

強震動予測のための微動と地震動を用いた京都盆地速度構造モデルの同定に関する研究
 Identification of the velocity structure model of Kyoto Basin for strong motion prediction
 using observed earthquake and microtremor motions

○吹原 慧・松島信一・川瀬 博

○Kei FUKIHARA、 Shinichi MATSUSHIMA、 Hiroshi KAWASE、

It is essential to evaluate the underground structure properly in urban areas to avoid large-scale damage. In this study, we observed earthquake and microtremor motions in Kyoto Basin where detailed geological information is not enough. We calculated H/V spectral ratios from observed earthquake and microtremor data, and compared that and H/V spectral ratio calculated theoretically from our initial model. For each observation site, we searched for the better 1-D structures based on predominant frequencies and amplitudes of H/V spectral ratios. As a result, we identified the modified ground structures for each observation site.

1. はじめに

地表に到達する地震動は、地下構造の基盤はもとより堆積層の影響を大きく受けることは周知である。本研究で対象とする京都盆地には、堆積層の上に大規模な市街地が広がっているため、その地下構造を把握することは重要である。京都盆地速度構造モデルの同定を行うにあたり、防災研究所が京都市各所の消防署に設置している地震計と、京都市内の K-NET, KiK-net の地表観測点で得られたデータを用いた (Fig. 1)。各地震動観測点の H/V スペクトル比 (HVR) を算出し、そのデータを基にハイブリッドヒューリスティック探索 (HHS) (山中, 2007) によって、観測点直下の地下構造の同定を行った。また、得られた観測点直下の地下構造モデルを面的に拡張するため、京都市内の計 32 地点において、常時微動観測を行った。

2. 地震動観測結果

Fig. 2 に各観測点で観測された HVR を示す。ここでの HVR は、NS/UD と EW/UD の自乗和平均平方根 (RMS) を使用している。HVR に関するデータ処理では、各観測点において過去地震 40 波を対象とし、S 波立ち上がり以降 21 秒間のデータを切り出して用いている。Fig. 2 から分かるように、各観測点においてそれぞれ特徴的な一次ピークがみられた。

Fig. 3 に左京から K-NET 久御山 (KYTH07) にかけて南北に結ばれる観測点の HVR における共振振動数の分布を示す。一次共振振動は、北から南に

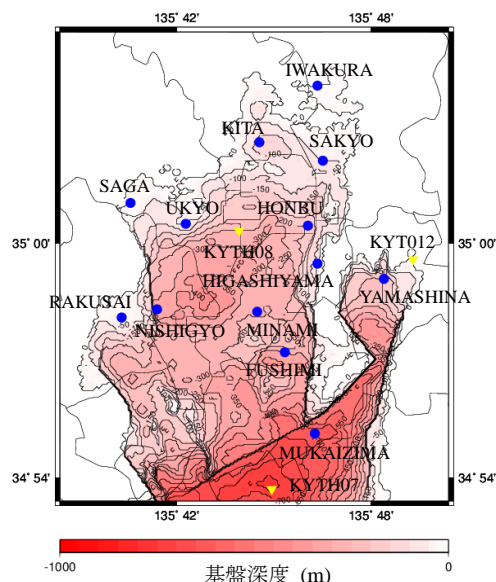


Fig. 1 Strong motion observation sites

● Fire stations ▼ K-NET, KiK-net

向かって徐々に低くなっており、この結果から、深部地盤は北から南にかけて徐々に深くなっていることが確認できる。

3. 地震動観測点における地盤構造の同定

ハイブリッドヒューリスティック探索 (HHS) では各層の層厚 H と S 波速度 V_s を探索変数とし、以下の式で表わされる、観測 HVR と地盤構造モデルから得られる理論 HVR の残差二乗和 R が最少となるように修正地盤構造モデルを同定した。

$$Misfit = \sum_{i=1}^N \frac{(HVR_i^{obs} - HVR_i^{theory})^2}{f_i^{obs}} \quad (1)$$

ここで R は残差, f は振動数であり, 理論 HVR を求める過程では, Kawase et al. (2011) によって展開された理論 HVR 計算手法を用いた. 初期地盤構造モデルとして, 浅部地盤には, PS 検層が実施されている地点はその値を用い, その他の地点では N 値, 深度, 土質区分から S 波速度を算出する, 太田・後藤(1978)の推定式を利用した. 深部地盤には, J-SHIS 深部地盤構造モデルに修正を加えたものを用いた. 修正方法としては, 既存の京都府地震被害想定計算用モデルを利用して, $1/4$ 波長則に基づき, 両モデルの基盤深度と基盤到達前の S 波速度の比の比較を行うことで, J-SHIS 深部地盤構造モデルの層厚を修正した.

同定に関しては, 深部地盤の最深層 ($V_s = 3100\text{m/s}$) は固定し, その他の深部地盤の層に関しては, S 波速度, 層厚ともに初期値 $\pm 25\%$ の範囲で探索を行う. 浅部地盤では, PS 検層データを用いているものは, S 波速度, 層厚ともに初期値 $\pm 25\%$ の範囲で探索を行い, 太田・後藤の推定式を用いて算出したものに対しては, S 波速度, 層厚ともに初期値 $\pm 50\%$ の範囲で探索を行った. Fig. 4 に, 例として向島消防署における HHS による, S 波速度構造の同定結果を示す.

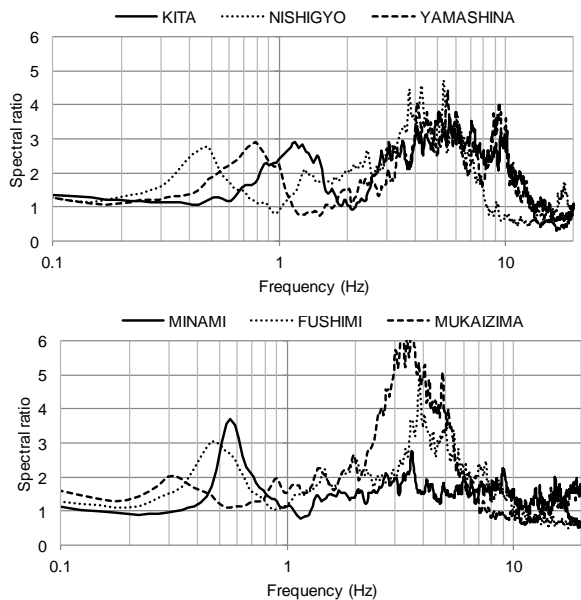


Fig. 2 Observed HVRs for each site

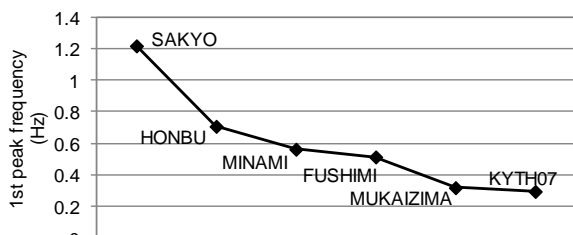


Fig. 3 First peak frequency

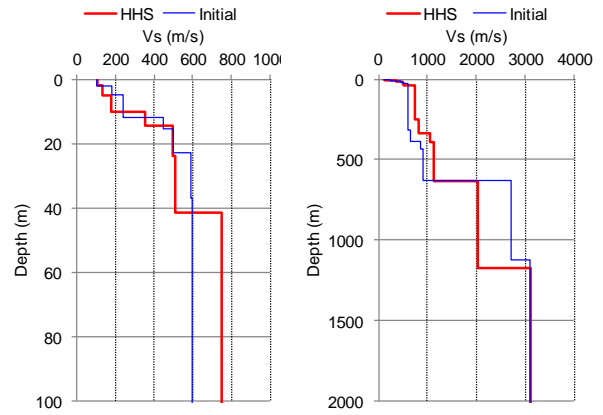


Fig. 4 S wave velocity structure at Mukaijima (left:shallow part, right:deeper part)

4. 常時微動観測

京都市内の計 32 地点で常時微動観測を行った. 測線については, 測線が複数の地震動観測点上を通るように選定し, 各観測点の間隔は約 1km とした. Fig. 5 に, 観測微動 HVR の一次ピーク周波数とその振幅の分布を示す. 京都市の北部と南部に大きな違いがみられ, 一次ピーク周波数, 一次ピーク振幅ともに, 南部が大きい値となった.

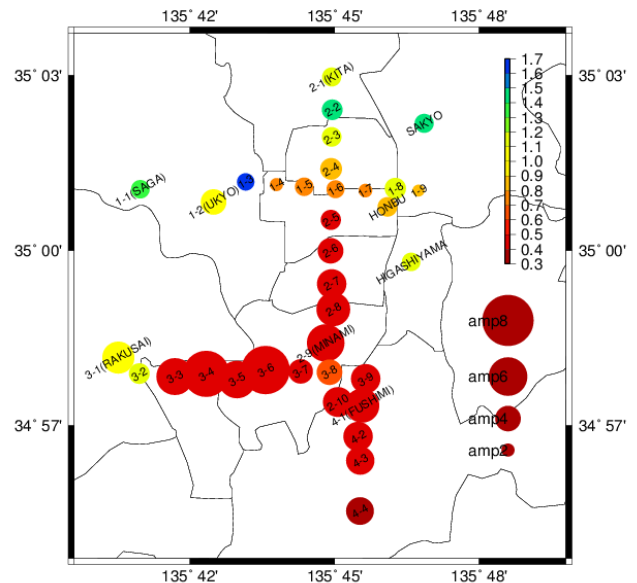


Fig. 5 First peak frequency and its amplitude of microtremors

参考文献

- 山中浩明 (2007) : ハイブリッドヒューリスティック探索による位相速度の逆解析, 物理探査, 第 60 巻, 第 3 号, pp. 265-275
- 太田裕・後藤典俊 (1978) : 横波速度を推定するための実験式とその物理的背景, 物理探査, 第 31 巻, 第 1 号, pp. 8-17
- Kawase, H., F. J. Sánchez-Sesma, S. Matsushima (2011) : The Optimal Use of Horizontal-to-Vertical Spectral Ratios of Earthquake Motions for Velocity Inversions Based on Diffuse-Field Theory for Plane Waves, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 101, No. 5, pp. 2001-2014