

リンクモデルとファジィ推論を用いた避難行動シミュレーション

リョーセンエンジニアズ

○正会員 松本頼一

山口大学大学院

正会員 麻生稔彦

1. はじめに

災害による人的被害を最小限にとどめるためには、迅速な避難行動が重要である。このためには、災害時の避難行動をあらかじめ予測することが必要である。避難者は災害に対しての個々の意識や過去の経験が異なるため、提供される情報が同じであってもそれに対する反応は異なる。そこで、本研究ではファジィ推論を用いて、人間の心理的要因による避難開始を評価する手法を構築し、災害時の避難行動について検討した。

2. 避難行動シミュレーション

2.1 リンクモデル

本研究では、災害時の避難行動を、リンクモデルにより表現することとする。リンクモデルでは、対象とする空間をリンクとノードを用いてモデル化し、避難者は複数ある避難所のうち、最も近い避難所に向かう。本研究では、災害として浸水を想定している。実際の浸水の様態は複雑であり、地形や構造物の配置に大きく依存する。しかし、本研究では人の動きに焦点を置くため、浸水の広がる速度を0.1(m/s)とし、浸水は出水地点から同心円状に広がるものとした。

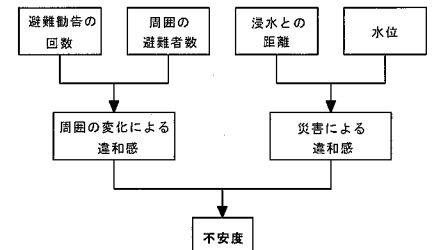


図-1 不安度の算出フロー図

2.2 心理状態の評価

避難行動は避難者の不安度に応じ創発されると考えられる。避難者自身が身体の危険を感じる不安度を限界不安度として定義し、不安度が各個人の限界不安度を超えたときに避難を開始する。本研究では、避難者の不安度をファジィ推論を用いて評価する。既往の研究より、避難を開始するきっかけとなる災害情報として、「避難勧告の回数」、「周囲の避難者数」、「浸水との距離」、「水位」の4つを抽出した。図-1に、4つの災害情報から不安度を算出するまでのフロー図を示す。周囲の変化が避難創発に与える影響を「周囲の変化による違和感」とし、これを「避難勧告の回数」と「周囲の避難者数」の災害情報から表-1のルール1により算出する。また、災害そのものが避難創発に与える影響を「災害による違和感」とし、これを「浸水との距離」と「水位」の災害情報から表-2のルール2より算出する。不安度は、「周囲の変化による違和感」と「災害による違和感」の推論値を入力値とし、表-3に示すルール3より算出する。ここで、全ての推論において、前件部と後件部のメンバーシップ関数は図-2、図-3を用いる。また、入力値は次式とする。

表-1 ルール1

	避難勧告の回数 x_w	
	少ない	多い
周囲の避難者数 x_n	少し気になる	気になる
多い	気になる	異変を感じる

表-2 ルール2

	浸水との距離 x_f	
	遠い	近い
水位 x_l	様子を見る	変だと思う
低い	変だと思う	危険だと思う

表-3 ルール3

	周囲の変化による違和感	
	小さい	大きい
災害による違和感	不安を感じない	不安を感じる
小さい	不安を感じる	とても不安を感じる

また、入力値は次式とする。

$$x_w = \text{勧告回数(回)} / \text{限界数(回)} \quad (1)$$

$$x_n = \text{避難者数(人)} / \text{限界人数(人)} \quad (2)$$

$$x_f = \text{水までの距離(m)} / \text{視認距離(m)} \quad (3)$$

$$x_l = \text{水位(cm)} / \text{限界水深(cm)} \quad (4)$$

本研究では、限界数を5回、限界人数を10人、視認距離を50m、限界水深を50cmとした。

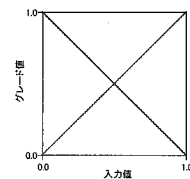


図-2 前件部メンバーシップ関数

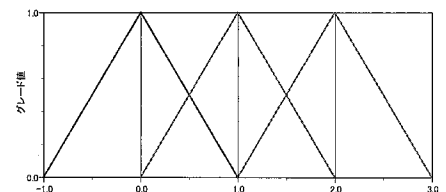


図-3 後件部メンバーシップ関数

2.3 心理状態を考慮したシミュレーション

ファジィ推論を用いて、避難者の心理状態を考慮した避難行動シミュレーションを行う。本研究では、過去に浸水被害が発生した宇部市南小串の山口大学医学部を中心とした地域を対象とする。図-4が対象地域であり、この地域を図-5のようにモデル化する。住民は、実際の校区别世帯数を参考にして配置する。この範囲には、4350世帯が居住しており、シミュレーションでは1ドット(1個体)を5世帯として870個体を配置した。また、既往の研究より避難中の歩行速度は1.5(m/s)とする。浸水範囲は過去の浸水地域を参考に図-5の斜線部分として設定し、解析開始と同時に×の地点から発生するとする。なお、この校区内で宇部市が指定している避難所は、図-5中の①～⑥で示す6ヶ所である。

図-5のA地点およびB地点を初期位置とする避難者の心理変化を図-6、図-7にそれぞれ示す。ここで、避難者の限界不安度は1.0としている。A地点の避難者は、浸水発生地点に近い「浸水との距離」と「水位」の影響が大きい。つまり、「災害による違和感」の影響が大きく、急激に増加した周囲避難者数の影響により不安度が限界不安度を超え、浸水開始から1時間16分38秒後に避難を開始している。一方、B地点の避難者は、周囲の変化である「避難勧告の回数」しか影響していないため限界不安度を越えない状態が続くが、約2時間後に「浸水との距離」の影響により不安度が大きく増加し、2時間43分55秒後に避難を開始する。このように、ファジィ推論を用いた手法により避難者の存在位置の違いによる取得情報の差異にともなう心理状態を表現することができ、心理状態に応じた避難開始行動の評価が可能となる。避難個体の限界不安度を0.8、1.0、1.2と変化させた場合の避難開始率の変化を図-8に示す。870個体中、限界不安度が0.8の場合は224個体(25.4%)が避難を開始し、1.0では192個体(22.0%)、1.2の場合には180個体(21.2%)が避難を開始した。限界不安度を変化させることにより、時間の経過にともなう避難開始率の変化と最終避難率に大きな差がみられる結果となった。限界不安度が高い、すなわち得られる情報に対して不安を感じにくい場合には避難開始が遅れ、避難する個体数も減少する。避難開始率は、過去の災害経験の有無によるが、既往の研究より、避難勧告を発令して4時間後の避難開始率は約20%であり、本シミュレーション手法の限界不安度1.0または1.2の場合が相当する。ファジィ推論を用いて、避難者の心理特性を考慮することにより、従来の一斉避難では表現できない、より現実的な避難行動シミュレーションが構築できたと考えられる。

3. まとめ

本研究では、ファジィ推論による災害時の心理状態の評価を導入した広域型の避難行動シミュレーションを構築した。これにより、より現実的な人間の避難行動創発の表現が可能となった。

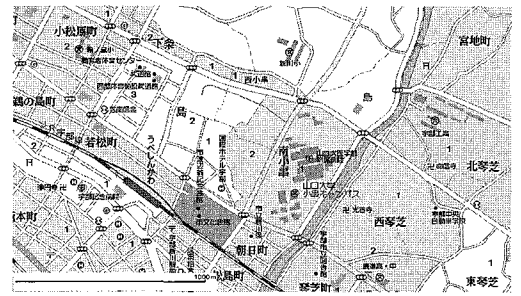


図-4 対象地域

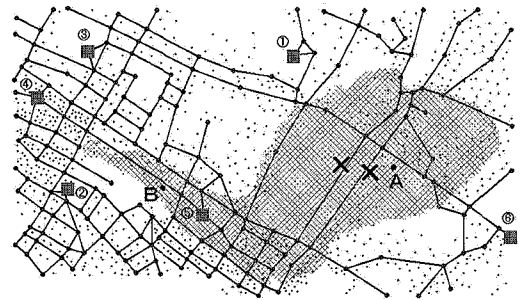


図-5 シミュレーションモデル図

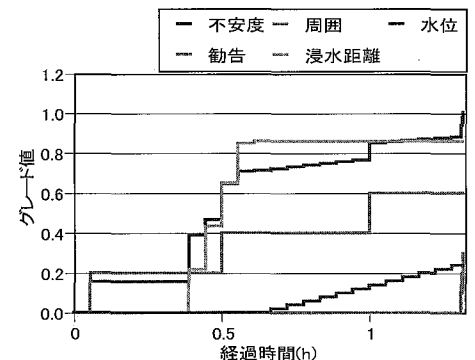


図-6 心理変化(A)

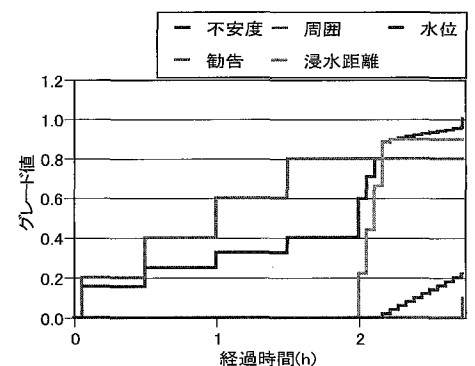


図-7 心理変化(B)

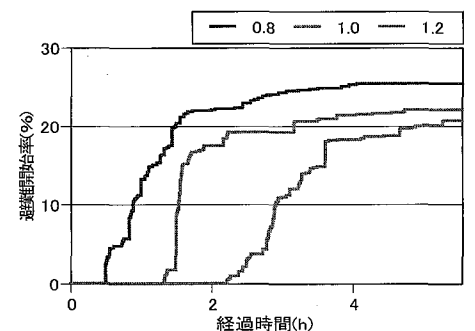


図-8 避難開始率