

ファジィ理論と CA を用いた避難行動の開始に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○佐々野輝敏
山口大学工学部 正会員 麻生稔彦

1. はじめに

地下街等の閉鎖空間内では、災害時の人的被害を最小限に留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、現実に近いとはいえない。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、セルオートマトン(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開始評価を試みる。

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」とする。一方、空間による状態量はポテンシャル値により定める。本研究におけるポテンシャル値は「等距離ポテンシャル」と「障害物ポテンシャル」、および「出口ポテンシャル」の重ね合わせにより求める。「等距離ポテンシャル」は移動可能セルに対して与えるもので出口からの道のりを求め、その値をポテンシャル値とする。「障害物ポテンシャル」は障害物セルとそのセルから 3 つ先のセルに対して与えるもので、障害物セルからガウス関数を展開してその値をポテンシャル値とする。「出口ポテンシャル」は出口セルとその 3 つ先のセルに対して与えるもので出口セルからガウス関数を展開し、負の値としてポテンシャル値とする。これら 3 つのポテンシャル値を重ね合わせて空間をポテンシャルで表し、各セルの空間の状態量はこのポテンシャル値とする。

また、今回のシミュレーションでは、避難時の個人の歩行速度を 2.5m/s とした。このため、シミュレーションでは、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「火災の認識」、「煙の認識」、「避難者の認識」、「火災報知器の認識」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。表-1 のルールにより不安の感じ方を図-1 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。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。図-2 に「火災の認識」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-2

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	煙との距離	煙との距離
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
		多い	不安を感じる	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
		多い	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

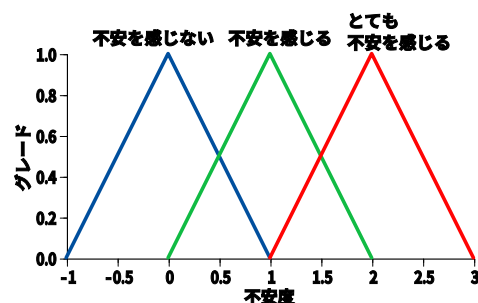


図-1 ファジィメンバーシップ関数

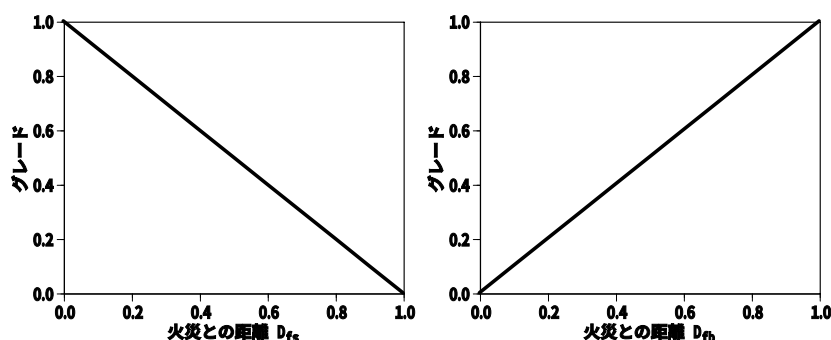


図-2 メンバーシップ関数

キーワード：セルオートマトン、ファジィ、避難行動

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科

に示す1次式を用いる。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図-2に示す1次式を用いる。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。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屬度（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避難者の不安度の変化を見る。このモデルは50m×20mの空間とし、人数を200人、限界不安度は全ての避難者について1.0、火災発生はA点付近で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に示す。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、報知器が作動してさら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煙から遠ざかるにつれて不安度は減少する。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。この結果より、今回用いた手法により避難者の心理状態に応じた避難行動開始を評価することが可能であると考えられる。

今回の方法を用いて大規模空間における避難行動の創発を図-5に示す広島地下街(シャレオ)の東通りを対象として検討する。避難者は800人であり、火災は1秒後に中央で発生するものとし、火災報知器は16秒後に作動する。全ての避難者について限界不安度を1.0とした場合

(Case1)と全避難者数のうち半数の避難者について限界不安度を0.8、もう半数の避難者について限界不安度を1.0とした場合(Case2)に分けてシミュレーションを行った。シミュレーションの結果より得られた経過時間に対する避難開始率と避難完了率を図-6に示す。災害発生直後は火および煙周辺の避難者しか避難が開始されないが、時間の経過と共に煙の拡散と火災報知器が作動することで多くの人間が避難を開始している。

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、避難が徐々に開始され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の助成を受けた。記して感謝します。

参考文献

- 1) 香川秀樹・萩原将文：人口生命的手法とファジィ推論を用いた避難行動に関する研究，日本ファジィ学会誌，Vol.13 No.6，pp.643-651，2001.

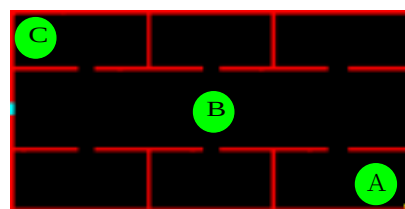


図-3 シミュレーション空間

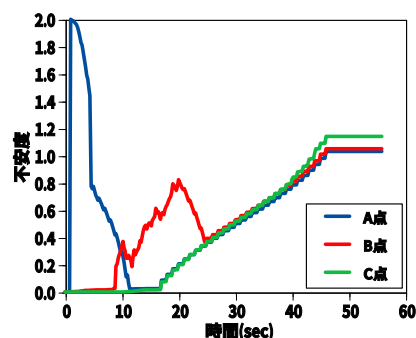


図-4 不安度の変化

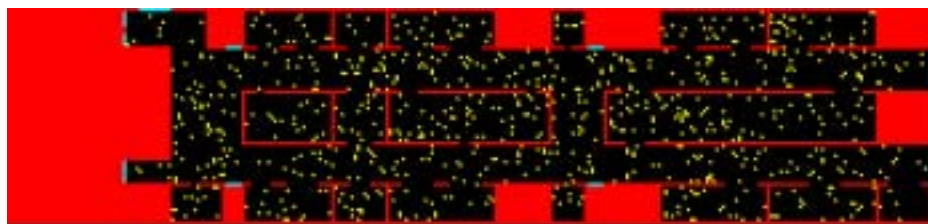


図-5 地下街でのシミュレーション

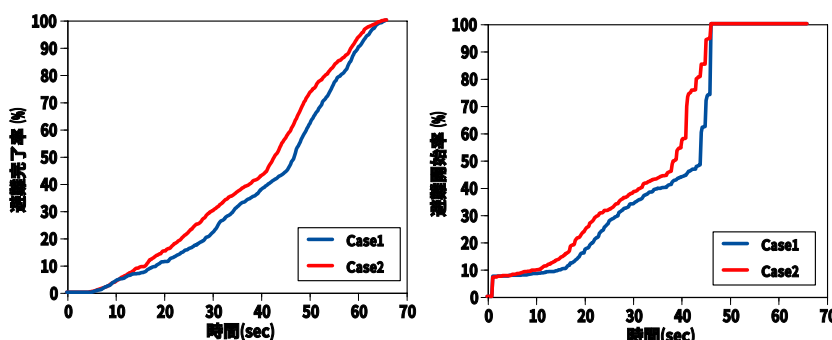


図-6 シミュレーション結果