

平成 29 年度

長周期地震動ハザードマップ作成のための  
基礎調査・モデル作成等

成果報告書

平成 30 年 3 月

文部科学省研究開発局

国立研究開発法人防災科学技術研究所

本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、国立研究開発法人防災科学技術研究所が実施した平成 29 年度「長周期地震動ハザードマップ作成のための基礎調査・モデル作成等」の成果を取りまとめたものです。

## 目 次

1. 事業の概要	1
1.1. 長周期地震動ハザードマップについて	1
1.2. 事業の目的	2
1.3. 事業の内容	3
2. 事業の実施体制	4
3. 事業の成果	5
3.1. 南海トラフ地震の多様な震源モデルの調査・作成	5
3.2. 長周期地震動ハザード評価に用いる深部地下構造モデルの調査・作成	14
3.3. 南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算	56
3.4. 長周期地震動ハザード評価結果活用の検討等	69
4. むすび	81



## 1. 長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業の概要

### 1.1. 長周期地震動ハザードマップについて

長周期地震動については、平成 15 年（2003 年）十勝沖地震の際に震央から遠く離れた苫小牧で発生した石油タンク火災の原因の一つとして注目されるなど、近年その危険性が認知され始めた。長周期地震動は、首都圏、中京圏、近畿圏など超高層ビルや長大構造物が集中する平野部で特に顕著に現れる。地震調査研究推進本部では、想定東海地震、昭和型東南海地震、及び 1978 年タイプの宮城県沖地震を対象とした「長周期地震動予測地図」2009 年試作版を 2009 年 9 月に、昭和型南海地震を対象とした「長周期地震動予測地図」2012 年試作版を 2012 年 1 月にそれぞれ作成し、公表している。これらの地域はいずれも近い将来に発生が懸念される南海トラフ沿いの海溝型巨大地震によって長周期地震動に見舞われる可能性が示されている。

一方、2011 年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、これまで知られていたよりも大きな規模の地震まで考慮する必要が生じた。特に、巨大地震発生の切迫性が指摘されている南海トラフの地震や人口が集中する首都圏に大きな影響を及ぼす相模トラフの地震については、過去の地震に基づく少数かつ特定の「シナリオ」を対象とした従来の長周期地震動予測地図にとどまらず、過去に例のない巨大地震により生じる長周期地震動をも考慮した長周期地震動ハザード評価が必要である。今後、これまでの試作版作成等や東北地方太平洋沖地震から得られた知見等を踏まえたさらなる予測手法の高度化だけでなく、広く社会の防災・減災に資する長周期地震動ハザードマップをはじめとした長周期地震動ハザード評価結果の提示が必要であり、そのための研究・検討が早急に必要である。

一方、平成 26 年度までに実施されてきた、「長周期地震動予測地図作成等支援事業」および「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」では、主として周期 3 秒程度以上の長周期地震動を対象として検討を進めてきた。しかしながら、このような周期帯の地震動により大きな影響を受ける建築等の構造物は高さ 100m（30 階建て）程度以上の超高層建物に限定され、ビル等で多数を占める中高層建物に対する防災・減災に資するためには周期 1 秒程度まで拡張した長周期地震動ハザード評価を行う必要がある。平成 26 年度の「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」において、震源モデルとして破壊伝播の不均質性を考慮することにより、シミュレーションによる周期 1～3 秒程度の地震動が従来の「特性化震源モデル」による結果と比べて大きくなることが確認された。さらに、2003 年十勝沖地震を対象とした検討により、マグニチュード 8 クラスの地震に対して検証がなされたこと、関東地域を対象とした詳細な地下構造モデルが構築されつつある。これらの成果を踏まえて、相模トラフ沿いで発生する巨大地震を対象とした長周期地震動評価が地震調査委員会より 2016 年 10 月公表された。しかしながら、対象周期の短周期側への拡張に関して、地下構造モデルの影響が十分確認されていないこと、南海トラフ地震を対象とした長周期地震動評価のための地下構造モデルの整備やマグニチュード 9 クラスの超巨大地震の震源モデル化手法の検証などが課題として残されている。

## 1.2. 業務の目的

地震調査研究推進本部（以下では、地震本部と記す）が将来公表する「南海トラフ巨大地震を対象とした東海地域における長周期地震動ハザードマップ（仮題）」の作成のための基礎調査・モデル作成等を行うことを目的とする。

## 1.3. 研究の内容

これまでの「長周期地震動予測地図作成等支援事業」および「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」等で蓄積されてきた知見等を踏まえつつ、長周期地震動ハザード評価に関する以下の検討を実施する。

### （1）南海トラフ地震の多様な震源モデルの調査作成

地震本部による「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について」において示されている震源域の例に従い、過去の「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」において設定されたマグニチュード8級の地震を対象とし、様々なアスペリティおよび破壊開始点位置を考慮した多数の震源モデル（計60以上）に対して、Iwaki et al. (2016) の方法（パラメータ）により破壊伝播速度、すべり量、すべり角の不均質性を付与した震源モデルを作成する。

「東海」域と「南海」域が同時に活動することによりマグニチュード9級となる地震に対して、上記のマグニチュード8級の地震と同様の手法により破壊不均質性を付与した複数の震源モデルを試作する。破壊不均質性を付与しない震源モデルによる長周期地震動シミュレーション結果との比較を周期2～10秒で行い、マグニチュード9級の地震に対する破壊不均質性付与の効果を確認する。

### （2）長周期地震動ハザード評価に用いる深部地下構造モデルの調査・作成

全国1次地下構造モデル（暫定版）作成後に実施された

- ・東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト
- ・中央構造線断層帯における重点的な調査観測
- ・別府－万年山断層帯における重点的な調査観測
- ・長周期地震動予測地図作成等支援事業

の成果を取り込み、防災科学技術研究所の地震ハザード情報ステーション（J-SHIS）や内閣府（2015）のモデルも参照しつつ、深部地盤モデルおよびプレート形状モデルを修正する。また、全国地震動予測地図2017年版で用いられた関東地方の浅部・深部統合地盤モデルに基づく深部地盤も組み込む。

改良した地下構造モデルを用いて、少なくとも2004年紀伊半島沖の地震の前震、2009年駿河湾の地震、2011年駿河湾の地震、2013年淡路島付近の地震、2016年三重県南東沖地震に対して、東海地域から四国までのF-net観測点及びKiK-net観測点を対象として地震波形計算を行い、地震動の再現性が不十分な場合には、層厚等を調整してモデルをさらに修正する。

上記の実施内容を「地下構造モデルの改良手順」としてまとめる。全国1次地下構造モデル（暫定版）を改良し、自然地震記録を用いた検証により改良モデルの妥当性を確認し、必要に応じてモデルをさらに修正するとともに、地下構造モデルの改良手順としてまとめる。

### (3) 南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

サブテーマ(1)で作成した震源モデルとサブテーマ(2)で作成した地下構造モデルにより、周期2～20秒を対象とした長周期地震動計算を行う。計算範囲は、南海トラフ震源域～関東地方南部（少なくとも島嶼部を除く東京都、千葉県の東京湾岸を含む地域）とする。

また、浅部地盤による増幅に関して、関東地方南部および東海地域については、防災科学技術研究所が実施している総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）⑤「レジリエントな防災・減災機能の強化」と連携し、浅部地盤モデルに基づいた上記の計算対象周期における増幅率を検討する。東海地域において、対象周期における浅部地盤の増幅が認められた場合には、他の地域について、微地形区分による表層30mの平均S波速度（AVS30）と増幅率の経験的關係式に基づき評価する。

サブテーマ（1）で作成した震源モデルとサブテーマ（2）で作成した地下構造モデルを用いて、可能な限り広い周波数帯域を対象とした長周期地震動シミュレーション計算を行う。また、浅部地盤モデルによる増幅を考慮した計算結果を提示する。

### (4) 長周期地震動ハザード評価結果活用等の検討等

社会防災、工学、社会科学の専門家を対象にヒアリング調査を実施し、評価結果の社会的影響や分析方法の妥当・適切さについて意見を聴取する。社会防災を専門にする関係者を含む検討会を設置し、聴取した意見を踏まえて分析方法の妥当・適切さも再検証し、長周期地震動ハザード情報について、データ等の公開や見せ方の方法、これまで試作したウェブやアプリの改良を検討することにより、2016年10月に公表された相模トラフ巨大地震の長周期地震動評価結果及び用いたデータを用いて、長周期地震動ハザードマップとして利活用促進のための方法を提案する。

## 2. 事業の実施体制

所属機関	役職	氏名	担当課題
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行	3.1～3.4
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之	3.1～3.4
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩	3.1～3.4
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	岩城 麻子	3.1
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主幹研究員	先名 重樹	3.2
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	河合 伸一	3.4
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	東 宏樹	3.4

### 3. 事業の成果

#### 3.1. 南海トラフ地震の多様な震源モデルの調査・作成

##### (1) 事業の内容

###### (a) 事業の題目

南海トラフ地震の多様な震源モデルの調査・作成

###### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	岩城 麻子

###### (c) 事業の目的

南海トラフで発生するマグニチュード8級の地震を対象とした長周期地震動ハザードマップ作成のための震源モデルを作成する。

##### (2) 事業の成果

###### (a) 事業の要約

地震調査研究推進本部（以下、地震本部）による「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について」において示されている震源域の例に従い、過去の「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」において設定されたマグニチュード8級の地震を対象とし、様々なアスペリティおよび破壊開始点位置を考慮した多数の震源モデル（計60以上）に対して、Iwaki et al. (2016) の方法（パラメータ）により破壊伝播速度、すべり量、すべり角の不均質性を付与した震源モデルを作成した。

「東海」域と「南海」域が同時に活動することによりマグニチュード9級となる地震に対して、上記のマグニチュード8級の地震と同様の手法により破壊不均質性を付与した複数の震源モデルを試作した。破壊不均質性を付与しない震源モデルによる長周期地震動シミュレーション結果との比較を周期2～10秒で行い、マグニチュード9級の地震に対する破壊不均質性付与の効果を確認した。

###### (b) 事業の成果

###### 1) マグニチュード8級の地震の震源モデル

「南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）」（地震調査委員会、2013）では、図 3.1-1 に示される領域区分に基づいた図 3.1-2 の 15 通りの発生様式および震源域が示されている。このうち、「東海」域と「南海」域においてマグニチュード8級の地震が別々に発生する様式は4通りであり、震源域は「東海」と「南海」それぞれ2通りずつとなっている。本検討では、「東海」と「南海」が別々の4通りの震源域に、「東海」と「南海」の浅部のみが同時に活動する地震（Mw8.4）の地震を追加した5通りの震源域で発生する地震を対象と

した。これらの震源域に関して、平成 25 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所、2014）において図 3.1-3 に示されるアスペリティ（強震動生成域）および破壊開始点位置の不確かさを考慮した検討が行われている。その中では、地震調査委員会の強震動予測手法（「レシピ」）の考え方に基づいた震源モデルが設定されている（表 3.1-1）ものの、破壊過程の不均質性が付与されていなかった。そこで、これらの震源モデルに対して相模トラフ巨大地震を対象とした長周期地震動評価 2016 年試作版（地震調査委員会、2016）で採用されている、Iwaki et al. (2016) の検討に基づく破壊伝播速度等の不均質性（表 3.1-2）の付与を行った。さらに、長周期地震動評価 2016 年試作版の考え方に基いて、破壊開始点位置を図 3.1-1 で区分されている領域内の中央付近とするケースを追加した。結果として、表 3.1-3 に示す 112 ケースの震源モデルを作成した。不均質性の付与にあたっては一様分布に従う乱数を用いた。このとき、各ケースで用いる乱数を代えている。

それぞれの震源モデルについて、防災科学技術研究所から公開されている地震動シミュレーター-GMS（青井・他、2004）で使用することができる形式のファイルを作成した。

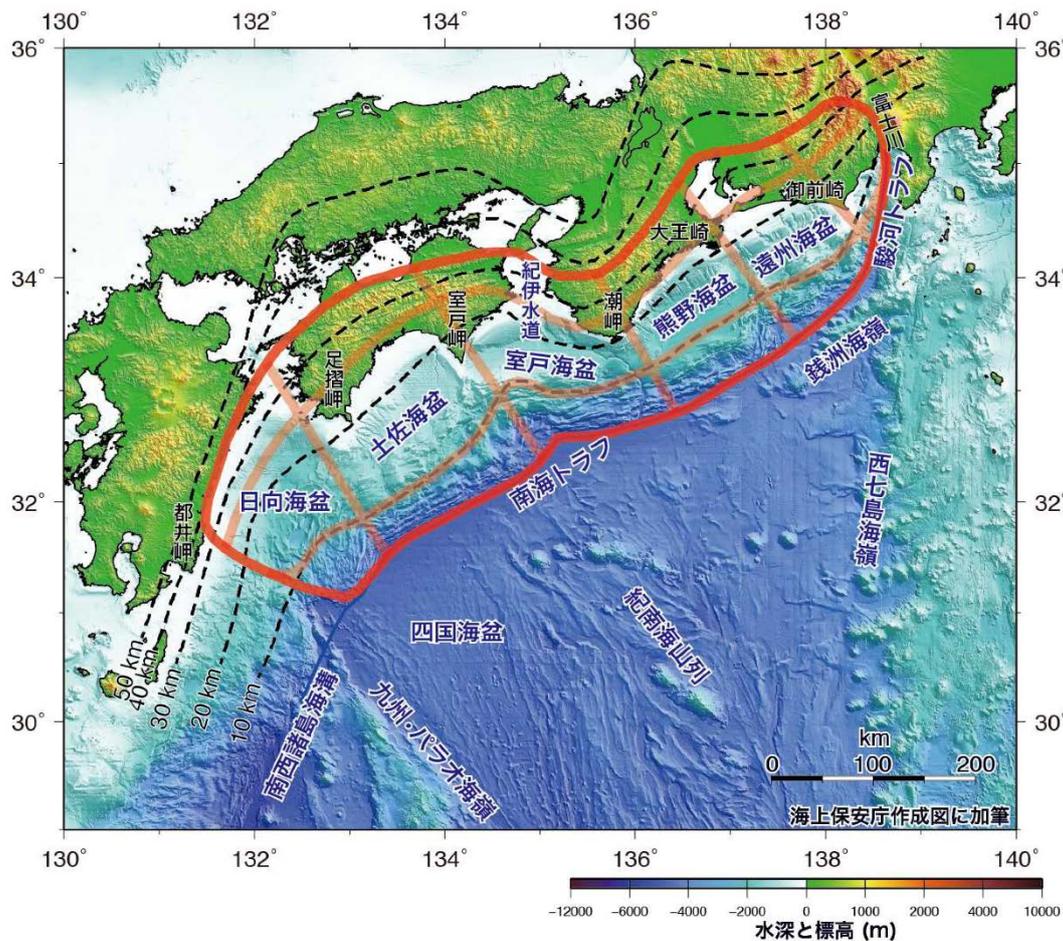


図 3.1-1 長期評価における南海トラフの評価対象（地震調査委員会、2013 より）。

	深さ	推定破壊域					スケーリング則から 推定されるMw	
		Z	A	B	C	D		E
東海・南海地 域が連動する パターン	浅部							8.8
	中部							
	深部							
	浅部							9.0*1
	中部							
	深部							
	浅部							9.0
	中部							
	深部							
	浅部							9.1*2
	中部							
	深部							
	浅部							8.7
	中部							
	深部							
	浅部							8.9
	中部							
	深部							
浅部							8.8	
中部								
深部								
浅部							9.0	
中部								
深部								
浅部							8.7	
中部								
深部								
浅部							8.9	
中部								
深部								
浅部							8.4	
中部								
深部								
東海・南海地 域の2地震が 時間差をおい て発生するパ ターン	浅部							8.7, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.5, 8.3
	中部							
	深部							
	浅部							8.7, 8.2
	中部							
深部								
浅部							8.5, 8.2	
中部								
深部								

\*1: 内閣府(2011) 強震動計算モデル

\*2: 内閣府(2011) 津波計算モデル

図 3.1-2 長期評価において例示されている南海トラフ地震の発生様式（地震調査委員会、2013より）。

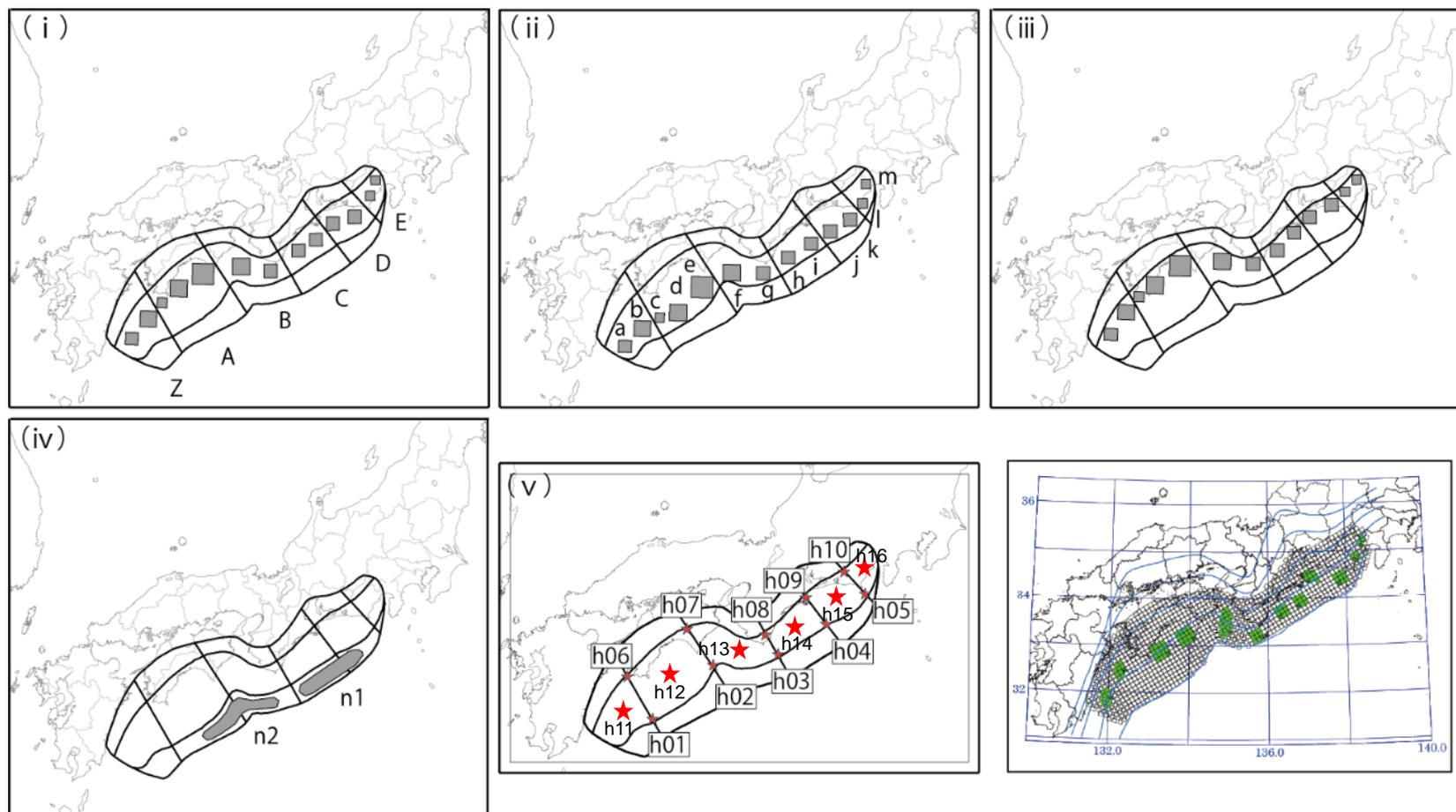


図 3.1-3 本検討で設定したアスペリティ（強震動生成域； i ～ iv）および破壊開始点位置（ v ）（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所， 2014 に基づく）。

表 3.1-1 本検討で対象とした地震の震源パラメータ（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2014に基づく）。

ケース名		SO010	SF010	AS010	TS010	AO100
地震モーメント[Nm]		$3.5 \times 10^{21}$	$5.0 \times 10^{21}$	$8.9 \times 10^{21}$	$1.3 \times 10^{22}$	$5.9 \times 10^{21}$
モーメントマグニチュード		8.3	8.4	8.6	8.7	8.4
平均応力降下量 [MPa]		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
平均すべり量 [m]		4.3	4.9	5.9	6.7	5.1
アスペリティ実効応力 [MPa]		15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
h	面積 [km <sup>2</sup> ]	970	970	1,050	1,050	—
g	すべり量 [m]	9.3	11.2	10.1	12.0	—
i	面積 [km <sup>2</sup> ]	960	960	1,670	1,670	—
f	すべり量 [m]	9.3	11.1	12.0	12.7	—
j	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,030	1,030	2,540	2,540	—
e	すべり量 [m]	9.6	11.5	15.7	18.7	—
k	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,040	1,040	1,650	1,650	—
d	すべり量 [m]	9.7	11.5	12.6	15.1	—
l	面積 [km <sup>2</sup> ]	—	550	540	540	—
c	すべり量 [m]	—	8.4	7.2	8.6	—
m	面積 [km <sup>2</sup> ]	—	540	—	1,430	—
b	すべり量 [m]	—	8.3	—	14.0	—
n	面積 [km <sup>2</sup> ]	—	—	—	900	5,710
a	すべり量 [m]	—	—	—	11.1	11.3
背景	面積 [km <sup>2</sup> ]	16,020	20,370	29,800	39,120	22,830
	すべり量 [m]	3.0	3.4	4.1	4.7	3.6
	実効応力 [MPa]	1.5	1.3	1.5	1.2	3.0

※ケース名と震源域との対応は表 3.1-3 を、a～n は図 3.1-3 (ii, iv) を参照

表 3.1-2 震源モデル付与した破壊過程の不均質性（地震調査委員会，2016に基づく）。

パラメータ	考慮するゆらぎ（不均質性）の範囲
すべり量の不均質性	$\pm 0.5 D_{ave}$ ( $D_{ave}$ は平均すべり量)
破壊伝播速度の不均質性	$\pm 400 \text{m/s}$
すべり角の不均質性	$\pm 45$ 度

表 3.1-3 本検討で作成したマグニチュード 8 級の地震の 112 震源モデル。

ケース名	震源域 図 3.1-3 参照	破壊開始点位置	アスペリティ (強震動生成域)	ケース数
SO010	CD 中部	8	3	24
SF010	C～E 中部	9	3	27
AS010	AB 中部	8	3	24
TS010	Z～B 中部	9	3	27
AO100	A～D 浅部	5	2	10

## 2) マグニチュード9級の地震の震源モデル

「東海」域と「南海」域が同時に活動するマグニチュード9級のうち、「最大クラスの地震 (Mw9.0)」に対してマグニチュード8級と同様の破壊過程の不均質性 (表 3.1-2) を付与した震源モデルを2通り作成した。震源パラメータを表 3.1-4 に示す。アスペリティの配置は「中部」領域内の浅い方 (図 3.1-3 (ii)) とした。なお、表 3.1-2 に示されたパラメータの数値はマグニチュード8級の地震に対する妥当性は検証されている (Iwaki et al., 2016) もの、マグニチュード9級の地震に対しては未検証であるため、ここでのマグニチュード9級の地震の震源モデル化および長周期地震動シミュレーションはあくまでパラメータスタディとして実施するものである。

この震源モデルを用いて三次元有限差分法による地震動シミュレーションを行った。計算条件については、3.3節と同じとした。濃尾平野における周期5秒および10秒の速度応答スペクトル分布を図 3.1-4 に、破壊過程の不均質性が平成25年度長周期地震動予測地図作成等支援事業による結果を図 3.1-5 に示す。両者はほぼ同程度か本検討の方がやや大きい結果となっている。マグニチュード9級の地震においてもマグニチュード8級の地震同じモデル化手法であれば同程度の影響が現れると考えられる。

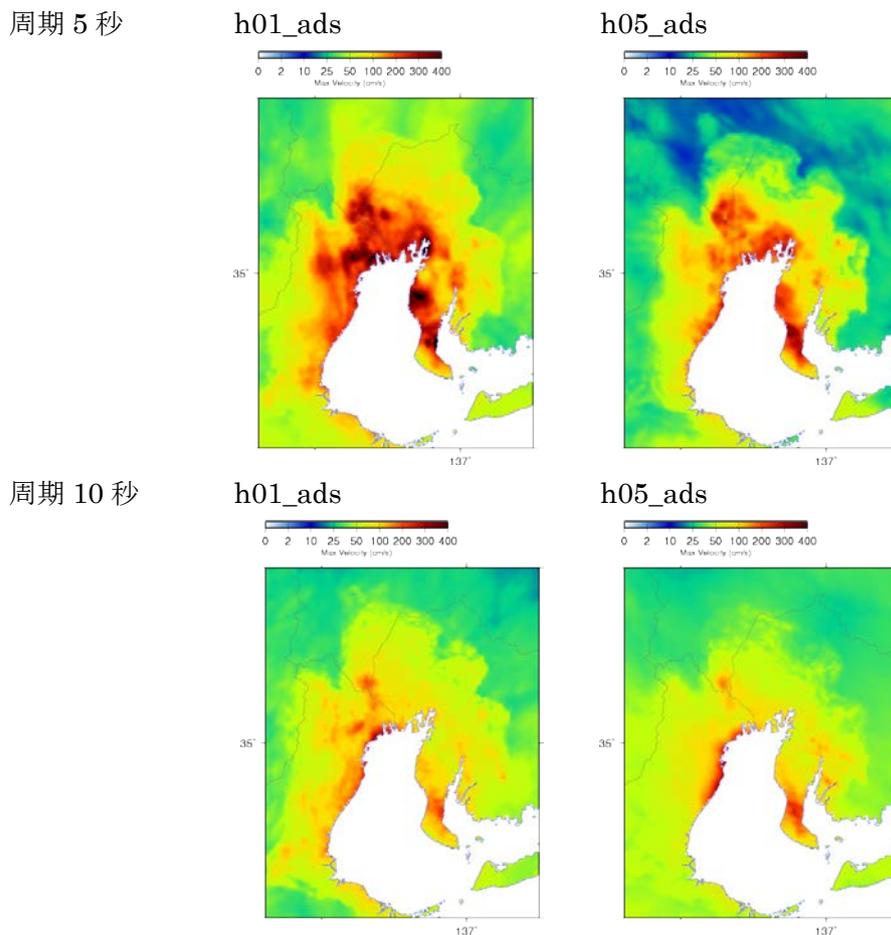


図 3.1-4 本検討での試算による工学的基盤上での速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%)。

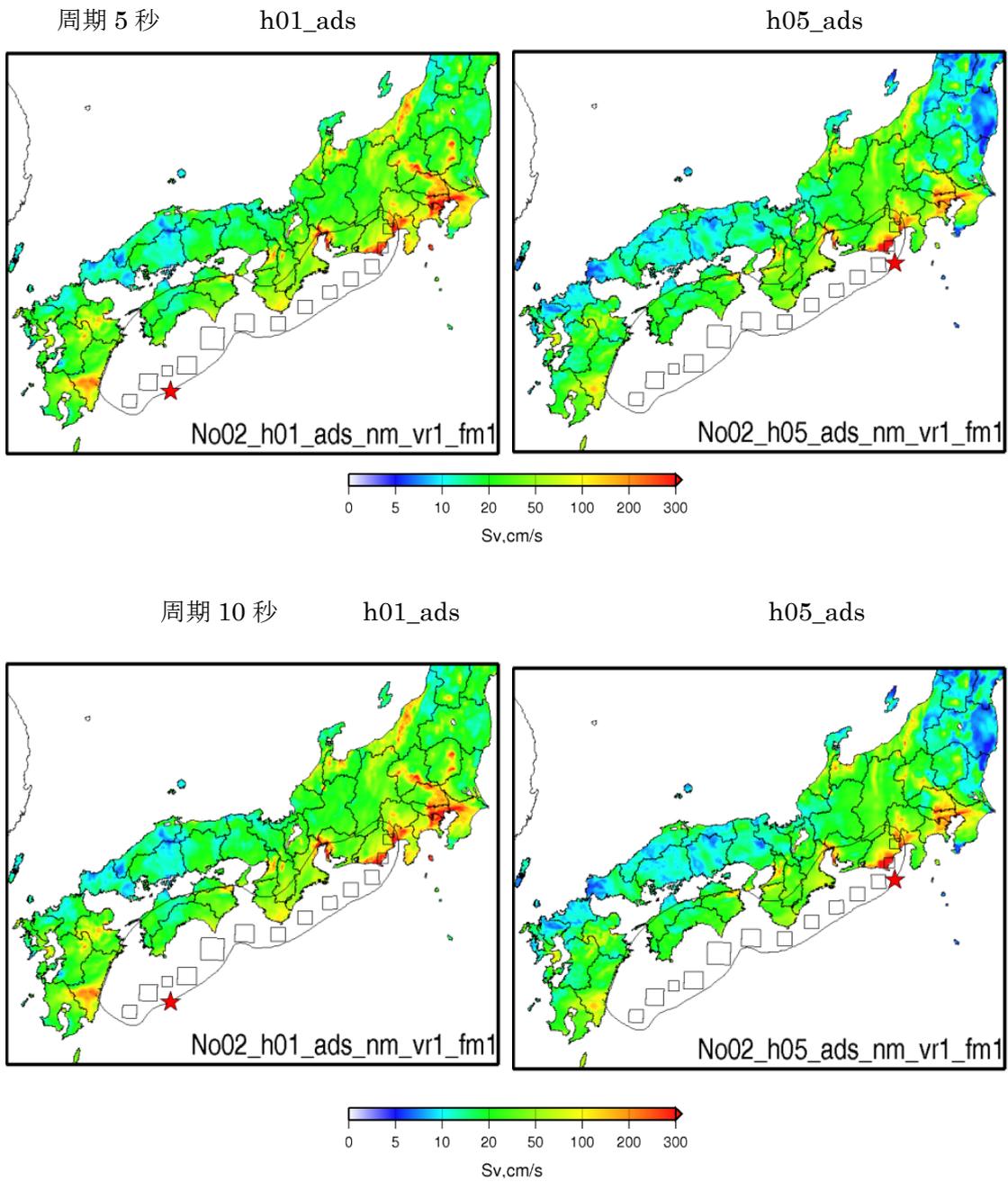


図 3.1-5 平成 25 年長周期地震動予測地図作成等支援事業における同じ震源タイプの速度  
 応答スペクトル分布（減衰定数 5%）。

表 3.1-4 本検討で対象としたマグニチュード 9 級の地震の震源パラメータ文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2014 に基づく。

地震モーメント [Nm]		4.5×10 <sup>22</sup>			
モーメントマグニチュード		9.0			
平均応力低下量 [MPa]		3.0			
平均すべり量 [m]		10.1			
アスペリティ実効応力 [MPa]		22.3			
a	面積 [km <sup>2</sup> ]	900	h	面積 [km <sup>2</sup> ]	970
	すべり量 [m]	18.3		すべり量 [m]	19.0
b	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,430	i	面積 [km <sup>2</sup> ]	960
	すべり量 [m]	23.1		すべり量 [m]	18.9
c	面積 [km <sup>2</sup> ]	540	j	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,030
	すべり量 [m]	14.2		すべり量 [m]	19.6
d	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,650	k	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,040
	すべり量 [m]	24.8		すべり量 [m]	19.7
e	面積 [km <sup>2</sup> ]	2,540	l	面積 [km <sup>2</sup> ]	550
	すべり量 [m]	30.7		すべり量 [m]	14.3
f	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,670	m	面積 [km <sup>2</sup> ]	540
	すべり量 [m]	24.9		すべり量 [m]	14.2
g	面積 [km <sup>2</sup> ]	1,050			
	すべり量 [m]	19.8			
背景	面積 [km <sup>2</sup> ]	95,610			
	すべり量 [m]	8.2			
	実効応力 [MPa]	1.3			

※a～n は図 3.1-3 (ii, iv) を参照

### (c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）で例示されている震源域のうち、「東海」域と「南海」域が別々に活動する地震として示されている 4 通りの震源域に、両領域の浅部のみが活動する地震の 5 通りの震源域を対象として、アスペリティ（強震動生成域）および破壊開始点の不確かさを考慮し、さらに Iwaki et al. (2016) に従ってすべり量、破壊伝播速度、すべり角に関する不均質性を付与した 112 ケースの震源モデルを作成した。

また、マグニチュード 9 級の南海トラフの「最大クラス」の地震を対象としてマグニチュード 8 級の地震と同じ破壊過程（すべり量、破壊伝播速度、すべり角）の不均質性を付与した 2 ケースの震源モデルを作成した。

マグニチュード 9 級の地震に対する本検討の方法、値による不均質性付与の妥当性は検証できていない。ただし、検証対象となり得る強震動記録が得られている地震は平成 23 年東北地方太平洋沖地震のみであるが、震源モデルの検証を行うためには周期 2～3 秒まで検証された震源域（海域）を含む地下構造モデルも必要である点に留意が必要である。

(d) 引用文献

Iwaki, A., T. Maeda, N. Morikawa, S. Aoi and H. Fujiwara (2013): Kinematic source models for long-period ground motion simulations of megathrust earthquakes: validation against ground motion data for the 2003 Tokachi-oki earthquake, *Earth Planets Space*, 68:95.

地震調査委員会 (2013) : 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版).

地震調査委員会 (2016) : 長周期地震動評価 2016 年試作版－相模トラフ巨大地震の検討－.

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所 (2014) : 平成 25 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業 成果報告書.

### 3.2. 長周期地震動ハザード評価に用いる深部地下構造モデルの調査・作成

#### (1) 事業の内容

##### (a) 事業の題目

長周期地震動ハザード評価に用いる深部地下構造モデルの調査・作成

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主幹研究員	先名 重樹
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩

##### (c) 事業の目的

全国1次地下構造モデル（暫定版）作成後に実施された調査研究等による地下構造モデルをもとに全国1次地下構造モデル（暫定版）を改良し、南海トラフ地震の長周期地震動ハザード評価を行うための深部地下構造モデルを作成する。作成手順をまとめるとともに、作成した地下構造モデルを用いて中規模地震を対象とした地震動シミュレーションを行い、波形の再現性を確認する。

#### (2) 事業の成果

##### (a) 事業の要約

全国1次地下構造モデル（暫定版）作成後に実施された

- ・東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト
- ・中央構造線断層帯における重点的な調査観測
- ・別府一万山断層帯における重点的な調査観測
- ・長周期地震動予測地図作成等支援事業

の成果を取り込み、防災科学技術研究所の地震ハザード情報ステーション（J-SHIS）や内閣府（2015）のモデルも参照しつつ、深部地盤モデルおよびプレート形状モデルを修正した。また、全国地震動予測地図 2017年版で用いられた関東地方の浅部・深部統合地盤モデルに基づく深部地盤も組み込んだ。

改良した地下構造モデルを用いて、2004年紀伊半島沖の地震の前震、2009年駿河湾の地震、2011年駿河湾の地震、2013年淡路島付近の地震、2016年三重県南東沖の地震に対して東海地域から四国までのF-net観測点及びKiK-net観測点を対象として地震波形計算を行い再現性を確認した。

上記の実施内容を「地下構造モデルの改良手順」としてまとめた。

(b) 事業の成果

1) 地下構造モデルの改良

平成 28 年度長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業において、全国 1 次地下構造モデル（暫定版）（地震調査委員会、2012）に関して濃尾平野など部分的に修正されたモデルが作成されている。本検討では、その部分的に修正がなされた全国 1 次地下構造モデル（暫定版）（以下では、修正 1 次モデルと呼ぶ）に「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト」、「中央構造線断層帯における重点的な調査観測」および「別府-万年山断層帯における重点的な調査観測」により作成された深部地下構造モデルを取り込んだ。

(1) 東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクトのモデルの取り込み

東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクトにおいて、南海トラフ地震の震源域を含む地下構造モデルが作成されている（以下、JAMSTECモデルと呼ぶ）。修正1次モデルにおけるP波速度に対するJAMSTECモデルの地表面、海底面からの深度データを抜き出した。図3.2-1～3.2-19に各速度層の上面深度を示す。

地下構造モデルの取り込みは海域のみとし、図3.2-20に黒線で示す「バッファゾーン」を設け、滑らかに接続するようにした。取り込み後の地下構造モデルと全国1次地下構造モデル（暫定版）および修正1次モデルと比較して図3.2-1～3.2-2に示す。

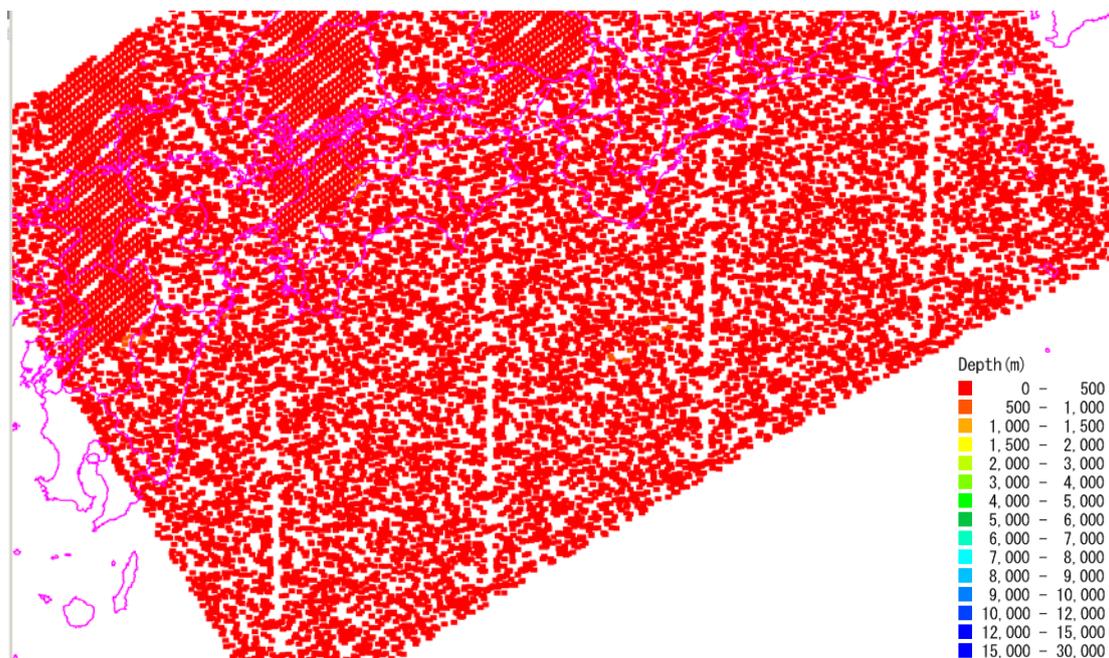


図 3.2-1 JAMSTEC モデルの  $V_p=1800\text{m/s}$  ( $V_s=500\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

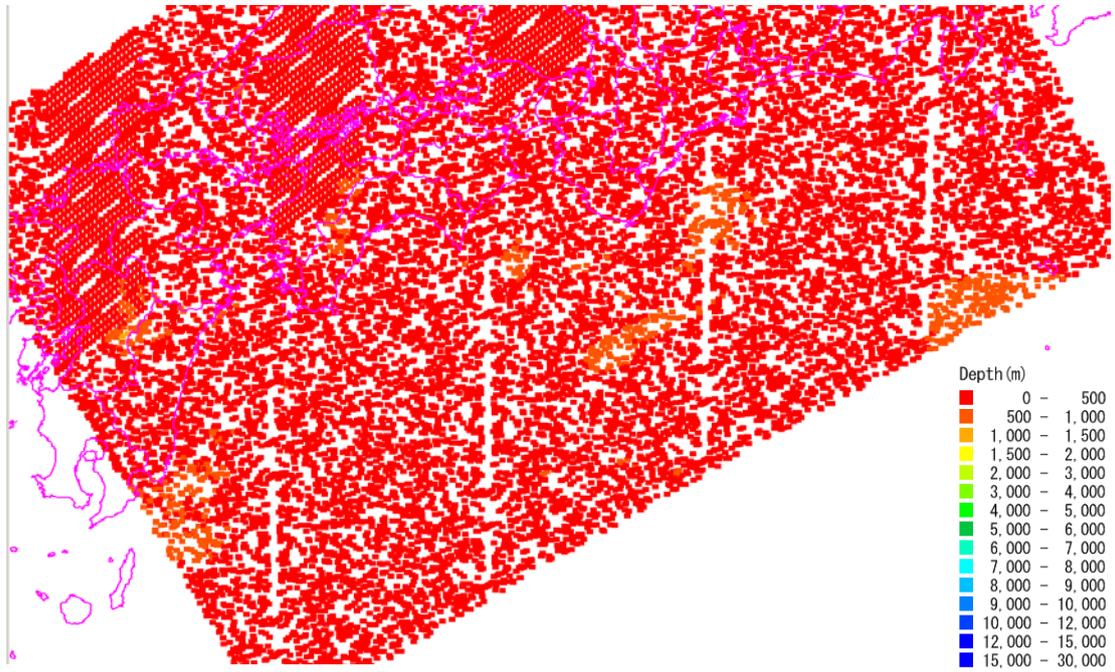


図 3.2-2 JAMSTEC モデルの  $V_p=2000\text{m/s}$  ( $V_s=600\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

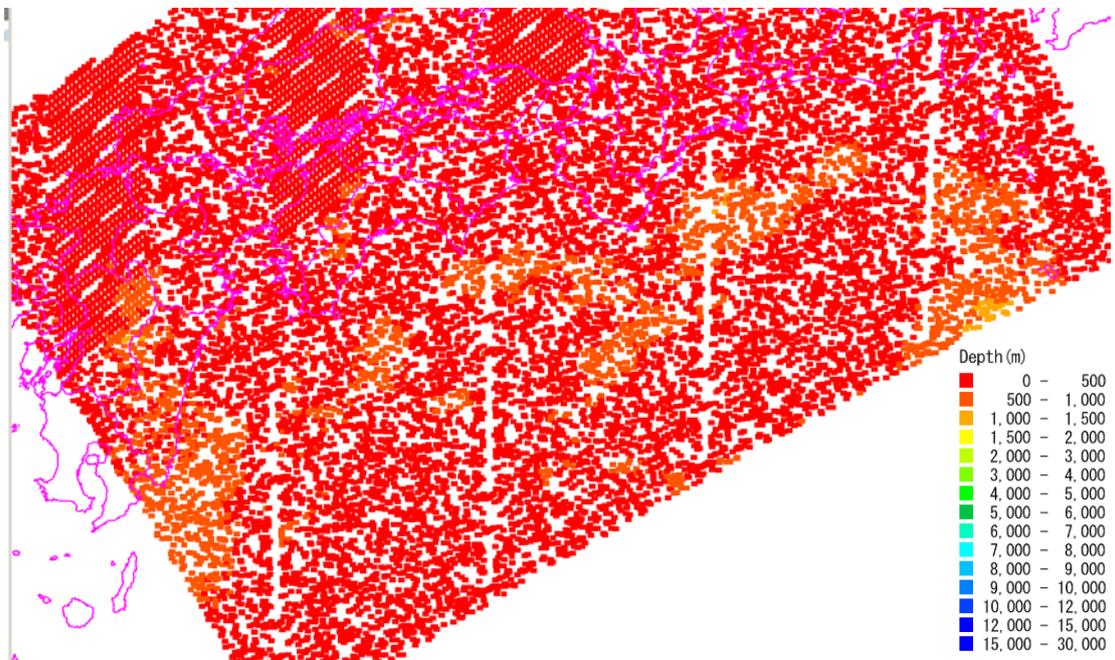


図 3.2-3 JAMSTEC モデルの  $V_p=2100\text{m/s}$  ( $V_s=700\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

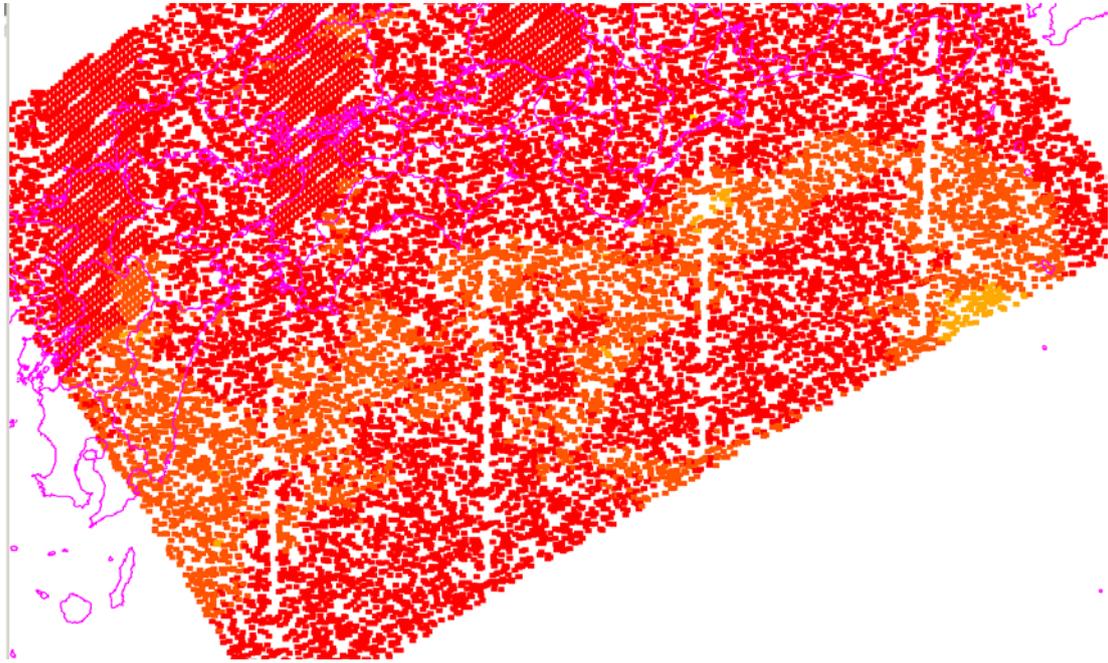


図 3.2-4 JAMSTEC モデルの  $V_p=2200\text{m/s}$  ( $V_s=800\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

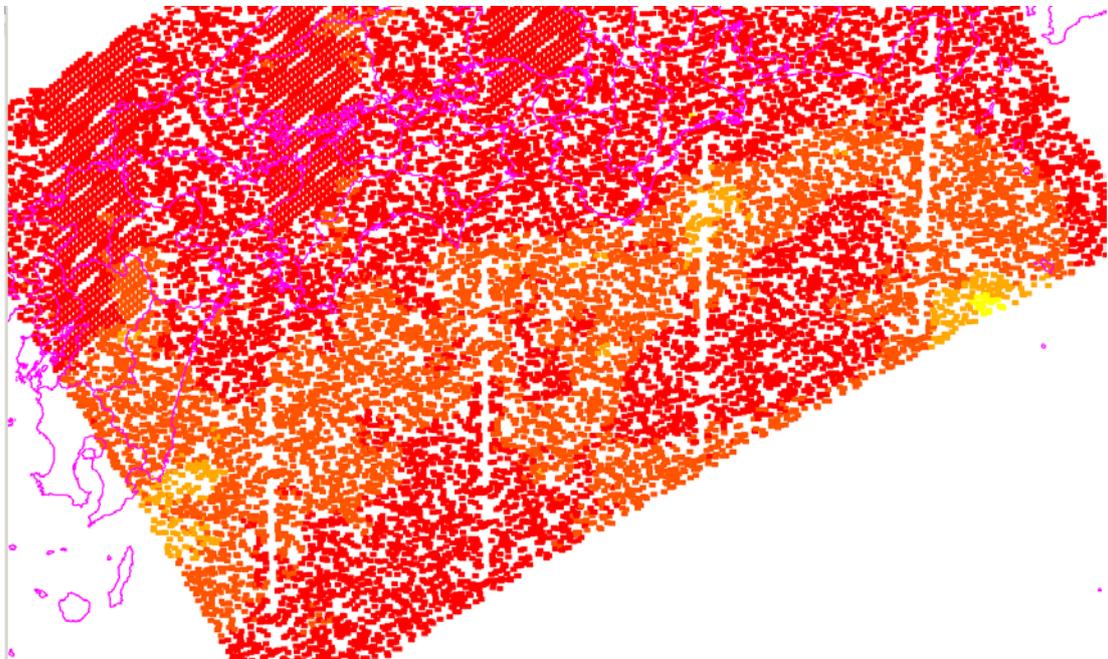


図 3.2-5 JAMSTEC モデルの  $V_p=2300\text{m/s}$  ( $V_s=900\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

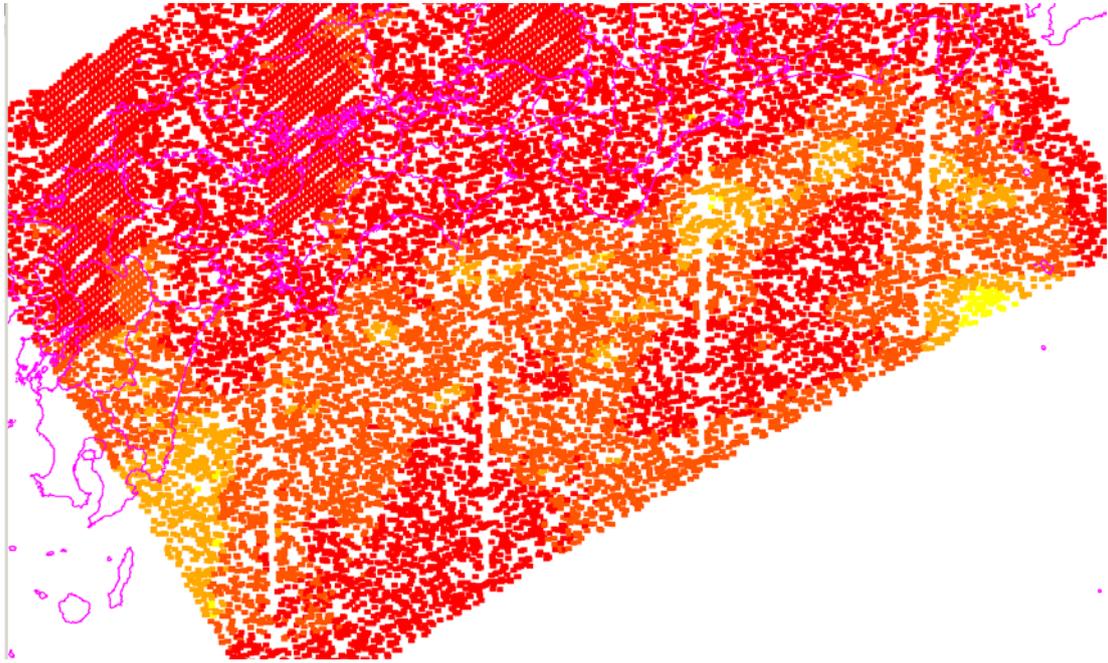


図 3.2-6 JAMSTEC モデルの  $V_p=2400\text{m/s}$  ( $V_s=1000\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

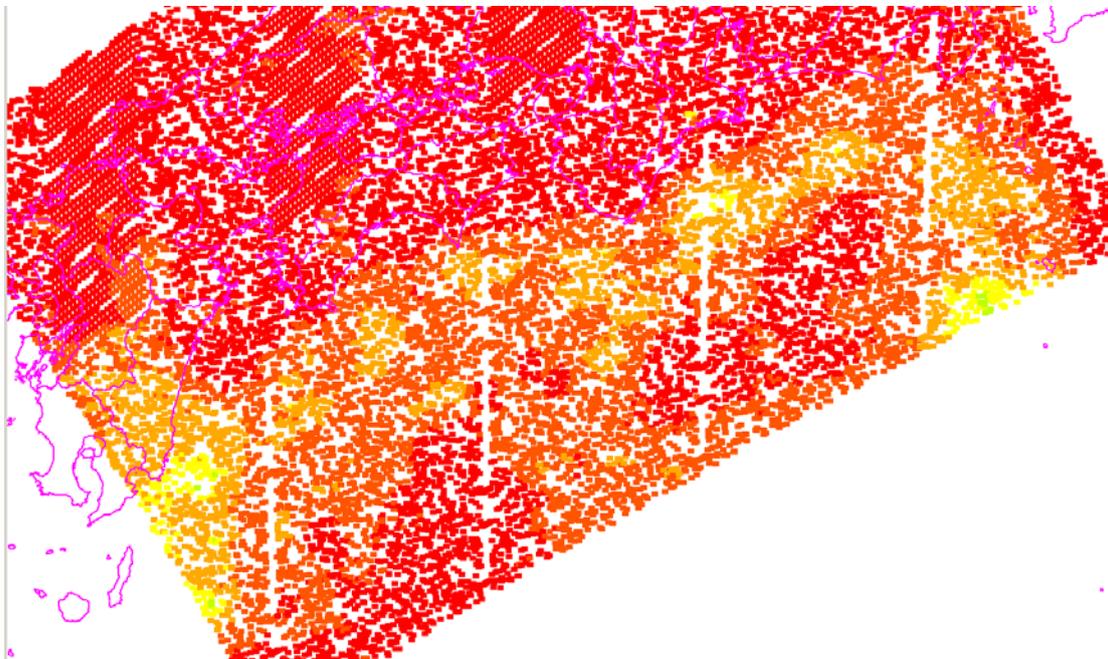


図 3.2-7 JAMSTEC モデルの  $V_p=2500\text{m/s}$  ( $V_s=1100\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

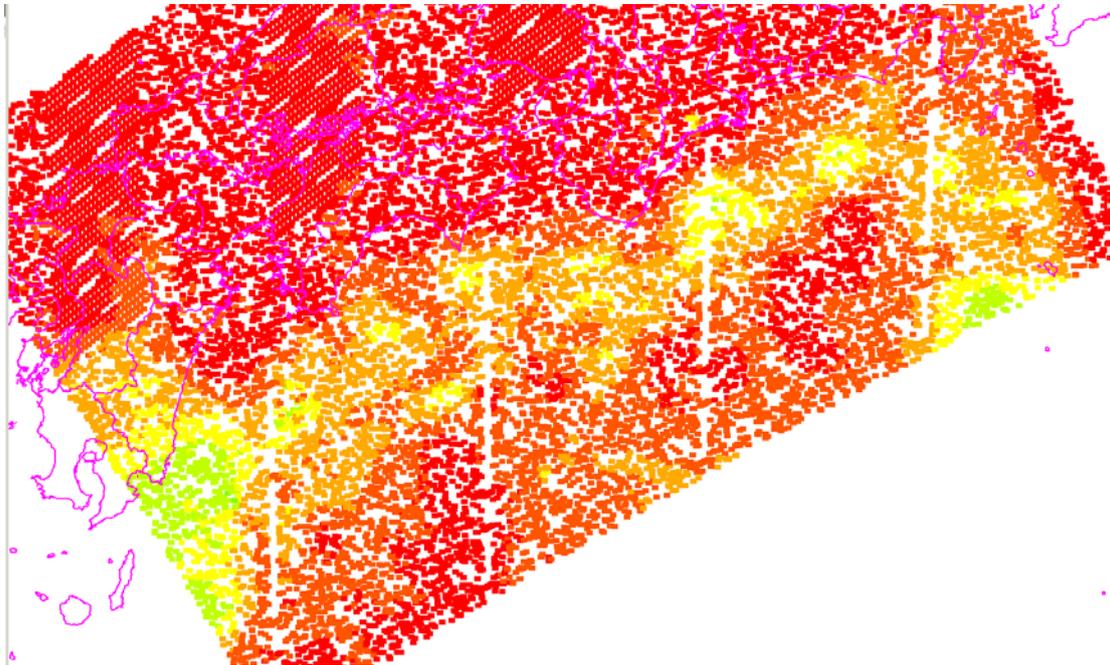


図 3.2-8 JAMSTEC モデルの  $V_p=2700\text{m/s}$  ( $V_s=1300\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

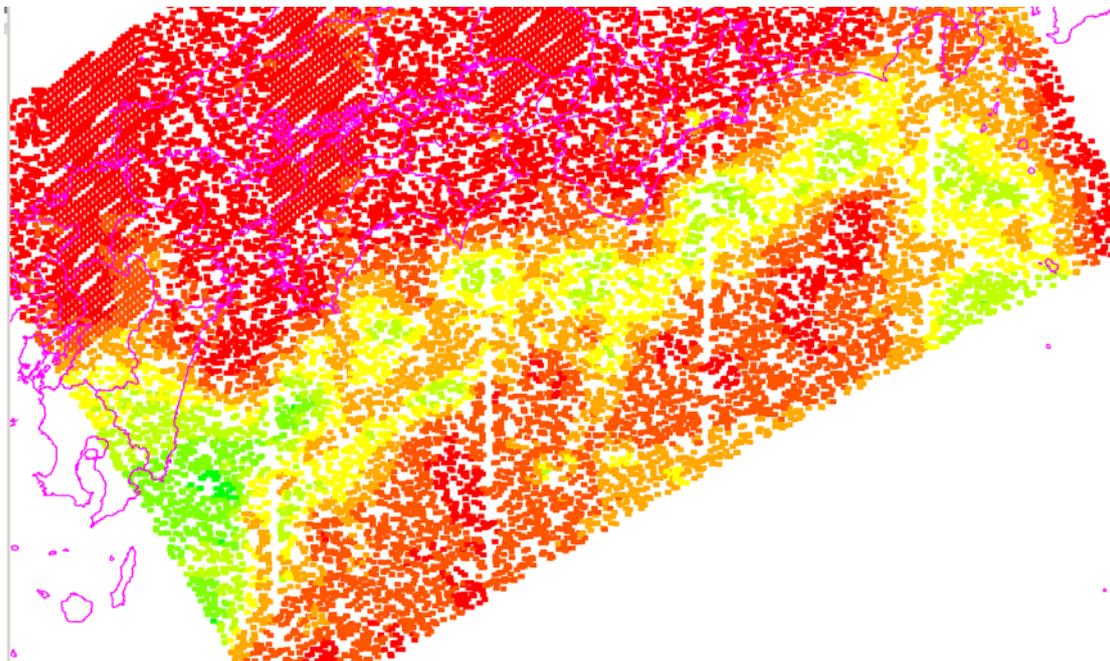


図 3.2-9 JAMSTEC モデルの  $V_p=3000\text{m/s}$  ( $V_s=1400\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

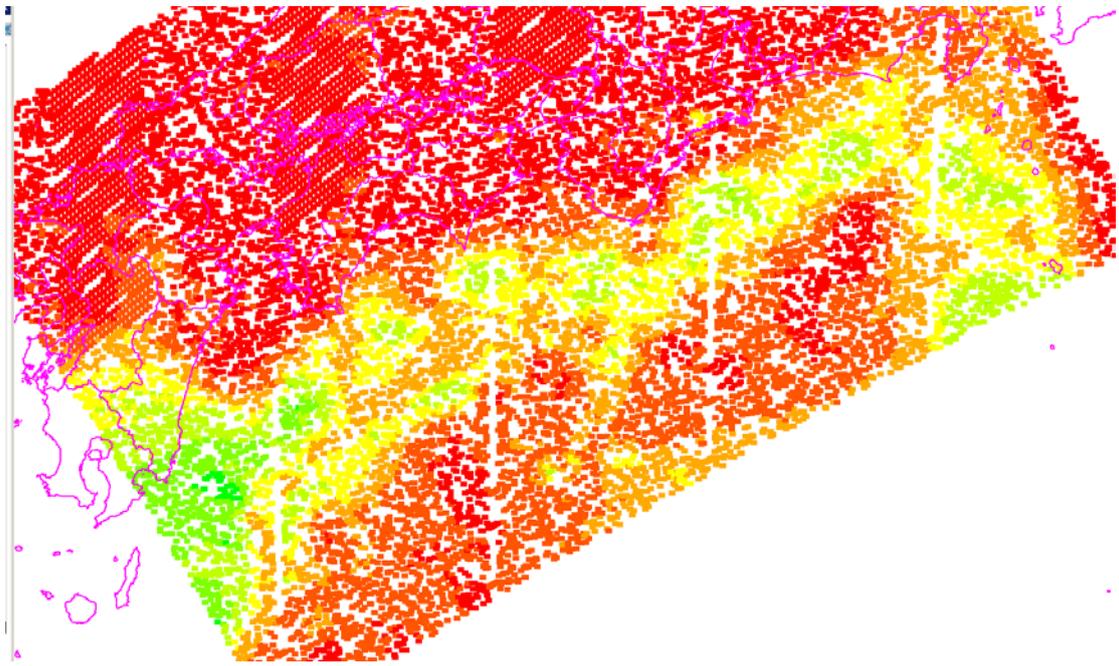


図 3.2-10 JAMSTEC モデルの  $V_p=3000\text{m/s}$  ( $V_s=1500\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

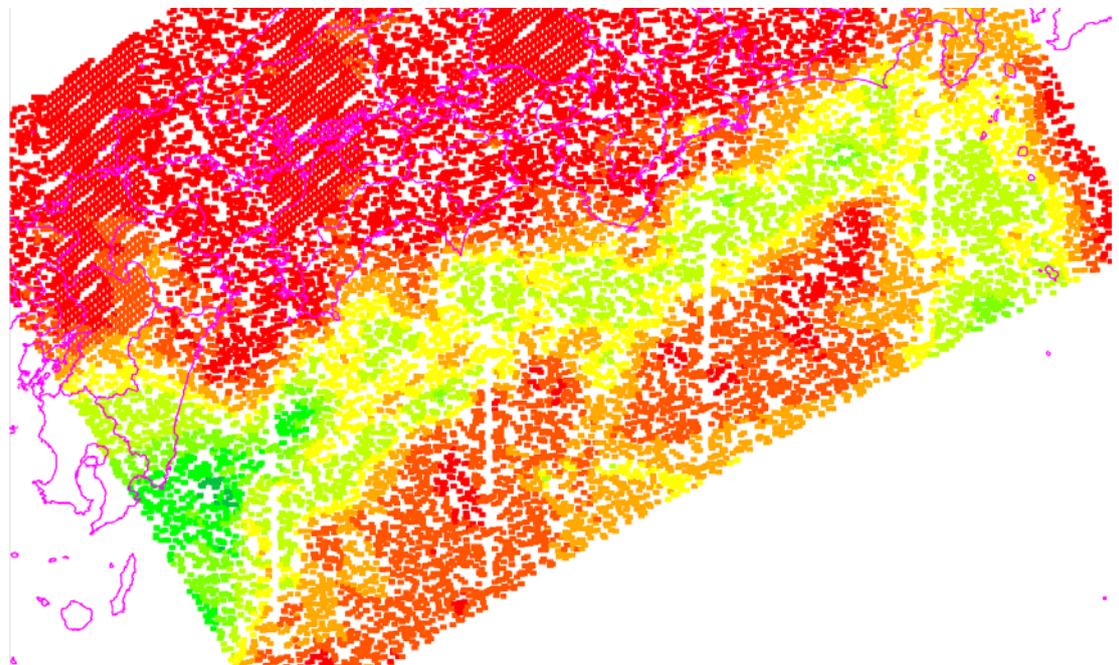


図 3.2-11 JAMSTEC モデルの  $V_p=3200\text{m/s}$  ( $V_s=1700\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

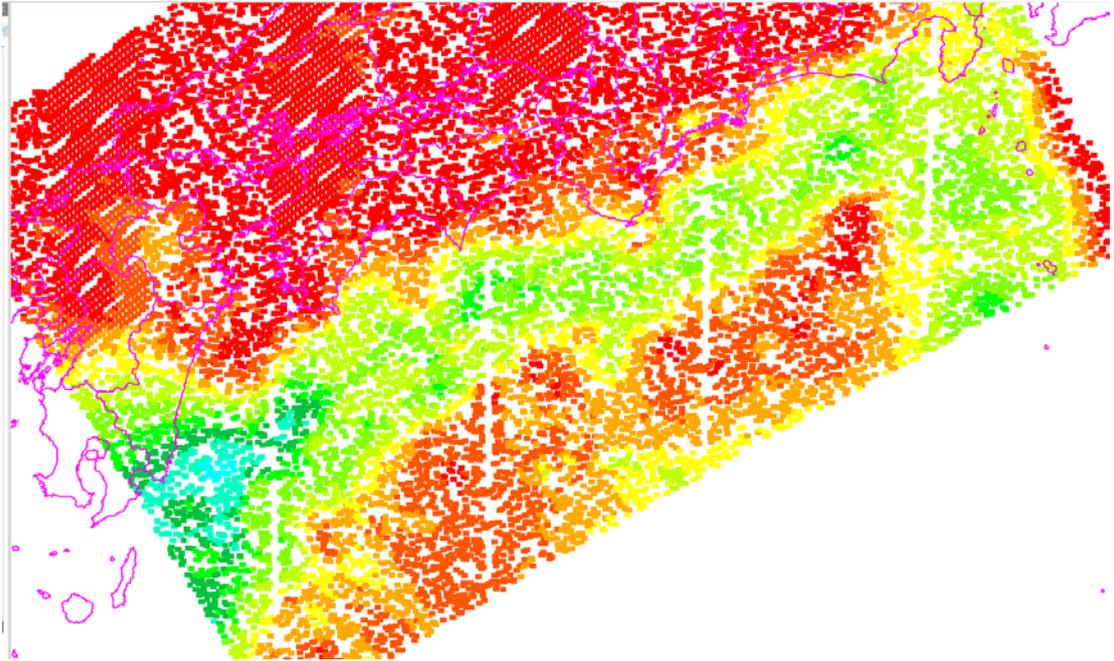


図 3.2-12 JAMSTEC モデルの  $V_p=3600\text{m/s}$  ( $V_s=1800\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

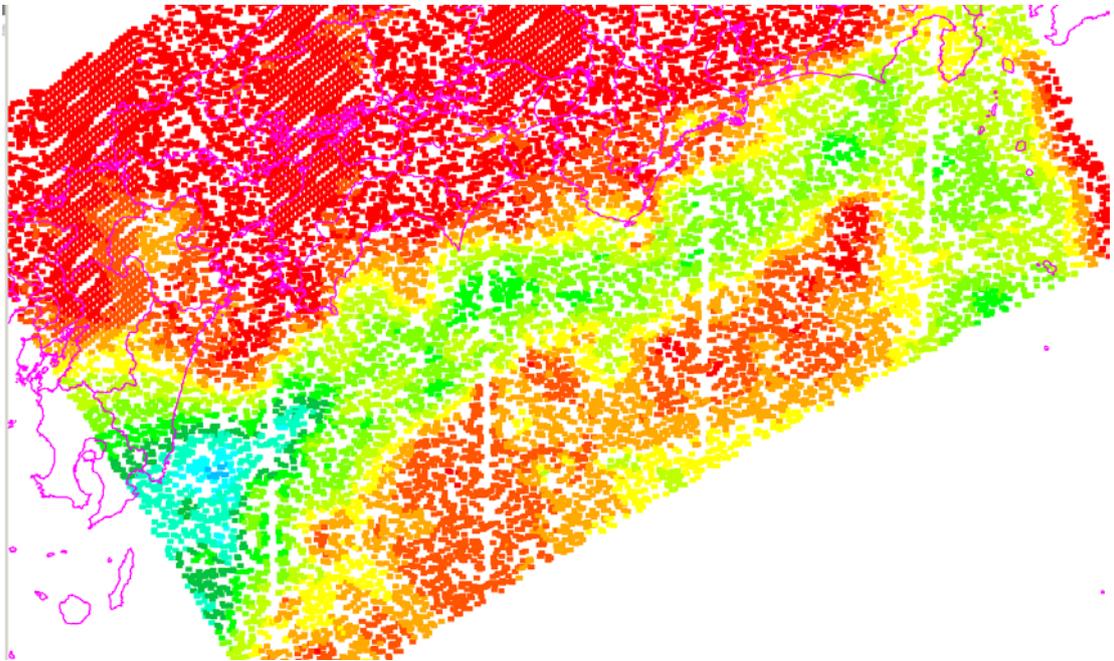


図 3.2-13 JAMSTEC モデルの  $V_p=3700\text{m/s}$  ( $V_s=1900\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

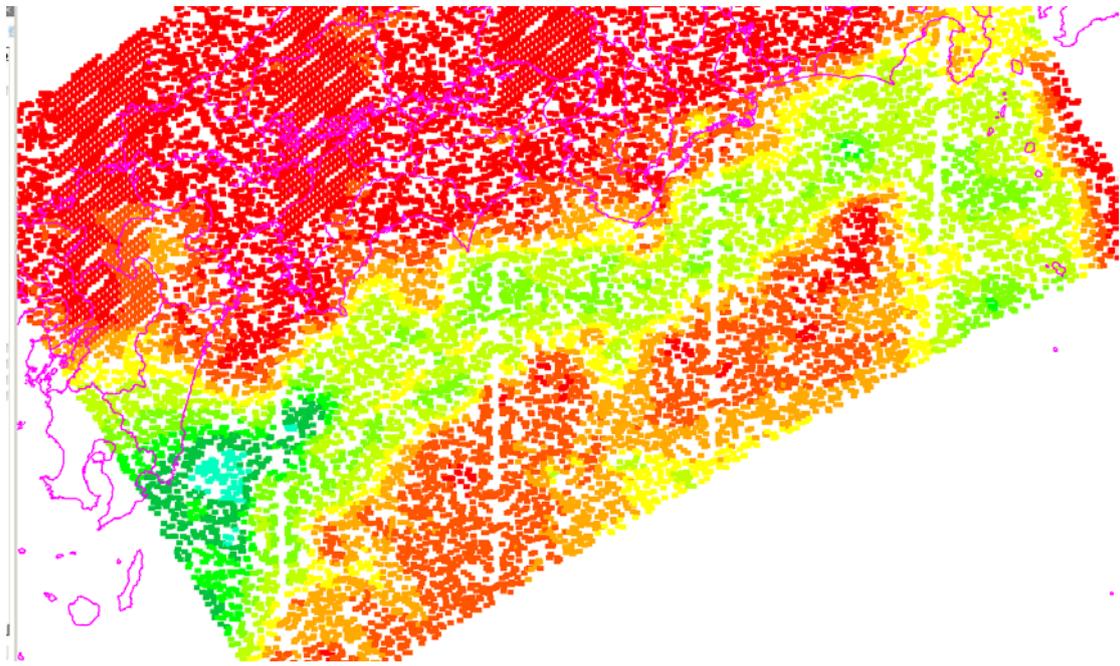


図 3.2-14 JAMSTEC モデルの  $V_p=3500\text{m/s}$  ( $V_s=2000\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

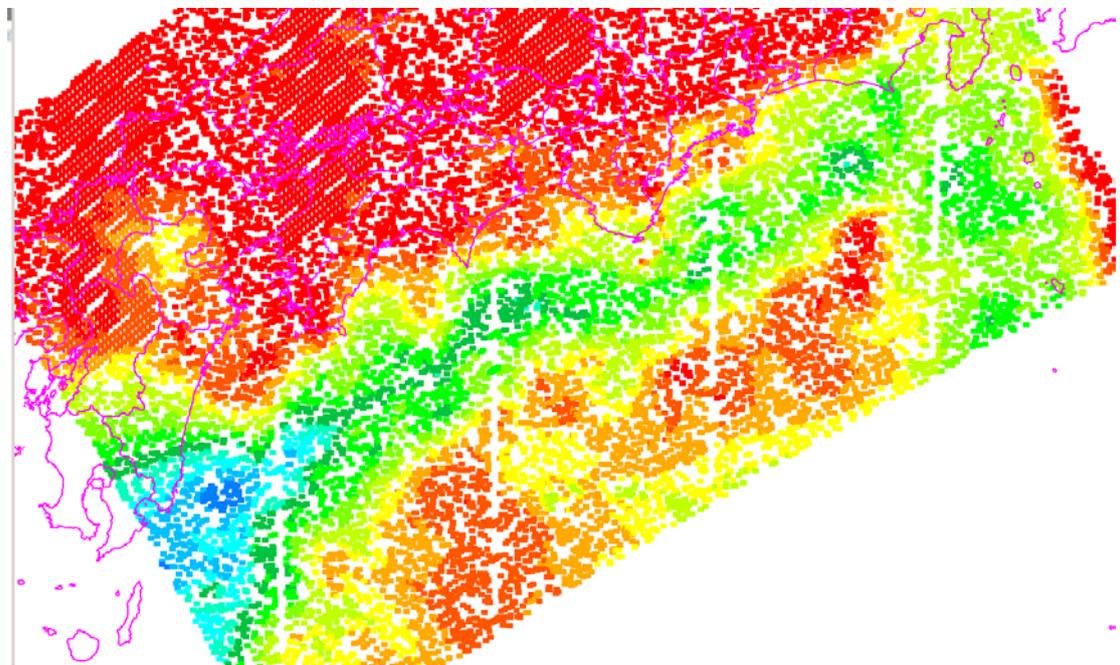


図 3.2-15 JAMSTEC モデルの  $V_p=4000\text{m/s}$  ( $V_s=2100\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

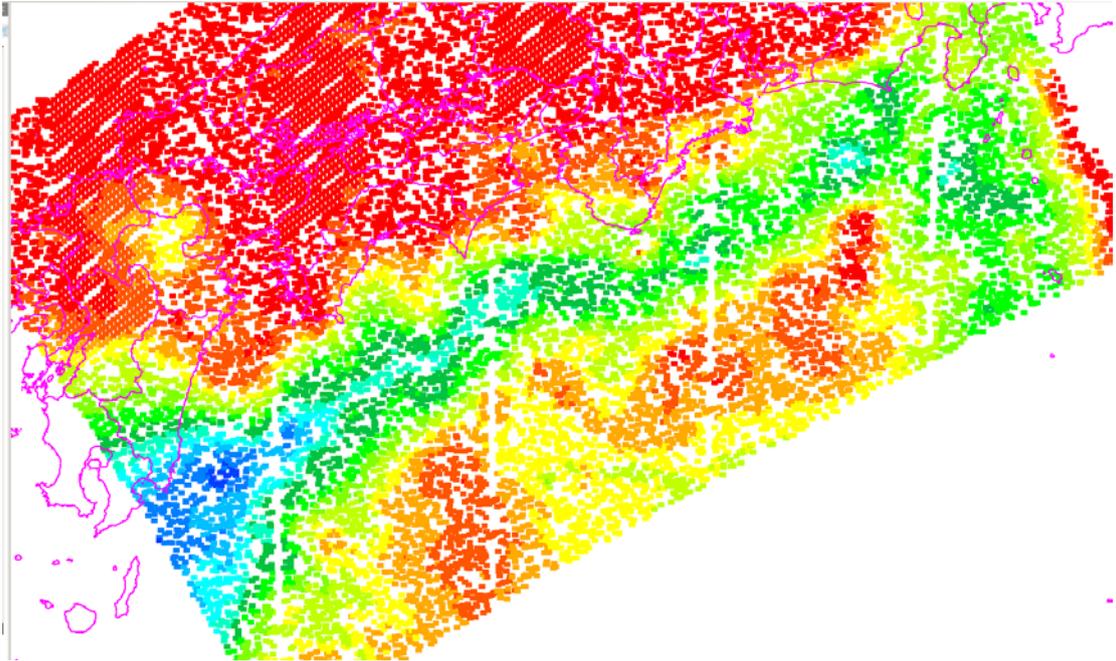


図 3.2-16 JAMSTEC モデルの  $V_p=4200\text{m/s}$  ( $V_s=2400\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

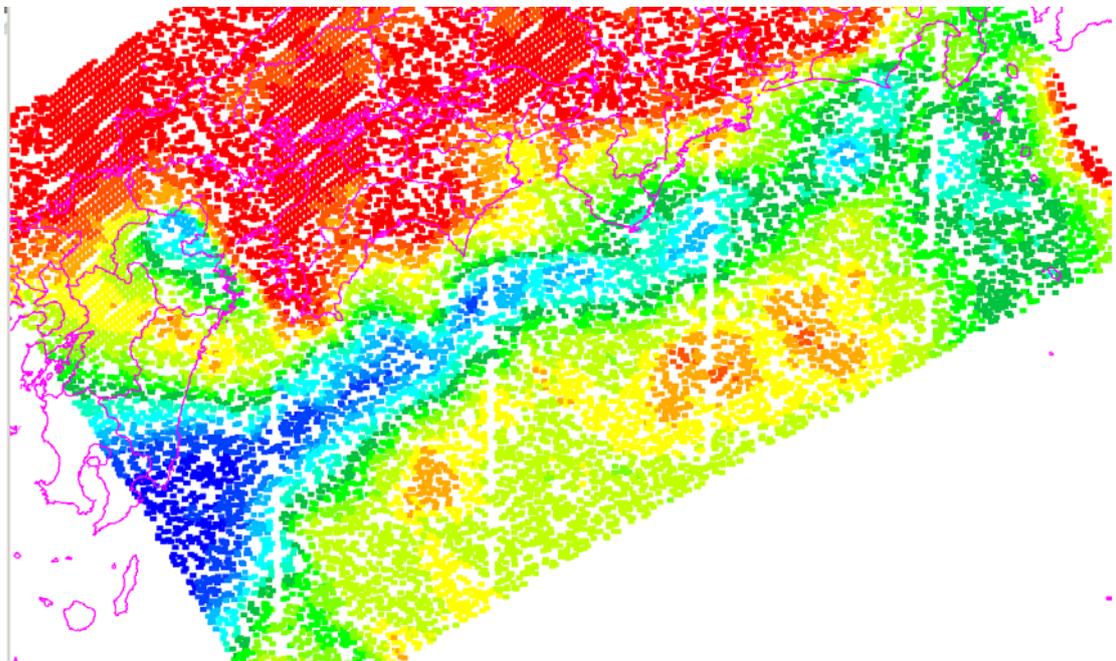


図 3.2-17 JAMSTEC モデルの  $V_p=5000\text{m/s}$  ( $V_s=2900\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

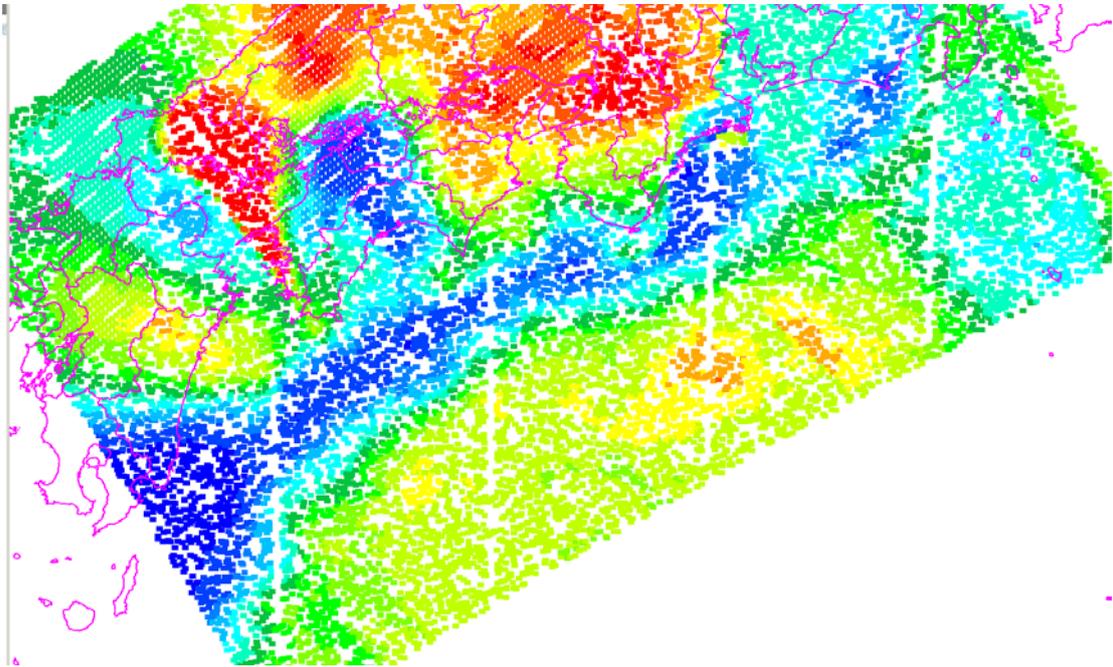


図 3.2-18 JAMSTEC モデルの  $V_p=5500\text{m/s}$  ( $V_s=3100\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

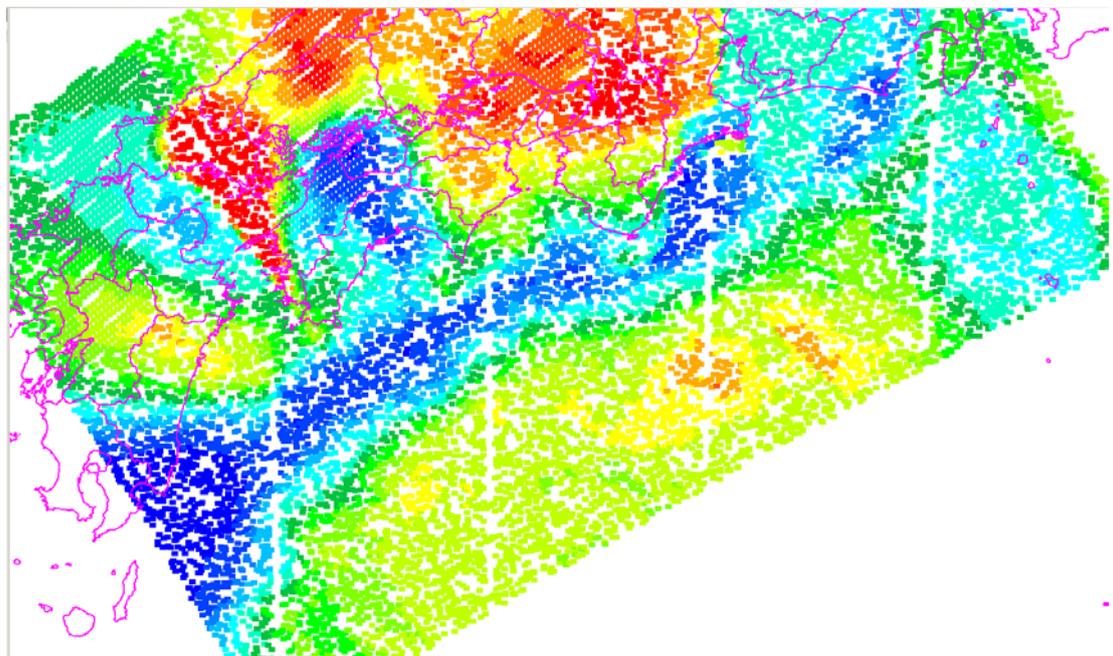
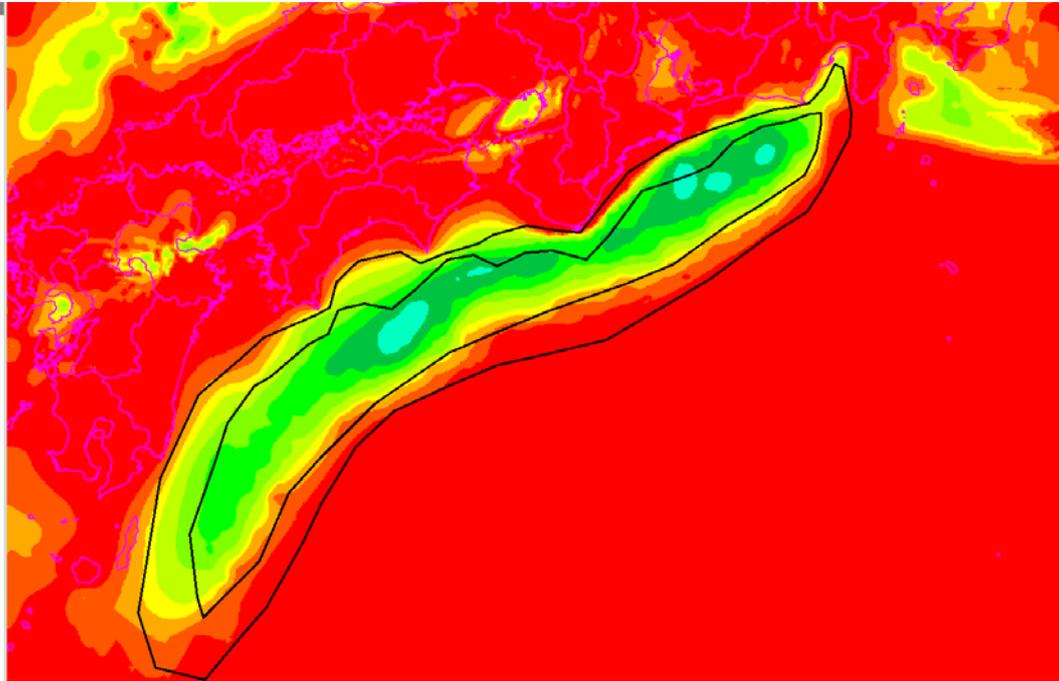


図 3.2-19 JAMSTEC モデルの  $V_p=5500\text{m/s}$  ( $V_s=3200\text{m/s}$ ) 層上面深度分布。

修正 1 次モデル



JAMSTEC モデル

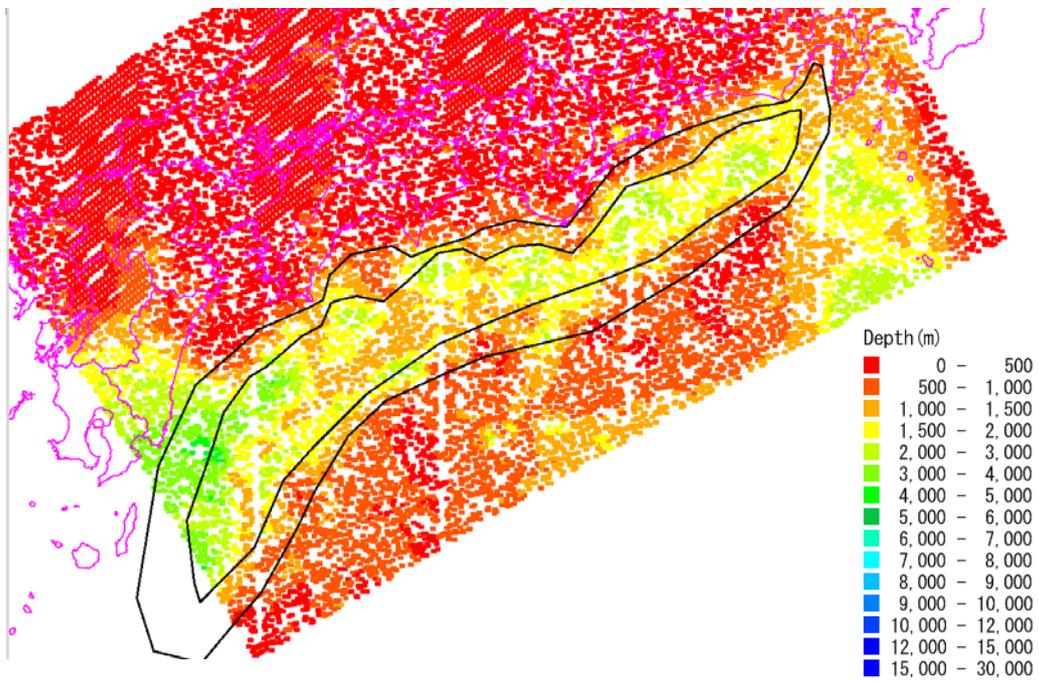
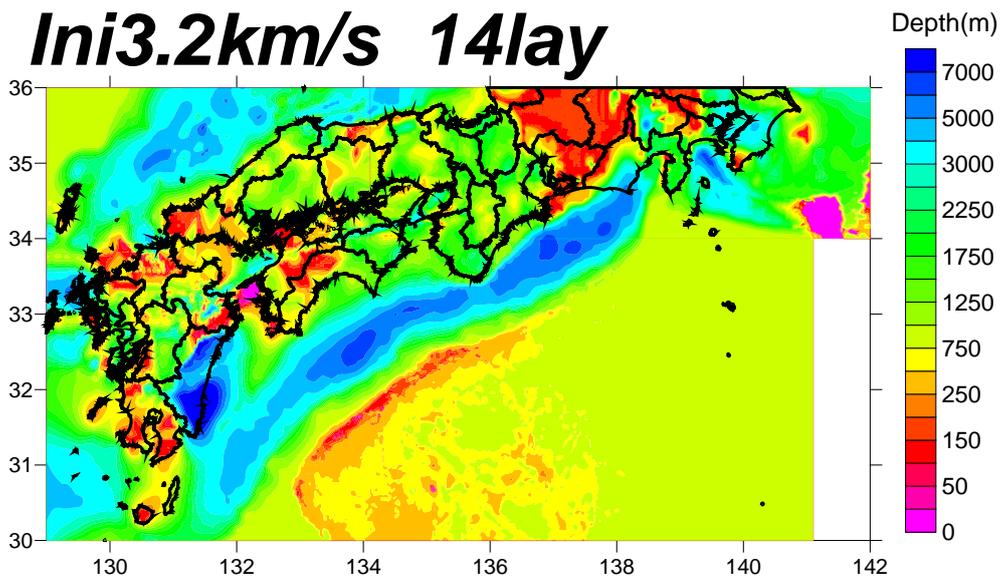
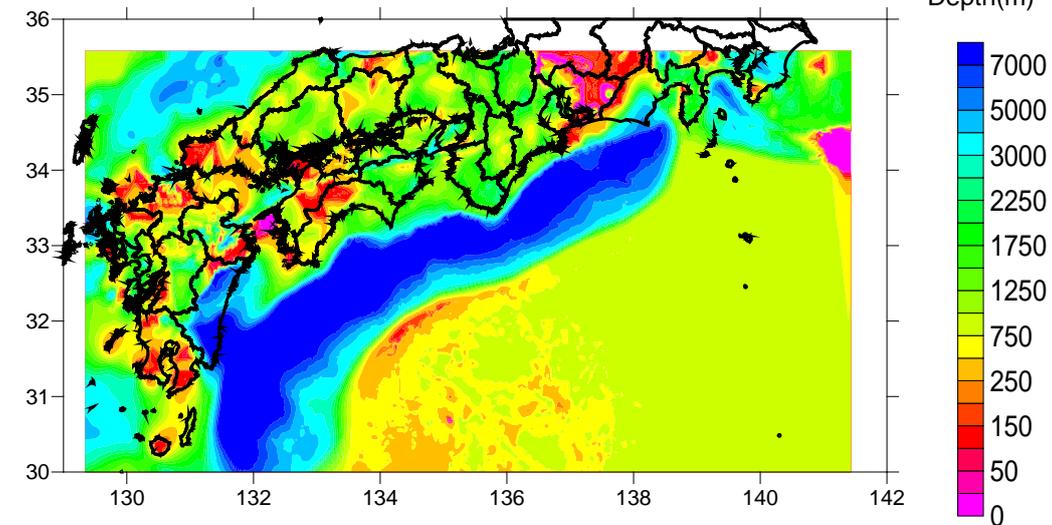
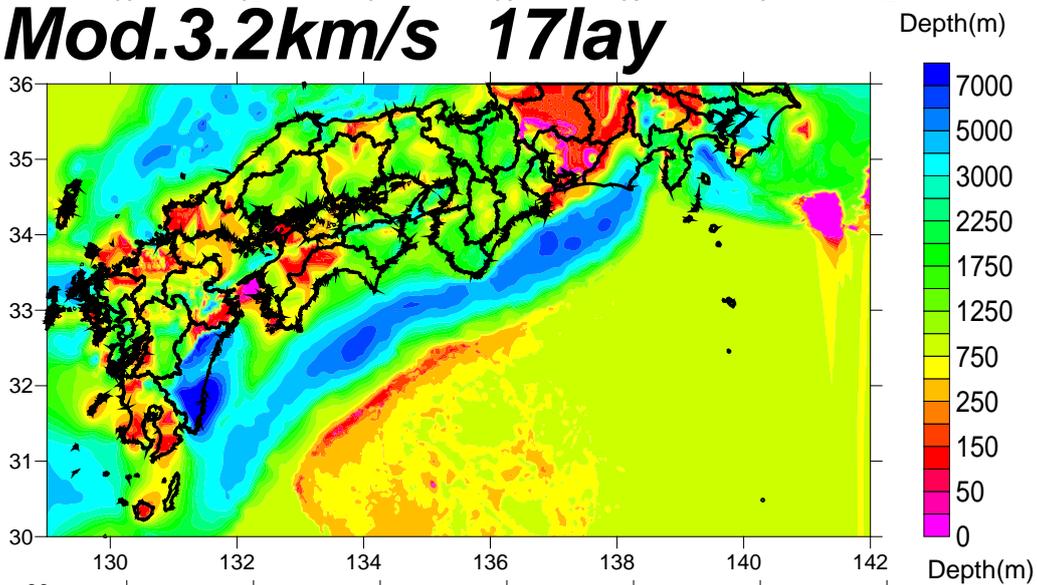


図 3.2-20 修正 1 次モデルとの接続において設けたバッファゾーン（黒線）。  
( $V_s=1500\text{m/s}$  層上面の例)

# Ini3.2km/s 14lay

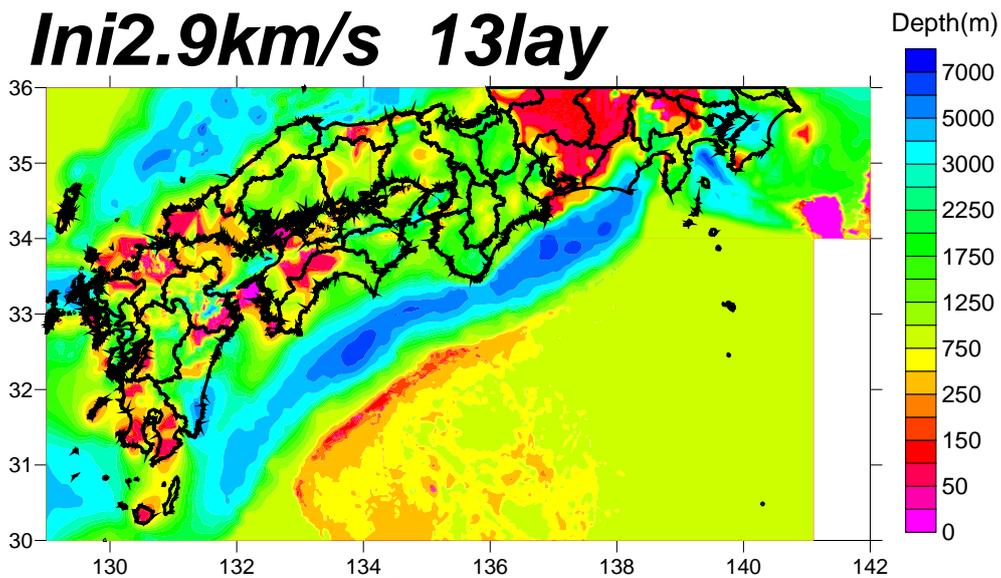


# Mod.3.2km/s 17lay

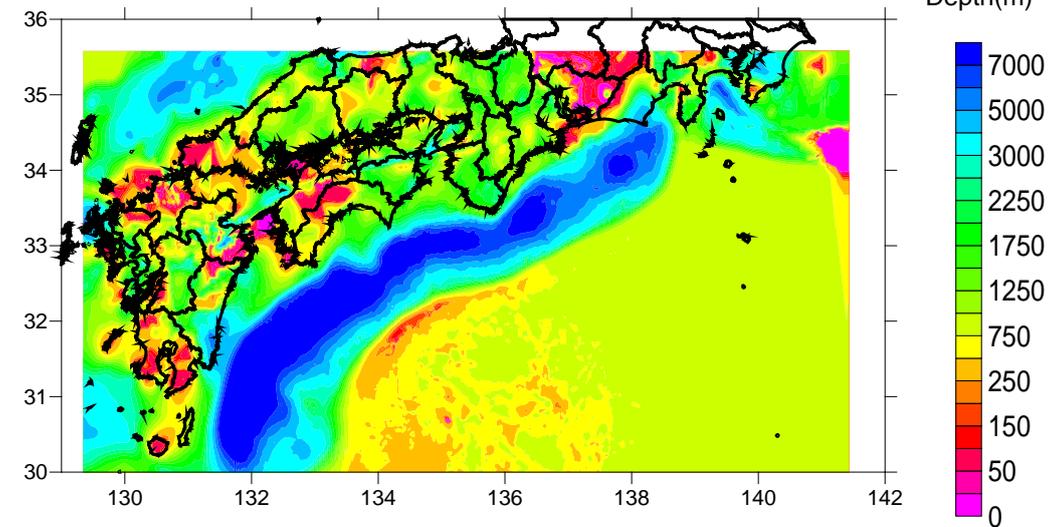
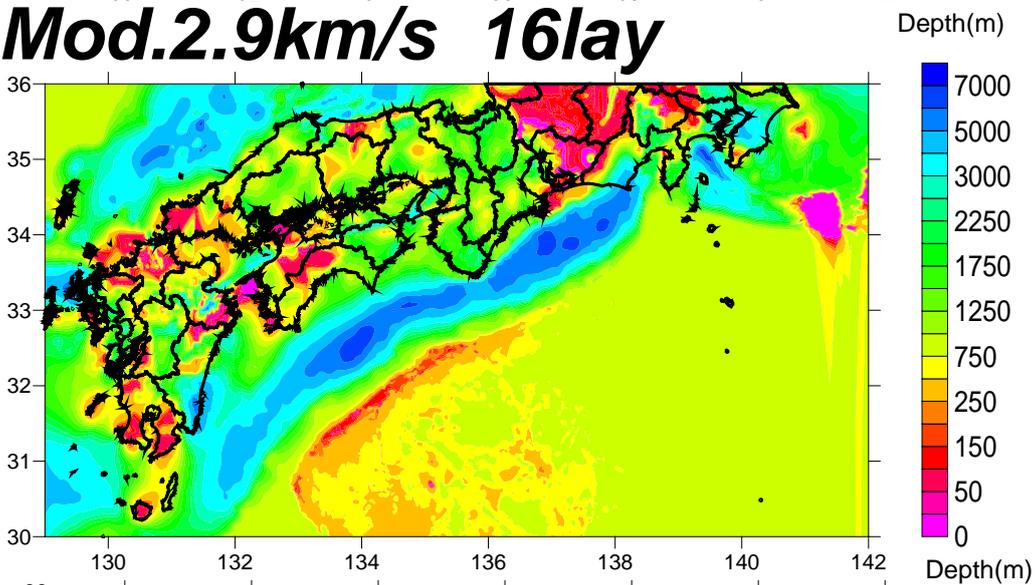


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-21 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=3200\text{m/s}$  層上面深度）。

# *Ini*2.9km/s 13lay

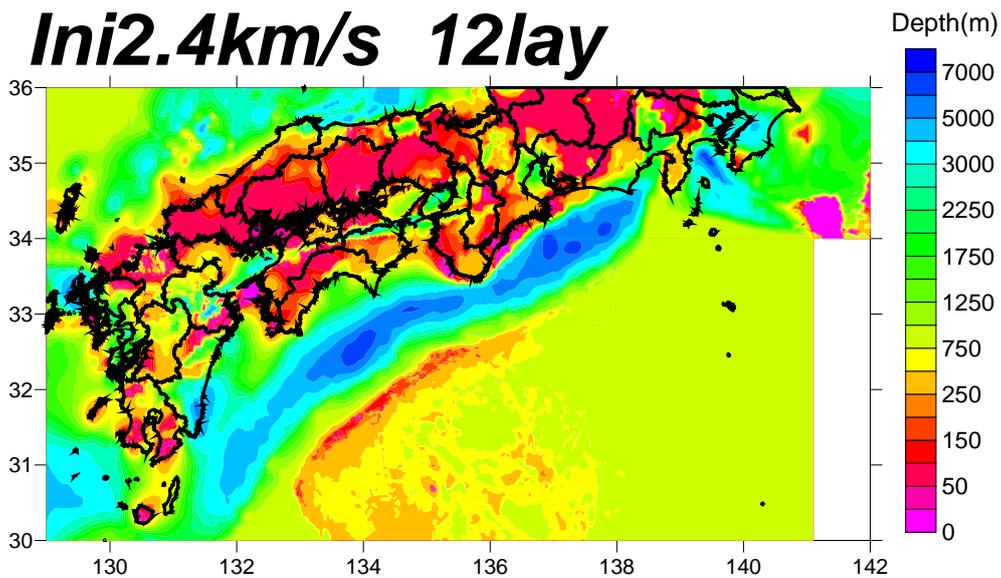


# *Mod.*2.9km/s 16lay

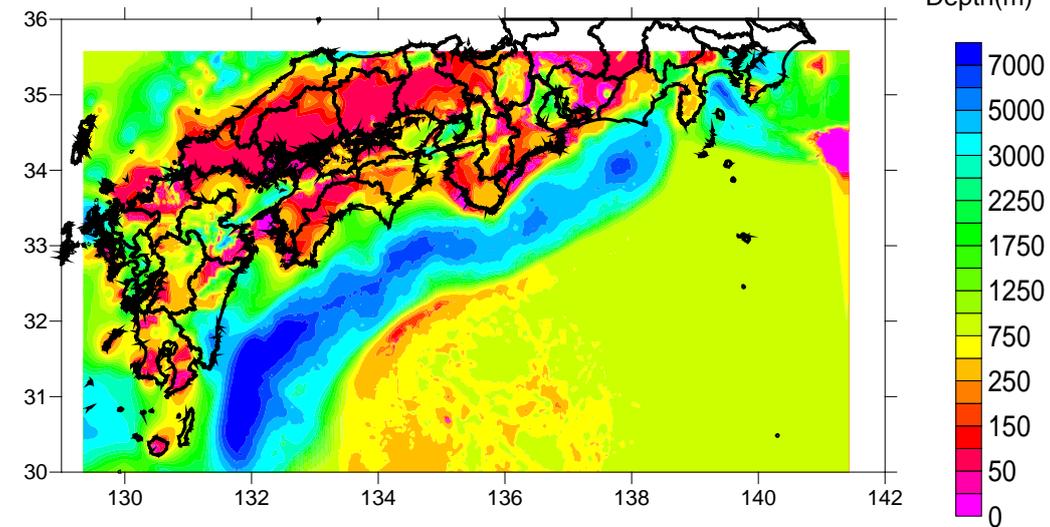
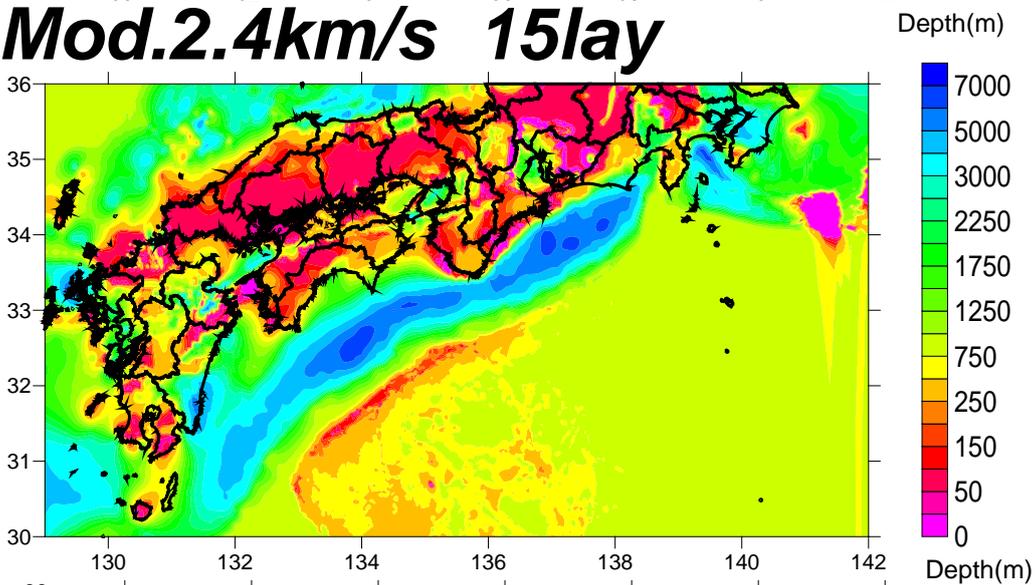


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
図 3.2-22 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=2900\text{m/s}$  層上面深度）。

# Ini2.4km/s 12lay

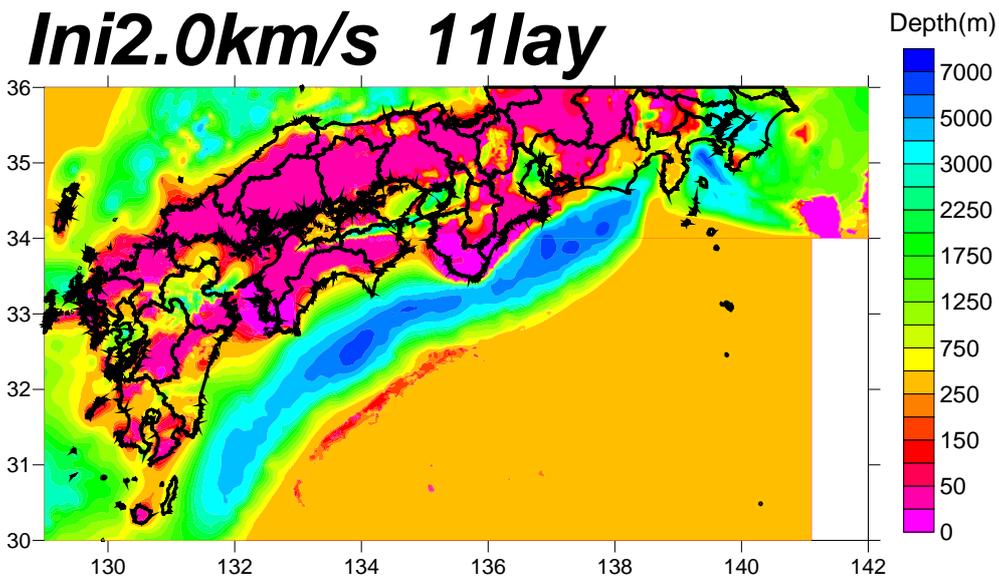


# Mod.2.4km/s 15lay

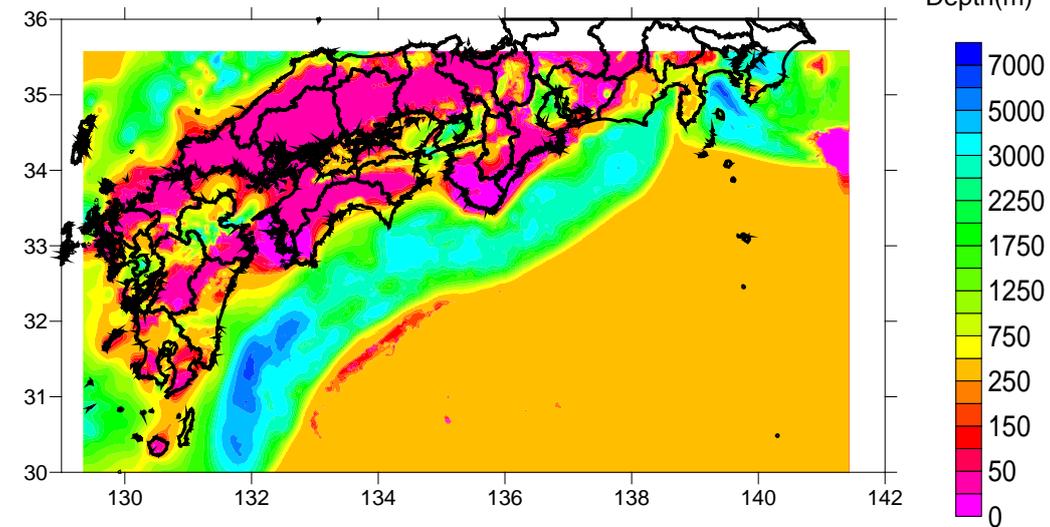
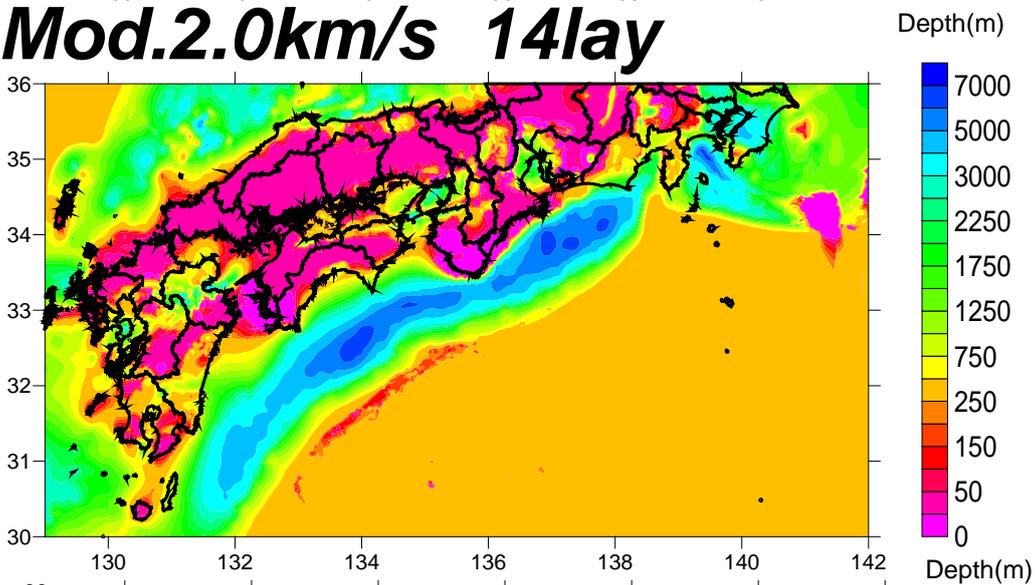


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
図 3.2-23 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=2400\text{m/s}$ 層上面深度）。

# Ini2.0km/s 11lay

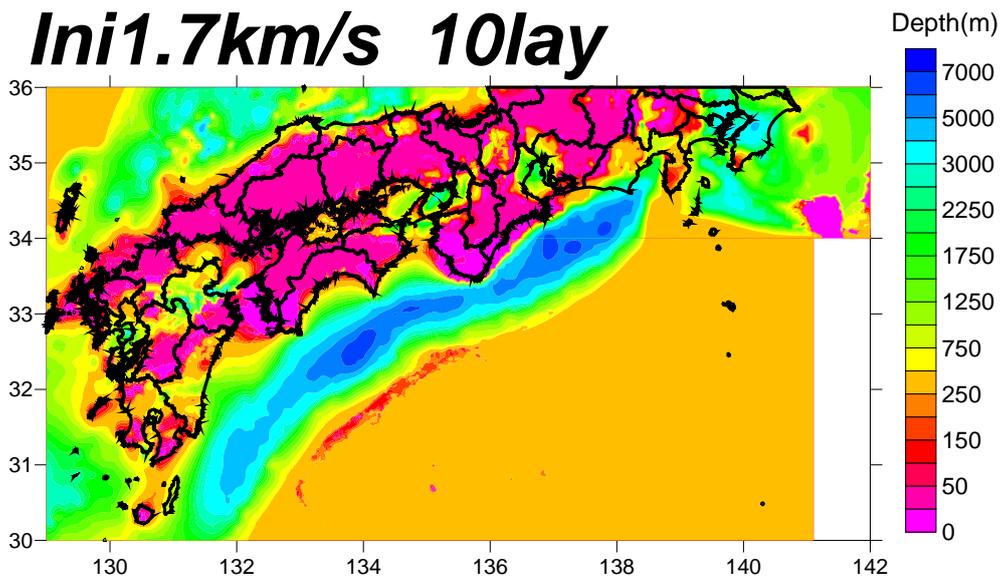


# Mod.2.0km/s 14lay

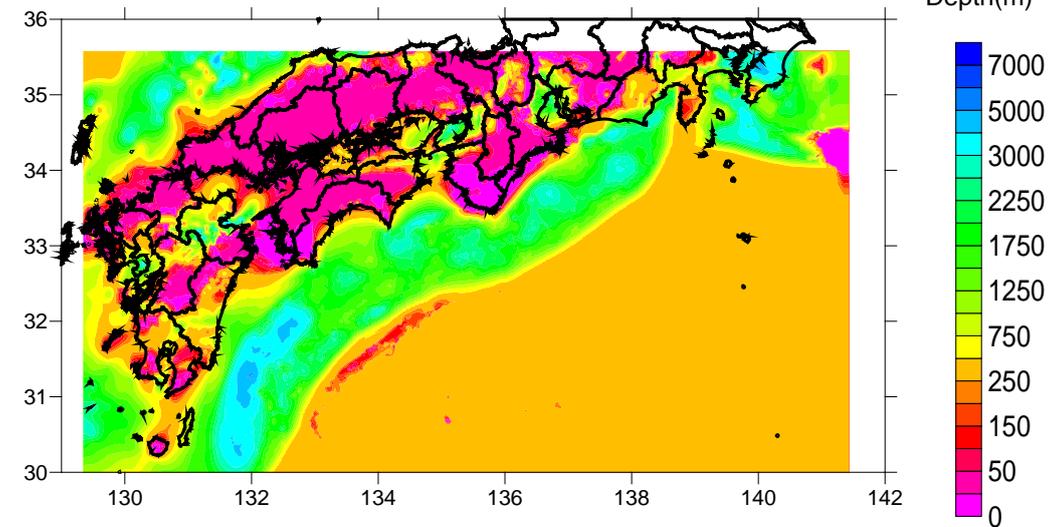
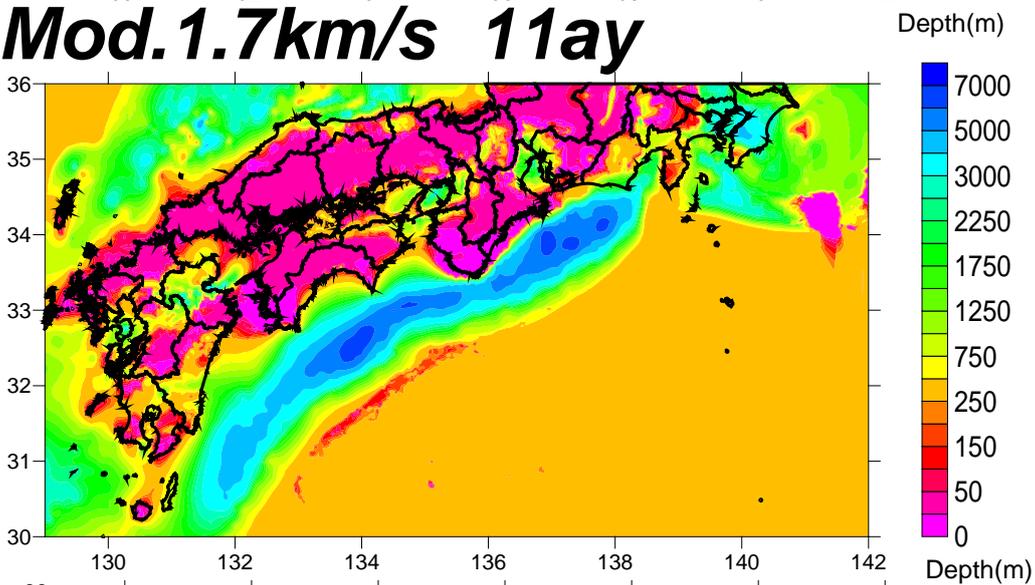


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
図 3.2-24 取り込み後の地下構造モデルとの比較（Vs=2000m/s 層上面深度）。

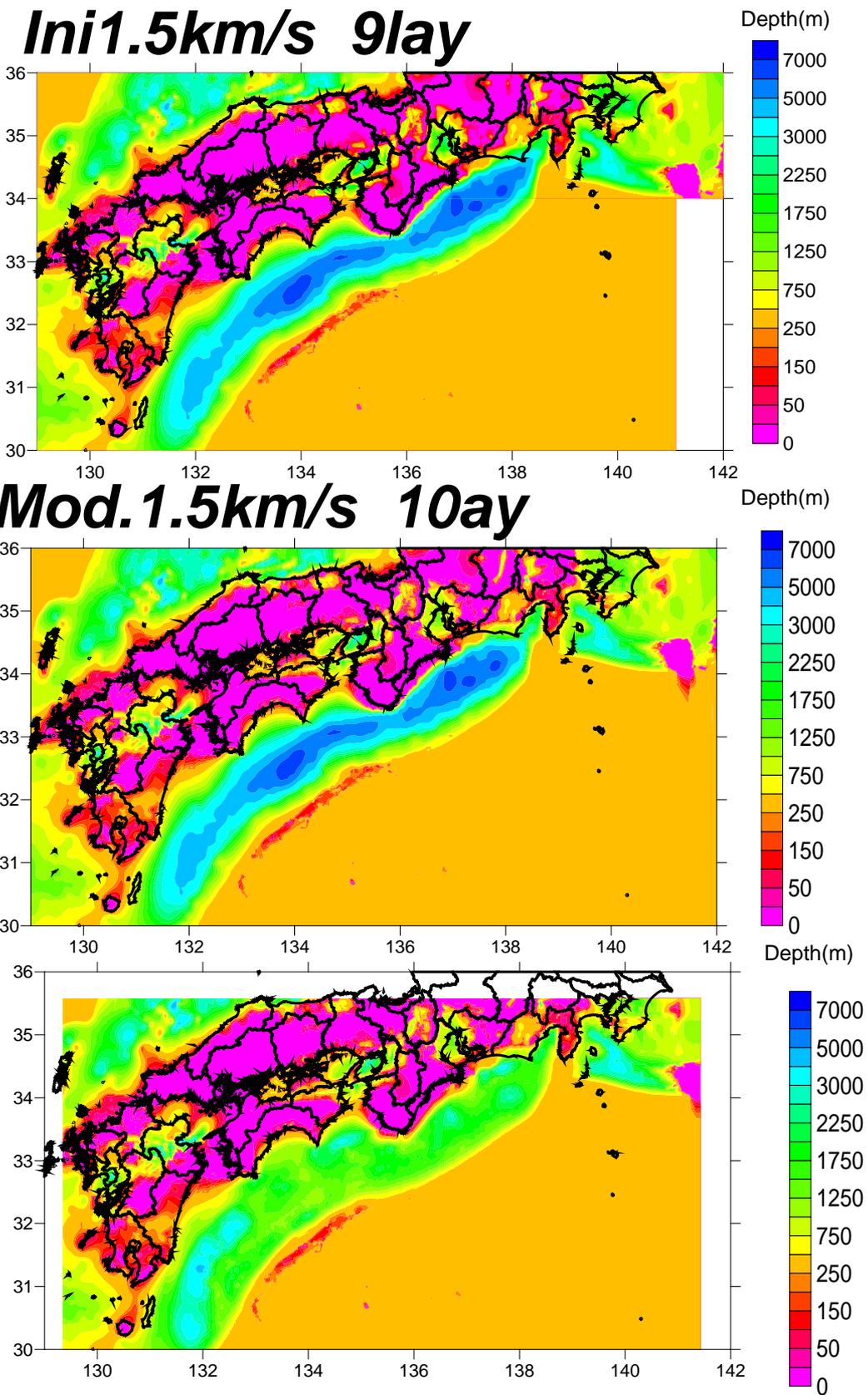
# Ini 1.7km/s 10lay



# Mod. 1.7km/s 11ay

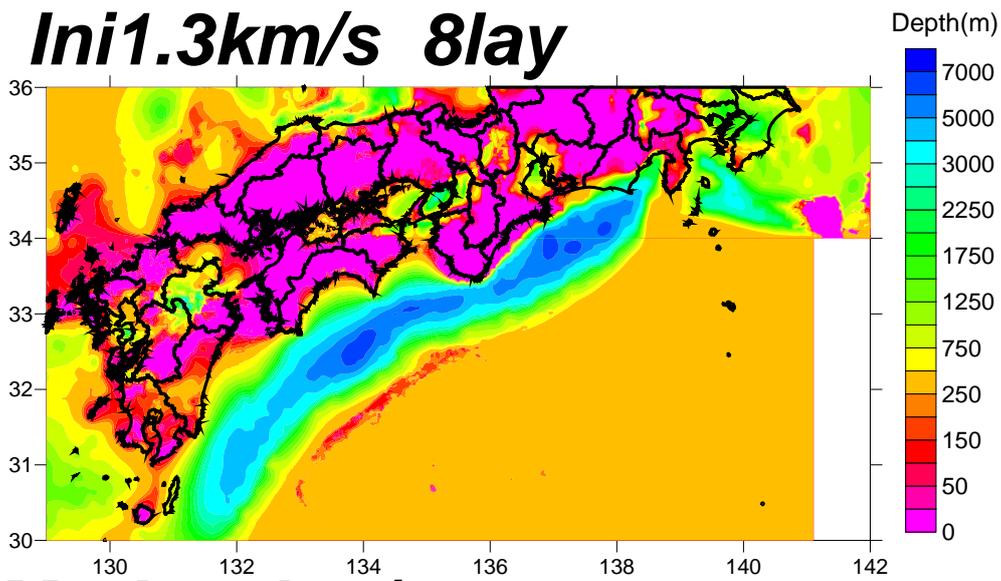


上：全国 1 次地下構造モデル（暫定版） 中：修正 1 次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-25 取り込み後の地下構造モデルとの比較 (Vs=1700m/s 層上面深度)。

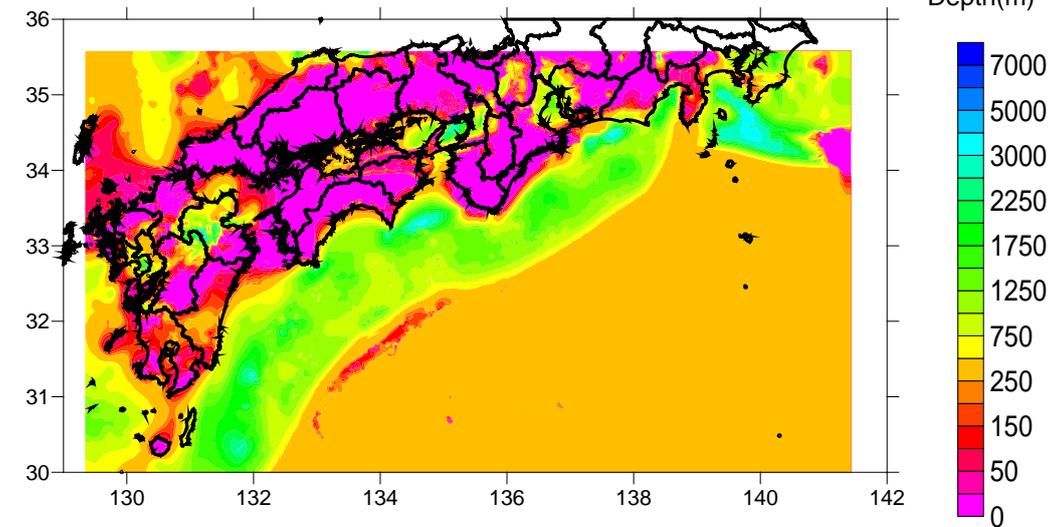
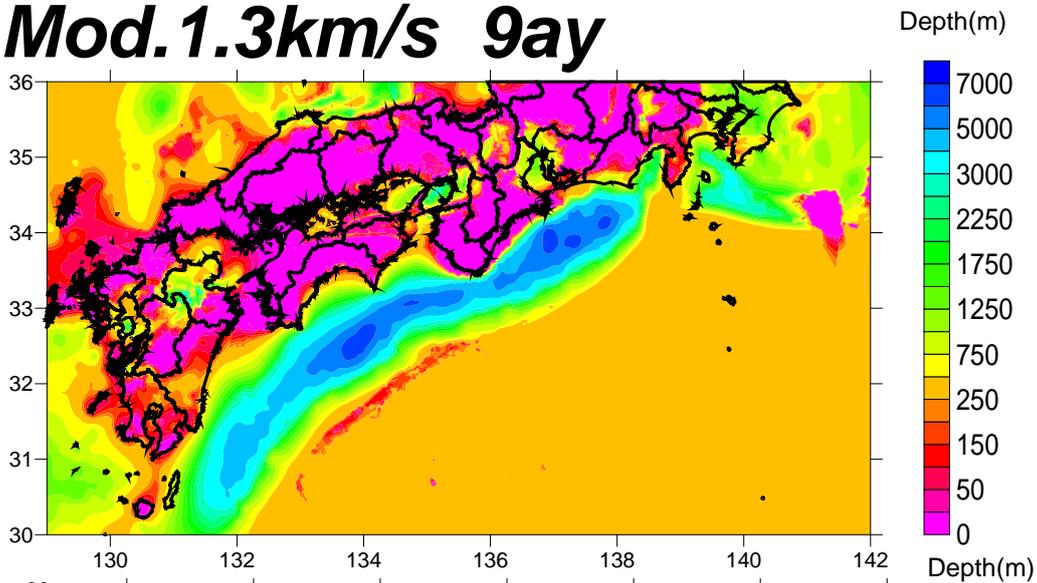


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-26 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=1500\text{m/s}$  層上面深度）。

# Ini 1.3km/s 8lay

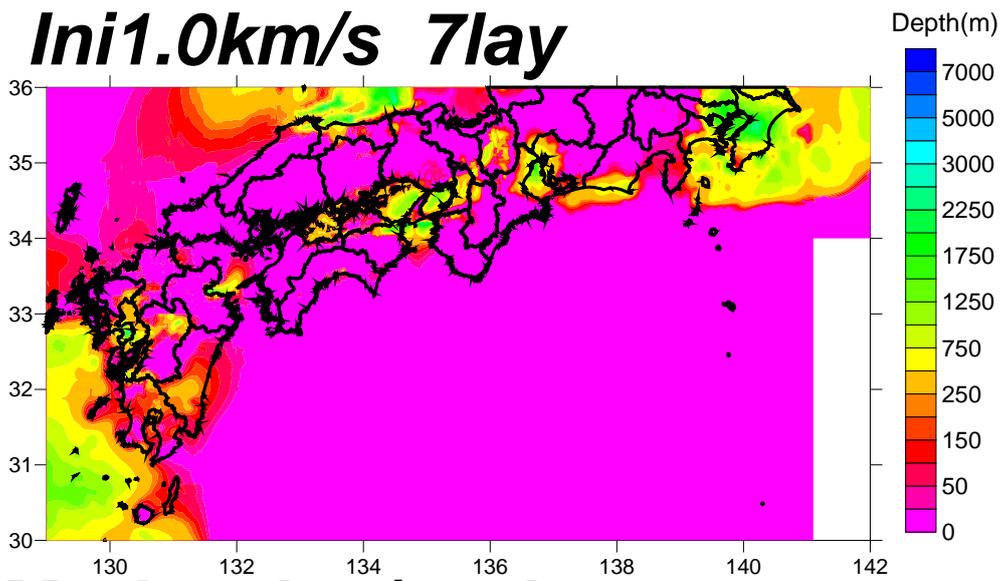


# Mod. 1.3km/s 9ay

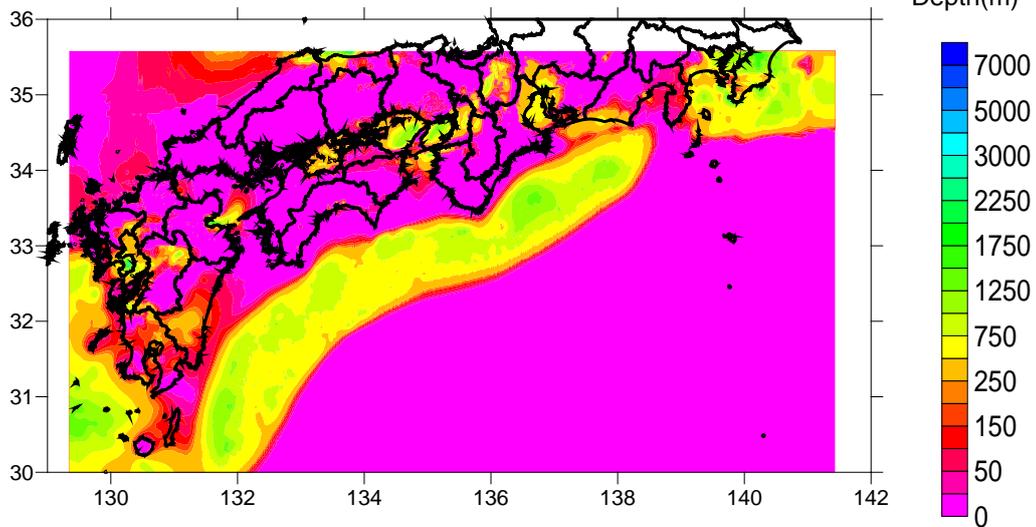
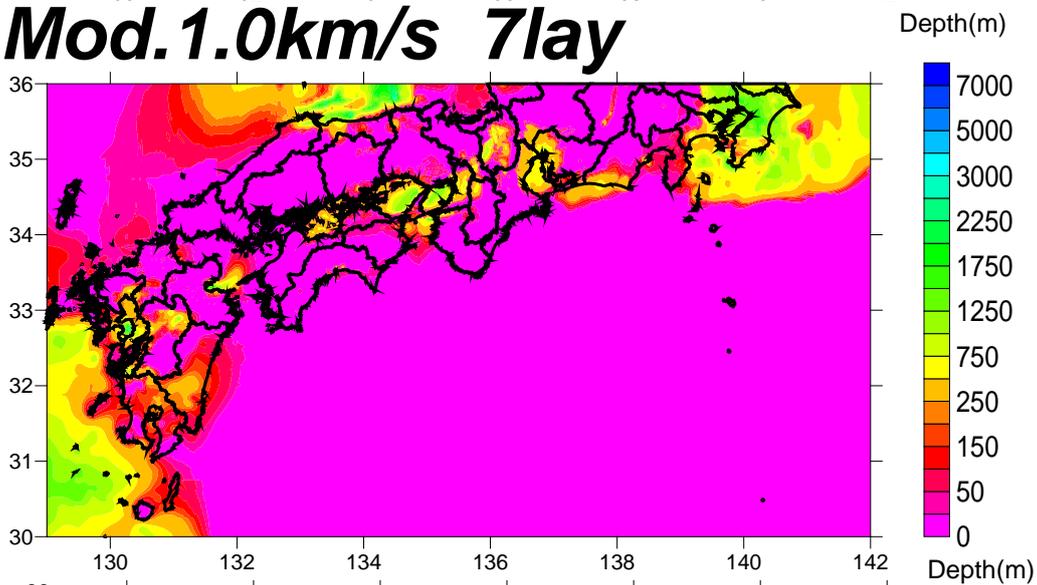


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-27 取り込み後の地下構造モデルとの比較（Vs=1300m/s 層上面深度）。

# Ini1.0km/s 7lay

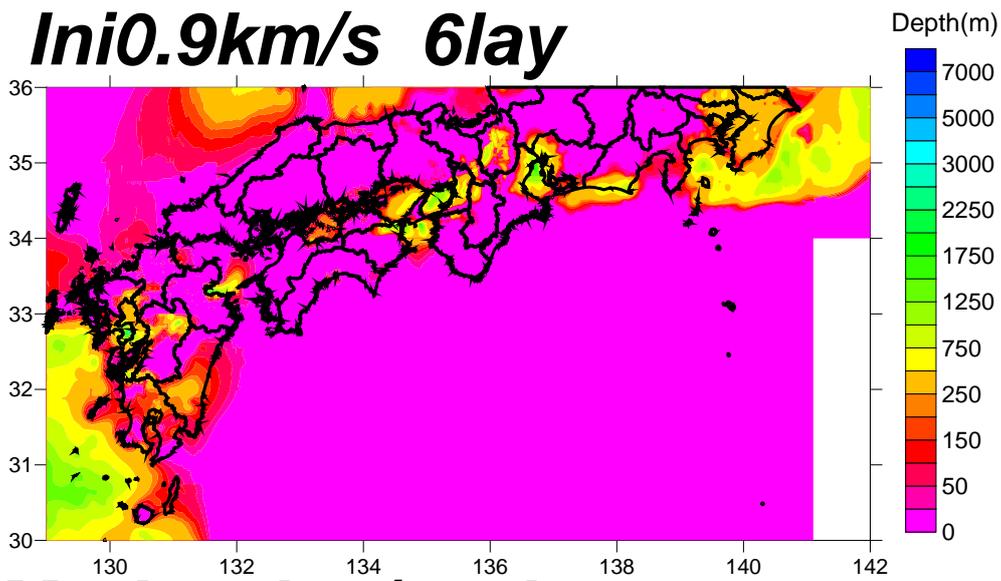


# Mod.1.0km/s 7lay

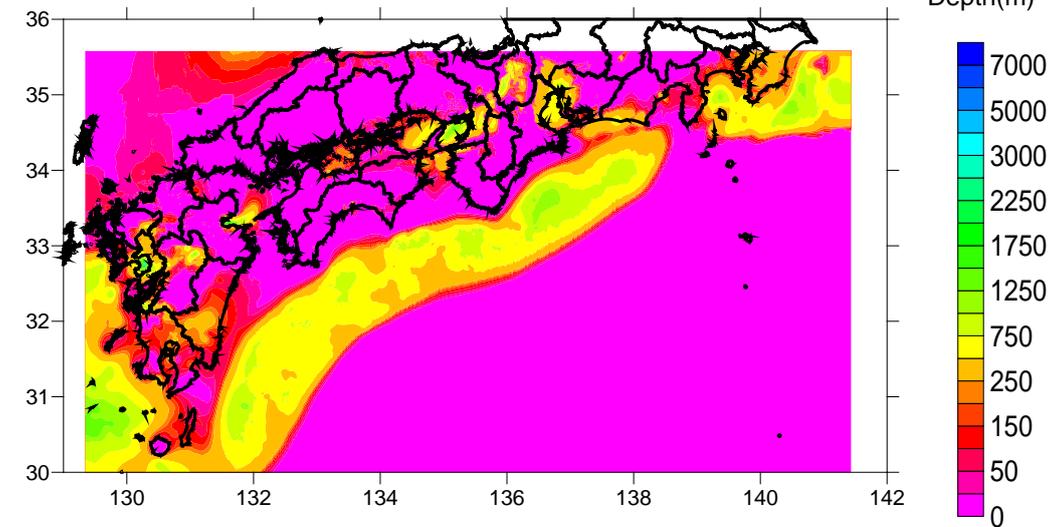
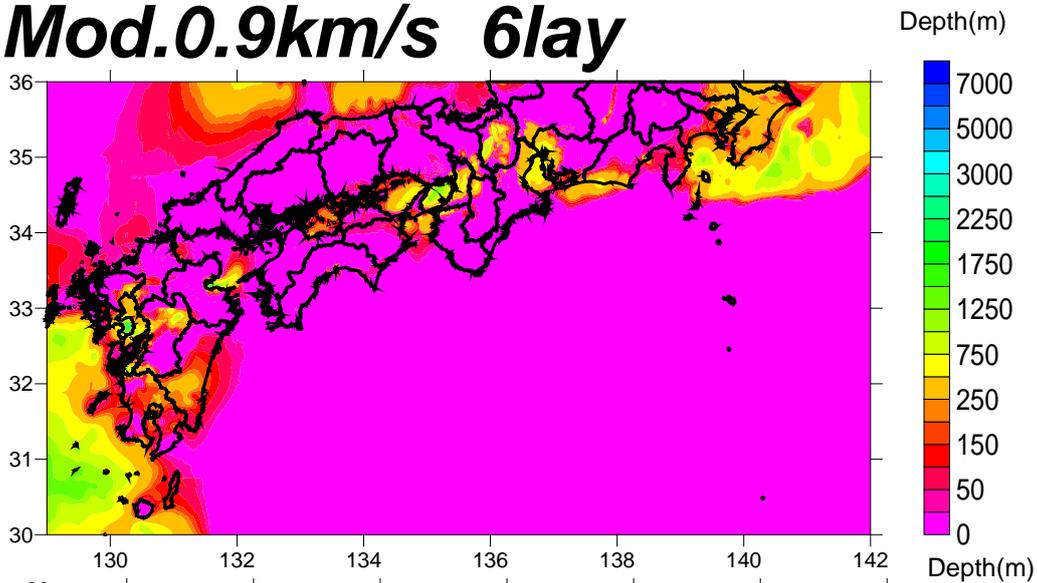


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-28 取り込み後の地下構造モデルとの比較（Vs=1000m/s 層上面深度）。

# Ini0.9km/s 6lay

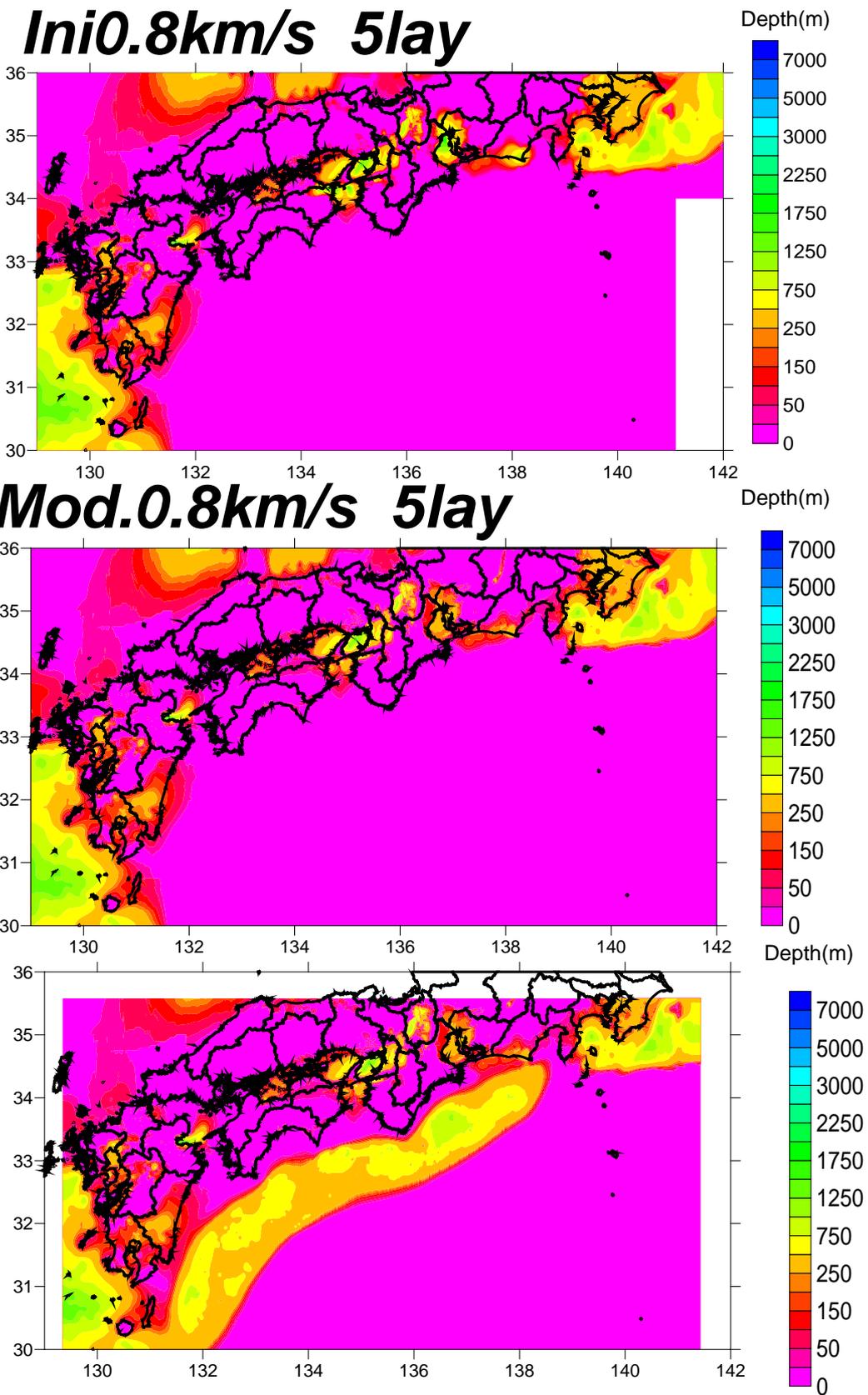


# Mod.0.9km/s 6lay



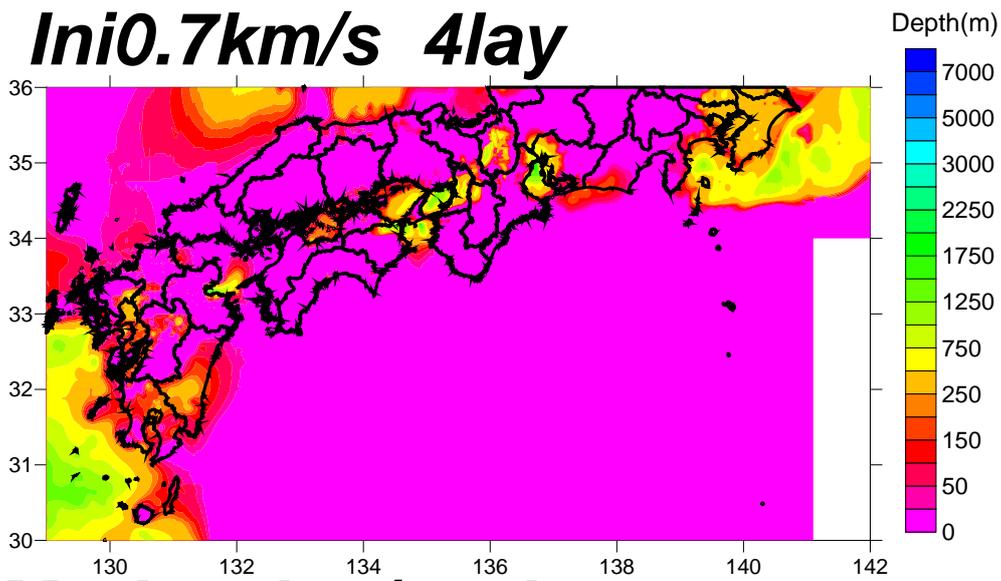
上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル

図 3.2-29 取り込み後の地下構造モデルとの比較 ( $V_s=900\text{m/s}$  層上面深度)。

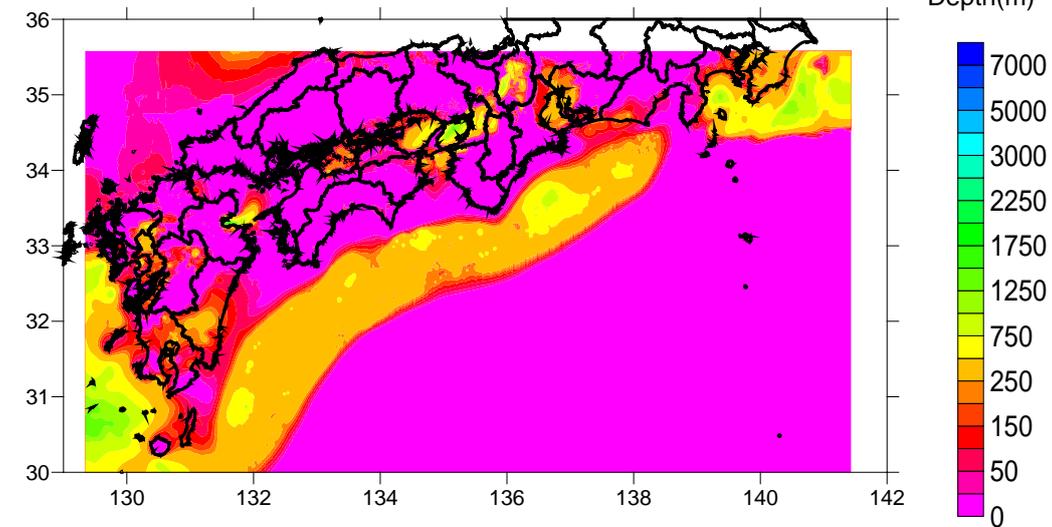
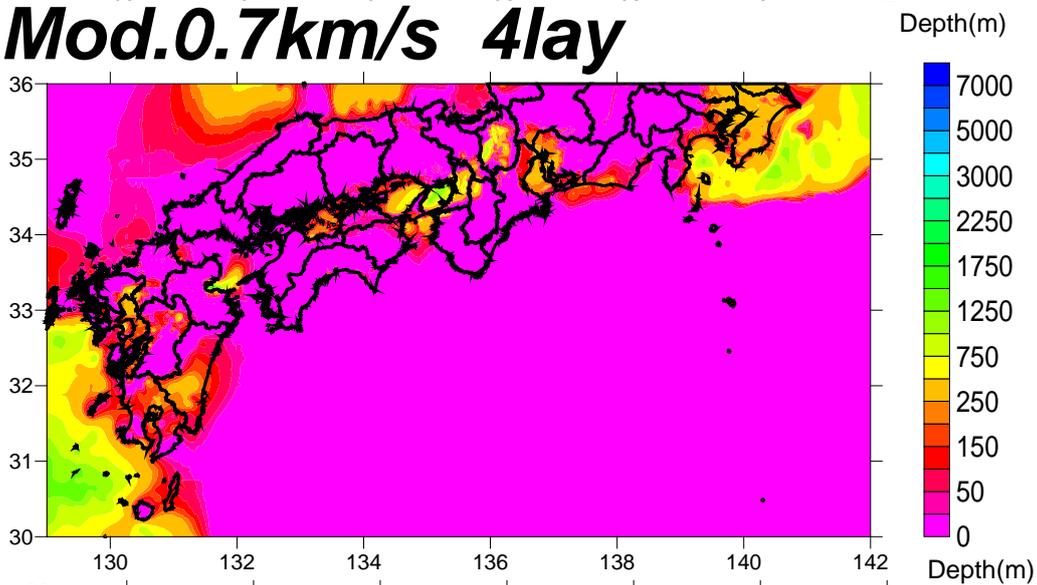


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-30 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=800\text{m/s}$  層上面深度）。

# Ini0.7km/s 4lay

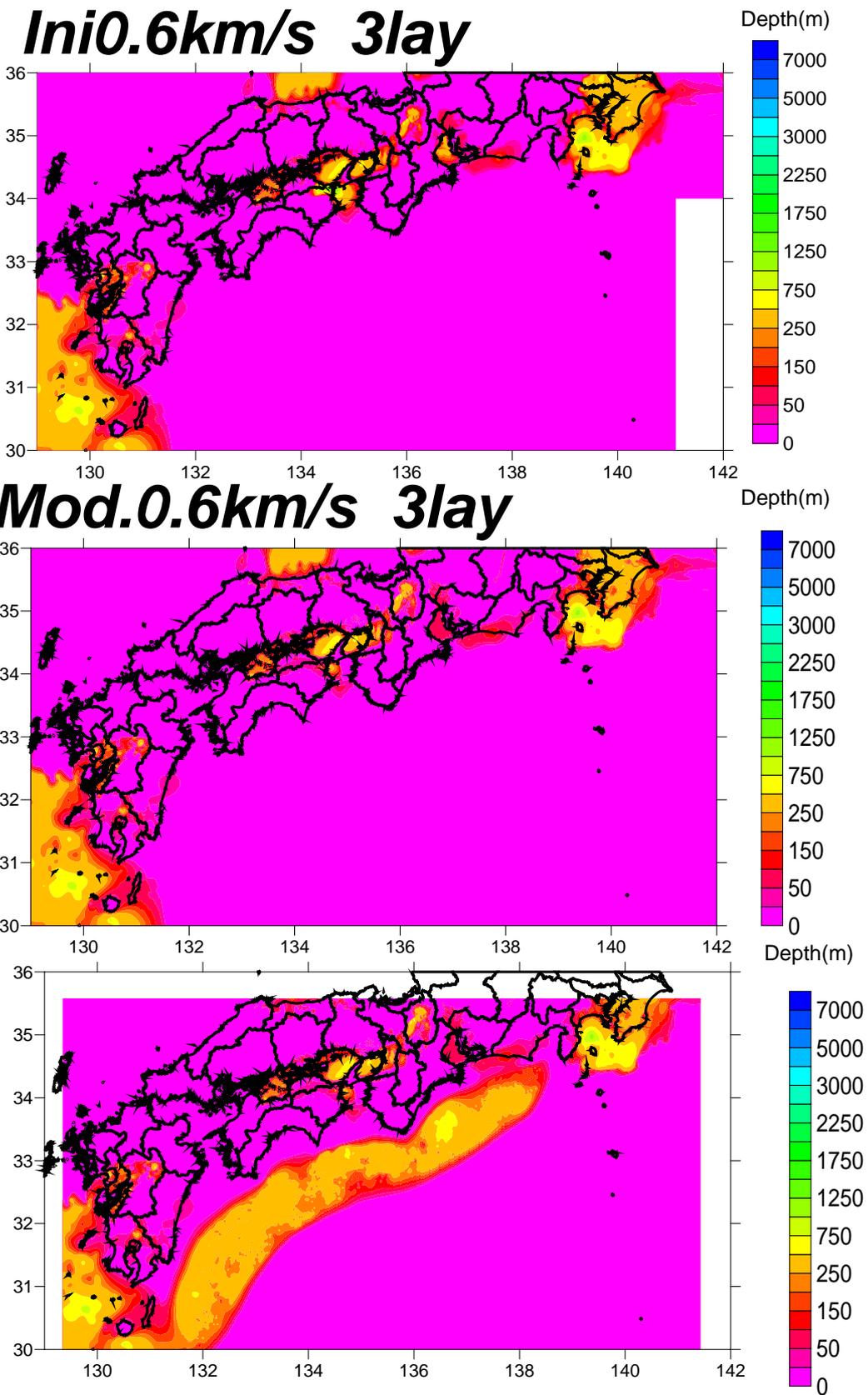


# Mod.0.7km/s 4lay



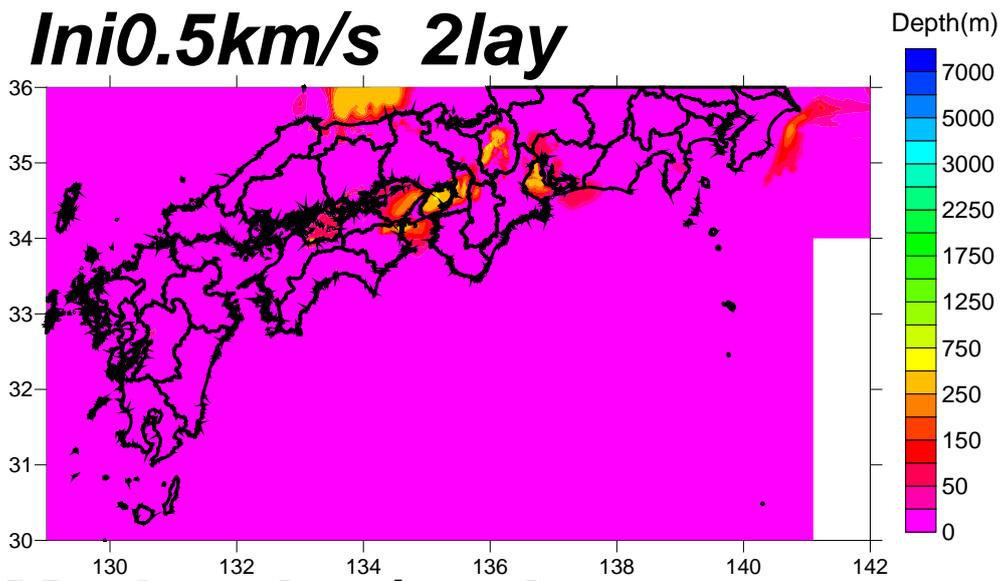
上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル

図 3.2-31 取り込み後の地下構造モデルとの比較 ( $V_s=700\text{m/s}$  層上面深度)。

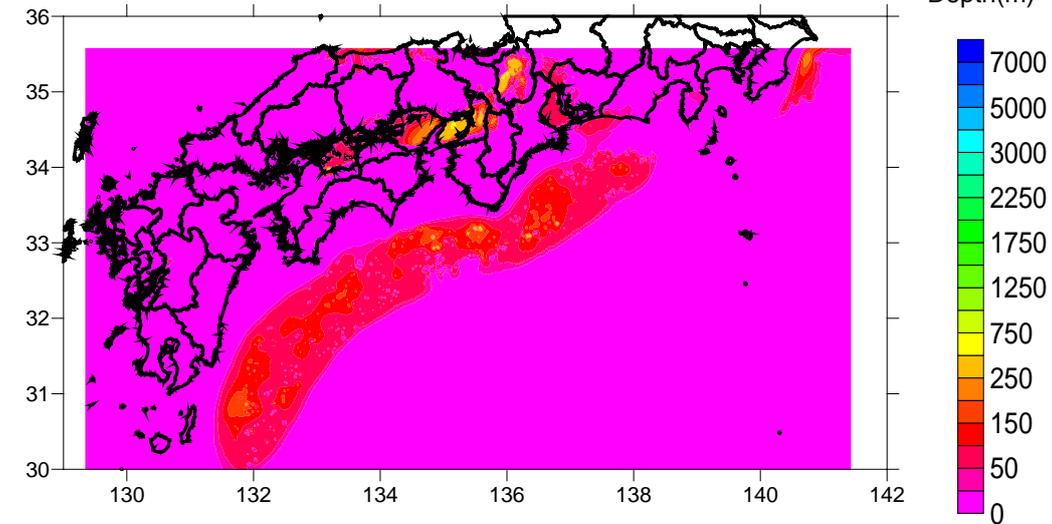
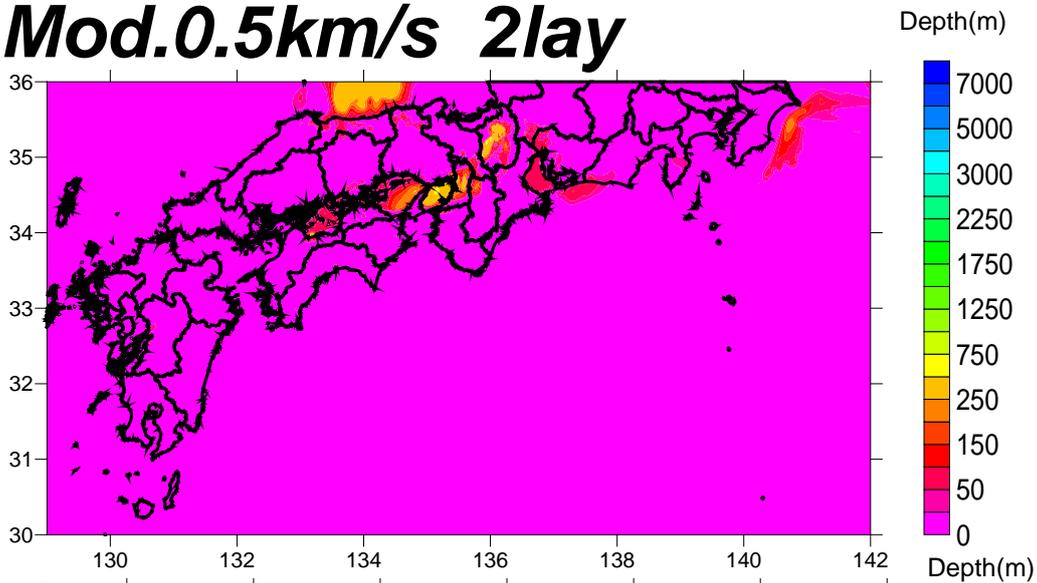


上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル  
 図 3.2-32 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=600\text{m/s}$  層上面深度）。

# Ini0.5km/s 2lay



# Mod.0.5km/s 2lay



上：全国1次地下構造モデル（暫定版） 中：修正1次モデル 下：本検討モデル

図 3.2-33 取り込み後の地下構造モデルとの比較（ $V_s=500\text{m/s}$  層上面深度）。

(2) 中央構造線断層帯における重点的な調査観測研究のモデルの取り込み

中央構造線断層帯における重点的な調査観測研究では、和歌山平野および奈良盆地を対象として地下構造モデルが作成されている。ここでは、以下の方針で全国1次地下構造モデル（暫定版）への取り込みを行った。

- ・重点的な調査観測研究で作成されたデータはグリッドモデルであるため、全国1次地下構造モデル（暫定版）の速度層にあわせるようにモデルを作成。
- ・ $V_s=2.9\text{km/s}$ 層および $V_s=3.2\text{km/s}$ 層については、全国1次地下構造モデル（暫定版）との乖離が大きいため（図3.2-34）、 $V_s=2.4\text{m/s}$ 層以浅を取り込む。
- ・全国1次地下構造モデル（暫定版）の速度層で区分し、走時が変化しないように層厚を調整。

図3.2-35および図3.2-36に統合後の地下構造モデルと重点的な調査観測研究におけるモデルの比較例を、図3.2-37に統合後の地下構造モデルと全国1次地下構造モデルとの比較をそれぞれ示す。層厚の調整を行ったが、 $V_s=2400\text{m/s}$ 層の深度についてはほとんど変化していないことを確認している（図3.2-36）。

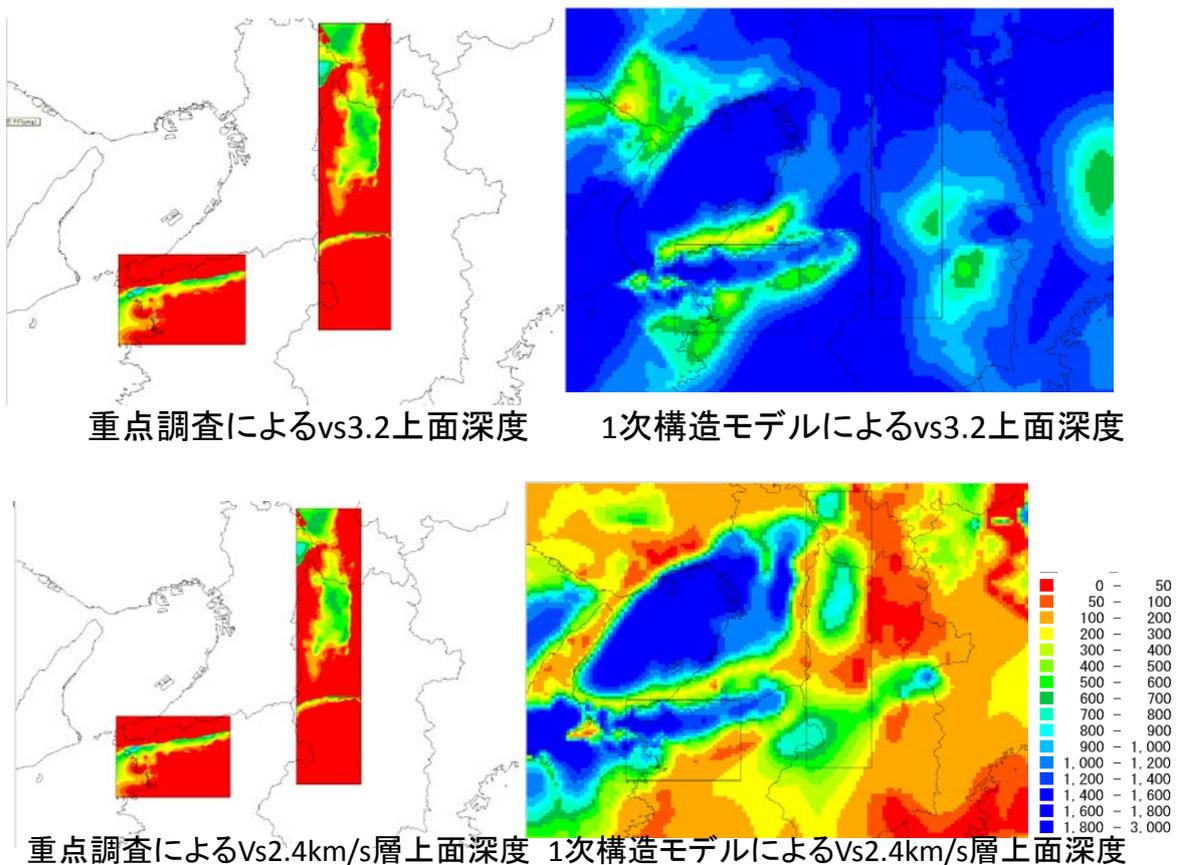
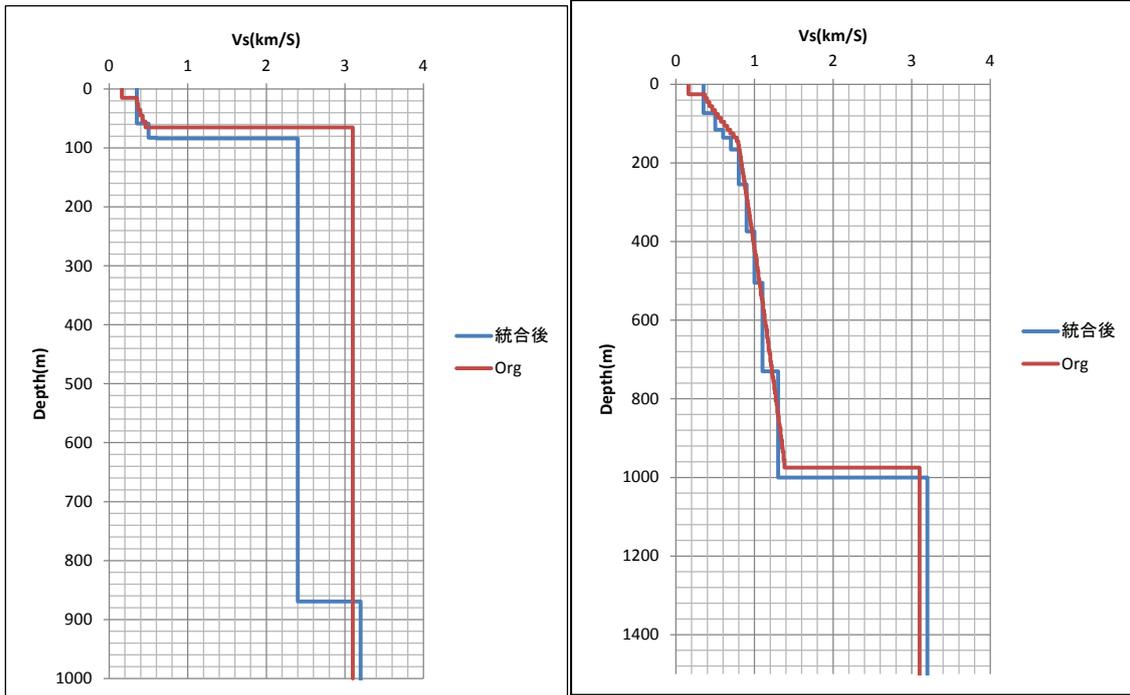
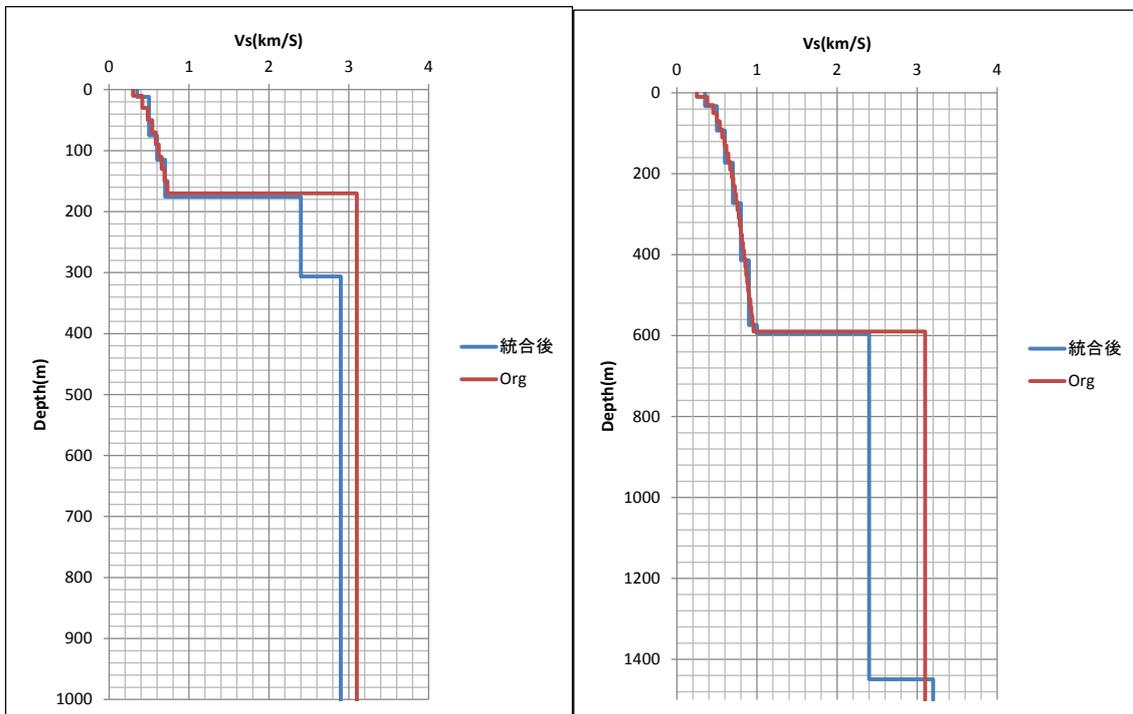


図3.2-34 重点的な調査観測研究による $V_s=3.2\text{km/s}$ 層および $2.4\text{km/s}$ 層上面深度と全国1次地下構造モデルとの比較。

和歌山地域



奈良地域



茶色線：重点調査観測のモデル 青線：統合後のモデル

図3.2-35 統合前後での速度構造モデルの比較例。

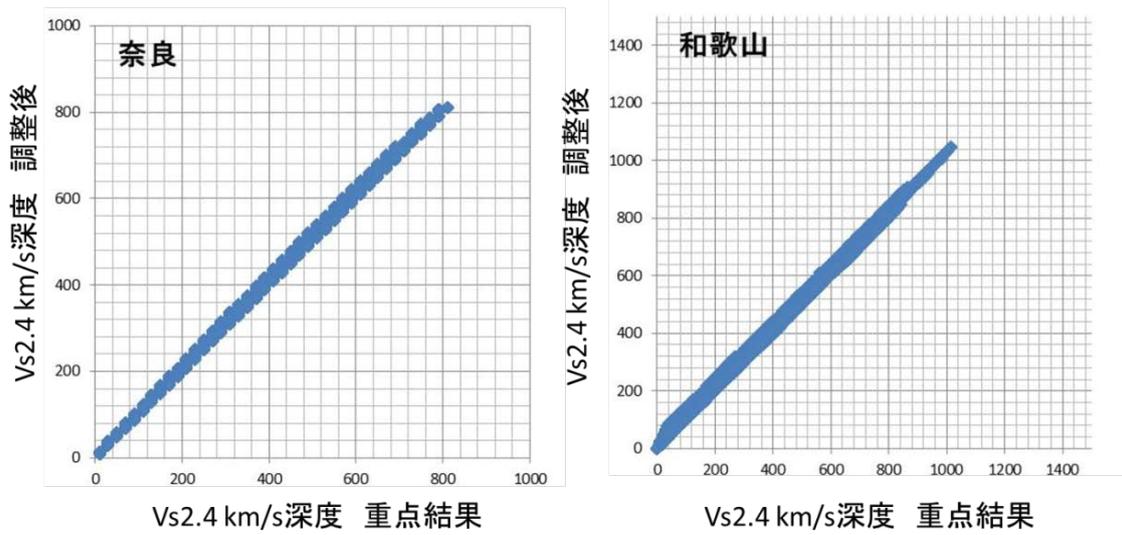


図3.2-36 統合前後でのVs=2.4km/s層上面深度の比較。

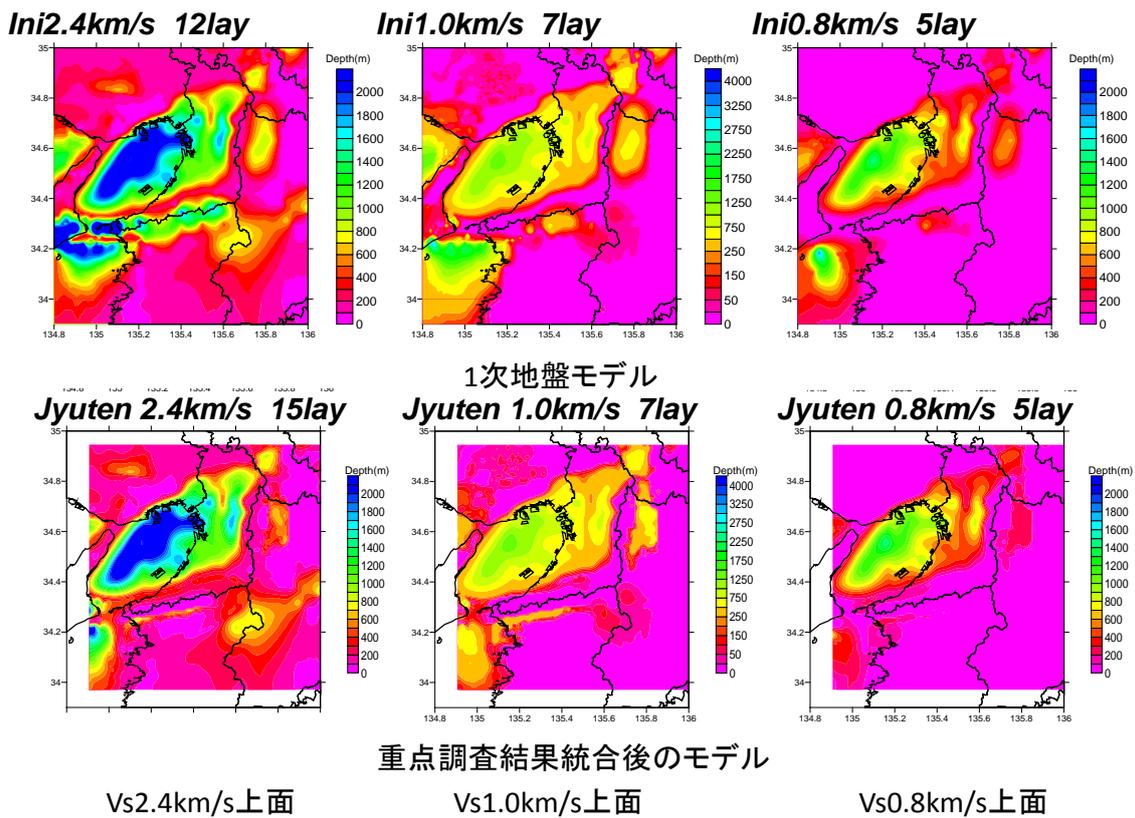


図3.2-37 統合後のモデルと全国1次地下構造モデル（暫定版）の比較。

(3) 別府-万年山断層帯における重点的な調査観測研究のモデルの取り込み

別府-万年山断層帯における重点的な調査観測研究では、大分県の地下構造モデルが作成されている。当該モデルは、全国1次地下構造モデル（暫定版）と同じ層構造モデルとなっており、大分県外と滑らかに接続されている。従って、そのまま取り込みを行った。ただし、重点的な調査観測研究のモデルでは、地震基盤に関して、速度の大きい火山岩類の下に比較的低速の層が見られるものの火山岩類の上部をモデル化しているため、全国1次地下構造モデル（暫定版）の地震基盤に比べて浅くなっている。本検討では、重点的な調査観測のモデルにおける地震基盤の下に同じ速度の層を設けて全国1次地下構造モデル（暫定版）の地震基盤を設定することとした。図3.2-38に統合後のモデルと全国1次地下構造モデル（暫定版）を比較して示す。

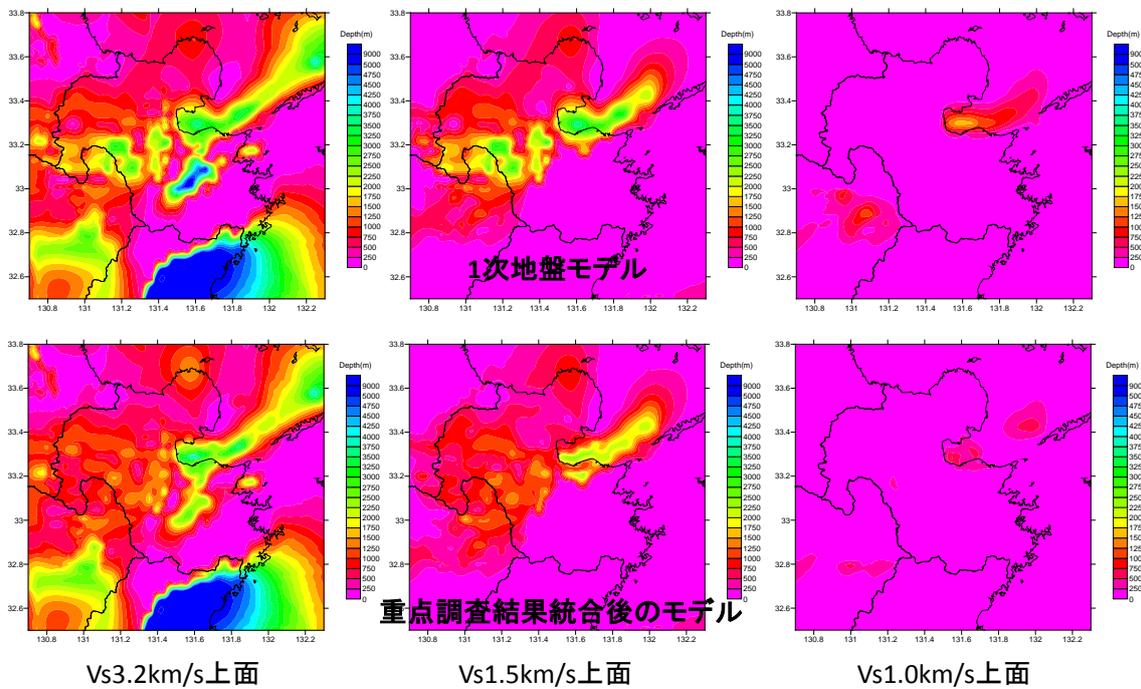


図 3.2-38 統合後のモデルと全国1次地下構造モデル（暫定版）の比較。

## 2) 地下構造モデル検証

### (1) 水平動／上下動比による検討

強震観測点における強震動記録のR/V (Radial/Vertical) スペクトル比と地下構造モデルから計算される理論スペクトル比の比較例を図3.2-39 (近畿地方) および図3.2-40 (大分県地域) について示す。

WKY001では、堆積層が厚い為、観測R/Vスペクトルとの一致が悪いが、重点調査の結果改善が見られた。ただし、1次モデルでもNAR002, 3では概ねピーク周期を説明できている。OIT010では概ね両モデルともピーク周期を良く説明できている。OITH07では、長周期側のピークが不明瞭である。1次モデルでは基盤を深くしているが、重点調査の結果基盤を浅くしたが、長周期側の理論H/Vスペクトルの形状に与える影響は小さい。

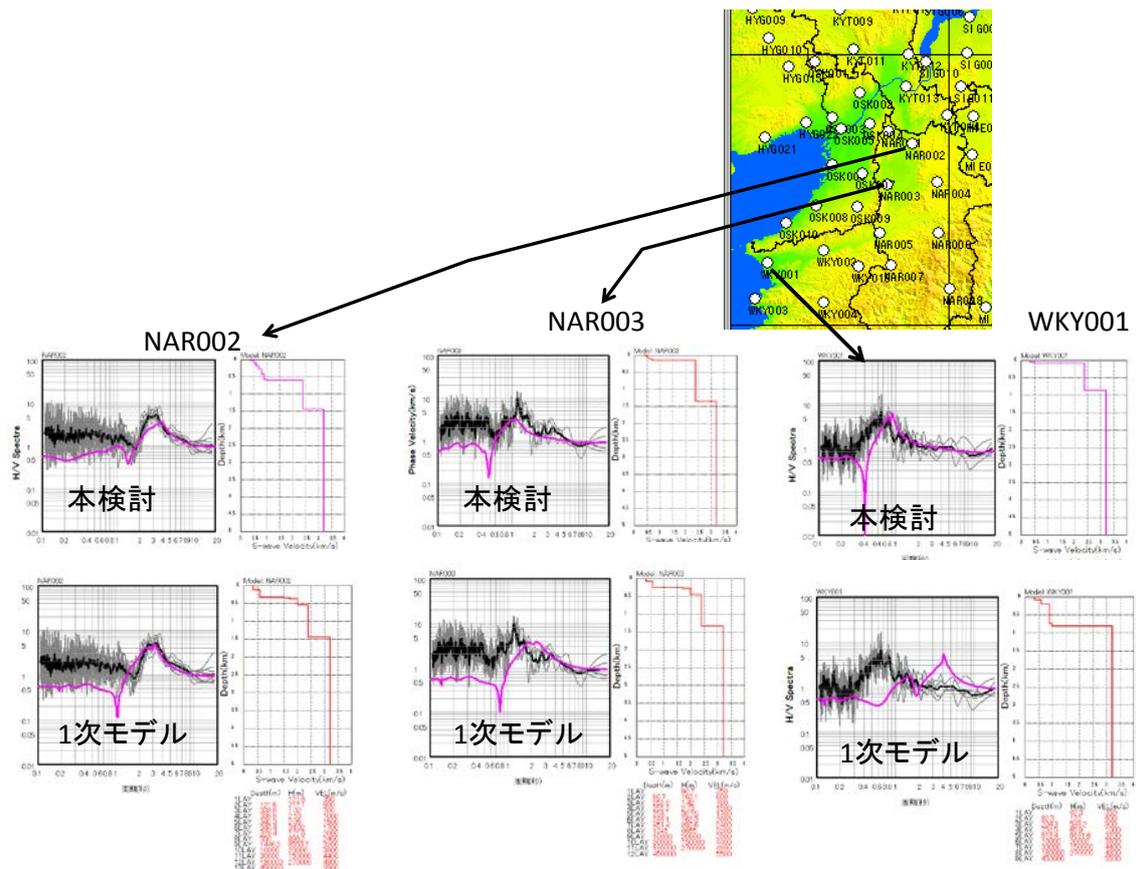


図 3.2-39 地震動記録と地下構造モデルより計算される R/V スペクトルの比較(近畿地方)。

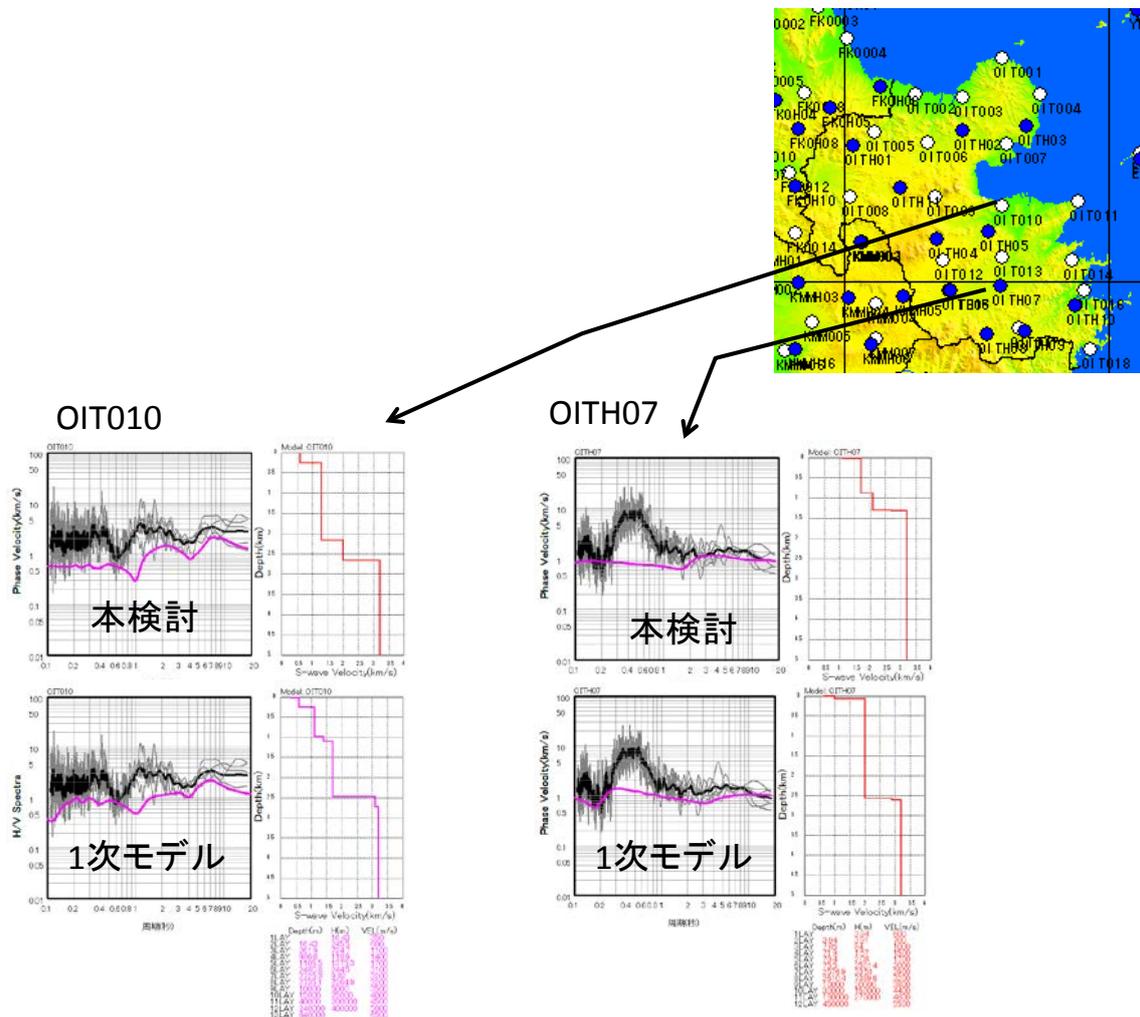


図 3.2-40 地震動記録と地下構造モデルより計算される R/V スペクトルの比較(大分県域)

## (2) 地震動シミュレーションによる検討

ここでは、

- ・2004年7月4日紀伊半島沖の地震 (19:07 M7.1)
- ・2009年8月11日駿河湾の地震 (M6.5)
- ・2013年4月13日淡路島付近の地震 (M6.3)

を対象とした三次元差分法による地震動シミュレーション結果を示す。

震源モデルに関して、紀伊半島沖の地震については、EIC地震学ノート<sup>1</sup>を参照した<sup>1</sup>。駿河湾の地震については、防災科研HPを参照した<sup>2</sup>。淡路島付近の地震については、F-netメカニズムを参照し、周期0.5秒のリッカー波を入力した。

表3.2-1から表3.2-3に差分法の緒元を示す。計算可能最小周期は2秒とした。図3.2-41に計算範囲を示す。

図3.2-42に紀伊半島沖の地震 (19:07 M7.1) における観測最大速度と計算最大速度の比較を示す。観測データに比べ計算結果の最大値がやや過大評価となっている。JAMSTECによる海域の速度構造を反映していない結果でも同様であり、観測点直下の構造、震源モデルのさらなる検証が必要と考えられる。

図3.2-43に駿河湾の地震における観測最大速度と計算最大速度の比較を示す。計算結果がやや大きい観測点とほぼ同程度か観測に比べて小さい観測点に分かれる結果となった。観測値より大きい観測点は震源から見てほぼ西側に位置しており、震源メカニズムなどの再検討が必要と考えられる。

図3.2-44に淡路島付近の地震 (M6.3) における観測最大速度と計算最大速度の比較を示す。やや観測値より大きい結果となった。

図3.2-45および図3.2-46は紀伊半島沖の地震 (19:07 M7.1) の観測速度波形と計算速度波形の比較を示す。波形には周期2秒のハイカットフィルターを施している。赤線は修正モデルの結果、青線は、陸域については重点調査などの結果で修正したモデル、海域は1次モデルである。全体的に赤で示した修正モデルの結果が大きくなっている。関東地方では、計測時間も含めよく説明できている。

図3.2-47および図3.2-48に駿河湾の地震 (M6.5) 観測速度波形と計算速度波形の比較を示す。関東地方でやや過小評価であった。

図3.2-49および図3.2-50には、淡路島付近の地震(M6.3) 観測速度波形と計算速度波形の比較を示す。地下構造モデルを修正した、TKS007、WKY001、WKY002、NAR002、NAR003ではモデルの改善が確認できた。大阪盆地においてやや過大評価の結果となった。

<sup>1</sup> [http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2004/EIC152.html](http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2004/EIC152.html)

<sup>2</sup> [http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/surugawan\\_20090811/inversion/](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/surugawan_20090811/inversion/)

表3.2-1 紀伊半島沖の地震の差分法の緒元。

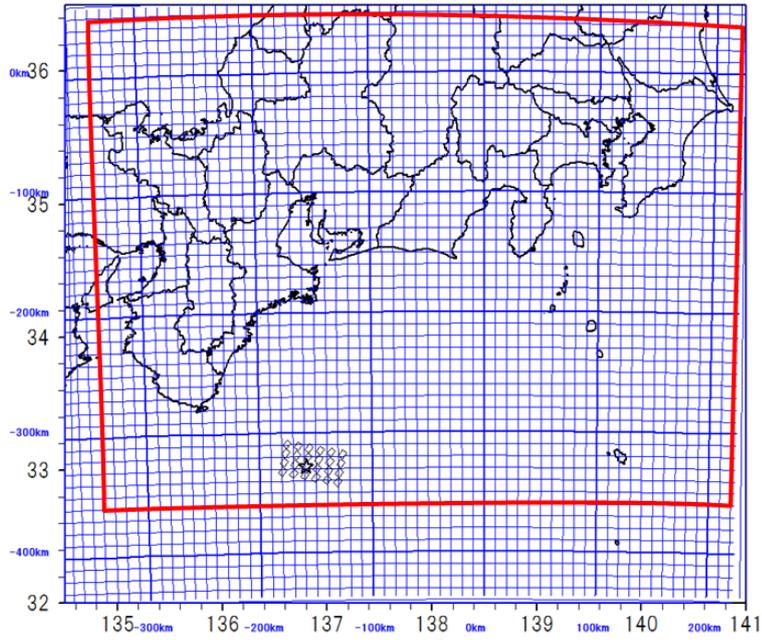
グリッドサイズ(m)	200	
経度方向距離(km)	560	グリッド数2800
緯度方向距離(km)	410	グリッド数2050
	200	深さ0 km~2 km
深度方向	400	深さ2km~10 km
グリッドサイズ(m)	800	深さ10km~26 km
	1200	深さ26km~38 km
計算間隔(秒)	0.0100	
ステップ数	50,000	計算時間 500 (s)
左下隅の座標	国家座標第8系 EW:-340000m NS:-360000m	
右上隅の座標	国家座標第8系 EW:220000m NS:50000m	

表3.2-2 駿河湾の地震の差分法の緒元。

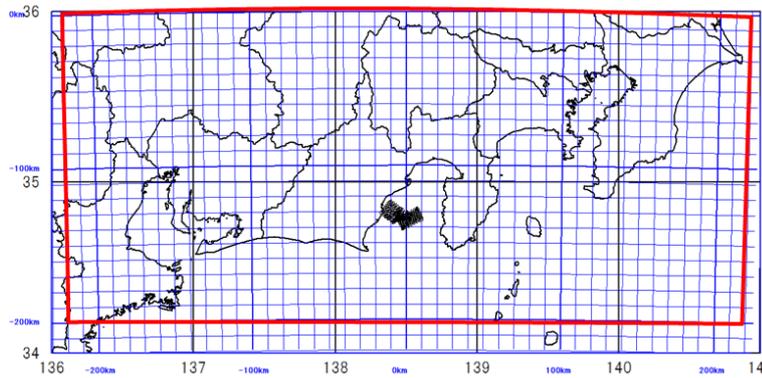
グリッドサイズ(m)	200	
経度方向距離(km)	440	グリッド数2200
緯度方向距離(km)	200	グリッド数1000
	200	深さ0 km~2 km
深度方向	400	深さ2km~10 km
グリッドサイズ(m)	800	深さ10km~26 km
	1200	深さ26km~62 km
計算間隔(秒)	0.0100	
ステップ数	50,000	計算時間 500 (s)
左下隅の座標	国家座標第8系 EW:-220000m NS:-200000m	
右上隅の座標	国家座標第8系 EW:220000m NS:0m	

表3.2-3 淡路島付近の地震の差分法の緒元。

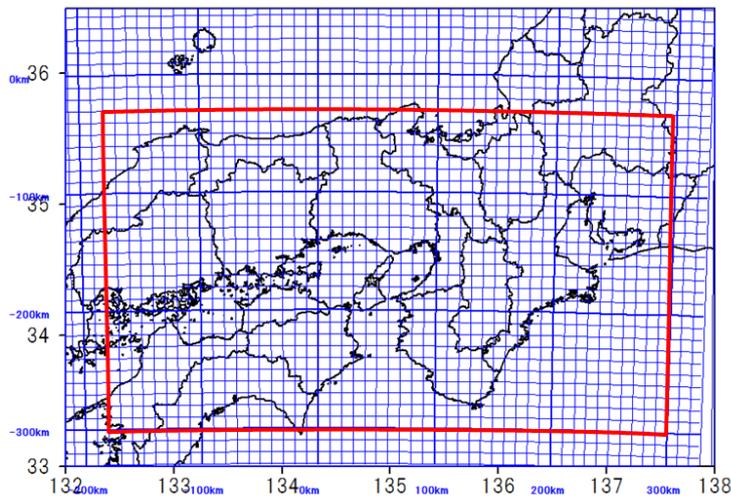
グリッドサイズ(m)	200	
経度方向距離(km)	480	グリッド数2400
緯度方向距離(km)	270	グリッド数1350
	200	深さ0 km~2 km
深度方向	400	深さ2km~10 km
グリッドサイズ(m)	800	深さ10km~26 km
	1200	深さ26km~26 km
計算間隔(秒)	0.0100	
ステップ数	50,000	計算時間 500 (s)
左下隅の座標	国家座標第5系 EW:-180000m NS:-300000m	
右上隅の座標	国家座標第5系 EW:300000m NS:-30000m	



紀伊半島



駿河湾



淡路島

図 3.2-41 差分法による計算範囲。

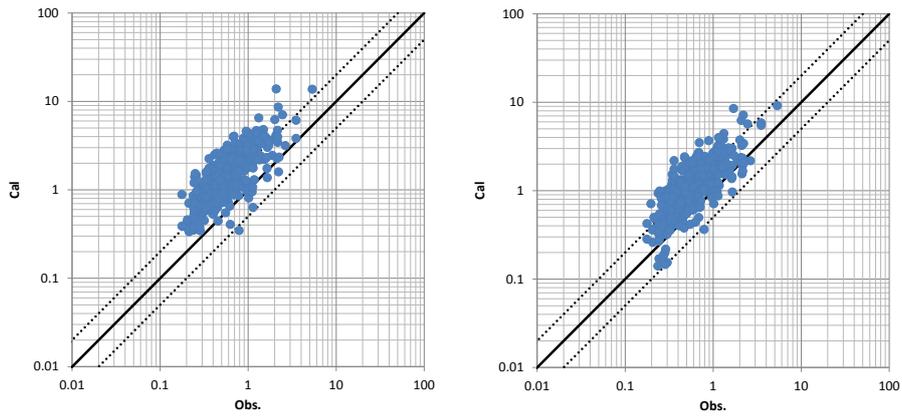


図3.2-42 紀伊半島沖の地震における観測最大速度 (Obs) と計算最大速度 (Cal) の比較。  
 左図：本検討で作成した地下構造モデル、右図：修正1次モデル

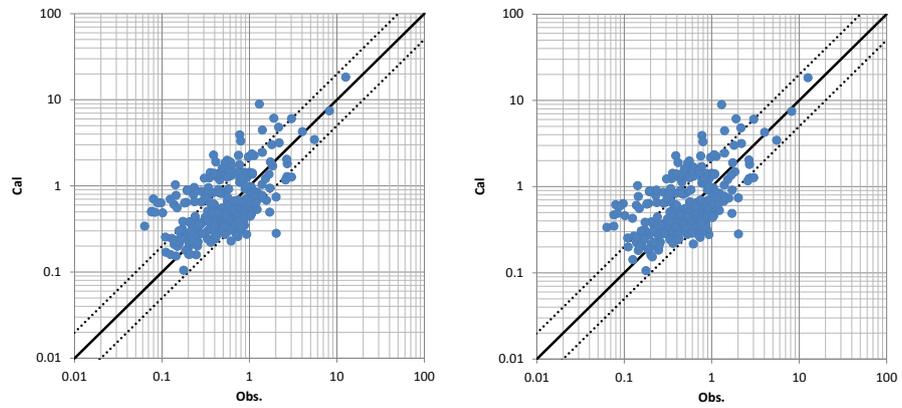


図3.2-43 駿河湾の地震における観測最大速度 (Obs) と計算最大速度 (Cal) の比較。  
 左図：本検討で作成した地下構造モデル、右図：修正1次モデル

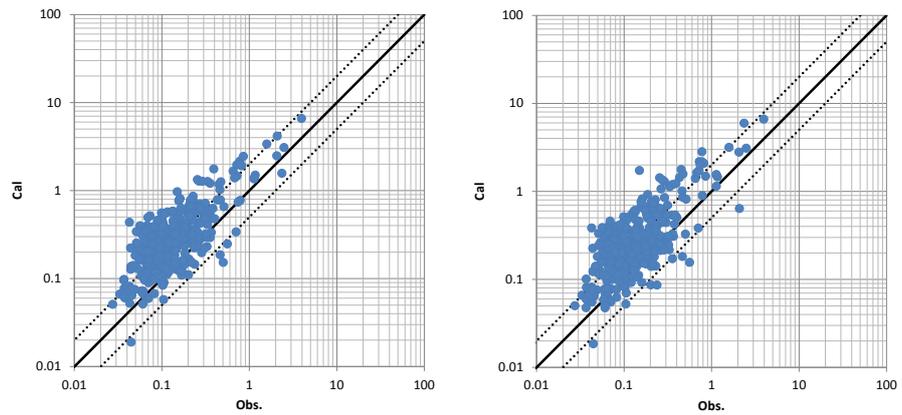


図3.2-44 淡路島付近の地震における観測最大速度 (Obs) と計算最大速度 (Cal) の比較。  
 左図：本検討で作成した地下構造モデル、右図：修正1次モデル

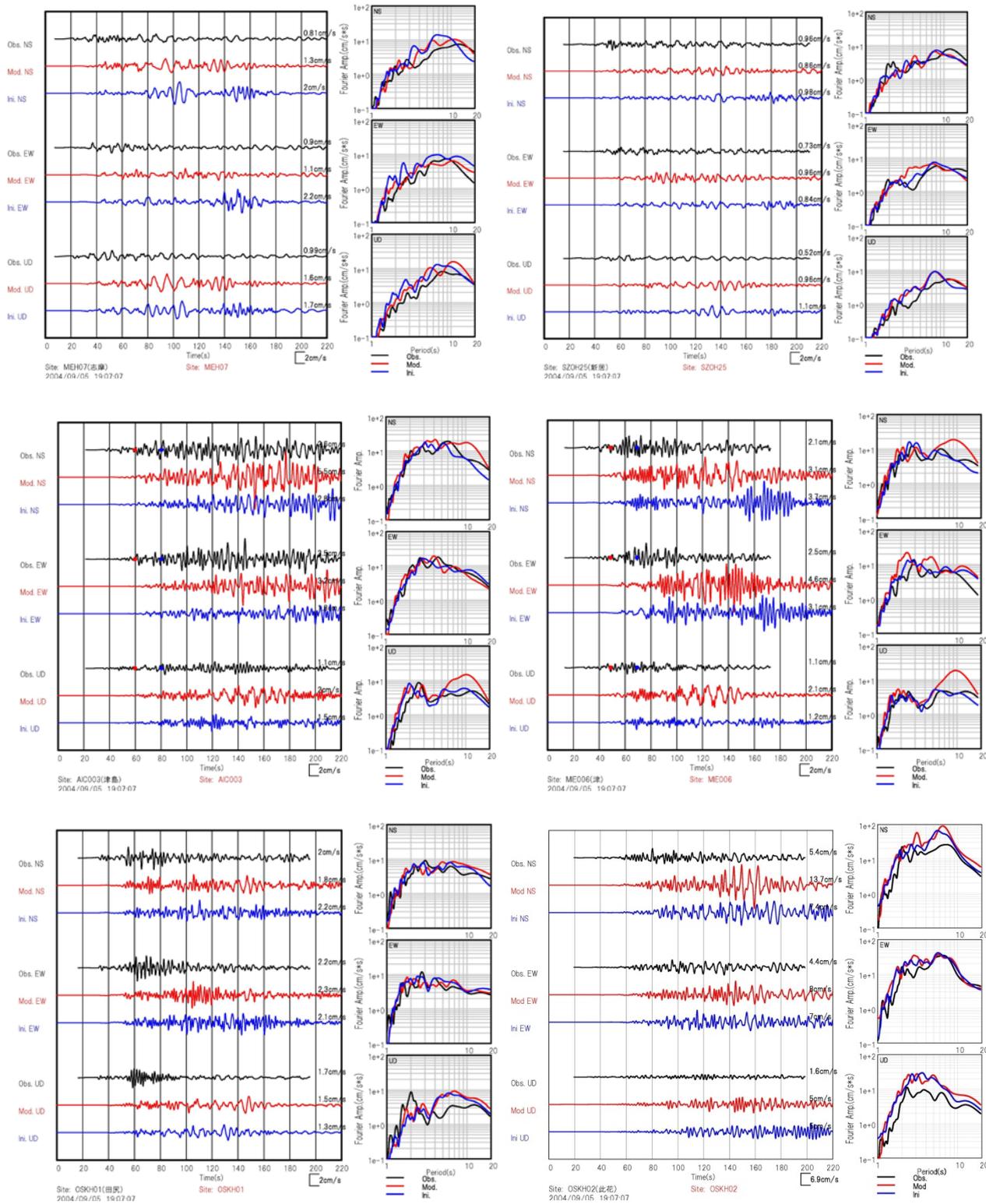
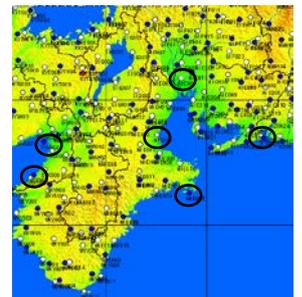


図3.2-45 観測速度波形との比較。黒：観測 赤：本検討モデル  
 青：陸域本検討モデル、海域全国1次モデル  
 2004年9月4日紀伊半島沖の地震（19:07 M7.1）



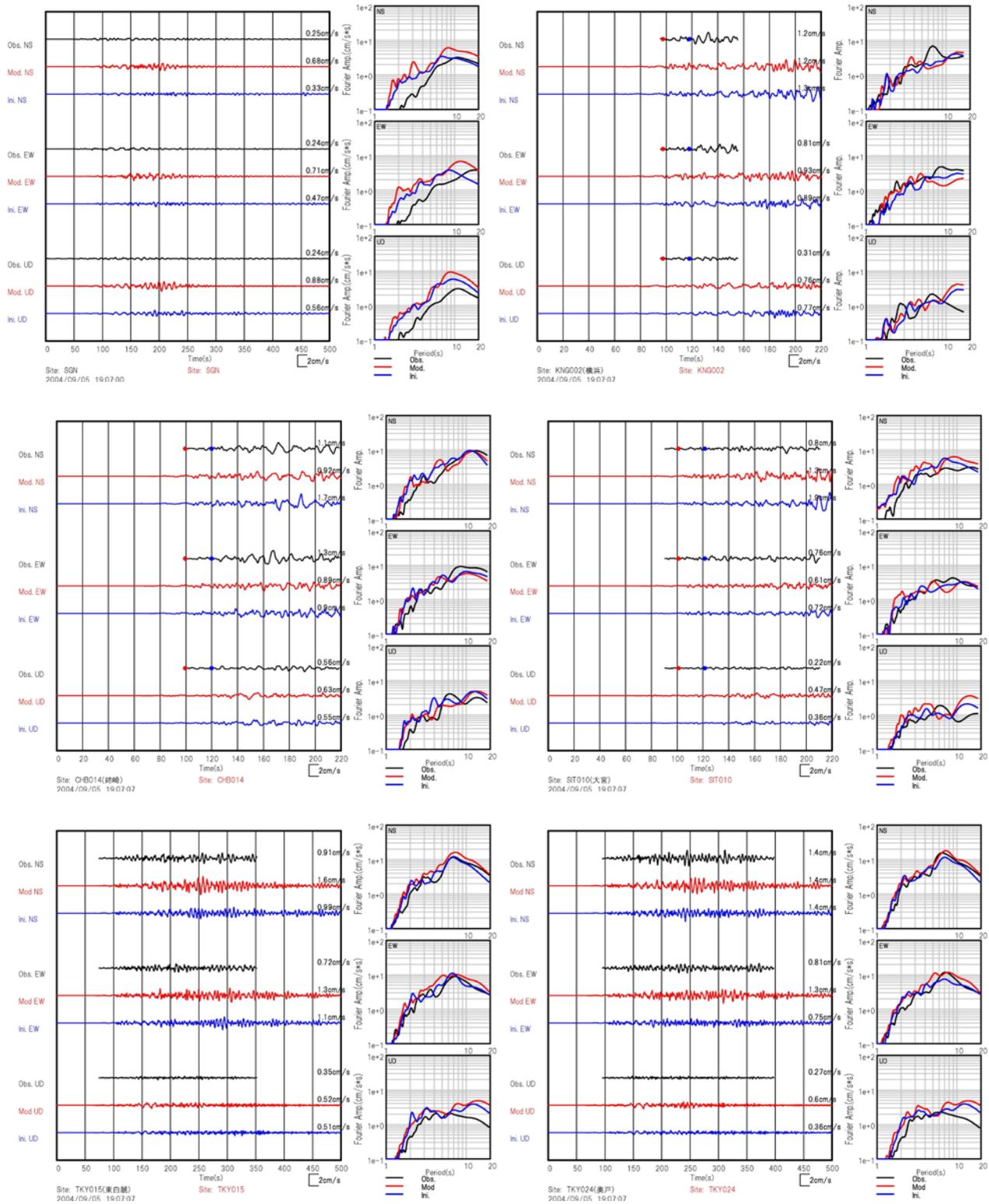
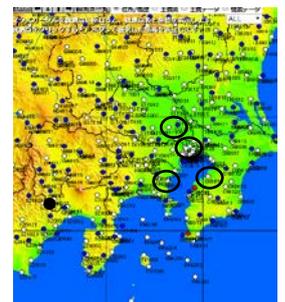


図3.2-46 観測速度波形との比較。黒：観測 赤：本検討モデル  
 青：陸域本検討モデル、海域全国1次モデル  
 2004年9月4日紀伊半島沖の地震（19:07 M7.1）



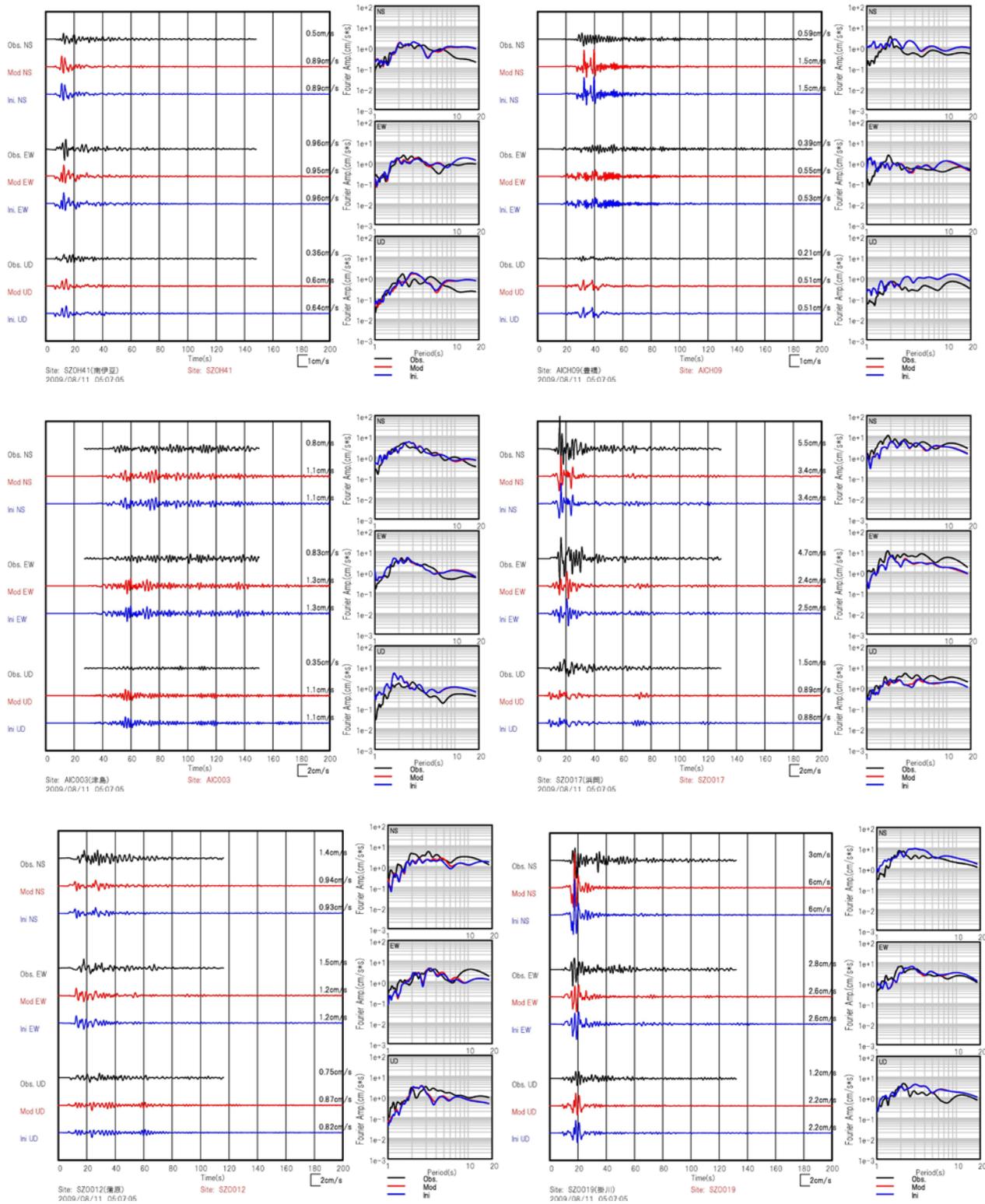


図3.2-47 観測速度波形との比較。黒：観測 赤：本検討モデル  
 青：陸域本検討モデル、海域全国1次モデル  
 2009年8月11日駿河湾の地震 (M6.5)



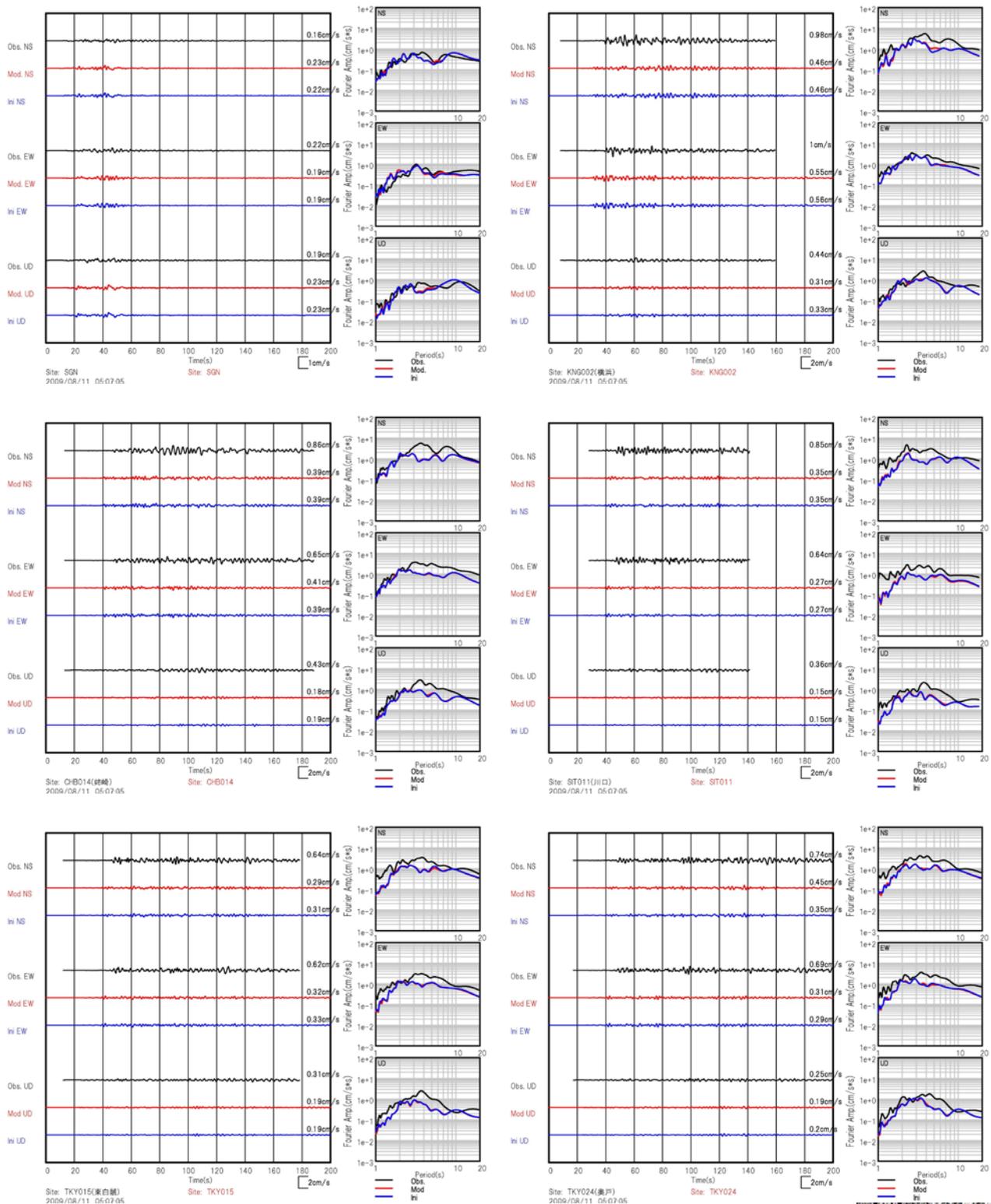
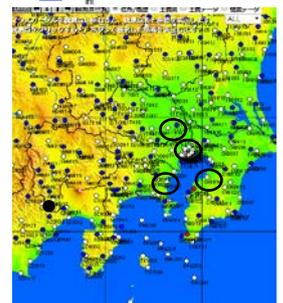


図3.2-48 観測速度波形との比較。黒：観測 赤：本検討モデル  
 青：陸域本検討モデル、海域全国1次モデル  
 2009年8月11日駿河湾の地震 (M6.5)



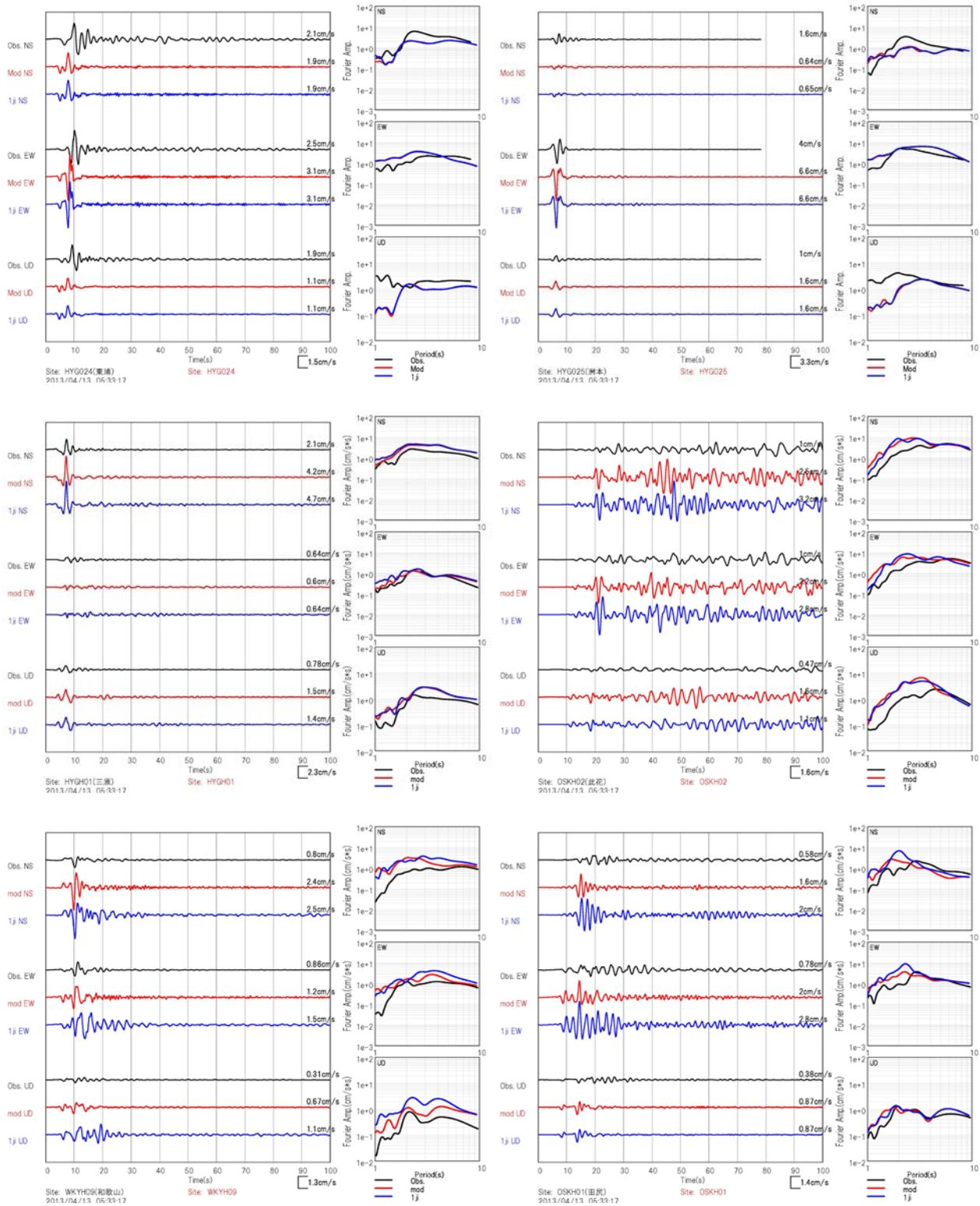


図3.2-49 観測速度波形との比較 黒：観測 赤：本検討モデル  
 青：陸域本検討モデル、海域全国1次モデル  
 2013年4月13日淡路島付近の地震 (M6.3)



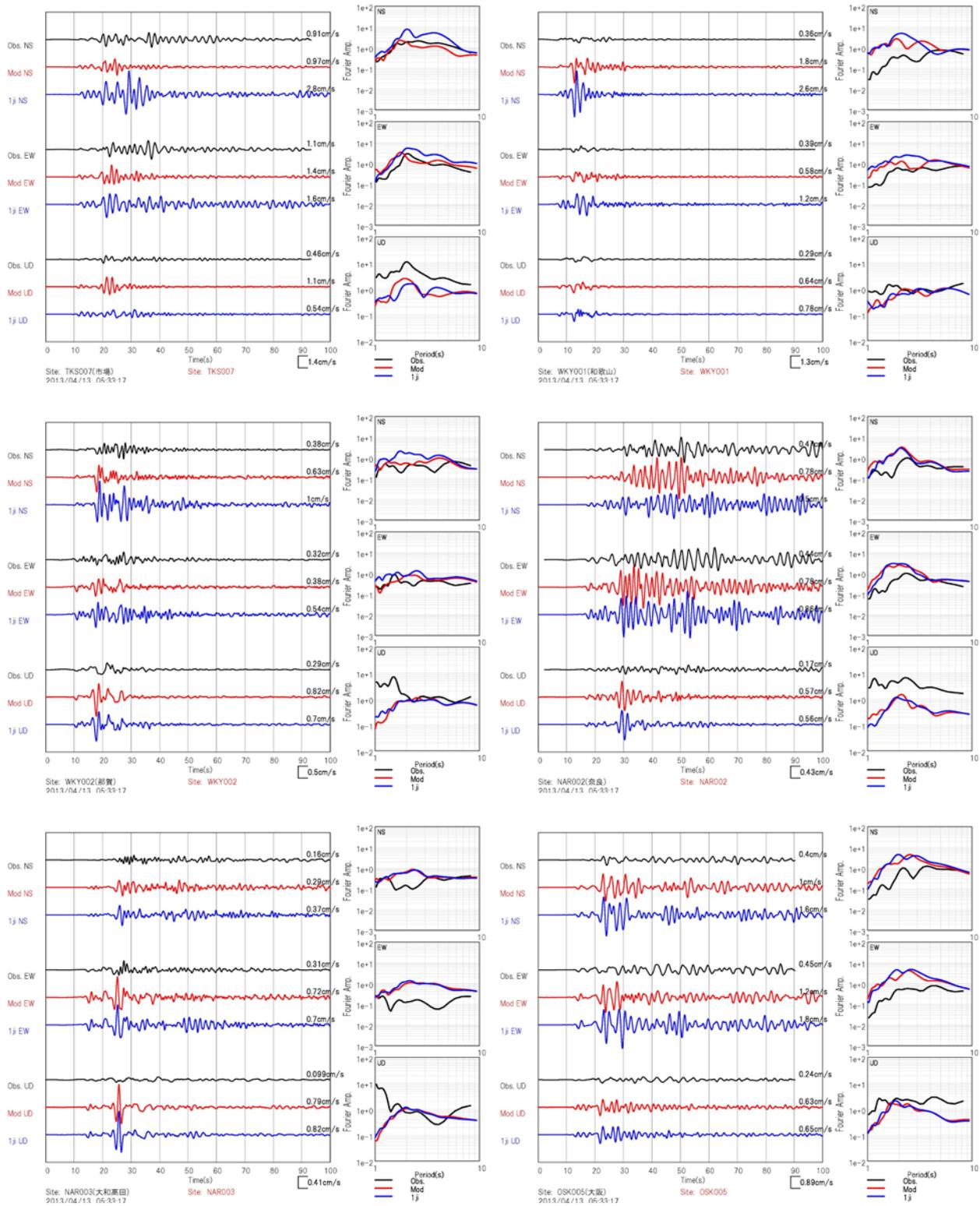


図 3.2-50 観測速度波形との比較。黒：観測 赤：本検討モデル  
 青：陸域本検討モデル、海域全国1次モデル  
 2013年4月13日淡路島付近の地震 (M6.3)



### 3) 地下構造モデル作成（修正）手順

本検討では以下の手順により地下構造モデルの修正を行った。

- ① 反射法地震探査データの収集および反射法地震探査結果に基づく地下構造モデルの取り込み（P波速度モデル）
- ② 重点調査に代表される、物理探査データ（反射法地震探査、微動アレイ探査、ボーリング調査など）に基づく地下構造モデルの取り込み（S波速度モデル）
- ③ 地震動のR/Vスペクトルによる地下構造モデルの検証（1次元）
- ④ 3次元有限差分法による地下構造モデルの検証（震源域から観測点周辺）

#### (c) 結論および今後の課題

南海トラフ域の地下構造モデル改良として、東海・東南海・南海地震の連動性評価プロジェクトで作成された地下構造モデルと全国1次地下構造モデル（暫定版）との接合を行った。また、中央構造線断層帯および別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測による地下構造モデルを接続した。

試作した地下構造モデルに関する確認として、差分法による再現計算を行った。

これらの改良手順についてまとめドキュメント化を行い、今後の課題についての指摘を行った。

海域の反射法地震探査結果に基づく地下構造モデルは、主にP波速度が用いられて作成されている。本検討では、全国1次地下構造モデル（暫定版）のP波速度とS波速度の関係をj用いて、P波速度からS波速度に変換し、地下構造モデルに組み込んだ。海域の広域のS波速度を物理探査より推定することは難しく、P波速度とS波速度の関係は必ずしも明確でない。上記の関係式の誤差が地震動評価に影響を与える可能性もある。地元・山中(2011)では、長期間の地震加速記録を用いた地震波干渉法解析により、観測点間のグリーン関数を求め、グリーン関数を用いて表面波の群速度を推定し、海域のS波速度構造を推定している。今後は、このようなデータについてもモデル化に反映する必要があるのではないかと考えられる。

#### (d) 引用文献

地元孝輔・山中浩明(2011): 南関東地域における地震波干渉法に基づく表面波のローネストモグラフィ解析, 物理探査, 64, 5,31-343.

東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト.(2009): 連動性を考慮した強震動・津波予測及び地震・津波被害予測研究, サブプロジェクト1 の研究成果の活用および地域研究会の開催, 平成20年度成果報告書.

### 3.3. 南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

#### (1) 事業の内容

##### (a) 事業の題目

南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩

##### (c) 事業の目的

サブテーマ1で作成した震源モデルおよびサブテーマ2で作成した地下構造モデルを用いて、東海地域を含む地域を対象とした南海トラフ巨大地震の長周期地震動計算を行う。

#### (2) 事業の成果

##### (a) 事業の要約

サブテーマ(1)で作成した震源モデルとサブテーマ(2)で作成した地下構造モデルにより、周期2~20秒を対象とした長周期地震動計算を行った。計算範囲は、南海トラフ震源域~関東地方南部(少なくとも島嶼部を除く東京都、千葉県の東京湾岸を含む地域)とした。

また、浅部地盤による増幅に関して、関東地方南部および東海地域については、防災科学技術研究所が実施している総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)⑤「レジリエントな防災・減災機能の強化」と連携し、浅部地盤モデルに基づいた上記の計算対象周期における増幅率を検討した。東海地域において、対象周期における浅部地盤の増幅が認められた場合には、他の地域について、微地形区分による表層30mの平均S波速度(AVS30)と増幅率の経験的關係式に基づき評価した。

サブテーマ(1)で作成した震源モデルとサブテーマ(2)で作成した地下構造モデルを用いて、可能な限り広い周波数帯域を対象とした長周期地震動シミュレーション計算を行った。また、浅部地盤モデルによる増幅を考慮した計算結果を提示した。

##### (b) 事業の成果

###### 1) 南海トラフ地震の長周期地震動シミュレーション

サブテーマ(1)で作成した112ケースの震源モデル(3.1節参照)およびサブテーマ(2)で作成した地下構造モデル(3.2節参照)を用いて、長周期地震動シミュレーションを行った。計算対象範囲は、東海地域のみでなく、南海トラフ巨大地震による長周期地震動が懸念されること、浅部・深部統合地盤モデルに基づく地下構造モデルとなっていることを考慮して南関東地域も含むように設定した(図3.3-1)。計算は、不連続格子の三次元有限差分法(Aoi and Fujiwara, 1999)を用いて表3.3-1に示す条件で行った。ここでの工学的基

盤は S 波速度 (Vs) 350m/s 層上面としており、表 3.3-1 の条件より周期 1.5 秒以上を対象としている。計算は、防災科学技術研究所が開発・公開している地震動シミュレータ GMS (青井・他、2004) により、防災科学技術研究所の防災情報システム (スーパーコンピューター) および東京工業大学の TSUBAME3.0 上で実施した。

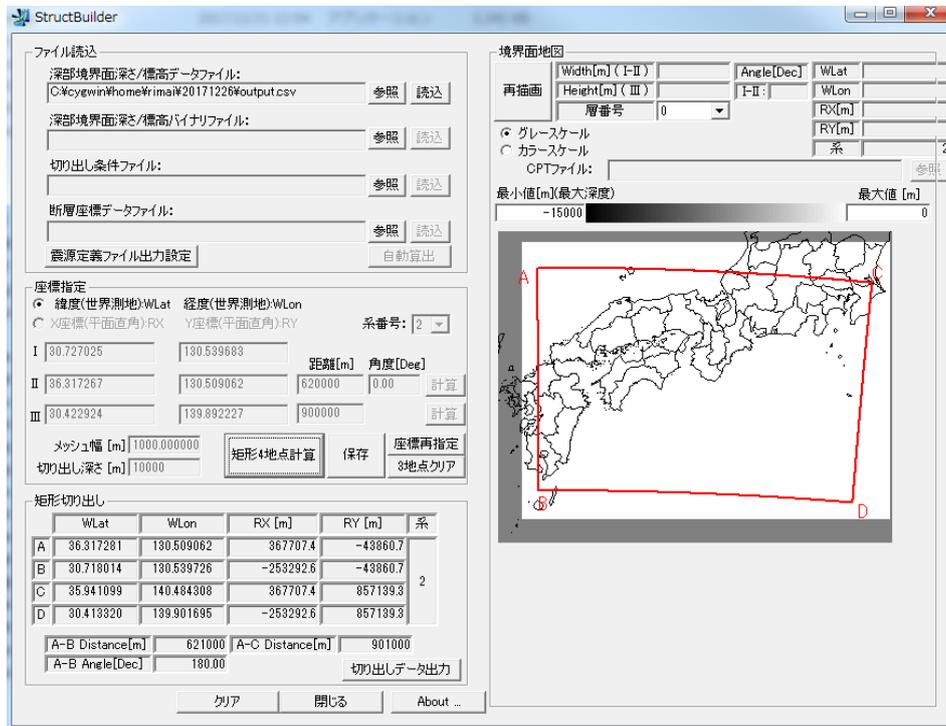


図 3.3-1 本検討における計算対象範囲 (図の赤枠)。

表 3.3-1 三次元差分法の計算条件。

時間間隔 (dt)	0.008333 [秒]
タイムステップ数 (Nstep)	51,600
空間グリッド間隔 (dx, dy, dz)	(140, 140, 100) (第 I 領域) (420, 420, 300) (第 II 領域)

## 2) 浅部地盤による増幅

防災科学技術研究所が実施している総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）⑤「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、関東地域および東海地域を対象とした浅部地盤モデルの作成が進められている。関東地域については、文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所（2017）において浅部地盤による増幅率が求められている（図3.3-2）。本検討では東海地域における現時点での浅部地盤モデルを用いて、鉛直入射を仮定したスペクトル増幅率を求めた（図3.3-3）。ここで、S波増幅特性は、紺野・大町（1995）の対数フィルタを参照して増幅特性を平滑化している。Bの値は20とした。Q値は、以下の式であらわされる値を用いた。fcは福島・翠川（1994）を参考に5Hzに固定し、bについては山中・他（2009）を参考に0.44に固定した。Aの値は、関東地方における増幅特性の検討の結果10.6とした

$$Q(f) = \frac{V_s}{a} * f^b \quad (f < f_c) \quad (3.3-1)$$

$$Q(f) = \frac{V_s}{a} * f_c^b \quad (f \geq f_c) \quad (3.3-2)$$

周期2秒および3秒では大きな河川沿いで増幅している地域も見られるもののその範囲は広くない。一方、周期5秒以上では増幅が見られない。

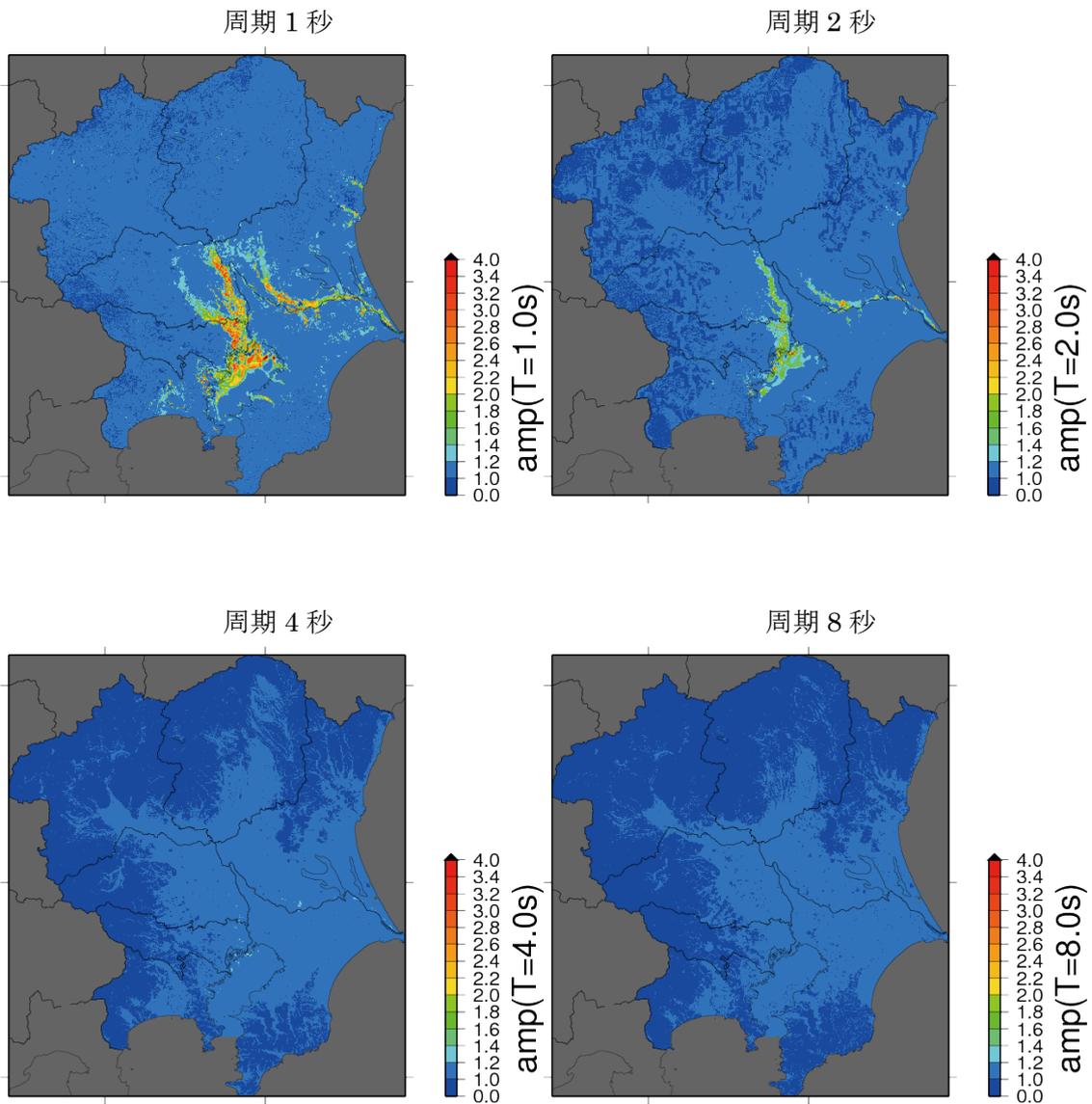


図 3.3-2 総合科学技術・イノベーション会議の SIP で作成されている浅部地盤モデルを参照して求めた関東地域の周期別の応答スペクトルの増幅率 (文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所, 2017)。

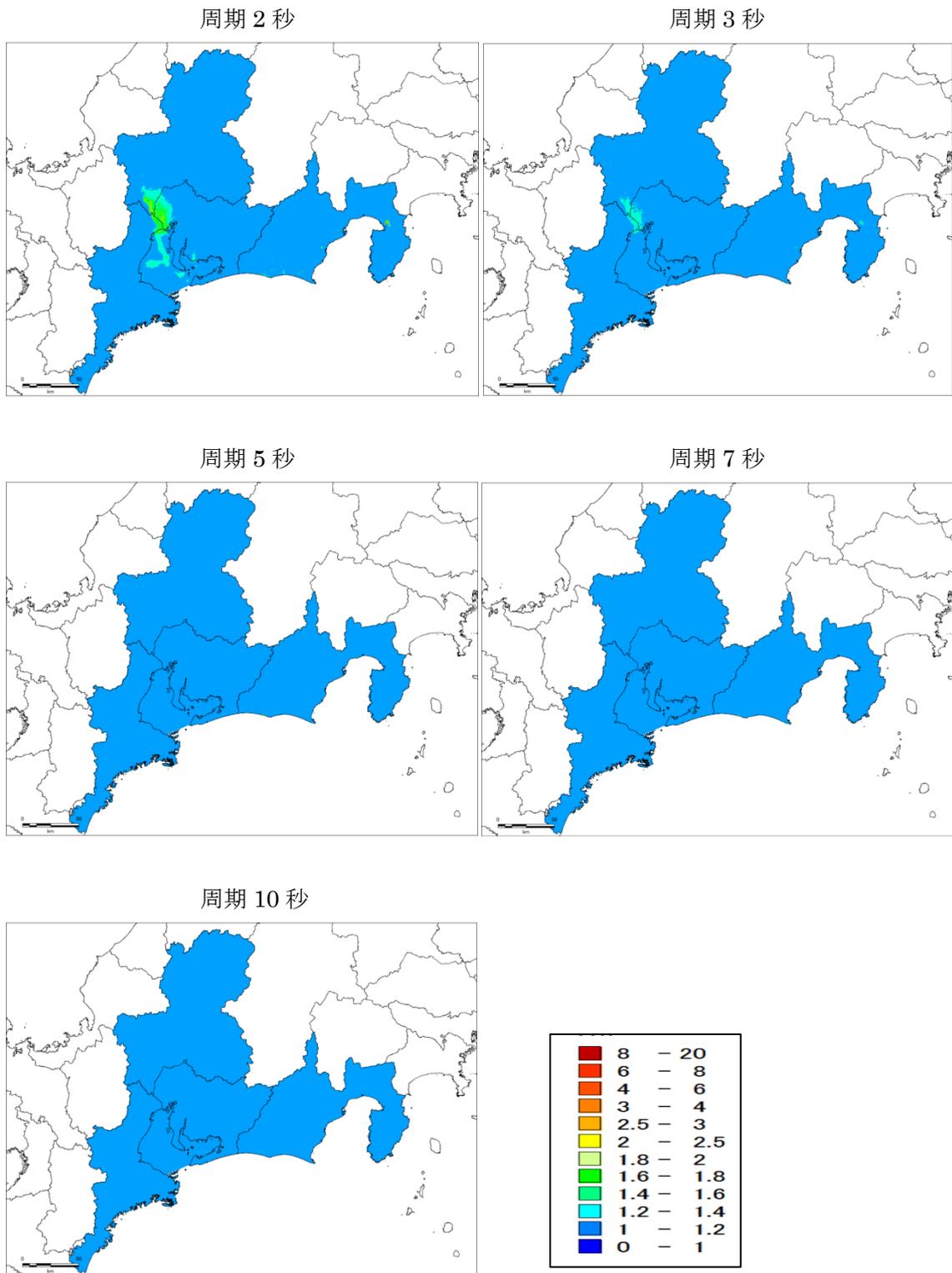


図 3.3-3 総合科学技術・イノベーション会議の SIP で作成されている浅部地盤モデルを参照して求めた東海地域のスペクトル増幅率。

### 3) 計算結果

上述の地震動シミュレーションによる工学的基盤 ( $V_s=350\text{m/s}$ ) 上の最大速度分布を図 3.3-4 に、浅部地盤による増幅を考慮したスペクトル増幅相対速度応答スペクトル (減衰定数 5%、周期 2 秒、3 秒、5 秒、7 秒、10 秒) の分布を図 3-3-5 に、それぞれ「SO010」の震源域 (3.1 節参照) 24 ケースを例として示す。他のケースの分布図については、数値データとともに付録 1 として DVD に納めた。

なお、図 3.3-4 および図 3.3-5 において各図の上部にケース名を記載しているが、以下に対応している。

- ・  $h_{??}$ : 破壊開始点位置 (図 3.1-2 参照)
- ・  $\_add$ : 強震動生成域が領域内深部 (図 3.1-2 参照)
- ・  $\_adm$ : 強震動生成域が領域内中部 (図 3.1-2 参照)
- ・  $\_ads$ : 強震動生成域が領域内浅部 (図 3.1-2 参照)

付録 1 として DVD に納めたデータのファイル名称も同様である。

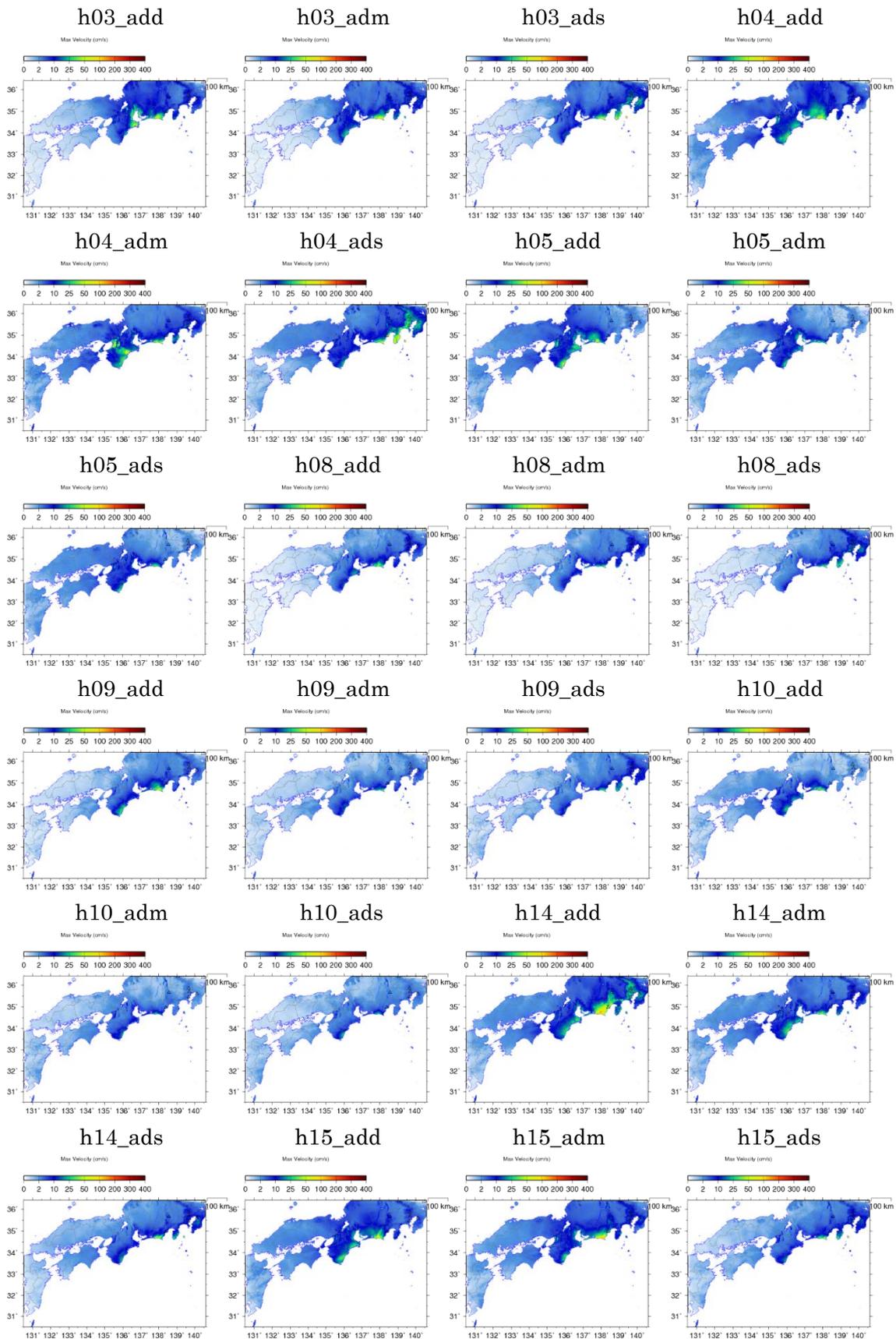


図 3.3-4(1) 工学的基盤上の最大速度分布（震源域 SO010）。

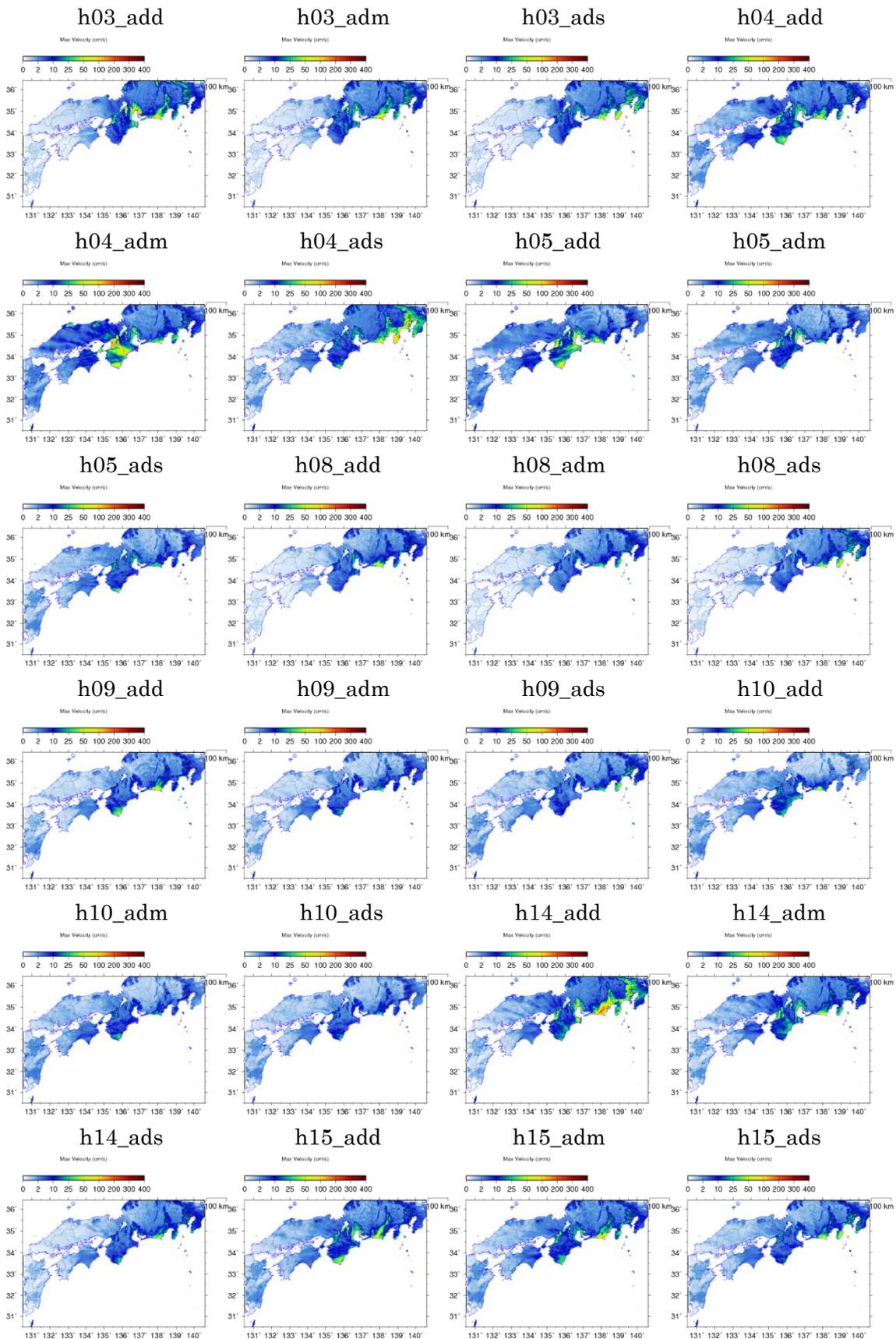


図 3.3-5(1) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 2 秒、震源域 SO010)。

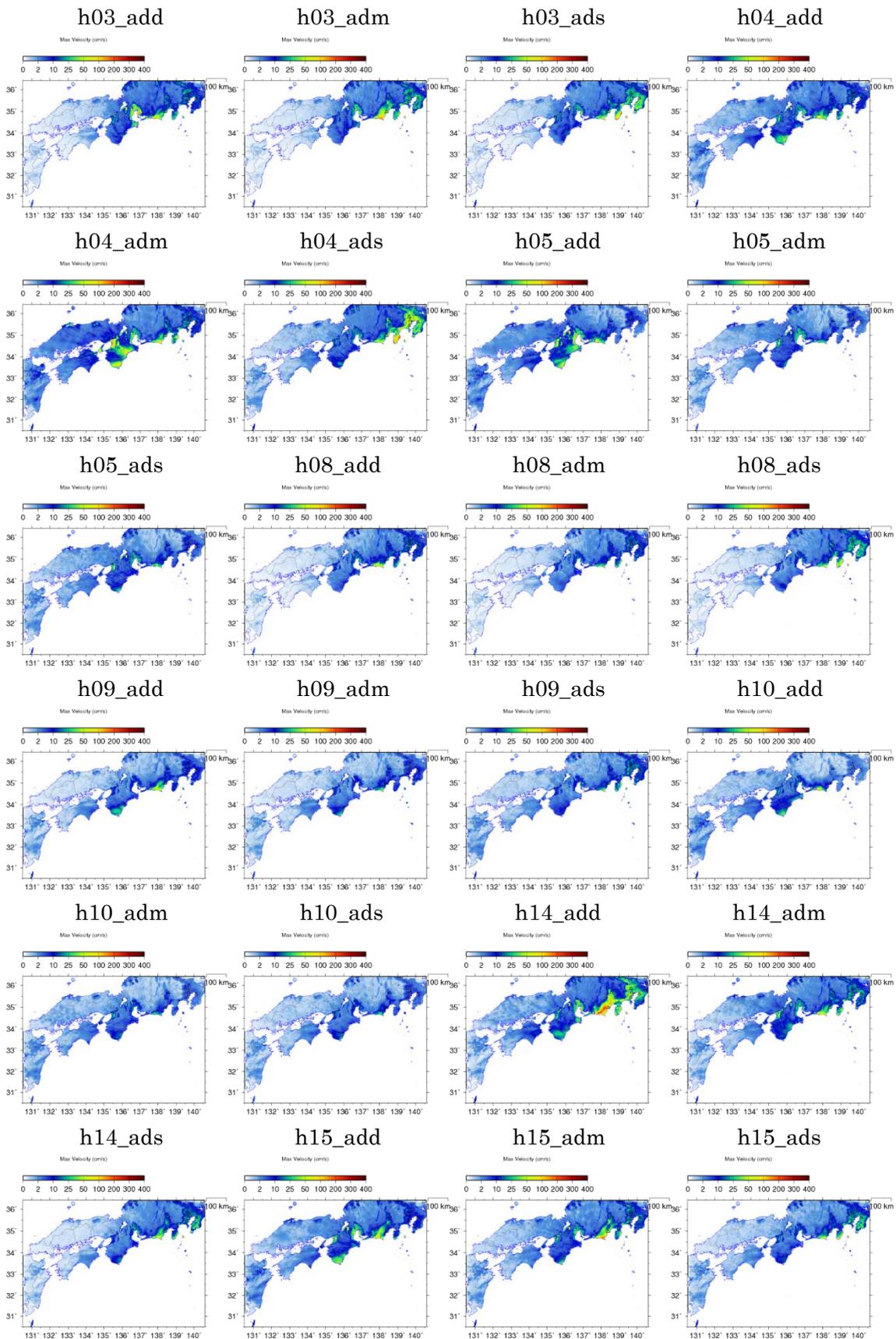


図 3.3-5(2) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 3 秒、震源域 SO010)。

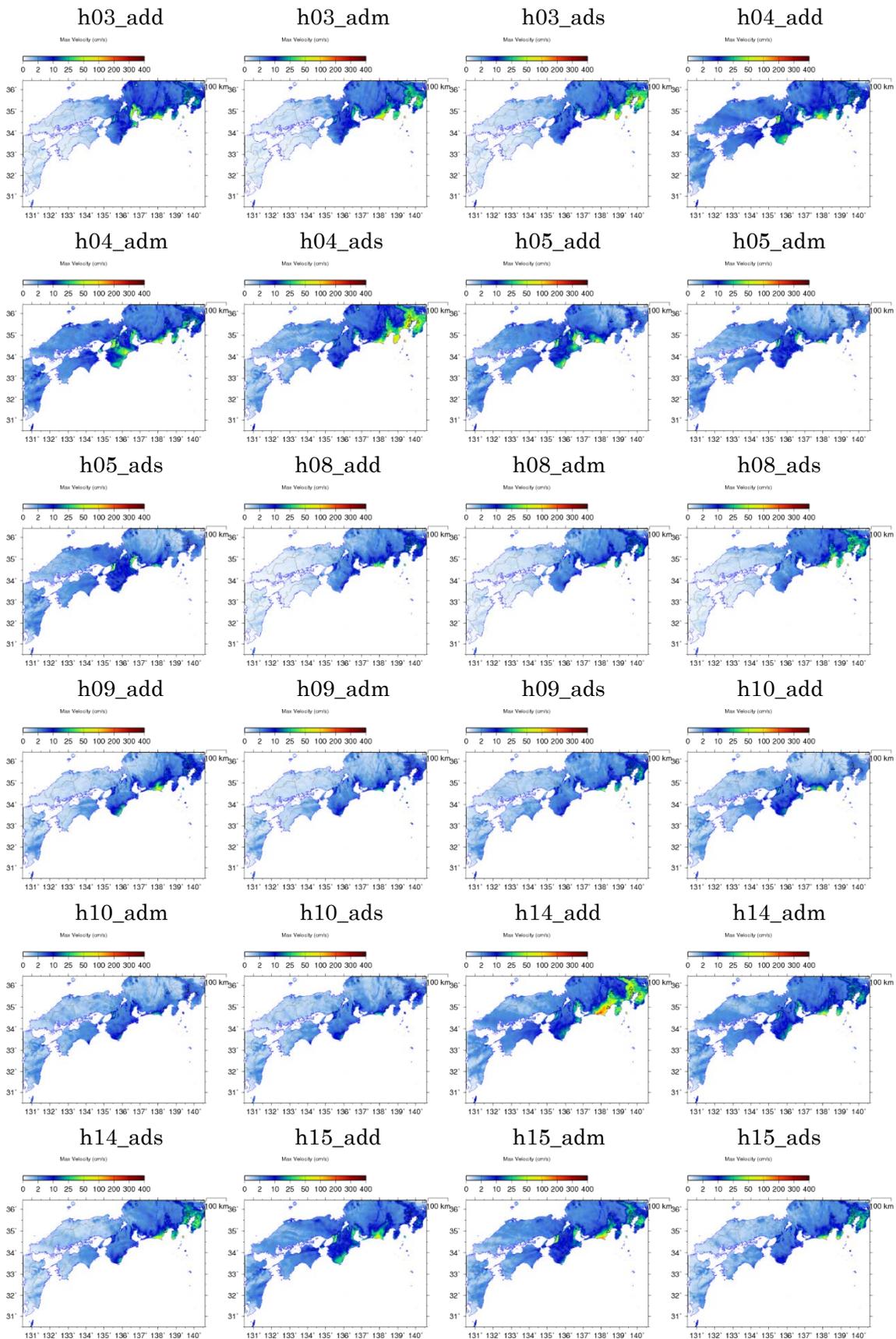


図 3.3-5(3) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 5 秒、震源域 SO010)。

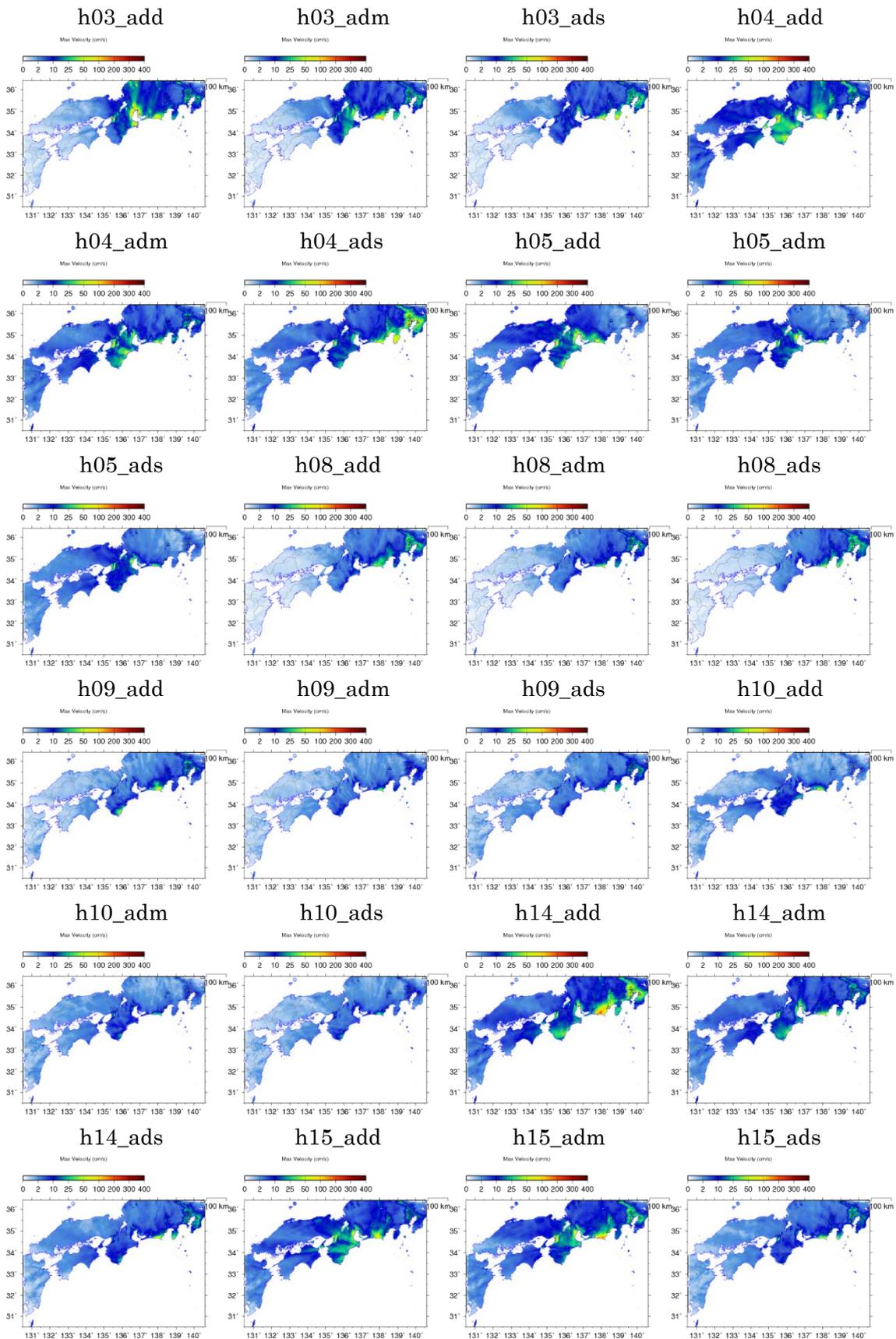


図 3.3-5(4) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 7 秒、震源域 SO010)。

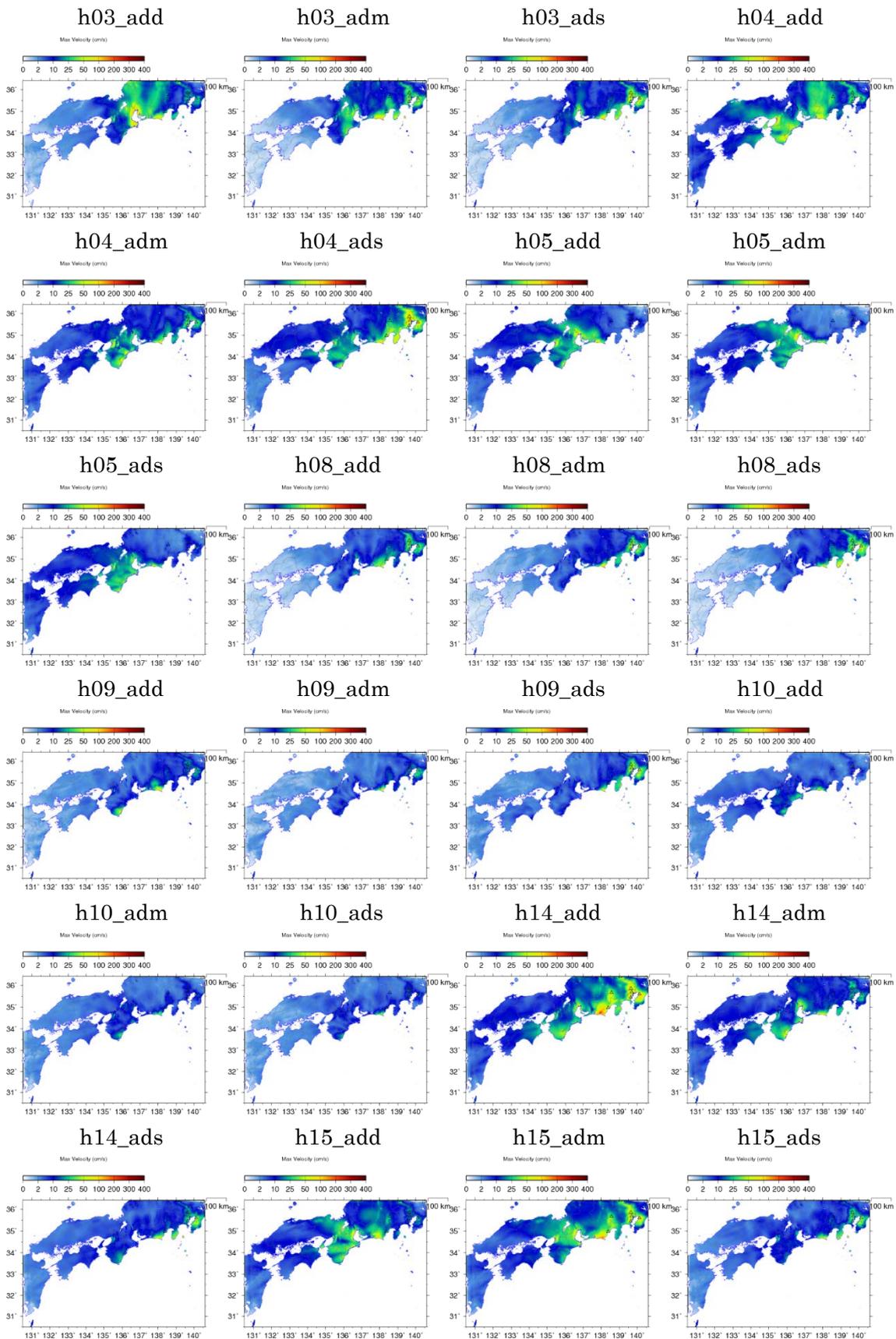


図 3.3-5(5) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 10 秒、震源域 SO010)。

(c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフの巨大地震（M8クラス）を対象とした、破壊伝播速度、すべり量、すべり角の不均質性を付与した震源モデルおよび部分的に改良された全国1次地下構造モデル（暫定版）を用いて三次元有限差分法による長周期地震動を行った。また、東海地域で作成されている詳細な浅部地盤モデルに基づくスペクトル増幅率を算出した。

これらの結果をもとに、南海トラフ巨大地震の長周期地震動ハザードマップの例として、最大速度分布、相対速度応答スペクトルの分布（減衰定数5%、周期2秒、3秒、5秒、7秒、10秒）を作成した。

周期2秒および3秒については、浅部地盤による増幅の影響が無視できない地域があることが分かった。長周期地震動ハザードマップを地表面での地震動分布で表現する場合、周期2～3秒については浅部地盤による影響も考慮する必要がある。ただし、詳細な浅部地盤モデルに基づいてスペクトル増幅率が求められたのは関東地域と東海地域のみであり、少なくとも大規模の大阪平野においても同様の検討が必要である。また、関東地域、東海地域についても更なる改良の検討が行われていることに留意する必要がある。

(d) 引用文献

Aoi, S. and H. Fujiwara (1999): 3D Finite-Difference Method using discontinuous grids, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89, 918-930.

青井真・早川俊彦・藤原広行 (2004) : 地震動シミュレータ : GMS, *物理探査*, 57, 651-666.

福島美光・翠川三郎 (1994) : 周波数依存性を考慮した表層地盤の平均 Q-1 値とそれに基づく地盤増幅率の評価, *日本建築学会構造系論文集*, 406, 37-40.

紺野 克昭・大町 達夫 (1995) : 常時微動の水平/上下スペクトル比を用いる増幅倍率の推定に適した平滑化とその適用例, *土木学会論文集*, 525, 247-259.

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所 (2017) : 平成 28 年度長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業 成果報告書.

山中浩明・大堀道広・翠川三郎 (2010) : 地震記録に基づく地盤増幅特性の逆解析による関東平野のシームレス S 波速度構造モデルの推定

### 3.4. 長周期地震動ハザード評価結果活用の検討等

#### (1) 事業の内容

##### (a) 事業の題目

長周期地震動ハザード評価結果活用の検討等

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	研究部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	森川 信之
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	前田 宜浩
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	河合 伸一
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	東 宏樹

##### (c) 事業の目的

2016年10月に公表された相模トラフ巨大地震の長周期地震動評価結果及び評価に用いたデータを用いて、長周期地震動ハザードマップとして利活用が促進されるための方法を提案する。

#### (2) 事業の成果

##### (a) 事業の要約

社会防災、工学、社会科学の専門家を対象にヒアリング調査を実施し、評価結果の社会的影響や分析方法の妥当・適切さについて意見を聴取した。社会防災を専門にする関係者を含む検討会を設置し、聴取した意見を踏まえて分析方法の妥当・適切さも再検証し、長周期地震動ハザード情報について、データ等の公開や見せ方の方法、これまで試作したウェブやアプリの改良を検討することにより、2016年10月に公表された相模トラフ巨大地震の長周期地震動評価結果及び用いたデータを用いて、長周期地震動ハザードマップとして利活用促進のための方法を提案した。

##### (b) 事業の成果

###### 1) 意見収集と検討会

社会防災、工学、社会科学の専門家を含む有識者に対して、地震本部によるこれまでの長周期地震動予測地図や長周期地震動評価、および長周期地震動予測地図作成等支援事業等で進めてきた検討内容について、評価手法の妥当性や適切さ、評価結果公表による社会的影響に関して意見収集し、今後の長周期地震動評価の方向性について議論する検討会を開催した。以下の2回の会議を開催し、10名の有識者（付録1）に出席いただいた。

###### (1) 第1回会議（平成29年11月15日（水） 15時～17時）

第1回会議では、これまでの地震本部による長周期地震動ハザードに関する検討とし

て、最新の長周期地震動評価 2016 年試作版における評価手法と公開されているデータについての説明をはじめに行った。さらに「長周期地震動予測地図作成等支援事業」および「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」において実施されてきた長周期地震動ハザード情報を提供するシステムやスマートフォンアプリの試作版についても説明を行った。

長周期地震動ハザード情報のデータ公開の社会的影響、ならびに利活用の方向性について、有識者より以下の意見が得られた。

- ・不確実さを含む結果、確率（頻度）としては極めて低くても最大（最悪）のシナリオのみ注目されてしまうことはどうしてもある。
- ・内閣府が公開しているデータはそのまま対策に用いるという条件があるという点で使いやすい。一方で、地震本部で検討が進められている不確実さを考慮した評価結果をどう活用するかについては位置づけが明確でない。
- ・不確実さを含む情報を必要としている分野もある。長周期地震動ハザード評価結果の性質を理解しているユーザーに先行的に情報することで、エンドユーザーとの間に入って解説できる中間的機関や専門的機関、人材育成がなされ、利活用が促進されるのではないか。
- ・長周期地震動に関するニーズを把握することは重要。石油タンクは法令基準に基づく設計ニーズがある。高圧ガスタンクではサイト波の検討が必要。これらへの適用まで見据えるのであれば、そのための情報を出す評価を行うことが必要になる。
- ・相模トラフ地震だけでなく、南海トラフ地震や他の地震のシナリオも必要である。全国を対象とした評価を行うべきではないか。
- ・建物の評価では波形が必要であり、超高層ビルであっても短周期地震動も必要である。
- ・評価手法について、過去の地震で検証がなされており、現時点で用いることができる最善の手法で評価されていることは理解できた。過去に発生したことが知られていないような地震に対する予測・評価結果の妥当性を確認するのは困難ではあるが、海外の記録を用いるなども含めての継続的な検討が必要である。
- ・面的な情報は国や自治体では必要とするかもしれないが、企業などでは個別地点でのデータが必要とされる。J-SHIS（地震ハザードステーション）のようなシステムを通して個別地点の情報が提供されることを期待している。
- ・評価結果を直接利用するだけでなく、評価に用いたデータを利用する間接的な活用もある。そのためには、結果だけでなく、計算条件等も含めできるだけ多くの情報・データを提供することが望ましい。

## （2）第 2 回会議（平成 30 年 2 月 15 日（木） 15 時～17 時）

第 2 回会議では、第 1 回会議での意見を整理し、今後の長周期地震動ハザード評価として進めていくべきことについて議論した。結果として、以下の方向性を提示することの同意を得た。

- ・超巨大地震（マグニチュード 9 クラスの地震）を対象とした評価の実施
- ・活断層を含む日本全国を対象とした評価の実施

- ・大きな不確実さを考慮できる確率論的なハザード評価の実施
  - ・評価手法や不確実さに関する説明、解説の充実
  - ・評価手法を理解し、不確実さを含む結果を必要としているユーザーへのデータ提供
- これらを推進するために取り組むべき課題として、
- ・観測事例の少ない地震のモデル改良（M9 地震、活断層の地表付近、海溝型地震と同時に活動する活断層）
  - ・海域を含む地下構造モデルの改良
  - ・認識論的不確実性を考慮した評価
  - ・確率論的ハザード評価に基づくリスク評価手法の確立とそれを理解する人材の育成
  - ・不確実さを減らすための調査研究の推進
- が挙げられた。

なお、これら 2 回の会議には、文部科学省地震・防災研究課からもオブザーバーとして 3 名にご出席いただいた。

## 2) 長周期地震動ハザード情報を提供するウェブやアプリケーションの改良

1) において、防災科学技術研究所の地震ハザードステーション（J-SHIS）のように個々の任意の地点における長周期地震動（ハザード）評価結果が得られることが望ましいという意見があった。このことを踏まえ、

- ・これまでの長周期地震動予測地図作成等支援事業などで検討してきた、長周期地震動ハザード情報を公開するウェブシステム試作版上での長周期地震動評価 2016 年試作版のデータを閲覧、ダウンロードできるようにする。
- ・長周期地震動評価 2016 年試作版の評価地域内の任意の地点において、長周期地震動ハザードに関する情報を 1 枚（1 ページ）にまとめた「カルテ」を試作する。
- ・

### (1) 長周期地震動ハザード情報ウェブシステム

長周期地震動評価 2016 年試作版の報告書では、4 つの震源域（T1, T2, G1, G2）ごとの「平均」および「平均+ $\sigma$ 」の地震動分布が示されている。ここではこれらの地震動分布図を「ハザードマップ」と呼ぶこととする。ハザードマップの表示例を図 3.4-1 に、表示できるマップのリストを表 3.4-1 に示す。

この「ハザードマップ」は、4 つの震源域（T1, T2, G1, G2）で計 408 ケースの個別シナリオの長周期地震動計算が行われた結果が統合されたものである。ここでは、そのもととなっている個別シナリオの地震動分布図を「シナリオマップ」と呼ぶこととする。シナリオマップの表示例を図 3.4-2 に、表示できるマップのリストを表 3.4-2 に示す。シナリオマップでは、対象としたシナリオの震源モデル（震源域、アスペリティおよび破壊開始点位置）も合わせて表示される。

「ハザードマップ」、「シナリオマップ」のいずれも、評価対象地域内の 3 次メッシュご

とに数値情報を表示することも可能である（図 3.4-3）。報告書で応答スペクトルが示されている 12 地点については、「ハザードマップ」における「平均」あるいは「平均+ $\sigma$ 」に最も近いケースの速度波形を表示することもできるようにした（図 3.4-4）。本検討では 12 地点のみの機能にとどまっているが、各メッシュで表示できるようにすることも技術的には可能である。

これらのデータをダウンロードできるページを設ける（図 3.4-5）とともに、各マップの画面からダウンロードできるようにもした（図 3.4-6）。ただし、地下構造モデルについてはすでに地震本部のホームページからダウンロードできるようになっているため、そちらへリンクを張ることで対応した。



図 3.4-1 「ハザードマップ」の表示例。

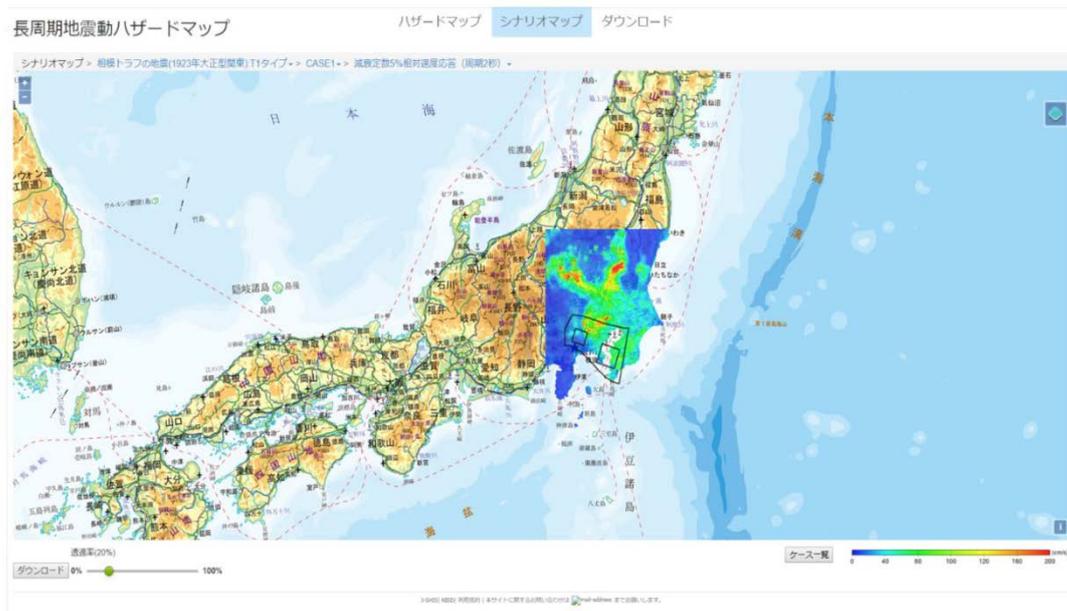


図 3.4-2 「シナリオマップ」の表示例。

表 3.4-1 「ハザードマップ」のリスト。

階層 1 (地震リスト)	階層 2 (分布図リスト)
相模トラフの地震(1923 年大正型関東):T タイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地震動速度時刻歴継続時間 (平均)</li> <li>• 地震動速度時刻歴継続時間 (平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 長周期地震動階級 (平均)</li> <li>• 長周期地震動階級 (平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 2 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 2 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> </ul>
相模トラフの地震(1923 年大正型関東):T1 タイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 3 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 3 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 4 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 4 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 5 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 5 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> </ul>
相模トラフの地震(1923 年大正型関東):T2 タイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 6 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 6 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 7 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 7 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 8 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 8 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> </ul>
相模トラフの地震(1703 年元禄型関東):G タイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 9 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 9 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 10 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 10 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• <u>減衰定数 5%相対速度応答 (周期 2 秒,平均)</u></li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 2 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 3 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 3 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> </ul>
相模トラフの地震(1703 年元禄型関東):G1 タイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 4 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 4 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 5 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 5 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 6 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 6 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 7 秒,平均)</li> </ul>
相模トラフの地震(1703 年元禄型関東):G2 タイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 7 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 8 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 8 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 9 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 9 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 10 秒,平均)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 10 秒,平均+<math>\sigma</math>)</li> </ul>

表 3.4-2 「シナリオマップ」のリスト。

階層 1 (地震リスト)	階層 2 (ケースリスト)	階層 3 (分布図リスト)
相模トラフの地震 (1923 年大正型関東):T1 タイプ	CASE1~ CASE60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地震動速度時刻歴継続時間</li> <li>• 長周期地震動階級</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 2 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 3 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 4 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 5 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 6 秒)</li> </ul>
相模トラフの地震 (1923 年大正型関東):T2 タイプ	CASE1~ CASE60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 7 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 8 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 9 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 10 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 12 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 15 秒)</li> </ul>
相模トラフの地震 (1703 年元禄型関東):G1 タイプ	CASE1~ CASE96	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%擬似速度応答 (周期 20 秒)</li> <li>• <u>減衰定数 5%相対速度応答 (周期 2 秒)</u></li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 3 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 4 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 5 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 6 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 7 秒)</li> </ul>
相模トラフの地震 (1703 年元禄型関東):G2 タイプ	CASE1~ CASE192	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 8 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 9 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 10 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 12 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 15 秒)</li> <li>• 減衰定数 5%相対速度応答 (周期 20 秒)</li> </ul>

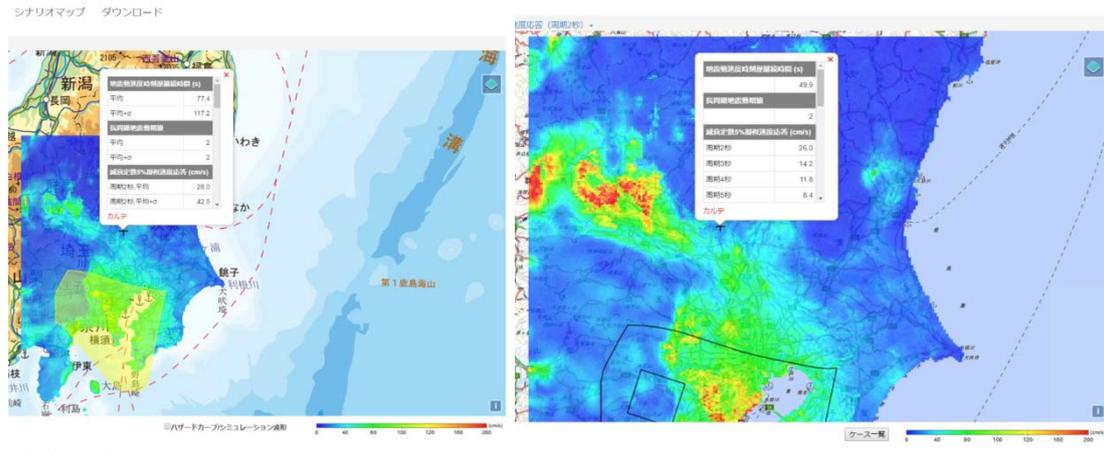


図 3.4-3 地点情報の表示例 (左：ハザードマップ、右：シナリオマップ)。

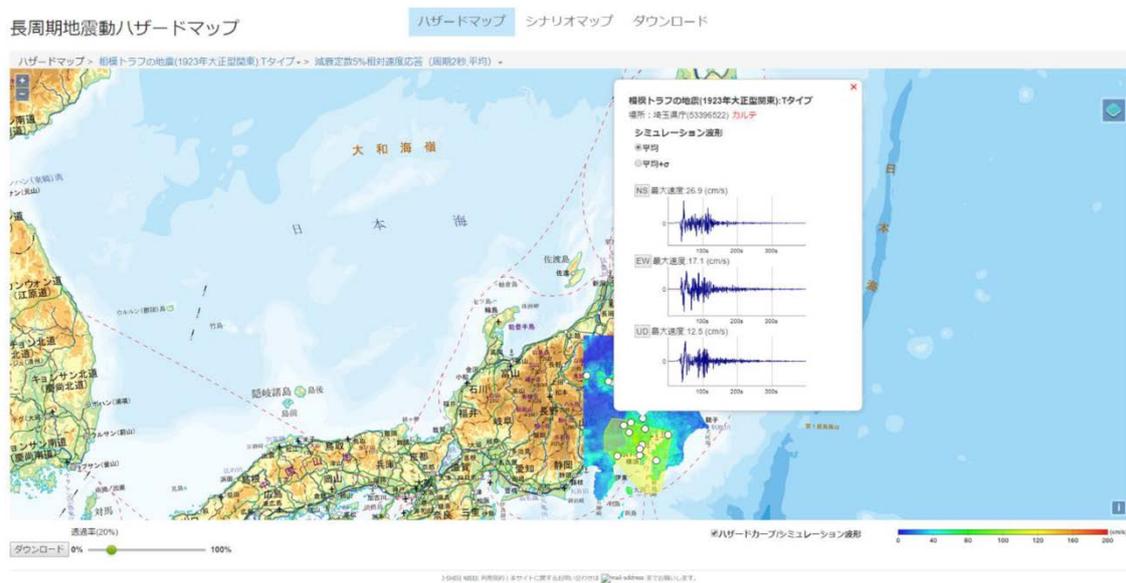


図 3.4-4 速度波形の表示例。

ダウンロード

- ・ハザードマップ
- ・シナリオマップ(2016年版)
- ・深部地下構造

・ハザードマップ

[ページ先頭に戻る](#)

データ種別		ファイルサイズ	
地図データ	相模トラフの地震 (1703年元禄型開東)G1タイプ	地震動速度時刻歴継続時間	431KB
		長周期地震動階級	299KB
		減衰定数5%擬似速度応答	2MB
		減衰定数5%相対速度応答	1MB
相模トラフの地震 (1703年元禄型開東)G1タイプ	相模トラフの地震 (1703年元禄型開東)G1タイプ	減衰定数5%擬似速度応答	1MB
		減衰定数5%相対速度応答	933KB
相模トラフの地震 (1703年元禄型開東)G2タイプ	相模トラフの地震 (1703年元禄型開東)G2タイプ	減衰定数5%擬似速度応答	1MB
		減衰定数5%相対速度応答	914KB
相模トラフの地震 (1923年大正型開東)T1タイプ	相模トラフの地震 (1923年大正型開東)T1タイプ	地震動速度時刻歴継続時間	425KB
		長周期地震動階級	270KB
		減衰定数5%擬似速度応答	2MB
		減衰定数5%相対速度応答	1MB
相模トラフの地震 (1923年大正型開東)T1タイプ	相模トラフの地震 (1923年大正型開東)T1タイプ	減衰定数5%擬似速度応答	1MB
		減衰定数5%相対速度応答	929KB
相模トラフの地震 (1923年大正型開東)T2タイプ	相模トラフの地震 (1923年大正型開東)T2タイプ	減衰定数5%擬似速度応答	1MB
		減衰定数5%相対速度応答	932KB

図 3.4-5 データダウンロードページ (ハザードマップの例)。

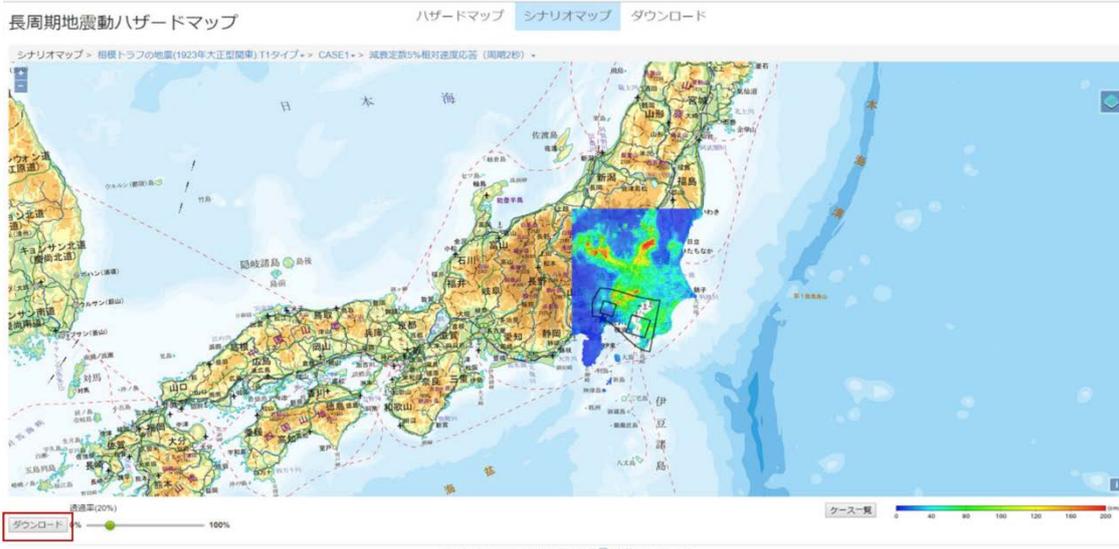


図 3.4-6 マップ画面からのダウンロード機能。

(2) 長周期地震動カルテ

J-SHIS では、各メッシュ (1/4 地域メッシュ) において確率論的地震動予測地図の情報を 1 枚に集約した「地震ハザードカルテ」。ここでは長周期地震動評価結果について同様に 1 枚に情報を集約した「カルテ」を試作した。陸域の任意の地点 (3 次メッシュ) ごとに長周期地震動評価 2016 年試作版の結果を集約してまとめた (図 3.4-7、表 3.4-3)。

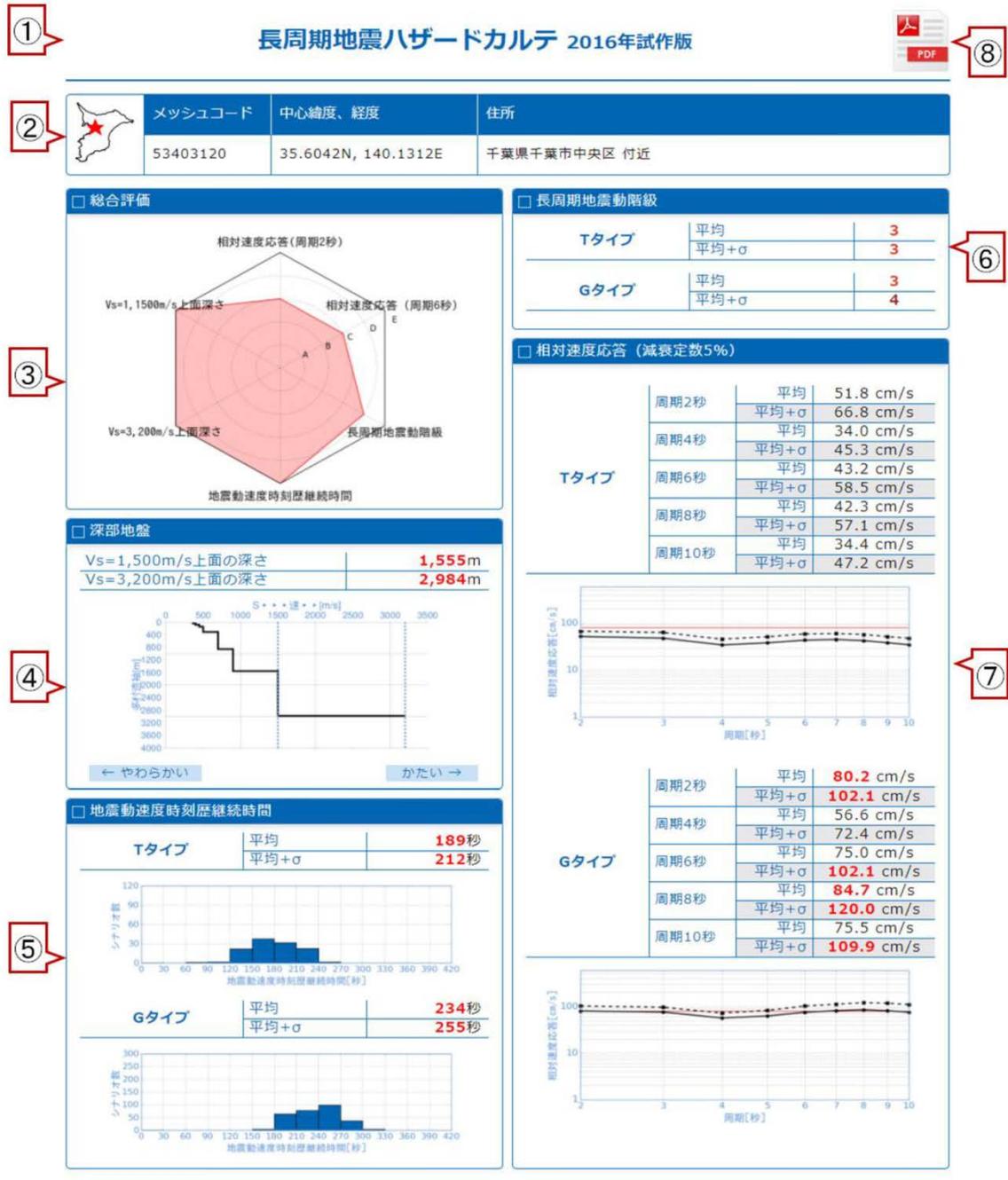


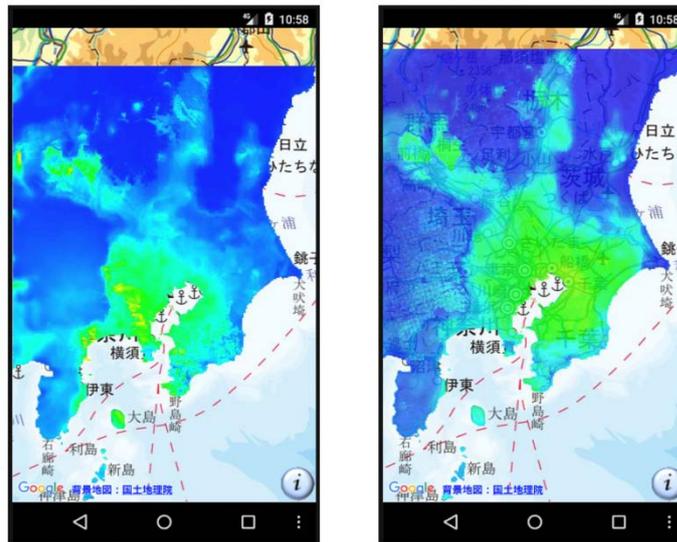
図 3.4-7 長周期地震動カルテの試作。①～⑧は表 3.4-3 の No. と対応。

表 3.4-3 長周期地震動カルテの表示内容。No.の①～⑧は図 3.4-7 を参照。

No.	カルテ項目	機能概要
①	ヘッダー	カルテのタイトルとして、「長周期地震動ハザードカルテ 2016 年試作版」と表示する。
②	評価地点情報	評価地点位置画像、世界測地系 3 次メッシュコード、3 次メッシュの中心位置の緯度経度、3 次メッシュの中心における住所を表示する。
③	総合評価	評価地点における長周期地震動の総合評価結果を示したレーダーチャートを表示する。
④	深部地盤	評価地点における、長周期地震動評価に使用した深部地盤構造を表示する。
⑤	地震動速度時刻歴継続時間	相模トラフの地震(1923 年大正型関東):T タイプ」と「相模トラフの地震(1923 年大正型関東):G タイプ」の地震動速度時刻歴継続時間の平均および平均+標準偏差の値をそれぞれのタイプごとに表で表示する。
⑥	長周期地震動階級	評価地点における、「相模トラフの地震(1923 年大正型関東):T タイプ」と「相模トラフの地震(1923 年大正型関東):G タイプ」の長周期地震動階級の平均および平均+標準偏差の値をタイプごとに表示する。
⑦	相当速度応答 (減衰定数 5%)	評価地点における、「相模トラフの地震(1923 年大正型関東):T タイプ」と「相模トラフの地震(1923 年大正型関東):G タイプ」の減衰定数 5%相対速度応答の平均および平均+標準偏差の値をタイプごとに表で表示する。
⑧	PDF 表示ボタン	長周期地震動ハザードカルテの PDF を表示するためのボタンを表示する。HTML 形式表示の場合のみ表示する

(3) スマートフォンアプリ

スマートフォンで地震ハザード情報を閲覧できるアプリケーションに長周期地震動評価 2016年試作版の追加(図 3.4-8)とともに、前述の「カルテ」を表示できる機能の追加(図 3.4-9)を試行した。



地震動速度時刻歴継続時間(平均) 減衰定数5%相対速度応答(周期2秒, 平均)

図 3.4-8 スマートフォンアプリでの長周期地震動評価 2016年試作版の表示例。



図 3.4-9 スマートフォンアプリ上での長周期地震動カルテの試行。

(c) 結論および今後の課題

社会防災、工学、社会科学の専門家を含む有識者から、長周期地震動評価とそのデータ公開に関する意見を収集した。その結果、評価手法については現在用いることができる最善のものであるものの、過去に発生したことが知られていない地震への適用の妥当性確認を継続的に検討していく必要があるとの意見が得られた。不確かさが大きい長周期地震動ハザード情報については、評価条件の十分な説明や解説が必要であり、不確かさが生じる要因を理解できる人材を育成していく必要性が指摘された。一方で、大きな不確かさを考慮できる確率論的な評価を行うべきとの方向性が提示された。また、利活用においては個々の地点情報の提供への要望が多かった。

これらの意見も踏まえて、これまでの長周期地震動予測地図作成等支援事業において試作してきた、長周期地震動ハザード情報を提供するウェブシステムで長周期地震動評価2016年試作版を閲覧、データダウンロードできるようにし、3次メッシュごとの地点情報を提供できるよう高度化を行った。

長周期地震動カルテに関しては、情報の内容をユーザーからの意見なども踏まえて盛り込む内容（情報）を選定する必要がある。

#### 4. むすび

南海トラフの地震に対する長周期地震動ハザードマップの公表へ向けて、平成 28 年度までの「長周期地震動予測地図作成等支援事業」および「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」の検討内容を踏まえ、長周期地震動ハザードマップの作成のための検討を実施し、以下の成果が得られた。

- ・南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）で例示されている震源域のうち、5 通りの震源域を対象として、アスペリティ（強震動生成域）および破壊開始点の不確かさを考慮し、さらに Iwaki et al. (2016) に従ってすべり量、破壊伝播速度、すべり角に関する不均質さを付与した 112 ケースの震源モデルを作成した。
- ・マグニチュード 9 級の南海トラフの「最大クラス」の地震を対象としてマグニチュード 8 級の地震と同じ破壊過程（すべり量、破壊伝播速度、すべり角）の不均質性を付与した 2 ケースの震源モデルを作成した。
- ・南海トラフ域の地下構造モデル改良として、東海・東南海・南海地震の連動性評価プロジェクトで作成された地下構造モデルと全国 1 次地下構造モデル（暫定版）との接合を行った。また、中央構造線断層帯および別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測による地下構造モデルを接続した。
- ・試作した地下構造モデルに関する確認として、差分法による再現計算を行った。
- ・本検討の地下構造の修正手順についてまとめた。
- ・関東地域および東海地域で作成されている詳細な浅部地盤モデルに基づくスペクトル増幅率を算出し、周期 2 秒および 3 秒については、浅部地盤による増幅の影響が無視できない地域があることが分かった。
- ・112 ケースの震源モデルと部分的に改良した全国 1 次地下構造モデル（暫定版）を用いて三次元有限差分法による地震動シミュレーションを南海トラフ地震の震源域から南関東地域を対象として行い、工学的基盤（ $V_s=350\text{m/s}$ ）上の最大速度分布、および浅部地盤による増幅を考慮した相対速度応答スペクトル（減衰定数 5%）の分布図を作成した。
- ・社会防災、工学、社会科学の専門家を含む有識者から、長周期地震動評価とそのデータ公開に関する意見を収集した。その結果、評価手法については現在用いることができる最善のものであるものの、過去に発生したことが知られていない地震への適用の妥当性確認を継続的に検討していく必要があるとの意見が得られた。不確かさが大きい長周期地震動ハザード情報については、評価条件の十分な説明や解説が必要であり、不確かさが生じる要因を理解できる人材を育成していく必要性が指摘された。一方で、大きな不確かさを考慮できる確率論的な評価を行うべきとの方向性が提示された。また、利活用においては個々の地点情報の提供への要望が多かった。
- ・これまでの長周期地震動予測地図作成等支援事業において試作してきた、長周期地震動ハザード情報を提供するウェブシステムで長周期地震動評価 2016 年試作版を閲覧、データダウンロードできるようにし、3 次メッシュごとの地点情報を提供できるよう高度化を行った。

一方で、以下の課題が残されていることも明らかとなった。

- マグニチュード 9 級の地震に対する本検討の方法、値による不均質性付与の妥当性は検証できていない。ただし、検証対象となり得る強震動記録が得られている地震は平成 23 年東北地方太平洋沖地震のみであるが、震源モデルの検証を行うためには周期 2 ～3 秒まで検証された震源域（海域）を含む地下構造モデルも必要である点に留意が必要である。
- 海域の反射法地震探査結果に基づく地下構造モデルは、主に P 波速度が用いられて作成されている。本検討では、全国 1 次地下構造モデル（暫定版）の P 波速度と S 波速度の関係を用いて、P 波速度から S 波速度に変換し、地下構造モデルに組み込んだ。海域の広域の S 波速度を物理探査より推定することは難しく、P 波速度と S 波速度の関係は必ずしも明確でない。
- 詳細な浅部地盤モデルに基づいてスペクトル増幅率が求められたのは関東地域と東海地域のみであり、少なくとも大規模の大阪平野においても同様の検討が必要である。また、関東地域、東海地域についても更なる改良の検討が行われていることに留意する必要がある。
- 長周期地震動カルテに関しては、情報の内容をユーザーからの意見なども踏まえて盛り込む内容（情報）を選定する必要がある。