

平成28年（2016年）熊本地震の概要と益城町周辺における余震・常時微動観測

宮本 崇¹・飯山 かほり²・後藤 浩之³・盛川 仁²

Summary of the 2016 Kumamoto Earthquake and aftershock/microtremor observations in and around Mashiki town

Takashi MIYAMOTO¹, Kahori IYAMA²,
Hiroyuki GOTO³ and Hitoshi MORIKAWA²

Abstract

The 2016 Kumamoto Earthquake, a series of seismic activity since April 2016, caused severe structure damages in Kumamoto and Oita Prefectures. This article summarizes characteristics of the earthquake, observed ground motion, and structural damages in Mashiki town where severe damages of residential houses were concentrated. In order to investigate the damage patterns, we conducted aftershock and microtremor observations in the severely damaged area in Mashiki town and the surrounding area. The observation results imply that the site effects at the damaged sites in the surrounding area amplify frequency components related to damages of wooden structures. In contrast, it is difficult to associate the concentration of structural damages in Mashiki town with the site amplifications obtained from the observation results. These facts indicate that more detailed surveys and analysis are required to reveal the major factors causing the structure damages.

キーワード：2016年熊本地震，強震動，地震動被害，余震観測，常時微動観測，地盤震動特性

Key words：2016 Kumamoto Earthquake, strong ground motion, ground motion damage, aftershock observation, microtremor observation, site amplification

1. はじめに

2016年熊本地震は、4/14に発生した前震とさ

れる地震を起点として、九州地方中部で活発化した一連の地震活動を指すものである¹⁾。熊本地震

¹ 山梨大学工学部
Faculty of Engineering, University of Yamanashi

² 東京工業大学 環境・社会理工学院
School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

³ 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本速報に対する討論は平成 29 年 2 月末日まで受け付ける。

の前震、および4/16に発生した本震によって、熊本県から大分県にかけての広い範囲で地震災害が発生している。内閣府によると²⁾熊本県下で69名の死者（震災関連死の20名を含む）が確認されており、約8000棟の住宅が全壊被害を受けている。

高速道路は九州自動車道・大分自動車道において盛土の崩落（1箇所）、切土法面の崩落（1箇所）、橋梁被害（16橋）、および跨道橋の被害（4橋）が報告されている³⁾。道路関係では他に、阿蘇大橋の落橋⁴⁾、大切畑大橋におけるゴム支承の破断⁵⁾、俵山トンネルの覆工コンクリートの崩落⁶⁾等が代表的な被害事例である。九州新幹線は、熊本～新八代間で回送列車の脱線があった他、防音壁の落下、高架橋柱の亀裂等があった⁷⁾。また在来線においても、赤水駅付近で回送列車が脱線している⁸⁾。河川は、国県および政令指定都市が管理する河川において計494箇所の被害が報告されており、その多くは堤防天端のクラックや堤体の沈下によるものである⁸⁾。被害の多くは本震によるものであるが、九州自動車道の盛土崩落、木山橋の被害、および九州新幹線回送列車の脱線は4/14前震による被害であることは特筆すべきであろう。

本地震の発生を受け、著者らは現地において被害状況を調査するとともに、地震動被害が顕著であった益城町市街地において臨時余震観測を実施した。ここでは、熊本地震の地震および地震動の概要を説明した上で、臨時余震観測により得られた知見について報告する。

2. 地震および地震動の概要

2016年熊本地震の一連の活動において顕著なものは、4/14 21:26に発生した前震 (M_{JMA} 6.5) と4/16 1:25に発生した本震 (M_{JMA} 7.3) である。前震では益城町宮園において震度7が観測され、即時発表された⁹⁾。また、本震においても益城町宮園と西原村小森において震度7が観測されていたことが後日発表されている¹⁰⁾。計測震度移行後に震度7が発表された事例は、これまで2例（2004年中越地震と2011年東北地方太平洋沖）あったが、一連の地震活動で震度7が複数回観測されること、および1つの地震で震度7が複数地点で観測

されることは初めての事例である。

地震調査研究推進本部は、前震は日奈久断層帯（高野－白旗区間）の活動によるもの、本震は布田川断層帯（布田川区間）の活動によるものとの見解を示している¹¹⁾。このうち布田川断層帯は、活動時に $M7.0$ 程度の地震が発生すると事前評価されていた。本震以降の現地踏査により、日奈久断層帯高野－白旗区間の一部約6 kmと布田川断層帯布田川区間をやや超える約28 kmにわたって地表地震断層の出現が確認されている¹²⁾。最大変位は、益城町堂園付近に表れた2.2 mの右ずれ変位であった。

図1は前震および本震以降に発生した余震の震央分布と、それぞれのCMT解を示したものである。なお、震央分布は防災科学技術研究所 Hi-net により発表されている気象庁一元化処理震源要素¹²⁾を、CMT解は防災科学技術研究所 F-net により求められたメカニズム解¹³⁾を参照した。余震の震央分布およびCMT解から、いずれも北東（南西）方向に走向を持つ右横ずれ型の断層運動による地震である。本震以降、地震活動の範囲は拡大し、特に熊本県から大分県にかけて活発化した。

図1には、本震により観測された強震記録の水平最大速度(PGV)も併せて示している。ここでは、気象庁震度計¹⁴⁾、自治体（熊本県・大分県・佐賀県、宮崎県）震度計¹⁵⁾、および防災科学技術研究所 K-NET、KiK-net 観測網¹⁶⁾による強震記録を使

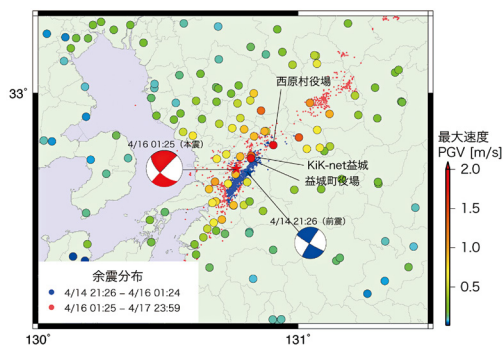


図1 2016熊本地震における前震と本震の震央、余震分布、CMT解、および本震において観測された地震動記録の水平動最大速度 (PGV) の分布

用した。本震以降の余震分布に沿って高いPGVが観測されている。また、概ね震源より北東側でPGVが高い傾向にある。これは破壊の指向性(ディレクティビティ)による影響と考えられるが、厳密には地盤震動特性の影響を考慮して議論する必要がある。なお、大分平野でも高いPGVが観測されたが、本震に誘発された別の地震による影響との見解がある¹¹⁾。

震源域では、PGV1.0 m/sを超えるような強い地震動が観測されている。このうち、KiK-net 益城(KMMH16)、益城町役場、および西原村役場で観測された記録について紹介する。図2は、観測された加速度記録を0.1 Hzの高域通過フィルタにより処理した後に、それぞれ数値積分して求めた速度波形の東西成分、北南成分を示したものである。いずれも東西成分に顕著なパルス状の波が確認できる。パルス幅はKiK-net 益城と益城町役場で1秒程度、西原村役場で2.5秒程度である。強震動から推定される震源過程の分析結果によると^{17,18)}、大きなすべりをもつ領域が震源より東方の布田川断層帯の中央部付近に見られ、西原村役場のパルス状の波はこの大すべり域において生成された可能性が高い。なお、KiK-net 益城と益城町役場におけるパルス状の波の生成源については見解が分かっている。

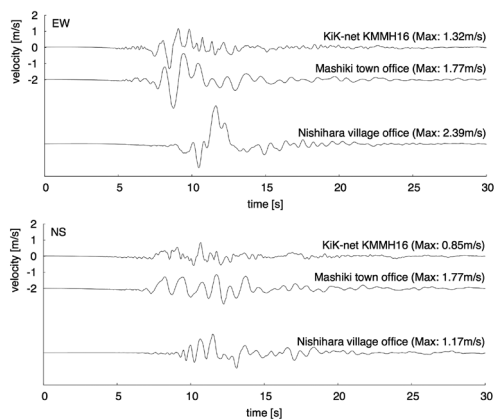


図2 KiK-net 益城(KMMH16)、益城町役場、および西原村役場で観測された地震動の速度波形の比較(0.1Hz高域通過フィルタ処理、上:東西成分、下:北南成分)

図3は、KiK-net 益城(KMMH16)、益城町役場、および西原村役場の記録の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)を示したものである。なお、比較のため1995年兵庫県南部地震における神戸海洋気象台の記録(JMA 神戸波)、JR 鷹取駅の記録(JR 鷹取波)の加速度応答スペクトルを併せて示した。応答スペクトルは、そのピーク値が最大となる方位に投影した1次元の水平動について計算されたものである。KiK-net 益城は周期0.6秒までの区間、益城町役場は周期0.6-1.5秒の区間で重力加速度(9.8 m/s²)を上回る応答を示しており、およそ前者はJMA 神戸波と、後者はJR 鷹取波と似たスペクトル形状である。また、西原村役場は周期3秒程度が目立つスペクトル形状である。ただし、益城町役場の記録はRC造3階建の役場庁舎内で観測されたため、建物応答や建物と地盤の相互作用の影響が含まれている可能性があることを指摘しておく。

3. 益城町における地震動被害

前震および本震の震源に近い熊本県益城町では、住宅を中心とした甚大な地震動被害が発生した。熊本県における住宅の全壊被害のうち、およ

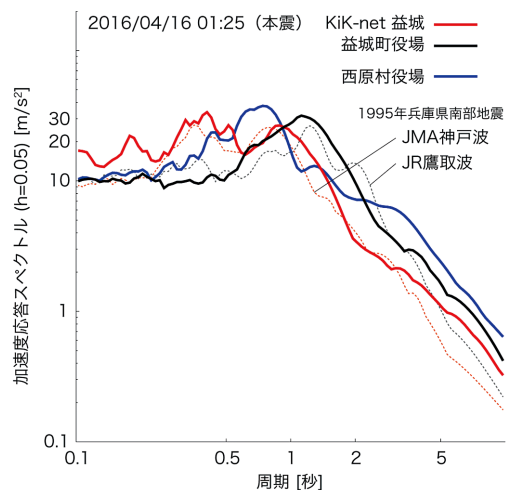


図3 KiK-net 益城(KMMH16)、益城町役場、西原村役場の記録、および1995年兵庫県南部地震におけるJMA 神戸波、JR 鷹取波の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)の比較

そ3割にあたる2500棟余が益城町に集中している¹⁹⁾。建築学会が益城町市街地（安永、宮園、木山、辻の城地区）において実施した悉皆調査（速報結果²⁰⁾によると、建築時期の特定された2042棟において、木造建物の大破・倒壊は517棟、軽微・小破・中破の被害は895棟であったと報告されている。また、1981年以降の木造建築で大破・倒壊に至ったものは168棟あり、うち2000年以降のものも17棟含まれる。建築年代の新しい個々の建物の被害要因分析は非常に重要な課題であるため、今後の分析が期待される。

益城町市街地は県道28号に沿うように形成されているが、特に県道28号に近い帯状のエリアにおいて建物被害が集中して発生している。現地調査の結果^{6, 21-23)}や国土地理院により公開されている地震前後の空中写真²⁴⁾等を総合的に解釈し、建物被害が顕著であったエリアを抽出したものを図4に示す。なお、惣領地区の被災エリアは図示していない。併せて示した標高データと比較すると、秋津川右岸の低地では相対的に被害が少なく、県道28号や益城町役場に向かって上る緩やかな傾斜地で被害が多い。さらに標高の高いKiK-net 益城周辺ではまた相対的に被害が少ない。

国土地理院による空中写真を判読した研究結果²³⁾によると、被害の集中域は1960年代までに形成された古い住宅地と概ね一致することが指摘されている。1960年代から1980年代にかけて、秋津川沿いの低地や、KiK-net 益城周辺へと住宅地が拡大し、現在の市街地が形成された。1980年以前

の航空写真においても既に住宅地の拡大がある程度認められること、被害域でも住宅の更新があったことから、一概に古い住宅のみが選択的に被害を受けたわけではないと指摘している。

被害の集中した緩傾斜地は土地分類基本調査図によると、地形分類は段丘面²⁵⁾で表層地質は段丘堆積物²⁶⁾と評価されている。また、J-SHIS²⁷⁾の微地形区分によるとローム台地および火山山麓地に分類される。これは非常に軟弱な地盤に分類される地形・表層地質ではないため、事前に評価されていたAVS30²⁷⁾は秋津川沿いの低地より大きく、被害分布とは逆の傾向である。ただし、実際の地盤震動特性は必ずしも一般的な傾向に従うとは限らず、また本震の地震動は被害の集中域で顕著に大きかったことが記録されている²⁸⁾ことから、益城町の地盤震動特性を改めて検証することが必要である。

4. 余震観測

本震発生の翌日夜から48時間弱にわたって余震観測を実施した。余震観測点は図4に示すとおり、益城町の中心部の被害発生域を南北に挟む6地点である。なお、観測点#2はKiK-net 益城のすぐ隣に設置したが、観測開始後数時間でシステムのトラブルにより欠測となっていた。そのため、以下の解析では#2の代わりにKiK-net 益城の記録を用いる。

余震観測には簡易な強震計であるIT強震計²⁹⁾を用い、GPSによって時刻を同期している。#2において欠測するまでに得られた記録をKiK-net 益城による記録と比較した結果、有感地震であればIT強震計によって少なくとも0.5Hz以上の周波数帯域で妥当な記録が得られていることを確認している。

図4からわかるとおり、観測点#3と#5が被害の大きいエリア内にあり、#2（KiK-net 益城）はその北側、#4、#6、#1はその南側に位置している。#4と#5は互いに非常に近いが（直線距離で約150 m）、既に述べたとおり周辺の被害状況は異なる。

図5に記録が得られた余震の震央を示す。2016

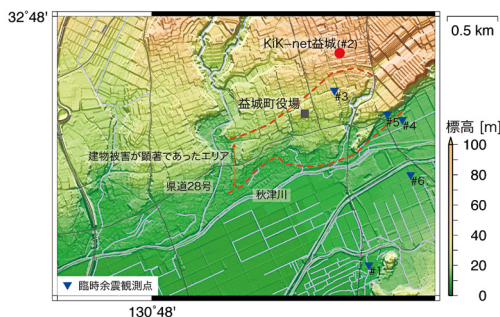


図4 益城町市街地の地形、臨時余震観測地点、および被害集中域（破線内、ただし惣領地区を除く）

年4月17日20時30分頃から19日16時30分頃までの約44時間の連続記録から気象庁の震度データベース³⁰⁾に記録がある余震42個を抽出した。図5には最大震度4以上が記録された余震の震源解もあわせて示している。この間の最大の余震はM5.5(18日20時41分発生)であった。余震観測点でもっとも大きな最大加速度(PGA)を記録した余震は19日12時52分に発生したM4.0の地震であった。観

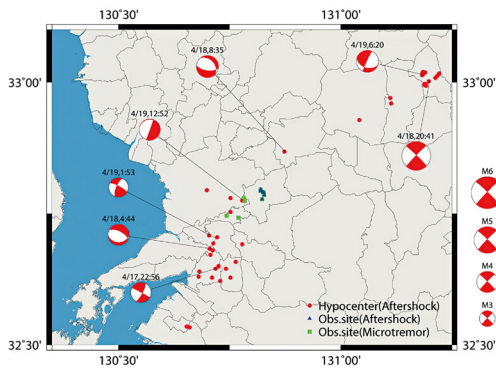


図5 観測された余震の震央分布と余震観測点および微動観測

測記録の一例として、最大のPGAを記録した余震の観測点#4における時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図6に示す。

余震記録の周波数成分から震源特性と伝播経路特性の影響を除去し、サイトの特性を確認するため、一番南の観測点#1を基準としてそれ以外の地点の記録との水平動のフーリエ振幅の比をとった。#1を基準点としたのは、後に示す通り、微動の水平動/上下動スペクトル比(H/V)が比較的フラットで周波数特性に特徴がみられなかったためである。なお、余震の震源が観測点に非常に近いため、サイト特性を厳密に評価するためにはスペクトルインバージョン等による分析が必要であることを付記しておく。最北端の#2(KiK-net 益城)と最南端の#1の間の距離は2kmあまりで、#1が基準点として妥当であるかどうかについては議論の余地があるが、本報告では暫定的に#1を基準に採用した。図7に#4および#5と#1とのNS成分のスペクトル比をそれぞれ示す。黒細線が個々の余震記録の結果で赤線はそれらの平均である。おおきなばらつきがあるが、お

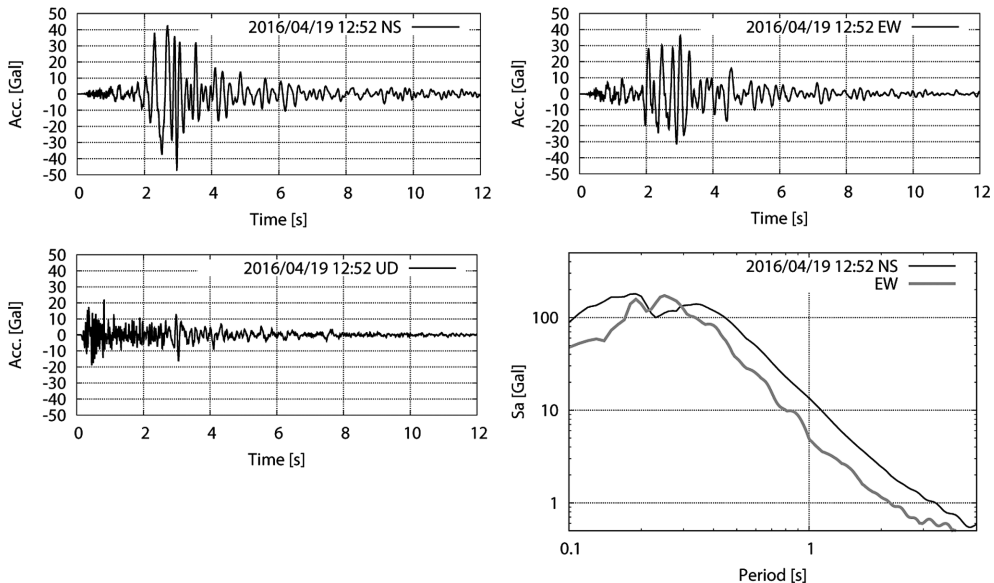
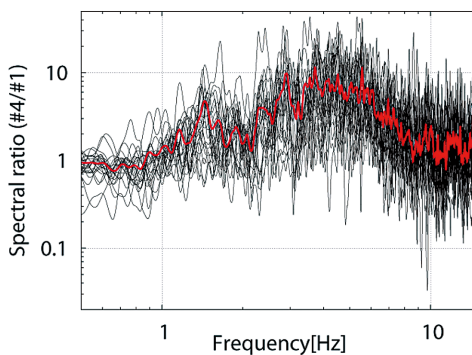


図6 観測された余震記録の例。3成分の時刻歴波形と水平動の絶対加速度地震応答スペクトル(減衰定数5%)。記録された余震のうち最大加速度が最も大きかった2016/04/19 12:52に発生した余震(M4.0)の観測点#4における記録を示す。

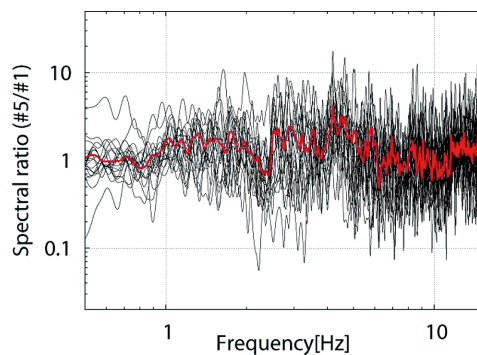
よその傾向は平均によって示されているといえるであろう。#4は1.5Hzおよび4Hz付近に#1に比較して大きな地震動が記録されており、#5は#4に比べると目立った特徴がないことがわかる。すなわち、#5は#1とよく似た地震動であることになる。図8にその他の観測点と#1のスペクトル比の平均をまとめて示す。#3と#5が被害が特に大きかったエリアに含まれていることに注意して図8を見ると、#3と#5では#1に対してあまり大きな違いがなく、周波数特性にも特徴がみられない。一方、それ以外の観測点では

2.5 Hz以上の短周期成分が#1に比べて大きい。しかし、木造構造物の地震応答に影響が大きいと考えられる1~2 Hzでは#2~#6のすべての観測点においてあまり大きな違いがみられない。

観測点間のスペクトル比だけでは地盤の地震応答特性についての議論が難しいため、各観測点での余震記録の水平動/上下動スペクトル比(H/V)を検討した。本来ならば、主要動部分を抽出してH/Vを求めるべきものかもしれないが、主要動部分の振幅が大きく表面波もほとんど見られないため、余震ごとに記録の全てを用いてH/Vを計

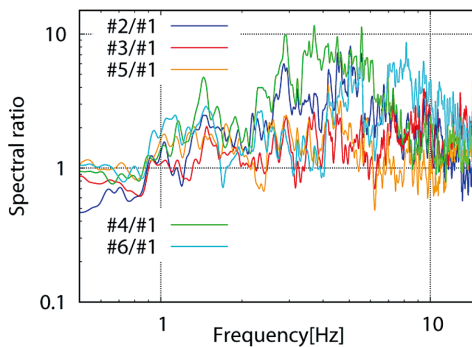


(a) #4と#1のスペクトル比(NS成分)

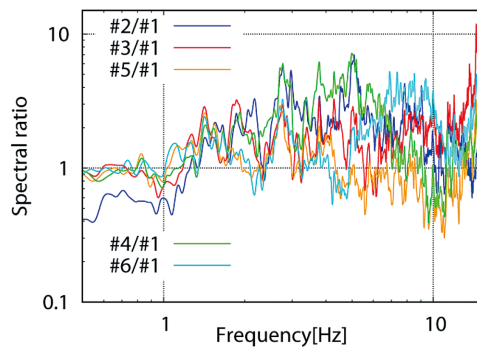


(b) #5と#1のスペクトル比(NS成分)

図7 観測された余震の観測点#1に対する観測点#4および#5のNS成分のスペクトル比の例。赤線は平均を表す。#1に対して#4は1.5 Hzおよび4 Hz付近の地震動が大きい、#5はほとんど一定で#1との違いがはっきりしない。



(a) NS成分



(b) EW成分

図8 観測点#1に対する各観測点での水平動のスペクトル比の平均。#2はKiK-net KMMH16の記録を用いた。

算した。その際、水平成分についてはベクトル合成し、すべての余震記録について平均をとった。その結果を図9に示す。この図から、#1は周波数軸上で一様な周波数特性を示しており、被害が特に大きかった#3および#5でもあまりはっきりした特徴が見えない。それに対して、#2、#4、#6では3Hzよりも高周波数領域において大きなピークが見られる。

議論が前後するが、次節で述べるとおり、余震観測点では単点での微動観測も行った。図11(a)にそのH/Vを示す。図9と図11(a)の2つのH/Vを比較すると両者は似たような傾向を示していることがわかる。余震が主として実体波から構成されており、微動が主として表面波によって構成されているとするならば、両者のH/Vがよく似た傾向を示すのは層境界における音響インピーダンス比が大きい場合であると考えられる(たとえば、Lachet and Bard³¹⁾)。

被害が特に大きかった地域では、木造建造物の固有振動数に近い周波数帯域にピークが見られることが期待されるが、余震観測点に限ればそのような特徴はあまりはっきりとは見えない。従って、余震記録の特徴やH/Vからは地盤の地震応答特性と被害についてよく知られた関係が、本観測のみでは明確ではない。

なお、#2(KiK-net 益城)では深さ240 mまでのPS検層の結果が公開されているが¹⁶⁾、公開されている速度構造を用いて、Rayleigh波の基本

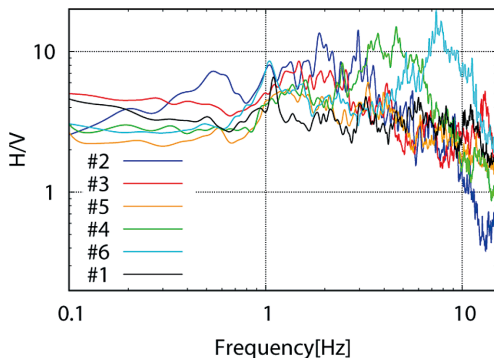


図9 余震観測点における余震の水平度／上下動スペクトル比(H/V)の平均

モードの楕円率を求めてみても微動のH/Vとはまったく対応しない。ボーリングデータの精査も含めて地盤構造についてのより詳細な検討が必要であると考えられる。

5. 微動観測

余震観測点6地点を含む10地点で微動の単点観測を実施した。余震観測点における微動の水平動／上下動スペクトル比(H/V)は前節で述べたとおりであるが、それ以外の本震による被害が大きかった地点でも観測を行った(図5および図10)。微動観測には固有周期0.5秒の動コイル型速度計を用いて、100 Hz サンプリング、24bit 分解能のデータロガーで記録した。観測状態でセンサーのステップ応答を記録しておき、後処理で計器補正を行っている。微動レベルにもよるが周期3秒程度まではノイズの影響をうけずに十分な精度で観測されている。また、H/Vの導出においては、観測記録から突発的なノイズの影響の少ないセグメントを抽出し、各セグメントにおける速度記録のフーリエ変換の水平動2成分の二乗和平均と上下動成分の比を求め、それらのセグメント間の平均を算出した。

微動観測点におけるH/Vを図11に示す。同図(a)は、図9と同じ益城町内の余震観測点において実施した微動観測の記録によるものである。前述のように、余震観測点において構造物被害と整合的な特性をH/Vから読み取ることは難しいが、

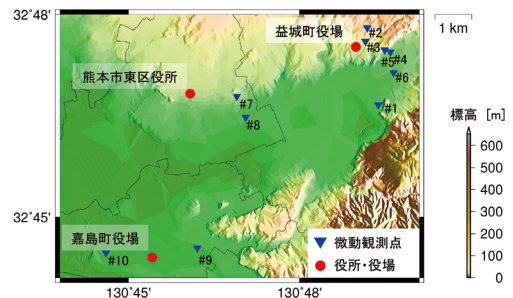


図10 微動の単点観測地点。観測点座標の属する行政区画(#1-6:益城町, #7, 8:熊本市東区, #9, 10:嘉島町)の役所位置を併記した。

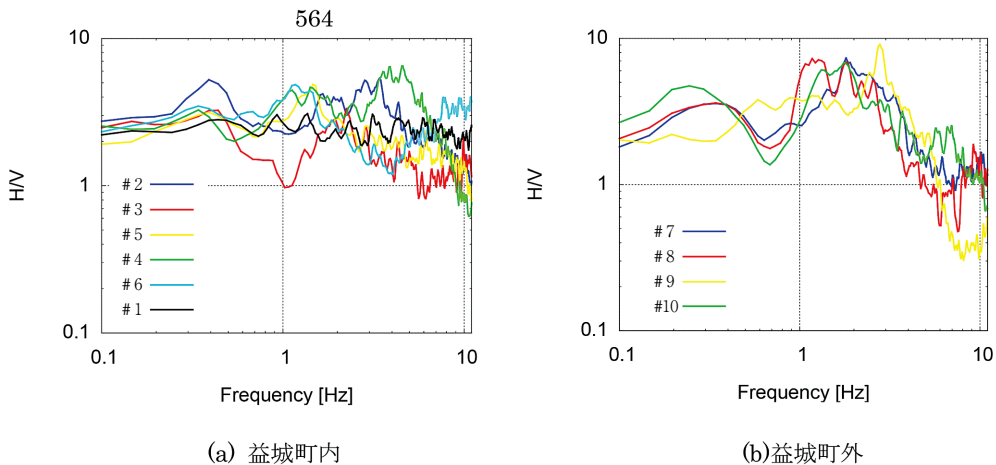


図11 微動記録のH/V平均値。益城町内の観測点の記録は、益城町外の構造物被害個所で観測された記録のものに比べ、ばらつきが大きいことが分かる。

観測点間で卓越周波数帯やスペクトルの形状は大きなばらつきを有していることが指摘される。これに対し、益城町外での微動観測記録によるH/Vを示した図11 (b)からは、木造構造物へ影響が大きいとされる1～2 Hzの周期帯が卓越しており、観測点周辺に見られた木造構造物の被害要因として地盤構造の影響を推測させるものである。また、4記録のスペクトル形状は相対的に類似しており、特に隣接した観測点である#7と#8は非常に近い傾向を有している。

益城町内の記録における、観測点相互の距離の短さに対して非常に大きなH/Vのばらつきは、益城町外の観測点におけるH/V特性の類似性と比較して特徴的である。このことは、益城町内の今回の観測域において表層地盤特性が大きく変化していることを示唆している。また、今回の観測で得られたH/Vだけでは益城町内の顕著な構造物被害を説明できないことも鑑みると、益城町内の地盤特性をより詳細に調査し、より局所的な地盤特性や地域内の地盤構造の不整形性の有無や、それらが地震動や構造物被害に与えた影響を議論するとともに、震源特性や地形効果などもあわせて検討をすすめる必要があるものと考えられる。

6. まとめ

本稿では、2016年熊本地震について、地震および被害の概要を速報した。また、本震直後に行った余震および微動の観測結果を紹介した。著者らによる観測記録だけでなく、既に公開されている種々の情報を加味したとしても、それらの限られた情報から益城町における木造構造物の大きな被害を説明することは現時点では容易ではないことを再確認するにとどまらざるを得なかった。その一方で、前震では倒壊を免れたものの本震により倒壊に至るような大きな被害を受けた益城町周辺のいくつかの地域では、従来から知られているような地盤と地震動応答の関係から被害要因を説明できる可能性が示唆された。

繰り返し述べたとおり、地震動と被害の関係をこれまでに得られている知見によって説明可能であるのか、それとも、我々が知りえなかった新しい現象を含むものであるのか、という問題の切り分けを慎重に行うことから検討をすすめることが重要である。そのためには、既知の知見を有効に活用できるよう、地盤や震源に関する詳細な情報の積み重ねが重要となるであろう。

謝辞

地震発生直後の極めて不自由な生活のなかで余

震観測のためにご自宅の敷地内に快く地震計を置かせてくださった方々および観測点の選定にご協力いただいた方には、個別にお名前を挙げませんが、心から感謝いたします。本速報では気象庁、自治体(熊本県・大分県・佐賀県、宮崎県)、防災科学技術研究所(K-NET, KiK-net)の地震記録を使用しました。また、多くの研究者、関係機関の皆様より教えて頂いた情報を使用しました。記して感謝申し上げます。犠牲者の方に哀悼の意を表しますとともに、1日でも早い被災地の復旧を願っております。

引用文献

- 1) 気象庁, 「平成28年(2016年)熊本地震」について(第23報), <http://www.jma.go.jp/jma/press/1604/21a/201604211030.html>, 2016年4月21日
- 2) 内閣府, 熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について, <http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/index.html>, 2016年6月16日
- 3) 西日本高速道路株式会社, 平成28年熊本地震による高速道路の被災箇所と復旧状況, <http://corp.w-nexco.co.jp/newly/h28/0427a/>, 2016年4月27日
- 4) 秋山充良, 構造物調査報告2(阿蘇大橋およびその周辺の橋梁の被害調査), 土木学会地震工学委員会平成28年(2016年)熊本地震地震被害調査結果速報会, <http://committees.jsce.or.jp/eec2/node/76>, 2016年4月27日
- 5) 松永昭吾・高橋良和・葛西 昭, 構造物調査報告(3) 大切畑大橋の被害状況, 土木学会地震工学委員会平成28年(2016年)熊本地震地震被害調査結果速報会, <http://committees.jsce.or.jp/eec2/node/76>, 2016年4月27日
- 6) 清田 隆, 2016年熊本地震地盤被害と復旧状況 ver4.0, http://www.gdm.iis.u-tokyo.ac.jp/KumamotoEQ_Recon_v4-0.pdf, 2016年7月3日
- 7) 国土交通省, 第7回平成28年(2016年)熊本地震に関する非常災害対策本部会議, <http://www.mlit.go.jp/common/001128104.pdf>, 2016年4月18日
- 8) 国土交通省, 熊本県熊本地方を震源とする地震について, http://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_160502.html, 2016年6月16日
- 9) 気象庁, 平成28年4月14日21時26分頃の熊本県熊本地方の地震について, <http://www.jma.go.jp/jma/press/1604/14a/201604142330.html>, 2016年4月14日
- 10) 気象庁, 「平成28年(2016年)熊本地震」について(第22報), <http://www.jma.go.jp/jma/press/1604/20c/kaisetsu201604201800.html>, 2016年4月20日
- 11) 地震調査研究推進本部, 平成28年(2016年)熊本地震の評価, http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf, 2016年5月13日
- 12) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 「第四報」緊急現地調査報告2016年熊本地震に伴って出現した地表地震断層, <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/kumamoto20160513-1.html>, 2016年5月13日
- 12) 防災科学技術研究所, Hi-net 高感度地震観測網, <http://www.hinet.bosai.go.jp/>, 2016年7月3日
- 13) 防災科学技術研究所, F-net 広帯域地震観測網, <http://www.fnet.bosai.go.jp/>, 2016年7月3日
- 14) 気象庁, 強震波形(熊本県熊本地方の地震), http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/1604160125_kumamoto/index.html, 2016年7月2日
- 15) 気象庁, 地方公共団体震度計の波形データ, http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/1604160125_kumamoto/index2.html, 2016年7月2日
- 16) 防災科学技術研究所, 強震観測網(K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>, 2016年7月3日
- 17) 浅野 公之, 2016年4月16日1時25分本震(MJMA7.3)の震源過程改訂版, http://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/k-asano/pdf/20160416KumamotoEQ_v20160513.pdf, 2016年5月13日
- 18) 久保久彦, 鈴木 亘, 青井 真, 関口春子, 近地強震記録を用いた平成28年(2016年)熊本地震(4月16日1時25分, M7.3)の震源インバージョン解析, http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto_20160416/inversion/, 2016年5月12日
- 19) 熊本県, 熊本地震に係る被害状況等について(第111報), http://www.pref.kumamoto.jp/kinkyu/pub/default.aspx?c_id=9, 2016年7月3日

- 20) 国土技術政策総合研究所, 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会 第2回配布資料4 益城町の悉皆調査に基づく構造別・建築時期別の建築物被害状況の集計, <http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/kumamotozisinniinnkai/20160630pdf/20160630siryou4.pdf>, 2016年6月30日
- 21) 国土技術政策総合研究所, 建築研究所, 平成28年(2016年)熊本地震による建築物等被害第二次調査報告(速報), <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2016/02-kumamoto-1.pdf>, 2016年5月2日
- 22) 杉野未奈, 南部恭広, 村瀬詩織, 山室涼平, 大村早紀, 小林素直, 林康裕, 平成28年(2016年)熊本地震調査速報2, <http://www.hayashi.archi.kyoto-u.ac.jp/topics/2016kumamoto2.pdf>, 2016年5月6日
- 23) 山田真澄, 大邑潤三, 後藤浩之, 2016年熊本地震における前震と本震の益城町の建物被害, 日本地球惑星科学連合2016年大会予稿集, 2016
- 24) 国土地理院, 平成28年熊本地震に関する情報, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>, 2016年4月22日
- 25) 国土交通省国土情報課, 1/50,000土地分類基本調査(地形分類図)「御船」, 1984
- 26) 国土交通省国土情報課, 1/50,000土地分類基本調査(表層地質図)「御船」, 1984
- 27) 防災科学技術研究所, 地震ハザードステーション, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>, 2016年6月10日
- 28) Hata, Y., H. Goto and M. Yoshimi: Preliminary analysis of strong ground motions in the heavily damaged zone in Mashiki town, Kumamoto, Japan, during the main shock of the 2016 Kumamoto earthquake (Mw7.0) observed by a dense seismic array, *Seism. Res. Lett.*, in printing.
- 29) IT強震計研究会, IT強震計, <https://www.eric.eri.u-tokyo.ac.jp/ITKyoshin/>, 2016年7月13日
- 30) 気象庁, 震度データベース検索, <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/>, 2016年7月13日
- 31) Lachet, C. and Bard, P.-Y., Numerical and theoretical investigation on the possibility and limitation of Nakamura's technique, *J. Phys. Earth*, 42, pp.377-397, 1994.

(投稿受理：平成28年7月20日
訂正稿受理：平成28年7月27日)

要 旨

平成28年(2016年)熊本地震は2016年4月以降に発生している一連の地震活動であり、熊本県から大分県にかけて甚大な構造物被害をもたらした。本稿は、地震および地震動の概要、構造物の被害が集中した益城町の地震動被害を速報すると共に、著者らが本震直後に実施した臨時余震観測、常時微動観測から得られた知見を報告する。観測結果からは、益城町周辺の地域におけるサイト特性は木造構造物被害に影響を与える周波数成分を増幅させるものであることが示唆された。一方で、益城町内における構造物被害の集中を、観測から得られたサイト特性と関連付けることは難しかった。こうした事実は、今回の地震における構造物被害の主要因を明らかにするためには、より詳細な調査・分析の必要があることを示している。