

姉川・高時川流域における地域間連携を考慮した広域避難に関する考察

畑山満則・枝廣篤*・多々納裕一

* 西日本高速道路株式会社

要 旨

滋賀県湖北地区に位置する姉川・高時川流域においては、地形の影響で豪雨時の氾濫流が大きく河川改修のみでは守りきれないと想定される場所があり、水害時の避難計画が重要な検討課題となっている。特に合流点に位置する虎姫町においては、町内のほとんどの避難所が浸水する可能性を持っており、住民の安全な避難先を確保するためには広域連携が不可欠となる。本研究では、地域間の連携を考慮した広域避難を想定し研究を行うものとする。特に地域間連携を考慮した広域避難の可能性について検討することを目的とする。

キーワード：避難，洪水，シミュレーション

1. はじめに

日本の年間降水量が世界平均の約2倍であり、比較的降水量の多い国である。梅雨や台風の時季にはまとまった量の降水があり、国土が急峻であることも相まって、洪水をはじめとする水災害が頻発する。また平坦な土地に限られており、生活が河川の氾濫原あるいは氾濫原に非常に近い場所で営まれているため、高い水害リスクに晒されている箇所が多い。したがって、洪水対策は歴史的にも内政上の大きな課題であり、有史以来様々な治水事業が行われてきている。時代が下るとともに治水事業も大規模化し、河道の付け替えや堤防の嵩上げなど大規模な土木工事によって水害リスクの低減が図られてきた。これらの対策によって、毎年の水害による死者・行方不明者数や浸水面積は大きく減少している。

しかしながら、都市化の進展や生活の高度化により、水害リスクに晒されている資産は増加し続けており、ひとたび水害が発生すると甚大な被害が生じる可能性が指摘されている。また近年、「ゲリラ豪雨」という言葉に代表されるように、局所的な集中豪雨が頻発し、各地に深刻な被害をもたらしている。1時間雨量が50mmを超える「非常に激しい雨」の発生回数を、1978年から1987年の平均と、1998年から2007年の平均と比較すると、159回から238回と約1.5倍に増えている (Fig. 1) (国土交通省河川局治水課, 2008)。

その一方で、国の防災関係予算は2000年頃をピークに減少傾向にある (内閣府, 2008)。このような予算上の制約や環境・生態系への配慮、中小河川整備の物理的な困難さなどから、洪水対策の中心は、従来の大規模な土木工事を伴う治水事業から、ハザードマップの作成や避難計画の制定などソフト的対策に移行されつつある。2001年に一部改正された水防法では、洪水予報河川の拡充、浸水想定区域の指定・公表、浸水想定区域における円滑かつ迅速な避難を確保するための措置が盛り込まれ、さらに2005年改正の水防法では、浸水想定区域を指定・公表する範囲が拡大されたり、避難勧告発令の目安となる避難判断水位を河川ごとに設定することが定められたりした。

このような背景を受け、大河川に加えて中小河川における水害時の行動計画や避難計画などの検討・策定が市町村レベルで進められている。しかし、その多くは住民を指定避難所に収容することを前提としたものであり、浸水により指定避難所が使用不可能となることを想定し、指定避難所以外の避難所の使用や市町界を越える避難などを避難計画に盛り込む例はほとんどみられない。

本研究では、水害リスクが極めて高い地域である滋賀県虎姫町を対象地域とし、市町村を越えるような避難 (以下、「広域避難」とよぶ) 行動をも考慮した避難計画策定を検討するための支援システム構築について考察する。まず、第2章で水害時の避難計

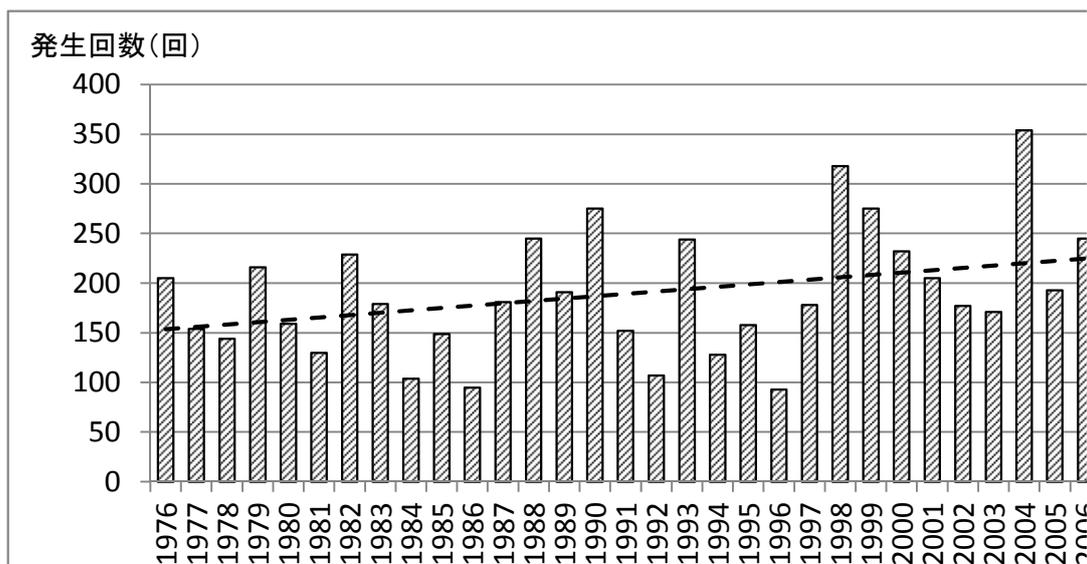


Fig. 1 Annual Number of Heavy Rain (More than 50mm/h)

画の現状と課題についてまとめるとともに、本研究で取り上げた地域の概要と課題を示し、本研究の位置づけを明確にする。第3章では水害時の住民行動をまとめ、本研究においてどのようにシミュレーションに取り込むかを示す。第4章では対象地域において実施したアンケートの内容と結果をまとめ、シミュレーションにおいて必要なパラメータを推計する。第5章では実際にシミュレーションを実施し、対象地域における広域避難計画を評価する。

2. 対象地域の選定と避難計画策検討の経緯

2.1 水害時の避難計画に関する既往研究

近年、災害対策としてハザードマップの作成や避難計画の制定などソフト的対策に注目が集まっている。ただしこれらの対策は実際に住民に使用・実行され、その結果が必要な水準を満たしているということが当然求められる。例えば、住民の目に全く留まることのないハザードマップや、住民に実行されない避難計画には意味がないと言わざるを得ない。また、実行されたとしても、それが住民の生活、安全を守ることに貢献するということが保証できないものも、対策として機能を果たしていないと言える。

しかし実際に、そのように住民に受け入れられず実行されない対策というものは存在する。例えば、1998年当時郡山市で作成されていたハザードマップが挙げられる(片田, 山口ら, 2002)。これは郡山市内浸水予想区域に居住する要避難者の避難所として、57箇所の施設を指定したものであったが、実際に1998年8月末北関東・南東北豪雨災害が発生した際、住民のうち避難所に避難したのは39.1%に留まり、

避難所は有効に活用されなかった。また、避難手段に関しても行政が要求している「徒歩」を選んだ世帯はわずか14.3%であった。さらに、実際に歩く距離の許容範囲も、行政の計画が求める水準ほど住民はあることを望んでいないこともわかった。つまり、行政が行おうとしている施策と住民の意識の間には乖離が生じている場合があると言える。

これらに対して、災害に対する住民の意識や避難行動を把握するためにアンケート調査等が行われてきた。例えば、今本・石垣らは昭和51年台風11号や昭和57年長崎災害、同年大和川水害に関してアンケート調査を行い、住民の意識を把握しようとした(今本, 久下, 1977, 今本, 石垣ら, 1982)。また、道上は山陰河川に対する水害時の避難行動の解析を行った(道上, 1979)。長尾らは濃尾臨海低平地域に対して洪水から高潮までを含めた一般的な水害問題に関する住民アンケート調査を行っている(長尾, 橋本, 1986)。吉本らは、水害時の避難行動に関して各地で調査報告を行っている(吉本, 須見ら, 1990, 吉本, 笛田ら, 1992, 吉本, 笛田ら, 1993)。片田らは2003年の宮城県沖の地震に対する住民の意識調査を行った(片田, 児玉ら, 2005)。この調査により、震度6弱の地震が発生したにもかかわらず実に約2%の住民しか実際に避難しなかったことがわかっている。ここでは、住民避難を促すための津波防災教育の在り方を検討している。

これに対し、水害時の住民の避難行動をその地域の状況を踏まえた上で、コンピュータ上で分析を行うシミュレーションモデルの開発も多く行われてきた(西原巧, 1983, 高橋ら, 1989など)。高棹らは知識工学的手法を用いて避難行動を規定する要因と

行動との関係を表現している(高棹, 椎葉, 堀, 1995)。ここでは、水害避難に関する現地調査の結果を避難シミュレーションに反映し、世帯レベルの水害避難行動を再現するマイクロモデルを設計している。桑沢・片田らは水害時における地域状況を総合的に表現するシミュレーション技術が有効であると考え、避難計画の策定や防災教育の実施の支援を目的としたシナリオシミュレータを開発している(桑沢, 片田ら, 2008)。ここでは、洪水現象や災害情報の伝達、避難行動といった洪水時の社会対応、そしてこれらを考慮した洪水被害の発生状況など、水害時の地域状況を総合的に表現するシミュレーションモデルを提案している。これらのモデルで洪水時の地域状況を表現することはできたが、防災教育ツールとしての適用や避難計画の反映等にはまだ十分な検討ができていない。

さらに、自治体が避難所を指定する際には、その施設の災害リスクを考慮していないケースがほとんどである。これは災害によって避難生活を余儀なくされた場合に一定期間の避難生活を行う収容避難所としての側面からは問題ないが、災害時の危険を回避するための一時避難所としては不適切となる場合がある。指定避難所は、一般的に前者を指すことが多いが、あいまいなものも多く、住民にとって両者

の違いを把握するのは難しいと思われる。また、ハザードマップに危険回避のために逃げる先として指定避難所が紹介されていたり、防災訓練で避難勧告に伴って指定避難所に避難する訓練を実施したりすることも多く、それゆえに水害時に危険を冒してまで避難所に行こうとするケースもある。1995年の関川水害では指定避難所が周囲の浸水により孤立したという事例もあり(建設省土木研究所, 1998)、指定避難所の災害リスク分析は重要である。しかしながら、行政が避難所として指定できる施設は限定されており、避難シナリオに対応しうる収容避難所を指定することが不可能な場合もありうる。

このように、水害に係る避難については様々な研究があるが、その課題は未だ解決していないものが多数存在すると考えられる。

2.2 対象地域の概要と特徴

滋賀県湖北地区に位置し、琵琶湖に注ぐ1級河川姉川と、その支流である高時川の流域(Fig. 2)は、洪水により相当な被害が生じる恐れがある河川として、滋賀県によって「洪水予報河川」に指定されている。地形の影響で豪雨時の氾濫流が大きく河川改修のみでは守りきれないと想定される場所があり、水害時の避難計画が重要な検討課題となっている。

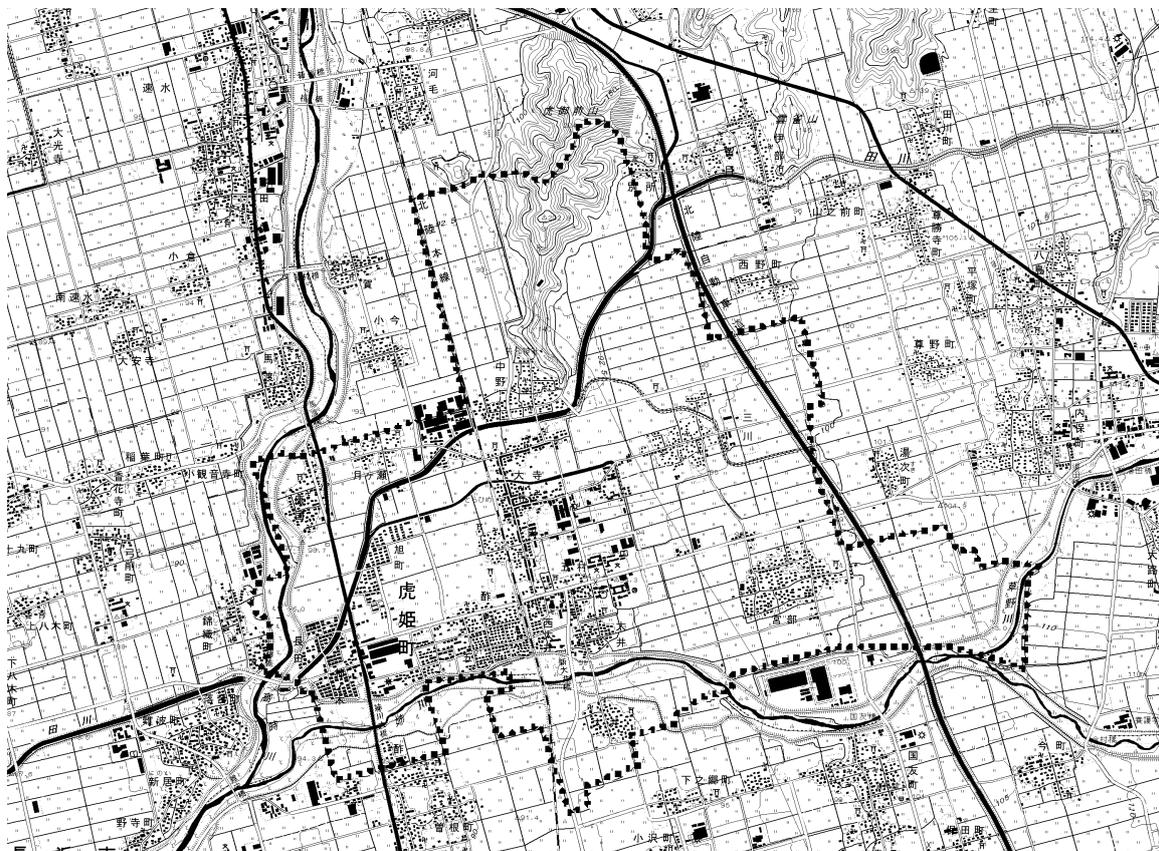


Fig 2 Topographical Map of Target Area(Dot polygon shows Tarahime-cho)

本研究では、姉川・高時川の合流点に位置する虎姫町を対象として、避難計画の作成支援システムの構築を行う。虎姫町は、人口約5800人、面積9.45km²（東西約5km、南北約4km）の小さな町である。町域はほぼ平坦であり（標高90~99m）、町北端に存在する虎御前山（標高224m）が唯一の高台である。南端を姉川、西端を高時川が流れており、両川は町の南西端で合流している。また町内を田川などいくつかの河川が流れている。姉川、高時川ともに天井川であり、虎姫町はちょうど両川の堤防に囲まれた形となっている。そのため、破堤すれば町域に水が大量に流れ込み、またその水が長期に亘って滞留すると考えられている。このように、虎姫町は水害リスクの高い地域であると言える。

実際に、虎姫町を含む湖北地域は過去に何度か水害を経験している。例えば1896年には梅雨の豪雨によって、周辺市町村を含め1万戸を越える浸水被害が生じている。戦後も1959年および1975年に台風が原因による洪水で破堤し、それぞれ数百戸、数十戸の浸水被害が生じている。特に江戸時代末期から昭和時代初期にかけて、姉川や高時川の河床が上昇し天井川化が進行した。そのため両川の増水時には、河床の低い田川に水が逆流し田川周辺の地区が甚大な被害を受けることが多かった。

このような状況を改善するため、堤防のかさ上げや堰の設置などの対策が採られたが、最終的には田川と高時川を立体交差させ、別々に琵琶湖まで流す工事が実施された。1885年に初代のカルバートが完成し、その後昭和期に改修が加えられて現在に至っている。カルバートの完成後はそれまでに比べて減ったものの、上述のように水害は発生しており、依然として水害リスクが高いと言える。

2006年7月には梅雨前線豪雨により姉川・高時川ともに越流寸前の状態となったことなどを受け、虎姫町では2008年に『虎姫町洪水ハザードマップ』（Fig. 3）（虎姫町総務課，2008）を作成、防災訓練の実施など、町民の安全確保に向けて防災活動に積極的に取り組んでいる。このハザードマップでは、100年確率の大雨によって両川が氾濫した場合には、町中心部でも深さ1.0m以上、町域のほとんどの領域で深さ2.0m以上の浸水被害を受けると想定されている。特に昭和中期以後に建設された新しい住宅地区は、低い土地に建設されたこともあり、5.0m以上浸水すると想定されており、一般的な住宅では2階に避難してやり過ごすことは不可能である。

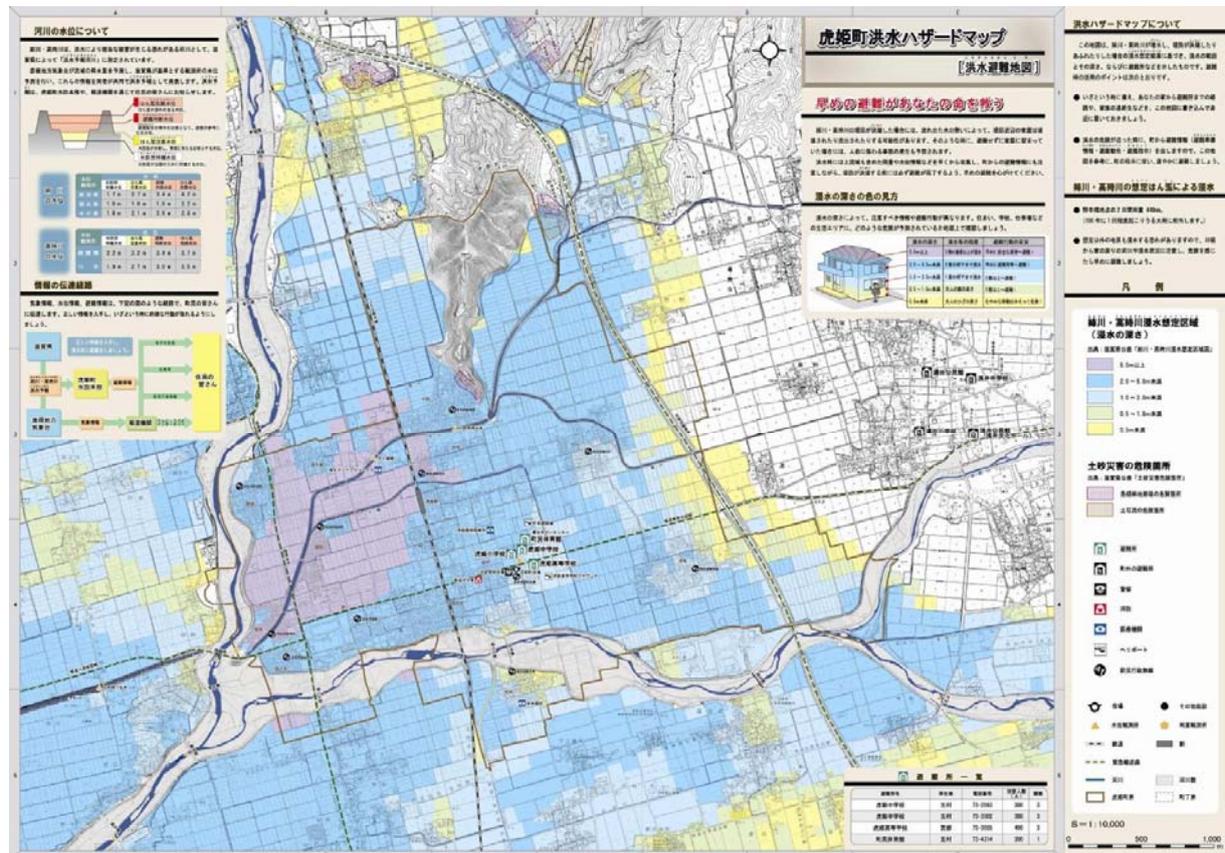


Fig 3 Tarahime-cho Hazard Map

また避難所として、町中心部にある小中高校および体育館が指定されているが、避難先の一つである体育館は平屋建てであり、このような洪水が発生した場合には避難所として使えない可能性が高い。各学校については3階に避難すれば大丈夫であると考えられるが、3階のみで全町民を収容することは不可能である。このように、浸水想定のためのシミュレーション結果を勘案すると、住民の安全な避難先を確保するためには、市町界を越えた避難（広域避難）をも念頭に入れた避難計画を検討する必要があることが明らかになっている。

2.3 対象地域における避難計画検討の経緯

虎姫町を含む湖北地域2市6町（長浜市、米原市、虎姫町、湖北町、高月町、木之本町、余呉町、西浅井町）は、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所および、滋賀県の各部門とともに、「湖北圏域水害・土砂災害に強い地域づくり協議会」を構成し、水害および土砂災害による被害を軽減するための対策を地域全体で検討している。協議会では湖北地域や各市町が抱えている課題や、洪水時の対応計画などについて議論が行われ、広域の情報共有や、広域連携による市町外の施設への避難が検討された。ま

た、避難先として、県の施設である長浜ドーム（長浜市、虎姫町から10km）の使用が認められた。

さらに、虎姫町とその周辺自治体である長浜市、湖北町を中心に、水害時に関係各機関がどのように行動し、住民の避難を促すかなどについて、図上訓練の形式でシミュレーションし（Fig. 4）、課題を洗い出したり新たな対策を検討したりした。具体的な課題として、情報伝達体制の不備、避難準備情報発令のタイミングの難しさ、避難先および避難手段確保の問題などが上げられた。情報伝達体制の不備に関しては、特に要援護者および福祉施設の認識と行政の認識の乖離が判明し、要援護者施設に対する情報伝達経路の整備と、施設側の避難計画の再考が検討されている。避難準備情報発令のタイミングに関しては、基準を厳格に適用すると要援護者は年に数回程度の避難が求められるため非現実的であることが指摘され、より現実的な判断基準の検討が行われている。避難先および避難手段の確保については、周辺市町の避難所を活用する場合の避難所運営の負担や、要援護者の受け入れ先が不足していること、避難のための輸送力が不足していることなどが課題となっており、市町間や民間との細部にわたる協議が進められつつある。



Fig 4 Photo of Disaster Drill on Map

これらの検討結果を受けて、2008年12月には広域避難に関する協定書（湖北圏域水害・土砂災害に強い地域づくり協議会、2008）が締結され、避難所の相互利用や県と市町の連携などについて定められた。2009年以降にはより具体的な協議が進められる予定となっている。

3. 水害時の避難行動

3.1 避難行動の特徴

水害時に住民がどのように行動するか、あるいは実際の水害時にどのような行動をとったか、といったことに関しては古くから研究が行われており、避難勧告などが発令されても、避難をしない住民が多いことが知られている。例えば村上らの調査（村上・朝比奈・榊原、2006）によると、2005年9月の台風14号災害時に岩国市では、16,587世帯、41,779人に対して避難勧告ないし避難指示が発令されたが、ピーク時ですら避難者数は3,079人と、対象の1割にも満たない。過去の水害においては、避難行動を始めるタイミングが遅く、既に浸水によって移動中に立ち往生してしまう例や、自宅に取り残されて2階の窓や屋根から救助されるという例もあった。

また中田らの調査では、2006年7月の川内川豪雨災害において、過去の経験が避難行動にどのように影響したかが示されている（中田・大本・藤見、2008）。単に水害被害を受けたという経験の有無はあまり避難行動に影響しなかった一方で、過去の避難経験の有無が避難行動に関連していたことが示されている。また避難行動と事前準備との関係は、防災訓練への参加や避難所・避難経路の確認、家族との連絡方法の確認との相関が大きい。実際の避難に際しては、片田らの調査などによって、世帯単位で避難行動を行うことが多いことが明らかにされている（片田ほか、1999）。

3.2 広域避難の特性

市町界を越えた広域避難を実施するにあたっては、周辺町や県との連携が大きな課題である。例えば他市町の指定避難所を避難先とする場合、避難所の開設や運営は基本的に各自自治体が担うため、避難先の市町で避難所が開設されていない状況も発生しうる。そのための連絡体制や費用負担の問題、また収容可能人数の問題など、調整を要する項目は多岐に亘る。そのような問題を受け、湖北地域では収容力の大きい長浜ドームを広域避難のための避難所として使うことが検討されている。

また市町界を越えた避難では、必然的に移動距離が長くなるため、より早いタイミングで避難行動を

開始する必要や、徒歩以外の移動手段を確保する必要が生じる。移動手段の確保についても様々な課題がある。例えば各世帯が自家用車を用いて避難する場合には、交通集中による渋滞の発生が危惧される。一方、役場がバスを手配するなどして集団で避難する場合には、更に早いタイミングで避難を開始し、一時集合場所に集まる必要がある。また全町民をバスで輸送するとなると相当の延べ台数が必要であり、バスの手配に掛かる時間と全町民をピストン輸送するために掛かる時間なども見込む必要がある。

このような点から、広域避難を行う場合には相対的に早いタイミングで意思決定を行う必要性があると考えられる。そのため場合によっては、雨が降り始めたらず、あるいは雨が降る前から対応を開始することが求められる。しかしながら短時間の雨量予測の困難性から、洪水となるかどうかは必ずしも高い精度では予測できない。したがって、万全を期して洪水となる可能性が少しでもあれば広域避難の意思決定を行うというようなことになれば、空振りが続くことにもなりかねない。このようなときの、「オオカミ少年効果」は各自自治体が最も恐れていることである。

特に、災害時要援護者の広域避難には大きな困難が伴うことが予想される。例えば寝たきりの患者の場合、専用のベッドを装備した車両でなければ移動は困難であるが、そのような車両は福祉施設等にわずかに存在するのみであり、一度に多くの患者を運ぶことは難しい。また仮に避難したとしても、避難先にバリアフリートイレをはじめとした、生活に必要な諸設備が不足している可能性も高い。そもそも災害時要援護者は、自力での移動が困難なために援護を必要としている場合が多く、移動することに対する心理的ハードルは相当に高いと考えられる。にもかかわらず上述のような事情から、健常者よりも更に早いタイミングで行動を開始する必要があり、避難行動の空振り率は更に高くなる。

このような事情を受けて、より多様な避難計画が求められている。すなわち、各住民の状況に応じて避難先などを分けるなどの対応が考えられる。例えば災害時要援護者は設備が整っている福祉施設や病院を避難先としたり、一時的に最寄りの高い場所（3階以上の建物や丘陵）に避難した上で、落ち着いてから受け入れ先に移動したり、といったことが考えられる。

3.3 エージェントの設計

本研究ではこのような広域避難について、世帯単位での避難行動を基本としてシミュレーションを行う。虎姫町の各世帯をエージェントとし、それぞれ

Table 1 Number of Household Agents of All Nodes

ID	数										
1100043	41	1200182	42	1210362	40	1270494	41	2110011	40	2210007	41
1100044	43	1200183	41	1210365	40	1270496	41	2170012	40	2210009	44
1110035	47	1200263	41	1210438	38	1270497	42	2170019	39	2210011	43
1110037	45	1200265	40	1210439	42	1270500	40	2200013	42	2210020	42
1110057	42	1200268	45	1210440	44	1270515	42	2200015	45	2210021	44
1170040	39	1200269	44	1210441	42	1270523	42	2200027	44	2210024	44
1170044	45	1200270	43	1210442	46	1270526	43	2200032	41	2210025	44
1170045	41	1200294	40	1210443	40	1270529	42	2200035	43	2210037	44
1170046	42	1200306	42	1210444	46	1270542	40	2200041	38	2210066	41
1170047	44	1210331	41	1210445	40	1270543	39	2200047	39	2210118	47
1170048	44	1210342	40	1210455	40	1270544	39	2200048	40	2210119	41
1170051	43	1210346	41	1270473	40	1270545	40	2200049	40	2270006	43
1170076	47	1210349	40	1270476	39	1270546	46	2200053	40	2270007	44
1170083	39	1210350	41	1270478	40	1270547	39	2200070	40	2270010	44
1170085	42	1210351	41	1270480	39	1270548	47	2200116	41	2270012	43
1170087	39	1210352	40	1270481	45	1270549	43	2200125	40	2270013	40
1170089	43	1210353	45	1270483	44	1270550	40	2200130	41	2270043	43
1170090	43	1210354	41	1270486	40	1270552	45	2200182	41	2270073	43
1170092	42	1210355	39	1270487	44	1270553	44	2200183	42	2270090	40
1200172	46	1210356	39	1270488	40	1270554	45	2210001	40	2270092	39
1200174	46	1210357	43	1270489	44	2100010	39	2210004	43	2270125	41
1200178	40	1210359	42	1270491	44	2100014	46	2210005	41	2270215	42
1200181	42	1210360	40	1270492	44	2100015	43	2210006	41	2270228	44

のエージェントが固有の出発点から目的地を目指して移動するものとする。具体的には、各世帯エージェントの初期値として、出発ノード、目的ノード、移動開始タイミング、占有セル数を与える。また変数として、ステータス、座標、当面目指すべきノード、軌跡の座標を保持する。出発ノードから目的ノードまでの経路は予め定めておく。

シミュレーションの各ステップにおいて、エージェントはステータスの値に応じた行動を行う。ステータスが「未出発」のときには、ステップ数と移動開始タイミングを比較し、現在のステップが移動開始タイミングと等しくなったら、ステータスを「交差点上」に変更する。ステータスが「交差点上」のときには、次に進むべきノードを確認した上で、その方向に進む。交差点を離れたらステータスを「道路上」に変更し、引き続き移動する。ステップごとに現在座標をチェックし、目的ノードに達したらステータスを「目的地到着」に、その他のノードに達したら「交差点上」に変更する。これを繰り返して、各エージェントは目的地まで移動を行う。なお移動の際に、移動先候補となるセルに別のエージェントが居る場合、移動先候補の両隣を新たな移動先候補とする。両隣のセルも他のエージェントが占有している場合は、1ステップ休止する。

出発ノードおよび目的ノードのデータは「デジタル道路地図」のデータから、交差点ノードおよびリンク端点ノードを抽出して用いる。出発ノードは各世帯の最寄りノードとする。各ノードに割り当てるエージェント数は住宅地の面積比で按分した。具体

的には国土院1/25,000地形図のデータから住宅地に相当する画素数を求め、各画素から最近傍となるノードを決定した。このようにして各ノードに割り当てられた画素数の比によって、各ノードを出発ノードとするエージェント数を決定した。ノードに割り当てたエージェント数をTable 1に示す。目的ノードは目的とする避難先の最寄り（町中心部の交差点や橋を渡った先の交差点など）を抽出した。

4. アンケート調査によるエージェント実装

4.1 アンケートの概要

虎姫町の住民が水害発生時にどのような行動をとるのかを把握するため、アンケートを実施した。アンケートは世帯単位で回答してもらうこととし、町役場から各字 経由で全戸に配布した。回収は郵送によった。配布日は2008年12月15日であり、12月31日を期限として回収した。配布数は1837通で、回収数は237通（回収率12.9%）であった。字ごとの世帯数とアンケート回収数をTable 2に示す。

Table 2 Number of Households and Withdrawn Questionnaires in Torahime-cho

古くからある字 ^{注1}			新しい字					
唐国	83	15 (18.1%)	長田	119	3 (2.5%)			
月ヶ瀬	73	14 (19.2%)	旭町	241	4 (1.7%)			
本町	45	7 (15.6%)	柿ノ木	101	0 (0.0%)			
大寺	77	19 (24.7%)	小計	461	7 (1.5%)			
中野	110	22 (20.0%)	その他 ^{注2}					
三川	131	29 (22.1%)						
宮部	183	33 (18.0%)						
大井(北)	58	11 (19.0%)				小計	5	1 (20.0%)
大井(南)	66	27 (40.9%)						
酢	56	18 (32.1%)						
五村	72	11 (15.3%)						
田	63	14 (22.2%)						
五	302	8 (2.6%)						
西大井	52	1 (1.9%)						
小計	1371	229 (16.7%)	合計	1837	237 (12.9%)			

注1) 虎姫町は16の字から構成され、自治活動や防災活動は字単位で取り組まれている。これらは古くから存在する字と、昭和中期以降新たに住宅が建設されてきた字に大別される。なお字大井は姉川の両岸にまたがっているため、水害時の避難行動において差違が生じる可能性がある。そのため本研究においては、便宜上別々の字として扱うこととする。

注2) この世帯数は虎姫町が各字経由で住民に文書等を配布する際の区分であり、事情により町が直接対応する世帯について「その他」として扱っている。

4.2 質問項目

アンケートは大きく4部に分かれている。第1部では、現時点での水害に関する認識や対策状況を知るため、特別な情報を提供せずに水害リスクやハザードマップ、自治体等から提供される情報の認知状況について聞いた。

第2部では自治体等から提供される情報について紹介した上で、それぞれの情報が提供されたタイミングでどのような行動をとるか聞いた。世帯単位のアンケートではあるが、昼間時などで家族が別々の場所に居ることを考慮して、まず避難する際に家族の集合をどうするか聞いた。また全世帯アンケートである点を考慮して、水防活動や要援護者の救援などについて各世帯が参加するかどうか聞いた。洪水対応や避難開始のタイミングは公的機関からの情報提供だけでなく、自治会や近所などの動きがトリガーとなる可能性を考慮して、声掛けや周囲の動きも選択肢に入れた。これらはエージェントのルールをより高度化する際にモデルに取り込むことも想定している。

第3部では検討中の広域避難に関しての意向を聞

いた。まず代替案の1つである、長浜ドームを避難所として使う場合について、適切と考える移動手段を聞いた。また、各世帯が自家用車を用いて避難する場合と、町がバスを用意して集団で避難する場合、それぞれの長短を示した上で、適切と考える方策を聞いた。また避難先を自由に選べる場合にどこへ避難するかを聞いた。どちらも、町外へ避難する場合には、限られた出入り口を経由することになるので、特にボトルネックとなることが想定される橋について、どの橋を経由して町から外に出るかを聞いた。

最後に第4部では家族構成と、それぞれの1日の行動を聞いた。この設問は、避難行動に移る前に家族が集合する場合に、どの程度時間が掛かるかを推定するために設定した。具体的なアンケート項目は付録に付した。

4.3 単純集計

字ごとの回収数はTable 2に示す通りであるが、回収率に大きな格差が生じた。特に古くからある字と新しい字で大きな違いがある。これは字によって、水害に対する関心が大きく異なることを示唆する。

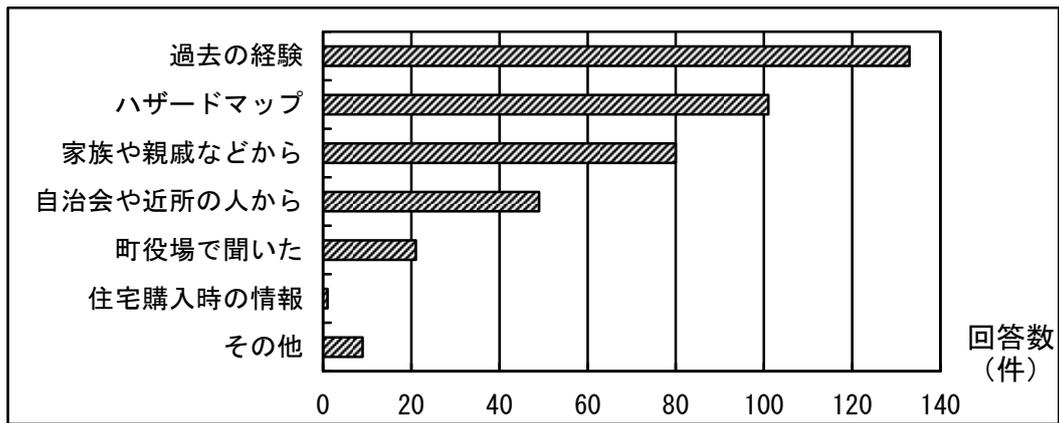


Fig. 5 Results of the way that you know(get) flood risk of your area

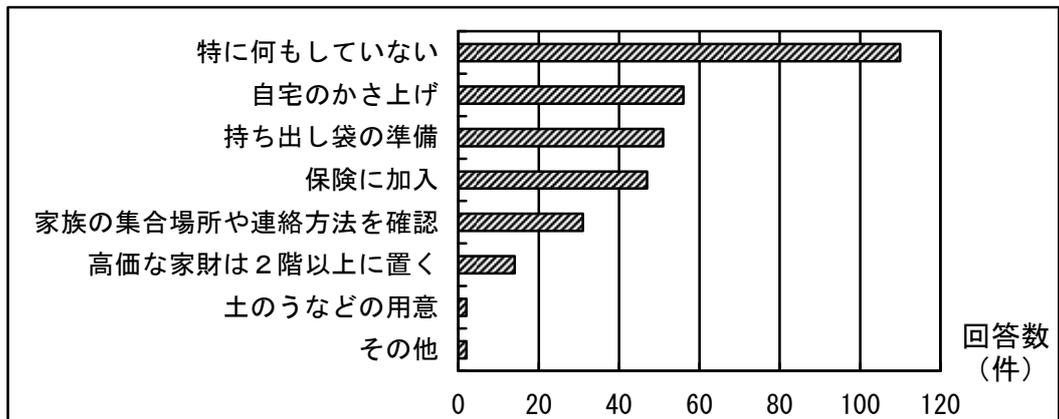


Fig. 6 Prepared Action of Flood Disaster

まず各設問についての単純集計結果を示す。虎姫町の持つ水害リスクについては201件(84.8%)が「知っていた」としており、かなり多くの住民が虎姫町が水害に対して脆弱な立地にあることを知っていることが分かる。特にFig. 5に示すように、「知っていた」と回答した世帯のうち、約3分の2は水害の危険性を知った経緯として「過去の経験」を挙げており、水害について実感を持っていると言える。ハザードマップも7割程度の世帯は何らかの形で目を通しており、配布から日が浅いこともあって比較的認知度は高いと言える。また約半数の世帯では、洪水避難訓練の参加経験もあるなど、水害に対する意識の高い世帯の回答が多かったことが示唆される。

しかしながらFig. 6に示すように、水害に対する備えは回答があった世帯のうち約半数では「特に何もしていない」としており、知ってはいるものの具体的な行動は起こしていない、という典型的な世帯が多いと言える。またウェブ上で提供されている水位情報の認知度は高いとはいえないが、他の設問での自由記入の中に「ブックマークしている」「イン

ターネットで見ると」等の回答も見られ、存在が広く知られれば有用なツールとなり得ることが示唆される。特に新たに観測点を追加すべき地点の回答において、選択肢にないにもかかわらず「田川の馬橋」という回答が9件あり、需要と関心の高さが伺える。

避難行動については、家族が離れた場所に居るときには、敢えて自宅に集合することなく、別々に避難する傾向が高い。また水防活動等への参加意志も高く約3分の2の世帯では「参加する」という回答であった。欄外に「男子は全員出動する」との書き込みがある回答もあり、一部には「水防活動には参加して当然」という意識があることが伺い知れる。

洪水対策を始めるタイミングはばらつきが大きい。対策の内容は情報収集が多い。浸水対策は家財の移動する方が、土のうを積むよりも多い。近所での避難支援については、「支援が必要」とした回答は多くはなかったが、その大半は支援に関する打合せはしていないことが分かる。

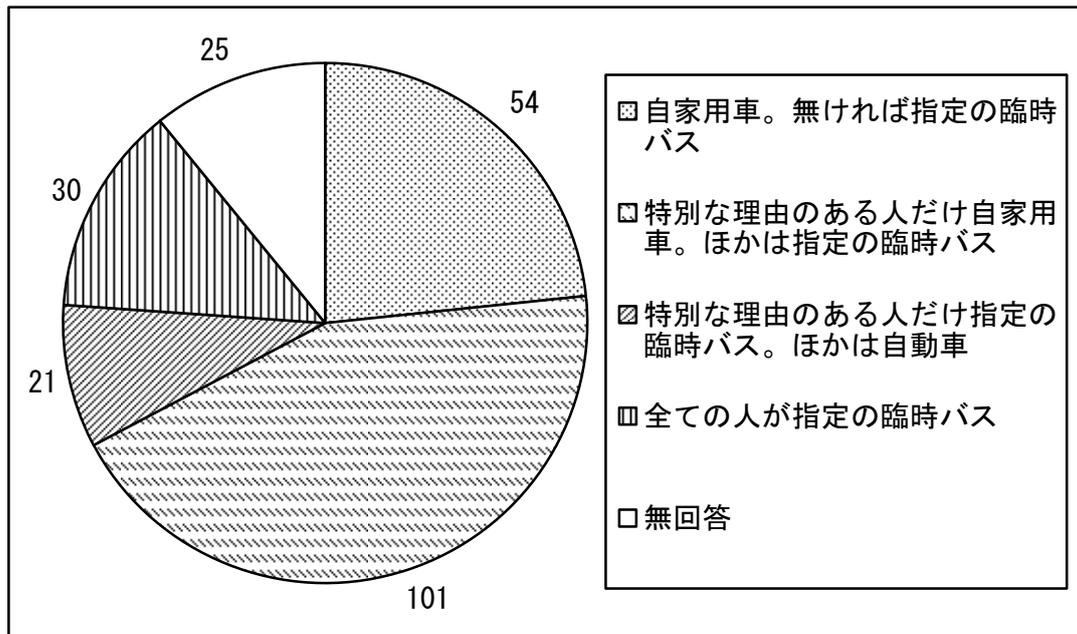


Fig. 7 Evacuation Mode of Transportation for Nagahama Dome

避難開始のタイミングは避難勧告を挙げた回答が半数近くおり最多だった。また避難前にすることは非常用品の準備が圧倒的で、何もせずすぐ避難する世帯は少ないと言える。また避難先は字の集会所や町の指定避難所という回答が多く、検討課題となっていた普段利用する福祉施設等を挙げた回答はなかった。

広域避難に関する設問では、長浜ドームまでの移動手段は自動車が良いという回答がほとんどであった。自動車の内訳はFig. 7に示した通り、「臨時バスを使うべき」という回答が多かった。一方で「長浜ドームへ避難すると想定した場合」と断った上での設問であったにも関わらず、「長浜ドームへ避難することは考えられないので答えられない」等の回答も少なからず存在し、遠方へ避難することへの抵抗感が強いことも伺える。

長浜ドーム以外で町外に避難する場合の避難先としては、長浜市という回答が圧倒的に多かった。また「橋を渡る必要はない」という回答が多かったこと、自由記入で「浅井町」等の回答があったことから、虎姫町の上流側にあたる旧浅井町を避難先として考える住民が多いことが分かる。

4.4 シミュレーションパラメータの推定

このアンケート結果から、エージェントの行動を表すパラメータを推定した。避難行動の特性に強く影響する要素として、避難開始タイミング、避難前の行動とその所要時間をアンケート結果から推定した。まず避難行動を開始するタイミングと避難前の

行動の関係を分析する。無回答を除いた回答数をTable 3に示す。なお避難開始のタイミングは、表に示した選択肢以外にも「自治会などからの声掛けに応じて」および「周囲の家庭が避難しているのを見て」という選択肢もあったが、自治会は避難勧告のタイミングで声かけを行うことからここでは避難勧告に合算した。周囲の家庭をトリガーとした回答は全体で1件と少なかったため除いた。これらの中で5%以下の少数回答を除いた組み合わせを、1837世帯の家族エージェントに割り当てる。

次に避難前の行動と所要時間の関係について分析する。無回答を除き10分単位で階級別に集計したものをTable 4に示す。少数回答を除いて、避難前に非常用品の準備を行う場合の所要時間は10分、20分、30分のいずれかに、周囲への声掛けを行う場合の所要時間は10分に、それぞれ設定する。

以上をまとめた結果をTable 5に示す。すなわち、1837世帯のうち、例えば避難勧告を受けて避難することを意思決定し、非常用品を準備するため準備に20分かかる世帯が184世帯、というように設定する。

Table 3 Evacuation Start Timing and Action before Evacuation

		避難前の行動			
		何も しない	非常用品 の準備	周囲への 声掛け	非常用品の 準備と周囲 への声掛け
タイミ ングの 開始の タイミ ング	大雨洪水警報	0	8	2	2
	避難準備情報	1	19	7	3
	避難勧告	10	67	17	8
	避難指示	5	52	18	5

Table 4 Spending Time of Action before Evacuation

		避難前の行動			
		何も しない	非常用品 の準備	周囲への 声掛け	非常用品の 準備と周囲 への声掛け
所要 時間 (分)	10	4	28	19	3
	20	1	16	2	3
	30	0	18	5	1
	40	0	2	0	0
	50	0	0	0	0
	60	0	2	0	1

Table 5 Evacuation Start Timing and Spending Time of Action before Evacuation

避難開始のタイミング	避難前の行動と所要時間	世帯数
避難準備情報	用品準備 10分	91
	用品準備 20分	52
	用品準備 30分	59
避難勧告	用品準備 10分	321
	用品準備 20分	184
	用品準備 30分	207
	声掛け 10分	181
避難指示	用品準備 10分	249
	用品準備 20分	142
	用品準備 30分	160
	声掛け 10分	191

5. 避難計画のシミュレーションによる評価

5.1 シミュレーションの設定

本研究では構造計画研究所のマルチエージェントシミュレータ「KK-MAS」を用いて、シミュレーションを行う。「KK-MAS」は空間をラスタ型で扱うため、メッシュで計算されている浸水シミュレーションとの相性が良く、またセル単位で占有等のチェックが行えるため、混雑の表現が容易である。

まず 5,000×5,000のラスタ空間を用意した。町の広さを考慮して、東西方向、南北方向ともに1セルが1mとする。この空間Townに変数およびエージェントを配置した。主要なエージェントおよび変数をFig. 8に示す。

エージェントが移動するための道路は、デジタル道路地図のデータを変換して作成した。デジタル道路地図のデータは、2次メッシュごとに分割されており、虎姫町域を含むメッシュ番号 5336-01、

5336-02, 5336-11, 5336-12 の4メッシュからノードデータとリンクデータを抽出した。それぞれの2次メッシュ内では10,000×10,000の正規化座標で表現されている。なお、この座標系はメートル単位の座標と一致する。4メッシュ合わせて東西方向20,000, 南北方向20,000となる座標のうち、虎姫町域よりやや広い範囲に該当する、東西方向は9,001から14,000まで、南北方向は8,001から12,000までの部分を、用意した空間に当てはめた。

道路の情報はリンクデータをラスタライズして作成した。リンクデータには始終点の座標および道路幅員（4段階）、線形を表現するための補間点の座標が含まれている。この始終点および補間点の座標を用いて、まず道路の中心線をラスタライズした。さらに道路中心線から道路幅員分オフセットした座標を道路とした。なお道路幅員は11m, 7m, 5m, 3mの4種類である。また始終点の中心座標を含む11m

四方の領域を交差点とした。これらのデータを、空間Townの持つ変数Mapに格納した。変数Mapの値は、1が道路、2が道路中心線、1,000から1,175までは交差点を示す。ここで各交差点の持つID値に1,000を加えた値を記憶している。また値が0の時は道路以外の場所であり、エージェントは進入不可である。なお変数Mapは形式上変数であるものの、シミュレーション中に変更されることはなく、実質上定数として機能している。

またノードの情報は、便宜上、ラスタライズした道路データ以外にも、エージェントとしても記憶している。出発ノードから目的ノードまでの経路を決定するために、予めダイクストラ法により各ノード間の最短経路を求めておき、ノードiからノードjに到達するために、ノードiの次に目指すべきノード番号をエージェントNode(i)の持つ変数Route(j)に記憶する形式とした。

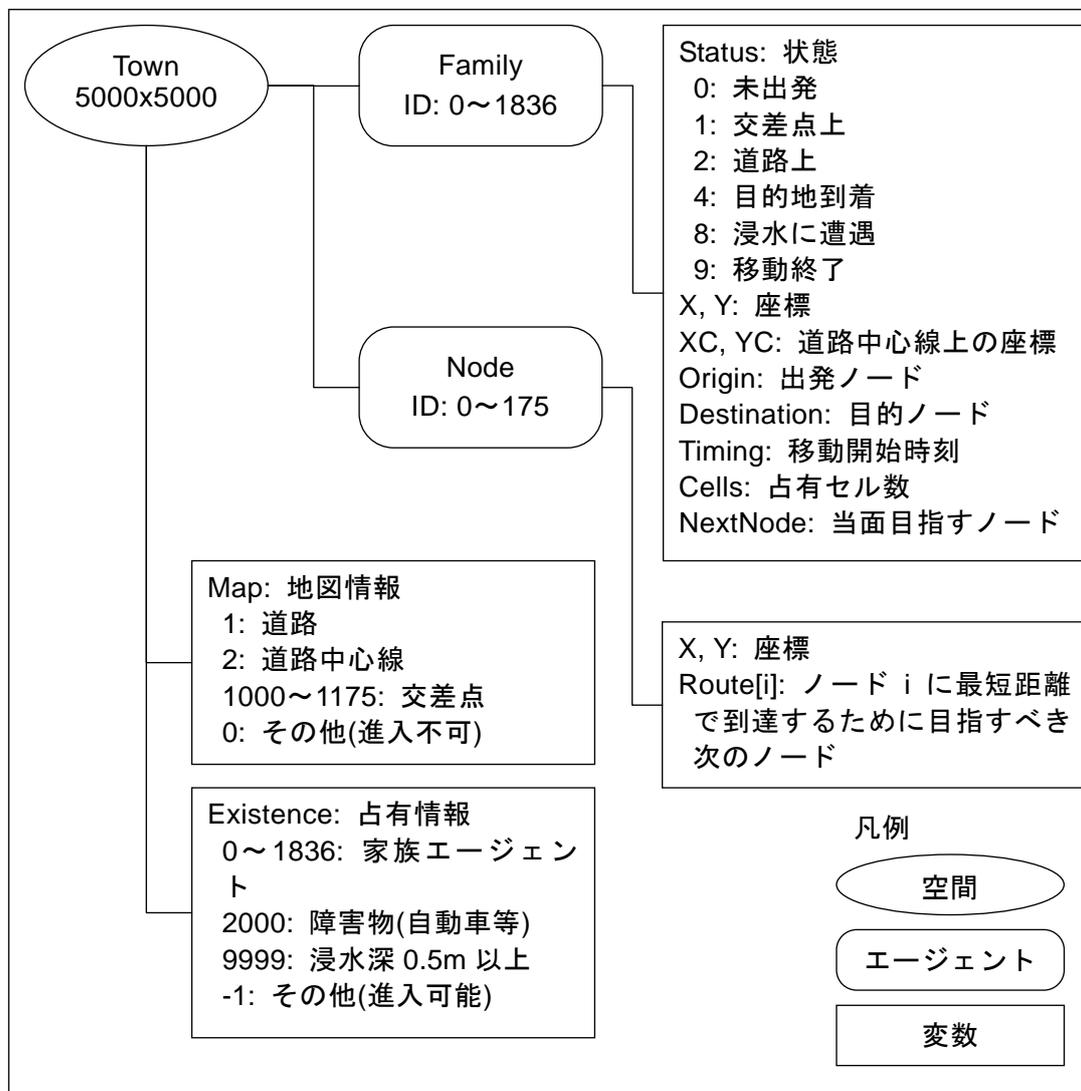


Fig. 8 Main Agents and Their Parameters

空間Townには、地図情報を記憶する変数Map以外にも、占有情報を記憶する変数Existenceを持たせた。この変数は当該セルに何らかの物が存在しているかどうかを保持するものであり、0から1836まではエージェントFamily, 2000は駐車車両を想定した障害物, 9999は浸水深0.5m以上の浸水を示す。またExistenceの値はデフォルトを-1とし、-1以外の値のセルへは進入できないルールとした。浸水深のデータは50mメッシュごとに、浸水深が0.5m以上となる時刻を与える。データの単位時間である15分ごとにセルの進入可否をチェックし、変数Existenceの値を変更する。

各エージェントFamilyは、出発ノードと目的ノードを持ち、4.4で設定したパラメータに応じたタイミングで行動を開始する。交差点では目的ノードに達するために次に向かうべきノードを調べ、方向転換する。交差点以外の道路では道路中心線に沿って進む。このとき進行方向上に別のエージェントFamilyや、障害物が存在する場合には斜め前方あるいは左右に回避行動を取る。1ステップあたり1マスずつの移動を繰り返して、目的ノードに到達するか、途中で0.5m以上の浸水に遭遇した場合に移動を停止する。それぞれ避難完了および避難失敗として停止したステップ数とともに記録する。

5.2 シミュレーションの実施と結果

以上のように設定した空間において、シミュレーションを実施した。用いたハザードのシナリオは、滋賀県の実施した氾濫シミュレーションに基づいている。氾濫シミュレーションは水系全域に対して一様に100年確率の降水が生じたときの、内水氾濫および河川からの溢水による浸水深を算出している。計算範囲を50mメッシュに区切り、ステップごとにそれぞれのメッシュに降った水量と流出量を計算し、その差を浸水量としている。なお、今回は15分ごとの時系列に応じた浸水深データを用いた。

勧告等の情報発令のタイミングは、町域周辺の水

位観測地点（4地点）の水位によって設定した。観測地点の水位が規定された高さに達すると避難勧告が発令されることになっているため、今回のシミュレーションでは4地点のうち最も早く避難判断水位に達した時点をもって避難勧告が発令されるものとした。具体的には降雨開始後5.8時間で避難勧告が発令されるものとした。また、避難準備情報および避難指示は、避難勧告のタイミングからそれぞれ20分前、40分後に発令されるものとした。

避難行動のシナリオは3パターン設定した。パターンAは町中心部の指定避難所に全世帯が集まってくるシナリオであり、従来の避難計画で設定されているものである。パターンBは町東端にある北陸自動車道高架下に全世帯が集まってくるシナリオであり、協議会等で検討されてきた「北陸自動車道を活用した広域避難」に対応するものである。パターンCは各世帯が最寄りの橋などを通して町外の非浸水区域を目指すシナリオである。

各シナリオのシミュレーション結果をFig. 9に示す。

各シナリオは各エージェントの目的地が異なるのみで、他の条件は同一であるが、今回は町外に出れば浸水に遭遇しない設定となっているため、多くのエージェントが短い距離で町外に出ることのできる、シナリオCが最善となっている。また町の東端まで移動する必要のあるシナリオBは、町の中心部に集合するシナリオAに比べて町西部の住民が集合するまでの時間が多く掛かり、その分浸水に遭遇する世帯が増えていると考えられる。

浸水に遭遇したエージェントについて分析すると、出発ノードが川に近いエージェントが浸水に遭遇していることが分かった。特に、行政が主に注目している姉川・高時川沿いのノードを出発するエージェントではなく、町内を流れる田川沿いのノードを出発するエージェントが、シナリオに共通して避難途中で浸水に遭遇する結果となった。

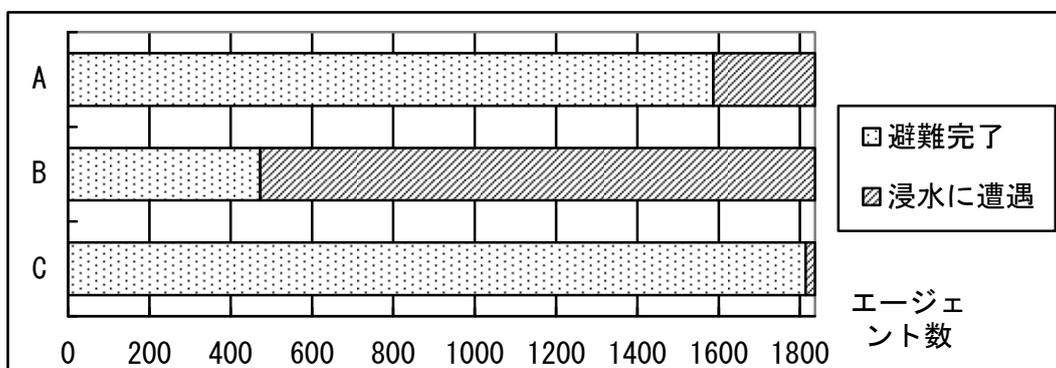


Fig. 9 Results of Evacuation Simulation

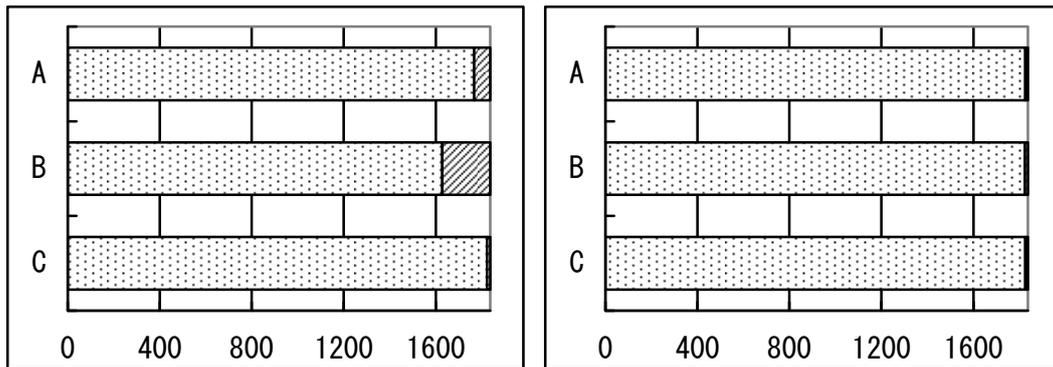


Fig. 10 Results of Evacuation Simulation if Timing of Evacuation Instructions Changed (Left: 1Hour, Right:2 Hour)

次に各避難シナリオにおいて、避難勧告等の発令タイミングを早めてシミュレーションを行った。結果をFig. 10に示す。このように避難勧告等を2時間早めれば、ほぼ全ての住民は避難を完了することができる。また1時間早くするだけでも、結果が大幅に改善された。さらに字ごとに避難勧告等のタイミングを柔軟に変えれば、効率よく避難を完了させることができると考えられる。

5.3 まとめ

マルチエージェントシミュレータに空間Townを配置し、その上で移動開始タイミングと目的地が互いに異なるエージェントFamilyを動かした。それと浸水深データを重ねて評価することで、避難完了するエージェントと途中で立ち往生するエージェントに分類した。設定した目的地の違いによって、無事に避難完了するエージェントの割合は大きく異なることが分かった。特に長浜ドームへの広域避難を想定したシナリオでは、既定の避難勧告より相当早いタイミングで避難の意思決定を行わなければ全住民を安全に避難完了させられないことが分かった。

今回は町外に到達した時点で避難完了としたが、例えば具体的な施設を目的地としたり、町外に出て一定距離以上離れることを避難完了としたりすることもエージェントFamilyの持つ変数Destinationを変えて自由に変更することが可能である。またハザードのシナリオや、避難勧告のタイミングを様々に変更することで、「無事に避難が完了する世帯の数」によって様々な避難計画を評価することが可能となる。

6. おわりに

本研究では、自治体内の指定避難所が浸水によって使用不可能となり、市町界を越える広域避難を実

施することを念頭においた、シミュレーションシステムの検討を行った。広域避難においては様々な課題が存在し、それを解決するために多様な避難先を設定することが考えられる。そのため検討したシステムにおいては、エージェントごとに異なる目的地を設定してシミュレーションを行うこととした。

実際に全エージェントが同じ目的地を目指す場合2例と、それぞれに異なる目的地を目指す場合1例でシミュレーションを実施し、避難が完了するエージェント数の違いを示した。この違いは、想定するハザード、避難勧告等の発令タイミング、各エージェントの目的地によって生じるものであり、避難勧告の発令タイミングや、目的地の設定を変えることによって、より多くの世帯が無事に避難を完了させることのできるオプションを見いだすことができる。

なお、本システムを活用してより効率の良い避難計画を検討しても、実際に住民が避難を行わなければ意味がない。そのためには検討した避難計画の意味や、避難しなかった場合の危険性などについて周知することが重要である。本研究の主旨からは逸れるが、同様のシミュレーションを避難計画の検討だけでなく、リスクコミュニケーションのツールとして活用することで、住民に対する周知にも役立てることができるのではないかと考えている。

最後に今後の課題を述べる。今回のシミュレーションでは、避難行動の途中で浸水に遭遇した場合、そこで立ち往生する設定になっているが、実際にはアンケートでも聞いたとおり、回り道をして目的地をめざすなり、別の避難先を新たな目的地に設定するなりして、移動を続けると思われる。また広域避難のために自動車を用いた場合の渋滞や歩行者との相互作用などを盛り込み、より現実に即した避難計画の検討を行うことが必要である。

謝 辞

本稿において重要な部分を占めるアンケート調査に協力いただいた虎姫町総務課、滋賀県における治水政策の考え方や浸水区域想定などの情報を提供いただいた滋賀県土木交通部河港課の方々に感謝する。

参考文献

- 国土交通省河川局治水課(2008):平成20年水害レポート, http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/pdf/suigai2008.pdf
- 内閣府(2008):平成20年防災白書
<http://www.bousai.go.jp/hakusho/hakusho.html>
- 片田敏孝, 山口宙子, 寒澤秀雄(2002):洪水時における高齢者の避難行動と避難援助に関する研究, 福祉のまちづくり研究 Vol.4 No.1.
- 今本博健, 久下俊夫(1977):昭和51年台風17号災害地(赤穂・小豆島・高知)における被災及び避難状況に関するアンケート調査, 昭和51年度文部科学省科研費(自然災害特別研究), 昭和51年9月台風17号による災害の調査研究総合報告書, pp.44-50.
- 今本博健, 石垣泰輔, 大年邦雄(1982):昭和57.7長崎災害における住民の避難行動について, 京都大学防災研究所年報, 第26号B-2, pp.127-138.
- 今本博健, 石垣泰輔, 大年邦雄(1982):昭和57.8大和川水害における住民の避難行動について, 第26号B-2, pp.139-148.
- 道上正規(1979):水害時の避難行動に関する研究, 鳥取大学工学部研究報告第10巻, pp.757-780.
- 長尾正志, 橋本健二(1986):水害への住民意識と避難行動の統計的分析—濃尾臨海低平地でのアンケート調査による研究—, 自然災害科学(学術雑誌) 5/2, pp.19-34.
- 吉本俊裕, 須見徹太郎, 永友嘉嗣(1990):水害時の避難行動に関する調査報告書—緑川水系御船川昭和63年5月洪水における避難行動—, 土木研究所資料第2862号.
- 吉本俊裕, 笛田俊治, 池田幸徳(1992):水害時の避難行動に関する調査報告書(2)—六角川平成2年7月洪水における避難行動—, 建設省土木研究所資料第3098号.
- 吉本俊裕, 笛田俊治, 池田幸徳(1993):氾濫特性の異なる流域での避難行動, 土木学会水工学論文集, 第37巻, pp.233-238.
- 片田敏孝, 児玉真, 桑沢敬行, 越村俊一(2005):住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題—2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から, 土木学会論文集, II部門, pp.93-104.
- 西原巧(1983):氾濫解析に基づく避難システムの河川工学的研究, 京都大学博士論文.
- 高橋保, 中川一, 東山基(1989):洪水氾濫水の動態を考慮した避難システムの評価に関する研究, 京都大学防災研究所年報第32号B-2, pp.757-780.
- 高棹琢馬, 椎葉充晴, 堀智晴(1995):水害避難行動のミクロモデルシミュレーションと制御に関する研究, 土木学会論文集No.509/II-30, pp.15-25.
- 桑沢 敬行, 片田 敏孝, 及川 康, 児玉 真(2008):洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用, 土木学会論文集D, Vol. 64, No. 3, pp.354-366.
- 建設省土木研究所(1998):関川水害時の避難行動分析, 土木研究所資料第3536号
- 虎姫町総務課(2008):虎姫町洪水ハザードマップ, <http://www.town.torahime.shiga.jp/mkpage/hyouzi.php?sid=233&listmode=>
- 湖北圏域水害・土砂災害に強い地域づくり協議会(2008):広域避難の連携に関する基本協定書, http://www.pref.shiga.jp/h/kako/bousai/suigainitsuyoi/kohoku_suigaikyoutei/kohokusuigaikyou-kyouteisyo.pdf
- 村上ひとみ・朝位孝二・榊原弘之(2006):台風0514号による錦川洪水に関する住民アンケート調査—避難行動と人身の危険, 第25回日本自然災害学会学術講演会概要集
- 中田昇吾・大本照憲・藤見俊夫(2008):平成18年7月川内川豪雨災害における住民の避難行動と災害外力の相関分析, 第27回日本自然災害学会学術講演会概要集
- 片田敏孝ほか(1999):平成10年8月末集中豪雨災害における郡山市内の対応行動に関する調査報告書, <http://dsel.ce.gunma-u.ac.jp/modules/newdb1/detail.php?id=1>

付 録

4章で実施した全アンケート項目を以下に示す。

Part 1

最初に、現時点で防災について知っておられること、考えておられることをお伺いします。世帯主の方にご回答をお願いします。

問1-1 虎姫町は洪水で大きな被害を受ける危険性が高いことをご存じでしたか？

1. 知っていた。 →問1-2へ
2. 知らなかった。 →問1-3へ

問1-2 水害の危険性が高いことについて、どうやってお知りになりましたか？

(当てはまるもの全てをお選びください)

1. 過去の経験(水害に遭遇、増水している川を見た、など)
2. ご家族や親戚などから聞いた。
3. 自治会や近所の人から聞いた。
4. 町役場で聞いた。
5. 住宅の購入時などにそのような情報が提示された。
6. 町から配布された「虎姫町洪水ハザードマップ」を見た。
7. その他(→回答用紙の記入欄にご記入ください)

問1-3 今年5月に虎姫町より配布された「虎姫町洪水ハザードマップ」はご覧になりましたか？

1. 全体を読んだ。 →問1-4へ
2. 地図に目を通した。 →問1-4へ
3. 地図以外の部分を読んだ。 →問1-4へ
4. もらったが見ていない。 →問1-4へ
5. 配布されたことを知らない。 →問1-5へ

問1-4 ハザードマップは現在どうされていますか？

1. 自宅内で目につくところに貼ってある。
2. 貼ってはいないが、保管してある。
3. どこに置いてあるか分からない、もしくは、捨てた。

問1-5 6月8日に実施された「洪水避難訓練」には参加されましたか？

1. 家族全員で参加した。
2. 家族の一部が参加した。
3. 参加していない。

問1-6 洪水時などに発表・発令される以下の警報や情報の内容をご存じですか？

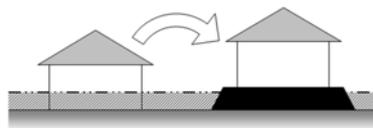
(それぞれ、詳しく知っている、何となく知っている、知らない、からお選びください)

1. 大雨・洪水警報
2. 避難準備情報(災害時要援護者避難情報)
3. 避難勧告
4. 避難指示

問1-7 水害に対してどのような備えをしておられますか？

(当てはまるもの全てをお選びください)

1. 特に何もしていない。
2. 自宅のかさ上げをしている(※右図のように本来の地盤より高めに自宅を建てている)。



3. 高価な家財は2階以上に置いている。
4. 土のうなどの備品を用意している。
5. 非常時の持ち出し袋を準備している。
6. 家族が集合する場所や家族間の連絡方法を確認している。
7. 保険に加入している。
8. その他(→回答用紙の記入欄にご記入ください)

問1-8 インターネット上の「滋賀県防災情報システム」ページ※から、各河川の水位情報が見られることをご存じですか？

(※)<http://www.shiga-bousai.jp/>

1. 見たことがある。
2. 知っているが、見たことはない。
3. 知らない。

問1-9 虎姫町付近で現在「滋賀県防災情報システム」によって水位情報を知ることができるのは、難波橋、国友橋、今村橋、錦織橋の4地点です。新たに観測点を追加するとしたら、どの地点に追加されると良いと思われますか？

1. 新大井橋
2. 姉川大橋
3. 馬渡橋
4. 賀村橋
5. 新福橋
6. その他(→回答用紙の記入欄にご記入ください)

Part 2

実際に避難を行う場合のことについてお伺いします。

問2-1 ご家族が別々の場所におられるときに、避難が必要な事態になったらどのように対応されますか？

1. 一度自宅に集まってから避難を行う。
2. 近くに居てすぐ集まれる人だけが集まって避難を行う。
3. 各自で避難先に向かう。

問2-2 自治会役員や消防団員として、水防活動等に参加しますか？

1. 参加する。
2. 参加しない。

避難時にはさまざまな状況に応じて判断しながら行動することになります。以下の設問は、避難するときに中心的に判断を下す方にご回答をお願いします。

※世帯主の方が中心となる場合は世帯主の方が、世帯主の方がいない可能性が高い（職場が遠い・水防活動に参加するなど）ために他の方々で判断される場合はその時に中心となる方にご回答をお願いします。

大雨が降り洪水の危険性が高まると、以下のような順序で警報等が発令・発表されます。

1. 大雨・洪水警報の発表

1時間降水量が50mmを超えるような大雨が降ると、彦根地方気象台が大雨・洪水警報を発表します。テレビやラジオなどマスコミを通じて警報が発表された旨が広報されます。

2. 避難準備情報（災害時要援護者避難情報）の発令

姉川および高時川の水位観測所（P. 2地図中☆印）の水位が「はん濫注意水位」に到達し、天候状況等により今後も水位の上昇が見込まれ、数時間後に避難の可能性が考えられる場合には、防災無線や広報車両等により自主避難や災害時要援護者の支援を呼びかけられます。

3. 避難勧告の発令

水位観測所の水位が「避難判断水位」に到達し、天候状況の悪化やさらに水位の上昇が見込まれ、災害発生の可能性が考えられる場合には、防災無線や広報車両等を通じて避難勧告を広報されます。このときには、町公共施設（小中学校体育館や町民体育館等）が指定避難所となります。

4. 避難指示の発令

さらに水位が上昇し、堤防の決壊などの災害発生の危険性が高まった時には、「避難指示」が発令されます。

問2-3 どの時点で洪水に対する対応を開始しますか？

1. 状況1（警報）
2. 状況2（避難準備情報）
3. 状況3（避難勧告）
4. 状況4（避難指示）
5. 区長などから連絡があったら
6. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）

問2-4 具体的にはどのような対応を行いますか？

（当てはまるもの全てをお選びください）

1. テレビ等からの情報収集に努める。
2. 川の様子を見に行く。
3. 家の前に土のうを積むなど浸水対策を行う。
4. 家財を2階に移動する。
5. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）

問2-5 どの時点で避難しようと思いますか？

1. 状況1（警報）
2. 状況2（避難準備情報）
3. 状況3（避難勧告）
4. 状況4（避難指示）
5. 自治会などからの声掛けに応じて
6. 周囲の家庭が避難しているのを見て
7. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）

問2-6 避難する際に近所との協力はどうされますか？

1. 近所で移動困難な人などがいたら手伝いに行く。
→問2-8へ
2. 移動の補助など手伝いに来てもらいたい。
→問2-7へ
3. どちらでもない

問2-7 具体的にはどのような支援が必要ですか？ また、災害時に備えて支援者との打合せ等は行っていますか？

1. 近隣住民の支援が必要で、打合せ済み。
2. 近隣住民の支援が必要で、打合せしていない。
3. 専門スタッフの支援が必要で、打合せ済み。
4. 専門スタッフの支援が必要で、打合せしていない。
5. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）

問2-8 避難の前に何をしますか？ またそれには何分くらい掛かると思いますか？

1. 何もしない（すぐに避難する）。

2. 非常用品などを準備する。
3. 周囲への声掛けを行う。

問2-9 どこへ避難しますか？ また自宅を出発してから避難先まで何分程度掛かりますか？

1. 字の集会所
2. 指定避難所（学校・体育館）
3. 普段利用している病院や福祉施設
4. その他虎姫町内
5. 虎姫町外

問2-10 避難先にたどり着く前に道路の冠水に遭遇しました。徒歩で通り抜けられない深さです。どうしますか？

1. 迂回して避難先を目指す。
2. 避難をやめて自宅に戻る。
3. 避難をやめて別の場所に避難する。

Part 3

虎姫町域全体が甚大な被害を受けるような場合を想定して、現在広域避難（周辺市町への避難）について検討が進められています。検討中の広域避難に対して、ご意見をお伺いします。世帯主の方にご回答をお願いします。

長浜ドームを広域避難所として活用することが検討されています。

問3-1 長浜ドームまで避難するとなった時、移動手段としてよいと思うものはどれですか？（それぞれの長短について説明文をよくお読みになってご回答ください）

1. 電車 →問3-3へ
2. 自動車、バス →問3-2へ
3. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）
→問3-3へ

問3-2 自動車、バスで避難するとなった時、良いと思われる手段はどれですか？（個別に避難する場合、集団で避難する場合の説明文をお読みになってご回答ください）

1. 自動車を持っている人は各自の自家用車を、持っていない人は指定された場所（自主避難所や指定避難所など）から手配された臨時バスを利用して避難する。
2. 特別な理由のある人だけ個別の自動車を利用し、それ以外の人はすべて、指定された場所から手配された臨時バスを利用して避難する
3. 特別な理由のある人だけは手配された臨時車両

を利用し、それ以外の人は各自で自動車を確保して避難する。

4. すべての人が指定された場所から手配された臨時バスを利用して避難する。

- ◆個別に移動する場合…全町民が一斉に移動するため渋滞が発生する可能性があります。特にアンダーパスになっている場所で渋滞に遭遇すると大変危険です。
- ◆集団で移動する場合…バスの手配などに時間が掛かるため、かなり早いタイミング（現在の避難勧告よりも早いタイミング）で指定の場所に移動することが必要となります。

問3-3 長浜ドームへの避難に利用できる自動車をお持ちですか？

1. 持っている。 →問3-4へ
2. 持っていない。 →問3-6へ

問3-4 長浜ドームへ個人で避難することになった場合、橋を渡る必要がありますか？もしある場合、どの橋を渡るかお答えください。

1. 橋を渡る必要はない。
2. 国友橋
3. 大井橋
4. 新大井橋
5. 姉川大橋
6. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）

問3-5 ご自宅を出発されてからその橋を渡るまで、どの程度時間が掛かるとお考えですか？

長浜ドームだけでなく、虎姫周辺の市町（長浜市・湖北町）の避難所を利用できるようにすることも検討されています。

問3-6 周辺市町の避難所へ避難できるとしたら、その候補はどこですか？

1. 虎姫町外への避難は考えられない。
→問4-1へ
2. 長浜市内の指定避難所 →問3-7へ
3. 湖北町の指定避難所 →問3-7へ
4. 町外の親戚や友人宅 →問3-7へ
5. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）
→問3-7へ

問3-7 上で選ばれた避難先までの避難する場合、その途上に姉川や高時川を渡る必要はありますか？

もしある場合、どの橋を渡るかお答えください。

1. 橋を渡る必要はない。
2. 国友橋 3. 大井橋 4. 新大井橋
5. 姉川大橋 6. 錦織橋 7. 馬渡橋
8. 賀村橋 9. 福橋 10. 新福橋
11. その他（→回答用紙の記入欄にご記入ください）

問3-8 上で選ばれた避難先までご自宅からどの程度時間が掛かると思いますか？

Part 4

ご家族のみなさまの一日の行動に関して伺います。災害発生時にみなさまがどこにおられるか、集合されるのにどの程度の時間が掛かるのかを把握するための質問です。提出期限内でご協力いただけるご家族の方すべてにご回答をお願いします。

問4-1 回答用紙の「家族構成」欄に、ご家族の構成をご記入ください。

問4-2 回答用紙裏面の「行動記入用紙」に、記入例に従って、1日の行動パターンをご記入ください。

A Study on Flood Evacuation beyond Administrative Border in Ane and Takatoki River Basin

Michinori HATAYAMA, Atsushi EDAHIRO*, and Hirokazu TATANO

* West Nippon Expressway Company Limited

Synopsis

Ane and Takatoki River basin which is located in northern area of Lake Biwa in Shiga prefecture is designated as “flood forecast rivers” by the prefecture’s government, which is considered a river that can cause serious floods and damage to the area. They suppose that it would be impossible to prevent it from flooding only by the mitigation because of the character of the area. That is why the flood evacuation plan is now an important issue. In particular, Torahime town, which has the junction of the two rivers, is especially at higher risk of flooding than other places in the target area. There is a possibility that almost all the shelters are flooded. In this research, we study flood evacuation plan for all of Torahime town residents beyond Torahime town border.

Keywords: Evacuation, Flood, Simulation