

観測記録の擬似速度応答スペクトルとフーリエ・スペクトルの分離解析から得られた
サイト特性の比較

Comparison of Site Amplification Factors from Pseudo-Velocity Response Spectra and
Fourier Spectra of Observed Ground Motions

○川瀬博・仲野健一・伊藤恵理

○Hiroshi KAWASE・Kenichi NAKANO・Eri ITO

In the development of direct evaluation scheme of ground motions for a large earthquakes Ground Motion Prediction Equations or simply attenuation functions have been used for a long time. On the other hand, quantitative prediction of whole ground motions based on the physics-based modeling, we need to use Fourier Spectra that can capture the effect of the duration. We investigated the similarity and difference between the pseudo velocity response spectra and Fourier spectra of ground motions in Japan. It turned out that they are basically very similar to each other, with the exception in the high frequency range. This is so because we only use S-wave part of the ground motions.

1. はじめに

我々は強震観測データ（加速度波形）を使った一般化スペクトル分離(GIT)解析により、震源・伝播経路・サイトの3特性を分離し、その性質について分析するとともに、それをを用いた予測波形の生成に取り組んできた(仲野・川瀬, 2021)。これまでは統計的グリーン関数として利用するため、もっぱらフーリエ・スペクトル（振幅 FAS と位相 Tgr）に対して解析してきたが、工学の世界では以前から距離減衰式 GMPE としてパラメトリックな（＝それぞれのスペクトル形状が予め決められている）回帰分析が多数実施されてきており、そこで得られている各特性との比較は興味深い。

その点に関して、最近になって FAS と応答スペクトルとの直接比較を試みた論文がいくつか報告されている(e.g., Bindi et al., 2017; Montejo and Vodot-Vega, 2017)。しかしこれらの海外の研究事例では加速度応答スペクトル SA、あるいは変位応答スペクトル SD から換算した擬似加速度応答スペクトル pSa を使ったものがほとんどである。これは単に比較対象としているものが加速度フーリエ・スペクトルであり、それに対応するのは加速度応答スペクトルであるとの思い込みによるものと考えられる。しかし応答スペクトルの開発と応用の初期段階から、FAS は振動終了時の 0% ダンピングの速度応答スペクトルに一致することは知られていた(e.g., Hundson, 1962)。

そこで本報告では日本ではよく用いられている

SA から換算した擬似速度応答スペクトル pSv を比較の対象とし、FAS の場合と全く同じように GIT 解析を行い、震源・伝播経路・サイトの3特性に分離し、そのうちのサイト特性について個別の特性と平均的特性について検討したので報告する。ただし、今回は比較対象をマグニチュードにより 5 秒から 15 秒という比較的短い継続時間に限定した S 波部のみとする。

2. FAS と pSv によるサイト特性

まず個々のサイト特性を比較する。図1にはFASで分離したサイト特性の例と全地点の平均値および平均±1標準偏差を示す。

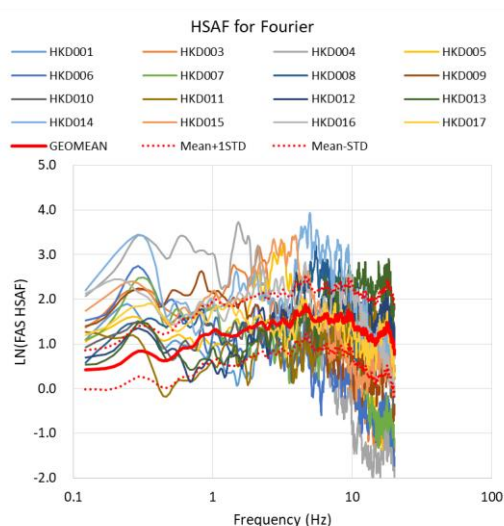


図1 分離した FAS のサイト特性（自然対数）

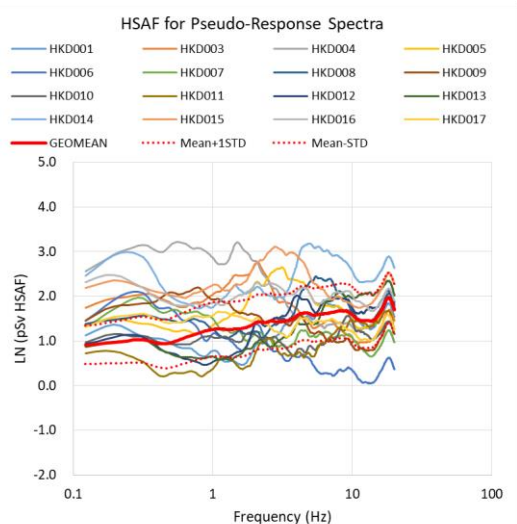


図2 分離した pSv のサイト特性 (自然対数)

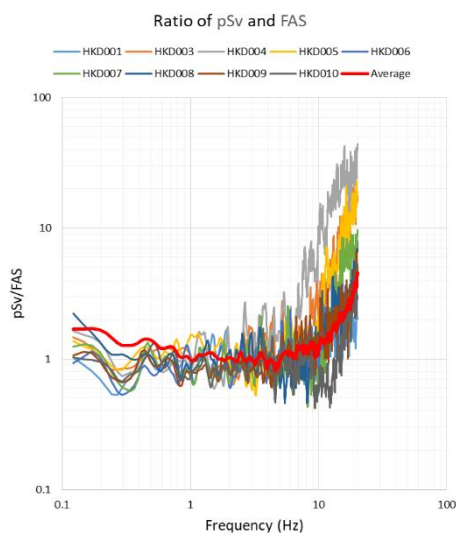


図3 個別サイトの pSv/FAS の比とその平均値

図2には同様に pSv で分離したサイト特性の例と全地点の平均値および平均±1 標準偏差を示す。明らかに FAS のサイト特性の方が、周波数変動が激しく、特に高振動数域で大きな変動が生じていることがわかる。図3は pSv と FAS の比をプロットしたもので 0.1~10Hz まではほぼ 1 であり、10Hz 以上だけで有意な差が生じていることがわかる。

しかし全地点の平均と標準偏差を見てみると、図4に示したように両者には大きな差はみられない。図1から想像されるように、高振動数域では FAS のばらつきは pSv のそれより有意に大きい。なお 15Hz 以上に見られる小さなピークは基準としたレファレンス観測点の剥ぎ取り補正が過大なことで生じたもので真の増幅ではない。

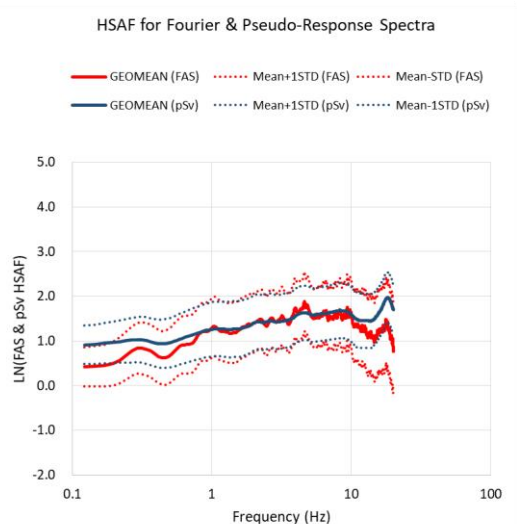


図4 FAS (赤) と pSV (青) から求めた全地点のサイト特性の平均と平均±1 標準偏差

3. まとめ

全く同じ解析手法を用いて観測強震記録の FAS と pSv からサイト特性を分離して比較した。高振動数域以外は想定していた以上に両者は類似していることがわかった。

参考文献

- Bindi, D, Spallarossa D, Pacor F (2017) Between-event and between-station variability observed in the Fourier and response spectra domains: comparison with seismological models, *Geophysical Journal International* 210:1092–1104, doi:10.1093/gji/ggx217.
- Hudson D E (1962) Some problems in the application of spectrum techniques to strong-motion earthquake analysis, *Bull Seism Soc Am* 52(2):417–430, doi:10.1785/BSSA0520020417.
- Montejo L A, Vidot-Vega A. L. (2017) An empirical relationship between Fourier and response spectra using spectrum-compatible times series. *Earthquake Spectra* 33(1):179–199, doi:10.1193/060316eqs089m.
- 仲野健一, 川瀬博: 経験的に得られたフーリエ振幅・経時特性モデルに基づく統計的グリーン関数を用いた強震動予測手法の提案と適用性の検証, *日本地震工学会論文集*, 第 21 巻, 第 2 号, 130-153, 2021.5 doi: 10.5610/jae.21.2_130.