

3.3. 南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

南海トラフ巨大地震による長周期地震動計算

(b) 担当者

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

(c) 事業の目的

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

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

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

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

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

(b) 事業の成果

1) 南海トラフ地震の長周期地震動シミュレーション

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

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

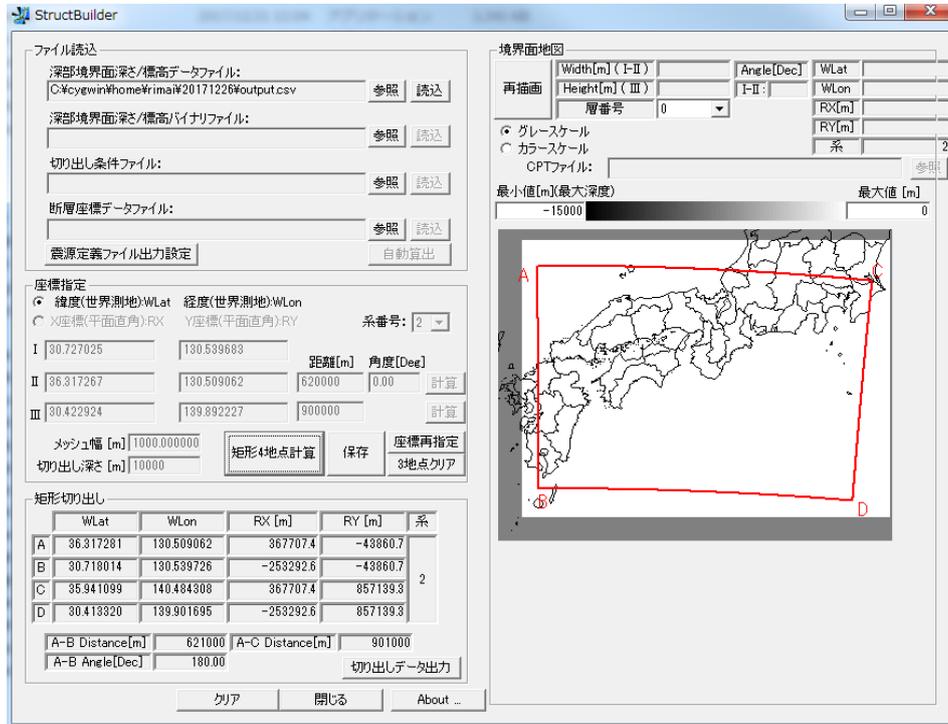


図 3.3-1 本検討における計算対象範囲 (図の赤枠)。

表 3.3-1 三次元差分法の計算条件。

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

2) 浅部地盤による増幅

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

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

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

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

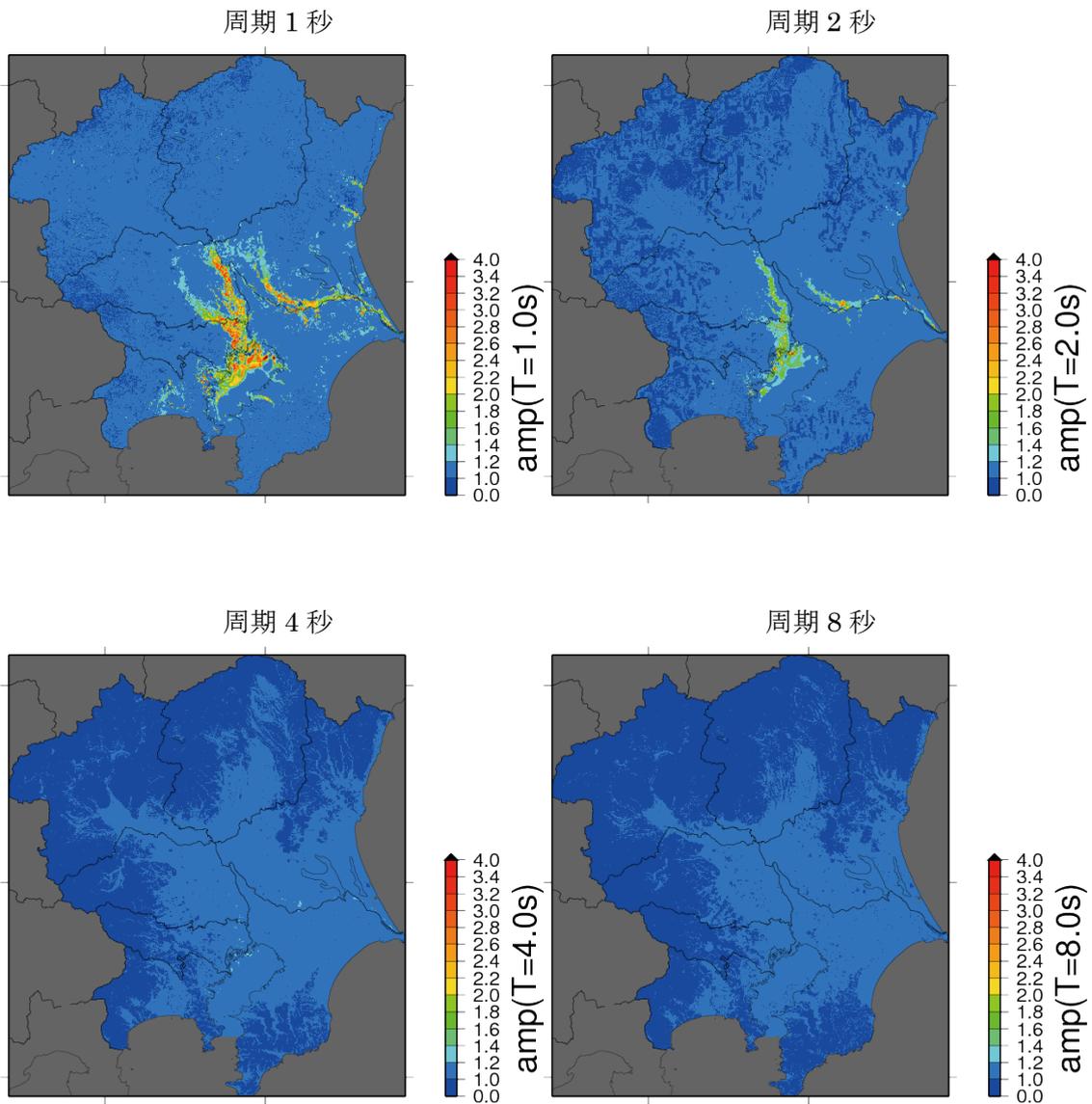


図 3.3-2 総合科学技術・イノベーション会議の SIP で作成されている浅部地盤モデルを参照して求めた関東地域の周期別の応答スペクトルの増幅率（文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所，2017）。

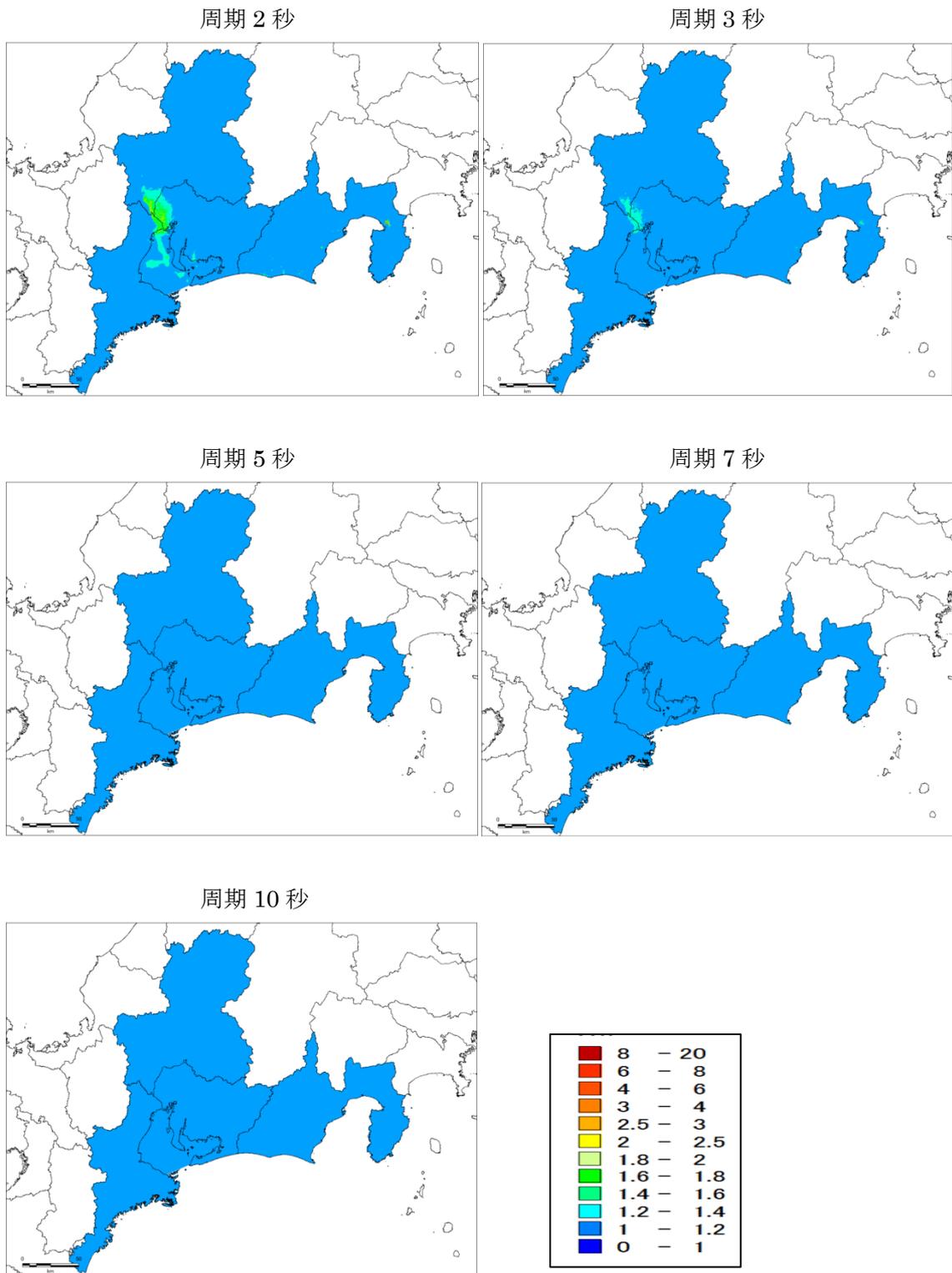


図 3.3-3 総合科学技術・イノベーション会議の SIP で作成されている浅部地盤モデルを参照して求めた東海地域のスペクトル増幅率。

3) 計算結果

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

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

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

付録 1 として DVD に納めたデータのファイル名称も同様である。

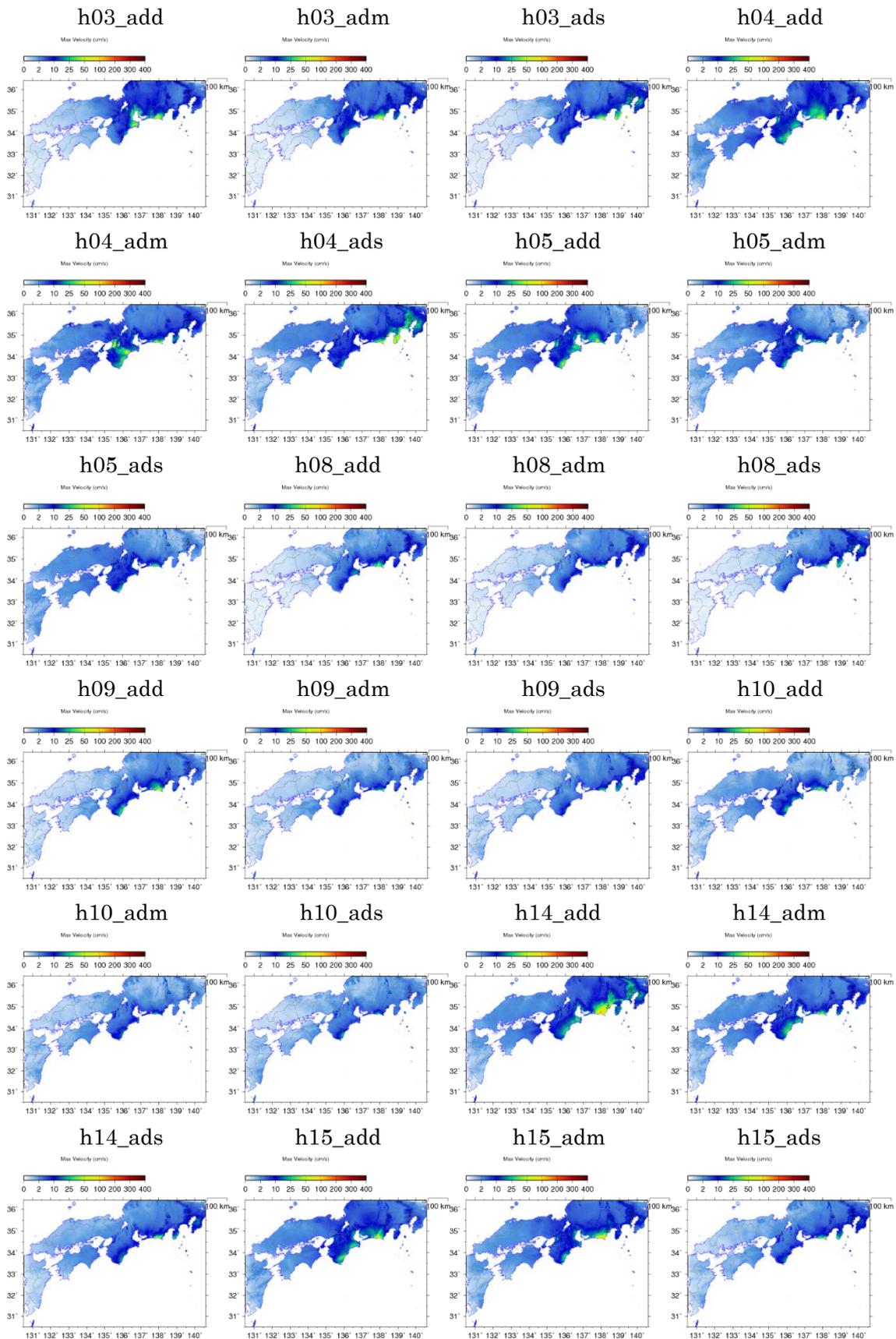


図 3.3-4(1) 工学的基盤上の最大速度分布（震源域 SO010）。

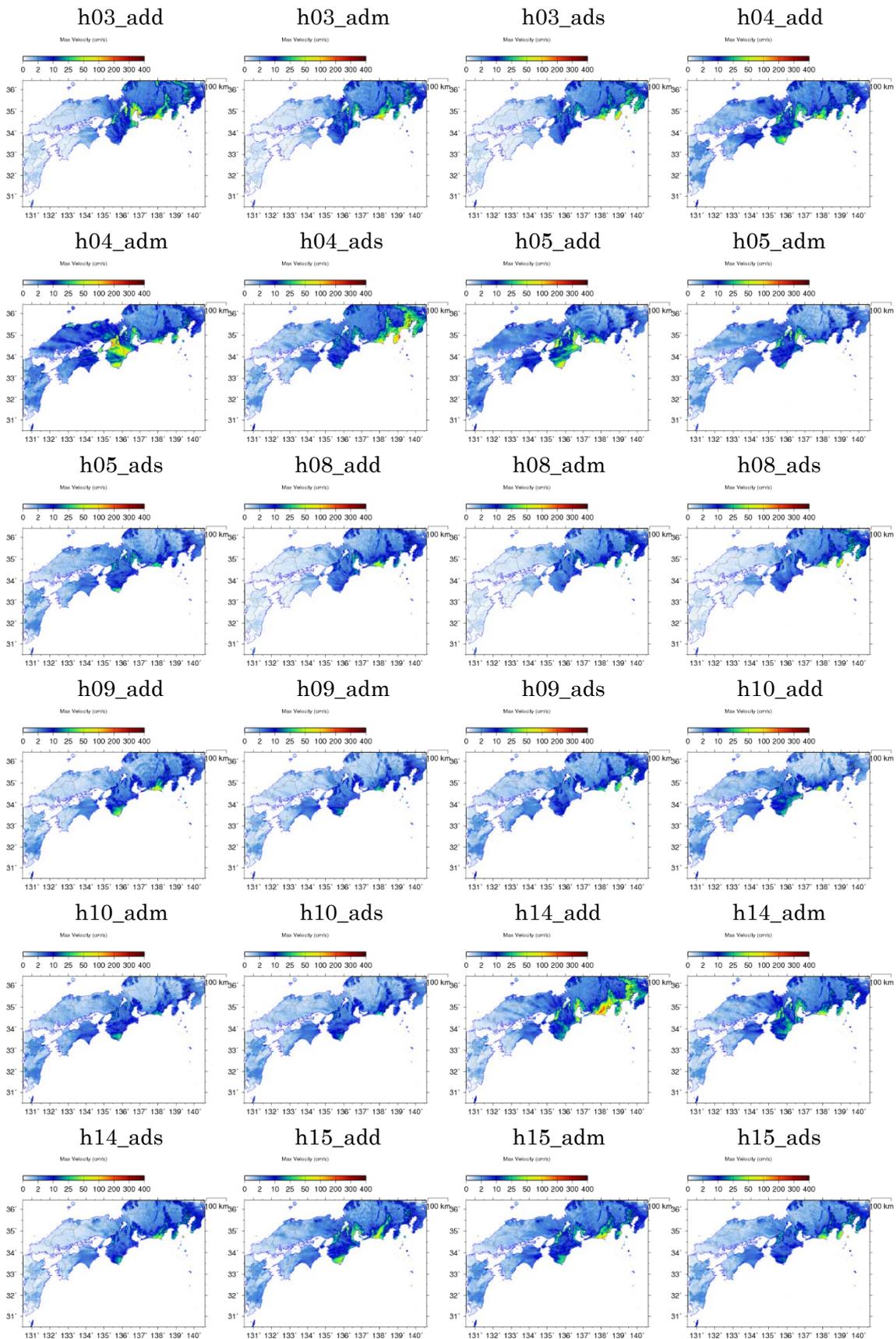


図 3.3-5(1) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 2 秒、震源域 SO010)。

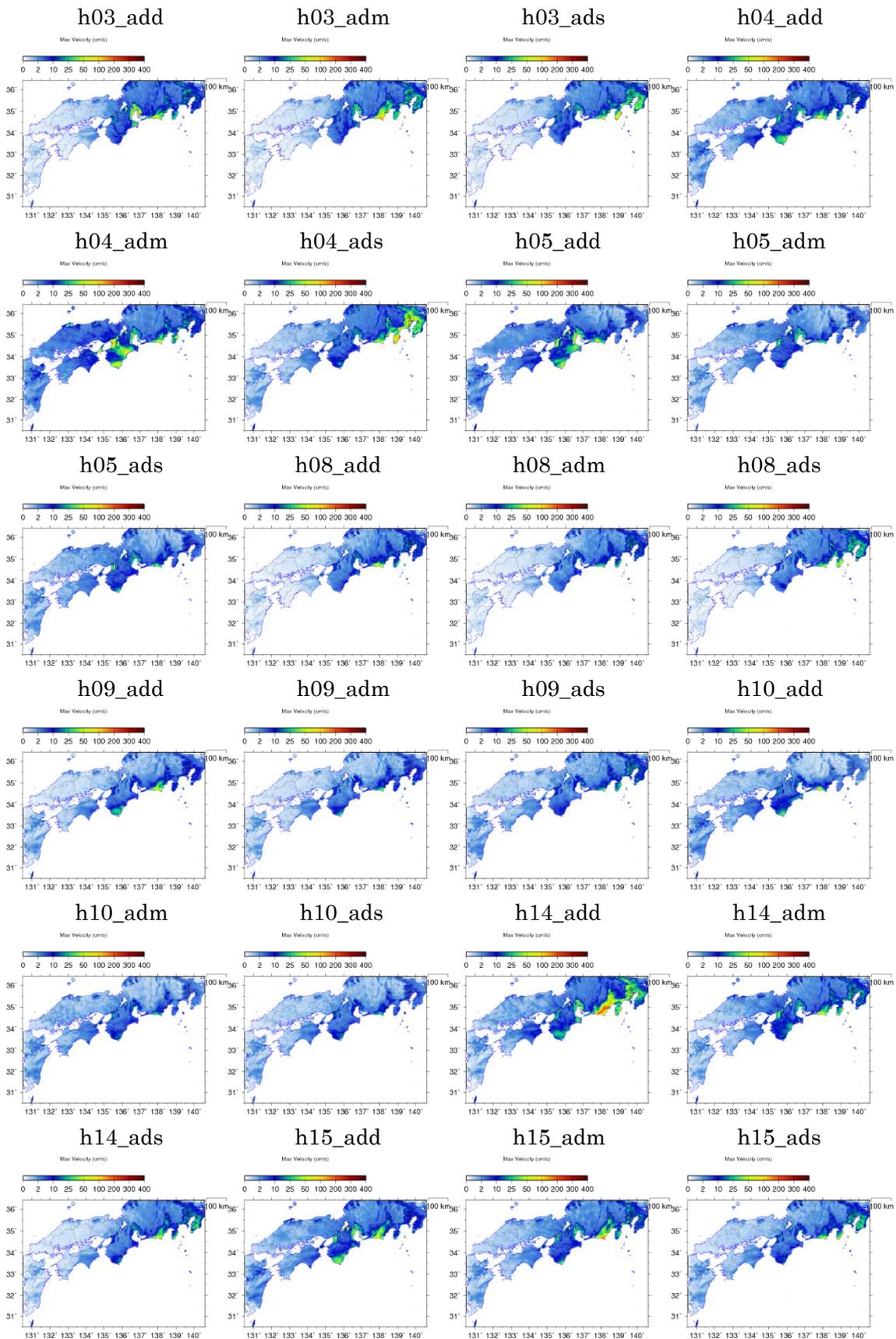


図 3.3-5(2) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 3 秒、震源域 SO010)。

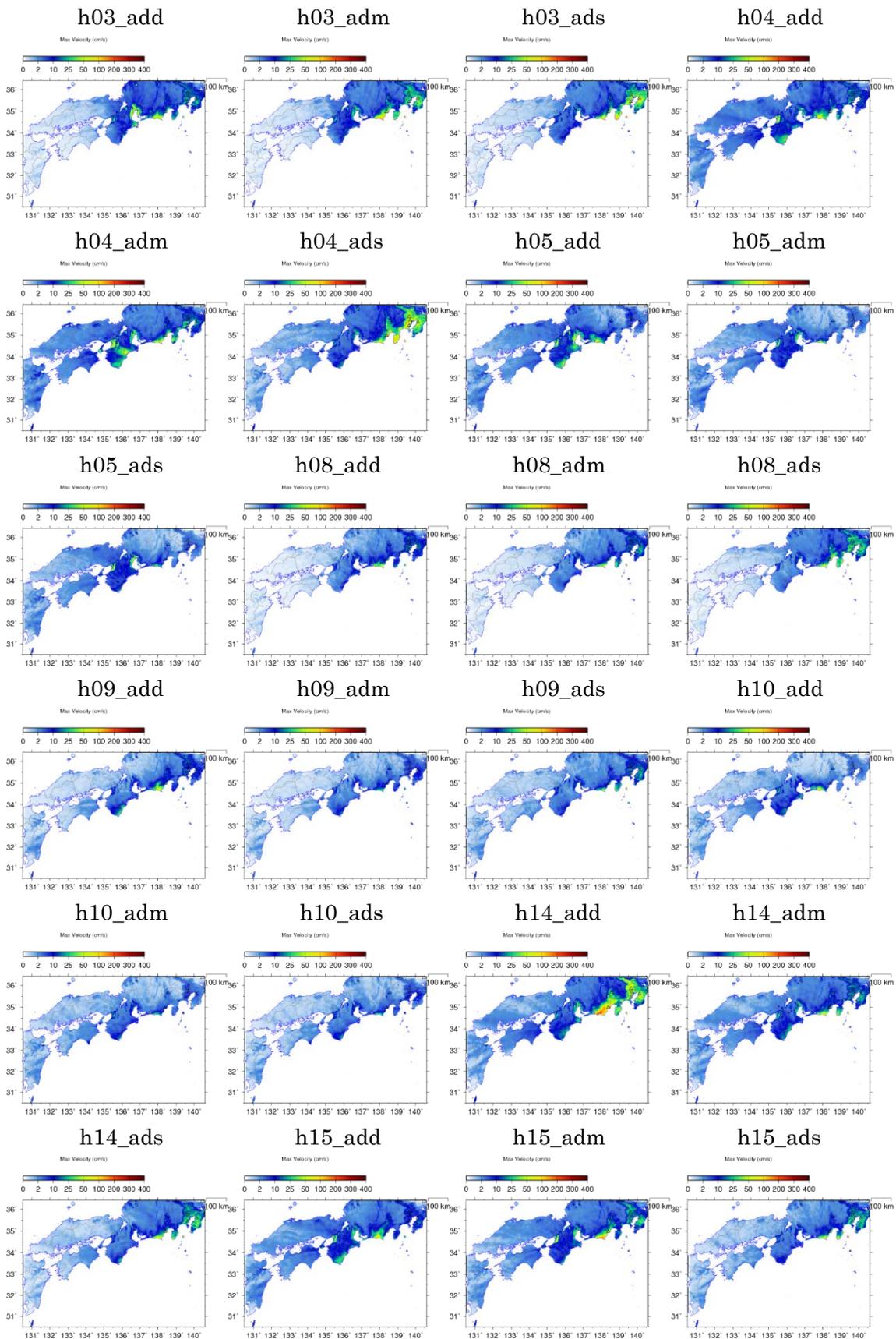


図 3.3-5(3) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 5 秒、震源域 SO010)。

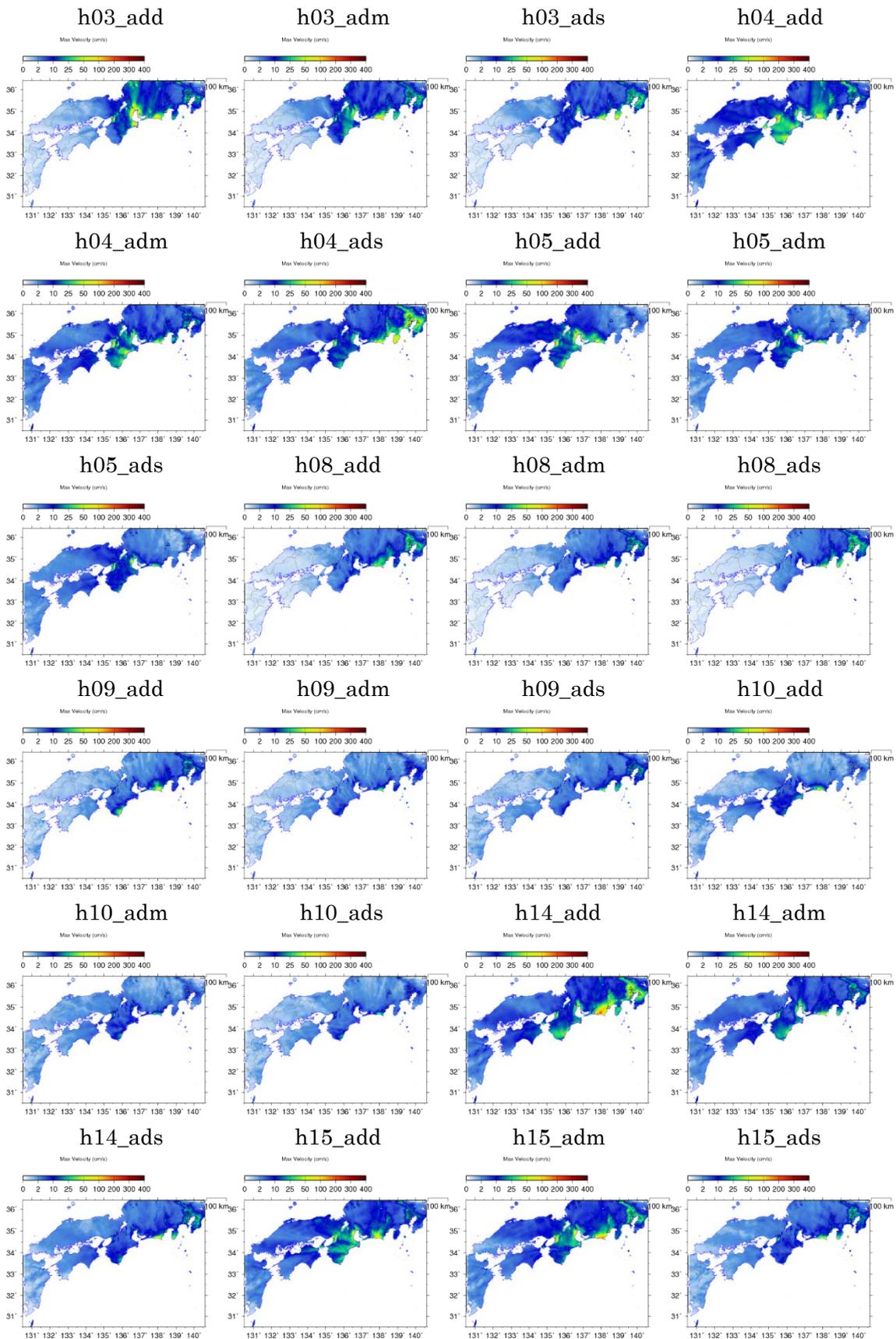


図 3.3-5(4) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 7 秒、震源域 SO010)。

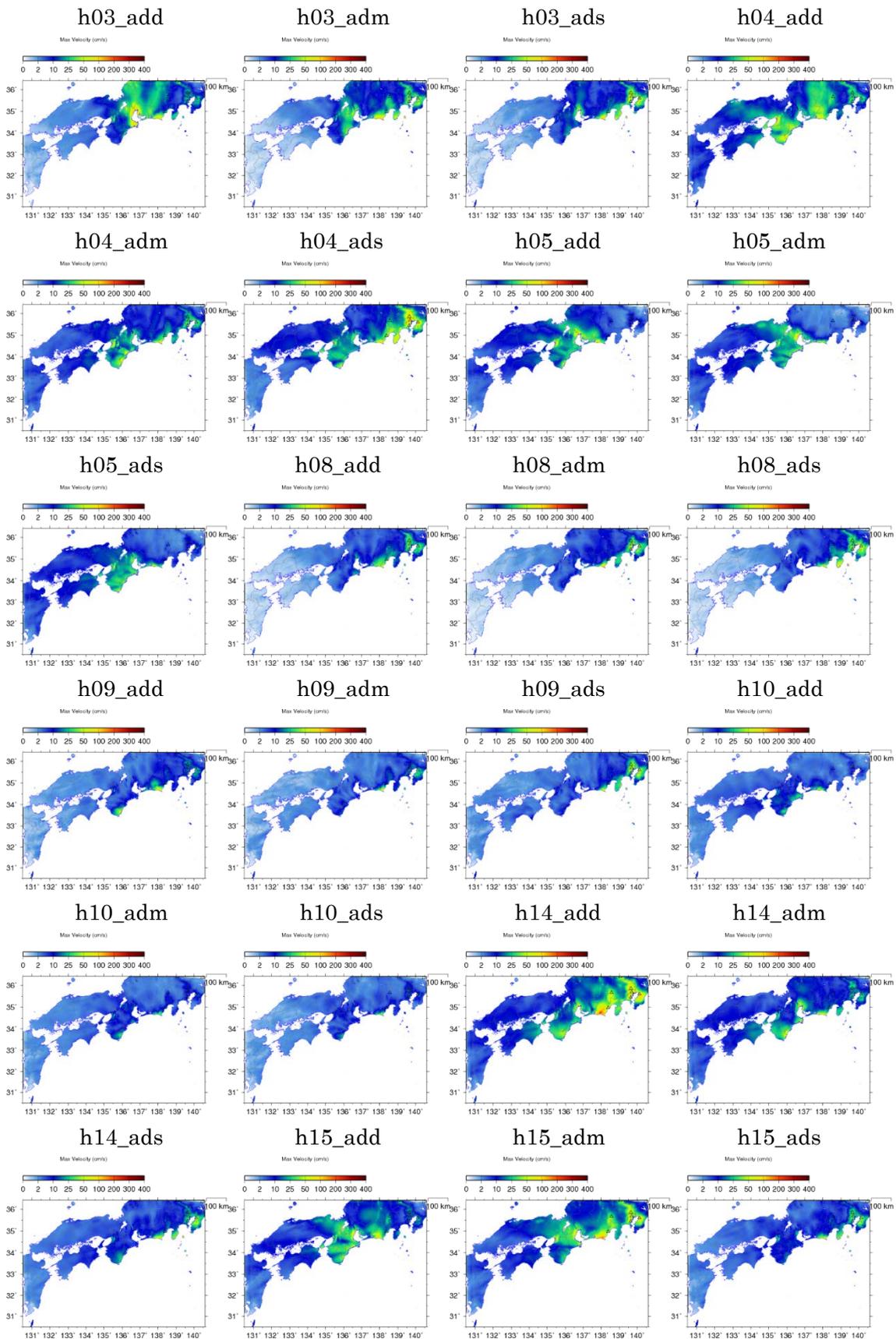


図 3.3-5(5) 相対速度応答スペクトル分布 (減衰定数 5%、周期 10 秒、震源域 SO010)。

(c) 結論ならびに今後の課題

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

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

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

(d) 引用文献

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

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

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

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

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

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