

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02068

研究課題名(和文) ユーザー行動支援のための供給系ライフライン機能被害・復旧予測モデルの開発

研究課題名(英文) Development of assessment model for functional damage and restoration of utility lifelines aiming at support of users' action and response

研究代表者

能島 暢呂 (Nojima, Nobuoto)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：20222200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：災害の事前・事後にライフライン・ユーザーに対して適切な情報を提供すれば、災害対応行動を支援することができ、ひいてはライフライン途絶の社会的影響を軽減することができる。本研究では、テキストマイニング手法によってライフライン情報ニーズを明確化したうえで、既往研究によるライフライン機能被害・復旧予測モデルに改良を加え、想定地震によるライフライン途絶を精度よく推定し、事前情報として発信できるようにした。さらに、発災後に時々刻々と変化する状況に応じて実情報を取り込み、復旧予測を逐次更新してさらに高精度化し、事後情報として発信できるようにして、総合的な予測体系を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

テキストマイニング手法によってライフライン機能被害・復旧過程に関する情報ニーズが明らかにされ、予測モデルが構築・改良された。また、実情報に基づく逐次更新機能もあわせて高度な情報提供が可能になった。こうした総合的な予測体系は他に見られず、本研究の学術的意義は大きい。2019年台風15号による長期停電の教訓として、不正確な復旧見込みは大きな社会的混乱をもたらすという点が挙げられる。本研究の活用により適切なライフライン情報が提供されると、幅広いユーザーの事前・事後の対応行動が支援され、ライフライン途絶の社会的影響が軽減されることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Adequate information on lifeline outage and its duration is beneficial to lifeline users for their action and response to disaster, leading to enhancing preparedness and minimizing societal impact of lifeline disruption. In this study, we have identified information needs regarding lifelines and developed assessment model for of functional damage and restoration of utility lifelines. By using proposed model, pre-event prediction information can be provided with high precision. Moreover, post-event information on prospect of restoration can be provided by incorporating actual information on damage and restoration in a sequential manner. A comprehensive prediction system has been achieved by integrating pre- and post-event prediction schemes.

研究分野：地震工学・都市地震防災

キーワード：地震防災 ライフライン 被害予測 復旧予測 自助・共助

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

供給系ライフライン(電気・水道・ガス)の地震時機能停止は社会全体に極めて大きな影響を及ぼす。南海トラフ巨大地震では、最大で停電 2,710 万軒、断水 3,440 万人、都市ガス停止 180 万戸の供給停止が想定され¹⁾、機能停止の広域化、対応資源不足、影響の長期化が懸念される。ユーザーは公助的な事業者対応(早期復旧や応急供給)を待つだけでは重大な影響を回避できない。自助・共助として適切な事前・事後のユーザー行動(市民の備えや避難・疎開、官民の事前対策や事業継続計画(BCP)の策定・発動・運用)を能動的に起こす必要がある。こうしたユーザー行動を支援・促進するために重要なことは、適切なライフライン情報提供である。

まず、事前に提供すべき情報は「機能停止の可能性」および「復旧見込み」である。能島・加藤²⁾および Nojima and Kato³⁾は、震度情報に基づく簡便なライフライン機能被害・復旧予測モデル業績を提案し、改良と検証を重ね、システム化も行ってきた。ただし予測値と実測値と整合しない場合もあり、精度向上を課題としていた。一方、事後に提供すべき情報は「機能停止地域における復旧見込み」であり、復旧状況に依存して時空間的に変化すると推察される。これまでライフライン復旧概況の Web 公開⁴⁾を行ってきたが、刻々と変化する状況でタイムリーな情報提供が望まれる。また、迅速・正確な被害把握と緊急対応支援を目指し、被害推定と実被害情報の統合処理による被害予測の逐次更新の基礎理論を構築してきた。ただしライフライン機能被害・復旧予測には未適用で、状況に応じたライフライン情報提供の中核的技術として適用が期待されている状況であった。

2. 研究の目的

来るべき大規模地震災害に備えて、ライフライン防災の面では、とりわけユーザーの自助・共助が重要である。その促進には事前・事後の適切な対応行動を支援する取り組みが必要である。本研究では、供給系ライフライン(電気・水道・ガス)を対象として、適切なライフライン情報を提供することによって、事前・事後のユーザー行動を支援することを狙いとし、ひいては途絶対策を促進し、社会的影響の軽減に貢献することを狙いとする。本研究では、(1)時空間的に変化する情報ニーズの特性把握、(2)機能被害・復旧の高精度な事前予測、(3)事後の状況に応じたライフライン復旧予測の逐次更新、の3点について重点的に検討を進め、刻々と変化する被災・復旧状況において、タイムリーなライフライン情報提供を行うことを可能とする方法論を構築することによって、上記の目的を達成しようとするものである。

3. 研究の方法

(1) 時空間的に変化する情報ニーズの特性把握

ライフライン情報ニーズに関しては、従来から「機能停止の可能性」および「復旧見込み」と考えられてきたが、後者に関しては、復旧状況に応じて時空間的に変化することから、被災地における実際の状況を踏まえた検証が必要であった。そこで、被災地の状況を伝える新聞記事にテキストマイニングを適用して分析し、事前・事後のユーザー行動において求められる情報ニーズの時間的推移を詳細に把握する。

(2) 機能被害・復旧の高精度な事前予測

これまでの研究で開発を進めてきた「ライフライン機能被害・復旧予測モデル」に基づいて、モデル改良によって推定精度向上を図る。具体的には、ライフライン機能被害・復旧データベース(地震動分布、機能停止の有無および復旧所要時間、脆弱性分布など)を整備し、モデルによる予測値と観測値との比較によって推定精度の検証を行う。さらに、推定精度向上を図るために導入する新たなパラメータについて検討を行うとともに、機械学習を応用した被害推定の手法について検討を進める。

(3) 事後の状況に応じたライフライン復旧予測の逐次更新

これまでの研究で開発を進めてきた「被害推定と実被害情報の統合処理による被害予測の逐次更新」の理念に基づいて、時間経過とともに入手・蓄積される実被害情報や、時々刻々と変化する復旧進捗状況を踏まえて、ライフライン復旧見込み情報を逐次更新して精度向上を図るための方法論について検討する。

4. 研究成果

(1) 時空間的に変化する情報ニーズの特性把握⁵⁾

ライフラインに関する災害後の情報ニーズの把握に向けた基礎的な検討として、熊本地震におけるライフラインに関する新聞報道(地方紙・全国紙)の推移をテキストマイニングの手法を用いて分析した。地方紙については熊本日日新聞の Web サイト⁶⁾から「平成 28 年熊本地震」特集に掲載されている記事を収集した。全国紙については朝日新聞の本紙面・東京本社管内の地域面の記事⁷⁾を対象とし、熊本地震のライフライン関連記事を抽出するため、6 語(熊本地震・被害・断水・停電・都市ガス・ライフライン)のうち 1 語以上含む場合を対象とした。分析対象期間は、地方紙および全国紙ともにライフラインの支障の影響が強く現れている 4 月 15 日~30 日とした。分析対象となる記事の総数は、地方紙が 193 記事、全国紙が 767 記事である。

はじめに、形態素解析を行って頻出語を集計した。頻出語の上位 150 位までの結果によると、地方紙ではライフライン関連語が複数含まれていたのに対して、全国紙ではほぼ含まれていなかった。頻出語に基づいて作成した自己組織化マップの結果から、地方紙ではライフラインに関

する複数の主題が読み取れた。一方で、全国紙は地方紙と比べてライフラインに関する主題が少ないことがわかった。次に、ライフラインに関する主題の記事数とその停止率の推移を比較した結果を図1に示す。記事数は地方紙よりも全国紙の方が多いが、記事の出現率は全国紙よりも地方紙の方が高い。地域密着型で被災地向けの報道を行う地方紙の特徴が明らかになった。また、供給系ライフラインの停止率と記事数の推移とを比較した結果を図2に示す。本震災直後に電力や水道の停止率が急増した直後に2紙とも記事数が最大となった。一方、都市ガスについては停電や断水より遅れて記事数が最大となっており、社会的関心の時間的変化が確認された。主題の内容に関する時系列変化を確認するため、停電と断水について記事内容をフェーズ別に整理したところ、ライフラインの物理的・機能的被害に関する記述から、それらの復旧を報じる内容に変化し、さらに全国紙では教訓の水平展開に関する記事もみられることがわかった。

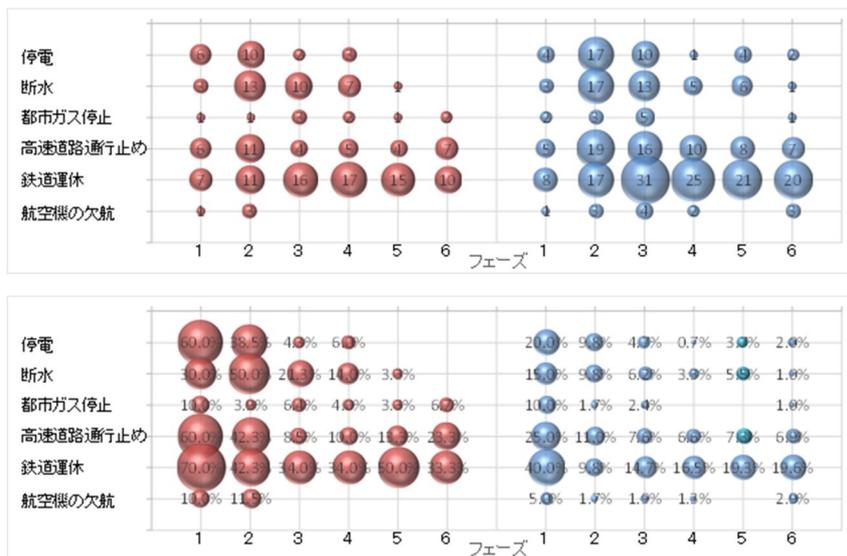


図1 記事数（上段）と出現率（下段）の推移（赤丸：地方紙，青丸：全国紙）

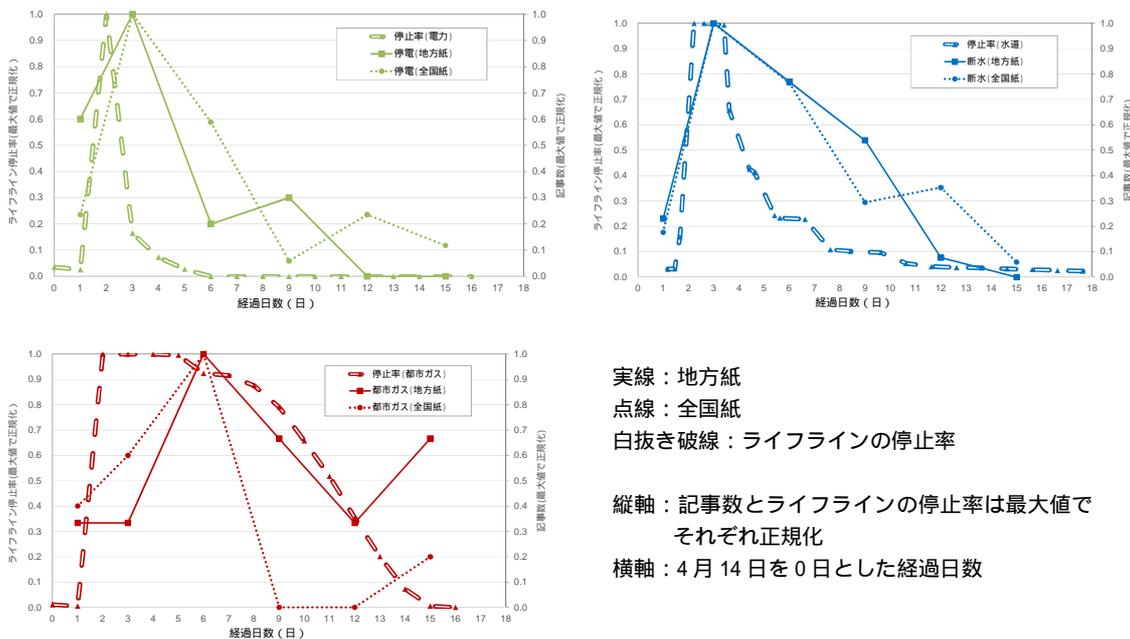


図2 記事数と各ライフラインの停止率の推移（左上：電力，右上：水道，左下：都市ガス）

(2) 機能被害・復旧の高精度な事前予測

供給系ライフラインの地震時機能被害・復旧予測モデルの改良⁸⁾

既往研究^{3),4)}において、震度情報に基づく供給系ライフラインの機能的被害・復旧に関する予測モデルを提案した。2004年新潟県中越地震以降の5地震について、供給系ライフラインにおける供給支障人口の実測値と予測モデルによる予測値とを比較した。図3に供給支障人口の初期値の比較、図4に累積供給支障人口の比較を示す。2011年東北地方太平洋沖地震における復旧所要期間の予測値と実測値は概ね整合している。一方、そのほかの地震では、電力と水道の初期被害は概ね整合しているが、復旧所要期間については、停電・断水が推計値より実測値のほうが過大評価であることがわかった。その要因について検証した結果、震災規模の違いによってライフラインの初期被害の総量が大きく異なり、これに伴う緊急対応や復旧作業量に違いが生じたためと推察された。そこで本研究では予測モデルの推定精度向上を目的として、震災規模の違い

が復旧所要期間に影響することに着目し、その改良方法を検討した。

こうした震災規模の違いを反映したモデルパラメータを予測モデルに組み込むため、震度曝露人口を用いた影響規模指数を定義した。累積供給支障人口の比率と影響規模指数が整合するよう、非線形最適化手法を用いて震度階に応じた電力・水道への影響度合いを表すパラメータの同定を行った。その結果、図 5 に示すように、累積供給支障人口の比率と影響規模指数の間には、ばらつきが大きいものの相関関係が見られるようになった。予測モデルの推定精度向上のため、電力と水道の従来モデルについて、震災規模に応じて復旧所要期間を伸縮させることで補正した。具体的には、従来モデルによる復旧所要期間の平均値と標準偏差に影響規模指数を乗じて調整を行うものである。国内における主要 5 地震の再推定を行った結果として、図 6 に実測値と改良モデルによる予測値の比較を示す。停電・断水の解消過程については従来モデルに比べて改良モデルのほうが実測値に近くなるケースが多く、改善傾向が確認された。

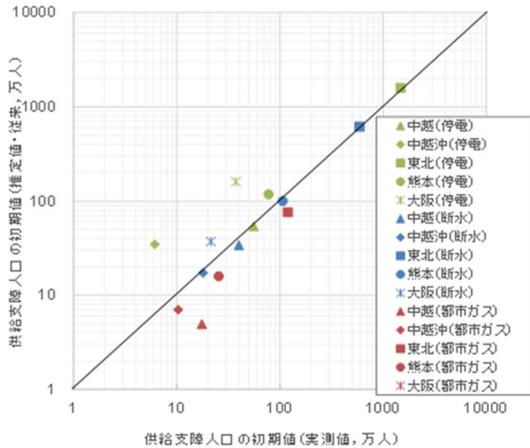


図 3 供給支障人口の初期値の比較（実測値と予測値）

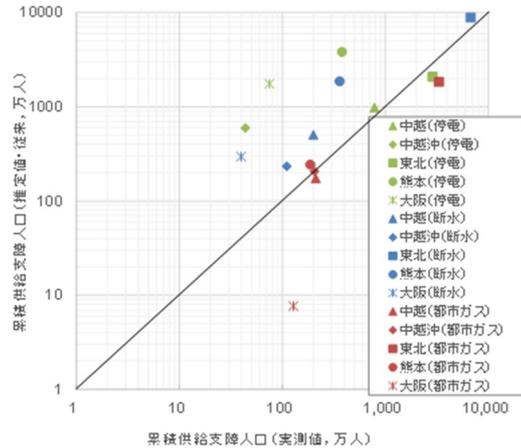


図 4 累積供給支障人口の比較（従来モデル）

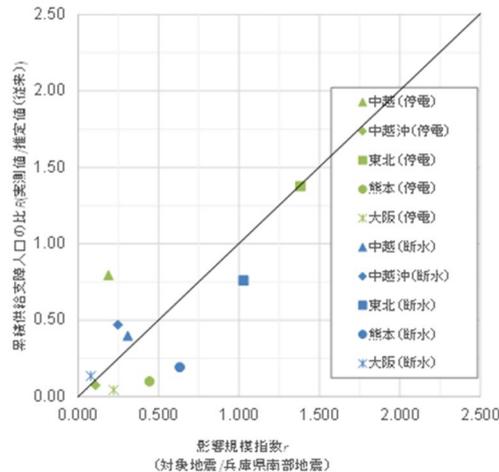


図 5 累積供給支障人口の比率と影響規模指数の比較

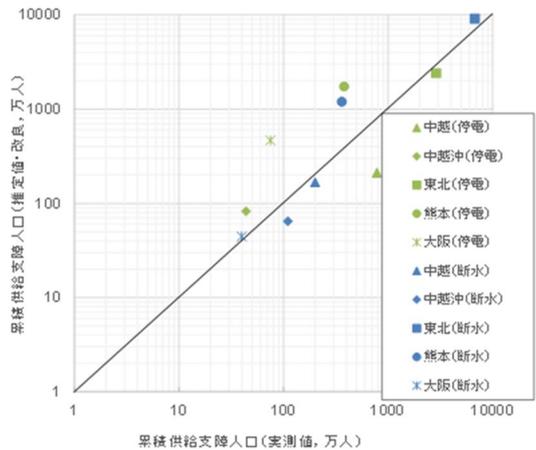


図 6 累積供給支障人口の比較（改良モデル）

ライフライン機能被害・復旧予測への機械学習の適用

都市ガス供給システムにおける地震時の低圧導管被害予測と供給停止判断による機能停止について、機械学習の適用性について検討した⁹⁾。まず、表層地盤の SI 値増幅度、被害個所数の偶然変動、被害率関数のパラメータの変動という 3 種類の不確定性を考慮したデータセットをもとに、機械学習用の訓練データとテストデータを生成した。訓練データにサポートベクトル回帰(SVR)およびサポートベクトルマシン(SVM)を適用し、被害率の回帰分析と供給停止判断の分析を行った結果、1000~2000 回程度の学習で被害関数に匹敵する性能を示すことがわかった。また、分割表を用いて感度(TP rate)と偽陽性率(FP rate)および陽性的中率(PP value)と陰性的中率(NP value)によって供給停止判断の妥当性を評価したところ、高精度な判別性能が得られることがわかった。さらにサポートベクトル回帰(SVR)による被害率の回帰分析によると、訓練データに持たせたばらつきの程度によるものの、SI 値と被害率との非線形な入出力関係が適切に学習されることがわかった。以上の結果は、MCS の試行結果を機械学習することで、管路データ、地盤データ、被害関数など膨大な情報に基づく被害予測を模擬して、SI 観測値を入力情報、供給遮断の判断を出力情報とした入出力関係をモデル化できる可能性を示唆している。

また、地中埋設管の地震被害予測の高度化を目指して、現在用いられている管路被害予測式とは別のアプローチとして、機械学習の適用に関する基礎的検討を行った¹⁰⁾。2016 年熊本地震における 4 分の 1 地域メッシュの給・配水管復旧工事発生の有無の予測に 8 種類のクラス分類の機械学習を適用した。最も高い予測精度を示したのは SVM(線形カーネル)であり、単純ベイズ、

ランダムフォレストもこれに準ずる予測精度が得られた。工事率(各メッシュ内における復旧工事の単位管路延長あたり平均箇所数)の予測にも8種類の回帰の機械学習を適用した。SVR(RBFカーネル),ランダムフォレスト,勾配ブースティング木,k近傍法に関しては比較的良好な結果が得られた。一方,SVR(線形カーネル),Lasso回帰,ニューラルネットワークについては,高被害率において過小評価が目立つことがわかった。以上により,8種類の機械学習手法の特性と管路被害予測への機械学習の適用可能性を確認した。

(3) 事後の状況に応じたライフライン復旧予測の逐次更新

都市ガスの地震後の供給停止判断に関する検討

都市ガス事業者においては,地震後の供給継続地域において,ガス導管被害の程度によっては,第二次供給停止判断措置を迅速に行う必要があり,その有力な手掛かりとなるのが実被害情報としての漏洩通報である。本研究では,地震観測データとリアルタイム被害推定システムによって推定されるガス導管被害箇所数を初期推定値として扱い,その後,経時的に得られる実被害情報を用いて,推定被害箇所数を逐次更新する方法論について検討した。まず,漏洩通報の時系列データをおよび低圧ガス導管被害に関するデータを収集し,「1時間あたり漏洩通報1件に対する推定被害箇所数」を求めて,漏洩通報と導管被害を結びつける指標とした。被害率をガンマ分布に従う確率変数,被害箇所数を負の二項分布に従う確率変数でそれぞれ表現し,経時的に得られる漏洩通報の蓄積に応じて,ベイズ更新理論に基づいて逐次更新するものであり,予測結果は,確率分布の平均値と標準偏差を用いた推定幅で示されるものである。

停電解消過程に関する検討

2019年台風15号災害においては長期停電が大きな問題となった。台風来襲翌日の9月10日には,11日中の復旧を目指すとの復旧見込みが出されたが,倒木処理や道路啓開などの初動対応が困難を極め,配電設備の被害復旧作業が遅れ,停電がほぼ解消するまで約2週間を要した。また,復旧見込みの市区町村別概要の発表まで約4日半,地区別詳細に関しては約6日間を要した。このように当初の復旧見込みの精度が悪く,かつ,その後も公表が遅れたことは,結果として災害対応全般に大きな混乱をもたらし,正確な復旧見込み情報発信の面で大きな教訓を残した。このことから,電力復旧見込みを対象とした検討を行った。経済産業省の電力レジリエンスWG¹¹⁾でも示されたように,典型的な停電解消パターンとしては,被災後短時間のうちに迅速な系統復旧が行われ,その後,時間を要する物理的復旧作業が行われる。このことを踏まえて,混合指数分布モデルによって復旧過程をモデル化した。さらに,指数分布のパラメータを逐次更新するため,評価期間の時間窓を移動させて,停電解消過程を逐次先行予測するモデルを構築し,既往の台風災害や地震災害を対象として適用性を検証した。

<引用文献>

- 1) 中央防災会議:南海トラフ巨大地震の被害想定について(第二次報告),2013.
- 2) 能島暢呂・加藤宏紀:供給系ライフラインの地震時機能評価モデルの検証 - 東日本大震災の被災事例に基づく -,地域安全学会論文集 No.18,2012.11,pp.229-239.
- 3) Nojima, N. and Kato, H., "Modification and Validation of an Assessment Model of Post-Earthquake Lifeline Serviceability Based on the Great East Japan Earthquake Disaster," Journal of Disaster Research, Vol.9, No.2, 2014, pp.108-120.
- 4) 能島暢呂:東日本大震災・熊本地震におけるライフライン復旧概況 http://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/take_out_LLEQreport.htm
- 5) 加藤宏紀・能島暢呂・小山真紀・田中孝樹:2016年熊本地震におけるライフライン被害に関する新聞報道のテキストマイニング 地方紙と全国紙の比較,土木学会論文集 A1, Vol.75, No.4, 2019, pp.1_443-1_453.
- 6) くまにちコム:熊本のニュース「平成28年熊本地震」特集, http://kumanchi.com/feature/kumamoto_jishin/ 2016.
- 7) 朝日新聞:朝日新聞記事データDVD「2016年版」(学術・研究用) 2017.
- 8) 加藤宏紀・能島暢呂:供給系ライフラインの地震時機能的被害・復旧評価システムの構築とその改良,日本地震工学会論文集,第19巻,第5号,2019,pp.5_409-5_422.
- 9) 能島暢呂・森山達哉:都市ガス供給システムにおける導管被害予測と供給停止判断への機械学習の応用,土木学会論文集 A1, Vol.73, No.4, 2017, pp.1_197-1_207.
- 10) 能島暢呂・大西克茂:地中埋設管の地震被害予測への機械学習の適用に関する基礎的検討,東濃地震科学研究所 防災研究委員会 2018年度報告,2019.3,pp.23-31.
- 11) 経済産業省 電力レジリエンスワーキンググループ:台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ,2020.1.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 加藤宏紀・能島暢呂・小山真紀・田中孝樹	4. 巻 75
2. 論文標題 2016年熊本地震におけるライフライン被害に関する新聞報道のテキストマイニング 地方紙と全国紙の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_443 ~ I_453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.75.I_443	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 加藤宏紀・能島暢呂	4. 巻 19
2. 論文標題 供給系ライフラインの地震時機能的被害・復旧評価システムの構築とその改良	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 5_409 ~ 5_422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5610/jaee.19.5_409	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 加藤宏紀・能島暢呂	4. 巻 1
2. 論文標題 高速道路を対象とした地震時の機能的フラジリティ関数の構築と震災間比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JCOSAR2019論文集 (第9回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム)	6. 最初と最後の頁 125 ~ 132
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 能島暢呂・大西克茂	4. 巻 43
2. 論文標題 地中埋設管の地震被害予測への機械学習の適用に関する基礎的検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 東濃地震科学研究所 防災研究委員会2018年度報告	6. 最初と最後の頁 23 ~ 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 無
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 能島暢呂・湯山安由美・朱牟田善治・梶谷義雄	4. 巻 2
2. 論文標題 2018年北海道胆振東部地震被害調査報告書, 第10章 電力の被害と停電の影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地震被害調査シリーズ, 土木学会	6. 最初と最後の頁 298 ~ 327
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 無
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 能島暢呂	4. 巻 138
2. 論文標題 大規模停電のインフラへの影響 ~ 2018年北海道胆振東部地震の教訓と課題 ~	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 消防防災の科学, 特集 北海道胆振東部地震 (平成30年)	6. 最初と最後の頁 35 ~ 40
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 無
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 久世益充・能島暢呂	4. 巻 75
2. 論文標題 地震動特性の特徴ベクトルを用いた類似波形の抽出手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_529 ~ I_540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.75.I_529	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 能島暢呂・久世益充	4. 巻 19
2. 論文標題 地震動の水平成分の軸回転が振幅・継続時間特性に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 5_46 ~ 5_58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5610/jaee.19.5_46	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 能島暢呂・久世益充・高橋幸宏	4. 巻 19
2. 論文標題 シナリオ地震動予測地図のモード分解による予測震度分布の空間相関特性の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本地震工学会論文集	6. 最初と最後の頁 1_121 ~ 1_135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5610/jaee.19.1_121	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 高橋幸宏・能島暢呂・久世益充	4. 巻 1
2. 論文標題 震源断層を特定した予測地震動分布における空間相関の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JCOSAR2019論文集 (第9回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム)	6. 最初と最後の頁 117 ~ 124
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 能島暢呂・加古涼介・加藤宏紀	4. 巻 Vol.74, No.4
2. 論文標題 わが国の全地震活動モデルを用いた震度曝露人口による地震リスク評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_109-I_119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_109	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 加藤宏紀・能島暢呂・佐藤多恵	4. 巻 Vol.74, No.4
2. 論文標題 2016年熊本地震における高速道路網の機能的被害・復旧の時空間的分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_168-I_178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_168	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 繁田健嗣・能島暢呂・永井小雪里・加藤宏紀	4. 巻 Vol.74, No.4
2. 論文標題 2016年熊本地震における避難者の発生・解消過程に関する基礎的考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_508-I_521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_508	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 能島暢呂・久世益充	4. 巻 Vol.74, No.4
2. 論文標題 KL変換と離散コサイン変換による応答スペクトルのモード分解と合成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_237-I_248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_237	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 久世益充・能島暢呂	4. 巻 Vol.74, No.4
2. 論文標題 カーネル密度推定と混合正規分布モデルによる地震動波形の包絡形状と地震動特性の考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_755-I_764
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_755	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 山本大喜・能島暢呂	4. 巻 Vol.74, No.4
2. 論文標題 地震動要素としてのパルス波がもたらす作用に着目した強震動特性の評価法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1	6. 最初と最後の頁 I_1023-I_1034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_1023	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 能島暢呂・久世益充・LE QUANG DUC	4. 巻 第18巻第2号
2. 論文標題 シナリオ地震動予測地図の特異値分解によるモード分解と地震動分布のシミュレーション	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 2_95-2_114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5610/jaee.18.2_95	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 能島暢呂・森山達哉	4. 巻 73
2. 論文標題 都市ガス供給システムにおける導管被害予測と供給停止判断への機械学習の応用	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 I_197~I_207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.73.I_197	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 森山達哉・能島暢呂	4. 巻 73
2. 論文標題 都市ガス供給システムにおける地震時供給停止判断の性能評価	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 I_187~I_196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.73.I_187	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 LE QUANG DUC・能島暢呂・加藤宏紀	4. 巻 73
2. 論文標題 広域ライフラインを対象とした地震被害復旧シミュレーション手法	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 I_97~I_106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.73.I_97	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 能島暢呂・久世益充	4. 巻 17
2. 論文標題 KL展開による地震動の経時特性のモード分解と合成	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 5_21~5_37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5610/jaee.17.5_21	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 能島暢呂・久世益充・高島拓也	4. 巻 17
2. 論文標題 地震動の経時特性の特徴抽出と階層的クラスター分析による分類	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 2_128~2_141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.5610/jaee.17.2_128	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 久世益充・能島暢呂・高島拓也	4. 巻 73
2. 論文標題 地震動経時特性の特徴抽出と自己組織化マップによる評価	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 I_558~I_567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2208/jscejsee.73.I_558	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 Nojima Nobuoto, Kato Hiroki	4. 巻 12
2. 論文標題 Exposure of Population and Energy-Related Base Facilities to Shaking Intensity Predicted for Nankai Megathrust Earthquakes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 106~117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.20965/jdr.2017.p0106	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 Nojima Nobuoto, Yamamoto Taiki	4. 巻 12
2. 論文標題 Duration of Strong Motion Exceeding Bridge Design Spectra in the 2016 Kumamoto Earthquake	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 1215 ~ 1225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.20965/jdr.2017.p1215	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 Nojima, N. and Kato, H.	4. 巻 1
2. 論文標題 Assessment of Tsunami Inundation Exposure of Energyrelated Base Facilities Caused by Anticipated Nankai Megathrust Earthquakes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Collaboration in Lifeline Earthquake Engineering 2016, Infrastructure Resilience Publication No.1	6. 最初と最後の頁 226 ~ 233
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 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Nojima, N. and Kato, H.
2. 発表標題 Seismic Risk Assessment by use of the Comprehensive Database of Earthquake Occurrence Model in and around Japan
3. 学会等名 International Conference in Commemoration of 20th Anniversary of the 1999 Chi-Chi Earthquake (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤宏紀・能島暢呂・佐藤多恵
2. 発表標題 高速道路を対象とした地震時機能的フラジリティ関数の構築と震災間比較
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋幸宏・能島暢呂・久世益充
2. 発表標題 複数ケースのシナリオ地震動予測地図を用いた実地震の観測震度分布の近似表現 ～2018年北海道胆振東部地震を対象として～
3. 学会等名 第39回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋幸宏・能島暢呂・久世益充
2. 発表標題 シナリオ地震動予測地図のモード分解・合成による地震動分布シミュレーションとその利用 ～深谷断層帯を対象としたケーススタディ～
3. 学会等名 地域安全学会梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋幸宏・能島暢呂・久世益充・吉田光太郎
2. 発表標題 震源断層を特定した地震動予測地図による予測震度分布を用いた観測震度分布の近似表現
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田光太郎・能島暢呂・久世益充・高橋幸宏
2. 発表標題 震源不特定地震による予測震度分布を用いた観測震度分布の近似表現
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Nojima, N., Moriyama, T. and Ohnishi, K.
2 . 発表標題 Applicability of Machine Learning technique to Damage Estimation and Emergency Shutoff in Lifeline Systems
3 . 学会等名 The 6th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Nojima, N.
2 . 発表標題 Prediction of Significant Duration of Strong Ground Motions and its Equivalent Amplitude Level
3 . 学会等名 The 7th Asia Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Nojima, N. and Kato, H.
2 . 発表標題 Probabilistic Analysis of Emergency Control Criteria Modeled as a k-out-of-n Shutoff System
3 . 学会等名 The 11th US National Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Nojima, N., Shigeta, K. and Kato, H.
2 . 発表標題 Modeling Occurrence and Dissipation of Evacuees in Earthquake Disaster -A Case Study of the 2016 Kumamoto Earthquake-
3 . 学会等名 The 8th International Symposium on Earthquake Engineering for Lifeline and Critical Infrastructure Systems (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 能島暢呂・久世益充
2. 発表標題 地震動の水平成分の軸回転が振幅・継続時間特性に及ぼす影響
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤宏紀・能島暢呂
2. 発表標題 供給系ライフラインの地震時機能的被害・復旧評価システムの構築とその改良
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久世益充・能島暢呂
2. 発表標題 混合正規分布による地震動の特徴抽出とその応用
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本大喜・能島暢呂
2. 発表標題 構造物へのエネルギー入力に着目したパルス波の衝撃的效果の評価
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤宏紀・能島暢呂・小山真紀・田中孝樹
2. 発表標題 2016年熊本地震におけるライフライン被害に関する新聞報道のテキストマイニング 地方紙と全国紙の比較
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久世益充・能島暢呂
2. 発表標題 地震動特性の特徴ベクトルを用いた類似波形の抽出手法
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山真紀・藤瀬亮平・村岡治道・高木朗義・能島暢呂
2. 発表標題 地域防災人材育成プログラムにおける評価手法の構築
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤宏紀・能島暢呂・小山真紀・永井小雪里
2. 発表標題 2016年熊本地震における避難に関する新聞報道のテキストマイニング
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中孝樹・加藤宏紀・能島暢呂・小山真紀・永井小雪里
2. 発表標題 2016年熊本地震におけるライフライン被害に関する新聞報道のテキストマイニング
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久世益充・能島暢呂・中込広大
2. 発表標題 離散コサイン変換による応答スペクトルのモード分解と地震動特性の比較
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋幸宏・能島暢呂・久世益充
2. 発表標題 シナリオ地震動予測地図のモード分解による計測震度分布の特徴分析
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本大喜・能島暢呂
2. 発表標題 エネルギー入力に着目したパルス波の衝撃的效果の評価法
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nojima, N.
2. 発表標題 Development of Evaluation Methods for Duration of Earthquake Motions
3. 学会等名 The 18th ASEP (Association of Structural Engineers of the Philippines) International Convention (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 繁田健嗣・能島暢呂・永井小雪里・加藤宏紀
2. 発表標題 2016年熊本地震における避難者の発生・解消過程に関する基礎的考察
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤宏紀・能島暢呂・佐藤多恵
2. 発表標題 2016年熊本地震における高速道路網の機能的被害・復旧の時空間的分析
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久世益充・能島暢呂
2. 発表標題 カーネル密度推定と混合正規分布モデルによる地震動波形の包絡線近似と地震動特性の考察
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 能島暢呂・久世益充
2. 発表標題 KL展開による応答スペクトルのモード分解と合成
3. 学会等名 第37回地震工学研究発表会講演論文集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤宏紀・能島暢呂
2. 発表標題 大規模停電とその影響波及に関する考察 - 2006年首都圏大規模停電と2016年東京大規模停電の事例間比較 -
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤多恵・能島暢呂・加藤宏紀
2. 発表標題 2016年熊本地震における高速道路の機能的被害・復旧の時空間的分析
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森山達哉・能島暢呂
2. 発表標題 都市ガス供給システムにおける第1次緊急停止判断のシステム分析
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永井小雪里・能島暢呂・繁田健嗣
2. 発表標題 2016年熊本地震における避難者数推移への影響要因に関する考察
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 繁田健嗣・能島暢呂・永井小雪里
2. 発表標題 2016年熊本地震の被災事例に基づく避難者人口推定式の検討
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久世益充・能島暢呂
2. 発表標題 カーネル密度推定と混合正規分布モデルによる地震動波形の包絡線近似
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久世益充・能島暢呂
2. 発表標題 カーネル密度推定と混合正規分布モデルによる2011年東北地方太平洋沖地震の走時分析
3. 学会等名 地域安全学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koyama, M., Takagi, A., Nojima, N. and Muraoka, H.
2. 発表標題 A Prototype Education Program to Foster Talented People Who Take Action at their own Initiative for Regional Disaster Prevention
3. 学会等名 The 4th Asian Conference on Urban Disaster Reduction
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小山真紀・岩井慶次・能島暢呂・村岡治道・高木朗義
2. 発表標題 地域の防災団体の立ち上げと継続に必要なものー美濃東部防災力強化ネットワークのケーススタディー
3. 学会等名 防災計画研究発表会
4. 発表年 2017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	久世 益充 (Kuse Masumitsu) (30397319)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授 (13701)	
研究分担者	杉戸 真太 (Sugito Masata) (60115863)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・特任教授 (13701)	
研究分担者	小山 真紀 (田原真紀) (Koyama Maki) (70462942)	岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授 (13701)	