

マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータの開発

(株) 構造計画研究所 正会員 上野幹夫 熊本大学大学院 学生員 ○竹下史朗
 熊本大学大学院 正会員 小林一郎 熊本大学大学院 正会員 山田文彦
 国土交通省 正会員 山本一浩

1. はじめに

近年多発する大規模な災害に対し、国や地方自治体はハザードマップの整備や防災対策関連の施策を盛んに進めている。震災や火災、水害など大規模な災害における防災の分野では、現実実験を行うことが困難であり、シミュレーションによってこれらを評価・検討することが重要となっている。

これに対し、筆者らは航空レーザー測量のデータから河川に対して高精度の洪水氾濫解析を容易に行う研究を進めてきた¹⁾²⁾。また、その災害時の住民の避難行動をシミュレートするマルチエージェントモデルを重ね合わせた、洪水・避難シミュレータを提案した³⁾。

本研究では、実際の避難行動データと本モデルのシミュレーション結果を比較し、水害リスクコミュニケーションツールとしての本モデルの有効性を検証する。

2. 洪水・避難シミュレータ

2-1. 避難シミュレータについて

本研究では、(株)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、洪水及び内水氾濫に焦点を当てシミュレータを構築する。本モデルでは、避難者である「住民」と道路網の節である「ノード」をエージェントと定義する。表-1に各エージェントに与えるパラメータを示す。

表-1 エージェントに与えるパラメータ

パラメータ	エージェント	
	住民	ノード
	初期位置 避難開始時刻 移動速度	避難所までの距離 河川までの距離 標高 道路の接続状況 浸水情報

エージェントが避難経路の分岐点に着いた際には、各避難経路に対して、以下の①～④のチェックを行う。

- ① 目的地に近づくか (+a)
- ② 川から遠ざかるか (+b)
- ③ 標高が高くなるか (+c)
- ④ 前方 y (m) に避難者がいるか (+d)

条件を満たせば () 内のポイントを、以下の式を用いて加算する。

$$S_i = a + b + c + d \dots \quad (1)$$

全ての接続点について総合判断を行い、(1)式 S_i の値が最も高かった避難経路を、次に進む避難経路として選択していく。

2-2. 氾濫解析との重ね合わせ

筆者らはこれまでに、レーザー計測によって得られる3次元座標データを用い、氾濫解析で使用するモデル(地形・地物データ)を自動作成することで、有限要素法による高精度の氾濫解析を可能としてきた。これにより、氾濫解析モデル作成の大幅な省力化が確認できた。

3. 適用事例

3-1. 対象地の概要

本研究では、熊本県熊本市壺川校区(横 950m × 縦 1450m)を対象地とした。同校区の中心部に坪井川が流れており、付近の住宅地は標高 10m T.P 程度である。断続的な大雨による内水氾濫という設定で氾濫解析と避難訓練を行った。

3-2. 避難訓練

実際の避難行動データとして、同地区で行われた水害避難行動に関する社会実験の分析データを用いる。GPS機能付き携帯電話 30 台を低平地に住む住民に配布し、実験開始 2 分ごとに全員の位置情報を取得した。

3-3. シミュレーション環境設定

壺川校区を対象としたシミュレーションを実施するために整備した各種データの一覧を示す(表-2)。

表-2 シミュレーションに用いた各種データのまとめ

分類	項目	数量等	参照情報
空間情報	標高	2mメッシュ	レーザー計測データ
	ノード	206個	
	浸水深	レベル湛水法	
避難者データ	世帯	52世帯	社会実験
	避難速度	46~143(m/分)	過去の実験結果 ⁴⁾
	避難認知率	100%	社会実験

4. シミュレーション結果と考察

今回のシミュレーションは2つのケースを想定して行った。ケースIは、現状の地形のみを考慮し、避難所までの最適なルートを選んだ場合で、ケースIIは洪水状況を考慮し、特定の経路を時系列ごとに通行不可にする。

4-1. 洪水時と非洪水時の避難状況の相違点

ある住民エージェントについて避難経路の比較を行った。シナリオで設定された大雨の場合、滝のような状態になる「瀬戸坂」、及び坂の最下の北側と南側の経路を時系列ごとに通行不可にした。図-1にケースIとケースIIの避難経路を示す。

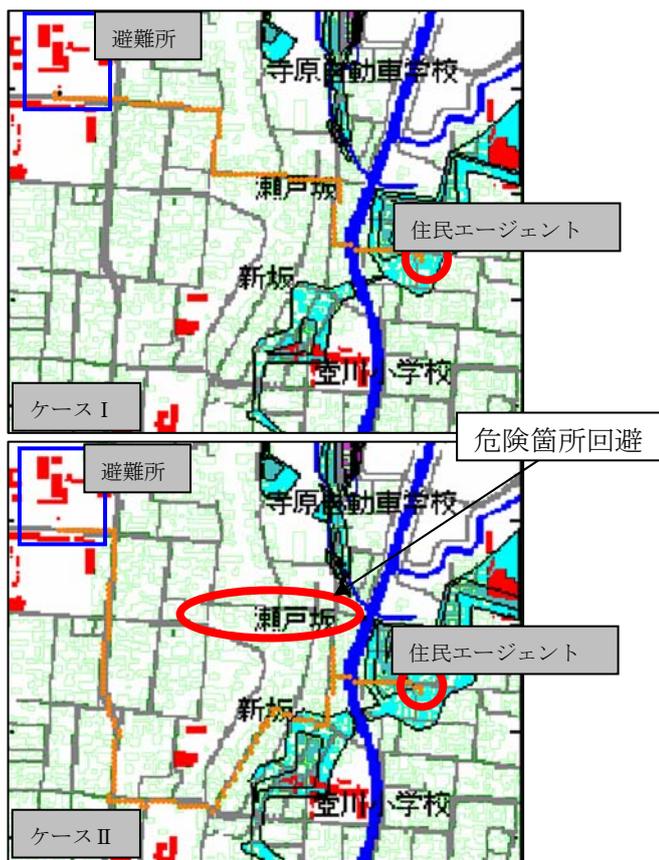


図-1 避難経路の違い

ケースIで多くの住民エージェントが微地形などを考慮した結果、「瀬戸坂」の経路を選んだ。しかしケースIIの場合、「瀬戸坂」に近づきはするものの

引き返し、ケースIとは全く別の避難経路を選択する様子が見られた。

過去の災害経験がない住民は、洪水時には危険とされる箇所を避難経路として選択してしまう恐れがある。ケースIの結果は今後の避難計画や地域計画において参考となるのではないかと考える。

4-2. 洪水時の避難状況の再現性

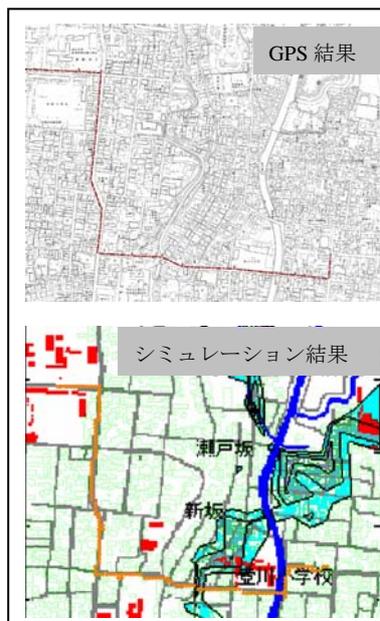


図-2 GPS結果との比較

GPS計測結果とケースIIの避難状況を比較したところ、2/3の住民について避難経路の相関性が見られた(図-2)。

また、シミュレーションでは河川から遠ざかる判断をしているが、GPS結果では河川を横断するという避難経路が多く見られた。これは住民同士の追従性のため、このような結果になったと思われる。

5. まとめ

避難状況の時間経過による変遷、特に住民の避難経路選択について、実際の住民の避難行動と概ね等しい状況を作り出すことができたことにより、本モデルの妥当性を示した。また、シンプルなパラメータ設定で様々な避難状況を表現できることから、専門的な知識がない一般の住民に対するリスクコミュニケーション支援ツールとして本モデルは有効である。住民と行政が水害時の防災対策について議論するためのツールとして活用することが望まれる。

【参考文献】

- 1) 上野幹夫ほか：レーザー計測データを用いた有限要素法による洪水氾濫解析，平成17年度土木情報利用技術論文集 Vol. 14, pp. 1-6
- 2) 山本一浩ほか：自動属性判別法によるレーザー計測データの有効活用について，平成17年度土木情報利用技術論文集 Vol. 14, pp. 79-86
- 3) 椎葉航ほか：マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータに関する研究，土木学会第61回年次学術講演会概要集 Vol. 2, pp. 531-532
- 4) 須賀堯三ほか：水害時の安全避難行動(水中歩行)に関する実験，水工学論文集 39巻, pp. 879-882