

邑知潟平野の地盤構造推定とそれを用いた強震動予測に関する研究
 A Study on the Subsurface Structure and Estimated Strong Ground Motion of the Ochigata Plain

○中山智貴・松島信一

○Tomoki NAKAYAMA、 Shinichi MATSUSHIMA

The objective of this study is to estimate the strong ground motion of the Ochigata Plain, which is located adjacent to the Ochigata Fault Zone in Ishikawa Prefecture, Japan. Microtremor observation was conducted in the Ochigata plain to investigate the subsurface structure. The subsurface velocity structure was estimated using observed microtremor data of arrays and single-station points. The velocity model that will be the basis of estimating the subsurface structure of the whole plain is constructed from the array data. The single-station points were deployed along survey lines crossing the plain and along the plain. The velocity structure at the single-station points were estimated from the peak frequency of the microtremor Horizontal-to-Vertical spectral ratios (MHVRs). In addition, directional dependence of MHVRs seen in the observed MHVRs was used to estimate the shape of the basin boundary. The estimated subsurface structure will be used to estimate the strong ground motion.

1. はじめに

邑知潟平野は石川県中部に位置する邑知潟断層帯に接する平野であり、地震調査研究推進本部¹⁾によると、邑知潟断層帯は今後30年の地震発生確率が日本の主な断層帯の中ではやや高いグループに属しており、その規模は最大で気象庁マグニチュード7.6程度と推定されている。今後発生するこのような地震による被害予測やそれを考慮した対策のためには、地震動の適切な推定に不可欠な地盤増幅特性を評価することが重要であり、そのためには地盤構造を推定する必要がある。また、断層近傍に平野がある場合は、盆地端部での増幅的干渉効果により、大きな地震動となる可能性がある。既往の研究では、浅野ら²⁾によって邑知潟平野を縦断する1測線の常時微動観測が行われ、地下構造の推定がなされている。本研究では邑知潟平野を対象地域として常時微動観測を行い、その結果に基づいて地盤の速度構造や盆地端部形状の推定を試みた。

2. 常時微動観測

邑知潟平野の地盤構造を推定するため、図1に示す地点において常時微動観測を行い、3地点で常時微動アレイ観測を行った。アレイ半径はLLL: 400m、LL: 135m、L: 45m、M: 15m、S: 5m、SS: 1.5m、SSS: 0.5mの7サイズとし、LL~Mは60分、S~SSSは30分の同時観測とした。また、盆地を横切

る方向に測線01~07の7測線を、盆地に沿う方向に測線08の1測線を設定し、計99地点で独立した30分の常時微動単点観測を行った。さらに、南東側の山中でも同様に14地点の単点観測を行った。

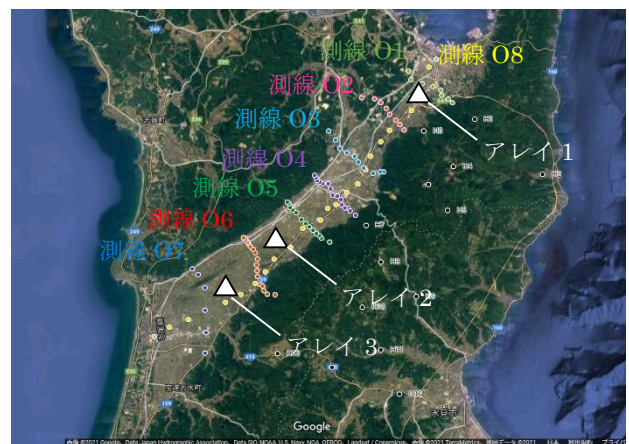


図1 邑知潟平野における観測点配置図
 (Google Mapに加筆)

3. 解析手法と解析結果

常時微動アレイ解析には微動解析プログラムBIDO³⁾を用い、全アレイサイズのRayleigh波位相速度分散曲線を求めた。そして各アレイサイズに応じた周波数帯を接続したものを最終的なRayleigh波位相分散曲線とみなした。

常時微動単点観測点での解析は以下の手順で行った。まず、観測によって得られた30分間の加

速度時刻歴データを 50%オーバーラップさせ、40.96 秒の小区間に切り出す。次に、切り出した各小区間で NS、EW、UD 成分のフーリエスペクトルを計算し、NS/UD、EW/UD の微動フーリエスペクトル比 (MHVR) を算出する。算出された小区間ごとのスペクトル比の平均を各地点の MHVR とした。ただし交通振動などのノイズの影響を取り除くため、ノイズの大きい区間を 30~80%除外している。

4. 地盤構造の推定

防災科学技術研究所の強震観測網 (K-NET) ⁴⁾ の K-NET七尾 (ISK007) と K-NET羽咋 (ISK008) の土質データおよび地震ハザードステーション (J-SHIS) ⁵⁾ の深部地盤データを参考に全地点共通の層構造の物性値を定めた。

次に、アレイ観測地点で観測された MHVR と位相速度分散曲線に理論値が近づくように各層の層厚を合わせ、それを推定モデルとした。理論 MHVR の計算には Sánchez-Sesma ら ⁶⁾ により開発された拡散波動場理論に基づいた理論 MHVR を計算するプログラムを用い、理論位相速度分散曲線の計算には成層地盤におけるグリーン関数及び正規モード解を計算する Fortran プログラム ⁷⁾ を用いた。

そして、アレイ地点での推定モデルを基準とし、単点微動観測点において理論 MHVR が観測 MHVR に近づくように層厚を決め、地盤構造を推定した。

5. MHVR の方位依存係数

Matsushima ら ⁸⁾ により提案されている方位依存係数を方位 θ ごとに計算する以下の式を用い、座標軸を 5 度ずつ回転し、それぞれの方位 θ での MHVR から方位依存係数 $\gamma(\theta)$ を計算することで、単点微動観測点での MHVR の方位依存性と盆地端部の構造との関係について検討を行った。振動数範囲は 1 次ピークを対象として観測点ごとに $f_1=0.08 \sim 0.35$ Hz、 $f_2=0.40 \sim 0.90$ Hz とした。

$$\gamma(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{f_i}^f \sqrt{\frac{\text{abs}\{(H_1(NS + \theta)(f)/V(f))^2 - (H_2(EW + \theta)(f)/V(f))^2\}}{\{\min(H_1(NS + \theta)(f)/V(f), H_2(EW + \theta)(f)/V(f))\}^2}} \quad (1)$$

その結果、盆地端部に直交する方位で方位依存係数が最も大きくなるのがわかり、いずれも盆地境界に並行する成分の方が MHVR の振幅が大きい。このことから、MHVR に見られる方位依存性は盆地端部の方向と関係していることが示唆された。

6. まとめ

邑知潟平野の地下構造を調べ、盆地端部における地盤の不整形性を把握するために、常時微動観測を行った。Vs=1100m/s 下面深さに着目すると、北東から南西に向かうほどゆるやかに深くなっていく構造であることが分かった。また、測線 04 より南西では、南東に向かうにつれて深くなっていく構造であることが分かった。平野北西端と平野南東の山中で盆地端部の構造を推定することができた。さらに、MHVR の方位依存係数により盆地端部の形状が推定できた。推定した地下構造と盆地端部の形状を用いて、強震動シミュレーションを実施し、邑知潟平野における地震動強さを推定する。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：邑知潟断層帯の長期評価について，2005，https://www.jishin.go.jp/main/chousa/05mar_ouchigata/index.htm.
- 2) 浅野公之，岩田知孝，宮腰研，大堀道広：微動アレイ観測と単点微動観測による加賀平野南部及び邑知潟平野の堆積平野速度構造モデルの検討，日本地震工学会論文集 第 15 巻，第 7 号，2015
- 3) Tada, T., I. Cho, and Y. Shinozaki : Analysis of Love-wave components in microtremors, Joint Conference Proceedings, 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE) & 5th International Conference on Earthquake Engineering (5ICEE), Center for Urban Earthquake Engineering, Tokyo Institute of Technology, pp.115-124, 2010.3.
- 4) 防災科学技術研究所：K-NET, KiK-net, <https://www.doi.org/10.17598/NIED.0004>.
- 5) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>.
- 6) Sánchez-Sesma, F. J., M. Rodríguez, U. Iturrarán-Viveros, F. Luzón, M. Campillo, L. Margerin, A. García-Jerez, M. Suarez, M. A. Santoyo, A. Rodríguez-Castellanos: A theory for microtremor H/V spectral ratio: application for a layered medium, Geophysical Journal International Express Letter, Vol. 185, Issue 1, pp.221-225, 2011.5., <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05064.x>.
- 7) Hisada, Y.: An efficient method for computing Green's functions for a layered half-space with sources and receivers at close depths (part 2), Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, No. 4, pp.1080-1093, 1995.8.
- 8) Matsushima, S., Kosaka, H. and Kawase, H.: Directionally dependent horizontal-to-vertical spectral ratios of microtremors at Onahama, Fukushima, Japan, Earth, Planets and Space, 2017, 69: 96, DOI 10.1186/s40623-017-0680-9