

Technical Note of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention No. 236

防災科学技術研究所研究資料

第236号

Study on Preliminary Versions of Probabilistic Seismic Hazard Map

確率論的地震動予測地図作成手法の
検討と試作例

December 2002

特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」

メンバー一覧（平成13年度）

プロジェクトディレクター	藤原 広行
サブディレクター	河合 伸一
研究員	青井 真
客員研究員	石井 透
客員研究員	早川 譲
特別研究員	功刀 卓
特別研究員	神野 達夫
特別研究員	森川 信之
特別技術員	小林 京子
技術補助員	原 温子

目 次

はじめに	1
1 . 確率論的地図の特徴	3
2 . 確率論的地図に関する既往研究のレビュー	7
3 . 確率論的地図のサンプル版の作成手法	23
3.1 評価の手順と結果の表現方法	23
3.2 評価条件の一覧	30
3.3 試作領域と地図の仕様	38
3.3.1 試作領域	38
3.3.2 地図の仕様	39
3.4 地震活動の評価モデル	40
3.4.1 98 の主要な活断層帯に発生する最大地震	40
3.4.2 海溝型地震（プレート境界の巨大地震）	58
3.4.3 その他の地震のうちグループ 1 の地震	64
3.4.4 その他の地震のうちグループ 3、4、5 の地震	71
3.5 地震動の評価モデル	85
3.5.1 距離減衰式	85
3.5.2 表層地盤の増幅率の評価	88
3.6 評価結果	97
3.6.1 確率論的地図の評価結果	97
3.6.2 代表地点のハザードカーブの評価結果	159
3.7 今後の課題	166
4 . 地震動予測地図の融合	
- 確率論的地図におけるシナリオ地震の位置づけの検討例 -	175
4.1 地震動予測地図の融合の考え方	175
4.2 融合の方法	176
4.3 検討例	177
おわりに・謝辞	187
付録 A : より広い地域を対象とした場合の試作例	A1
付録 B : 確率論的予測地図作成手法検討委員会委員名簿	B1

はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、6,400名を超える死者を出し、我が国の地震防災対策に関して多くの課題を残した。この地震の教訓を踏まえ、議員立法により、平成7年7月に地震防災対策特別措置法が制定され、この法律に基づいて地震調査研究推進本部が総理府に設置（現在：文部科学省に設置）された。地震調査研究推進本部は、平成11年4月に、今後10年間程度にわたる地震調査研究の基本として、「地震調査研究の推進について - 地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策について -」（以下では総合基本施策と呼ぶ）を策定した。総合基本施策によれば、当面推進すべき地震調査研究の課題の1つとして、活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成が掲げられている。これに基づき地震調査委員会では、平成16年度末を目途として、「全国を概観した地震動予測地図」を作成することとしている。独立行政法人防災科学技術研究所では、「全国を概観した地震動予測地図」の作成に資するため、平成13年4月より、特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」を開始した。本プロジェクトでは、地震動予測地図作成に必要な技術的課題に関する研究開発、及び、地震調査委員会及び関連する部会・分科会の指導の下に、実際の地震動予測地図作成に関する作業を実施している。このプロジェクトの一環として、確率論的手法による地震動予測地図作成手法の検討を実施しており、本報告書は、その初年度の検討内容をまとめたものである。

本報告書の検討内容は、独立行政法人防災科学技術研究所が、特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」における確率論的手法による地震動予測地図作成手法の検討作業を円滑に実施するために設置した「確率論的予測地図作成手法検討委員会（翠川三郎委員長）」での専門的・技術的な審議を踏まえてまとめられたものである。ここにまとめられた内容は、地震学・地震工学等の分野における最新の知見を広く社会に還元するために効果的なもので、今後の地震動予測地図作成において重要な役割を果たすものと期待される。

本報告書は、合計9回に及ぶ検討委員会での長時間の審議をもとにしてまとめられたものであり、委員の方々には、多忙な中、貴重な時間を割いて御審議頂いた。この機会を借りて、関係された皆様に心よりお礼申し上げたい。

特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」
プロジェクトディレクター 藤原 広行

1. 確率論的地図の特徴

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―（平成11年4月23日）」において、当面推進すべき課題として、「活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成」を掲げている。ここでは、地震動予測地図の内容について次のように示されている。

「地震動予測地図の一例は、全国を概観し、ある一定の期間内に、ある地域が強い地震動に見舞われる可能性を、確率を用いて予測した情報を示したものである。一般には、期間、地震動レベル、及び確率のうちの2つを固定し、残りの一つの分布を、地図の上に等値線図として示したものである。」

これは地震工学分野で確率論的地震ハザードマップと言われているものに相当するが、本報告では、以下これを地震動予測地図のうちの「確率論的地図」と呼ぶことにする。

一方、ある特定の地震（シナリオ地震）の発生を想定した場合の広域の地震動予測結果を地図として表現する場合があります、このような地図は国や地域の防災計画のための被害想定などに利用されている。このような地図を本報告では、地震動予測地図のうちの「シナリオ地震地図」と呼ぶ。

確率論的地図とシナリオ地震地図の特徴を比較した表を表1-1に示す（石川（2000）、奥村他（2000）、石川（2001））。それぞれの特徴を以下に簡単にまとめるが、両者は優劣を論じるものではなく、利用目的に応じて使い分けられる関係にある。

確率論的地震ハザード評価（確率論的地図）は、地震の発生や地震動の予測（通常は距離減衰式により評価）に関わる種々の不確定性を確率モデルで表現することにより、全体の不確定性を組織的に定量評価し、不確定性のもとでの意思決定という地震外力設定の問題に対処しようとするものである。その結果は通常ハザードカーブや一様ハザードスペクトルなど、発生確率に対応する地震動強さで表現される。上述のように、確率論的地図は地震ハザード評価結果を地域的な地図として表現したものである。地震ハザード評価は、予測される地震動の強さとその発生確率（あるいは年超過確率や再現期間など）との関係（ハザードレベル）を明確にできることが最大の特徴である。

これに対して、シナリオ地震による地震動予測（シナリオ地震地図）は、過去の地震歴や活断層の分布などの情報を参考にして、将来発生しそうな地震の物理的な諸元をあらかじめ特定の値に設定し、それに基づき地震動の予測を行うものである。構造物の設計用入力地震動を時刻歴波形や応答スペクトルなどにより定める場合、震源断層の諸元やサイトとの距離などが明らかなシナリオ地震を設定することにより、物理的イメージを明確にしなが

動の定量評価を行えるという利点がある。また、広域的な防災対策では、地震によって「同時に」発生する地震動強さの地域分布を知る必要があるため、外力条件としてシナリオ地震を設定することが有効である。なお、確率論的地図はサイトごとに独立に解析した結果を示したものであって、広域的に「同時に」発生する地震動の分布を表したものではないことに注意が必要である。

本報告では、以上に述べたような特徴を有する地震動予測地図のうちの「確率論的地図」の作成手法について論じる。以下、2章において確率論的地図に関する既往研究のレビューを簡単に整理する。3章では特定の地域を例題として、確率論的地図の作成手法、評価条件、評価結果について示す。また、付録としてより広域を対象とした場合の地図の作成例について示す。最後に4章では確率論的地図における特定の地震（シナリオ地震）の位置づけの明確化ならびにシナリオ地震地図の結果を確率論的地図に取込むための考え方（これを本報告では「地震動予測地図の融合」と呼ぶ）について示す。

参考文献

- 石川 裕 (2000) : ユーザーからみた地震動予測地図作成に向けての課題, 第1回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ—地震動予測地図の作成に向けてそのあるべき姿と地震防災工学への反映—予稿集, 科学技術庁, pp.65-71.
- 石川 裕 (2001) : 地震ハザードマップの作成と課題, 第2回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ : 地震動予測地図の作成に向けて—現状と今後の課題—予稿集, 文部科学省, pp.41-44.
- 地震調査研究推進本部 (1999) : 地震調査研究の推進について—地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策—, 平成11年4月23日.
- 奥村俊彦・石川 裕 (2000) : 地域地震防災のための地震動予測地図の考え方, JCOSAR2000 論文集, 37-B, pp.225-228.
- 佐藤俊明・壇 一男・渡辺基史 (1999) : 関東地震の強震動の再現を目指して—予測手法を駆使するシミュレーションが実用域へ—, 地震調査研究推進本部ニュース SEISMO, 1999年9月号, pp.6-7.
- 損害保険料率算定会 (2000) : 活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究, 47.

表1-1 シナリオ地震地図と確率論的地図の性格と使い分け方（その1）

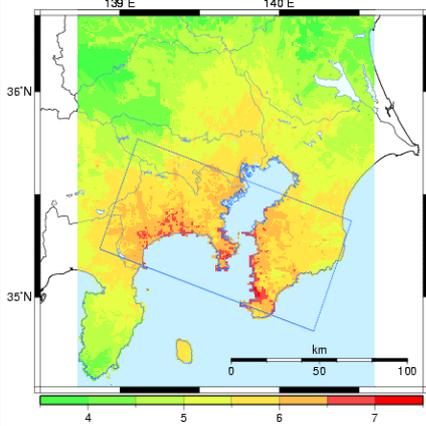
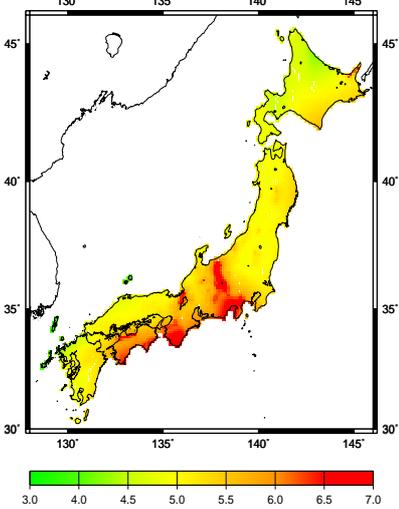
	シナリオ地震地図	確率論的地図
<p>例</p> <p><引用文献></p> <p>シナリオ地震地図 佐藤俊明他(1999)：関東地震の強震動の再現を目指して - 予測手法を駆使するシミュレーションが実用域へ -, 地震調査研究推進本部ニュース SEISMO, 1999年9月号, pp.6-7.</p> <p>確率論的地図 損害保険料率算定会(2000)：活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究, 47.</p>	<p>1923年関東地震に対する南関東地方の広域の計測震度マップ (青い矩形は想定断層面)</p> 	<p>西暦2000年より50年間の超過確率が5%となる計測震度のハザードマップ</p> 
<p>結果の意味と地震の発生確率の扱い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想定した地震（シナリオ）が発生した場合に同時に生じる地震動強さの地域分布 ・ 地震（シナリオ）を選定する際にその発生確率を考慮する ・ 複数の地震（シナリオ）を想定する場合には同じ地点であってもそれぞれ異なった結果が得られる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震の発生確率と地震動強さの超過確率を積和したハザードカーブに基づき地震動強さ・期間・確率のうちの2つを固定した場合の残りのパラメータの地域分布を示したもの ・ 各地点独立として計算されるので同時に発生する地震動強さの地域分布を表現している訳ではない
<p>対象とする地震</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特定の一地震（シナリオ） ・ 震源が特定できない地震については震源位置も含めた想定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象地点周辺で発生する可能性のあるすべての地震

表1-1 シナリオ地震地図と確率論的地図の性格と使い分け方（その2）

	シナリオ地震地図	確率論的地図
地震の発生位置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特定の位置を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プレート境界地震・活断層の地震・震源を予め特定しにくい地震の確率モデルを設定
地震の規模	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特定の値を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一般的には確率分布を設定
地震動の推定手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経験的方法のみでなく半経験的方法や理論的方法など高度な強震動予測手法が適用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経験的方法（距離減衰式） ・ 式のばらつきも考慮 ・ シナリオ地震地図との融合が課題
地震動強さの指標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地図としての表現は結果的に地震動強さとせざるを得ないが計算の過程においては時刻歴波形等も得られる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単一の地震動強さ
地図の使い分け方	<ul style="list-style-type: none"> ・ 顕著な地域的・局所の特徴を反映した時刻歴波形を用いた耐震設計・改修・研究 ・ 特定の地震を想定した対策立案・震災時行動計画・備蓄計画 ・ etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 法令整備 ・ 設計荷重設定・設計指針 ・ 広域防災計画 ・ 都市計画・施設立地選定 ・ 公的教育 ・ 地震保険料率算定 ・ etc.

2. 確率論的地図に関する既往研究のレビュー

既往の研究のレビューには、下記の3種類の整理方法が考えられる。

- ・ 既往の研究の流れを時間軸に沿って整理したもの。
- ・ 近年の主要な文献を対象に、その特徴を整理したもの。
- ・ 確率論的地図作成に必要なモデルの項目ごとに、既往の研究の特徴を整理したもの。

本章では、このうち最初の2つの観点で概要をまとめた。章の構成は次のとおりである。

まず、A. では、河角の研究から現在までの日本の地震ハザード評価に関する主要な研究の概要を時間軸で整理した。

B. では、近年の主要な研究のレビューとして、1995年兵庫県南部地震以降に発表された地震ハザードマップに関する研究を対象に、主要なモデルの項目ごとにその概要を表形式で整理した。

C. では、日本以外の政府関連機関が主導で作成したハザードマップの例として、USGSによるものを採り上げ、そこで用いられている手法を整理した。

A. 日本における確率論的地震ハザード評価に関する研究の変遷

ここでは、日本における確率論的地震ハザード評価に関する研究の概要について、次の3つの時期に分けて簡単にまとめる。

- (1) 第1期 : 1950年頃(河角の研究)～1985年頃
- (2) 第2期 : 1980年頃～1995年頃
- (3) 第3期 : 1995年頃以降

地震ハザード評価は「地震危険度評価」と呼ばれることもあるが、最近では地震動の問題を扱う「ハザード評価」と構造物の被害や損失までを扱う「リスク評価」を分けて議論するのが一般的になりつつあるので、以下では「地震ハザード評価」で統一する。

- (1) 第1期 : 1950年頃(河角の研究)～1985年頃

Kawasumi (1951)の研究に端を発した日本における地震ハザード評価の研究は、当初は地域係数を含む設計地震荷重の設定の基礎資料として利用された。特に1970～1980年代は各設計基準が大きく改訂される時代背景にあり、そこでは個々の地点のハザードを詳細に議論するというよりは、むしろ日本全国を概観したハザードマップをアウトプットとする研究が多く見られた(例えば、Kanai・Suzuki (1968)、後藤・亀田 (1968)、服部 (1977)、松村・牧野 (1978)、北澤・上部・檜垣 (1984))。また、1981年に改訂された「新耐震設計法」に関する建設省総合プロジェクトの作業では、こうした研究成果を体系化するために複数のハザードマップの比較が行われた(尾崎、北川、服部 (1978))。この時期の地震ハザードマップに関する研究については日本建築学会(1987)に詳しい。

この時代の地震ハザードの評価方法は、基本的には歴史地震資料に基づいて地震動強さを順序統計量として解析するものである。手法の研究と併せて、歴史地震資料の信頼性の問題(亀田 (1978)、Katayama (1978))をはじめとして、個々のデータや評価式に関する改良や標準化に向けての努力が続けられた。1980年代半ばには地震動強さに当てはめる極値分布に関する新しい提案も行われた(壇・神田 (1986))。

なお、米国においては地震活動の確率モデルを取り入れたいわゆるCornell流の方法がこの時期に提案されている(Cornell(1968)、Der Kiureghian・Ang (1977))。

(2) 第2期 : 1980年頃～1995年頃

この時期の研究の特徴として、活断層データをはじめとする地質学・地球物理学的な情報がハザード評価に取り入れられるようになったことが挙げられる。その背景には1980年に日本の活断層情報を集大成した「日本の活断層」が出版されたことがある。活断層データのみに基づくハザード評価の研究 (Tomatsu・Yasuda・Katayama (1983)) のみならず、活断層データと歴史地震データを併用したハザード評価の研究も行われた (Wesnousky・Scholz・Shimazaki・Matsuda (1984)、亀田・奥村 (1985)、土岐・佐藤・清野・藤村 (1991))。また、主要活断層周辺の地殻歪進行率に基づいた評価を行った研究も現れた (力武 (1988)、Rikitake (1989))。活断層を考慮したハザードマップの研究については垣見 (1992) に詳しい。

一方、1980年代になると、長大橋梁や高層建物などの重要構造物の設計地震動を個別に設定するための基礎資料として、建設地点における地震ハザード評価が行われるようになった (例えば、建設省土木研究所 (1981)、建設省土木研究所 (1986))。また、1980年代の半ば頃からは、日本でも原子力発電所を対象として確率論的地震リスク評価 (地震 PRA、地震 PSA) が手がけられるようになった。このため、個々の地点を対象としたハザードカーブを精度よく評価する研究が注目されるようになり (亀田 (1986))、それに伴って個々の評価モデルに対して多くの検討・改良が試みられた (例えば、蛭沢・高荷・田中・阿部 (1991))。

この時期の地震ハザード評価手法は地震活動の確率モデルを取り入れた方法が主流となった。その理由は、活断層情報の導入など、過去に発生したことが明らかになっていない地震についてもモデル化するようになったためである。また、地震発生の時系列モデルは、一部に周期性を考慮した非定常なモデルを用いた研究も見られたが (例えば、Kameda・Takagi (1983))、基本的には定常ポアソン過程に基づく研究が大半であった。

1980年代後半～1990年代に入ると、ハザードカーブやハザードマップを評価するのみでなく、地震ハザード評価結果をより多様な観点から解釈することを意図した研究も現れはじめた。単一の地震動強さのみの取扱いを拡張して複数のパラメータの同時評価法を目指した研究 (亀田・石川 (1988)、Kameda・Nojima (1988)) や、地震ハザード評価に基づいて想定地震 (シナリオ地震) を選定しようとする確率論的想定地震の概念もこの時期に提唱された (石川・亀田 (1990))。

(3) 第3期 : 1995年頃以降

1995年に発生した兵庫県南部地震は、日本の地震工学の研究に対して大きな課題を突きつけた。その一つが同地震がもたらした低頻度巨大災害の解釈と今後への対処である。活断層を考慮した神戸における地震ハザード評価の結果(石川・奥村・亀田(1996))から、今後の地震ハザード評価においては、活断層データを考慮することと1000年オーダーの再現期間までを考慮することが不可欠であることが指摘された。

一方、耐震設計や地域防災計画に際して、地震発生確率がきわめて低い活断層については、発生頻度云々の議論ではなく、地震の発生を前提として地震動を評価すべきという、いわゆる想定地震の考え方が強く主張されるようになった。その背景には想定地震に対する強震動予測技術が向上し、それを用いて神戸周辺で観測された地震動記録が説明可能となったことがある。しかしながら一方で、いつ活動するか分からない活断層の活動をすべて想定して耐震設計や地域防災計画を行うことには経済性の面などから疑問を唱える向きもあった。このようなことから、要注意の活断層を抽出するための調査研究の重要性とともに、活断層を考慮したハザード評価に対する理解ならびに想定地震による地震動とハザードレベルとの関係の明確化などが重要な課題として指摘されるに至った。

兵庫県南部地震の教訓を経て、政府に設置された地震調査研究推進本部では、「基盤的調査観測の対象活断層」として選定した全国の98の活断層帯の調査に着手した。調査項目は、活断層の位置、長さ、平均変位速度、単位変位量、活動の際の地震規模、平均的な活動間隔、最新活動時期などであり、調査結果の概要はホームページを通じて順次公表されている。このような動きを踏まえて、活断層調査から得られる最新活動時期の情報を考慮した地震発生確率の評価方法に関する提案が行われ(奥村・石川・亀田(1997))、その後、地震調査研究推進本部の長期評価部会では、BPT(Brownian Passage Time)分布を用いた地震発生確率の評価方法を公表している(地震調査研究推進本部 地震調査委員会 長期評価部会(2001))。今後、地震調査研究推進本部より、活断層や海溝型地震の発生確率が具体的な数値として公表されることになる。

一方、兵庫県南部地震の前後より進められてきた多くの研究成果を地震ハザード評価に活用する動きも盛んになってきた。具体的には、活断層に関する理解の進展とそれを考慮した地震活動のモデル化、震源データの精度向上に基づくランダム地震活動域の詳細なモデル化、地震動強さ指標としての震度の計測震度化、震源近傍まで適用可能な距離減衰式の開発、国土数値情報を用いた表層地盤の増幅特性の評価などであり、1998年頃よりそれらを反映した地震ハザード評価に関する研究が数多く発表されるように

なった（安中・矢代（1998）、Annaka・Yashiro（2000）、吉田・今塚（1998）、Kumamoto（1999）、隈元（1999）、長橋・柴野（1999）、損害保険料率算定会（2000）、宇賀田（2001）、松本・田村・中尾（2001）、中尾・田村（2001））。これらの研究の多くでは、上述のような活断層調査の動きを受けて、活動履歴が明らかな地震についてはそれを考慮した非定常な地震発生時系列モデルが用いられている。すなわち、これからのハザード評価においてはこのようなモデルを用いることが標準となると考えられ、このため評価結果には時間軸の明記が必須の要件となる。

最近では、地震動強さのハザードマップではなく、（2）の最後に述べた確率論的想定地震の概念のうちの地震活動域の貢献度を指標としたハザードマップについても新たに提案されている（亀田・石川・奥村・中島（1997）、中島・亀田・石川・奥村（1998））。これは当該地点の対象ハザードレベルに対する地震活動域の影響の程度（貢献度）をマップの形で表現したものである。

地震調査研究推進本部では当面推進すべき地震調査研究として「活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成」を掲げている。地震動予測地図にはシナリオ地震（想定地震）による予測地図と確率論的な予測地図の2種類が考えられるが、このうちの后者は従来のハザードマップと同種のものであると考えられる。今後、より新しい種々の知見が反映されたハザードマップ（確率論的な予測地図）が体系化されていくものと思われる。なお、地震動予測地図作成の活動の一環として、昨年より地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップが開催されているが、その中で、兵庫県南部地震以降の動きを踏まえた地震ハザード評価に関する最新動向と課題が整理されている（石川（2000）、石川（2001））。

兵庫県南部地震の教訓と設計基準の国際化の流れがあいまって、日本でも各種の設計基準が従来の仕様規定から性能照査型設計法へ向かう方向にある。このような趨勢は、今後の建造物の耐震設計や防災計画において、各種の安全性を照査・検討するための地震動のレベルを従来以上にきめ細かく設定することの必要性を示唆するものであり、その流れにあっては、各レベルの地震動がどの程度の確率で生じるのかを定量化していくことは避けられない状況となっている。一方、規制緩和と自己責任の時代を迎え、あらゆる分野でリスクマネジメントに対する関心が高まっている。兵庫県南部地震での震災事例をひくまでもなく、日本では地震に対する備えは必ずしも安心できる水準には至っておらず、加えて、保険制度などリスクをヘッジする手段も十分に機能しているとは言い難い。この方面からも地震ハザード評価の一層の進展が期待されている。

B. 近年の主要な研究のレビュー

著者	吉田・今塚(1998)	長橋・柴野(1999)	隈元(1999)	損害保険料率算定会(2000)	Annaka・Yashiro(2000)	宇賀田(2001)	松本・田村・中尾(2001)	中尾・田村(2001)	
文献名	「ブロック構造に基づく震源領域モデルを用いた地震ハザード評価」第10回日本地震工学シンポジウム論文集	「歴史地震データ・活断層データ及び国土数値情報による地盤条件を考慮した日本列島の地震危険度マップ」日本建築学会構造系論文集 第516号	「内陸地震の危険度を探る—活断層トレンチ調査の成果—」地震ジャーナル 第28号	「活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究—地震ハザードマップの提案—」地震保険調査研究47	「Temporal Dependence of Seismic Hazard in Japan」Proc. of the 12th WCEE	「シナリオ地震による日本全国の地震危険度評価」日本建築学会構造系論文集 第541号	「メッシュ状の活動域に基づく地震危険度解析手法の検討」第26回地震工学研究発表会講演論文集	「過去の地震及び活断層情報に基づいた地震ハザードマップの試算」第26回地震工学研究発表会講演論文集	
特徴	ブロック構造に基づく震源領域モデルを用いた評価地震発生時系列はポアソン	国土数値情報を用いた表層地盤による増幅の考慮地震発生時系列はポアソン	活断層のトレンチ調査結果を反映させた非定常な地震発生モデルを用いた評価対象は活断層のみ	活断層、プレート境界地震、ランダム地震域に区別したモデル化最新の活断層調査結果ならびに情報量の大小に基づく地震発生確率の評価評価モデル・条件を全て公表	大規模な地震と背景的地震活動を区別したモデル化非定常な地震発生モデル太平洋プレートの沈み込み帯では、2重発面をモデル化余震の影響も考慮	大規模な地震と背景的地震活動を区別したモデル化非定常な地震発生モデル海溝付近の大規模地震については、上記の2つより詳細なモデル化	USGS Open-File Report 96-532 "National Seismic-Hazard Maps: Documentation June 1996"の手法を日本に適用	料率算定会の手法に類似	
地震動強さの指標と定義位置	最大加速度 工学的基盤相当	最大加速度と最大速度 地表面	最大加速度 地表面	計測震度 工学的基盤相当	最大加速度と周期1秒の 加速度応答スペクトル S波速度400m/s程度の 支持地盤	最大加速度 平均的な堆積地盤の地表面	最大加速度 S波速度300m/s以上相当 の開放基盤	最大加速度 S波速度300m/s以上相当 の開放基盤	
対象期間・確率レベル	年超過確率1%、0.2%、0.1%	500年期待値	2001年より50年間の超過確率10%	2000年より50年間の超過確率39%と5%、同期間に計測震度が5.5以上となる確率	2000年より20, 50, 100年、ポアソン過程は20年間にそれぞれ400cm/s ² を越える確率	2000年より50年間の超過確率2%	100, 1000年期待値	50年39.5%、500年39.4%、何年からは記述なし	
計算ピッチ	25 km×25 km (一部12 km×12 km)	2次メッシュ(緯度0.0833度×経度0.125度)	3次メッシュ(緯度0.0833度×経度0.0125度)	0.1度×0.1度	0.5度×0.5度	0.2度×0.2度	0.1度×0.1度	記述なし	
地震活動のモデル	地震活動のモデル化	海洋型地震、内陸型地震、バックグラウンド震源領域の3種類	地震域と活断層の2種類	内陸活断層の1種類	歴史地震データに基づく大地震発生活動域、活断層データに基づく大地震発生活動域、背景的地震発生活動域の3種類	海域の大規模地震、活断層、活断層と関連しない大規模な地殻内地震、地表面に断層として表れない中規模な地殻内地震	メッシュ状の地震活動域とバックグラウンドゾーンの2種類	過去の地震、活断層、プレート境界地震の3種類S	海域の大規模地震、活断層、活断層と関連しない大規模な地殻内地震、地表面に断層として表れない中規模な地殻内地震
	地震発生の時系列モデル	ポアソン過程	ポアソン過程	再生過程	再生過程+ポアソン過程	再生過程+ポアソン過程	ポアソン過程	再生過程+ポアソン過程	再生過程+ポアソン過程
	地震規模のモデル	海溝型とバックグラウンドはb値モデル、内陸型は固有規模+b値モデル	b値モデル(地震域)と最大マグニチュードモデル(活断層)	固有規模	大地震は固有規模を中心に一定の範囲、余震はb値モデル、背景的地震はb値モデル	大規模な地震は固有規模、中規模な地震はb値モデル	b値モデル、b値はバックグラウンドゾーンの値、年平均地震発生回数はメッシュとバックグラウンドの大小により重みを変えて加重平均	固有規模(プレート境界地震、活断層)とb値モデル(過去の地震)	大規模な地震は固有規模、中規模な地震はb値モデル
	距離のモデル	M6以上は断層面からの最短距離、M6未満は点震源	断層面からの最短距離	活断層からの最短距離	断層面からの最短距離	断層面からの最短距離	断層面からの最短距離	断層面からの最短距離	断層面からの最短距離
	データ	地震カタログ+活断層	地震カタログ+活断層	活断層	地震カタログ+活断層	地震カタログ+活断層	地震カタログ	地震カタログ+活断層	地震カタログ+活断層
地震動のモデル化	Annaka and Ohki (1992)の式、ばらつきは対数標準偏差0.5の対数正規分布	加速度は福島(1994)の式、速度は司他(1996)の式、ばらつきはなし	Fukushima, Tanaka (1991)の式 ばらつきはなし	Shabestari・山崎(1997)の式、ばらつきは標準偏差0.5の正規分布	Annaka et al.(1997)の式、ばらつきに関する記述は無いが、安中・矢代(1998)では対数標準偏差で0.5	Fukushima, Tanaka (1991)の式 ばらつきはなし	Annaka et al.(1988)の式、ばらつきに関する記述は無い	Annaka et al.(1988)の式 過去の地震と活断層は±2σのばらつきを考慮、分布型は不明 プレート境界地震のばらつきは記述なし	
表層地盤の影響の考慮	なし	国土数値情報を用いた松岡・翠川(1993,1994)の手法を簡略化	表層地質に応じて0.6、1.0、1.4で考慮	なし	なし	平均的な堆積地盤	なし	なし	

C. USGS によるハザードマップのレビュー

ここでは、日本以外の政府関連機関が作成した地震ハザードマップの例として、USGS（米国地質調査所）が近年作成したものを取り上げ、その概要を整理する。

1) 文献

USGS が作成した地震ハザードマップに関しては、いくつかの論文、レポートが公表されている。代表的なものは以下であるが、本項での以下の記述は、主として Frankel, et al. (1996)に基づいている。

- Frankel, A. : Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States, Seismological Research Letters, Vol. 66, No. 4, pp. 8-21, 1995.
米国中東部を対象としたハザードマップ作成手法（案）と試算結果を提示しており、特に smoothed seismicity についての説明に紙面の多くを費やしている
- Frankel, A., et al. : National Seismic-Hazard Maps: Documentation June 1996, U.S. Geological Survey Open-File Report 96-532, U.S. Geological Survey, 1996.
1996年6月に公表したハザードマップの作成手法の解説
- Frankel, A., et al. : USGS National Seismic Hazard Maps, Earthquake Spectra, Vol. 16, No.1, pp. 1-19, 2000.
1996年のレポートには含まれていないアラスカ、ハワイを追加したもの

2) 主な特徴

- smoothed seismicity の採用
- ロジックツリーの導入
- 米国中東部と西部に分けた評価
- Adaptive weighting

3) 地震動の強さの指標と定義位置

- 最大加速度および周期 0.2, 0.3, 1.0 秒の減衰定数 5%の加速度応答スペクトル
- 硬質地盤 (firm rock : 表層 30m の平均せん断波速度が 760m/s)

4) 対象期間・確率レベル

- 50年 10%, 5%, 2%
- ポアソン過程のため時間軸の原点は指定無し

5) 計算ピッチ

- ・ 西部は 0.1 度×0.1 度
- ・ 中東部は 0.2 度×0.2 度（補間により 0.1 度間隔にしている）

6) 地震活動のモデル化

- ・ smoothed seismicity、background source zones、活断層、特定の地震発生領域の組み合わせとなっている。これらは大別して、1) smoothed seismicity および background source zones と、2) 活断層および特定の地震発生領域 の 2 つで構成され、1) と 2) による地震ハザードを足し合わせている。前者は M5.0 以上の地震を、後者はより大規模な特定の地震のみを対象としている。
- ・ 中東部の 1) は、期間・規模の異なる地震カタログに基づく 3 種類の smoothed seismicity と 1 つの background source zones の合計 4 つのモデルを、重みを考慮して統合している。深さは 5km に固定している（式によって扱いは異なる）。
- ・ 中東部の 2) は、New Madrid, Charleston ほかに 4 種類の特定領域からなる。
- ・ 西部の 1) は、1 種類の smoothed seismicity と 1 種類の background source zones を統合している。ただし、西海岸の CA, OR, WA の 3 州では、州の西部での background source zone を考慮していない。
- ・ 西部の 2) は、セグメンテーションが既知の活断層、セグメンテーションが不明の活断層、Cascadia subduction zone の 3 種類。活断層は合計約 500 本。
- ・ smoothed seismicity は、0.1 度メッシュの領域ごとの地震数から G-R 式の係数を a 算定し（b 値は固定）、それを平滑化するもので、地震活動域に区分する際の判断が不要なことを利点として挙げている。
- ・ background source zones は、歴史上地震が少ない領域の地震ハザードを持ち上げる目的で設定しており、個々の領域は非常に大きく設定されている。
- ・ 西部の活断層は、セグメント区分が既知のものは固有規模の地震のみ、不明のものは固有規模と b 値モデル（M6.5 以上）を併用している。
- ・ 活断層で発生する地震の頻度は、平均変位速度に基づいて算定している。

7) 地震発生の時系列モデル

- ・ ポアソン過程
- ・ 西部の活断層についてもポアソン過程としている。

8) 地震規模のモデル

- ・ 固有規模 (活断層および特定の領域) と b 値モデル (smoothed seismicity, background source zones, およびセグメント区分が不明の活断層) を併用している。
- ・ セグメント区分が不明の活断層については、固有規模と b 値モデルを併用している。
- ・ b 値モデルは、場所ごとに最大マグニチュードを設定している。

9) 距離のモデル

- ・ smoothed seismicity と background source zones は、0.1 度間隔に離散化された点それぞれに G-R 式の係数と最大マグニチュードが与えられており、それらの影響を積分する。
- ・ 活断層と特定の領域については、固有規模の場合は固有距離、b 値モデルは活動区間の分布を考慮している模様であるが、Charleston などは別の扱いとなっているようであり、詳細は不明。

10) データ

- ・ 地震カタログ (複数) と活断層データ

11) 地震動のモデル化

- ・ 複数の距離減衰式 (下記参照) をロジックツリーで統合している。
- ・ ばらつきは対数正規分布でモデル化しており、対数標準偏差は式や指標ごとに異なる (下記参照)。
- ・ 中東部では、Toro and others (1993) と独自に作成したものを同じ重みで併用。
- ・ 西部では以下のように細分化して使い分けている。
 - a) 地殻内の地震の PGA : Boore, Joyner, and Fumal (1993, 1994) を修正したもの、Sadigh and others (1993)、Campbell and Bozorgnia (1994) を同じ重みで併用。活断層に対しては、活断層のタイプに応じた式を用いている。
 - b) 地殻内の地震の応答スペクトル : Boore, Joyner, and Fumal (1993) と Sadigh and others (1993) を同じ重みで併用。活断層に対しては、活断層のタイプに応じた式を用いている。
 - c) 震源深さが 35km を超える地震 : Geomatrix (1993) に深さの補正を加えたもの。
 - d) Cascadia subduction zone : M8.3 の地震に対しては Sadigh and others (1993) と Geomatrix (1993) を同じ重みで、M9.0 の地震に対しては Sadigh and others (1993) のみを使用。

- ・ 対数標準偏差は、以下のようになっている。
 - a) 中東部：周期 1.0 秒の加速度応答スペクトルで 0.8、他は 0.75。
 - b) 西部：Boore, Joyner, and Fumal (1993) 式ではその文献に記載の値を、他の式では規模によって変化する値を採用。

- 12) 表層地盤の影響の考慮
 - ・ なし

- 13) その他特記事項
 - ・ smoothed seismicity の採用、ロジックツリーの導入、中東部と西部に分けた評価、平均変位速度に基づく活断層の活動間隔の推定、adaptive weighting などが特徴として挙げられている。
 - ・ smoothed seismicity は、過去に小規模のものを含めて地震が多く発生した場所では、将来も（大規模のものまで含めて）地震が多く発生すると仮定するもので、「causative structures of seismicity がよくわかっていない領域において地震活動域 (seismic source zones) に区分する際の判断を避けるために用いている」としている。また、「これは、複数の専門家が持ち寄った地震活動域に基づいて地震ハザードを評価するという最近の傾向に、ある意味で逆行する方法である」と述べているが、「EPRI による非常に複雑な地震活動域を用いた結果と、本手法による単純なモデルによる結果とは、比較的近い値となっている」としている。
 - ・ ロジックツリーは、地震活動のモデル化、距離減衰式の選定など各所で用いられている。
 - ・ 中東部と西部に分けた理由の一つは、距離減衰特性の違いとしている。
 - ・ smoothed seismicity と background source zones の結果を統合すると、後者の影響により地震活動度の高い地域の地震ハザードを小さく評価するとの判断から、smoothed seismicity による a 値が background source zone によるものよりも大きい場合には、background source zone に重みを与えていない（これを adaptive weighting と呼んでいる）。

- 14) smoothed seismicity について

USGS のハザードマップでは、smoothed seismicity の採用を大きな特徴として挙げている。Frankel (1995) は、採用の理由として、「One of the motivations for directly using the smoothed historical seismicity is to get away from the judgments involved

in drawing seismic source zones in a region where the causative structures of seismicity are largely unknown, such as the central and eastern U.S.」としている。

この方法は、先述の通り、過去に小規模のものを含めて地震が多く発生した場所では、将来も（大規模のものまで含めて）地震が多く発生すると仮定するものであり、地震活動域を区分することなく、機械的に地震活動度の地域特性を評価することが可能となる。一方で、日本に適用する場合には、

- ・ 地震活動が活発で、地震活動や地震地体構造に関する理解が（少なくともアメリカ中東部よりも）進んでいると考えられる日本において、この種の方法を適用することが適切かどうか
 - ・ 同一の地震地体構造区に分類される領域内において、過去に多くの中小地震が発生した場所とそうでない場所で地震ハザードに差をつけることが適切かどうか
- といった観点も含めて検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 安中 正・矢代晴実 (1998) : 大地震の発生サイクルを考慮した日本列島の地震危険度解析モデル, 第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 489-494.
- Annaka, T. and Yashiro, H. (2000) : Temporal Dependence of Seismic Hazard in Japan, Proceedings of the 12th World Conference of Earthquake Engineering, Paper No. 0316.
- Cornell, C. A. (1968) : Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606.
- 壇 一男・神田 順 (1986) : 上下限値を有する極値分布を用いた地震危険度解析, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 363 号, pp. 50-56.
- Der Kiureghian, A. and Ang, A. H-S. (1977) : A Fault Rupture Model for Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, No. 4, pp. 1173-1194.
- 蛭沢勝三・高荷道雄・田中歳明・阿部清治 (1991) : 確率論的地震危険度の評価手順と感度解析, 土木学会論文集, 第 437 号 / I-17, pp. 143-152.
- Frankel, A. (1995) : Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States, Seismological Research Letters, Vol. 66, No. 4, pp. 8-21.
- Frankel, A., et al. (1996) : National Seismic-Hazard Maps: Documentation June 1996, U.S. Geological Survey Open-File Report 96-532, U.S. Geological Survey.
- Frankel, A., et al. (2000) : USGS National Seismic Hazard Maps, Earthquake Spectra, Vol. 16, No. 1, pp. 1-19.
- 後藤尚男・亀田弘行 (1968) : 地震時における最大地動の確率論的研究, 土木学会論文集, 第 159 号, pp. 1-12.
- 服部定育 (1977) : 日本付近の地震危険度に関する考察- 地震活動度、および地盤特性を考慮した地震危険度 map の提案-, 建築研究報告, No. 81.
- 石川 裕・亀田弘行 (1990) : 地震危険度解析に基づく想定地震の設定法, 第 8 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 79-84.
- 石川 裕・奥村俊彦・亀田弘行 (1996) : 活断層を考慮した神戸における地震危険度評価, 土木学会阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp. 61-68.
- 石川 裕 (2000) : ユーザーからみた地震動予測地図作成に向けての課題, 第 1 回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ- 地震動予測地図の作成に向けてそのあるべき姿と地震防災工学への反映- 予稿集, 科学技術庁, pp. 65-71.

- 石川 裕 (2001) : 地震ハザードマップの作成と課題, 第2回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ「地震動予測地図の作成に向けて- 現状と今後の課題-」予稿集, 文部科学省, pp. 41-44.
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会 長期評価部会 (2001) : 長期的な地震発生確率の評価手法について, 平成13年6月8日.
- 垣見俊弘 (1992) : 3章 活断層を考慮した日本列島の地震危険度と限界地震規模の予測図, 地震災害予測の研究, 平成4年度報告, 損害保険料率算定会, pp. 117-151.
- 亀田弘行 (1978) : 地震危険度の解析における歴史地震資料の評価について, 土木学会論文報告集, 第273号 (ノート), pp. 135-138.
- Kameda, H. and Takagi, H. (1981) : Seismic Hazard Estimation Based on Non-Poisson Earthquake Occurrences, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyoto Univ., Vol. 43, Part3, pp. 397-433.
- 亀田弘行・奥村俊彦 (1985) : 活断層データと歴史地震データを組み合わせた地震危険度解析, 土木学会論文集, 362号 / I-4, pp. 407-415.
- 亀田弘行 (1986) : 地震動の設定と発生確率, 特集- 原子力発電所の地震時危険度の確率論的評価, 日本原子力学会誌, Vol. 28, No. 1, pp. 6-11.
- 亀田弘行・石川 裕 (1988) : ハザード適合マグニチュード・震央距離による地震危険度解析の拡張, 土木学会論文集, 第392号 / I-9, pp. 395-402.
- Kameda, H. and Nojima, N. (1988) : Simulation of Risk-Consistent Earthquake Motion, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 16, pp. 1007-1019.
- 亀田弘行・石川 裕・奥村俊彦・中島正人 (1997) : 確率論的想定地震の概念と応用, 土木学会論文集, 第577号 / I-41, pp. 75-87.
- Kanai, K. and Suzuki, T. (1968) : Expectancy of the Maximum Velocity Amplitude of Earthquake Ground Motions at Bedrock, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 46, pp. 663-666.
- Katayama, T. (1978) : Engineering Prediction of Acceleration Response Spectra and Its Application to Seismic Risk Analysis, Proceedings of the Fifth Japan Earthquake Engineering Symposium, pp. 57-64.
- Kawasumi, H. (1951) : Measures of Earthquake Danger and Expectancy of Maximum Intensity Throughout Japan as Inferred from the Seismic Activity, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 29, pp. 469-482.
- 北澤壮介・上部達生・檜垣典弘 (1984) : 沿岸地域における基盤の最大加速度期待値の推定, 港湾技研資料, No. 486.

- 建設省土木研究所地震防災部振動研究室 (1981) : 既往地震活動に基づく地震動強度の期待値推定法, 土木研究所資料, 第 1696 号.
- 建設省土木研究所地震防災部振動研究室 (1986) : 確率論手法に基づく地震動強度の再現期待値の試算, 土木研究所資料, 第 2419 号.
- Kumamoto, T. (1999) : Seismic Hazard Maps of Japan and Computational Differences in Models and Parameters, Geographical review of Japan, Vol.72 (Ser.B), No.2, pp.135-161.
- 隈元 崇 (1999) : 内陸地震の危険度を探る—活断層トレンチ調査の成果—, 地震ジャーナル, 第 28 号, pp.13-26.
- 松本俊輔・田村敬一・中尾吉宏 (2001) : メッシュ状の活動域に基づく地震危険度解析手法の検討, 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, 第 1 分冊, pp.113-116.
- 松村和雄・牧野 稔 (1978) : ポアソン確率モデルから求められる最大地動の極値分布— (その 1) 最大地動の極値分布における観測値と解析値の比較—, 日本建築学会論文報告集, 第 273 号, pp.55-62.
- 長橋純男・柴野謙太郎 (1999) : 歴史地震データ・活断層データ及び国土数値情報による地盤条件を考慮した日本列島の地震危険度マップ, 日本建築学会構造系論文集, 第 516 号, pp.113-120.
- 中島正人・亀田弘行・石川 裕・奥村俊彦 (1998) : 活断層データを考慮した確率論的想定地震によるハザードマップ, 第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.151-154.
- 中尾吉宏・田村敬一 (2001) : 過去の地震及び活断層情報に基づいた地震ハザードマップの試算, 第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, 第 1 分冊, pp.117-120.
- 日本建築学会 (1987) : 3.2 地震発生の確率, 地震荷重— その現状と展望—, pp.76-90.
- 奥村俊彦・石川 裕・亀田弘行 (1997) : 活断層の活動履歴に関する情報を考慮した地震危険度評価, 土木学会第 2 回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.49-56.
- 尾崎昌凡・北川良和・服部定育 (1978) : 地震動の地域特性に関する研究 (その 1) - 地震活動に基づく地震動期待値とその応用—, 日本建築学会論文報告集, 第 266 号, pp.31-40.
- 力武常次著 (1988) : 日本の危険地帯— 地震と津波—, 新潮選書.
- Rikitake, T. (1989) : Earthquake Prediction and Seismic Hazard Analysis in Japan, Proc. of the Inst. of Natural sciences, Nihon Univ., pp.53-62.
- 損害保険料率算定会 (2000) : 活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究—地震ハザードマップの提案—, 地震保険調査研究 47, 2000.6.
- 土岐憲三・佐藤忠信・清野純史・藤村和也 (1991) : 歴史地震データと活断層データに基づ

- く近畿地方の地震危険度解析, 京都大学防災研究所年報, 第 34 号 B-2, pp. 1-13.
- Tomatsu, Y., Yasuda, M. and Katayama, T. (1983): Seismic Hazard Mapping Based on Active Fault Distribution in Japan, Proceedings of Review Meeting of U.S.-Japan Cooperative Research on Generalized Seismic Risk Analysis and Development of a Model Seismic Format, #6, pp. 1-26.
- 宇賀田 健 (2001): シナリオ地震による日本全国の地震危険度評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 541 号, pp. 95-104.
- Wesnousky, S.G., Scholz, C.H., Shimazaki, K. and Matsuda, T. (1984): Integration of Geological and Seismological Data for the Analysis of Seismic Hazard: A Case Study of Japan, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 74, No. 2, pp. 687-708.
- 吉田伸一・今塚善勝 (1998): ブロック構造に基づく震源領域モデルを用いた地震ハザード評価, 第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 483-488.

3. 確率論的地図のサンプル版の作成手法

3.1 評価の手順と結果の表現方法

A. 地震ハザード評価手法の概要

地震ハザード評価とは、地点における地震動の強さとそれを特定の期間内に超える確率の関係（ハザードカーブと呼ばれる）を算定するものである。一般的には、図 3.1-1 に示すフローにしたがって評価される。大まかな手順は、以下のようになっている。

1) 対象地点周辺の地震活動をモデル化する。ここでは、考慮する地震を以下の 7 つに分類してモデル化している。

- ・ 98 の主要な活断層帯に発生する最大地震(以下、98 活断層帯)
- ・ 海溝型地震として扱おうとしているプレート境界で発生する大地震(以下、海溝型地震)
- ・ 上記以外の「その他の地震」

震源を特定できる地震

- ・ 98 活断層帯以外の活断層に発生する地震（グループ 1）
- ・ 98 活断層帯に発生する固有地震以外の地震（グループ 2）

震源を予め特定しにくい地震

- ・ 海溝型地震として扱おうとしているプレート境界で発生する大地震以外の地震（グループ 3）
- ・ 沈み込むプレート内地震（グループ 4）
- ・ 陸域の地殻内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震(グループ 5)

ただし、サンプル版の作成ではグループ 2 とグループ 3 は対象外としている。

- 2) モデル化したそれぞれの地震について、地震規模の確率、距離の確率、地震の発生確率（あるいは頻度）を評価する。
- 3) 地震の規模と距離が与えられた場合の地震動強さの推定の確率モデルを設定する。通常は、距離減衰式とそのばらつきによってモデル化される。
- 4) モデル化された個々の地震について、着目期間内にその地震によって地震動の強さがある値を超える確率を評価する。
- 5) これをモデル化した地震数繰り返し、それらの結果を足し合わせることにより、全ての地震を考慮した場合に地震動の強さが着目期間内に少なくとも 1 度ある

値を超える確率を算定する。

確率論的地図は、以上の手順によって地点ごとに実施された地震ハザード評価の結果に基づいて、期間、地震動の強さ、確率のうちの2つを固定し、残りの一つの地域分布を示したものである。

B. ハザードカーブの算定方法

着目地点において、その周辺で発生する地震（あるいは地震群）によって t 年間に少なくとも1回地震動の強さが y を超える確率 $P(Y > y; t)$ を、一般にハザードカーブと呼ぶ。ハザードカーブは、地点の周辺で発生するいずれの地震（群）によっても y 以下である確率を1から引くことにより、次式で評価される。

$$P(Y > y; t) = 1 - \prod_k \{1 - P_k(Y > y; t)\} \quad (3.1-1)$$

ここに、 $P_k(Y > y; t)$ は k 番目の地震（群）によって t 年間に少なくとも1回地震動の強さが y を超える確率であり、以下の(1)および(2)のように算定される。なお、以下の記述では、地震の規模と距離に関して離散的な表現としている。

(1) 震源を予め特定できる地震（98断層帯、海溝型地震、グループ1の地震）

これらの地震の発生確率は、一部のものについては更新過程あるいは時間予測モデルといった非定常な地震活動を表すモデルに基づき算定され、残りのものについては定常ポアソン過程を仮定して評価される。この場合、 k 番目の地震によって、地震動の強さが t 年間に少なくとも1回 y を超える確率 $P_k(Y > y; t)$ は、以下のようにして算定することができる。

a) 非定常な地震活動モデルに基づき地震発生確率が算定される場合

期間 t の間に複数回の地震発生を考慮する場合、それぞれの地震時の地震動の強さが互いに独立であると仮定すると、地震動の強さが t 年間に少なくとも1回 y を超える確率 $P_k(Y > y; t)$ は、

$$P_k(Y > y; t) = 1 - \sum_{l=0}^{\infty} \{P(E_k^{[l]}; t) [1 - P(Y > y | E_k)]^l\} \quad (3.1-2)$$

で表される。ただし、 $P(E_k^{[l]}; t)$ は期間 t の間に l 回地震が発生する確率、 $P(Y > y | E_k)$ は地震 k が1度発生した条件下で地震動の強さが y を超える条件付

確率であり、

$$P(Y > y | E_k) = \sum_i \sum_j P(Y > y | m_i, r_j) P_k(m_i) P_k(r_j | m_i) \quad (3.1-3)$$

となる。ここに、 $P_k(m_i)$ は k 番目の地震における規模と確率関数、 $P_k(r_j | m_i)$ は規模が m_i の条件下での距離の確率関数、 $P(Y > y | m_i, r_j)$ は地震の規模が m_i 、距離が r_j の時に地震動の強さが y 以上となる条件付確率である。距離減衰式を用いて地震動の強さを評価する場合には、 $P(Y > y | m_i, r_j)$ は距離減衰式の中央値 $\bar{Y}(m_i, r_j)$ とそのばらつき（中央値を1とする対数正規変量 U で表されることが多い）を用いて、

$$P(Y > y | m_i, r_j) = 1 - F_U\left(\frac{y}{\bar{Y}(m_i, r_j)}\right) \quad (3.1-4)$$

となる。ただし、 $F_U(u)$ は U の累積分布関数である。

なお、期間 t に複数回の地震が発生する確率が無視できる場合には、式(3.1-2)は簡略化されて次式で表される。

$$\begin{aligned} P_k(Y > y; t) &= P(E_k; t) P(Y > y | E_k) \\ &= P(E_k; t) \sum_i \sum_j P(Y > y | m_i, r_j) P_k(m_i) P_k(r_j | m_i) \end{aligned} \quad (3.1-5)$$

ただし、 $P(E_k; t)$ は k 番目の地震が t 年間に発生する確率であり、更新過程あるいは時間予測モデルに基づき、BPT分布を用いて評価される（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2001）。今回のサンプル版では、非定常な地震発生モデルを適用するいずれの地震も30年あるいは50年間に2回以上発生する確率がほぼ0となることから、すべて式(3.1-5)によって評価している。

b) 地震の発生が定常ポアソン過程でモデル化される場合

地震の発生を定常ポアソン過程とした場合には、地震動の強さが t 年間に y を超える確率 $P_k(Y > y; t)$ は、

$$P_k(Y > y; t) = 1 - \exp\{-\nu_k(Y > y) \cdot t\} \quad (3.1-6)$$

となる。ただし、 $\nu_k(Y > y)$ は k 番目の地震によって地震動の強さが y を超える年あたりの頻度であり、

$$\begin{aligned} \nu_k(Y > y) &= \nu(E_k) P(Y > y | E_k) \\ &= \nu(E_k) \sum_i \sum_j P(Y > y | m_i, r_j) P_k(m_i) P_k(r_j | m_i) \end{aligned} \quad (3.1-7)$$

となる。ここに、 $\nu(E_k)$ は k 番目の地震の年あたりの発生頻度、他はa)と同様で

ある。

(2) 震源を予め特定しにくい地震 (グループ 4, 5 の地震)

上記 (1) と異なり、対象とする地震を複数の規模と距離の組み合わせから成る群として取り扱う必要がある。グループ 4, 5 の地震 (グループ 3 は今回のサンプル版では考慮していない) は、地域区分する方法の場合には地震活動域ごと、地域区分しない方法ではメッシュごとに、それぞれ地震活動が一様としている。これにより、各地震活動域あるいはメッシュを対象としている範囲において、地震の規模と発生場所は互いに独立となる。地震の規模の確率分布は Gutenberg-Richter の関係式から、また、距離の確率分布は地点と地震活動域あるいはメッシュとの幾何学的な位置関係からそれぞれ算定することができる。地震の発生時系列は、定常ポアソン過程でモデル化している。

以上から、グループ n の地震によって、地震動の強さが t 年間に y を超える確率 $P_n(Y > y; t)$ は、次式によって算定することができる。

$$P_n(Y > y; t) = 1 - \exp(-v_n(Y > y) \cdot t) \quad (3.1-8)$$

ただし、 $v_n(Y > y)$ はグループ n の地震によって地震動の強さが y を超える年あたりの頻度であり、

$$\begin{aligned} v_n(Y > y) &= \sum_k v(E_k) P(Y > y | E_k) \\ &= \sum_k v(E_k) \sum_i \sum_j P(Y > y | m_i, r_j) P_k(m_i) P_k(r_j | m_i) \end{aligned} \quad (3.1-9)$$

となる。ここに、 $v(E_k)$ はグループ n の地震を構成する k 番目の地震活動域またはメッシュにおける最小マグニチュード (=5.0) 以上の地震の年あたりの発生頻度、 $P(Y > y | E_k)$ はグループ n の地震を構成する k 番目の地震活動域またはメッシュで地震が 1 つ発生した場合に地点での地震動の強さが y を超える条件付確率、 $P_k(m_i)$ は k 番目の地震活動域またはメッシュにおける規模の確率関数、 $P_k(r_j | m_i)$ は規模が m_i の条件下での距離の確率関数、 $P(Y > y | m_i, r_j)$ は地震の規模が m_i 、距離が r_j の時に地震動の強さが y を超える条件付確率である。

C. 結果の表現方法

(1) ハザードカーブ

ハザードカーブは、地震動の強さとそれを特定期間内に超える確率の関係を示したも

のであり、算定方法は B. で示したとおりである。実際には、離散的に設定した地震動の強さごとに超過確率を算定し、それを図 3. 1-2 に示すような図上で直線で結んで表示している。

特定の地震動の強さを定めたときにそれを超える確率、あるいは特定の超過確率を与えたときにそれに対応する地震動の強さは、それぞれ図 3. 1-2 の図上において線形補間して算定している。このように、対象とする期間を固定した上で、地震動の強さを与えて確率を算定する、あるいは確率を与えて地震動の強さを算定することは、1つのハザードカーブを用いて容易に行うことができる。一方、地震動の強さと確率を固定してそれに該当する期間を算定することは、非定常な地震発生モデルを扱う場合には困難である。ただし、全ての地震の発生が定常ポアソン過程にしたがうとする場合には、算定されたハザードカーブを異なる期間の超過確率に変換することができるため、この関係を用いれば可能である。

(2) 確率論的地図の表示

確率論的地図は、地点ごとに独立に算定された t 年間のハザードカーブに基づき、

- a) 与えられた確率に対応する地震動強さを地点ごとに求め、その分布を地図上に表したもの
- b) 与えられた地震動強さの超過確率を地点ごとに求め、その分布を地図上に表したもの

の2種類を作成している。図 3. 1-2 に示したように、これらはハザードカーブをどちらから読むかの違いである。

参考文献

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001): 長期的な地震発生確率の評価手法について, 平成 13 年 6 月.

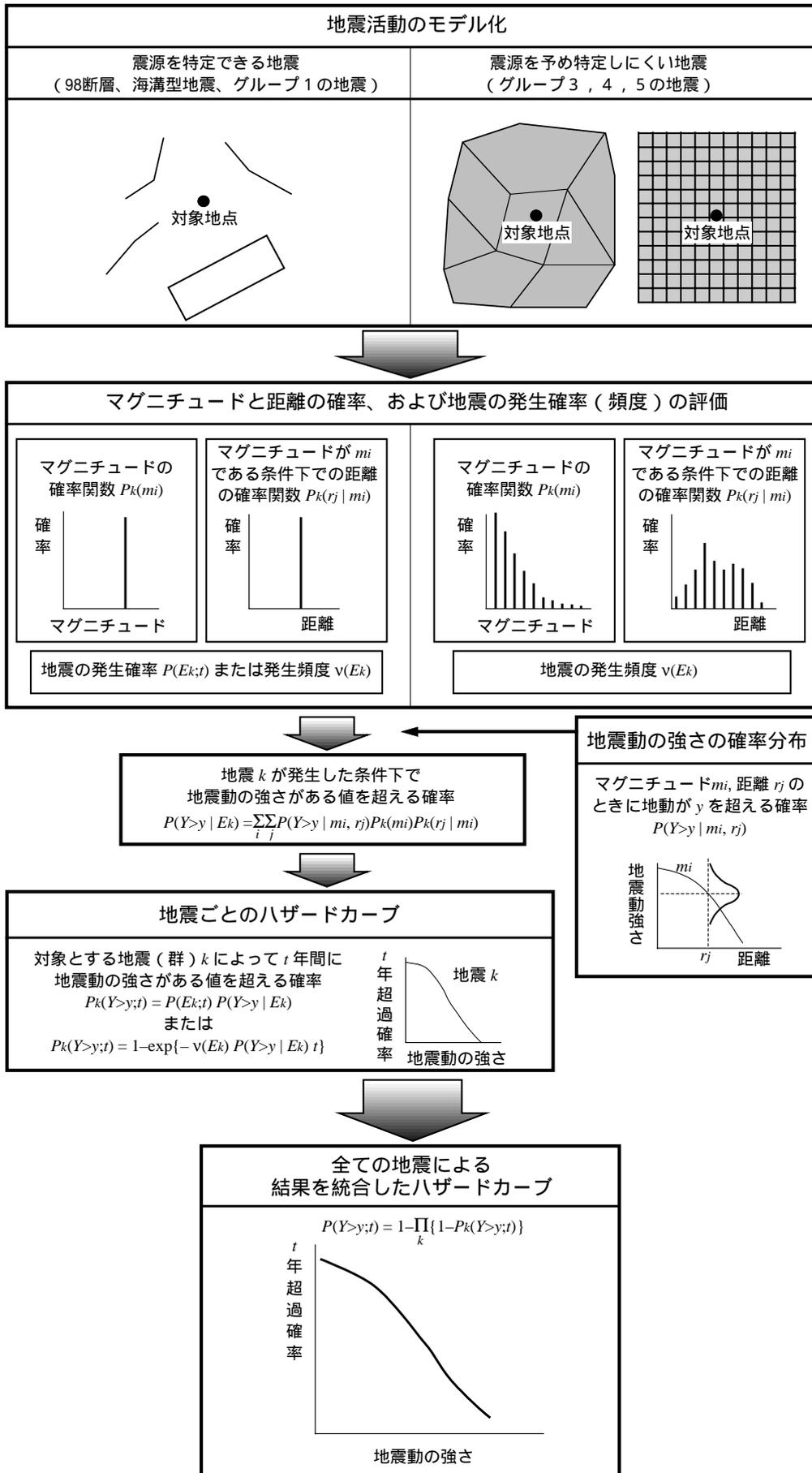


図 3.1-1 地震ハザード評価のフロー

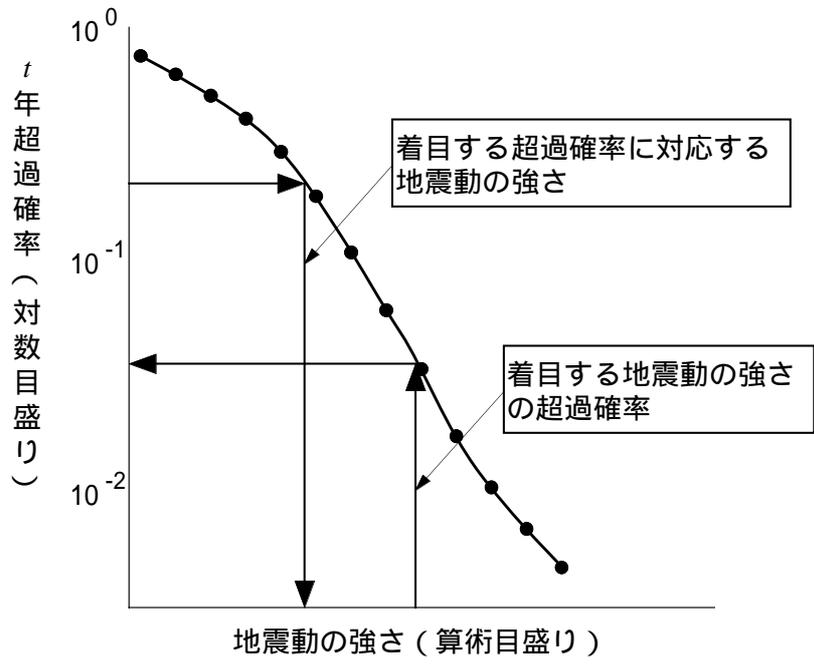


図 3.1-2 ハザードカーブの概念図

3.2 評価条件の一覧

表 3.2-1 に本年度の確率論的地図のサンプル版の評価条件の一覧表を示す。この表では、今回用いる評価条件と、最近の代表的な研究成果である損害保険料率算定会(2000)のハザードマップで用いられた評価条件とを対比させている。また、今回用いる評価条件に関連する地震調査委員会の強震動評価部会や長期評価部会での議論を併せて示している。

課題は大きく、地図の仕様に関する項目、地震活動のモデル化に関する項目、地震動の評価モデルに関する項目、地震動予測地図の融合や公開に関する項目に分類できる。今回作成するサンプル版の地図の仕様については次の 3.3 節で示す。また、地震活動の評価モデルの詳細に関しては 3.4 節、地震動の評価モデルの詳細に関しては 3.5 節で論じる。

今回用いる評価条件のうち、損害保険料率算定会(2000)と比べて大きく異なる特徴を以下に列挙する。

- ・ 計算の単位が約 1km メッシュ（第3次地域区画）と細かく、大縮尺の地図として利用できる。
- ・ 地震動指標が計測震度のみならず、最大速度も対象となっている。将来的には最大加速度や応答スペクトルについても視野に入れている。
- ・ 表層地盤による地震動の増幅を考慮した地表での地震動強さが対象となっている。
- ・ 地震活動のモデル化に際して、地震を 3.1 節で示した 7つのタイプに分類して、それぞれ長期評価などの最新の知見に基づいて確率モデルを設定している。また、活断層や海溝型地震のうち、活動履歴を考慮して地震発生確率を評価する際の活動間隔の確率分布として BPT 分布を用いている。さらに、震源を予め特定しにくい地震のモデルとして、地域区分する方法としない方法の両者を検討対象としている。
- ・ 地震動の評価モデルとして新しい距離減衰式を用いている。この式は地震のタイプごとの地震動特性を考慮できるもので、兵庫県南部地震のみならず、鳥取県西部地震や芸予地震など最近の地震の際に記録された地震動強さともよい対応を示すことが確認されている。
- ・ 地震動強さの評価として、距離減衰式のみでなく、特定のシナリオ地震に対して詳細な方法により評価された結果を取込むこと（融合）を視野に入れている。

参考文献

損害保険料率算定会（2000）：活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～，地震保険調査研究，47.

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その1）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
1. 地図の仕様 期間 確率レベル 地震動強さ	2000年より50年間の最大計測震度が5.5以上となる確率 2000年より50年間の超過確率が39%となる計測震度 2000年より50年間の超過確率が5%となる計測震度	<ul style="list-style-type: none"> 活断層の長期評価における危険度判定の規範は30年確率 USGSのマップでは50年超過確率10%、5%、2% 米国の耐震設計では50年超過確率10%や2%が用いられる場合が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 2002年より50年間で超過確率が39%、10%、5%となる地震動強さの地域分布を表示する 地震動強さ指標は地表の計測震度、地表の最大速度、工学的基盤上の最大速度 2002年より50年間に震度が5強以上、6弱以上、6強以上となる確率の地域分布を表示する
2. 計算ピッチ	<ul style="list-style-type: none"> 0.1度刻み（全国で約5000点） 	<ul style="list-style-type: none"> 全国を概観した地図の例示として3次メッシュが提示されている（約40万点） 表層地盤による地震動増幅を国土数値情報に基づいて評価するなら3次メッシュが便利 	<ul style="list-style-type: none"> 基準地域メッシュ（第3次地域区画：1辺約1km）
3. 作成領域	<ul style="list-style-type: none"> 全国一括 	<ul style="list-style-type: none"> 文科省事務局案として今年度は山梨県周辺が提示されている 	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県を中心とする東西約80km、南北約90kmの地域（メッシュ数：7,200）
4. 地震活動域のモデル化方針	<ul style="list-style-type: none"> 活断層、プレート境界の巨大地震、それ以外の地震（ランダム地震域）、の3種類 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価部会では、主要活断層での最大地震と海溝型地震の他に、震源を予め特定しにくい地震として5つのグループの地震を定義している 	<ul style="list-style-type: none"> 地震を7つのタイプに分けてモデル化するが、その他の地震のうちのグループ2の地震についてはグループ5の地震に含める
5. 98の主要な活断層帯に発生する最大地震			
5-1 モデル化の方針と対象	<ul style="list-style-type: none"> 主要起震断層（113本） 各パラメータに幅がある場合には、平均活動間隔が最も短くなる値を選定する 	<ul style="list-style-type: none"> 調査対象は98の主要な活断層帯 ただし、活断層ではないと判断されたものや部分的に別の断層帯と併せた評価が必要とされているものもある 	<ul style="list-style-type: none"> 基盤的調査観測の対象活断層（98断層）をモデル化する 長期評価、形状評価の結果に基づいてモデル化する 評価が終わっていない活断層については、暫定的に損害保険料率算定会の地震危険度評価で用いられたモデルを踏襲する
5-2 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> 再生過程（対数正規分布） ただし活動履歴が不明なものは定常ポアソン過程 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価部会では更新過程（BPT分布）による評価手法を公表済み 長期評価結果が公表された活断層のうちいくつかでは地震の発生確率に幅を有する 	<ul style="list-style-type: none"> BPT分布による更新過程に基づいて将来の地震発生確率を算定する 長期評価において発生確率に幅をもって公表されている場合には、平均活動間隔と前回活動時期のいずれも幅の中央値を用いた場合（平均的なケース）と、最短の平均活動間隔と最古の前回活動時期を用いた場合（最大確率を与えるケース）の双方を検討する 活動履歴が明らかでない活断層についてはポアソン過程に基づき発生確率を算定する 長期評価が終わっていない活断層は料率算定会モデルの地震発生確率を用いる

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その2）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
5-3 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> 固有規模 指標は気象庁マグニチュード M_j (M の指標については以下すべてに共通) 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価では M 程度あるいは M ~ 程度という表現がとられている M の指標について、地震カタログでは通常 M_j が用いられるが、最近の距離減衰式では M_w が用いられるものも多い 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価の結果に基づく 規模に幅がある場合には中央値を用いる（固有規模） 長期評価が終わっていない活断層については料率算定会モデルのマグニチュードを用いる
5-4 断層面	<ul style="list-style-type: none"> 上端深さが0kmの鉛直断層 平面的には一本もしくは複数の直線 	<ul style="list-style-type: none"> 最近公表されている活断層の長期評価では断層帯の位置や形状についても提示されている 強震動評価を行う活断層については別途形状評価が行われる 	<ul style="list-style-type: none"> 1枚もしくは複数枚の矩形面でモデル化する 形状評価が終わっていない活断層で傾斜角や幅など定量化されていないパラメータがある場合には既往研究に基づく暫定措置により諸元を設定する（上端深さ3km、地震発生層厚さ15km、傾斜角横ずれ90度、逆断層60度） 長期評価が終わっていない活断層については料率算定会モデルの断層位置を踏襲する
5-5 活動区間	<ul style="list-style-type: none"> 各活断層が独立に地震を起こすと考える 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価部会（確率評価試案1999）では糸静線の活動区間を分類した上で、発生の可能性に関する論理ツリーを示している 	<ul style="list-style-type: none"> 最も起こりそうな区間の活動のみを対象とし、複数の活動パターンは考慮しない 糸魚川-静岡構造線断層帯は北部と中部の同時活動を考える
6. 海溝型地震として扱おうとしているプレート境界で発生する大地震			
6-1 モデル化の方針と対象	<ul style="list-style-type: none"> 東海・南海地震、関東地震 	<ul style="list-style-type: none"> 宮城県沖地震、南海トラフの地震（南海/東南海）の長期評価は公表済み 南海トラフの地震の長期評価では想定東海地震の発生が懸念されていることが前提となっている 	<ul style="list-style-type: none"> 試作地域に影響する地震として、想定東海地震（仮）、東南海地震、南海地震、想定関東地震（仮）を別個に独立の地震としてモデル化する パラメータは長期評価の結果などに基づいて定める 想定関東地震（仮）については既往の研究に基づきモデル化する
6-2 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> 再生過程（対数正規分布） 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価部会では更新過程（BPT分布）による評価手法を公表済み 長期評価結果が公表された地震のうちいくつかでは地震の発生確率に幅を有する 	<ul style="list-style-type: none"> 東南海地震と南海地震については長期評価で示されている発生確率を用いる 想定東海地震（仮）および想定関東地震（仮）は仮置き値として発生確率を与える 長期評価などにおいて発生確率に幅をもって公表されている場合には、ばらつきなどの諸パラメータの中央値を用いる場合（平均的なケース）と、確率が最大となる条件を用いた場合（最大の確率を与えるケース）の双方を検討する

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その3）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
6-3 地震規模	・一様分布	・宮城県沖地震や南海トラフの地震の長期評価ではM前後という表現がとられている	・長期評価等の結果に基づく ・幅がある場合には中央値を用いる（固有規模）
6-4 断層面	・既往の地震の断層面	・シナリオ地震地図を作成する地震については断層帯の位置や形状についても評価される予定	・評価された断層面を複数の要素あるいは矩形面でモデル化
6-5 活動区間	・考慮せず ・東海・南海は一つのイベント	・宮城県沖地震の長期評価ではM7.5前後の地震の他に、M8前後の地震の可能性も指摘されている ・南海トラフの地震の長期評価では南海地震と東南海地震の同時発生の可能性も指摘されている	・各地震の連動は考慮しない
7. その他の地震のうちグループ1の地震 (98断層帯以外の活断層に発生する地震)			
7-1 モデル化の方針と対象	・松田の起震断層規準で選ばれた活断層のうち5でモデル化した以外のもの(145本)	・料率算定会の主要活断層のうち5の98本以外の10本と、左記145本を合わせた155本が候補として検討されている	・料率算定会の主要活断層のうち98断層に含まれないものと、その他の断層のうち98活断層に含まれるものを除いた活断層をモデル化する ・基本的に料率算定会モデルに従う
7-2 地震発生確率	・定常ポアソン過程		・定常ポアソン過程 ・発生頻度は算定会モデル
7-3 地震規模	・固有規模(断層長に基づき松田式)		・固有規模(原則は断層長に基づき松田式)
7-4 断層面	・上端深さが0kmの鉛直断層 ・平面的には一本の直線		・1枚もしくは複数枚の鉛直断層
7-5 活動区間	・考慮せず		・考慮せず
8. その他の地震のうちグループ2の地震 (98断層帯に発生する固有地震以外の地震)			
8-1 モデル化の方針と対象	・特別には考慮していない		・現時点では有効なモデルがないため、その他の地震のうちのグループ5の地震に含まれると考える
8-2 地震発生確率			—
8-3 地震規模			—
8-4 断層面			—
8-5 活動区間			—

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その4）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
9. その他の地震のうちグループ3の地震 (海溝型地震として扱おうとしている プレート境界で発生する大地震以外の地震)			
9-1 モデル化の方針と対象	<ul style="list-style-type: none"> 太平洋プレート上面付近とフィリピン海プレート上面付近、のランダム地震域でモデル化 それぞれ、地震活動度と最大Mが一樣な領域ごとに多角形で分割 		<ul style="list-style-type: none"> 歴史地震および最近の微小地震のうちプレート境界地震に該当するものを抽出し、そのデータに基づきモデル化する プレート境界地震とプレート内地震は深さ(例: 60km)あるいは最近のデータに基づく比率で分ける 今回の試作地域周辺ではほとんどの地震がプレート内地震と考えられたため、モデル化しない
9-2 地震カタログ	<ul style="list-style-type: none"> 1885年以降の地震カタログ 最近の観測地震データ 		-
9-3 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> 定常ポアソン過程 地震発生頻度は地震カタログに基づく 		-
9-4 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> 指数分布(<i>b</i>値モデル) 最小Mは5.0 最大Mは歴史地震の最大値と地体構造区分による値の大きい方 		-
9-5 断層位置	<ul style="list-style-type: none"> 平面的には各地震域内で一樣ランダム 深さは最近の地震データの平均値(各地震域内で一定) 		-
10. その他の地震のうちグループ4の地震 (沈み込むプレート内地震)			
10-1 モデル化の方針と対象	<ul style="list-style-type: none"> 特別には考慮していないが、地震発生頻度の算定では上記9.の地震を含めて評価している 		<ul style="list-style-type: none"> 歴史地震および最近の微小地震のうちプレート内地震に該当するものを抽出し、そのデータに基づきモデル化する プレート境界地震とプレート内地震は深さ(例: 60km)あるいは最近のデータに基づく比率で分ける 今回の試作地域周辺ではすべてがプレート内地震としてモデル化した 地域区分する方法と地域区分しない方法の双方について検討する
10-2 地震カタログ			<ul style="list-style-type: none"> 1885年以降の地震カタログ(中地震)と、1983年以降の微小地震データ(微小地震)の双方を用いた場合について検討する 余震は土木研究所の方法により除去する 群発地震は除去していない

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その5）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
10-3 地震発生確率			<ul style="list-style-type: none"> < 共通 > ・ 定常ポアソン過程 < 地域区分する方法 > ・ 料率算定会の地域区分を踏襲し その地域ごとに発生頻度を定める < 地域区分しない方法 > ・ 0.1度の格子ごとにスムージングして定める（相関距離は25km）
10-4 地震規模			<ul style="list-style-type: none"> < 共通 > ・ 指数分布（b 値モデル） ・ b 値は一定（0.9） ・ 最小M は5.0 < 地域区分する方法 > ・ 最大M は区分した地域ごとに設定 < 地域区分しない方法 > ・ 最大M は地域区分する方法で設定した地域ごとに定める
10-5 断層位置			<ul style="list-style-type: none"> < 共通 > ・ 点震源 ・ 深さは最近の地震データの平均値で区分した地域ごとに一定値 < 地域区分する方法 > ・ 区分した地域内で一様ランダム < 地域区分しない方法 > ・ 格子ごとに上記の頻度で地震が発生
<p>その他の地震のうちグループ5の地震 11.（陸域の地殻内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震）</p>			
11-1 モデル化の方針と対象	<ul style="list-style-type: none"> ・ ユーラシアプレート内のランダム地震域としてモデル化 ・ それぞれ地震活動度が一様な領域ごとに多角形で分割 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長期評価部会では料率算定会流の地域区分する方法、USGS流の地域区分しない方法、隈元モデルによる方法などについて検討している 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 歴史地震および最近の微小地震のうち陸域の地殻内地震に該当するものに基づきモデル化する ・ 地域区分する方法と地域区分しない方法の双方について検討する
11-2 地震カタログ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1885年以降の地震カタログ ・ 最近の観測地震データ 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 1885年以降の地震カタログ（中地震）と、1983年以降の微小地震データ（微小地震）の双方を用いた場合について検討する ・ 余震は土木研究所の方法により除去する ・ 群発地震は除去していない
11-3 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 定常ポアソン過程 ・ 地震発生頻度は地震カタログに基づく 		<ul style="list-style-type: none"> < 共通 > ・ 定常ポアソン過程 < 地域区分する方法 > ・ 料率算定会の地域区分を踏襲し その地域ごとに発生頻度を定める < 地域区分しない方法 > ・ 0.1度の格子ごとにスムージングして定める（相関距離は25km）

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その6）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
11-4 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> 指数分布（b 値モデル） 最小M は5.0 最大M は活断層と対応しない歴史地震の最大値 ただし、活断層の密度に応じて6.7 または6.5の下限を設定 		<p>< 共通 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 指数分布（b 値モデル） b 値は一定（0.9） 最小M は5.0 <p>< 地域区分する方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 最大M は区分した地域ごとに設定 <p>< 地域区分しない方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 最大M は地域区分する方法で設定した地域ごとに定める
11-5 断層位置	<ul style="list-style-type: none"> 平面的には各地震域内で一様ランダム 深さは10km 		<p>< 共通 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 点震源 深さは最近の地震データの平均値で区分した地域ごとに一定値 <p>< 地域区分する方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 区分した地域内で一様ランダム <p>< 地域区分しない方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> 格子ごとに上記の頻度で地震が発生
12. 地震動の確率モデル			
12-1 モデル化の方針	<ul style="list-style-type: none"> 既往の距離減衰式を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ地震地図の簡便法では基本的には既往の評価式を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> 既往の距離減衰式を用いる
12-2 地震動指標	<ul style="list-style-type: none"> 計測震度 気象庁87型強震計設置地点の平均値（工学的基盤相当） 	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ地震地図の簡便法では地表の計測震度が対象（最大速度から変換） 最大加速度や応答スペクトルも必要との意見もあるが、そのためには表層地盤による増幅も含めて、全国で適用できる手法が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 工学的基盤上の最大速度 地表の最大速度 地表の計測震度
12-3 距離減衰式	<ul style="list-style-type: none"> Shabestari & 山崎の式 計測震度7.0で頭打ち 	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ地震地図の簡便法では工学的基盤の最大速度の距離減衰式として司・翠川式を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> 司・翠川による最短距離の式を用いて工学的基盤上の最大速度を評価する 工学的基盤（$V_s=400\text{m/s}$相当）の最大速度は式により得られた値に補正係数1.31を乗じて求める M_j M_w の変換は、陸域の浅い地震は武村式によりM_j を地震モーメントM_0 に変換した後それよりM_w を求め、それ以外の地震は$M_w=M_j$ とする
12-4 距離減衰式の不確定性	<ul style="list-style-type: none"> 標準偏差0.5の正規分布 平均± 3 で打切り 	<ul style="list-style-type: none"> 司・翠川式のばらつきは対数標準偏差で0.53 	<ul style="list-style-type: none"> 司・翠川式のばらつき（対数標準偏差）を用いる 最大速度 : 0.53 打切りは考慮しない

表3.2-1 確率論的地図サンプル版の評価条件一覧（その7）

モデル化すべき項目	損害保険料率算定会手法での扱い	強震動評価部会 長期評価部会 などにおける議論	サンプル版で用いる 評価条件
13. 表層地盤の増幅	・考慮せず	<ul style="list-style-type: none"> ・シナリオ地震地図の簡便法では松岡・翠川による国土数値情報に基づく方法を用いる ・ただし、県ごとにデータの精度や表現が不揃いなため、評価方法の標準化が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・国土数値情報に基づき松岡・翠川の方法により最大速度の増幅率を求める ・工学的基盤に対する地表の最大速度の増幅率は、この値を1.31で除することで求める ・ばらつきは考慮しない
14. 地震動強さの変換	・考慮せず	<ul style="list-style-type: none"> ・シナリオ地震地図の簡便法では翠川・藤本・村松による変換式を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> ・翠川・藤本・村松式により地表の最大速度を計測震度に変換する ・ばらつきは考慮しない
15. 不確定性の処理	・考慮せず		<ul style="list-style-type: none"> ・論理ツリーは用いない
16. シナリオ地震地図との融合	・考慮せず		<ul style="list-style-type: none"> ・シナリオ地震の位置づけに関して基本検討を行う
17. 地図の公開方法	<ul style="list-style-type: none"> ・地図は損害保険料率算定会のホームページで公開 		<ul style="list-style-type: none"> ・未定

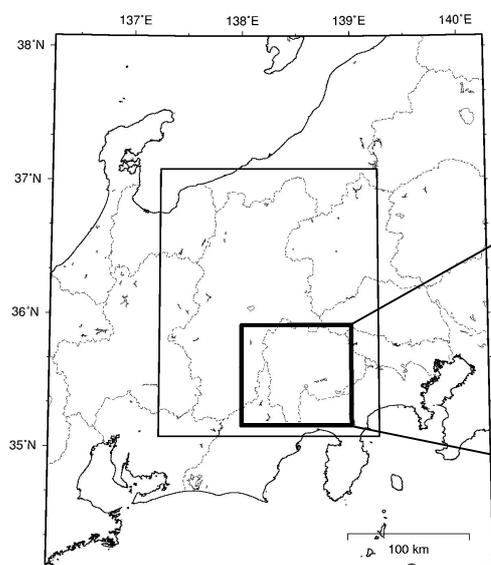
3.3 試作領域と地図の仕様

3.3.1 試作領域

山梨県を中心とする図 3.3.1-1 の領域（内側の太枠）を確率論的地図の試作対象とし、この領域の地図を作成する。試作領域における地盤増幅率を図 3.3.1-2 に示す。地盤増幅率の評価方法については 3.5.2 節を参照されたい。

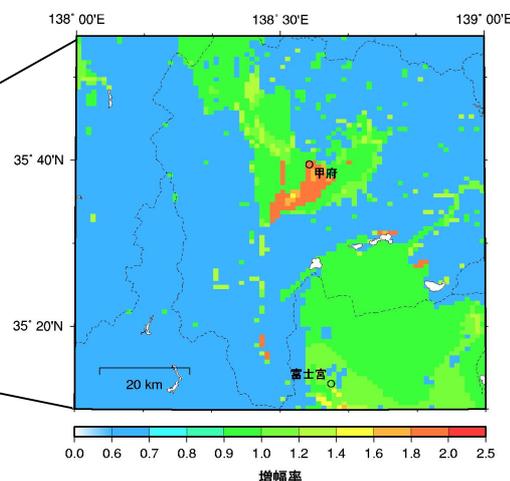
図 3.3.1-1 の内側の太枠は東経 138 度 00 分～139 度 00 分、北緯 35 度 10 分～35 度 55 分で囲まれる領域で、東西：約 80km、南北：約 90km である。その中に含まれる基準地域メッシュ（第 3 次地域区画）の数は $80 \times 90 = 7,200$ である。

市役所位置が試作領域内に含まれる人口 10 万人以上の市を対象として、その市役所位置におけるハザードカーブを出力する。試作領域で上記に該当するのは甲府市と富士宮市の 2 市である。



(注) 内側の太枠が試作領域
外側の細枠は付録で示した広い領域

図 3.3.1-1 試作領域



(注) 都市名は領域内に市役所位置が
含まれる人口 10 万人以上の都市
(市役所位置)

図 3.3.1-2 試作領域の地盤増幅率

3.3.2 地図の仕様

以下の2種類の地図を作成する。

1) 期間と超過確率を固定した場合の地震動強さ分布図

試作領域に含まれる各基準地域メッシュ（第3次地域区画）の中心において、西暦2002年より50年間での超過確率が39%、10%、5%となる地震動強さを計算し、メッシュ単位で色分けして表示する。

表示する地震動強さは、地表の計測震度、地表の最大速度、工学的基盤上での最大速度の3種類。

2) 期間と地震動強さを固定した場合の超過確率分布図

試作領域に含まれる各基準地域メッシュ（第3次地域区画）の中心において、西暦2002年より50年間に震度5強以上、6弱以上、6強以上の地震動を受ける確率を計算し、メッシュ単位で色分けして表示する。

3.4 地震活動の評価モデル

本節では地震活動の評価モデルについて述べる。

表 3.2-1 で示したように、確率論的地図の作成においては地震を次の 7 つに分類して、それぞれ確率モデルを設定することになっている。

①98 の主要な活断層帯に発生する最大地震（固有地震）

②海溝型地震（海域のプレート間地震）

・その他の地震（98 活断層帯および海溝型地震以外の地震）

震源を予めある程度特定できる地震

③グループ 1：98 活断層帯以外の活断層に発生する地震

④グループ 2：98 活断層帯に発生する最大地震（固有地震）以外の地震

震源を予め特定しにくい地震

⑤グループ 3：プレート境界で発生する地震のうち海溝型地震以外の地震

⑥グループ 4：沈み込むプレート内地震

⑦グループ 5：陸域の地殻内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震

このうち、④のグループ 2 の地震に関しては、現時点では有効な評価モデルがないため、今回のサンプル版の地図作成においてはグループ 5 の地震に含まれるとして扱う。

以下、3.4.1 において①の 98 の主要な活断層帯に発生する最大地震のモデル化を、3.4.2 において②の海溝型地震のモデル化について述べる。3.4.3 ではその他の地震のうちのグループ 1 の地震（③）のモデル化について示し、最後に 3.4.4 においてその他の地震のうちのグループ 3、4、5 の地震（⑤～⑦）のモデル化について示す。

3.4.1 98 の主要な活断層帯に発生する最大地震

A. モデル化方針

(1) 基本方針

長期評価および形状評価が公表された活断層については、評価結果に基づいて地震発生確率、マグニチュード、断層面の諸元を定める。地震発生確率およびマグニチュードに幅がある場合の取扱いについてはそれぞれ下記（2）（3）に示す。

長期評価が公表された活断層については、評価結果に基づいて地震発生確率、マグニチュード、断層面の諸元を定める。ただし、断層面のモデル化に関して、定量化されていないパラメータや上端深さなどの取扱いについては下記（4）に示す。地震発生確率およびマグニチュードに幅がある場合の取扱いについてはそれぞれ下記（2）（3）に

示す。

長期評価が未評価の活断層については、暫定的に損害保険料率算定会(2000)の地震危険度評価で用いられた活断層の諸元を用いる。98 活断層帯と料率算定会の活断層との対応については表 3.4.1-1 に示す。同表より明らかなように、98 活断層帯と料率算定会の活断層とでグルーピングが異なる場合があるが、試作では料率算定会の個々の活断層が独立に地震を起こすとしてモデル化する。

最近公表された活断層のカタログとして、松田他(2000)による起震断層の表がある。長期評価が未評価の活断層については、今後の長期評価の公表に伴って順次更新されることになるので、それまでの暫定モデルであるが、その他の地震のうちのグループ1の地震のモデル化との整合の問題もあることから、上述のような新しい知見を暫定モデルにも取り入れていくことを次年度以降検討していく必要がある。

(2) 地震発生確率の設定

活断層における地震発生確率は基本的には長期評価結果に基づくが、地震発生確率に幅をもたせて示されている場合があるため、次に示す2ケースについて評価する。

- 1) 平均活動間隔、前回活動時期のいずれか、あるいは両方に幅がある場合には、それぞれの中央値を用いて発生確率を求める。このケースを以下「平均的なケース」(図表では「平均ケース」と略す)と呼ぶ。
- 2) 平均活動間隔に幅がある場合にはその最も短い値を採用し、最新活動時期に幅がある場合にはその最古の値を採用して発生確率を求める。この場合には幅がある確率のうちの最も大きな値が評価されるので、以下このケースを「最大確率を与えるケース」(図表では「最大ケース」と略す)と呼ぶ。

発生確率の算定は、地震調査委員会(2001)より公表された「長期的な地震発生確率の評価手法について」の方法に従い、活動間隔の確率分布として BPT 分布を用い、ばらつき α は 0.24 を用いて算定する。

料率算定会の活断層モデルを用いる場合には、そこで用いられている手法により算定された発生確率をそのまま用いる。手法の詳細は損害保険料率算定会(2000)に示されているが、その基本的な考え方は活動履歴が明らかな場合は活動間隔が対数正規分布に従う更新過程でモデル化し、活動履歴が不明な場合にはポアソン過程でモデル化している。更新過程の場合のばらつき(対数標準偏差)は明らかになっている断層諸元の情報量に応じて 0.23~0.9 まで変化させている。

(3) マグニチュードの設定

活断層で発生する地震のマグニチュードは基本的には長期評価結果に基づくが、マグ

ニチュードに幅をもたせて示されている場合にはその中央値を用いる。

料率算定会の活断層モデルを用いる場合には、そこで用いられているマグニチュードをそのまま用いる。基本的には断層長さから松田式（松田(1975)）でマグニチュードを定めている。

(4) 断層面の諸元の設定

個々の活断層の断層面は1枚もしくは複数枚の矩形面でモデル化する。モデルを規定するパラメータは、断層面の端部の位置、長さ、幅、走向、傾斜角、上端深さである。

長期評価に加えて形状評価が公表されている活断層については、それに基づいて断層面の諸元を定める。

長期評価が公表されている活断層は基本的にそれに基づき断層面の諸元を定めるが、形状評価が未了で、定量化されていないパラメータがある場合には、暫定的に次の方法により諸元を設定する。位置、長さ、走向が不明な場合には長期評価結果で示されている活断層の位置図を参考にして設定する。傾斜角が不明な場合には横ずれ断層では90度（鉛直面）、縦ずれ断層（正断層と逆断層）では60度と設定する。縦ずれ断層の場合の60度の根拠は豊富ではないが、過去の内陸の地震の断層パラメータ（佐藤(1989)）によれば、50～60度程度の傾斜角とされているものが多いことから、ここでは暫定的に60度を仮定した。断層幅が不明な場合には、渡辺・佐藤・壇(1999, 2000)による断層長さと断層幅との平均的な関係に基づき下式で定める。断層上端深さに関しては、長期評価では0kmとされている場合が多いが、地震動評価の観点からの研究（伊藤(1997)）を参考に、一律3kmと設定する。なお、これらのパラメータは将来的に断層の形状評価が行われた時点で更新されることになる。

<横ずれ断層の場合の幅>

$$\left. \begin{array}{ll} \cdot W=15 \text{ (km)} & (L > 30\text{km}) \\ \cdot W=10^{(0.6561\log L+0.207)} \text{ (km)} & (30\text{km} \geq L > 4\text{km}) \\ \cdot W=L \text{ (km)} & (4\text{km} \geq L) \end{array} \right\} \quad (3.4.1-1)$$

<縦ずれ断層の場合の幅>

$$\left. \begin{array}{ll} \cdot W=15/\sin \theta \text{ (km)} & (L > 15/\sin \theta) \\ \cdot W=L \text{ (km)} & (15/\sin \theta \geq L) \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \text{(注) } W : \text{断層幅} \\ L : \text{断層長さ} \\ \theta : \text{傾斜角} \end{array}$$

料率算定会の活断層モデルを用いる場合には、そこで用いられている断層面をそのまま用いる。基本的には1枚もしくは複数枚の鉛直の矩形面である。なお、断層の幅は上述の考え方を参考に一律15kmとするが、断層長さが15km未満の場合には断層長と等しく設定する。また、断層上端深さに関しても上述と同様に一律3kmと設定する。

(5) 活動区間

基本的には個々の活断層モデルの全区間が同時に活動すると考える。ただし、長期評価結果で地震を起こすセグメントの組合せとして複数示されている場合には、最も起こりそうな活動区間をモデル化する。

B. 98 活断層帯のうち試作に用いる活断層の諸元

(1) 概要

98 活断層帯のうち試作に用いる活断層を図 3.4.1-1 に示す。活断層の抽出範囲は、試作領域の外周を東西南北各 1 度以上広げた範囲である。これらの活断層は表 3.4.1-1 において○印をつけている。

この範囲に含まれる 98 活断層帯は全部で 45 であるが(断層 No.24～61、66～71、97)、そのうち東京湾北縁断層(断層 No.28)と岐阜-一宮断層帯(断層 No.66)は長期評価により活断層ではないと判断されたため、モデル化しない。また、糸魚川-静岡構造線断層帯(北部:No.44)および同(中部:No.41)は併せて長期評価がなされているので、それを 1 つと数えれば合計 42 断層となる(以後、糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)の No.は 41 で表示する)。

上記 42 の主要活断層のうち、長期評価および形状評価が公表された活断層は糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部:断層 No.41)の 1 つである。長期評価が公表された活断層は元荒川断層帯(断層 No.32)、神縄・国府津-松田断層帯(断層 No.36)、信濃川断層帯(長野盆地西縁断層帯:断層 No.40)、富士川河口断層帯(断層 No.43)、森本・富樫断層帯(断層 No.57)、養老-桑名-四日市断層帯(断層 No.67)、鈴鹿東縁断層帯(断層 No.68)、の 7 つである。このうち、元荒川断層帯については「南部は活断層ではなく、北部は活断層であると評価したが、北部についてはさらに調査研究を行うとともに、関東平野北縁断層帯と一連の活断層帯として評価する必要がある」と評価されるにとどまっていることから、とりあえず長期評価が未評価の活断層に含めて取り扱うこととし、料率算定会の活断層の諸元を参考にして北部のみをモデル化する。残りの 34 断層については料率算定会の活断層モデルが暫定的に用いられるが、それに該当する活断層数は 57、元荒川断層帯を含めると 58 となる(表 3.4.1-1)。

(2) 長期評価および形状評価が公表された活断層

試作で用いる活断層のうち、現在までに長期評価および形状評価が公表された活断層は糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部:断層 No.41)のみである。

糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)の地震発生確率を表 3.4.1-2 に示す。また、

断層モデルの諸元を表 3.4.1-3 および表 3.4.1-4 に、断層位置を図 3.4.1-2 に示す。表 3.4.1-3 に示す位置が地表トレースとなるように、北部 1 と北部 2 に関しては傾斜方向 40° 、中部 1 と中部 2 に関しては傾斜方向 80° の角度に沿って、鉛直深度で 4km 埋め込んだものがここで設定した断層面の諸元（表 3.4.1-4）である。これはシナリオ地震地図の作成で用いられている糸魚川—静岡構造線断層帯（北部、中部）の巨視的断層モデルの諸元と同一である。

表 3.4.1-4 より明らかなように、糸魚川-静岡構造線断層帯は 4 つのセグメントに分けて評価されているが、試作では 98 活断層帯に発生する最大地震として全区間の活動を想定する。

（3）長期評価が公表された活断層

試作で用いる活断層のうち、現在までに長期評価が公表された活断層は神縄・国府津-松田断層帯、信濃川断層帯（長野盆地西縁断層帯）、富士川河口断層帯、森本・富樫断層帯、養老-桑名-四日市断層帯、鈴鹿東縁断層帯の 6 つである（（1）で述べた理由により元荒川断層帯は除いている）。

これら 6 つの活断層の地震発生確率を表 3.4.1-5 に、マグニチュードと断層面の諸元を表 3.4.1-6 に示す。

なお、上記の活断層のうち、富士川河口断層帯については長期評価において、「活動区間（震源域）はこの断層帯（陸上部）だけにとどまらず駿河湾内まで延び、「東海地震」の想定震源域と大部分重なり合うと考えられる。」と述べられている。図 3.4.1-1 および表 3.4.1-5 では陸上部のみをモデル化しているが、参考ケースとして海域まで断層面が広がったと仮定したモデル（仮置き：「拡大モデル」と呼ぶ）を設定し、その違いについて考察した。拡大モデルの断層諸元を表 3.4.1-7 に、断層面の位置を図 3.4.1-3 に示す。

（4）長期評価が未評価の活断層

元荒川断層帯および長期評価が未評価の 34 の活断層については前述のように、暫定的に 58 の料率算定会の活断層モデルで代用する。

これらの活断層の地震発生確率とマグニチュードを表 3.4.1-8 に示す。

参考文献

- 伊藤 潔 (1997) : 地殻内地震の深さの上限, 日本地震学会 1997 年度秋季大会講演予稿集, P69.
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会 (2001) : 長期的な地震発生確率の評価手法について, 平成 13 年 6 月 8 日.
- 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, 第 2 輯, 第 28 卷, pp.269-283.
- 松田時彦・塚崎朋美・萩谷まり (2000) : 日本陸域の主な起震断層と地震の表—断層と地震の地方別分布関係—, 活断層研究, Vol.19, pp.33-54.
- 佐藤良輔編著 (1989) : 日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会.
- 損害保険料率算定会 (2000) : 活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究 47.
- 渡辺基史・佐藤俊明・壇 一男 (1999) : 内陸地震の断層長さとは幅に関する考察, 日本地震学会 1999 年度秋季大会講演予稿集, A09.
- 渡辺基史・佐藤俊明・壇 一男 (2000) : 内陸地震の断層パラメータの相似則 (その 2), 日本地震学会 2000 年度秋季大会講演予稿集, B06.

表3.4.1-1 98の主要な活断層帯と損害保険料率算定会活断層との対応表（その1）

（注）太字は長期評価が公表された活断層、○は試作に用いる活断層

98活断層帯		料率算定会の活断層		
No.	断層名	No.	算定会 No.	断層名
1	標津断層帯	0101	303	古多糠断層
		0102	419	開陽断層
2	十勝平野断層帯	0201	102	十勝平野東縁断層帯
		0202	103	光地園断層
3	富良野断層帯	0301	104	富良野断層帯
4	増毛山地東縁断層帯	0401	105	増毛山地東縁断層帯
5	当別断層	0501	107	当別断層
6	石狩低地東縁断層帯	0601	106	馬追丘陵東縁断層帯
		0602	308	岩見沢断層帯
		0603	309	軽舞断層
7	黒松内低地断層帯	0701	108	黒松内断層帯
8	函館平野西縁断層帯	-	109	函館平野西縁断層帯(調)
9	青森湾西岸断層帯	0901	111	青森湾西岸断層帯(調)
10	津軽山地西縁断層帯	1001	110	津軽山地西縁断層帯
11	折爪断層	1101	112	折爪断層
12	能代断層	1201	119	能代断層(調)
13	北上低地西縁断層帯	-	113	花巻断層帯
		-	114	北上西断層帯
14	雫石盆地西縁－ 真昼山地東縁断層帯	1401	115	雫石盆地西縁断層帯
		1402	315	割倉山断層
15	横手盆地東縁断層帯	1501	117	横手盆地東縁断層帯－(北)
		1502	118	横手盆地東縁断層帯－(南)
16	北由利断層	1601	120	北由利断層(調)
17	新庄盆地断層帯	1701	423	新庄西断層群
		1702	424	鮭川断層ほか
18	山形盆地断層帯	1801	122	山形盆地西縁断層帯
19	庄内平野東縁断層帯	1901	121	庄内平野東縁断層帯
20	長町－利府線断層帯	2001	116	長町－利府線断層帯
21	福島盆地西縁断層帯	2101	125	福島盆地西縁断層帯
22	長井盆地西縁断層帯	2201	123	長井盆地西縁断層帯
23	双葉断層	2301	124	双葉断層
24	会津盆地西縁断層帯	2401	126	会津盆地西縁断層帯
25	櫛形山脈断層帯	2501	319	櫛形山脈断層帯
26	月岡断層帯	2601	137	月岡断層
		2602	323	沼越峠断層

表3.4.1-1 98の主要な活断層帯と損害保険料率算定会活断層との対応表（その2）

98活断層帯		料率算定会の活断層		
No.	断層名	No.	算定会 No.	断層名
27	長岡平野西縁断層帯	2701	138	長岡平野西縁断層帯
		2702	327	常楽寺断層
28	東京湾北縁断層*	-	-	-
29	鴨川低地断層帯	2901	131	鴨川地溝帯北断層
		2902	132	鴨川地溝帯南断層
30	関谷断層	3001	127	関谷断層
31	関東平野北西縁断層帯	3101	128	平井一櫛引断層帯
		3102	330	深谷断層
32	元荒川断層帯**	3201	129	元荒川断層帯
33	荒川断層	3301	130	荒川断層
34	立川断層帯	3401	133	立川断層帯
35	伊勢原断層	3501	135	伊勢原断層
36	神縄・国府津－松田断層帯	-	136	神縄－国府津・松田断層帯
37	三浦半島断層群	3701	134	北武断層群
38	北伊豆断層帯	3801	170	丹那断層帯
39	十日町断層帯	3901	328	十日町断層群
40	信濃川断層帯 (長野盆地西縁断層帯)	-	145	信濃川断層帯－(南)
41	糸魚川－静岡構造線断層帯(中部)	-	146	糸静線中部断層帯－(北) (一部)
42	糸魚川－静岡構造線断層帯(南部)	4201	147	糸静線中部断層帯－(南)
43	富士川河口断層帯	-	171	富士川河口断層帯
44	糸魚川－静岡構造線断層帯(北部)	-	146	糸静線中部断層帯－(北) (一部)
45	木曾山脈西縁断層帯	4501	149	奈良井断層帯
		4502	154	木曾川断層帯
		4503	155	清内路断層帯
46	境峠・神谷断層帯	4601	150	境峠－神谷断層帯
47	跡津川断層	4701	156	跡津川断層
48	高山・大原断層帯	4801	161	国府断層帯
		4802	162	高山断層帯
		4803	163	猪之鼻断層帯
		4804	345	古川断層帯
		4805	346	無数河断層帯
		4806	347	口有道断層帯
49	牛首断層	4901	139	牛首断層
50	庄川断層帯	5001	164	庄川断層帯

(注) *東京湾北縁断層は長期評価により活断層ではないと評価されたためモデル化しない

**元荒川断層帯は長期評価未了として北部のみを対象として料率算定会モデルを用いる

表3.4.1-1 98の主要な活断層帯と損害保険料率算定会活断層との対応表（その3）

98活断層帯		料率算定会の活断層		
No.	断層名	No.	算定会 No.	断層名
51	伊那谷断層帯	5101	151	伊那谷断層帯
		5102	348	伊那断層
		5103	349	風越山断層
		5104	350	下伊那竜西断層帯
52	阿寺断層帯	5201	157	阿寺断層帯
		5202	158	佐見断層
		5203	355	久野川断層帯
		5204	356	白川断層
		5205	357	かかりき峠断層
53	屏風山・恵那山断層帯	5301	159	屏風山断層帯
		5302	160	恵那山断層
54	猿投山断層帯	5401	172	猿投山断層帯
55	邑知瀉断層帯	5501	140	邑知瀉断層帯(調)
56	砺波平野断層帯	5601	395	石動断層
		5602	397	高清水断層
		5603	398	法林寺断層
57	森本・富樫断層帯	5701	141	森本・富樫断層帯(調)
58	福井平野東縁断層帯	5801	142	福井平野東縁断層帯
59	長良川上流断層帯	5901	165	長良川上流断層帯
60	濃尾断層帯	6001	166	根尾谷断層帯
		6002	167	武儀川断層帯
		6003	168	揖斐川断層帯
61	関ヶ原断層帯	6101	169	関ヶ原断層帯
62	柳ヶ瀬断層帯	6201	179	柳ヶ瀬断層帯
63	野坂・集福寺断層帯	6301	372	集福寺断層
64	湖北山地断層帯	6401	143	敦賀－饗庭野断層群(一部)
		6402	371	路原断層
65	琵琶湖西岸断層帯	6501	143	敦賀－饗庭野断層群(一部)
		6502	181	琵琶湖西岸断層帯
66	岐阜――宮断層帯*	-	-	-
67	養老－桑名－四日市断層帯	-	174	養老・桑名断層帯
68	鈴鹿東縁断層帯	-	175	鈴鹿東縁断層帯
69	鈴鹿西縁断層帯	6901	180	鈴鹿西麓断層帯
70	頓宮断層	7001	178	頓宮断層帯
71	布引山地東縁断層帯	7101	176	布引山地東縁断層帯
72	木津川断層帯	7201	177	木津川断層帯
73	三方・花折断層帯	7301	182	花折断層帯
		7302	382	三方断層

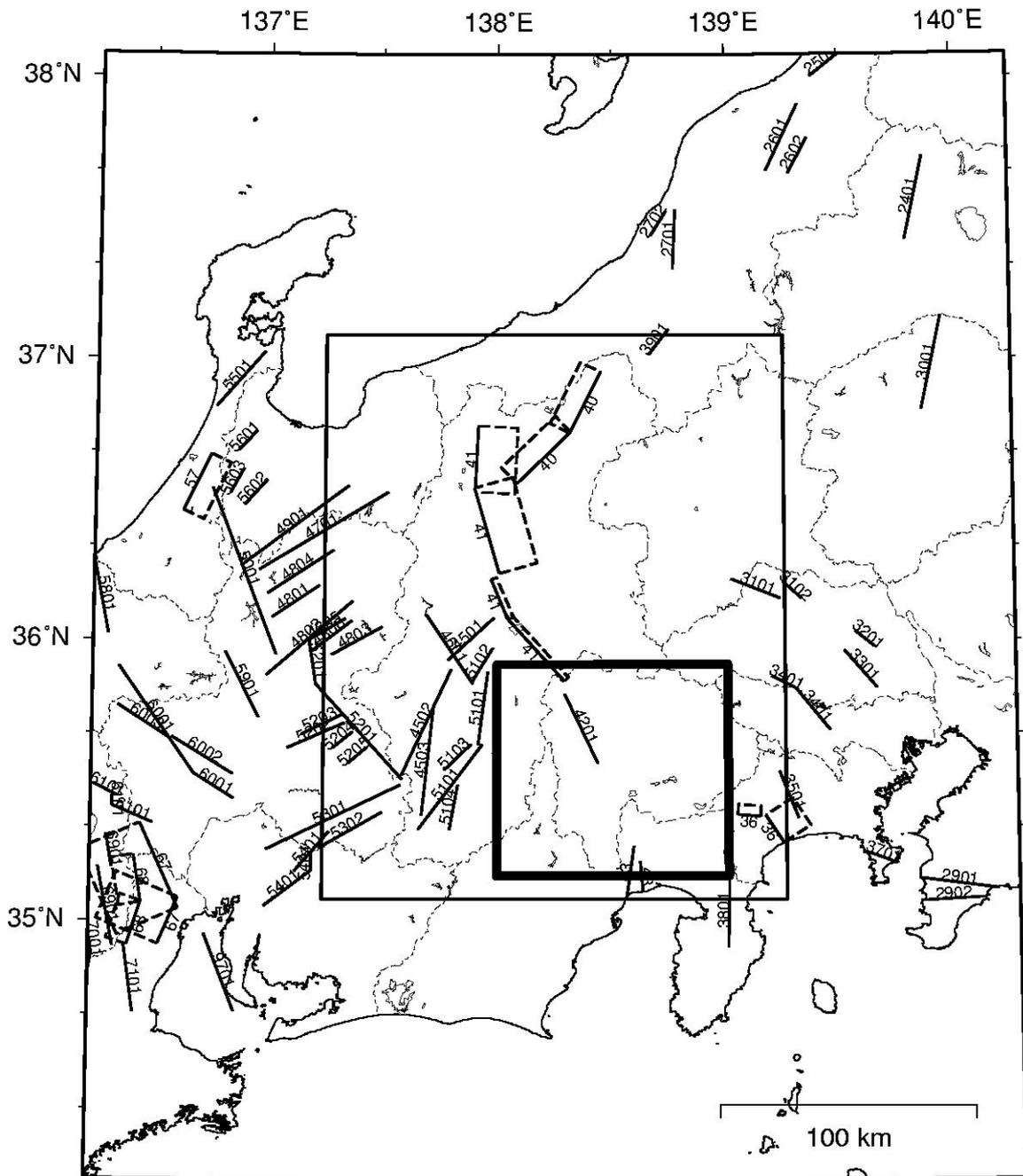
(注) *岐阜――宮断層帯は長期評価により活断層ではないと評価されたためモデル化しない

表3.4.1-1 98の主要な活断層帯と損害保険料率算定会活断層との対応表（その4）

98活断層帯		料率算定会の活断層		
No.	断層名	No.	算定会 No.	断層名
74	山田断層	7401	184	山田断層
75	京都盆地－奈良盆地断層帯	-	183	宇治断層帯
		-	193	奈良盆地東縁断層群
76	有馬－高槻断層帯	-	187	有馬－高槻断層帯
77	生駒断層帯	-	186	生駒断層帯
78	三峠・京都西山断層帯	7801	185	京都西山断層群
		7802	401	三峠断層
		7803	432	殿田断層
79	六甲・淡路島断層帯	7901	189	六甲断層帯
		7902	190	淡路島北部断層帯
80	上町断層帯	8001	188	上町断層帯(調)
81	中央構造線断層帯 (和泉山脈南縁－金剛山地東縁)	8101	196	中央構造線和泉金剛断層帯
82	山崎断層帯	8201	192	山崎断層帯
		8202	440	山崎断層系-e
		8203	405	那岐山断層
83	中央構造線断層帯(淡路島南部)	8301	200	中央構造線淡路島南縁断層帯(一部)
84	長尾断層帯	8401	204	長尾断層帯
85	中央構造線断層帯(讃岐山脈南縁)	8501	201	中央構造線四国断層帯-(東)
86	中央構造線断層帯(石鎚山脈北縁)	8601	202	中央構造線四国断層帯-(中)(一部)
87	五日市断層	8701	197	五日市断層
88	岩国断層帯	8801	198	岩国断層帯
89	中央構造線断層帯(愛媛北西部)	8901	203	中央構造線四国断層帯-(西)
90	菊川断層	9001	199	菊川断層
91	西山断層帯	9101	205	西山断層帯
92	別府－万年山断層帯	9201	212	別府－万年山断層帯
93	布田川・日奈久断層帯	9301	209	布田川断層帯
		9302	211	日奈久断層帯
		9303	445	八代海底断層群
94	水縄断層帯	9401	206	水縄断層帯
95	雲仙断層群	9501	416	雲仙地溝断層群
96	出水断層帯	9601	213	出水断層帯
97	伊勢湾断層帯	9701	173	伊勢湾断層(調)
98	大阪湾断層帯	9801	437	大阪湾断層

○料率算定会の主要活断層で98断層に該当しないもの：下記の11断層

101(羅臼岳)、144(信濃川-北)、148(霧ヶ峰)、152(中央構造線赤石西)、153(平岡)、
191(養父)、194(奈良盆地西)、195(大和川)、207(警固)、208(小倉東)、210(緑川)



(注) 内側の太枠がサンプル版の対象領域、外側の細枠は付録の広い領域

図 3.4.1-1 98 活断層帯のうち確率論的地図の試作で用いる活断層

表3.4.1-2 長期評価および形状評価が公表された活断層の地震発生確率

No.	断層名称	平均活動間隔	最新活動時期	ばらつき	30年地震発生確率	50年地震発生確率
41	糸魚川-静岡構造線断層帯 (北部、中部)	1000年	1200年前	0.24	14%	23%

表3.4.1-3 糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）の断層モデルの地表面トレース位置

断層区分	北部1	北部2	中部1	中部2
原点位置	南端	北端	北端	北端
北緯	36°32'	36°32'	36°13'	36°05'
東経	137°51'	137°51'	137°58'	138°02'
走向	N03E	N16W	N23W	N42W
断層面の長さ	26km	35km	17km	34km

表3.4.1-4 糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）の断層面の諸元とマグニチュード

断層区分	北部1	北部2	中部1	中部2
原点位置	南端	北端	北端	北端
北緯	36°31' 52"	36°32' 43"	36°13' 09"	36°05' 15"
東経	137°54' 11"	137°54' 04"	137°58' 26"	138°02' 21"
走向	N03E	N16W	N23W	N42W
傾斜角	40°	140°	80°	80°
断層面の長さ	26km	35km	17km	34km
断層面の幅	20.2km	20.2km	13.2km	13.2km
断層面上端深さ	4km	4km	4km	4km
地震モーメント	1.5×10^{20} (N・m)			
M_w	7.4			
M_J	8.1			

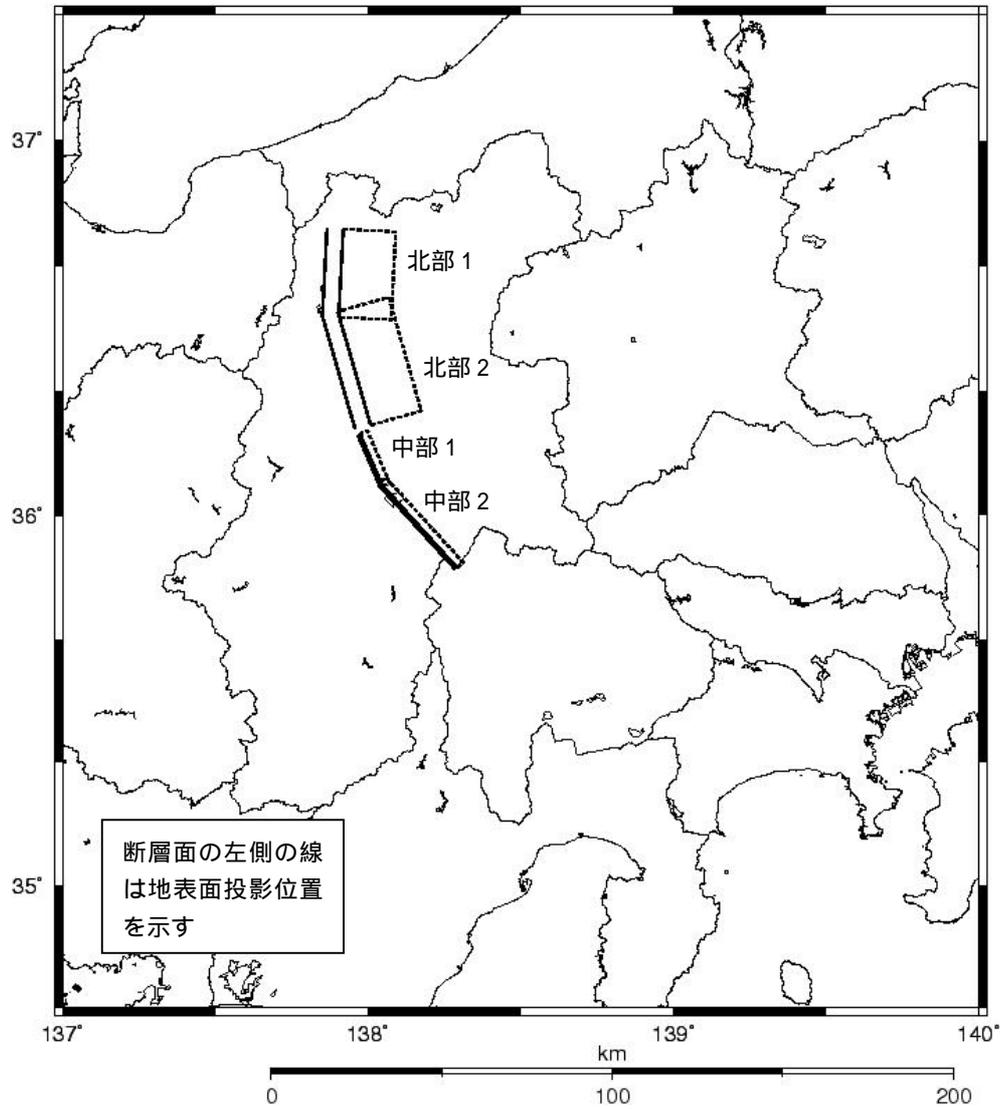


図 3.4.1-2 糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）の断層位置

表3.4.1-5 長期評価が公表された活断層の地震発生確率

No.		36	40	43	57	67	68
断層名称		神縄・ 国府津- 松田断層帯	信濃川 断層帯 (長野盆地西 縁断層帯)	富士川河口 断層帯	森本・富樫 断層帯	養老・桑名・ 四日市 断層帯	鈴鹿東縁 断層帯
長期評価結果	平均活動間隔	3000年	800～2500年	1500～1900年	2000年	1400～1900年	6000年以上
	最新活動時期	3000年前	1847年 善光寺地震	2100年前～ 1000年前	2000年前以降 200年前以前	13世紀以降 16世紀以前	十分特定 できない
	30年発生確率	3.6%	ほぼ0%	0.20%～ 11%	ほぼ0%～ 5%	ほぼ0%～ 0.6%	0.5%以下
	50年発生確率	6.0%	ほぼ0%	0.37%～ 18%	ほぼ0%～ 9%	ほぼ0%～ 1%	0.8%以下
発生確率・平均ケース	平均活動間隔	3000年	1650年	1700年	2000年	1650年	12000年
	最新活動時期	3000年前	155年前	1550年前	1100年前	609年前	-
	30年発生確率	3.6%	ほぼ0%	5.2%	0.29%	0.0019%	0.25%
	50年発生確率	6.0%	ほぼ0%	8.6%	0.52%	0.0043%	0.42%
発生確率・最大ケース	平均活動間隔	-	800年前	1500年	2000年	1400年	6000年
	最新活動時期	-	155年前	2100年前	2000年前	801年前	-
	30年発生確率	-	ほぼ0%	11%	5.4%	0.61%	0.50%
	50年発生確率	-	ほぼ0%	18%	9.0%	1.1%	0.83%

- (注)・地震発生確率は西暦2002年からの値、確率が $10^{-3}\%$ 以下となる場合は「ほぼ0%」と表示した。
 ・BPT分布のばらつき_ はいずれも0.24とした。
 ・神縄・国府津-松田断層帯は最大確率を与えるケースでも発生確率・平均ケースの値を用いる。
 ・鈴鹿東縁断層帯は指数分布(ポアソン過程)で確率を算定、
 その際平均値のケースの計算では平均活動間隔が最大値のケースの2倍と仮定した。

表3.4.1-6 長期評価が公表された活断層のマグニチュードと断層面の諸元

No.	断層名称	M_j	断層長さ	断層面	断層面のずれの向き	断層面の傾斜角	断層面の幅	断層面の 上端 深さ
36	神縄・国府津- 松田断層帯*	8.0	約25km (陸上部)	(1)北部 神縄、松田北、 松田山麓	北側隆起 の逆断層	北傾斜 75度	16km	3km
				(2)東部 国府津 - 松田	北東隆起 の逆断層	東傾斜 50度	20km	3km
40	信濃川断層帯 (長野盆地西縁 断層帯)	7.7	約58km	(1)北部 重地原、北竜湖 長野盆地西縁	西側隆起 の逆断層	西傾斜 60度	17km	3km
				(2)南部 長野盆地西縁	西側隆起 の逆断層	西傾斜 60度	17km	3km
43	富士川河口 断層帯	8.0	約20km (陸上部)	(1)東部 大宮、入山瀬、 安居山	西側隆起 の逆(正) 断層	垂直 90度	15km	3km
				(2)西部 芝川、入山	西側隆起 の逆断層	垂直 90度	15km	3km
57	森本・富樫 断層帯	7.2	約26km	森本、野町、 富樫	東側隆起 の逆断層	東傾斜 60度	17km	3km
67	養老 - 桑名 - 四日市断層帯	8.0	約60km	(1)北部 宮代、 養老・桑名、	西側隆起 の逆断層	西傾斜 30度	30km	3km
				(2)南部 養老・桑名、 四日市	西側隆起 の逆断層	西傾斜 30度	30km	3km
68	鈴鹿東縁 断層帯	7.5	約37km	(1)北部 藤原岳、新町、 麓村	西側隆起 の逆断層	西傾斜 60度	17km	3km
				(2)南部 菰野、尾高	西側隆起 の逆断層	西傾斜 60度	17km	3km

- (注) ・神縄・国府津 - 松田断層帯については現在作業中の形状評価の資料を参照し、そのうちの陸域部のみをモデル化。傾斜角は10km以浅の値に基づく。
- ・信濃川断層帯の傾斜角は不明なため、60度と仮定した。
 - ・富士川河口断層帯は「断層面は垂直ないし西へ傾斜している」との長期評価の記述に基づき、垂直の断層面を設定した。
 - ・森本・富樫断層帯の傾斜角は不明なため、60度と仮定した。
 - ・養老 - 桑名 - 四日市断層帯の傾斜角は500m以浅の値に基づく。
 - ・鈴鹿東縁断層帯の傾斜角は「境界断層：高角、前縁断層：地表付近は低角（30°程度）、地下ではやや高角（60°程度）」との長期評価結果より60度に設定した。

表3.4.1-7 富士川河口断層帯（拡大モデル）の断層諸元

断層面	断層面 1	断層面 2
北東端位置	138.590°E 35.241°N	138.544°E 35.242°N
走 向	182°	182°
傾斜角	59°	28°
断層面の長さ	80km	80km
断層面の幅	8.2km	28.4km
断層面上端深さ	3km	10km
M_J	8.0	

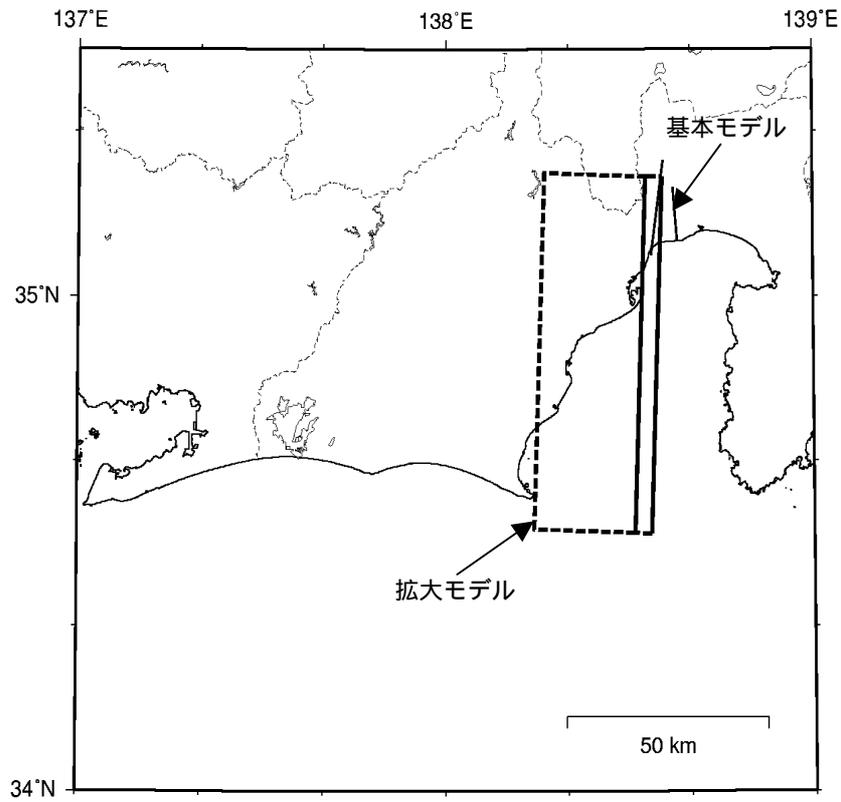


図3.4.1-3 富士川河口断層帯（拡大モデル）の断層位置

表3.4.1-8 長期評価が未評価の活断層の地震発生確率とマグニチュード（その1）

No.	98活断層帯における断層名	No.	料率算定会の断層名	30年地震発生確率	50年地震発生確率	M_J
24	会津盆地西縁断層帯	2401	会津盆地西縁断層帯	0.7%	1.1%	7.4
25	櫛形山脈断層帯	2501	櫛形山脈断層帯	0.6%	1.0%	6.8
26	月岡断層帯	2601	月岡断層	0.9%	1.4%	7.3
		2602	沼越峠断層	0.6%	1.0%	6.85
27	長岡平野西縁断層帯	2701	長岡平野西縁断層帯	2.3%	3.8%	7.15
		2702	常楽寺断層	0.9%	1.5%	6.55
29	鴨川低地断層帯	2901	鴨川地溝帯北断層	0.6%	0.9%	7.25
		2902	鴨川地溝帯南断層	0.7%	1.1%	7.2
30	関谷断層	3001	関谷断層	1.9%	3.2%	7.5
31	関東平野北西縁断層帯	3101	平井一櫛引断層帯	0.4%	0.6%	7.0
		3102	深谷断層	0.9%	1.6%	6.5
32	元荒川断層帯	3201	元荒川断層帯	0.9%	1.6%	6.5
33	荒川断層	3301	荒川断層	0.4%	0.6%	7.0
34	立川断層帯	3401	立川断層帯	0.03%	0.05%	7.3
35	伊勢原断層	3501	伊勢原断層	0.2%	0.3%	7.0
37	三浦半島断層群	3701	北武断層群	7.0%	11%	6.65
38	北伊豆断層帯	3801	丹那断層帯	ほぼ0%	ほぼ0%	7.3
39	十日町断層帯	3901	十日町断層群	0.7%	1.2%	6.7
42	糸魚川－静岡構造線断層帯(南部)	4201	糸静線中部断層帯-(南)	2.5%	4.1%	7.3
45	木曾山脈西縁断層帯	4501	奈良井断層帯	2.1%	3.5%	7.1
		4502	木曾川断層帯	0.2%	0.3%	7.6
		4503	清内路断層帯	0.5%	0.9%	7.55
46	境峠・神谷断層帯	4601	境峠－神谷断層帯	2.6%	4.3%	7.4
47	跡津川断層	4701	跡津川断層	ほぼ0%	ほぼ0%	7.8
48	高山・大原断層帯	4801	国府断層帯	4.4%	7.3%	7.0
		4802	高山断層帯	0.2%	0.4%	7.6
		4803	猪之鼻断層帯	0.4%	0.7%	7.05
		4804	古川断層帯	0.1%	0.1%	7.3
		4805	無数河断層帯	0.5%	0.8%	6.95
		4806	口有道断層帯	0.5%	0.8%	6.95

表3.4.1-8 長期評価が未評価の活断層の地震発生確率とマグニチュード（その2）

No.	98活断層帯における断層名	No.	料率算定会の断層名	30年地震発生確率	50年地震発生確率	M_J
49	牛首断層	4901	牛首断層	0.9%	1.5%	7.7
50	庄川断層帯	5001	庄川断層帯	0.1%	0.2%	7.9
51	伊那谷断層帯	5101	伊那谷断層帯	2.2%	3.6%	7.9
		5102	伊那断層	0.6%	1.0%	6.85
		5103	風越山断層	0.6%	1.0%	6.85
		5104	下伊那竜西断層帯	0.6%	1.0%	6.8
52	阿寺断層帯	5201	阿寺断層帯	ほぼ0%	ほぼ0%	7.9
		5202	佐見断層	0.4%	0.6%	7.2
		5203	久野川断層帯	0.5%	0.9%	6.9
		5204	白川断層	0.9%	1.5%	6.55
		5205	かかりき峠断層	0.9%	1.6%	6.5
53	屏風山・恵那山断層帯	5301	屏風山断層帯	0.3%	0.4%	7.8
		5302	恵那山断層	0.3%	0.6%	7.3
54	猿投山断層帯	5401	猿投山断層帯	0.3%	0.6%	7.55
55	邑知潟断層帯	5501	邑知潟断層帯(調)	0.7%	1.2%	7.2
56	砺波平野断層帯	5601	石動断層	0.8%	1.3%	6.65
		5602	高清水断層	0.8%	1.3%	6.65
		5603	法林寺断層	0.9%	1.5%	6.55
58	福井平野東縁断層帯	5801	福井平野東縁断層帯	ほぼ0%	ほぼ0%	7.3
59	長良川上流断層帯	5901	長良川上流断層帯	0.9%	1.5%	7.25
60	濃尾断層帯	6001	根尾谷断層帯	ほぼ0%	ほぼ0%	8.0
		6002	武儀川断層帯	0.3%	0.6%	7.25
		6003	揖斐川断層帯	0.4%	0.6%	7.15
61	関ヶ原断層帯	6101	関ヶ原断層帯	1.8%	3.1%	7.2
69	鈴鹿西縁断層帯	6901	鈴鹿西麓断層帯	0.1%	0.1%	7.6
70	頓宮断層	7001	頓宮断層帯	0.3%	0.5%	7.35
71	布引山地東縁断層帯	7101	布引山地東縁断層帯	0.2%	0.3%	7.2
97	伊勢湾断層帯	9701	伊勢湾断層(調)	0.6%	1.0%	7.35

(注) 地震発生確率は西暦2002年からの値。確率が 10^{-3} %以下となる場合は「ほぼ0%」と表示した。

3.4.2 海溝型地震（プレート境界の巨大地震）

A. モデル化の対象とする地震

試作領域に影響を及ぼす地震として、下記の4つの地震をモデル化する。

- 1) 想定東海地震（仮）
- 2) 東南海地震
- 3) 南海地震
- 4) 想定関東地震（仮）

B. 想定東海地震（仮）のモデル

（1）基本方針

中央防災会議東海地震に関する専門調査会（中央防災会議事務局(2001)）により評価された断層諸元を用いる。

地震発生確率は評価されていないため、仮置き値として下記の確率を用いる。

（2）地震発生確率の設定

地震発生確率は仮置き値として下記の確率を用いる（表 3.4.2-1）。

30年発生確率：50%以上

50年発生確率：90%以上

（3）マグニチュードの設定

モーメントマグニチュード M_w は東海地震に関する専門調査会により評価されたモーメントマグニチュード $M_w=8.0$ を用いる。

（4）断層面の設定

東海地震に関する専門調査会により評価された断層諸元を用いる。

想定東海地震（仮）の震源域を図 3.4.2-1 に示す。

C. 東南海地震、南海地震のモデル

（1）基本方針

地震調査委員会(2001)ならびに同・強震動評価部会(2001)により評価された断層諸元を

用いる。

地震発生確率は長期評価で公表されている値を用いる。確率に幅をもって示されている場合には下記（２）の考え方により設定する。

（２）地震発生確率の設定

地震発生確率は長期評価で公表されている値を用いた。確率を算定する際のばらつき α に幅をもって評価されているため、その中央値を用いる場合を「平均的なケース」、確率が最大となる値を用いる場合を「最大確率を与えるケース」として、その２ケースについて評価を行った。算定された確率値を表 3.4.2-1 にまとめて示す。

（３）マグニチュードの設定

モーメントマグニチュード M_w は地震調査委員会強震動評価部会(2001)により評価された両地震の地震モーメントに基づき評価する。両地震のマグニチュードを表 3.4.2-1 にまとめて示す。

（４）断層面の設定

地震調査委員会(2001)により評価された断層諸元を用いる。両地震の震源域を図 3.4.2-2 に示す。

D. 想定関東地震（仮）のモデル

（１）基本方針

長期評価が公表されていないので、仮置きモデルとして断層面は地震予知総合研究振興会(1999)でまとめられた強震動評価手法のレビューと事例的検討で用いられた Wald and Somerville(1995) による 1923 年関東地震の断層モデルを用いた。

地震発生確率は、仮置きの値として、（２）に示すように「平均的なケース」と「最大確率を与えるケース」の２ケースについて設定した。

（２）地震発生確率の設定

中央防災会議地震防災対策強化地域指定専門委員会(1992)は、平成 4 年 8 月に「相模トラフ沿いでマグニチュード 8 程度の海溝型巨大地震が発生する可能性は 100 年か 200 年先」と報告している。平成 4 年（1992 年）は大正 12 年（1923 年）からおおよそ 70 年経過していることから換算すると、想定関東地震（仮）のおおよその活動間隔は 170～270 年ということになる。

そこで、ここでは仮置き値として、次の2ケースについて設定した。いずれの場合も活動間隔がBPT分布に従う更新過程で、ばらつきは0.24、最新活動時期は1923年と設定している。

「平均的なケース」：平均活動間隔を220年とした場合

「最大確率を与えるケース」：平均活動間隔を170年とした場合

以上の条件で西暦2002年よりの地震発生確率を求めた。その確率値を表3.4.2-1に示す。

(3) マグニチュードの設定

モーメントマグニチュード M_w は上記Wald and Somerville(1995)による1923年関東地震の断層モデルに基づき、 $M_w=7.9$ とした。

(4) 断層面の設定

断層面は上記Wald and Somerville(1995)による1923年関東地震の断層モデルに基づき諸元を設定した。モデル化した想定関東地震(仮)の断層諸元を表3.4.2-2に、断層面の位置を図3.4.2-3に示す。

参考文献

中央防災会議事務局(2001): 中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」とりまとめ資料(案), 平成13年11月27日.

中央防災会議地震防災対策強化地域指定専門委員会(1992): 同専門委員会検討結果報告, 平成4年8月21日

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001): 南海トラフの地震の長期評価について, 平成13年9月27日.

地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会(2001): 南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について(中間報告), 平成13年12月7日.

地震予知総合研究振興会(1999): 平成10年度科学技術庁委託 強震動評価手法のレビューと事例的検討報告書, 平成11年3月.

Wald, D.J. and P.G. Somerville (1995): Variable-slip rupture model of the great 1923 Kanto, Japan, earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., 85, pp. 159-177.

表 3.4.2-1 海溝型地震の地震発生確率とモーメントマグニチュード

地震名		想定東海地震 (仮)	東南海地震	南海地震	想定関東地震 (仮)
発生確率・平均ケース	平均活動間隔	-	86.4 年	90.1 年	220 年
	最新活動時期	-	57.1 年前	55.0 年前	78.3 年前
	ばらつき	-	0.21	0.22	0.24
	30 年発生確率	50%以上	54%	43%	0.18%
	50 年発生確率	90%以上	87%	79%	1.5%
発生確率・最大ケース	平均活動間隔	-	86.4 年	90.1 年	170 年
	最新活動時期	-	57.1 年前	55.0 年前	78.3 年前
	ばらつき	-	0.18	0.24/0.20	0.24
	30 年発生確率	-	55%	44%	3.6%
	50 年発生確率	-	90%	81%	14%
地震モーメント (N.m)		1.10×10^{21}	2.15×10^{21}	8.34×10^{21}	7.8×10^{20}
M_w		8.0	8.2	8.5	7.9

(注) ・地震発生確率は西暦 2002 年よりの値。
 ・南海トラフの地震の長期評価に基づき、東南海地震と南海地震の平均活動間隔は前回から次回までの標準的な発生間隔を用いた。また、同評価で公表されている BPT 分布のばらつきは、東南海地震：0.18～0.24、南海地震：0.20～0.24。
 このうち、南海地震の地震発生確率の最大ケースでは、30 年の場合は $\lambda=0.24$ 、50 年の場合は $\lambda=0.20$ を用いた。

表 3.4.2-2 想定関東地震(仮)の断層諸元

基準点位置 (断層南西端)	35.234 ° N 138.873 ° E
走向	N110 ° E
傾斜角	25 °
断層長さ	130 km
断層の幅	70 km
断層上端深さ	2.0 km
断層下端深さ	31.6 km

-  新たな想定震源域 (案)
-  中央防災会議(1979)による想定震源域

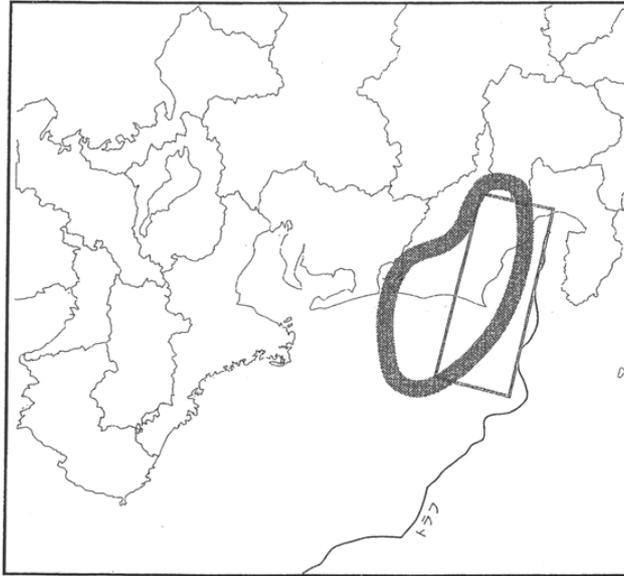


図 3.4.2-1 想定東海地震 (仮) の震源域

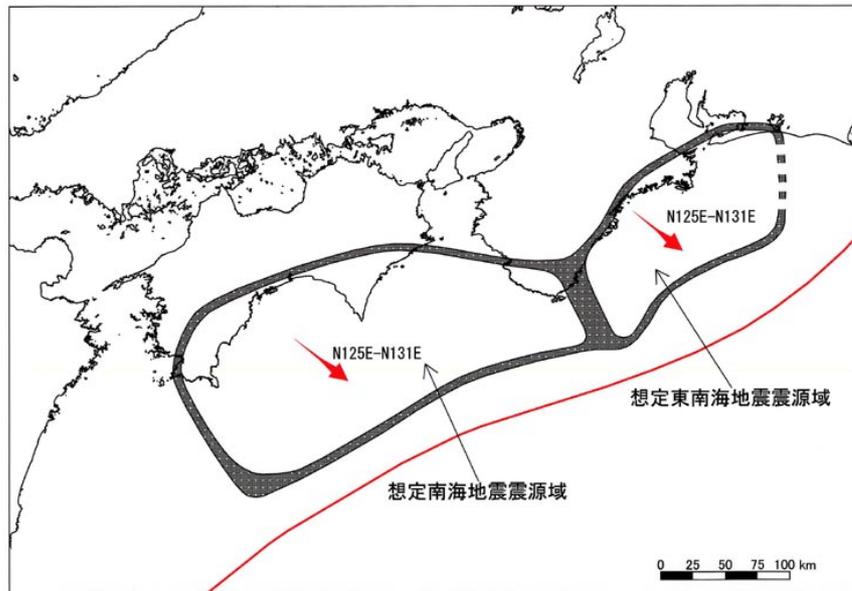


図 3.4.2-2 東南海地震・東海地震の震源域

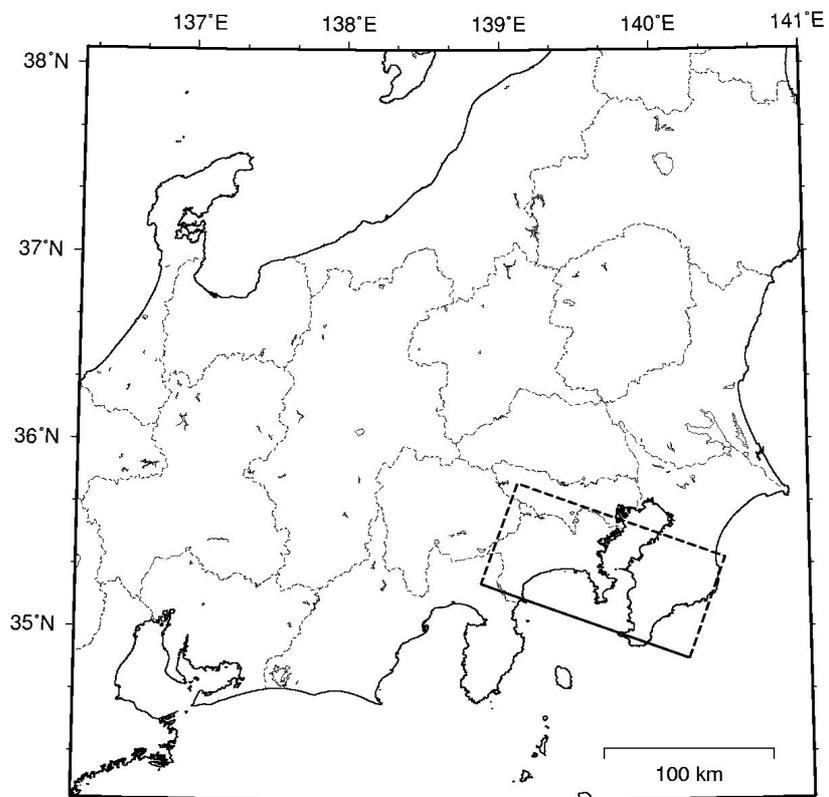


図 3.4.2-3 想定関東地震（仮）の断層面

3.4.3 その他の地震のうちグループ1の地震

A. モデル化方針

(1) 基本方針

試作では暫定的に、損害保険料率算定会(2000)の地震危険度評価で用いられた 113 の主要活断層のうち 98 活断層帯に対応しない 11 断層と、その他の 145 の活断層のうち 98 活断層帯に含まれる 34 断層を除いた 111 断層を合わせた 122 断層をモデル化対象とする。表 3.4.3-1 にその一覧を示す。損害保険料率算定会(2000)の地震危険度評価では松田(1995)の主要起震断層を中心に整理した主要な活断層(113 断層)に加えて、「(新編)日本の活断層」(活断層研究会(1991))に松田(1990)の起震断層の基準を適用して単独の長さが 10km 以上となる 145 断層をモデル化しており、各断層の諸元が一覧表で示されている。

最近、松田他(2000)により新しい起震断層のリストが提示されており、将来的にはこうした他の情報も取り入れた上で、その他の地震のうちグループ1の地震に対応する活断層のモデルを見直していく必要がある。

(2) 地震発生確率の設定

活断層における地震発生確率は損害保険料率算定会(2000)の地震危険度評価で用いられている手法により算定された発生確率をそのまま用いる。その基本的な考え方は、活動履歴が明らかな場合は活動間隔が対数正規分布に従う更新過程でモデル化し、活動履歴が不明な場合にはポアソン過程でモデル化している。

(3) マグニチュードの設定

活断層で発生する地震のマグニチュードは基本的には料率算定会の地震危険度評価で用いられているマグニチュードをそのまま用いる。基本的には断層長さから松田式(松田(1975))でマグニチュードを定めている。

(4) 断層面の設定

料率算定会の地震危険度評価で用いられている断層面をそのまま用いる。基本的には1枚もしくは複数枚の鉛直の矩形面である。なお、98の主要活断層帯のモデル化方針を踏襲して、断層の幅は一律 15km とするが断層長さが 15km 未満の場合には断層長と等しく設定する。また、断層上端深さに関しては一律 3km と設定する。

(5) 活動区間

基本的には個々の活断層モデルの全区間が同時に活動すると考える。

B. グループ 1 の地震に対応する活断層の中で試作に用いるものの諸元

(1) 概要

その他の地震のうちグループ 1 の地震に対応する 122 の活断層の中で試作に用いる活断層を図 3.4.3-1 に示す。活断層の抽出範囲は、試作領域の外周を東西南北各 1 度以上広げた範囲である。この範囲に含まれる活断層は全部で 54 断層である。

(2) 活断層の諸元

上記 54 の活断層の地震発生確率とマグニチュードを表 3.4.3-2 に示す。

参考文献

活断層研究会編 (1991) : [新編] 日本の活断層—分布図と資料, 東京大学出版会.

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, 第 2 輯, 第 28 卷, pp.269-283.

松田時彦 (1990) : 最大地震規模による日本列島の地震分帯図, 地震研究所彙報, Vol.65, pp.289-319.

松田時彦 (1995) : 陸上活断層の最新活動期の表, 活断層研究, Vol.13, pp.1-13.

松田時彦・塚崎朋美・萩谷まり (2000) : 日本陸域の主な起震断層と地震の表—断層と地震の地方別分布関係—, 活断層研究, Vol.19, pp.33-54.

損害保険料率算定会 (2000) : 活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究 47.

表3.4.3-1 その他の地震のうちグループ1の地震に対応する活断層（その1）

- (注) ・対象は料率算定会の主要活断層のうち98活断層帯に該当しない11本と、
料率算定会のその他の活断層のうち98活断層帯に含まれるものを除いた111本の合計122本
・○は試作に用いる活断層
・No.は98活断層帯の番号との混同を避けるため10001よりの昇順で付した

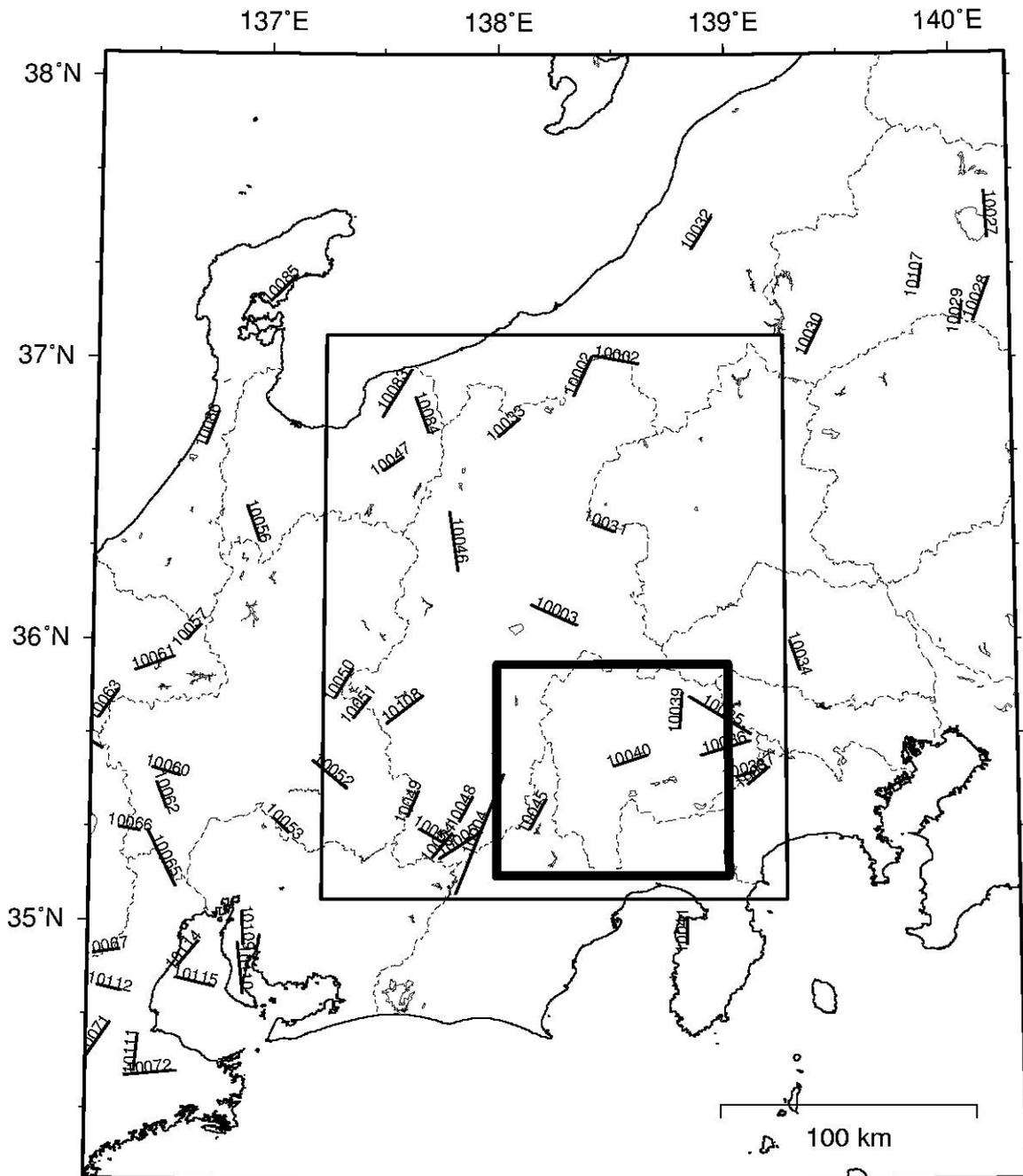
No.	算定会 No.	断層名
10001	101	羅臼岳断層帯
○10002	144	信濃川断層帯一(北)
○10003	148	霧ヶ峰断層帯
○10004	152	中央構造線赤石西断層帯
○10005	153	平岡断層
10006	191	養父断層帯
10007	194	奈良盆地西断層群
10008	195	大和川断層帯
10009	207	警固断層(日)
10010	208	小倉東断層(日)
10011	210	緑川断層帯
10012	301	常呂川東岸断層
10013	302	峰浜断層群
10014	304	濤沸湖一丸万川断層
10015	305	網走湖東方断層群
10016	306	問寒別東方断層
10017	307	幌延断層
10018	310	三郡森付近
10019	311	大阪一足沢断層
10020	312	井戸沢断層
10021	313	花輪東断層帯
10022	314	鳥田目断層
10023	421	中帳断層
10024	316	極楽寺一七曲峠断層
10025	317	東鳥海山断層
10026	318	虚空蔵山東方断層
○10027	320	川桁山断層
○10028	321	江花一虫笠断層帯
○10029	322	那須湯本北断層
○10030	324	桧枝岐西断層

No.	算定会 No.	断層名
○10031	325	浅間西断層群
○10032	326	悠久山断層
○10033	329	戸隠山断層
○10034	331	越生断層
○10035	332	鶴川断層
○10036	333	扇山断層
○10037	334	長者舎断層
○10038	335	道志川断層
○10039	336	大菩薩嶺西側断層
○10040	337	曾根丘陵断層帯
○10041	338	達磨山断層群
10042	339	徳島平野南縁断層帯
10043	340	鮎喰川断層
10044	341	綱付森断層
○10045	342	畑薙山断層
○10046	343	常念岳断層
○10047	344	早乙女岳断層
○10048	351	下伊那竜東断層
○10049	352	神坂神社断層
○10050	353	若栃断層
○10051	354	白巣峠断層
○10052	358	赤河断層
○10053	359	華立断層
○10054	360	新野断層
○10055	361	鈴ヶ沢断層
○10056	362	城端一上梨断層
○10057	363	鳩ヶ湯断層
10058	364	更毛断層
10059	365	宝泉寺断層群
○10060	366	谷汲断層

表3.4.3-1 その他の地震のうちグループ1の地震に対応する活断層（その2）

No.	算定会 No.	断層名
10061	367	宝慶寺断層
10062	368	池田山断層
10063	369	金草岳断層群
10064	370	奥川並断層
10065	373	養老西縁断層帯
10066	374	今須断層
10067	375	鈴鹿坂下断層
10068	376	大鳥居断層
10069	377	信楽断層帯
10070	378	名張断層帯
10071	379	家城断層
10072	380	多気断層
10073	381	耳川断層帯
10074	383	和束谷断層
10075	384	五月山断層
10076	385	十万辻断層
10077	386	高塚山断層
10078	387	羽曳野断層帯
10079	388	神於山一内畑断層帯
10080	389	千股断層
10081	390	先山断層
10082	391	江畑断層帯
10083	392	黒菱山断層帯
10084	393	猫又山断層
10085	394	能登海岸断層群
10086	396	高松断層帯
10087	399	上林川断層
10088	400	下野条一一宮断層
10089	402	雨滝一釜戸断層
10090	403	岩坪断層
10091	404	引原断層

No.	算定会 No.	断層名
10092	406	宍道断層帯
10093	407	庄原断層
10094	408	福山断層
10095	409	鞆断層
10096	410	三次断層帯
10097	411	船木断層
10098	412	上根断層
10099	413	洪水断層
10100	414	福智山断層
10101	415	佐賀関断層
10102	417	長島西断層
10103	418	鹿児島湾東縁断層帯
10104	420	吉住付近
10105	422	釜ヶ台断層ほか
10106	425	小田断層ほか
10107	426	大内一倉村断層
10108	427	高倉一赤沢ほか
10109	428	加木屋断層
10110	429	平井撓曲ほか
10111	430	島戸断層ほか
10112	431	経ヶ峯南
10113	433	埴生断層ほか
10114	434	鈴鹿沖断層
10115	435	白子一野間断層
10116	436	南岸湖底断層
10117	438	明延北方
10118	439	福田新田一作畑
10119	441	安田断層
10120	442	行当岬断層
10121	443	安芸灘断層群
10122	444	波野断層ほか



(注) 内側の太枠がサンプル版の対象領域、外側の細枠は付録の広い領域

図 3.4.3-1 その他の地震のうちグループ1の地震に対応する活断層
の中で確率論的地図の試作で用いる活断層

表3.4.3-2 その他の地震のうちグループ1の地震に対応する
活断層の地震発生確率とマグニチュード（その1）

No.	料率算定会の 断層名	30年 地震発生 確率	50年 地震発生 確率	M_J
10002	信濃川断層帯 - (北)	0.2%	0.3%	7.45
10003	霧ヶ峰断層帯	4.4%	7.3%	7.0
10004	中央構造線赤石西断層帯	0.04%	0.1%	7.7
10005	平岡断層	0.4%	0.7%	7.0
10027	川桁山断層	0.5%	0.8%	6.95
10028	江花 - 虫笠断層帯	0.1%	0.2%	6.95
10029	那須湯本北断層	0.2%	0.3%	6.5
10030	桧枝岐西断層	0.1%	0.2%	6.8
10031	浅間西断層群	4.8%	7.9%	6.5
10032	悠久山断層	0.6%	1.0%	6.8
10033	戸隠山断層	0.8%	1.3%	6.65
10034	越生断層	0.1%	0.2%	6.7
10035	鶴川断層	0.1%	0.1%	7.3
10036	扇山断層	0.4%	0.7%	6.95
10037	長者舎断層	0.9%	1.6%	6.5
10038	道志川断層	0.9%	1.6%	6.5
10039	大菩薩嶺西側断層	0.1%	0.2%	6.75
10040	曽根丘陵断層帯	0.6%	1.0%	6.8
10041	達磨山断層群	0.8%	1.3%	6.65
10045	畑薙山断層	0.1%	0.2%	6.75
10046	常念岳断層	0.3%	0.6%	7.15
10047	早乙女岳断層	0.8%	1.4%	6.5
10048	下伊那竜東断層	0.8%	1.3%	6.65
10049	神坂神社断層	0.1%	0.2%	6.65
10050	若栃断層	0.7%	1.1%	6.75
10051	白巣峠断層	3.9%	6.4%	6.65
10052	赤河断層	0.5%	0.8%	6.95
10053	華立断層	0.9%	1.6%	6.5
10054	新野断層	0.6%	1.0%	6.75

表3.4.3-2 その他の地震のうちグループ1の地震に対応する
活断層の地震発生確率とマグニチュード（その2）

No.	料率算定会の 断層名	30年 地震発生 確率	50年 地震発生 確率	M_J
10055	鈴ヶ沢断層	0.9%	1.6%	6.5
10056	城端 - 上梨断層	0.5%	0.9%	6.8
10057	鳩ヶ湯断層	0.2%	0.3%	6.5
10060	谷汲断層	0.8%	1.3%	6.55
10061	宝慶寺断層	0.5%	0.8%	6.95
10062	池田山断層	0.8%	1.3%	6.65
10063	金草岳断層群	0.7%	1.2%	6.7
10064	奥川並断層	0.6%	1.0%	6.7
10065	養老西縁断層帯	0.1%	0.1%	7.1
10066	今須断層	0.9%	1.6%	6.5
10067	鈴鹿坂下断層	0.6%	1.0%	6.8
10071	家城断層	0.1%	0.2%	6.85
10072	多気断層	0.1%	0.1%	7.0
10083	黒菱山断層帯	0.5%	0.8%	7.0
10084	猫又山断層	0.6%	1.0%	6.8
10085	能登海岸断層群	0.6%	1.0%	6.8
10086	高松断層帯	0.1%	0.2%	6.75
10107	大内 - 倉村断層	0.9%	1.6%	6.5
10108	高倉 - 赤沢ほか	0.5%	0.8%	6.95
10109	加木屋断層	0.7%	1.2%	6.7
10110	平井撓曲ほか	0.1%	0.1%	7.05
10111	島戸断層ほか	0.6%	1.0%	6.8
10112	経ヶ峯南	0.9%	1.5%	6.55
10114	鈴鹿沖断層	0.7%	1.1%	6.75
10115	白子 - 野間断層	0.6%	1.0%	6.85

3.4.4 その他の地震のうちグループ3, 4, 5の地震

A. グループ3, 4, 5の地震の定義

長期評価部会では、「その他の地震」のうち震源が予め特定しにくい地震をグループ3, 4, 5の3つに分類しており、それぞれを以下のように定義している。

グループ3：海溝型地震として扱えるプレート境界で発生する大地震以外の地震

グループ4：沈み込むプレート内地震

グループ5：陸域の地殻内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震

グループ3と4の地震は、それぞれ太平洋プレートに関連するものとフィリピン海プレートに関連するものに分けることができるが、今回のサンプル版の作成には、試作領域に対する影響が小さいと考えられる太平洋プレートに関連する地震は考慮しない。

B. モデル化の基本的な考え方

グループ3, 4, 5の地震は、過去に発生した地震のデータに基づき、地震の発生場所、規模、頻度をモデル化する。この際、地震地体構造や震央分布等に基づいて区分された地震活動域を単位として評価する方法（以下、地域区分する方法）と、機械的に区分した東西南北0.1度のメッシュを単位として評価する方法（以下、地域区分しない方法）の両者を用いる。前者は損害保険料率算定会(2000)で用いられている手法に準じたもの、後者はFrankel(1995)における smoothed seismicity の考え方に準じたものである。両者の大きな違いは、地震活動度が均一と考える領域の大きさである。地域区分する方法での地震活動域は一般に0.1度のメッシュよりも大きく設定されるため、地震発生頻度の地域分布のコントラスト(最大と最小の頻度の比および頻度の高低の距離による変化の程度)は、地域区分しない方法による方が強くなる。

地震の規模別発生頻度は、指数分布(Gutenberg-Richterの関係)に従うものとする。地域区分する方法では地震活動域ごとのデータを、地域区分しない方法ではメッシュごとのデータをそれぞれ用いることにより、規模別発生頻度を評価する。この際、Gutenberg-Richter式のb値は地震活動域あるいはメッシュごとに算定はせず、全領域で一定値とする。最大マグニチュードは地震活動域ごとに設定し、地域区分しない場合には当該メッシュの中心が属する活動域の値を用いる。ハザード評価に用いる最小マグ

ニチュードは、地震活動度の評価に用いる最小マグニチュードによらず一律 5.0 とする。

地震の深さは、地震活動域ごとに一定値とし、地域区分しない場合には当該メッシュの中心が属する活動域の値を用いる。

地震の発生時系列は、定常ポアソン過程とする。

C. モデル化の手順と条件（グループ 3， 4， 5 に共通する事項）

（1）使用する地震データ

以下の 2 種類のデータを用いる。

- ・ 宇津カタログ(宇津, 1982; 宇津, 1985)のうち 1885 年から 1925 年のマグニチュード 6.0 以上のものと、1926 年以降の気象庁のデータのうちマグニチュード 5.0 以上のものを組み合わせたもの（以下では「中地震」と呼ぶ）
- ・ 1983 年以降の気象庁データのうちマグニチュード 3.0 以上のもの（以下では「微小地震」と呼ぶ）

1994 年以降の地震のマグニチュードの値は、気象庁地震火山部(2001)の別表に示された 17 地震についてのみ修正をしている。

サンプル版の作成では、マグニチュード 6.0 以上の地震の発生後 90 日以内に、震央を中心とする次式（建設省土木研究所, 1983）で表される面積 A (km²) の円内で発生した地震を余震とみなし、機械的に除去する。

$$\log A = M - 3.2 \quad (3.4.4-1)$$

前震および群発地震は除去していない。前震、余震、および群発地震の除去方法については、次年度以降検討していく必要がある。

なお、地震データからは、別途モデル化される地震（98 活断層帯、海溝型地震、グループ 1 の活断層）と対応するものは除去する。

（2）地震データのグループ分け

（1）に示した地震のデータは、料率算定会を参考に以下の手順に従ってグループ分けする。図 3.4.4-1～図 3.4.4-3 に、料率算定会による地震活動域を示す。

1) グループ 5 の地震に該当する地震の抽出

震央が料率算定会の上部地殻内の地震活動域に入り、震源深さが 25km 以浅（海域の地震活動域では 40km 以浅）の地震をグループ 5 の地震に該当する地震とす

る。

2) フィリピン海プレートに関連するグループ3, 4の地震の抽出

1)で選定された地震を除去した地震データの中から、震央が料率算定会のフィリピン海プレートの地震活動域に入るものをフィリピン海プレートに関連するグループ3, 4の地震とする。ただし、太平洋プレートの地震活動域と重複する部分については、60km以浅のものをフィリピン海プレートの地震とみなす。上部地殻内の地震活動域と重複する部分は、25kmより深い地震のみが用いられている。

3) 太平洋プレートに関連するグループ3, 4の地震の抽出（サンプル版では対象外）

1)と2)で選定された地震を除去した残りの地震データの中から、震央が料率算定会の太平洋プレートの地震活動域に入るものを太平洋プレートに関連するグループ3, 4の地震とする。上部地殻内の地震活動域と重複する部分は、25kmより深い地震が、フィリピン海プレートの地震活動域と重複する部分については、60kmより深い地震のみが用いられる。

4) フィリピン海プレートのグループ3と4の地震の分離

地震のデータの段階では両者は分離せず、地震の発生頻度の算定後に分離する。分離の具体的な方法は後述する。

(3) 地震活動度（規模別の地震発生頻度）の評価とモデル化

地震活動度の評価とモデル化は、地域区分する方法と地域区分しない方法それぞれについて以下のとおりである。

<地域区分する方法>

- ・地震活動域は、料率算定会の区分を用いる。料率算定会の地震活動域は、上部地殻内については萩原編(1991)による地震地体構造区分を、太平洋プレートおよびフィリピン海プレートについては上記の地体構造区分に加えて震央分布やプレート上面の深さなどをそれぞれ参考にして設定されたものである。
- ・地震活動域は、近年の知見を踏まえて今後再検討する必要がある。
- ・グループ5の地震、フィリピン海プレートのグループ3+4の地震のそれぞれについて、地震活動域ごとに過去に発生した地震のデータを用いて地震の規模別発生頻度を算定する。

- ・ 上記の結果を用いて、b 値を 0.9（図 3.4.4-4 参照）とした上で、マグニチュード 5.0 以上の地震の発生頻度を算定する（マグニチュード 3.0 以上の地震のデータを用いる場合には、これらの地震を対象に G-R 式を算定し、その式上でマグニチュード 5.0 以上の地震の発生頻度を出す。図 3.4.4-5 参照。）。なお、フィリピン海プレートの地震については、この時点で算定された発生頻度は、グループ 3 と 4 の地震の合計である。
- ・ 最大マグニチュードは、料率算定会と同様の方法により、地震活動域ごとに設定する。具体的には、陸域上部地殻内の地震活動域については別途モデル化している活断層と対応しない歴史地震の最大マグニチュード（ただし 6.5 あるいは 6.7 の下限値を設定）を、また太平洋プレート・フィリピン海プレートの地震活動域については歴史上の最大マグニチュードと垣見・他(1994)による値の大きい方（ただし 7.2 の下限値を設定）をそれぞれ採用している。
- ・ ハザード評価に用いる最小マグニチュードは、用いた地震のデータの最小マグニチュードによらず 5.0 とする。
- ・ 将来の地震の発生場所は、それぞれの地震活動域内で一様とする。
- ・ 時系列は定常ポアソン過程とする。
- ・ 将来発生する地震の深さは、各地震活動域内で一定値とする。その値は、陸域の上部地殻内の地震については一律 10km、フィリピン海プレートの地震については近年の地震のデータの震源深さの平均値とする。
- ・ 図 3.4.4-6 に、試作領域周辺の地震活動域ごとの最大マグニチュードと震源深さを示す。

<地域区分しない方法>

- ・ グループ 5 の地震、フィリピン海プレートのグループ 3 + 4 の地震それぞれについて、東西、南北各 0.1 度のメッシュごとに過去に発生した地震のデータを用いて地震の規模別発生頻度を算定する。
- ・ 上記の結果を用いて、b 値を一定値（0.9）とした上で、マグニチュード 5.0 以上の地震の発生頻度を各メッシュについて算定し、それをガウス分布で平滑化する。この際、相関距離は 25km とする。
- ・ 最大マグニチュードは、地域区分する方法で用いている値を参照することとし、メッシュの中心が属する地震活動域の値を用いる。
- ・ ハザード評価に用いる最小マグニチュードは 5.0 とする。
- ・ 将来の地震の発生場所は、メッシュ内で一様ランダムとする。

- ・ 時系列は定常ポアソン過程とする。
- ・ 将来発生する地震の深さは、地域区分する方法で用いている値を参照することとし、当該メッシュの中心が属する地震活動域の深さをを用いる。
- ・ なお、メッシュのサイズや相関距離の設定については、今後再検討する必要がある。

D. フィリピン海プレートのグループ3とグループ4の地震の分離

グループ3, 4の地震を分離する方法として、震源深さによって分類する案（例えば60km以浅をプレート間地震、60km以深をプレート内地震とする）も検討されている。太平洋プレートの地震に関しては、このように深さ60kmを境界として分類することも一つの案として考えられる。

一方、今回のサンプル版は、甲府盆地を中心とする領域を対象としている。この領域に対しては、太平洋プレートの地震はほとんど影響することはなく、関連するグループ3とグループ4の地震は主にフィリピン海プレートの地震となる。東海地方のフィリピン海プレートの深度は比較的浅いと考えられており、仮に60kmを境界として深さのみでグループ分けをするとほぼ全てがプレート間地震に分類されるものと推測される。しかし、平成13年2月23日に浜名湖付近で発生した地震(M=4.9, h=約40km)や、同年4月3日に静岡県中部で発生した地震(M=5.1, h=約35km)はいずれもプレート内の地震とされており、深さによる分離では不十分な可能性がある。このため、以下の考え方に基づいてグループ3とグループ4の地震を分離することが考えられる。

- フィリピン海プレートの地震を対象に、「グループ3+グループ4」の地震の発生頻度を、地域区分する方法では地震活動域ごとに、地域区分しない方法では 0.1° 四方のメッシュごとに算定する（C.の(2)(3)参照）。
- 上記とは別に、東海地方（伊豆半島の西から紀伊半島の東）のフィリピン海プレート周辺で発生する地震のデータから、メカニズムと深さとの関係を調べる。
- 震源データのメカニズムからプレート間地震数とプレート内地震数の比率を計算する。
- 有効数字1桁で求めた比率をグループ3の地震発生頻度とグループ4の地震発生頻度の比率とする。
- 最大・最小マグニチュード、および発生位置（震央位置）については、グループ3と4で同一とする。深さについては、両者に明確な差異が認められる場合には、それを考慮して設定する。

ただし、今回のサンプル版の作成では、東海地方のフィリピン海プレートの固着率が現時点において非常に高いとされることなどを勘案し、暫定的にグループ3と4の比率を0：1、すなわち全てがグループ4の地震であるとしてモデル化する。

E. グループ5の地震に関する固有の事項

(1) グループ5の地震を対象としたその他のモデルについて

長期評価部会では、グループ5の地震を対象としたモデル化として、ここまで述べてきた方法以外に、活断層のデータに基づいて評価する方法（限元モデル）も考慮することとしている。ただし、今回のサンプル版では限元モデルは使用せず、今後、その採否も含めて検討する。なお、限元モデルは、以下のようなものと考えられる。

<限元モデルの概要>

- a) 上部地殻内に 0.1° 四方のメッシュを作成する。
- b) 活断層のデータに基づき、各活断層の最大規模の地震とその発生頻度を算定する。
- c) 断層の中心が属するメッシュに、上記の規模と頻度を有する地震を割り当てる。
- d) メッシュごとに、地震の規模別発生頻度を算定し、それを Gutenberg-Richter の関係でモデル化する。
- e) メッシュごとに算定された頻度を、ガウス分布で平滑化する。

F. サンプル版の試作領域周辺における地震の発生頻度の分布

サンプル版の試作領域周辺を対象として、地域区分する方法、地域区分しない方法それぞれについて、2種類の地震データに基づいて評価したマグニチュード5.0以上の地震の発生頻度（ $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ の領域ごとの1年あたりの頻度）の分布を図3.4.4-7および図3.4.4-8に示す。

まず、地域区分する方法と地域区分しない方法による発生頻度を比較すると、前者では区分した領域内で地震の発生頻度が一様であるのに対して、後者では場所による地震発生頻度のコントラストがきわめて強くなるために、除去しきれていない余震や群発地震の影響が直接的に現れる結果となっている。

次に、用いる地震カタログの違いによる結果の差異を見ると、地域区分する方法では発生頻度に最大3倍程度の違いが生じている。一方、地域区分しない方法では、場所ご

とのコントラストが強くなるために、用いるカタログによって発生頻度に 10 倍もの違いが現れるところもある。微小地震のカタログを用いた場合には、余震や群発地震の影響をより強く受けると考えられるため、これらの結果の差異は、単純に両カタログの期間による違いだけではなく、規模の範囲が異なることの影響も反映されていると考えられる。

地域区分しない方法による結果から、2つの地震カタログに共通して地震発生頻度の高い地域（橙色以上）として、グループ 3 + 4 では茨城県南西部から千葉・埼玉両県北部にかけての領域と伊豆半島から伊豆諸島にかけての領域が挙げられる。また、グループ 5 では神奈川県西部から山梨県東部と新潟県中部が挙げられる。逆に、カタログによって値が大きく異なる地域は、グループ 3 + 4 では愛知県の直下が、グループ 5 では愛知県、長野・岐阜県境付近、長野市付近、栃木・群馬県境付近、茨城県南西部から千葉県北部等が挙げられる。

G. サンプル版の作成における複数のモデルの取扱い

グループ 3～5 の地震については、上記のように

- ・地域区分：する／しない
- ・地震カタログ：中地震／微小地震

の組み合わせで合計 4 ケースが存在する。サンプル版の作成では、これら 4 ケースによる結果の平均値（地震動の強さごとに超過確率の算術平均をとったもの）を用いる場合を基本ケースとし、参考図用として、地域区分しない方法と微小地震を組み合わせたものを採用する。

参考文献

- Frankel, A. (1995): Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States, Seismological Research Letters, Vol. 66, No. 4, pp. 8-21.
- 萩原尊禮編(1991): 日本列島の地震－地震工学と地震地体構造－, 鹿島出版会.
- 垣見俊弘・ほか(1994): 日本列島の地震地体構造区分と最大地震規模, 地球惑星科学関連学会 1994 年合同大会予稿集, p. 132.
- 建設省土木研究所地震防災部振動研究室 (1983): 前・余震の頻度および規模に関する調査, 土研資料 No. 1995.
- 気象庁地震火山部(2001): 気象庁マグニチュード検討委員会の検討結果, 報道発表資料, 平成 13 年 4 月 23 日.
- 損害保険料率算定会(2000): 活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究 47.
- 宇津徳治(1982): 日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の表: 1885 年～1980 年, 地震研究所彙報, Vol. 57, pp. 401-463.
- 宇津徳治(1985): 日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の表: 1885 年～1980 年(訂正と追加), 地震研究所彙報, Vol. 60, pp. 639-642.

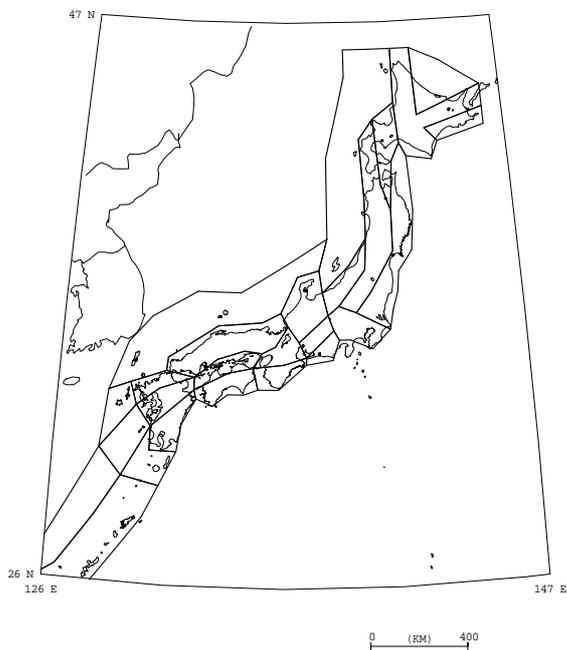


図 3.4.4-1 料率算定会による地殻内地震の地震活動域

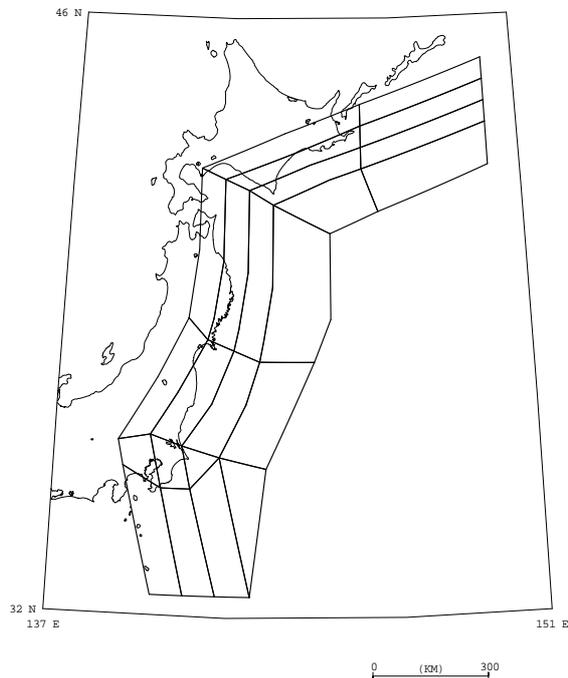


図 3.4.4-2 料率算定会による太平洋プレート地震活動域

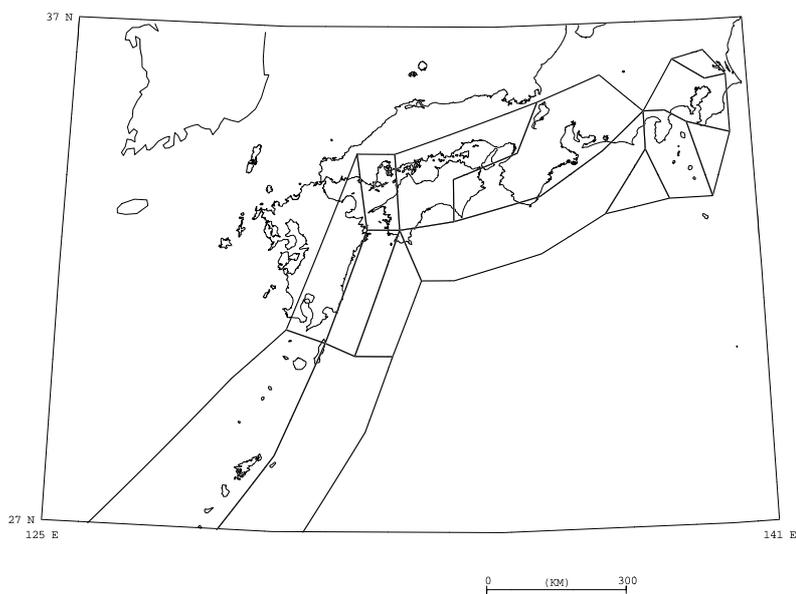
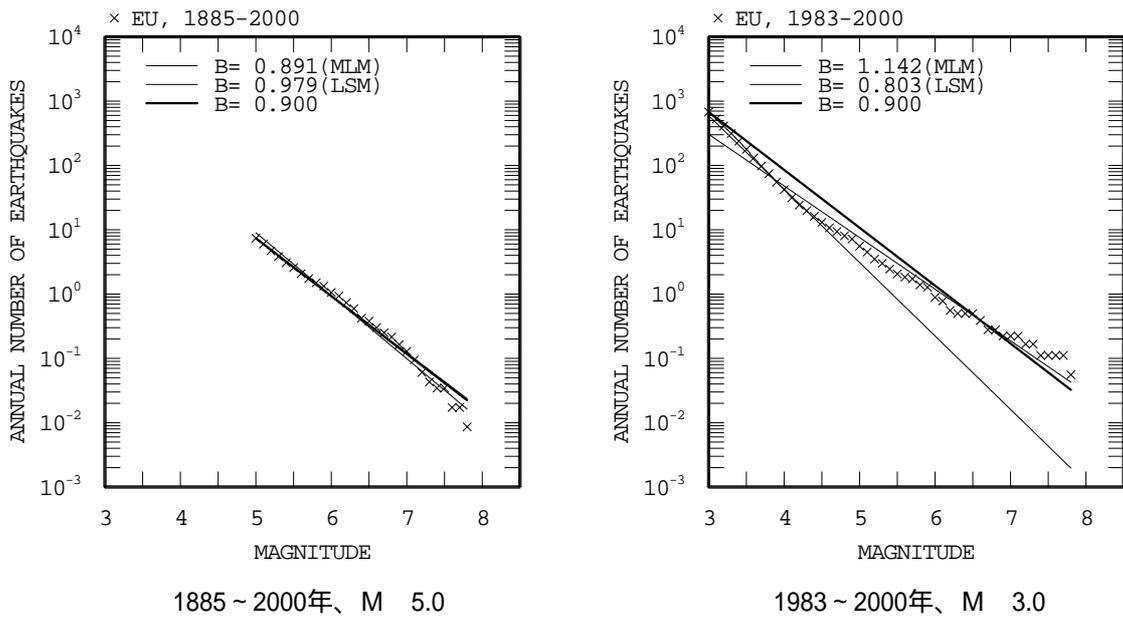
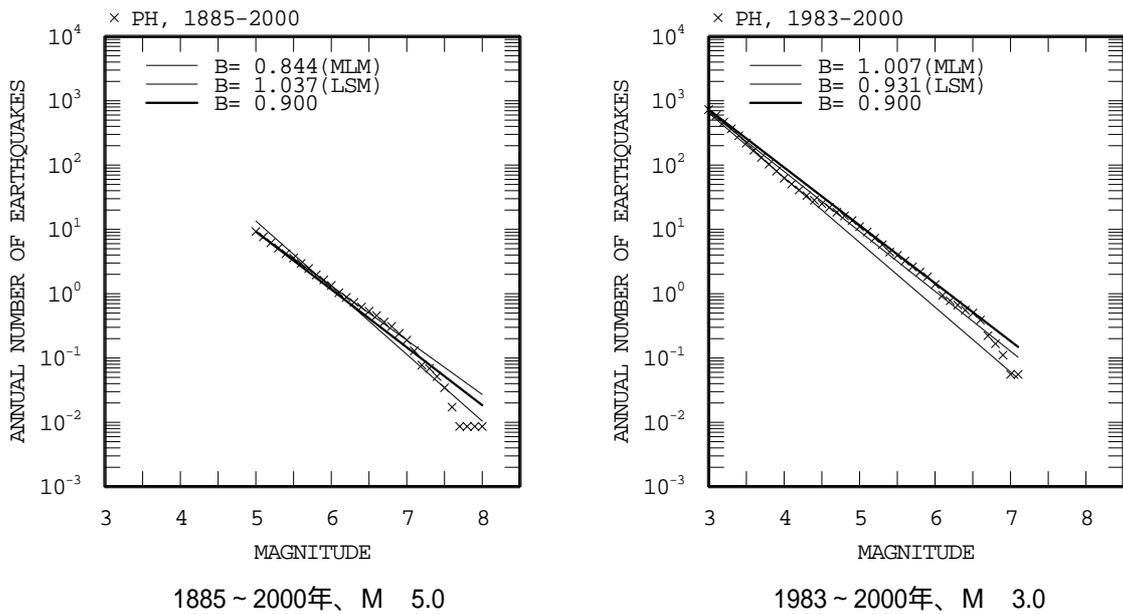


図 3.4.4-3 料率算定会によるフィリピン海プレートの地震の地震活動域



(a) グループ5の地震



(b) フィリピン海プレートのグループ3 + 4の地震

図 3.4.4-4 グループ5の地震（上段）と、フィリピン海プレートのグループ3 + 4の地震（下段）の規模別発生頻度。

上下段ともに、1885年から1925年のM6.0以上の地震と1926年以降のM5.0以上の地震とを組み合わせ用いた場合の結果（左）と1983年以降のM3.0以上の地震を用いた場合の結果（右）の両方を示している。

太い実線はb値を0.9に固定して引いたG-R式、2本の細い実線は最尤法および最小二乗法で決めたG-R式。

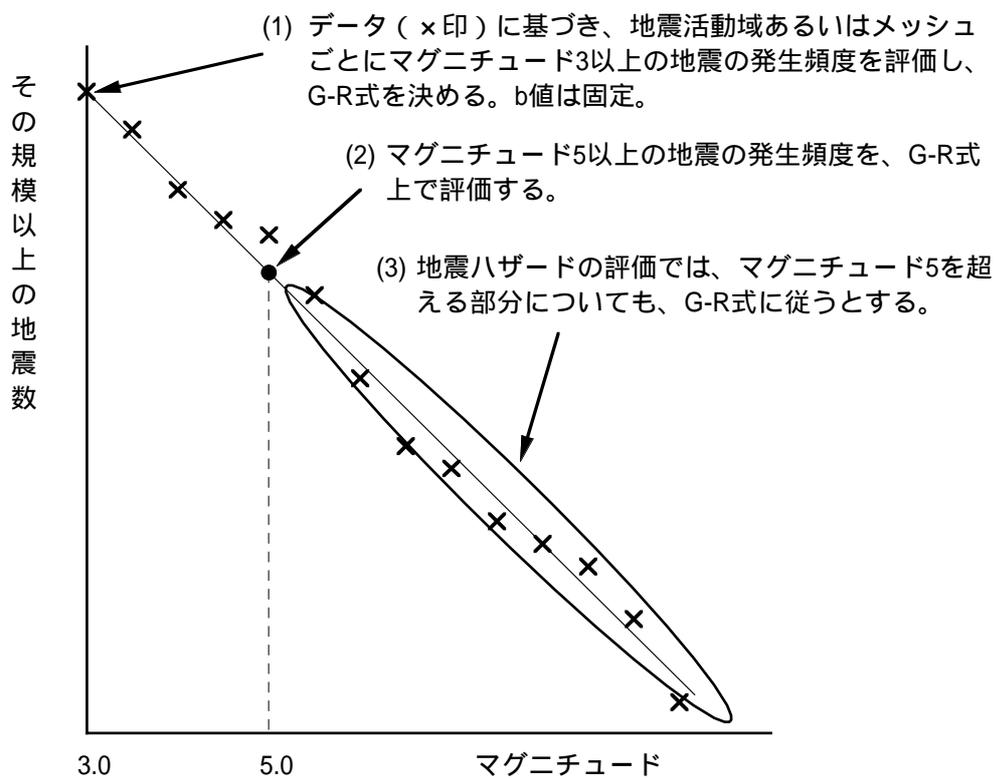
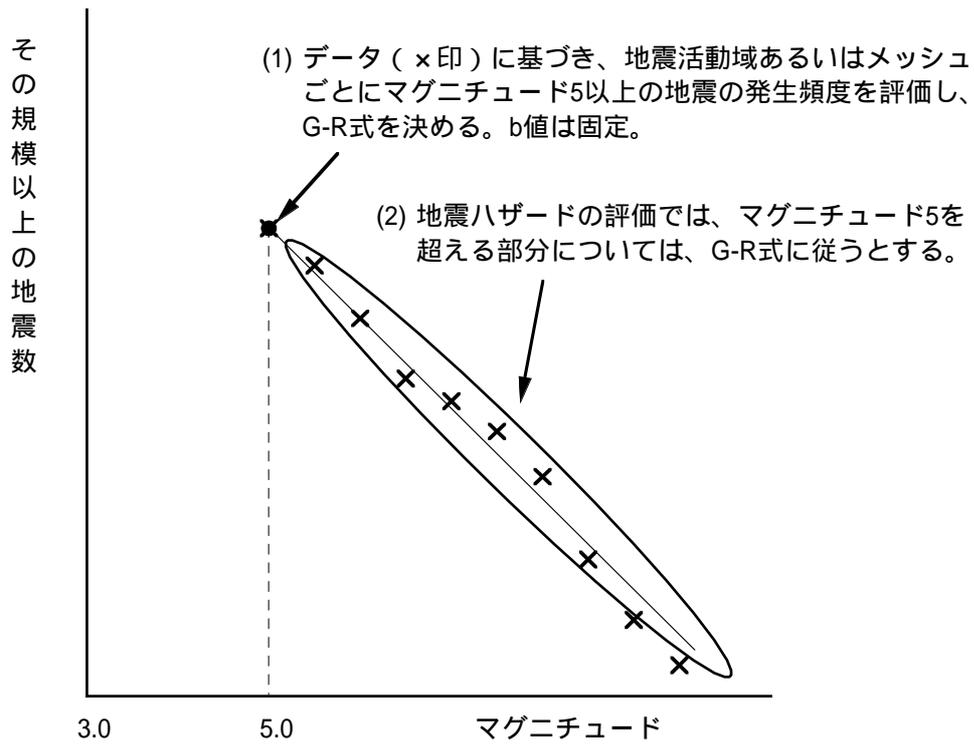
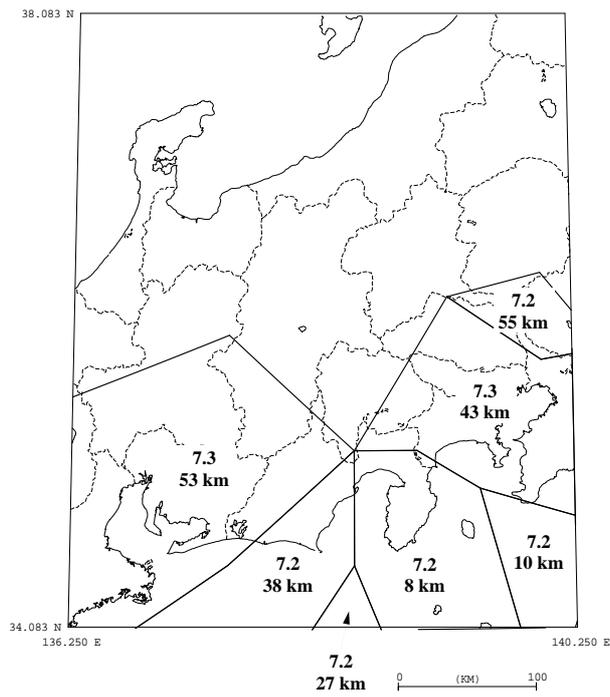
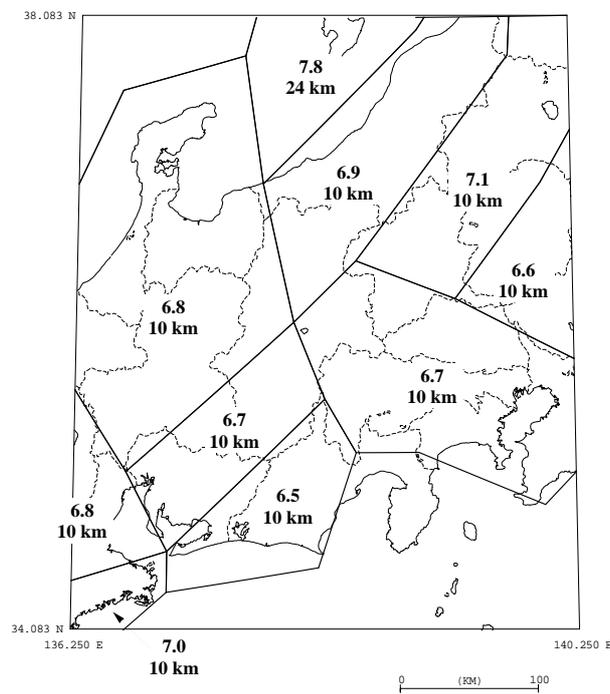


図 3.4.4-5 地震の規模別発生頻度の評価の概念図。
M5.0以上の地震を用いる場合（上）とM3.0以上の地震を用いる場合（下）とで、手続きに若干の違いがある。

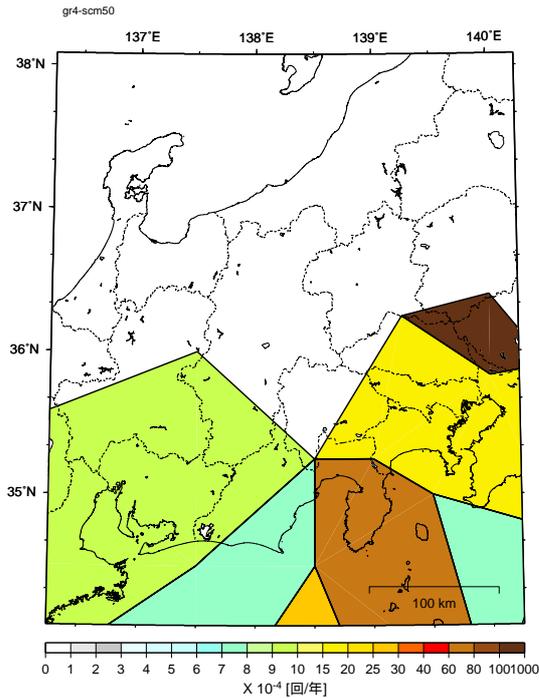


(a) グループ3と4（試算では全てグループ4）の地震

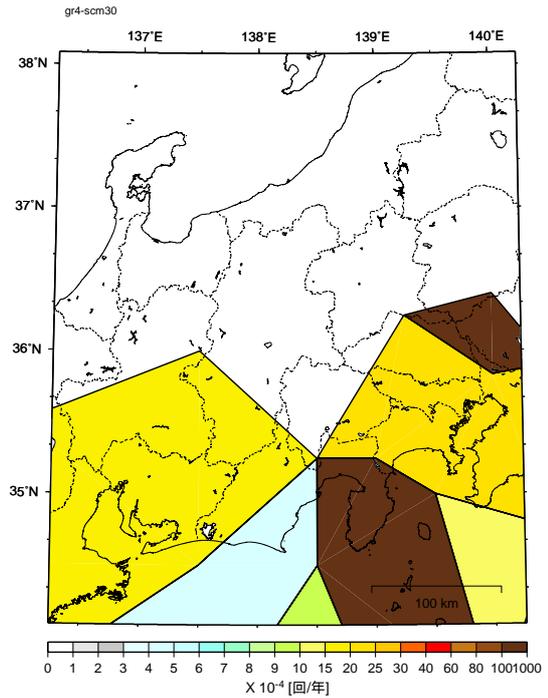


(b) グループ5の地震

図 3.4.4-6 地震活動域ごとの最大マグニチュードと震源深さ

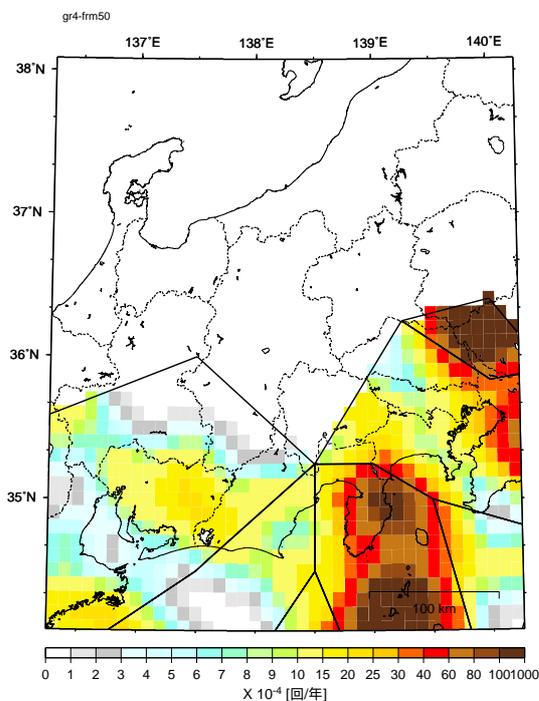


(a) 1885年～2000年の地震（中地震）

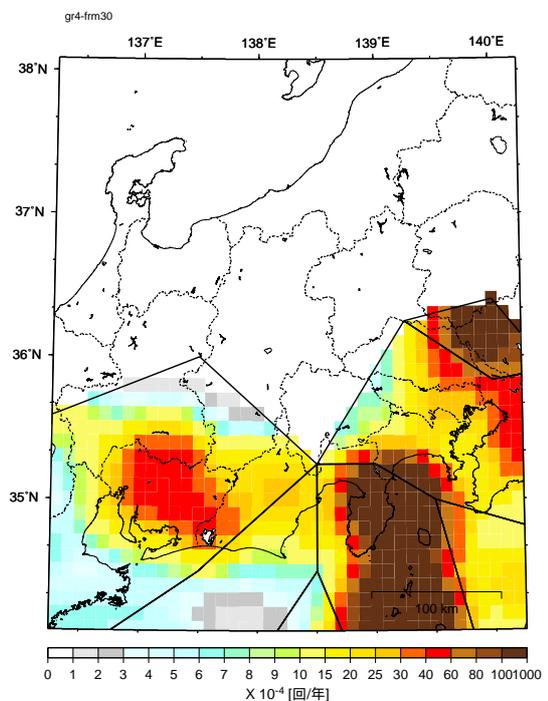


(b) 1983年～2000年の地震（微小地震）

図 3.4.4-7(1) フィリピン海プレートのグループ3 + 4の地震のうち、マグニチュード5.0以上の地震の1年あたりの発生頻度
(0.1度のメッシュあたり、地域区分する方法による結果)

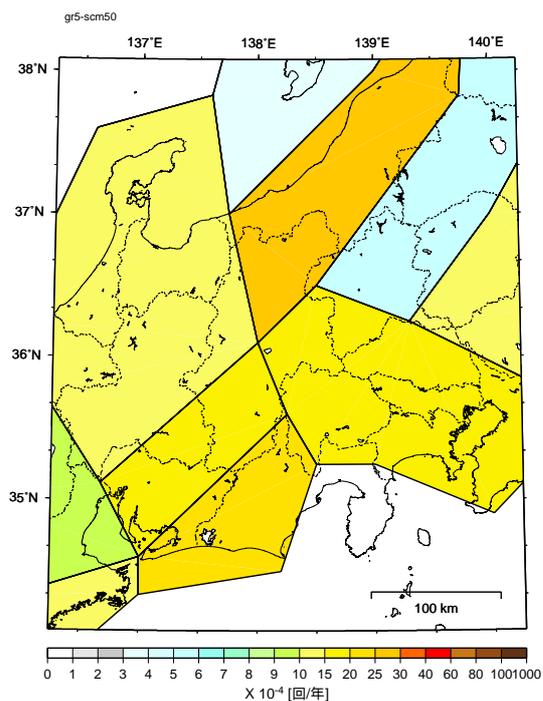


(a) 1885年～2000年の地震（中地震）

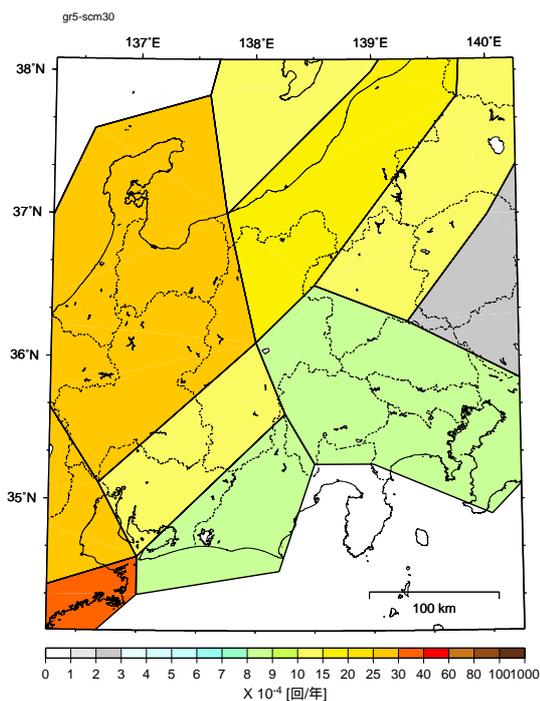


(b) 1983年～2000年の地震（微小地震）

図 3.4.4-7(2) フィリピン海プレートのグループ3 + 4の地震のうち、マグニチュード5.0以上の地震の1年あたりの発生頻度
(0.1度のメッシュあたり、地域区分しない方法による結果)

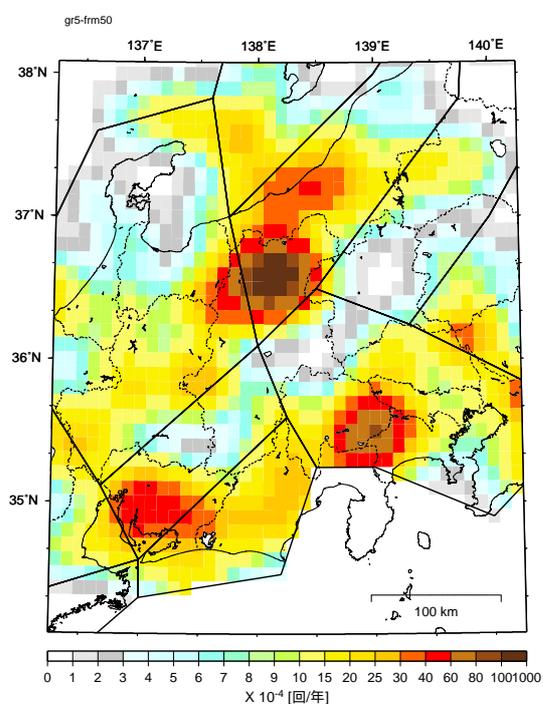


(a) 1885年～2000年の地震（中地震）

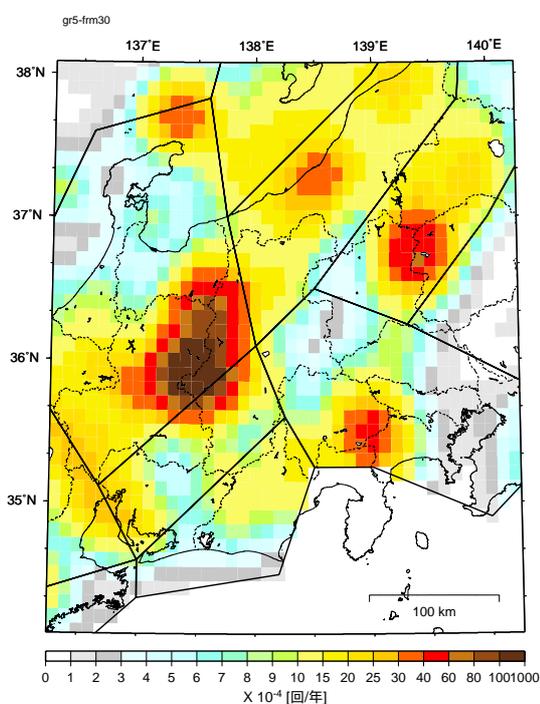


(b) 1983年～2000年の地震（微小地震）

図 3.4.4-8(1) グループ5の地震のうち、マグニチュード5.0以上の地震の1年あたりの発生頻度（0.1度のメッシュあたり、地域区分する方法による結果）



(a) 1885年～2000年の地震（中地震）



(b) 1983年～2000年の地震（微小地震）

図 3.4.4-8(2) グループ5の地震のうち、マグニチュード5.0以上の地震の1年あたりの発生頻度（0.1度のメッシュあたり、地域区分しない方法による結果）

3.5 地震動の評価モデル

地震動強さの評価は、基本的には距離減衰式を用いて、マグニチュードなどの震源の特性と震源（断層）までの距離から評価される地震動強さの中央値と、評価式に含まれる不確定性（ばらつき）を考慮することにより行われる（3.1 節式(3.1-4)）。

今回のサンプル版では、まず工学的基盤面での最大速度を評価した後、表層地盤による最大速度の増幅率を乗じることによって地表での最大速度を評価する。計測震度は地表の最大速度から変換して評価する。

以下、サンプル版で用いる距離減衰式ならびに最大速度から計測震度へ換算する式の概要について 3.5.1 で示し、表層地盤の増幅率の評価方法の概要について 3.5.2 で示す。

3.5.1 距離減衰式

A. 工学的基盤における最大速度の距離減衰式

工学的基盤（S 波速度 400m/s 相当層）での最大速度の距離減衰式は司・翠川(1999)による式を用いる。司・翠川(1999)は、断層面からの距離の取り方として、断層最短距離と等価震源距離を用いた 2 つの式を求めているが、ここでは断層最短距離を用いた式を採用する。

$$\log PGV_{b600} = 0.58 M_w + 0.0038 D + d - 1.29 - \log (X + 0.0028 10^{0.50 M_w}) - 0.002 X \quad (3.5.1-1)$$

PGV_{b600} : 最大速度(cm/s) : S 波速度 600m/s 相当の硬質地盤上

M_w : モーメントマグニチュード

D : 震源深さ(km)

d : 地震のタイプ別係数 : 地殻内地震 $d = 0$

プレート間地震 $d = -0.02$

プレート内地震 $d = 0.12$

X : 断層最短距離(km)

距離減衰式のばらつきは対数標準偏差 0.53 の対数正規分布でモデル化し、分布の裾の打ち切りは行わない。

また、式(3.5.1-1)の基準地盤は S 波速度 600m/s 相当の硬質地盤なので、基準地盤 (S 波速度 600m/s 相当層) から工学的基盤 (S 波速度 400m/s 相当層) までの最大速度の増幅率は、松岡・翠川(1994)による表層地盤の速度増幅度算定式

$$\log ARV = 1.83 - 0.66 \log AVS \quad (3.5.1-2)$$

$$(100 < AVS < 1500)$$

ARV : 地下 30m から地表までの速度増幅度

AVS : 地下 30m から地表までの平均 S 波速度(m/s)

を用いて算定される速度増幅度の比として評価する。具体的にはその比が 1.31 となるので、式(3.5.1-1)から求められた最大速度 PGV_{b600} に 1.31 を乗じたものを工学的基盤上の最大速度 PGV_{b400} とする。

気象庁マグニチュード M_J からモーメントマグニチュード M_W への変換は、陸域の浅い地震とそれ以外の地震とに分けて行う。陸域の浅い地震は、武村(1990)による地震モーメント M_0 と気象庁マグニチュード M_J の関係式(式(3.5.1-3))と、地震モーメント M_0 とモーメントマグニチュード M_W の関係式(式(3.5.1-4))から導かれた式(3.5.1-5)により変換する。それ以外の地震は、気象庁マグニチュード M_J とモーメントマグニチュード M_W は等しい($M_W = M_J$)とする。

$$\log M_0 = 1.17 M_J + 10.72 \quad (3.5.1-3)$$

$$\log M_0 = 1.5 M_W + 9.1 \quad (3.5.1-4)$$

$$M_W = 0.78 M_J + 1.08 \quad (3.5.1-5)$$

M_0 : 地震モーメント(N・m)

M_J : 気象庁マグニチュード

M_W : モーメントマグニチュード

B. 地表における最大速度の評価

地表面における最大速度 PGV_s は、工学的基盤での最大速度値 PGV_{b400} に対して別途算定される工学的基盤から地表までの増幅度を乗じることにより得られる。地盤増幅率の評価方法については 3.5.2 で述べる。

C. 地表における計測震度の評価

地表面における計測震度は、翠川・他(1999)が示している最大速度と計測震度との関係式(式(3.5.1-6))を用いて計算する。

$$I_{INSTR} = 2.68 + 1.72 \log PGV_s \quad (3.5.1-6)$$

I_{INSTR} : 計測震度

PGV_s : 地表面における最大速度(cm/s)

上記の最大速度と計測震度との関係式における最大速度は水平動 2 成分を合成した最大速度である。一方、司・翠川(1999)の距離減衰式から求められる最大速度は水平 2 成分のうち大きい方の値である。このように、厳密な意味では両者の定義が異なるが、本検討では両者の結論に大きな相違はないと考える。

参考文献

松岡昌志・翠川三郎(1994)：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング,日本建築学会第 22 回地盤震動シンポジウム, pp.23-34.

翠川三郎・藤本一雄・村松郁栄 (1999)：計測震度と旧気象庁震度および地震動強さの指標との関係, 地域安全学会論文集, Vol.1, pp.51-56.

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報告集, 第 523 号, pp.63-70.

武村雅之(1990)：日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震, 第 2 輯, 第 43 巻, pp.257-265.

3.5.2 表層地盤の増幅率の評価

A. 基本的な考え方

サンプル版の地震動評価における表層地盤の増幅率評価については、簡易的に地盤の増幅度を全国同水準に求めることを前提に考える。

国土数値情報に含まれる地形学的情報が全国を網羅しており、これより地盤の増幅度を求め、工学的基盤における地震動強さにこの増幅度をかけることにより、地表の地震動強さを求める方法とする。用いる方法は、松岡・翠川(1994)によって提案された方法とする。

B. 増幅率評価に用いる国土数値情報および地質図

地盤を一律に細かく評価した資料として、国土数値情報(国土交通省国土地理院)や100万分の1地質図(独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター)などがある。前者については微地形分類、海岸線、主要河川、標高のデータ、後者については表層地質分布から地質年代のデータを使用する事ができる。このうち、地形分類のデータは、全国を約1kmのメッシュに分けて、メッシュごとに評価されている。しかし、これは県を単位とした分析であり、県によって評価の精度が違ったり、表現が異なったりしており、全国的には統一的でない部分もある。また、これらのデータは主に昭和40年代に作成されたためにその後に埋め立てられたり、造成されたりした地域のデータは含まれていない。以上の点を踏まえ、対象地域の地形分類データについて統一的に見直す作業を行った。

表3.5.2-1に、国土数値情報による地形分類および表層地質分類と松岡・翠川(による微地形区分との関係を示す。ここでは、表3.5.2-1の対応関係を基本として、松岡・翠川(1994)の微地形分類を行うこととした。

なお、以下の2点について新たに考慮することとした。

①微地形区分の「他の地形(沖積・洪積)」の見直し

国土数値情報を用いた微地形区分の中にある「他の地形(沖積・洪積)」という分類は、その大半が第四紀に噴火した火山の地形であるが、同地域の地質図と比較すると第三紀以前の岩盤が露出している地域が混在している箇所が多く見られた。そこで、「他の地形(沖積・洪積)」に分類される地域の地質図と照らし合わせて、再分類を

行った。

②微地形区分がなされていないメッシュの再評価

国土数値情報では、湖や海沿いにおいて 1km メッシュの大半が水面部である場合は対象から除外している。このため、メッシュ内に陸がわずかに存在する場合でも、微地形区分が抜けている場合がある。そこで、データが抜けている湖および海沿いのメッシュに対して微地形ないしは地質を追加する作業を行った。

表 3.5.2-1 国土数値情報による地形分類および表層地質分類と松岡・翠川による微地形区分との関係

国土数値情報による地形分類および表層地質分類		地盤の増幅度の計算に用いる微地形区分 松岡・翠川(1994)	
コード ¹⁾	地形分類		微地形区分
副6	埋立地	—	埋立地
副7	干拓地	—	人工改変地
副5	人工改変地	—	デルタ・後背湿地 $D \leq 0.5$ ²⁾
主21	三角州性低地	—	デルタ・後背湿地 $D > 0.5$ ²⁾
主22	砂州・自然堤防	—	自然堤防
主23	被覆砂丘	—	谷底平野
区12、主16	(砂丘砂の)砂礫台地	—	砂州・砂丘
主19	扇状地性低地	—	扇状地
主14	ローム台地	—	ローム台地
主16	(砂丘砂以外の)砂礫台地	—	砂礫台地
主9~11	丘陵地	—	丘陵地
時代5,6	沖積・洪積	—	他の地形(火山など)
時代4	新第三紀	—	先第三紀
時代3	古第三紀	—	
時代2	中生代	—	
時代1	古生代	—	

1) 主および副は、国土数値情報の地形分類における主分類および副分類。区および時代は、国土数値情報の表層地質分類における岩石区分および時代区分

2) Dは主要河川からの距離(km)

C. 表層地盤の増幅の評価

表層地盤の増幅の評価については、前項で示した地震動評価のための微地形区分ごとに平均S波速度を設定し、その平均S波速度から増幅度を算定する方式を採用する。そこでまず、松岡・翠川(1994)によって示された式 3.5.2-1 の関係を用いて微地形区分ごとの平均S波速度を算定する。

$$\text{LogAVS} = a + b \cdot \text{LogH} + c \cdot \text{LogD} \pm \sigma \quad (3.5.2-1)$$

AVS ; 地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度 (m/s)

a, b, c, σ ; 係数(表 2)

H ; 標高 (m)

D ; 主要河川からの距離 (km)

表 3.5.2-2 式 3.5.2-1 における微地形区分ごとの係数

No	微地形区分	a	b	c	σ
1	埋立地	2.23	0	0	0.14
2	人工改変地	2.26	0	0	0.09
3	三角州・後背湿地(D \leq 0.5)	2.19	0	0	0.12
4	三角州・後背湿地(D $>$ 0.5)	2.26	0	0.25	0.13
5	自然堤防	1.94	0.32	0	0.13
6	谷底平野	2.07	0.15	0	0.12
7	砂州・砂丘	2.29	0	0	0.13
8	扇状地	1.83	0.36	0	0.15
9	ローム台地	2	0.28	0	0.11
10	砂礫台地(段丘)	1.76	0.36	0	0.12
11	丘陵	2.64	0	0	0.17
12	その他(火山など)	2.25	0.13	0	0.16
13	先第三紀	2.87	0	0	0.23

松岡・翠川(1994)による

ところで、Matsuoka and Midorikawa(1994)によると、それぞれの微地形区分における標高のデータに係る係数“b”と主要河川までの最短距離に係わる係数“c”は、実測値データを元に決定した関数によるものであり、対応する標高には有効な範囲が存在する。そこで、Matsuoka and Midorikawa(1994)で示されているグラフから微地形区分ごとに標高の範囲と主要河川までの最短距離の範囲を決定し、範囲から外れる標高値については、標高が範囲を下回る場合は下限を、範囲を上回る場合は上限の値を用いることとした。表 3.5.2-3 および表 3.5.2-4 に設定した係数“b”の標高の範囲と係数“c”の主要河川からの最短距離の範囲を示し、図 3.5.2-1 および図 3.5.2-2 に Matsuoka and Midorikawa(1994)による AVS と標高の関係および主要河川からの最短距離の関係図を示す。

表 3.5.2-3 係数“b”の標高の範囲

微地形区分	標高 (m)	
	下限	上限
自然堤防	1.5	80
谷底平野	0.7	200
扇状地	4.0	150
ローム台地	7.0	180
砂礫台地	20.0	150
その他	2.0	1000

表 3.5.2-4 係数“c”の主要河川からの最短距離の範囲

微地形区分	主要河川からの距離(km)	
	下限	上限
デルタ・後背湿地 (D>0.5)	0.5	4.5

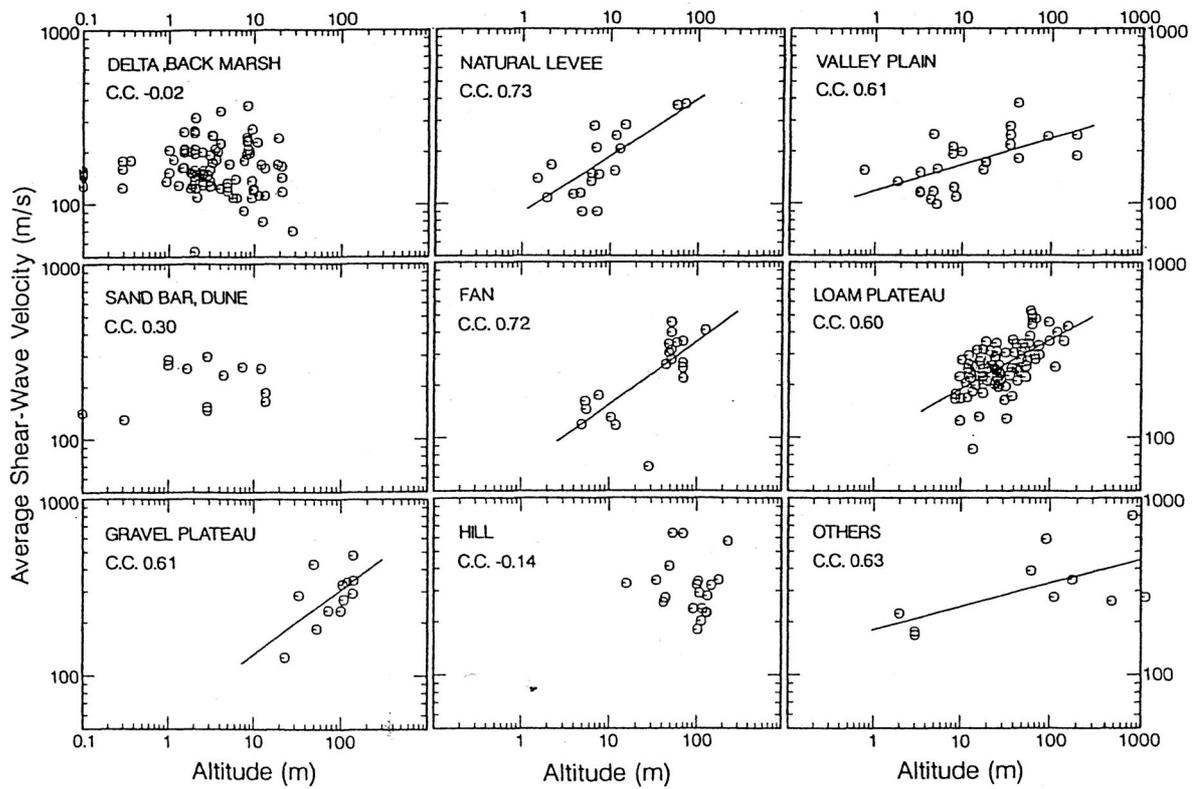


Fig. 2 Correlations of Average Shear Wave Velocity with Altitude for Individual Geomorphological Units

図 3.5.2-1 Matsuoka and Midorikawa (1994) による AVS と標高の関係

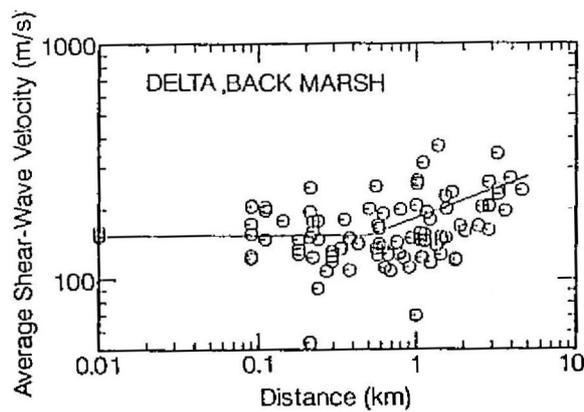


図 3.5.2-2 Matsuoka and Midorikawa (1994) による AVS と主要河川からの距離の関係

松岡・翠川(1994)は、第三紀ないしそれ以前の丘陵地 (AVS が 600m/sec 程度) を基準とした表層地盤の速度増幅度について、式 3.5.2-2 を用いて算定することを提案している。ここでも同様な方法を用いて表層地盤の速度の増幅度を求めることとした。これにより、何らかの方法によって求められた基盤速度に、この増幅度を掛け合わせることで各メッシュの地表速度が算定できる。

なお、標高値や主要河川からの距離によっては平均 S 波速度が 100m/sec 未満となる場合が生じるが、ここでは、平均 S 波速度が 100m/sec 未満となった場合には、平均 S 波速度 100m/sec の速度増幅度で評価するものとした。

$$\text{LogARV} = 1.83 - 0.66 \cdot \text{LogAVS} \pm 0.16 \quad (3.5.2-2)$$

(100 < AVS < 1500)

AVS ; 地表から地下 30m までの推定平均 S 波速度 (m/s)

ARV ; 地表～地下 30m までの速度増幅度

また、式 3.5.2-2 は、平均 S 波速度が 600m/sec を基準(増幅度=1.0)としている。今回の予測地図作成に当たっての基盤の評価は、工学的基盤 (S 波速度 400m/sec 相当) で行うことを想定しているため、上記増幅度を S 波速度 400m/sec の地盤上に適用する場合には、1.31 で割った増幅度を用いる。

以上までに述べた方法で、確率論的地図サンプル版作成領域周辺について、1km メッシュごとの微地形区分の分布および工学的基盤以浅の速度増幅度の分布を求めた。求めた結果を下記の図として示す。

- ・ 図 3.5.2-3 国土数値情報を用いた微地形区分の分布
- ・ 図 3.5.2-4 松岡・翠川(1994)の方法に基づく工学的基盤以浅の速度増幅度分布

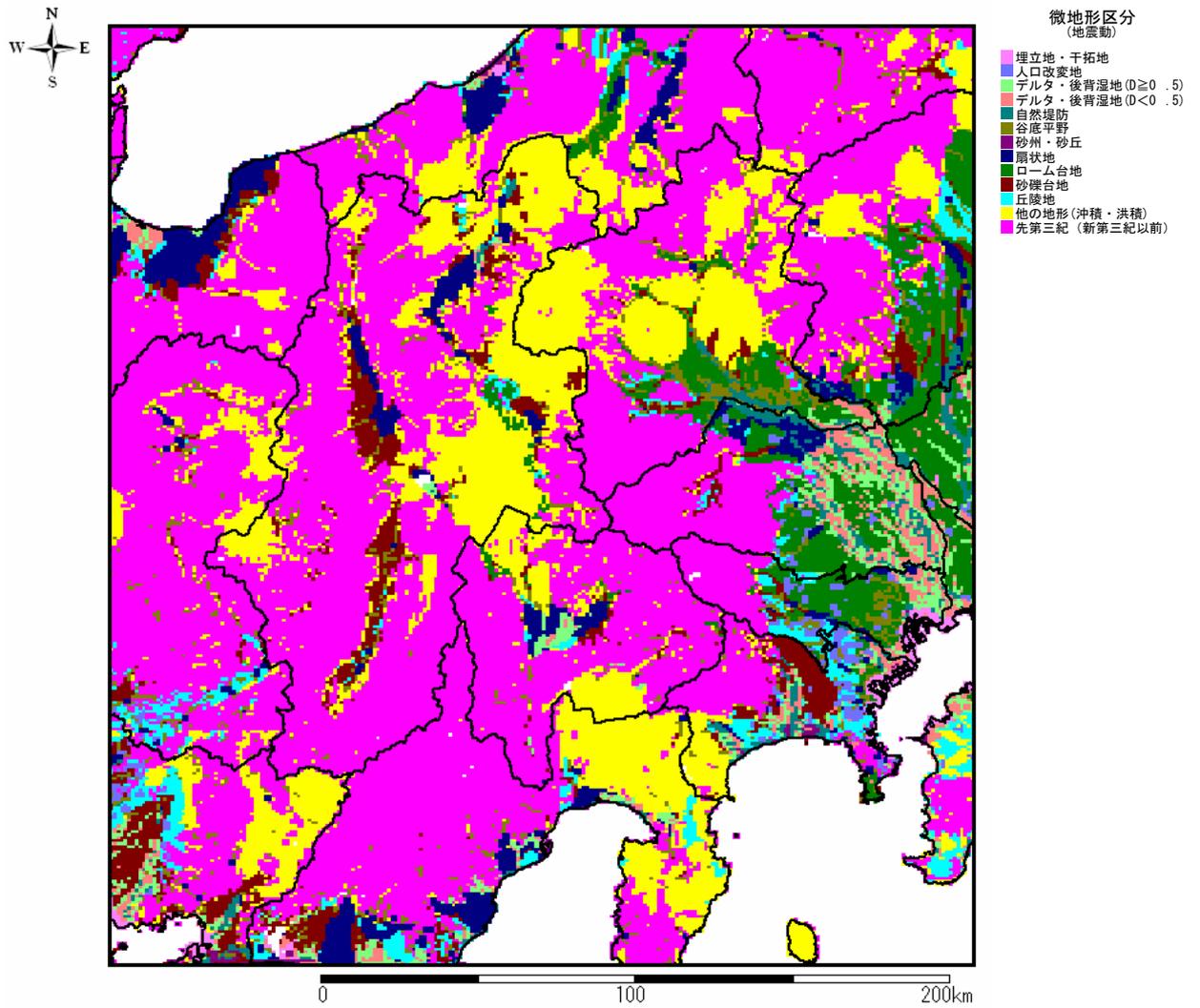


図 3.5.2-3 国土数値情報を用いた微地形区分の分布

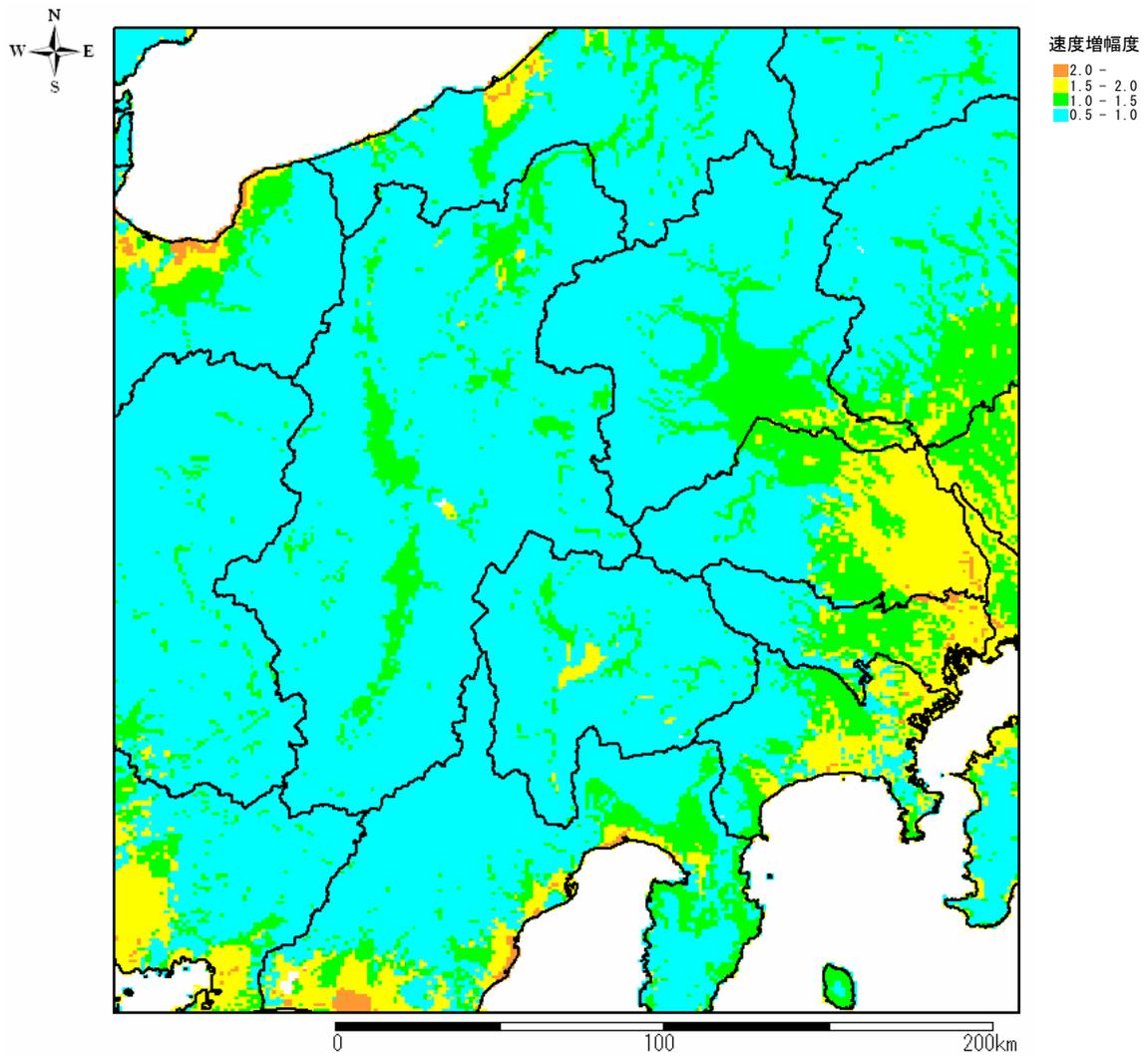


図 3.5.2-4 松岡・翠川(1994)の方法に基づく工学的基盤以浅の速度増幅度分布

参考文献

- 国土庁計画調整局・国土地理院(1987)：「国土数値情報」、国土情報シリーズ2、大蔵省印刷局
- 松岡昌志・翠川三郎(1993)：「国土数値情報を利用した地盤の平均S波速度の推定」、日本建築学会構造系論文報告集、第443号、pp.65-71
- 松岡昌志、翠川三郎(1993)：国土数値情報を利用した広域震度分布予測、日本建築学会構造系論文報告集、第447号、pp.51-56
- 松岡昌志、翠川三郎(1994)：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング、第22回地盤震動シンポジウム、日本建築学会
- Masashi Matsuoka and Saburoh Midorikawa(1994)：GIS-BASED SEISMIC HAZARD MAPPING USING THE DIGITAL LAND INFORMATION、第9回日本地震工学シンポジウム、1994

3.6 評価結果

3.6.1 確率論的地図の評価結果

A. 評価結果の一覧

表 3.6.1-1 に確率論的地図サンプル版の評価結果の一覧を評価条件とともに示す。また、図 3.6.1-1 に試作領域における地盤増幅率（図 3.3.1-2 を再掲）を示す。

（１）期間と超過確率を固定した場合の地震動強さの分布図

- ・ 図 3.6.1-2～図 3.6.1-33 は期間と超過確率を固定した場合の地震動強さの分布図である。それぞれの図は 1 ページが 3 枚の地図で構成されており、左の図が西暦 2002 年より 50 年間の超過確率が 39%、中央の図が同 10%、右の図が同 5% の結果である。
- ・ このうち、図 3.6.1-2～図 3.6.1-4 は全地震を考慮したトータルのハザードを、また、図 3.6.1-5～図 3.6.1-19 は各地震ごとのハザードに分解した結果を示している。各図とも、地表の計測震度、地表の最大速度、工学的基盤上の最大速度の 3 種類で 1 セットとなっている。これらの図の評価条件は 98 活断層帯と海溝型地震の地震発生確率の取扱いについては「平均的なケース」、グループ 4 および 5 の地震の取扱いについては「4 つのケースを平均した結果」を用いている。
- ・ 図 3.6.1-20～図 3.6.1-33 は参考図として、上記の取扱い条件を変えた場合あるいは個別の地震のみによる結果を示している。個々の評価条件については表 3.6.1-1 を参照されたい。なお、参考図では地表の計測震度の結果のみを示している。

（２）期間と地震動強さを固定した場合の超過確率の分布図

- ・ 図 3.6.1-34～図 3.6.1-53 は期間と地震動強さを固定した場合の超過確率の分布図である。それぞれの図は 1 ページが 3 枚の地図で構成されており、左の図が西暦 2002 年より 50 年間に震度が 5 強以上となる確率を、中央の図が震度が 6 弱以上となる確率を、右の図が震度が 6 強以上となる確率を示している。

- ・ 図 3.6.1-34 が全地震を考慮したトータルハザード、図 3.6.1-35 ~ 図 3.6.1-39 が各地震ごとのハザードに分解した結果である。図 3.6.1-40 ~ 3.6.1-53 は参考図で、その評価条件は図 3.6.1-20 ~ 図 3.6.1-33 と同じである。

B. 考 察

(1) 期間と超過確率を固定した場合の地震動強さの分布図

- ・全地震を考慮したトータルのハザード(図 3.6.1-2~図 3.6.1-4)に関して、今回の試作領域の結果は総じてハザードレベルが非常に高いということが出来る。図 3.6.1-2 によれば、50 年超過確率が 10%の確率レベルに対して試作領域の北東部を除く広い範囲で震度 6 弱以上となっている。確率レベルが低くなるにつれて対応する地震動強さは強くなるが、計測震度の分布図(図 3.6.1-2)で比較してみると、50 年超過確率 39%の結果と 5%の結果では震度階級がおおむね 1 段階異なる結果となっている。
- ・各地域のハザードを細かく見ていくと、大きな震度が飛び地状に分布するケースが多く見られるが、これには地盤増幅率の大小が強く影響している。図 3.6.1-1 の最初に示した地盤増幅率の地域分布を見ると、甲府盆地周辺や一部地域を除けば、今回の試作領域での地盤増幅率は総じて大きくないが、ハザード評価の結果を相対的に比較する場合には個々のメッシュの増幅率の大小が結果に強く反映されることが理解できる。
- ・各地震によるハザード(図 3.6.1-5~図 3.6.1-19)について考察する。なお、各地震によるハザードの違いを比較するために、図の最後(図 3.6.1-54)に 50 年超過確率が 10%の場合の計測震度の分布図を並べて示す。地震別のハザードでは、試作領域のほぼ全域において海溝型地震によるハザード(図 3.6.1-8~図 3.6.1-10)が大きく、また、糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)と富士川河口断層帯の周辺ではそれに加えて 98 活断層帯によるハザード(図 3.6.1-5~図 3.6.1-7)が大きいことが理解できる。その他の地震(グループ 1、4、5)によるハザードは 98 活断層帯や海溝型地震と比較すれば相対的には小さいが、その中では試作領域の南東側においてはグループ 4 の地震によるハザード(図 3.6.1-14~図 3.6.1-16)が大きい。なお、こうした点は今回の試作領域においては特徴的であるが、98 活断層帯や海溝型地震の影響がさほど大きくない別の地域では別の結論となる可能性があることには注意する必要がある。
- ・一方、参考図で示した評価条件の違いについては、98 活断層帯のうち、地震発生確率の取扱い条件の違い(平均ケース/最大ケース)の対象となった活断層帯で今回の試作領域に影響を及ぼすのは富士川河口断層帯のみである。

したがって、図 3.6.1-5 と図 3.6.1-20 を比較すれば明らかなように、同断層の周辺ではその発生確率の違いによるハザードの差が見られる。また、富士川河口断層帯の断層面の違いに関しては、拡大モデルでは断層面が西側に広がったため、主として領域南部において中央より西側の部分でハザードが高くなる結果となっている（図 3.6.1-22 ~ 図 3.6.1-25）。

- ・海溝型地震で地震発生確率の取扱い条件の違い（平均ケース / 最大ケース）の対象となったのは東南海地震、南海地震、想定関東地震（仮）である。このうち、東南海地震と南海地震は断層面が試作領域から離れていることと、平均ケースと最大ケースの地震発生確率の差が小さいために、評価条件の違いは今回の試作領域に限ればほとんど影響を及ぼさない。これに対して想定関東地震（仮）に関しては、最大ケースでは平均ケースに比べて発生確率が高くなるため（1.5% 14%）、図 3.6.1-8 と図 3.6.1-26 では特に試作領域の東部で違いが現れている。
- ・グループ 4 およびグループ 5 の地震の取扱い条件については「4つのケースを平均した結果」を基本ケース（図 3.6.1-14 ~ 図 3.6.1-19）として、参考図として「地域区分しない / 微小地震」の結果（図 3.6.1-32、図 3.6.1-33）を示した。今回の試作領域では、グループ 4 の地震によるハザード（図 3.6.1-14 と図 3.6.1-32）で一部の地域で多少違いが見られるものの、全体的には大きな違いは見られない。しかし、こうした評価条件の違いは地域ごとに影響が異なるものであり、今回の結果のみで他の地域も含めた一般的な結論を出すのは難しいように思われる。
- ・今回の試作領域では特に南側の地域において非常に高いハザードとなっているが、図 3.6.1-2 と図 3.6.1-27 とを比較して明らかなように、そのハザードに対しては想定東海地震（仮）の寄与が大きい。地震ハザードは 3.1 節の式 (3.1-5) で示したように、地震の発生確率と、その地震が発生した場合の地震動強さの条件付き超過確率の積和となる。したがって、想定東海地震（仮）のように地震発生確率が 1 に近い場合には、確率レベル（超過確率）が $x\%$ のハザードとは地震動強さのばらつきに対して超過確率が $x\%$ （ $100-x\%$ 非超過）となる値を評価することになるので、 x が 10%、5%、2% と小さくなるにつれて非常に強い地震動強さとなる。（注：今回の地震動評価モデルで用いている対数標準偏差が 0.53 の対数正規分布の場合、地震動強さの中央値に対する 10%、5%、2% 超過値（90%、95%、98% 非超過値）はそれぞれ、約 2 倍、約 2.4 倍、約 3 倍となる。）したがって、このような場合には震源域での地震動強さの不

確定性の評価や上限値の設定がより重要となることに加えて、このような場合の確率論的地図の意味やシナリオ地震地図との関係については十分な議論が必要である。

(2) 期間と地震動強さを固定した場合の超過確率の分布図

- ・(1) の図と(2) の図の違いはハザードカーブで考えると、横に切っている確率レベルに対する地震動強さを見るか、縦に切っている地震動強さに対する超過確率を見るかの違いであって、基本的な特徴は(2) の図であっても(1) と変わるものではない。例えば、(1) の図 3.6.1-2 の 50 年超過確率 10% の図において、震度が 6 弱以上(橙色～赤色) となる地域は試作領域の北東の一部を除く広い範囲に及んでいるが、この範囲は図 3.6.1-34 の震度 6 弱以上の図において超過確率が 10% 以上となる黄色～橙色～赤色の地域におおむね対応している。また、図 3.6.1-2 の 50 年超過確率 5% の図において、震度が 6 強以上(赤色～茶色) となる地域は図 3.6.1-34 の震度 6 強以上の図において超過確率が 5% 以上となる黄色～橙色～赤色の地域とほぼ同じである。
- ・各地震によるハザード(図 3.6.1-35～図 3.6.1-39) についても、その特徴は(1) で述べたものと同様であり、今回の試作領域では海溝型地震、糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部) 富士川河口断層帯によるハザードが高いこと、グループ 4 の地震によるハザードにおいて試作領域の南東の地域では震度 5 強あるいは 6 弱以上の確率がある程度高くなることなどが理解できる。
- ・また、参考図(図 3.6.1-40～図 3.6.1-53) に示した個々の地震によるハザード、あるいは評価条件の違いについても、その特徴は(1) で述べたものと同様である。

表3.6.1-1 確率論的地図サンプル版一覧

1. 期間と超過確率を固定した場合の地震動強さ分布図

(注) 各図ともに期間は西暦2002年より50年間の結果

各図に超過確率が39%、10%、5%の3つの場合に対する地震動強さの地図を表示
表中、想定東海地震(仮)を想定東海、想定関東地震(仮)を想定関東と略す

(1) 全地震を考慮したトータルのハザード

図番号	地震の種別 / 詳細	活断層・海溝型地震の地震発生確率の取扱い	グループ3～5の地震の取扱い	期間	地震動定義位置	地震動強さ指標
図3.6.1-2	全地震トータル	平均ケース	4ケースの平均	50年	地表面	計測震度
図3.6.1-3	同	同	同	50年	地表面	最大速度
図3.6.1-4	同	同	同	50年	工学的基盤	最大速度

(2) 個別の地震によるハザード

図番号	地震の種別 / 詳細	活断層・海溝型地震の地震発生確率の取扱い	グループ3～5の地震の取扱い	期間	地震動定義位置	地震動強さ指標
図3.6.1-5	98活断層帯(全活断層帯)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-6	同	同		50年	地表面	最大速度
図3.6.1-7	同	同		50年	工学的基盤	最大速度
図3.6.1-8	海溝型(全地震)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-9	同	同		50年	地表面	最大速度
図3.6.1-10	同	同		50年	工学的基盤	最大速度
図3.6.1-11	グループ1(全断層)			50年	地表面	計測震度
図3.6.1-12	同			50年	地表面	最大速度
図3.6.1-13	同			50年	工学的基盤	最大速度
図3.6.1-14	グループ4		4ケースの平均	50年	地表面	計測震度
図3.6.1-15	同		同	50年	地表面	最大速度
図3.6.1-16	同		同	50年	工学的基盤	最大速度
図3.6.1-17	グループ5		4ケースの平均	50年	地表面	計測震度
図3.6.1-18	同		同	50年	地表面	最大速度
図3.6.1-19	同		同	50年	工学的基盤	最大速度

(3) 参考図 (地表の計測震度の図のみ : 太字は基本ケースとの条件の違いを表わす)

図番号	地震の種別 / 詳細	活断層・海溝型地震の地震発生確率の取扱い	グループ3～5の地震の取扱い	期間	地震動定義位置	地震動強さ指標
図3.6.1-20	98活断層帯(全活断層帯)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-21	糸静線(北部中部)のみ	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-22	富士川のみ(標準マ'ル)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-23	富士川のみ(拡大マ'ル)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-24	富士川のみ(標準マ'ル)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-25	富士川のみ(拡大マ'ル)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-26	海溝型 (全地震)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-27	想定東海のみ	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-28	想定関東のみ	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-29	想定関東のみ	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-30	想定東海 + 想定関東	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-31	想定東海 + 想定関東	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-32	グループ4		地域区分しない/微小地震	50年	地表面	計測震度
図3.6.1-33	グループ5		地域区分しない/微小地震	50年	地表面	計測震度

2 . 期間と地震動強さを固定した場合の超過確率分布図

(注) 各図ともに期間は西暦2002年より50年間の結果

各図に震度階が5強以上、6弱以上、6強以上の3つの場合の超過確率の地図を表示
表中、想定東海地震 (仮) を想定東海、想定関東地震 (仮) を想定関東と略す

(1) 全地震を考慮したトータルハザード

図番号	地震の種別 / 詳細	活断層・海溝型地震の地震発生確率の取扱い	グループ3～5の地震の取扱い	期間	地震動定義位置	地震動強さ指標
図3.6.1-34	全地震トータル	平均ケース	4 ケースの平均	50年	地表面	計測震度

(2) 個別の地震によるハザード

図番号	地震の種類 / 詳細	活断層・海溝型地震の地震発生確率の取扱い	グループ3～5の地震の取扱い	期間	地震動定義位置	地震動強さ指標
図3.6.1-35	98活断層帯(全活断層帯)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-36	海溝型(全地震)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-37	グループ1(全断層)			50年	地表面	計測震度
図3.6.1-38	グループ4		4ケースの平均	50年	地表面	計測震度
図3.6.1-39	グループ5		4ケースの平均	50年	地表面	計測震度

(3) 参考図(太字は基本ケースとの条件の違いを表わす)

図番号	地震の種類 / 詳細	活断層・海溝型地震の地震発生確率の取扱い	グループ3～5の地震の取扱い	期間	地震動定義位置	地震動強さ指標
図3.6.1-40	98活断層帯(全活断層帯)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-41	糸静線(北部中部)のみ	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-42	富士川のみ(標準モ ^ル)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-43	富士川のみ(拡大モ ^ル)	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-44	富士川のみ(標準モ ^ル)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-45	富士川のみ(拡大モ ^ル)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-46	海溝型(全地震)	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-47	想定東海のみ	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-48	想定関東のみ	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-49	想定関東のみ	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-50	想定東海+想定関東	平均ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-51	想定東海+想定関東	最大ケース		50年	地表面	計測震度
図3.6.1-52	グループ4		地域区分しない/微小地震	50年	地表面	計測震度
図3.6.1-53	グループ5		地域区分しない/微小地震	50年	地表面	計測震度

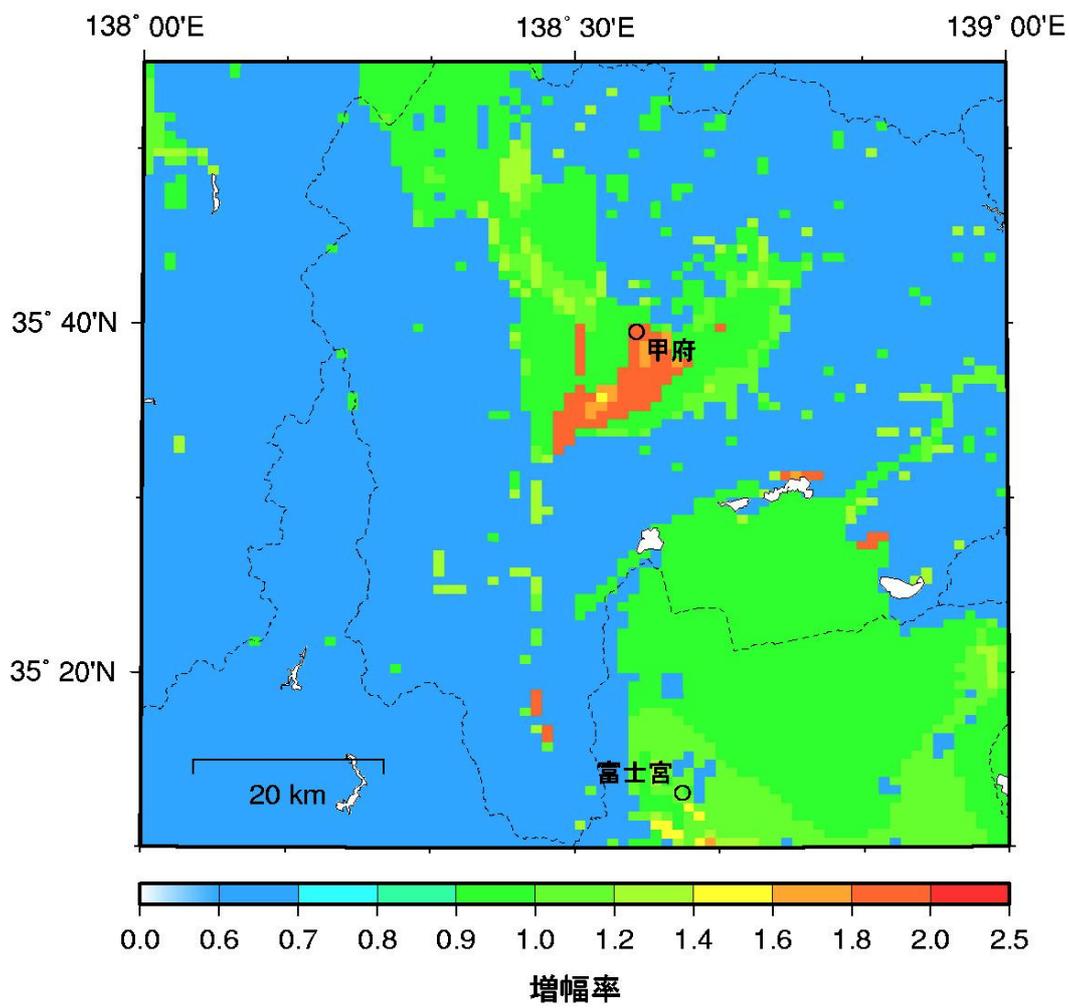


図 3.6.1-1 確率論的地図の試作領域の地盤増幅率

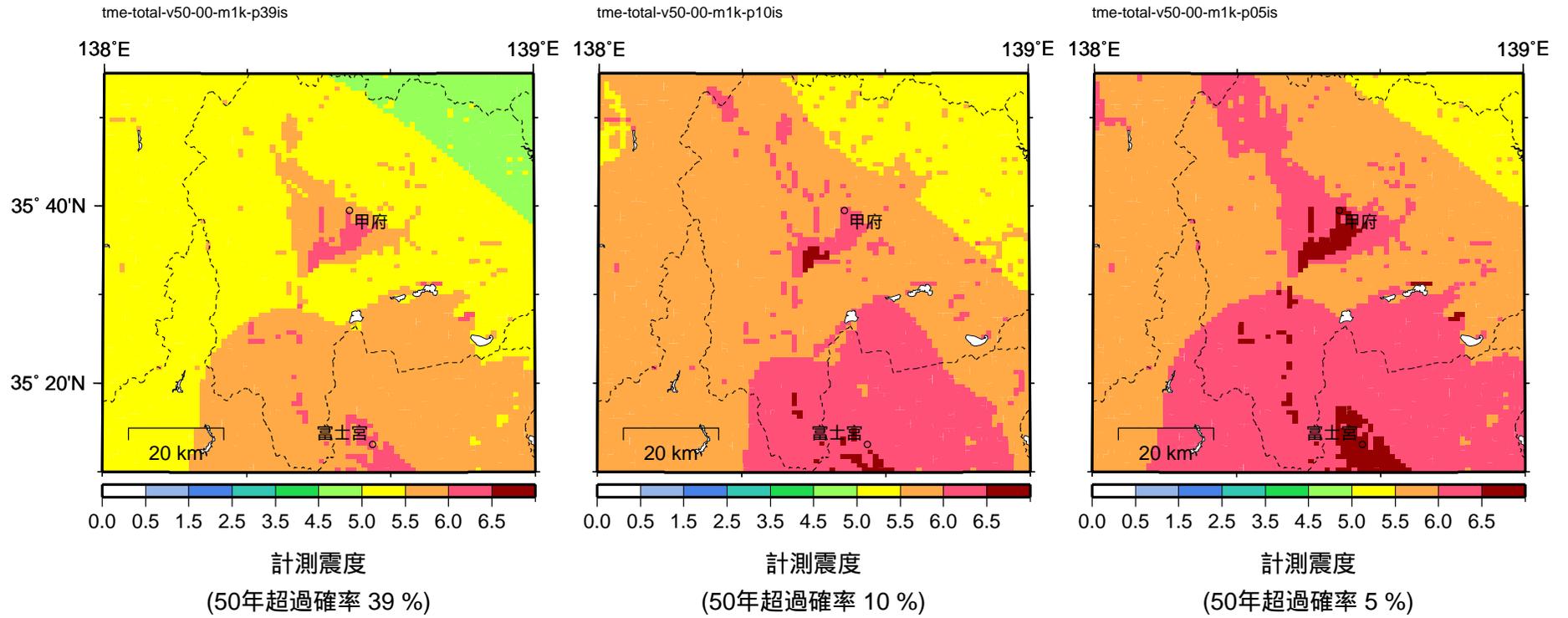


図 3.6.1-2 全地震によるトータルのハザード
< 平均ケース、4 ケースの平均、50 年、地表面計測震度 >

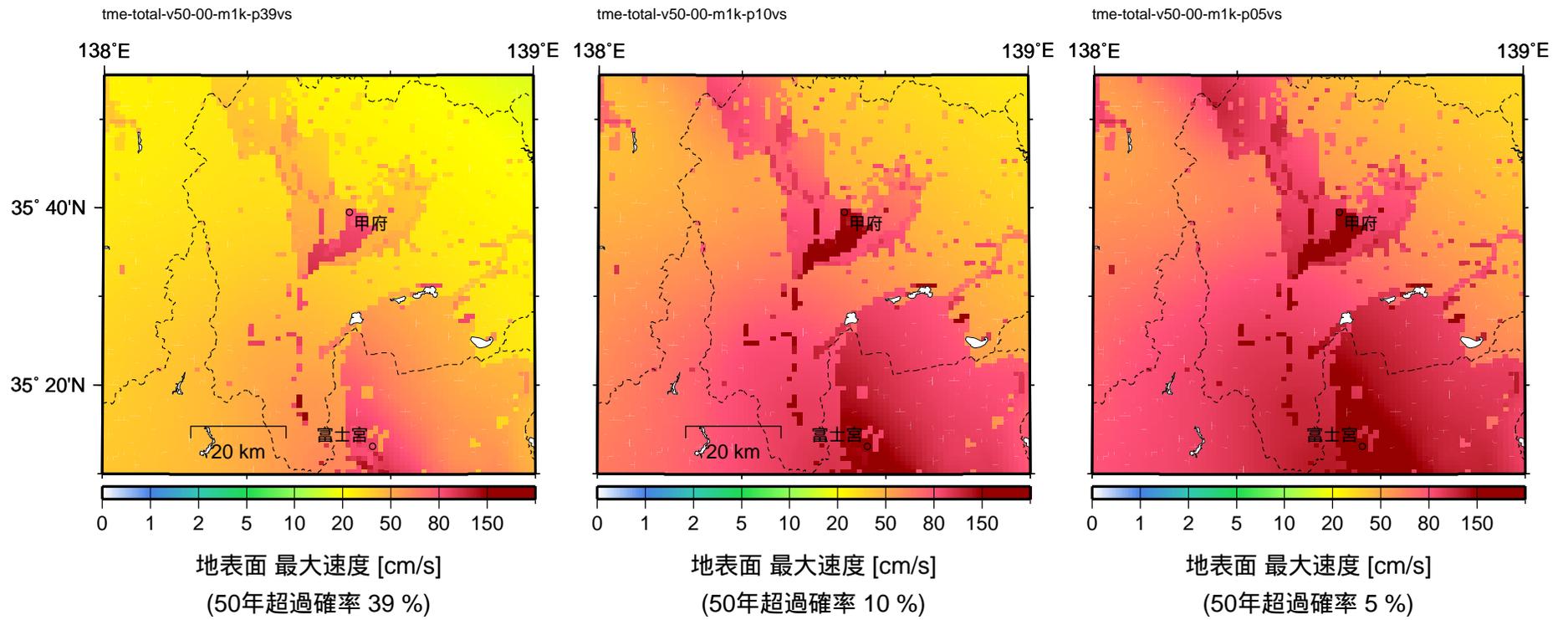


図 3.6.1-3 全地震によるトータルハザード
< 平均ケース、4 ケースの平均、50 年、地表面最大速度 >

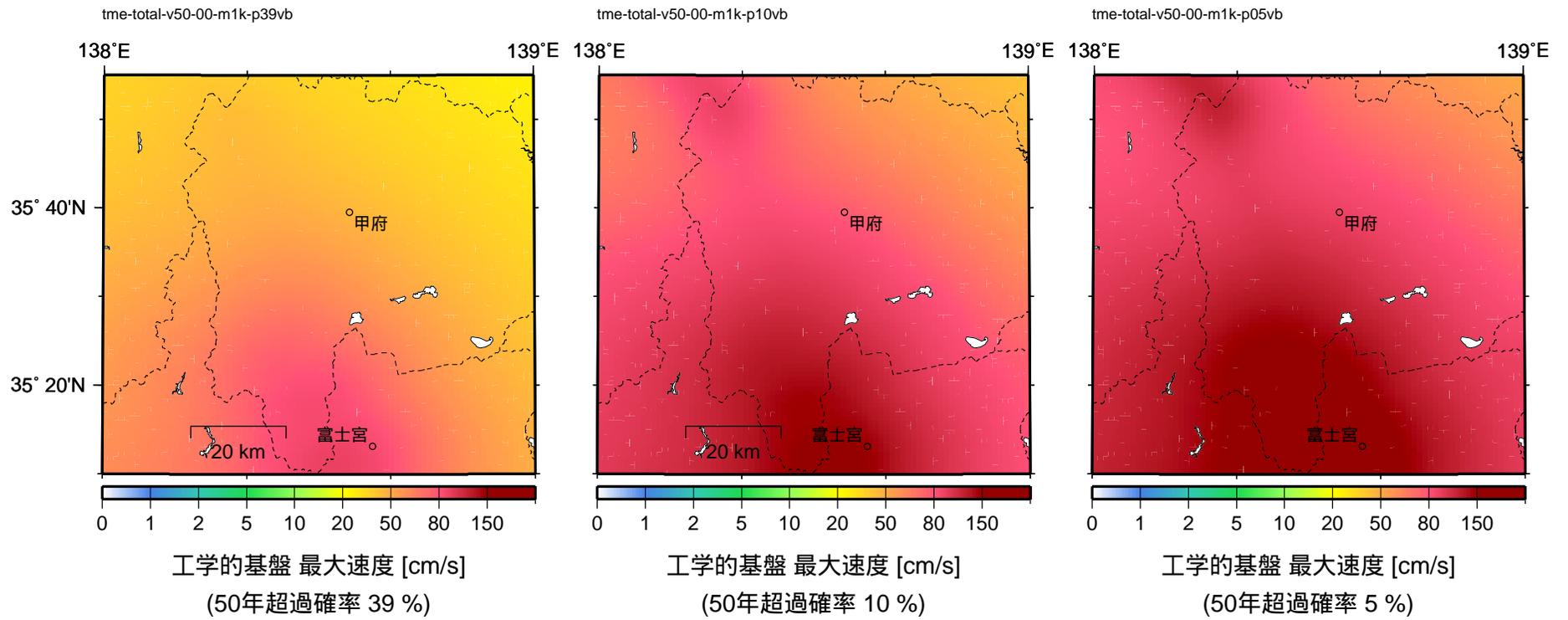


図 3.6.1-4 全地震によるトータルハザード
<平均ケース、4 ケースの平均、50 年、工学的基盤最大速度 >

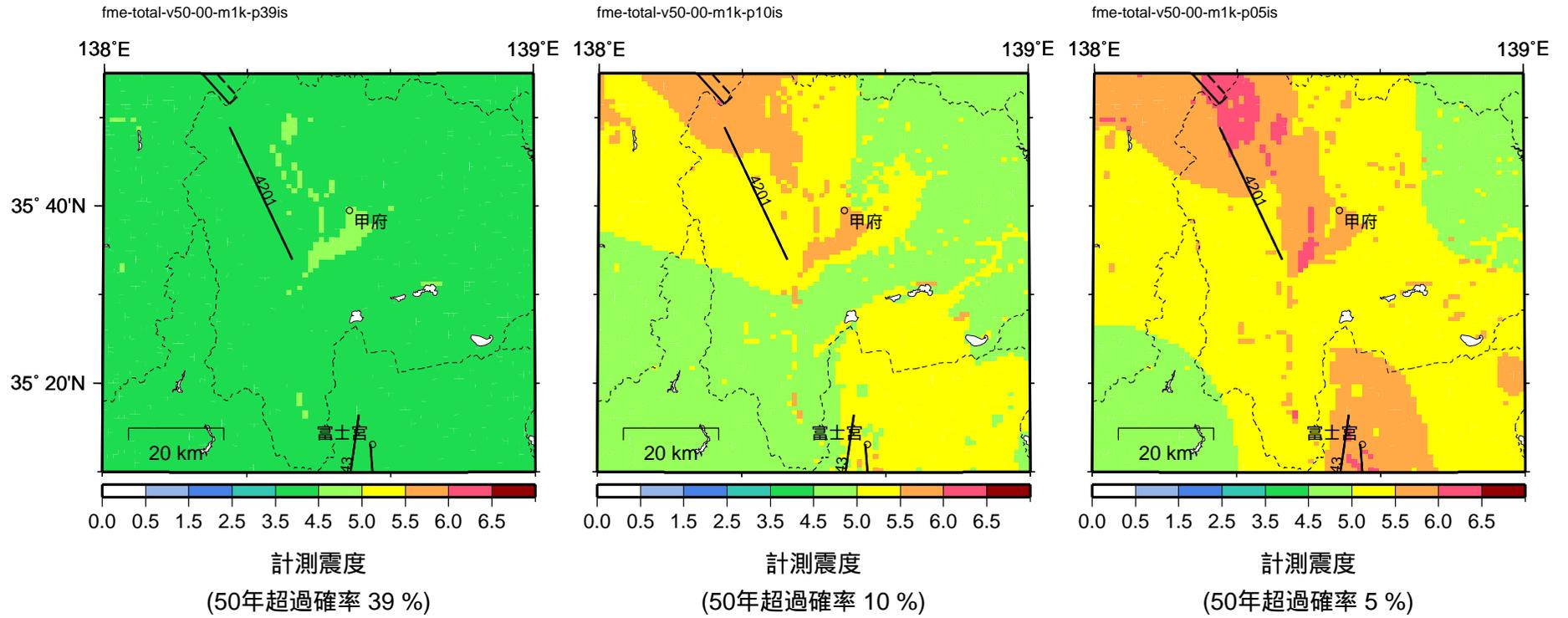


図 3.6.1-5 98 活断層帯の全活断層帯によるハザード
< 平均ケース、50 年、地表面計測震度 >

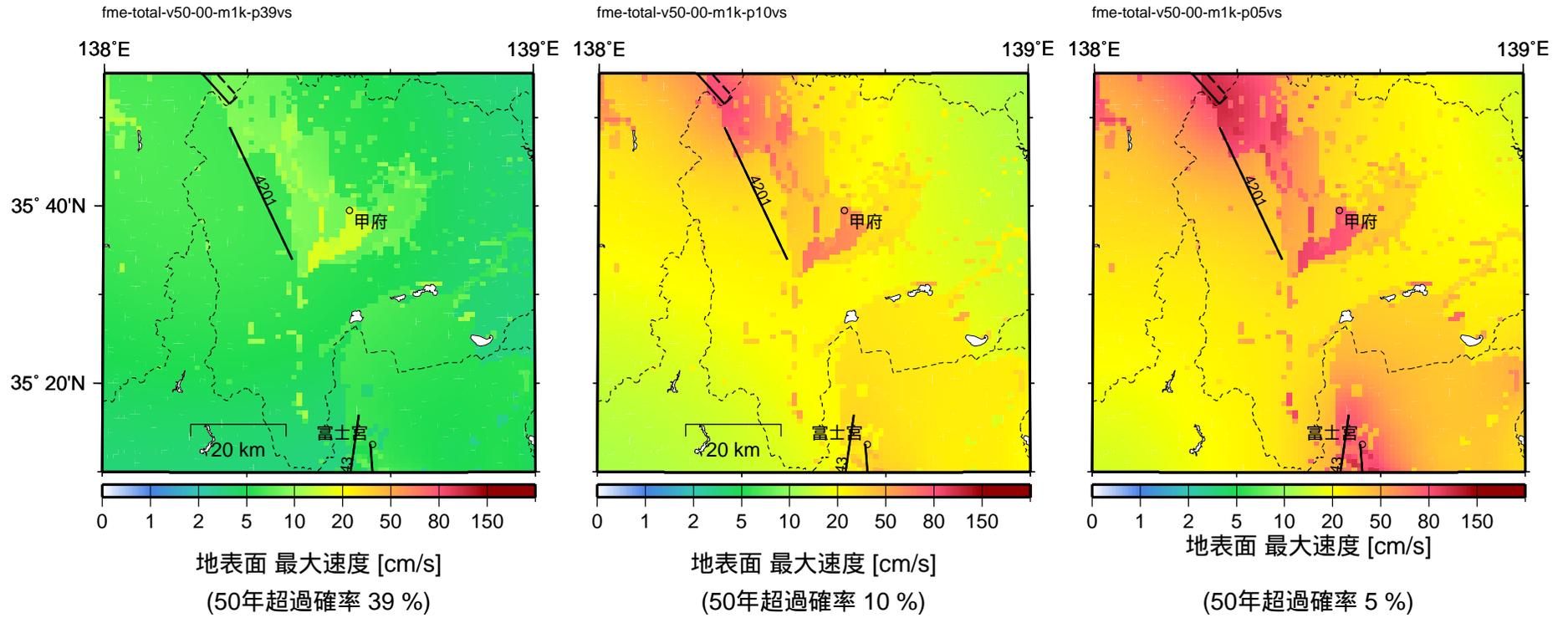


図 3.6.1-6 98 活断層帯の全活断層帯によるハザード
< 平均ケース、50 年、地表面最大速度 >

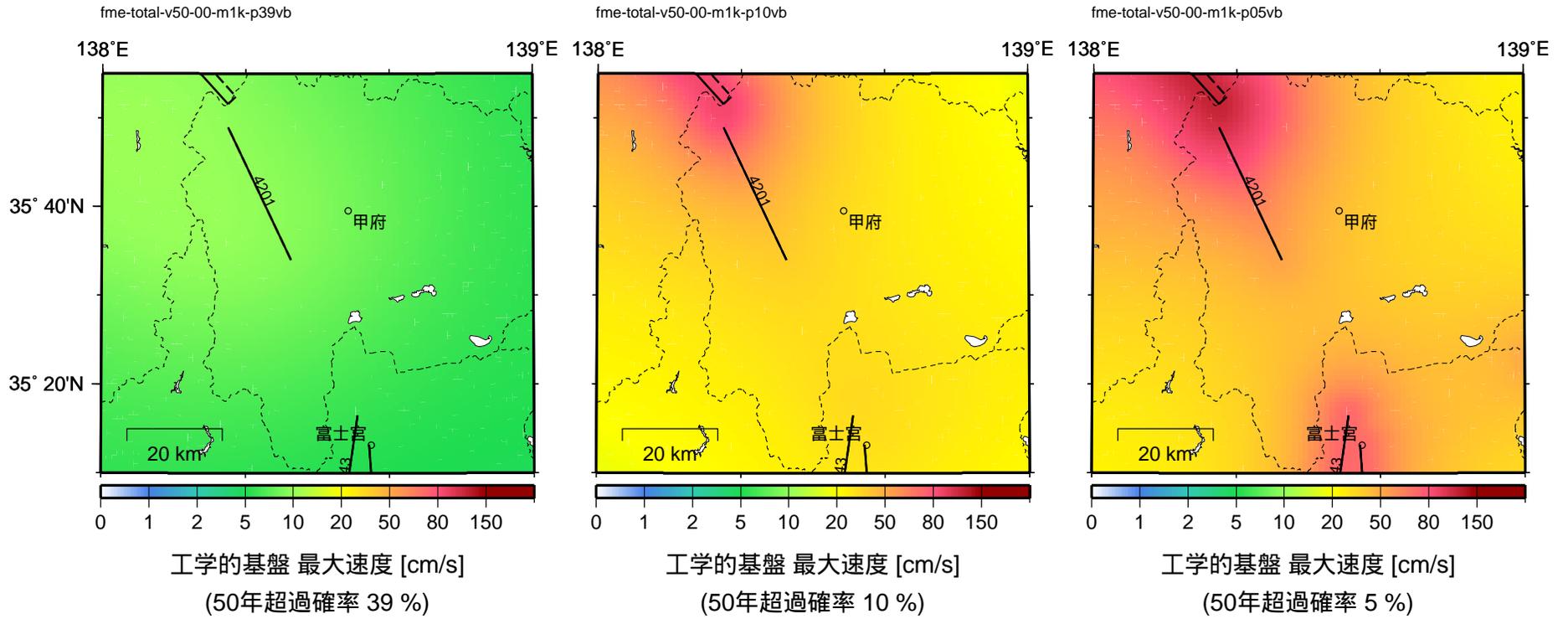


図 3.6.1-7 98 活断層帯の全活断層帯によるハザード
 < 平均ケース、50 年、工学的基盤最大速度 >

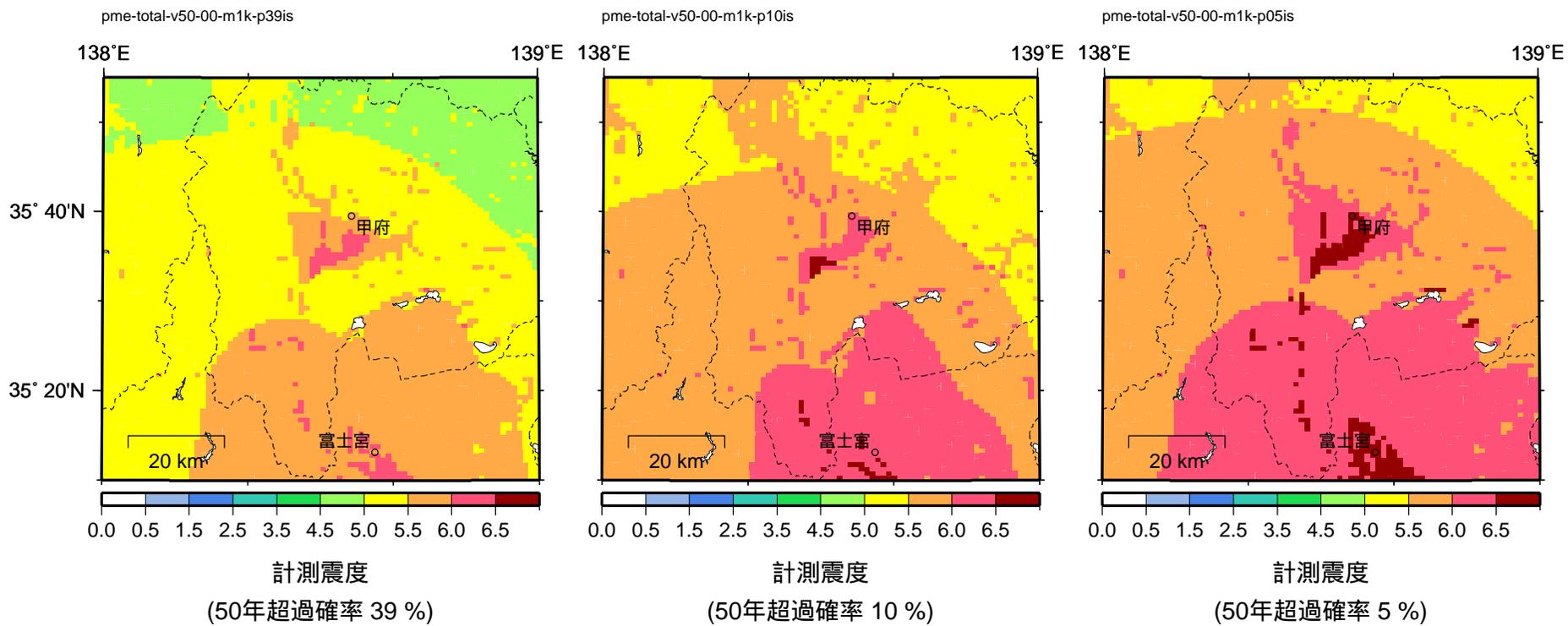


図 3.6.1-8 海溝型地震の全地震によるハザード
<平均ケース、50年、地表面計測震度>

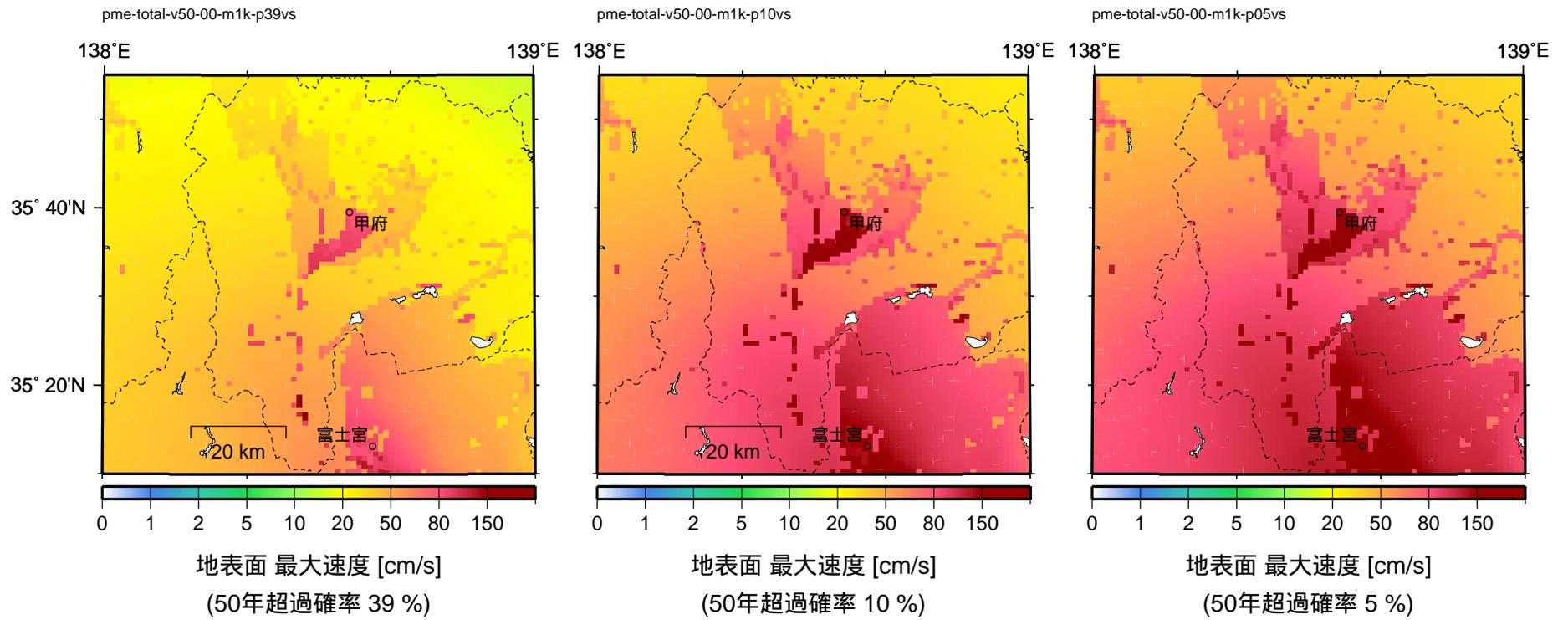


図 3.6.1-9 海溝型地震の全地震によるハザード
< 平均ケース、50 年、地表面最大速度 >

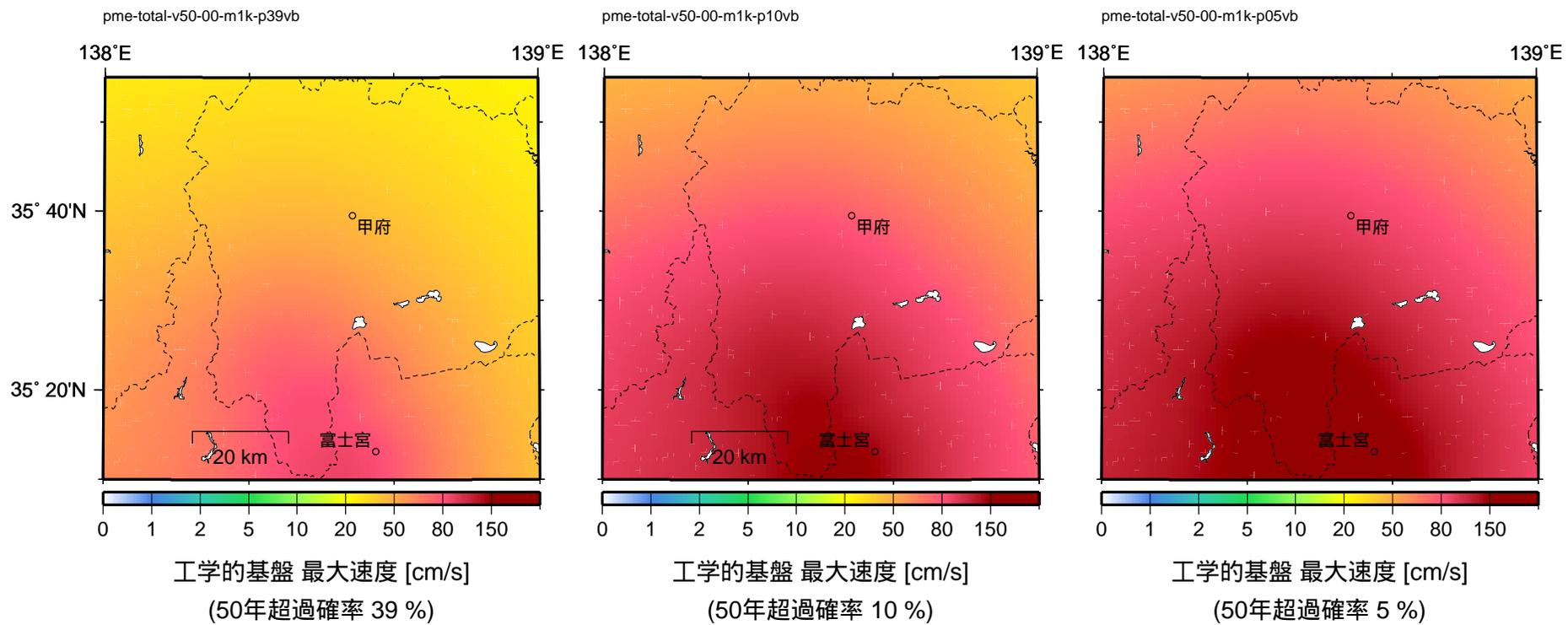


図 3.6.1-10 海溝型地震の全地震によるハザード
<平均ケース、50年、工学的基盤最大速度>

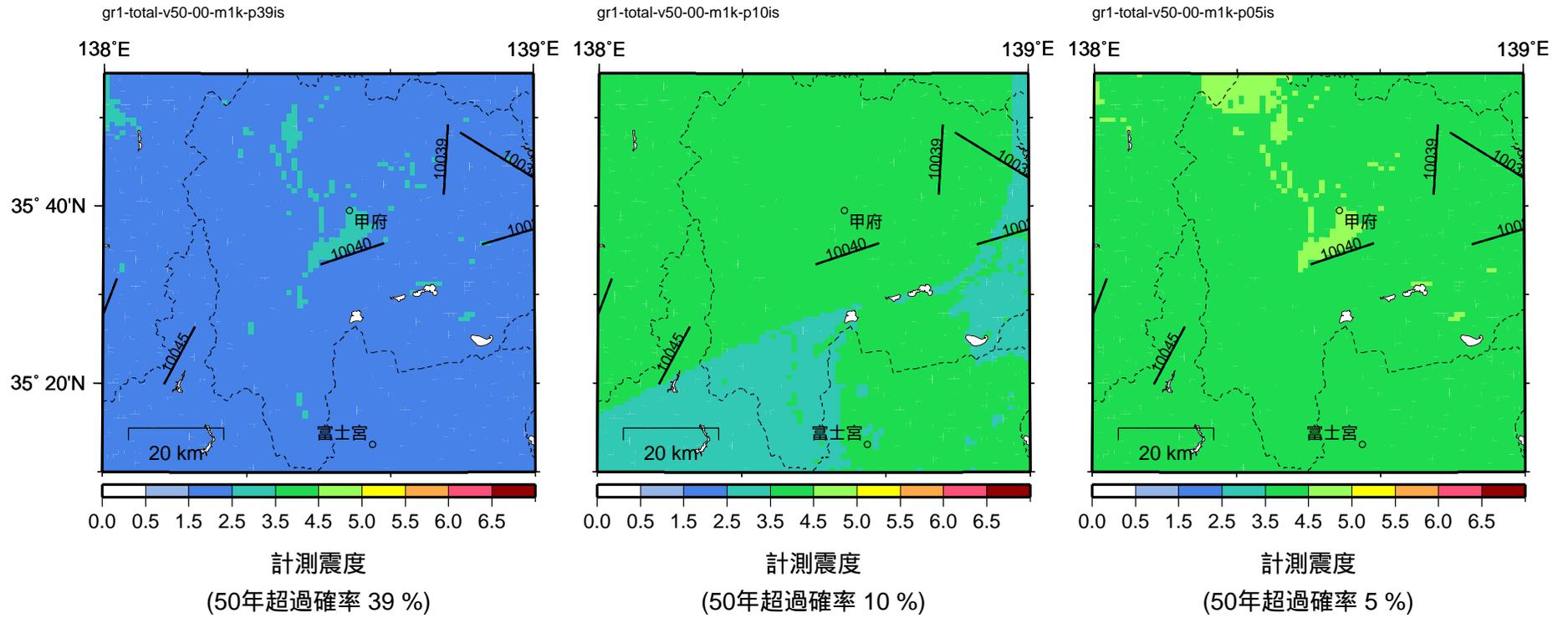


図 3.6.1-11 その他の地震のうちグループ 1 の地震に対する全活断層によるハザード
< 50 年、地表面計測震度 >

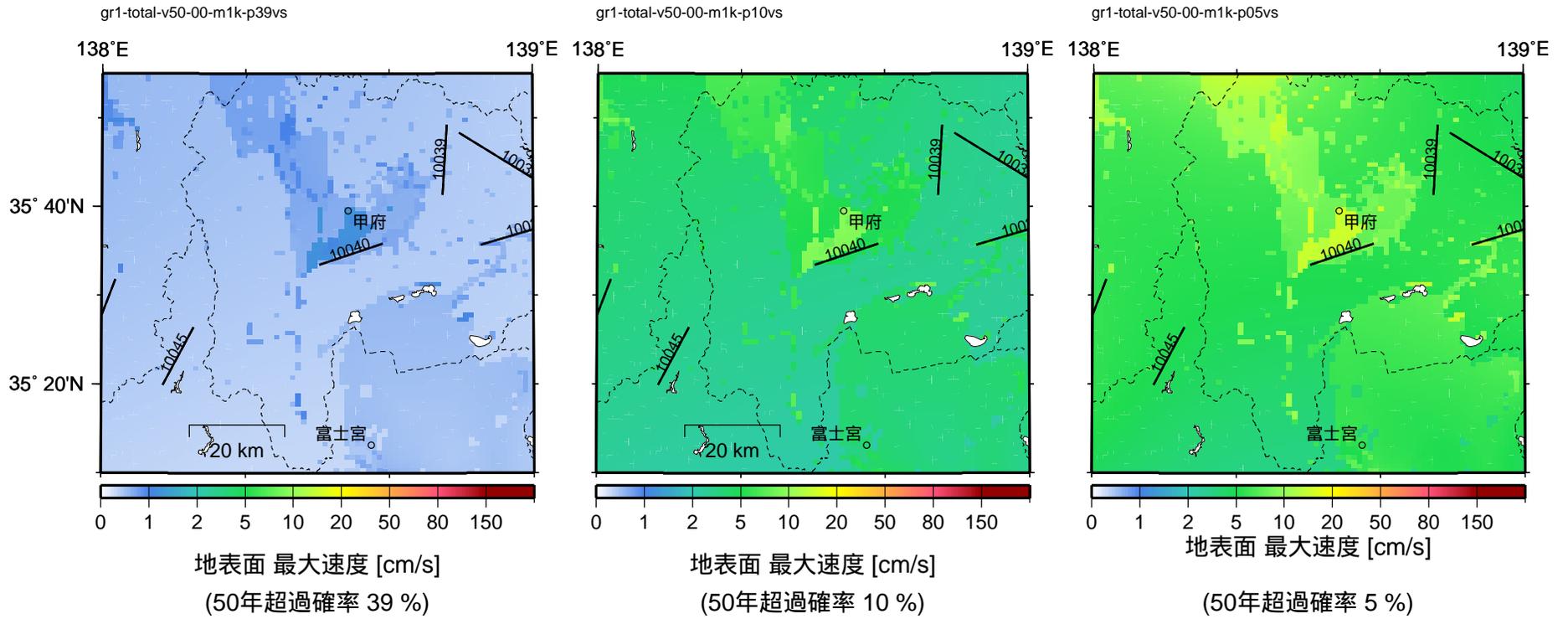


図 3.6.1-12 その他の地震のうちグループ 1 の地震に対する全活断層によるハザード
< 50 年、地表面最大速度 >

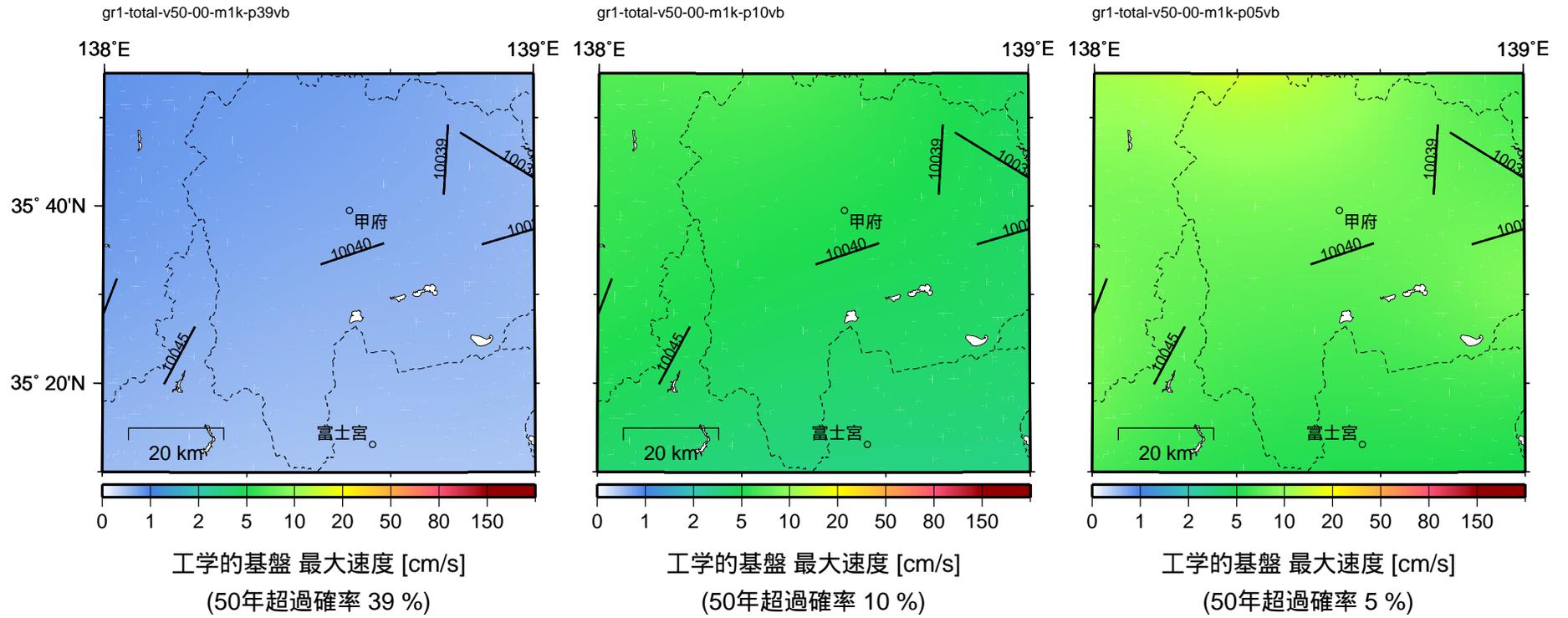


図 3.6.1-13 その他の地震のうちグループ 1 の地震に対する全活断層によるハザード
< 50 年、工学的基盤最大速度 >

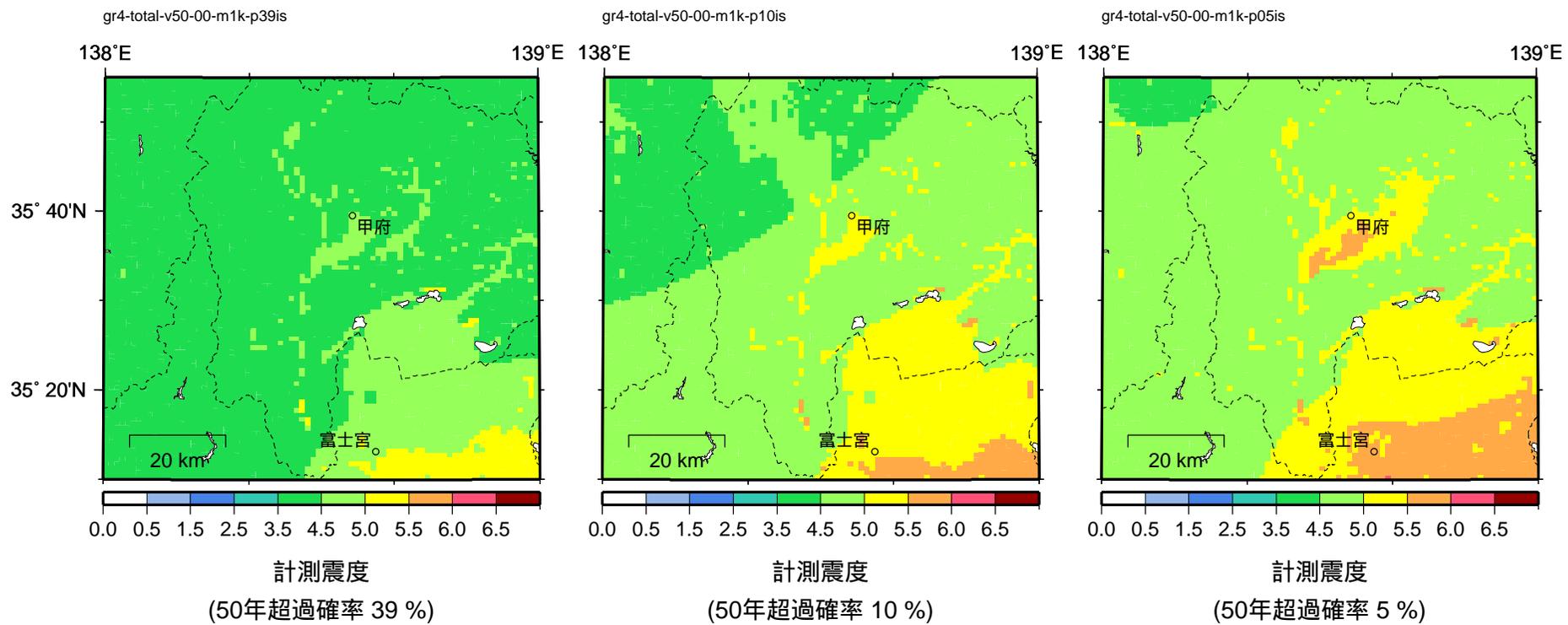


図 3.6.1-14 その他の地震のうちグループ 4 の地震によるハザード
< 4 ケースの平均、50 年、地表面計測震度 >

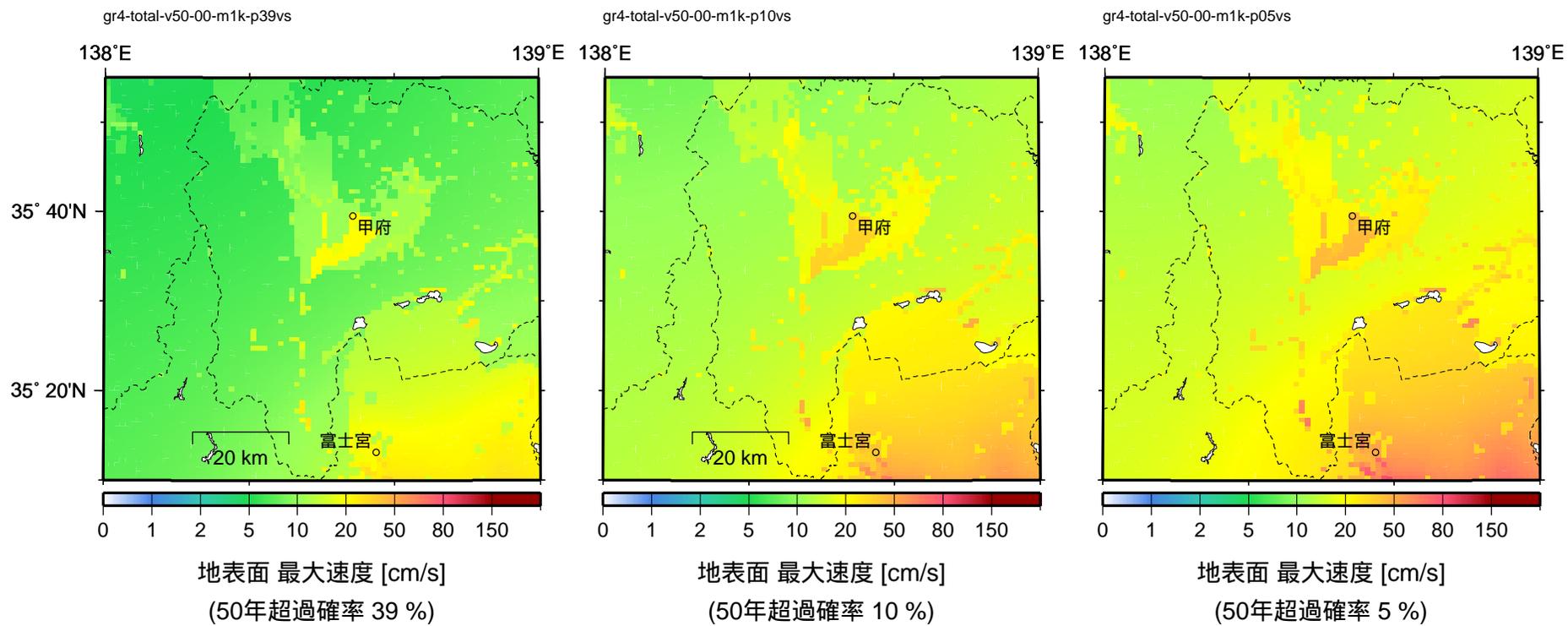


図 3.6.1-15 その他の地震のうちグループ 4 の地震によるハザード
< 4 ケースの平均、50 年、地表面最大速度 >

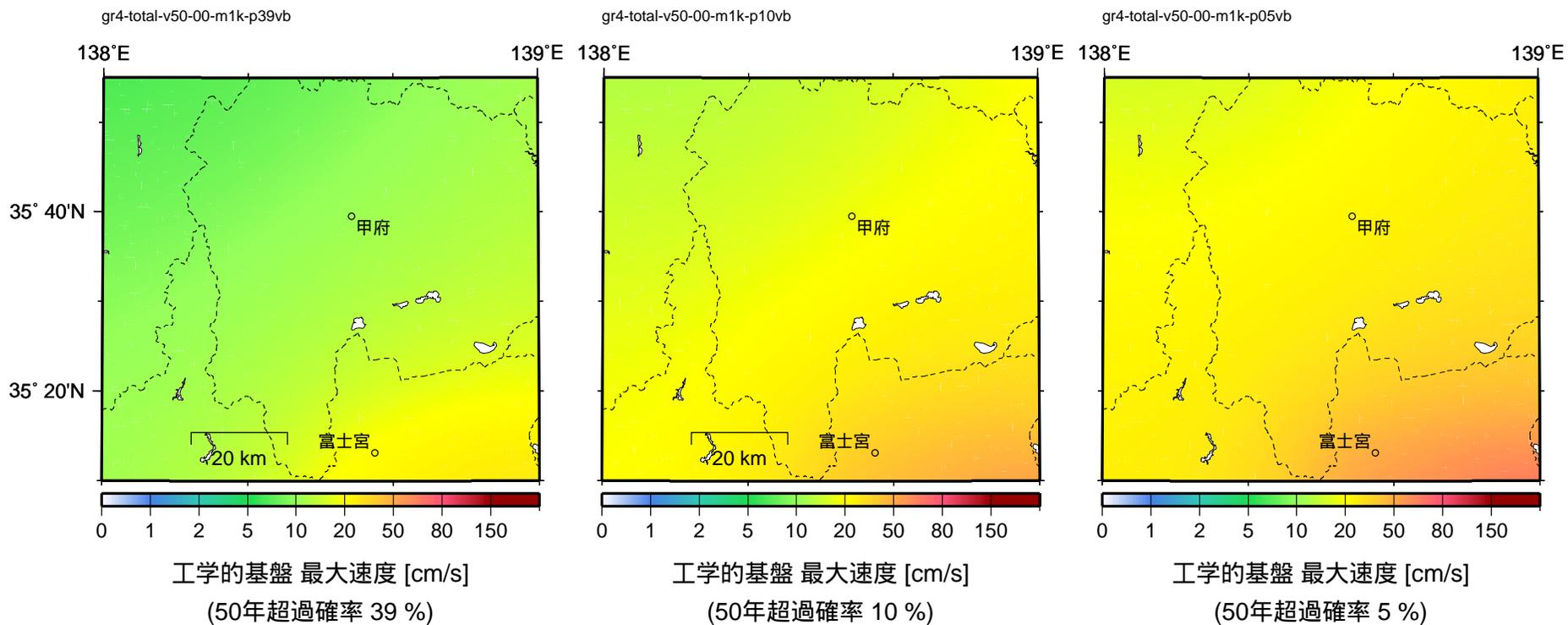


図 3.6.1-16 その他の地震のうちグループ 4 の地震によるハザード

< 4 ケースの平均、50 年、工学的基盤最大速度 >

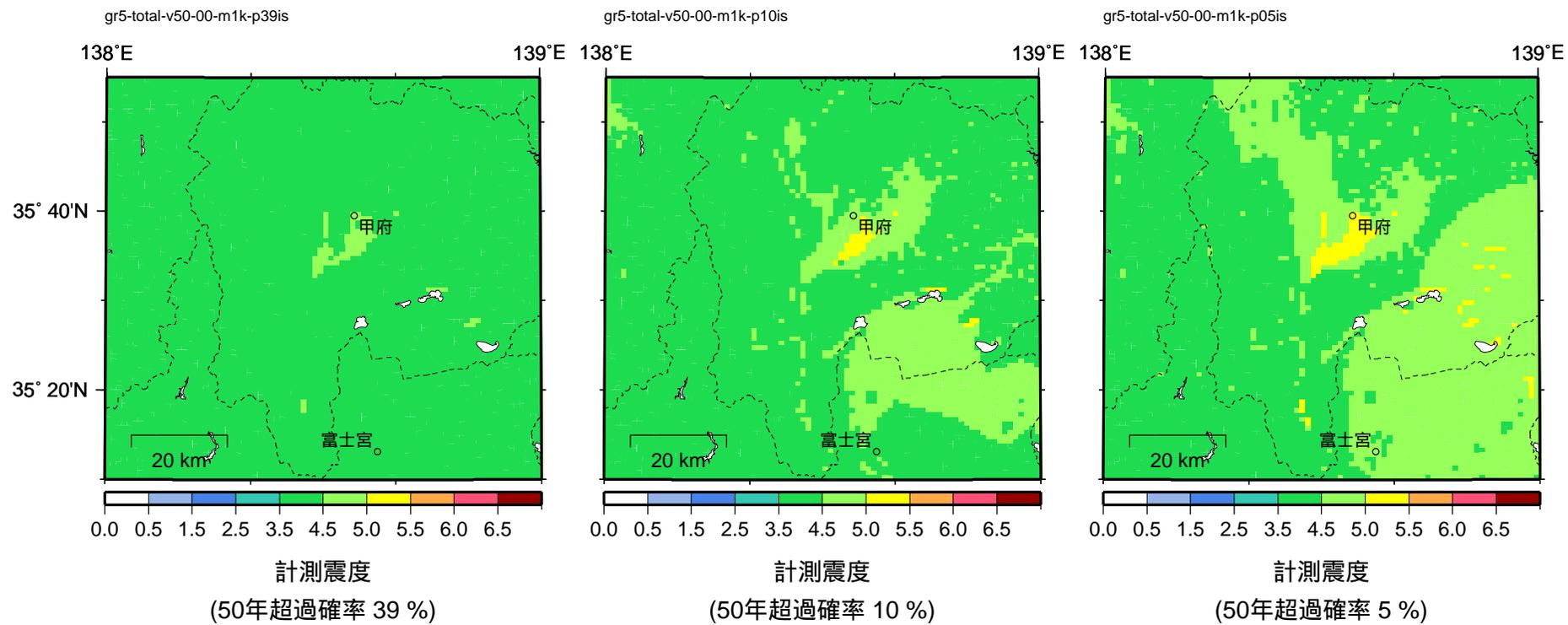


図 3.6.1-17 その他の地震のうちグループ 5 の地震によるハザード
< 4 ケースの平均、50 年、地表面計測震度 >

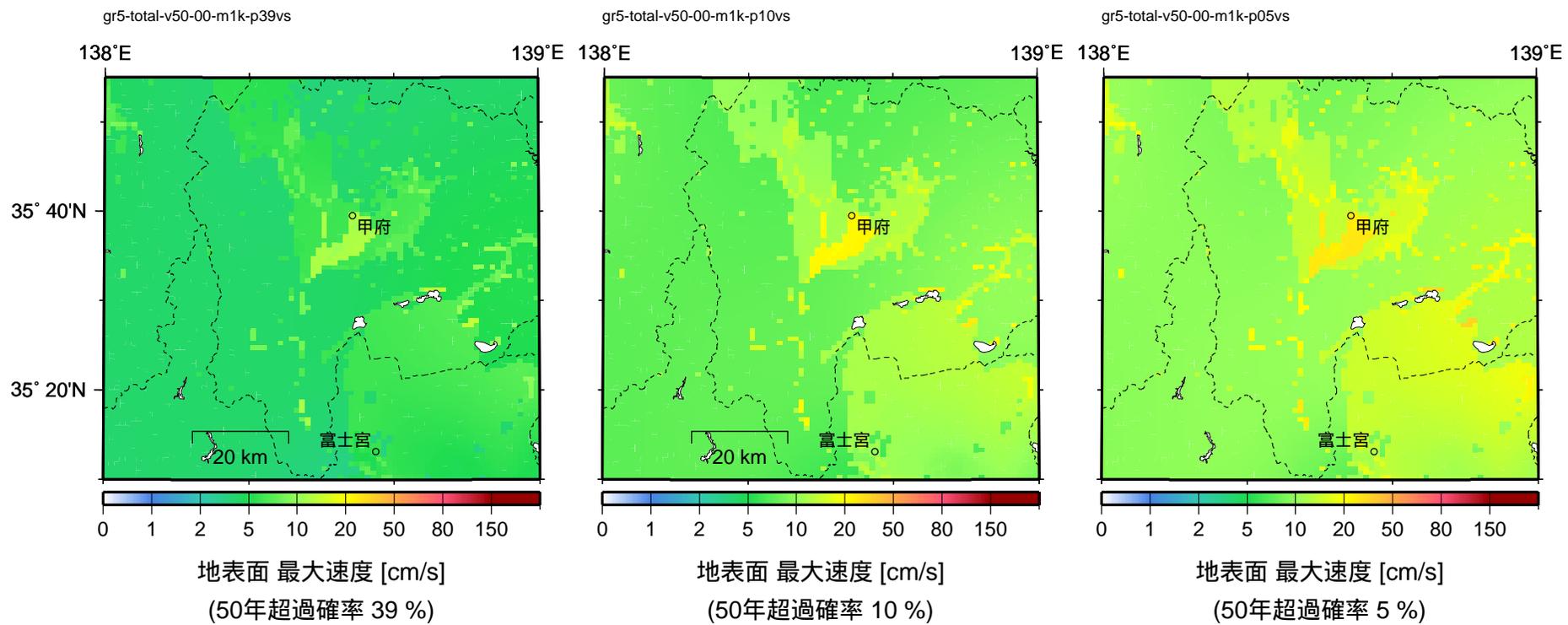


図 3.6.1-18 その他の地震のうちグループ 5 の地震によるハザード
< 4 ケースの平均、50 年、地表面最大速度 >

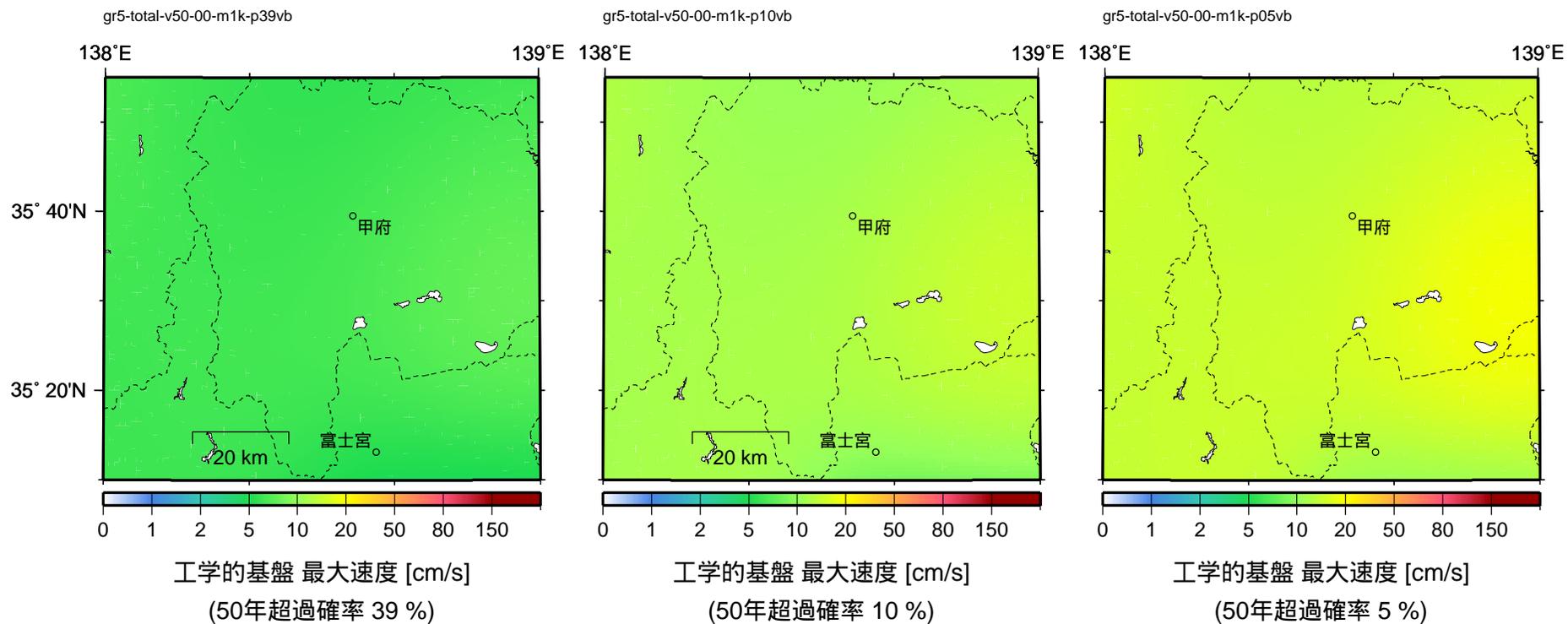


図 3.6.1-19 その他の地震のうちグループ 5 の地震によるハザード

< 4 ケースの平均、50 年、工学的基盤最大速度 >

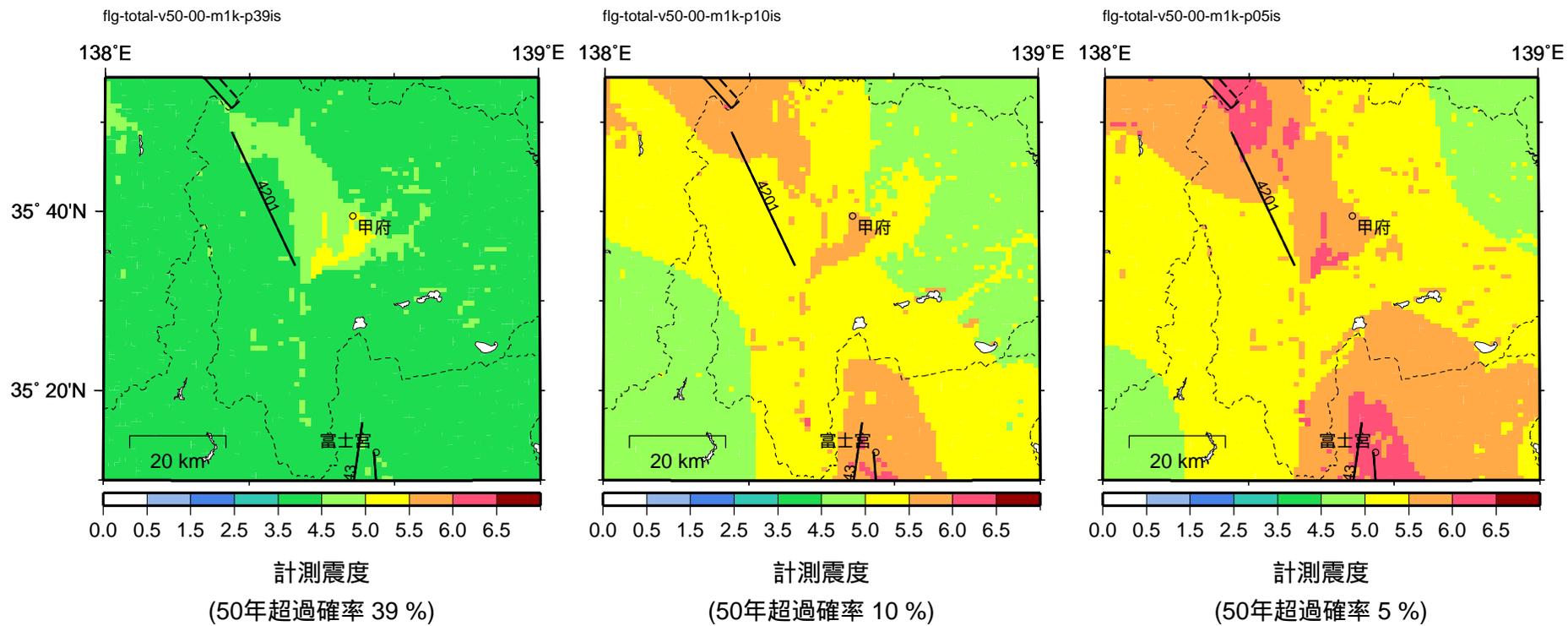


図 3.6.1-20 98 活断層帯の全活断層帯によるハザード

< 最大ケース、50 年、地表面計測震度 >

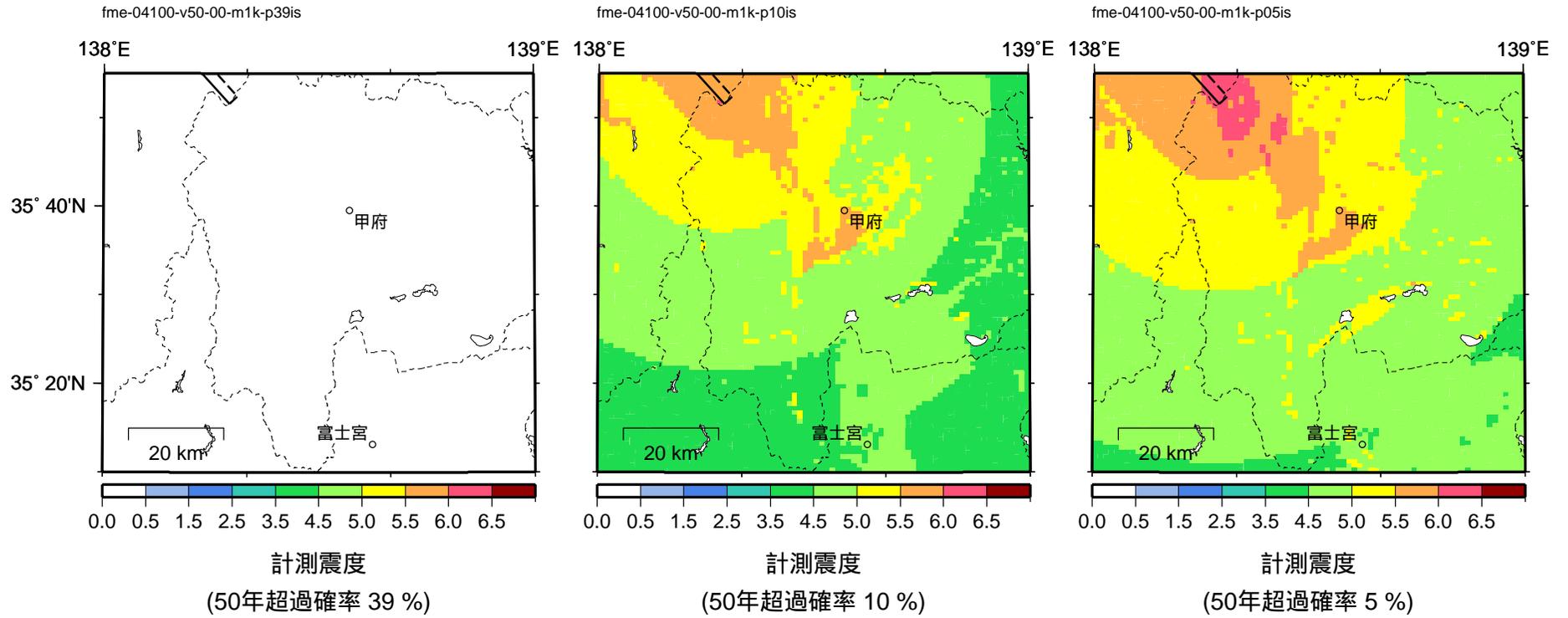


図 3.6.1-21 98 活断層帯のうち糸魚川 - 静岡構造線断層帯 (北部、中部) のみによるハザード
< 平均ケース、50 年、地表面計測震度 >

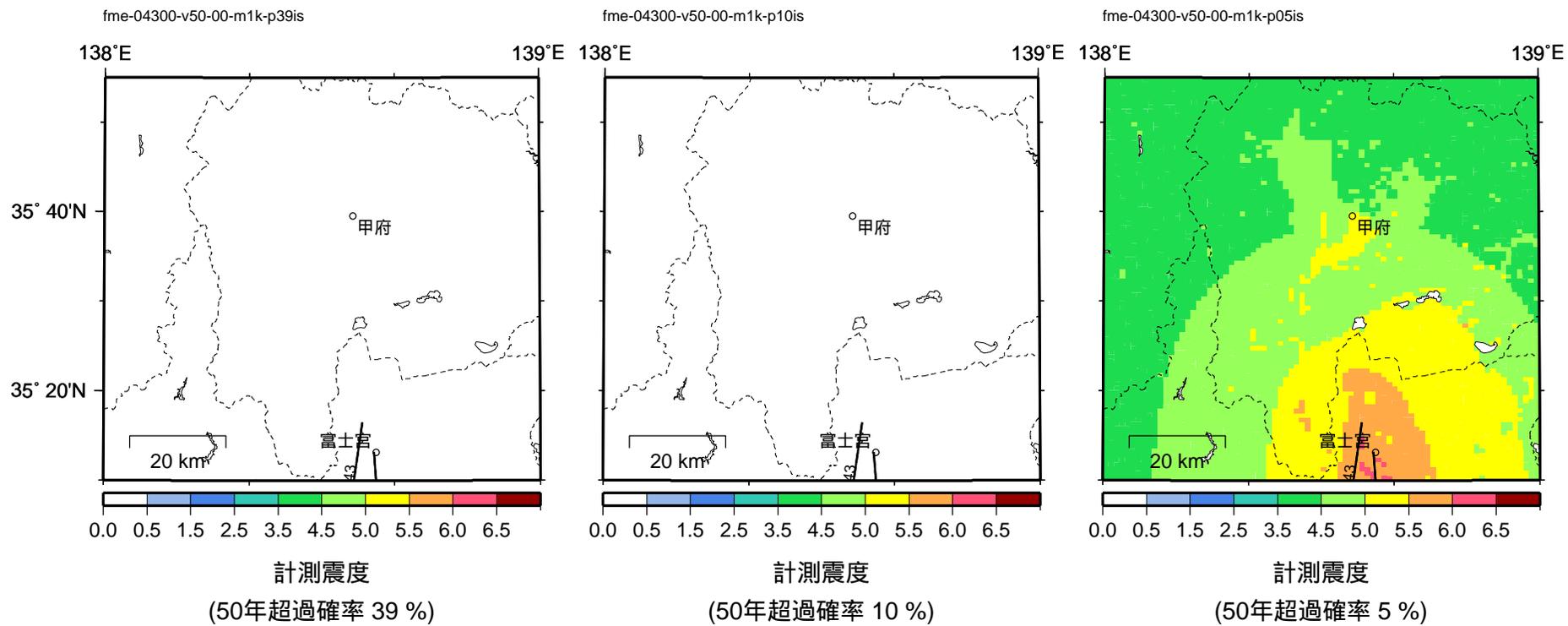


図 3.6.1-22 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (標準モデル) のみによるハザード

< 平均ケース、50 年、地表面計測震度 >

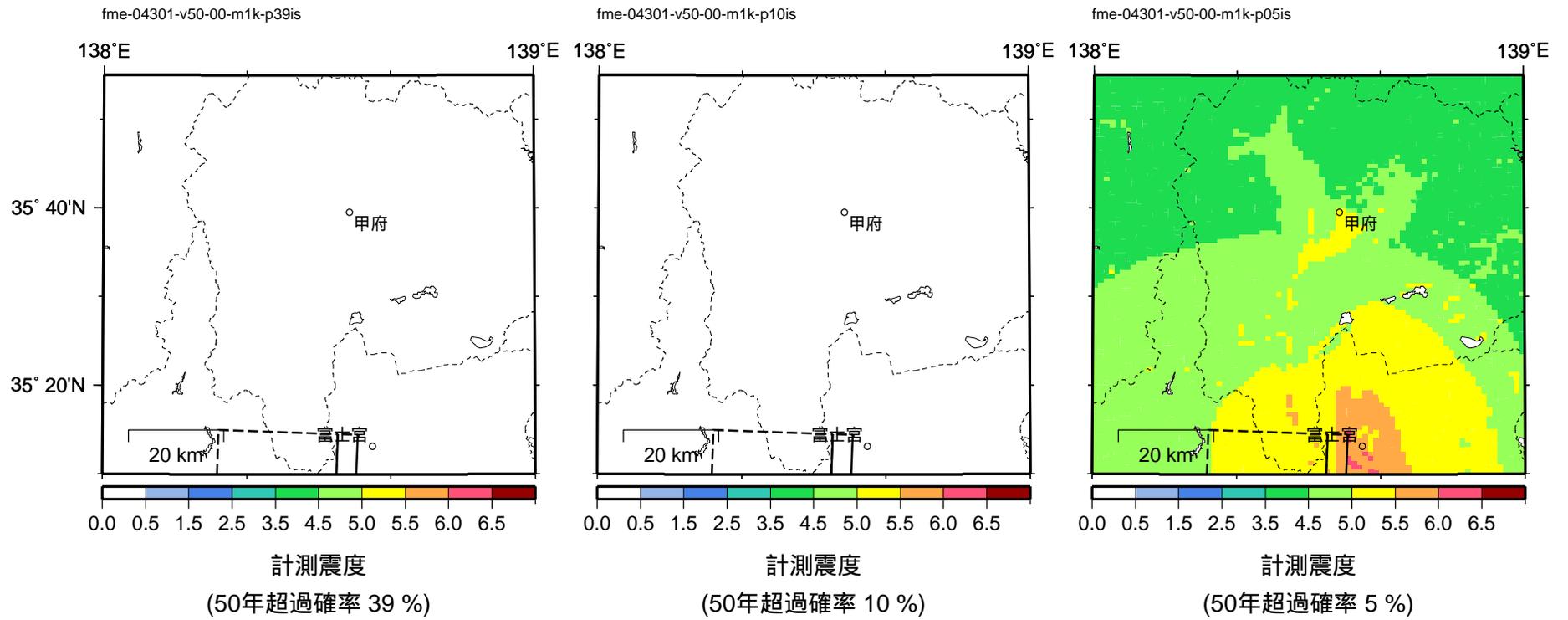


図 3.6.1-23 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (拡大モデル) のみによるハザード
< 平均ケース、50 年、地表面計測震度 >

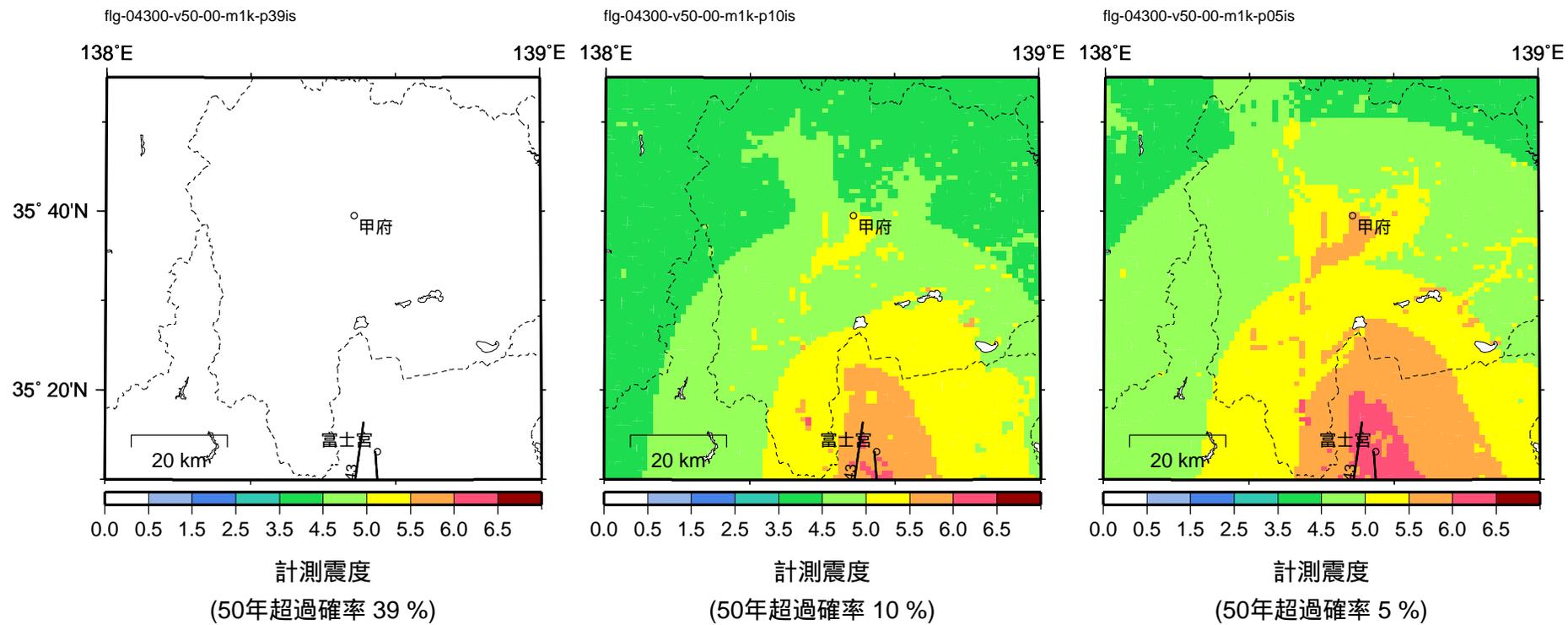


図 3.6.1-24 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (標準モデル) のみによるハザード

< 最大ケース、50 年、地表面計測震度 >

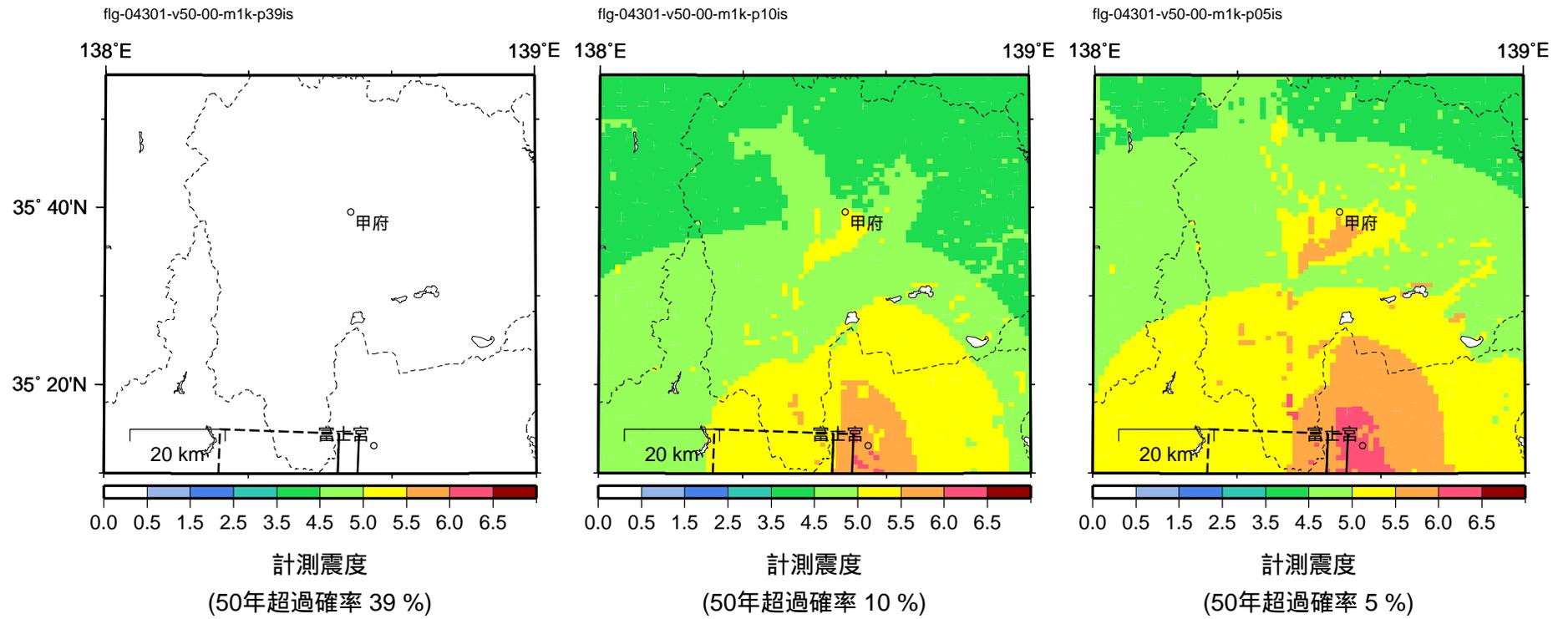


図 3.6.1-25 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (拡大モデル) のみによるハザード
< 最大ケース、50 年、地表面計測震度 >

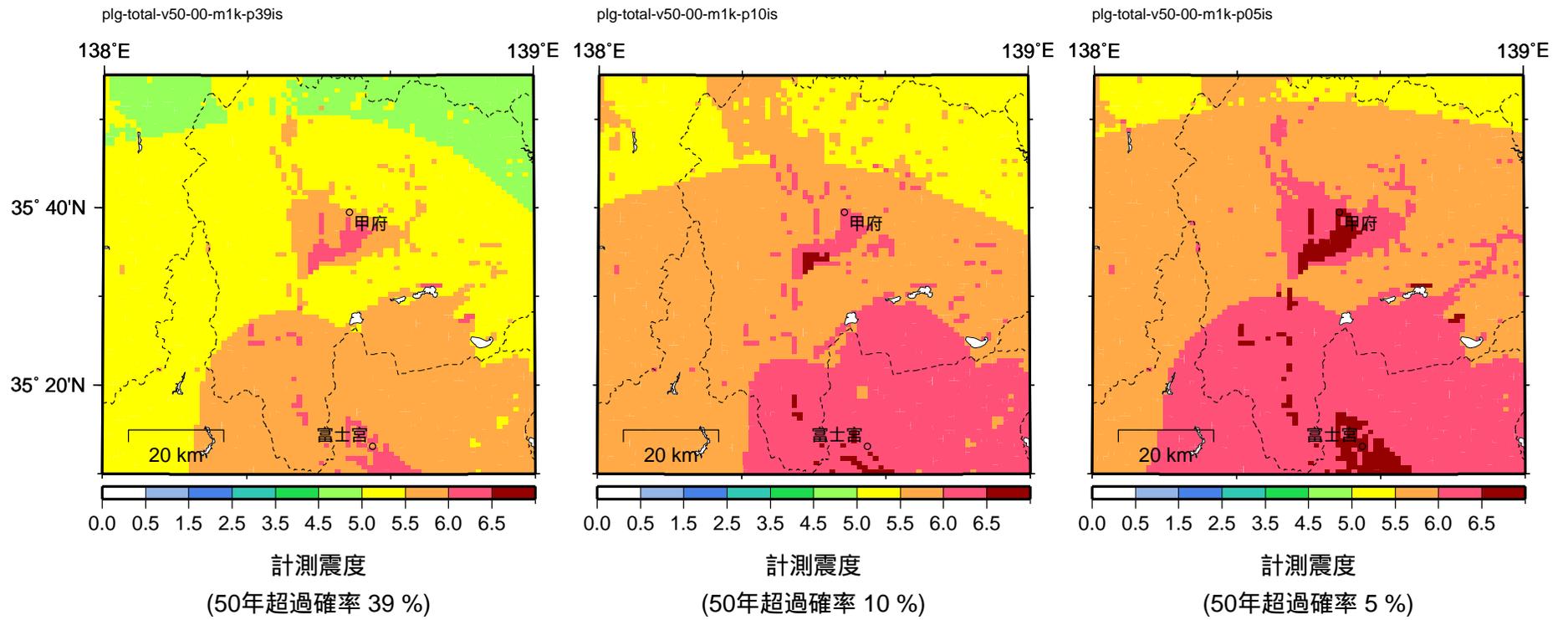


図 3.6.1-26 海溝型地震の全地震によるハザード
<最大ケース、50年、地表面計測震度>

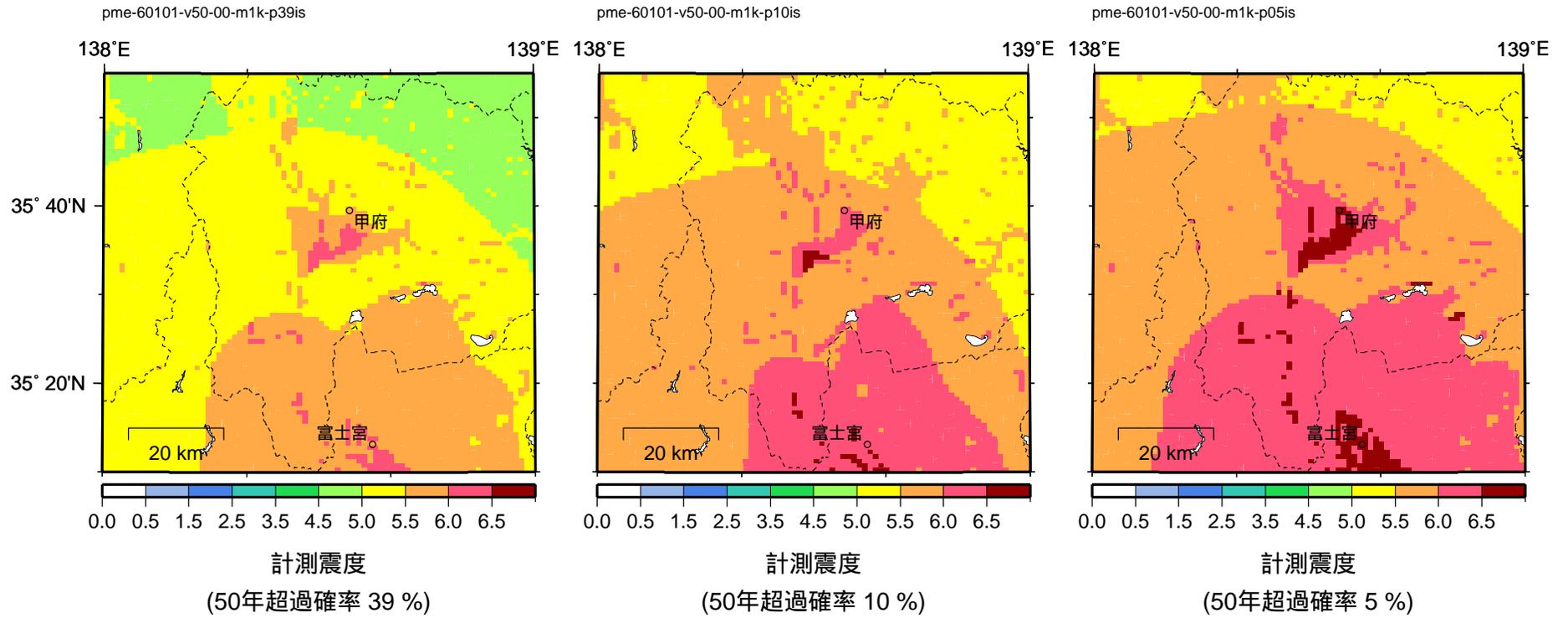


図 3.6.1-27 海溝型地震のうち想定東海地震（仮）のみによるハザード
< 平均ケース、50年、地表面計測震度 >

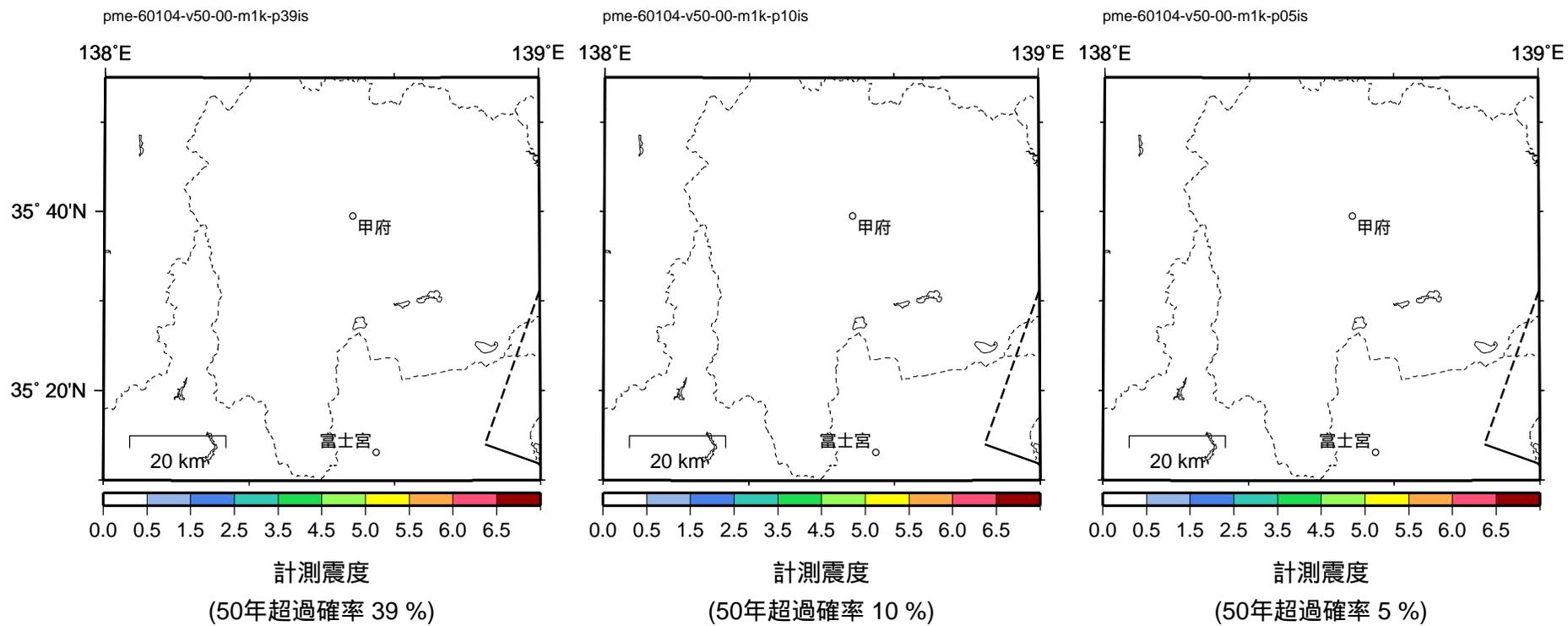


図 3.6.1-28 海溝型地震のうち想定関東地震（仮）のみによるハザード
<平均ケース、50年、地表面計測震度>

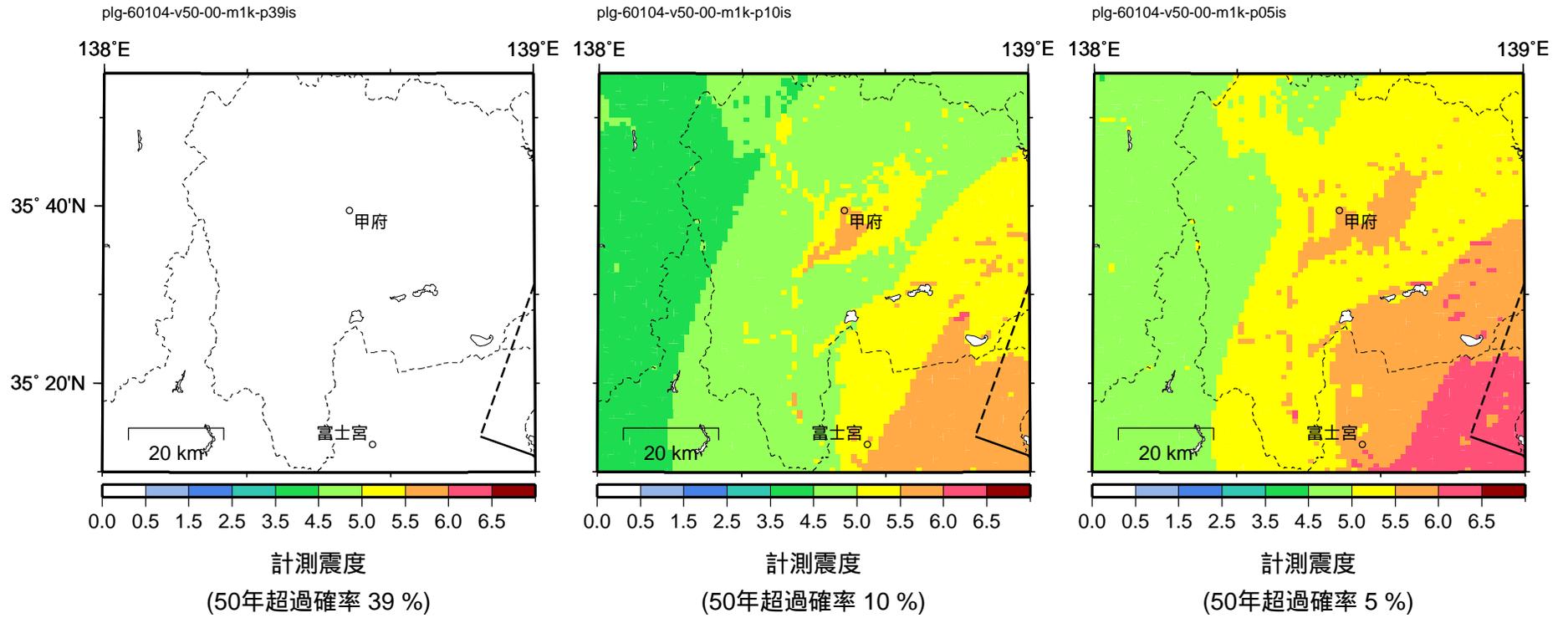


図 3.6.1-29 海溝型地震のうち想定関東地震（仮）のみによるハザード
<最大ケース、50年、地表面計測震度>

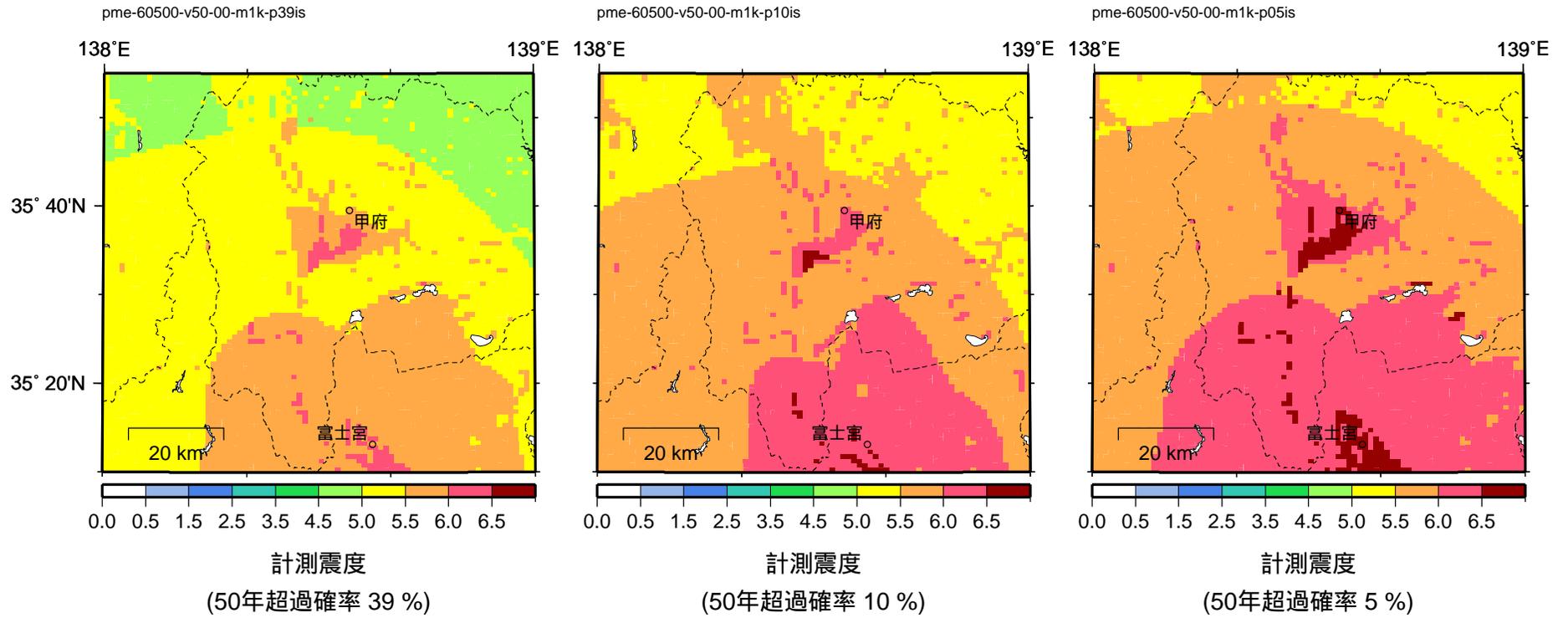


図 3.6.1-30 海溝型地震のうち想定東海地震（仮）と想定関東地震（仮）のみによるハザード
<平均ケース、50年、地表面計測震度>

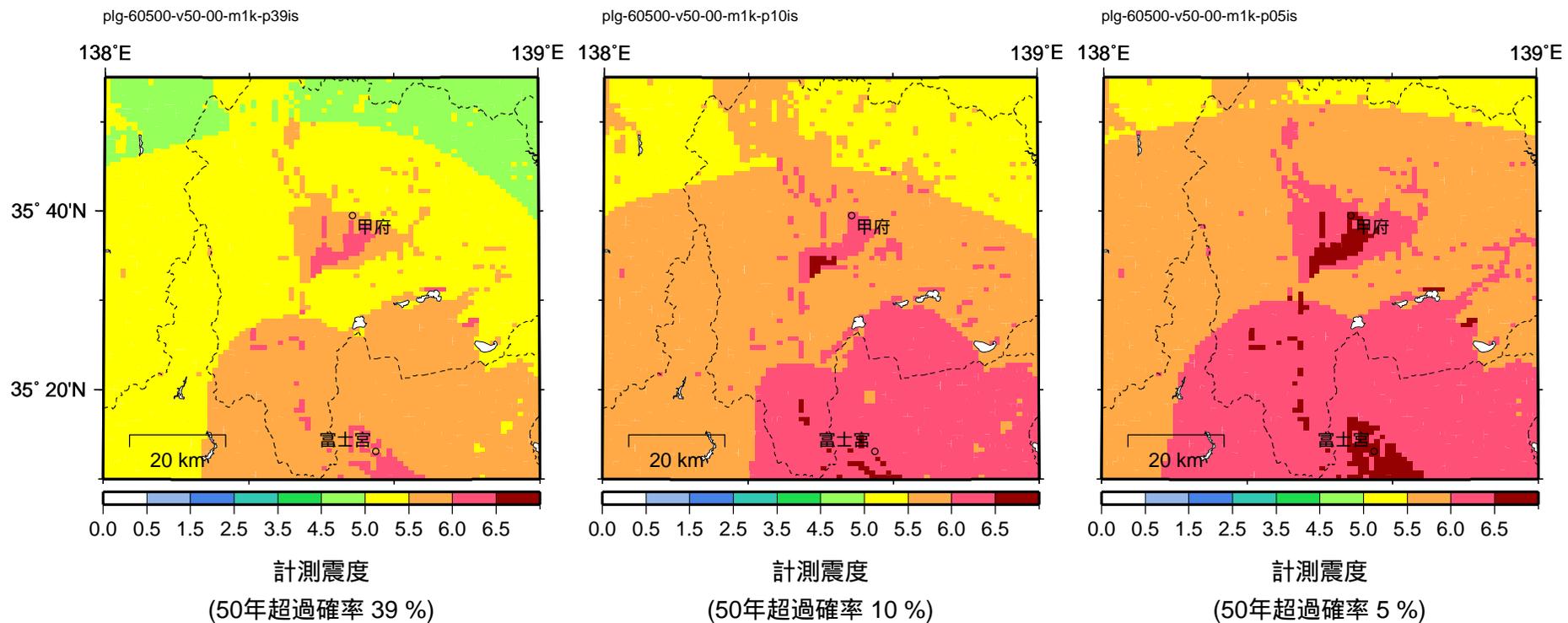


図 3.6.1-31 海溝型地震のうち想定東海地震（仮）と想定関東地震（仮）のみによるハザード

< 最大ケース、50年、地表面計測震度 >

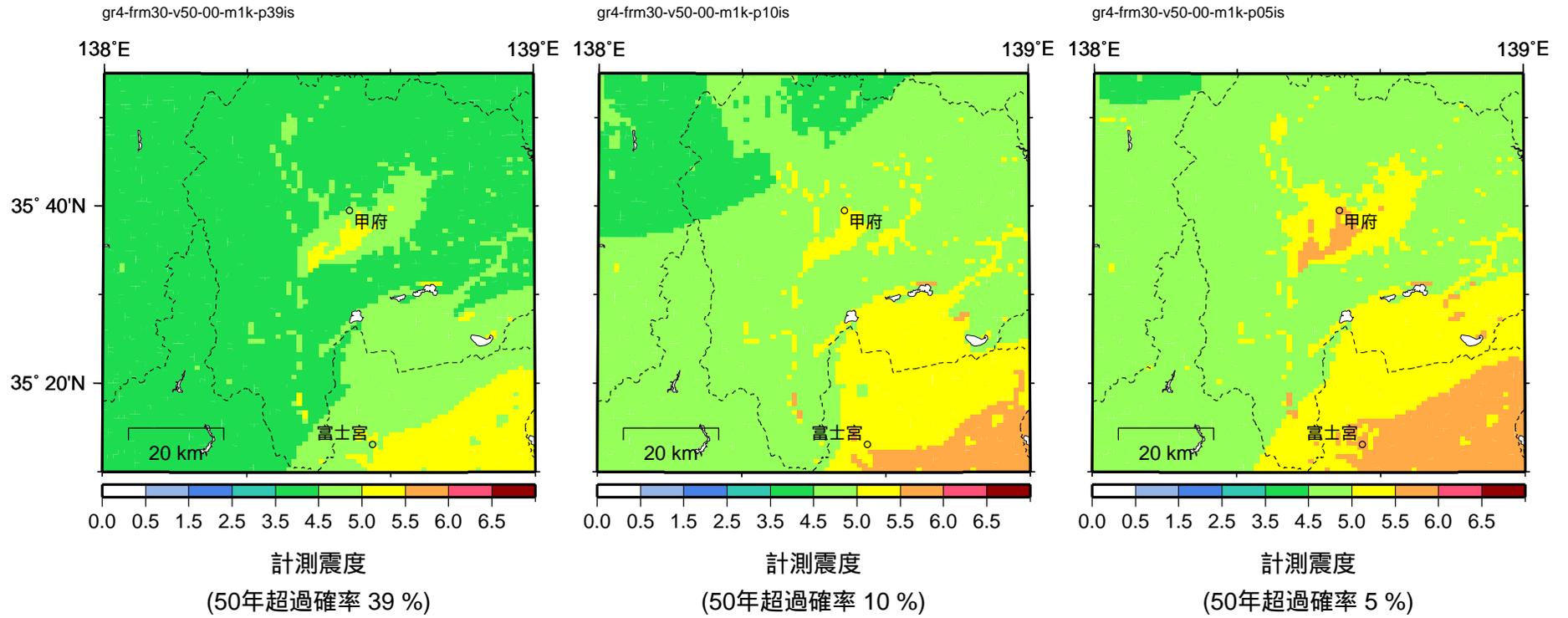


図 3.6.1-32 その他の地震のうちグループ 4 の地震によるハザード
< 域区分しない / 微小地震、50 年、地表面計測震度 >

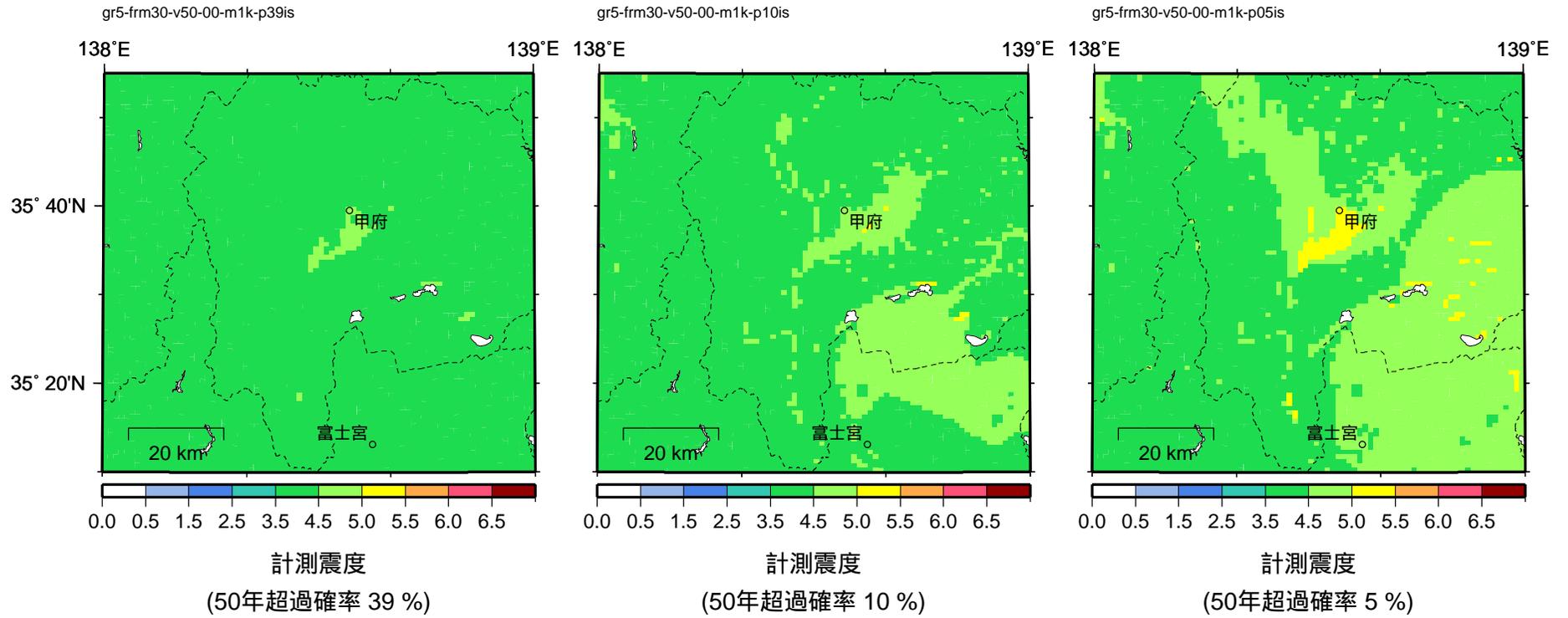


図 3.6.1-33 その他の地震のうちグループ 5 の地震によるハザード
< 域区分しない / 微小地震、50 年、地表面計測震度 >

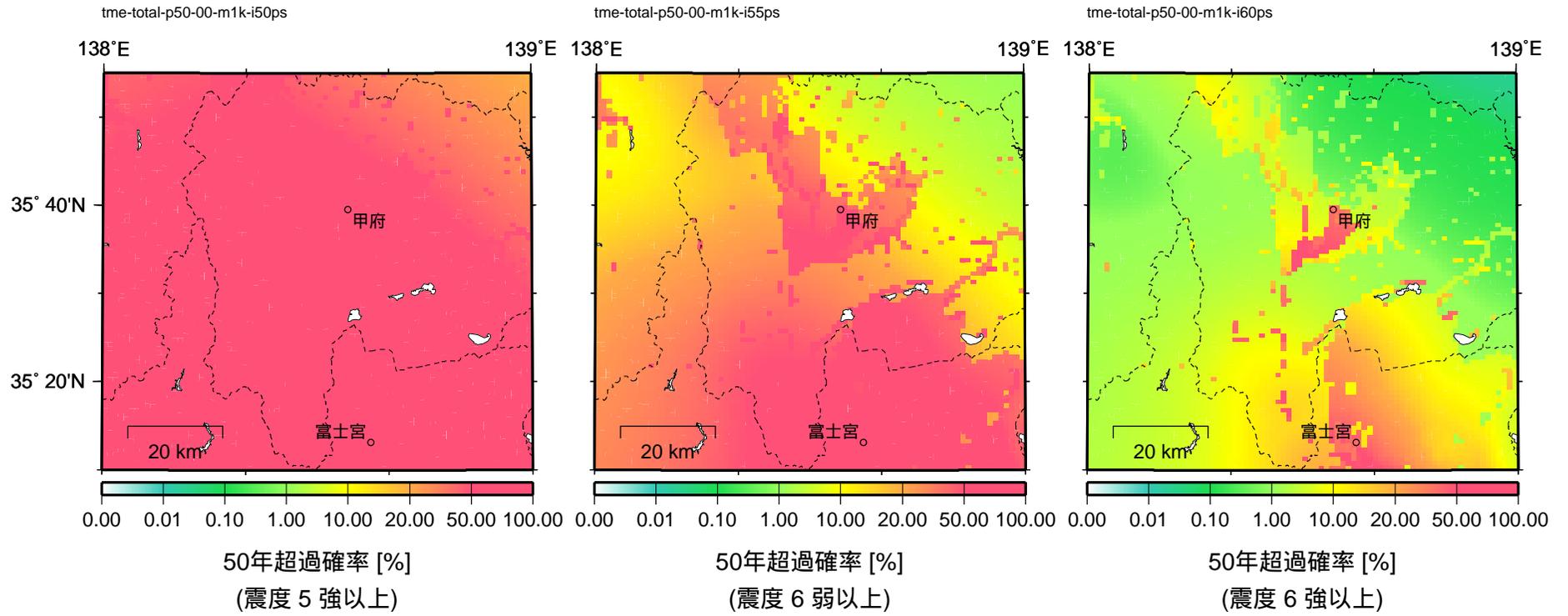


図 3.6.1-34 全地震によるトータルハザード
< 平均ケース、4 ケースの平均、50 年超過確率 >

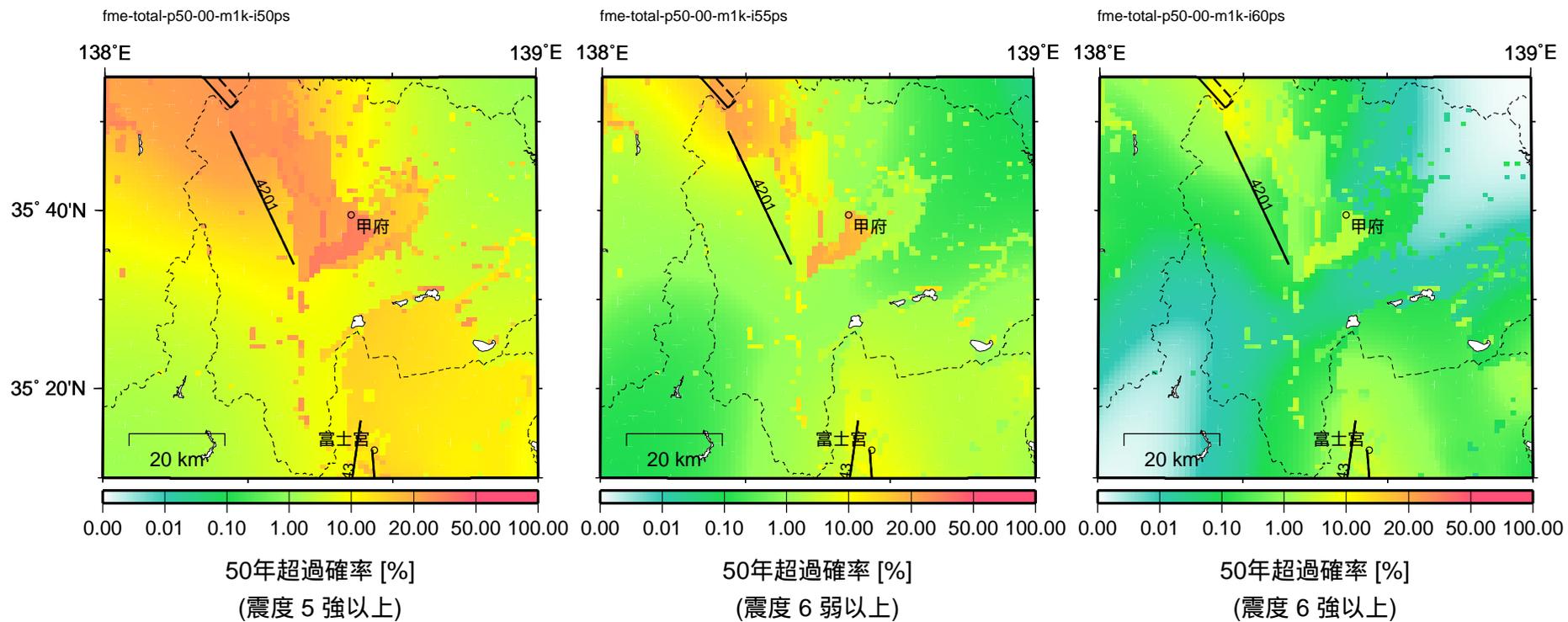


図 3.6.1-35 98 活断層帯の全活断層帯によるハザード

< 平均ケース、50 年超過確率 >

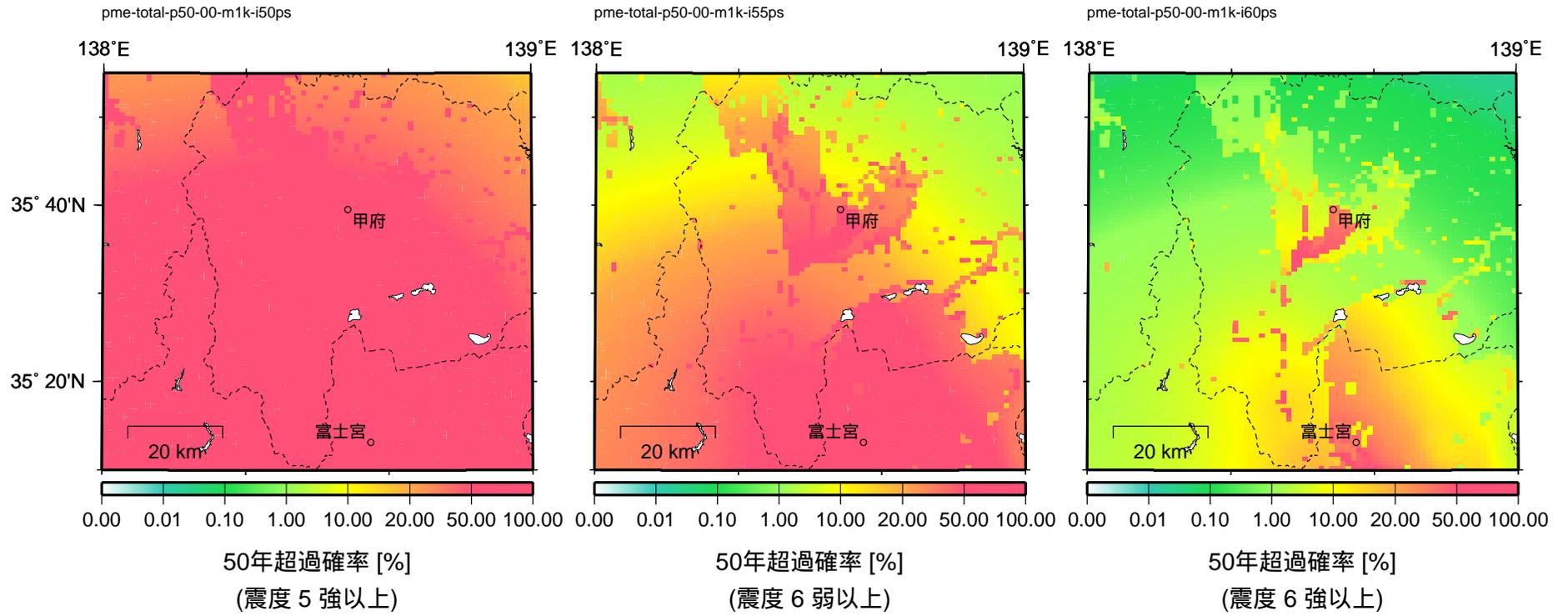


図 3.6.1-36 海溝型地震の全地震によるハザード
< 平均ケース、50 年超過確率 >

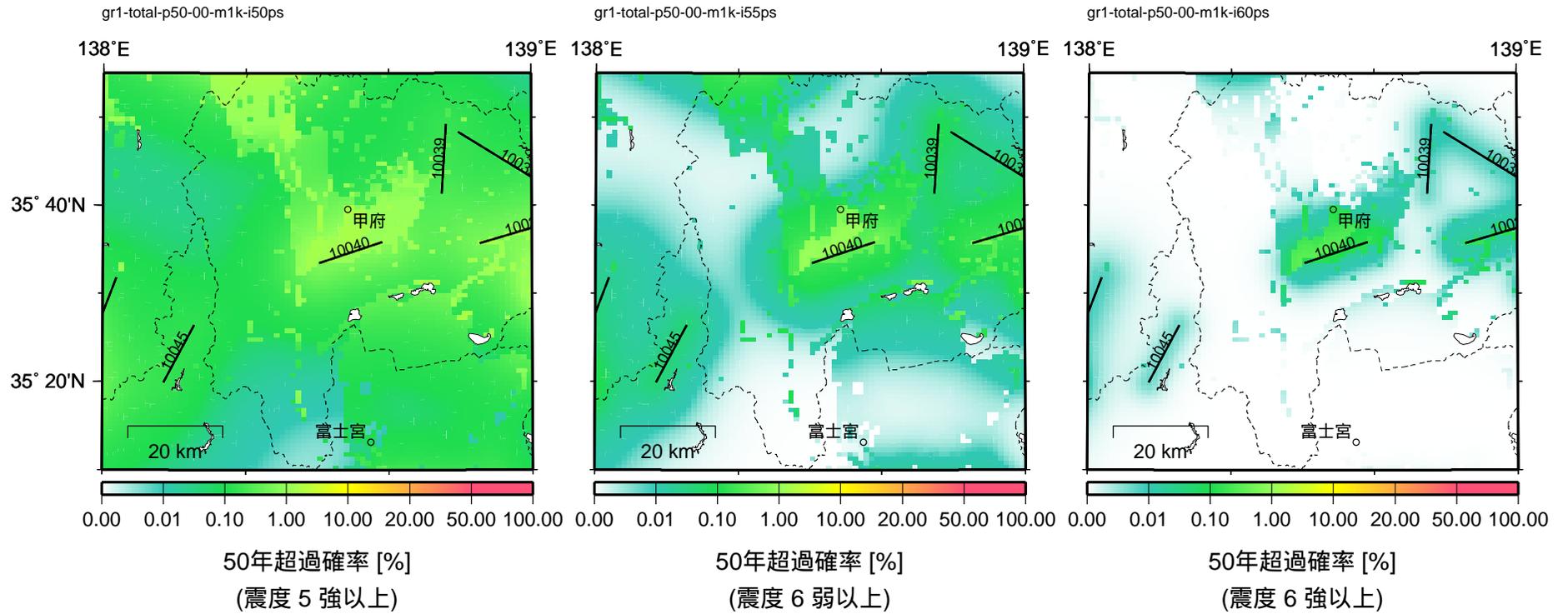


図 3.6.1-37 その他の地震のうちグループ 1 の地震に対する全活断層によるハザード
< 50 年超過確率 >

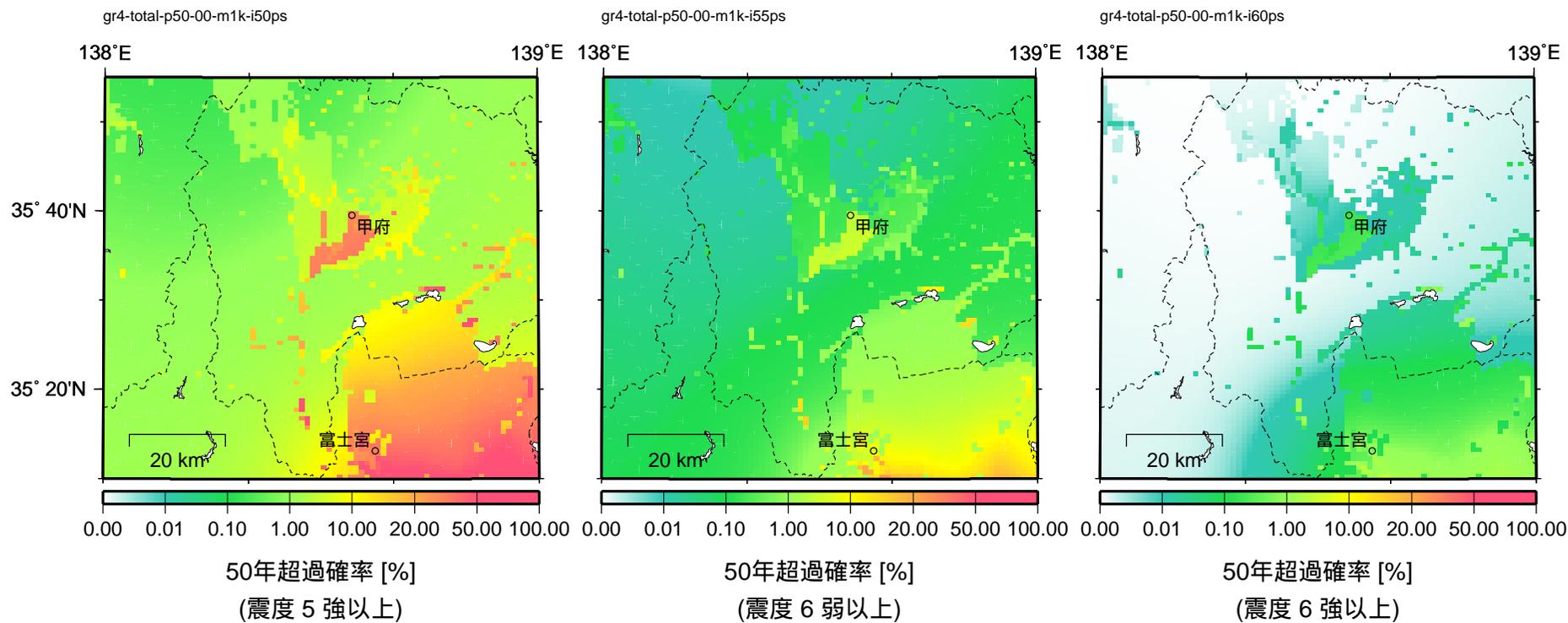


図 3.6.1-38 その他の地震のうちグループ 4 の地震によるハザード
< 4 ケースの平均、50 年超過確率 >

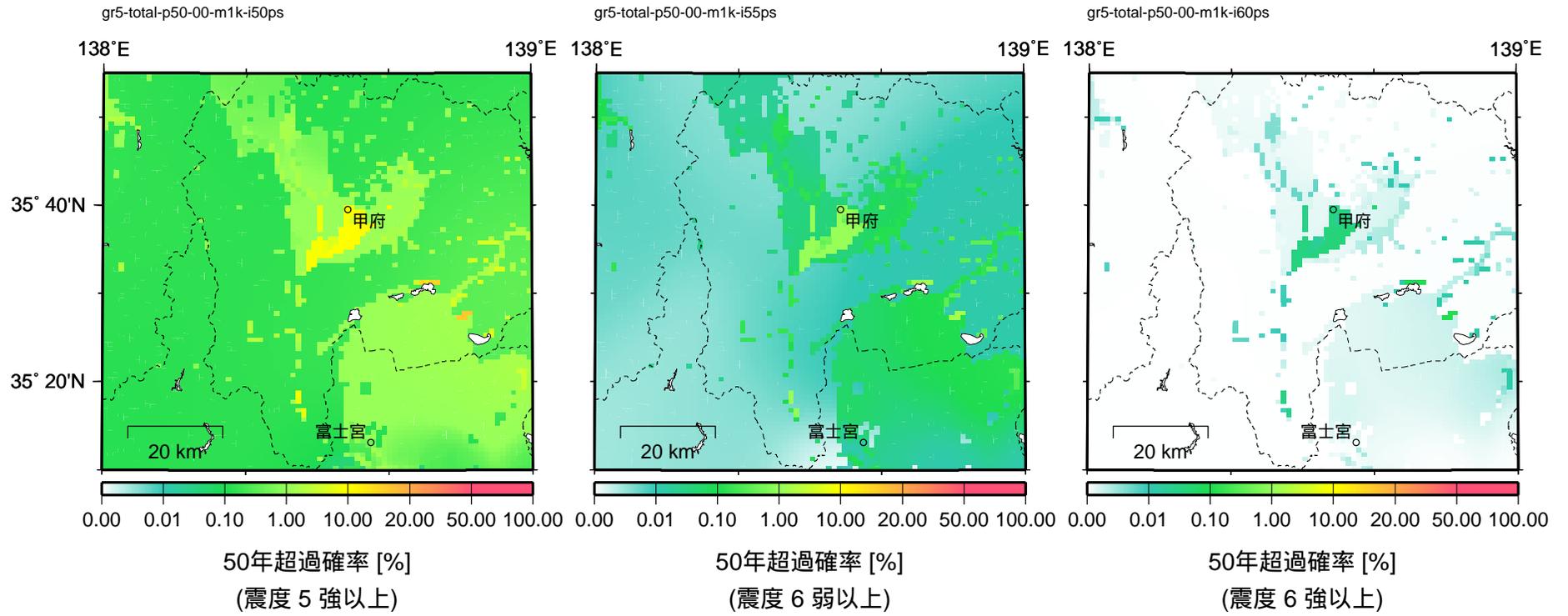


図 3.6.1-39 その他の地震のうちグループ 5 の地震によるハザード
< 4 ケースの平均、50 年超過確率 >

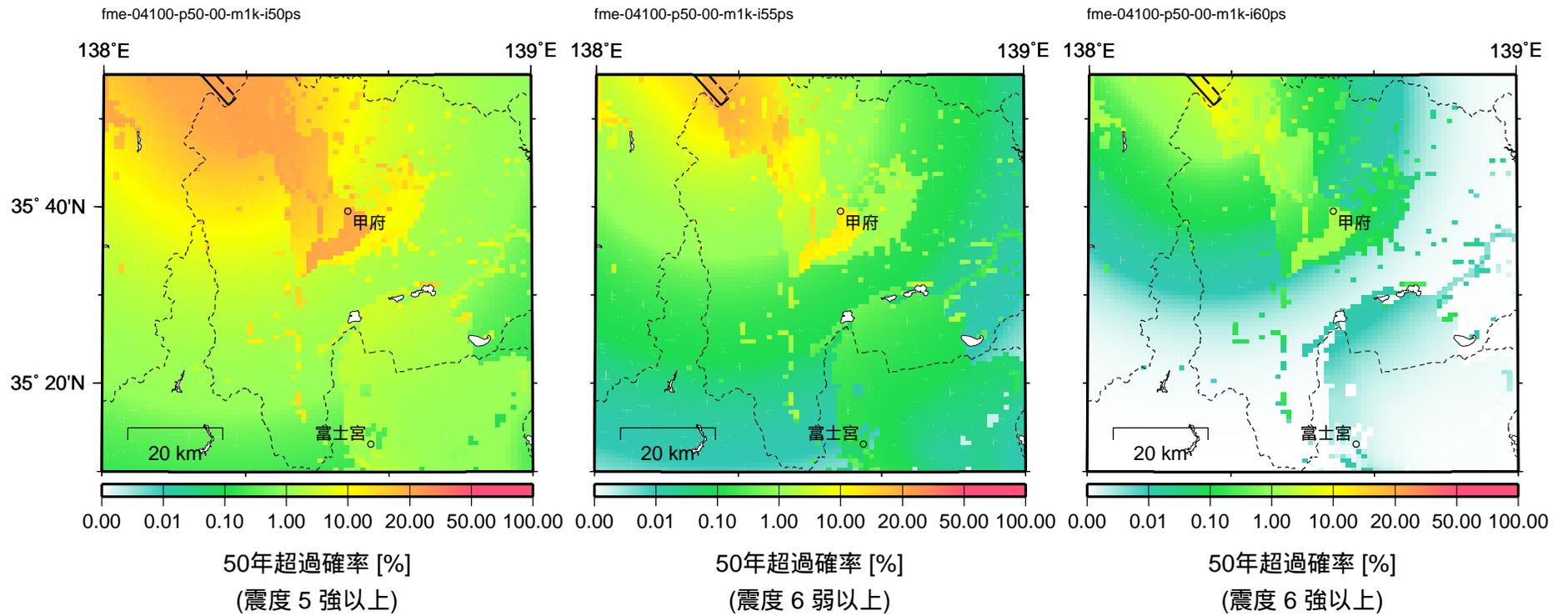


図 3.6.1-41 98 活断層帯のうち糸魚川 - 静岡構造線断層帯 (北部、中部) のみによるハザード

< 平均ケース、50 年超過確率 >

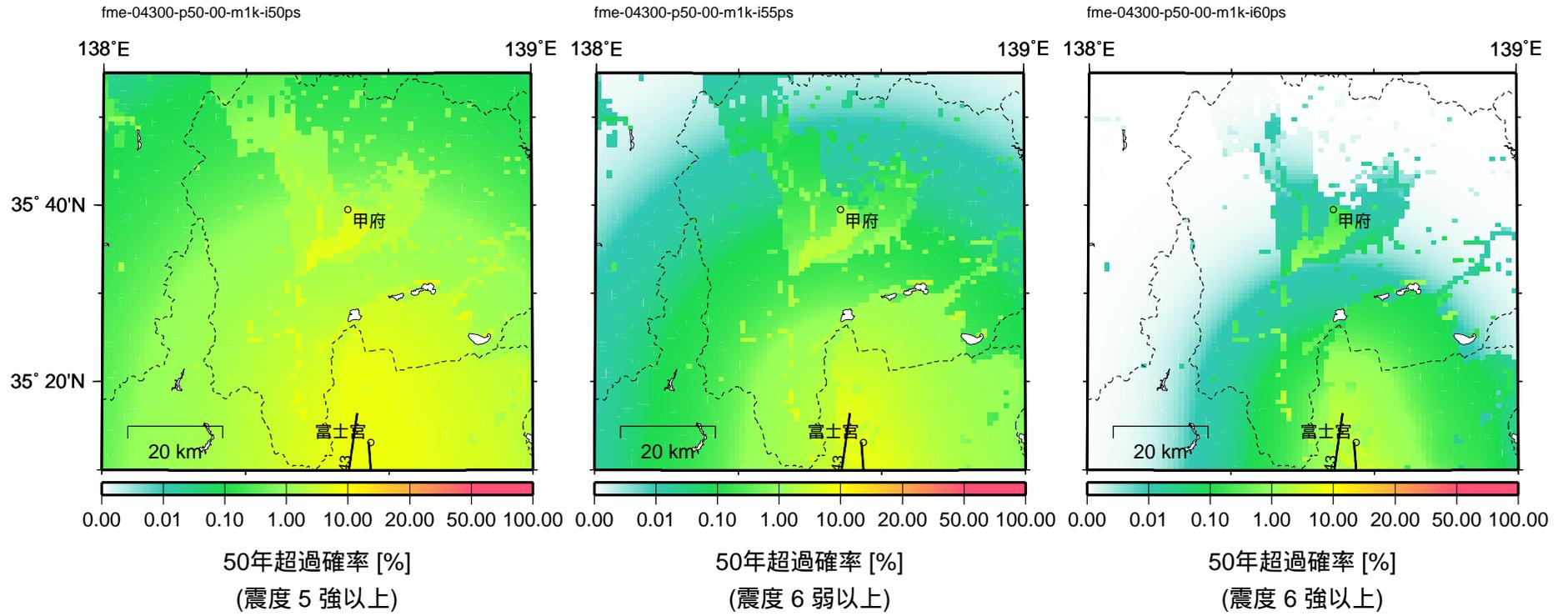


図 3.6.1-42 98 活断層帯層のうち富士川河口断層帯 (標準モデル) のみによるハザード
< 平均ケース、50 年超過確率 >

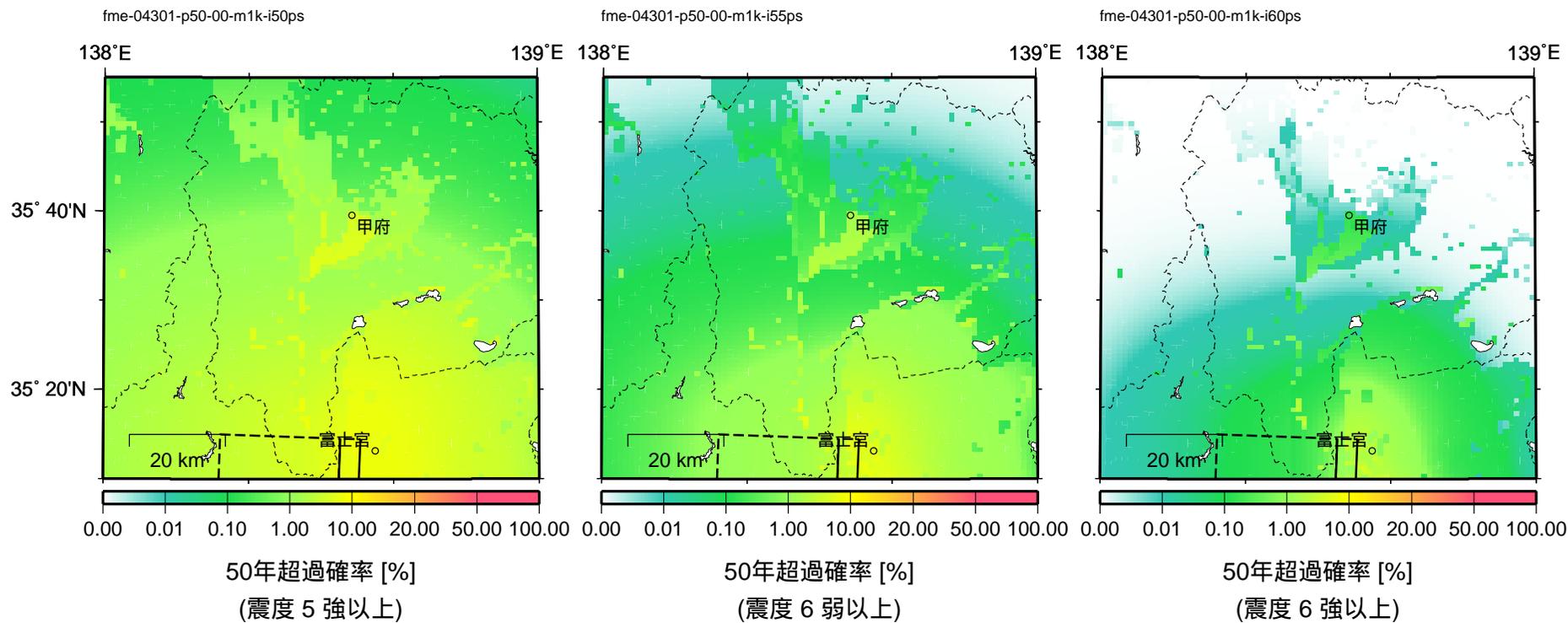


図 3.6.1-43 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (拡大モデル) のみによるハザード

< 平均ケース、50 年超過確率 >

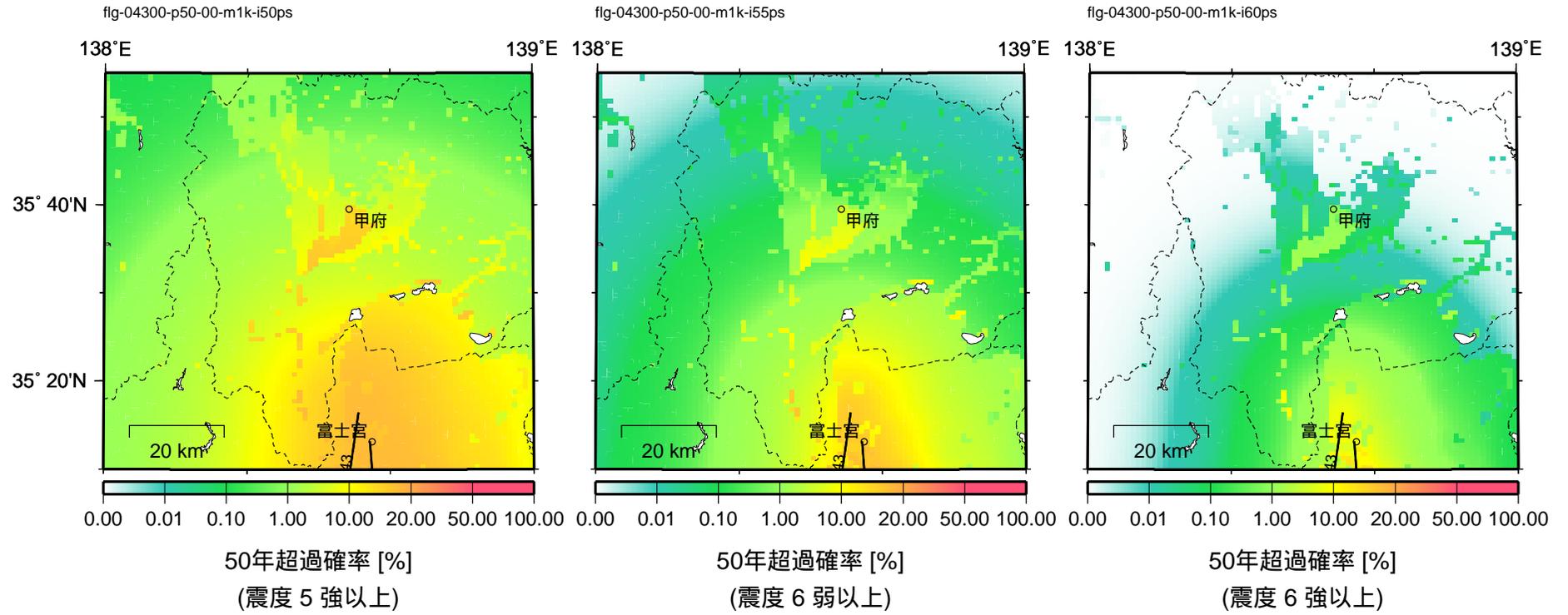


図 3.6.1-44 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (標準モデル) のみによるハザード
< 最大ケース、50 年超過確率 >

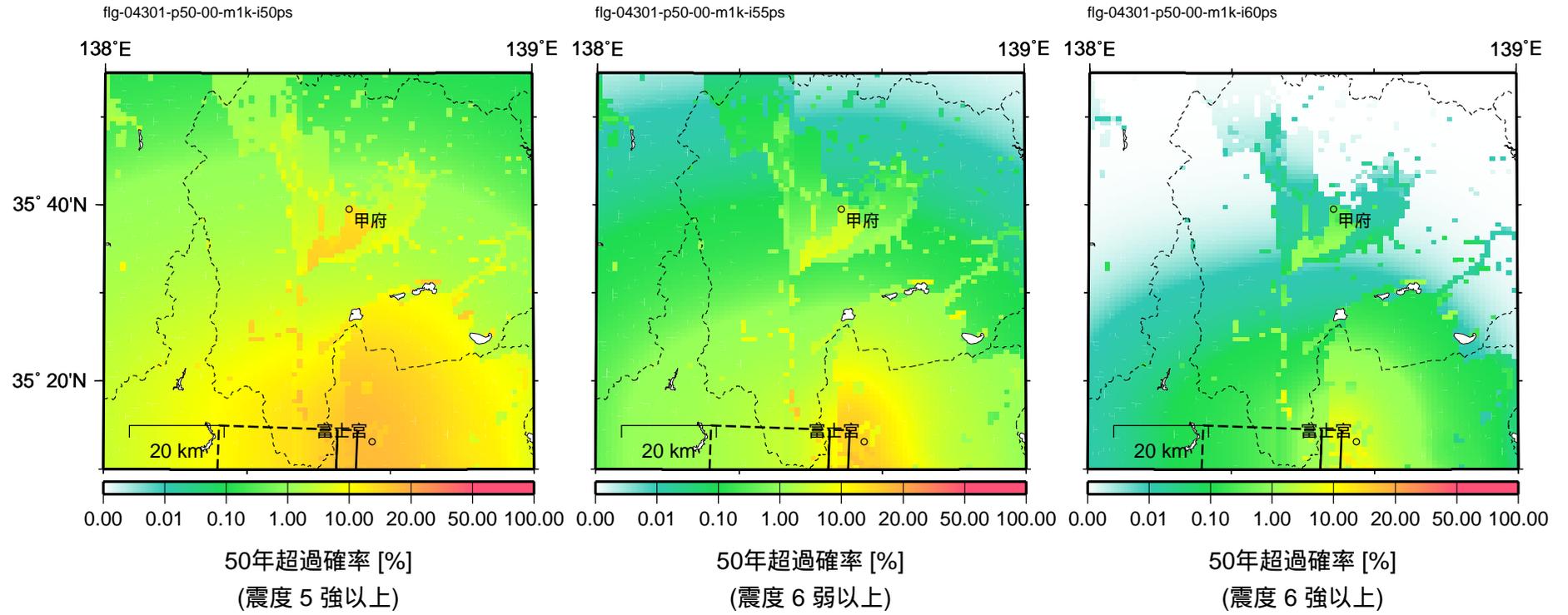


図 3.6.1-45 98 活断層帯のうち富士川河口断層帯 (拡大モデル) のみによるハザード
< 最大ケース、50 年超過確率 >

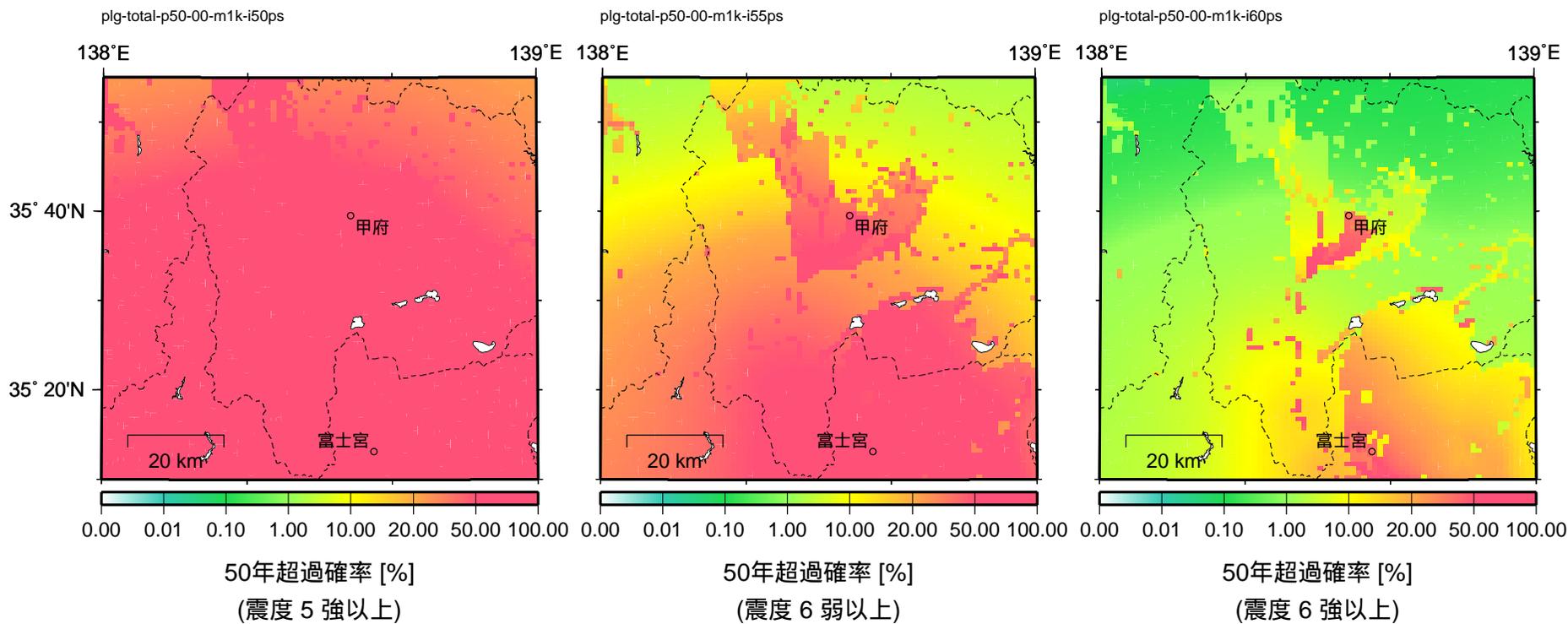


図 3.6.1-46 海溝型地震の全地震によるハザード

< 最大ケース、50 年超過確率 >

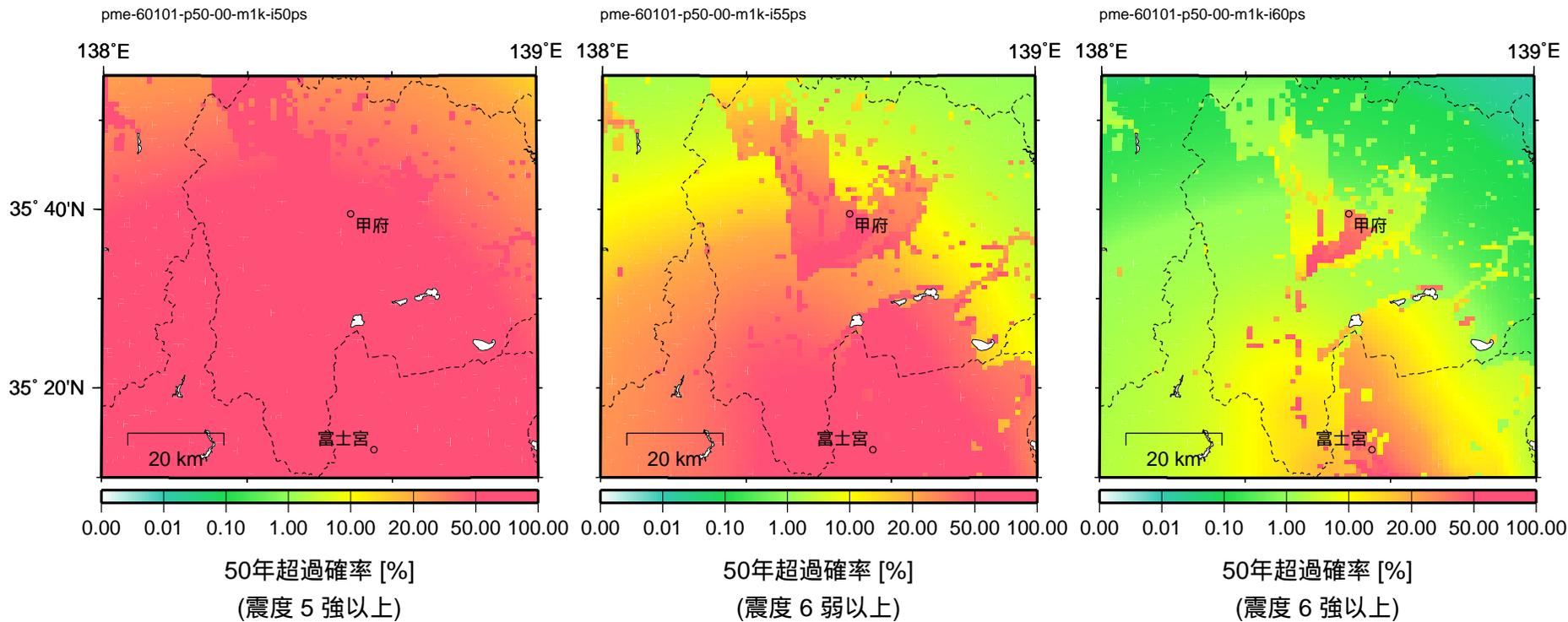


図 3.6.1-47 海溝型地震のうち想定東海地震(仮)のみによるハザード

< 平均ケース、50年超過確率 >

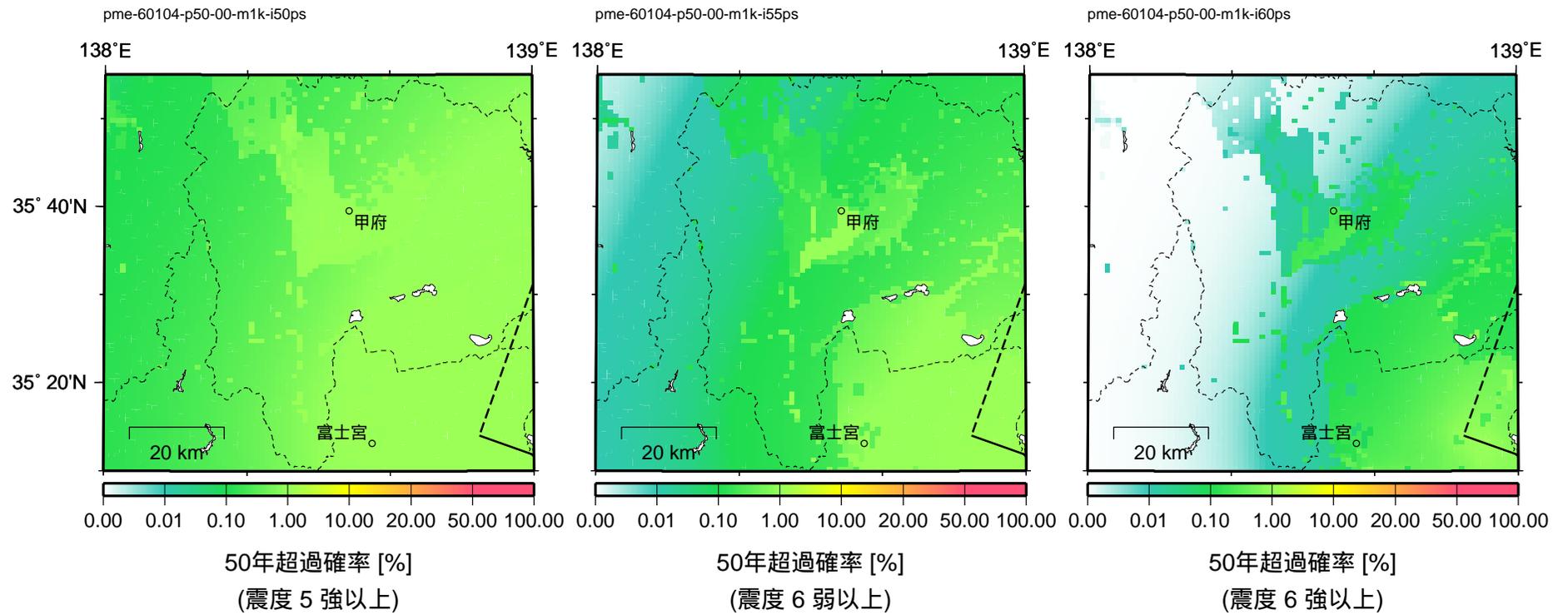


図 3.6.1-48 海溝型地震のうち想定関東地震（仮）のみによるハザード
< 平均ケース、50 年超過確率 >

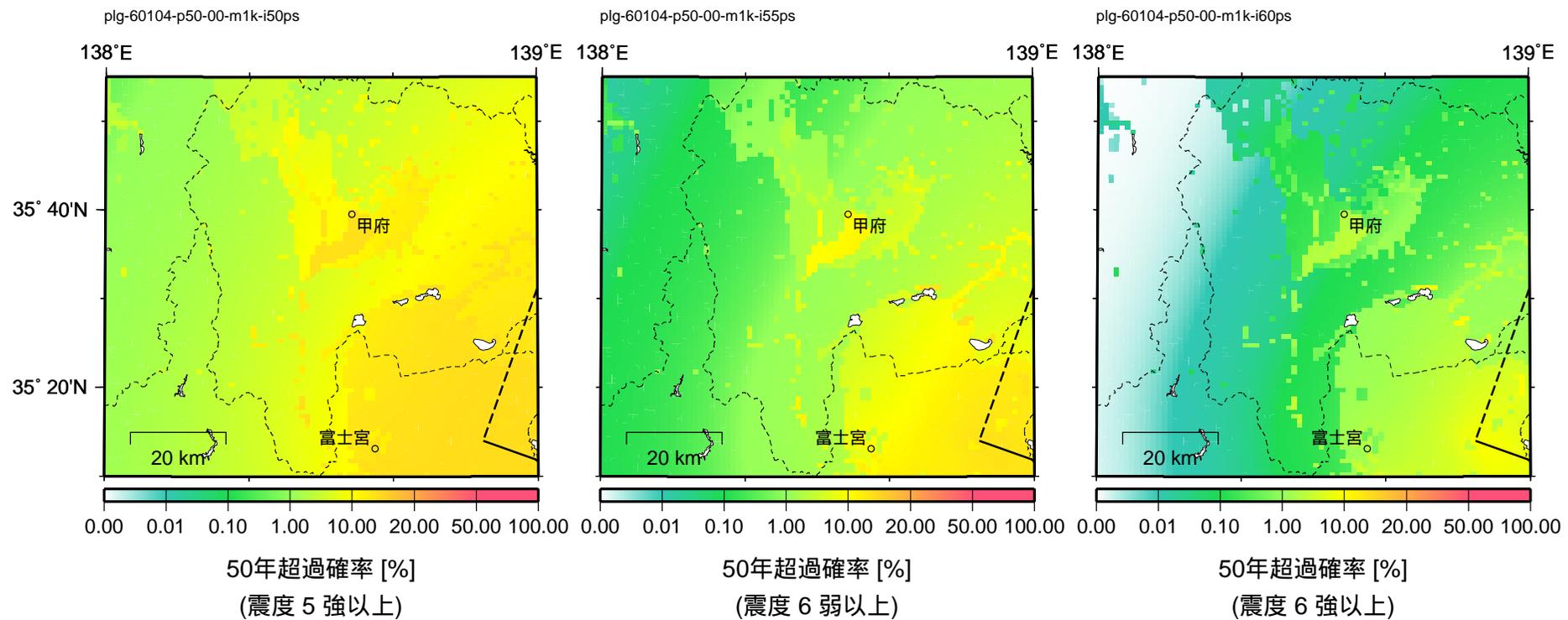


図 3.6.1-49 海溝型地震のうち想定関東地震（仮）のみによるハザード
< 最大ケース、50 年超過確率 >

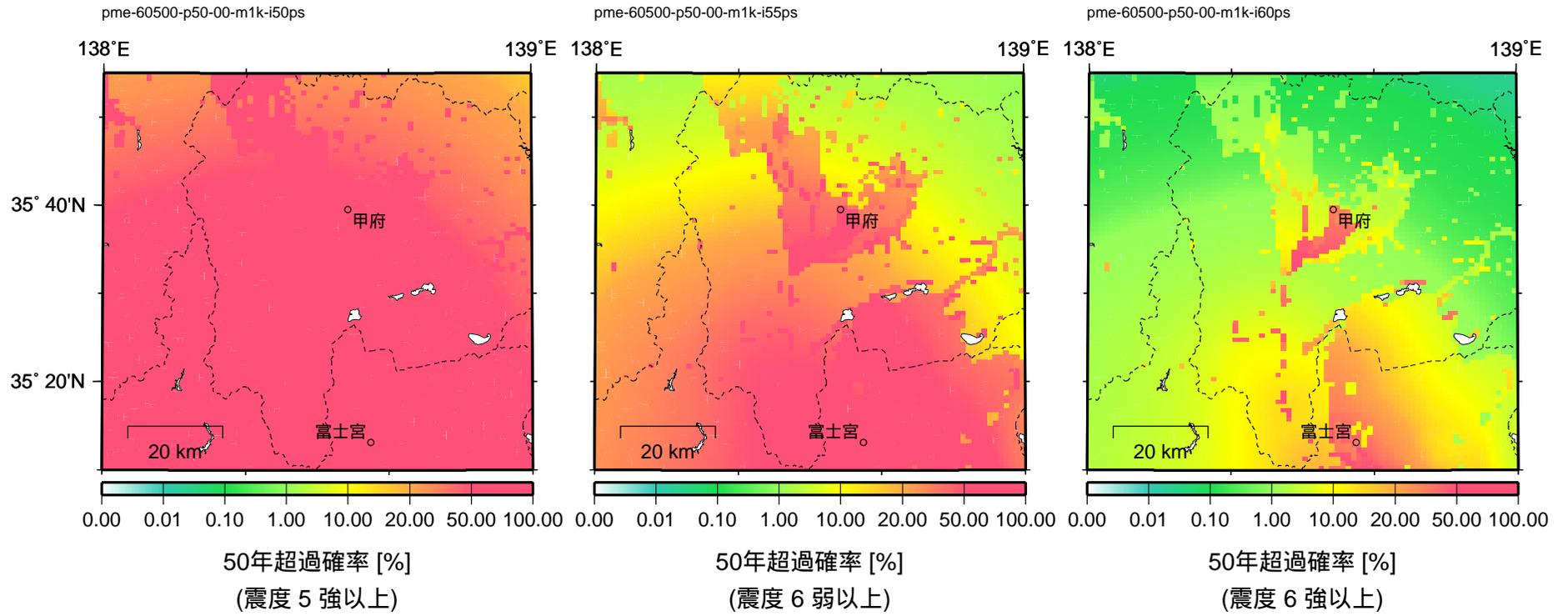


図 3.6.1-50 海溝型地震のうち想定東海地震（仮）と想定関東地震（仮）のみによるハザード
< 平均ケース、50 年超過確率 >

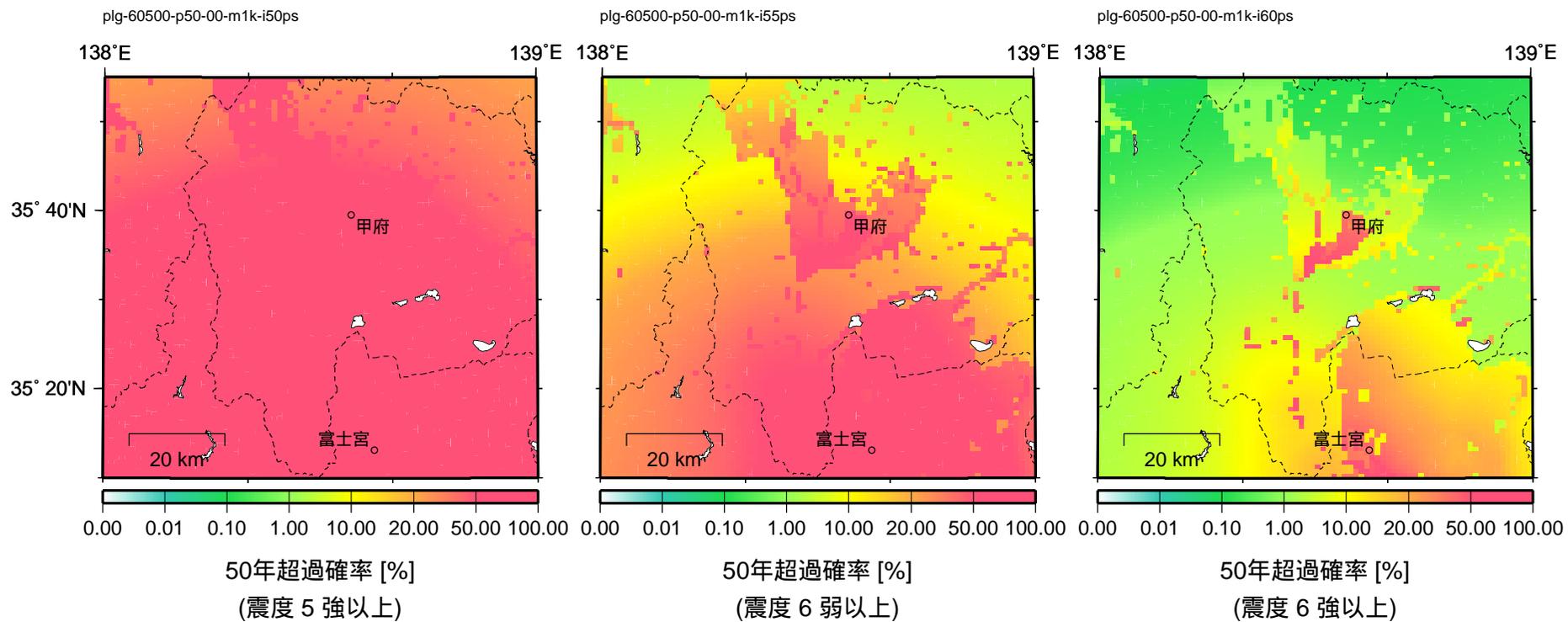


図 3.6.1-51 海溝型地震のうち想定東海地震（仮）と想定関東地震（仮）のみによるハザード

< 最大ケース、50年超過確率 >

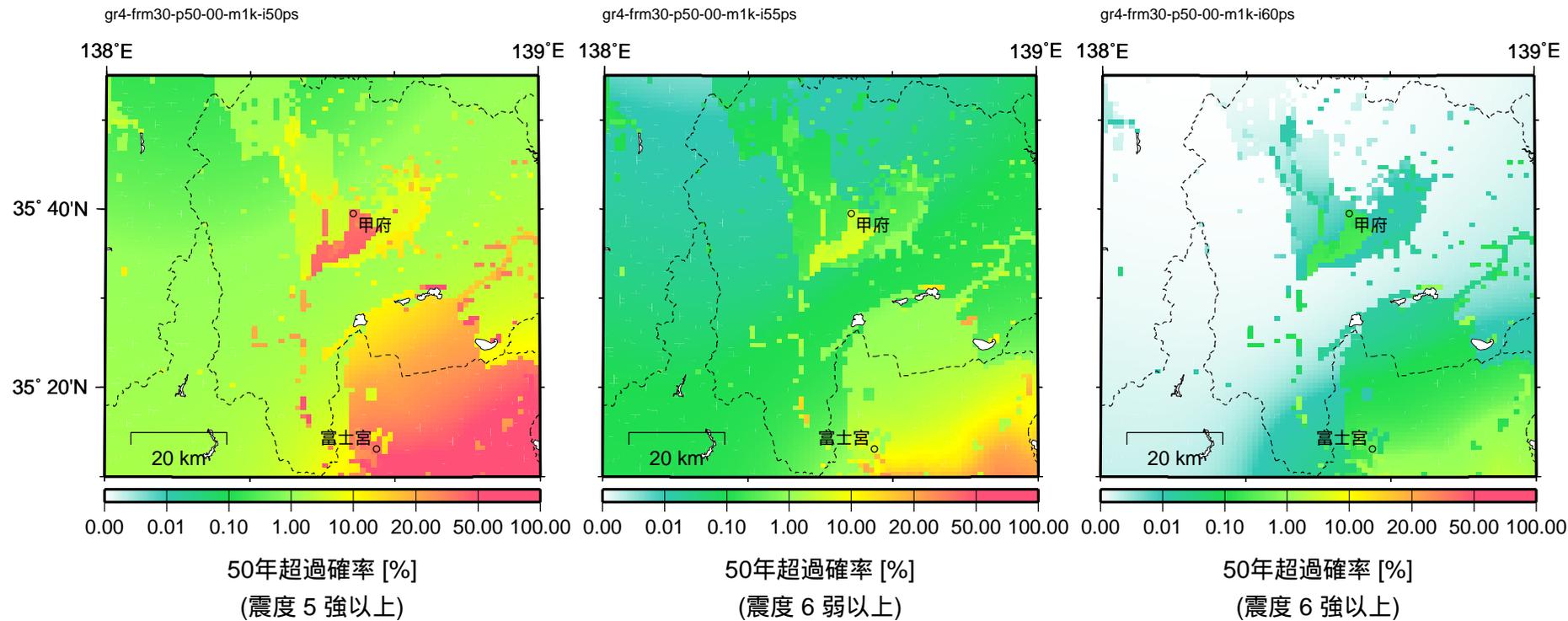


図 3.6.1-52 その他の地震のうちグループ 4 の地震によるハザード

< 地域区分しない / 微小地震、50 年超過確率 >

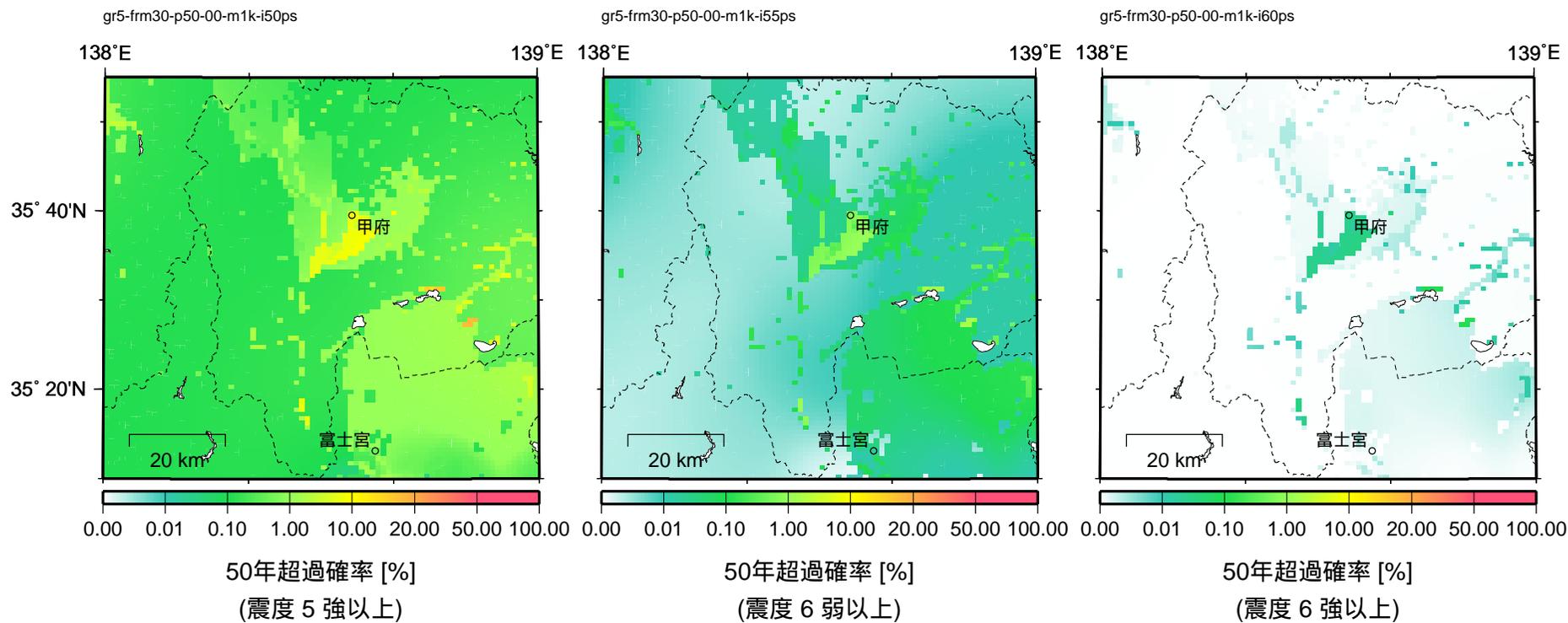
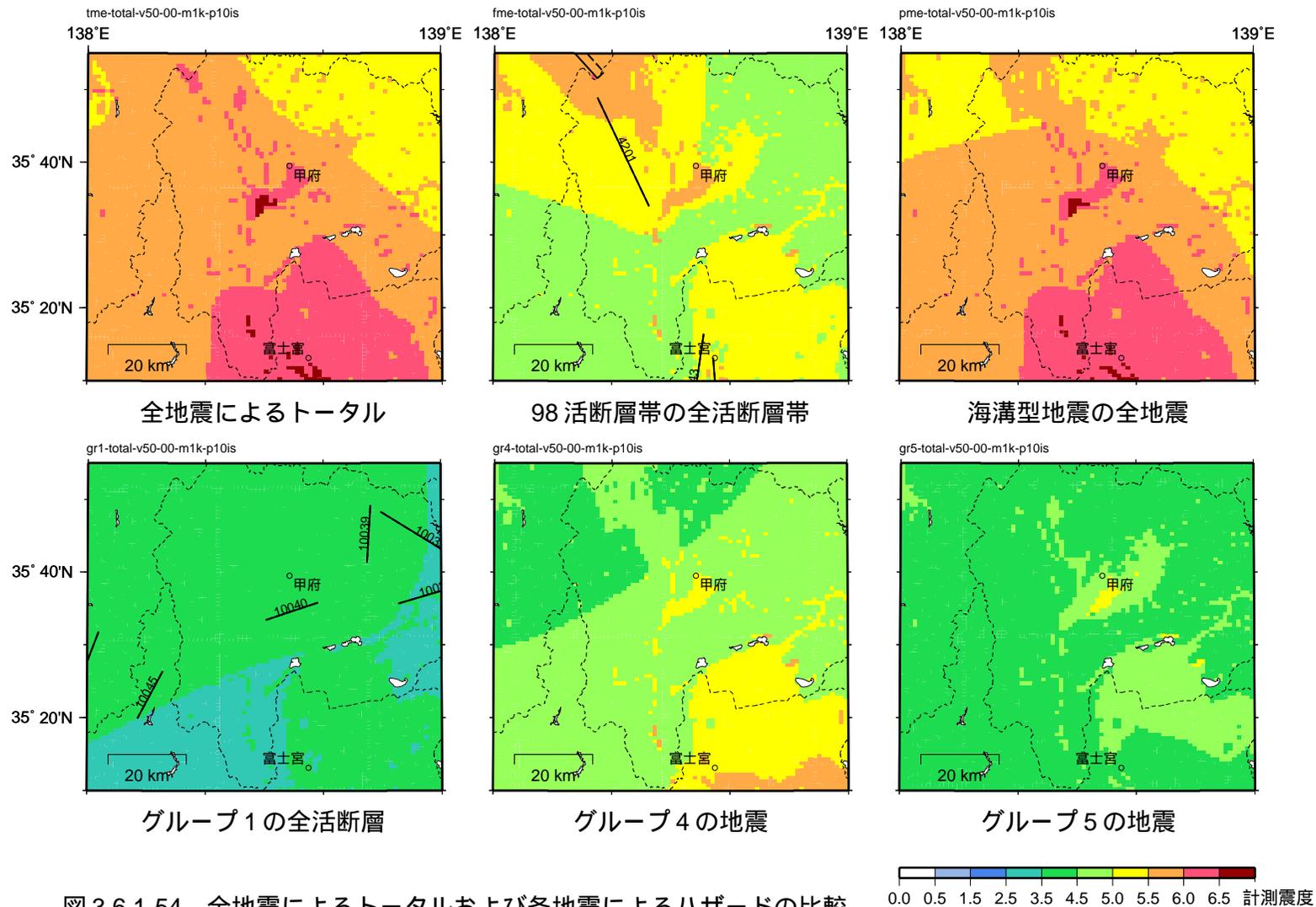


図 3.6.1-53 その他の地震のうちグループ 5 の地震によるハザード

< 地域区分しない / 微小地震、50 年超過確率 >



3.6.2 代表地点のハザードカーブの評価結果

A. 評価地点と評価結果

平面的な地図の表現は地域的なハザードの違いを把握するには適しているが、ある特定の確率レベルの結果に限定されるため、確率レベルの違いによるハザード評価結果の特徴を把握するにはハザードカーブを評価するのが望ましい。また、大地震によるトータルのハザードカーブのみでなく、各地震のみによるハザードカーブを併せて示すことによって、当該地点での地震ハザードの特徴を理解するのに役立つ。

ここでは、市役所位置が試作領域内に含まれる人口 10 万人以上の甲府市および富士宮市におけるハザードカーブを評価した。評価位置は市役所の所在地が含まれる基準地域メッシュ（第3次地域区画）の中心であり、地盤増幅率は当該メッシュにおける値を用いた。

甲府の結果を図 3.6.2-1 に、富士宮の結果を図 3.6.2-2 に示す。各図はそれぞれ 1 都市の結果が 2 ページで表現されており、最初のページには大地震によるトータルのハザードカーブと 5 種類の地震のみによるハザードカーブを、2 ページ目には参考図として評価条件の違いによる結果の比較を示している。各カーブの意味については図の前に説明資料をつけている。なお、ここでのハザードカーブの縦軸はいずれも西暦 2002 年より 50 年間での超過確率を示している。また横軸は地表の最大速度を示しており、図の上に（換算した）計測震度の軸を併記している。

B. 考察

大地震によるトータルのハザード（(1)図）に関して、甲府、富士宮の両地点でのハザードレベルは似た結果である。しかしながら、地盤の増幅率（図の右上に記載）は甲府の方がかなり大きいので、仮に工学的基盤レベルでのハザードで比較すると富士宮の方がハザードが高いといえることができる。

一方、個々の地震によるハザード（(2)図）で見ると、海溝型地震によるハザードがトータルのハザードに対してきわめて支配的であることは両地点に共通する特徴である。次いで、確率レベルが高い所ではグループ 4 の地震が、また確率レベルが低い所では 98 活断層帯によるハザードが高いのも両地点に共通する特徴であるが、2 つのカーブが交差する確率レベルは地点によって差が見られる。

個々の地震ごとのハザードを見ていくと、両地点で特徴的な違いが見られるのは 98 活断層帯（(3)図）によるハザードであり、糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）と富士

川河口断層帯によるハザード ((4)図) を見るとその原因が両断層によるハザードの大小関係の違いにあることが理解できる。平均的なケース (図では「平均ケース」) と最大確率を与えるケース (図では「最大ケース」) で地震発生確率が異なる富士川河口断層帯の影響を強く受ける富士宮では、98 活断層帯の地震発生確率の条件を変えた(3)図において、両ケースの結果の差が顕著となる。

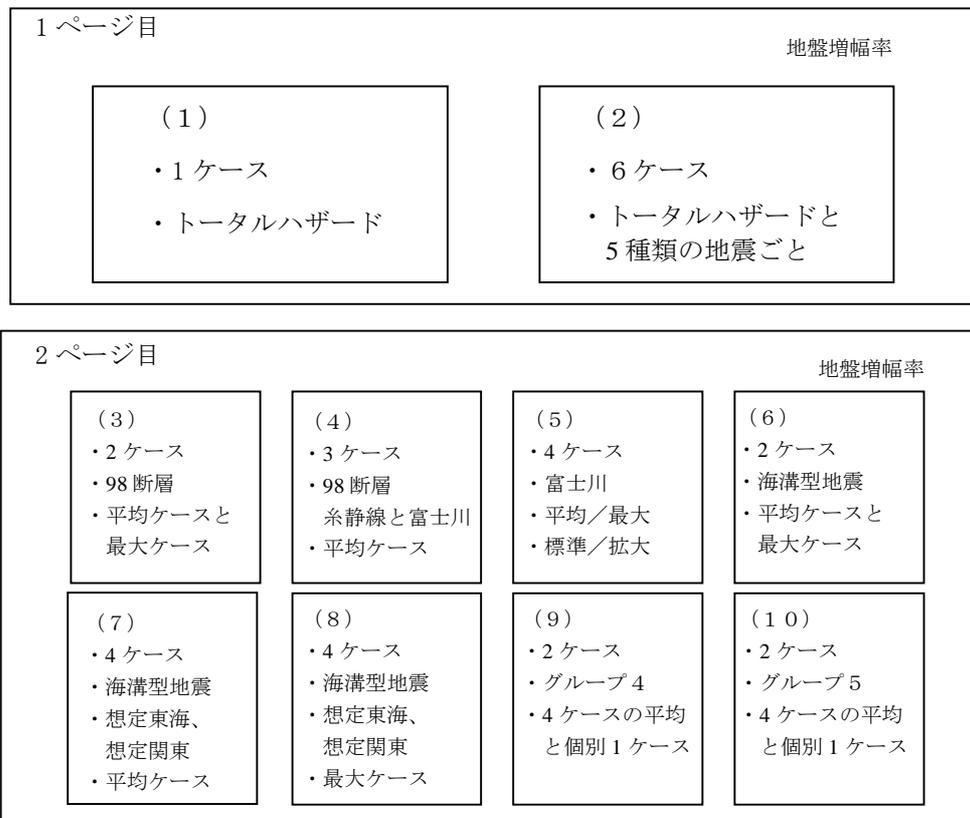
富士川河口断層帯の断層面の違いに関して、甲府、富士宮の両地点は断層の北あるいは北東に位置するため、標準モデル (陸域部のみ) に比べて拡大モデル (海域まで拡大) の場合の方が若干距離が遠くなり、このためハザードが少し小さくなる結果となっている ((5) 図)。ただし、断層の西側では断層面との位置関係により逆の関係となる可能性が高いことに注意する必要がある。

海溝型地震のハザードに関しては、両地点とも想定東海地震 (仮) が支配的である ((7) 図)。また、海溝型地震の発生確率の取扱い条件の違い (平均ケース/最大ケース) に関しては、想定関東地震 (仮) の発生確率に違いがあるが ((7) 図と(8)図)、海溝型地震全体のハザードに対する影響は両地点とも小さい ((6) 図)。

その他の地震のうちのグループ 4 およびグループ 5 の地震の取扱い条件の違いについては、今回の両地点ではほとんど結果に差が見られない ((9) 図、(10) 図)。

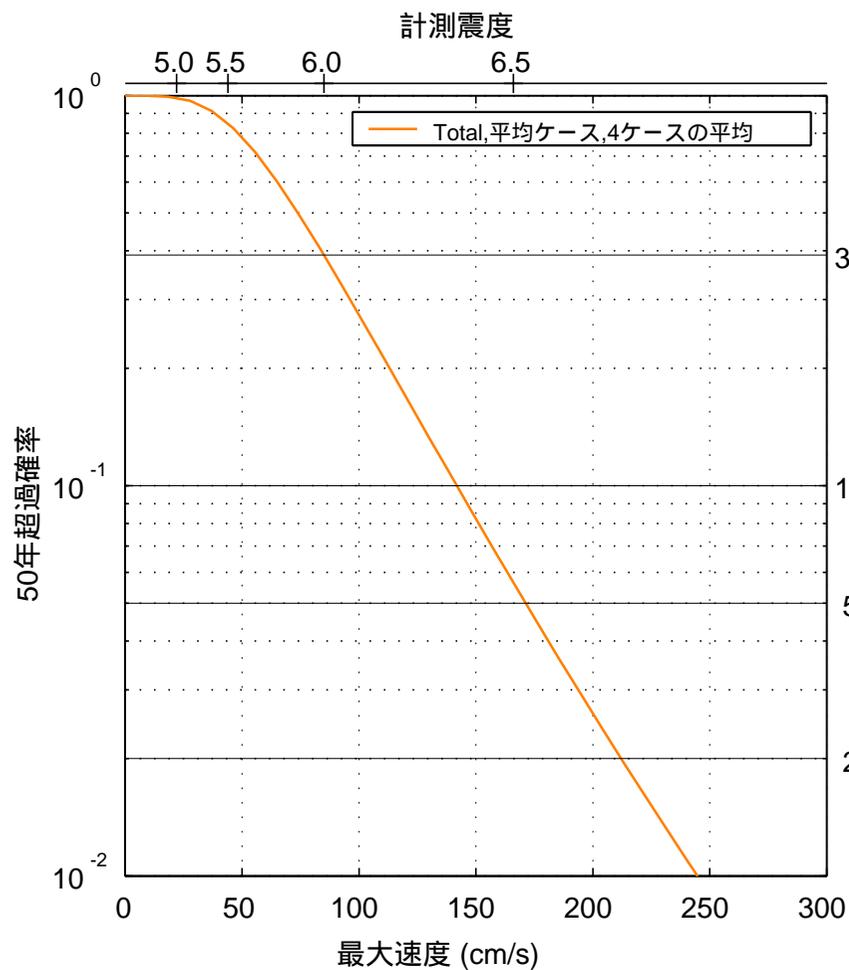
なお、こうした評価条件の違いは地域ごとに影響が異なるものであり、以上の特徴が他の地点でもそのまま当てはまるものではないことに注意する必要がある。

ハザードカーブ 図の説明

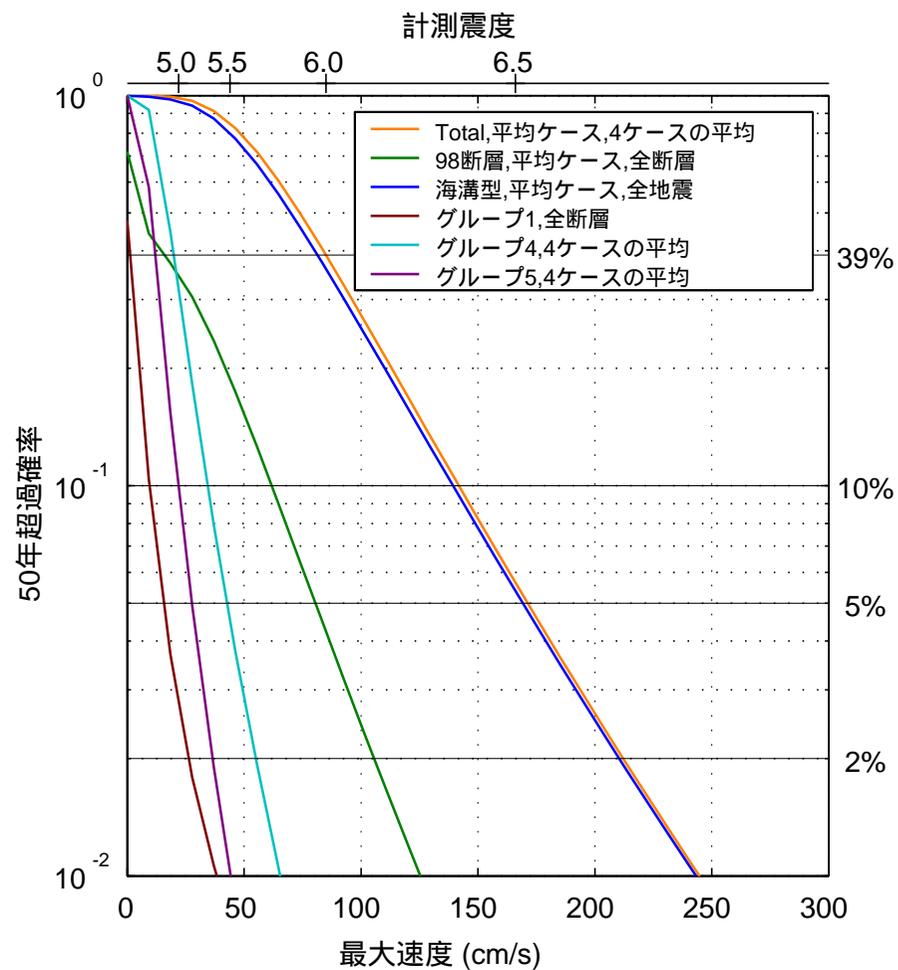


(注) 各ハザードカーブの縦軸は西暦 2002 年より 50 年間の超過確率
 横軸は地表の最大速度、横上軸に計測震度を表示
 また、98 活断層帯→「98 断層」、想定東海地震（仮）→「想定東海」、
 想定関東地震（仮）→「想定関東」と略して表示している

- ・ (1)は全地震を考慮したトータルのハザードカーブ
- ・ (2)はトータルのハザードカーブに 5 種類の地震ごとのハザードカーブを併せて表示
- ・ (3)～(10)は参考図
- ・ (3)～(5)は 98 断層に関するハザードカーブで、
 - (3)は平均ケースと最大ケースとの比較
 - (4)は平均ケースでの全断層、糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）のみ、富士川河口断層帯のみの比較
 - (5)は富士川河口断層帯のみの、平均ケース/最大ケース、標準モデル/拡大モデルの組合せによる 4 ケースの比較
- ・ (6)～(8)は海溝型地震に関するハザードカーブで、
 - (6)は平均ケースと最大ケースとの比較
 - (7)は平均ケースでの全地震、想定東海、想定関東、想定東海+想定関東の比較
 - (8)は最大ケースでの全地震、想定東海、想定関東、想定東海+想定関東の比較
- ・ (9)はその他の地震のうちのグループ 4 のハザードカーブで、4 ケースの平均と、地域区分しない/微小地震のケースとの比較
- ・ (10)はその他の地震のうちのグループ 5 のハザードカーブで、4 ケースの平均と、地域区分しない/微小地震のケースとの比較

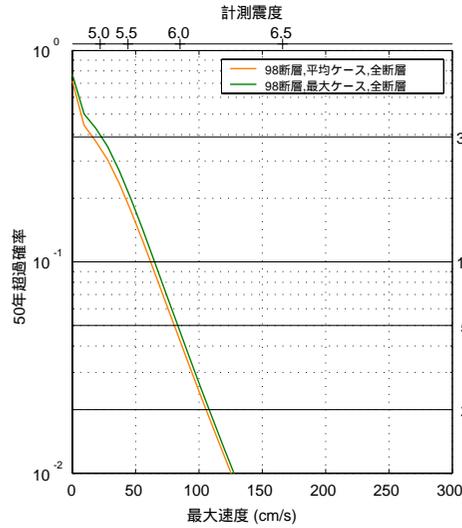


(1) 全地震

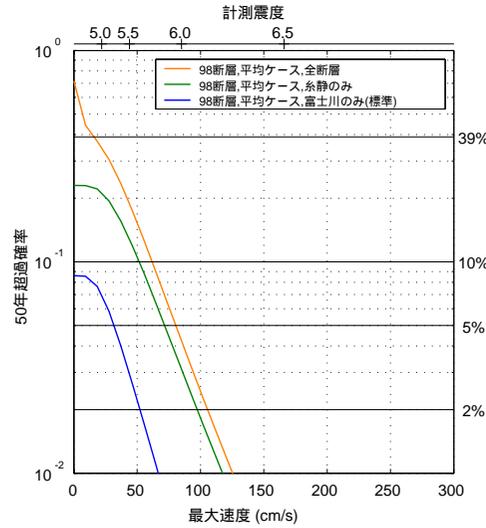


(2) 全地震と5つの地震毎

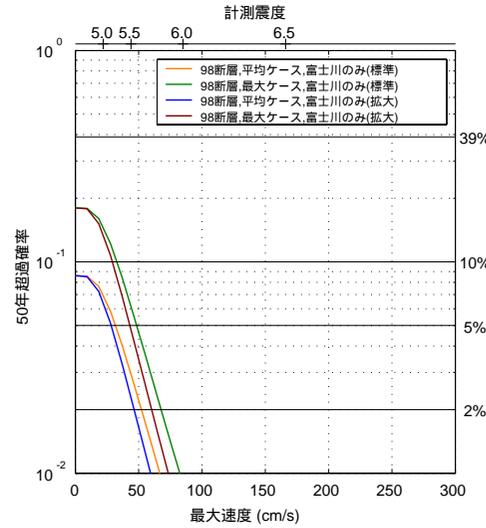
図 3.6.2-1 甲府におけるハザードカーブ (その1)



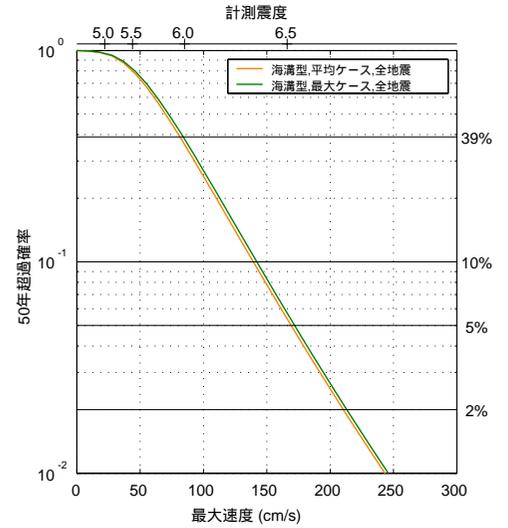
(3) [参考図] 98断層: 平均と最大



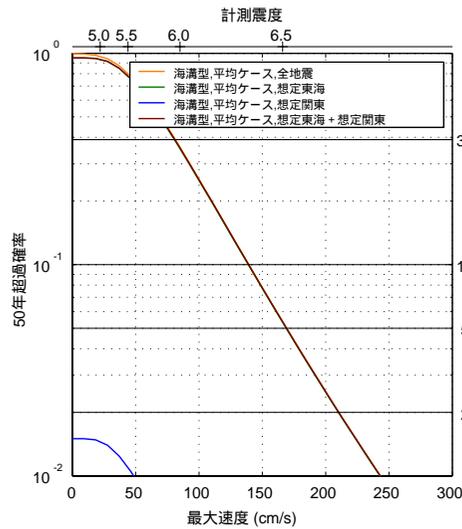
(4) [参考図] 98断層平均と糸静線と富士川平均



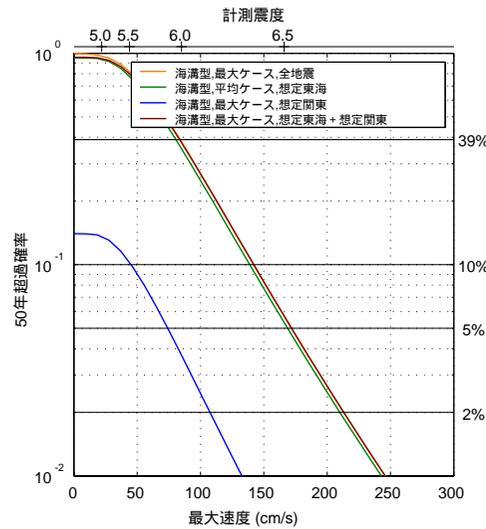
(5) [参考図] 富士川4ケース



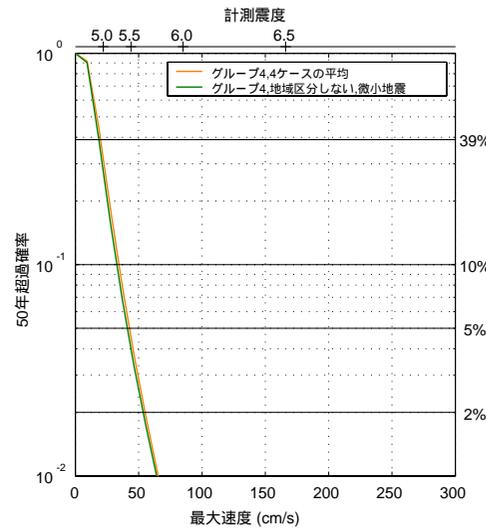
(6) [参考図] 海溝型: 平均と最大



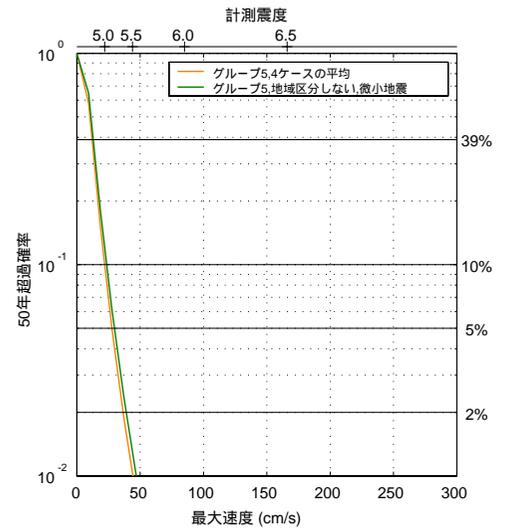
(7) [参考図] 海溝型平均: 全体・想定東海・想定関東・東海+関東



(8) [参考図] 海溝型最大: 全体・想定東海・想定関東・東海+関東

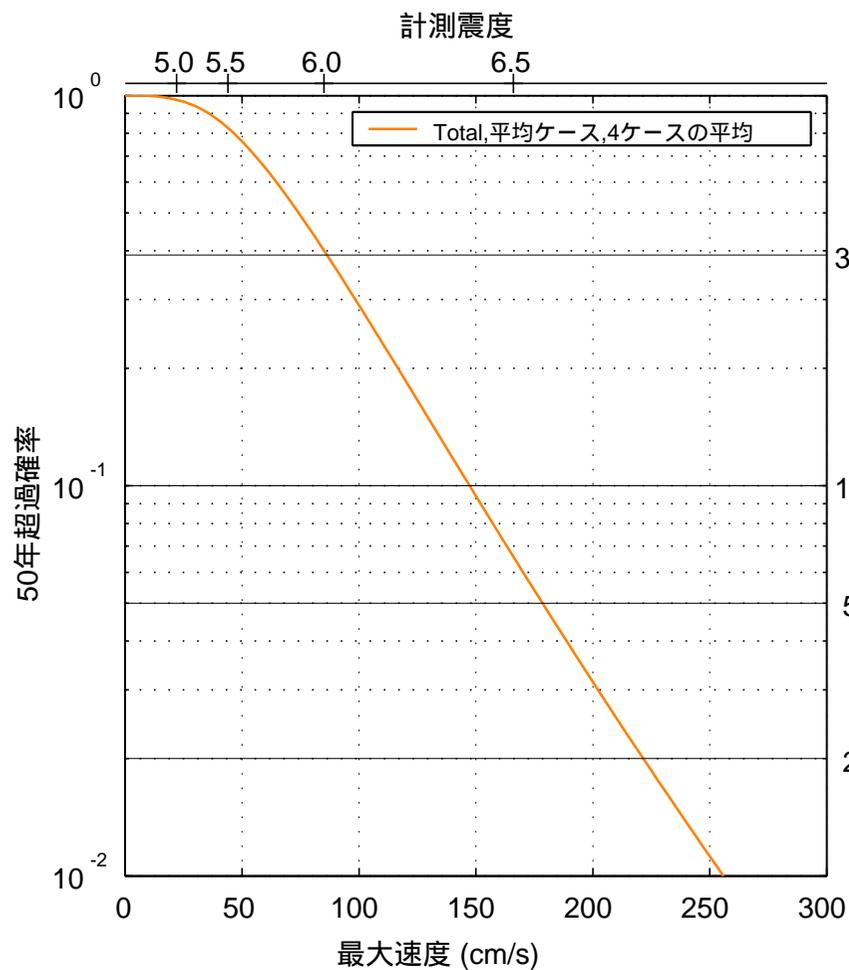


(9) [参考図] GR4: 平均と地域区分しない・微小地震

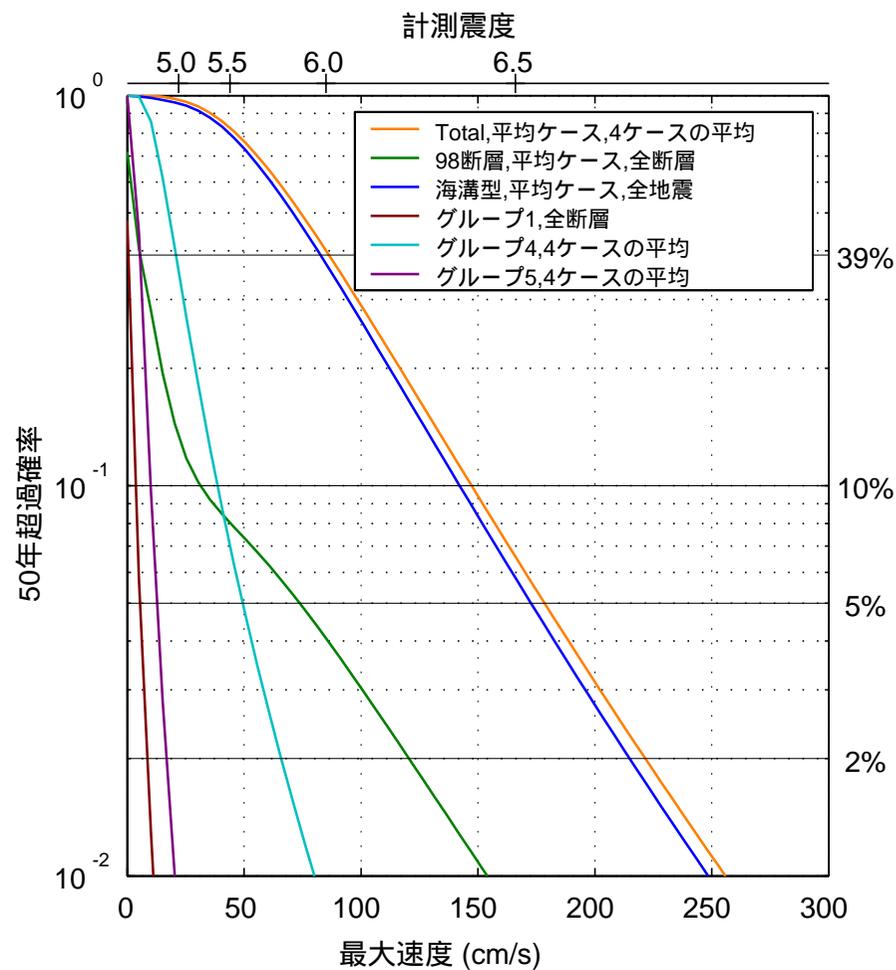


(10) [参考図] GR5: 平均と地域区分しない・微小地震

図 3.6.2-1 甲府におけるハザードカーブ (その2)

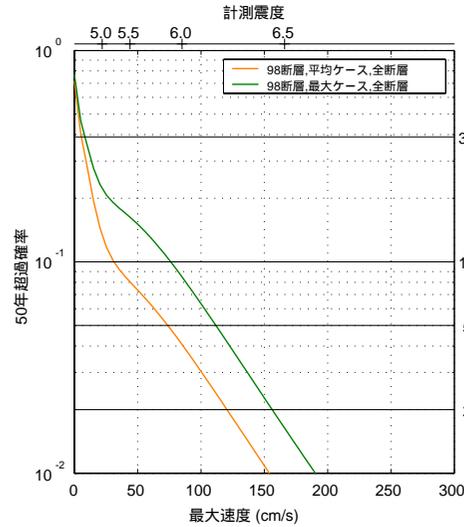


(1) 全地震

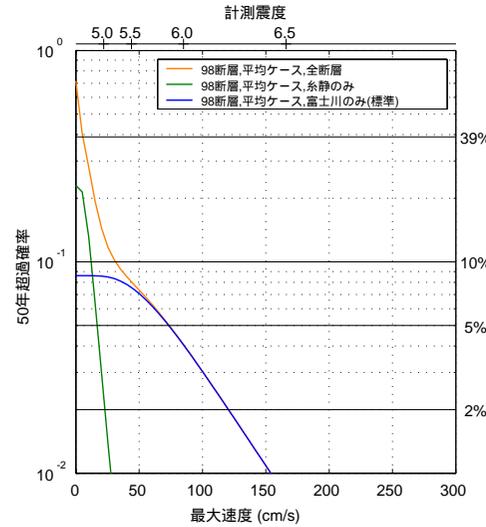


(2) 全地震と5つの地震毎

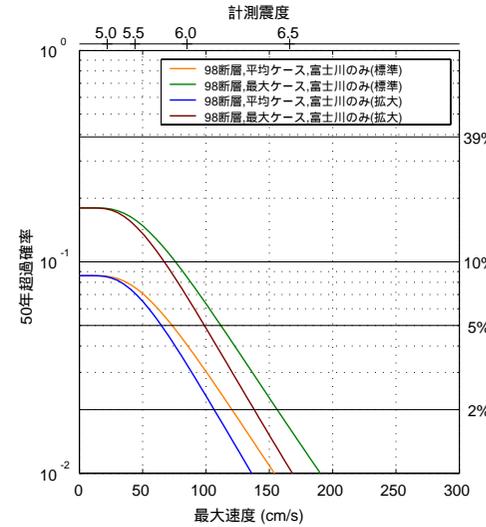
図 3.6.2-2 富士宮におけるハザードカーブ (その1)



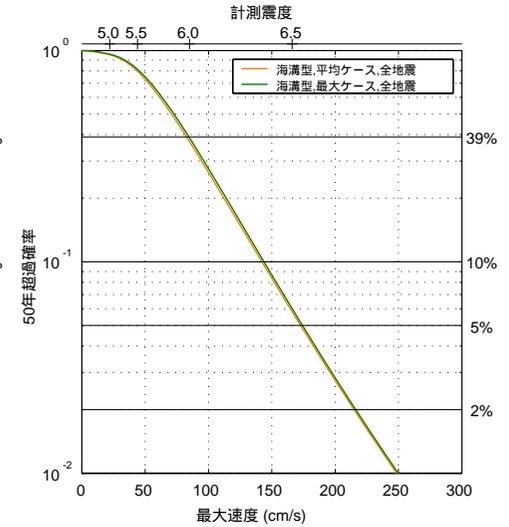
(3) [参考図] 98断層: 平均と最大



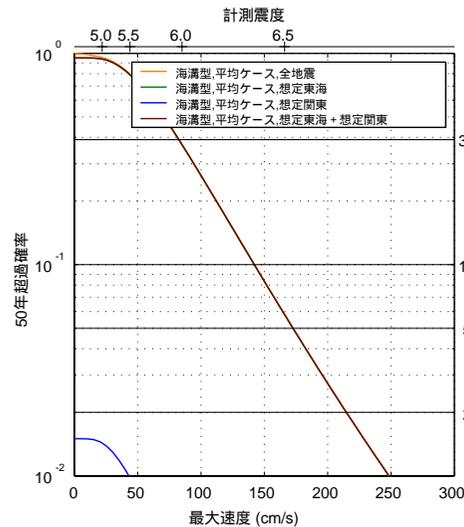
(4) [参考図] 98断層平均と糸静線と富士川平均



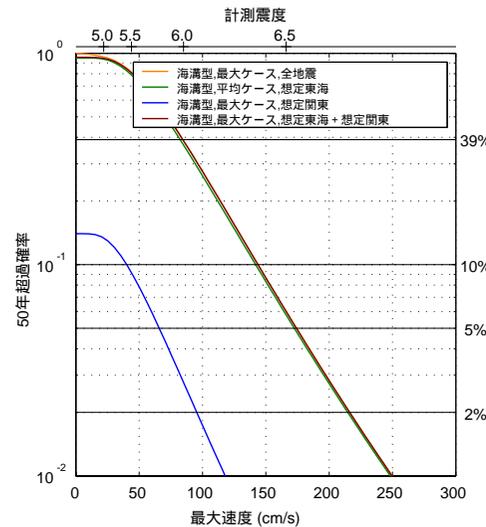
(5) [参考図] 富士川 4 ケース



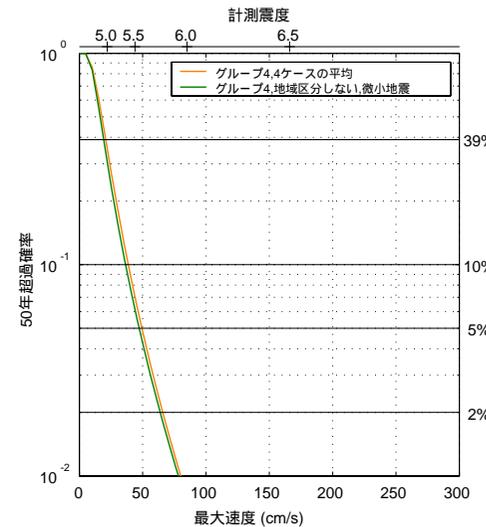
(6) [参考図] 海溝型: 平均と最大



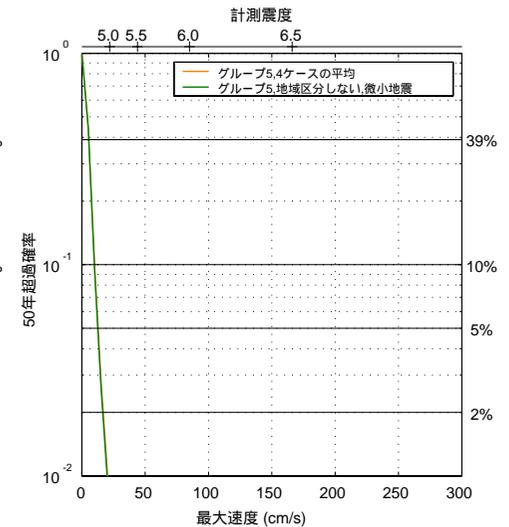
(7) [参考図] 海溝型平均: 全体・想定東海・想定関東・東海+関東



(8) [参考図] 海溝型最大: 全体・想定東海・想定関東・東海+関東



(9) [参考図] GR4: 平均と地域区分しない・微小地震



(10) [参考図] GR5: 平均と地域区分しない・微小地震

図 3.6.2-2 富士宮におけるハザードカーブ (その2)

3.7 今後の課題

以上、確率論的地図の作成手法の概要、基本的な評価条件、ならびに特定の地域を対象とした場合の評価結果を示した。本節では以上の結果を踏まえて、今後、全国の概観地図を作成するための技術的な課題を整理する。

表 3.7-1 に今後の検討課題の一覧を示す。最左欄のモデル化すべき項目は評価条件の一覧表（表 3.2-1）と揃えている。課題は大きく、地図の仕様に関する項目、地震活動のモデル化に関する項目、地震動の評価モデルに関する項目、不確定性の処理に関する項目、地図の融合や公開に関する項目に分類できる。次年度以降、これらの課題に関して検討を進め、より洗練された確率論的地図の作成に向けて議論を重ねていく必要がある。

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その1）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
1. 地図の仕様： 期間 確率レベル 地震動強さ	<ul style="list-style-type: none"> 2002年より50年間での超過確率が39%、10%、5%となる地震動強さの地域分布を表示する 地震動強さ指標は地表の計測震度、地表の最大速度、工学的基盤上の最大速度 2002年より50年間に震度が5強以上、6弱以上、6強以上となる確率の地域分布を表示する 	<ul style="list-style-type: none"> 時間原点は公表時点に合わせて修正していく 期間と確率レベルについては利用目的を踏まえて、その意味とともに再検討する 地震動指標については、最大加速度ならびに応答スペクトルについても検討する
2. 計算ピッチ	<ul style="list-style-type: none"> 基準地域メッシュ（第3次地域区画：1辺約1km） 	
3. 作成領域	<ul style="list-style-type: none"> 山梨県を中心とする東西約80km、南北約90kmの地域（メッシュ数：7,200） 	<ul style="list-style-type: none"> H14年度：北日本（予定） H15年度：未定 H16年度：未定 H16年度後半に全国を概観した地図を作成、公表
4. 地震活動域のモデル化方針	<ul style="list-style-type: none"> 地震を7つのタイプに分けてモデル化するが、その他の地震のうちのグループ2の地震についてはグループ5の地震に含める 	<ul style="list-style-type: none"> その他の地震のうちのグループ2の地震のモデル化（それ以外の詳細は下記の個別の項目欄に示す）
5. 98の主要な活断層帯に発生する最大地震		
5-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> 基盤的調査観測の対象活断層（98断層）をモデル化する 長期評価、形状評価の結果に基づいてモデル化する 評価が終わっていない活断層については、暫定的に損害保険料率算定会の地震危険度評価で用いられたモデルを踏襲する 	<ul style="list-style-type: none"> 評価が終わっていない活断層のモデル化について、松田（2000）による起震断層などの他の情報も含めて再検討する
5-2 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> BPT分布による更新過程に基づいて将来の地震発生確率を算定する 長期評価において発生確率に幅をもって公表されている場合には、平均活動間隔と前回活動時期のいずれも幅の中央値を用いた場合（平均的なケース）と、最短の平均活動間隔と最古の前回活動時期を用いた場合（最大確率を与えるケース）の双方を検討する 活動履歴が明らかでない活断層についてはポアソン過程に基づき発生確率を算定する 長期評価が終わっていない活断層は料率算定会モデルの地震発生確率を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> 長期評価で幅をもって確率が公表されている場合の取扱いについて再検討する必要がある 長期評価が終わっていない活断層を料率算定会モデル以外でモデル化する場合には、地震発生確率についても併せてモデル化する必要がある

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その2）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
5-3 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> ・長期評価の結果に基づく ・規模に幅がある場合には中央値を用いる（固有規模） ・長期評価が終わっていない活断層については料率算定会モデルのマグニチュードを用いる 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期評価で幅をもって規模が公表されている場合の取扱いについて再検討する必要がある ・長期評価が終わっていない活断層を料率算定会モデル以外でモデル化する場合には、規模についても併せてモデル化する必要がある
5-4 断層面	<ul style="list-style-type: none"> ・1枚もしくは複数枚の矩形面でモデル化する ・形状評価が終わっていない活断層で傾斜角や幅など定量化されていないパラメータがある場合には既往研究に基づく暫定措置により諸元を設定する（上端深さ3km、地震発生層厚さ15km、傾斜角横ずれ90度、逆断層60度） ・長期評価が終わっていない活断層については料率算定会モデルの断層位置を踏襲する 	<ul style="list-style-type: none"> ・特に断層の傾斜角および幅が不明な場合の取扱いについて再検討する必要がある ・長期評価が終わっていない活断層を料率算定会モデル以外でモデル化する場合には、断層面の諸元についても併せてモデル化する必要がある
5-5 活動区間	<ul style="list-style-type: none"> ・最も起こりそうな区間の活動のみを対象とし、複数の活動パターンは考慮しない ・糸魚川-静岡構造線断層帯は北部と中部の同時活動を考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期評価で一部区間の活動が指摘されている場合や他の断層と併せた検討の必要性が指摘されている場合の取扱いについて検討する必要がある
6. 海溝型地震として扱おうとしているプレート境界で発生する大地震		
6-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> ・試作地域に影響する地震として、想定東海地震（仮）、東南海地震、南海地震、想定関東地震（仮）を別個に独立の地震としてモデル化する ・パラメータは長期評価の結果などに基づいて定める ・想定関東地震（仮）については既往の研究に基づきモデル化する 	<ul style="list-style-type: none"> ・他の地域の地震で長期評価が終わっていない地震のモデル化の方針について検討する必要がある
6-2 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> ・東南海地震と南海地震については長期評価で示されている発生確率を用いる ・想定東海地震（仮）および想定関東地震（仮）は仮置き値として発生確率を与える ・長期評価などにおいて発生確率に幅をもって公表されている場合には、ばらつきなどの諸パラメータの中央値を用いる場合（平均的なケース）と、確率が最大となる条件を用いた場合（最大の確率を与えるケース）の双方を検討する 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期評価で幅をもって確率が公表されている場合の取扱いについて再検討する必要がある ・長期評価が終わっていない地震を既往研究などに基づいてモデル化する場合には、地震発生確率についても併せてモデル化する必要がある

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その3）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
6-3 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> ・長期評価等の結果に基づく ・幅がある場合には中央値を用いる（固有規模） 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期評価で幅をもって規模が公表されている場合の取扱いについて再検討する必要がある ・長期評価が終わっていない地震を既往研究などに基づいてモデル化する場合には、規模についても併せてモデル化する必要がある
6-4 断層面	<ul style="list-style-type: none"> ・評価された断層面を複数の要素あるいは矩形面でモデル化 	
6-5 活動区間	<ul style="list-style-type: none"> ・各地震の連動は考慮しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・将来的には研究的な観点から、東南海～南海、想定東海～東南海、想定東海～東南海～南海の各地震の連動も考慮する
7. その他の地震のうちグループ1の地震（98断層帯以外の活断層に発生する地震）		
7-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> ・料率算定会の主要活断層のうち98断層に含まれないものと、その他の断層のうち98活断層に含まれるものを除いた活断層をモデル化する ・基本的に料率算定会モデルに従う 	<ul style="list-style-type: none"> ・松田（2000）による起震断層などの他の情報も含めて再検討する ・活動履歴、単位変位置、傾斜角など種々のパラメータに関して断層固有の値が明らかな場合の取扱いについて検討する必要がある
7-2 地震発生確率	<ul style="list-style-type: none"> ・定常ポアソン過程 ・発生頻度は算定会モデル 	
7-3 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> ・固有規模（原則は断層長に基づき松田式） 	
7-4 断層面	<ul style="list-style-type: none"> ・1枚もしくは複数枚の鉛直断層 	
7-5 活動区間	<ul style="list-style-type: none"> ・考慮せず 	
8. その他の地震のうちグループ2の地震（98断層帯に発生する固有地震以外の地震）		
8-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点では有効なモデルがないため、その他の地震のうちのグループ5の地震に含まれると考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・98断層のセグメント化や複数セグメントの連動と併せてモデル化の方針を検討する必要がある
8-2 地震発生確率	-	
8-3 地震規模	-	
8-4 断層面	-	
8-5 活動区間	-	

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その4）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
9. その他の地震のうちグループ3の地震 （海溝型地震として扱おうとしている プレート境界で発生する大地震以外の地震）		
9-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 歴史地震および最近の微小地震のうちプレート境界地震に該当するものを抽出し、そのデータに基づきモデル化する ・ プレート境界地震とプレート内地震は深さ（例：60km）あるいは最近のデータに基づく比率で分ける ・ 今回の試作地域周辺ではほとんどの地震がプレート内地震と考えられたため、モデル化しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プレート境界地震とプレート内地震の分離の方針について検討する必要がある
9-2 地震カタログ	-	
9-3 地震発生確率	-	
9-4 地震規模	-	
9-5 断層位置	-	
10. その他の地震のうちグループ4の地震 （沈み込むプレート内地震）		
10-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 歴史地震および最近の微小地震のうちプレート内地震に該当するものを抽出し、そのデータに基づきモデル化する ・ プレート境界地震とプレート内地震は深さ（例：60km）あるいは最近のデータに基づく比率で分ける ・ 今回の試作地域周辺ではすべてがプレート内地震としてモデル化した ・ 地域区分する方法と地域区分しない方法の双方について検討する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プレート境界地震とプレート内地震の分離の方針について検討する必要がある ・ 地域区分する方法と地域区分しない方法の採否あるいは組合せ、ならびに用いる地震カタログの組合せについて検討する必要がある
10-2 地震カタログ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1885年以降の地震カタログ（中地震）と、1983年以降の微小地震データ（微小地震）の双方を用いた場合について検討する ・ 余震は土木研究所の方法により除去する ・ 群発地震は除去していない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 標準カタログについて検討する必要がある ・ 前震、余震ならびに群発地震の除去方法について検討する必要がある
10-3 地震発生確率	< 共通 > ・ 定常ポアソン過程 < 地域区分する方法 > ・ 料率算定会の地域区分を踏襲しその地域ごとに発生頻度を定める < 地域区分しない方法 > ・ 0.1度の格子ごとにスムージングして定める（相関距離は25km）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域区分する方法において、料率算定会の地域区分の妥当性について検討する必要がある ・ 地域区分しない方法において、格子間隔とスムージングする際の相関距離の妥当性について検討する必要がある

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その5）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
10-4 地震規模	<p>< 共通 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 指数分布 (b 値モデル) ・ b 値は一定 (0.9) ・ 最小 M は 5.0 <p>< 地域区分する方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大 M は区分した地域ごとに設定 <p>< 地域区分しない方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 最大 M は地域区分する方法で設定した地域ごとに定める 	<ul style="list-style-type: none"> ・ b 値の設定方法について再検討する必要がある ・ 最大マグニチュードの与え方について検討する必要がある
10-5 断層位置	<p>< 共通 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 点震源 ・ 深さは最近の地震データの平均値で区分した地域ごとに一定値 <p>< 地域区分する方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 区分した地域内で一様ランダム <p>< 地域区分しない方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 格子ごとに上記の頻度で地震が発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 断層面の拡がりのモデル化について検討する必要がある ・ 深さの設定方法について再検討する必要がある
<p>11. その他の地震のうちグループ5の地震 (陸域の地殻内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震)</p>		
11-1 モデル化の対象と方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 歴史地震および最近の微小地震のうち陸域の地殻内地震に該当するものに基づきモデル化する ・ 地域区分する方法と地域区分しない方法の双方について検討する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域区分する方法と地域区分しない方法の採否あるいは組合せ、ならびに用いる地震カタログの組合せについて検討する必要がある ・ 隈元モデル (活断層カタログに基づいて地震活動をモデル化) に対応するようにシミュレートした人工の地震カタログに基づきモデル化した結果も併せて検討する
11-2 地震カタログ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1885年以降の地震カタログ (中地震) と、1983年以降の微小地震データ (微小地震) の双方を用いた場合について検討する ・ 余震は土木研究所の方法により除去する ・ 群発地震は除去していない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 標準カタログについて検討する必要がある ・ 前震、余震ならびに群発地震の除去方法について検討する必要がある
11-3 地震発生確率	<p>< 共通 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 定常ポアソン過程 <p>< 地域区分する方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 料率算定会の地域区分を踏襲しその地域ごとに発生頻度を定める <p>< 地域区分しない方法 ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 0.1度の格子ごとにスムージングして定める (相関距離は25km) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域区分する方法において、料率算定会の地域区分の妥当性について検討する必要がある ・ 地域区分しない方法において、格子間隔とスムージングする際の相関距離の妥当性について検討する必要がある

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その6）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
11-4 地震規模	<ul style="list-style-type: none"> < 共通 > ・ 指数分布 (b 値モデル) ・ b 値は一定 (0.9) ・ 最小 M は5.0 < 地域区分する方法 > ・ 最大 M は区分した地域ごとに設定 < 地域区分しない方法 > ・ 最大 M は地域区分する方法で設定した地域ごとに定める 	<ul style="list-style-type: none"> ・ b 値の設定方法について再検討する必要がある ・ 最大マグニチュードの与え方について検討する必要がある
11-5 断層位置	<ul style="list-style-type: none"> < 共通 > ・ 点震源 ・ 深さは最近の地震データの平均値で区分した地域ごとに一定値 < 地域区分する方法 > ・ 区分した地域内で一様ランダム < 地域区分しない方法 > ・ 格子ごとに上記の頻度で地震が発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 断層面の拡がりのモデル化について検討する必要がある ・ 深さの設定方法について再検討する必要がある
12. 地震動の確率モデル		
12-1 モデル化の方針	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既往の距離減衰式を用いる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たな距離減衰式の作成について検討する ・ 特定のシナリオ地震に関して、既に評価されている地震動強さの取り込み方針について検討する必要がある
12-2 地震動指標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工学的基盤上の最大速度 ・ 地表の最大速度 ・ 地表の計測震度 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最大加速度ならびに応答スペクトルについても検討する
12-3 距離減衰式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 司・翠川による最短距離の式を用いて工学的基盤上の最大速度を評価する ・ 工学的基盤 ($V_s=400\text{m/s}$相当) の最大速度は式により得られた値に補正係数1.31を乗じて求める ・ M_j M_w の変換は、陸域の浅い地震は武村式により M_j を地震モーメント M_o に変換した後それより M_w を求め、それ以外の地震は $M_w=M_j$ とする 	
12-4 距離減衰式の不確定性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 司・翠川式のばらつき (対数標準偏差) を用いる 最大速度 : 0.53 ・ 打切りは考慮しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震動強さのばらつきと上限 (打切り) について検討する必要がある

表3.7-1 確率論的地図作成手法に関する次年度以降の検討課題（その7）

モデル化すべき項目	サンプル版で用いた評価条件	次年度以降の検討課題
13. 表層地盤の増幅	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国土数値情報に基づき 松岡・翠川の方法により 最大速度の増幅率を求める ・ 工学的基盤に対する地表の 最大速度の増幅率は、この値 を1.31で除することで求める ・ ばらつきは考慮しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常に強い地震動に対する増幅率 について検討する必要がある ・ 最大速度以外の地震動指標を 用いる場合の増幅率について検討 する必要がある
14. 地震動強さ の変換	<ul style="list-style-type: none"> ・ 翠川・藤本・村松式により 地表の最大速度を計測震度 に変換する ・ ばらつきは考慮しない 	
15. 不確定性の処理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 論理ツリーは用いない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 論理ツリーの採否、用いる場合 にはその項目や重みの決定方法 などについて検討する必要がある
16. シナリオ地震 地図との融合	<ul style="list-style-type: none"> ・ シナリオ地震の位置づけ に関して基本検討を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・ シナリオ地震による地震動評価 結果を確率論的地図に取り込む 方法論について検討する必要が ある
17. 地図の公開方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 未定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検討を具体化していく必要がある

4. 地震動予測地図の融合 — 確率論的地図におけるシナリオ地震の位置づけの検討例 —

4.1 地震動予測地図の融合の考え方

地震動予測地図は確率論的地図とシナリオ地震地図の二種類の予測地図を一式としたものと定義されており、加えて、両地図の関連を明確にすること、あるいはシナリオ地震地図の結果を確率論的地図に取込むことを「融合」と呼んでいる。

地震動予測地図の融合については現時点で次の2つの考え方が提示されているが、本年度はこのうち「融合の考え方1」として、確率論的地図におけるシナリオ地震の位置づけについて検討する。

○融合の考え方1：2種類の地図は独立に作成されるが、それぞれの位置づけを解説し、相互に関連づける。2種類の地図を関連づけるために、確率論的想定地震の概念を用いるという考え方。この考え方で、各シナリオ地震を確率論的地図の中で位置づける。

○融合の考え方2：シナリオ地震に対する詳細法による強震動予測の結果を用いて、確率論的予測地図に取込むという考え方。

確率論的地図におけるシナリオ地震の位置づけとは、対象地点におけるハザードに影響が大きい地震は何か、およびシナリオ地震による地震動評価がその地点の地震ハザードにおいてどのような位置づけにあるか、という点を明確にすることにある。

確率論的想定地震（亀田・石川・奥村・中島(1997)、石川・奥村(2001)）とは、対象とする確率レベルに対応するような強さの地震動を起こし得る可能性が高い地震をシナリオ地震（想定地震）として選定するための方法論であり、その際、そのような地震動をもたらし得るような地震の相対的な出現可能性を表わす指標として各地震の「貢献度」を定義している。貢献度は対象とするハザードレベルや周期帯域に応じて変化する指標であり、貢献度が大きい地震ほどシナリオ地震を選定するにあたって重要視すべきと評価される。なお、米国でも類似の考え方として、ハザードレベルごとに支配的な地震のマグニチュードと距離を分解して評価する「deaggregation」の概念が提唱されているが（McGuire(1995)、Boissinnade, et al(1995)、Bazzurro, et al(1999)）、確率論的想定地震の概念では個々の地震ごとの貢献度を定量化して示すことに特徴がある。

(注) 石川・奥村（2001）は確率論的想定地震の概念を従来のハザードレベルを規範とする「ハザード適合想定地震」と構造物の被害や損失までを含めたリスクレベルを規範とする「リスク適合想定地震」とに分けて再定義しているが、ここではハザード適合想定地震の概念を確率論的想定地震と称する。

4.2 融合の方法

融合の考え方1の手順は次のとおりである。

- (1) 代表地点における確率論的想定地震の貢献度による重要シナリオ地震の選定
- (2) (1) で選定されたシナリオ地震による地震動強さとハザードカーブの関係の明確化

このうち、(1) は代表的な地点において確率論的想定地震の貢献度を評価することにより、対象とする確率レベルのハザードに強く影響を及ぼす地震を選定するものである。

確率論的想定地震の貢献度とは、当該地点において対象とする確率レベルに対応する地震動強さ以上の揺れを受けた場合に、その地震動をもたらした地震がどの地震である可能性が高いかを相対確率(%)で表わした指標であり、3.1 節で示した記号を用いて次式で求めることができる。

$$c_k(p; t) = \frac{P_k(Y > y; t)}{\sum_k P_k(Y > y; t)} \quad (4.2-1)$$

ここに、 $c_k(p; t)$ は t 年間の超過確率が p のハザードレベルに対する k 番目の地震 (群) の貢献度、 $P_k(Y > y; t)$ は k 番目の地震によって t 年間に少なくとも1回地震動強さが y を超える確率である。 t 年間に複数回の地震が発生する確率が無視できる場合には、次式のように展開できる。

$$c_k(p; t) = \frac{P(E_k, t) \cdot P_k(Y > y | E_k)}{\sum_k P(E_k, t) \cdot P_k(Y > y | E_k)} \quad (4.2-2)$$

ここに、 $P(E_k, t)$ は k 番目の地震が t 年間に発生する確率、 $P_k(Y > y | E_k)$ は k 番目の地震が発生した条件下で地震動強さが y を超える条件付確率である。

上式より明らかなように、確率レベルごとに全地震の貢献度の総和は 100%となる。また、同じ地震の貢献度であっても確率レベルによって値は変化することになる。なお貢献度の定式化の詳細については亀田・石川・奥村・中島(1997)、石川・奥村(2001)を参照されたい。

一方、(2) は (1) で選ばれたシナリオ地震による地震動が当該地点のハザードとどういう関係にあるかを明確にするもので、融合の考え方2の理解の助けとなるものである。具体的には、1) 特定のシナリオ地震が発生したと想定した場合の「ハザード評価で用いた距離減衰式による地震動 (シナリオ地震地図：簡便法)」が当該地点におけるハザードレベルといかなる関係にあるか、2) 特定のシナリオ地震が発生したと想定した場合の「別途評価された地震動強さ (シナリオ地震地図：詳細法)」が当該地点におけるハザードレベルといかなる関係にあるか、について考察する。

4.3 検討例

確率論的地図サンプル版においてハザードカーブを評価した甲府および富士宮の両地点を検討対象とする。シナリオ地震地図の詳細法については中央防災会議(2001)より公表されている想定東海地震(仮)の震度分布図を例題として取り上げる。なお、確率論的想定地震の貢献度を地図の形で表現する方法についても提唱されているが(中島・石川・奥村(2001))、これについては次年度以降の課題とする。

(1) 代表地点における確率論的想定地震の貢献度による重要シナリオ地震の選定

図 4.3-1 に甲府におけるハザードカーブと貢献度を、図 4.3-2 に富士宮におけるハザードカーブと貢献度を示す。両図ともに左の(a)図がハザードカーブ、中央の(b)図が貢献度である。右の(c)図は貢献度の図のうち横軸が 0~10%の部分のみを拡大して示したものである。また、代表的な超過確率に対する両地点での貢献度の値を表 4.3-1、表 4.3-2 に示す。

図 4.3-1、図 4.3-2 より明らかなように、甲府と富士宮の両地点では、ほとんどすべての確率レベルにおいて想定東海地震(仮)の貢献度が 80%以上となっている。表 4.3-1、表 4.3-2 によれば、50 年超過確率が 10%に対応する想定東海地震(仮)の貢献度の値は両地点ともに 90%に近い数値となっている。

想定東海地震(仮)の次に貢献度が大きな地震については両地点で異なっており、甲府では糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)、富士宮では富士川河口断層帯となっている。また、(c)図は貢献度が 10%以下の部分を拡大したもので、想定東海地震(仮)以外の地震の貢献度をより詳しく見ることができるが、貢献度が第 3 位以下については両地点ともに種々の地震が同程度の貢献度となっている。

また、これらの図より明らかなように、地震ハザードの一般的な特徴として、確率レベルが高い(地震動強さが小さい)場合には多くの地震が貢献するのに対して、確率レベルが低く(地震動強さが大きく)なると特定の地震の貢献度が支配的になってくることが指摘できる。

(2) シナリオ地震による地震動強さとハザードカーブの関係の明確化

- 1) 特定のシナリオ地震が発生したと想定した場合の「ハザード評価で用いた距離減衰式による地震動(シナリオ地震地図:簡便法)」と当該地点におけるハザードレベルとの関係

図 4.3-3 は甲府におけるハザードカーブについて、全地震によるトータルのもので、貢献度が大きい想定東海地震(仮)および糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)のみによるものを示したものである。同様に図 4.3-4 は富士宮におけるハザードカーブについて、全地震によるトータルのもので、貢献度が大きい想定東海地震(仮)およ

び富士川河口断層帯のみによるものを示したものである。

まず、甲府の想定東海地震（仮）によるハザードカーブ（図 4.3-3(b)）において、最大速度が 0（図の左端）に対応する超過確率の値は、地震の発生確率（=0.95）と一致する。これは、単一の地震によるハザードカーブの次式（3.1 節の式(3.1-5)）

$$P_k(Y \geq y; t) = P(E_k; t)P(Y \geq y | E_k) \quad (4.3-1)$$

で、右辺第 2 項が 1（地震が発生した場合に 0cm/s を超過する確率が 1）となる場合を考えれば明らかである。同様に想定東海地震（仮）によるハザードカーブで、50 年超過確率の値が 0.475（=地震発生確率 0.95 の半分）に対応する地表面最大速度の値は右辺第 2 項が 0.5 の場合に相当し、これは想定東海地震（仮）が発生した場合の距離減衰式による最大速度の中央値（=72cm/s：計測震度 5.9）に一致することになる。

個別の地震のみによるハザードカーブを用いた場合の地震発生確率、およびその地震が発生したと仮定した場合の距離減衰式の中央値に対応する地震動強さの意味するところは、甲府における糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）（図 4.3-3(c)）、富士宮における想定東海地震（仮）や富士川河口断層帯（図 4.3-4(b)(c)）についても同様である。

次に、甲府のトータルのハザードカーブ（図 4.3-3(a)）において、例えば 50 年超過確率 10%の地震動強さ（=142cm/s：計測震度 6.4）を考えた場合、想定東海地震（仮）の地震動強さの中央値（=72cm/s：計測震度 5.9）との関係を確率論的に評価してみる。50 年超過確率 10%の地震動強さである 142cm/s は、地震動強さの中央値である 72cm/s の 1.97 倍となり、ここでは距離減衰式のばらつきを対数標準偏差が 0.53 の対数正規分布でモデル化しているので、両者の関係は、 $\exp(0.53 \times \alpha) = 1.97$ を解くことによって $\alpha = 1.28$ となる。すなわち、50 年超過確率 10%の地震動強さは想定東海地震（仮）の地震動強さの中央値（対数）から標準偏差（対数）の 1.28 倍隔たったところに相当することがわかる。なお、ここで論じたようなハザードカーブとシナリオ地震による地震動強さとの関係については奥村・石川(2001)で論じられている。

2) 特定のシナリオ地震が発生したと想定した場合の「別途評価された地震動強さ（シナリオ地震地図：詳細法）」と当該地点におけるハザードレベルとの関係

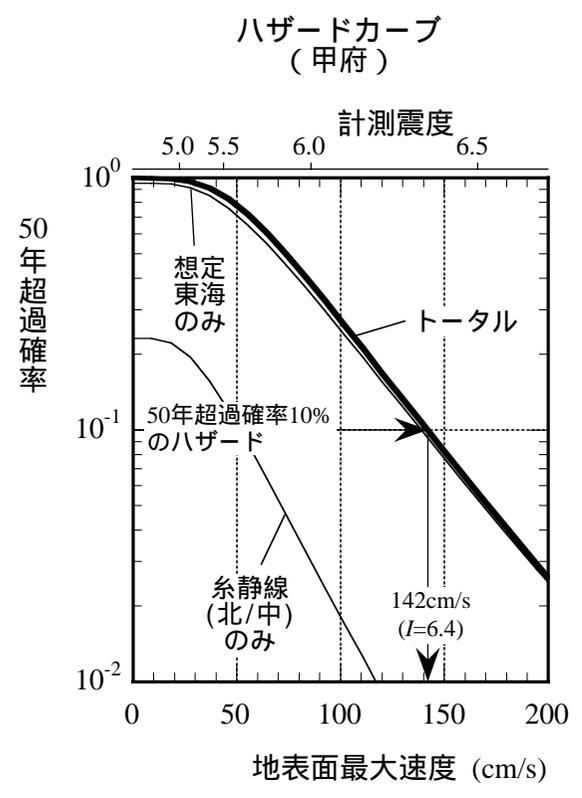
図 4.3-5 は 50 年超過確率が 39%、10%、5%の確率論的地図を示したものである。一方、シナリオ地震地図詳細法の例として、図 4.3-6 は中央防災会議によって公表された想定東海地震（仮）の震度階（計測震度）の分布図（中央防災会議事務局(2001)）である。

図 4.3-6 より甲府と富士宮の震度階を読み取れば、甲府では震度 6 弱～6 強、富士宮では震度 6 強以上となる。この地震動強さを図 4.3-5 の確率論的地図に照らし合わせ

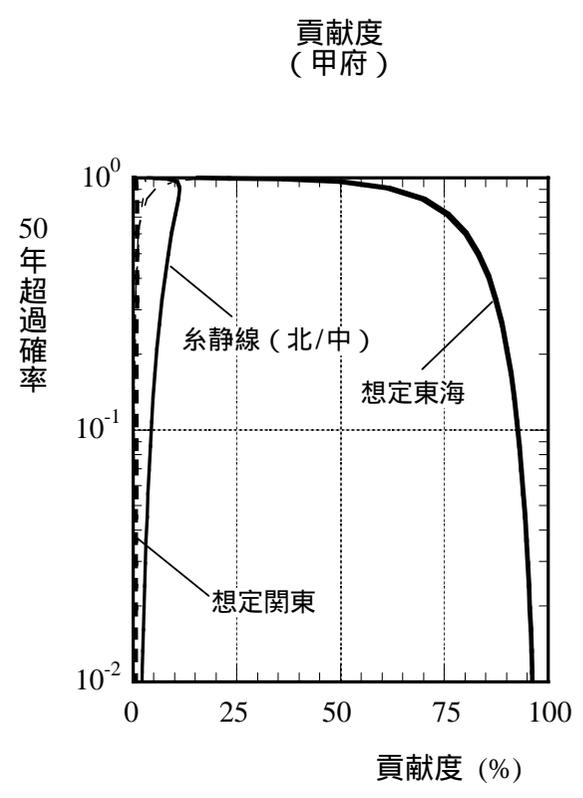
て見た場合、非常にラフな考察ではあるが、甲府の震度 6 弱～6 強は 50 年超過確率で 39%の確率論的地図に比較的近い。また、富士宮の震度 6 強以上は 50 年超過確率で 10%～5%の確率論的地図に比較的近い。より厳密には、シナリオ地震地図詳細法として評価された当該地点での地震動強さを図 4.3-3(a)や図 4.3-4(a)のハザードカーブと対照させることにより、その地震動強さとハザードレベルとの関係を定量的に把握することが可能となる。また、その地震動強さがハザード評価で用いた距離減衰式の中央値とどのような関係にあるかは、後者の値が示されている個別地震によるハザードカーブ（例えば図 4.3-3(b)や図 4.3-4(b)）を用いて比較することができる。

参考文献

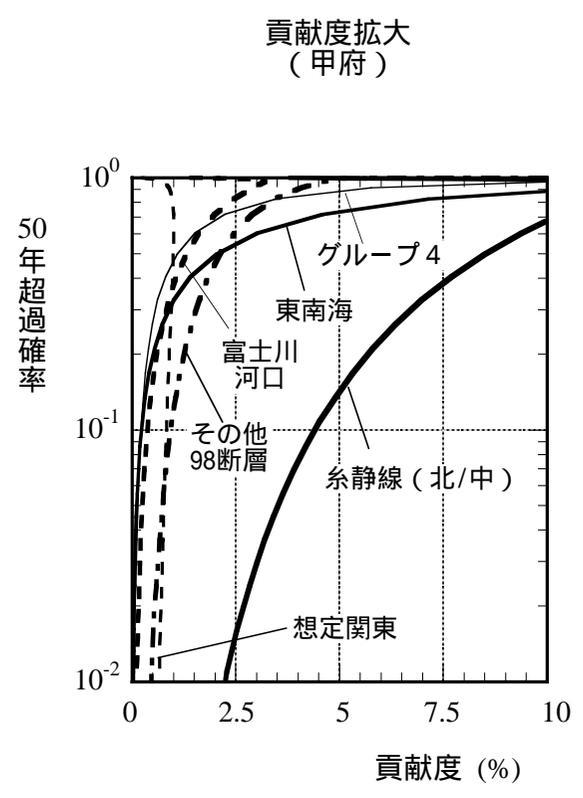
- Bazzurro, P. and Cornell, C.A. (1999): Disaggregation of Seismic Hazard, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.89, No.2, pp.501-520.
- Boissonnade, A., Chokshi, N., Bernreuter, D. and Murphy, A. (1995): Determination of Controlling Earthquakes from Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Nuclear Reactor Sites, Transactions of the 13th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Vol.4, pp.1771-776.
- 中央防災会議事務局（2001）：中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」とりまとめ資料（案），平成 13 年 11 月 27 日。
- 石川 裕・奥村俊彦（2001）：地域の集積リスクを考慮した想定地震の選定方法，地域安全学会論文集, No.3, pp.199-206.
- 亀田弘行・石川 裕・奥村俊彦・中島正人（1997）：確率論的想定地震の概念と応用，土木学会論文集, 第 577 号/I-41, pp.75-87.
- McGuire, R. K. (1995) : Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Design Earthquakes : Closing the Loop, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.85, No.5, pp.1275-1284.
- 中島正人・石川 裕・奥村俊彦（2001）：確率論的想定地震の貢献度を用いたハザードマップ，土木学会第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, pp.121-124.
- 奥村俊彦・石川 裕（2001）：地震ハザードの再分解による想定地震の位置付けの明確化，土木学会第 26 回地震工学研究発表会講演論文集, pp.125-128.



(a) ハザードカーブ

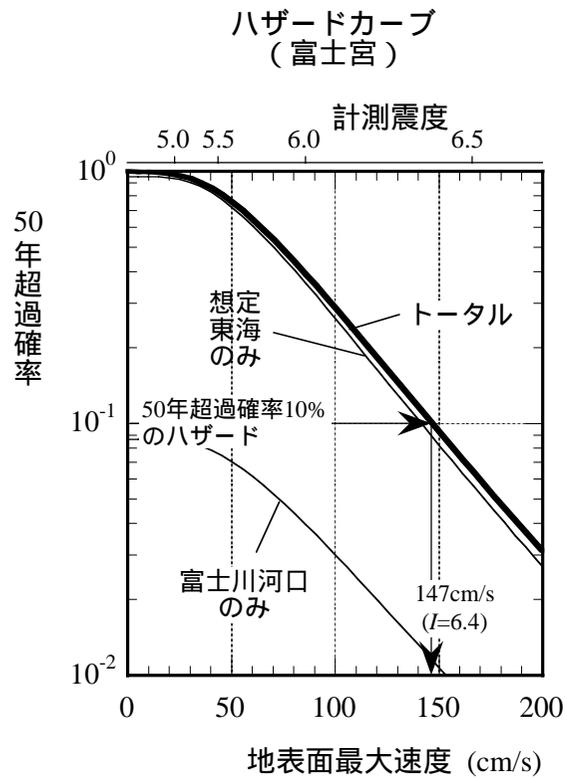


(b) 貢献度

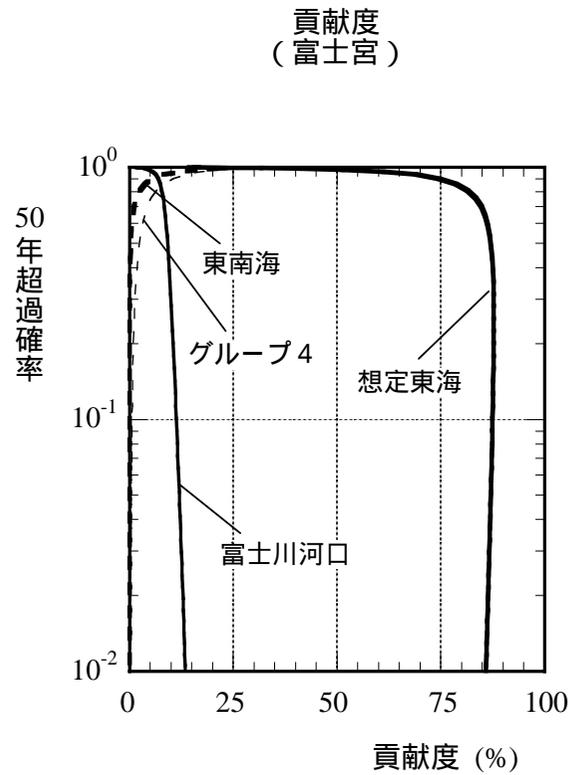


(c) 貢献度 (拡大図)

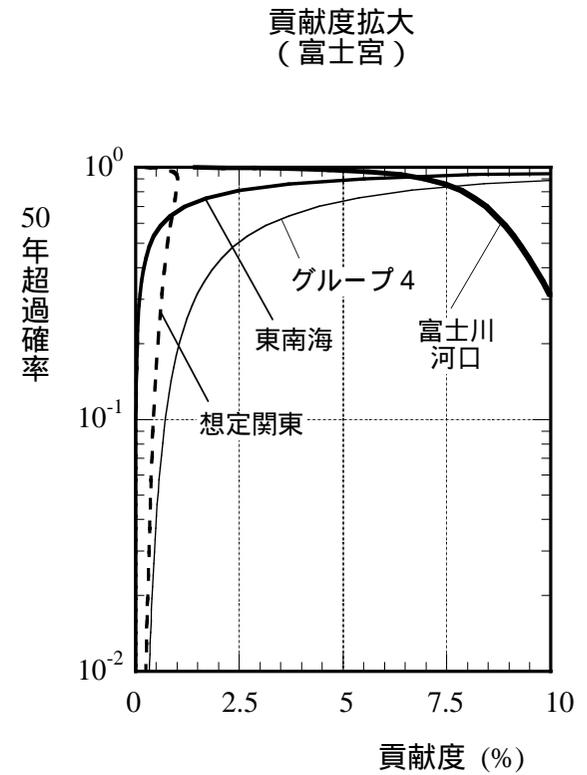
図4.3-1 甲府におけるハザードカーブと貢献度



(a) ハザードカーブ



(b) 貢献度



(c) 貢献度 (拡大図)

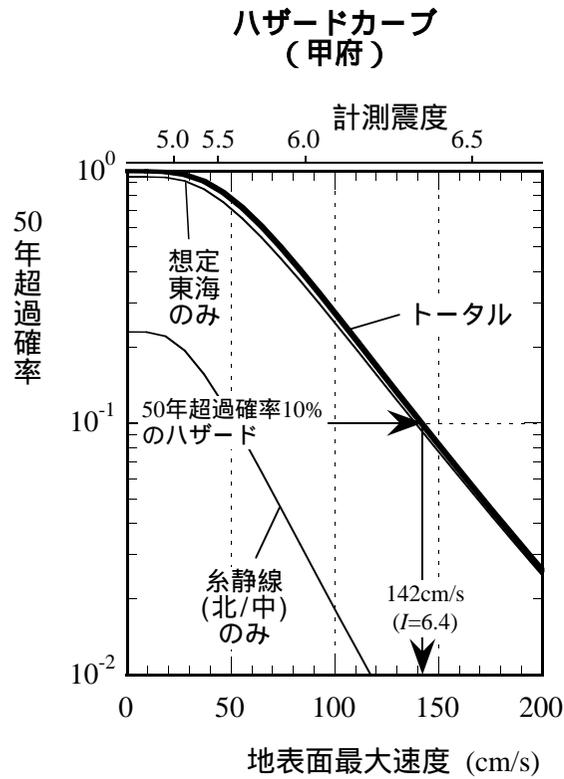
図4.3-2 富士宮におけるハザードカーブと貢献度

表 4.3-1 甲府におけるハザードと貢献度

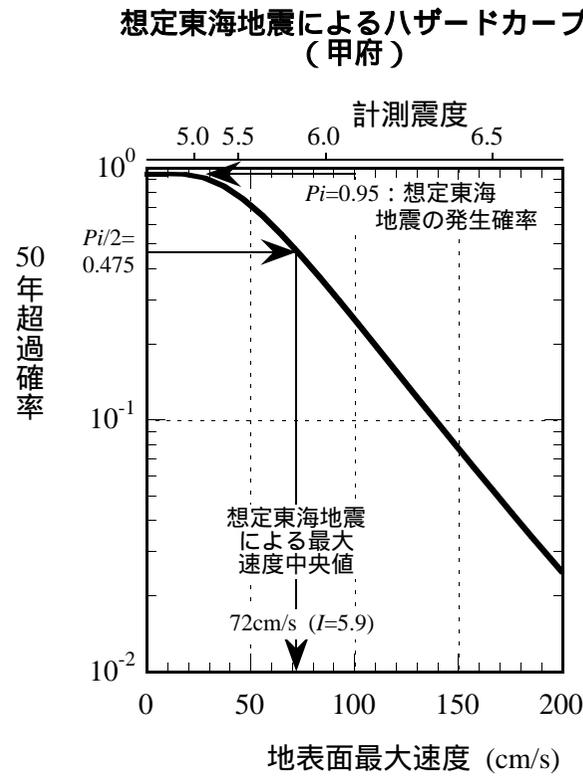
50年 超過確率	ハザード (地震動強さ)		貢献度								
	地表面 最大速度	計測震度	98断層			海溝型			グループ1	グループ4	グループ5
			全体	内糸静線	内富士川 河口	全体	内 想定東海	内 想定関東	全体	全体	全体
39%	85 cm/s	6.0	10 %	8 %	1 %	88 %	86 %	1 %	0.5%未満	1 %	0.5%未満
10%	142 cm/s	6.4	6 %	4 %	0.5%未満	94 %	93 %	1 %	0.5%未満	0.5%未満	0.5%未満
5%	171 cm/s	6.5	5 %	4 %	0.5%未満	95 %	94 %	1 %	0.5%未満	0.5%未満	0.5%未満

表 4.3-2 富士宮におけるハザードと貢献度

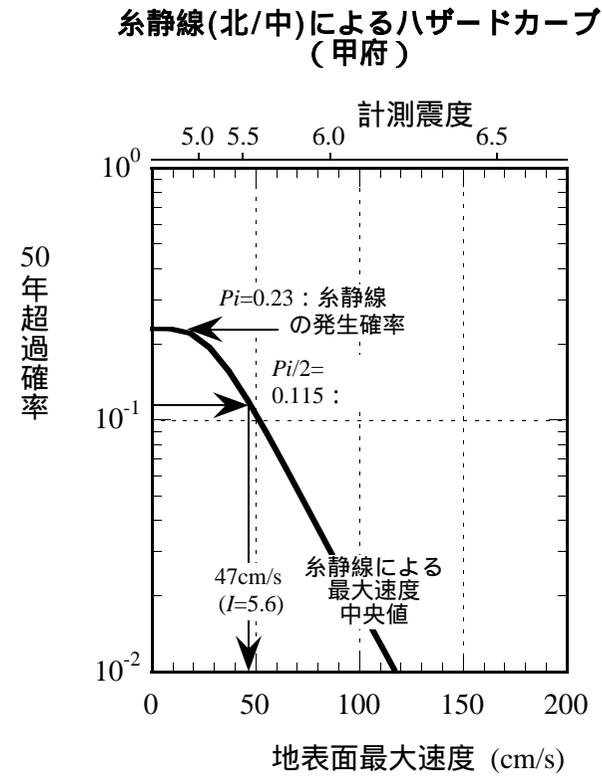
50年 超過確率	ハザード (地震動強さ)		貢献度								
	地表面 最大速度	計測震度	98断層			海溝型			グループ1	グループ4	グループ5
			全体	内糸静線	内富士川 河口	全体	内 想定東海	内 想定関東	全体	全体	全体
39%	86 cm/s	6.0	10 %	0.5%未満	10 %	88 %	88 %	1 %	0.5%未満	2 %	0.5%未満
10%	147 cm/s	6.4	11 %	0.5%未満	11 %	88 %	88 %	0.5%未満	0.5%未満	1 %	0.5%未満
5%	178 cm/s	6.6	12 %	0.5%未満	12 %	87 %	87 %	0.5%未満	0.5%未満	1 %	0.5%未満



(a) トータルのハザードカーブ



(b) 想定東海地震のみによるハザードカーブ



(c) 糸魚川-静岡構造線断層帯(北部/中部)のみによるハザードカーブ

図4.3-3 甲府における個別地震によるハザードカーブの理解

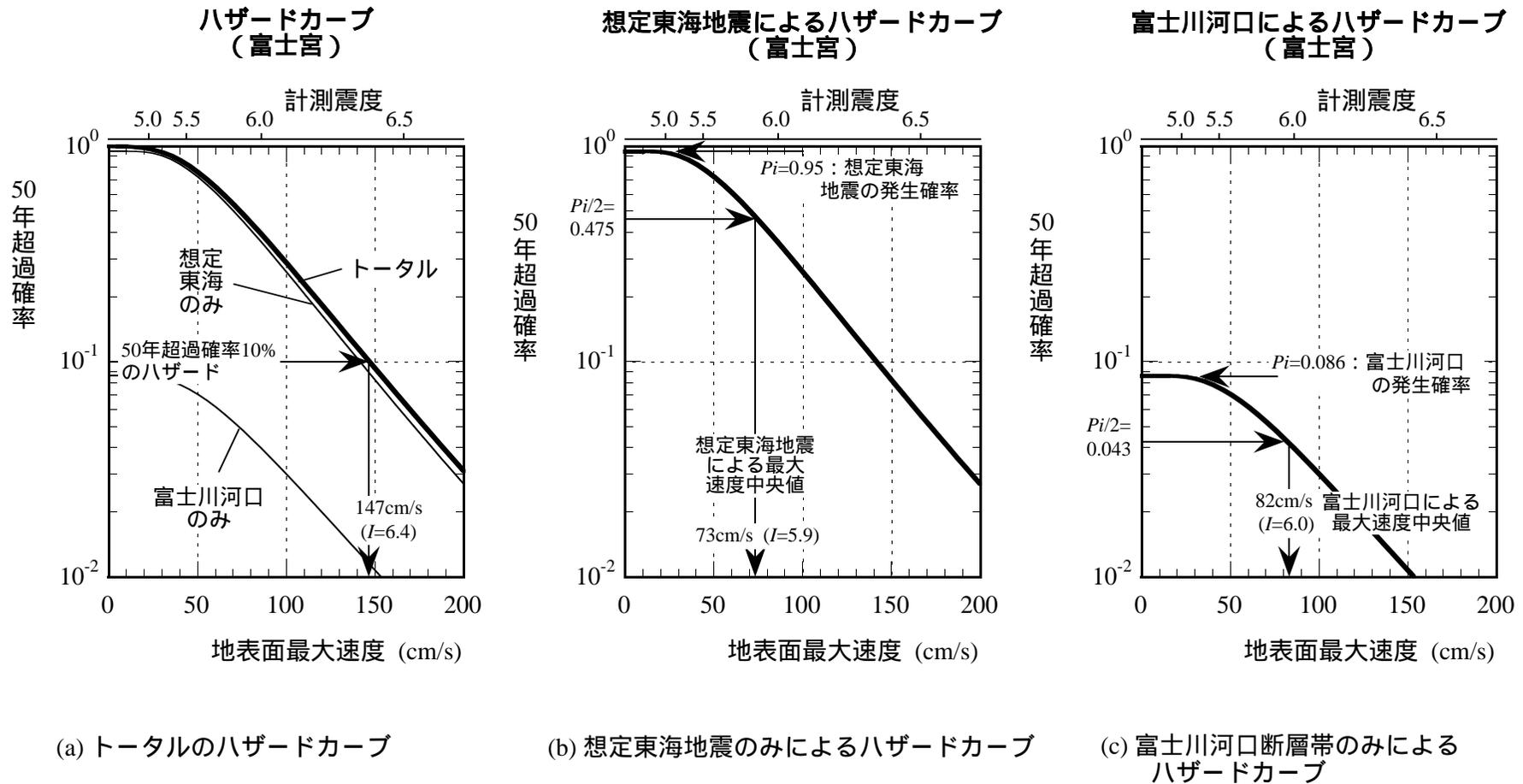


図4.3-4 富士宮における個別地震によるハザードカーブの理解

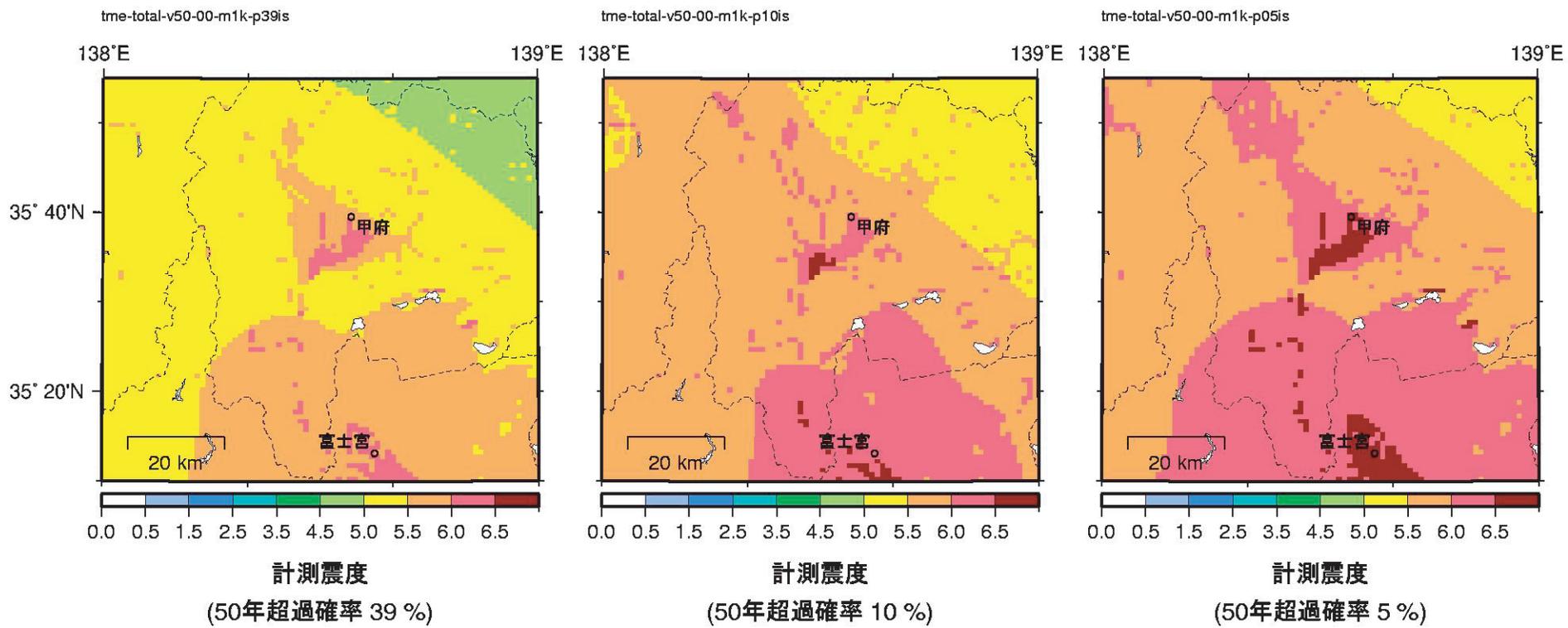


図4.3-5 50年超過確率が39%、10%、5%の確率論的地図（計測震度の分布図）

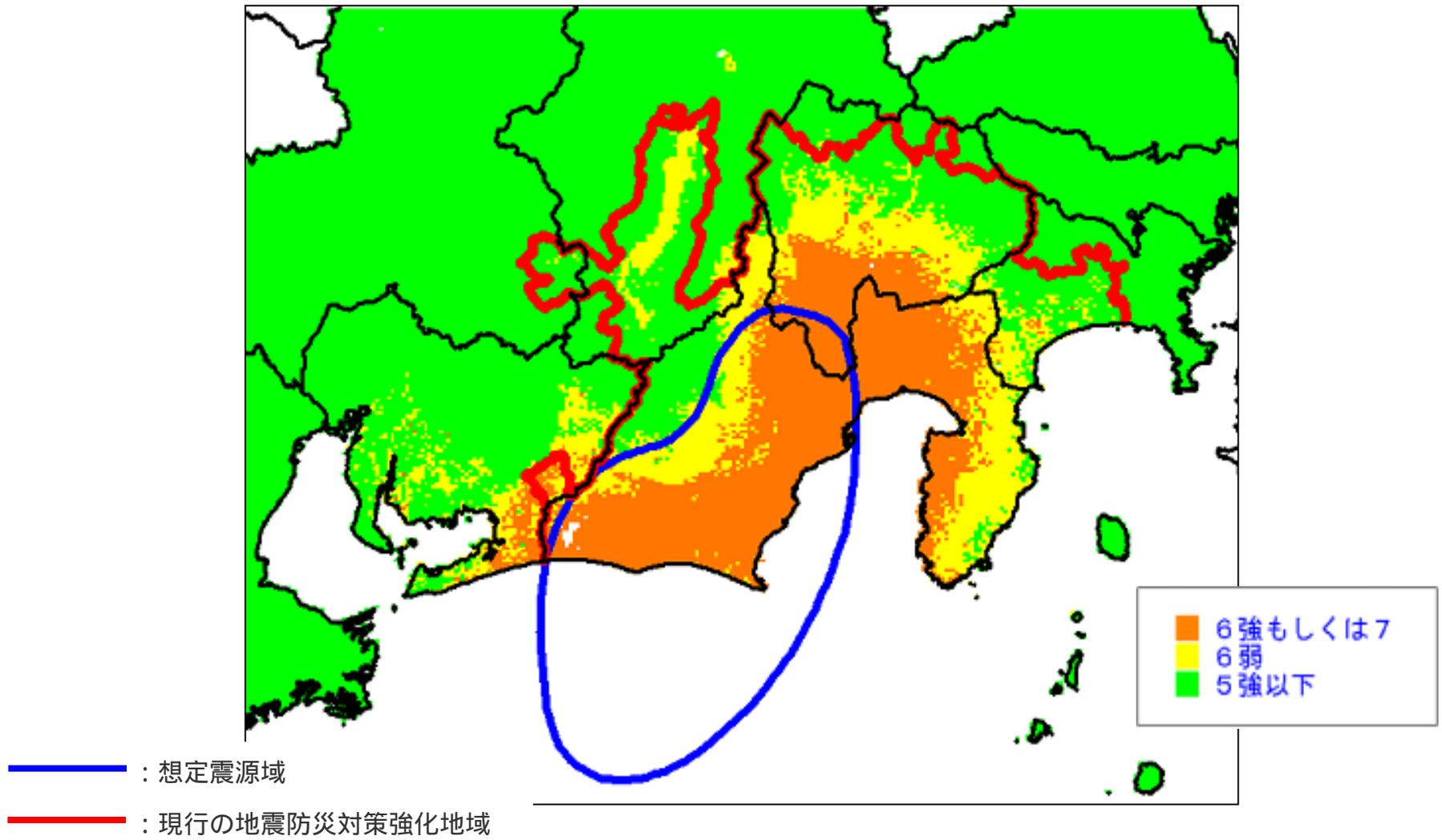


図 4.3-6 中央防災会議による想定東海地震の震度分布図

おわりに

地震動予測地図作成手法の研究の一環として、確率論的地図の作成手法の検討に着手した初年度の検討内容をまとめた。

本報告書では、まず、確率論的地図の特徴について述べた上で、確率論的地図に関する既往研究のレビューを行なった。次に、確率論的地図の試作を通じて確率論的地図作成手法について具体的に検討した上で、現状での問題点を洗い出し、今後の課題を指摘した。また、確率論的地図におけるシナリオ地震の位置づけについても検討を試みた。

本報告書の内容を踏まえて、次年度以降、抽出された問題点や課題の解決に取り組み、確率論的地図の作成手法の改良を図っていく予定である。

謝辞

本研究は、地震調査研究推進本部地震調査委員会及び関連する部会・分科会の指導の下に実施された。防災科学技術研究所に設置された確率論的予測地図作成手法検討委員会（翠川三郎委員長）からは、基本的な考え方から技術的各論に至るまで数多くの貴重なご意見を頂いた。膨大な検討作業は清水建設株式会社及び応用地質株式会社の協力により実現された。関係された皆様に心よりお礼申し上げたい。