

1923 年関東地震の大被害地域における微動観測データに基づくサイト増幅特性の評価  
 Evaluation of site amplification factors using microtremor observation data  
 in the heavily damaged area of the 1923 Kanto Earthquake

○伊藤恵理・孫紀凱・王自謙・川瀬博

○Eri ITO, Jikai SUN, Ziqian WANG and Hiroshi KAWASE

To determine the source rupture process of the 1923 Kanto earthquake by targeting the building collapse ratio, we first estimated the site amplification factors in the heavily damaged areas using the EMR method proposed by Kawase et al. (2018) and the VACF method by Ito et al. (2020). At sites with an observed collapse ratio of 100%, the amplification factor is large around a period of 1 second, and the site amplification factors may explain the occurrence of major damage. On the other hand, there are some sites where the site amplification is small but the damage is relatively large. For such municipalities, it would be necessary to explain the damage by the source (114 words).

## 1. はじめに

南海トラフ沿いプレート境界地震の被害軽減のための基礎情報として、過去の地震の詳細な震源破壊過程の把握は重要である。1923 年関東地震、1944 年東南海地震、1946 年南海地震に関しては、周期数秒以上の長周期地震動生成域についてはある程度解明されている一方で、建物被害に直結する周期 2 秒以下の短周期地震動生成域に関しては十分に検討されていない。既報<sup>1)2)</sup>では、1944 年東南海地震を対象に、最新の知見を取り入れた不均質震源モデルを複数作成し、各震源モデルでの各対象地点での強震動波形を作成し、戦前の建物特性を反映した建物被害評価モデル(戦前モデル)にこれを入力して建物倒壊率を計算し、観測倒壊率を最もよく再現するモデルを求めてきた。本研究では既報<sup>1)2)</sup>の手法に基づき 1923 年関東地震を対象として最も観測事実を再現する震源モデルを構築するため、まずは微動観測により大被害地域におけるサイト増幅特性を求めた。

## 2. 疑似サイト増幅特性 pHSAF の計算手法

強震動計算の対象地点としては、諸井・武村(2002)<sup>3)</sup>を参照し、焼失・流失・埋没率が 1%以下の市町村を強震動計算の対象と定めた。強震動観測地点に指定した市町村のうち、観測倒壊率が 40%以上の大被害地域に焦点を当て、サイト増幅特性推定のための微動観測を行った。図 1 には観測を行った地点の分布を示す。この観測で得られた

微動の水平上下スペクトル比 MHVR を用いて、強震動計算時に必要なサイト増幅特性を求めた。図 2 には 4 地点において得られた MHVR を例として示す。サイト増幅特性の具体的な計算手法としては、以下の手順に従った。

Kawase et al. (2018)<sup>4)</sup>において、微動の水平上下スペクトル比 MHVR は、地震動微動補正係数 EMR を用いて擬似地震動水平上下スペクトル比 pEHVR に変換できることが示されている(式(1))。さらに、Ito et al. (2020)<sup>5)</sup>では、サイト増幅特性 HSAF は、地震動水平上下スペクトル比 EHVR と上下動補正係数 VACF の積で示されることが示されている(式(2))。

$$pEHVR = MHVR * EMR \quad (1)$$

$$HSAF = EHVR * VACF \quad (2)$$

ここで求めるサイト増幅特性を疑似サイト増幅特性 pHSAF と呼ぶこととすると、pHSAF は、式(1)、(2)より、最終的に MHVR と経験的な係数 EMR と VACF の積で示される(式(3))。

$$\begin{aligned} pHSAF &= pEHVR * VACF \\ &= MHVR * EMR * VACF \quad (3) \end{aligned}$$

図 3 には、例と 4 地点における pHSAF を pEHVR と重ね描いて示す。各図の左上の数字は観測倒壊率である。観測倒壊率が 100%の KNGI-1 では周期 1

秒付近の増幅率が大きい。KNGI-1 と KNGI-23 の比較や KNGI-3 と KNGI-20 の比較からは、その特性やピークでの振幅はよく似ているものの、観測倒壊率が異なることが分かる。このことから、大被害の発生は、サイト増幅特性で説明できる可能性があるが、一方でサイト増幅率が必ずしも大きくななくても被害が大きい地点もあり、このような地点では震源で被害を説明する必要がある可能性が示唆される。

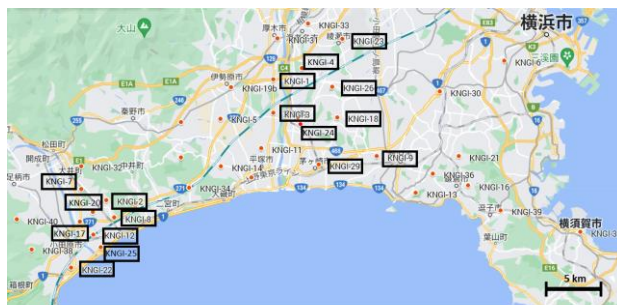
### 3. まとめ

1923 年関東地震の短周期生成過程を解明するため、まず被害率の特に大きい市町村の中心において微動観測を行い、最新の経験的方法でそれらの地点のサイト特性を推定した。その結果、大きな被害率を示した地点では被害に直結する 1Hz 付近の増幅がかなり大きい地点も見られたが、地点によってはその周波数帯での増幅率はそれほど大きくなっても観測被害率が大きい地点も複数見られた。この結果から適切なサイト増幅率の補正を行うことで、より高精度に短周期生成域の震源像が明らかにできる可能性が見出せた。

#### 【参考文献】

- 1) 伊藤恵理, 仲野健一, 関口春子, 川瀬博 (2021) : 1944 年東南海地震の観測被害率の再現による不均質震源モデルの構築, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), pp. 239-240, 2021 年 9 月.
- 2) 伊藤恵理, 長嶋史明, 孫 紀凱, 川瀬博 (2022) : 1944 年東南海地震における大被害地域のサイト増幅特性の再評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), pp. 89-90, 2022 年 9 月.
- 3) 諸井 孝文, 武村 雅之 (2002) : 関東地震 (1923 年 9 月 1 日) による木造住家被害データの整理と震度分布の推定, 日本地震工学会論文集, 2 巻, 3 号, p. 35-71
- 4) Kawase, H., Mori, Y. & Nagashima, F. (2018): Difference of horizontal-to-vertical spectral ratios of observed earthquakes and microtremors and its application to S-wave velocity inversion based on the diffuse field concept. *Earth Planets Space* 70, 1, doi:10.1186/s40623-017-0766-4.
- 5) Ito, E., Nakano K., Nagashima, F., and

Kawase, H. (2020): A Method to Directly Estimate S-Wave Site Amplification Factor from Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio of Earthquakes (eHVSRs), *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 110 (6): 2892-2911, doi: <https://doi.org/10.1785/0120190315>.



● : 観測倒壊率40%以上の地点 □ : 微動観測地点

図1 本研究での微動観測地点 (地図は Google My Maps を使用)

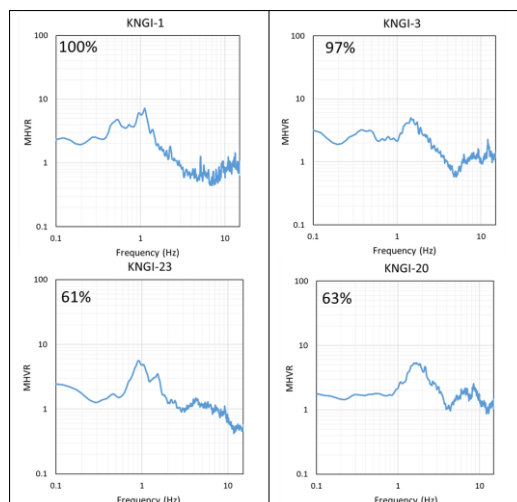


図2 4地点におけるMHVR

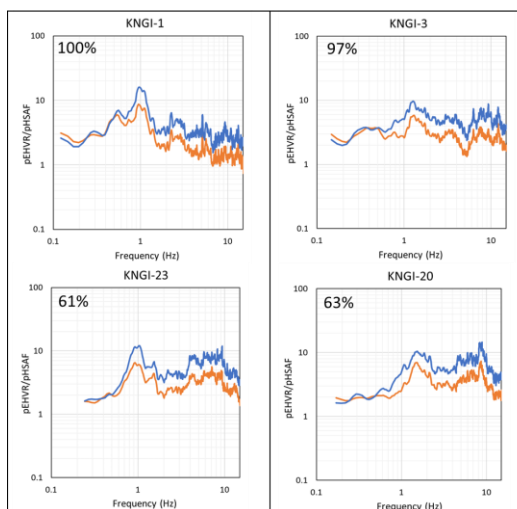


図3 4地点のpEHVR (オレンジ) とpHSAF (青)