



# 2004 年紀伊半島南東沖地震による 大阪堆積盆地の長周期地震動特性

岩城麻子・岩田知孝・浅野公之（京都大学防災研究所）

## はじめに

2004 年 9 月 5 日 23 時 57 分に発生した紀伊半島南東沖を震源とする M<sub>J</sub>7.4 の地震では大阪堆積盆地内の各観測点において周期数秒の長周期の後続波が観測された。特に揺れの振幅が大きかった観測点では応答スペクトルの卓越周期が周期 6 秒付近であった。本研究では、この地震と前震（9 月 5 日 19 時 07 分、M<sub>J</sub>6.9）、最大余震（9 月 7 日 08 時 29 分、M<sub>J</sub>6.4）について盆地内で観測された長周期地震動を比較し、サイトに依存した震動特性の有無を調べた。また、堆積盆地の三次元地下構造モデルを取り入れた数値シミュレーションを行い地震動特性の再現を試みた。

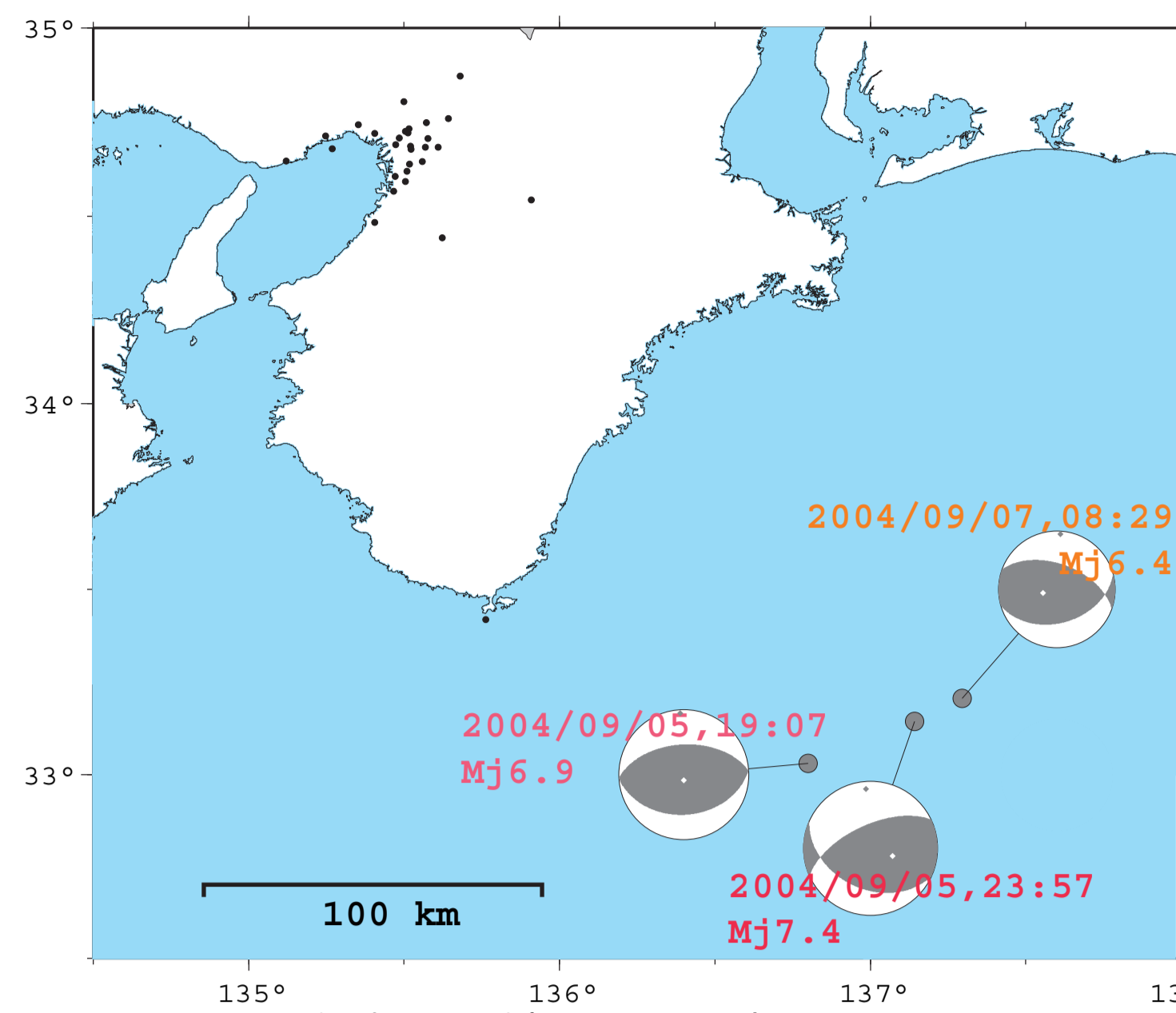


図1 解析の対象とした地震

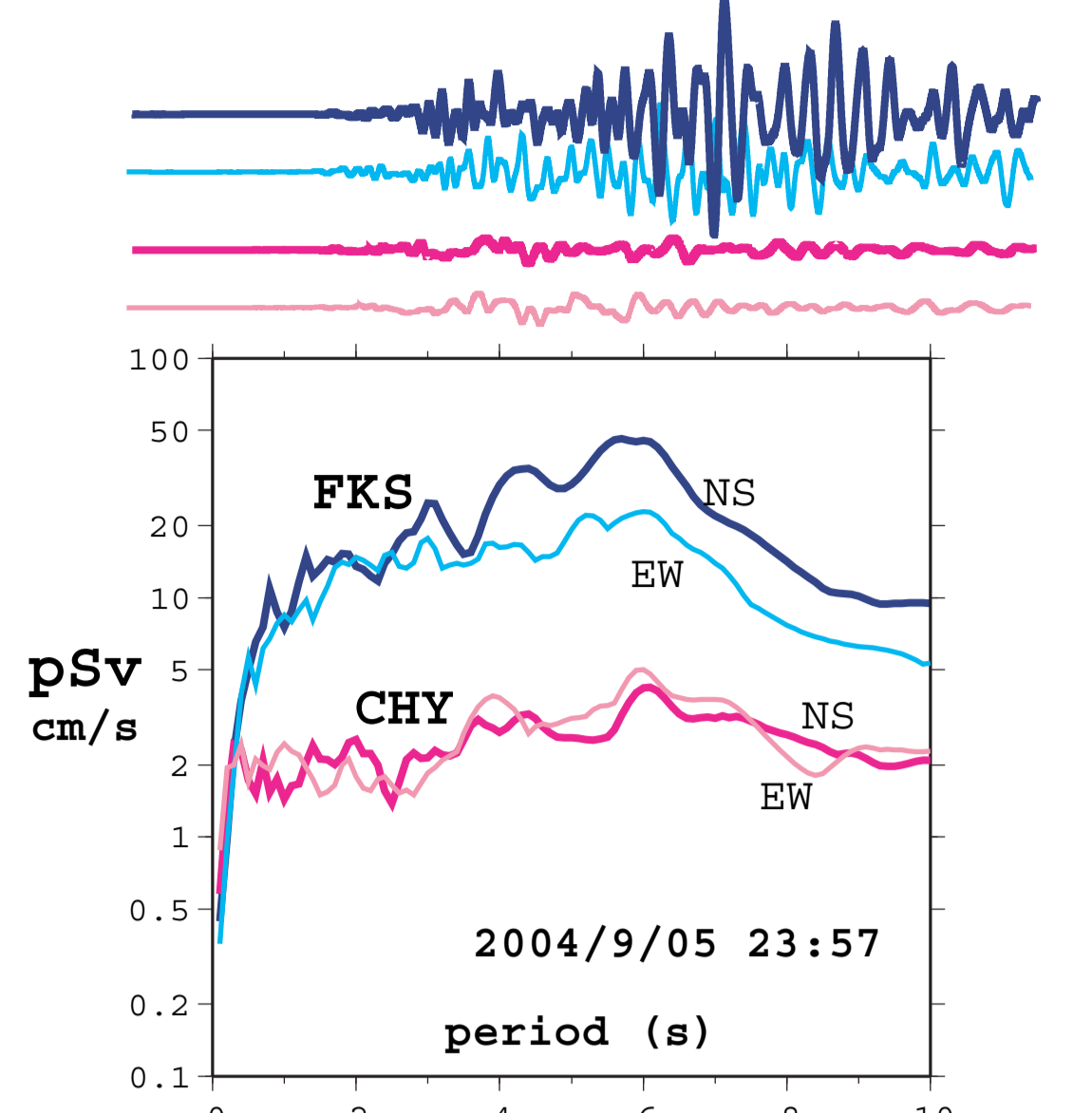


図2 本震観測波形と応答スペクトル  
FKS: 盆地内観測点 CHY: 岩盤観測点

## 堆積盆地内震動特性

盆地内での卓越周期 6 秒に注目し、各観測点における周期 6 秒の擬似速度応答スペクトルを前震、本震、最大余震で比較した。図3は応答の水平成分の最大値をプロットしている。各地震で応答の絶対値のレベルは異なるものの、相対的な値の大小は地震に依らないように見える。図4は擬似応答スペクトルの南北成分と東西成分の比を表す。観測点ごとに卓越方向に地震に依らない一定の傾向が見られ、それは隣接する観測点でも大きく違う場合がある。そこで、三次元地下構造モデルに基づいた数値シミュレーションによってこれら周期 6 秒付近の応答の特徴の再現を試みた。

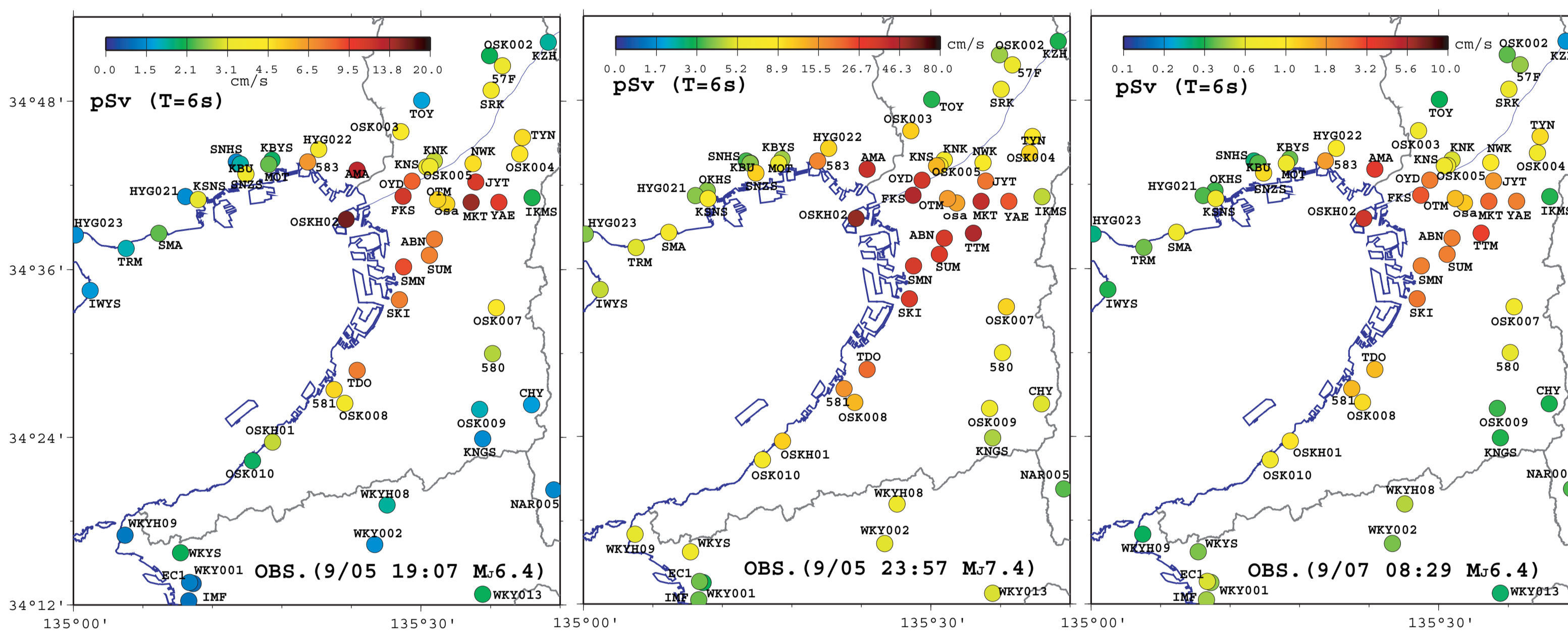


図3 擬似応答スペクトル（水平成分最大値） 周期 6 秒、h=5%  
左：前震 (M<sub>J</sub>6.9) 中：本震 (M<sub>J</sub>7.4) 右：最大余震 (M<sub>J</sub>6.4)

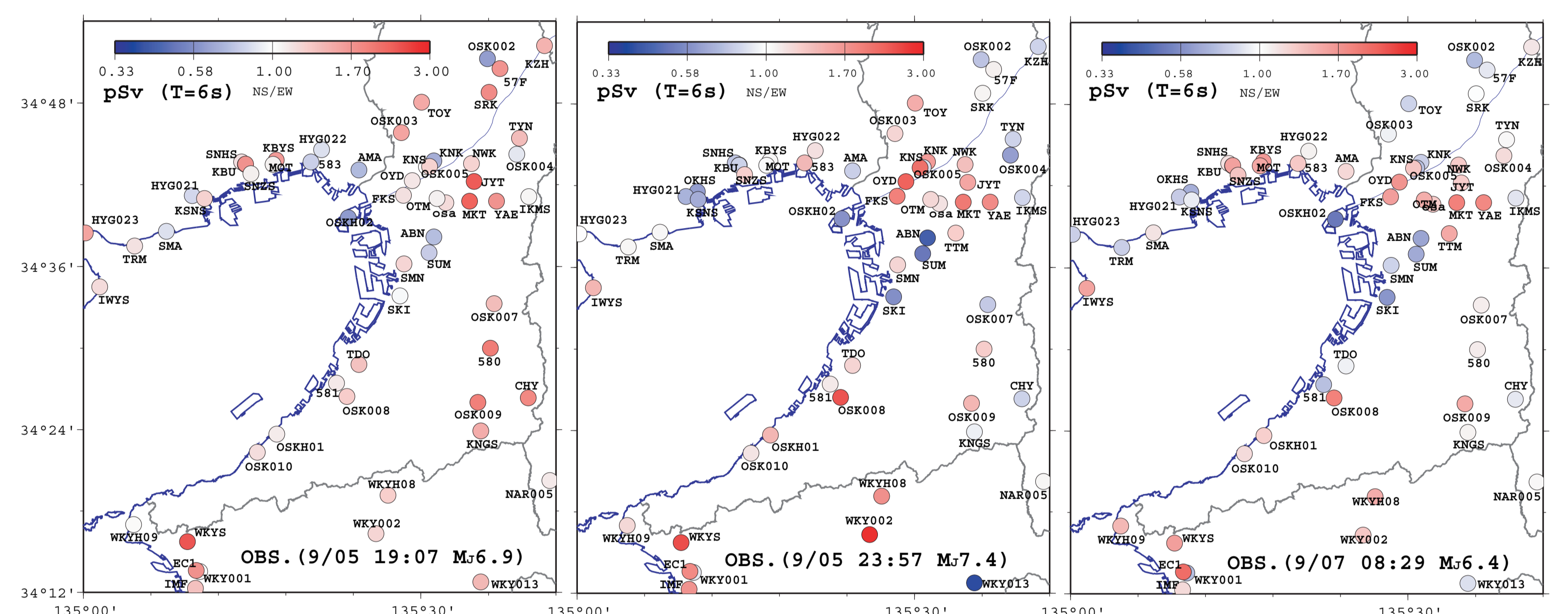


図4 擬似応答スペクトル比 (NS成分/EW成分) 周期 6 秒、h=5%  
左：前震 (M<sub>J</sub>6.9) 中：本震 (M<sub>J</sub>7.4) 右：最大余震 (M<sub>J</sub>6.4)

## 数値シミュレーション

- ・ターゲット：最大余震（9 月 7 日 8 時 29 分、M<sub>J</sub>6.4）
- ・計算方法：Pitarka (1999)
- ・計算領域：280km（東西）×250km（南北）×50km（深さ）
- ・盆地領域に三次元堆積層厚モデル（Kagawa et al., 2004）
- ・盆地領域の最小グリッド間隔：0.125km
- ・メカニズム解：F-net 震央位置：気象庁一元化
- ・震源深さ：11km、20km、25km で試行
- ・計算周期範囲：3 ~ 50 秒 計算時間：発震から 250 秒

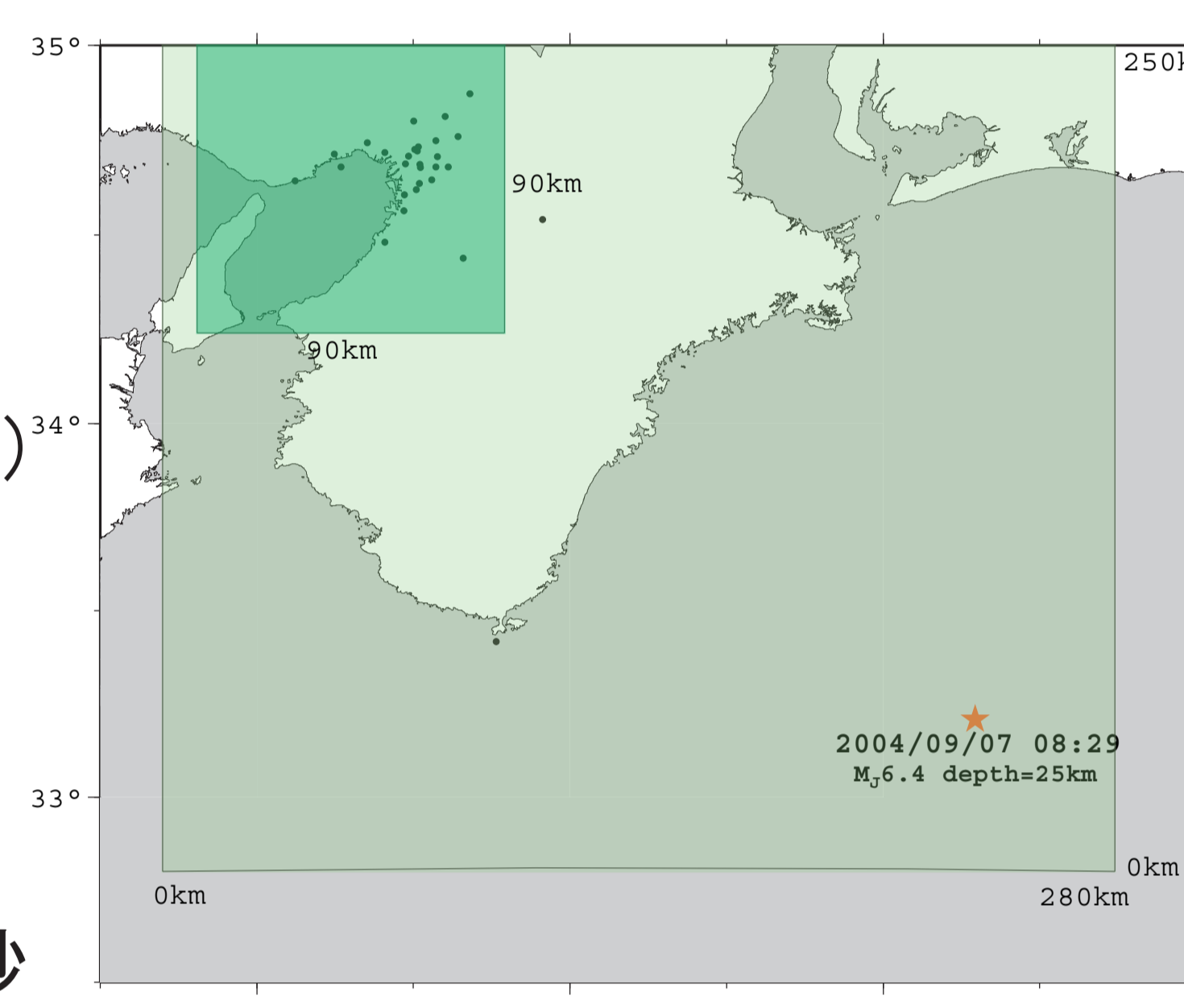


図5 計算領域 濃い緑は盆地領域を表す

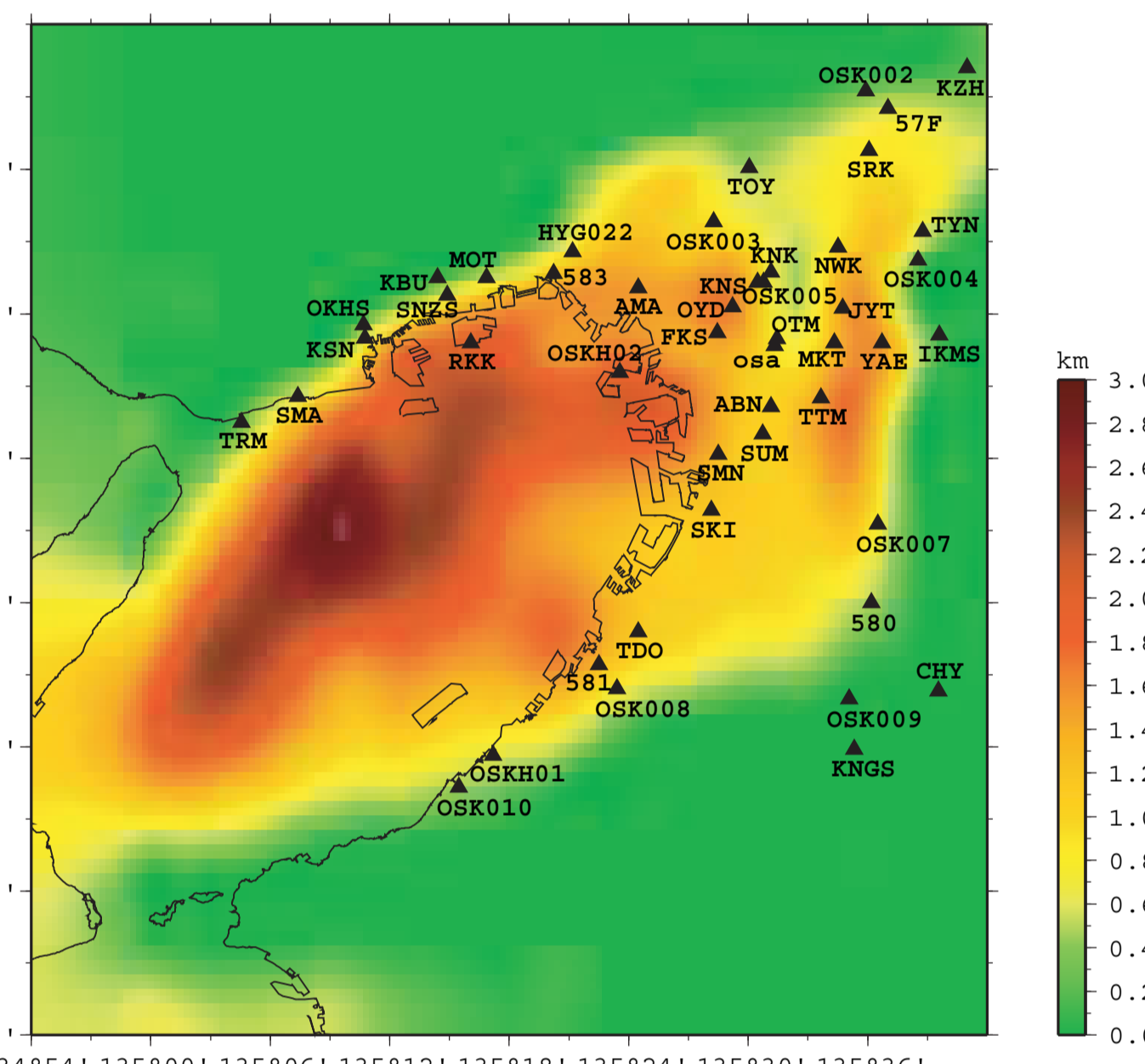


図6 Kagawa et al. (2004) による基盤岩深さ [z]

表1 各層の地震波速度など

	Vp(km/s)	Vs(km/s)	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	depth(km)
Sed.	1	1.6	0.35	1.7
	2	1.8	0.55	1.8
	3	2.5	1.1	2.1
Rock	4	5.4	3.2	2.7
	5	6	3.7	2.8
	6	6.7	3.9	2.9
	7	7.7	4.45	3.1

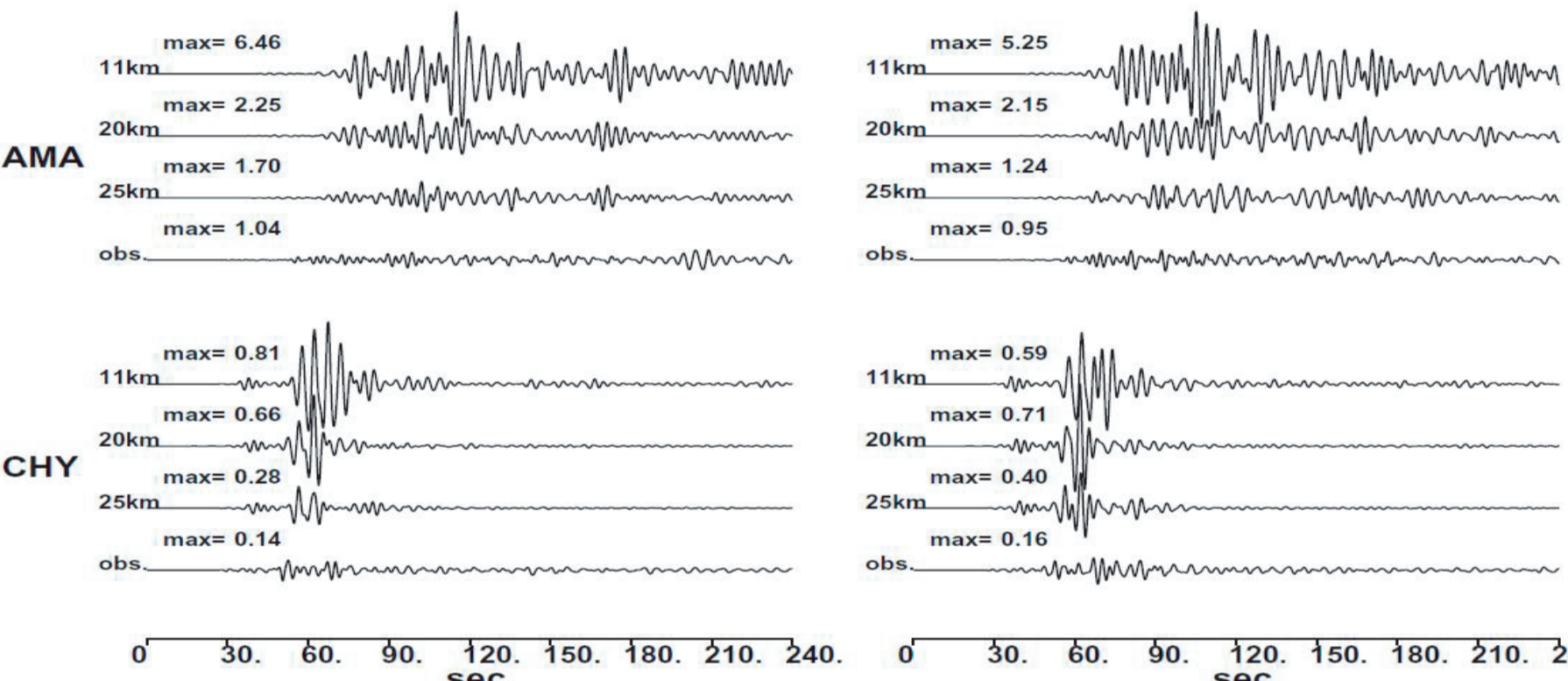


図7 波形の例 AMA: 盆地内観測点 CHY: 岩盤観測点

盆地領域に設定した三次元堆積層厚モデルは三層からなり、S 波速度は上から 0.35km/s、0.55km/s、1.0km/s である。盆地領域の外では一様に基盤岩深さを 0km とし、基盤岩より下は Iwata et al. (2006) を参考に四層からなる一次元構造を与えた。図 7 に合成波形と観測波形の例を示した。振幅の大きさで見ると震源深さ 25km とした場合に最も観測と近い結果となった（以降の解析では震源深さ 25km の結果を用いた）。しかしなお、岩盤観測点である CHY での計算波形の振幅が大きく、そのため盆地内観測点においても全体に振幅が過大評価されている。盆地内の波形を再現するには盆地外にも二次元・三次元速度構造モデルを入れて計算する必要があると考えられる。

## CHY の観測波形による正規化

詳細な地下構造を与えた盆地内では波動伝播が再現されると仮定し、岩盤観測点に観測波形を一致させた場合の盆地内波形を計算した。

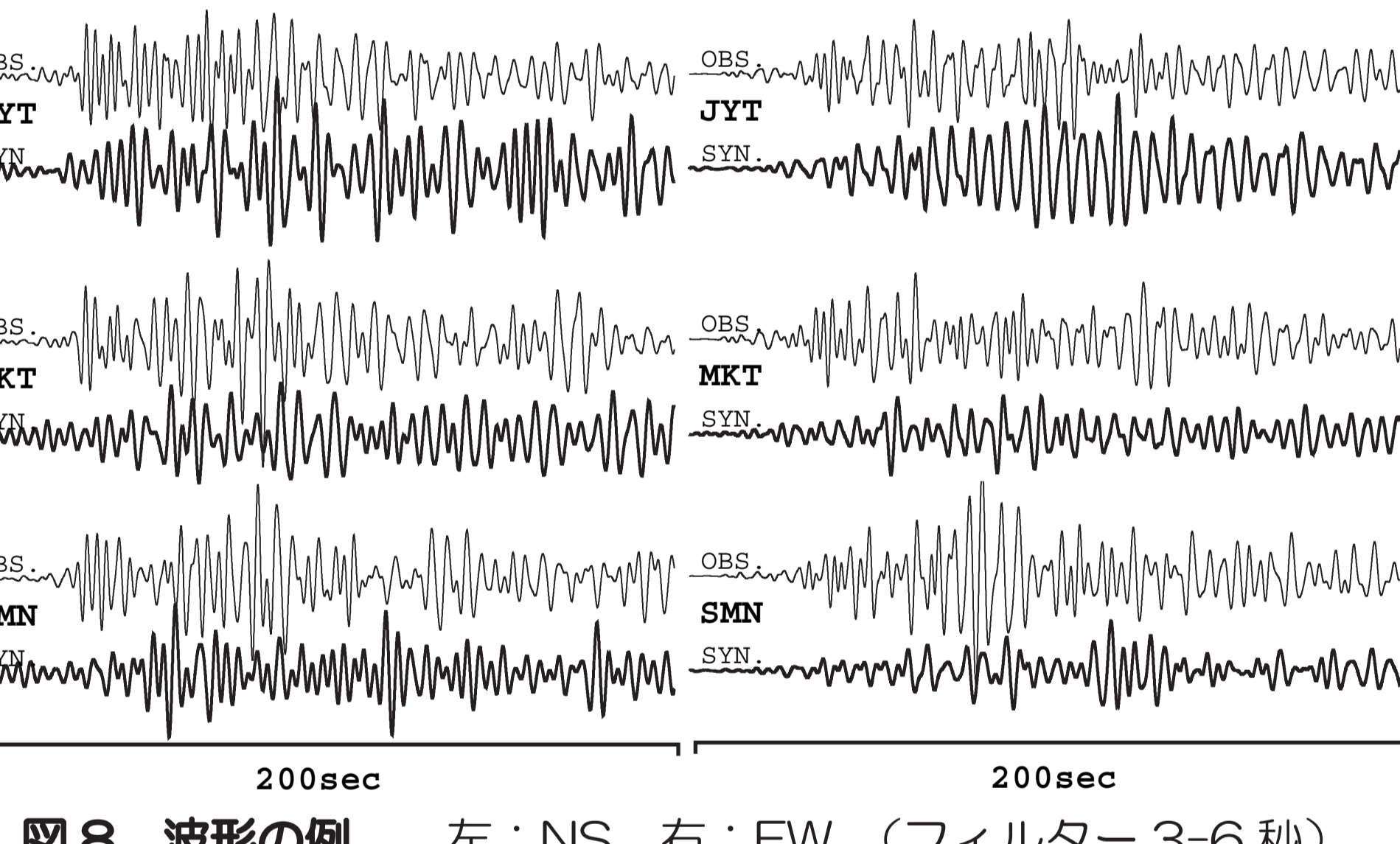


図8 波形の例 左：NS 右：EW（フィルター 3-6 秒）

$$\text{SYN}[\text{basin}]/\text{SYN}[\text{rock}] \sim \text{OBS}[\text{basin}]/\text{OBS}[\text{rock}]$$

$$\therefore \text{SYN}' [\text{basin}] = (\text{SYN}[\text{basin}]/\text{SYN}[\text{rock}]) * \text{OBS}[\text{rock}] \sim \text{OBS}[\text{basin}]$$

(SYN: 差分計算結果、OBS: 観測波形、SYN': 正規化された合成波形)

岩盤観測点を CHY に設定し正規化した合成波形を用いて擬似速度応答スペクトルを計算した。周期 6 秒の水平成分最大値分布（図 11）は全体に観測と調和的といえる。南北 / 東西比（図 12）では大阪市北部～東大阪や泉南付近で見られる南北方向の卓越などは評価されている。大阪市南部の再現は十分ではない。

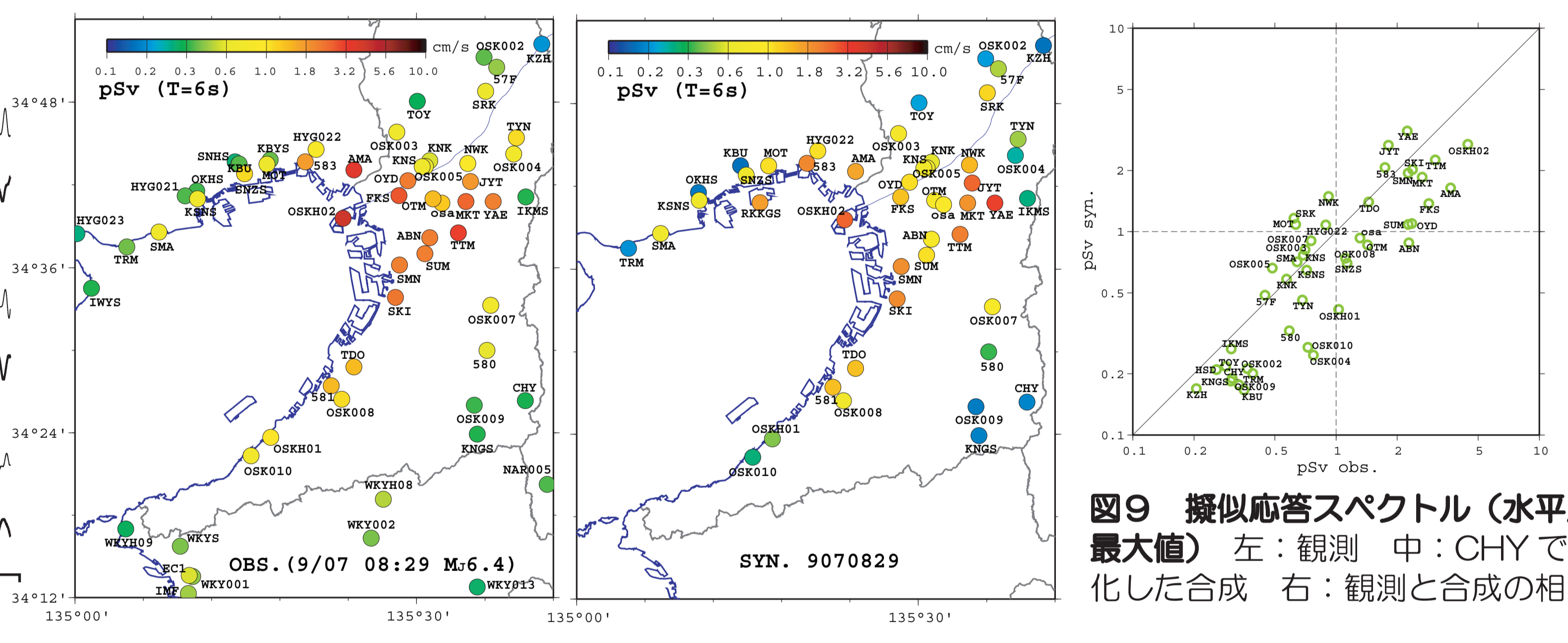


図9 擬似応答スペクトル（水平成分最大値）左：観測 中：CHY で正規化した合成 右：観測と合成の相関

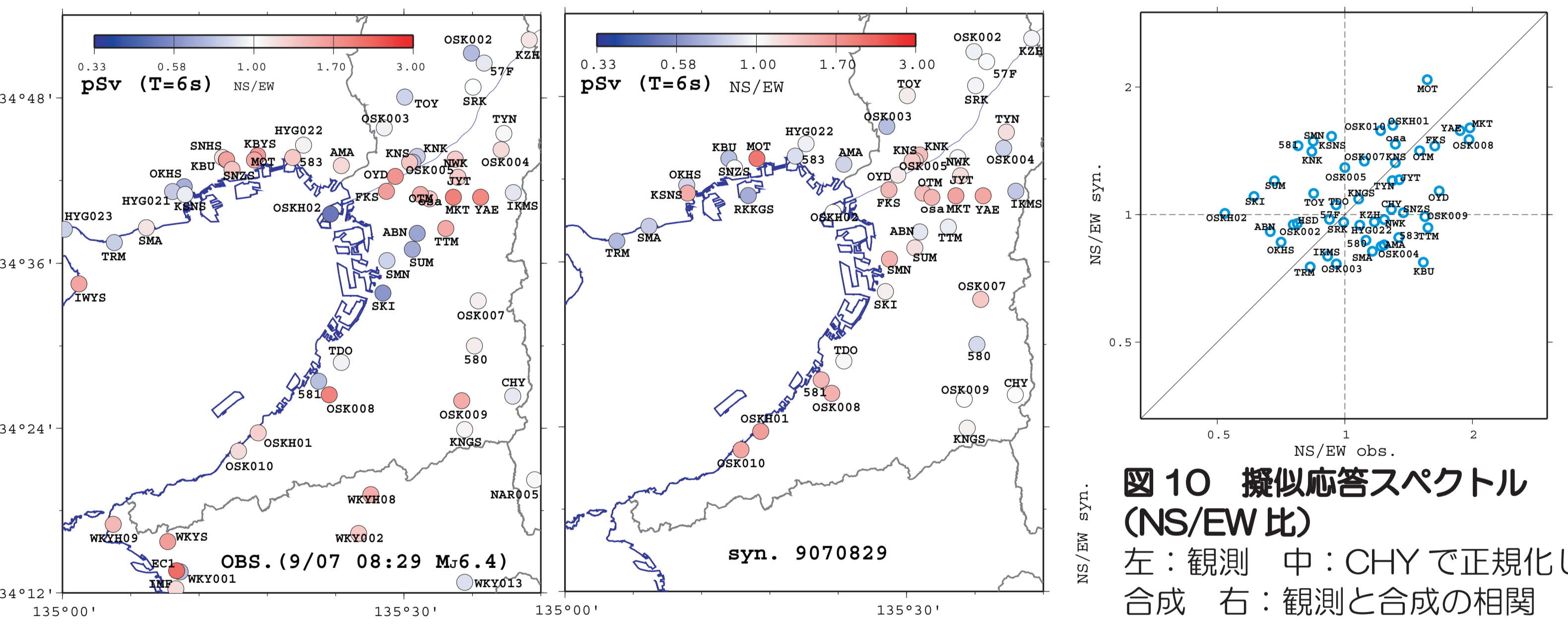


図10 擬似応答スペクトル (NS/EW 比) 左：観測 中：CHY で正規化した合成 右：観測と合成の相関

## まとめ

### ①大阪堆積盆地内の擬似速度応答 6 秒の特徴

前震、本震、最大余震で各観測点での相対的な応答値は地震に依らず似ている。河内盆地や大阪湾岸地域で応答値が大きく、上町台地上では応答値が相対的に小さい。数 km しか離れていない地点で応答値が大きく違う場合があり、例えば約 5km 離れた MKT と NWK では水平応答の最大値が 5 倍程度違う。また、応答の南北・東西成分比について特徴的な傾向を示す観測点があった。河内盆地内の MKT、YAE、JYT では南北方向に卓越し、大阪市南部の ABN、SUM では東西方向に卓越した。

### ②数値シミュレーションによる震動特性の再現

差分計算は前回の報告（岩城・岩田、2006）から構造や震源モデルの見直しを行ったが、盆地縁辺部の岩盤観測点 CHY での波形が十分には得られていない。CHY の観測波形で正規化した合成波形を求め盆地内観測点の擬似速度応答を求めた。周期 6 秒の最大応答値に関しては観測値の特徴をかなり再現できた。南北 / 東西成分の応答の比は、大阪市北部～東大阪や泉南付近での観測点の特徴は再現された。

参考文献 1) Kagawa et al., 2004, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **94**, 1353-1368. 2) Yamada and Iwata, 2005, *Earth Planets Space*, **57**, 197-202. 3) Iwata et al., 2006, *Proc. 3rd ESG Symposium*, 435-442. 4) 岩田・浅野, 2005, 地震 **2**, **58**, 273-279. 5) 岩城・岩田, 2006, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会, S116-P007.

謝辞：本研究には関西地震観測研究協議会、防災科学技術研究所 K-NET・KiK-net、電力共通研究、港湾空港技術研究所、気象庁震度計、国土交通省国土技術政策総合研究所、および大阪市水道局の強震記録を使用しました。ここに記して感謝いたします。