

京都大学大学院情報学研究科 学生員 ○湯川誠太郎  
 京都大学防災研究所 正会員 畑山 満則  
 京都大学防災研究所 正会員 多々納裕一

## 1. 本研究の背景および概要

滋賀県湖北地域に位置する姉川・高時川流域は、洪水により相当な被害が生じる恐れがある河川として、滋賀県から「洪水予報河川」に指定されている。特に両川の合流点に位置する旧虎姫町地域（人口約5800人、面積9.45km<sup>2</sup>）では、破堤すれば地域のほとんどが2.0m以上の浸水被害を受け、地域内の指定避難所が使用できない可能性がある<sup>1)</sup>。同地域では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、2008年に洪水ハザードマップ<sup>2)</sup>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。また住民の安全な避難先を確保するために、町・市・県・住民などが協力し協議会を立ち上げ、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している<sup>3)</sup>。そこで本研究では、同地域での避難計画検討の過程から、広域避難計画作成を支援する情報システムの構築を目的とする。具体的には、まずマルチエージェントシミュレーション手法を用いた水害避難評価ツールを構築した。次に水害時の避難行動について行ったアンケート調査などの現実の要素からエージェントのパラメータを設計し、広域避難を含めた様々な避難計画に関して考察を行った。

## 2. 避難シミュレーションの設定

### (1) 避難シミュレーションの概要

対象地域全体をカバーする、1セルが1m四方となる5,000×5,000のラスタ空間を用意し、数値地図25000（地図画像）と日本デジタル道路地図協会の全国デジタル道路地図データベースのデータを用いて、道路部とそれ以外の部分に分割したものを場として設定した。住民は世帯単位で避難するものとし、各世帯エージェントは、シミュレーションの1ステップ（1秒に相当）ごとに、他のエージェントが存在しないセルに1マスだけ移動、浸水深0.5m以上の浸水に遭遇すると避

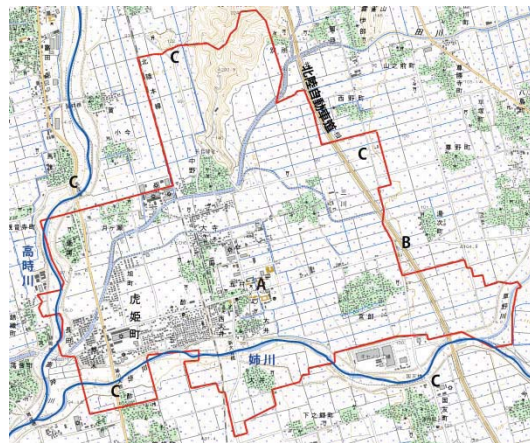


図1 虎姫町付近の地形図（赤線内が町域）

難失敗とするように設定した（構造計画研究所 KK-MAS を利用）。浸水に関するデータは、滋賀県の実施した氾濫シミュレーション<sup>1)</sup>に基づいている。

「避難行動」を定義する要素である、避難先・避難経路・避難開始タイミングについて以下の(2)(3)で説明する。

### (2) 避難シナリオおよび避難経路の設定

避難行動のシナリオはA-Eの5種類設定した。Aでは町中心部の指定避難所(図1中A)に全世帯が避難する。これは従来の避難計画に相当する。Bでは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計画を想定し、町東端にある北陸自動車道接続ポイント(図1中B)に全世帯が避難する。Cでは各世帯が最寄りの橋などを通して、最も近い町外の非浸水区域(図1中C)へ避難する。Dでは字ごとに町外・町内の避難先を指定し、それに従い避難する場合である。今回は、字単位で一番近い避難所および非浸水区域を避難先として採用した。EではDで避難の遅れにより特に被害の出た字に対し、避難情報の発令を1時間早めた場合である。避難経路に関しては、各世帯は自宅最寄りの交差点から出発、避難先最寄りの交差点を目指して移動する。デジタル道路地図から得られたリンク・ノードデータから、総距離が最小となる様に各ノード間の

\*Seitaro YUKAWA(yukawa@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp). Michinori HATAYAMA. Hirokazu TATANO.

最短経路を事前に求め、エージェントに与えた。

(3) 避難トリガと避難開始時間の設定

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、全世帯アンケートを実施した<sup>4)</sup>。避難開始のタイミングに関する回答から、避難開始を判断する情報、避難前の行動とその所要時間を分析した。これらから少数回答(10%以下)を除いて、エージェントのパラメータを表1の様に推計した。

表1 エージェントの避難開始時間

避難情報	避難準備情報			避難勧告				避難指示			
	10分	20分	30分	10分	20分	30分	40分	10分	20分	30分	40分
避難準備	10分	20分	30分	10分	20分	30分	40分	10分	20分	30分	40分
世帯数	91	52	59	321	184	207	181	249	142	160	191

3. シミュレーション結果および考察

前述の各シナリオにおいて、避難勧告の発令の時刻を降雨開始6.7時間から14.7時間に変更し、シミュレーションを行った。虎姫町では防災無線が全戸に配布されており、地域全体に情報を発信することが可能である。なお避難準備情報および避難指示は、避難勧告発令からそれぞれ20分前、40分後に発令するものとした。これは2008年度図上訓練時に採用された値である。シミュレーションの結果から、浸水に遭遇した世帯の数と避難勧告発令時刻の関係を図2に示す。図中の縦線は図上訓練時に避難勧告を発令していた時刻であり(降雨開始後10.7時間後)、現状の避難情報発令タイミングの目安とした。町内の避難所のみを利用するAでは、被災世帯が増え始める時間帯が、降雨開始後から10時間前後、避難勧告が遅れた(降雨開始から14.7時間後)場合の最終被害者数は1400世帯弱である。それに対し、町外の避難所を利用したCでは、最終被害者数は500世帯前後となり、広域避難の採用による一定の改善が見られた。

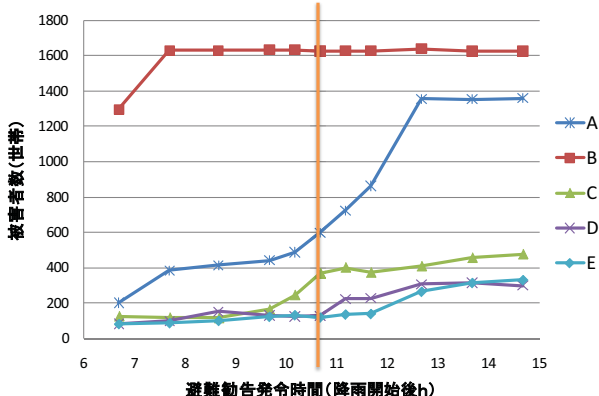


図2 シミュレーション結果

一方でBでは、A,Cに比べ被害者数が多い。これは避難先である北陸自動車道が多く世帯から遠く、長距離・長時間の避難を必要としたためである。この計画の採用には、より安全な町内の避難経路を設定することや、バスなどの効率の良い避難手段の確保等の工夫が必要であると考えられる。

Dでは、A-Cに比べ最終被災者数が減少した。これはA-Cでは町全域で避難先が1ヶ所だけ事前に指定され避難を行うのに対し、Dでは浸水の状況に応じた避難先の指定が字単位で可能であるためである。またDでは、被災世帯が増え始める時間帯が降雨開始より11時間前後と、A-Cと比較して遅くなっており、より余裕のある避難が可能になると考えられる。さらにFの様に、被災の大きな字に関し避難情報発令を早めることで、Dよりも被災世帯が増え始める時間帯を遅らせることができ、最終被害者数を少なくすることが出来る。また、町内の避難所は多くとも1000世帯程度の収容能力しかないため、Aの様に全世帯が町内の避難所に避難した場合、収容しきれない可能性が高い。一方でD,Eの様に避難先・避難開始時間を字ごとに変更することが出来れば、避難所の状況に応じた避難指示を出すことが可能である。この様に詳細な避難先の指定や、字ごとの避難開始のタイミングの指定など、避難情報を現行より細やかに変更することは被災者の減少に有用であると言える。

4. まとめ

広域避難およびより細かい避難情報の発信の有効性についてシナリオシミュレーションにより示した。今後の課題としては、災害時要援護者への対応を取り入れた避難計画を検討することや、広域避難に伴う長距離移動に対応した避難への車両の導入を検討することなどが挙げられる。

参考文献

- 1) 瀧健太郎, 鶴岡絵美 他, 中小河川群の氾濫域における超過洪水を考慮した減災対策の評価方法に関する研究, 河川技術論文集, 第15巻, 2009
- 2) 虎姫町: 虎姫町洪水ハザードマップ, 2008
- 3) 湖北圏域水害・土砂災害に強い地域づくり協議会: 広域避難の連携に関する基本協定書, 2008
- 4) 枝廣篤, 多々納裕一 他, 水害時の広域避難計画支援のためのシミュレーションシステムの構築に関する研究, 土木計画学会講演集, 2009