

セルオートマトン法を用いた地下街の避難行動シミュレーションに関する研究
 ー人間の移動速度・滞留等を考慮した群衆の避難行動のモデル化ー

九州大学大学院 学生員 大野 勝 正会員 松田泰治 フェロウ 大塚久哲 フェロウ 橋木 武

1. はじめに

本研究は地下街を対象に災害等による緊急時の避難行動シミュレーションシステムの構築を行い、防災対策の一助とすることを目的としている。これまでの研究¹⁾では、セルオートマトン法を用いた避難行動シミュレーションシステムの構築を行った。そして、そのシステムを用いた天神地下街全体の避難行動シミュレーションを行うことで、群衆の避難行動のモデル化の可能性を示した。本研究は、これまでの研究では表現することが出来なかった「人間の移動速度」「出口付近等での人間の滞留」「他の人間の向きの影響」に着目し、それらを考慮したシステムの高度化を図った。これまでのシステムは、人間が出口に向かうことを避難行動の基本とし、一辺1.0 mの正方形セルで表現された対象空間において人間を表すセルの周囲8セルについて、「出口までの距離」「障害物周り」「堂々巡りを防ぐ」「環境を表す」の4つの状態量の計算を行った。そして、状態量の計算で算出された値に係数を乗じたものの総和を求め、その値が周囲8セル内で最も小さい値を持つセルに人間が移動するとしたものである。

2. 「人間の移動速度」の表現

これまでのシステムの避難行動は、人間が出口に向かって行動する単純なものであった。一方、実際の人間の避難行動は、様々な人間が持つ独自の身長・視界・思考・移動速度などの要素に大きく影響を受ける。そこで、本研究では、人間を大人・老人・子供の3種類とした「人間の移動速度」の表現を行った。人間の移動速度は、大人を1.5 m/s、老人・子供を1.0 m/sとした。まず、これまでのセルを一辺1.0 mの正方形セルとしていたものを、本研究では一辺0.5 mの正方形セルとした。そうすることで、1回(1ステップ)の移動を0.5 m/sとし、大人が3回移動を行う際、老人・子供は2回移動を行い1回移動を行わないとすることで、表現を行った。図1は、大人と老人・子供の移動速度の違いを表したものである。

3. 「出口付近等での人間の滞留」の表現

これまでのシステムでは、人間の行動を周囲8セルにおいて状態量の総和が最も小さいセルに移動することで表現し、1つのセルに複数の人間が留まることを許容していた。一方、セルは一辺1.0 mの正方形セルで、人間を0.4 m×0.6 mの幅とすると、1セルには3、4人程度が同時に存在できる。このことから、これまでのシステムは、実際では起こりうる出口付近等での滞留により避難時間を要するような現象を表現できないシステムであった。本研究では、この「出口付近等での人間の滞留」をセルを一辺0.5 mの正方形セルとし、1つのセルに人間が1人とする制限を設けることで表現した。ここで、これまでの人間行動による移動を仮移動とする。最初に、全ての人間について、この仮移動を行う。この仮移動により、1つのセルに複数の人間が向かおうとした場合、次に述べる3つの優先順位により、最もそのセルに留まるべき人間を選定する。その優先順位は、第1位に次のステップでも現ステップにいるセルに留まらざるをえない人間、第2位にそのセルに向かおうとするそれぞれの人間が仮移動の際に用いた状態量の総和の値が最も小さい人間、第3位に第2位の選出でも複数の人間が留まる場合、その残っている全ての人間について、その人間が現ステップにいるセルから目標としている出口までの直線距

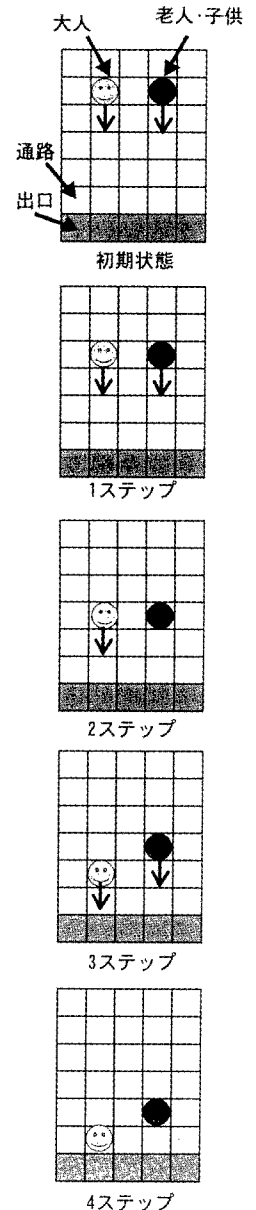


図1 人間の移動速度の表現

離を算出し、その値が最も小さい人間である。一方、優先順位により選出されなかった人間は、現ステップのセルに留まる。図2に、1辺20セルの正方形の対象空間において、出口付近での120人の人間の避難行動シミュレーション結果を示す。ケース1は、これまでのシステムを用いた結果、ケース2は、本研究で作成したシステムを用いた結果である。ケース1は、1つのセルに複数の人間が留まることができるため、人間の滞留が発生することなく避難がステップ10で終了している。一方、ケース2は、1つのセルに1人の人間だけ留まる処理により、人間の滞留が起り、避難がステップ31で終了している。

4. 「他の人間の向きの影響」の表現

一般的に人間の行動は、周囲の自分以外の人間の影響を大きく受ける。このため、避難行動時は、自己で判断し目標とした出口に向かう傾向以外に、周囲の人間が向かおうとする方向へ向かう傾向を示すものと考えられる。そこで、本研究では、この「他の人間の向きの影響」の表現を行うため、「他の人間の向きの影響」の状態量を状態量の総和に追加することを行った。まず、対象とする人間を中心とした正方形形状の範囲において、その範囲にいる他の人間の向きを調べ、8つの向きの人数を数える。そして、例えば、周囲8セルの上のセルの「他の人間の向きの影響」の状態量は、上の方向を向いている人間の数を使用して、式(1)から算出する。これを周囲8セルについて行い、その値に正の係数を乗じたものを状態量の総和に追加する。図3は、「他の人間の向きの影響」の表現についてシミュレーション結果を示したものである。ケース1は、これまでのシステムによる結果、ケース2は、本研究で作成したシステムを用いた結果である。ケース1は、これまでのシステムが出口に向かうことを基本とした避難行動であるため、それぞれの人間にとって、最も近い出口に向かって、避難行動を行っている。一方、ケース2は、A群の人数が4人であるのに対してB群の人数が13人であるため、A群の人間は、B群の人間が向かう方向の影響を受け、B群の人間と同じ方向へ行動している。このA群の人間が起こす現象は、「他の人間の向きの影響」の状態量に乗じた係数の大きさによって変化する。そのため、この係数を最適なものとする必要がある。

$$\text{「他の人間の向きの影響」の状態量} = 1 - \frac{\text{その向きの人数}}{\text{範囲内にある総人数}} \quad (1)$$

5. まとめ

本研究は、「人間の移動速度」・「出口付近等での人間の滞留」・「他の人間の向きの影響」の表現を行うためのシステムの改良を行った。これにより、より現実的な避難行動表現が可能となった。今後は、本研究で作成したシステムを用いて天神地下街全体の群衆の避難行動シミュレーションを行い、「新・建築防災計画指針」により算出される避難時間との比較を行う予定である。また、システムとしては、避難に影響を与える人間の「視界」・「思考」などを要素として取り入れた改良を行う必要がある。

<参考文献>

- 1) 松田、大塚、樗木、内田：セルオートマトン法を用いた地下街の避難行動シミュレーションに関する一考察、地域安全学会論文集、No. 2、pp. 95-100、2000。

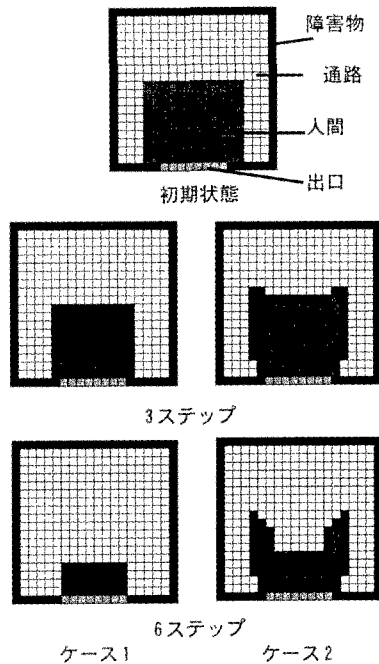


図2 人間の滞留の影響の表現

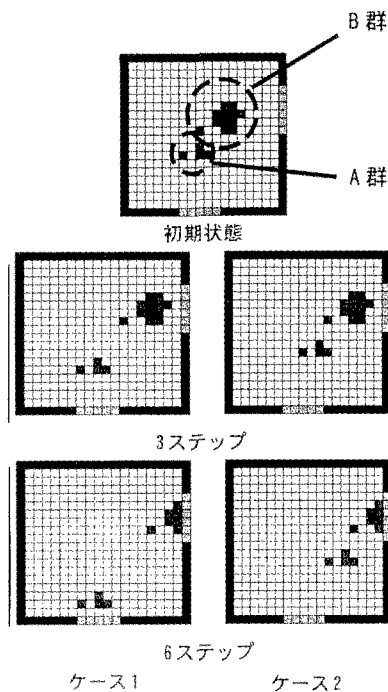


図3 他の人間の影響の表現