

大阪堆積盆地における水平成層仮定の H/V スペクトル逆解析による基盤深度の推定誤差

正会員 ○新井 洋\*<sup>1</sup>  
同 上林 宏敏\*<sup>2</sup>

大阪堆積盆地 不規則地盤構造 H/V スペクトル  
逆解析 基盤深度 推定誤差

1. はじめに

著者の1人<sup>1,2)</sup>は、大阪平野で観測された脈動の H/V スペクトルを対象に、3次元堆積盆地構造モデルを用いた FDM 波動伝播解析を行い、地盤構造の水平成層・不規則領域いずれにおいても観測データを良く模擬できること、不規則領域では観測 H/V スペクトルの周波数特性がレイリー波のそれと対応しないこと、などを示している。そこで、本報では、3次元 FDM 解析(模擬脈動)の H/V スペクトルを観測データと見なし、水平成層構造を仮定した表面波 H/V スペクトルの逆解析<sup>3)</sup>を行って、直下の速度構造を推定し、正解(FDM モデル)基盤深度との誤差および地盤構造の不規則性との関係を検討する。

2. 大阪平野の模擬脈動 H/V スペクトルと逆解析の方法

図1に、文献1,2の FDM 解析で用いた大阪平野の3次元堆積盆地構造モデルの基盤(S波速度  $V_s = 2.7\text{km/s}$ )上面深度の分布および模擬脈動の H/V スペクトルを算定した41地点(N01-N11, C01-C15, S01-S15)を示す。これらの地点を、地盤構造の水平成層領域、やや不規則領域、不規則領域(北摂地域の地溝帯や上町断層帯下盤側など)に分け、各領域の代表的な模擬脈動 H/V スペクトルを図2上段に○印で示す(水平動スペクトルは直交2成分の2乗和平方根)。いずれの H/V スペクトルにも単一のピークが認められ、これは、堆積層と基盤の  $V_s$  コントラストを反映したものと考えられる。

H/V スペクトルの逆解析では、遺伝的アルゴリズム(GA)を用い、評価関数  $F$  を次式とした。

$$F = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \left( \frac{(H/V)_{mi} - (H/V)_{Si}}{(H/V)_{mi}} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (1)$$

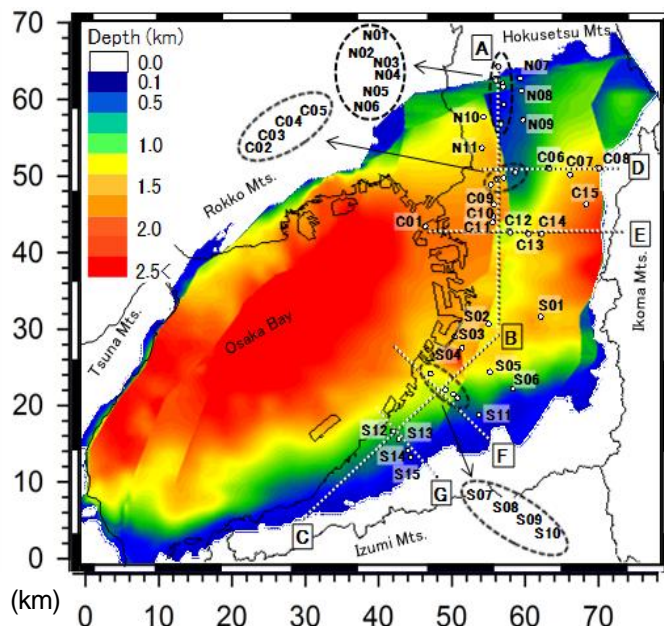


図1 FDM 解析で用いた大阪平野の3次元堆積盆地構造モデルの基盤(S波速度 2.7km/s)上面深度の分布および模擬脈動の H/V スペクトルを算定した41地点(N01-N11, C01-C15, S01-S15)<sup>1,2)</sup>

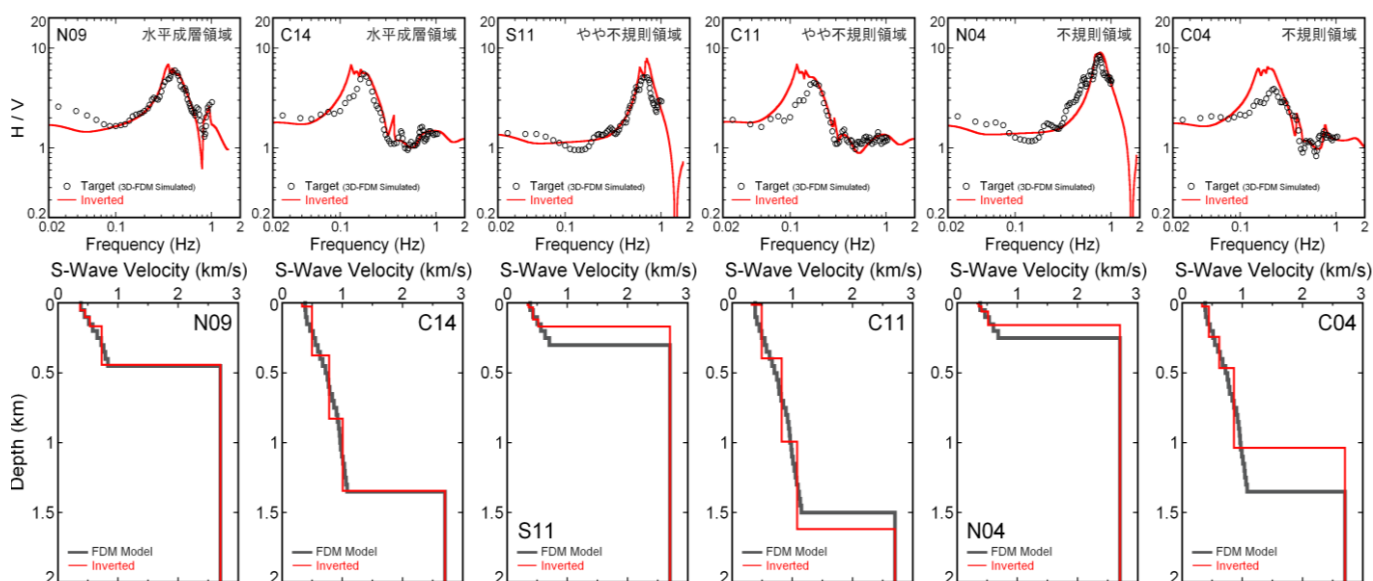


図2 3次元 FDM 解析(模擬脈動)の H/V スペクトル(○印)に対する水平成層構造を仮定した逆解析(実線)の例(水平成層領域の N09, C14 地点, やや不規則領域の S11, C11 地点, 不規則領域の N04, C04 地点)

表1 仮定した大阪平野の地殻構造

Depth (km)	Density (kN/m <sup>3</sup> )	V <sub>p</sub> (km/s)	V <sub>s</sub> (km/s)
-3.3	26	5.2	2.7
-12	27	5.8	3.2
-22	28	6.0	3.4
-34	29	6.6	3.8
	32	8.0	4.6

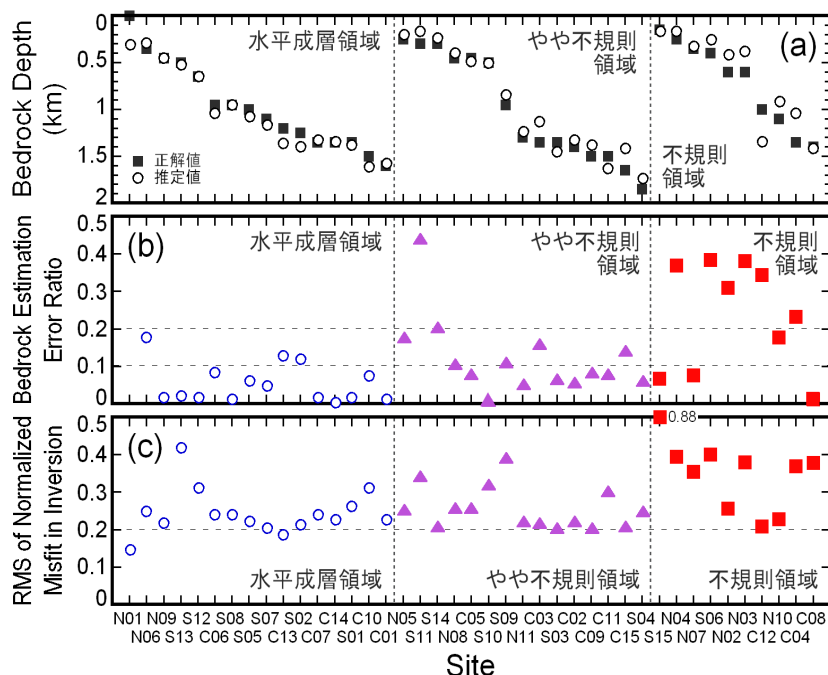


図3 水平成層構造を仮定した H/V スペクトル逆解析による (a) 基盤深度の推定値と正解値 (3 次元 FDM 解析の地盤モデル) との比較, (b) 基盤深度の推定誤差率, (c) H/V スペクトルの残差率

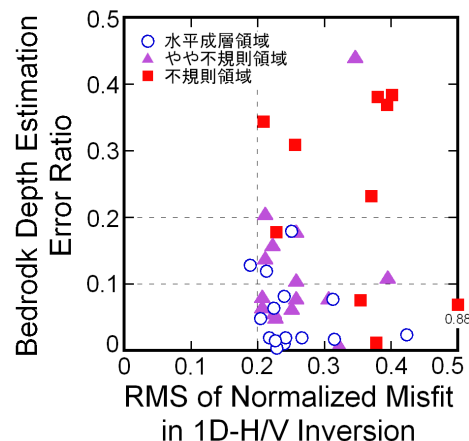


図4 水平成層構造を仮定した逆解析における H/V スペクトルの残差率 (図 3(c)) と基盤深度の推定誤差率 (図 3(b)) との比較

ここに、 $(H/V)_m$  は 3 次元 FDM 解析 (模擬脈動) の H/V スペクトル<sup>1,2)</sup>、 $(H/V)_s$  は水平成層構造を仮定した表面波の H/V スペクトル<sup>3)</sup>、 $I$  はデータ数である。 $(H/V)_s$  の算定では、水平動中のレイリー波/ラブ波振幅比の値は 0.7 を基本 (基盤深度 0.1km 程度以下の地点では 1.0) とし、基本モードから 4 次高次モードまでを考慮した。この際、地盤モデルは、基盤以浅の堆積層を 4 層に分割し、各層の物性値は文献 1,2 に倣って深度の関数として与え、層厚のみを未知パラメタとした。 $(H/V)_s$  のピークを有限とするため等に必要な地殻構造 ( $V_s = 2.7-4.6\text{km/s}$ ) は、文献 1,2 などを参考に仮定した (表 1)。

### 3. 基盤深度の推定誤差と地殻構造の不規則性との関係

図 2 上段の実線は、各地点の逆解析で得られた最適解 (1 次元  $V_s$  構造: 同図下段) に対応する  $(H/V)_s$  である。不規則領域の C04 地点を除き、 $(H/V)_s$  は、周波数特性・絶対値とも  $(H/V)_m$  と良く適合している。C04 地点では、 $(H/V)_s$  の周波数特性は  $(H/V)_m$  と対応するが、ピーク値が過大となっている。

図 3(a)に、逆解析から推定された 41 地点の基盤深度を正解 (FDM モデル) のそれと比較して示す。また、各地点の基盤深度の推定誤差率を図 3(b)に、逆解析における H/V スペクトルの残差率 (1)式の平方根: 以下、H/V 残差率) を図 3(c)に示す。さらに、図 3(b), (c)から、各地点の H/V 残差率と基盤深度の推定誤差率との関係を図 4 に示す。なお、図 3 の各地点は、水平成層領域、やや不規則領域、不規則領域ごとに、正解基盤深度が浅い順に左から並んでいる。

図 2-4 の対比から、水平成層領域では、ほとんどの地点で、基盤深度の大小によらず、H/V 残差率は 0.2-0.3 程度、基盤深度の推定誤差率は概ね 0.1 程度以下で、逆解析から基盤深度が

適切に推定されている。また、やや不規則領域では、H/V 残差率および基盤深度の推定誤差率の値は、水平成層領域のそれらに比べて若干大きいものの、S11 地点を除いて、概ね同様の傾向が確認される。

一方、不規則領域では、多くの地点で、H/V 残差率は 0.3-0.4 程度以上 (最大 0.88)、基盤深度の推定誤差率は概ね 0.2-0.4 程度と、水平成層領域に比べて 2-4 倍程度以上大きな値となっている。また、N02, C12, N10 の 3 地点では、H/V 残差率は 0.2 程度であるが、基盤深度の推定誤差率は 0.3-0.4 程度となっている。このことは、不規則領域では、水平成層構造を仮定した H/V スペクトルの逆解析から基盤深度を適切に推定できない場合の多いこと、また、逆解析で適合度の高い結果が得られても、推定基盤深度に大きな誤差が含まれる場合のあることを意味している。なお、S15, N07, C08 の 3 地点では、基盤深度の推定誤差率は 0.1 以下であるが、これは、H/V 残差率が 0.88, 0.35, 0.38 と大きいことから、偶然と考えられる。

### 4. まとめ

大阪堆積盆地を対象とした数値解析に基づいて、地盤構造が不規則な地点では、水平成層仮定の H/V スペクトル逆解析から基盤深度を適切に推定できない場合の多いこと、また、逆解析で適合度の高い結果が得られても、推定された基盤深度に 3-4 割程度の誤差が含まれる場合のあることを示した。

謝辞 本研究の一部は科学研究補助金基盤研究(C)課題番号 23560670「広帯域強震動予測のための微動探査手法の不整形地盤領域における推定精度の検証」(研究代表者: 上林宏敏京都大学准教授)の助成を受けた。記して謝意を示す。

【参考文献】1) 上林ほか: 地震学会秋季大会, 2011. 2) Uebayashi et al.: *GJI*, 189, 1060-1074, 2012. 3) Arai and Tokimatsu: *BSSA*, 94(1), 53-63, 2004.

\*1 国土技術政策総合研究所 建築研究部 主任研究官・博士(工学)  
\*2 京都大学 原子炉実験所 准教授・博士(工学)

\*1 Senior Researcher, Building Dept., NILIM, Dr. Eng.  
\*2 Assoc. Prof., Research Reactor Institute, Kyoto Univ., Dr. Eng.