

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03343

研究課題名(和文)熊本地震による阿蘇市の長周期地震動の成因解明と建物群の地震応答評価

研究課題名(英文)Elucidation of causes of long-period ground motions in Aso city during the 2016 Kumamoto earthquake and evaluation of seismic response of buildings

研究代表者

神野 達夫 (KANNO, Tatsuo)

九州大学・人間環境学研究院・教授

研究者番号：80363026

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,900,000円

研究成果の概要(和文)：地震や微動の観測から、熊本地震時に阿蘇市で観測された周期3秒の長周期地震動の成因を検討した結果、この地震動は、西原村直下の強震動生成域で発生し、それが阿蘇市の厚さ1km以上にも及ぶ軟弱な堆積層でさらに大きく増幅されたことによることが明らかになった。また、阿蘇市の木造建物の構造調査や微動・地震観測から、その振動特性について検討した結果、2000年以降に施工された木造建物では、構造計算と地震や微動の観測の結果は整合するが、築80年の建物では、それらは必ずしも整合せず、水平構面剛性の影響などを考慮する必要があること、強震時には固有振動数が7～8割程度まで減少することなどが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、2016年熊本地震時に阿蘇市で観測された周期3秒の長周期地震動の成因について検討したものであるが、内陸の活断層型の地震においてこのような長周期地震動が観測された例はほとんどないため、このような地震動の成因を解明することは、超高層建物や免震建物といった長周期構造物の耐震安全性の向上に大きく貢献する。また、本研究では、地震観測、微動観測、構造調査といった様々な調査から、建築年代の異なる木造建物の耐震性能や振動特性を多角的に検討しており、幅広い建築年代の建物が混在する木造建物の耐震安全性の向上にも資するものである。

研究成果の概要(英文)：Based on the observations of earthquakes and microtremors, we investigated the cause of the long-period ground motion of 3 sec. period observed in Aso during the Kumamoto earthquake. As a result, it was clarified that the ground motion generated in the strong motion generation area under Nishihara village and was further amplified by the sedimentary layer over 1 km thick.

And, we investigated the vibration characteristics of the wooden buildings based on the structural surveys and the observations of earthquakes and microtremors. In the wooden building after 2000, the evaluated result by the surveys and the observations were shown good correspondence. However, in the building that constructed 80 years ago, there were many discrepancies among each analysis. It is noted the following two findings; one is that the effects of horizontal structural rigidity should be taken into consideration, another is that the natural frequency decreases to 70 to 80% during a strong building vibration.

研究分野：地震工学

キーワード：熊本地震 阿蘇市 長周期地震動 地震・微動観測 地下構造モデル 特性化震源モデル 木造建物 振動特性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

平成28年(2016年)熊本地震では、4月14日21時26分に気象庁マグニチュード(M_J)6.5(以降、前震)さらにその約28時間後の4月16日1時25分に M_J 7.3の地震(以降、本震)が発生し、益城町で2度の震度7を観測した。これにより、震源断層の近傍を中心に多くの建物が倒壊するなどの被害が生じた。一方、阿蘇市街地では周期1~2秒程度が卓越した益城町とは異なり、周期3秒が卓越する長周期地震動が観測され、木造住宅などの低層建物が倒壊に至るような大きな被害は見られなかったが、阿蘇神社において、拝殿と国指定重要文化財の楼門といった一部の歴史的建造物のみが倒壊するという特徴的な被害が生じた。内陸の地殻内地震において、このような長周期地震動が卓越する例は少なく、大都市部に存在する超高層建物や免震建物の耐震性に重大な影響を及ぼす可能性があるため、その成因の解明は極めて重要である。

2. 研究の目的

本研究では、(1)阿蘇市街地における微動観測から地下構造モデルを構築するとともに、地盤特性を評価し、(2)その地下構造モデルと既存の震源断層モデルから構築された特性化震源モデル、ならびに観測された地震動を用いてK-NET一の宮(KMM004)における本震時の地震動を再現し、観測された周期3秒の長周期地震動の成因を解明する。また、(3)市街地において臨時地震観測を行い、これに基づいて市街地の地盤震動特性の分布について検討する。さらに、(4)阿蘇市街地のいくつかの木造建物における構造調査結果ならびに地震観測や微動観測に基づいて建物の耐震性能や振動特性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 微動観測による阿蘇市街地における地盤特性評価

地下構造が地震動に与える影響は顕著であるため、地震動評価に地下構造の把握は欠かせない。そこで、微動アレイ観測を用いて、阿蘇市街地における地下構造の推定を行った。

図1のは常設(KMM004)ならびに本研究における臨時地震観測点(ASO001~7)であり、微動アレイ観測はこれらの地震観測点の周辺で実施した。各観測点のアレイは4点アレイであり、それぞれ複数のアレイ半径を設定しているが、大きさの隣り合うアレイ半径の違いは2~3倍程度とした。観測はいずれも早朝また昼間であり、観測時間はアレイ半径200m以上では60~180分、200m以下では15~30分で、周辺のノイズ環境に応じて決定した。

解析では、微動の上下動成分にアレイ半径に応じたバンドパスフィルターを施し、時空間的に安定した記録に対して空間自己相関法¹⁾を適用して、Rayleigh波の位相速度を算出した。なお、解析区間長はアレイ半径によって異なるが、10.24~81.92秒の間で選択した。また、Rayleigh波の位相速度からS波速度構造モデルを推定する際には、遺伝的アルゴリズム²⁾(GA)を用いた。GAの探索範囲は、J-SHIS³⁾やJIVSM⁴⁾などの既存モデルを参照して決定した。

また、阿蘇市街地中心部の地盤の卓越周期分布を把握するために、図1の対象エリア(2.4km×1.2km)において単点微動観測を行った。対象エリアを200mメッシュで分割し、91点(13×7)を設定したが、立ち入りができない地点があったため、観測は89点で実施された。使



図1 本研究における地震観測点と微動の観測点

用機材は、センサーに過減衰型加速度計 JEP-6A3-10(ミットヨ、10 V/g)、データロガーとして、GPL-6A3P(ミットヨ、AD 変換 : 24 bit)、一部の観測点ではセンサーの出力信号をパソコンに伝送するトランスミッターとして RS-AD24(アルニック、AD 変換 : 24 bit) を用いた。観測時間は 15 分を基本とし、周辺の状況に応じて延長した。サンプリング周波数は 100 Hz である。

解析では、微動の水平動と上下動のフーリエスペクトルの比 (H/V スペクトル) を用いて、地盤の卓越周期を推定した。なお、H/V スペクトルの水平動は水平 2 成分のベクトル合成であり、算出された H/V スペクトルのうち、スペクトルを求める際の解析長は 40.96 秒であり、0.1 Hz の Parzen Window によって平滑化をしている。水平 2 成分をベクトル合成と上下動成分のスペクトル比を算出し、形状が安定した 10 ブロックの平均をその地点の H/V スペクトルとした。

(2) KMM004 における長周期地震動の成因の解明

震源インバージョンによって求められた震源断層モデルをもとに新たに特性化震源モデルを構築し、これに基づいて、経験的グリーン関数法によって KMM004 における本震の観測記録の再現を行い、KMM004 で観測された長周期地震動の成因を解明する。

経験的グリーン関数法⁵⁾における波形合成では、対象となる大地震と要素地震となる小地震の断層面の長さの比 N とそれぞれの地震の応力降下量比 C を適切に推定することは重要である。本研究では、観測震源スペクトル比 (同一観測点の地表で観測された異なる地震のフーリエスペクトルの比) に ω^{-2} モデル⁶⁾に基づく震源スペクトル比の理論式を、最小二乗法を用いて当てはめることで、本震と余震のコーナー周波数 (以下、 f_{cm} 、 f_{ce}) を推定し、これら C と N を算定する⁷⁾。解析の用いた小地震は、1997 年から 2016 年 4 月 19 日までに 2016 年熊本地震の震源域およびその周辺で発生した M_j 4.0、深さ 20 km 以下の地震のうち、F-net の CMT 解の得られている 6 地震 (4.6 M_j 5.5、10.0 震源深さ (km) 14.1) とした。対象観測点は、周辺の K-NET 観測点であり、本震の最大加速度が水平 2 成分とも 200 cm/s^2 以下、本震における震源距離 30 km 以上という条件をもとに 8 観測点を抽出した。フーリエスペクトルのデータ区間は P、S 波を含む 30 秒間の水平 2 成分を合成したものを用いた。S 波速度は 3.1 km/s とし、Q 値は小久江 (1997)⁸⁾ を参照した。なお、 f_{cm} については、対象とした小地震の数の分だけ推定されるが、本研究では、これらの平均値 ($f_{cm} = 0.0904$ Hz) を用いて再度 6 つの f_{ce} を求め直した。この結果を踏まえ、本研究では、Asano and Iwata (2016)⁹⁾ による不均質震源モデルから、Somerville (1999)¹⁰⁾ に基づいて、2 つのアスペリティを抽出し、特性化震源モデルを構築した。

上記の特性化震源モデルに基づいて、経験的グリーン関数法を用いて、本震時の地震動 (水平動 2 成分) の合成を行った。対象観測点は、震源断層周辺の K-NET、KiK-net 観測点の 8 点とした。なお、Irikura (2017)¹¹⁾ や佐藤 (2017)¹²⁾ などの既往の研究では、全地震モーメントを強震動生成域 (SMGA) に分配し、背景領域は考慮していないが、本研究では震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」)¹³⁾ を参考に背景領域にも地震モーメントを分配し、背景領域の影響も考慮することとした。本研究では、SMGA のサイズや位置、断層北部の南東傾斜断層面考慮の有無やその震源パラメータの与え方、要素地震の選択などについてパラメトリックに検討し、観測値との整合性が最も高いモデルを選択した。

(3) 地震観測記録に基づく阿蘇市街地における地盤震動特性分布の検討

臨時地震観測点は、阿蘇神社周辺の AS0001、AS0002、宮地駅周辺の AS0003、KMM004 の近傍の AS0004、阿蘇駅付近の免震建物の AS0005、AS0005 と宮地駅間の地域の AS0006、AS0007 とした (図 1)。使用した機材は、センサーに JEP-6A3 (1.1 V/g、ミットヨ)、データロガーには DATAMARK LS-8800 (白山工業) であり、サンプリング周波数は 100 Hz とした。

地震記録を用いて、地盤震動特性の分布を検討するために、本研究では以下の二通りの解析を行った。一つ目は、H/V スペクトルを用いる方法で、観測された地震記録における S 波初動から 20.48 秒のフーリエスペクトル (平滑化 : Parzen Window 0.2 Hz) から算出し、その卓越周期の分布について検討を行った。二つ目は、水平動のスペクトル比を用いる方法である。震源からそれぞれの観測点への方位角を用いて、NS、EW 成分を Radial、Transverse 成分に変換し、得られた Transverse 成分のフーリエスペクトルを前者の解析と同様に求めた。さらに、震源距離の補正を行い、AS0004 (KMM004) を基準として、スペクトル比を算出した。

(4) 阿蘇市街地の木造建物の耐震性能および振動特性の解明

建築基準法が改正された 2000 年以降に施工された木造建物 (ASOB01)、竣工後約 80 年が経過した木造建物 (ASOB02) の 2 棟を対象に、両者の地表面および小屋組において、地震観測を行った。使用した機材は有線 LAN 地震計 (白山工業) で、センサーには地表面でサーボ型加速度計 SU501、小屋組で静電容量式加速度計 SU201 を採用した。計測は、それぞれ 3 成分、ロガーは LU301 (AD 変換 : 24 bit) である。得られた地震観測記録は、部分空間法に基づくシステム同定手法¹⁴⁾ を用い、強震時の固有振動数、固有モード等の経時変化を調べた。

これらの建物の振動特性を総合的に評価するため、上記の地震観測のほか、微動測定と耐震診断法¹⁵⁾ に基づく構造計算を行った。特に ASOB02 では、経年劣化等の影響を考慮するため、詳細な構造調査も併せて実施した。地震・微動記録、構造計算の結果を相互に比較し、構造計算における仮定条件の考え方、木質構造に特有の非線形性の影響に注意し、振動特性を分析した。

4. 研究成果

(1) 微動観測による阿蘇市街地における地盤特性

観測によって得られた微動記録に空間自己相関法を適用して求められた Rayleigh 波の分散曲

線と GA によってフィッティングされた理論分散曲線ならびに推定された地下構造の一例として、INM における結果を図 2(a)、(b)に示す。推定された地下構造に基づく理論分散曲線は、観測値をよく満足している。地震基盤の上面深度は 1.1 km と推定されており、J-SHIS³⁾によるモデルの比べて深い。また、得られた微動記録から計算された H/V スペクトルと推定された地下構造から計算される Rayleigh 波基本モードの理論楕円率の比較を図 2(c)に示す。両者はおおむね対応しており、地下構造の妥当性を示している。さらに、推定された地下構造に基づく一次元増幅特性は、周期 3.4 秒で 10 倍近い増幅を示しており(図 2(d))、INM で観測された長周期地震動の成因の一つとして地盤増幅特性が大きく影響していることが明らかになった。

一方、単点微動観測によって得られた 1 次卓越周期は 1~5 秒で、対象地域内の南東から北西に向けて連続的に長くなり、重力図¹⁶⁾や J-SHIS³⁾の地震基盤出現深さの分布ともよく対応する。

(2) K-NET 一の宮における長周期地震動の成因

Somerville (1999)¹⁰⁾では、アスペリティのサイズは経験的に震源断層全体の 20%程度としているが、本研究でも 22.2%となり、同程度の割合となった。

波形合成に用いた小地震は、2016 年 4 月 14 日 22:43 に発生した $M_j = 5.1$ の地震であり、推定された震源パラメータは、 $C = 1.14$ 、 $N = 12$ であった。本研究では、推定した N を用いて震源断層全体を分割し、 C は一定として、すべり量の重ね合わせ数の違いによって SMGA と背景領域のすべり量の違いを考慮している。その結果、本研究では、不均質震源モデルを $N = 12$ で分割し、不均質震源モデルで抽出したアスペリティと同じ位置に、同じ大きさになるように、日奈久断層帯北部に面積が 42 km² の SMGA₁ と布田川断層帯の中央部に面積が 126 km² の SMGA₂ を設定し、そのほかの領域を背景領域とした。破壊の伝播は、震源位置から同心円状に破壊すると仮定し、SMGA の破壊開始時刻を決めた。ライズタイム T_r は、レシビでは断層の幅 W 、係数 β 、破壊伝播速度 V_r より、 $T_r = W / V_r = 0.5$ と与えているが、本研究では、片岡・ほか(2003)¹⁷⁾を参考に、 $\beta = 0.25$ とした。

対象地点における観測波形と合成波形を比較した結果、一部の観測点で、観測波形の振幅を過大に評価したが、図 3 に示す KMM004 を含むその他の点では、振幅、波形、加速度フーリエスペクトルが概ね一致していることから、本研究で拘置した特性化震源モデルは妥当であると判断した。図 3 には、KMM004 の地震動に対するそれぞれの SMGA と背景領域の寄与を示している。佐藤(2017)¹²⁾では、阿蘇地域直下の浅部に SMGA を設定することで、KMM004 で観測された長周期地震動を説明していたが、本研究では、KMM004 の地震動が阿蘇地域直下ではなく、主に西原村直下の SMGA₂ において生成されたと推察された。

KMM004 (INM) における本震時の地震動における震源特性についてより着目するため、推定された地下構造を用いて、線形の 1 次元計算によって中小地震の記録を地震基盤上での地震波に変換し、地震基盤上での波形を合成した。その結果、地震基盤上での合成波形の最大加速度、最大速度は地表でのそれらと比べて約 1/6 程度とかなり小さいが、地震基盤上の合成波形の加速度フーリエスペクトルの長周期帯域にピークが見られ、地震基盤の段階ですでに周期 1 秒以上の長周期成分を多く含む地震動が生成されていたことが明らかになった。

KMM004 (INM) における地下構造モデルから算出される地盤増幅特性が周期 3.4 秒で 10 倍近い増幅を示していることを考慮すれば、KMM004 において本震時に観測された長周期地震動は、西原村直下の SMGA₂ において生成された顕著な長周期地震動が観測点直下の地盤増幅特性によってさらに大きく増幅された結果であると結論付けられる。

(3) 地震観測記録に基づく阿蘇市街地における地盤震動特性分布

臨時地震観測点で観測された地震動の H/V スペクトルによって長周期帯域の卓越周期について検討した結果、AS0004、AS0001 の卓越周期は 2.9 秒、AS0003、AS0007 は 2.5 秒、AS0002、AS0005、AS0006 では 4 秒であり、AS0002、AS0005、AS0006 では AS0004 (KMM004) よりも卓越周期は長く、微動の H/V スペクトルによって得られた傾向と調和的である。

また、周期 2~5 秒の帯域におけるスペクトル比の平均値は、AS0001 から AS0003 の南北測線では側ほどの南北測線では側ほどの南北測線では北側ほど大きく、この周期帯では AS0004 よりも地震動が大きいことを示している。そのため、阿蘇神社における本震時の長周期地震動も KMM004 (AS0004) で観測された地震動より大きかった可能性が示唆される。また、AS0003 から北側の AS0001、あるいは、北西の AS0007 に行くほど、周期 2~5 秒の帯域におけるスペクトル比

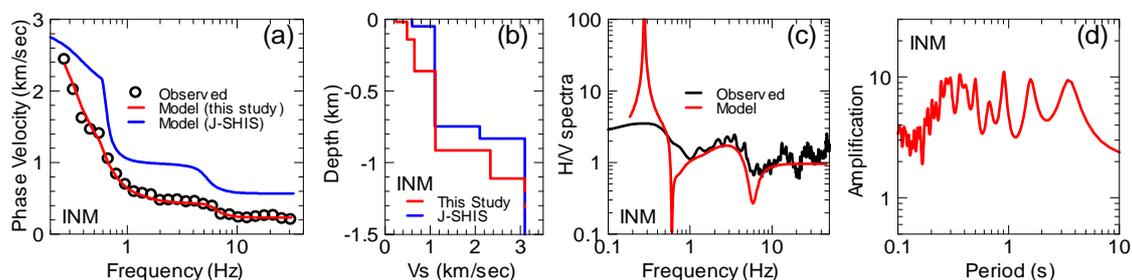


図 2 (a)微動アレイ観測による分散曲線と推定された地下構造による理論分散曲線、(b)推定された地下構造と既存の地下構造モデル、(c)微動 H/V スペクトルと推定された地下構造による Rayleigh 波基本モードの理論楕円率、(d)推定された地下構造による一次元地盤増幅特性

は大きくなり、地震基盤深さと相関があるとされる重力異常値の傾向と一致する。

(4) 阿蘇市街地の木造建物の振動特性

ASOB02 (築 80 年) では、構造調査の結果、特徴的な小屋組が確認され、耐震要素も平面的に偏った配置であった。構造計算による主屋全体の耐震性能は、上部構造評点で 0.5~0.7 程度と建設年代を勘案すれば、予想の範囲内であったが、耐震要素の配置から部分的に評点が 0.2 程度と著しく性能に乏しいエリアがあり、注意が必要である。また、構造計算に基づく固有値解析の結果、水平構面に適切な応力伝達が確保されなければ、上記の一部のエリアに損傷が集中する可能性があることを示唆し、補強に必要な水平剛性も試算した。さらに、地震観測、微動測定とこれら構造計算の結果を比較し、木質構造に見られる歪み依存の非線形性が確認されたほか、構造計算結果と整合する小屋組の水平構面の影響と思われる振動特性を確認した。

一方、現行の耐震基準と概ね整合する ASOB01 では、同じ手順で進めた構造計算の結果と観測記録は概ね整合し、ASOB02 と同様、非線形性による固有振動数の相違は認められたが、建物全体の振動特性と構造計算の結果に大きな齟齬はなかった。両建物に共通して、層間変位の増大に伴う固有振動数の減少は概ね 7~8 割程度であったが、水平構面の性能に不足がある ASOB02 では、地震観測記録が建物全体の振動特性を適切に評価しているとは言い難く、類似の建物では微動測定等で情報を補完し、耐震性能を評価していく必要性を示唆した。

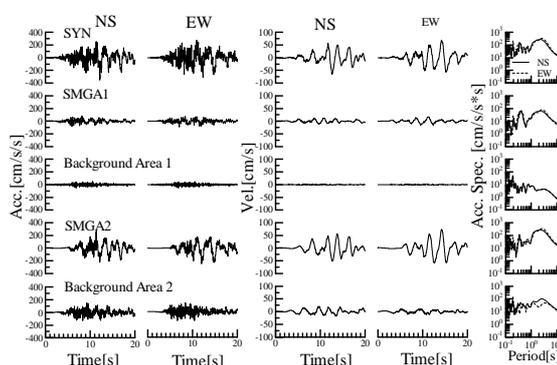


図3 合成された KMM004 の本震の地震動

< 引用文献 >

- 1) Aki, K.: Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull. E. R. I., Vol. 35, pp. 415-456, 1957.
- 2) 山中浩明・石田寛: 遺伝的アルゴリズムによる位相速度の逆解析、日本建築学会構造系論文集、60巻、468号、pp. 9-17、1995.
- 3) 防災科学技術研究所: J-SHIS Map、<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>.
- 4) Koketsu, K., H. Miyake, and H. Suzuki: Japan integrated velocity structure model version 1, paper no. 1773, Proc. 15th world Conf. Earth. Eng., Lisbon, Sep. 2012.
- 5) Irikura, K.: Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp., pp. 151-156, 1986.
- 6) Brune, J. N.: Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, J. Geophys. Res., 75, pp. 4997-5009, 1970.
- 7) 三宅弘恵・岩田知孝・入倉孝次郎: 経験的グリーン関数法を用いた 1997 年 3 月 26 日 (MJMA6.5) 及び 5 月 13 日 (MJMA6.3) 鹿児島県北西部地震の強震動シミュレーションと震源モデル、地震第 2 輯、51 巻、4 号、pp. 431-442、1999.
- 8) 小久江洋介・和田安司・成田章・木下繁夫: 九州南部の地震で得られた K-NET データのデコンボリューション、日本建築学会講演予稿集、No. 2、B23、1997.
- 9) Asano, K., and T. Iwata: Source rupture processes of the foreshock and mainshock in the 2016 Kumamoto earthquake sequence estimated from the kinematic waveform inversion of strong motion data, Earth, Planets and Space (2016), 31 August 2016.
- 10) Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and M. Kowada: Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seism. Res. Let., Vol. 70, No. 1, pp. 59-80, 1999.
- 11) Irikura, K., K. Miyakoshi, K. Kamae, K. Yoshida, K. Somei, S. Kurahashi, and H. Miyake: Applicability of source scaling relations for crustal earthquakes to estimation of the ground motions of the 2016 Kumamoto earthquake, Earth, Planets and Space (2017), 3 January 2017.
- 12) 佐藤智美: 強震観測記録に基づく 2016 年熊本地震の広帯域震源特性、日本建築学会構造系論文集、82 巻、741 号、pp. 1707-1717、2017.
- 13) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシビ」) 令和 2 年 (2020 年) 3 月、2020.
- 14) 肥田剛典・永野正行: 部分空間法に基づくシステム同定による建物の固有振動数と減衰定数の推定精度、日本建築学会構造系論文集、79 巻、701 号、pp. 923-932、2014.
- 15) 日本建築防災協会: 木造住宅の耐震診断と補強方法、2012.
- 16) 産業技術総合研究所: 地質図ナビ、<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php>.
- 17) 片岡正次郎・日下部毅明・村越潤・田村敬一: 想定地震に基づくレベル 2 地震動の設定手法に関する研究、国土技術政策総合研究所研究報告、No. 15、2003.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 相生陽平、佐藤利昭 | 4. 巻 33 |
| 2. 論文標題 長期的な荷重継続を受けた木材のクリープに関する一考察 - 実架構の現況調査と常時微動測定による剛性評価 - | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 都市・建築学研究, 九州大学人間環境学研究院紀要 | 6. 最初と最後の頁 47-52 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 上園周平、正願拓哉、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 K-NET 一の宮における地下構造の推定とそれに基づく地盤震動特性の評価 |
| 3. 学会等名 日本建築学会大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 重藤迪子、上園周平、寄井田恭佑、神野達夫 |
| 2. 発表標題 2016年熊本地震の阿蘇市一の宮における長周期地震動 |
| 3. 学会等名 日本地震学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 五通康形、井島彰伽、上園周平、寄井田恭佑、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 2016年熊本地震において長周期地震動が記録された強震観測点における微動アレイ探査 |
| 3. 学会等名 物理探査学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 河崎生、神野達夫、重藤迪子、上園周平、五通康形 |
| 2. 発表標題 2016年熊本地震においてK-NET一の宮で観測された長周期地震動の検討 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 迫原尚也、五通康成、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 微動アレイ観測に基づく阿蘇市街地の地下構造の推定 |
| 3. 学会等名 日本建築学会九州支部 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 重藤迪子、五通康形、迫原尚也、神野達夫 |
| 2. 発表標題 微動アレイ観測に基づく阿蘇カルデラ北東部における S 波速度構造の推定 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 迫原尚也、五通康形、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 微動アレイ観測による阿蘇市街地の地下構造の推定 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 窪寺弘顕、原淳一郎、佐藤利昭、 南部恭広、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 木造駅舎の耐震性能に関する研究 その 1 構造調査による構造的特徴の把握 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 佐藤利昭、原淳一郎、窪寺弘顕、 南部恭広、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 木造駅舎の耐震性能に関する研究 その 2 耐震診断に基づく耐震性能の評価 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 原淳一郎、佐藤利昭、窪寺弘顕、 南部恭広、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 木造駅舎の耐震性能に関する研究 その 3 常時微動計測に基づく振動特性の把握 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 中山怜、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 地震観測記録に基づく阿蘇市街地の地盤震動特性評価 |
| 3. 学会等名 日本建築学会九州支部 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 富山尚輝、原淳一郎、佐藤利昭、南部恭広、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 阿蘇地域に現存する木造建築物の応答性状の分析 その1 耐震基準に適合した建物の振動特性 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 原淳一郎、富山尚輝、佐藤利昭、南部恭広、重藤迪子、神野達夫 |
| 2. 発表標題 阿蘇地域に現存する木造建築物の応答性状の分析 その2 新耐震以前に竣工した木造駅舎の振動特性 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|--------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 佐藤 利昭 (SATO Toshiaki) (00637887) | 九州大学・人間環境学研究院・准教授 (17102) | |
| 研究分担者 | 重藤 迪子 (SHIGEFUJI Michiko) (90708463) | 九州大学・人間環境学研究院・助教 (17102) | |
| 研究分担者 | 南部 恭広 (NAMBU Yoshihiro) (80802298) | 九州大学・人間環境学研究院・助教 (17102) | |