

情報伝達を考慮した CA による避難行動シミュレーション

山口大学大学院 学生員 ○佐々野輝敏

山口大学工学部 正会員 麻生稔彦、朝位孝二

1. はじめに

構造物を建設する際には、災害時の人的被害を最小限に留めることが大変重要である。そのために、災害時の人間の行動をシミュレートする方法が確立されれば、災害時の安全性確保のために大いに資することができる。そこで本研究では、セルオートマトン法を用い災害時の避難行動シミュレーションプログラムを構築することを目的とする。シミュレーションプログラムを構築するにあたり本研究では「中間目標設定」、「回避・待機行動」、「初期運動」を取り入れる。さらに避難行動は様々な要因から成り立つと考えられ、「情報」はその一つであり、避難行動における個人差を表す要因でもある。そこで本研究では「情報」に着目した避難シミュレーションを行う。今回は①出口が途絶された場合の情報および②火災初期状態における情報の2点について検討を行う。

2. シミュレーション手法

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セルに分割する。今回は人間を直径 0.5m の円とみなし、セルを一辺 0.5m の正方形とする。セルは「移動可能セル」、「障害物セル」、「人間セル」のいずれかの状態をとる。本研究では、局所近傍則を「近傍セルの中で状態量が最も小さいセルが次ステップの自身セルとなる」とする。近傍セルは自身セルの周囲 8 つのセルとし、各セルの状態量 $f^{(i)}$ は「目標への方向による状態量 $f_D^{(i)}$ 」、「視程による状態量 $f_V^{(i)}$ 」、「履歴による状態量 $f_H^{(i)}$ 」、「密度による状態量 $f_{den}^{(i)}$ 」の 4 つの状態量の総和として算出する。

$$f^{(i)} = f_D^{(i)} + f_V^{(i)} + f_H^{(i)} + f_{den}^{(i)} \quad (1)$$

一般に人の行動は最終目的地に至るまでにいくつかの地点を通過する。そのため本研究では、避難者ごとに中間目標を設定し、中間目標を通過していくことで避難を表現する。また一つのセルに複数の避難者が移動することを防ぎ、より現実的な避難行動を表現するために「回避・待機行動」を取り入れる。災害時の避難行動では、避難開始を決定するための「災害情報」と脱出口を選定するための「経路情報」が必要となる。本研究では、「情報」として火災発生情報と出口途絶情報を考慮する。火災発生、出口途絶ともに近傍セルまたは自身セルに情報が存在すればその情報を得ることとする。さらに、本研究では情報の共有も考慮することとし、近傍のセルに自分とは異なった情報を所有している避難者がいれば情報を共有する。図-1 にシミュレーションのフローチャートを示す。

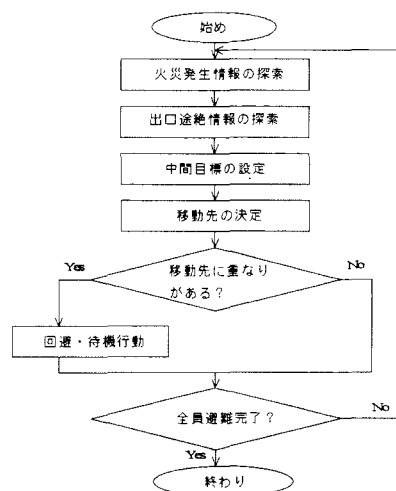


図-1 フローチャート

3. 中間目標

図-2 は 10m × 15m の空間における単独避難シミュレーションの避難履歴である。図-2 のような複雑な空間においても中間目標を通過していくことでスムーズに避難でき、中間目標の設定は避難行動を表現するために必要であると考えられる。

4. 回避・待機行動

図-3 は 10m × 15m の空間において初期人数 100 人とし、回避・待機行動を取り入れた場合と取り入れない場合のシミュレーションを示している。回避・待機行動を取り入れた場合は、通常見かけられるように出口付近でアーチが形成されている。これに対して、回避・待機行動を取り入れないシミュレーションでは、出口付近で密集することなく、列を形成している。回避行動を取り入れた場合 22 ステップ目で残留避難者

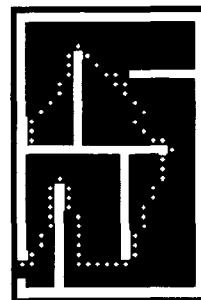


図-2 複雑な空間

60 人であり、取り入れない場合は 83 人である。また、全員が避難を完了するのに回避行動を取り入れる場合 39 ステップ要し、取り入れない場合は 76 ステップ要する。回避行動を取り入れることにより出口を有効に利用し速やかに避難を完了する。回避・待機行動を取り入れたシミュレーションはより現実的な避難行動を表現できると考えられる。

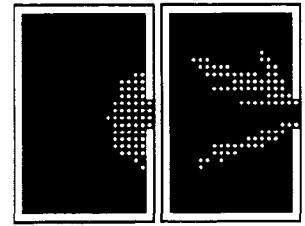
5. 情報伝達を考慮したシミュレーション

図-4 は情報に着目するために設定した地下街のモデルである。このモデルは 28 m×12m であり火災区域を斜線で示す。また、図中の数字は出口の番号である。従来あるシミュレーションでは初期に配置された避難者は静止しており一斉に避難を開始するとされている。本研究では、火災認識までは各避難者にランダムな動きを与えより現実性を増している。図-5 は避難者数を 60 人から 140 人まで 20 人ずつ変化させ、災害認識まで移動させる場合と静止させる場合のシミュレーション結果である。火災発生後、火災報知器などを想定し災害発生から時間をおいて災害発生を全員に知らせ全員が避難行動を開始させる。この避難行動開始時間を一斉伝達ステップとする。なお、図-5 では残留避難者数を初期避難者数で割ったものを避難者残留比とする。情報の伝達を取り入れた場合、一斉伝達時を遅らせるごとに残留避難者数が減少することがわかる。これは、自ら災害発生区域に到達し情報を得たり、他の避難者から火災発生情報を得て避難を開始するためである。このシミュレーションにより従来はあまり考慮されていない情報の伝達を考慮できる。

図-4 のモデルを使用し初期避難者数を 20 人から 100 人まで 20 人ずつ変化させ、各出口の使用状況を変化させて出口途絶情報に着目したシミュレーションを行う。図-6 は各出口の使用状況に対する全員の避難完了ステップを示したものであり、図の周囲の数字は使用可能な出口番号を示している。この図より途絶出口の組み合わせにより完了ステップが大きく異なる。ここでのシミュレーションでは出口に到着した避難者が出口途絶の情報を他の避難者に伝えることとしているが、状況によってはこの情報が伝わらず全ての出口を回る避難者が存在した。このことより地下街の災害安全性を高めるには災害発生情報のみならず、出口情報も的確に避難者に伝える必要があると考えられる。

6. まとめ

中間目標および回避行動を設定することによりセルオートマトンでの避難行動の精度向上が図れる。また、避難行動において情報伝達を考慮する必要性が示された。



回避あり 回避なし

図-3 回避・待機行動

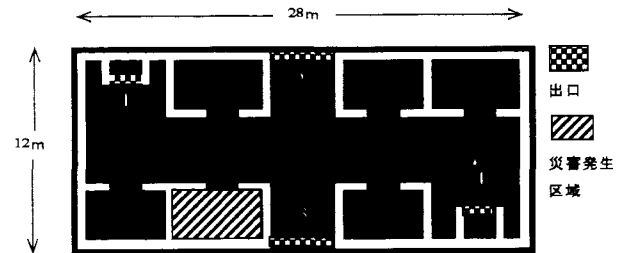


図-4 地下街を想定したモデル

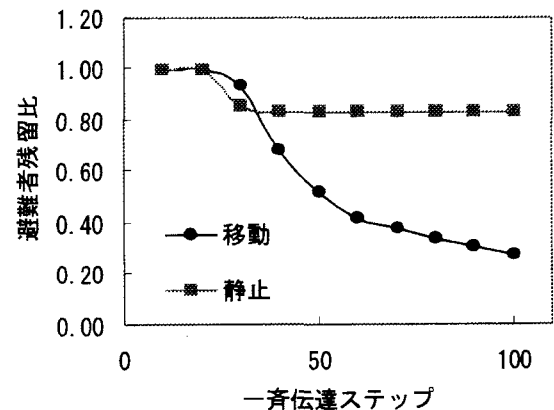


図-5 火災発生情報

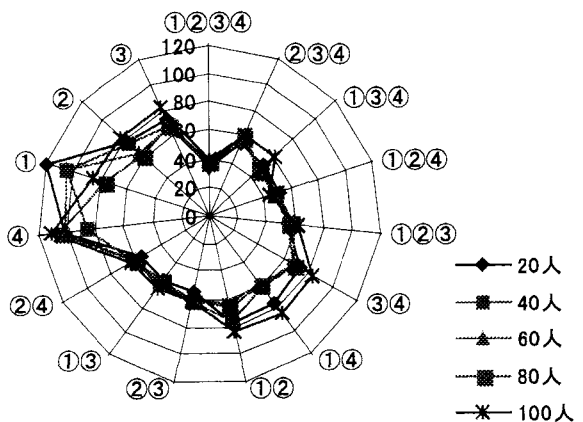


図-6 出口途絶情報