

長周期地震動を考慮すべき主な地点と地震動の考え方

1. 対象とする地震

内閣府が検討している南海トラフ沿いで過去に発生した巨大地震のうち、各地域で影響が大きいと考えられる地震を対象とする。

具体的には、関東、静岡県：安政東海地震モデル(Mw8.6)、中部、近畿：宝永地震モデル(Mw8.9)、で、震源規模および震源断層領域（位置）は、内閣府の設定に倣う。震源モデルの詳細については別紙 2 付録 3 を参照されたい。

2. 地震動の評価方法

(1) 下記、基整促の方法^{1),2)}を適用する

- a) 各観測点の地震記録に基づいて、震源規模(Mw)、伝播経路(断層最短距離)、サイト特性によって構成される地震動特性評価式を統計的に回帰処理して定め、各観測地点の地震動特性評価に用いられる全国共通の回帰係数と観測地点固有のサイト係数（振幅レベルを定める減衰定数 5%の加速度応答スペクトルのサイト増幅係数と位相特性に関するサイト係数[群遅延時間の平均値と標準偏差]）を定めている。
- b) 3 大都市圏の特定範囲については、地震基盤上面から工学的基盤上面までの S 波の堆積層伝播時間として定義した $Tz[s]$ を変数としてサイト特性の回帰式を作成することにより、任意地点での地震動特性を評価している。

(2) 上記 a) の各種係数が得られている観測点は、評価対象とする震源の規模、断層位置を定めると地表および工学的基盤の長周期地震動（減衰 5%の加速度応答スペクトルに $T / 2\pi$ を掛けて得られた擬似速度応答スペクトル。以下別紙 2 では、 pSv スペクトルと称す。T は周期。）の評価が可能となる。 $Tz[s]$ を活用できる 3 大都市圏は、観測点以外の任意地点についても工学的基盤の長周期地震動の評価が可能である。工学的基盤の長周期地震動は、地表までの地盤増幅率と全国一律に与えた工学的基盤までの平均的な地盤増幅率を用い、周期 0.5 秒から 1.0 秒の間のサイト増幅係数に対してマッチングフィルターを適用して求めている^{1),2)}。

(3) 適用範囲

基整促の方法の回帰式を求めた際に使用した地震および地震記録は、下記条件³⁾で抽出している。

- ・ 気象庁マグニチュード $M_j \geq 6.5$ 、震源深さ $\leq 60\text{km}$ 、震源距離 $\leq 400\text{km}$
- ・ 福島・田中⁴⁾の最大加速度の距離減衰式で 2cm/s/s 以上となる距離以内の観測点
- ・ S 波初動から観測されており、周期 0.1~10 秒で信頼できる

使用したデータの範囲内（内挿）を基整促の手法の適用範囲と考える場合、上記が適用条件になる。また、基整促の手法は複数記録の回帰分析により地震記録の平均的特性を抽出しているため、断層近傍の地震記録に見られるディレクティビティー効果等の断層破壊の進行に伴う地震動の特徴の評価（推計）には注意を要する。

3. 長周期地震動を考慮すべき対象地域の選定方法

- (1)上記「2.」の方法で計算した工学的基盤における長周期地震動(pSv スペクトル)が、周期 2 秒以上において告示スペクトル(極稀、81.5cm/s)のほぼ 80%となる 60cm/s を上回る地点を対象とする。80%としたのは、告示波と比較して継続時間が長いことによりエネルギースペクトルが大きくなる影響を考慮するためである。
- (2)対象建築物が多い 3 大都市圏と静岡県を、優先的に検討対象としている。
- (3)地域の選定に際しては、内閣府の計算結果も参照した。

4. 3 大都市圏と静岡県のゾーニングの方法と地震動レベルの考え方

- (1) T_z [s]を活用できる 3 大都市圏は、深部構造の変化に対応できる程度の約 3km 間隔で T_z [s]に基づいて長周期地震動(pSv スペクトル)を評価する。 T_z [s]を活用できない 3 大都市圏の一部の地域(例えば、三重県)と静岡県は、各観測点の地震動を与えられた各種係数を用いて長周期地震動(pSv スペクトル)を評価する。
- (2)町丁目ごとの平均長周期地震動(pSv スペクトル)を求めるために、上記(1)で評価された値を内挿して約 100m 間隔のメッシュポイントごとの値として割り当てる。
- (3)上記(2)で割り当てられた各メッシュポイントで得られている長周期地震動(pSv スペクトル)を、町丁目ごとに平均して町丁目の値とする。
- (4)3 大都市圏と静岡県のそれぞれの長周期地震動(pSv スペクトル)に現れる特徴的な周期に着目して、町丁目ごとの pSv をスペクトルレベルの大きさに応じて 2~3 区域に分割する。着目する周期は関東圏 7 秒、静岡県 2 秒、中京圏 3 秒、大阪圏 6 秒とした。
- (5)分割された区分ごとに、長周期地震動(pSv スペクトル)の平均を求める。
- (6)平均された長周期地震動(pSv スペクトル)を簡略化する。レベルは、告示スペクトル(81.5cm/s)の 1 倍、1.5 倍(120cm/s)、2 倍(160cm/s)を基本とする。(図 1~4 の細青/赤/緑実線が、区分ごとの簡略化スペクトルを表す)
- (7)上記の考え方に基づいて分けられたゾーンは、関東圏 : KA1、静岡県 : SZ1~3、中京圏 : CH1~3、大阪圏 : OS1~3 の 10 区分である。それぞれの簡略化スペクトル(pSv スペクトル)は、図 1~4 のとおりである。

5. 時刻歴波形の求め方

- (1)各ゾーンの簡略化スペクトル(図 1~4 の細青/赤/緑実線)をターゲットとして、基整促の方法に従って

時刻歴波形を計算する。用いた位相に関するサイト係数は、ゾーンごとに下表に示す「使用した地点」と「使用した係数」の通りである。

区域	使用した地点	使用した係数
KA1	新宿(KGIN)	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数
SZ1	焼津(SZO016)	観測点固有のサイト係数
SZ2	浜松(SZO024)	観測点固有のサイト係数
SZ3	静岡(SZO014)	観測点固有のサイト係数
CH1	名古屋市港区	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数
CH2	津島(AIC003)	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数
CH3	名古屋(E34)	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数
OS1	此花(OSKH02)	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数
OS2	堺(OSK006)	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数
OS3	大阪(OSK005)	$Tz[s]$ に基づいたサイト係数

(使用した地点の記号は地震観測点を示す記号)

- (2)長周期地震動の位相特性に関するサイト係数[群遅延時間の平均値と標準偏差]に基づいて時刻歴波形を求める際に乱数を用いていることから、その影響を排除するために乱数を変えて 100 波計算する。
- (3)求めた 100 波についてエネルギースペクトル V_e (減衰 10%) を計算し、100 波の平均エネルギースペクトル $V_{e,ave}$ との残差が最も小さい波を「平均的な波」として選択する。図 5 に「平均的な波」によるエネルギースペクトル、図 6・図 7 に選択された加速度波形及び速度波形を示す。
- (4)上記手順に従って求めた各区域の波形例は、別紙 2 の付録としてダウンロードできる。

参考文献

- 1) 大川出・他：超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討 -長周期地震動作成のための改良経験式の提案と南海トラフ 3 連動地震による超高層・免震建築物の応答解析-、建築研究資料 No.144 号、2013 年、<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/144/index.html>
- 2) 大川出・他：超高層建築物等への長周期地震動の影響に関する検討 -南海トラフ 4 連動地震による超高層・免震建物の応答解析-、建築研究資料 No.147 号、2013 年、<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/147/index.html>
- 3) 佐藤智美・他：長周期地震動の経験式の改良と 2011 年東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーション、日本地震工学会論文集、第 12 巻、第 4 号 (特集号)、2012、pp.354-373.
- 4) 福島美光、田中貞二：新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂、日本地震学会講演予稿集、No.2、1992 年、p.116.

○町丁目データを使った区域分け

・関東圏(KA)の場合

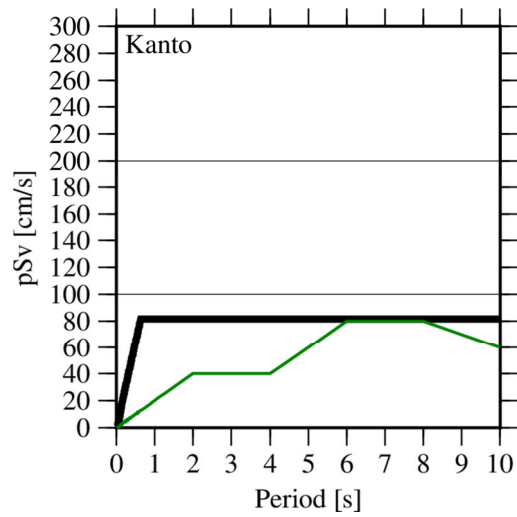
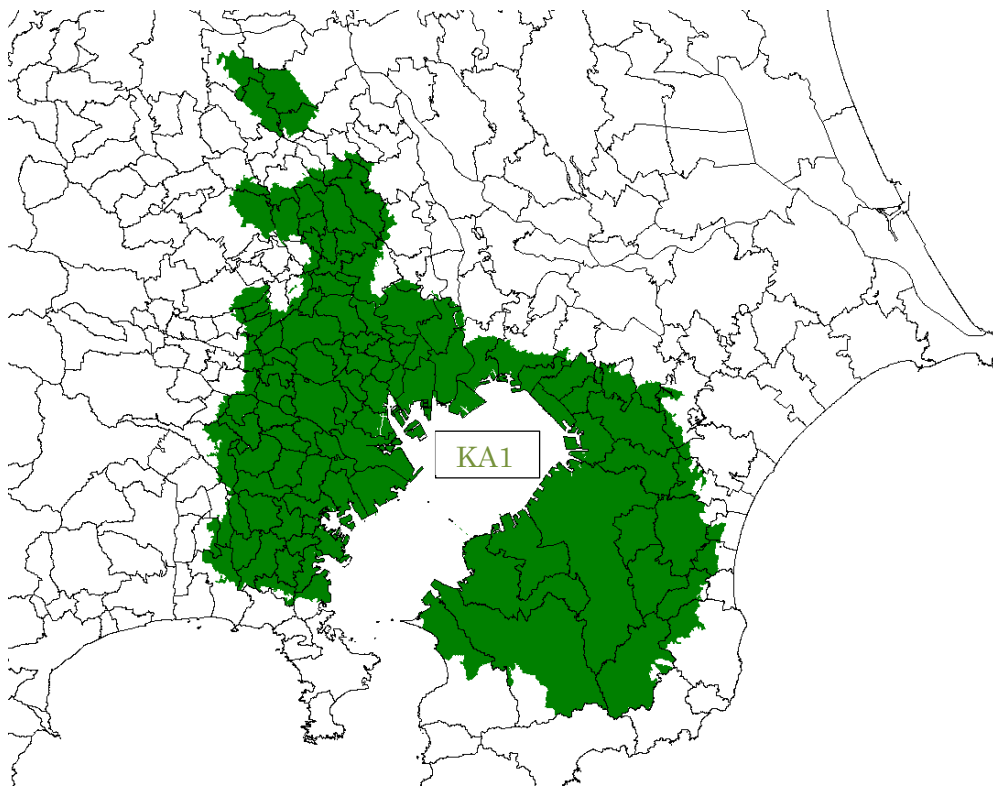


図1 関東の簡略化スペクトル(pSv スペクトル、減衰 5%)

・静岡県(SZ)の場合

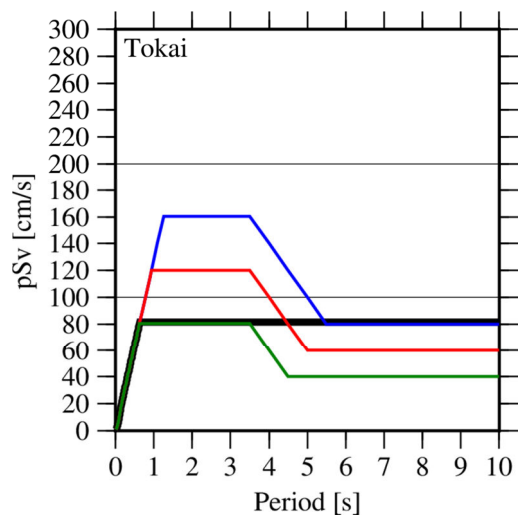
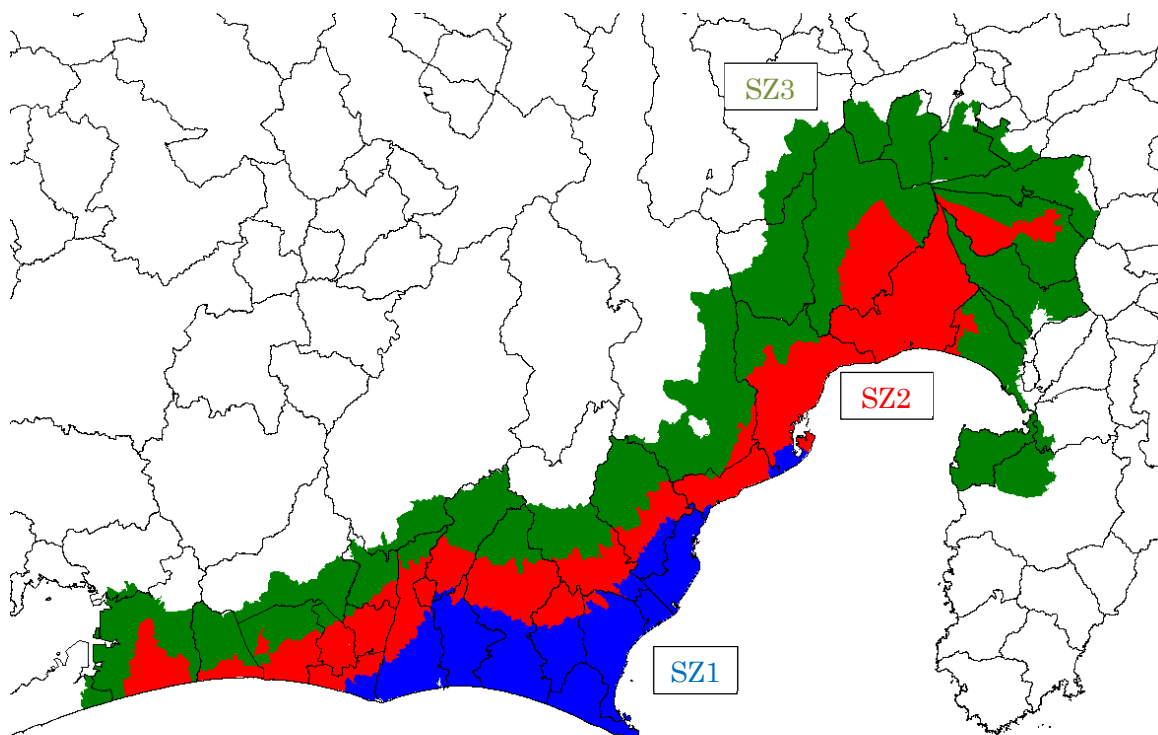


図2 区域分けと各区域の簡略化スペクトル(pSv スペクトル、減衰 5%)

・中京圏(CH)の場合

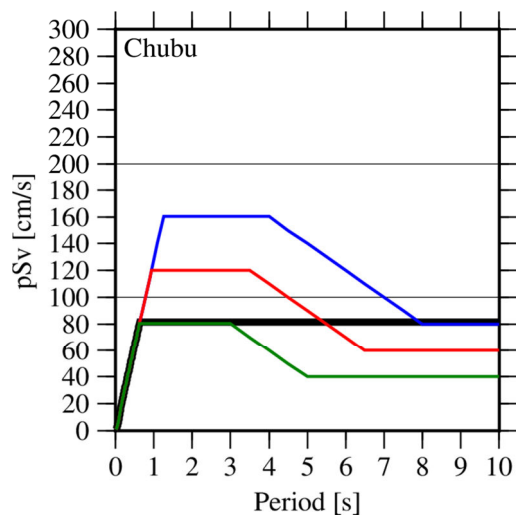
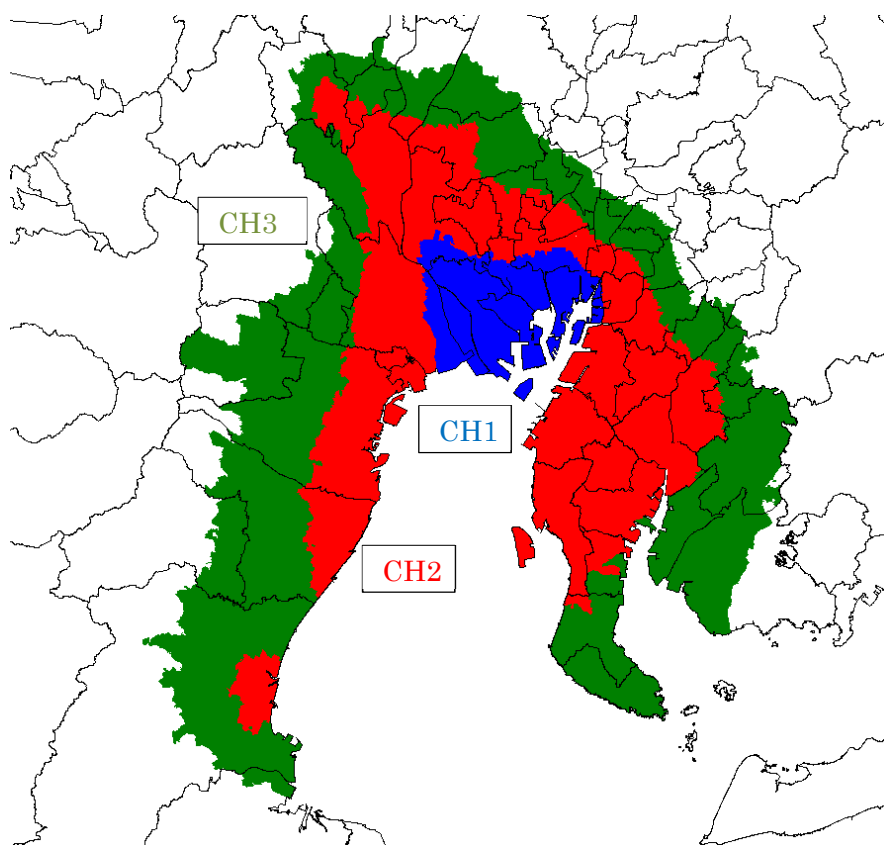


図3 区域分けと各区域の簡略化スペクトル(pSv スペクトル、減衰 5%)

・大阪圏(OS)の場合

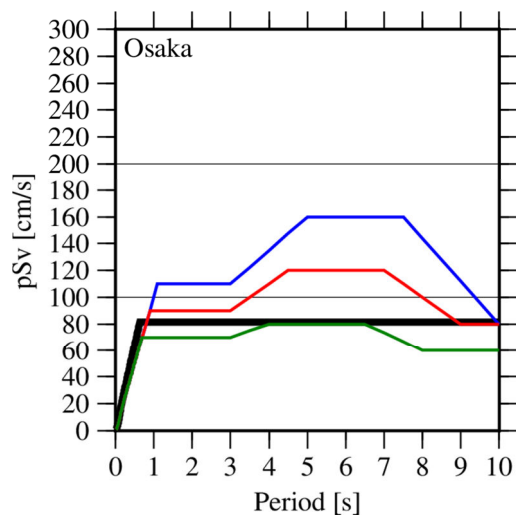
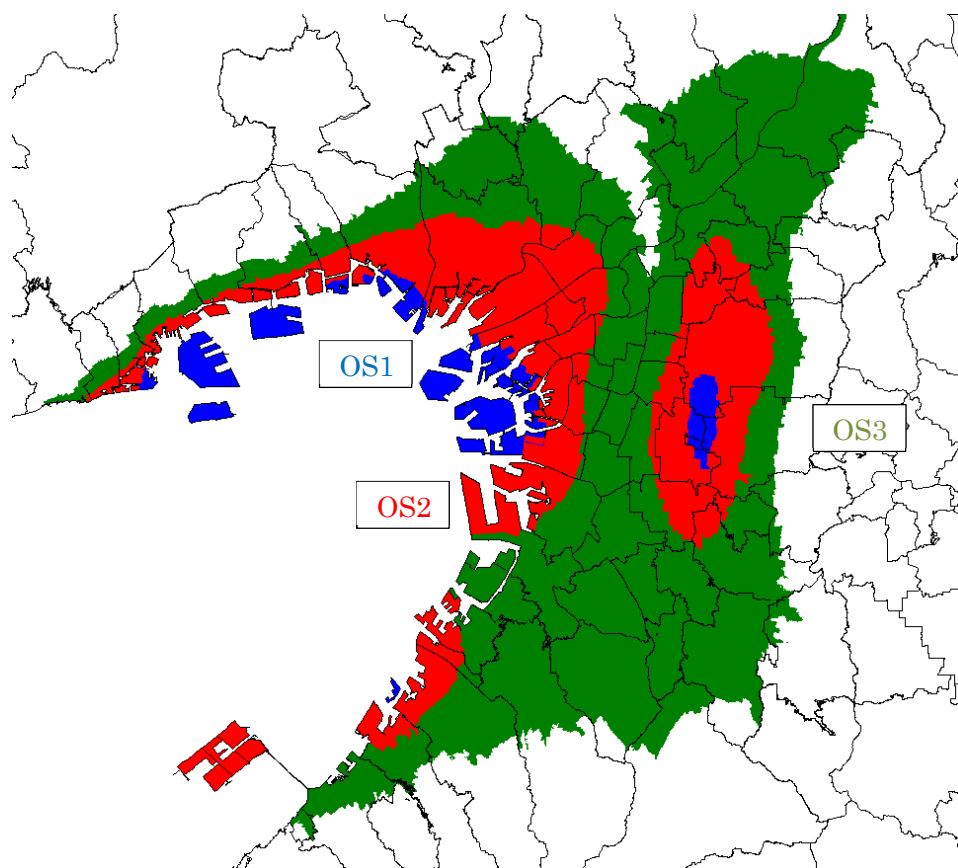


図4 区域分けと各区域の簡略化スペクトル(pSv スペクトル、減衰 5%)

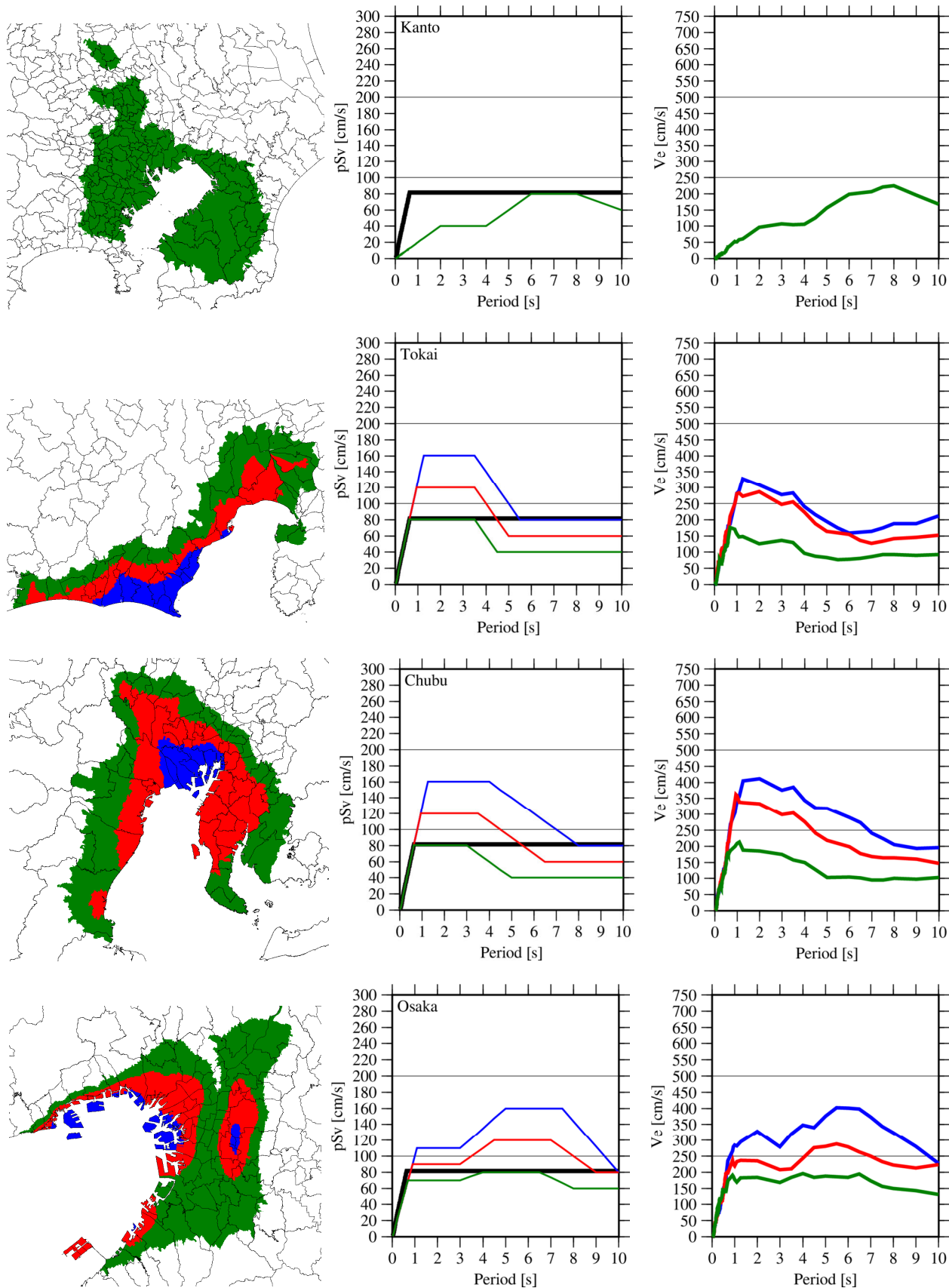


図5 各地域の区域分けと簡略化スペクトル(pSv スペクトル、減衰 5%)
および平均的な波によるエネルギースペクトル(減衰 10%)

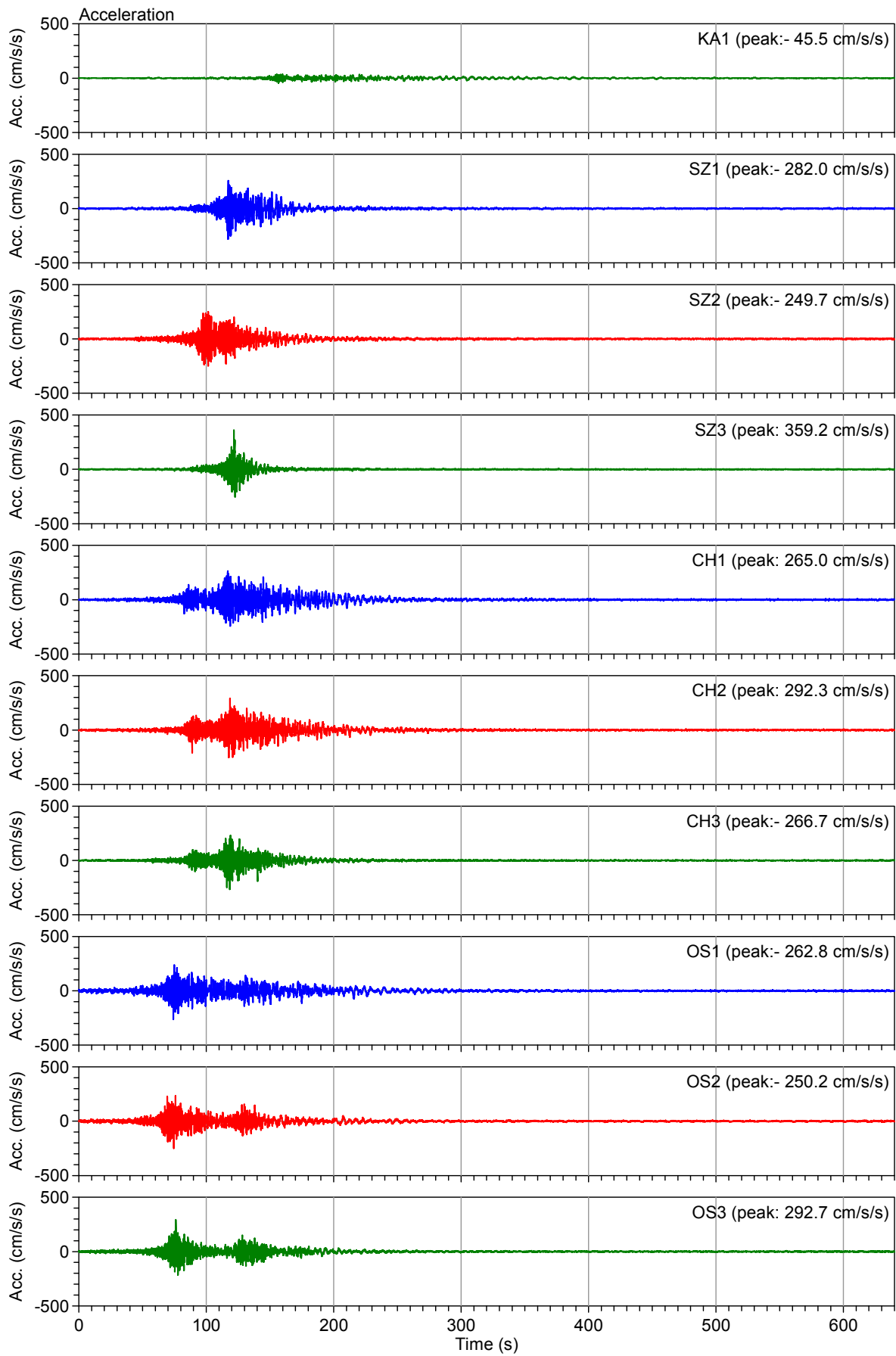


図6 各地域の加速度波形の例

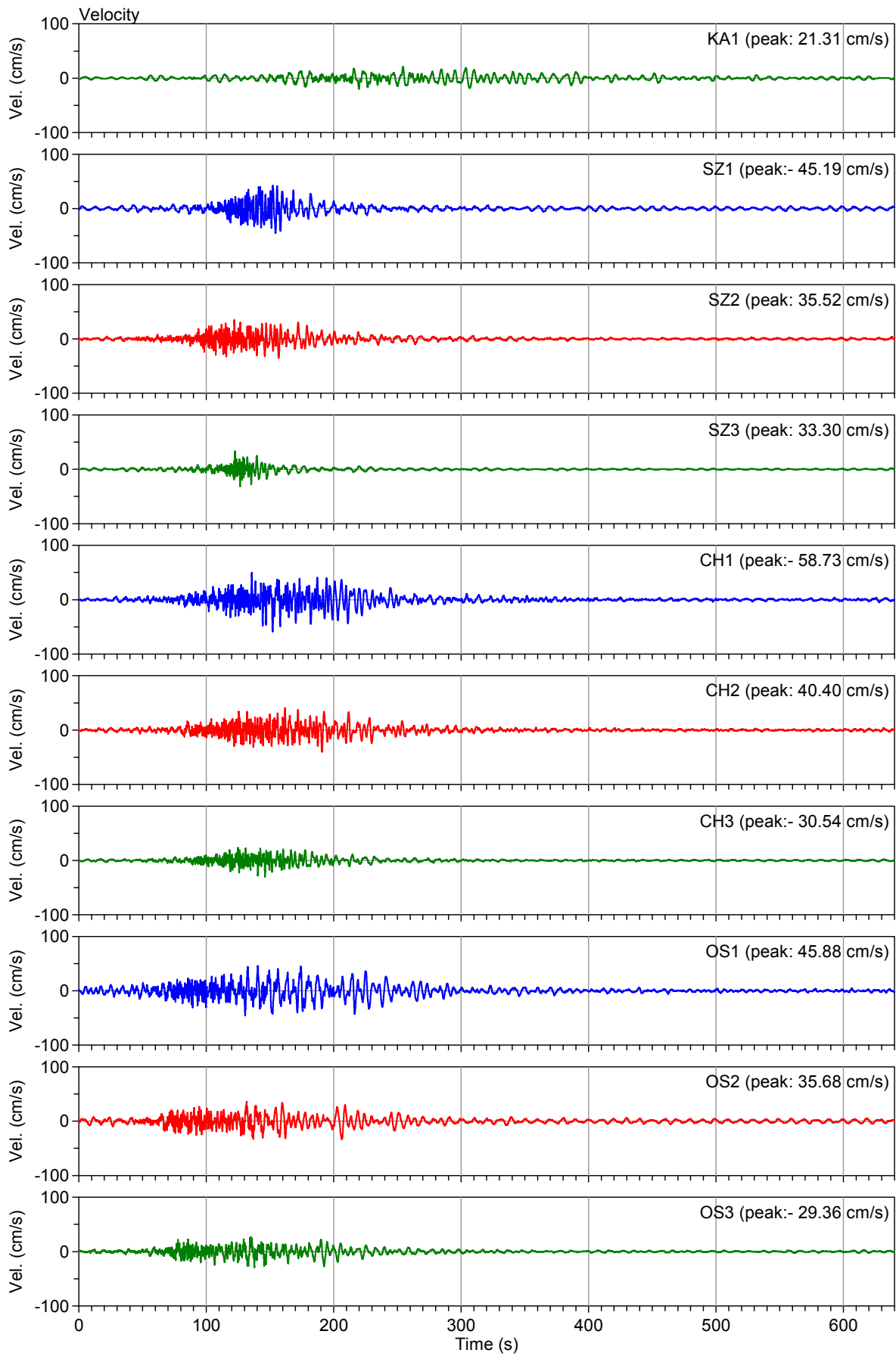


図7 各地域の速度波形の例