

熊本市・西原村等での常時微動観測事例

末富 岩雄¹・福島 康宏²・尾茂 淳平¹

¹正会員 株式会社エイト日本技術開発 東京支社 防災保全部
(〒164-8601 東京都中野区本町5-33-11)

E-mail: suetomi-i@ej-hds.co.jp, oshige-ju@ej-hds.co.jp

²正会員 株式会社エイト日本技術開発 中国支社 防災保全部
(〒700-8617 岡山県岡山市北区津島京町三丁目1番21号)

E-mail: fukushima-ya@ej-hds.co.jp

2016年熊本地震の地震動分布を推定する上で、表層地盤の増幅特性は重要である。地盤の増幅特性の把握のため、常時微動のH/Vスペクトルの観測が多点で行われる。建物被害が顕著であった益城町では既に多くの研究者により、アレイ観測も含めた常時微動観測が行われ、地盤の増幅特性分布の把握、さらには建物等の被害との関連づけなどの検討が行われている。一方、熊本市街や西原村など他地域での調査は十分でない。そこで本研究では、熊本市東区・中央区、西原村、阿蘇市赤水等で常時微動観測を行い、地形分類や周辺でのボーリングデータの情報との整合について検討した。

Key Words : microtremor, H/V spectra, predominant period, 2016 Kumamoto earthquake

1. はじめに

常時微動観測は、微動計を地盤上に置き数分間地盤の震動を計測するのみで、地盤の卓越周期を把握できることから、1993年釧路沖地震以降の多くの被害地震では被災地域の地盤特性調査に標準的に用いられてきている^{例えば1)}。そして、建物被害やライフライン被害との関連性の検討等に用いられている。

2016年熊本地震でも、建物被害が甚大であった益城町では、杉野ら²⁾、長尾ら³⁾、山田ら⁴⁾、等は多点で観測して建物被害との関連について検討しており、中川ら⁵⁾⁶⁾では代表的地点でPS検層・動的変形試験・微動アレイ観測等が行われている。長尾ら⁷⁾はアレイ観測に基づき二次元地震応答解析を行っている。

一方で、西原村や熊本市東区などでも被害は小さくなかったが、益城町のように微動調査は行われていないかと思われる。著者ら⁸⁾は、熊本市～阿蘇市に至る広域の震度等の分布を推定しており、今後その精度を高める上で、益城町以外での情報も必要となる。本論文ではその基礎資料として、熊本市東区・中央区、西原村、阿蘇市赤水、等で常時微動観測を行った結果について報告する。

2. 常時微動観測の概要

常時微動の単点観測は、2016年8月に行い、計測には(株)システムアンドデータリサーチ製のNew PICを用いた。これは、速度計をセンサーとし、下記のような特性を有している。

・固有周期：4.5Hz、減衰定数：1.21

・周波数特性は平坦

H/Vスペクトルの算出手順は以下の通りである。

- ①5分以上の観測データから、約40秒(4096点)の区間を3～5個抽出する。
- ②水平、上下、それぞれバンド幅0.3HzのParzenウィンドウで平滑化する。水平成分は、2成分を合成したベクトルスペクトルを用いる。
- ③平均スペクトルを算出する。
- ④平均スペクトルのピーク値とその周期を読み取る。

3. 熊本市内での観測

熊本市内でも揺れによる被害が見られた東区・中央区で微動観測を行った。図-1に単点観測を行った地点の位置と、それぞれの地点における微動のH/Vスペクトルを示す。図の右下のloc16, loc17の東区の沼山津で住宅被害や地盤変状が顕著に見られたエリアである。他に比べ0.6～0.8秒とやや卓越周期が長く、ピークも明瞭である。Loc13は、震度計が設置されている中央消防署の近くである。砂礫質台地に位置し、周辺の地盤柱状図でも、薄いローム層の下は比較的しまった砂礫が主となっている。微動のH/Vスペクトルのピークが明瞭でないことから硬質地盤であり、計測震度は6.0となっている。西のJMA-KMMは気象庁観測点であり、合同庁舎の敷地に設置されている。

防災科研のJ-SHIS⁹⁾で公開されている250mメッシュの地形分類と重ねて、微動のH/Vのスペクトルの

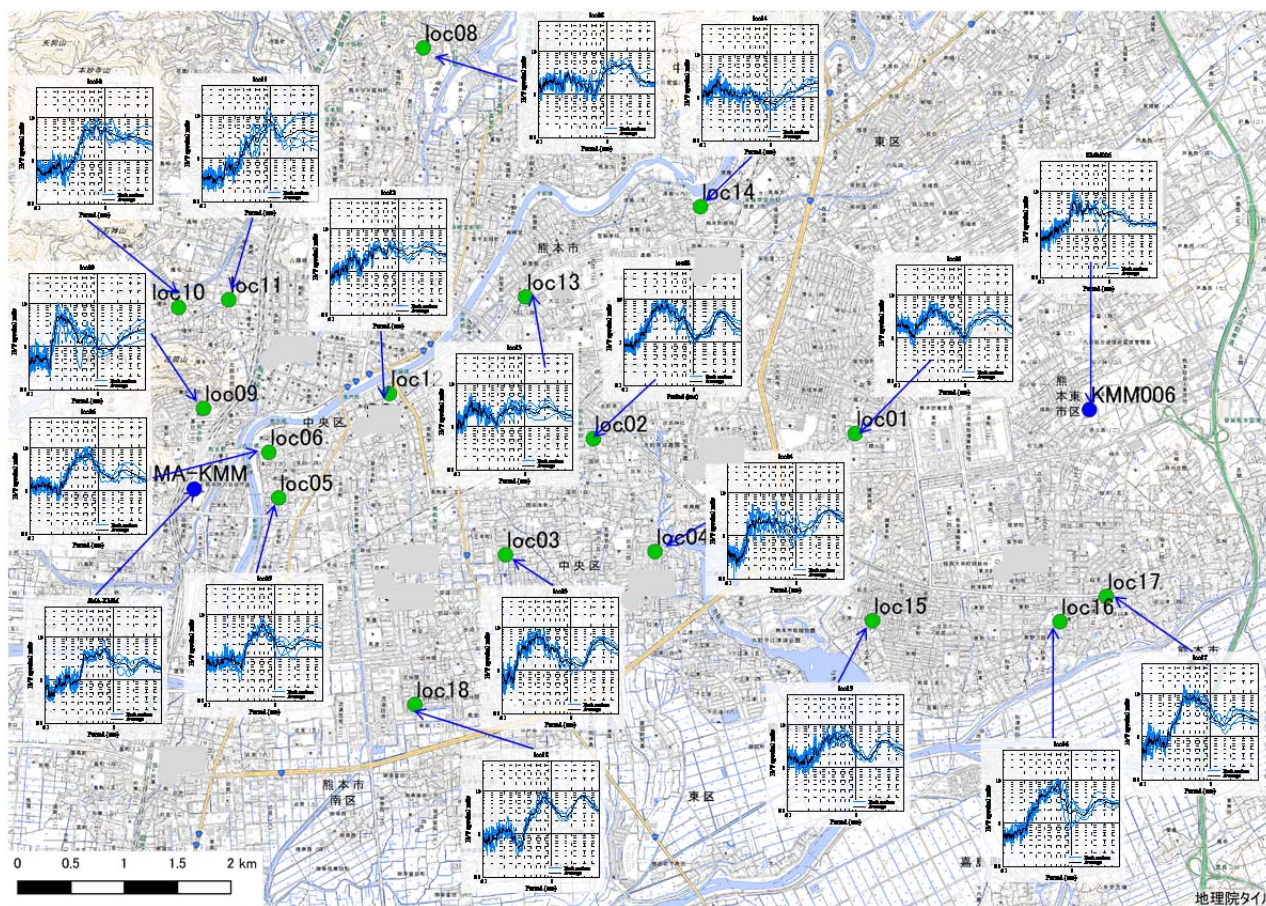


図-1 微動観測点における H/V スペクトル (熊本市東区・中央区)

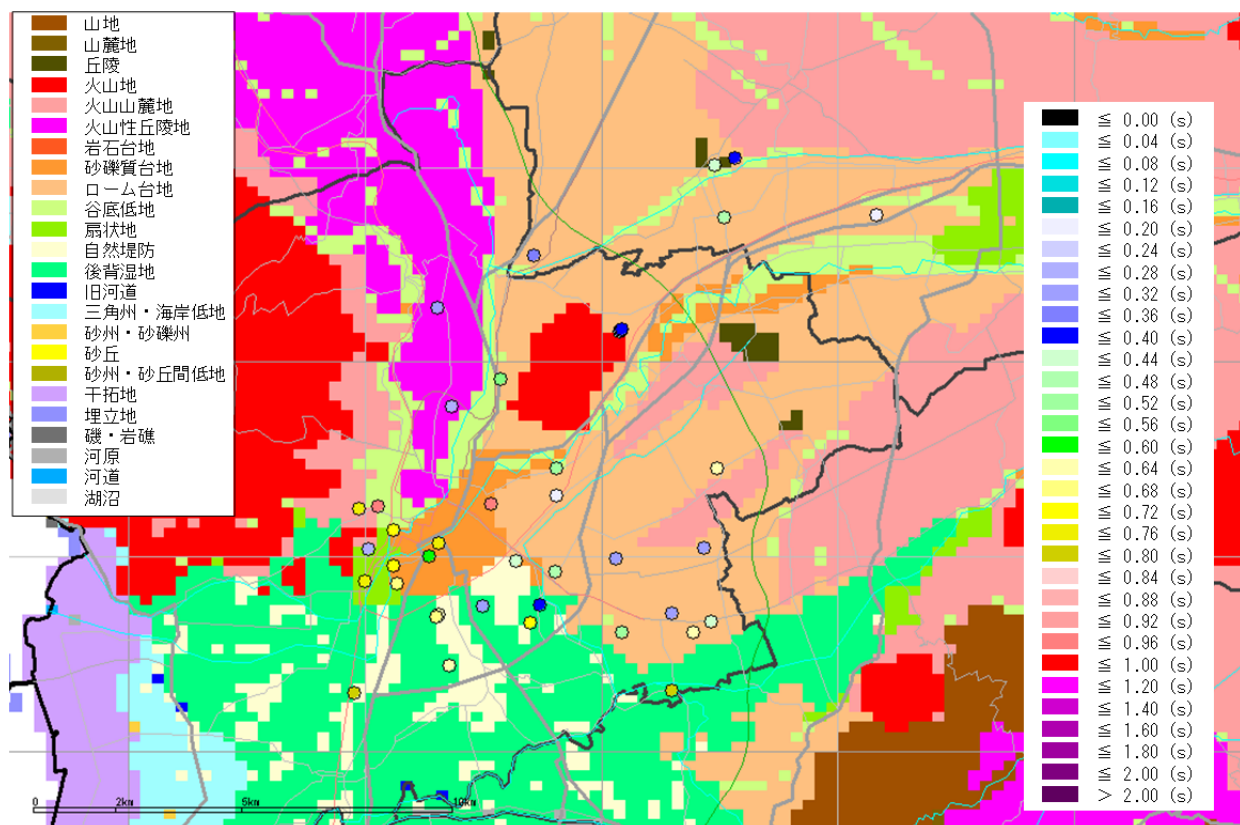


図-2 微動H/Vスペクトルの卓越周期 (背景：地形分類)

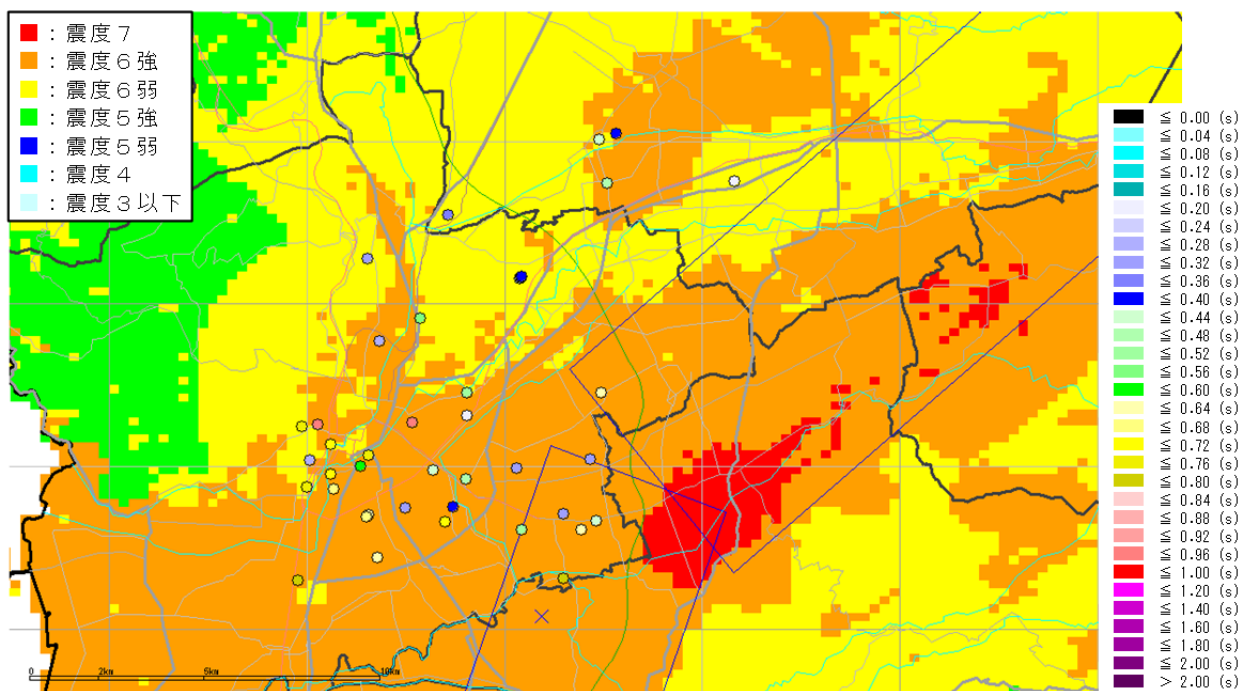


図-3 観測値の補間推定による震度分布⁸⁾

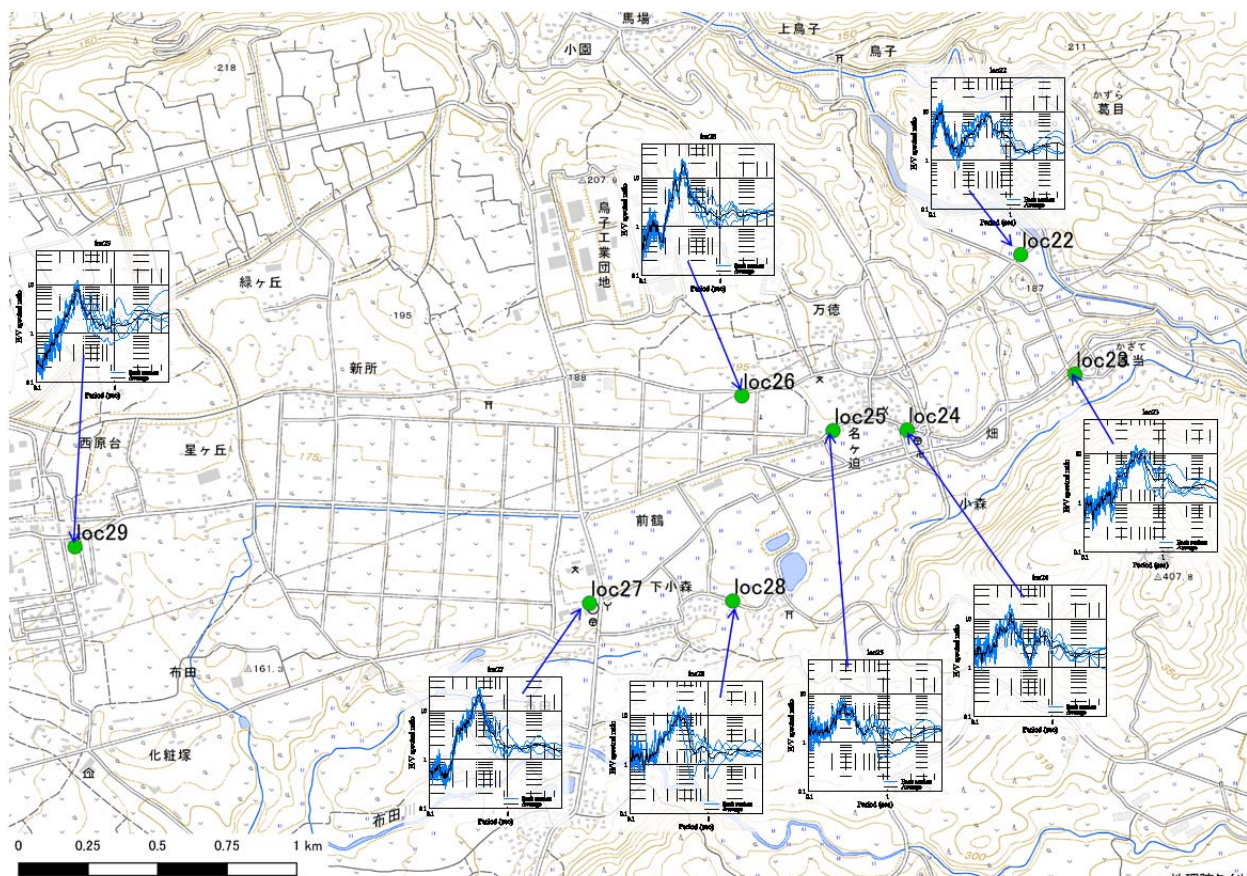


図-4 西原村での微動のH/V スペクトル

卓越周期を図-2に示す。概ね低地部では周期0.5秒より長く、丘陵では0.5秒より短い傾向にある。

図-3に末富ら⁸⁾による震度分布を示す。図-2と同様に、微動の卓越周期を重ねて示している。熊本市街では、東側が地盤が硬質で西側が軟弱になっていくので（微動の卓越周期は西側が長い）、震度6

強の範囲が沿岸部まで続いていると考えられる。図-3の震度分布はボーリングデータを活用して算定しているものの、データの密度は高くないので、今後、微動のデータを活用することで、より細かな変化を捉えられる可能性がある。

4. 西原村での微動観測

微動単点観測を数か所で行った。図-4に観測点の位置とH/Vスペクトルを示す。概ね周期0.3秒付近が卓越しているところが多い。周辺のボーリングデータは、N値が不明であったり、情報が不足しているが、ロームが5-10m程度県道28号付近では見られ、1/4波長則で概算すると、平均Vsを130m/s、表層厚を10mということと対応する。loc27は西原村役場である。風当、古閑では、周期は0.6秒付近と長くなっている。

5. その他の地点での微動観測

上述の地域では、面的な観測を行ったが、他にスポット観測を行った結果について示す。

図-5は大津町役場での微動のH/Vスペクトルである。周期0.5秒付近が卓越している。震度計が設置されており、計測震度は6.0である。地形分類はローム台地で、周辺のボーリングデータでは、10m程度のローム層が見られる。

京都大学山田ら¹⁰⁾や筑波大学境ら¹¹⁾の調査によれば、役場の建物にはせん断クラックが見られ、周辺の建物では、瓦屋根の落下やブロック塀の倒壊など軽微な被害が見られたものの、大きな被害を受けた建物はないという状況であった。

図-6は阿蘇市の赤水地区の2点で測った微動のH/Vスペクトルである。無田は地盤変状が多く見られたところであり、周辺のボーリングデータから軟弱なシルトが30m程度堆積していると見られ、H/Vスペクトルの卓越周期は約1.0秒と長い。一方の赤水駅でのH/Vスペクトルの卓越周期は0.4秒付近となっており、表層が薄くなっていることが推察される。

図-7は2017年11月に阿蘇市狩尾でアレイ観測を行った2点を赤丸で示している。KiK-netのKMMH04の1km程度南である。微動計は、白山工業のJU410で、4点で半径を12.5m, 25m, 50m, 100mでアレイ観測を行った。図-8はF-K解析により得られた位相速度である。北側の方が位相速度が小さくなっているの、S波速度が小さく軟弱層が厚いことが考えられる。100m/s強程度の軟らかい層が厚いと考えられ、大保ら¹²⁾や安田ら¹³⁾の詳細な調査とも整合する。今回の観測点は、文献12)の調査より、やや南西側にあり、今後より詳しい検討を進める予定である。

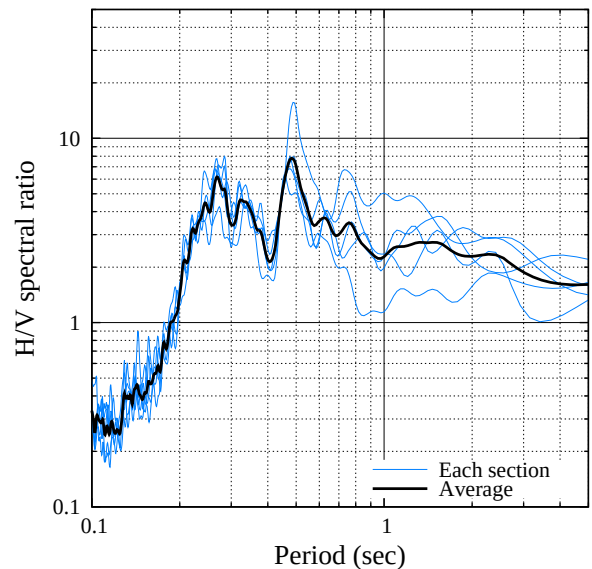


図-5 大津町役場（震度計脇）での H/V スペクトル

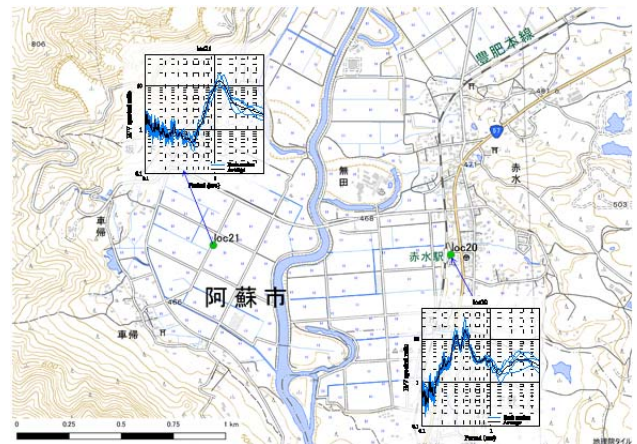


図-6 阿蘇市赤水地区での H/V スペクトル

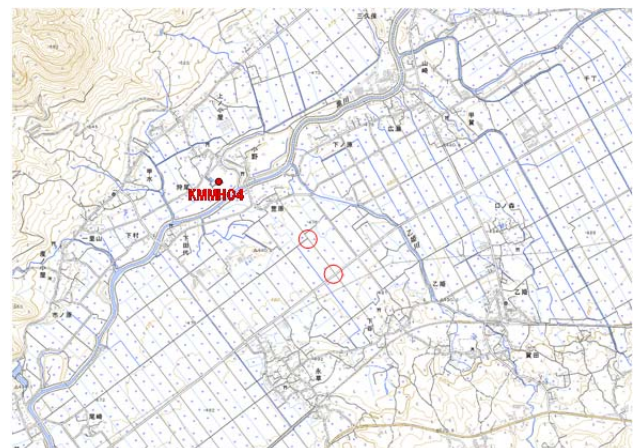


図-7 阿蘇市狩尾でのアレイ観測位置

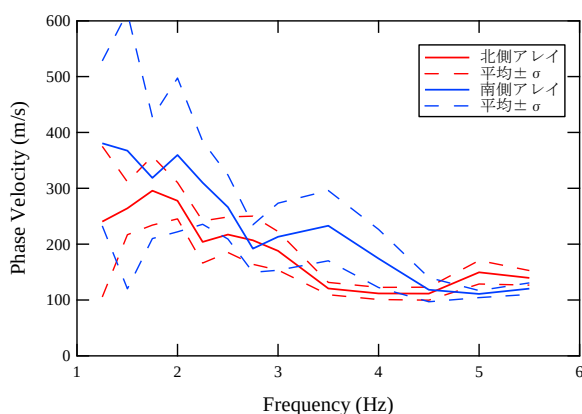


図-8 阿蘇市狩尾でのアレイ観測による位相速度

6. おわりに

本報では、2016年熊本地震での震度6強エリアを主に地震動分布推定の基礎資料とすることを目的として、熊本市や西原村で行った常時微動観測結果について報告した。今後、得られた卓越周期分布に基づき、スペクトル推定等の検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 研究代表者 瀬尾和大：地震時の地盤震動特性評価のための微動の活用に関する研究，科学研究補補助金[試験研究(B)(1)]研究成果報告書，課題番号 0558047，1997.
- 2) 杉野未奈，山室涼平，小林素直，村瀬詩織，大村早紀，林康裕：2016 年熊本地震における益城町の建物被害の分析，日本地震工学会論文集，第 16 巻，第 10 号，2016.
- 3) 長尾毅，Tara Nidhi Lohani，福島康宏，伊藤佳洋，北後明彦，尾茂淳平：2016 年熊本地震による益城町の地震被害と地盤震動特性の相関に関する研究，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.73，No.4（地震工学論文集第 36 巻），I-294-I-309，2017.
- 4) 山田雅行，山田真澄，羽田浩二，藤野義範，JimMori，坂上啓，林田拓己，深津宗祐，西原栄子，大内徹，藤井章男：2016 年熊本地震における益城町での被害メカニズムの解明～地盤特性の影響～，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.73，No.4（地震工学論文集第 36 巻），I-216-I-224，2017.
- 5) 中川博人，柏尚稔，新井洋：益城町中心部における表層地盤の動的変形特性と地震動増幅特性，日本地震工学会・大会-2017 梗概集，P4-7，2017.
- 6) 新井洋，柏尚稔：微動アレイ観測から推定した益城町中心部の地盤 S 波速度構造，日本地震工学会・大会-2017 梗概集，P4-3，2017.
- 7) 長尾毅，柴田大介：動的解析による 2016 年熊本地震における益城町の地震動評価，第 37 回地震工学研究発表会，No.1091，2017.
- 8) 末富岩雄，塚本博之，福島康宏，尾茂淳平，大保直人：近年の被害地震における表層地盤の AVS30 と震度分布評価に関する一検討，第 37 回地震工学研究発表会，No.1121，2017.
- 9) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション(J-SHIS)，<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 10) 山田真澄：2016 年熊本地震被害調査速報，http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/users/masumi/public_html/eq/kumamoto/
- 11) 境有紀：熊本地震で発生した地震動と被害調査速報 <http://www.kz.tsukuba.ac.jp/~sakai/kmm.htm>
- 12) 大保直人，先名重樹，安田進，石川敬祐，野村勇斗：熊本地震による阿蘇カルデラ内で発生した陥没周辺の地盤構造評価，第 37 回地震工学研究発表会，No.1123，2017.
- 13) 安田進，島田政信，石川敬祐，野村勇斗：熊本地震で帯状に陥没した阿蘇市狩尾地区の変状調査，日本地震工学会・大会-2017 梗概集，p2-13，2017.

A REPORT OF MICROTREMOR OBSERVATION AT KUMAMOTO CITY, NISHIHARA VILLAGE, ETC.

Iwao SUETOMI, Yasuhiro FUKUSHIMA and Junpei OSHIGE

Amplification characteristics of the surface ground are important in order to estimate the peak ground motion map of the 2016 Kumamoto earthquake. Then, observation of H/V spectra of microtremors is performed at multiple points. Many researchers have already observed microtremoring, including array observations, in Mashiki town where remarkable building damage was noticed. On the other hand, investigation in other areas such as Kumamoto city and Nishihara village is not enough. Therefore, in this study, microtremor observation was constantly carried out in Higashi ward and Chuo ward of Kumamoto city, Nishihara village, Aso city Akamizu, and examined the topography classification and the information of the borehole data in the surrounding area.