

水害時避難意識の変化と避難の完了・未完了を分ける要因について の一考察

Evacuation Awareness during Floods and the Factors that Influence Completion and Incompleteness of Evacuation

○筋野 哲央¹, 小山 真紀², 阪本 真由美³, 松多 信尚⁴

Tetsuo SUJINO¹, Maki KOYAMA², Mayumi SAKAMOTO³ and Nobuhisa MATTA⁴

¹工学院大学 ものづくり支援センター

Manufacturing Support Center, Kogakuin University

²岐阜大学流域圏科学研究センター

River Basin Research Center, Gifu University,

³兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科

Graduate School of Disaster Recovery and Governance,

⁴岡山大学大学院教育学部

Graduate School of Education, Okayama University

In recent years, water-related disasters have become more severe and frequent due to the effects of climate change, and the damage has increased around the world. Therefore, researches on evacuation behavior have been actively conducted. This study is based on a cluster analysis of evacuation awareness at different times of time, which is derived from the results of an E-Act Curve survey of residents in the affected area of Mabi-cho, Kurashiki City, which suffered extensive damage from the July 2008 torrential rains. The results of the cluster analysis will be used to examine the patterns of evacuation awareness and evacuation implementation, and the reasons for changes in each individual pattern and time series of evacuation awareness.

Keywords : floods, evacuation, triggers of evacuation, risk perception, evacuation awareness, disaster preparedness

1. 緒言

近年, 気候変動の影響から水災害が激甚化, 頻発化し, 世界中で被害が拡大している。それゆえ, 避難行動に関する研究が活発に行われている。本研究は, 避難行動に係わる意識の推移 (E-Act Curve)¹⁾ に関する調査データ²⁾に基づいて, 時刻ごとの避難意識の値に基づいたクラスター分析を行った。そこから導き出す避難意識の推移と避難実施のパターンを整理し, それぞれのパターンと時系列ごとの避難意識の変化の理由について考察する。

2. E-Act Curveと本研究の位置づけ

災害による人的被害軽減研究の目的は, 自然災害によって亡くなる可能性がある命に対し, 安全システムを構築することで死を回避することにある。そのためには, 未来に生じうる社会/人的被害をアセスメントによって可視化し, 分析に基づいて明らかになる地域独自/個人の課題を自認する必要がある。しかし, 現実問題としてそこに当事者意識が生じないのは, 正常性バイアスが生じ, 平常を保とうとする機能が自らの危機に対する自認を妨げていることになる。³⁾ 以上の背景を踏まえ, 本研究では, 実際に被災した住民の危機認知から避難行動に移るまでの避難意識の推移を, 真備町で実施されたデータに基づいて時系列に整理する。その後, 避難意識の推移と避難行動のパターンに基づいてクラスター分析を行い, 分類されたパターンごとの避難トリガーについて考察する。また, 本研究は, すでに 2021 年に阪本らによって発表された E-Act Curve を活用した避難トリガーに関する考察¹⁾ の続報で

ある。前報では, データのサンプル数が 21 と少なく, 目視による E-Act Curve の傾向を 3 つに分類し考察した。一方, 本研究ではサンプル数を 90 と増やし, さらに階層型クラスター分析を行うことによって, 4 つのクラスターにそれぞれ分けて, 前報では見ることのできなかつた避難傾向のパターンの抽出を試みた点が新しい知見になっている。

3. 分析と結果

3.1 クラスター分析

分析に使用したデータ²⁾の調査対象地域は, 2018 年の西日本豪雨で甚大な被害が生じた岡山県倉敷市真備町である。まず, データ中の被災者住民のインタビュー証言と E-Act Curve から推測する被災場所が浸水したおよその時間帯に基づいて, 洪水到来時間による地域グループごとに整理を行う。第 1 グループを 0 時頃に水が来たと推測される呉妹, 有井, 服部, 尾崎, 二万地区とし, 第 2 グループを深夜 2 時から 5 時に幅広く洪水が到着した箭田地区, 第 3 グループを明け方 6 時以降に洪水が到着したと思われる辻井, 川辺, 岡田地区とした。

3.2 結果

まず, 第 1 グループについて階層型クラスター分析を行った。4 つのクラスターに分割された時の結果を図 1 に示す。それぞれのクラスターの避難パターンの傾向を整理すると, Indice1 は早い段階から避難意識が高く, 早期に避難できたパターン, Indice2 は避難意識が高まることなく, 避難しなかつたパターン, Indice3 は早い時期には避難意

識は高くないが、水の到来やその他の何かをきっかけにして急激に避難意識が高まり、その後避難したパターン、Indice4は何かをきっかけに避難意識が高まったが、最終的に避難に至らなかったパターンである。

次に、第2グループについて階層型クラスター分析を行った。4つのクラスターに分割された時の結果を図2に示す。それぞれのクラスターの避難パターンの傾向を整理すると、Indice4は初めから避難意識が高く早期避難が完了しているパターン、Indice1は避難意識が初めは低いが徐々に上がり、深夜1時頃には避難が完了していくパターン、Indice3は初めから避難意識が低く途中で少し上がるが、避難完了まで至っていないパターン、Indice2は避難意識が明ごろから急激に上がるが、避難が完了できなかったパターンである。

最後に第3グループについて階層的クラスター分析を行った。4つのクラスターに分割された時の結果を図3に示す。Indice2はほぼ避難の意識が上がらないパターン、Indice1は明朝6時以降雨がき出して避難意識があがるパターン、Indice3は初期の段階で避難しているパターン、Indice4は21時以降に急激に避難を開始しているパターンである。

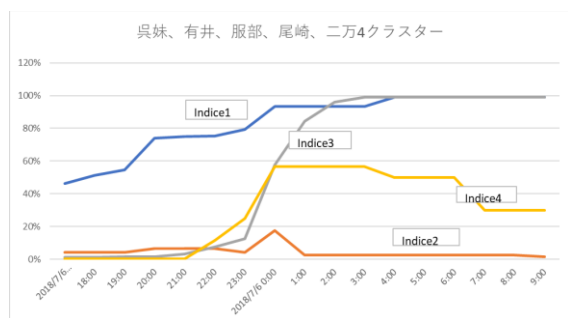


図1 第1グループのE-Act Curve傾向別分類

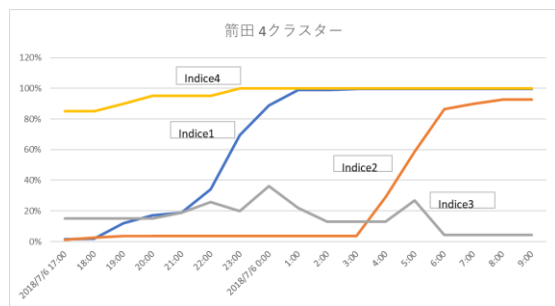


図2 第2グループのE-Act Curve傾向別分類

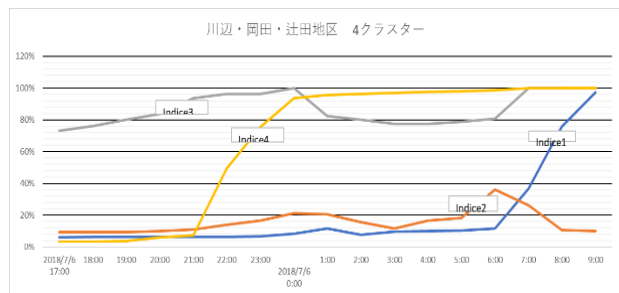


図3 第3グループのE-Act Curve傾向別分類

4. 考察

さて、阪本ら³⁾によると、彼らの取得したサンプルからのE-Act Curveは、Type1:緩やかに避難意識が上がって

くタイプ、Type2:トリガー認知から避難意識まで急な曲線を描くタイプ、Type3:避難情報や周辺の変化などを認知していても避難意識に変化がなく逃げ遅れるタイプ、の3つに分けられた。この3つタイプと本研究結果を比較すると、第1グループにおいては、Indice1がType1、Indice2がType3、Indice3がType2に類似する。しかし、Indice4が避難意識は高まっていたが、避難するに至らなかったタイプである。これは、上記3タイプのどれにも属さない新しいタイプとして抽出できた。また、第2グループにおいても、Indice2が第1グループと同様に新しい避難タイプとして抽出された。しかし、第3グループにおいては、このような傾向はみられなかった。なぜ第1,2グループと第3グループによって避難の未完了と完了の差が生まれたのかを探るため、ここで改めて第1グループのIndice1,4と第2グループのIndice3,2に含まれるsample番号の避難しなかった理由を個別に取り上げ、第3グループのIndice4と比較した。その結果、特に避難意識は高かったが避難しなかった理由は、一人は、末政川のすぐ近くに住んでいるため、避難しようがなかったと回答しており、またもう一人は、決壊により不可能であったと述べている。以上の結果から、避難したくても避難できる環境になかったといえる。加えて、仕事、情報を取得できない、要援護者を抱えているというのも回答者にいたがこれも環境の要因である。一方で最も多かった原因に大丈夫だろうという正常性バイアス³⁴⁾が今回も働いた。また、楽観的心情とは別に恐怖心から行動できなかったケースもあった。これらが、避難の完了と未完了を分ける要素であることが改めて明らかになった。

5. 結言

本研究では、E-Act Curveのサンプル数を増やし、階層的クラスター分析にかけることによって、新たに避難意識が上がっても避難が完了できなかったタイプを抽出できた。また、避難意識が高くても避難できなかったものは、物理的環境要因が大きかったこと、正常性バイアスによる自分事意識に欠けること、恐怖心から避難ができないという避難のできなかったことが避難の完了と未完了を隔てることが分かった。今後は、この視点を取り入れ、より多くのものが自発的に避難を完了したくなるモデルと支援の在り方を研究していく。

謝辞

本研究は、課題番号(科研):21K18789の支援により研究を進めることができましたことに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 阪本真由美・松多信尚・廣井悠・小山真紀:豪雨災害における住民の避難トリガーに関する考察, 自然災害科学, vol.39-4, pp439-457, 2021.
- 2) 久本侑奈:『災害時における住民の避難に至る意識の変動—平成30年西日本豪雨 倉敷市真備町を例に—』岡山大学 教育学部学校教育教員養成課程, 卒業論文, 2020
- 3) 広瀬弘忠:人はなぜ逃げおくれるのか-災害の心理学, 集英社新書, 2004.
- 4) 田中皓介・梅本道孝・糸井川栄一:既往研究成果の系統的レビューに基づく大雨災害時の住民避難の阻害要因の体系的整理, 地域安全学会論文集, No.29, pp185-195, 2016.11

茨城県における液状化ハザードマップを活用した リスクコミュニケーションの実態と課題

Actual conditions and issues of risk communication
by utilizing liquefaction hazard maps in Ibaraki Prefecture.

○金田 知也¹, 田口 博之², 中村 仁²

Tomoya KANETA¹, Hiroyuki TAGUCHI² and Hitoshi NAKAMURA²

¹ 芝浦工業大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

² 芝浦工業大学 環境システム学科

Department of Planning, Architecture and Environmental Systems, Shibaura Institute of Technology

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has positioned liquefaction hazard maps as a tool for residents and municipalities to share the risk of liquefaction damage and to enhance advance preparedness. The purpose of this study is to understand the actual conditions and issues of risk communication by utilizing liquefaction hazard maps in Ibaraki Prefecture. After identifying the contents of hazard maps already published in 9 municipalities as of July 2022, interviews with 6 municipalities were conducted to examine the actual conditions of the dissemination and utilization of each hazard map. The authors concluded that specific methods of conducting risk communication were unclear, and it raised issues such as concerns about the potential for inciting anxiety among the residents.

Keywords : liquefaction hazard map, risk communication, ibaraki prefecture

1. はじめに

近年、液状化被害を軽減するために、発災時の対応に加え、事前対策の推進が重要視されている。そのためには、住民と行政が液状化による被害リスクを共有し、事前の備えを充実させる必要がある。すなわち、液状化災害に関するリスクコミュニケーションが求められる。

国土交通省は、『リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き、国土交通省、都市局都市安全課、令和3年2月』（以下、手引き）や、『液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの方法に関するマニュアル、国土交通省都市局都市安全課、令和4年4月』（以下、マニュアル）を公表した。液状化ハザードマップをリスクコミュニケーションツールとして位置づけ、その作成と活用の方法を示した。しかし、液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの実施方法を目的とした既往研究は、筆者らが知る限りみられない。

本研究では、茨城県における液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの実態と課題を把握することを目的とする。2022年7月現在で液状化ハザードマップを既に作成している9自治体の掲載内容を把握した後、6自治体を対象にハザードマップの周知・活用実態に関するヒアリング調査を実施し、液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの実施上の課題を明らかにする。

2. 液状化ハザードマップの作成実態

ここでは、自治体における既存の液状化ハザードマップの作成実態を、茨城県の全市町村を対象にした調査をもとに把握する。

調査対象地域である茨城県では、2011年東北地方太平

洋沖地震によって、36市町村で液状化の発生が確認されており、道路、護岸施設、上下水道等のライフライン施設、家屋等に多大な被害が生じた³⁾。

(1) 液状化ハザードマップの整備状況

既存の液状化ハザードマップは、各市町村のホームページ検索により収集した。表-1は、茨城県における液状化ハザードマップの整備状況を示したものである。調査時点（2022年7月調査）において作成済みの自治体は茨城県44市町村のうち9自治体（約20%）であった。

以下の液状化ハザードマップの掲載内容の把握に際しては、この9自治体を対象に検討を行うこととする。

表-1 茨城県における液状化ハザードマップの整備状況

自治体	名称	発行元	発行年
土浦市	土浦市 液状化危険度マップ	土浦市 総務部 総務課	2013年1月
ひたちなか市	ひたちなか市 液状化ハザードマップ (解説版)	ひたちなか市 都市整備部 都市計画課	2015年12月
潮来市	潮来市 液状化ハザードマップ	潮来市 総務課	2019年3月
神栖市	神栖市 液状化ハザードマップ	神栖市 都市整備部 都市計画課	2014年3月
大洗町	大洗町 液状化ハザードマップ	大洗町 都市建設課	2022年3月
阿見町	阿見町 液状化ハザードマップ	阿見町 産業建設部 都市計画課	2021年4月
河内町	河内町液状化マップ	河内町 都市整備部	2010年3月
五霞町	五霞町 地震ハザードマップ	五霞町役場	2008年
利根町	利根町 地震ハザードマップ	利根町 総務課	2010年3月

表-2 液状化ハザードマップの掲載内容

◎：十分な情報が分かりやすく掲載されている（手引きと同程度） ○：掲載されているがわかりづらい（不十分） -：掲載されていない

情報	項目	掲載事項	作成例	自治体										
				土浦市	ひたちなか市	潮来市	神栖市	大洗町	阿見町	河内町	五霞町	利根町		
地図情報としての掲載事項	共通項目	・地域の液状化発生傾向図	◎	○	-	※1	○	◎	◎	-	○	-		
		・指定緊急避難場所、指定緊急避難所*	◎	◎	-	◎	-	◎	◎	◎	-	◎		
		・緊急輸送道路等の主要交通網（道路・鉄道等）	◎	◎	-	◎	○	◎	◎	◎	○	◎		
		・役場、警察、消防署等の防災関係機関	◎	◎	-	◎	◎	◎	◎	◎	-	○		
		・災害時の問い合わせ先	-	◎	-	-	-	◎	-	-	-	-		
	選択項目	・過去の地震による液状化発生箇所	-	-	-	◎	-	◎	◎	-	-	-		
		・避難場所や避難所等の安全性（耐震性）	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		・避難経路の位置と安全性（耐震性）	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		・給水所、仮設トイレ、利用可能な井戸等	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-		
		・災害ごみ（土砂含む）の収集・廃棄場所	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		・防災倉庫や消防団倉庫等	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		・既存ボーリングデータ情報（ウェブ地図の場合）	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		災害学習情報としての掲載事項	共通項目	・宅地の液状化危険度マップ	◎	-	○	-	-	◎	◎	○	-	○
				・液状化ハザードマップの見方や活用方法	◎	○	◎	○	-	◎	◎	-	-	◎
・地震被害や液状化被害に関する基礎知識	◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎		
・過去に発生した液状化の被害事例（被害写真など）	◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-	◎		
・液状化被害が地震後の生活に及ぼす影響や影響期間の目安	◎			-	-	-	-	◎	○	-	-	-		
・液状化が発生しやすい土地の条件	◎			◎	○	◎	○	◎	◎	○	○	-		
・個人や地区で行う液状化対策の事例	◎			-	○	◎	○	◎	-	-	-	-		
・個人でできる日頃からの備え	-			○	-	○	○	-	◎	-	-	-		
選択項目	・対象地区内で発生した液状化の位置や被害内容		-	○	◎	◎	-	◎	◎	-	-	-		
	・自分が住んでいる土地の移り変わりが分かる情報		◎	◎	◎	◎	-	◎	◎	-	-	-		
	・戸建て受託のめり込み沈下や傾斜の簡易判定評価法の紹介	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	・地震発生時の「防災・避難情報」の入手先や入手方法	-	◎	-	-	-	-	◎	-	-	-			
	・非常持ち出し品リスト、備蓄品リスト	-	◎	-	-	-	-	○	-	-	-			

※：指定緊急避難場所や指定緊急避難所を地図情報として掲載しない場合は、ハザードマップの利用者が、それらの位置や連絡先、また安全性などを確認するための方法を掲載すること。

(2) 掲載事項

手引きでは、作成する液状化ハザードマップは、地域の液状化発生傾向に関する情報を示した『地図情報』と、宅地の液状化危険度マップ、並びに、液状化被害と対策・対応の理解を促す情報を掲載した『災害学習情報』との2面での構成を標準とすることが示されている。また、既に液状化ハザードマップが整備済みの市区町村においては、既存のハザードマップが上記の情報を提供し、リスクコミュニケーションツールとして活用できるかを判断し、必要に応じて、手引きに基づき既存のハザードマップの更新・作成を行うことが示されている。

地図情報として、液状化ハザードマップに掲載する事項は、地域の液状化発生傾向を確認・共有するうえで最低限必要と考えられる『共通項目』と、「過去の地震による液状化発生箇所」や「災害時に役立つ防災関連施設」など、「地域の液状化発生傾向」に対する理解をより深めるために有益となる『選択項目』である。災害学習情報として、液状化ハザードマップに掲載する事項は、液状化の基礎知識や液状化に備えるための知識を確認・共有するうえで最低限必要と考えられる『共通項目』と、対象地域の特性に応じた『選択項目』である。表-2は、各自治体における液状化ハザードマップの『地図情報』並びに、『災害学習情報』の掲載事項の実態を示したも

のである。

ここでは、既存の液状化ハザードマップの地図情報と災害学習情報の掲載内容を把握するとともに、リスクコミュニケーションツールとしての実用性を評価する。

a) 地図情報としての掲載事項

手引きでは、住民と行政が液状化被害リスクを共有するための資料として、微地形等の情報を基に『地域の液状化発生傾向図』を作成することが示されている。ここで、共通項目における「地域の液状化発生傾向図」について注目すると、掲載している自治体は、9自治体中2自治体に止まった。土浦市は、『液状化地域ゾーニングマニュアル、国土庁防災局震災対策課、平成11年1月』を参考に作成しており、微地形分類に応じた液状化の発生のしやすさの違いから、液状化の可能性を推定し、市域全体の液状化危険性の傾向を3段階で示している。注意事項には、「地点ごとの危険性を示したものではない」との記載があった。神栖市は、参考資料の明示はしないものの、ハザードマップの判定基準を掲載している。どの地域が液状化しやすいかを判定しており、液状化被害の可能性を相対的に3段階で示している。注意事項には、「個々の宅地の液状化危険度を評価しているわけではない」との記載があった。五霞町も参考資料の明示はない

が、地震ハザードマップの地形分類図に応じた液状化の可能性を3段階で示している。以上の点から、これら3自治体の地図は、地域の液状化発生傾向図に近いものと考えられる。また、潮来市では、2011年東北地方太平洋沖地震で液状化した地域と、市街地液状化対策事業を実施した地域のみが示されている^{※1}。

選択項目については、ほとんどの自治体でそれら事項を掲載していなかった。作成例においても選択項目が掲載されていないことから、各自治体は、情報の重要度と適切な情報量を検討したうえ、掲載事項を取捨選択している様子を伺うことができる。

b) 災害学習情報としての掲載事項

手引きでは、宅地液状化被害の可能性がどの程度あるのかを示す資料として、ボーリング調査結果等から得られる地盤情報を基に『宅地の液状化危険度マップ』を作成することが示されている。ここで、共通項目における「宅地の液状化危険度マップ」について注目すると、掲載している自治体は、大洗町と阿見町のみであった。2自治体がそれを掲載している理由として、大洗町は手引きに基づき作成されたからであった。一方、阿見町は作成当初、手引きの公表前から、国土交通省と協議を重ねつつ作成したことが、次章で供述するヒアリング調査を通して明らかになった。ひたちなか市は、「建築基礎構造設計指針」の液状化判定手法に従って作成し、液状化のしやすさ(PL値)を4段階で示している。河内町は、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」の液状化判定手法に従い、作成している。液状化危険度の判定にはPL値を用いており、液状化の可能性を4段階で示している。なお、これら2つの判定手法は、手引きでは「宅地の液状化危険度マップ」の作成の際に用いられる手法とされている。また、利根町は判定に用いた手法の明示がないが、液状化が生じる程度を示していた。以上の点から、これら3自治体の地図は、宅地の液状化危険度マップに近いものと考えられる。

選択項目については、多くの自治体が「自分の住んでいる土地の移り変わりが分かる情報」を掲載している。共通項目における「液状化が発生しやすい土地の条件」も利根町を除くすべての自治体が掲載していることから、「液状化と関わりが深い土地」の履歴情報は、特に重要度が高いと伺うことができる。

以上の結果から、手引きで提示される情報を提供している既存の液状化ハザードマップは、大洗町と阿見町のみであったが、他の自治体のハザードマップもおおむね必要とされる情報は掲載されており、リスクコミュニケーションツールとしての実用性は高いと評価できる。

3. 液状化ハザードマップの周知・活用実態

前章での既存の液状化ハザードマップの掲載内容の把握をふまえ、作成自治体を対象にハザードマップの周知・活用実態を把握するためにヒアリング調査を実施した。調査概要は表-3のとおりである。

調査対象自治体は、手引きで標準化されている『地図情報』と『災害学習情報』の2面で構成される液状化ハザードマップを作成している土浦市、潮来市、神栖市、大洗町、阿見町と、液状化のメカニズムや液状化のしやすさを示したマップ、液状化から建物を守る被害軽減策などをまとめた液状化ハザードマップ(解説版)を作成しているひたちなか市の計6自治体である。表-4は、各

表-3 ヒアリング調査概要

自治体	参加者	実施日時
ひたちなか市	職員A【都市整備部都市計画課】	2022年8月9日 13:30~15:00
神栖市	職員B【都市整備部都市計画課】 職員C【都市整備部都市計画課】 職員D【都市整備部都市計画課】 職員E【都市整備部都市計画課】	2022年8月10日 10:30~12:00
潮来市	職員F【企画調整課】 職員G【建設部都市建設課】 職員H【総務部総務課】	2022年8月10日 13:30~15:00
土浦市	職員I【総務部防災危機管理課】	2022年8月12日 14:00~15:30
阿見町	職員J【産業建設部都市計画課】 職員K【産業建設部都市計画課】	2022年8月16日 14:00~15:30
大洗町	職員L【都市建設課】 職員M【都市建設課】	2022年8月17日 10:30~12:00

自治体における液状化ハザードマップの周知と活用方法の実態を示したものである。

以下の液状化ハザードマップの周知・活用実態の把握に際しては、この6自治体を対象に検討を行うこととする。

まず、ハザードマップの広報・周知についてみる。手引きでは、液状化ハザードマップをリスクコミュニケーションツールとして有効に活用するため、印刷物の配布、インターネットによる公表、マスメディアを通じた広報など、様々な手段を組み合わせ、液状化が現実的に起こりうる問題として認識されるよう、幅広くかつ継続的な広報・周知を行い、液状化被害への気づきや事前の備えに向けた情報を提供することが示されている。しかし、どの自治体も印刷物の配布やインターネットによる公表は行っているものの、広報に関しては行っていないことが明らかとなった。

次に、ハザードマップの活用とリスクコミュニケーションについてみる。手引きでは、ハザードマップを広報・周知するだけでは、それを受け取った住民や事業者がその意図や使い方を十分に理解することができないため、行政による出前講座、地区で実施する防災ワークショップや避難訓練等で積極的に液状化ハザードマップを活用し、宅地液状化の被害に関する共通の認識を持ち、住民や事業者に対し事前の備えについての行動を促すとともに、行政としても住民や事業者からの液状化に対するニーズを把握し、必要な対応を検討することが示されている。住民・事業者と行政職員との間でのリスクコミュニケーションについて注目すると、神栖市ではハザードマップの公表に際してパブリックコメントを実施していた。また、阿見町では、ハザードマップ公表後の、住民からの問い合わせに対して個別に対応しており、その際、「液状化の可能性とともに、液状化が起きた際の対応の仕方を伝えている。」と述べていた。しかし、他の自治体では、液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションは実施されていない状況にあることが明らかとなった。一方、行政職員間でのリスクコミュニケーションは、大洗町が液状化ハザードマップ公表に先立ち、公表前のハザードマップを用いて庁内意見交換会を実施していた。国内で手引きに基づいた作成事例がないことや、当時、国土交通省が作成中であった「マニュアル」の作成協力依頼を受けていたという点が実施できた理由として挙げられる。しかし、住民・事業者と行政との間でのリスクコミュニケーションは実施されていない状況にある。

表-4 液状化ハザードマップの周知と活用方法

液状化ハザードマップの周知・活用方法			自治体					
			土浦市	ひたちなか市	潮来市	神栖市	大洗町	阿見町
ハザードマップの 広報・周知	印刷物の配布	全戸配布	○	-	○	○	-	○
		対象範囲の住民に配布	-	○	-	-	-	-
		町内会長等により自治会単位で配布	-	-	-	-	-	○
		新規転入者に配布	○	○	○	○	-	○
		役場窓口で配布	○	○	○	○	○	○
インターネットによる公表		○	○	○	○	○	○	
ハザードマップの 活用とリスク コミュニケーション	住民・事業者と 行政職員との間での リスクコミュニケーション	住民説明会の開催	-	-	-	-	-	※2
		パブリックコメントの実施	-	-	-	○	-	-
		個別対応	-	-	-	-	-	○
	行政職員間での リスクコミュニケーション	ハザードマップに関する 庁内意見交換会等の実施	-	-	-	-	○	-
リスク コミュニケーションの 実施上の問題点	リスクコミュニケーションの具体的な実施方法が不明		○	○	○	○	-	-
	液状化災害への関心が低下		-	○	○	-	-	-
	住民の不安を煽る可能性		-	-	-	-	○	-
	コロナ禍で対面での実施が困難		-	-	-	-	-	○
	マップ作成から長期間経過してしまい実施が困難		-	-	-	-	-	○

最後に、リスクコミュニケーションの実施上の問題点についてみると、「リスクコミュニケーションの具体的な実施方法が不明」との意見が多く上がった。また、大洗町は実施が難しい理由として、「液状化ハザードマップは町民個人の宅地について評価しており、人によっては不安を煽る可能性もあるため、特に、住民とのリスクコミュニケーションの実施にあたっては慎重に行う必要がある。」と述べている。阿見町は、「現在対面での液状化ハザードマップについての住民説明会の開催を計画しているが、コロナ禍であること、マップ作成から一年以上経過してしまったこと等が理由で実施が難しい。」と述べていた^{※2}。

以上の結果から、手引きやマニュアルを作成する国土交通省と協力関係にあった、大洗町と阿見町では液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションは実施されているものの、他の自治体では、液状化ハザードマップの作成と公表にとどまっており、活用には至っていないことが明らかとなった。また、手引きやマニュアルの存在そのものを知らない自治体がいくつか存在していた。このため、国においても自治体への情報共有方法を見直す必要があると考えられる。

4. おわりに

本研究では、茨城県において液状化ハザードマップを整備する9自治体の掲載内容を把握した後、6自治体を対象に周知・活用に関するヒアリング調査を実施した。その結果、各自治体における既存の液状化ハザードマップは、リスクコミュニケーションツールとして十分に活用できるものであるが、ほとんどの自治体ではハザードマップを作成し、公表するにとどまっており、液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションは実施されていないことが明らかとなった。その理由としてリスクコミュニケーションの具体的な実施方法に対する

理解や検討が不足している点や、住民の不安を煽る可能性があるなどの課題が明らかとなった。液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの実施を推進するためには、その具体的な実施方法を提案し、実践する必要がある。しかし、はじめから住民と行政のリスクコミュニケーションを実施することは、行政にとってハードルが高いと考えられる。したがって、まずは行政職員に対して、リスクコミュニケーションの実践を行うことが重要であると考えられる。

今後は、液状化災害に関するリスクコミュニケーションの一環として、液状化災害に対応した被災時における復興過程をイメージしたトレーニングの定期的な実施が有効ではないかと考えている。

謝辞

本研究の実施にあたり、国土交通省都市局都市安全課、茨城県内各自治体における都市計画担当並びに、防災担当の皆様のご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局都市安全課：リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き，2021
- 2) 国土交通省都市局都市安全課：液状化ハザードマップを活用したリスクコミュニケーションの方法に関するマニュアル，2022
- 3) 国土交通省関東地方整備局，公益社団法人地盤工学会：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態（報告書），2011
- 4) 大洗町都市建設課：宅地耐震化推進事業（宅地の液状化による変動予測調査について），大洗町都市建設課ホームページ
<https://www.town.oarai.lg.jp/cat1/sumai/takuchitochi/8837/>，2022

プロサッカーチームとサポーターが災害時に果たす役割

Sutdy on The role played by professional soccer teams
and their supporters in the event of a disaster

藤原 志高¹, 饗庭 伸²
Yukitaka FUJIWARA¹ and Shin AIBA²

¹ ジェイアール東日本都市開発

JR East Urban Development Corporation

² 東京都立大学 都市環境科学研究科 教授

Professor of Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University

This research explores the potential abilities of professional soccer teams and their supporters acts as disaster volunteer because heavy rain disasters have occurred frequently in recent years in Japan. In this research, we investigated questionnaire survey especially for specific professional soccer teams and interview survey for Kawasaki Frontale and its supporters to reveal the potential abilities of Professional soccer teams and their supporters acting as disaster volunteer.

Keywords: disaster volunteer, professional soccer team, influence on professional sports, supporters of a professional soccer team, heavy rain disaster.

1. 序論

(1) 研究の背景

九州地方を中心に甚大な被害が生じた令和2年7月豪雨、2019年8月の九州北部豪雨や、川崎市や千葉県を中心に水害による甚大な被害が生じた令和元年台風19号のように、近年日本全国で豪雨災害が多発している。2011年から2020年までの10年間で発生した60件の災害の内半数以上の35件が豪雨災害である。災害が生じると主に被災地の社会福祉協議会が市町村単位で災害ボランティアセンターを立ち上げボランティアを募集するが、豪雨災害は日本各地で頻発しているうえ、同時期に広範囲が被災する。そのため、被災地内部でボランティアの担い手となる人材が確保できる状況が望ましい。

日本のプロサッカーリーグであるJリーグは基本理念に「地域密着」を掲げており、平時から地域でのボランティア活動に積極的なチームが多い。さらに、Jリーグに所属するチームは全チームホームタウンを指定している。都道府県全体を指定しているチームもあるが災害ボランティアセンターが設置される単位と同じ市町村単位でホームタウンを指定しているチームが多い。さらにプロサッカーチームのサポーターは熱狂的な人が多いこと¹⁾、応援するチームへの思いが強いと住んでいる地域への愛着も強く感じるということ²⁾が既往研究によって明らかにされている。

以上を踏まえ、被災地内で担い手となりうる人材として、被災地内に本拠地を置くプロサッカーチームとサポーターに着目した。

図1は2011年から2020年までに災害ボランティアセンターが設置された市町村とJリーグ所属チームの本拠地を明示したものである。図から2020年シーズンにJリーグに所属していた57チームの内約68%にあたる39チームの本拠地が被災していることがわかる。

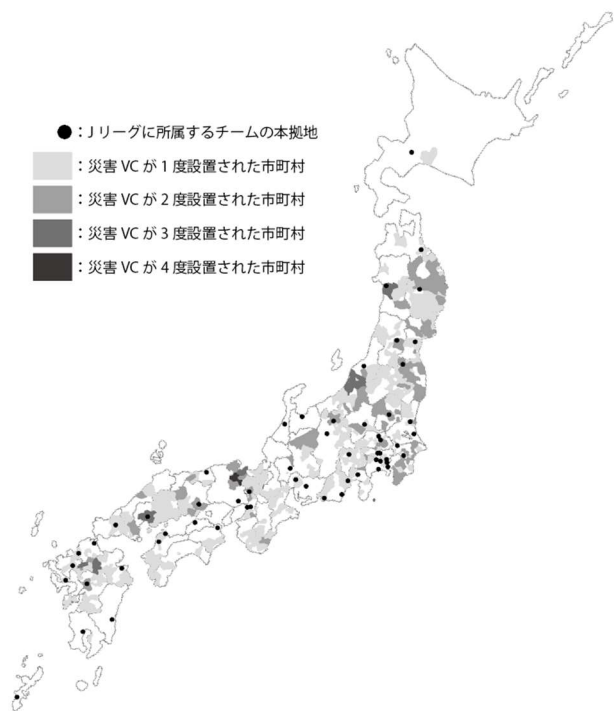


図1 主な被災地とJリーグ所属チームの本拠地

(2) 研究の目的

図2はプロサッカーチームが平時に連携をとりうると思われる関係とそれらが災害時にどのように機能しうるかを考えた仮説を明示したものである。平時からこれらの関係が形成されている場合にプロスポーツチームとサポーターは災害時に多くの役割を果たしうると考え、それぞれの関係に着目し次の3点を明らかにすることを目的とする。

目的①：プロサッカーチームとサポーターの災害ボランティア活動状況及び活動内容を明らかにする。

目的②：関係①に関して、平時の連携状況と災害時の連携状況を把握することで平時の自治体や社会福祉協議会との関係が災害時にどのように機能するかを明らかにする。

目的③：関係②に関して、平時の関係とサポーターの日頃の活動やサポーターになった経緯・動機、サポーターの災害ボランティア参加の経緯・動機を把握することでチームがサポーターに与える影響を明らかにする。

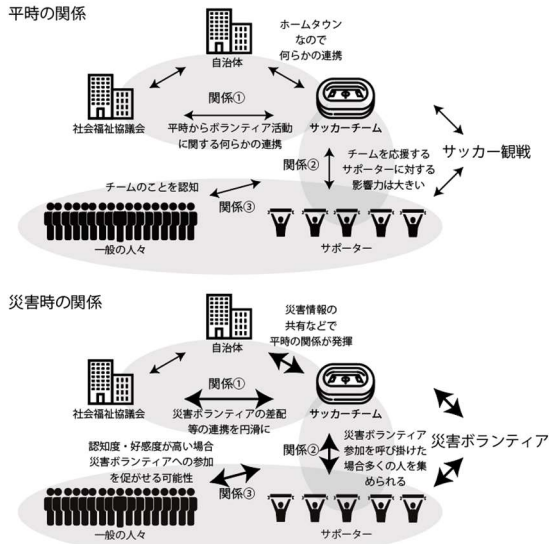


図2 プロサッカーチームに関する関係

2. プロサッカーチームの災害ボランティア活動内容

(1) 調査概要

プロサッカーチーム全体のサポーターや自治体との関係、ホームタウン及び近隣地域の被災状況及び被災時のボランティア活動状況の把握のため、プロサッカーチームを対象に質問紙調査を行った。49 チームに質問紙を配布し、21 チームの回答を得た。回収率は43%である。

(2) ホームタウン及び近隣地域の被災状況

2011年以降ホームタウンや近隣地域が、災害ボランティア活動が必要な災害が発生したと答えたチームは21チーム中半数以上の13チームであり、内3チームは複数回の被災を経験していた。

(3) 被災時の災害ボランティア活動の実施状況

ホームタウン及び近隣地域が被災した経験があると回答した13チームの内12チームがチームとして災害ボランティア活動をしたと回答した。図3は活動内容別実施回数であり、イベントの企画・実施が5チーム、被災者やボランティア活動を支援する募金活動が11チームと多かった。また、サッカー教室の実施やサッカー関連物資の提供などサッカーチームならではの活動をしているという自由回答もあった。

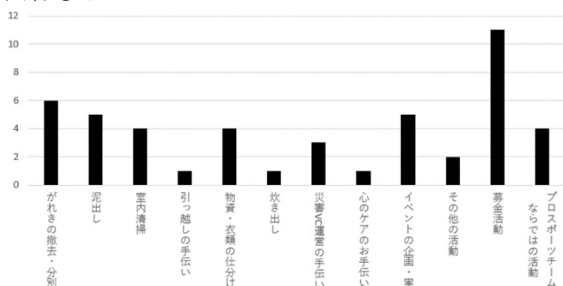


図3 災害ボランティアの活動内容別実施回数 (n=12)

ボランティア活動実施時の、被災地の自治体等との連携については12チームの内11チームから連携をしたと回答した。連携先は被災地の自治体が10チーム、被災地の社会福祉協議会や被災地で開設された災害ボランティアセンターが5チームであった。その他の連携先で企業や教育機関などであった。

(4) 自治体・社会福祉協議会との関係

自治体や社会福祉協議会等との災害に関する連携をとっているチームは21チーム中8チームであった。自治体が8チーム、社会福祉協議会が4チームであった。

(5) サポーターへの災害ボランティア活動参加呼びかけ

12チームがチームとして災害ボランティア活動に参加した半面、災害ボランティア活動への参加をサポーターやファンに呼び掛けたチームは5チームに留まった。5チームがSNSを用いた不特定多数に対する呼びかけを実施しており、1チームがそれと同時に電話やメールなどの特定の相手に対する呼びかけを実施していた。

5チームの内3チームは募金活動の参加のみの呼びかけであった。呼びかけない理由として「ボランティアは危険が伴うので、ファン・サポーターに呼び掛けるのは慎重にしている」という回答があった。

また、チームとは別にサポーターやファンが中心となったボランティア活動の有無を聞く質問では「分からない」との回答が多かった。「ある」との回答は4チームであり、その情報入手の手段は3チームからSNS、1チームから口頭によるものとの回答だった。

(6) 本章のまとめ・タイプ分け

本章で明らかになったことからチームのタイプ分けを行ったものが図4である。

被災経験があるチームは4タイプ、被災経験がないチームは2タイプに分けられる。被災経験がありチームとして災害ボランティア活動をしたチームは、平時の自治体・社協との連携状況3つに分類でき、平時から自治体・社協共に連携しているチームは4チームでありその内3チームはファンやサポーターに対して募金以外の活動参加を呼び掛けていた。

平時の連携は被災経験があるチームは13チーム中半数以上の7チームが行っているのに対し、被災経験のないチームは8チーム中1チームに留まった。

これらの結果から被災経験の有無が平時の連携の有無に関係しており、平時から自治体・社会福祉協議会ともに連携関係にあるとファンやサポーターに対して募金以外の災害ボランティア活動も呼び掛けやすい可能性が考えられる。

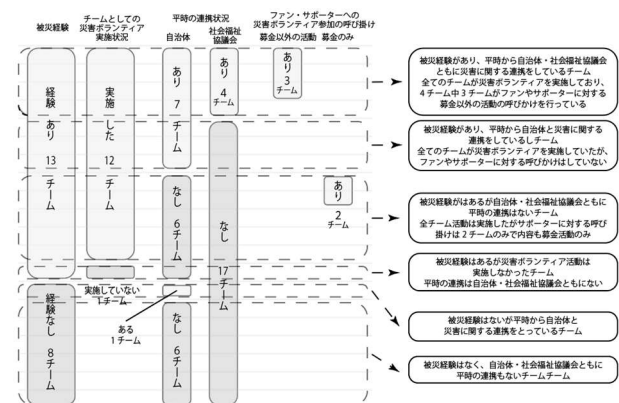


図4 チームのタイプ分け

3. 川崎フロンターレと川崎市・川崎市社会福祉協議会との関係

(1) 3章の目的

3章では、2章の質問紙調査においてサポーターやファンに対してボランティア活動の呼びかけを行ったチームの一つである川崎フロンターレとサポーターの令和元年台風19号時の活動についてヒアリング調査を行い、本章でチームと自治体・社会福祉協議会との関係(目的②)、チームとサポーターの関係(目的③)について調査及び考察を行う。

(2) 令和元年台風19号による川崎市の被害と災害ボランティア活動について

令和元年台風19号は、2019年10月12日19時前に本州(伊豆大島)に非常に強い勢力を保ったまま上陸し、関東地方・甲信地方・東北地方に甚大な被害を及ぼした。川崎市では、多摩川に沿って広い範囲で浸水が生じ、甚大な被害が生じた。特に、武蔵小杉駅周辺の高層住宅も浸水被害が生じ話題となった。

川崎市社会福祉協議会は市民らからの支援要請を受け、2019年10月15日に市としては初の川崎市災害ボランティアセンターを開設し、同17日よりボランティアの募集を開始した。ボランティアの活動内容は主に家屋の片づけ・泥出し・清掃などである。ボランティアは基本的に川崎市内在住・在勤・在学の18歳以上であり、18歳未満は保護者(学校の教員を含む)同伴とし、団体・個人の両ボランティアを受け付けていた。同年11月24日にボランティアセンターが閉所されるまで、延べ1,300名を超えるボランティアが約300件の依頼をこなした。

(3) 調査概要

川崎市職員・川崎フロンターレ職員・川崎市社会福祉協議会職員に対して平時の関係と災害時の連携状況に関して、災害ボランティア活動に参加したサポーター3人と一般ボランティア5人に対して活動への参加動機や経緯に関してのヒアリング調査を複数回実施した。

(4) 川崎フロンターレと川崎市の関係

①平時の関係

川崎市と川崎フロンターレは2004年から「川崎スポーツパートナー」※¹⁾という関係にあり、平時から定期的に連携をとっている。市によれば、フロンターレの市内での認知度は90%を超えており、元々スポーツ不毛の地というイメージだった地域にプロサッカーチームが根付いたという趣旨の回答を得た。

また、チームは区や区社協、大学と提携してHUG(避難所運営ゲーム)の実施などをしており、災害面においても自治体や社協と協力関係にある。

②災害時の関係

令和元年台風19号時にフロンターレの職員が災害ボランティアセンター開設前から公式Twitterアカウントを用いた活動参加の呼びかけを行い、活動をしていた。市からは初動期に行動してくれたことがかなり大きな貢献であるという趣旨の回答を得た。自治体や社会福祉協議会が活動できない初動期に自発的にボランティアを呼び掛け行動することがプロスポーツチームとサポーターの役割の一つであると考えられる。

(5) 川崎フロンターレと川崎市社会福祉協議会との関係

①平時の関係

川崎市社会福祉協議会とフロンターレは社協の会員組織という形で平時から協力体制にある。

②災害時の関係

災害ボランティアセンターは市の要請を受けて川崎市社会福祉協議会が開設する。川崎市での災害ボランティアセンター設置は初めてのことであった。ボランティアセンターは人命救助やライフラインの復旧を対象としているわけではないことから開設まで数日かかる。そのため、社会福祉協議会もフロンターレとサポーターが災害ボランティアセンター開設前に活動していたことを評価している。一方その活動自体は把握していたが、その詳細までの把握には至っていなかった。

社会福祉協議会からは認知度が低い中で、知名度が高いフロンターレとサポーターがフロンターレウェア(3章(6)参照)を着て災害ボランティアをするのは災害ボランティア及び社会福祉協議会の知名度に影響を及ぼすのではという趣旨の回答を得た。

(6) 川崎フロンターレとサポーターの災害時の活動

フロンターレとサポーターに対するヒアリングから、チームスタッフとサポーターは平時から連携をとっているということが分かった。

また当該災害に関して、フロンターレは被災当日の13日の夜10時過ぎにチーム公式ツイッターで災害ボランティアの参加を服装指定(フロンターレウェア)で呼び掛けた。前日夜の夜の呼びかけにも関わらず、翌14日は約70名が高津区及び中原区内で災害ボランティアを行った。チームの方から自治体及び社会福祉協議会に対して連絡を取りボランティア活動の場所を選定した。その後災害ボランティアセンターでボランティア活動を開始するまでの数日間フロンターレとサポーターは自主的な活動を続けた。

このように、両者は平時から連携をとっていること、フロンターレの呼びかけに多くのサポーターが答えている。

(7) サポーターの災害ボランティア参加動機・経緯とチームの関係性

サポーターに対するヒアリング調査から、災害ボランティア参加の経緯として「クラブスタッフから災害ボランティアの情報が流れてきた」、「サポーターから困っている人がいるという情報が回ってきた」、「応援団(サポーター団体)として何かできないかという話が応援団の中で出てきた」というチームあるいはチームに関連する集団内からの発言が経緯と考えられる回答を得た。

また、参加動機として「困っている人がいるから」、「いつもフロンターレを応援してくれている市内の人が被災したから」、「日頃からサポーターとしてボランティア活動をしているので当たり前だと思って活動していた」という回答を得た。これらは、高木・玉木(1996)²⁾が明らかにしていた7つの災害ボランティアへの参加動機の①共感と他愛的性格に基づく援助責任への受容や⑥被災地との近接性、⑦被災地や被災者への好意的態度に類されるものと考えられるが、同じく高木・玉木(1996)²⁾が明らかにしていた災害ボランティア参加に至るまでの過程である緊急事態認知過程・援助実行意思決定過程での情報収集の際にチーム及びチームから派生した関係が影響を及ぼす可能性があることが考えられる。

(8) 一般の人とサポーターの災害ボランティア活動参加動機の違い

また、災害ボランティアをしたサポーターの参加動機との比較のため、災害ボランティアをした一般の人々に対するヒアリング調査も行った。

対象者は複数回災害ボランティアに参加しており、初めて参加した際の動機として「学生時代に日本1週した

際に、多くの人にお世話になったため、ボランティア活動によって恩返ししたい」、「地元が被災した」、「困っている人がいたら助けなさい」という家訓があり、かつ地元が被災したなどが挙げられ、当該災害における災害ボランティアの参加動機の一つとして、居住地や勤務地の付近が被災したということが共通点として明らかになった。

サポーターの参加動機も一般の人々の参加動機も先行研究で明らかにされてきた災害ボランティアへの参加動機の一つに類されるものであるが、サポーターの場合そこに至るまでの要因としてチームやチームから派生する関係などが関わってきている可能性が考えられる結果となった。

(9) サポーターとしての活動がサポーターに与える影響

ヒアリング調査の中で「サポーターとしての日頃の活動の中で地元・仲間の範囲が広がっていった」という趣旨の回答を得た。このことから、サポーターとしての活動を通じてサポーター個人のソーシャルネットワークが拡大している可能性が考えられる。

本研究で対象としているサポーター同士の関係は趣味縁に類されるものであるが、「サッカーチーム応援」を通じ育まれた趣味縁が災害ボランティアにおいて発揮される可能性が考えられる。

(10) まとめ

それぞれの関係について明らかになったことは図5の通り。

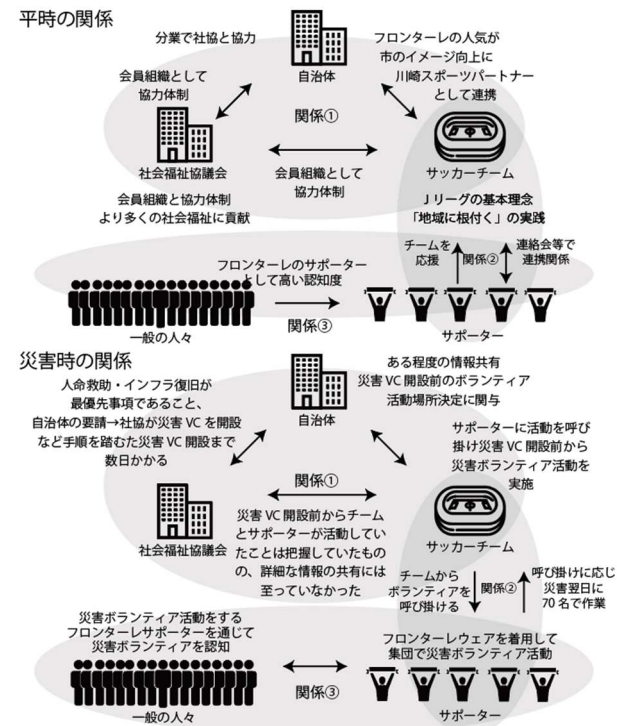


図5 平時と災害時のプロサッカーチームに関する関係

関係①：平時から協力体制にあり連携をとっていた。災害時にもその関係は発揮され災害ボランティアセンター開設前からチームが自主的に活動し、その差配に自治体や社会福祉協議会が関わった。

関係②：チームを応援しているサポーターと平時から連絡会等で連携をとっており、災害時のチームの呼びかけに多くのサポーターが応じた。プロサッカーチームとチーム

から派生する関係がサポーターの災害ボランティア参加動機の一因となりうる。

以上から、プロサッカーチームは自治体や社会福祉協議会と平時から連携体制をとることによって災害ボランティアに関する連携も取りやすくより高い効果を発揮することが出来、また、サポーターに対する災害ボランティア活動参加を呼び掛けることによってサポーターをも巻き込みより大きな役割を果たしうると考えられるという結論を得た。

4. 考察と今後の展望

本研究では、プロサッカーチームとサポーターが自治体や社会福祉協議会と平時から連携関係があれば災害ボランティア活動において活躍できるという結論を示したが、ボランティアの本質は自主的に行うものであるため、「するべきだ」という主張ではなく、「しようと思ったときにこのようにすれば高い効果が発揮される」という条件を示した研究である。また、災害ボランティア活動を行うことは、プロサッカーチームのさらなる認知度・好感度の上昇に繋がり、結果としてプロサッカーチームのメリットになりうると考えている。

また、本研究ではそこまで至らなかったが、一般の人に対する影響の調査をすること。そして、他のチーム、他のプロスポーツ、さらには「プロスポーツチームの応援による縁」以外の「趣味縁」の災害ボランティア活動に関する可能性について研究を進めたいと思っている。

近年、「地縁」や「血縁」といった「伝統的な縁」の希薄化が指摘されている中で、「特定のプロスポーツチームの応援」のようなある程度場所が限定される「趣味縁」も本研究の背景であげた「被災地内で確保されるべき災害ボランティア活動の担い手」になりうると考えている。

参考文献

- 1) 熱狂スポーツ調査, NTTDATA Tribal Media House, デジマイズム, 最終閲覧 2022-01-08, <https://dmk.nttdata.com/service/000012300920/>
- 2) 藤本淳也, <特集論文: スポーツの力>人を動かすスポーツ: スポーツファンの特性とチーム・アイデンティティ, 人間福祉学研究, 5(1), 2012, 25-37
- 3) 高木修, 玉木和歌子, 阪神・淡路大震災におけるボランティア: 災害ボランティアの活動とその経験の影響, 関西大学社会学部紀要, 28(1), 1996, 1-62
- 4) 災害情報, 内閣府防災情報のページ, 内閣府, 最終閲覧 2021-12-21, <http://www.bousai.go.jp/updates/index.html>
- 5) 過去の災害情報(全社協発行のニュース等), 全社協被災地支援・災害ボランティア情報, 全国社会福祉協議会, 最終閲覧 2021-12-21, <https://www.saigaivc.com/archives/>
- 6) 川崎市社会福祉協議会について 20210906, 川崎市社会福祉協議会, 2021
- 7) 災害ボランティアセンターについて 20210906, 川崎市社会福祉協議会, 2021
- 8) 高木悠希, 趣味縁と橋渡し型社会関係資本に関する一考察: 趣味縁研究のレビューを中心に, 公共研究 = Journal on public affair, 17(1), 2021, 395-419
- 9) 辻泉, 若者たちのパーソナル・ネットワークと「趣味縁」: 2007YCRG 杉並調査の結果から, 人間関係学研究: 社会学社会心理学人間福祉学: 大妻女子大学人間関係学部紀要, 17, 2015, 145-162

風水害と交通事故の対策効果の比較研究

Comparative study of the effectiveness of countermeasures against wind and flood damage and traffic accidents

○石田 晴香¹, 奥村 与志弘²

Haruka ISHIDA¹ and Yoshihiro OKUMURA²

¹ 関西大学大学院 社会安全研究科

Department of Safety Management, Kansai University Graduate School

² 関西大学 社会安全学部

Department of Safety Management, Kansai University

The number of fatalities from windstorms, floods, and traffic accidents, which cause a great deal of damage every year in Japan, has been reduced by half over the past half century through various countermeasures. On the other hand, some of these countermeasures have already reached their peak effectiveness. Therefore, this study examines a method for cross-sectional analysis of natural disasters and traffic accidents and compares the effectiveness of countermeasures for both.

Keywords : storm and flood damage, traffic accidents, Haddon Matrix

1. 結論

地震や風水害などの自然災害や交通事故などの人為災害に対する各種対策によって、これらの災害の死者数は過去半世紀で半減するまでに至っている。一方で、既にそれらの対策の中には効果が頭打ち傾向を示しているものもある。

今後、さらに大幅に死者を減らすためには、これまでにない視点で現状を分析し、これからの方向性を示す必要があると考えられる。そこで本研究では、自然災害と人為災害という、これまで別々に分析されてきた現象を横断的に分析するために、統一的に適用可能な(1)現象の分類方法、(2)対策の実施状況を把握するための方法、(3)対策効果の評価指標を提案し、双方の対策を比較する。

2. 手法

(1) 現象の分類方法

自然災害と交通事故の対策をマクロ的に分析するために、どのレベルの現象同士を比較するかを決定する必要がある。例えば、交通事故でも歩行者が犠牲になる自動車事故もあれば、自動車の乗員が犠牲になる自動車事故もあるため、対策ごとに対象とする現象が異なる。そのために、負傷の可能性のある人物(以下Host)や傷害の作用因子(以下Agent)、環境(Environment)を考慮した上で階層性を有する分類を提案しそれを用いる。

(2) 対策の実施状況を把握するための方法

自然災害対策と交通事故対策は全く異なる現象を対象とした対策であるが、「どの時点で何に対して有効な対策か」という観点で整理することで、両者の対策群を同じフィールドで比較することができる。

ハドンマトリックスは1970年代から交通事故や公衆衛生、傷害制御の分野で用いられている。また、傷害の作用因子がどの要因に相当するかを整理し、それらに対応する対策がどの時相に作用するのかを3時相(Pre-Event, Event, Post-Event)×4要因(Host, Agent, Physical

Environment, Social Environment)のセルで分類したものである。

既存のハドンマトリックスは時相の定義が曖昧であったため、Pre-EventとEventの間には「危険は差し迫っておらず被害を回避することができる時相」があると考え、本研究では現象発生時を危険が差し迫っているか否かという観点からEvent1, Event2と定義し4時相を用いる。

異なる2つの現象の個々の対策は比較することはできないが、時相と要因から成る12種類の対策群に分類すれば、全く異なる現象の対策を比較することができる。このことを踏まえ、双方の対策の違いを念頭に著者らが独自に改良したハドンマトリックスを提案し適用する。

(3) 対策効果の評価指標

統一的に自然災害と人為災害に適用可能な指標を提案する。この指標は、過去の統計データを用いて、対策効果を定量的に評価するためのものである。本研究では、交通統計や理科年表を参照し指標を作成した。

3. 結果

(1) 風水害と交通事故の現象を分類するために、カール・フォン・リンネによって体系化された生物分類学的階級を独自に改良し、階層構造を有する災害分類を作成した(図1)。生物分類学的階級は、生物の分類において、その分類群がどの程度の階層に位置しているのかを表す指標である。

この分類表では、上位層から下位層に0から4の数字を割り振り、階層0における現象は「災害」とした。それに次ぐ階層1は、「自然災害」と「人為災害」の2つに分類できる。階層2は、発生箇所(どのような環境下で現象が起きたか)で分類する。自然災害の場合、大気に起因して発生する気象災害と、地中の現象に起因して発生する地象災害、病原微生物などに起因して発生する生物災害に分類される。階層3~4は「災害事象の連鎖」を用いて分類する。災害事象の連鎖とは、ある災害の誘因が別の誘因を生み出し、災害誘因が派生的に生まれる現象を指す。階層AにはAgentとなる名称を入力する。

階層 H には Host の名称を入力する。

以上の段階を踏んで災害を分類することで、比較する現象を決定することができる。

(2) 手法 (2) で作成したハドンマトリックスを用いることで、各災害の対策を対策群として分けることができる (図 2)。個々の対策の効果を見ることはできないが、この図のようにグルーピングし、評価指標を用いることで、対策群の効果の評価することができる。

個々の対策同士の効果は比較することは出来ないが、対策群を比較することは可能である。

(3) 評価指標は、Pre-Event, Event1 では事故発生率 (図 3) と全壊・浸水家屋発生率 (図 4) を、Event2, Post-Event では死亡率 (図 5) (図 6) を使用する。交通事故の評価指標である事故発生率は、交通事故件数を車両保有台数で正規化し、死亡率は交通事故死者数を交通事故件数で正規化する。風水害の評価指標である浸水・全壊家屋発生率は 10 年ごとの全壊・浸水家屋棟数の中央値を、死亡率は 10 年ごとの全壊・浸水家屋 1000 棟あたりの死者数を用いる。風水害は、2000 年代以降の死者数のみ浸水害による被害を抽出しているが、それ以外は土砂災害による被害を含んでいる。

交通事故における事故発生率は 1970 年代以降横ばいが続いていたが 2000 年代以降、減少傾向に転じている。一方で、風水害における浸水・全壊家屋発生率は 1970 年代以降減少傾向が続いていたが、2000 年代以降増加傾向である。Pre-Event, Event1 において、交通事故は対策効果が出ているが、風水害は対策効果が出にくくなっていると言える。

交通事故における死亡率は、2000 年代までは減少傾向にあるが、2010 年代以降は増加傾向にある。これは高齢者による死者が増えたことが要因と考えられる。風水害による死亡率は 1980 年代以降増加傾向にある。現行の対策のあり方を変えなければ今後も死者数が増加すると考えられる。

参考文献

- 1). 今井博之, 傷害制御の基本的原理, 日本健康教育学会誌, 18 巻, 1 号, pp.32-41, 2010
- 2). 公益財団法人 交通事故分析センター 交通統計 <https://www.itarda.or.jp/materials/traffic/free> (2022 年 4 月 26 日閲覧)
- 3). 国立天文台, 『理科年表』, 丸善出版, 2021 年
- 4). 内閣府 令和 3 年版 防災白書 <https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r03/> (2022 年 9 月 16 日閲覧)

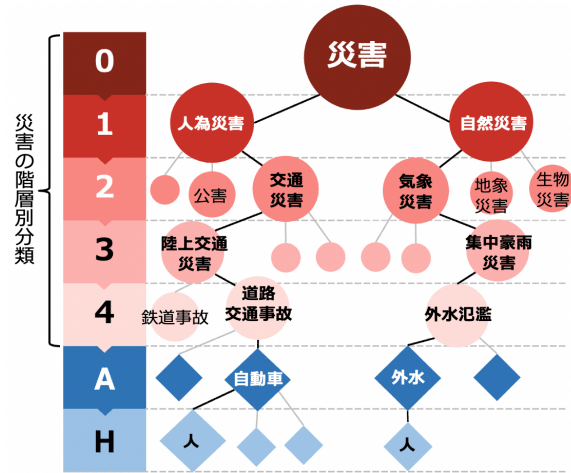


図 1 階層構造を有する災害分類

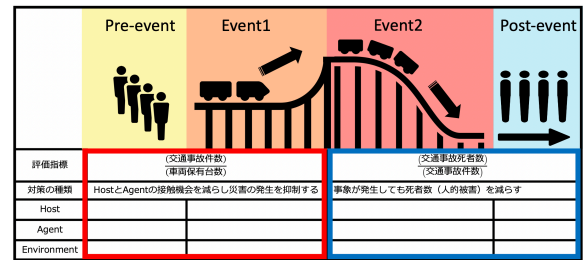


図 2 交通事故のハドンマトリックス

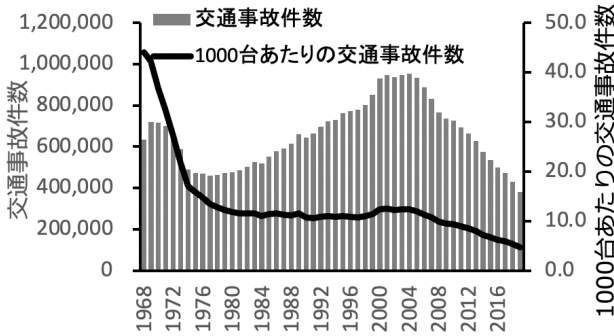


図 3 交通事故発生率

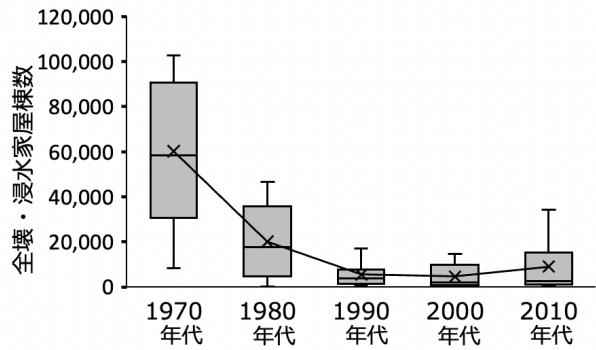


図 4 浸水・全壊家屋発生率

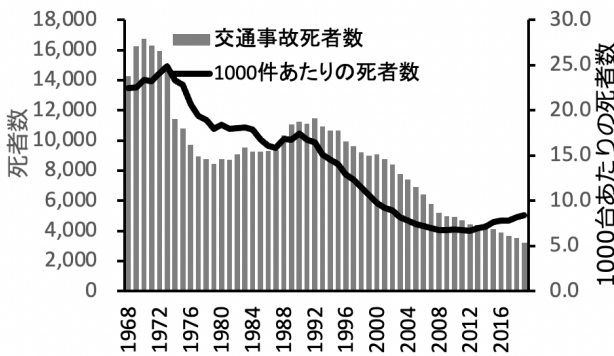


図 5 死亡率 (交通事故)

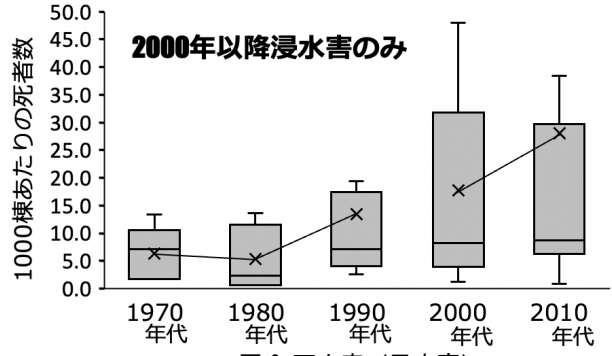


図 6 死亡率 (風水害)

簡易版ICSとしてのアメリカ赤十字社CONOPSに関する基礎的研究

Preliminary Study on CONOPS of American Red Cross as an Abridged Version of ICS

白土 直樹¹, ○武久 伸輔¹, 菊池 勇人¹
Naoki SHIRATSUCHI¹, Shinsuke TAKEHISA¹ and Hayato KIKUCHI¹

¹ 日本赤十字看護大学附属災害救護研究所

Disaster Management Research Institute, Japanese Red Cross College of Nursing

This paper illustrates the outline of Concept of Operations of the American Red Cross as an abridged version of Incident Command System of the United States government, which regulates command and control over emergency incident response by the organization. It appears that Concept of Operations is more flexible than the professional-use Incident Command System in order to fit the character of the American Red Cross, a volunteer-based non-profit organization.

Keywords : *Concept of Operations, American Red Cross, volunteers, Incident Command System*

1. はじめに

ICS (Incident Command System) は米国をはじめとする海外の災害応急対応関係機関で広く導入されている。このうち米国のICSに関する研究は東田, 牧, 林¹⁾らによって行われているほか, ICSを含む米国の災害対応の仕組みの研究についても坂本²⁾, 指田³⁾らによって既に行われている。一方, 日本ではICSは一部企業において導入されているが, 国や自治体等では普及が進んでおらず, その課題や問題点も先行研究によって既に指摘されている。

こうしたなか, 米国の災害対応の一端を担う米国赤十字社において近年, ICSの簡易版としてのCONOPS (Concept of Operations) が導入され, ボランティア主体で運営されている同社の被災者支援活動に用いられている。そこで米国赤十字社のCONOPSとICSとの比較を行い, 日本における今後のICS普及の可能性や課題等を探るための基礎的研究を行う。

2. 研究の方法

著者らが2017年, 2018年に米国赤十字社を訪問し, 同社からCONOPSに関する説明を受けると共に, 同社から提供されたCONOPSのマニュアル⁴⁾及びCONOPSワークショップファシリテーターズガイド⁵⁾ (図1) を通じてその内容を把握する。そのうえで, 日本で市販されており, 多くの人の目に触れる機会が多い, ICSを標榜する唯一の書籍⁶⁾を基に, CONOPSとICSの比較を行う。

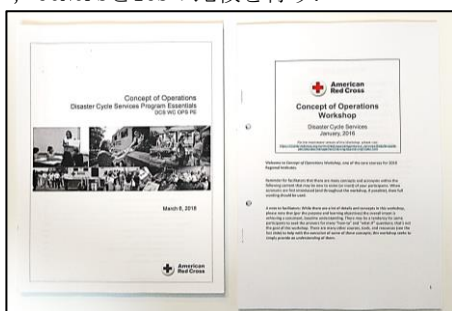


図1 CONOPSマニュアル及びファシリテーターズガイド

3. 米国赤十字社について

1859年のイタリア統一戦争における1人の実業家による篤志救護体験とその後の発案を発端として戦時救護を目的に設立された民間組織である赤十字は, 第一次世界大戦終了後の1919年に定められた国際連盟規約第25条において赤十字による災害救援等の平事業促進が強調され, 以来, 現在192の国・地域の赤十字・赤新月社によって各国で災害救援をはじめとする各種事業が実施されている。

このうち1881年に設立された米国赤十字社は, 国際赤十字の「1国1社の原則」に基づき米国における唯一の赤十字組織であり, 米国内における災害救援のほか, 血液事業や心肺蘇生法の普及等を実施している。米国赤十字社の組織体制は図2のとおり, 1つの本社 (National) の下に7の地方支部 (Division) が, 更に地方支部の下に60の地域支部 (Region) が置かれ, 担当地域割がなされている。災害発生時において同社は米国連邦政府の定めるNIMS (National Incident Management System)⁷⁾に基づくNRF (National Response Framework)⁸⁾によってMass Cre (被災者救援)の役割を他機関と協働して担うことが定められており, 被災者に対する避難場所や救援物資の提供, 食料配給, 応急手当, 精神的な支援などの活動を, 活動人員数の約95%を占める33万人余りの同社ボランティア等の手によって, 小規模な火事も含めて年間約6万件実施している。

4. CONOPSについて

(1) CONOPS導入の経緯

米国赤十字社がICSの簡易版としてのCONOPSを導入したのは2015年と比較的最近のことである。主に一般市民や企業からの寄付で成り立っている, ボランティア主体の民間組織である米国赤十字社は, 当初Professional Useを前提としたICSの導入に否定的であったが, 同社が最終的にCONOPSを導入した理由は, 米国で災害対策に関わる殆どの機関がICSを導入し, 米国赤十字社だけがICSを導

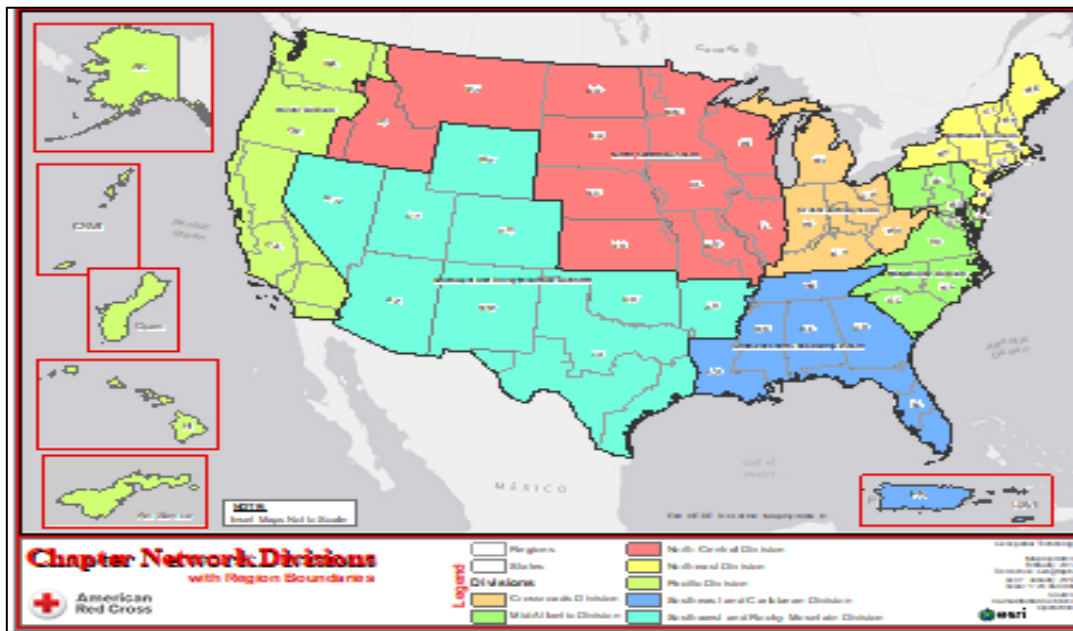


図2 米国赤十字社組織体制（地域割）

入しないことは他機関と協働をするうえでもはや難しくなってしまったためであるとのことである。しかし同社が正規のICSを導入することは、資金的・人力的・時間的に所要の教育・研修や人員配置等の面から無理があるため、当面の対応としてCONOPSを導入したとのことである。なお、CONOPS導入当初、活動に携わる人員が組織に強く拘束されることとなるのではないかと懸念を理由に、同社ボランティアから反発があったとのことであるが、CONOPS導入から数年が経過し、実際に災害対応を経験していくなかで、こうした声は徐々に少なくなり、むしろ指揮命令系統や手順等が明瞭になったと歓迎の声を多く聞くようになったとのことであった。

(2) CONOPSについて

CONOPSはICSを一部修正したものであり、インシデントの複雑度に応じて米国赤十字社が実施する救援活動全てに共通するインシデント管理の枠組みを定めている。インシデントの複雑度に応じた特定の組織レベルが割り当てられており、組織レベルは上述した組織体制と合致しており、すなわち国レベル、地方レベル、地域レベルの3段階に分類される。また、災害救援に必要な活動及び予算規模別に1から7までの7段階のレベル設定がなされており、各レベルに応じて誰がどのような責任・権限を持つのが事前に定められている。具体的には表1のとおり、最も小規模な1つの地域に収まる程度の局地的な活動規模では、平常時から存在するマネジメントシステムが用いられて地域統括責任者が全体の責任者となり権限の移行はなく、財務レベルではレベル1では1万ドル未満、レベル2では1万ドル以上5万ドル未満の規模となる。一方、一つの地方の地理的範囲内に収まるか、地域の境界線を跨いだり一つの地域の範囲を超える場合は地方活動レベルとなり、マネジメントシステムは地域統括責任者から地方災害エグゼクティブに権限が移行され、財務レベルではレベル3（5万ドル以上25万ドル未満）、レベル4（25万ドル以上250万ドル未満）が適用の対象となる。更に大規模となり、複数の地域や地方に影響が及ぶ災害の場合は国レベルとなり、地方災害エグゼクティブから本社災害救援担当副社長に権限が移行され、財務レベル5（250万ドル以上500万ドル未満）、財務レベル6（500万ドル以上

1,000万ドル未満）及び財務レベル7（1,000万ドル以上）が該当となる。

CONOPSにおけるオペレーション上の組織体制はICSを一部修正したモジュラー型構造で成り立っている。人材・物資、設備、手続き、意思疎通の手段を共通の組織的な枠組みにまとめている。

インシデントの複雑度や種別に関わらず全ての災害救援活動において標準的なモジュラー型の組織図を利用し、

表1 米国赤十字社の救援活動の規模別レベル

レベル	地域活動 (財務レベル1~2)	地方活動 (財務レベル3)	地方活動 (財務レベル4)	国の活動 (財務レベル5~7)
予算権限	1万ドル未満：地域災害担当 5万ドル未満：地域統括責任者	25万ドル未満：地方災害エグゼクティブ	250万ドル未満：地方統括責任者	500万ドル以下：副社長（災害救援活動・後方支援管掌） 1,000万ドル以下：上級副社（Disaster Cycle Services 管掌） 2,000万ドル以下：人道支援担当社長 2,000万ドル以上：CEO
財務取引に関する権限	地域の既存承認フローに従う	2万5千ドル未満：地方災害担当課長 25万ドル未満：地方災害エグゼクティブ	地方災害エグゼクティブ	500万ドル以下：上級副社長（災害サイクル支援機関 Disaster Cycle Services 管掌） 100万ドル以下副社長（災害救援活動・後方支援管掌）
実行責任	地域災害担当官またはその被指名者	災害救援活動担当課長	災害救援活動担当課長	赤十字調整官
計画全体のサポート	地方災害支援リーダーシップチームまたは地域の被指名者	国家本部のプログラムスタッフ	国家本部のプログラムスタッフ	国家本部のプログラムスタッフ
監督と管理	地方災害担当課長	地方災害エグゼクティブ	地方災害エグゼクティブ	副社長（災害救援活動・後方支援管掌）

図3のとおり、①指揮、②実行、③情報企画、④後方支援、⑤財務、⑥対外関係の6つの主な機能領域における業務を体系的にとりまとめている。この6つの機能領域の系統はいかなる災害規模においても同様であり、例えば最も大規模な災害である国レベルでは図4のような例となり、大規模になるほど複雑性は増すが、基本となる構成は小規模の場合と同一である。

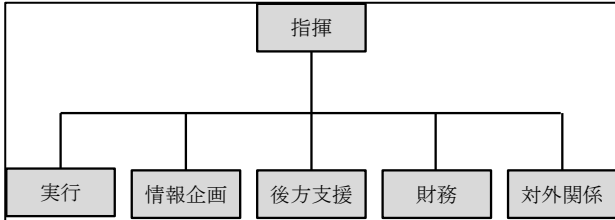


図3 米国赤十字社の救援活動の組織図基本形

CONOPS上の救援活動指揮者 (Incident Commander) は、地域活動レベルでは地域災害担当官が、地方活動レベルでは災害救援活動担当課長が、国レベルでは赤十字調整官が、それぞれ当てられることとされている。また、監督層の統制範囲 (Span of Control) は通常1人につき3人、大規模な災害救護活動の場合は1人につき7人を上限とするのが望ましいとされ、1勤務時間は通常12時間での交代を基本としているとのことである。

5. ICSとCONOPSの比較

ICSは、前述のとおり米国をはじめとする海外の災害応急対応関係機関で広く導入されているおり、「指揮 (Command)」・「実行 (Operations)」・「計画 (Planning)」・「後方支援 (Logistics)」・「財務・総務 (Finance/Administration)」の5つの機能領域で構成されている。ICSの特徴は、インシデントの種類、規模、範囲等に関わらず、あらゆる災害救援活動に応用でき、小規模の対応レベルから大規模の対応レベルまで対応でき

る「柔軟性」を備えたシステムである点である。

一方、CONOPSはICSを基本として、より簡易的に用いることが出来るようにしたものであることから類似しているのは当然ではあるが、どのような同一・類似・相違点があるのか比較をしてみる。

比較を一表にしたものが表2であるが、まず主な機能領域については、①指揮、②実行、③情報企画及び④後方支援の4つは概ね同一であるが、⑤財務については、ICSでは総務が含まれているのに対して、CONOPSでは総務業務は含まれていない点に相違がある。また、⑥対外関係は、ICSでは指揮者のスタッフの位置付けであるのに対して、CONOPSでは実働のオペレーション部門の1つとして位置付けられている点に相違がある。

次に、監督層の統制範囲 (Span of Control) は、ICSでは1人の監督者の下には5つのチームまでに限定すると決められているのに対して、CONOPSでは通常1人につき3人、大規模な災害救護活動の場合は1人につき7人を上限とするのが望ましいとされているほか、1勤務時間は、ICSでは12時間、消防などの実働機関では8時間までとされているのに対して、CONOPSでは通常12時間を基本としており、類似してはいるものの、CONOPSのほうが全体的に融通性が高い。

なお、本研究では詳しく調査してはいないものの、ICSにおいては従事するスタッフの教育訓練が体系的に定められているのに対して、CONOPSでは活動に従事するボランティア等に対する一定の教育訓練はなされているものの、ICSほど体系だったものではないようである。

こうした相違は、職業として災害救援活動に従事するペイドワーカーであるスタッフを律するICSでは、Professional Useを前提とした厳格な建付け・制度になっているのに対して、自発的なボランティアが主体で財源も寄付で成立している米国赤十字社では、その性質からしてあまり厳格な建付け・制度にはしづらという理由に起因しているものと考えられる。

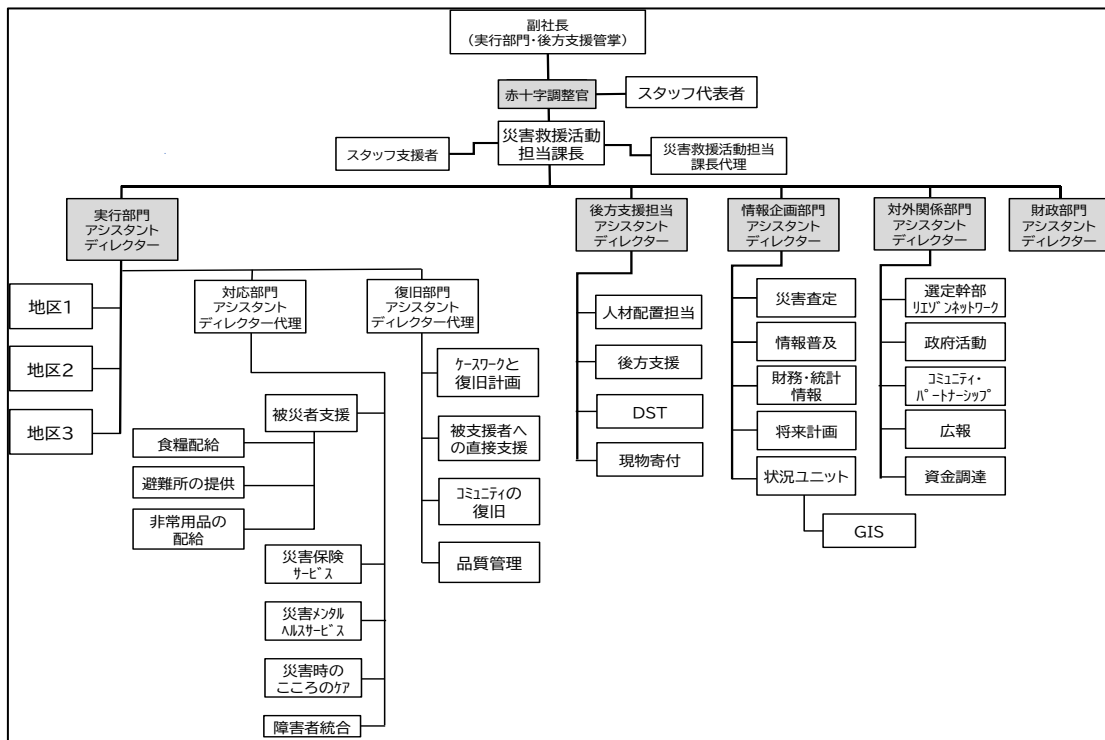


図4 米国赤十字社の国レベルでの組織体制 (例)

表2 ICSとCONOPSの比較

	ICS	CONOPS	比較結果
機能領域	①現場指揮、②実行、③企画、④包括支援、⑤財務・総務	①指揮、②実行、③情報企画、④後方支援、⑤財務、⑥対外関係	類似
組織構成	対外関係は指揮者のスタッフの位置付け	対外関係は実働のオペレーション部門の1つとして位置付け	相違
統制範囲	1の監督者の下には5つのチームまで	1人につき3人 大規模災害時は7人を上限	類似
1勤務時間	12時間まで 実働機関では8時間まで	通常12時間を基本	類似
教育訓練	体系的に規定	一定の教育訓練はあるが体系的ではない	相違

6. 結語

これまで見てきたように、米国赤十字社のCONOPSは、組織体制面でICSを簡易にしている訳ではなく、むしろその運用面においてICSよりも緩やかな扱いとしているのが特徴であることが明らかとなった。こうした運用が果たして実オペレーション上において問題を引き起こしていないのか確認・検証が必要ではあるが、仮に米国赤十字社のCONOPSレベルでの運用でも問題なく成立しているのであれば、同様の扱いが例えば自主防災組織等の市民レベルの組織でも取り入れることが可能ではないかと考えられるし、更には国や地方自治体でもよりICSを導入するハードルが下がる可能性があるのではないだろうかと考える。米国赤十字社の事例が日本でのICS導入にかかる問題を解決する手段として有効なものであるのか、今後更なる研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 東田光裕・牧紀男・林春男：ICSの枠組みに基づく効果的な危機対応を可能とする情報過程（インテリジェンス・サイクル）のあり方 ―神戸市の防災対応マニュアルの分析から―、地域安全学会論文集，No. 8，pp. 191-196，2006
- 2) 阪本真由美：災害対応における組織間連携システムについて：米国の組織間連携の取り組みに基づく考察，関西学院大学研究紀要「災害復興研究」第8号，pp39-52，2016
- 3) 指田朝久・池上雄一郎・コナーこずえ・阪本憲幸・町晃：日本版 FEMA 構築の可能性と留意点―政府と地方自治体の災害対応の在り方の構築，地域安全学会梗概集，2014
- 4) Concept of Operations Disaster Cycle Services Program Essentials DCS WC OPS PE, American Red Cross, 2018
- 5) Concept of Operations Workshop Facilitatoes Guide, Amarican Red Cross, 2016
- 6) 緊急時総合調整システム Incident Command System (ICS) 基本ガイドブック第三刷，公益財団法人日本医師会発行，株式会社東京法規出版，2017
- 7) NIMS 概要：
https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_nims_doctrine-2017.pdf (2022.9.24 閲覧)
- 8) NRF 概要：
<https://www.fema.gov/emergency-managers/national-preparedness/frameworks/response> (2022.9.24 閲覧)

メソ空間レベルでの属性別災害暴露人口の推計法とその特性

A Proposal on the Estimation of Hazard Risk Facing Population in Meso-Spatial Level

○川向 肇¹, 有馬 昌宏²
Hajime KAWAMUKAI¹ and Masahiro ARIMA²

¹ 兵庫県立大学 情報科学研究科

Graduate School of Information Science, University of Hyogo

² 兵庫県立大学 応用情報科学研究科

Graduate School of Applied Informatics, University of Hyogo

Abstract: The authors present our idea on estimating risk facing population and numbers of households by their attributes for disaster mitigation in local areas. In the past decades, many efforts have been devoted to estimating the numbers of hazard risk facing people and households over the national-wide and prefectural-wide areas. On the other hand, the other researchers have devoted their efforts to developing point-based personal decision support systems to assist in effective personal disaster mitigation. This article shows our idea to fill the gap between both two extreme ends for the provision of past hazard-related information studies. We would like to propose to empower people, who have been engaging the mitigation of disaster damages through the provision of richer spatial information on the distribution of risk facing population and households over local areas.

Keywords: Estimation of risk facing population, Open Data, Local distribution of risk facing population, Meso-spatial level, Local disaster mitigation decision support system

1. はじめに

様々な自然現象に伴う災害による被害のリスクに曝露されている人的被害の推計に関しては、有馬・鮎¹、秦・前田²、當麻・多田³など、様々な取り組みがこれまでなされてきた。これらの研究では、全国及び都道府県といったかなり広範囲の空間的領域（以下マクロレベルの空間）を集計単位とし、その領域に関する災害リスクに曝露される総人口や総世帯数に関する集計データベース構築と集計データの時系列的な変化の捕捉に研究上の重点がおかれてきたといえよう。

ところで、全国はもとより、都道府県や広域合併後の市町村といったかなり広域の空間を日常的な生活の場として想定している人々はかなり限られる。無論、国土全体や都道府県といった広域行政の対象範囲についての潜在的な災害への曝露リスク量とその時系列的変化を量的に把握することは極めて重要であるが、マクロレベルの空間領域における災害リスクへの曝露人口等の集計情報の提示のみでは、甚大な被害の発生につながる自然現象（集中豪雨など）の発生により特定時点及び特定地点において個人がどのような災害リスクに直面するかについての認識に至らず、結果として、これらの情報が必ずしも個人の災害時の減災及び防災のための行動への直接的な出発点とはならないことが予想される。

これらの反省に立ち、有馬⁴では Wang 他^{5,6}が提唱する情報品質の観点から、ハザードマップなどの災害情報がソフト防災にどのように貢献しうるのかという観点から、災害リスク情報とその提供方法に関する情報品質について検討し、公開されているオープンデータとサイバースペース上で個別分散的に提供されている情報を収集し、特定地点（以下ミクロレベルの空間と称する）において災害の誘因となる現象の発生にともなう特定の環境下で個人が曝露される災害ハザードに関する情報をわかりや

すく一元的に提示することにより、ミクロ空間レベルでの災害被害の軽減を目指した地点対応型災害リスク情報提供ツールである防災アプリ「ハザードチェッカー」の研究・開発の意義とその重要性についての論点整理を行っている。

確かに、個別地点というミクロレベルの空間において個人が直面する災害リスクの軽減のためには地点対応型災害リスク情報提供ツールとその活用の有効性は極めて高い。しかしながら、人々は居住地という特定地点でのみ生活しているわけではなく、居住地周辺の一定の広さを持った領域、すなわち生活圏ともいべき比較的狭い領域内において日常生活を営んでいる。個別地点対応の災害リスクへの曝露状態に関する情報提示だけでは生活圏における災害リスクに曝露されている人口や世帯数の量的・空間的な把握に繋がらず、生活圏レベルでの地域としての災害リスクへの脆弱性の確認とそれに基づく生活圏レベルでの災害リスクへの対策を検討するための情報としては不十分と言わざるを得ない。一方で、都道府県や市区町村を集計領域とする災害リスクへの曝露情報についても、生活圏レベルの空間領域から比べるとあまりにも広大な領域に関する集計情報であり、生活圏における具体的な避難所への避難や誘導などに関する避難行動計画、さらには地域における共助に関する行動についての意思決定を考える際の情報の空間的詳細度が十分ではないという意味で、その有用性についての課題がある。

なお、小学校区レベルのかなり狭い領域を取ったとしても特定の災害の誘因により惹起される被害は空間的に様ではなく、災害発生に伴う被害状況の軽重の空間的な差異は生活圏内の領域内においても一般に存在する。

そこで、本稿では、全国・都道府県といったマクロレベルの空間に関する情報を活用した災害被害推計に関する研究とミクロレベルの空間に関する情報を活用した個

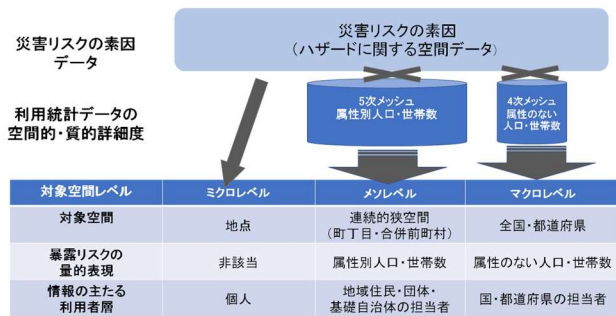


図1 リスク曝露に関する研究の整理の概念図

人の被災リスクに対する回避行動を支援するシステムに関する研究の両極端の研究の中間にあって両者をつなぐ研究、すなわち中間的領域である集落や小学校区程度の規模、人々が連続空間として認識している一定のまとまりのある生活圏レベル（以下メソレベルの空間と称する）の領域における災害リスクに曝露される属性別人口や世帯数についての量的・空間的把握を実現するような推計の取り組みについて紹介する（図1）。この生活圏レベル（メソレベル）の地域空間において被災リスクに曝露される属性別人口や世帯数の量的・空間的把握は、生活圏レベルにおける災害の事前対策を含めた地域のソフト防災力の向上に資すると考えている。

2. 利用したデータについて

本稿で紹介する研究の実施に当たっては、空間的にもデータの質的にも近年充実が図られてきた4分の1地域メッシュ（以下5次メッシュと称する）を空間的集計範囲とする国勢調査の集計データを利用することとした。

従来、多くの研究では、2分の1地域メッシュ（以下4次メッシュと称する）を空間的集計範囲とする人口・世帯数に関するデータ項目のみが利用されてきた。この背景として、2010年以前の国勢調査の集計結果のデータについては、4次メッシュ及び5次メッシュを集計単位とする場合、人口総数、男女別人口総数、世帯数に関する集計結果のみが一般に公開・提供されてきたこと、さらに5次メッシュを集計単位とするデータに関しては2010年以前の国勢調査に関しては国土の一部の領域のみに限定され提供が行われていたことが指摘できる。

ただし、空間的集計単位として4次メッシュの領域に関するデータを利用するメリットも存在する。具体的には、①将来の人口総数や世帯総数に関する推計データが既に公開されており、災害リスクに曝露される人口の過去から将来にわたる長期の時系列的推移が検討可能となる点、②5次メッシュを空間的集計領域とする場合と比べ4次メッシュを空間的集計領域としたデータのほうが秘匿値となっているレコード数が少なく、秘匿値処理による推計バイアスの抑制が可能である点、③集計領域が5次メッシュの約4倍と広い点、レコード数が5次メッシュを処理する場合と比べ少なく、空間的データの処理時間短縮が可能である、という3つの利点が指摘できる。

しかし、川向・有馬⁷⁾でも指摘したように、4次メッシュの空間領域がほぼ500m四方という比較的狭い空間領域で構成されているとはいえ、その領域内に山林、河川、湖沼など居住や生活に適さない領域を含む場合があるため、4次メッシュに対応する集計データをそのまま利用した場合、災害リスクに曝露される人口や世帯数の過小推計につながる可能性という課題がある。確かに5次メ

ッシュの空間領域内においても厳密な意味ではこれらの居住地として適さない領域の内包による推計バイアスの可能性は残るものの、4次メッシュによる統計データをそのまま利用する場合と比べ、5次メッシュによる統計データを利用する場合には過大推計バイアスの影響は比較的軽微であると考えられる。

これまで多くの研究が取り組んできた全国・都道府県別・市区町村別という行政境界を集計単位とした被災可能性のある人口・世帯数という災害リスクへの曝露量の総量についての量的把握は、災害被害の概要を事前に想定するという点において極めて重要である。しかし、個人や世帯固有の属性による災害対応能力などに着目した場合、個人や世帯属性によって災害情報の収集能力とその活用能力、さらには被災リスクに対する脆弱性と対応力は異なるはずである。これらの側面を考慮に入れる場合、災害リスクに曝露される人口や世帯数を総数のみにより捕捉するのではなく、属性別人口や世帯数の概数を把握することは災害時に特段の支援策が必要とされる人口や世帯数の概数把握につながるという意味で、一定の意義があると考えられる。このような観点から、本研究では属性別の人口や世帯数が公開されている最小単位である5次メッシュを空間集計領域としたデータを利用することにした。利用する統計としては2015年及び2020年の国勢調査に関する5次メッシュの集計データを活用し、災害リスクへの各調査時点での曝露量と2時点間における差異、災害リスクに曝露されている属性別人口や世帯数に関する空間的分布に関する推計を行った。このような属性別人口及び世帯数を利用しつつ、その属性別人口や世帯数の地域内での量的指標の空間分布に着目した研究は限られていると考えられる。

なお、生活圏に相当するメソ地域というかなり狭い領域に関する属性別人口や世帯数の推計を実施する際の集計領域とするデータとしては、有馬・鮑¹⁾の研究のように小地域（町丁目及び字）の領域に関するデータの利用も考えられるが、小地域データを利用する場合、都市郊外部、中山間地域、山間地域などでは、河川、湖沼が小地域内に存在することに加え、農地や山林などの領域が小地域の空間的範囲の大部分を占める場合が少なくない。このため、小地域データをそのまま利用した場合、4次メッシュに対応するデータをそのまま利用する場合以上に災害リスクの曝露量を過小推計する可能性がある。小地域の領域のデータは、歴史的・地形的なコンテキストに基づいて定められたものであり、自治体内の行政的境界である町丁目や字などとほぼ対応するようその境界が定められているとはいえ、人々の地域における行動は必ずしもこれらの行政的な目的で分割された領域内部に限定されるわけではない。自家用車などの交通手段の利用が一般化した現代社会における生活圏での活動を想定した場合、生活者にとつてのメソレベルの地域空間として連続的でありながらも一定のまとまりを持つ範囲である空間として地域を捉えている可能性のほうが高いものと考えられる。これらの理由から、筆者らは災害リスクの曝露人口や世帯数等の量的空間的分布の推計にあたって、5次メッシュの領域を活用した情報提示のほうがより妥当であると考えた。

以上より、総務省統計局⁸⁾から提供されている2015年と2020年の国勢調査の統計データのうち、5次メッシュの領域を空間的集計単位とする属性別の集計人口（外国人人口、高齢者人口、生産年齢人口等）及び世帯に関する属性別集計（6歳未満の世帯員のいる一般世帯数・高



図2 武庫川による想定最大規模の浸水深別の洪水リスクに曝露されている範囲

年齢者の単身一般世帯数・高齢者の夫婦のみの一般世帯数等)を用い、兵庫県東南部の都市化した地域とその一部に人口構造の急速な高齢化が進展しつつある領域をも含む武庫川流域を事例として取り上げ、洪水リスクへの曝露量について実際に推計を試みた結果の一部を本稿では報告する。

なお、武庫川の洪水リスクへの曝露量の推計事例に関して用いたデータは、国土交通省⁹⁾国土数値情報ダウンロードサービスで提供されている河川の洪水浸水想定地域に関するデータのうち、想定最大規模の範囲(図2)のデータである。

3. リスク曝露量に関する具体的推計手法

ESRI社製 ArcGIS Pro3.0.1 を利用し、5次メッシュの空間領域のデータと武庫川の浸水想定最大規模の範囲のデータにより5次メッシュ内を浸水深別の領域に細分割し、その細分割した領域データと2015年及び2020年の国勢調査の5次メッシュ集計による属性別集計結果に関する空間的データベースを利用した面積按分による属性別人口・世帯数の推計を行った。具体的な手順の概要は以下の通りである。

- (a) 地理情報システムに通常機能として実装されている Intersect と呼ばれる空間的論理積を求める機能を利用し、5次メッシュの空間と浸水深との領域の重複関係に基づき5次メッシュ内部領域を浸水深別に細分割した空間的データベースの構築
- (b) 5次メッシュを集計単位とする属性別人口や世帯数が結合された空間的データベースと(a)で5次メッシュの領域内を浸水深別に細分割した空間領域別の面積比例による属性別人口及び世帯数の推計

4. 推計結果の概要の紹介

本節では、武庫川の想定最大規模の浸水想定区域の範囲における2015年及び2020年の国勢調査結果に基づく浸水深別及び属性別の人口・世帯数に関する推計結果とその空間分布に関する一部の推計結果について紹介する。

表1には、武庫川の想定最大規模浸水域を対象に、想定最大規模の洪水による浸水被害が想定されている地域

表1 武庫川による想定最大規模の洪水リスクに曝露されている浸水深別・年次別・属性別人口及び世帯数に関する推計値

属性別	浸水深	0m以上	0.5m以上	3m以上	5m以上	10m以上	20m以上
人口総数	2015年	661,212	601,815	135,977	5,454	46	0
	2020年	663,877	603,020	135,340	5,551	52	0
15-64歳人口	2015年	394,139	358,563	80,304	3,286	22	0
	2020年	377,657	343,100	76,274	3,261	27	0
65歳以上人口	2015年	164,428	149,519	35,276	1,349	15	0
	2020年	168,493	153,202	36,384	1,463	15	0
75歳以上人口	2015年	74,788	68,015	15,949	610	5	0
	2020年	87,626	79,555	18,956	732	2	0
外国人人口	2015年	9,520	8,850	2,198	44	0	0
	2020年	11,090	10,286	2,533	76	0	0
一般世帯数	2015年	302,771	275,522	61,994	2,536	18	0
	2020年	313,414	284,594	63,080	2,525	21	0
6歳未満の世帯員のいる一般世帯数	2015年	23,819	21,702	4,631	192	1	0
	2020年	22,842	20,754	4,501	187	2	0
高齢者の単身世帯	2015年	38,417	34,983	8,092	291	2	0
	2020年	40,068	36,612	8,461	320	2	0
高齢者の夫婦のみの世帯	2015年	31,919	29,082	6,978	288	4	0
	2020年	32,485	29,587	7,111	299	2	0

における浸水深別の人口・一般世帯の総数、属性別人口の推計の具体例としての65歳以上の高齢者数、75歳以上の高齢者数、外国人人口、属性別世帯数の集計の具体例としての高齢者の単身世帯数、高齢者夫婦のみの世帯数、6歳未満の世帯員を含む一般世帯数に関する総和を示している。

表1に示す推計結果を見る限り、武庫川の想定最大規模降雨時の浸水想定領域内において何らかのリスクに曝露されている人口総数については、2015年度調査と2020年度調査の2時点間で2,665人増(0.4%増)と微増傾向を示している。次に属性別人口を利用した推計結果をより詳細に検討した場合、洪水リスクに曝露されている15歳から64歳人口に関しては16,482人減(0.4%減)と微減傾向を示すが、75歳以上の人口総数及び外国人人口の推計値については、75歳以上人口では12,838人増(17.2%増)、外国人人口では1,570人増(16.5%増)とかなりの増加傾向を示している。武庫川流域における一部地域での人口構造の高齢化が進展した結果、高齢者が長期間に浸水想定区域内に定住を継続しようとする傾向、ならびに高齢者の身体的・心理的・経済的な影響を含めた居住地転移の困難さに伴う一部の空間的領域での急速な人口構造の高齢化の進展という傾向の2つの要因がこの結果に反映されている可能性がある。また、被災リスクに曝露されている地域での外国人の増加については、外国人に分類される人々のうちにはかなりの数の留学生や技能実習生などが含まれる可能性があり、さらにこれらの人々の場合、必ずしも長期居住が指向されない傾向があるにせよ、被災リスクに曝露されている地域における賃貸住宅の賃料の安さに加えて外国人の入居の容易さなどの背景から、多少の災害リスクに曝露されるとしてもこれらの地域での居住が模索される可能性を反映した結果であることも考えられる。

ただし、災害リスクの高い地域であっても対洪水性能に優れた堅牢建築物の高層部に居住している場合もあり、そのような居住者にとっては被災リスクに曝露されている地域に居住しているとはいえ、実際には災害リスクの回避がなされている可能性もある。本稿で紹介したデータの単独利用だけではこのような側面が無視されているという課題はある。

次に属性別の世帯数に関する集計結果について検討する。洪水リスクに曝露されている地域の一般世帯数は10,643世帯増(3.5%増)、高齢者の単身世帯数は1,651世帯増(0.4%増)、高齢者の夫婦のみの一般世帯数では566世帯増(0.2%増)と微増傾向を示すが、6歳未満の世帯員のいる一般世帯数は977世帯減(0.4%減)と減少し

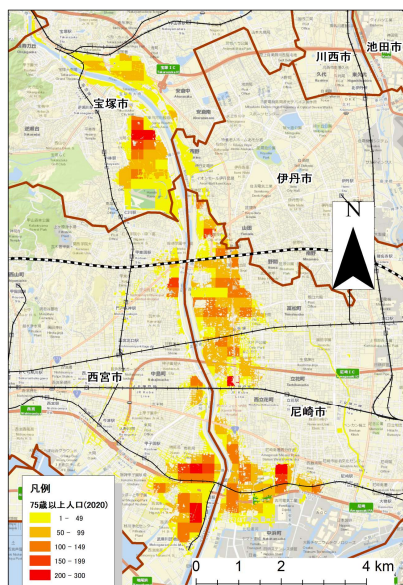


図3 武庫川での想定最大規模の洪水により3m以上の浸水リスクに曝露されている75歳以上の人口に関する空間分布の推計結果

ている。15歳から64歳の人口数の減少と6歳未満の世帯員のいる一般世帯数の減少を併せて考えれば、高齢化の進展と出生数の減少も一つの要因ではあるが、乳幼児を育児中で世帯構成員の一部が勤労者として一定の収入を得ていることが推測される一般世帯では、幼児を含む世帯員への洪水リスクを避けるための回避行動をとる経済的余裕の存在などの理由により、居住地の変更などが発生した可能性を反映した結果であることも想定される。

属性別人口や世帯の浸水深別の量的・空間的分布についての主題図の例として図3について検討してみたい。

図3は、武庫川による想定最大規模降雨のもとで浸水深が3m以上（住宅の1階が完全に水没する水深以上）の浸水想定域内における2020年調査結果による75歳以上の人口数の推計値に関する主題図である。

図3において濃赤色で示した領域（5次メッシュ）は、武庫川において想定最大規模の洪水が発生した場合、3m以上の浸水リスクに曝露されている75歳以上の人口が200人以上存在するという推計結果となった領域である。これらの濃赤色で示した領域が宝塚市南部の武庫川西岸地区、西宮市内の阪神電鉄武庫川駅南側地区、尼崎市のJR立花駅北側地区、阪神電鉄尼崎駅北側地区などに散在しており、これらの地区では75歳以上の住民に対する事前の計画的避難誘導といった被害軽減に関する何らかの事前対策などが強く求められることが示唆されよう。なお、0m以上の浸水リスクに曝露されている地域全体での75歳以上の人口総数が増加傾向にあるとは言うものの、その内部の一部の領域では2015年から2020年国勢調査による推計値を用いた場合、75歳以上の人口総数が100人以上の減少となる領域もあり、属性別人口の増減に関して一様の変化が発生しているとは言えないことを確認している。

5. まとめと今後の展望

本稿での武庫川流域での事例を通して示したように、人々の生活圏レベルである町丁目ないし小学校区より狭い領域内でも、災害リスクに曝露されている属性別人口や世帯数とその増減とそれら指標値の空間的・量的分布は多様であった。これらの結果を踏まえるならば、生活

圏レベルの地域における計画的避難や避難の事前準備などの検討に当たって本稿で紹介したような生活圏レベル（メゾ空間レベル）における災害リスクに曝露されている人口や世帯数に関する詳細な属性別の量的・空間的・量的情報提示は有効であるといえるのではなかろうか。

最後に本稿で紹介したデータの単独利用による推計上の限界があることも指摘しておきたい。例えば、何らかの洪水リスクに曝露される領域内に居住する世帯であっても、対浸水対策が行われているような大規模かつ堅牢な集合住宅の比較的高層部分に居住する世帯については災害リスクへの曝露は回避されているといえるが、それらについての判断は本稿で紹介したデータの単独利用では判断ができない。また、被災リスクに曝露される地域における従業上の地位や非就業者世帯などの属性別人口・世帯数の増減などに関する差異も検討できない。地域におけるリスク曝露への回避状況についてより的確に把握するためには、小地域（町丁・字別）については公開・提供されている各種属性別の世帯数等に関する統計データが4次及び5次メッシュといった空間的集計領域についても公開・提供されることが期待される。地域における災害時リスクの回避行動等をより正確に把握するうえで有用と考えられる様々な属性別集計結果に関する国勢調査結果の公表・提供とその利用は、地域における生活圏としてのレジリエンスをより正確に把握するための極めて重要なデータとなるものと考えられる。これらに関する5次メッシュの空間領域に関する集計データの整備と公開がなされ、地域における災害リスクに関するより総合的な研究の展開へとつながることを期待したい。

謝辞

本稿は、JSPS科研費19K04884の助成を受けた研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 有馬昌宏・鮑強, 心配性バイアスを醸成するための津波等の想定域人口の町丁別の推計とその公開の試み, 日本災害情報学会第20回学会大会予稿集, pp.126-127 (2018).
- 2) 秦康範・前田真孝, 全国ならびに都道府県別の洪水浸水想定区域の人口の推移, 災害情報, No.18-1, pp.107-114 (2020).
- 3) 當麻雅章・多田智和, 洪水リスク地域人口に関する調査～将来人口予測データからみた人口変動と浸水被害前後のケーススタディ～, 国土交通政策研究所紀要第80号, pp.49-63 (2022).
- 4) 有馬昌宏, ソフト防災に果たす防災アプリの可能性と課題, 横幹, Vol.11, No.2, pp.145-155 (2017).
- 5) R.Y. Wang, E.M. Pierce, S.E. Madnick and C.W. Fisher(eds), 関口恭毅監訳, 情報品質管理, 中央経済社(2008).
- 6) Y.W. Lee, D.M. Strong, B.K. Kahn and R.Y. Wang, “AIMQ: a methodology for information quality assessment,” *Information & Management*, 40, pp.133-146, (2002).
- 7) 川向肇・有馬昌宏, 被災可能性のある年齢5歳階級別の住民数の推定方法の比較, 地理情報システム学会講演論文集, 29, B24-3-5 (2020).
- 8) 政府統計の総合窓口(e-Stat)「地図で見る統計(統計GIS)データダウンロード 国勢調査」 <https://www.estat.go.jp/gis/statmap/search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521>(2021年8月3日ダウンロード)。
- 9) 国土交通省「国土数値情報」(洪水浸水想定区域データ) <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>(2021年7月11日ダウンロード)

地域安全学 夏の学校2022 –基礎から学ぶ防災・減災–
地域安全学領域における若手人材育成 その6
Summer School 2021 of Social Safety Science – Basic Lectures of Disaster Science –:
Young Human Resource Development of ISSS, Part 6

○落合 努¹, 松川 杏寧², 倉田 和己³, 畠山 久⁴, 河本 尋子⁵,
杉安 和也⁶, 郷右近 英臣⁷, 寅屋敷 哲也⁸, 佐藤 翔輔⁹
Tsutomu OCHIAI¹, Anna MATSUKAWA², Kazumi KURATA³,
Hisashi HATAKEYAMA⁴, Hiroko KOUMOTO⁵, Kazuya SUGIYASU⁶,
Hideomi GOKON⁷, Tetsuya TORAYASHIKI⁸ and Shosuke SATO⁹

¹ 神奈川大学 建築学部

Faculty of Architecture and Building Engineering, Kanagawa University

² 防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED)

³ 名古屋大学 減災連携研究センター

Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

⁴ 東京工業大学 教育革新センター

Center for Innovative Teaching and Learning, Tokyo Institute of Technology

⁵ 常葉大学 社会環境学部

Faculty of Social and Environmental Studies, Tokoha University

⁶ 岩手県立大学 総合政策学部

Faculty of Policy Studies, Iwate Prefectural University

⁷ 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系

School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

⁸ ひょうご震災記念21世紀研究機構 人と防災未来センター

Disaster Resilience Institution, Hyogo Earthquake Memorial 21st Century Research Institute

⁹ 東北大学 災害科学国際研究所

International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

The authors have planned “Summer School of Social Safety Science” to develop young human resources. In the event, the eminent researchers provide lectures for beginners who want to learn social safety science. “Summer School 2022” was held this August as a hybrid of online and face-to-face sessions. The program and contents of the lectures were examined based on past questionnaires. In this paper, we analyze the survey to the participants this year and discuss whether the contents of this project and the notification process led to the participants' motivation and evaluation. Besides, the current year's problems will be clarified, and suggestions will be made for future projects.

Keywords : *summer school, Institute of Social Safety Science, young scientist, student, human resource development, human network*

1. はじめに

「地域安全学 夏の学校」は、地域安全学会において学生による査読論文投稿や発表がやや低調になっている現状¹⁾を踏まえ、若手の人材育成を目的として2016年より毎年行っている取り組みである。概念や分析手法が多岐にわたる地域安全学をテーマに、大学生・大学院生といった初学者向けに一流の研究者が講義や演習を行っているものであり、併せて若手研究者のネットワークを広げる目的で様々な交流企画を実施している。第1回(2016年)は仙台の東北大学災害科学国際研究所で、第2回(2017年)は東京の同志社大学東京オフィスで、第3回(2018年)は神戸の人と防災未来センターで、第4回(2019年)は東京の首都大学東京秋葉原サテライトキャン

パスで開催した。2020年はコロナ禍の影響で延期となり、翌年に第5回(2021年)として、初のオンライン形式で開催した。

今年は、コロナ禍の状況や昨年のアンケート結果などを考慮し、初の試みとしてオンラインと対面のハイブリッド形式で実施した。なお対面での会場は、神奈川大学横浜キャンパスとした。

本稿では、「地域安全学 夏の学校 2022」の参加者アンケート結果をもとに、例年の取組との比較と評価を行う。昨年の初のオンライン形式に続いて、今年は初のハイブリッド形式の開催となった。後述するように、今後これらの経験から参加者の満足度と運営側の負担のバランスを取ってどのように開催を続けるかが課題となった。

2. 開催内容

「地域安全学 夏の学校 2022」の概要とプログラムを表 1 に示す。開催の世話役として、著者らが所属する「安全・安心若手研究会」が事務局を務めた。

当日は、42 名（オンライン 18 名、対面 24 名）（講師含めず）の参加者であった。開催内容については、前年のアンケート結果などを踏まえて毎年検討している。基本的に、文系・理系両方にまたがる幅広いテーマを意識していて、今年は人と防災未来センター開設 20 周年の節目となることから、同センターの研究員第一期生の中から 2 名の先生にご講演いただいた。

講演①では、名城大学・柄谷友香先生に、防災研究に携わるきっかけから被災地での研究事例など、これまでの研究活動を振り返った幅広いお話とともに、他の研究者と共同研究をすることの楽しさなどについてご講演いただいた。講演②では、関西大学／防災科学技術研究所・永松伸吾先生に、経済学的な視点からの防災研究や、被災地の現地調査から着想した「弁当プロジェクト」など地元の方々の雇用に直接つながるための研究など、社会に役立つ研究活動についてご講演いただいた。両先生とも、若いころのご自身の経験をお話いただき、若手研究者にとって非常にためになる内容であった。

午後からはネットワークづくりを軸に置いた発表・交流セッションとして、最初に筆者ら若手研究会世話役が司会となり、オンラインと現地の参加者を交えた 7 つのグループに分かれ自己紹介などの交流や研究発表・ディスカッションなどを実施した。研究発表では、グループ内から代表者を選び、全員の前で再度プレゼンをして参加者全員での決選投票から最優秀発表者を選出した。

表 1 開催概要とプログラム

日程	2022年8月19日(金)
開催方式	ハイブリッド オンライン：ZOOM、対面：神奈川大学横浜キャンパス
参加者	オンライン：18名、対面：24名（計42名）
プログラム	
10:00~10:05	開会
10:05~11:20	講演① 柄谷友香先生（名城大学） 『「被災するということ」への理解と共感—被災地に学び、防災に生かすためのフィールドワークと共同研究のスズメー』
11:20~11:30	休憩
11:30~12:45	講演② 永松伸吾先生（関西大学/防災科学技術研究所） 『巨大災害からの経済復興過程と復興支援方策に関する研究』
12:45~13:30	昼食
13:30~15:00	発表・交流セッション①
15:00~16:00	発表・交流セッション②
16:00~16:30	表彰・閉会

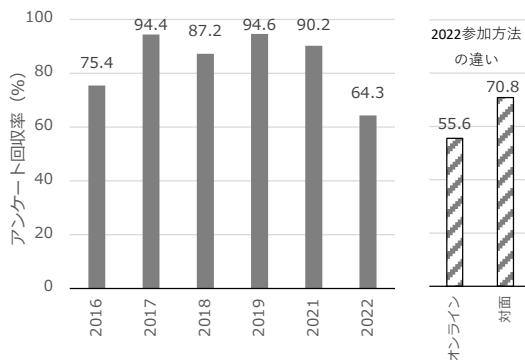


図 1 アンケート回収率の推移

3. アンケート結果

参加者へのアンケート結果について、これまでのアンケート結果^{1),2),3),4),5)}と比較しつつ特徴を示す。アンケートは Google Form を用いて作成し、参加者にイベント終了後メールで連絡し 27 名より有効回答を得た。回収率は 64.3% と例年に比べるとやや低い。これまでの回収率の推移を図 1 に示す。今年参加方法別の回収率から、特にオンライン参加者の回収率が低いことがわかる。

(1) 参加者の特徴

参加者の属性を表 2 に示す。今年参加者はアンケート回答者のみを整理している。年齢構成をみると今年 20 代から 50 代まで概ね均等な割合で、幅広い年代が参加していることがわかる。参加者の立場では、学生と研究職が同程度あるのに対し、民間・行政の割合が少ない。2021 年は講座を有する大学教員へ向けたローラー作成の効果で、学生の割合が多かった。今年も同様な手法を取ったものの、やや効果が低かった（学生の参加は 11 名）。参加者の所属先住所は例年開催地に大きく影響されており、今年はその他とした 10 名のうち半分の 5 名は神奈川県である。

参加者の所属学会について図 2 に示す。参加者が所属する学会としては、最も多いのは例年通り地域安全学会であったが、今年土木学会や建築学会に所属している参加者が多い結果となった。

表 2 今年とこれまでの参加者属性

	2016	2017	2018	2019	2021	2022
①性別						
男性	65.6% (40)	72.2% (39)	59.0% (23)	64.9% (24)	54.1% (20)	74.1% (20)
女性	32.8% (20)	27.8% (15)	41.0% (16)	35.1% (13)	45.9% (17)	25.9% (7)
未回答	1.6% (1)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)
計	100.0% (61)	100.0% (54)	100.0% (39)	100.0% (37)	100.0% (37)	100.0% (27)
②年齢層						
10歳代	8.7% (4)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	2.7% (1)	0.0% (0)
20歳代	37.0% (17)	51.9% (28)	32.4% (11)	37.1% (13)	62.2% (23)	33.3% (9)
30歳代	19.6% (9)	22.2% (12)	26.5% (9)	22.9% (8)	16.2% (6)	29.6% (8)
40歳代	15.2% (7)	7.4% (4)	20.6% (7)	17.1% (6)	13.5% (5)	18.5% (5)
50歳代	4.3% (2)	5.6% (3)	11.8% (4)	11.4% (4)	2.7% (1)	14.8% (4)
60歳代	0.0% (0)	3.7% (2)	2.9% (1)	2.9% (1)	2.7% (1)	3.7% (1)
未回答	15.2% (7)	9.3% (5)	5.9% (2)	8.6% (3)	0.0% (0)	0.0% (0)
計	100.0% (46)	100.0% (54)	100.0% (34)	100.0% (35)	100.0% (37)	100.0% (27)
③参加者の立場						
学生	67.2% (41)	44.4% (24)	41.0% (16)	29.7% (11)	62.2% (23)	40.7% (11)
研究職	21.3% (13)	29.6% (16)	51.3% (20)	40.5% (15)	24.3% (9)	40.7% (11)
民間・行政	4.9% (3)	25.9% (14)	7.7% (3)	29.7% (11)	8.1% (3)	14.8% (4)
その他	6.6% (4)	0.0% (0)	0.0% (0)	0.0% (0)	5.4% (2)	3.7% (1)
計	100.0% (61)	100.0% (54)	100.0% (39)	100.0% (37)	100.0% (37)	100.0% (27)
④参加者所属先住所						
宮城県	42.6% (26)	12.3% (7)	7.7% (3)	5.4% (2)	8.1% (3)	7.4% (2)
茨城県	3.3% (2)	7.0% (4)	2.6% (1)	10.8% (4)	8.1% (3)	0.0% (0)
東京都	18.0% (11)	28.1% (16)	23.1% (9)	21.6% (8)	24.3% (9)	25.9% (7)
静岡県	4.9% (3)	1.8% (1)	5.1% (2)	2.7% (1)	10.8% (4)	11.1% (3)
愛知県	6.6% (4)	10.5% (6)	10.3% (4)	8.1% (3)	13.5% (5)	3.7% (1)
大府府	0.0% (0)	0.0% (0)	5.1% (2)	2.7% (1)	8.1% (3)	7.4% (2)
京都府	1.6% (1)	3.5% (2)	5.1% (2)	13.5% (5)	2.7% (1)	3.7% (1)
兵庫県	3.3% (2)	5.3% (3)	25.6% (10)	16.2% (6)	0.0% (0)	3.7% (1)
その他	18.0% (11)	28.1% (16)	15.4% (6)	16.2% (6)	24.3% (9)	37.0% (10)
未回答	1.6% (1)	3.5% (2)	0.0% (0)	2.7% (1)	0.0% (0)	0.0% (0)
計	100.0% (61)	100.0% (57)	100.0% (39)	100.0% (37)	100.0% (37)	100.0% (27)

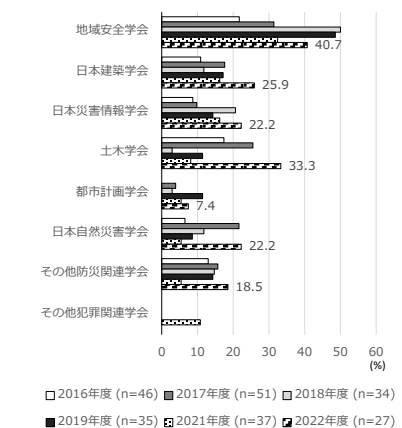


図 2 参加者の所属学会 (複数回答)

(2) 参加目的

どのような目標や期待をもって参加したか、最も当てはまるものを単一回答で求めた結果を図3に示す。例年に比べ、「講師の話が聞きたい」への期待が大きかった。また「基本的な知識を得たい」や「知識を深めたい」については徐々に期待が低くなっているのに対し、「参加者との交流」への期待が高まってきている。このことから夏の学校への期待が、「知識を得る」ためのものから「参加者間の交流」へと推移していることが伺える。一方で、昨年や今年はコロナ禍など特殊な状況で、通常の交流機会が少なくなっていることへの反動もとらえることもでき、引き続き分析を継続していく必要がある。

(3) 企画内容に対する評価

企画内容について、表3のとおり7つの項目を5件法で問うた結果を示す。「非常にそう思う(5)」、「ややそう思う(4)」、「どちらとも言えない(3)」、「あまりそう思わない(2)」、「全くそう思わない(1)」とした場合の平均値を表の右端に示している。

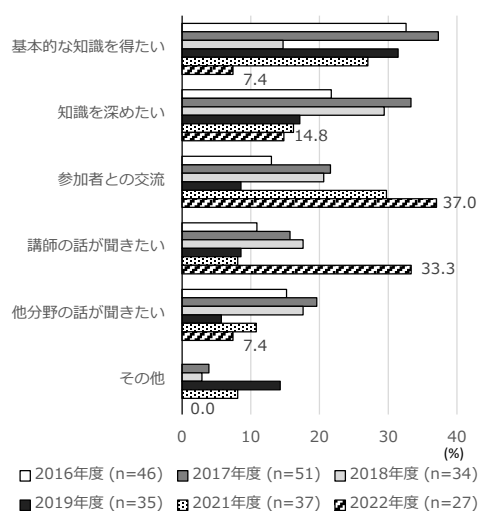


図3 参加にあたっての目標・期待 (単一回答)

表3 企画全体に対する評価性

設問	年度	評価性					平均
		全くそう 思わない	あまりそう 思わない	どちらとも 言えない	やや そう思う	非常に そう思う	
期待していた内容であった	2016	0.0% (0)	2.3% (1)	4.5% (2)	38.6% (17)	54.5% (24)	4.45
	2017	0.0% (0)	0.0% (0)	2.0% (1)	34.7% (17)	63.3% (31)	4.61
	2018	0.0% (0)	5.9% (2)	14.7% (5)	61.8% (21)	17.6% (6)	3.91
	2019	2.9% (1)	5.9% (2)	2.9% (1)	35.3% (12)	52.9% (18)	4.29
	2021	0.0% (0)	0.0% (0)	18.9% (7)	59.5% (22)	21.6% (8)	4.03
	2022	0.0% (0)	3.7% (1)	11.1% (3)	59.3% (16)	25.9% (7)	4.07
防災・減災に関する基礎的な知識が身につけられた	2016	0.0% (0)	0.0% (0)	4.4% (2)	35.6% (16)	60.0% (27)	4.56
	2017	0.0% (0)	2.0% (1)	8.2% (4)	38.8% (19)	51.0% (25)	4.39
	2018	0.0% (0)	2.9% (1)	2.9% (1)	58.8% (20)	35.3% (12)	4.26
	2019	0.0% (0)	2.9% (1)	2.9% (1)	55.9% (19)	38.2% (13)	4.29
	2021	2.7% (1)	16.2% (6)	32.4% (12)	32.4% (12)	16.2% (6)	3.43
	2022	0.0% (0)	7.4% (2)	7.4% (2)	53.0% (17)	22.2% (6)	4.00
受講者同士で人的ネットワークを作ることができた	2016	2.2% (1)	11.1% (5)	15.6% (7)	51.1% (23)	20.0% (9)	3.76
	2017	2.0% (1)	12.2% (6)	14.3% (7)	46.9% (23)	24.5% (12)	3.80
	2018	0.0% (0)	6.1% (2)	36.4% (12)	36.4% (12)	21.2% (7)	3.73
	2019	2.9% (1)	5.9% (2)	14.7% (5)	44.1% (15)	32.4% (11)	3.97
	2021	0.0% (0)	37.8% (14)	24.3% (9)	32.4% (12)	5.4% (2)	3.05
	2022	3.7% (1)	29.6% (8)	29.6% (8)	22.2% (6)	14.8% (4)	3.15
周りの友人や知人にもすすめたいと思った	2016	0.0% (0)	0.0% (0)	11.1% (5)	35.6% (16)	53.3% (24)	4.42
	2017	0.0% (0)	2.0% (1)	6.1% (3)	44.9% (22)	46.9% (23)	4.37
	2018	0.0% (0)	5.9% (2)	17.6% (6)	44.1% (15)	32.4% (11)	4.03
	2019	5.9% (2)	2.9% (1)	11.8% (4)	17.6% (6)	61.8% (21)	4.26
	2021	0.0% (0)	2.7% (1)	27.0% (10)	48.6% (18)	21.6% (8)	3.89
	2022	0.0% (0)	11.1% (3)	7.4% (2)	53.0% (17)	18.5% (5)	3.89
自分の知識や経験のレベルに適切な難易度であった	2016	0.0% (0)	2.2% (1)	15.6% (7)	48.9% (22)	33.3% (15)	4.13
	2017	0.0% (0)	2.0% (1)	16.3% (8)	34.7% (17)	46.9% (23)	4.27
	2018	2.9% (1)	5.9% (2)	14.7% (5)	52.9% (18)	23.5% (8)	3.88
	2019	0.0% (0)	5.9% (2)	8.8% (3)	41.2% (14)	44.1% (15)	4.24
	2021	0.0% (0)	10.8% (4)	29.7% (11)	32.4% (12)	27.0% (10)	3.76
	2022	0.0% (0)	7.4% (2)	11.1% (3)	55.6% (15)	25.9% (7)	4.00
講義の内容は理解しやすかった	2016	0.0% (0)	0.0% (0)	4.4% (2)	48.9% (22)	46.7% (21)	4.42
	2017	0.0% (0)	0.0% (0)	4.1% (2)	40.8% (20)	55.1% (27)	4.51
	2018	0.0% (0)	2.9% (1)	26.5% (9)	41.2% (14)	29.4% (10)	3.97
	2019	0.0% (0)	0.0% (0)	8.8% (3)	35.3% (12)	55.9% (19)	4.47
	2021	0.0% (0)	2.3% (1)	11.4% (5)	43.2% (19)	43.2% (19)	4.27
	2022	0.0% (0)	0.0% (0)	3.7% (1)	48.1% (13)	48.1% (13)	4.44
自身の今後の活動や研究に活かせる内容であった	2016	0.0% (0)	0.0% (0)	6.7% (3)	31.1% (14)	62.2% (28)	4.56
	2017	0.0% (0)	0.0% (0)	6.1% (3)	38.8% (19)	55.1% (27)	4.49
	2018	0.0% (0)	2.9% (1)	26.5% (9)	41.2% (14)	29.4% (10)	3.97
	2019	2.9% (1)	0.0% (0)	0.0% (0)	38.2% (13)	58.8% (20)	4.50
	2021	0.0% (0)	2.7% (1)	27.0% (10)	43.2% (16)	27.0% (10)	3.95
	2022	0.0% (0)	0.0% (0)	11.1% (3)	55.6% (15)	33.3% (9)	4.22

今年初のハイブリッド開催であったが、全体的に満足度が落ち込んだ項目はなく、参加者にはおおむね満足いただけた内容であったことが伺える。ただ、開催を始めた2016年や2017年と比べると、やや点数が低下している傾向も読み取れる。今年で6回目の実施と、内容がややマンネリ化している可能性もあり、企画内容などについてはさらなる検討を行いたい。

(4) 開催方法についての評価

2021年はオンライン、今年ハイブリッド開催であり、そのことが参加意思決定に影響したかを問うた。図4より、2021年はオンライン開催としたことが参加の意思決定につながった割合が多かったのに対し、今年はずしも同様な結果とはならなかった。コロナ禍の影響が長引き、オンラインでのイベントが一般化していることなどの影響もあるのではと考えられる。図5の次回の開催方針については、昨年同様ハイブリッド開催の要望が高い。

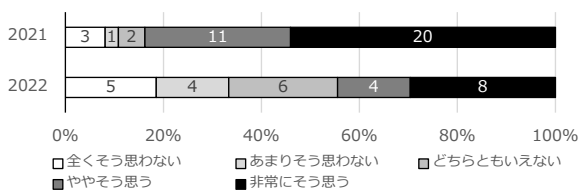


図4 開催方針と参加の意思決定（単一回答）

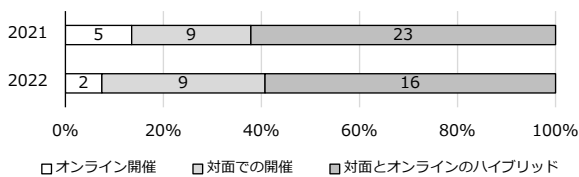


図5 次回の開催方針に関する希望（単一回答）

(5) 参加方式による違い

今年初のハイブリッド開催であり、オンラインと対面の両参加者からアンケートを得ている。オンラインで10名、対面で17名と母数がやや少ないが、参加方式によって回答の傾向に差異が生じた項目もあった。ここでは特に差が大きかった3つの項目について図6に示す。

まず参加時の目標・期待（図3）の段階で、オンライン参加者は「講師の話が聞きたい」の割合が高いのに対し、対面では「参加者との交流」が最も高い。これに対応する形で、企画に対する評価（表3）でも、オンライン参加者は「基礎的な知識が身に付けられた」の評価が高いのに対し、対面参加者は「人的ネットワークを作ることができた」の評価が高い。

この傾向は、オンラインと対面それぞれのメリットとデメリットそのものであり今後の開催方針の参考となる。

4. 夏の学校が有する課題と今後の展望

「地域安全学 夏の学校」に関する課題について例年の報告^{1),2),3),4),5)}にも示されているが、今回のハイブリッド開催での結果を踏まえ、簡単ではあるが考察する。

参加者の増加やイベント内容について、今回は初のハイブリッド開催を試みたが、結果として参加者の増加に直接的にはつながらなかった。今後企画内容、イベント告知の方法やタイミングなど模索していく必要がある。この2年間はオンライン参加者への対応の難しさから、

これまで何度か実施している実習を伴う講義や現場見学は行っていない。実施方法については今後の課題であるが、このような企画を再び行うことも検討したい。

今年はアンケートの回収率が低かったことも一つの課題であった。特にオンライン参加者からの回収率が低かった。オンライン参加は参加状況（途中退席など）や参加意欲の把握などが難しく、今後の運営方針（オンライン参加やハイブリッド開催を継続するかなど）も含めて検討していく必要がある。

参加者の評価については、全体的な評価は概ねこれまでと同様高い水準であったが、参加形態による評価の違いなども確認できた。オンライン参加者は知識向上を望んでいるのに対し、対面参加者は人的交流を求めている傾向が高いことが示唆された。

なお、ページの都合上運営上の課題の記載はできなかったが、ハイブリッド開催はどうしても運営側の負担は大きくなる。参加者の満足度と運営側の負担のバランスを取って、継続的に開催する仕組みづくりも重要となる。

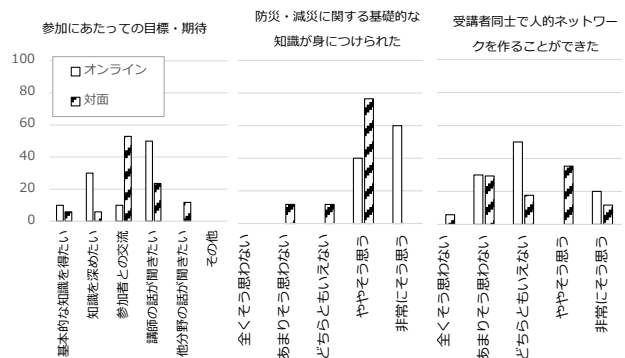


図6 参加方法の違いによる回答傾向の違い（2022）

謝辞

講師をお引き受けいただきました、柄谷友香先生、永松伸吾先生には心より御礼申し上げます。また、本イベントは、地域安全学会の補助を受けて実施しました。

参考文献

- 1) 佐藤 翔輔, 松川 杏寧, 杉安 和也, 藤生 慎, 寅屋敷 哲也, 河本 尋子: 「地域安全学 夏の学校 2016 -基礎から学ぶ防災・減災-」: 地域安全学領域における若手人材育成 その1, 地域安全学会梗概集 No.39, pp.69-72, 2016.11
- 2) 寅屋敷 哲也, 松川 杏寧, 佐藤 翔輔, 藤生 慎, 杉安 和也: 「地域安全学 夏の学校 2017 -基礎から学ぶ防災・減災-」: 地域安全学領域における若手人材育成 その2, 地域安全学会梗概集, No. 41, pp. 33-36, 2017.11
- 3) 松川 杏寧, 寅屋敷 哲也, 畠山 久, 倉田 和己, 藤生 慎, 杉安 和也, 河本 尋子, 佐藤 翔輔: 「地域安全学 夏の学校 2018 -基礎から学ぶ防災・減災-」: 地域安全学領域における若手人材育成 その3, 地域安全学会梗概集, No. 43, pp. 141-144, 2018.11
- 4) 畠山 久, 松川 杏寧, 寅屋敷 哲也, 倉田 和己, 杉安 和也, 河本 尋子, 佐藤 翔輔: 「地域安全学 夏の学校 2019 -基礎から学ぶ防災・減災-」: 地域安全学領域における若手人材育成 その4, 地域安全学会梗概集, No. 45, pp. 51-54, 2019.11
- 5) 倉田 和己, 松川 杏寧, 寅屋敷 哲也, 杉安 和也, 畠山 久, 河本 尋子, 郷右近 英臣, 落合 努, 佐藤 翔輔: 「地域安全学 夏の学校 2021 オンライン -基礎から学ぶ防災・減災-」: 地域安全学領域における若手人材育成 その5, 地域安全学会梗概集, No. 49, pp. 85-88, 2021.10

深層学習を用いた河川監視カメラによる水面領域の抽出 —令和4年7月宮城県豪雨における検証—

Detection of Changes in Water Level from River Monitoring Images
Using deep learning

- Examination of the Heavy Rain Disaster of July 2022 in Miyagi Prefecture, Japan -

○上岡 洋平¹, 橋本 雅和², 越村 俊一²

Yohei UEOKA¹, Masakazu HASHIMOTO² and Shunichi KOSHIMURA²

¹ 日本ミクニヤ株式会社

Mikuniya. Co.

² 東北大学災害科学国際研究所

International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University

In recent years, flood control measures are urgently needed due to the increase of river floods caused by local heavy rain. Although the installation of river monitoring cameras has been promoted for efficient river management, it is difficult to monitor multiple cameras by eye during emergencies. In this study, we apply deep learning technology to detect changes in water level for the heavy rain disaster of July 2022 in Miyagi Prefecture and verify the accuracy of this technology.

Keywords :river monitoring, deep learning, semantic segmentation, flood

1. はじめに

近年、前線等による河川洪水や内水氾濫が増加傾向にあり、水害対策が急務となっている。その対策の一つとして、国土交通省では多数の河川監視カメラを設置し、河川状況の監視を行っている。河川監視カメラは、河川の増水や越水状況等を把握することができる一方、非常に多数のカメラを目視で監視することは困難であるため、その有効活用が望まれる。

著者らは、河川監視カメラ画像からセマンティックセグメンテーション技術を用いることで、水面領域を抽出し、越水状況を検知する研究²⁾を行っている。平常時において高い精度で河川の水面を抽出することができる一方、増水時や越水時においては精度に課題が残っている。

そこで本稿では、著者らが開発を進めている河川の水面領域の抽出手法に、新たに増水時や越水時等の学習データを追加し、令和4年7月に発生した宮城県豪雨に適用してその精度検証を行う。

2. 学習モデルの構築

本稿では、セマンティックセグメンテーションのアルゴリズムの一つである U-Net³⁾を用いた。画像の入力サイズは、320×320pixel とし、出力層は Sigmoid 関数を用いた。最適化関数には Adam、学習のバッチサイズを 16、エポック数を 200 回とし、学習済みモデルを作成した。

学習済みモデルによる水面領域の抽出を図 1 に示す。

精度の評価は、画像の重なり割合を表す指標である IoU を用いた。

3. データセットの構築

3.1 画像の収集およびマスク画像の作成

東北地方に設置されている河川監視カメラ 39 台、中国地方に設置されている河川監視カメラ 10 台を対象とし、平常時や増水時等の静止画を 7,789 枚収集した。夜間については、投光器等で河川の水面が目視で確認できるカメラ画像を対象としている。

本稿では、河川の水面領域とそれ以外の領域を識別することとし、著者らが手作業でマスク画像を作成した。

3.2 データセットの作成

収集した画像を、ランダムに学習データおよび検証データに分割した。学習データは 7,669 枚、検証データは 120 枚とした。さらに、汎用性を高めるため、学習データに対して鏡像反転、ランダムクロップ、ノイズ処理のデータ拡張を行った。

精度検証に用いるテストデータは、令和4年7月豪雨で増水または越水が発生した東北地方の河川監視カメラ 3 台を対象とした。

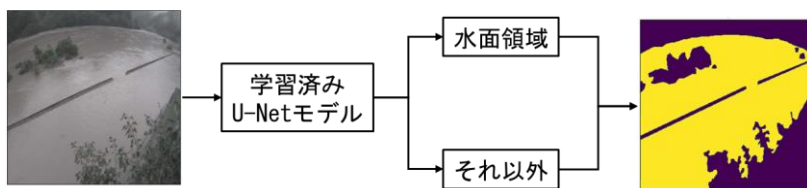


図 1 学習済みモデルによる河川の水面領域の抽出

4. 結果

作成したデータセットに U-Net を適用し、学習済みモデルを作成した。図 2 に学習曲線を示す。

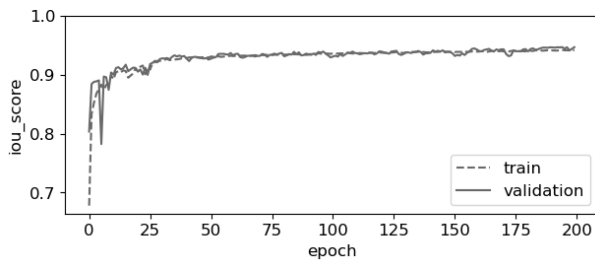


図 2 学習曲線 (IoU)

作成した学習済みモデルに検証データを適用した結果、mIoU は 0.918 と高い精度が得られた。検証データにおける抽出結果を図 3 に示す。投光器等で水面が目視できる夜間時も水面を抽出することができた。降雨時において、河川監視カメラの一部に水滴が写っている場合においても概ね水面を抽出することができた。また、増水時においても高い精度で抽出することができた。

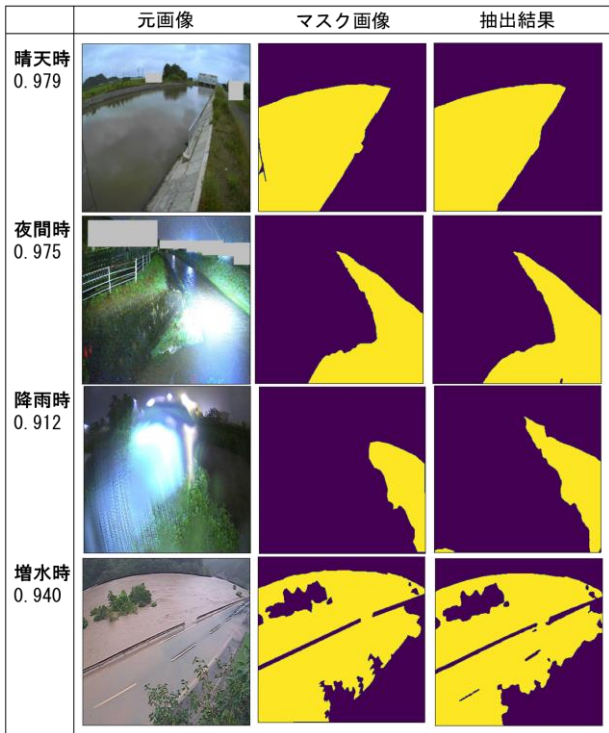


図 3 検証データにおける抽出結果

次に、テストデータを用いて精度検証を行った。テストデータにおける抽出結果を図 4 に示す。3 台の河川監視カメラ画像を用いて精度検証を行った結果、平常時、増水時とも高い精度で水面を抽出することができた。夜間時や降雨時においても高い精度で水面を抽出することができた。

5. まとめ

本稿では、著者らが開発を進めている河川の水面領域の抽出手法に、新たに増水時や越水時等の学習データを追加し、令和 4 年 7 月に発生した宮城県豪雨に適用してその精度検証を行った。その結果、平常時、増水時とも

高い精度で抽出することができた。また、降雨時や夜間、カメラの一部に水滴がついている場合においても高い精度で抽出することができた。

今後、さらに増水時、越水時等の画像や複数の河川監視カメラ画像を学習データに追加することで、より精度が向上すると考えられる。

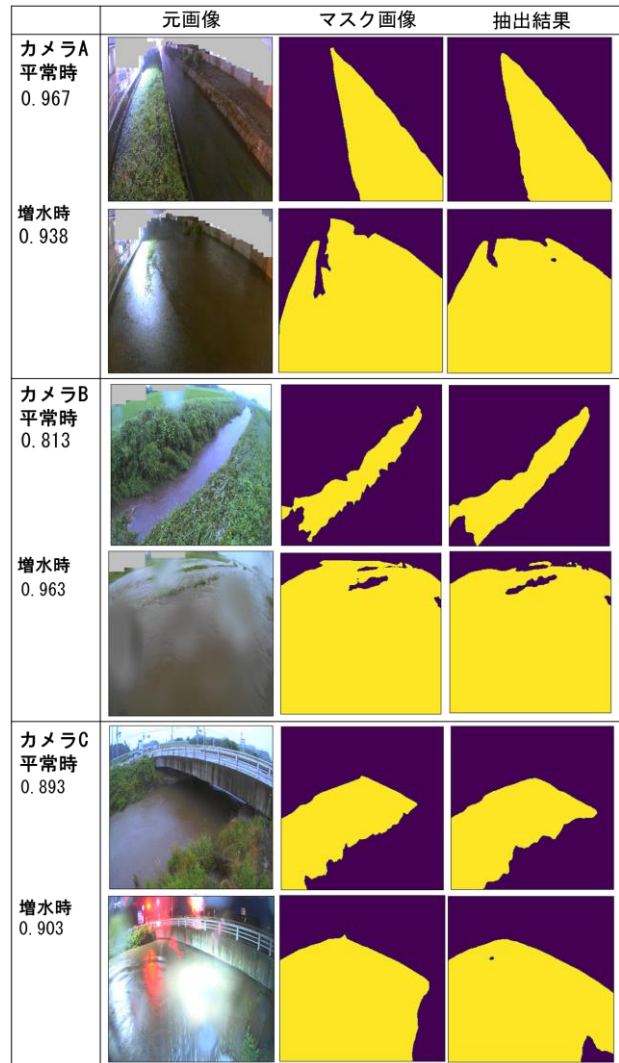


図 4 テストデータによる結果

謝辞

本研究は、東北大学災害科学国際研究所・災害レジリエンス共創センター「2022 年災害レジリエンス共創研究プロジェクト」の一環で実施している。

本研究で利用した河川監視カメラ画像の一部は、東北地方整備局よりご提供いただいたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省報道資料, <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001329991.pdf>.
- 2) 上岡洋平, 浜田秀敬: Deep Learning を用いた簡易型河川監視カメラ画像における越水検知の検討, 地域安全学会梗概集, No.50, 2022.
- 3) Olaf Ronneberger, Philipp Fischer and Thomas Brox: U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, arXiv:1505.04597, 2015.

地震火災時の広域避難シミュレーションに基づく 逃げ惑いリスク評価の試み

Risk Evaluation of Evacuation Failure
with Wide-area Evacuation Simulation in Post-Earthquake Fire

○鈴木 雄太¹, 糸井川 栄一²

Yuta SUZUKI¹ and Eiichi ITOIGAWA²

¹ 国立研究開発法人建築研究所
Building Research Institute

² 筑波大学 名誉教授
Professor Emeritus, University of Tsukuba

This study is an attempt to quantitatively evaluate the risk of evacuation failure in multiple simultaneous fires after a large earthquake, which is exposed to danger mainly in high-density wooden residential areas, with an evacuation guidance simulation model already developed by the authors. We verified whether it is possible to reach the evacuation site for multiple evacuees who start evacuating on different routes against the fire points generated stochastically in a virtual urban area targeting the evacuation zone of Ohi Racecourse and Shinagawa City Park.

The evacuation risk against the specific regional distribution of fires was quantified by aggregating the results of wide-area simulation evacuation.

Keywords: Post-Earthquake fire, multiple simultaneous fires, evacuation risk, evacuation simulation

1. はじめに

(1) 地震火災による逃げ惑い

東京都を代表とする我が国の大都市には、火災に脆弱な木造住宅密集地域が広く分布しており、大地震直後には常設消防機関の消防力を超える同時多発的な火災（以下、地震火災）が発生し、甚大な人的・物的被害が生じるとされている。東京都が公表した「首都直下地震等による東京の被害想定」¹⁾では、火災による死者数は最大ケースで2,482人と想定されており、揺れによる建物倒壊に次ぐ人的被害の主要因となっている。

加藤²⁾は地震火災の課題を整理する中で、火災による被災過程の支配的な要因として、延焼拡大時に避難途上で被災する逃げ惑いを挙げている。地震火災の出火は確率現象であるため、出火点の地域分布（以下、出火分布）に応じて大量の人的被害が生じる可能性を指摘している。実際に、筆者らの既報³⁾では、地域と避難場所を結ぶ避難経路が急速に途絶する出火分布を確認している。また先行研究では、マルチエージェントモデルによる広域避

難シミュレーションを実施し地震火災時の避難リスクを評価しており²⁾、低頻度ではあるものの、大量の死者が発生するケースが確認されている。しかしながら、どのような出火分布の時に逃げ惑いの被害が増大するのかについて、十分に明らかにされていない。

(2) 避難限界期を考慮した避難誘導の必要性

地震火災時には、初期消火活動や避難行動要支援者等の避難支援に実施による被害の軽減が期待されている。また、地震火災の拡大速度は避難速度と比較して遅く、避難に支障のある時間まで地震後数時間の猶予があることが想定でき、こうした活動を十分に実行することが可能である。一方で、延焼拡大によって脆弱な経路から次第に閉塞していくため、いずれ避難の安全性が担保されなくなり、前節の逃げ惑いによって大量の被災者が生じてしまうことが考えられる。本研究では、このような避難の安全が担保されない時期を「避難限界期」と呼び、避難が不能となる最遅避難時間⁴⁾と同様に、避難安全上重要な時間的指標と位置付けている。

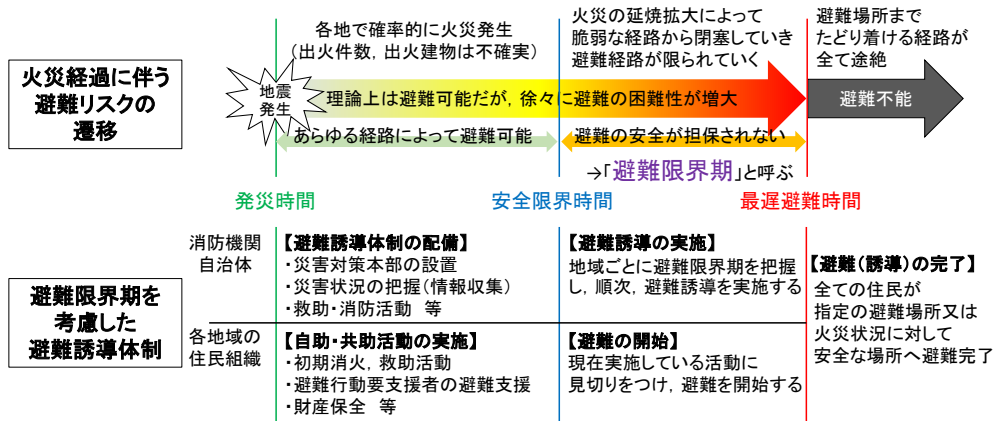
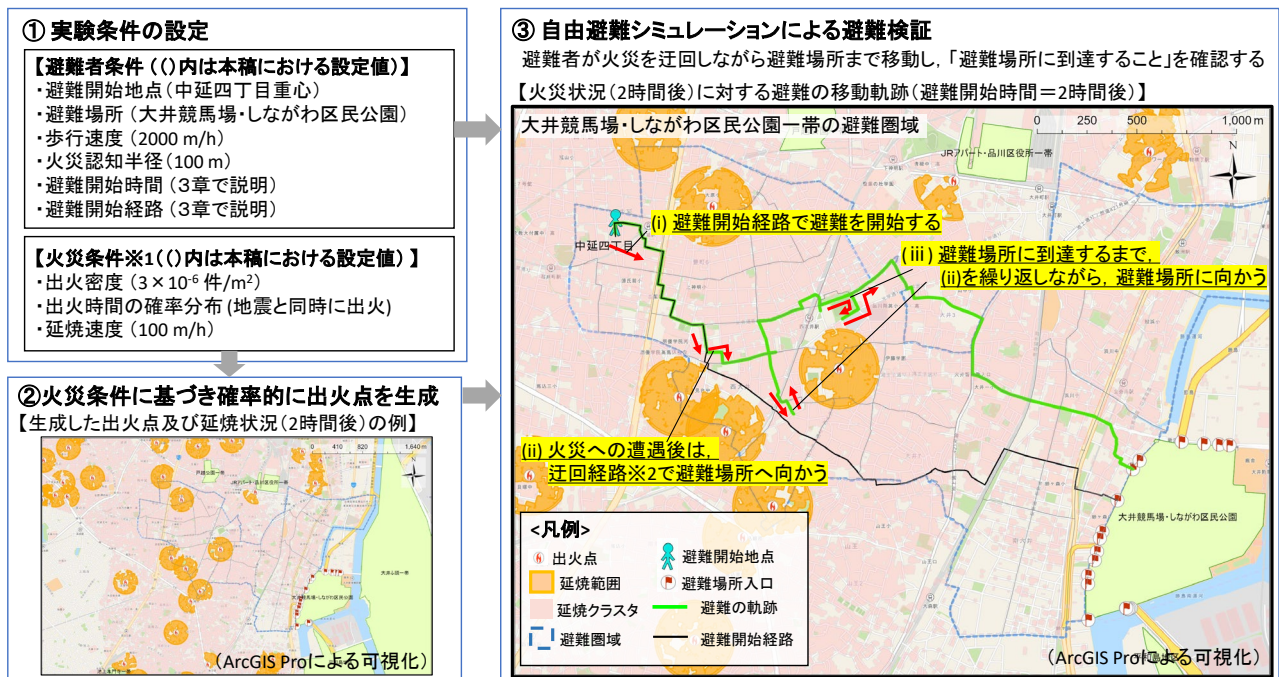


図1 本研究で目標とする「避難限界期」を考慮した避難誘導體制のイメージ



※1 市街地の建物データに基づいて作成した延焼クラスター⁴⁾上等速・同心円状に延焼するモデルを採用
 ※2 迂回経路は、避難者からの道路距離が火災認知半径以下の閉塞リンク及び過去に認知した閉塞リンクを迂回する最短経路

図2 自由避難による広域避難シミュレーションの流れと実験条件

以上のように、最遅避難時間を上限とした避難限界期を考慮した住民組織の活動体制が重要である。しかしながら、最遅避難時間及び避難限界期は、住民個人が認知可能な各地域の局所的な火災状況のみで把握することは困難である。これらを求めるには、近隣地域を含め広域な火災を俯瞰し、避難場所までの到達可能性を評価する必要がある。そのため、住民通報等によって火災情報を収集・集約でき、火災状況の全体像を把握可能な消防機関及び各基礎自治体主導の避難誘導体制 (図1) が必要であり、その体制づくりが喫緊の課題である。

(3) 研究目的

避難限界期を考慮した避難誘導体制には、出火分布に対して避難限界期を求める手法が必要であり、避難限界期を判定するための逃げ惑いリスク指標の開発が第一課題である。そこで本研究では、筆者らが開発したリアルタイム避難誘導シミュレーション³⁾を応用し、特定の出火分布に対する逃げ惑いリスクの定量的評価を試みる。

(4) 逃げ惑いリスク評価の方針と本研究の適用条件

まず、本研究における逃げ惑いリスク評価の方針を示す。本研究では、逃げ惑いリスクについて、避難者が現在地及び避難場所の位置を常に把握できることを前提として、どのような経路で避難を開始したとしても、避難場所に到達できる可能性を広域避難シミュレーションによって評価・検証を行う。現在、延焼が拡大した状況下の住民の避難行動性状は科学的に明らかにされていない。そのため、特定の避難行動のみならず、あらゆる経路選択に対して避難安全を担保することが重要である。

本研究では、避難者は避難場所までの経路及び避難途上の現在地に関する土地鑑を十分に有しているものとし、火災による道路閉塞以外の要因によって避難場所及び経路を見失わないことを仮定している。したがって、本研究の逃げ惑いリスクを避難誘導の実施判断に適用するには、避難訓練等を通じて、避難圏域の至る地点から避難場所までの経路を逐次認識できるように住民の空間認知能力等を養う必要がある。この前提は、本研究のみならず

ず、地震火災のように発災時に有効となる避難経路が不確定な災害において、極めて重要な問題と言える。

2. 広域避難シミュレーションの概要

(1) リアルタイム避難誘導シミュレーション

本稿では、筆者らがこれまでに開発したリアルタイム避難誘導シミュレーションモデルを応用し、逃げ惑いリスクの評価を行う。本章ではシミュレーションモデルについて簡単に紹介する。本シミュレーションモデルは、東京都23区の市街地及び避難圏域データをベースとし、地震後の同時多発火災の再現、火災情報の収集過程、避難誘導情報の導出・伝達及び避難誘導に従う避難行動の安全検証を行うシミュレーションモデルである。

(2) 自由避難シミュレーションによる避難検証の流れ

本シミュレーションにおける避難者は、局所的な火災情報のみを認知し、「自由避難」と呼ぶ目前の火災のみを迂回しながら避難場所へ移動する避難行動を採用している。そのため、避難開始時や避難途上において、避難経路や避難開始時間等の避難情報を与えることの効果を評価することができる。本研究では、この自由避難シミュレーションを利用することで、避難者は火災を避けながら最終的に避難場所へ到達可能であるかを検証する。

図2に、自由避難による広域避難シミュレーションの流れと実験条件を示す。本稿では、既報³⁾と同様に、大井競馬場・しながわ区民公園一帯の避難圏域を対象とし、中延四丁目重心における逃げ惑いリスクを評価する。はじめに、避難者属性 (避難開始地点、歩行速度等) 及び火災条件 (出火密度、延焼速度等) を設定する。その後、火災条件に基づき耐火造以外の建物重心に確率的に出火点を生成する。各出火点を中心として、火災が延焼拡大する。各道路は、火災が到達した時点で閉塞する。この市街地上で、避難者属性を反映した避難者を自由避難させ、避難場所に到達できるか、到達する前に避難場所までの経路が途絶えるかを検証する。避難場所に到達できた場合に避難成功、そうでない場合に避難失敗とする。

以上の流れによって、確率的に生成した出火分布の1ケースに対して、ある特定の避難開始時間・避難開始経路による避難成功・避難失敗を評価できる。

3. 逃げ惑いリスク評価の試み

(1) 逃げ惑いリスクの評価手法の概要

(a) 候補避難経路セットを用いた避難開始経路の設定

1章において、逃げ惑いリスク評価の方針として、どのような経路で避難を開始しても避難場所に到達できることを逃げ惑いに対する安全性とすることを述べた。その具体的な手法として、既報³⁾で抽出した「候補避難経路セット」と呼ぶ避難開始地点と避難場所を結ぶ互いに異なる避難経路群の各経路を「避難開始経路」として設定し、それぞれの避難開始経路において、最遅避難時間に対してどの程度遅くまで避難が可能なのかを検証する。図3は既報の手法で構築した候補避難経路セットをGIS上に可視化した図である。経路長や移動方向が異なる様々な種類の避難経路が含まれている。

ある1ケースの出火分布に対して、多くの避難開始経路においてより遅くまで避難成功するのであれば、その出火分布に対する逃げ惑いリスクが低いと考えられる。

(b) 避難開始経路別の安全限界時間比の算定

本稿では、避難開始時間の遅れに対して、確実に避難可能とはいえない避難開始経路の割合（以下、避難失敗率）によって、逃げ惑いリスクを評価する。そこで、避難開始経路別に、確実に避難可能といえる限界時間を求める必要がある。この限界時間は、確実に避難不能となる最遅避難時間と密接な関係があることから、最遅避難時間に対する相対比（最遅避難時間比）によって評価することとし、この限界時間の最遅避難時間に対する比を「安全限界時間比」と呼ぶ。図4に安全限界時間比の算出方法の例を示す。

確率的に生成した出火分布、避難者属性及び火災条件を所与として最遅避難時間を求めることができる。⁵⁾避難開始時間における最遅避難時間比が0.1間隔で0.0から1.0になるように避難開始時間を設定する。

各候補避難経路を避難開始経路として各避難開始時刻に避難を開始する避難者について、自由避難シミュレーションによる避難検証を行う。その後、避難開始経路別に、「最後に」避難成功となった避難開始時間の最遅避難時間比 $\alpha_{s,i}$ と「初めて」避難失敗となった避難開始時間の最遅避難時間比 $\alpha_{f,i}$ の平均値を安全限界時間比 $\alpha_{l,i}$ とする（ i は避難開始経路の番号）。

ここで、図4の例における「避難開始経路2」のように、安全限界時間比よりも後に避難を開始し、避難成功となった状況（避難開始時間=2.8[h]）を安全限界時間比の算定に考慮しない理由を説明する。本シミュレーションでは、避難開始時間に応じて、避難途上における火災の延焼拡大状況も異なり、同じ避難開始経路でも火災への遭遇状況や遭遇後の経路選択も異なる。避難開始時間が遅いほど、火災の延焼拡大も進んでいるため、避難開始が遅いほど避難場所への到達可能性は期待値的には低下する。一方で、本研究のように特定の出火分布1ケースを対象とする場合、延焼拡大した火災を迂回した先が偶然的に安全な経路となり、 $\alpha_{f,i}$ よりも避難開始が遅い場合において避難が可能となることがある。本研究の安全限界時間比は確実に避難可能といえる限界時間を意味するため、避難の成功が偶然であることをなるべく排除する必要がある。そこで、連続して避難が成功した時間帯のみを確実に避難可能な時期として考慮することで、なるべく安全側に安全限界時間比 $\alpha_{l,i}$ を設定することとした。

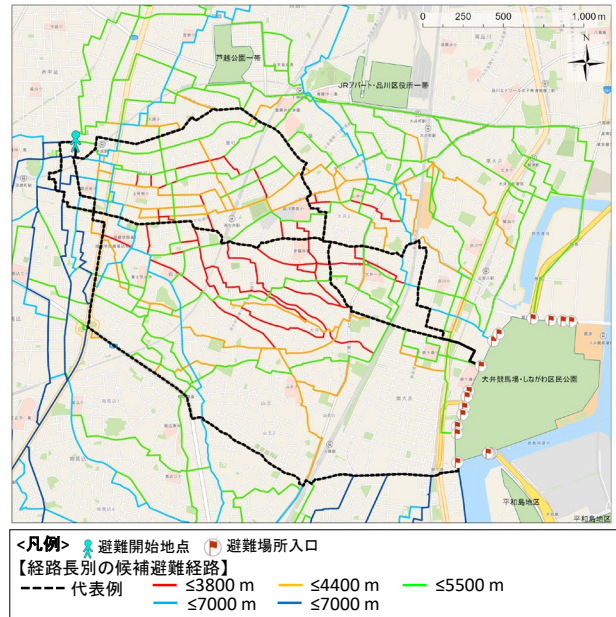


図3 避難開始経路に用いる候補避難経路セット

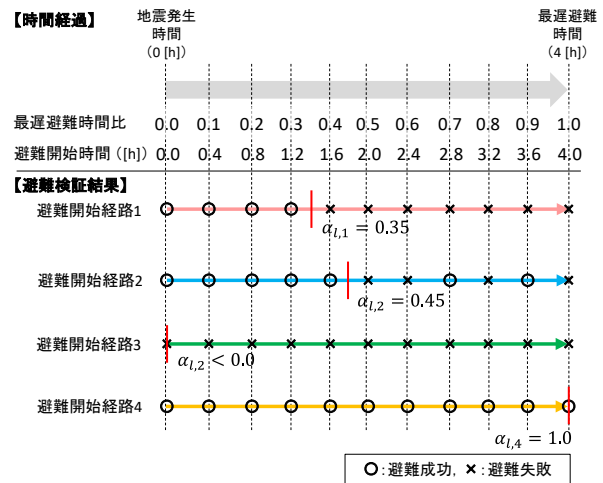


図4 最遅避難時刻比に基づく避難開始時間の設定及び安全限界時間比 $\alpha_{l,i}$ の算定方法の例

以上より、全ての避難開始時間で避難失敗若しくは避難成功となったケース（図4中、「避難開始経路3」及び「避難開始経路4」）の扱いを考慮すると、安全限界時間比は次式で算定できる。

$$\alpha_{l,i} = \begin{cases} 1 & \dots (\alpha_{s,i} = 1.0) \\ \frac{(\alpha_{f,i} + \alpha_{s,i})}{2} & \dots (\alpha_{s,i} < 1.0, \alpha_{f,i} > 0.0) \\ \text{負の値} & \dots (\alpha_{f,i} = 0.0) \end{cases}$$

(c) 最遅避難時間比に対する避難失敗率の評価

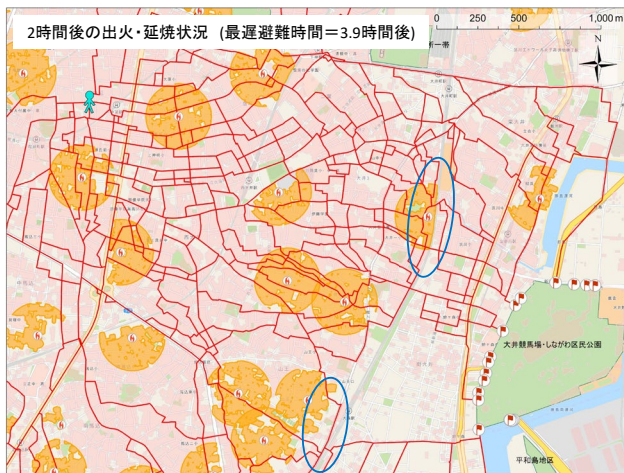
各最遅避難時間比よりも安全限界時間比 $\alpha_{l,i}$ が低い経路の割合を集計することで、各避難開始時間の最遅避難時間比 α (0.0~1.0)の避難失敗率 $R(\alpha)$ が求められる。

$$\text{避難失敗率 } R(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i(\alpha)}{N}, \quad \delta_i(\alpha) = \begin{cases} 1 & \dots (\alpha_{l,i} < \alpha) \\ 0 & \dots (\alpha_{l,i} \geq \alpha) \end{cases}$$

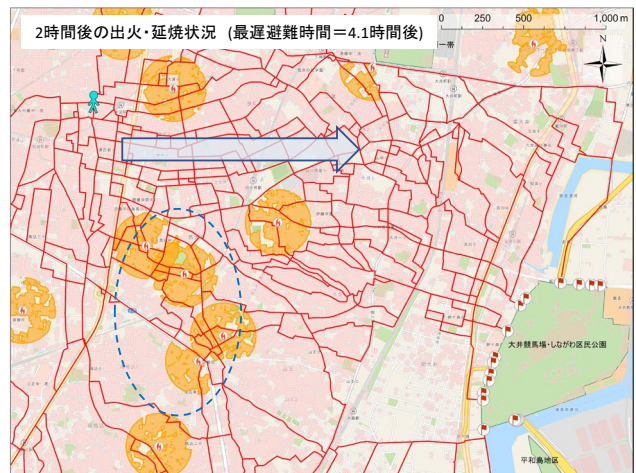
$\alpha_{l,i}$: 候補経路*i*で避難する場合の安全限界時間比

N : 候補避難経路の総数 ($N = 55$)

避難失敗率は、候補避難経路セットから無作為に避難開始経路を選択したときに避難が失敗する確率と解釈で



(ケース1)



(ケース2)

図5 ケーススタディの2ケース間における出火分布及び延焼状況の比較（地震発生2時間後）

きる。一方で、実際には避難開始経路の選択確率は経路毎に異なり、経路長や避難方向、見通し等によって一部の経路に偏っていると考えられる。そのため、現実の避難失敗“確率”を評価した値ではなく、避難失敗率の高低による絶対評価には殆ど意味がない。今後、何らかの基準に対する相対比較による評価や経路の選択確率によって重みづけを行う手法等の検討余地が残されている。

(2) ケーススタディ

最後に、本評価手法のケーススタディとして、最遅避難時間が4時間程度と同様でありながら、避難失敗率が高い出火分布（ケース1）と低い出火分布（ケース2）について比較を行う。

図5に2ケース間の出火分布及び延焼状況の比較をGIS上に可視化した図を示し、定性的な観察を行う。ケース1では、避難者と避難場所の間で広範囲に満遍なく出火点が存在している。加えて、図6中の実線丸枠部分のように、避難場所に繋がる道路付近に出火点が集中しており、これらの道路が閉塞する前に通過しなければ、避難失敗に陥りやすいと考えられる。ケース2では、避難者と避難場所の間に出火点は少なく、南西部分に集中して分布している（図6中の破線丸枠部分）。そのため、図6中の矢印部分のように避難場所までの経路が開けており、比較的容易に避難ができると考えられる。

次に、図7に2ケースの避難開始時間に対する避難失敗率の推移を示す。実験値をマーカーでプロットし、避難失敗率についてワイブル分布でモデル化した推定値を破線で示している。実験値は、ケース2のように滑らかではないケースも多く、モデル化した値と比較すると容易に理解できる。ケース1では最遅避難時間比が小さい段階から、避難失敗率が上昇し、最遅避難時間比=0.5の段階で避難失敗率=1.0に達している。一方で、ケース2では、避難失敗率は緩やかに上昇し、最遅避難時間比=0.7を超えた辺りから急に上昇している。以上のように、可視化した出火分布から読み取れる避難の困難さに一致した避難失敗率が確認できる。

可視化した出火分布では容易に読み取れない特徴として、ケース2において、最遅避難時間比=1.0に近づくほど、避難失敗率が急に上昇する点を挙げる。この避難リスクの非線形性な上昇が地震火災時において、避難の遅れや逃げ惑いに繋がる一要因と考えられる。この現象を本手法によって定量化可能であることは、安全な避難誘導対策を検討する上で有用な示唆であると言える。

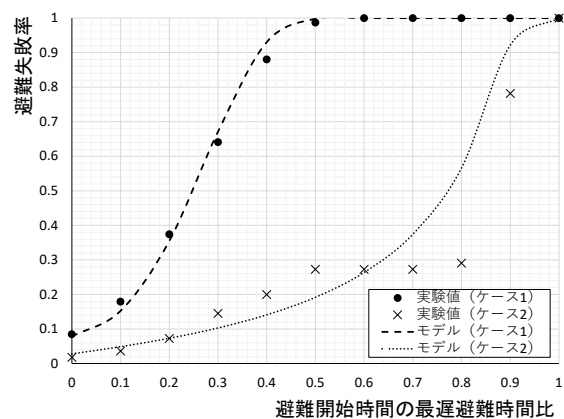


図6 避難開始時間に対する避難失敗率の推移

4. 結論と今後の展望

本研究では、特定の出火分布に対する逃げ惑いリスクについて、広域避難シミュレーションを用いた評価を試みた。結果、あらゆる方向への避難検証を集計することで、避難失敗率によって逃げ惑いリスクを定量化できた。今後は、本手法を基礎として、避難限界期を導出する手法の構築を行っていく。

謝辞

本研究は科研費（21K20454）の助成を受けたものである。また、本研究のシミュレーションプログラムは、総務省消防庁消防防災科学技術研究推進制度による「地震火災時の不完全な覚知火災情報に基づくリアルタイム避難誘導支援に関する研究」で開発したものがある。

参考文献

- 1) 東京都：首都直下地震等による東京の被害想定，東京都防災ホームページ，<https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/taisaku/torikumi/1000902/1021571.html>。（最終閲覧日：2022年9月26日）。
- 2) 加藤孝明：大都市の地震火災の危険性とその対策課題，日本地震工学会，日本地震工学会論文集，第16巻，第5号，pp.22-32，2016。
- 3) 鈴木雄太，糸井川栄一：地震火災時の不完全情報下における最遅避難時刻の不確実性を考慮した避難安全限界時期のリアルタイム判定に関する基礎的検討，地域安全学会，地域安全学会論文集，No.39，pp.279-189，2021。
- 4) 鈴木雄太，糸井川栄一：同時多発火災の避難限界期に残存する複数避難経路の抽出，地域安全学会，地域安全学会梗概集，No.50，pp.95-98，2022。
- 5) 金井淳子，梶秀樹：大震災時の火災時による道路閉塞を考慮したリアルタイム避難誘導のための避難開始時刻決定に関する研究，地域安全学会論文集，No.4，pp.25-30，2002。

気候変動に向けた地域の取り組みに向けたワークショップの実施 Conducting Workshops for Local Initiatives in Climate Change

○近藤 伸也¹, 佐々木 良馬²
Shinya KONDO¹ and Ryoma SASAKI²

¹ 宇都宮大学 地域デザイン科学部
School of Regional Design, Utsunomiya University
² 前 宇都宮大学地域デザイン科学部
School of Regional Design, Utsunomiya University

A major global problem is the occurrence of disasters due to climate change. One approach to climate change that makes use of nature is EbA (ecosystem-based adaptation to climate change). Specific examples of EbA include rice paddy dams and green dams. However, the cooperation of local residents is essential for these efforts, and it is important to build consensus with them. The purpose of this study is to extract issues of local efforts toward climate change from advanced cases, and to analyze points to be noted in order to improve the understanding of local residents and to build consensus by conducting a residents' workshop.

Keywords : climate change, ecosystem-based adaptation, workshop, Nasushiobara city

1. レイアウト

地球規模の大きな問題として、気候変動が挙げられる。近年、日本各地で発生している多くの風水害は気候変動の影響によるものが多いと考えられる。またこれらの被害がさらに深刻化する恐れがあるとして、2018年には環境省により気候変動適応法が策定され、気候変動への本格的な対策が進められている。

自然を活用した対策には、NbS(自然を活用した解決策)というものがあり、その中でも気候変動に対する取り組みがEbA(生態系を利用した気候変動適応)とされている。これらの対策は自治体単位でも始まっており栃木県那須塩原市でもEbAの導入が検討されている。

EbAの具体的な事例としては、田んぼダムや緑のダム等が挙げられるが、これらの取り組みには地域住民の協力が必要不可欠であり、地域住民と合意形成を行うことが重要となる。本研究では、気候変動に向けた地域の取り組みの課題を先進事例から抽出し、住民ワークショップを行うことで、地域住民の理解向上と、合意形成のための留意点を分析することを目的とする。

表1 聞き取り調査先と主な調査内容

調査先	調査内容
那須塩原市危機対策班	那須塩原市での災害発生時の対応について 内水氾濫におけるハザードマップ・避難ルートの設定状況について 地域住民とのかかわりについて
那須塩原市農林整備課	森林整備の状況について 農家とのかかわりについて
那須塩原市森林組合	森林整備の状況について 森林所有者とのかかわりについて 森林の所有形態について
新潟県農村環境課 新潟市農村整備・水産課 亀田郷土地改良区	田んぼダム事業を開始した背景について 田んぼダムの仕組みについて 田んぼダム事業における課題について 農家とのかかわりについて

2. 英文論文への適用

本研究の対象地域は栃木県那須塩原市とする。想定する気候変動に向けた取り組みは、EbAとなる田んぼダムと緑のダムとする。

那須塩原市の現状とEbA導入時に発生する課題を把握するため、那須塩原市の関係組織と、田んぼダムの先行事例として新潟県で聞き取り調査を行う。

聞き取り調査の結果をもとに、ワークショップのテーマを設定し、那須塩原市民を対象としてワークショップおよびアンケートを実施し、成果物から留意点の分析を行う。聞き取り調査先と主な調査内容は表1の通りである。

3. 聞き取り調査結果

聞き取り調査により抽出した課題は以下のとおりである。(一部抜粋)

(1) 那須塩原市聞き取り調査

- ・外水氾濫におけるハザードマップは設定されているが内水氾濫におけるハザードマップ、災害時の避難ルート等は具体的に設定されておらず、災害時は地域住民各自の判断で避難を行う。
- ・森林の所有者が代交代で若い世代になっていくほど、森林整備に関心がなくなる傾向にある。
- ・地域住民が森林整備について知る機会が少ない。

(2) 新潟県聞き取り調査

田んぼダム事業においては田村ら³⁾の研究より、取り組む農家にメリットがないこと、取り組みを継続していくために行政からの公的支援が必要であることが課題として挙げられている。聞き取り調査により新たに抽出した課題は以下のとおりである。

- ・比較的強い雨が降った際に効果を発揮するものであるため、農家がモチベーションを保ちづらい
- ・田んぼダムに取り組む農家と地域住民とのやり取りがあまりない。

4. ワークショップの設計

聞き取り調査からの課題抽出を踏まえ、以下のようなワークショップを設計した。

那須塩原市において内水氾濫のハザードマップおよび避難ルートが設定されておらず、避難の判断が地域住民に委ねられるという現状を鑑み、まず演習 1 として災害時の避難ルートの選定についての演習を行う。この演習においては、災害発生時の判断能力の向上だけでなく、災害リスクを理解することで EbA の重要性を感じてもらおうともねらいとしている。

演習を円滑に進めるために、はじめに自己紹介と各グループのリーダーの決定を行う。演習では資料として那須塩原市の地形に仮定の災害リスクを設定した想定マップを作成し、それをを用いることとした。具体的なリスクとして、浸水によって内水氾濫実績のあるエリアのほか、自動車の水没等が懸念される農地やアンダーパスを設定した。その他の条件設定として、スタート地点、避難場所、家族構成を設定し、それらの条件を考慮した避難ルートを考えてもらう、判断理由を付箋、ホワイトボード等にまとめ、想定マップにグループの最終的な避難ルートを書き込んだ状態で最後に全体での共有を行う。演習で用いる資料を図 1 に示す。



図 1 演習 1 想定マップ

演習 2 では EbA の合意形成についての演習を行う。この演習では、EbA の利点と導入した際に発生する課題について理解してもらうこと、実際に EbA を導入した地域住民の立場になって考えてもらうことを目的とする。合意形成については、取り組みを継続することで効果を発現するという EbA の特性を踏まえ、EbA を継続していくために地域住民として協力できることをテーマに議論を行わせることとする。想定する EbA は田んぼダムと緑のダムとする。

EbA については、ワークショップ参加者に事前知識のない人が多いことが想定されるため、グループによる議論を行う前に講師より 10 分程度で EbA について説明を行う。また、演習方法については、個人で考えたアイデアを付箋で張り出し、グループで共有してもらうが、アイデアを出すためにヒントとして先行研究と新潟でのヒアリング調査より明らかとなった取り組みを参考とした 6 項目と「その他」を提示した。提示した項目は(1)費用や作業の負担軽減方法、(2)感謝の気持ちを伝える方法、(3)取り組みを知ってもらう方法、(4)取り組みの意義を感じる方法、(5)効果をわかりやすくする方法、(6)管理者のメリットである。

5. ワークショップの実施

設計した内容をもとに、令和 4 年 1 月 8 日に那須塩原市役所会議室にて那須塩原市民 21 名を対象にワークシ

ョップを実施した。

演習 1 についてはどのグループにおいても、設定した内水氾濫リスクを考慮し、危険を避けた判断を行うことが出来ていた。また、設定条件以外にも、時間帯や避難行動を考慮した判断も見られた。

演習 2 では、新潟県等での先行事例に似た取り組みの他に、先行事例にない新しい取り組みが見られた。ここでは先行事例にない新しい取り組みに関する意見を一部抜粋して掲載する。

- ・非農家の人に体験農業をしてもらう
- ・ボランティア協議会を設ける
- ・近隣とのコミュニケーションを深める
- ・生き物調査等で地域の実態を知ってもらう
- ・収穫感謝祭(芋煮会等)を開催し農作業の楽しさを感じてもらおう
- ・子供たちに学校で田んぼ、森林の教育を行う

新しく抽出した意見については、地域住民を主体とした取り組みや EbA には直接関係の無い取り組みから関係を築こうというものが多かった。この結果は、今回のワークショップの参加者が EbA について事前知識のない一般の地域住民であることに起因すると思われる。また、先行事例と比較して子供に向けた取り組みが多く見られたことから、行政主導の取り組みよりも地域住民による取り組みのほうが、若い世代を取り入れやすいのではないかと考える。

6. アンケートによるワークショップ評価

ワークショップ終了後に、演習の評価のためのアンケートを行った。参加者 21 名のうち、18 名から有効回答を得た。各演習の満足度について 0 を最低点、10 を最高点として 10 段階評価を行った結果、演習 1 の平均値が 7.9 点、演習 2 の平均値が 8.0 点となり、両演習において高い満足度が見られた。他の質問項目より、グループで考えを共有しながら演習に取り組めた参加者や、他のメンバーから新たな知識を得られた参加者が多かったことが分かっており、これらが高い満足度が得られた要因であると考えられる。

7. まとめ

本研究では、ヒアリング調査より、那須塩原市で EbA に取り組む際の課題について、若い世代になるほど森林整備に関心がない、田んぼダムにおいて地域住民の参入がない、農家のモチベーションが保ちにくいといった理由から、取り組みの継続が難しいことが課題として挙げられた。これらの課題の解決をテーマに住民へのワークショップを行った結果を踏まえ、今後の取り組みの留意点として(1)地域住民に対して取り組みを開始する段階で周知を図ること、(2)収穫祭や自治会イベント等の地域住民を主体とした取り組みをから EbA の取り組みの周知を図ること、(3)小中学校等の教育機関での体験学習などを通して若い世代への教育と地域と管理者との交流の機会を図ることの 3 つを提案した。

参考文献

- 1) 環境省:気候変動適応法 概要,2018.
- 2) 田村孝浩ほか.”田んぼダムの普及に向けた農家の参画拒否と公的支援に関する研究 “.農村計画学会誌:37 巻論文特集号,2018,p.190-195
- 3) 堀公俊,加藤彰.ワークショップ・デザイン:知をつむぐ対話の場づくり.日本経済新聞出版社,2008,239

日本全国を対象にした新しいVs30マップを用いた 地震動強さの推定精度について

Estimation Accuracy of Strong Motion Indices using Updated Vs30 Map in Japan

○松岡 昌志¹, 桑原 光平², 橋本 光史³

Masashi MATSUOKA¹ Kohei KUWABARA² and Mitsufumi HASHIMOTO³

¹ 東京工業大学 環境・社会理工学院

Department of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

² 損害保険料率算出機構

General Insurance Rating Organization of Japan

³ 株式会社構造計画研究所

KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

Kuwabara et al. (2021) used a larger number of geographic indices than before and also used a machine learning method to create a nationwide map of Vs30 (average S-wave velocity of the ground to the depth of 30m), one of the indices used to easily evaluate the amplification of the ground during earthquake motions. In this study, we estimate strong-motion indices (PGA, PGV, and seismic intensity) of 14 earthquakes from 2004 to 2022 using K-NET and KiK-net strong-motion observation records and the Vs30 map, and compare them with those of JMA strong-motion observation sites that were not used in the calculation.

Keywords : PGA, PGV, Seismic intensity, Vs30, QuiQuake, Machine learning

1. はじめに

過去の地震被害の多くは地震動の主要動部分を構成するS波により説明できることから、対象地点の表層地盤のS波速度構造が既知の場合には、下方から鉛直入射するS波の重複反射により、地盤の増幅特性を解析的に計算することができる。しかし、表層地盤のS波速度構造がわかっている地点は非常に限られているため、日本全国の地盤の増幅特性を網羅的に評価するためには、深さ30mまでの地盤の平均S波速度 (Vs30)¹⁾等を使った簡略的な指標に頼らざるを得ない。

QuiQuake²⁾やJ-SHIS³⁾, 確率論的地震動予測地図⁴⁾に用いられているVs30マップは、Matsuoka et al. (2006)⁵⁾にて提案した重回帰分析による経験式に基づいている。しかし、PS検層データ数が限られていたこともあり、設定した重回帰式が最適かどうかは不明であった。このような背景から、桑原ら(2021)⁶⁾は、機械学習手法を用いることにより、PS検層データの拡張をした上で、日本全国で利用可能な地形・地理的特徴量を数多く用いることで、既往の重回帰式よりも精度がよいVs30マップを提案している。

そこで、本報では、機械学習手法にて作成した新しいVs30マップ⁶⁾を用いて推定した地震動強さの指標値の推定精度について評価した。

2. Vs30マップ

Vs30を面的に拡張する際、広域的に入手できる地盤情報である地形図や地質図を用いて、地盤の傾斜度から⁷⁾, 地質区分から⁸⁾, 傾斜度と地質区分の両方から⁹⁾, Vs30マップを作成する経験式が提案されている。そして、地質区分が完新統の地盤であっても、河成と海成、また、粘性土系と砂質土系とは異なる地盤特性を示すことから、

Matsuoka et al. (2006)⁵⁾では、地盤情報として主に地形区分を使ってVs30マップを作成している。

以上のように、これまでのVs30マップの作成は地盤の堆積環境を背景にした回帰式の利用が一般的であったが、桑原ら(2021)⁶⁾は近年注目されている機械学習手法を用いて、深さ30m未満のデータからVs30を推定することでPS

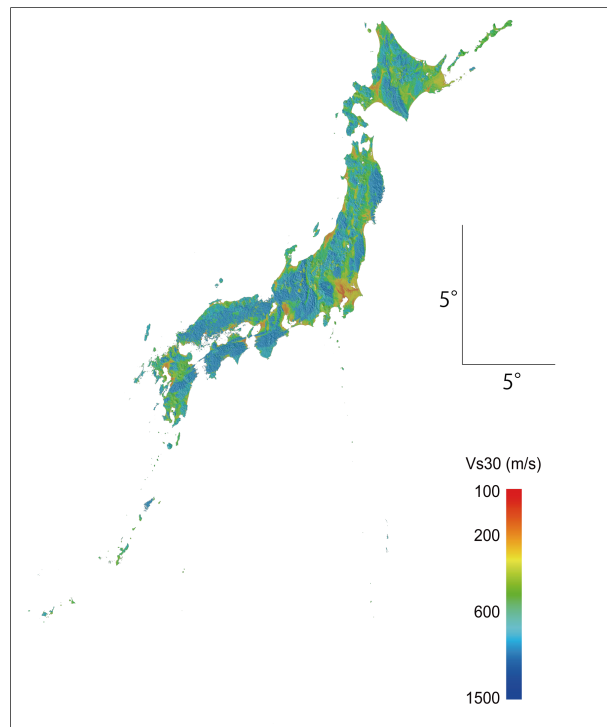


図1 Vs30マップ⁶⁾

検層データ数の増強を行い、さらに、Vs30の推定に寄与すると考えられる地形・地理に関する説明変数からVs30マップの推定モデルを構築している。図1に微地形区分、表層地質、傾斜角、標高、山地からの距離、河川からの距離、海岸からの距離を説明変数としたランダムフォレストのモデルにより作成した250mメッシュの新しいVs30マップを示す。既往の回帰式のRMSE（対数）が0.167なのに対し、ランダムフォレストによるRMSE（対数）は0.143と向上している⁹⁾。これは、真数にすると、以前は0.68~1.47倍の範囲のばらつきを持って推定していたものが、0.72~1.39倍の範囲で推定できるようになったことを示している。このように、Vs30の推定精度は向上したが、地震動強さの推定がどの程度向上したのかは不明なため、以降では、新しいVs30マップを用いた際の地震動強さの推定精度について検討する。

3. 地震動分布の計算と精度検証

(1) 精度検証の方法

最近の14地震（a.2004年新潟県中越，b.2007年新潟県中

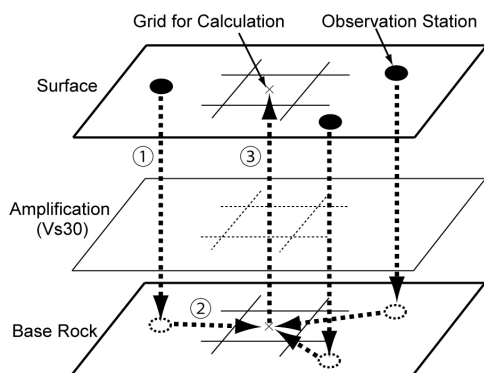


図2 地震動分布の計算手順の概要

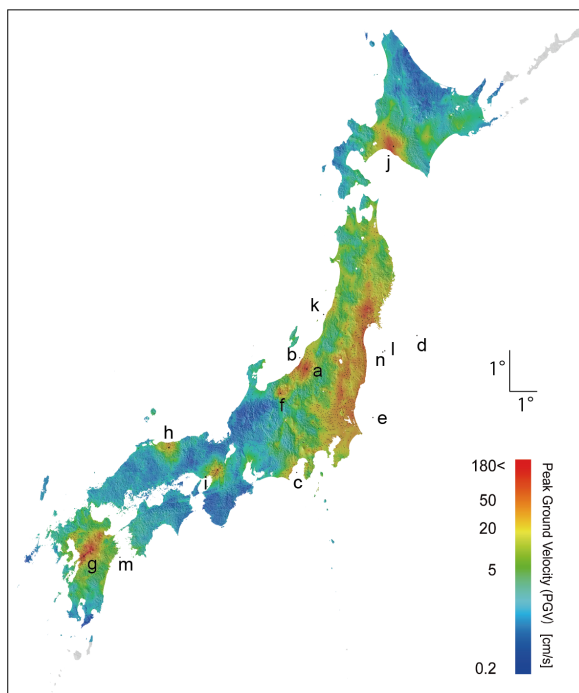


図3 14地震のPGV分布（a~nは震央位置を示す）

越沖，c.2009年駿河湾，d.2011年東北地方太平洋沖，e.2011年茨城県沖，f.2014年長野県北部，g.2016年熊本，h.2016年鳥取県中部，i.2018年大阪府北部，j.2018年北海道胆振東部，k.2019年山形県沖，l.2021年福島県沖，m.2022年日向灘，n.2022年福島県沖）を対象に，防災科学技術研究所のK-NET，KiK-netの観測地点の実測値およびVs30マップを用いて地表の最大加速度（PGA），最大速度（PGV），計測震度相当値（Int）をQuiQuake²⁾の方法を用いて推定し，計算に用いなかった気象庁の強震観測地点における観測値と推定値を比較することで精度の検証を行った。

(2) 地震動分布の計算

図2に計算の概略を示す。まず，K-NET，KiK-netの強震観測記録から地震動強さ（PGA，PGV，Int）を計算する。これらの値は地震計が設置されている表層地盤の増幅の影響を受けているため，Vs30から地盤の増幅度¹⁰⁾⁻¹²⁾に変換し，硬質地盤（Vs30が600 m/s相当）での地震動強さを推定する。そして，硬質地盤での地震動強さの分布は，震源からの距離減衰特性をトレンド成分としたSimple Kriging（指数型の共分散モデル，相関距離は10 km）による空間補間により行う。そして，硬質地盤上における地震動強さに，250 mメッシュ単位にてVs30から変換した地盤の増幅特性を乗じることで地表の地震動分布が求められる。なお，震源域では地盤の非線形化が無視できないため，QuiQuake²⁾は地盤の非線形化について，疑似有効ひずみ¹³⁾⁻¹⁴⁾に依存して増幅度を低減する方法¹⁵⁾を用いている。また，東北地方太平洋沖地震，熊本地震，北海道胆振東部地震については地震断層¹⁶⁾⁻¹⁸⁾を参考にして，断層面からの最短距離を使って距離減衰特性を評価している。

上述の方法にて14地震の地震動分布を計算した。250mメッシュ単位における各地震のPGVの内の最大値を可視化したものを図3に示す。強震域にはやや偏りがあるものの日本全国を網羅していることがわかる。

(3) 結果と考察

表1に14地震について，検証に用いた気象庁の強震観測地点数（インターネットで公開されているもの）を示す。また，新しいVs30マップのPGA，PGV，Intの推定精度（RMSE）をJ-SHIS³⁾で公開されている既往のVs30マップ（表中の”ver.7”）とあわせて示す。PGAとPGVについては対数RMSEである。地震によってRMSEの値にばらつきがあるが，すべての地震を総合すると，新しいVs30マップを用いた場合のRMSEは，PGAが0.214（対数），PGVが0.181（対数），Intが0.394となった。既往のVs30マップは，それぞれ0.217，0.186，0.406であることから，推定精度は若干向上している。

図4に，すべての地震のPGVの観測値と推定値の散布図を示す。2つのVs30マップでは大差が見当たらないが，RMSE（対数）の値は0.186から0.181へと若干小さくなっている。真数で表現すると，新しいVs30マップを用いた場合，概ね0.66~1.52倍の範囲でPGVが推定できることを意味している。既往研究¹⁰⁾によると，Vs30から増幅度への変換のばらつきが0.68~1.46倍の範囲であることから，この程度の誤差は避けることができない。図5にはPGVのRMSE（対数）を地震ごとに示す。地震aの新潟県中越地震と地震cの駿河湾地震を除いて，新しいVs30マップのほうが推定精度が高い。地震a，cは検証に用いた強震観測地点の数が少ないことが影響している可能性がある。

表1 対象地震と地震動強さの指標値の推定精度 (ver.7: 既往の Vs30 マップ, this study: 本研究の新しい Vs30 マップ)

ID	Date	Earthquake Name	Number of Site	RMSE - ver.7-			RMSE - this study-		
				log (PGA)	log (PGV)	Int	log (PGA)	log (PGV)	Int
a	2004/10/23	Niigata-ken-chuetsu	55	0.224	0.187	0.414	0.224	0.188	0.412
b	2007/7/16	Niigata-ken-chuetsu-oki	54	0.206	0.204	0.450	0.206	0.194	0.416
c	2009/8/11	Surugawan	35	0.243	0.206	0.428	0.246	0.210	0.443
d	2011/3/11	Tohoku	407	0.213	0.169	0.379	0.207	0.166	0.372
e	2011/3/11	Ibaraki-ken-oki	81	0.207	0.137	0.310	0.199	0.133	0.309
f	2014/11/22	Nagano-ken-hokubu	196	0.211	0.181	0.397	0.212	0.175	0.378
g	2016/4/16	Kumamoto	425	0.192	0.158	0.381	0.190	0.153	0.362
h	2016/10/21	Tottori-ken-chubu	254	0.226	0.177	0.403	0.224	0.166	0.376
i	2018/6/18	Osaka-fu-hokubu	256	0.202	0.185	0.401	0.203	0.177	0.373
j	2018/9/6	Hokkaido-iburi-tobu	174	0.222	0.199	0.417	0.220	0.189	0.405
k	2019/6/18	Yamagata-ken-oki	212	0.235	0.223	0.456	0.232	0.219	0.439
l	2021/2/13	Fukushima-ken-oki	489	0.209	0.186	0.397	0.208	0.183	0.390
m	2022/1/22	Hyuganada	199	0.244	0.200	0.432	0.242	0.199	0.430
n	2022/3/16	Fukushima-ken-oki	385	0.220	0.191	0.412	0.220	0.187	0.408
ALL			3222	0.217	0.186	0.406	0.214	0.181	0.394

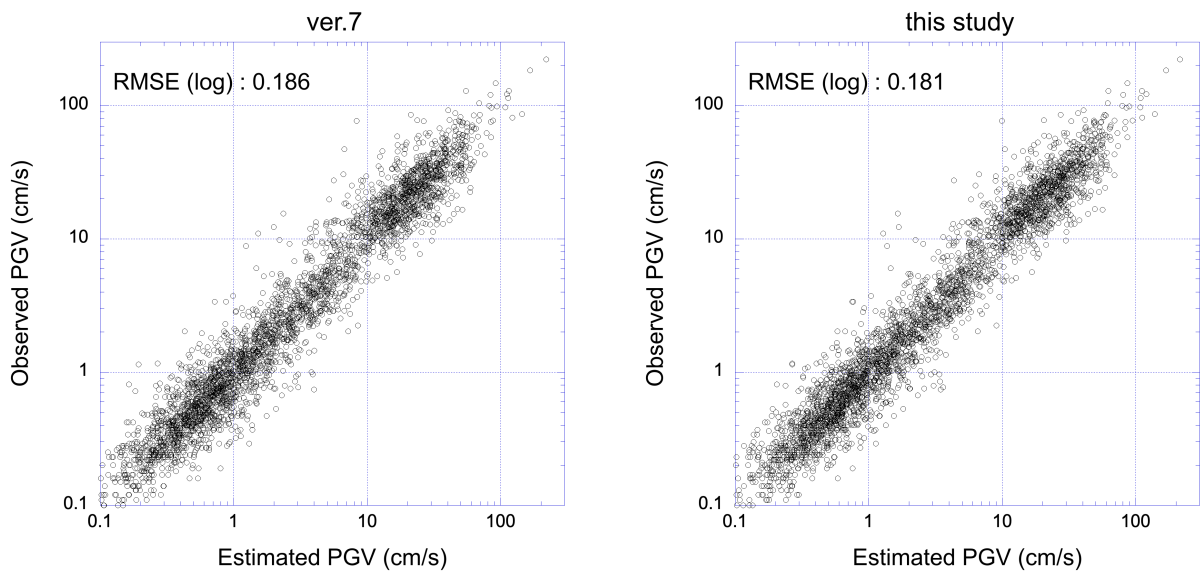


図4 PGVにおける推定値と実測値の比較 (左: 既往の Vs30 マップ, 右: 新しい Vs30 マップ)

4. まとめ

機械学習手法により新たに作成した地盤の平均S波速度 (Vs30) の全国マップの有用性を明らかにすることを目的に、Vs30マップを用いて計算した地震動強さの推定精度を検討した。2004年から2022年までの比較的規模が大きい14個の地震を取り上げ、K-NET, KiK-netの強震観測記録およびVs30マップを用いて地震動強さ (PGA, PGV, 計測震度相当値) を推定し、計算に用いなかった気象庁の強震観測地点における観測値との比較を行った。その結果、PGAは0.61~1.64倍、PGVは0.66~1.52倍、計測震度相当値は±0.39の範囲で概ね推定できることを示した。

参考文献

- 1) Borchardt, R.D., Gibbs, J.F., Fumal, T.E.: Progress on ground motion predictions for the San Francisco Bay region, California, U.S. Geological Survey Circular 807, 13-25, 1979.
- 2) Matsuoka, M. and Yamamoto, N.: Web-based quick estimation system of strong ground motion maps using engineering geomorphologic classification map and observed seismic records,

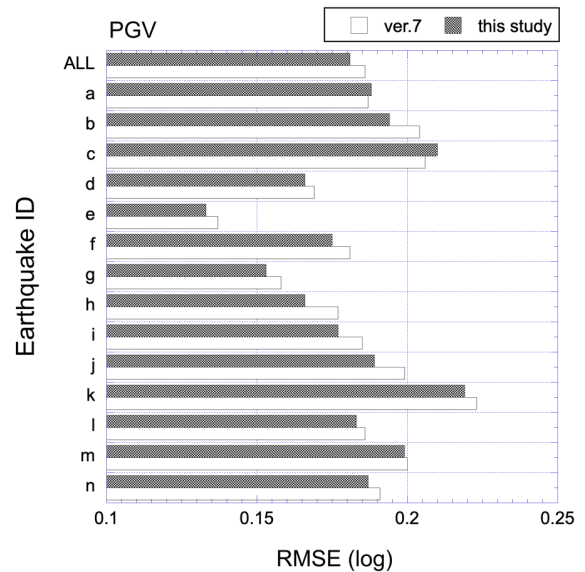


図5 PGVにおける地震ごとのRMSE (対数)

- Proc. 15th World Conference on Earthquake Engineering, PaperID:4016, 10p., 2012.
- 3) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション(J-SHIS), <https://www.j-shis.bosai.go.jp/> (2022年9月23日閲覧)
 - 4) 地震調査研究推進本部：全国地震動予測地図, https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/ (2022年9月23日閲覧)
 - 5) Matsuoka, M., Wakamatsu, K., Fujimoto, K., Midorikawa, S.: Average shear-wave velocity mapping using Japan Engineering Geomorphologic Classification Map, *Struc. Eng. Earthq. Eng.*, 23(1), 57s-68s, 2006.
 - 6) 桑原光平, 高宮奎志朗, 松岡昌志, 翠川三郎：機械学習を用いた日本全国の地盤の平均S波速度分布の予測, *日本地震工学会論文集*, 21(5), 119-139, 2021.
 - 7) Wald, D.J. and Allen, T.I.: Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 97 (5), 1379-1395, 2007.
 - 8) 翠川三郎: 関東地方を対象とした震度分布予測, *構造工学論文集*, 33B, 43-48, 1987.
 - 9) Thompson, E.M., Wald, D.J., Worden, C.B.: A V_s30 map for California with geologic and topographic constraints, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 104(5), 2313-2321, 2014.
 - 10) 藤本一雄, 翠川三郎：近接観測点ペアの強震記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度の関係, *日本地震工学会論文集*, 6(1), 11-22, 2006.
 - 11) 翠川三郎, 駒澤真人, 三浦弘之：横浜市高密度強震計ネットワークの記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均S波速度との関係, *日本地震工学会論文集*, 8(3), 19-30, 2008.
 - 12) 山口亮, 翠川三郎：地盤の平均S波速度を用いた地盤増幅率の推定手法の改良, *日本地震工学会論文集*, 11(3), 85-101, 2011.
 - 13) Tokimatsu, K., Midorikawa, S., Yoshimi, Y.: Dynamic soil properties obtained from strong motion records, *Proc. the 12th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 3, 2015-2018, 1989.
 - 14) 翠川三郎：強震時にみられる地盤特性の非線形性, *地震*, 第2輯, 46, 207-216, 1993.
 - 15) 山口亮, 翠川三郎：観測記録に基づく地盤増幅率の非線形特性のモデル化, *日本地震工学会論文集*, 14(1), 56-70, 2014.
 - 16) Yagi Y. and Fukahata Y.: Rupture process of the 2011 Tohoku-oki earthquake and absolute elastic strain release, *Geopy. Res. Lett.*, 38, L19307, 2011.
 - 17) 国土地理院：平成28年4月16日の熊本県熊本地方の地震 (Mj7.3) 震源断層モデル (暫定), 平成28年4月16日の熊本県熊本地方の地震の評価, 地震調査研究推進本部, 2016.
 - 18) 国土地理院：平成30年北海道胆振東部地震の震源断層モデル, *国土地理院時報*, 132, 69-73, 2019.