

洪水災害時におけるコミュニティバス を用いた避難計画に関する研究

奈良 優¹・小嶋 文²・大窪 和明³・久保田 尚⁴

¹非会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)
E-mail:nara@dp.civil.saitama-u.ac.jp

²正会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 准教授 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)
E-mail:kojima@dp.civil.saitama-u.ac.jp

³正会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 助教 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255) .
E-mail:okubo@dp.civil.saitama-u.ac.jp

⁴フェロー会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 教授 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255) .
E-mail:hisashi@dp.civil.saitama-u.ac.jp

我が国では現在、高齢化が進んでおり、災害時の避難のための移動時に自力で避難することができない、いわゆる避難弱者の増加が想定される。災害による被害を最小限にするためにはこういった避難弱者に対する避難援助方策の検討が重要である。本研究では、コミュニティバスを用いた避難弱者への避難援助方策を、町外への避難が必要な程度の規模の洪水災害に適用する。本研究では、洪水リスクの比較的高い埼玉県比企郡川島町を研究対象地域に設定し、バス避難に対する考え方の変化を把握することを目的に、地域住民を被験者としたバス避難実験を実施した。また、バス避難事業の実施に対する受容性の程度を把握することを主な目的として、川島町で実施された複数の防災訓練においてバス避難に関するアンケートを実施した。

Key Words : *Community bus, Flood disaster, Evacuation*

1. 研究の背景と目的

(1) 背景

近年、短時間強雨発生回数が増加の傾向にあり¹⁾、ゲリラ豪雨などの豪雨災害に見舞われる機会が増加している。防災対策を考えるうえでハード面の強化は重要であるが、それだけでは災害による被害を抑えられるわけではないため、被害を受ける前に住民自身が安全な場所へ避難することが重要である。

特に、我が国では高齢化が進行しており、平成 26 年 10 月 1 日現在、高齢化率は過去最高の 26% となった²⁾。高齢者の増加に伴って災害時に住居から避難所まで自力で避難をすること自体が難しい、いわゆる避難弱者の増加が予想されていることから、避難弱者でも容易に避難ができるような仕組みが必要である。また、過去の災害において避難勧告が出されているのにもかかわらず、避難率が低いといった事例も少なからず存在しており危険区域内にいる住民に避難行動を促すような施策が必要である。

避難弱者の補助や住民の避難行動を促すための方法の

1 つとしてバスを用いた避難計画の策定が挙げられる。例えば、Fatemeh et al.³⁾は、災害時での避難者輸送避難計画にバスを利用するため、複合整数線形計画法を用いて最適避難経路決定モデルを提案し、アメリカのフォートワース市(テキサス州)についてケーススタディを行っている。また柿本ら⁴⁾は中山間地域における土砂災害への対策のひとつとして、早期自主避難のためのコミュニティバスの活用を提案しており、バスを用いた避難訓練を実施するなどの取り組みを通じて地域防災力の向上に努めている。

我が国では、地域内の交通の利便性を上げるためにコミュニティバスが、地域の自治体によって導入されている。コミュニティバスは自治体の補助金によって運営する形がほとんどで、運行経路は地域の声を反映して決定したものも多く、地域のニーズに合わせた運行が可能である。我が国における高齢者人口の増加に伴い、コミュニティバスの導入を検討する自治体の増加が予想されるが、一方で予算の割り当てや利用者数の低さなどが原因でコミュニティバスのサービスの維持が大変なことがコミュニティバスの導入も難しくしている現状である。

(2) 目的

本研究ではこのコミュニティバスに注目し、災害時に避難者を輸送するために活用することを考える。コミュニティバス本来の事業に、災害時の避難に利用するという付加価値を与えることによって、コミュニティバスの事業の導入・継続を考えるうえでの検討資料になる。本研究では、バス避難を行うことで期待される避難者数を増加させる効果を検証し、バス避難の実施可能性を探るとともに、バス避難を実施することに対して住民から理解を得る方法を知ることが目的とする。本研究の目的のために、研究対象地域を設定して検討を行っていく。研究対象地域として、四方を川で囲まれており、洪水のリスクが比較的高い川島町を設定した。

これまでの研究として、平成 26 年度では、バスの避難モデルに使用しているデータと実際との差を把握し、モデルの改良をすることを目的に、バスへの乗車時間測定実験と本研究の川島町における実道路走行実験を行った。また、バス避難の利用者数を推測することとバス避難を利用しない住民に対する避難促進効果を把握するために、川島町にある世帯を対象にしたアンケートを実施した。

これらの成果を踏まえたうえで、翌年の 27 年度では、地域住民を被験者としたバスを用いた避難実験を行い、バス避難を体験した住民が持つバス避難事業の価値への見方の変化やバス避難を体験した者とそうでない者との間のバス避難への考え方の違いを把握した。さらに、アンケートの対象を広げ、対象地域全体のバス避難に対する考えの把握も行った。本稿では 27 年度の研究について述べる。

2. バスを用いた避難計画の概要と課題

避難者の種類を避難時に必要な補助の程度には、A 自力で避難できる人(自助)、B 避難要援護者として行政の援助によって避難する人(公助)、C 自力での避難が難しく、後述の自主防災組織の援助などによって避難する人(共助)、D 自力での避難が難しく、住民同士の援助ではカバーしきれない人の 4 種類に分けることができる。本研究で対象とする避難弱者は、D に当てはまる人のなかでも自宅周辺への徒歩での移動が可能な人とする。

バスを用いた避難の概念図を図-1 に示すとともに、避難の手順を説明する。まず、①大雨等による河川の氾濫や浸水被害が発生する恐れから早期避難の必要性が確認された場合、避難用バスの運行を行政が決定する。その後、②行政は避難用バスの運行に関する情報を、避難用バスとして利用するバスの運営者と、あらかじめバス

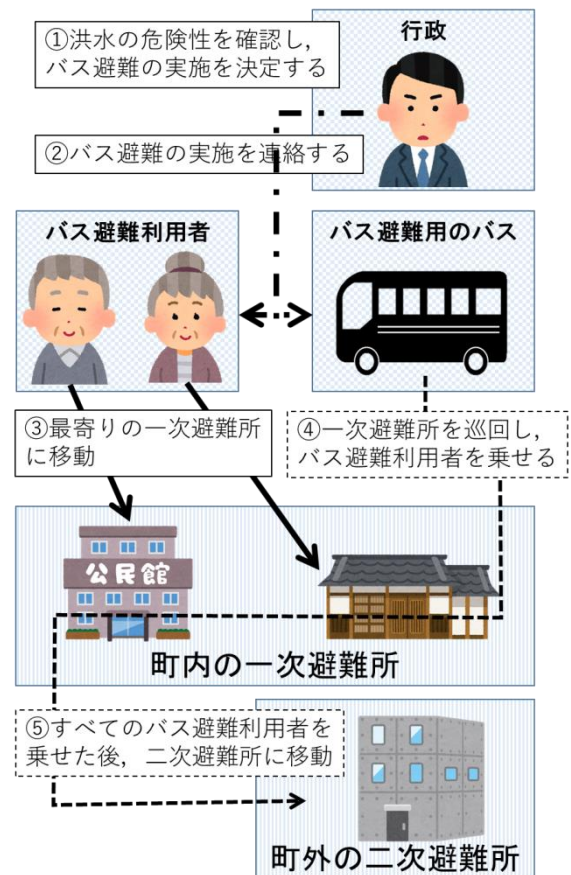


図-1 バスを用いた避難の概念図

避難利用者に登録した避難者に向けて連絡する。③連絡を受けたバスの利用者は、公民館などの一時避難場所まで移動し待機する。一時避難所は避難者の家から徒歩で行ける距離で複数設置し、公民館や集落センターなど屋内で座って待つことができる施設とする。④バスは通常運行から避難用運行に切り替え、あらかじめ決められた避難用運行経路に沿って一時避難場所を巡回して避難者を乗せ、⑤より安全な町外の避難所へと避難する。避難バスは避難用の運行を行っている間、避難を促す放送を流しながら移動することで、広報車としての機能も持たせる。

以上のバスを用いた避難計画の課題の1つとして、バスの容量の関係上、バス避難を利用する人数が少数に限られているため、行政が当該事業を実施することに対して住民から理解を得られるかが挙げられるため、バス避難を利用するであろう人たち以外の地域住民の意見も聞く必要がある。本稿ではバス避難に関するアンケートを実施し、その中でバス避難事業に対して支払える金額を尋ね、仮にバス避難事業を行うことに対する回答者の受容性の程度を調べた。

3. 研究方法

(1) 対象地区の概要

本研究では過去の洪水災害の被災経験などから洪水災害のリスクが高い埼玉県北企郡川島町は埼玉県の中央に位置しており、町の東に荒川、西に越辺川、南に入間川、北に市野川が流れている。最近の川島町の災害に関しては、1999年8月に起きた総雨量299.0mmの集中豪雨によって床下浸水4棟、田畑冠水475.8haの被害を受けた。また、川島町が作成した洪水ハザードマップ(図-2)によると、荒野川が流れており、四方を川で囲まれた場所に位置している。さらに、町全体で標高差はほとんどないため、河川氾濫等の水害の被害を受けやすい性質を持っている。荒川流域に200年に1回程度起こる大雨が降り、荒川の堤防が決壊した場合に本町全域にわたり浸水するという結果が出ており、今後起こりうる洪水災害の規模によっては町外に避難しなければならない場合も考えられる。また、川島町では高齢化率が平成32年に全国平均を上回ると予想されており、自力での避難が難しい、避難弱者が今後増加していくことが予想される。

川島町は東日本大震災をきっかけに地域防災力の必要性が注目されている中で、災害時の自助・共助の機能を高めるため、自主防災組織の設立を進め、平成24年度から平成26年12月15日時点までに53団体が設立された。川島町の防災計画によると、自主防災組織は災害発生時の役割は、避難場所への避難誘導や災害時要援護者の救助への協力等がある。設置状況を世帯数別でみると、6710世帯中5678世帯と全体の84.6%の世帯が自主防災組織によってカバーされている。

(2) 洪水時におけるバスを用いた避難実験

バスを用いた避難を体験する前後のバス避難に対する考え方の変化を把握するために、実際にマイクロバスを用いた避難実験を実施した。本実験の実施日、実施場所、実験参加者を表-1、実験中の様子を図-3に示す。

実験実施日である9月6日に、川島町にある八ツ保小学校において防災訓練が行われており、防災訓練参加者のうち、26名にバス避難利用者の被験者として参加していただいた。実験は次の5つの手順で行われた。①まず、バス避難を実施する直前に、被験者は事前アンケートに回答した。②事前アンケートが終わり次第、バス避難を実施した。③バス避難実施後、被験者は事後アンケートに回答した。④さらに被験者は手順③に続いてバスを用いた避難に関するアンケートに回答した。⑤また、同日に川島町で行われていた防災訓練において、バス避難実験の被験者以外を対象に④と同一のアンケートを配布した。

当日行ったアンケートは3種類ある。①と③の事前アンケートと事後アンケートでは、バス避難で避難するこ

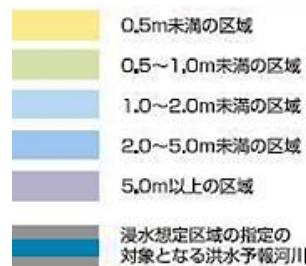


図-2 川島町洪水ハザードマップ(荒川水系および入間川流域の氾濫時の浸水深)(川島町、川島町洪水ハザードマップ、2009)

表-1 バスを用いた避難実験の概要

実施日	平成27年9月6日
実施場所	埼玉県比企郡川島町 八ツ保地区
実験参加者	学生調査員 8 名、被験者26名(川島町民)



図-3 避難用バスに被験者を乗せている様子

との楽しさやバス避難の安全性などについて数問の簡単な設問に答えてもらった。④のバス避難に関するアンケートでは、仮にバス避難の事業を町で導入される場合に対する住民の受け入れの程度を把握するためのアンケートで、実験の被験者とそうでない者との違いを把握することを主な目的としている。④のアンケートの設問は「バス事業について」「防災意識について」「バス避難について」「個人属性」の4つの大問によって構成され

ている。なお、3種類のアンケートはすべて調査日当日の直接配布、直接回収である。

実験実施時の様子について、バス避難はスムーズに行われ、最初の一次避難所を出発したときから町外の二次避難所に到着するまでかかった時間は35分で、実験前に予想していた時間よりも7分遅れた。

(3) バスを用いた避難に関するアンケート

バスを用いた避難実験で実施したバス避難に関するアンケートの集計結果をもとに設問の追加・修正したものを、平成27年12月から平成28年3月までに川島町内の計6か所で行われた防災訓練において、防災訓練に参加している住民に直接配布し、直接回収した。配布場所と回収部数は表-2のとおりである。

表-2 平成27年12月以降のバス避難のアンケート回収結果

配布場所	配布日	回収部数
小見野小学校	平成27年12月6日	24部
出丸小学校	平成27年12月6日	17部
中山公民館	平成28年1月24日	14部
三保谷公民館	平成28年2月21日	32部
伊草公民館	平成28年2月21日	39部
八ツ保公民館	平成28年3月13日	31部

4. バス避難に関する意識の分析結果

(1) バスを用いた避難実験

バス避難実験前後の被験者のバス避難に対する考えの変化についてみていく。事前アンケートのサンプル数は24、事後アンケートのサンプル数は25である(事前アンケートの回答し忘れが1人いたため、事前アンケートのサンプル数は1つ少ない)。事後アンケートにおいて、「バス避難で避難したほうが自力で避難するよりも安全だと思ふ気持ちが向上した」という設問に対し、「そう思う」または「どちらかといえばそう思う」と回答した割合は88%で、「バス避難で避難した方が自力で避難するよりも楽だと思ふ気持ちが向上した」という設問に対する回答の割合も同様の結果であったことから、被験者のほとんどがバス避難を体験したことでバス避難に対するイメージが向上したことがわかる。しかし一方で、「洪水の危険性が高まり、町外に避難する必要があるとき、バス避難を利用しようと思う」という設問に対する実験前後それぞれの回答について、「そう思う」または「そうは思わない」と回答した割合は実験後のほうが23%少ない結果となった。これらのことから、バス避難を体験したことによるバス避難の安全性や避難の楽しさに対するイメージの向上とバス避難を利用するかどうかについては関係性は見られなかった。

次に、実験被験者とそうでない者との間のバス避難に対する考え方の違いを見ていく。仮に、バス避難の事業費のために各世帯に1年間に1度追加税を支払う方法を設定したときに、受け入れることのできる最高の金額を二段階二項選択方式を用いて聞いたところ、図4のようになった。500円以上支払う割合について被験者とそうでない者との間の差を比べたとき、有意水準5%で比率の差の検定をおこなったところp値は0.69で有意ではな

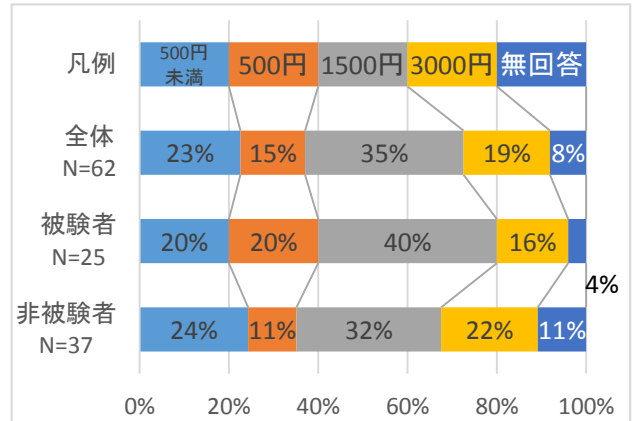


図-4 バス避難実験の被験者とそうでない者(非被験者)とのバス避難事業に対する支払い意思額の違い

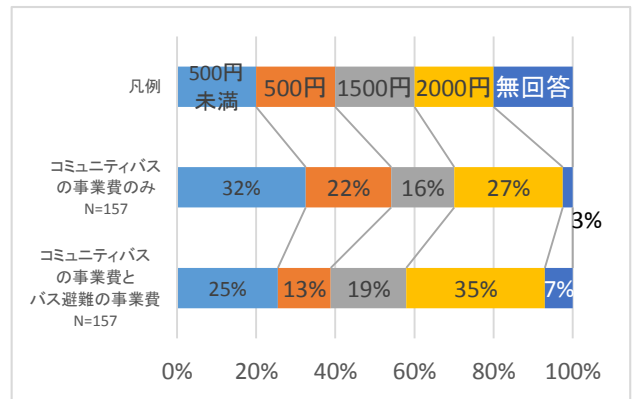


図-5 バス事業のみとバス事業にバス避難を加えて時のそれぞれに対する住民からの支払い意思額の違い

く、被験者と非被験者に有意な差はなかった。

(2) バスを用いた避難に関するアンケート

回答者の個人属性として性別について8割が男性で、年齢についてバス避難の利用者の主な対象である60歳以上を含む割合は52%であった。

仮に、コミュニティバスの事業費のために各世帯に1年間に1度負担金を支払う方法を設定したときに、受け入れることのできる最高の金額を二段階二項選択方式を用いて聞いた。また、コミュニティバスの事業費にバス避難の事業費を加えた場合についても同様の設問を用意し

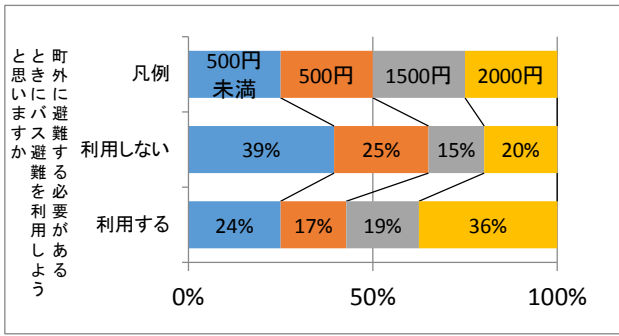


図-6 バス避難事業に対する支払い意思額とバス避難の利用意思のクロス集計

た. 結果として, バス避難事業費を加えることで, 500円未満の割合が32%から25%に減少し, 2000円以上の割合が27%から35%に増加した(図-5). 1500円と2000円の支払い額の割合についてバス事業のみの場合とバス事業にバス避難事業を加えた場合との間の差を比べたとき, 有意水準10%で比率の差の検定をおこなったところp値は0.051で有意となり, コミュニティバス事業にバス避難事業を加えることで住民の支払い意思額が増加し, 住民がバス避難事業の実施に価値があることを示した. また, 支払い意思額についてクロス集計を行った. 「大雨に伴う洪水の危険性から町外に避難する必要があるときに, バス避難を利用しますか」という設問とクロス集計をしたところ, 利用したいと思わない人が500円以上を選択する割合が61%だったのに対して, 利用したいと思う人のものは36%であった(図-6). 500円以上支払う割合についてバス避難の利用の意思の有無での差を比べたとき, 有意水準10%で比率の差の検定をおこなったところ, p値は0.060で有意となり, バス避難の利用意思が支払い額に影響及ぼしている可能性が示唆された. バス避難の利用意思に関して, 利用したいと思うと答えた人が考える主な理由について, 「バス避難で避難した方が安全だと思った」と回答した割合が52%, 「誰かほかの人と一緒にいた方が安心だと思った」と回答した割合が45%であった(図-7). 一方, バス避難を利用しようと思わないと答えた人が考える主な理由について, 「ほかの移動手段で避難するから」と答えた人が73%, 「バスで避難した方が大変だと思った」と答えた人が20%であった(図-8). さらに, バス避難の利用意思の設問と回答者の所属する世帯の同居人数でクロス集計したところ, 回答者を含む同居人数が1~2人の回答者は回答者を含む同居人数が3人以上の回答者に比べ, バス避難を利用したいと思う割合が高くなっており(図-9), 有意水準5%での比率の差の検定の結果もp値が0.0077となり有意であった. これら3つの結果から, バス避難を利用しようと思う人は, 特に1人暮らしまたは2人暮らしで少数で避難しなければならない状況に立っている人に多く, 安心を得るた

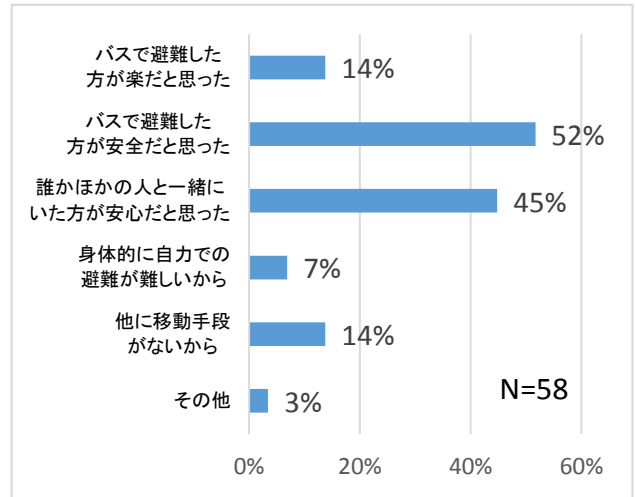


図-7 バス避難を利用しようと思う理由

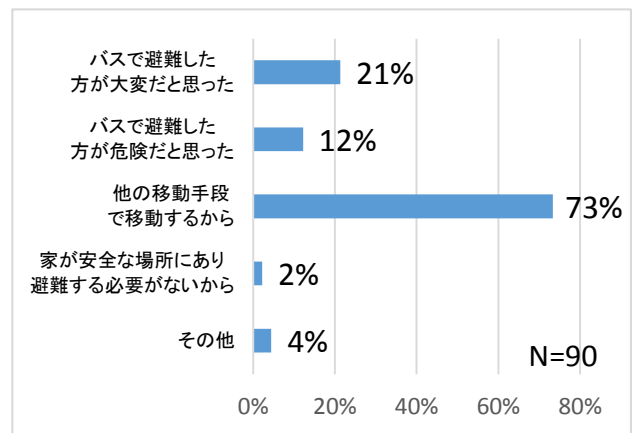


図-8 バス避難を利用しようと思わない理由

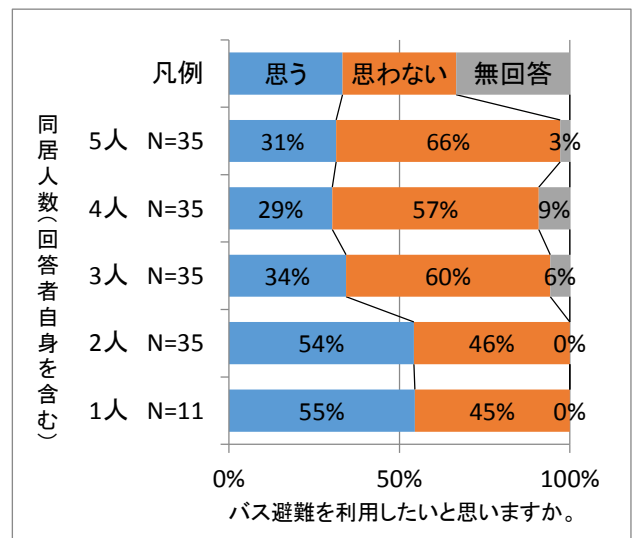


図-9 バス避難利用意思と同居人数のクロス集計

めにバス避難を利用しようと考えており, 利用しようと思わない人は利便性の観点からほかの移動手段を利用しようと考えている傾向にあると考えることができる.

6. 本稿のまとめ

本稿では、大雨に伴う洪水の危険性により町外に避難する必要があるときに、避難弱者を対象にしたバスを用いた避難方法を検討することを目的に、洪水リスクが比較的高い川島町において現地の住民を被験者としたバス避難実験を行い、バス避難を体験することによるバス避難への考え方の変化を把握した。また、川島町で実施された複数の防災訓練においてバス避難に関するアンケートを配布し、バス避難事業の実施に対する受容の程度やバス避難を利用する人の特徴を把握した。バス避難実験の結果、被験者とそうでない者のバス避難事業に対する支払意思額の差は、統計上有意にはならなかったが、被験者のもののほうがやや高い結果となり。また、事後アンケートの集計結果から、バス避難で避難する方が安全・楽だと思ふ気持ちが向上したという割合が高かったことから、バス避難を体験することでバス避難への理解が深まり、バス避難事業の実施に対する受容性の向上する傾向になることが示唆された。バス避難に関するアンケートの集計結果から、コミュニティバスの事業の場合とコミュニティバス事業にバス避難事業を加えた場合のそれぞれに対する支払い意思額の差は、統計上有意にはならなかったが、バス事業を加えた場合のほうが高い金額となり、バス避難事業実施に対して一定の価値があると住民が考えていることを示すことができ、また、バス避難を利用しようと思ふ主な理由とそう思わない主な理由についての設問、さらにバス避難の利用意思と同居人数のクロス集計の結果より、バス避難を利用しよう

と思ふ人はバス避難に安心を求めており、一方で利用しようと思わない人は利便性を優先していることが示唆された。

今後の課題として、バス避難利用者の絞り込みやバス避難実施の詳細なタイムラインの検討など、バス避難の計画の具体的な事柄について検討し、検討した計画を実施できるか実際に検証を行う必要がある、最終的には避難弱者への避難援助の手段の一つとしてバスを用いた避難方法を提案できるものにするのが目標である。

謝辞：本研究は、国土交通省河川砂防研究開発公募流域計画・流域管理課題分野の一環として実施された。

参考文献

- 1) 気象庁：アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について、<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>
- 2) 内閣府：平成 27 年版高齢社会白書、<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>
- 3) Fatemeh Sayyady, Sandra D. Eksioglu : Optimizing the use of transit system during no-notice evacuation of urban areas, *Computer & Industrial Engineering*, 59, Elsevier, pp.488-495.
- 4) 柿本竜治, 山田文彦, 田中建治, 山本幸：リスクコミュニケーションを通じた中山間地域の防災力向上に適した支援システムの構築, *土木計画学研究・講演集 第 40 回*, 土木学会, 2009.

(2016. 4. 22 受付)

THE STUDY OF EVACUATION FOR FLOOD DISASTER USING COMMUNITY BUS

Yutaka NARA, Aya KOJIMA, Kazuaki OKUBO and Hisahi KUBOTA

In Japan, Aged population is increasing now so that the population that cannot evacuate by oneself when they move for the evacuation at the time of the disaster will be increased. The examination of the evacuation help policy for such people is important to minimize the damage by the disaster. In this study, We applies the evacuation help policy to the people having difficulty in evacuating using the community bus to the flood disaster. In this study, I set Kawajima town that had a relatively high flood risk in the study area and carried out the bus evacuation experiment which inhabitants participated for the purpose of grasping the change of the thought for the bus evacuation. In addition, I carried out a questionnaire survey about the bus evacuation in the plural disaster prevention drills in Kawajima town to grasped receptive degree for the enforcement of the bus refuge business.