

叡洲地区における 長周期地震動

咲洲地区における 地震動作成の必要性

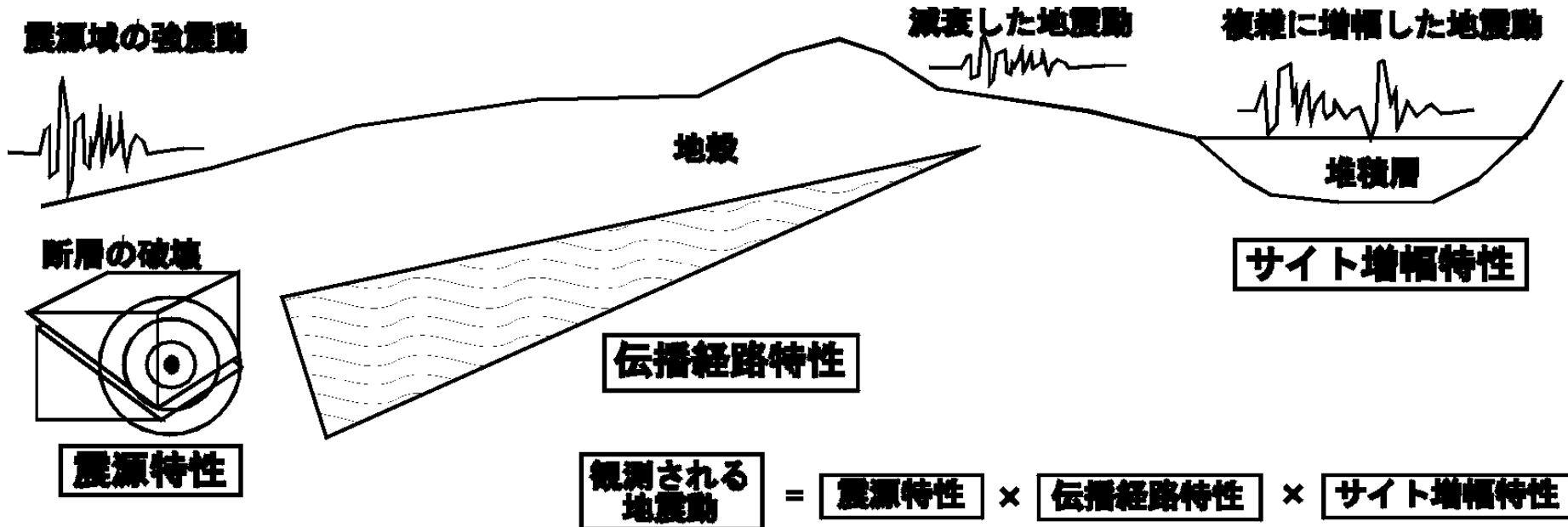
【内閣府 報告書の記述】

- * その地域の概ねの揺れの程度を推定したものであって、特定の場所の揺れを詳細に表現したものではない。
- * 個別の建築物への影響を評価する場合には、建築物の構造や立地場所の地下構造など、更なる詳細なデータに基づき評価することが必要となる。

【咲洲地区の地震動としての要件】

- * 大阪堆積盆地構造の最新知見を反映
- * 構造解析をするために長周期成分だけでなく、短周期成分も含めた広帯域の地震波形が必要

地震動の3要素



<震源特性>

- ・ マグニチュード
- ・ 地震モーメント
- ・ 地震タイプ
(横ずれ断層、逆断層)
- ・ 断層すべりの不均一性
- ・ 破壊伝播速度 など

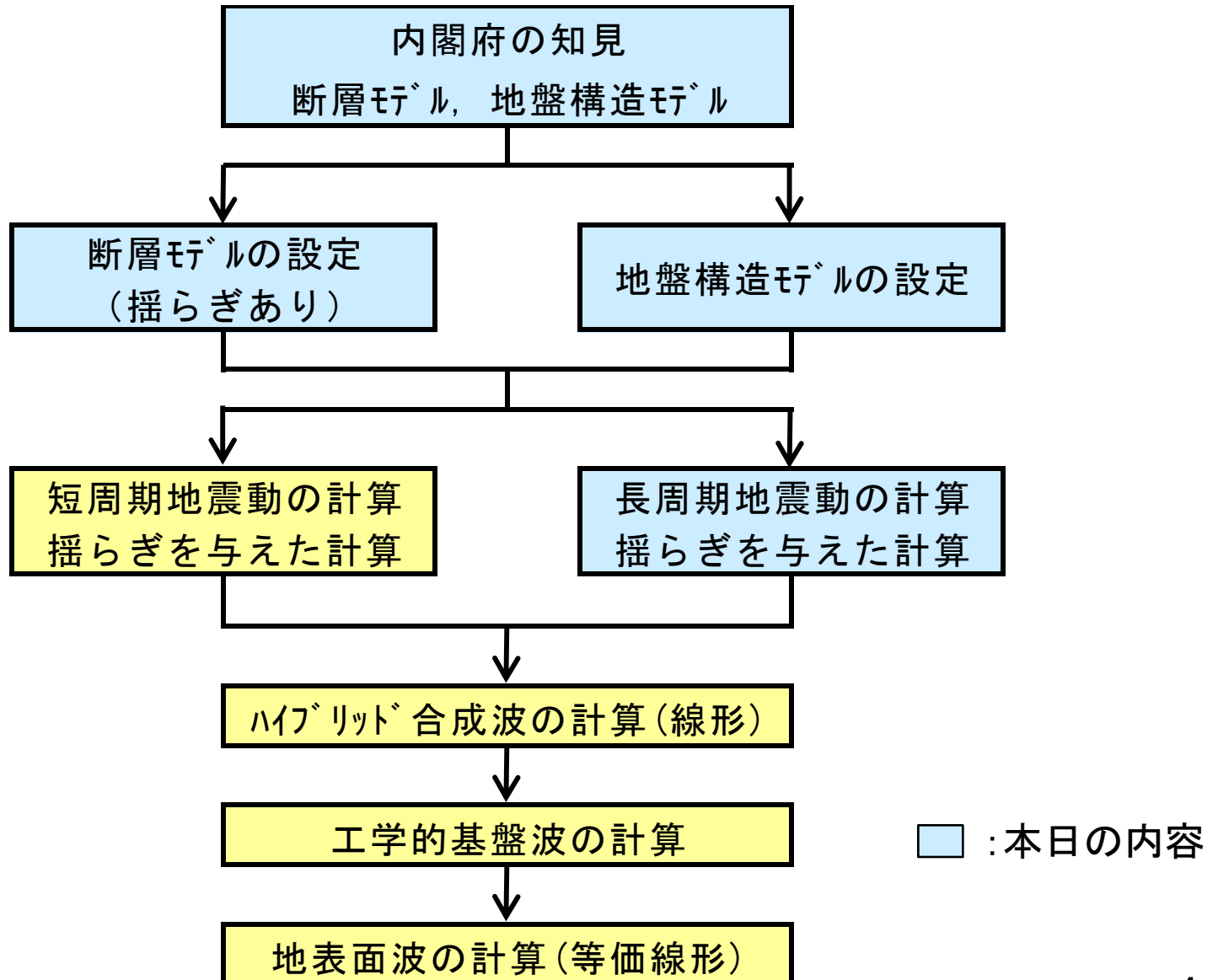
<伝播経路特性>

- ・ 距離減衰
- ・ 内部減衰
- ・ 散乱減衰

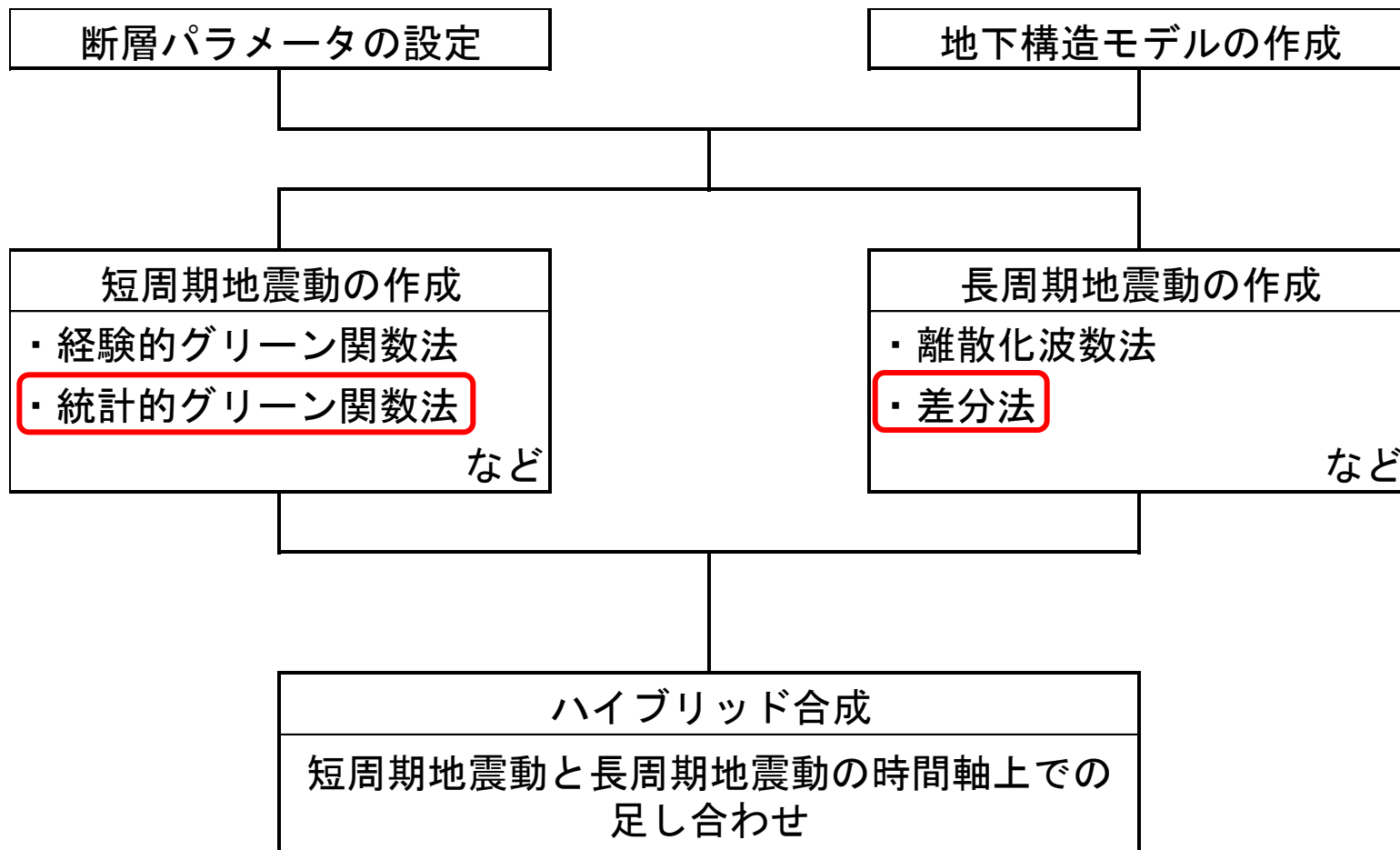
<サイト特性>

- ・ 堆積層による増幅
- ・ 継続時間の延び
- ・ 位相の変化
- ・ 非線形性 など

地震動作成のフロー

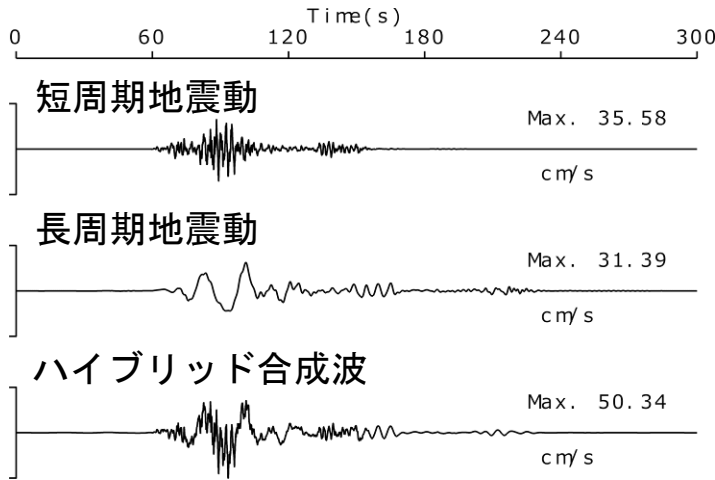


地震動作成手法 (ハイブリッド法) (1)

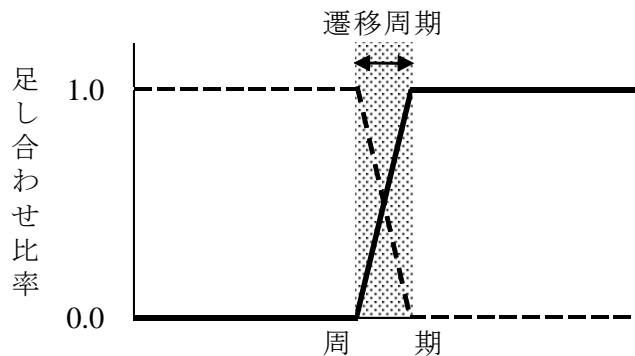


広帯域にわたって信頼性の高い地震動を推定することができる。

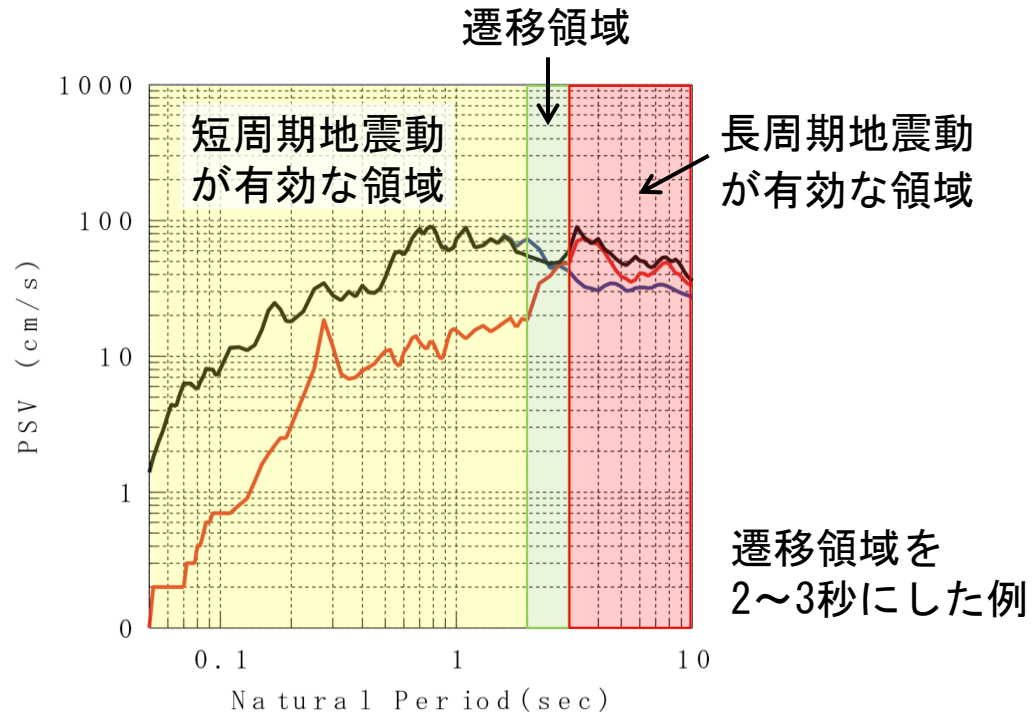
地震動作成手法 (ハイブリッド法) (2)



ハイブリッド合成の過程
(時間領域：速度波形)



ハイブリッド法で用いるフィルター
 実線：長周期地震動に対して用いる
 破線：短周期地震動に対して用いる

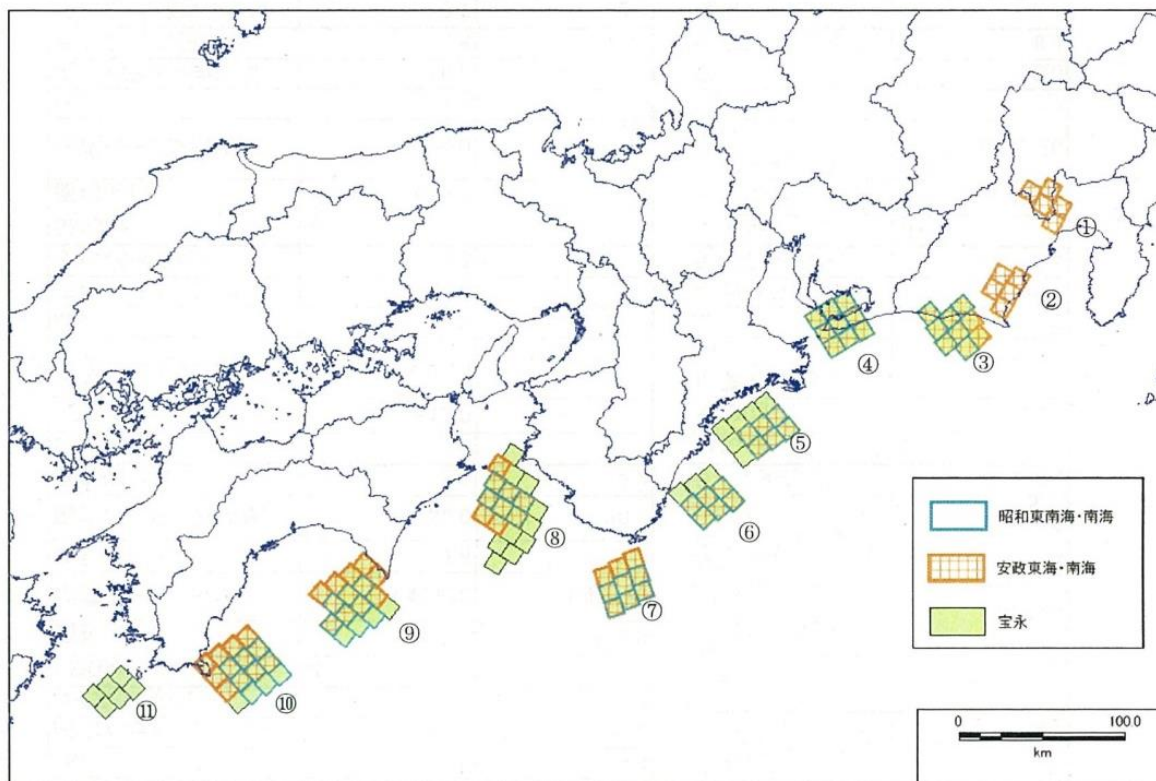


ハイブリッド合成の過程
(周期領域：擬似速度応答スペクトル)

- : 短周期地震動
(2秒程度以下は黒線と重なって見えない)
- : 長周期地震動
- : ハイブリッド合成した地震動

断層モデル (1)

「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告の最大クラスの地震」に倣う。



最大クラスの地震

長周期地震動の発生を検討する最大クラスの地震の発生頻度については、津波堆積物等の資料が十分でなく、直接的な評価はできないが、一般的には、地震規模が大きいほど頻度が低くなるため、検討対象とした5つの過去地震に比べて発生頻度は更に低い。

断層モデル (2)

最大クラスの地震

	南海		東南海	駿河湾
面積(km ²)	6,722		5,077	
地震モーメント(Nm)	3.2E+21		1.9E+21	
SMGA#	⑪	⑦	③	①
面積(km ²)	608.1	929.2	914.0	569.8
地震モーメント(Nm)	1.8E+20	3.5E+20	3.4E+20	1.7E+20
Mw	7.4	7.6	7.6	7.4
応力パラメータ	30.0	30.0	30.0	30.0
ライズタイム(s)	4.6	5.6	5.6	4.4
SMGA#		⑧	④	②
面積(km ²)	-	1,959.9	913.5	515.9
地震モーメント(Nm)	-	1.1E+21	3.4E+20	1.4E+20
Mw	-	8.0	7.6	7.4
応力パラメータ(MPa)	-	30.0	30.0	30.0
ライズタイム(s)	-	8.2	5.6	4.2
SMGA#		⑨	⑤	
面積(km ²)	-	1,612.9	1,237.5	-
地震モーメント(Nm)	-	8.0E+20	5.4E+20	-
Mw	-	7.9	7.8	-
応力パラメータ	-	30.0	30.0	-
ライズタイム(s)	-	7.4	6.5	-
SMGA#		⑩	⑥	
面積(km ²)	-	1,611.5	926.5	-
地震モーメント(Nm)	-	8.0E+20	3.5E+20	-
Mw	-	7.9	7.6	-
応力パラメータ	-	30.0	30.0	-
ライズタイム(s)	-	7.4	5.6	-
破壊伝播速度(km/s)	2.7	2.7	2.7	2.7
fmax	6Hz	6Hz	6Hz	6Hz

【破壊開始点】

内閣府に倣い、中央、東側、西側の3点を配置する。

【破壊伝播の揺らぎ】

関口・ほか(2006)に倣い

* 断層すべり量

* 破壊伝播速度

に揺らぎを与える。

地盤構造モデル (1)

内閣府に倣い

「全国一次地下構造モデル(暫定版)」(2012)
を一部修正したモデルを用いる。

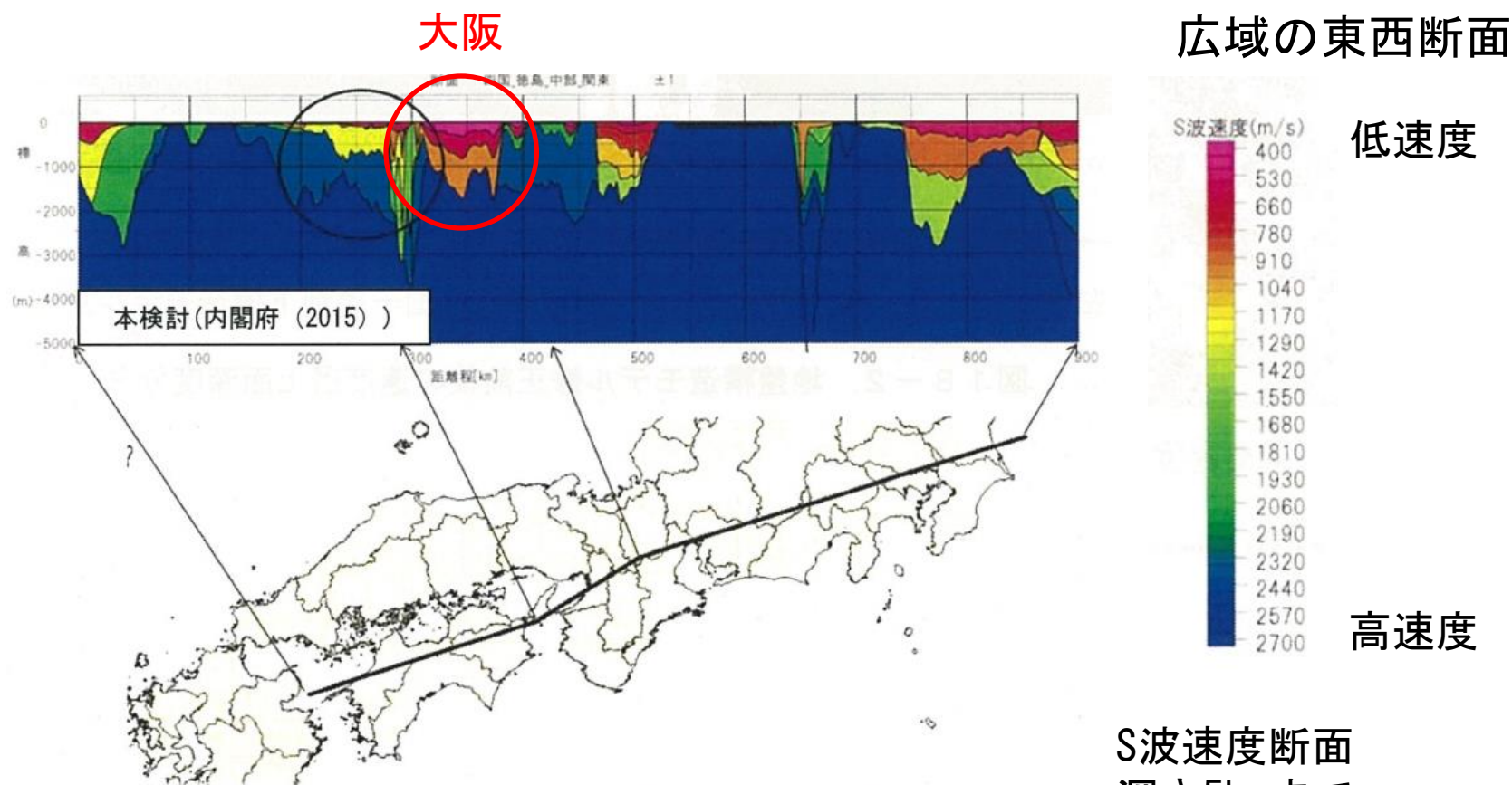
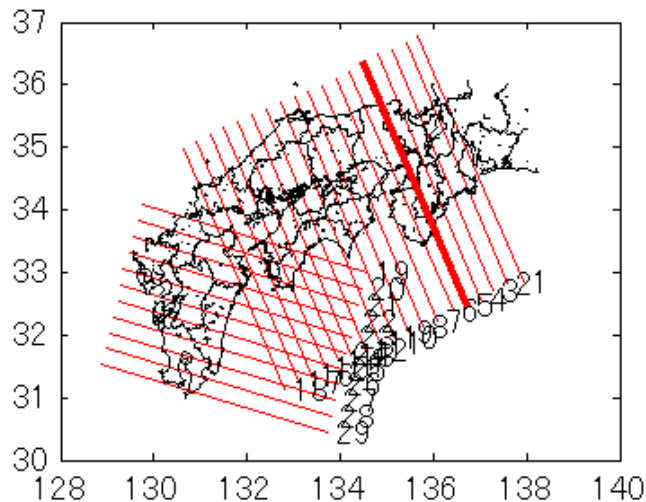


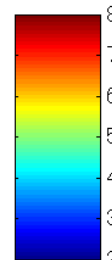
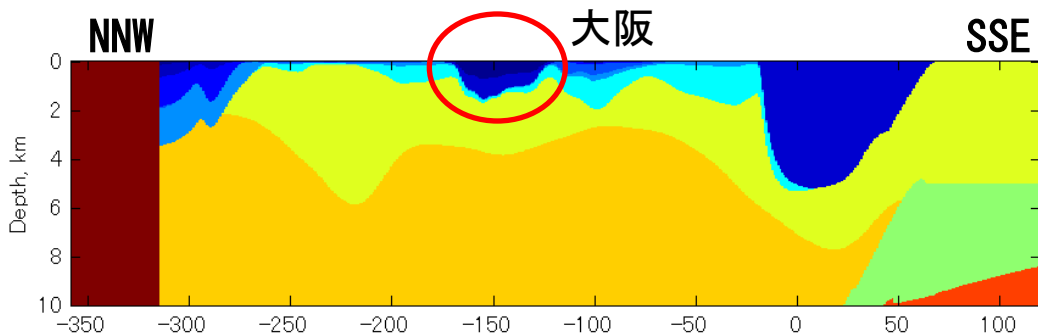
図19-1. 地盤構造モデルの断面図

地盤構造モデル (2)

大阪付近の南北断面



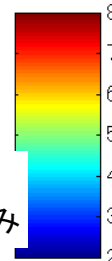
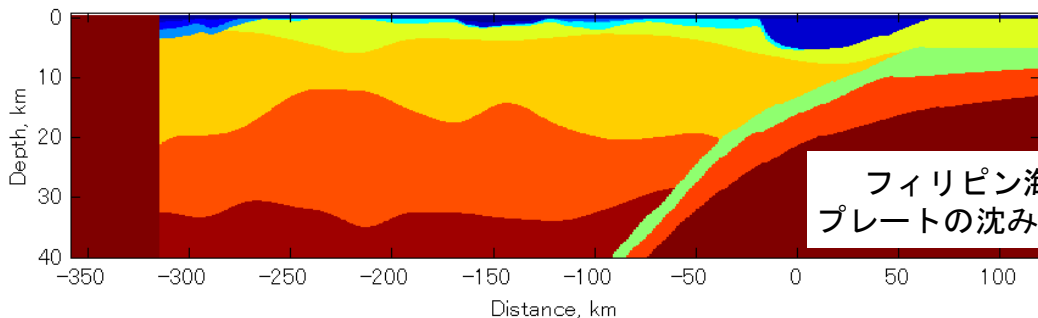
断面位置(太線)



高速度

深度10kmまでの拡大速度断面

低速度



深度40kmまでの速度断面

地下構造モデルの例

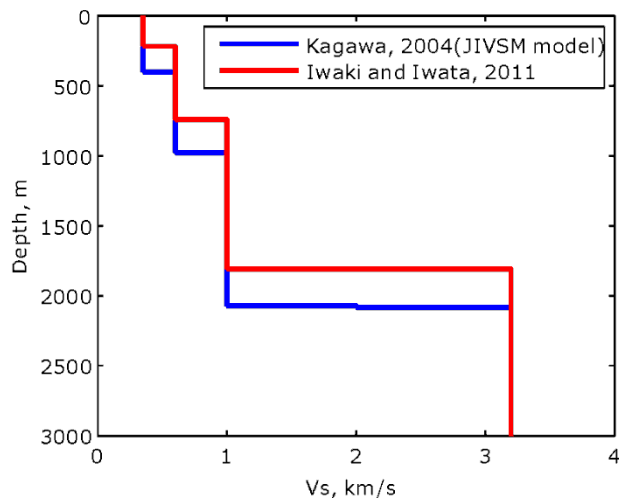
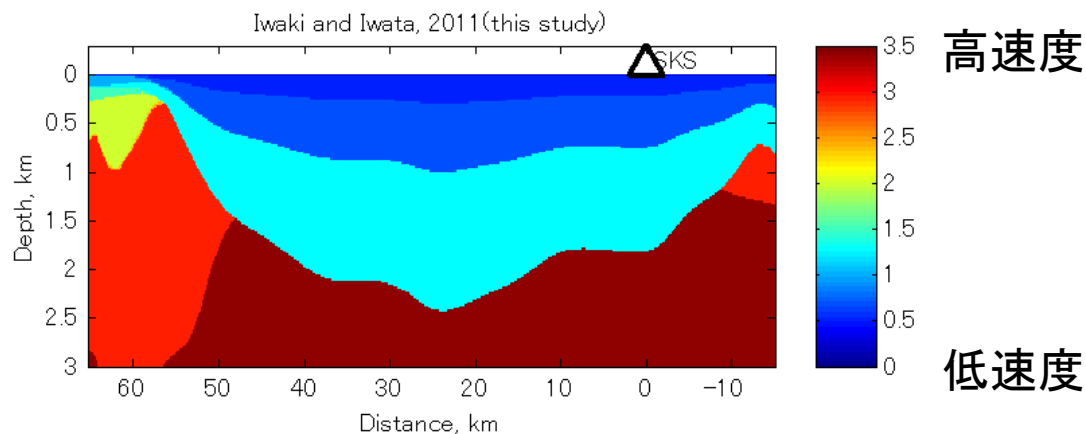
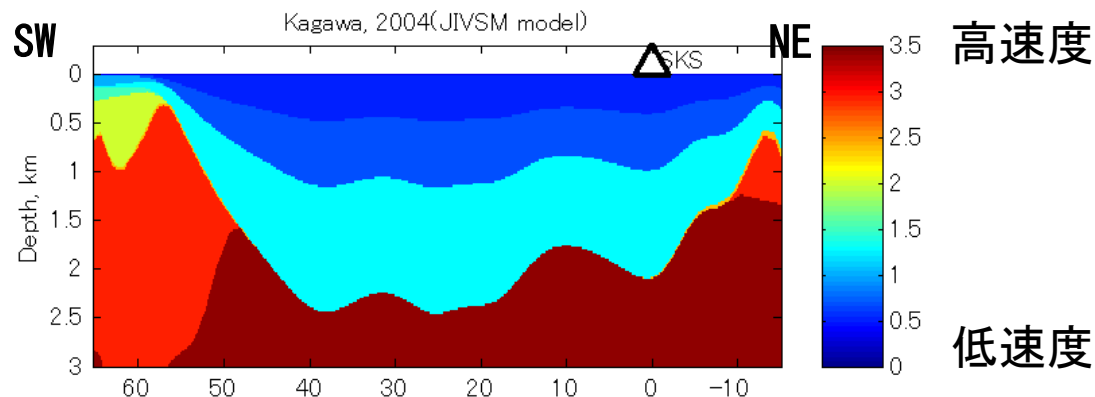
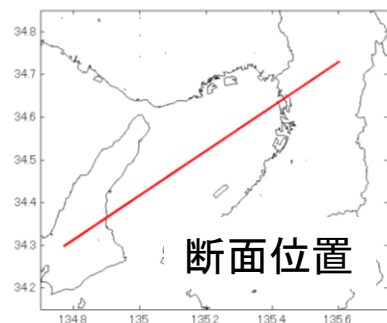
P波速度断面図(第5断面、km/s)

地盤構造モデル (3)

【大阪堆積盆地構造】

「全国一次地下構造モデル(暫定版)」(2012) : Kagawa et al. (2004)

→ 最新のIwaki and Iwata (2011)に置き換える。



1次元構造の比較 (S波速度)

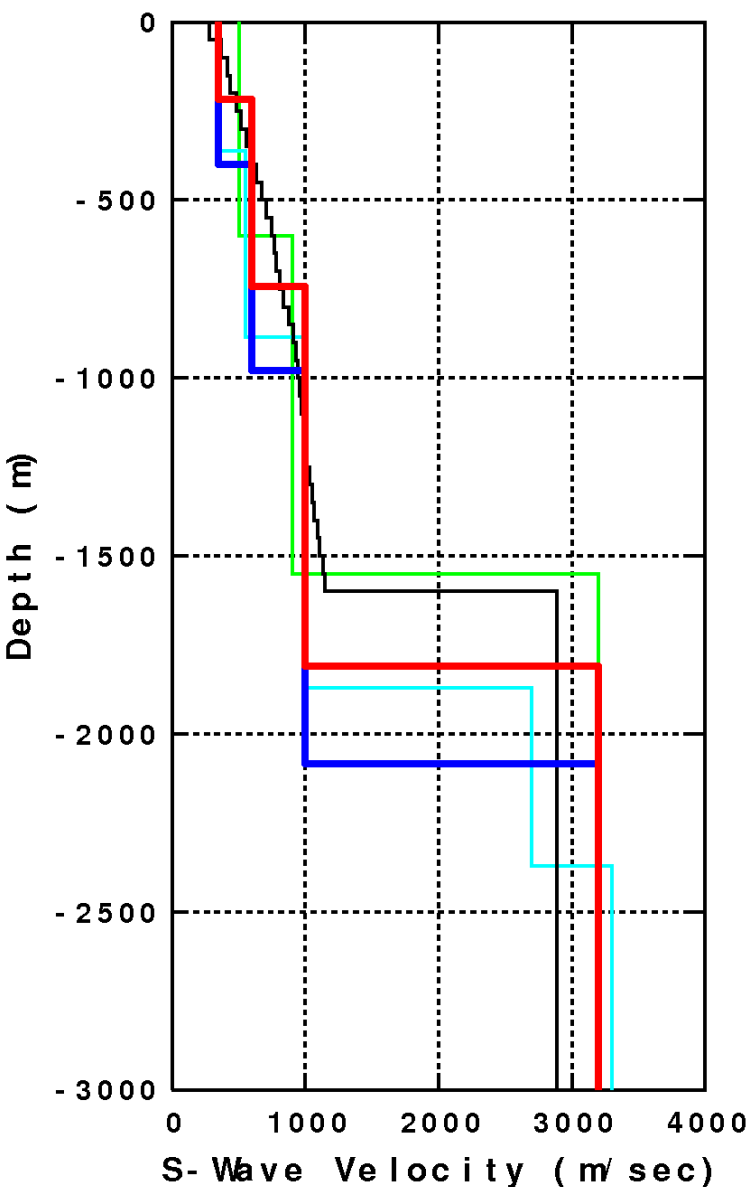
S波速度断面、km/sec
 上 : Kagawa et al. (2004)
 下 : Iwaki and Iwata (2011)

地盤構造モデル (4)

各種モデルによる1次元地下構造の比較
(咲洲庁舎地点とその付近)

各モデルにおける地震基盤相当層出現深度

	深度 (m)
OSKH02 PS検層	1,550
大阪府 (2005)	1,600
Iwaki and Iwata (2011)	1,800
J-SHIS	1,870
Kagawa et al. (2004)	2,080

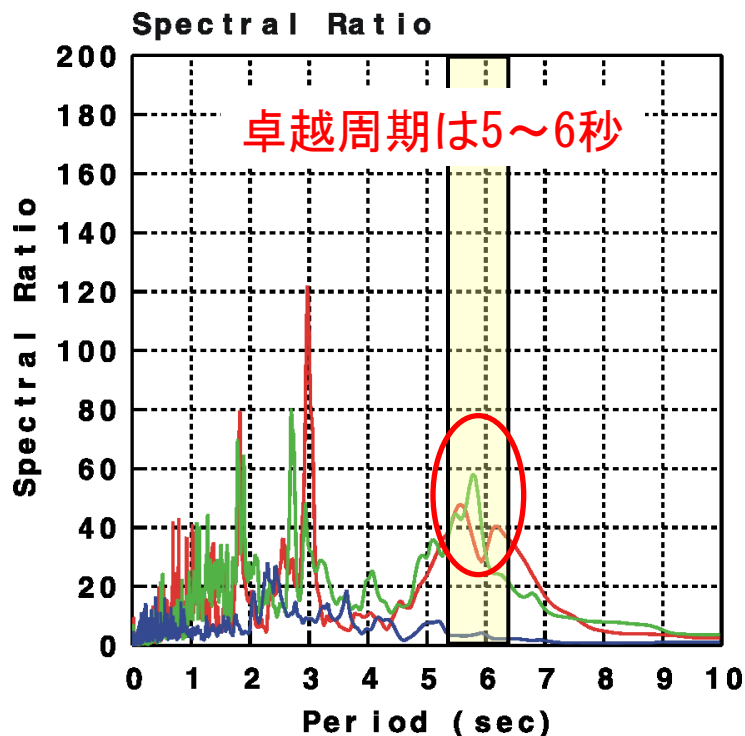


【注意】 OSKH02 (PS検層) 第3層 について
P波速度 (6,000m/sec) は得られているものの、S波速度は得られていない。P波速度の値からS波速度は3,000m/sec程度と推測され、ここでは3,200m/secとして図化した。

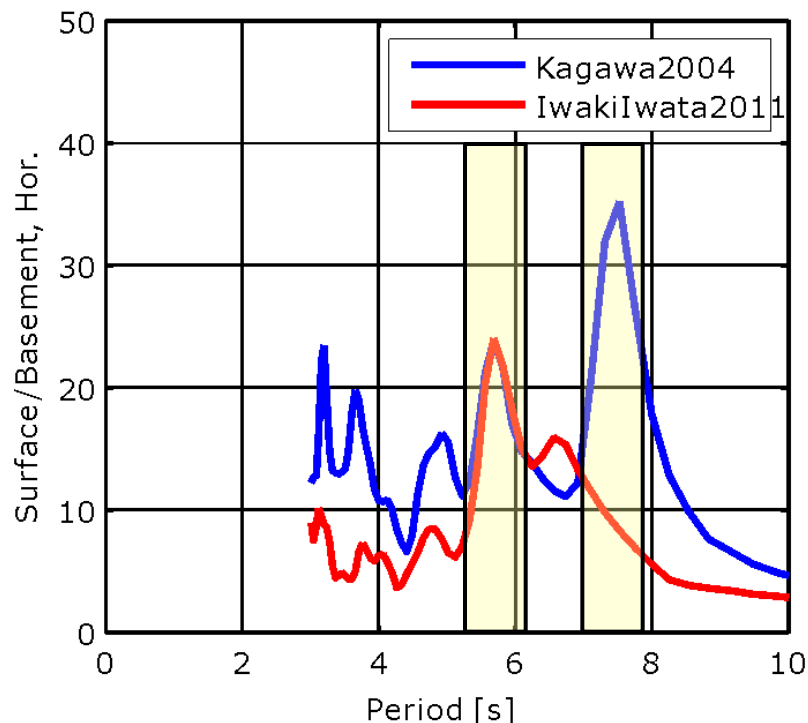
- : Iwaki and Iwata (2011)
- : Kagawa et al. (2004)
- : 大阪府 (2005) ← 産総研モデル
- : J-SHIS
- : OSKH02 (舞洲, PS検層)

地盤構造モデル (5)

Iwaki and Iwata (2011) のモデルの方が観測記録の卓越周期を良く反映



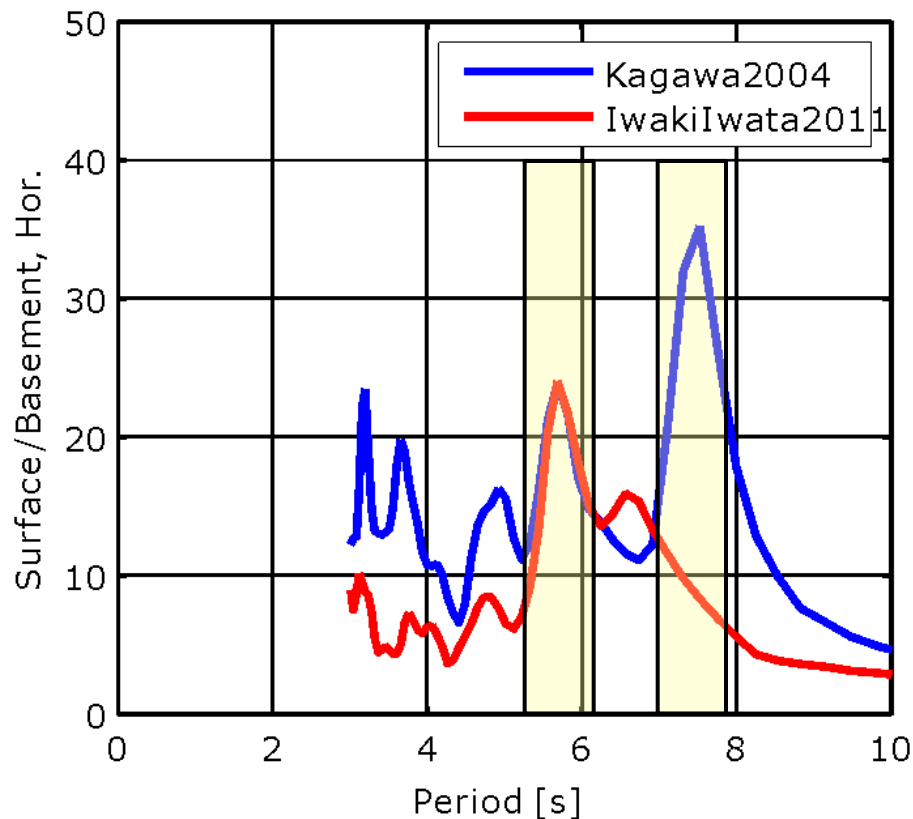
観測記録のフーリエスペクトル比
 2011年03月11日 14時46分
 OSKH02の地表/地中
 - : NS、 - : EW、 - : UD



シミュレーション波のフーリエスペクトル比
 (水平動のベクトル合成)
 — : Kagawa et al. (2004)
 — : Iwaki and Iwata (2011)

地盤構造モデル (6)

【地表／地中のスペクトル比】
3次元差分法による



* Kagawa et al. (2004) モデル
・ 5～6秒と7～8秒が卓越

* Iwaki and Iwata (2011) モデル
・ 5～6秒が卓越

3次元差分法シミュレーション波の
フーリエスペクトル比(水平動のベクトル合成)

— : Kagawa et al. (2004)

— : Iwaki and Iwata(2011)

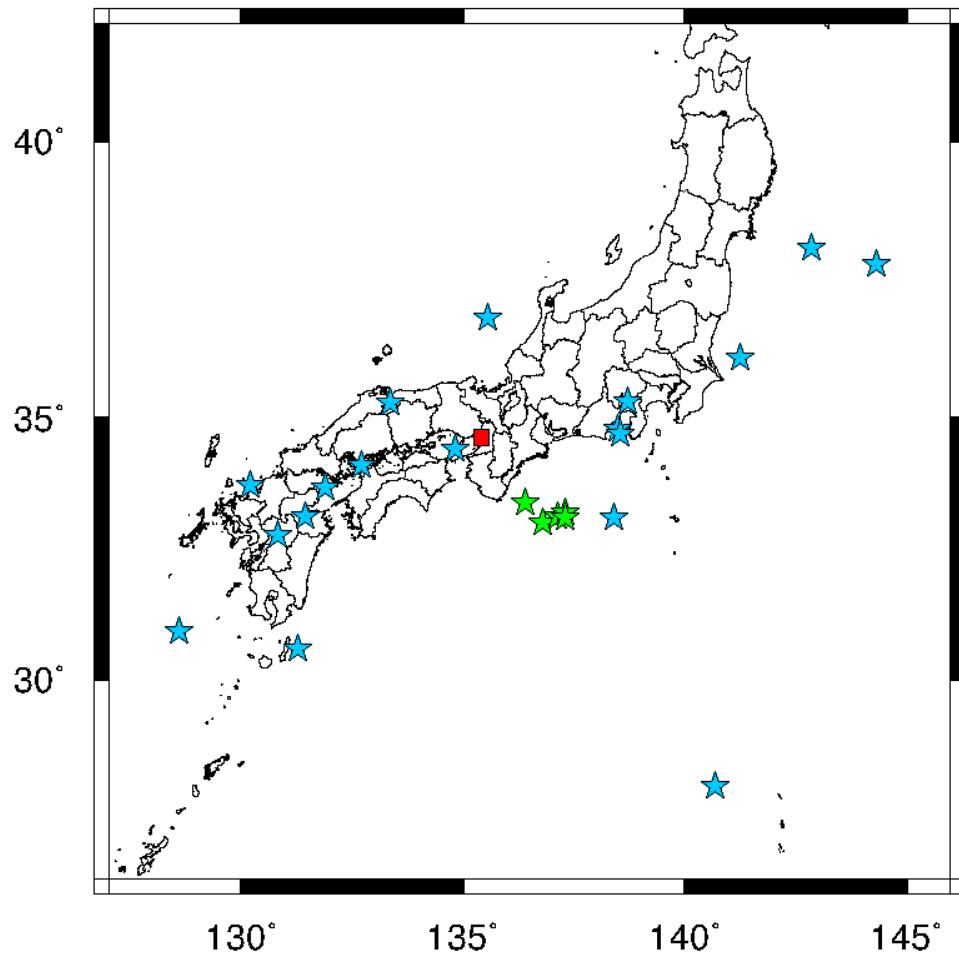
地盤構造モデル (7)

No.	発震時	震源位置	深さ (km)	Dist. (km)	M _J
1	1999.01.24 09:37	種子島近海	35	596	6.2
2	2000.06.07 06:16	北陸地方北西沖	5	242	6.1
3	2000.10.06 13:30	鳥取県西部	11	199	7.3
4	2001.03.24 15:27	安芸灘	51	254	6.7
5	2004.09.05 19:07	紀伊半島南東沖	14	223	7.1
6	2004.09.05 23:57	紀伊半島南東沖	11	233	7.4
7	2004.09.07 08:29	紀伊半島南東沖	11	228	6.5
8	2004.09.08 23:58	紀伊半島南東沖	5	245	6.5
9	2005.03.20 10:53	九州北西沖	9	491	7.0
10	2006.06.12 05:01	大分県北部	145	405	6.2
11	2009.08.09 19:55	東海道南方はるか沖	333	327	6.8
12	2009.08.11 05:07	駿河湾南部	23	285	6.5
13	2011.03.11 14:46	宮城県東方はるか沖	24	771	9.0
14	2011.03.11 15:15	茨城県東方はるか沖	43	557	7.6
15	2011.03.15 22:31	富士山付近	14	312	6.4
16	2011.08.01 23:58	駿河湾	23	289	6.2
17	2012.12.07 17:18	三陸沖	11	847	7.4
18	2013.04.13 05:33	淡路島付近	15	58	6.3
19	2014.03.14 02:06	伊予灘	78	340	6.2
20	2015.05.30 20:23	鳥島近海	682	906	8.1
21	2015.11.14 05:51	薩摩半島西方沖	17	758	7.1
22	2016.04.01 11:39	三重県南東沖	10	168	6.1
23	2016.04.16 01:25	熊本県熊本地方	12	473	7.3

Dist. : 震源距離

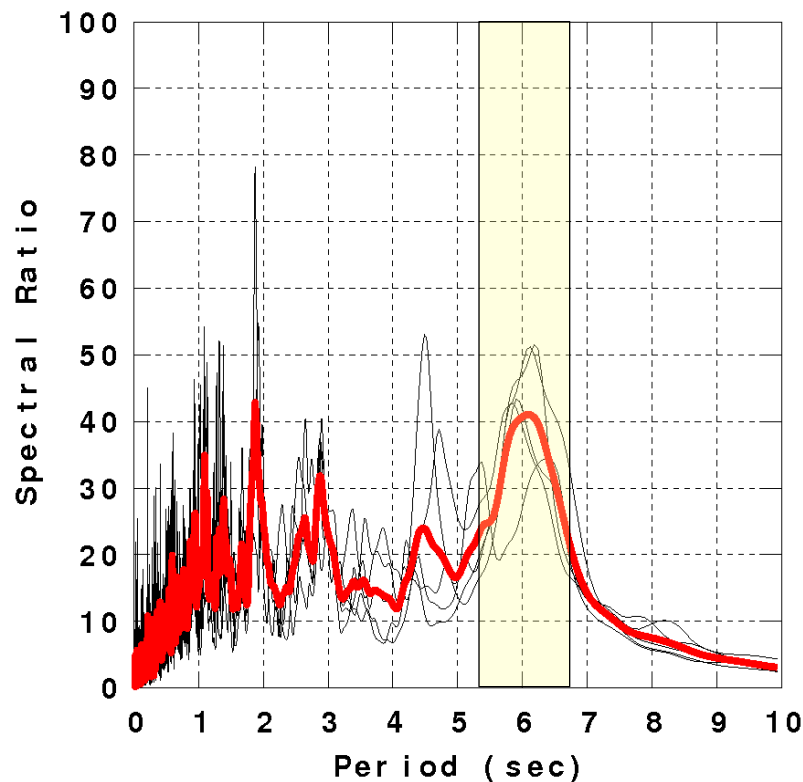
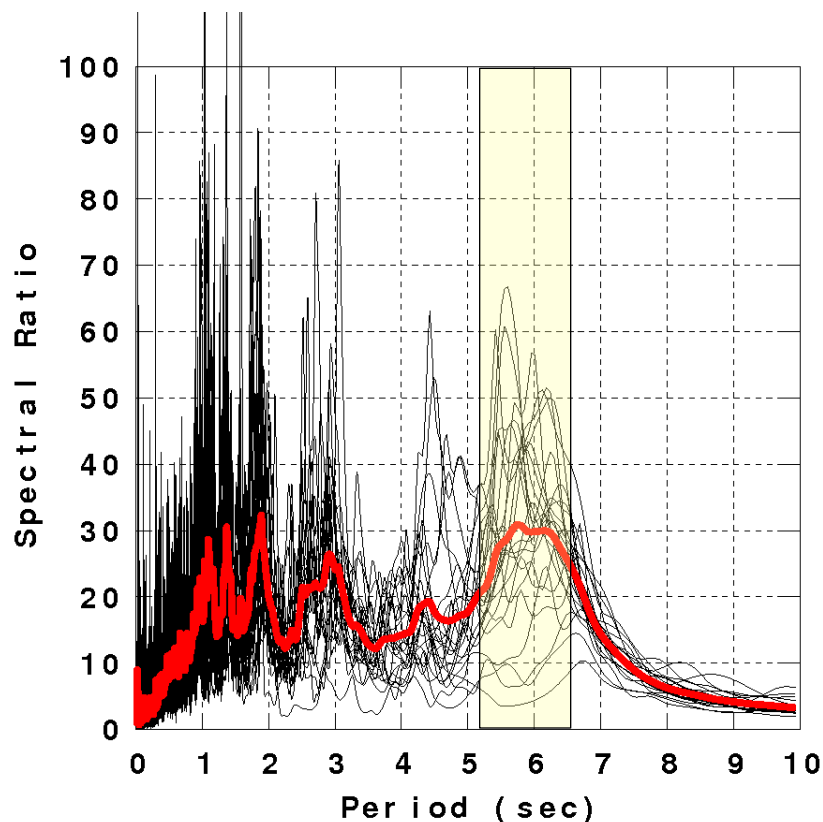
■ : 南海トラフの巨大地震の震源域付近に震源を持つ地震

【地表／地中のスペクトル比】
観測記録による



地盤構造モデル (8)

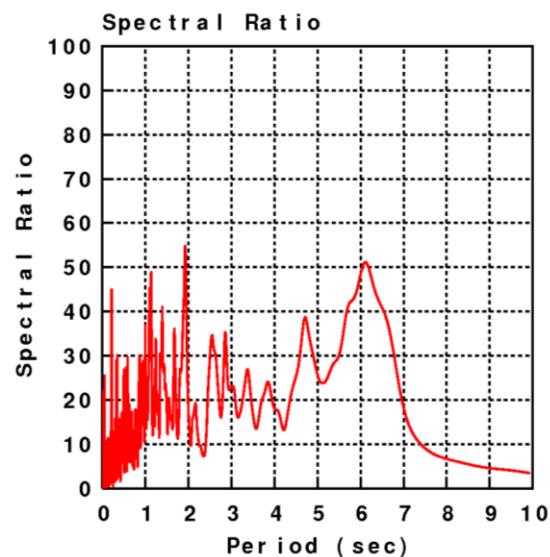
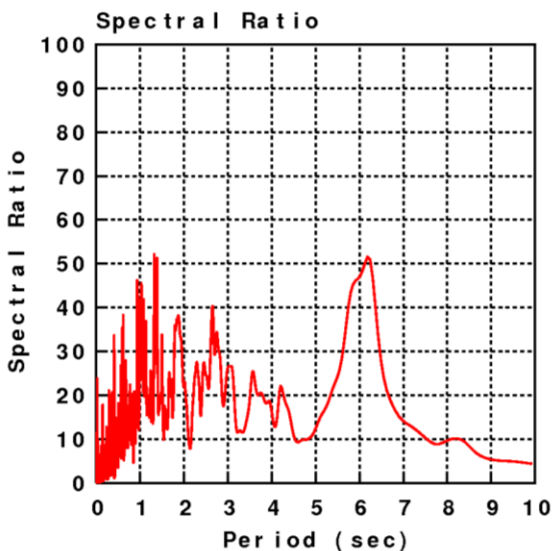
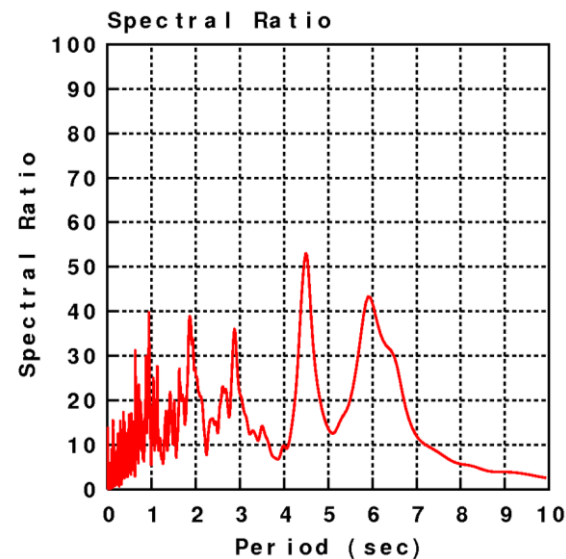
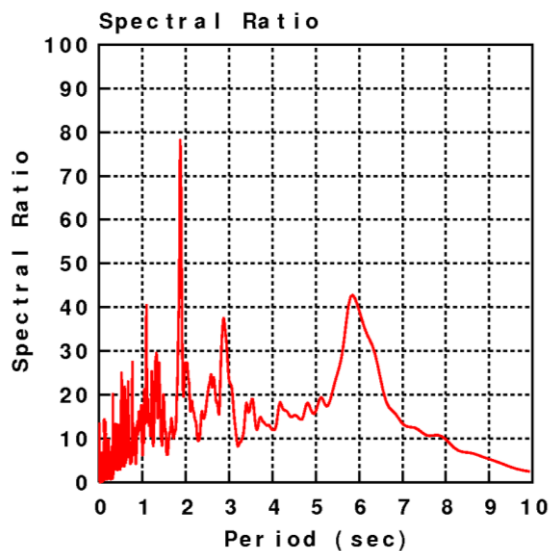
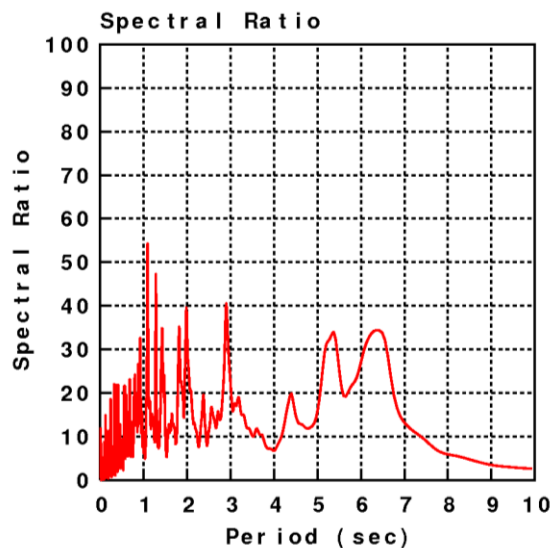
【地表／地中のスペクトル比】 観測記録による



観測記録のフーリエスペクトル比(水平動のベクトル合成)
(左：全地震，右：南海トラフの巨大地震の震源域付近に震源を持つ地震)
(—：各地震，—：平均)

地盤構造モデル (9)

【地表／地中のスペクトル比】観測記録による



上段：左から
2004年紀伊半島南東沖地震
前震，本震，余震

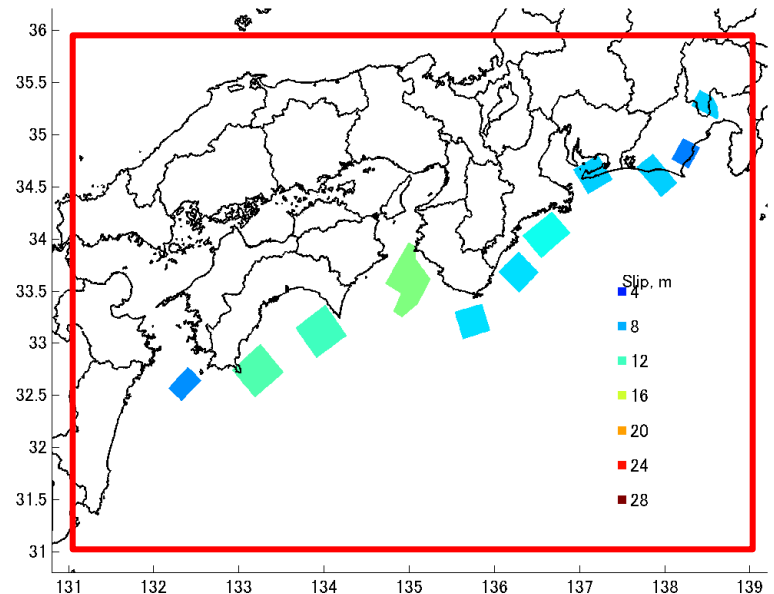
下段：左から
2004年紀伊半島南東沖地震
余震
2016年三重県沖の地震

地震動作成手法のまとめ

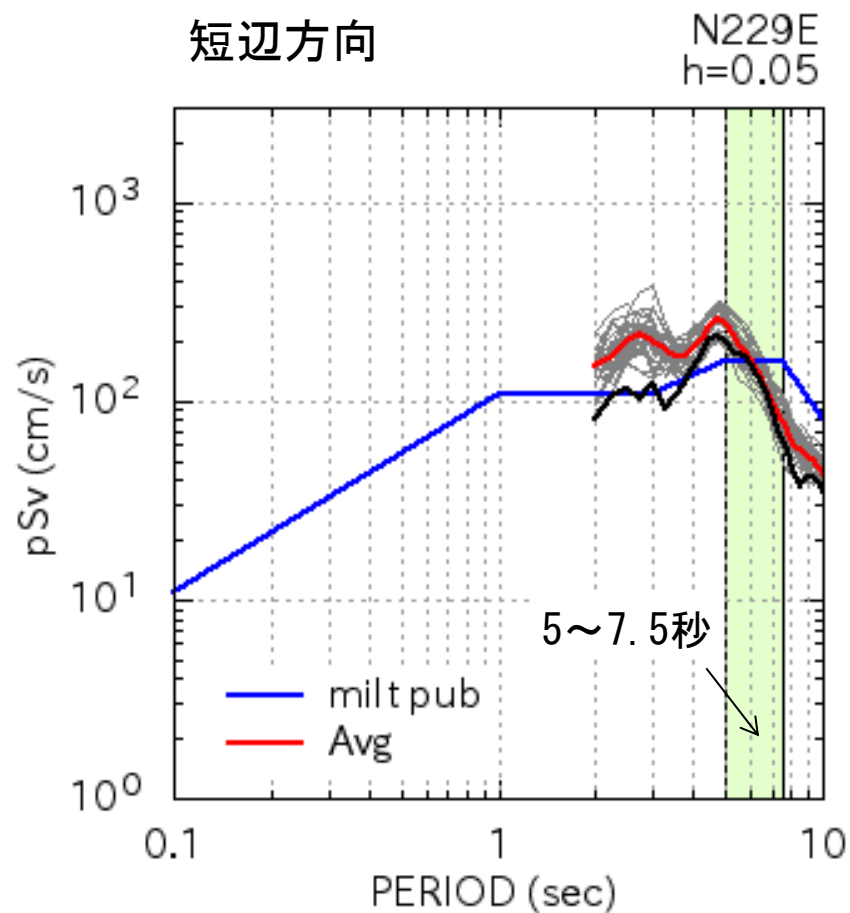
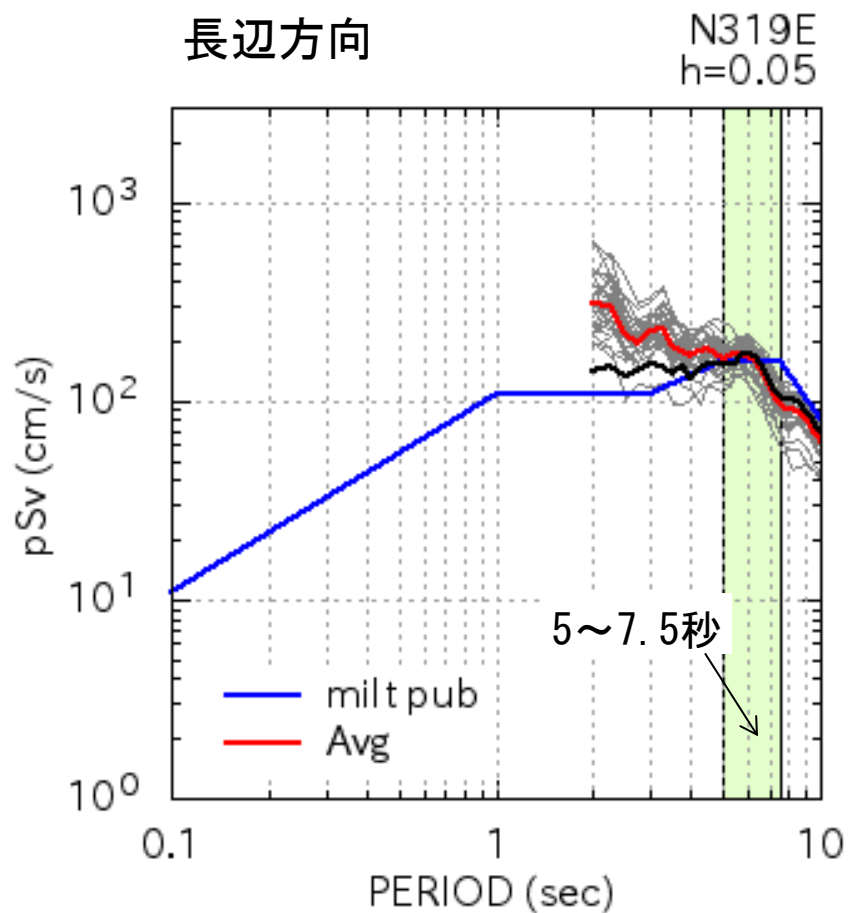
		内閣府の検討	咲洲地区における地震動作成
手 法		3次元差分法	ハイブリッド法
対象周期		2~10秒	0.1~10秒
震源モデル (最大クラス)	破壊領域	強震動生成域(SMGA)のみ	同左
	強震動生成域の配置	過去5地震の震度分布を再現する位置を包絡する位置に配置する	同左
	地震モーメント	5.1×10^{21} (N·m) (Mw:8.4)	同左
	応力降下量	30MPa	同左
	破壊開始点	中央破壊, 東破壊, 西破壊の3通り	同左
	破壊過程のばらつき	<p>下記2つの方法の試算し, ①を採用</p> <p>①破壊伝播速度に揺らぎを与える方法</p> <p>②断層すべり量に揺らぎを与える方法</p> <p>全60ケース</p> <p>推計値および推計値のばらつきが平均的な範囲に収まる5通りをまず抽出し、さらにその5通りを平均化する</p>	<p>関口・ほか(2006)に倣い、破壊伝播速度、断層すべり量ともに揺らぎを与える</p> <p>内閣府に準じて検討</p> <p>内閣府に準じて検討</p>
地下構造モデル	大局的モデル	推本 全国一次地下構造モデル(暫定版)(2012) 一部地域については修正	同左
	大阪堆積盆地	上記に含まれている構造 [Kagawa et al. (2004)]	Iwaki and Iwata (2011)
	地表面のせん断波速度	工学的基盤(350~700m/sec)	工学的基盤(350m/sec)

3次元差分法の解析概要

- * 計算領域：東経131° ～東経139° (右下図 赤枠)
北緯 31° ～北緯 36°
- * 地下構造モデルのグリッド間隔
不等間隔格子を採用
(最浅部)：140m×140m×100m
- * 最表層のせん断波速度：350m/sec
- * 点震源の間隔：280m
- * 有効周期：2秒～10秒
→ ハイブリッド合成することで、
0.1～10秒とする。
- * 時間間隔：0.0145秒
→ ハイブリッド合成する際にRe-sampling して、0.01秒とする。
- * 最終的なタイムステップ数：約34,500ステップ (=500秒間)

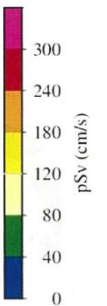
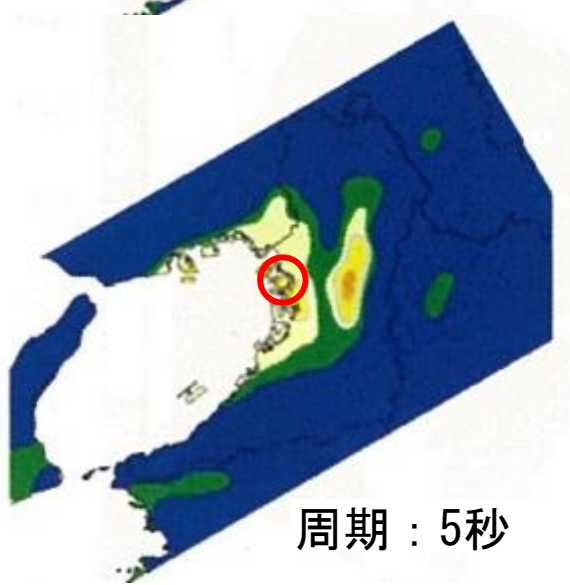
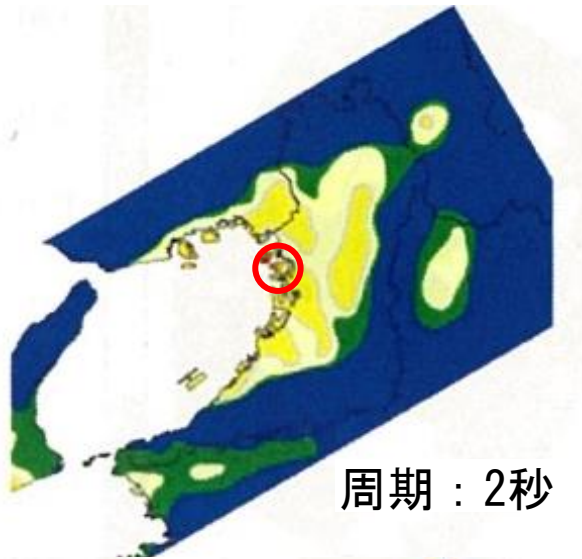


長周期地震動作成結果 (擬似速度応答)



擬似速度応答スペクトル(長周期地震動, 左: N319E成分, 右: N229E成分, h=5%)
— : 各ケース, — : 揺らぎなし, — : 平均, — : 国交省パブコメ波(2015)

内閣府の地震動検討結果



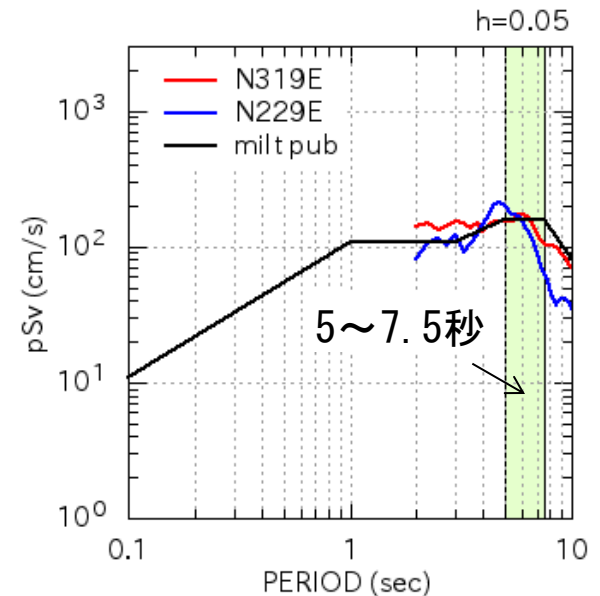
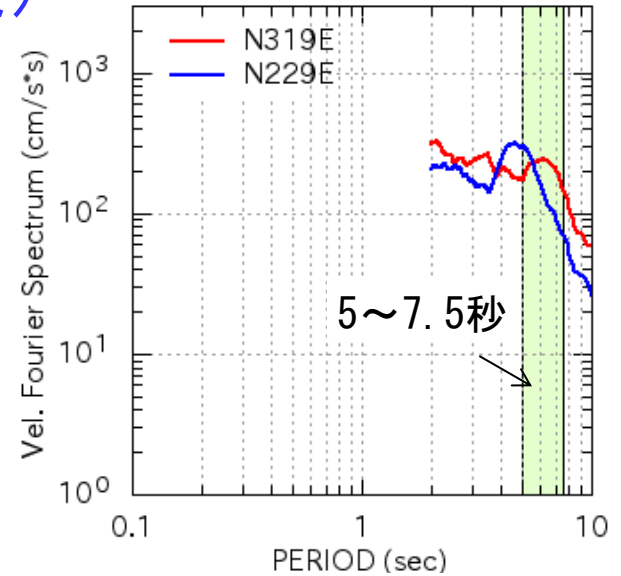
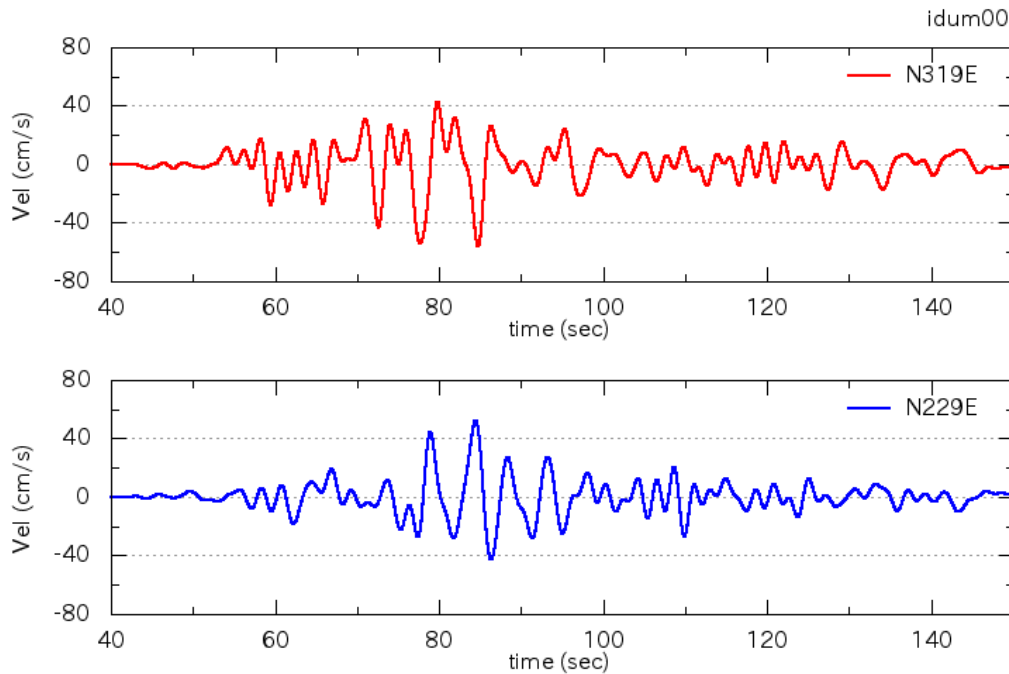
擬似速度応答スペクトル
(減衰定数5%)

最大クラス、中央破壊

○：咲洲庁舎の位置

大阪湾岸部では概ね180~240cm/sec

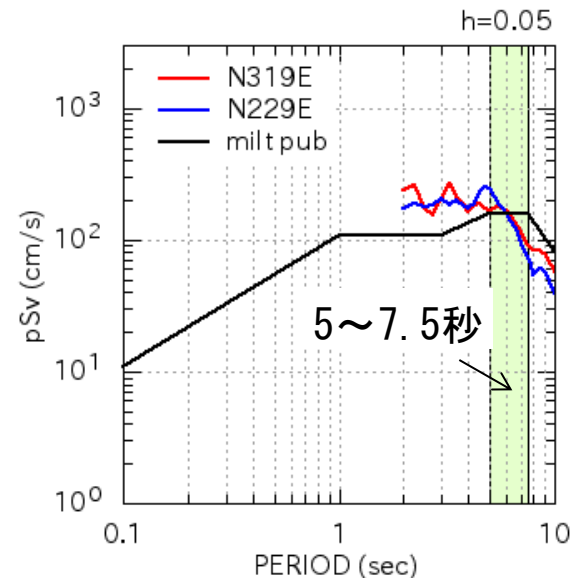
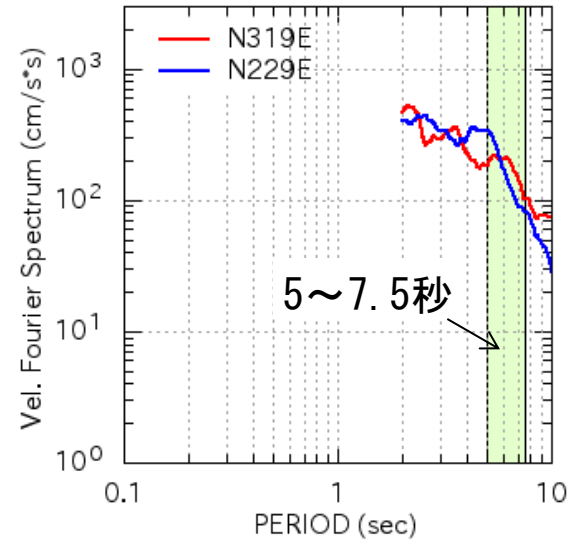
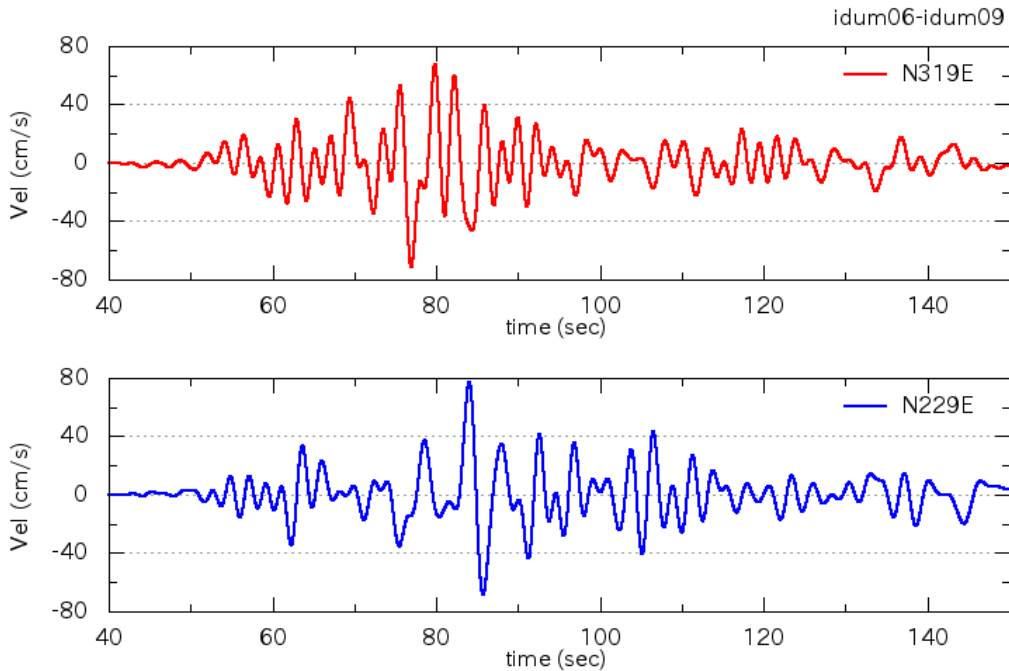
長周期地震動作成結果 (揺らぎなし波)



- 上: 速度波形
- 右上: 速度フーリエスペクトル
- 右下: 擬似速度応答スペクトル
- : N319E成分(長辺方向)
- : N229E成分(短辺方向)

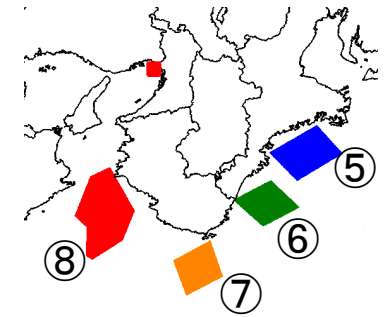
長周期地震動作成結果

(揺らぎありの平均的な波の一例)

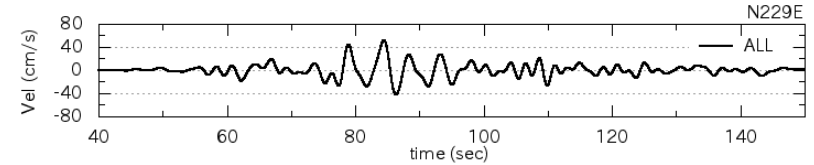
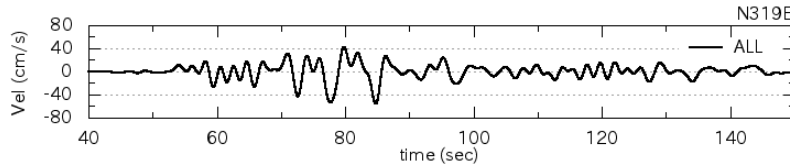


- 上: 速度波形
- 右上: 速度フーリエスペクトル
- 右下: 擬似速度応答スペクトル
- : N319E成分(長辺方向)
- : N229E成分(短辺方向)

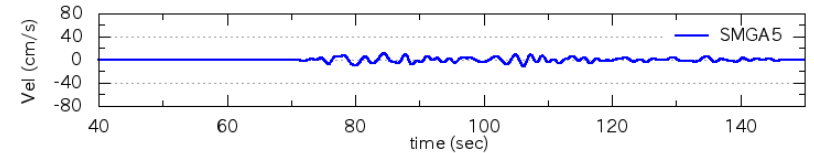
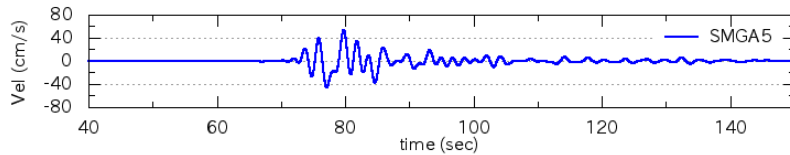
長周期地震動作成結果 (揺らぎなし波, SMGA毎の波形)



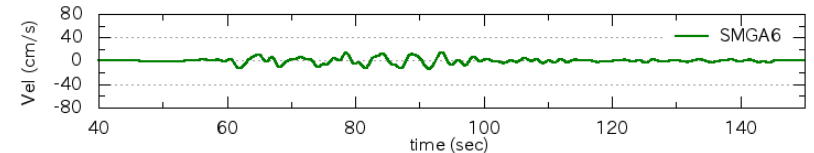
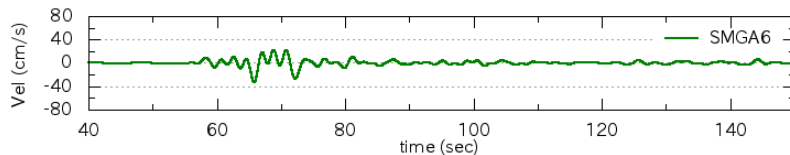
全体



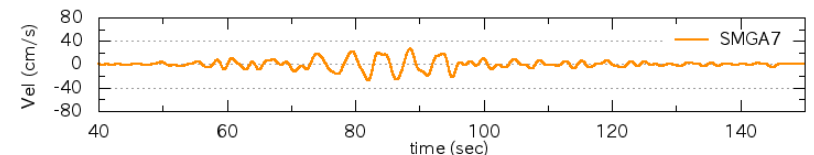
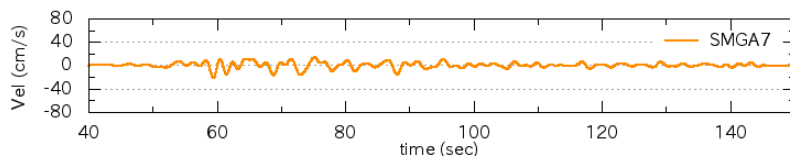
SMGA5



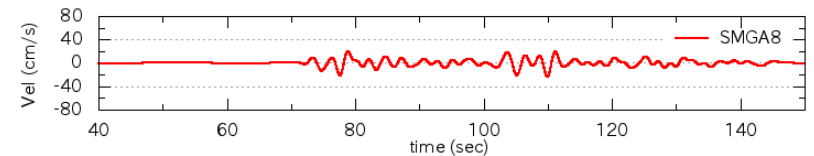
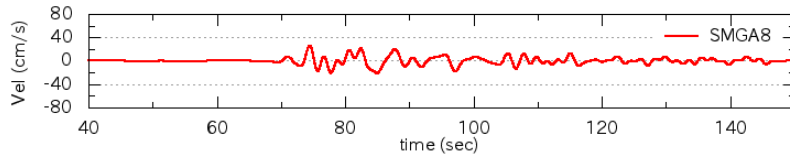
SMGA6



SMGA7

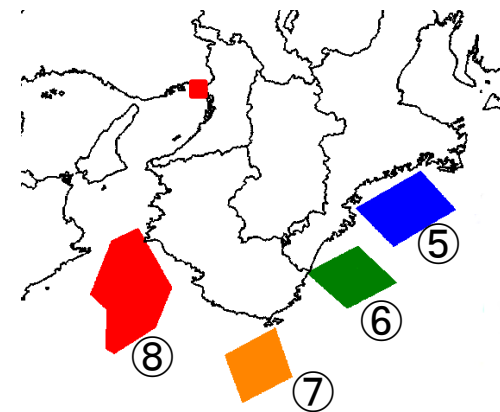
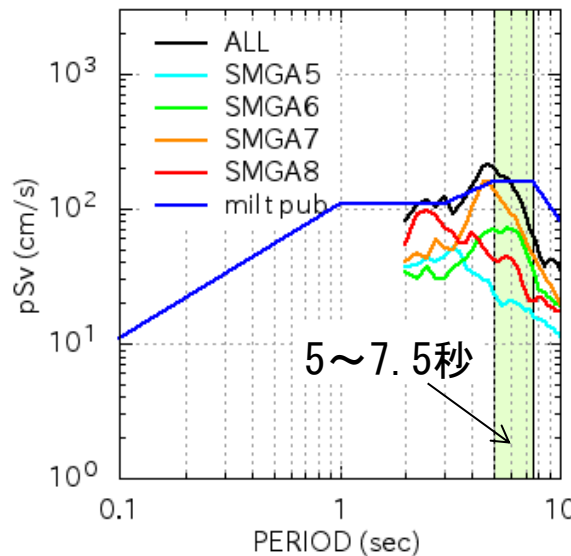
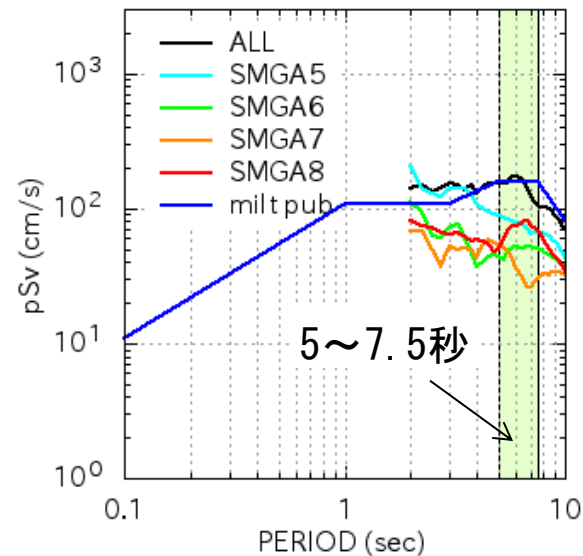
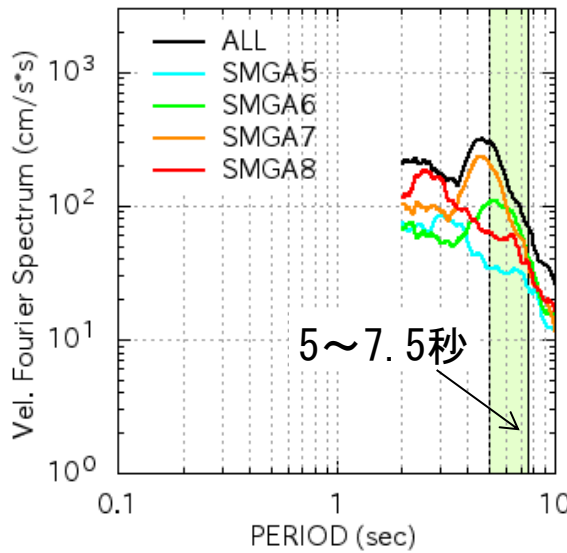
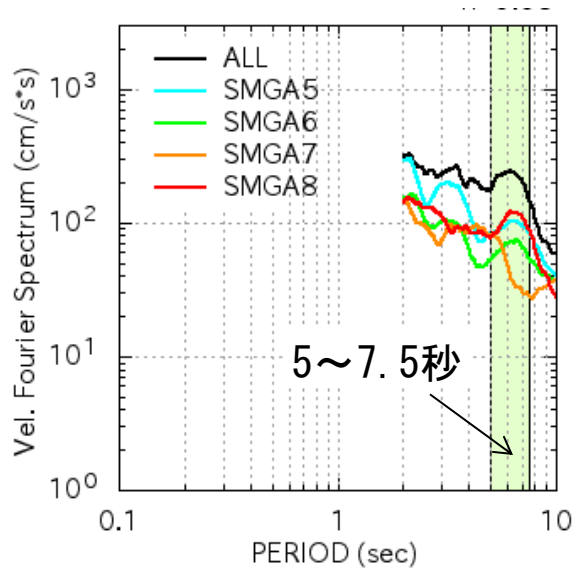


SMGA8



速度波形 (左 : N319E成分, 右 : N229E成分)

長周期地震動作成結果 (揺らぎなし波, SMGA毎のスペクトル)

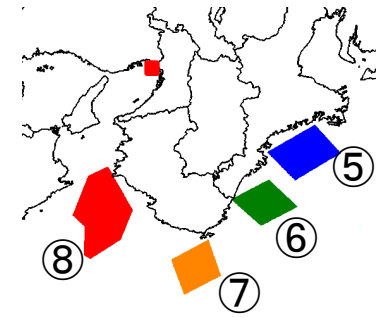


速度フーリエスペクトル
(左 : N319E, 右 : N229E)

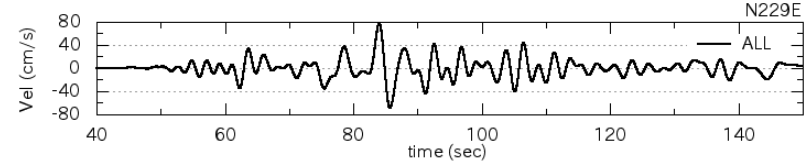
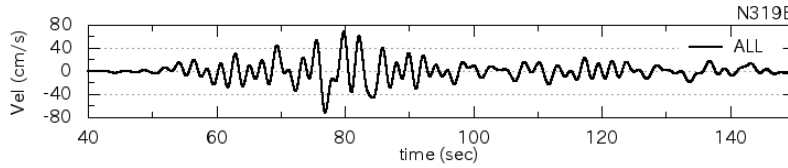
擬似速度応答スペクトル
(h=5%)
(左 : N319E, 右 : N229E)

長周期地震動作成結果

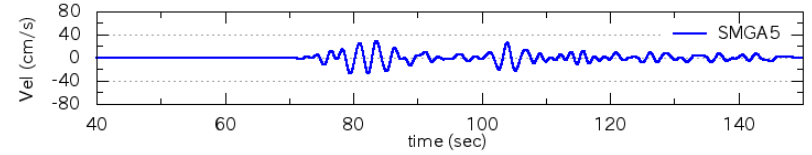
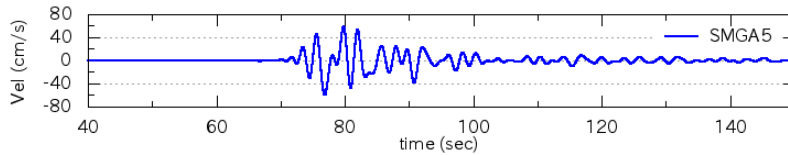
(揺らぎありの平均的な波の一例,
SMGA毎の波形)



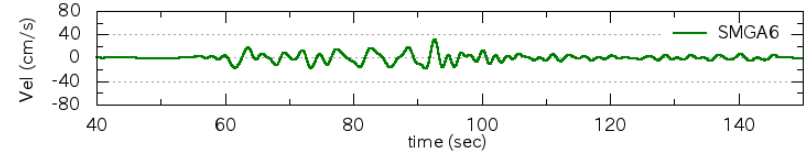
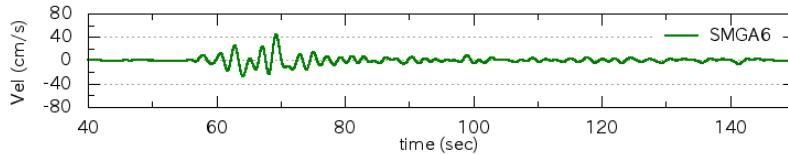
全体



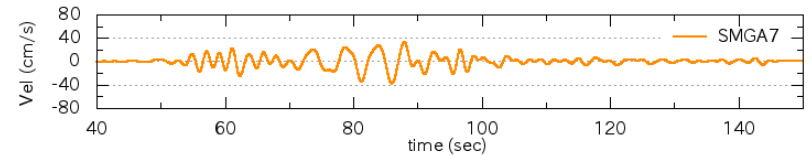
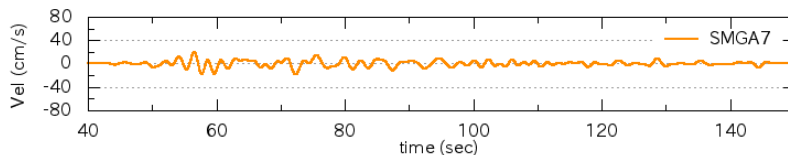
SMGA5



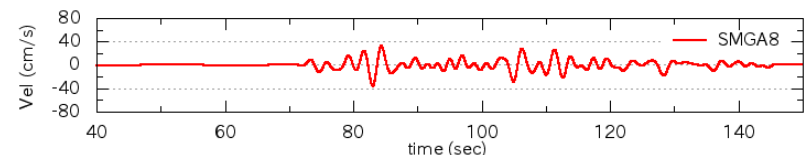
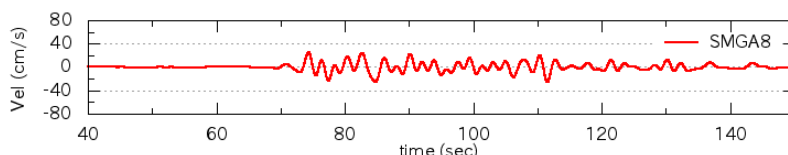
SMGA6



SMGA7



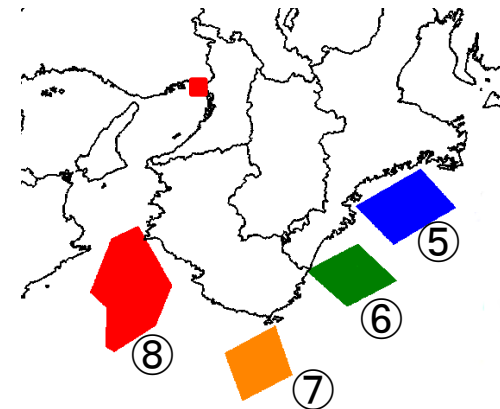
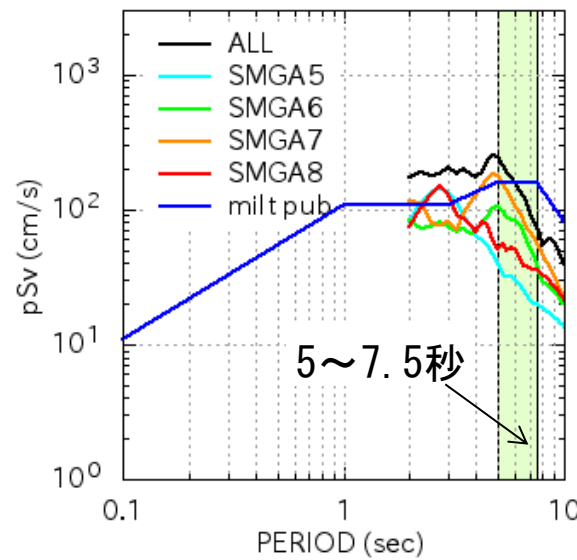
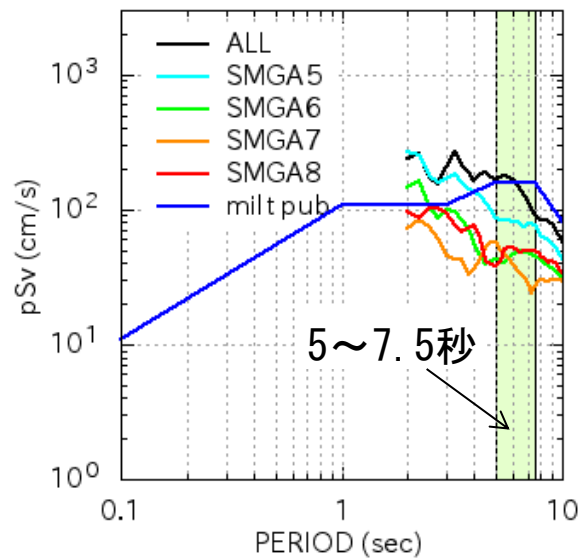
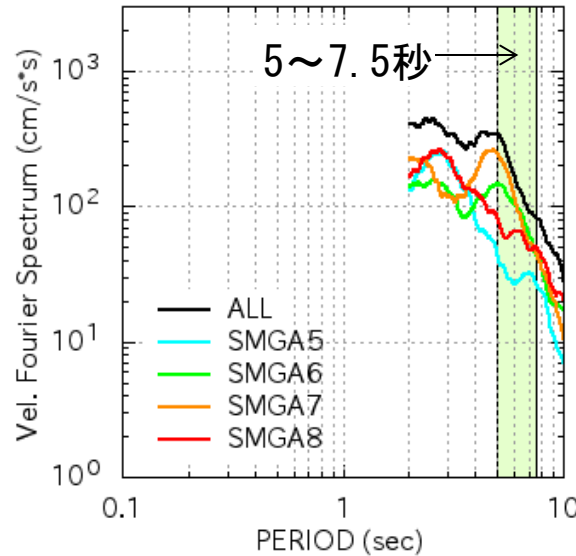
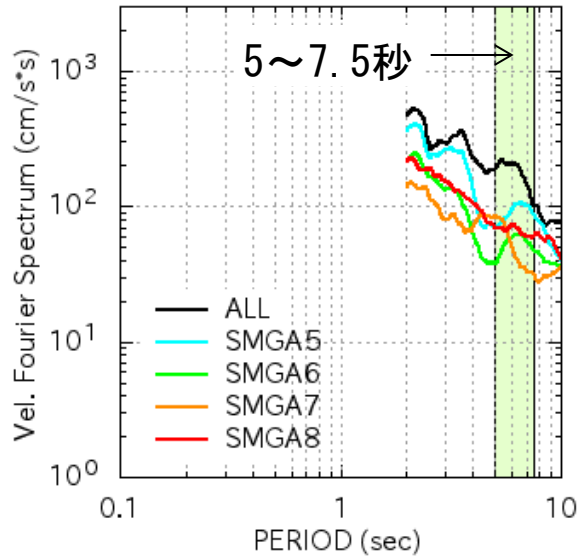
SMGA8



速度波形 (左 : N319E成分, 右 : N229E成分)

長周期地震動作成結果

(揺らぎありの平均的な波の一例,
SMGA毎のスペクトル)



速度フーリエスペクトル
(左 : N319E, 右 : N229E)

擬似速度応答スペクトル
(h=5%)
(左 : N319E, 右 : N229E)

現状のまとめ (1)

- * 内閣府の知見に基づき、断層モデルおよび地盤構造モデルを作成した。
- * 大阪堆積盆地構造については、複数モデルの比較や観測記録とシミュレーションの地中／地表スペクトル比の整合性から Iwaki and Iwata (2011) を採用した。
- * 断層すべり量および破壊開始時刻に揺らぎを与えたモデルを作成した。
- * 3次元差分法により、長周期地震動を作成した。
(中央破壊, 時間長 : 150秒)

現状のまとめ (2)

【長周期地震動作成結果に関して】

- * 断層モデルの揺らぎなしと揺らぎありを比較すると、**揺らぎありの方が、地震動が全般的に大きくなる傾向にある。**
- * 擬似速度応答スペクトルの平均は**内閣府の検討結果と概ね調和的**である。
- * N229E成分は**周期5秒程度に卓越**がみられる。
- * N319E成分は、断層モデルに揺らぎを与えないモデルでは、**周期6秒程度に卓越**がみられる。断層モデルに揺らぎを与えると周期2～3秒程度の地震動が大きくなり、周期6秒の卓越は顕著ではなくなる。
- * N319E成分の地震動には三重県沖の強震動生成域 (SMGA5) の影響が最も大きく、N229E成分には潮岬沖のそれ (SMGA7) の影響が比較的大きい。

次回の検討内容

- * 長周期地震動の計算時間を延ばす。
 - ・ 本日の資料 : 150秒
 - ・ 最終目標 : 500秒
- * 短周期地震動の作成
- * ハイブリッド合成
- * 浅層地盤の地震応答解析

終了