

微動の移動 1 点観測から推定した静岡市清水の 3 次元基盤構造

正会員 ○新井 洋*
同 野津 厚**

静岡市清水 微動 H/V スペクトル
逆解析 基盤構造 想定東海地震

1. はじめに

静岡市清水は、想定東海地震の震源域近傍に位置する産業都市であり、地震災害リスクが極めて高い地域の一つである。この地域では、地震基盤が浅いサイト特性が場所によって大きく異なることが指摘されている¹⁾。このため、この地域の地震防災を考える上で、地震基盤までの地盤の S 波速度構造を 3 次元的に把握することが必須である。山口ら²⁾は、この地域において微動のアレイ観測および重力観測を行い、3 次元基盤構造を推定している。しかし、地盤を 2 層構造に仮定しているため、得られた基盤構造には不確定な部分もあると考えられる。そこで本研究では、さらに微動の移動 1 点観測を行って H/V スペクトル³⁾を求め、その逆解析から各観測点直下の S 波速度構造を推定し、これに基づいて 3 次元基盤構造モデルを構築する。

2. 微動の移動 1 点観測および H/V スペクトル

微動観測は、図 1 に●印で示す 125 地点において、主として日中に行った。観測では、固有周期 5 秒の 3 成分速度計を用いた。観測波形は増幅後、サンプリング周波数 100Hz で A/D 変換 (24bit) し、ノートパソコンに記録した。記録波形が定常性を保っていると考えられる区間を選び、各成分 40.96 秒のデータセットを 12-24 個程度作成して、以後の解析に用いた。

各観測点において、得られた 3 成分微動データから、時松・新井⁴⁾と同様の方法により H/V スペクトルを求めた。図 2 に、観測点 A1-A5 および B1-B5 (図 1) で得られた微動の H/V スペクトルを実線で示す。図から、微動 H/V スペクトルは観測

点の位置によって大きく異なっている。山側の観測点 (A1, B1) では H/V スペクトルに周期特性は認められないが、それよりも南東側の平野部および海沿いの埋立地あるいは三保半島の観測点 (A2-A5, B2-B5) では H/V スペクトルにピークが認められる。H/V スペクトルのピーク周期は、東名高速道路から静清バイパスの間付近では 1 秒未満であるが、海側に向かって長くなり、JR 線付近では 1 秒程度、それよりも東側の埋立地

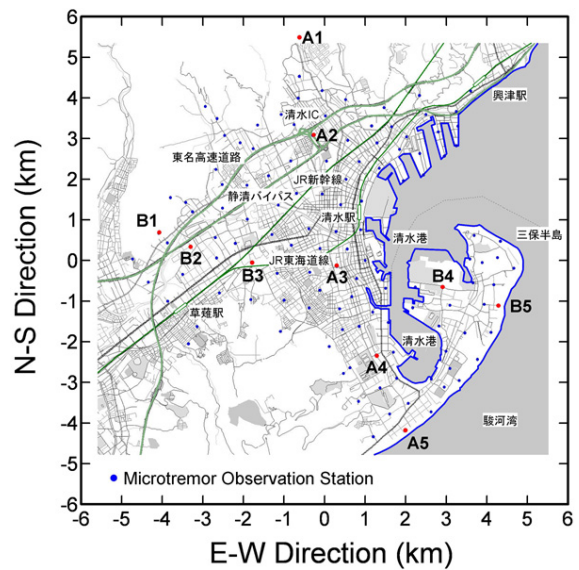


図 1 静岡市清水における微動観測点

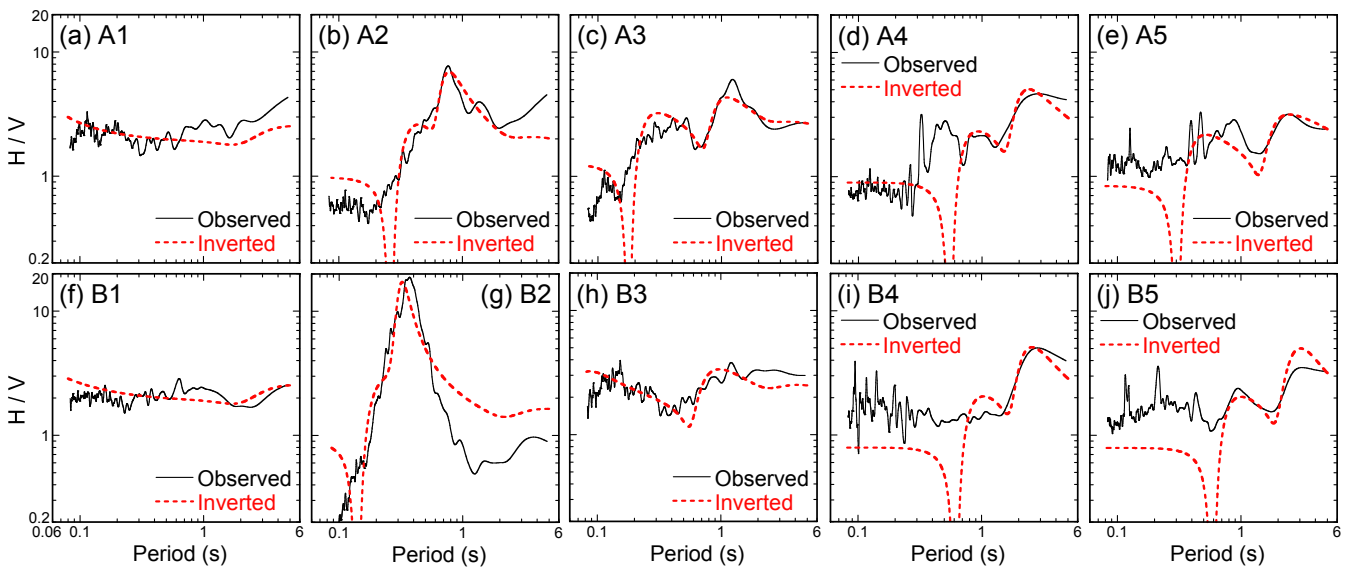


図 2 微動および表面波の H/V スペクトルの比較

および南側の平野部あるいは三保半島では2-3秒程度となっている。ただし、これらの観測点では、H/V スペクトルのピークが明瞭でない場合が多い（観測点 A4-A5, B3-B5）。

3. 微動 H/V スペクトルの逆解析に基づく基盤構造の推定

観測点 A3-A4 および B4-B5 付近では、微動のアレイ観測から深度 2km 程度までの地盤の S 波速度 (V_S) 構造が推定されている²⁾。その地盤層序（表 1）を参考に、各観測点で得られた微動の H/V スペクトルを表面波によるものと考え、逆解析⁵⁾を行って、第 1 層および第 2 層の堆積層厚 H_1 および H_2 （表 1）を推定した。この際、 H_1 , H_2 以外のパラメータは表 1 の値で固定した。また、深い層ほど V_S の値が大きくなる地盤構造であることから、卓越する表面波としてレイリー波およびラブ波の基本モードを仮定した。なお、レイリー波/ラブ波振幅比の値は、逆解析における理論と観測との残差が最小となるよう、既往の研究⁴⁾を参考に、0.4-1 程度の範囲で変動させた。

図 3 に、各観測点で推定された地震基盤 ($V_S \geq 2\text{km/s}$) までの深さ (H_1+H_2) の位置的变化を濃淡で示す。図 2 の破線は、観測点 A1-A5 および B1-B5 で推定された地盤構造に対応する表面波の H/V スペクトル^{4), 5)}である。いずれの観測点でも、理論 H/V は観測 H/V と全体的には良く対応しており、推定された基盤構造モデル（図 3）の妥当性が示唆される。

図 3 において、北西側の山地では基盤がほぼ露頭しているが、それよりも南東側の平野部および海沿いの埋立地あるいは三保半島では、厚さ 100-800m 程度の堆積層に覆われている。堆積層の厚さは、東名高速道路から JR 線の間付近では 100-300m 程度の範囲で複雑に変化しているが、それよりも海側に向かって増大しており、JR 線付近よりも東側の埋立地では 300-400m 程度、南側の平野部では 300-600m 程度、三保半島では 600-800m 程度と推定される。また、三保半島の観測点 B4-B5 付近を中心として基盤の凹みがあるように見える。推定された基盤深度は、山口ら²⁾の結果に比べて最深部で 50-100m 程度浅いが、両者の 3 次元的構造は概ね整合している。

図 4 に、各観測点における微動 H/V スペクトルのピーク周期 T_P (s) と推定基盤深度 D_B (m) との関係を示す。図から、全体的には、 T_P の値が大きいかほど D_B の値も大きくなる傾向が認められる。そこで、 $D_B = C \cdot T_P$ (C は定数) の関係を仮定すると、概ね $C = 180-300$ 程度となる。このことは、既往の研究事例において多くの指摘があるように、この地域においても、微動 H/V スペクトルのピーク周期から基盤深度の概略値を推定できる可能性を示している。なお、図 2 において、H/V スペクトルの絶対値やピーク周期の値について、理論と観測との適合度合いが不十分な場合も認められ、推定基盤構造モデルには改善の余地がある可能性も考えられる。今後の課題としたい。

4. まとめ

想定東海地震の震源域に近い静岡市清水において微動の移動 1 点観測を行い、その H/V スペクトルの逆解析から、基盤構造を 3 次元的に推定した。得られた基盤構造モデルは、重力異常から推定された結果と概ね調和的であった。

表 1 微動アレイ観測に基づく地盤構造モデル²⁾

Layer No.	Thickness (m)	Density (t/m^3)	V_P (m/s)	V_S (m/s)
1	H_1	1.8	1800	400
2	H_2	2.1	1900	900
3	1500	2.3	3400	2000
4	∞	2.5	5000	3000

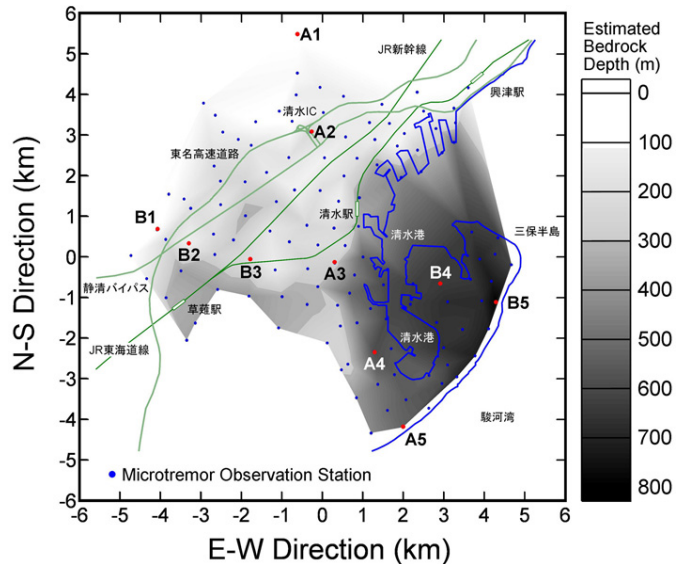


図 3 推定された 3 次元基盤構造

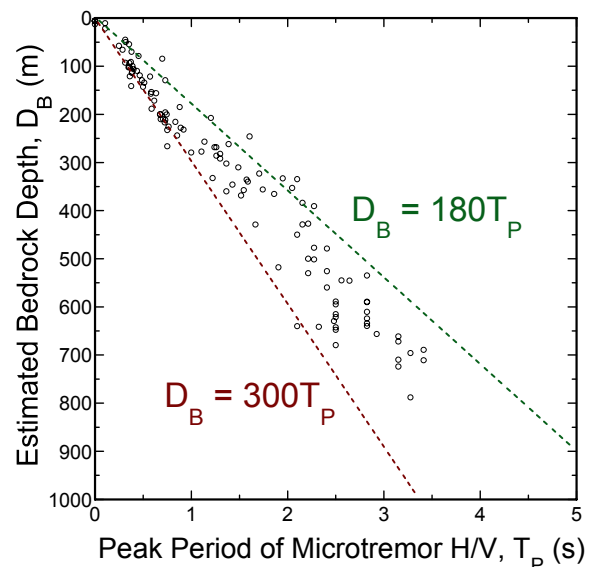


図 4 微動 H/V スペクトルのピーク周期と推定基盤深度との関係

謝辞：微動観測では、盛川仁助教授（東京工業大学）、山田雅行氏（ニュージェック）、Nelson Pulido 氏および長谷川浩一氏（防災科学技術研究所）の協力を得た。記して謝意を示す。

【参考文献】1) 野津：地震工学会大会，特 54-55, 2003. 2) 山口ほか：地震工学会大会，450-451, 2005. 3) 中村・上野：第 7 回日本地震工学シンポジウム，265-270, 1986. 4) 時松・新井：建築学会構造系論文集，511, 69-75, 1998. 5) Arai and Tokimatsu: BSSA, 94(1), 53-63, 2004.

* 防災科学技術研究所 研究員・工博

** 港湾空港技術研究所 主任研究官・工博

* Research Engineer, NIED, Dr. Eng.

** Senior Research Engineer, PARI, Dr. Eng.