

強震観測記録のスペクトル分離解析で得られた日本全国の S 波サイト増幅特性の分布 Distribution of S-wave Site Amplification Factors in Japan from Generalized Spectral Inversion

○川瀬博・仲野健一・伊藤恵理・長嶋史明
○Hiroshi KAWASE・Kenichi NAKANO・Eri ITO・Fumiaki Nagashima

We use the generalized spectral inversion technique for the strong motion data in Japan to separate source, path, and site terms in the frequency range from 0.12 Hz to 15 Hz. This study focuses on the spatial distribution of the horizontal site amplification factors (HSAF) of the S-wave part from the seismological bedrock. We had never seen their spatial distribution with the current density of strong motion stations. We plot a gross picture of the separated HSAF throughout Japan for 2600 sites of K-NET and KiK-net by NIED, JMA network, and CEORKA network. In general, the amplification in the east of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic line tend to be higher than those in the west. This should be interpreted in the consequence of the tectonic structural difference, rather than the local site amplification phenomena. We also plot the theoretical HSAF from the JIVSM structure for comparison.

1. はじめに

我々は、0.12Hz から 15Hz までの周波数範囲を対象に、Andrews (1986)によって提案された一般化スペクトル・インバージョン手法(GIT)を日本の強震観測波形のフーリエ・スペクトルに適用してきた(Nakano et al., 2015; 仲野・他, 2019)。その結果、震源特性は ω^{-2} の特性を示すこと、伝播経路特性は火山フロントの前後で異なるが既往研究と類似の特性を示すこと、サイト特性も既往研究結果と対応した結果が得られることを報告している。ここでは岩盤上の観測点 YMGH01 の記録からその地下構造を同定して影響を取り除き、地震基盤露頭波に換算して基準として用いている。その結果、得られるサイト特性は S 波速度 $V_s=3,450$ m/s 相当の地震基盤に対する相対的な値となっている。

本研究では、S 波部分(S 波到着から 5~15 秒間)から分離した水平動サイト増幅率(HSAF)の空間分布に着目する。HSAF の個々の観測点での周波数特性は大きく変動することが知られているが、その低周波数帯域の HSAF は、同じ堆積盆地内に位置する近傍地点の HSAF と類似していることも知られている。そのため、多くの既往研究が HSAF を推定することを目的として、表面からある深さ xx m までの平均 S 波速度、 $V_{sxx}(V_{s30}$ など)や、ある S 波速度 $y.y$ km/s に達するまでの深さ $Z_{y.y}(Z_{1.0}$ など)のサイトを代表する指標を用いて HSAF を経験的に表現しようと努力してきた。しかし、これらの指標を用いて HSAF を近似する前に、その

空間分布をありのまま見る必要がある。そこで、NIED による K-NET と KiK-net のデータ、気象庁の震度計ネットワーク、関西の CEORKA ネットワークの計 2600 サイトについて、分離 HSAF を GMT (Smith and Wessel, 1990)を用いて補間し、日本全国の HSAF の全体像を周波数毎に図化した。

2. 解析手法・解析データ

用いた GIT について概説する。地表面で観測される地震動のフーリエ・スペクトルを $F(f)$ とし、その震源特性を $S(f)$ 、伝播特性を $P(f)$ 、サイト特性を $G(f)$ とすると分離式は式(1)で表される。

$$F(f) = S(f) \cdot P(f) \cdot G(f) \quad (1)$$

伝播特性については地域依存と地震タイプ依存を仮定する。地震タイプはプレート境界地震、プレート内地震、内陸地殻内地震の 3 つに分けているが、サイト特性は共通と仮定している。

用いたのは JMA87 型、JMA95 型、K-NET・KiK-net、および CEORKA の強震記録で 1988 年 8 月~2016 年 12 月のデータのうち、 $M_{JMA} \geq 4.5$ 、震源深さ ≤ 60 km、震源距離 ≤ 200 km、下限最大加速度 ≥ 0.2 cm/s²、上限最大加速度 ≤ 200 cm/s²、同一地震地点数 ≥ 3 の条件に合う加速度波形を選択して解析に用いた (CEORKA の観測波形は速度波形なので数値微分で加速度波形に変換)。

3. 結果

図 1 は、S 波速度 3.45km/s の地震学的岩盤から

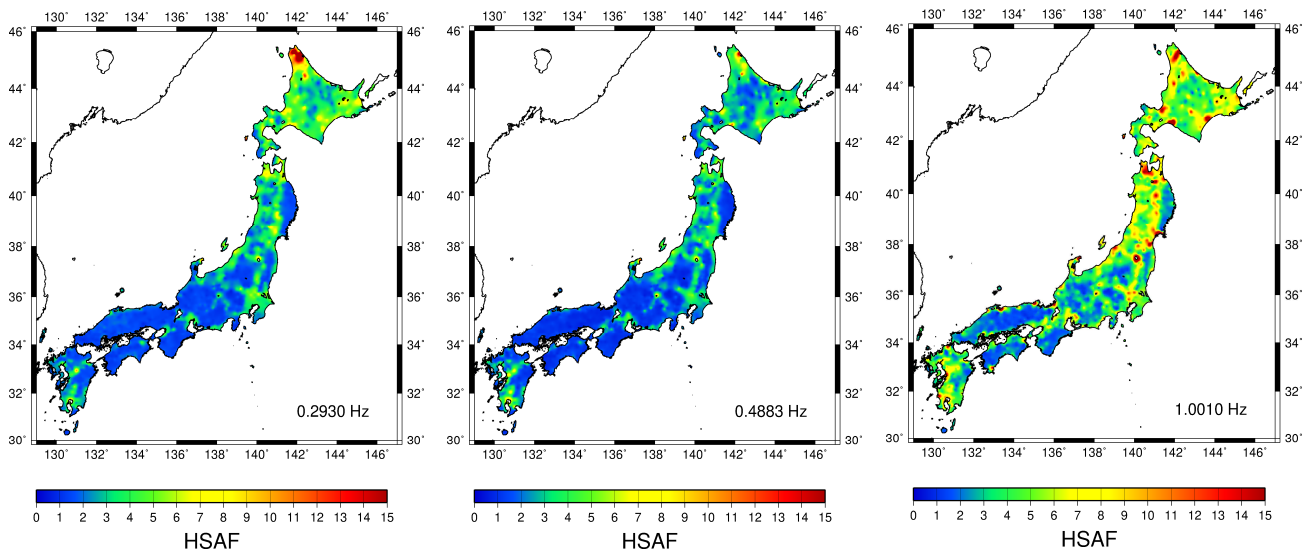


図1 観測フーリエ・スペクトルから分離した地震基盤からの観測水平動サイト特性 HSAF (左から 0.293 Hz、0.4883 Hz、1.001Hz)

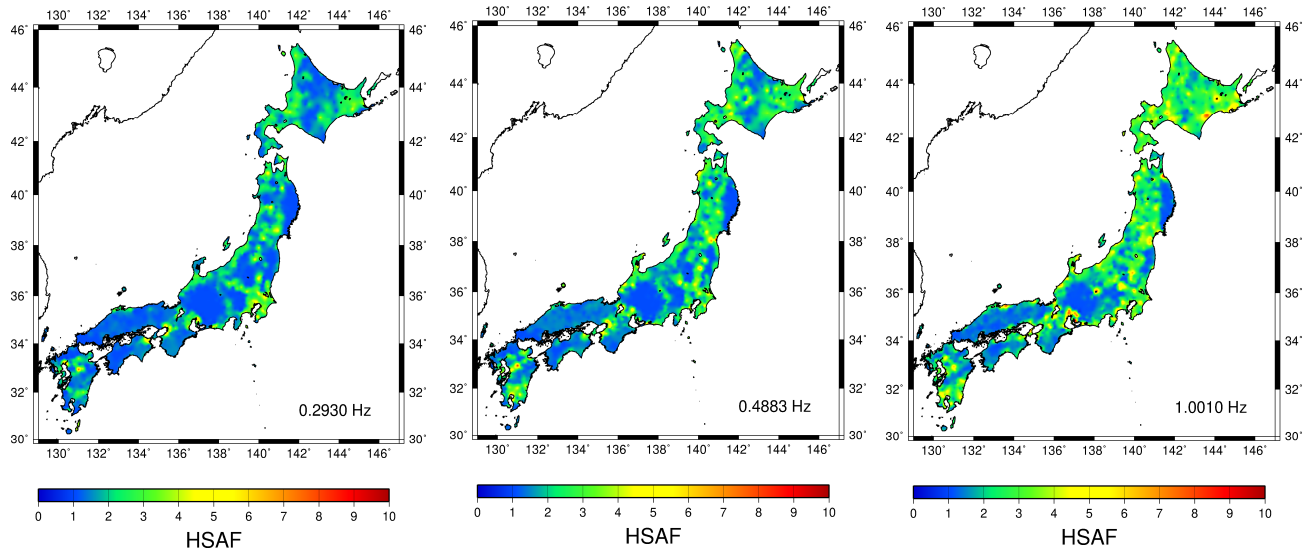


図2 地震本部の JIVSM の深部地盤構造と各観測点の PS 検層結果から K-NET・KiK-net 観測点サイトのみに計算した S 波の理論水平動サイト特性 HSAF (左から 0.293 Hz、0.4883 Hz、1.001Hz)

地表面までの HSAF の振幅を 0.3 Hz、0.5Hz、1Hz に対して示したものである。関東・大阪・濃尾・勇払・熊本平野など大都市の立地する大規模な堆積盆地では、大きな増幅が生じていることがわかる。糸魚川-静岡構造線の東側では、その西側に比べて増幅が低い振動数から大きい傾向がある。これは、局所的なサイト増幅現象によるというよりも、構造的な違いの結果として解釈されるべきである。図 2 には地震本部の JIVSM の深部構造に PS-検層結果を組み合わせ計算した S 波の理論 HSAF を図化した。空間的特徴はよく再現できているものの過小評価となっていることがわかる。

4. おわりに

GIT で分離した HSAF を単純に空間補間して図

化したことにより、地震基盤からの水平動サイト増幅率は深い地下構造の影響を強く受けていることを証明することができた。

参考文献

- Andrews, D.J.: Objective determination of source parameters and similarity of earthquakes of different size, *Earthquake Source Mechanics*, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1986.
- Nakano, K., Kawase, H., and Matsushima, S.: Statistical properties of strong ground motions from the generalized spectral inversion of data observed by K - NET, KiK - net, and the JMA shindoeki network in Japan, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, Vol. 105, No. 5, pp. 2662–2680, 2015.
- 仲野健一, 川瀬博, 松島信一: 1988 年から 2016 年までに観測された強震記録から分離したサイト特性に関する研究, *日本地震工学会論文集*, Vol. 19, No. 2, pp. 282–300, 2019.
- Smith, F.H.W. and Wessel P.: Gridding with continuous curvature splines in tension, *GEOPHYSICS*, Vol. 55, Issue 3, 1990.

