

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者	氏名 （ふりがな）		所属		役職
	小嶋 文（こじま あや）		埼玉大学大学院理工学研究科		准教授
②研究テーマ	名称	高度数値解析による河川氾濫詳細被害情報を活用した災害時のコミュニティバス活用方策の研究開発			
	政策領域	[分野]	流域計画・流域管理課題分野	融合技術	—
		[公募課題]	—		
③研究経費 （単位：万円）	平成26年度	平成27年度	平成28年度	総 合 計	
※端数切り捨て。	168	178	147	493	
④研究者氏名 （研究代表者以外の研究者の氏名，所属・役職を記入下さい。なお，記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）					
氏 名		所属・役職（※平成29年3月31日現在）			
久保田尚		埼玉大学大学院理工学研究科・教授			
田中規夫		埼玉大学大学院理工学研究科・教授			
大窪和明		埼玉大学大学院理工学研究科・助教			
八木澤順治		埼玉大学大学院理工学研究科・准教授			
⑤研究の目的・目標 （申請書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。）					
<p>本研究開発の問題意識は次の2点であり，(1)現在，水害時の避難計画に公共交通機関の利活用が想定されていないこと，例えば，河川氾濫の危険性が增大している時に，平時の路線バスを避難輸送に用いることで，避難者の増大による減災効果の向上が期待される。次に，(2)災害情報に関する最新の水工学的知見が，避難支援に向けて十分に社会実装されていない，ということについて，今後は，数値解析で得られた氾濫時のリスク情報を活用して，地域住民避難に関する交通計画のような「実効的な水防計画」としての地域計画を作成する必要がある。これは，河川事業にかかる流域計画・管理の現在の重要な課題として位置づけられる。本研究では，高度な河川氾濫被害想定結果を基に，従前は防災・減災の観点では用いられていない，公共交通機関であるコミュニティバスを，避難者増大のためのツールとして活用することにより，「高度水害リスク情報を踏まえた公共交通機関の避難支援活用方策と避難効率の向上」方策の開発を図り，もって改正水防法で求められる水防体制の構築を図る。避難者の増大には，コミュニティバスでの輸送による「直接効果」，及び，コミュニティバスが緊急時にも役割を持つことの広報により，避難意識の向上に影響を及ぼす「間接効果」を想定する。</p> <p>上記の目的を達成するため，本研究では，河川氾濫災害時には町内全域の浸水が想定される，埼玉県川島町をケーススタディ地区として，氾濫被害解析結果を利用した，コミュニティバスの避難時支援運行計画を策定し，1年目にはその計画に従って実証実験を行う。実証実験の中で，運行計画，輸送力の妥当性チェックによる直接効果の測定，町民の方の意識調査による間接効果の測定を行い，2，3年目に実験の規模を拡大させ，地域防災への本方法の有効性を評価するとともに，最終的に異なった氾濫および社会特性を有する他地域への適用における課題を明らかにする。</p>					

⑥研究成果

(様式 H-10と同じ内容について、具体的にかつ明確に記入下さい。)

1. 氾濫解析により明らかになった氾濫特性・避難特性

周囲を荒川やその支川群(入間川, 越辺川, 都幾川, 市野川)に囲まれた埼玉県川島町を対象地域として河川の破堤計算と川島町内を流れる安藤川の内水氾濫計算を取り入れた洪水・氾濫流解析モデルを構築した。川島町を含む広範囲の領域における河川内の水位と堤内地の氾濫流を一体的に解析可能な洪水・氾濫流解析モデルの構築が必要であるため, 空隙率を含む非線形長波方程式を用いて, グリッドサイズよりも小さいが避難特性に大きく影響を与える支川を表現する方法を開発した。グリッド内の微地形を河床まで掘り下げた上で, 鉛直方向に空隙率を変化させる方法を用いた。これにより, 荒川太郎衛門付近と安藤川という川幅が100倍程度異なる河川網の氾濫計算を同時に解くことに成功した。解析条件は各基準水位観測所の過去の水位・降雨データを参考に, 近年生じた出水で水位が高かった4ケース(昭和57年, 平成3年, 平成11年, 平成19年)をベースとし, 200年確率降雨に基づいた水深を各河川上流のプールの水深として与えた。

図1-1に解析結果より得られた越流発生位置を過去の堤防決壊位置とあわせて示す。赤丸は堤防高が3mであった近代改修前の状態で計算上越流が発生した箇所を示す。旧堤防時代には河道法線(堤防幅の変化)や合流点の特性に応じた氾濫しやすい箇所があり, 多くの場合, そこで越流をきっかけとした洪水氾濫が生じていたと判断される。しかし, 越流していない箇所での決壊も多いことから, 浸透破壊なども含まれると判断される。堤防の決壊位置を予測するには, 堤防の土質状況を踏まえた浸透流計算手法との連動が将来的に必要である, 本研究では流下能力との対応を考え, スライドダウン堤防高さを基準として, そこに水位が達した場合に破堤が生じると仮定して以後の計算を進めた。間接的には堤防の厚みがない箇所の破堤が早く表現されるものである。

内水氾濫により, 川島町を東西に分断するような氾濫水の流れが生じ, 取り残された地域に入間川, 都幾川などの外水氾濫が加わる複雑なものとなった(図1-2)。住民避難のルートがより複雑になるため, 避難する場合は早期避難が望まれる。図1-3に破堤計算時における内水計算の有無が水没するまでにかかる時間の変化を示す。内水計算を考慮することで, 浸水開始から最大浸水域到達までにかかる時間がどのケースも2-3時間以上早くなっている。なお, 江戸時代以前に築堤されたとされる長楽堤と市野川に挟まれた地域には, 氾濫水の動きを一次貯留する効果があった。浸水域が最大となる時の浸水深分布では, 町の南側の自然堤防上の家屋でも3~4m以上の浸水深となっている。図1-4に示すように水深と流体力指標(流速の2乗×浸水深)で判断すると, 家屋が大規模に破壊される可能性のあるのは破堤点近傍に限られるが, 水深が5mになる地区の多くは水田地帯であり, 多くの家屋が1-2mの比高の自然堤防帯上に分布するため, 深い箇所は3-4mの浸水深となった。水塚(土盛り上の蔵)が維持されている箇所を除けば垂直避難は困難な場所が存在する。氾濫状況に応じて, 垂直避難と町外への早期避難が必要と判断された。また, 川島町は南側に向かって地盤高が低くなっているため, どの氾濫ケースにおいても氾濫水が溜まりやすい地形となっている。200年確率降雨規模の洪水の場合には, 町の南側は垂直避難に適していない可能性がある。破堤が発生してから町が水没するまでにどのケースも半日以上の猶予があるが, 氾濫水の挙動が複雑であり, かつ避難路が分断されるので, 氾濫開始前の早期の町外避難が有効である。氾濫解析からは254号線を使って比企丘陵, 太郎衛門橋や開平橋を渡って荒川左岸(大宮台地)方面がよいと考えられる。



図1-1 スライドダウン破堤箇所と旧堤防時代の越流箇所の変化

⑥研究成果 (つづき)

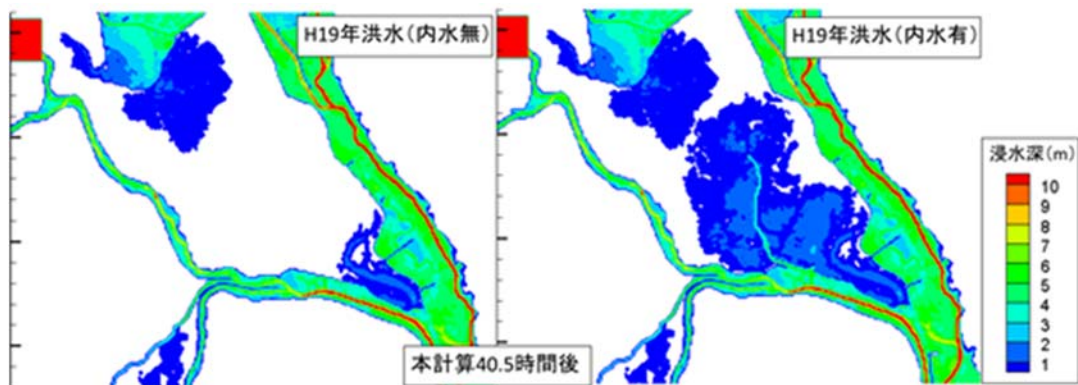


図 1-2 内水氾濫計算の有無による浸水状況の相違(H19 年型 洪水)

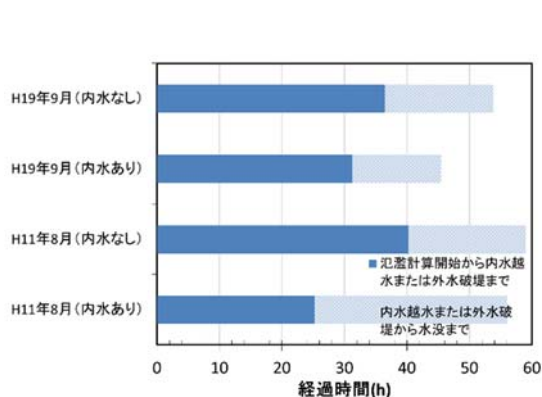


図 1-3 内水氾濫計算の有無が水没にかかる時間に与える変化

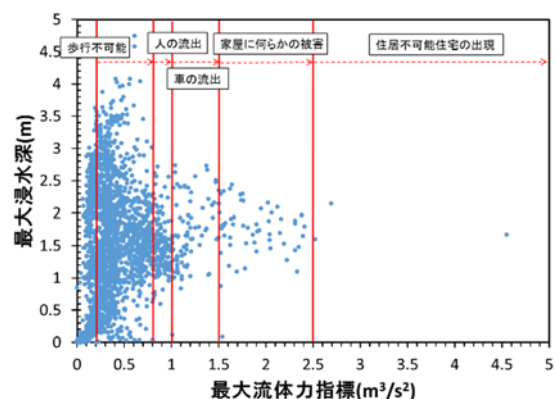


図 1-4 避難にかかわる流体力指標の特性 (H19 年型洪水の例)

2. コミュニティバス運行計画の改定・新規シナリオに対応した運行計画立案および社会実験

避難支援バスによる最適運行経路を算出するにあたり、バスを利用する避難者が集まる一次避難所および二次避難所を 20 箇所、7 箇所設定した。一次避難所は、町内の自主防災組織の活動拠点となる集落センターや、浸水状況により避難支援バスの運行を中止せざるを得ない場合にも垂直避難が可能な高層の建物(例えば学校など)を選定した。解析では、全ての一次避難所に一度ずつ立ち寄り、できるだけ短い時間で出発地点に戻ってくるような最適化問題を定式化し、運行経路を算出した。昨年度に作成した洪水・氾濫流解析モデルを用いて平成 11 年 8 月出水を再現した。具体的には平成 11 年 8 月出水を年超過確率が 1/100 の規模の流量となるように引き伸ばした水位ハイドロを境界条件として実施した。図 2-1(a)に示すように、市野川の右岸 5.4km 地点および左岸 6.4km から越流が確認された。また、図 2-1(b)は越流開始から約 12 時間後の浸水深分布を示している。川島町の北部に位置する市野川から氾濫が生じた場合、町の中央部を南方向に氾濫流が進行し、東西に分断してしまうという、避難支援バスの運行経路の寸断という観点から危険な氾濫形態であることを示している。

この氾濫解析結果をもとに最適運行経路を巡回し、最寄りの二次避難所に移動するための所要時間を算出したところおよそ 125 分であった。一方、今回対象にした氾濫ケースでは、最初に一次避難所が浸水するのは、越流開始から約 100 分後である。すなわち、最も早く浸水する一次避難所 1 を最初に巡回したとしても、余裕を見て氾濫が始まる 30 分ほど前から運行を開始する必要がある。また、氾濫の 30 分前から巡回したとしても、二回目の巡回を開始する時には一次避難所 1 が浸水しているため、一回目の巡回と同様の運行経路は利用できない。

⑥研究成果 (つづき)

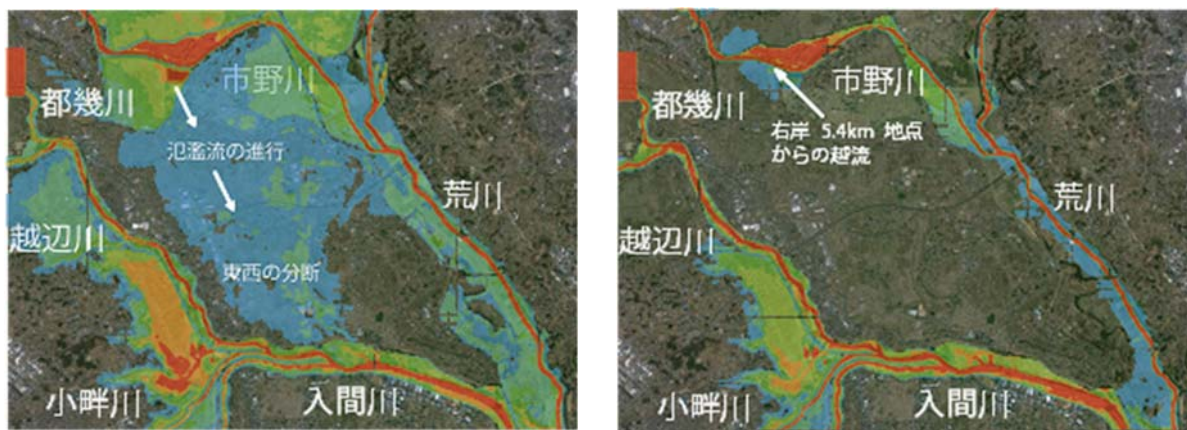


図2-1 市野川氾濫の浸水分布と氾濫流の進行過程 (a) 越流開始時, (b) 12時間後

そのため、新たに運行経路を計算し直す必要がある。巡回の回数に応じて運行経路を更新した場合、利用者は避難支援バスの巡回回数を把握した上で利用しなければならず、運行経路の周知が煩雑になってしまうだけでなく、早い段階で浸水する危険性の高い地域ほど、次の巡回で運行されなくなる可能性が高くなるという問題が生じる。そこで本検討では、避難支援バスの巡回を越流開始前と後で分けることを考えた。図2-2は、市野川及び都幾川の氾濫ケースにおいて、越流前に7箇所、越流後に残りの8箇所を巡回したときの最適運行経路を示している。市野川氾濫ケース(図2-2(a))では、川島町西部の一次避難所を越流前に巡回し、東部を越流後に巡回することが避難時間を最小化した。一方、都幾川氾濫ケース(図2-2(b))では、町の北部の一次避難所を巡回し、南部を越流後に巡回することが最適となることがわかった。また、このとき、巡回路上で越流前に7箇所の一次避難所の巡回を開始し、最寄りの二次避難所を訪れるまでには60分程度、氾濫後に残り8箇所を巡回するには80分程度の所要時間が必要となる。越流後に巡回する一次避難所の中で最も早く浸水するのは、一次避難所15であり、越流開始から約7時間後である。したがって、越流直後に、越流後ルートでの巡回を開始した場合、約5回程度の巡回が可能である。

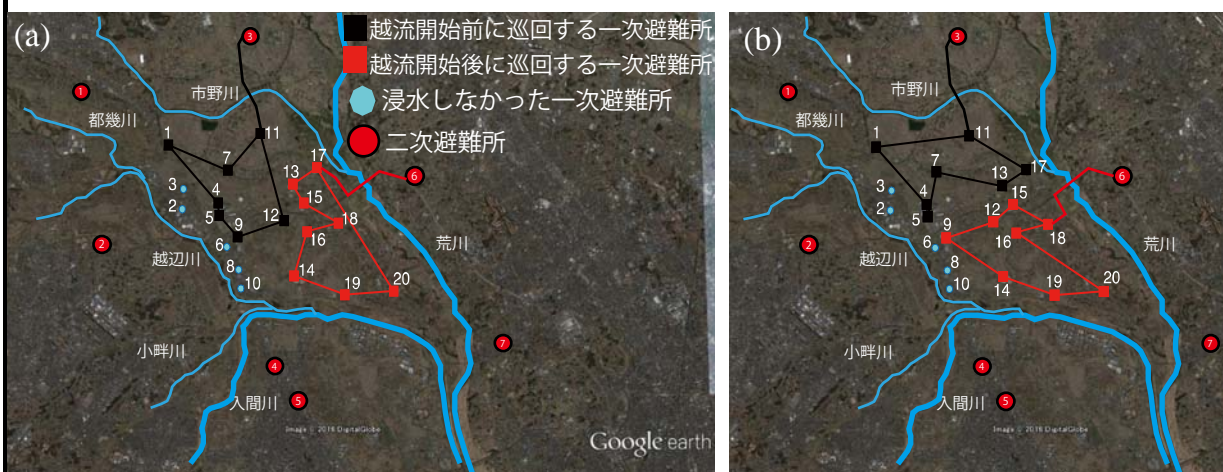


図 2-2 解析で得られた避難支援バスの最適運行経路
(a) 市野川氾濫ケース, (b) 都幾川氾濫ケース

以上の解析をもとに作成した氾濫解析モデルと最適運行経路計画モデルを用いて、避難支援バスの運行経路を決め、実際にバスを走行させる社会実験を実施した。社会実験は、2016年9月4日(日)に川島町小見野地区、吉見町民体育館を対象として、被験者数を地域住民25人として実施した。一時避難所となる11か所の集落センターに被験者を各々2人から4人

⑥研究成果（つづき）

配置し、一次避難所を巡回し吉見町民体育館に移動した。また、水害時の実際の避難の場合には、さまざまな方法による避難が考えられることから、乗用車の乗り合いによる避難実験を同時に実施し、より現実に近い形での避難訓練とした。

また、実験日の朝には、バス避難が開始されることを「かわべえメール」で通知する実験を行った。「かわべえメール」とは、川島町が防災情報伝達手段として、利用登録した町民の携帯やパソコンのメールへ情報を発信する方法である。

バスの各一次避難所の予想到着・出発時刻と、当日実際に行ったときの到着時刻を比較した結果、最初の一次避難所からの出発時刻が遅くなったものの、運行時間は1時間1分で、予想していた時間とほぼ変わらないという結果が得られた。

バス避難実験の参加者への実験後のアンケート調査の結果からは、バスによる避難のイメージができるようになったという参加者が多数になり、また水害について考えるきっかけになったという回答が多数となった（図2-5）。



図 2-3 一時避難所の様子



図 2-4 実験でバスに乗車する様子

3. 避難支援バスに関する住民アンケート調査

バス避難の利用者の傾向の把握と、より現実的な状況を与えたうえでのバス避難の間接効果の検証を目的に、2016年11月に小見野地区の世帯に対しても配布を行った。調査票は小見野地区各地区の区長を通して配布され、回収方法は郵送回収であった。187票の有効回答数を得た。

バスによる避難を利用したいという回答者について属性を見ると、1人世帯、および高齢者に多い傾向が見られた。

水害時の避難支援バスの運行が、バスを利用しない住民に避難を促す間接効果について検討した。防災メールにより運行開始のメールを受け取った場合に、「バス避難を利用するしないにかかわらず、避難しようと思う気持ちが強くなった」かどうかという設問に対して、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」が82%で、8割が避難しようと思う気持ちが強くなったと回答している（図2-6）。このことから、行政による避難支援バスの運行は、間接的に避難を促進効果があることが示唆された。

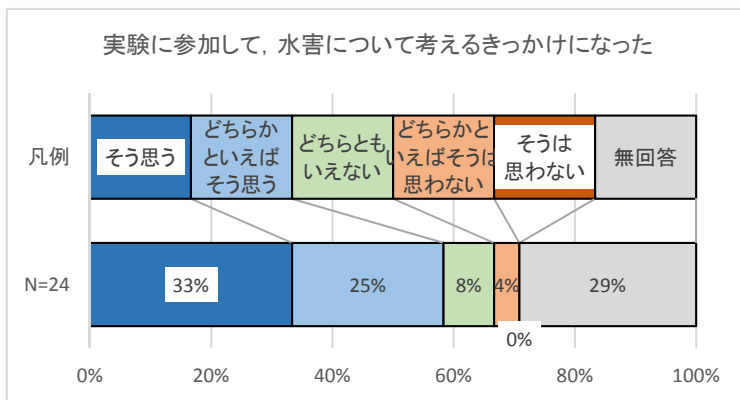


図 2-5 実験参加による水害への意識変化

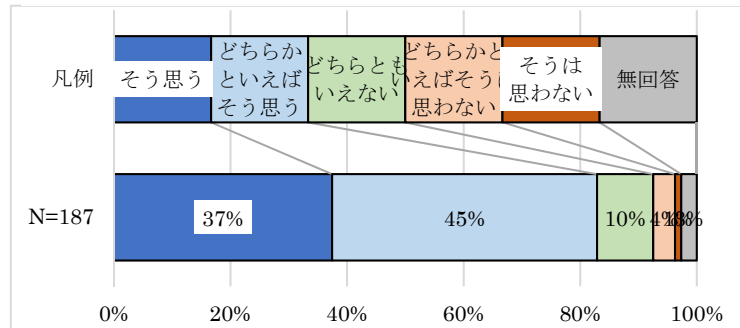


図 2-6 バス避難を開始するメールを受け取ったとき「バス避難を利用するしないにかかわらず、避難しようと思う気持ちが強くなった」と感じたか

⑦研究成果の発表状況

(本研究の成果について、予定しているものも積極的に記入して下さい。)

- ・国際会議，学会等における発表状況

赤崎佑太，田中規夫，荒川西遷前後における川島町の氾濫特性の変化，土木学会関東支部発表会Ⅱ-65(CD-ROM)，2017.3

- ・主要雑誌・新聞等への成果発表

田中規夫，荒川西遷の背景と荒川中流部の洪水氾濫特性に与えた影響，河川，2017.

- ・学術誌へ投稿中の論文（掲載が決定しているものに限る）

八木澤順治・大窪和明・田中規夫・赤崎佑太，埼玉県川島町を対象とした洪水氾濫解析に基づく避難支援バスの最適運行経路の検討，土木学会論文集B1(水工学) Vol.73, No.4, I_313-I_318, 2017.

⑧研究成果の社会への情報発信

(ウェブ，マスメディア，公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL，新聞掲載は新聞名，掲載日等，公開イベントは実施日，テーマ，参加者数等を記入下さい。)

田中規夫，荒川西遷以後の荒川中流部の洪水氾濫と避難特性の変化—川島町を例として—，(http://www.japanriver.or.jp/kataru/kataru_report/pdf/no190_resume_20161206.pdf)，第190回「河川文化を語る会」，(http://www.japanriver.or.jp/kataru/kataru_no190.htm)，2016.10.26

田中規夫，複雑な河川網の数値計算法とその応用： 荒川中流部川島町周辺部の洪水氾濫と避難特性の変化を例として，エイト日本技術開発 勉強会 社外講師講習会，2016.

⑨表彰，受領歴

(単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞，学会等の技術開発賞，優秀賞等を記入下さい。)

なし

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ，研究の更なる発展や流域計画・流域管理政策の質の向上への貢献等に向けた，研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

今年度までの検討で川島町の氾濫に大きく関わる本川・支川，町内を流れる小河川(安藤川)を含めた洪水流・氾濫流を一体的に解析するモデルを完成させることができた。特に安藤川からの内水氾濫，スライドダウン堤防高を考慮した破堤を伴う越流による氾濫に着目して解析を実施した。上記のモデルを用いて，避難支援バスの運行が想定される，町内の主な道路ネットワーク上のどこが，いつ通行不能になるかを算定することができた。河川の氾濫によって移動が不可能となった道路を考慮した場合の避難支援バスの運行ルート of の把握が今後の課題となる。

また，バスの走行社会実験は，住民の参加を優先させ防災訓練が実施される休日の早朝に実施されたが，平日の混雑や夕方の帰宅ラッシュなどから，避難時に予想される渋滞箇所を把握することが今後の課題となる。

さらに，これらの課題を検討し，実際に避難支援バスを計画通りに運用仕様とする場合には，利用する市民とのコミュニケーションが重要である。周知の方法の多様化，効果的な手法の検討，利用意向がある人の水害時における実際の利用の有無の把握，避難訓練の実施によるさらなる課題の検証，改善といった検討が必要である。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等，流域計画・流域管理政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

今年度実施した洪水流・氾濫解析モデルの開発によって，任意の規模の洪水によって，異なる地点で生じる洪水氾濫に応じた避難可能時間の情報を提供することが可能である。このことは，町内の任意地点の住民に避難が可能となる猶予時間を具体的に提示することで，避難が可能となるタイミングを明確に伝えることを可能にするだけでなく，従来行政が経験的に実施してきた避難開始時の住民への通達のタイミングを明確に決定できる可能性がある。また，氾濫箇所とそこから導かれる避難可能時間やコミュニティバスを用いて避難させることが可能な人数とを関連づけさせることにより，重点的に巡回を強化すべき箇所，バスでの避難が困難な地域を明らかにすることにより，垂直避難および早期の水平避難を促すための資料となることが期待できる。

また，想定される洪水パターンとバスの巡回経路との関係を示せたため，洪水時に行政が実施する避難支援方法の1つを提案できた点に貢献がある。また，事前避難と事後避難に分けて避難することによって，バスが一度に巡回する一次避難所を少なくできるような方法を提案した。

ケーススタディ地区におけるアンケート調査からは，避難支援バスの利用意向を持つ人の属性の傾向や，避難支援バスに対してどのような利点を感じるのかを見出すことができた。このことは，運用の際の利用者の検討に役立つと考えられる。さらに，避難支援バスの運行開始を行政周知することで，バス利用をしない人の避難に対する意識も高まる可能性が見られ，避難を促す方策のひとつを提案できた。さらに，避難支援の機能をコミュニティバスが持つことで，コミュニティバスの運用に関する受容性が高まること示唆され，水害時の備えと日常の移動手段の維持の統合が，施策の実施への合意形成に資する可能性が示された。