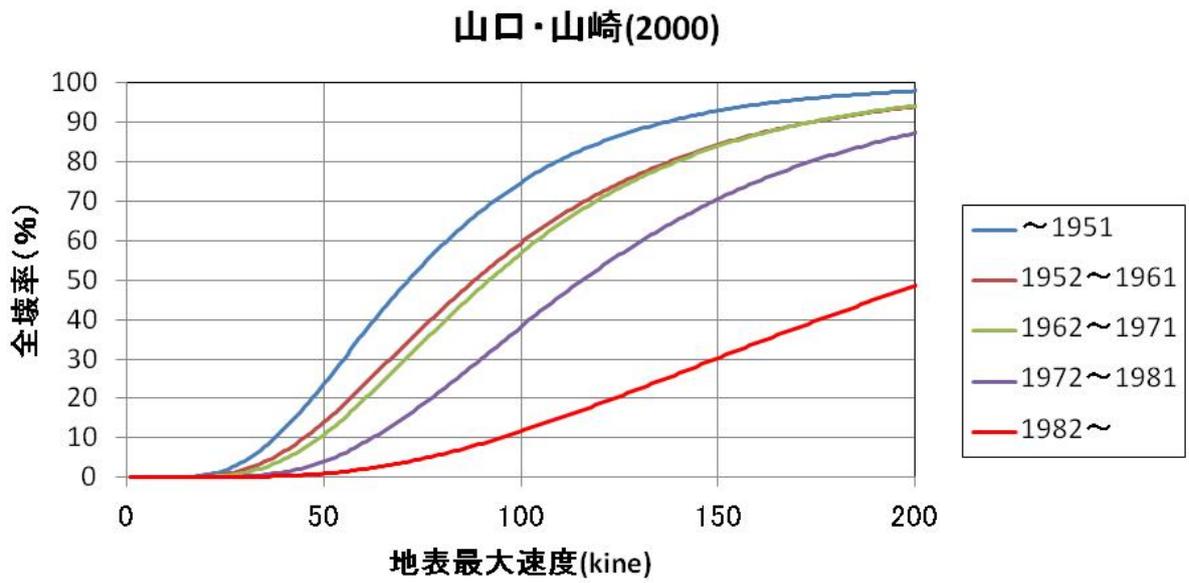
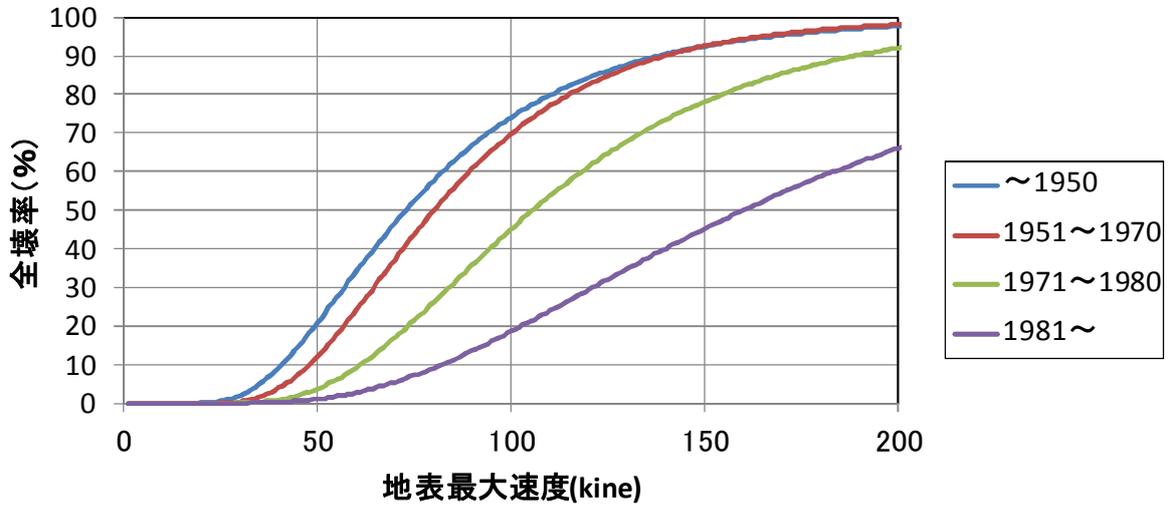


図 7. 1. 2-6(1) 木造建物における地表最大速度－全壊率の関係（その 1）

愛知県(2003)



翠川ほか(2011)

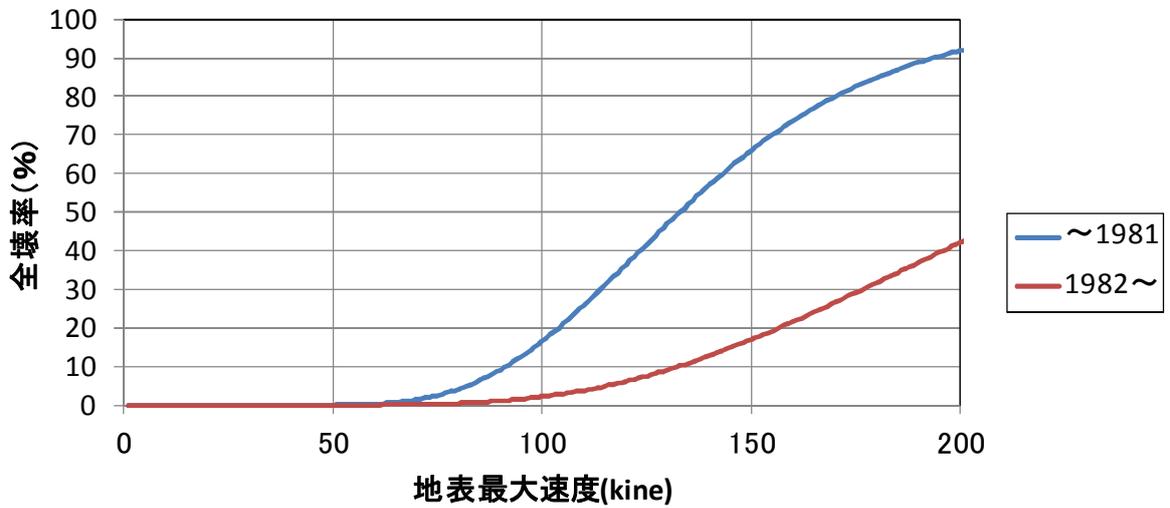
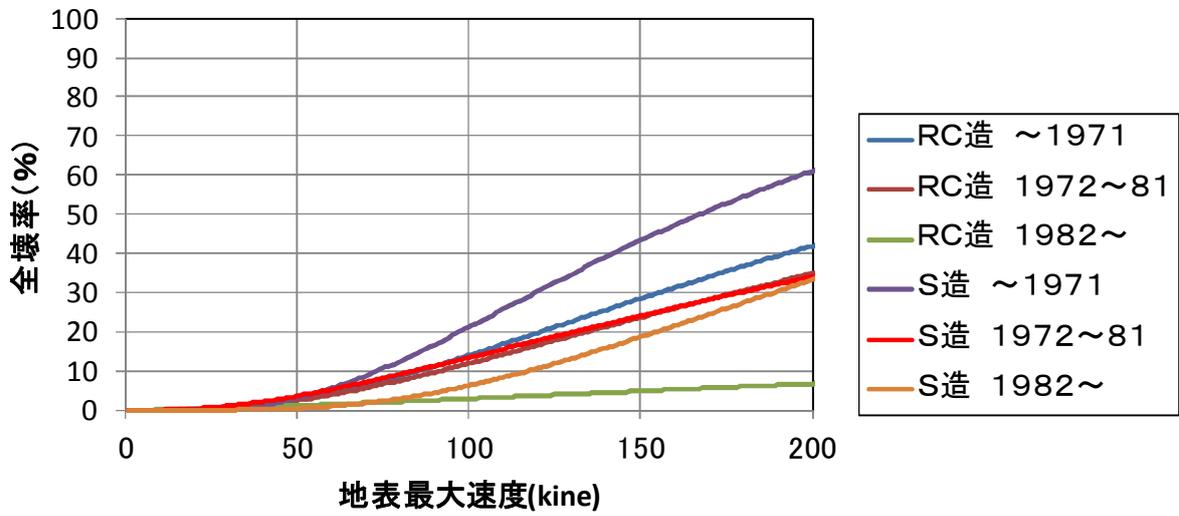


図 7.1.2-6 (2) 木造建物における地表最大速度－全壊率の関係（その2）

山口・山崎(2000)



村尾・山崎(2000) 自治体判定

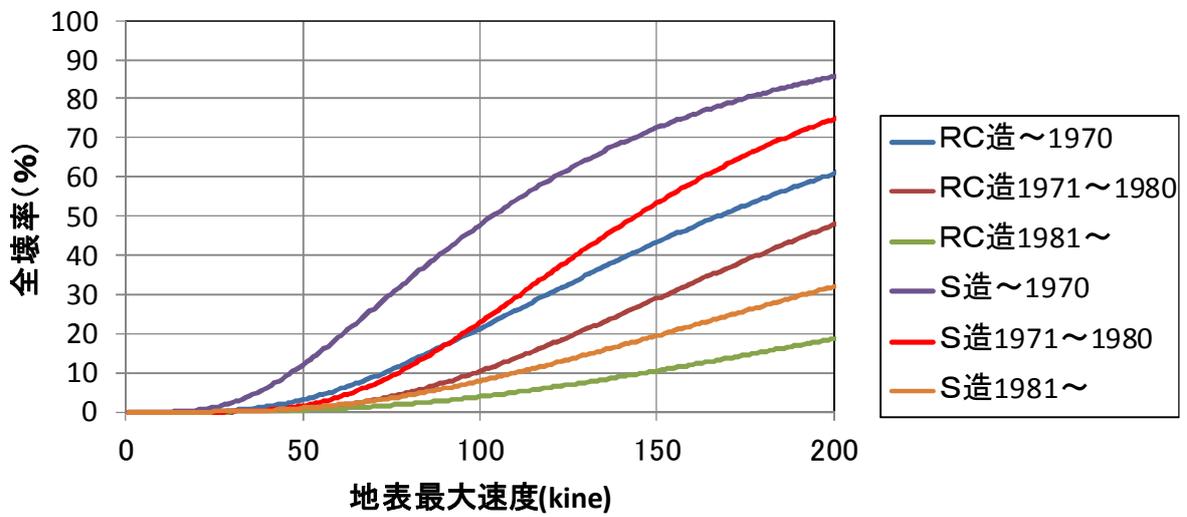


図 7. 1. 2-7(1) 非木造建物における地表最大速度—全壊率の関係 (その1)

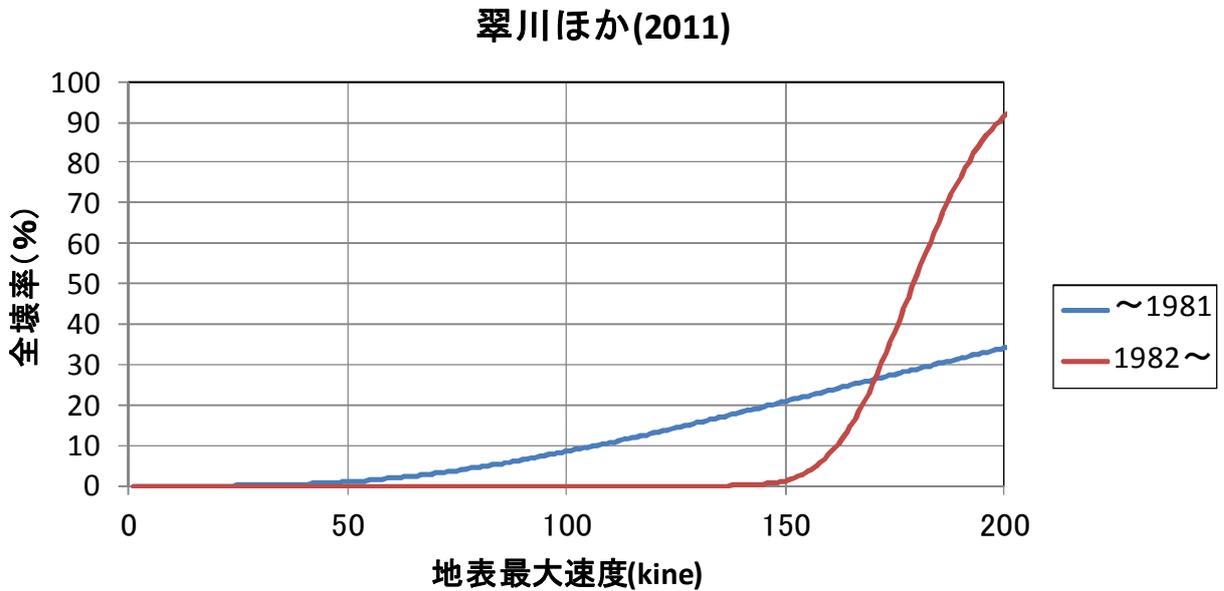
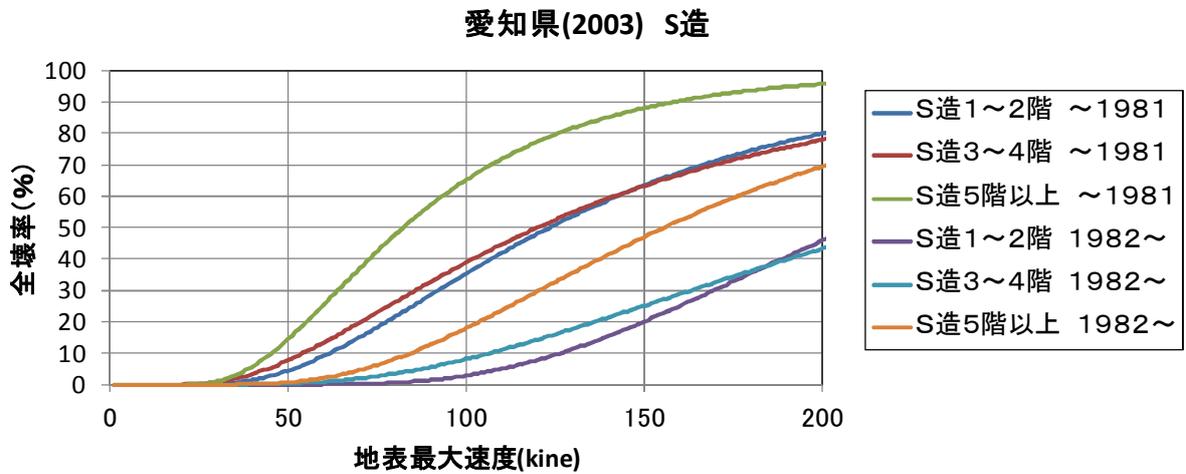
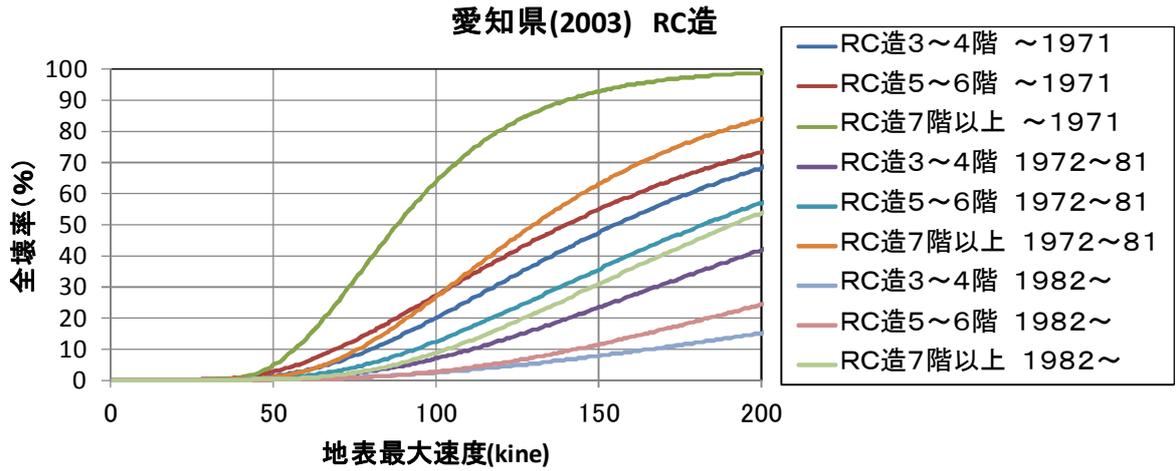


図 7. 1. 2-7 (2) 非木造建物における地表最大速度—全壊率の関係 (その 2)

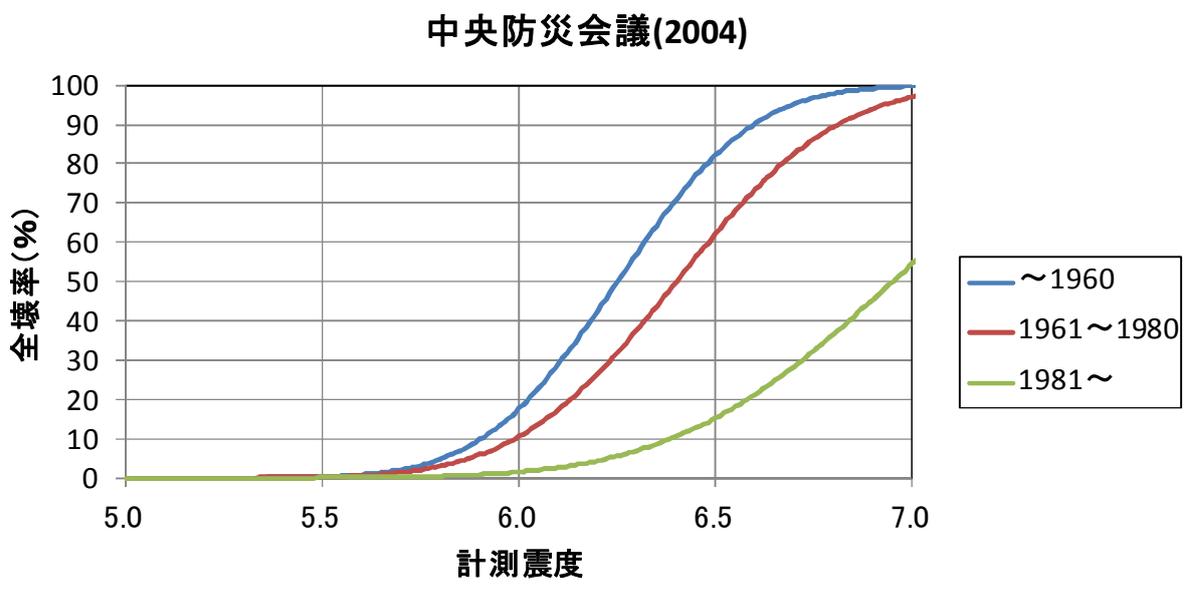
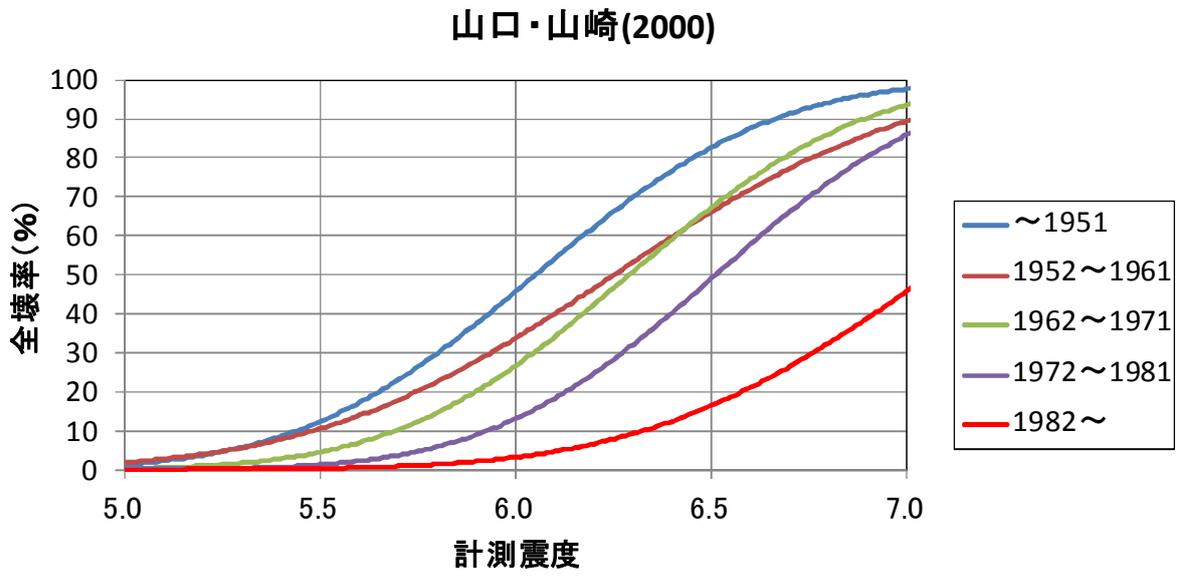
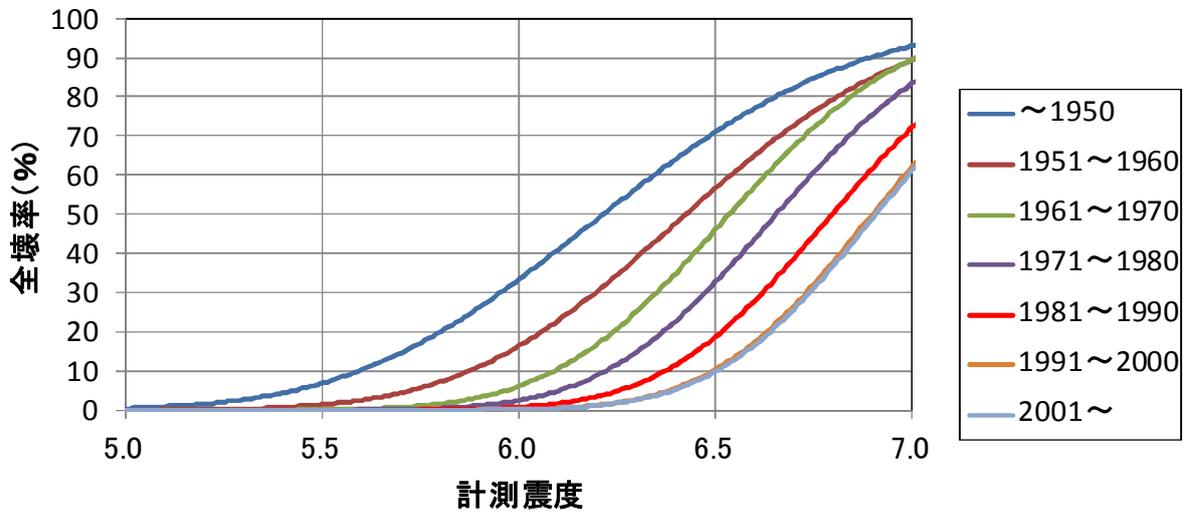


図 7. 1. 2-8(1) 木造建物における計測震度－全壊率の関係（その 1）

中嶋・岡田(2008)



翠川ほか(2011)

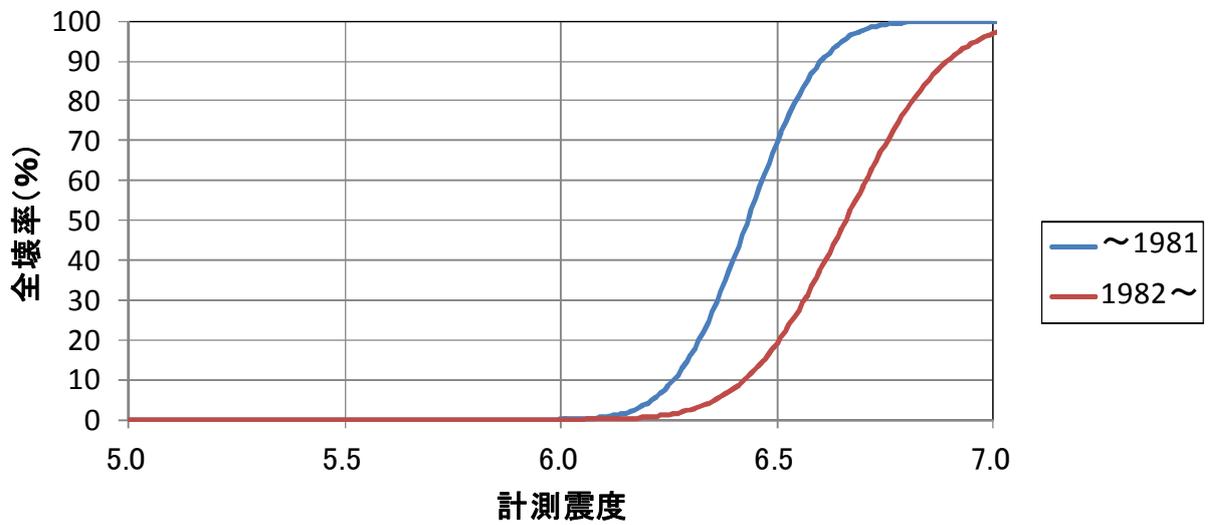
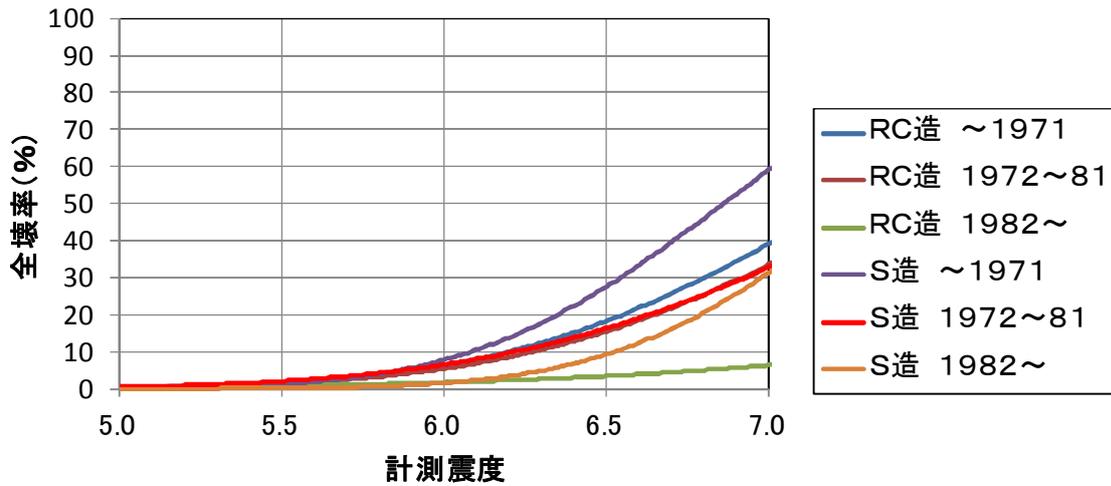
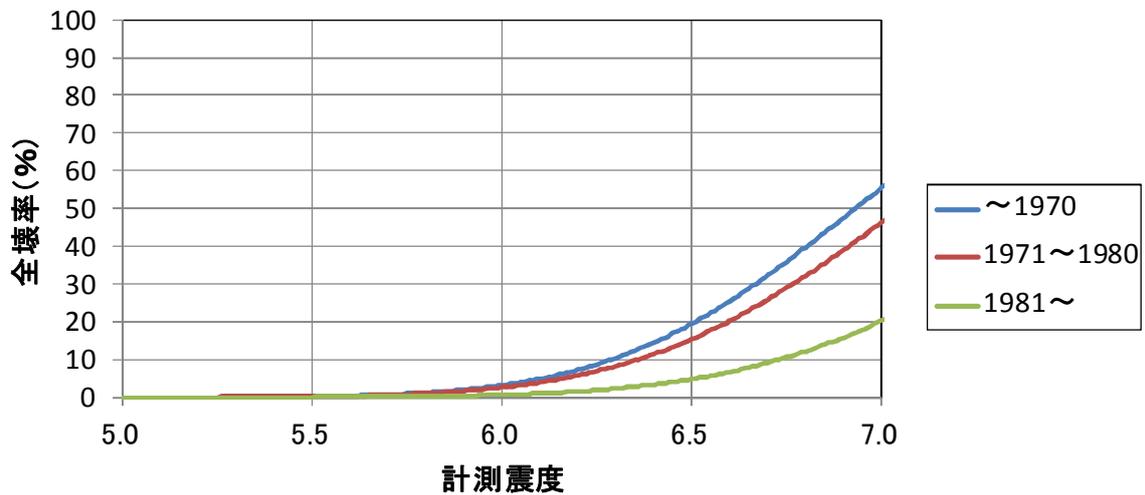


図 7. 1. 2-8(2) 木造建物における計測震度－全壊率の関係（その2）

山口・山崎(2000)



中央防災会議(2004)



翠川ほか(2011)

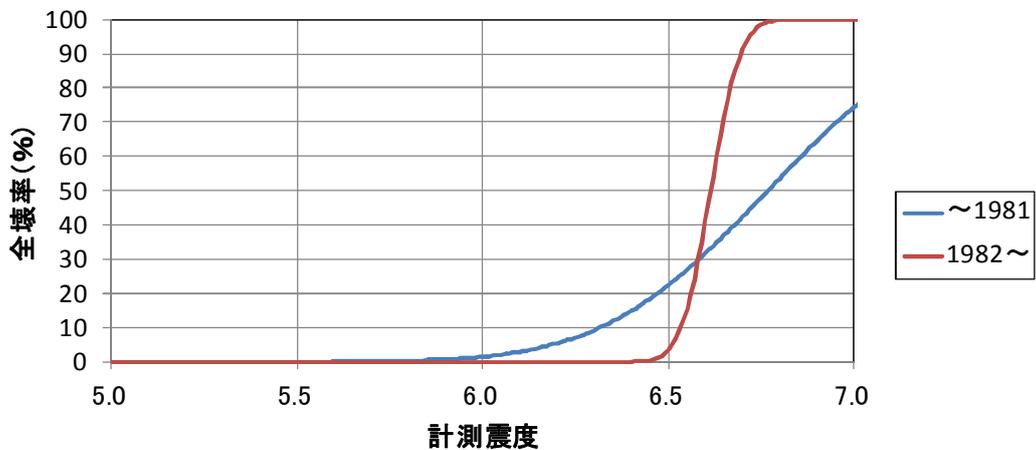


図 7.1.2-9 非木造建物における計測震度－全壊率の関係（その2）

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ため、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。

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

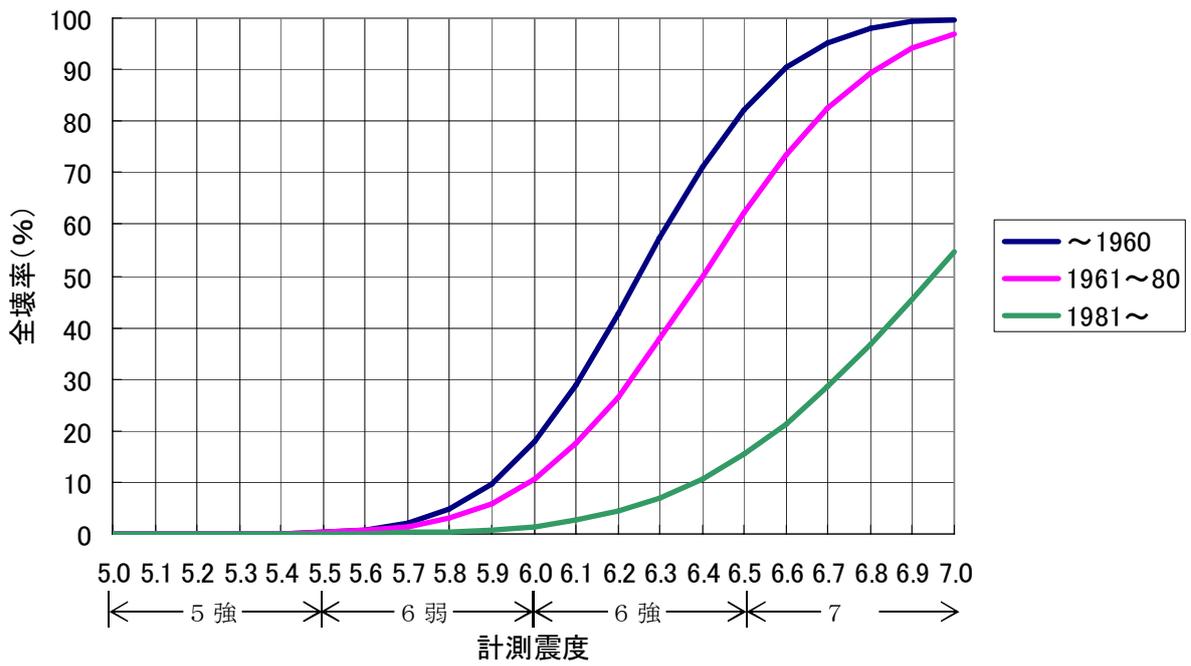
ここで、P：建物被害率　I：計測震度　Φ：標準正規分布の累積分布関数
λ, ζ：被害率曲線を特徴づける係数

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

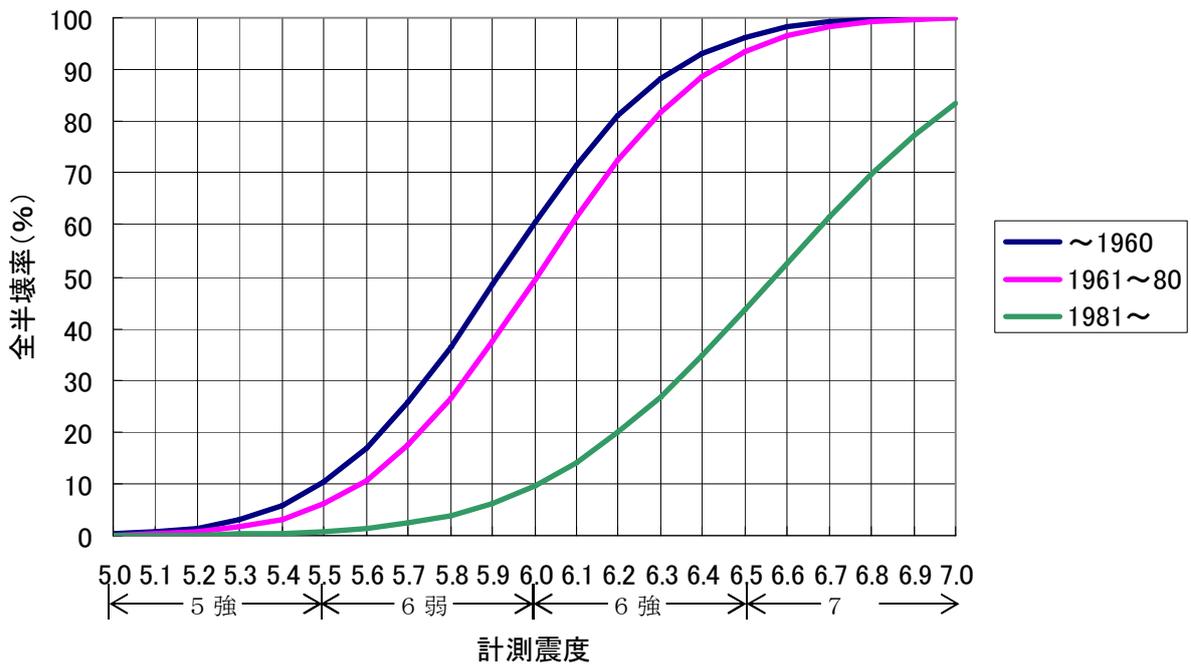
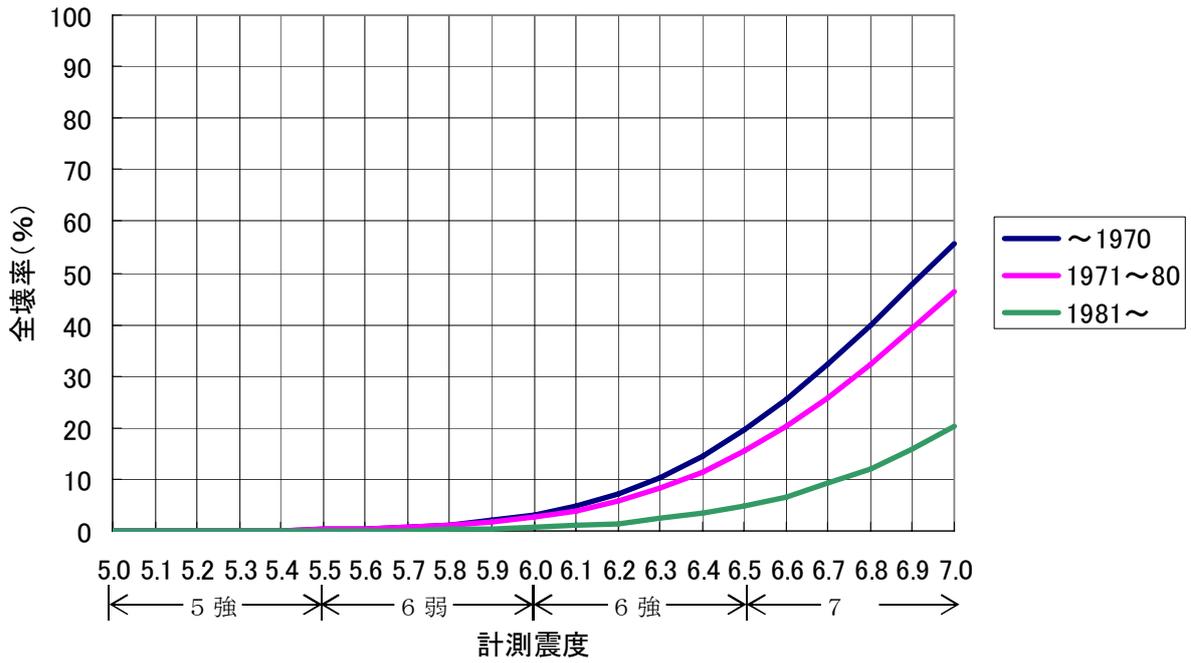


図 7.1.3-1 木造建物による計測震度一年代別全壊率、全半壊率の関係

○全壊率



○全半壊率

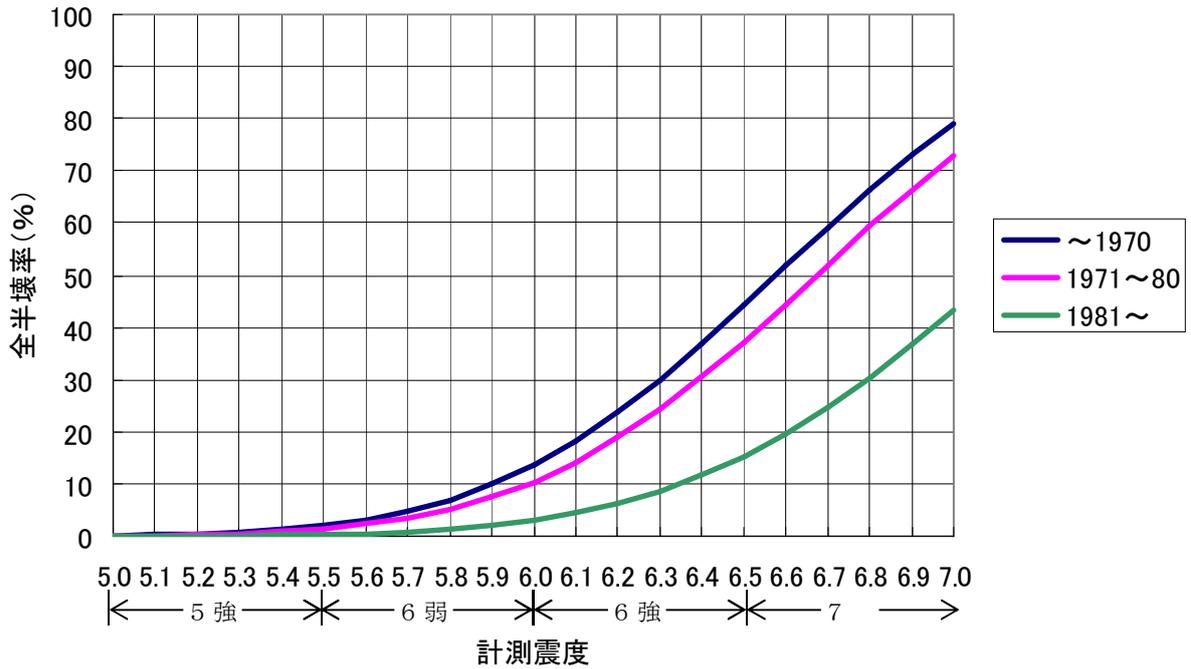


図 7.1.3-2 非木造建物による計測震度一年代別全壊率、全半壊率の関係

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。

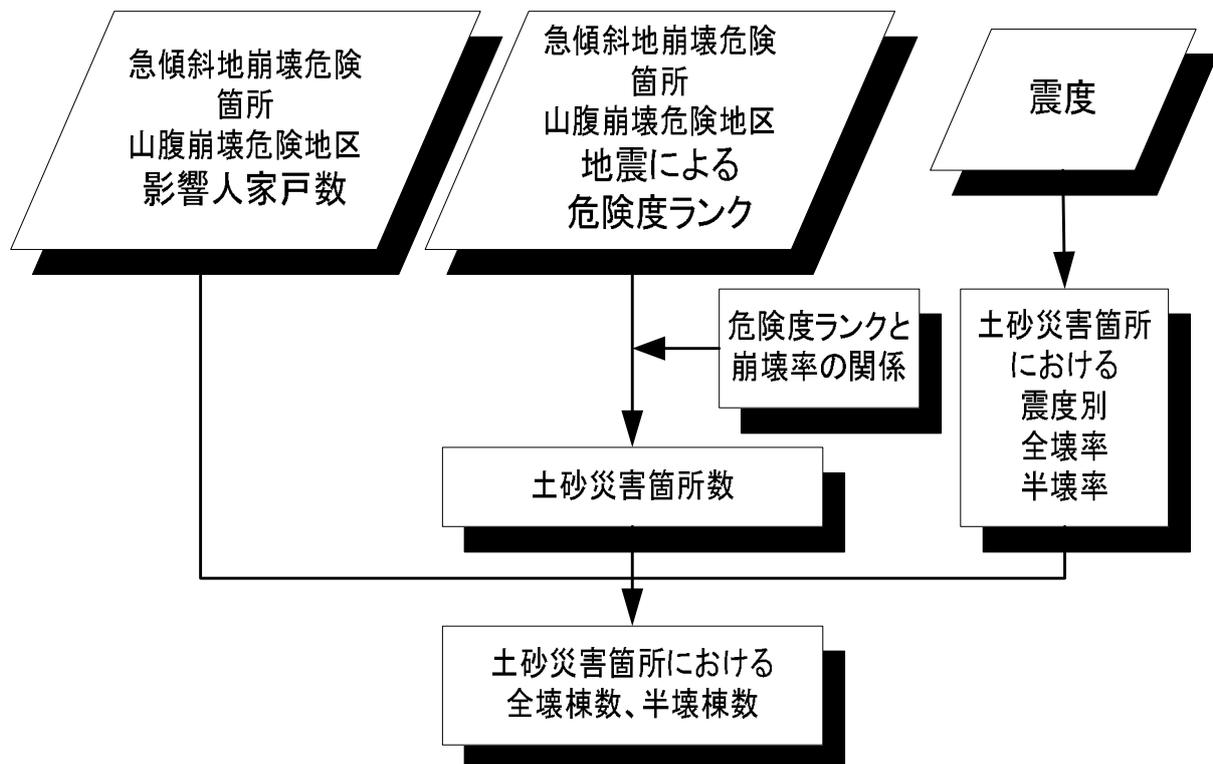


図 7.2-1 土砂災害における建物被害予測のフロー

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。

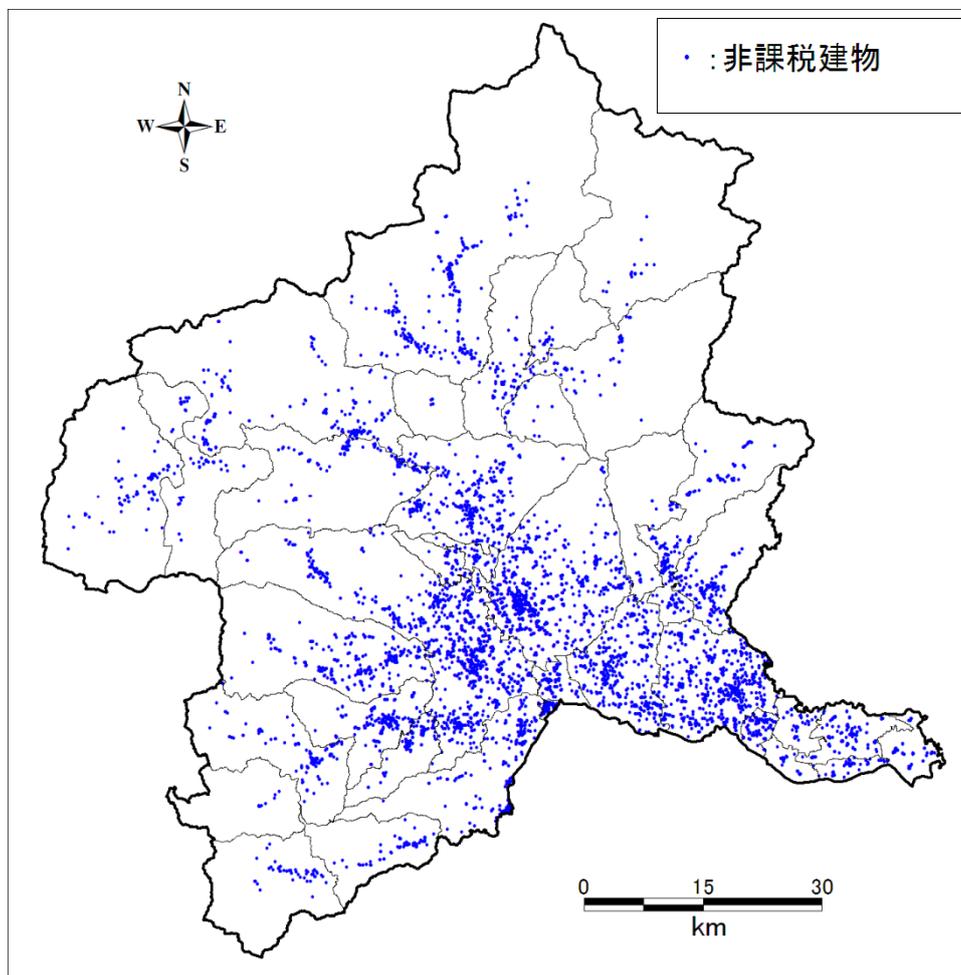


図 7.3-1 非課税建物分布図

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.

8. 火災被害予測

8.1 火災被害予測の概要

本調査では、以下に示す方針で火災の被害予測を行う。

- ①火災の被害は発生時刻や気象によって状況が大きく異なることから、気象条件と発生時刻に基づいて、1地震あたり3つのケース（冬5時・夏12時・冬18時×風速強風（最悪））を想定して実施する。なお、風速による延焼結果の違いを把握するため、関東平野北西縁断層帯主部の地震については、（冬5時・夏12時・冬18時×風速平均値）、および、（冬5時・夏12時・冬18時×風速15m/秒）における想定も実施する。
- ②主要な出火源を一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線、化学薬品とし、全壊率－出火率の関係により、市町村別の全出火件数を予測する。ただし、漏洩ガスのような時間遅れの出火については想定の対象としない。
- ③市町村別の全出火件数から、住民の初期消火活動で消しきれない炎上出火件数を求める。初期消火率は、地震動の大きさにより設定する。
- ④出火の設定は250mメッシュ単位で行う。そのため、市町村別の炎上出火件数を出火危険度の高いメッシュに振り分け、出火点メッシュを設定する。
- ⑤消防力を考慮し、消火可能な出火点メッシュを算定する。
- ⑥出火点メッシュのうち、自然鎮火するものや消火可能なものを除いたものを延焼出火点メッシュとする。
- ⑦延焼出火点メッシュの建物から火災が延焼に至るとみなし、延焼シミュレーションを行う。この際、消防庁消防大学校 消防研究センターによる建物1棟単位のシミュレーションが可能な消防力最適運用支援情報システム（以下、消防システムと呼ぶ）を用いて時系列の延焼範囲を予測し、焼失数を算定する。なお、延焼出火点メッシュ内の出火建物の設定については、延焼シミュレーションによる12時間後の焼失数が最大となる建物とする。

以上、①～⑦の流れをフローチャートにして図8.1-1に示す。

なお、火災の想定におけるパラメータとして、建物を木造、防火造、耐火造に分類する必要があるが、本調査では建物構造に応じて、以下のように設定する。

木造：裸木造

防火造：防火木造・軽量鉄骨造・軽量鉄骨プレハブ造

耐火造：鉄筋コンクリート造・鉄骨造

また、消防システムにおいては、建物に対して木造・非木造の構造を設定する必要があるが、本調査では建物単体（ポリゴン）面積が500㎡以上のものを非木造と設定する。

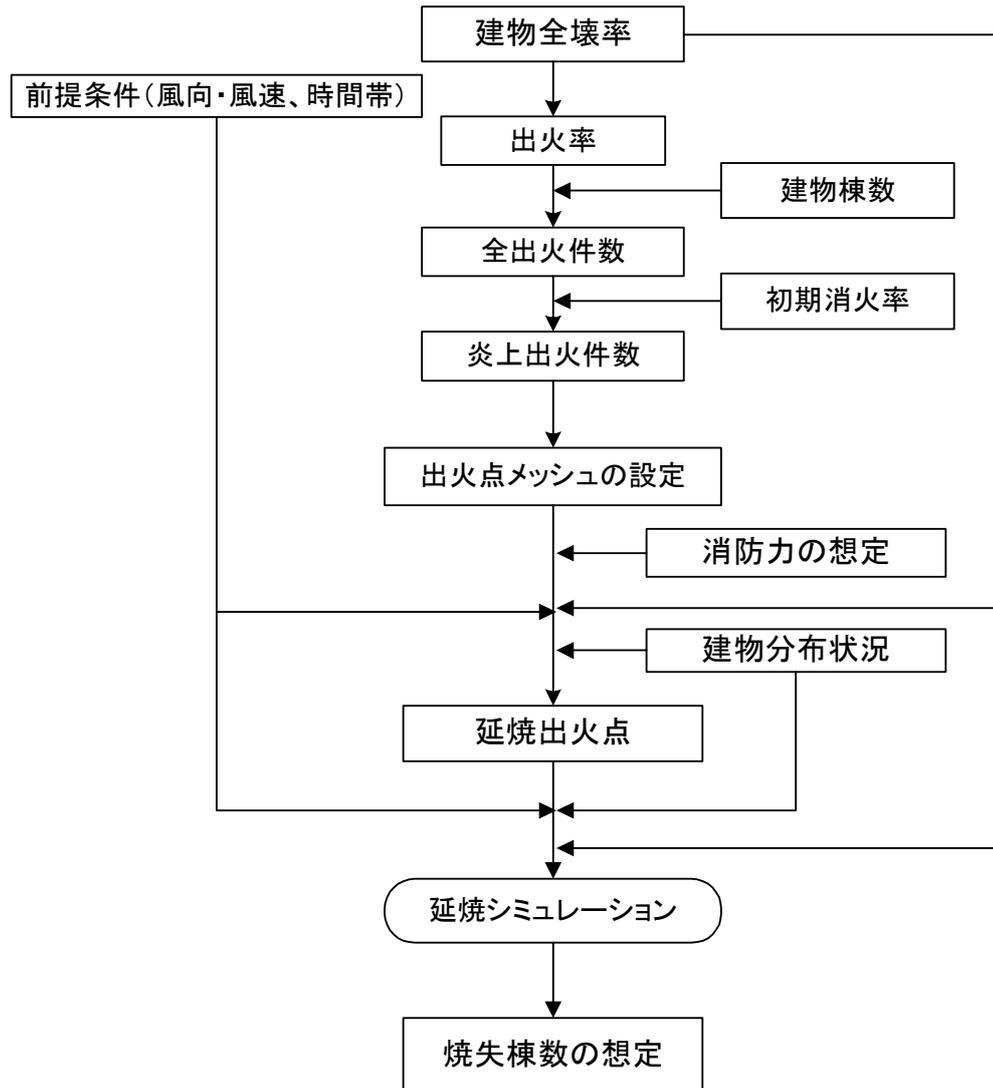


図8.1-1 火災の想定のプロフローチャート

8.2 前提条件

火災の被害は気象や発生時刻などの前提条件によって状況が大きく異なる。本調査では、季節、時間帯の条件を組み合わせ、1995年兵庫県南部地震と条件が同じくケース1：冬、朝5時>と、地震による出火が最も多くなる条件として<ケース2：冬、夕18時>、日中の平均的なケースとして<ケース3：夏、昼12時>の3つのケースを基本として想定する。

各ケースに対応する気象条件は2002年1月～2011年12月の過去10年間の前橋地方気象台の観測記録のうち、冬期は12月～2月、夏期は6～8月の値から設定する。

風速については、1日の最大風速（10分間平均風速の最大値）の平均値に、データのばらつきの度合いを示す標準偏差（ σ ）と、その2倍の値を加えた結果を示す（表8.2-1）。統計的に全体のデータの95%強は「平均値+2 σ 」より小さい値を示すことがわかっている。この値を参考に群馬県における「強風」の風速を設定する。風向については頻度分布から、冬は北西、夏は東南東とする（表8.2-2、図8.2-1）。湿度については1日の平均湿度の平均値をから設定する（表8.2-1）。このように設定した気象条件を表8.2-3に示す（関東平野北西縁断層帯主部の地震については8.1①も反映）。

表 8.2-1 前橋地方気象台における冬季・夏季の最大風速平均値と標準偏差

前橋 地方気象台	最大風速 平均値(m/秒)	標準偏差 σ	平均値+1 σ	平均値+2 σ	平均湿度 (%)
冬	5.7	1.8	7.5	9.4	53.2
夏	4.4	1.2	5.6	6.8	69.2

表 8.2-2 前橋地方気象台における
冬季・夏季の最大風速の風向頻度分布

風向度数	冬	夏
北	66	15
北北東	0	2
北東	0	0
東北東	1	3
東	1	22
東南東	38	449
南東	18	138
南南東	4	37
南	0	24
南南西	0	6
南西	0	2
西南西	9	13
西	33	16
西北西	56	12
北西	437	117
北北西	239	64

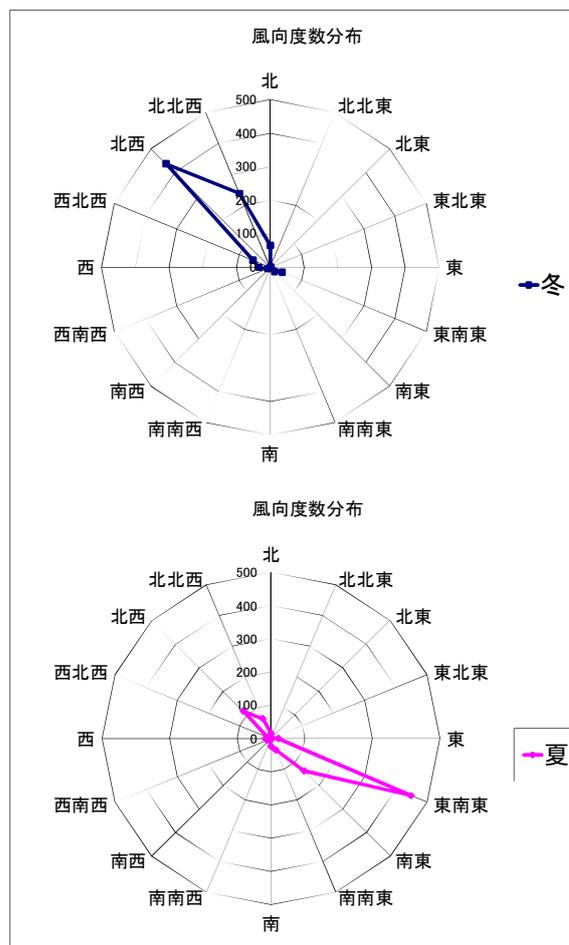


図 8.2-1 前橋地方気象台における
冬季・夏季の最大風速風向分布図

表 8.2-3 火災の想定に関する気象条件

項目		冬			夏	
風速 (m/秒)	共通	9			7	
	関東平野北西縁 断層帯主部のみ	6	9	15	4	7
風向		北西			東南東	
湿度(%)		50			70	

8.3 火災予測手法

本調査では様々な出火原因のうち、最も影響の大きい一般火気器具・電熱器具からの出火および化学薬品からの出火を対象とする。

想定のお考え方としては、①建物全壊率の大きさと出火率の関係から全出火件数を算定し、地震動の大きさを考慮した上で住民が初期消火活動を行っても消火でない炎上出火件数を予測する、② ①の結果より炎上出火するメッシュを設定し、地域の消防力を適用させて最終的に延焼する出火点の推定を行う（図 8.1-1）、という流れで行う。

●全出火件数の想定

全出火件数は、中央防災会議(2004)を参照して、兵庫県南部地震による全壊率（全建物）－全出火率の関係から出火件数を想定する。

中央防災会議(2004)では、兵庫県南部地震時の建物全壊と出火の関係に基づき、標準出火率を設定し、これに時間帯別火気使用状況調査結果等による時間帯別出火率に補正し、各ケースごとの出火要因別の算定式を次式のように導出している。なお、中央防災会議(2004)では、秋の12時としているところを本調査では、概ね同等として、夏の12時として設定する。

・一般火気器具

$$\text{冬5時} : \text{全出火率} = 0.00018 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-1)}$$

$$\text{冬18時} : \text{全出火率} = 0.0022 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-2)}$$

$$\text{夏12時} : \text{全出火率} = 0.00041 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-3)}$$

・電熱器具

$$\text{冬5時} : \text{全出火率} = 0.00036 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-4)}$$

$$\text{冬18時} : \text{全出火率} = 0.0043 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-5)}$$

$$\text{夏12時} : \text{全出火率} = 0.00082 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-6)}$$

・電気機器・配線

$$\text{全出火率} = 0.00036 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-7)}$$

(季節・時刻によらない)

・化学薬品

$$\text{全出火率} = 0.000066 \times \text{揺れによる全壊率}^{0.73} \quad \text{----- (8.3-8)}$$

(季節・時刻によらない)

●炎上出火件数の想定

市町村別の炎上出火件数は、前項で求めた市町村別の全出火件数に住民の初期消火率を考慮して、次式により算定を行った。

$$\text{炎上出火件数} = \text{全出火件数} \times (1 - \text{初期消火率}) \quad \text{----- (8.3-9)}$$

住民の初期消火率は、市町村ごとの平均的な震度の大きさを算定し、表8.3-1に示す震度階と初期消火率の関係（中央防災会議，2004）から推定を行う。なお、この関

係は、人口集中地区とその他郊外地区とで、設定値が異なっているが、群馬県においてはすべて、その他郊外地区として予測を行う。

表8.3-1 初期消火率（％）と震度階

震度階	人口集中地区	その他郊外地区
震度5	68.4	78.6
震度6	45.9	51.8
震度7	23.8	43.9

●炎上出火点メッシュの設定

本調査では、延焼シミュレーションを行って焼失棟数の算定を行うため、炎上出火点があるメッシュを設定する必要がある。その設定は以下の手順で行う。

- ①メッシュごとの全壊数の比率に応じて、市町村ごとの炎上出火件数をメッシュに振り分ける。
- ②①の値において、小数部分を切り捨てた値をメッシュの炎上出火件数とする。
- ③②の総計が市町村ごとの炎上出火件数より下回る場合には、さらにその差分だけ小数部分の大きいメッシュから順に1件ずつ振り分けていく。

●消防力を想定した延焼出火点の想定

推定した炎上出火点に対しては延焼する、しないに関わらずにすべての点で消火活動が行われる。この際、消防力（消防自動車の数、口数）、駆けつけ時間、消防水利の有無などが考慮に入れられ、出火点に対し消火可能かどうかを判定する。この結果、消火活動を行っても消火できずに周辺に延焼する出火点を延焼出火点として設定する。

なお、本調査での消防力の想定は、消防署における1次運用を対象に想定を行う。その考え方をフローチャートにして図8.3-1に示す。
基本的な考え方は以下の通りである。

- ①出火は地震発生と同時に起こる。
- ②消防力は消防署、消防団の活動を考慮する。
- ③出火点の消火を行う順序は消防隊がより早く到達できる点を優先する。
- ④出火点からホースの届く範囲に消防水利の存在がない場合はその出火点は消火不能とする。なお、消防水利は地域別の数量を建物密度で分配することで設定する。
- ⑤もっとも早く到着できる消防拠点の駆けつけ時間を求め、その駆けつけ時間での火面長を計算する。次に、その火面長を取り囲める必要放水口数を算定し、消防拠点が有している消防力の放水口数と比較して消火可能かどうかを決定する。
- ⑥上記で消火不能と判断された場合は、順次早く到着できる消防拠点の放水口数の総和とその駆けつけ時間から算定される火面長を取り囲める必要放水口数を比較して消防拠点の放水口数の総和が上回った場合には、その出火点は消火可能と

する。

- ⑦出火点が消火可能と判断された場合は消火に要した消防力は使用されたものとし、その分の消防力が他の出火点に転戦することは考慮しない。
- ⑧出火点より延焼が拡大する延焼速度式は、東京消防庁(1997)で提案された東消式97を用いる。

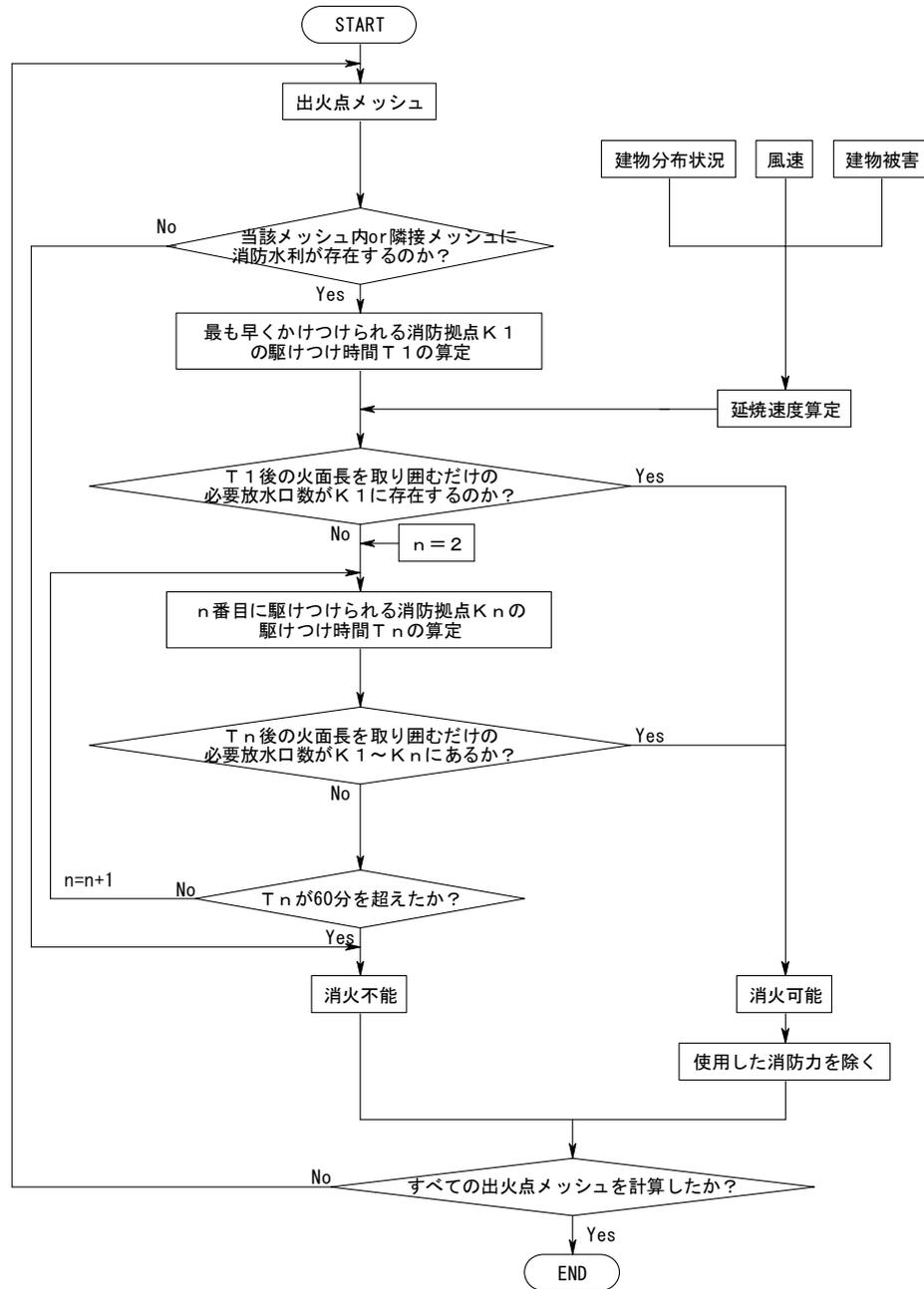


図 8.3-1 消防力の想定フローチャート

以下に、消防力の想定に関して、設定したパラメータ、条件を項目ごとに述べる。

①出火点

出火点の位置は便宜上出火点メッシュの中心に位置するものとする。

②消防隊

消防署から火元へ直接かけつける部隊（消防力の1次運用）を想定する。

③消防水利

消防水利としては、防火水槽と消火栓を想定する。ただし、消火栓については震度6弱以上になると、水道管破裂の影響で消火栓が使用できなくなると想定されるため、出火点において震度5強以下の場合に利用可能であるとする。

④取水可能範囲

ホース1本20mとし、20本まで連結できるとすると、ホースが格子状に置かれた場合を仮定してホースの届く範囲は約250mとなる。したがって、出火点から半径250m以内に存在する消防水利を取水可能とする。

⑤駆けつけ時間

駆けつけ時間は次式のように定義する。

$$\text{駆けつけ時間} = \text{出動準備時間} + \text{走行時間} + \text{ホース延長所要時間} \quad \text{----- (8.3-10)}$$

⑥出動準備時間

通常火災の場合、消防署では出動指令から30秒～1分程度で出動可能となる。しかし、大地震が発生した際には覚知の遅れ、情報の錯綜、通信機器の被害等により出動準備時間は大幅に遅れるものと想定される。いくつかの被害想定調査においては、消防署における地震時の出動準備時間を8分（東京都、埼玉県、静岡県）や10分（神奈川県、宮城県等）と設定を行っている。本調査では、安全側をみて消防署における地震時の出動準備時間を10分として設定を行う。一方、消防団の出動準備時間は、消防署の2倍の20分として設定する。

⑦走行時間

走行時間は走行距離を走行速度で割ることで算定される。

走行距離は格子状に道路が分布していると仮定して、出火点の位置と消防拠点の直線距離に $\sqrt{2}$ 倍した値とする。

走行速度は、通常火災においては、消防署の消防車両で約40km/h（時速）程度である。しかしながら、大地震が発生した際には停電や建物倒壊による信号機故障、交通渋滞などで通常よりもかなり走行速度が遅くなることが想定される。実際、他の調査の想定値を取りまとめた結果（表8.3-2参照）は、通常速度よりもかなり遅

く、消防署の消防車両で10km/h～25km/hの範囲で予測を行っている。

本調査では消防署の消防車両で15km/hと設定し、消防団の消防車両では、9km/hと設定する。

表8.3-2 各自治体で設定した地震時の消防ポンプ車の走行速度
(損害保険料率算定会(1998)に加筆)

自治体		消防署	消防団
秋田県	主要道路上	25km/h	15km/h
神奈川県	それ以外	15km/h	9km/h
島根県、川崎市		20km/h	12km/h
埼玉県		24km/h	考慮せず*
東京都	震度6以上	10km/h	9km/h
	震度5以下	15km/h	9km/h
宮城県沖地震(実績)		35km/h	—
日本海中部地震(実績)		20km/h	—

⑧ホース延長所要時間

ホース延長所要時間の算定式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{震度6以上} & \quad t_H = 25 \cdot 5N_H + 15 \\ \text{震度5以下} & \quad t_H = 17N_H + 15 \end{aligned} \quad \text{----- (8.3-11)}$$

t_H : ホース延長時間(秒)

N_H : ホース本数

東京都(1997)による

ホース延長時間は、ホース1本20mとして、出火点から消防水利までの距離の $\sqrt{2}$ 倍に相当する長さ分の本数をつなぐとして計算した。

⑨消防車両の担当火面長

消防署では、消防ポンプ車1台あたり3口と設定し、1口あたりの担当火面長は10m、1台あたりの担当火面長は30mとする。一方、消防団では、小型動力ポンプ付積載車1台あたり1口と設定し、1台あたりの担当火面長は10mとする。

⑩消火活動に必要な水量

消火に必要な放水時間は20分、放水速度は1口当たり $0.5\text{m}^3/\text{分}$ とする。(神奈川県, 1993)

⑪延焼速度式

消防力の1次運用を評価するため、メッシュ中心点からの延焼範囲を評価するための延焼速度式は東京消防庁(1997)が提案した東消式97を用いる。

⑫火面長の算定

火面長は時間とともに拡大していく。火災域拡大の概念図を図8.3-2に示す。

出火と同時に、風下方向へは風速Uに応じた延焼速度 Vm_u 、風横方向へは風速0に応じた Vm_0 、風上方向に対しては初期延焼速度 V_0 と仮定し、その形状は風下方向、風上方向にそれぞれ形状の異なる楕円とみなす。したがって、火災域の火面長は風上方向へは、短半径 $V_0 \cdot t$ 、長半径 $Vm_0 \cdot t$ の半楕円、風下方向では短半径 $Vm_0 \cdot t$ 、長半径 $Vm_u \cdot t$ の半楕円となる。これより、時刻tにおける火面長S(t)は次式のようになる。

$$S(t) = 2Vm_u \cdot t \cdot \int_0^\pi \sqrt{1 - \varepsilon_1^2 \sin^2 \theta} \cdot d\theta + 2V_0 \cdot t \cdot \int_0^\pi \sqrt{1 - \varepsilon_2^2 \sin^2 \theta} \cdot d\theta \quad \text{---- (8.3-12)}$$

ただし、 ε は楕円の離心率

$$\varepsilon_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{Vm_0}{Vm_u} \right)^2}, \quad \varepsilon_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{V_0}{Vm_0} \right)^2}$$

風下、風横の延焼速度 Vm_u 、 Vm_0 はtの関数であり、時間経過とともに延焼速度が増大していく。一方、風上の延焼速度 V_0 はtの関数ではなく、時間経過による延焼速度の増大はないものとする。

なお、東京都(1997)に基づき、全建ぺい率18%未満のメッシュの出火点では、火面長の50%を取り囲む消防力があれば、その出火点は消火可能とした。

以上により、炎上出火点のうち、消防水利が周辺に十分に存在しない出火点、あるいは消防水利が存在したとしても水量が足りない出火点、既存の消防力で火面を取り囲むことが不可能な出火点を延焼出火点として設定する。

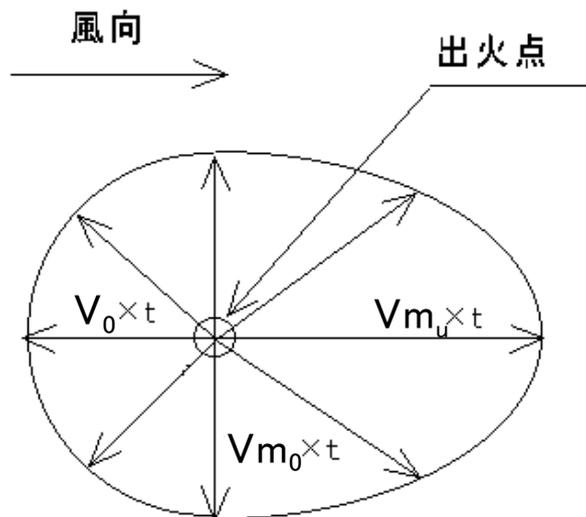


図8.3-2 火災域拡大の考え方

表 8.3-3(1) 消防本部別所属ポンプ車数一覧（その1）（平成23年4月1日時点）

消防本部名	署所名	所在地(〒)	所在地(住所)	ポンプ車等 数一覧	消防団 ポンプ車数
前橋市消防局		371-0014	前橋市朝日町四丁目22-2		68
	中央消防署	371-0014	前橋市朝日町四丁目22-2	4	
	千代田分署	371-0022	前橋市千代田町一丁目1-2	1	
	赤坂分署	371-0007	前橋市上泉町1425-2	2	
	東消防署	371-0221	前橋市樋越町62-1	3	
	宮城分署	371-0242	前橋市馬場町896	3	
	西消防署	371-0854	前橋市大渡町二丁目3-7	2	
	利根分署	371-0831	前橋市小相木町392-1	2	
	南消防署	379-2131	前橋市西善町766-2	2	
	城南分署	379-2117	前橋市二之宮町1320	2	
北消防署	371-0051	前橋市上細井町1794-1	4		
白川分署	371-0115	前橋市富士見町小沢191-1	1		
高崎市等 広域消防局		370-0861	高崎市八千代町一丁目13番10号		104
	高崎中央消防署	370-0861	高崎市八千代町一丁目13番10号	3	
	西分署	370-0885	高崎市若田町32番地8	1	
	高崎東消防署	370-0852	高崎市中居町二丁目21番地63	4	
	群南分署	370-0011	高崎市京目町615番地1	1	
	高崎北消防署	370-0073	高崎市緑町一丁目27番地8	4	
	倉測分署	370-3402	高崎市倉測町三ノ倉437番地	1	
	箕郷分署	370-3105	高崎市箕郷町西明屋450番地	1	
	群馬分署	370-3523	高崎市足門町818番地4	1	
	榛名分署	370-3345	高崎市上里見町249番地1	1	
	安中消防署	379-0116	安中市安中一丁目10番30号	4	
郷原分署	379-0135	安中市郷原135番地1	1		
松井田分署	379-3015	安中市松井田町五料392番地4	1		
桐生市消防本部		376-0027	桐生市元宿町13番38号		44
	桐生消防署	376-0027	桐生市元宿町13番38号	5	
	東分署	376-0034	桐生市東一丁目9番16号	3	
	南分署	376-0002	桐生市境野町七丁目1799-2	2	
	桐生みどり消防署	379-2311	みどり市笠懸町阿佐美1912-6	5	
	大間々新里分署	376-0102	みどり市大間々町桐原247	2	
黒保根東分署	376-0102	みどり市東町荻原188	1		
伊勢崎市 消防本部		372-0031	伊勢崎市今泉二丁目895番地		56
	伊勢崎消防署	372-0031	伊勢崎市今泉二丁目895番地	4	
	伊勢崎消防署北分署	372-0015	伊勢崎市鹿島町429-5	1	
	伊勢崎消防署南分署	372-0834	伊勢崎市堀口町656-1	1	
	伊勢崎消防署西分署	372-0803	伊勢崎市宮古町89	1	
	赤堀消防署	379-2209	伊勢崎市西久保町二丁目341-3	2	
	東消防署	379-2233	伊勢崎市東小保方3238	2	
	境消防署	370-0125	伊勢崎市境荻原1753	3	
玉村消防署	370-1105	佐波郡玉村町大字福島548	2		
太田市消防本部		373-0063	太田市鳥山下町409番地1		47
	中央消防署	373-0063	太田市鳥山下町409番地1	5	
	宝泉出張所	373-0845	太田市泉町1327番地1	1	
	沢野分署	373-0829	太田市高林北町931番地1	1	
	東部消防署	373-0022	太田市只上町364番地	2	
	斐川出張所	373-0025	太田市熊野町2番1号	1	
	九号分署	373-0817	太田市飯塚町87番地1	3	
	西部消防署	370-0341	太田市新田金井町607番地	3	
	尾島分署	370-0421	太田市粕川町432番地1	2	
	藪塚分署	379-2302	太田市山之神町243番地2	2	
	大泉消防署	370-0535	大泉町大字寄木戸614番地1	4	
城之内出張所	370-0518	大泉町城之内2丁目25番2号	1		
利根沼田 広域市町村圏 振興整備組合 消防本部		378-0056	沼田市高橋場町2049番地1		71
	中央消防署	378-0056	沼田市高橋場町2049番地1	4	
	東消防署	378-0301	沼田市利根町平川1269番地	1	
	西消防署	379-1412	利根郡みなかみ町羽場59番地4	1	
	北消防署	379-1617	利根郡みなかみ町湯原1681番地	1	
館林地区 消防組合 消防本部		374-0039	館林市美園町7-3		49
	館林消防署	374-0039	館林市美園町7-3	5	
	北分署	374-0008	館林市細内町687-3	1	
	西分署	374-0057	館林市北成島町1647-1	2	
	板倉消防署	374-0132	邑楽郡板倉町大字板倉3427-5	3	
	明和消防署	370-0708	邑楽郡明和町南大島265-1	1	
	千代田消防署	370-0722	邑楽郡千代田町大萱野1218-1	1	
邑楽消防署	370-0603	邑楽郡邑楽町大字中野2647-1	2		
渋川広域 消防本部		377-0008	渋川市渋川1815番地51		41
	本署	377-0008	渋川市渋川1815番地51	4	
	東分署	379-1125	渋川市赤城町上三原田468番地2	1	
	西分署	377-0102	渋川市伊香保町伊香保558番地4	1	
	南分署	370-3606	北群馬郡吉岡町大字上野田1201番地3	1	
北分署	377-0205	渋川市北牧158番地1	1		
多野藤岡広域 市町村圏 振興整備組合 消防本部		375-0024	藤岡市藤岡982番地		30
	藤岡消防署	375-0024	藤岡市藤岡982番地	4	
	吉井消防署	370-2132	高崎市吉井町吉井541番地1	2	
	新町消防分署	370-1301	高崎市新町3152番地1	1	
	鬼石消防分署	370-1401	藤岡市鬼石171番地1	1	
	奥多野消防分署	370-1506	多野郡神流町大字黒田101番地4	1	
上野消防出張所	370-1614	多野郡上野村大字川和19番地	1		

表 8.3-3(2) 消防本部別所属ポンプ車数一覧（その2）（平成23年4月1日時点）

消防本部名	署所名	所在地(〒)	所在地(住所)	ポンプ車等 数一覧	消防団 ポンプ車数
富岡甘楽 広域市町村圏 振興整備組合 消防本部		370-2316	富岡市富岡1922-7		37
	富岡消防署	370-2316	富岡市富岡1922-7	4	
	甘楽分署	370-2202	甘楽郡甘楽町大字小幡162-4	1	
	一ノ宮分署	370-2452	富岡市一ノ宮1607-2	1	
	妙義分署	379-0206	富岡市妙義町中里298-1	1	
	下仁田消防署	370-2623	甘楽郡下仁田町大字下小坂162-1	2	
	南牧分署	370-2806	甘楽郡南牧村大字大日向1039-1	1	
	西牧分遣所	370-2626	甘楽郡下仁田町大字南野牧6079-5	1	
吾妻広域町村圏 振興整備組合 消防本部		377-0801	吾妻郡東吾妻町大字原町35		47
	東部消防署	377-0801	吾妻郡東吾妻町大字原町35	2	
	中之条分署	377-0423	吾妻郡中之条町大字伊勢町564-1	1	
	西部消防署	377-1711	吾妻郡草津町大字草津449-1	2	
	長野原分署	377-1305	吾妻郡長野原町大字与喜屋甲14	1	
	嬭恋分署	377-1612	吾妻郡嬭恋村大字大前125-1	1	

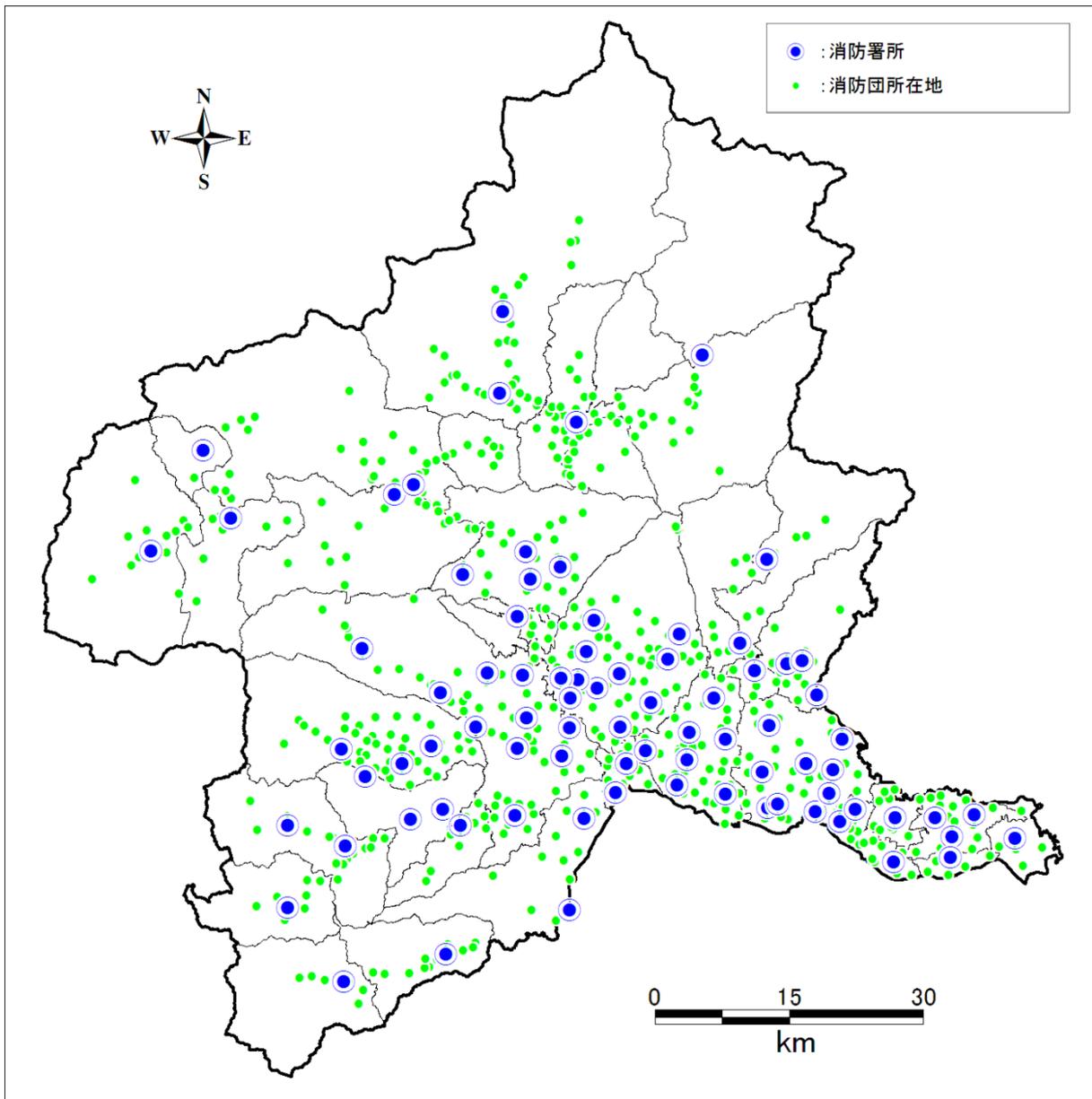


図 8.3-3 消防署所・消防団分布
 (※消防団については地点特定が可能なもののみ表示)

●延焼シミュレーションによる延焼拡大の想定

消防力1次運用で消し止められなかった延焼出火点より次第に火災が燃え広がっていく。本調査ではこの状況を、消防システムを用いて時系列の延焼範囲を建物1棟単位の延焼シミュレーションで予測し、焼失棟数を算定する。

本調査では、延焼シミュレーションを行うにあたって以下のような仮定を設定する。

- ① 延焼の単位は建物1棟単位とし、出火点は250mメッシュ内で12時間後の焼失数が最大となる木造建物に設定する。
- ② 風向・風速は延焼シミュレーション時間内で一定の条件とする。
- ③ 建物間の燃え移りは、図8.3-4に示すように、建物の中心（ポリゴンの幾何重心）を結ぶ直線に沿って、出火建物の重心から外壁、隣接建物の外壁、隣接建物の重心へと燃え進み、さらに同様に次の隣接建物に燃え進んで行く。ある建物から隣接建物に延焼するまでの時間 t は式8.3-13のとおりである。

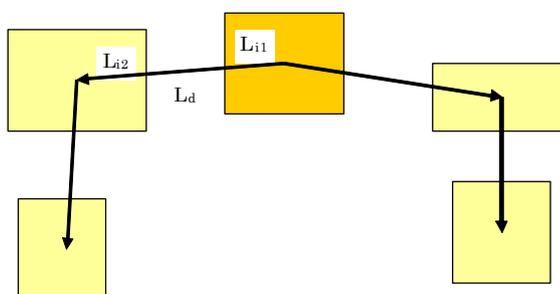


図8.3-4 延焼経路のイメージ

$$t = \frac{L_{i1} + L_{i2}}{V_i} + \frac{L_d}{V_d} \quad \text{----- (8.3-13)}$$

ただし、

- L_{i1} : 延焼元建物の重心から外壁までの延焼距離
- L_{i2} : 延焼先建物の重心から外壁までの延焼距離
- L_d : 延焼元・延焼先建物の外壁間の延焼距離
- V_i : 建物内の延焼速度
- V_d : 建物間の延焼速度

- ④ 焼失棟数を算定する延焼時間は12時間とする。兵庫県南部地震において、5,000m²以上の大規模延焼が22件あり、発生から鎮圧までの平均的な時間は約20時間である。しかしながら、実際に鎮圧するまでには、他県からの応援を含めてかなりの消防力が投入されていると推測される。一方、本調査による手法が消防力の2次運用や他県からの応援を想定していないことから、本調査において20時間で予測すると、焼失棟数はかなり過大評価となる。そこで、20時間の半分程度である12時間で焼失棟数を想定することとする。図8.3-5に延焼拡大の想定の流れを示す。

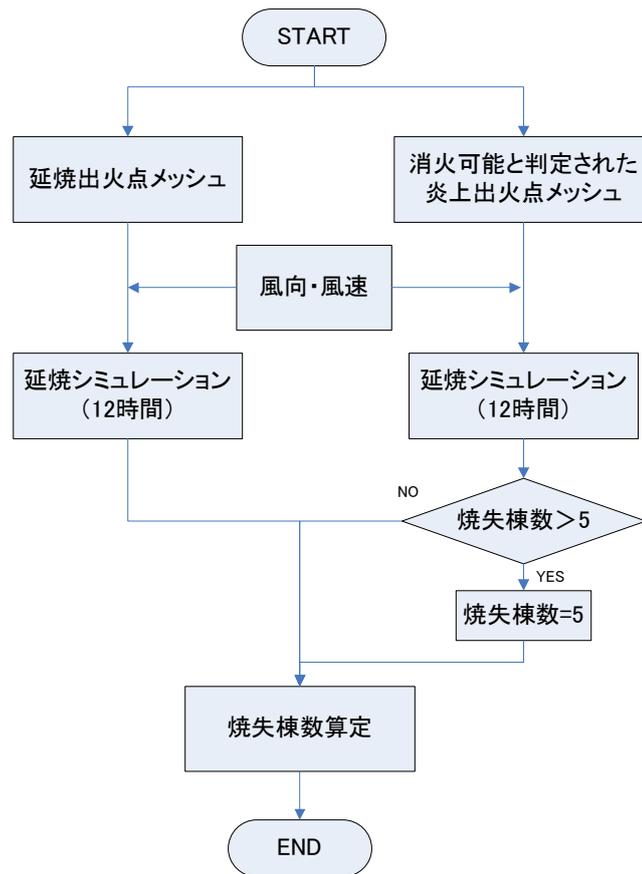


図8.3-5 延焼拡大の想定の流れ

●焼失棟数の想定

焼失棟数は、延焼シミュレーションにおいて地震発生後12時間以内に焼失する建物数とする。

なお、延焼出火点の想定の際に消火可能とされた地点の焼失棟数は最大5棟とする。この際、消火可能とされた地点においても延焼シミュレーションを行い、得られた結果が5棟を下回る場合はそちらを採用し、最小でも火元の建物は1棟焼失するものとする。

図8.3-6に群馬県のデータを整備したうえで、群馬県庁周辺における延焼シミュレーションの試行（北西の風9m/秒）を行った結果を示す。

●ダブルカウントの除去

延焼シミュレーションで求めた焼失棟数には、揺れ・液状化による全壊建物も区別なく含まれている。焼失棟数と、揺れ・液状化による全壊棟数を合計する際には、ダブルカウント（揺れ・液状化によって全壊し、かつ焼失した建物数）分を以下の式で除去した焼失棟数を用いる。この式では、焼失建物にも、同じ割合で全壊建物が含まれると仮定している。

焼失棟数（ダブルカウント除去後）

$$= \text{焼失棟数（ダブルカウント除去前）} \times (1 - \text{揺れ・液状化による全壊率})$$

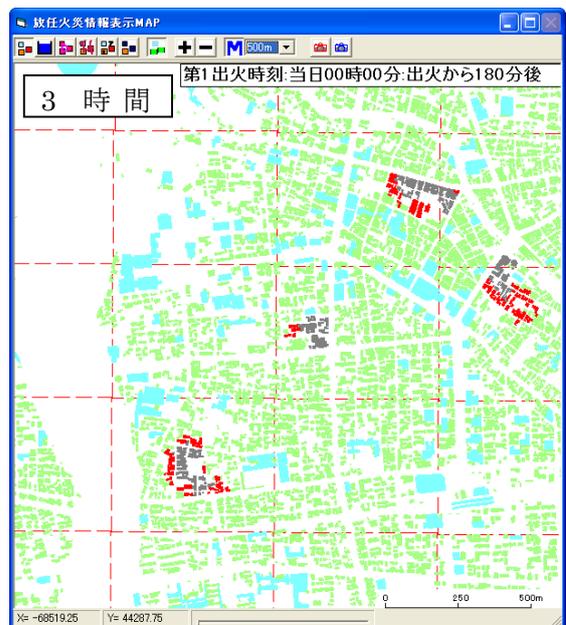
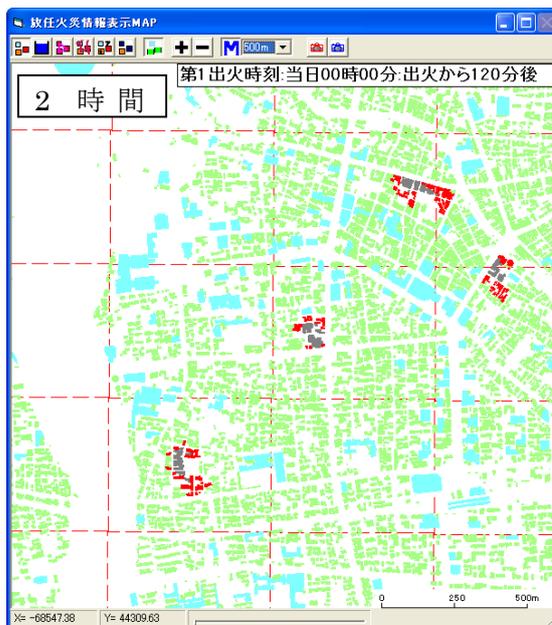
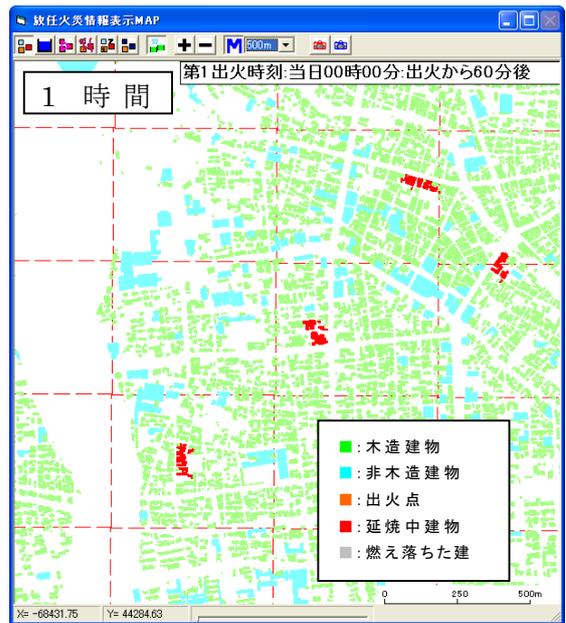
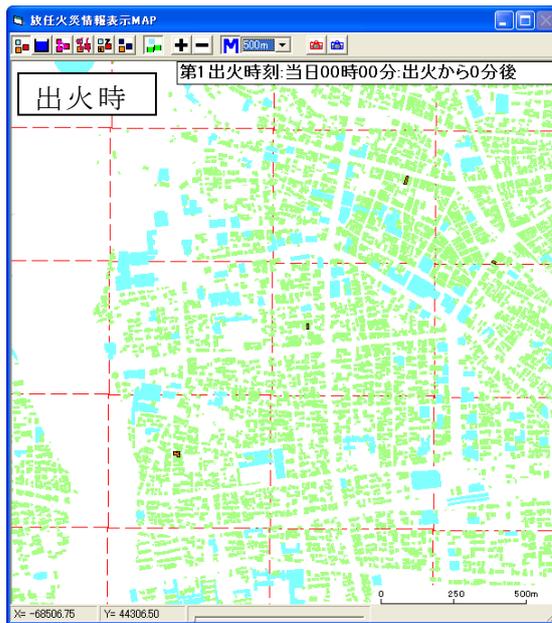


図8.3-6 延焼シミュレーション結果イメージ

8.4 火災被害予測結果

表 8.4-1 火災被害予測結果まとめ

関東平野北西縁 断層帯主部	出火件数			強風時(冬9m/秒/夏7m/秒)				平均風速時(冬6m/秒/夏4m/秒)				風速15m/秒			
				6時間後		12時間後		6時間後		12時間後		6時間後		12時間後	
	全 出火	炎上 出火	延焼 出火	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率
冬5時	27	14	4	1,137	0.1%	1,682	0.1%	941	0.1%	1,504	0.1%	1,328	0.1%	1,697	0.1%
夏12時	47	24	5	1,100	0.1%	1,747	0.1%	773	0.1%	1,282	0.1%	1,368	0.1%	1,858	0.2%
冬18時	197	102	55	9,487	0.8%	15,238	1.3%	7,094	0.6%	13,239	1.1%	12,786	1.1%	16,699	1.4%

太田断層	出火件数			強風時(冬9m/秒/夏7m/秒)			
				6時間後		12時間後	
	全 出火	炎上 出火	延焼 出火	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率
冬5時	16	8	1	307	0.0%	450	0.0%
夏12時	23	12	5	692	0.1%	1,265	0.1%
冬18時	82	42	25	3,025	0.3%	4,768	0.4%

片品川左岸断層	出火件数			強風時(冬9m/秒/夏7m/秒)			
				6時間後		12時間後	
	全 出火	炎上 出火	延焼 出火	焼失 棟数	焼失率	焼失 棟数	焼失率
冬5時	0	0	0	0	0.0%	0	0.0%
夏12時	0	0	0	0	0.0%	0	0.0%
冬18時	1	0	0	0	0.0%	0	0.0%

※ 率については、小数点以下第2位で四捨五入している。

火災被害予測結果を表 8.4-1 にまとめる。また、この中で関東平野北西縁断層帯主部による地震については、設定した風速と 12 時間後の焼失棟数との関係を図 8.4-1 に示す。風速が大きくなるにつれて、焼失棟数の増加が見られるが、例えば冬 18 時のケースでは、風速 9m/秒と 15m/秒における焼失棟数の差は、風速 6m/秒と 9m/秒の差よりも小さくなっており、風速を徒に大きくしても焼失棟数が極端に多くなることのない傾向が見られる。発生頻度が少ない風速 15m/秒（12 時間風速 15m/秒が継続する）よりも、風速 9m/秒の方が現実的に起こり易いことから、風速 9m/秒の火災被害予測の方が妥当であると考えられる。

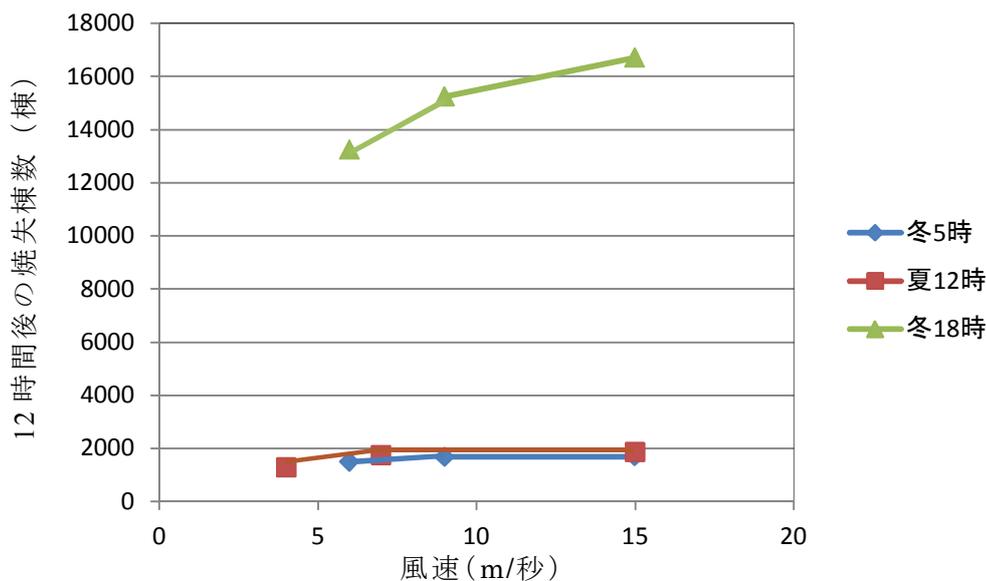


図 8.4-1 関東平野北西縁断層帯主部による地震における風速と焼失棟数予測の関係

8. における参考文献

- 1) 関沢 愛・高梨健一・遠藤 真・座間信作・山瀬敏郎・篠原秀明・佐々木克憲(2001): リアルタイム延焼予測に基づく消防活動支援情報の出力システム, 地域安全学会梗概集, 117-120.
- 2) 中央防災会議(2004): 「首都直下地震対策専門調査会」, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/>.
- 3) 東京消防庁(1997): 直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策, 火災予防審議会答申.
- 4) 損害保険料率算定会(1998): 地震被害想定資料集.
- 5) 東京都(1997): 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書, 東京都防災会議地震部会.
- 6) 神奈川県(1993): 神奈川県西部地震被害想定調査報告書, 神奈川県地震被害想定調査委員会.

9. 人的被害予測

本被害予測では、以下に示す方針で人的被害の予測を行った。

- ・ 人的被害として、死者、負傷者（うち、重傷者の区分）を予測する。負傷者のうち、重傷者は入院が必要な者を想定する。
- ・ 本被害予測では、以下の要因による死傷者を予測する。
 - ⑤ 建物被害 — 全壊・半壊した家屋の下敷きによる死傷者を想定。
 - ⑥ 屋内収容物の転倒・落下等 — 屋内の家具等の転倒、落下による死傷者を想定。なお、建物被害による死傷者と区分することが困難であることから、建物被害による死傷者の内数として算定。
 - ⑦ 屋外通行 — ブロック塀倒壊、自動販売機転倒、中高層建物や全壊建物からの落下物（看板・ガラス等）による死傷者を想定。
 - ⑧ 土砂災害 — 土砂災害による建物被害の死傷者を想定。
 - ⑨ 火災 — 出火時や延焼時による死傷者を想定。
- ・ 人的被害は、時間帯や火災の状況により大きく異なる。そこで、1地震あたり冬5時、夏12時、冬18時の3ケースを想定し、火災は風速が冬9m/秒、夏7m/秒のケースを想定する。
- ・ 人的被害予測を行う際には、1日の人口の移動モデルを設定し、前提条件の時間帯の人口を木造屋内人口、非木造屋内人口、屋外人口に分けて推定する。
- ・ 各被害の算定については、過去の被害地震の状況より設定した経験式を用いて行うことを基本とする。

図 9-1 に、人的被害予測のフローを示す。

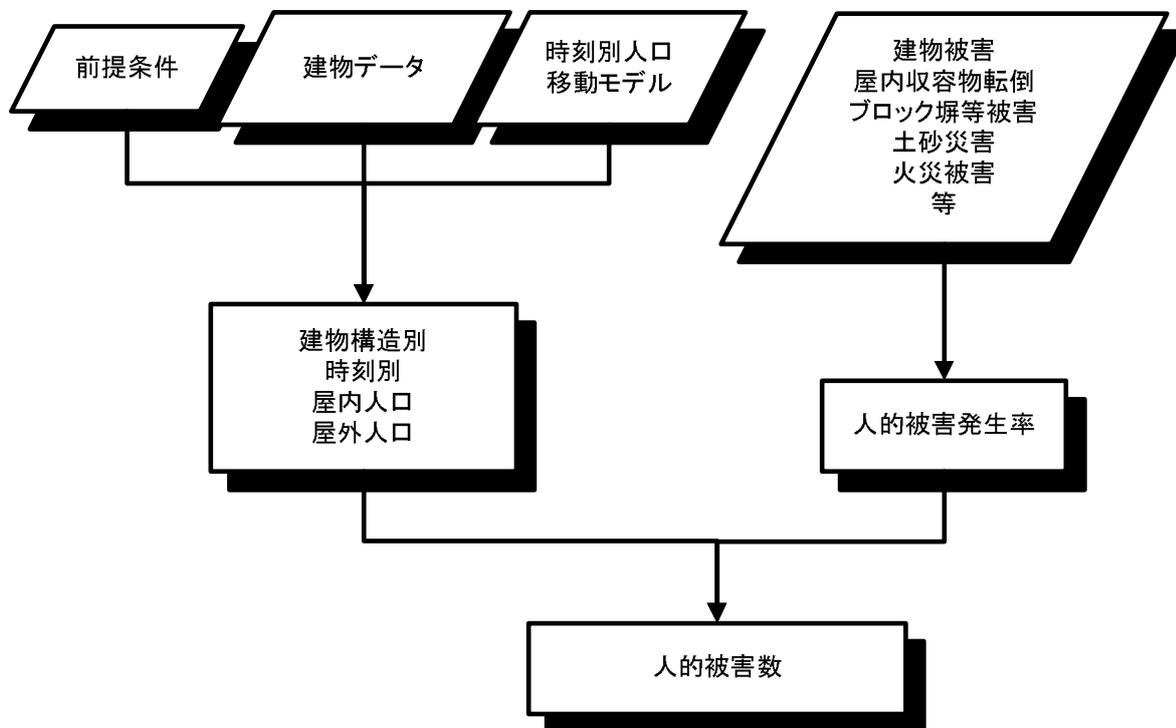


図 9-1 人的被害予測のフロー

9.1 人口データの作成

人的被害予測に関わる現況データとして、屋内人口及び屋外人口の推定方法及び推定結果について、説明する。

9.1.1 人口の推定方法

各時刻における木造屋内人口、非木造屋内人口、屋外人口の推定は以下の考え方により推定を行った。なお、最新の国勢調査は平成 22 年に実施されているが、現時点で公開されているデータは小地域統計データまでであり、メッシュ別の夜間人口データや昼間人口データは公開されていない。そのため、いくつかの仮定をおいて、平成 22 年時点の人口推定を行っている。

- ① 人口分布推定の基礎資料としては、以下のデータを用いた。
 - ・ 250m メッシュ別建物データ
 - 建物構造別用途別総床面積
 - ・ 平成 17 年国勢調査，平成 18 年事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計データ
 - 平成 17 年時点の 500m メッシュ別夜間人口、昼間人口
 - ・ 平成 22 年国勢調査小地域統計
 - 平成 22 年時点の町字別夜間人口
 - ・ 町字境界データ
 - 小地域統計に対応する町字別境界データ
 - ・ 平成 18 年社会生活基本調査
 - 全国 20 万人の行動場所を 15 分単位で調査・集計
- ② 平成 18 年社会生活基本調査による 1 日の人の標準的な動きに応じて、時刻ごとの住家内、非住家内、屋外の比率を設定した。時刻別の設定した比率のグラフを図 9.1.1-1 に示す。また、滞留人口全体の時刻別の動きについては、夜間人口と昼間人口との間で推移するように図 9.1.1-2 に示す人口移動モデルを設定した。これより、各時刻の住家人口、非住家人口、屋外人口は次式で推定することとした。
各時刻の住家人口 = 夜間人口 × 各時刻の住家比率
各時刻の非住家人口 = (各時刻の滞留人口 - 各時刻の住家人口) × 各時刻の非住家比率 / (各時刻の非住家比率 + 屋外比率)
各時刻の屋外人口 = (各時刻の滞留人口 - 各時刻の住家人口) × 各時刻の屋外比率 / (各時刻の非住家比率 + 屋外比率)
- ③ 夜間人口は平成 22 年国勢調査小地域統計データの町字人口をベースとして、町字境界データと平成 17 年国勢調査，平成 18 年事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計データの 500m メッシュ別夜間人口の重みで 500m メッシュ別夜間人口を推定した。さらに 250m メッシュ建物データの住家の建物構造別層床面積の重みで 500m メッシュ人口を振り分けて、250m メッシュ別夜間人口を推定した。
- ④ 昼間人口は平成 17 年国勢調査，平成 18 年事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計データの 500m メッシュ別昼間人口を②で設定した時刻別モデルの 12 時時点の比率で住家人口、非住家人口に分類し、250m メッシュ別建物データによる住家、非住家の建物構造別床面積の重みで振り分けて、250m メッシュ別昼間人口を推定した。ただし、この昼間人口は平成 17 年時点の値であるため、平成 22 年時点の値は平成 17 年の値から市町村単位の平成 22 年国勢調査人口と平成 17 年国勢調査人口の比率で一律に

補正して推定した。

- ⑤ 各時刻の木造屋内人口、非木造屋内人口は、推定した 250m メッシュ別建物構造別夜間人口と昼間人口から、②で設定した時刻ごとの住家内、非住家内、屋外の比率及び時刻別人口移動モデルを用いて推定した。

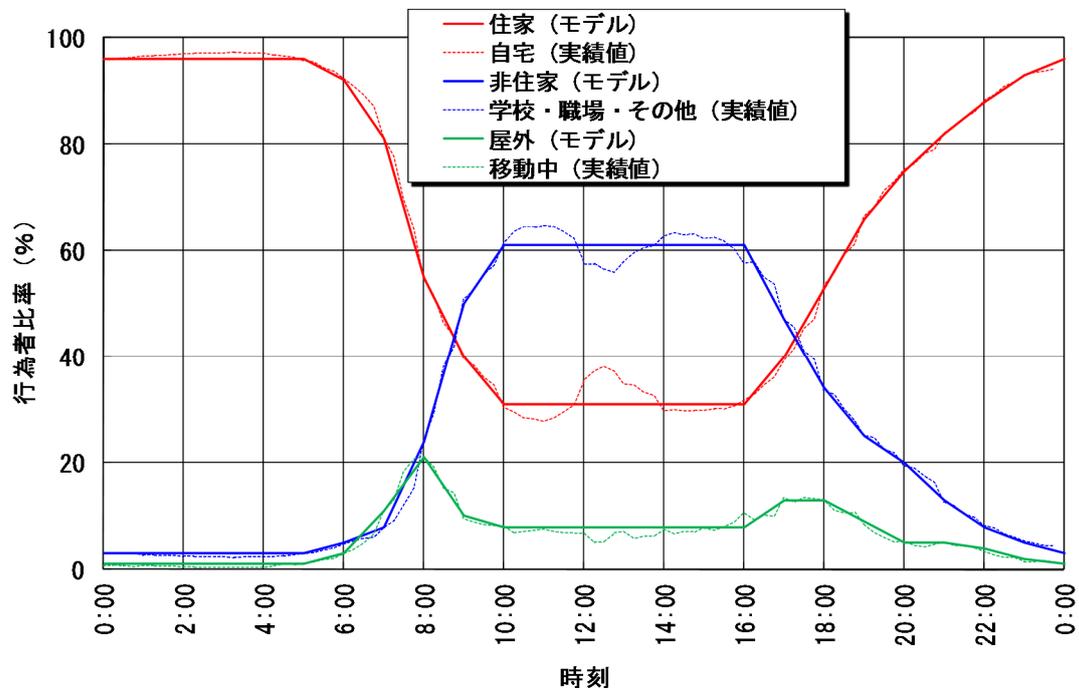


図 9.1.1-1 設定した時刻別住家内、非住家内、屋外比率

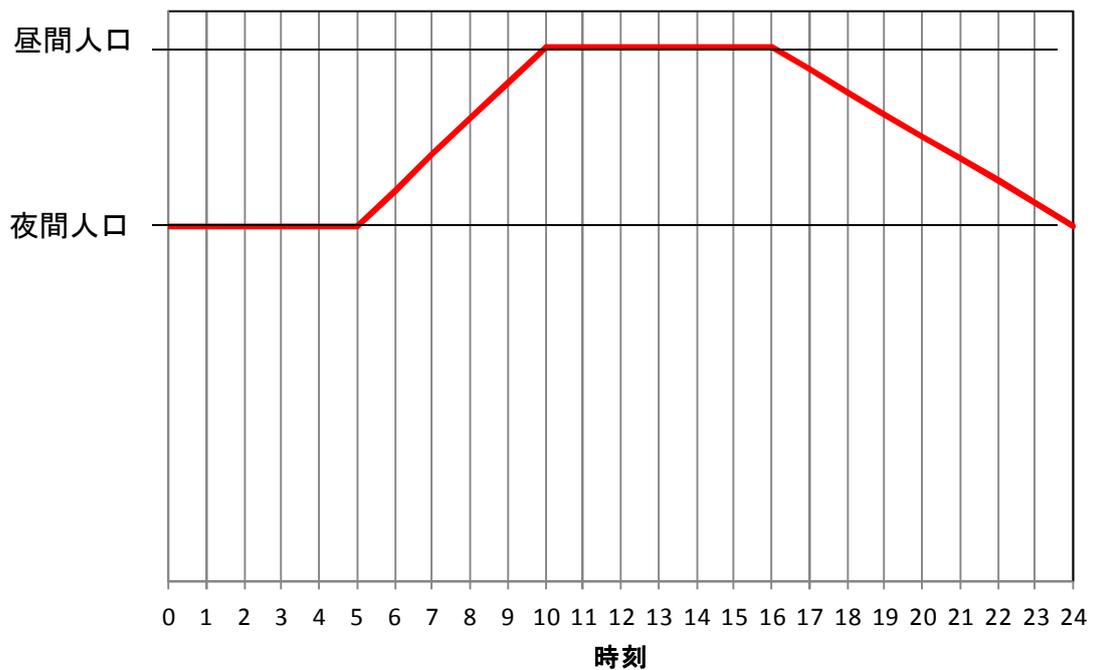


図 9.1.1-2 設定した時刻別全滞留人口の移動モデルの例
(昼間人口が夜間人口よりも多いケース)

9.2 被害予測手法

死傷者発生の要因別に予測手法を示す。

9.2.1 建物被害に伴う死傷者

1) 死者

○ 予測手法の考え方

- ・建物構造別（木造、非木造）に算定。
- ・中央防災会議(2004)による300人以上の死者が発生した地震（鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、兵庫県南部地震）の被害事例（図9.2.1-1参照）による木造全壊数－死者数の関係式を利用。
- ・非木造建物の死者数については、中央防災会議(2004)において、全壊に占める倒壊の割合が木造建物より小さいため、木造の係数の概ね1/3程度と仮定。

○ 算定式

次式により算定を行った。このうち、木造全壊棟数、非木造全壊棟数については、用途別の「住家」と「非住家（人がよく利用する）」の全壊棟数を対象とし、それらの全壊棟数は250mメッシュの建物構造別用途別棟数と各想定地震による250mメッシュ別建物構造別全壊率の値から推定した。

- ・木造建物の死者数

$$\begin{aligned} \text{死者数（木造）} &= 0.0676 \times \text{揺れによる木造全壊棟数} \\ &\quad \times (\text{木造建物屋内人口} / \text{木造内夜間人口}) \end{aligned} \quad \text{----- (式 9.2.1-1)}$$

- ・非木造建物の死者数

$$\begin{aligned} \text{死者数（非木造）} &= 0.0240 \times \text{揺れによる非木造全壊棟数} \\ &\quad \times (\text{非木造建物屋内人口} / \text{非木造内夜間人口}) \end{aligned} \quad \text{----- (式 9.2.1-2)}$$

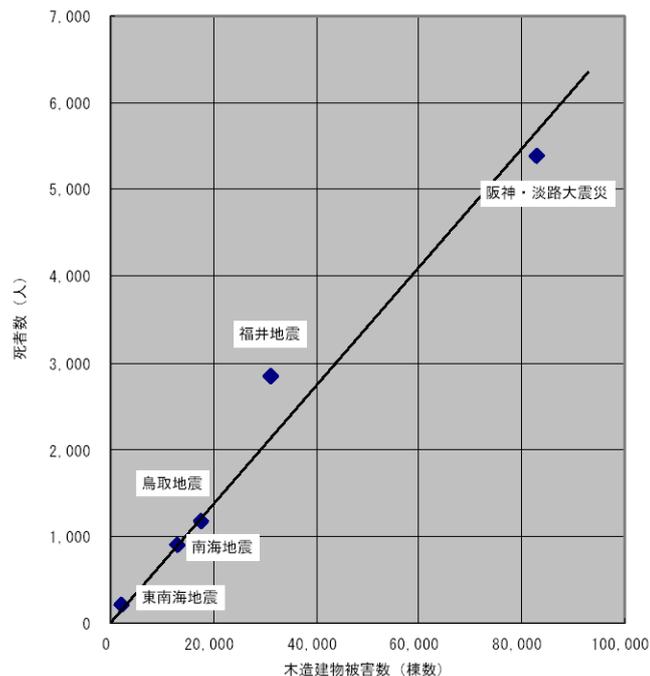


図 9.2.1-1 5地震による木造建物全壊数と死者数の関係（中央防災会議, 2004）

2) 負傷者（重傷者、軽傷者）

○予測手法の考え方

- ・市町村単位で建物構造別（木造、非木造）に算定。
- ・大阪府(1997)による兵庫県南部地震における町丁目または市区単位の建物被害率と負傷者率（図 9.2.1-2 参照）を利用。
- ・負傷者のうち、重傷者については、中央防災会議(2004)による兵庫県南部地震における市区別の建物全壊率と重傷者率との関係により算出。

○推定式

建物被害率 $X = \text{揺れによる全壊率} + 1/2 \times \text{揺れによる半壊率}$

負傷者数 = $\Sigma \{0.01 \times \text{建物構造別屋内人口}\}$ ($X \geq 37.5\%$)

負傷者数 = $\Sigma \{(7 - 0.16X) \times \text{建物構造別屋内人口}\}$ ($25\% \leq X < 37.5\%$)

負傷者数 = $\Sigma \{0.12 X \times \text{建物構造別屋内人口}\}$ ($0\% \leq X < 25\%$)

重傷者数 = $\Sigma \{0.0309 \times \text{揺れによる建物構造別全壊率} \times \text{建物構造別屋内人口}\}$

軽傷者数 = 負傷者数 - 重傷者数

----- (式 9.2.1-3)

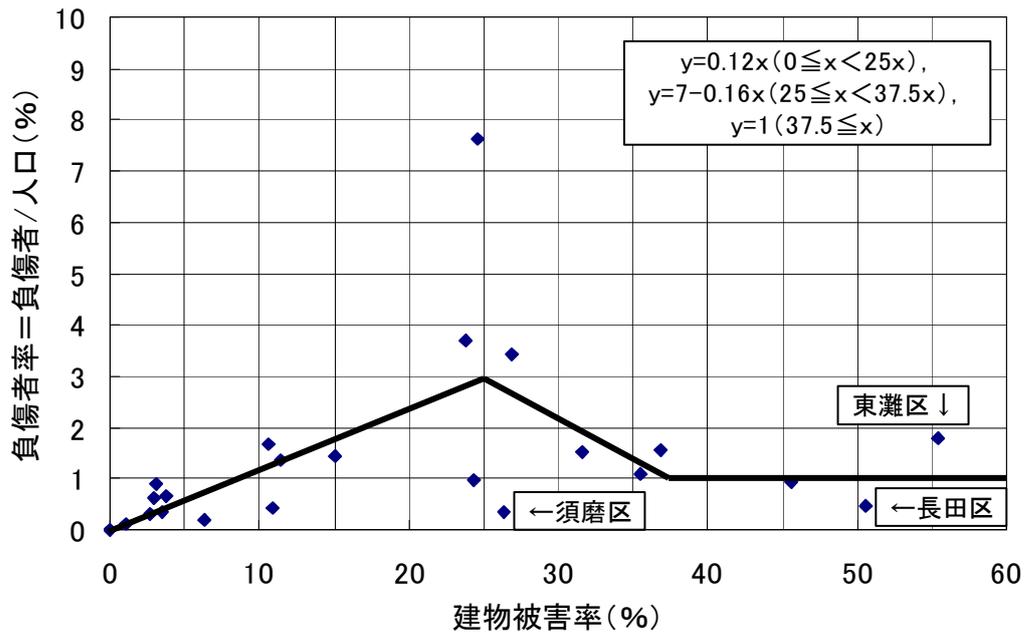


図 9.2.1-2 兵庫県南部地震における建物被害率と負傷者率の関係（大阪府, 1997）

9.2.2 屋内収容物の転倒・落下による死傷者

○予測手法の考え方

- ・建物被害に伴う死傷者の内数として予測。
- ・家具類の転倒、屋内落下物の2ケースを想定。
- ・それぞれのケースにおいて、火災予防審議会(1999)による阪神・淡路大震災の実態に基づいた震度別の死者率、負傷者率により算定。ただし、建物被害による死傷者の内数として予測することから、建物被害との整合性を考慮し、死者率・重傷率は震度5強以下では0、軽傷率は震度5弱以下では0と設定。
- ・群馬県と当時の阪神地区の家具転倒防止実施率の違いを考慮。
- ・家具類の転倒に関しては、阪神・淡路大震災の実態により、起きている人の約11%が家具を支える等の行動により被災を回避。屋内落下物には適用されない。地震発生の場合ごとに起きている人の割合は下記の通り。

冬5時：6% 夏12時：94% 冬18時：98%

(中央防災会議(2004)による)

- ・250mメッシュ単位で予測し、市町村ごとに集計。

○算定式

死傷者数 = 屋内人口 (全壊、全壊以外) × 阪神・淡路大震災ケース別震度別死傷者率 ×
家具転倒防止実施率の補正 (×時間帯による起きている人の割合に基づく補正)
———— (式 9.2.2-1)

- ・阪神・淡路大震災ケース別震度別死傷者率は表 9.2.2-1 の通り。
(火災予防審議会(1999)による設定値のうち、震度5弱、震度5強の部分を修正)
- ・家具転倒防止実施率の補正係数は次式により設定

補正係数 = (群馬県の転倒防止措置未実施率 + k × 群馬県の転倒防止措置実施率)
／ (阪神地区の転倒防止措置未実施率 + k × 阪神地区の転倒防止措置実施率)
———— (式 9.2.2-2)

k : 転倒防止措置未実施と実施による転倒率の比 = 0.23

阪神地区の転倒防止措置未実施率=0.95 実施率=0.05

群馬県の転倒防止措置未実施率=0.939 実施率=0.061

(群馬県(2012)で実施した web アンケート結果による)

- ・時間帯による起きている人の割合に基づく補正係数は次式により設定

補正係数 = (1 - 発災時の家具等を支える率)
／ (1 - 阪神・淡路大震災時の家具等を支える率)
———— (式 9.2.2-3)

発災時の家具等を支える率 = 阪神・淡路大震災時の家具等を支える率
／ 阪神・淡路大震災時に起きていた人の割合 × 起きている人の割合
———— (式 9.2.2-4)

阪神・淡路大震災時の家具等を支える率=0.022

阪神・淡路大震災時に起きていた人の割合=0.192

表 9.2-2-1 屋内収容物の転倒・落下による震度別死者率、負傷者率一覧
 ○屋内転倒物（家具類の転倒）

■全壊の場合

震度	死者率		負傷者(重傷者)率
	1、2階	3階以上	
震度7	0.095%	0.019%	1.29%(0.348%)
震度6強	0.024%	0.0048%	0.32%(0.0864%)
震度6弱	0.00095%	0.00020%	0.0129%(0.00348%)
震度5強	0	0	$5.08 \times 10^{-5}\%$ (0)
震度5弱	0	0	0(0)

■その他の場合

震度	死者率		負傷者(重傷者)率
	1、2階	3階以上	
震度7	0.0040%	0.00080%	0.0540%(0.0146%)
震度6強	0.0038%	0.00062%	0.0515%(0.0139%)
震度6弱	0.0024%	0.00037%	0.0328%(0.00886%)
震度5強	0	0	0.0182%(0)
震度5弱	0	0	0(0)

○屋内落下物

■全壊の場合

震度	死者率		負傷者(重傷者)率
	1、2階	3階以上	
震度7	0.024%	0.0047%	0.620%(0.0682%)
震度6強	0.0059%	0.0012%	0.152%(0.0167%)
震度6弱	0.00023%	0.000051%	0.00601%(0.000661%)
震度5強	0	0	0.0000234%(0)
震度5弱	0	0	0

■その他の場合

震度	死者率		負傷者(重傷者)率
	1、2階	3階以上	
震度7	0.0011%	0.00023%	0.0295%(0.00325%)
震度6強	0.0010%	0.00018%	0.0280%(0.00308%)
震度6弱	0.00065%	0.00011%	0.0174%(0.00191%)
震度5強	0	0	0.00958%(0)
震度5弱	0	0	0(0)

※火災予防審議会(1999)の表のうち、震度5弱、震度5強の部分を一部修正

9.2.3 屋外通行による死傷者

本被害予測では屋外通行による死傷者として、ブロック塀倒壊、自動販売機転倒、屋外落下物による死傷者を想定対象とした。以下、要因ごとに説明する。

1) ブロック塀倒壊

○予測手法の考え方

- ・ブロック塀、石塀、コンクリート塀の現況は、木造建物数より推定。
- ・外見調査などから、倒壊対象となる塀の割合を設定。
- ・倒壊対象となる塀については、地震動と被害率の関係により、倒壊する被害件数を予測。
- ・塀の被害件数と死傷者率の関係から、死傷者数を予測。その際、屋外人口の状況を考慮。
- ・250mメッシュ単位で予測し、市町村ごとに集計。

○算定式

東京都(2006)による方法に基づき、以下に示す手法で予測を実施した。

a) 塀件数の推定式

東京都(2006)による「その他区市町村」の推定式を用い、250mメッシュごとに推定した。

$$250\text{mメッシュ塀件数} = X \times 250\text{mメッシュ木造建物棟数}$$

$$X : \text{ブロック塀} : 0.273、\text{石塀} : 0.031、\text{コンクリート塀} : 0.034$$

———— (式 9.2.3-1)

b) 倒壊対象となる塀

東京都による各塀の危険度調査結果に基づいて、次式の関係を用いた。

$$\text{倒壊対象となる塀の割合} = 100\% - 0.5 \times A$$

A : 外見調査の結果特に改善が必要ない塀の比率

$$\text{ブロック塀} : 50.0\%$$

$$\text{石塀} : 36.2\%$$

$$\text{コンクリート塀} : 57.6\%$$

$$250\text{mメッシュ倒壊対象となる塀件数} = 250\text{mメッシュ塀件数} \times \text{倒壊対象となる塀の割合}$$

———— (式 9.2.3-2)

c) 地震動の強さと被害率の関係

1978年宮城県沖地震の実態に基づいて、次式の関係式を用いた。

$$\cdot \text{ブロック塀、コンクリート塀} : \text{被害率} = -12.6 + 0.07 \times \text{地表最大加速度}$$

$$\cdot \text{石塀} : \text{被害率} = -26.6 + 0.168 \times \text{地表最大加速度}$$

———— (式 9.2.3-3)

d) 被害件数

次式により、250mメッシュごとに被害件数を算定し、その結果を集計して市町村の被害件数を算出した。

$$250\text{mメッシュ塀被害件数} = 250\text{mメッシュ倒壊対象となる塀件数} \times \text{被害率}$$

———— (式 9.2.3-4)

e) ブロック塀倒壊による死傷者数の予測

1978年宮城県沖地震の実態に基づいて推定したブロック塀倒壊による死傷者率を利用して250mメッシュ単位で予測した。

$$\begin{aligned} \text{死者数} &= 0.00116 \times 250\text{mメッシュ} \text{ 塀被害件数} \times (\text{屋外人口密度} / 1689.16) \\ \text{負傷者数} &= 0.04 \times 250\text{mメッシュ} \text{ 塀被害件数} \times (\text{屋外人口密度} / 1689.16) \\ \text{重傷者数} &= 0.04 \times 0.39 \times 250\text{mメッシュ} \text{ 塀被害件数} \times (\text{屋外人口密度} / 1689.16) \\ \text{軽傷者数} &= \text{負傷者数} - \text{軽傷者数} \end{aligned}$$

———— (式 9.2.3-5)

※1689.16 人/km² は、1978 年宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度
なお、屋外人口密度については、250mメッシュ単位に次式により算定した。

$$\text{屋外人口密度} = 250\text{mメッシュ} \text{ 屋外人口} / 250\text{mメッシュ} \text{ 面積}$$

———— (式 9.2.3-6)

推定した群馬県内の 5 時、12 時、18 時における 250mメッシュ別屋外人口密度の分布を図 9.2.3-1～3 に示す。

2) 自動販売機転倒

○予測手法の考え方

- ・自動販売機台数は、全国の自動販売機台数より人口比率等により推定。
- ・屋外設置率、転倒防止率を設定し、転倒対象となる自動販売機台数を推定。
- ・地震動の大きさと転倒率の関係から、自動販売機の転倒件数を予測。
- ・自動販売機の倒壊件数と死傷者率の関係から、死傷者数を予測。その際、屋外人口の状況を考慮。
- ・250mメッシュ単位で予測し、市町村ごとに集計。

○算定式

a) 自動販売機台数の推定

- ・市町村別自動販売機台数

$$\text{市町村別自動販売機台数} = \text{全国自動販売機台数} \times (\text{市町村別夜間人口} + \text{市町村別昼間人口}) / (\text{日本全国夜間人口} + \text{日本全国昼間人口})$$

———— (式 9.2.3-7)

(中央防災会議, 2006)

※日本全国夜間人口と日本全国昼間人口は同数と仮定し、平成 22 年国勢調査による総人口 128,057,352 人を用いた。

※全国の自動販売機台数は、5,515,700 台
(2006 年末、日本自動販売機工業会調べ)

- ・250mメッシュ自動販売機台数

$$\text{250mメッシュ自動販売機台数} = \text{市町村自動販売機台数} / \text{市町村非木造建物棟数} \times 250\text{mメッシュ} \text{ 非木造棟数}$$

———— (式 9.2.3-8)

b) 転倒対象となる自動販売機台数の推定

転倒対象となる 250m メッシュ自動販売機台数

$$=250\text{m メッシュ自動販売機台数}\times\text{屋外設置率}\times(1-\text{転倒防止率})$$

屋外設置率：60%

転倒防止率：50%

———— (式 9.2.3-9)

(東京都, 2006)

c) 地震動の強さと転倒率の関係

東京都(2006)による阪神・淡路大震災の(概ね震度 6 弱以上の地域) 転倒率を参考に以下のように設定した。

震度 6 弱以上：転倒率=0.209

震度 5 強以下：転倒率=0

d) 転倒台数

次式により、250m メッシュごとに転倒台数を算定し、その結果を集計して、市町村ごとの転倒台数を算出した。

250m メッシュ自動販売機転倒台数

$$=250\text{m メッシュ倒壊対象となる自動販売機台数}\times\text{転倒率}$$

———— (式 9.2.3-10)

e) 自動販売機転倒による死傷者数

自動販売機転倒による死傷者数は、ブロック塀における死傷率を基に、ブロック塀の平均長さとして自動販売機転倒の平均長さの比より推定した死傷率により、次式による関係式を用いて 250m メッシュ単位で予測した。

死者数=0.00116×250m メッシュ自動販売機転倒台数

$$\times(\text{屋外人口密度}/1689.16) / 12.2$$

負傷者数=0.04×250m メッシュ自動販売機転倒台数

$$\times(\text{屋外人口密度}/1689.16) / 12.2$$

重傷者数=0.04×0.39×市町村別の自動販売機転倒台数

$$\times(\text{屋外人口密度}/1689.16) / 12.2$$

軽傷者数=負傷者数-重傷者数

———— (式 9.2.3-11)

3) 屋外落下物

○予測手法の考え方

- ・屋外落下物は、窓ガラス、外壁、看板などの突起物を想定。
- ・揺れによる全壊建物すべてと、それ以外の 3 階以上の非木造建物で落下危険物を保有しており、かつ改修されていない建物において、一定の震度を超えると被害が発生すると想定。
- ・3 階以上の非木造建物で落下危険物を保有している建物は、東京都の調査結果に基づいて、建築年代別に設定。
- ・落下建物 1 件あたりの死傷率の関係から、落下建物数から死傷者数を予測。その際、屋外人口の状況を考慮。

○算定式

a) 3階以上の非木造建物の落下物発生建物数の算定

次式により、250mメッシュ別に算定し、市町村ごとに3階以上の非木造建物の落下物発生建物数を集計した。

- ・全壊建物

3階以上の非木造建物の落下物発生建物数 = 3階以上の非木造建物全壊棟数

- ・全壊建物以外の建物

① 震度5強以上のメッシュ

3階以上の非木造建物の落下物発生建物数

= (全壊除く3階以上の非木造建物数) × 落下物保有率 × (1 - 建物改修率)

———— (式 9.2.3-12)

ア) 落下物保有率

表 9.2.3-1 の通りとする。

表 9.2.3-1 落下物保有率 (東京都, 1997)

建築年代	飛散物(窓ガラス、壁面等)	非飛散物(吊り看板等)
～1970	30%	17%
1971～80	6%	8%
1981～	0%	3%

※飛散物と非飛散物が存在する建物のダブルカウント分を考慮した。

イ) 建物改修率

平均改修率 87% (東京都, 1997) を用いる。

② 震度5弱以下のメッシュ

3階以上の非木造建物の落下物発生建物数 = 0

b) 屋外落下物による死傷者数

1978年宮城県沖地震の被害事例に基づいて推定した落下物による死傷率を利用して算定した。

死者数 = $0.000046 \times 250\text{mメッシュ落下物発生建物件数} \times (\text{屋外人口密度} / 1689.16)$

負傷者数 = $0.0034 \times 250\text{mメッシュ落下物発生建物件数} \times (\text{屋外人口密度} / 1689.16)$

重傷者数 = $0.000036 \times 250\text{mメッシュ落下物発生建物件数} \times (\text{屋外人口密度} / 1689.16)$

軽傷者数 = 負傷者数 - 重傷者数

———— (式 9.2.3-13)

(静岡県, 2001)

9.2.4 土砂災害による死傷者

本被害予測では、「急傾斜地崩壊危険箇所」及び「山腹崩壊危険地区」を対象に過去の被害事例を元にして、土砂災害により家屋が倒壊し、それに伴って死傷者が発生する場合の予測を以下の考え方により行った。

○予測手法の考え方

中央防災会議(2004)に基づき以下の通りとする。

- ・計算は市町村単位で行う。
- ・死者の発生要因は、家屋の崖崩れによる全壊とする。
- ・時間帯別の住宅屋内人口を考慮する。

○算定式

- ・東京都防災会議(1991)の手法に従い、1967年から1981年までの崖崩れの被害実態から求められた、以下の式で死傷者数を算出する。

$$\text{死者数} = 0.098 \times \text{崖崩れによる全壊棟数} \times \text{時刻別住宅滞在率} \quad \text{-----} \quad (\text{式9.2.4-1})$$

$$\text{負傷者数} = 1.25 \times \text{死者数} \quad (\text{うち半数が重傷者}) \quad \text{-----} \quad (\text{式9.2.4-2})$$

時刻別住宅滞在率については、表9.1.2-1市町村別時刻別行動場所別人口一覧を用いて算出した。

9.2.5 火災による死傷者

火災による人的被害予測については、出火、延焼別に中央防災会議(2004)で提示されている手法を用いて、以下の考え方により実施した。

- 炎上出火家屋からの逃げ遅れによる死者

$$\text{死者数} = 0.078 \times \text{出火件数} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

- 炎上出火家屋からの逃げ遅れによる負傷者

$$\text{重傷者数} = 0.238 \times \text{出火件数} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

$$\text{軽傷者数} = 0.596 \times \text{出火件数} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

- 倒壊後に焼失した家屋内の死者

$$\text{死者数} = (\text{生存救出率 } 0.387) \times \text{全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人}$$

- 延焼中の逃げまどいによる死者

$$\text{延焼火災による死者数} = \{0.8423 \times (\text{単位時間当たりの焼失棟数}) - 158.96\} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

ただし、単位時間当たりの焼失棟数 < 192.7 のとき

$$\text{延焼火災による死者数} = (0.0173 \times \text{単位時間当たりの焼失棟数}) \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

- 延焼中の逃げまどいによる負傷者

$$\text{重傷者数} = \{0.053 \times (0.5206 \times \text{焼失棟数}) - 253.37\} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

$$\text{軽傷者数} = \{0.137 \times (0.5206 \times \text{焼失棟数}) - 253.37\} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

ただし、焼失棟数 < 650 のとき

$$\text{重傷者数} = \{0.053 \times (0.1308 \times \text{焼失棟数})\} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

$$\text{軽傷者数} = \{0.137 \times (0.1308 \times \text{焼失棟数})\} \times (\text{発災時屋内滞留人口} / \text{AM5 時屋内滞留人口})$$

9. における参考文献

- 1) 総務省統計局(2006)：平成 18 年社会生活基本調査.
- 2) 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>.
- 3) 大阪府(1997)：大阪府地震被害想定調査報告書.
- 4) 群馬県(2012)：群馬県地震被害想定調査 報告書 巻末資料 2 地震災害に関する県民意識調査結果.
- 5) 火災予防審議会(1999)：地震時発生時における人命危険要因の解明と対策,火災予防審議会,火災予防審議会答申.
- 6) 東京都(2006)：首都直下地震による東京の被害想定報告書, 東京都, 平成 18 年.
- 7) 東京都(1997)：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書, 東京都, 平成 9 年 8 月. .
- 8) 東京都防災会議(1991)：東京における地震被害想定に関する調査研究. .

10. 交通輸送施設の被害予測

10.1 道路

10.1.1 概要

群馬県の緊急輸送道路ネットワークを踏まえ、道路を対象に交通輸送施設の被害予測を行った。交通輸送施設の被害は、地震後の復旧を検討する際、非常に影響を及ぼす要因であり、近年の被害地震では、道路網の寸断による孤立集落の発生等が問題となっているため、今回、被害予測を実施する。

具体的には、上記の交通施設について、地震被害予測に用いる構造物の種別などを把握し、構造・形式等に係る属性を地理情報に付与するとともに、利用状況を取りまとめている。また、これらの交通施設について、地震被害を予測するための手法を整理している。

なお、臨時ヘリポートについては、公園や校庭が臨時ヘリポートとなることから、地震後も利用できるかと仮定し、ここでは予測の対象としていない。

(1) 緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏予測

地震発生前後における緊急輸送道路ネットワークを利用した車による到達圏の予測を行う。到達圏の予測のため、緊急輸送道路における橋梁を対象として、橋梁の被害や、復旧に要する期間を予測する。

(2) 細街路

幅員 13m 未満の狭い国道、県道及び市町村道の細街路について、250m メッシュ毎の道路閉塞率を算出する。

10.1.2 各検討の流れ

緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏や細街路の検討フローを示す。

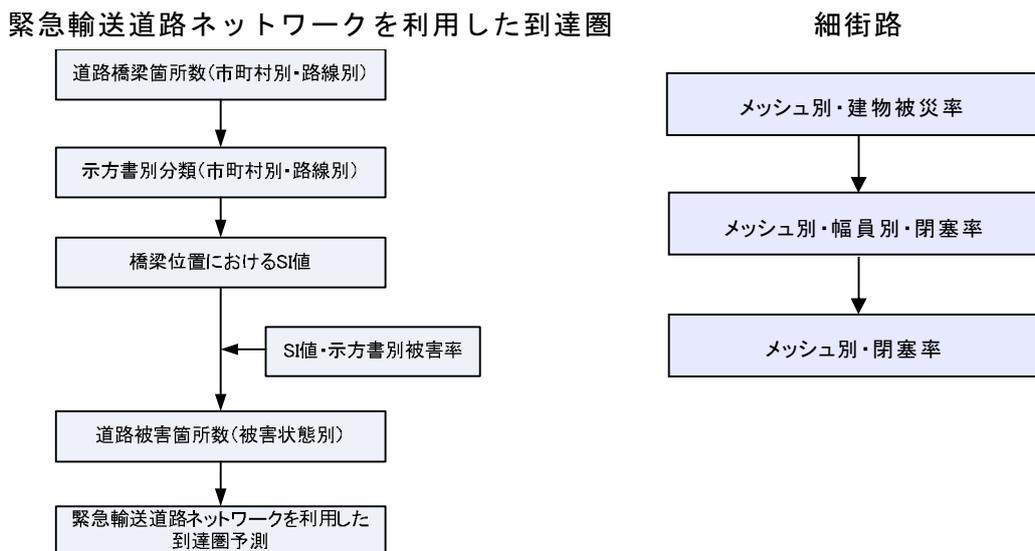


図 10.1.2-1 緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏と細街路の検討フロー

10.1.3 緊急輸送道路ネットワークを活用した到達圏予測

緊急輸送道路は、地震等災害時に人命救助や物資の輸送を担う輸送路であることから、この緊急輸送道路ネットワークを利用した、起点（この場合は群馬県庁）から目的地に到達するまでの到達時間を算出し、到達圏を予測した。到達圏を予測する際には、緊急輸送道路区間内にある道路橋梁について、その場所における SI 値から被害や復旧を検討し、地震後における到達圏の時間変化を予測した。

10.1.3.1 到達圏予測手法

前提条件

緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏予測の対象は、群馬県が指定する第一次、第二次、第三次の緊急輸送道路とする。緊急輸送道路上の橋長 15m 以上の橋梁について、道路管理者が保有する台帳や点検結果等のデータを基本とし、耐震補強が施されている場合、各道路管理者における耐震補強の実施状況に応じた示方書年に読み替え、被害や復旧を検討した。橋梁の示方書年または建設年が不明なものについては対象外とした。

予測手法

○橋梁被害

橋梁の被害は、道路施設の所在地における SI 値に応じた被害率とする。

SI 値と被害率の関係は、図 10.1.3-1、表 10.1.3-1 に示すとおりである。

なお、図 10.1.3-1、表 10.1.3-1 に併示している落橋とは、橋脚がある施設のみ生じる被害とし、橋脚がない施設についてはその SI 値において大被害が生じるものとする。

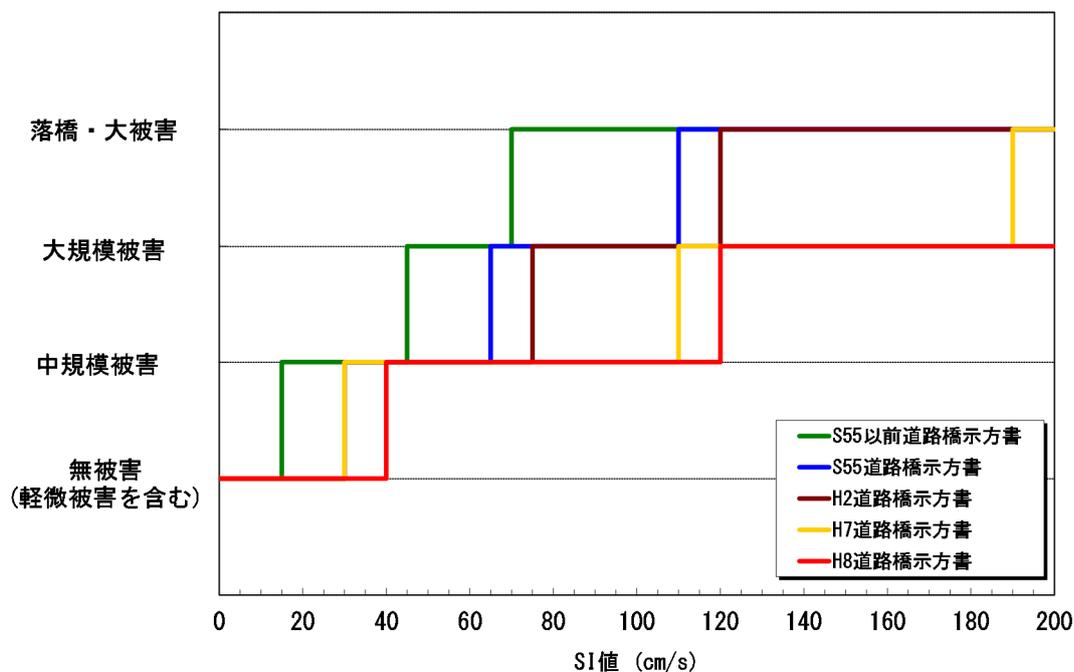


図 10.1.3-1 地震動強さと被災レベルの関係（日下部・谷屋・吉澤，2004）

表 10.1.3-1 地震動強さ別の被害状況及び被害率（日下部・谷屋・吉澤，2004）

示方書 SI値	昭和55年以前	昭和55年	平成2年	平成7年	平成8年
10以下	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)	無被害 (軽微被害を含む)
10					
15	中規模被害	中規模被害	中規模被害	中規模被害	中規模被害
30					
40	大規模被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害
45					
65	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害
70					
75	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害	大規模被害	大規模被害
105					
110	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害
115					
120	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	落橋・大被害	大規模被害
190以上					

○復旧度・影響率

影響率とは、橋梁に被害が生じた場合の交通容量の減少率を表す。地震後の交通状態の影響率は、通行止めの場合は1.0、幅員規制となる場合は0.5を設定し、橋梁の被災度に対応した経過時間毎の交通状態の影響率は表10.1.3-2のとおりとする。

表 10.1.3-2 橋梁の被災度と交通状況の影響率

被災度 経過時間	軽微な損傷 規制なし	中規模損傷 通行規制 (1ヶ月)	大規模損傷 通行止め (1ヶ月)	大被害 通行止め (2.5ヶ月)	倒壊 通行止め (10ヶ月)
発災 ≤ t ≤ 3日	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
3日 < t ≤ 7日	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
7日 < t ≤ 1ヶ月	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
1ヶ月 < t ≤ 2ヶ月	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
2ヶ月 < t ≤ 2.5ヶ月	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
2.5ヶ月 < t ≤ 4ヶ月	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
4ヶ月 < t ≤ 10ヶ月	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
10ヶ月 < t ≤ 18ヶ月	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

経過時間に記載する数値は発災日からの日・月数（日下部・谷屋・吉澤(2004)より）

10.1.4 細街路の閉塞予測

細街路の閉塞については、初期消火の向上の基礎データとするために予測を行った。

10.1.4.1 被害予測手法

前提条件

- ・ 幅員 13m 未満の狭い国道、県道及び市町村道の細街路を（財）日本デジタル地図協会によるデジタル道路マップから抽出した。
- ・ 対象となる細街路を道路幅員別に3つに区分（幅員 3.5m 未満の道路・幅員 3.5m 以上 5.5m 未満の道路・幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路）し、それぞれの道路閉塞率を算出・集計後、250m メッシュごとの道路閉塞率を算出した。
- ・ ここでいう道路閉塞は、閉塞によって残存車道幅員が 3m 以下になった状態を定義する。また道路閉塞率とは、メッシュ内における道路結節点（交差点から交差点）を結ぶ区間を道路の区間として、道路区間総数のうち閉塞する区間数の割合とする。
- ・ 以上により算出したメッシュごとの道路閉塞率を集計し、県全体でどの程度道路閉塞が発生するか算出した。なお、道路閉塞は3つに区分（道路閉塞率 15%未満・15～20%未満・20%以上）して整理した。家田ほか(1997)の阪神・淡路大震災時で活動した消防署長、隊員へのアンケートによれば、瓦礫などによる街路閉塞で車道幅員が 3m 未満になった街路の割合が 15～20%を境にして、通行をあきらめる割合が増える傾向にあり火災防災面で影響を及ぼすと考えられる。

予測手法

- ・ 建物被災によりどの程度道路が閉塞したかということを道路幅員別に算出した阪神・淡路大震災時の調査データに基づき、以下の式を設定し、道路閉塞率を算出した。

【幅員 3.5m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率 (\%)} = 0.9009 \times \text{建物被災率} + 19.845$$

【幅員 3.5m 以上 5.5m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率 (\%)} = 0.3514 \times \text{建物被災率} + 13.189$$

【幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路】

$$\text{道路閉塞率 (\%)} = 0.2229 \times \text{建物被災率} - 1.5026$$

- ・ メッシュごとの建物被災率は、ゆれと液状化の被害を対象として、以下の式により算出した。

$$\text{建物被災率} = \text{全壊率} + (1/2) \times \text{半壊率}$$

10.2 鉄道橋脚の被害予測

10.2.1 概要

群馬県の鉄道ネットワークを踏まえ、鉄道を構成する主要施設である鉄道橋脚を対象として、地震による被害予測を行った。具体的には、路線区間における鉄道橋脚の被害数を予測した。

10.2.2 各検討の流れ

鉄道橋梁の検討のフローを示す。

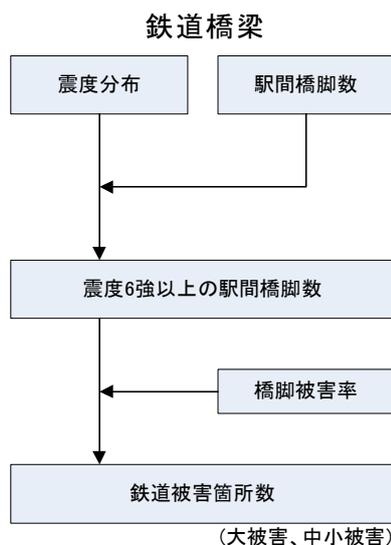


図 10.2.2-1 鉄道橋梁の検討フロー

10.2.3 被害予測手法

対象施設

- ・ 鉄道施設の被害については、橋脚の被害を算出することとし、落橋・倒壊を大被害（通行不能等の機能支障あり）、亀裂・損傷を中小被害（通行不能等の機能支障なし）とする。

予測手法

- ・ 阪神・淡路大震災の実態から、駅間の最大震度が 6 強以上となるエリア内での大被害（通行不能等の機能支障あり）箇所数、中小被害（亀裂などが発生するが機能支障なし）箇所数を算出（表 10.2.3-1 参照）。
- ・ 耐震補強後の橋脚については、通行不能等の機能支障が発生しないものとし、全て損傷・亀裂程度に抑えられるものとする。
- ・ 上記から、耐震補強後は大被害ゼロとするが、中小被害の発生割合については、耐震補強前の大被害＋中小被害の発生割合とする。

表 10.2.3-1 橋脚の被害率

	震度	耐震補強前	耐震補強後
大被害（通行不能等の機能支障あり）	6強以上	0.00293	0
中小被害（通行不能等の機能支障なし）	6強以下	0.0315	0.0344

※橋脚被害率＝被害橋脚数／橋脚数

出典：運輸省鉄道局(1996)「よみがえる鉄路」をもとに集計

10. における参考文献

- 1) 日下部毅明・谷屋修一・吉澤勇一郎(2004)：道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，第160号。
- 2) 家田仁・上西周子・猪股隆行・鈴木忠徳(1997)：阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響，土木学会論文集 No.576/IV-37, 69-82.
- 3) 阪神・淡路大震災鉄道復興記録編纂委員会 編(1996)：よみがえる鉄路—阪神・淡路大震災鉄道復興の記録，運輸省鉄道局(監修)，山海堂。

11. ライフライン施設の被害予測

11.1 上水道の被害予測

11.1.1 概要

上水道被害は、地表速度分布及び液状化分布（ P_L 値）から算定する配水管（管種・管径別）の物的被害率（1kmあたりの被害箇所数）により、断水率（給水世帯数あたりの断水世帯数）を予測する。予測単位は250mメッシュ単位で行うものとし、計算結果はメッシュ単位及び市町村単位として整理する。

11.1.2 被害予測手法

○前提条件

本被害予測では、過去の被害予測の考え方を踏襲し、埋設の配水管を対象に被害予測を実施する。

なお、上水道施設の被害予測手法の取りまとめに際して、東京都(2006)などの最新の地震被害予測調査を参考にして、以下の前提条件を設定した。

- ①貯水施設、取水施設、導水施設の被害程度は小規模に留まると考えられることから、これらは評価対象外とする。また、浄水施設は、十分な耐震性能を保有しているものと考え、被害想定の対象外とする。
- ②配水管の被害率は、阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害実態に基づき設定した標準被害率を、液状化危険度ランク別及び管種・管径別に補正する。
- ③地震発生直後（2日目まで）の断水率は、地表速度分布と液状化分布により算定した配水管の物的被害率により求める。
- ④変電所被災による広域的な停電が生じた場合、拠点施設の給水機能の停止により一時的な断水が発生する。しかし、系統切り替えによる電力の回復が即時的に進み、それとともに断水も回復することから、拠点施設の被災による機能停止は対象としない。

○配水管被害予測手法

日本水道協会(1998)が阪神・淡路大震災における水道管路の被害分析に基づいて提案した被害予測方法を用いる。そのフローを図 11.1.2-1 に示す。被害予測は、地表の最大速度から推定される標準被害関数（普通铸铁管による地表速度-被害率の関係式）に、管種、管径、地形・地盤、液状化による補正係数を乗ずることにより、対象とする埋設管の単位長さ当たりの被害件数（被害率、箇所/km）を予測する。

これに、管路の延長を乗ずることにより被害件数を予測する。

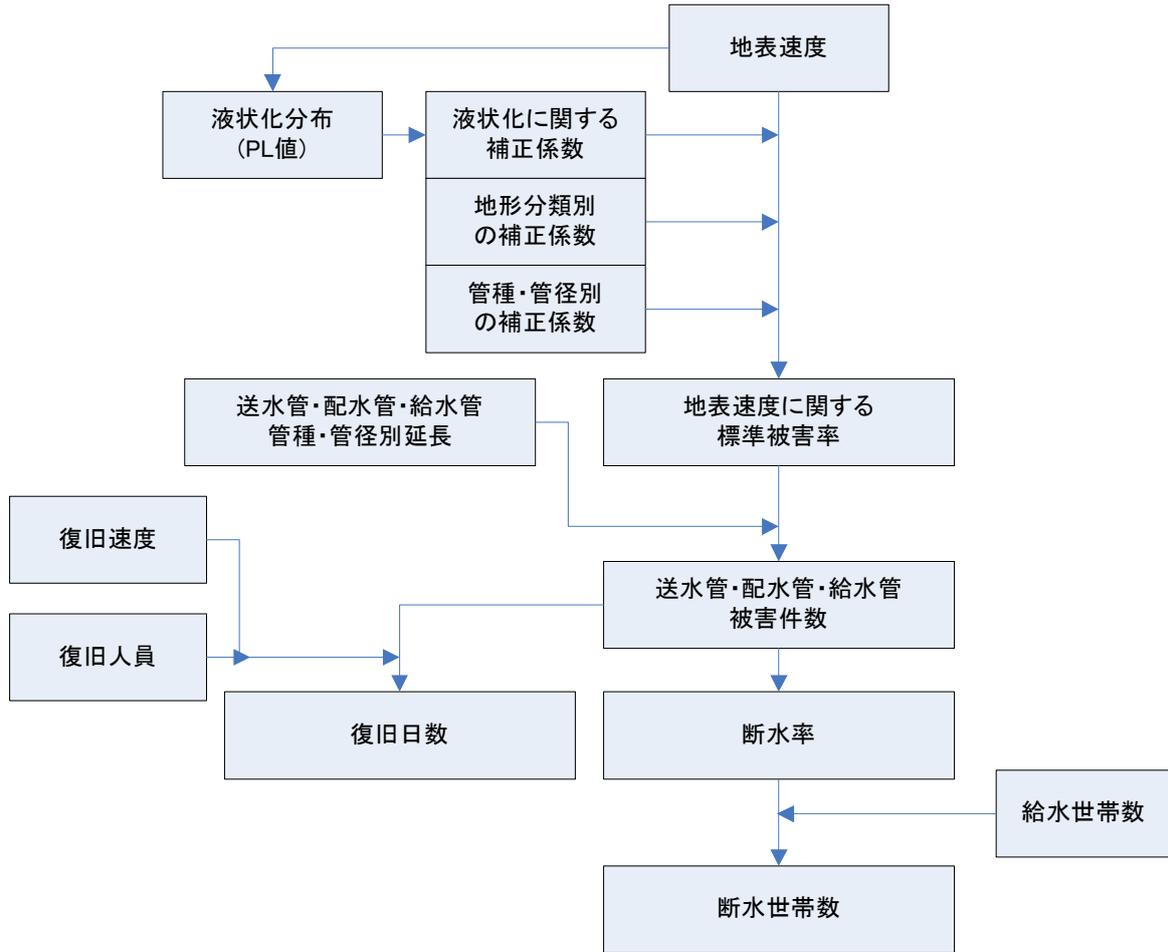


図 11.1.2-1 上水道施設の被害予測フロー

配水管の被害は日本水道協会(1998)による式 11.1.2-1～11.1.2-3 を用いて 250m メッシュ単位で予測する。図 11.1.2-2 には標準的な配水管の管種別被害関数を示す。

$$D_1 = \sum_i \sum_j L_{ij} \cdot R_{ij} \dots\dots\dots (式 11.1.2-1)$$

$$R_{ij} = C_{gij} \cdot C_{lij} \cdot C_{pij} \cdot C_{dij} \cdot R_s \dots\dots\dots (式 11.1.2-2)$$

$$R_s = \begin{cases} 0 & (V_{\max} < 15\text{cm/秒}) \\ 3.11 \times 10^{-3} (V_{\max} - 15)^{1.30} & (V_{\max} \geq 15\text{cm/秒}) \end{cases} \dots\dots\dots (式 11.1.2-3)$$

ここで、 D_1 ：総被害件数(件)、 L_{ij} ：管路延長(km)、 R_{ij} ：被害率(件/km)、 R_s ：標準被害率評価式(普通鋳鉄管を基準にしている)、 C_{pij} ：管種補正係数(表 11.1.2-1)、 C_{dij} ：管径補正係数(表 11.1.2-2)、 C_{gij} ：地盤補正係数(表 11.1.2-3)、 C_{lij} ：液状化補正係数(表 11.1.2-4)、 V_{\max} ：地表最大速度(cm/秒)、添え字 ij は、管種、管径を表す。

表 11. 1. 2-1 管種補正係数

管種	管種補正係数 Cp
石綿セメント管	1.2
鑄鉄管	1.0
硬質塩化ビニル管	1.0
ダクタイル鑄鉄管	0.3
ネジ付き鋼管	2.0
その他	0.3
ポリエチレン管(PE管)	0.1

表 11. 1. 2-2 管径補正係数

管径	管径補正係数 Cd
~Φ75	1.6
Φ100~150	1.0
Φ200~450	0.8
Φ500~	0.5

表 11. 1. 2-3(1) 地盤補正整数

地盤・地形	地盤補正係数 Cg
改変山地	1.1
段丘	1.5
谷・旧水部	3.2
沖積平野	1.0
良質地盤	0.4

表 11. 1. 2-3(2) 地形区分のグルーピング

グループ名	改変山地	段丘	谷・旧水部	沖積平地	良質地盤
内容	切土斜面 土石流堆	下位段丘面 中位段丘面 上位段丘面	谷底平野 旧水部 旧溜池	扇状地、緩扇状地、 自然堤防、砂堆・砂 州、天井川沿い微高 地、海岸平野、後背 地、旧河道、浅い谷	人工改変の殆ど無い 洪積地盤、人工改変 の殆ど無い平坦でよ く締った沖積平地

250mメッシュ微地形区分のあてはめ

		9. ローム台地	10. 谷底低地	11. 扇状地	1. 山地
			23. 河川・水路	12. 自然堤防	2. 山麓地
			24. 湖沼	13. 後背湿地	3. 丘陵
				14. 旧河道	4. 火山地
				15. 三角州・海岸低地	5. 火山山麓地
				16. 砂州・砂礫州	6. 火山性丘陵
				17. 砂丘	7. 岩石台地
				18. 砂州・砂丘間低地	8. 砂礫質台地
				19. 干拓地	21. 岩礁・磯
				20. 埋立地	22. 河川敷・河原

表 11. 1. 2-4 液状化補正係数

危険度	液状化補正係数 CI
液状化なし	1.0
液状化危険度小	1.0
液状化危険度中	2.0
液状化危険度大	2.4

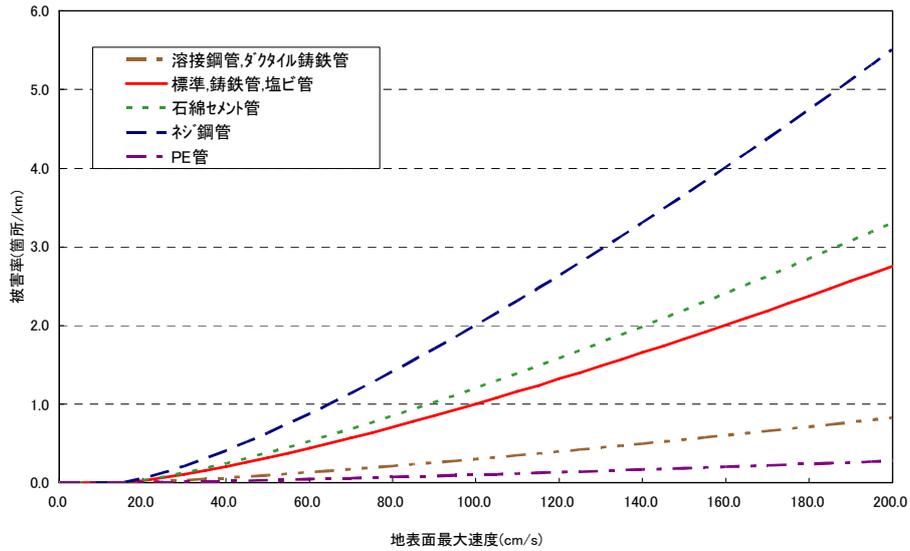


図 11.1.2-2 標準的な配水管の管種別被害関数

断水率、および、断水世帯数は川上(1996)の方法による式 11.1.2-4 を用いて予測する。図 11.1.2-3 には、断水率の予測関数を示す。

$$\text{断水率} = \begin{cases} \frac{1}{(1 + 0.0473 \times x^{-1.61})} & \text{(直後)} \\ \frac{1}{(1 + 0.307 \times x^{-1.17})} & \text{(1日後)} \dots\dots\dots \text{(式 11.1.2-4)} \\ \frac{1}{(1 + 0.319 \times x^{-1.18})} & \text{(2日後)} \end{cases}$$

ここで、x : (配水管) 被害率 (箇所/km)。

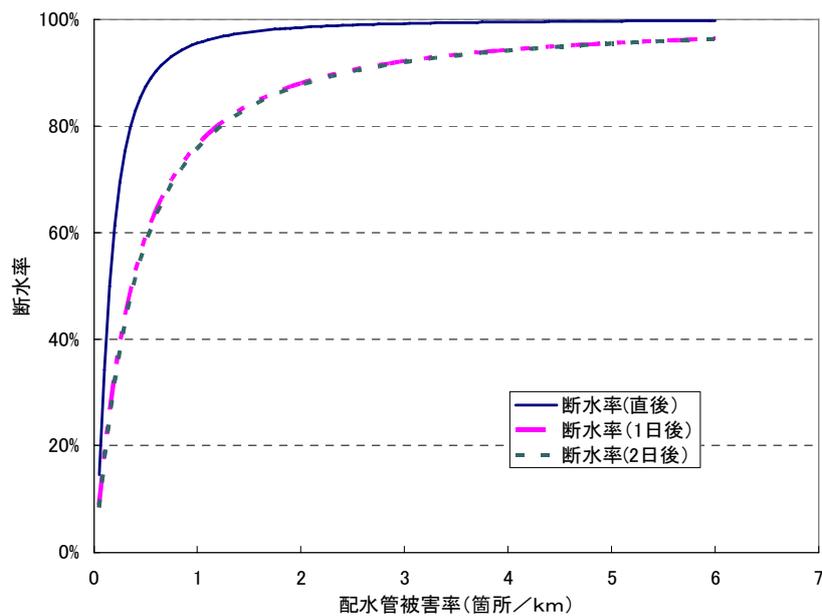


図 11.1.2-3 断水率の予測関数

○応急復旧日数の予測手法

配水管と給水管の被害箇所数、復旧速度、復旧人員から以下の式により応急復旧日数を予測する。

$$\text{復旧日数} = \text{配水管総被害件数} / (\text{1日あたり作業人数} \times \text{1日あたりの処理能力})$$

———— (式 11.1.2-5)

ここで、

- ・復旧日数：復旧日数とは、復旧作業が開始してから完了するまでの日数とする。
(地震発生直後の被害状況の調査日数は含めないものとする。)
- ・1日あたりの作業人数：表 11.1.2-1 より、2,000 人とする。
- ・1日あたりの処理能力：表 11.1.2-2 より、配水本管と配水小管の割合が等しいと仮定すると、1日あたり人員 28 人で 1.59 件の復旧をすることが可能である。よって、1日あたりの処理能力は $1.59 \div 28 = 0.0568$ 件/人日と仮定する。

さらに、

- ・表 11.1.2-1 より、4 日後に1日目の断水人口の7割が回復するものとする。
- ・復旧作業の完了をもって、断水世帯数が 0 になるものとする。

表 11.1.2-1 上水道の復旧の仮定 (中央防災会議, 2004)

※上水道復旧に関する算定
①復旧目標日数 (首都地域における政策目標) 30 日 (阪神・淡路大震災の実態: 42 日)
②復旧曲線 ・地震発生直後は被害状況の調査を行い、1 日後からの復旧スタートとする (被災直後の変電所被災による一時的な広範囲の断水は想定しない)。ただし、人口の集中する一部地域については 4 日後までには制水弁閉止とバックアップルートの確保による断水範囲縮小作業を行い、その後、修理作業を行うこととする。 ・制水弁閉止とバックアップルートの確保による断水範囲の縮小による効果は、地震発生後 4 日後に東京都では、1 日目の断水人口の 8 割が回復すると想定。それ以外の県については、上記のしくみがある地域とない地域があることを勘案し、県全体で断水人口の 7 割が回復すると想定。
③復旧作業に投入する人員数 ・東京都被害想定手法 (H9) を参考に、復旧に必要な人員数等を右記のように設定。 ・本検討では、送水管及び配水管被害箇所数の予測結果から、必要となる班数は下式より求まる。 (送水管・配水本管復旧必要班数) = (送水管・配水本管被害箇所数) / (0.5 × 26 日)、 (配水小管復旧必要班数) = (配水小管被害箇所数) / (1.09 × 26 日)、 これより上記の表から必要となる人員数は下式より求まる。 (必要人員数) = (送水管・配水本管復旧必要班数) × 20 (人) + (配水小管復旧必要班数) × 10 (人) <参考> (応援班数) = (必要班数) - (首都地域内で編成可能な班数 (※)) ※東京都: 約 2,300 人/日 (東京都被害想定 H9)、埼玉県: 約 2,000 人/日 (埼玉県被害想定 H10) 等より、各都県概ね 2,000 人/日程度は確保可能と設定。

表 11.1.2-2 上水道の復旧に必要な人員 (中央防災会議, 2004)

	1班あたりの必要人員	応急復旧作業効率
送水管・配水本管	職員2人、作業員16人	0.5件/班・日
配水小管	職員2人、作業員8人	1.09件/班・日

11.1.3 現況データ

市町村ごとの配水管の管種・管径別延長を上水道施設、簡易水道施設別に収集し、整理した。また、施設別の給水範囲および給水世帯数・人口も併せて、収集した。ただし、一部の市町村においてはデータの関係で下記に示す仮定を設定し、データを整備した。

- ・一部の市町村で配水管延長の比率が高い铸铁管において、単に「铸铁管」という区分のみで耐震性の高いダクタイル铸铁管との区別が行われていないことが推察された。現在、水道管は耐震化が進み、かなりの割合でダクタイル铸铁管となっていると考えられる。そこで、以下の点から、铸铁管の区分のみでダクタイル铸铁管との区別が行われていない市町村については、铸铁管のうちダクタイル铸铁管の比率を90%と仮定した。
 - 県内で铸铁管とダクタイル铸铁管の区別が行われて管路延長が集計されている自治体において、全铸铁管延長のうち、ダクタイル铸铁管の占める割合は約97%であった。
 - 铸铁管とダクタイル铸铁管の区別が不明な自治体では、铸铁管の比率が高くなることも想定されるため、安全側をみて全铸铁管延長のうちダクタイル铸铁管の比率を90%と設定した。

市町村ごとの施設別配水管延長、給水世帯数・人口の一覧を表 11.1.3-1 に示す。全県では、配水管の総延長は約 15,000km である。また、全県における給水人口、給水世帯数はそれぞれ約 75 万世帯、約 199 万人で普及率は約 99%である。

上記の集計データから 250m メッシュのデータを推定した。その方法は下記の通りである。

- ①市町村内の上水道施設別の給水区域内の 250m メッシュ別の建物数をカウントする。
- ②市町村ごとの上水道施設別配水管総延長を給水区域内の 250m メッシュ別の建物数の重みで按分して振り分け、250m メッシュ別配水管延長を推定する。

このようにして作成した 250m メッシュ別配水管延長の分布を図 11.1.3-1 に示す。

表 11.1.3-1 市町村別配水管延長、給水人口・世帯数一覧

市町村名	配水管延長 (km)	給水人口 (人)	給水世帯数 (世帯)	給水率 (%)
前橋市	2384.3	339,712	133,095	99.8
高崎市	2348.7	369,274	146,312	99.5
桐生市	633.8	121,151	46,476	99.5
伊勢崎市	1278.7	205,964	76,063	99.4
太田市	1364.3	214,288	80,618	99.0
沼田市	493.2	51,044	19,066	99.6
館林市	527.1	78,473	29,530	99.8
渋川市	726.9	83,061	29,195	99.7
藤岡市	357.3	66,300	23,699	97.5
富岡市	440.6	52,070	18,297	100.0
安中市	515.8	60,818	22,090	99.6
みどり市	315.2	51,602	18,231	99.4
榛東村	113.7	14,355	4,629	99.9
吉岡町	232.2	19,777	6,522	99.9
上野村	13.2	860	403	65.8
神流町	22.9	2,138	943	90.9
下仁田町	85.4	8,843	3,291	99.2
南牧村	58.3	2,420	1,087	99.9
甘楽町	114.1	13,400	4,376	98.4
中之条町	169.9	17,922	6,501	98.4
長野原町	222.6	6,003	2,290	99.8
嬭恋村	223.1	9,844	3,529	96.7
草津町	66.4	7,160	3,474	100.0
高山村	16.1	3,809	1,148	97.4
東吾妻町	216.9	15,064	5,322	96.4
片品村	32.2	4,866	1,664	99.2
川場村	47.5	3,476	869	89.2
昭和村	105.7	7,570	2,413	99.3
みなかみ町	402.5	21,164	7,797	99.2
玉村町	258.6	37,536	13,857	100.0
板倉町	157.0	15,648	5,110	99.6
明和町	78.2	11,179	3,686	99.7
千代田町	138.3	11,231	3,640	97.9
大泉町	176.9	39,813	16,417	98.9
邑楽町	170.1	26,589	9,048	98.4
合計	14,507.9	1,994,425	750,691	99.3

※ 配水管延長は、各市町村より収集した値を用いた。給水率は、第 57 回群馬県統計年鑑(平成 23 年刊行)の市町村別普及率(平成 21 年度末)の値を用いることとし、給水人口・世帯数算定のための母数は平成 22 年国勢調査の各市町村の値とした。

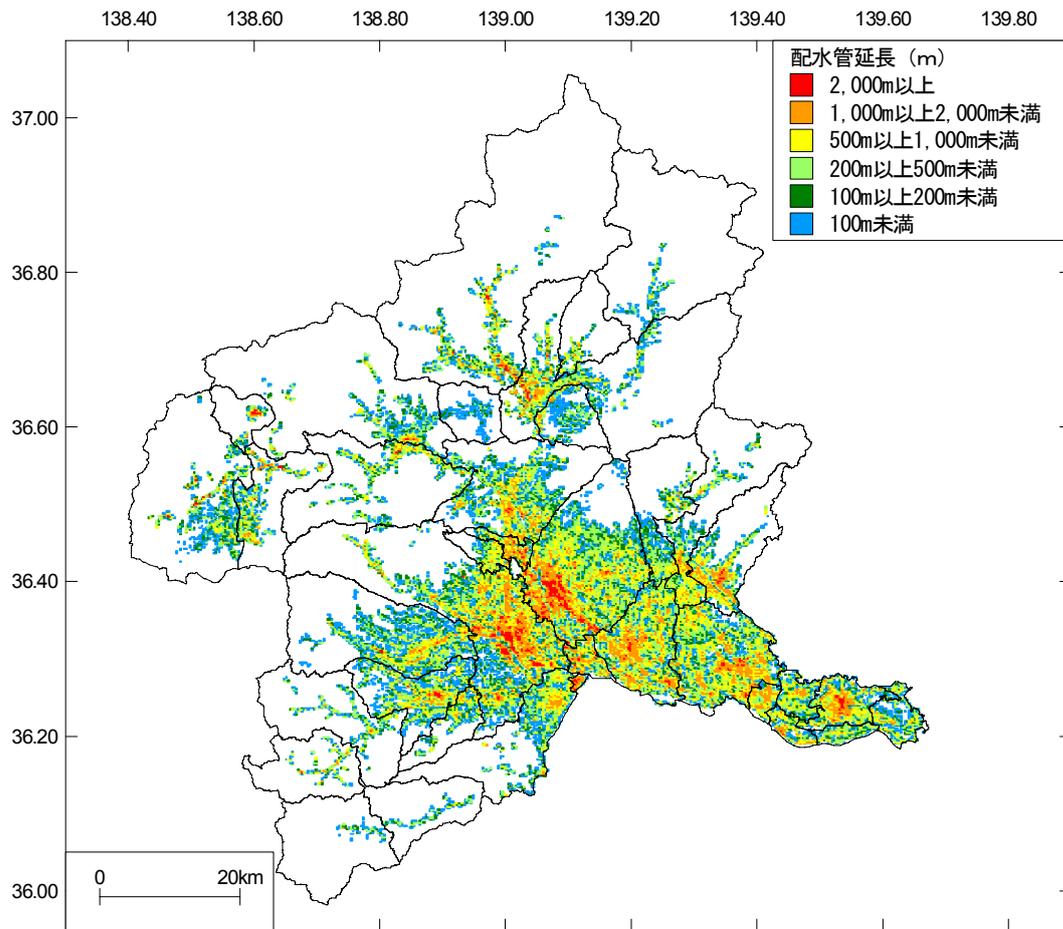


図11.1.3-1 群馬県内の250mメッシュ別配水管延長分布

11.3 下水道の被害予測

11.3.1 概要

下水道被害は、震度分布及び液状化分布（ P_L 値）と管種別被害率から管きよの物的被害延長を算定し、物的被害延長と管きよ総延長により、管きよ被害率を予測する。予測単位は250mメッシュ単位で行うものとし、計算結果はメッシュ単位及び市町村単位として整理する。

11.3.2 被害予測手法

○前提条件

本被害予測では、国土交通省「大規模地震による下水道被害想定検討委員会（第1回）参考資料」で取りまとめられた被害予測手法を用いて、埋設管を対象に被害予測を実施する。

なお、下水道施設の被害予測手法の取りまとめに際して、以下の前提条件を設定した。

- ① 下水処理施設の被害程度は小規模に留まると考えられることから評価対象外とした。
- ② 変電所被災による広域的な停電が生じた場合、拠点施設の中継ポンプ所の停止により一時的な排水機能停止が発生する。しかし、系統切り替えによる電力の回復が即時的に進み、それとともに中継ポンプ所等の機能も回復することから、拠点施設の被災による機能停止は対象としていない。
- ③ 主要幹線管きよの被害は限定的であり、復旧は短期に終了するものとする。従って、流域下水道は検討対象外とした。

○管きよの被害予測手法

管きよに関しては被害率、被害延長を250mメッシュ単位で予測する。管きよの被害率関数から予測した管種別の管きよ被害率に各メッシュの管種別の延長を乗じて被害延長、さらに管種別の被害延長から各メッシュの総被害延長を予測する。予測フローを図11.3.2-1に示す。

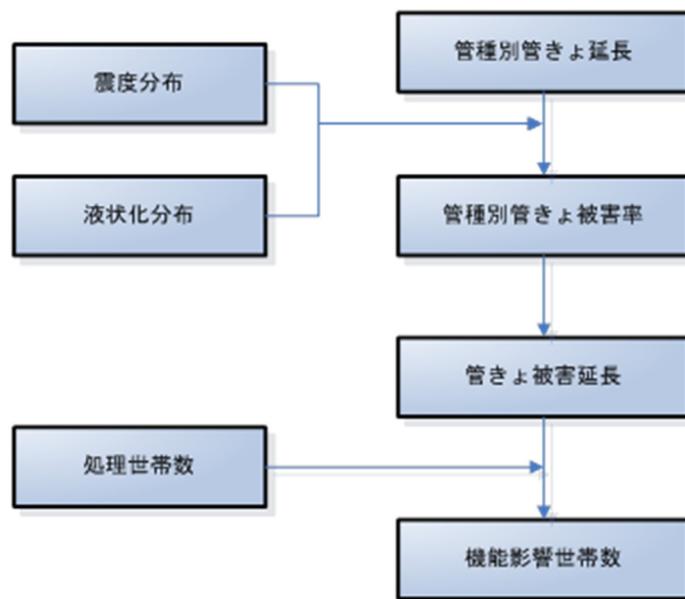


図 11.3.2-1 下水道施設の被害予測方法

国土交通省(2005)が提案した被害予測関数を用いて 250m メッシュ単位で管種別被害率を予測し、それぞれの管種延長を乗じることによって被害延長を算定する。

$$D_1 = \sum_i \sum_j L_{ij} \cdot R_{ij} \quad \text{----- (式 11.3.2-1)}$$

ここで、 D_1 ：総被害件数(km)、 L_{ij} ：管路延長(km)、
 R_{ij} ：表 11.3.2-1、図 11.3.2-2 に示した平均被害率(%)、
添え字 ij は、管種、関係を表す。

表 11.3.2-1 下水道管きよの平均被害率関数 (%)

管種	計測震度				
	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
塩ビ管・陶管	1.0%	2.3%	5.0%	11.3%	24.8%
その他(15<PL)	0.6%	1.3%	3.0%	6.5%	14.5%
その他(5<PL≤15)	0.5%	1.0%	2.2%	4.8%	10.7%
その他(0<PL≤5)	0.4%	0.9%	2.0%	4.5%	9.8%
その他(PL=0)	0.4%	0.9%	1.9%	4.2%	9.2%

※計測震度 4.5 未満では、いずれの管種においても被害率 0 と仮定した。

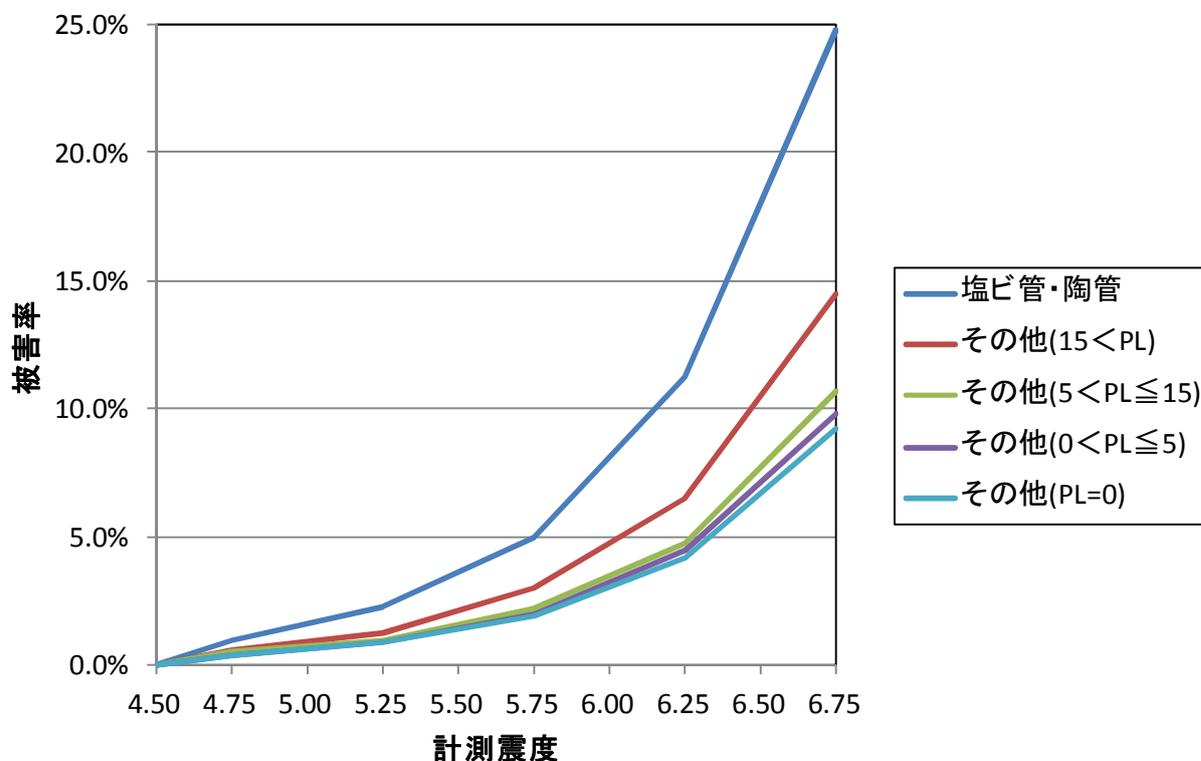


図 11.3.2-2 管きよの平均被害率関数

○ 応急復旧日数の予測

下水道の復旧は、上水道や都市ガスと異なり、被害位置を特定することが困難であるため、実際の管きよを目視あるいはTVカメラにより調査し、被害箇所を特定した上で復旧工事を実施するため、かなりの時間を要する。過去の下水道の被害事例として、表 11.3.2-2 に平成 7 年 1 月 17 日に発生した阪神・淡路大震災における神戸市の被害状況と応急復旧件数を示す。神戸市では約 1,300km を調査し、調査が完全に完了したのは平成 7 年 11 月 30 日で地震発生後約 10 カ月以上を要している。ただし、応急復旧としては流路の流れが明らかに悪い箇所を浚渫、あるいは臨時の管路を設置したり、建物との取付管を修理したりして対処を行った。

そこで、本被害予測では応急復旧の日数として、応急復旧件数のうち最も件数が多い取付管の修理が完了する日数を想定し、神戸市の被害・復旧状況から以下の条件で応急復旧日数を予測することとした。

- ・ 神戸市では、取付管の応急修理が完了するのに概ね 130 日（平成 7 年 5 月末）を要している。
- ・ 神戸市における被災人口は、当時の処理区域人口 1,426,200 人より被災率 1.9%を用いて、約 27,000 人と推定した。
- ・ 群馬県内における下水道の応急復旧日数は、被災人口に比例すると仮定して次式で予測する。

$$\text{応急復旧日数} = 130 \text{ 日} / 27,000 \text{ 人} \times \text{群馬県内の被災人口(人)} \quad (\text{式 11.3.2-2})$$

表 11.3.2-1 阪神・淡路大震災における神戸市での下水道の被害状況一覧

(阪神・淡路大震災調査報告編集委員会, 1997)

項目	被害量	
調査延長 (m)	1,278,241	
被災延長 (m)	63,481	
管きよ被災率 (%)	1.9	
応急復旧件数 (件)	管きよ	307
	マンホール	1,595
	取付管	5,720
	閉塞	1,933
	その他	296
	合計	9,851

11.3.3 現況データ

本被害想定では管きょ被害については、県内の処理人口比率が高く、管きょ延長、処理人口、処理区域範囲が概ね全地域で把握されている公共下水道を対象に被害予測を実施することとした。

表 11.3.3-1 には市町村別公共下水道の管きょ延長距離、処理人口、普及率を示す。県全体で公共下水道の管きょ延長は約 5,900km、処理人口は約 99 万人、普及率は約 49%である。

上記の集計データから 250m メッシュのデータを推定した。その方法は下記の通りである。

① 市町内の公共下水道の処理区域内の 250m メッシュ別の建物数をカウントする。

② 市町ごとの公共下水道の管きょ総延長を処理区域内の 250m メッシュ別の建物数の重みで按分して振り分け、250m メッシュ別管きょ延長を推定する。

このようにして推定した 250m メッシュ別の公共下水道の管きょ延長の分布を図 11.3.3-1 に示す。

表 11.3.3-1 市町村別公共下水道の管きょ延長距離、処理人口、普及率一覧

市町村名	公共下水道 管きょ延長 (km)	公共下水道処理区域	
		人口 (人)	普及率 (%)
前橋市	1353.0	232,759.0	68.4
高崎市	1367.4	262,139.2	70.6
桐生市	537.0	95,294.2	78.3
伊勢崎市	320.8	57,400.2	27.7
太田市	478.0	79,875.6	36.9
沼田市	183.3	29,836.2	58.2
館林市	238.8	36,552.7	46.5
渋川市	277.9	31,332.1	37.6
藤岡市	87.3	17,197.7	25.3
富岡市	68.7	13,382.0	25.7
安中市	95.0	16,185.4	26.5
みどり市	68.6	8,719.0	16.8
榛東村	47.2	5,201.9	36.2
吉岡町	88.3	11,425.2	57.7
上野村	0.0	0.0	0.0
神流町	0.0	0.0	0.0
下仁田町	0.0	0.0	0.0
南牧村	0.0	0.0	0.0
甘楽町	65.4	7,203.9	52.9
中之条町	108.4	9,016.9	49.5
長野原町	89.4	2,575.3	42.8
嬭恋村	48.0	4,419.4	43.4
草津町	33.2	5,126.6	71.6
高山村	0.0	0.0	0.0
東吾妻町	64.4	2,483.9	15.9
片品村	25.3	1,382.9	28.2
川場村	43.3	3,301.6	84.7
昭和村	0.0	0.0	0.0
みなかみ町	113.3	9,562.6	44.8
玉村町	153.1	23,797.8	63.4
板倉町	15.0	2,151.7	13.7
明和町	45.3	4,999.2	44.6
千代田町	19.4	2,237.2	19.5
大泉町	70.1	8,454.0	21.0
邑楽町	32.8	4,620.9	17.1
合計	6137.7	988,634.3	49.2

※ 公共下水道の管きょ延長は、各市町村より収集した値を用いた。公共下水道の普及率は、県土整備部下水道環境課による市町村別普及率（平成 22 年度末）の値を用いることとし、給水人口・世帯数算定のための母数は平成 22 年国勢調査の各市町村の値とした。

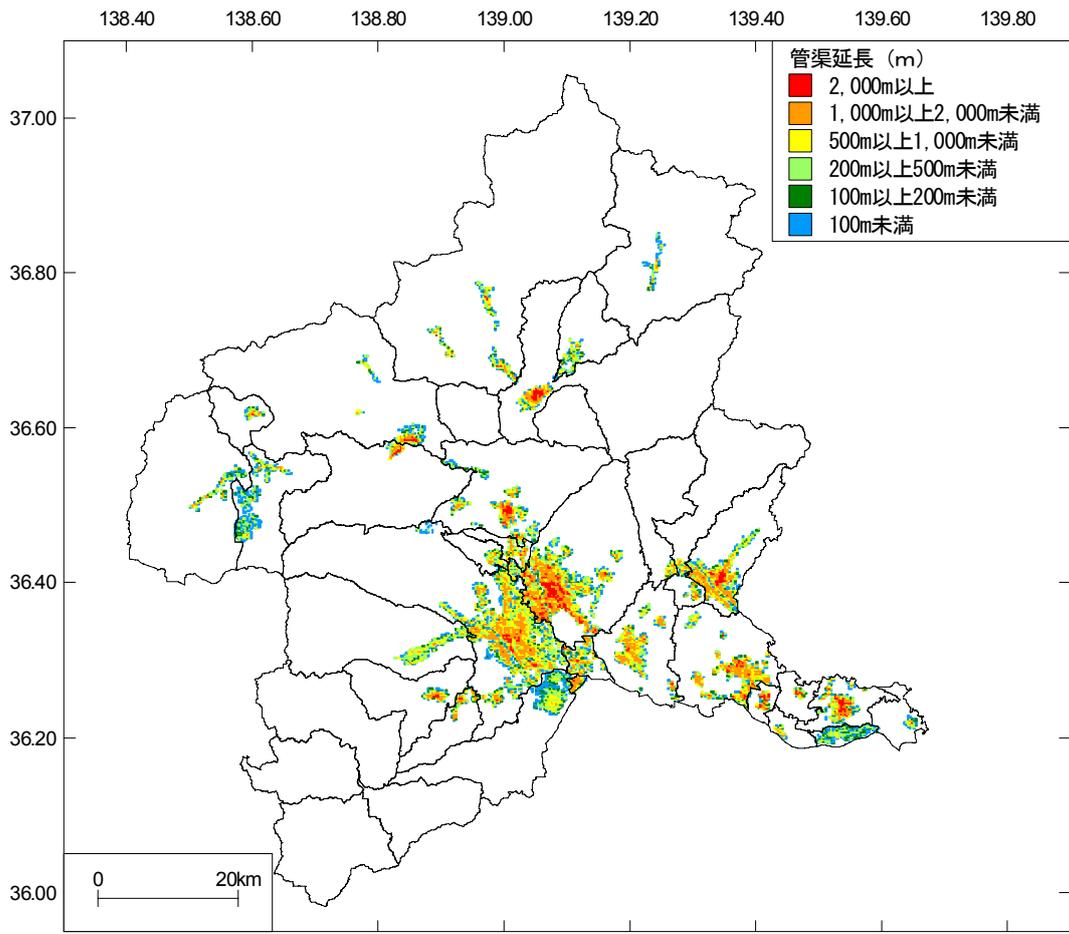


図 11.3.3-1 250m メッシュ別公共下水道管きょ延長分布

11.4 ガスの被害予測

11.4.1 低圧ガス供給停止件数の予測

○前提

都市ガスの供給を支える高圧ガス導管、中圧ガス導管等の重要設備については、阪神・淡路大震災クラスの地震に耐えられるよう設計・建設されていることから、今回の地震想定に対しても、供給に支障を与える被害は受けず、高圧ガス、中圧ガスについては供給継続が可能と想定している。

一部耐震性の低い材料が残存している低圧ガス導管については、地震時に被害を受けることが想定されるため、安全のため、低圧ガスの供給停止を行う。

○低圧ガスの供給停止判断基準

阪神・淡路大震災後、資源エネルギー庁により発行された「ガス地震対策検討会報告書(1996年)」によれば、地震発生時にはSI値が60kineを超えた場合に速やかに低圧ブロック*のガス供給を停止する即時供給停止判断基準(第1次緊急停止判断基準)の導入が提言され、全国の都市ガス事業者の供給停止判断基準として採用されている。

※低圧ブロック：低圧ガス導管は事業者によっていくつかのブロックに分割されており、被害が大きい地域だけを分離してガスの供給を停止させることができる。

○供給停止の予測手法

① 給停止件数(件)

供給停止については、各低圧ブロックに設置しているSIセンサーが60kineを超えた場合に当該ブロック全域で供給停止と設定した。給停止件数は、即時供給停止判断基準に基づき停止したブロック内の供給件数とする。

② ガス供給停止率(%)

供給停止件数/供給件数×100

11.4.2 現況データ

都市ガスについて、市町村別の供給件数一覧と供給範囲（ブロック）の分布を、表 11.4.2-1 と図 11.4.2-1 に示す。都市ガスの供給件数は約 148,000 件である。

表 11.4.2-1 市町村別供給件数一覧

市町村名	供給件数（件）
前橋市	36,958
高崎市	38,451
桐生市	23,437
伊勢崎市	10,628
太田市	10,518
沼田市	1,888
館林市	7,436
渋川市	2,534
藤岡市	6,296
富岡市	7,604
安中市	0
みどり市	685
榛東村	0
吉岡町	0
上野村	0
神流町	0
下仁田町	1,430
南牧村	0
甘楽町	0
中之条町	0
長野原町	0
嬭恋村	0
草津町	0
高山村	0
東吾妻町	0
片品村	0
川場村	0
昭和村	0
みなかみ町	0
玉村町	0
板倉町	0
明和町	0
千代田町	0
大泉町	261
邑楽町	0
合計	148,126

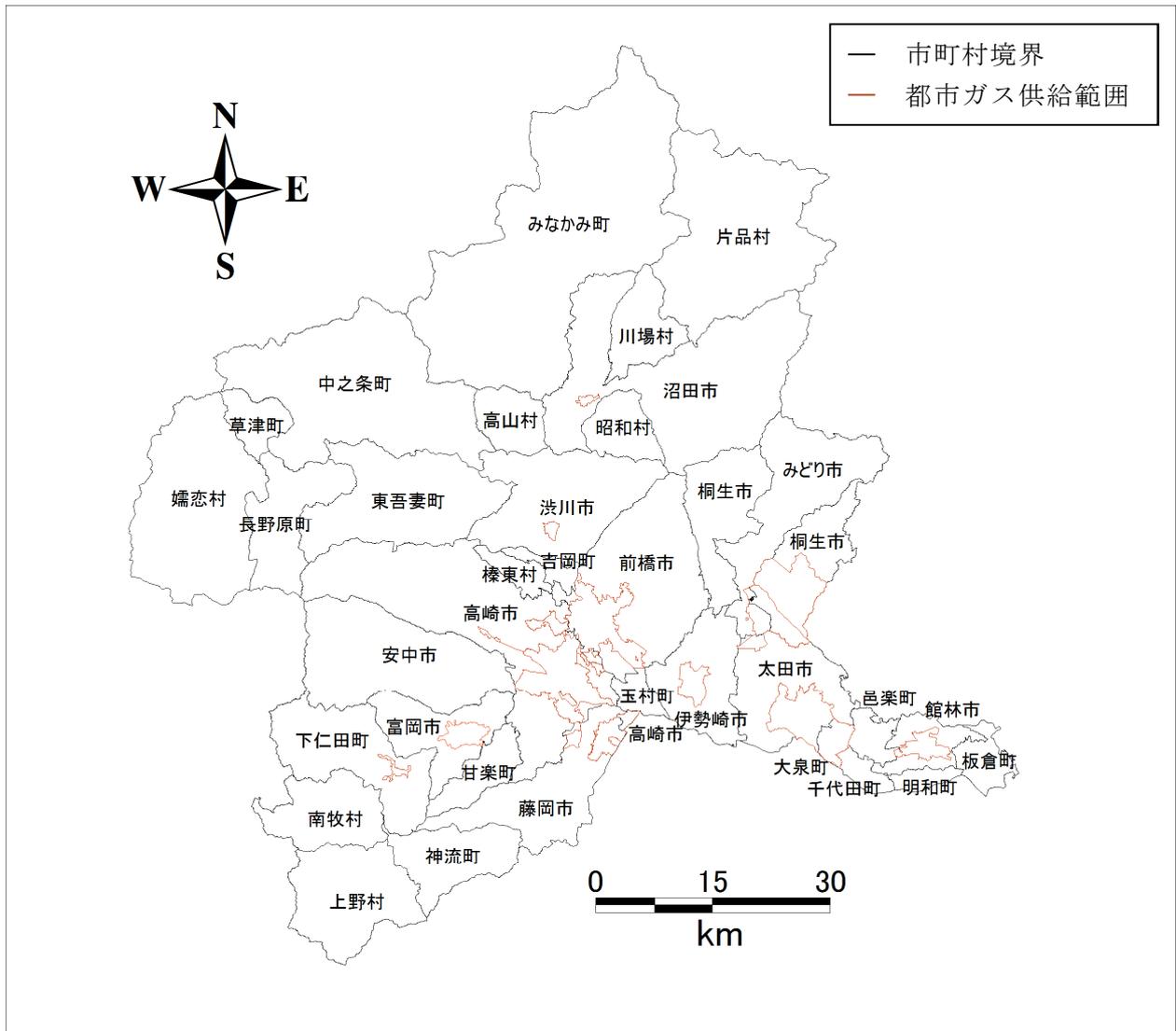


図 11.4.2-1 都市ガス供給ブロックの分布

12.4.3 低圧ガス管の復旧予測

復旧対象件数、復旧速度、復旧人員から復旧日数を予測する。火災の影響も考慮する。

復旧日数 = 復旧対象件数 / 復旧歩掛 / 投入班数

復旧対象件数 = (供給停止件数 - 焼失件数) × 0.8

焼失件数：火災で焼失した件数

0.8：阪神・淡路大震災時の供給停止件数に対する復旧対象件数の割合

復旧歩掛 = 1 班数・1 日当りの復旧件数

ガス地震対策検討報告書(1996)より

復旧隊の「復旧歩掛」のデータを元に、差水の影響が少ない地域が多いことから 41.6 とした。

投入班数 = 1 日当たりの復旧班数 (自社班数 + 他ガス事業者の復旧応援班数)

過去の実績から 110 班とした。

11.4.4 LPガスの被害予測について

11.4.4.1 被害想定手法

○前提条件

地震時におけるLPガスの復旧は比較的早いと言われており、阪神・淡路大震災では、LPガス消費世帯23万5千8百世帯のうち危険箇所からのLPガス容器の撤収や安全点検の必要のある16万2千7百世帯の復旧を発災から12日後までに完了している。

関沢ほか(2003)の方法に従って供給地域の計測震度からガスボンベ重量別漏洩率を求め、これにガスボンベ重量別の消費者数を乗ずることによって被害件数(=供給支障数)を求める。

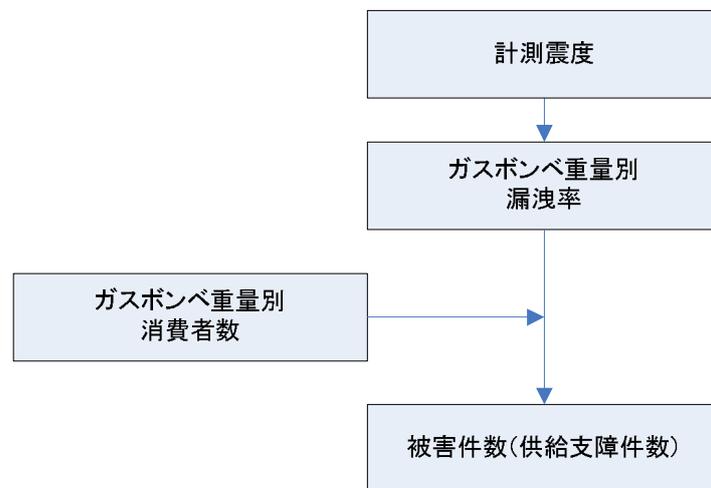


図 11.4.4.1-1 LPガスの地震被害予測方法

関沢ほか(2003)による漏洩率関数は表 11.4.4-1、図 11.4.4-2 の通りである。

表 11.4.4-1 LPガスボンベの漏洩率関数

ガスボンベ重量	計測震度			
	~5.5未満	5.5~6.0	6.0~6.5	6.5以上~
10キロ	0.000	0.000	0.356	0.356
20キロ	0.000	0.048	0.096	0.321
50キロ	0.000	0.010	0.013	0.021

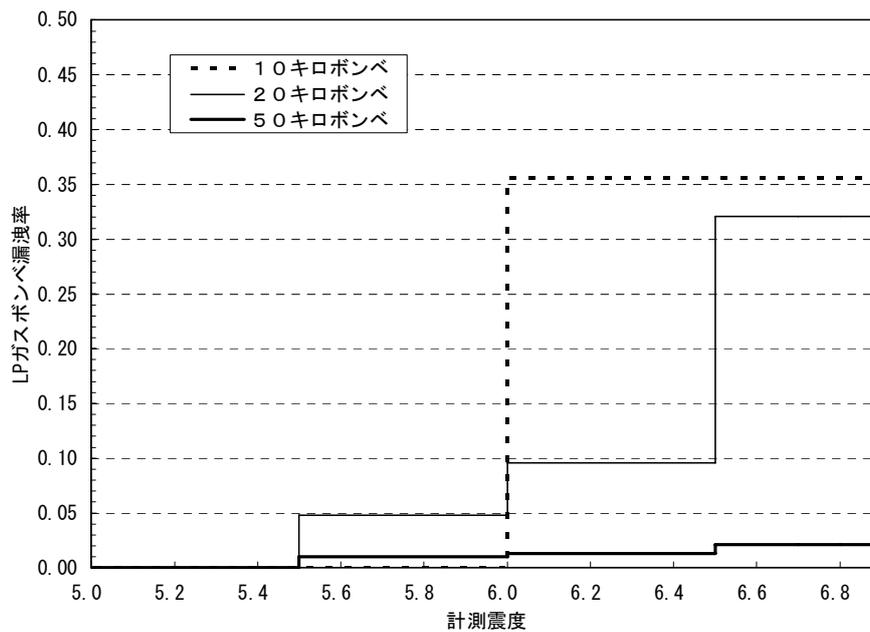


図 11.4.4-2 LP ガスボンベ漏洩率関数

○復旧日数の予測

阪神・淡路大震災において 16 万 2 千七百世帯の復旧を発災から 12 日後までに完了していることから、復旧速度を 1 万件／日と仮定して応急復旧日数を予測する。

11.4.4.2 現況データ

LP ガスのデータとしては、市町村ごとに LP ガスボンベ数、消費者件数を収集し、整理した。市町村別の LP ガスボンベ数と消費者戸数の一覧を表 11.4.4.2-1 に示す。県内で LP ガスボンベ数は約 105 万本、消費者件数は約 58 万件である。なお、被害想定に必要な LP ガスボンベの重量別の値の統計が無かったため、本想定ではすべての LP ガスボンベを比率が最も高いとされる 50 キロガスボンベと仮定した。

上記の集計データから 250m メッシュのデータを推定した。その方法は下記の通りである。

- ①市町村内の 250m メッシュ別の建物数をカウントする。
- ②市町村ごとの消費者戸数及び LP ガスボンベの総数を 250m メッシュ別の建物数の重みで按分して振り分け、250m メッシュ別 LP ガスボンベ数、消費者戸数を推定する。ただし、都市ガスが供給されている区域内については、都市ガスの供給件数と実際の建物数の関係から建物数を 50%にした重みで按分して振り分け推定することとする。

このようにして推定した 250m メッシュ別の LP ガスボンベ数の分布を図 11.4.4.2-1、消費者戸数の分布を図 11.4.4.2-2 にそれぞれ示す。

表 11.4.4.2-1 市町村別消費者件数、LP ガスボンベ数一覧

市町村名	消費者件数	ガスボンベ数
前橋市	80,000	144,000
高崎市	95,000	171,000
桐生市	26,000	46,800
伊勢崎市	68,000	122,400
太田市	70,000	126,000
沼田市	17,000	37,400
館林市	23,000	41,400
渋川市	25,000	45,000
藤岡市	16,000	28,800
富岡市	10,000	18,000
安中市	21,500	38,700
みどり市	18,000	38,700
榛東村	5,000	9,000
吉岡町	6,400	11,520
上野村	600	1,080
神流町	1,050	1,890
下仁田町	1,900	3,420
南牧村	1,100	1,980
甘楽町	4,500	8,100
中之条町	6,750	12,150
長野原町	2,250	4,050
嬭恋村	3,550	6,390
草津町	3,400	6,120
高山村	1,250	2,250
東吾妻町	5,700	10,260
片品村	1,680	3,024
川場村	1,050	1,890
昭和村	2,150	3,870
みなかみ町	8,100	14,580
玉村町	12,000	21,600
板倉町	5,200	9,360
明和町	3,750	7,200
千代田町	4,000	7,200
大泉町	17,000	30,600
邑楽町	9,500	17,100
合計	577,380	1,052,834

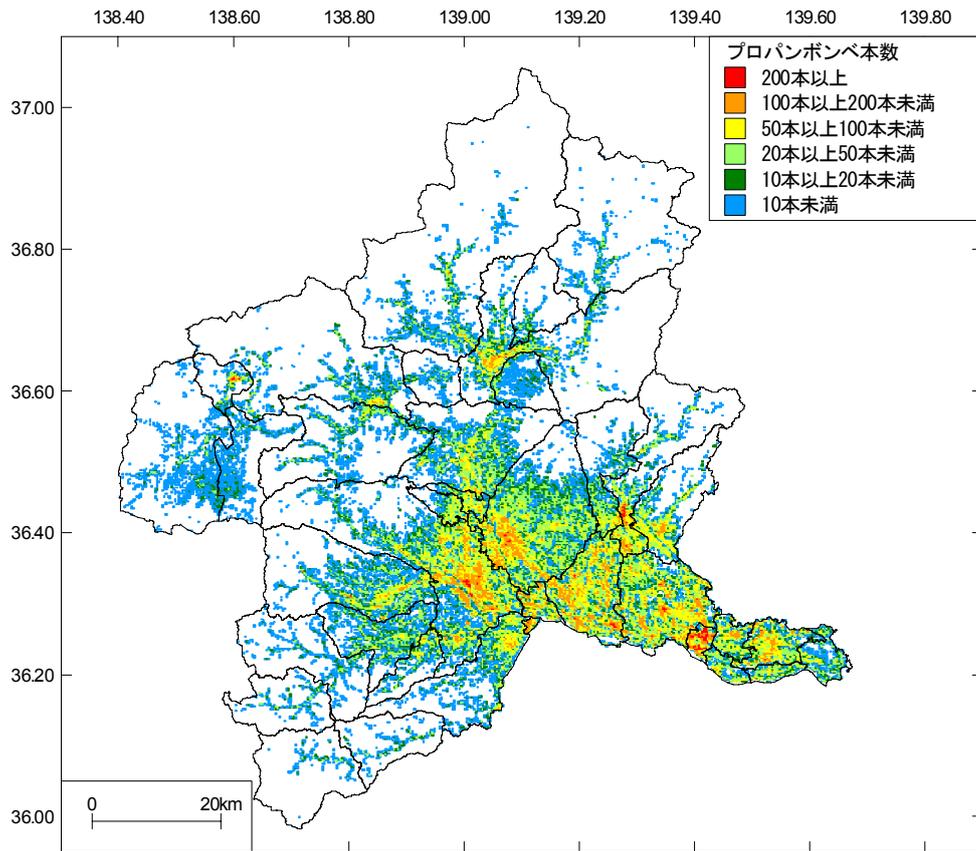


図 11. 4. 4. 2-1 250m メッシュ別プロパンボンベ数分布

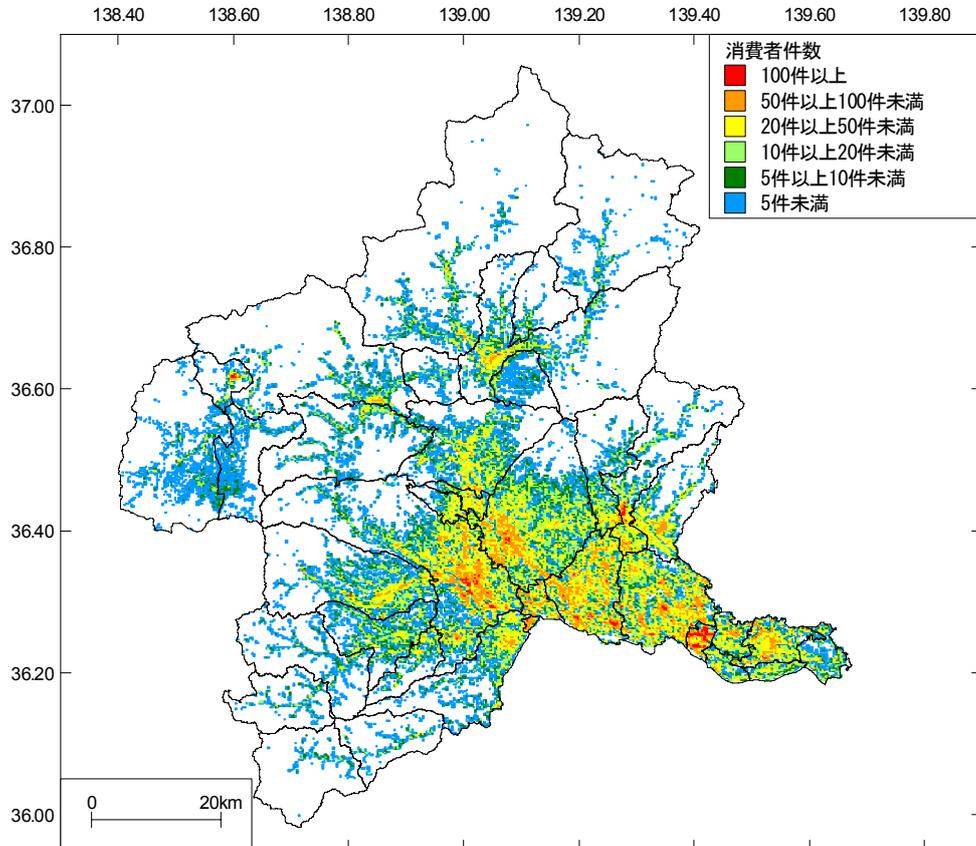


図 11. 4. 4. 2-2 250m メッシュ別消費者件数分布

11.5 電力施設の被害予測

11.5.1 被害想定手法

○前提条件

- ・本被害予測では電柱、架空線、地下ケーブルを対象に電柱被害率・停電率予測を実施する。
- ・電柱本数、電灯軒数（電力の供給を受けている軒数）等のデータについては、電力事業者の提供資料を用いて検討する。
- ・発電設備については、複数の発電所で被害があったとしても、地震発生直後に相当量の負荷脱落量があるために電源量不足にはならないとする。
- ・変電設備については、一部の变電所で被害が発生する可能性があるが、系統切り替えを行うため、系統切り替え後の停電軒数を復旧対象とする。
- ・停電率は、焼失面積率（焼失建物棟数率）及び電柱被害数より算定した停電軒数と電灯軒数（地中供給電灯軒数含む）より求める。
- ・火災延焼のあるエリアは、全面的に停電が生じると想定する。
- ・非延焼エリアは、電柱被害から停電が生じると想定する。電柱被害の発生要因は、「ゆれ」及び「建物被害の巻き込まれ」と想定する。

○予測手法

被害予測は、延焼エリアと非延焼エリアに分けて実施する。

①停電率（延焼エリア）

- ・延焼エリアでは、火災による焼失建物棟数から停電率を予測する。

停電軒数＝電灯軒数×焼失建物棟数率

ここで、焼失棟数率＝焼失建物棟数／（木造建物棟数＋非木造建物棟数）

②停電率（非延焼エリア）

- ・非延焼エリアでは、架空線と地中線に分けて停電率を予測する。
- ・架空線被害による停電軒数は、震動による電柱被害と全壊建物の巻き込まれによる電柱被害から停電軒数を予測する。

停電軒数＝電柱被害本数×電柱被害一本当たりの停電軒数

「電柱被害一本当たりの停電軒数」

阪神・淡路大震災時の電柱被害1本当たりの停電軒数実態に基づき以下のように設定した。

「対象地域における電柱被害に関する停電比」

＝停電回線比×配電係数×電灯軒数／配電線数

＝0.143×（（配電線数／電柱本数）／1.303×100）×電灯軒数／配電線数

＝0.143×電灯軒数／電柱本数／1.303×100

＝電灯軒数／電柱本数×10.975

- ・ゆれによる電柱被害本数

電柱被害本数＝電柱本数×ゆれによる電柱折損率

ゆれによる電柱折損率は、阪神・淡路大震災被害調査結果をもとにした中央防災会議（2004）で設定している以下の値を用いる。

震度7 0.8%

震度 6 以上	0.056%
震度 5 以上	0.00005%

- ・建物被害の巻き込まれによる電柱被害

$$\text{電柱被害本数} = \text{電柱本数} \times \text{建物全壊による電柱折損率}$$

ここで、

$$\text{建物全壊による電柱折損率} = 0.17155 \times \text{建物全壊率}$$

(阪神・淡路大震災時の被害実態に基づく)

$$\text{建物全壊率} = \text{木造建物全壊棟数} / \text{木造建物棟数}$$

- ・地中線被害による停電軒数は全壊建物の巻き込まれによる路上設置機器の被害から停電軒数を予測する。

$$\text{停電軒数} = \text{地中供給電灯軒数} \times \text{路上設置機器損壊率}$$

ここで、

$$\text{路上設置機器損壊率} = \text{建物全壊率} \times \text{損壊係数 (0.005)}$$

$$\text{建物全壊率} = \text{木造建物全壊棟数} / \text{木造建物棟数}$$

③ 停電復旧日数

- ・想定地震の中で被害が大きい関東平野北西縁断層帯主部による地震については、中央防災会議(2004)で設定している復旧目標日数 6 日をそのまま停電復旧日数として仮定した。
- ・全国から復旧目標日数を達成する人員を動員できると仮定して予測を行う。
- ・火災延焼エリアの早期復旧は不可能として除外する。
- ・太田断層、片品川左岸断層による地震時における停電復旧日数は、関東平野東縁断層帯主部による地震時において、復旧に必要な人員と同じ人数が動員されるとして予測を行う。
- ・被害発生直後は、被害状況の調査や停電復旧要員の動員にあてられる。
- ・配電設備の復旧作業は、1 日後から開始されるとする。ただし、実際のオペレーションとしては、復旧が即時可能な地域については、直後からの復旧作業を開始する。
- ・停電復旧の作業効率は、東京都(1997)を参考に表 11.5-1 のように設定した。

表 11.5-1 単位被害当たりの停電復旧人員・日数

区分	作業効率	条件等
電柱	3.6 (人日/基)	・標準仕様のコンクリート柱(14~15m)を架設する。 ・変圧器、開閉器類を平均して加算する。

・復旧専用車両を使用した場合の作業効率である。

・電柱の物的被害については、折損・倒壊といった供給支障につながる被害を対象としている。そこで、物的被害全量に対し架設電柱を設置するものとした。

11.5.2 現況データ

電力施設のデータとしては、250m メッシュ単位の電柱本数、電灯軒数の値を収集し、整理した。250m メッシュ別の電柱本数の分布を図 11.5.2-1 に示す。

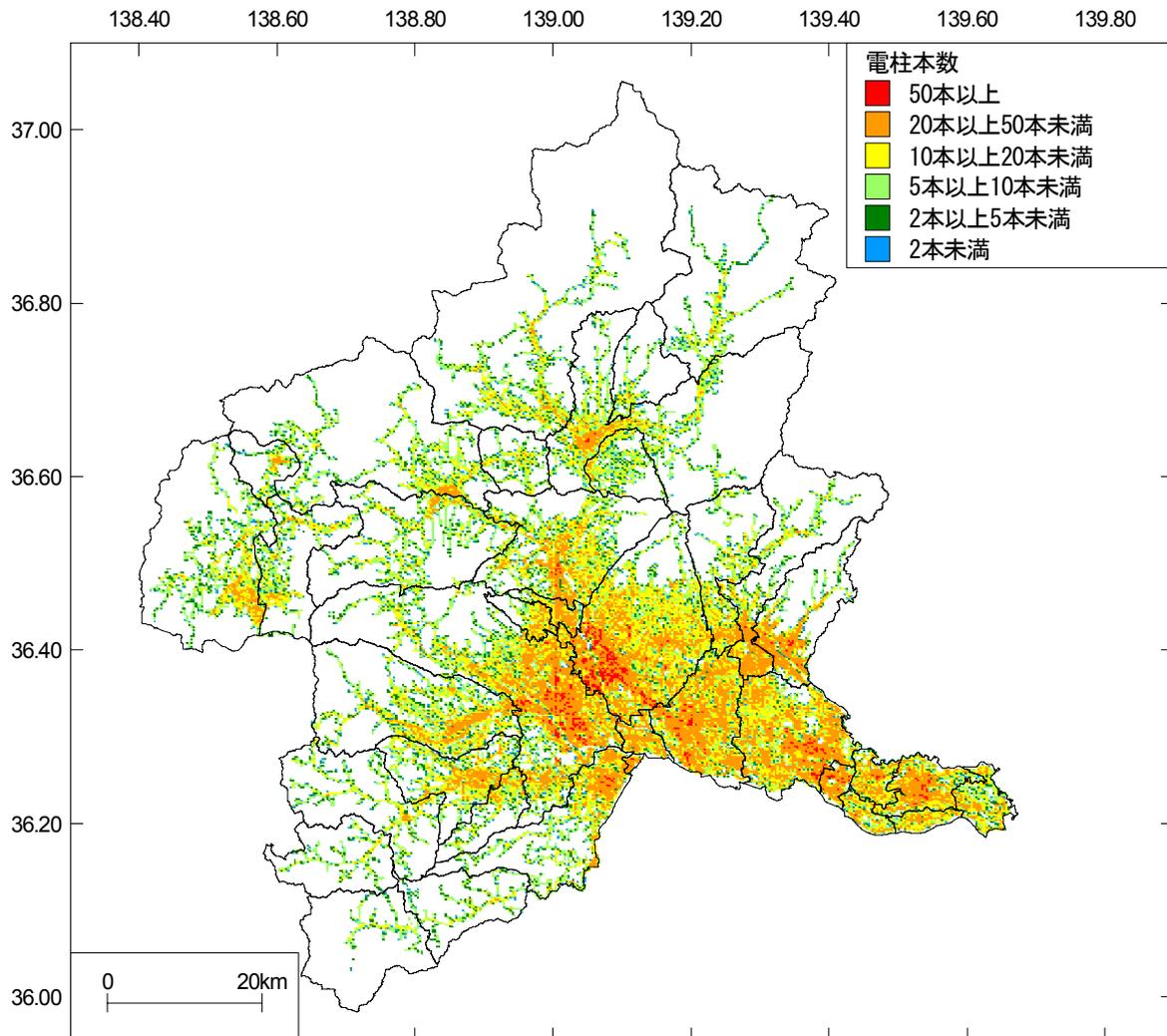


図 11.5.2-1 250m メッシュ別電柱本数分布

11.6 通信（電話）施設の被害予測

11.6.1 被害想定手法

○前提条件

本被害予測では、電話電柱の被害とそれに伴う不通回線数を定量的に予測する。また、阪神・淡路大震災以降の通信媒体の多様化と通信施設の復旧特性を踏まえて、被害状況から輻輳時間（電話が集中してかかりにくい状況となっている時間の長さ）と回線復旧日数の定性的な評価を行う。

○予測手法

① 電話電柱被害

通信の電柱被害は、「11.5 電力施設の被害予測について」における電力の電柱被害と同じ手法で予測を行った。

② 不通回線

通信の不通回線数の予測手法は以下の通りとする。

1) 延焼エリア

延焼エリアの不通回線数は、以下の式で求める。

不通回線数 = 需要家回線数 × 焼失建物棟数率

※ 焼失建物棟数率 = 焼失建物棟数 / (木造建物棟数 + 非木造建物棟数)

2) 非延焼エリア

非延焼エリアの不通回線数は、以下の式で求める。

不通回線数 = 電柱被害本数 × 電柱被害一本当たりの不通回線数

ここで、

電柱被害一本当たりの不通回線数

= 電柱被害一本当たりの不通配電線数 × 配電線一本当たりの契約回線数

電柱被害一本当たりの不通配電線数は、東京都(1997)による

「電柱被害一本当たりの不通に係る配電線数 (0.396)」を採用

配電線一本当たりの契約回線数

= 地上部の需要家回線数 / {電柱本数 × 電柱一本当たりの配電線数 (1 と仮定)}

地上部の需要家回線数 = 需要家回線数 × 架空ケーブル延長距離

/ (架空ケーブル延長距離 + 地下ケーブル延長距離)

④ 通信障害と復旧日数

千葉県(2008)でとりまとめた、最近の被害地震による電話の輻輳時間と機能被害の状況（表 11.6.1-1）を踏まえ、群馬県における輻輳時間と回線復旧日数を定量的に評価する。

表 11.6.1-1 最近の被害地震による電話の輻輳時間と機能被害（千葉県, 2008）

	発生日時	震源	地震規模	最大震度	概要	NTTの被災状況	輻輳	ピークトラヒック	停電等による機能被害(回線)	停電等による機能被害復旧(日)	屋外設備等による機能被害(回線)	屋外設備等による機能被害復旧(日)
新潟県中越沖地震	2007年7月16日 午前10時13分	新潟県上 中越沖	6.8	震度6強	柏崎市、刈羽村周辺で特に大きな被害があり、11人が死亡、約2,000人が重軽傷を負った。	地下設備の被害が大きく、通信管路・地下ケーブルの一部損傷、とう道の一部破損が発生。 商用電源の停電により、通信ビルの6ビル、加入者回線収容装置(RSBM)の8箇所(10ユニット)が停電。停電により、加入者回線収容装置(RSBM)の3箇所(3ユニット)約830加入で、一時サービス中断となる。 電話輻輳が約3時間30分にわたって発生。 全国から新潟県に向けた通信: 平常時の約16倍 新潟県内の通信: 平常時の約4倍	3.5	16	830	0.7	不明	不明
宮城県南部地震	2005年8月16日 11:46頃	宮城県沖	7.2	震度6弱	最大震度は6弱(宮城県川崎町)。100名が重軽傷を負った。死者は出ていない。志津川町(現南三陸町)で40cmの津波を観測した。仙台市営地下鉄、東北・秋田・山形新幹線が全線で運行停止。仙台市のスポーツ施設「スポパーク松森」の屋内プールで天井が9割方崩落、20人以上が負傷。	地震直後から通信規制を実施していた固定電話事業者各社及び携帯電話事業者各社は、それぞれ16日14時20分及び同日17時までに解除。	2.75	不明	不明	不明	不明	不明
福岡県西方沖地震	2005年3月20日 10:53頃	福岡県西 方沖	7.0	震度6弱	福岡県およびその隣接県を含めた人的被害は、死者が1名(福岡県)、負傷者が771名	・九州地方への通信に輻輳が発生していたため、固定電話、携帯電話とも通信規制を実施していたが、固定電話については20日15時43分までにすべて解除、携帯電話についても同日23時14分までにすべて解除。 ・設備に被害なし。 ・NTT西日本では、3月20日11時30分から災害用伝言ダイヤルを稼働(31日12時までの運用状況(録音・再生件数):約85,200件)。	4	不明	0	不明	0	不明
新潟県中越地震	2004年10月23日 午後5時56分	新潟県中 越地方	6.8	震度7	小千谷市、十日町市周辺で特に大きな被害があり、51人が死亡、約4,800人が重軽傷を負った。	59ビル停電(新潟県内:57ビル、長野県内:2ビル) 伝送路の被災等により、(旧)山古志村等3地区が通信孤立となる。また、固定電話が約4,500回線不通。 電話輻輳が約6時間にわたって断続的に発生。(ピークトラヒックは平常時の50倍)	6	50	不明	不明	4500	60
三陸南地震	2003年5月26日 18:24頃		7.1	震度6弱	死亡者なし。負傷者は重傷11人を含む104人。仙台市内で火災あり。	被害詳細不明	8	不明	0	0	0	0
芸予地震	2001年3月24日 15時27分頃	安芸灘深 さ46km	6.7	震度6弱	広島・愛媛両県を中心とした中国・四国地方で以下の被害が発生した。 死者2名、重傷者43名、軽傷者245名、住家全壊70棟、住家半壊774棟、住家一部損壊49,223棟	通信サービスへの影響は、専用回線4回線のみが発生し、伝送装置のコネクタゆるみによる不通(3回線)、とお客様への引込みケーブル断による不通(1回線)であった。 電話の集中による輻輳は、地震直後より発生し、同日午後11時に解消した。	7	13	0	0	5	0
鳥取県西部地震	2000年10月6日 13時30分	鳥取県西 部	7.3	震度6強	負傷者182名、	通信ケーブル:震源地の鳥取県日野郡内4ヶ所で崖崩れにより通信ケーブルが被災計125回線が不通となったが、8日正午までにすべて復旧 故障修理:家屋損傷等により、利用者宅への電話引込み線、宅内配線などの故障が約600件発生。8日夕刻までに復旧	10	10	600	2	125	2
兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)	1995年1月17日 午前5時46分	淡路島北 部	7.3	震度7	神戸市を中心に特に大きな被害があり、6,434人が死亡、約43,800人が重軽傷を負った。	神戸市内の交換機停止により、固定電話が約285,000回線不通。 火災により、固定電話が約193,000回線不通。 5日間にわたり電話輻輳が継続。(ピークトラヒックは平常時の50倍)	120	50	285000	1	193000	14
北海道南西沖地震	1993年7月12日 午後10時17分	北海道南 西沖	7.8	震度5	奥尻島を中心に特に大きな被害があり、201人が死亡、約330人が重軽傷を負った。 また、この地震では30mに及ぶ津波も発生している。	奥尻島を中心に、固定電話が約1,450回線不通。	不明	不明	不明	不明	1450	不明
宮城県沖地震	1978年6月12日 午後5時14分	宮城県東 方沖	7.4	震度5	仙台市を中心に特に大きな被害があり、28人が死亡、約10,000人が重軽傷を負った。	仙台市を中心に、固定電話が約4,000回線不通。	48	不明	1429	1	不明	不明
十勝沖地震	1968年5月16日 午前9時48分	三陸沖	7.9	震度5	北海道から東北北部で揺れや津波の被害があり、52人が死亡、330人が重軽傷を負った。	本州と北海道を結ぶ海底通信ケーブル及び無線区間が切断され、北海道が一時通信孤立。 青森県を中心に固定電話が約4,500回線不通。	0	不明	不明	不明	4500	不明

11.6.2 現況データ

通信施設のデータとしては、東日本電信電話会社より支社単位の架空ケーブル延長距離、地下ケーブル延長距離、電話電柱本数及び需要家回線数の値を収集し、整理した。市町村別に集計しなおした架空ケーブル延長距離、地下ケーブル延長距離、電話電柱本数、需要家回線数の一覧を表 11.6.2-1 に示す。県内で架空ケーブル延長距離は約 38,000km、ケーブルの地下化率は約 13%、電柱本数は約 230,000 本、需要家回線数は約 740,000 回線である。

上記の集計データから 250m メッシュのデータを推定した。その方法は下記の通りである。

- ①支社内の 250m メッシュ別の建物数をカウントする。
- ②支社ごとの架空ケーブル延長距離、地下ケーブル延長距離、電話電柱本数、需要家回線数の総数を 250m メッシュ別の建物数の重みで按分して振り分け、250m メッシュ別架空ケーブル延長距離、地下ケーブル延長距離、電話電柱本数、需要家回線数を推定する。

このようにして推定した 250m メッシュ別の電柱本数の分布を図 11.6.2-1 に示す。

表 11.6.2-1 市町村別架空ケーブル延長距離、地中化率、電柱本数、需要家回線数一覧

市町村名	架空ケーブル 延長距離(km)	地中化率	電柱本数			需要家 回線数
			単独柱	共架柱	合計	
前橋市	5661.7	14.57%	23,399	10,787	34,186	121,878
高崎市	5713.5	15.33%	25,128	7,103	32,231	127,578
桐生市	1963.1	16.36%	10,548	2,986	13,534	45,936
伊勢崎市	3661.3	10.40%	13,665	3,943	17,607	73,191
太田市	3546.4	12.17%	13,412	7,208	20,620	76,230
沼田市	1183.7	12.34%	6,821	1,578	8,399	21,458
館林市	1260.3	14.69%	5,670	1,969	7,638	28,005
渋川市	1826.0	13.57%	8,785	2,899	11,684	31,571
藤岡市	1595.9	11.23%	7,690	2,346	10,036	27,394
富岡市	1074.2	12.13%	4,541	1,704	6,245	18,846
安中市	1524.3	10.69%	7,335	1,969	9,305	23,234
みどり市	1066.1	8.87%	4,477	1,570	6,047	18,554
榛東村	320.8	10.35%	1,094	351	1,445	5,633
吉岡町	401.8	10.95%	1,309	498	1,807	7,184
上野村	77.5	18.51%	703	126	829	704
神流町	134.6	9.94%	1,364	485	1,849	1,349
下仁田町	423.9	4.97%	1,990	379	2,370	3,848
南牧村	121.1	11.22%	1,040	236	1,275	1,279
甘楽町	310.9	8.25%	1,596	256	1,852	5,031
中之条町	693.1	9.25%	4,142	1,836	5,978	7,774
長野原町	370.4	13.14%	2,257	1,013	3,270	4,958
嬭恋村	496.4	8.09%	2,474	960	3,434	5,719
草津町	176.7	13.12%	653	237	891	4,666
高山村	109.9	15.01%	1,030	258	1,288	1,460
東吾妻町	555.8	10.03%	2,931	1,458	4,389	6,419
片品村	318.3	6.12%	1,381	428	1,809	2,336
川場村	91.5	5.37%	794	151	945	1,318
昭和村	115.5	3.17%	1,221	338	1,559	1,689
みなかみ町	849.3	12.40%	4,818	1,187	6,004	9,669
玉村町	582.0	10.31%	2,148	649	2,797	13,360
板倉町	323.8	16.19%	1,630	696	2,326	4,520
明和町	216.1	7.60%	1,042	278	1,321	3,679
千代田町	262.4	10.64%	1,272	343	1,615	4,297
大泉町	710.5	8.90%	2,710	1,373	4,083	16,115
邑楽町	592.0	8.35%	2,210	919	3,129	9,982
合計	38330.7	12.59%	173,279	60,517	233,796	736,864

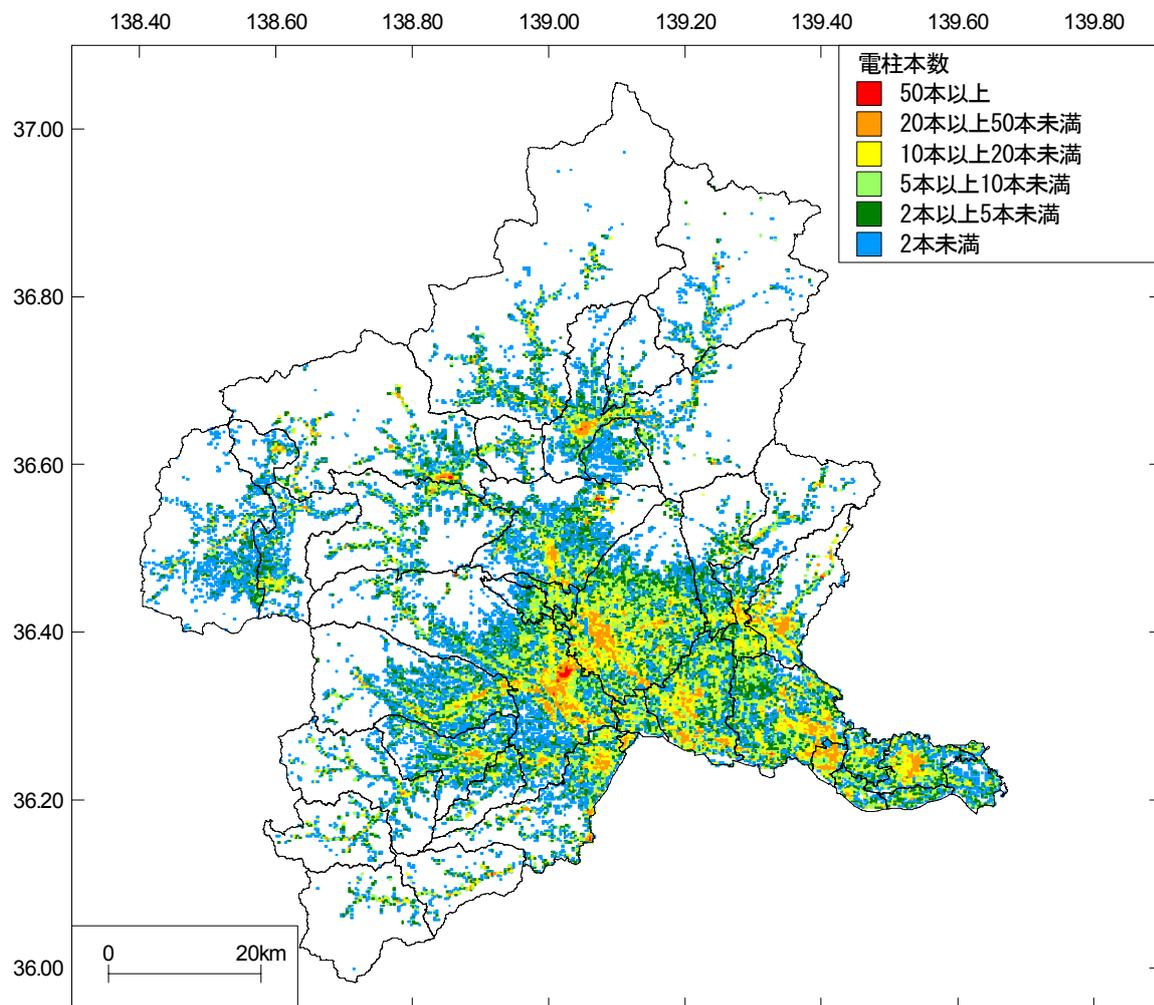


図 11.6.2-1 250mメッシュ別電話電柱本数

11. における参考文献

- 1) 東京都(2006)：首都直下地震による東京の被害想定（最終報告），東京都総務局，平成 18 年 3 月.
- 2) 日本水道協会(1998)：地震による水道管路の被害予測，社団法人日本水道協会.
- 3) 川上英二(1996)：道路交通システムの形状と連結確率との関係，第 1 回都市直下地震災害総合シンポジウム，169-172.
- 4) 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>.
- 5) 群馬県(2011)：第 57 回群馬県統計年鑑（平成 23 年刊行），
<http://toukei.pref.gunma.jp/nenkan/h23/index.html#14>.
- 6) 国土交通省(2005)：大規模地震による下水道被害想定検討委員会（第 1 回）資料，国土交通省.
- 7) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(1997)：阪神・淡路大震災調査報告 ライフライン施設の被害と復旧.
- 8) 群馬県県土整備部下水環境課(2012)：汚水処理人口普及状況調査（平成 22 年度末），
<http://www.pref.gunma.jp/06/h6610008.html>.
- 9) 関沢 愛・座間信作・細川直史・畑山 健・新井場公德・久保田勝明・鄭 炳表・遠藤 真・胡 哲(2003)：地方自治体の災害対策本部における応急対応支援システムの開発、新大都市大震災軽減化特別プロジェクト H14 年度成果報告書Ⅳ耐震研究の地震防災への反映.
- 10) 東京都(1997)：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書（被害想定手法編），東京都.
- 11) 千葉県(2008)：平成 19 年度千葉県地震被害想定調査報告書，2008 年 3 月.

12. 土木構造物被害予測

ため池堤防について、地震動及び液状化予測結果を用いて、ため池堤防における液状化による沈下量を求め、被害を予測した。

12.1 ため池被害予測

12.1.1 ため池被害予測手法

ため池に関しては、ため池堤防の被害について以下の手法によって検討した。

- ① Ishihara&Yoshimine(1992)による液状化による体積圧縮ひずみと F_L 値の関係図(図 12.1-1)を用いた。
- ② さらに図 12.1-2 に一例を示す Ishihara & Yoshimine(1992)による 1964 年新潟地震での新潟市川岸町付近の 6 地点の沈下量検討結果から、 P_L 値を算定した。
- ③ 図 12.1-3 に示すように、液状化による体積圧縮ひずみから算定した地盤の沈下量とこの P_L 値の関係を検討した。図 12.1-3 は 6 地点の最大沈下量=51cm で基準化した図である。
- ④ 図 12.1-4 に示すように、一般に地震による堤防の沈下は、液状化による浮力が働くため、最大 $0.75H$ (H は堤防の高さ) といわれている。
- ⑤ この $0.75H$ を最大沈下量として、図 12.1-3 の関係を基に、 P_L 値と堤防沈下量の関係を表 12.1-1 のようにとりまとめた。
- ⑥ ため池堤防の被害予測では、この表 12.1-1 の関係を基に、堤防高さを使用して地震後の堤防沈下量の検討を行った。

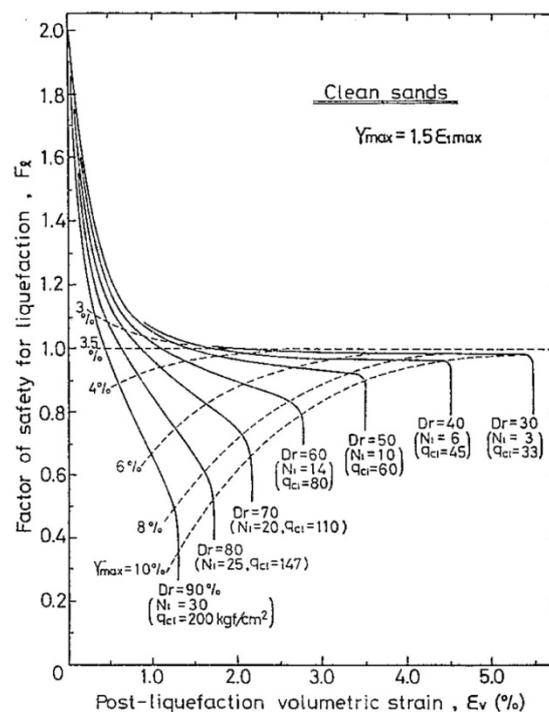


図 12.1-1 Ishihara & Yoshimine(1992)による F_L 値と体積圧縮ひずみの関係

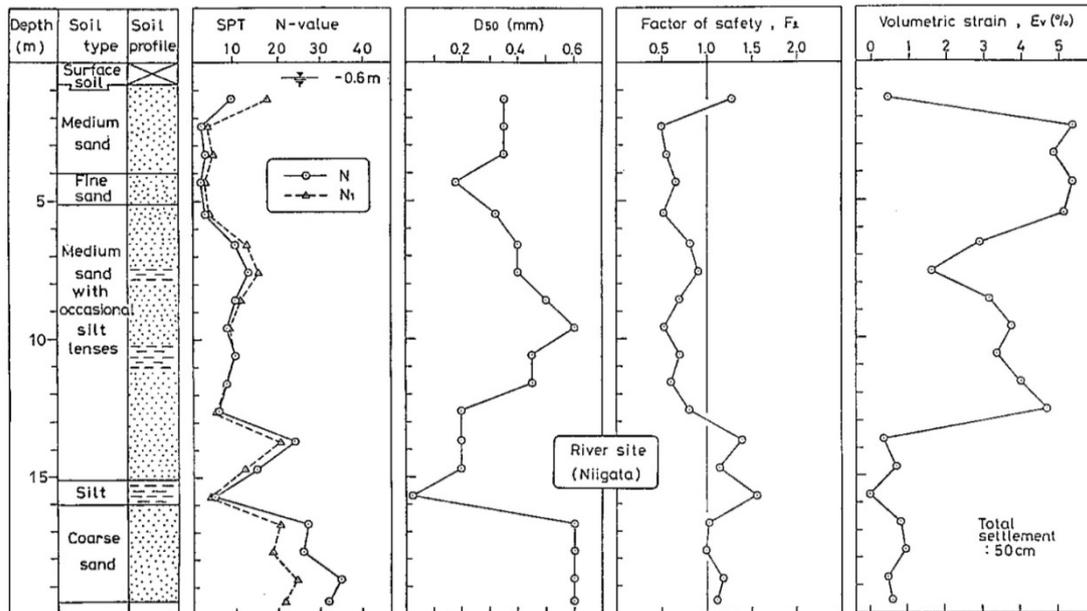


図 12.1-2 Ishihara & Yoshimine(1992)による新潟地区の土性図と解析した沈下量

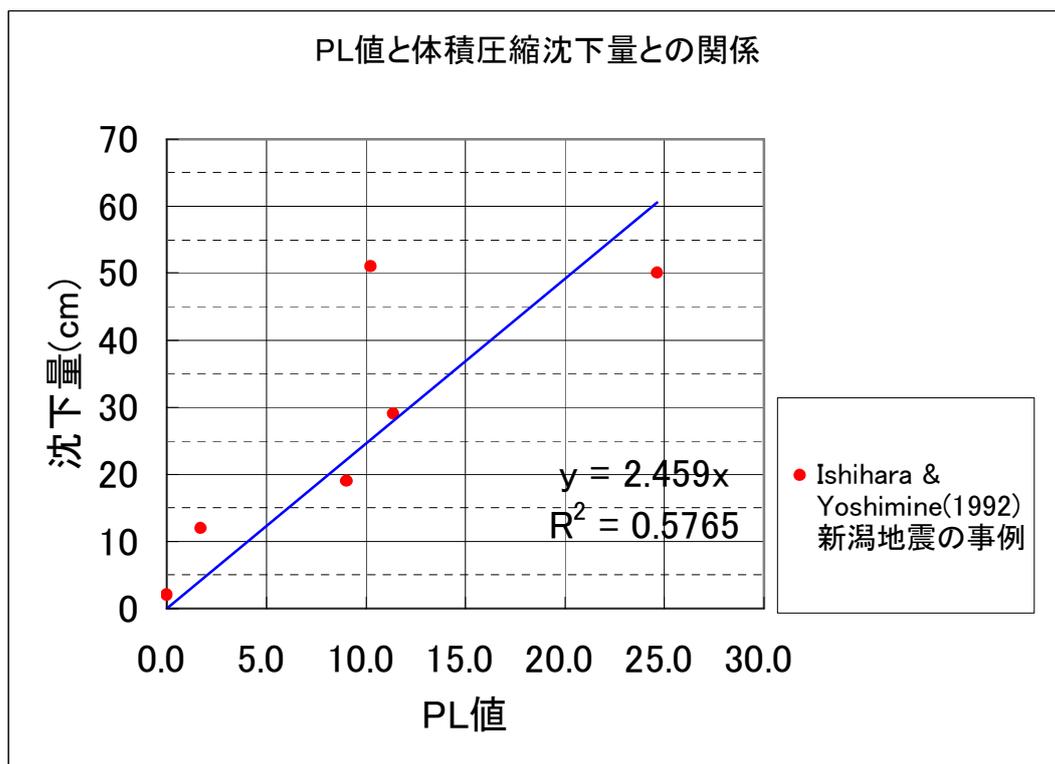


図 12.1-3 PL 値と液状化による体積圧縮ひずみ沈下量比の関係

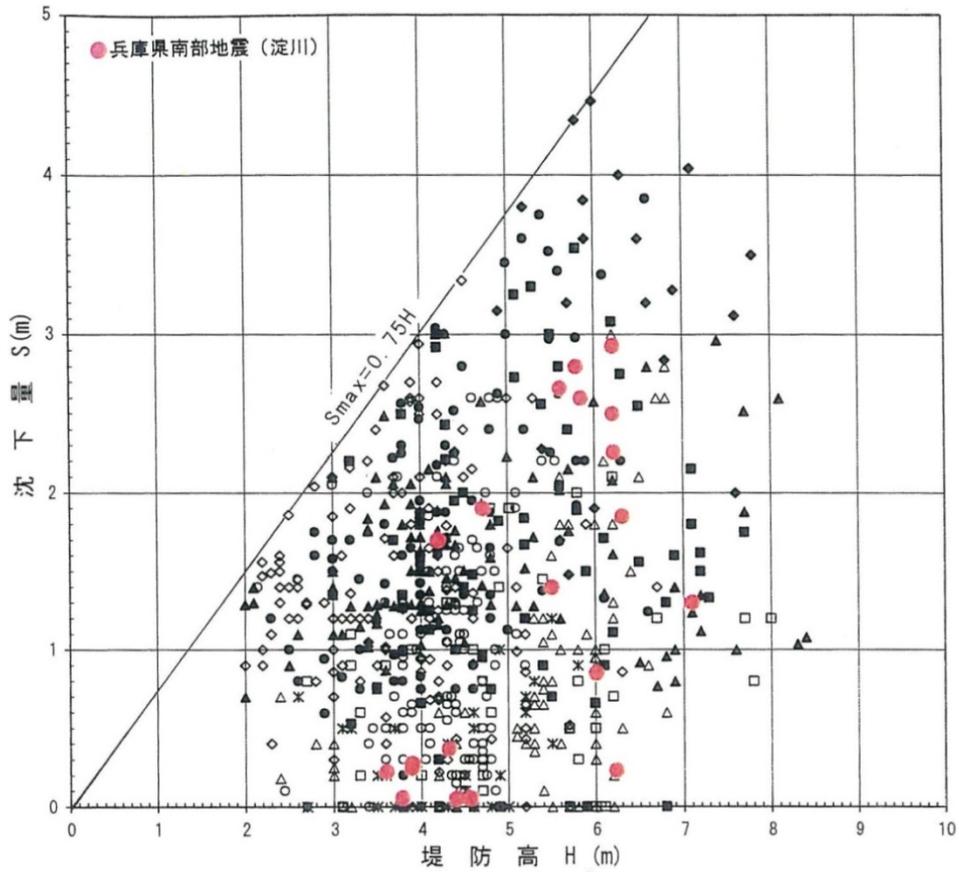


図 12.1-4 既往の地震による堤防の沈下量と堤防高さの関係
 (国土技術研究センター(2002)：河川堤防の構造検討の手引き
 図中の各種プロット点は被害地震ごとの区別を示す)

表 12.1-1 P_L 値と堤防沈下量の目安

PL 値	沈下量の目安 (H(m)は堤防の高 さ)	被害程度の目安
$0 \leq PL \leq 5$	0.0H	堤防沈下は生じないと考えられる
$5 < PL \leq 15$	0.25H	小規模な堤防沈下が生じると考えられる
$15 < PL \leq 20$	0.50H	中規模な堤防沈下が生じると考えられる
$20 < PL$	0.75H	詳細検討が必要であると考えられる

(注：図 12.1-3 と図 12.1-4 より設定した)

図 12.1-5 に対象とするため池の分布図を示す。

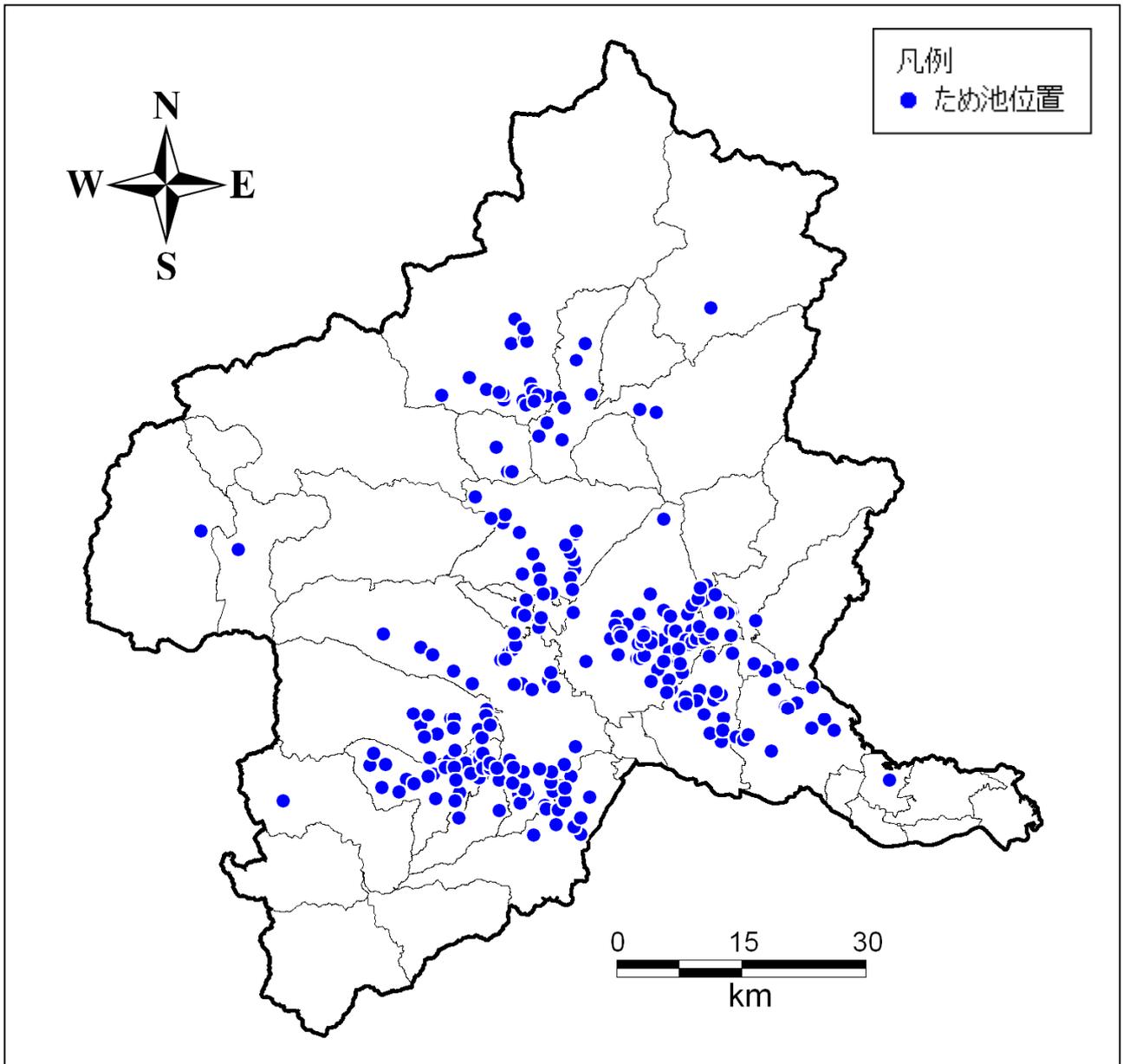


図 12.1-5 ため池位置分布図

12. における参考文献

- 1) Ishihara, K. and Yoshimine, M.(1992) : Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Earthquakes, Soils and Foundations, Vol.32, No.1, pp.173-188.
- 2) 国土技術研究センター(2002) : 国土技術研究センター 河川堤防の構造検討の手引き.

13. 避難者数の予測

13.1 避難者数の予測

地震時には建物被害等により多数の避難者が想定される。阪神・淡路大震災の際、兵庫県では30万人以上の方が避難所に避難し、生活必需品、医療・衛生の不足等が課題となった（兵庫県, 1996）。そのため、震災時には適切な避難所の開設・運営や生活必需品等の備蓄物資の確保、良好な衛生状態を保つことなどが必要となる。ここでは、避難に関わる基本指標となる避難者数を算出した。気象条件は冬18時（風速9m/秒）とした。

避難者数は、自宅建物の被災、断水の2つの要因別に算出した（表13.1-1参照）。また、避難者数は地震発生後の経過時間により推移するが、ここでは発災直後、1日後、2日後、4日後、1ヶ月後を対象とした。

○前提条件

- ・自宅建物被災による避難率は、室崎・流郷(1996)による神戸市震度7以上地域の住民アンケート結果を基に、全壊で100%、半壊で50.3%とした。
- ・断水による避難率は、東京都(2006)のアンケート結果を基に設定したライフライン被害による避難率を適用し、45.4%とした。
- ・対象者は群馬県民とし、夜間人口を基に算定した。

表 13.1-1 想定した時期別避難要因（○想定対象、×想定対象外）

避難の要因	発災直後	1日後	2日後	4日後	1ヶ月後
自宅建物の被災	○	○	○	○	○
断水	×	○	○	○	○

○予測手法

以下の推定式を用いて避難者数を予測した。

$$\text{避難者数} = \text{建物被害による避難者数} + \text{断水による避難者数}$$

$$\begin{aligned} \text{建物被害による避難者数} &= \text{全壊・焼失人口} \times \text{全壊・焼失による避難率} \\ &+ \text{半壊人口} \times \text{半壊による避難率} \end{aligned}$$

$$\text{断水による避難者数} = \text{断水人口} \times \text{断水による避難率}$$

$$\text{ここで、断水人口} = \text{建物被害なし人口} \times \text{断水率}$$

13.2 避難者（乳幼児及び高齢者）数の予測

避難者のうち、乳幼児（0～6歳）及び高齢者（65歳～）について、避難者数の内数として予測を行う。なお、高齢者については単身及び配偶者有りを区別し予測を行う。乳幼児及び高齢者の人数の予測について以下の手法によって検討した。

- ① 平成22年国勢調査をもとに、市町村別の乳幼児及び高齢者（単身、配偶者有り別）の人口比率を得る。
- ② 市町村別の全避難者数（直後、1日後、2日後、4日後、1ヵ月後）に、①で得られた乳幼児及び高齢者（単身、配偶者有り）の人口比率を掛けることにより、全避難者数のうちの乳幼児及び高齢者（単身、配偶者有り）の人数を予測する。

13.3 避難者（災害時要援護者）数の予測

災害時要援護者については、群馬県の健康福祉統計年報（平成24年刊）より、要介護度3以上の人数、身体障害2級以上の人数及び知的障害重度Aの人数（在宅・施設入所者を含めた人数）について、避難者数の内数として予測を行う。

災害時要援護者の予測について以下の手法によって検討した。

- ① 平成22年国勢調査をもとに、市町村別の要介護度3以上の人数、身体障害2級以上の人数及び知的障害重度Aの人数の人口比率を得る。
- ② 市町村別の全避難者数（直後、1日後、2日後、4日後、1ヵ月後）に、①で得られた要介護度3以上の人数、身体障害2級以上の人数及び知的障害重度Aの人数の人口比率を掛けることにより、全避難者数のうちの要介護度3以上の人数、身体障害2級以上の人数及び知的障害重度Aの人数を予測する。

13. における参考文献

- 1) 兵庫県知事公室消防防災課(1999)：阪神・淡路大震災－兵庫県の1年の記録。
- 2) 室崎益輝・流郷博史(1996)：阪神淡路大震災における市民の初期対応行動に関する研究, 1996年地域安全学会論文報告集, 205-212.
- 3) 総務省統計局(2010)：平成22年国勢調査, 総務省統計局, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/index.htm>.
- 4) 群馬県健康福祉部健康福祉課(2012)：健康福祉統計年報 平成24年刊。

14. 帰宅困難者数の予測

震災時には、鉄道等の交通網の支障により、通学・通勤等の滞在先から自宅まで帰宅することが困難となる帰宅困難者の発生が予想される。帰宅困難者が発生した場合、帰宅困難者自身の安全の問題や、多数の徒歩帰宅者による緊急路を含む道路渋滞等の問題が予想され、帰宅不能の場合には交通機関の復旧までの避難場所の確保等が必要となる。ここでは、帰宅困難者対策の基本指標として、帰宅困難者数を算出した。

なお、帰宅困難者の定義は、群馬県民が県内の他市町村へ通勤・通学等で外出し、滞在先で地震が発生したために自宅に戻れずに外出先に滞留する人とした。

○前提条件

帰宅困難者としては、車などによる通勤・通学の従事者・通学者も考えられるが、地震後における道路の通行支障を定量的に予測することは困難であるため、この場合、交通手段は問わず、鉄道の機能障害により帰宅することができない人を、以下の条件で算定した。

- ・平成 17 年国勢調査による、群馬県内に通勤・通学する従業者、通学者(15 歳未満含む)数を基にする。
- ・帰宅困難者は、鉄道が点検等のため停止する地域を不通エリアとし、不通エリアの市町村への外出者数及び東京都(1997)による距離別帰宅困難率により評価する。
- ・鉄道の不通エリアについて、震度 5 強以上を通過する路線は被害の有無に関わらず、点検等により停止するものとする。
- ・鉄道不通エリアは市町村ごとに平均震度によって設定し、自宅または外出先が鉄道不通エリアの場合、交通手段は徒歩のみと仮定し、帰宅困難者数と徒歩帰宅者数を算定する。

○予測手法

以下の推定式で帰宅困難者数を予測した。

$$\text{帰宅困難割合} = \begin{cases} 0 & (\text{距離} < 10\text{km}) \\ (\text{距離}(\text{km}) - 10) / 10 & (10\text{km} \leq \text{距離} < 20\text{km}) \\ 1 & (20\text{km} \leq \text{距離}) \end{cases}$$

距離は、各市町村の市役所・町村役場間の直線距離を使用した。

15. 直接経済被害予測

建物被害、ライフライン被害及び交通被害の被害額を予測する。

15.1 予測方法

15.1.1 建物被害による被害額

建物被害に関しては、建物躯体（=復旧費）、家財、償却資産及び在庫資産について算定する。

○建物躯体

次式により推定する。1棟あたりの平均床面積は資産課税データにより市町村別に設定し、1m²あたり復旧単価については、表15.1.1-1に示した値を用いた。

$$\text{被害額} = (\text{全壊棟数} \times 0.75 + \text{半壊棟数} \times 0.35 + \text{焼失棟数} \times 1.00) \\ \times 1 \text{棟あたり平均床面積} \times 1\text{m}^2 \text{あたり復旧単価}$$

表 15.1.1-1 1m²あたり復旧単価

	木造住宅	非木造建物
工事費単価	152,452 円/m ²	135,211 円/m ²
解体・撤去・整地	18,485 円/m ²	24,242 円/m ²
合計	170,937 円/m ²	159,453 円/m ²

注：工事費単価は「建築統計年報 平成23年度版」による群馬県の統計値より設定した。

：解体・撤去・整地費用は首都圏の平均的な単価（木造：61,000 円/坪、非木造：80,000 円/坪）（千葉県,2008）を使用する。

○家財

家財については、被災世帯数をもとに以下の方法で算定する。

なお、1世帯あたり所有家財購入額については、群馬県の平均年齢が約45歳程度であることから、表15.1.1-2に示す家財評価表において「45歳前後」の値をもとに、平成22年国勢調査における群馬県の世帯人員別世帯数の重みで推計した。

$$\text{被災世帯数} = \text{全壊世帯数} \times 0.75 + \text{半壊世帯数} \times 0.35 + \text{焼失世帯数} \times 1.00$$

$$\text{被害額} = \text{被災世帯数} \times 1 \text{世帯あたり所有家財購入額} (=1218.79 \text{万円})$$

表 15.1.1-2 家財評価表（単位：万円）（千葉県,2008）

家族構成		2名		3名		4名			5名			
内訳	夫婦	夫婦のみ	夫婦									
	18歳未満			小人1	-	小人2	小人1	-	小人3	小人2	小人1	-
18歳以上			-	大人1	-	大人1	大人2	-	大人1	大人2	大人3	
世帯主の年齢	25歳前後	520	610	660	700	750	800	790	840	890	940	300
	30歳前後	720	810	860	900	950	1000	990	1040	1090	1140	
	35歳前後	1020	1110	1160	1200	1250	1300	1290	1340	1390	1440	
	40歳前後	1250	1340	1390	1430	1480	1530	1520	1570	1620	1670	
	45歳前後	1420	1520	1530	1600	1650	1700	1690	1740	1790	1840	
	50歳前後	1500	1590	1640	1680	1730	1780	1770	1820	1870	1920	

○償却資産及び在庫資産

償却資産及び在庫資産の被害額については、被災従業者数をもとに次式により算定する。なお、従業者1人当たり償却資産評価額及び在庫資産評価額は、表15.1-2に示す業種別の従業者1人当たり資産価値評価額及び在庫資産評価額と表15.1-3に示す群馬県内の業種別従業者数の重みから平均的な値（償却資産評価額：3,930千円，在庫資産評価額：2,526千円）を設定した。

償却資産・在庫資産の被害額＝被災従業者数×従業者1人当たり償却資産評価額及び在庫資産評価

ここで、

被災従業者数＝全壊建物の従業者数×0.75＋半壊建物の従業者数×0.35＋焼失建物の従業者数×1.00

表 15.1-2 従業者1人当たり業種別資産価値評価額及び在庫資産評価額(千葉県, 2008)

業種	償却資産 (千円)	在庫資産 (千円)
建設	1,390	4,169
製造	4,350	5,071
運輸通信	7,627	658
卸小売	2,176	2,727
金融保険	3,667	465
不動産	19,893	12,093
サービス	3,667	465

表 15.1-3 群馬県内の業種別従業者数（平成21年度経済センサス基礎調査）

業種	従業者数
建設	69,757
製造	229,089
運輸・通信	64,180
卸売・小売	191,206
金融保険	21,528
不動産	17,502
サービス	358,682
合計	951,944

15.1.2 ライフライン被害による被害額

ライフラインの被害額の算定にあたっては、阪神淡路大震災の被害量と復旧費用に関する事例のうち公表されているものについては、これを参考として算定する。

また、公表されていないものについては、中央防災会議(2004)の手法に基づき算定する。

○電力被害による被害額

電力については、停電戸数及び被害電柱に関する被害想定結果から阪神淡路大震災の事例をもとに算定する。

なお、配電設備に関しては、電柱 1 本当たりの工事費単価 (300,000 円/本) を使用し、その他の配電設備の被害額に関しては、阪神淡路大震災の停電戸数あたり配電設備被害額から電柱工事費を差し引いた額とする。

その他の電力設備に関しては、阪神淡路大震災の停電戸数あたりの被害額を原単位として算定する。

表 15.1.2-1 電力設備の被害額算定に使用する原単位

内容	原単位	単位
電柱	30.00	万円/本
その他配電設備	3.56	万円/停電1戸
その他電力設備	5.00	万円/停電1戸

注：阪神淡路大震災の事例より算定

○ガス被害による被害額

都市ガス及びLPガスに関しては、ガス供給停止戸数に関する想定数をもとに、阪神淡路大震災の停電戸数当たり復旧額 (22 万円/停電1戸当たり) を原単位として算定する。

○上水道被害による被害額

上水道についても断水世帯数に関する想定数をもとに、阪神淡路大震災の断水戸数当たり復旧額 (4.3 万円/断水1戸当たり) を原単位として算定する。

○下水道による被害額

下水道に関しては、下水道管の被害総延長に関する想定をもとに、新潟県中越沖地震における下水道管復旧額 (5.7 億円/km 当たり) を原単位として算定する。

15.1.3 交通被害による被害額

○道路

道路については、緊急輸送道路ネットワークを利用した到達圏予測のためにもとめた橋梁被害の想定結果をもとに、鶴田・日下部(2006)で示されている単価を用いて算定する(表 15.1.2-2 参照)。橋梁以外の道路被害については、今回の調査で被害量が算出されていないので含まれていない。

表 15.1.2-2 橋梁の復旧費用

被災度	復旧 (千円/1000m ²)	耐震補強 (千円/橋脚)	摘要
A	190,700	—	撤去、再構築
B	2,500	25,000	補修、橋脚補強
C	—	—	補修不要

※ 3 径間連続の高架橋(3×50m=150m、幅員 10.7m、片側 2 車線)の場合

資料：鶴田舞・日下部毅明(2006)：実用的な道路防災
事業効果評価手法の開発，土木技術資料第 48-12.

○鉄道

鉄道の被害額の算定にあたっては、鉄道橋脚に関する被害想定をもとに、新幹線は阪神淡路大震災における新幹線の橋脚の 1 箇所当たり復旧額(48.8 億円/1 橋脚)を、在来線は新幹線の橋脚の復旧額から 24.4 億円/1 橋脚として算定する。

15. における参考文献

- 1) (財)建設物価調査会(2012)：「建築統計年報 平成 23 年度版」。
- 2) 千葉県(2008)：平成 19 年度千葉県地震被害想定調査報告書。
- 3) 総務省統計局(2009)：平成 21 年経済センサス - 基礎調査，
<http://www.stat.go.jp/data/e-census/2009/index.htm>。
- 4) 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>。
- 5) 鶴田 舞・日下部毅明(2006)：実用的な道路防災事業効果評価手法の開発，土木技術資料 48-12。

16. その他の被害予測

16.1 「孤立の可能性のある集落」における孤立危険性予測

内閣府の調査結果（H22年度）によると、地震等に伴う道路の法面崩壊などでアクセス道路が寸断され、孤立する可能性のある集落数は、群馬県全体で631集落あり、沼田市、渋川市、みなかみ町では50集落を越える。（表16.1-1）

今回の地震被害想定調査では、内閣府の調査結果により孤立の可能性があるとされた集落（631）と「6. 土砂災害予測」で予測した急傾斜地崩壊危険箇所及び山腹崩壊危険地区の地震時における斜面被害の相対的な危険度ランク（A～C）を重ね合わせて集落が孤立する危険性を予測した。

3つの想定地震それぞれで予測された、相対的に危険度が高い地震時危険度ランクAの分布と、孤立の可能性のある集落の分布が近い場合は、その集落が孤立する危険性が高いと予測される。

なお、より詳細な危険度予測については、今後十分に分析・検討する必要がある。

表 16.1-1 孤立する可能性のある集落数の集計

市町村名	孤立 集落数	市町村名	孤立 集落数
前橋市	3	甘楽町	8
高崎市	36	中之条町	44
桐生市	24	長野原町	45
伊勢崎市	0	嬭恋村	27
太田市	0	草津町	3
沼田市	57	高山村	9
館林市	0	東吾妻町	19
渋川市	51	片品村	28
藤岡市	42	川場村	7
富岡市	40	昭和村	9
安中市	8	みなかみ町	59
みどり市	33	玉村町	0
榛東村	0	板倉町	0
吉岡町	0	明和町	0
上野村	9	千代田町	0
神流町	32	大泉町	0
下仁田町	18	邑楽町	0
南牧村	20	計	631

16.2 文化財の被災可能性予測

震度6強以上の250mメッシュまたは建物の焼失がある250mメッシュに存在する国指定及び県指定重要文化財・民俗文化財を抽出した。

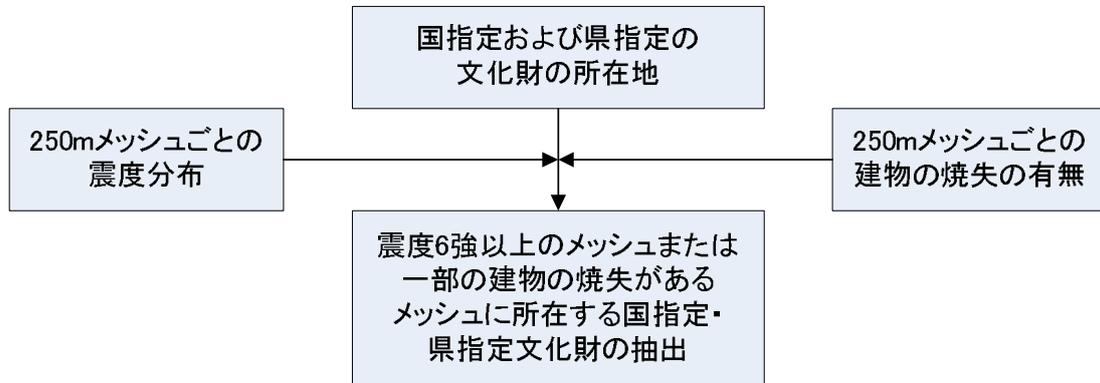


図 16.2-1 文化財の被害予測手法の流れ

(中央防災会議(2008): 中部圏・近畿圏の内陸地震に係わる被害想定結果について～文化遺産の被災可能性～ 中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門調査会」(第33回) 平成20年2月26日)

<留意事項>

- 揺れによる被災可能性については、推計した震度分布で震度6強以上となると推定される250mメッシュに所在する文化財を抽出しているもので、個々の文化財が地震により倒壊することを意味しているわけではない。
- 火災による被災可能性については、火災シミュレーションで焼失棟数分布を推計した結果と重ね合わせ、当該地震で発生する火災によって一般の建物の焼失があると予測されるメッシュに所在する文化財を抽出しているもので、個々の文化財が火災により焼失することを意味しているわけではない。

16.3 震災廃棄物の予測

震災廃棄物として、建物被害による躯体残骸物（住宅・建築物等の瓦礫）の発生量を予測した。

○予測手法

中央防災会議(2004)をもとに、以下の式を用いて震災廃棄物の予測を行った。

$$\begin{aligned} \text{震災廃棄物発生量} &= \text{被害を受けた建物の総床面積} \times \text{面積あたり瓦礫重量} \\ &= (\text{全壊・焼失棟数} + \text{半壊棟数}/2) \times 1 \text{棟あたり床面積} \times \text{面積あたり瓦礫重量} \end{aligned}$$

表 16.3-1 面積当たりの瓦礫重量

木造	非木造	火災による焼失
0.6 トン/m ²	1.0 トン/m ²	0.23 トン/m ²

16. における参考文献

- 1) 中央防災会議(2008)：中部圏・近畿圏の内陸地震に係わる被害想定結果について、文化遺産の被災可能性，東南海・南海地震等に関する専門調査会（第33回），平成20年2月26日。
- 2) 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>。

17. 社会機能支障の予測

17.1 物資不足量の予測

震災による交通網の機能支障により、物資の流通が遮断される可能性がある。ここでは避難者を対象として、食料、飲料水の需要量及び過不足量（＝供給量－需要量）を算定した。気象条件は冬 18 時（風速 9m/秒）とした。

供給量として、県・市町村の備蓄物資と、避難者の家庭備蓄物資を考慮した。なお、県や市町村がスーパーや飲料メーカー等の民間企業との協定等で確保する流通備蓄は考慮していない。

県の備蓄量は平成 24 年 4 月、市町村の備蓄量は平成 23 年 4 月現在のデータを用いた。県の備蓄品は備蓄倉庫が所在する市町村に配分して、予測を行った。

家庭の食料・飲料水の備蓄量については、愛知県(2003)に準拠して、群馬県(2012)で実施した県民アンケート結果から想定した。県民アンケートのうち、食料及び飲料水の備蓄に関するアンケート結果を地域別に集計し、平均を求めた結果を表 17.1-1 に示す。一部の地域では調査数が少ないが、ここで得られた地域別の平均値を各市町村における避難者に当てはめて、発災からまずは家庭備蓄量で食料・飲料水の需要量を賄い、その後、県・市町村の備蓄量を割り当てるものとした。また、アンケート結果は、実際は世帯ごとの備蓄を示すが、ここでは愛知県(2003)同様に求めた平均備蓄日数を各人の平均備蓄日数と仮定した。

表 17.1-1 地震災害に関する意識調査アンケート結果（食料・飲料水、地域別集計）

地域名		調査数	1日分	2日分	3日分	4日分	5日分	6日分	7日分(1週間)以上	用意していない	平均備蓄日数(日)	
食料 備蓄量	中部地域	人	1050	59	119	212	17	23	4	59	557	1.48
		%	100	5.7	11.3	20.2	1.6	2.2	0.4	5.7	53.0	
	西部地域	人	897	74	110	136	21	13	1	25	518	1.15
		%	100	8.2	12.2	15.2	2.3	1.4	0.1	2.8	57.8	
	吾妻地域	人	90	10	11	12	7	2	0	1	48	1.26
		%	100	11.1	11.9	13.7	7.3	2.2	0.0	0.9	53.3	
	利根沼田地域	人	134	16	15	16	1	1	0	6	80	1.08
		%	100	12.2	11.0	12.2	0.4	0.4	0.0	4.3	59.6	
	東部地域	人	865	76	127	179	13	14	1	27	428	1.37
		%	100	8.8	14.7	20.7	1.5	1.6	0.1	3.1	49.4	
飲料水 備蓄量	中部地域	人	1050	106	147	152	34	36	13	97	466	1.84
		%	100	10.1	14.0	14.5	3.3	3.4	1.2	9.3	44.3	
	西部地域	人	897	108	118	136	30	12	12	51	431	1.52
		%	100	12.1	13.1	15.1	3.3	1.3	1.4	5.6	48.0	
	吾妻地域	人	90	20	1	7	1	0	0	2	60	0.68
		%	100	21.9	1.0	7.7	1.1	0.0	0.0	2.3	65.9	
	利根沼田地域	人	134	23	14	11	2	1	0	4	79	0.93
		%	100	17.3	10.7	8.1	1.3	0.9	0.0	3.1	58.9	
	東部地域	人	865	129	142	104	21	36	3	70	360	1.73
		%	100	15.0	16.4	12.1	2.4	4.1	0.4	8.1	41.6	

※ この集計結果は、実際のアンケート結果を群馬県の人口構成比で補正したウエイトバック集計となっているため、集計した人数は小数点以下第 1 位で、割合(%)は小数点以下第 2 位で四捨五入している。そのため、合計が合わないことがある。

※ 平均備蓄日数は、7 日分（1 週間）以上は 7 日分として計算した。

※ 各地域に属する市町村は、群馬県(2012)の巻末資料 2 を参照。

(1) 食料過不足量

発災後3日後までの食料需要量を、避難者数を基に算定した。当初は避難者の家庭備蓄食料で賄い、その後県・市町村の備蓄食料を供給すると仮定した。

阪神・淡路大震災の事例より、避難所で配布された食料は避難所生活者の1.2倍（愛知県、2003）であったが、家庭備蓄食料で賄う期間（表17.1-1で示す平均備蓄日数の間）は避難所に来ていない人も同様に家庭備蓄食料で賄うとしてこれを当てはめず、県・市町村の備蓄食料を供給する段階で考慮するとした。

食料需要量については、1人当たり1日3食が必要量、として算定した。

県・市町村の備蓄食料のうち、米（アルファ米）は1食100g、缶詰主食は1食1缶とし、缶詰副食はカウントしていない。

なお、避難者数（建物被害による避難者数＋断水による避難者数）を直後、発災後1日後、2日後、4日後、1ヶ月後で予測しているため、発災後3日目の避難者数は2日後の避難者数を用いた。

$$\text{食料過不足量} = (\text{避難者の家庭備蓄量} + \text{県・市町村備蓄量}) - \text{食料需要量} \\ \text{----- (式 17.1-1)}$$

$$\text{食料需要量} = \text{その日の避難者数} \times 3 \quad (\text{家庭備蓄量で賄う期間}) \\ \text{----- (式 17.1-2)}$$

$$= \text{その日の避難者数} \times 1.2 \times 3 \quad (\text{県・市町村備蓄量の供給期間}) \\ \text{----- (式 17.1-3)}$$

「避難者の家庭備蓄量」は、表17.1-1より食料の平均備蓄日数が1～2日の間であることから、以下の式で表される。

避難者の家庭備蓄量

$$= (\text{1日目の避難者数} \times 3) + (\text{2日目の避難者数} \times 3 \times (\text{平均備蓄日数} - 1))$$

表17.1-1に示す通り、各地域ごとの平均備蓄日数は小数（例1.48日）で表現されているため、各地域（に属する市町村）ごとに、1日の途中（例1.48日の場合は2日目）で家庭備蓄量を消費し尽した場合、残りの時間分（例0.52日分）から県・市町村備蓄量を消費するとして算定した。

例として、平均備蓄日数が1.48日の場合、1～3日目の食料需要量は、以下の様に計算される。

$$\text{1日目の食料需要量} = (\text{家庭備蓄量で賄う分}) = \text{1日目の避難者数} \times 3$$

$$\text{2日目の食料需要量} = (\text{家庭備蓄量で賄う分}) + (\text{県・市町村備蓄量で賄う分}) \\ = (\text{2日目の避難者数} \times 3 \times 0.48) + (\text{2日目の避難者数} \times 3 \times 1.2 \times 0.52)$$

$$\text{3日目の食料需要量} = (\text{県・市町村備蓄量で賄う分}) = \text{3日目の避難者数} \times 3 \times 1.2$$

(2) 飲料水過不足量

発災後3日後までの給水需要量を、断水人口(=断水世帯数×平均世帯人員数)を対象として算定した。当初(表17.1-1で示す平均備蓄日数の間)は断水人口の家庭備蓄飲料水で賄い、その後県・市町村の備蓄飲料水を供給すると仮定した。

県・市町村の備蓄飲料水を供給する際の需要量を、1人1日当たり1.5リットルが必要量として算定した(大規模災害時における有限な備蓄品の配分を考慮した最低量)。ただし、家庭備蓄飲料水で賄う間は、1人1日当たり3リットルとした。なお、発災後3日目の断水人口は、食料過不足量の場合と同様2日後と同じと仮定した。また、備蓄量については、缶詰、ペットボトル等による飲料水のみを対象とし、浄水装置等の効果については考慮していない。

飲料水過不足量

$$= (\text{断水人口の家庭備蓄量} + \text{県・市町村備蓄量}) - \text{飲料水需要量} \\ (\text{家庭備蓄飲料水で賄う期間}) \text{ ----- (式 17.1-4)}$$

その日の飲料水過不足量

$$= \text{前日の飲料水過不足量} - \text{その日の飲料水需要量} \\ (\text{県・市町村備蓄飲料水の供給期間}) \text{ ----- (式 17.1-5)}$$

「断水人口の家庭備蓄量」は、本来1人1日当たり3リットルだが、便宜上県・市町村備蓄量とすり合わせるため1人1日当たり1.5リットルと換算した。その場合、「断水人口の家庭備蓄量」は、以下の式で表される。

断水人口の家庭備蓄量

$$= (1 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5) + (2 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5 \times (\text{平均備蓄日数} - 1)) \\ (\text{平均備蓄日数が 1} \sim 2 \text{ 日の間の場合}) \\ = 1 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5 \times \text{平均備蓄日数} \\ (\text{平均備蓄日数が 1 日未満の場合})$$

表17.1-1に示す通り、各地域ごとの平均備蓄日数は小数で表現されているため、各地域(に属する市町村)ごとに、1日の途中で家庭備蓄量を消費し尽した場合、残りの時間分から県・市町村備蓄量を消費するとして算定した。

例として、平均備蓄日数が0.93日の場合、1~2日目の飲料水需要量は、以下の様に計算され、結果的に式17.1-6になる。

$$1 \text{ 日目の飲料水需要量} = (\text{家庭備蓄量で賄う分}) + (\text{県・市町村備蓄量で賄う分}) \\ = (1 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5 \times 0.93) + (1 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5 \times (1 - 0.93)) \\ = 1 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5$$

$$2 \text{ 日目の飲料水需要量} = (\text{県・市町村備蓄量で賄う分}) = 2 \text{ 日目の断水人口} \times 1.5$$

$$\text{その日の飲料水需要量} = \text{その日の断水人口} \times 1.5 \text{ ----- (式 17.1-6)}$$

断水人口を求めるために用いている市町村別の平均世帯人員数は、平成22年国勢調査結果から求めている。表17.1-2～表17.1-4に3つの地震それぞれにおける断水人口（＝断水世帯数×平均世帯人員数）を示す。（避難者数の予測の際に出てくる「断水人口」は、建物被害がない人口のみを対象としているが、この場合は建物被害の有無にかかわらず断水を被る人口となっている。）

表 17.1-2 飲料水過不足量算出の対象となる断水人口（関東平野北西縁断層帯主部）

市町村名	平均世帯人員数	関東平野北西縁断層帯主部			
		断水世帯数		断水人口	
		1日後	2日後	1日後	2日後
前橋市	2.5524	36,764.3	35,275.7	93,837.2	90,037.7
高崎市	2.5239	98,805.9	97,442.9	249,373.5	245,933.4
桐生市	2.6068	7,343.2	6,963.6	19,141.9	18,152.4
伊勢崎市	2.7078	46,391.3	45,580.0	125,619.1	123,422.2
太田市	2.6581	30,603.7	29,610.9	81,346.7	78,707.8
沼田市	2.6773	438.3	405.2	1,173.5	1,084.8
館林市	2.6574	15,873.0	15,526.3	42,180.6	41,259.3
渋川市	2.8450	1,470.1	1,370.8	4,182.4	3,899.9
藤岡市	2.7976	10,860.0	10,567.3	30,381.5	29,562.6
富岡市	2.8458	7,204.5	6,978.1	20,502.7	19,858.4
安中市	2.7532	15,452.8	15,259.9	42,544.7	42,013.6
みどり市	2.8304	714.6	664.4	2,022.6	1,880.5
榛東村	3.1010	681.9	645.8	2,114.6	2,002.6
吉岡町	3.0323	1,003.6	951.2	3,043.2	2,884.3
上野村	2.1340	1.3	1.2	2.8	2.6
神流町	2.2659	65.6	61.4	148.6	139.1
下仁田町	2.6873	357.9	337.2	961.8	906.1
南牧村	2.2270	15.8	14.6	35.2	32.5
甘楽町	3.0623	2,122.1	2,068.6	6,498.5	6,334.7
中之条町	2.7567	912.6	863.5	2,515.7	2,380.4
長野原町	2.6218	74.3	68.9	194.8	180.6
嬭恋村	2.7891	6.6	6.0	18.4	16.7
草津町	2.0610	56.9	52.4	117.3	108.0
高山村	3.3172	55.7	51.9	184.8	172.2
東吾妻町	2.8306	1,686.2	1,623.5	4,772.9	4,595.5
片品村	2.9243	0.0	0.0	0.0	0.0
川場村	4.0021	35.6	33.2	142.5	132.9
昭和村	3.1371	147.6	138.0	463.0	432.9
みなかみ町	2.7143	582.2	545.7	1,580.2	1,481.2
玉村町	2.7088	9,599.9	9,476.5	26,004.3	25,670.1
板倉町	3.0622	3,495.7	3,449.2	10,704.5	10,562.1
明和町	3.0327	3,244.2	3,231.8	9,838.8	9,801.2
千代田町	3.0850	3,236.8	3,225.7	9,985.4	9,951.2
大泉町	2.4251	12,605.7	12,492.8	30,570.3	30,296.5
邑楽町	2.9386	6,239.5	6,158.2	18,335.1	18,096.2
合計	2.6570	318,149.4	311,142.4	840,539.2	821,992.3

表 17.1-3 飲料水過不足量算出の対象となる断水人口（太田断層）

市町村名	平均世帯 人員数	太田断層			
		断水世帯数		断水人口	
		1日後	2日後	1日後	2日後
前橋市	2.5524	8,605.3	8,049.2	21,964.2	20,544.8
高崎市	2.5239	606.5	551.6	1,530.7	1,392.2
桐生市	2.6068	11,329.1	10,838.7	29,532.1	28,253.8
伊勢崎市	2.7078	49,686.1	48,939.9	134,540.8	132,520.2
太田市	2.6581	42,189.6	41,230.7	112,142.8	109,594.0
沼田市	2.6773	0.0	0.0	0.0	0.0
館林市	2.6574	4,554.0	4,316.6	12,101.7	11,470.9
渋川市	2.8450	10.1	9.0	28.7	25.6
藤岡市	2.7976	65.0	58.9	181.8	164.8
富岡市	2.8458	0.0	0.0	0.0	0.0
安中市	2.7532	0.0	0.0	0.0	0.0
みどり市	2.8304	1,645.9	1,546.6	4,658.6	4,377.6
榛東村	3.1010	0.8	0.7	2.5	2.2
吉岡町	3.0323	0.4	0.4	1.2	1.2
上野村	2.1340	0.0	0.0	0.0	0.0
神流町	2.2659	0.0	0.0	0.0	0.0
下仁田町	2.6873	0.0	0.0	0.0	0.0
南牧村	2.2270	0.0	0.0	0.0	0.0
甘楽町	3.0623	0.0	0.0	0.0	0.0
中之条町	2.7567	0.0	0.0	0.0	0.0
長野原町	2.6218	0.0	0.0	0.0	0.0
嬭恋村	2.7891	0.0	0.0	0.0	0.0
草津町	2.0610	0.0	0.0	0.0	0.0
高山村	3.3172	0.0	0.0	0.0	0.0
東吾妻町	2.8306	0.0	0.0	0.0	0.0
片品村	2.9243	0.0	0.0	0.0	0.0
川場村	4.0021	0.0	0.0	0.0	0.0
昭和村	3.1371	0.0	0.0	0.0	0.0
みなかみ町	2.7143	0.0	0.0	0.0	0.0
玉村町	2.7088	4,781.4	4,614.0	12,951.9	12,498.5
板倉町	3.0622	262.7	245.0	804.4	750.2
明和町	3.0327	384.5	362.1	1,166.1	1,098.2
千代田町	3.0850	2,020.8	1,978.9	6,234.1	6,104.8
大泉町	2.4251	12,525.1	12,409.8	30,374.9	30,095.3
邑楽町	2.9386	4,560.8	4,451.6	13,402.2	13,081.3
合計	2.6570	143,228.1	139,603.7	381,618.8	371,975.3

表 17.1-4 飲料水過不足量算出の対象となる断水人口（片品川左岸断層）

市町村名	平均世帯 人員数	片品川左岸断層			
		断水世帯数		断水人口	
		1日後	2日後	1日後	2日後
前橋市	2.5524	0.0	0.0	0.0	0.0
高崎市	2.5239	0.0	0.0	0.0	0.0
桐生市	2.6068	0.0	0.0	0.0	0.0
伊勢崎市	2.7078	0.0	0.0	0.0	0.0
太田市	2.6581	0.0	0.0	0.0	0.0
沼田市	2.6773	0.0	0.0	0.0	0.0
館林市	2.6574	0.0	0.0	0.0	0.0
渋川市	2.8450	0.0	0.0	0.0	0.0
藤岡市	2.7976	0.0	0.0	0.0	0.0
富岡市	2.8458	0.0	0.0	0.0	0.0
安中市	2.7532	0.0	0.0	0.0	0.0
みどり市	2.8304	0.0	0.0	0.0	0.0
榛東村	3.1010	0.0	0.0	0.0	0.0
吉岡町	3.0323	0.0	0.0	0.0	0.0
上野村	2.1340	0.0	0.0	0.0	0.0
神流町	2.2659	0.0	0.0	0.0	0.0
下仁田町	2.6873	0.0	0.0	0.0	0.0
南牧村	2.2270	0.0	0.0	0.0	0.0
甘楽町	3.0623	0.0	0.0	0.0	0.0
中之条町	2.7567	0.0	0.0	0.0	0.0
長野原町	2.6218	0.0	0.0	0.0	0.0
嬭恋村	2.7891	0.0	0.0	0.0	0.0
草津町	2.0610	0.0	0.0	0.0	0.0
高山村	3.3172	0.0	0.0	0.0	0.0
東吾妻町	2.8306	0.0	0.0	0.0	0.0
片品村	2.9243	0.0	0.0	0.0	0.0
川場村	4.0021	0.0	0.0	0.0	0.0
昭和村	3.1371	0.0	0.0	0.0	0.0
みなかみ町	2.7143	0.0	0.0	0.0	0.0
玉村町	2.7088	0.0	0.0	0.0	0.0
板倉町	3.0622	0.0	0.0	0.0	0.0
明和町	3.0327	0.0	0.0	0.0	0.0
千代田町	3.0850	0.0	0.0	0.0	0.0
大泉町	2.4251	0.0	0.0	0.0	0.0
邑楽町	2.9386	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	2.6570	0.0	0.0	0.0	0.0

17.2 医療機能支障の予測

震災時には医療機関の建物や医師等の医療従事者も共に被災し、医療機能の低下が生じる可能性がある。ここでは、医療機関の物的な医療機能を対象として、建物損傷やライフラインによる支障に対する医療機能低下の評価、これに伴う要転院患者数、及び予測される患者数に対する利用可能な病床数の過不足量を算定した（愛知県、2003）。ここで、算出条件は冬 18 時（風速 9m/秒）とした。

（1）要転院患者数

災害時においては医療機関建物が被害を受け、医療機能が損なわれるために入院患者が転院を迫られる事態が想定される。

○前提条件

- ・医療機関の施設も 250m メッシュ内の他の非木造建築物と同比率で被害を受けると仮定した。
- ・ライフラインの機能低下による医療機能低下率について、断水または停電した場合、阪神・淡路大震災の事例より、神戸市での医療機関の平均被害率（約 60%）を震度 6 強以上地域でのライフラインによる医療機能低下率とみなし、神戸市以外地域での被害率（約 30%）を震度 6 弱以下地域のライフラインによる医療機能低下率とみなした。
- ・医療機関が被災しても入院患者全員を転院させる必要はないとし、約 50%の入院患者が引き続き高度な治療を受けるため他の医療機関に転院する必要があるとした。

○予測手法

要転院患者数 = 入院患者数 × (医療機関建物被害率 + ライフライン低下による医療機能低下率 - 医療機関建物被害率 × ライフライン低下による医療機能低下率) × 0.5

ここで、

医療機関建物被害率 = 非木造大破率 + 1/2 非木造中破率

ライフライン低下による医療機能低下率

= (0.6 × 震度 6 強以上比率 + 0.3 × 震度 6 弱以下比率)

× ライフライン支障率 (ライフライン支障率は断水率と停電率の大きい方)

- ・市町村ごとの入院患者数は平成 21 年度病院報告の 1 日平均在院患者数（全県）を市町村の総病床数で配分して推定した。
- ・市町村の総病床数は、病院（診療所を除く）の一般病床と療養病床の合計とした。

(2) 医療需給過不足数

災害発生時の医療機能支障を定量化するために、各市町村において地震後の対応能力がどれだけ不足するかを算定した。(愛知県, 2003)

○予測手法

緊急入院需要量 = 地震時の重篤者数 + 医療機関での死者数

医療需給過不足数(重篤) = 地震後の対応可能重篤患者数 - 緊急入院需要量
= (市町村別 ICU 病床数 × 医療機関使用可能率 × 空床率 × ライフライン低下後の医療機能率) - (地震時の重篤者数 + 医療機関での死者数)

入院需要量 = 地震時の重傷者数 + 要転院患者数

医療需給過不足数(重傷) = 地震後の対応可能重傷患者数 - 入院需要量
= (市町村別病床数 [ICU 除く] × 医療機関使用可能率 × 空床率 × ライフライン低下後の医療機能率) - (地震時の重傷者数 + 要転院患者数)

外来需要量 = 地震時の中等傷者数

医療需給過不足数(中等傷) = 地震後の受け入れ可能患者数 - 外来需要量
= (市町村別平常時外来患者数 × 医療機関使用可能率 × ライフライン低下後の医療機能率) - 地震時の中等傷者数

- ・市町村別 ICU 病床数は、群馬県による災害拠点病院の現況データを用いた。
- ・医療機関での死者数は、1995 年阪神・淡路大震災の事例から死者の 10%が医療機関で亡くなると仮定した。
- ・重篤者数は、1995 年阪神・淡路大震災の大阪大学入院患者調査により重傷者の 17%とした。
- ・空床率は、平成 22 年度病院報告の病床利用率(全県) 18.4%を用いた。
- ・市町村ごとの入院患者数は、前橋市は平成 22 年度病院報告の 1 日平均在院患者数(前橋市)の値を用いた。その他の市町村は同報告の全県の 1 日平均在院患者数から前橋市を除いた値を市町村の総病床数で配分して推定した。
- ・市町村ごとの外来患者数は、前橋市は平成 22 年度病院報告の 1 日平均外来患者数(前橋市)の値を用いた。その他の市町村は同報告の全県の 1 日平均外来患者数から前橋市を除いた値を市町村人口で配分して推定した。

17.3 住機能支障の予測

住機能支障は、震災時に自宅建物の損傷やライフライン支障等によって発生し、ライフライン復旧状況等に応じて、影響を受ける人数（世帯）や住環境が時間的に変化する。短期（発災～1ヶ月）では避難所の運営、中期（発災後約1ヶ月～約1年）では応急仮設住宅への移行、長期（発災後約1年～数年以降）では恒久住宅への移行が対策として挙げられる。

ここでは、住機能支障対策の基礎資料として発災後の時間経過から、短期・中期・長期に分け、短期では避難所収容人数との比較、中期及び長期では応急仮設住宅の需要量、各種恒久住宅への移行世帯数を算出した。また、算出条件は冬18時（風速9m/秒）とした。

（1）短期的住機能支障

避難所に避難する避難者数と避難所収容人数との比較を行った。阪神・淡路大震災の事例では、避難所への避難者と親戚等への疎開の割合がおよそ65:35であったため、本想定では親戚等への疎開を想定して、実際に避難所に避難するのは、避難者の65%とした。結果は表17.3-1に示す。

短期的住機能支障の予測結果では、全県で見た場合、避難所の収容人数に不足はないが、市町村ごとに見ると、関東平野北西縁断層帯主部による地震と太田断層による地震において、一部の市町村で1日後、4日後の避難者数が避難所収容可能人数を超えることが予測される。

（2）中期的住機能支障

発災後約1ヶ月で、避難所生活から応急仮設住宅等への生活へと推移していく。そのため、応急仮設住宅の需要量として入居する世帯数を下式によって市町村別に算定した（愛知県, 2003）。結果は表17.3-2～4に長期的住機能支障結果と併載する。

$$\text{応急仮設住宅世帯数} = \text{全壊・焼失人口} / \text{1世帯当り平均人員} \times 0.27$$

・1世帯あたり平均人員は、平成22年度国勢調査から市町村ごとに算定した。

（3）長期的住機能支障

発災後約1年～数年では、公営住宅等の恒久住宅への生活へと推移していく。長期住支障として応急仮設住宅からの移転先（公営住宅、民間賃貸住宅、持ち家購入・建替え）または自宅改修・修理世帯数を市町村別に下式で算定した（愛知県, 2003）。結果は表17.3-2～4に中期的住機能支障である応急仮設住宅世帯数の結果と併載する。

$$\text{公営住宅入居世帯数} = \text{応急仮設住宅世帯数} \times 0.64$$

$$\text{民間賃貸住宅入居世帯数} = \text{応急仮設住宅世帯数} \times 0.095$$

$$\text{持ち家購入・建替え数} = \text{応急仮設住宅世帯数} \times 0.157$$

$$\text{自宅改修・修理世帯数} = \text{応急仮設住宅世帯数} \times 0.02$$

17.4 清掃・衛生機能支障の予測

簡易トイレの備蓄量、需要量に基づく過不足量及びゴミの発生量を算定した。

(1) 簡易トイレ過不足量

市町村及び県の簡易トイレ備蓄量から需要量を差し引いて、簡易トイレ過不足量を算定した。県の備蓄量は平成24年4月の、市町村の備蓄量は平成23年4月のデータを用い、県の備蓄品は備蓄倉庫が所在する市町村に配分した。

避難所の仮設トイレ需要量は、避難者数100人に対し1個が必要量とし、簡易トイレ1個または1袋は仮設トイレ0.2個に相当すると仮定して、簡易トイレ需要量を算出した。ここで、対象となる避難者数は発災1日後の避難所に避難する避難者数を用いた。また、算出条件は冬18時（風速9m/秒）とした。

なお、県や市町村が民間企業等との協定等で確保する流通備蓄については考慮していない。

(2) ごみ発生量

発災～3ヶ月後、3ヶ月後～半年後、半年後～1年後の1ヶ月当りごみ発生量を算定した。市町村の平常時の1ヶ月当りごみ発生量は平成21年度一般廃棄物処理実態調査結果を基に算定した。

阪神・淡路大震災の事例より、震災時のごみ発生量は平常時と比べて、発災～3ヶ月後では家庭ごみ96%、粗大ごみ334%、3ヶ月後～半年後では家庭ごみ95%、粗大ごみ155%、半年後～1年後では家庭ごみ95%、粗大ごみ118%が発生するものとした（静岡県, 2001）。なお、この算定に当たり、県全域が阪神・淡路大震災の兵庫県的事例と類似した状況となることを仮定しているため、地震による区別はない。予測した被害の状況から、関東平野北西縁断層帯主部による地震と太田断層による地震の場合に相当すると考えられる。

17. における参考文献

- 1) 愛知県(2003)：愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書,愛知県防災会議地震部会.
- 2) 群馬県(2012)：群馬県地震被害想定調査 報告書 巻末資料2 地震災害に関する県民意識調査結果.
- 3) 平成21年度一般廃棄物処理実態調査結果：環境省ホームページ.
- 4) 静岡県(2001)：第3次被害想定報告書,静岡県,平成13年5月.