

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

平成 29 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 28 年度「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」の成果を取りまとめたものです。

目 次

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
1.1. 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	5
3. 事業の成果	6
3.1. 対象周期を拡張した長周期地震動ハザード評価手法の検討等	6
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検討等	47
3.3. 南海トラフ地震を対象とした長周期地震動ハザード評価の検討等	132
3.4. 相模トラフ地震（マグニチュード7級）等を対象とした長周期地震動ハザード評価の基礎調査等	162
4. むすび	221

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が公表するため準備している、発生が逼迫しているマグニチュード8～9級の南海トラフ地震および相模トラフ地震の「長周期地震動ハザードマップ」の作成等を支援することを目的とする。

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) 対象周期を拡張した長周期地震動ハザード評価手法の検討等

長周期地震動ハザード評価の対象周期の拡張に向けて、地震波伝播のQ値の設定、地下構造の不均質による散乱の評価及び表層地盤による増幅について検討し、手法等の妥当性及び精度の確保可能な周期帯域を検証する。

首都圏を対象として作成されている浅部・深部統合地盤モデル（首都直下地震防災・減災特別プロジェクト，2013；防災科学技術研究所，2013）に基づく計算用地下構造モデルを用いて、

- ・マグニチュード6程度以上の海溝型地震を対象とした長周期地震動シミュレーションを実施し、観測記録と比較
- ・深部地盤に深にランダム不均質性を考慮した複数の地震動シミュレーション
- ・浅部地盤モデルを用いた地震動応答特性の評価等

を実施し、地震動観測記録等との比較により、S波速度350m/s程度の解放工学的基盤上での長周期地震動ハザード評価における適切なQ値の設定方法、ランダム不均質性及び浅部地盤が長周期地震動に及ぼす影響とその周期帯域を示す。

(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検討等

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東海から南海トラフ域の深部地下構造モデルを試作し、高精度化を検討するとともに、全国1次地下構造モデル（暫定版）との比較検証を行う計画を立案する。

- ・「東海・東南海・南海地震の連動性評価プロジェクト」及び「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」の調査観測によるデータを収集・整理
- ・全国1次地下構造モデル（暫定版）との比較
- ・最新のデータ及び(1)の成果に基づく全国1次地下構造モデルの改良版の試作
- ・関東地域および東九州地域の領域も含めた地下構造モデル統合の検討
- ・2004年紀伊半島沖の地震の前震、2009年駿河湾の地震、2013年淡路島付近の地震を含

むマグニチュード6程度以上の地震によるF-net及びKiK-net観測点の強震動記録を整理と地下構造モデル検証への適用可能性の検討を実施し、全国1次地下構造モデル（暫定版）の改良試作版を作成するとともに、試作した地下構造モデルの検証方法を示す。

（3） 南海トラフ地震を対象とした長周期地震動ハザード評価の検討等

サブテーマ（1）および（2）の検討結果を踏まえて、平成25年度「長周期地震動予測地図作成等支援事業」成果報告書に提案されている南海トラフ地震の震源モデル及び地下構造モデルの高度化について検討する。平成25年度「長周期地震動予測地図作成等支援事業」で設定された震源モデル及び地下構造モデルについて、

- ・平成27年度までの「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」を踏まえたすべり量やすべり角、破壊伝播速度の不均質性の適切な与え方の検討
- ・長周期地震動シミュレーションによる震源パラメータのパラメータスタディ
- ・震源域、強震動生成域（アスペリティ）や破壊開始点位置等について、既設定以外のモデル化
- ・既往のボーリングデータや微動観測データ等を用いた濃尾平野の浅部・深部統合地盤初期モデル試行版の作成と(2)で試作した深部地下構造モデルと結合
- ・中小地震のシミュレーション結果と観測記録との比較により、現状の関東平野の深部・浅部統合地盤モデルの問題点等の把握
- ・上記の震源モデル及び地下構造モデルを用いた長周期地震動シミュレーションによる長周期地震動ハザード評価の試行

を実施し、南海トラフ地震の長周期地震動ハザード評価のための震源モデル、濃尾平野の浅部・深部統合地盤モデル試行版を作成するとともに、浅部・深部統合地盤モデルによる周期1秒まで拡張する上での課題と濃尾平野を対象とした南海トラフ地震の長周期地震動ハザード評価の試行結果を示す。

（4） 相模トラフ（マグニチュード7級）等を対象とした長周期地震動ハザード評価の基礎調査等

関東地域における長周期地震動の評価の優先度を決定するため、マグニチュード7級のスラブ内地震や長大な活断層による長周期地震動の評価に関する基礎調査を行った。

- ・国内のスラブ内地震による強震動記録及び既往研究等における震源インバージョン解析・フォワード解析による国内外のスラブ内地震の震源モデルの収集
- ・アスペリティや強震動生成域の大きさ、すべり量、加速度震源スペクトルの短周期レベル等のパラメータの整理と既往の経験的關係式との比較
- ・上記成果を踏まえた関東地域を対象としたマグニチュード7級のスラブ内地震の長周期地震動シミュレーション

- ・ 関東地域及びその周辺における活断層の複数の活動区間が同時に活動する地震について、破壊開始点位置等の不確実さを考慮した複数の震源モデルを作成と首都圏の浅部・深部統合地盤モデルに基づく地下構造モデルを用いて長周期地震動シミュレーション
 - ・ 国府津－松田断層帯のモデル化手法の検討
- を実施し、マグニチュード7級のスラブ内地震及び長大な活断層の地震による関東平野内の長周期地震動のレベルを示す。

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	総括主任研究員	高橋 成実	3.2
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	主幹研究員	先名 重樹	3.2, 3.3
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	3.3
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, 3.3, 3.4

3. 事業の成果

3.1. 対象周期を拡張した長周期地震動ハザード評価手法の検討等

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

対象周期を拡張した長周期地震動ハザード評価手法の検討等

(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	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

長周期地震動ハザード評価の対象周期の拡張に向けて、地震波伝播のQ値の設定、地下構造の不均質による散乱の評価及び表層地盤による増幅について検討し、手法との妥当性及び精度の確保可能な周期帯域を検証する。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

首都圏を対象として作成されている浅部・深部統合地盤モデル（首都直下地震防災・減災特別プロジェクト，2013；防災科学技術研究所，2013）等に基づく計算用地下構造モデルを用いて、

- ・ マグニチュード6程度以上の海溝型地震を対象とした長周期地震動シミュレーションを実施し、観測記録と比較
- ・ 深部地盤に深にランダム不均質性を考慮した複数の地震動シミュレーション
- ・ 浅部地盤モデルを用いた地震動応答特性の評価等

を実施し、地震動観測記録等との比較により、S波速度350m/s程度の解放工学的基盤上での長周期地震動ハザード評価における適切なQ値の設定方法、ランダム不均質性及び浅部地盤が長周期地震動に及ぼす影響とその周期帯域を示した。

(b) 事業の成果

1) Q値に関する検討

(1) Q値の設定に関する既往研究

防災科学技術研究所で行っている長周期地震動計算では、Aoi and Fujiwara (1999) による不連続格子による空間4次・時間2次精度の3次元差分法を用いた地震動シミュレータ（GMS）を用いている。Q値による非弾性減衰効果の導入については複数の手法が提案されているが、GMSではGraves (1996) により提案された時間領域で簡易に非弾性減

衰効果を導入する方法が採用されている。Graves (1996) の方法では、変位と応力が時間ステップ間隔 Δt 毎に更新される際に、S 波に対する減衰係数

$$a(x, y, z) = \exp \left[\frac{-\pi f_0 \Delta t}{Q_S(x, y, z)} \right] \quad (3.1-1)$$

を掛けることで非弾性減衰の効果を導入している。ここで、 Q_S は S 波に対する Q 値、 f_0 は参照周波数である。この手法では、P 波の Q 値と S 波の Q 値を独立に扱うことができないことや、Q 値の周波数依存性

$$Q(f) = Q_S \frac{f}{f_0} \quad (3.1-2)$$

が仮定されていることに注意が必要である。

既往研究では、 $Q_0 (=Q_S)$ は $Q_0 = \alpha_0 V_S : V_S (m/s)$ として S 波速度に比例させたモデル化がなされる場合が多くみられる。既往研究による Q 値の設定例として、上記の Graves (1996) の方法に適用可能な設定についての検討例を表 3.1-1 に、その他の例を以下に挙げる。

- Brocher (2008)

Graves and Pitarka (2004) の Q_S - V_S 関係を 3 次式で近似：

$$Q_S = -16 + 104.13V_S - 25.225V_S^2 + 8.2184V_S^3 \quad (3.1-3)$$

$$Q_S = 13 \text{ for } V_S < 0.3 \text{ km/s}$$

表 3.1-1 既往研究例

	Kawabe and Kamae (2008)	Iwaki and Iwata (2008)	Asano et al. (2016)
対象地域	大阪平野	大阪平野	大阪平野
第1層の V_S	400m/s	350m/s	250m/s
地震	2000 年三重県南部地震 (Mw5.5)	2004 年 9 月 7 日 紀伊半島沖地震の最大余震 (Mj6.4)	2013 年 4 月 13 日 淡路島の地震 (Mw5.8)
検討に用いた観測点	ABN (CEORKA)	複数(論文中には 2 観測点を掲載)	51 地点
検討したパラメータ	$\alpha_0 = 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, \infty$ $f_0 = 1 \text{ Hz}$	$\alpha_0 = 1/3$ $f_0 = 1, 1/3, 1/6 \text{ Hz}$	$\alpha_0 = 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0$ $f_0 = 0.2 \text{ Hz}$
データ長	200 秒	240 秒	270 秒
周波数帯	0.05~0.4Hz	0.05~0.33Hz	0.05~0.5Hz
最適値の評価	速度波形の比較	速度波形とスペクトルの比較	速度波形の rms エンベロープの L2 ノルム
結論	$\alpha_0 = 0.5 (f_0 = 1\text{Hz})$	$\alpha_0 = 1/3 (f_0 = 1/3\text{Hz})$	$\alpha_0 = 0.3 (f_0 = 0.2\text{Hz})$

- 全国1次地下構造モデル（暫定版；）

$\alpha_0 = 0.2$ と設定。Qs が 400 を超える場合は 400 とする。

長周期地震動予測地図 2012 年試作版の計算は $f_0 = 0.2\text{Hz}$ と 0.5Hz の 2 パターンで実施。

Graves (1996) の手法は他の研究でも広く用いられており、本検討では Graves (1996) の方法を浅部・深部統合地盤モデルを用いた計算に適用する場合に適した Q 値の設定について検討する。

(2) 浅部・深部統合地盤モデルについて

浅部・深部統合地盤モデル（以下、浅部深部モデルと省略する）は、広帯域（0.1～10 秒）の地震動特性を評価できるような地盤モデルを構築するために、特に浅部地盤と深部地盤の両方の影響を受ける周期帯（0.5～2 秒）の評価に必要なボーリングデータおよび物性値データ（主に微動観測データ）を収集し、浅部地盤と深部地盤とを接合した上で構築される地盤モデルである。防災科研では、SIP の研究業務において関東地域の浅部深部モデルの構築を行っている。その中で、中規模地震を対象として差分法による地震動シミュレーション結果と観測記録との比較から計算用地下構造モデルについての検証を行っており、その概要を以下に示す。

地震動計算には GMS（青井・他、2004）を用いる。水平 50m×鉛直 25m のグリッド間隔（深さ 7.5km～50km までは 3 倍の大きさのグリッド間隔）で差分格子を作成している。全国1次地下構造モデルの設定を参考として Q_0 値は S 波速度の 1/5 としている。参照周期（ $T_0=1/f_0$ ）は解析周期帯域（1～10 秒）を考慮しその中央付近となる 3 秒とした。計算の対象とした地震は図 3.1-1 に示した 5 個であり、F-net による震源メカニズム解と地震モーメントを用いた。震源時間関数は smoothed ramp 関数とし、震央付近の観測記録と整合するようにパルス幅を調整して用いた。茨城県、千葉県、栃木県、群馬県、埼玉県、東京都、神奈川県内の K-NET と KiK-net の 197 観測点での波形を出力した。比較の対象とする観測記録は、浅部・深部統合地盤モデルの浅部地盤モデルに基づいて補正した解放工学的基盤上のものとした。

地下構造モデルの検証は、これら 5 地震 197 地点における、観測記録（data）と計算記録（model）の合致度に基づいて行っている。地下構造に起因した地震動の周期特性の再現性を調べるため、合致度の評価は周波数領域（周期領域）において行うこととし、フーリエスペクトル比を用いた指標値 GOF（goodness-of-fit）および、CGOF（combined GOF）を合致度の評価に用いている。

$$\text{GOF} = \ln(\text{data}/\text{model}) \quad (3.1-4)$$

$$\text{CGOF} = \frac{1}{2} \langle |\ln(\text{data}/\text{model})| \rangle + \frac{1}{2} \langle |\ln(\text{data}/\text{model})| \rangle. \quad (3.1-5)$$

CGOF の $|\cdot|$ は絶対値、 $\langle \cdot \rangle$ は任意の周期帯内での平均値を示す。これらの指標値は、SCEC（Southern California Earthquake Center）の広帯域地震動評価検証を参考に設定したものである。

フーリエスペクトルは、S波、後続波を含む70秒間の波形から算出し、水平2成分をベクトル合成したものをを用いている。図3.1-2に、全観測点、全地震についてのGOFの平均と標準偏差を示す。ここでは、浅部深部モデルに加え、J-SHIS、内閣府、全国1次地下構造モデルを用いた結果も併せて示している。モデルにより精度が保障されている周期帯域が異なるが、浅部深部モデルと内閣府のモデルは他のモデルにくらべ周期2秒から5秒でGOFが0に近く、観測記録の説明性が高いモデルとなっている。しかしながら、GOFが短周期ほど小さくなるような周期依存性が見られることから、Q値の設定に改善の余地があるとも考えられる。上述した通り、図3.1-2の検討では全国1次地下構造モデルの設定を参考として Q_0 値はS波速度の1/5としているが、ここでは、より適切な設定について検討する。

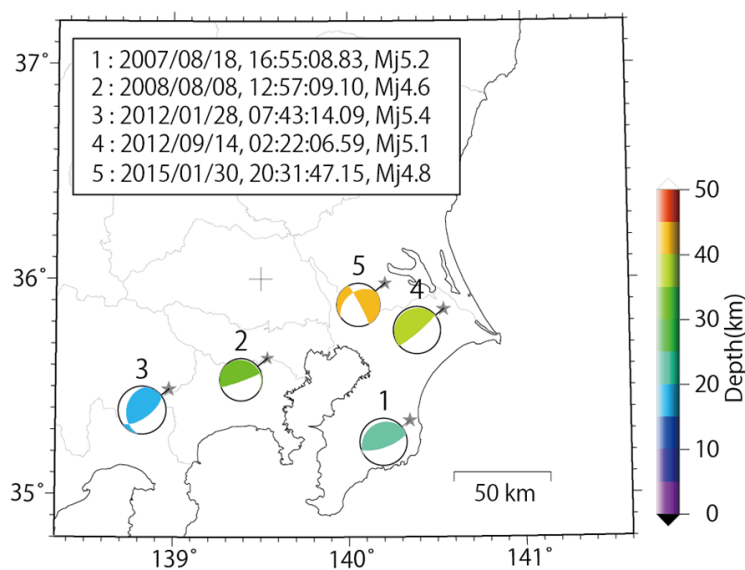


図 3.1-1 差分法による浅部・深部統合地盤モデルの検証に用いた地震の分布。震源位置は気象庁、震源メカニズム解はF-netによる。

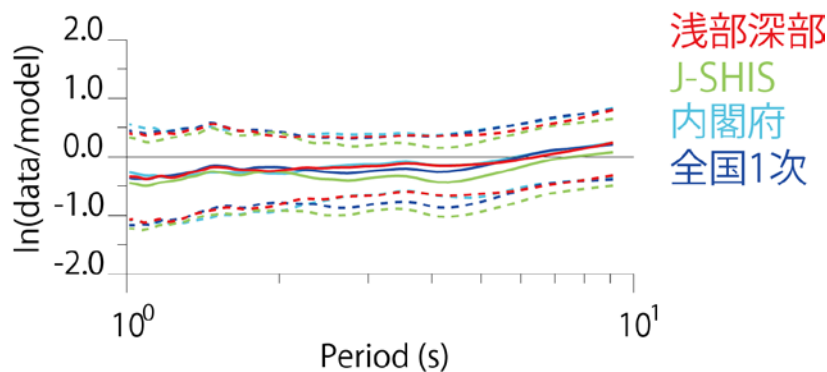


図 3.1-2 観測値 (data) と計算値 (model) のフーリエスペクトル比の自然対数の平均と標準偏差。スペクトルは水平2成分をベクトル合成したものをを用いている。浅部・深部統合地盤モデル、J-SHIS、内閣府、全国1次地下構造モデルに対する結果。

(3) Q 値の設定について

(1) に示した既往研究を踏まえて複数の Q 値モデルを設定し、(2) に示した検証方法に基づいて検討した。ここで設定する Q 値モデルは、S 波速度に比例するような設定 ($\alpha_0 = 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0$, $T_0 = 3$ 秒) に加え、Brocher (2008) による $Q_S - V_S$ 関係も参考として設定した (表 3.1-2)。

図 3.1-3 (上) に全地震、全観測点の記録を用いた GOF の平均値と標準偏差を示す。図 2 では、短周期側で GOF が負となっており計算結果が観測記録よりも大きい傾向があったが、図 3.1-3 (上) では Q 値がより小さく設定される $\alpha=0.05$ (灰色)、0.1 (水色) や Brocher (青) の場合に GOF が 0 に近い値となっており、観測記録の説明性が向上している。図 3.1-3 (下) には、 $\alpha=0.2$ と他のケースの結果の全地震・全観測点のフーリエスペクトル比を重ね描いている。 $\alpha=0.05$ 、0.1 や Brocher の場合には振幅が小さくなっており、Brocher の場合には 1/2 程度、 $\alpha=0.05$ では 1/3 程度の振幅となるものも見られる。

観測点毎の CGOF のヒストグラムを図 3.1-4 に、空間分布を図 3.1-5 に示す。CGOF 値は 2-5、5-10 秒の周期帯において算出している。図 3.1-4 から $\alpha=0.05$ (灰色)、0.1 (水色) や Brocher (青) の場合の方が、 $\alpha=0.5$ (緑) や $\alpha=1.0$ (橙) の場合よりも左側 (0 側) に分布している傾向が見られる。図 3.1-5 では、SCEC 広帯域地震動評価検証の基準を参考に、観測値との差が平均で倍半分より大きい場合は赤 ($CGOF > 0.7$)、緑は 1/1.4 倍~1.4 倍 ($CGOF < 0.35$) の範囲内となるようなカラースケールとしている

(Goulet et al., 2015; Dreger et al., 2015)。図 3.1-5 からは Q 値モデルにより赤や緑の観測点の分布に大きな差異は見られない。このことは、今回設定した Q 値モデルでは、モデルに依らず観測値との差が平均で 1/1.4 倍~1.4 倍の範囲内となっている。各観測点での CGOF 値が Q 値モデルによりどう変化しているかを図 3.1-6 に示す。横軸に $\alpha=0.2$ 、0.1、0.05 とした時の CGOF 値をとり、縦軸には $\alpha=0.05$ 、0.1、および Brocher による Q 値とした場合の CGOF 値をとっている。中列の $\alpha=0.1$ の例をみると、周期 2-5 秒では、 $\alpha=0.05$ や Brocher の方が CGOF 値が小さい傾向があるが、周期 5-10 秒ではそれらよりも $\alpha=0.1$ の方が CGOF 値は小さい。さらに、各観測点において、6 つの Q 値モデルの中で CGOF 値が最も小さいものを 1 番、大きなものを 6 番とした場合の順位の空間分布を図 3.1-7 に示す。 $\alpha=1.0$ では周期 5-10 秒で多くの地点で 1 位となっている一方で、周期 2-5 秒では多くの地点で 6 位となっている。逆に、 $\alpha=0.05$ や Brocher では周期 2-5 秒では上位であるが、周期 5-10 秒では下位となっている。 $\alpha=0.1$ や 0.2 では、帯域毎に見ると 3 位か 4 位 ($\alpha=0.1$ の方が 0.2 よりも順位が高い傾向がみられる) となっているが、周期 2-10 秒の広い帯域で観測記録を説明することができる Q 値モデルと考えられる。

以上の周期 (周波数) 領域での検討に加え、経時特性についても検討する。結果の一例を図 3.1-8 に示す。縦軸に対数軸をとり、速度記録のエンベロープ形状を比較している。時間長が 2 分程度に限られているが、いずれの計算記録も黒線で示した観測記録と同様の減衰傾向を示している。

表 3.1-2 速度構造・Q 値構造モデル

Vp m/s	Vs m/s	density kg/m ³	Q _s					Brocher (2008)	
			Vs/20	Vs/10	Vs/5	Vs/2	Vs/1		
1600	350	1850	17.5	35	70	175	350	17.7	浅部深部統合地盤モデル
1600	350	1850	17.5	35	70	175	350	17.7	
1600	400	1850	20	40	80	200	400	22.1	
1700	450	1900	22.5	45	90	225	400	26.5	
1800	500	1900	25	50	100	250	400	30.8	
1800	550	1900	27.5	55	110	275	400	35.0	
2000	600	1900	30	60	120	300	400	39.2	
2000	650	1950	32.5	65	130	325	400	43.3	
2100	700	2000	35	70	140	350	400	47.3	
2100	750	2000	37.5	75	150	375	400	51.4	
2200	800	2000	40	80	160	400	400	55.4	
2300	850	2050	42.5	85	170	400	400	59.3	
2400	900	2050	45	90	180	400	400	63.3	
2400	950	2100	47.5	95	190	400	400	67.2	
2500	1000	2100	50	100	200	400	400	71.1	
2500	1100	2150	55	110	220	400	400	79.0	
2600	1200	2150	60	120	240	400	400	86.8	
2700	1300	2200	65	130	260	400	400	94.8	
3000	1400	2250	70	140	280	400	400	102.9	
3200	1500	2250	75	150	300	400	400	111.2	
3400	1600	2300	80	160	320	400	400	119.7	
3500	1700	2300	85	170	340	400	400	128.5	
3600	1800	2350	90	180	360	400	400	137.6	
3700	1900	2350	95	190	380	400	400	147.2	
3800	2000	2400	100	200	400	400	400	157.1	
4000	2100	2400	105	210	400	400	400	167.5	
4000	2100	2400	105	210	400	400	400	167.5	
5000	2700	2500	135	270	400	400	400	243.0	
4600	2900	2550	145	290	400	400	400	274.3	
5000	2700	2500	135	270	400	400	400	243.0	
5500	3100	2600	155	310	400	400	400	309.2	
5500	3200	2650	160	320	400	400	400	328.2	
5800	3400	2700			400				全国1次地下構造モデル
6400	3800	2800			400				
7500	4500	3200			500				
5000	2900	2400			200				
6800	4000	2900			300				
8000	4700	3200			500				
5400	2800	2600			200				
6500	3500	2800			300				
8100	4600	3400			500				

※Q_sが400を超える場合は400とする(全国1次地下構造モデルを参照)

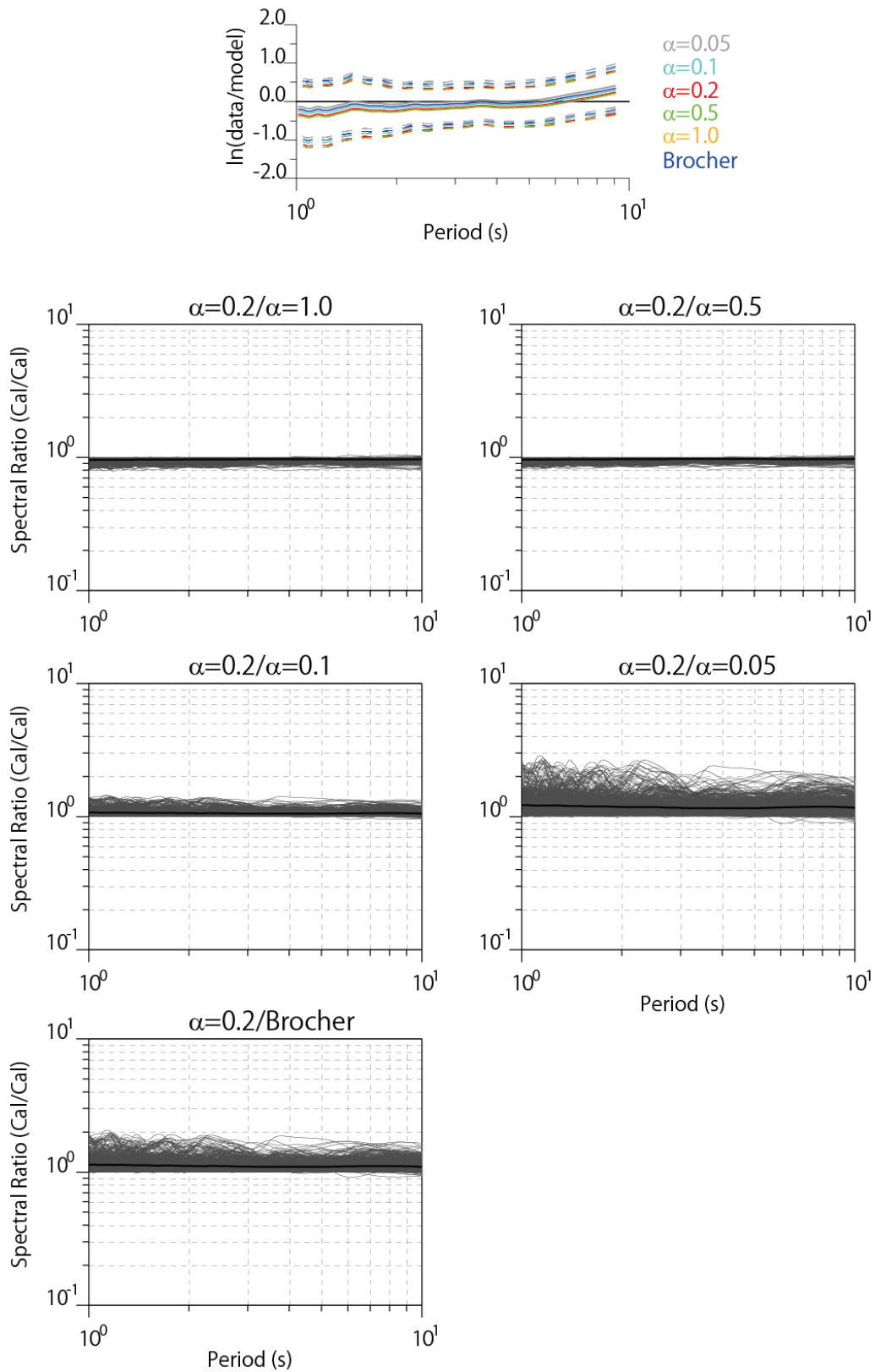


図 3.1-3 (上) 観測値 (data) と計算値 (model) のフーリエスペクトル比の自然対数の平均と標準偏差。(下) モデル間のフーリエスペクトル比。黒太線が平均値、細線は全観測点、全地震のスペクトル比。

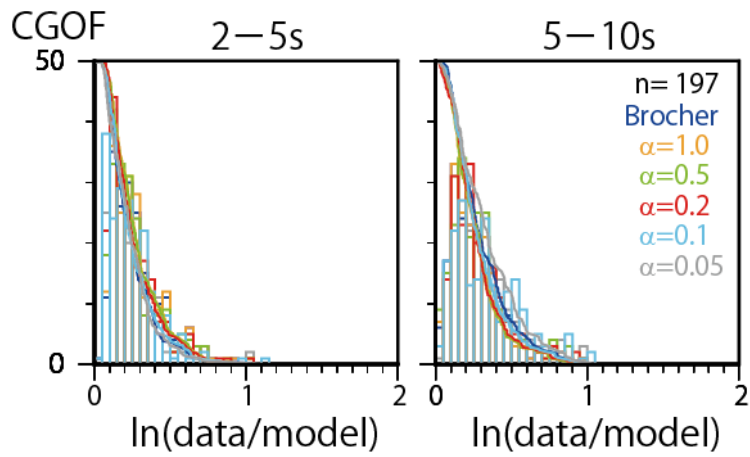


図 3.1-4 CGOF のヒストグラムと累積頻度曲線。左：周期 2～5 秒、右：5～10 秒の分布。

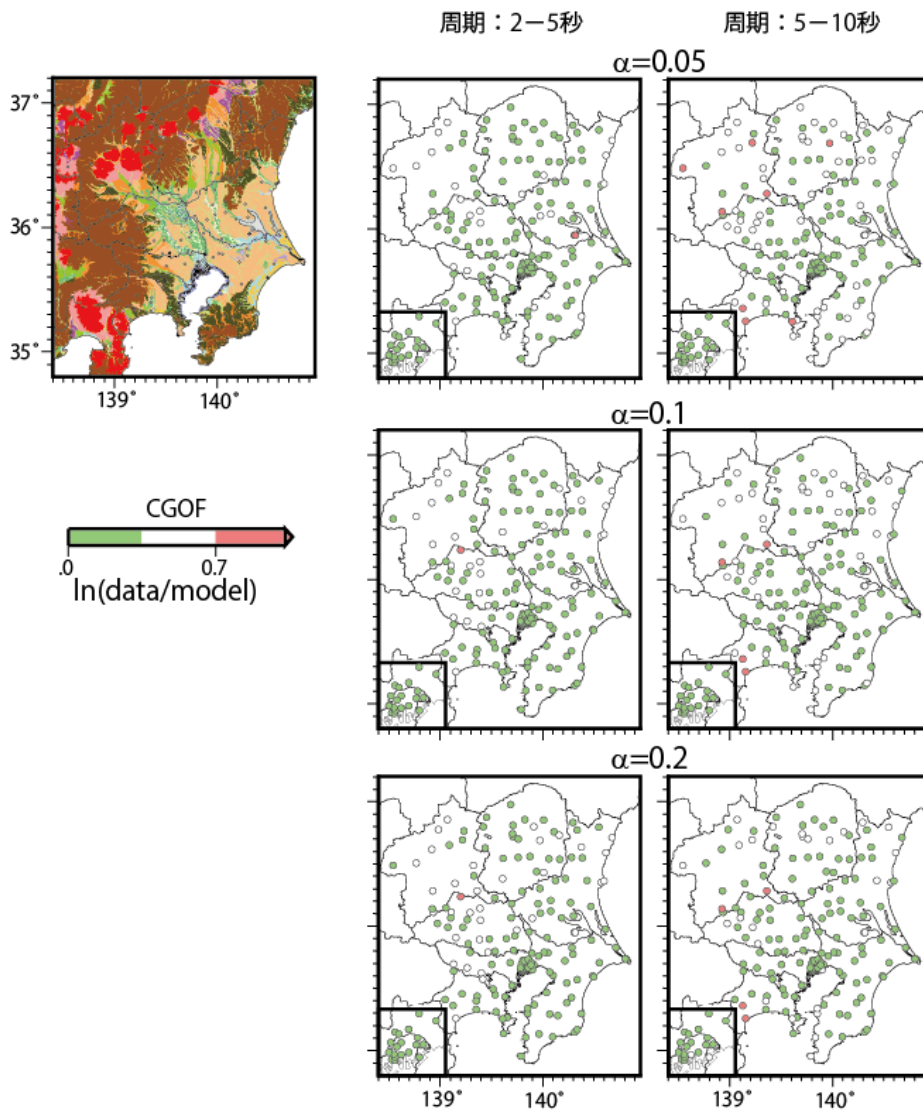


図 3.1-5 CGOF 値の空間分布。

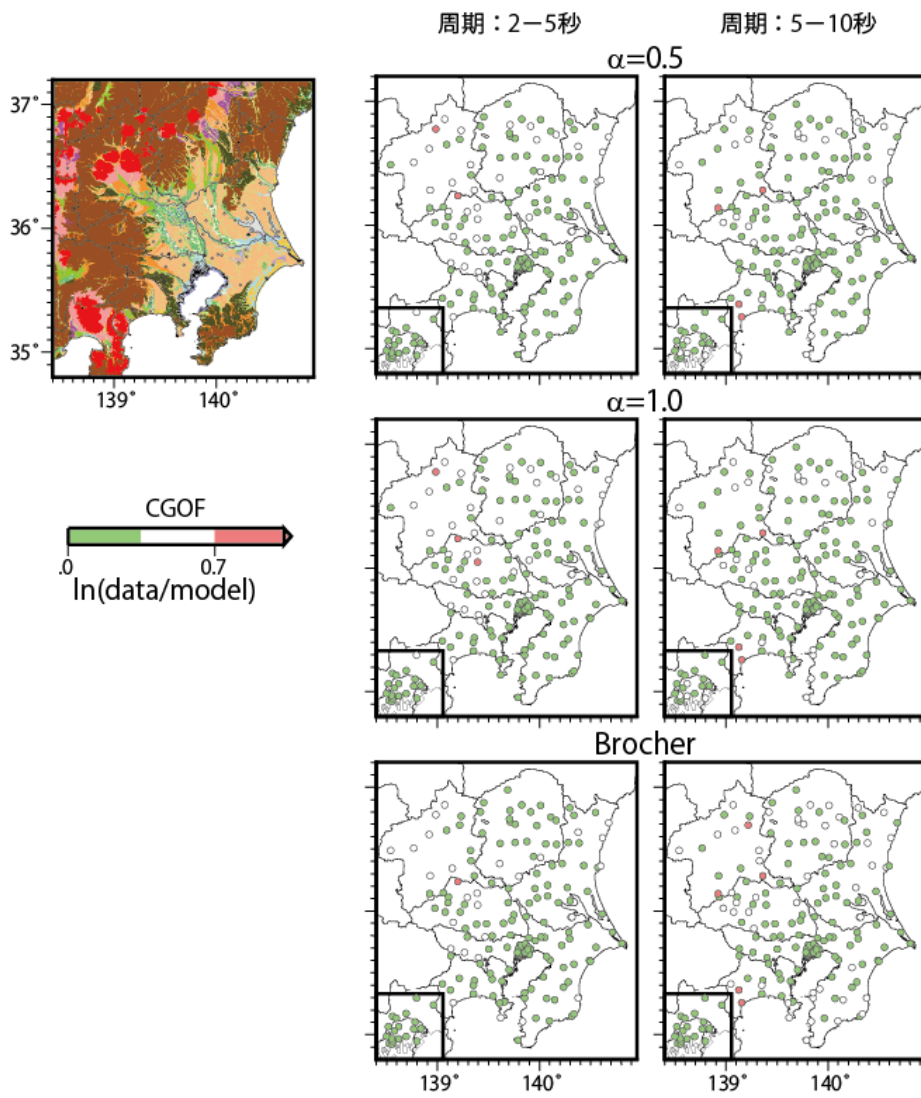


図 3.1-5 つづき。

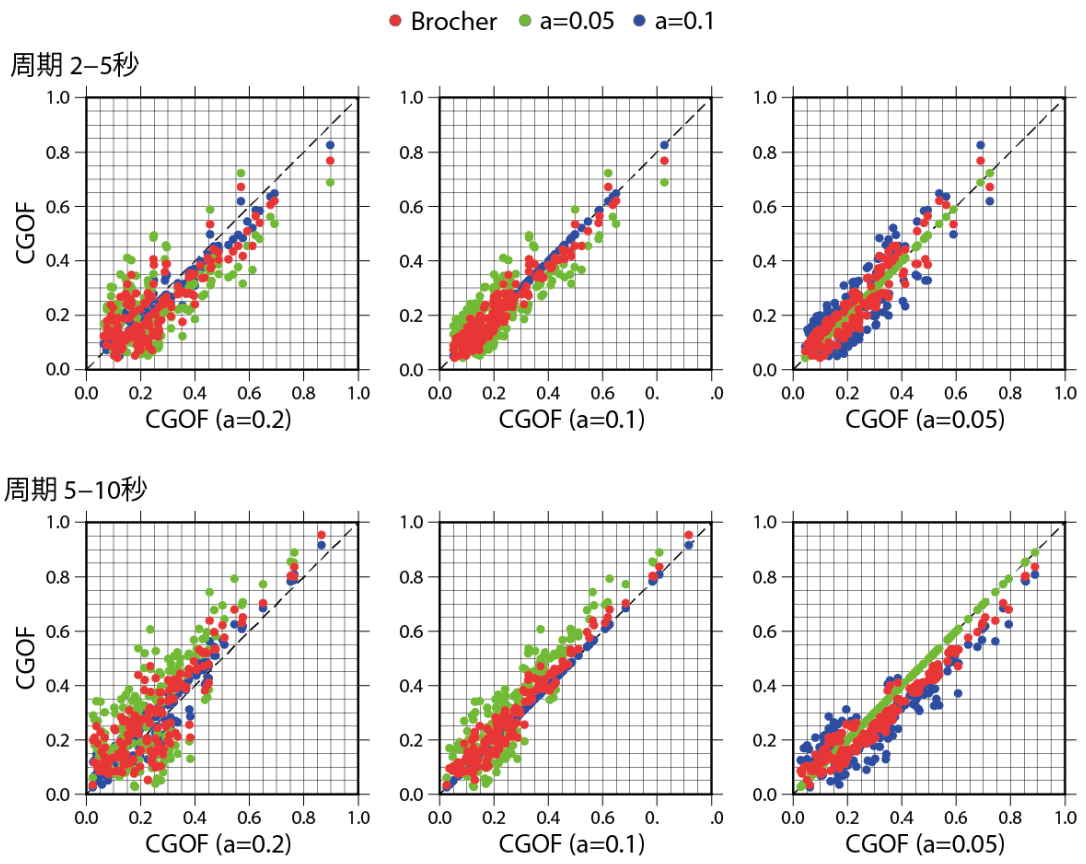


図 3.1-6 CGOF 値の Q 値モデル間での比較。

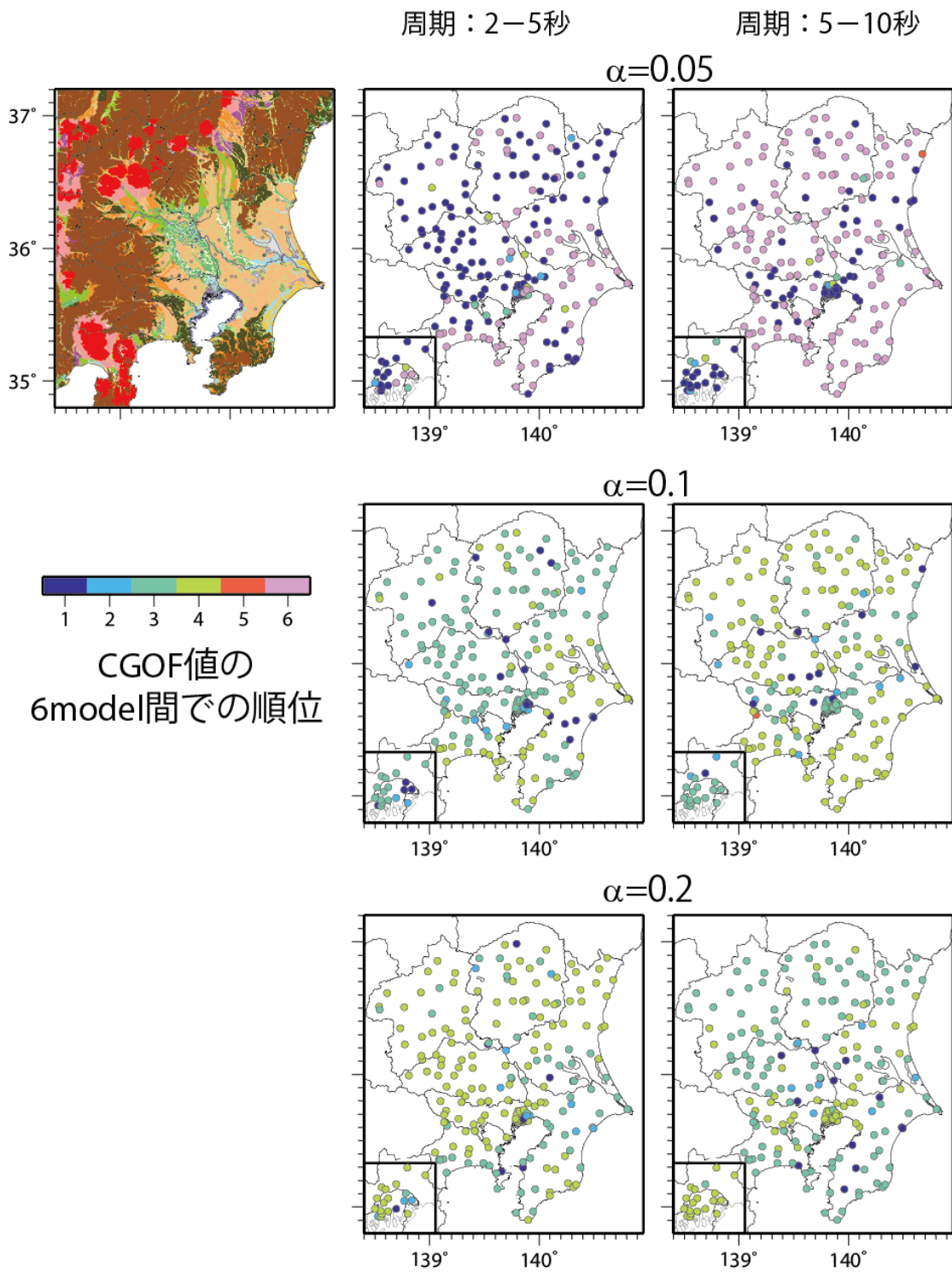


図 3.1-7 CGOF 値の Q 値モデル間順位

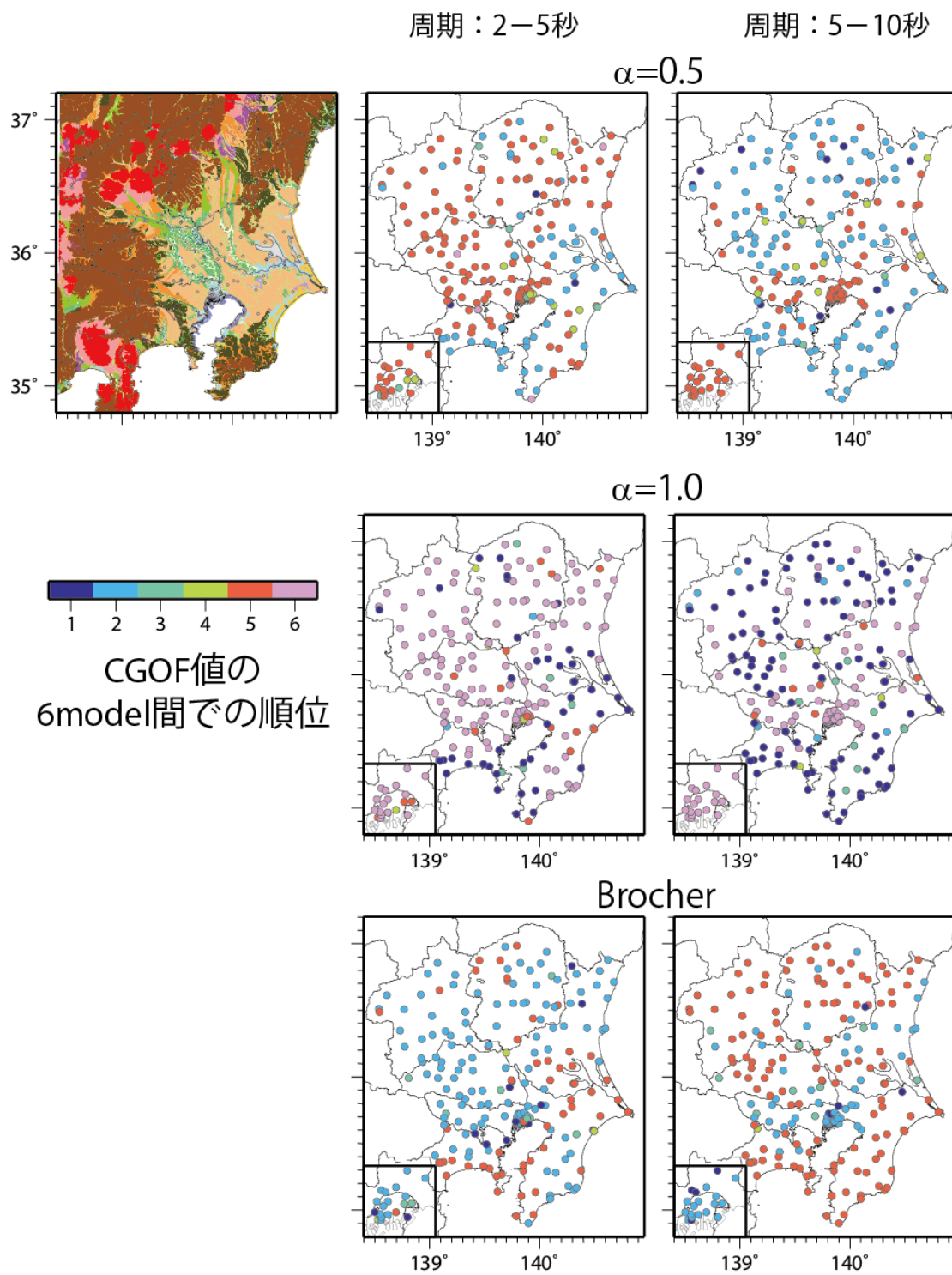


図 3.1-7 つづき。

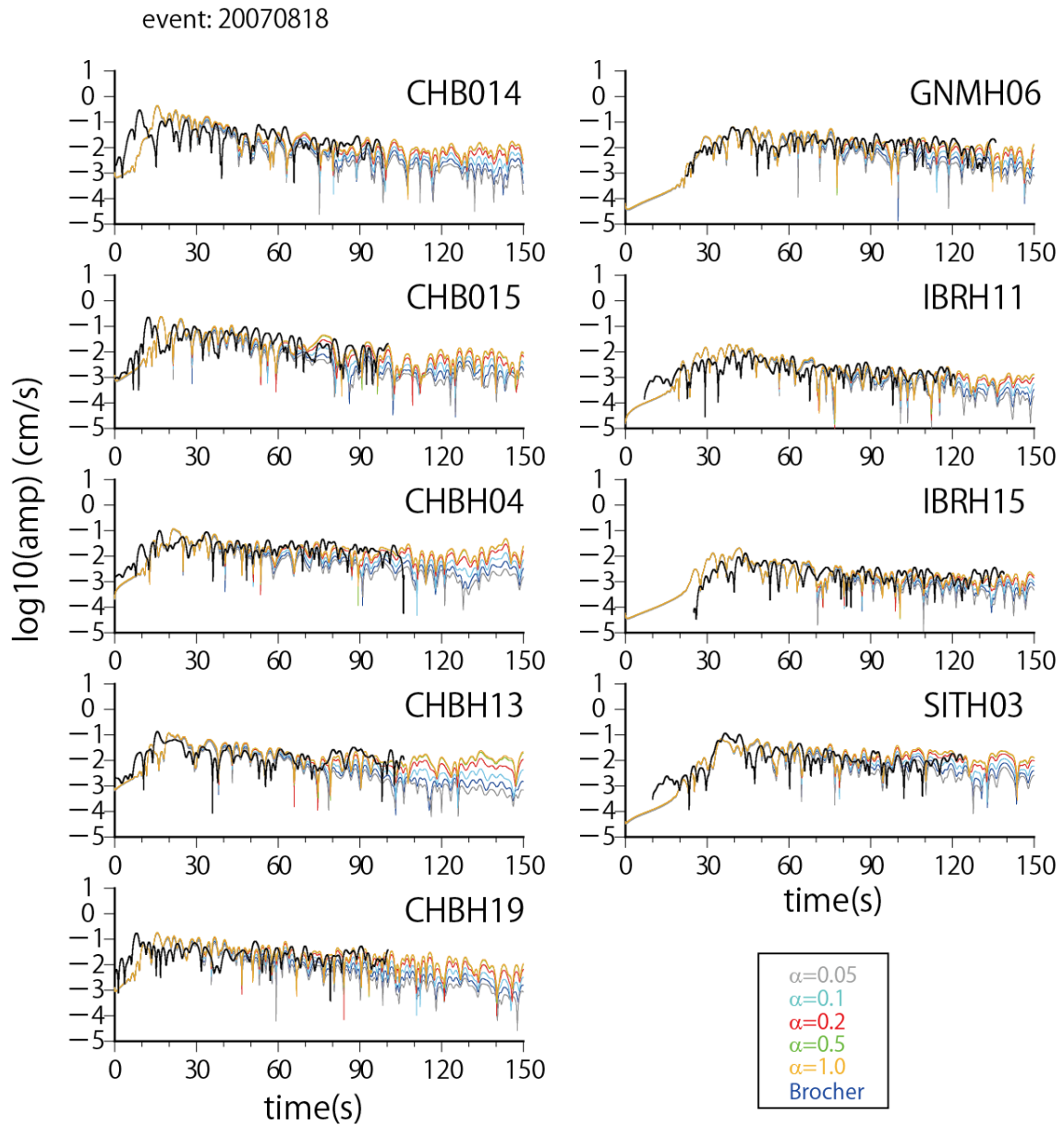


図 3.1-8 速度エンベロープ (NS 成分) の比較。2007 年 8 月 18 日の地震 (図 3.1-1 の 1 番の地震) による 9 地点を代表として示している。観測 (黒) の時間長は、収録時間の違いにより観測点によって異なっている。

2) 地下構造の不均質性に関する検討

地震基盤以深の媒質のランダム不均質性が $V_s=350\text{m/s}$ 程度の解放工学的基盤上での長周期地震動に及ぼす影響とその周期帯域を評価する。

(1) 既往研究の概要

ランダム不均質媒質中の地震波伝播については、弾性的性質の平均値からの揺らぎの空間的な自己相関関数によって特徴づけられる媒質モデルにもとづいて、主として短周期地震波に主眼を置いた研究が進んできた（例えば齊藤, 2009）。ランダム不均質媒質は差分法による数値シミュレーションにも適用されており（例えば Frankel and Clayton, 1986; 3次元では例えば Imperatori and Mai, 2013; Takemura et al., 2015）、周期 1 秒以上のやや長周期帯域をターゲットに含めている場合もある（例えば Hartzell et al., 2010; 佐藤・翠川, 2016; Graves and Pitarka, 2016）。

地震ハザード評価において、決定論的方法による長周期地震動計算では、一般的には均質な層構造からなる速度構造モデルが用いられることが多いが、現実の地下構造には様々なスケールの不均質性が存在しており、特に数秒以下の比較的短周期帯域でその影響を評価することは重要である。

Hartzell et al. (2010) では、San Francisco Bay Area の現実的な 3次元速度構造モデル (USGS) を用いて Hayward 断層の M6.7 のシナリオ断層モデルについて 3次元差分法で周期 1 秒以上の地震動シミュレーションを行っている。その際、速度構造モデルに von Kármán 型の自己相関関数を持つランダム不均質性を導入し、不均質媒質の影響を応答スペクトルや最大速度といった地震動評価の観点から調べている。

彼らの検討では、相関距離 5 km、不均質の強さ 5 % のランダム不均質を導入したケースについては以下のような結果が得られている。

- ・不均質を導入したモデルと導入していないモデル（均質モデル）の水平成分の速度最大値（PHV）比の空間分布を取ると、多くの領域でおよそ 1/1.2~1.2 倍となった（図 3.1-9）。
- ・PGV 比の空間パターンは地下構造の特徴や断層形状よりもむしろ、乱数の種に依存した。
- ・フーリエスペクトルや応答スペクトルの不均質モデル/均質モデル比の空間的な平均（model bias）は周期 2 秒以上（0.5 Hz 以下）ではほぼゼロに近いフラットである（周期 1-2 秒では不均質モデルの方がやや小さくなった）。またそのばらつき（model standard error）は自然対数で ± 0.5 以内であり、ばらつきは短周期になるほど大きい（図 3.1-10）。

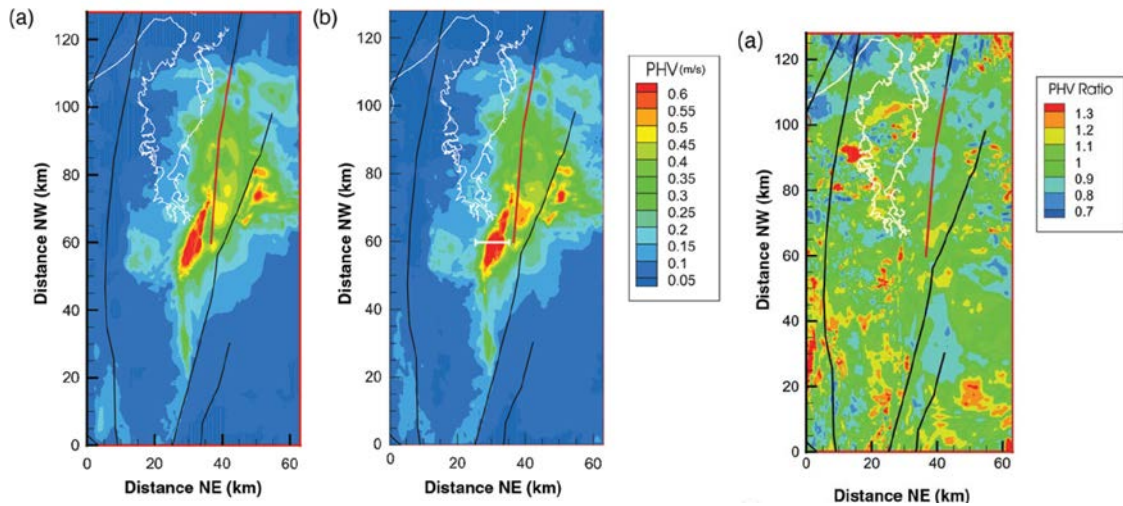


図 3.1-9 Hartzell et al. (2010)より、上：均質モデル（左）と不均質モデル（右）による水平成分速度最大値（PHV）の分布。相関距離 5 km、揺らぎ強さ 5%の場合。下：不均質／均質モデルの PHV 比の分布。

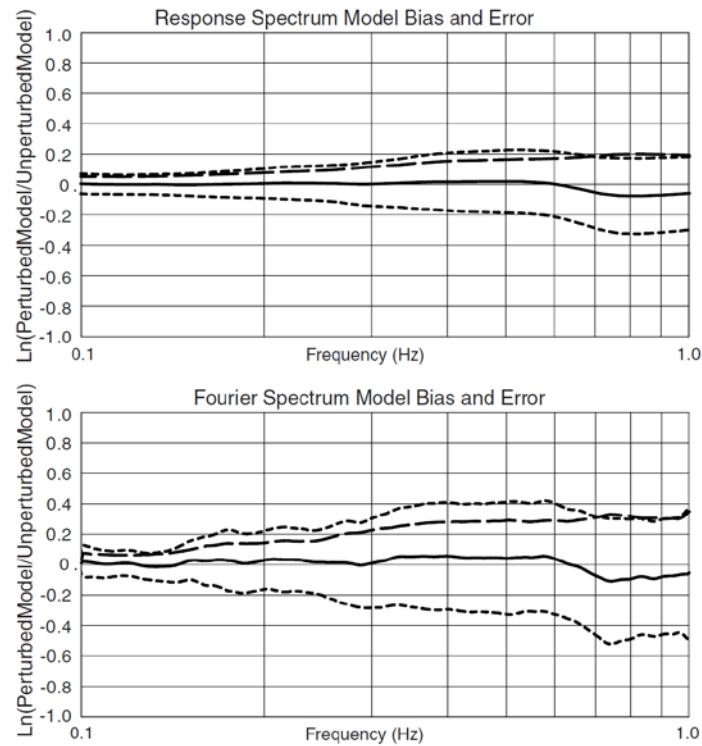


Figure 9. Same error measures as in Figure 8a for correlation length $a = 5$ km and standard deviation in velocity $\sigma = 5\%$, but averaged over 8 separate runs with different random seeds used in the generation of the random velocity models.

図 3.1-10 Hartzell et al. (2010)より、相関距離 5 km、揺らぎ強さ 5%の場合の $\ln(\text{不均質} / \text{均質})$ の計算出力地点平均 model bias のプロット。8 通りの乱数の種のを平均を取っている。

佐藤・翠川 (2016) では、上部地殻を想定した成層構造モデルにガウス関数型のランダム不均質を導入した 3 次元媒質モデルと点震源モデルを用いて、3 次元差分法で周期 0.2 秒以上を対象とした地震動シミュレーションを行い、不均質媒質の影響を詳細に調べている。

結論の一つとして、不均質媒質の影響が生じる周期帯域の上限が震央距離とともに長周期側に拡大していく傾向が示されている。すなわち、震源から遠い観測点では、不均質媒質の影響がより長周期の帯域までおよぶ。相関距離 4 km、不均質の強さ 5 % のケースにおいて、震央距離 40 km の地点では周期 1.2 秒以下で速度応答スペクトルが低下している (図 3.1-11)。また、同じ震央距離でも観測点や乱数による地震動のばらつきは短周期ほど大きい。

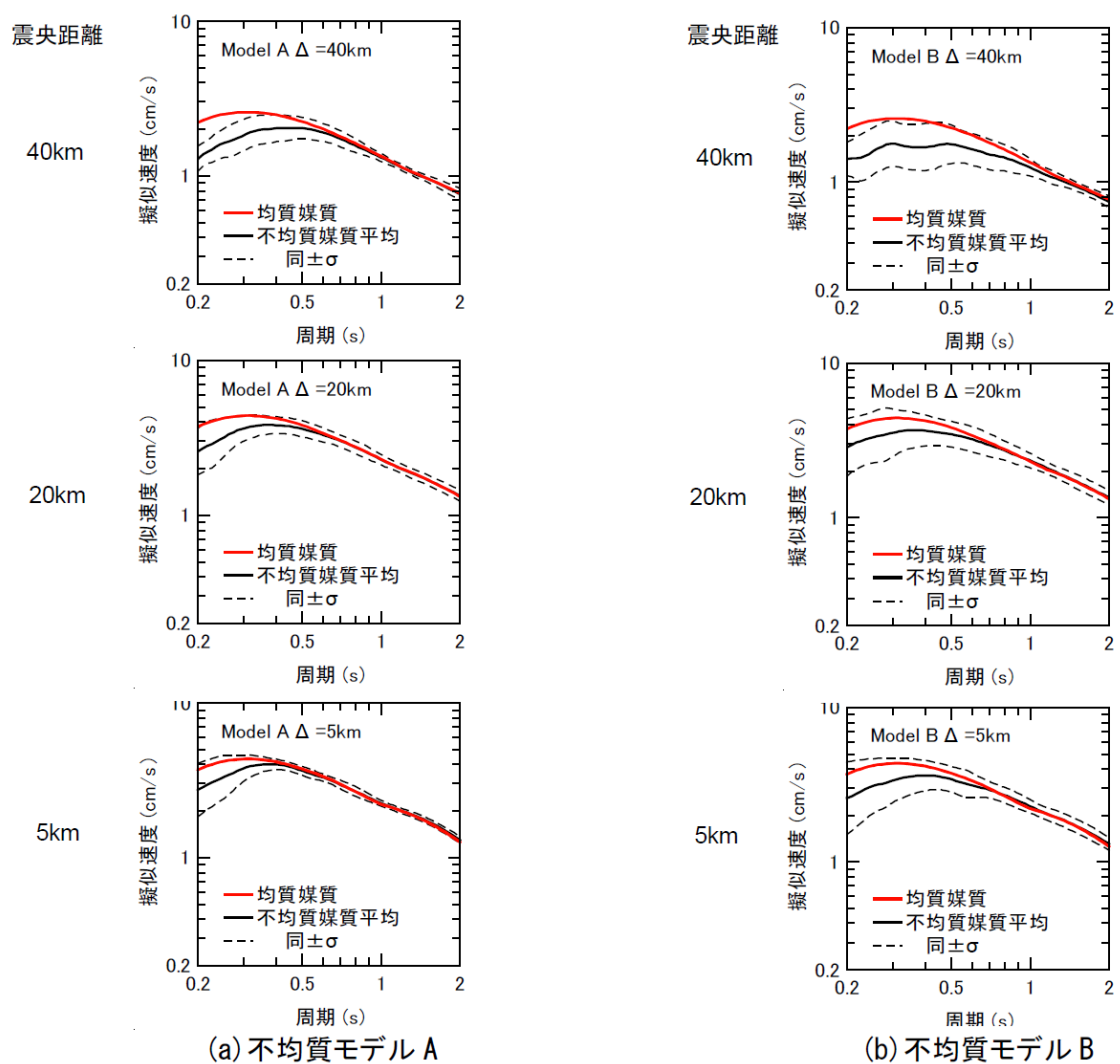


図 5 不均質媒質波における疑似速度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.05$)の変動

図 3.1-11 佐藤・翠川 (2016) より、震央距離ごとの均質媒質 (赤) と不均質媒質 (黒実線) による疑似速度応答スペクトルと、3 種類の乱数による不均質媒質によるばらつき (点線)。

Savran and Olsen (2016)は、Los Angeles 盆地において音波検層データから von Kármán 型を仮定した媒質の不均質パラメータを直接推定することを試みており、P 波に関する深さ方向のパラメータとして $\kappa = 0 \sim 0.2$ 、 $a_z = 15 \sim 150 \text{ m}$ が得られている。これは数 Hz 以上の高周波数の地震動を対象とした盆地内の細かなスケールの不均質を推定したものと言える。

一方、早川・佐藤(2005)では、関東平野の堆積層内のトレンド構造（深さとともに速度が漸増する構造）が長周期地震動に与える影響を地震動シミュレーションにより調べている。VSP 探査による S 波速度構造（例えば Yamamizu, 1996; 山水, 2004）と調和的なトレンド構造を設定し、堆積層表面波の特性の再現にはトレンド構造を考慮することが重要であることを示した。

地殻の不均質性の表現に一般的に用いられる Gauss 関数型・指数関数型・von Kármán 型の自己相関関数と、その 3 次元空間の場合のパワースペクトルを以下に示す（例えば Sato et al., 2012）。

・ Gauss 関数型

$$R(r) = \varepsilon^2 \exp(-r^2/a^2) \quad (3.1-6)$$

$$P(\mathbf{k}) = \varepsilon^2 \pi^{3/2} a^3 \exp(-a^2 \mathbf{k}^2/4) \quad (3.1-7)$$

・ 指数関数型

$$R(r) = \varepsilon^2 \exp(-r/a) \quad (3.1-7)$$

$$P(\mathbf{k}) = \frac{8\pi\varepsilon^2 a^3}{(1+a^2 \mathbf{k}^2)^2} \quad (3.1-8)$$

・ von Kármán 型

$$R(r) = \frac{\varepsilon^2 2^{1-\kappa}}{\Gamma(\kappa)} \left(\frac{r}{a}\right)^\kappa K_\kappa\left(\frac{r}{a}\right) \quad \text{for } \kappa = 0 \sim 1 \quad (3.1-9)$$

$$P(\mathbf{k}) = \frac{8\pi^{\frac{3}{2}}\varepsilon^2 a^3 \Gamma(\kappa+3/2)}{\Gamma(\kappa)(1+a^2 \mathbf{k}^2)^{\kappa+3/2}} \quad (3.1-10)$$

ここで $\Gamma()$ はガンマ関数、 $K_\kappa()$ は κ 次の第 2 種変形ベッセル関数。

(2) 単純な地下構造モデルによる数値実験

本検討では、(1) の既往研究の知見を踏まえ、首都圏の浅部・深部統合地盤モデルの地震基盤以深の部分にランダム不均質性を導入した媒質モデルを用いた 3 次元差分法による地震動シミュレーションを実施し、以下のような方針で周期 1 秒以上の長周期地震動ハザード評価への影響を調べる。

まずは均質な 3 層の媒質からなる仮想の地下構造モデル ex1 を用いた数値実験を行った。モデル ex1 の概略図と物性値を図 3.1-12、表 3.1-3 に示す。

このうち、上部地殻を想定した第3層目の媒質にランダムな3次元空間の揺らぎを与え、不均質モデルを作成する。このとき媒質中の弾性波速度 V (V_p または V_s) は、背景（平均）速度 V_0 からの揺らぎ d を用いて

$$V(\mathbf{r}) = V_0(1 + d(\mathbf{r})) \quad (3.1-11)$$

で表されるものとし ($\mathbf{r} = (x, y, z)$ は空間座標)、揺らぎ $d(\mathbf{r})$ は、ここでは揺らぎの強さ ε と相関距離 a によって規定される指数関数型の自己相関関数（式 3.1-8, 3.1-9）で特徴づけられるものとする。

揺らぎの強さ ε と相関距離 a は、既往研究（例えば Hartzell et al., 2010; Imperatori and Mai, 2013; Takemura et al., 2015; 佐藤・翠川, 2016）を参考に、今回は表 3.1-4 に示す 6通りの組み合わせを検討した。ある深さにおける水平断面の速度揺らぎ ($1 + d(\mathbf{r})$) の分布を図 3.1-13 に示す。

媒質モデルの中央、深さ 15km に鉛直横ずれ型の点震源(MW5.4 相当)を設定した。1、2層目および、3層目の震源位置とそれより深い領域には不均質を入れていない。3次元差分法で周期 1 秒以上を対象として地震動を計算した。格子間隔は深さ 4 km までは水平・鉛直方向にそれぞれ 100 m、50 m とし、深さ 4 km 以深ではそれぞれ 300 m、150 m とした。観測点配置を図 3.1-14 に、計算結果を図 3.1-15~図 3.1-19 に示す。波形は 0.02 - 1 Hz でバンドパスフィルタを掛けている。

なお、ここでは、一つの乱数の種を用いた不均質媒質についての結果のみを示している。

表 3.1-3 均質モデル ex1 の物性値等。

層番号	V_p [m/s]	V_s [m/s]	密度 [kg/m ³]	深さ [km]
1	2200	800	1850	0 - 3.0
2	3000	1400	2250	4.1
3	6000	3460	2700	30

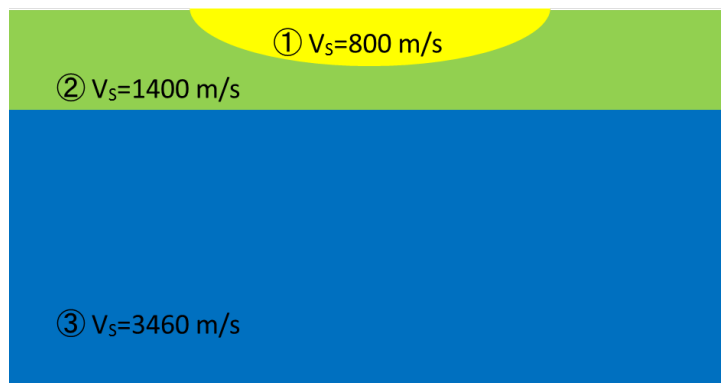


図 3.1-12 均質モデル ex1 の鉛直断面。

表 3.1-4 不均質モデルのパラメータ。

水平方向の相関距離 a_x, a_y	1000, 2000, 5000 [m]
鉛直方向の相関距離 a_z	$a_z = a_x$
揺らぎの標準偏差 ε	5%, 10%

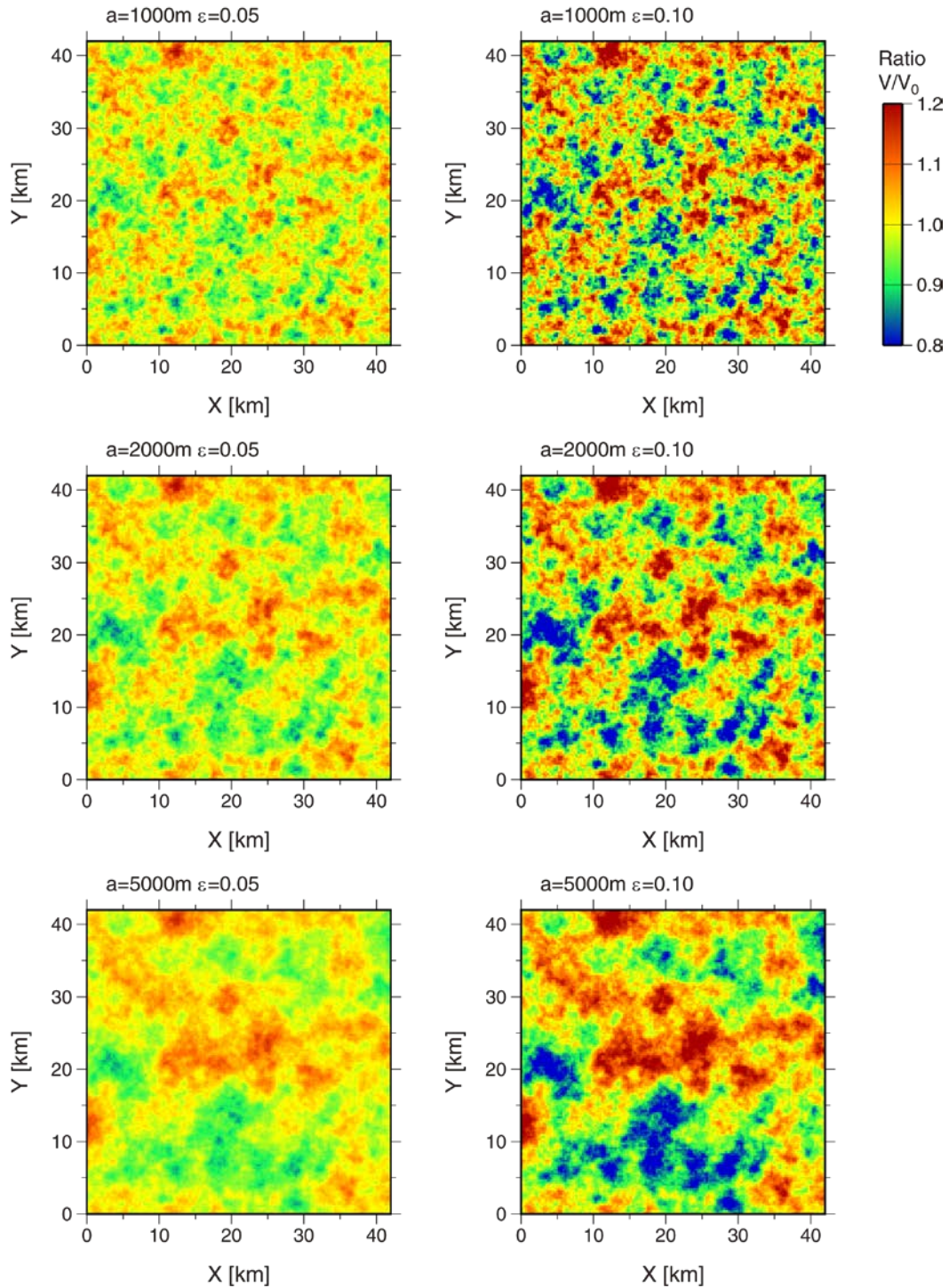


図 3.1-13 速度揺らぎ分布の例。

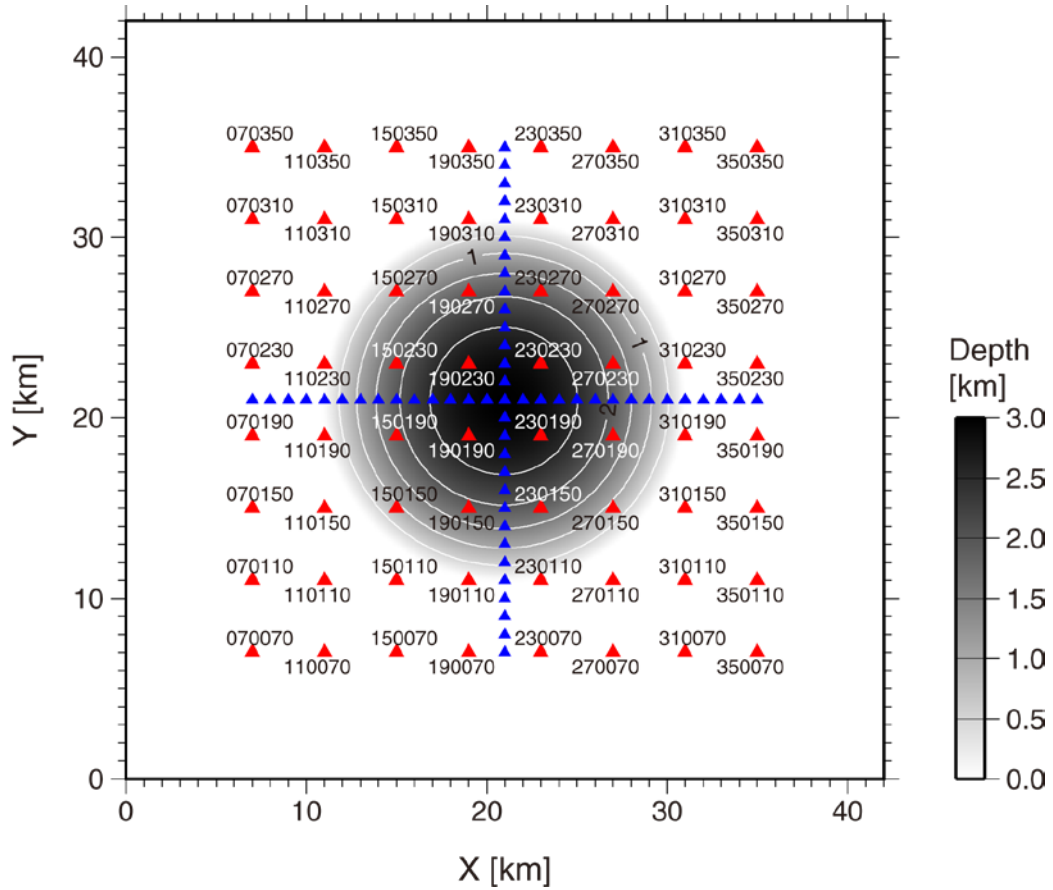


図 3.1-14 観測点位置△と第1層目の深さ分布。

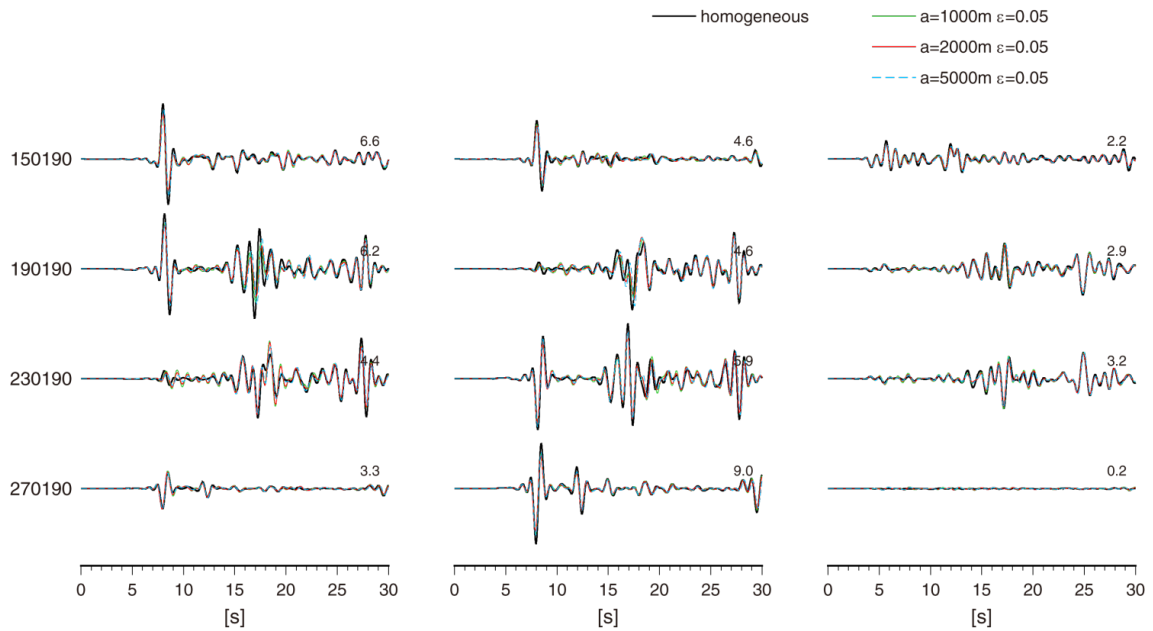


図 3.1-15 速度波形の例。(ε = 0.05 の場合)

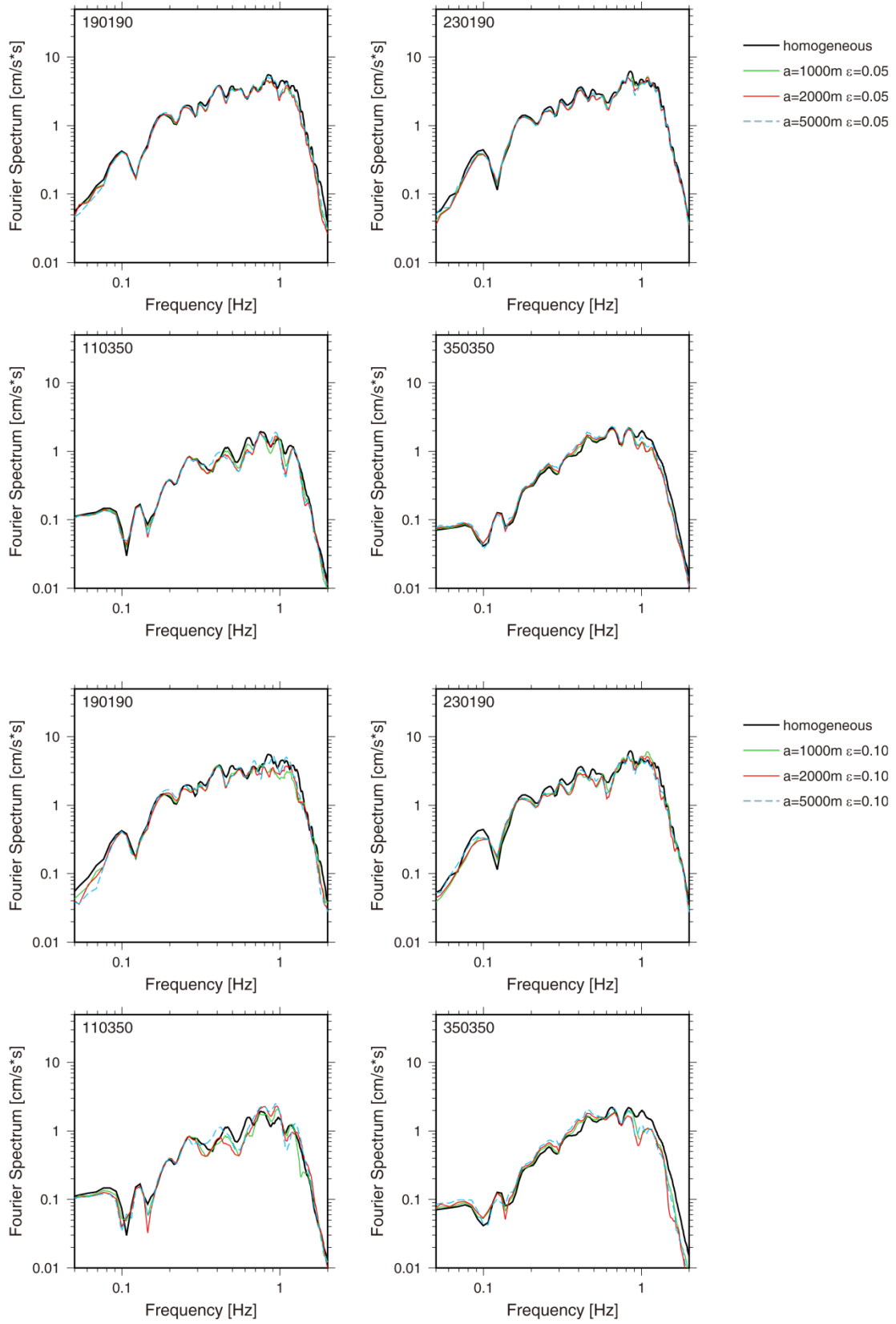


図 3.1-16 速度フーリエスペクトル(水平 2 成分の幾何平均)の例。上: $\varepsilon = 0.05$ 、下: $\varepsilon = 0.10$

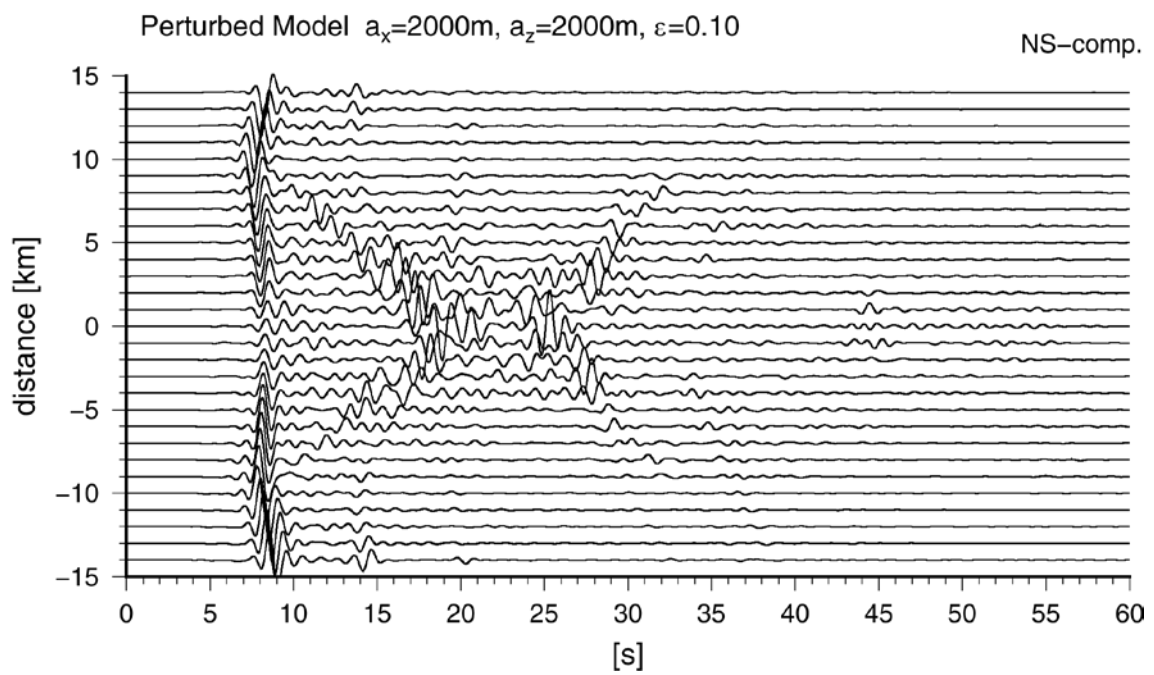
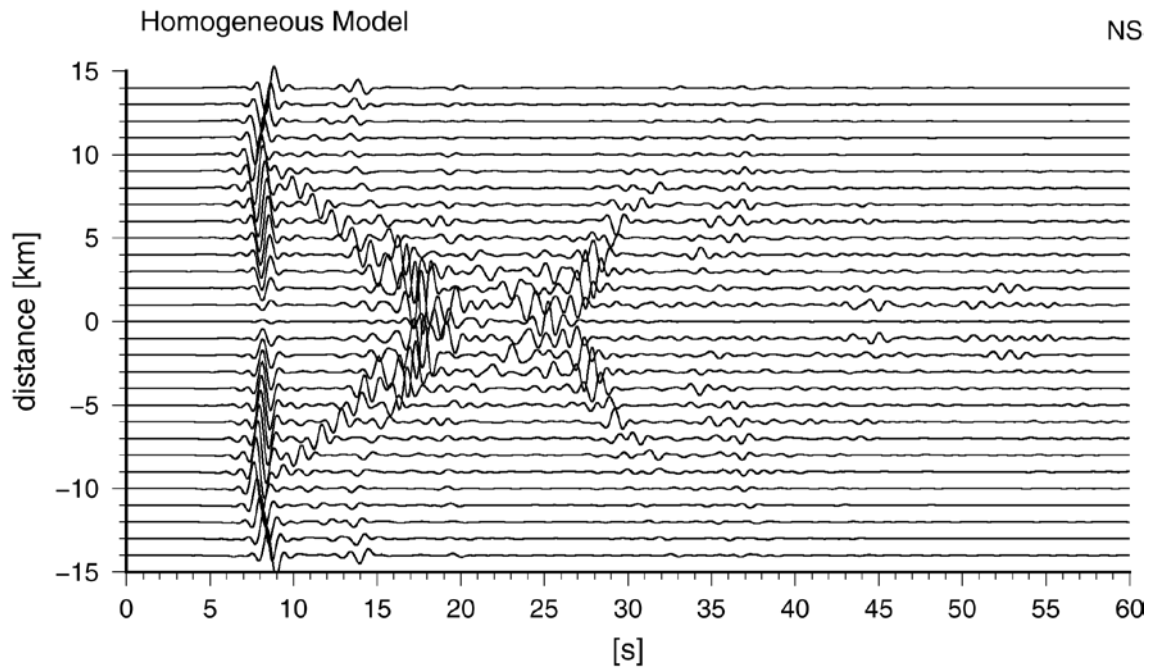


図 3.1-17 速度波形 along-X ペーストアップ。

Fourier Spectrum Model Bias

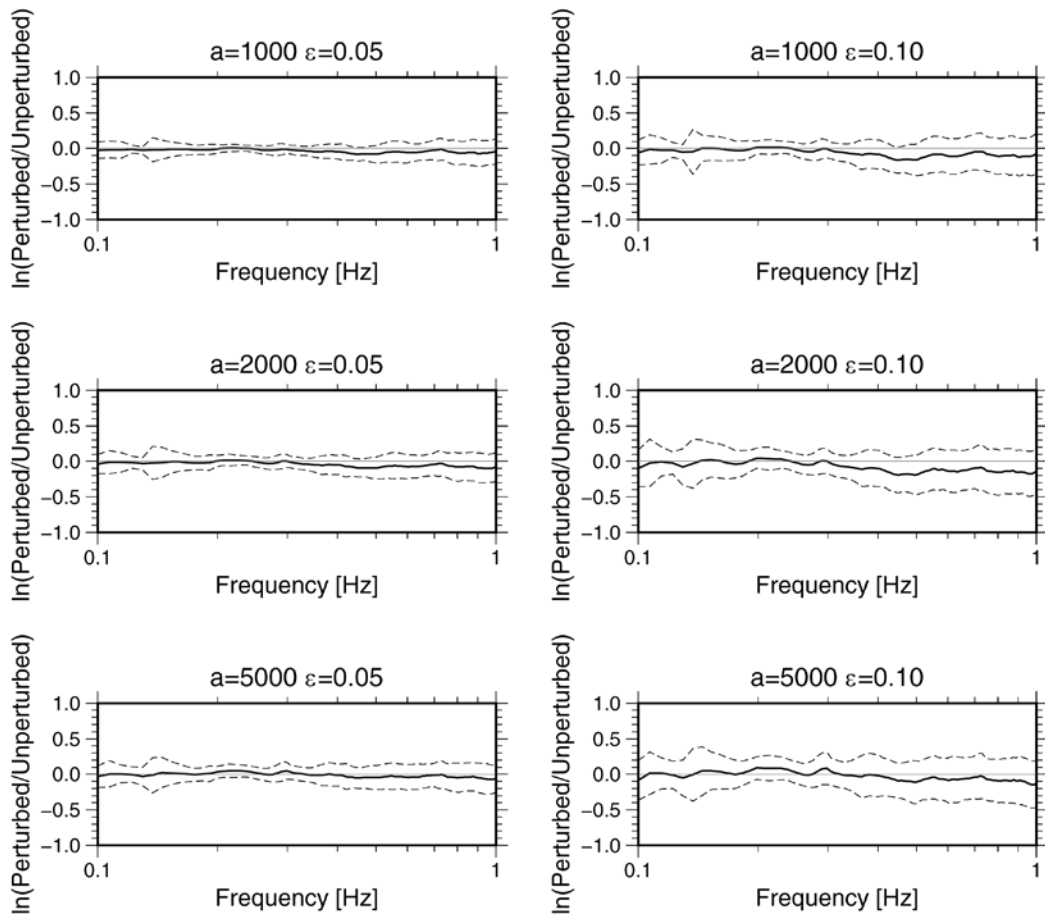


図 3.1-18 フーリエスペクトルの対数残差 (図 3 の 64 観測点)。

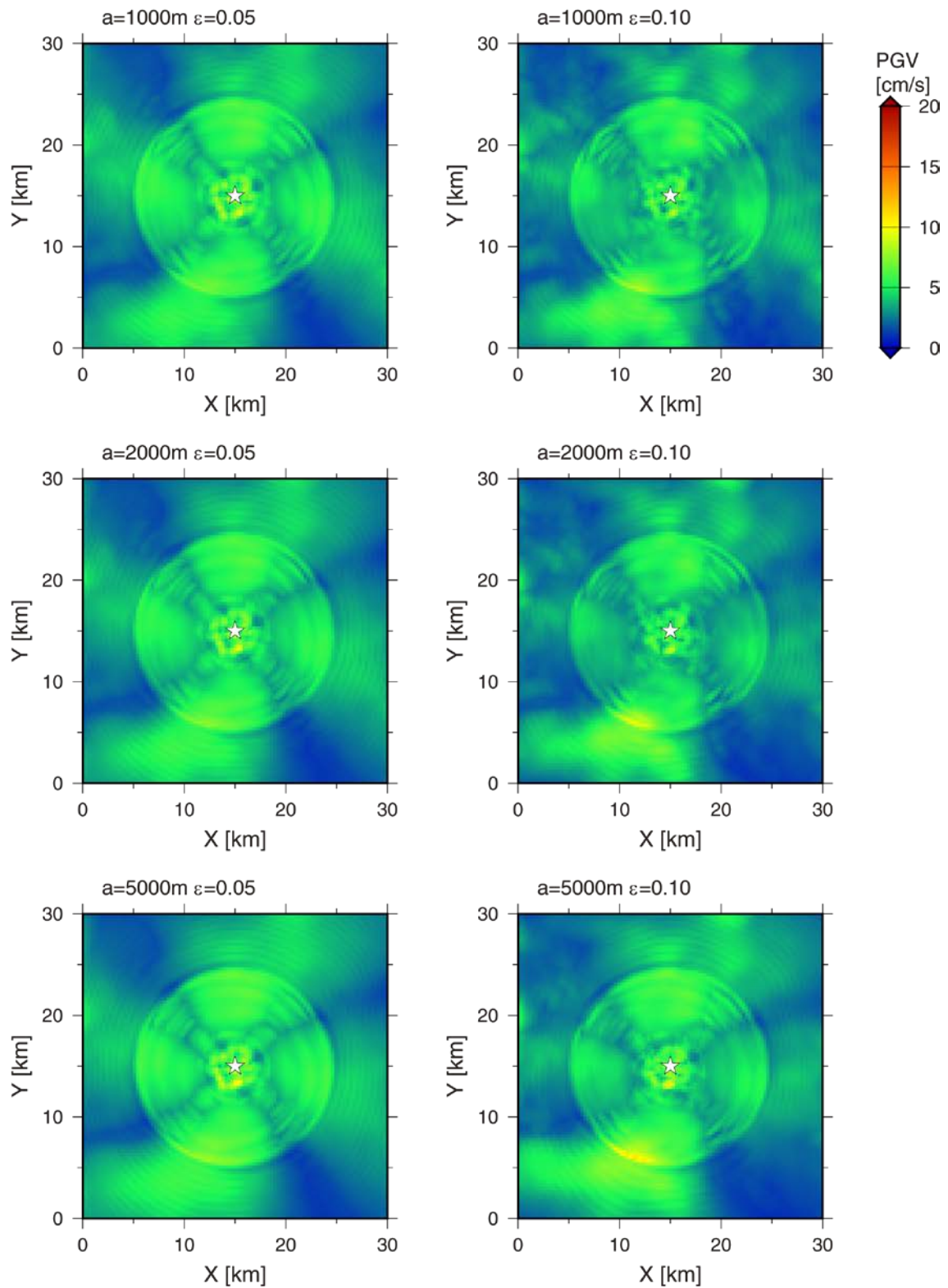


図 3.1-19 不均質モデルのPGV分布（水平2成分の幾何平均）。☆は震央位置

(3) 浅部・深部統合地盤モデルに基づく地下構造モデルへの適用

(ア) 手法

首都圏の浅部・深部統合地盤モデルの深部地盤モデル部分（最小 $VS=350\text{m/s}$ ）のうち、上部地殻に相当する層（ $VS=3200, 3400\text{ m/s}$ ）の媒質物性値に、指数関数型の自己相関関数を持つランダム不均質性を導入した（図 3.1-20）。相関距離 a は水平、鉛直方向で等しいと仮定し、 $1\text{ km}, 3\text{ km}, 5\text{ km}$ の3通りのモデルを作成した。標準偏差 ε は本検討では5%に固定した。物性値に不均質性を与える際、 $\text{平均値} \pm 3\varepsilon$ を上限・下限値とした。また、以下ではランダム不均質性を与えていないモデルを「均質モデル」、不均質性を与えたモデルを「不均質モデル」と呼ぶことにする。

不均質媒質が地震動に及ぼす影響に関する先行研究である佐藤・翠川（2016）では、相関距離と同程度の波長に対応する周期よりも短周期の応答スペクトルに地震波散乱の影響が表れることを示した。本検討では $VS=3200\text{ m/s}$ として、波長 $1, 3, 5\text{ km}$ に対応する周期はそれぞれおよそ $0.3, 0.9, 1.5$ 秒であり、周期 1 秒以上の長周期地震動の計算結果に系統的な影響は少ないと予想される。ただし、佐藤・翠川（2016）では震源距離 45 km 以内の領域を解析対象としており、首都圏の地震ハザード評価としてより現実的な大きさ（少なくとも 200 km 四方程度）の領域での影響を見積もることも必要である。

表 3.1-5 に示す複数の smoothed ramp 関数のすべり速度時間関数を持つ点震源モデルを用いて、3次元差分法（GMS）で周期 1 秒以上を対象とした地震動計算を行った。S1_3.3 と S2_3.3 では震源から放出される波の波長はおよそ 10 km となり、不均質媒質の特徴的な長さ a よりも長い。S1_0.5 では波長はおよそ 1.7 km であり、 a と比べておおむね同等から短い波長となる。

(イ) S1_3.3 の均質・不均質モデルによる結果

震源モデル S1_3.3 について、均質モデルによる工学基盤上の3成分ベクトル合成速度最大値（PGV）の分布、および均質モデルに対する不均質モデルによる PGV の比（不均質／均質比）の分布を図 3.1-21 に示す。同様に周期 $2, 3, 5$ 秒の5%減衰速度応答スペクトル（ S_v ）の不均質／均質比の分布を図 3.1-22 に示す。PGV 比、 S_v 比ともおおむね $3/2$ 倍～ $2/3$ 倍以内となっている。地震動の大きさそのものと不均質／均質比に相関はなく（図 3.1-23）、ランダム不均質構造に起因するものと考えられる。

表 3.1-5 点震源モデル

震源モデル	震源位置	パルス幅
S1_3.3	茨城県南部 40 km	3.3 秒
S2_3.3	神奈川県西部 8 km	3.3 秒
S1_0.5	茨城県南部 40 km	0.541 秒

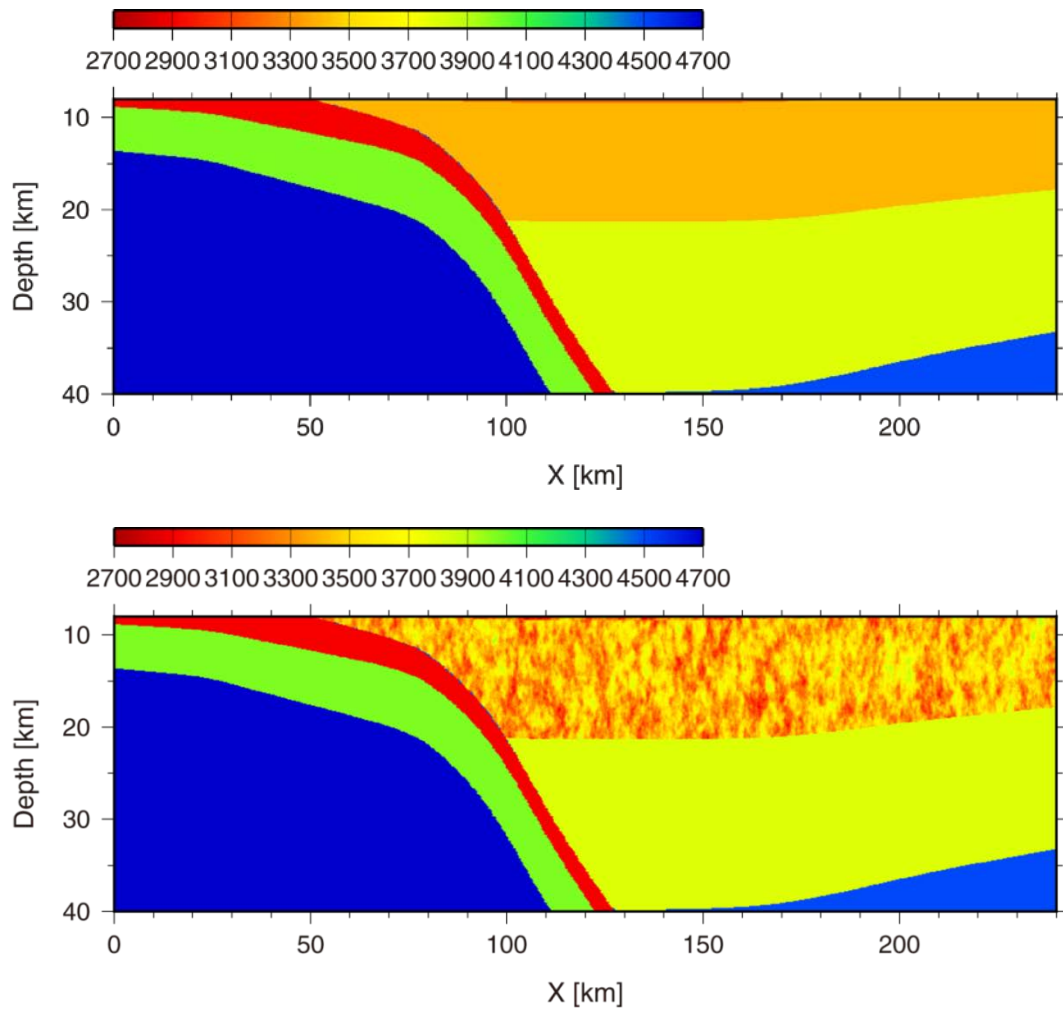


図 3.1-20 ランダム不均質を導入していない地下構造モデル（上）とランダム不均質を導入した地下構造モデル（下）の上部地殻以深の南北方向断面図。カラースケールはS波速度(m/s)を表す。

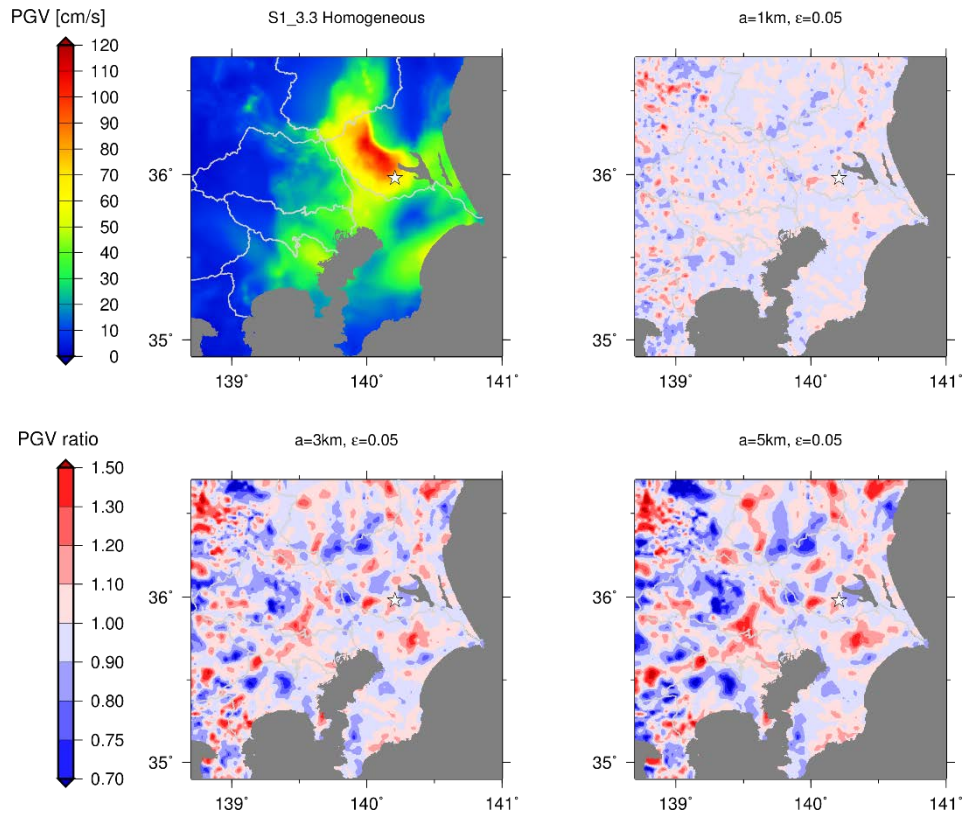


図 3.1-21 S1_3.3 の均質モデルによる PGV 分布 (左上) と不均質/均質 PGV 比。

Sv (周期 2 秒)

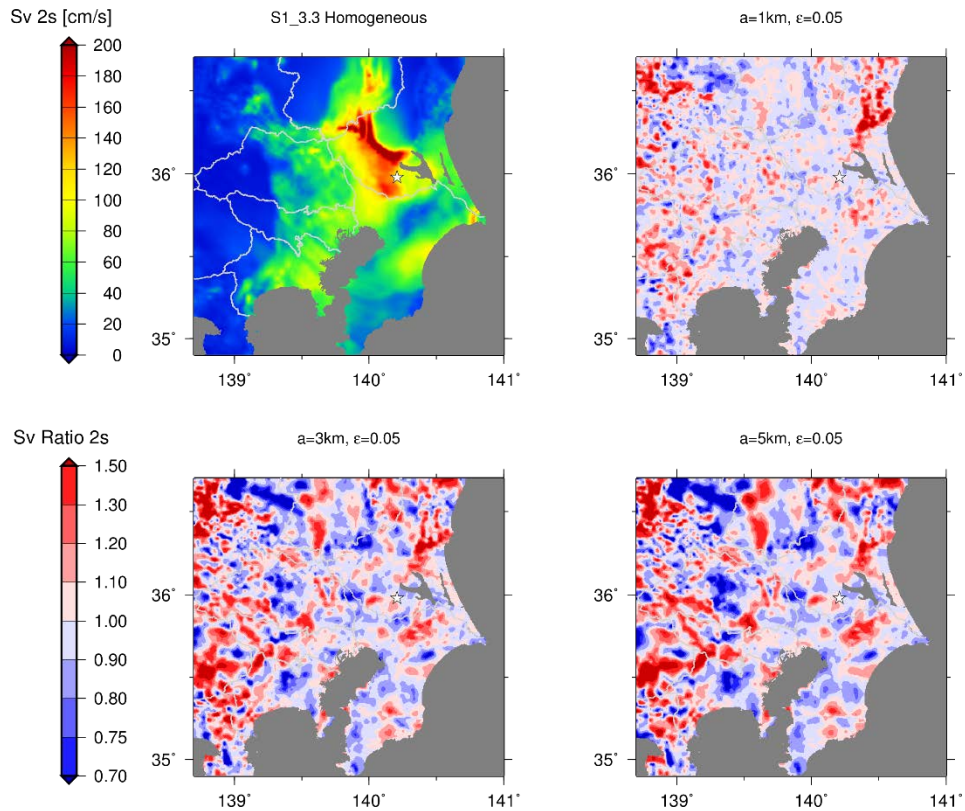
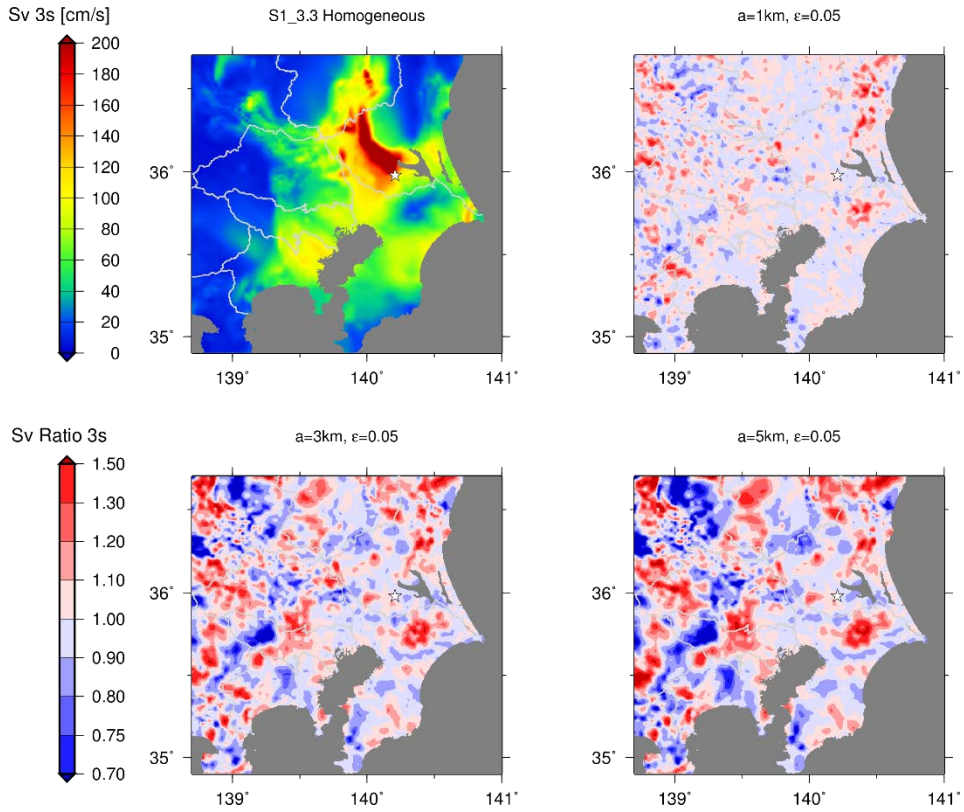


図 3.1-22 S1_3.3 の均質モデルによる Sv 分布 (左上) と不均質/均質 Sv 比。

(b) Sv (周期 3 秒)



(c) Sv (周期 5 秒)

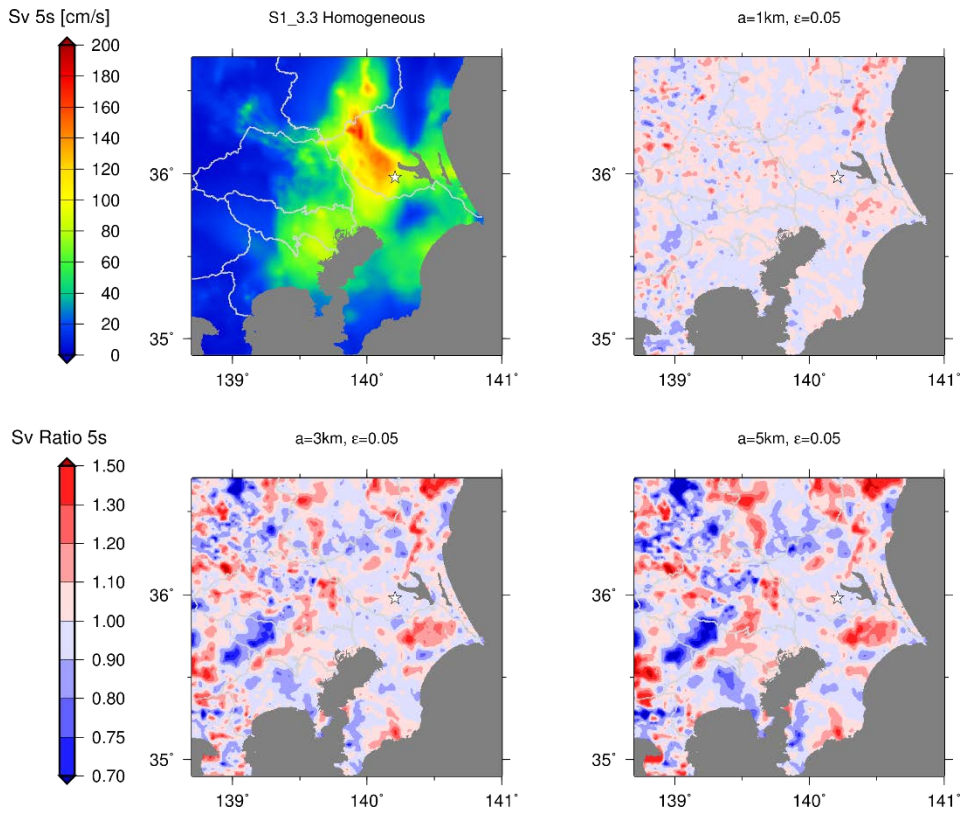


図 3.1-22 つづき。

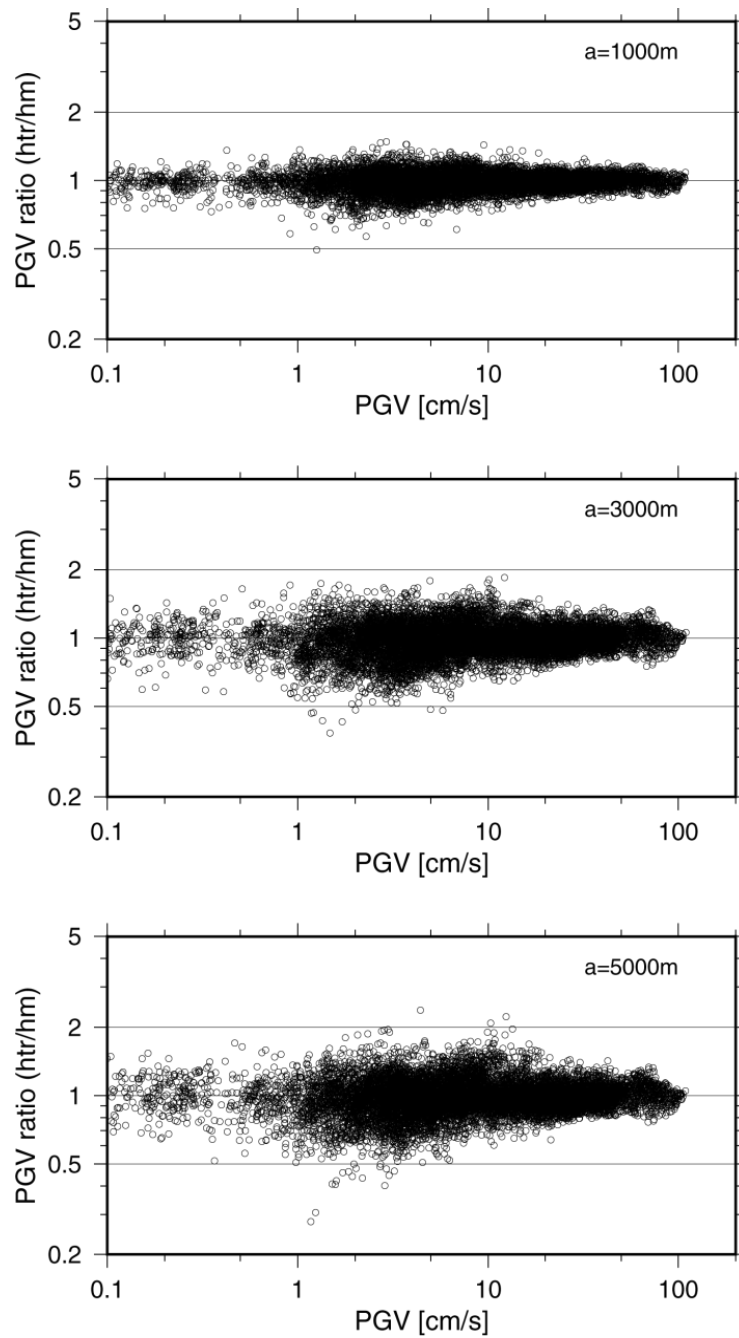


図 3.1-23 S1_3.3 の 2km メッシュ出力地点における不均質 PGV と不均質／均質 PGV 比の対応。

地点ごとの振幅の増減はランダム不均質媒質、すなわち乱数の種に依存する為、single realization だけで個々の地点での結果について議論することはできない。

不均質媒質モデルによる計算領域全体への系統的な傾向を見るために、5つの異なる乱数 seed による不均質媒質を用いて、model bias を速度応答スペクトルについて(1)式のように求めた。

$$b_i = \frac{1}{K} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \ln p_{i,j,k} \quad (1)$$

ここで添え字 i, k, n はそれぞれ周期、ランダム媒質を生成する乱数 seed、出力地点の番号を表し、乱数 seed の数 $K=5$ 個と $N=172$ 地点（都県庁所在地および K-NET と KiK-net 観測点；図 3.1-24）の平均を取った。 $p_{i,j,k}$ は不均質/均質の S_v 比を表す。

図 3.1-25 に model bias を標準偏差とともに周波数ごと(0.1-1 Hz, 周期 1-10 秒)にプロットした。Model bias の平均値はほぼフラットで 0 の値をとる。つまり、領域全体で見た場合、この条件下でこの周期帯では不均質媒質によって系統的に地震動が大きくなるまたは小さくなるということはほとんどない。標準偏差は比のばらつき（標準偏差）は 1 Hz に近づくほど大きくなり、1 秒の S_v で 0.25（約 1.3 倍）程度となった。

図 3.1-26 に S1_3.3 の不均質/均質 PGV 比の 5 つの乱数による不均質モデルの平均値を示す。

図 3.1-27 に都県庁所在地における S1_3.3、 $a=5\text{km}$ の均質モデルおよび不均質モデルによる速度応答スペクトル（水平 2 成分幾何平均）の 5 個の乱数の平均値と標準偏差を示す。

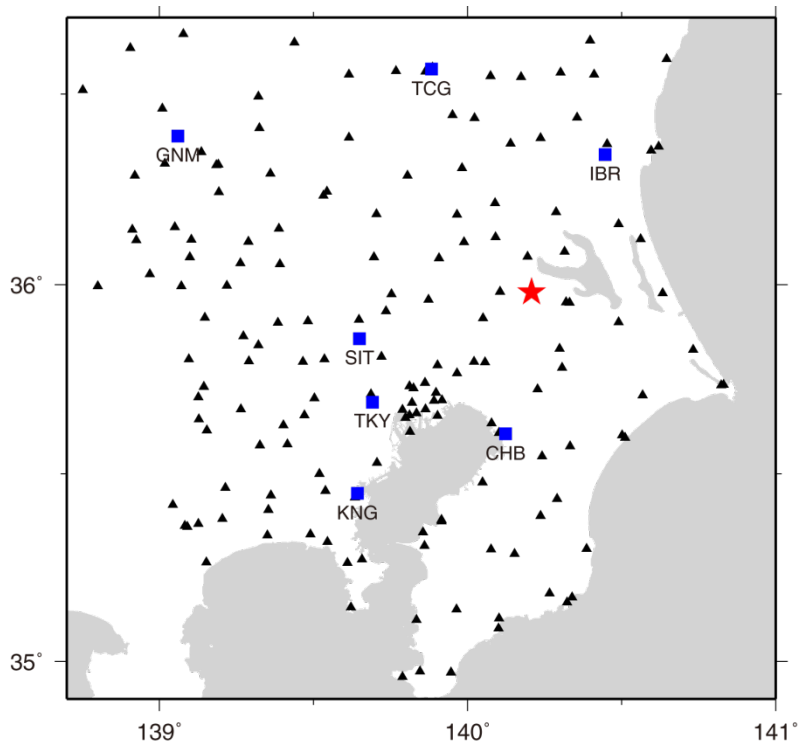


図 3.1-24 観測点位置。

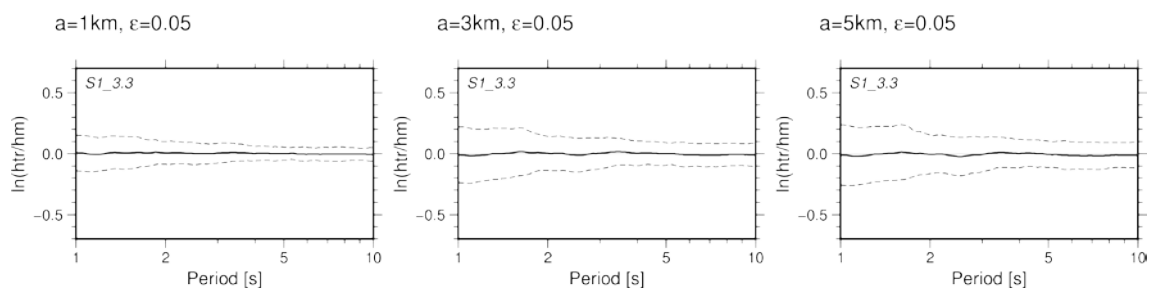


図 3.1-25 S1_3.3 の不均質/均質 model bias。

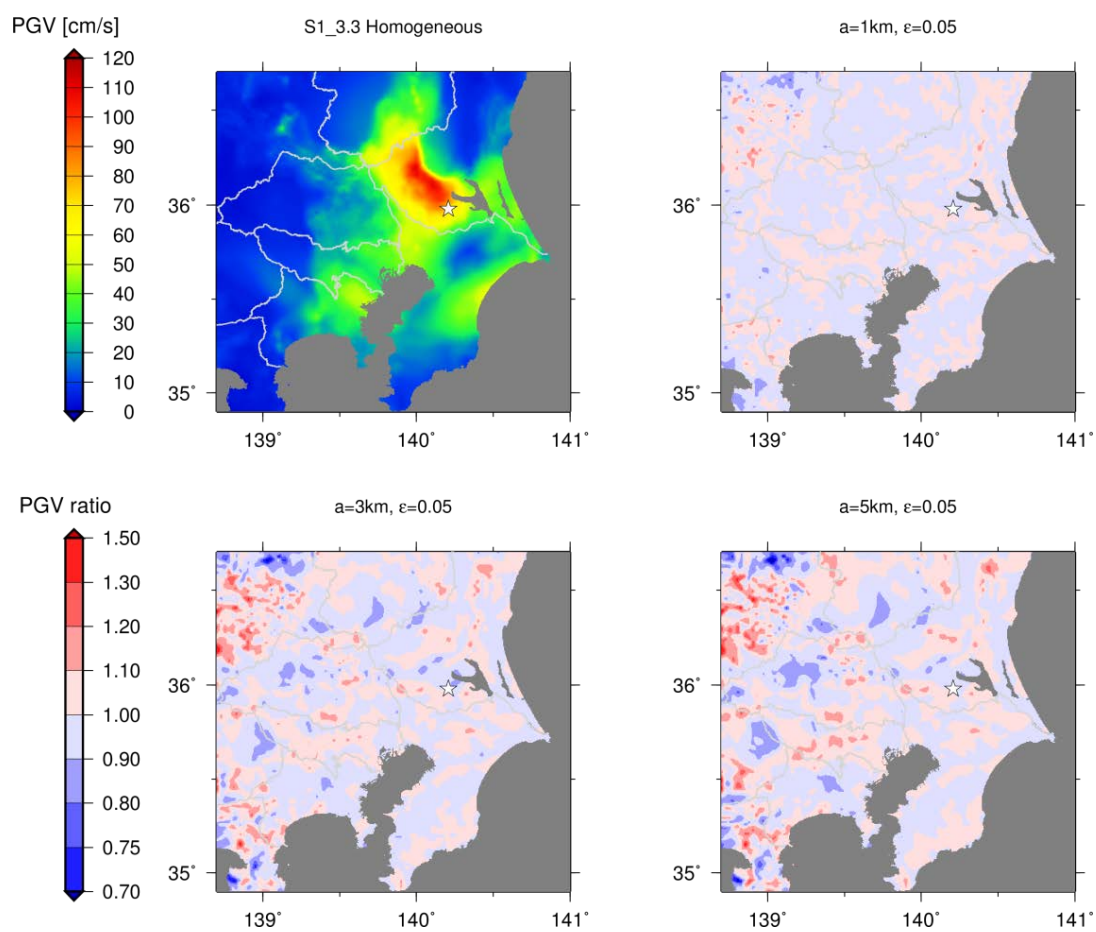


図 3.1-26 S1_3.3 の不均質/均質 PGV 比の 5 つの乱数による不均質モデルの平均値。

S1_3.3

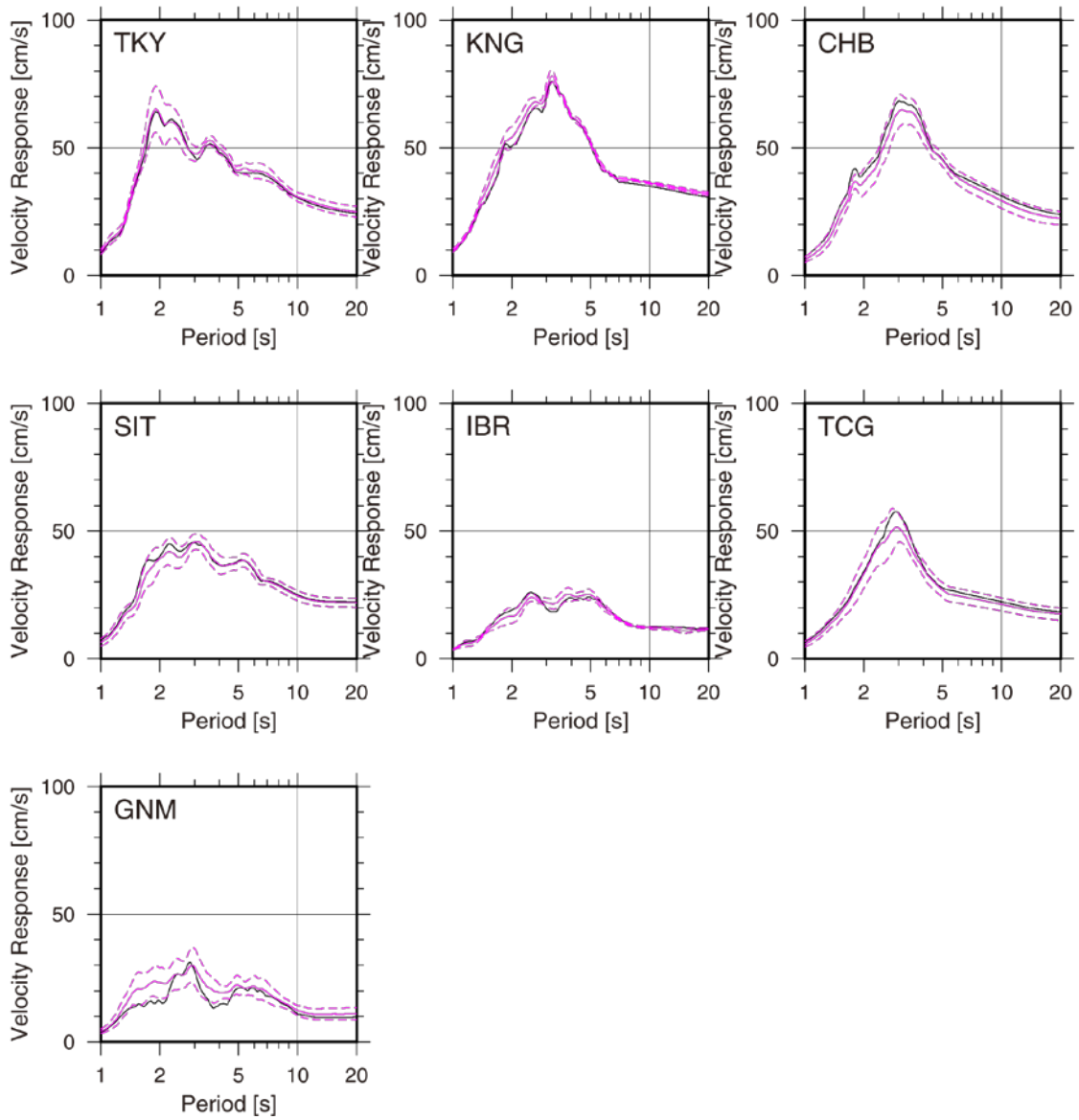


図 3.1-27 都県庁所在地における S1_3.3 の均質モデル (黒) および不均質モデル (赤) による 5%減衰速度応答スペクトルの平均値 (実線) と標準偏差 (破線)。

(ウ) 震源位置の違い(S2_3.3)

S2_3.3の震源モデルによる不均質/均質 PGV 比の分布を図 3.1-28 に示す。S1_3.3の震源モデルについての PGV 比 (図 3.1-21) と比較すると、同じ乱数による不均質構造による計算結果であるものの、震源の位置によって PGV に与える影響の空間分布が異なることが分かる。PGV 比はおおむね 3/2 倍~2/3 倍以内であるが、S2_3.3 (浅い地震) では PGV 比が倍半分程度に達するところもある。S1_3.3 の震源が上部地殻層よりも深い位置 (フィリピン海プレート境界付近) に位置するのに対し、S2_3.3 は震源が不均質を与えた上部地殻層内に位置しているために不均質媒質の影響が強く出た可能性がある。

S1_3.3、S2_3.3 それぞれについて震源距離と PGV 比の関係をプロットしたものを図 3.1-29 に示す。いずれの震源位置でも、距離が遠くなるほど PGV 比のバラツキは大きくなる傾向がある。

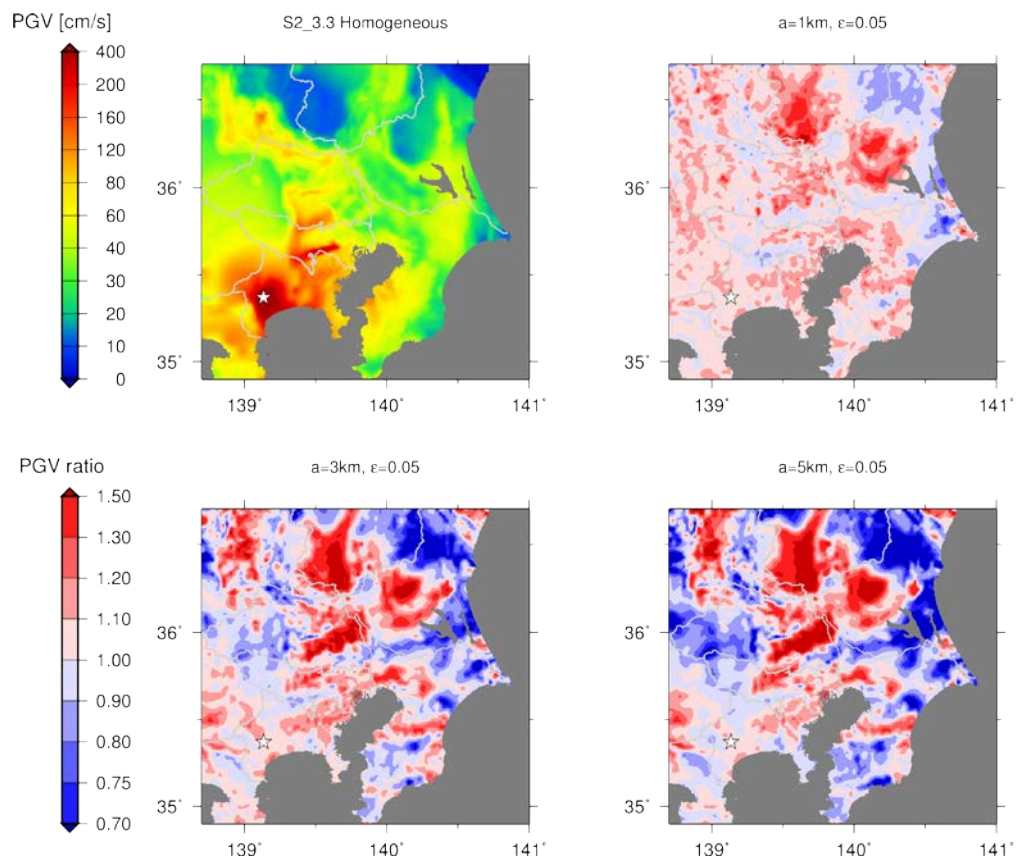


図 3.1-28 S2_3.3 の均質モデルによる PGV 分布 (左上) と不均質/均質 PGV 比。

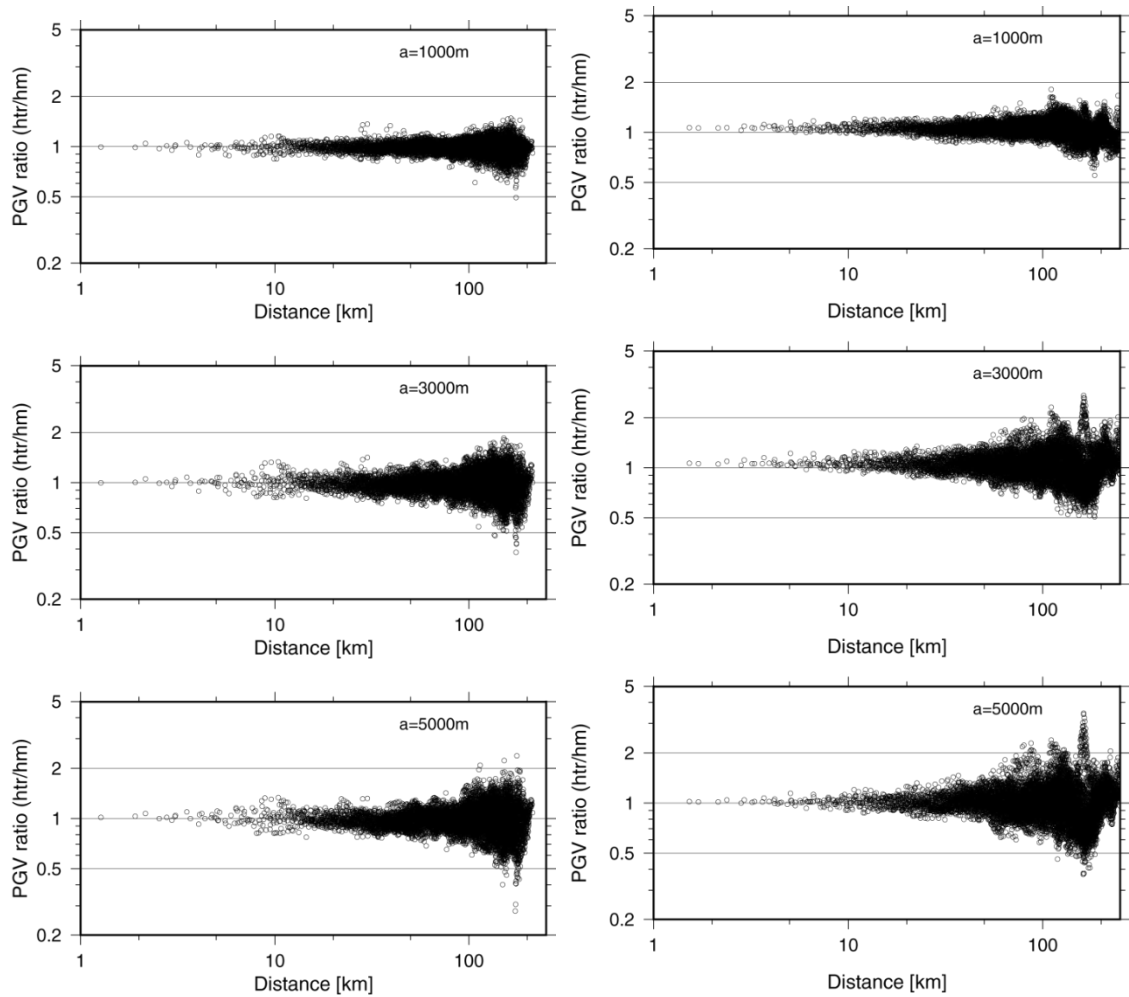


図 3.1-29 震源距離と不均質／均質 PGV 比の関係。(左) 震源 S1_3.3、(右) 震源 S2_3.3

(エ) 震源パルス幅の違い(S1_0.5)

S1_3.3 と S1_0.5 の震源モデルで、均質／不均質モデルの PGV 比を図 3.1-30 および 3.1-31 にそれぞれ示す。S1_3.3 と S1_0.5 を比べると、同じ不均質媒質を用いているため分布のパターンは似ているものの、S1_0.5 の方が全体的に比の値が大きい（色が濃い）。S1_0.5 では震源から放出される波の波長が媒質の特徴的な波長に近く、S1_3.3 と比べて同距離を伝播する波数が多いため、不均質媒質の影響がより強く出るものと考えられる。

S1_0.5 について図 3.1-29 と同様の震源距離と PGV 比の関係図を図 3.1-32 に示す。S1_3.3 や S2_3.3 (図 3.1-29) と比べて短い震源距離から PGV 比のばらつきが大きくなっており、100 km 程度で倍半分以上を大きく超える地点がある。

S1_3.3、S2_3.3、S1_0.5 の 3 つのモデルについて、周期 2, 3, 5 秒の速度応答および PGV の震源距離 0 ~ 15 km、15 ~ 30 km、30 ~ 60 km、60 ~ 120 km、120 ~ 240 km における標準偏差をそれぞれ求め、図 3.1-33 に示した。全体的に距離に応じて標準偏差が大きくなる傾向があり、同じ距離で見ると、短周期の Sv の標準偏差がより長周期の Sv や PGV と比べて大きい。ただし、破壊継続時間の短い S1_0.5 では周期による標準偏差の大きさの違いはほとんど見られない。

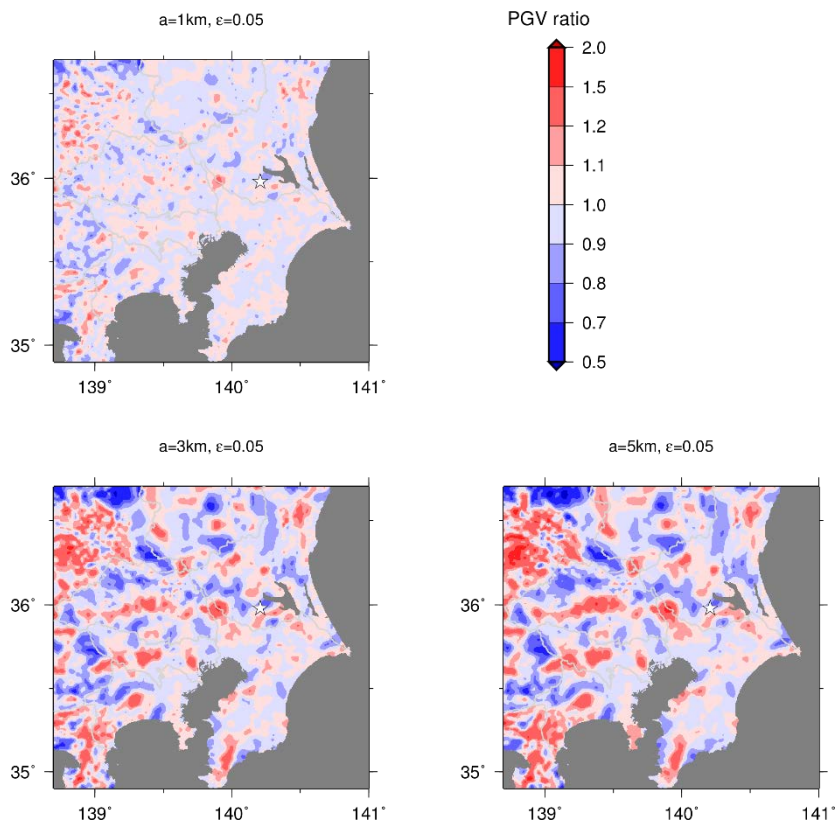


図 3.1-30 S1_3.3 の不均質／均質 PGV 比。

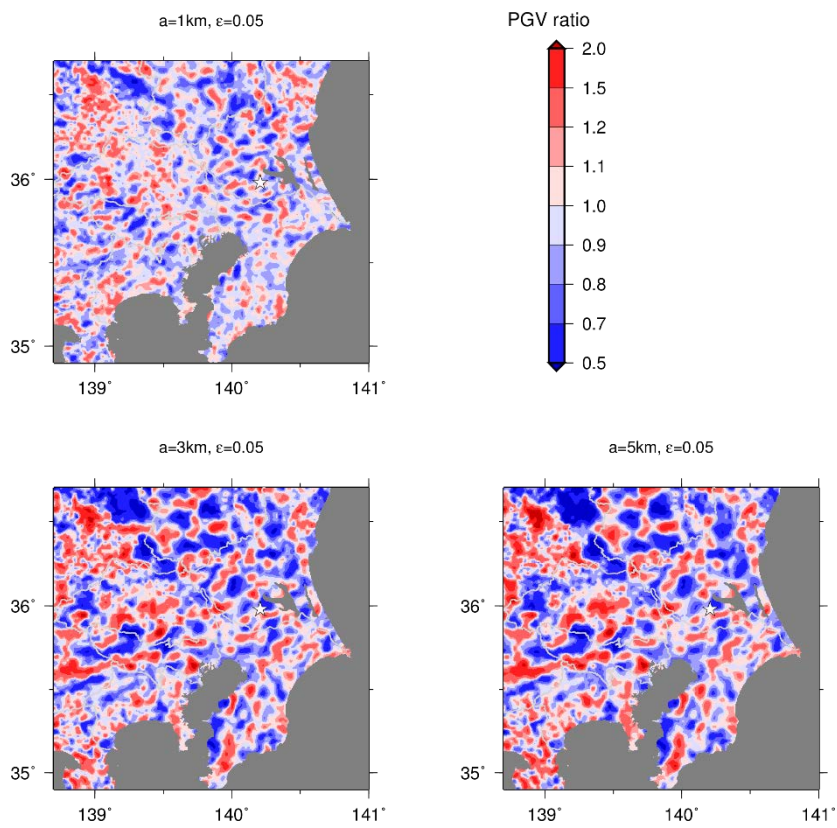


図 3.1-31 S1_0.5 の不均質／均質 PGV 比。

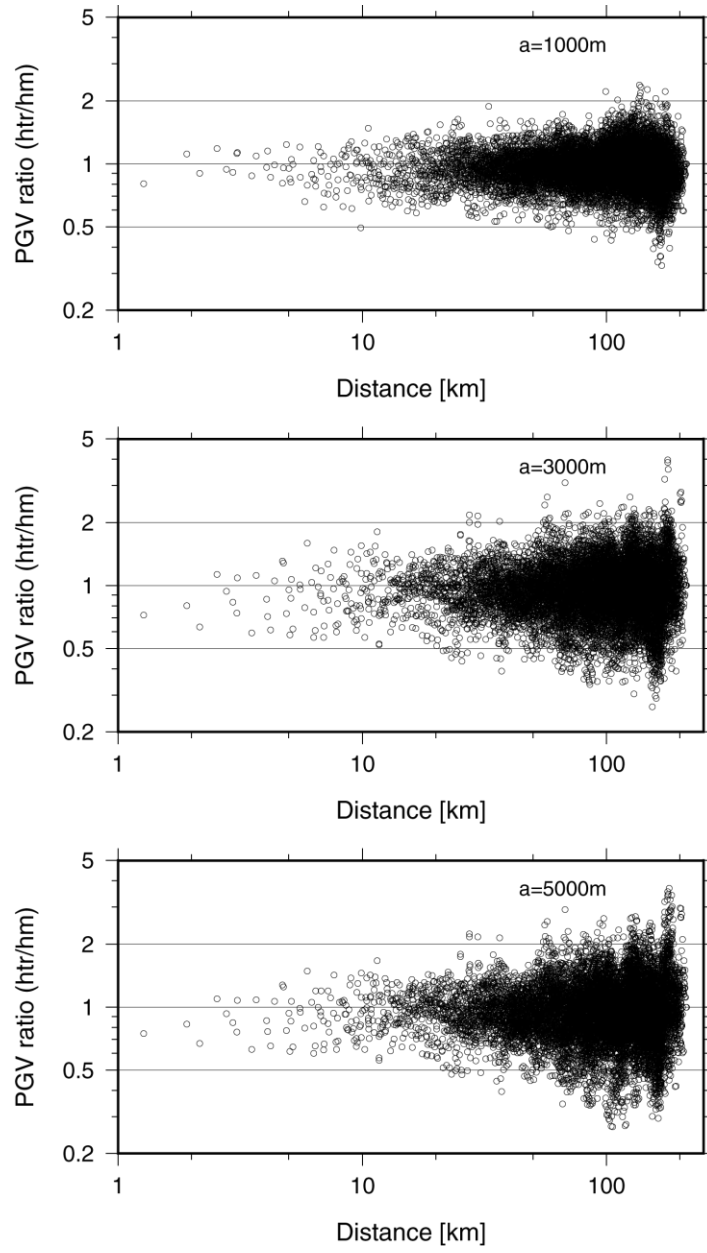


図 3.1-32 S1_0.5 についての震源距離と不均質/均質 PGV 比の関係。

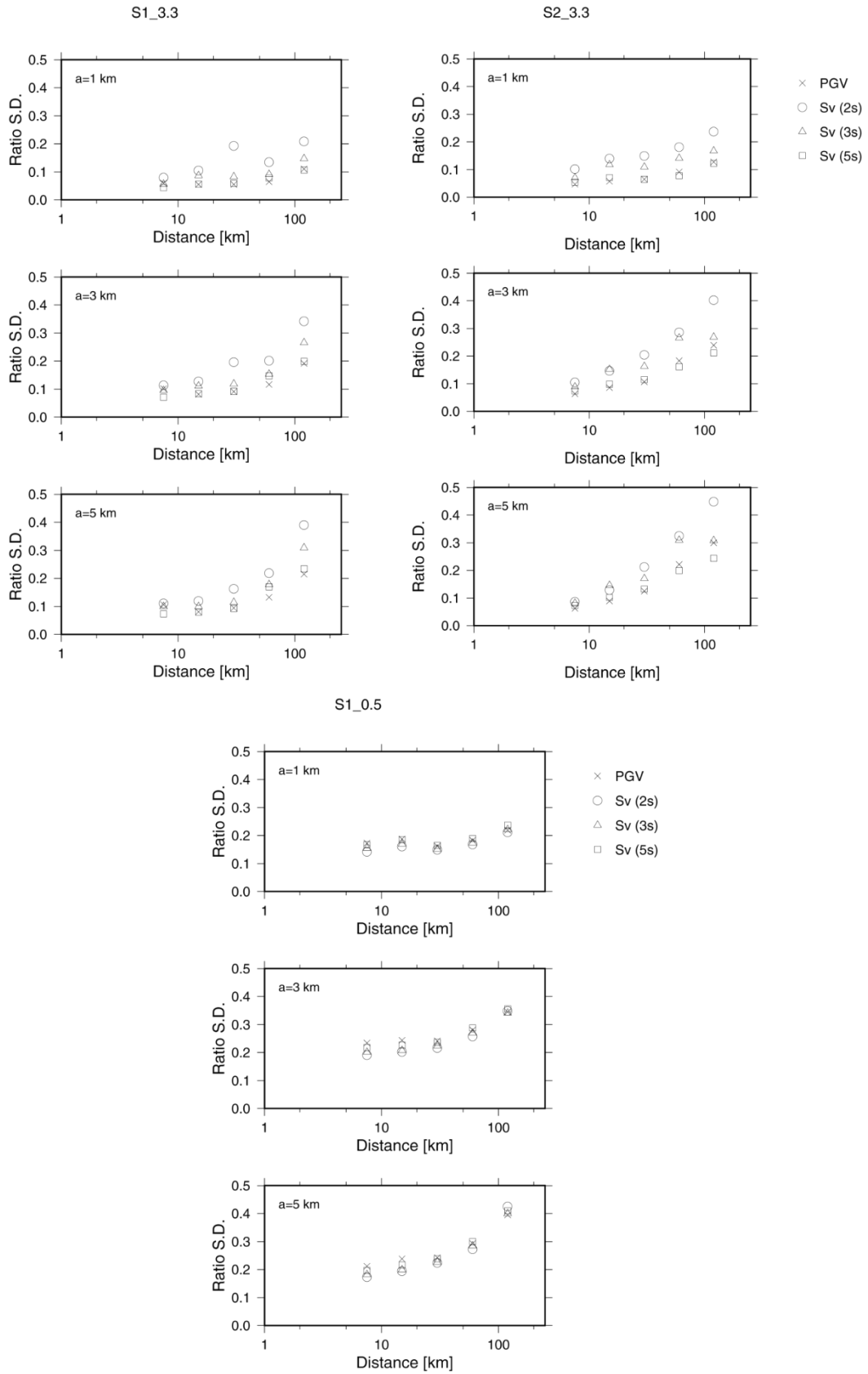


図 3.1-33 不均質／均質比の距離ごとの標準偏差。

3) 浅部地盤による増幅の検討

関東地域を対象として作成されている、浅部・深部統合地盤モデルの浅部地盤 ($V_s=350\text{m/s}$ 層以浅) による地震動の。その結果を図 3.1-34 に示す。これによると、周期 1 秒では大きな河川沿いにおいて大きな増幅が見られ、周期 2 秒でもきわめて狭い地域で増幅する場所も見られるが、周期 4 秒および 8 秒ではほとんど増幅していない。

なお、近年提案されている地震動予測式では、表層 30m の平均 S 波速度 (AVS30) をパラメータとして応答スペクトルの増幅率が求められているものがある (Kanno et al., 2006、Morikawa and Fujiwara, 2013)。これらの予測式では、周期 2 秒以上において AVS30 が 100m/s の場合 1.5 倍程度 (Morikawa and Fujiwara, 2013) ~2 倍程度 (Kanno et al, 2006)、AVS30 が 200m/s の場合は両式とも 1.2 倍程度となっている。ただし、浅部地盤による増幅と深部地盤による増幅のトレードオフがあり、特に、浅部地盤による増幅のみモデル化されている Kanno et al. (2006) では深部地盤による増幅の影響も小さくないと考えられる。これらの予測式を長周期地震動に適用するにあたっては、この点留意が必要である。

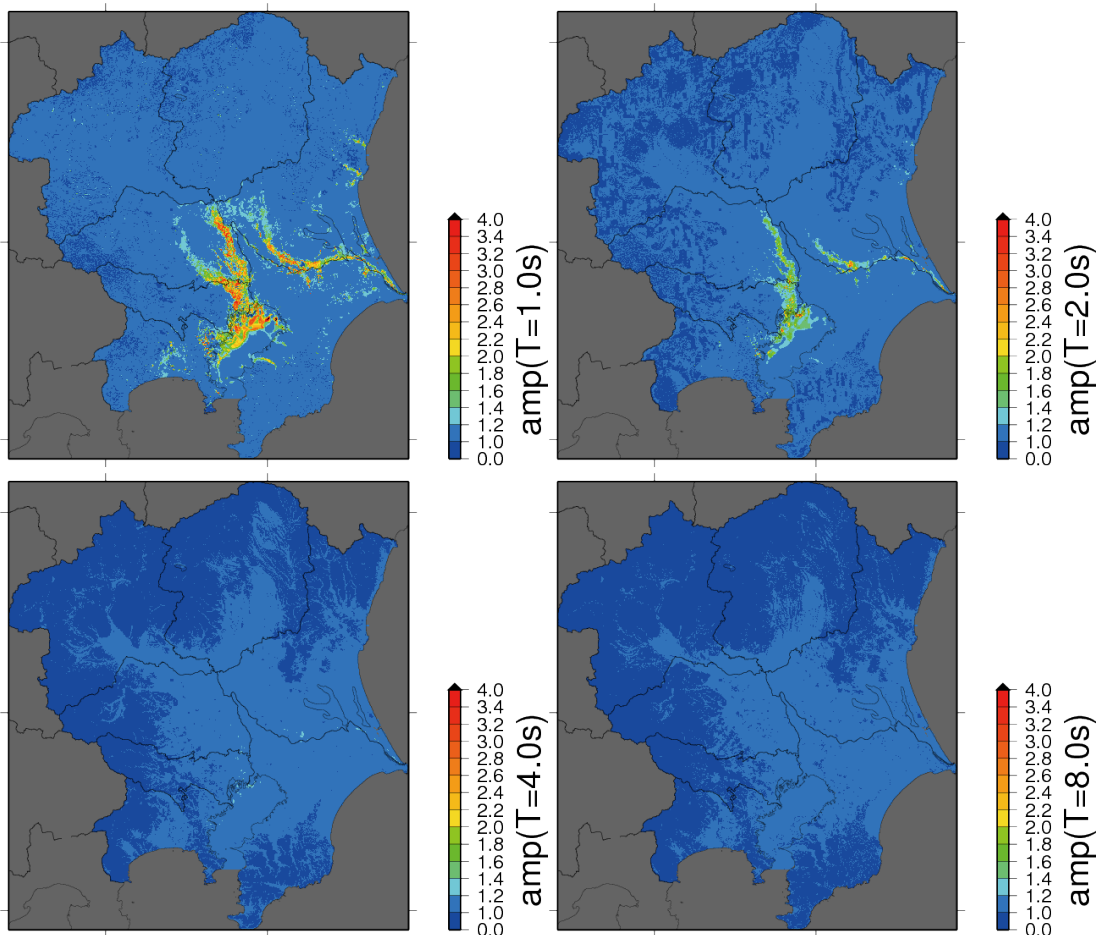


図 3.1-34 浅部・深部統合地盤モデルの浅部地盤モデルに基づいて推定された $V_s=350\text{m/s}$ 層上面からのスペクトル増幅率 (総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人: JST) の成果を活用したものである)。

(c) 結論ならびに今後の課題

関東地域の浅部・深部統合地盤モデルに対して、Graves(1996)の非弾性減衰効果の導入方法を用いる場合に適した Q 値の設定について検討した。中規模地震の観測記録の再現性に基づいた検討からは、 S 波速度の 0.2 倍とする現状の Q_0 値の設定（参照周期=3 秒）よりも、より小さな Q_0 値とする方が観測値の再現性が高かった。ただし、現状の設定値を用いた場合に観測記録の説明性が著しく低下するという事ではない。波形の経時特性に基づいた検討からは、本検討で設定した Q 値モデルにより観測記録の減衰特性を概ね説明することはできていた。ただし、観測記録長の制限により Q 値の違いを詳細に議論するのは困難であった。

関東の深部地盤モデルの上部地殻相当層($VS=3200\sim 3400\text{m/s}$)の媒質物性値に指数関数型の自己相関関数を持つランダム不均質性を導入した。標準偏差 ϵ は 5%に固定し、相関距離 a は水平、鉛直方向で等しいと仮定し、1 km, 3 km, 5 km の 3 通りを設定した。その結果、

- PGV や 5%減衰速度応答スペクトルの不均質/均質比は計算領域全体の平均としてはほぼ 1 になった。
- 不均質/均質比の空間分布はランダム不均質媒質に依存する。
- 不均質/均質比の平均値は安定しているが、ばらつき（標準偏差）は震源距離に応じて大きくなった。また、震源継続時間が短い震源モデルの方が比のばらつきが大きかった。
- 同じ震源距離の不均質/均質比の標準偏差は短周期ほど大きくなった。

ことが分かった。これらのことから、周期 2 秒程度以上を対象とした長周期地震動ハザード評価においては、ランダムな不均質性のない地下構造モデルで計算することにより「平均値」が得られることから、それに対して本検討で得られたような「ばらつき」を付与する方法をとった方が良いと考えられる。

浅部地盤による長周期地震動の増幅について、関東地域の浅部・深部統合地盤モデルの浅部地盤に基づいて求められたスペクトル増幅率は、周期 2 秒において関東平野全体の中でもきわめて限定された範囲で増幅する場所も見られたものの、基本的に周期 2 秒以上の長周期地震動については考慮する必要はないと考えられる。

(d) 引用文献

- Aoi, S., R. Honda, N. Morikawa, H. Sekiguchi, H. Suzuki, Y. Hayakawa, T. Kunugi, and H. Fujiwara, (2008): Three-dimensional finite difference simulation of long-period ground motions for the 2003 Tokachi-oki, Japan, earthquake, *J. Geophys. Res.*, **113**, B07302, doi:10.1029/2007JB005452.
- 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.
- Asano, K., H. Sekiguchi, T. Iwata, M. Yoshimi, T. Hayashida, H. Saomoto, and H. Horikawa (2016): Modelling of wave propagation and attenuation in the Osaka sedimentary basin, western Japan, during the 2013 Awaji Island earthquake, *Geophys. J. Int.*, **204**, 1678-1694.
- Brocher, T. M. (2008): Key elements of regional seismic velocity models for long period

- ground motion simulations, *J. Seism.*, 12, 217-221.
- Dreger, D. S., G. C. Beroza, S. M. Day, C. A. Goulet, T. H. Jordan, P. A. Spudich, and J. P. Stewart (2015): Validation of the SCEC broadband platform V14.3 simulation methods using pseudospectral acceleration data, *Seism. Res. Lett.* 86, 39-47.
- Frankel, A. and R. W. Clayton (1986): Finite difference simulations of seismic scattering: implications for the propagation of short-period seismic waves in the crust and models of crustal heterogeneity, *J. Geophys. Res.*, 91, 6465-6489.
- Goulet, C. A., N. A. Abrahamson, P. G. Somerville, and K. E. Woodbell (2015): The SCEC broadband platform validation exercise: Methodology for code validation in the context of seismic-hazard analyses, *Seism. Res. Lett.* 86, 17-26.
- Graves, R.W. (1996): Simulating seismic wave propagation in 3D elastic media using staggered-grid finite differences, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 1091-1106.
- Graves R. W. and Pitarka, A. (2004): Broadband time history simulation using a hybrid approach. Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, paper no. 1098.
- Graves R. and A. Pitarka (2016): Kinematic ground-motion simulations on rough faults including effects of 3D stochastic velocity perturbations, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 106, doi: 10.1785/0120160088.
- Imperator, W. and P. M. Mai (2013): Broad-band near-field ground motion simulations in 3-dimensional scattering media, *Geophys. J. Int.*, 192, 725-744.
- Iwaki, A. and T. Iwata (2008): Validation of 3-D basin structure models for long-period ground motion simulation in the Osaka basin, western Japan, *J. Seism.*, 12, 197-215.
- Kawabe, H. and K. Kamae (2008): Prediction of long-period ground motions from huge subduction earthquakes in Osaka, Japan, *J. Seism.*, 12, 173-184.
- Hartzel, S. S. Harmsen, and A. Frankel (2010): Effects of 3D random correlated velocity perturbations on predicted ground motions, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 100, 1415-1426.
- 早川崇・佐藤俊明 (2005) : 深度依存の速度勾配を考慮した関東平野の三次元速度構造のモデル化、日本建築学会大会 (近畿) 学術講演梗概集, 21092.
- 齊藤竜彦 (2009) : 短周期地震波の散乱理論—ランダム媒質中の走時と波形エンベロープ—、地震第2輯, 61, S93-S101.
- Sato, H, M. C. Fehler, and T. Maeda (2012): Seismic wave propagation and scattering in the heterogeneous earth, second edition, Springer, Berlin, 494pp.
- 佐藤吉之・翠川三郎 (2016) : 地震動シミュレーションに対する3次元不均質媒質の影響に関する基礎的検討、日本地震工学会論文集, 16, 27-39.
- Savran, W. H. and K. B. Olsen (2016): Model for small-scale crustal heterogeneity in Los Angeles basin based on inversion of sonic log data, *Geophys. J. Int.*, 205, 805-863.
- 先名重樹・前田宜浩・稲垣賢亮・鈴木晴彦・神薫・宮本賢治・松山尚典・森川信之・河合

伸一・藤原広行（2013）：強震動評価のための千葉県・茨城県における浅部・深部統合地盤モデルの検討、防災科学技術研究所研究資料第 370 号.

Takemura, S., T. Furumura, and T. Maeda (2015): Scattering of high-frequency seismic waves caused by irregular surface topography and small-scale velocity inhomogeneity, *Geophys. J. Int.*, 201, 459-474.

Yamamizu, F. (1996): Down-hole measurements of seismic wave velocities in deep soil deposits beneath the Tokyo Metropolitan area, *Report of the NIED*, No.56.

山水史生（2004）：関東地域の中深層地殻活動観測井を利用した VSP 法速度構造調査、防災科学技術研究所研究資料第 251 号.

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に用いる深部地下構造モデルの検討等

(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	研究領域長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	総括主任研究員	高橋 成実
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

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東海から南海トラフ域の深部地下構造モデルを試作し、高精度化を検討するとともに、全国1次地下構造モデル（暫定版）との比較検証を行う計画を立案する。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

- ・「東海・東南海・南海地震の連動性評価プロジェクト」等の調査観測によるデータを収集・整理
- ・全国1次地下構造モデル（暫定版）との比較
- ・最新のデータ及びサブテーマ1の成果に基づく全国1次地下構造モデルの改良版の試作
- ・2004年紀伊半島沖の地震の前震、2009年駿河湾の地震、2013年淡路島付近の地震を含むマグニチュード6程度以上の地震によるF-net及びKiK-net観測点の強震動記録を整理と地下構造モデル検証への適用可能性の検討

を実施し、全国1次地下構造モデル（暫定版）の改良試作版を作成するとともに、試作した地下構造モデルの検証方法を示した。

(b) 事業の成果

1) 南海トラフ震源域を含む地下構造モデルの改良

(1) 南海トラフ震源域を含む地下構造に関するデータ等収集と整理

南海トラフ域周辺で実施された地下構造調査についてデータを収集した。図3.2-1に収集した構造調査の測線位置を示す。表3.2-1に収集した構造調査の測線位置及び引用文献の一覧を示す。

図3.2-2から図3.2-33に、全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較を

示す。ただし、陸域の構造については（２）の修正を行った全国1次地下構造モデル（暫定版）である。また、構造調査結果がP波速度であるため、地下構造モデルについてもP波速度で示すこととした。以下に各測線の特徴を示す。

- ・hy01では、付加体の構造について全体的に構造探査結果が深く推定されている。また、付加体下部のP波速度は4 km/s以上である。
- ・hy02でも同様に、構造探査結果の海底面から5 km程度はP波速度が3 km/s以下でありその下部は4 km/s程度以上である。
- ・hy03では、付加体が測線にほぼ一様に堆積しており、標高10 kmにも及んでいる。
- ・hy04では、距離40-140 km付近で付加体が厚く堆積しており、標高15 kmにも達する。
- ・isovel_kh1では、地下構造モデルの付加体の下部のP波速度は構造調査では6 km/s程度である。
- ・isovel_kh2でも同様に地下構造モデルの下部のP波速度が構造調査結果に比べやや低速度である。
- ・isovel_kh3では、付加体の下部3分の2程度はP波速度4 km/s程度である。地下構造モデルに比べるとやや速度が大きい。
- ・isovel_kh4では、他の測線に比べ付加体の速度がやや小さい。3 km/s程度である。
- ・isovel_kh5では、地下構造モデルに比べ付加体の厚さが厚い結果となっている。
- ・isovel_kh6では、地下構造モデルに比べ付加体の厚さが厚いが、isovel_kh5に比べると厚さはやや薄い。
- ・isovel_kh7では陸側の付加体の速度がやや多き傾向がある。地下構造モデルに比べると速度が大きい。
- ・isovel_tk1では、付加体の下部の速度は4.4 km/s程度であり、地下構造モデルに比べると速度が大きい。
- ・isovel_tk2でも同様であるが、付加体の厚さがisovel_tk1に比べやや厚い。
- ・isovel_tk3では、付加体の下部の標高は8 km程度であり、地下構造モデルに比べ深い。
- ・isovel_tk4でも、地下構造モデルに比べ付加体の厚さが厚い。
- ・isovel_tk5では付加体の形状は概ね対応しているが、付加体下部のP波速度が地下構造モデルに比べ大きい。
- ・kr0710では、付加体の厚さが陸域で地下構造モデルに比べ薄くなっている。
- ・kr9806では、付加体下部のP波速度が地下構造モデルに比べやや大きい。kr9810でも同様である。
- ・nt06では、付加体下部のP波速度は4 km/s程度である。
- ・nt0401では、地下構造モデルに比べ付加体の厚さがやや厚い傾向がある。
- ・nt0402では、付加体の厚さは10 km程度であり、地下構造モデルのおおよそ2倍である。
- ・nt0403では、距離100-120 km程度において付加体の厚さが薄くなっている。

- nt0404では、距離150 km程度の付加体の下部の速度は4 km/sを超えている。nt0405でも同様である。
- sk01の付加体の速度は3-4 km/s程度である。sk04でも同様である。
- sk05では3 km/s以下の付加体の厚さは2 km程度であり、その下部は4 km/s程度である。sk06、sk07でも同様である。
- tk02の付加体のP波速度は3 km/s以下である。
- tky1で距離350 km以上の付加体の厚さは、5 km程度であり、地下構造モデルに比べやや厚くなっている。

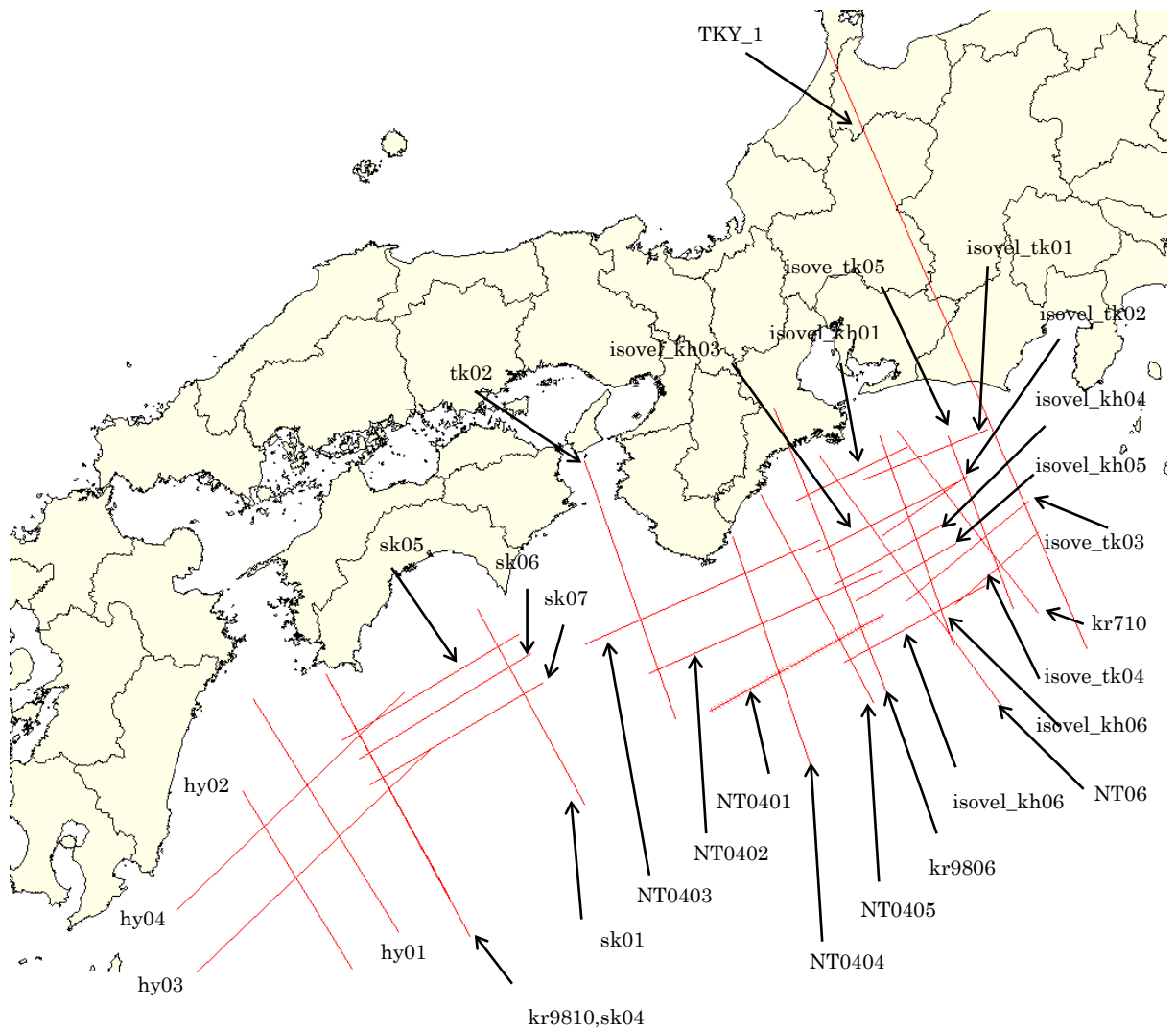


図 3.2-1 収集した構造調査の測線位置

表 3.2-1 収集した構造調査の測線位置。

Line ID	Long (E)	Lat (N)	Long (E)	Lat (N)	引用文献
KR9806-1	137.295356	32.474358	136.340890	34.487350	Nakanishi et al. (2002) ¹⁾
NT0401	135.823865	32.461565	137.213806	33.103459	https://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/IFREE_center/data/cruise_data/KY04-01vmodel.html
NT0402	135.338146	32.713759	137.207002	33.399572	
NT0403	134.823829	32.907286	136.702129	33.600967	
NT0404	136.639279	32.071257	136.009654	33.625178	
NT0405	137.141644	32.521496	136.235925	33.907674	Nakanishi et al. (2008) ²⁾
NT06	138.176390	32.492600	136.704910	34.170590	東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト(2009) ³⁾
isovel_kh1	136.523472	33.874236	137.405255	34.22255	Nakanishi et al. (1998) ⁴⁾
isovel_kh2	136.603535	33.691443	137.557673	34.077891	
isovel_kh3	136.68764	33.521308	137.797032	33.989136	
isovel_kh4	136.820563	33.308583	137.747803	33.731888	
isovel_kh5	136.995555	33.199948	137.80167	33.580597	
isovel_kh6	136.902402	32.784965	138.031942	33.302804	
isovel_kh7	137.784278	32.901246	137.189568	34.300029	
isovel_tk1	137.062755	34.006992	138.050734	34.340615	
isovel_tk2	137.205484	33.6339	137.882555	34.032716	
isovel_tk3	137.404571	33.198458	138.384173	33.867652	
isovel_tk4	137.79707	33.177484	138.461867	33.657937	
isovel_tk5	138.265082	33.147384	137.743166	34.301612	
kr0710_b	138.4644	33.1213	137.3327	34.3312	東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト(2009) ³⁾
TKY-1	136.770346	36.894696	138.853117	32.881127	Kodaira et al. (2004) ⁷⁾

kr9810_1	133.8917	30.9603	132.7298	32.7100	Takahashi et al. (2002) ⁸⁾
sk01	133.9473	33.1404	134.8101	31.8419	連動性評価プロジェクト
sk04	133.7238	31.2185	132.7306	32.7083	
hy01	133.3121	30.9848	132.1494	32.5417	
tk02	135.5406	32.4126	134.8176	34.1342	
sk05	132.8652	32.2682	134.2792	32.9734	
sk06	133.0005	32.1426	134.3793	32.8420	
sk07	133.0906	31.9689	134.4751	32.6491	
hy02	132.9411	30.7440	132.0596	31.9255	
hy03	131.6842	30.7096	133.5766	32.2116	
hy04	131.5403	31.1405	133.3613	32.5833	

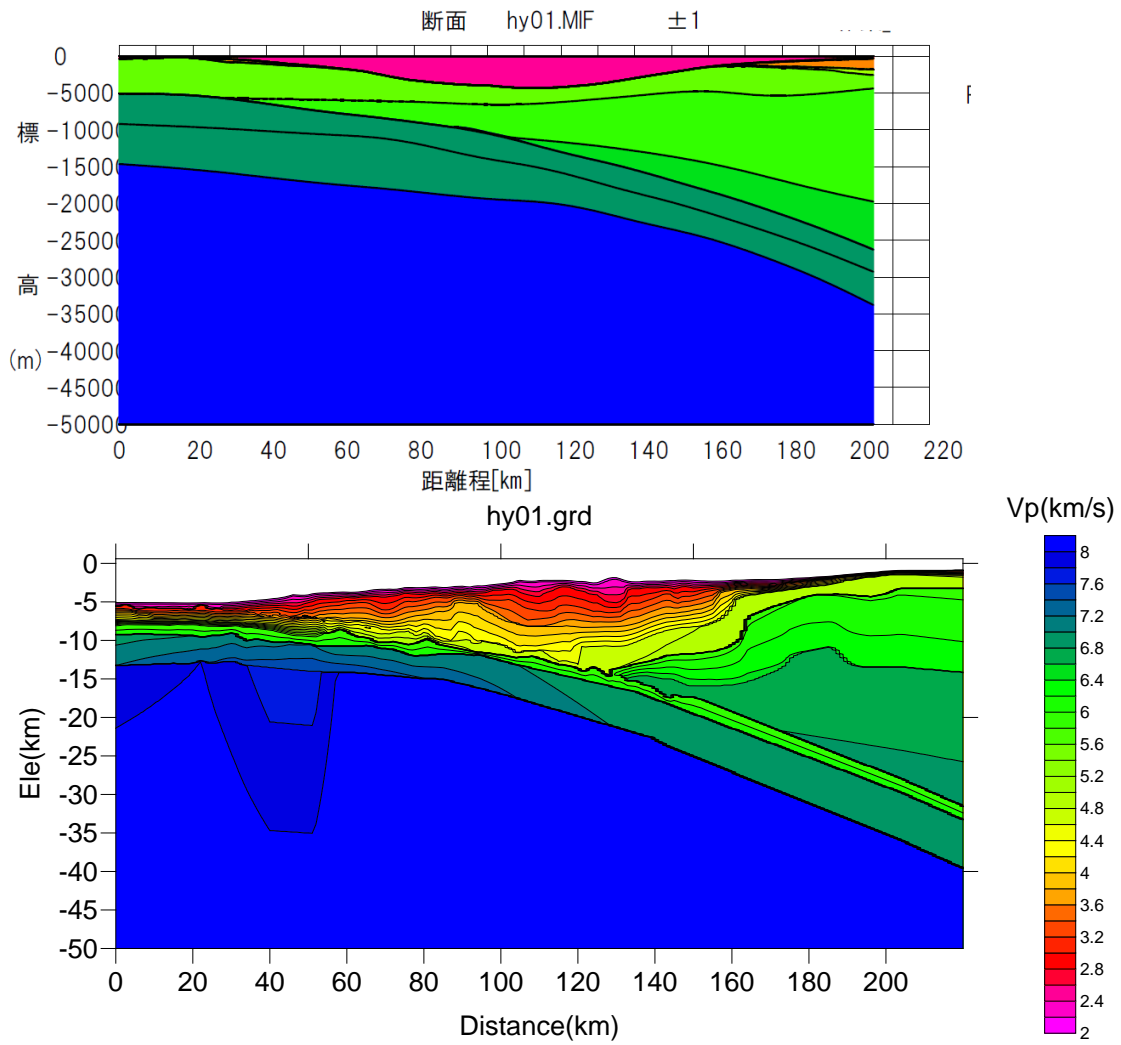


図 3.2-2 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（hy01）。

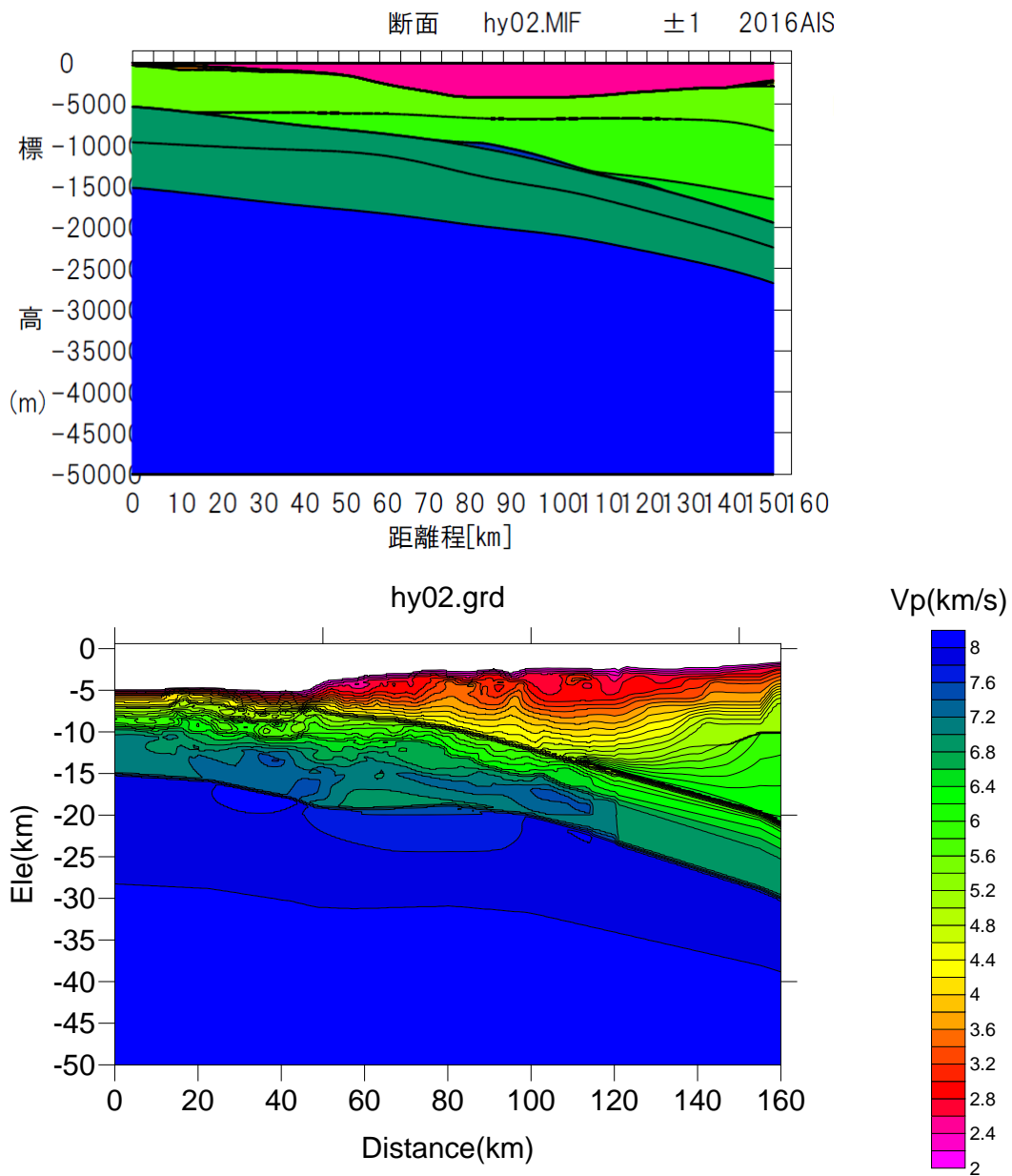


図 3.2-3 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（hy02）。

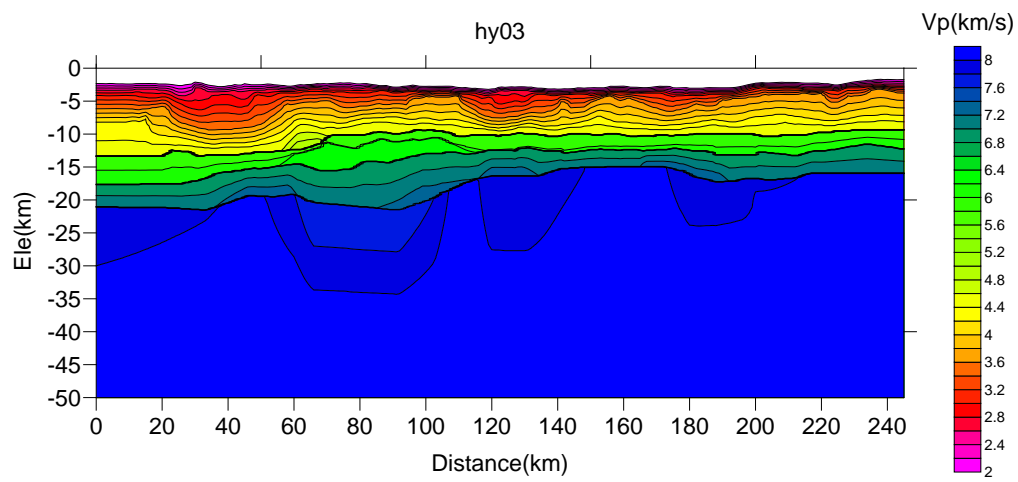
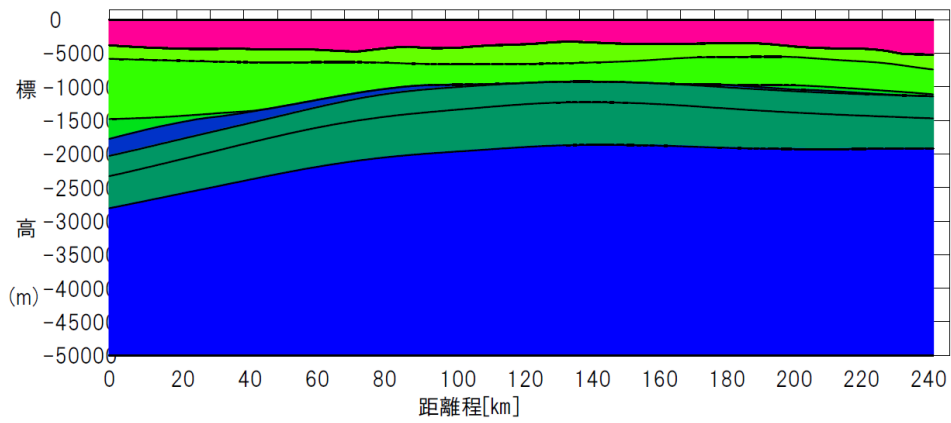


図 3.2-4 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（hy03）。

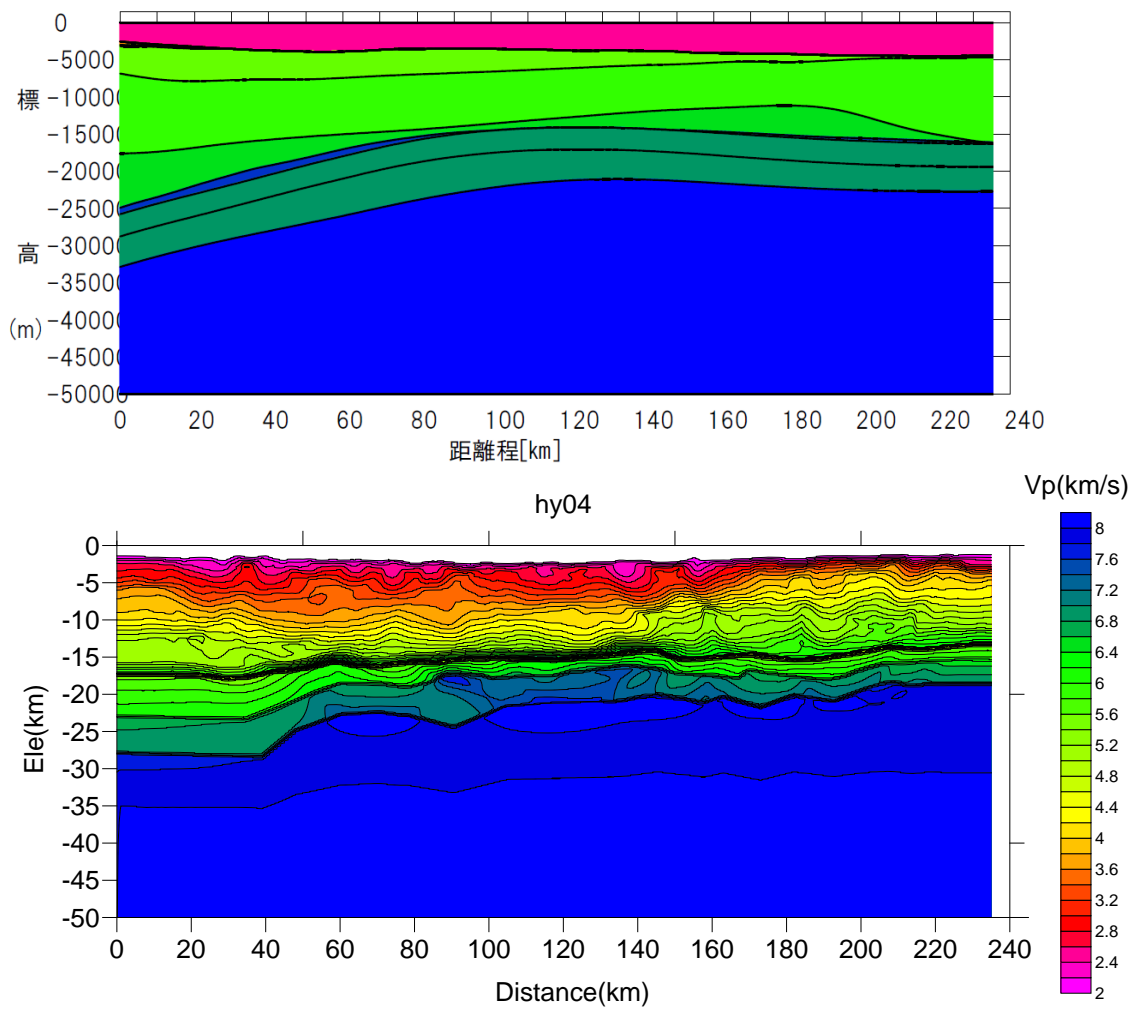


図 3.2-5 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（hy04）。

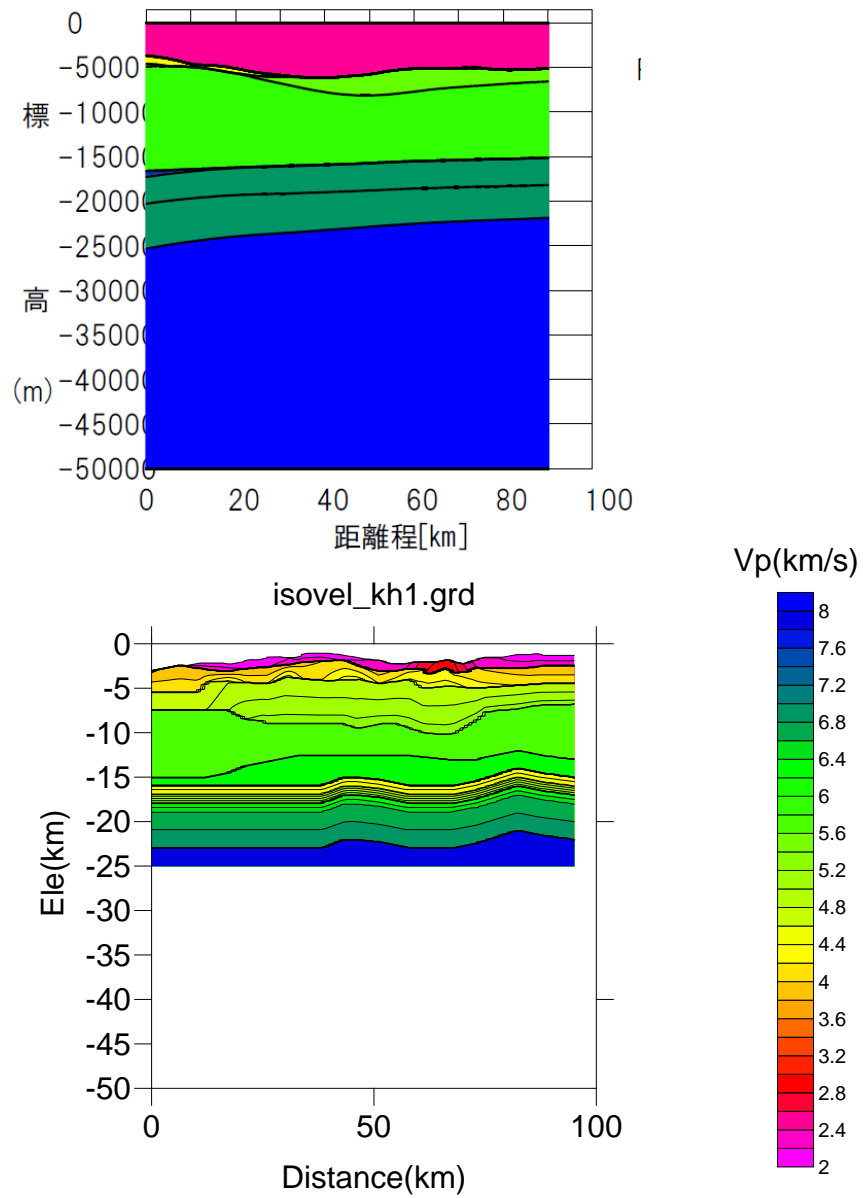


図 3.2-6 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh1）。

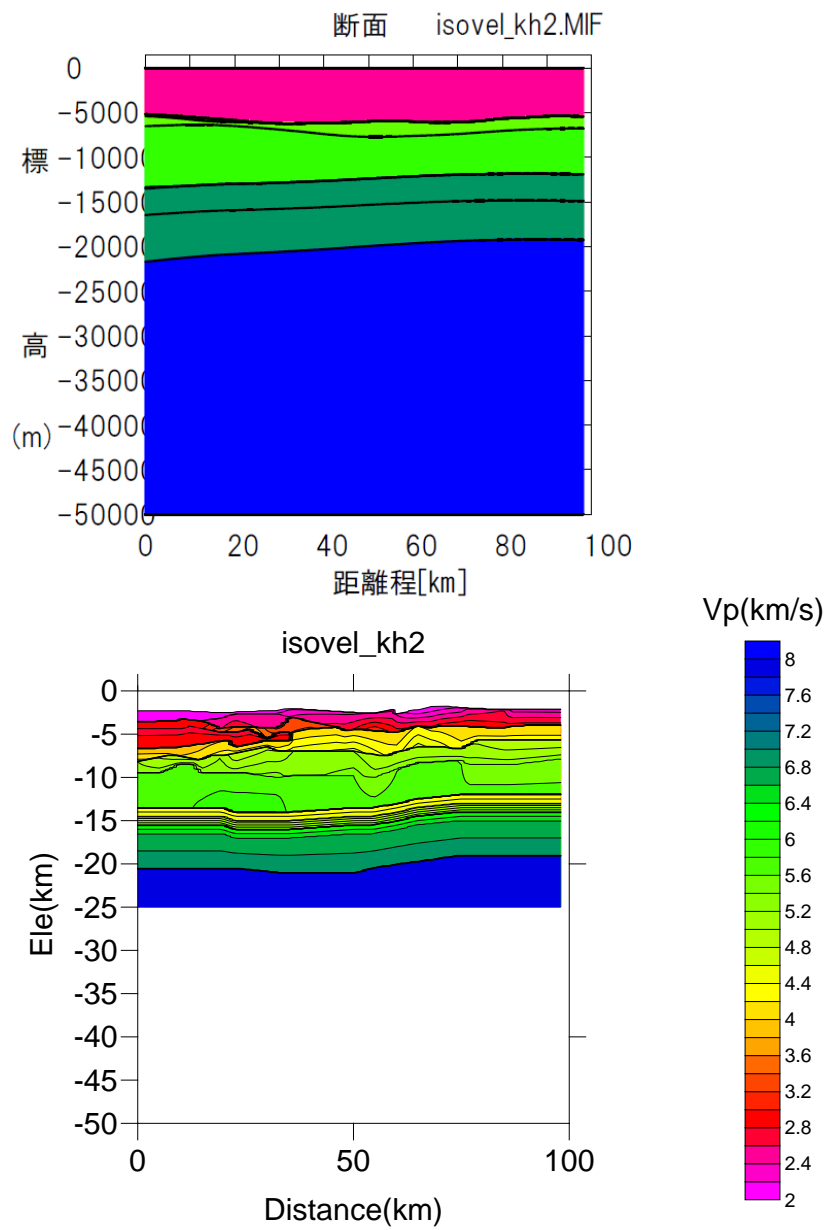


図 3.2-7 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh2）。

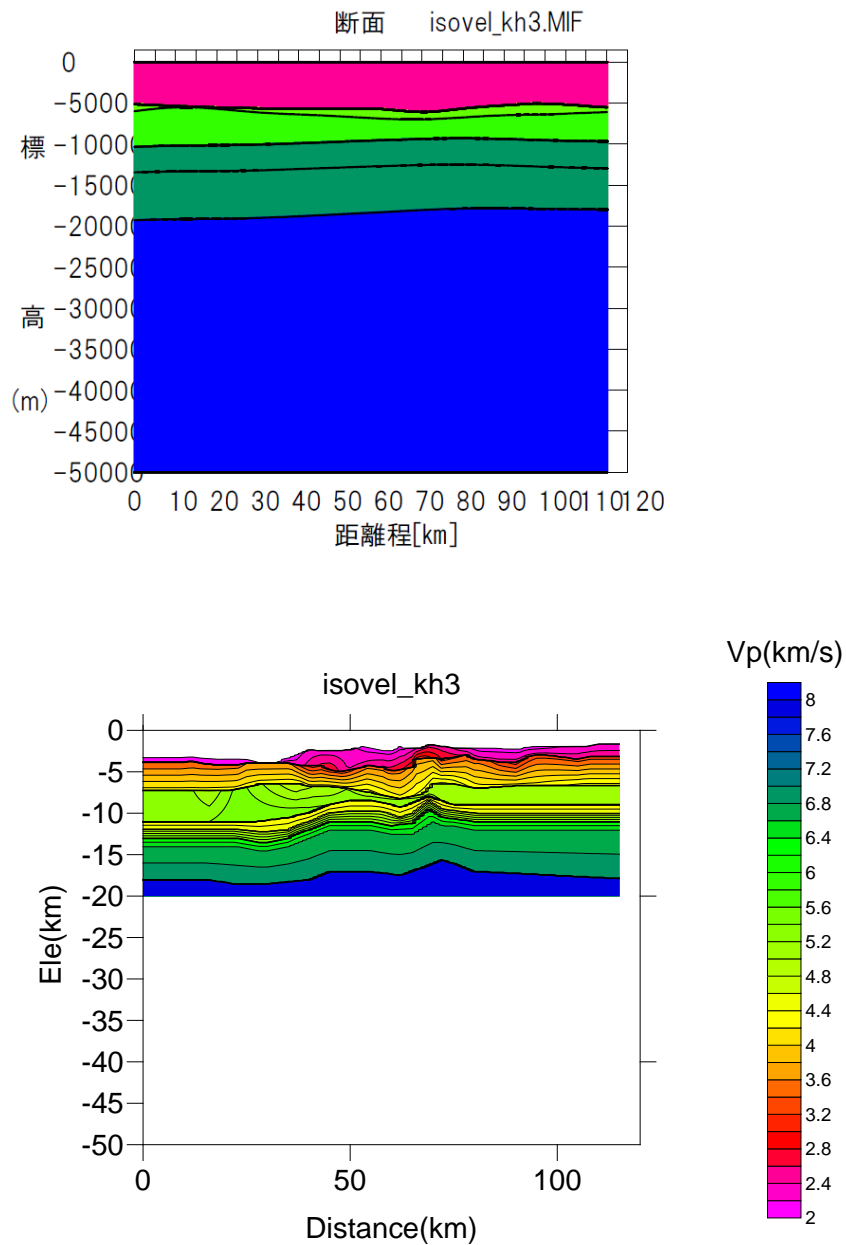


図 3.2-8 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh3）。

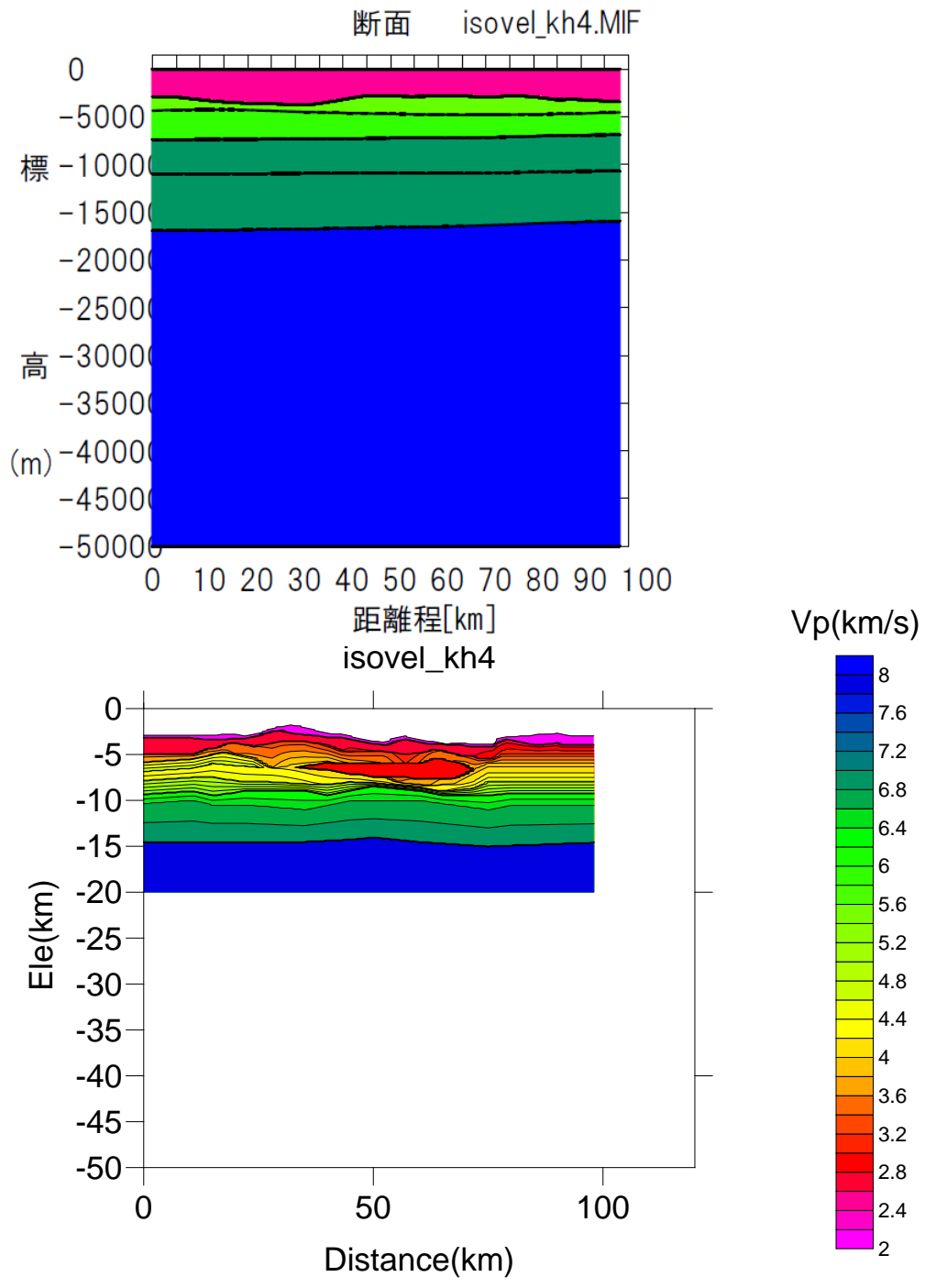


図 3.2-9 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh4）。

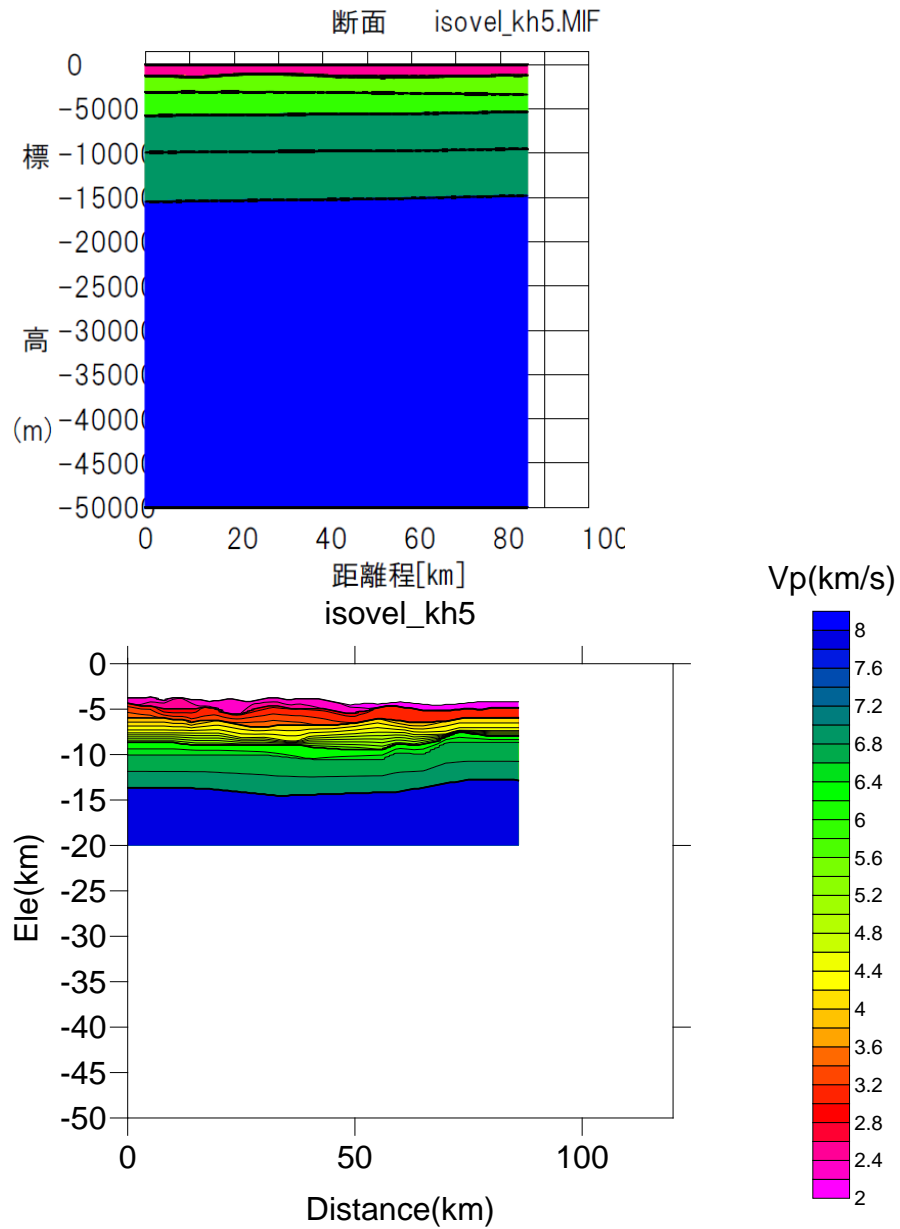


図 3.2-10 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh5）。

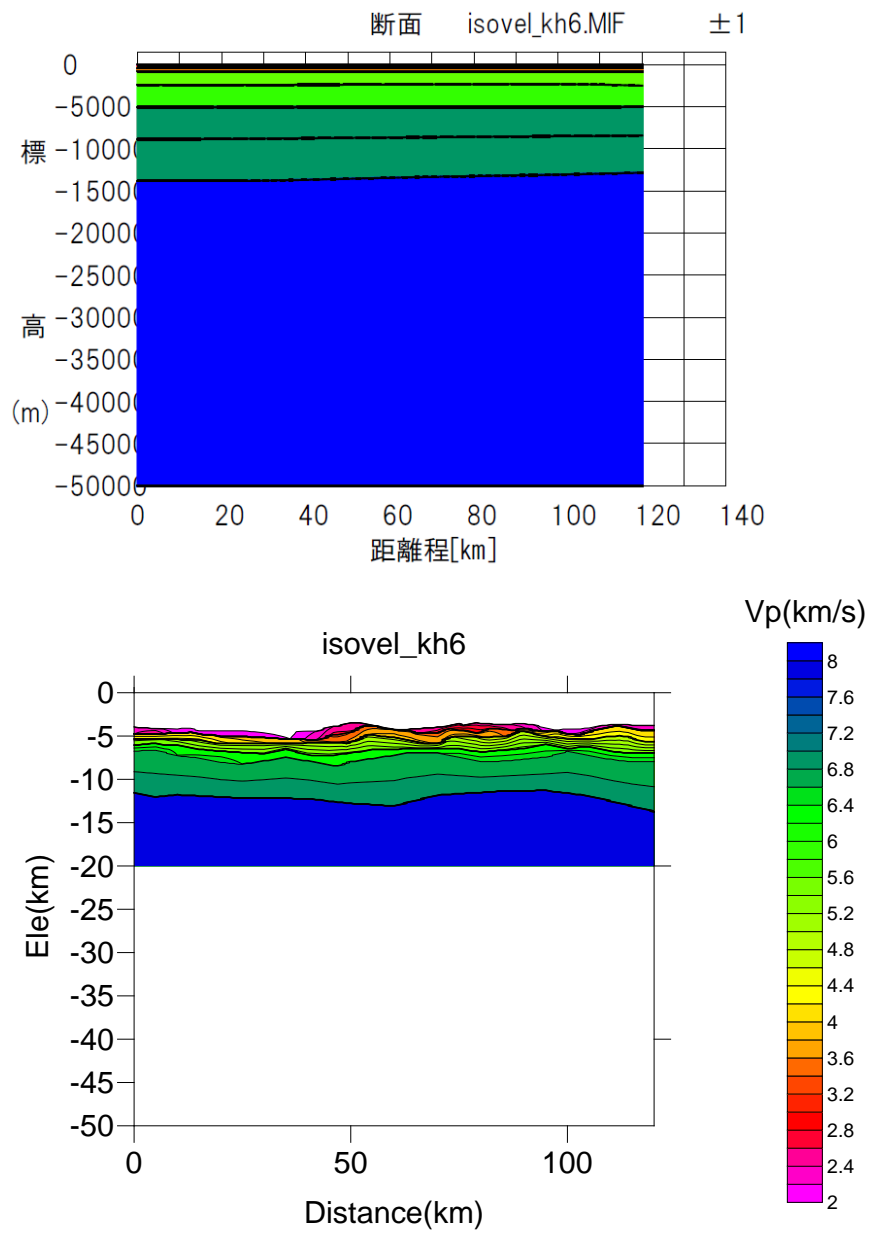


図 3.2-11 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh6）。

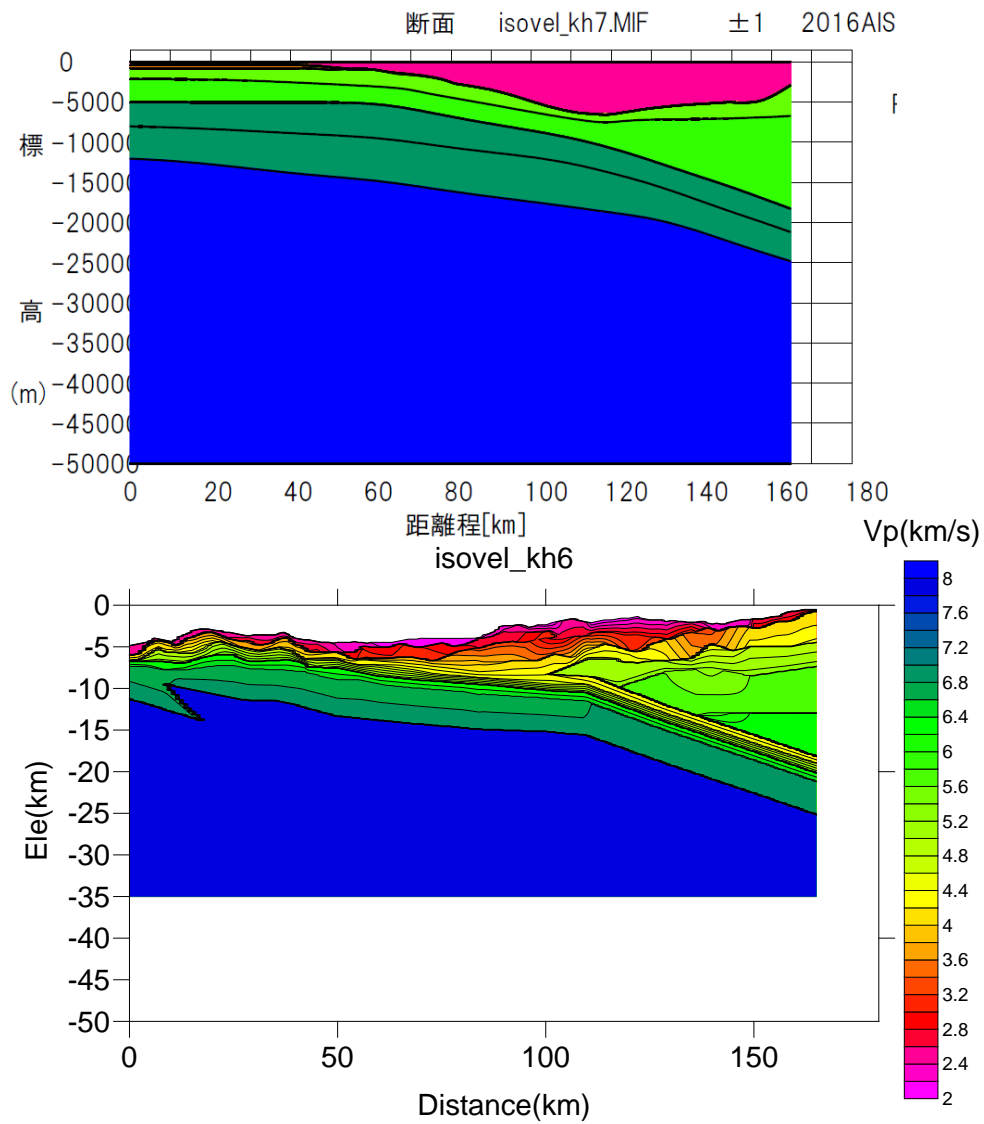


図 3.2-12 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_kh7）。

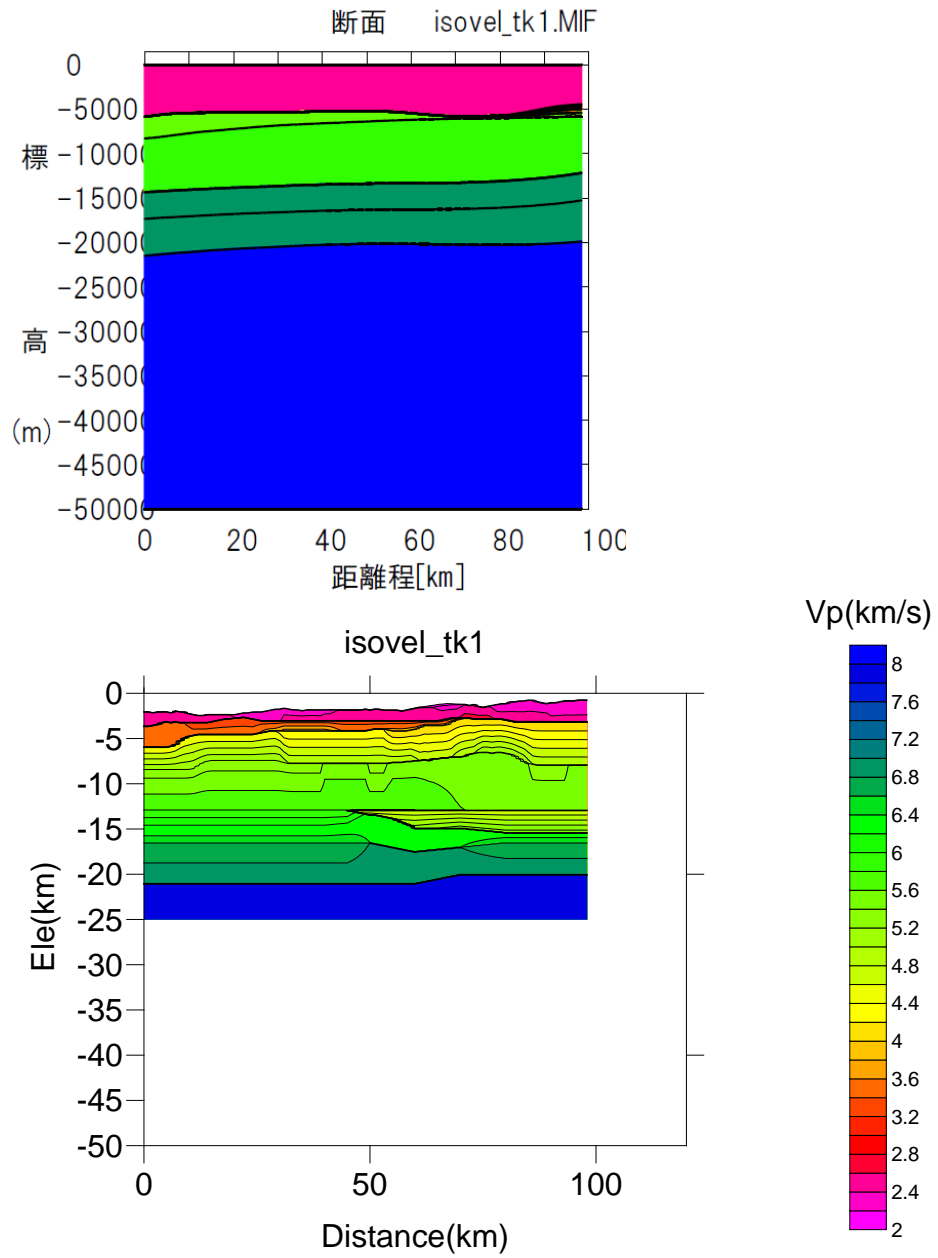


図 3.2-13 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_tk1）。

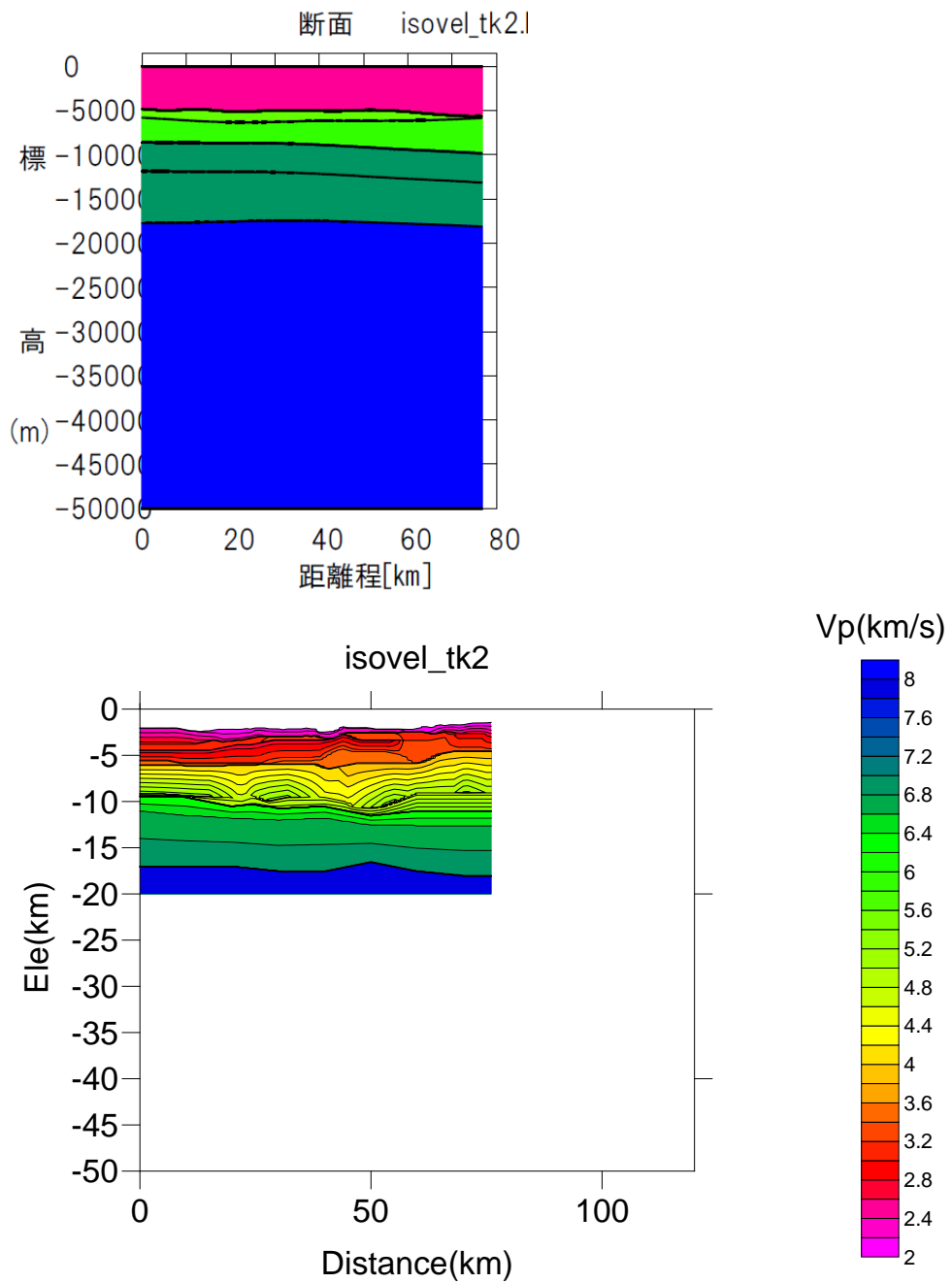


図 3.2-14 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_tk2）。

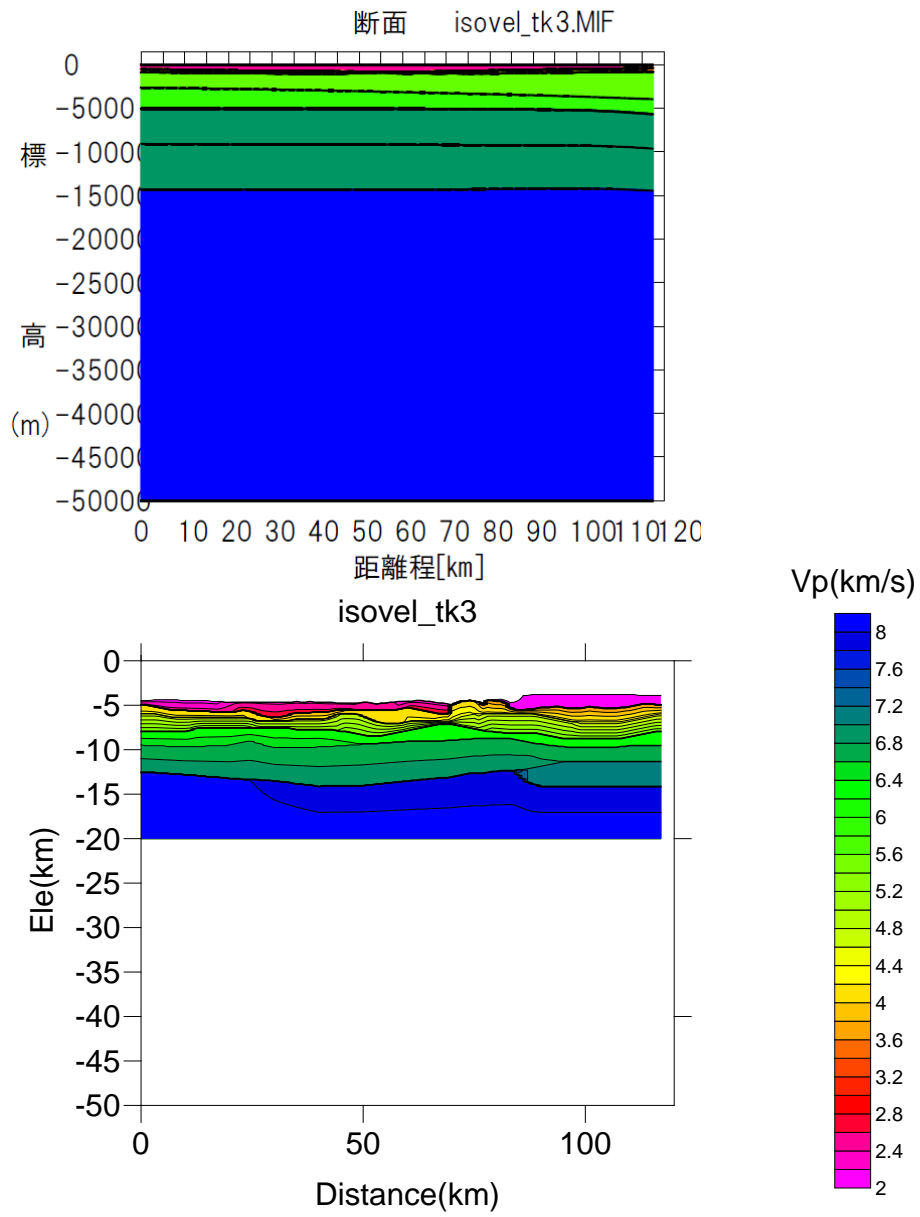


図 3.2-15 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_tk3）。

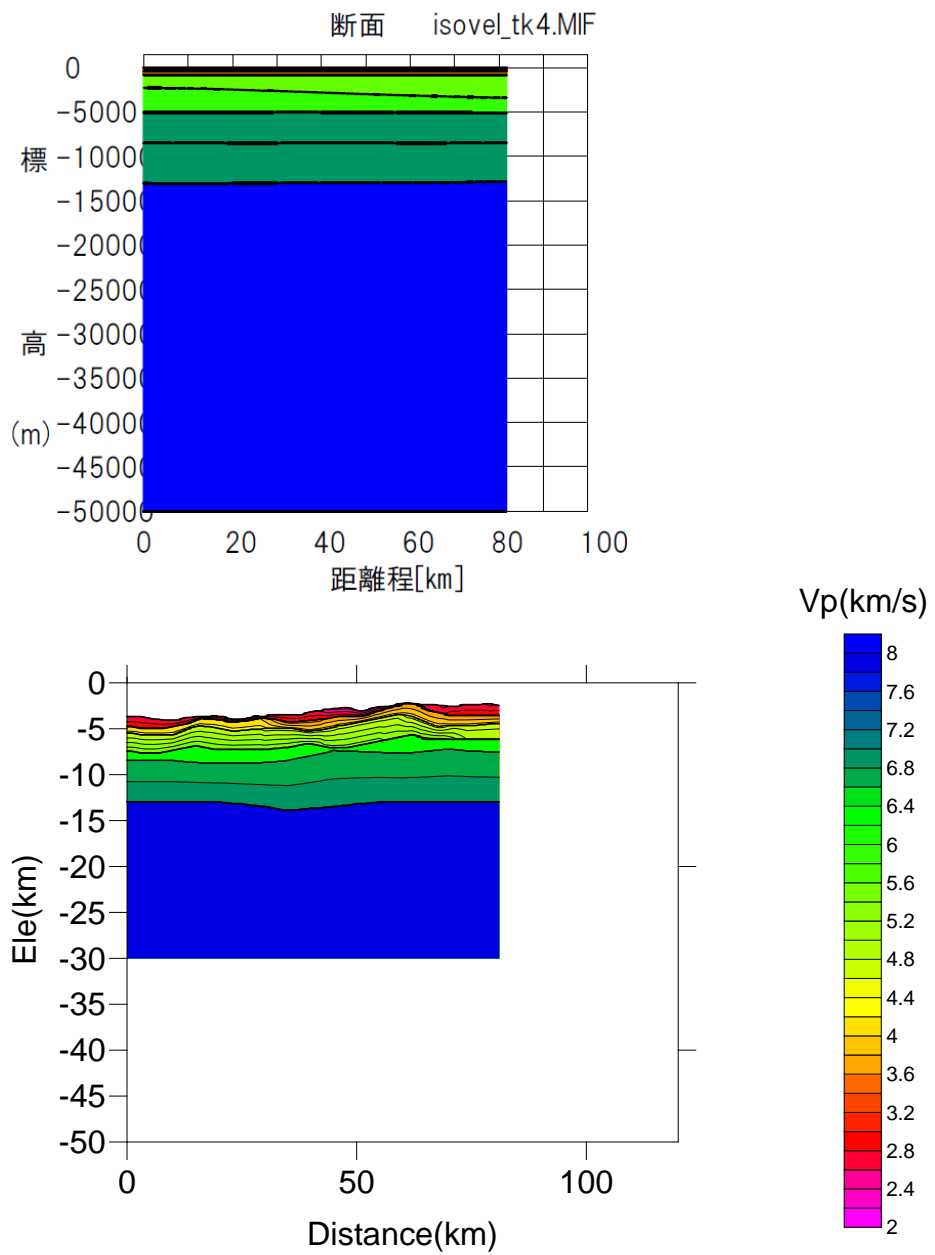


図 3.2-16 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_tk4）。

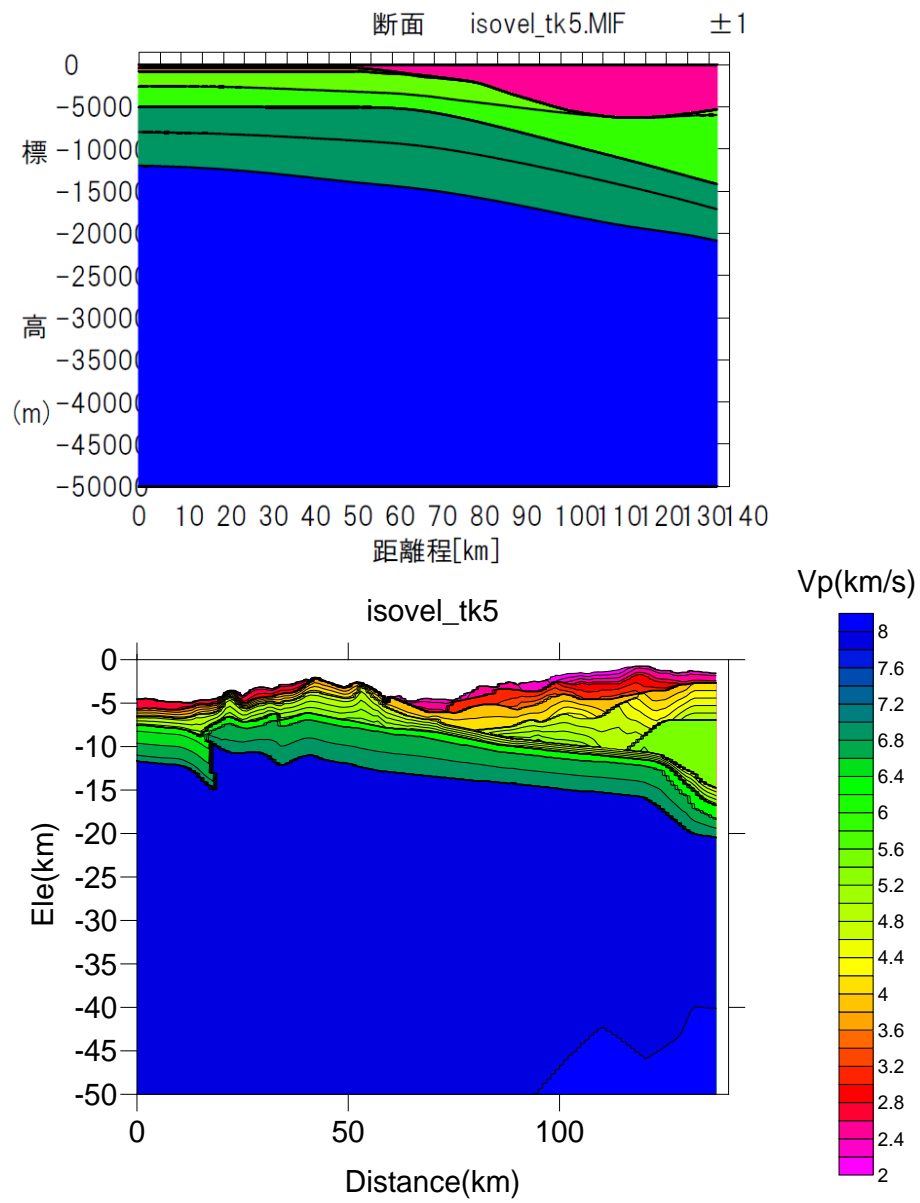


図 3.2-17 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（isovel_tk5）。

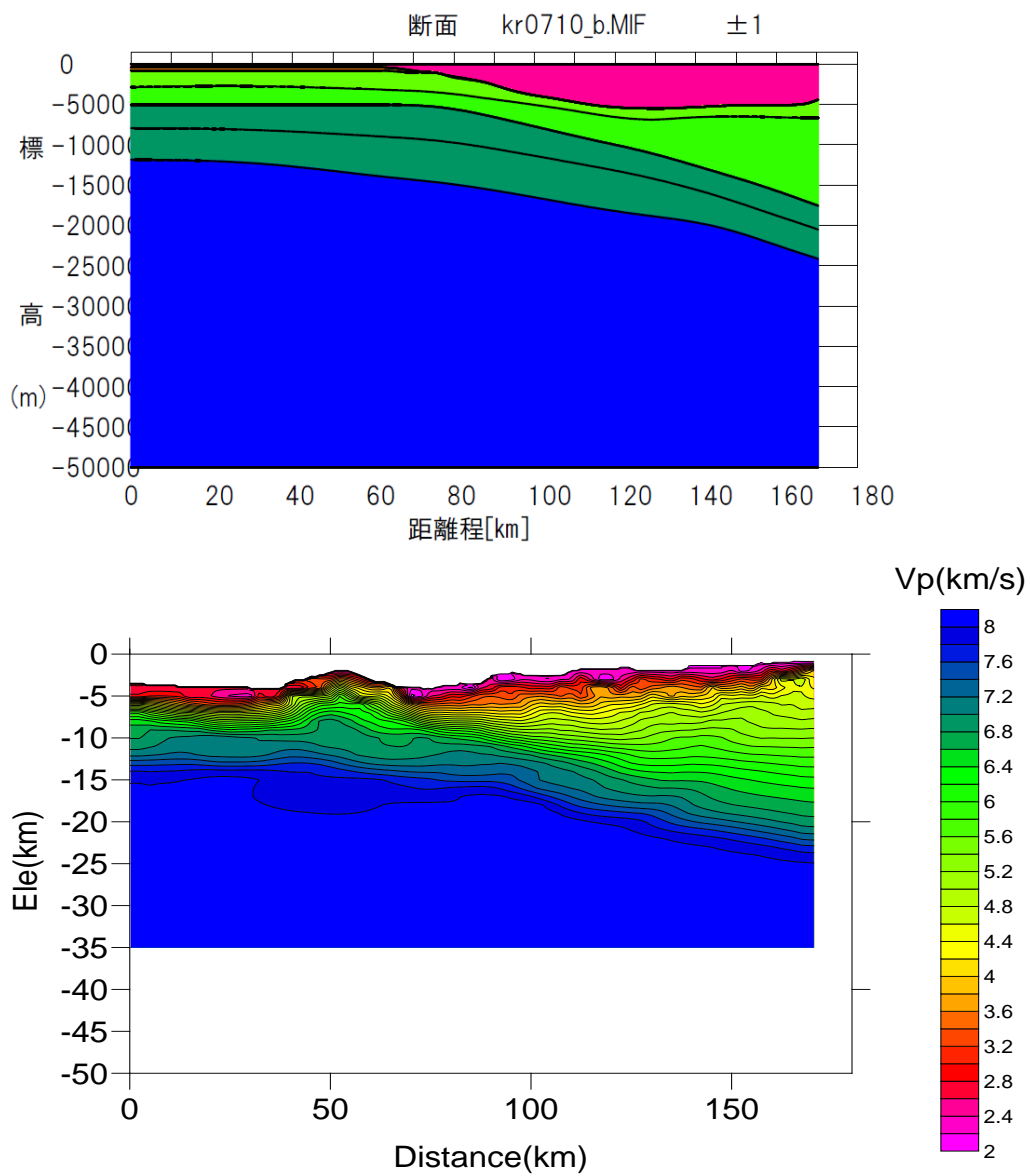


図 3.2-18 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（kr0710）。

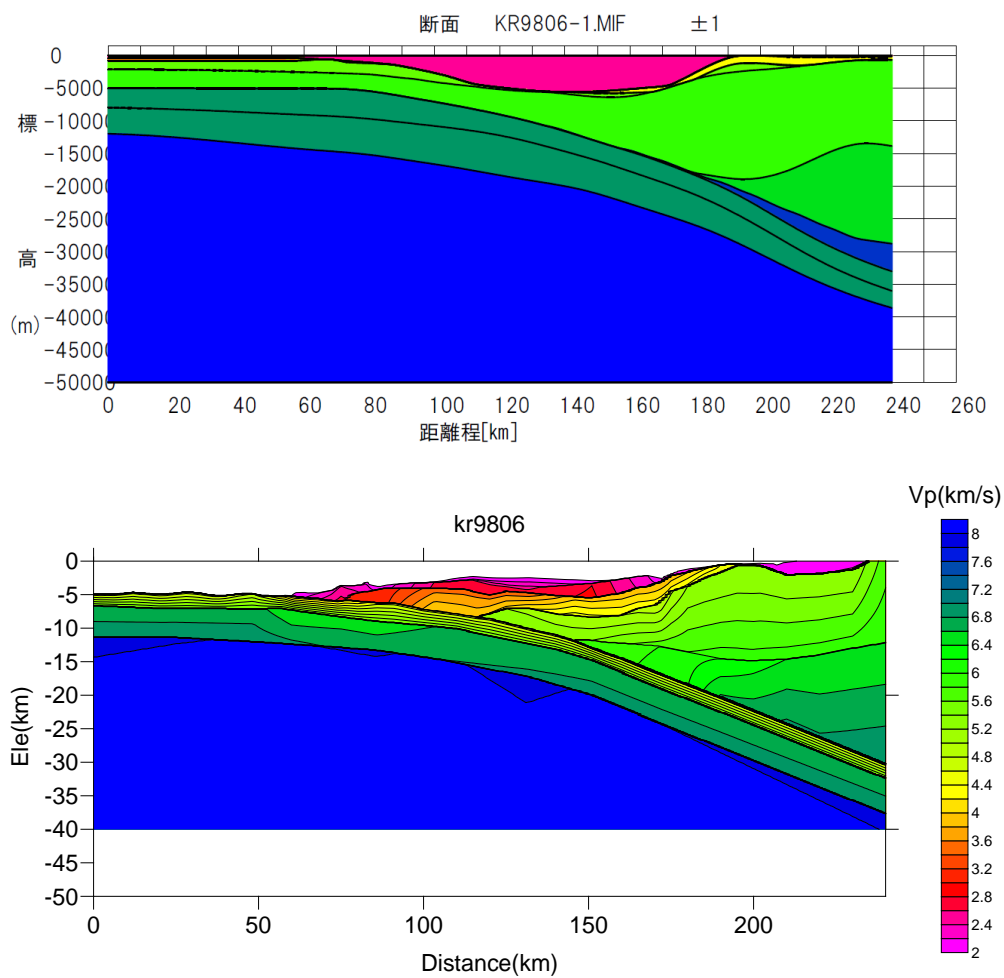


図 3.2-19 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（kr9806）。

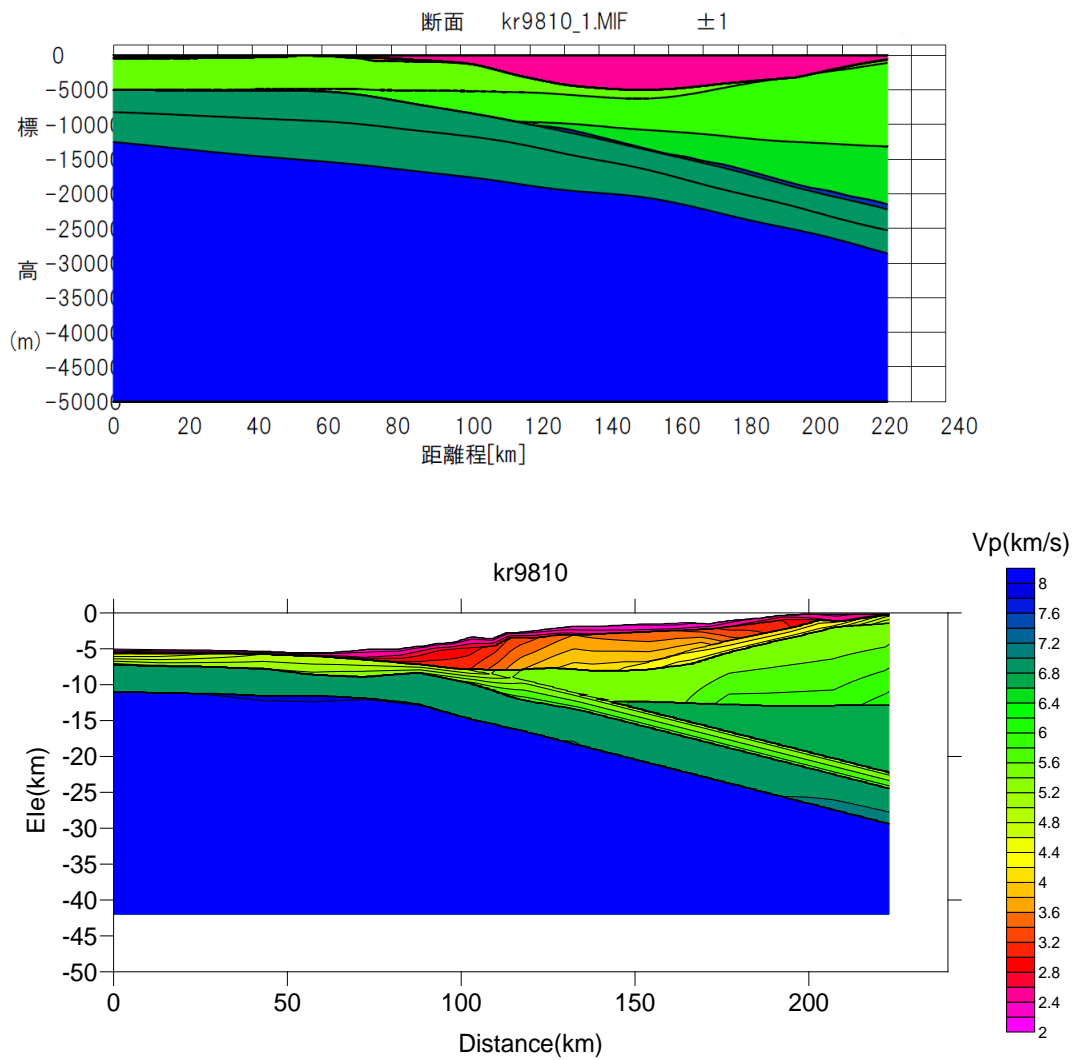


図 3.2-20 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（kr9810）。

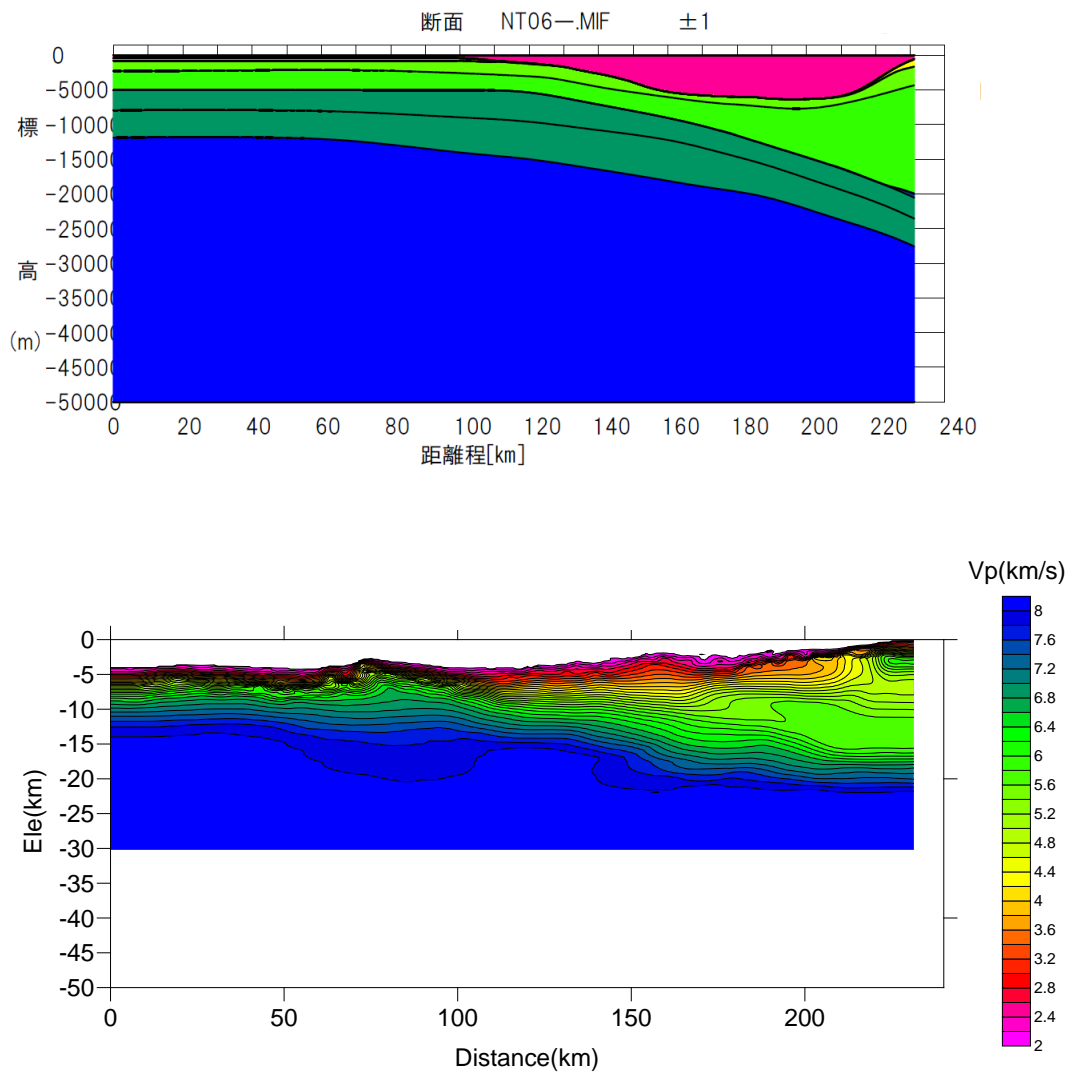


図 3.2-21 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（nt06）。

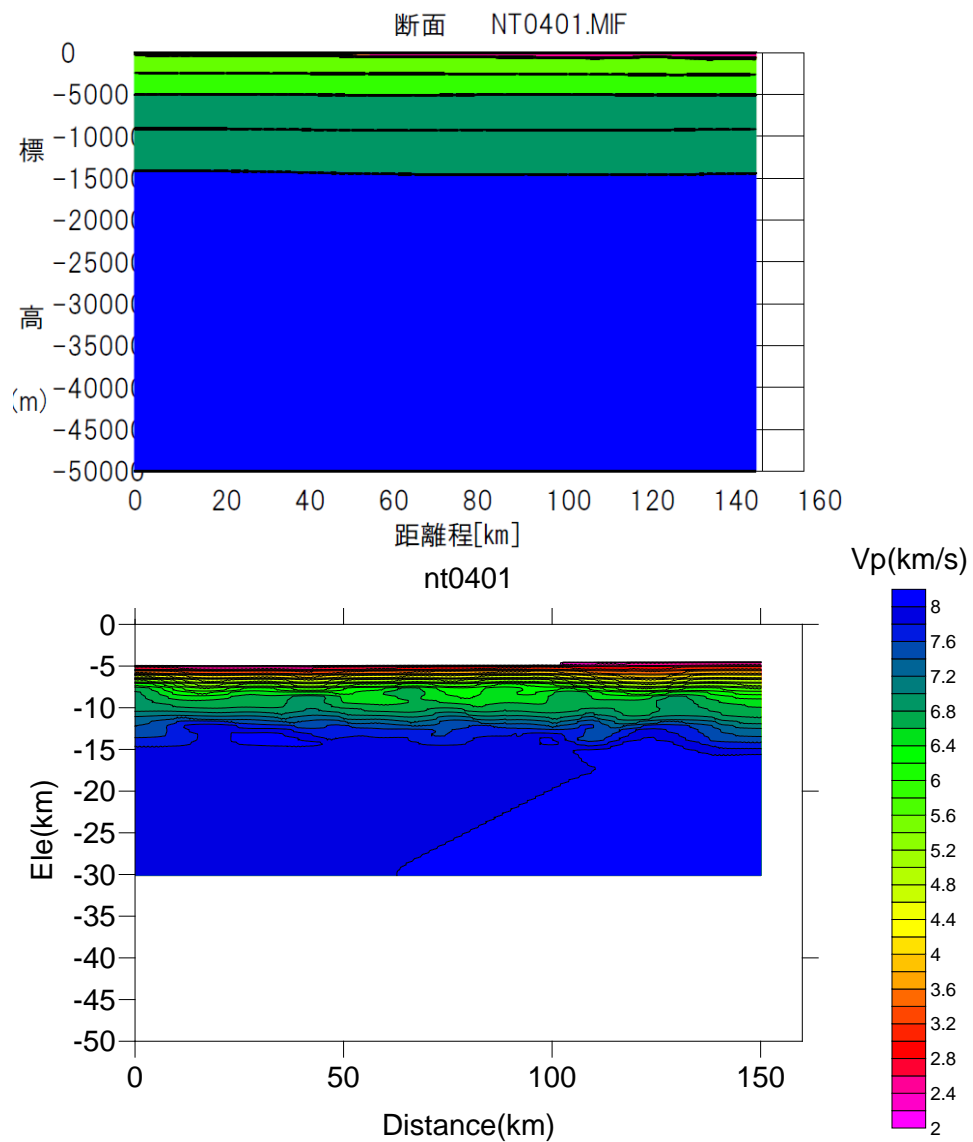


図 3.2-22 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探索結果の比較（nt0401）。

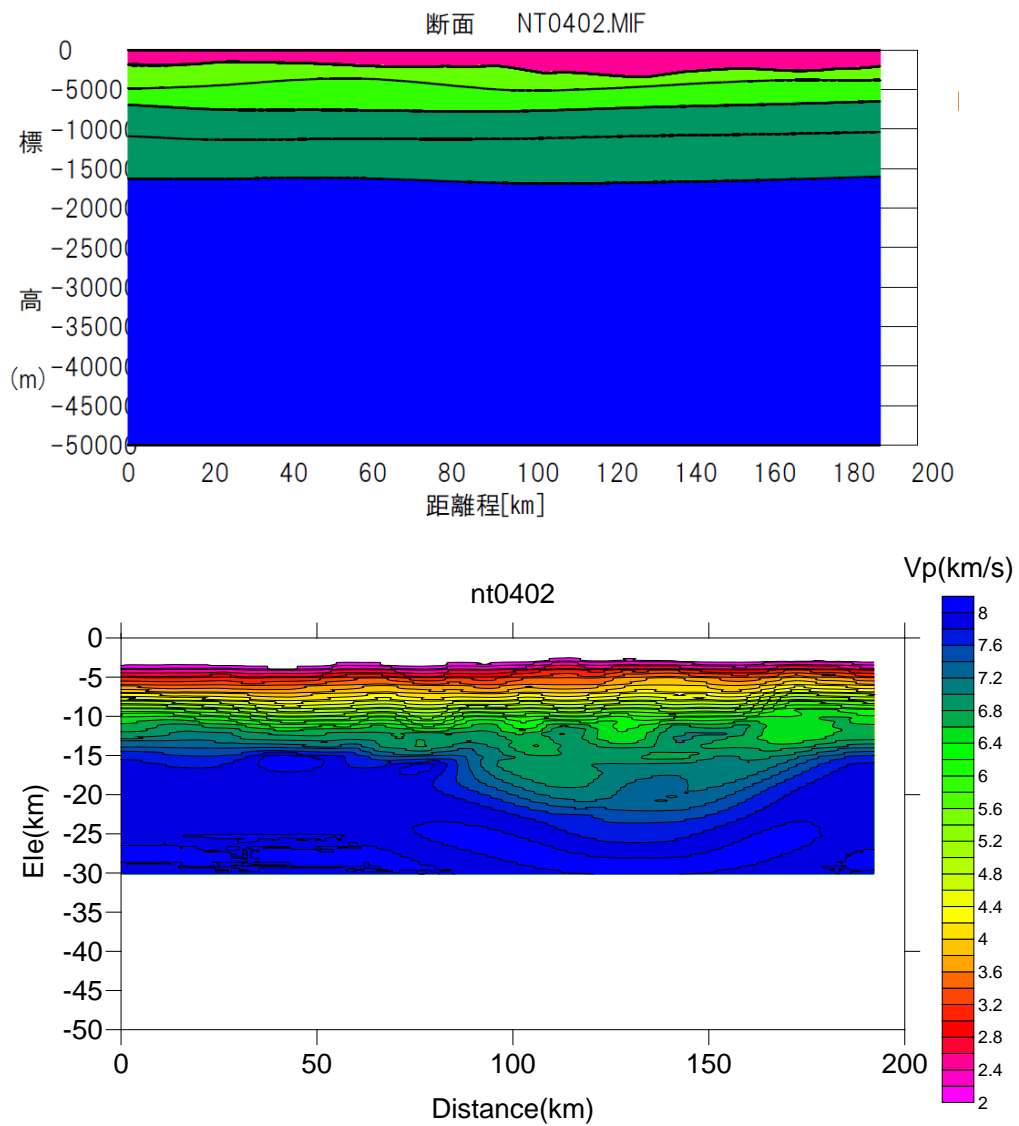


図 3.2-23 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（nt0402）。

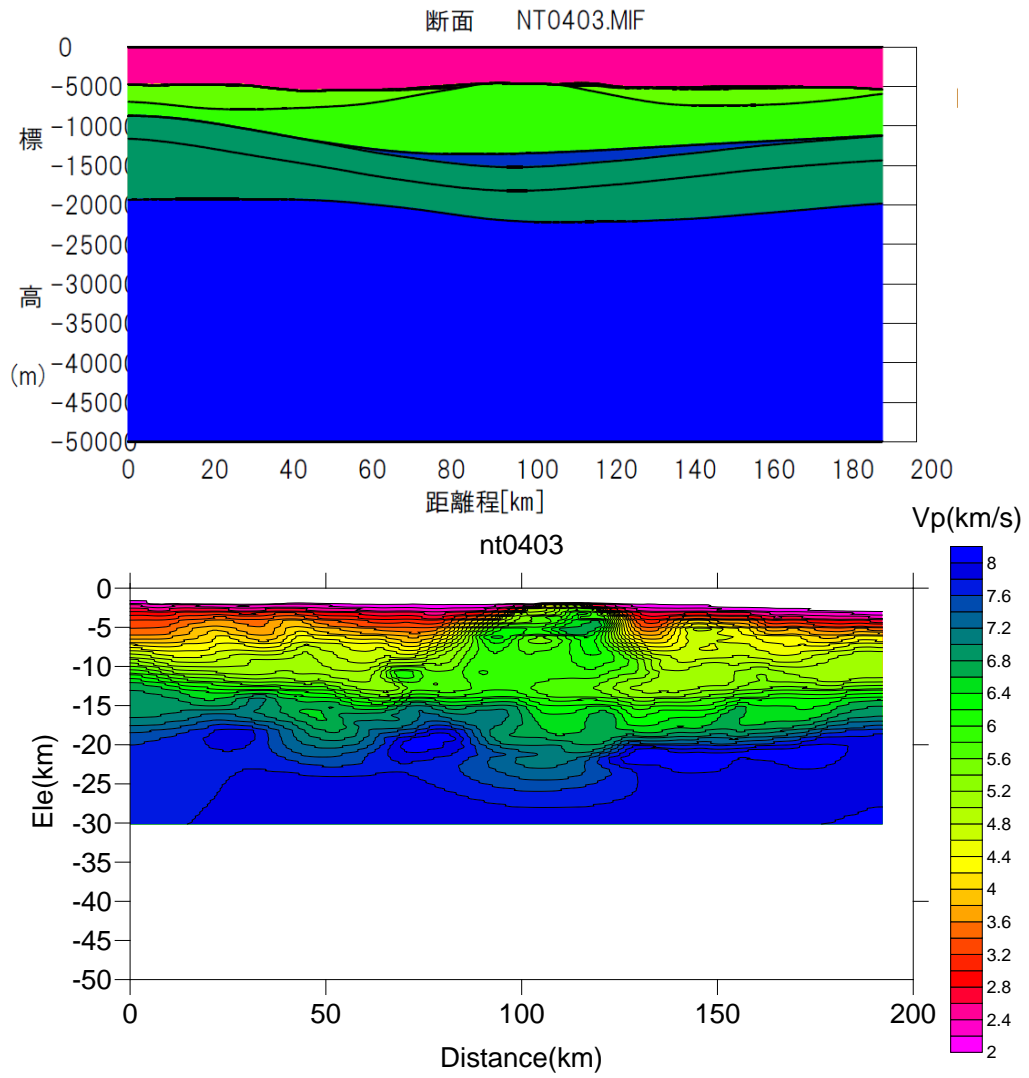


図 3.2-24 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（nt0403）。

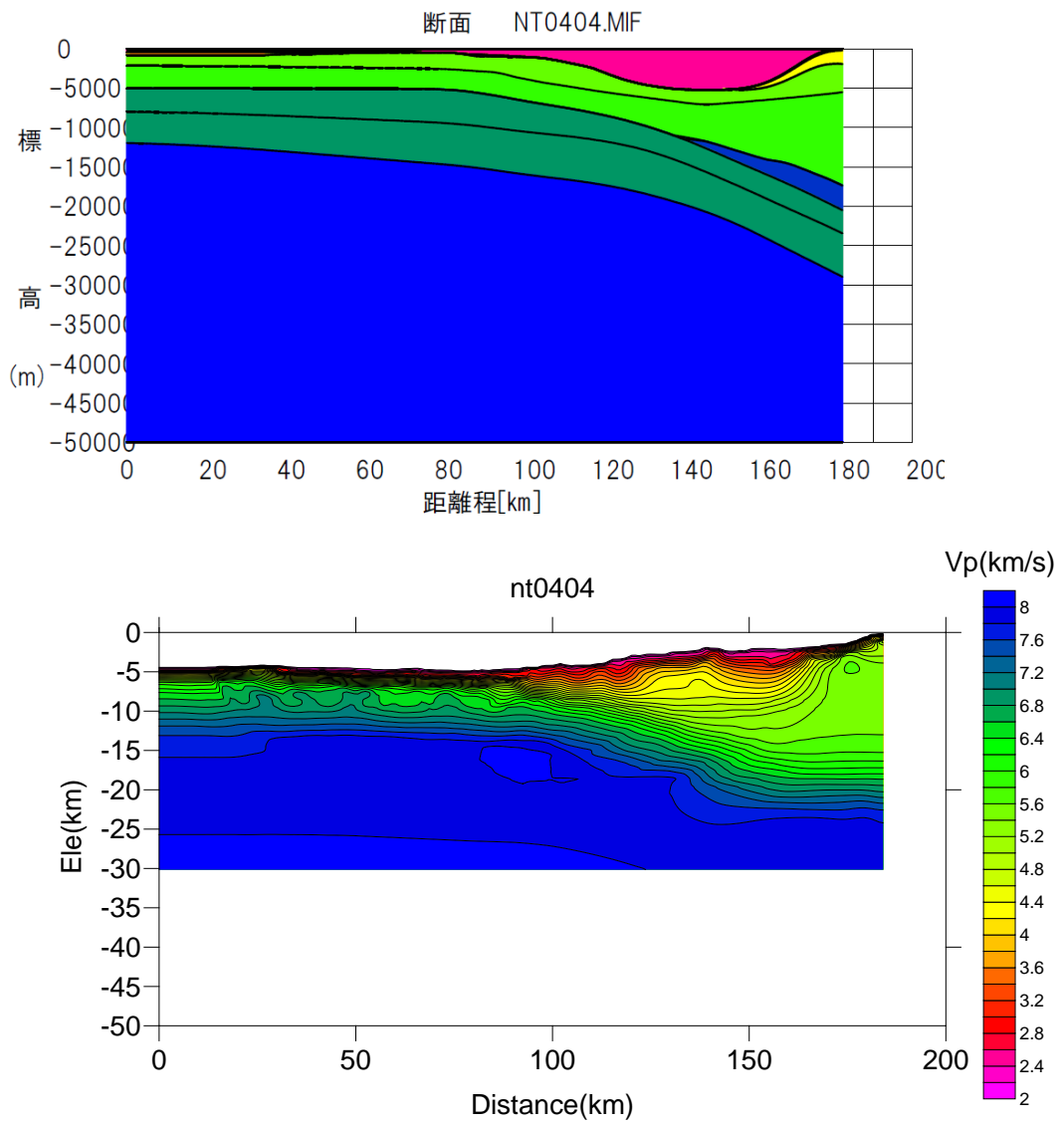


図 3.2-25 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（nt0404）。

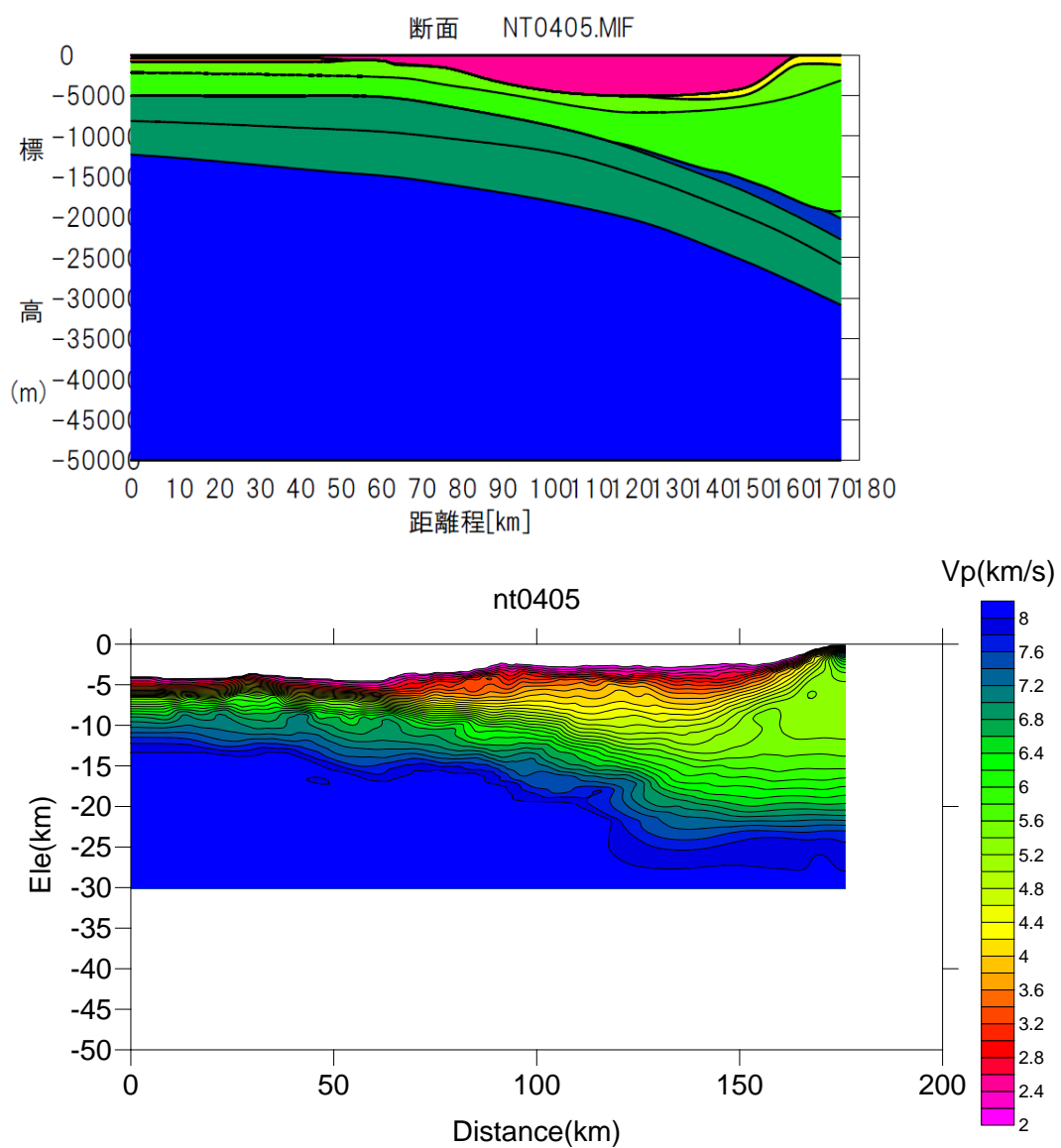


図 3.2-26 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（nt0405）。

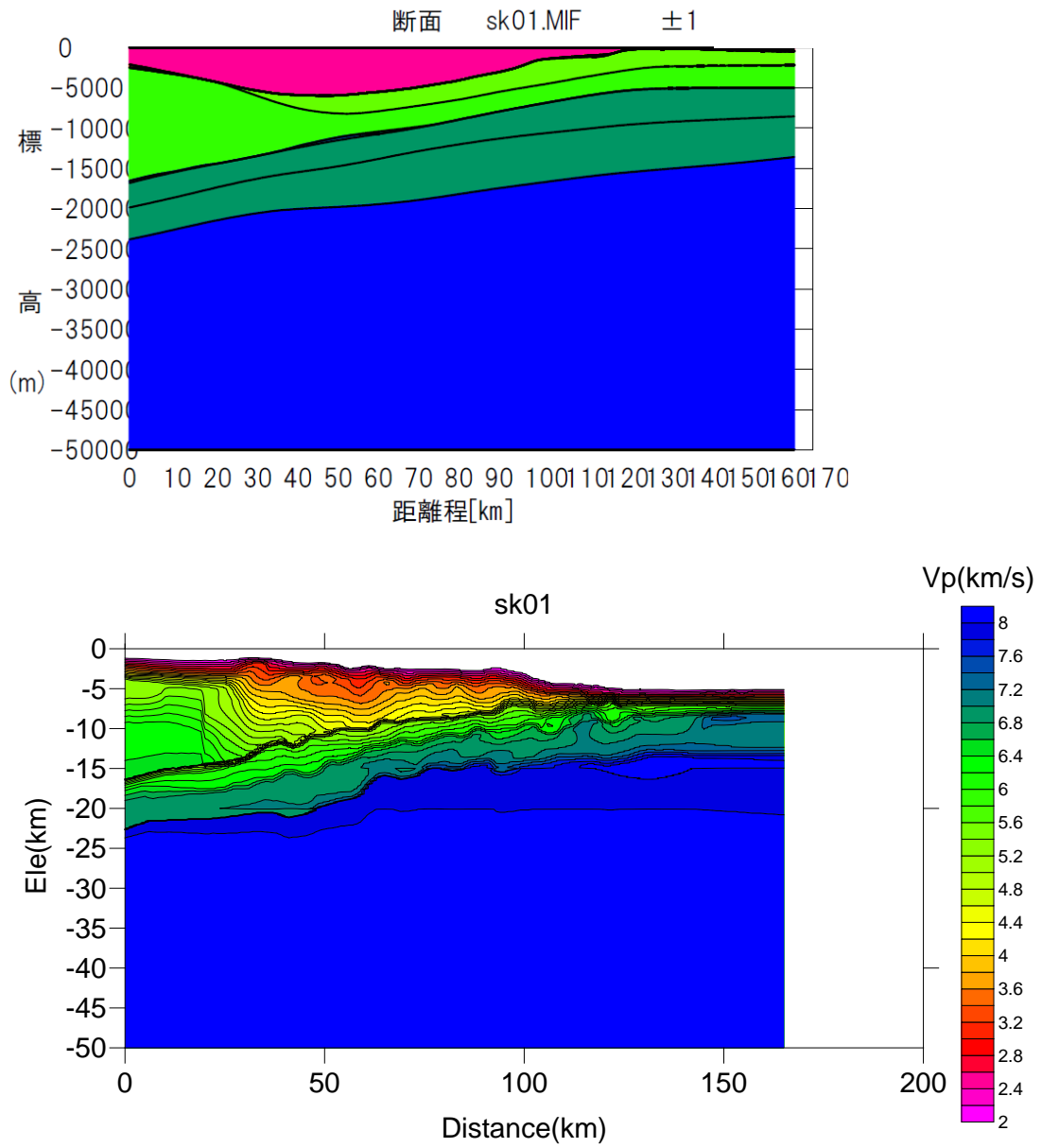


図 3.2-27 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（sk01）。

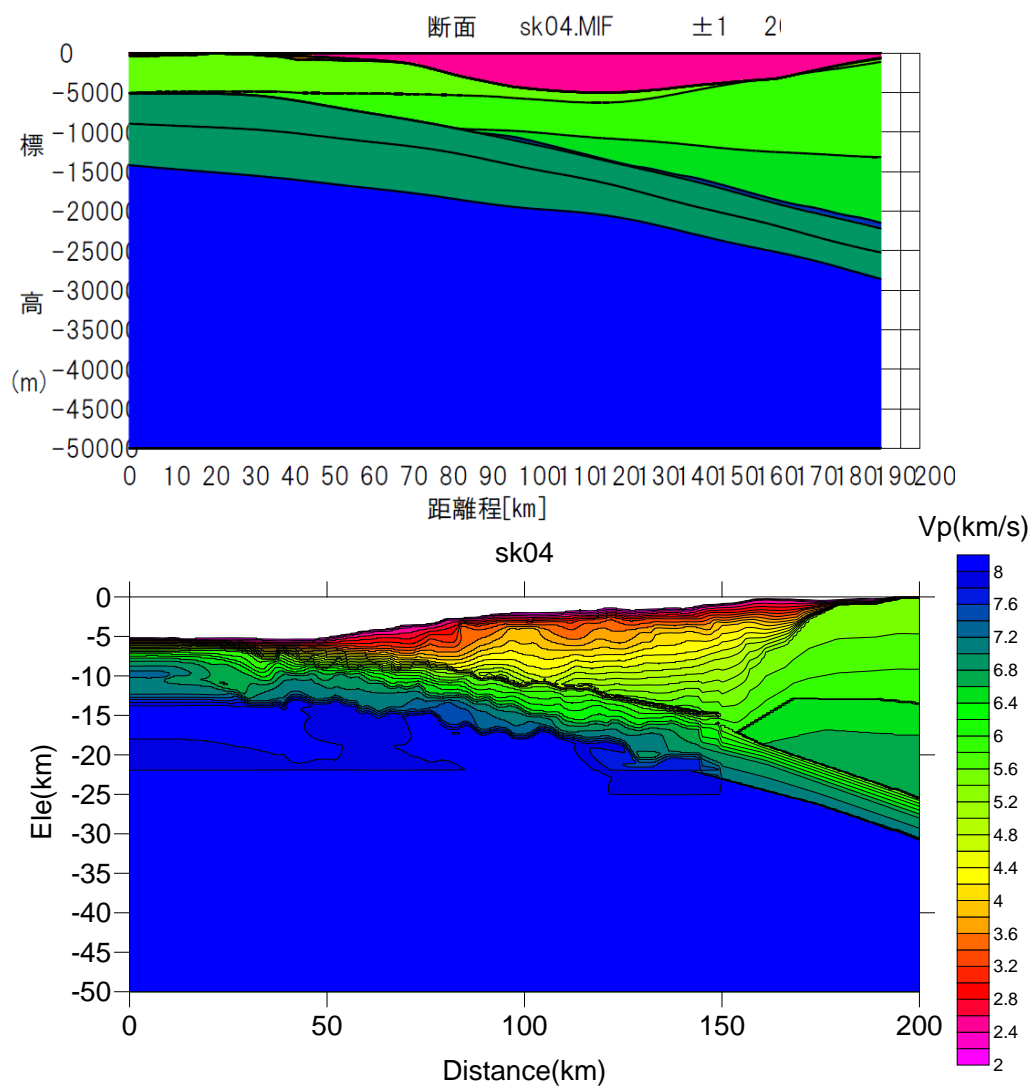


図 3.2-28 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（sk04）。

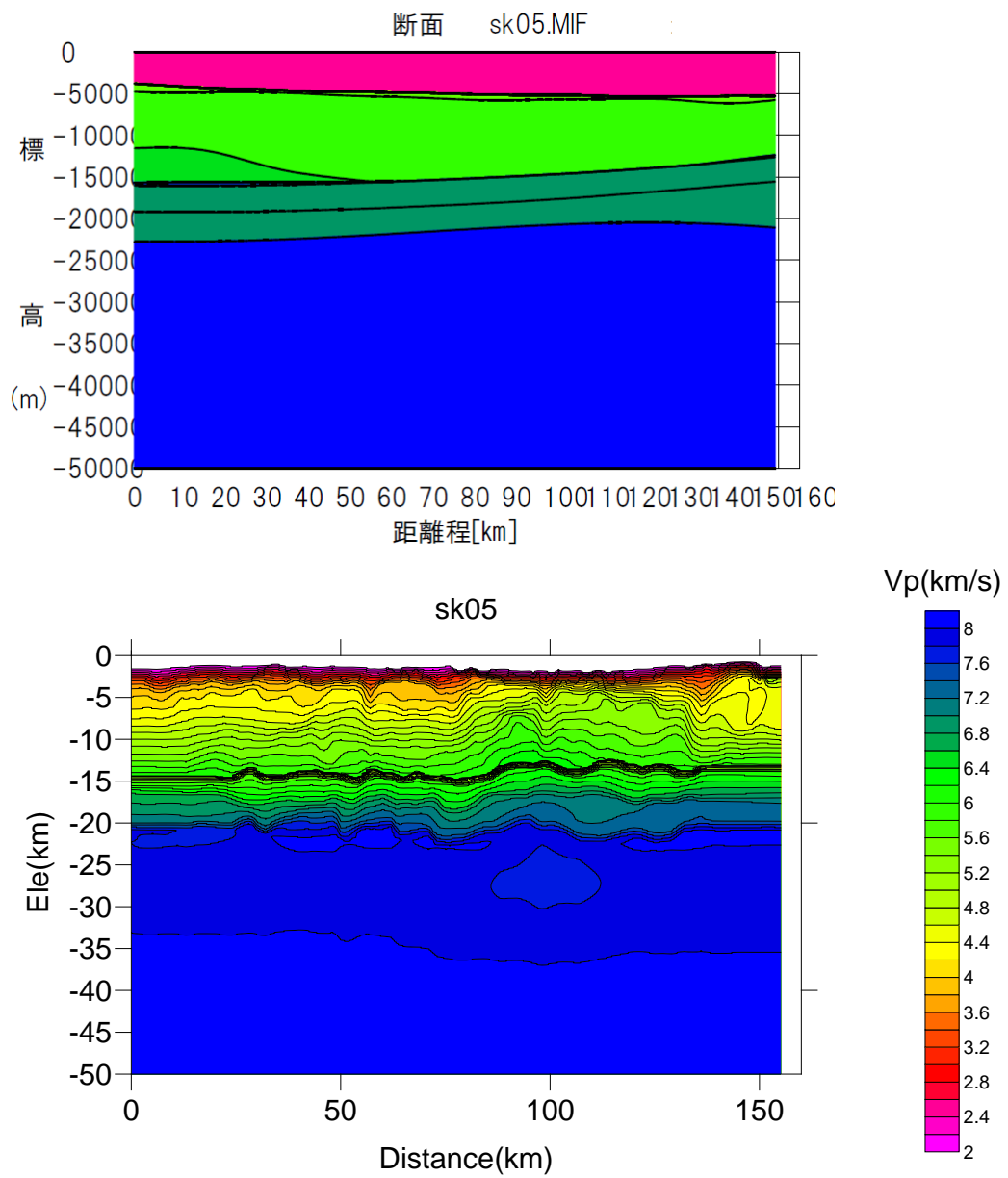


図 3.2-29 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（sk05）。

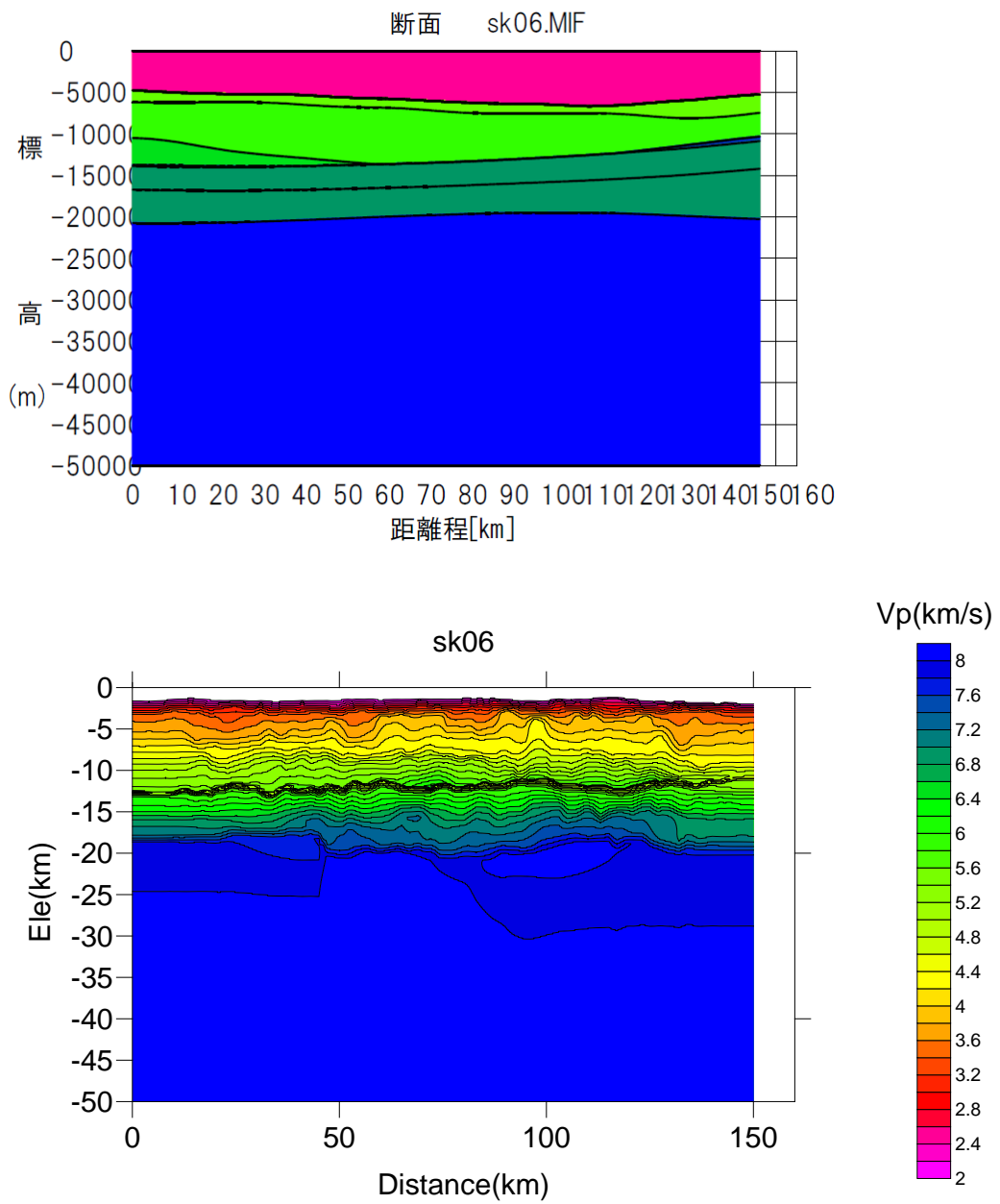


図 3.2-30 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（sk06）。

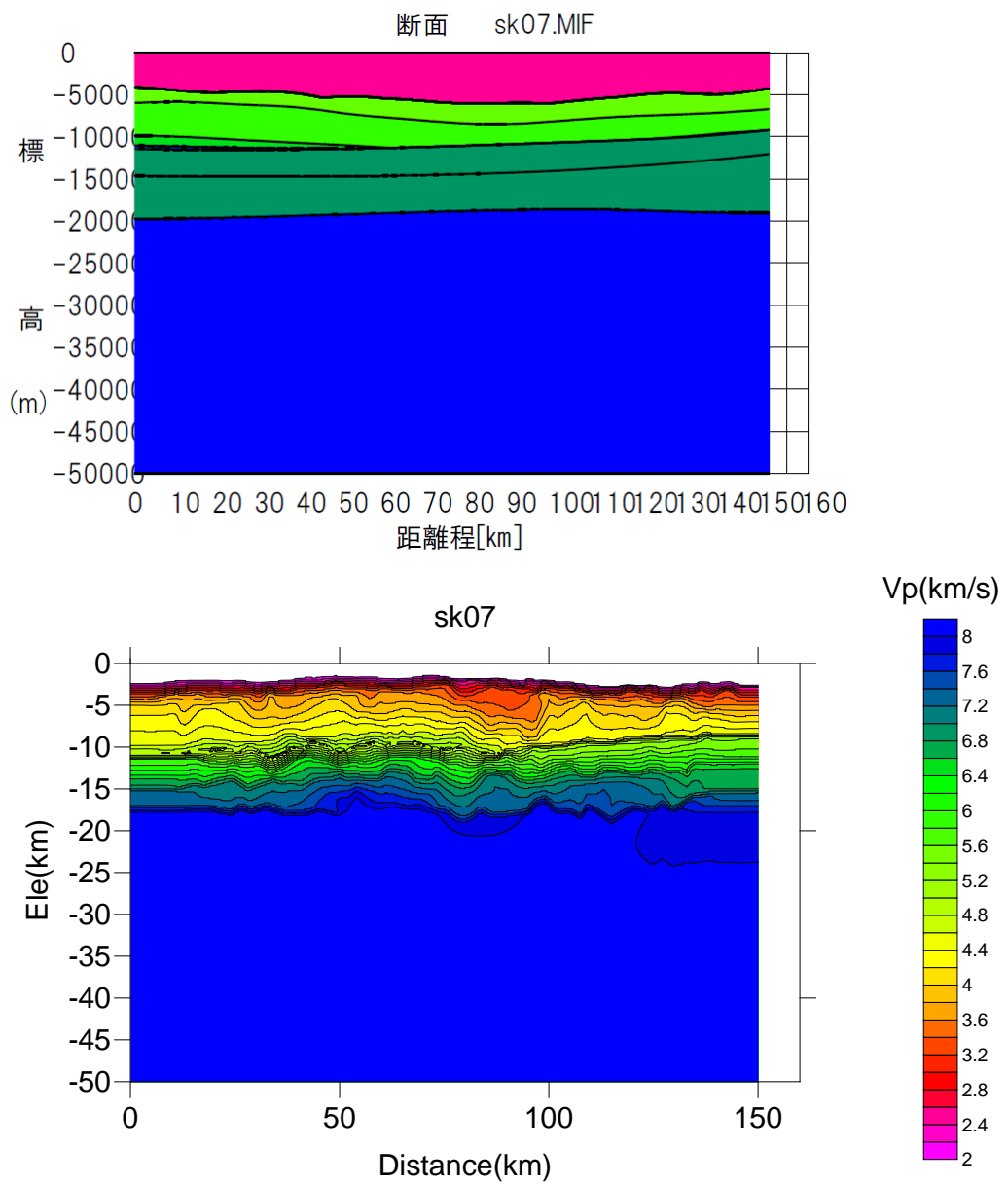


図 3.2-31 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（sk07）。

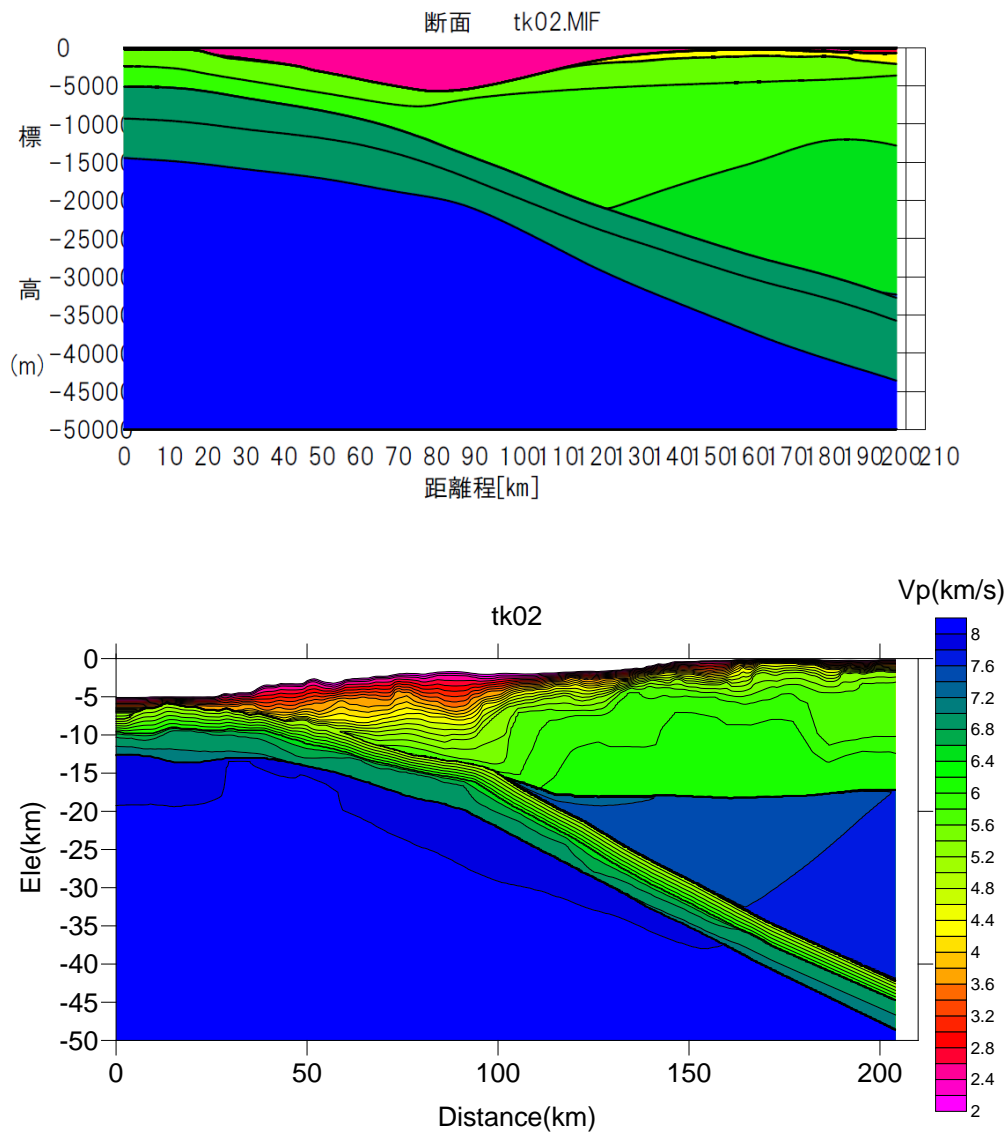


図 3.2-32 全国 1 次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（tk02）

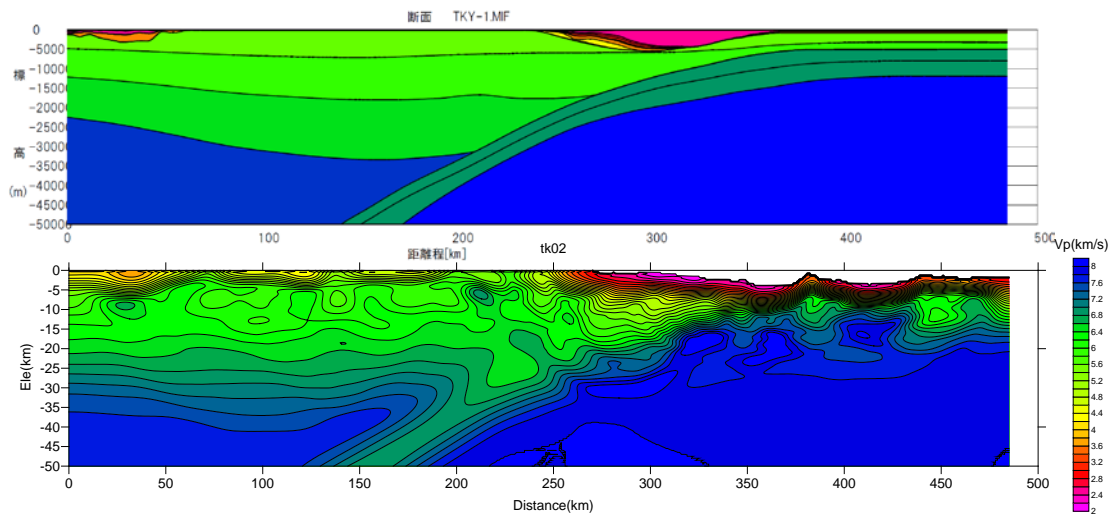


図 3.2-33 全国1次地下構造モデル（暫定版）と地下構造探査結果の比較（tky1）。

(2) 地下構造モデルの改良試作

全国一次地下構造モデル(暫定版)をベースとして、中京圏については堀川・他(2008)、静岡県については地震被害想定調査で用いられた地下構造モデル、関東平野や長野県南部、徳島県、和歌山県などでは微動の位相速度および地震動のR/Vスペクトルデータに基づく修正を行った。

表3.2-2に堀川・他(2008)による地下構造モデルの物性値、全国一次地下構造モデルによる物性値と本検討による物性値を示す。堀川・他(2008)による地下構造モデルでは、地質毎にS波速度の深度依存関係を設定しており層の数が多いモデルとなっている。本検討では、全国一次地下構造モデルの物性値と比較してVs1.1 km/s層、1.8 km/sおよび1.9 km/s層を追加し、堀川・他(2008)による地下構造モデルの卓越周期が変わらないように速度層を統合してモデル化を行った。

図3.2-34および図3.2-35に中京圏の地盤モデルの修正結果を示す。図3.2-36は、堀川・他(2008)モデルおよび本検討の地盤モデルによるR/Vスペクトルのピーク周期と地盤モデルの1次固有周期の比較である。図3.2-38は全国1次地下構造モデルによる比較である。本検討結果と堀川・他(2008)モデルとの相違はほとんど見られないことがわかる。

図3.2-38は、本検討モデルによるレイリー波の理論H/Vスペクトルと観測R/Vスペクトルの比較である。本検討の結果が観測記録をよく説明できていることがわかる。

図3.2-39は、観測R/Vスペクトルのピーク周期とレイリー波の理論H/Vスペクトル比のピーク周期の比較である。

図3.2-40から図3.2-51に修正前後の地下構造モデルを示す。

主な修正点としては、長野県南部の伊那盆地の構造を地震動のR/Vスペクトルを用いて修正している。また、中央構造線沿いの徳島平野のS波速度2.4 km/s層上面が極端に深い構造であるのに対し、R/Vスペクトルのピーク周期を用いることにより深くなっているエリアを狭く修正している。また、静岡県地域においては、御前崎半島周辺においてS波速度1.3 km/s層の上面深度がやや浅く修正されている。

関東平野においては、千葉県南部でS波速度3.2 km/s層上面深度が深く修正され、埼玉県北部においては浅く修正されていることがわかる。

表 3.2-2 堀川・他（2008）による地下構造モデルの物性値、全国一次地下構造モデルによる物性値と本検討による物性値。

堀川・他（2008）モデル

全国一次地下構造モデル

本検討

産総研	層番号	Vp(km/s)	Vs(km/s)	ρ (g/cm ³)	Layer	Vp(km/s)	Vs(km/s)	ρ (g/cm ³)	Qp	Qs	Layer	vp	vs	rho	qo	qs
第四系	1	1.50	0.1	1.75	1	1.7	0.35	1.80	119	70	1	1.7	0.35	1.8	119	70
	2	1.56	0.2	1.80	2	1.8	0.5	1.95	170	100	2	1.8	0.5	1.95	170	100
	3	1.62	0.3	1.84	3	2.0	0.6	2.00	204	120	3	2	0.6	2	204	120
	4	1.70	0.4	1.88	4	2.1	0.7	2.05	238	140	4	2.1	0.7	2.05	238	140
	5	1.77	0.5	1.92	5	2.2	0.8	2.07	272	160	5	2.2	0.8	2.07	272	160
	6	1.86	0.6	1.95	6	2.3	0.9	2.10	306	180	6	2.3	0.9	2.1	306	180
	7	1.94	0.7	1.99	7	2.4	1.0	2.15	340	200	7	2.4	1	2.15	340	200
	8	2.03	0.8	2.03	8	2.7	1.3	2.20	442	260	8	2.5	1.1	2.15	374	220
	9	2.13	0.9	2.06	9	3.0	1.5	2.25	510	300	9	2.7	1.3	2.2	442	260
	10	2.23	1	2.10	10	3.2	1.7	2.30	578	340	10	3	1.5	2.25	510	300
	11	2.33	1.1	2.13	11	3.5	2.0	2.35	680	400	11	3.2	1.7	2.3	578	340
東海層群	12	1.50	0.2	1.80	12	4.2	2.4	2.45	680	400	12	3.6	1.8	2.35	612	360
	13	1.50	0.3	1.84	13	5.0	2.9	2.60	680	400	13	3.7	1.9	2.35	646	380
	14	1.54	0.4	1.88	14	5.5	3.2	2.65	680	400	14	3.5	2	2.35	680	400
	15	1.63	0.5	1.92							15	4.2	2.4	2.45	680	400
	16	1.74	0.6	1.95							16	5	2.9	2.6	680	400
	17	1.85	0.7	1.99							17	5.5	3.2	2.65	680	400
	18	1.98	0.8	2.03												
	19	2.11	0.9	2.06												
	20	2.25	1	2.10												
	21	2.40	1.1	2.13												
	22	2.55	1.2	2.16												
	23	2.72	1.3	2.20												
	24	2.90	1.4	2.23												
	25	3.08	1.5	2.26												
豊橋C層	26	2.10	0.7	1.99												
豊橋C'層	27	2.10	0.7	1.99												
中新統	28	2.88	1.1	2.13												
	29	3.14	1.3	2.20												
	30	3.40	1.5	2.26												
	31	3.79	1.8	2.34												
D層	32	4.00	1.9	2.37												
地震基盤	33	5.50	3.2	2.63												

堀川・他 (2008) モデル

全国一次地下構造モデル

本検討

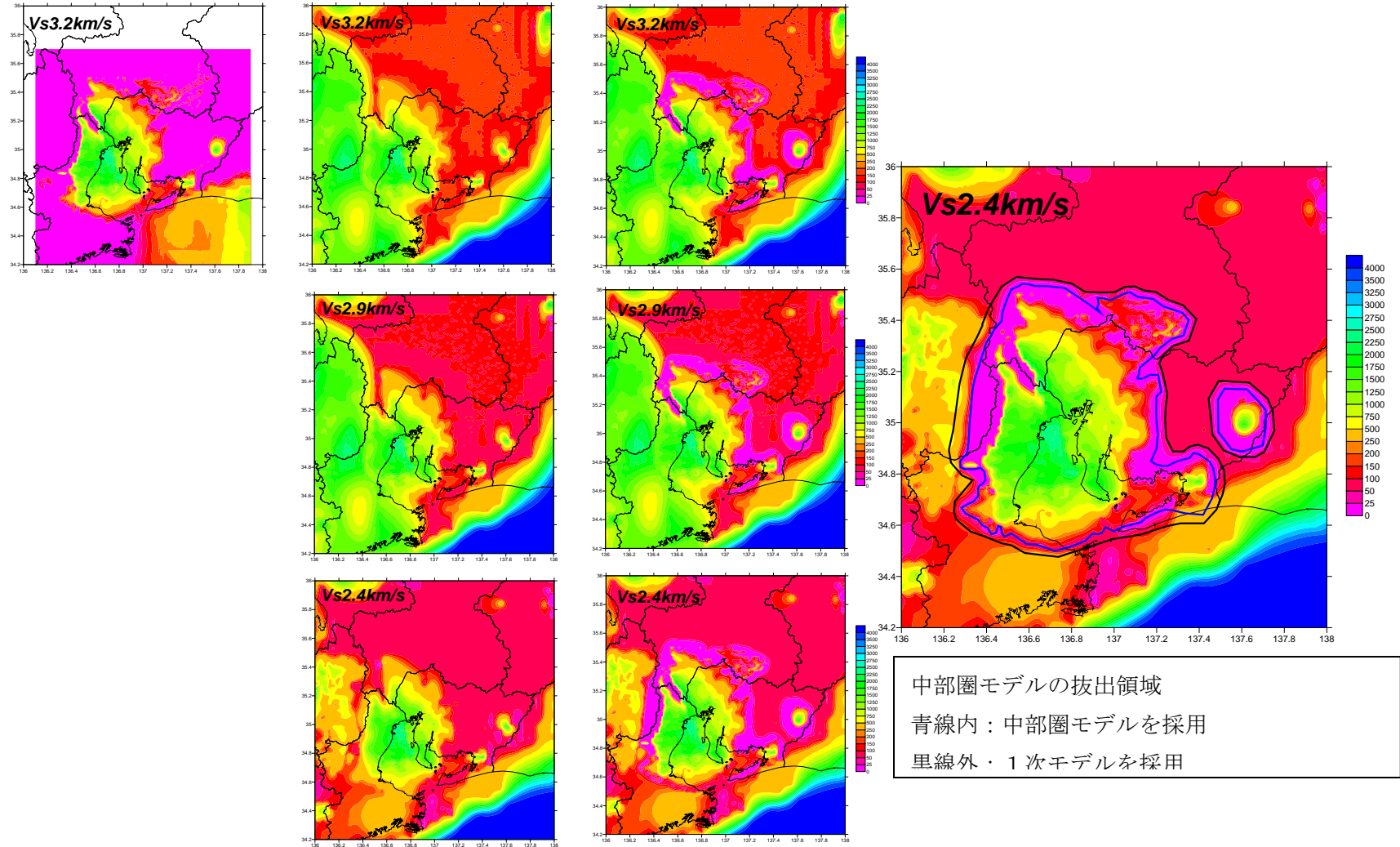
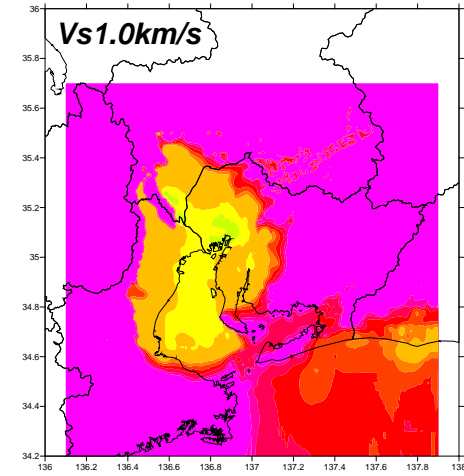
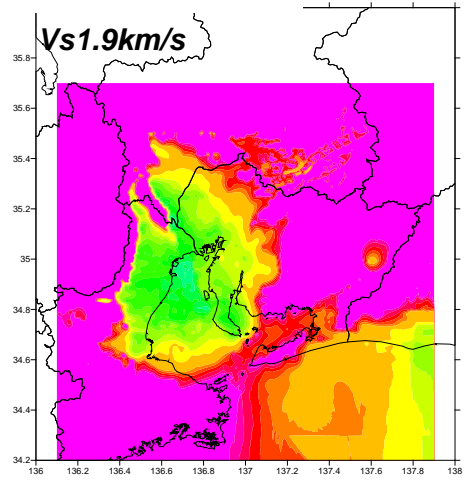
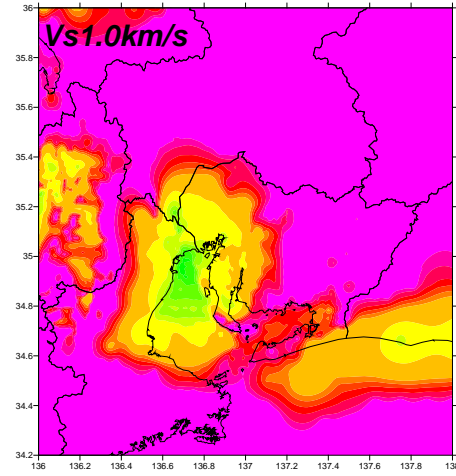
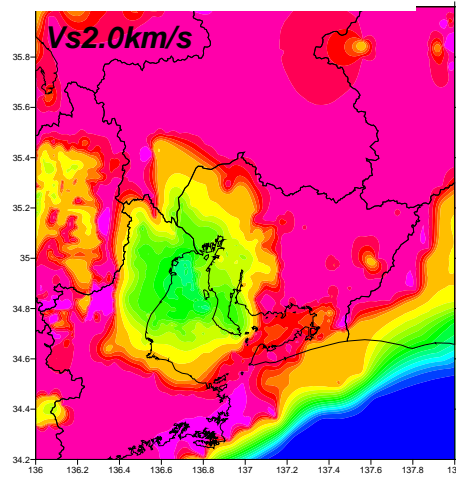


図 3.2-34 中京圏の地盤モデルの修正 地震基盤の比較

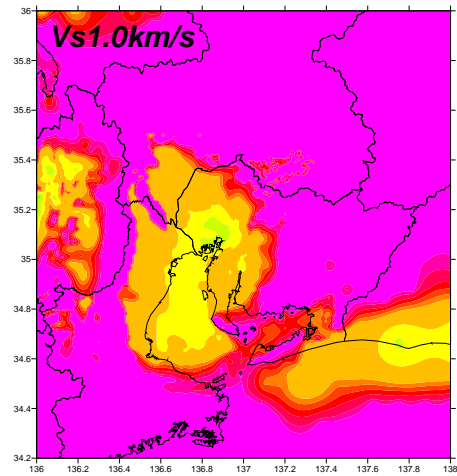
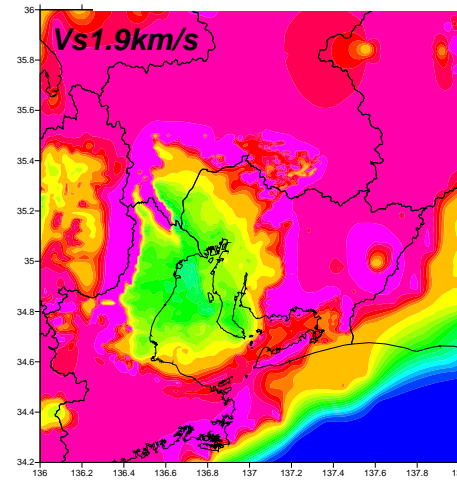
堀川ほか(2006)モデル



全国一次地下構造モデル



本検討



Vs1.9 km/s 層 Vs1.0km/s 層の比較

図 3.2-35 中京圏の地盤モデルの修正

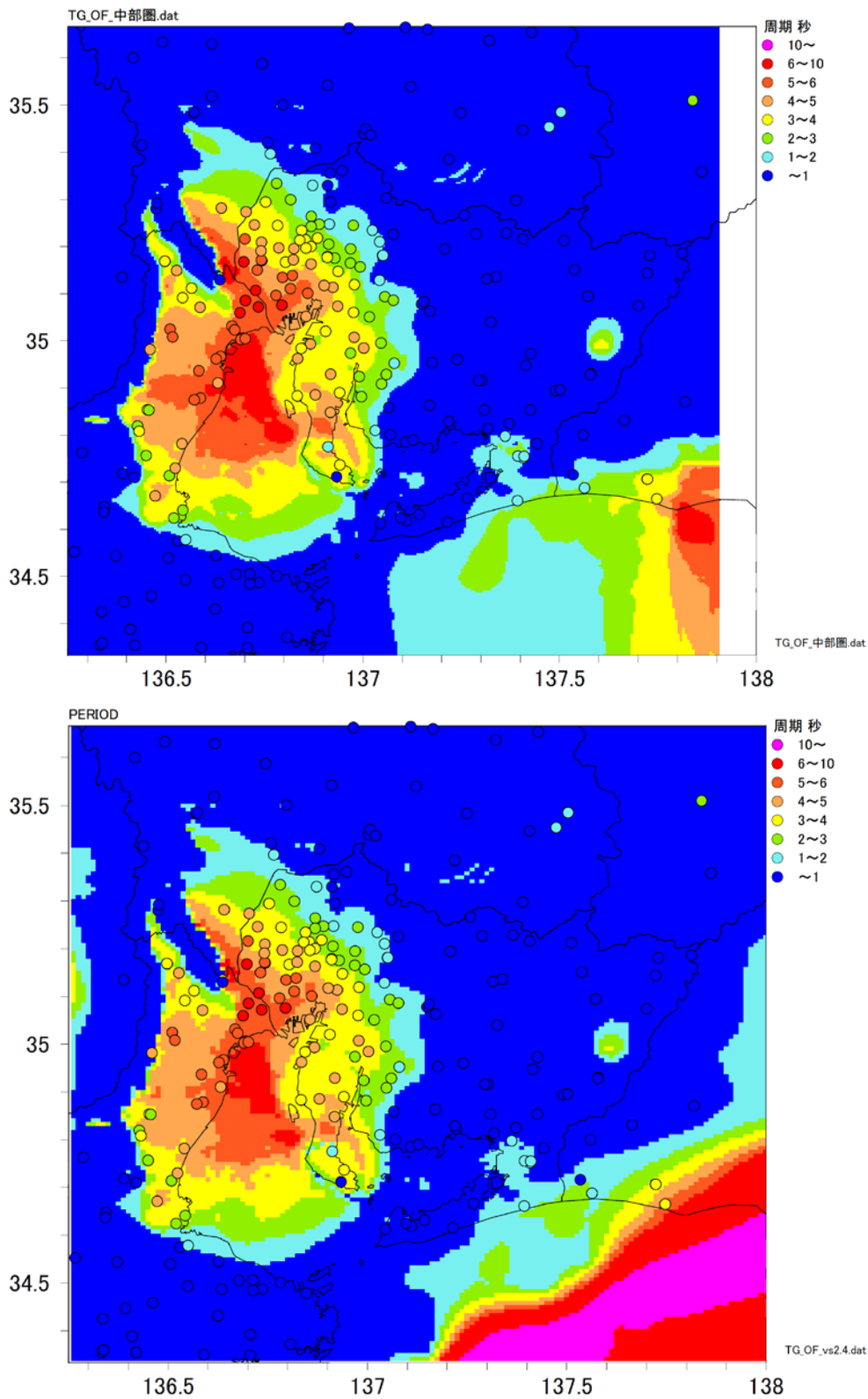


図 3.2-36 地震動の R/V スペクトルのピーク周期と地盤の 1 次固有周期の比較。
上：堀川・(2008) モデル 下：本検討

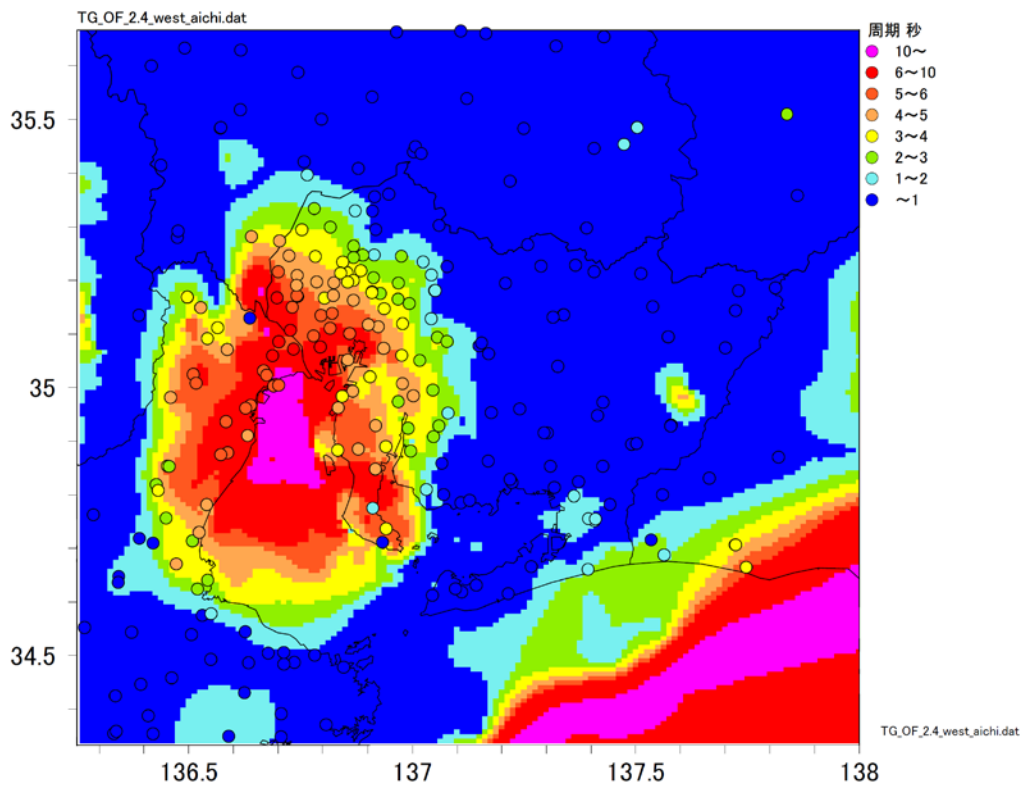
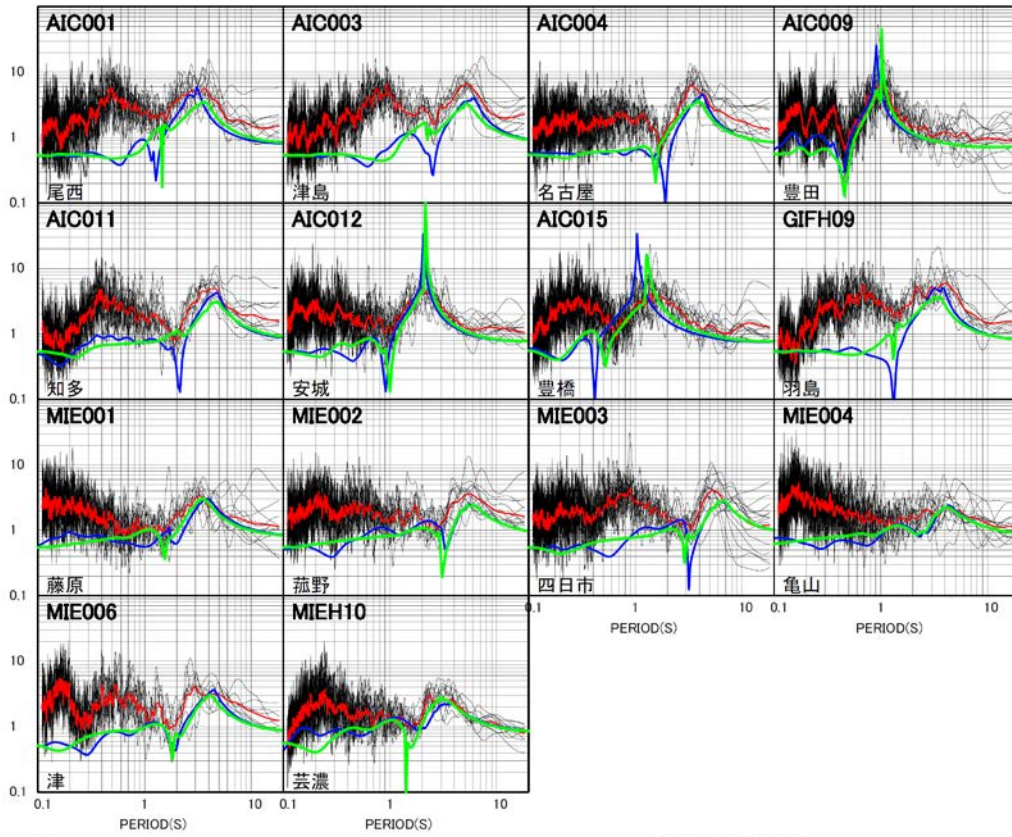


図 3.2-37 地震動の R/V スペクトルのピーク周期と地盤の 1 次固有周期の比較。
 全国 1 次地下構造モデル



黒および赤線：観測 R/V スペクトル

緑線：本検討モデルによるレイリー波の理論 H/V スペクトル

青線：全国1次モデルによるレイリー波の理論 H/V スペクトル

図 3.2-38 本検討モデルによるレイリー波の理論 H/V スペクトルと観測 R/V スペクトルの比較。

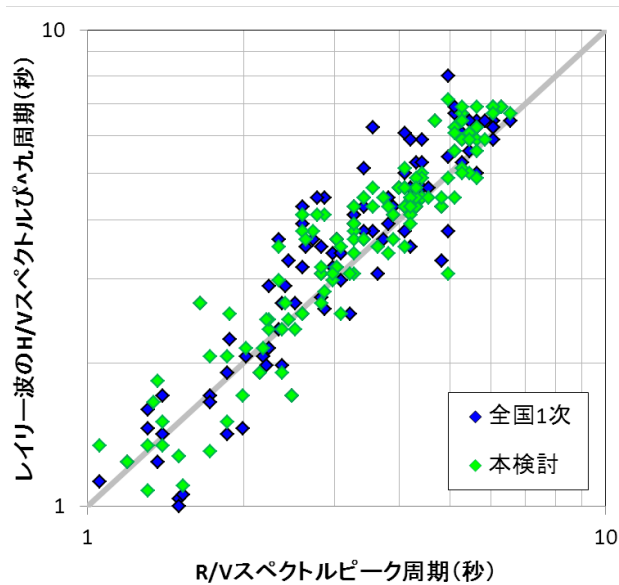
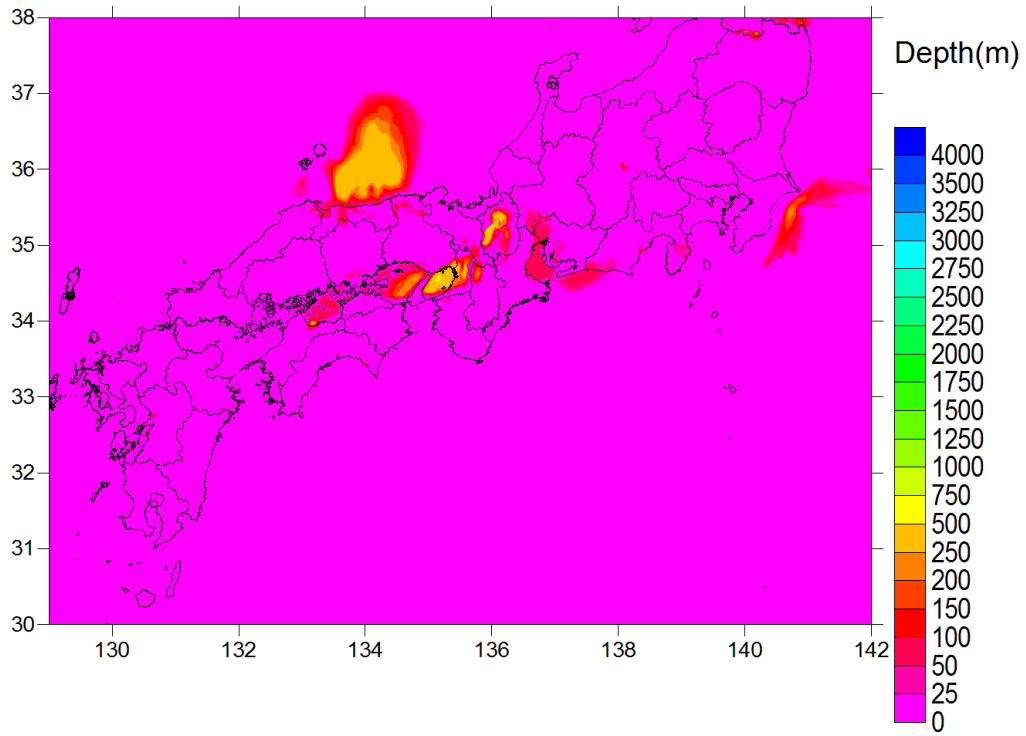


図 3.2-39 観測 R/V スペクトルのピーク周期とレイリー波の理論 H/V スペクトル比のピーク周期（中部圏）。

0.5



0.5

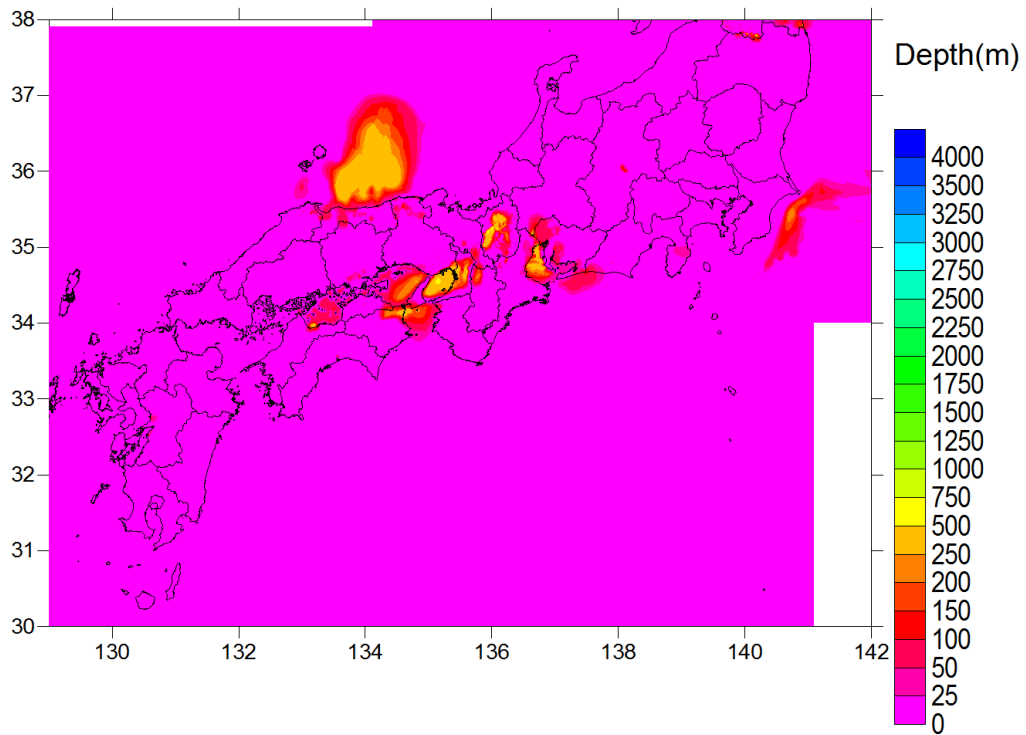
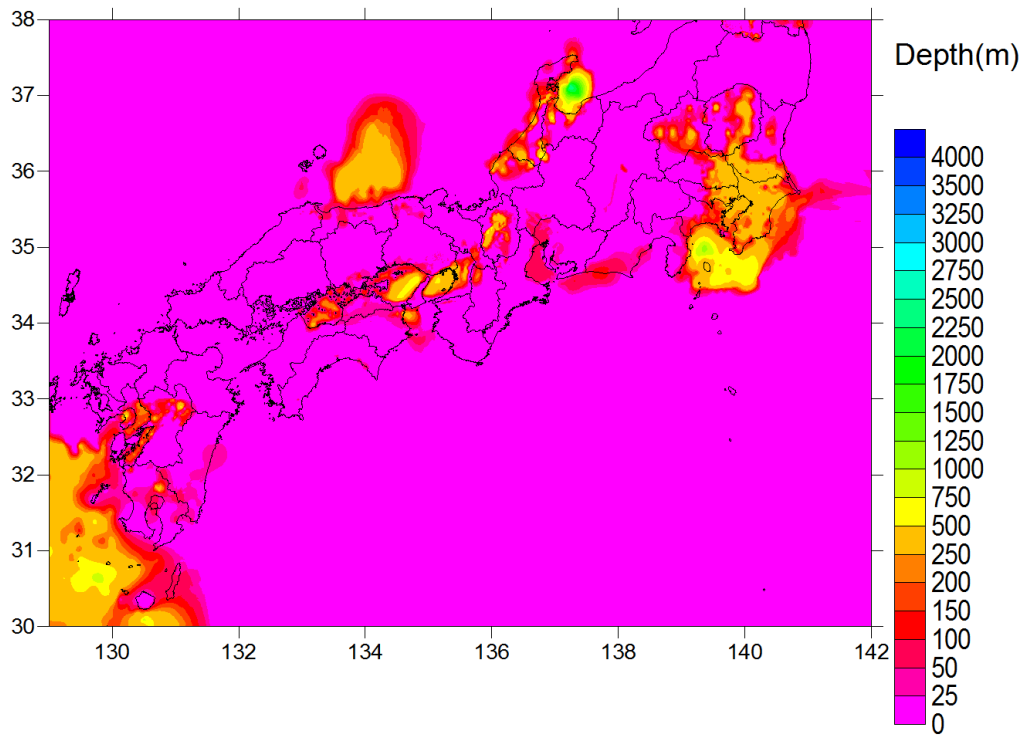


図 3.2-40 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs0.5 km/s 層上面

0.6



0.6

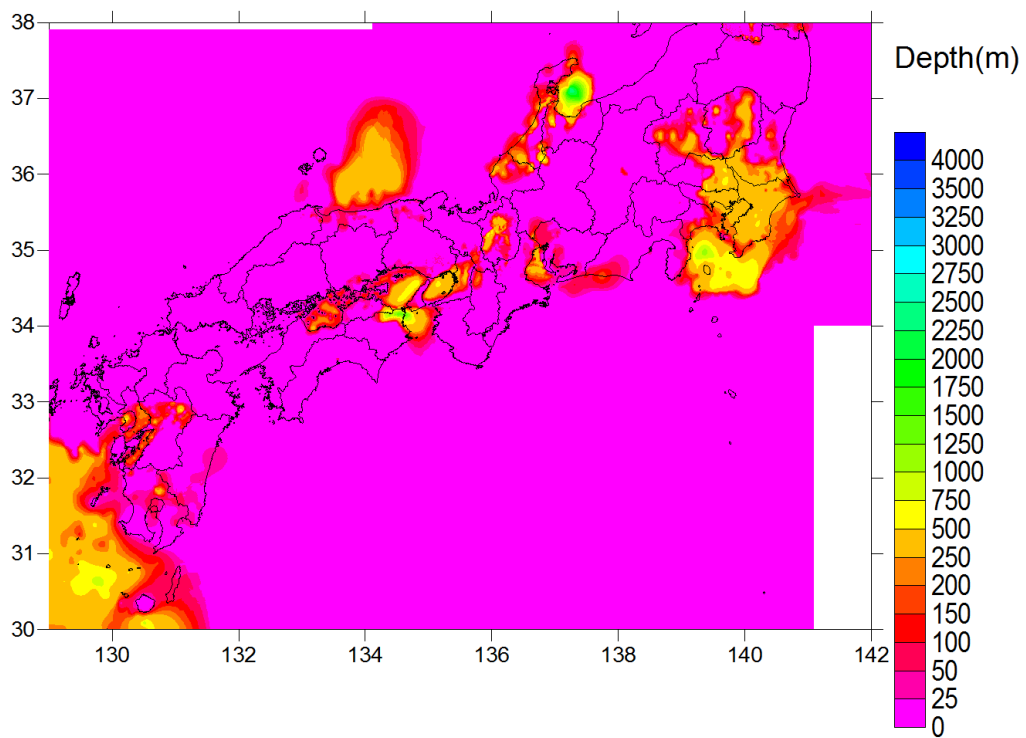
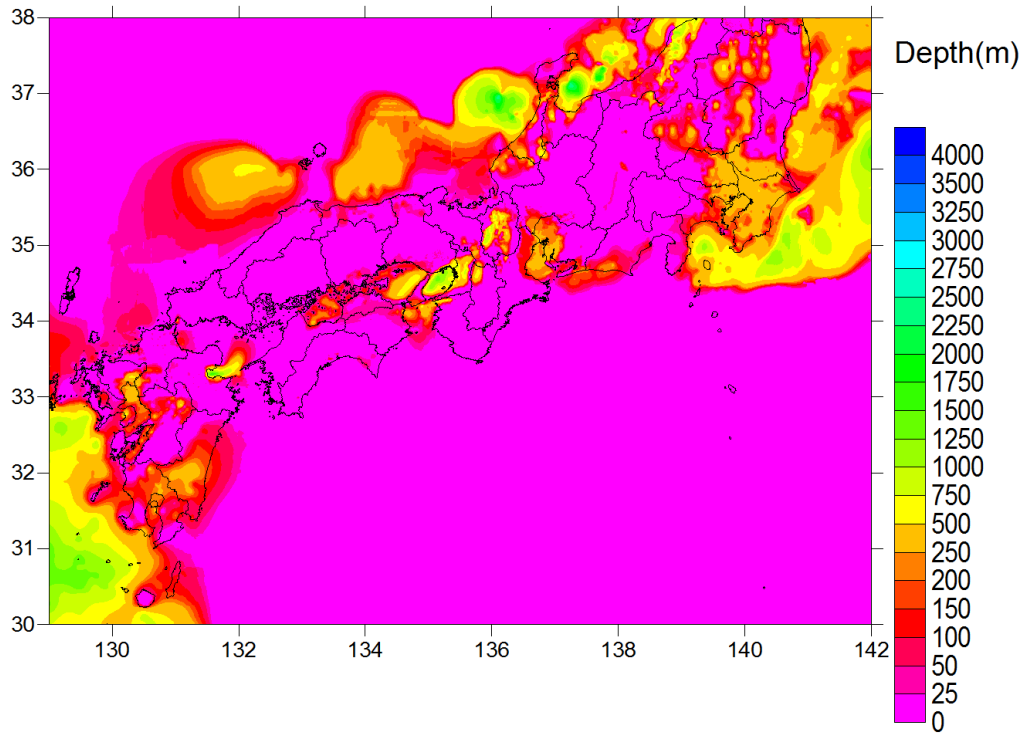


図 3.2-41 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs0.6km/s 層上面

0.7



0.7

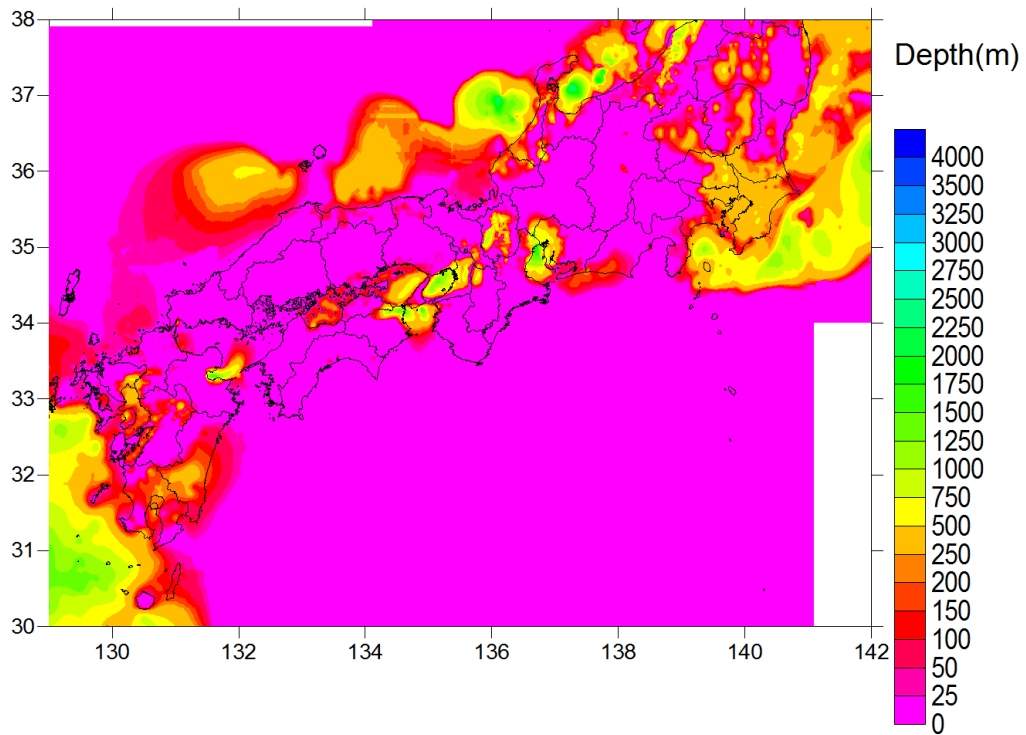
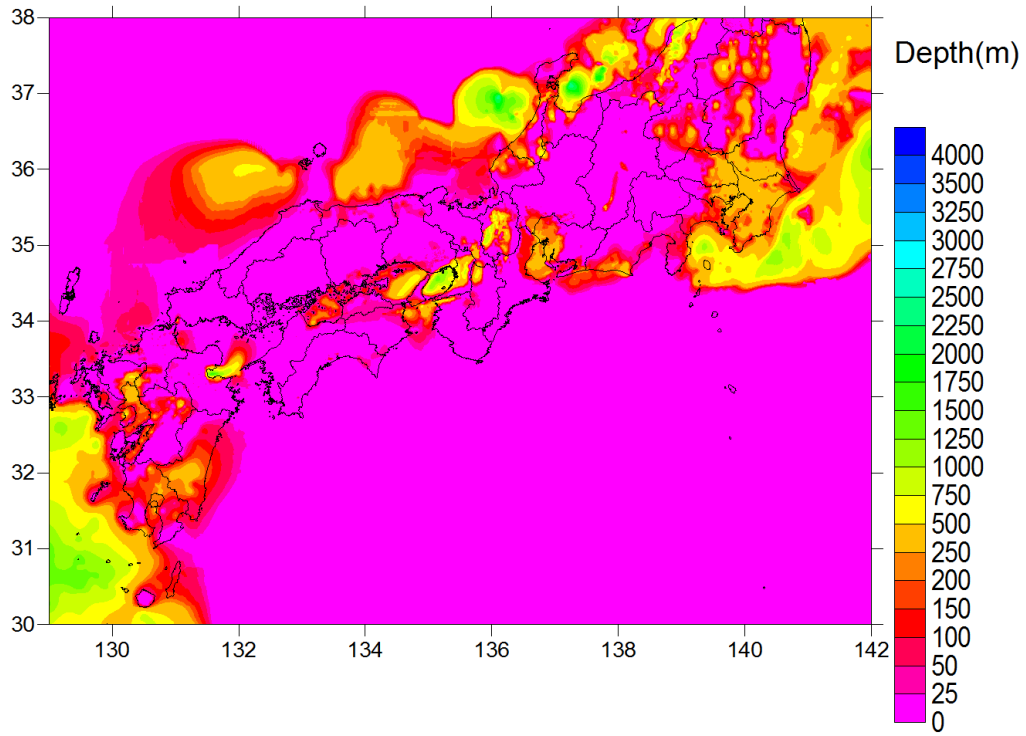


図 3.2-42 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs0.7 km/s 層上面

0.8



0.8

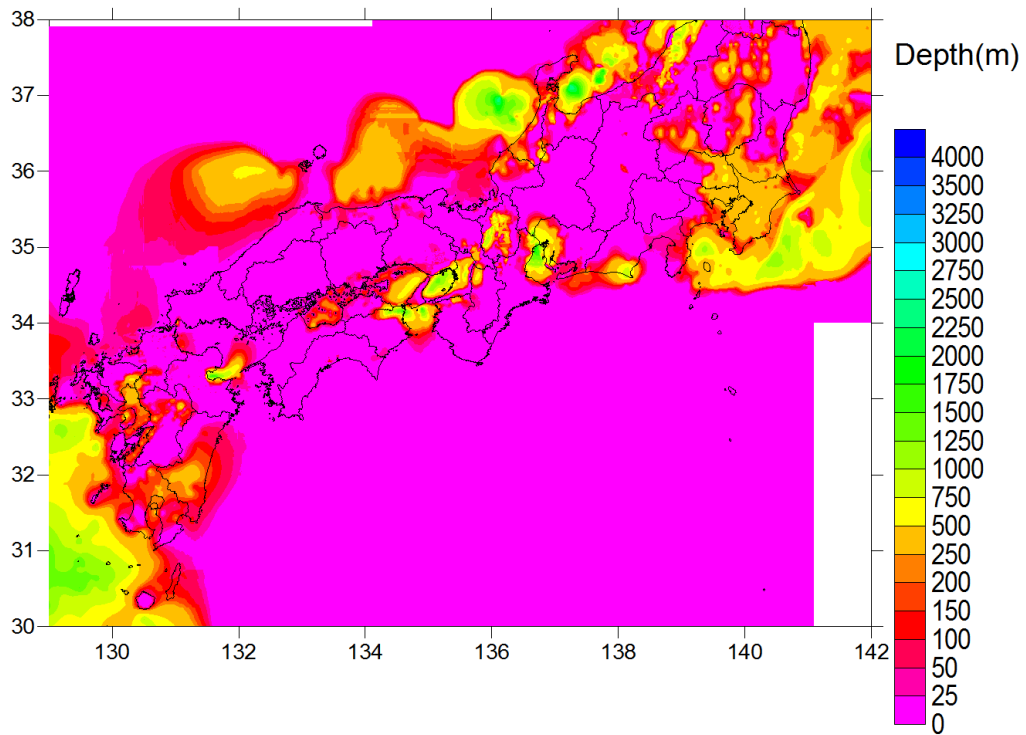
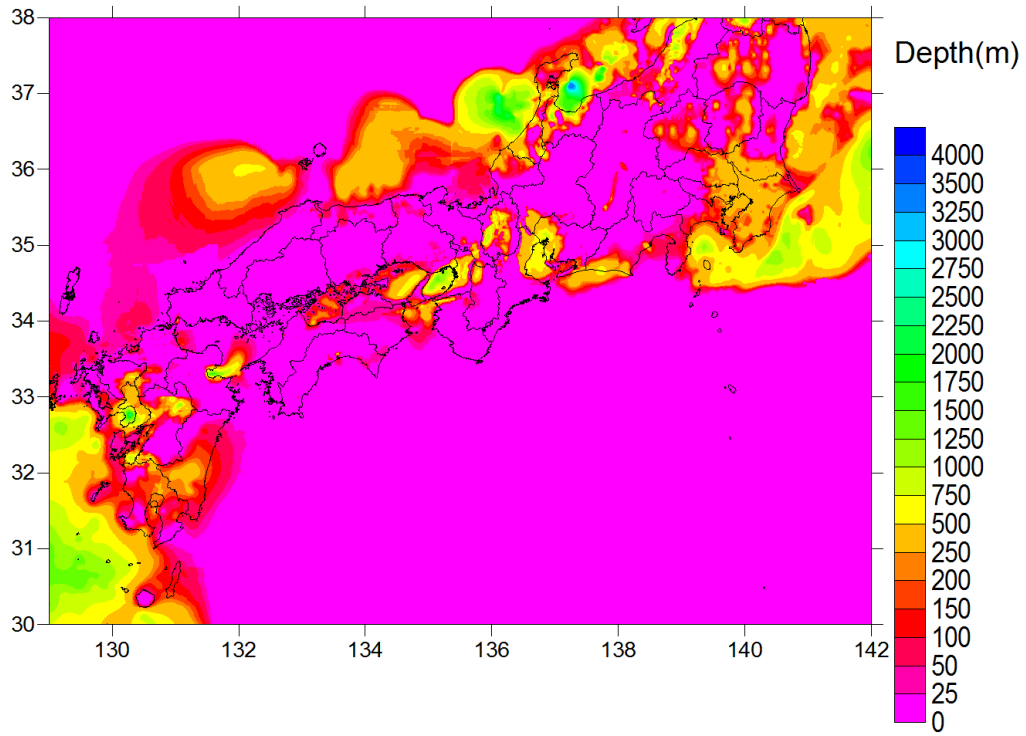


図 3.2-43 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs0.8 km/s 層上面

0.9



0.9

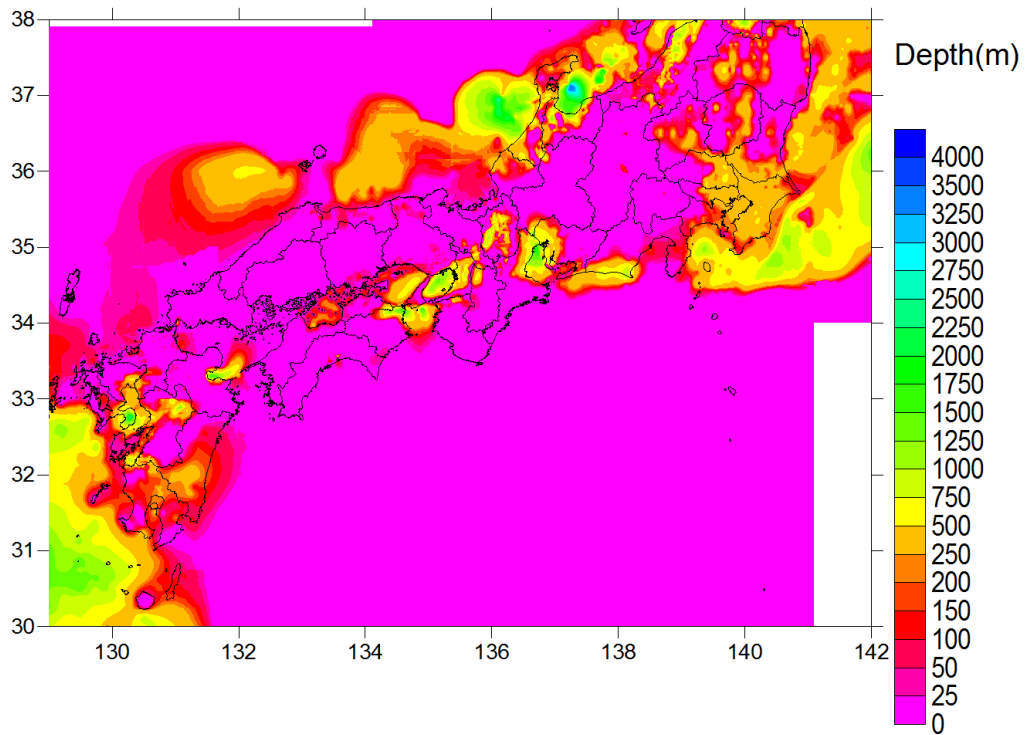
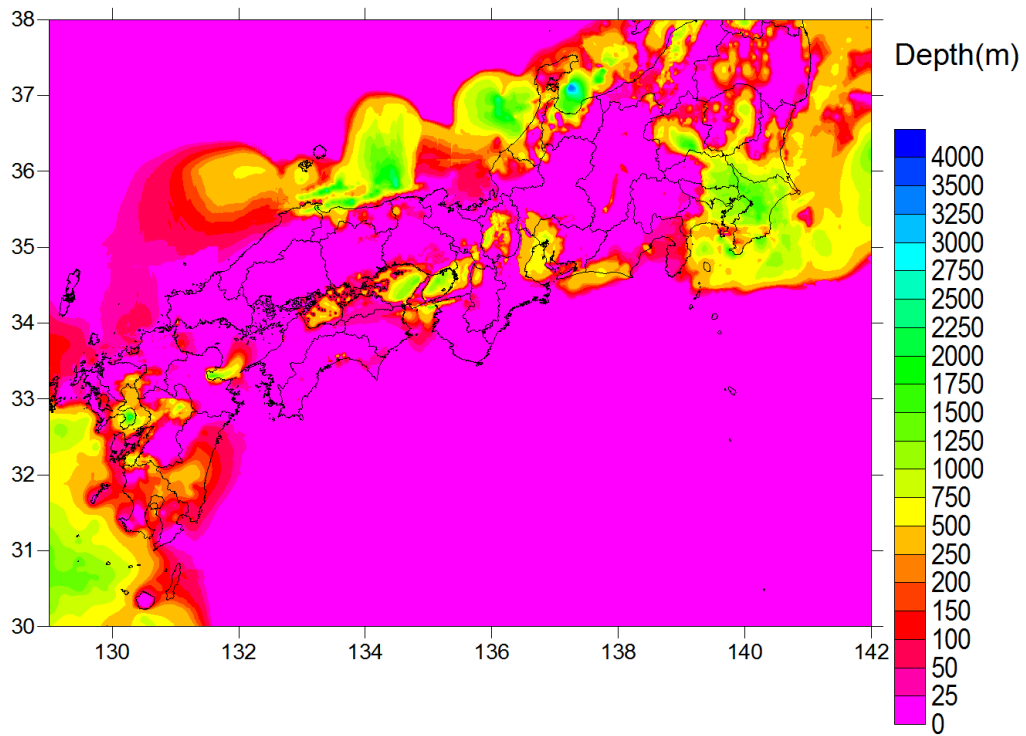


図 3.2-44 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs0.9 km/s 層上面

1.0



1.0

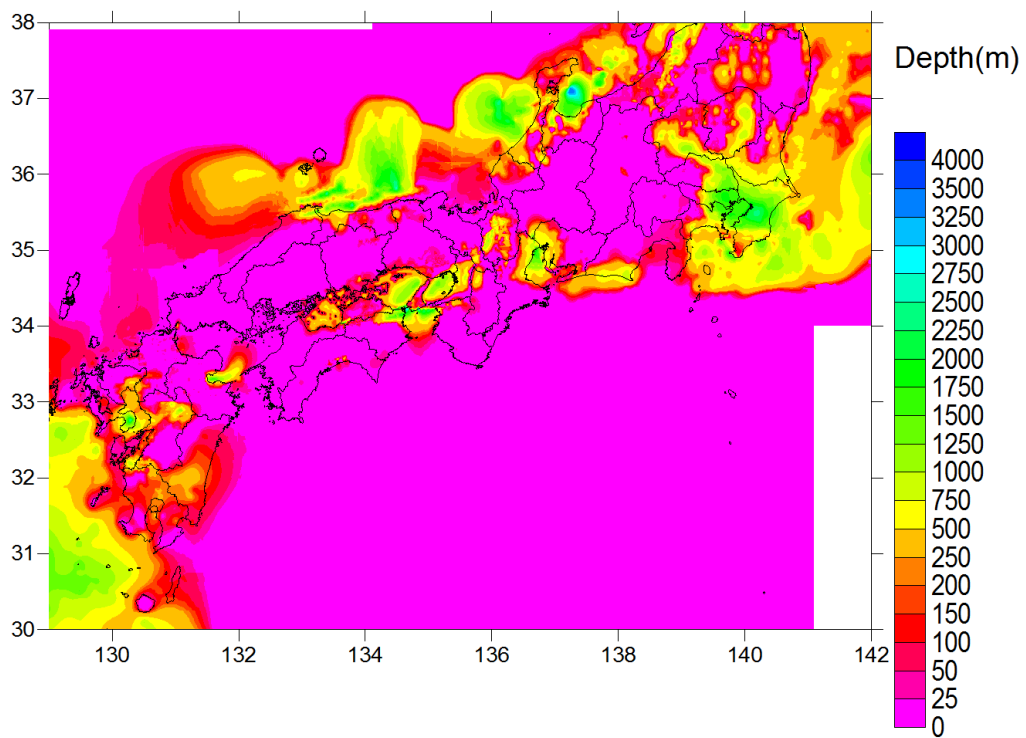


図 3.2-45 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs1.0 km/s 層上面

1.1

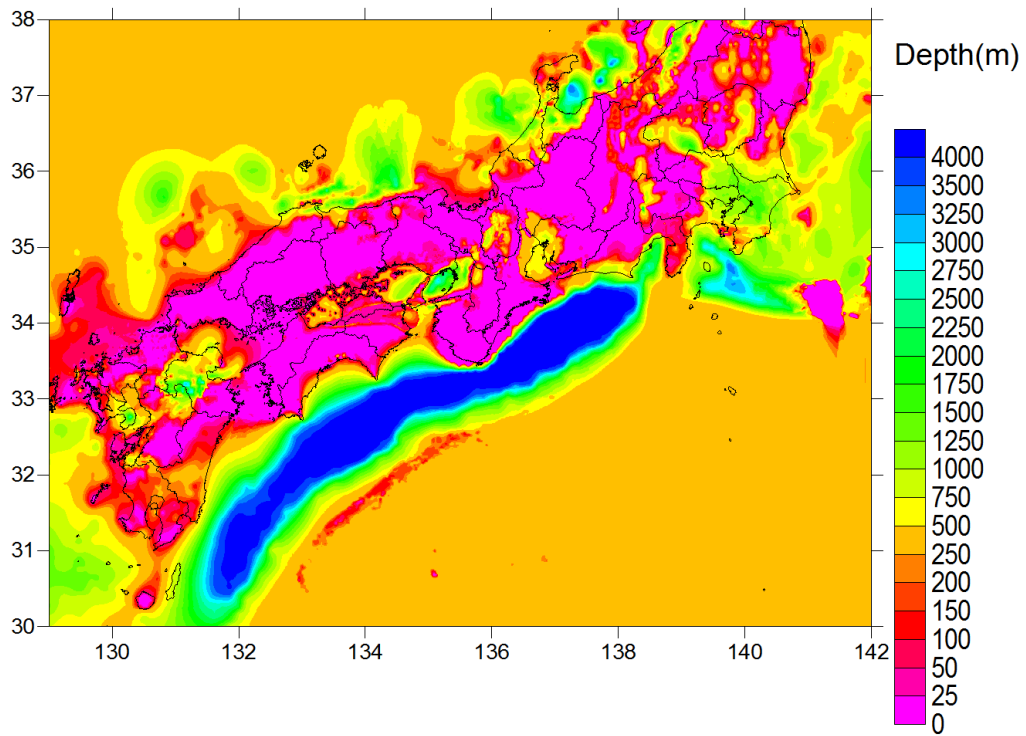
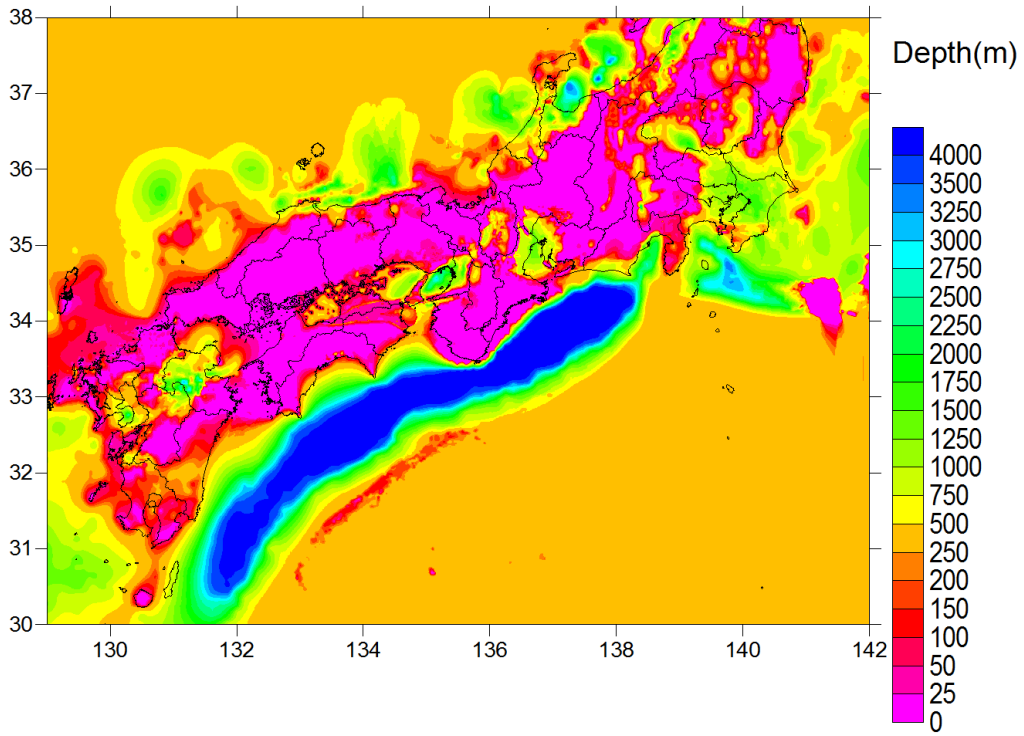


図 3.2-46 修正前後の地下構造モデル。修正後 $V_s 1.1 \text{ km/s}$ 層上面

1.3



1.3

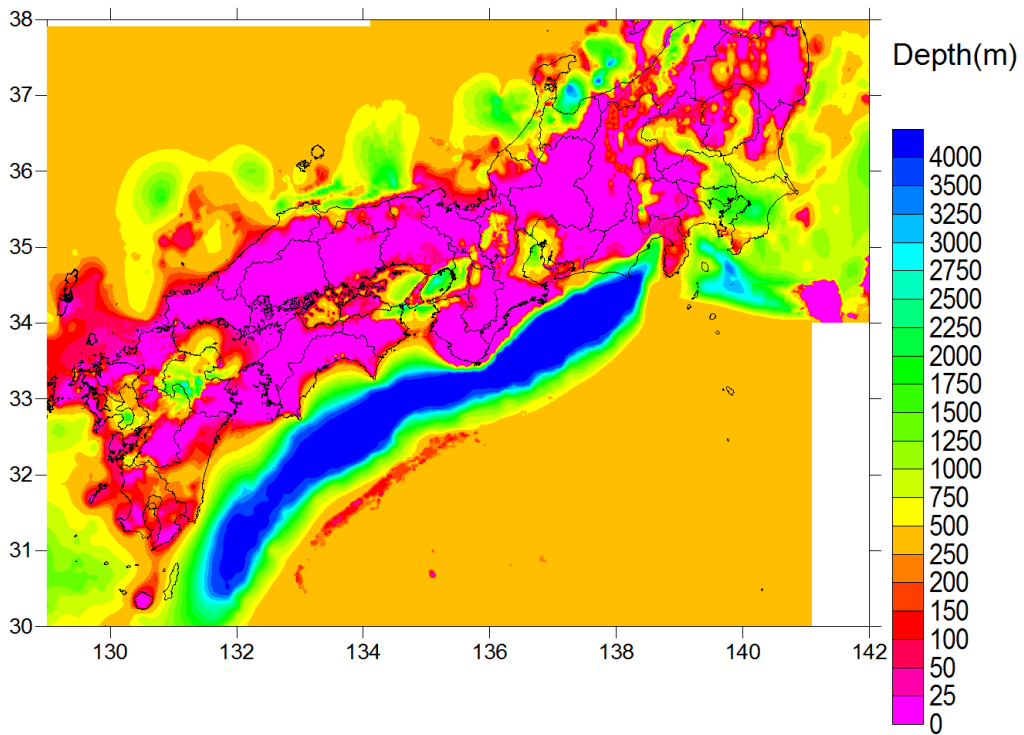
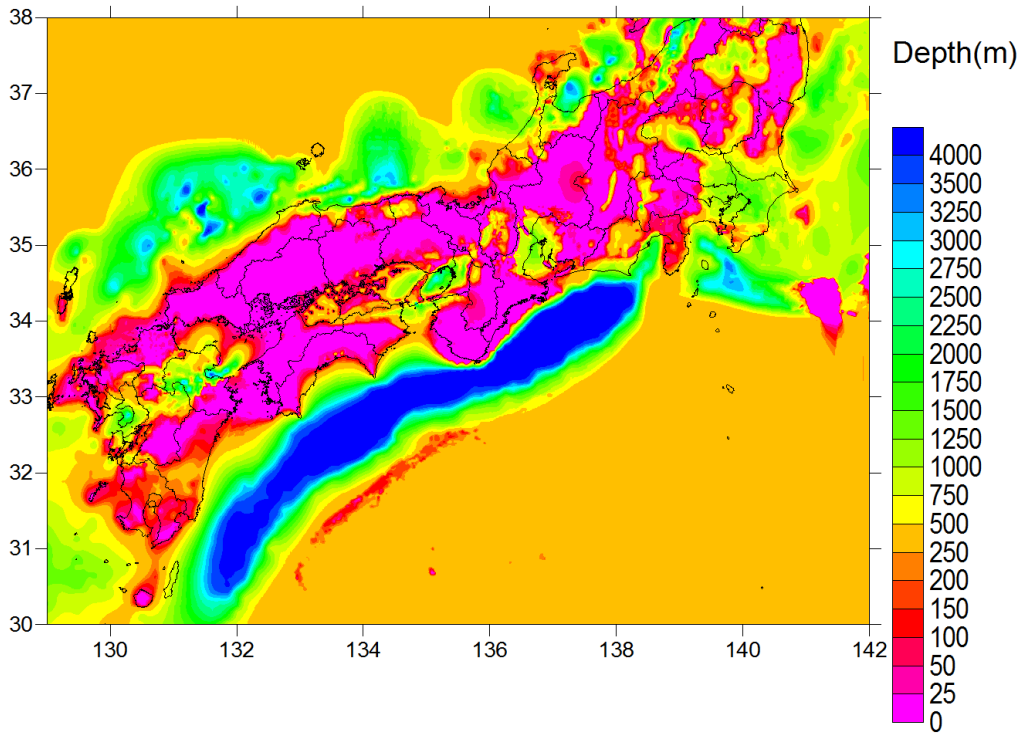


図 3.2-47 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs1.3 km/s 層上面

1.5



1.5

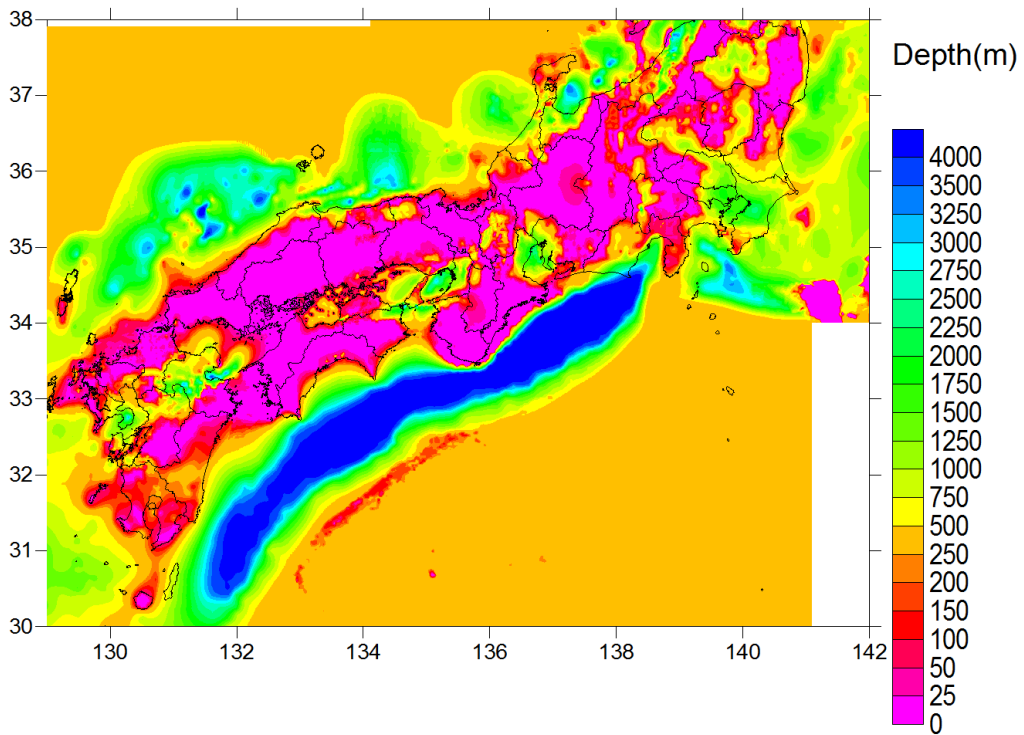
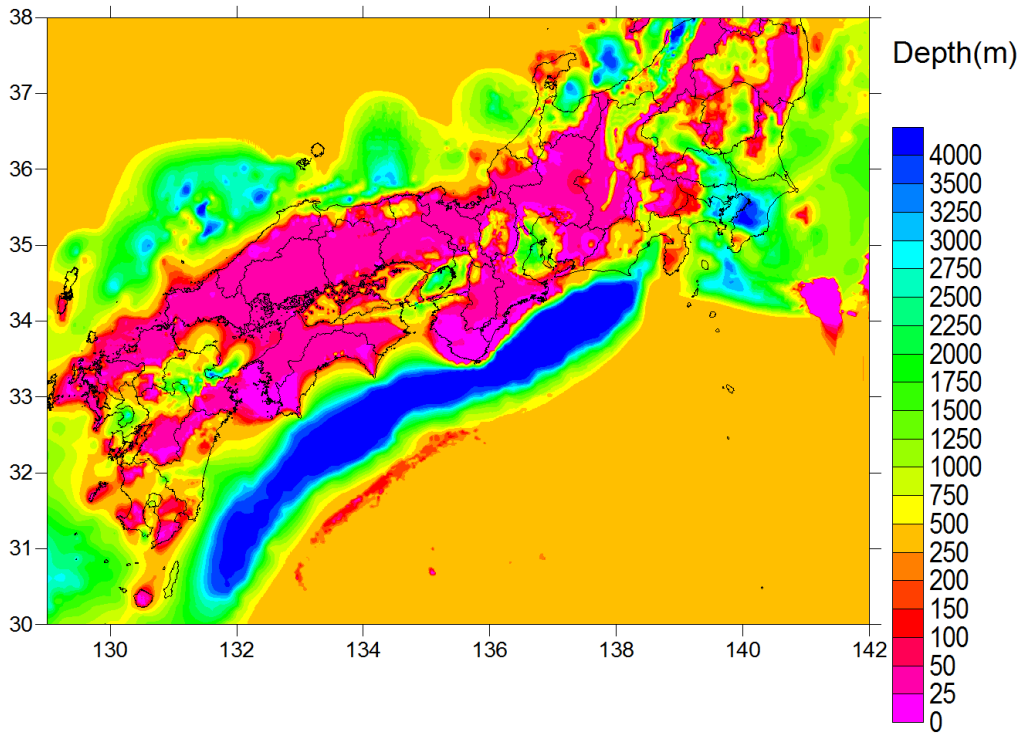


図 3.2-48 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs1.5 km/s 層上面

1.7



1.7

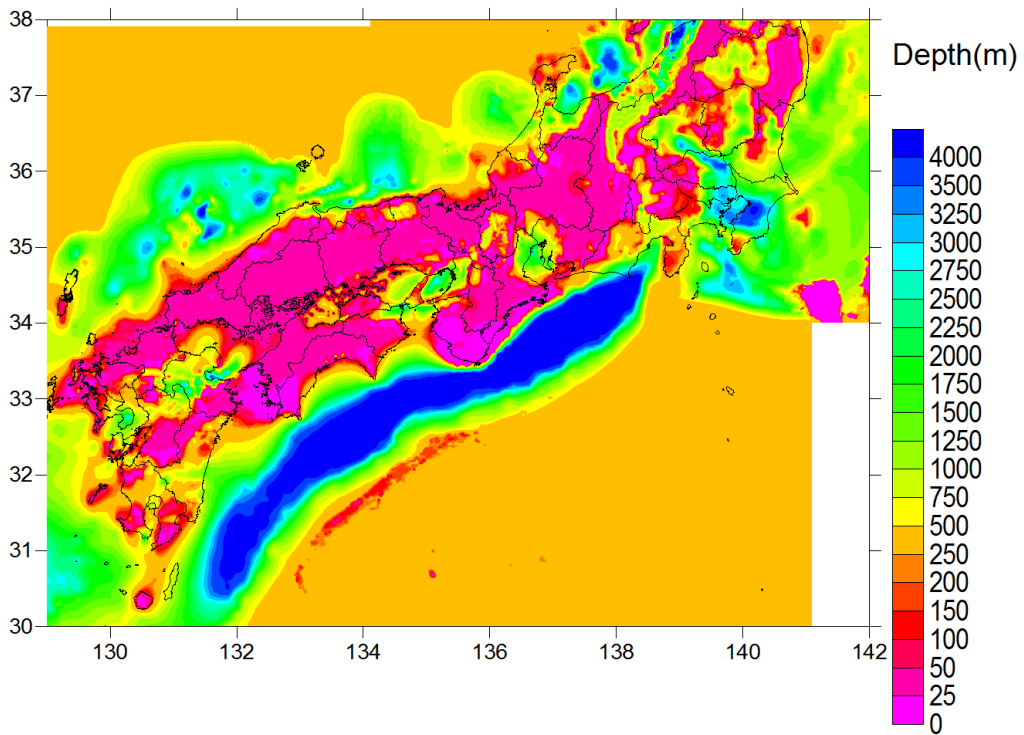


図 3.2-49 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs1.7 km/s 層上面

1.8

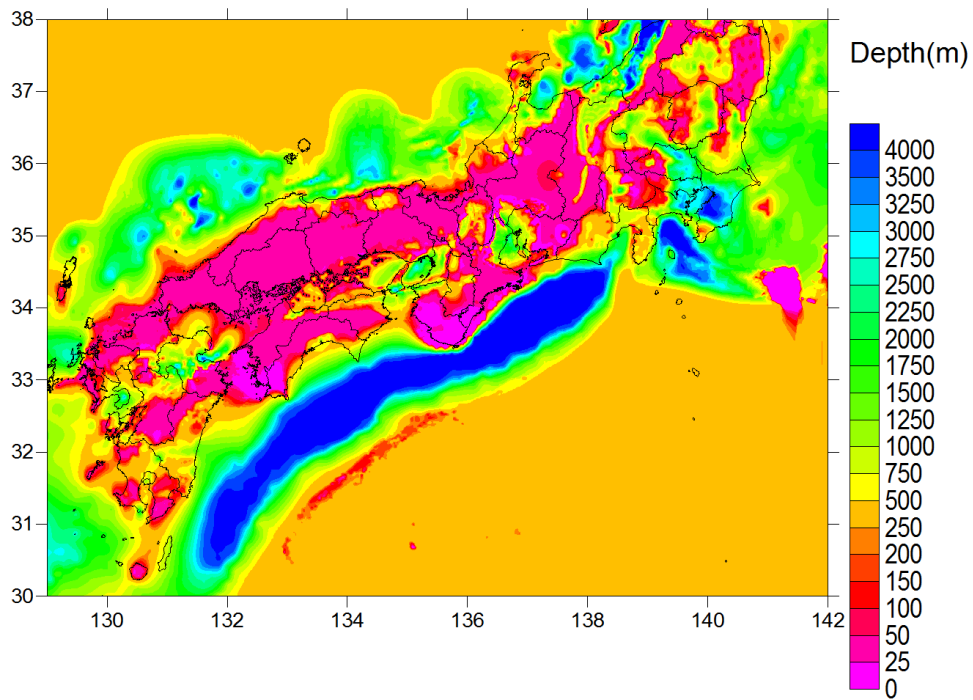


図 3.2-50 修正前後の地下構造モデル。修正後 Vs1.8km/s 層上面

1.9

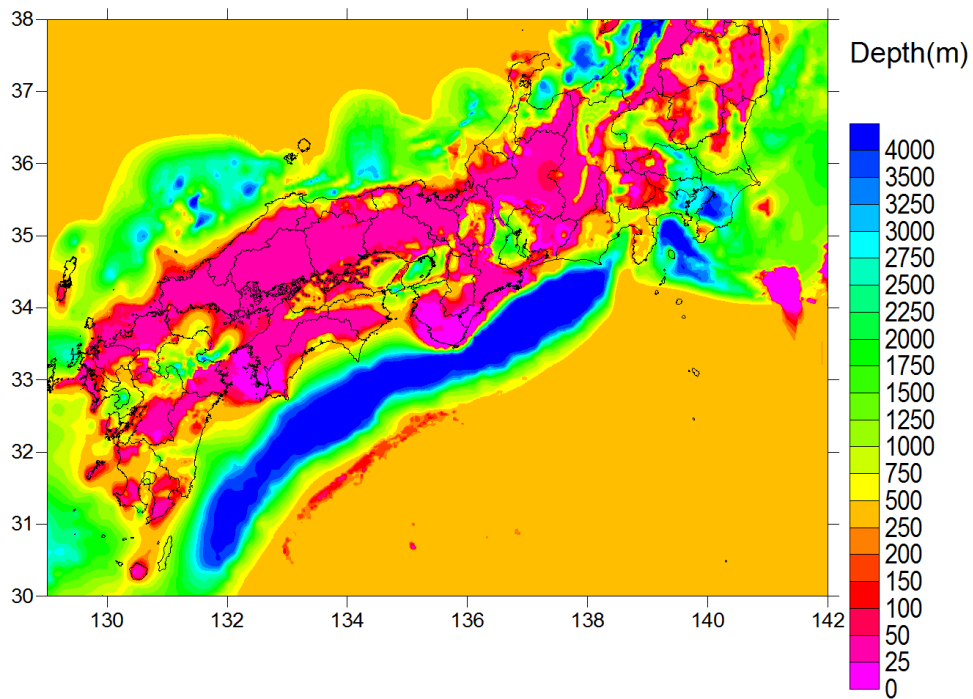
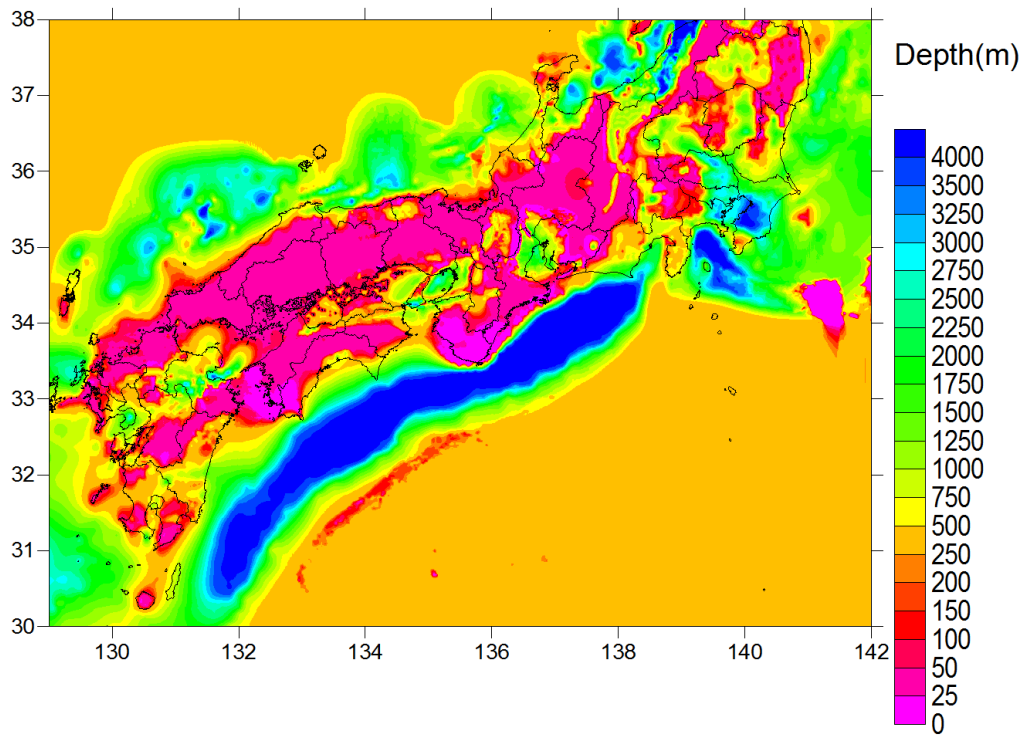


図 3.2-51 修正前後の地下構造モデル。修正後 Vs1.9 km/s 層上面

2.0



2.0

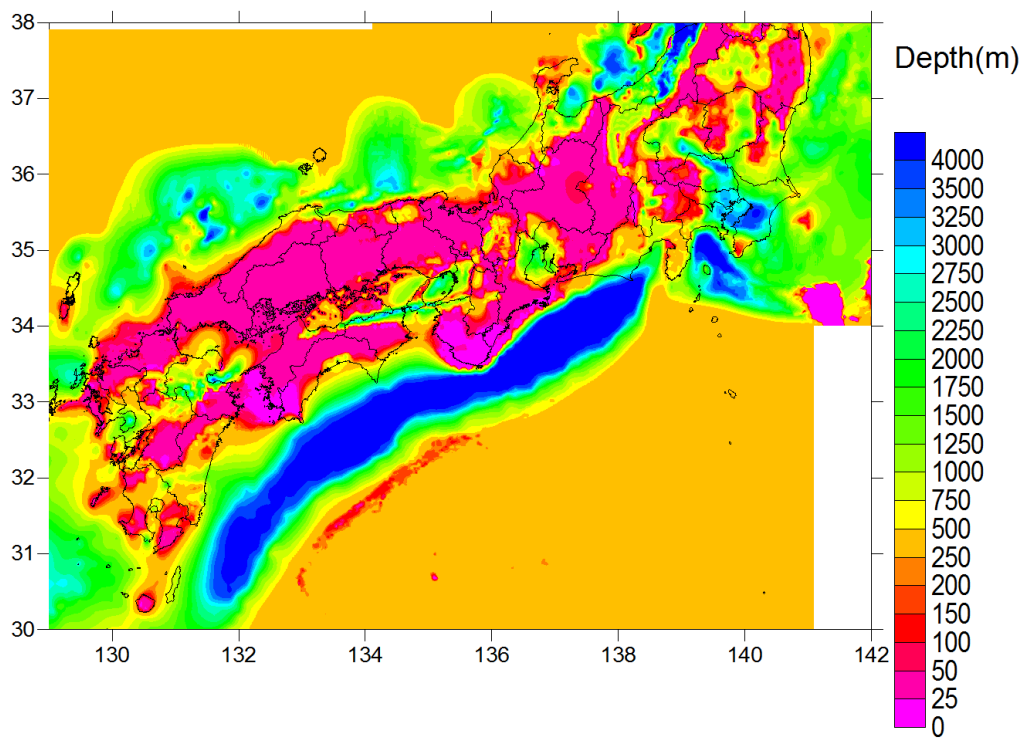
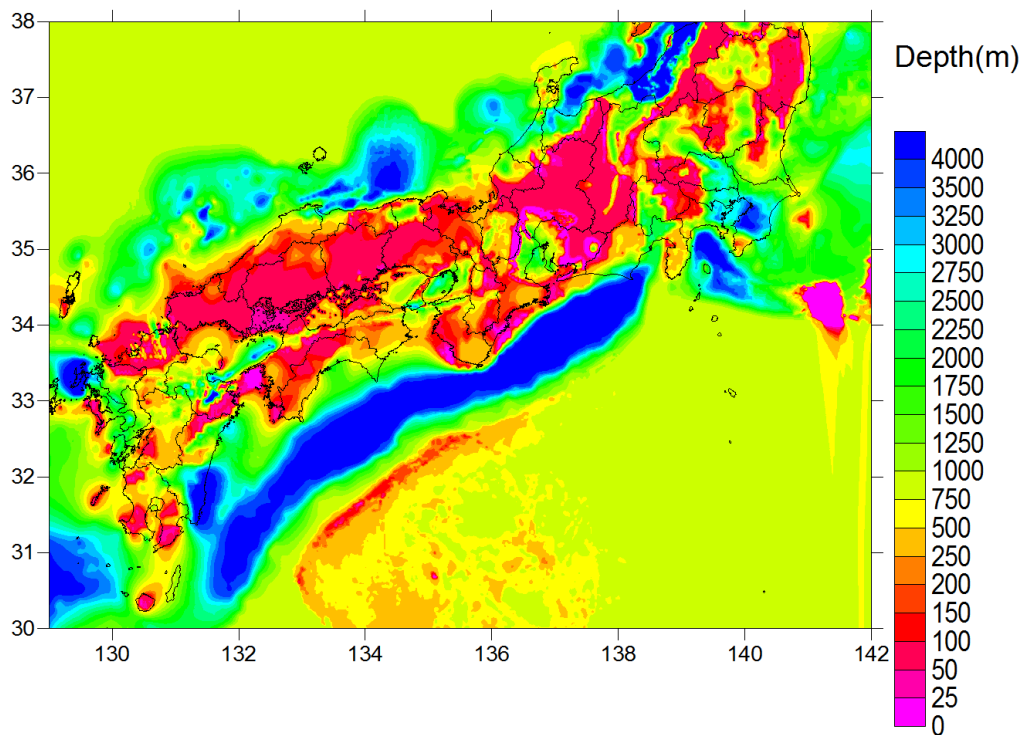


図 3.2-52 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs2.0km/s 層上面

2.4



2.4

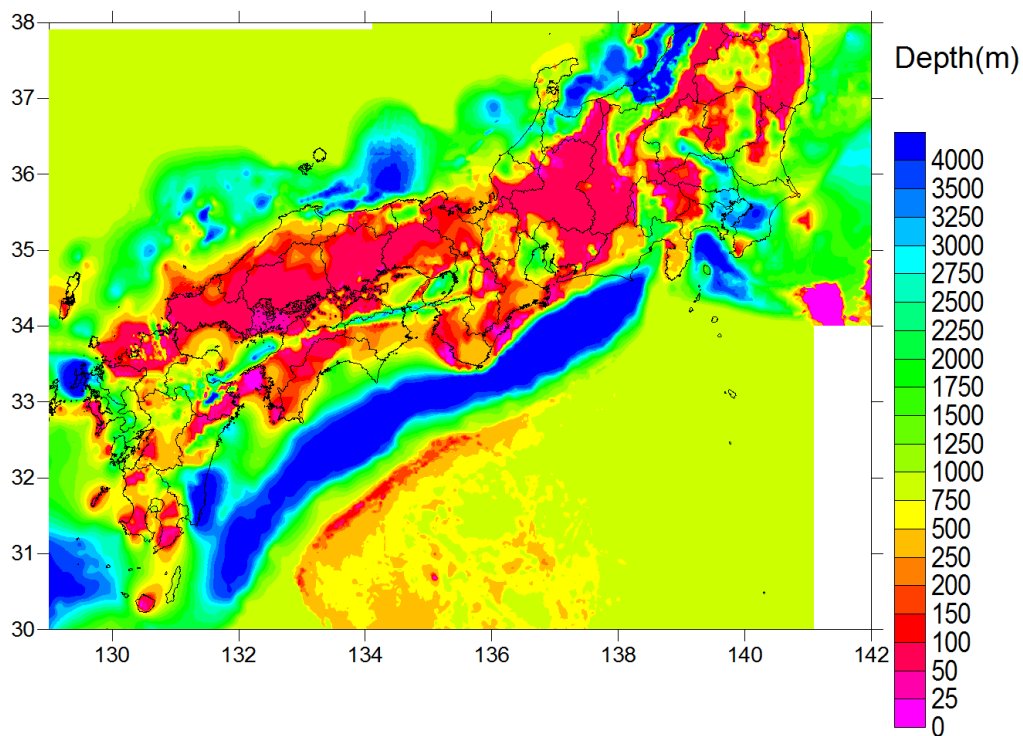
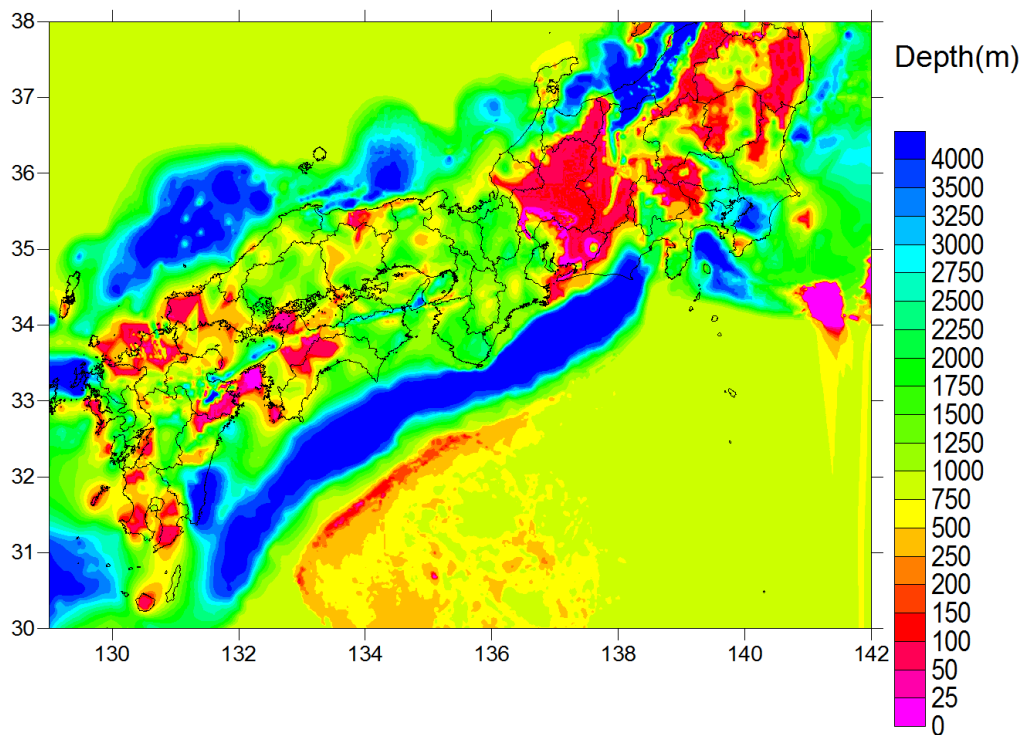


図 3.2-53 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs2.4 km/s 層上面

2.9



2.9

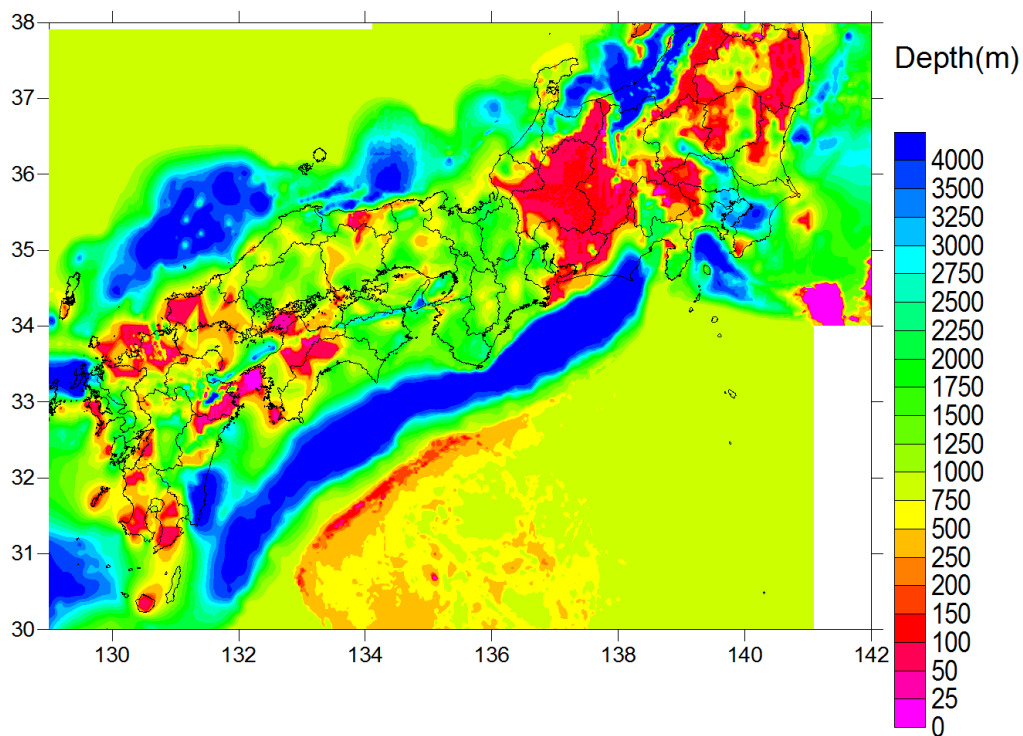
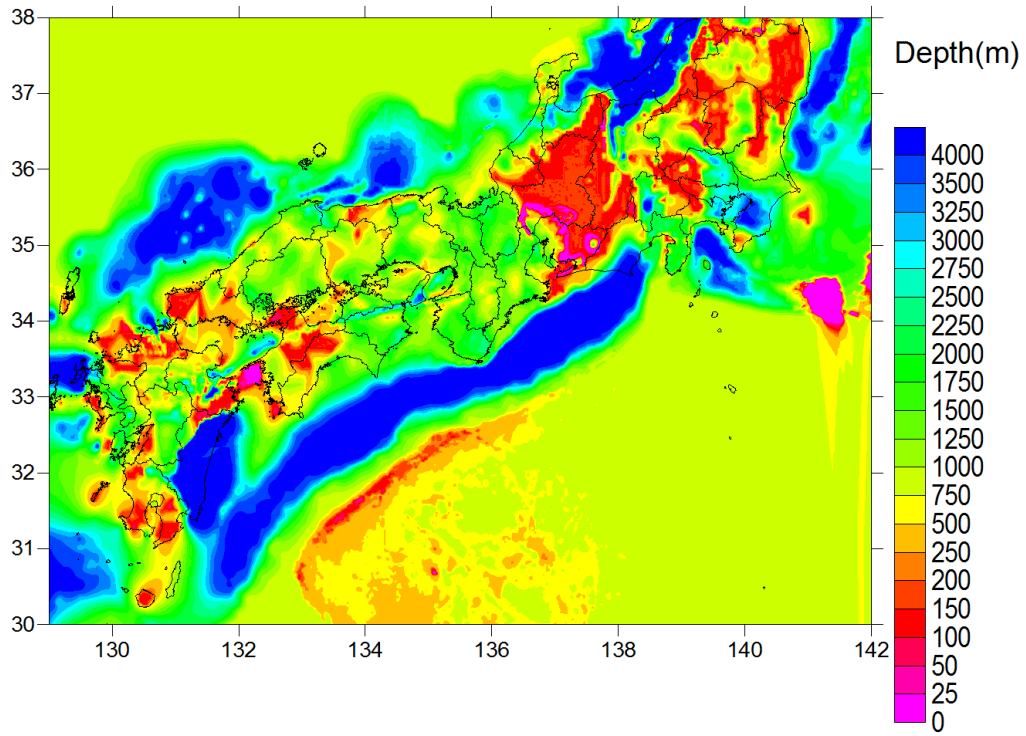


図 3.2-54 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs2.9 km/s 層上面

3.2



3.2

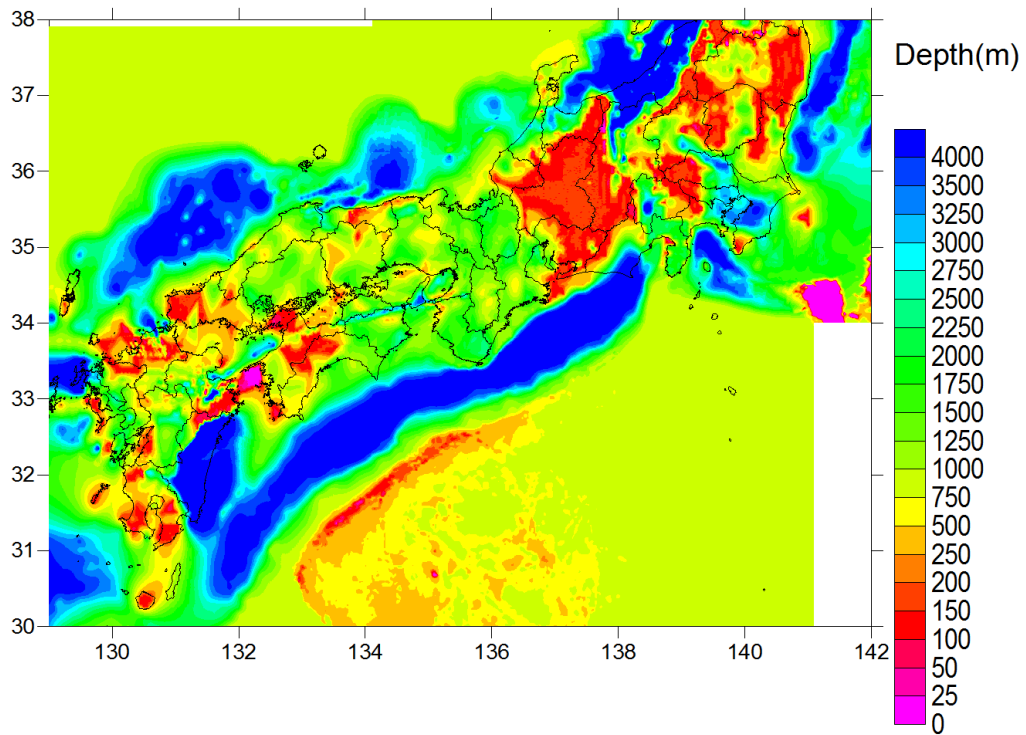


図 3.2-55 修正前後の地下構造モデル。上図：修正後 下図：修正前 Vs3.2 km/s 層上面

3) 地下構造モデル検証に関する検討

(1) 強震動記録の整理

気象庁一元化震源およびHi-netホームページで公開されている震源データのうち、M5.5以上、震源深さ30km以浅の地震について整理を行った。1997年から2016年までのデータについて整理を行った。

表3.2-3から表3.2-15に整理した地震の緒元を、図3.2-56に震央分布を示す。東北地方太平洋沖地震の余震や千島列島付近のデータが整理されている。また、台湾においても震源深さが浅い地震が多く整理されている。千島列島付近の地震や台湾における地震ではK-NET、KiK-net観測点における観測データが少ない可能性があるため、より規模の小さい地震や震源深さのより深い地震も整理する必要があると考えられる。

図3.2-57から図3.2-60に地震動のR/Vスペクトルを示す。R/VスペクトルはS波主要動の20秒以降のデータについて、ラディアル成分と上下動成分のスペクトル比を計算したものである。それぞれの成分のスペクトルにはバンド幅0.05HzのParzen Windowを施している。解析に用いた地震は、2014年7月4日紀伊半島沖の地震（前震、本震）、2009年8月11日駿河湾の地震、2013年淡路島付近の地震の4地震である。観測点は中部圏および近畿圏のK-NET、KiK-net観測点、およびF-net観測点である。AIC003やAIC004、AIC011、MIE001、MIE002、MIE003などで周期2秒以上の長周期帯域にピークがみられる。

図3.2-61から図3.2-63には近畿圏のR/Vスペクトルを示す。KYTH07、OSK003、OSK004、OSK006、OSKH02などに長周期帯域のピークがみられる。

図3.2-64、図3.2-65にはF-net観測点のR/Vスペクトルを示す。解析には高感度速度計の記録（BH）を用いている。IMG、KZSなどに長周期帯域のピークがみられる。

図3.2-66にR/Vスペクトルのピーク周期を示す。

静岡県では、伊豆半島中央部(SZO007)および県中央部（SZO021）に周期6秒以上のピークがみられる。また浜松市南部（SZOH28）でも周期4秒以上を示している。

愛知県では、県西部の養老山地付近(AIC003)で6秒以上を示し、知多半島中央部(AICH05)では周期5秒以上である。

三重県では、四日市（MIE003）で5秒以上、伊勢平野南部（MIE006、MIEH10）では3-4秒程度である。

岐阜県では、県南部(GIFH09)で3秒以上であるがそのほかの観測点では2秒以下である。

奈良県では、奈良盆地（NAR002）で3秒程度である。

京都府では、京都盆地（KYTH07）で3秒程度であり、京都府北部では2秒以下である。

大阪府は、大阪湾岸（OSK006、OSKH02）で6秒以上、大阪盆地では周期5-3秒程度である。

和歌山県では周期2秒以下である。兵庫県についても西宮（HYG022）で4秒程度であるがそれ以外の観測点は2秒以下である。

F-net観測点は卓越周期がおおむね1秒以下である。

表 3.2-3 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
1	1997	11	23	12	50	58.67	39.9763	138.8055	29.33	5.8	W OFF AKITA PREF
2	1998	4	22	20	32	48.42	35.1757	136.5632	7.78	5.5	SHIGA GIFU BORDER REGION
3	1998	5	3	11	9	5.31	34.9607	139.1758	4.72	5.9	E OFF IZU PENINSULA
4	1998	5	8	13	48	31.23	30.8662	142.0747	23	5.7	NEAR TORISHIMA IS
5	1998	5	15	3	56	20.61	40.2638	143.4503	18.34	5.9	FAR E OFF SANRIKU
6	1998	5	31	3	18	9.03	39.0288	143.848	11	6.4	FAR E OFF SANRIKU
7	1998	8	16	3	31	7.83	36.3282	137.6257	3.16	5.6	HIDA MOUNTAINS REGION
8	1998	9	3	16	58	17.21	39.806	140.9012	7.86	6.2	NORTHERN IWATE PREF
9	1998	10	14	5	41	11.44	40.0942	143.45	19.46	5.6	FAR E OFF SANRIKU
10	1998	11	20	0	39	18.85	22.8517	125.7525	0	6.5	FAR S OFF ISHIGAKIJIMA
11	1998	12	16	9	18	45.28	31.3008	131.5887	24.13	5.7	SE OFF OSUMI PEN
12	1999	1	22	7	2	13.03	38.6057	143.1158	10.14	5.7	FAR E OFF MIYAGI PREF
13	1999	2	13	2	44	46.85	44.5237	149.8718	30	5.5	SE OFF ETOROFU
14	1999	2	20	10	58	0.58	35.6742	142.4892	20	5.9	FAR E OFF CENTRAL HONSHU
15	1999	3	19	2	55	40.83	41.0208	143.2232	29	5.8	E OFF AOMORI PREF
16	1999	3	24	5	15	22.85	29.5607	128.3183	0	6.1	NW OFF AMAMI-OSHIMA IS
17	1999	9	21	2	47	28.6	23.877	120.9315	0	7.7	TAIWAN REGION
18	1999	9	21	6	46	38.78	23.8382	120.8752	0	6.9	TAIWAN REGION
19	1999	10	3	6	8	37.85	40.1865	143.1933	4.4	5.7	FAR E OFF SANRIKU
20	1999	10	22	11	18	57	23.2522	120.5328	12	6	TAIWAN REGION
21	1999	10	24	13	21	37.94	44.7665	149.8773	30	5.9	SE OFF ETOROFU
22	2000	2	8	1	41	1.6	31.1782	141.988	20	5.6	NEAR TORISHIMA IS
23	2000	6	6	23	57	0.6	29.356	131.619	28	6.2	NEAR AMAMI-OSHIMA ISLAND
24	2000	6	7	6	16	43.24	36.8265	135.563	21.3	6.2	NW OFF HOKURIKU DISTRICT
25	2000	6	11	3	23	27.26	23.6608	121.1817	3	6.4	TAIWAN REGION
26	2000	6	14	23	11	5.95	46.6172	153.1435	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
27	2000	6	29	13	2	37.96	34.1392	139.3365	17.07	5.5	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
28	2000	6	29	15	30	23.27	34.133	139.3605	18.99	5.7	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
29	2000	7	1	16	1	56.34	34.19	139.1935	16.06	6.5	NEAR NIJIMA ISLAND
30	2000	7	3	5	3	36.65	34.1753	139.3435	16.08	5.6	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
31	2000	7	4	15	53	51.93	34.1195	139.344	17.91	5.7	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
32	2000	7	5	7	54	10.87	20.6663	122.4672	0	5.6	PHILIPPINE ISL REGION
33	2000	7	9	1	49	11.43	34.222	139.2927	11.96	5.5	NEAR NIJIMA ISLAND
34	2000	7	9	3	57	44.93	34.2118	139.2305	15.36	6.1	NEAR NIJIMA ISLAND
35	2000	7	15	3	28	24.2	34.1675	139.3277	14.63	5.5	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
36	2000	7	15	10	30	32	34.4233	139.2418	9.7	6.3	NEAR NIJIMA ISLAND
37	2000	7	16	12	21	42.78	20.4797	122.3872	0	6.6	PHILIPPINE ISL REGION
38	2000	7	24	6	52	45.8	34.1882	139.2242	11.75	5.7	NEAR NIJIMA ISLAND
39	2000	7	27	10	49	53.39	34.1902	139.292	12.76	5.8	NEAR NIJIMA ISLAND
40	2000	7	30	9	18	2.26	34.0303	139.402	11.12	6	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
41	2000	7	30	21	25	46.63	33.9712	139.4108	17.04	6.5	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
42	2000	7	30	21	48	57.11	34.0203	139.404	16.77	5.9	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
43	2000	8	5	6	12	59.5	48.9033	142.443	1	7.4	SOUTH SAKHALIN
44	2000	8	18	10	52	22.65	34.2015	139.2407	12.44	6.1	NEAR NIJIMA ISLAND
45	2000	10	2	16	44	8.79	29.4123	129.4593	25.04	5.9	NEAR TOKARA ISLANDS
46	2000	10	3	13	13	26.46	40.171	143.3657	10.37	6	FAR E OFF SANRIKU
47	2000	10	6	13	30	17.94	35.2742	133.349	8.96	7.3	WESTERN TOTTORI PREF
48	2000	10	8	13	17	55.28	35.1393	133.1502	6.8	5.6	WESTERN TOTTORI PREF
49	2000	11	9	3	36	22.05	23.2157	124.2087	23.81	6.3	NEAR ISHIGAKIJIMA ISLAND
50	2001	1	3	23	47	52.94	43.6382	147.7367	25	5.6	E OFF HOKKAIDO

表 3.2-4 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
51	2001	1	12	8	0	4.25	35.466	134.49	10.59	5.6	NORTHERN HYOGO PREF
52	2001	2	8	14	41	42	24.169	125.2578	16	6	NEAR MIYAKOJIMA ISLAND
53	2001	2	25	6	53	50.83	37.19	142.2552	15.83	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
54	2001	2	26	15	8	30.87	37.1547	142.2693	27	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
55	2001	3	23	20	30	10.44	43.8182	147.9425	0	6	SE OFF ETOROFU
56	2001	4	15	8	27	22.22	30.2478	142.4962	0	6.6	NEAR TORISHIMA IS
57	2001	5	25	9	40	52.89	44.3162	148.8133	30	6.9	SE OFF ETOROFU
58	2001	5	25	11	49	11.63	44.5112	148.8942	30	5.6	SE OFF ETOROFU
59	2001	6	5	10	45	35.88	45.2305	149.7882	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
60	2001	6	14	7	27	4.32	23.8558	123.3673	29.43	5.5	NEAR ISHIGAKIJIMA ISLAND
61	2001	6	20	9	4	27.85	45.6543	152.3113	30	5.9	KURILE ISLANDS REGION
62	2001	6	24	22	18	50.69	44.4572	148.6892	30	6	SE OFF ETOROFU
63	2001	7	4	19	23	30.67	32.1258	139.822	27	5.5	NEAR HACHIJIJIMA ISLAND
64	2001	7	5	2	47	40.25	32.0315	139.7427	17.05	5.8	NEAR HACHIJIJIMA ISLAND
65	2001	7	5	10	41	14.78	32.0725	139.825	26	5.9	NEAR HACHIJIJIMA ISLAND
66	2001	7	5	12	47	27.13	32.0942	139.9065	20.55	5.9	NEAR HACHIJIJIMA ISLAND
67	2001	8	18	7	25	47.91	25.7572	126.3072	18	6.4	NEAR OKINAWAJIMA ISLAND
68	2001	8	20	13	12	35.08	25.6542	126.3655	0	5.9	NEAR OKINAWAJIMA ISLAND
69	2001	11	11	23	9	45.67	45.9942	152.8752	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
70	2001	12	18	13	2	59.36	23.8935	122.8152	8	7.3	NEAR ISHIGAKIJIMA ISLAND
71	2001	12	18	14	13	37.86	23.8833	122.7928	13	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
72	2001	12	23	6	40	26.53	24.1463	122.7818	23	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
73	2001	12	28	9	41	40.69	24.0168	122.7723	21	5.7	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
74	2002	3	10	14	24	9.8	20.5227	122.2853	0	5.8	PHILIPPINE ISL REGION
75	2002	3	20	13	0	19.12	30.6077	142.367	29	5.9	NEAR TORISHIMA IS
76	2002	3	26	12	45	43.44	23.1973	124.2653	0	7	NEAR ISHIGAKIJIMA ISLAND
77	2002	4	4	3	6	7.93	24.012	121.7545	10	5.5	TAIWAN REGION
78	2002	4	28	22	23	47.61	24.1248	122.8223	16	5.7	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
79	2002	5	29	1	45	18.52	23.9617	122.2772	30	6.1	TAIWAN REGION
80	2002	7	11	16	36	24.4	23.9955	122.2072	23	6.1	TAIWAN REGION
81	2002	7	18	19	13	16.89	27.4537	126.9847	12.82	5.6	NW OFF OKINAWAJIMA IS
82	2002	7	24	5	5	30.35	37.2323	142.3158	30	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
83	2002	7	25	21	31	1.45	43.5552	147.4558	11.84	5.8	E OFF HOKKAIDO
84	2002	8	20	19	59	32.68	30.995	142.1033	28	6.4	NEAR TORISHIMA IS
85	2002	9	1	16	7	36.9	23.989	122.3623	24	5.7	TAIWAN REGION
86	2002	9	12	18	18	6.37	23.0297	145.3517	1	6.1	FAR E OFF OGASAWARA
87	2002	9	16	10	10	49.86	35.37	133.7393	9.64	5.5	EASTERN TOTTORI PREF
88	2002	9	18	13	13	40.22	45.3183	151.4762	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
89	2002	10	12	19	59	32.26	37.7648	142.7678	29.2	5.8	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
90	2002	10	19	21	9	7.22	44.327	149.5777	30	6.6	SE OFF ETOROFU
91	2002	10	24	10	2	58.46	25.3367	123.9098	0	5.6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
92	2002	10	24	11	27	50.67	25.3373	123.9032	16	5.6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
93	2002	10	24	13	19	7.32	25.2727	123.8318	21	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
94	2002	10	24	13	35	15.73	25.2253	123.8922	25	5.7	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
95	2002	10	24	19	11	37.52	25.2122	123.9273	10	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
96	2002	10	24	22	23	22.95	25.2333	123.849	12	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
97	2002	10	25	11	49	25.33	25.2307	123.76	14	5.6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
98	2003	2	2	14	38	54.21	45.6582	151.8017	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
99	2003	4	1	17	31	1.8	46.9392	153.3822	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
100	2003	4	8	3	28	35.01	36.3735	141.9567	24	6	FAR E OFF IBARAKI PREF

表 3.2-5 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
101	2003	4	29	22	53	17.25	43.5282	147.6833	18	6	E OFF HOKKAIDO
102	2003	6	8	15	12	6.74	20.0342	121.7242	0	5.6	PHILIPPINE ISL REGION
103	2003	6	24	17	33	25.7	43.4058	149.5943	30	5.5	SE OFF ETOROFU
104	2003	7	8	4	55	2.17	20.7163	122.1358	0	5.6	PHILIPPINE ISL REGION
105	2003	7	26	0	13	8.25	38.4345	141.1642	11.55	5.6	NORTHERN MIYAGI PREF
106	2003	7	26	7	13	31.52	38.405	141.171	11.87	6.4	NORTHERN MIYAGI PREF
107	2003	7	26	16	56	44.53	38.5003	141.1895	12.04	5.5	NORTHERN MIYAGI PREF
108	2003	9	26	5	10	4.53	41.765	143.7892	29.15	5.8	SE OFF ERIMOMISAKI
109	2003	9	26	6	8	1.84	41.7098	143.6915	21.41	7.1	SE OFF ERIMOMISAKI
110	2003	9	26	15	26	58.1	42.1888	144.7763	27.35	6.1	SE OFF TOKACHI
111	2003	9	28	7	11	58.58	28.928	128.179	0	6	NW OFF AMAMI-OSHIMA IS
112	2003	9	28	8	36	5.19	44.7132	150.5873	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
113	2003	9	29	1	50	54.55	41.8768	145.5333	18.53	5.5	OFF NEMURO PENINSULA
114	2003	9	30	6	22	12.17	41.5737	144.1938	24.73	5.8	SE OFF TOKACHI
115	2003	9	30	7	9	19.3	41.6052	144.2073	25.3	5.5	SE OFF TOKACHI
116	2003	10	7	4	26	16.93	42.2407	144.7412	28.47	5.6	SE OFF TOKACHI
117	2003	10	8	22	32	10.8	42.27	144.8023	27.57	5.7	SE OFF TOKACHI
118	2003	10	9	8	15	18.39	42.253	144.7605	27.73	5.9	SE OFF TOKACHI
119	2003	10	11	9	8	48.15	41.8638	144.4398	27.82	6.1	SE OFF TOKACHI
120	2003	10	11	10	11	32.02	43.7248	147.8315	0	5.5	E OFF HOKKAIDO
121	2003	11	2	22	35	29.32	44.7133	150.4687	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
122	2003	12	24	8	1	10.19	26.4455	125.8557	1.84	5.6	NW OFF OKINAWAJIMA IS
123	2003	12	24	8	15	21.08	26.5078	125.8512	0	6	NW OFF OKINAWAJIMA IS
124	2003	12	24	8	54	44.31	26.4208	125.8802	14.23	5.5	NW OFF OKINAWAJIMA IS
125	2004	2	28	19	24	3.28	44.0698	148.1143	0	5.5	SE OFF ETOROFU
126	2004	5	8	17	2	51.17	21.989	121.8115	10	5.7	TAIWAN REGION
127	2004	5	30	5	56	6.04	34.108	141.859	23.26	6.7	FAR SE OFF BOSO PEN
128	2004	6	4	11	24	42.34	23.9862	122.8517	0	5.5	NEAR ISHIGAKIJIMA ISLAND
129	2004	6	12	1	33	24.68	45.2837	151.1338	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
130	2004	7	31	13	48	21.49	20.6693	122.4177	0	5.6	PHILIPPINE ISL REGION
131	2004	8	21	2	37	54.01	23.8812	123.3673	29.68	5.6	NEAR ISHIGAKIJIMA ISLAND
132	2004	9	13	12	0	13.49	44.2945	151.404	30	5.8	FAR SE OFF KURILE ISL
133	2004	10	23	17	56	0.3	37.2925	138.8672	13.08	6.8	MID NIIGATA PREF
134	2004	10	23	18	3	12.65	37.354	138.9833	9.38	6.3	MID NIIGATA PREF
135	2004	10	23	18	7	30.95	37.3482	138.865	14.9	5.7	MID NIIGATA PREF
136	2004	10	23	18	11	56.77	37.253	138.8295	11.52	6	MID NIIGATA PREF
137	2004	10	23	18	34	5.69	37.3063	138.93	14.17	6.5	MID NIIGATA PREF
138	2004	10	23	19	45	57.19	37.2957	138.8762	12.35	5.7	MID NIIGATA PREF
139	2004	10	25	6	4	57.57	37.33	138.9468	15.2	5.8	MID NIIGATA PREF
140	2004	10	27	10	40	50.24	37.2918	139.0333	11.6	6.1	MID NIIGATA PREF
141	2004	11	8	11	15	58.55	37.396	139.032	0	5.9	MID NIIGATA PREF
142	2004	11	15	3	44	13.87	41.7385	144.2295	29.96	5.7	SE OFF TOKACHI
143	2004	12	14	14	56	10.54	44.0767	141.6995	8.58	6.1	RUMOI REGION
144	2004	12	29	22	20	25.54	28.8997	130.7548	17	5.6	NEAR AMAMI-OSHIMA ISLAND
145	2005	1	21	21	45	33.08	34.0953	141.405	26.52	5.8	FAR SE OFF BOSO PEN
146	2005	2	10	3	46	8.23	26.5453	144.223	0	6.5	FAR E OFF OGASAWARA
147	2005	3	20	10	53	40.32	33.7392	130.1763	9.24	7	NW OFF KYUSHU
148	2005	4	20	6	11	26.83	33.6782	130.2882	13.5	5.8	CENTRAL FUKUOKA PREF
149	2005	4	27	18	15	51.32	46.619	152.9072	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
150	2005	5	31	11	4	14.73	31.3062	131.5452	28.63	5.8	SE OFF OSUMI PEN

表 3.2-6 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
151	2005	8	24	19	14	44.68	38.4742	143.2885	6.31	5.9	FAR E OFF MIYAGI PREF
152	2005	8	24	19	15	29.62	38.4445	143.085	14	6.3	FAR E OFF MIYAGI PREF
153	2005	8	31	3	10	40.29	38.4115	143.4805	22	6.3	FAR E OFF MIYAGI PREF
154	2005	9	6	10	16	1.85	23.9147	122.2873	14	6	TAIWAN REGION
155	2005	10	15	19	6	15.58	46.822	154.2888	30	6.4	EAST OF KURIL ISLANDS
156	2005	11	16	5	20	44.19	33.4375	141.5068	4	5.5	E OFF HACHIJOJIMA ISLAND
157	2005	11	16	8	1	9.14	22.5645	145.3913	0	6	FAR E OFF OGASAWARA
158	2005	12	5	7	20	23.04	37.867	142.6552	25.08	5.5	SE OFF MIYAGI PREF
159	2005	12	13	6	1	37.58	43.2085	139.414	29.23	5.5	NW OFF SHAKOTAN PEN
160	2005	12	16	7	7	54.06	46.6007	152.0057	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
161	2005	12	26	22	48	0.28	26.7975	140.8968	0	5.6	W OFF OGASAWARA
162	2006	1	1	16	11	53.5	31.4435	140.411	0	5.9	NEAR TORISHIMA IS
163	2006	2	15	0	27	25.01	21.6513	146.4118	0	6.6	MARIANA ISLANDS REGION
164	2006	3	9	17	23	50.68	45.2075	151.6993	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
165	2006	4	12	14	36	50.02	20.1203	121.8673	0	5.5	PHILIPPINE ISL REGION
166	2006	4	21	2	50	39.51	34.9415	139.1958	7.11	5.8	E OFF IZU PENINSULA
167	2006	6	17	2	10	35.49	40.3688	143.784	11	5.7	FAR E OFF SANRIKU
168	2006	6	17	5	19	17.12	40.372	143.7702	22	5.6	FAR E OFF SANRIKU
169	2006	8	7	3	16	42.75	26.6422	144.0803	24	6.2	FAR E OFF OGASAWARA
170	2006	8	17	3	35	58.25	24.3103	141.3857	0	5.8	IOTO ISLANDS REGION
171	2006	8	31	18	41	37.71	45.3693	150.277	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
172	2006	9	26	10	2	15.59	46.404	153.4307	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
173	2006	9	28	10	36	44.95	46.4305	153.9557	30	6	KURILE ISLANDS REGION
174	2006	10	1	2	50	18.4	46.3088	153.881	30	6.8	KURILE ISLANDS REGION
175	2006	10	1	2	56	17.58	46.3065	153.2685	30	5.9	KURILE ISLANDS REGION
176	2006	10	1	3	33	37.84	46.3013	153.6022	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
177	2006	10	1	18	5	59.5	46.4377	153.6143	30	6.6	KURILE ISLANDS REGION
178	2006	10	9	19	1	47.57	20.6947	120.5198	0	6.1	PHILIPPINE ISL REGION
179	2006	10	13	22	47	37.87	46.3157	153.6388	30	6.3	KURILE ISLANDS REGION
180	2006	10	24	6	17	16.94	29.1742	140.3513	2.72	6.8	NEAR TORISHIMA IS
181	2006	11	9	5	47	27.01	47.4703	153.931	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
182	2006	11	15	20	14	9.6	46.7027	154.0475	30	7.9	EAST OF KURIL ISLANDS
183	2006	11	15	20	40	57.14	46.6363	154.537	30	6.6	EAST OF KURIL ISLANDS
184	2006	11	16	0	10	39.84	46.6127	153.3803	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
185	2006	11	16	0	15	40.88	46.6337	153.5123	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
186	2006	11	16	0	19	36.4	46.287	154.1407	30	5.7	EAST OF KURIL ISLANDS
187	2006	11	16	6	17	8.92	47.3468	154.6678	30	5.6	KURIL ISLANDS
188	2006	11	16	7	7	2.13	46.2802	153.3898	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
189	2006	11	16	15	20	21.37	46.4	154.5048	30	6.1	EAST OF KURIL ISLANDS
190	2006	11	16	18	14	22.62	46.821	153.9185	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
191	2006	11	18	3	3	12	28.5167	130.1535	29.85	6	NEAR AMAMI-OISHIMA ISLAND
192	2006	11	20	0	16	52.7	47.3052	154.6517	30	5.5	KURIL ISLANDS
193	2006	11	21	1	48	28.45	46.929	153.733	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
194	2006	11	24	1	0	27.49	47.2323	153.6402	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
195	2006	11	25	0	34	7.63	46.6037	154.3795	30	5.8	EAST OF KURIL ISLANDS
196	2006	11	25	6	2	22.57	46.5792	152.9512	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
197	2006	12	8	4	10	23.19	46.4807	154.1162	30	6.4	EAST OF KURIL ISLANDS
198	2006	12	16	1	59	3.94	46.2998	153.2338	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
199	2006	12	16	2	1	10.74	46.1272	153.4908	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
200	2006	12	26	21	26	18.88	21.6492	120.7523	0	6.9	TAIWAN REGION

表 3.2-7 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
201	2006	12	26	21	34	11.96	21.8165	120.6863	0	7.2	TAIWAN REGION
202	2007	1	13	18	18	32.6	45.967	153.5978	30	5.9	KURILE ISLANDS REGION
203	2007	1	16	12	10	35.88	23.996	122.4457	28	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
204	2007	1	17	18	45	53.16	46.3008	154.0388	30	5.6	FAR FIELD
205	2007	2	8	16	15	4.85	46.5258	153.464	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
206	2007	2	25	4	47	37.01	46.62	152.904	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
207	2007	3	4	2	21	47.51	46.7205	153.1775	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
208	2007	3	8	7	57	17.93	24.039	122.4208	19	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
209	2007	3	11	16	9	25.91	43.672	147.7708	13	5.6	E OFF HOKKAIDO
210	2007	3	25	9	41	57.91	37.2207	136.686	10.7	6.9	OFF NOTO PENINSULA
211	2007	3	28	16	9	59.01	22.7982	145.254	0	5.7	FAR E OFF OGASAWARA
212	2007	4	2	21	19	16.27	44.375	149.5978	30	5.5	SE OFF ETOROFU
213	2007	4	11	19	30	57.01	46.4617	153.8807	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
214	2007	4	15	13	12	27.45	46.8413	153.8695	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
215	2007	4	20	9	26	39.97	25.7387	125.071	22.12	6.3	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
216	2007	4	20	9	30	59.18	25.7453	125.1868	14.62	5.5	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
217	2007	4	20	10	45	54.93	25.7478	125.1368	20.82	6.7	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
218	2007	4	20	11	23	32.37	25.6888	125.0528	23.85	6.1	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
219	2007	4	20	12	28	54.13	25.733	125.2578	22.28	5.5	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
220	2007	4	20	14	23	9.69	25.7265	125.2218	18.16	5.7	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
221	2007	4	21	9	32	26.21	21.5237	122.5777	0	5.5	FAR S OFF ISHIGAKIJIMA
222	2007	4	22	19	28	51.23	25.6962	125.1315	22.12	5.5	NW OFF MIYAKOJIMA ISLAND
223	2007	6	26	17	4	10.49	46.4185	153.3592	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
224	2007	7	16	5	41	13.19	46.5838	152.8642	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
225	2007	7	16	10	13	22.55	37.5568	138.6095	16.75	6.8	OFF S NIIGATA PREF
226	2007	7	16	15	37	40.41	37.504	138.6445	22.53	5.8	OFF S NIIGATA PREF
227	2007	8	1	0	7	31.06	27.3898	126.7128	5.65	6.1	NW OFF OKINAWAJIMA IS
228	2007	8	2	11	37	33.6	47.2223	141.7238	0	6.4	SOUTH SAKHALIN
229	2007	8	2	14	22	14.91	46.9743	141.6893	27	5.9	SOUTH SAKHALIN
230	2007	8	2	19	37	25.44	46.927	141.7058	4	5.6	SOUTH SAKHALIN
231	2007	8	7	9	2	20.4	27.3477	126.668	5	6.3	NW OFF OKINAWAJIMA IS
232	2007	8	10	20	46	59.18	46.587	153.64	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
233	2007	8	14	13	13	29.97	47.148	141.7995	18	5.8	SOUTH SAKHALIN
234	2007	10	25	22	50	3.48	46.1162	154.2113	30	6.2	FAR FIELD
235	2008	3	3	18	30	59.7	46.2138	153.741	30	6.9	KURILE ISLANDS REGION
236	2008	3	3	22	49	42.51	20.2403	121.4133	0	5.9	PHILIPPINE ISL REGION
237	2008	3	10	13	57	54.31	47.3457	153.1667	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
238	2008	3	14	9	58	5.37	22.2303	145.4032	0	5.6	FAR E OFF OGASAWARA
239	2008	3	27	3	33	32.31	46.2815	153.4328	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
240	2008	5	8	1	3	37.48	36.295	141.9157	22	5.8	FAR E OFF IBARAKI PREF
241	2008	5	8	1	16	34.09	36.2747	141.9788	18	6.3	FAR E OFF IBARAKI PREF
242	2008	6	14	8	43	45.36	39.0298	140.8807	7.77	7.2	SOUTHERN IWATE PREF
243	2008	6	14	9	20	11.83	38.8863	140.673	6.5	5.7	NORTHERN MIYAGI PREF
244	2008	6	23	21	32	11.21	46.5768	153.5522	30	5.9	KURILE ISLANDS REGION
245	2008	7	6	10	0	6.14	45.3407	151.5325	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
246	2008	7	6	18	8	20.59	45.3952	151.2892	30	6.1	KURILE ISLANDS REGION
247	2008	7	13	23	58	28.81	20.968	121.099	0	6.1	PHILIPPINE ISL REGION
248	2008	7	19	11	47	25.67	37.4985	142.6328	19.35	5.5	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
249	2008	7	21	20	30	26.66	37.1365	142.3412	27.38	6.1	E OFF FUKUSHIMA PREF
250	2008	8	27	14	24	35.03	46.6198	153.0727	30	5.9	KURILE ISLANDS REGION

表 3.2-8 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
251	2008	9	11	9	32	46.09	41.7648	144.2193	28.24	5.7	SE OFF TOKACHI
252	2008	10	30	10	55	11.49	46.4003	153.357	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
253	2008	12	4	8	16	53.2	38.5267	143.2172	24.07	6.1	FAR E OFF MIYAGI PREF
254	2008	12	4	12	10	53.23	38.5433	143.1173	16.65	5.5	FAR E OFF MIYAGI PREF
255	2008	12	6	5	3	4.68	38.4802	143.4433	22.95	5.5	FAR E OFF MIYAGI PREF
256	2008	12	18	15	47	7.35	38.371	143.4442	27	5.5	FAR E OFF MIYAGI PREF
257	2008	12	20	19	29	16.75	36.5308	142.7	0	6.6	FAR E OFF KANTO
258	2008	12	21	18	16	40.66	36.6005	142.4657	0	6.2	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
259	2008	12	22	22	25	38.41	46.2863	152.8777	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
260	2009	2	12	22	22	25.15	45.4697	150.9858	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
261	2009	3	13	16	18	8.35	45.5202	151.1545	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
262	2009	4	5	18	36	26.33	31.9292	131.8937	27.95	5.6	HYUGANADA REGION
263	2009	4	7	10	38	58.73	45.8747	151.391	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
264	2009	4	7	13	23	30.11	46.0068	152.1927	30	6.7	KURILE ISLANDS REGION
265	2009	4	8	9	59	12.08	46.0468	152.1217	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
266	2009	4	17	23	51	55.87	46.0985	152.1057	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
267	2009	4	19	4	17	55.52	45.9915	152.0738	30	6.5	KURILE ISLANDS REGION
268	2009	5	10	4	34	30.25	36.6213	142.6712	21	5.5	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
269	2009	8	5	9	17	58.06	24.1763	125.2633	22	6.5	NEAR MIYAKOJIMA ISLAND
270	2009	8	11	5	7	5.74	34.7862	138.4993	23.32	6.5	SOUTHERN SURUGA BAY REG
271	2009	8	28	5	10	35.36	45.6665	153.502	30	5.8	FAR SE OFF KURILE ISL
272	2009	9	29	4	22	56.26	27.8687	127.858	13.37	6.1	NW OFF OKINAWAJIMA IS
273	2009	9	30	7	36	15.26	27.8473	127.8292	9.99	5.7	NW OFF OKINAWAJIMA IS
274	2009	10	13	1	51	13.27	47.1833	154.205	30	5.5	FAR FIELD
275	2010	1	18	10	2	16.89	46.4522	153.622	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
276	2010	1	28	13	5	41.78	46.6142	152.9035	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
277	2010	2	6	13	44	56.41	46.5677	153.3205	30	6.1	KURILE ISLANDS REGION
278	2010	2	19	8	49	37.73	46.6825	153.0412	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
279	2010	3	4	9	18	49.78	23.0043	120.5967	0	6.4	TAIWAN REGION
280	2010	3	4	17	16	13.58	23.0385	120.5158	0	5.5	TAIWAN REGION
281	2010	3	4	22	24	42.28	45.8655	151.6833	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
282	2010	3	6	22	31	11.06	43.884	147.6177	6	5.5	E OFF HOKKAIDO
283	2010	3	12	23	16	1.39	46.6283	152.9527	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
284	2010	3	16	17	11	17.53	43.333	149.0575	30	5.5	SE OFF ETOROFU
285	2010	3	30	10	2	51.11	43.1917	138.5783	25.22	5.8	EASTERN SEA OF JAPAN
286	2010	6	15	9	31	17.14	23.9908	121.6538	13.04	5.5	TAIWAN REGION
287	2010	6	18	11	23	0.89	44.5975	149.1965	30	6.5	SE OFF ETOROFU
288	2010	6	28	21	7	23.67	30.7443	142.038	18	5.7	NEAR TORISHIMA IS
289	2010	8	5	8	47	58.63	46.0765	153.3975	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
290	2010	8	10	14	50	34.64	39.3487	143.4947	30	6.3	FAR E OFF SANRIKU
291	2010	8	13	1	21	13.78	22.5607	144.9475	0	5.5	IOTO ISLANDS REGION
292	2010	9	9	2	39	40.97	44.5285	150.0515	30	5.6	SE OFF ETOROFU
293	2010	9	19	20	51	52.66	23.5783	144.93	0	5.6	FAR E OFF OGASAWARA
294	2010	9	29	16	59	55.98	37.285	140.0255	7.62	5.7	WESTERN FUKUSHIMA PREF
295	2010	10	24	20	30	52.65	24.7967	146.1402	0	5.5	NORTH PACIFIC
296	2010	11	12	22	8	49.51	24.0548	122.4732	25.56	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
297	2010	12	6	16	30	29.85	40.7992	143.2183	6.84	5.8	E OFF AOMORI PREF
298	2010	12	22	2	19	37.23	27.052	143.935	8	7.8	NEAR CHICHIJIMA ISLAND
299	2010	12	22	5	18	39.04	27.3422	143.6223	0	5.6	NEAR CHICHIJIMA ISLAND
300	2010	12	25	2	27	32.75	27.2812	143.583	8	5.5	NEAR CHICHIJIMA ISLAND

表 3.2-9 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
301	2011	1	31	23	46	30.6	22.8118	145.8437	0	5.9	FAR E OFF OGASAWARA
302	2011	2	1	17	16	31	24.152	121.7592	16.71	5.5	TAIWAN REGION
303	2011	2	27	5	38	2.61	36.1563	137.4547	4.34	5.5	NORTHERN GIFU PREF
304	2011	3	9	11	45	12.97	38.3285	143.2798	8.28	7.3	FAR E OFF MIYAGI PREF
305	2011	3	9	11	57	10.73	38.3223	143.3973	12	6.2	FAR E OFF MIYAGI PREF
306	2011	3	9	11	58	11.85	38.2988	143.1552	21	6	FAR E OFF MIYAGI PREF
307	2011	3	9	12	8	33.09	38.357	143.3153	27	5.8	FAR E OFF MIYAGI PREF
308	2011	3	9	13	5	50.45	38.6025	143.1312	9	5.6	FAR E OFF MIYAGI PREF
309	2011	3	9	13	36	59.15	38.6065	143.2488	11.31	6.1	FAR E OFF MIYAGI PREF
310	2011	3	10	3	16	14.18	38.2712	142.8788	28.87	6.4	FAR E OFF MIYAGI PREF
311	2011	3	10	6	22	11.4	38.1328	143.2187	17.83	6.3	FAR E OFF MIYAGI PREF
312	2011	3	10	6	23	59.75	38.1722	143.0448	9.3	6.8	FAR E OFF MIYAGI PREF
313	2011	3	11	14	46	18.12	38.1035	142.861	23.74	9	FAR E OFF MIYAGI PREF
314	2011	3	11	14	54	42.13	36.7133	140.5815	9.53	5.7	NORTHERN IBARAKI PREF
315	2011	3	11	15	3	58.8	36.3298	141.9622	17.13	6	FAR E OFF IBARAKI PREF
316	2011	3	11	15	5	6.38	37.5193	141.622	22.48	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
317	2011	3	11	15	6	10.77	39.0448	142.398	28.65	6.5	E OFF IWATE PREF
318	2011	3	11	15	7	16.17	36.3017	142.226	20.31	6.5	FAR E OFF IBARAKI PREF
319	2011	3	11	15	8	53.92	36.0785	141.8348	26	6.2	FAR E OFF IBARAKI PREF
320	2011	3	11	15	11	19	36.8648	140.6192	6.41	5.5	NORTHERN IBARAKI PREF
321	2011	3	11	15	21	27.92	38.276	142.842	6	6.2	FAR E OFF MIYAGI PREF
322	2011	3	11	15	25	44.33	37.9143	144.751	11	7.5	FAR E OFF NORTH HONSHU
323	2011	3	11	15	29	15.1	37.9335	143.933	15	6.9	FAR E OFF MIYAGI PREF
324	2011	3	11	15	31	32.46	37.379	141.8963	16	5.7	E OFF FUKUSHIMA PREF
325	2011	3	11	15	38	7.18	36.183	141.8517	24	5.6	FAR E OFF IBARAKI PREF
326	2011	3	11	15	42	17.56	37.4213	142.5977	9	6.2	SE OFF MIYAGI PREF
327	2011	3	11	15	49	1.77	38.3855	142.2672	23	5.6	E OFF MIYAGI PREF
328	2011	3	11	15	49	50.28	40.1095	142.618	6.87	5.9	NE OFF IWATE PREF
329	2011	3	11	15	52	29.16	38.3997	142.7397	0	5.9	E OFF MIYAGI PREF
330	2011	3	11	15	57	13.25	35.8187	141.1817	27.53	6.2	NEAR CHOSHI CITY
331	2011	3	11	16	3	1.41	38.1465	142.7897	23	5.8	FAR E OFF MIYAGI PREF
332	2011	3	11	16	4	15.79	38.9847	142.4278	23.82	5.7	E OFF MIYAGI PREF
333	2011	3	11	16	5	34.48	39.022	142.4017	26.69	5.7	E OFF IWATE PREF
334	2011	3	11	16	9	54.17	36.6708	142.1025	23	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
335	2011	3	11	16	10	56.59	37.8187	142.8593	27	6.2	FAR E OFF MIYAGI PREF
336	2011	3	11	16	14	57.04	36.5572	142.0413	25	6.8	FAR E OFF IBARAKI PREF
337	2011	3	11	16	17	42.75	37.1418	142.5915	20	6.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
338	2011	3	11	16	28	59.83	39.0225	142.3112	16.97	6.6	E OFF IWATE PREF
339	2011	3	11	16	30	15.63	37.3647	141.2598	26.96	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
340	2011	3	11	16	31	54.06	39.6427	142.6083	21.82	5.5	E OFF IWATE PREF
341	2011	3	11	16	34	11.74	38.8882	142.5465	24.25	5.6	E OFF MIYAGI PREF
342	2011	3	11	16	34	51.74	37.9773	142.7508	13.07	5.7	SE OFF MIYAGI PREF
343	2011	3	11	16	35	49.44	37.0597	142.4858	28	6	E OFF FUKUSHIMA PREF
344	2011	3	11	16	38	26.54	39.2542	142.8068	16.24	5.8	E OFF IWATE PREF
345	2011	3	11	16	56	9.24	37.0488	142.5687	11.24	6.2	E OFF FUKUSHIMA PREF
346	2011	3	11	17	1	57.09	36.3535	141.9512	16.66	5.5	FAR E OFF IBARAKI PREF
347	2011	3	11	17	4	53.53	37.2602	142.11	19.17	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
348	2011	3	11	17	16	31.42	37.25	142.2832	15	5.7	E OFF FUKUSHIMA PREF
349	2011	3	11	17	27	48.34	38.0325	142.7858	30	6.2	FAR E OFF MIYAGI PREF
350	2011	3	11	17	32	59.47	39.2013	142.9555	12.14	6	FAR E OFF SANRIKU

表 3.2-10 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
351	2011	3	11	17	38	3.14	37.8002	143.6282	30	5.9	FAR E OFF MIYAGI PREF
352	2011	3	11	17	40	54.53	37.424	141.2732	29.91	6	E OFF FUKUSHIMA PREF
353	2011	3	11	17	43	53.3	36.2703	142.0877	0	6	FAR E OFF IBARAKI PREF
354	2011	3	11	17	46	44.15	37.4488	142.3933	15	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
355	2011	3	11	17	52	20.63	36.772	141.948	0.11	5.6	E OFF FUKUSHIMA PREF
356	2011	3	11	18	0	31.23	38.1313	143.5165	0	5.5	FAR E OFF MIYAGI PREF
357	2011	3	11	18	0	58.45	37.3925	142.4783	14	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
358	2011	3	11	18	42	20.19	39.4972	142.7538	23.99	5.6	E OFF IWATE PREF
359	2011	3	11	18	46	58.75	39.5925	143.26	28	5.7	FAR E OFF SANRIKU
360	2011	3	11	19	20	24.59	36.9082	142.2875	11.7	5.8	E OFF FUKUSHIMA PREF
361	2011	3	11	19	21	7.63	37.3455	141.9055	21.98	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
362	2011	3	11	20	10	54.1	35.7307	142.1147	27.86	5.9	FAR E OFF KANTO
363	2011	3	11	20	27	20.2	39.2648	143.29	0	5.7	FAR E OFF SANRIKU
364	2011	3	11	20	30	16.26	39.2898	143.6252	0	5.7	FAR E OFF SANRIKU
365	2011	3	11	20	32	24.17	39.0707	143.2698	11	5.7	FAR E OFF SANRIKU
366	2011	3	11	20	36	39.99	39.2302	142.5787	23.6	6.7	E OFF IWATE PREF
367	2011	3	11	20	39	27.57	38.3303	142.2482	25.31	5.8	E OFF MIYAGI PREF
368	2011	3	11	20	42	9.56	39.3545	142.817	15.53	5.7	E OFF IWATE PREF
369	2011	3	11	20	44	23.03	36.6965	142.451	13	5.7	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
370	2011	3	11	21	13	3.09	37.2252	142.218	26	6.2	E OFF FUKUSHIMA PREF
371	2011	3	11	21	15	42.03	39.125	142.4053	23.39	5.9	E OFF IWATE PREF
372	2011	3	11	22	16	48.63	36.4267	141.8433	28	5.7	FAR E OFF IBARAKI PREF
373	2011	3	11	22	34	32.93	36.2852	141.9298	23	5.6	FAR E OFF IBARAKI PREF
374	2011	3	12	0	13	12.44	36.0537	142.0015	22.82	6.7	FAR E OFF IBARAKI PREF
375	2011	3	12	0	19	34.73	36.3217	142.0552	18	5.7	FAR E OFF IBARAKI PREF
376	2011	3	12	0	20	4.93	36.4167	141.9108	0	6.3	FAR E OFF IBARAKI PREF
377	2011	3	12	0	42	2.82	36.1298	141.9023	16.37	5.5	FAR E OFF IBARAKI PREF
378	2011	3	12	1	11	23.81	39.5662	143.6045	2.09	5.8	FAR E OFF SANRIKU
379	2011	3	12	2	17	23.61	35.4035	142.028	22	6.1	FAR E OFF KANTO
380	2011	3	12	3	11	25.63	37.1707	142.026	25.55	6	E OFF FUKUSHIMA PREF
381	2011	3	12	3	17	3.04	36.2577	141.8038	16	5.7	FAR E OFF IBARAKI PREF
382	2011	3	12	3	59	15.62	36.986	138.5978	8.38	6.7	MID NIIGATA PREF
383	2011	3	12	4	2	57.04	39.3533	142.9377	8.52	6.3	FAR E OFF SANRIKU
384	2011	3	12	4	31	55.6	36.9488	138.5725	0.78	5.9	MID NIIGATA PREF
385	2011	3	12	4	46	46.19	40.3942	139.089	3.89	6.4	W OFF AKITA PREF
386	2011	3	12	5	11	21.36	38.9718	142.7553	6.07	6.4	FAR E OFF MIYAGI PREF
387	2011	3	12	5	36	9.03	37.803	142.7267	4	5.6	SE OFF MIYAGI PREF
388	2011	3	12	6	0	41.55	39.019	142.7048	11.89	5.5	E OFF IWATE PREF
389	2011	3	12	6	41	54.64	37.2763	142.5253	2	5.6	E OFF FUKUSHIMA PREF
390	2011	3	12	8	59	21.37	36.498	141.48	28.43	5.5	E OFF IBARAKI PREF
391	2011	3	12	9	45	7.42	36.1618	141.9323	20	5.6	FAR E OFF IBARAKI PREF
392	2011	3	12	10	34	7.51	38.8328	142.889	0	6.2	FAR E OFF MIYAGI PREF
393	2011	3	12	10	36	24.22	36.7225	142.0787	10	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
394	2011	3	12	10	47	12.68	37.476	142.754	0	6.8	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
395	2011	3	12	10	59	43.03	37.4343	142.649	19	5.5	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
396	2011	3	12	11	14	39.96	39.3822	143.0027	12.59	5.7	FAR E OFF SANRIKU
397	2011	3	12	12	1	44.99	39.5668	142.8878	11	5.6	E OFF IWATE PREF
398	2011	3	12	13	52	52.11	40.0628	143.556	8	5.7	FAR E OFF SANRIKU
399	2011	3	12	18	12	59.31	40.054	144.9203	17	5.5	FAR E OFF NORTH HONSHU
400	2011	3	12	19	53	28.46	38.998	142.5377	20.47	5.8	E OFF MIYAGI PREF

表 3.2-11 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
401	2011	3	12	20	46	0.01	35.8755	141.8582	25.71	5.5	FAR E OFF IBARAKI PREF
402	2011	3	12	21	53	55.31	37.7597	142.755	2	5.9	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
403	2011	3	12	23	3	26.87	38.7842	142.7427	7	5.8	E OFF MIYAGI PREF
404	2011	3	12	23	34	58.34	35.882	141.8348	22.49	5.6	FAR E OFF IBARAKI PREF
405	2011	3	12	23	43	5.97	39.4703	142.6955	9.27	5.9	E OFF IWATE PREF
406	2011	3	13	2	19	21.11	36.5302	142.6205	2	5.6	FAR E OFF KANTO
407	2011	3	13	6	48	3.83	39.5838	142.9318	0	5.6	E OFF IWATE PREF
408	2011	3	13	7	12	44.02	37.605	142.0538	8.62	6.1	SE OFF MIYAGI PREF
409	2011	3	13	8	24	46.9	38.012	141.9483	15.16	6.2	SE OFF MIYAGI PREF
410	2011	3	13	10	26	2.08	35.8282	141.9723	11.18	6.6	FAR E OFF IBARAKI PREF
411	2011	3	13	11	23	30.53	36.494	141.913	23	6.2	FAR E OFF IBARAKI PREF
412	2011	3	13	13	40	26.2	36.3293	142.3993	27	5.6	FAR E OFF IBARAKI PREF
413	2011	3	13	16	56	39.86	39.6413	143.4525	6	5.8	FAR E OFF SANRIKU
414	2011	3	13	18	25	4.04	39.0402	142.6728	9.67	5.5	E OFF IWATE PREF
415	2011	3	13	20	37	27.35	37.396	142.434	2.31	6.1	E OFF FUKUSHIMA PREF
416	2011	3	13	23	48	0.64	37.5918	142.8833	11	5.7	FAR E OFF FUKUSHIMA PREF
417	2011	3	14	2	55	24.5	35.2478	141.2312	16.22	5.7	E OFF BOSO PENINSULA
418	2011	3	14	12	15	56.23	36.3533	141.6517	29.65	5.5	FAR E OFF IBARAKI PREF
419	2011	3	14	15	12	33.99	37.8047	142.5877	7	6.5	SE OFF MIYAGI PREF
420	2011	3	15	2	59	39.65	37.1633	142.44	22	5.8	E OFF FUKUSHIMA PREF
421	2011	3	15	17	1	42.37	40.3905	143.462	13	5.5	FAR E OFF SANRIKU
422	2011	3	15	18	49	51.51	37.3897	142.3332	6.77	6.3	E OFF FUKUSHIMA PREF
423	2011	3	15	20	46	14.26	40.3512	143.5567	17.44	5.5	FAR E OFF SANRIKU
424	2011	3	15	22	27	53.62	37.5992	142.2985	10.03	6.2	E OFF FUKUSHIMA PREF
425	2011	3	15	22	31	46.34	35.3095	138.7145	14.31	6.4	MT. FUJI REGION
426	2011	3	16	0	23	52.38	40.3712	143.4745	18.3	6.3	FAR E OFF SANRIKU
427	2011	3	16	4	1	29.16	38.1037	142.1565	18.15	5.6	E OFF MIYAGI PREF
428	2011	3	16	5	30	0.29	35.2847	141.224	24.16	5.8	E OFF BOSO PENINSULA
429	2011	3	16	12	52	2.77	35.837	140.9065	9.97	6.1	NEAR CHOSHI CITY
430	2011	3	16	13	14	29.65	37.5345	141.581	25.33	5.6	E OFF FUKUSHIMA PREF
431	2011	3	17	8	38	17.56	39.156	142.7297	22.42	5.5	E OFF IWATE PREF
432	2011	3	17	21	32	2.49	35.6302	140.9785	27.87	5.7	NEAR CHOSHI CITY
433	2011	3	18	3	55	31.97	37.1418	142.5232	9	5.7	E OFF FUKUSHIMA PREF
434	2011	3	19	10	22	42.3	39.6595	143.3482	12.77	6.1	FAR E OFF SANRIKU
435	2011	3	19	10	27	10.44	39.6143	143.3192	21	5.7	FAR E OFF SANRIKU
436	2011	3	19	18	56	48.06	36.7837	140.5715	5.37	6.1	NORTHERN IBARAKI PREF
437	2011	3	20	10	30	45.53	36.9392	141.1773	29.31	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
438	2011	3	22	16	18	40.84	37.086	144.248	28	6.7	FAR E OFF NORTH HONSHU
439	2011	3	22	18	44	25.48	39.9193	143.661	0.35	6.5	FAR E OFF SANRIKU
440	2011	3	22	20	21	35.12	39.7623	143.3927	17.33	5.6	FAR E OFF SANRIKU
441	2011	3	22	22	50	49.81	35.8605	141.7813	21.61	6	FAR E OFF IBARAKI PREF
442	2011	3	23	0	3	46.28	35.8752	141.7635	22.68	5.8	FAR E OFF IBARAKI PREF
443	2011	3	23	7	12	28.78	37.0848	140.7878	7.6	6	EASTERN FUKUSHIMA PREF
444	2011	3	23	7	13	52.77	37.0353	140.7693	0.93	5.8	EASTERN FUKUSHIMA PREF
445	2011	3	23	7	34	56.09	37.0982	140.7958	6.69	5.5	EASTERN FUKUSHIMA PREF
446	2011	3	23	7	36	31.31	37.0633	140.7707	7.3	5.8	EASTERN FUKUSHIMA PREF
447	2011	3	29	19	54	30.44	37.4087	142.4697	13.37	6.6	SE OFF MIYAGI PREF
448	2011	3	30	1	35	44.16	39.654	143.7822	8	5.6	FAR E OFF SANRIKU
449	2011	4	2	2	3	43.35	40.3022	143.3708	3.05	5.5	FAR E OFF SANRIKU
450	2011	4	11	17	16	12.02	36.9457	140.6727	6.42	7	EASTERN FUKUSHIMA PREF

表 3.2-12 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
451	2011	4	11	17	17	47.5	36.8913	140.7152	9.18	5.7	NORTHERN IBARAKI PREF
452	2011	4	11	20	42	35.16	36.9658	140.6348	10.58	5.9	EASTERN FUKUSHIMA PREF
453	2011	4	12	7	26	16.87	36.8187	138.6057	0	5.6	NORTHERN NAGANO PREF
454	2011	4	12	8	8	15.89	35.4817	140.868	26.27	6.4	NEAR CHOSHI CITY
455	2011	4	12	14	7	42.28	37.0525	140.6435	15.08	6.4	EASTERN FUKUSHIMA PREF
456	2011	4	13	10	7	58.05	36.9152	140.7068	4.52	5.7	EASTERN FUKUSHIMA PREF
457	2011	4	14	4	57	18.53	39.6482	143.8088	0	6.3	FAR E OFF SANRIKU
458	2011	4	14	15	8	42.61	35.5172	142.4652	28	6	FAR E OFF CENTRAL HONSHU
459	2011	4	21	9	39	1.59	40.3298	143.6795	10	5.7	FAR E OFF SANRIKU
460	2011	4	21	10	54	40.51	40.31	143.6508	10.79	6	FAR E OFF SANRIKU
461	2011	5	24	12	40	50.04	39.7833	143.4875	27	5.8	FAR E OFF SANRIKU
462	2011	6	4	1	0	14.16	36.9903	141.2112	29.61	5.5	E OFF FUKUSHIMA PREF
463	2011	6	9	19	38	32.94	36.4972	140.9708	12.59	5.7	E OFF IBARAKI PREF
464	2011	6	18	20	31	4.61	37.6177	141.8213	27.65	6	E OFF FUKUSHIMA PREF
465	2011	6	21	17	49	39.9	35.7595	141.474	21.1	5.5	FAR E OFF IBARAKI PREF
466	2011	6	22	23	28	55.75	40.0637	142.9145	22.78	5.5	NE OFF IWATE PREF
467	2011	7	5	19	18	43.44	33.9905	135.2342	7.33	5.5	CENTRAL WAKAYAMA PREF
468	2011	7	28	18	1	32.9	40.2953	143.5248	2.7	5.7	FAR E OFF SANRIKU
469	2011	7	29	23	53	17.45	36.6878	142.1338	29	5.6	E OFF FUKUSHIMA PREF
470	2011	8	1	23	58	11.04	34.707	138.5488	23.03	6.2	SOUTHERN SURUGA BAY REG
471	2011	8	26	1	2	11.42	47.18	152.872	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
472	2011	8	31	20	22	20.33	21.2752	120.5158	12	5.5	TAIWAN REGION
473	2011	9	17	4	26	35.86	40.2592	143.0862	7.4	6.6	NE OFF IWATE PREF
474	2011	9	17	5	11	10.85	40.2655	143.48	5.16	5.7	FAR E OFF SANRIKU
475	2011	9	17	6	8	2.54	40.2473	143.2128	3.69	6.1	FAR E OFF SANRIKU
476	2011	9	17	6	36	32.9	40.1387	143.3868	4.89	5.8	FAR E OFF SANRIKU
477	2011	9	17	7	40	42.13	40.2757	143.3948	14.75	5.8	FAR E OFF SANRIKU
478	2011	9	17	16	33	54.74	40.2497	143.003	14.34	5.5	NE OFF IWATE PREF
479	2011	9	17	16	34	16.84	40.2948	143.2092	7.56	5.8	FAR E OFF SANRIKU
480	2011	9	18	16	4	17.83	39.9295	143.2235	19.29	5.8	FAR E OFF SANRIKU
481	2011	11	20	7	5	56.8	46.4183	151.9368	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
482	2011	12	11	10	22	43.8	28.1307	129.5435	28.59	5.5	NEAR AMAMI-OISHIMA ISLAND
483	2011	12	16	0	12	42.58	31.8107	142.0423	20	5.8	FAR E OFF IZU ISLANDS
484	2012	1	12	14	37	25	38.3772	142.6222	28.12	5.5	E OFF MIYAGI PREF
485	2012	1	21	21	3	35.72	20.2995	146.7587	11	5.8	MARIANA ISLANDS REGION
486	2012	2	8	21	1	37.95	37.8653	138.1708	13.62	5.7	SADOGASHIMA IS REG
487	2012	3	14	21	5	4.32	35.7477	140.932	15.08	6.1	NEAR CHOSHI CITY
488	2012	3	27	20	0	42.44	39.8063	142.3338	20.5	6.6	E OFF IWATE PREF
489	2012	4	9	6	43	31.2	23.9557	122.3318	23.64	5.8	TAIWAN REGION
490	2012	4	12	20	19	57.23	36.8293	141.3428	28.81	5.6	E OFF IBARAKI PREF
491	2012	4	12	23	50	50.42	37.4522	141.7343	26.8	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
492	2012	4	30	0	2	18.49	39.7422	142.255	22.68	5.6	E OFF IWATE PREF
493	2012	5	20	16	20	33.75	39.5372	143.6212	7	6.5	FAR E OFF SANRIKU
494	2012	5	20	16	27	54.49	39.3668	143.6938	0	5.7	FAR E OFF SANRIKU
495	2012	5	20	17	20	55.95	39.6133	143.6087	28	5.5	FAR E OFF SANRIKU
496	2012	5	24	5	25	55.3	46.6697	153.062	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
497	2012	6	6	10	8	33.81	22.4683	121.5117	18.19	5.6	TAIWAN REGION
498	2012	6	9	12	59	9.75	46.6087	152.9207	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
499	2012	7	8	20	33	0.95	45.4177	151.7362	30	6.2	KURILE ISLANDS REGION
500	2012	7	11	11	31	14.04	45.3682	152.0172	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION

表 3.2-13 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
501	2012	7	12	21	51	57.37	45.4452	152.0888	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
502	2012	7	14	13	30	57.83	45.4798	151.8762	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
503	2012	9	8	15	54	25.66	22.1838	145.6497	10	5.9	FAR E OFF OGASAWARA
504	2012	9	11	10	28	17.77	45.3015	151.5835	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
505	2012	10	1	0	35	54.28	24.1362	146.4473	0	6.1	NORTH PACIFIC
506	2012	10	2	3	40	49.65	36.919	141.3965	29.66	5.6	E OFF FUKUSHIMA PREF
507	2012	10	2	7	21	42.63	39.8328	143.5205	22.48	6.3	FAR E OFF SANRIKU
508	2012	12	7	17	31	10.24	37.9198	143.8557	30	6.6	FAR E OFF MIYAGI PREF
509	2013	1	12	22	37	22.97	47.0843	153.9253	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
510	2013	2	5	12	24	46.48	45.4568	151.7622	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
511	2013	2	25	16	23	53.58	36.8737	139.4128	2.84	6.3	NORTHERN TOCHIGI PREF
512	2013	3	7	12	36	45.15	24.2848	121.4407	0	5.9	TAIWAN REGION
513	2013	3	27	11	3	19.84	23.8937	121.1402	8.84	6.1	TAIWAN REGION
514	2013	4	2	3	53	15.74	39.5053	143.5183	28.72	6.2	FAR E OFF SANRIKU
515	2013	4	2	11	8	44.64	39.4985	143.6003	27	5.7	FAR E OFF SANRIKU
516	2013	4	11	5	20	26.82	21.0323	122.0953	0	6.3	TAIWAN REGION
517	2013	4	13	5	33	17.75	34.4188	134.829	14.85	6.3	AWAJISHIMA ISLAND REGION
518	2013	4	17	15	43	0.93	24.8663	123.3152	25	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
519	2013	4	17	15	50	20.78	24.8533	123.3202	18	5.6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
520	2013	4	17	16	25	52.99	24.821	123.2477	29.8	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
521	2013	4	17	17	57	34.37	34.0473	139.353	9.37	6.2	NEAR MIYAKEJIMA ISLAND
522	2013	4	18	23	8	33.35	25.0022	123.4538	0	6.1	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
523	2013	6	2	14	43	2.71	23.8842	120.9847	0	6.3	TAIWAN REGION
524	2013	6	4	20	0	8.57	45.3447	151.1778	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
525	2013	6	4	20	1	56.3	45.5425	151.122	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
526	2013	6	8	1	38	1.99	23.9533	122.5782	25.36	5.8	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
527	2013	6	29	8	51	50.45	23.9645	122.2117	25.54	5.8	TAIWAN REGION
528	2013	9	20	2	25	8.36	37.0513	140.6953	16.69	5.9	EASTERN FUKUSHIMA PREF
529	2013	10	31	21	2	7.66	23.5175	121.5128	15.43	6.5	TAIWAN REGION
530	2013	11	22	12	17	3.13	46.3475	153.606	30	5.7	KURILE ISLANDS REGION
531	2013	11	25	14	56	48.27	45.5828	151.2048	30	6	KURILE ISLANDS REGION
532	2013	12	4	7	1	15.21	23.9903	143.5403	8	5.8	IOTO ISLANDS REGION
533	2013	12	9	2	24	51.89	44.5555	149.3818	30	6.4	SE OFF ETOROFU
534	2013	12	13	7	52	17.87	44.9688	148.2348	11	5.5	NEAR ETOROFU ISLAND
535	2013	12	18	8	38	12.06	21.7662	147.0895	0	6.6	MARIANA ISLANDS REGION
536	2013	12	22	22	32	54.86	21.8228	146.5935	1	6	MARIANA ISLANDS REGION
537	2014	1	8	18	20	58.53	24.1695	140.668	0	5.7	IOTO ISLANDS REGION
538	2014	1	18	14	0	41.46	28.9738	142.4802	30	5.6	NEAR CHICHIJIMA ISLAND
539	2014	2	23	13	54	18.83	43.3672	147.6475	12	5.5	E OFF HOKKAIDO
540	2014	3	19	21	19	25.94	23.9368	122.2825	20.54	6	TAIWAN REGION
541	2014	5	21	9	21	12.69	23.6903	121.4672	25.06	5.7	TAIWAN REGION
542	2014	5	30	17	10	35.22	24.9355	123.2787	10.91	5.5	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
543	2014	7	8	18	5	24.29	42.6498	141.267	3.23	5.6	IBURI REGION
544	2014	7	21	3	32	47.7	44.602	148.8478	30	6.4	SE OFF ETOROFU
545	2014	8	3	13	6	2.03	28.1113	128.0872	12.72	5.6	NW OFF OKINAWAJIMA IS
546	2014	8	15	2	9	46.92	28.0603	128.1475	5.04	5.5	NW OFF OKINAWAJIMA IS
547	2014	8	29	4	14	35.51	32.1412	132.1455	18.18	6	HYUGANADA REGION
548	2014	10	3	9	57	30.07	40.1653	142.628	28.34	5.7	NE OFF IWATE PREF
549	2014	10	16	8	53	3.17	32.1172	140.8197	9	5.7	E OFF HACHIJUJIMA ISLAND
550	2014	11	21	12	29	12.62	20.8012	120.3158	0	5.5	PHILIPPINE ISL REGION

表 3.2-14 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
551	2014	11	22	22	8	17.9	36.6928	137.891	4.59	6.7	NORTHERN NAGANO PREF
552	2015	2	14	5	6	30.29	22.6013	121.4273	28	6.2	TAIWAN REGION
553	2015	2	17	8	6	34.68	39.8723	143.1927	12.72	6.9	FAR E OFF SANRIKU
554	2015	2	20	13	25	20.99	39.9127	143.7322	8.04	6.5	FAR E OFF SANRIKU
555	2015	2	21	19	13	51.88	39.8948	143.61	11.22	6.4	FAR E OFF SANRIKU
556	2015	2	24	11	28	52.39	39.6337	143.3827	29.09	5.9	FAR E OFF SANRIKU
557	2015	4	2	22	54	31.69	25.7853	145.8032	0	5.8	FAR E OFF OGASAWARA
558	2015	4	20	10	42	55.63	23.9557	122.4273	22.21	6.8	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
559	2015	4	20	20	45	13.09	23.9578	122.4765	20.95	6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
560	2015	4	20	20	59	58.64	23.9338	122.4862	21.45	6.4	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
561	2015	4	26	5	1	36.59	23.8993	122.4845	21.04	5.6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
562	2015	5	3	1	50	42.61	31.5173	140.3548	28	5.9	NEAR TORISHIMA IS
563	2015	5	11	1	54	40.39	31.2472	142.1657	8	5.7	NEAR TORISHIMA IS
564	2015	5	11	6	25	44.84	31.2318	142.146	10	6.3	NEAR TORISHIMA IS
565	2015	5	11	16	35	44.24	47.0183	154.388	30	5.5	FAR FIELD
566	2015	6	11	13	45	27.69	39.6972	143.6265	27	5.9	FAR E OFF SANRIKU
567	2015	6	11	13	56	30.14	39.6072	143.5912	25	5.6	FAR E OFF SANRIKU
568	2015	7	7	14	10	26.79	43.675	147.8383	1	6.3	E OFF HOKKAIDO
569	2015	8	13	23	8	1.63	23.9457	122.3838	19.79	5.7	TAIWAN REGION
570	2015	8	17	23	42	34.89	22.4387	146.6723	12	6.1	FAR E OFF OGASAWARA
571	2015	9	16	4	37	35.55	24.194	121.7843	25.55	5.6	TAIWAN REGION
572	2015	10	11	22	31	59.84	46.5997	152.731	30	5.6	KURILE ISLANDS REGION
573	2015	11	14	5	51	30.11	30.9432	128.59	17	7.1	SW OFF KYUSHU
574	2015	11	15	4	20	18.21	31.3305	128.7173	9.36	5.9	SW OFF KYUSHU
575	2015	11	20	14	31	47.65	26.3848	143.106	0	6.3	NEAR CHICHIJIMA ISLAND
576	2015	12	4	13	25	54.09	22.4977	146.5397	0	6.6	FAR E OFF OGASAWARA
577	2015	12	13	10	52	12.43	46.6322	153.0225	30	5.8	KURILE ISLANDS REGION
578	2016	1	19	11	13	25.96	22.8338	121.2922	29.34	5.8	TAIWAN REGION
579	2016	2	2	14	31	46.84	39.6808	142.907	21.87	5.6	E OFF IWATE PREF
580	2016	2	6	4	57	24.34	22.8125	120.4492	16	6.4	TAIWAN REGION
581	2016	4	18	20	41	57.94	33.002	131.2	8.6	5.8	NE KUMAMOTO PREF
582	2016	4	19	17	52	13.69	32.535	130.635	10	5.5	SOUTHERN KUMAMOTO PREF
583	2016	4	28	0	17	13.87	24.132	121.683	23	5.9	TAIWAN REGION
584	2016	5	7	14	42	9.29	31.095	128.993	6.5	5.5	SW OFF KYUSHU
585	2016	5	31	19	3	58.97	47.179	154.842	30	6.1	FAR FIELD
586	2016	6	27	7	57	4.32	36.99	142.402	19.2	5.9	E OFF FUKUSHIMA PREF
587	2016	8	20	18	1	23.64	40.367	143.779	11.2	6.4	FAR E OFF SANRIKU
588	2016	8	21	0	58	3.28	40.367	143.687	12	6.2	FAR E OFF SANRIKU
589	2016	8	21	1	10	35.4	40.406	143.499	10.7	5.5	FAR E OFF SANRIKU
590	2016	9	1	15	0	6.96	47.07	153.97	30	5.5	KURILE ISLANDS REGION
591	2016	9	23	0	57	8.18	34.414	141.869	25	5.9	FAR SE OFF BOZO PEN
592	2016	9	23	14	34	31.38	34.393	141.593	28.2	5.7	FAR SE OFF BOZO PEN
593	2016	9	23	15	13	13.16	34.351	141.702	26.6	5.7	FAR SE OFF BOZO PEN
594	2016	9	23	19	28	19.55	34.447	141.644	9	5.7	FAR SE OFF BOZO PEN
595	2016	10	7	0	51	59.57	22.787	121.52	0	5.8	TAIWAN REGION
596	2016	10	21	14	7	22.57	35.38	133.856	10.6	6.6	EASTERN TOTTORI PREF
597	2016	10	24	5	25	24.84	43.767	147.967	0	6	E OFF HOKKAIDO
598	2016	11	22	5	59	46.89	37.355	141.604	24.5	7.4	E OFF FUKUSHIMA PREF
599	2016	11	22	6	39	41.38	37.243	141.378	22.4	5.7	E OFF FUKUSHIMA PREF
600	2016	11	22	23	3	57.8	37.179	141.445	28.4	5.7	E OFF FUKUSHIMA PREF

表 3.2-15 整理した地震の緒元。

No	年	月	日	時	分	秒	緯度	経度	深さ	Mj	震央
601	2016	11	24	6	23	36.3	37.175	141.346	23.8	6.2	E OFF FUKUSHIMA PREF
602	2016	11	25	6	55	54.31	24.021	122.445	24	5.6	NW OFF ISHIGAKIJIMA IS
603	2016	12	14	11	1	23.21	21.978	145.052	8	6.3	MARIANA ISLANDS REGION
604	2016	12	15	6	14	55.99	21.817	145.001	0	5.9	MARIANA ISLANDS REGION
605	2016	12	28	21	38	49.04	36.72	140.574	10.8	6.3	NORTHERN IBARAKI PREF

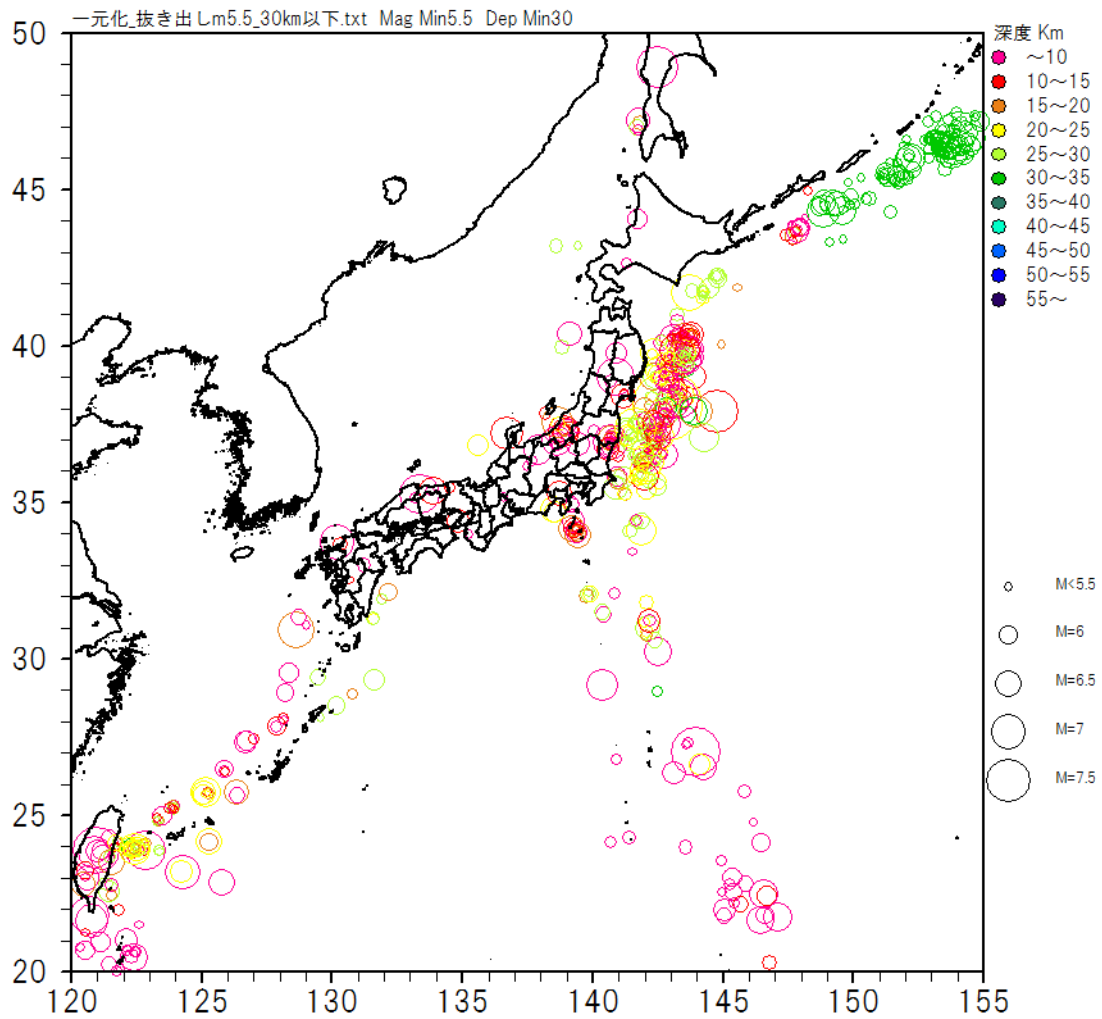


図 3.2-56 整理した地震の震央分布。

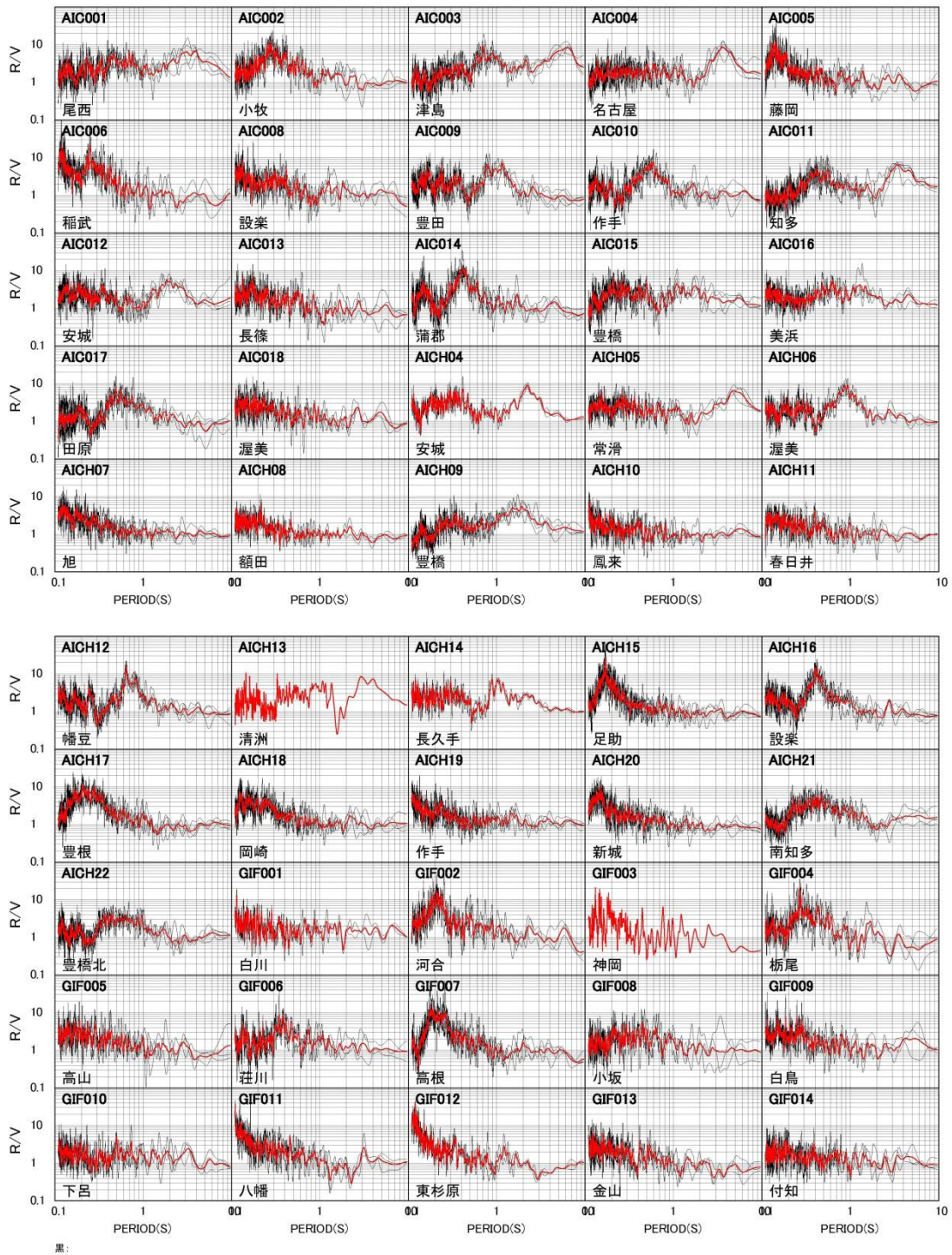


図 3.2-57 地震動の R/V スペクトル。中京圏

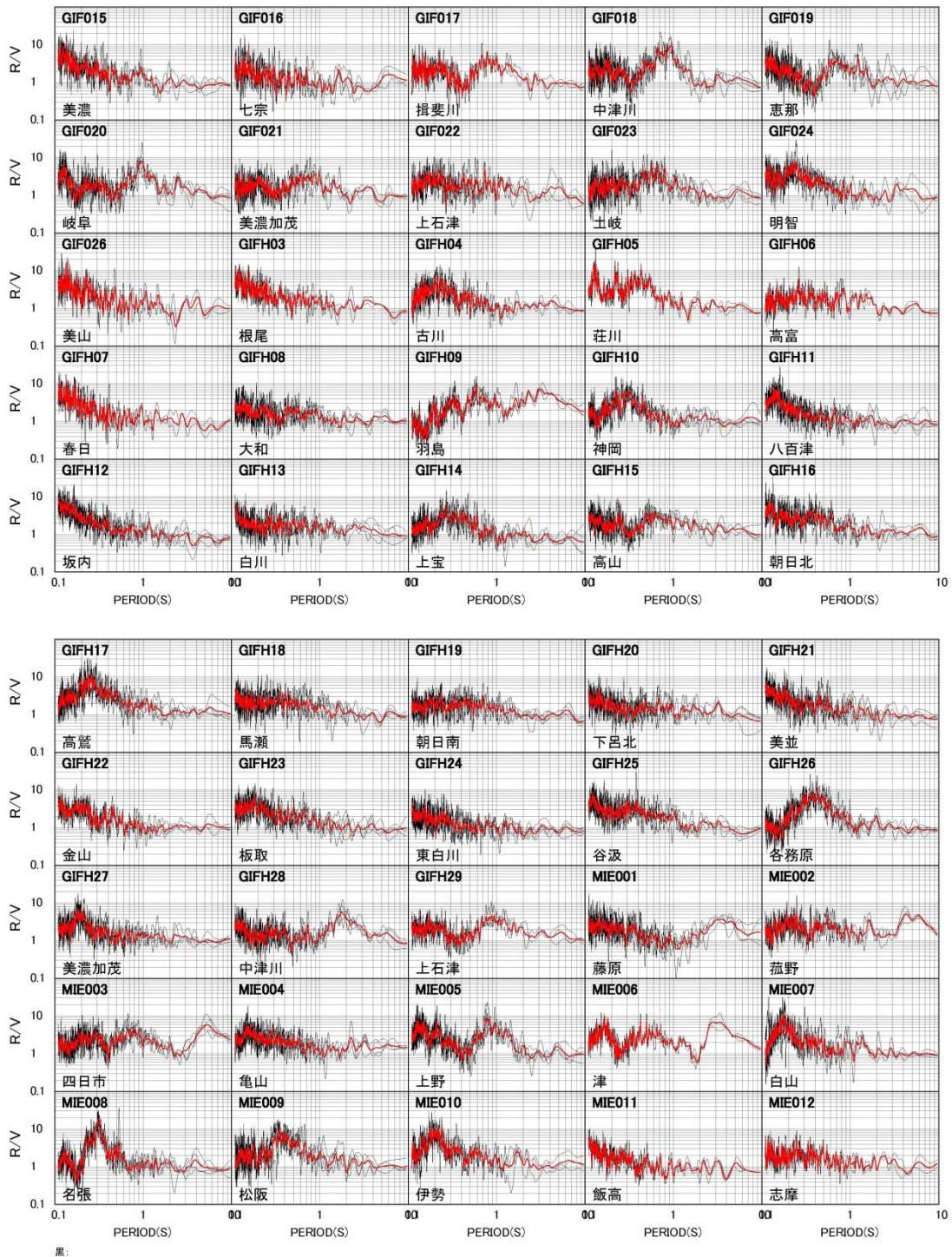


図 3.2-58 地震動の R/V スペクトル。中京圏

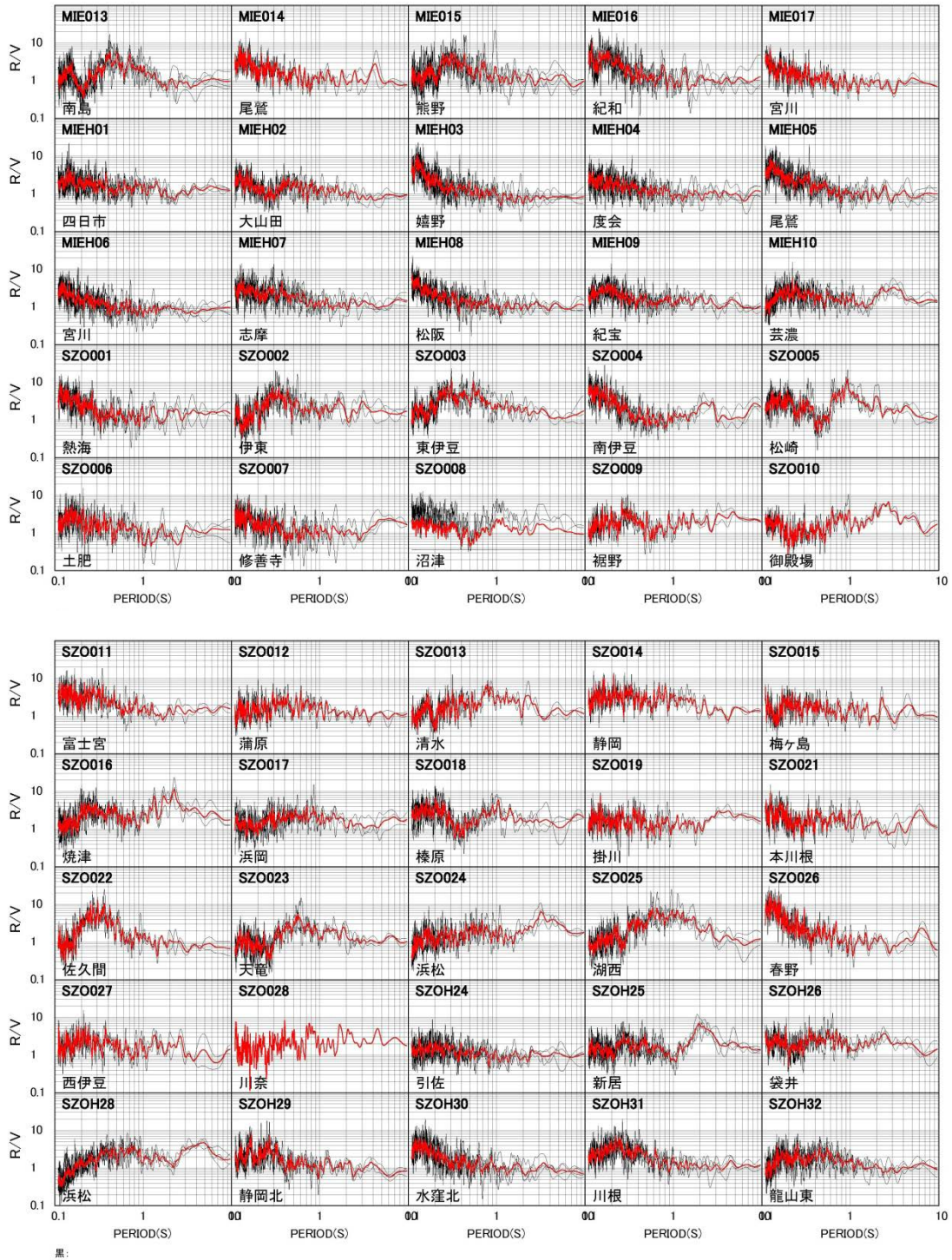


図 3.2-59 地震動の R/V スペクトル。中京圏

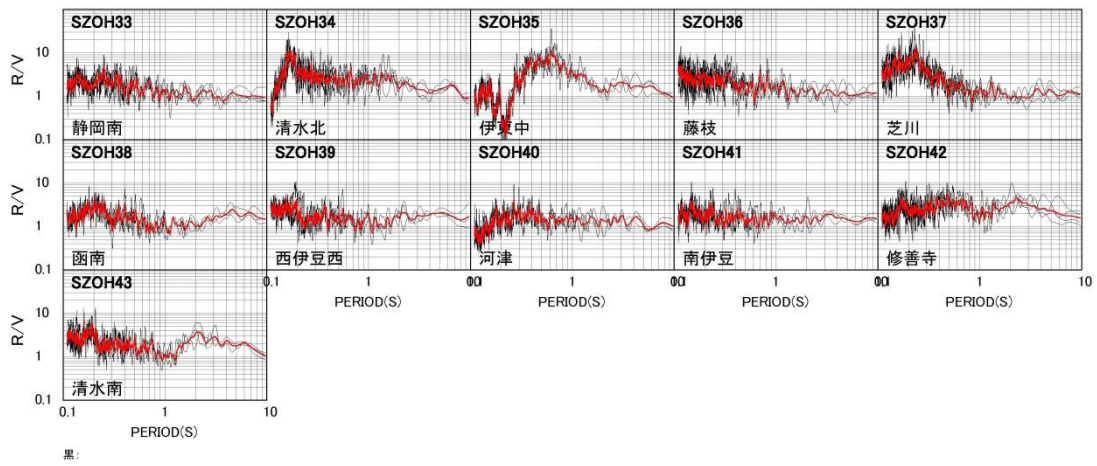


図 3.2-60 地震動の R/V スペクトル。中京圏

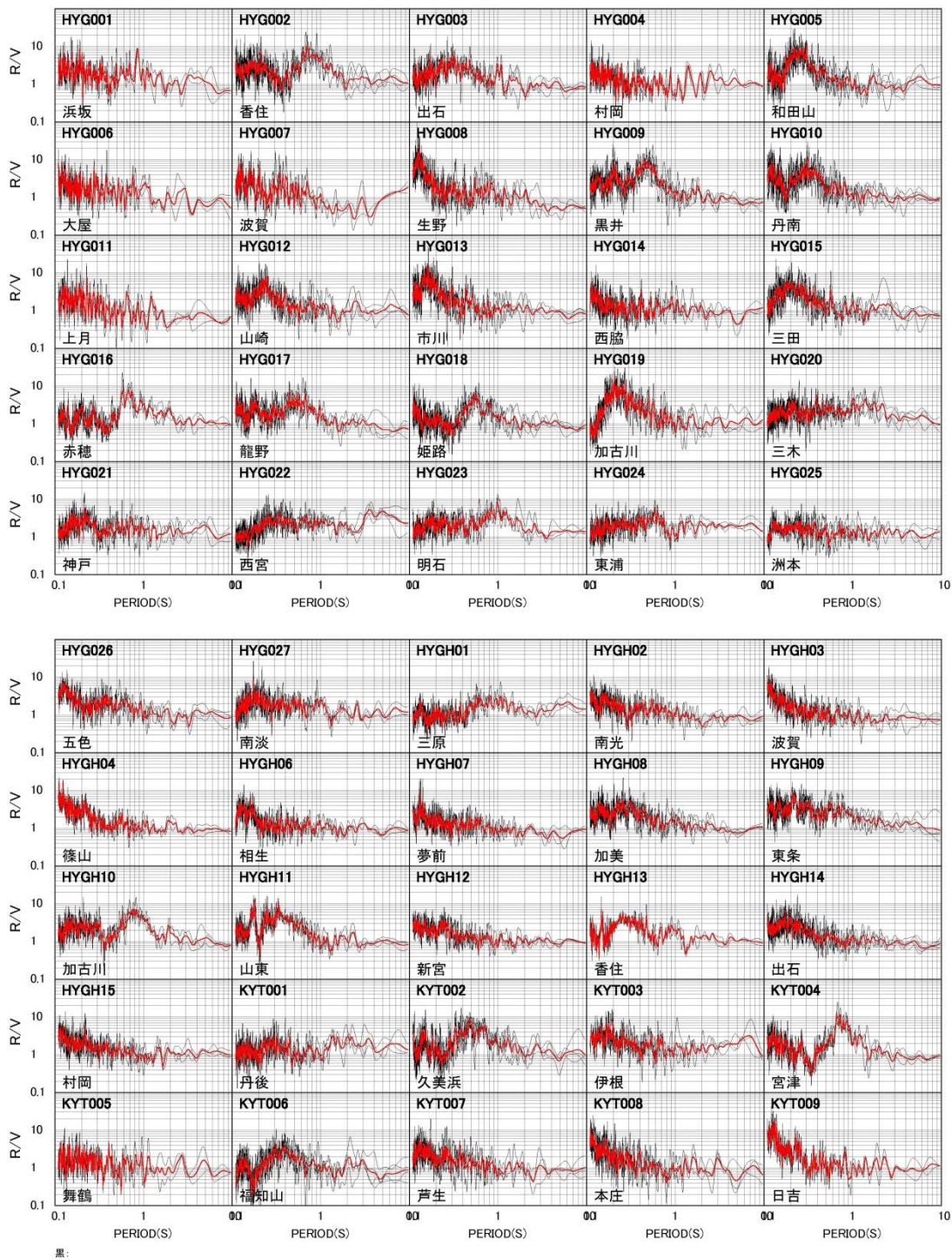


図 3.2-61 地震動の R/V スペクトル。近畿圏

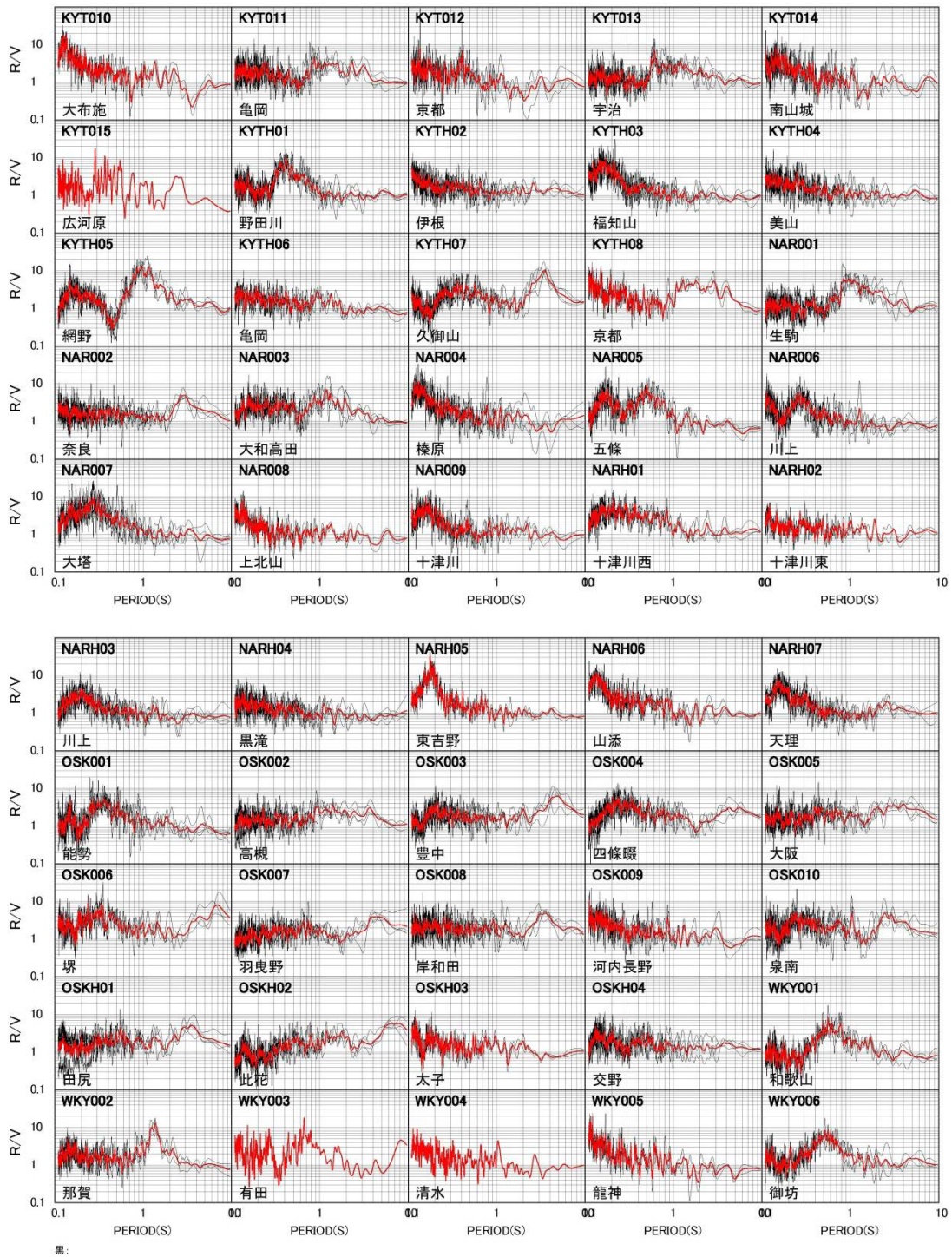


図 3.2-62 地震動の R/V スペクトル。近畿圏

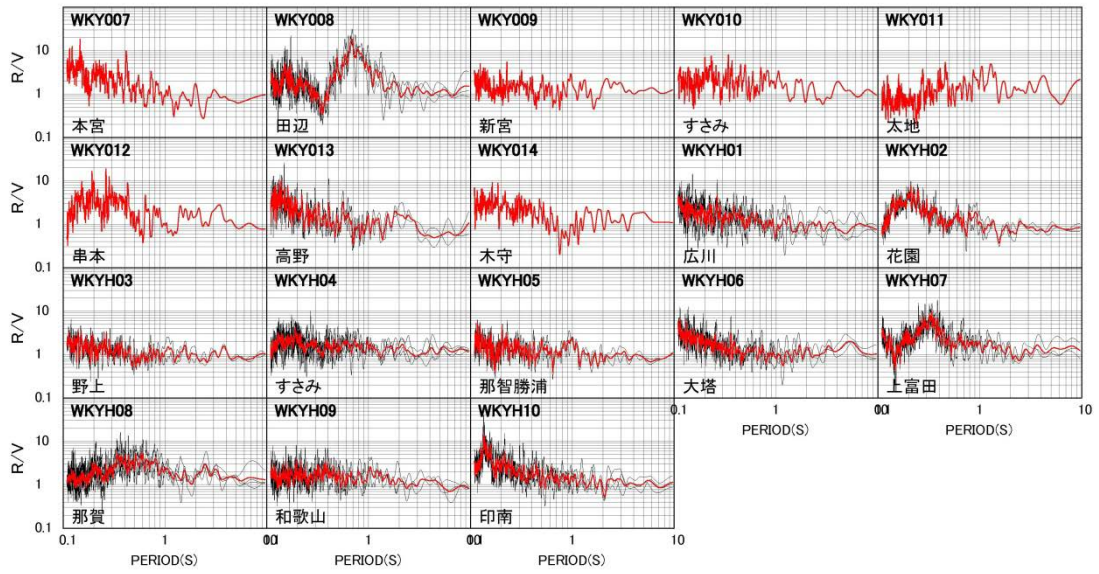


図 3.2-63 地震動の R/V スペクトル。近畿圏

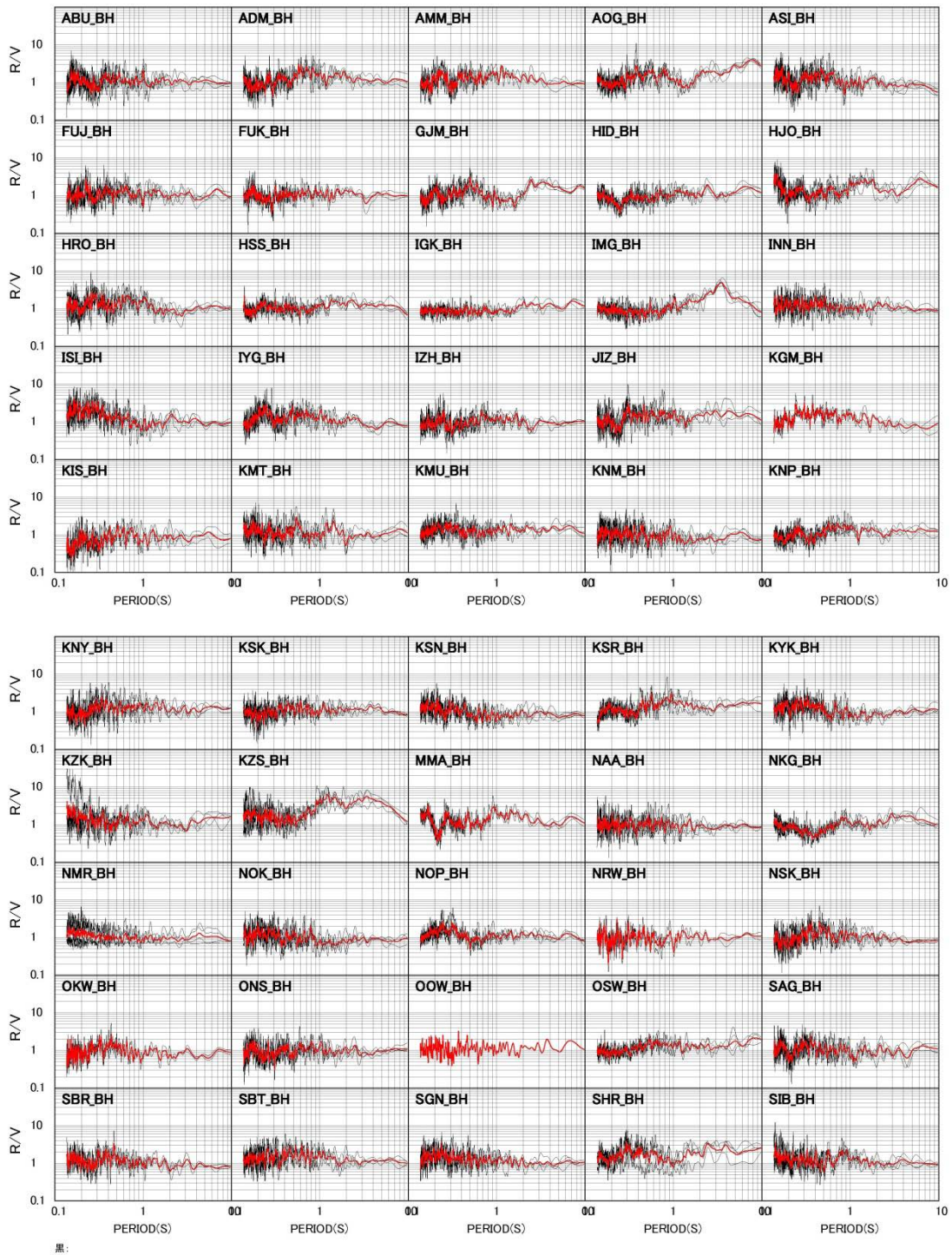


図 3.2-64 地震動の R/V スペクトル。F-net

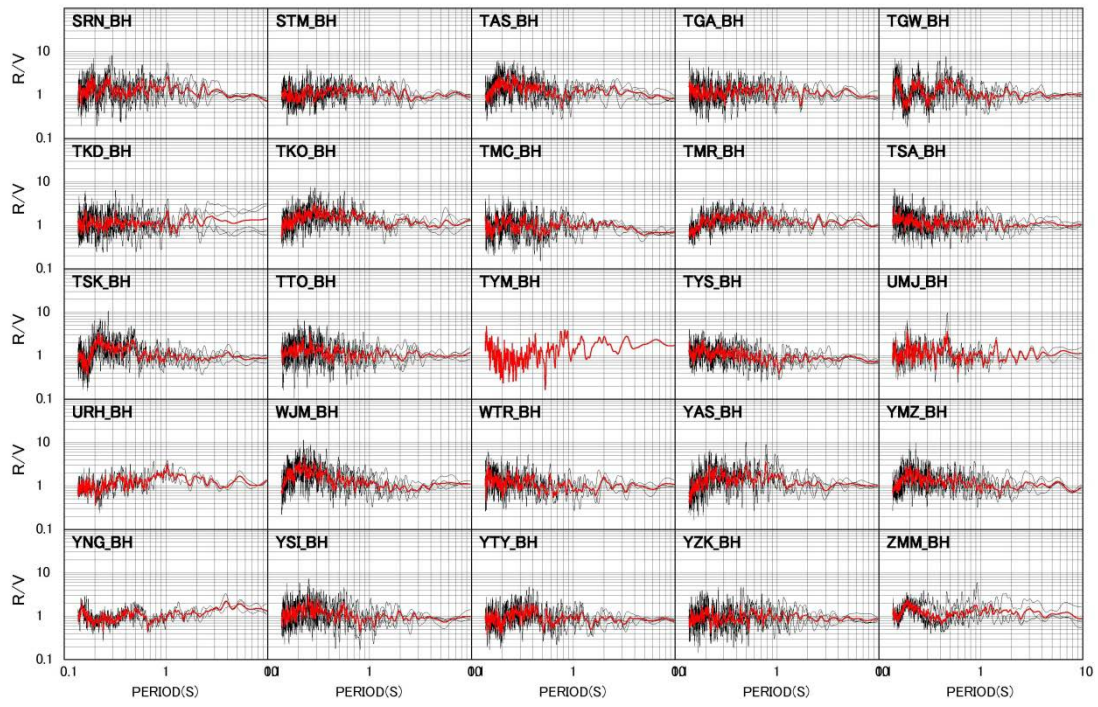


図 3.2-65 地震動の R/V スペクトル。F-net

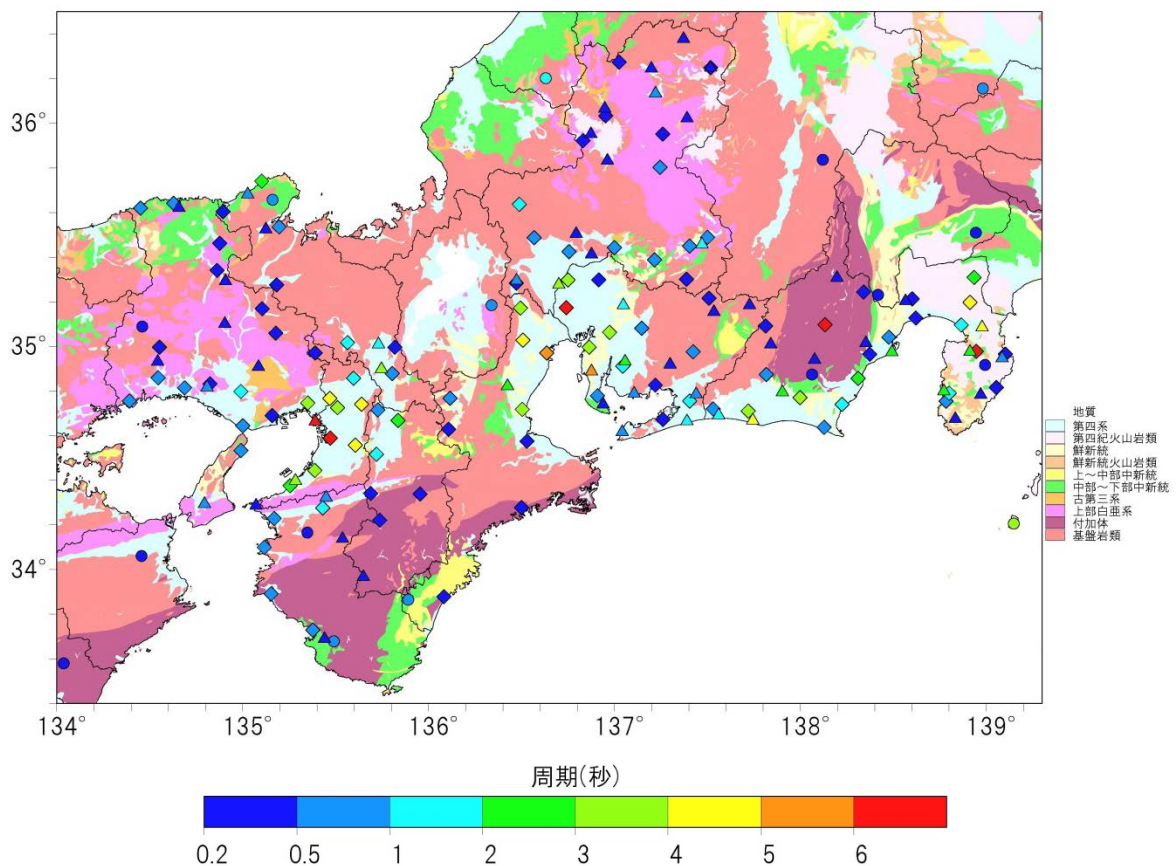


図 3.2-66 地震動の R/V スペクトルピーク周期。

ひし形：K-NET 三角：KiK-net 丸：F-net

(2) 試作した地下構造モデル検証の方法

1) (2) では、全国 1 次地下構造モデルの修正を R/V スペクトルを用いて行ったが、ここで用いた、地震動の観測 R/V スペクトルと地下構造モデルより計算される理論 R/V スペクトルと比較することにより検証することができる。本検討において修正対象としていない地域の地下構造モデルの検証には同様の比較を行うことが有効である。

また、震源破壊過程が比較的単純と考えられる中規模地震（マグニチュード 6 前後）に対して地震動シミュレーションを行い、観測波形との比較によって検証することもできる。このとき、波形やスペクトル形状だけでなく、走時の合致度を確認することにより、震源域から観測点（地震動評価地点）までの全体的な構造モデルの妥当性の検証が可能である。

(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試作作業として、地下構造モデルと海域における地下構造調査結果の比較を行った。その結果、付加体の位置などは概ねよく整合しているが、地下構造モデルの付加体の速度がやや小さいことが確認できた。これらの地下構造調査結果は海域の深部地下構造モデルを構築する上で非常に重要な結果である。積極的に取り入

れる必要があるが、P波速度とS波速度の対応を適切に設定する必要があり、中規模地震による地下構造モデルの妥当性の検証を行いながら、モデルに取り入れる必要があると考えられる。また、濃尾平野周辺については堀川・他(2008)、静岡県については地震被害想定調査で用いられた地下構造モデル、関東平野や長野県南部、徳島県、和歌山県などでは微動の位相速度および地震動のR/Vスペクトルデータに基づく修正を行った。中央構造線沿いの徳島平野のS波速度2.4 km/s層上面が極端に深い構造であるのに対し、R/Vスペクトルのピーク周期を用いることにより深くなっているエリアを狭く修正した。また、静岡県地域においては、御前崎半島周辺においてS波速度1.3 km/s層の上面深度がやや浅く修正し、関東平野においては、千葉県南部でS波速度3.2 km/s層上面深度が深く修正され、埼玉県北部においては浅く修正された。なお、サブテーマ1(3.1節)において、地下構造のランダム不均質性は長周期地震動ハザード評価においてはばらつきとして扱う方が妥当であるとの結論が得られていることから、地下構造モデルのランダム不均質性は含めなかった。

強震動記録の整理を行い、2014年7月4日紀伊半島沖の地震(前震、本震)、2009年8月11日駿河湾の地震、2013年淡路島付近の地震の4地震についてR/Vスペクトルを計算し、卓越周期を推定した。地下構造モデルの検証は、上述の地下構造モデルの修正において行ったR/Vスペクトルの卓越周期や形状を地下構造モデルから計算される理論的なものとの比較に加え、実際の地震を対象とした地震動シミュレーションによる計算波形と観測波形の比較による走時を確認することで行うことができる。ただし、地下構造モデルの検証には様々な位置の震源による比較的規模の大きな地震の観測記録が得られていることが望ましいが、南海トラフ域については規模の大きな地震(M6程度以上)が少ない。

(d) 引用文献

- Nakanishi, A., Takahashi, N., Park, J.-O., Miura, S., Kodaira, S., Kaneda, Y., Hirata, N., Iwasaki, T. & Nakamura, M. (2002): Crustal structure across the coseismic rupture zone of the 1944 Tonankai earthquake, the central Nankai Trough seismogenic zone, *Journal of Geophysical Research* **107**,B1, EPM 2-1–EPM 2-21, doi:10.1029/2001JB000424.
- Nakanishi, A., Kodaira, S., Miura, S., Ito, A., Sato, T., Park, J. O., Kido, Y. & Kaneda, Y. (2008): Detailed structural image around splay-fault branching in the Nankai subduction seismogenic zone: Results from a high-density ocean bottom seismic survey, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* **113**,3, 1–14, doi:10.1029/2007JB004974.
- 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.
- Nakanishi, A., Shiobara, H., Hino, R., Mochizuki, K., Sato, T., Kasahara, J., Takahashi, N., Suyehiro, K., Tokuyama, H., Segawa, J., Shinohara, M. & Shimahara, H. (2002): Deep crustal structure of the eastern Nankai Trough and Zenisu Ridge by dense airgun-OBS seismic profiling, *Marine Geology* **187**,1–2, 47–62, doi:10.1016/S0025-3227(02)00244-X.

- Nakanishi, A., Shiobara, H., Hino, R., Kodaira, S., Kanazawa, T. & Shimamura, H. (1998): Detailed subduction structure across the eastern Nankai Trough obtained from ocean bottom seismographic profiles, *Journal of Geophysical Research* **103**,B11, pp.27151–27168.
- Kodaira, S., Sato, T., Takahashi, N., Yamashita, M., No, T. & Kaneda, Y. (2008): Seismic imaging of a possible paleoarc in the Izu-Bonin intraoceanic arc and its implications for arc evolution processes, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* **9**,10, doi:10.1029/2008GC002073.
- Kodaira, S., Iidaka, T., Kato, A., Park, J.-O., Iwasaki, T. & Kaneda, Y. (2004) High pore fluid pressure may cause silent slip in the Nankai Trough., *Science* **304**,5675, 1295–1298, doi:10.1126/science.1096535.
- Takahashi, N., Kodaira, S., Nakanishi, A., Park, J. O., Miura, S., Tsuru, T., Kaneda, Y., Suyehiro, K., Kinoshita, H., Hirata, N. & Iwasaki, T. (2002): Seismic structure of western end of the Nankai trough seismogenic zone, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* **107**,B10, doi:10.1029/2000JB000121.

3.3. 南海トラフの地震を対象とした長周期地震動ハザード評価の検討等

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

南海トラフの地震を対象とした長周期地震動ハザード評価の検討等

(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
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	岩城 麻子

(c) 事業の目的

サブテーマ1および2の検討結果を踏まえて、平成25年度「長周期地震動予測地図作成等支援事業」成果報告書に提案されている南海トラフ地震の震源モデル及び地下構造モデルの高度化について検討する。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

平成25年度「長周期地震動予測地図作成等支援事業」で設定された震源モデル及び地下構造モデルについて、

- ・平成27年度までの「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」を踏まえたすべり量やすべり角、破壊伝播速度の不均質性の適切な与え方の検討
- ・長周期地震動シミュレーションによる震源パラメータのパラメータスタディ
- ・震源域、強震動生成域（アスペリティ）や破壊開始点位置等について、既設定以外のモデル化
- ・既往のボーリングデータや微動観測データ等を用いた濃尾平野の浅部・深部統合地盤初期モデル試行版の作成とサブテーマ2（3.2節）で試作した深部地下構造モデルと結合
- ・中小地震のシミュレーション結果と観測記録との比較により、現状の関東平野の深部・浅部統合地盤モデルの問題点等の把握
- ・上記の震源モデル及び地下構造モデルを用いた長周期地震動シミュレーションによる長周期地震動ハザード評価の試行

を実施し、南海トラフ地震の長周期地震動ハザード評価のための震源モデル、濃尾平野の浅部・深部統合地盤モデル試行版を作成するとともに、浅部・深部統合地盤モデルによる周期1秒まで拡張する上での課題と濃尾平野を対象とした南海トラフ地震の長周期地震動ハザード評価の試行結

果を示した。

(b) 事業の成果

1) 南海トラフ地震の震源モデルの設定

平成 25 年度の「長周期地震動ハザードマップ作成支援事業」にて実施した南海トラフ地震の長周期地震動ハザード評価を対象として作成した震源モデルのうち、「最大クラスの地震」を含み、濃尾平野に大きな影響を及ぼす表 3.3-1 に示した地震に対して、関口・吉見（2006）の方法に基づいて破壊伝播速度および滑り量に対してランダムな不均質性を付与したモデルを設定した。設定した震源モデルと解析ケースは以下の通りである。

震源モデルに対する不均質性の付与の結果として、図 3.3-1 から図 3.3-7 に代表的な 7 ケースの震源モデルの破壊の遅れ時間のコンター図を示す。不均質版の震源モデルでは、破壊伝播速度にランダムな擾乱が乗ったことによって、破壊の遅れ時間のコンター図は細かく歪んだ分布になっていることが確認できる。

平成 25 年度の検討において設定した震源モデルでは、地震調査委員会による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）で例示されている 15 通りの震源域をモデル化していた。しかしながら、長期評価では、深さ方向に 3、トラフ軸方向に 6 の領域に区分されており、15 通り以外の震源域も考えられる。また、長周期地震動評価試作版（地震調査委員会、2016）では、相模トラフ巨大地震の震源モデルの破壊開始点として、区分された領域の境界に加え、領域の中央付近にも破壊開始点が設定されている。以上より、これまでに設定されていない震源モデルとして考えられる震源域を表 3.3-2 に、破壊開始点位置を図 3.3-8 に示す。

表 3.3-1 破壊伝播の不均質性を付与した南海トラフ地震のケース。震源域、アスペリティ配置、破壊開始点位置は「平成 25 年度長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」報告書の表 3.2-2 と対応。

	震源域	アスペリティ配置	破壊開始点位置	ケース数
①	No. 5	深, 中, 浅	h01~h10	30
②	No. 9	深, 浅	h01, h03, h05	6
③	No.13	深, 中, 浅	h03, h04, h05, h08, h09, h10	18
④	No.15	深, 中, 浅	h03, h04, h05, h08, h09, h10	18
⑤	No. 1	深, 浅	h01, h03, h05	6
⑥	No. 2	深, 浅	h01, h03, h05	6
⑦	No. 7	深, 浅	h01, h03, h05	6
total				90

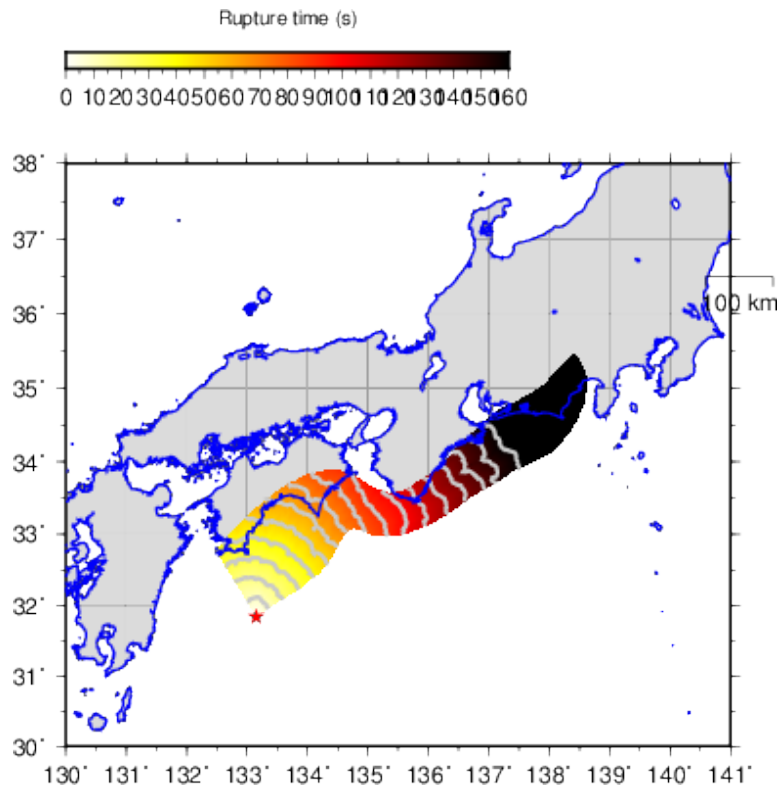


図 3.3-1 不均質性を付与した震源モデルの破壊伝播の例 (①)。

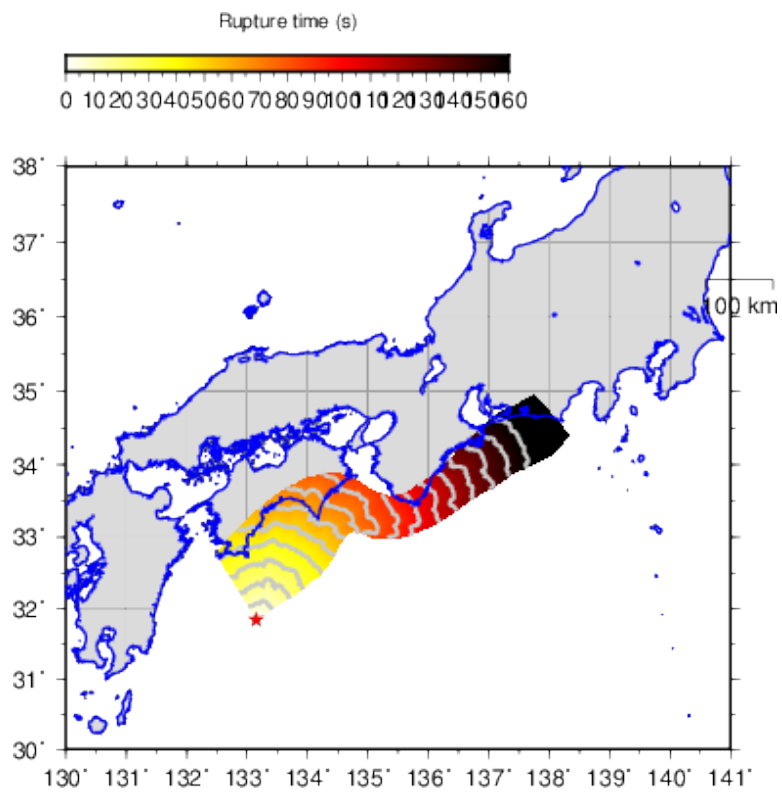


図 3.3-2 不均質性を付与した震源モデルの破壊伝播の例 (②)。

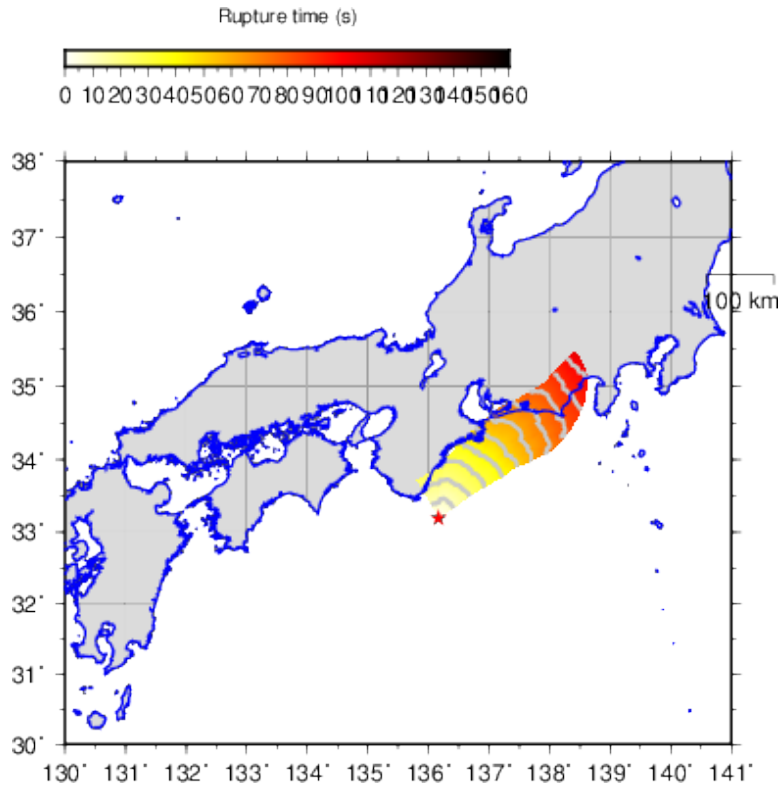


図 3.3-3 不均質性を付与した震源モデルの破壊伝播の例 (③)。

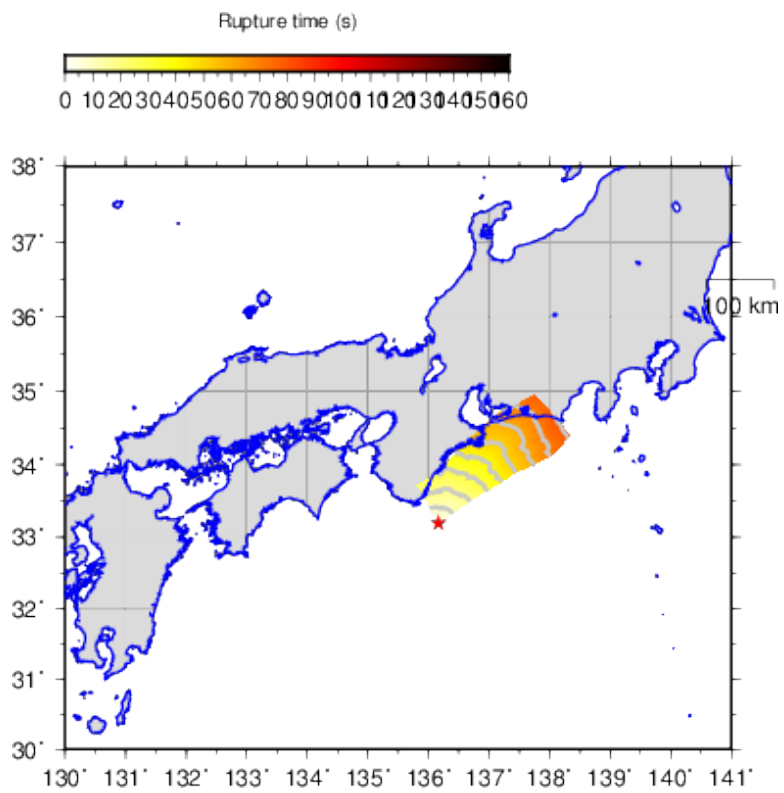


図 3.3-4 不均質性を付与した震源モデルの破壊電波の例 (④)。

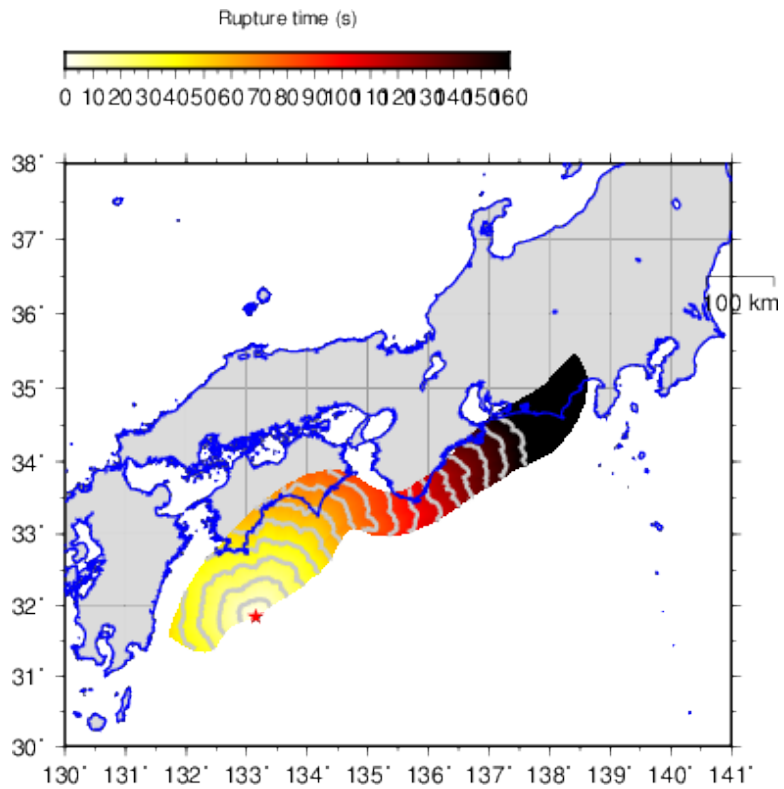


図 3.3-5 不均質性を付与した震源モデルの破壊伝播の例 (⑤)。

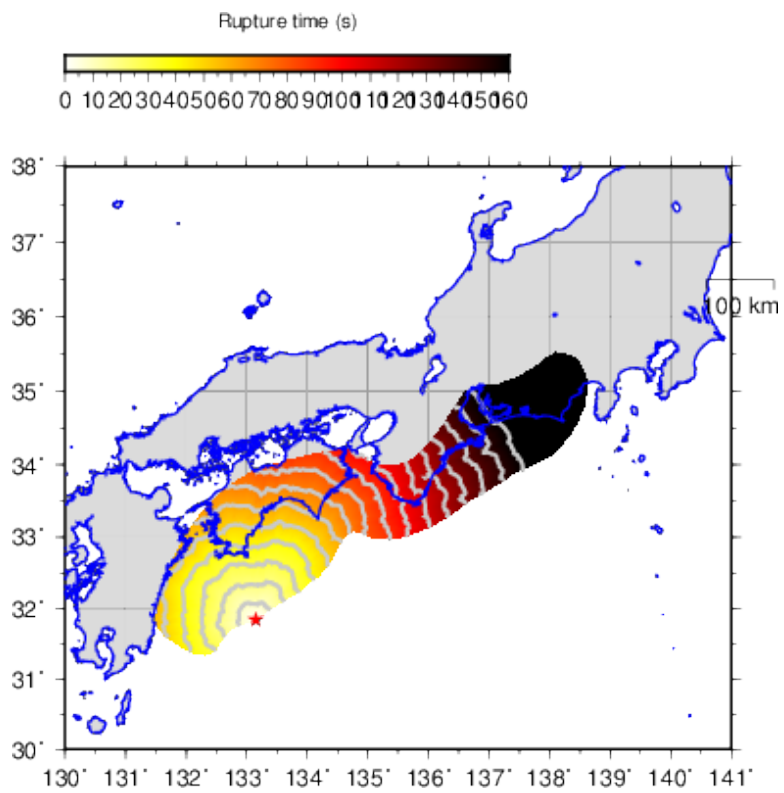


図 3.3-6 不均質性を付与した震源モデルの破壊電波の例 (⑥)。

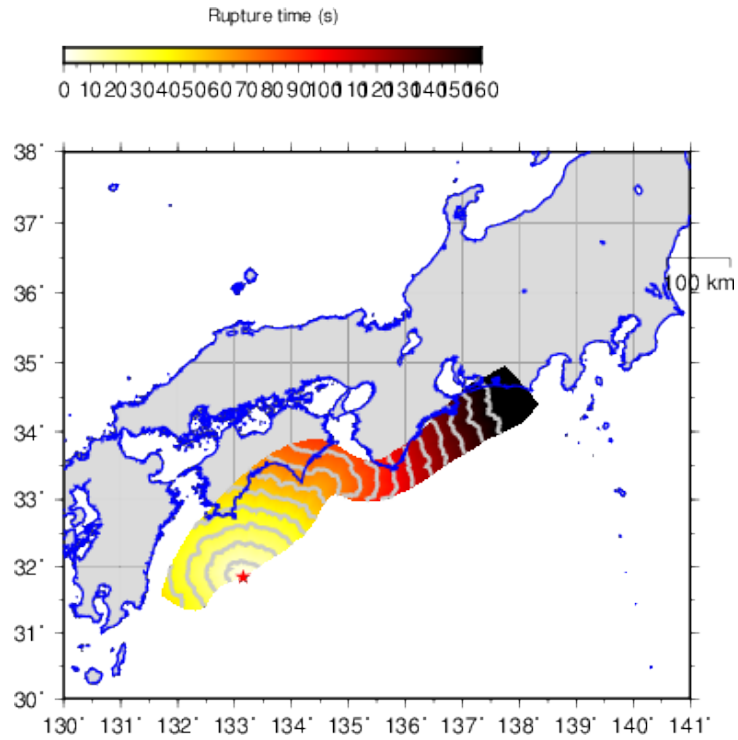


図 3.3-7 不均質性を付与した震源モデルの破壊伝播の例 (⑦)。

表 3.3-2 南海トラフ地震に対して新たな震源域の案。

		Z	A	B	C	D	E	Mw
16	深							
	中							
	浅							
17	深							
	中							
	浅							
18	深							
	中							
	浅							
19	深							
	中							
	浅							

※地震規模 (Mw) は震源域の面積より平均応力降下量を 3.0MPa と仮定して算出

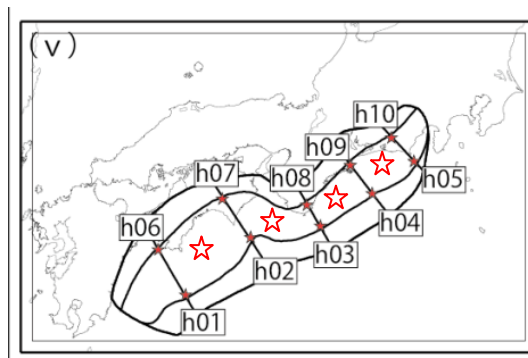


図 3.3-8 南海トラフ地震の震源モデルに対する破壊開始点の追加案 (☆)。

2) 濃尾平野を対象とした浅部・深部統合地盤初期モデルの試作

(1) 既往データの収集と整理

愛知県、三重県、岐阜県においてボーリングデータを収集した。総ボーリング本数は70,009本である。図3.3-9にボーリング分布図を示す。

また、東海層群上面深度や深部地盤構造モデル修正のために反射法地震探査、微動アレイ探査、屈折法地震探査結果のデータを収集した。図3.3-10から図3.3-12に位置図を示す。

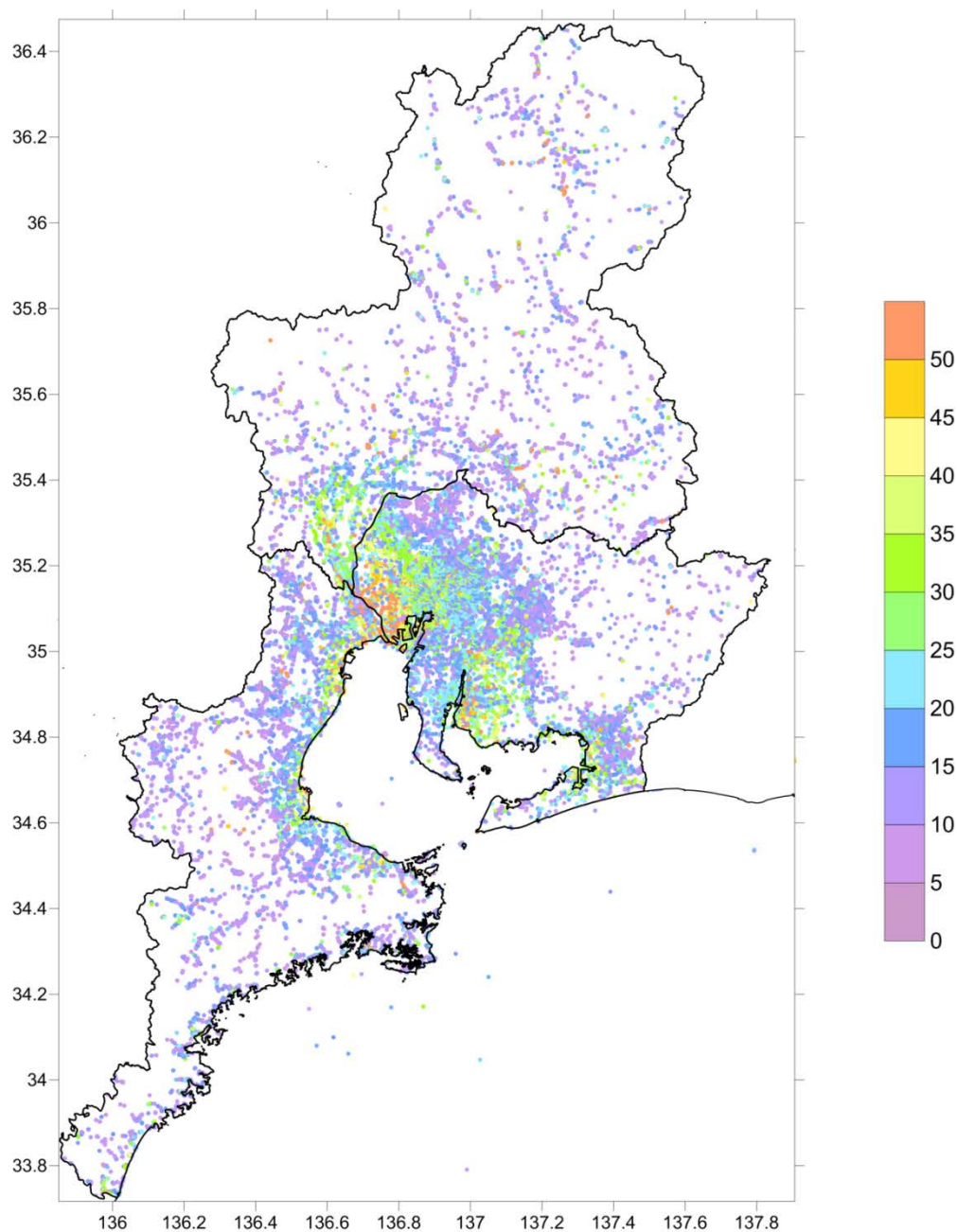


図 3.3-9 ボーリング分布図。

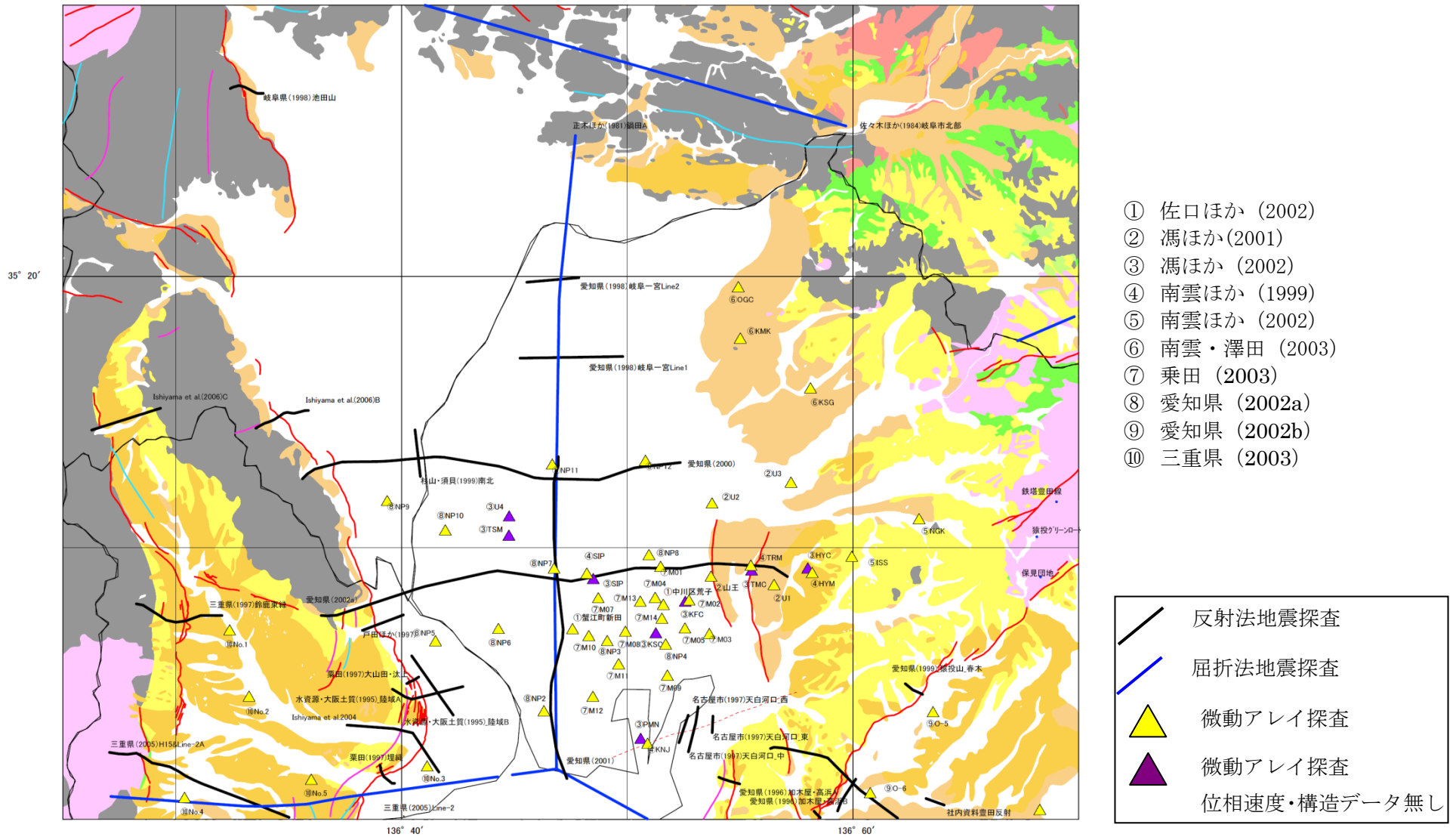


図 3.3-10 伊勢湾および三河湾周辺地域の物理探査データ。

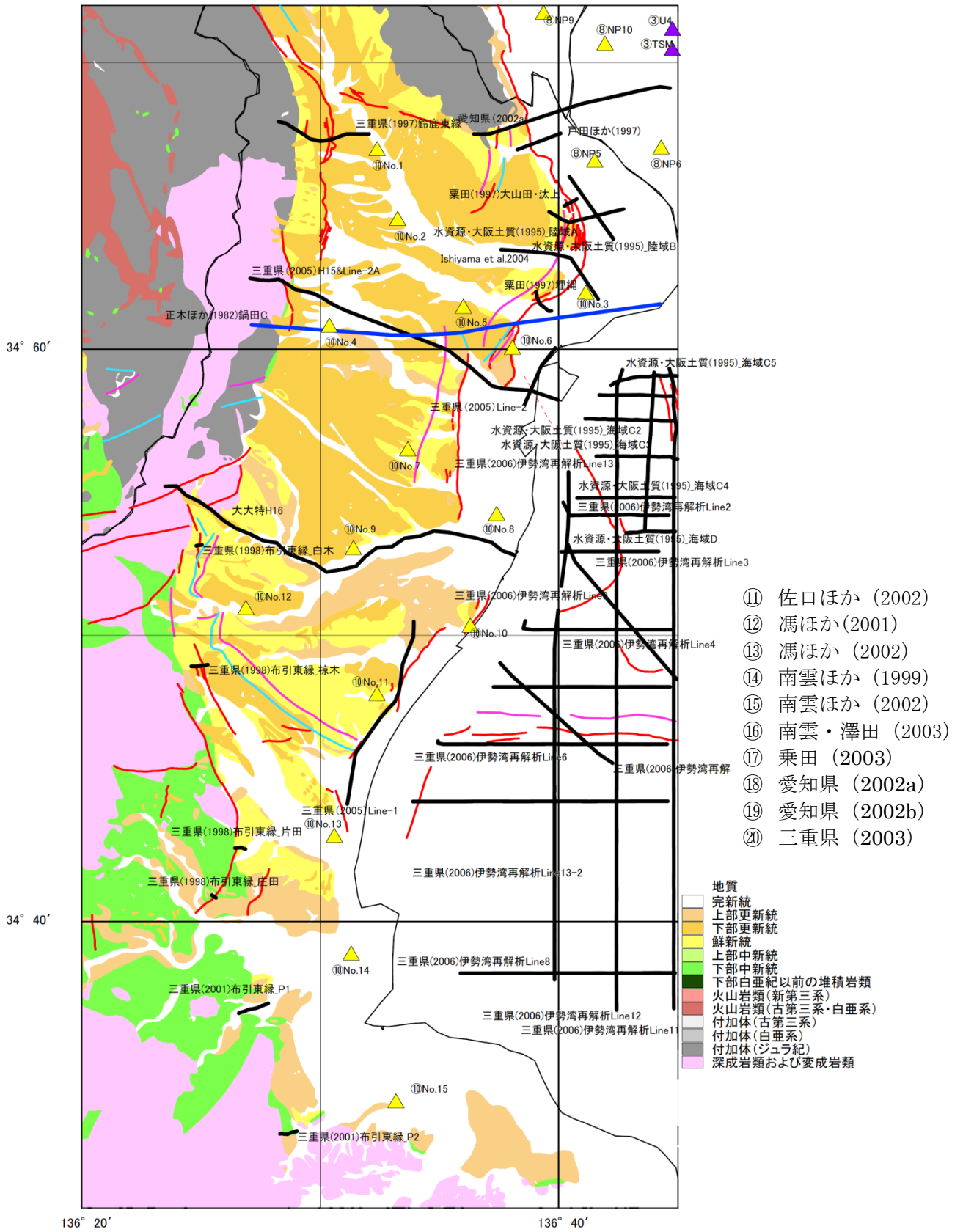
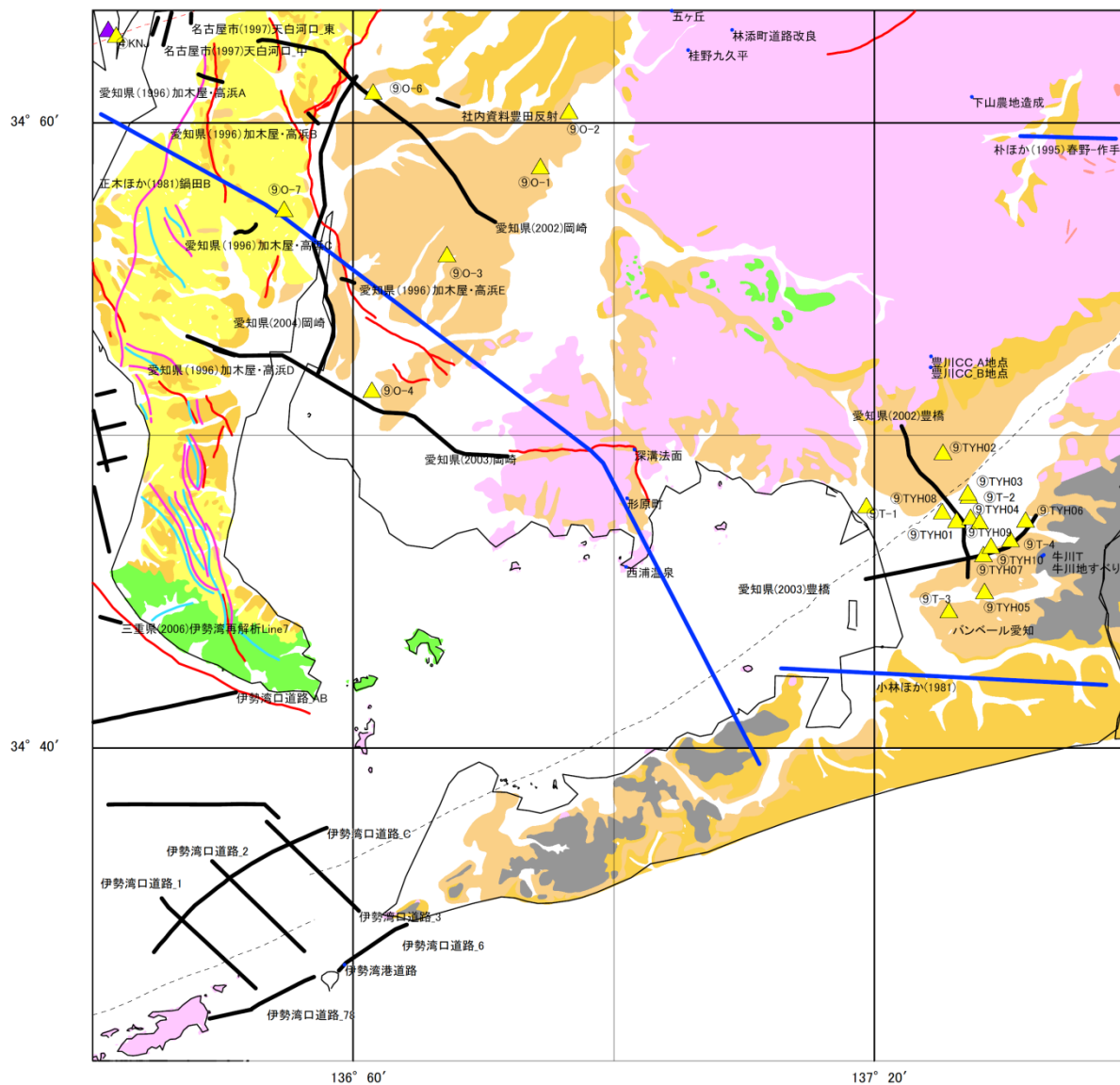


図 3.3-11 伊勢湾および三河湾周辺地域の物理探査データ。



- 21 佐口ほか (2002)
- 22 馮ほか (2001)
- 23 馮ほか (2002)
- 24 南雲ほか (1999)
- 25 南雲ほか (2002)
- 26 南雲・澤田 (2003)
- 27 乗田 (2003)
- 28 愛知県 (2002a)
- 29 愛知県 (2002b)
- 30 三重県 (2003)





	反射法地震探査
	屈折法地震探査
	微動アレイ探査
	微動アレイ探査 位相速度・構造データ無し

図 3.3-12 伊勢湾および三河湾周辺地域の物理探査データ。

(2) 浅部地質構造を考慮した工学的基盤モデルの試作

工学的基盤上面を作成するために、沖積層基底面、D₀層基底面、D₁層基底面、東海層群上面深度を作成した。図3.3-13に沖積層基底面、図3.3-14にD₀層基底面、図3.3-15にD₁層基底面、図3.3-16に東海層群上面深度を示す。各地層のS波速度をPS検層データから整理し、その結果を表3.3-3に示す。赤線で示した地質を結んで工学的基盤とした。

山地・丘陵を構成する地盤では、地表付近の岩盤の風化、応力解放により、表層部のS波速度が深部に比べて小さくなっている。また、一部では、S波速度の小さい堆積層が表層を覆う。このような地盤は、地質的には被覆層ないし岩盤の「風化部」と「新鮮部」として区分することができる。

地質ごとにPS検層データを整理し、N値10未満を強風化部・N値10～50を弱風化部、N値50以上を新鮮部としてN値とS波速度の関係を調べ、各部分のS波速度と層厚を設定した。得られたS波速度と平野で設定した工学的基盤速度を踏まえ、山地・丘陵における工学的基盤の深度を設定した。

風化部の設定は産業技術総合研究所のシームレス地質図を参照し、地質ごとにとりまとめた。PS検層のデータ分布も踏まえ、下記5種類に地質を分類した。

- 更新世の堆積岩類
- 中新世～鮮新世の堆積岩類
- 三波川変成岩類および付加コンプレックス
- 火山岩類
- 花崗岩・変成岩類

図3.3-17から図3.3-25に各層の上面深度分布図を示す。

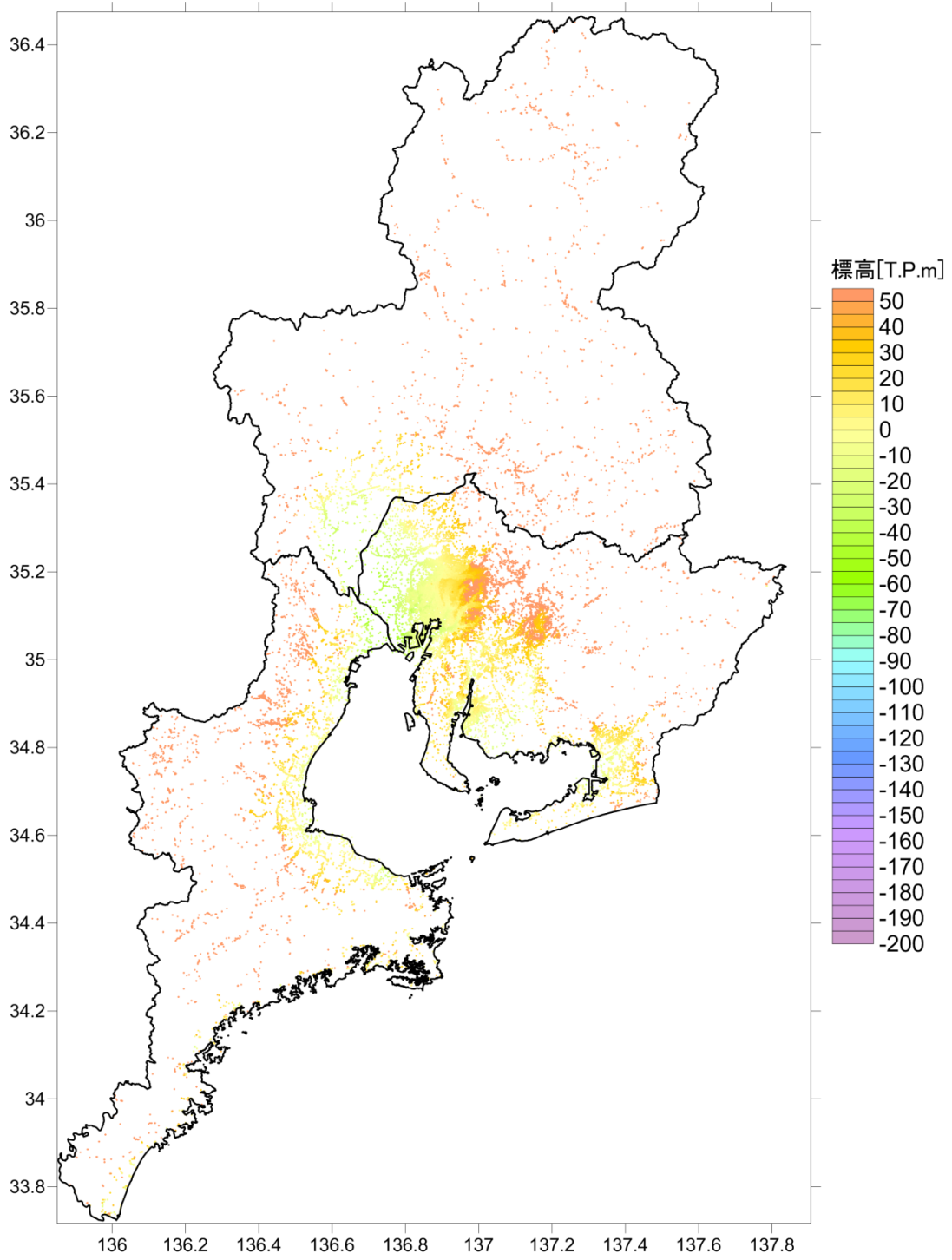


図 3.3-13 ボーリングによる沖積層基底面分布図。

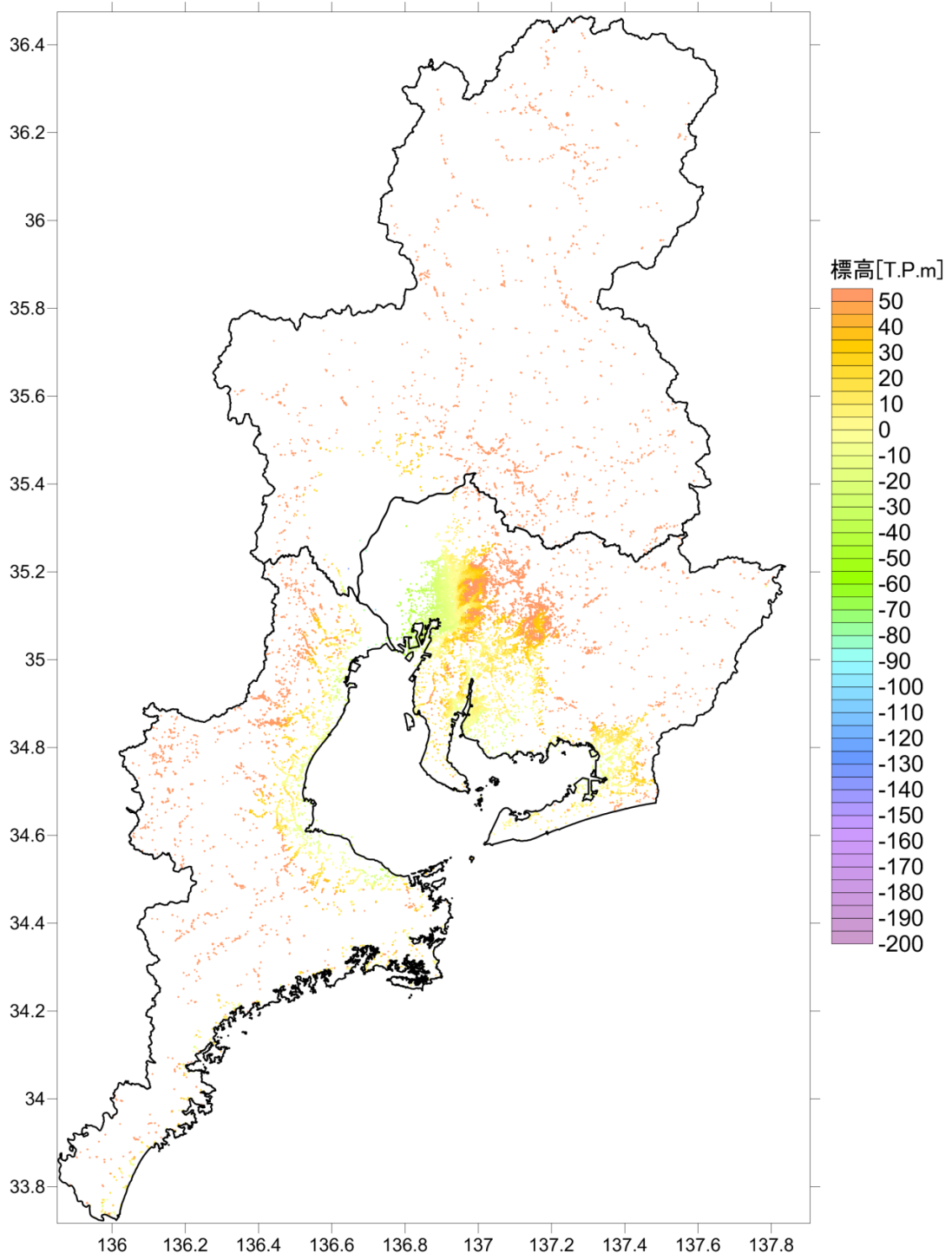


図 3.3-14 ボーリングによる D₀層基底面分布図。

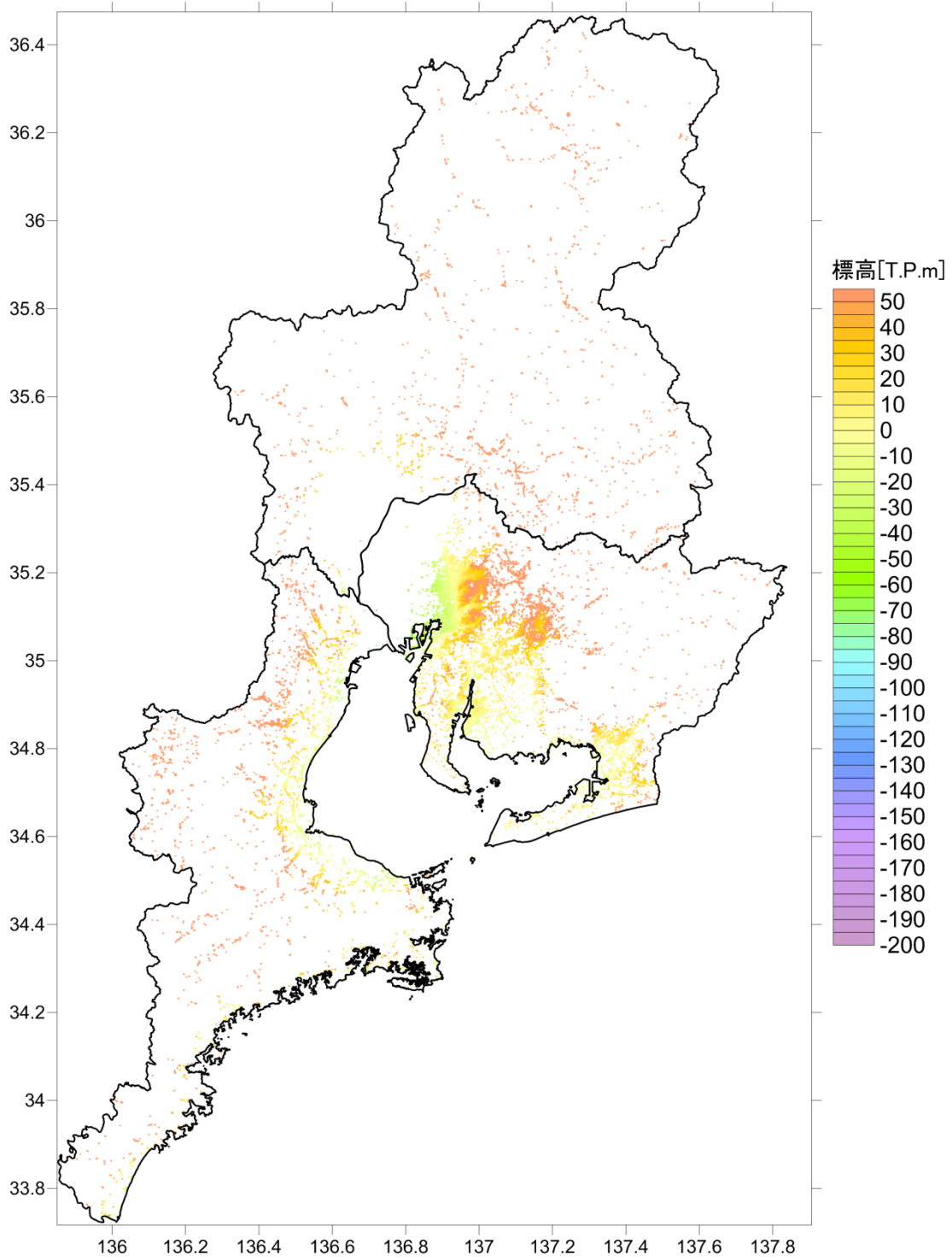


図 3.3-15 ボーリングによる D₁層基底面分布図。

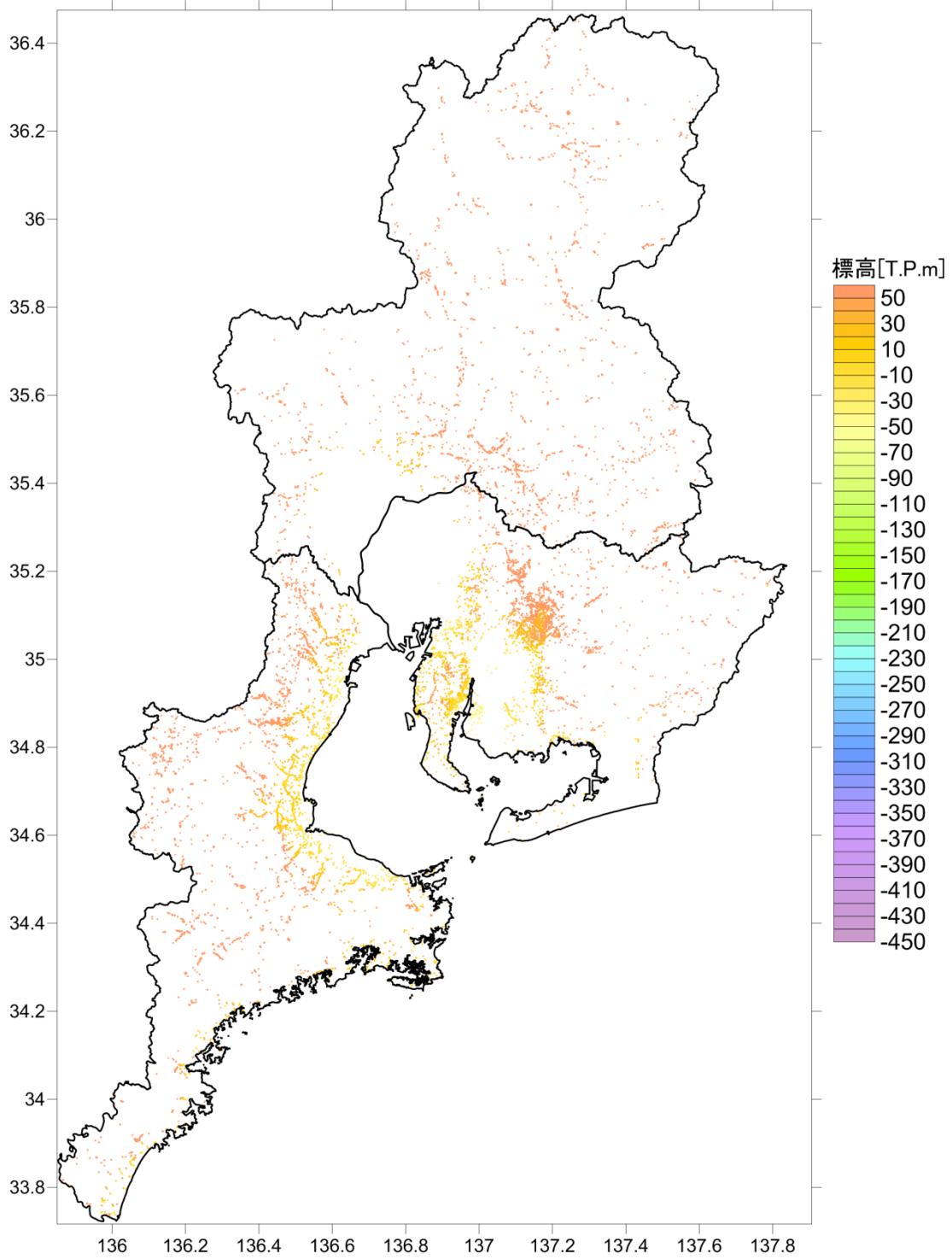


図 3.3-16 ボーリングによる東海層群上面分布図。

表 3.3-3 平野ごとの S 波速度(m/s)。

地質	土質	濃尾平野・伊勢平野				岡崎平野				豊橋平野			
		S波速度 平均値	S波速度 中央値	S波速度 平均値	N値50以上砂 礫のみ平均値	S波速度 平均値	S波速度 中央値	S波速度 平均値	N値50以上砂 礫のみ平均値	S波速度 平均値	S波速度 中央値	S波速度 平均値	N値50以上砂 礫のみ平均値
A	c	153	150	177	279	168	170	182	231	167	160	185	
	s	170	160			177	175			180	180		
	g	208	200			202	170			209	220		
D0	c	253	250	275	322								
	s	260	254										
	g	312	301										
D1	c	269	260	296	309								
	s	290	290										
	g	330	300										
D	c	343	320	384	428	292	290	328	397	333	320	376	463
	s	362	340			307	310			361	350		
	g	447	441			384	370			436	420		
T	c	378	380	416	470	396	400	404	421				
	s	402	400			423	410						
	g	468	450			393	420						

※赤線が工学的基盤を表す

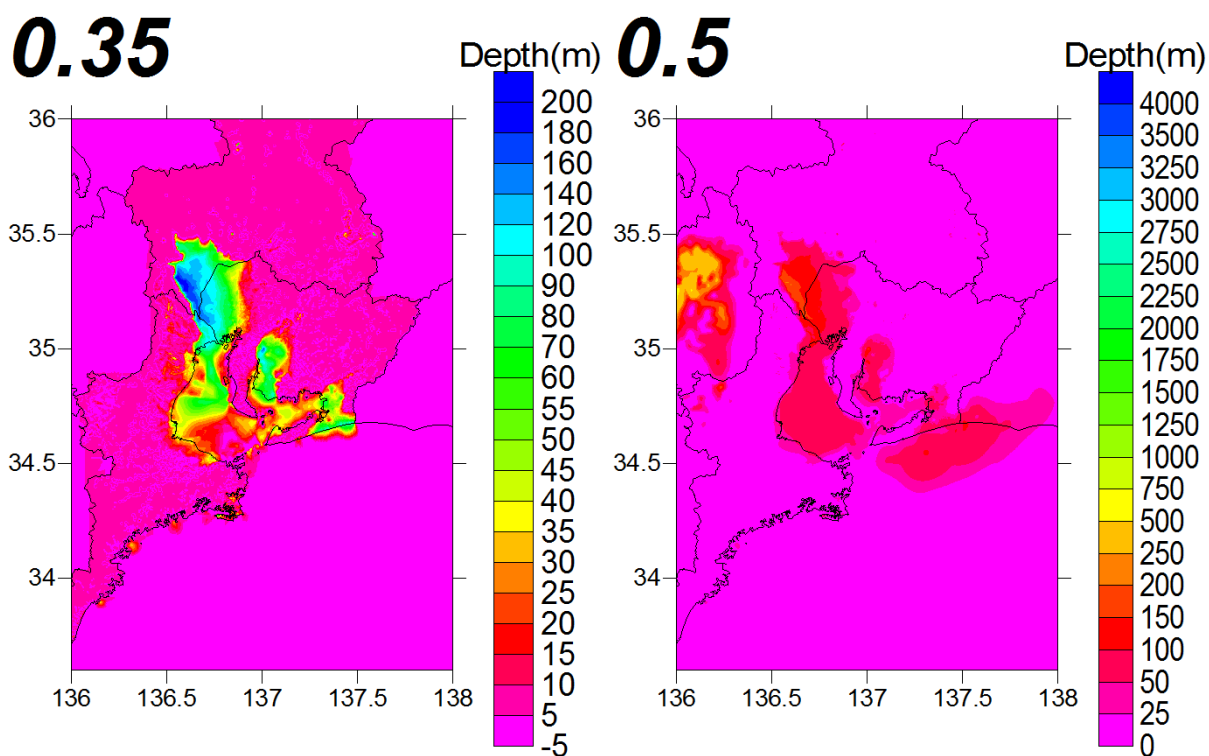


图 3.3-17 (左) S 波速度 0.35 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 0.5 km/s 層上面深度。

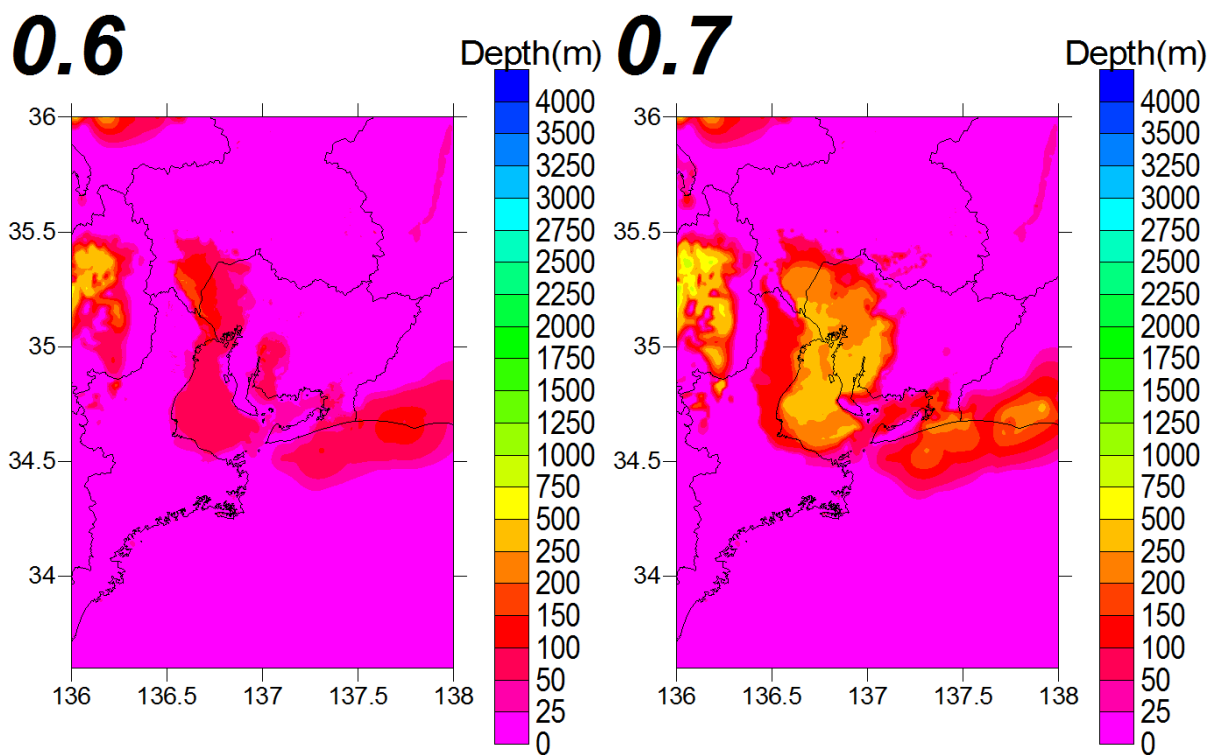


图 3.3-18 (左) S 波速度 0.6 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 0.7km/s 層上面深度。

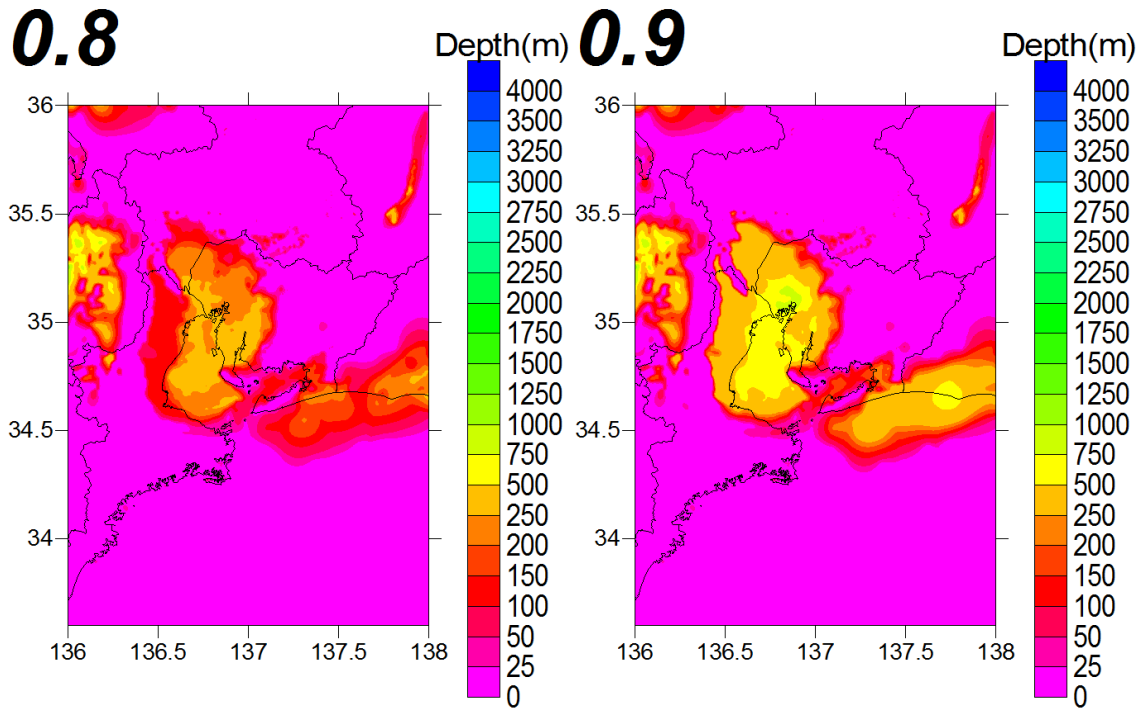


图 3.3-19 (左) S 波速度 0.8 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 0.9km/s 層上面深度。

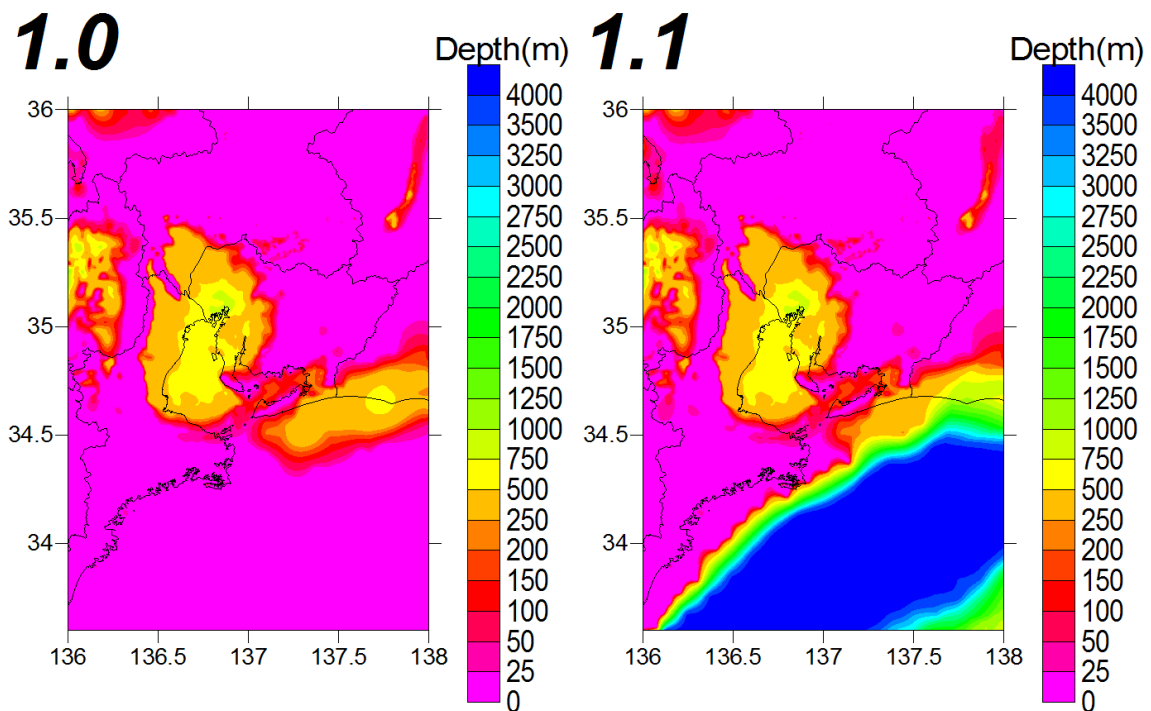


图 3.3-20 (左) S 波速度 1.0 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 1.1km/s 層上面深度。

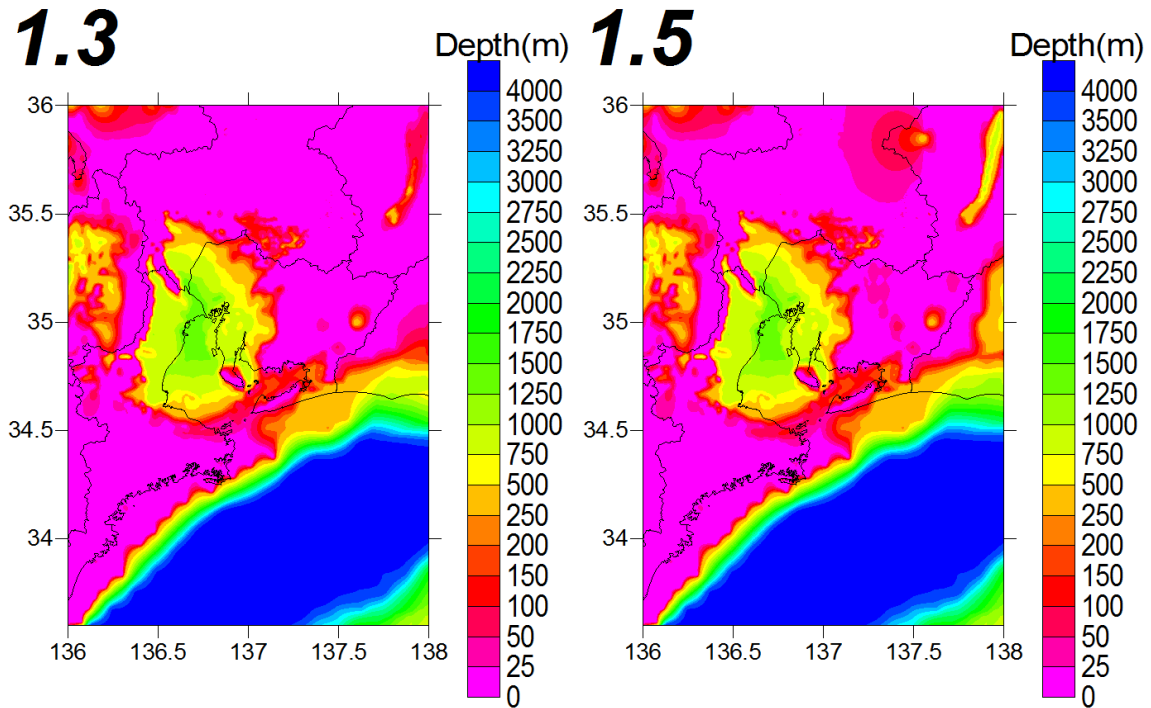


图 3.3-21 (左) S 波速度 1.3 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 1.5km/s 層上面深度。

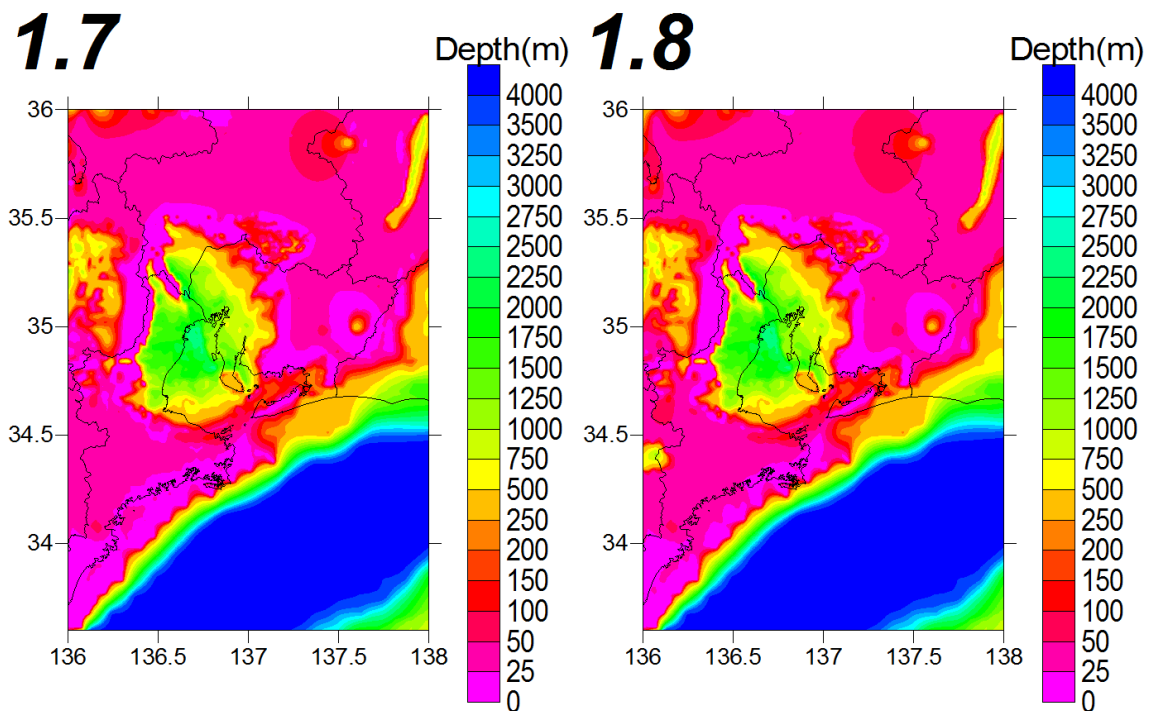


图 3.3-22 (左) S 波速度 1.7 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 1.8km/s 層上面深度。

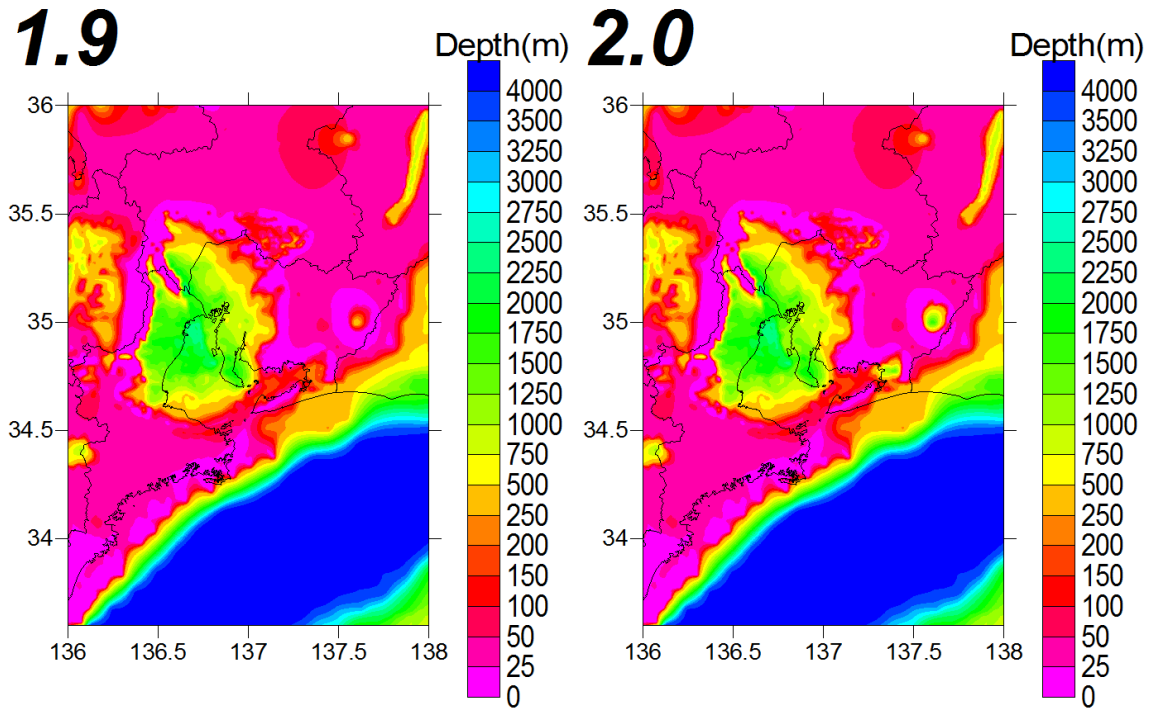


图 3.3-23 (左) S 波速度 1.9 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 2.0km/s 層上面深度。

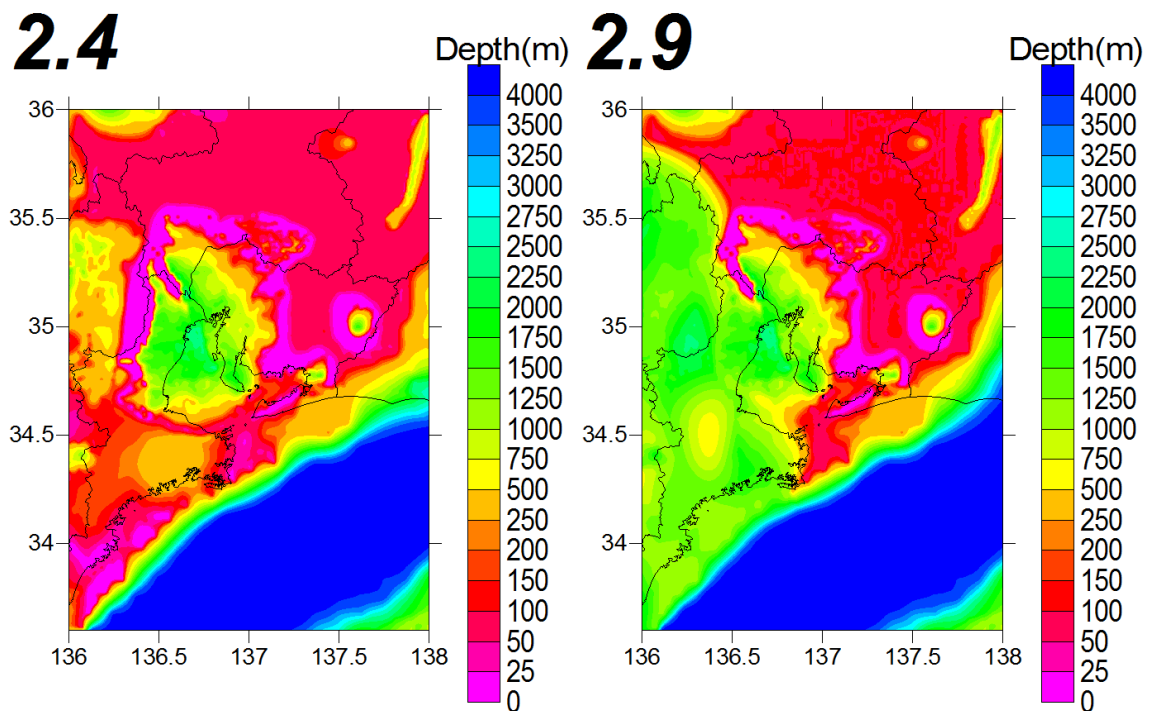


图 3.3-24 (左) S 波速度 2.4 km/s 層上面深度、(右) S 波速度 2.9km/s 層上面深度。

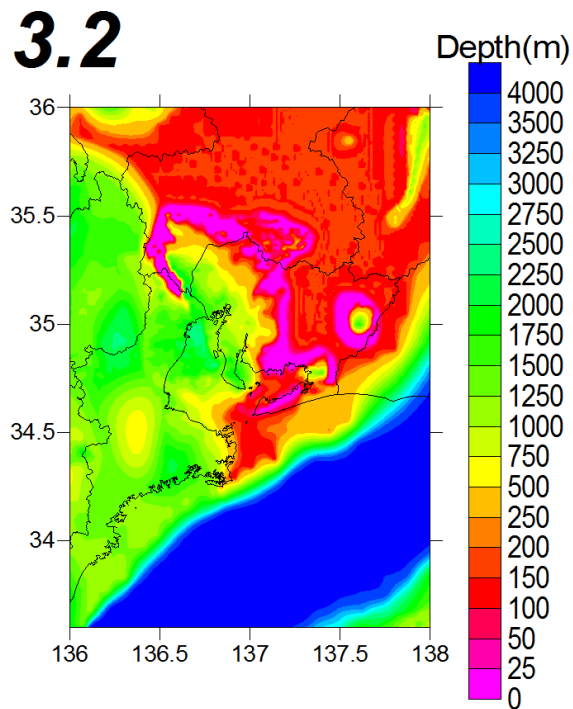


図 3.3-25 S波速度 3.2km/s 層上面深度。

(3) 地下構造モデルとの接合に関する検討

上記で作成した工学的基盤とサブテーマ2 (3.2節) で作成した深部地盤構造モデルを接合させた。このとき、接合部が平野の場合、別々に作成・調整したモデルを段差が生じないよう滑らかになるようにした。本検討では接合するモデルと独立に作成している。このような場合、異なるモデル間で特に平野部で段差が生じうる。モデルの作成および修正にあたっては、接合する隣接地域のモデルを考慮して行う必要がある。このことは、山地・丘陵地で接続する場合には軽減されるものの、風化層の設定方法が地域によって異なる場合は同様の問題が生じることが考えられる。本検討は濃尾平野とその周辺部の接合であったが、将来的に関東地域と東海地域の浅部・深部統合地盤モデルを別々に作成した場合、両者を接合する上で同様の問題が生じうる。

3) 長周期地震動シミュレーションとハザードの試算

上記で作成した破壊伝播の不均質性を付与した震源モデルについて、GMS を用いて長周期地震動シミュレーションを行った。対象周期は 2 秒以上とした。長周期地震動ハザードの試算結果として、地震動シミュレーション結果について、表 3.3-1 に示した①～⑦の震源域ごとに平均した PGV (最大速度) および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) の濃尾平野における工学的基盤上の地震動分布を図 3.3-26～図 3.3-30 に示す。

また、確率論的な長周期地震動地震ハザード評価の試算結果として、愛知県庁および大阪府庁位置における条件付き超過確率分布を図 3.3-31 に示す。2 地点における条件付き超過確率分布は、平成 25 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業においても作成されており、その結果を図 3.3-32 に示す。今回の結果は、それとほぼ同程度がやや大きい。

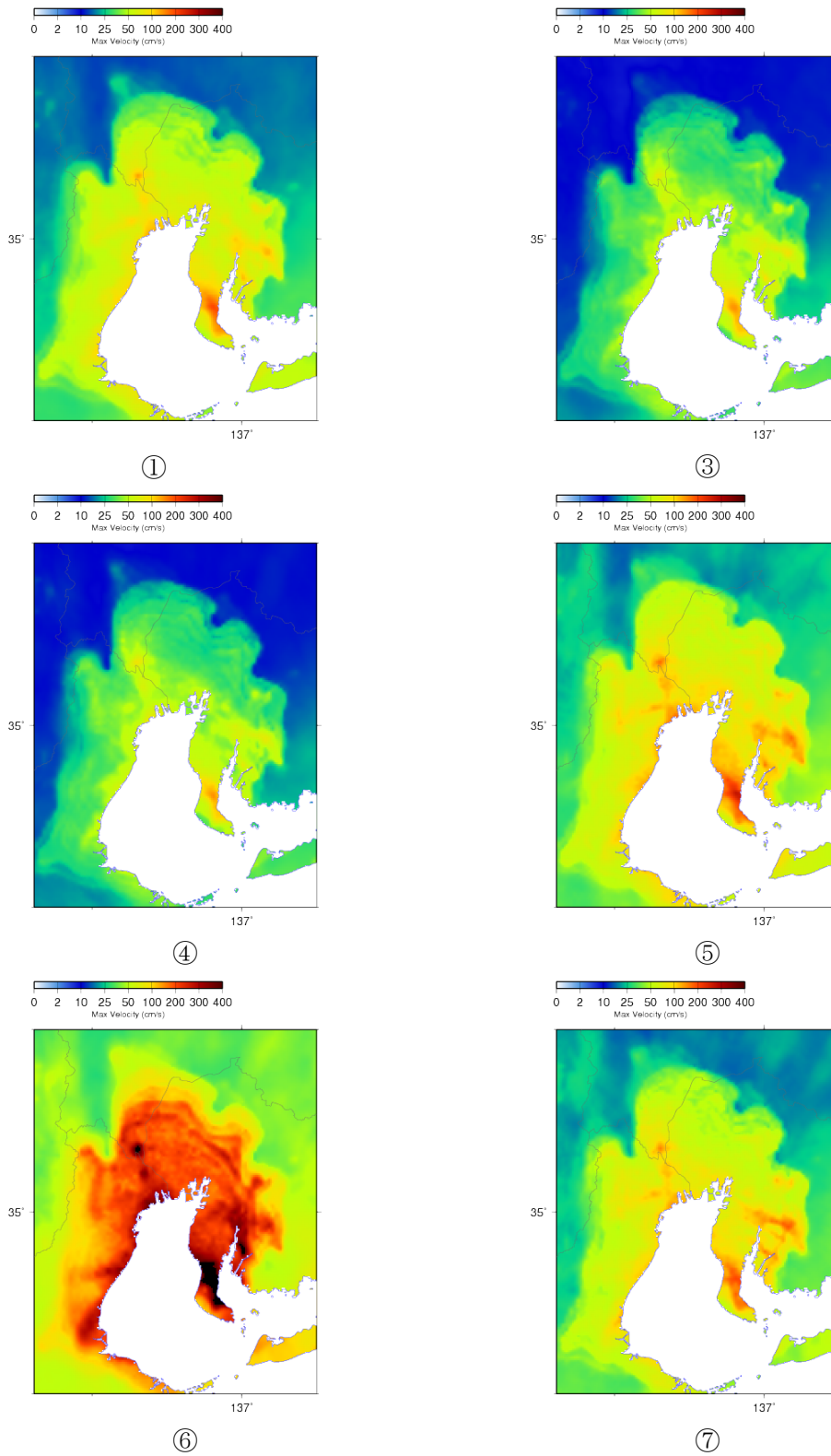


図 3.3-25 震源域ごとの平均の最大速度分布。

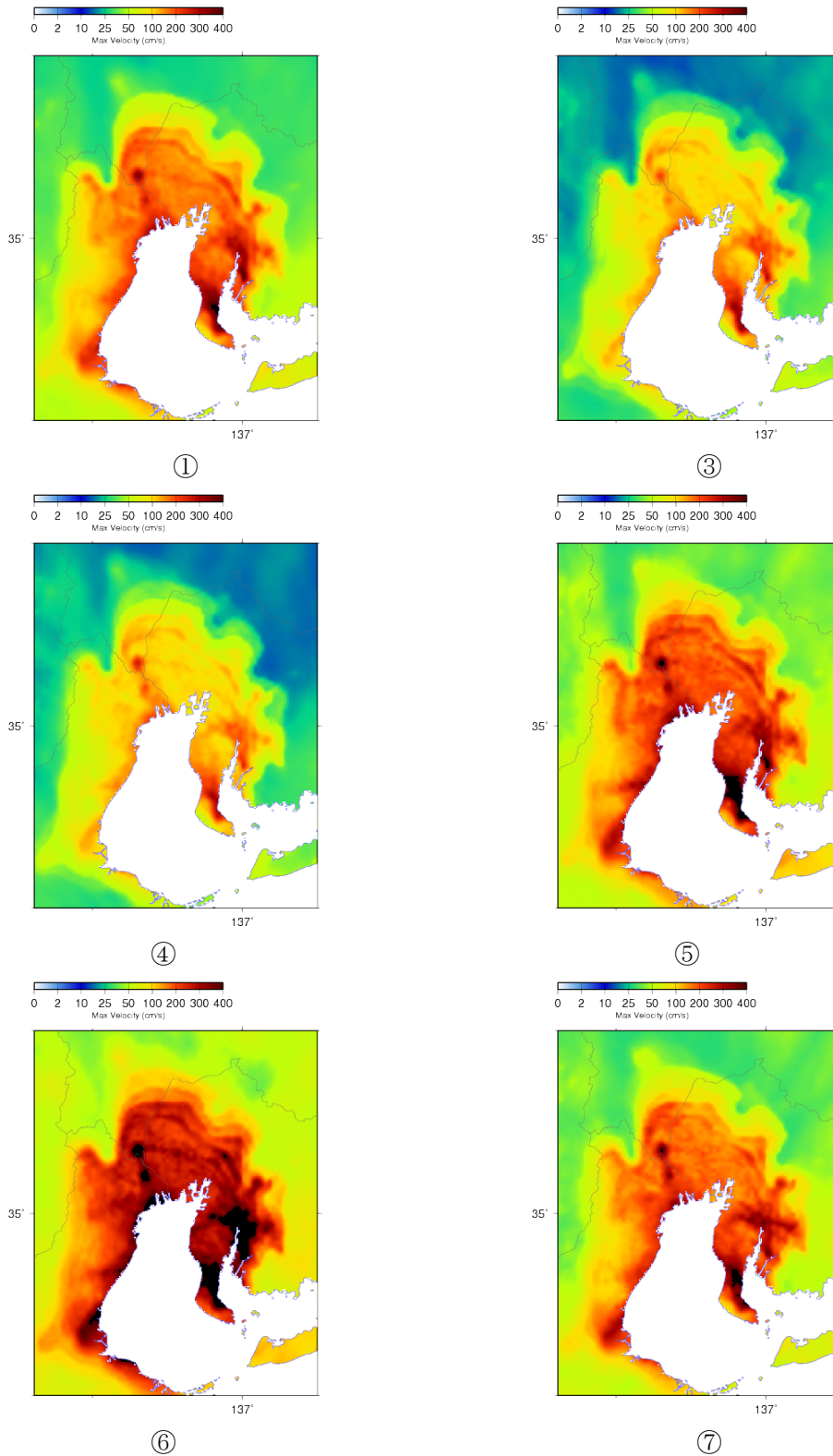


図 3.3-26 震源域ごとの平均の速度応答スペクトル分布（減衰定数 5%、周期 2 秒）。

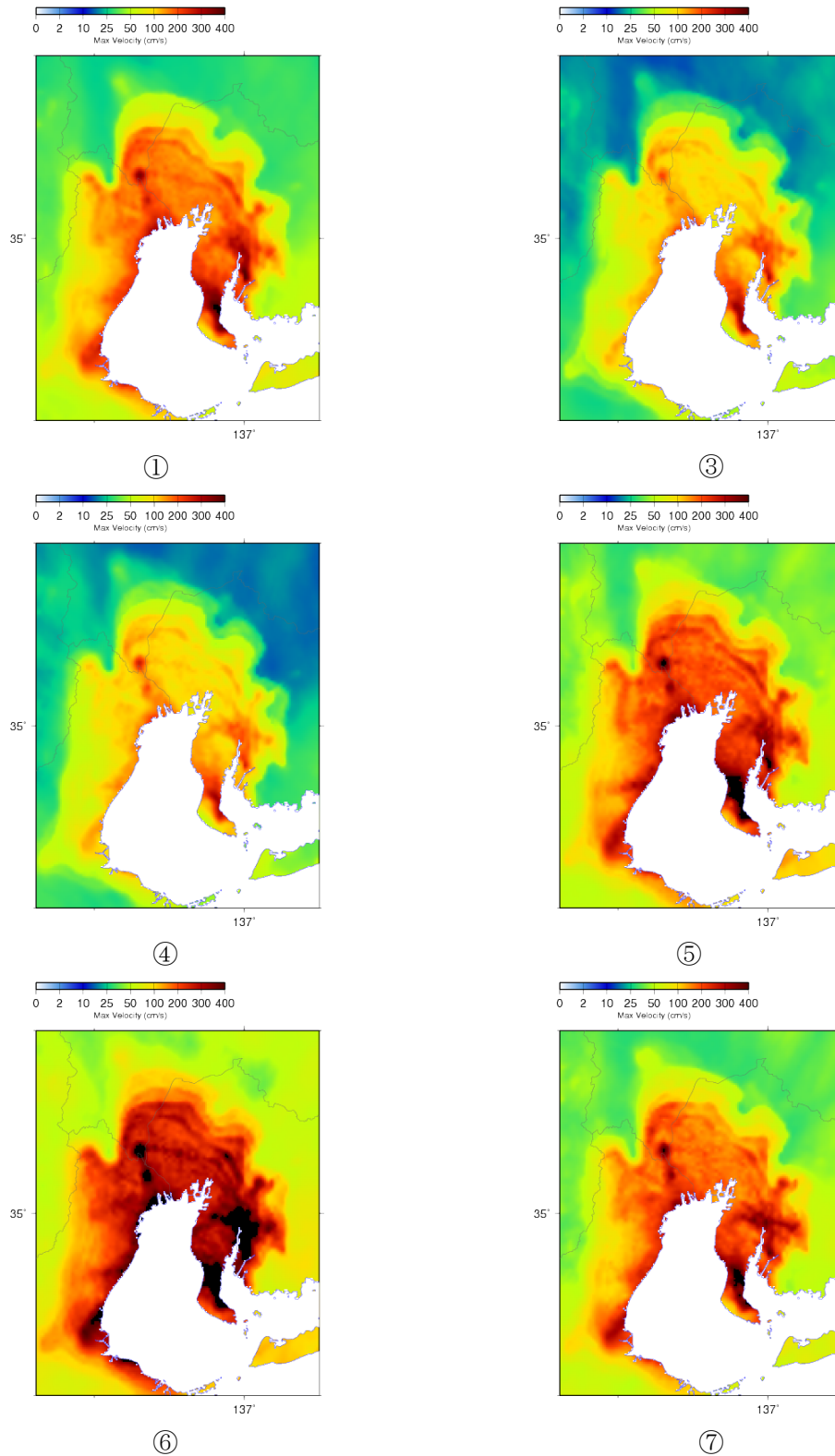


図 3.3-27 震源域ごとの平均の速度応答スペクトル分布（減衰定数 5%、周期 3 秒）。

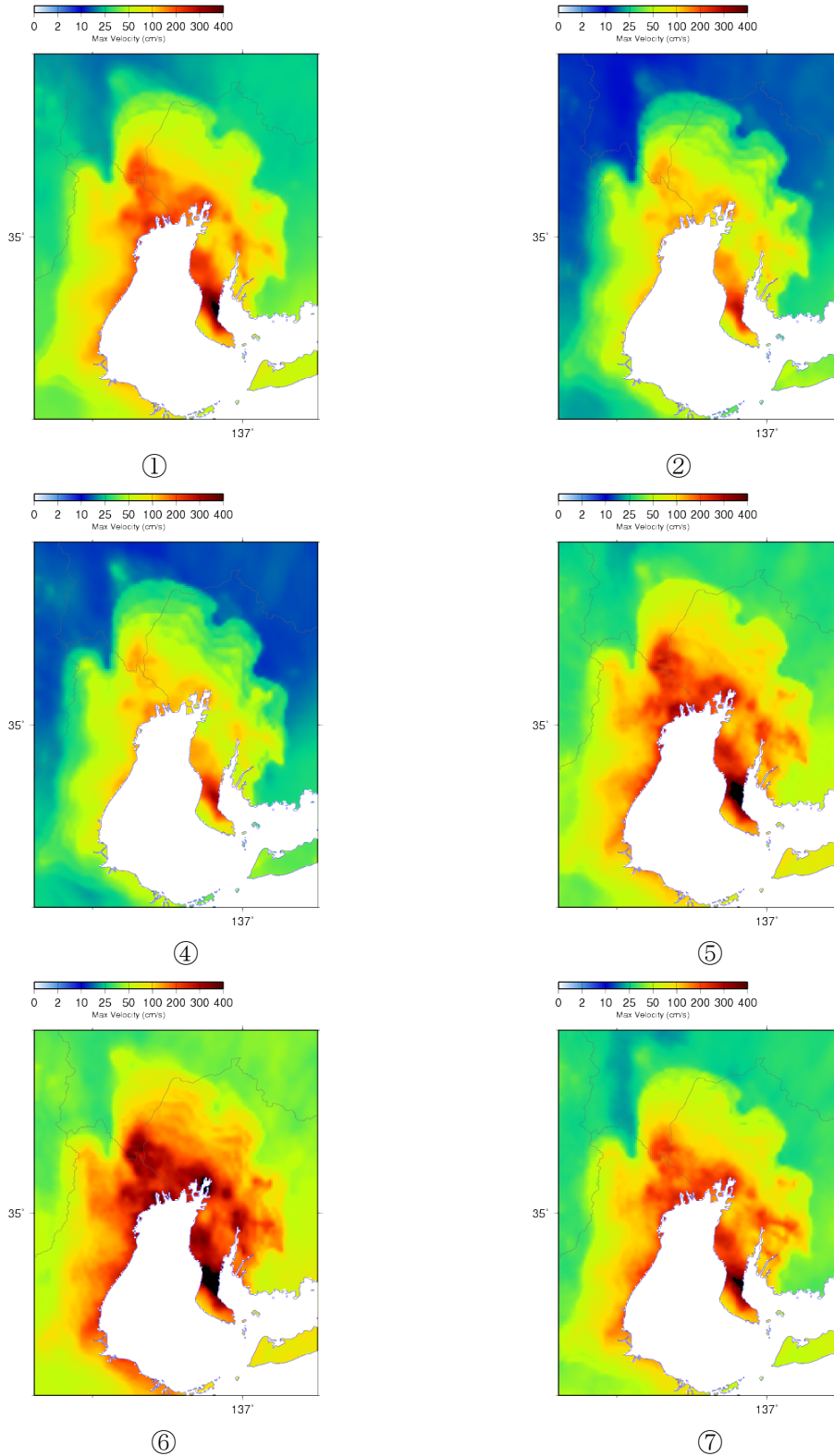


図 3.3-28 震源域ごとの平均の速度応答スペクトル分布（減衰定数 5%、周期 5 秒）。

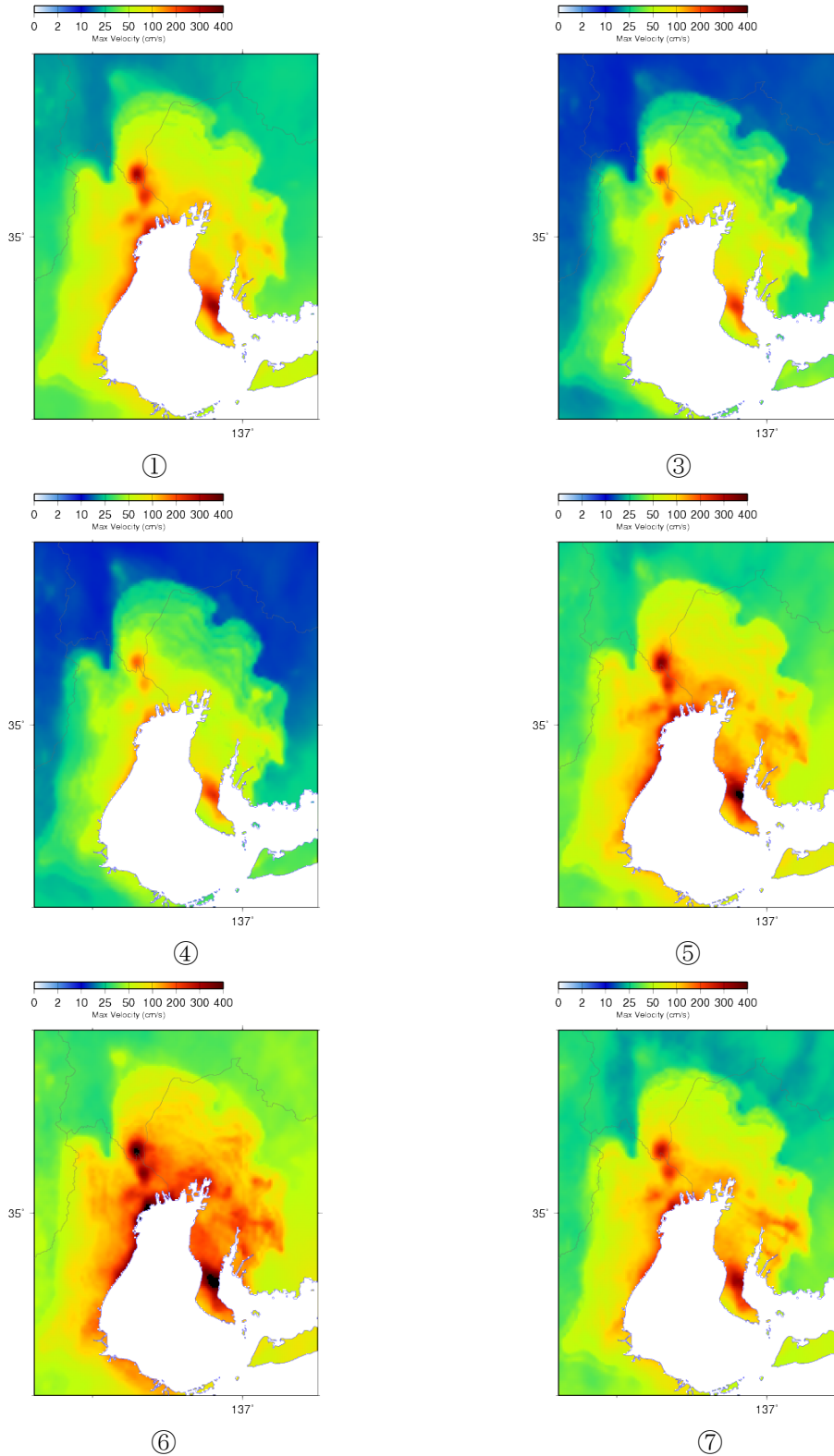


図 3.3-29 震源域ごとの平均の速度応答スペクトル分布（減衰定数 5%、周期 7 秒）。

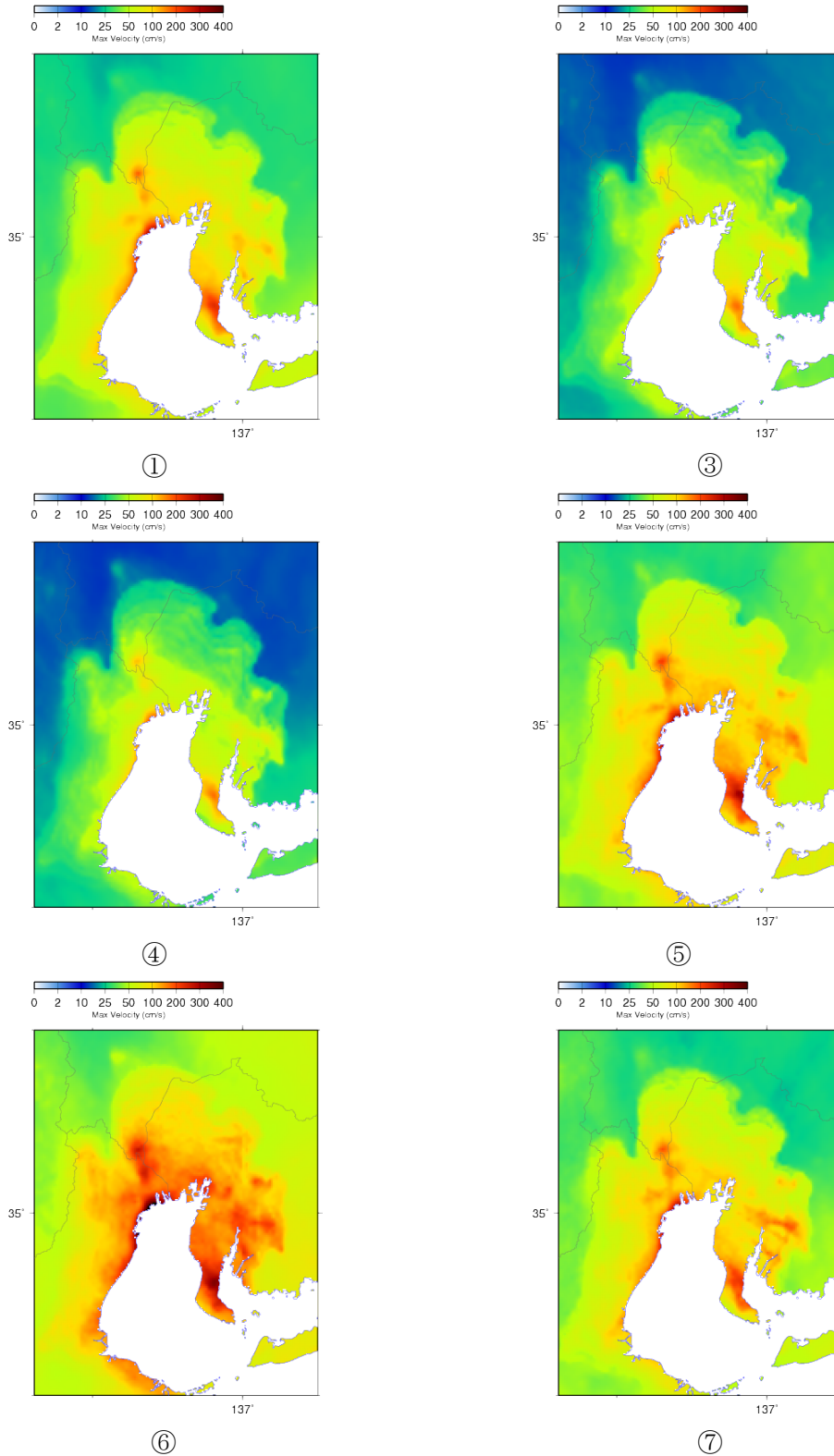
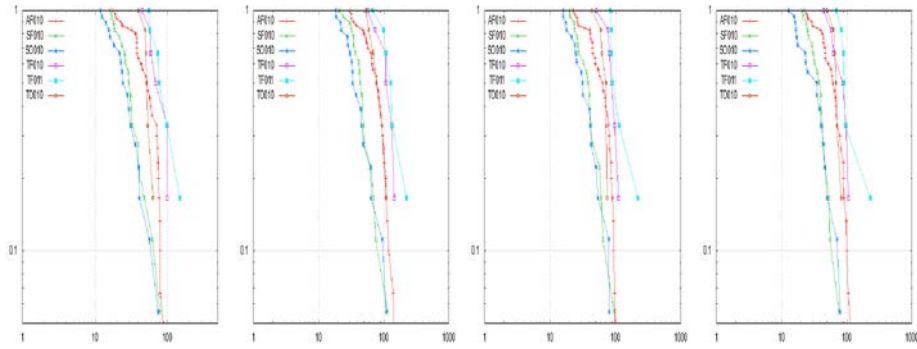


図 3.3-30 震源域ごとの平均の速度応答スペクトル分布（減衰定数 5%、周期 10 秒）。

愛知県庁



大阪府庁

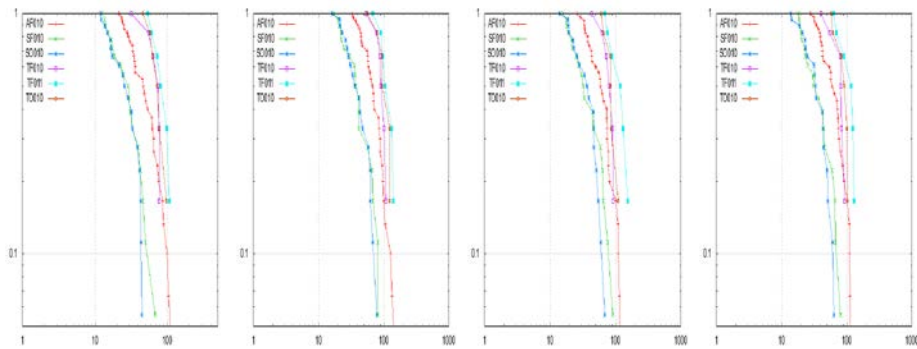


図 3.3-31 破壊不均質を付与した震源モデル群の長周期地震動シミュレーション結果より求められた条件付きハザードカーブ。

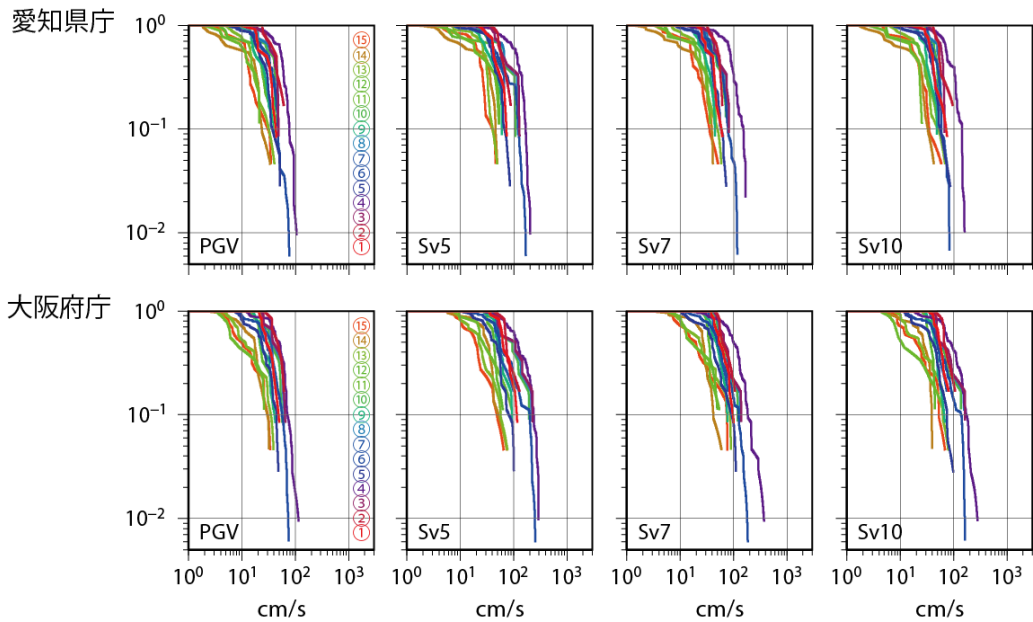


図 3.3-32 「平成 25 年度長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」において求められた条件付きハザードカーブ（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2014 より抜粋）。

(c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフの巨大地震（M8クラス以上）を対象として、長周期地震動評価2016年試作版で導入された破壊伝播速度、すべり量、すべり角の不均質性を付与した震源モデルを作成した。また、平成25年度事業で検討した震源域及び破壊開始点に対して、長期評価で例示されていない震源域や相模トラフ巨大地震の長周期地震動ハザード評価における設定を考慮した震源モデルの追加を試みた。

濃尾平野を対象とした浅部・深部統合地盤初期モデルの試作では、ボーリングデータや反射法地震探査、微動アレイ探査などを収集し、浅部地質構造を考慮した工学的基盤モデルの試作を行った。工学的基盤と深部地盤構造モデルを接合することにより両者を統合したモデルを作成した。試作した地下構造モデルに関する確認として、差分法により2004年7月4日紀伊半島沖の地震の前震のシミュレーションを実施した。後続位相の振幅がやや過大評価であることが確認され、付加体や観測点周辺の地下構造モデルの修正の必要性が確認された。ただし、同時に震源の破壊過程や震源深さの検討も必要であると考えられる。また、別途モデル化がなされている関東地域や九州東部とのモデルとは山地で接続することである程度不連続性を回避することが可能であるものの、山地部の風化層の設定が地域によって異なる場合があり、この点に配慮する必要がある。

破壊伝播不均質性を付与した震源モデルに対して長周期地震動シミュレーションを行った結果、周期2秒程度まで計算を実施できた。一方、平成25年度に実施したシミュレーション結果と比べると、周期5秒以上地震動については同程度かやや大きくなっている。

(d) 引用文献

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所（2014）：平成25年度長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業成果報告書。

関口春子・吉見雅行（2006）：広帯域地震動予測のための海溝型巨大地震アスペリティモデルのマルチスケール不均質化，月刊地球／号外 No. 55，103-109.

3.4. 相模トラフ（マグニチュード7級）等を対象とした長周期地震動ハザード評価の基礎調査等

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

相模トラフ（マグニチュード7級）等を対象とした長周期地震動ハザード評価の基礎調査等

(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	契約研究員	岩城 麻子

(c) 事業の目的

関東地域における長周期地震動の評価の優先度を決定するため、マグニチュード7級のスラブ内地震や長大な活断層による長周期地震動の評価に関する基礎調査を行う。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

国内のスラブ内地震による強震動記録及び既往研究等における震源インバージョン解析・フォワード解析による国内外のスラブ内地震の震源モデルの収集

- ・アスペリティや強震動生成域の大きさ、すべり量、加速度震源スペクトルの短周期レベル等のパラメータの整理と既往の経験的關係式との比較
- ・上記成果を踏まえた関東地域を対象としたマグニチュード7級のスラブ内地震の長周期地震動シミュレーション
- ・関東地域及びその周辺における活断層の複数の活動区間が同時に活動する地震について、破壊開始点位置等の不確かさを考慮した複数の震源モデルを作成と首都圏の浅部・深部統合地盤モデルに基づく地下構造モデルを用いて長周期地震動シミュレーション
- ・国府津－松田断層帯のモデル化手法の検討

を実施し、マグニチュード7級のスラブ内地震及び長大な活断層の地震による関東平野内の長周期地震動のレベルを示した。

(b) 事業の成果

1) 相模トラフ沿いのマグニチュード7級のスラブ内地震に関する検討

スラブ内地震を対象とした強震動予測のための震源モデルの設定方法が、地震調査委員会の強震動予測手法（「レシピ」）に2016年に追加されたが、主として短周期地震動を対象

としたモデル化手法となっている。そのため、本検討でははじめに、スラブ内地震を対象とした長周期地震動を評価するための震源モデルに関する検討を行った。

(1) 震源モデルの調査

本項では、スラブ内地震のアスペリティの面積（強震動生成域の面積）の特性について調べるために、震源位置、地震規模（モーメントマグニチュード、地震モーメント）、アスペリティの面積などの項目を調査した。

震源モデルの収集対象の地震リストと、断層モデルの数を表 3.4-1 に示す。なお、壇・他 (2006)、笹谷・他 (2006)、Iwata and Asano (2011)の対象地震の一部に震源モデルがない場合も含まれているため、3つの文献以外の地震も追加して、16地震を対象に、計 27 個の震源モデル（1地震に複数の震源モデルがある場合を含む）を調査した。

(2) アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査と分析

本項では、スラブ内地震のアスペリティの面積（強震動生成域の面積）の特性について調べるために、震源位置、地震規模（モーメントマグニチュード、地震モーメント）、アスペリティの面積や強震動生成域の面積などの項目を調査した。

調査対象とした地震の震央とメカニズム解を図 3.4-1 に示し、断層パラメータの調査結果を表 3.4-2 に示す。

表 3.4-2 では、アスペリティと強震動生成域のそれぞれの項目について整理を行っているが、スラブ内地震においてアスペリティの面積と強震動生成域の面積の関係について調べた結果を図 3.4-2 と図 3.4-3 に示す。

図 4.3-2 では、2011 年宮城県沖地震の震源モデルにおける原田・釜江 (2011) によるアスペリティと、Harada et al. (2012) による強震動生成領域 S_{SMGA} を比較しているが、両者は全く同じであることがわかる。

図 4.3-3 は、染井・他 (2012) による、2011 年宮城県沖地震の強震波形インバージョン結果から得られたアスペリティの位置と、染井・他 (2012) による経験的グリーン関数法から得られた強震動生成域 (SMGA) の位置を比較している図である。染井・他 (2012) では、観測記録の主要動に影響を与える SMGA1 と SMGA2 の空間位置は、Asp.1、Asp.2 と概ね一致しており、SMGA3 は強震波形の主要動部分ではなく、後続動部分を説明しているため、2011 年宮城県沖地震ではアスペリティ領域（強震動生成域）によって広帯域強震動が生成されたとしている。

以上より、スラブ内地震においては、アスペリティと強震動生成域が同じであることが示唆されているため、本検討ではスラブ内地震のアスペリティの面積と強震動生成域の面積を同じだと考えて分析を行った。

表 3.4-1 震源モデルの収集対象の地震リスト。

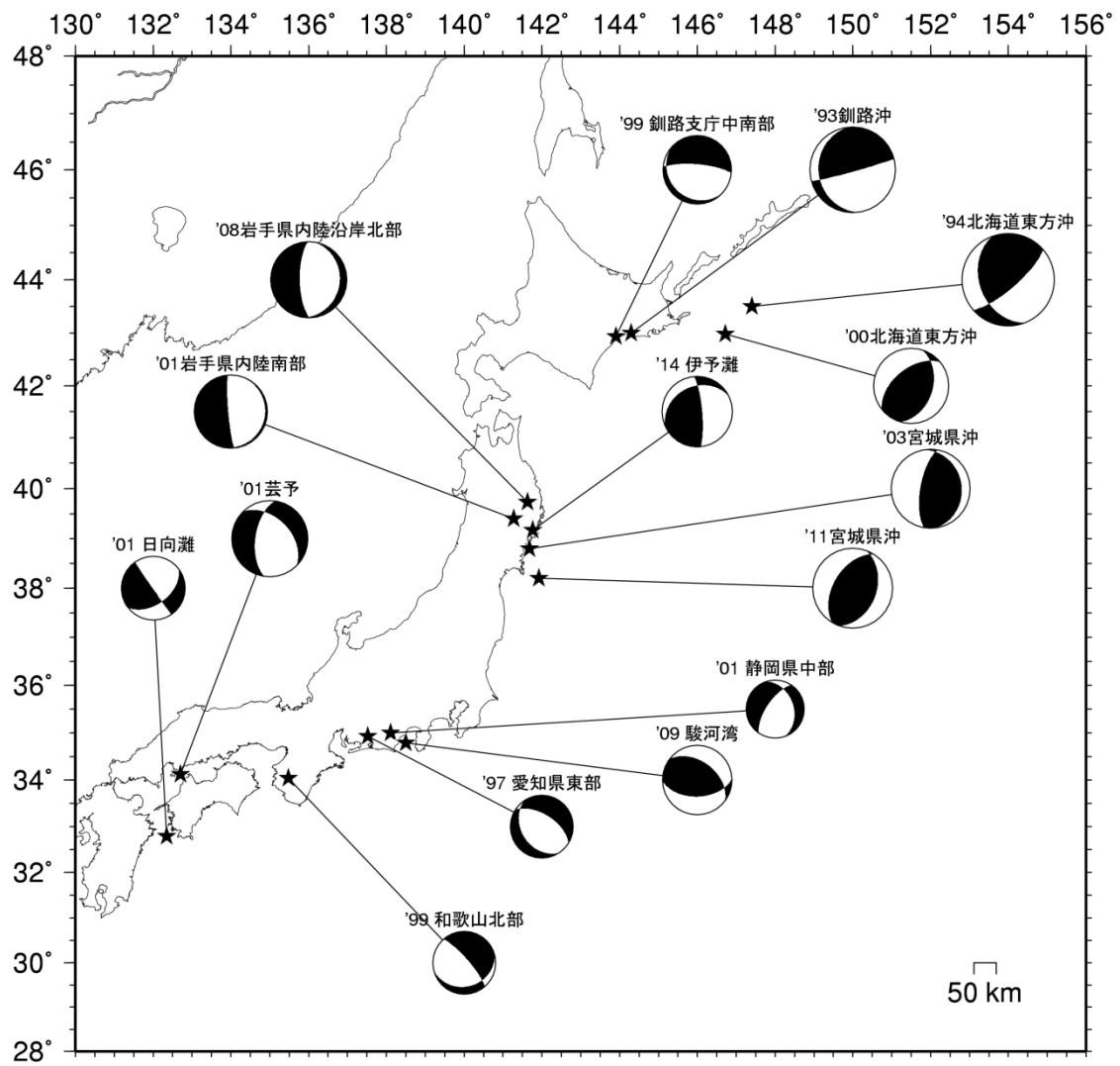
地震番号	壇・他(2006)	笹谷・他(2006)	Iwata and Asano (2011)	そのほか	震源モデルの数	参考文献
1	1994年北海道東方沖地震 (Mj 8.2)	1994年北海道東方沖地震 (Mj 8.2)	1994年北海道東方沖地震 (Mj 8.2)		1	Morikawa and Sasatani(2004)
2	2001年芸予地震 (Mj 6.7)	2001年芸予地震 (Mj 6.7)	2001年芸予地震 (Mj 6.7)		1	Aasano <i>et al.</i> (2004)
3	2003年宮城県沖地震 (Mj 7.1)	2003年宮城県沖地震 (Mj 7.1)	2003年宮城県沖地震 (Mj 7.1)		4	浅野・他 (2004) 青井・他(2003) 八木(2003) Aoi <i>et al.</i> (2005)
4	1993年釧路沖地震 (Mj 7.5)	1993年釧路沖地震 (Mj 7.5)			1	Morikawa and Sasatani(2004)
5		1997年愛知県東部地震 (Mj 5.9)			-	
6		1999年釧路支庁中南部地震 (Mj 6.4)			-	
7		1999年和歌山北部地震 (Mj 5.6)			-	
8		2000年北海道東方沖地震 (Mj 7.0)			-	
9		2001年静岡県中部 (Mj 5.3)			1	森川・笹谷(2002)
10		2001年日向灘地震 (Mj 5.8)			-	
11		2001年岩手県内陸南部地震 (Mj 6.4)			-	
12			2008年岩手県沿岸北部地震 (Mj 6.8)		2	Iwata and Asano (2011) Suzuki <i>et al.</i> (2009)
13			1949年Olympia地震 (Mw 6.8)		1	Ichinose <i>et al.</i> (2006)
14			1965年Seattle-Tacma地震 (Mw 6.6)		1	Ichinose <i>et al.</i> (2004)
15			1997年Michoacan地震 (Mw 7.1)		1	Santoyo <i>et al.</i> (2005)
16			1999年Oaxaca地震 (Mw 7.4)		1	Hernandez <i>et al.</i> (2001)
17			2001年EL Salvador地震 (Mw 7.7)		-	-
18			2001年Nisqually地震 (Mw 6.8)		1	Ichinose <i>et al.</i> (2004)
19			2005年Tarapaca地震 (Mw 7.8)		1	Delouis and Legrand (2007)
20				2009年駿河湾の地震 (Mj 6.5)	4	佐藤(2010) 浅野・岩田(2010) 川辺・他(2010) 倉橋・他(2009)
21				2011年宮城県沖地震 (Mj 7.2)	5	芝・野口(2012) 原田・釜江(2011) Harada <i>et al.</i> (2012) 染井・他(2012a) 染井・他(2012b)
22				2014年伊予灘地震 (Mj 6.2)	1	池田・他(2014)
23				1855年安政江戸地震 (Mj 7.1)	1	佐藤(2016)
					total	
					27	

図 3.4-4 に表 3.4-2 に示したスラブ内地震の地震モーメント M_0 とアスペリティ（強震動生成域）の面積 S_a との関係を示す。図中、白丸印は国内のスラブ内地震、黒丸印は海外のスラブ内地震である。また、赤線は (3.4-1) 式で表される笹谷・他（2006）によるスラブ内地震の地震モーメント M_0 とアスペリティの面積 $S_{sasatani}$ との経験的關係式で、黒線は (3.4-2) 式で表される Somerville *et al.*(1999)による内陸地震の地震モーメント M_0 とアスペリティの面積 $S_{somerville}$ との経験的關係式である。

$$S_{sasatani}[\text{km}^2]=1.25 \times 10^{-16} \times (M_0 [\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{2/3} \quad (3.4-1)$$

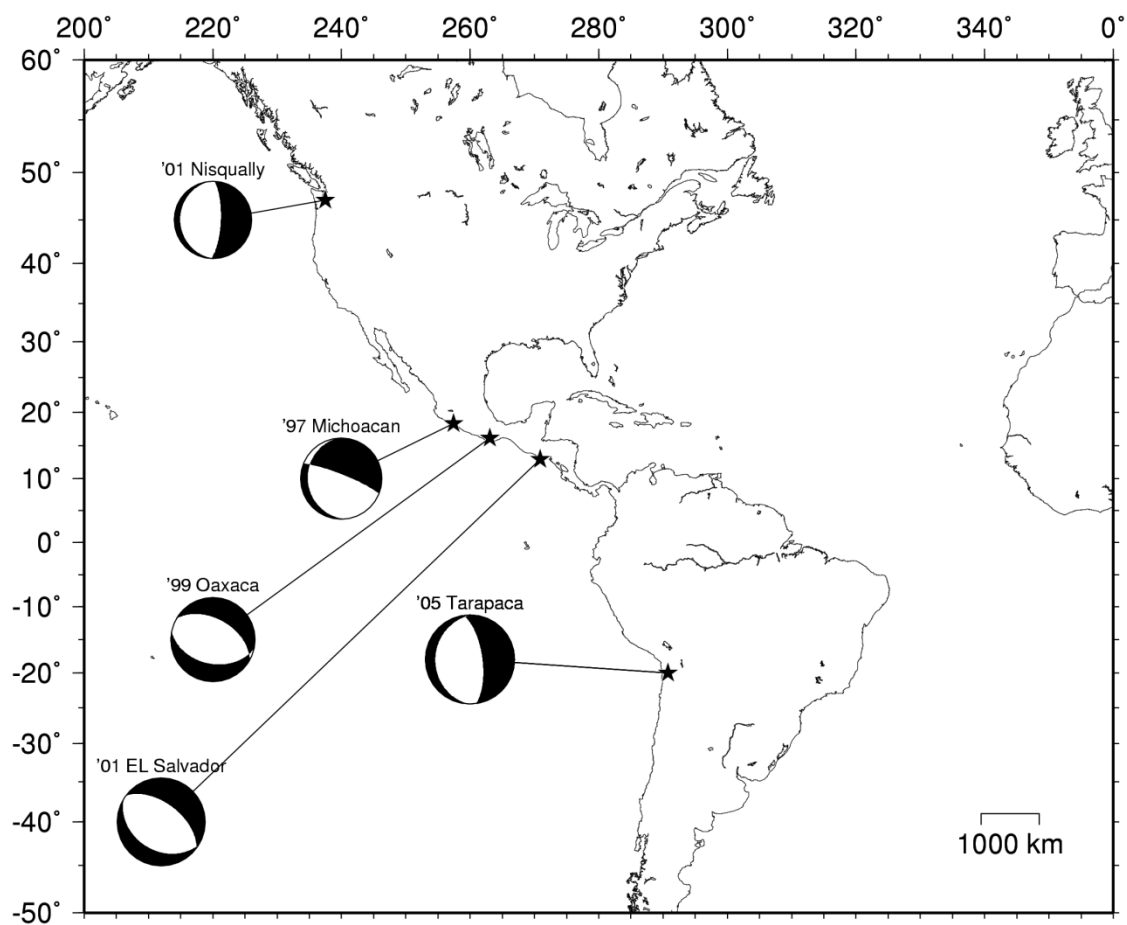
$$S_{somerville}[\text{km}^2]=5.00 \times 10^{-16} \times (M_0 [\text{N} \cdot \text{m}] \times 10^7)^{2/3} \quad (3.4-2)$$

図より、国内のスラブ内地震および海外のスラブ内地震ともに、地震モーメントとアスペリティの面積（強震動生成域の面積）との関係が、笹谷・他（2006）によるスラブ内地震の地震モーメントとアスペリティの面積との経験的關係式にほぼのっていることがわかる。



a) 国内の地震

図 3.4-1 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震の震央位置（星印）とメカニズム解（※F-net のデータ引用）。



b) 海外の地震

図 3.4-1 アスぺリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震の震央位置（星印）とメカニズム解（※Global-GMT のデータ引用）（つづき）。

表 3.4-2 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震リスト。

◆日本の地震																	
地震番号	地域 (プレート)	地震名 (観測モデルの収集対象地域)	発生日 年月日	現象庁 マグニチュード M_j	F-act			論文 ※赤字は、 M_j - S_{asp} or S_{SMGA} 図においてプロットした							参考文献	備考	
					地震モーメント M_0 (Nm)	震源位置 深さ (km)	モーメント マグニチュード M_w	地震モーメント M_0 (Nm)	震源位置 深さ (km)	短周期レベル A ($N \cdot m/s^2$)	アスペリティの 応力降下量 $\Delta\sigma_{asp}$ (MPa)	アスペリティの 面積 S_{asp} (km^2)	強震動 生成領域の 応力降下量 $\Delta\sigma_{SMGA}$ (MPa)	強震動 生成領域の 面積 S_{SMGA} (km^2)			
1	太平洋	北海道 東方沖*	1994/10/4	8.2	-	-	8.2	2.6E+21 (KK) 3.0E+21 (H)	56.0	1.7E+21 (MS)	-	-	SMGA1: 400 SMGA2: 256 SMGA3: 382 SMGA4: 300 SMGA5: 137 (MS)	SMGA1: 400 SMGA2: 256 SMGA3: 144 SMGA4: 144 SMGA5: 256 total: 1200 (MS)	笹谷・他(2006)	KK,Kauckh,Kanamori (1995) HHarvard CMT MS,Morikawa&Sasatani (2004) I2Ikeda et al.(2004) $\beta=4.6$	
							8.3	3.50E+21	64.0	-	28.7	2640.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	Shao et al. (2006)	
2	太平洋	御前沖*	1993/1/15	7.5	-	-	7.7	3.3E+20(T) 2.7E+20(H)	95.0	4.2E+20 (MS) 2.0E+20 (H)	-	-	モデルA SMGA1: 109 SMGA2: 381 SMGA3: 163	モデルA SMGA1: 51.8 SMGA2: 72.0 SMGA3: 34.6 total: 158.6	笹谷・他(2006)	MS,Morikawa and Sasatani (2004), HHarvard CMT H池田(2002) T笹谷・他(2006) $\beta=4.6$	
							7.5	2.3E+20	103.0	-	-	-	-	-	菊地(2003)	$\beta=4.6$	
							-	-	100.6	-	-	-	-	-	野津(2003)	-	
							7.6	3.3E+20	107.0	-	-	-	-	-	Takeo et al. (1993)	-	
3	太平洋	宮城県沖*	2011/4/7	7.2	4.74E+19	65.73	7.1	4.74E+19	65.9	-	-	-	-	-	芝・野口(2012)	$\beta=4.46$	
							7.1	5.54E+19	49.0	-	-	-	-	-	山中(2011)	-	
							7.17	7.2E+19	56.1	-	-	-	-	-	Ohn et al. (2011)	$kgM_0=1.5M_w+9.1$	
							-	-	66.0	1.10E+20	asp1:70.6 asp2:70.6	asp1: 10.2*10.2 =104.04 asp2: 10.2*10.2 =104.04	-	-	原田・釜江(2011)	$A=kg\beta^2\Delta\sigma_{asp}(S_{asp})^{1/2}$ $\beta=3.9$ 震源位置 山中(2011)参照	
							-	-	-	-	-	-	SMGA1: 10.2*10.2= 104.04 SMGA2:	Harada et al. (2012)	$\beta=3.9$		
							-	-	-	8.01E+19	-	-	SMGA1: 22.7 SMGA2: 70.8 SMGA3: 70.8	SMGA1: 35.6 SMGA2: 80.1 SMGA3: 35.6	染井・宮藤(2012) 建築学会	$A=kg\beta^2\Delta\sigma_{asp}(S_{asp})^{1/2}$ $\beta=3.82$	
							7.1	5.24E+19	66.0	-	-	-	-	-	染井・宮藤(2012) 地震学会	-	
							7.1	4.74E+19	68.0	2.17E+20	-	-	-	-	佐藤 (2013)	モデルなし	
4	太平洋	宮城県沖*	2008/5/26	7.1	3.49E+19	70.73	7.0	3.49E+19	72.0	1.1E+20(S) 1.4E20(TS)	-	-	SMGA1: 105 SMGA2: 105 SMGA3: 105 (A2)	SMGA1: 105 SMGA2: 105 SMGA3: 105 SMGA4: 16 SMGA5: 36 total: 61.0 (A2)	笹谷・他(2006)	$\beta=3.98$ S.Satou(2004) TS:笹谷・他(2006) A2: 茂野・他(2004)	
							7.0	3.80E+19	-	-	-	-	-	-	引間 (2003)	-	
							7.0	4.0E+19	52.0	-	-	-	-	-	国土地理院(2003)	$kgM_0=1.5M_w+9.1$	
							7.0	3.8E+19	75.0	-	-	-	-	-	山中・菊地(2003)	-	
							7.2	7.6E+19	72.0	-	-	-	-	-	青井・他(2003)	2枚断層	
							7.1	5.62E+19	68.0	-	-	-	-	-	Okada and Hasegawa(2003)	$kgM_0=1.5M_w+9.1$	
							6.9	3.00E+19	70.0	-	-	-	-	-	八木 (2003)	$kgM_0=1.5M_w+9.1$	
							7.0	6.20E+19	72.0	-	49.9	108.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	Aoi et al. (2005)	
5	太平洋	岩手県 内陸沿岸 北部*	2008/7/24	6.8	1.72E+19	108.08	6.9	2.82E+19	115.0	3.51E+19	-	-	23.9	96	-	Iwata and Asano (2011)	$A=kg\beta^2\Delta\sigma_{asp}(S_{asp})^{1/2}$ $\beta=4.5$
							6.9	2.82E+19	115.0	-	-	-	24	-	-	Suzuki et al.(2009)	-
							6.8	1.72E+19	-	8.9E+19	-	-	-	-	-	佐藤(2013)	-

表 3.4-2 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震リスト。
(続き)

◆日本の地震																		
地震番号	地域(プレート)	地震名 (震源モデルの 収束対象地震)	発生日 年月日	気象庁 マグニチュード M_j	F-net			論文 ※赤字は、 M_p - S_a or S_{SMGA} 図においてプロットした										
					地震モーメント M_0 (Nm)	震源位置 深さ (km)	モーメント マグニチュード M_w	地震モーメント M_0 (Nm)	震源位置 深さ (km)	短周期 レベル A ($N \cdot ms^3$)	アスペリティ の応力降下量 $\Delta\sigma_p$ (MPa)	アスペリティ の面積 S_a (km^2)	強震動 生成域の 応力降下量 $\Delta\sigma_{area}$ (MPa)	強震動 生成域の 面積 S_{area} (km^2)	参考文献	備考		
6	6-1	太平洋	北海道 東方沖*	2000/128	7.0	1.21E+19	55.64	6.8	2.00E+18	59.0	5.2E+19 (TS)	62.4(TS) 26(A1)	56.3 (TS) 24.6(A1)	-	-	笹谷・他(2006)	H ; Harvard A1 ; Asano et al. (2003) TS: 笹谷・他(2006)	
7	7-1	太平洋	岩手県 内陸 南部*	2001/122	6.4	5.34E+18	121.50	6.4	5.6E+18(H)	122.0	3.9E+19 (MF)	asp1.87 asp2.116 asp3.116 (MF)	asp1.5.8 asp2.8.6 asp3.5.8 (MF)	-	-	笹谷・他(2006)	MF: 森川・藤原(2002) HHarvard CMT	
	7-2							6.4	5.34E+18	-	4.21E+19	-	-	-	-	佐藤(2013)	モデルなし	
8	8-1	太平洋	御路支庁 中南部*	1999/513	6.4	1.72E+18	103.57	6.2	2.4E+18(H)	109.0	2.8E+19(TS) 2.3E19(I1)	asp1.73 asp1.73 (TS)	asp1.3.2 asp1.4.9 (TS)	-	-	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT I2: 池田(2002)	
9	9-1	フィリピン海	芸子*	2001/324	6.7	1.51E+19	51.38	6.7 (YK)	1.4E+19 (YK)	50 (YK)	6.2E+19 (M)	asp1.47 asp2.41 (A1)	asp1.33.1 asp2.34.8 (A1)	SMGA1: 47.5 SMGA2: 42.8 (M)	SMGA1: 31.7 SMGA2: 42.3 (M)	笹谷・他(2006)	A1: Asano et al. (2003) M: 森川・他(2002), YK: Yagi and Kikuchi (2001)	
								6.8 (TS)	2.1E+19 (KH)	46.46 (TS)	6.0E+19 (I2)	-	-	-	-	-	-	-
	9-2						6.8	1.88E+19	46.0	-	81.0	24.3	-	-	Iwata and Asano (2011)	Kakehi(2004)		
	9-3						7.0	3.36E+19	46.0	-	135.0	24.2	135.0	-	-	Asano et al. (2004)	関口・岩田(2002)	
10	10-1	フィリピン海	駿河湾*	2009/811	6.5	2.25E+18	23.32	6.2	2.25E+18	21.6	3.71E+19	-	-	SMGA1: 75.1 SMGA2: 75.1	SMGA1: 37.2-6 SMGA2: 4.8*4.8-23	佐藤(2010)	$Q=30^{0.64}$	
	10-2							-	-	23.0	-	-	-	SMGA1: 35.7 SMGA2: 27.5	SMGA1: 3.0*3.6-13 SMGA2: 4.8*4.8-23	浅野・岩田(2010)	2枚の断層面	
	10-3							-	-	23.0	-	-	-	-	-	野津(2010)	2枚の断層面 3つのアスペリティ	
	10-4							6.4	4.8E+18	-	-	-	-	-	-	上野・他(2009)	2枚の断層面	
	10-5							-	-	17.1	-	asp1.15 asp2.15	asp1: 5.0*5.0-25 asp2: 5.0*5.0-25 total: 50.0	-	-	川辺・他(2010)	-	
	10-6							-	-	23.0	-	asp1.16.7 asp2.17.6	asp1.16.2 asp2.45.0	-	-	倉橋・他(2009)	2枚の断層面	
11	11-1	フィリピン海	日向灘*	2001/425	5.8	4.00E+17	41.54	5.7	4.00E+17	39.3 (I2)	6.8E+18(I2)	-	-	19 (A1)	2.2*3.4 -7.5(A1)	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT A1: Asano et al.(2003) I2: Ikeda(2004)	
12	12-1	フィリピン海	和歌山県 北部*	1999/821	5.6	2.79E+17	69.58	5.6	3.1E+17 (H)	66.0	2.9E+18(I2)	314 (A1)	1.4 (A1)	-	-	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT A1: Asano et al.(2003) I2: Ikeda(2004)	
13	13-1	フィリピン海	愛知県 東部*	1997/316	5.9	2.97E+17	39.12	5.6	3.3E+17(H)	39.0	1.2E+18(I2)	32(A1)	2.7(A1)	-	-	笹谷・他(2006)	HHarvard CMT A1: Asano et al.(2003) I2: Ikeda(2004)	
14	14-1	フィリピン海	静岡県 中部*	2001/4/3	5.1	8.17E+16	33.20	5.4	1.58E+17	30.11 (H) 35 (F)	9.12E+18	-	-	34	3.2	森川・笹谷(2002) 防災科学技術研究所 (2004)	$\beta=4.6$ HH=ms NED 走向: 傾斜: ずべり角: 311.7, 74.8, 170.2 FFressia 走向: 傾斜: ずべり角: 341.8, 62 2枚の断層面 $kgM_0=1.5M_0+9.1$	
15	15-1	フィリピン海	伊予灘*	2014/314	6.2	3.54E+18	78.04	6.3	3.54E+18	-	-	-	5.6*4.2= 23.52	-	-	池田・他(2014)	$\beta=3.5km/s$ $kgM_0=1.5M_0+9.1$	
16	16-1	フィリピン海	安政 江戸 地震	1886	-	-	-	7.0	3.9E+19	-	6.4E+19	-	-	SMGA1:60.0 SMGA2:60.0	SMGA1:40.5 SMGA2:20.25	-	-	Mw7.1のみ検出対象
								7.1	5.62E+19	-	6.79E+19	-	-	SMGA1:54.2 SMGA2:54.2	SMGA1:40.5 SMGA2:40.5	佐藤(2016)	-	
								7.2	7.94E+19	-	6.6E+19	-	-	SMGA1:44.6 SMGA2:44.6	SMGA1:181 SMGA2:40.5	-	-	

表 3.4-2 アスペリティ面積（強震動生成域の面積）の調査対象とした地震リスト。
(続き)

◆海外の地震																	
地震番号	地域 (プレート)	地震名 (震源モデルの 収集対象地震)	発生日 年月日	気象庁 マグニ チュード M_J	F-net			論文 ※赤字は、 M_w , S_a or S_{max} 図においてプロットした							参考文献	備考	
					地震 モーメント M_0 (Nm)	震源 位置 深さ (km)	モーメント マグニ チュード M_w	地震 モーメント M_0 (Nm)	震源 位置 深さ (km)	短周期 レベル A ($N \cdot m \cdot s^{-2}$)	アスペ リティの 応力降下量 $\Delta\sigma_a$ (MPa)	アスペ リティの 面積 S_a (km^2)	強震動 生成域の 面積 S_{max} (MPa)	強震動 生成域の 面積 S_{max} (km^2)			
17	Cascadia	Olympia	1949/4/13	-	-	-	7.1	5.62E+19	54.0	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
				-	-	-	6.8	1.91E+19	60.0	5.60E+19	65.0	36.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。	
				-	-	-	6.8	1.91E+19	60.0	-	-	36.0	-	-	Ichimose et al. (2006)	-	
				-	-	-	-	1.50E+19	54.0	-	-	-	-	-	Baker and Langston (1987)	-	
18	Cascadia	Seattle-Tacoma	1965/4/29	-	-	-	6.6	9.43E+18	60.0	3.96E+19	52.1	28.0	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。	
				-	-	-	6.6	9.43E+18	60.0	-	-	28.0	-	-	Ichimose et al. (2004)	-	
19	Mexico	Michoacan	1997/1/11	-	6.06+19	40	7.1	5.62E+19	40	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
				-	-	-	7.1	6.06E+19	40	7.24E+19	-	-	-	-	-	Garcia et al. (2004)	$A = (2\alpha f_c)^2 M_0$ より
				-	-	-	7.0	4.54E+19	35	2.59E+19	10.1	320.0	-	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。
				-	-	-	7.1	4.90E+19	35	-	-	300.0	-	-	-	Santoyo et al. (2005)	-
20	Mexico	Oaxaca	1999/9/30	-	1.72E+20	46.8	7.4	1.58E+20	47	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
				-	-	-	7.4	1.72E+20	47	1.89E+20	-	-	-	-	-	Garcia et al. (2004)	$A = (2\alpha f_c)^2 M_0$
				-	-	-	7.5	1.79E+20	40	3.80E+19	9.8	731	-	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。
				-	-	-	-	1.8E+20	39.7	-	-	-	-	-	-	Hernandez et al. (2001)	-
21	ココス プレート	El Salvador* エルサル バドル	2001/1/13	-	4.57E+20	56.00	7.7	4.57E+20	54.0	9.83E+19	25.3	733	-	-	Iwata and Asano (2011)	Vallee et al. (2003) $A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ $\beta=4.5$ と仮定	
				-	-	-	7.7	4.47E+20	56.0	-	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida(2004)	$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$
22	Cascadia	Nisqually	2001/2/28	-	1.76E+20	46.8	6.8	2.00E+19	47	-	-	-	-	-	Seno and Yoshida (2004)	-	
				-	-	-	6.8	1.66E+19	56	3.80E+19	40.4	43	-	-	-	Iwata and Asano (2011)	$A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ より、 $\beta=4.5$ とした。
				-	-	-	6.8	1.66E+19	56	-	-	45	-	-	-	Ichimose et al. (2004)	-
				-	-	-	6.67	1.11E+19	60	-	-	-	-	-	-	Ichimose et al. (2006)	-
23	ナスカ プレート	Chile Tarapaca* チリ (タラパカ) 地震	2005/6/13	-	5.32E+20	94.50	7.7	3.92E+20	-	1.71E+20	59.7	400	-	-	Iwata and Asano (2011)	Delouis and Legrand(2007) $A = 4\alpha\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{1/2}$ $\beta=4.5$ と仮定	
				-	-	-	7.8	5.47E+20	108.0	-	-	-	-	-	-	Delouis and Legrand(2007)	-

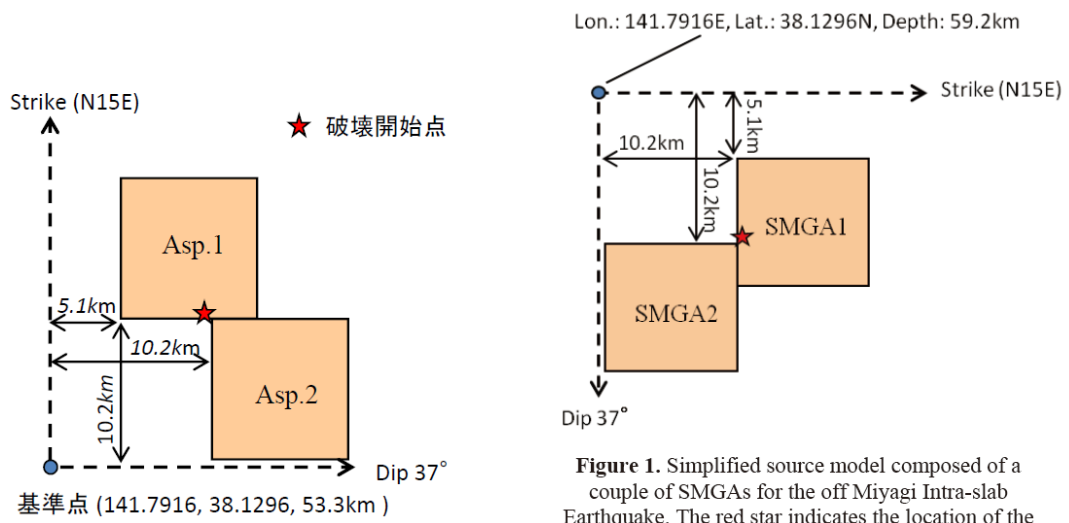
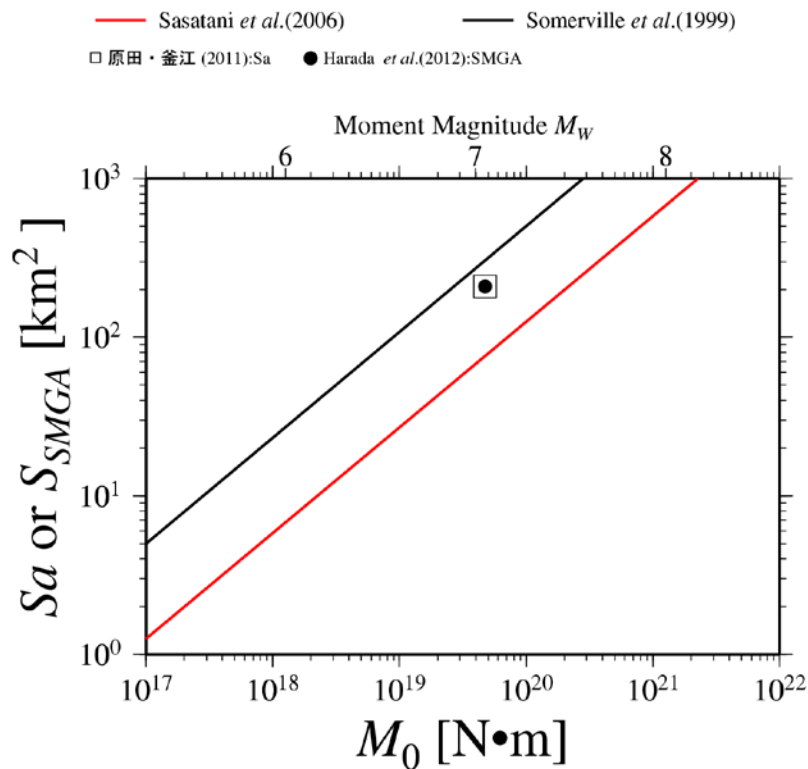


図4 4月7日宮城県沖の地震の震源モデル

Figure 1. Simplified source model composed of a couple of SMGAs for the off Miyagi Intra-slab Earthquake. The red star indicates the location of the hypocenter (the rupture start point). We assumed the rupture propagates radially from the hypocenter.

a) 原田・釜江(2011、左図)と Harada *et al.* (2012、右図)の震源モデルの比較



b) 原田・釜江(2011)によるアスペリティの面積と、Harada *et al.* (2012) による強震動生成域の面積との比較

図 3.4-2 2011 年宮城県沖地震におけるアスペリティの面積 S_a (原田・釜江, 2011) と強震動生成領域の面積 S_{SMGA} (Harada *et al.*, 2012)との関係。

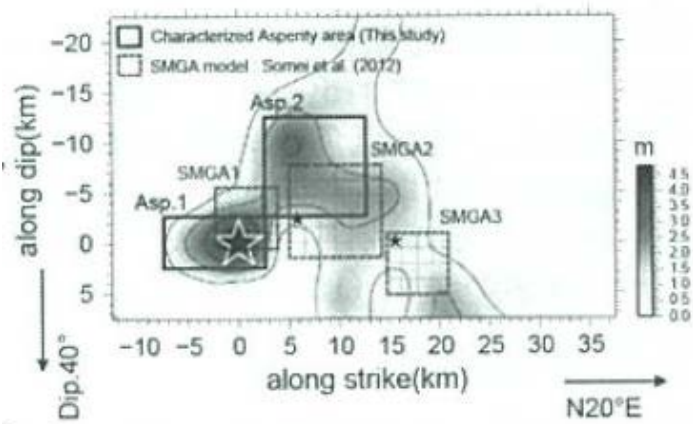


図2 断層面上でのすべり量の分布. 実線矩形は SMGA 領域 (染井・他,2012), 破線矩形は特性化されたアスペリティ領域を表す. 白色星印は破壊開始点 (気象庁震源位置) を示す.

図 3.4-3 2011 年宮城県沖地震におけるアスペリティの位置と強震動生成領域の位置との関係 (染井・他, 2012)。

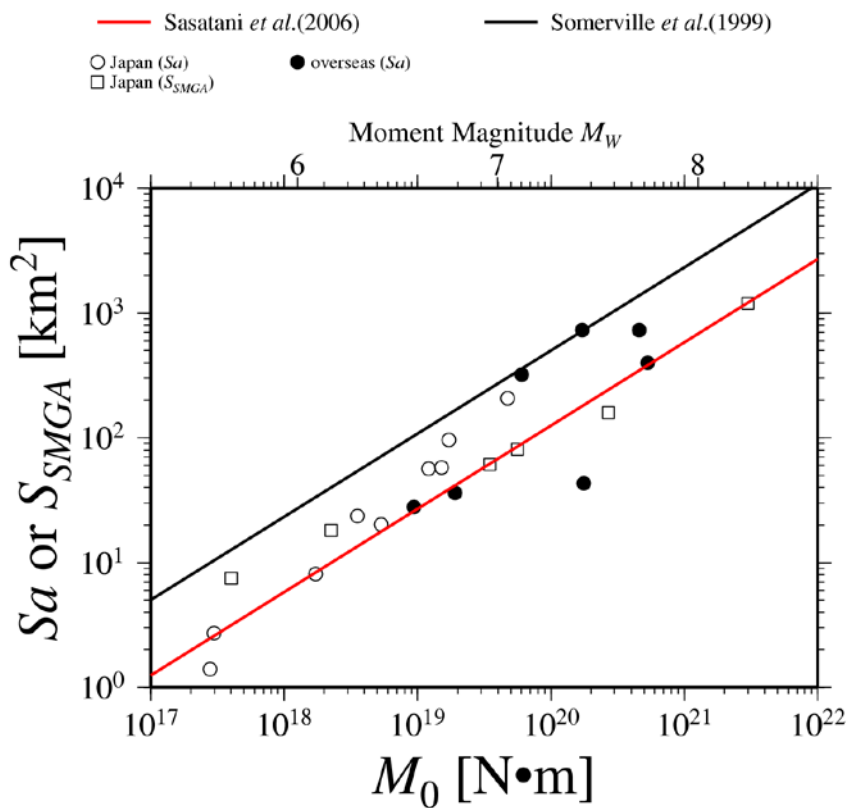


図 3.4-4 スラブ内地震の地震モーメント M_0 とアスペリティの面積 S_a (強震動生成領域の面積 S_{SMGA}) との関係。

(3) 地震動シミュレーション対象とする地震および断層モデルの設定

フィリピン海プレート内のマグニチュード7程度の地震として、1855年安政江戸地震タイプのスラブ内地震を想定する。

モーメントマグニチュードは宇佐美(2003)より7.1とし、その値から地震モーメントを算出した。それを与条件として、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016)の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」に従って断層パラメータを設定する。地震モーメントから短周期レベルを求める際は笹谷・他(2006)による経験式から得られる値の0.5倍とした(新井・他、2015)。

設定した断層パラメータを表3.4-3に示す。これらのパラメータ、1855年安政江戸地震に対する佐藤(2016)によるパラメータ、および「レシピ」の地震モーメントと短周期レベルの関係を図3.4-5に示す。「レシピ」の(31)式は、笹谷・他(2006)による経験式である。また、地震モーメントと断層面積の関係を図3.4-6に示す。

なお、佐藤(2016)の経験的グリーン関数法に用いられた要素地震の震源パラメータを求めるために記録の補正に用いられたQ値は、 $Q=107f^{0.51}$ に近い値である。

首都直下地震モデル検討会(2013)を参考に設定した巨視的断層面の位置を図3.4-7に、断層モデルを図3.4-8に示す。

参考として、モーメントマグニチュードを7.3とした場合の断層パラメータを表3.4-4に示す。地震モーメントは表3.4-3の2倍となっているが、短周期レベルは1.3倍程度にとどまっている。

表 3.4-3 断層パラメータ (与条件 $M_w=7.1$)

断層パラメータ	記号	設定方法	設定値	
断層位置 (断層原点)	-	設定	N35.6° E139.8°	
走向	θ	首都直下地震モデル検討会(2013)	0 °	
傾斜角	δ	首都直下地震モデル検討会(2013)	90 °	
ずれの種類		首都直下地震モデル検討会(2013)	横ずれ型	
断層長さ	L	$L=S/W$	29 km	
断層幅	W	$W=S^{0.5}$	29 km	
断層面積	S	$S=(7\pi^2\beta^2M_0)/(4A(S_a/S)^{0.5})$	860 km ²	
断層上端深さ	-	設定	40.0 km	
破壊開始点	-	設定	アスペリティ下端	
破壊伝播形式	-	設定	同心円状	
地震モーメント	M_0	$M_0=10^{(1.5M_w+9.1)}$	5.62×10^{19} Nm	
モーメントマグニチュード	M_w	設定(基本値)	7.1	
剛性率	μ	$\mu=\rho\beta^2$	4.80×10^{10} N/m ²	
密度	ρ	設定	3 g/cm ³	
S波速度	V_s	設定	4 km/s	
平均すべり量	D	$D=M_0/(\mu S)$	1.36 m	
平均応力降下量	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma=(7\pi^{1.5}/16)(M_0/S^{1.5})$	5.43 MPa	
破壊伝播速度	V_r	$V_r=0.72\beta$ (Geller, 1976)	2.88 km/s	
短周期レベル	A	笹谷・他(2006)×0.5	4.06×10^{19} Nm/s ²	
アスペリティ面積比	S_a/S	$S_a/S=16(9.84 \times 1.25 \times 10^7)^2/(49\pi^4\beta^4)$	0.20	
ア ス ペ リ テ イ	地震モーメント	M_{0a}	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	2.23×10^{19} Nm
	面積	S_a	$S_a=(S_a/S)S$	170 km ²
	平均すべり量	D_a	$D_a=\gamma_D D, \gamma_D=2.0$	2.73 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_a$	$\Delta\sigma_a=A/(4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$	27.4 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	M_{0b}	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	3.40×10^{19} Nm
	面積	S_b	$S_b=S-S_a$	689 km ²
	平均すべり量	D_b	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	1.03 m
	実効応力	σ_b	$\sigma_b=(D_b/W_b)(\pi^{0.5}/D_a) r \Sigma(r_i/r)^3 \Delta\sigma_a, r=(S_a/\pi)^{0.5}$	4.6 MPa
Q値	Q	設定	$80^{0.7}$	
f_{max}	f_{max}	佐藤・他(1994)	13.5 Hz	

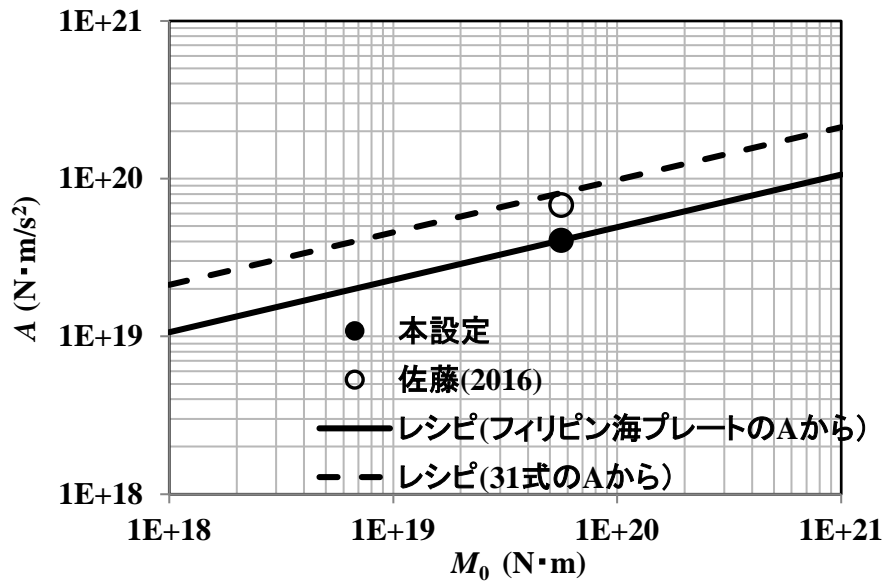


図 3.4-5 安政江戸地震および「レシピ」(地震調査委員会, 2016b) の地震モーメント(M_0)と短周期レベル(A)の関係。

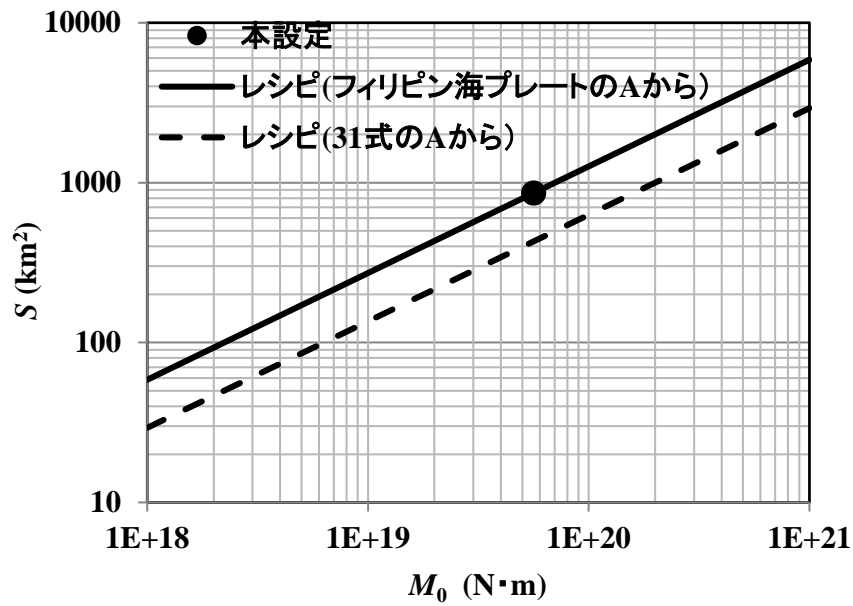


図 3.4-6 安政江戸地震および「レシピ」(地震調査委員会, 2016b) の地震モーメント(M_0)と断層面積(S)の関係。

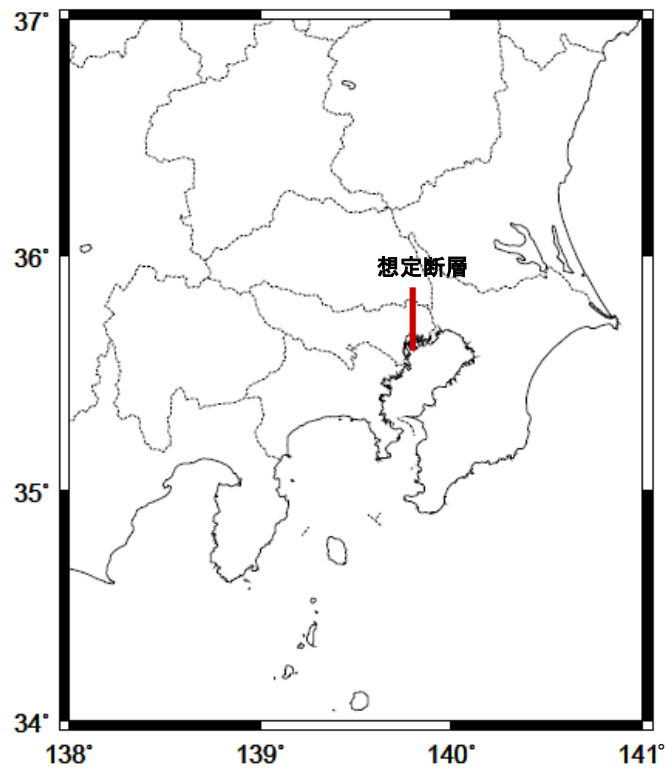


図 3.4-7 想定安政江戸地震の断層位置図

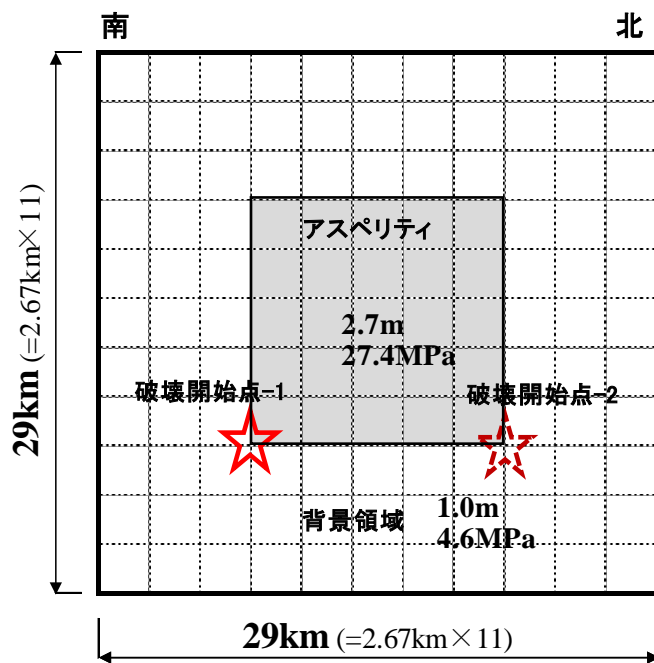


図 3.4-8 想定安政江戸地震の断層モデル図

表 3.4-4 断層パラメータ (与条件 $M_w=7.3$)

断層パラメータ	記号	設定方法	設定値	
断層位置 (断層原点)	-	設定	N35.6° E139.8°	
走向	θ	首都直下地震モデル検討会(2013)	0 °	
傾斜角	δ	首都直下地震モデル検討会(2013)	90 °	
ずれの種類		首都直下地震モデル検討会(2013)	横ずれ型	
断層長さ	L	$L=S/W$	37 km	
断層幅	W	$W=S^{0.5}$	37 km	
断層面積	S	$S=(7\pi^2\beta^2M_0)/(4A(S_a/S)^{0.5})$	1363 km ²	
断層上端深さ	-	設定	40.0 km	
破壊開始点	-	設定	アスペリティ下端	
破壊伝播形式	-	設定	同心円状	
地震モーメント	M_0	$M_0=10^{(1.5M_w+9.1)}$	1.12×10 ²⁰ Nm	
モーメントマグニチュード	M_w	設定(基本値)	7.3	
剛性率	μ	$\mu=\rho\beta^2$	4.80×10 ¹⁰ N/m ²	
密度	ρ	設定	3 g/cm ³	
S波速度	V_s	設定	4 km/s	
平均すべり量	D	$D=M_0/(\mu S)$	1.72 m	
平均応力降下量	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma=(7\pi^{1.5}/16)(M_0/S^{1.5})$	5.43 MPa	
破壊伝播速度	V_r	$V_r=0.72\beta$ (Geller, 1976)	2.88 km/s	
短周期レベル	A	笹谷・他(2006)×0.5	5.11×10 ¹⁹ Nm/s ²	
アスペリティ面積比	S_a/S	$S_a/S=16(9.84\times1.25\times10^7)^2/(49\pi^4\beta^4)$	0.20	
ア ス ペ リ テ イ	地震モーメント	M_{0a}	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	4.45×10 ¹⁹ Nm
	面積	S_a	$S_a=(S_a/S)S$	270 km ²
	平均すべり量	D_a	$D_a=\gamma_D D, \gamma_D=2.0$	3.43 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_a$	$\Delta\sigma_a=A/(4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$	27.4 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	M_{0b}	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	6.77×10 ¹⁹ Nm
	面積	S_b	$S_b=S-S_a$	1093 km ²
	平均すべり量	D_b	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	1.29 m
	実効応力	σ_b	$\sigma_b=(D_b/W_b)(\pi^{0.5}/D_a) r \Sigma(r_i/r)^3 \Delta\sigma_a, r=(S_a/\pi)^{0.5}$	4.6 MPa
Q値	Q	設定	80 ^{0.7}	
f_{max}	f_{max}	佐藤・他(1994)	13.5 Hz	

(4) 地震動評価の対象とする位置

地震動評価の対象位置は、神奈川県庁、東京都庁、埼玉県庁および千葉県庁の位置における工学的基盤上面を地表とした解放基盤とする。

対象の位置図を図 3.4-9 に示す。

想定安政江戸地震による地震動は、評価対象地点までの水平距離に対して比較的震源が深いことも考慮して、統計的グリーン関数法を用いて試算する。このとき、長周期地震動の計算精度を担保するため、ラディエーション係数は評価地点ごとに計算される理論値を用いる。評価地点の地震基盤から工学的基盤への 1 次元波動論による増幅を考慮する。この地下構造モデルは、相模トラフ巨大地震の長周期地震動評価（地震調査委員会、2016）で用いられた、表 3.4-5 と表 3.4-6 の地盤構造と物性値である。

表 3.4-5 計算対象位置の深層地盤各層の下端深さ。

対象位置	神奈川県庁	東京都庁	埼玉県庁	千葉県庁
層番号	層下端深さ (m)			
1	192	207	138	298
2	199	422	390	837
3	1012	1022	1232	1541
4	2794	2585	2448	3031

表 3.4-6 深層地盤の各層の物性値

層番号	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	Q(1Hz) ^{*1}	備考
1	1800	500	1.90	50	工学的基盤
2	2100	700	2.00	70	
3	2400	900	2.05	90	
4	3200	1500	2.25	150	
5	5500	3200	2.65	320	地震基盤

*1 振動数依存のQ値の1Hzの値： $Q(f)=Q(1Hz) \cdot f$

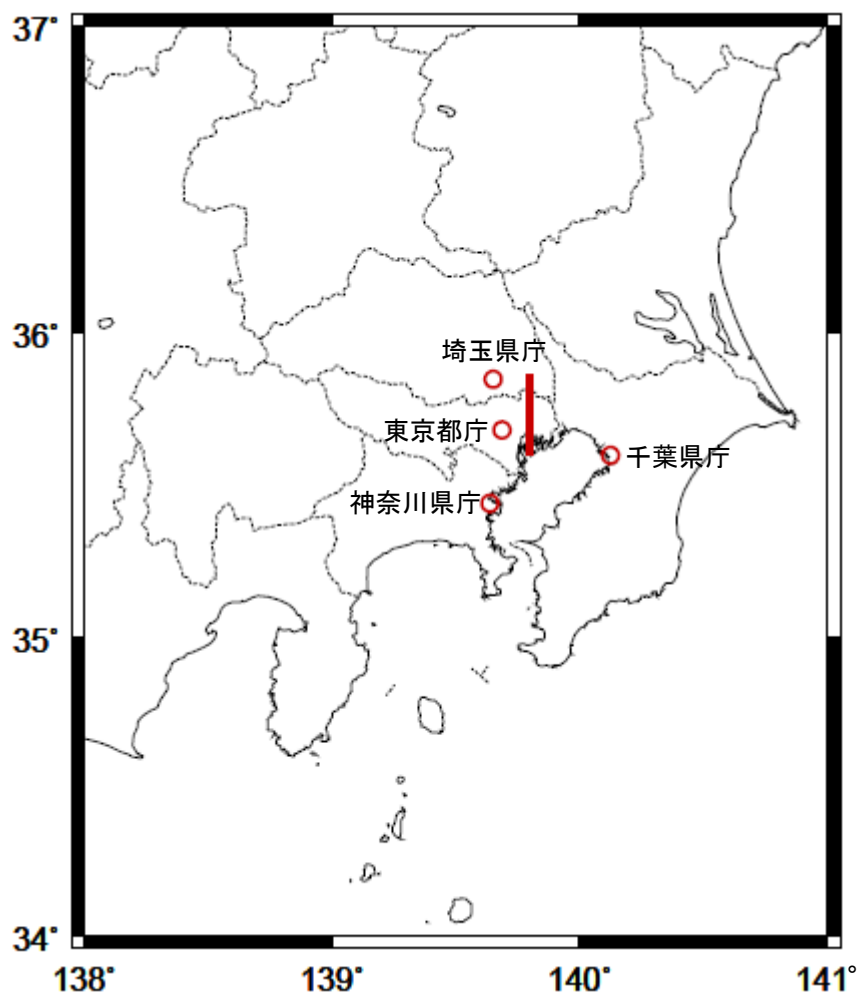


図 3.4-9 計算対象の位置図

(5) 試算結果

想定安政江戸地震による地震動を、次の2ケースについて試算した。

ケース1 破壊開始点を図3.4-9の開始点-1とする。

ケース2 破壊開始点を図3.4-9の開始点-2とする。

解放基盤とした工学的基盤上面において試算した、ケース1の地震動の速度波形を図3.4-10、ケース2の地震動の速度波形を図3.4-11にそれぞれ示す。減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを図3.4-12に示す。ここで、応答スペクトルおよび図3.4-13で地震動予測式と比較する最大値は、NS・EW成分の時刻歴（応答波形）におけるオービットの最大値である。

次に、工学的基盤上面 ($V_s 500\text{m/s}$) で試算した最大加速度、最大速度を Morikawa and Fujiwara (2013) の地震動予測式 (GMPE) と比較して図3.4-13に示す。また、擬似速度応答スペクトルの比較（地震動予測式は距離が45kmの場合）を図3.4-14に、擬似速度応答スペクトルの周期2秒と5秒における距離減衰における比較を図3.4-15に示す。なお、断層パラメータの設定において短周期レベルを笹谷・他(2006)による経験式から得られる値の0.5倍としたため、図3.4-13～図5.4-15の Morikawa and Fujiwara (2013) の地震動予測式による値は、森川・他(2015)を参考に0.5倍とした。

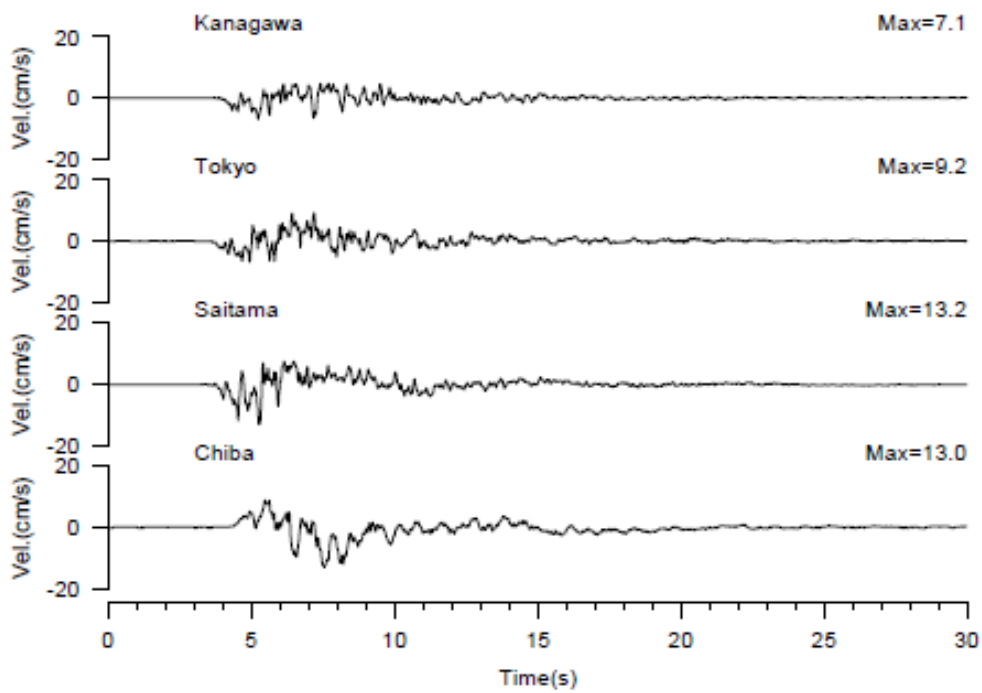
試算地震動の最大加速度と最大速度を地震動予測式による値と比較すると、試算地震動は地震動予測式を0.5倍した平均値と良く対応している。また、擬似速度応答スペクトルも比較的に良く対応している。

ここで、試算結果と1855年安政江戸地震との対応関係を検討するために、試算地震動に基づく地表の震度を求めた。

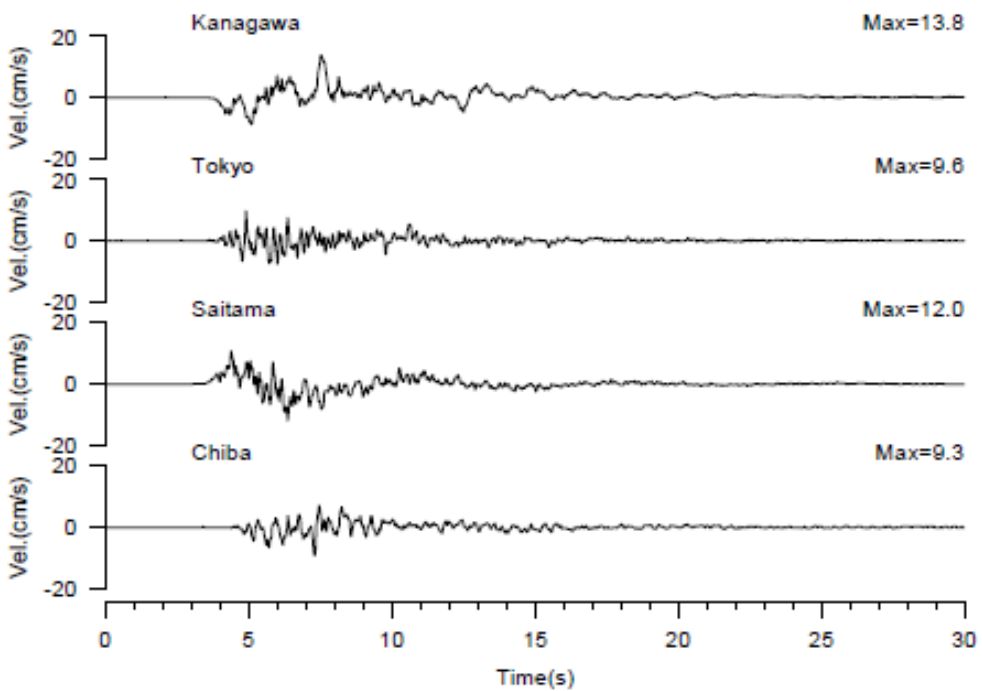
地表の震度は、「レシピ」の3.2.2のii) ハイブリッド合成法等により工学的基盤上の時刻歴波形が求められている場合、に従って算出した。すなわち、まず工学的基盤で試算した3成分地震動から気象庁の方法による計測震度を求める。次に、J-SHISの表層地盤データによる表層30mの平均S波速度AVS30を用いて工学的基盤から地表への増幅率を求める。最後に両者から地表の震度を求める。

地表震度の算出結果を表3.4-7に示す。歴史地震データに基づく1855年安政江戸地震の震度分布（首都直下地震モデル検討会、2013）を図5.4-16に示す。図3.4-16から類推される震度と表3.4-7を比較すると、試算地震動に基づく震度は、やや小さいと思われる。

上記の震度の検討から、本検討の計算結果はやや過小評価の可能性もあるものの、周期2秒程度以上の長周期地震動としては、減衰定数5%の速度応答スペクトルで10～20cm/s程度となっている。なお、マグニチュード7クラスの地震として最大の7.3まで考慮した場合、地震モーメントが2倍となることから、長周期地震動の振幅も本検討で示した結果2倍程度の20～40cm/s程度となりうる。

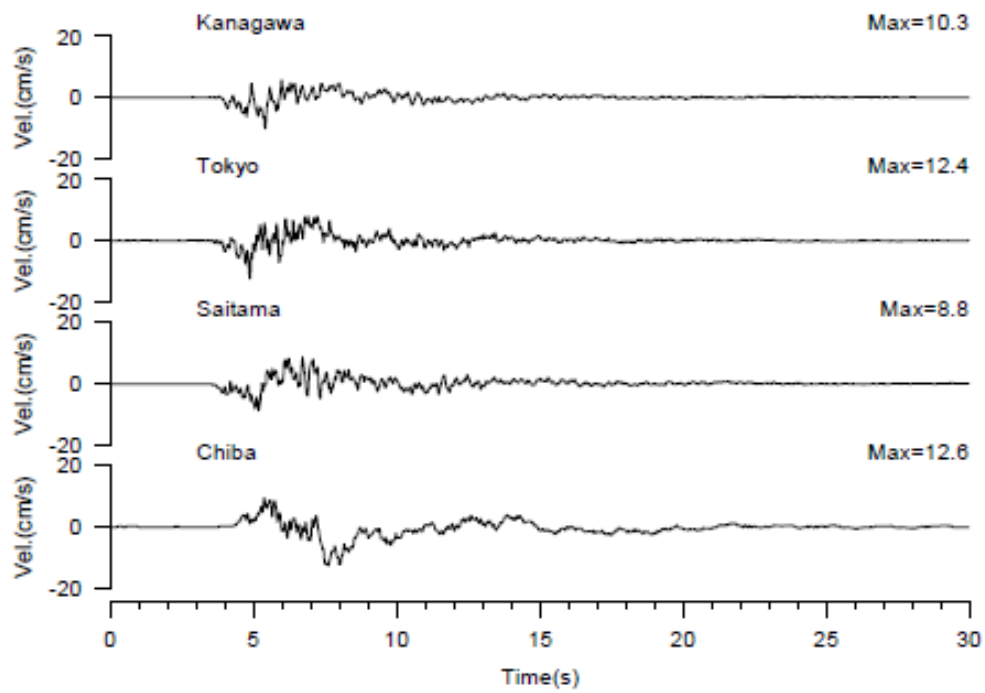


a) NS 成分の速度波形

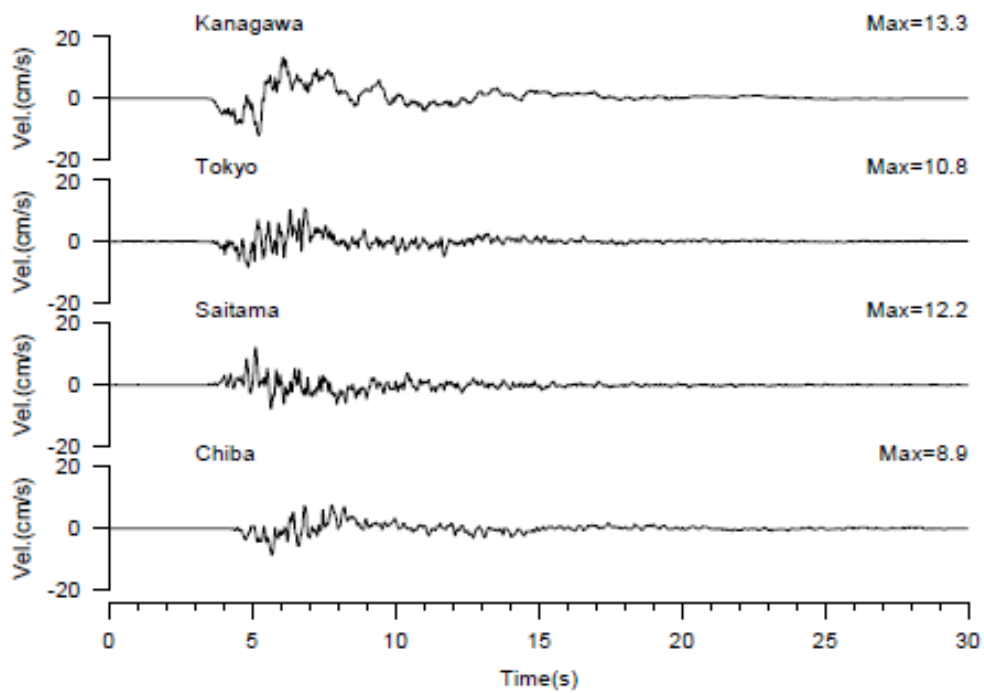


b) EW 成分の速度波形

図 3.4-10 想定安政江戸地震のケース 1 による地震動の速度波形。



a) NS 成分の速度波形



b) EW 成分の速度波形

図 3.4-11 想定安政江戸地震のケース 2 による地震動の速度波形。

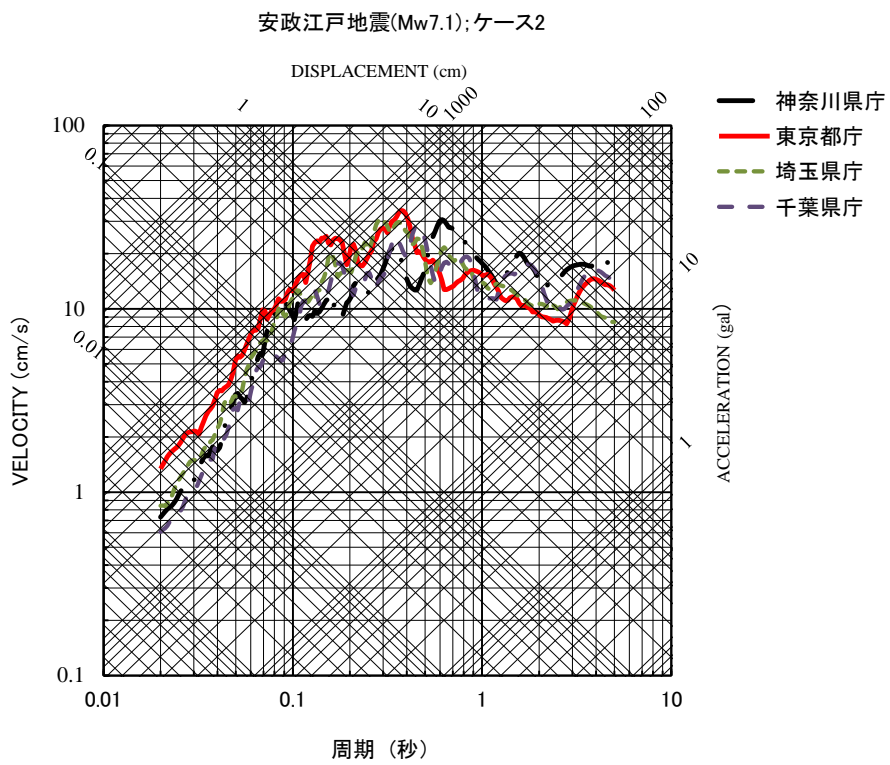
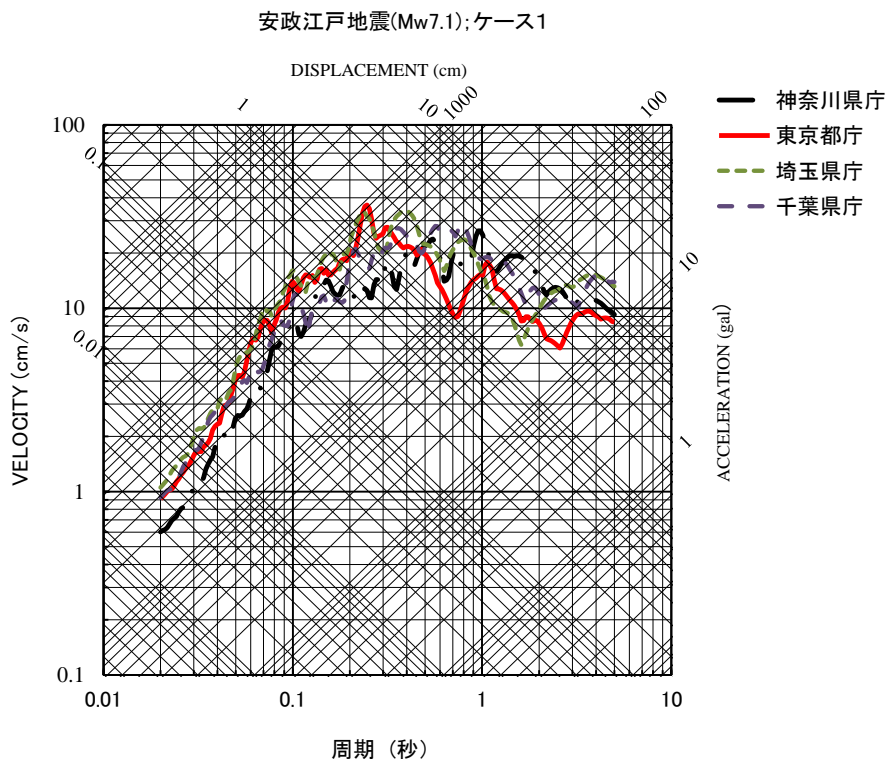
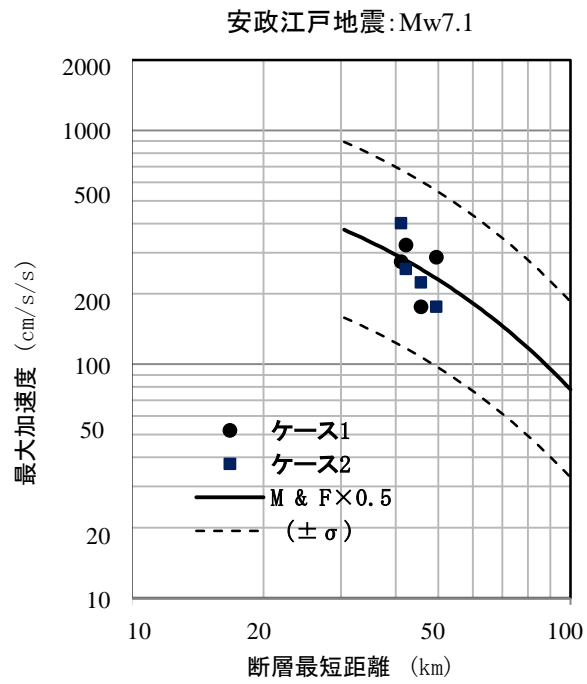
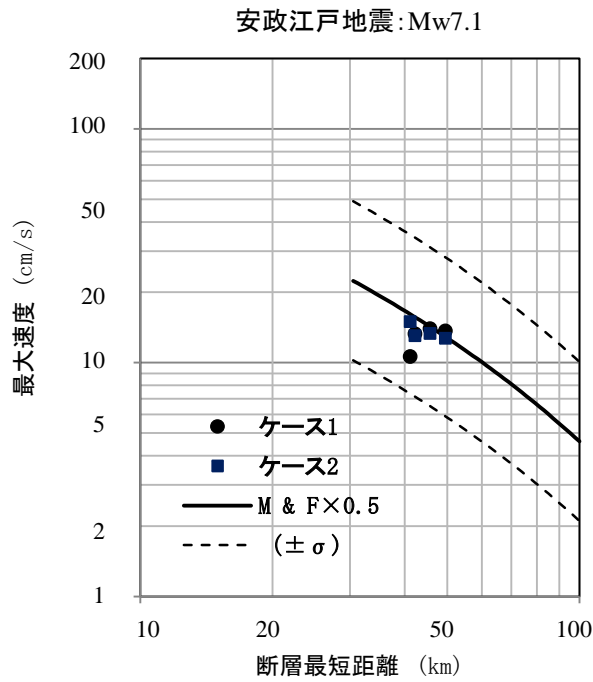


図 3.4-12 想定安政江戸地震のケース 1 による地震動の擬似速度応答スペクトル。



a) 最大加速度



b) 最大速度

図 3.4-13 想定安政江戸地震の地震動最大値と Morikawa and Fujiwara (2013)による地震動予測式との比較。

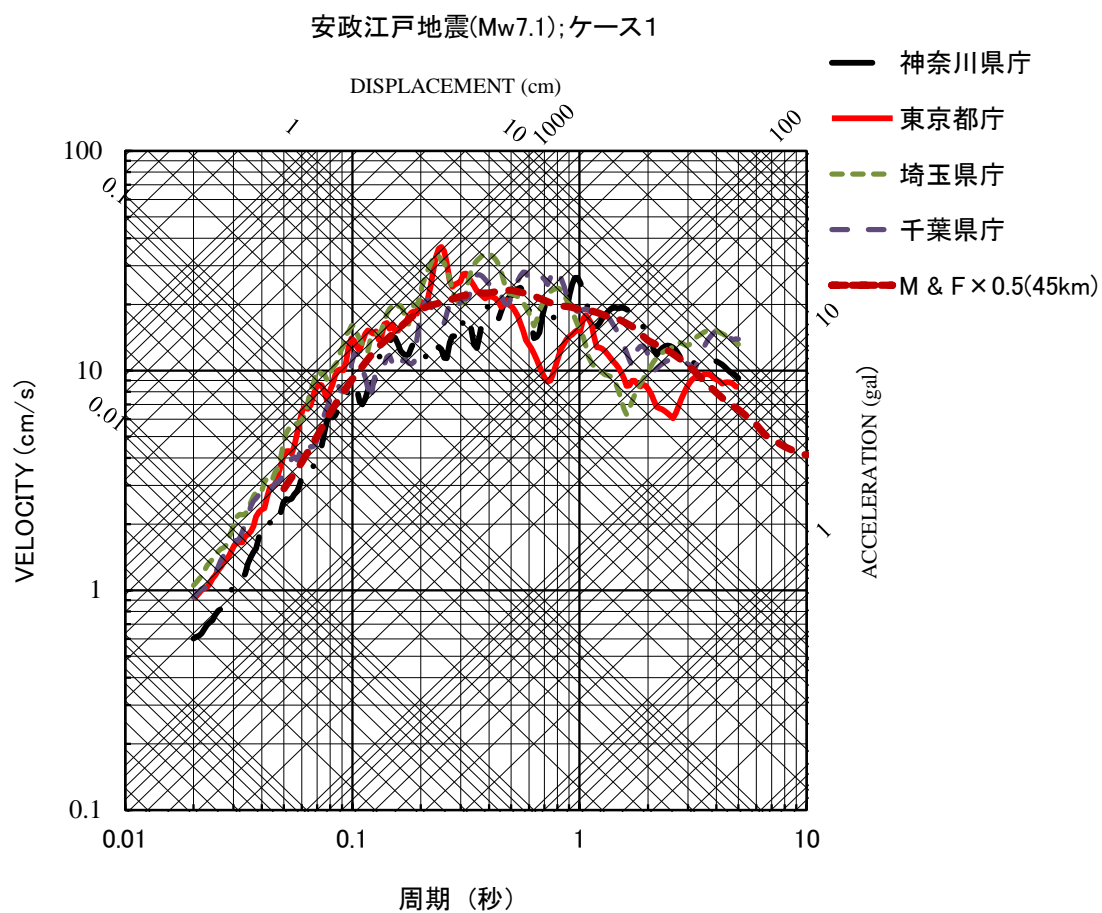
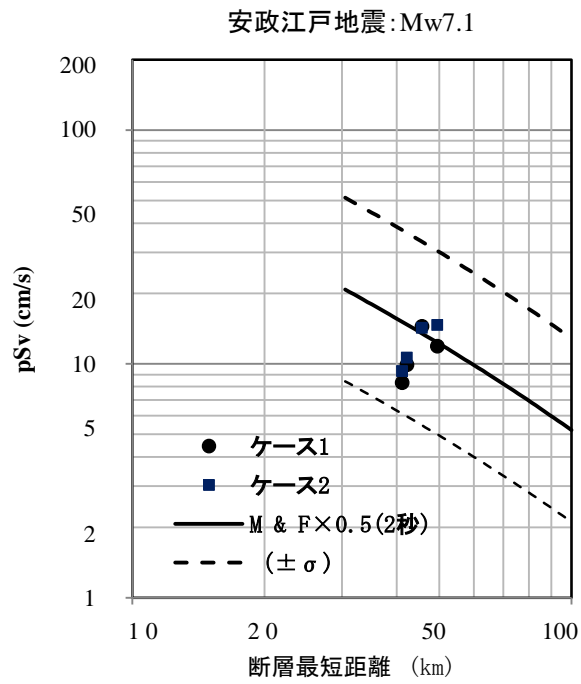
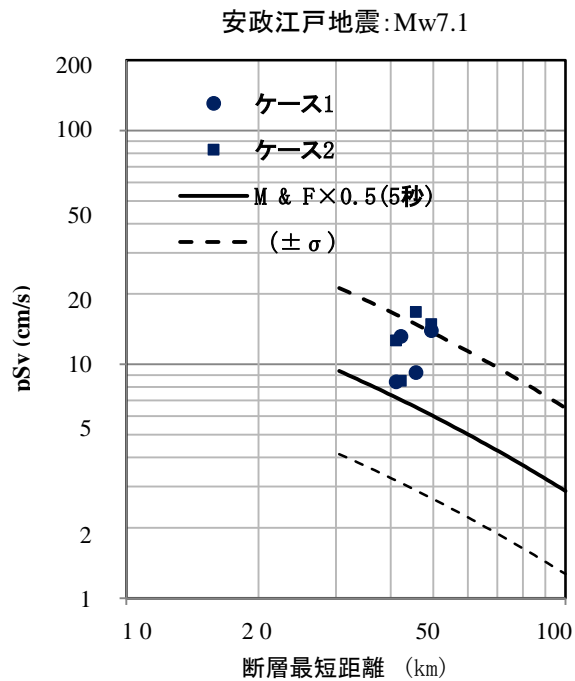


図 3.4-14 想定安政江戸地震の地震動（ケース 1）と Morikawa and Fujiwara (2013)による地震動予測式の擬似速度応答スペクトルの比較。



a) 周期 2 秒



b) 周期 5 秒

図 3.4-15 想定安政江戸地震の地震動と Morikawa and Fujiwara (2013)による地震動予測式の擬似速度応答スペクトルの距離減衰関係の比較。

表 3.4-7 想定安政江戸地震の試算による地表震度。

対象位置	神奈川県庁	東京都庁	埼玉県庁	千葉県庁
ケース1	5.0	5.2	5.4	5.4
ケース2	5.0	5.2	5.3	5.3

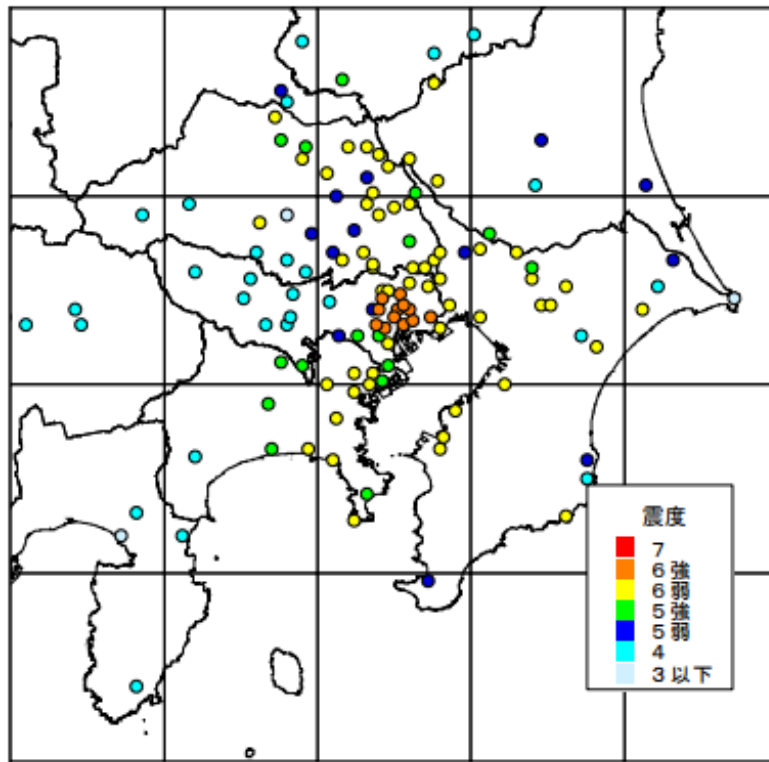


図 3.4-16 首都直下地震モデル検討会(2013)に示された 1855 年安政江戸地震の震度分布：宇佐美(1994)による震度分布。

2) 関東地域の活断層を対象とした検討

(1) 対象とする地震と震源モデルの設定

関東平野内において大きな長周期地震動が生じる可能性がある活断層で発生する地震として、長さが 50km を超える規模が大きい以下の地震を本検討の対象とした。

- F14601: 長野盆地西縁断層帯飯山―千曲区間（単独の活動）
- F14611: 長野盆地西縁断層帯全体が同時に活動
- F14701: 深谷断層帯（単独の活動）
- F14711: 深谷断層帯および綾瀬川断層鴻巣―伊奈区間が同時に活動
- F14721: 深谷断層帯および綾瀬川断層の全体が同時に活動
- F15311: 糸魚川―静岡構造線断層帯の北部区間および中北部区間が同時に活動
- F15312: 糸魚川―静岡構造線断層帯の中北部区間および中南部区間が同時に活動
- F15313: 糸魚川―静岡構造線断層帯の中南部区間および南部区間が同時に活動
- F15321: 糸魚川―静岡構造線断層帯の北部区間～中南部区間が同時に活動
- F15322: 糸魚川―静岡構造線断層帯の中北部区間～南部区間が同時に活動
- F15331: 糸魚川―静岡構造線断層帯全体が同時に活動

上記の地震のうち、長野盆地西縁断層帯飯山―千曲区間（単独の活動）及び深谷断層帯（単独の活動）については全国地震動予測地図 2016 年版（地震調査委員会、2016a）における震源モデルをそのまま用いる。それ以外の複数区間が同時に活動する地震については、全国地震動予測地図 2016 年版で設定されている各区間の震源断層モデルをそのまま組み合わせ設定した。震源パラメータについては、「レシピ」（地震調査委員会、2016b）に従った。なお、糸魚川―静岡構造線断層帯の中北部区間および中南部区間が同時に活動する地震については、両区間の震源断層面積の和から設定される地震モーメントが、それぞれの区間単独で活動する地震の地震モーメントの和よりも小さくなったことから、ここではそれぞれの区間単独で活動する地震の地震モーメントを足し合わせた「カスケード的」なモデルとした。複数区間が同時に活動する地震について、設定した震源パラメータおよび震源モデルを表 3.4-8～表 3.4-16、図 3.4-17～図 3.4-25 にそれぞれ示す。

表 3.4-8 長野盆地西縁断層帯全体が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~5		
断層長さ L	km	—	—		
地震規模 M		—	—		
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	1.10E+20		
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.3		
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	37.017		36.57
	°E	長期評価に基づく	138.429		138.066
走向 θ	°	長期評価に基づく	213.9	213.9	208.4
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	145	145	135
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	4	4	4
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	31	31	18
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	18	18	16
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model} \times W_{model}$	558	558	288
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1404		
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.5		
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.1		
微視的震源パラメータ			飯山-千曲	麻績	
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	2.54E+19		
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	530.5		
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.4		
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して配分	5.13E+19	5.13E+19	7.10E+18
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	2.9	2.9	0.8
全アスペリティ	面積 S_{a_seg}	単位区間の面積に比例して配分	210.8	210.8	108.8
	平均すべり量 D_{a_seg}	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	5.9	5.9	1.6
	実効応力 σ_{a_seg}	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.4	13.4	13.4
	地震モーメント M_{0a_seg}	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	3.87E+19	3.87E+19	5.36E+18
第1アスペリティ	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	140.6	140.6	108.8
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	6.5	6.5	1.6
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	13.4	13.4	13.4
	計算用アスペリティ長さ	2kmメッシュサイズ	14	14	10
	計算用アスペリティ幅	2kmメッシュサイズ	10	10	10
第2アスペリティ	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	70.3	70.3	—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	4.6	4.6	—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	13.4	13.4	—
	計算用アスペリティ長さ	2kmメッシュサイズ	8	8	—
	計算用アスペリティ幅	2kmメッシュサイズ	8	8	—
背景領域	面積 S_{b_seg}	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	347.2	347.2	179.2
	すべり量 D_{b_seg}	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	1.2	1.2	0.3
	実効応力 σ_{b_seg}	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	1.6	1.6	1.6
	地震モーメント M_{0b_seg}	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	1.25E+19	1.25E+19	1.73E+18

表 3.4-9 深谷断層帯および綾瀬川断層鴻巣-伊奈区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~5		
断層長さ L	km	—	—		
地震規模 M		—	—		
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	1.60E+20		
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.4		
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.366		36.057
	°E	長期評価に基づく	138.821		139.444
走向 θ	°	長期評価に基づく	122.1	122.1	130.2
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	60	60	50
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	5	5	5
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	36	36	20
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	18	18	20
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	648	648	400
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1696		
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.0		
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.6		
微視的震源パラメータ			深谷	鴻巣-伊奈	
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 / 10^7)^{1/3}$	2.88E+19		
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	726.9		
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.0		
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して配分	7.40E+19	7.40E+19	2.23E+19
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	3.7	3.7	1.8
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	277.7	277.7	171.4
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	7.3	7.3	3.6
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.0	13.0	13.0
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	6.34E+19	6.34E+19	1.91E+19
ベ第1リアイス					
面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	185.1	185.1	171.4
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	8.1	8.1	3.6
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	13.0	13.0	13.0
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	16 × 12	16 × 12	14 × 12
ベ第2リアイス					
面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	92.6	92.6	—
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	5.7	5.7	—
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	13.0	13.0	—
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	12 × 8	12 × 8	—
背景領域					
面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	370.3	370.3	228.6
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	0.9	0.9	0.4
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	1.1	1.1	0.8
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	1.06E+19	1.06E+19	3.18E+18

表 3.4-10 深谷断層帯および綾瀬川断層全体が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~6			
断層長さ L	km	—	—			
地震規模 M	—	—	—			
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = S \times 10^{17}$	2.10E+20			
モーメントマグニチュード M_w	—	$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.5			
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.366	36.057	35.946	
	°E	長期評価に基づく	138.821	139.444	139.607	
走向 θ	°	長期評価に基づく	122.1	122.1	130.2	
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	60	60	50	
すべり角 λ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと2kmの深い方	5	5	5	
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	36	36	20	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	18	18	20	
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	648	648	400	
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	2096			
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.2			
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	Fujii and Matsu'ura (2000)	3.1			
微視的震源パラメータ			深谷断層帯 瀬川-伊奈 伊奈-川口			
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	3.15E+19			
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = 0.22 \cdot S_{model}$	461.1			
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = S_a / S \times \Delta\sigma$	14.1			
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して配分	9.02E+19	9.02E+19	1.46E+19	1.46E+19
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	4.5	4.5	1.2	1.2
全 ア テ ィ ス ペ	面積 S_{a_seg}	単位区間の面積に比例して配分	142.6	142.6	88.0	88.0
	平均すべり量 D_{a_seg}	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}$ $\gamma_D = 2.0$	8.9	8.9	2.3	2.3
	実効応力 σ_{a_seg}	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	14.1	14.1	14.1	14.1
	地震モーメント M_{0a_seg}	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	3.97E+19	3.97E+19	6.42E+18	6.42E+18
ベ 第 リ 1 テ ィ ス 	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	95.0	95.0	88.0	88.0
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	9.9	9.9	2.3	2.3
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	14.1	14.1	14.1	14.1
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	10 × 10	10 × 10	10 × 8	10 × 8
ベ 第 リ 2 テ ィ ス 	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	47.5	47.5	—	—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	7.0	7.0	—	—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	14.1	14.1	—	—
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	8 × 6	8 × 6	—	—
背 景 領 域	面積 S_{b_seg}	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	505.4	505.4	312.0	312.0
	すべり量 D_{b_seg}	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	3.2	3.2	0.8	0.8
	実効応力 σ_{b_seg}	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	2.5	2.5	2.0	2.0
	地震モーメント M_{0b_seg}	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	5.05E+19	5.05E+19	8.17E+18	8.17E+18

表 3.4-11 糸魚川静岡構造線断層帯北部区間+中北部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~12											
断層長さ L	km	—	—											
地震規模 M		—	—											
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	9.34E+19											
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.2											
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.355	36.364	36.533	36.537	36.651	36.645	35.983	36.023	36.069			
	°E	長期評価に基づく	137.957	137.994	137.893	137.932	137.898	137.937	138.162	138.091	138.059			
走向 θ	°	長期評価に基づく	343.7	343.7	2	2.0	18.9	18.9	304.6	330.9	339.2			
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	30	60	30	60	30	60	70	70	70			
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	90	90	90	0	0	0			
上端深さ D_{top}	km	地震基底深さ & 2km の深い方	2	4	2	4	2	4	2	2	2			
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	(20)		(12)		(16)		(8)		(6)	(34)		
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	18		18		18		10		10			
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model} \times W_{model}$	351.3		199.3		280.0		74.3		52.5			
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1295.6											
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.3											
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	4.9											
微視的震源パラメータ			北部						中北部					
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.40E+19											
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	464.0											
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.6											
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分割面積の1.5乗に比例して分配	2.41E+19			1.03E+19			1.71E+19			4.19E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	2.2			1.7			2.0			1.6		
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	125.8			71.4			100.3			26.6		
リア平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	4.4			3.3			3.9			3.2		
リア実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.6			13.6			13.6			13.6		
リア地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	1.72E+19			7.36E+18			1.23E+19			2.65E+18		
ベ第1リア面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	—			125.8			—			71.4		
ベ第1リアすべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—			4.4			—			3.3		
ベ第1リア実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	—			13.6			—			13.6		
ベ第1リア計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	—			12 × 10			—			8 × 8		
ベ第2リア面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—			—			—			—		
ベ第2リアすべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—			—			—			—		
ベ第2リア実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—			—			—			—		
ベ第2リア計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	—			—			—			6 × 6		
背景領域面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	225.5			127.9			179.7			47.7		
背景領域すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	1.0			0.7			0.9			0.7		
背景領域実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	1.7			1.3			1.7			1.2		
背景領域地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	6.83E+18			2.92E+18			4.86E+18			1.05E+18		

表 3.4-12 糸魚川静岡構造線断層帯中北部区間+中南部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~8					
断層長さ L	km	—	—					
地震規模 M		—	—					
地震モーメント M_0	Nm	単独活動の合算値	6.14E+19					
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.1					
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007
	°E	長期評価に基づく	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131
走向 θ	°	長期評価に基づく	304.6	330.9	339.2	116	157.7	141.2
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	70	70	70	70	70	70
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	0	0	0	0	0	0
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	2	2	2	2	2	2
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	24
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシピ」に基づく	10	10	10	14	14	14
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	336.0
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	935.8					
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.1					
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.2					
微視的震源パラメータ			中北部			中南部		
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.09E+19					
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	367.2					
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.3					
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して面積の1.5乗に比例して分配	3.97E+19			2.17E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	3.51E+18	2.09E+18	3.41E+19	1.65E+18	1.65E+18	1.84E+19
			1.5	1.3	3.2	0.8	0.8	1.8
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	29.2	20.6	132.7	26.4	26.4	131.9
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	3.0	2.5	6.5	1.6	1.6	3.5
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	2.76E+18	1.64E+18	2.68E+19	1.29E+18	1.29E+18	1.44E+19
1 面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	29.2	20.6	88.5	26.4	26.4	131.9
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	3.0	2.5	7.2	1.6	1.6	3.5
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	4 × 6	4 × 6	10 × 8	4 × 6	4 × 6	14 × 10
2 面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—	—	44.2	—	—	—
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	—	5.1	—	—	—
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—	—	13.3	—	—	—
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	—	—	8 × 6	—	—	—
背景領域 面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	45.1	31.9	205.5	40.9	40.9	204.1
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	0.5	0.5	1.1	0.3	0.3	0.6
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	0.9	0.9	2.0	0.7	0.7	1.7
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	7.55E+17	4.49E+17	7.34E+18	3.55E+17	3.55E+17	3.96E+18

表 3.4-13 糸魚川静岡構造線断層帯中南部区間＋南部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1～6					
断層長さ L	km	—	—					
地震規模 M		—	—					
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^7$	1.00E+20					
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.3					
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.079	36.056	36.007	35.828	35.755	35.551
	°E	長期評価に基づく	138.049	138.106	138.131	138.260	138.343	138.415
走向 θ	°	長期評価に基づく	116	157.7	141.2	137.5	164.0	205.1
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	70	70	70	45	45	45
すべり角 λ	°	「南西側隆起の逆断層」	0	0	0	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	2	2	2	4	4	4
断層モデル区間長さ $L_{model\ seg}$	km	長期評価および「レンビ」に基づく	(6)	(6)	24	(12)	(26)	(16)
断層モデル区間幅 $W_{model\ seg}$	km	長期評価および「レンビ」に基づく	14	14	14	22	22	22
断層モデル区間面積 $S_{model\ seg}$	km ²	$S_{model\ seg} = L_{model} \times W_{model}$	67.4	67.4	336.0	203.0	413.9	254.9
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model\ seg}$	1342.4					
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	2.4					
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{model} / \pi)^{1.5}$	5.0					
微視的震源パラメータ			中南部			南部		
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.46E+19					
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	492.3					
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	13.5					
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分配 面積の1.5乗に比例して分配	3.26E+19			6.77E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	$D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	2.48E+18	2.48E+18	2.76E+19	1.27E+19	3.70E+19	1.79E+19
			1.2	1.2	2.6	2.0	2.9	2.2
全 ア ス ペ リ ティ	面積 $S_{a\ seg}$	単位区間の面積に比例して配分	24.7	24.7	123.2	74.4	151.8	93.5
	平均すべり量 $D_{a\ seg}$	$D_{a\ seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}, \gamma_D = 2.0$	2.4	2.4	5.3	4.0	5.7	4.5
	実効応力 $\sigma_{a\ seg}$	$\sigma_{a\ seg} = \sigma_a$	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	地震モーメント $M_{0a\ seg}$	$M_{0a\ seg} = \mu \cdot D_{a\ seg} \cdot S_{a\ seg}$	1.82E+18	1.82E+18	2.03E+19	9.33E+18	2.72E+19	1.31E+19
第 1 ア ス ペ リ ティ	面積 S_{a1}	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a\ seg}$ (または $S_{a1} = S_{a\ seg}$)	24.7	24.7	123.2	74.4	151.8	93.5
	すべり量 D_{a1}	$D_{a1} = (\gamma_1 / \sum \gamma_i^3) \cdot D_{a\ seg}$	2.4	2.4	5.3	4.0	5.7	4.5
	実効応力 σ_{a1}	$\sigma_{a1} = \sigma_{a\ seg}$	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	4 × 6	4 × 6	12 × 10	6 × 12	12 × 12	8 × 12
第 2 ア ス ペ リ ティ	面積 S_{a2}	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a\ seg}$	—	—	—	—	—	—
	すべり量 D_{a2}	$D_{a2} = (\gamma_2 / \sum \gamma_i^3) \cdot D_{a\ seg}$	—	—	—	—	—	—
	実効応力 σ_{a2}	$\sigma_{a2} = \sigma_{a\ seg}$	—	—	—	—	—	—
	計算用面積	2kmメッシュサイズ	—	—	—	—	—	—
背 景 領 域	面積 $S_{b\ seg}$	$S_{b\ seg} = S_{model\ seg} - S_{a\ seg}$	42.7	42.7	212.8	128.5	262.1	161.4
	すべり量 $D_{b\ seg}$	$D_{b\ seg} = M_{0b\ seg} / (\mu \cdot S_{b\ seg})$	0.5	0.5	1.1	0.8	1.2	0.9
	実効応力 $\sigma_{b\ seg}$	$\sigma_{b\ seg} = (D_{b\ seg} / W_{b\ seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a\ seg}) \times (r \cdot \sum \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	0.8	0.8	2.0	0.8	1.6	1.0
	地震モーメント $M_{0b\ seg}$	$M_{0b\ seg} = M_{0seg} - M_{0a\ seg}$	6.61E+17	6.61E+17	7.36E+18	3.39E+18	9.87E+18	4.77E+18

表 3.4-14 糸魚川静岡構造線断層帯北部区間～中南部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

設定方法	ケース1～12											
—	—											
$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$	1.74E+20											
$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.4											
長期評価に基づく	36.355	36.364	36.533	36.537	36.651	36.645	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007
長期評価に基づく	137.957	137.994	137.893	137.932	137.898	137.937	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131
長期評価に基づく	343.7	343.7	2	2.0	18.9	18.9	304.6	330.9	339.2	116	157.7	141.2
長期評価に基づく	30	60	30	60	30	60	70	70	70	70	70	70
「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0
地震基盤深さと 2km の深い方	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2
長期評価および「レシビ」に基づく	(20)		(12)		(16)		(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	24
長期評価および「レシビ」に基づく	18		18		18		10	10	10	14	14	14
$S_{\text{model seg}} = L_{\text{model}} \times W_{\text{model}}$	351.3		199.3		280.0		74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	336.0
$S_{\text{model}} = \sum S_{\text{model seg}}$	1766.3											
$D = M_0 / (\mu \cdot S_{\text{model}})$	3.1											
$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 / (S_{\text{model}} / \pi)^{1.5}$	5.7											
	北部				中北部				中南部			
$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	2.96E+19											
$S_a = \pi r^2, r = 7\pi/4 \times M_0 / (A \cdot R) \times \beta^2$	777.8											
$\sigma_a = \Delta\sigma_a = 7/16 \times M_0 / (r^2 \cdot R)$	12.9											
単独活動時の地震モーメントに比例して分配	7.68E+19				6.26E+19				3.42E+19			
面積の1.5乗に比例して分配	3.59E+19		1.53E+19		2.56E+19		5.53E+18	3.29E+18	5.37E+19	2.60E+18	2.60E+18	2.90E+19
$D_{\text{seg}} = M_{0\text{seg}} / (\mu \cdot S_{\text{seg}})$	3.3		2.5		2.9		2.4	2.0	5.1	1.2	1.2	2.8
単位区間の面積に比例して配分	154.7		87.8		123.3		32.7	23.1	148.9	29.7	29.7	148.0
$D_{a\text{ seg}} = \gamma_D \cdot D_{\text{seg}}, \gamma_D = 2.0$	6.6		4.9		5.8		4.8	4.0	10.2	2.5	2.5	5.5
$\sigma_{a\text{ seg}} = \sigma_a$	12.9		12.9		12.9		12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
$M_{0a\text{ seg}} = \mu \cdot D_{a\text{ seg}} \cdot S_{a\text{ seg}}$	3.16E+19		1.35E+19		2.25E+19		4.87E+18	2.90E+18	4.73E+19	2.29E+18	2.29E+18	2.55E+19
$S_{a1} = 2/3 \times S_{a\text{ seg}}$ (または $S_{a1} = S_{a\text{ seg}}$)	—	154.7	—	87.8	—	123.3	32.7	23.1	99.3	29.7	29.7	148.0
$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a\text{ seg}}$	—	6.6	—	4.9	—	5.8	4.8	4.0	11.3	2.5	2.5	5.5
$\sigma_{a1} = \sigma_{a\text{ seg}}$	—	12.9	—	12.9	—	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
2kmメッシュサイズ	—	16 × 10	—	8 × 10	—	12 × 10	6 × 6	4 × 6	12 × 8	4 × 6	4 × 6	14 × 10
$S_{a2} = 1/3 \times S_{a\text{ seg}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	49.6	—	—	—
$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a\text{ seg}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	—	—	—
$\sigma_{a2} = \sigma_{a\text{ seg}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	12.9	—	—	—
2kmメッシュサイズ	—	—	—	—	—	—	—	—	8 × 6	—	—	—
$S_{b\text{ seg}} = S_{\text{model seg}} - S_{a\text{ seg}}$	196.6		111.5		156.7		41.6	29.4	189.3	37.7	37.7	188.0
$D_{b\text{ seg}} = M_{0b\text{ seg}} / (\mu \cdot S_{b\text{ seg}})$	0.7		0.5		0.6		0.5	0.4	1.1	0.3	0.3	0.6
$\sigma_{b\text{ seg}} = (D_{b\text{ seg}} / W_{b\text{ seg}}) \times (\pi^{1/2} / D_{a\text{ seg}}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	0.8		0.6		0.8		0.8	0.6	1.2	0.4	0.4	1.0
$M_{0b\text{ seg}} = M_{0\text{ seg}} - M_{0a\text{ seg}}$	4.29E+18		1.83E+18		3.05E+18		6.60E+17	3.92E+17	6.41E+18	3.10E+17	3.10E+17	3.46E+18

表 3.4-15 糸魚川静岡構造線断層帯中北部区間～中部区間が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1～12									
断層長さ L	km	—	—									
地震規模 M	—	—	—									
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = S \times 10^{17}$	1.81E+20									
モーメントマグニチュード M_w	—	$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.4									
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007	35.828	35.755	35.551	
	°E	長期評価に基づく	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131	138.260	138.343	138.415	
走向 θ	°	長期評価に基づく	304.6	330.9	339.2	116	157.7	141.2	137.5	164.0	205.1	
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	70	70	70	70	70	70	45	45	45	
すべり角 λ	°	「南西側隆起の逆断層」	0	0	0	0	0	0	90	90	90	
上端深さ D_{top}	km	地震基盤深さと 2km の深い方	2	2	2	2	2	2	4	4	4	
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レンジ」に基づく	(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	24	(12)	(26)	(16)	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レンジ」に基づく	10	10	10	14	14	14	22	22	22	
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	336.0	203.0	413.9	254.9	
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	1807.5									
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.2									
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	Fujii and Matsu'ura (2000)	3.1									
微視的震源パラメータ			中北部			中南部			南部			
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (参考値)	3.00E+19									
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = 0.22 \cdot S_{model}$	397.6									
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = S / S_a \times \Delta\sigma$	14.1									
区間地震モーメント M_{0seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分配	6.74E+19			3.68E+19			7.65E+19			
区間平均すべり量 D_{seg}	m	面積の1.5乗に比例して分配 $D_{seg} = M_{0seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	5.96E+18	3.55E+18	5.79E+19	2.80E+18	2.80E+18	3.12E+19	1.44E+19	4.19E+19	2.02E+19	
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	16.3	11.6	74.4	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1	
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}$, $\gamma_D = 2.0$	5.1	4.3	11.0	2.7	2.7	6.0	4.5	6.5	5.1	
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	2.62E+18	1.56E+18	2.55E+19	1.23E+18	1.23E+18	1.37E+19	6.33E+18	1.84E+19	8.90E+18	
第1面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	16.3	11.6	49.6	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1	
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	5.1	4.3	12.2	2.7	2.7	6.0	4.5	6.5	5.1	
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	4 × 4	2 × 4	8 × 6	4 × 4	4 × 4	10 × 8	6 × 8	12 × 8	6 × 10	
第2面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—	—	24.8	—	—	—	—	—	—	
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	—	8.6	—	—	—	—	—	—	
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—	—	14.1	—	—	—	—	—	—	
計算用面積	km×km	2kmメッシュサイズ	—	—	6 × 4	—	—	—	—	—	—	
背景領域面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	58.0	41.0	263.8	52.5	52.5	262.1	158.3	322.8	198.8	
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	1.8	1.6	3.9	1.0	1.0	2.1	1.6	2.3	1.8	
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	2.0	1.0	3.2	1.4	1.4	2.9	1.4	1.8	1.4	
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0seg} - M_{0a_seg}$	3.34E+18	1.99E+18	3.24E+19	1.57E+18	1.57E+18	1.75E+19	8.05E+18	2.34E+19	1.13E+19	

表 3.4-16 糸魚川静岡構造線断層帯全体が同時に活動する地震の震源パラメータ。

巨視的震源パラメータ		設定方法	ケース1~16														
断層長さ L	km	—	—														
地震規模 M		—	—														
地震モーメント M_0	Nm	$M_0 = S \times 10^{17}$	2.64E+20														
モーメントマグニチュード M_w		$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	7.5														
断層原点位置 (地中)	°N	長期評価に基づく	36.355	36.364	36.533	36.537	36.651	36.645	35.983	36.023	36.069	36.079	36.056	36.007	35.828	35.755	35.551
	°E	長期評価に基づく	137.957	137.994	137.893	137.932	137.898	137.937	138.162	138.091	138.059	138.049	138.106	138.131	138.260	138.343	138.415
走向 θ	°	長期評価に基づく	343.7	343.7	2.0000	2.0	18.9	18.9	304.6	330.9	339.2	116.0000	157.7	141.2	137.5	164.0	205.1
傾斜角 δ	°	長期評価に基づく	30	60	30	60	30	60	70	70	70	70	70	70	45	45	45
すべり角 ϵ	°	「南西側隆起の逆断層」	90	90	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0	90	90	90
上端深さ D_{top}	km	地震基底深さと 2km の深い方	2	4	2	4	2	4	2	2	2	2	2	2	4	4	4
断層モデル区間長さ L_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	(20)	(12)	(16)	(8)	(6)	(34)	(6)	(6)	(6)	(6)	24	(12)	(26)	(16)	
断層モデル区間幅 W_{model_seg}	km	長期評価および「レシビ」に基づく	18	18	18	10	10	10	14	14	14	14	14	22	22	22	
断層モデル区間面積 S_{model_seg}	km ²	$S_{model_seg} = L_{model_seg} \times W_{model_seg}$	351.3	199.3	280.0	74.3	52.5	338.2	67.4	67.4	67.4	67.4	336	203.0	413.9	254.9	
断層モデル面積 S_{model}	km ²	$S_{model} = \sum S_{model_seg}$	2638.0														
平均すべり量 D	m	$D = M_0 / (\mu \cdot S_{model})$	3.2														
平均静的応力降下量 $\Delta\sigma$	MPa	Fujii and Matsuura (2000)	3.1														
微視的震源パラメータ			北部				中北部				中南部				南部		
短周期レベル A	Nm/s ²	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^9)^{1/3}$ (参考値)	3.40E+19														
アスペリティ総面積 S_a	km ²	$S_a = 0.22 \cdot S_{model}$	580.4														
アスペリティの実効応力 σ_a	MPa	$\sigma_a = \Delta\sigma_a = S / S_a \times \Delta\sigma$	14.1														
区間地震モーメント M_{0_seg}	Nm	単独活動時の地震モーメントに比例して分配	8.29E+19				6.75E+19				3.69E+19				7.65E+19		
区間平均すべり量 D_{seg}	m	面積の1.5倍に比例して分配 $D_{seg} = M_{0_seg} / (\mu \cdot S_{seg})$	3.88E+19	1.66E+19	2.76E+19	5.97E+18	3.55E+18	5.80E+19	2.75E+18	2.75E+18	3.07E+19	1.44E+19	4.19E+19	2.03E+19	2.5		
			3.5	2.7	3.2	2.6	2.2	5.5	1.3	1.3	2.9	2.3	2.3	2.5			
全面積 S_{a_seg}	km ²	単位区間の面積に比例して配分	77.3	43.8	61.6	18.3	11.6	74.4	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1			
平均すべり量 D_{a_seg}	m	$D_{a_seg} = \gamma_D \cdot D_{seg}$ $\gamma_D = 2.0$	7.1	5.3	6.3	5.1	4.3	11.0	2.6	2.6	5.8	4.5	6.5	5.1			
実効応力 σ_{a_seg}	MPa	$\sigma_{a_seg} = \sigma_a$	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1			
地震モーメント M_{0a_seg}	Nm	$M_{0a_seg} = \mu \cdot D_{a_seg} \cdot S_{a_seg}$	1.71E+19	7.29E+18	1.21E+19	2.63E+18	1.56E+18	2.55E+19	1.21E+18	1.21E+18	1.35E+19	6.33E+18	1.84E+19	8.91E+18			
第1面積 S_{a1}	km ²	$S_{a1} = 2/3 \times S_{a_seg}$ (または $S_{a1} = S_{a_seg}$)	—	77.3	—	43.8	—	61.6	18.3	11.6	49.6	14.8	14.8	73.9	44.7	91.0	56.1
すべり量 D_{a1}	m	$D_{a1} = (\gamma_1 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	7.1	—	5.3	—	6.3	5.1	4.3	12.2	2.6	2.6	5.8	4.5	6.5	5.1
実効応力 σ_{a1}	MPa	$\sigma_{a1} = \sigma_{a_seg}$	—	14.1	—	14.1	—	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1
計算用面積	km ²	2km ² メッシュサイズ	—	10 × 8	—	6 × 8	—	10 × 6	4 × 4	4 × 4	8 × 6	4 × 4	4 × 4	10 × 8	4 × 6	4 × 6	14 × 10
第2面積 S_{a2}	km ²	$S_{a2} = 1/3 \times S_{a_seg}$	—	—	—	—	—	—	—	—	24.8	—	—	—	—	—	—
すべり量 D_{a2}	m	$D_{a2} = (\gamma_2 / \Sigma \gamma_i^3) \cdot D_{a_seg}$	—	—	—	—	—	—	—	—	8.6	—	—	—	—	—	—
実効応力 σ_{a2}	MPa	$\sigma_{a2} = \sigma_{a_seg}$	—	—	—	—	—	—	—	—	14.1	—	—	—	—	—	—
計算用面積	km ²	2km ² メッシュサイズ	—	—	—	—	—	—	—	—	6 × 4	—	—	—	—	—	—
背景領域面積 S_{b_seg}	km ²	$S_{b_seg} = S_{model_seg} - S_{a_seg}$	274.0	155.4	218.4	58.0	41.0	263.8	52.5	52.5	262.1	158.3	322.8	198.8			
すべり量 D_{b_seg}	m	$D_{b_seg} = M_{0b_seg} / (\mu \cdot S_{b_seg})$	2.5	1.9	2.3	1.8	1.6	3.9	0.9	0.9	2.1	1.6	2.3	1.8			
実効応力 σ_{b_seg}	MPa	$\sigma_{b_seg} = (D_{b_seg} / W_{b_seg}) \times (\pi^{1/2} / D_{a_seg}) \times (r \cdot \Sigma \gamma_i^3 \cdot \sigma_a)$	2.2	1.7	1.7	2.0	2.0	3.2	1.4	1.4	2.9	0.9	0.9	2.3			
地震モーメント M_{0b_seg}	Nm	$M_{0b_seg} = M_{0_seg} - M_{0a_seg}$	2.17E+19	9.27E+18	1.54E+19	3.34E+18	1.99E+18	3.25E+19	1.54E+18	1.54E+18	1.72E+19	8.06E+18	2.35E+19	1.13E+19			

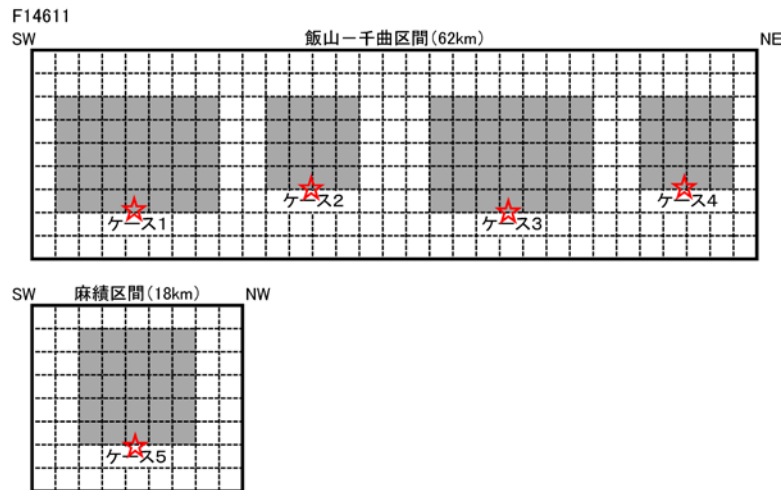


図 3.4-17 長野盆地西縁断層帯全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

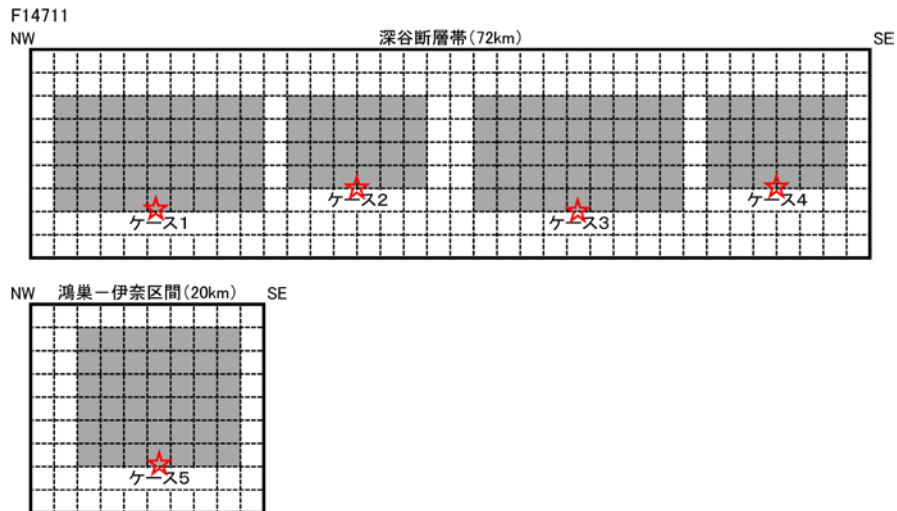


図 3.4-18 深谷断層帯および綾瀬川断層鴻巣-伊奈区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

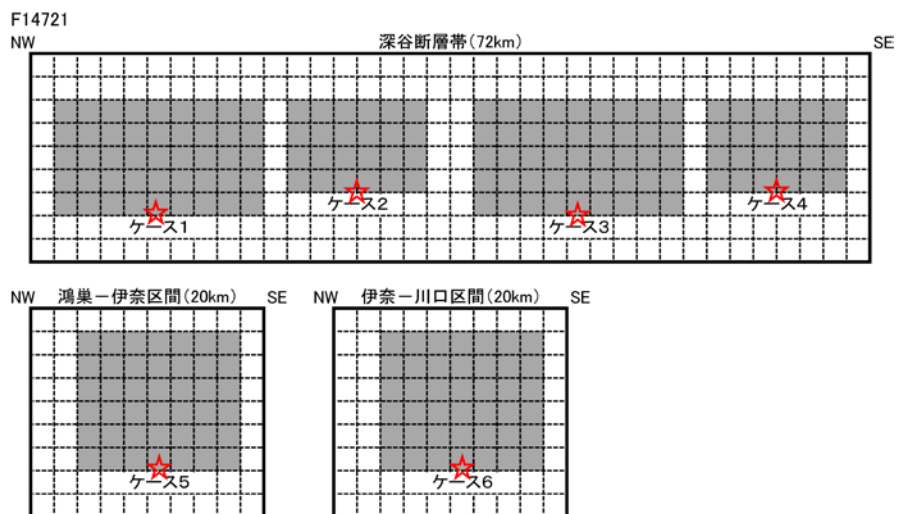


図 3.4-19 深谷断層帯および綾瀬川断層全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

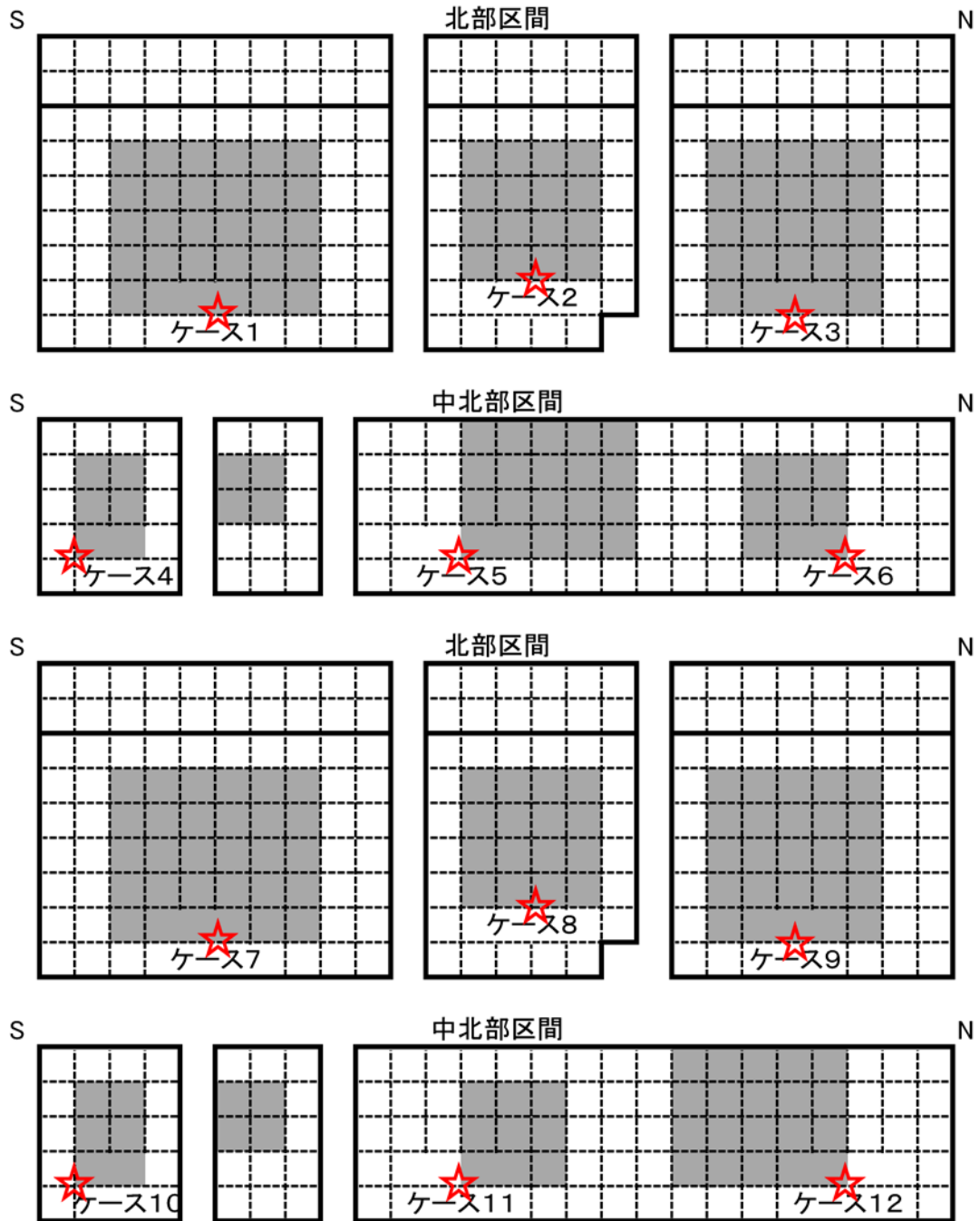


図 3.4-20 糸魚川－静岡構造線断層帯北部区間＋中北部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

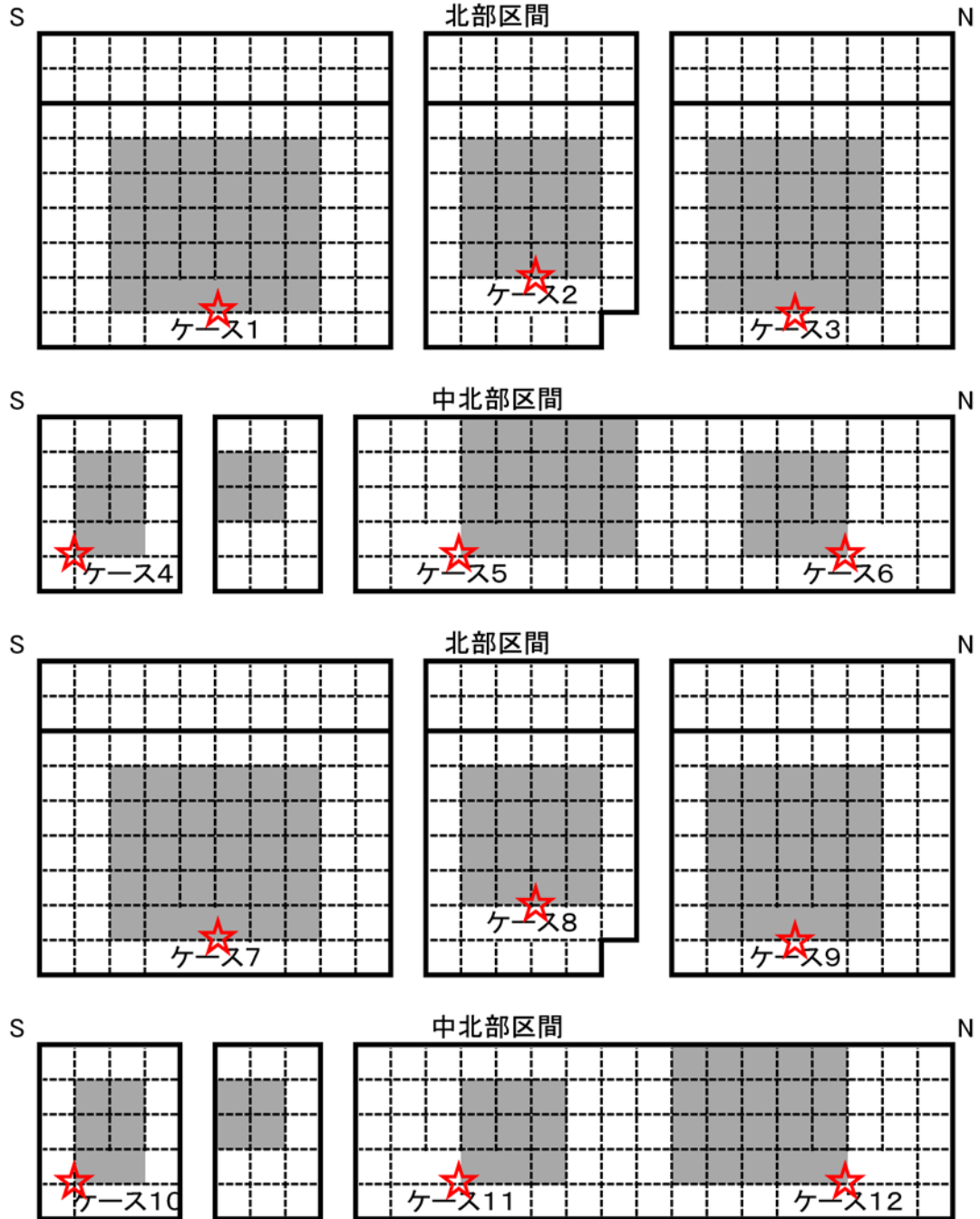


図 3.4-21 糸魚川-静岡構造線断層帯中北部区間+中南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

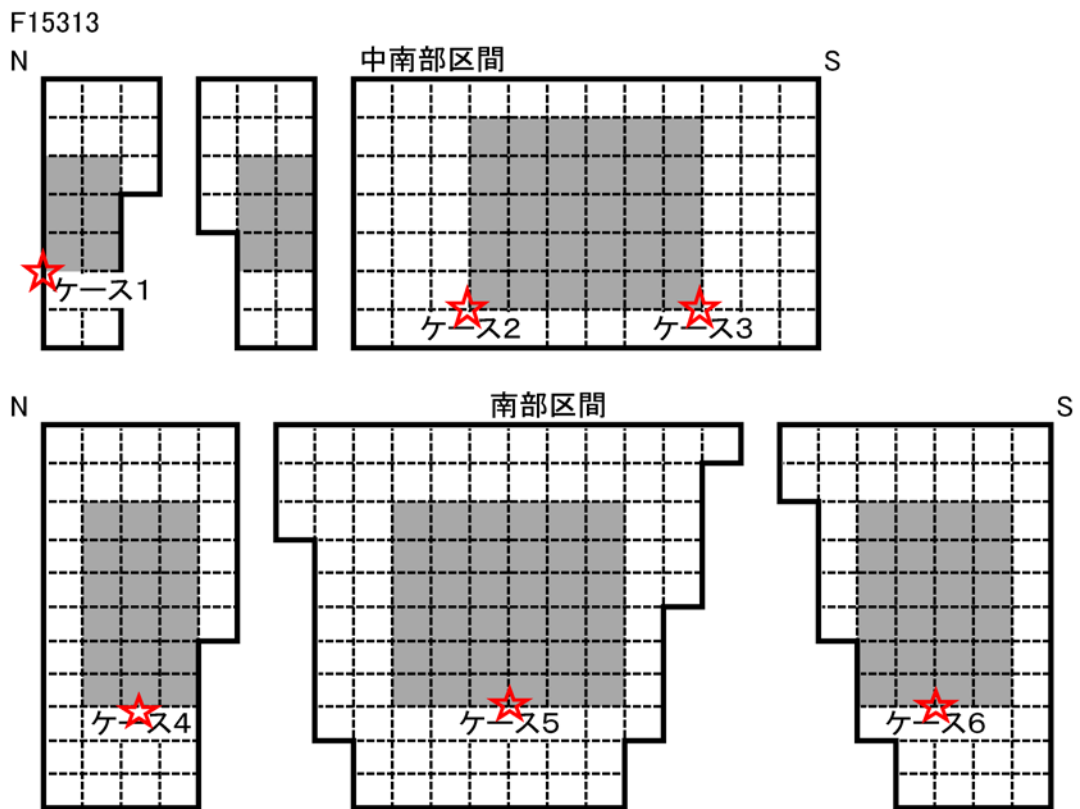


図 3.4-22 糸魚川－静岡構造線断層帯中南部区間＋南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

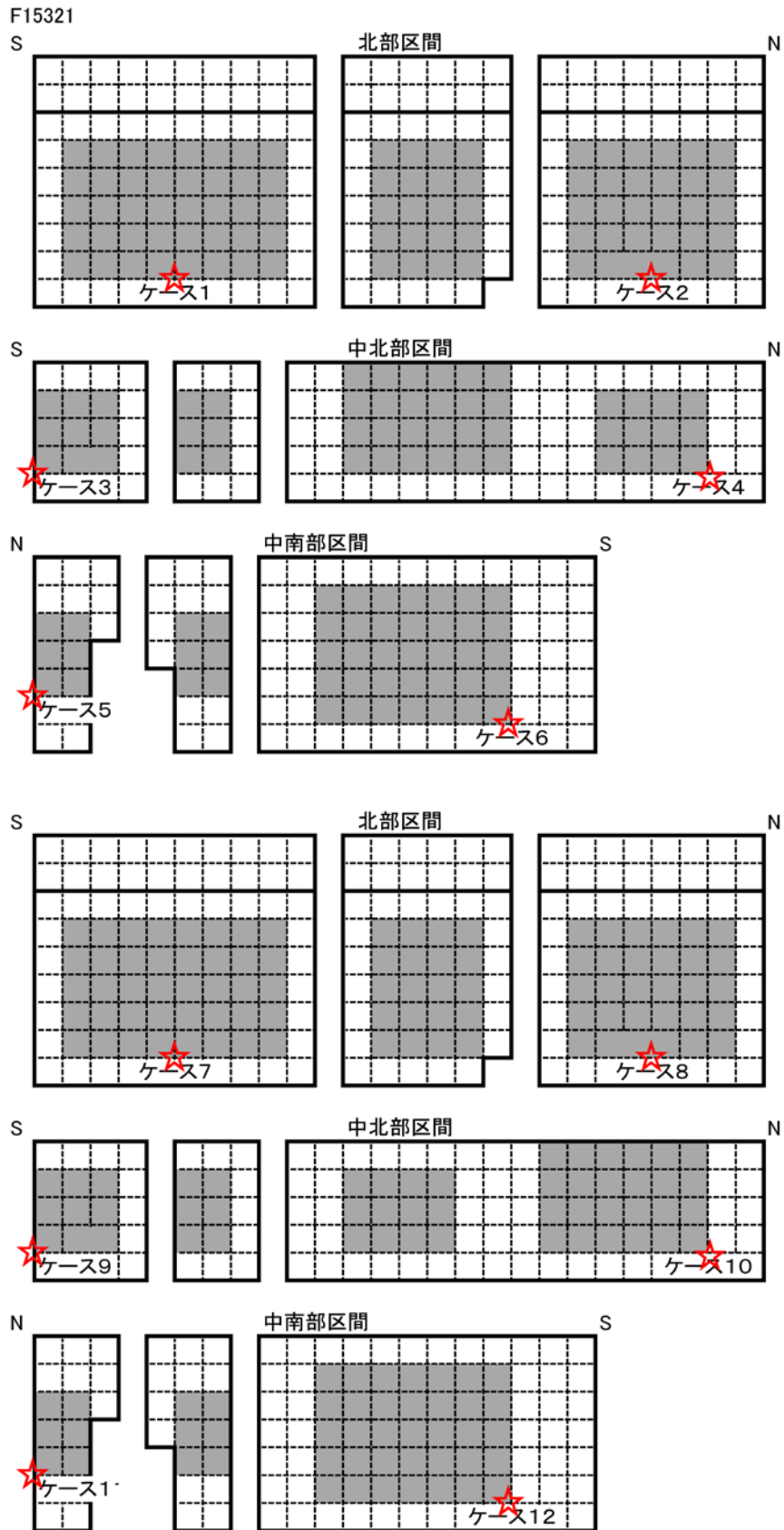


図 3.4-23 糸魚川ー静岡構造線断層帯北部区間～中南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

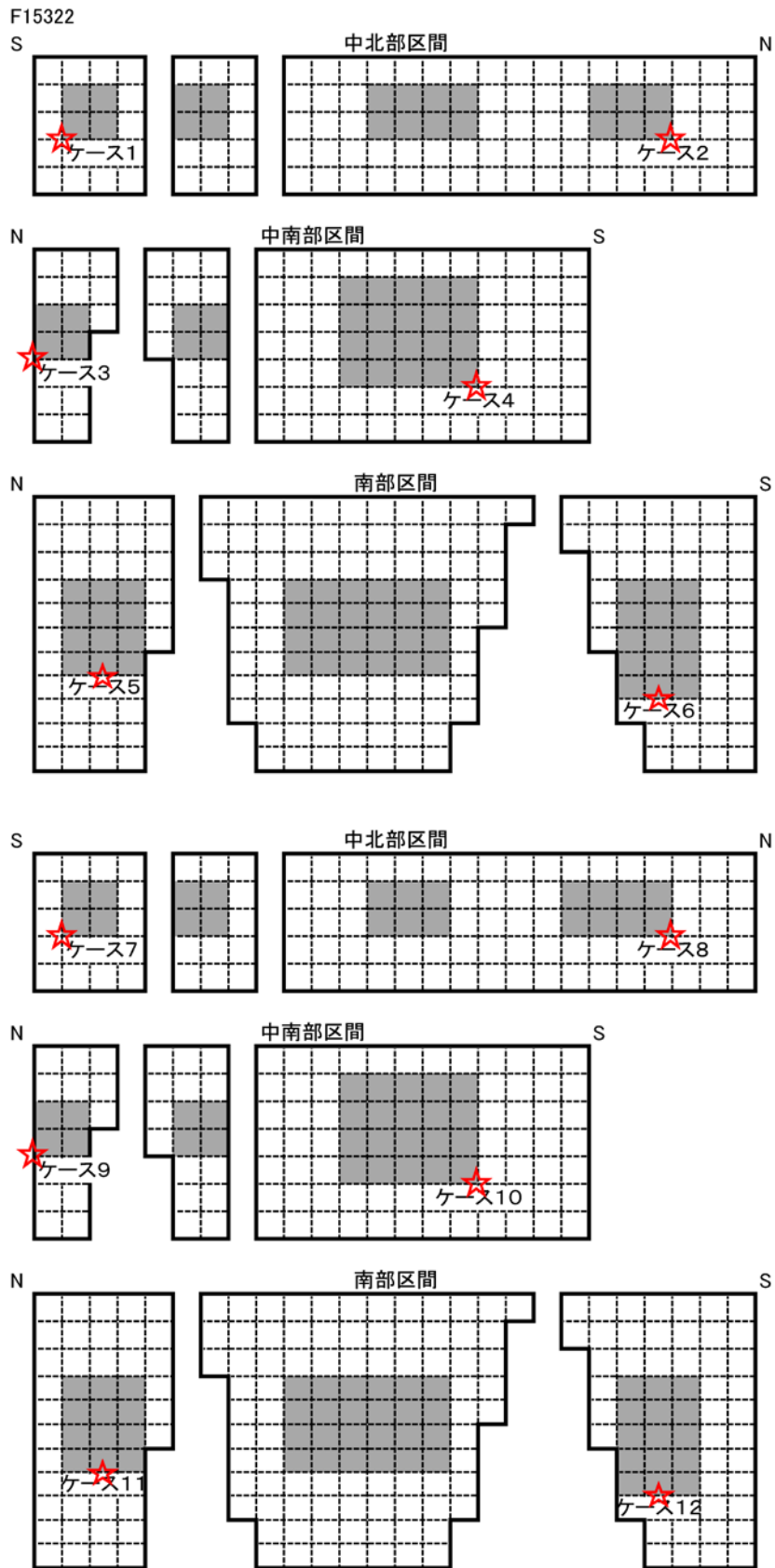


図 3.4-24 糸魚川－静岡構造線断層帯中北部区間～南部区間が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

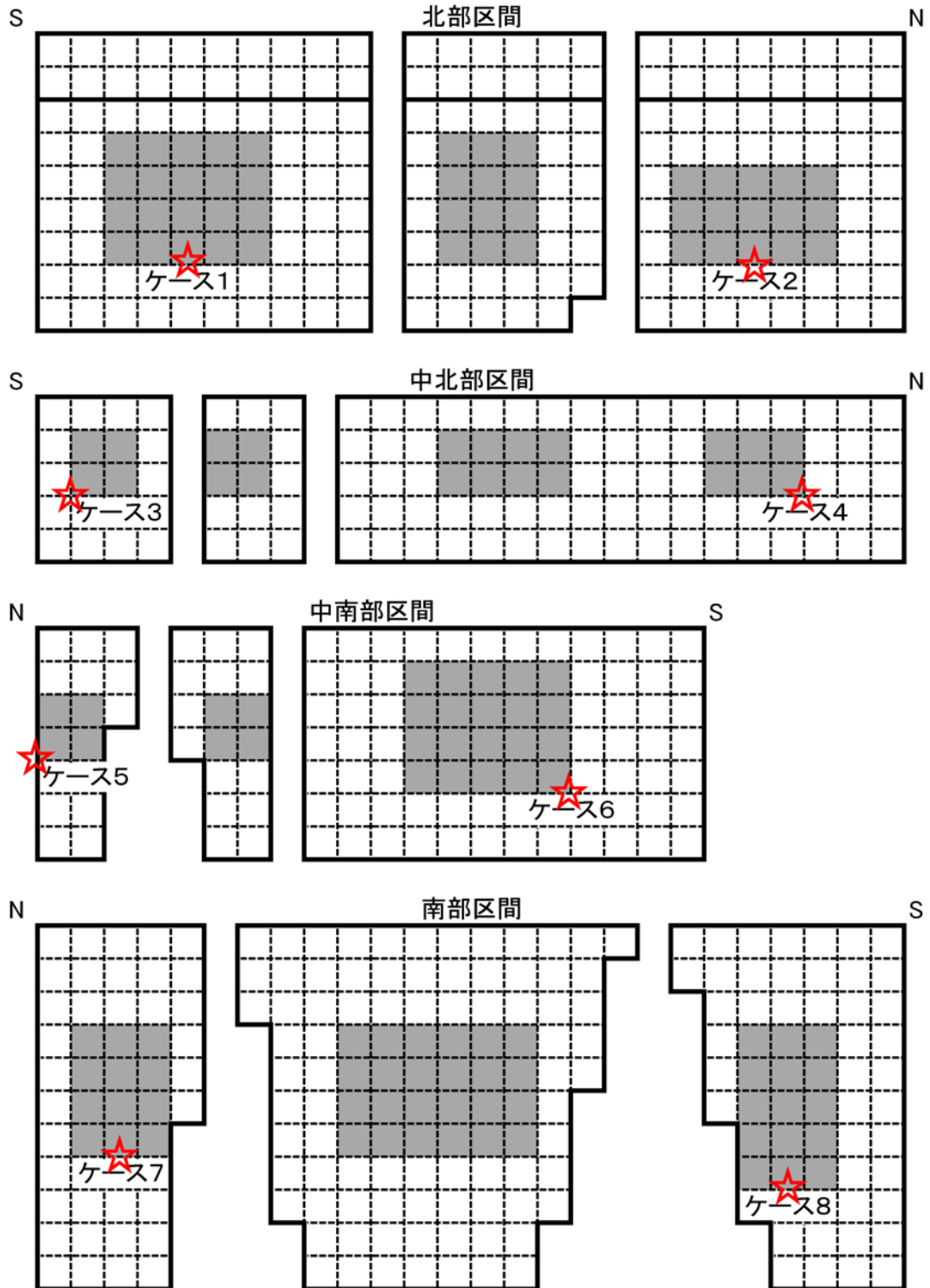


図 3.4-25 糸魚川－静岡構造線断層帯全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図。

F15331

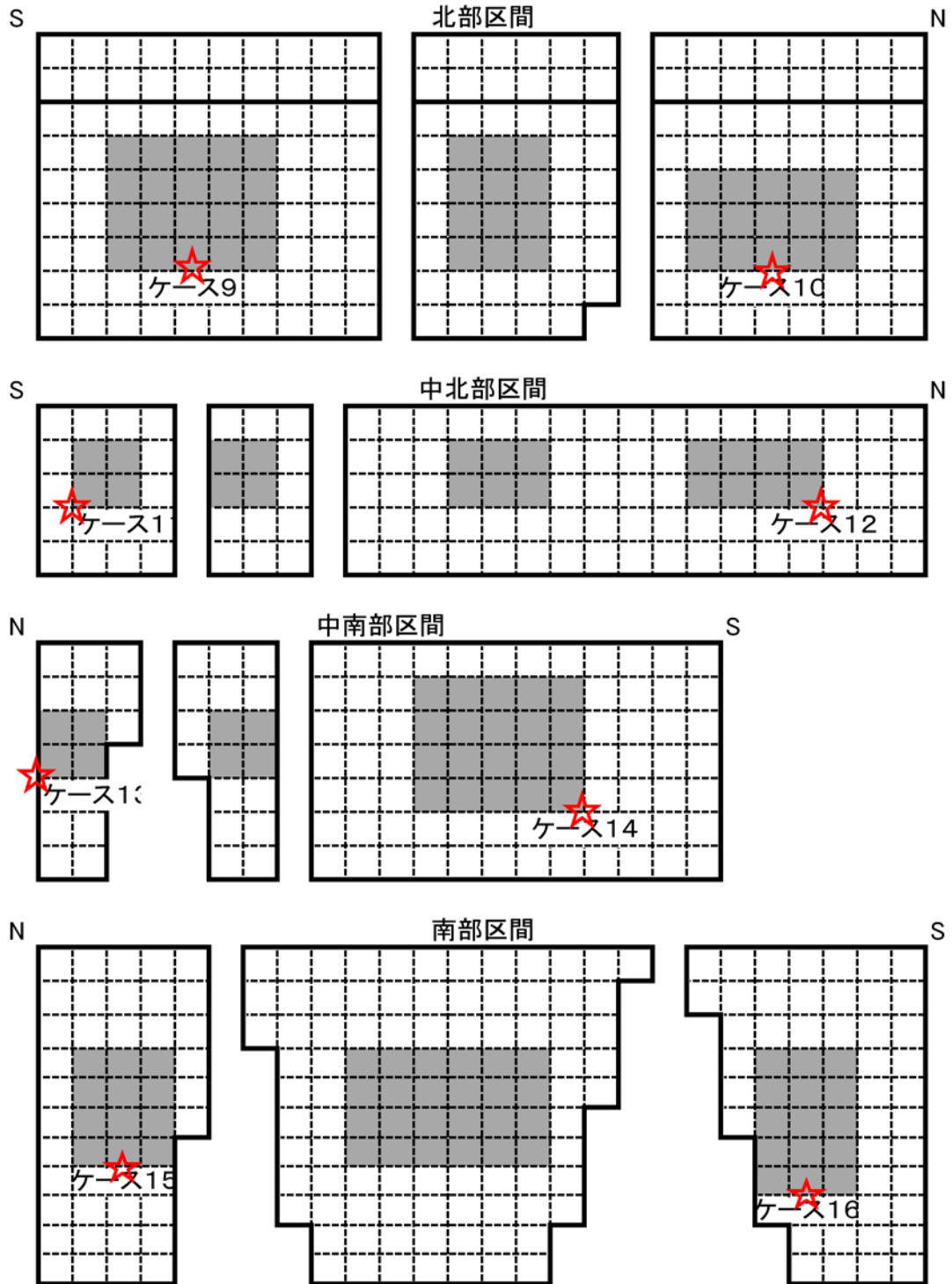


図 3.4-25 糸魚川－静岡構造線断層帯全体が同時に活動する地震の震源モデル模式図（つづき）。

(2) 計算結果

地震動シミュレーションにあたって、地下構造モデルは長周期地震動評価 2016 年試作版（地震調査委員会、2016c）で用いられた、浅部・深部統合地盤モデルに基づく深部地盤モデルを用いた。ただし、全国地震動予測地図 2016 年版（地震調査委員会、2016a）の結果と比較できるように、工学的基盤は $V_s=600\text{m/s}$ とした。計算は GMS（青井・他、2004）を用いて、周期 1 秒以上を対象として行った。図 3.4-26 に深谷断層帯単独の活動の地震について、本検討における計算速度波形と J-SHIS より公開されている全国地震動予測地図 2016 年版の速度波形と比較した例を示す。地下構造モデルが異なることにより、計算波形に若干の違いが見られるものの、大局的には似た波形となっている。

東京都庁、神奈川県庁、千葉県庁および埼玉県庁位置における工学的基盤上の速度波形の例（各地震のケース 1）を図 3.4-27～図 3.4-30 に、速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を図 3.4-31～図 3.4-34 にそれぞれ示す。震源が関東平野内にある深谷断層および綾瀬川断層との同時活動において、大きな振幅となっており、速度応答スペクトルは周期によっては 100cm/s を超えている。また、糸魚川－静岡構造線断層帯による地震動も、南関東地域に対しては震源から遠いにもかかわらず 1) のスラブ内地震の結果と比べても大きな振幅となっており、速度応答スペクトルも 20cm/s 以上となっているケースも少なくない。

なお、本検討では「レシピ」に従った震源モデルのため、震源断層モデルの上端深さが地震発生層の上端深さ（2～5km）となっており、地表（0km）とはなっていない。しかしながら、平成 28 年熊本地震においては地表に明瞭な断層が現れ、地表付近において数 m 程度の変位が現れている場所もあることが確認されており、大きな長周期地震動が震源断層ごく近傍の熊本県西原村の震度計で記録されている。従って、このような地震発生層以浅の地表付近の大きなすべりをモデル化することにより、活断層の地震で発生する長周期地震動は、特に震源断層ごく近傍において本検討の計算結果よりも大きくなる可能性が高い。この点に関しては、地表付近の詳細な断層の位置・形状やすべり（破壊）過程のモデル化手法の確立に向けた検討が必要である。

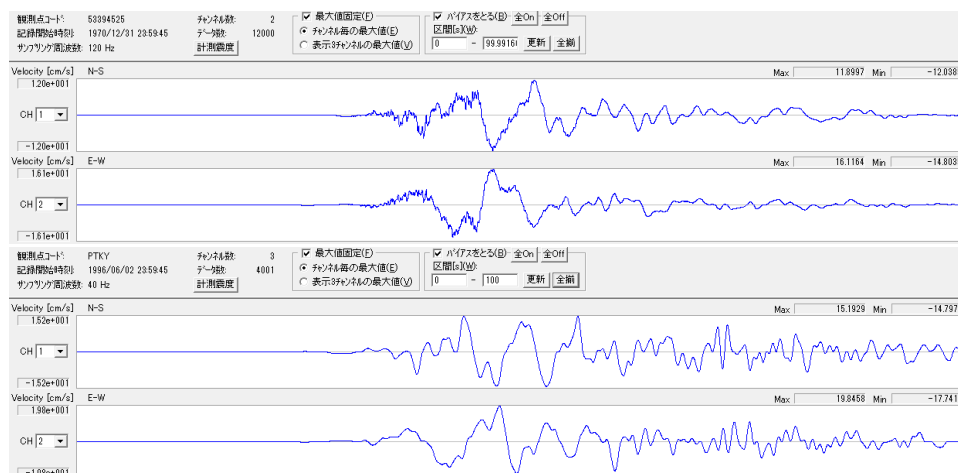


図 3.4-26 深谷断層帯が単独で活動する地震の速度波形の比較（上；J-SHIS、下：本検討）。

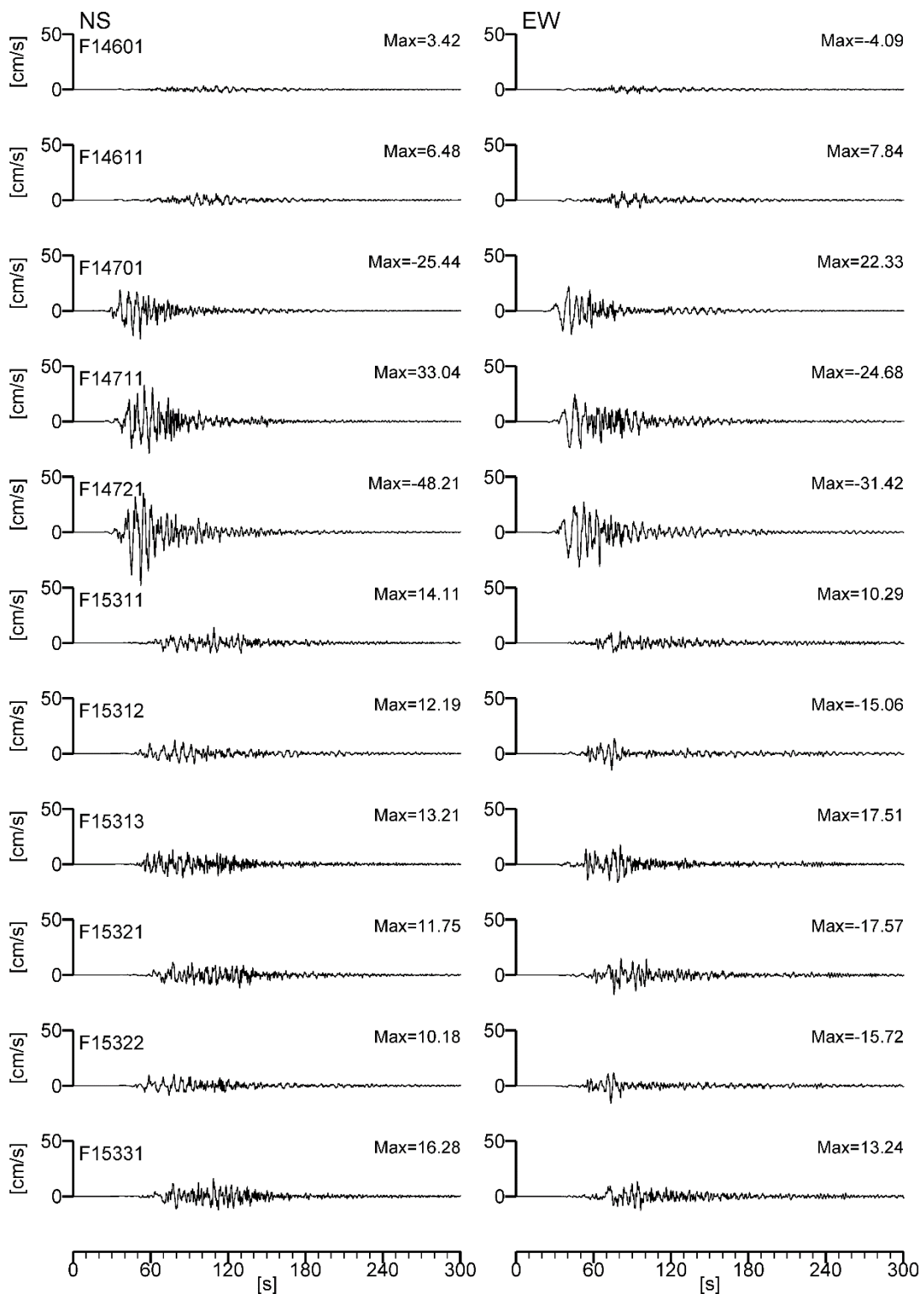


図 3.4-27 地震動シミュレーション結果（速度波形；東京都庁位置）。

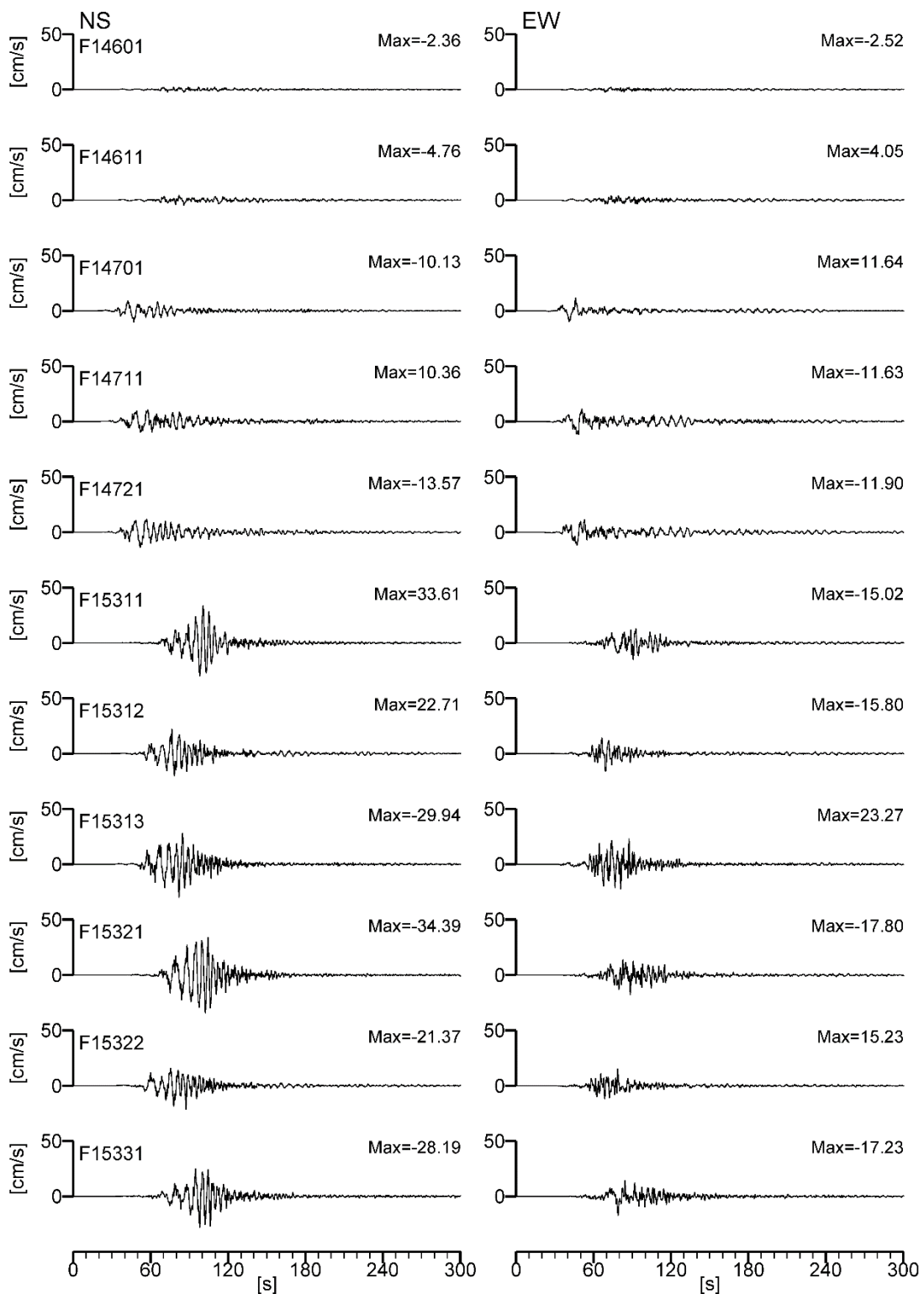


図 3.4-28 地震動シミュレーション結果（速度波形；神奈川県庁位置）。

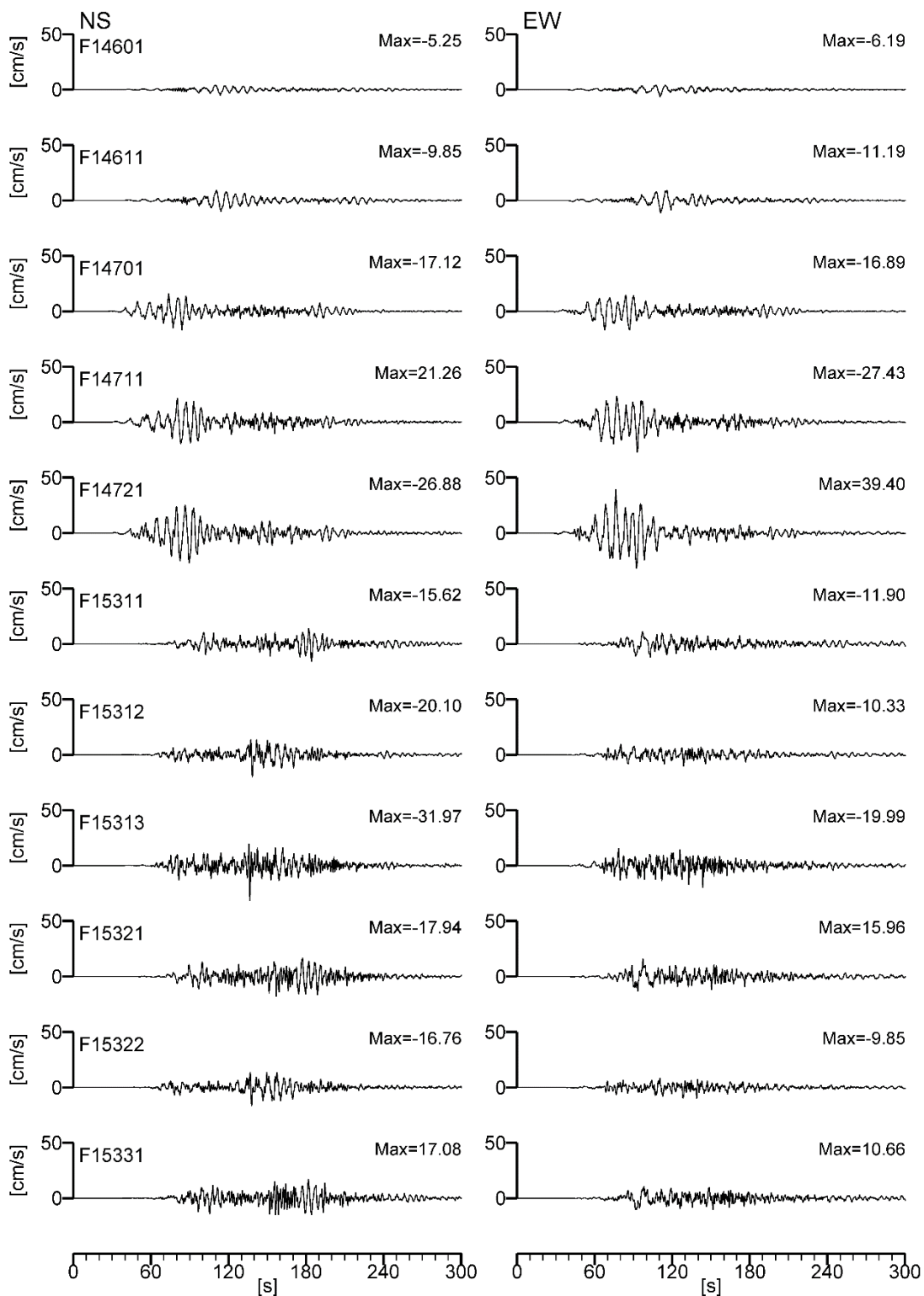


図 3.4-29 地震動シミュレーション結果（速度波形；千葉県庁位置）。

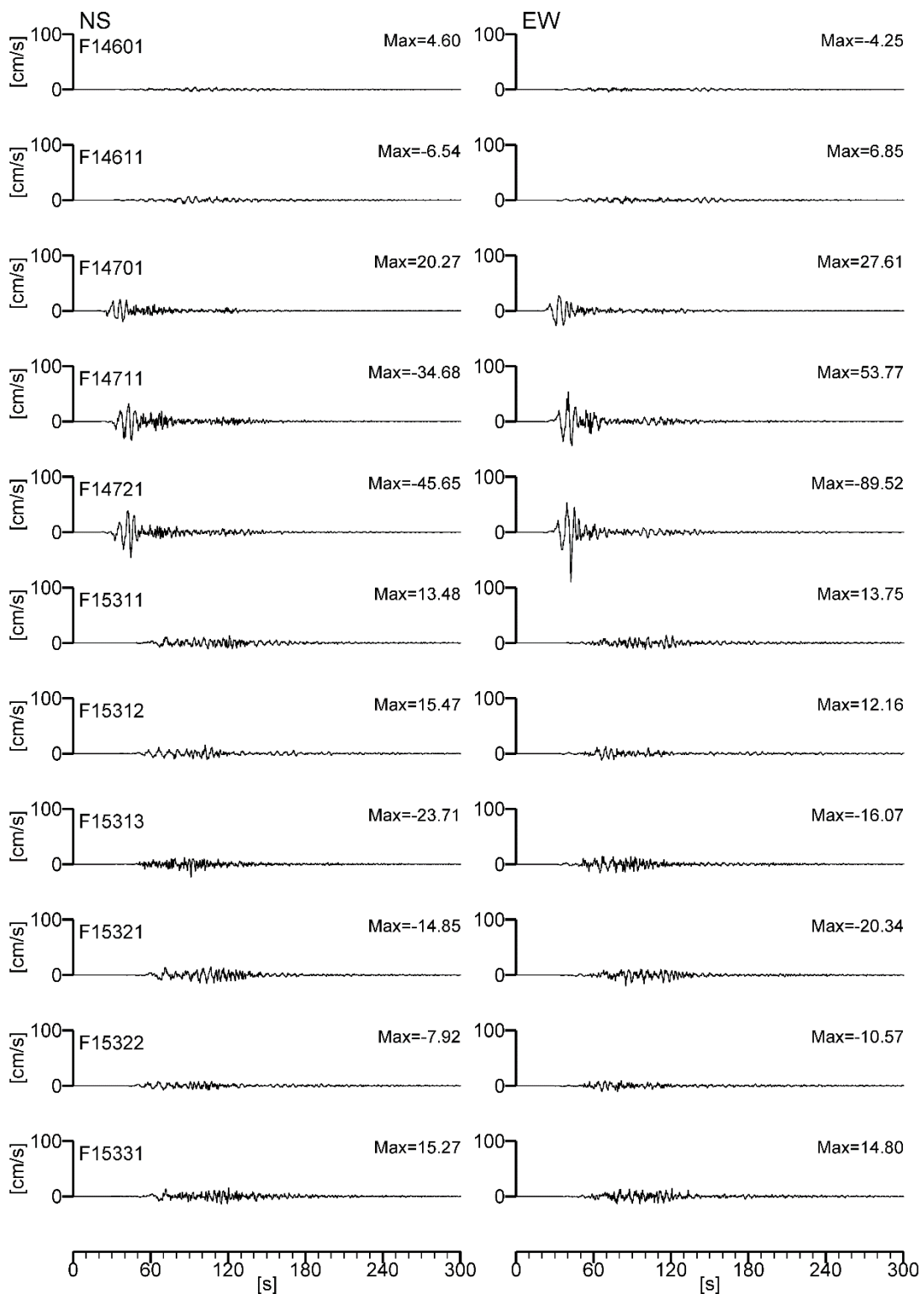


図 3.4-30 地震動シミュレーション結果（速度波形；埼玉県庁位置）。

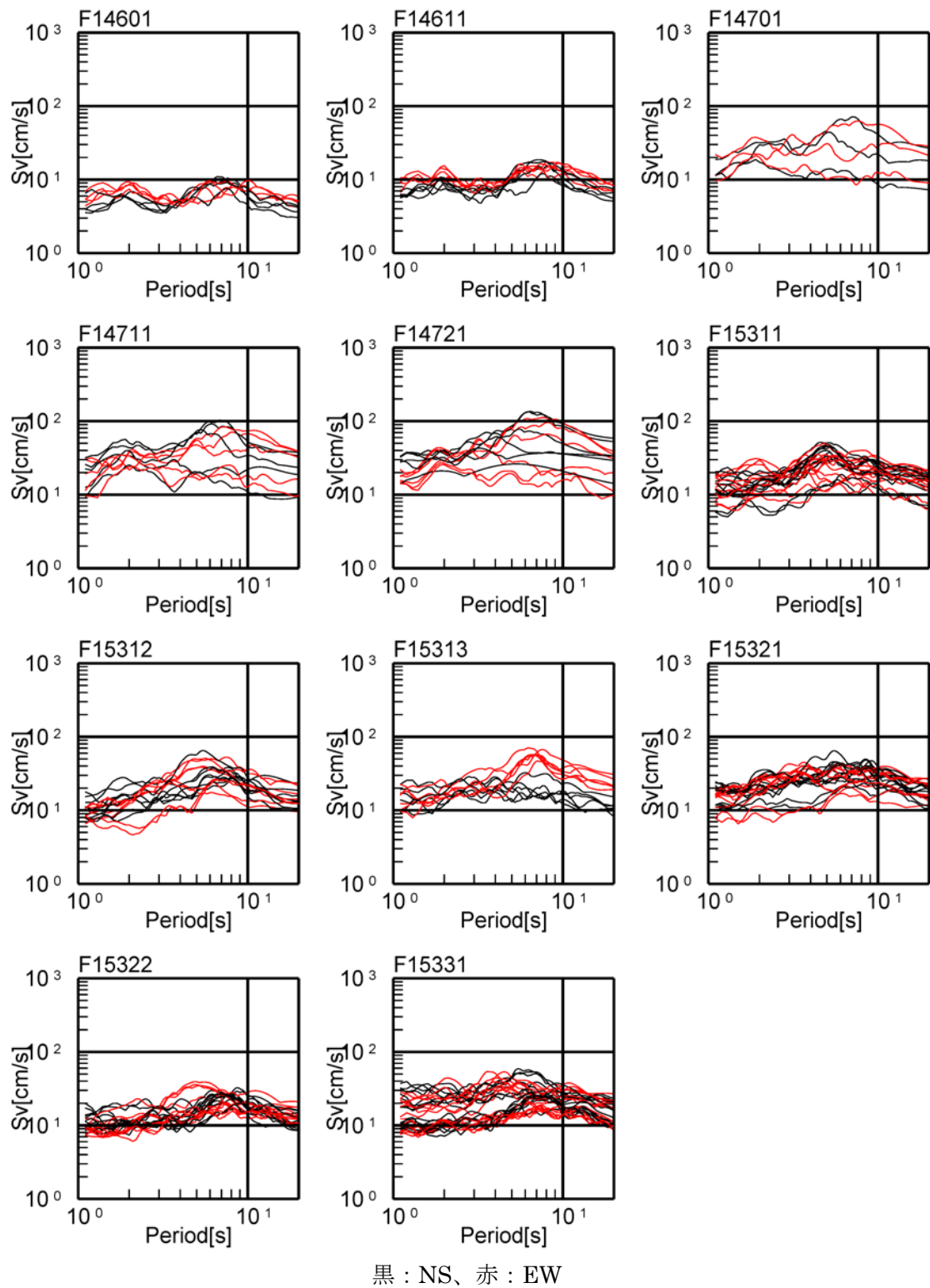


図 3.4-31 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；東京都庁位置）。

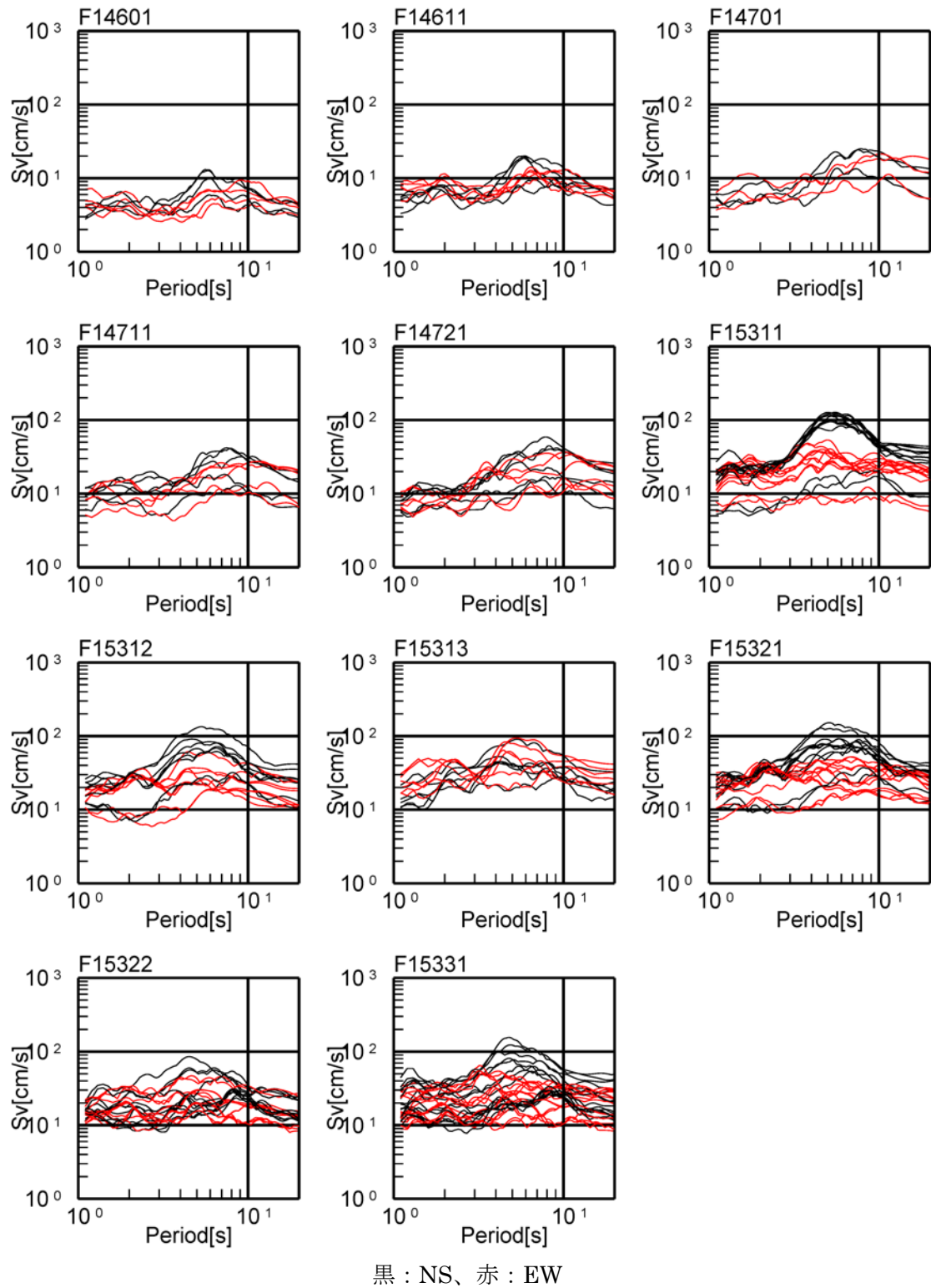


図 3.4-32 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；神奈川県庁位置）。

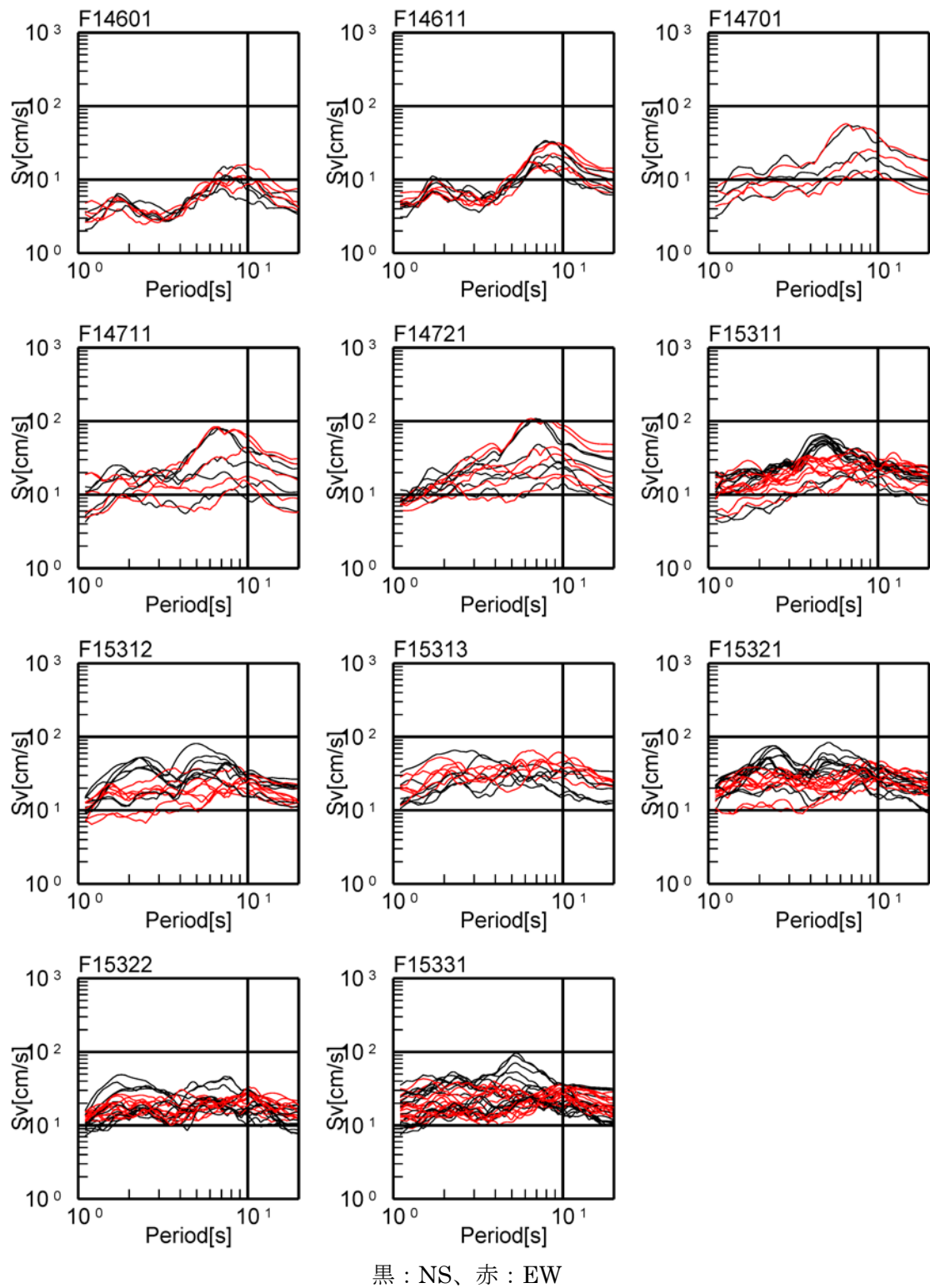


図 3.4-33 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；千葉県庁位置）。

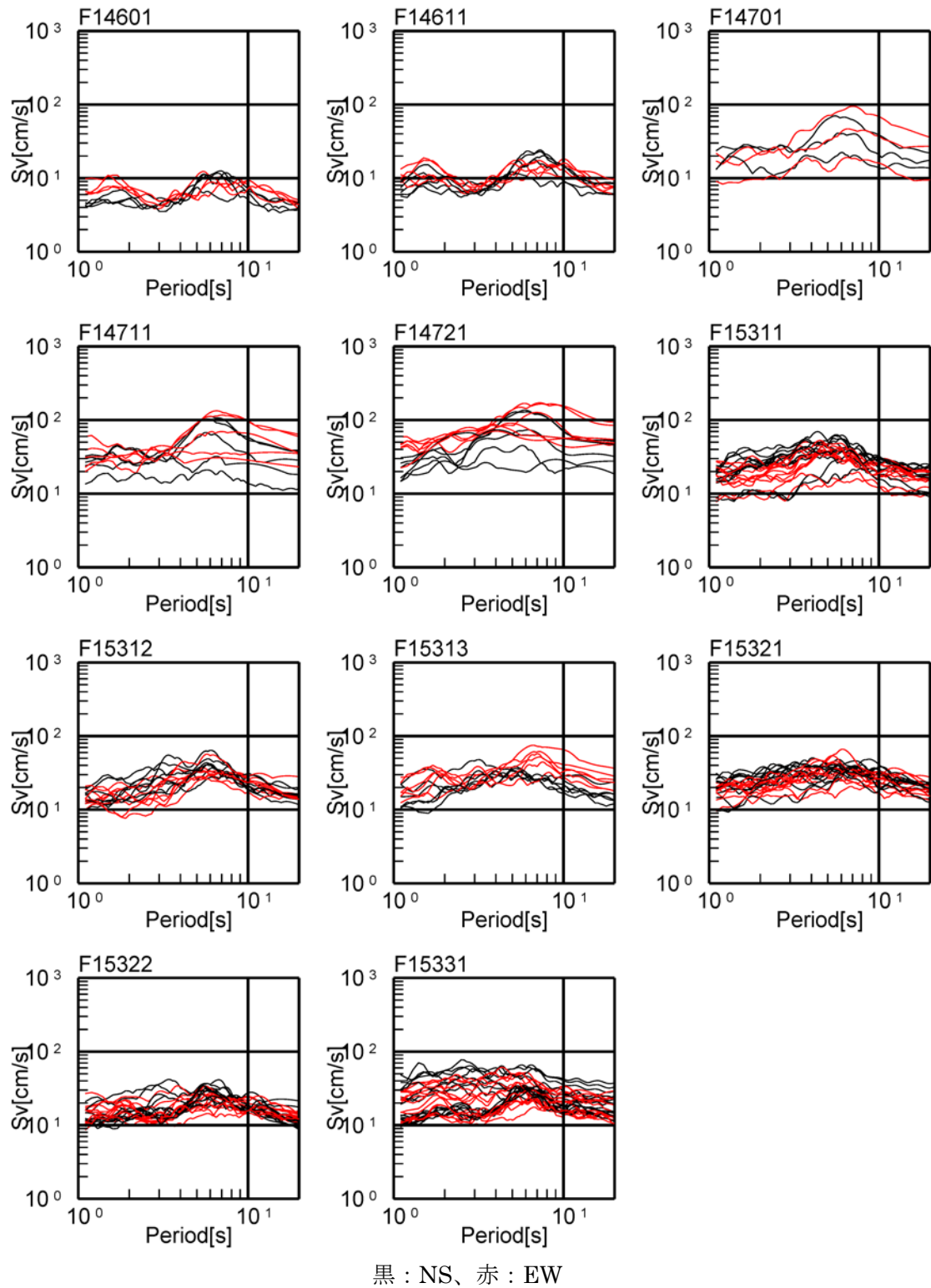


図 3.4-34 地震動シミュレーション結果（速度応答スペクトル；埼玉県庁位置）。

(3) 国府津－松田断層帯のモデル化に関する検討

国府津－松田断層帯は、関東地域の活断層の長期評価（第一版）（地震調査委員会、2014）において、『』と評価されている。このような海溝型巨大地震と同時に陸域の活断層が活動する地震は、近代的な地震観測が開始されて以後世界的にも事例がなく、どのような地震動が放出されるか不明である。従って、現状で考えられる複数のモデル化手法を考慮する必要がある。

一つは、通常の活断層と同様に扱い、「レシピ」の活断層で発生する地震のモデル化を行うことである。現時点においても一つ考えられるモデルとして、長周期地震動評価 2016 年試作版（地震調査委員会、2016c）の相模トラフ巨大地震の震源域において、プレート上面深さが 10km 以浅の場合にすべり速度時間関数を中村・宮武（2000）による近似式ではなく、smoothed ramp を用いてゆっくりと滑る様子をモデル化したものがある。

(c) 結論および今後の課題

相模トラフ沿いのマグニチュード 7 クラスのスラブ内地震による関東平野内での長周期地震動の大きさを見積もるため、スラブ内地震の震源モデルについて整理し、短周期レベルやアスペリティ面積について整理した。その結果「レシピ」に従ってモデル化した震源モデルにより長周期地震動を計算することの妥当性を確認した。このことを踏まえ、安静江戸地震を想定したマグニチュード 7 クラスのスラブ内地震の地震動シミュレーションを行った。その結果、比較的震源に近い東京都庁、埼玉県庁、千葉県庁および神奈川県庁位置で計算された地震動に関して、震度に大きく影響を及ぼす地震動の短周期成分がやや過小評価の可能性があるものの、周期 2 秒程度以上の地震動強さは、減衰定数 5% の速度応答スペクトルで 20cm/s 以下となった。ただし、地震調査委員会による確率論的地震動予測地図では、関東直下において太平洋プレートのスラブ地震もモデル化されており、その最大規模は M8.2 となっている。発生頻度は低いものの、マグニチュード 8 クラスのスラブ内地震による長周期地震動についても検討の余地が残されている。

一方、関東地域周辺の活断層について、長さが 50km を超え規模が大きくなる地震を対象として長周期地震動シミュレーションを行った。その結果計算された長周期地震動は、関東平野内にある深谷断層帯・綾瀬川断層、ならびに、規模が大きくなる糸魚川－静岡構造線断層帯の 3 区間以上が同時に活動する地震において、減衰定数 5% の速度応答スペクトルが 100cm/s を超える結果も見られた。

ただし、本検討では「レシピ」に従って震源断層上端を 2～5km と設定している。平成 28 年熊本地震を踏まえると、今後、規模の大きな活断層で発生する地震に関しては、地震発生層以浅についても震源断層としてモデル化する必要があり、その場合、長周期地震動は本検討の結果よりもさらに大きくなる可能性が高い。今後、詳細なモデル化手法の確立が必要である。

相模トラフ巨大地震と同時に活動すると評価されている国府津－松田断層帯に関して、従来の活断層で発生する地震を対象としたモデル化手法による震源モデルに加え、相模ト

ラフ巨大地震の長周期地震動評価において、プレート上面深さが 10km 以浅の震源域に対して仮定した、すべり速度時間関数が smoothed ramp 型となる、短周期成分の地震動があまり励起されない震源モデルの可能性を挙げた。

(d) 引用文献

- 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.
- 青井真・関口春子・功刀卓・森川信之・本多亮・藤原広行 (2005) : 近地強震波形記録を用いた波形インバージョンによる 2003 年宮城県沖地震の震源破壊過程, 月刊地球, pp. 29-34.
- 新井健介・壇一男・石井透・花村正樹・藤原広行・森川信之 (2015) : 強震動予測のためのスラブ内地震の断層パラメータ設定方法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第 80 巻, 第 716 号, 1537-1547.
- 浅野公之・岩田知孝・入倉孝次郎 (2004) : 2003 年 5 月 26 日宮城県沖で発生したスラブ内地震の震源モデルと強震動シミュレーション, 地震, 第 2 輯, Vol. 57, pp. 171-185.
- Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura (2004) : Characterization of source models of shallow intraslab earthquakes using strongmotion data, Proceedings of 13th WCEE, no. 835.
- 浅野公之・岩田知孝 (2010) : 経験的グリーン関数法による 2009 年 8 月 11 日駿河湾の地震(M_{JMA} 6.5)の震源モデルの推定と強震動シミュレーション, 北海道大学地球物理学研究報告, No.73, pp. 137-147.
- Baker, Glenn Eli and Charles A. Langston (1987) : Source parameters of the 1949 magnitude 7.1 south Puget Sound, Washington, earthquake as determined from long-period body waves and strong ground motions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 77, No. 5, pp. 1530-1557.
- 防災科学研究所 (2001) : 2001 年 4 月 3 日静岡県中部の地震活動, 地震予知連絡会会報, 第 66 巻, 5-4, pp. 241-244.
- 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透 (2001) : 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第 545 号, pp. 51-62.
- 壇一男・武藤尊彦・宮腰淳一・渡辺基史 (2006) : スラブ内地震による強震動を予測するための特性化震源モデルの設定方法, 日本建築学会構造系論文集, No. 600, pp. 35-42.
- Delouis, Bertrand and Denis Legrand (2007) : Mw 7.8 Tarapaca intermediate depth earthquake of 13 June 2005 (northern Chile): Fault plane identification and slip distribution by waveform inversion, Geophysical Research Letters, Vol. 34, L01304.
- Garcia, D., Shri Krishna Singh, Miguel Herraiz, Javier Francisco Pacheco, and M. Ordaz: Inslab earthquakes of central Mexico (2004) : Q, source spectra, and stress drop, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 3, pp. 789-802.
- Global CMT (Harvard CMT): Global CMT CatalogSearch, (<http://www>.

- globalcmt.org/CMT se arch. html 2017/2/27 参照).
- 原田怜・釜江克宏 (2011) : 2011 年 4 月 7 日宮城県沖のスラブ内地震の震源のモデル化, 京都大学原子炉実験所 (http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku2/20110407miyagioki_slab.pdf, 2017/2/16 参照).
- Harada S., K. Kamae, H. Kawabe, and H. Uebayashi (2012) : Source modeling of the off Miyagi Intraslab Earthquake ($M_{JMA} = 7.1$) occurred on April 7, 2011, Proceedings of 15th WCEE.
- Hernandez, B., N. M. Shapiro, S. K. Singh, J. F. Pacheco, F. Cotton, M. Campillo, A. Iglesias, V. Cruz, J. M. Gomez, and L. Alcantara (2001) : Rupture history of September 30, 1999 intraplate earthquake of Oaxaca, Mexico ($M_W=7.5$) from inversion of strong-motion data, *Geophysical Research Letters*, Vol.28, No. 2, pp. 363-366.
- 引間和人・山中佳子・瀧本一樹・菊地正幸 (2003) : 強震動・遠地実体波による 2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震の震源過程, 日本地震学会講演予稿集, p.179, 2003.
- Ichinose, Gene A., Hong Kie Thio, and Paul G. Somerville (2004) : Rupture process and near-source shaking of the 1965 Seattle-Tacoma and 2001 Nisqually, intraslab earthquakes, *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L10604.
- Ichinose, Gene A., Hong Kie Thio, and Paul G. Somerville (2006) : Moment tensor and rupture model for the 1949 Olympia, Washington, earthquake and scaling relations for Cascadia and global intraslab earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 96, No. 3, pp. 1029-1037.
- 池田孝・武村雅之・加藤研一 (2002) : 強震記録に基づく北海道周辺のやや深発地震の高振動数成分の励起特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 560 号, pp. 67-73.
- 池田孝・武村雅之・加藤研一 (2004) : 強震記録に基づくフィリピン海プレート内で発生するスラブ内地震の高振動数成分の励起特性- 北海道・東北地方のスラブ内地震との比較 -, 日本建築学会構造系論文集, 第 586 号, pp. 53-61.
- 池田隆明・釜江克宏・小長井一男・高瀬裕也 (2014) : 特性化震源モデルを用いた 2014 年伊予灘の地震の強震動シミュレーション, 土木学会第 69 回年次学術講演会, I-429, pp.857-858.
- Iwata, T. and K. Asano (2011) : Characterization of the heterogeneous source model of intraslab earthquakes toward strong ground motion prediction, *Pure Appl. Geophys.*, Vol. 168, pp. 117-124.
- 地震調査委員会(2016a) : 「全国地震動予測地図 2016 年版」(平成 28 年 6 月 10 日公表).
- 地震調査委員会(2016b) : 「全国地震動予測地図 2016 年版」(平成 28 年 6 月 10 日公表), 別冊, 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(平成 28 年 6 月 10 日改訂).
- 地震調査委員会(2016c) : 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—(平成 28 年 10 月 9 日公表).
- 川辺秀憲・釜江克宏・上林宏敏 (2011) : 2009 年駿河湾の地震($M_j6.5$)の震源モデル, 日本

- 建築学会大会(北陸), pp.707-708.
- Kikuchi, M. and H. Kanamori (1995) : The Shikotan earthquake of October 4, 1994: lithospheric earthquake, *Geophysical Research Letters* 22, pp. 1025-1028.
- 菊地正幸 (2003) : リアルタイム地震学, 東京大学出版, pp. 142-143.
- 国土地理院 (2003) : 2003年5月26日宮城県沖の地震に伴う地殻変動について, 地理院報道発表資料5月26日 (<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2003-0527.html>, 2017/2/16 参照).
- 倉橋奨・入倉孝次郎・宮腰研・正木和明 (2009) : 2009年駿河湾を震源とする地震の震源モデルの構築と波形シミュレーション, 日本地震学会講演予稿集秋季大会, P1-20, p.160.
- 森川信之・笹谷努・藤原広行 (2002) : 経験的グリーン関数法によるスラブ内地震の震源モデルの構築, 第11回日本地震工学シンポジウム.
- Morikawa, N. and T. Sasatani (2004) : Source models of two large intraslab earthquakes from broadband strong ground motions, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 94, pp. 803-817.
- Morikawa, N. and H. Fujiwara (2013) : A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, *Journal of Disaster Research*, Vol.8, No.5, pp.878-888.
- 森川信之・藤原広行 (2015) : 海溝型プレート内地震のための地震動予測式の補正項に関する検討, 日本地球惑星科学連合大会 2015 予稿集, SSS25-14.
- Nishimura, I. et al (2001) : Response Spectra for design purpose of stiff structures on rock sites, *SMiRT 16*, Paper#1133.
- 野津厚 (2003) : 表層地盤の非線形挙動を考慮した 1993年釧路沖地震の強震動シミュレーション, *土木学会地震工学論文集*, Vol. 27, No. 0202, pp. 1-8.
- 野津厚 (2010) : 2009年8月11日駿河湾の地震(M_j6.5)の特性化震源モデル, 日本建築学会大会(北陸), pp.705-706.
- Ohta, Y., S. Miura, M. Ohzono, S. Kita, T. Iinuma, T. Demachi, K. Tachibana, T. Nakayama, S. Hirahara, S. Suzuki, T. Sato, N. Uchida, A. Hasegawa, and N. Umino (2011) : Large intraslab earthquake (2011 April 7, M 7.1) after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M 9.0): Coseismic fault model based on the dense GPS network data, *Earth Planets Space*, Vol. 63, pp. 1207-1211.
- Okada, T. and A. Hasegawa (2003) : The M7.1 May 26, 2003 off-shore Miyagi Prefecture Earthquake in northeast Japan: Source process and aftershock distribution of an intra-slab event, *Earth Planets Space*, Vol. 55, pp. 731-739.
- Santoyo, Miguel A., Shri K. Singh, and T. Mikumo (2005) : Source process and stress change associated with the 11 January, 1997 (M_w=7.1) Michoacan, Mexico inslab earthquake, *Geofisica Internacional*, Vol. 44, No.4, pp. 317-330.
- 笹谷努・森川信之・前田宣浩 (2006) : スラブ内地震の震源特性, 北海道大学地球物理学研究報告, No. 69, pp. 123-134.

- Sasatani, T., N. Takai, M. Shigefuji, Y. Miyahara, W. Kawabata, and Y. Okazaki (2012) : Source characteristics of large outer rise earthquakes in the Pacific Plate, Proceedings of 15th WCEE.
- 佐藤智美 (2010) : スペクトルインバージョンと経験的グリーン関数法に基づく 2009 年駿河湾の地震の震源モデルの推定, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 75, No. 658, pp. 2153-2162.
- 佐藤智美 (2013) : 東北地方のアウトラーイズ地震, スラブ内地震, プレート境界地震の短周期レベルと f_{\max} 及び距離減衰特性, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 78, No. 699, pp. 1227-1236.
- 佐藤智美 (2015) 表面波と散乱波を経験的に考慮した統計的グリーン関数生成手法に基づく 1987 年千葉県東方沖地震(M_J6.7)の強震動シミュレーション, 日本地震工学会論文集, 第 15 巻, 第 7 号 (特集号), pp.34-48.
- 佐藤智美 (2016a) : 太平洋プレートの海溝型地震の広帯域震源モデルに基づく微視的断層パラメータの特性, 日本建築学会構造系論文集, 第 724 号, pp. 937-947.
- 佐藤智美 (2016b) : 経験的グリーン関数法に基づく 1855 年安政江戸地震の広帯域震源モデルと首都圏及び広帯域での地震動の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 727 号, pp.1423-1433.
- Seno, Tetsuzo and Masaki Yoshida (2004) : Where and why do large shallow intraslab earthquakes occur?, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Vol. 141, pp. 183-206.
- 芝良昭・野口科子 (2012) : 広帯域地震動を規定する震源パラメータの統計的特性-震源インバージョン解析に基づく検討-, 地球工学研究所 電力中央研究所報告書, N11054, pp.1-28.
- 首都直下地震モデル検討会 (2013) : 首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書.
- 染井一寛・宮腰研・岡崎敦 (2012) : 経験的グリーン関数法から推定した 2011 年 4 月 7 日宮城県沖のスラブ内地震の震源モデル, 日本建築学会大会, pp. 85-86.
- 染井一寛・宮腰研・入倉孝次郎 (2012) : 強震波形インバージョンから推定した 2011 年 4 月 7 日宮城県沖のスラブ内地震の震源過程, 日本地震学会大会, P3-50, p. 251.
- Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada (1999) : Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, Vol. 70, No. 1, pp. 59-80.
- Suzuki, W., S. Aoi, and H. Sekiguchi (2009) : Rupture process of the 2008 northern Iwate, intraslab, earthquake derived from strong motion records, Bull. Seism. Soc. Am. Vol.99, pp. 2825-2835.
- Takeo M., S. Ide, and Y. Yoshida (1993) : THE 1993 KUSHIRO-OKI JAPAN EARTHQUAKE A HIGH STRESS-DROP EVENT IN A SUBDUCTING SLAB,

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol. 20, No. 23, pp. 607-2610.

上野寛・追田浩司・吉田康宏 (2009) : 近地強震波形を用いた駿河湾の地震(平成 21 年 8 月 11 日; $M_j 6.5$)の震源過程解析, 日本地震学会講演予稿集秋季大会, P1-19, p.160.

宇佐美龍夫 (2003) : 最新版日本地震被害総覧, 東京大学出版会.

宇佐美龍夫・大和探査技術株式会社 (編) (1994) : わが国の歴史地震の震度分布・等震度線図, 日本電気協会.

八木勇治 (2003) : 2003 年 5 月 26 日宮城県沖で発生した地震($M_{jma} 7.0$)の震源過程, 建築研究 所
(http://iisee.kenken.go.jp/staff/yagi/eq/east_honshu20030526/east_honshu200305_26-j.html, 2017/2/16 参照).

山中佳子・菊地正幸 (2003) : 5 月 26 日宮城県沖地震 ($M_j 7.0$) 東京大学・地震火山情報センター・EIC 地震学ノート (http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/030526n.html, 2017/2/16 参照), No. 135.

山中佳子 (2011) : 4 月 7 日宮城沖地震($M 7.4$), 名古屋大学地震 火山・防災研究センター リアルタイム地震学・NGY 地震学ノート, No. 37, (http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2011/NGY37.html, 2017/2/16 参照).

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 27 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。

- ・地下構造モデルの Q 値の設定に関して、Graves (1996) の方法を用いる場合、これまでの長周期地震動予測地図試作版および長周期地震動ハザード評価で用いられてきた Q 値 (S 波速度の 0.2 倍) よりも小さな Q 値とする方が改善される傾向が見られたが、現行の設定であっても観測記録はおおむね説明できていることを確認した。
- ・地下構造モデルのランダムな不均質性により周期 2 秒以上の長周期地震動に関して、ばらつきを与えるものの、平均値は均質な地下構造モデルによる計算結果とほぼ合致することが確認された。
- ・関東地域の詳細な浅部地盤に基づいて推定された長周期地震動の増幅は、大河川の下流域の限られた地域で周期 2 秒増幅するものの、それ以上の周期では増幅しないことが分かった。
- ・近年の調査研究等の成果を取り込むことにより、全国 1 次地下構造モデルの改良版を試作した。
- ・近年の KiK-net および F-net 強震動記録を整理し、R/V スペクトルを求めるとともに、それをういた地下構造モデルの検証方法を提示した。
- ・濃尾平野を対象とした、浅部・深部統合地盤初期モデルを試作した。
- ・平成 25 年度「長周期地震動予測地図作成等支援事業」で設定した南海トラフ巨大地震に対して、破壊伝播の不均質性を付与した震源モデルを作成し、長周期地震動シミュレーションを実施し、長周期地震動ハザードを試算した。
- ・スラブ内地震の長周期地震動を評価するために、スラブ内地震の震源モデルを収集・整理し、アスペリティ面積および SMGA 面積を比較した結果、
- ・マグニチュード 7 クラスの相模トラフ沿いのスラブ内地震を対象とした地震動シミュレーションを行った結果、周期 2 秒程度以上の速度応答スペクトルが 10~20cm/s となった。
- ・長野盆地西縁断層帯、深谷断層帯および綾瀬川断層、糸魚川-静岡構造線断層帯の地震を対象として、複数区間が同時に活動する地震も含めてモデル化し、長周期地震動シミュレーションを行った結果、深谷断層帯と綾瀬川断層が同時に活動する地震では、関東地方で 100cm/s を超える速度応答になる可能性があることを示した。また、糸魚川-静岡構造線断層帯の複数区間が同時に活動する地震による関東地方の長周期地震動は、マグニチュード 7 クラスの相模トラフ沿いのスラブ内地震によるものより大きくなる場合もあった。

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。

- ・地下構造のランダムな不均質性により生じるばらつきを長周期地震動ハザード評価に

取り込むための具体的な方法の検討。

- 本検討で試作した地下構造モデルに、陸域・海域とも最近の調査研究等の成果を反映させるとともに全域に対する検証を実施する必要がある。なお、東海地域の浅部・深部統合地盤モデルの高度化も必要であるが、戦略的イノベーションプログラム（SIP）で実施される見込みである。
- マグニチュード8クラスのスラブ内地震による長周期地震動。
- 活断層の震源断層上端を0km（地表）とするモデル化手法の開発。
- 海溝型地震の分岐断層としての活断層の詳細なモデル化手法の開発と長周期地震動シミュレーション。