

### 3.3. 南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

#### (1) 事業の内容

##### (a) 事業の題目

南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	部門長	藤原 広行
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主幹研究員	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	契約研究員	岩城 麻子

##### (c) 事業の目的

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

#### (2) 事業の成果

##### (a) 事業の要約

サブテーマ（1）で作成した震源モデルと部分改良された全国1次地下構造モデル（暫定版）により、周期2～20秒を対象とした長周期地震動計算を行った。計算範囲は、南海トラフ震源域～関東地方（島嶼部を除く）とした。また、浅部地盤による増幅に関して、関東地方および東海地域については、防災科学技術研究所が実施している総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）⑤「レジリエントな防災・減災機能の強化」と連携し、浅部地盤モデルに基づいた上記の計算対象周期における増幅率を利用した。

##### (b) 事業の成果

###### 1) 南海トラフ地震の長周期地震動シミュレーション

サブテーマ（1）で作成した126ケースの震源モデル（3.1節参照）および平成29年度の「長周期地震動ハザードマップ作成のための基礎調査・モデル作成等」で作成された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を行った。計算対象範囲は、東海地域のみでなく、南海トラフの地震による長周期地震動が懸念されること、浅部・深部統合地盤モデルに基づく地下構造モデルとなっていることを考慮して南関東も含むように設定した（図3.3-1）。計算は、不連続格子の三次元有限差分法（Aoi and Fujiwara, 1999）を用いて表3.3-1に示す条件で行った。ここでの工学的基盤はS波速度（Vs）350m/s層上面

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

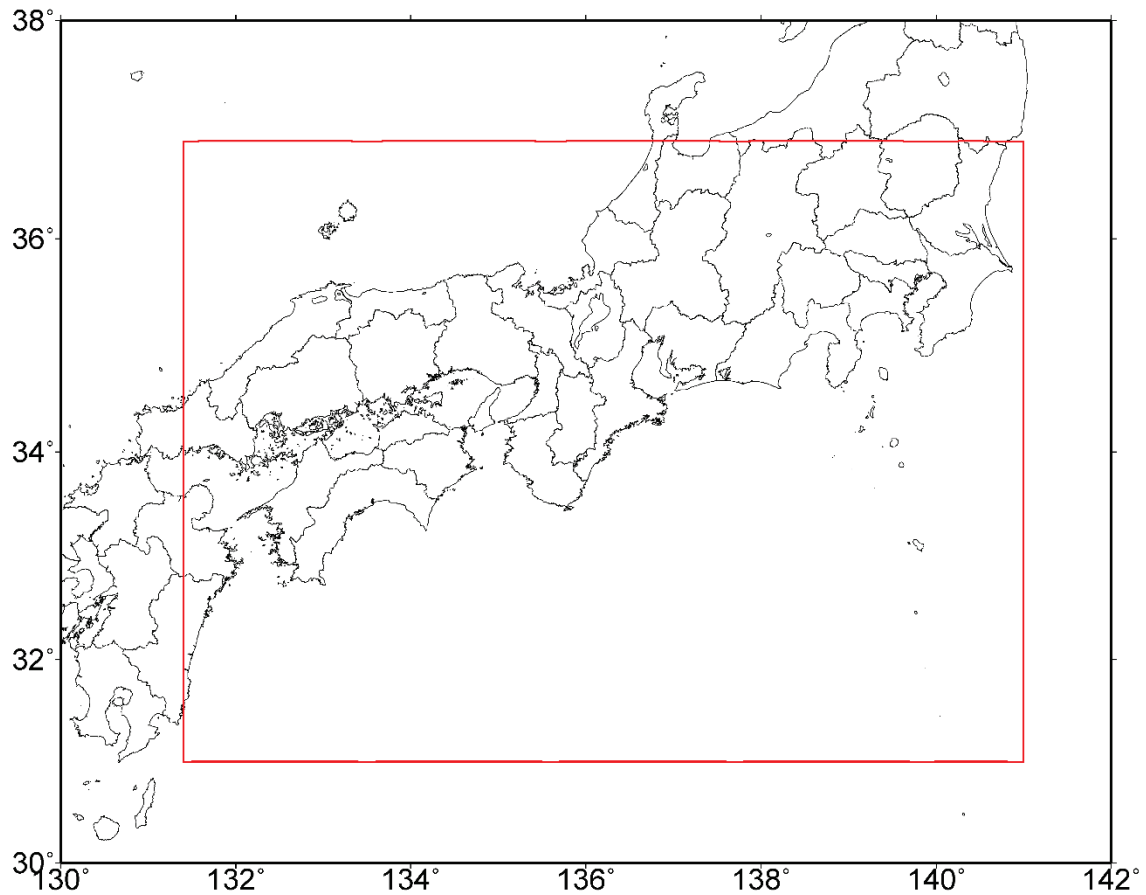


図 3.3-1 本検討における計算対象範囲（図の赤枠）。

表 3.3-1 三次元差分法の計算条件。

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

## 2) 浅部地盤による増幅

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

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

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

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

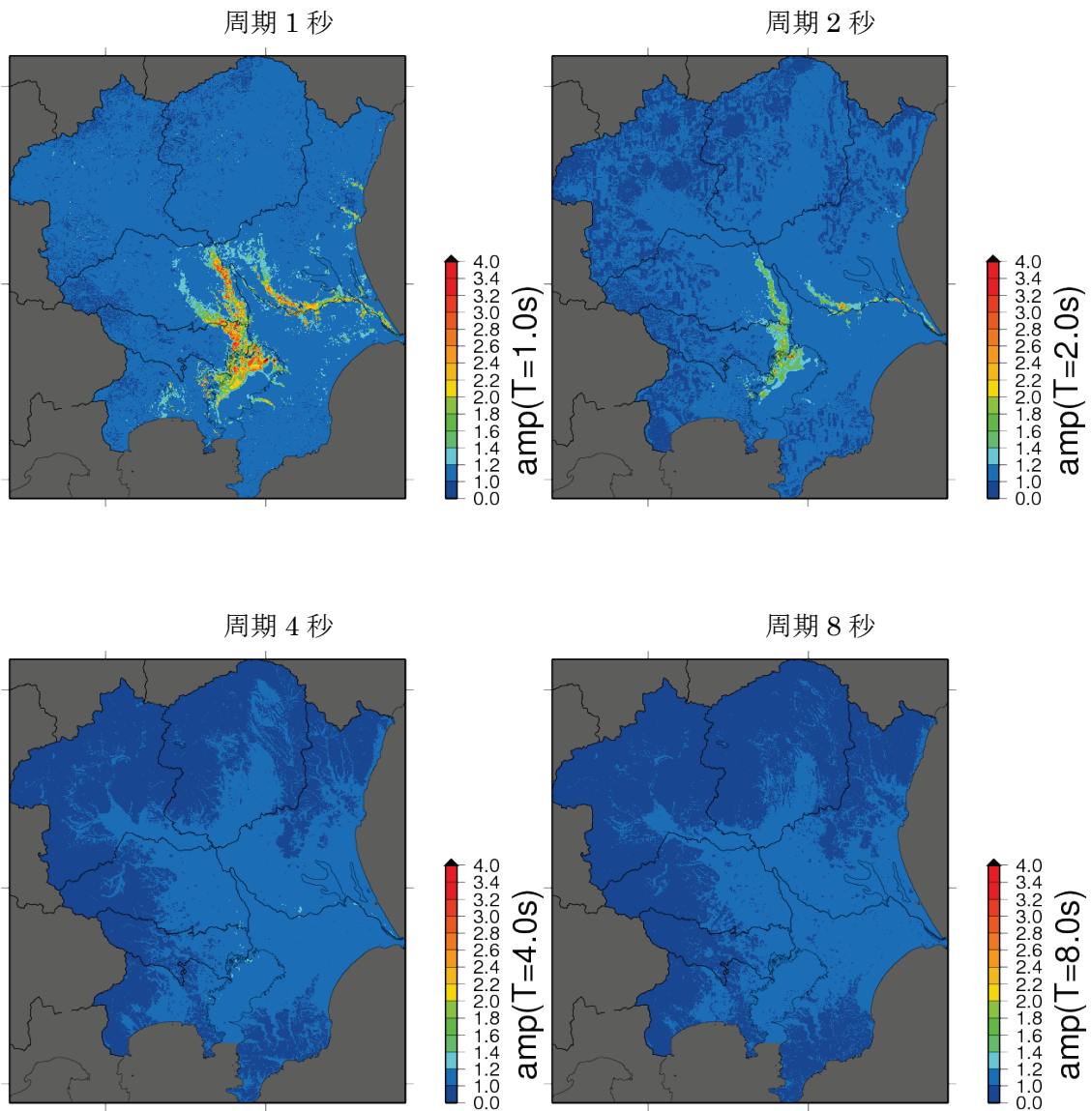


図 3.3-2 総合科学技術・イノベーション会議の SIP で作成されている浅部地盤モデルを参照して求めた関東地方の周期別の応答スペクトルの増幅率（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2017）。

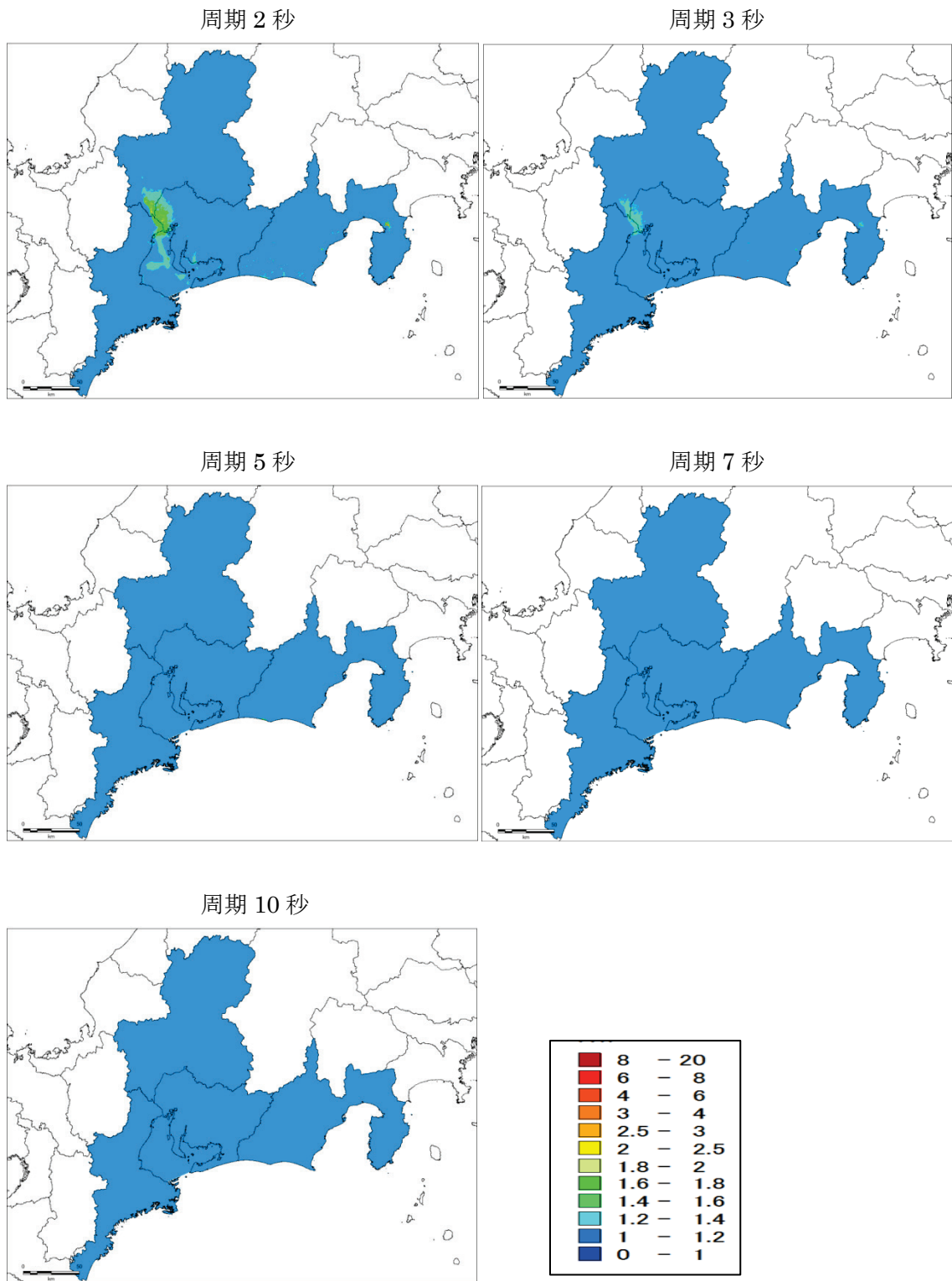


図 3.3-3 総合科学技術・イノベーション会議の SIP で作成されている浅部地盤モデルを参照して求めた東海地域のスペクトル増幅率。

### 3) 計算結果

上述の地震動シミュレーションによる工学的基盤 ( $V_s=350\text{m/s}$ ) 上の最大速度分布を図 3.3-4 に、浅部地盤による増幅を考慮したスペクトル増幅相対速度応答スペクトル (減衰定数 5%、周期 2 秒、3 秒、5 秒、7 秒、10 秒) の分布を図 3.3-5 に、それぞれ「AO010」の震源域 (3.1 節参照) 6 ケースを例として示す。他のケースの分布図については、数値データとともに付録 1 として DVD に納めた。

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

- ・ t01: 浅部の大すべり域のすべり速度時間関数を中村・宮武 (2000)  
(注: 浅部が震源に含まれない場合は常に「t01」)
- ・ t02: 浅部の大すべり域のすべり時間関数を Smoothed ramp 型
- ・ -d: 強振動生成域が領域内の深部 (図 3.1-2 参照)
- ・ -m: 強振動生成域が領域内の中部 (図 3.1-2 参照)
- ・ -s: 強振動生成域が領域内の浅部 (図 3.1-2 参照)
- ・ -h01 ~ -h10: 破壊開始点位置 (図 3.1-3 参照)

付録 1 として DVD に納めたデータのファイル名称も同様である。

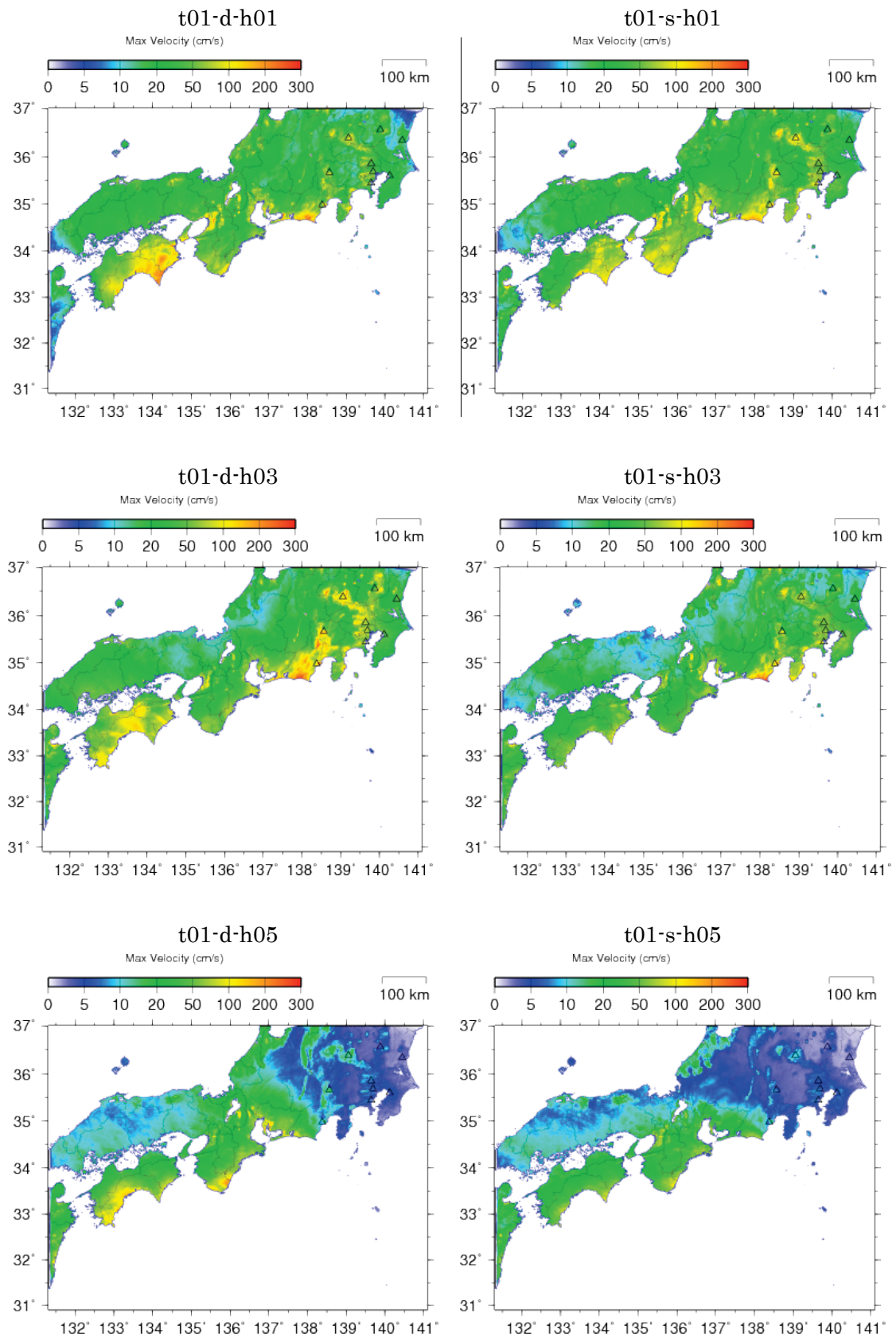


図 3.3-4 工学的基盤上の最大速度分布（震源域 AO010）。

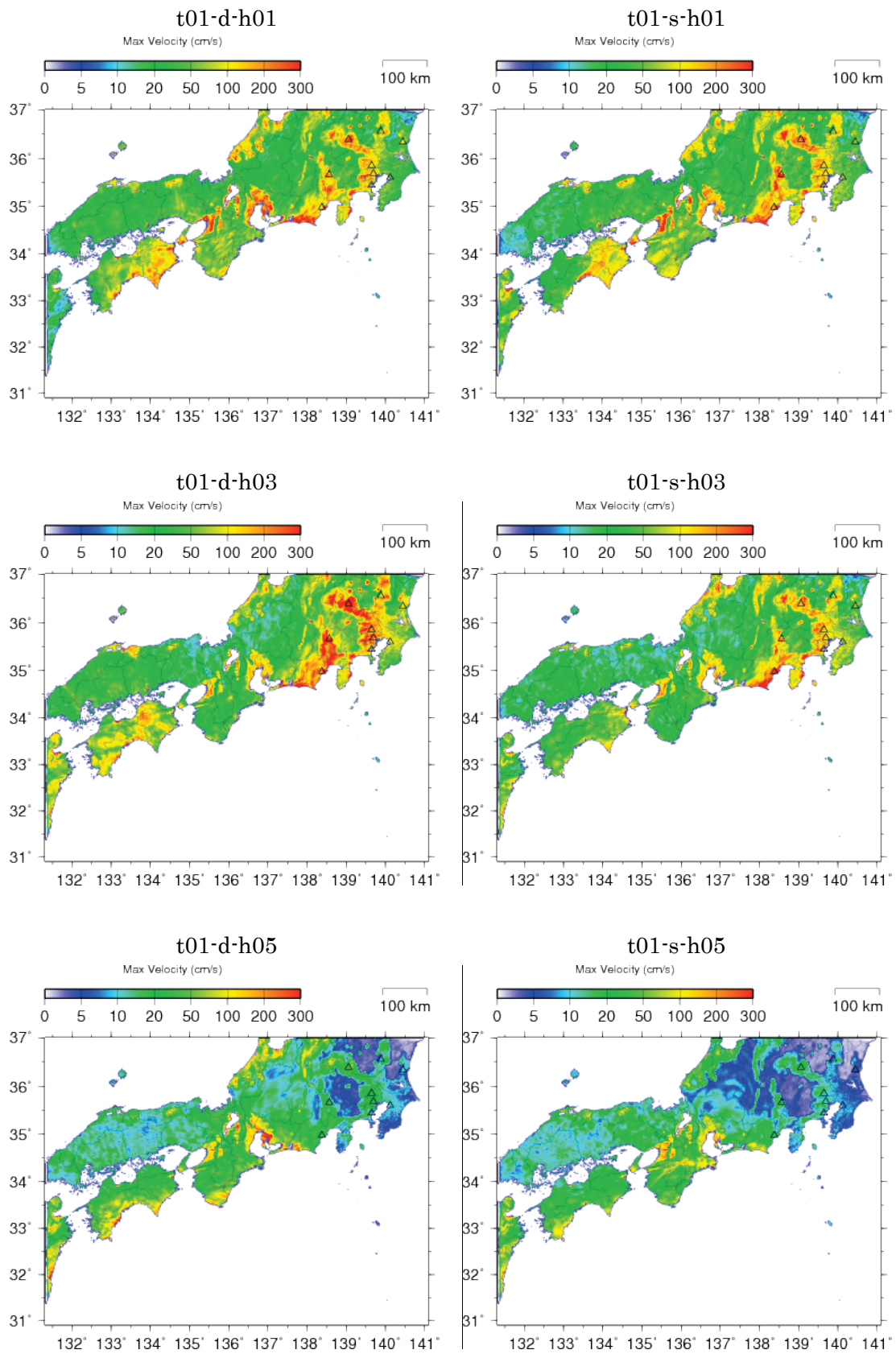


図 3.3-5(1) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 2 秒、震源域 AO010)。



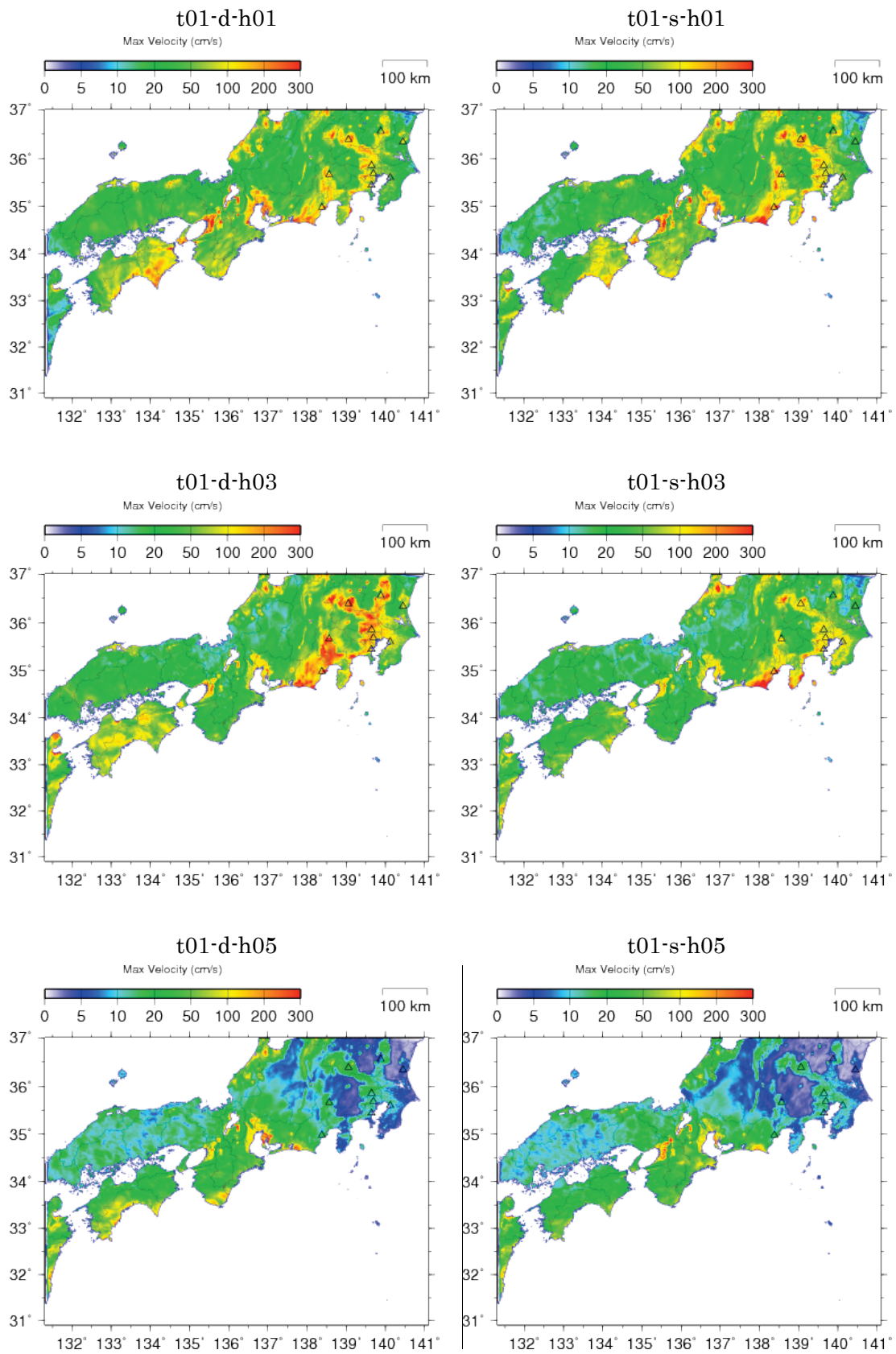


図 3.3-5(2) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 3 秒、震源域 AO010)。

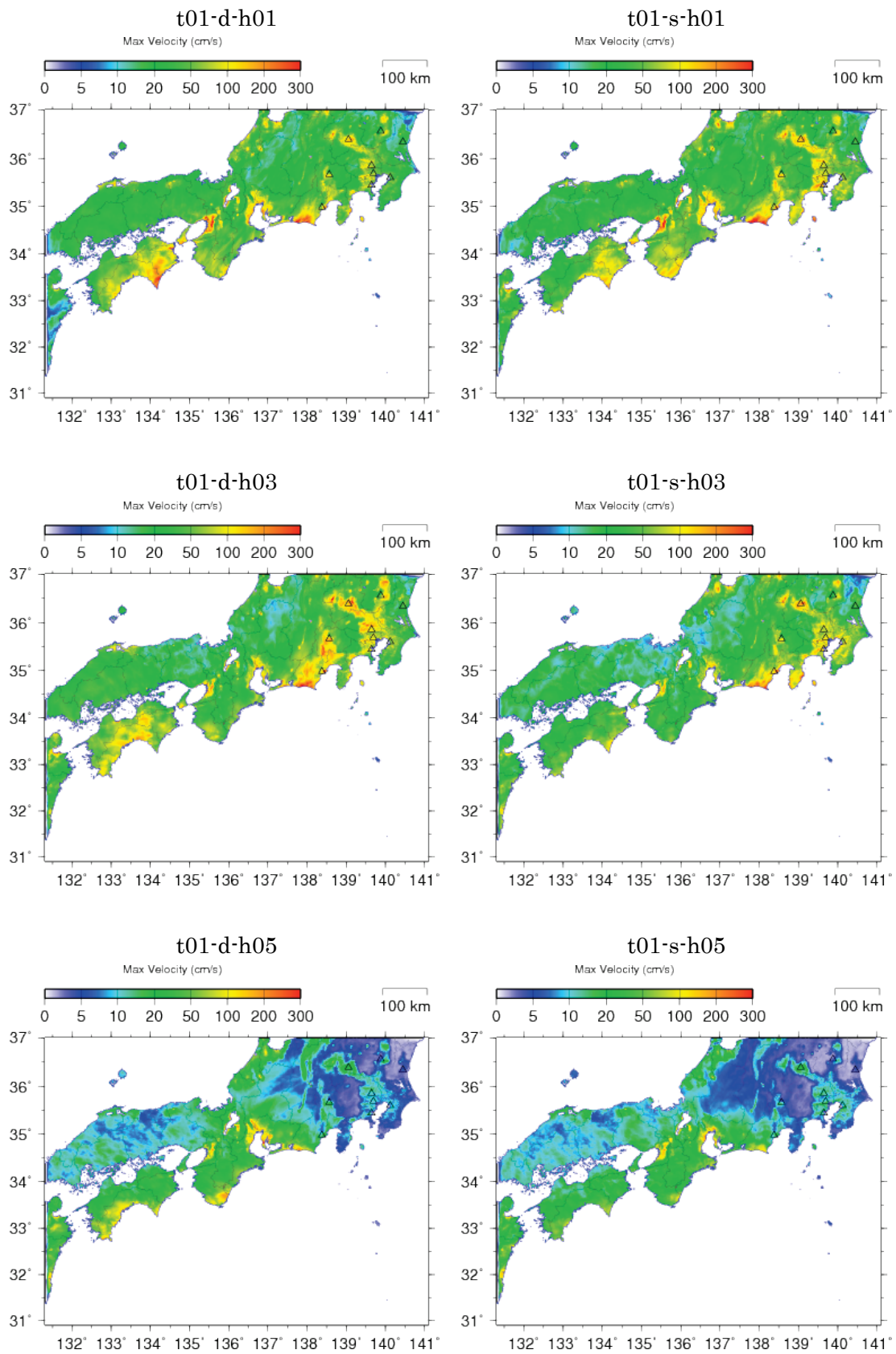


図 3.3-5(3) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 5 秒、震源域 AO010)。

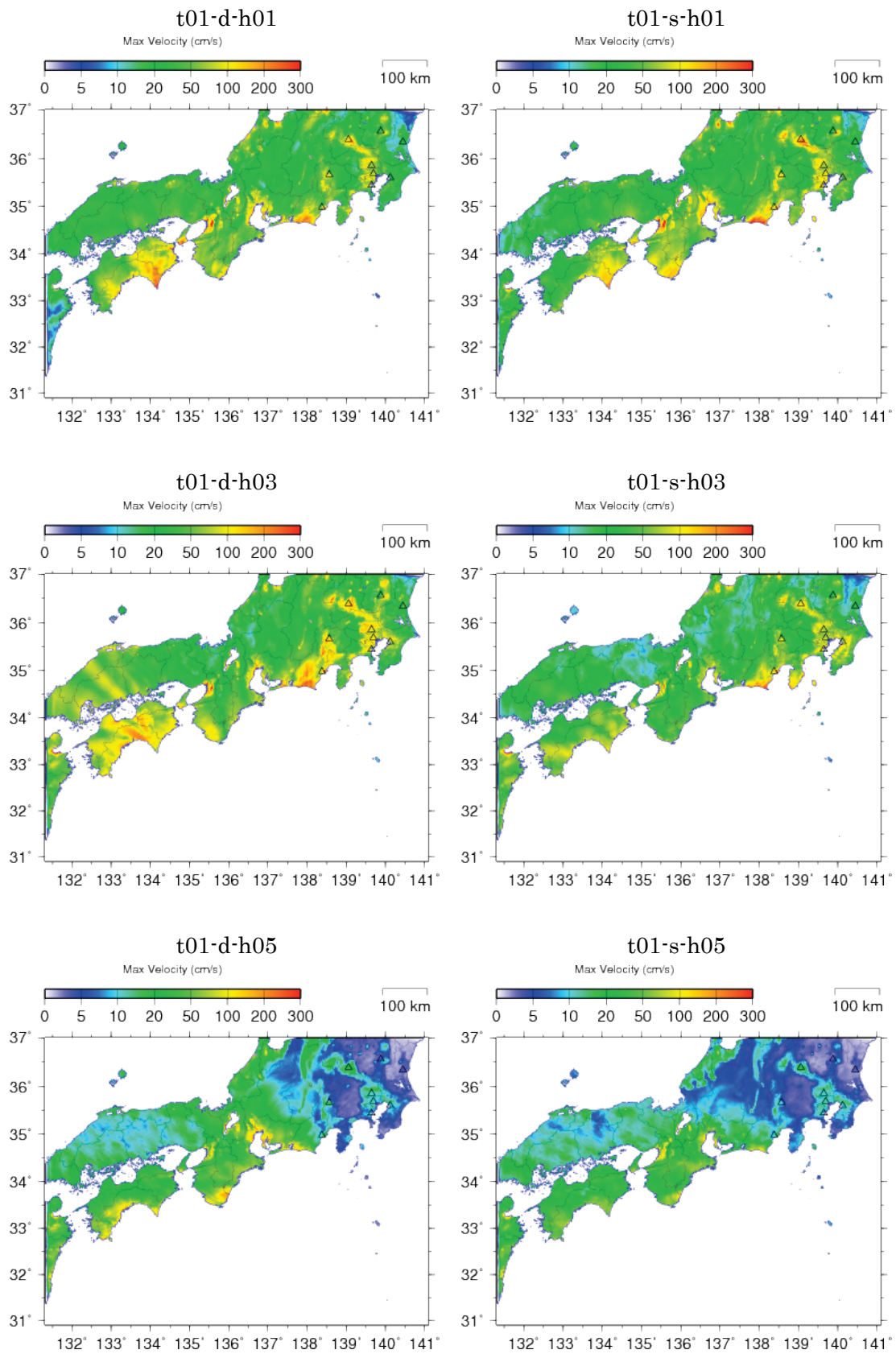


図 3.3-5(4) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 7 秒、震源域 AO010)。

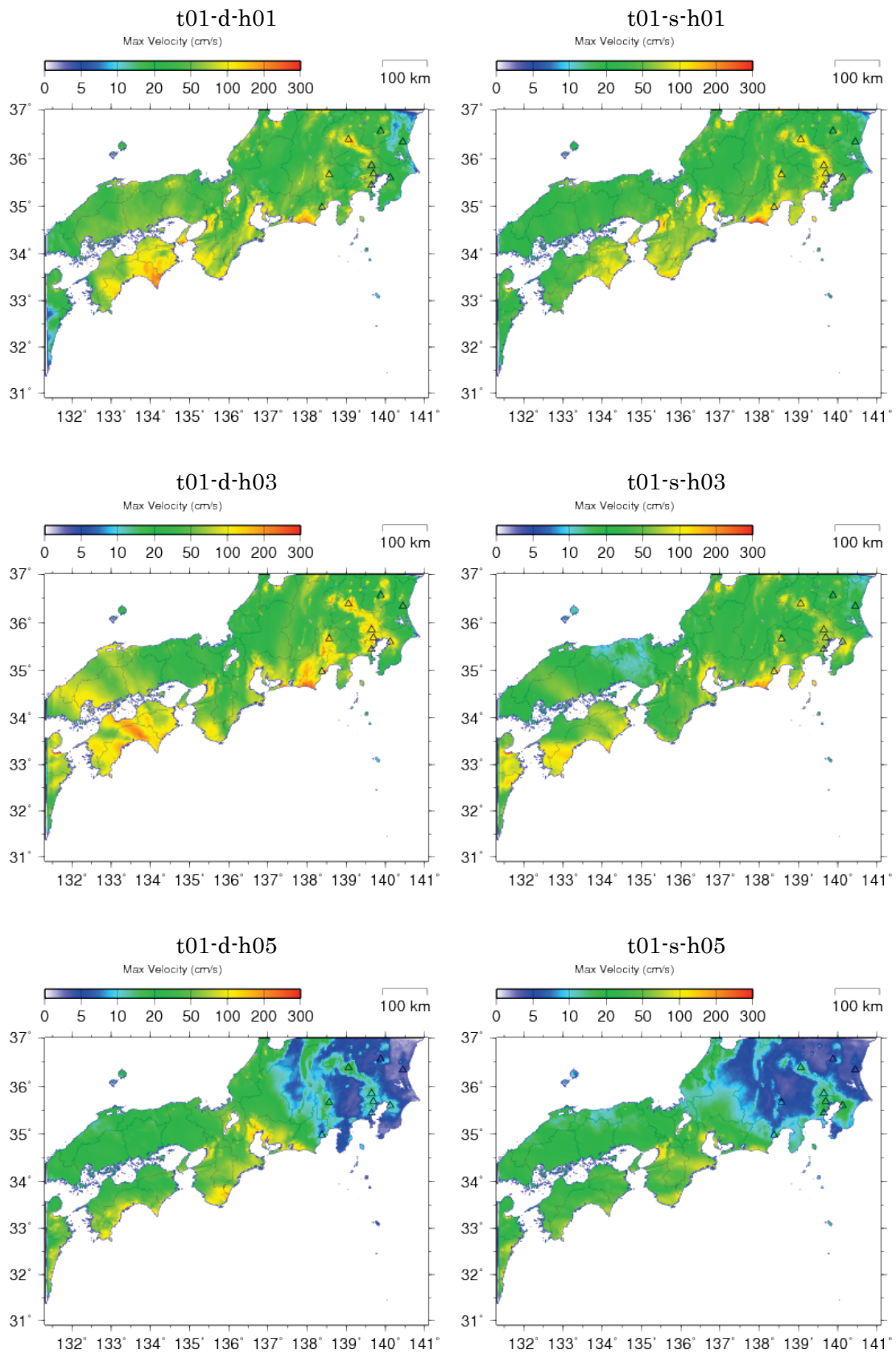


図 3.3-5(5) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 10 秒、震源域 AO010)。

(c) 結論ならびに今後の課題

南海トラフの地震を対象とした、破壊伝播速度、すべり量、すべり角の不均質性を付与した震源モデルおよび部分的に改良された全国1次地下構造モデル（暫定版）を用いて三次元有限差分法による長周期地震動シミュレーションを行った。このとき、周期2～20秒の長周期地震動ハザードマップの作成に資するため、1.5秒以上の周期を対象とした。一方で東海地域および関東地方では、 $V_s=350\text{m/s}$ 層まで地下構造をモデル化している結果、1ケースあたりの計算量が膨大になってきていることが課題となりつつある。

これまでに実施されてきた検討と同様に、破壊の進行方向において地震動振幅が大きくなる傾向が顕著に現れている。平成23年東北地方太平洋沖地震を受けて改訂された南海トラフの地震の長期評価において、従来の固有地震モデルから多様性が考慮されるようになった。このことは、震源域の広がりだけでなく、強震動生成域や破壊開始点位置の多様性（あるいは不確実性）も考慮する必要があることにもなる。今回の検討においては、少なくともAF010およびAF110以外の4通りの震源域に関しては、現状の不確実性を考慮するにはケース数が不十分である点には留意が必要である。

本検討で用いた東海地域の浅部地盤モデルは、既往のボーリングや微動データに基づいて東海地域の浅部・深部統合地盤モデル構築に向けて作成された「初期モデル」であるが、長周期地震動においても、周期が短い2-3秒に対しては大きな河川沿いのごく一部の地域に限定されるものの浅部地盤による影響を受けることが分かった。このことは、周期2-3秒を含む長周期地震動ハザード評価を従来の工学的基盤上でなく地表で行う場合には、詳細な浅部地盤モデルの構築も必要となる。なお、本検討で用いた東海地域の浅部地盤モデルについては、追加された微動観測データ等を用いて、関東地方と同様の手法によるモデル改良の検討が進められていること、本検討で考慮していない浅部地盤による非線形応答の影響が周期2秒の地震動には生じる可能性があることに留意が必要である。

(d) 引用文献

- Aoi, S. and H. Fujiwara (1999): 3D Finite-Difference Method using discontinuous grids, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89, 918-930.
- 青井真・早川俊彦・藤原広行 (2004) : 地震動シミュレータ : GMS, *物理探査*, 57, 651-666.
- 福島美光・翠川三郎 (1994) : 周波数依存性を考慮した表層地盤の平均 Q-1 値とそれに基づく地盤増幅率の評価, *日本建築学会構造系論文集*, 406, 37-40.
- 紺野 克昭・大町 達夫 (1995) : 常時微動の水平/上下スペクトル比を用いる増幅倍率の推定に適した平滑化とその適用例, *土木学会論文集*, 525, 247-259.
- 文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所 (2017) : 平成 28 年度長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業 成果報告書.
- 山中浩明・大堀道広・翠川三郎 (2010) : 地震記録に基づく地盤増幅特性の逆解析による関東平野のシームレス S 波速度構造モデルの推定