

第 2 回  
兵庫県防災会議地震災害対策計画専門委員会

資 料 2

- 地盤液状化の予測について -

平成 2 1 年 1 2 月 1 0 日

兵 庫 県

## 地盤液状化の予測について

### 1 概要

地盤液状化の予測は以下の方針により実施する。フローを図-1 に示す。また、前回との比較を表-1 に示す。

- ・ 液状化の危険度は、震源を特定しないで地域の液状化危険度を示す強い液状化発生の限界揺れ（震度）の分布と、震源を特定（又は想定）して発生が予測される液状化危険度の高低を示す液状化指数の分布にて表す。
- ・ 震源を特定しない液状化危険度の分布は、液状化指数 $PL=15$ に達する揺れの強さ（限界震度  $I_{PL15}$ ）にて示す。ただし、東南海・南海地震のような海溝型と兵庫県南部地震のような内陸型とでは継続時間等の地震動特性が異なるため別に示す。
- ・ 震源を特定（又は想定）して発生が予測される液状化指数 $PL$ は、海溝型および内陸型の2つのタイプ別地震に対してあらかじめ作成した液状化検討対象メッシュごとの震度  $I$  ~ 液状化指数 $PL$ 関係テーブルから補間して算出する。（迅速性を旨とする将来の早期地震被害予測システムへの導入を考慮）
- ・ 液状化指数 $PL$ は、広く一般的に使われている道路橋示方書（2002）によるFL法で地中各層の液状化を判定し、これを地下深さ20mまで考慮した全層の液状化度合いを表す指標である。液状化判定のために必要な地盤の物性値は、文献から適切に設定する。
- ・ 震度  $I$  ~ 液状化指数 $PL$ 関係テーブルは、ボーリングデータに基づき液状化検討対象となるメッシュごとに作成する。ボーリングデータのないメッシュは、微地形分類の平均的テーブルを作成する。

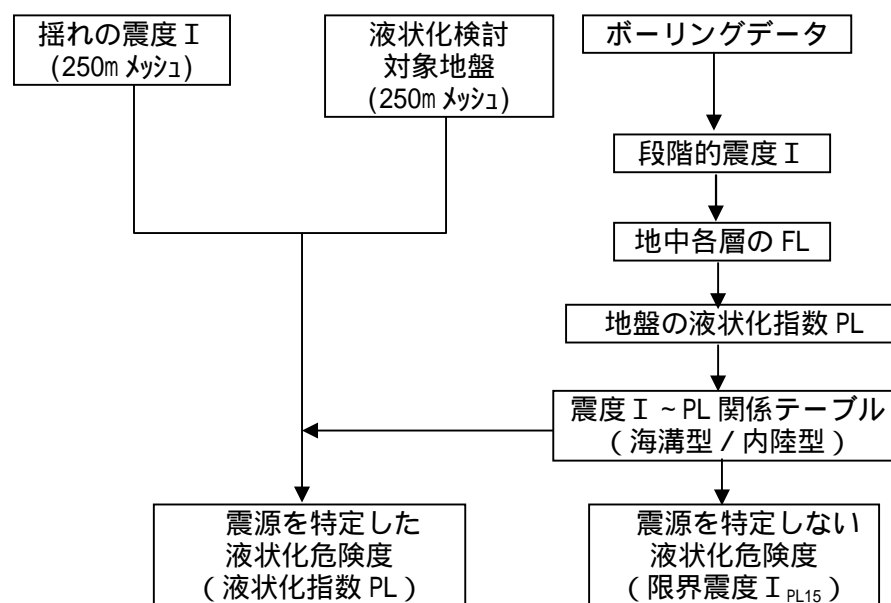


図 1.1 液状化危険度の予測フロー

表 1.1 前回との比較

	前回 (H11.3)	今回
メッシュ	500m	250m
震源を特定しない 液状化危険度	なし	PL=15 に達する限界震度 $I_{PL15}$ (ただし海溝型/内陸型地震を区別)
震源を特定した 液状化危険度	液状化指数 PL の高低	液状化指数 PL の高低
液状化判定法	FL 法 (道路橋示方書,1996)	FL 法 (道路橋示方書,2002) 内容は左記(1996)と同じ
海溝型地震動特性 の補正係数 $c_w$	1.0	0.9
液状化指数 PL の 算出法	PGA と地盤データから算出	あらかじめ用意した震度 I ~ 液状化指 数 PL 関係テーブルから補間
地盤データ	兵庫県ボーリングデータ	関西圏地盤情報 DB、及び、KOBE JIBANKUN のボーリングデータ、 地形・地盤分類 250m メッシュマップ

## 2 計算法

FL 法とは、地盤の液状化対象層を抽出し、その対象層について、液状化に対する抵抗力と発生している地震力の強さとを比較し、液状化に対する抵抗率 (FL 値) を求める手法である。FL 値は、次式で与えられる。

$$FL = R/L \quad \text{---- (1)}$$

ここで、R：液状化抵抗比、L：繰返しせん断応力比

FL 値が1.0 を下回る層については、液状化するものと見なす。

液状化抵抗比 R は、道路橋示方書 (2002) では、繰返し三軸強度比  $R_L$  と呼ばれる土要素の液状化強度を用いて、以下の式で与えられる。

$$R = c_w R_L \quad \text{---- (2)}$$

ここで、 $c_w$  は地震動特性による補正係数で、地震動タイプによって、

タイプタイプ 地震動では、 $c_w = 1.0$  (最近の知見から、 $c_w = 0.9$  を採用する\*1))

タイプタイプ 地震動では、 $c_w = 1.0 (R_L < 0.1)$

$$3.3 R_L + 0.67 (0.1 < R_L < 0.4)$$

$$2.0 (0.4 < R_L)$$

\*1) 八木ら：震動継続時間の影響を考慮した液状化危険度判定法について、第27回地震工学研究発表会、2003)

ここで、タイプ 地震動とは、大きな振幅が長時間繰り返して作用する地震動（東南海・南海地震のような、海溝のプレート境界型の大規模な地震）を表したものである。

また、タイプ 地震動とは、地震動の継続時間は短いが極めて強度を有する地震動（兵庫県南部地震のような内陸型地震）を表したものである。

液状化指数PLとは、上記FL法によって各深度でのFL 値を算出し、その値を深度20mまで、深さ方向xに重みをつけて足し合わせ、その地点での液状化の起こりやすさを表す次式のようなPL 値を算出したものである。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x)dx \quad \text{----- (3)}$$

PL 値による液状化危険度のランク分けは、次表-2のようであり、PL=15は危険度の高いランクの閾値に相当する。

表 2.1 PL 値による液状化危険度のランク

PL値	PL 5	5 < PL 15	15 < PL
液状化危険度	低い	高い	極めて高い

繰り返しせん断応力比Lは、道路橋示方書（2002）に従い、

$$L = rd \cdot Khg \cdot \sigma_v / \sigma_v' \quad \text{----- (4)}$$

ここで、rd=1.0 - 0.015x （地表面からの深さx(m)における震度の低減係数）

Khg:設計水平震度（揺れの最大加速度PGA(gal)より、Khg=PGA/980とする。）

v / v' : 地中の全上載圧と有効上載圧の比

揺れの最大加速度PGA(gal)は、震度Iより、翠川の式(1999)を用いて推定する。

$$I = 2.07 \cdot \log_{10}PGA + 0.14 \quad \text{----- (5)}$$

なお、最大加速度PGAと震度Iとの関係は次図のように最大速度に比べてかなりばらつきがあるが<sup>2)</sup>、震度Iから平均的な最大加速度を算出する場合には一応の目安となる。

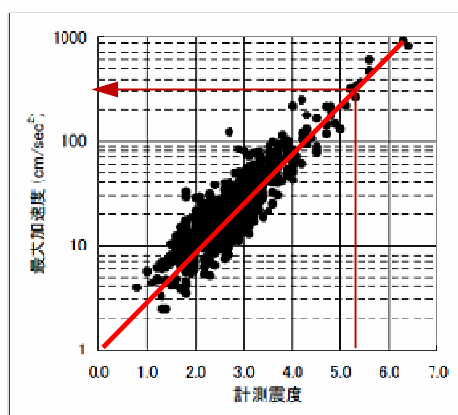


図 2.1(1)最大加速度と震度の関係

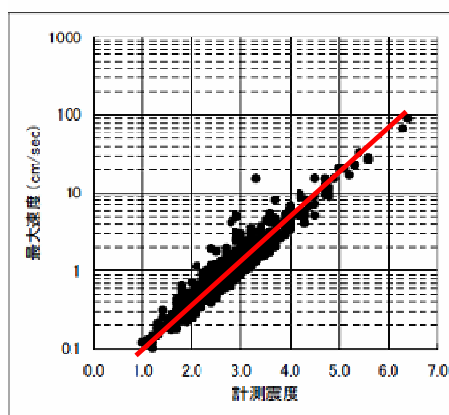


図 2.1(2)最大速度と震度の関係

<sup>2)</sup>気象庁・消防庁,(2009)：計測震度と最大加速度・最大速度・SI 値との関係、震度に関する検討会報告書

### 3 検討内容

#### 3.1 震源を特定しない、地域の海溝型・内陸型地震に対する液状化限界震度 $I_{PL15}$

代表的な地域（阪神間、播磨平野沿岸部、日本海側海岸平野）での比較を示す。

阪神間で例示すると、兵庫県南部地震のような内陸型地震では、震度5強・6弱レベルから危険度の高い液状化領域が広がるが（右図）、南海地震のような揺れの継続時間が長い海溝型地震では、比較的揺れの小さい震度5弱で危険度の高い液状化領域が広がる（左図）。右下は、空中写真判読による1995年兵庫県南部地震での液状化分布である。

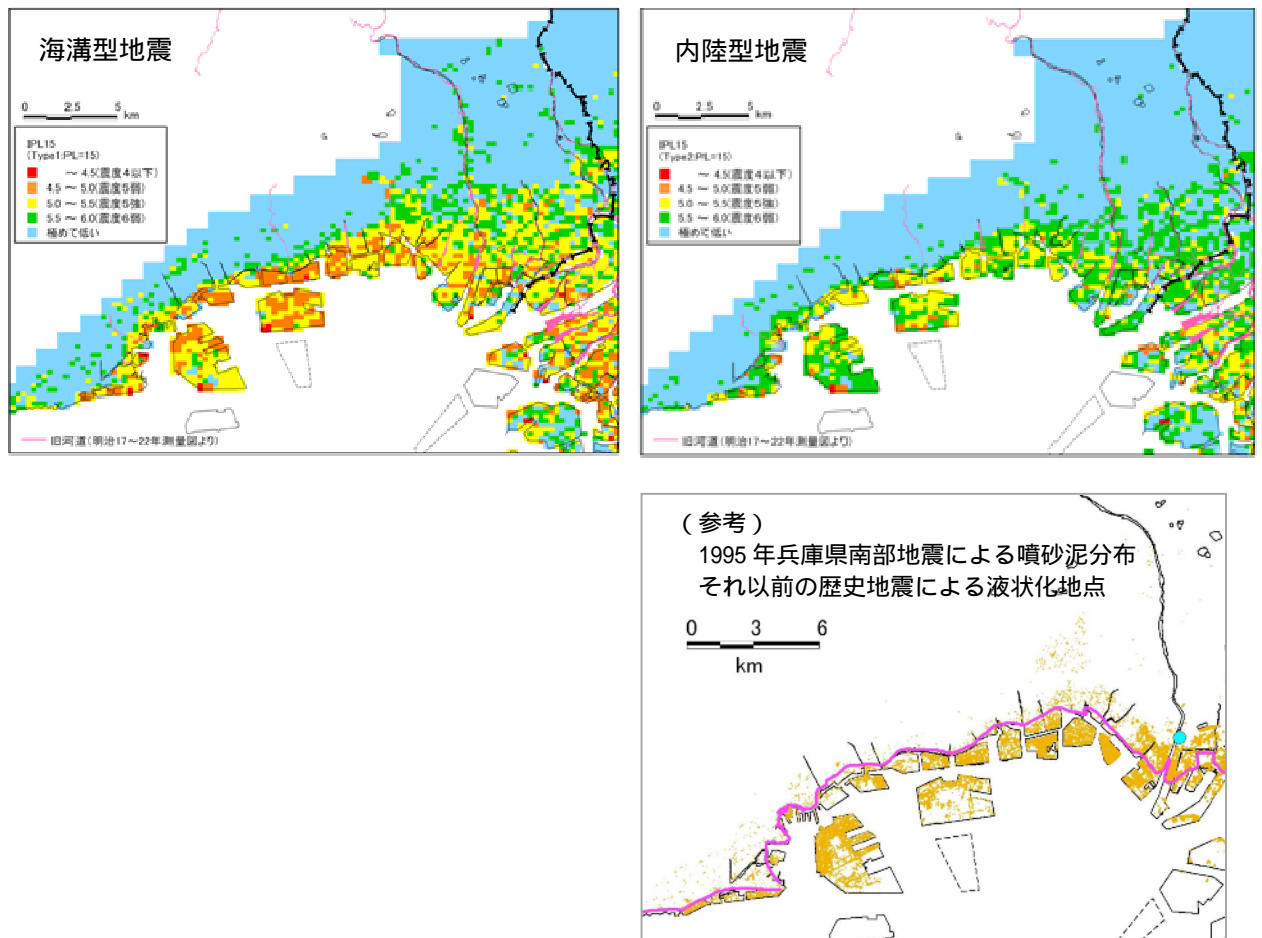


図 3.1 震源を特定しない、地域の液状化限界震度  $I_{PL15}$  の比較（阪神間）及び、1995年兵庫県南部地震での液状化分布

### 3.2 軟弱・沖積層厚（砂層・粘土層）の算出、平均 S 波速度 AVS30 の算出

埋立地・海岸低地・山間低地の地盤分類への参考資料とするため、軟弱・沖積層厚を表示する。

軟弱・沖積層厚関係の資料を収集する。

ボーリングデータの N 値を用いて、地下 30m までの平均 S 波速度 AVS30 を算出し、推本モデルにおける 250m メッシュ AVS30 の比較検証を行って、両者がかけ離れているメッシュについては、地盤モデルの増幅率の修正を行う。

### 3.3 液状化検討対象メッシュでの海溝型・内陸型地震に対する震度 I ~ PL 値テーブル作成

ボーリングデータを用いた震度 I ~ PL 関係グラフを示す。

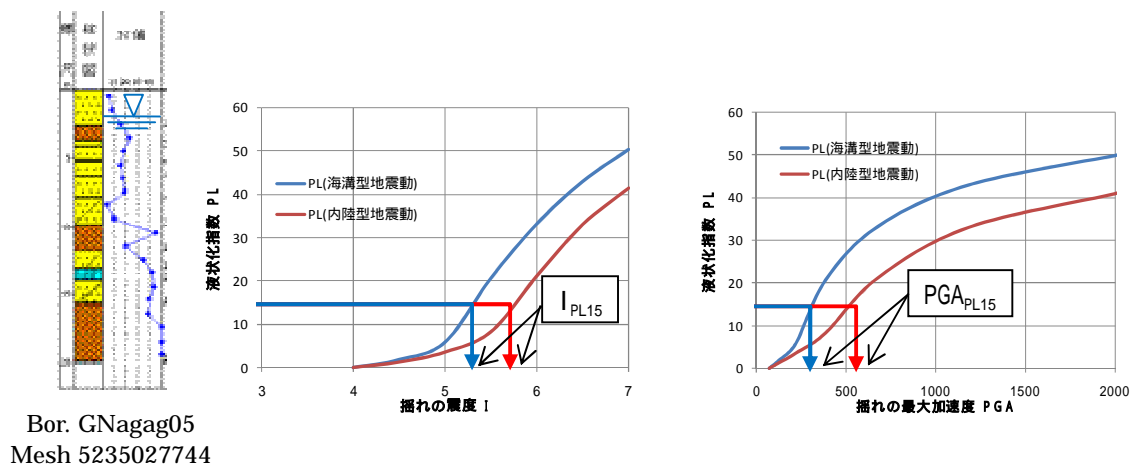


図 3.2 I ~ PL 関係、PGA ~ PL 関係

### 3.4 震源を特定（想定）した液状化指数 PL 分布

各想定震源による地震動が確定した後、PL 分布を算出する。

#### 4 ボーリングデータの分布

収集しているボーリングの分布状況は次図のようであり、神戸市内海岸・埋立地は十分に密である。しかし、その他の地域ではまばらで、微地形分類（若松・松岡：「地形・地盤分類250mメッシュマップ」, 2008）などを活用した地盤分類ごとの平均的な地盤モデルを作成して、液状化指数を算出する。

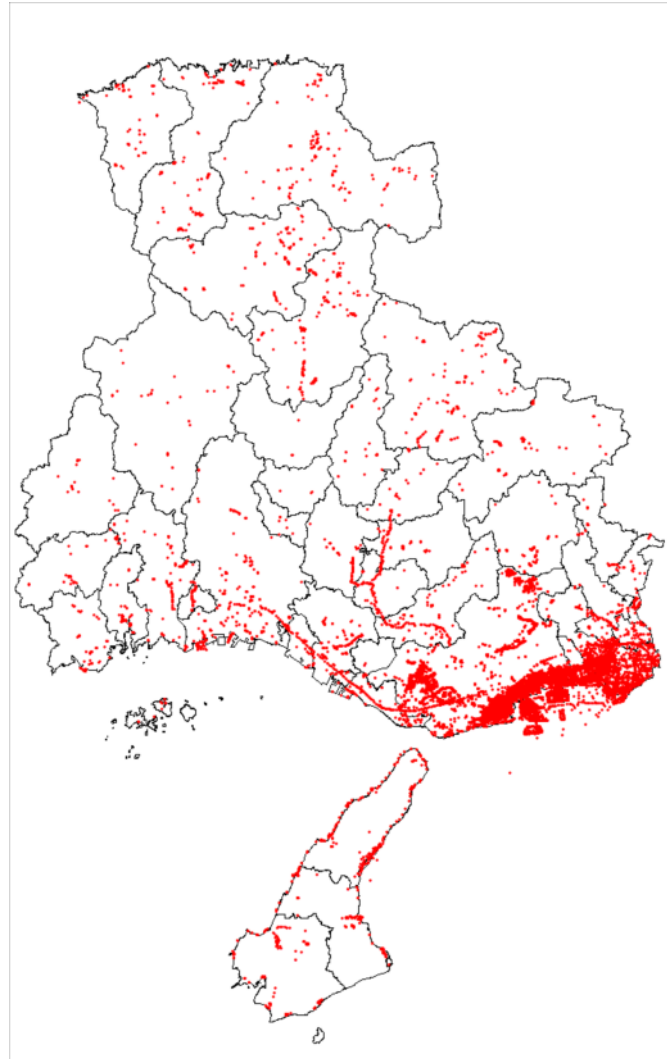


図 4.1 兵庫県域のボーリング分布

第 2 回  
兵庫県防災会議地震災害対策計画専門委員会

資 料 3

- 想定地震の設定および地震動の予測について -

平成 2 1 年 1 2 月 1 0 日

兵 庫 県





## 目次

1 想定地震の設定 .....	1
2 地震動の予測 .....	10
2.1 地震動算定手法 .....	10
2.2 地震動の算定手順 .....	13
2.2.1 地震動算定手法の検証(図 2.3 黄色網掛け部) .....	13
2.2.2 推本「全国地震動予測地図」以外の地震動算定(図 2.3 緑色網掛け部) .....	13
2.3 地震動算定手法の検証 .....	14
2.3.1 サンプルの選定 .....	14
2.3.2 地震基盤～工学的基盤の地盤モデルの検討 .....	15
2.3.3 統計的グリーン関数法による地震動予測結果(震度分布) .....	17

## 1 想定地震の設定

中央防災会議（以下「中防」と略す）によって、「中部圏・近畿圏直下地震対策大綱、平成 21 年 4 月」が「中部圏・近畿圏の内陸地震に関する報告、平成 20 年 12 月」を受けて公表された。中部圏・近畿圏の内陸地震に関する報告、平成 20 年 12 月」は、「首都直下地震対策専門調査会報告、平成 17 年 7 月」の考え方を踏襲したものとなっている。

一方、内閣府から「地震防災マップ作成技術資料(平成 17 年 3 月)」が公表されている。これは上述の「首都直下地震対策専門調査会報告、平成 17 年 7 月」の考え方や手法を地震防災マップ作成の技術資料として取りまとめられたものである。

そこで本検討では、「兵庫県地震被害想定調査(平成 11 年 3 月)」における想定地震に対して、「地震防災マップ作成技術資料(平成 17 年 3 月)」の考え方に準じて、以下のように想定地震を設定することとした。なお、M7.0 以上の地震が発生するおそれのある活断層による地震については、最新の知見が反映されているものと考えられる「全国地震動予測地図（地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「推本」と略す）平成 21 年 7 月）」を参照するものとした。

### 海溝型地震

兵庫県に影響の大きい海溝型地震(南海地震、東南海+南海地震)を想定地震とする。図 1.1 に例として、中防による東南海+南海地震の震源域と震度分布を示す。

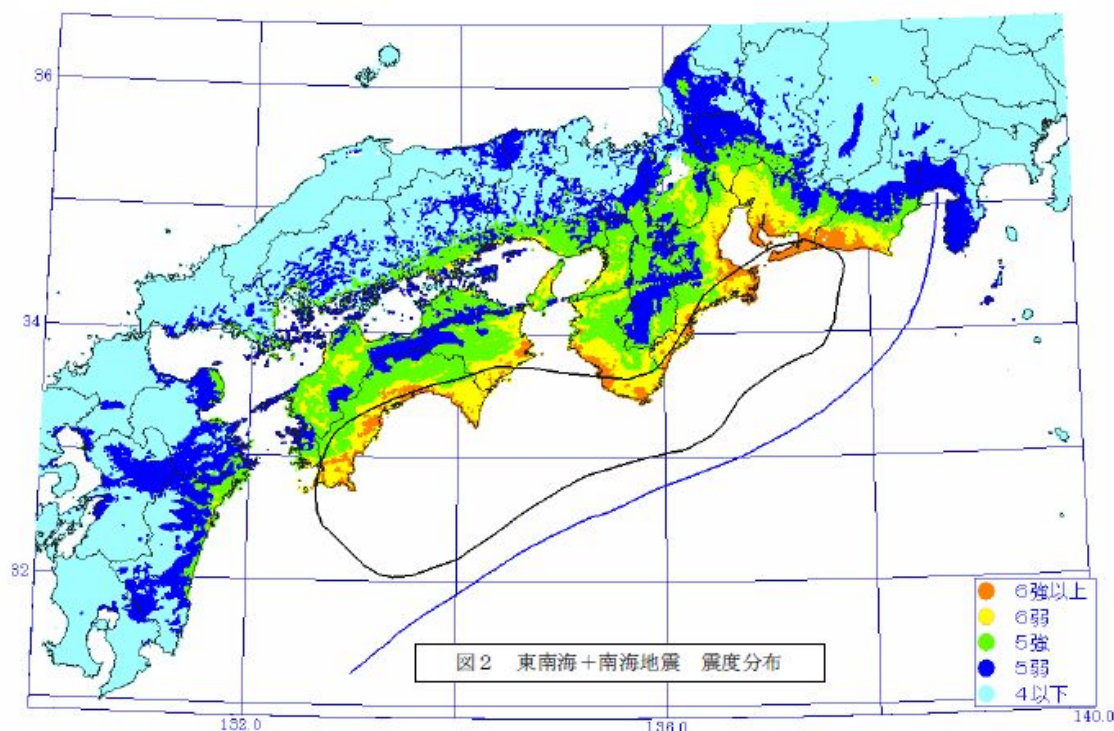


図 1.1 東南海+南海地震の震源域と震度分布(中防)

兵庫県内どこでも起こりうる直下の地震(わかっている断層以外の地震)  
 中防「首都直下地震対策専門調査会」および「中部圏・近畿圏の内陸地震に関する報告」  
 における取り扱いに準じて、兵庫県内全ての場所の直下で発生する M6.9 の地震を想定地  
 震とする。メッシュごとに、直下の地震を想定するものである。

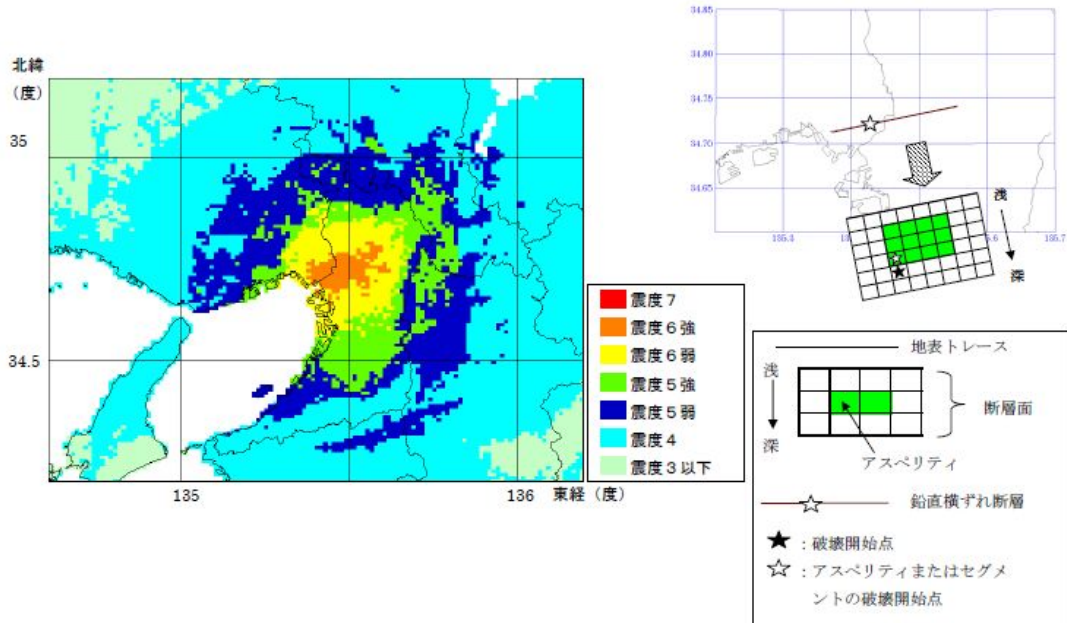


図 1.2 阪神地域直下 M6.9 の地震の震源モデルと震度分布(中防)

活断層等で発生する M7.0 以上の地震(全国地震動予測地図において検討済みの地震)  
 兵庫県内あるいはその周辺で M7.0 以上の地震が発生するおそれのある活断層による地  
 震を想定地震とする。

「兵庫県地震被害想定調査(平成 11 年 3 月)」における想定地震を基本とし、最新の知見  
 が反映されていると考えられる「全国地震動予測地図(推本、平成 21 年 7 月)」に基づい  
 て見直しを行う。

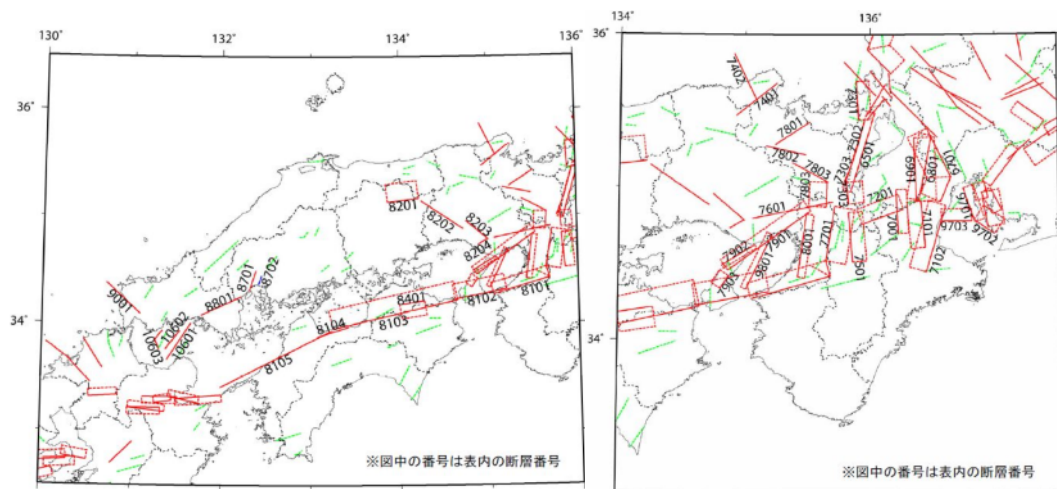


図 1.3 推本「全国を概観した地震動予測地図」における震源断層  
 を特定した地震動予測地図の想定地震

なお、複数の震源モデルが設定されている場合は、全てのモデルを被害想定を行う地震(震源)の候補として取り扱うものとする。例として、山崎断層帯において想定されている震源モデルを示す。

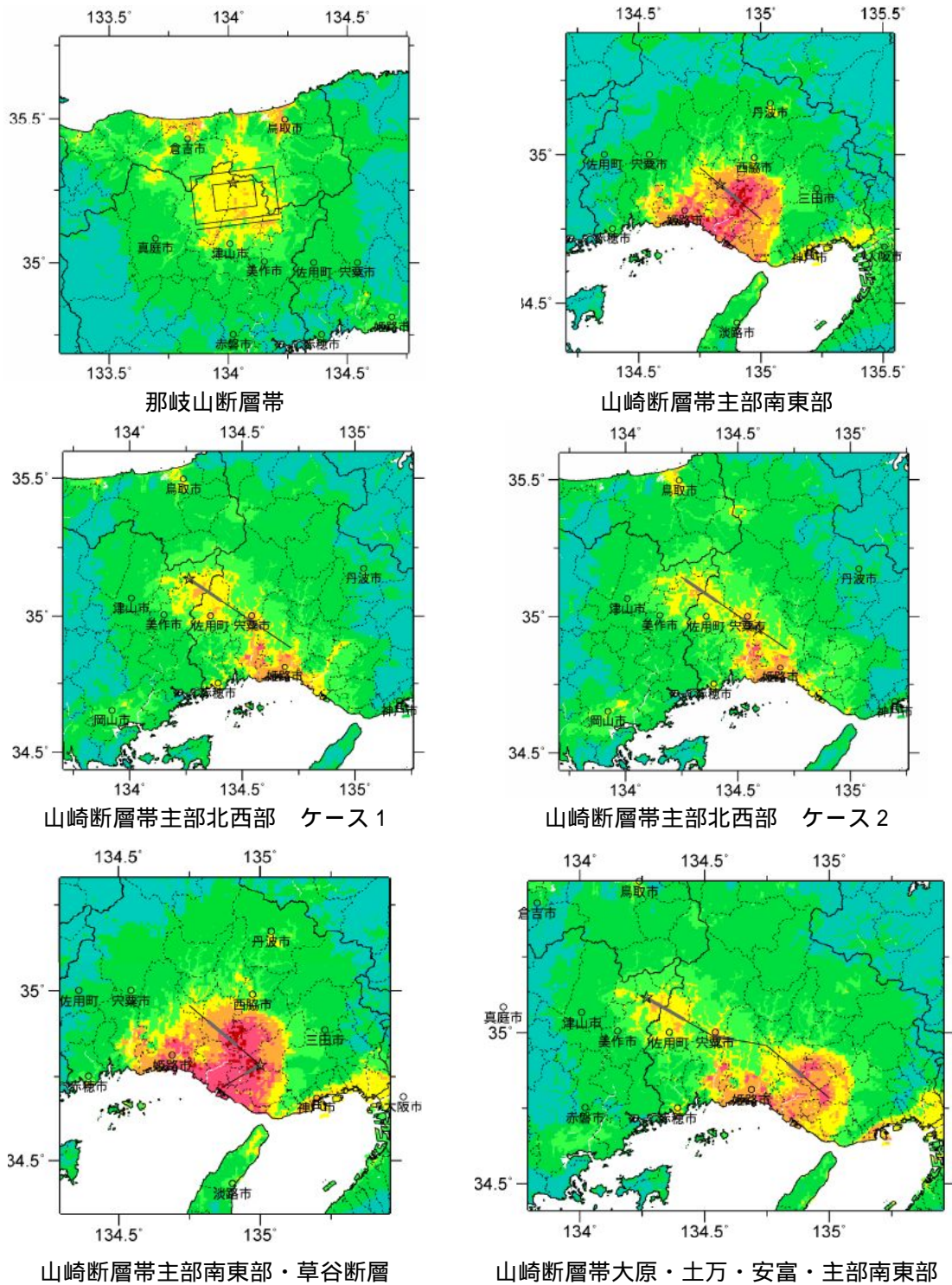


図 1.4 山崎断層帯の震源モデルと震度分布(推本)

活断層等で発生する M7.0 以上の地震(全国地震動予測地図において未検討の地震)

兵庫県内あるいはその周辺で M7.0 以上の地震が発生するおそれのある活断層による地震を想定地震のうち、「全国地震動予測地図(推本、平成 21 年 7 月)」において、震源断層を特定した地震動予測地図として未検討の地震について、以下のとおり想定地震とする。

- a) 推本において主要活断層帯以外の活断層と評価されている活断層のうち、兵庫県内の M7.0 以上の地震を発生する可能性のあるもの

想定震源	マグニチュード	断層長さ
御所谷断層帯	7.3	29km
養父断層帯	7.0	21km

「全国を概観した地震動予測地図」報告書 分冊 1(平成 17 年 3 月 23 日、平成 18 年 9 月 25 日改訂)

- b) 兵庫県内に被害を及ぼした(震度 6 および 6 弱以上)過去の地震のうち、活断層が特定されていないもの

表 1.2.1 兵庫県のどこかに震度 5 以上を与えたと推定される地震

番号	発 生 年 月 日	震 央	規 模 (M)	備 考
1	599. 5. 28 (推古 7. 4. 27)	E N	7.0	
2	701. 5. 12 (大宝 1. 3. 26)	135.4 35.6	7.0	
3	745. 6. 5 (天平 17. 4. 27)	136.5 35.4	7.9	
4	827. 8. 11 (天長 4. 7. 12)	135.6 35.0	6.7~7.0	
○5	868. 8. 3 (貞観 10. 7. 8)	134.8 34.8	7.1	播磨国地震
○6	887. 8. 26 (仁和 3. 7. 30)	135.0 33.0	8.0~8.5	
7	938. 5. 22 (承平 8 (天慶 1) . 4. 15)	135.8 35.0	6.9	
8	1096.12.17 (嘉保 3 (永長 1) . 11. 24)	137.3 34.2	8.4	
9	1361. 8. 3 (正平 16. 6. 24)	135.0 33.0	8.4	
10	1449. 5. 13 (天安 16 (宝徳 1) . 4. 12)	135.6 35.0	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> ~6.5	
11	1498. 9. 20 (明応 7. 8. 25)	138.0 34.0	8.2~8.4	
12	1510. 9. 21 (永正 7. 8. 8)	135.6 34.6	6.5~7.0	
13	1579. 2. 25 (天正 7. 1. 20)	135.5 34.7	6.0	
14	1596. 9. 5 (文録 5 (慶長 1) . 7. 13)	135.6 34.7	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	
15	1662. 6. 16 (寛文 2. 5. 1)	136.0 35.2	7.6	
16	1707.10.28 (宝永 4.10. 4)	135.9 33.2	8.4	宝永地震
17	1751. 3. 26 (寛延 4 (宝暦 1) . 2. 29)	135.8 35.0	5.5~6.0	
18	1854.12.23 (嘉永 7 (安政 1) . 11. 4)	137.8 34.0	8.4	安政東海地震
19	1854.12.24 (嘉永 7 (安政 1) . 11. 5)	135.0 33.0	8.4	安政南海地震
○20	1864. 3. 6 (文久 4 (元治 1) . 1. 28)	134.8 35.0	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	
21	1891.10.28 (明治 24)	136.6 35.6	8.0	濃尾地震
○22	1916.11.26 (大正 5)	135.0 34.6	6.1	
○23	1925. 5. 23 (大正 14)	134.8 35.6	6.8	北但馬地震
○24	1927. 3. 7 (昭和 2)	135.2 35.5	7.3	北丹後地震
○25	1943. 9. 10 (昭和 18)	134.1 35.5	7.2	鳥取地震
26	1946.12.21 (昭和 21)	135.6 33.0	8.0	南海地震
○27	1949. 1. 20 (昭和 24)	134.5 35.6	6.3	
28	1952. 7. 18 (昭和 27)	135.8 34.5	6.8	吉野地震
29	1961. 5. 7 (昭和 36)	134.4 35.1	5.9	
30	1963. 3. 27 (昭和 38)	135.8 35.8	6.9	越前岬沖地震
31	1984. 5. 30 (昭和 59)	134.6 35.0	5.6	
◎32	1995. 1. 17 (平成 7)	135.0 34.6	7.2	兵庫県南部地震
33	2000 .10. 6 (平成 12)	133.3 35.3	7.3	鳥取県西部地震

注 1) ○は県内のいずれかに震度 6 以上を与えたと推定される地震

◎は県内のいずれかに震度 7 を与えた地震

注 2) なお『鎮増私聞記』によると、1412 年に播磨国で大きな地震が発生したとされている。

表 1.1 想定地震設定のまとめ

	兵庫県地震被害想定調査 (平成11年3月)	「中部圏・近畿圏直下地震対策大綱(中央防災会議)」 (平成21年4月)	「全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部地震調査委員会)」 (平成21年7月)	主要活断層帯以外の活断層(地震調査研究推進本部)	過去の地震	本検討	震源モデル数	地震動予測手法/ 地震動予測結果参照先
		震度6弱以上 (応急対策用)	M7.0以上	M7.0以上	震度6弱以上			
海溝型地震		東南海・南海地震	東南海・南海地震		No.6	東南海・南海地震	1	中央防災会議
	南海地震	南海地震	南海地震		No.6	南海地震	1	中央防災会議
兵庫県内どこでも起こりうる直下の地震	日本海沿岸断層	阪神地域直下M6.9の地震				M6.9直下地震 (全メッシュ)	1	統計的グリーン関数法
活断層等で発生するM7.0以上の地震(全国地震動予測地図において検討済みの地震)	有馬-高槻断層帯		有馬-高槻断層帯			有馬-高槻断層帯	4	地震調査研究推進本部
	六甲・淡路島断層帯		六甲・淡路島断層帯(六甲山地南縁-淡路島東岸)		兵庫県南部地震 No.32	六甲・淡路島断層帯	4	地震調査研究推進本部
			六甲・淡路島断層帯(淡路島西岸)				4	地震調査研究推進本部
			六甲・淡路島断層帯(先山断層帯)				1	地震調査研究推進本部
	山崎断層帯	山崎断層帯主部	山崎断層帯(那岐山断層帯)		播磨国地震 No.5	山崎断層帯	1	地震調査研究推進本部
			山崎断層帯(主部南東部)				1	地震調査研究推進本部
			山崎断層帯(主部北西部)				2	地震調査研究推進本部
			山崎断層帯(主部南東部・草谷断層)				1	地震調査研究推進本部
		山崎断層帯(大原・土万・安富・主部南東部)					1	地震調査研究推進本部
	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南)	中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)			中央構造線断層帯	2	地震調査研究推進本部
			中央構造線断層帯(紀淡海峡-鳴門海峡)				4	地震調査研究推進本部
			中央構造線断層帯(讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部)				2	地震調査研究推進本部
		上町断層帯	上町断層帯			上町断層帯	6	地震調査研究推進本部
		生駒断層帯	生駒断層帯			生駒断層帯	4	地震調査研究推進本部
		京都西山断層帯	三峠-京都西山断層帯(京都西山断層帯)			三峠-京都西山断層帯	6	地震調査研究推進本部
			三峠-京都西山断層帯(上林川断層)		4		地震調査研究推進本部	
	三峠-京都西山断層帯(三峠断層帯)			4	地震調査研究推進本部			
	大阪湾断層帯	大阪湾断層帯			大阪湾断層帯	4	地震調査研究推進本部	
		山田断層帯(主部)		北丹後地震 No.24	山田断層帯	4	地震調査研究推進本部	
		山田断層帯(郷村断層帯)				2	地震調査研究推進本部	
	花折断層帯(中部・南部)	花折断層帯中南部			花折断層帯中南	3	地震調査研究推進本部	
活断層等で発生するM7.0以上の地震(全国地震動予測地図において未検討の地震)				御所谷断層帯		御所谷断層帯		統計的グリーン関数法
				養父断層帯		養父断層帯		統計的グリーン関数法
					鳥取地震 No.25	鳥取地震		統計的グリーン関数法

表 1.2 想定地震一覧

断 層 名		コード番号
東南海・南海地震	東南海・南海地震	
	南海地震	
M6.9 直下地震		
有馬 - 高槻断層帯		7601
六甲・淡路島断層帯	六甲山地南縁 - 淡路島東岸	7901
	淡路島西岸	7902
	先山断層	7903
山崎断層帯	那岐山断層帯	8201
	主部南東部	8203
	主部北西部	8202
	主部南東部・草谷断層	8203・8204
	大原・土万・安富・主部南東部	(8202)8203
中央構造線断層帯	金剛山地東縁 - 和泉山脈南縁	8101
	紀淡海峡 鳴門海峡	8102
	讃岐山脈南縁 - 石鎚山脈北縁東部	8103
上町断層帯		8001
生駒断層帯		7701
三峠 - 京都西山断層帯	京都西山断層帯	7803
	上林川断層	7801
	三峠断層帯	7802
大阪湾断層帯		9801
山田断層帯	主部	7401
	郷村断層帯	7402
花折断層帯中南		7303
御所谷断層帯		10123
養父断層帯		10127
鳥取地震		tottori



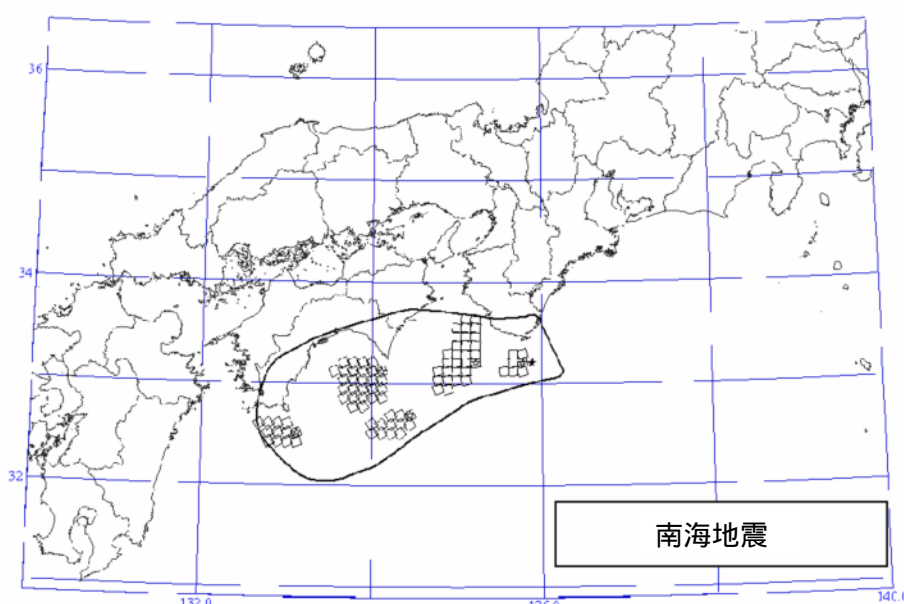
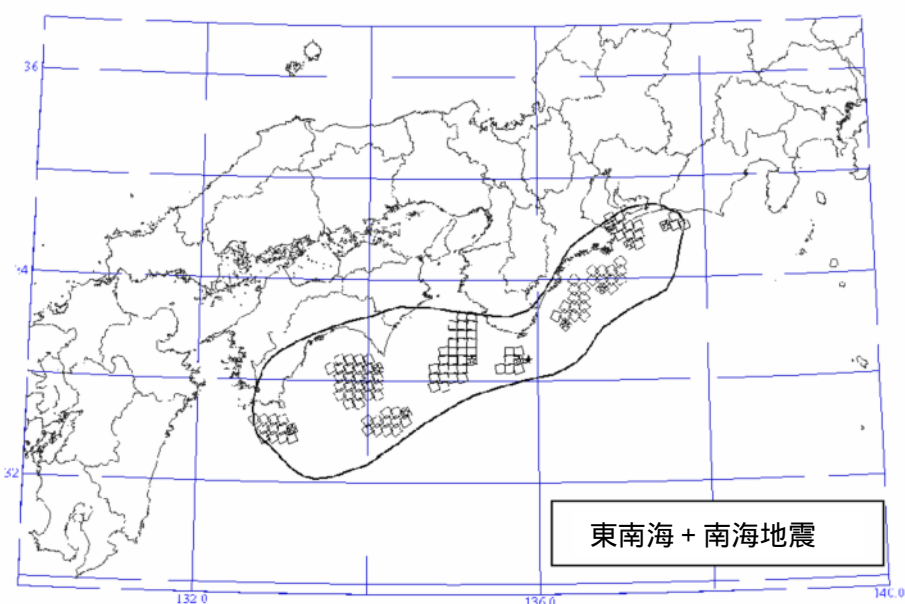
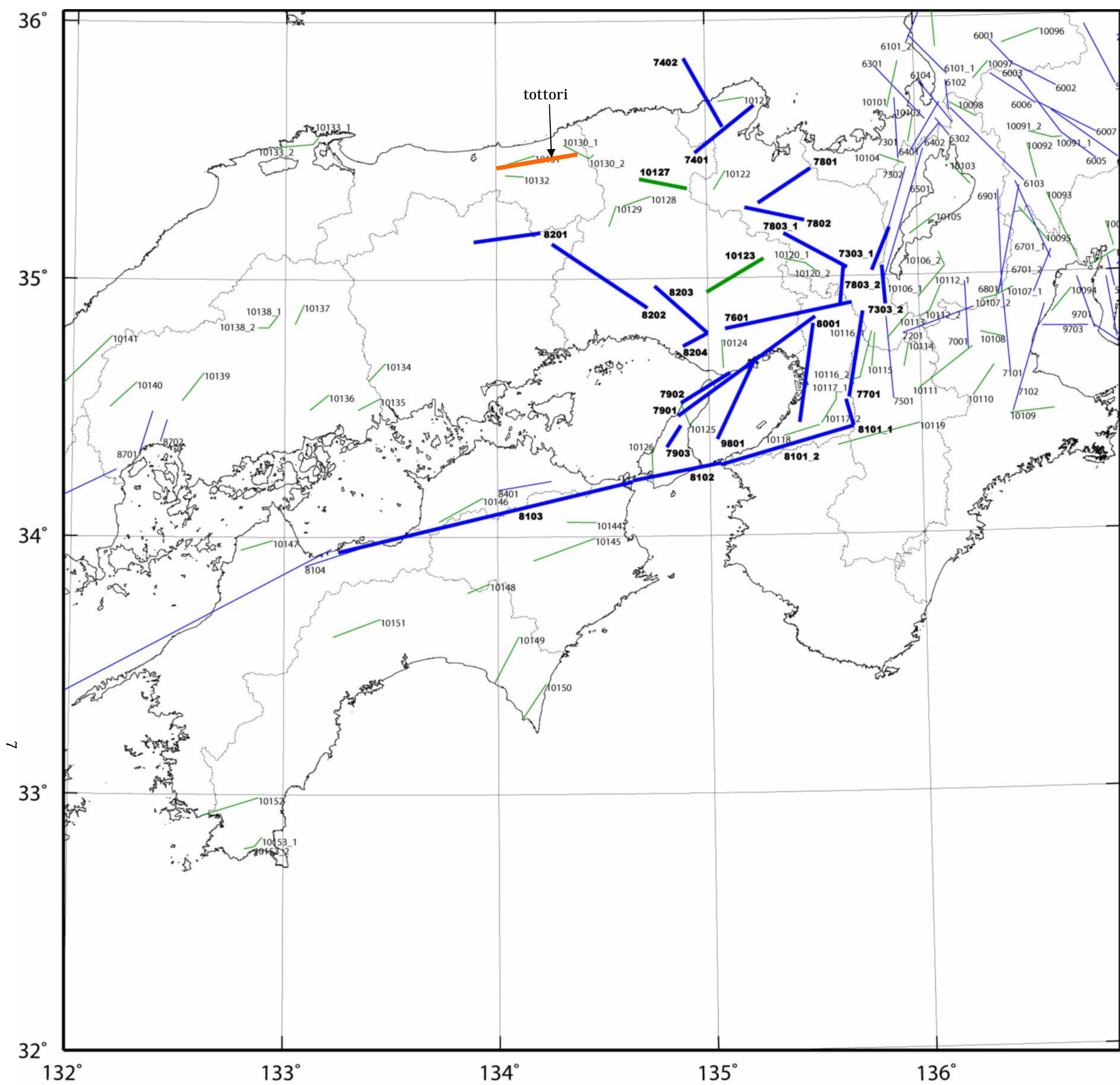
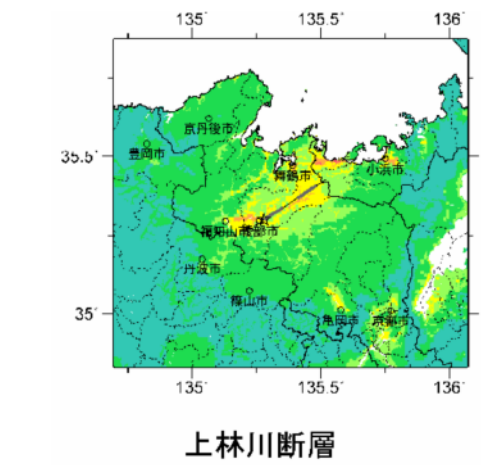
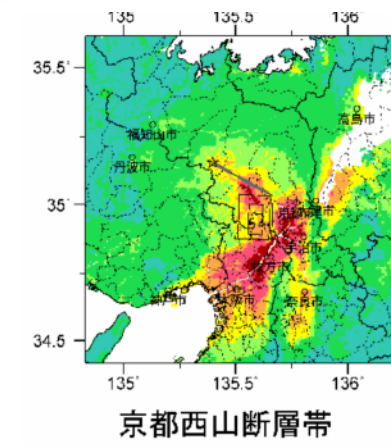
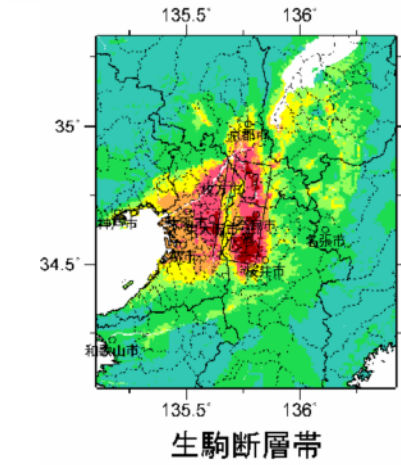
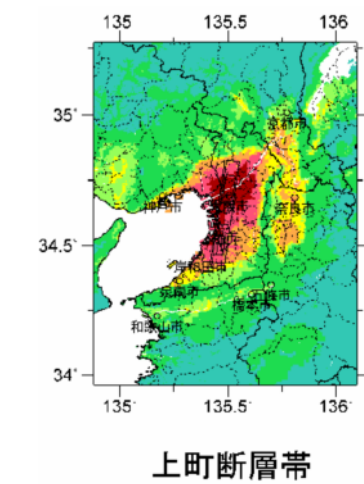
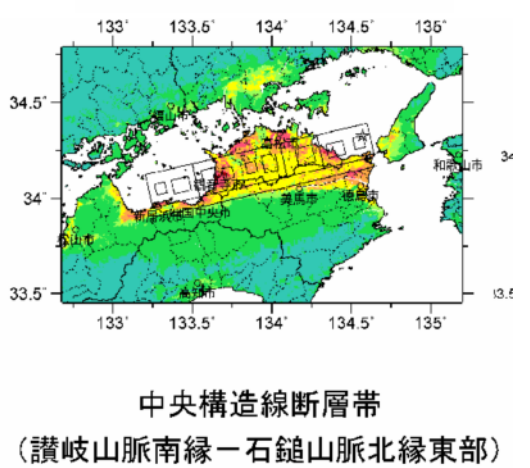
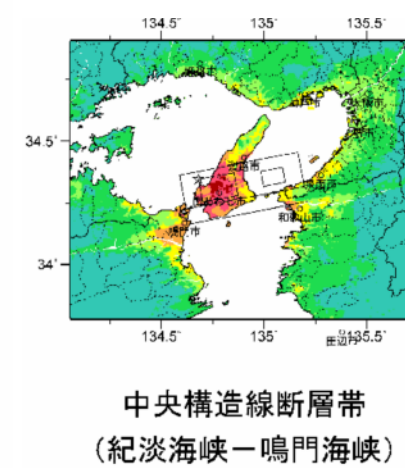
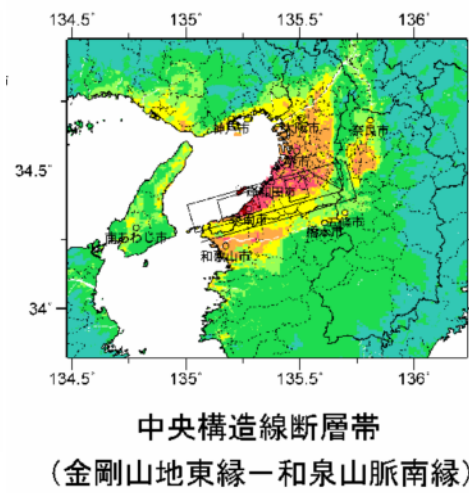
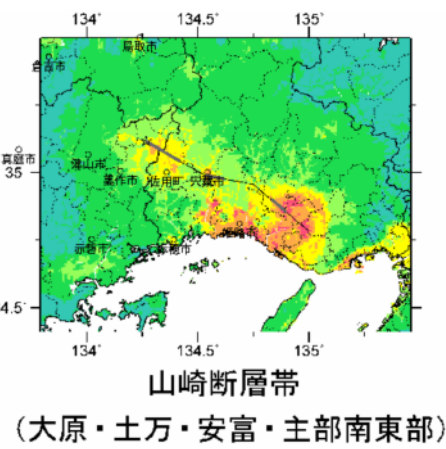
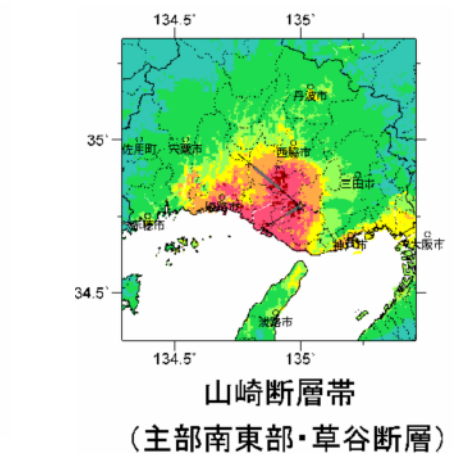
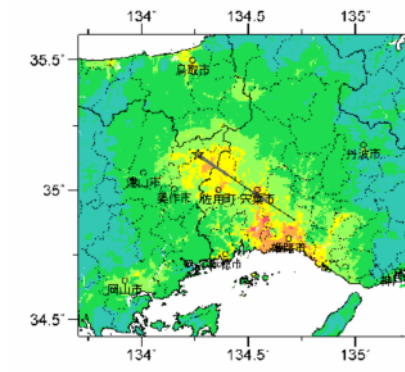
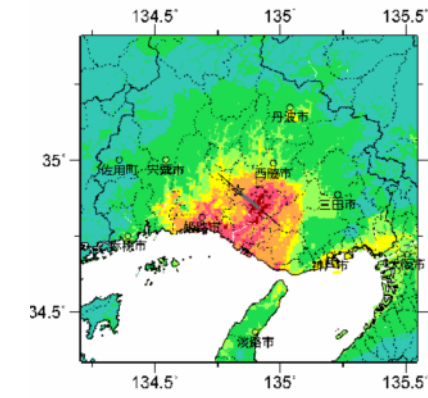
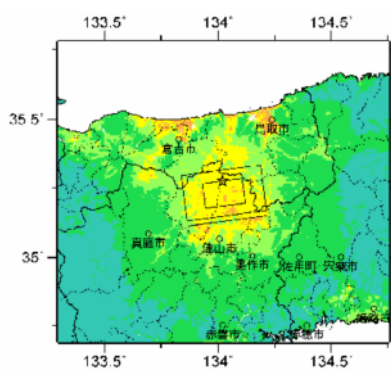
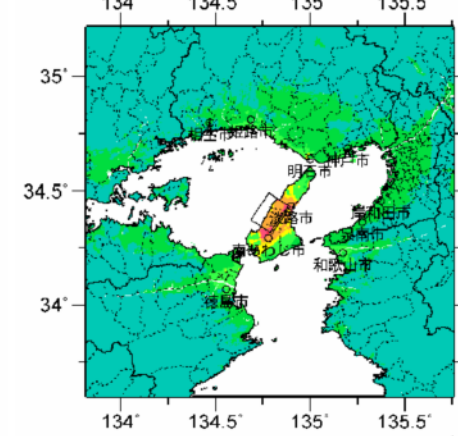
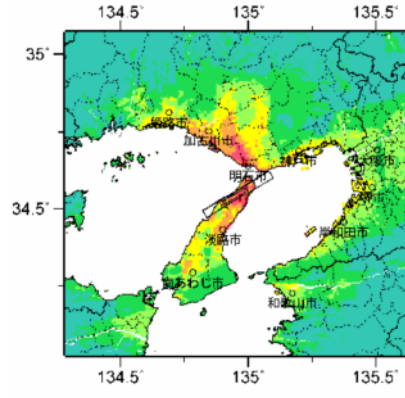
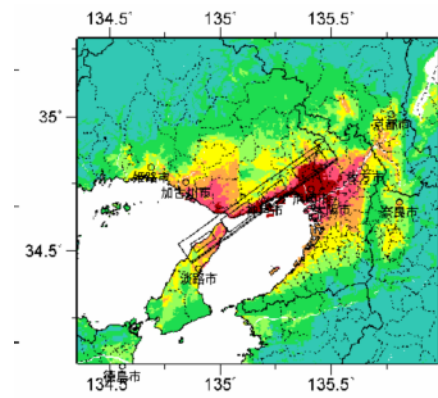
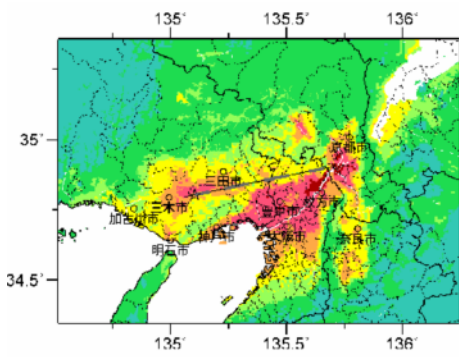
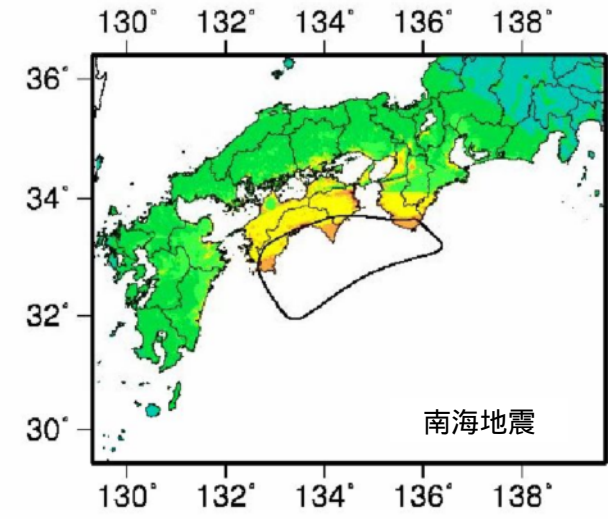
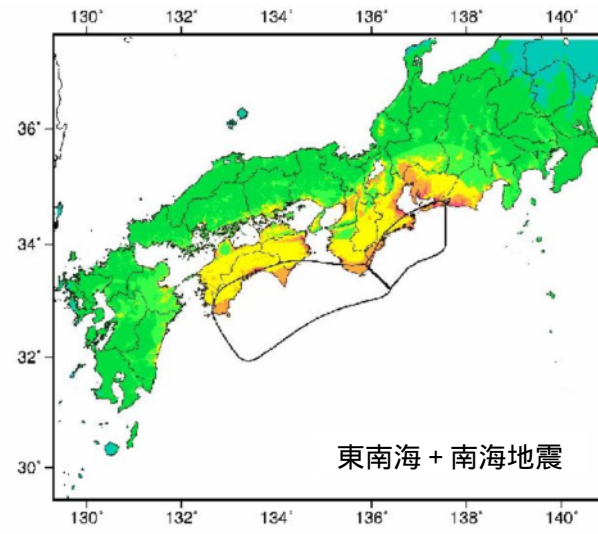
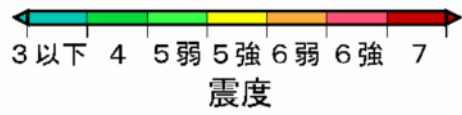
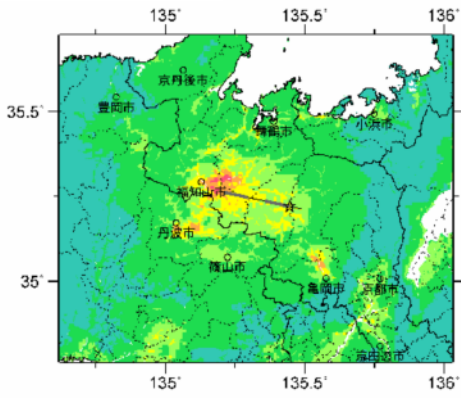
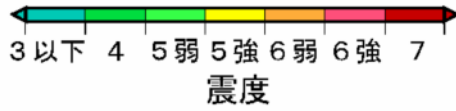


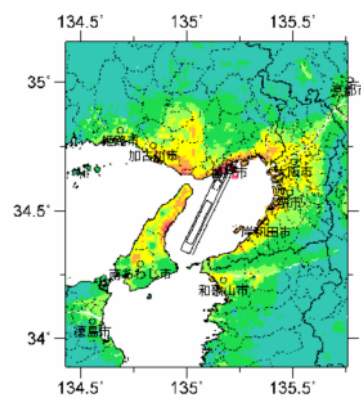
図 1.5 想定地震(活断層等で発生するM7.0以上の地震(太線)および海溝型地震)



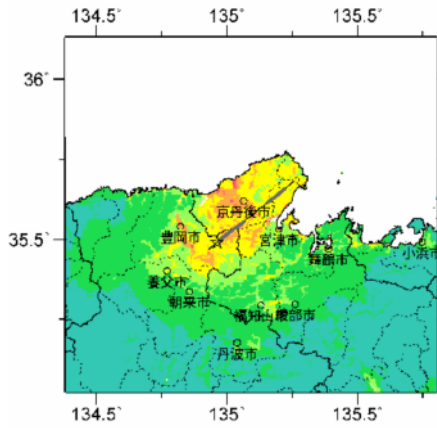
(参考図) 推本による震源断層を特定した地震動予測地図 (代表ケースの震度)



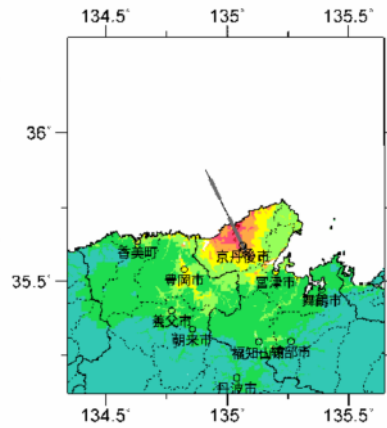
三峠断層



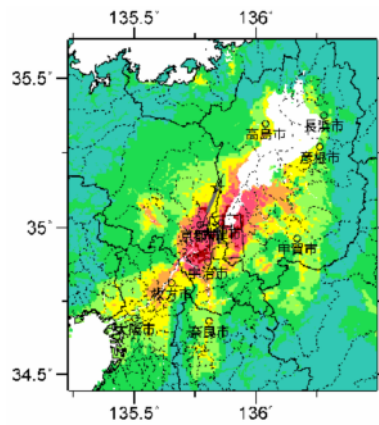
大阪湾断層帯



山田断層帯主部



郷村断層帯



花折断層帯中南部

(参考図) 推本による震源断層を特定した地震動予測地図(代表ケースの震度)

## 2 地震動の予測

### 2.1 地震動算定手法

推本によると、海溝型地震である東南海・南海地震は今後 30 年以内の地震発生確率が 50～70%と評価されている(推本)。一方、内陸活断層については、地震発生確率が高いと評価されている山崎断層帯、中央構造線(金剛山地東縁 - 和泉山脈南縁)でも、今後 30 年以内の地震発生確率は 5%と評価されている。

しかしながら、1943 年鳥取地震や 1948 年福井地震などは、1944 年東南海地震、1946 年南海地震の前後に発生しており、地震発生確率が海溝型地震に比べて小さい内陸活断層による地震についても、十分な対策を講じておくことが重要である。

そこで、本検討においては、地震動の予測手法として、できるだけ同等の手法を用いることとし、以下のとおりとした。

中防や推本を参照する地震動：ハイブリッド法(統計的グリーン関数法 + 差分法を用いた断層モデルによる波形計算)

新たに算定する地震動：統計的グリーン関数法

#### 海溝型地震

海溝型地震(南海地震、東南海 + 南海地震)の地震動予測結果は「全国地震動予測地図(推本)」において公開されていないため、「中防「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(第 14 回) 東南海、南海地震の被害想定について」(平成 15 年 9 月 17 日)の予測結果を用いることとする。

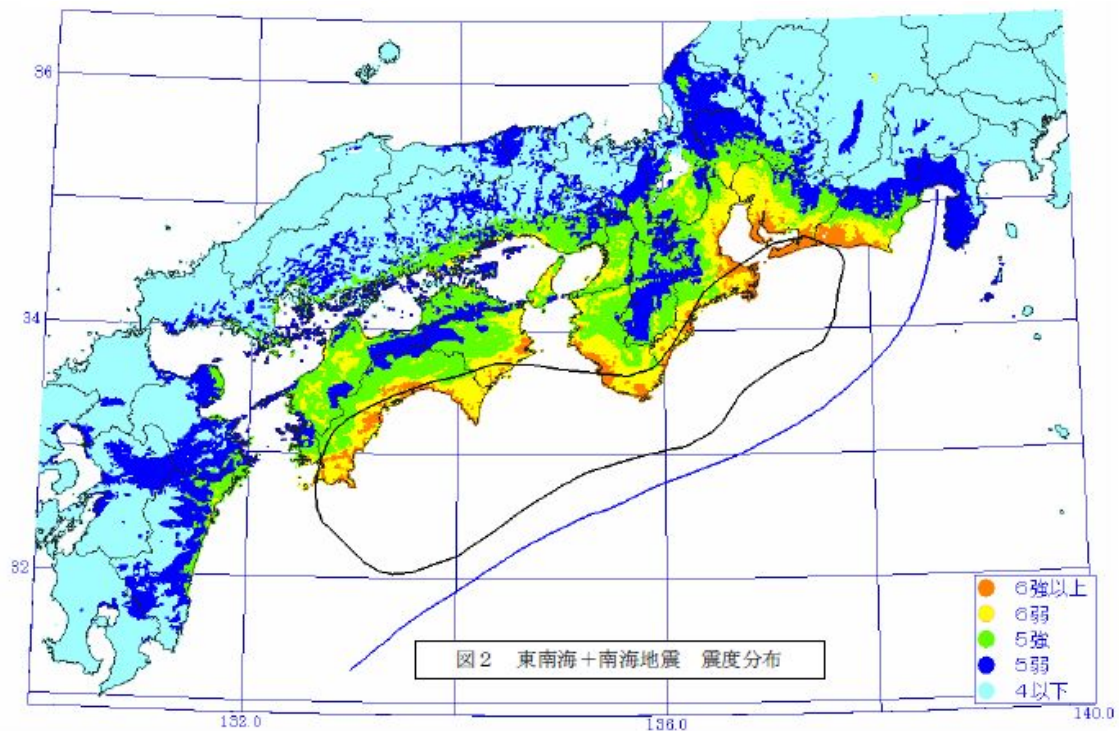


図 2.1 東南海 + 南海地震の震源域と震度分布(中防)

兵庫県内どこでも起こりうる直下の地震(わかっている断層以外の地震)  
 メッシュごとに直下の地震を想定し、全メッシュの地震動を統計的グリーン関数法によって算定するものとする。ここで、すべてのメッシュで同じ地震動を想定するため、計算量は増大しない。なお、震源モデルは図 1.2 に示したものを基本とする。

統計的グリーン関数法の概要を以下に示す。

$$U(t) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (r/r_{ij}) \cdot f(t) * u(t-t_{ij}) \quad (1)$$

$$f(t) = \delta(t) + \left\{ l/n' / (1 - e^{-l}) \right\} \times \sum_{k=1}^{(N-1)n'} \left[ e^{-(k-1)/(N-1)/n'} \cdot \delta \left\{ t - (k-1)\tau / (N-1)/n' \right\} \right] \quad (2)$$

$$t_{ij} = (r_{ij} - r_0) / V_s + \xi_{ij} / V_r \quad (3)$$

式(1)において  $U(t)$ は大地震の地震動、 $u(t)$ は小地震の地震動、 $f(t)$ は大地震と小地震の滑り速度時間関数の違いを補正するための関数で式(2)に定義されるもの、 $r$ は小地震の震源から対象地点までの距離(図 2.2 参照)、 $r_{ij}$ は  $ij$  要素から対象地点までの距離(図 2.2 参照)、 $N$ は想定地震と小地震の断層長さの比である。式(2)において  $\tau$ はライズタイム、 $n'$ は波形の重ね合わせの際に現れる見かけの周期性を除去するための整数、式(3)において  $r_{ij}$ は想定地震の破壊開始点から対象地点までの距離(図 2.2 参照)、 $\xi_{ij}$ は破壊開始点から  $ij$  要素までの距離(図 2.2 参照)、 $V_s$ は地震基盤のS波速度、 $V_r$ は破壊伝播速度である。なお、 $n'$ は100程度とする。

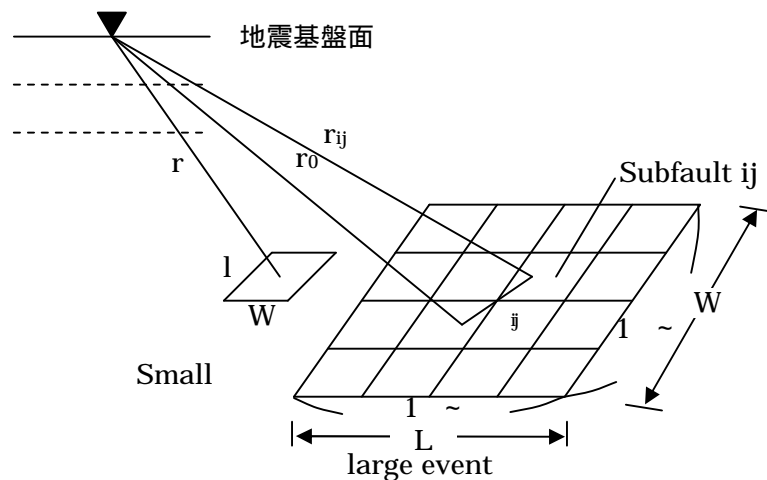


図 2.2 統計的グリーン関数法概念図

活断層等で発生する M7.0 以上の地震(全国地震動予測地図において検討済みの地震)  
 最新の知見が反映されていると考えられる「全国地震動予測地図(推本、平成 21 年 7 月)」の予測結果を用いることとする(前出の参考図、参照)。

活断層等で発生する M7.0 以上の地震(全国地震動予測地図において未検討の地震)

兵庫県内あるいはその周辺で M7.0 以上の地震が発生するおそれのある活断層による地震を想定地震のうち、「全国地震動予測地図(推本、平成 21 年 7 月)」において、震源断層を特定した地震動予測地図として未検討の地震について、統計的グリーン関数法によって算定するものとする。

- a) 推本において主要活断層帯以外の活断層と評価されている活断層のうち、兵庫県内の M7.0 以上の地震を発生する可能性のあるもの

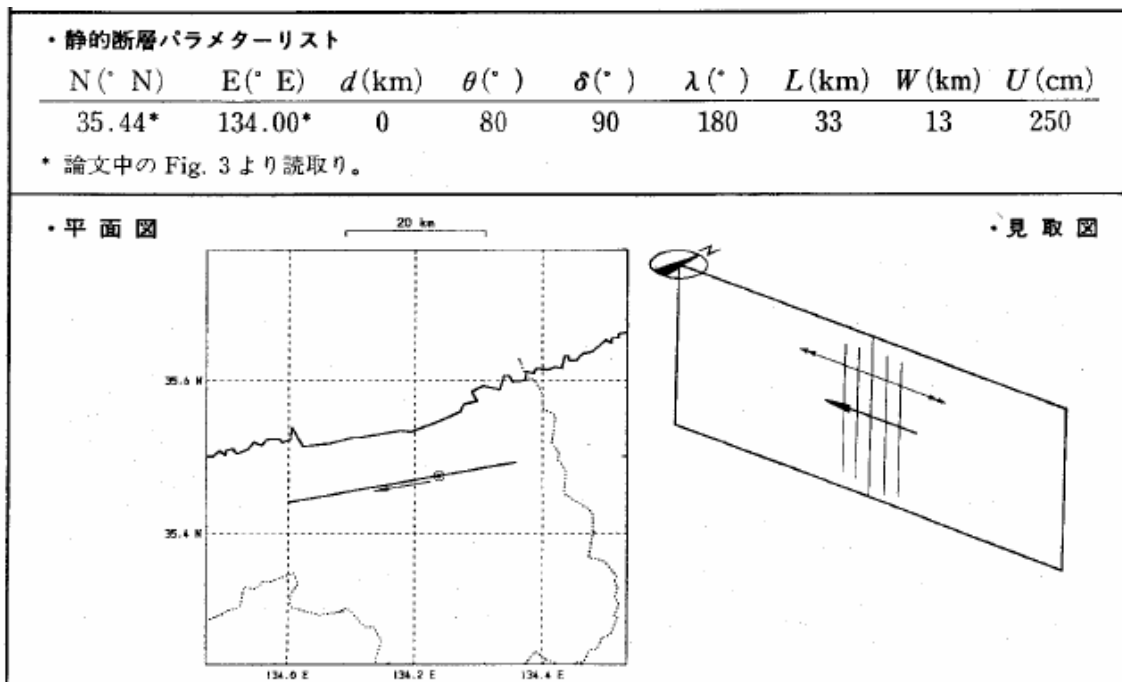
想定震源	マグニチュード	断層長さ
御所谷断層帯	7.3 程度	29km
養父断層帯	7.0 程度	21km

「全国を概観した地震動予測地図」報告書 分冊 1(平成 17 年 3 月 23 日、平成 18 年 9 月 25 日改訂)

- b) 兵庫県内に被害を及ぼした(震度 6 および 6 弱以上)過去の地震のうち、活断層が特定されていないもの

想定震源	マグニチュード	断層長さ
1943 年鳥取地震	7.2	33km

Kanamori(1972) PEPI,5,426-434.



## 2.2 地震動の算定手順

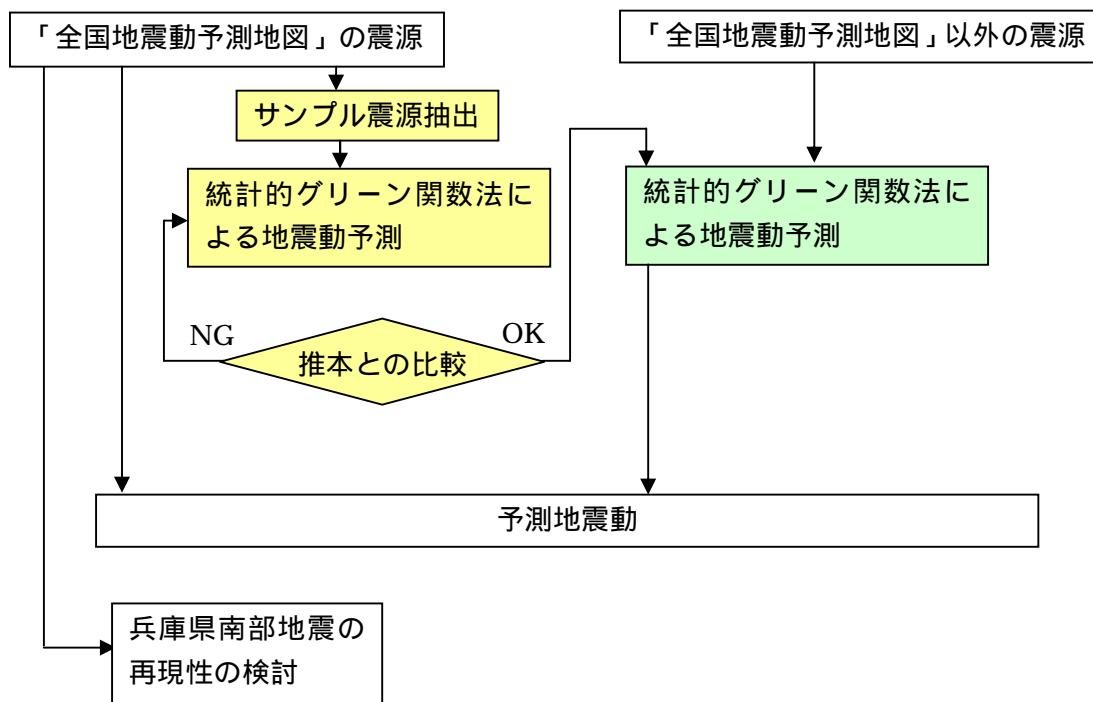


図 2.3 地震動の算定手順

### 2.2.1 地震動算定手法の検証(図 2.3 黄色網掛け部)

推本が「全国地震動予測地図」において検討を行った震源のうち、サンプルを選定し、統計的グリーン関数法を用いて、推本と同程度の予測結果が得られることを検証する。

### 2.2.2 推本「全国地震動予測地図」以外の地震動算定(図 2.3 緑色網掛け部)

推本「震源断層を特定した地震動予測地図」において評価されていない震源、または評価されていない震源モデルについて、地震動の算定を行う。算定は、2.1 に示す統計的グリーン関数法を用いることとする。

## 2.3 地震動算定手法の検証

### 2.3.1 サンプルの選定

推本が「全国地震動予測地図」において検討を行った震源のうち、サンプルとして、三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース1を選定した。これは、統計的グリーン関数法を用いて地震動予測を行う、対象断層(御所谷断層帯、養父断層帯、鳥取地震)に位置および規模が近いことによるものである。

三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース1の地震動予測結果(震度分布)を図 2.4 に示す。

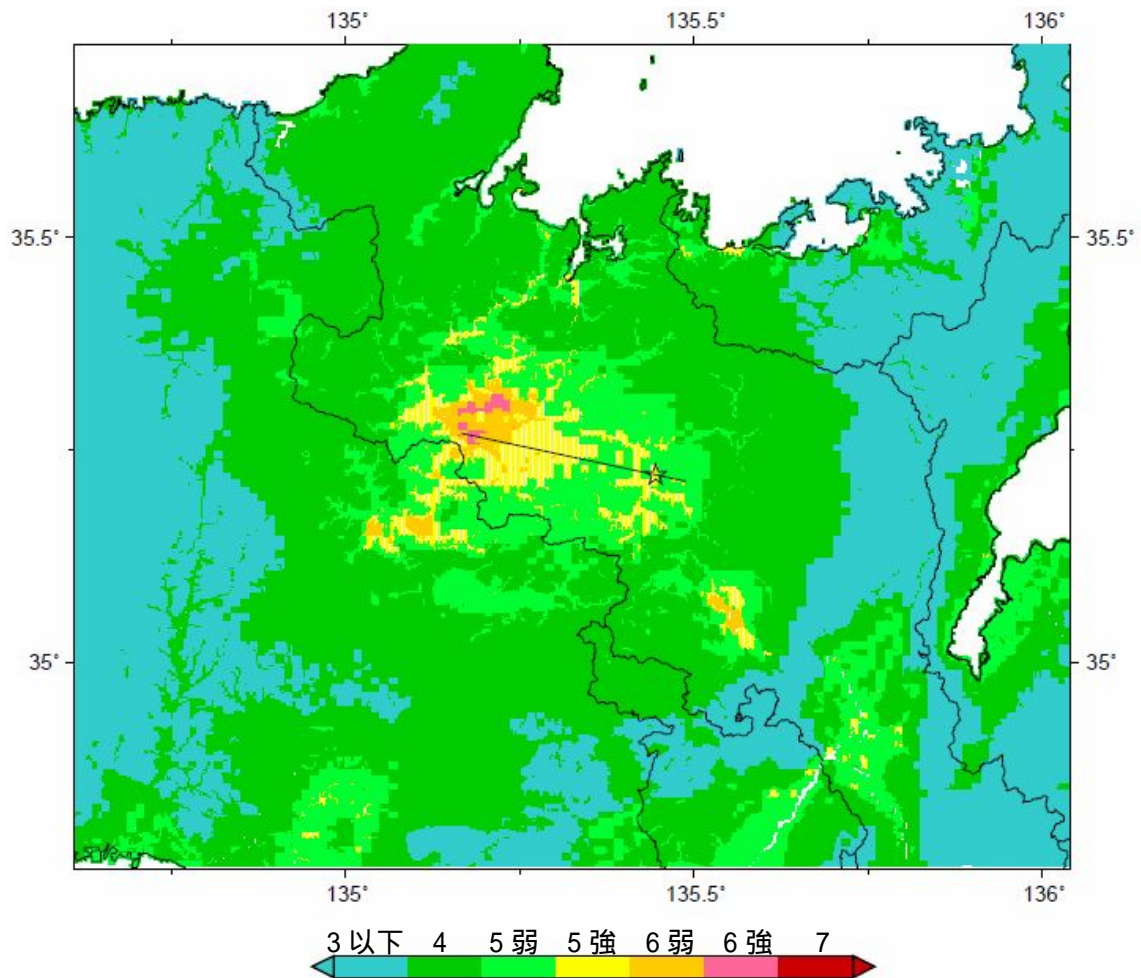


図 2.4 三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース1の地震動予測結果(震度分布)



### 2.3.2 地震基盤～工学的基盤の地盤モデルの検討

推本から各メッシュの工学的基盤～地表の地盤増幅率は公開されているが、地震基盤～工学的基盤の地盤モデルは公開されていない。

本検討では、三峠断層帯および対象断層(御所谷断層帯、養父断層帯、鳥取地震)近傍のKiK-net(基盤強震観測網)におけるボーリングおよび検層データに基づく地盤モデルのうち、三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース1の地震動予測結果(震度分布)を最も再現できるものを採用することとした。

三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース1の地震動予測結果(震度分布)のうち計測震度5.3以上のメッシュについて、推本と本検討における統計的グリーン関数法の計測震度の予測を行った(図2.6)。その結果、KiK-net(基盤強震観測網)のHYGH11を用いたケースが最も再現性が良いことがわかる。

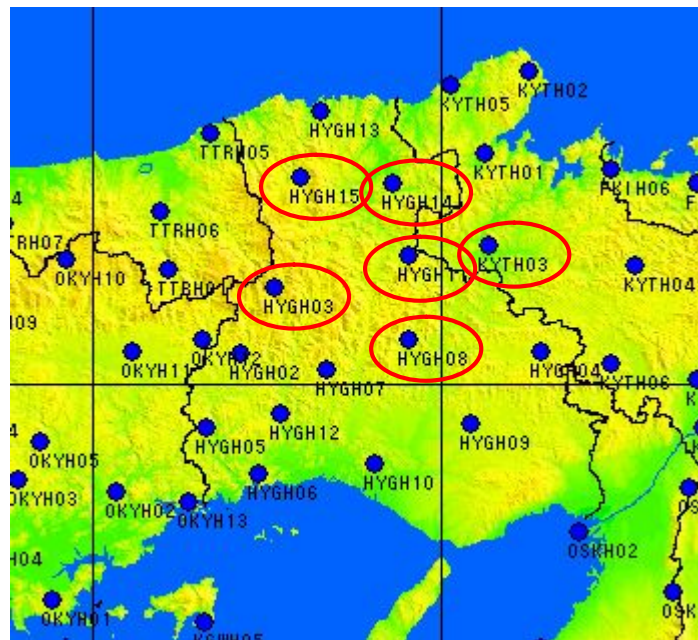
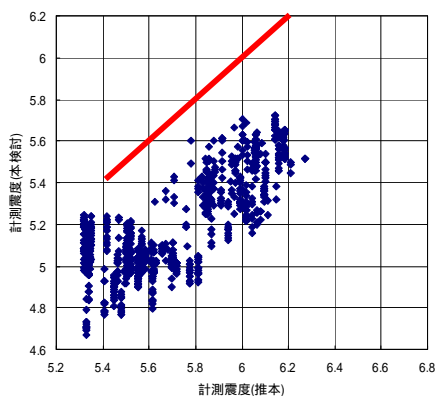
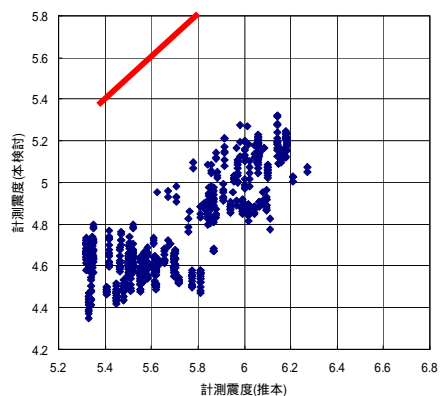


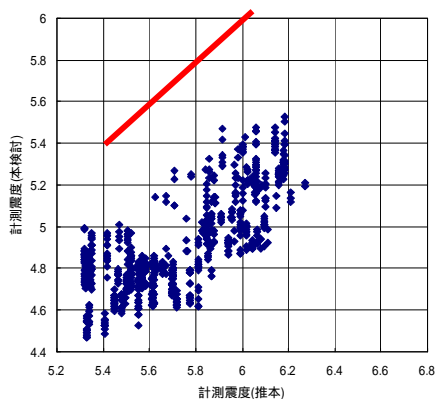
図 2.5 近傍のKiK-net(基盤強震観測網)



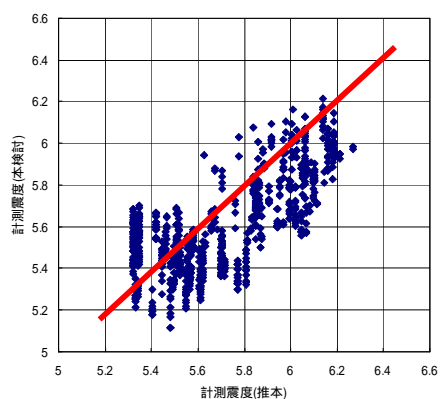
KYTH03



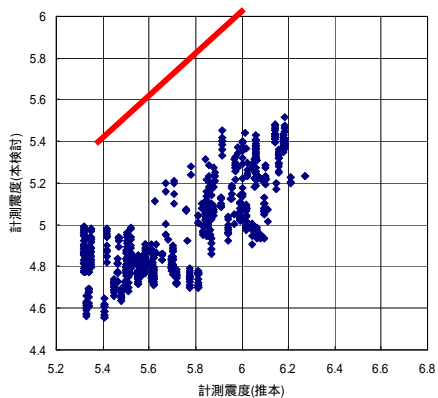
HYGH03



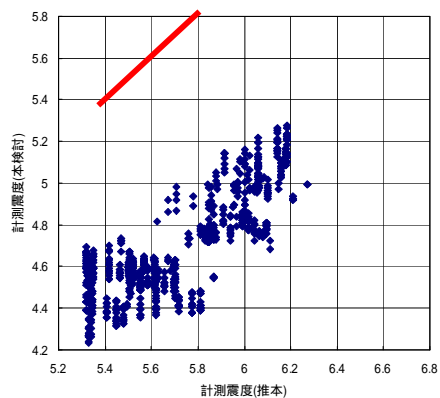
HYGH08



HYGH11



HYGH14



HYGH15

図 2.6 三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース 1 の地震動予測結果(震度分布)の再現性の検討

### 2.3.3 統計的グリーン関数法による地震動予測結果(震度分布)

三峠 - 京都西山断層帯の三峠断層帯ケース1に対して、地震基盤～工学的基盤の地盤モデルとして HYGH11 を用いて、統計的グリーン関数法により地震動予測を行った。その地震動予測結果(震度分布)を図 2.7 に示す。

図 2.4 と比較すると、大局的に良い対応を示していると考えられる。震度 6 弱～5 弱の領域は、それぞれ図 2.4 よりも若干広い傾向があり、安全側(厳しい側)の検討となっていることがわかる。

(右図：図 2.4 の再掲)

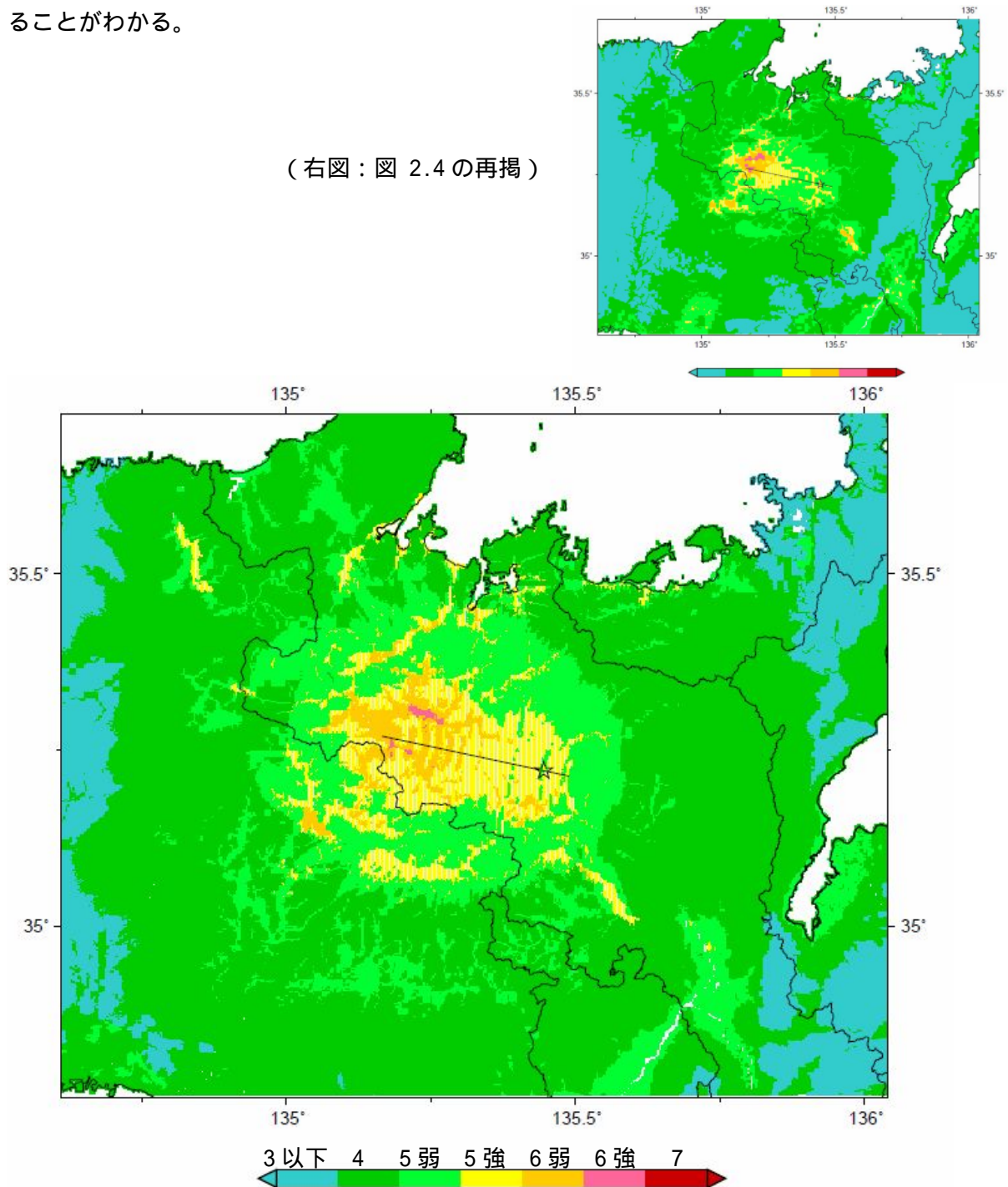


図 2.7 統計的グリーン関数法による地震動予測結果(震度分布)



## 地域の危険度マップ基礎データ作成について（仕様書案）

## 1 業務目的

地震被害想定を実施するにあたり、その基礎データとなるメッシュ別の建物データを作成するとともに、そのデータ等を利用し、地域の火災危険度評価を行う。

## 2 調査対象範囲

- ・メッシュ別建物データは、兵庫県全域
- ・火災危険度評価は、31 市町（神戸市、三田市、芦屋市、西宮市、尼崎市、伊丹市、宝塚市、川西市、猪名川町、明石市、加古川市、高砂市、播磨町、稲美町、三木市、小野市、加西市、西脇市、加東市、姫路市、たつの市、太子町、福崎町、相生市、赤穂市、上郡町、豊岡市、洲本市、朝来市、篠山市、宍粟市、）の市街化区域もしくは用途地域内の区域とする。

## 3 業務項目

- ・固定資産税台帳等を使用した 250m メッシュ別の構造別建築年次別建物棟数比率データマップの作成
- ・上記市街化区域における 250m メッシュの火災危険度評価（延焼しやすさ）マップ作成

## 4 貸与資料

- ・兵庫県下の固定資産台帳（建物）H21.1.1 時点
  - \* 上記資料は、県下市町から提供のあったデータ形式にて貸与
- ・その他必要とされるもの

## 5 業務内容

## 【建物比率データマップ作成】

- ・固定資産台帳に基づいて、町丁目、字別に構造別・建築年次別で建物棟数データを集計する（ 1 ）。
- ・構造の区分は、木造、非木造の 2 区分とし、建築年次の区分は、木造建物は S34 年以前、S35～S55 年、S56 年～H6、H7 年以降の 4 区分とし、非木造建物は S45 年以前、S46～S55 年、S56 年～H6、H7 年以降の 4 区分とする。
- ・以上の 8 区分で集計した建物棟数データから、町丁目内の建物棟数総数を 100%とした町丁目別の構造別・建築年次別建物棟数比率を作成する。
- ・兵庫県全域を対象とし、250m メッシュを作成する。また、建物が立地していない所のメッシュは「ノーデータ：0」とする。
- ・「ある町丁目内に含まれる 250m メッシュそれぞれの構造別・建築年次別の建物棟数比率は、その町丁目の構造別・建築年次別の建物棟数比率と同じ」として、250m メッシュ別の建物データを作成する。ただし、メッシュ内に複数の町丁目が含まれる場合などは、面積が最大の町丁目の値を採用してメッシュに割り当てるなど、協議の上、適切な処理を行う。
- ・実際に建物が存在しないメッシュを整理し、建物の存在するメッシュのみを表示する。建物の存在するメッシュとは、国勢調査 1km メッシュデータ（総務省統計局）において人口が 1 以上の範囲に含まれるメッシュとする。
- ・それぞれのメッシュの集計プログラムを整備し、項目別の集計作業の簡便化を図る。（ 2 ）
- ・詳細の作成方法は、「地震防災マップ作成技術資料（平成 17 年 3 月）内閣府（防災担当）」を参照する（ 3 ）
- ・別途県が発注している「平成 21 年度兵庫県地震被害想定調査業務」との調整をはかり、メッシュ地図等について整合を図る。

- 1：固定資産データから棟数を特定できない場合には、協議の上ある一定の規模以上の単独の建物と推定されるレコード数を棟数と見なす。
- 2： 250m メッシュ毎の被害量を町丁目字ごとに集計するプログラム  
250m メッシュ毎の被害量を市町村ごとに集計するプログラム  
町丁目字の被害数を市町村単位で集計するプログラム  
～ の逆(市町村単位 町丁目字単位 250m メッシュ単位)に分解集計するプログラム
- 3：ここで示す手法よりも高精度な建物データを作成できる方法と認められる場合には、異なる手法を用いても良い。

【火災危険度評価マップ作成】

- ・地区の不燃化が達成（不燃領域率70%以上）されているかどうかを不燃領域率で判定し、次に不達成地区のうち木防建べい率が一定水準以上の市街地を火災危険度が高いと判断する。
- ・不燃領域率は、旧建設省総合プロジェクト(1981)の簡便式を用いて町丁目別に算定し、250m メッシュ別の不燃化率データを作成する。ただし、メッシュ内に複数の町丁目が含まれる場合などは、面積が最大の町丁目の不燃化率を採用してメッシュに割り当てるなど、協議の上、適切な処理を行う。

(旧建設省総合プロジェクトの不燃領域率簡便式)

$$F = 1.189 - 0.604a - 0.00713d$$

F：不燃領域率

a：木造建物棟数比 = 木造建物棟数 / 全建物棟数

d：木造建物密度 = 木造建物棟数 / 町丁目面積(ha)

- ・火災危険度のランク分けは、以下の表を基本としつつ、県防災会議地震災害対策計画専門委員会委員の意見を反映させる。

ランク分け	不燃領域率	木防建べい率	備考
1	70%以上	-	放任火災が延焼しない
2	70%未満	10%未満	焼失率0%
3		10%以上 20%未満	木造で延焼による焼失が発生
4		20%以上 30%未満	防火造で延焼による焼失が発生
最も危険 5		30%以上	木造・防火造で焼失率 100%

- ・木防建べい率は、以下の式により算定する。

$$W = \frac{Wd}{Pa} \times 100$$

W：木防建べい率

Wd：木造建物建築面積

Pa：町丁目面積

：補正係数(街区面積と町丁目面積の格差を複数地区サンプリング調査し、補正係数を設定する)

6 成果品

【建物比率データマップ作成】

- ・成果報告書<抽出資料(一式)>1部及び電子データ
- ・構造別、建築年次別棟数比率 250m メッシュ図(全県、市町別)電子データ
- ・上記メッシュ図の GIS データ形式の地理情報(シェイプ形式)
- ・メッシュデータプログラム集計のソースファイル及び実行ファイル

【火災危険度評価マップ作成】

- ・成果報告書<抽出資料(一式)>1部及び電子データ
- ・火災危険度評価マップ(全県 250m メッシュ)電子データ
- ・上記評価マップの GIS データ形式の地理情報(シェイプ形式)