

同一地域メッシュ内における高密度常時微動計測 ～神奈川県秦野市街地を例として～

Microtremor Measurement with Very High Density
in a Same Grid Square, Central Hadano City, Kanagawa Prefecture, Japan

○大川雄太郎¹, 秦吉弥¹, 三神厚², 片山潤一³
Yutaro OKAWA¹, Yoshiya HATA¹, Atsushi MIKAMI² and Jun-ichi KATAYAMA³

¹ 大阪大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Osaka University

² 東海大学工学部土木工学科

Department of Civil Engineering, Tokai University

³ 大阪大学工学部

School of Engineering, Osaka University

Generally, ground motion prediction has been carried out for every grid square in an area of interest by National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED), Japanese Cabinet Office and Local Government Office. In other words, it is assumed that the ground shaking characteristics in a grid square of interest is almost uniform in the prediction. In this study, we conducted microtremor measurements with high dense spatial location at 288 sites in a 3rd grid square with about 1km², in central Hadano City, Kanagawa Prefecture, Japan. Using the obtained records, the ground shaking characteristics at 288 sites were also evaluated based on the H/V spectra.

Keywords: ground motion, microtremor measurement, H/V spectrum, grid square, central Hadano City

1. はじめに

近年、内閣府による南海トラフの巨大地震モデル検討会や首都直下地震モデル検討会(以後、内閣府検討会と呼ぶ)¹⁾²⁾, および(国研)防災科学技術研究所による地震ハザードステーション(以後、J-SHISと呼ぶ)³⁾などでは、第三次地域メッシュ(約1km四方)や四分の一地域メッシュ(約250m四方)などの地域メッシュ毎に想定地震に対する強震動予測が行われている。その際、内閣府検討会およびJ-SHISでは、対象とする地域メッシュ内における地盤震動特性は必然的に均質であると仮定されているが、本来、地盤震動特性は対象とする地点固有のものであり、地形や地質の違いなどにより異なってくると考えるのが自然である。さらに、近年発生した大規模地震によって

近接する複数の地点で得られた観測地震動の特徴が大きく異なる事例が報告⁴⁾⁵⁾されていること、観測地震動の違いが当該地点間の地盤震動特性の差異に主に起因⁶⁾していること、地盤震動特性の差異が地震被災に比較的大きな影響⁷⁾を及ぼすことなどを勘案すると、地域メッシュに依存しない対象とする地点固有の地盤震動特性を考慮した地震動の評価⁸⁾は、重要であるといえる。

上述した背景を踏まえ大川ほか⁹⁾¹⁰⁾は、栃木県那須烏山市および北海道苫小牧市の市街地が含まれる第三次地域メッシュ内での高密度常時微動計測の結果に基づき、2011年東北地方太平洋沖地震および2003年十勝沖地震における強震動の事後推定を高密度に行っている。これらの先行研究において対象とした大規模地震動は、いずれも我が国の強震観測網が本格的に整備された時代の比較的近年に発生したものとなっており、わゆる歴史地震に関しての検討はなされていない。

そこで本稿では、1923年大正関東地震の震源域であり、大規模な地すべりが発生し、強震動が作用したと推定される神奈川県秦野市の市街地が含まれる同一地域メッシュ

内において、常時微動計測を広域かつ高密度に実施し、得られた計測記録を整理した。

2. 秦野市街地における第三次地域メッシュ

本稿において検討対象とした地域は、図-1 に示すような神奈川県秦野市の中心市街地が含まれる第三次地域メッシュ((コード:5339-0156)以降、対象地域メッシュと呼ぶ)内の約 1km 四方の範囲である。当該地域メッシュ内には、三つの既存強震観測点(K-NET 秦野, JMA 秦野, MLIT 秦野)が位置している(図-1 および図-2 参照)。図-2 ~図-6 に秦野市街地における新旧地形図, 地形・地質等に関する各種分類図¹¹⁾¹²⁾を示す。対象地域メッシュ内においてはメッシュ中央を横断する水無川や段丘が位置しており地質区分は同一ではないことから、対象地域メッシュ内における地盤震動特性の差異が示唆される。この示唆は、図-7, 図-8, 図-9 に示す J-SHIS³⁾に基づく微地形区分, 深度 30m 平均 S 波速度(AVS30)¹³⁾, 表層地盤増幅率の対象地域メッシュ内での分布にも表れている。

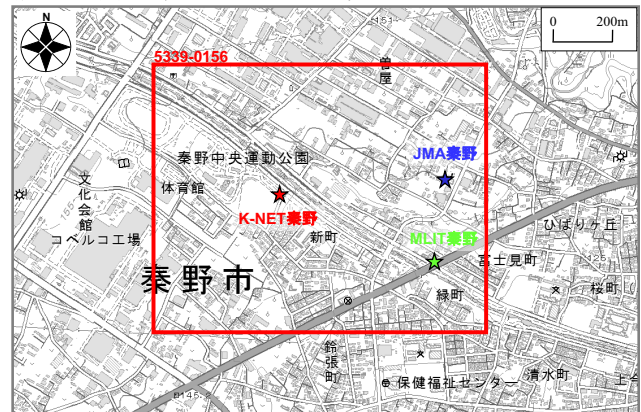


図-1 対象地域メッシュ内の既存強震観測点(秦野市内)

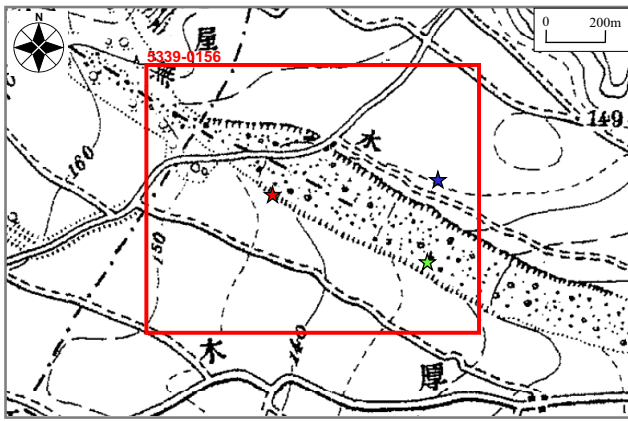


図-2 対象地域メッシュと旧・地形図

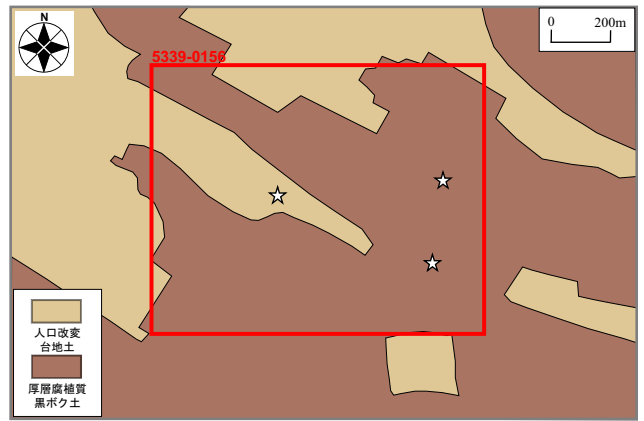


図-6 対象地域メッシュと国交省土壌図¹²⁾

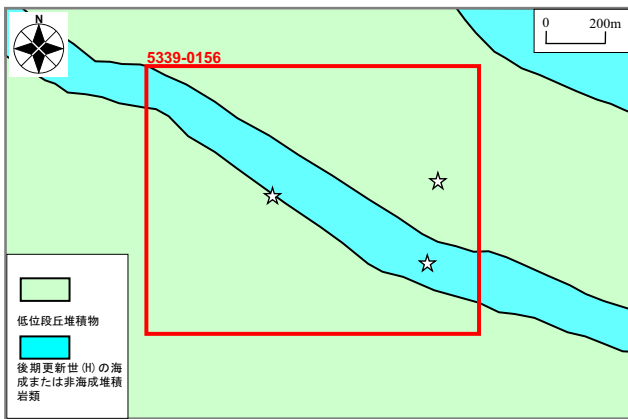


図-3 対象地域メッシュと産総研による地質図¹¹⁾

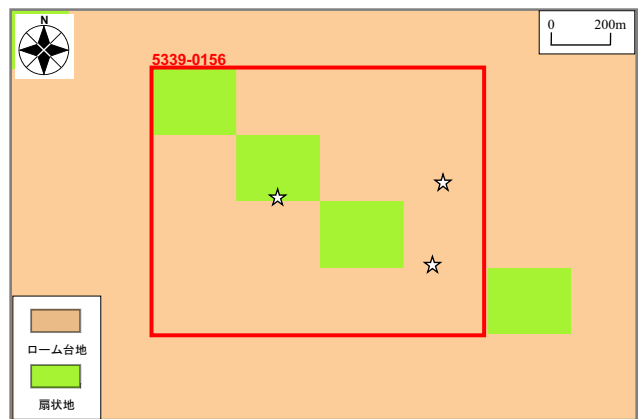


図-7 対象地域メッシュと J-SHIS による微地形区分³⁾

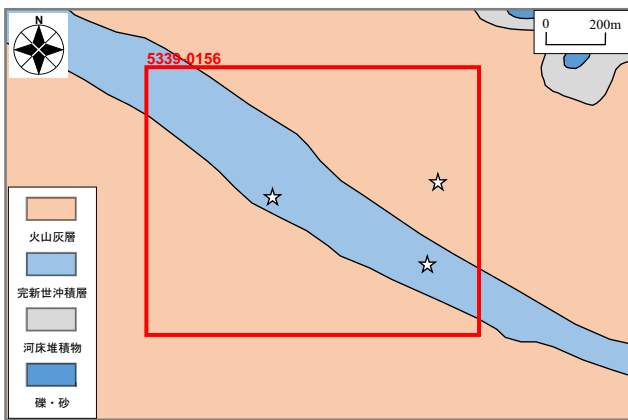


図-4 対象地域メッシュと国交省表層地質図¹²⁾

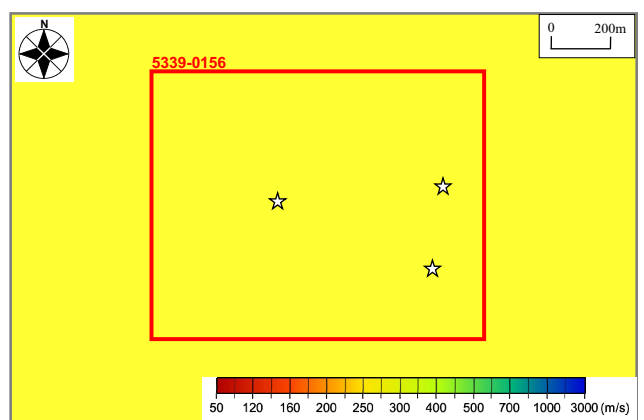


図-8 対象地域メッシュと J-SHIS による AVS30³⁾

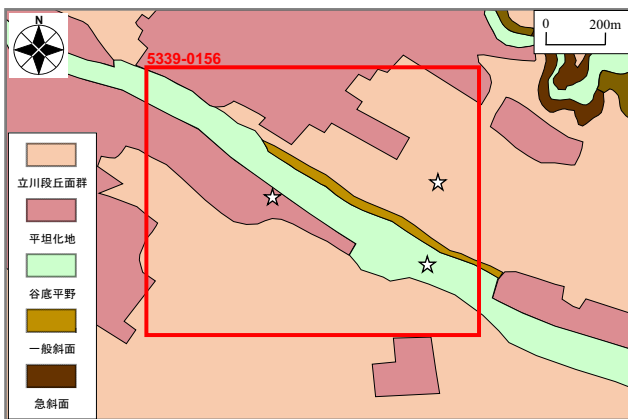


図-5 対象地域メッシュと国交省地形区分図¹²⁾

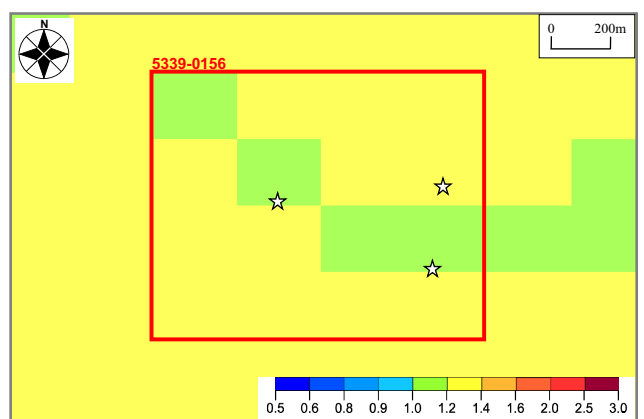


図-9 対象地域メッシュと J-SHIS による地盤増幅率³⁾

3. 常時微動計測の高密度実施

常時微動計測は、対象地域メッシュ内における図-10に示す288地点において高密度に実施した。すなわち、およそ70m間隔ごとにひとつ計測地点を設けた概算となる。図-11に示すように、計測点の標高差は最大で40mにも及ぶことが読み取れる。写真-1に常時微動計測状況の一例を示す。計測期間は、2017年9月25～27日の三日間である。計測は主に昼間に実施し、同型の七台の微動計(ともに白山工業(株)製の一体型微動探査兼地震計機器¹⁴⁾)を採用した。計測方向は水平二成分と鉛直成分の三成分であり、後述する常時微動H/Vスペクトルの計算処理¹⁵⁾では水平二成分の平均を採用し、一計測点あたり30分間の単点計測とした。

図-12は、K-NET秦野・JMA秦野・MLIT秦野で得られた常時微動H/Vスペクトルと、対象地域メッシュ内(残り



写真-1 常時微動計測の実施状況の一例

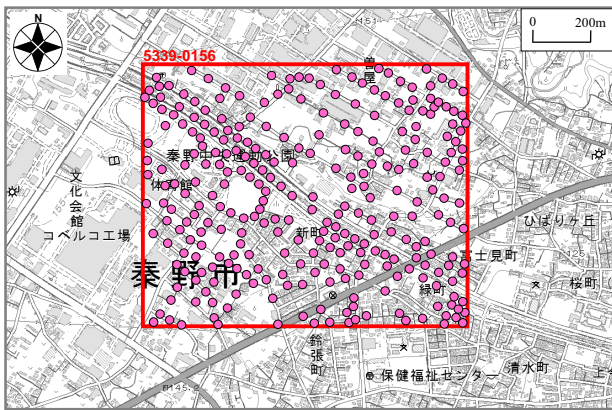


図-10 対象地域メッシュ内における微動計測地点の分布

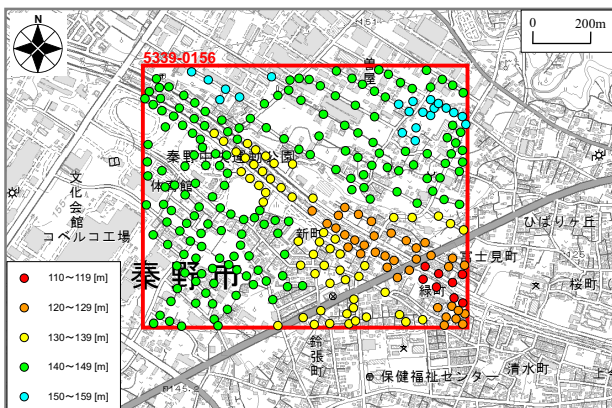


図-11 対象地域メッシュ内における標高値の分布

285地点)における常時微動H/Vスペクトルを重ね合わせたものである。常時微動H/Vスペクトルの計算処理方法¹⁵⁾としては、まず、微動の加速度時刻歴に対して0.1Hzのハイ・パスフィルターを施し、163.84秒の区間(雑振動が比較的小さい163.84秒間)を七区間抽出し、フーリエスペクトルの計算を行い、バンド幅0.05HzのParzen Windowで平滑化したのちに、H/Vスペクトルを算出し、七区間の平均をとった。評価振動数の範囲としては、使用した微動計測器の性能¹⁴⁾等を考慮して0.2~10Hzとした。図-12に示すとおり、対象地域メッシュ内においてピーク周波数やスペクトル形状などのH/Vスペクトルの一般的特徴がばらばらにしているのが確認でき、対象地域メッシュ内における地盤震動特性が一樣であるとは言い難い。

さらに、強震観測点(3地点)とその他の地点(285地点)における常時微動H/Vスペクトルの比較では、両者の特徴が異なっている点が多く、既存強震観測点でこれまでに得られた地震観測記録を、対象地域メッシュ内に作用した地震動として一つに代表させることができない可能性が高いことが読み取れる。図-13、図-14、図-15は、対象地域メッシュ内におけるH/Vスペクトル(図-12参照)のピーク(Ridge)周波数、トラフ(Trough)周波数^{16),17)}、 T/R (Trough/Ridge)周波数比^{18),19)}について計測点ごとにプロットしたものである。図-13、図-14、図-15に示すように、対象地域メッシュ内におけるピーク周波数、トラフ周波数および T/R 周波数比の分布は一樣であるとは言い難く、対象地域メッシュ内における地盤震動特性の差異を確認することができる。

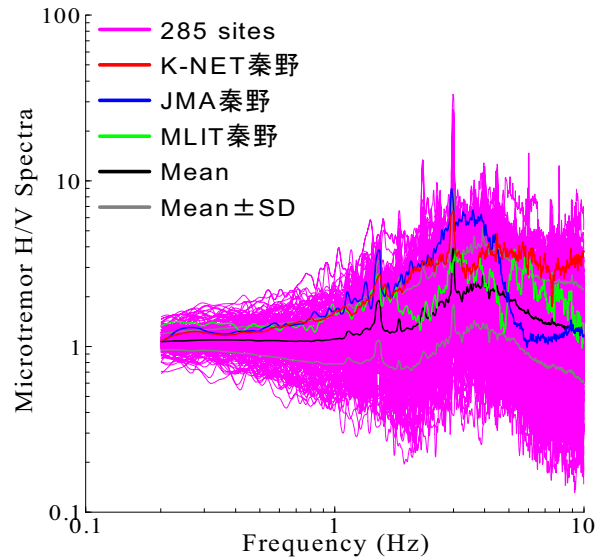


図-12 常時微動H/Vスペクトルの比較

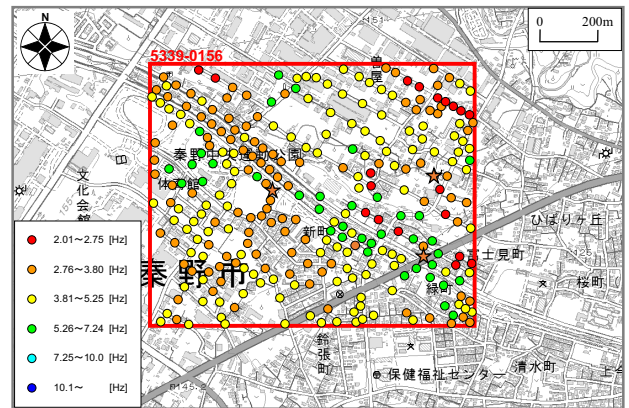


図-13 対象地域メッシュ内におけるピーク周波数の分布

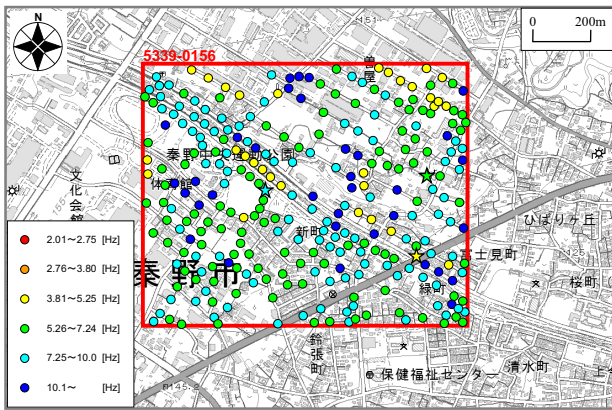


図-14 対象地域メッシュ内におけるトラフ周波数の分布

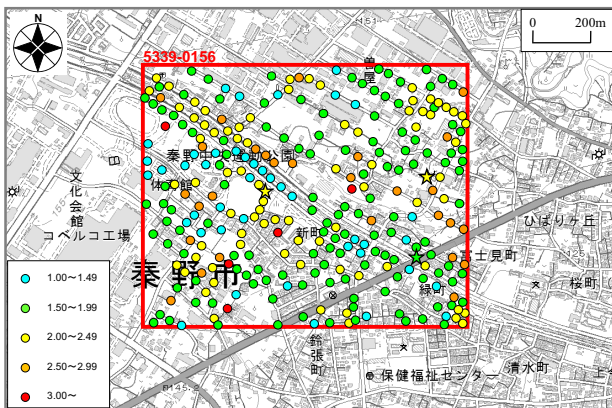


図-15 対象地域メッシュ内における T/R 周波数比の分布

4. まとめ

本稿では、1923年大正関東地震の震源域である神奈川県秦野市の市街地が含まれる同一地域メッシュ内において、常時微動計測を288地点において実施した。得られた計測記録から常時微動H/Vスペクトルを計算し、地域メッシュ内における地盤震動特性の差異を評価した。今後は微動計測点ごとにサイト増幅特性を評価し1923年大正関東地震の際に対象地域メッシュ内に作用した地震動を微動計測地点ごとに高密度に推定していく予定である。

謝辞：(国研)防災科学技術研究所 K-NET, 気象庁 JMA, 国土交通省 MLIT による地震観測波形データを使用しました。常時微動計測の実施にあたり、秦野市の住民・関係者の皆様などに大変お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：強震断層モデル編—強震断層モデルと震度分布について—, 内閣府防災情報ホームページ, 2015. (最終閲覧日：2017年10月4日)
- 2) 首都直下地震モデル検討会：首都の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書, 内閣府防災情報ホームページ, 2015. (最終閲覧日：2017年10月4日)
- 3) 藤原広行, 河合伸一, 青井真, 森川信之, 先名重樹, 工藤暢章, 大井昌弘, はお憲生, 若松加寿江, 石川裕, 奥村俊彦, 石井透, 松島信一, 早川譲, 遠山信彦, 成田章：「全国地震動予測地図」作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 336 号, 2009.
- 4) 秦吉弥, 後藤浩之, 吉見雅行：益城町の被害集中域におけ

- る 2016 年熊本地震本震の地震動とその特徴, 科学, 岩波書店, Vol.86, No.9, pp.934-941, 2016.
- 5) 秦吉弥, 野津厚, 一井康二：極近傍地点における地震動指標の変動に関する基礎的検討—平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震とその余震の事例—, 土木学会第 66 回年次学術講演会概要集, I-485, pp.969-970, 2011.
- 6) Hata, Y., Nozu, A. and Ichii, K.: Variation of earthquake ground motions within very small distance, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol.66, pp.429-442, 2014.
- 7) 例えば, 秦吉弥, 後藤浩之, 吉見雅行, 古川愛子, 盛川仁, 池田隆明, 香川敬生：2016 年熊本地震での震災帯の成因究明を目的とした益城町の市街地における強震動の広域・高密度評価に関する試み, 第 44 回地盤震動シンポジウム論文集(2016 年熊本地震で何が起きたか), 日本建築学会, pp.35-46, 2016.
- 8) (社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説 [上巻], 国土交通省港湾局監修, pp.336-341, 2007.
- 9) 大川雄太郎, 秦吉弥, 山内政輝：常時微動計測に基づく 2011 年東北地方太平洋沖地震における那須烏山市街地での地震動の高密度評価, *Kansai Geo-Symposium 2017 論文集*, 地盤工学会, pp.239-244, 2017.
- 10) 大川雄太郎, 秦吉弥, 片山潤一：常時微動計測に基づく 2003 年十勝沖地震における苫小牧市街地での地震動の高密度推定, 第 37 回地震工学研究発表会講演概要集, 土木学会, Paper No.1088, 2017.
- 11) (国研)産業技術総合研究所：地質図表示システム[地質図 Navi], 地質調査総合センターホームページ, 2013. (最終閲覧日：2017年10月4日)
- 12) 国土交通省国土政策局：5 万分の 1 都道府県土地分類基本調査[秦野], 国土政策局国土情報課 HP, 2003. (最終閲覧日：2017年10月4日)
- 13) 松岡昌志, 翠川三郎：国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング, 第 22 回地盤震動シンポジウム資料集, 日本建築学会, pp.23-34, 1994.
- 14) 先名重樹, 安達繁樹, 安藤浩, 荒木恒彦, 飯澤清典, 藤原広行：微動探査観測システムの開発, 第 115 回物理探査学会学術講演会講演論文集, pp.227-229, 2006.
- 15) 例えば, 秦吉弥, 湊文博, 山田雅行, 常田賢一, 魚谷真基：和歌山県串本町における高密度常時微動計測, 物理探査, Vol.68, No.2, pp.83-90, 2015.
- 16) 盛川仁, 満永仁志, 飯山かほり, 後藤浩之, 稲谷昌之, 羽田浩二, 池田貴昭, 高屋俊康, 木村紗也佳, 秋山良平, 澤田純男：微動のアレー観測記録を用いた大崎市古川地区における表層地盤構造の推定, 土木学会第 70 回年次学術講演会概要集, I-472, pp.943-944, 2015.
- 17) 後藤浩之, 稲谷昌之, 羽田浩二, 池田貴昭, 高屋俊康, 木村紗也佳, 秋山良平, 澤田純男, 満永仁志, 飯山かほり, 盛川仁：大崎市古川地区の浅層地盤構造をターゲットとした超高密度常時微動観測, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会梗概集, Paper No.SSS25-P18, 2015.
- 18) Hata, Y., Minato, F., Ikeda, T., Yamada, M., Yamauchi, M. and Okawa, Y.: Evaluation of ground shaking characteristics in residential land based on T/R frequency ratio of microtremor, *Proc. of 4th World Landslide Forum*, Ljubljana, Slovenia, Vol.4, pp.23-35, 2017.
- 19) 大川雄太郎, 秦吉弥, 三神厚, 常田賢一：同一地域メッシュ内での地震動の高密度評価—南海トラフ巨大地震における徳島県三好市街地を例として—, 土木学会論文集 A1, Vol.73, No.4, pp.I_805-814, 2017.