

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H01842

研究課題名(和文) 強震動と液状化の複合作用を受けるライフラインネットワークの被害推定システムの開発

研究課題名(英文) Development of Seismic Damage Estimation System for Lifeline Networks Subjected to Multiple Effects of Extreme Ground Motions and Liquefaction

研究代表者

庄司 学 (Shoji, Gaku)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：60282836

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、東北地方太平洋沖地震や熊本地震などの際に強震動と液状化の複合作用を受けたエリアを対象エリアとして、これらの災害ビックデータに対する解析を通じ、地震動の特徴量とライフラインネットワークの損傷レベルとの非線形関係の一般化を試み、被害推定システムに組み込む汎用性の高い被害関数を開発した。その上で、地震ハザード情報、地震ハザードに暴露されるライフラインネットワーク情報、及び、ライフラインネットワークの被害推定情報の3タイプのユーザー情報を、事業者や自治体のユーザビリティが最大となるように、コンピュータビジョン技術並びにGISで連携させ表現する被害推定システムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強震動と液状化の複合作用を受けたライフラインネットワークに関する災害ビックデータの収集・蓄積・分析を行ない、被害推定システムに組み込む汎用性の高い被害関数をモデル化できたことに大きな学術的意義が認められる。地震時において早期の災害対応が求められるライフラインの管理主体を念頭に、コンピュータビジョン技術並びにGISで連携させた新たなライフラインネットワークに対する被害推定システムを開発し、これらのプロトタイプの実装を主に茨城県に試みた点において大きな社会的意義が認められる。

研究成果の概要(英文)：This study enhanced the accuracy of damage functions describing the nonlinear relationship between the seismic intensity and the quantified damage level, which are constituted in the following seismic damage estimation system, from the big-data analyses related with the seismic disasters for lifeline networks suffered by the multiple effects of extreme ground motions and liquefaction in the previous earthquakes. Based on these theoretical approach, a new seismic damage estimation system of the lifeline networks was developed, which consists of four sub-systems: sub-system A of capturing spatial data on ground motion intensities, sub-system B of estimating lifelines damage distributed in a target region, sub-system C of sending associated disaster digital information and sub-system D of visualizing damage estimation data, with considering the maximization of the associated usability for local government officers and facility managers in the case of using the proposed system.

研究分野：ライフライン地震津波工学

キーワード：ライフライン防災 強震動 液状化 被害推定 システム開発 防災・減災 レジリエンス コンピュータビジョン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震などの際には、ライフラインネットワークに強震動と液状化が複合的に作用し、埋設管路や橋梁添架管路、及び、人孔部において、管路間の継ぎ手部の抜け、管路の座屈、たるみ・蛇行、浮き上がりなどの甚大な物理的損傷が発生した。このようなライフラインネットワークへの作用と損傷との間の非線形関係を定量的に表現することができる高度な被害関数の開発が学術的には喫緊の課題となっていた。

(2) 研究開始当初、ライフラインネットワークの強震動と液状化に伴う複合的被害に関わるデータはビックデータ化しつつあったが、これらは一元的に収集・分析されておらず、特に、ライフラインネットワークと埋設地盤で形成される相互作用系に入射される地震波の特性とライフラインネットワークの損傷レベルとの非線形関係は十分に解明されていない状況にあった。

(3) 上述したような被害形態の災害が国内外で多発していたことから、最新の学術的知見を反映させたライフラインネットワークの被害推定システムの開発と実装が社会的には強く求められている状況にあった。広域な空間領域で管理されているライフラインネットワークの被災ポテンシャルを、地理情報システム(GIS)に基づき、事業主体や自治体のユーザビリティを考慮してわかりやすく把握・提示できる被害推定システムの開発が求められていた。

2. 研究の目的

(1) 震源から放射される地震波が地下構造を伝播して工学的基盤に入射し、その結果、表層地盤を励振させ液状化が発生する。このような時系列の中で生じ得るライフラインネットワークの一連の被災メカニズムを明らかにした上で、コンピュータビジョン技術とGISを統合させた新たな被害推定システムを開発することを大きな研究課題とした。

(2) 第1の目的として、東北地方太平洋沖地震や熊本地震の際に液状化被害が顕在化したエリアに対する分析を通じて、地震波の特性とライフラインネットワークの損傷レベルとの非線形関係を一般化し、被害推定システムに組み込む指標を被害関数として開発することとした。

(3) 第2の目的として、強震動と液状化の複合作用を受けるライフラインネットワークのハザードに関わる空間情報を情報の受け手のユーザビリティを考慮してわかりやすく提示できる被害推定システムの開発を行なうこととした。

(4) 第3の目的として、ライフラインネットワークを管理する事業主体、自治体、及び、本学術分野に関わる海外の研究プロジェクトチームに対して、本学術成果の展開・実装並びに交流をはかるとともに、本提案システムに対するフィードバックを得ることとした。

3. 研究の方法

(1) 1995年兵庫県南部地震から2018年北海道胆振東部地震に至るライフラインネットワークの被害ビックデータを収集・整理して、被害推定システムに組み込む被害関数の体系的な分析を行った。ライフラインネットワークの敷設並びに被害を表わすデジタル情報は事業主体や国・自治体のセキュリティー堅持の観点から秘匿性が極めて高い情報であるため、本科研における学術上の利用という制約下においてもデータ収集が可能となったライフラインネットワークは上・下水道埋設管路及び通信用橋梁添架管路となった。研究代表者の庄司と研究分担者の永田が本研究パートを担当した。

(2) 兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震、2007年能登半島沖地震、2007年新潟県中越沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震、東北地方太平洋沖地震、熊本地震、北海道胆振東部地震の8つ地震を対象として、計13の自治体で管理されている計5,187.25kmの下水道ネットワーク、並びに、通信会社で管理されている計1,286スパンの通信用橋梁添架管路に対して、ネットワークと管路の属性と敷設位置の地盤条件に基づき被害データをクロス集計した上で、数量化Ⅰ類による多変量解析を行ない液状化と地表断層変位の観点から被害データの類型化を試みた。その上で、地表面最大加速度(PGA)、地表面最大速度(PGV)、計測震度(IJ)、SI値の4つの地震動強さと被害率(下水道ネットワークに対しては被害延長kmを敷設延長kmで、橋梁添架管路については被災スパン数を敷設スパン数で除してそれぞれ定義)の関係を対数正規分布並びに正規分布に基づく確率分布形でモデル化した。被害関数の構築は、研究代表者の庄司、研究分担者の丸山、永田が共同で行なった。液状化や地表断層変位の空間情報を研究分担者の先名と吉見が構築した。

(3) 熊本地震を対象として下水道ネットワーク及び通信用橋梁添架管路の敷設下の工学的基盤への入射波をAsano and Iwata(2016)の震源モデルをベースとして有限差分近似ベースの数値計算法で2.5秒以上の帯域に対する波動伝播シミュレーションを試みた。これらの対象地点の中で、強震動と液状化の複合作用が顕著であった熊本県益城町の橋梁添架管路を対象として、有効応力解析により敷設位置・周辺地盤の非線形地盤震動を推定し、これらを入射境界とする3次元

有限要素法 (FEM) によって橋梁 - 添架管路 周辺地盤の連成システムに対する被害メカニズムを解明した。震源過程に対する考察や比較検討を研究分担者の八木が担当した。波動伝播シミュレーション、有効応力解析、及び、3次元 FEM 解析を研究代表者の庄司が担当した。

(4) 被害推定システムのユーザーとなる事業主体や自治体のユーザビリティが最大となるように、ハザード情報、ハザードに暴露されるネットワーク情報、及び、ネットワークの被害情報の3タイプの「ユーザー情報」をGISで連携させ、被害関数を介して求められるネットワークの被害推計結果を発災後、リアルタイムで発信するシステムを開発した。システム要件の解明は研究代表者の庄司、研究分担者の永田、川村、北原で分担した。システムを試行するためのサーバーは研究分担者の北原が所属する筑波大計算科学研究センターに設置し、茨城県の上・下水道の関連部局に対してシステムのプロトタイプの実装を研究代表者の庄司、研究分担者の永田、北原で分担して試みた。

4. 研究成果

(1) 下水道ネットワークの一般的な管種である VP/VU 管並びに HP 管に対して、口径 300mm 未満に絞り、微地形区分は非液化化領域と液化化領域の2区分として被害率データを精査し、被害関数を図1のようにモデル化した。被害率データのトレンドを説明する上で最も説明性の高い地震動強さの指標は PGV であった。その上で、地震動強さが高まると被害率も高まるとともに、液化化領域では特に地震動強さが低い場合においても被害率が高く、非液化化領域より被害率が高くなる傾向が明らかとなった。本研究で得られた被害関数のモデルは、国内外の既往研究により得られていた個別分散的な地震被害データに基づく被害関数と比較して、非液化化領域については最も高い推定精度を示した。一方で、液化化領域については、本研究によって得られた被害関数のモデルによっても実被害率のばらつきを考慮できていない側面があるため、これらに対する高度化が今度の課題である。

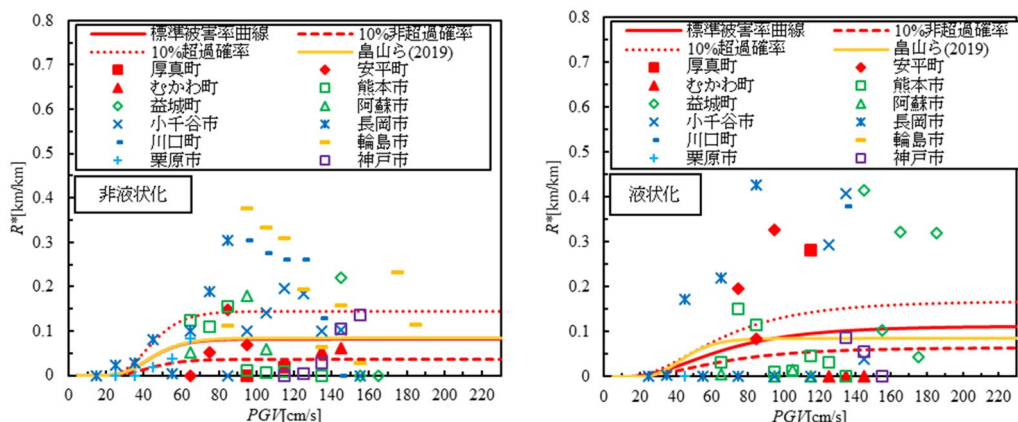


図1 下水道ネットワークの被害率データの分布と被害関数のモデル

(2) 通信用橋梁添架管路については、指標として採用した全ての地震動強さにおいて、一定の地震動帯域で地震動強さの増加に伴い被害率の上昇が確認された。被害関数のモデルの適合度については、10%超過確率と10%非超過確率で示す領域内に含まれる被害率データの数に基づき、最も説明性が高い地震動強さの指標はSI値であった。その上で、特に、地震動強さが大きい領域で、地殻内地震ではプレート間地震よりも被害率が高い値を示した。これは熊本地震における益城町で観測されたような強烈なパルス状の強震動に晒されるとともに、液化化による地盤変状の複合作用により、橋梁の振動に随伴した添架管路の被害が助長したためと考えられる。

(3) 橋梁 - 添架管路 周辺地盤の連成システムを対象とした3次元 FEM 解析を通じて、地盤では基盤部から表層部にかけて加速度が増幅し表層部において 10.01m/s^2 の最大加速度を示すとともに、これらの地盤の振動に伴い、橋梁部の橋台、橋脚、床版にそれぞれ大きな応答が発生した。その結果、添架管路は床版と同程度の応答を示し、最大変位は 0.52m に達した。図2に示すような橋軸方向の振動により、地盤では最大値 2.11% の極めて大きいひずみが発生し、橋梁部の床版にはコンクリートの圧縮強度相当の応力が発生した。以上より、橋台付近の管体部において、基盤部から表層部にかけて地盤の増幅によって応答が大きくなり、接続している表層の側方地盤と、地盤、橋台の振動に伴って揺さぶられた床版の3次元的な振動の影響を受け、添架管路の座屈などの物理的被害が発生した可能性が高い。

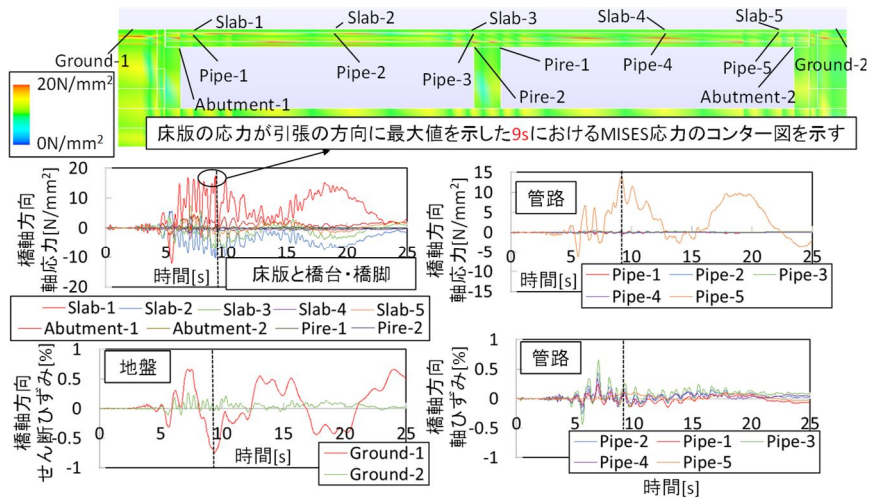


図2 橋梁 - 添架管路 周辺地盤の連成振動の様子

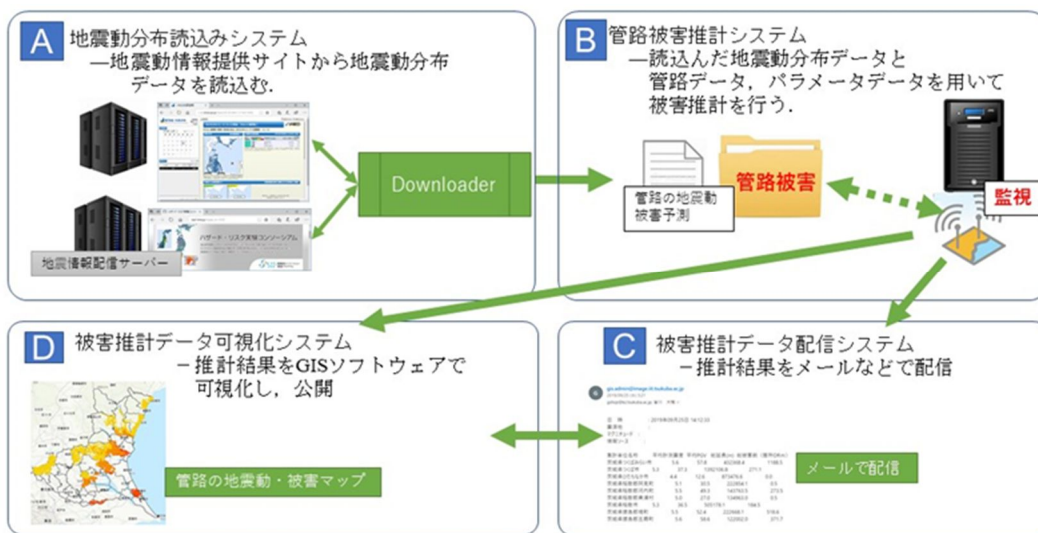


図3 地震被害推定システムの枠組み

(4) 上・下水道ネットワークを推計対象として、図3に示すような地震被害推定システムの開発を行った。地震が発生した直後に、地震情報提供サイトより地震動分布データを読み込み、システムにあらかじめストックしておく上・下水道管路データ、補正係数などのパラメータデータに基づく被害関数を用いて対象領域の250mメッシュ単位の被害率の推計を行なうものである。被害推定の空間情報を上・下水道施設事業者などが扱いやすくわかりやすいかたちでテキストメールにて配信すると共に、GISベースのGeo-Portalを用いて被害率データを可視化し、Web上に公開するシステムとなっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 島山大治, 庄司学, 永田茂	4. 巻 Vol.75, No.4
2. 論文標題 下水道埋設管路の地震被害データに対する統一的な整理・分析と解釈	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_144-I_169
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 -
1. 著者名 寺島幹裕, 庄司学, 奥津大, 若竹雅人, 末富岩雄, 塚本博之, 鈴木崇伸	4. 巻 Vol.75, No.4
2. 論文標題 通信用橋梁系設備の既往地震被害データに関する体系的整理と分析・考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_170-I_188
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 -
1. 著者名 中澤努, 坂田健太郎, 佐藤善輝, 星住英夫, 卜部厚志, 吉見雅行	4. 巻 124
2. 論文標題 2016年熊本地震で甚大な被害を受けた益城町市街地の地下を構成する火山性堆積物の層序と分布形態	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 347-359
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 -
1. 著者名 Youhei Kawamura, Yoshio Moriyama, Hyongdoo Jang	4. 巻 Vol.11, No.1
2. 論文標題 Web-GIS Based Visualization System of Predicted Ground Vibration Induced by Blasting in Urban Quarry Sites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geographic Information System	6. 最初と最後の頁 17-31
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hyongdoo Jang, Itaru Kitahara, Youhei Kawamura, Yasunori Endo, Erkan Topal, Ryo Degawa & Samson Mazara	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of 3D rock fragmentation measurement system using photogrammetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Mining, Reclamation and Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/17480930.2019.1585597	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ryo Okuwaki, Amato Kasahara, Yuji Yagi, Shiro Hirano and Yukitoshi Fukahata	4. 巻 216
2. 論文標題 Backprojection to image slip	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1529-1537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggy505	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rafael Aranguiz, Luisa Urra, Ryo Okuwaki, and Yuji Yagi	4. 巻 18
2. 論文標題 Development and application of a tsunami fragility curve of the 2015 tsunami in Coquimbo, Chile	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Natural Hazards and Earth System Sciences	6. 最初と最後の頁 2143-2160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/nhess-18-2143-2018	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 該当する

1. 著者名 Yuki Sakamura, Akitoshi Tomita, Hidehiko Shishido, Tazu Mizunami, Kazuya Inoue, Yoshinari Kameda, Etsuko T. Harada, Itaru Kitahara	4. 巻 -
2. 論文標題 Boarding System of an Autonomous Vehicle for Investigating the Effect of an AR Display on Passenger Comfort	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The IEEE ISMAR2018 Workshop on Comfort Intelligence with AR for Autonomous Vehicle 2018	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oto Takeuchi, Hidehiko Shishido, Yoshinari Kameda, Hansung Kim, Itaru Kitahara	4. 巻 -
2. 論文標題 Generation Method for Immersive Bullet-Time Video Using an Omnidirectional Camera in VR Platform	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The ACM MultiMedia2018 Workshop on Audio-Visual Scene Understanding for Immersive Multimedia (AVSU2018)	6. 最初と最後の頁 19-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3264869.3264872	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 小山天城, 丸山喜久	4. 巻 Vol. 74, No. 4
2. 論文標題 地震後の道路交通状況と渋滞情報を反映した津波避難実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_429-I_440
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 -

1. 著者名 先名重樹, 松岡昌志, 若松加寿江, 翠川三郎	4. 巻 第18巻第2号
2. 論文標題 液状化発生率におよぼす強震動の継続時間と地域性の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 82-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5610/jaee.18.2_82	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 -

1. 著者名 S. Senna, A. Wakai, H. Suzuki, A. Yatagai, H. Matsuyama, and H. Fujiwara	4. 巻 Vol.13, No.5
2. 論文標題 Modeling of the Subsurface Structure from the Seismic Bedrock to the Ground Surface for a Broadband Strong Motion Evaluation in Kumamoto Plain	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 917-927
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2018.p0917	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 -

1. 著者名 Yuyama, A., Kajitani, Y. and Shoji, G.	4. 巻 -
2. 論文標題 Damage and Recovery Model of Thermal Power Plants Based on the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami (ICOSAR2017)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Conference on Structural Safety and Reliability	6. 最初と最後の頁 731-740
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 新垣 芳一, 吉見 雅行, 後藤 浩之, 栗田 哲史, 佐藤 恭兵, 細矢 卓志, 荒井 靖仁, 森田 祥子	4. 巻 73巻, 3号
2. 論文標題 益城町の2016年熊本地震被害集中域の表層に分布する凝灰質土の物理特性・動的変形特性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 552-559
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 -

1. 著者名 Mohammad Ali Moridi, Youhei Kawamura, Mostafa Sharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, Hirokazu Okawa	4. 巻 71
2. 論文標題 Performance analysis of ZigBee network topologies for underground space monitoring and communication systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tunnelling and Underground Space Technology	6. 最初と最後の頁 201 - 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.tust.2017.08.018	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 該当する

1. 著者名 Ryo Okuwaki, Yuji Yagi	4. 巻 44
2. 論文標題 Rupture Process During the Mw 8.1 2017 Chiapas Mexico Earthquake: Shallow Intraplate Normal Faulting by Slab Bending	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017GL075956	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hidehiko Shishido, Itaru Kitahara	4. 巻 -
2. 論文標題 Calibration Method for Sparse Multi-view Cameras by Bridging with a Mobile Camera	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)	6. 最初と最後の頁 6 pages
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IPTA.2017.8310128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshihisa Maruyama, Masaki Sakemoto	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of nationwide amplification map of response spectrum for Japan based on station correction factors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earthquakes and Structures	6. 最初と最後の頁 17-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12989/eas.2017.13.1.017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 若松加寿江・先名重樹・小澤京子	4. 巻 17巻第2号
2. 論文標題 東北地方太平洋沖地震による上水道管路被害における液状化の影響	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 142-157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.5610/jaee.17.2_142	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 -

1. 著者名 庄司学, 宮崎史倫, 若竹雅人, 伊藤陽, 鈴木崇伸	4. 巻 Vol.72, No.4
2. 論文標題 通信埋設管路の地震対策に活用するスクリーニング手法の提案及び地震被害関数の構築	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_523-I_541
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 -

1. 著者名 Yoshiya Hata, Hiroyuki Goto, and Masayuki Yoshimi	4. 巻 Vol. 87, No. 5
2. 論文標題 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	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 1044-1049
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 該当する

1. 著者名 Youhei Kawamura, Hyongdoo Jang, K. Ohta, Y. Inagaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of a Landslide Observation System Using ZigBee Wireless Communication Technology	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 SUSTAINABILITY AND RESILIENCY IN GEOTECHNICAL ENGINEERING	6. 最初と最後の頁 542-550
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 該当する

1. 著者名 Yuji Yagi, Ryo Okuwaki, Bogdan Enescu, Amato Kasahara, Ayumu Miyakawa and Makoto Otsubo	4. 巻 68, 118
2. 論文標題 Rupture process of the 2016 Kumamoto earthquake in relation to the thermal structure around Aso volcano	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-016-0492-3	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 該当する

1. 著者名 Itaru Kitahra, Shogo Atsumi, Ryo Degawa, Yohiei Kawamura, Hyongdoo Jang, Yuichi Ohta	4. 巻 -
2. 論文標題 3D Model Reconstruction of Rocks on a Slope for Simulating Rock Fall	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 SUSTAINABILITY AND RESILIENCY IN GEOTECHNICAL ENGINEERING	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1061/9780784480120.052	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 該当する

1. 著者名 若松加寿江・先名重樹・小澤京子	4. 巻 第17巻 第1号
2. 論文標題 2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生の特性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 43-62
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11件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Shoji, G., Kobayashi, R. and Hara, M.
2. 発表標題 Damage Assessment for Buried Pipes Affected by Ground Motions and Liquefaction in the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake
3. 学会等名 16th European Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki YOSHIMI, Shin'ichi MATSUSHIMA, Ryosuke ANDO, Hiroe MIYAKE, Kazutoshi IMANISHI, Takumi HAYASHIDA, Hiroshi TAKENAKA, Haruhiko SUZUKI, Atsushi YATAGAI, Shunpei MANABE, and Hisanori MATSUYAMA
2. 発表標題 Broadband strong ground motion simulation for active faults around Beppu bay, Kyushu, Japan
3. 学会等名 16th European Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永田茂, 矢野祐輔, 庄司学
2. 発表標題 リアルタイム推計地震動分布の公開情報を用いたインフラ・ライフライン施設の被害推定
3. 学会等名 第6回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Maruyama, R. Sezaki, S. Nagata
2. 発表標題 Detection of road damage using the images captured by a vehicle-mounted camera
3. 学会等名 11th U.S. National Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 庄司学, 原昌弘, 小林怜夏, 永田茂
2. 発表標題 2016年熊本地震における下水道管路網の被害分析
3. 学会等名 第54回下水道研究発表会講演集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂村祐希, 富田瑛智, 宍戸英彦, 亀田能成, 原田悦子, 北原格
2. 発表標題 疑似搭乗体験システムを用いた自動走行車両の速度感と安心感の調査
3. 学会等名 第15回ITSシンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 君塚遼, 丸山喜久
2. 発表標題 ハザードマップの可視化のための拡張現実の利用に関する基礎検討
3. 学会等名 第41回(2017年度)地域安全学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 先名重樹・若井淳・神薫, 松山尚典, 藤原広行
2. 発表標題 熊本平野における広帯域強震動評価のための浅部・深部統合地盤モデルの構築
3. 学会等名 日本地震工学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hara, M., Shoji, G. and Terajima, R.
2. 発表標題 Seismic Waveforms at Engineering Bedrocks beneath Lifelines Suffered by Liquefaction in the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake
3. 学会等名 16th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永田茂
2. 発表標題 平成28年熊本地震を対象とした上水道管路被害予測精度に関する検討
3. 学会等名 土木学会第7回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Maruyama, S. Sakaki
2. 発表標題 Driving simulator experiment on vehicular evacuation during tsunami
3. 学会等名 16th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 公益社団法人 土木学会	4. 発行年 2017年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 pp.331-336, 分担
3. 書名 2016年熊本地震被害調査報告書(第9章 ライフラインの被害, 9.4 下水道管渠の被害 庄司学, 永田茂分担執筆)	

〔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	吉見 雅行 (Yoshimi Masayuki) (00358417)	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・主任研究員 (82626)	
研究分担者	川村 洋平 (Kawamura Youhei) (40361323)	秋田大学・国際資源学研究科・教授 (11401)	
研究分担者	永田 茂 (Nagata Shigeru) (50217999)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・防災情報研究部門・主幹研究員 (82102)	
研究分担者	八木 勇治 (Yagi Yuji) (50370713)	筑波大学・生命環境系・教授 (12102)	
研究分担者	北原 格 (Kitahara Itaru) (70323277)	筑波大学・計算科学研究センター・准教授 (12102)	

6. 研究組織（つづき）

	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	丸山 喜久 (Maruyama Yoshihisa) (70397024)	千葉大学・大学院工学研究院・教授 (12501)	
研究 分 担 者	先名 重樹 (Senna Shigeki) (90500447)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・マルチハザードリス ク評価研究部門・主幹研究員 (82102)	