

平成 30 年 6 月 16 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350486

研究課題名(和文) わが国の全地震活動モデルを用いたライフライン地震被害リスク評価

研究課題名(英文) Risk Assessment of Lifeline Disruption using the Comprehensive Database of Earthquake Occurrence Models in and around Japan

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) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：確率論的地震動予測地図の作成に用いられた日本周辺の全地震活動モデルを活用して、すべての地震による震度5弱以上～震度7の曝露人口PEXを算出し、30年発生確率Pとの間のP-PEX関係を求めるとともに、地震リスクカーブおよび30年期待震度曝露延べ人口を求めた。さらに、電気・水道・都市ガスのライフライン機能停止・復旧予測モデルを適用して、4種類(地震直後、3日間、1週間、1ヶ月間)の途絶リスクカーブを算出し、短期・中期・長期的にみたライフライン途絶リスクの概略を定量的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：For probabilistic seismic hazard maps produced by the Headquarters for Earthquake Research Promotion, the comprehensive database of earthquake occurrence models in and around Japan is compiled and provided via the website of the Japan Seismic Hazard Information Station (J-SHIS). Taking advantage of the database, this study evaluates the relationship between population exposure to five ranks of JMA (Japan Meteorological Agency) seismic intensity scale and the probability of occurrence of earthquakes within 30 years ("P-PEX relation") for all the potential events of earthquake. On this basis, seismic risk curves and expected population exposure are assessed for the period of 30 years. Finally, risk assessment of disruption of utility lifelines are performed for electric power, water and city gas supply focusing on four kinds of duration of disruption: immediately, three days, one week and one month after the earthquake.

研究分野：地震工学，防災工学，地震ハザード・リスク評価

キーワード：ライフライン 機能的被害 機能的復旧 地震リスク評価 リスクカーブ 地震活動モデル 地震発生
確率 地震動予測

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年「最悪に備える」視点から防災・減災対策が強化されつつある一方、発生確率を考慮したリスク対策の視点も重要である。地震調査研究推進本部は確率論的地震動予測地図を作成・公表しており、そこで用いられる地震活動モデルは、地震ハザードステーション(J-SHIS)を通じて地震活動モデルが公開され、地震ハザード・リスク評価の基盤データとして広く有効活用できる環境にある。

(2) 供給系ライフライン(電気・水道・都市ガス)の地震時の被害・復旧については、社会的重要性や社会的関心ともに高いにもかかわらず、全国的なリスク総量は明らかにされていない。地域防災計画の策定、需要家側の備えの強化ならびに事業継続計画(BCP)に有用な情報提供を行うためには、信頼性の高い予測手法が必要である。これまでに阪神・淡路大震災の被災事例に基づく供給系ライフライン被害・復旧予測モデルを提案しており、全国を網羅したリスク評価に活用すれば、リスク防止・軽減策の検討が可能である。

2. 研究の目的

(1) 第一に、わが国のライフラインの地震被害リスクの全貌を明らかにすることである。地震ハザード・リスク評価のための基盤データである地震活動モデルと、ライフラインの地震時機能的被害・復旧モデルを組み合わせることにより、考えられる全ての地震を考慮したライフライン被害量とその確率レベルとの関係を明らかにし、リスク評価を行う。

(2) 第二に、ライフラインの地震被害リスクの低減に向けて、多種多様なライフライン地震対策のオプションを検討し、効果的なリスク判断を支援するための情報を提供することである。これにより、ライフライン事業者側および需要家側の対策策定のために有用な知見を普及させ、自助・共助・公助面での防止・減災対策の促進を図るものである。

3. 研究の方法

地震リスクマネジメントの流れ(地震ハザード評価、脆弱性・損失評価、地震リスク評価、地震リスク判断)に従って、以下の項目について実施する。

(1) 「確率論的地震動予測地図」に関するJ-SHISの公開データを用いて、わが国の全地震活動モデルを想定地震として、距離減衰式を用いた簡便法による地震動分布予測を行い、地震ハザード条件を設定する。

(2) 阪神・淡路大震災の被災事例に基づいて構築されたライフライン被害・復旧予測モデルを元にして、過去の被災事例を踏まえて実被害との整合性の検証を行い、モデルの高度化を図る。

(3) 地震動分布、脆弱性分布、供給人口分布の重ね合わせにより震度曝露人口を算出し、全地震活動モデルのライフライン被害・復旧

過程を予測する。これに30年発生確率を合わせてリスク関係図を求めてリスクカーブを算出し、ライフライン停止リスクの全体像を明らかにする。

(4) 上記で明らかにされたライフラインの地震被害リスクの低減に向けて、事前対策・事後対策としてのライフライン地震対策のオプションについて検討し、効果的なリスク判断の支援に向けた考察を行う。

(5) ライフラインの地震被害・復旧およびそのリスク低減に関する社会的ニーズに応えるため、Webを通じて研究成果を積極的に公表するとともに、評価ツールの提供を行い、自助・共助・公助面での防止・減災対策の促進を図る。

4. 研究成果

(1) 地震ハザードの設定にあたっては、J-SHIS公開データを用いて、全地震活動モデルを対象とした。全地震活動モデルは、陸域の地震(約27.8万モデル)と海域の地震(約67.7万モデル)とをあわせた約95.5万モデルよりなるものである。震源断層を特定したものと震源断層を予め特定しにくい地震とをあわせると、考えられる限りすべての地震活動モデルが包含されている。本研究では確率論的地震動予測地図の作成に用いられている簡便法(距離減衰式に基づく地震動予測)に従って地表面震度の中央値を算出し、推定震度分布を求め、これによって第1段階の地震ハザード評価の成果を得た。

(2) 阪神・淡路大震災の被災事例に基づいて構築されたライフライン被害・復旧予測モデルをさらに改良するため、配水管の脆弱性評価を実施するとともに、都市ガスの機能的フラジリティ関数を構築した。これを踏まえて、東日本大震災を対象とした実被害と予測との整合性に関する再検証を行い、被災地全域のみならず、都道府県レベルの被害・復旧の概略把握が可能であることを確認した。

一方、2016年熊本地震の発生を受けて、ライフライン被害・復旧に関する調査と予測モデルの検証を行った。停電に関しては震度5強以上、断水では震度6弱以上、都市ガス停止では震度6弱ないし6強以上の曝露人口がそれぞれの停止戸数と相関を示すことがわかった。熊本地震では水道と都市ガスの復旧期間が大幅に短縮されており、初期被害の軽減効果と復旧支援体制の早期確立の効果と推察された。そこで、震災規模(概ね震度6強以上の震度曝露人口)に応じた補正係数によって、復旧所要日数を調整することで、いずれのシステムにおいても、復旧所要日数の過大評価が是正される傾向が確認された。

(3) 全地震活動モデルによる推定震度分布と、人口分布を重ね合わせ、5つのランク(震度5弱以上、5強以上、6弱以上、6強以上、震度7)網羅的に震度曝露人口(PEX)を推計し

た．これと 30 年地震発生確率(P)との関係を表す「P-PEX 関係」を求めた(図 1)．さらに，30 年発生確率を積算した累積確率を用いた地震リスクカーブを用いて簡易的な地震リスク評価を行った(図 2)．海域の地震(特に南海トラフ巨大地震や相模トラフの地震)が全体を支配している一方，陸域の地震も，低頻度巨大災害という面で重視すべきであることがわかった．

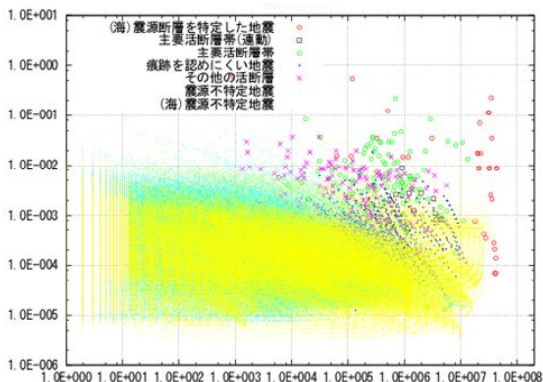


図 1 震度 6 弱以上の P-PEX 関係

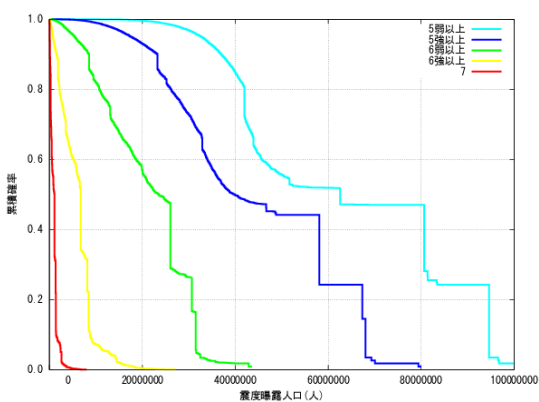


図 2 震度曝露人口による地震リスクカーブ

また，30 年期待震度曝露延べ人口を求め，「震源特定」対「震源不特定」，あるいは「陸域」対「海域」といった観点から，その内訳を示して比較し，支配的となる地震活動モデルについて考察した．高震度・低頻度レベルでは陸域の地震のシェアが増加することや，低震度・高頻度レベルでは震源不特定地震のシェアが増加することを明らかにした．

さらに，電気・水道・都市ガスのシステム別に震度階ごとの曝露人口を求め，全地震活動モデルに関する 30 年発生確率とライフライン被害量の関係を表すリスク関係図を求め，地震活動モデル全体におけるリスクカーブを算出した．構築したライフライン機能停止・復旧予測モデル(図 3~5)を適用して，地震直後，3 日間，1 週間，1 ヶ月間の途絶リスクカーブを算出し，任意の確率レベルに対するライフライン被害量を明らかにした(図 6, 7)．各システムの普及率，震度別の初期機能停止確率，復旧確率の違いによって，リスクカーブは特徴的な様相を示し，短期・中期・長期的にみたライフライン途絶リスクの

概略を定量的に明らかにした．

以上の評価については，全国を対象としたケースだけでなく，地域を限定したケース(例：岐阜県および高山市)についても実施しており，それぞれ支配的な地震活動モデルの影響を反映する結果が得られた．

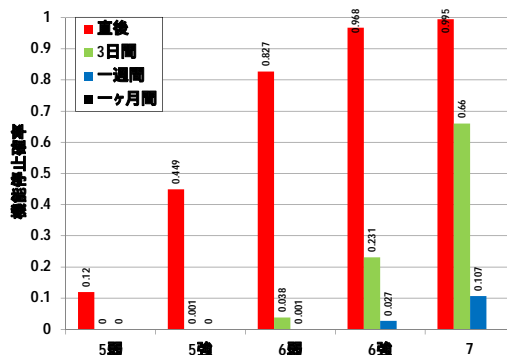


図 3 電気の途絶確率

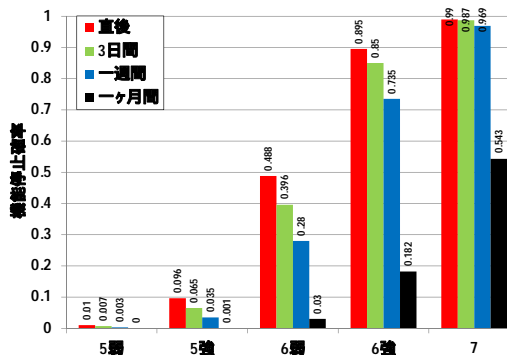


図 4 水道の途絶確率

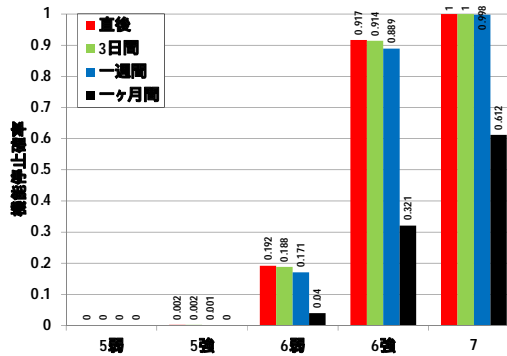


図 5 都市ガスの途絶確率

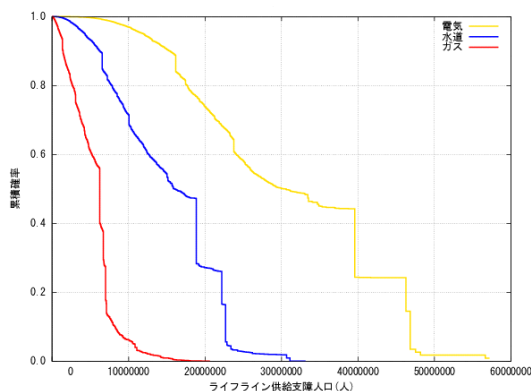


図 6 地震直後の途絶リスクカーブ

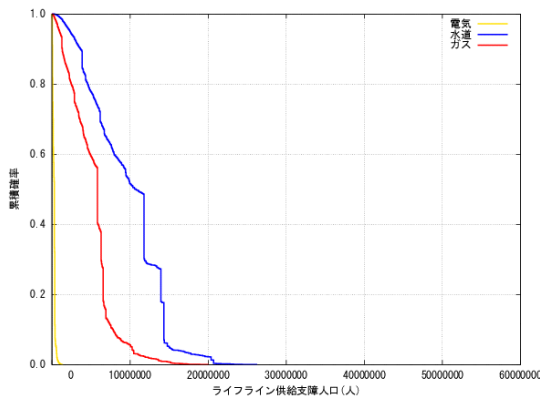


図7 1週間途絶のリスクカーブ

(4) ライフラインの地震被害リスクの低減に向けて、事前対策・事後対策としてのライフライン地震対策のオプションについて検討し、効果的なリスク判断の支援に向けた考察を行った。まず、事前のネットワーク耐震強化に基づくリスク低減方策を検討するため、広域ライフラインを対象として、施設被害確率に基づく地震時被害・復旧シミュレーション・モデルを構築した。具体例として、宮城県の広域送水ネットワークを取り上げ、各需要ノードおよびシステム全体での復旧曲線について、同じ条件下で起こりうる多様なパターンを示した。広域ライフラインの地震被害・復旧に関する実績データの蓄積は乏しく、東日本大震災における被害・復旧状況は、起こりうる状況群からの1サンプルに過ぎない。本研究により、多様な被害・復旧パターンを生成し、起こりうる可能性としての予測幅を示すことができたことは、新規性のある成果である。将来の地震に対する広域ライフラインの被害・復旧予測およびリスク評価を実施する場合に、被害パターンの不確実性を考慮した予測幅を検討する際に参考になるものと考えられる。

次に、リアルタイム地震防災システムによる高度なリスク低減方策を支援するため、都市ガス供給システムを対象とした検討を行った。地震観測に基づく都市ガス供給システムの第1次緊急停止判断については、安全な状況の下での供給停止リスク（空振り）と危険な状況の下での供給継続リスク（見逃し）とトレードオフが生じる。本研究では、多数基の地震センサーの観測情報に基づく緊急停止判断を「k-out-of-n 遮断システム」として位置づけ、その最適な制御方法を検討した。具体的には、モンテカルロ・シミュレーションにより、地震観測値と導管被害率の模擬データを生成した、遮断基準値を変化させて、「k-out-of-n ルール」による供給停止判断を行い、導管被害率と供給停止判断との関係を分割表に整理し、「感度と偽陽性率」および「陽性的中率と陰性的中率」を組み合わせた評価を行い、耐震管率に応じて遮断基準値を規定することの妥当性を論証した。これにより、地震直後の合理的なリスク判断が可能となり、都市ガス供給機能に関する初期被害の

低減と早期復旧に資する成果が得られた。

(5) 研究成果の社会還元を図るため、Webを通じて研究成果公表ならびに評価ツールの提供を行った。まず、供給系ライフラインを中心として地震時の機能的被害・復旧に関する速報を行うためのサイト「ライフライン復旧概況」を立ち上げ、東日本大震災および熊本地震に関する情報を提供している（図8）。多方面からのアクセスがあり、アウトリーチ方策として有効であることが確認された。

また、震度情報に基づく供給系ライフラインの機能的被害・復旧予測モデルを用いて、ユーザーが独自の条件設定のもとでの簡易評価法を行えるように、Excel/VBAで実装した評価ツールを開発して公開している（図9）。市町村別簡易評価ツールについては、計測震度を入力情報として、任意の行政単位（市区町村・都道府県・ブロック・全国）でのライフライン機能的被害・復旧過程を推定するものである。地点別簡易評価ツールについては、ユーザーが簡単な入力（震度、バックアップ保有状況、管路脆弱性、ライフライン途絶時の機能充足度など）を行うことによって、「地震時機能充足度」などの出力を得ることができる。任意地点でのライフライン機能停止リスクを定量化でき、需要家側の備えや事業継続計画（BCP）等のために有用な情報となる。すでに数多くダウンロードされ、自助・共助面での減災対策の促進に貢献している。

ライフライン復旧概況

供給系ライフラインを中心に、地震時の機能的被害・復旧について速報をまとめています。
下記よりダウンロードして下さい。

東日本大震災

- 時系列編 Ver.1 : 2011年3月31日まで (PDF:110311-GEJEQD-LL-GUNN-ver.1.pdf, 17p.) 2011/4/3
- 時系列編 Ver.2 : 2011年4月13日まで (PDF:110311-GEJEQD-LL-GUNN-ver.2.pdf, 19p.) 2011/4/14
- 時系列編 Ver.3 : 2011年5月31日まで (PDF:110311-GEJEQD-LL-GUNN-ver.3.pdf, 26p.) 2011/6/3

2016年熊本地震

- 時系列編 Ver.1 : 2016年5月2日まで (PDF:160414-16-KumamotoEQ-LL-GUNN-ver.1.pdf, 43p.) 2016/5/3
- 時系列編 Ver.2 : 2016年5月16日まで (PDF:160414-16-KumamotoEQ-LL-GUNN-ver.2.pdf, 45p.) 2016/5/20
- 時系列編 Ver.2.1R : 2016年5月16日まで (PDF:160414-16-KumamotoEQ-LL-GUNN-ver.2.1R.pdf, 45p.) 2016/7/5

(図8(a)(b)が違っていたので修正しました)

図8 ライフライン復旧概況の Web サイト

供給系ライフラインの地震時機能的被害・復旧評価モデル

下記よりダウンロードして下さい。

地点別簡易評価法の評価ツール

- 評価ツール (Excel: LLEQ_onSite-Ver1.3b.xlsm)
- マニュアル (PDF: LLEQ_onSite-Manual-Ver1.3b.pdf)

市町村別簡易評価法の評価ツール

- 評価ツール (Excel: LLEQ_inArea-Ver1.1b.xlsm)
- マニュアル (PDF: LLEQ_inArea-Manual-Ver1.1b.pdf)

参考資料

- 参考資料 (PDF: LLEQ_Reference-Ver1.2.pdf)

アンケートにもご協力ください

- アンケート (Word版) (Word: LLEQ_Questionnaire-Ver1.0.docx)

図9 評価ツール提供の Web サイト

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 20 件)

能島暢呂・加古涼介・加藤宏紀：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，土木学会論文集 A1, Vol.74, 2018 (印刷中) 査読有

森山達哉・能島暢呂：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，土木学会論文集 A1, Vol.73, No.4, 2017, pp.1_187-1_196. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.73.1_187

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. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.73.1_197

LE QUANG DUC・能島暢呂・加藤宏紀：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，土木学会論文集 A1, Vol.73, No.4, 2017, pp.1_97-1_106. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.73.1_97

久世益充・能島暢呂・高島拓也：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，土木学会論文集 A1, Vol.73, No.4, 2017, pp.1_558-1_567. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.73.1_558

能島暢呂・久世益充・高島拓也：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，日本地震工学会論文集 第17巻，第2号，2017，pp.2_128-2_141. 査読有 DOI:10.5610/jaee.17.2_128

Nojima, N. and Kato, H.: Exposure of Population and Energy-related Base Facilities to Shaking Intensity Predicted for the Nankai Megathrust Earthquakes, Journal of Disaster Research, Vol.12, No.1, 2017, pp.106-117. 査読有 DOI:10.20965/jdr.2017.p0106

Nojima, N. and Maruyama, Y., An Overview of Functional Damage and Restoration Processes of Utility Lifelines in the 2016 Kumamoto Earthquake, Japan, JSCE Journal of Disaster FactSheets, 2016, FS2016-L-0004, 12p. 査読有

Nojima, N. and Maruyama, Y., "Comparison of Functional Damage and Restoration Processes of Utility Lifelines in the 2016 Kumamoto Earthquake, Japan with Two Great Earthquake Disasters in 1995 and 2011" JSCE Journal of Disaster FactSheets, 2016, FS2016-L-0005, 9p. 査読有

能島暢呂：熊本地震における供給系ライフラインの被害と復旧～震災から得られた教訓と残された課題～，一般財団法人消防防災科学センター，消防防災の科学，特集 平成 28 年熊本地震(2)，No.127，2017 冬季号，2017.1，pp.30-34. 査読無

能島暢呂・高島拓也：累積パワーに基づく地震動継続時間の等価振幅レベルに関する考察，日本地震工学会論文集 第 16 巻，第 6 号，2016，pp.6_1-6_15. 査読有 DOI:10.5610/jaee.16.6_1

能島暢呂・久世益充：震度継続時間予測モデルの実地震に対する適用と検証，土木学会論文集 A1, Vol.72, No.4, 2016.5, pp.1_44-1_54. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.72.1_44

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・復旧評価モデル 市区町村別簡易評価法のシステム構築，日本地震工学会論文集 (JAEE 特集号) 第 15 巻，第 7 号，2015，pp.7_354-7_367. 査読有 DOI:10.5610/jaee.15.7_354

能島暢呂・加藤宏紀：東日本大震災における鉄道運休と震度分布との関係の確率・統計的分析，JCOSAR2015 論文集 (第 8 回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム)，2015.10，pp.162-168. 査読有

能島暢呂・加藤宏紀：k-out-of-n 遮断システムとしてみた都市ガス供給の第 1 次緊急停止判断に関するシステム分析，土木学会論文集 A1, Vol.71, No.4, 2015.9, pp.1_1-1_12. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.71.1_1

能島暢呂：観測震度または予測震度を与件とする震度継続時間の条件付予測式，日本地震工学会論文集 第 14 巻，第 5 号，2014，pp.50-67. 査読有 DOI:10.5610/jaee.14.5_50

能島暢呂・加藤宏紀：水道統計に基づく全国水道事業者の配水管路網の脆弱性評価，土木学会論文集 A1, Vol.70, No.4, 2014.7, pp.1_21-1_32. 査読有 DOI:10.2208/jscejsee.70.1_21

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. 査読有 DOI:10.20965/jdr.2014.p0108

能島暢呂・加藤宏紀：機能的フラジリティ関数による都市ガスの地震時供給停止人口の推計，地域安全学会論文集 No.23, 2014.7, 論文番号 2, pp.1-10. 査読有 DOI:10.11314/jisss.23.11

Kamiyama, Sugito, M., Kuse, M., Schekotov, A. and Hayakawa, M.: On the Precursors to the 2011 Tohoku Earthquake -Crustal Movements and Electromagnetic Signatures, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2014, Taylor & Francis 査読有 DOI:10.1080/19475705.2014.937773

[学会発表](計 18 件)

能島暢呂・加古涼介：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,第37回地震工学研究発表会講演論文集,2017.10,論文番号1158.

繁田健嗣・能島暢呂・永井小雪里・加藤宏紀: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,第37回地震工学研究発表会講演論文集,2017.10,論文番号1070.

久世益充・能島暢呂: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,第37回地震工学研究発表会講演論文集,2017.10,論文番号1161.

加藤宏紀・能島暢呂: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 -,第72回土木学会年次学術講演会,2017.9, I-094, pp.187-188.

森山達哉・能島暢呂: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,第72回土木学会年次学術講演会,2017.9, I-096, pp.191-192.

久世益充・能島暢呂: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,第72回土木学会年次学術講演会,2017.9, I-387, pp.773-774.

久世益充・能島暢呂: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,地域安全学会梗概集, No.40, 2017.6, pp.139-142.

加古涼介・能島暢呂:広域ライフラインの地震リスク評価のためのシナリオ地震選定,第71回土木学会年次学術講演会,2016.9, I-336, pp.671-672.

森山達哉・能島暢呂・猪股 涉・小山高寛・山端悠介: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,第36回地震工学研究発表会,2016,論文番号No.937.

LE QUANG DUC・能島暢呂・加藤宏紀: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,第36回地震工学研究発表会,2016,論文番号No.1000.

久世益充・能島暢呂・高島拓也: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,第36回地震工学研究発表会,2016,論文番号No.942.

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・復旧評価モデル 地点別簡易評価法のツール開発,第70回土木学会年次学術講演会,2015.9, I-067, pp.134-135.

野田智也・能島暢呂:地震活動モデルに基づくライフライン機能停止リスク評価,土木学会中部支部平成26年度研究発表会講演概要集,2015.3, I-34, pp.67-68.

Kuse, M. and Sugito, M.: Estimation of the Strong Motion Generation Area based on the Acceleration Envelope of Records from the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Proceedings of the

Tenth Pacific Conference on Earthquake Engineering, Nov. 2015.

久世益充・杉戸真太:東京湾周辺における周期数秒レベルの長周期地震動特性の評価と地震動算定,第35回地震工学研究発表会,2015.11.

能島暢呂・加藤宏紀:南海トラフ巨大地震によるエネルギー関連施設の曝露評価,第14回日本地震工学シンポジウム,2014.12, pp.267-274.

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・復旧評価モデル 市区町村別簡易評価法のシステム構築,第14回日本地震工学シンポジウム,2014.12, pp.275-284.

藤川智・石川裕・奥村俊彦・能島暢呂・藤原広行・森川信之:人口データを考慮した確率論的地震ハザードの分析,第14回日本地震工学シンポジウム,2014.12, pp.3491-3500.

〔その他〕

ホームページ

(1)「ライフライン復旧概況(供給系ライフラインを中心とした地震時の機能的被害・復旧に関する速報)」のページ:
https://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/take_out_LLEQreport.htm

(2)「供給系ライフラインの地震時機能的被害・復旧評価モデル(地点別簡易評価法の評価ツール,および,市区町村別簡易評価法の評価ツール)」のページ
http://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/take_out_LLEQ.htm

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

杉戸 真太 (SUGITO, Masata)
岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授
研究者番号: 60115863

久世 益充 (KUSE, Masumitsu)
岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授
研究者番号: 30397319