

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(説明書) :
追加コンテンツ

長 郁夫*・先名重樹**・野々垣 進*

* 産総研地質情報研究部門

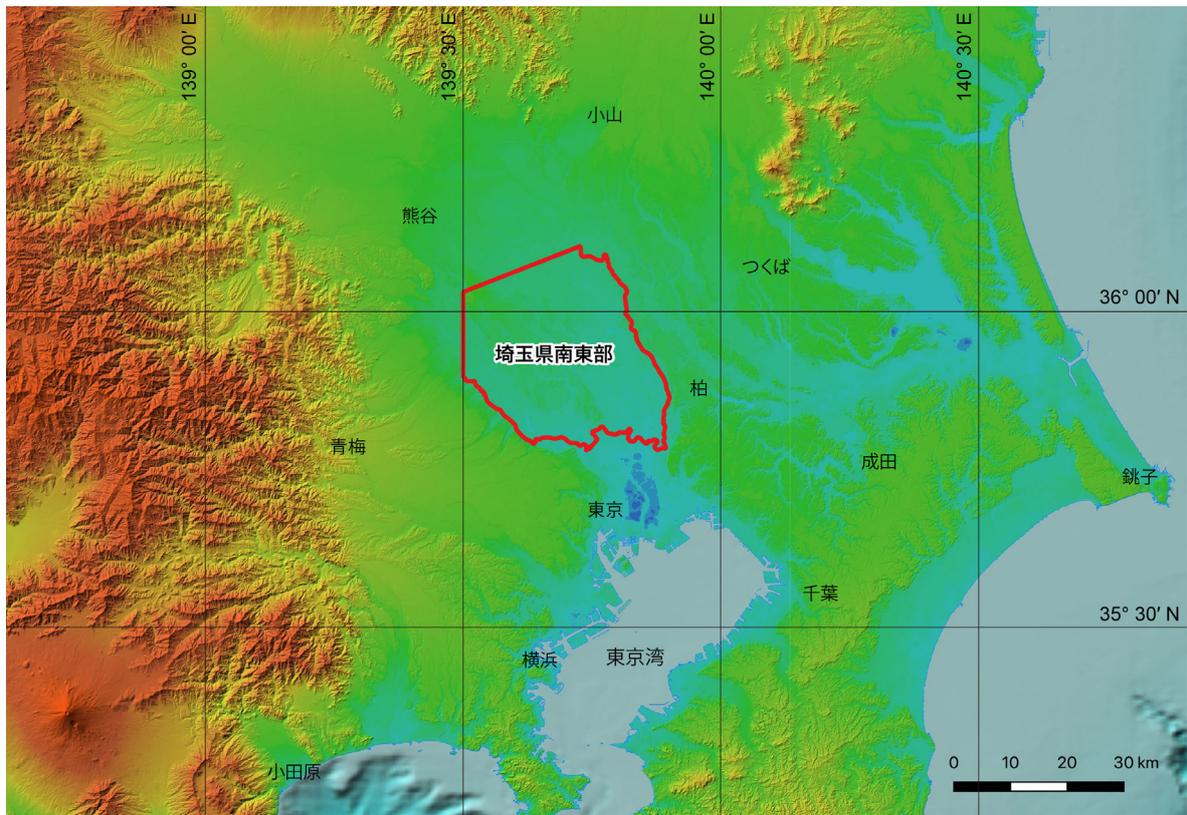
** 防災科学技術研究所

都市域の地質地盤図

<https://gbank.gsj.jp/urbandeol/>

令和 8 年

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター



位置図

本研究での詳細調査範囲を赤実線で示す。この範囲については、ウェブサイト「都市域の地質地盤図」で地質図（平面図）のほか、2.5 km メッシュ立体図及び任意箇所断面図の表示が可能である。
位置図の背景図は地理院地図の色別標高図を使用。

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(説明書)：追加コンテンツ

長 郁夫*・先名重樹**・野々垣 進*

埼玉県南東部は、東京都区部に接してその北側に位置し、近年、都市化が極めて著しい地域である。首都機能の一部を担うさいたま新都心を有し、行政・経済の両面から重要性の高まっている地域といえる。鉄道路線沿いを中心に、オフィス街や商業施設、住宅などが密集して発達するとともに、地下空間の有効利用もすすみ、より深部へと開発が及んでいる。一方で荒川や古利根川、江戸川の河川沿いの低地あるいは台地を刻む谷底低地など、脆弱な地盤の地域にも宅地開発の波が及び、防災・減災のために地質地盤情報の利活用の促進が望まれる地域でもある。

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(米岡ほか, 2025)は、ボーリングデータに基づいてこの地域の浅層の分布形態を示したものである。地下利用の頻度の高い、地表からおおよそ数 10 m の範囲に分布する沖積層から下総層群礫層基底までの地層について、コンピュータ処理により作成した地層の 3 次元モデルを提示している。この 3 次元地質モデルは平面図、断面図、立体図として閲覧できるほか、解析に使用したボーリングデータの閲覧も可能となっている。

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」：追加コンテンツは、上記の地質モデルと相互参照することでインフラ整備や地盤リスク、地震ハザード評価等に資する地質情報に着目し、その分布形態を示すことを目的とするものである。そのような地質情報の 1 つとして、ここでは、主に防災科学技術研究所により観測された常時微動の観測点 853 地点分のデータを利用して H/V スペクトルのピーク周波数マップを作成し、都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」の平面図コンテンツの 1 つとして閲覧できるようにした。3 成分微動データに基づく H/V スペクトルのピーク周波数は地盤の共振周波数を近似することから耐震設計上の地盤の良否や地震ハザードの評価に資すると考えられている。

この説明書は、都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」に提示された領域における微動 H/V スペクトルのピーク周波数マップの概要を示したものであり、長ほか(2025)の要約である。また都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」のウェブサイトで見られるコンテンツは長ほか(2025)の図 8 の転載である。詳細は同論文を参照していただきたい。同ピーク周波数マップは産総研と防災科学技術研究所との共同研究の一環として作成されたものである。

(令和 8 年稿)

所 属

* 産総研地質情報研究部門

** 防災科学技術研究所

Keywords: microtremor, geological map, ground oscillation, horizontal-to-vertical spectral ratios, resonant frequency, ground classification, seismic hazard

目 次

第 1 章 微動 H/V スペクトルのピーク周波数マップ	1
1. 1 地盤の共振	1
1. 2 微動 H/V スペクトル	1
1. 3 微動データと解析方法	1
1. 4 結果	2
1. 5 まとめと注意	2
文献	4
Abstract	5

図・表目次

第 1. 1 図 モデル化対象領域における微動観測点の分布	2
第 1. 2 図 地形・地質と H/V スペクトルとの関係	3
第 1. 3 図 モデル化対象領域におけるピーク周波数 f_p の分布	3
第 1. 1 表 耐震設計上の地盤種別	1

第1章 微動 H/V スペクトルのピーク周波数マップ

(長 郁夫・先名重樹・野々垣 進)

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(米岡ほか, 2025; 産総研地質調査総合センター・埼玉県環境科学国際センター, 2025)における常時微動(以下, 微動)の Horizontal-to-Vertical (H/V) スペクトル(野越・五十嵐, 1971)のピーク周波数マップは, 同地域の地下数 10 m の地質地盤に起因する共振周波数の分布形態を示すために追加したコンテンツである。地盤の共振周波数は, 地震動の増幅及びその結果として生じる建築物や土木構造物の被害に影響を与え得る重要な量であるから, インフラ整備や地盤リスク, 地震ハザードの評価において, 地質データと併せて互いに情報を補い合う 1 セットの基礎データと位置付けることができる。本説明書では, 地盤の共振と微動 H/V スペクトルのピーク周波数の関係, ピーク周波数マップの作成に用いた微動データ, 解析方法と結果を概説する。この説明書は長ほか(2025)の要約である。また都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」のウェブサイト(産総研地質調査総合センター・埼玉県環境科学国際センター, 2025)で閲覧できるコンテンツは長ほか(2025)の図 8 の転載である。詳細は同論文を参照していただきたい。

1.1 地盤の共振

軟弱な表層と堅固な下層からなる 2 層地盤に鉛直下方から地震波(S波)が入射すると, 周波数によっては地震波の振幅が著しく増幅する。この現象は地盤の共振と呼ばれ, その時の周波数 f_0 は共振周波数と呼ばれる(地震動編集委員会編, 1999)。軟弱層が厚い地点では地盤の共振周波数は低周波側に, 薄い地点では高周波数側に現れる。この共振周波数の違いは地盤種別の判定等に用いられている。例えば道路橋示方書(日本道路協会編, 2017)では, 共振周波数(同書では基本固有周期と呼ばれている)が 5.0 Hz よりも高い地盤は第 I 種地盤, 1.7 Hz 以下の地盤は第 III 種地盤, その中間は第 II 種地盤とされている(第 1 表; 道路橋示方書では周期で表示されているがここでは周波数に変換して表示している)。第 I, III 種地盤は耐震工学的にそれぞれ「良好」「軟弱」な地盤, 第 II 種地盤はそれらの「中間」の地盤ということになる。

1.2 微動 H/V スペクトル

地面は波浪や風, 産業活動等の不特定多数の震動源の影響で常に僅かに揺れており, この揺れを微動と言

第 1.1 表 耐震設計上の地盤種別(日本道路協会編(2017)に基づき周期を周波数として記載)。

共振周波数 f_0 [Hz]	地盤種別
$5.0 < f_0$	第I種地盤
$1.7 < f_0 \leq 5.0$	第II種地盤
$f_0 \leq 1.7$	第III種地盤

う。この僅かな揺れは, 震動源で励起された揺れが弾性波として地面を伝播するときのものであり, 地下の地質地盤構造に依存する。したがって, 微動を観察, 分析することでその場所の地盤震動特性や地下構造を評価できる可能性がある。例えば, 微動の H/V スペクトルは微動の単点観測(地面に 1 台の地震計を設置する微動の観測形態)による 3 成分波形から同定可能な水平動と上下動のスペクトル比であり, そのピーク周波数 f_p は経験的に地盤の共振周波数 f_0 を良く近似することが知られている(Bonnefoy-Claudet *et al.*, 2008)。そこで, ここでは地質地盤図整備において 3 次元地質地盤モデルが構築される深さ数 10 m までの地下構造を反映する周波数帯域で微動の H/V スペクトルのピーク周波数を評価し, 同地質地盤モデルに対応する地盤振動特性(共振周波数)と解釈する。

1.3 微動データと解析方法

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」のモデル化対象領域では防災科学技術研究所により平均約 1 km 間隔の格子点上で微動観測が実施されている(先名ほか, 2023)。これに産総研の独自データ 15 地点分を併せ, 全 853 地点の微動データを基礎として H/V スペクトルのピーク周波数 f_p の空間変化を評価した(第 1.1 図)。

各微動観測点の観測形態はアレイ観測, すなわち, 複数の地震計で同時に微動を観測する形態である。アレイの大きさは極小サイズ(半径 0.6 m)及び小サイズ(半径 10 m 程度)の 2 種類であり, これらのアレイはそれぞれ全 6 台の地震計((株)白山工業製 3 成分サーボ加速度計 JU410)で構成されている。このアレイを用いて, 日中, 100 Hz ないし 200 Hz サンプリングで約 15 分間にわたり微動波形が記録された。この観測仕様は全 853 地点で同様である。

各地震計の記録について成分ごとに高速フーリエ変

換 (Fast Fourier Transform : FFT) に基づく直接法でパワースペクトル密度を推定した。具体的には、アンサンブル平均と周波数領域の平滑化を併用した (Bendat and Piersol, 2010)。微動波形から過渡的なノイズ (車両通行に起因する突発的パルス等) を避けるように 10.24 s もしくは 20.48 s のセグメントを多数取り出し、FFT を適用し、アンサンブル平均に用いた。周波数領域の平滑化では、周波数が高くなるとウインドウ幅が大きくなるような周波数依存ウインドウ (Bendat and Piersol, 2010) を用いてスペクトルの安定化を図った。水平動 2 成分のパワーの和を上下動成分のパワーで除いた量を H/V スペクトルと定義した。観測点ごとに 6 台の地震計に対応する 6 個の H/V スペクトルが得られるので、それらを周波数ごとに算術平均して観測点を代表する H/V スペクトルとみなした。

H/V スペクトルのピークを同定して f_p を決めるにあたり、評価対象周波数帯域の下限と上限 f_{li} , f_{hi} をそれぞれ 0.5, 20 Hz とした。すなわち、この周波数範囲でのみスペクトルの最大値を読み取り f_p を決めた。ただし、この周波数範囲において複数の局所ピークが見られることも多かった。そのような場合であっても、局所ピークのうち最大値を与えるもの (すなわち、いわゆるピーク) の周波数を読み取って f_p とすれば良いのだが、H/V スペクトルにはしばしば低周波数帯域に向かって振幅が増大するトレンドが見られた。そのようなトレンドが見られる場合、単純にスペクトルの最大値を「ピーク」とみなすやり方では浅部地盤に起因するピークを抽出できない (長ほか, 2025)。また、スペクトル推定結果の不安定性に起因するばらつきが見られることも多かった。そこで我々は、スペクトル中に複数のピークが見られる場合のピーク選択パラメータ

として W , R_{II} を導入した。これらはそれぞれスペクトルに混入するトレンドやばらつきの影響を小さくするためのものである。その設定値は最終的に得られるピーク周波数マップの概観にも影響を及ぼすが、ここでは W , R_{II} をそれぞれ 4.0, 4.0 と設定した。パラメータの設定値が周波数マップに及ぼす影響や設定根拠等については長ほか (2025) を参照していただきたい。

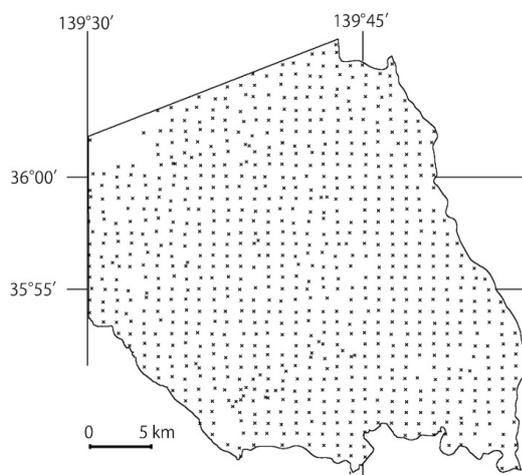
1.4 結果

全微動観測点でそれぞれ H/V スペクトル及び f_p を評価した。第 1.2 図に、低地 (表層は低湿地堆積物) と台地 (表層は関東ローム層及び大宮層) の H/V スペクトルを示す。同図の赤矢印は、低地 (1.1 Hz), 台地 (4.6 Hz) とで f_p が大きく異なることを示している。 f_p の違いは表層の軟弱さの度合い (層の厚さ及び固さ) の相違を表すと考えられる。

第 1.3 図は各微動観測点で得られたピーク周波数のデータを空間補間して作成したピーク周波数マップである。空間補間は、最小曲率グリidding アルゴリズムに張力パラメータを加えた一般化スプライン補間 (Smith and Wessel, 1990) としている。地質分布を考慮せずにデータ点を滑らかに繋ぐ単純な補間であるため、もしも微動観測点がない領域で空間的に急激に S 波速度が変化すると考えられる場所においては過剰解釈とならないよう注意を要する。そこで、同図 (a) にはカラーコンタと微動データの存在箇所との対応が分かるように微動観測点の位置を付した。また、同図 (b) には高 f_p , 低 f_p の分布を明確にするため軟弱地盤の判断基準である 1.7 Hz (濃赤線), 良好な地盤の判断基準である 5.0 Hz (濃青線) の等周波数線を描画した。これは都市域の地質地盤図ホームページのマップと同様である。第 1.2 図と第 1.3 図の比較により、低地と台地では一般に f_p が異なることが分かる。中川低地, 荒川低地の付近は赤く塗りつぶされ、地盤が軟弱であることが示唆される。一方、大宮台地は平均的に緑色で所々青みがかっており、地盤は良好もしくは中間であることが示唆される (第 1.1 表)。各層の層厚分布と f_p の分布との対応関係については、長ほか (2025) を参考にいただきたい。

1.5 まとめと注意

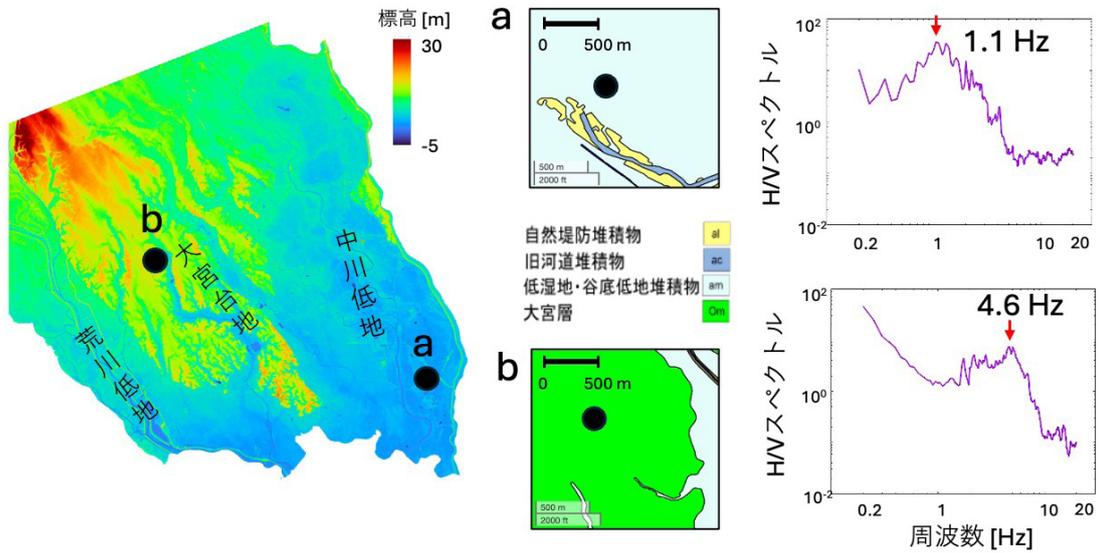
地質地盤図整備の一環として、都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」に微動 H/V スペクトルのピーク周波数マップを追加した。既に公開済みの地質図や地層基底面の形状と併せて、インフラ整備や地盤リスク、地震ハザードの評価において互いに情報を補い合う 1 セットの基礎データと位置付けることができる。ただし、微動 H/V スペクトルからピーク周波数という単一量を抽出するアプローチでは複雑な地下構造を表現しきれ



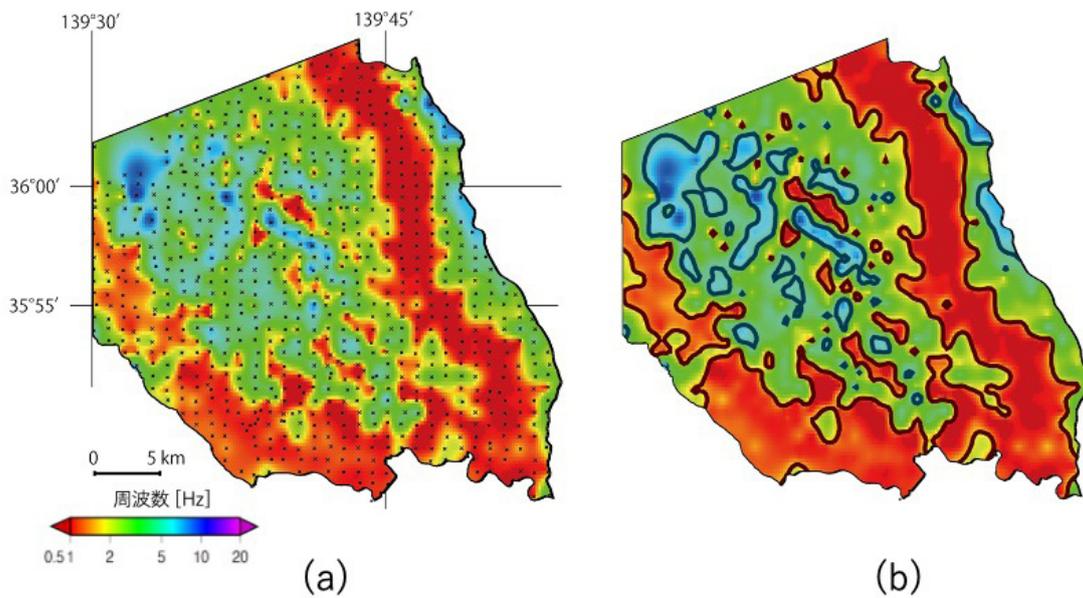
第 1.1 図 モデル化対象領域における微動観測点の分布 (長ほか, 2025)。

ない場合やノイズの影響による複数のピークの出現に対処できない場合があること、ピーク周波数を抽出す

る周波数帯域を制限していること等については注意が必要である (長ほか, 2025)。



第 1.2 図 地形・地質と H/V スペクトルとの関係.



第 1.3 図 モデル化対象領域におけるピーク周波数 f_p の分布 (長ほか, 2025)。

(a) 微動観測点の位置を付した結果. (b) 1.7 Hz (濃赤線) と 5.0 Hz (濃青線) の等周波数線を重ね描きした結果.

文 献

- Bendat, J. S. and Piersol, A. G. (2010) *Random Data: Analysis and Measurement Procedures* (4th ed.). John Wiley and Sons, New York, 604p.
- Bonnefoy-Claudet, S., Köhler, A., Cornou, C., Wathelet, M. and Bard, P.-Y. (2008) Effects of Love waves on microtremor H/V ratio. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **98**, 288–300.
- 長 郁夫・先名重樹・野々垣 進 (2025) 微動 H/V スペクトルのピーク周波数マップ：埼玉県南東部における地質地盤図との比較事例. 日本地震工学会論文集, **25**, 121–140.
- 地震動編集委員会編 (1999) ジオテクノート 9 地震動. 地盤工学会, 116p.
- 日本道路協会編 (2017) 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編. 丸善, 302p.
- 野越三雄・五十嵐 亨 (1971) 微動の振幅特性(その 2). 地震 **2**, 26–40.
- 産総研地質調査総合センター・埼玉県環境科学国際センター (2025) 都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」. https://gbank.gsj.jp/urbangeol/ja/map_saitama/ (閲覧日: 2025 年 11 月 23 日)
- 先名重樹・藤原広行・前田宜浩・森川信之・岩城麻子・河合伸一・谷田貝淳・佐藤 将・鈴木晴彦・稲垣賢亮・松山尚典 (2023) 強震動評価のための浅部・深部統合地盤構造モデルの構築. 防災科学技術研究所研究資料, **498**, 259p.
- Smith, W. H. F. and Wessel, P. (1990) Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, **55**, 293–305.
- 米岡佳弥・野々垣進・小松原純子・尾崎正紀・中里裕臣・中澤 努・八戸昭一 (2025) 都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(説明書). 産総研地質調査総合センター, 74p.

Explanatory Text of the Urban Geological Map of the Southeastern Area of Saitama Prefecture: Additional Contents

By
CHO Ikuo*, SENNA Shigeki** and NONOGAKI Susumu*

(Written in 2026)

* Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

** National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED)

(ABSTRACT)

This explanatory text is the description of the peak frequency map of the horizontal-to-vertical spectral ratios (HVSRs), as newly added contents of the Urban Geological Map of the Southeastern Area of Saitama Prefecture, which can be regarded as the distribution pattern of resonant frequencies of the ground, caused by the surface geology to the depths within a few tens of meters from the ground. This map was created using microtremor data obtained at 853 survey points, primarily by NIED. It is viewable as a layer among those already existing in the Urban Geological Map of the Southeastern Area of Saitama Prefecture. Amplifications of seismic ground motions are strongly associated with the ground resonant frequency, which can result in severe damage to buildings and civil engineering structures. Therefore, it can be considered as one of the fundamental data, complementing geological data, for infrastructure development, geological risk assessment, and seismic hazard evaluation. This explanatory text outlines the relationship between the resonant frequency of the ground and the peak frequency of a microtremor (HVSR) spectrum, the microtremor data used to create the peak frequency map, and the analysis methods and results. Note, this explanatory text is a summary of Cho *et al.* (2025); a layer showing the map of HVSRs viewable on the website of the Urban Geological Map of the Southeastern Area of Saitama Prefecture (Geological Survey of Japan, AIST and the Center for Environmental Science in Saitama, 2025) is a reproduction of Figure 8 of Cho *et al.* (2025). This peak frequency map was created as part of a joint research project between AIST and NIED.

執筆分担

第1章 微動 H/V スペクトルのピーク周波数マップ 長 郁夫・先名重樹・野々垣 進

文献引用例

長 郁夫・先名重樹・野々垣 進 (2025) 都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(説明書): 追加コンテンツ. 産総研地質調査総合センター, 5p.

Bibliographic reference

Cho, I., Senna, S., and Nonogaki, S. (2025) Explanatory Text of the Urban Geological Map of the Southeastern Area of Saitama Prefecture: Additional Contents. Geological Survey of Japan, AIST, 5p.

都市域の地質地盤図「埼玉県南東部」(説明書):
追加コンテンツ

令和8年3月24日発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央事業所
7群

Explanatory Text of the Urban Geological Map of the
Southeastern Area of Saitama Prefecture: Additional
Contents.

Published on March 24 2026

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki
305-8567, Japan