

地域水害リスクコミュニケーションツールとしての避難行動シミュレータの適用性

熊本大学 学生会員 ○原田翔太, 田中直樹, 山本智和 正会員 山田文彦, 柿本竜治

1. はじめに

住民参加型の水害リスクマネジメントの必要性は広く認知されてきているが、水害に対する行政と住民との意識や情報量には現状でも開きがあり、有効な実践手法は確立されていない。山田ら(2008)¹⁾は水害リスクマネジメントを PDCA サイクルとして捉え、ワークショップ形式のリスクコミュニケーションを核とした手法を提案し、2006 年より熊本市壺川校区において実践を継続している。そのワークショップの過程で、避難場所に関しては、指定された公共の避難場所だけでなく、民間施設などを利用した一時避難場所も必要となることが明らかとなった。

公共の避難場所に関するリスクコミュニケーションツールとしては、洪水ハザードマップが挙げられる。洪水ハザードマップは流域全体の避難計画の把握には適しているが、各地域の極め細かな実情までは考慮していないため、地域住民が必要とする避難場所の情報が得られないケースも多い²⁾。そのため、従来から避難場所の検討に関しては、数値シミュレーションによる検討が行われてきているが、詳細な精度検証が行われないまま、使われている場合も多い³⁾。そこで本研究では、避難行動シミュレーションの精度検証を行い、地域水害リスクコミュニケーションツールとしての洪水避難シミュレータを構築することを目的とする。避難行動シミュレーションにはマルチエージェントモデル⁴⁾を用い、その精度検証には実際に行った避難行動実験のデータを用いる。

2. 避難行動実験

熊本市壺川校区において、2006 年 10 月 9 日に避難行動実験を実施した。実験中は避難住民に GPS 機能付携帯電話を所持していただき、GPS により避難行動データを取得した。また、避難住民には番号付のゼッケンを身に付けていただき、交差点に記録員を配置して、交差点を通過した人・通過時刻・通過方向を記録した。避難行動実験結果のまとめを表-1 に示す。

表-1 避難行動実験結果

		人数	平均	最大	最小
避難速度 (m/分)	全員	45	72	143	46
	高台	15	83	143	55
	低地	30	67	103	46
避難距離 (m)	全員	46	1300	2060	240
	高台	15	684	1130	240
	低地	31	1600	2060	580
避難時間 (分)	全員	52	20	38	2
	高台	16	10	17	2
	低地	36	25	38	8

3. マルチエージェントモデルによる避難行動シミュレータ⁴⁾

避難者である「住民」エージェントはシミュレーシ

ョンが開始されると、図-1のアルゴリズムに従い行動する。まず「住民」エージェントは、移動開始時の初期状態において初期座標領域に配置される。ノード情報を取得後、最も近いノードを最初の目標ノードとして選択し初期移動を開始する。初期移動により目標ノードに到着した「住民」エージェントは、経路選択を経て目標ノードを設定し移動を繰り返していく。ここで、経路選択について説明する。目標ノードに到着した際、複数の経路から一つを選ぶ際の判断には、避難時の判断として最適とされる総合的判断の考えを用いた³⁾。以下にその説明を示す。経路選択を行う際、各エージェントは各々の経路に対して以下の①～④のチェックを行う。

①避難所に近づくか(+a), ②川から遠ざかるか(+b)

③標高が高くなるか(+c), ④周囲に避難者がいるか (+d)

全ての接続点について(1)式の S_i 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。

ポイントを以下の(1)式を用いて加算する。

S_i は経路ごとのポイント合計値である。

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

ここで、 i は交差点の接続点数を表す。

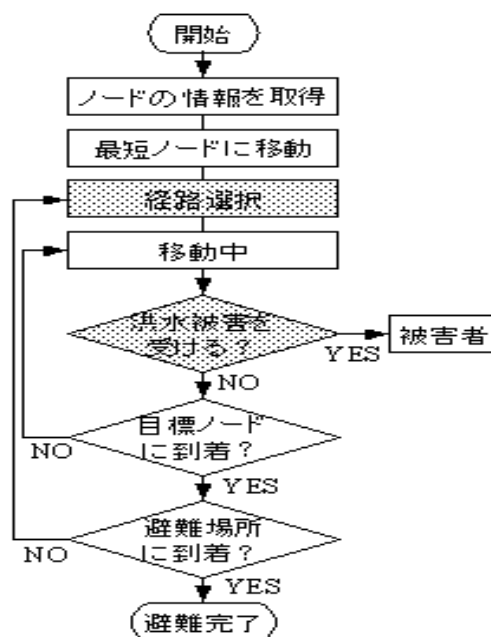


図-1 移動アルゴリズム

4. 計算結果の精度検証

熊本市壺川校区で実施した避難行動実験結果を参考に、提案する避難行動シミュレータの精度検証を行った。検証方法として避難行動実験(GPS 経路)と避難行動シミュレーション(MAS 経路)の結果を空間的および時間的に比較した。図-2 は避難行動実験に対する避難行動シミュ

ータによる避難経路の空間的再現性を比較したものの一例である。計算による避難経路の空間的再現性は式(2)を用いて定量的に評価した。

$$E_1 = \frac{\frac{1}{a} \sum_{i=1}^a l_i}{L} \times 100 \quad E_2 = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{L} \times 100 \quad (2)$$

まず, GPS 経路の総避難距離 L (m) を等間隔に a 分割し, GPS 経路の分割点から最短の MAS 経路座標間距離 l (m) の総和を分割数 a で割った値の L (m) に対する割合を E_1 (%) で表している。 E_1 を用いて誤差評価に妥当な分割数を評価した結果, 10 分割と 20 分割の間の誤差と誤差変化率ともに 10% を下回ることが確認された。そのため, GPS 経路を 20 分割した座標を参考に誤差評価を行った。 E_2 (%) は GPS 経路総避難距離 L (m) に対する GPS 経路分割点から最短の MAS 経路座標間距離の総和の割合(総避難距離に対する GPS 経路と MAS 経路の誤差)を表しており, E_2 (%) を用いて避難経路の空間的再現性を評価した。図-2 の左図は誤差 E_2 が最小の場合, 右図は誤差 E_2 が最大の場合の結果である。計算では $a=100, b=0, c=0, d=0$ と設定した。表-2 は, 危険箇所の回避の有無により, 避難行動実験に参加した 25 名全員の再現計算結果の精度を比較したものである。避難行動実験時には危険箇所となる雨水が流れてくる上り坂を通行不可としたため, 上記 4 つのパラメータ以外に危険箇所を回避させるルールを加える事で計算精度が向上した。計算結果の空間的再現性を向上させるためには, 誤差評価の指標を明確にしなが経路判断基準となるパラメータや移動ルールの検討が重要である。

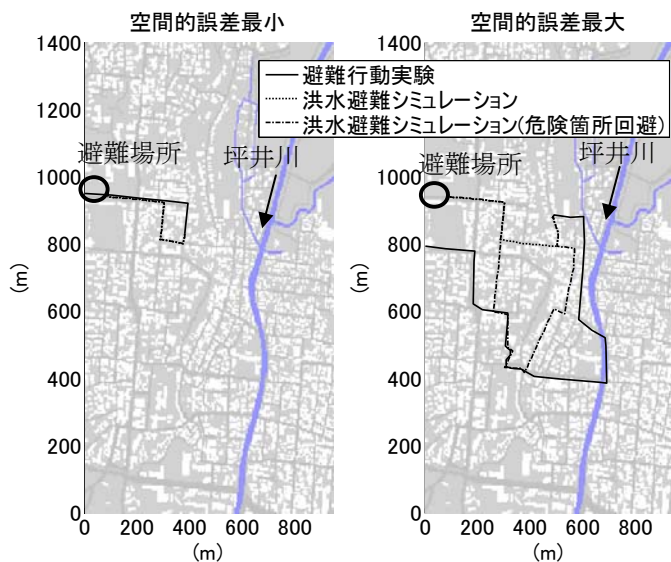


図-2 避難シミュレータの空間的再現性の検証結果

表-2 避難シミュレータの空間的再現性のまとめ
危険箇所通過 危険箇所回避

最小値	98.1%	45.2%
最大値	348%	252%
平均値	204%	109%
標準偏差	63.4%	50.4%

図-3 は避難行動実験に対する避難行動シミュレータの時間的再現性を比較したものであり, 縦軸は避難完了率, 横軸は経過時間を表す。避難行動実験と洪水避難シミュレーションの避難完了率 R (%) と避難完了時間 T (min) の関係式を最小自乗近似すると式(3)~(5)のようになる。式(3)は避難行動実験, 式(4)は避難行動シミュレータ (危険箇所通過), 式(5)は危険箇所を回避した計算結果の関係を表しており, 図中の 3 本の直線に対応する。

$$\text{避難行動実験} \quad R = 3.42 \times T - 69.6 \quad (3)$$

$$\text{計算 (危険箇所通過)} \quad R = 6.22 \times T - 147 \quad (4)$$

$$\text{計算 (危険箇所回避)} \quad R = 5.82 \times T - 136 \quad (5)$$

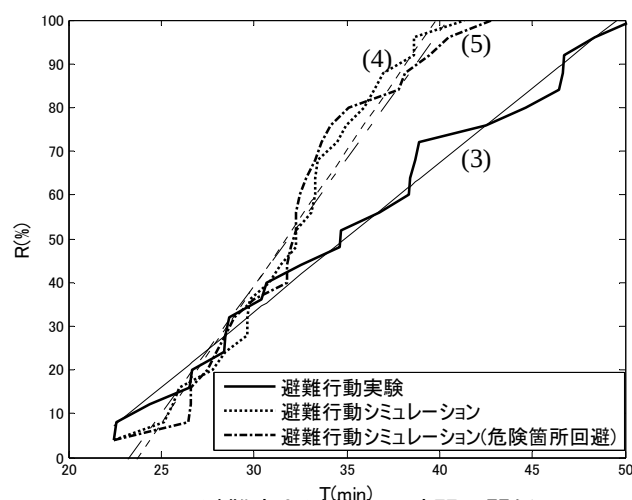


図-3 避難率と避難完了時間の関係

避難時の危険箇所を回避するアルゴリズムを加えることで, 避難行動実験を基準とした危険箇所回避有無の計算による避難率の時間変化の相対誤差は 10% 程度減少するが, 全員の避難完了時点で 20 分程度の誤差が残されているため, さらなるアルゴリズムの改良や坂道での避難速度パラメータなどの調整が必要である。

5. おわりに

本研究では, 避難行動シミュレータによる計算結果を空間的・時間的に避難行動実験の結果と比較し, その精度検証を行った。リスクコミュニケーションツールとしてワークショップなどで住民に公開するにあたり, 避難行動シミュレータの精度を向上させた上で, 一時避難場所を選定し, 地域避難計画へと反映させる必要がある。一時避難場所検討用の避難行動シミュレーションについては講演時に紹介する予定である。

参考文献

- 1) 山田文彦ら：自然災害科学, 27, pp.25-43, 2008.
- 2) 片田敏孝ら：土木学会論文集 D Vol.63 No.4, pp.498-508, 2007.
- 3) 竹下史朗ら：土木情報利用技術論文集, Vol.16, pp.203-212, 2007
- 4) 山影進ら：コンピュータのなかの人工社会—マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系, 共立出版株式会社, pp.2-20, 2002.