

3.4. 長周期地震動ハザード評価結果活用の検討等

(1) 事業の内容

(a) 事業の題目

東海地域における長周期地震動ハザードマップの作成

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	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
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	主任研究員	河合 伸一
国立研究開発法人 防災科学技術研究所	契約研究員	東 宏樹

(c) 事業の目的

長周期地震動ハザード評価の結果等について、社会の防災・減災、住民の理解を促すための見せ方や公開方法について提案する。濃尾平野における南海トラフ巨大地震の長周期地震動ハザードマップを作成し、利活用促進のための公開システムを検討する。

(2) 事業の成果

(a) 事業の要約

長周期地震動ハザード評価結果の利活用を促す情報提供の方法やあり方に関して、建築・土木・社会防災を専門とする有識者から意見を集約した。成果の利用対象者（一般市民、行政庁防災担当者、土木・構造設計者）それぞれに適する情報提供方法を検討した。検討結果および集約した意見を踏まえ、長周期地震動ハザード情報を社会の防災・減災、活用し、住民の理解を促すための見せ方や公開方法について提案を行うとともに、サブテーマ（3）および平成29年度事業の計算結果を用いて長周期地震動ハザードマップを作成した。これまでの「長周期地震動ハザードマップ作成等支援事業」で試作・改良してきた地震ハザードステーション（J-SHIS）を参考にした情報提供システム上で公開できるよう、平成29年度の計算結果や計算のもととなるデータも含めて登録した。

(b) 事業の成果

1) 長周期地震動ハザード評価結果の情報提供に関する意見の集約

建築・土木、社会防災の専門家を含む有識者（表 3.4-1）より、地震本部によるこれまでの長周期地震動予測地図や長周期地震動評価、および長周期地震動予測地図作成等支援事業等で進めてきた検討内容についての概要を説明した後、今後の長周期地震動評価結果の提供の仕方について意見を集約した。主な意見を以下にまとめる。

- ・専門家でも非専門家でも代表地点だけでなく任意の特定地点の情報を必要とする。むしろ、そういう見方をしてしまう。
- ・長周期地震動に関しては、巨大タンクなどでは必ずしも減衰定数 5%の応答スペクトル

でなく、もっと低減衰の情報を必要とする場合もある。そのような情報そのものが提供されることが望ましいが、元の波形データだけでも提供されれば活用できる。

- ・多様性や不確実性を考慮するのは必要だが、「起こりやすさ」と合わせての情報提示がなければ最大のものしか注目されなくなってしまう。それには地震本部が地震動予測地図で行っている確率論的な評価も有効で、「平均」や「平均+ σ 」の出し方も有用であるが、ハザードカーブでの表現もありえる。
- ・南海トラフの地震による長周期地震動の情報は、東海地域だけでなく少なくとも3大都市圏（東京：関東、大阪：近畿）で必要とされ、影響を受ける可能性のある地域としては新潟、酒田まで含まれる。地下構造モデルの整備状況により周期2秒までの評価が困難であれば、周期3秒以上や5秒以上に限定してもこれらの地域も含めた情報提供が必要なのではないか。
- ・使う側の立場での出し方の検討も必要ではないか。単に「平均」や「平均+ σ 」を公表するのではなくその意味付け（例えば〇年に1度の頻度に相当）、どれくらいの地震動強さでどのような被害が生じ得るのか、といった説明と合わせればより活用されるのではないか。
- ・現在公開しているものについて、どのデータに対してアクセスやダウンロードが多いかといった情報収集はされているのか？そのような情報も更なる活用のための分析に活かせるのではないか。

表 3.4-1 有識者名簿

氏名（敬称略）	所属
阿知波 正道	SOMPO リスクマネジメント コーポレート・リスクコンサルティング部
植竹 富一	東京電力ホールディングス 経営技術戦略研究所
金子 美香	清水建設 コーポレート企画室
座間 信作	横浜国立大学 リスク共生社会創造センター
畑山 健	消防大学校消防研究センター 技術研究部施設等災害研究室
林 孝幸	東京海上日動リスクコンサルティング 企業財産本部
久田 嘉章	工学院大学 建築学科

2) 東海地域を対象とした長周期地震動ハザードマップの作成

長周期地震動ハザードマップとして、それぞれの震源域で計算された複数ケースの計算結果について、各計算地点で対数平均ならびに対数標準偏差 (σ) を求め、その平均値あるいは分布を作成した。対象とする震源域は、本年度計算を行った 6 通りの震源域 (3.1 および 3.3 節参照) に加えて平成 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」で検討された 5 通りの震源域の計 11 通りとした。

対象地域は、静岡県、山梨県、愛知県、三重県、長野県南部、岐阜県南部をおおむね包含する範囲とし、最大速度 (周期 2~20 秒)、減衰定数 5% の相対速度応答スペクトル (周期 2 秒、3 秒、5 秒、7 秒および 10 秒) の 6 種類で、それぞれについて平均値 (Ave.) と平均値+標準偏差 (+1 σ) とした。作成したマップ (AO110 を除く) を図 3.1-1~3.1-6 に示す。なお、それぞれのマップは約 2km 四方のメッシュで作成している。

平成 29 年度の震源域は「南海」と「東海」が別々に破壊する地震のため、本年度に地震動シミュレーションを実施した地震よりも規模が小さいため。相対的に地震動は小さい傾向がみられる。特に「南海」のみを震源とする地震は東海地域からやや震源が離れることもある。

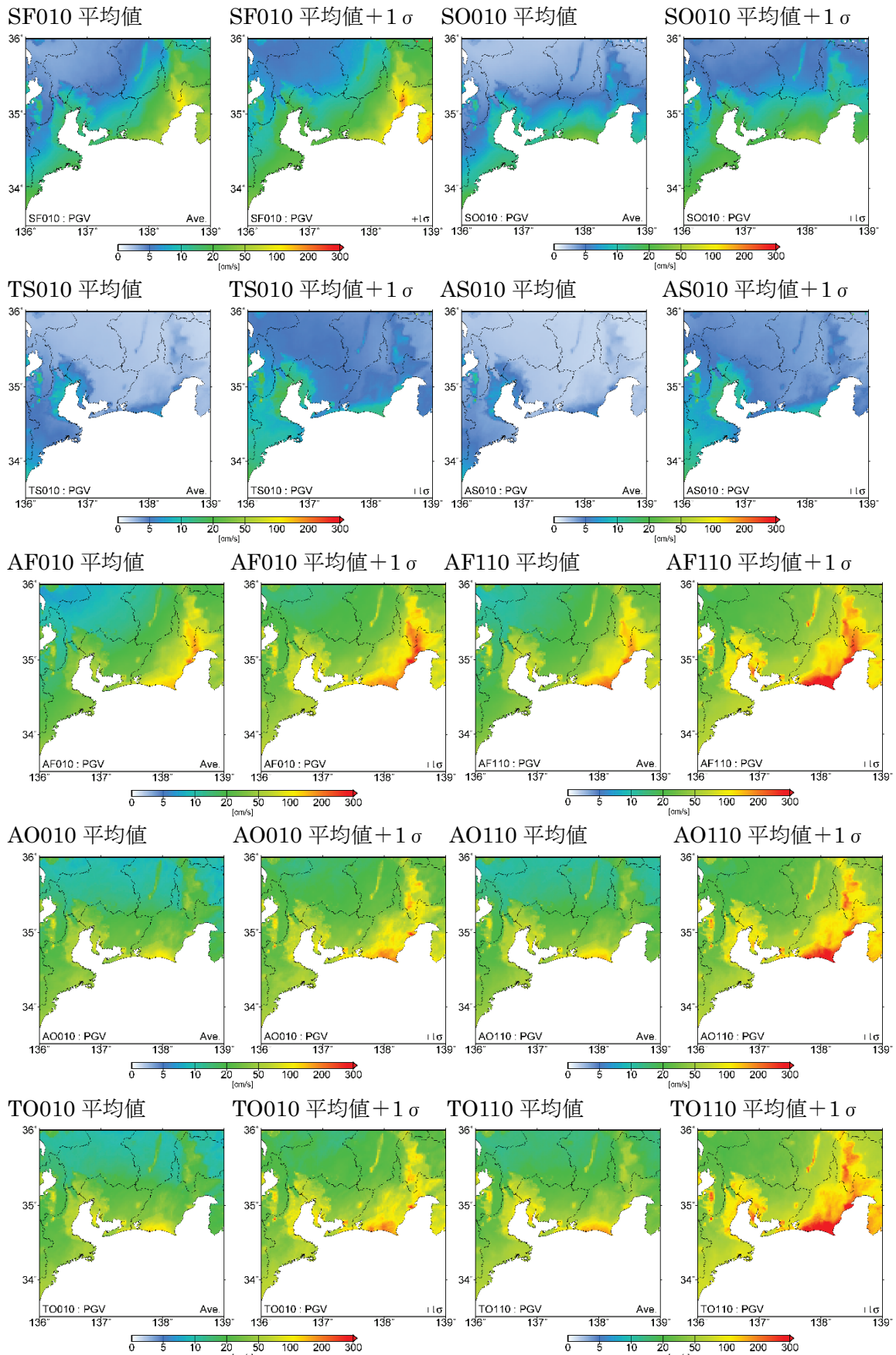


図 3.4-1 東海地域を対象として作成した南海トラフの地震の長周期地震動ハザードマップ (最大速度分布)

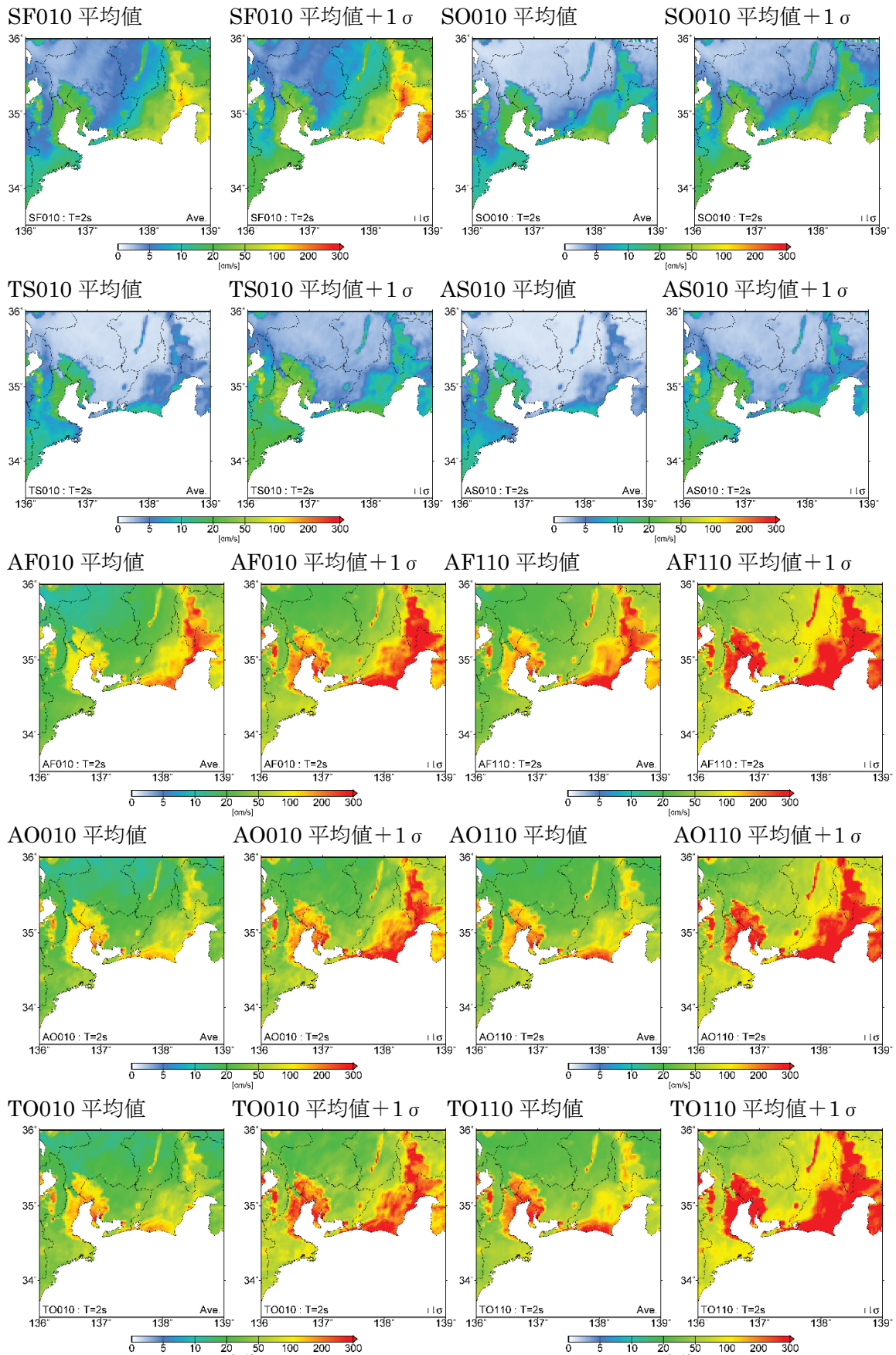


図 3.4-2 東海地域を対象として作成した南海トラフの地震の長周期地震動ハザードマップ (減衰定数 5%の相対速度応答スペクトル; 周期 2 秒)。

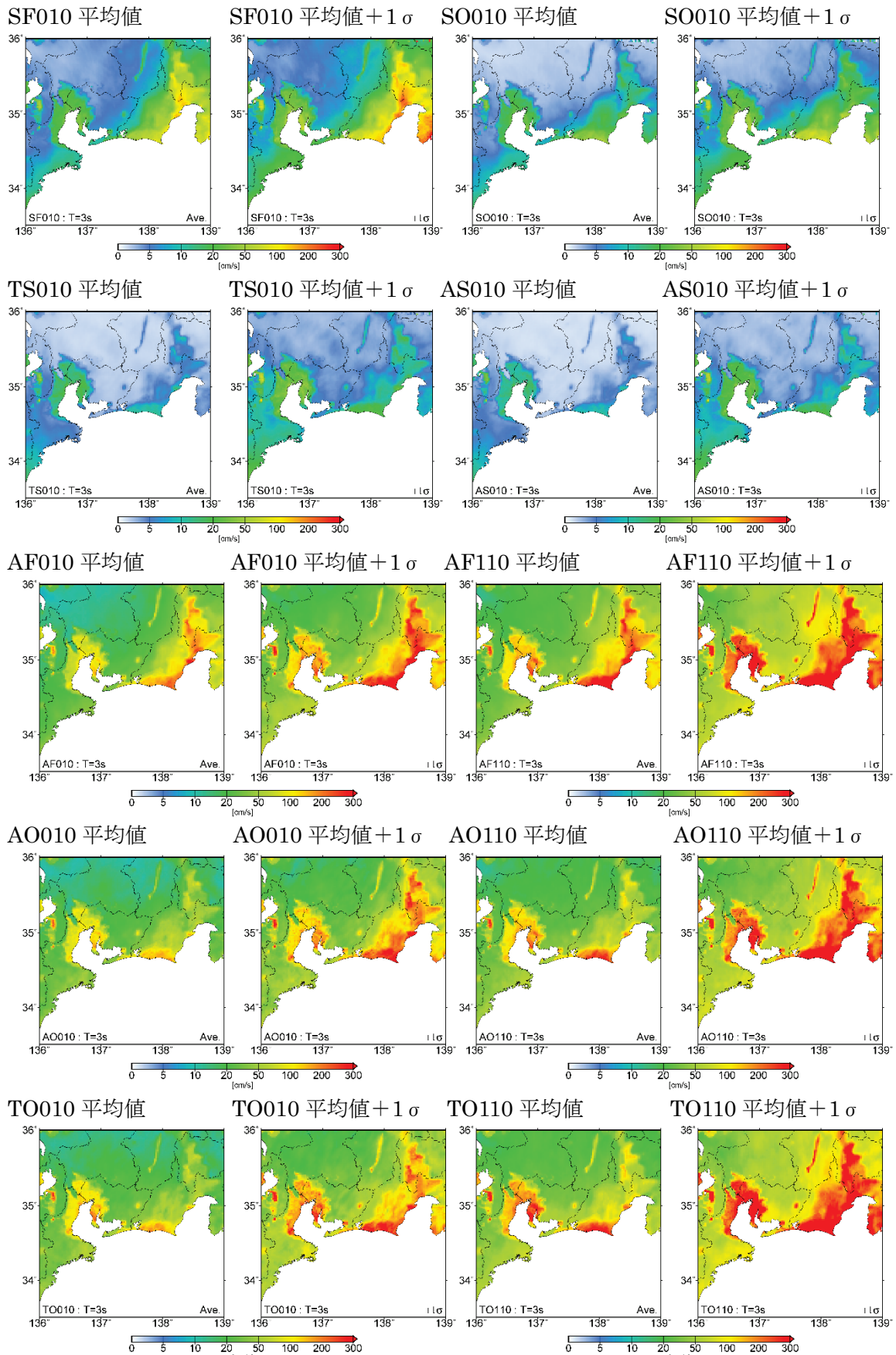


図 3.4-3 東海地域を対象として作成した南海トラフの地震の長周期地震動ハザードマップ (減衰定数 5%の相対速度応答スペクトル; 周期 3 秒)。

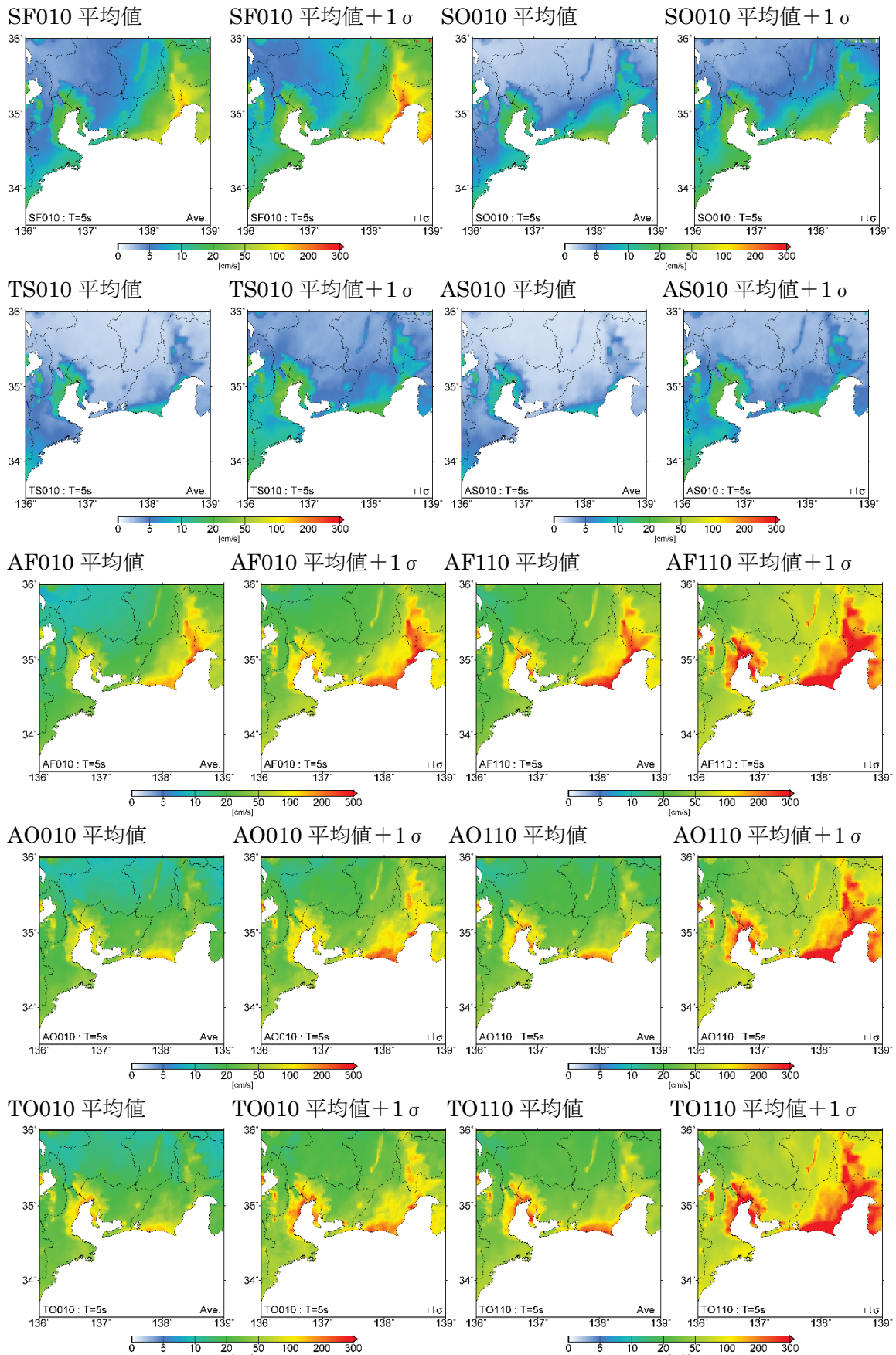


図 3.4-4 東海地域を対象として作成した南海トラフの地震の長周期地震動ハザードマップ (減衰定数 5%の相対速度応答スペクトル; 周期 5 秒)。

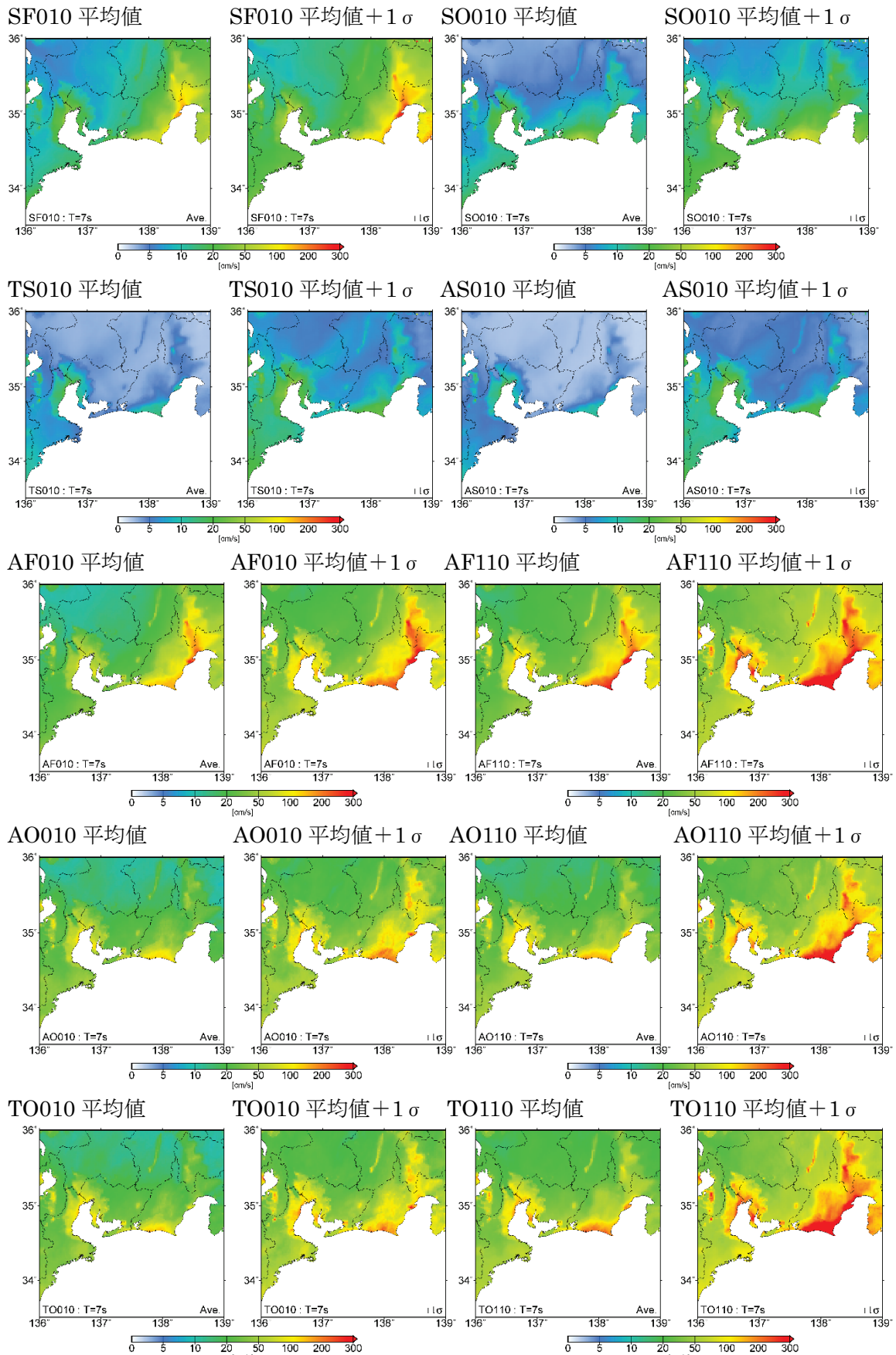


図 3.4-5 東海地域を対象として作成した南海トラフの地震の長周期地震動ハザードマップ (減衰定数 5%の相対速度応答スペクトル; 周期 7 秒)。

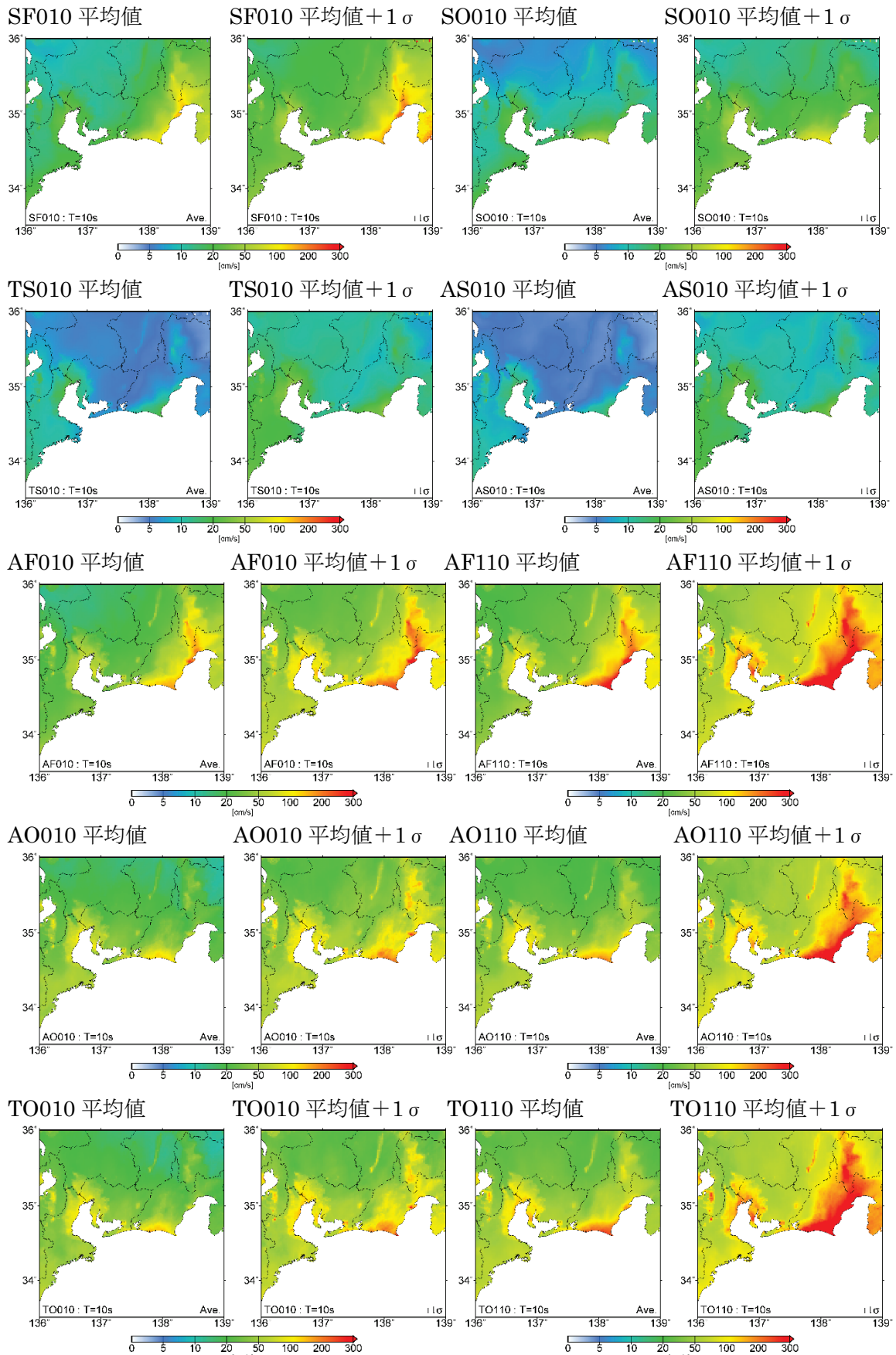


図 3.4-6 東海地域を対象として作成した南海トラフの地震の長周期地震動ハザードマップ (減衰定数 5%の相対速度応答スペクトル; 周期 10 秒)。

3) 長周期地震動ハザード情報を提供するウェブの改良

(1) 長周期地震動ハザード情報ウェブシステムへのデータ追加

1) において、震源域ごとの「平均」、「平均+ σ 」の地震動だけでなく、個々のシナリオによる結果、ならびに、地震本部のウェブページから公表されている代表地点（長周期地震動評価 2016 年試作版においては都県庁位置を含む 16 地点）だけでなく、任意の地点における長周期地震動（ハザード）評価結果も公表してもらいたいとの要望が多くあった。そこで、平成 29 年度までの検討において試作してきた防災科学技術研究所の地震ハザードステーション（J-SHIS）を参考にしたウェブシステムに、平成 29 年度に長周期地震動シミュレーションを行った 112 のシナリオについて、震源域、アスペリティ、破壊開始点位置の震源データ（図 3.4-7）、ならびに平成 29 年度に登録を行った相模トラフ地震と同様の地震動に関する指標

- ・擬似速度応答（周期 2～10 秒、1 秒刻み、減衰定数 5%）
- ・相対速度応答（同上）
- ・地震動速度時刻歴継続時間
- ・長周期地震動階級

について、約 2km メッシュごとにデータ登録を行った。登録したデータについては、ウェブシステム試作版上でデータを閲覧、ダウンロードできるようにした。マップでの表示例を図 3.4-8 および図 3.4-9 に示す。

また、超高層建物の被害に関連する指標についてのデータ登録試行として、地震動シミュレーション結果から得られた地震動強さから推定した最大層間変形角の情報を作成した（図 3.4-10 および図 3.4-11）。具体的には、平成 25 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業での検討で作成された周期 2～8 秒の相対速度応答（減衰定数 5%）の値と最大層間変形角の経験的關係式（フラジリティ曲線）を用いて推定した。

(2) 長周期地震動カルテへの情報追加

J-SHIS では、各メッシュ（1/4 地域メッシュ）において確率論的地震動予測地図の情報を 1 枚に集約した「地震ハザードカルテ」が提供されている。平成 29 年度事業において、長周期地震動評価結果について同様に 1 枚に情報を集約した「カルテ」を試作した。ここでは、(1) で登録した南海トラフ地震に対応するとともに、「平均」あるいは「平均+ σ 」の地震動に対して、超高層建物の被害に関連する最大層間変形角の情報（図 3.4-10 の⑨）を追加する改良を行った。最大相関変形角の計算には、周期 2～8 秒の相対速度応答（減衰定数 5%）の平均値または平均+ σ より、(1) と同じフラジリティ曲線を用い、北村・他（2006）の耐震性能判断基準地表（表 3.4-2）に従いランク分けを行った。

レーダーチャート（図 3.4-10 の③）におけるランク分けについて、表 3.4-3 とした。ただし、長周期地震動階級および最大層間変形角以外の指標については、必ずしも被害や揺れの体感と直結するものとはなっていないランク分けとはなっていない。

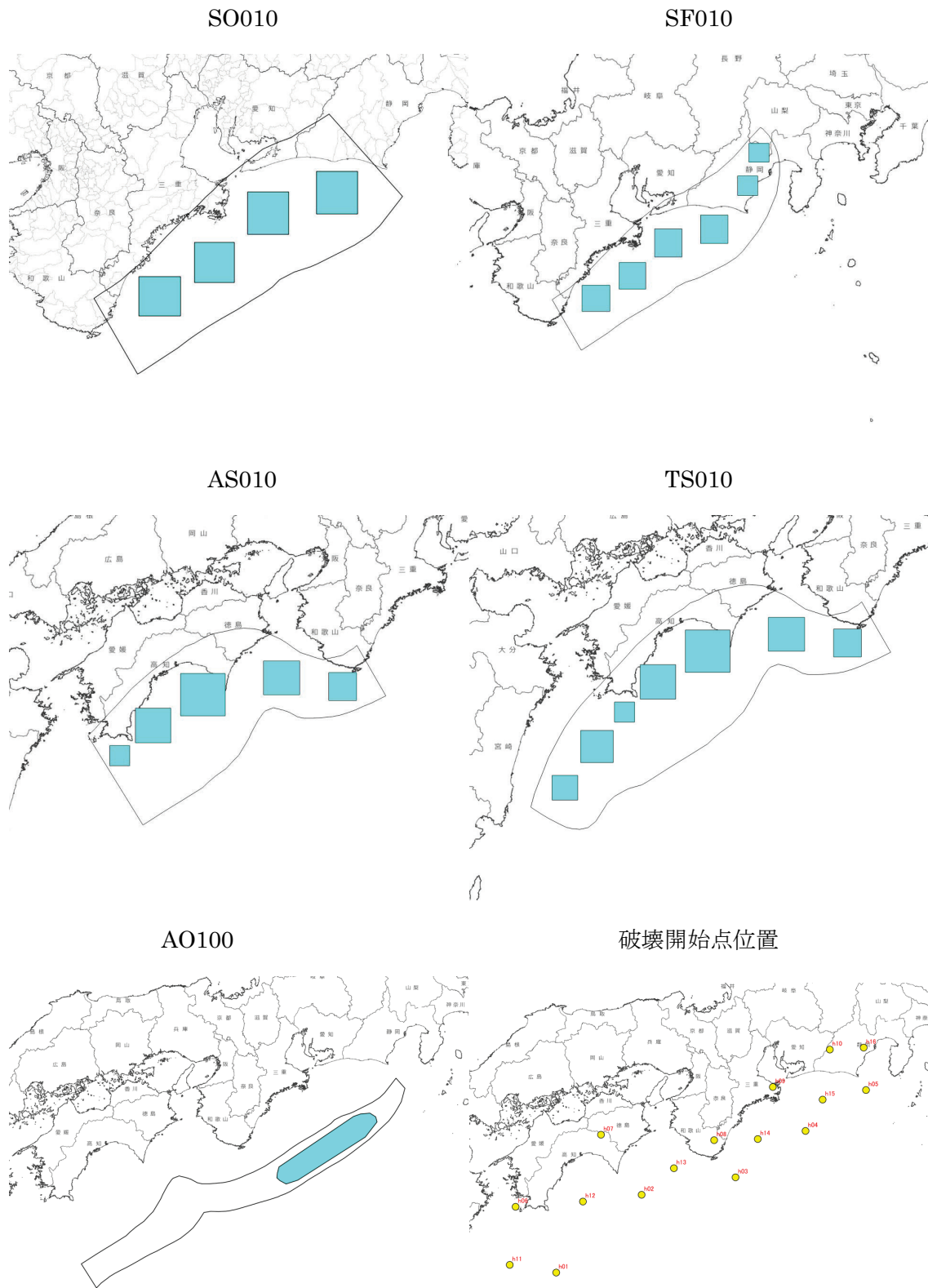


図 3.4-7 データ登録を行った南海トラフ地震の震源域、アスペリティおよび破壊開始点位置。ただし、アスペリティ位置については例。

長周期地震動ハザードマップv2017

シナリオマップ 建物被害マップ ダウンロード

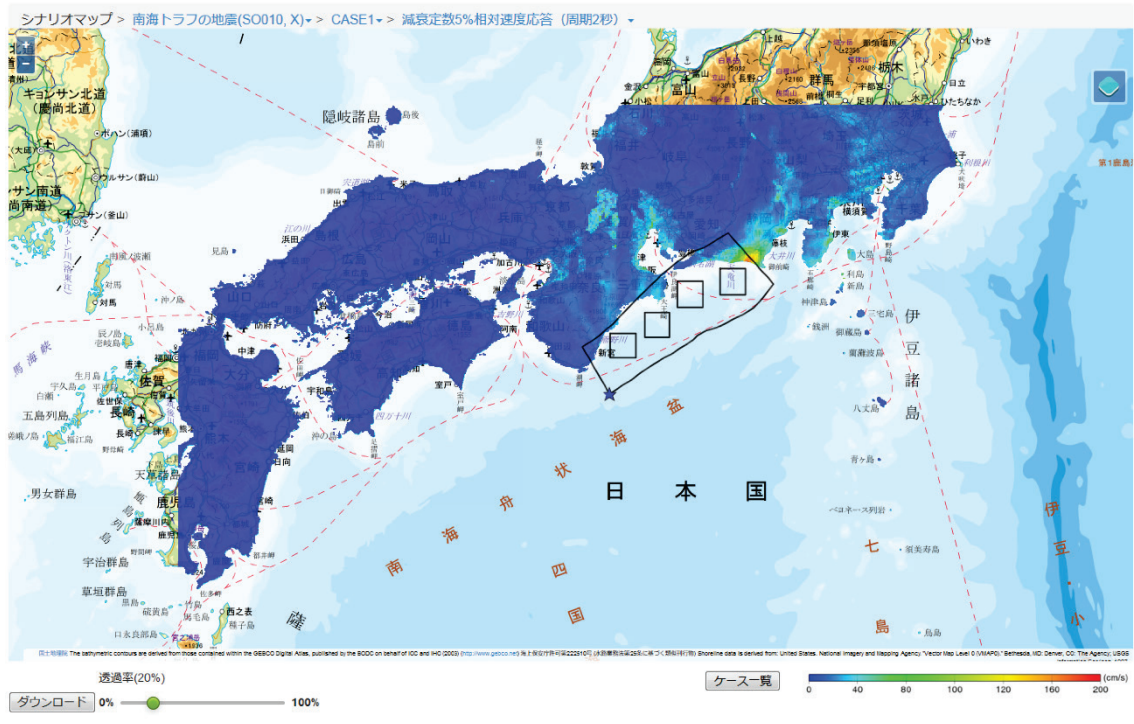


図 3.4-8 データ登録を行った南海トラフの地震の「シナリオマップ」の表示例。

長周期地震動ハザードマップv2017

シナリオマップ 建物被害マップ ダウンロード

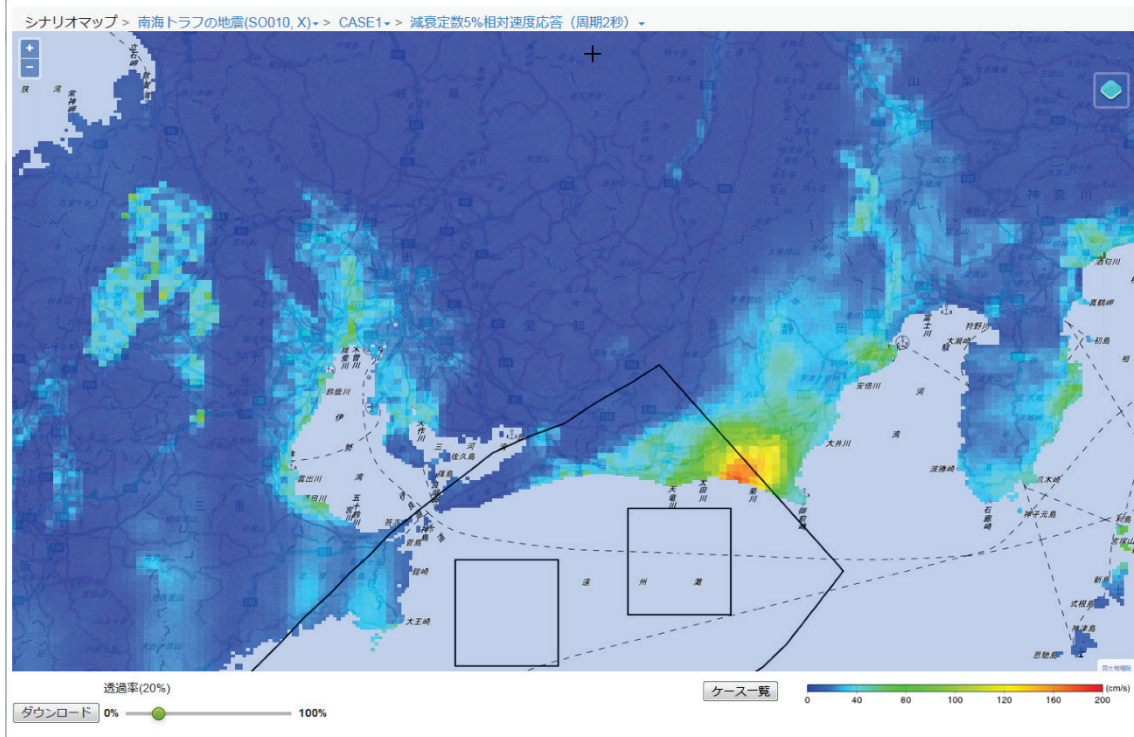


図 3.4-8 データ登録を行った南海トラフの地震の「シナリオマップ」の表示例（東海地域拡大）。

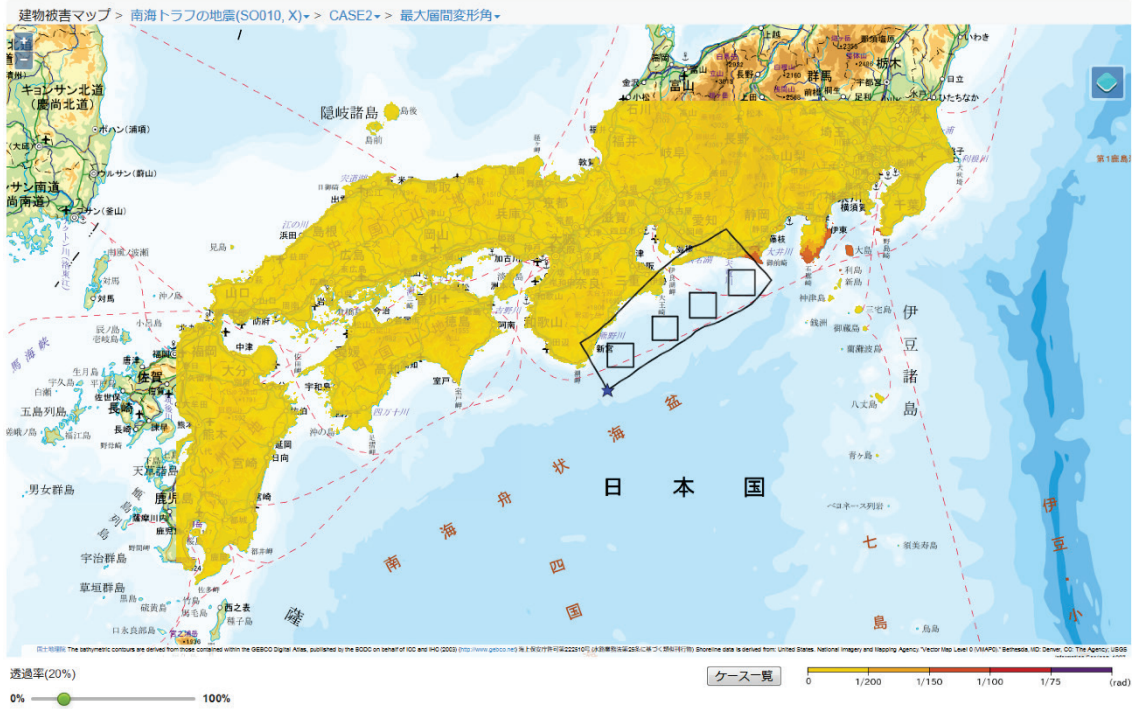


図 3.4-10 データ登録を行った南海トラフの地震の最大層間変形角分布の表示例。

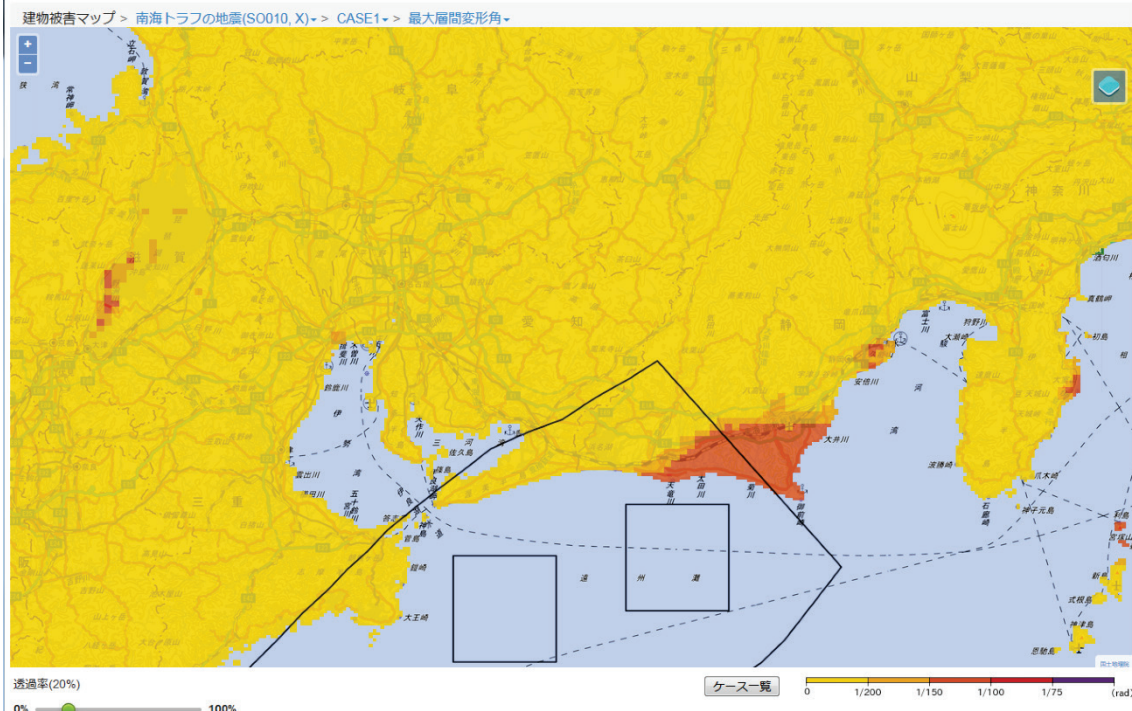


図 3.4-11 データ登録を行った南海トラフの地震の最大層間変形角分布の表示例（東海地域拡大）。

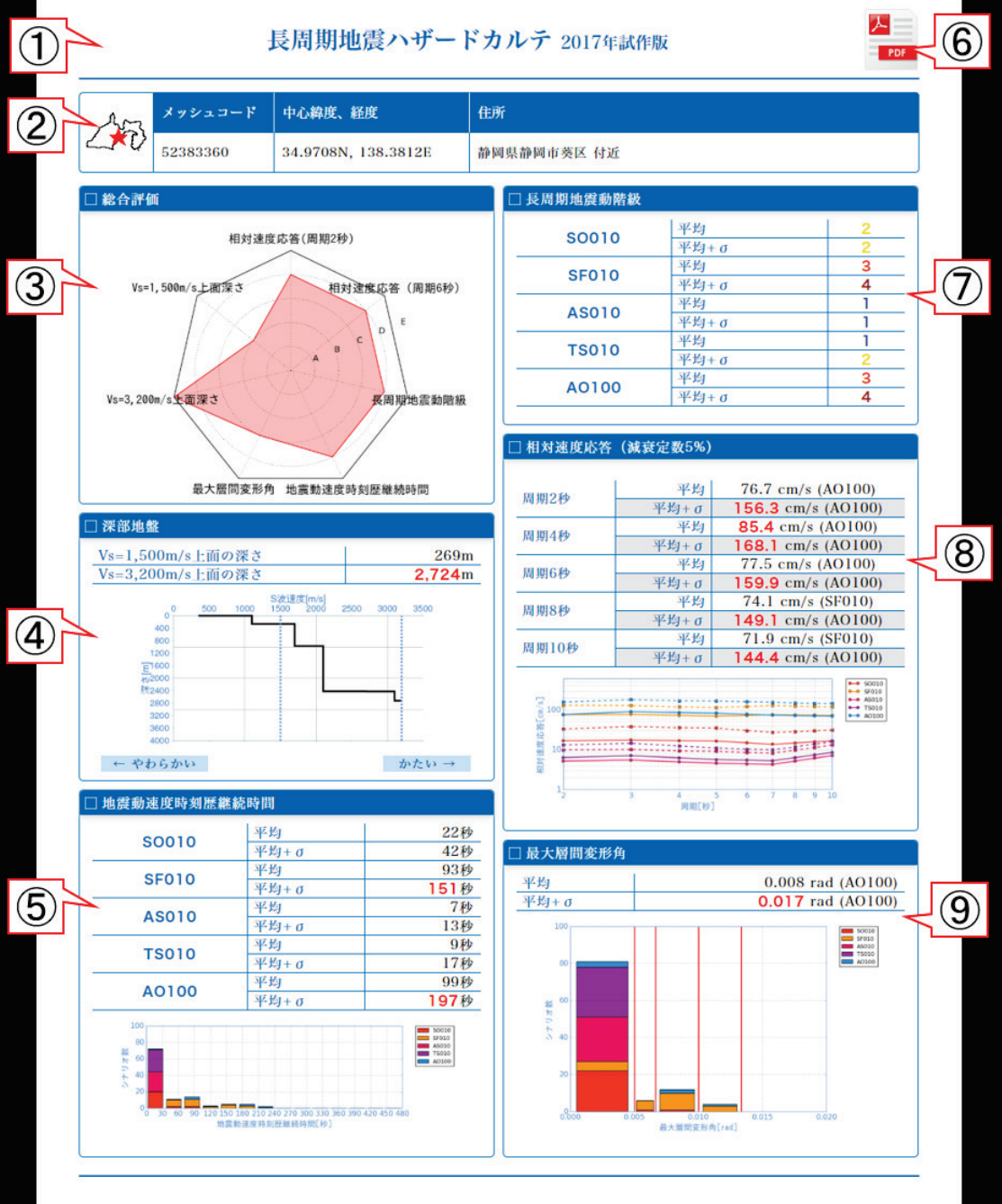


図 3.4-10 長周期地震動カルテの試作。①～⑨は表 3.4-2 の No. と対応。

表 3.4-2 長周期地震動カルテの表示内容。No.の①～⑨は図 3.4-10 を参照。

No.	カルテ項目	概要
①	ヘッダー	対象となる長周期地震動評価をタイトルとして表示
②	評価地点情報	評価地点の位置画像、世界測地系 3 次メッシュコード、3 次メッシュの中心の緯度経度および住所を表示
③	総合評価	評価地点における長周期地震動ハザードの総合評価結果をレーダーチャートで表示
④	深部地盤	評価地点における長周期地震動評価に用いた深部地盤構造モデルに関する情報を表示
⑤	地震動速度時刻歴継続時間	評価地点における長周期地震動の継続時間を地震タイプごとに「平均」、「平均+ σ 」それぞれで表示
⑥	PDF 表示ボタン	
⑦	長周期地震動階級	評価地点における長周期地震動階級を地震タイプごとに「平均」、「平均+ σ 」それぞれで表示
⑧	相対速度応答 (減衰定数 5%)	評価地点における相対速度応答(減衰定数 5%)を地震タイプごとに「平均」、「平均+ σ 」それぞれで表示
⑨	最大層間変形角	評価地点における最大層間変形角の推定値を地震タイプごとに「平均」、「平均+ σ 」それぞれで表示

表 3.4-3 北村・他 (2004) に基づく耐震性能判断基準値表。

	性能評価項目	損傷限界	安全限界 余裕度 I	安全限界 余裕度 II	安全限界	安全限界 超過	
	判定値 λ	4	3	2	1	0	
建物 機能	機能	機能維持	主要機能確保	指定機能確保	限定機能確保	機能確保困難	
	層間変形角 R (rad)	1/200 以下	1/200-1/150	1/150-1/100	1/100-1/75	1/75 以上	
	床加速度 a (cm/s ²)	—	250 以下	250-500	500-1000	1000 以上	
構造 部材	部材損傷度	無損傷	軽微	小損	中損～大損	大損以上	
	部材塑性率 μ_m	1.0 以下	1.0-2.5	2.5-3.75	3.75-5.0	5.0 以上	
	累積塑性変形 倍率 η_m	JASS6 型	0	0-5.4	5.4-12.0	12.0-21.5	21.5 以上
		ノンスカラップ	0	0-9.0	9.0-20.5	20.5-36.5	36.5 以上
	梁端混用	0	0-3.5	3.5-7.5	7.5-13.5	13.5 以上	

表 3.4-4 長周期地震動カルテにおける総合評価のランク分け。

No.	項目名	ランク分け
1	相対速度応答（周期 2 秒）	A: 20cm/s 未満 B: 20cm/s 以上 40cm/s 未満 C: 40cm/s 以上 60cm/s 未満 D: 60cm/s 以上 80cm/s 未満 E: 80cm/s 以上
2	相対速度応答（周期 6 秒）	A: 20cm/s 未満 B: 20cm/s 以上 40cm/s 未満 C: 40cm/s 以上 60cm/s 未満 D: 60cm/s 以上 80cm/s 未満 E: 80cm/s 以上
3	長周期地震動階級	A: 階級 0 B: 階級 1 C: 階級 2 D: 階級 3 E: 階級 4
4	長周期地震動継続時間 （地震動速度時刻歴継続時間）	A: 20 秒未満 B: 20 秒以上 40 秒未満 C: 40 秒以上 60 秒未満 D: 60 秒以上 80 秒未満 E: 80 秒以上
5	最大層間変形角	A: 1/200 rad 未満 B: 1/200 rad 以上 1/150 rad 未満 C: 1/150 rad 以上 1/100 rad 未満 D: 1/100 rad 以上 1/75 rad 未満 E: 1/75 rad 以上
6	$V_s=3,200\text{m/s}$ 層上面深さ	A: 500m 未満 B: 500m 以上 1,000m 未満 C: 1,000m 以上 1,500m 未満 D: 1,500m 以上 2,000m 未満 E: 2,000m 以上
7	$V_s=1,500\text{m/s}$ 層上面深さ	A: 250m 未満 B: 250m 以上 500m 未満 C: 500m 以上 750m 未満 D: 750m 以上 1,000m 未満 E: 1,000m 以上

※各指標は「平均」の値を用いている

(c) 結論および今後の課題

社会防災、工学、社会科学の専門家を含む有識者から、長周期地震動評価とそのデータ公開に関する意見を収集した。その結果、多様性の考慮が必要となる南海トラフの地震の長周期地震動ハザード情報については、確率論的な評価の有用性が指摘された。一方で、確率論的な情報の理解には専門知識が必要であり、不確実さが生じる要因を理解し、評価条件の十分な説明や解説人材を育成していく必要性も指摘されている。工学的分野において高度な利活用を進める上では、単なる代表例の提示だけでなく個々のシナリオや地点の情報も活用できる枠組みへの要望が多くなされた。

南海トラフ地震による東海地域の長周期地震動ハザードマップとして、平成 29 年度および本年度に地震動シミュレーションを行った 11 通りの震源域ごとに、不確実さを考慮した多数のケースの「平均」および「平均+ σ 」の地震動分布を作成した。一方で、確率論的な評価という観点から、各評価地点でのハザードカーブの作成も今後検討の余地が残されていると言える。

これまでの長周期地震動予測地図作成等支援事業において試作してきた、長周期地震動ハザード情報を提供するウェブシステムに平成 29 年度に実施した地震動シミュレーション結果のデータを登録し、閲覧、データダウンロードできる準備を整えた。長周期地震動カルテに関しては、情報の内容をユーザーからの意見なども踏まえてランク分けの基準を策定していくことも必要である。

(d) 参考文献

北村春幸・宮内洋二・福島順一・深田良雄・森伸之（2004）：性能設計における性能判断基準地に関する研究—時刻歴応答解析に基づく JSCA 耐震性能メニューの検証—，日本建築学会構造系論文集，576，47-54.

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所（2012）：平成 24 年度長周期地震動予測地図作成等支援事業成果報告書.

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所（2013）：平成 25 年度長周期地震動予測地図作成と支援事業成果報告書.

文部科学省研究開発局・防災科学技術研究所（2018）：長周期地震動ハザードマップ作成のための基礎調査・モデル作成等成果報告書.