

ファジィ理論を用いた避難開始の評価に関する検討

山口大学大学院 学生員 ○真田 秀明

山口大学工学部 正会員 麻生 稔彦

山口大学大学院 学生員 佐々野輝敏

1. はじめに

構造物を建設する際、災害時の人的被害を最小限に抑めることが重要である。災害時における人間の行動をシミュレートする方法は幾つか提案されているが、多くの場合、避難行動は一斉に開始するものとされており、現実に近いとは言い難い。避難の開始は、各個人が互いに補完する複数の情報を得て、不安を認識したときに開始されるものであり、不安の認識にも個人差があると考えられる。そこで、本研究では、仮想の対象空間を用いて CA を用いた従来の避難シミュレーションにファジィ理論を取り込み、人間の心理的要因による避難行動の創発評価を試みる。

2. CA による避難行動シミュレーション

セルオートマトンの原理に基づき、対象とする空間を格子状に分割する。本研究では、人間を直径 0.5m の円とみなし、セルを 0.5m 四方の正方形とする。セルは「移動可能セル」、「障害物セル」、「人セル」のいずれかの状態とする。本研究では、局所近傍則を「近傍 8 セルの中で状態量が最も小さいセルを自身セルにする」とし、各セルの状態量は「目標への方向による状態量」、「視程による状態量」、「履歴による状態量」、「密度による状態量」の 4 つの状態量の総和とする。

また、今回のシミュレーションでは、常時の人間の歩行速度を 1.25m/s、避難時の人間の歩行速度を 2.5m/s とした。このため、シミュレーション内では、1 秒は 5step となる。

3. ファジィ理論による不安度の算定

避難者の不安度を、ファジィ理論を用いて算出する。避難行動の開始は、算定された不安度が各個人の限界不安度を越えたときに開始するものとする。本研究では、災害として火災を想定している。避難者は、避難を開始するまでに「火災の確認」、「煙の確認」、「避難者の確認」、「火災報知器の確認」の 4 つの災害情報を得るものとし、不安を感じる条件を表-1 のように定める。図-1 に「火災の確認」

表-1 ファジィルール

		火災との距離				
		遠い		近い		
		煙との距離		煙との距離		
		遠い	近い	遠い	近い	
火災報知器を聞いた時間	短い	少ない	不安を感じない	不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる
			不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる
		多い	不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる
			不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる
	長い	少ない	不安を感じる	とても不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる
			とても不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる
		多い	不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる
			とても不安を感じる	不安を感じる	とても不安を感じる	とても不安を感じる

を表すメンバーシップ関数を表す。メンバーシップ関数は図-1 に示す 3 通りを用い、より自然な人間の心理変化の表現を試みる。本研究では、避難者が視認できる範囲を 20m とし、壁が視野内にあるときはその背後を死角とする。視認可能範囲内に、火災がある場合には、火災との最短距離を視認できる最長距離で除した値を横軸にとり「火災の認識」の度合いを表現する。同様に、「煙の認識」、「避難者の認識」、「火災報知器の認識」についてもメンバーシップ関数を決定する。これらのメンバーシップ関数は図-1 と同様であるが、横軸はそれぞれ、煙との最短距離を視認できる最長距離で除した値、避難者数の累計を 80 で除した値、報知器の継続時間を 30 で除した値とする。また、表-1 のルールにより不安の感じ方を図-2 に示すファジィメンバーシップ関数の数値真理値が[-1,1]区間のとき“不安を感じない”、[0,2]区間のとき“不安を感じる”、[1,3]区間のとき“とても不安を感じる”とする。関数の演算方法としては、Min-Max 法を用いてファジィ関数を

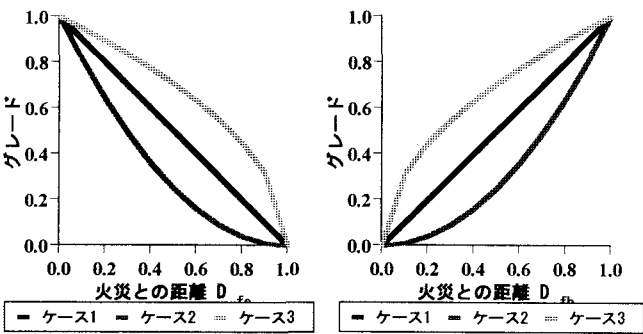


図-1 メンバーシップ関数

合成した後、この台集合の重心を算出する。この重心の値を真理値に対する所属度（不安度）として、不安の感じ方を表現する。

4. シミュレーション結果

図-3 に示す簡単な空間を用いてメンバーシップ関数の違いによる避難者の不安度の違いを見る。このモデルは 50m×25m の空間であり、避難者数を 200 人、限界不安度は全ての避難者について 1.0、火災発生を 1 秒後、火災報知器を 16 秒後に作動させるものとする。図-3 の A 点、B 点、C 点に存在する人間の不安度の変化を図-4 に、メンバーシップ関数のケース別による不安度の変化を図-5 にそれぞれ示す。図-4 よりいずれのケースにおいても不安度の大小はあるものの、災害点との距離が近い人間から避難を始め、遠い人間は避難の開始が遅れるという挙動が表現出来ている。A 点の人間は、火災発生直後、火災と煙からの情報を得て不安度が 1.0 を越え直ちに避難行動を開始する。避難に伴い火災との距離が遠くなるので不安度は一時減少するが、報知器と避難者を確認し再び不安度が増加する。B 点の人間は、まず煙と避難者を確認することにより、不安度が増加し、報知器が作動する 16 秒後から不安度が急激に増加して避難を開始する。C 点の人間は、避難者と報知器を確認して避難を開始する。避難開始後、避難者は店舗から外に出る際に、煙を認識し不安度が増加するがその後、煙から遠ざかるので減少する。その後、報知器の継続時間に応じて不安度は緩やかに増加する。ケース別に不安度の変化に注目してみると、ケース 1 を基準にするとケース 2 は不安度の増加が同程度か、部分的には大きいところがある。また、ケース 3 については、著しく小さくなっている。現段階では、メンバーシップ関数の形状を決定することは困難であるが、今回提案する手法により、避難者の心理状態に応じた避難行動を評価することが可能であると考えられる。

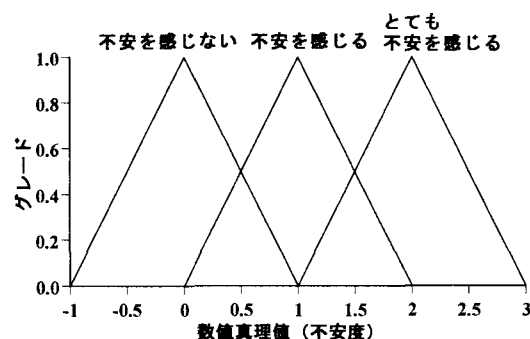


図-2 ファジィメンバーシップ関数

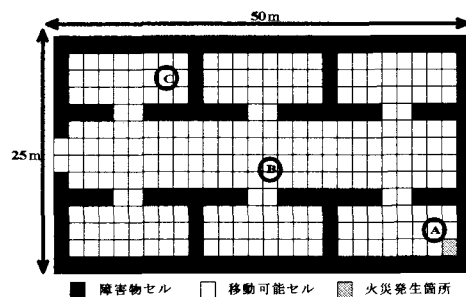


図-3 シミュレーション空間

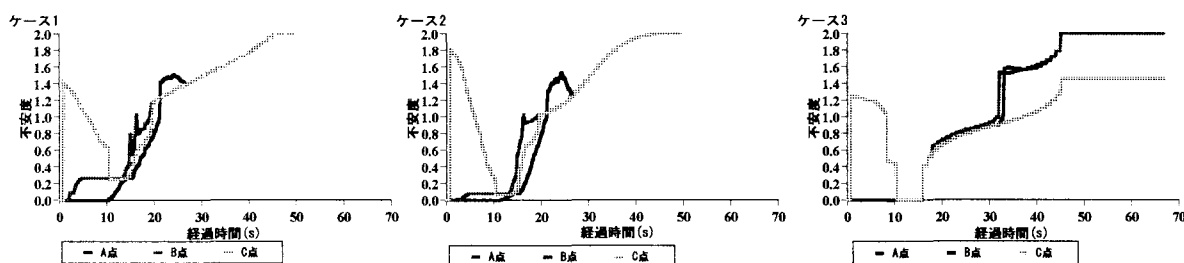


図-4 場所別の不安度の変化

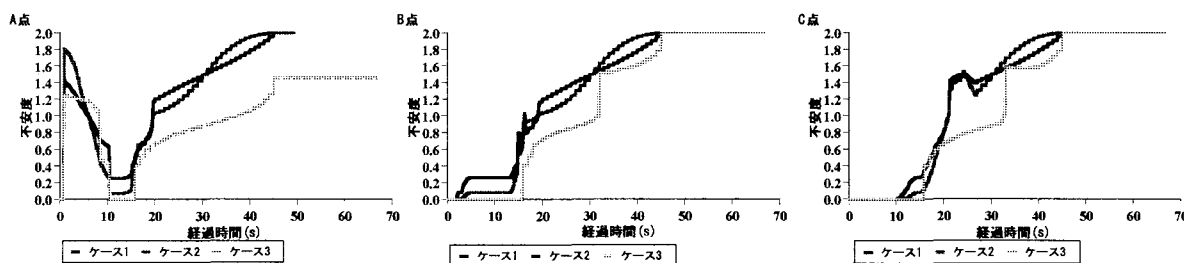


図-5 ケース別の不安度の変化

5. まとめ

ファジィ理論を用いることで、避難者の不安度を評価し、避難行動が徐々に開始する挙動を表現することが可能となった。また、ファジィ関数を変えることで、同じ情報が与えられたとしても個人により不安度の認識が異なる挙動を表現することが可能となった。

本研究の実施にあたっては、山口大学教育研究後援財団からの研究助成を受けた記して感謝します。