

千葉市地震ハザードマップ作成業務委託

報 告 書

平成20年12月

千 葉 市

目 次

第 1 章 業務概要	1
1.1 はじめに	1
1.2 業務概要	3
第 2 章 地震動の予測	8
2.1 基本的な考え方	8
2.2 想定地震	11
2.3 微地形区分図の作成.....	17
2.4 震度分布図の作成	19
第 3 章 危険度及び被害の予測.....	26
3.1 液状化危険度の予測.....	26
3.2 急傾斜地崩壊危険度の予測.....	31
3.3 建物被害の予測	36
3.4 避難者数の予測	60
第 4 章 まとめ.....	72

第 1 章 業務概要

1.1 はじめに

平成 7 年 1 月に発生した兵庫県南部地震では、地震発生から 24 時間以内に 5,500 人の犠牲者が発生した。その約 9 割は、建物の倒壊に伴う圧死・窒息死であった。こうした状況をふまえ、国や自治体では、来たるべき地震を想定した被害想定が実施されている。例えば内閣府では、直近の発生が懸念される東海地震、東南海・南海地震、首都直下型地震などの被害想定を平成 12 年度末から検討している。これらの想定結果の特徴として、兵庫県南部地震による被害を大幅に上回る結果となっていること、被災地が広域にわたることが挙げられる。今後 50 年以内の発生確率が 90%とされている東南海・南海地震では東海から四国にかけて震度 6 強以上の揺れ、及び三重県から九州の一部地域にかけて 5m 以上の津波が沿岸部を襲う。また、南関東で発生が懸念されるマグニチュード 7 級の首都直下地震は、今後 30 年以内に 70%程度の高い確率で発生すると考えられており、最悪ケースで兵庫県南部地震の約 8 倍の建物が全壊・焼失し、国家予算を上回る 112 兆円もの被害額が想定されている。

想定される被害をできるだけ軽減させるためには、建物の耐震化が重要である。なぜなら、建物の被害が発生しなければ、倒壊等による人的被害を減らす効果だけでなく、地震火災の危険性の低下、避難者数の低減、さらには、地域経済と地域文化の喪失の予防、自治体職員の災害応急対応業務の低減化など、計り知れない減災効果が期待できるからである。

そこで、中央防災会議では、想定される災害の死者数を半減させることを趣旨とした地震防災戦略を平成 17 年 3 月（首都直下地震は平成 18 年 4 月）に公表し、平成 27 年度末までに現状の耐震化率を 90%以上に引き上げることを目標に掲げた。あわせて「建築物の耐震改修の促進に関する法律（耐震改修促進法）」の改正法が平成 18 年 1 月に施行され、地方公共団体では「耐震改修促進計画」の策定が進められている。

地震ハザードマップは、耐震改修促進法の改正法の施行とあわせて公表された「建築物の耐震診断及び耐震改修の促進を図るための基本的な方針（平成 18 年国土交通省告示第 184 号）」の四番目の項目「建築物の地震に対する安全性の向上に関する啓発及び知識の普及に関する基本的な事項」の中で、建築物の所有者に対する意識啓発ツールとして位置づけられた。

こうした動きとあわせ、内閣府は、地震に対する全国的な「ゆれやすさマップ」を公表した。国が調査したマップは内閣府のホームページ等から確認できる。内閣府が公表した「ゆれやすさマップ」のうち、千葉県版を図-1.1.1 に示す。これは 1km メッシュの単位のマクロスケールで評価したものであり、市町村レベルの細かな微地形の

性状が必ずしも反映されているとは限らない。地域住民の生活圏にマッチしたマイクロスケールの評価を行うためには、より細かな単位で、地盤の揺れやすさや地震に対する対象地域の危険性を評価する必要がある。

千葉県は、平成 19 年度に地震被害想定調査を実施した。評価単位は 250m メッシュであり、内閣府のゆれやすさマップより細かい。評価手法等についても最新技術を導入し、詳細な被害想定結果を得ている。

以上をふまえ、本業務では、平成 19 年度千葉県地震被害想定調査の結果を原則として、地域住民の生活圏にマッチしたマイクロスケールの評価を行い、地盤の揺れやすさと、地震に対する建物被害等の危険性を 50m メッシュ単位で評価する。その結果をふまえ、わかりやすさに配慮した地震ハザードマップを作成する。

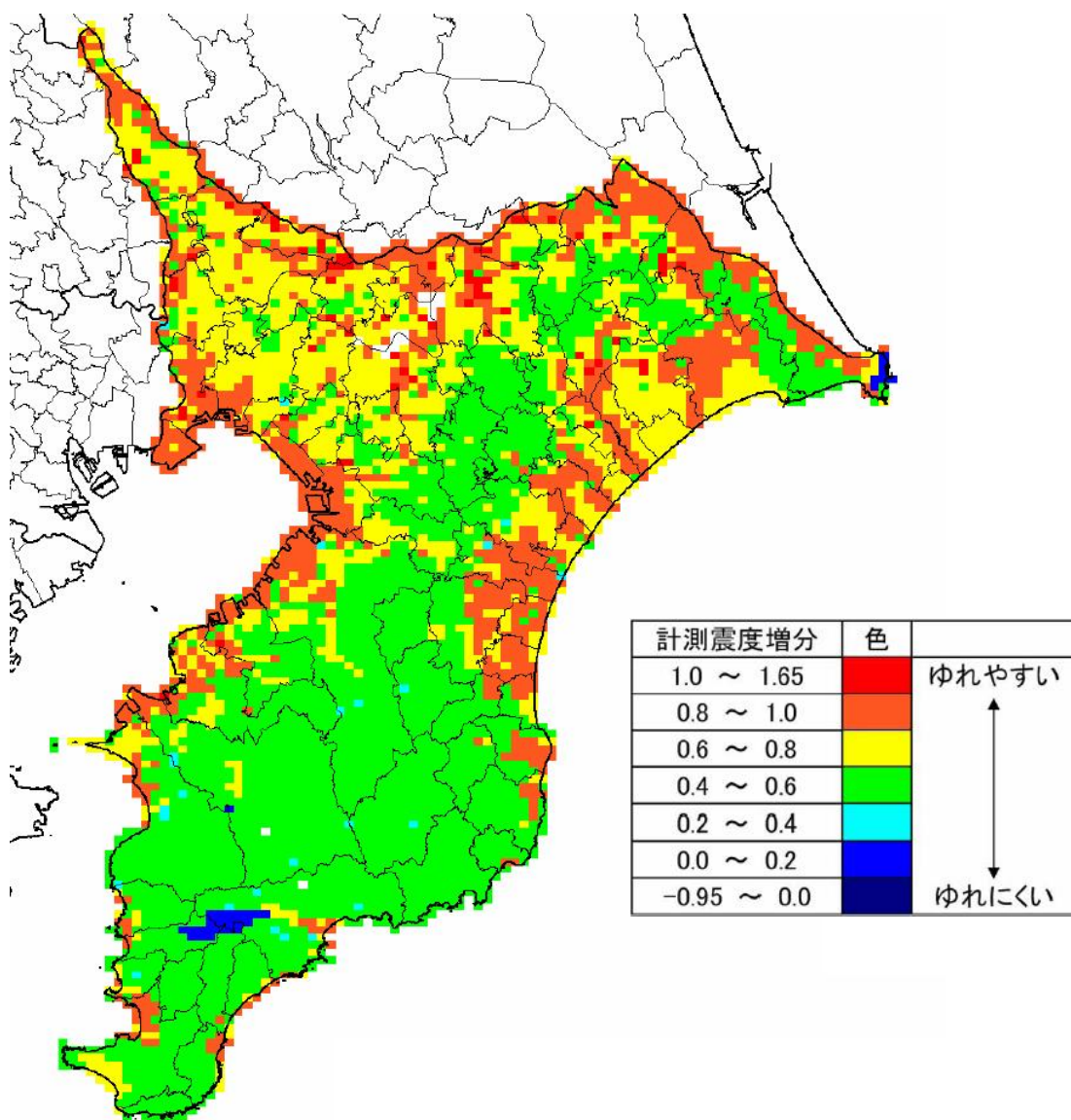


図-1.1.1 千葉県ゆれやすさマップ [内閣府：平成 17 年公表]

1.2 業務概要

1.2.1 目的

本業務は、千葉市耐震改修促進計画の施策の一環として、市民の地震に対する注意を喚起し、防災意識の高揚を図るため、発生のおそれがある地震の概要と地震による危険性の程度等を記載した地震ハザードマップの作成を行うことを目的とする。

1.2.2 対象地域

本業務の対象区域は千葉市全域（272.08km²）とする。

千葉市の位置と各区の構成を図-1.2.1に示す。

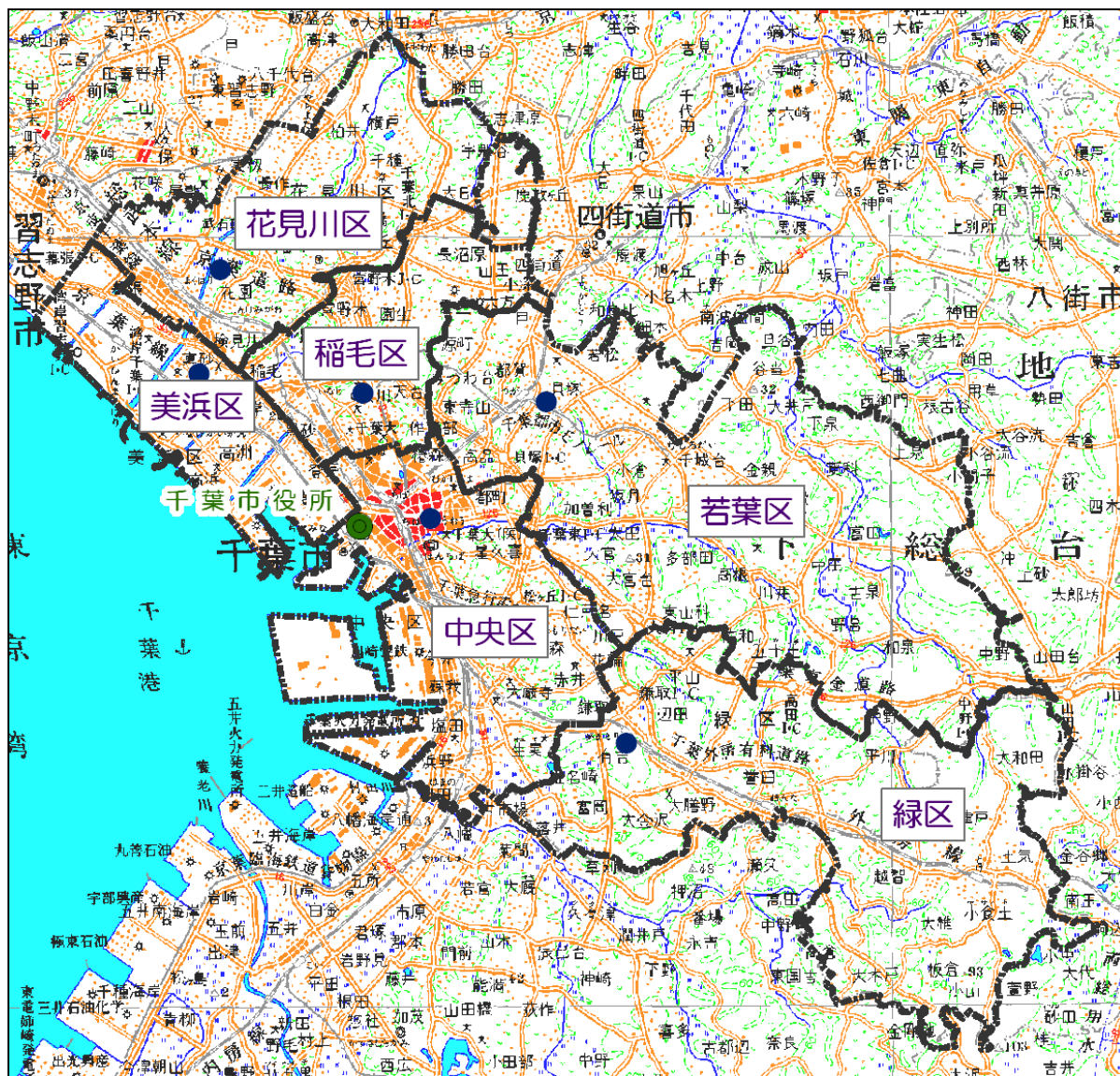


図-1.2.1 本業務の対象地域

1.2.3 業務の構成

本業務は以下の項目により構成する。業務の流れを図-1.2.2に示す。

- ① 地震動の予測
- ② 揺れやすさマップの作成
- ③ 危険度及び被害の予測
- ④ 地域の危険度マップの作成
- ⑤ 報告書等の作成
- ⑥ 協議・打ち合わせ等

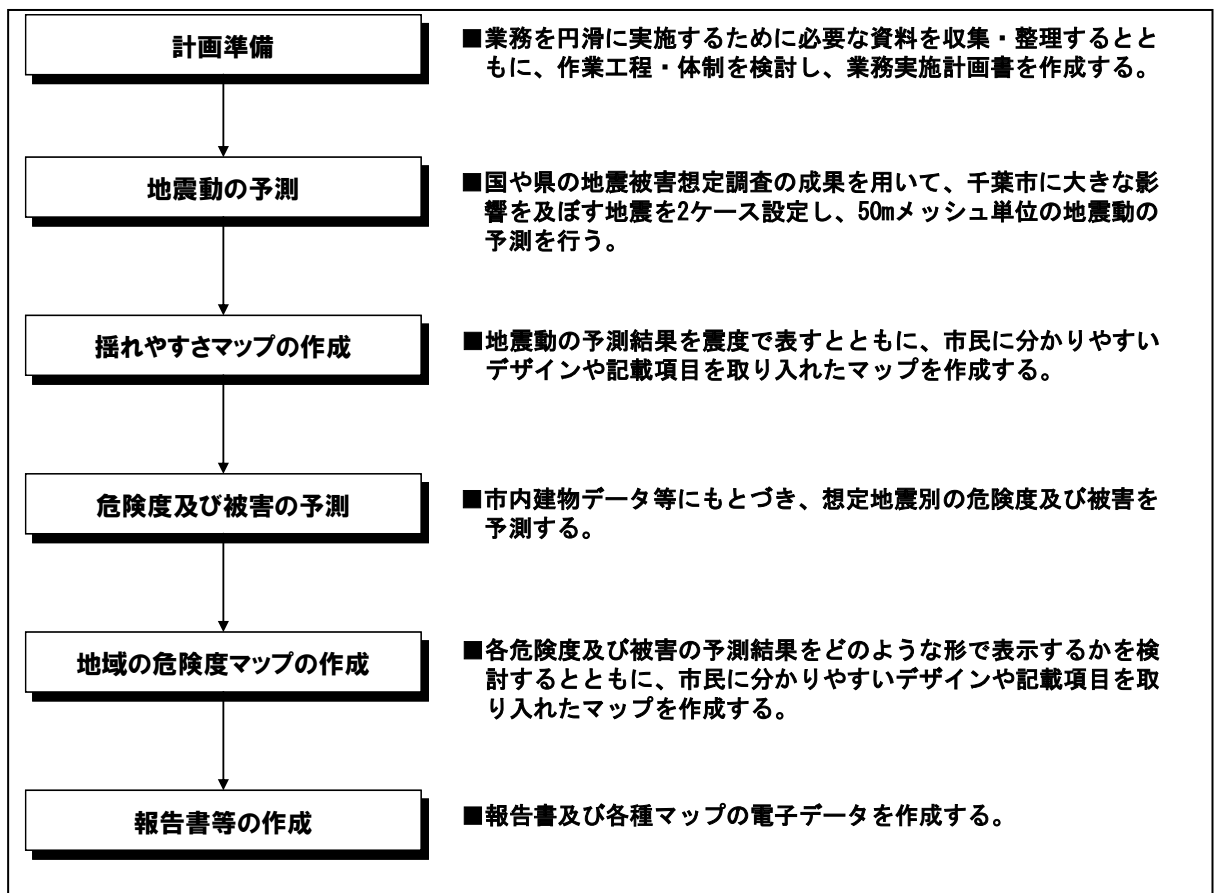


図-1.2.2 業務の構成と作業の流れ

1.2.4 作業方針

(1) 地震動の予測

中央防災会議「首都直下地震被害想定調査報告」、千葉県「平成 19 年度千葉県地震被害想定調査報告」等の成果を踏まえ、東京湾北部地震をはじめ、千葉市域に最も大きな影響を及ぼす地震を複数検討・設定するとともに、内閣府「地震防災マップ作成技術資料」等をもとに、50m メッシュ単位の地震動を想定地震別に予測する。

① 微地形区分の設定

地形・地質に関する情報を収集し、内閣府「地震防災マップ作成技術資料」を参考にして、50m メッシュ単位の微地形区分図を作成する。

② 地盤データの作成

収集・整理した地形・地盤関係の資料をもとに、各メッシュの AVS30 を求め、増幅度 ARV に変換する。AVS30 や ARV は、原則として内閣府「地震防災マップ作成技術資料」に準じて求めることとする。

③ 地震動の予測

千葉県地震被害想定調査の結果をふまえた東京湾北部地震と、フィリピン海プレート上面を震源とする千葉市直下の地震の 2 ケースを想定し、震度分布図を作成する。東京湾北部地震の震度分布は県の被害想定を参考に作成するが、千葉市直下の地震については、内閣府「地震防災マップ作成技術資料」に記載されている手法を適用し、震度分布を求める。

(2) 揺れやすさマップの作成

地震動の予測を踏まえ、想定地震の震度分布をベースマップとした「揺れやすさマップ」を作成する。作成に当たっては、市民にとって分かりやすいデザイン・レイアウトや、説明・凡例・防災知識等の記載項目を検討する。

(3) 危険度及び被害の予測

建物被害に係る想定地震別の被害予測を、下記の方針で実施する。

① 被害予測用のデータの作成

危険度及び被害の予測に必要な、構造・建築年次別建物データ、急傾斜データ、消火力データ等を 50m メッシュ単位及び町丁目単位で作成する。

② 危険度及び被害の予測

下記に示す表-1.2.1 の危険度及び被害の予測に係る推計式を検討・作成し、50m メッシュ単位及び町丁目単位にとりまとめる。

表-1.2.1 危険度及び被害の予測方法

項目	予測方法
①液状化危険度	道路橋示方書の方法（ F_L 法）と液状化指数による方法（ P_L 法）を組み合わせ液状化危険度を予測する。
②急傾斜地崩壊危険度	昭和 53 年宮城県沖地震によって定められた急傾斜地の危険度判定基準を用いて、各箇所の危険度ランクを 3 区分（A：危険度が高い、B：危険度がやや高い、C：危険度が低い）に分類する。
③建物被害予測（揺れ）	既往の震災事例から求められた地震動の強さと被害率の関係から、構造別・年代別に建物被害を予測する。
④建物被害予測（液状化）	昭和 39 年新潟地震の液状化発生状況にもとづき、液状化危険度の想定結果を用いて建物被害を予測する。
⑤建物被害予測（急傾斜地崩壊）	急傾斜地の崩壊による影響が及ぶ範囲内の建物に対し、急傾斜地崩壊危険度の想定結果と地震動予測結果を用いて建物被害を予測する。
⑥建物被害予測（火災）	揺れによる建物の全壊から出火を予測し、建物の現況分布から推定される延焼の危険度をふまえ、火災による建物被害を推定する。
⑦避難者数予測	③～⑥の予測結果をもとに、建物被害等を原因とする避難者を予測する。

（４）地域の危険度マップの作成

危険度及び被害の予測結果を、50m メッシュ単位に表したマップを想定地震別及び区別に電子データにて作成する。また、建物被害については、すべての原因を合算したマップも作成する。作成に当たっては、市民にとって分かりやすいデザイン・レイアウトや、説明・凡例・防災知識等の記載項目を検討する。

（５）報告書の作成

本業務の目的・方針、想定地震の考え方、地震動予測手法・結果の詳細、建物等の被害予測手法・結果の詳細、検討経過等を、簡潔かつ分かりやすく盛り込んだ報告書を作成する。

1.2.5 収集資料

本業務の遂行にあたり収集した資料を表-1.2.2に示す。

表-1.2.2 請求資料とその内容

種 別	形 式	備 考
ボーリングデータ	XML	約 2,000 本
建物データ	Excel	固定資産税データ
急傾斜地データ	紙	急傾斜地斜面カルテ
千葉県基本図	DM	1/2,500
千葉県地震対策基礎調査報告書	紙	昭和 63 年度
千葉県直下型地震対策調査報告書	紙	平成 7 年度
平成 19 年度千葉県地震被害想定調査関連資料		◎報告書 ◎地盤データ ◎震度・液状化予測データ ◎急傾斜地崩壊予測データ ◎建物被害予測データ ◎地震火災予測データ ◎避難者数予測データ
消防力データ		消防水利の一覧

第 2 章 地震動の予測

2.1 基本的な考え方

2.1.1 地震動の伝わり方

地震動は、以下の特性が合成されて地表で観測される。

$$\text{(地表で観測される地震動)} = \text{(震源特性)} \times \text{(伝播経路特性)} \times \text{(表層地盤特性)}$$

震源特性とは、地下深くの急激な岩盤変位に伴う弾性波動の生成・伝播に関する特性であり、破壊開始点（震源）の位置、断層面の広がりや破壊の様式などが関係する。断層面上において特に強い地震動が生成される領域（「アスペリティ」という、後述）の位置は、地表面の震度分布にも影響を与える。

伝播経路特性とは、断層運動によって生成された地震波が、地下深部を伝播し、反射・屈折を繰り返しながら、減衰しつつも基盤層まで至る特性である。なお、地震動予測を行う際、地震基盤と工学的基盤があるが、ここでは工学的基盤までの地震動特性を伝播経路特性と考える（地震基盤と工学的基盤の違いについては 2.1.2 項参照）。

表層地盤特性とは、工学的基盤よりも浅い軟らかい層で地震動が増幅する特性のことを指す。軟らかさの程度は概ね地形によって異なることから、内閣府「地震防災マップ作成技術資料」では、微地形区分のルールと地形条件から増幅の程度を求める方法が記載されている。図-2.1.1 に地震の揺れの伝わり方の概念図を示す。

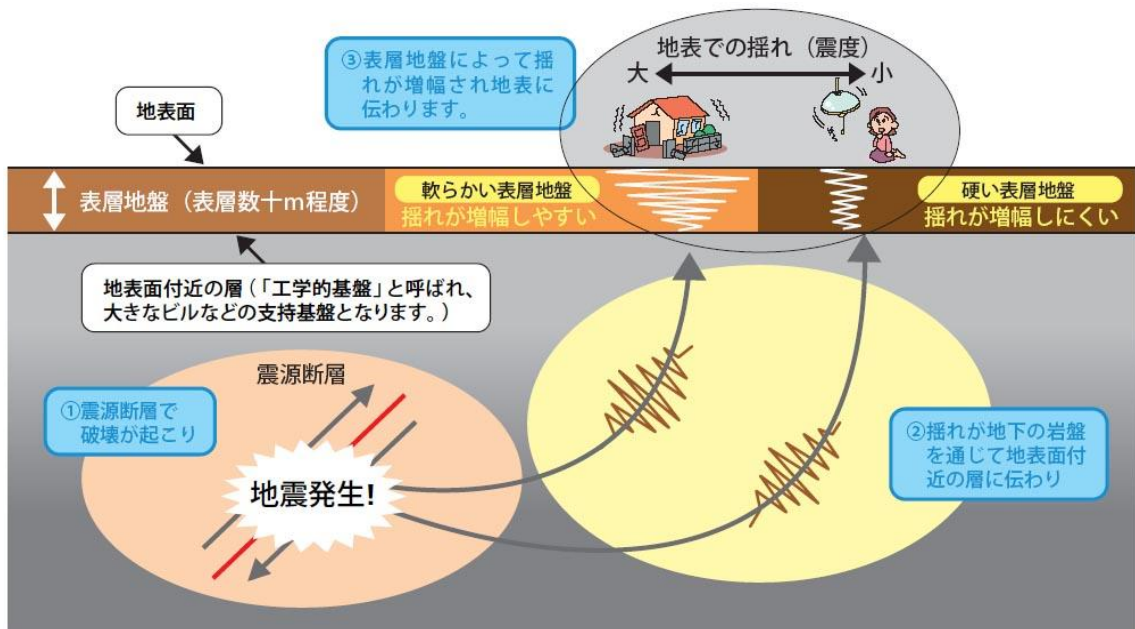


図-2.1.1 地震の揺れの伝わり方の概念図

[地震防災マップ作成のすすめ (内閣府・平成 17 年 3 月) より引用]

2.1.2 千葉県地震被害想定調査における地震動予測の流れ

地震被害想定が行われた東京湾北部地震、千葉県東方沖地震、三浦半島断層群を震源とする地震の3ケースは、ハイブリット法と呼ばれる手法によって地震動が予測されている。ハイブリット法とは、工学的基盤における短周期成分の地震波は統計的グリーン関数法¹⁾、やや長周期の地震波形は三次元差分法²⁾によって予測し、これらを合成することで、工学的基盤レベルの波形を得る方法である。千葉県の被害想定では、周期1.3~1.6秒を境に、統計的グリーン関数法による予測結果と三次元差分法による予測結果が合成されている。概念図を図-2.1.2に示す。

概念図に現れる地震基盤とは、S波速度が3km/secを呈すほどの硬さをもった基盤面のことで、統計的グリーン関数法による波形合成を行う際の合成ポイントである。また、工学的基盤とは、図-2.1.1にも示したように、表層地盤特性を検討する上位層(表層地盤=浅い地盤構造)の基底部であるとともに、S波速度が400~600m/secとなる面で、表層地盤へ入力される地震波形が合成される基礎面である。

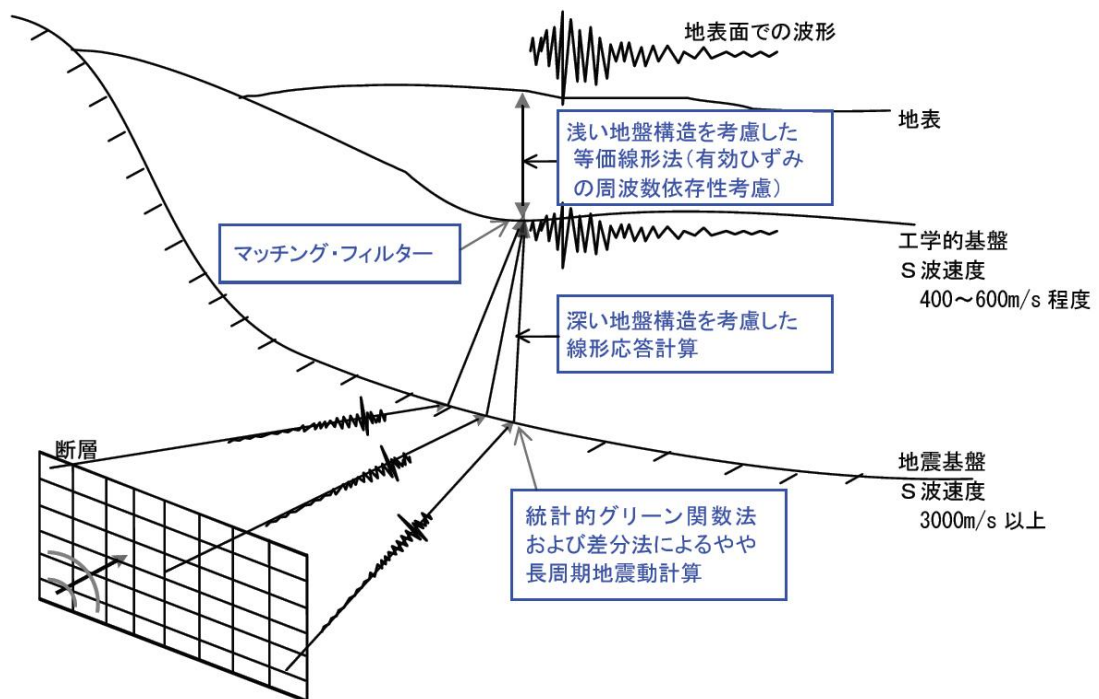


図-2.1.2 ハイブリット法による地震動予測の概念図
[千葉県地震被害想定調査報告書(平成20年3月)より引用]

- 1) **統計的グリーン関数法**: 震源断層を複数の小領域に分割し、小領域から射出される地震波のスペクトルを断層パラメータ等から求め、それを計算地点ごとに合成する方法。
- 2) **三次元差分法**: 三次元地下構造モデルに対する波動伝播を数値的に解析する手法の一つ。大規模な数値計算となることから相当の解析時間を要する。短周期帯の解析は困難。

2.1.3 本業務で適用する地震動予測手法の概要

地震動予測を行うためには、地盤モデル（速度構造モデル）が必要である。千葉県地震被害想定調査では、既往の地震観測記録や地下構造探査などから深い地下構造を詳細に定めている。また、浅い地盤構造についても、県が収集したボーリングデータや微地形などの情報をもとに250mメッシュ単位の地質層序モデルを作成している。

県では地震動予測や地盤モデルを詳細に検討していることから、本業務では原則として震源特性と伝播経路特性（震源特性から工学的基盤までの地震動）は、千葉県地震被害想定調査の結果に準じることとした。表層地盤特性については、千葉県が作成した地盤モデルと、本業務で収集した約2,000本のボーリングデータを比較し、評価手法を検討の上、表層地盤特性を評価した。

2.2 想定地震

2.2.1 千葉市周辺で懸念される地震

(1) 南関東で発生する地震のタイプ

南関東の地下構造は複雑である。伊豆半島を除く地表部は北米プレートから構成されるが、その下には、相模トラフから沈み込むフィリピン海プレート、さらに深いところでは、茨城県～房総半島沖から沈み込む太平洋プレートが存在する。

南関東で発生する地震のタイプを図-2.2.1に示す。

プレート境界は地震の巣であるから、南関東では、古い時代からマグニチュード7級かそれ以上の地震が発生している。とくに、相模トラフでは1703年元禄地震(以下、元禄型関東地震)、1923年(大正12年)大正型関東地震のように、ここ300年間で2回のマグニチュード8級の地震が発生している。これらの地震は、北米プレートのすぐ下に沈み込むフィリピン海プレート上面で発生するもので、**タイプ2**に分類される。

それ以外についても、例えば1855年(安政2年)安政江戸地震や1894年(明治26年)明治東京地震のような東京都心直下の地震は**タイプ5**の可能性、茨城県南部で発生した1895年(明治27年)の地震と1921年(大正10年)の地震は**タイプ3**か**タイプ4**の可能性が指摘されている¹⁾。いずれも震源は浅くないが、南関東の地下構造特有の複雑さを反映したマグニチュード7級の地震である。

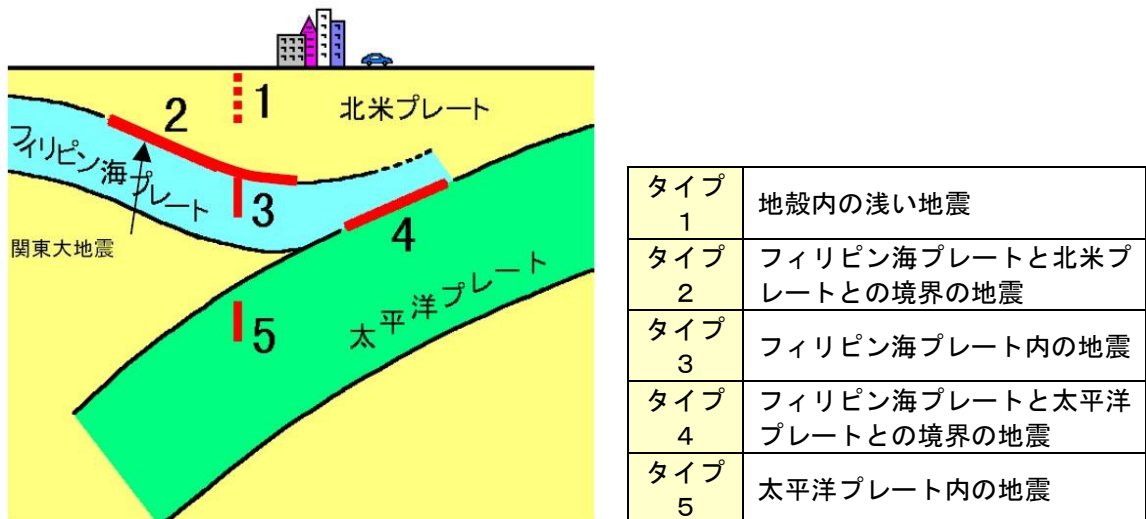


図-2.2.1 南関東で発生する地震のタイプ分類

[内閣府中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」第12回資料より抜粋]

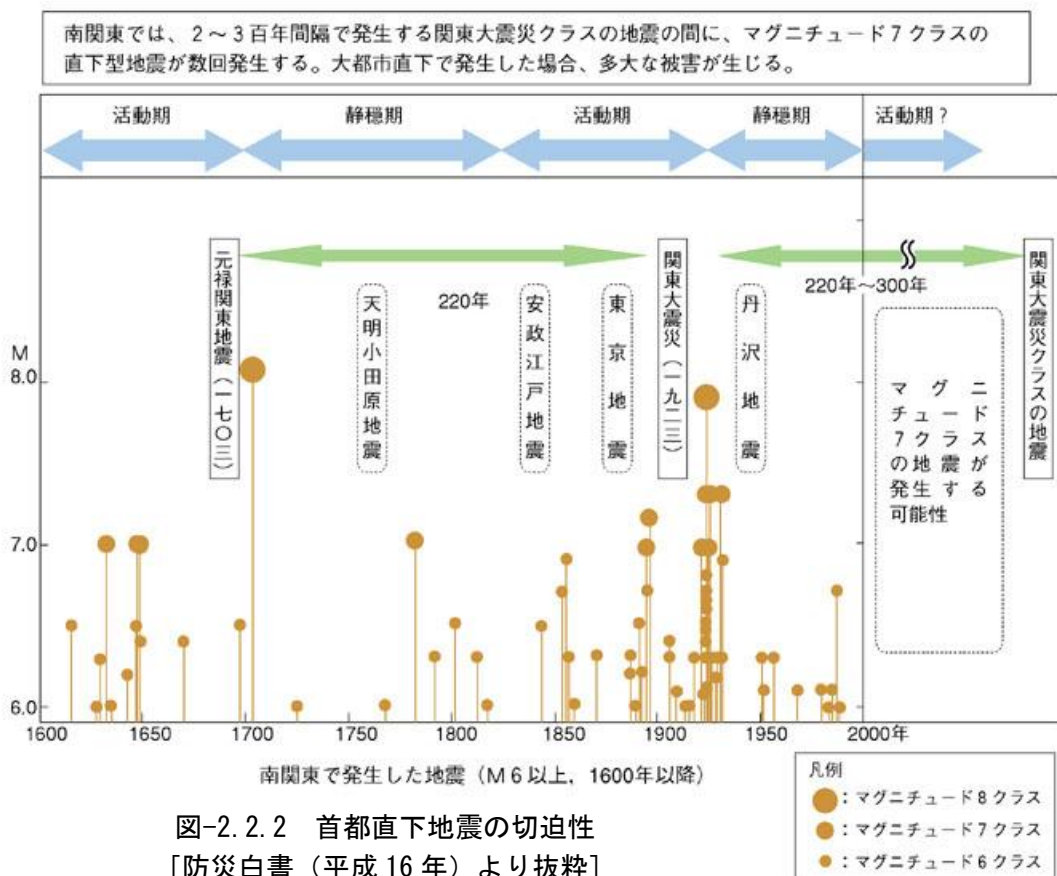
1) 地震調査研究推進本部の「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価」(2004年8月)

(2) 首都直下地震の再来周期

図-2.2.2は、南関東におけるマグニチュード6以上の地震の発生頻度を時系列に展開したものである。これによると、1703年（元禄16年）元禄型関東地震以降に発生したマグニチュード8級の地震は1923年（大正12年）の大正型関東地震のみで、この220年の間に、何回かのマグニチュード7級の地震が発生していることがわかる。

地震調査研究推進本部は、「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価について（平成16年8月23日）」の中で、大正型関東地震の30年発生確率を0%~0.8%、南関東におけるマグニチュード7級の30年発生確率を70%程度とした。今後30年以内に東海地震が発生する確率は87%（参考値）、東南海地震は60~70%程度、南海地震は50%程度である¹⁾。すなわち、相模トラフを震源とする大正型関東地震のようなマグニチュード8級の巨大地震はしばらく発生しない可能性が高い。一方、南関東のどこでも発生するマグニチュード7級の地震は切迫性が高いことを意味している。

図2-4-24 首都直下地震の切迫性



1) 以上の確率値は、地震調査研究推進本部が2008（平成20）年1月1日を基準日として算出したもの。ただし、東海地震については隣接する地域との連動性のメカニズムが未解明であることから、他の地震の発生確率と同程度の精度の値ではないと言及し、「参考値」として公表されている。

(3) 千葉市周辺で懸念される地震の震源域

中央防災会議が首都直下地震対策専門調査会で想定した「東京湾北部地震」と「茨城県南部地震」は、相模トラフから沈みこむフィリピン海プレートの上面を震源としたもので、図-2.2.1 のタイプ2（タイプ3を内包）に相当する。相模トラフから沈みこむフィリピン海プレートの上面深度と、上記2ケースの想定震源断層の大まかな位置を図-2.2.3に示す。千葉市において影響が大きいのは「東京湾北部地震」である。

江戸末期や明治期における東京都心直下の地震履歴や、発生した場合の経済的・社会的な影響などを考慮すると、「東京湾北部地震」は、南関東における最悪ケースの直下地震と考えられる。しかし、フィリピン海プレート上面を震源とする切迫性の高い直下地震が「南関東のどこでも発生する」可能性があるならば、それが「千葉市直下」であっても不思議ではない。

なお、千葉県内には、地震調査研究推進本部が公表する主要活断層は存在しない。

以上から、本業務で想定する地震は、フィリピン海プレート上面を震源域とする「東京湾北部地震」と「千葉市直下の地震」の2ケースとする。

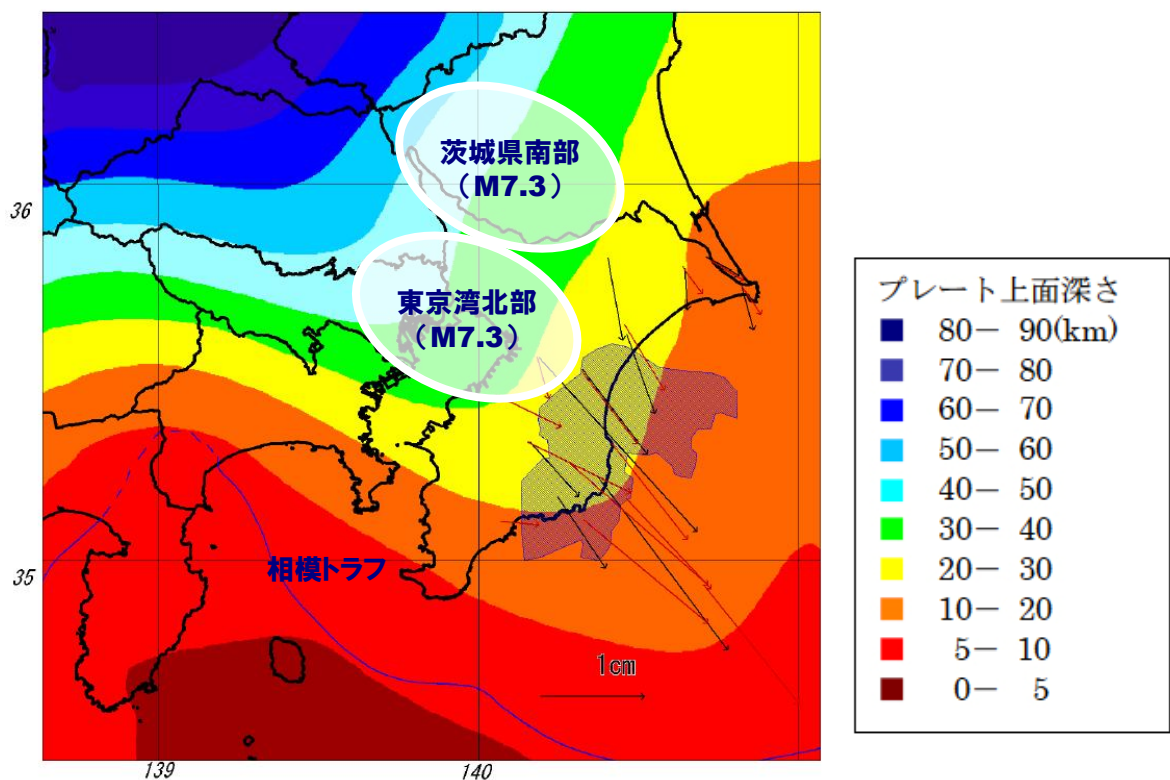


図-2.2.3 フィリピン海プレートの上面深度の分布と、中央防災会議が想定した2つの代表的な首都直下地震の大まかな想定地震の断層位置 [内閣府中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」第12回資料より抜粋]

2.2.2 想定地震

(1) 東京湾北部地震

千葉県地震被害想定調査では、中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」で検討された2通りの震源モデルのうち、2つあるアスペリティ¹⁾の東側（千葉県側）が大きいケースのモデルが用いられた。震源断層の位置を図-2.2.4、断層パラメータを表-2.2.1にそれぞれ示す〔千葉県地震被害想定調査報告書より抜粋〕。

中央防災会議や千葉県が適用した統計的グリーン関数法では、図-2.2.4に示すように、震源断層を複数の要素に分割し、要素全体で想定規模の地震動が生成できるように設定する。アスペリティの位置は図-2.2.4の緑で示された要素の集合である。一般に、アスペリティ直上とその周辺で震度が大きくなることから、大きいアスペリティを千葉県寄りに設定することで、千葉県内の大きな地震動が生成できる。

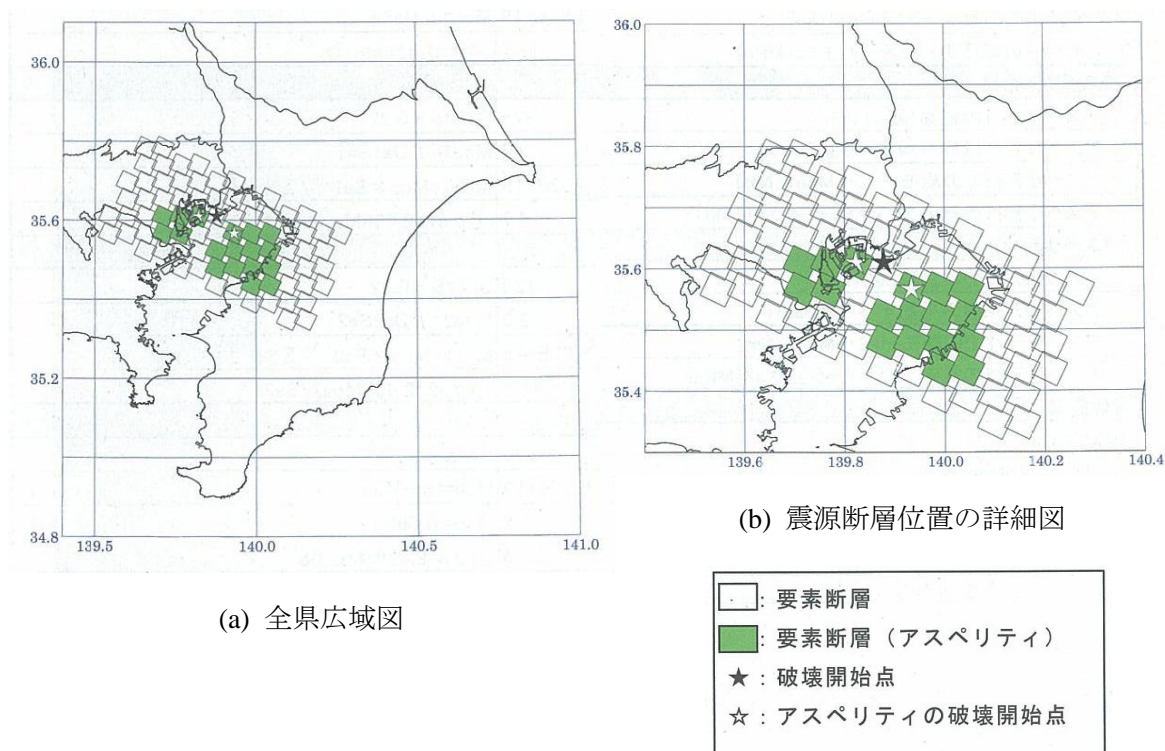


図-2.2.4 東京湾北部地震の震源断層位置図
〔千葉県地震被害想定調査報告書より抜粋〕

1) **アスペリティ** (asperity) : 震源断層の断層面のうち、大きくずれるところを「アスペリティ」と呼ぶ。アスペリティとは、もともとは「突起」を表す言葉であるが、地震学においては「通常は強く固着していて、あるとき急激にずれて大きな地震波を射出する領域」という意味で用いられる。

表-2.2.1 東京湾北部地震における震源パラメータ一覧
[千葉県地震被害想定調査報告書より抜粋]

緯度(°)	35.32	
経度(°)	140.14	
上端深さd(km)	17	
下端深さ(km)	33	
長さL(km)	63.64	
幅W(km)	31.82	
走向 θ	296	
傾斜 δ (°)	23	
すべり角 λ (°)	138	
マグニチュードMjma	7.3	
地震モーメントMo(Nm)	1.12E+20	$\log Mo = 1.5Mw + 9.1$ (金森)
モーメントマグニチュードMw	7.3	
マクロ的に見たパラメータ		
断層面積S(km ²)	2025	$\Delta\sigma = 7\pi^{1.5} / 16 \times Mo / S^{1.5}$
S波速度Vs(km/s)	3.5	地殻内の平均的値
平均密度 ρ (g/cm ³)	2.8	地殻内の平均的値
剛性率 μ (N/m ²)	3.4E+10	$\mu = \rho Vs^2$
平均的な応力パラメータ $\Delta\sigma$ (MPa)	3	
平均すべり量D(m)	1.6	$Mo = \mu DS$
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.5	$Vr = 0.72Vs$
要素断層の大きさ(km)	5.0X5.0	
C(km)	2.8	
Fmax(Hz)	6	兵庫県南部地震の観測記録から推定された値
アスペリティ等内部パラメータ		
アスペリティの総面積Sa(km ²)	450	$Sa = S \times 0.22$
アスペリティ内の平均すべり量Da(m)	3.3	$Da = D \times 2.01$
アスペリティでの総モーメントMoa(Nm)	4.99E+19	$Moa = \mu DaSa$
アスペリティの総応力パラメータ $\Delta\sigma_a$ (MPa)	12.7	$\Delta\sigma = 2.436Mo / S^{1.5}$
(アスペリティ1)		
アスペリティ1の総面積Sa1(km ²)	325	$Sa1 = S \times 0.22$
アスペリティ1内の平均すべり量Da1(m)	3.7	$Moa1 = \mu Da1Sa1$
アスペリティ1での総モーメントMoa1(Nm)	4.03E+19	$Moa1 = Moa \times Sa1^{1.5} / \sum Sai^{1.5}$
アスペリティ1の総応力パラメータ $\Delta\sigma_{a1}$ (Mpa)	16.7	$\Delta\sigma_{a1} = 2.436Moa1 / Sa1^{1.5}$
(アスペリティ2)		
アスペリティ2の総面積Sa2(km ²)	125	$Sa2 = S \times 0.22$
アスペリティ2内の平均すべり量Da2(m)	2.3	$Moa2 = \mu Da2Sa2$
アスペリティ2での総モーメントMoa2(Nm)	9.60E+18	$Moa2 = Moa \times Sa2^{1.5} / \sum Sai^{1.5}$
アスペリティ2の総応力パラメータ $\Delta\sigma_{a2}$ (MPa)	16.7	$\Delta\sigma_{a2} = 2.436Moa2 / Sa2^{1.5}$
背景領域		
面積Sb(km ²)	1575	$Sb = S - Sa$
地震モーメントMob(Nm)	6.25E+19	$Mob = Mo - Moa$
すべり量Db(m)	1.2	$Mob = \mu DbSb$
応力パラメータ $\Delta\sigma_b$ (MPa)	2.4	$\Delta\sigma_b = 2.438Mob / Sb^{1.5}$

(2) 千葉市直下の地震

南関東のどこでも発生しうるマグニチュード7級の地震に対し、中央防災会議では、首都地域の中核都市に直接的な被害を及ぼす地震として南関東5都市の直下で発生する地震を想定した。この想定地震の規模については、必ずしも地表に活断層が現れるとは限らない程度としてマグニチュードを6.9としている。ここでは、フィリピン海プレートの上を震源とする千葉市直下の地震を、マグニチュード6.9の規模で想定した。震源断層の位置を図-2.2.5に示す。

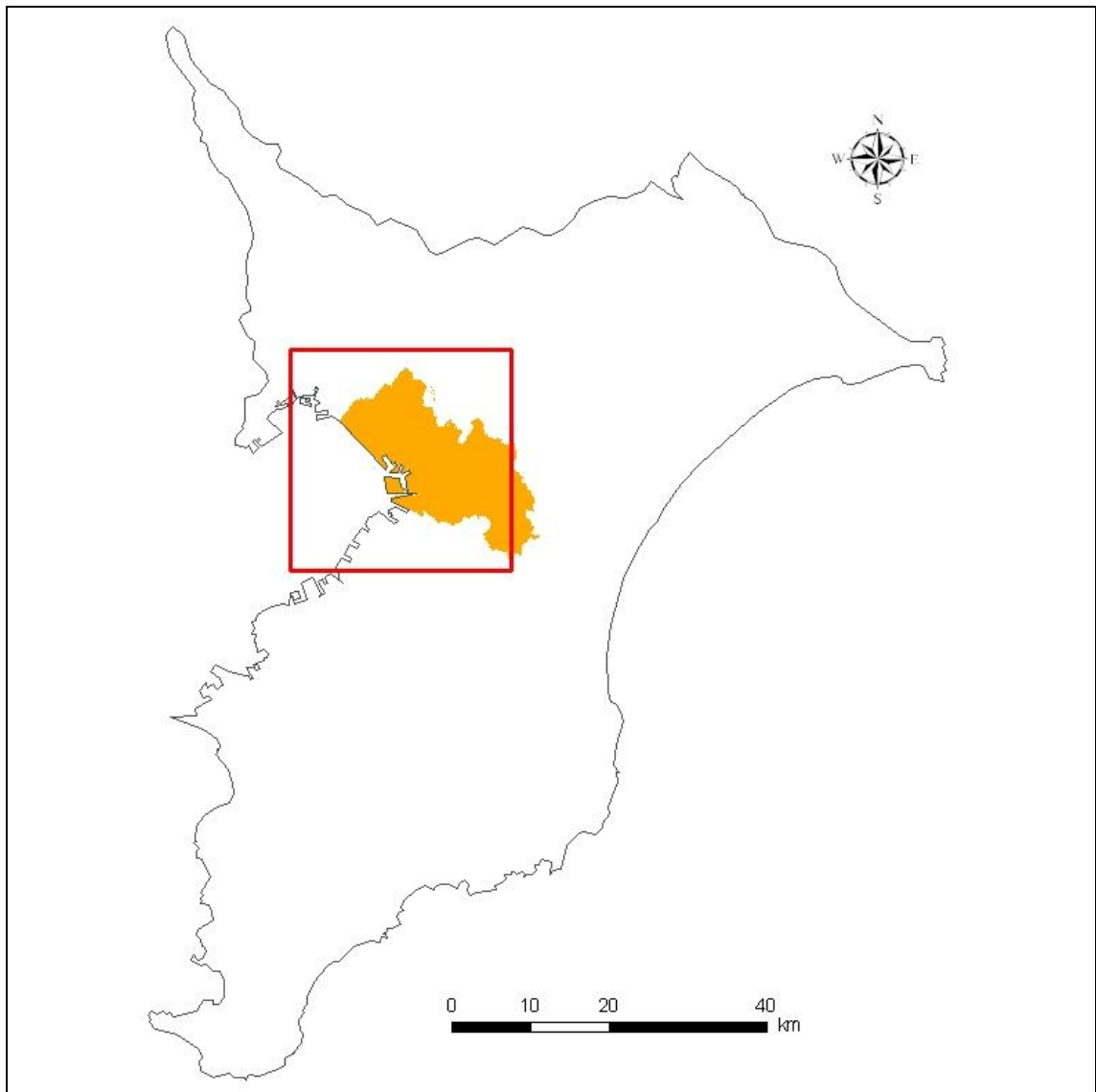


図-2.2.5 千葉市直下の地震の震源断層位置図

2.3 微地形区分図の作成

表層地盤の揺れやすさの評価に微地形をパラメータとする場合、地形はメッシュを単位としたものではなく連続した境界線をもつ自然的な要素であることから、地形をメッシュで区切る必要がある。ここでは、土地分類基本調査の地形分類図を活用して50mメッシュ単位の地形分類図を作成した。土地分類基本調査は土地利用の現況と土地の自然条件（地形、表層地盤、土壌）を調査し、その成果を地図と簿冊にとりまとめたものである（主に昭和40年代から昭和50年代調査結果）。この地形分類に50mメッシュをかけ、メッシュに含まれる主な地形要素を「メッシュを代表する地形」とすれば、50mメッシュ単位の地形分類図が作成できる。対象地域の50mメッシュ単位の地形分類を図-2.3.1、千葉市のある主要な地形ごとの地盤特性を表-2.3.1に示す。

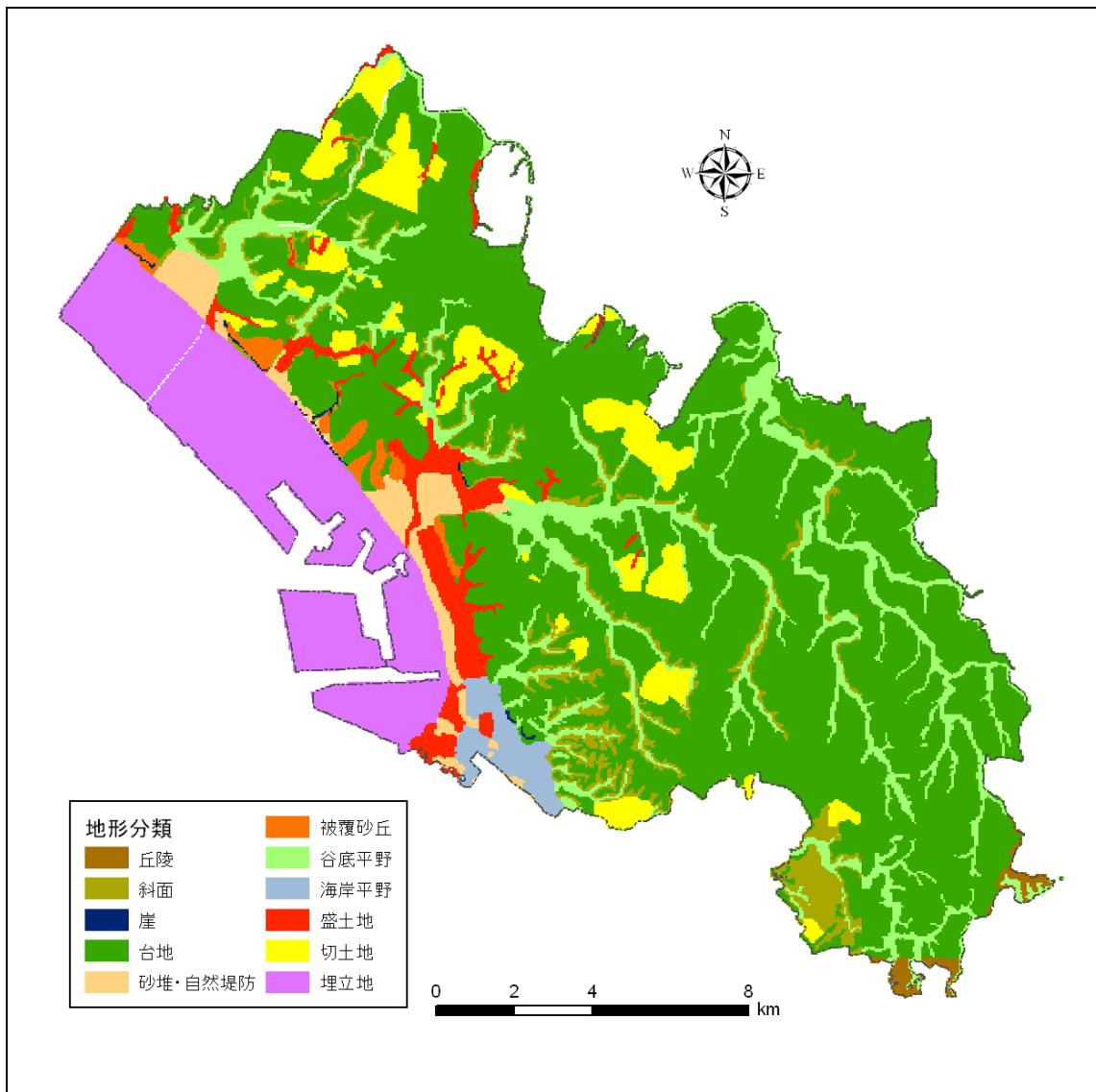


図-2.3.1 千葉市地形分類図（50mメッシュ単位）

表-2.3.1 千葉市の地盤特性

地形	地盤特性
台地	下総台地の大半は、地表よりローム、粘土層、成田層の砂層からなる。ローム層の厚さは3～5m、N値50以上の層の境界は成田層中にあり、深度は15～25mである。
砂堆・自然堤防	比較的大きな河川の下流部から（旧）海岸部にかけての平野に分布する。沖積層の厚さは15m以上で主として細砂とシルトからなる。表層部は軟弱な粘土があり、さらに表層1～2mは人工盛土地盤となっている。
被覆砂丘	海岸線に近い下総台地の縁辺部に分布する。表層ロームの上に厚さ1～2mの砂層が分布する。N値50以上の層までの深度は約20mである。
谷底平野	台地部が小さい河川などによって削られて形成された低地で、台地部の間に樹枝状に分布している。台地を形成していた土砂が再堆積した土や有機質土（腐植土）などが分布しており、非常に軟弱な地盤となっている。
海岸平野	都川流域と本千葉から村田川にかけての地域に分布し、主としてN値20程度の砂層からなるが、一部にシルト層をはさむ。表層の厚さ約数mの部分は軟弱でN値は1～2程度である。大半が盛土され市街地化した。
埋立地	埋立土を含めた沖積層の厚さが40m以上の地盤で、主に細粒とシルトからなる。深さ約10mまでがN値10～15の埋地で、その下位にはN値1以下の軟弱な粘土層が分布する。

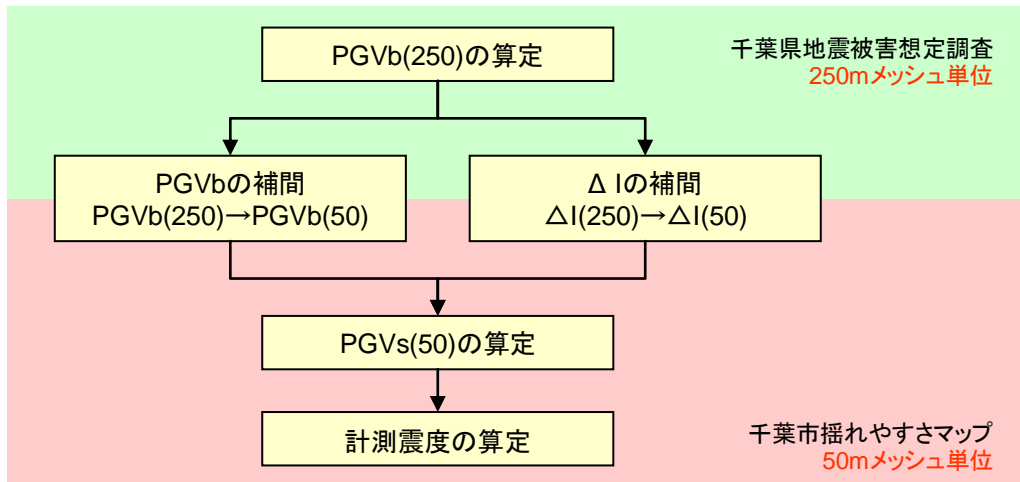
2.4 震度分布図の作成

2.4.1 東京湾北部地震

(1) 基本的な考え方と作業の流れ

平成 19 年度千葉県地震被害想定調査では、250m メッシュを単位とした詳細な表層地盤モデルを作成しており、それに対応した地盤固有の揺れやすさの推定も行っている。収集した千葉県地震被害想定データには、表層地盤モデルから推定された計測震度増分 ΔI と、地表最大速度 $PGVs$ が 250m メッシュ単位で含まれていた。そこで、千葉県地震被害想定調査データの $\Delta I(250)$ と $PGVs(250)$ を入力情報として、図-2.4.1 の流れで、揺れやすさマップに必要な地表の計測震度 $I_s(50)$ を求めた。なお、括弧内の数字は評価メッシュ単位で、(250)は250mメッシュ、(50)は50mメッシュであることを表す。

(a) 作業の流れ



(b) 言葉の定義

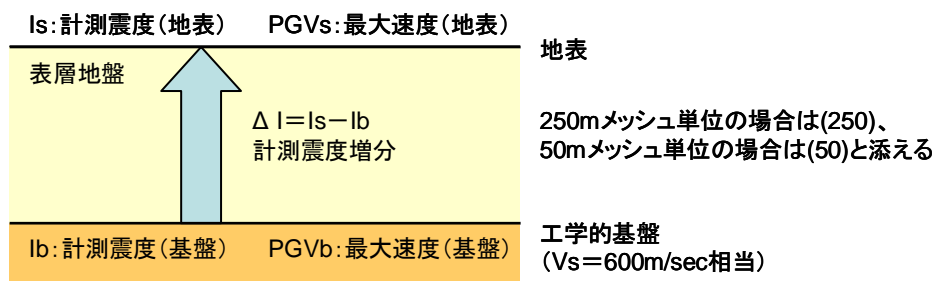


図-2.4.1 東京湾北部地震を想定した 50m メッシュ単位の計測震度分布算定の流れ

(2) 250m メッシュ単位の工学的基盤最大速度の算出

内閣府「地震防災マップ作成技術資料」では、最大速度 PGV から計測震度 I を求める方法として、童・山崎の方法¹⁾が掲載されている。

$$I = 2.30 + 2.01 \times \log_{10}(PGV) \quad (2.4.1)$$

I : 計測震度

PGV : 最大速度 (cm/sec)

式(2.4.1)より、地表における計測震度 I_s と工学的基盤における計測震度 I_b は、以下のように表すことができる。

$$I_s = 2.30 + 2.01 \times \log_{10}(PGV_s) \quad (2.4.2)$$

$$I_b = 2.30 + 2.01 \times \log_{10}(PGV_b) \quad (2.4.3)$$

PGV_s : 地表最大速度 (cm/sec)

PGV_b : 工学的基盤の最大速度 (cm/sec)

式(2.4.2)と式(2.4.3)から、計測震度増分 ΔI は以下のとおりとなる。

$$\Delta I = I_s - I_b = 2.01 \times \log_{10}\left(\frac{PGV_s}{PGV_b}\right) \quad (2.4.4)$$

ΔI と PGV_s は、千葉県地震被害想定データに含まれていることから、式(2.4.4)をもとに、250m メッシュ単位の工学的基盤における最大速度 PGV_b を求めることができる。

(3) 250m メッシュ単位の工学的基盤最大速度を 50m メッシュ単位の補間

工学的基盤における 250m メッシュ単位の最大速度 $PGV_b(250)$ を、空間補間手法の一つである IDW 法 (Inverse Distance Weighted : 逆距離加重法) で補間し、50m メッシュに割り振る。IDW 法とは、対象点の近くのデータ値を距離の逆数にもとづく重み係数で加重平均し、対象点の値を推定する方法である。

$$\bar{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ij} Z_i}{\sum_{i=1}^n W_{ij}} \quad (2.4.5)$$

Z_j : j 地点の推定値 (50m メッシュの値)

Z_i : i 地点の観測記録 (250m メッシュ単位の値)

W_{ij} : 重み (対象とするメッシュ重心点からの距離)

1) 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, pp.31-34.

(4) 250m メッシュ単位の計測震度増分を 50m メッシュ単位の補間

工学的基盤における最大速度を補間した式(2.4.5)による手法を適用し、250m メッシュ単位の計測震度増分 $\Delta I(250)$ を 50m メッシュ単位の計測震度増分 $\Delta I(50)$ に補間した。ただし、「計測震度増分で表される表層地盤固有の揺れやすさ特性は地形によって異なる」と考え、2.3 節で検討した微地形区分を「丘陵」「台地」「谷底平野」「海岸平野」「砂丘」「砂堆」「埋立地」に分類し、地形分類ごとに補間作業を行った。

(5) 50m メッシュ単位の地表最大速度の算出

上記(3)より $PGVb(50)$ 、(4)より $\Delta I(50)$ が得られたことから、式(2.4.4)より、50m メッシュ単位の地表最大速度 $PGVs(50)$ を求めることができる。

(6) 50m メッシュ単位の地表における計測震度の算出

上記(5)の結果を式(2.4.2)に代入し、50m メッシュ単位の地表における計測震度 $I_s(50)$ を得る。本業務で作成する揺れやすさマップは、 $I_s(50)$ を指標としたものである。

計測震度 I_s は、表-2.4.1 の関係から震度に置き換えることができる。

東京湾北部地震を想定した 50m メッシュ単位の震度分布を図-2.4.2 に示す。市域の大部分を占める震度 6 強と 6 弱は、計測震度の値からそれぞれ 2 段階に区分した。

表-2.4.1 震度と計測震度との関係

震 度	計測震度 (I_s) の幅
7	$6.5 \leq I$
6 強	$6.0 \leq I < 6.5$
6 弱	$5.5 \leq I < 6.0$
5 強	$5.0 \leq I < 5.5$
5 弱	$4.5 \leq I < 5.0$
4	$3.5 \leq I < 4.5$

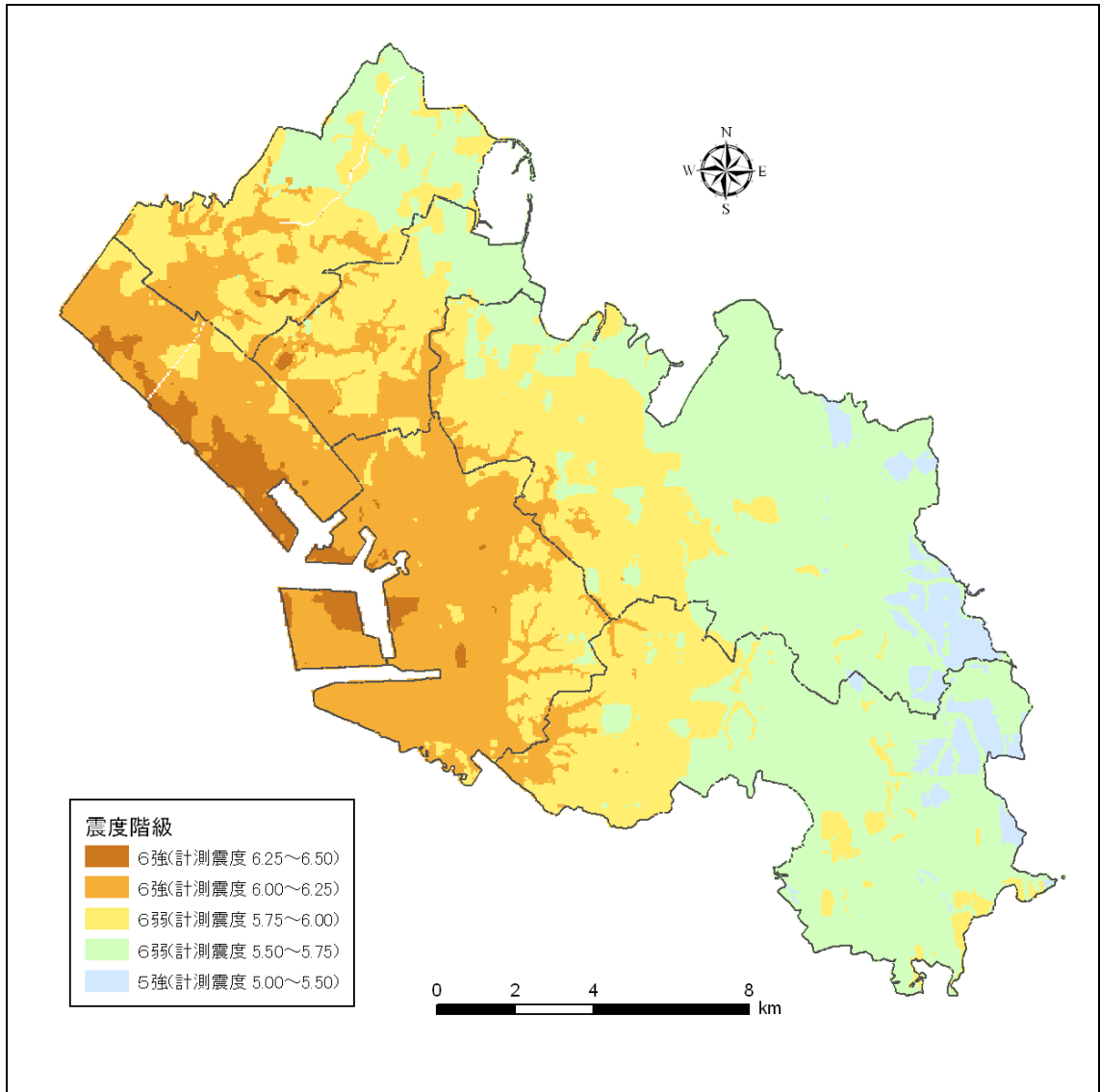


図-2.4.2 東京湾北部地震の震度分布

2.4.2 千葉市直下の地震

(1) 基本的な考え方と作業の流れ

千葉市直下の地震の計測震度 $I_s(50)$ は、図-2.4.3 の流れで、工学的基盤の地震動強さ (PGV_b) と計測震度増分 ΔI から求めた。

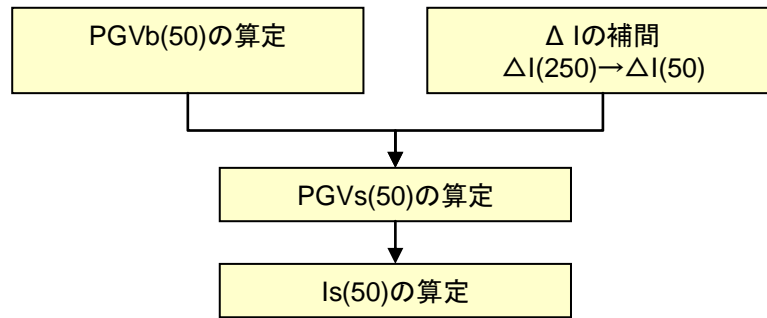


図-2.4.3 千葉市直下地震を想定した 50m メッシュ単位の計測震度分布算定の流れ

(2) 50m メッシュ単位の工学的基盤最大速度の算出

震源から工学的基盤までの地震動は司・翠川(1999)¹⁾の距離減衰式によって予測した。なお、地震動のばらつきを考慮して標準偏差分大きい値 ($+\sigma$) とした。

$$\log_{10} PGV_{600} = 0.58 M_w + 0.0038 D - 0.02 - \log_{10} (X + 0.0028 \times 10^{0.50 M_w}) - 0.002 X + \sigma \quad (2.4.1)$$

PGV_{600} : S 波速度 600m/sec の硬質地盤上の最大速度 (cm/sec)

M_w : モーメントマグニチュード (6.9 を仮定)

D : 震源の深さ (km)

X : 断層最短距離 (km)

(3) 50m メッシュ単位の地表最大速度の算出

上記 (2) より $PGV_b(50)$ 、2.4.1 項 (4) より $\Delta I(50)$ が得られたことから、以下の式より、50m メッシュ単位の地表最大速度 $PGV_s(50)$ を求めることができる。

$$\Delta I = I_s - I_b = 2.01 \times \log_{10} \left(\frac{PGV_s}{PGV_b} \right)$$

1) 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, No.523, pp.63-70.

(4) 50m メッシュ単位の地表における計測震度の算出最大速度の算出

上記(3)の結果を以下に示す式に代入し、50m メッシュ単位の地表における計測震度 $\Delta I(50)$ を得る。

$$I_s = 2.30 + 2.01 \times \log_{10}(PGV_s)$$

計測震度 I_s は、表-2.4.1 の関係から震度に置き換えることができる。

千葉市直下の地震を想定した 50m メッシュ単位の震度分布を図-2.4.4 に示す。市域の大部分を占める震度 6 弱は、計測震度の値から 2 段階に区分した。

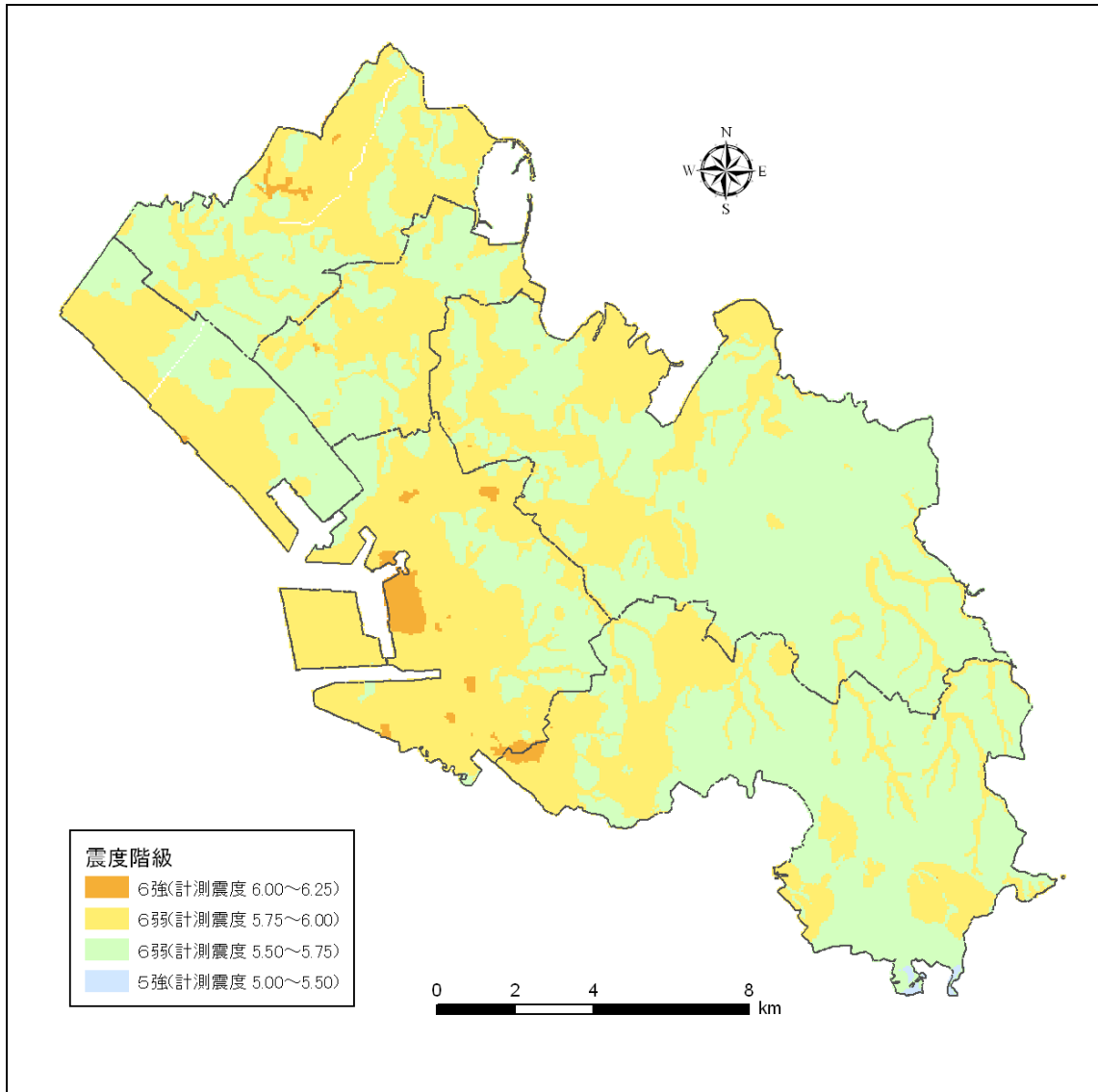


図-2.4.4 千葉市直下地震の震度分布

第 3 章 危険度及び被害の予測

3.1 液状化危険度の予測

3.1.1 概要

液状化現象とは、図-3.1.1 に示すように、砂質土に富む地下水位の浅い地盤が地震動のような繰り返し外力を受けると、砂粒子のすき間に存在する水の圧力が上昇し、地下水とともに砂が地表に吹き上げる現象である。

1987年（昭和62年）千葉県東方沖地震は九十九里沖の深さ58kmを震源とするマグニチュード6.7の地震であった。震源がやや深かったことから房総半島の太平洋側でも最大震度5を記録する程度であったが、九十九里浜沿岸域の多くで液状化現象が発生した。1995年（平成7年）兵庫県南部地震では、ポートアイランドや六甲アイランドのような埋立地、沿岸部の岸壁などで軒並み液状化被害が頻発した。2000年（平成12年）鳥取県西部地震でも埋立地や港湾施設で液状化が発生し、岸壁などが被害を受けた。特徴的であったのは、干拓地に整備された住宅地の住宅が、地盤の流動化により不同沈下を起こし、大きく傾斜したために全壊となったケースがあったことである。市域には砂質土に富む自然堤防や海岸平野が海岸付近に分布し、液状化の発生が懸念される。

本業務では道路橋示方書¹⁾による液状化解析手法を適用したが、東京湾北部地震については平成19年度千葉県地震被害想定調査による250mメッシュ単位の解析結果を活用し、50mメッシュ単位の液状化危険度を求めた。なお、千葉県地震被害想定調査においても道路橋示方書による液状化解析手法が適用されている。

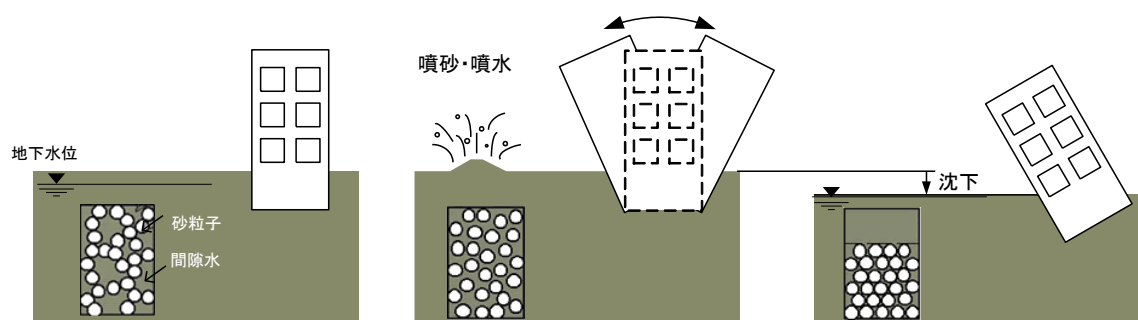


図-3.1.1 液状化の概念図

1) 日本道路協会(2002)：道路橋示方書・同解説 耐震設計編、平成14年3月

3.1.2 予測手法

(1) 液状化に対する抵抗率 F_L 値・液状化指数 P_L 値

日本道路協会(2002)による F_L 法では、 N 値を計測した深さごとに液状化に対する抵抗率 F_L 値を算出し、 $F_L < 1.0$ のとき液状化するとみなす。解析の流れを以下に示す。

- ① 地盤の液状化に対する強さとして、動的せん断強度比 (R) を算出する。動的せん断強度比は、 N 値を計測した深度の土質定数、 N 値、深さから求められる。
- ② 液状化を発生させる側の強さとして、水平方向の地表加速度 (α) から地震時せん断強度比 (L) を算出する。
- ③ 液状化に対する抵抗率 F_L を式(5.2.1)より算出し $F_L < 1.0$ のとき液状化するとみなす。

$$F_L = R/L \quad (3.2.1)$$

- ④ 液状化の危険度を地盤モデルごとの値に集約するため、式(5.2.2)から液状化指数を算出し、表-3.1.1をもとに液状化危険度を判定した ($F_L > 1.0$ のときは $F_L = 1.0$)。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L) \times (10 - 0.5z) dz \quad (3.2.2)$$

z : 地表面からの深さ (m)

表-3.1.1 液状化危険度の判定表

判定条件	液状化危険度判定
$15 < P_L$	液状化の可能性がきわめて高い
$5 < P_L \leq 15$	液状化の可能性が高い
$0 < P_L \leq 5$	液状化の可能性が低い
$P_L = 0$	液状化の可能性がない

(2) 地震時せん断応力比

地震時せん断応力比 L は、地表水平加速度 α を用いて式(3.2.3)のように表される。

$$L = \left(\frac{\alpha}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \times \gamma_d \quad (3.2.3)$$

α : 地表水平加速度 (Gal)

g : 重力加速度 (=980Gal)

σ_v : 全上載圧 (kgf/cm²)

σ'_v : 有効上載圧 (kgf/cm²)

γ_d : 低減係数 (=1.0-0.015 z , z : 地表からの深さ (m))

(3) 動的せん断応力比

土質が有する動的せん断応力比 R は、(3.2.4)の補正式より求める。

$$R = C_w \times R_L \quad (3.2.4)$$

C_w : 地震時特性による補正係数

R_L : 地盤の繰り返し三軸強度比

地震時特性による補正係数 C_w は以下のように定められている。

<タイプⅠ：プレート境界型地震の場合>

$$C_w = 1.0 \quad (3.2.5)$$

<タイプⅡ：内陸型地震の場合>

$$C_w = \begin{cases} 1.0 & (R_L \leq 0.1) \\ 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \\ 2.0 & (0.4 < R_L) \end{cases} \quad (3.2.6)$$

三軸強度比 R_L は、(3.2.7)式により算出する。

$$R_L = \begin{cases} 0.0882 \sqrt{\frac{N_a}{1.7}} & (N_a < 14) \\ 0.0882 \sqrt{\frac{N_a}{1.7}} + 1.6 \times 10^{-6} \times (N_a - 14)^{4.5} & (N_a \geq 14) \end{cases} \quad (3.2.7)$$

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値

粒度の影響を考慮した補正 N 値 (N_a) は、次のように求める。

<砂質土の場合>

$$N_a = c_1 \times N_l + c_2 \quad (3.2.8)$$

$$N_l = 1.7 \times N / (\sigma'_v + 0.7) \quad (3.2.9)$$

$$c_1 = \begin{cases} 1.0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 40)/50 & (10\% \leq FC < 60\%) \\ FC/20 - 1 & (60\% \leq FC) \end{cases} \quad (3.2.10)$$

$$c_2 = \begin{cases} 0 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC - 10)/18 & (10\% \leq FC) \end{cases} \quad (3.2.11)$$

<礫質土の場合>

$$N_a = \left\{ 1 - 0.36 \times \log_{10} \left(\frac{D_{50}}{2} \right) \right\} \times N_l \quad (3.2.12)$$

N_l は式(3.2.9)より求める。

3.1.3 予測結果

(1) 東京湾北部地震

平成19年度千葉県地震被害想定調査では液状化指数 P_L 値が250mメッシュ単位に求められているので、この値を数学的に補間して50mメッシュ単位の P_L 値を求めた。東京湾北部地震による液状化危険度の予測分布を図-3.1.2に示す。

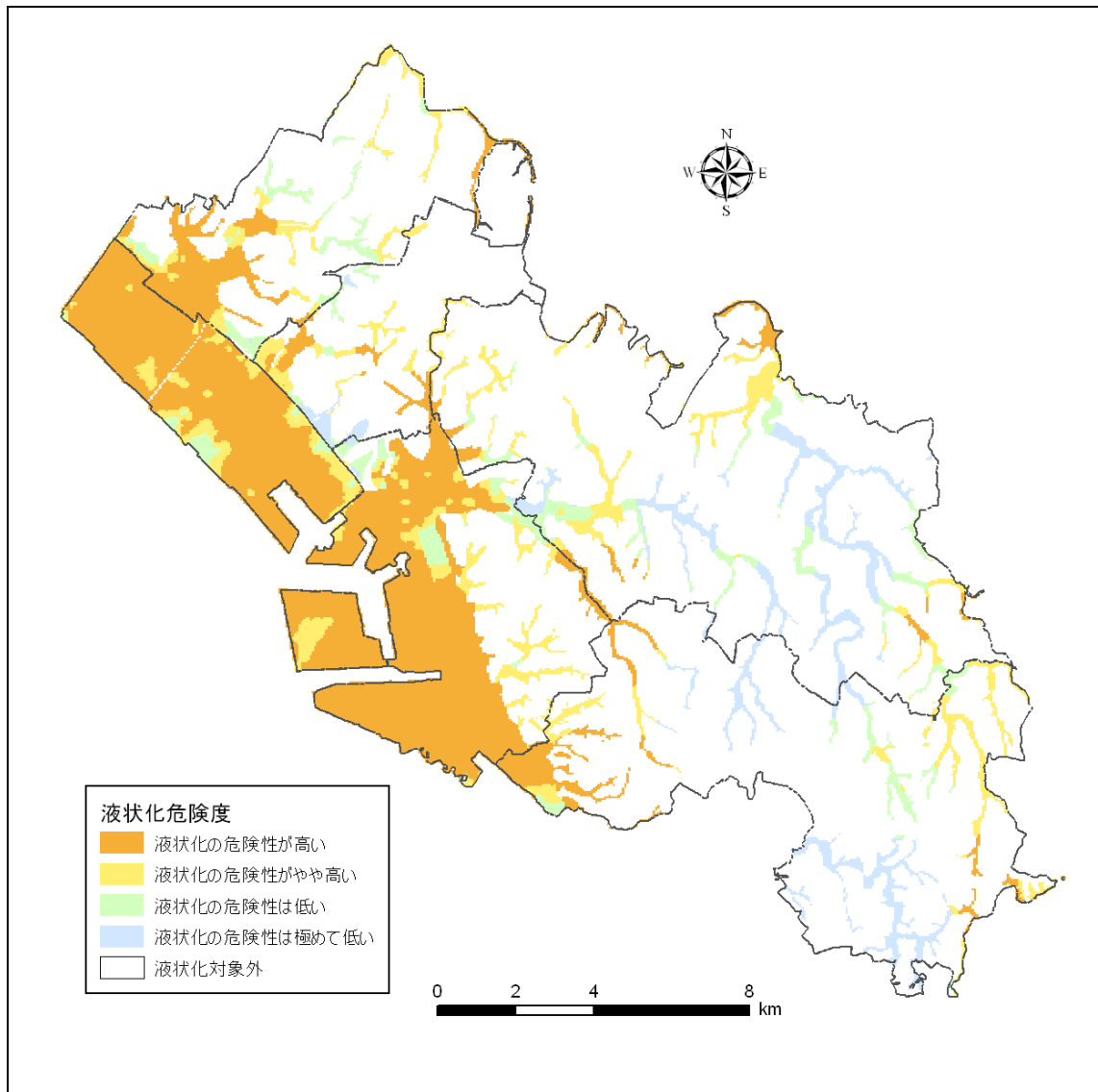


図-3.1.2 東京湾北部地震による液状化危険度の予測分布

(2) 千葉市直下の地震

本業務で収集した約 2,000 本のボーリングデータのうち、以下の条件をクリアするものに対し、液状化危険度判定を行った。

- ①掘削震度が 20m 以上データ
- ②ボーリング位置の地形が、海岸平野、砂堆・自然堤防、被覆砂丘、盛土地、切土地、盛土地、埋立地、谷底平野であるデータ

選定されたボーリングデータは 1,035 本で、このデータを用いて、3.1.2 項の予測手法によって液状化指数 P_L を求めた。この値を数学的に補間して 50m メッシュ単位の P_L 値を求めた。千葉市直下の地震による液状化危険度の予測分布を図-3.1.3 に示す。

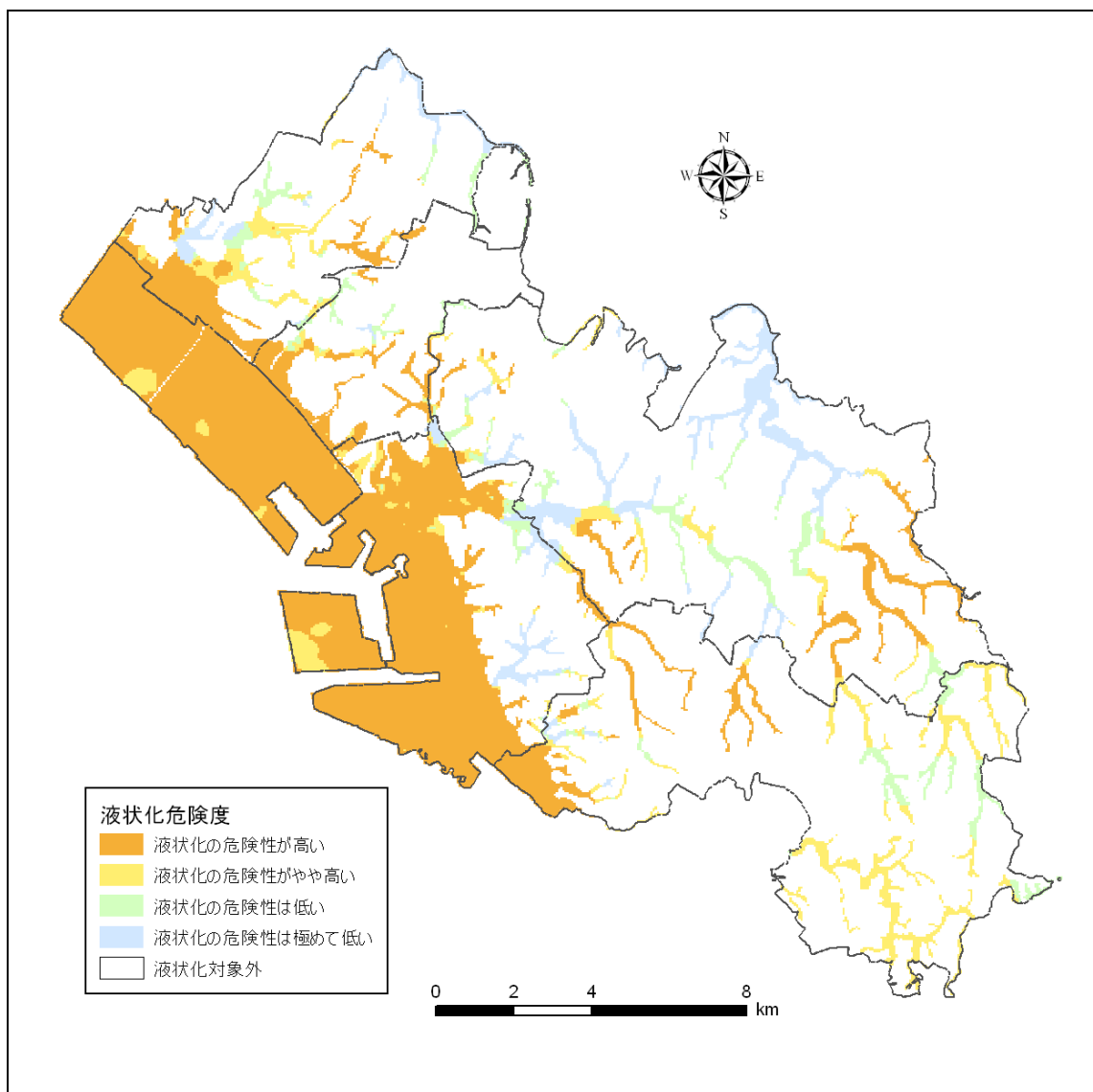


図-3.1.3 千葉市直下地震による液状化危険度の予測分布

3.2 急傾斜地崩壊危険度の予測

3.2.1 概要

勾配 30 度以上の崖は大雨等で崩れるおそれがあり、斜面の高さが高いほど崩れたときの被害が大きくなる。とくに張り出し、浮き石、亀裂、わき水等がある崖は危険である。急傾斜地崩壊危険箇所とは、傾斜度 30 度以上、崖の高さが 5m 以上の急斜面であり、崩壊した場合の人家等への影響の大きさから、表-3.2.1 に示す危険箇所の分類がある¹⁾。

表-3.2.1 急傾斜地崩壊危険箇所の分類

急傾斜地の危険箇所分類	条 件
急傾斜地崩壊危険箇所Ⅰ	人家 5 戸以上ないし公共施設 1 以上
急傾斜地崩壊危険箇所Ⅱ	人家 1 戸以上 5 戸未満
急傾斜地崩壊危険箇所に準ずる斜面Ⅲ	人家はないが、都市計画区域内

ここでは、急傾斜地斜面カルテ（平成 11 年千葉県作成）の情報をもとに、東京都「首都直下地震による東京の被害想定（平成 18 年 3 月）」の手法を適用して、地震による急傾斜地崩壊の予測を行った。本業務では、急傾斜地崩壊の影響が大きい急傾斜地崩壊危険箇所Ⅰのみを評価の対象とした。対象とした急傾斜地の位置を図-3.2.1 に示す。

1) 建設省：急傾斜地崩壊危険箇所点検要領（平成 11 年 11 月）

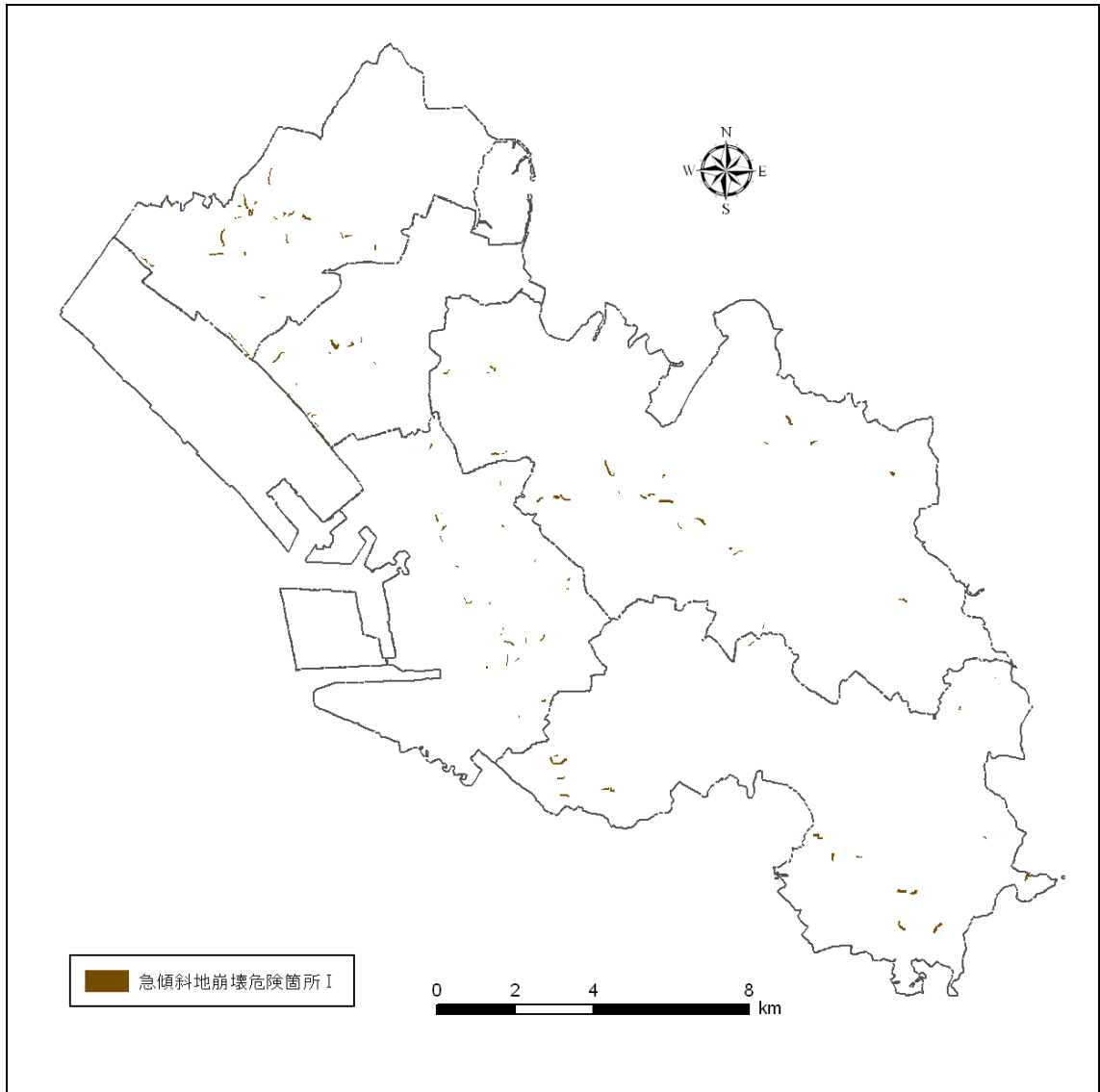


图-3.2.1 急傾斜地崩壊危険箇所

3.2.2 予測手法

評価対象となる急傾斜地崩壊危険箇所Ⅰを、斜面カルテの情報をもとに、表-3.2.2と表-3.2.3を用いて、各箇所の危険度ランクをA～Cの3区分に分類する。急傾斜地法（急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律）にもとづく対策工事が完了済みまたは事業中の箇所は、崩壊する危険度が低いとみなし、Cランクと判定する。

表-3.2.2 急傾斜地地震対策危険度判定基準

大項目	データ項目	小項目	
			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	地表の状況	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

※『急傾斜地崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測方式（昭和 62 年・宮城県）にもとづき、東京都の斜面データに合わせて作成』した、東京都「首都直下地震による東京の被害想定（平成 18 年 3 月）」より引用

表-3.2.3 震度による危険度ランク判定基準

震度	基準要素点	危険度ランク		
		13 点以下	14～23 点	24 点以上
6 強以上		A	A	A
6 弱		B	A	A
5 強		C	B	A

※『宮城県急傾斜地崩壊危険箇所カルテを用いた地震時斜面危険度予測方式（昭和 62 年・宮城県）：点数と危険度ランクの関係は、道路震災対策委員会（昭和 61 年）による法面・斜面耐震判定方法による』東京都「首都直下地震による東京の被害想定（平成 18 年 3 月）」より引用

3.2.3 予測結果

(1) 東京湾北部地震

東京湾北部地震による急傾斜地崩壊危険度の予測分布を図-3.2.2に示す。

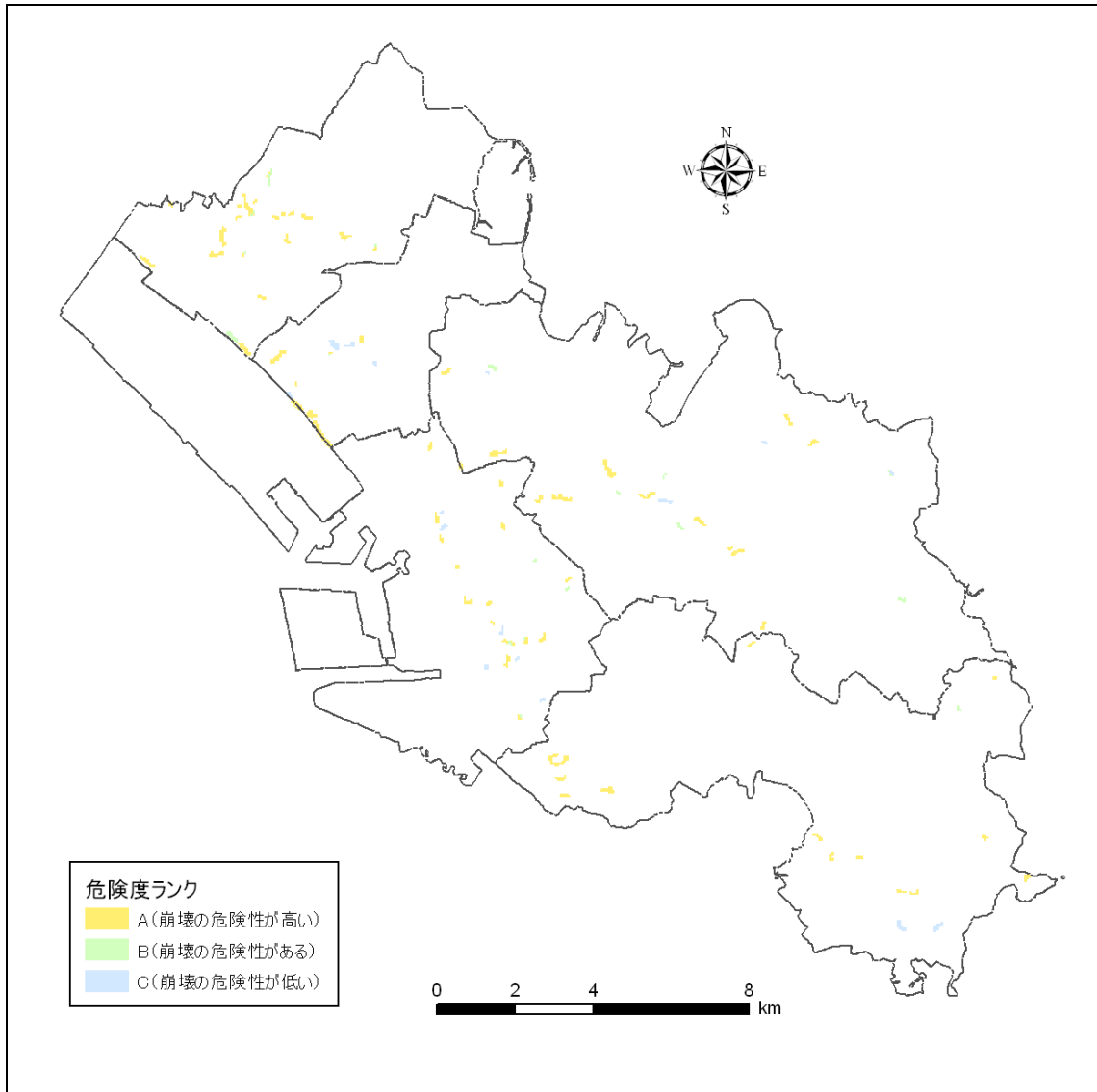


図-3.2.2 東京湾北部地震による急傾斜地崩壊危険度の予測分布

(2) 千葉市直下の地震

千葉市直下の地震による急傾斜地崩壊危険度の予測分布を図-3.2.3に示す。

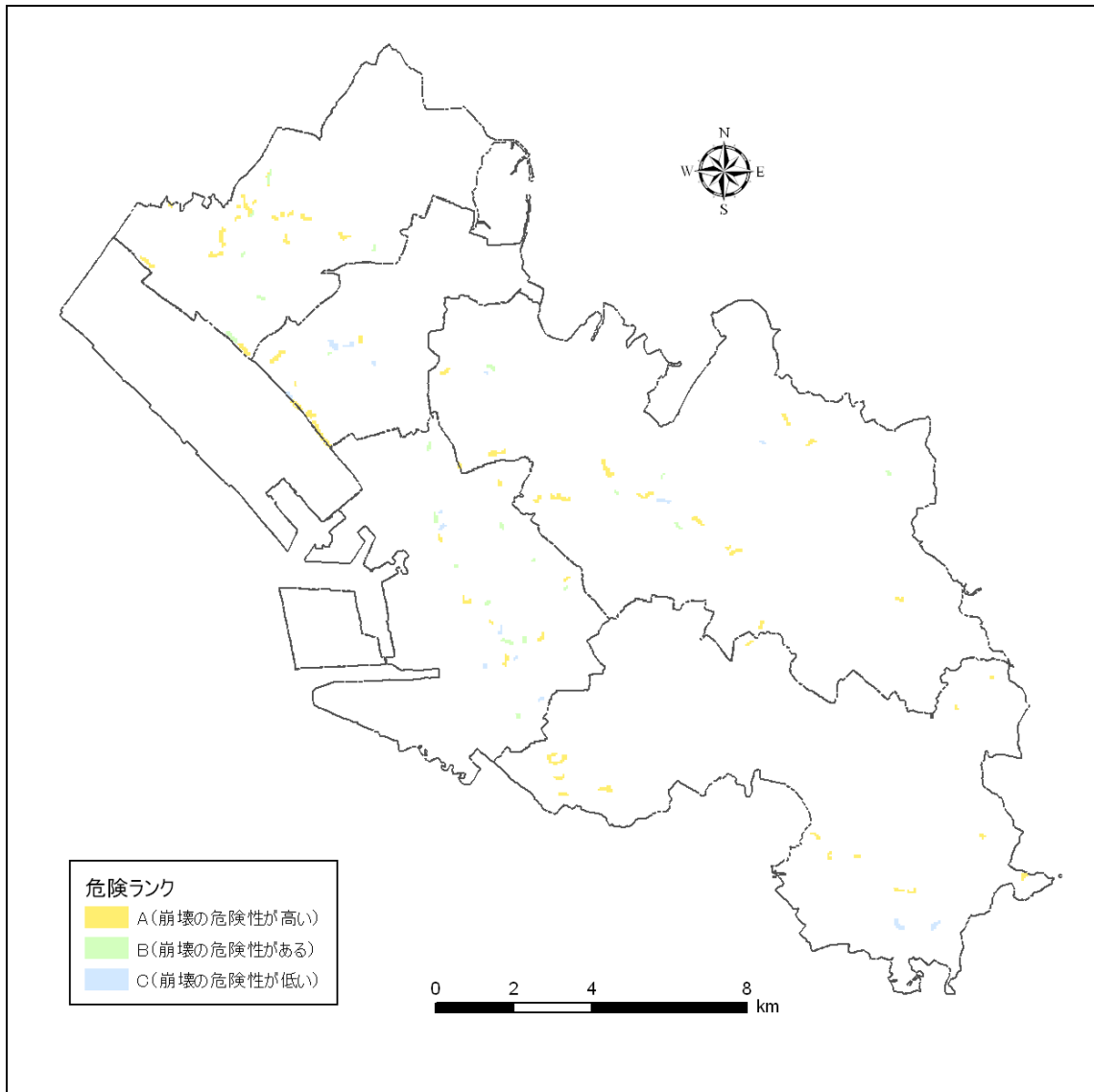


図-3.2.3 千葉市直下の地震による急傾斜地崩壊危険度の予測分布

3.3 建物被害の予測

3.3.1 揺れによる被害

(1) 概要

平成19年度千葉県地震被害想定調査で適用された手法を用いて、50mメッシュ単位の建物全壊率（揺れ）を求めた。揺れによる建物被害予測の流れを図-3.3.1に示す。なお、ここで予測した全壊（倒壊を含む）とは、東京都「首都直下地震による東京の被害想定（平成18年3月）」と同じく、表-3.3.1に示すように、り災証明の区分と同様とした。

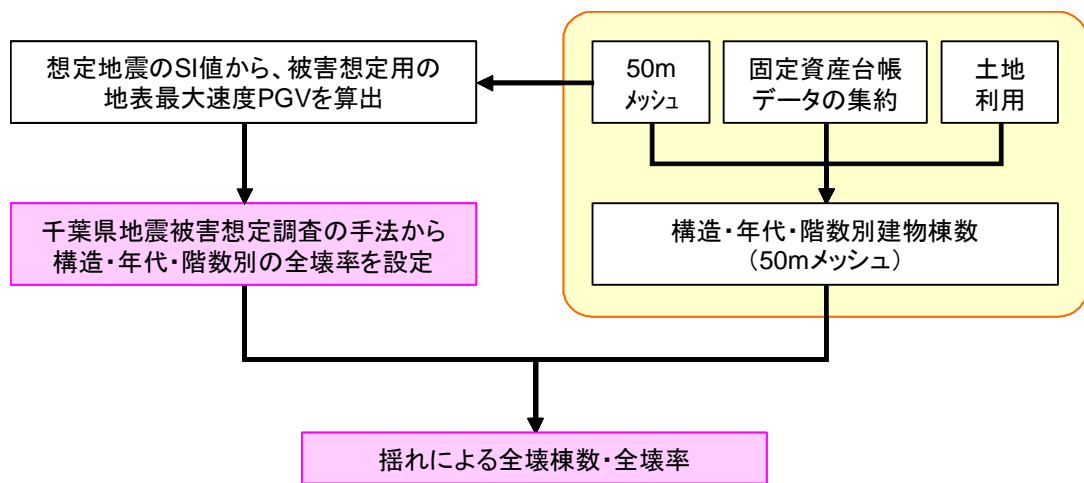


図-3.3.1 揺れによる建物被害予測の流れ

表-3.3.1 倒壊・全壊・半壊の被害定義区分

定義区分		住家被害状況のイメージ ¹⁾			
倒壊	建物の一部または全部が破壊し、瓦礫が発生する。 【り災証明の区分】 倒壊の定義はない。全壊の一部。	※本業務で予測する被害レベル			
全壊	柱・梁・壁が破壊され、居住空間が欠損する。 【り災証明の区分】 損害額が住家の時価の50%以上				
半壊	柱・梁・壁の一部が破壊されても、居住空間は欠損していない。 【り災証明の区分】 損害額が住家の時価の20~50%				

1) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, No.524, pp.65-72, 1999.

(2) 建物現況の把握

建物被害予測を行う前に、建物棟数とその分布状況の現況を 50m メッシュ単位で把握する必要がある。ここでは、図-3.3.2 の流れで被害予測のための建物データを作成した。

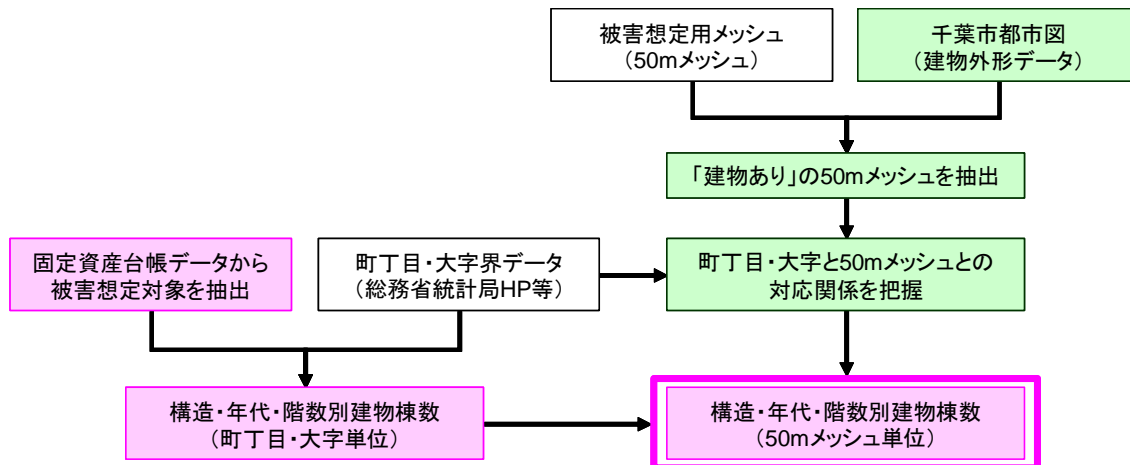


図-3.3.2 建物現況データ作成の流れ

具体的な作業の流れを以下に示す。

- ① 背景の地図（千葉市都市図・平成 14 年 3 月）において、建物が表示されているメッシュに「建物がある」とみなす。
- ② 固定資産税台帳データ（平成 19 年 12 月時点）を、表-3.3.2 に示すルールに従い、人間活動の営みがあると判断できるものに集約する。

表-3.3.2 固定資産税台帳データから解析対象の建物データを抽出する作業の手順

作業手順	作業の内容
1) 小規模な建築物の削除	延床面積 20m ² 未満のレコードは削除する。
2) 用途によるふるいわけ	以下に示す A)か B)のいずれかに該当するものを解析対象とする。 A) 固定資産税台帳データの「種類 1」が以下の用途となる建物 寄宿舍、居宅、共同住宅、ボーリング場、ホール、ホテル、 モーター、映画館、駅舎、給油所、教会、教室、銀行、劇場、 研究室、研修所、公衆浴場、公民館、工場、校舎、講堂、作業場、 市場、事務所、寺院、実験室、集会場、食堂、神社、診療所、 炊事場、体育館、店舗、百貨店、病院、保育所、遊戯場、郵便局、 幼稚園、養護所、浴室、旅館 B) 固定資産税台帳データの「種類 2～5」が以下の用途となる建物 寄宿舍、居宅、共同住宅

- ③ ②で集約した建物データを、表-3.3.3に示す構造別・建築年代別・階数別に区分し、区分ごとの建物棟数を町丁目・大字単位に集計する。

表-3.3.3 被害想定用の建物区分（構造・建築年代・階数）

構造	建築年代	階数	構造	建築年代	階数
木造	～1950	—	RC造	～1971	1～2階
	1951～1970	—			3～4階
	1971～1980	—			5～6階
	1981～	—			7階～
S造	～1981	1～2階		1972～1981	1～2階
		3～4階			3～4階
		5階～			5～6階
	1982～	1～2階			7階～
		3～4階		1982～	1～2階
		5階～			3～4階
	5～6階				
				7階～	

※構造・建築年代・階数の区分は、平成19年度千葉県地震被害想定調査と同様

- ④ 町丁目・大字単位に集計した構造別・建築年代別・階数別の建物データを、「建物がある」とみなしたメッシュに振り分け、50mメッシュ単位の構造別・建築年代別・階数別の建物データを作成する。

50mメッシュ単位で作成した全建物の棟数分布を図-3.3.3、木造建物の棟数分布を図-3.3.4、非木造建物の棟数分布を図-3.3.5、1980年以前（昭和55年以前）の木造建物の棟数率を図-3.3.6にそれぞれ示す。

表-3.3.4に、建物の構造別集計結果を示す。

表-3.3.4 建物集計結果

市区名	木造		S造		RC造		計
	棟数	構成比	棟数	構成比	棟数	構成比	
千葉市	169,060	77.8%	36,844	17.0%	11,370	5.2%	217,274
中央区	42,229	77.3%	9,422	17.2%	2,990	5.5%	54,641
花見川区	33,167	78.1%	6,639	15.6%	2,668	6.3%	42,474
稲毛区	25,996	78.7%	5,366	16.2%	1,688	5.1%	33,050
若葉区	35,400	79.1%	7,793	17.4%	1,536	3.4%	44,729
緑区	26,300	81.1%	5,528	17.0%	598	1.8%	32,426
美浜区	5,968	60.0%	2,096	21.1%	1,890	19.0%	9,954

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

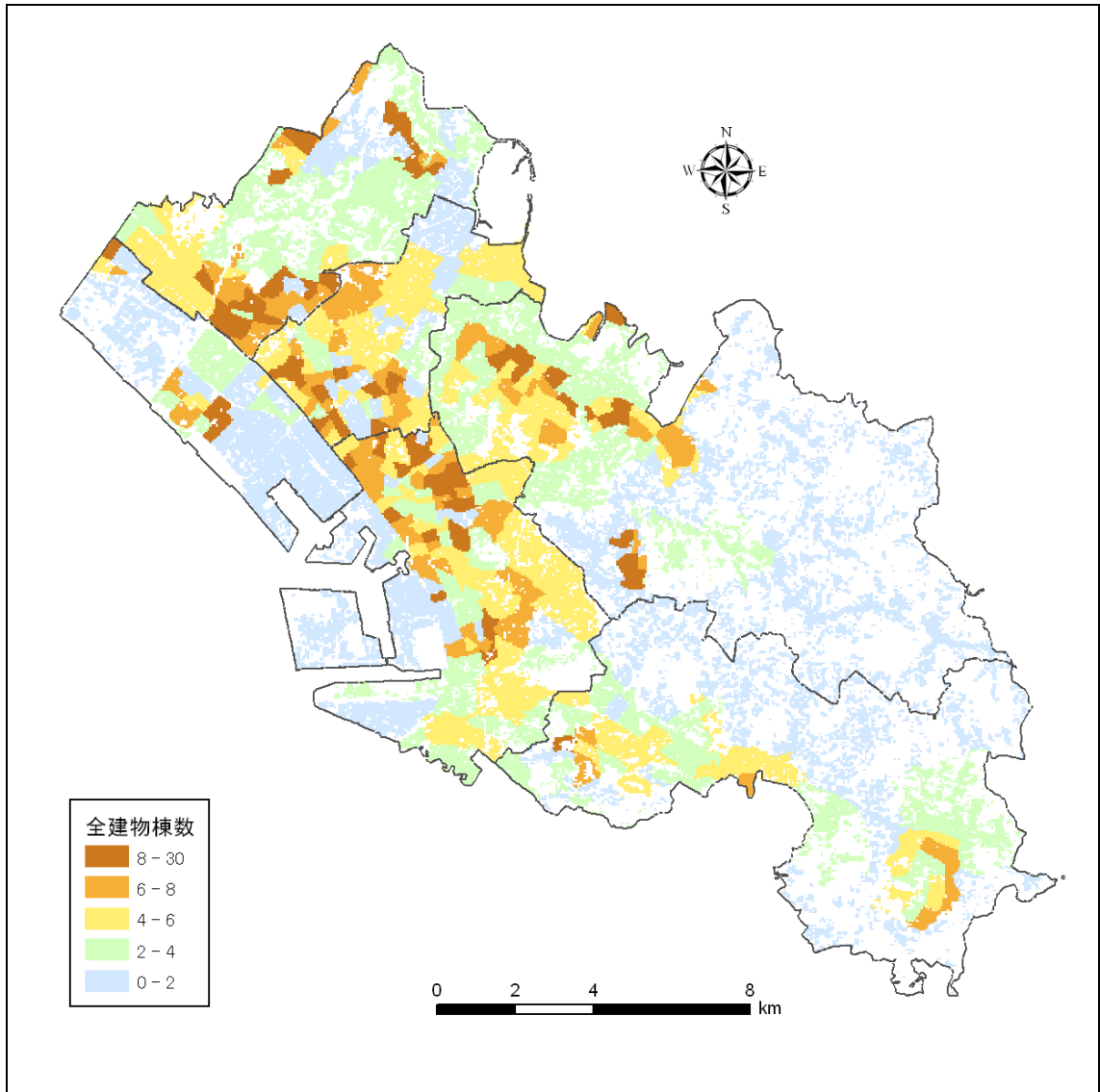


図-3.3.3 全建物の棟数分布 (50mメッシュ単位)

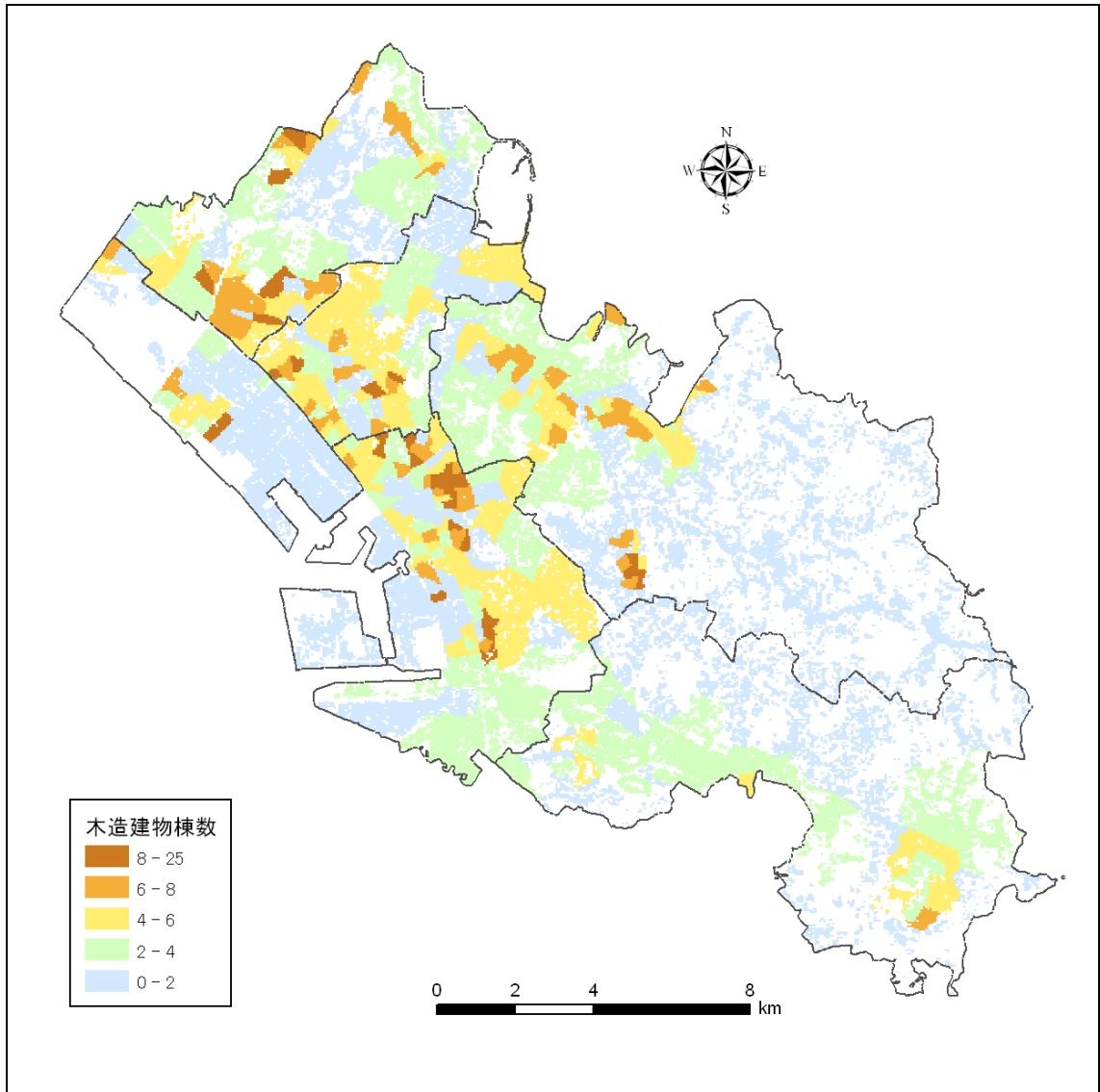


図-3.3.4 木造建物の棟数分布 (50mメッシュ単位)

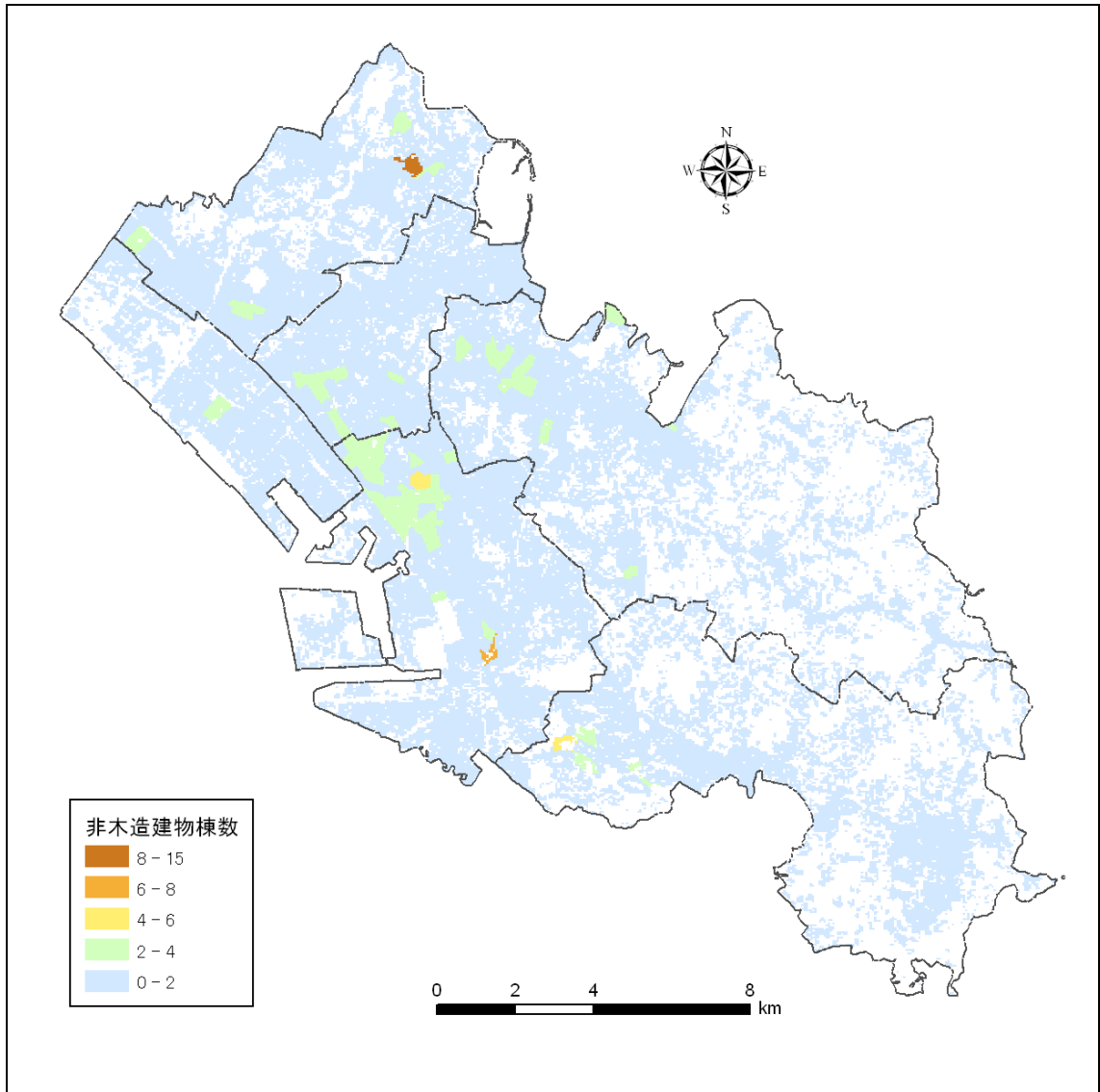


図-3.3.5 非木造建物の棟数分布 (50mメッシュ単位)

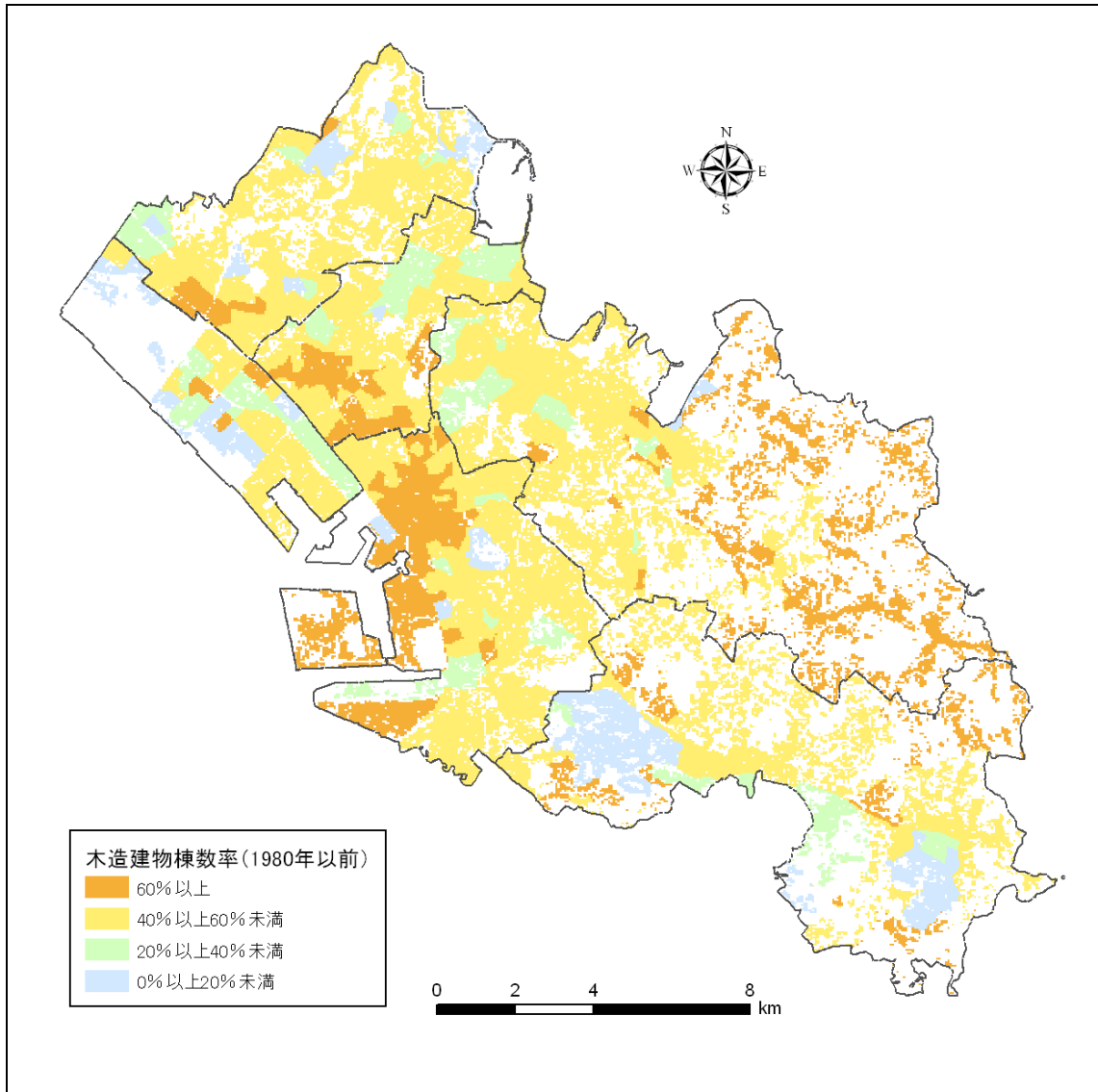


図-3.3.6 1980年以前（昭和55年以前）の木造建物の棟数率（50mメッシュ単位）

(3) 予測手法

平成 19 年度千葉県地震被害想定調査では、表-3.3.3 に示した構造別・建築年代別・階数別に、地震動の強さに対する被害率の関係が設定されている。この関係を建物被害率曲線と呼ぶ。地震動の強さに地表最大速度 PGV を選択した場合、 PGV と被害率との関係は、対数正規分布の累積確率分布関数 $P_R(x)$ で表すことができる。

$$P_R(x) = \Phi((\ln(x) - \lambda) / \zeta) \quad (3.4.1)$$

係数 λ と ζ は $\ln(x)$ の平均と標準偏差である。千葉県が全壊率の設定に用いた係数を表-3.3.5、本業務で適用した全壊率曲線を図-3.3.7 (次ページ) にそれぞれ示す。

ところで、千葉県地震被害想定調査における想定地震動がやや長周期の成分を含んだハイブリット法による地震のため、地表最大速度 PGV_s をそのまま適用すると過大評価となるおそれがある。したがって、建物被害への影響が大きい周期帯の指標である SI 値¹⁾ から、以下に示す式(3.4.2)を用いて最大速度 PGV を求め、建物被害予測に適用している²⁾。

$$PGV = SI / 1.18 \quad (3.4.2)$$

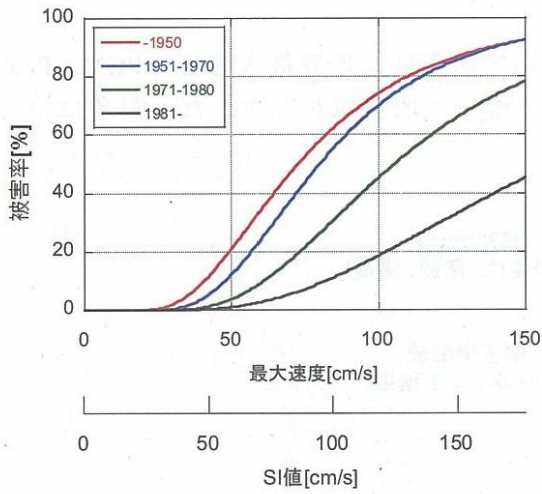
表-3.3.5 建物被害率（全壊率）曲線の係数一覧

構造	建築年代	階数	被害率曲線の係数 ($\lambda \cdot \zeta$)		構造	建築年代	階数	被害率曲線の係数 ($\lambda \cdot \zeta$)			
木造	～1950	—	λ	4.14	RC 造	～1971	1～4 階	λ	4.98		
	1951～1970	—	ζ	0.556			5～6 階	ζ	0.568		
			λ	4.25			7 階～	λ	4.87		
	ζ	0.479	ζ	0.609							
1971～1980	—	λ	4.56	1972～1981		1972～1981	7 階～	λ	4.36		
1981～	—	ζ	0.488				1～4 階	ζ	0.399		
		λ	5.01				5～6 階	λ	5.37		
ζ	0.571	ζ	0.586								
～1981	1～2 階	—	λ			4.73		7 階～	1982～	1～4 階	λ
			ζ			0.615	5～6 階			ζ	0.792
			λ	4.7	7 階～	λ	5.15				
3～4 階	—	ζ	0.712	ζ		0.560					
		λ	4.28	1982～		1～4 階	λ	5.67			
5 階～	—	ζ	0.561		5～6 階	ζ	0.604				
		λ	5.29		7 階～	λ	5.2				
1982～	1～2 階	—	ζ	0.417		ζ	0.514				
			3～4 階	—		λ	5.35	※RC 造の 1～4 階には、1～2 階と 3～4 階を含む。			
					ζ	0.610					
λ	4.98										

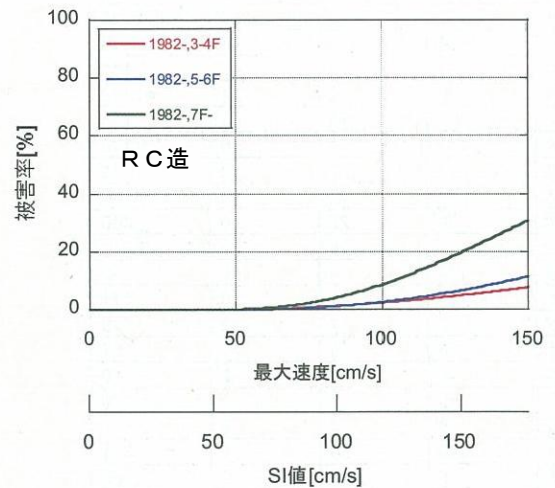
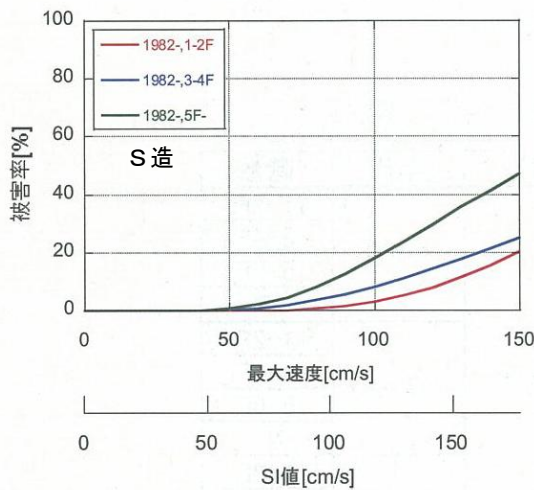
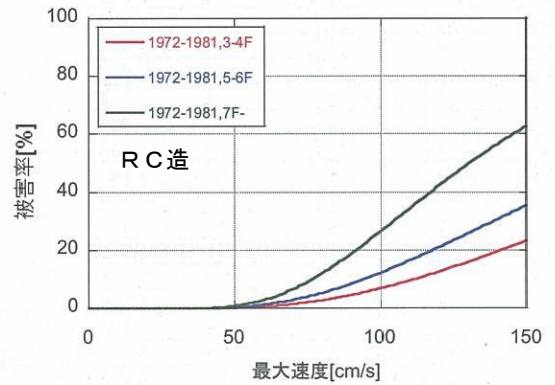
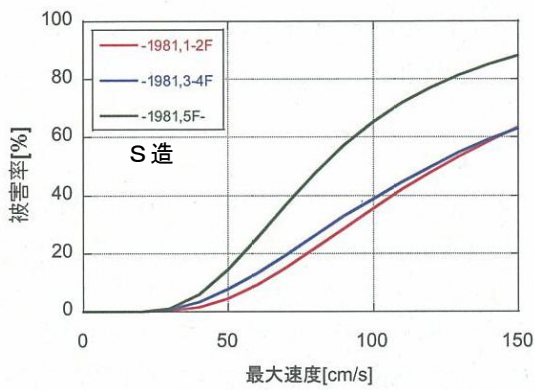
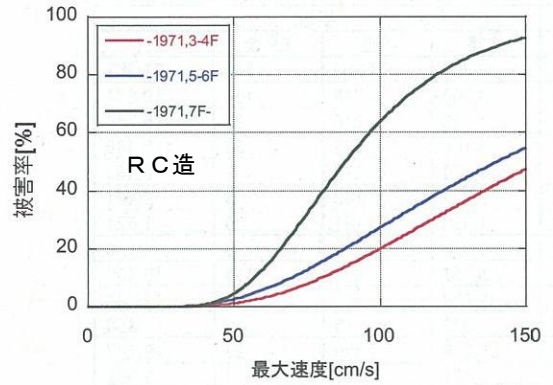
1) SI 値: Spectral Intensity の略。減衰率 20% の速度応答スペクトルを固有周期 0.1sec～2.5sec までの積分値。

2) 童華南・山崎文雄・佐々木裕明・松本省吾 (1994) : 被害事例に基づく地震動強さと家屋被害率の関係, 第 9 回日本地震工学シンポジウム論文集, 2, pp.2299-2304.

			ζ	0.525
--	--	--	---------	-------



(a) 木造の全壊率曲線



(b) S造の全壊率曲線

(c) RC造の全壊率曲線

図-3.3.7 被害率（全壊率）曲線 [千葉県地震被害想定調査]

(4) 予測結果

① 東京湾北部地震

東京湾北部地震の揺れによる建物全壊率の分布を図-3.3.8、揺れによる建物被害算出結果を表-3.3.6にそれぞれ示す。

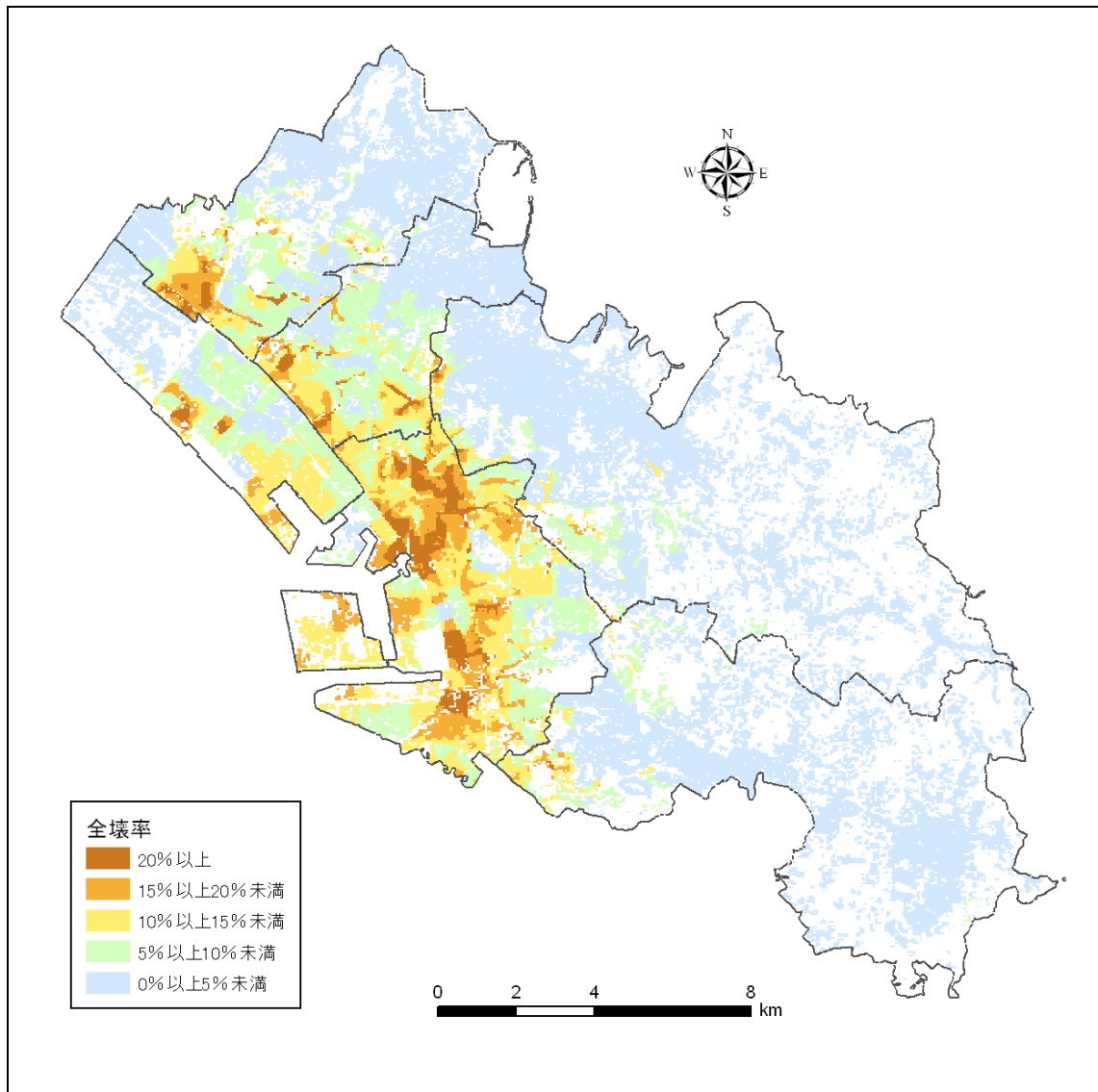


図-3.3.8 揺れによる建物全壊率の分布（東京湾北部地震）

表-3.3.6 揺れによる建物被害算出結果（東京湾北部地震）

市区名	木造		S造		RC造		計	
	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率
千葉市	14,305	6.6%	963	0.4%	217	0.1%	15,485	7.1%
中央区	6,980	12.8%	494	0.9%	105	0.2%	7,579	13.9%
花見川区	2,332	5.5%	106	0.2%	15	0.0%	2,453	5.8%
稲毛区	2,556	7.7%	130	0.4%	28	0.1%	2,714	8.2%
若葉区	1,109	2.5%	97	0.2%	3	0.0%	1,209	2.7%
緑区	601	1.9%	25	0.1%	1	0.0%	627	1.9%
美浜区	727	7.3%	112	1.1%	66	0.7%	904	9.1%

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

② 千葉市直下の地震

千葉県直下地震の揺れによる建物全壊率の分布を図-3.3.9、揺れによる建物被害算出結果を表-3.3.7にそれぞれ示す。

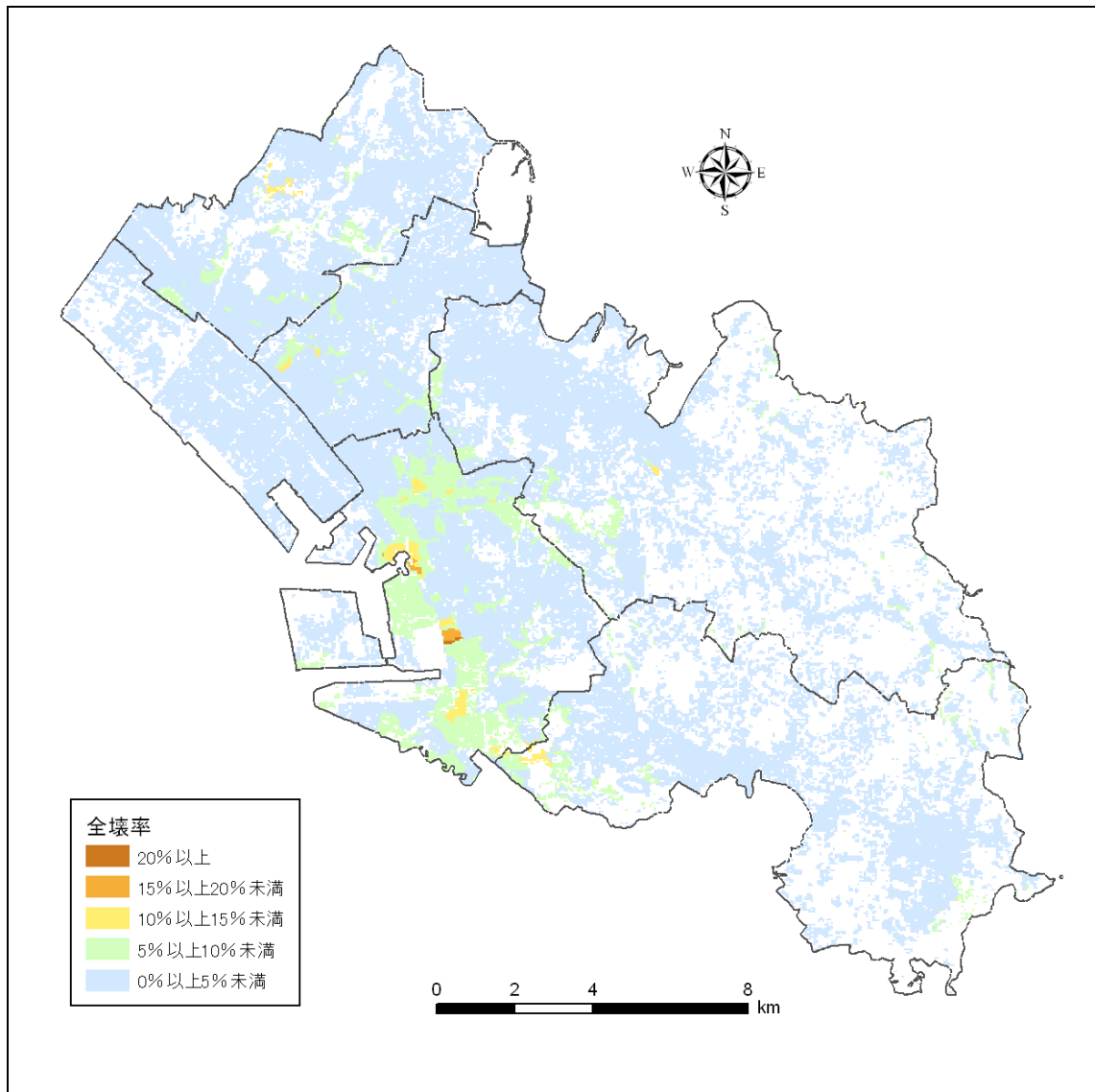


図-3.3.9 揺れによる建物全壊率の分布（千葉市直下地震）

表-3.3.7 揺れによる建物被害算出結果（千葉市直下地震）

市区名	木造		S造		RC造		計	
	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率
千葉市	5,044	2.3%	372	0.2%	40	0.0%	5,455	2.5%
中央区	2,198	4.0%	167	0.3%	21	0.0%	2,385	4.4%
花見川区	749	1.8%	51	0.1%	7	0.0%	807	1.9%
稲毛区	693	2.1%	44	0.1%	5	0.0%	742	2.2%
若葉区	797	1.8%	75	0.2%	2	0.0%	874	2.0%
緑区	525	1.6%	21	0.1%	0	0.0%	546	1.7%
美浜区	82	0.8%	14	0.1%	5	0.0%	101	1.0%

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

3.3.2 液状化による被害

(1) 予測手法

平成19年度千葉県地震被害想定調査では、液状化による建物被害予測として、液状化危険度予測から得られる P_L 値と微地形区分を用いて、全壊棟数を算出している。液状化による建物全壊棟数は以下に示す式から求められる。

$$\text{全壊棟数} = \text{建物現況棟数} \times \text{液状化面積率} \times \text{建物構造別の全壊率}$$

微地形区分別の液状化面積率を表-3.3.8、木造建物の全壊率を表-3.3.9、非木造建物の全壊率を表-3.3.10にそれぞれ示す。

表-3.3.8 微地形区分別の液状化面積率

微地形区分	液状化面積率 (%)	P_L 値による低減係数
埋立地	20	$P_L=0 \cdots 0.0$ $0 < P_L \leq 5 \cdots 0.2$ $5 < P_L \leq 15 \cdots 0.6$ $15 < P_L \cdots 1.0$
砂丘	5	
砂州・砂礫州	5	
三角州・海岸低地	2	
谷底低地	3	

表-3.3.9 木造建物の全壊率

微地形区分	建築年代	全壊率 (%)
埋立地	1971年以降	5
	1970年以前	45
その以外の地形	1971年以降	1
	1970年以前	25

表-3.3.10 非木造建物の全壊率

基礎の状況	全壊率 (%)
杭なし	23
杭あり (4階以上の建物、1960年以降の1~3階の20%も建物)	0

(2) 予測結果

① 東京湾北部地震

東京湾北部地震の液状化による建物全壊率の分布を図-3.3.10、液状化による建物被害算出結果を表-3.3.11にそれぞれ示す。

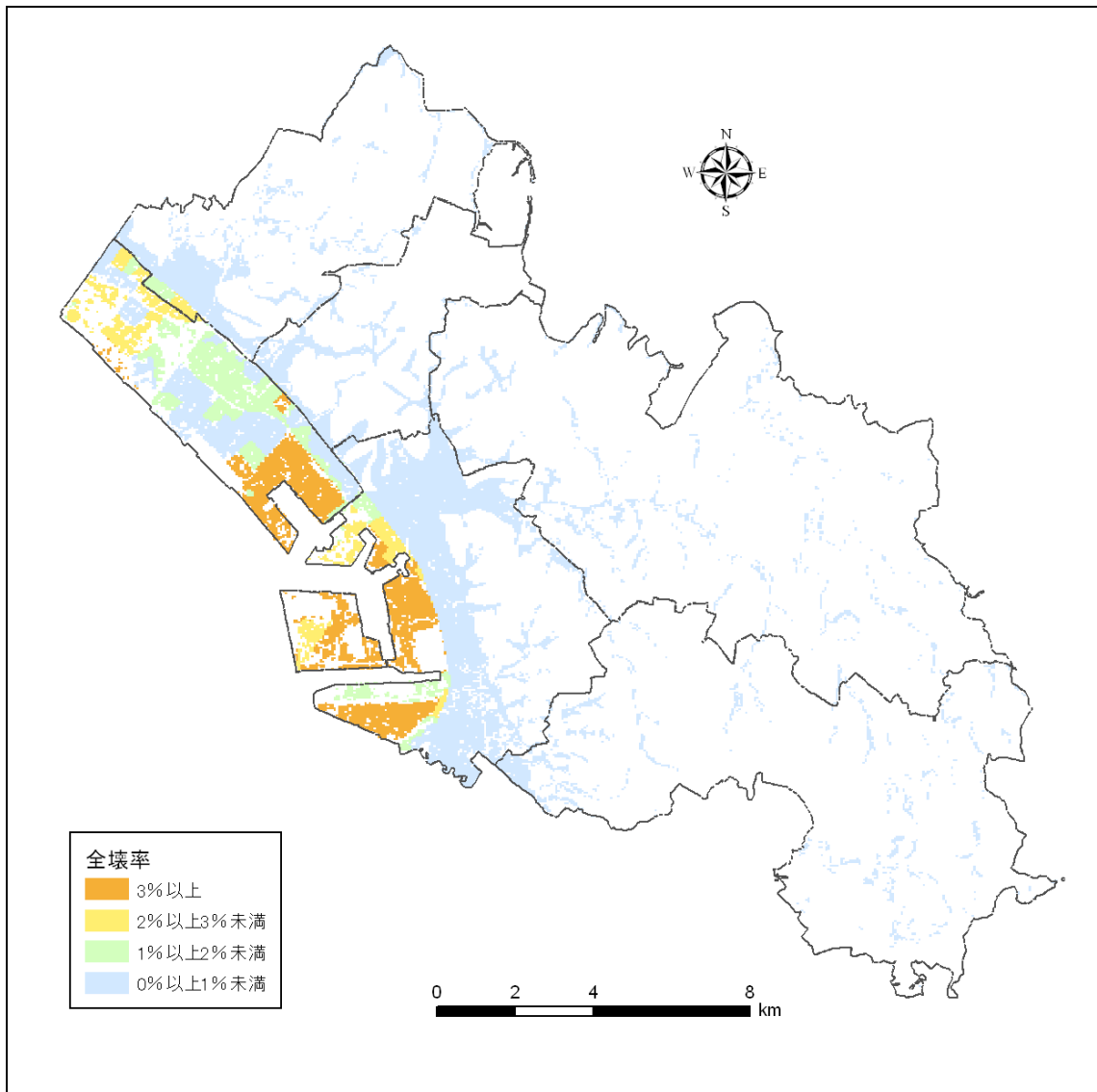


図-3.3.10 液状化による建物全壊率の分布（東京湾北部地震）

表-3.3.11 液状化による建物被害算出結果（東京湾北部地震）

市区名	木造		S造		RC造		計	
	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率
千葉市	140	0.1%	148	0.1%	36	0.0%	324	0.1%
中央区	79	0.1%	58	0.1%	8	0.0%	145	0.3%
花見川区	34	0.1%	12	0.0%	2	0.0%	48	0.1%
稲毛区	8	0.0%	3	0.0%	1	0.0%	12	0.0%
若葉区	2	0.0%	2	0.0%	0	0.0%	5	0.0%
緑区	2	0.0%	2	0.0%	0	0.0%	5	0.0%
美浜区	15	0.1%	70	0.7%	25	0.3%	110	1.1%

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

② 千葉市直下地震

千葉県直下地震の液状化による建物全壊率の分布図を図-3.3.11、液状化による建物被害算出結果を表-3.3.12にそれぞれ示す。

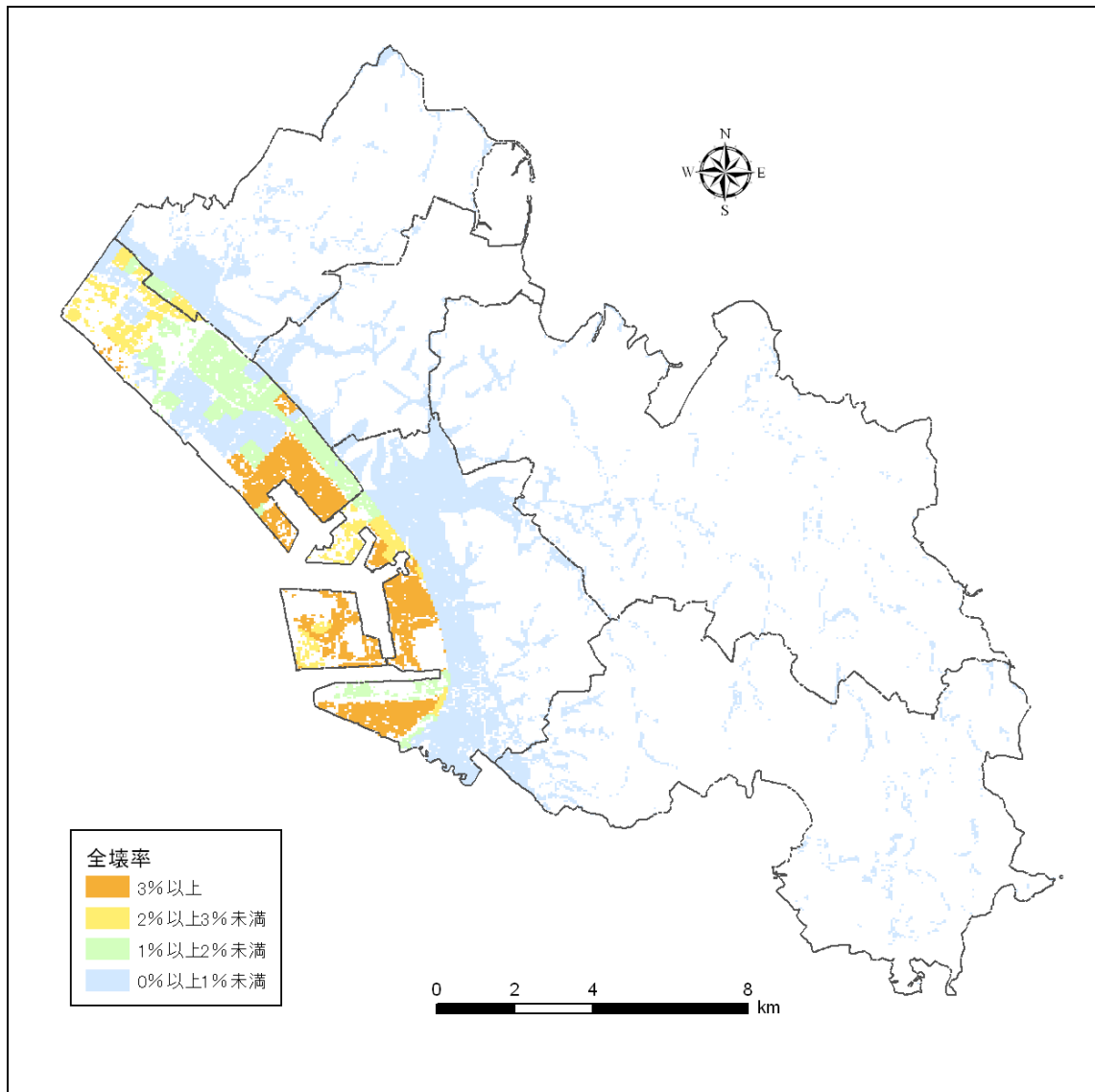


図-3.3.11 液状化による建物全壊率の分布（千葉市直下地震）

表-3.3.12 液状化による建物被害算出結果（千葉市直下地震）

市区名	木造		S造		RC造		計	
	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率	全壊棟数	全壊率
千葉市	157	0.1%	158	0.1%	39	0.0%	353	0.2%
中央区	84	0.2%	61	0.1%	9	0.0%	154	0.3%
花見川区	36	0.1%	13	0.0%	2	0.0%	51	0.1%
稲毛区	15	0.0%	6	0.0%	1	0.0%	22	0.1%
若葉区	2	0.0%	2	0.0%	0	0.0%	5	0.0%
緑区	3	0.0%	2	0.0%	0	0.0%	5	0.0%
美浜区	16	0.2%	74	0.7%	26	0.3%	116	1.2%

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

3.3.3 急傾斜地の崩壊による被害

(1) 予測手法

平成 19 年度千葉県地震被害想定調査では、急傾斜地崩壊による建物被害として、崩壊危険度ランクと震度分布から、各危険区域内人家戸数の全壊棟数を算出している。急傾斜地崩壊による建物全壊棟数は以下に示す式から求められる。

$$\text{全壊棟数} = \text{危険区域内人家戸数} \times \text{崩壊危険度ランク別崩壊率} \times \text{震度別人家全壊率}$$

崩壊危険度ランク別崩壊率を表-3.3.13、震度別人家全壊率を表-3.3.14 にそれぞれ示す。

表-3.3.13 崩壊危険度ランク別崩壊率

危険度ランク	崩壊確率 (%)
A	59
B	12
C	0

表-3.3.14 震度別人家全壊率

震度	全壊率 (%)
5 強	12
6 弱	18
6 強	24

(2) 予測結果

① 東京湾北部地震

東京湾北部地震の急傾斜地崩壊による建物全壊率の分布を図-3.3.12、急傾斜地崩壊による建物被害算出結果を表-3.3.15にそれぞれ示す。

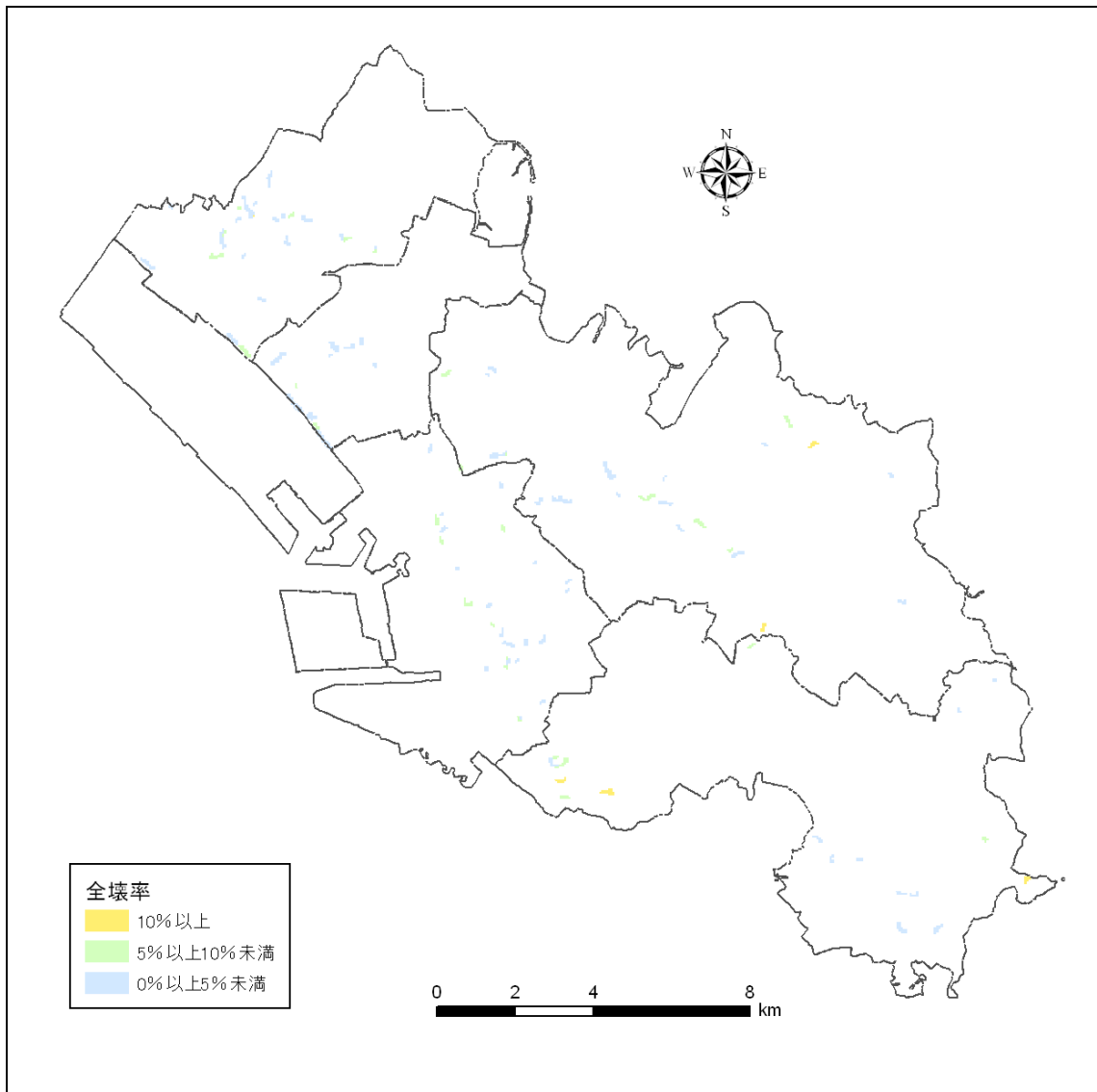


図-3.3.12 急傾斜地崩壊による建物全壊率の分布（東京湾北部地震）

表-3.3.15 急傾斜地崩壊による建物被害算出結果（東京湾北部地震）

市区名	全壊棟数	全壊率
千葉市	104	0.0%
中央区	27	0.0%
花見川区	31	0.1%
稲毛区	15	0.0%
若葉区	17	0.0%
緑区	13	0.0%
美浜区	0	0.0%

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

② 千葉市直下の地震

千葉市直下の地震の急傾斜地崩壊による建物全壊率の分布を図-3.3.13、急傾斜地崩壊による建物被害算出結果を表-3.3.16にそれぞれ示す。

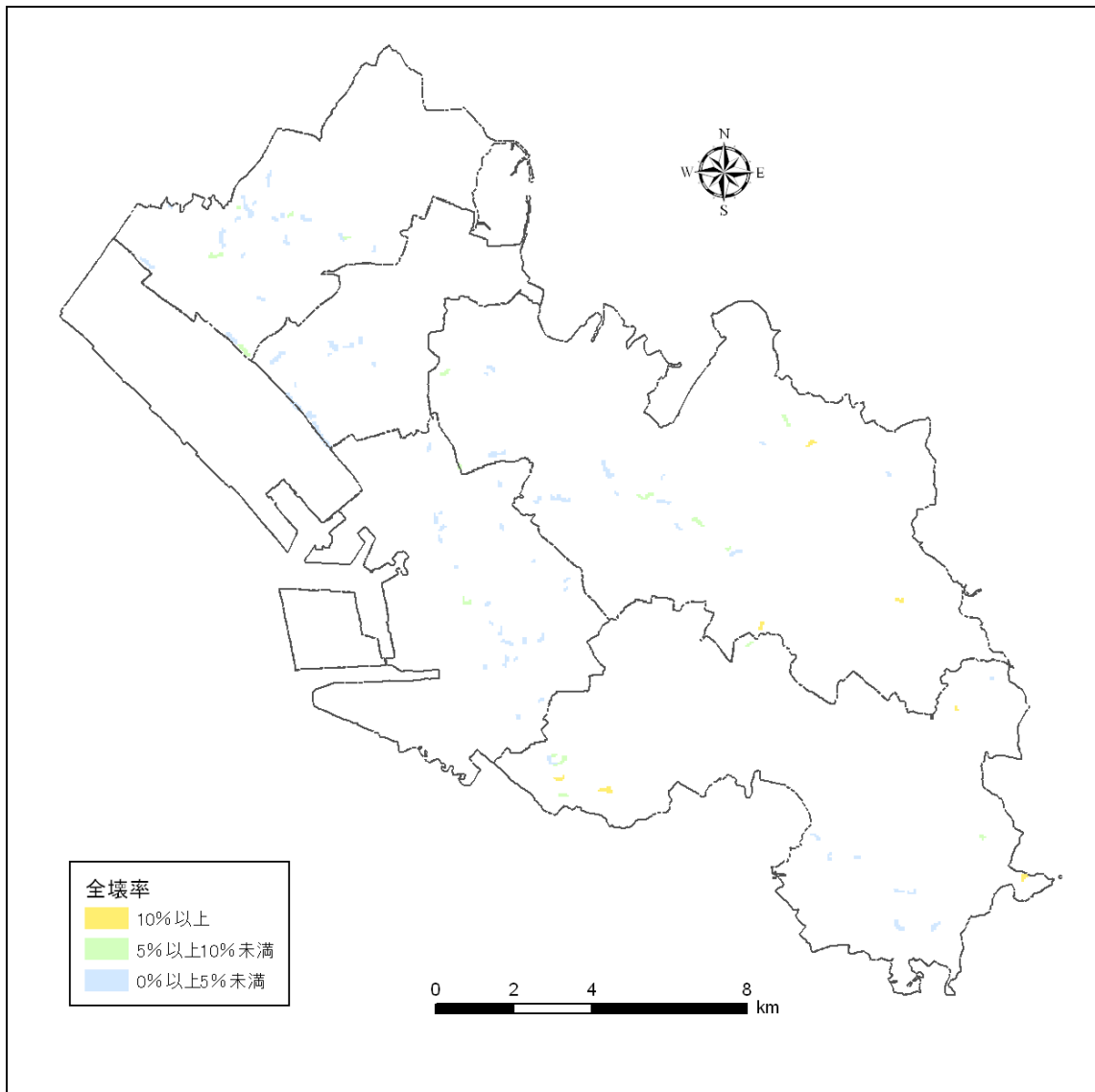


図-3.3.13 急傾斜地崩壊による建物全壊率の分布（千葉市直下地震）

表-3.3.16 急傾斜地崩壊による建物被害算出結果（千葉市直下地震）

市区名	全壊棟数	全壊率
千葉市	82	0.0%
中央区	14	0.0%
花見川区	27	0.1%
稲毛区	11	0.0%
若葉区	17	0.0%
緑区	13	0.0%
美浜区	0	0.0%

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

3.3.4 火災による被害

(1) 予測手法

地震火災予測の流れを図-3.3.14に示す。

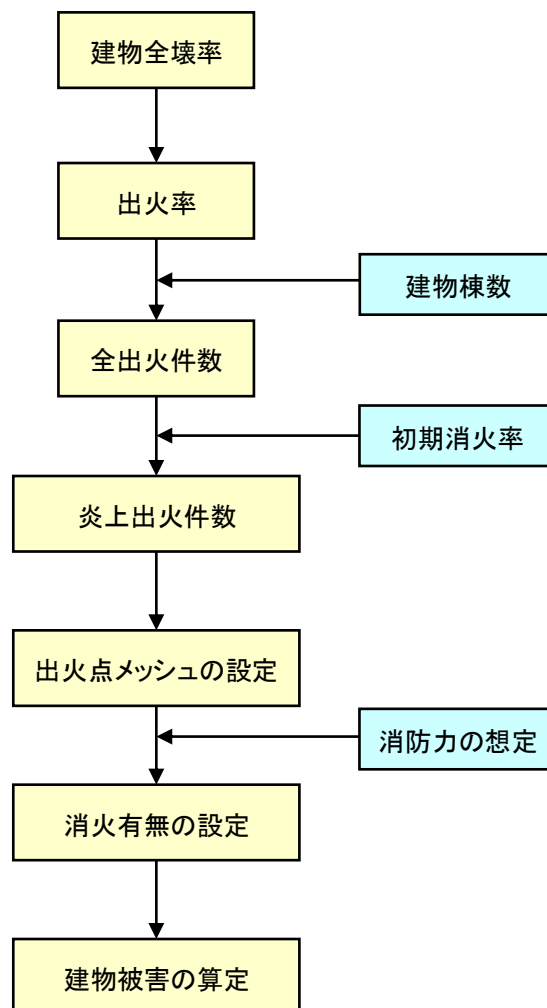


図-3.3.14 地震火災被害予測のフロー

① 全出火件数の想定

平成19年度千葉県地震被害想定では、中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」で検討された、兵庫県南部地震による全壊率と全出火率の関係から出火件数を想定している。具体的には、兵庫県南部地震時の建物全壊と出火の関係にもとづき、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などによる時間帯別出火率に補正し、ケースごとの出火要因別の算定式を導出している。今回は、冬の18時を基準にして得られた算定式を用いて全出火件数を求めた。

$$\text{全出火件数} = \text{建物棟数} \times \text{出火率}$$

(一般火気器具)

$$\text{出火率} = 0.0022 \times (\text{揺れによる全壊率})^{0.73}$$

(電熱器具)

$$\text{出火率} = 0.0043 \times (\text{揺れによる全壊率})^{0.73}$$

(電気機器・配線)

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

(科学薬品)

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

② 炎上出火件数の想定

炎上出火件数は全出火件数に住民の初期消火率を考慮して、次式により算定した。

$$\text{炎上出火件数} = \text{全出火件数} \times (1 - \text{初期消化率})$$

住民の初期消火率は、表-3.3.17に示す震度階と初期消化率の関係（中央防災会議）から推定した。

表-3.3.17 初期消化率

震度階	初期消火率 (%)
震度 5	68.4
震度 6	45.9

③ 炎上出火点メッシュの設定

焼失棟数を算定するためには、炎上出火点があるメッシュを設定する必要がある。炎上出火点メッシュの設定は以下の手順で行った。

ア ②の炎上出火件数を区ごとに合計する。

イ メッシュごとの全壊率に応じて、区ごとの炎上出火件数をメッシュに振り分ける。

ウ イの値において、少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。

エ ウの総計が区ごとの炎上出火件数より下回る場合には、さらにその差分を求め、ウで切り捨てた少数部分が大きいメッシュから順に1件ずつ振り分けていく。

オ 炎上出火件数が1を超えるメッシュを炎上出火点とする。

④ 消防力を想定した炎上出火点における消火の有無

③で出火点としたメッシュにおいて、機能が保全された消防水利から半径 80m は消

火されたと仮定した。

消防水利のうち、消火全は、地震により上水道の供給がとまるために使用不可能になると仮定した。一方、防火水槽は、地震により貯水槽が大きな被害を受けず基本的には使用可能と考えた。消防法によれば、用途地域と平均風速ごとに、防火対象物から1つの消防水利まで至る距離が定められている。この距離が最短で80mとなることから、防火水槽の水利の半径80mは消火可能と考えた。

(2) 焼失棟数の予測結果

消火されなかったメッシュごとの焼失棟数を、中央防災会議の手法より、以下の式から得た。

$$\begin{aligned} \text{焼失率} &= (-5/2) \times \text{不燃領域率} \times 100 + 100 && (0 \leq \text{不燃領域率} \leq 0.20) \\ &= (-2/3) \times \text{不燃領域率} \times 100 + 190/3 && (0.20 < \text{不燃領域率} \leq 0.50) \\ &= (-1/2) \times \text{不燃領域率} \times 100 + 55 && (0.50 < \text{不燃領域率} \leq 0.70) \\ &= (-1/3) \times \text{不燃領域率} \times 100 + 130/3 && (0.70 < \text{不燃領域率} \leq 1.00) \end{aligned}$$

$$\text{焼失棟数} = \text{低層建物数 (木造建物 + 1,2階の非木造建物)} \times \text{焼失率} / 100$$

東京湾北部地震による焼失棟数率分布を図-3.3.15、火災による建物被害算出結果を表-3.3.18にそれぞれ示す。千葉市直下の地震による焼失棟数率分布を図-3.3.16、火災による建物被害算出結果を表-3.3.19にそれぞれ示す。

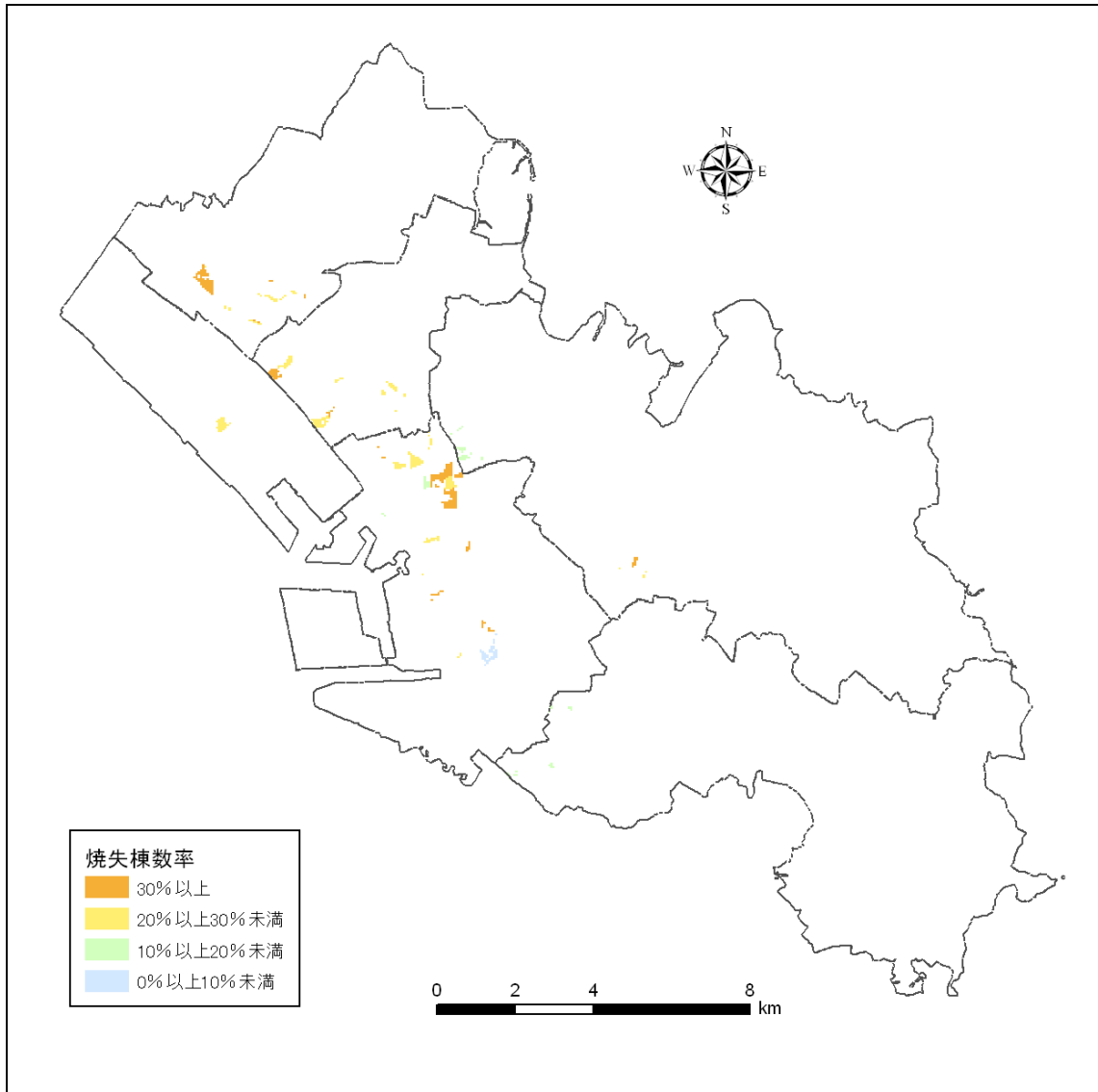


図-3.3.15 東京湾北部地震による焼失棟数率分布

表-3.3.18 火災による建物被害算出結果（東京湾北部地震）

市区名	焼失棟数	焼失率
千葉市	1,788	0.8%
中央区	1,042	1.9%
花見川区	293	0.7%
稲毛区	316	1.0%
若葉区	64	0.1%
緑区	10	0.0%
美浜区	63	0.6%

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

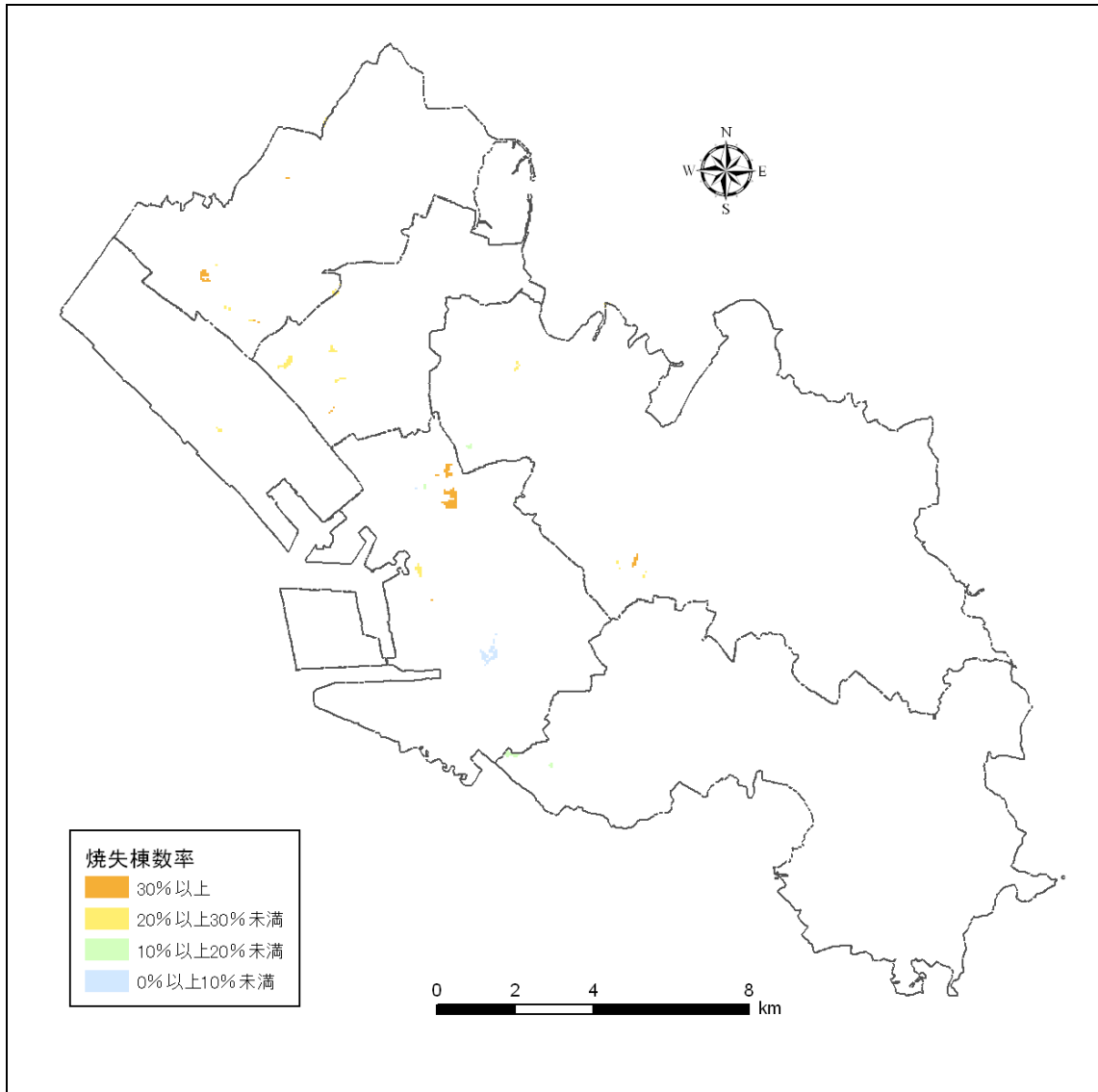


図-3.3.16 千葉市直下の地震による焼失棟数率分布

表-3.3.19 火災による建物被害算出結果（千葉市直下地震）

市区名	焼失棟数	焼失率
千葉市	763	0.4%
中央区	446	0.8%
花見川区	119	0.3%
稲毛区	93	0.3%
若葉区	86	0.2%
緑区	9	0.0%
美浜区	11	0.1%

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

3.3.5 建物被害予測結果のまとめ

ここでは、地震が発生した場合、建物に被害を及ぼす要因（揺れ、液状化、急傾斜地崩壊、火災）から被害を受ける建物の割合（全壊率）を総合し、50m メッシュ単位で表す。東京湾北部地震による建物全壊率（総合）を図-3.3.17、千葉市直下の地震による建物全壊率（総合）を図-3.3.18 にそれぞれ示す。

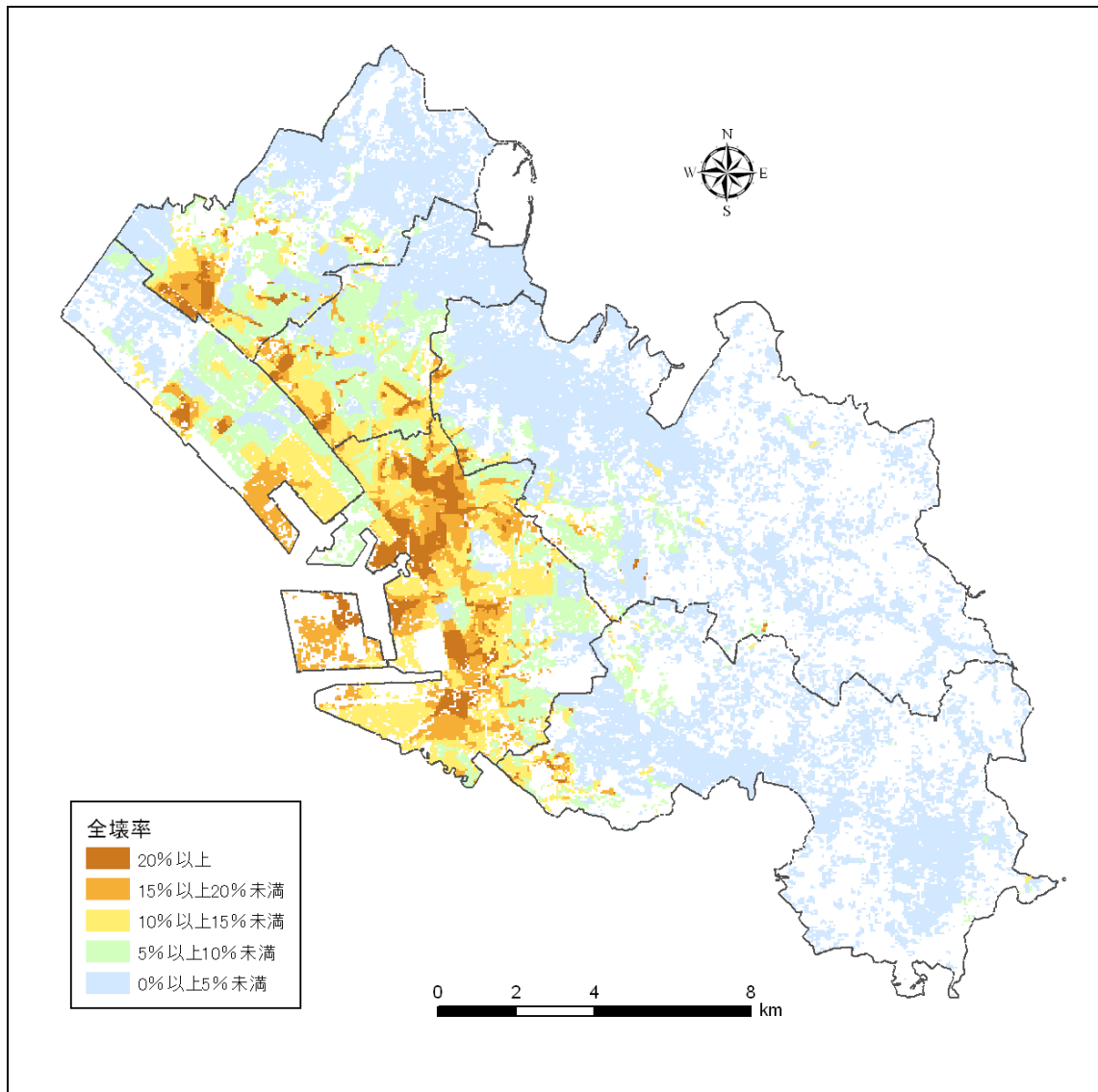


図-3.3.17 東京湾北部地震による建物全壊率（総合）の分布

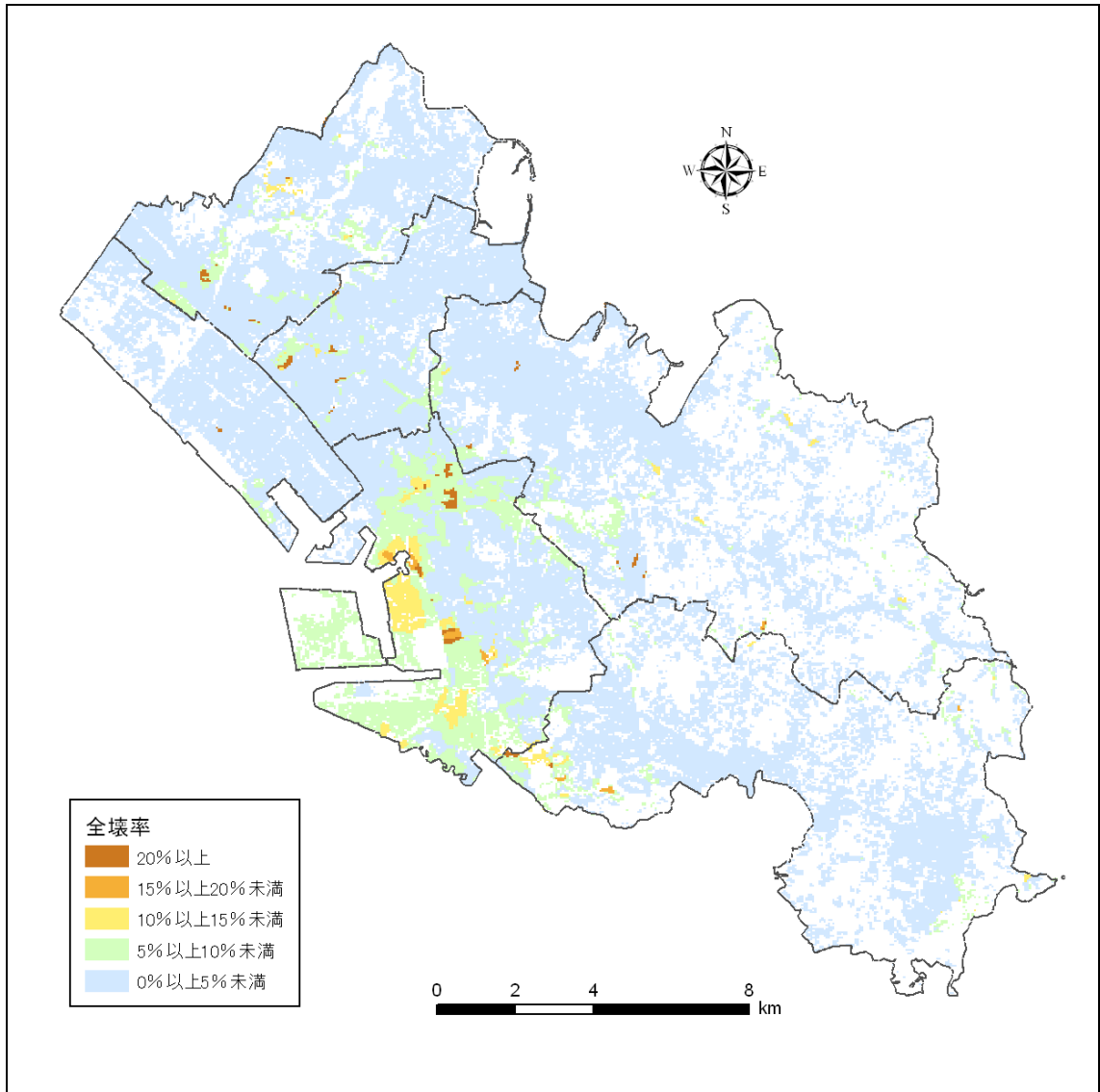


図-3.3.18 千葉市直下の地震による建物全壊率（総合）の分布

3.4 避難者数の予測

3.4.1 概要

(1) 予測する避難者数

自宅が被災した人、上水道の途絶により自宅での生活が困難な人は、避難所での生活を余儀なくされる。1995年兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震で避難人口が最も多くなるのは地震発生から1週間程度の期間であった。特に前者の地震は広域にわたり著しい建物被害が認められたことを受け、地震発生から1ヶ月が経過しても相当数の避難者が発生した。つまり、自宅が被災した人は、長期的な避難所生活を余儀なくされる可能性が高い。一方、自宅の被災は免れても上水道の供給停止に伴う生活支障が避難の理由であれば、上水道の復旧が進むにつれて避難人口は減少する。

以上の傾向をふまえ、ここでは、中央防災会議の方法¹⁾を参考にして避難人口を予測した。この方法では、以下の避難率等を適用している。

- 1) 建物が全壊・焼失した場合の避難率 = 100%
- 2) 建物が半壊した場合の避難率 = 50.3%
- 3) 自宅が被害なし・軽微でもライフラインが供給停止した場合の避難率 = 36.2%
- 4) 避難人口のうち千葉市内で避難所生活をおくる人（避難所生活者） = 65.0%
- 5) 避難人口のうち千葉市外の親類等を頼って疎開する人（疎開者数） = 35.0%

上記の手法をもとに、本業務では、以下の予測項目を求めた。

- 1) **長期避難人口**：全壊・焼失によって自宅を失い、長期避難を余儀なくされる人口。本業務では災者数と同様の意味で使用。
- 2) **最大避難人口**：長期避難人口に、ライフライン（上水道）の途絶により生活が困難となった人を加えた人口。
- 3) **長期避難所生活者数**：長期避難人口のうち、市域外へ疎開する人を除いた人口。
- 4) **最大避難所生活者数**：最大避難人口のうち、市域外へ疎開する人を除いた人口。

1) 中央防災会議「首都直下地震の被害想定」平成17年2月。

(2) 予測の流れ

避難者数の予測の流れを図-3.4.1 に示す。避難者数を求めるためには、揺れや火災による建物被害の人的被害への影響、すなわち地震災害による死者数を考慮しなければならない。また、ライフライン（上水道）の供給停止と復旧に関する予測が必要である。

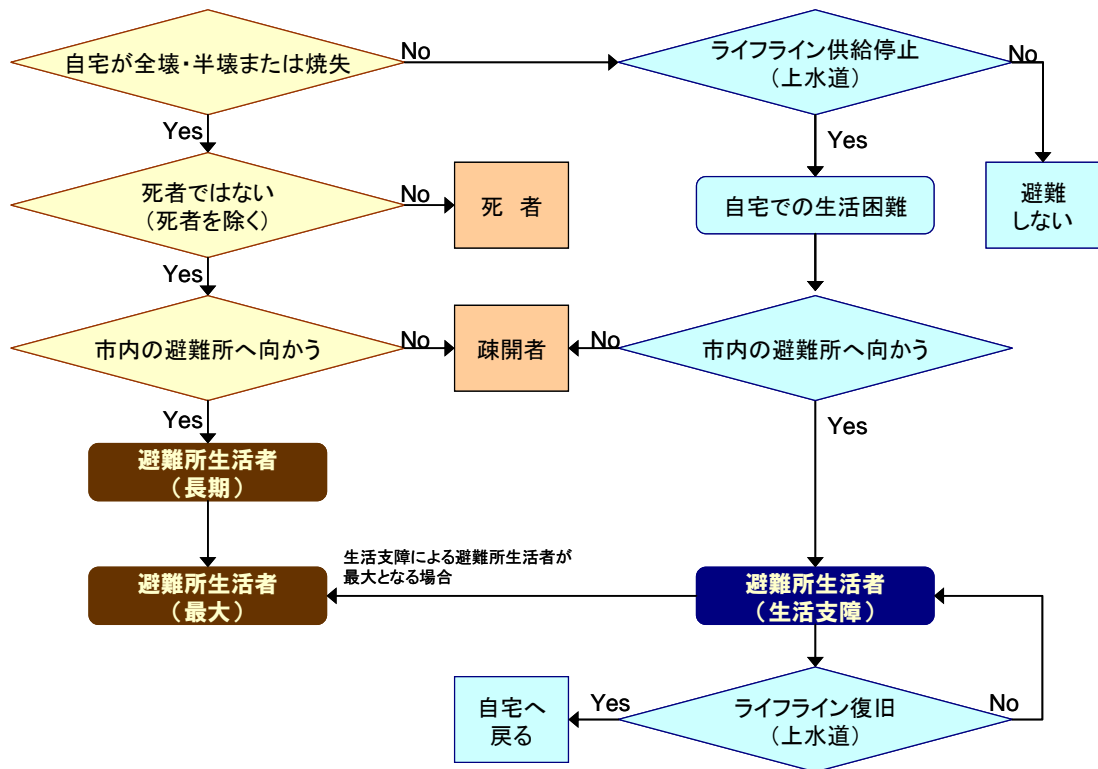


図-3.4.1 避難者数の予測の流れ

(3) 人口分布データの作成

避難者数を求めるために、人口に関する現況データが必要である。ここでは平成 20 年 3 月時点の町丁目・大字別人口データを、建物現況分布データをもとにメッシュに配分し、50m メッシュ単位の人口データを作成した。

3.4.2 死者数の予測

ここでは、全般的に東京都の手法¹⁾を適用したが、火災による死者数と急傾斜地崩壊による死者数の予測手法は千葉県²⁾と同様でもある。推定式とその根拠を以下に示す。

■ 揺れによる死者数

$$\text{(木造全壊死者数)} = 0.0676 \times \text{(木造全壊棟数)}$$

$$\text{(非木造全壊死者数)} = 0.0240 \times \text{(非木造全壊棟数)}$$

■ 火災による死者数

$$\begin{aligned} \text{(火災による死者数)} &= \text{① (炎上出火家屋内からの逃げ遅れによる死者数)} \\ &\quad + \text{② (焼失家屋内の救出困難による死者数)} \\ &\quad + \text{③ (延焼拡大時の逃げまどいによる死者数)} \end{aligned}$$

$$\text{① (炎上出火家屋内から逃げ遅れによる死者数)}$$

$$= 0.078 \times \text{(出火件数)}$$

$$\text{② (倒壊後に焼失した家屋内の救出困難による死者数)}$$

$$= (1 - 0.387) \times \text{(全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)}$$

$$\text{(全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)}$$

$$= (1 - 0.72) \times \text{(全壊かつ延焼家屋内の要救助者数)}$$

$$\text{(全壊かつ焼失家屋内の要救助者数)}$$

$$= 0.117 \times \text{(全壊かつ焼失建物の棟数比率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{③ (延焼拡大時の逃げまどいによる死者数)}$$

$$= 0.0173 \times \text{(メッシュ内の焼失棟数は単位時間内と仮定)}$$

$$\text{(延焼火災による重傷者数)} = 0.053 \times (0.1308 \times \text{焼失棟数})$$

$$\text{(延焼火災による軽傷者数)} = 0.137 \times (0.1308 \times \text{焼失棟数})$$

■ 急傾斜地の崩壊による死者数

$$\text{(急傾斜地の崩壊による死者数)} = \text{(死者率 0.098)} \times \text{(全壊棟数)} \times 0.7$$

(1) 揺れによる建物全壊

木造建物の全壊による死者数は、300人以上の死者が発生した1943年鳥取地震(M7.2)、1944年東南海地震(M8.0)、1946年南海地震(M8.0)、1948年福井地震(M7.1)、1995年兵庫県南部地震(M7.2)から得た関係式によって求めた。

1) 東京都「首都直下地震による東京の被害想定」平成18年3月。

2) 千葉県「平成19年度千葉県地震被害想定調査報告書」平成20年3月。

(2) 火災による建物焼失

死者の発生要因として、表-3.4.1 に示すシナリオを検討した。これらを根拠に推定した結果から建物全壊による死者数を差し引いた数が火災による死者数となる。

表-3.4.1 火災による死者発生シナリオ

状 況	死者発生シナリオ	備 考
出火直後	炎上出火家屋からの逃げ遅れ	突然の出火により逃げ遅れた人 (揺れによる建物倒壊を伴わない)
	倒壊後に焼失した家屋内の救出困難等 (生き埋め等)	揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に 出火し、逃げられない人
延焼中	延焼拡大時の逃げまどい	揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に延焼か及び、逃げられない人
		建物内には閉じ込められていないが、避難にとまどっている間に延焼が拡大し、巻き込まれて焼死した人

① 炎上出火家屋からの逃げ遅れによる死者数

平時の火災における死者発生率 (0.078) から求めた。

② 焼失家屋内の救出困難による死者数

自力脱出者を除く家族、親戚、近所の人、消防団、警察、消防等による救出をようする人の数を要救助者数とした。兵庫県南部地震の例によると、家族、親戚、近所の人による早期救出者は要救助者数の72%に達した。しかし、それ以外の28%は早期救出が困難となった。早期救出が困難な28%の要救助者が救出可能となったのは、地震発生からの経過時間を考慮して平均38.7%であった。

③ 延焼拡大時の逃げまどいによる人的被害数

過去の大火被害における焼失棟数と人的被害数の関係による。なお、東京都の手法では、単位時間あたりの延焼棟数が約200棟以上になると死者数が急激に上昇する。本業務で想定した地震火災では、火災旋風のような事態は発生しなかったと仮定した。すなわち、単位時間あたりの延焼棟数は200棟未満と仮定して被害予測を行った。

(3) 急傾斜地の崩壊による建物倒壊

急傾斜地の崩壊によって建物が被災し、死者が発生した場合を予測した(3.3節)。急傾斜地の崩壊により死者が発生する程度の建物被害は倒壊レベルとみなした。

(4) 予測結果

東京湾北部地震による死者数算出結果を表-3.4.2 に、千葉市直下地震による死者数算出結果を表-3.4.3 にそれぞれ示す。

表-3.4.2 死者数算出結果（東京湾北部地震）

市区名	揺れによる死者数	急傾斜地崩壊による死者数	火災による死者数	計
千葉市	994	7	45	1,046
中央区	485	2	27	513
花見川区	161	2	7	169
稲毛区	177	1	8	186
若葉区	77	1	1	80
緑区	41	1	1	43
美浜区	53	0	2	55

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

表-3.4.3 死者数算出結果（千葉市直下地震）

市区名	揺れによる死者数	急傾斜地崩壊による死者数	火災による死者数	計
千葉市	350	6	8	364
中央区	152	1	5	159
花見川区	52	2	1	55
稲毛区	48	1	1	50
若葉区	56	1	1	57
緑区	36	1	0	37
美浜区	6	0	0	6

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

3.4.3 上水道の機能停止と復旧に関する予測

(1) 予測手法

ライフラインには主に上・下水道、電気、ガス、通信施設がある。これらの機能は都市生活において不可欠であり、地震などにより機能が失われると、とたんに都市機能が麻痺し、都市生活が困難になる。特に上水道の供給が停止すると、自宅が被害を受けていなくても、生活困難を理由に避難生活を余儀なくされるケースもある。

中央防災会議では、阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害事例をもとに配水管の被害率と断水率の関係を設定した、川上の方法¹⁾を用いている。配水管の被害率と断水率の関係を図-3.4.2 に示す。この手法では配水管の被害率は、阪神・淡路大震災の水道管の被害事例にもとづき設定した標準被害率を、液状化危険度ランク別および管種・管径別に補正している。配水管の被害率を算出するにあたり、今回は配水管に関するデータの収集を行わなかったため、管種・管径別の補正は考慮しないで液状化危険度ランクによる補正のみを用いた。液状化危険度ランクによる補正係数を表-3.4.4 に示す。

$$\begin{aligned} \text{断水率 (地震発生 1 日後)} &= 1/\{1+0.307 \times (\text{配水管被害率})^{-1.17}\} \\ \text{配水管被害率 (箇所/km)} &= \text{標準被害率} \times \text{液状化危険度ランクによる補正係数} \\ \text{標準被害率 (箇所/km)} &= 2.24 \times 10^{-3} \times (\text{地表最大速度} - 20)^{1.51} \end{aligned}$$

表-3.4.4 液状化危険度ランクによる補正係数

PL 値ランク	PL=0	0<PL≤5	5<PL≤15	15<PL
補正係数	1.0	1.2	1.5	3.0

1) 川上英二(1996)：道路交通システムの形状と連結確立との関係：第1回都市直下地震災害総合シンポジウム、pp.169-172

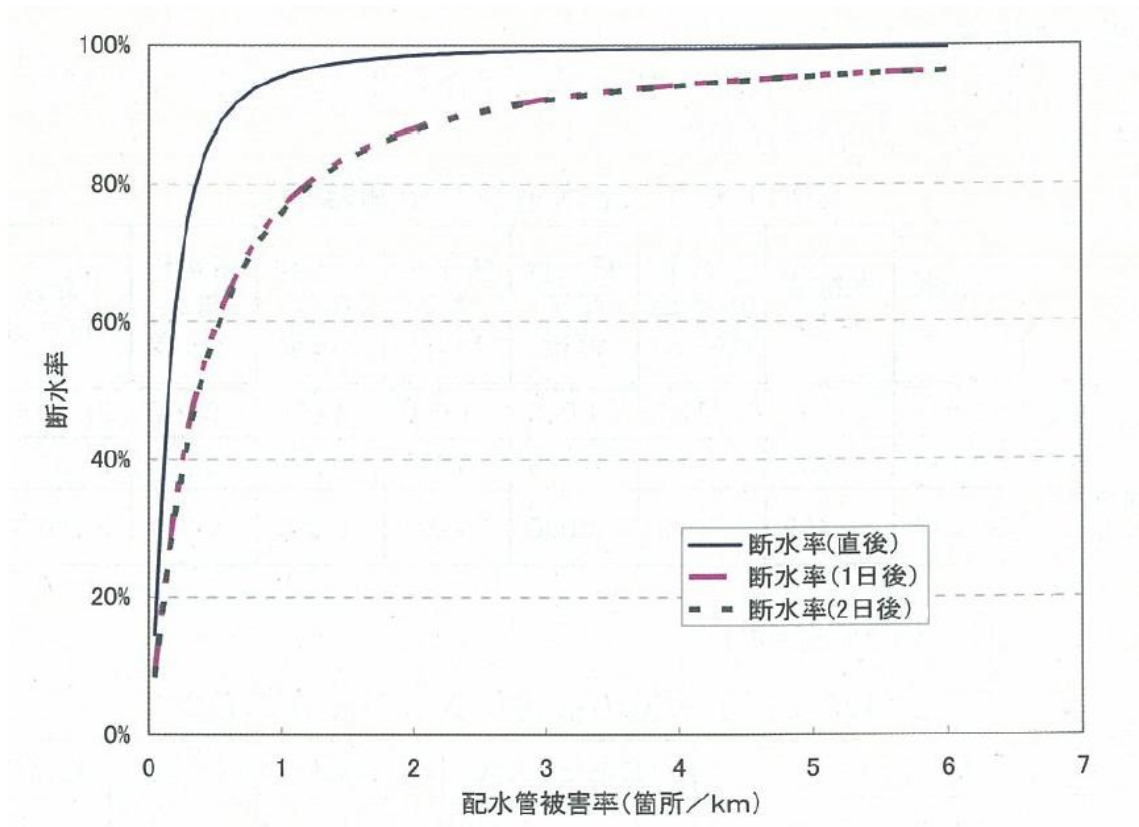


図-3.4.2 断水率と配水管被害率の関係

(2) 機能停止に伴う復旧日数の予測

ここでは、1995年兵庫県南部地震の被災事例をもとに構築した能島らの手法¹⁾を適用し、上水道の復旧日数を予測した。能島らは、上水道の復旧状況の進捗を、以下のガンマ分布の確率密度関数で仮定した。 $f(t|I)$ は、 t 日経過後、計測震度 I のときの復旧率（非超過確率）を表す。

$$f(t|I) = \frac{t^{\alpha(I)-1} \exp\left(-\frac{t}{\beta(I)}\right)}{\beta(I)^{\alpha(I)} \Gamma(\alpha(I))}$$

パラメータ $\alpha(I)$ と $\beta(I)$ は平均値 $\mu(I)$ と標準偏差 $\sigma(I)$ を用いて以下のように表される。

$$\alpha(I) = \left(\frac{\mu(I)}{\sigma(I)}\right)^2, \quad \beta(I) = \frac{(\sigma(I))^2}{\mu(I)}$$

$$\mu(I) = a_0 + a_1 \times I + a_2 \times I^2$$

$$\sigma(I) = c_0 + c_1 \times I + c_2 \times I^2$$

a_n : 定数 ($a_0=228.93$ 、 $a_1=-89.82$ 、 $a_2=9.04$)

c_n : 定数 ($c_0=5.12$ 、 $c_1=-6.94$ 、 $c_2=1.36$)

1) 能島暢呂・杉戸真太・鈴木康夫・石川裕・奥村俊彦 (2003) : 震度情報に基づく供給系ライフラインの地震時機能リスクの二段階評価モデル, 土木学会論文集, No.724/I-62, pp.225-238.

3.4.4 避難者数の予測

(1) 予測手法

揺れ・火災・急傾斜地崩壊による建物被害を原因とした避難者と、上水道の供給が停止したことによる生活支障者を対象とする。ここでは、発災1日後と10日後の避難者数を予測した。

■発災1日後の避難者数

$$\text{(全壊人口)} = \text{(全壊率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{(半壊人口)} = \text{(半壊率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{(焼失人口)} = \text{(焼失率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{(被害なし人口)} = \text{(人口)} - ((\text{全壊人口}) + (\text{半壊人口}) + (\text{焼失人口}))$$

$$\text{(上水道機能支障人口)} = \text{(被害なし人口)} \times \text{(水道普及率)} \times \text{(断水率)}$$

$$\text{(避難人口)} = \text{(全壊人口)} + \text{(焼失人口)} + 0.503 \times \text{(半壊人口)}$$

$$+ 0.362 \times \text{(上水道機能支障人口)}$$

$$\text{(避難者数)} = 0.65 \times \text{(避難人口)}$$

$$\text{(疎開者数)} = 0.35 \times \text{(避難人口)}$$

■発災10日後の避難者数

$$\text{(全壊人口)} = \text{(全壊率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{(半壊人口)} = \text{(半壊率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{(焼失人口)} = \text{(焼失率)} \times \text{(人口)}$$

$$\text{(被害なし人口)} = \text{(人口)} - ((\text{全壊人口}) + (\text{半壊人口}) + (\text{焼失人口}))$$

$$\text{(上水道機能支障人口)} = \text{(被害なし人口)} \times \text{(水道普及率)} \times \text{(断水率)}$$

$$\times (1 - 10 \text{ 日後の復旧率})$$

$$\text{(避難人口)} = \text{(全壊人口)} + \text{(焼失人口)} + 0.503 \times \text{(半壊人口)}$$

$$+ 0.362 \times \text{(上水道機能支障人口)}$$

$$\text{(避難者数)} = 0.65 \times \text{(避難人口)}$$

$$\text{(疎開者数)} = 0.35 \times \text{(避難人口)}$$

(2) 予測結果

東京湾北部地震による避難者数は 194,794 人、千葉市直下の地震による避難者数は 143,292 人である。これは、市内の避難所での生活を余儀なくされる人口が最大となる発災 1 日後の避難者数である。東京湾北部地震による避難者数分布を図-3.4.3、避難者数算出結果を表-3.4.5 にそれぞれ示す。千葉市直下の地震による避難者数分布を図-3.4.4、避難者数算出結果を表-3.4.6 にそれぞれ示す。

ちなみに、発災 10 日後の場合では、東京湾北部地震による避難者数は 152,065 人、千葉市直下の地震による避難者数は 89,684 人である。

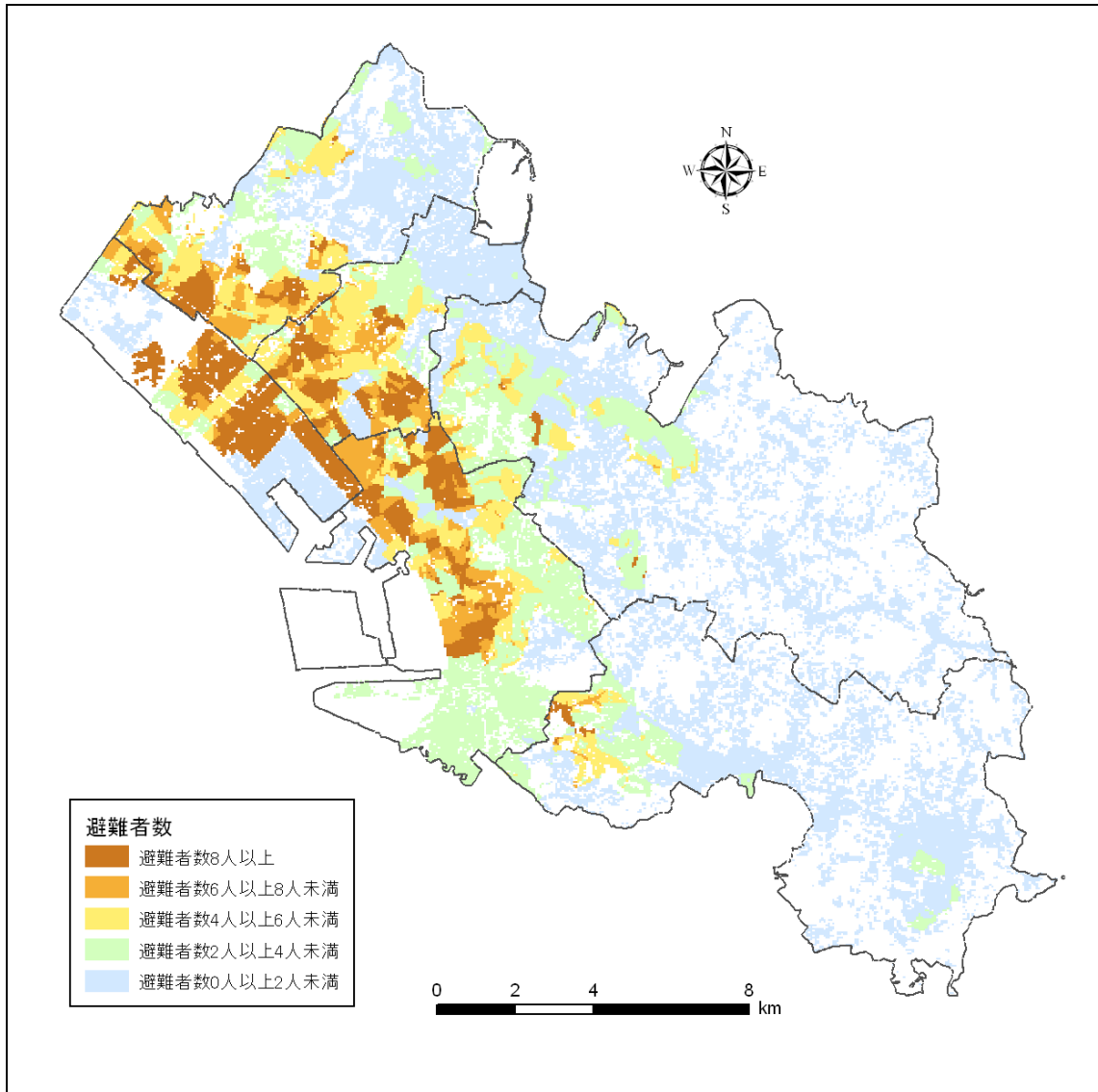


図-3.4.3 東京湾北部地震による避難者数分布

表-3.4.5 避難者数算出結果（東京湾北部地震）

市区名	建物被害による 避難者数	断水による 避難者数	計
千葉市	94,504	100,291	194,794
中央区	32,524	20,846	53,370
花見川区	16,165	18,130	34,295
稲毛区	17,497	15,443	32,940
若葉区	8,925	12,607	21,532
緑区	5,002	10,047	15,049
美浜区	14,391	23,218	37,609

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

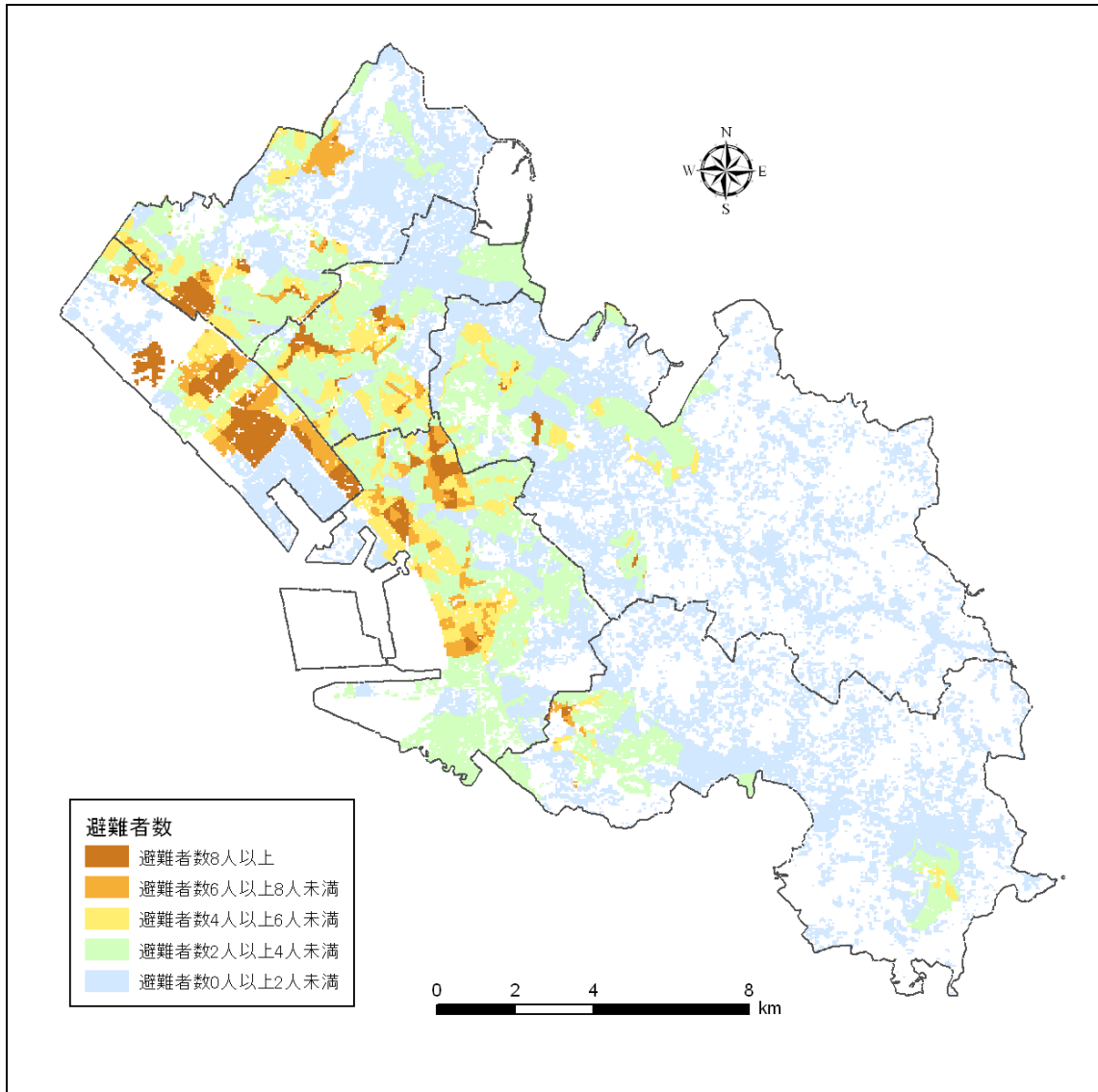


図-3.4.4 千葉市直下の地震による避難者数分布

表-3.4.6 避難者数算出結果（千葉市直下の地震）

市区名	建物被害による 避難者数	断水による 避難者数	計
千葉市	45,780	97,512	143,292
中央区	14,846	21,871	36,717
花見川区	8,025	16,716	24,741
稲毛区	7,779	13,594	21,373
若葉区	7,440	12,079	19,519
緑区	4,611	10,341	14,952
美浜区	3,079	22,910	25,989

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

第 4 章 まとめ

東京湾北部地震による建物被害と死者数、避難者数を対象に、県の想定結果と今回の想定結果の比較を行う。建物被害については、揺れによる建物被害を表-4.1.1、液状化による建物被害を表-4.1.2、急傾斜地崩壊による建物被害を表-4.1.3、火災による建物被害を表-4.1.4にそれぞれ示す。また、死者数を表-4.1.5、避難者数を表-4.1.6にそれぞれ示す。

県の想定結果と今回の想定結果には若干差が生じており、その要因として以下の点が考えられた。

①県の想定は250mメッシュ単位で行われ、今回の想定は50mメッシュ単位で行った。メッシュのサイズを小さくすることにより、例えば地震動の強さを評価する際、細かい地形の影響を考慮することができ、その違いが建物被害予測に影響を及ぼしたと考えられる。

②今回の想定では、県の想定で用いた手法に加え、中央防災会議などの手法も考慮しているためであると考えられる。

表-4.1.1 揺れによる建物被害算出結果

市区名	県の被害想定結果				市の被害想定結果			
	全壊棟数				全壊棟数			
	木造	S造	RC造	計	木造	S造	RC造	計
千葉市	9,556	699	102	10,356	14,305	963	217	15,485
中央区	4,141	343	56	4,540	6,980	494	105	7,579
花見川区	1,642	76	7	1,724	2,332	106	15	2,453
稲毛区	1,703	88	13	1,803	2,556	130	28	2,714
若葉区	1,014	90	3	1,107	1,109	97	3	1,209
緑区	450	15	1	466	601	25	1	627
美浜区	607	86	23	716	727	112	66	904

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

表-4.1.2 液状化による建物被害算出結果

市区名	県の被害想定結果			市の被害想定結果		
	全壊棟数			全壊棟数		
	木造	非木造	計	木造	非木造	計
千葉市	177	201	379	140	184	324
中央区	78	86	163	79	66	145
花見川区	29	11	40	34	14	48
稲毛区	8	2	11	8	4	12
若葉区	2	1	2	2	2	5
緑区	1	1	2	2	3	5
美浜区	60	101	161	15	95	110

〔注〕 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

表-4.1.3 急傾斜地崩壊による建物被害算出結果

市区名	県の被害想定結果	市の被害想定結果
	全壊棟数	全壊棟数
千葉市	105	104
中央区	29	27
花見川区	22	31
稲毛区	12	15
若葉区	28	17
緑区	11	13
美浜区	3	0

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

表-4.1.4 火災による建物被害算出結果

市区名	県の被害想定結果	市の被害想定結果
	焼失棟数	焼失棟数
千葉市	790	1,788
中央区	※条件：冬 18 時、風速 3m	1,042
花見川区		293
稲毛区		316
若葉区		64
緑区		10
美浜区		63

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

表-4.1.5 死者数算出結果

市区名	県の被害想定結果	市の被害想定結果
	死者数	死者数
千葉市	387	1,046
中央区	※条件：建物被害による死者数（5 時）＋火災による死者数（冬 18 時、風速 9m）	513
花見川区		169
稲毛区		186
若葉区		80
緑区		43
美浜区		55

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある

表-4.1.6 避難者数算出結果

市区名	県の被害想定結果	市の被害想定結果
	避難者数	避難者数
千葉市	326,180	194,794
中央区	76,319	53,370
花見川区	63,008	34,295
稲毛区	53,317	32,940
若葉区	44,331	21,532
緑区	27,212	15,049
美浜区	61,993	37,609

[注] 数値は小数点以下を含み、合計は整合しない場合がある