

壺川地区における群衆の避難行動シミュレーション

熊本大学大学院

学生会員 ○池田 貴嗣

熊本大学大学院

正会員 松田 泰治

熊本大学大学院

正会員 藤見 俊夫

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震や2005年福岡県西方沖地震等の大地震により、近年防災の重要性が再認識されている。防災対策には人間の災害時の行動を予測したソフト面からの対策も必要不可欠である。これまでの研究では、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を構築し福岡市地下鉄駅群・福岡市天神地下街の解析を行うことで、この方法が一般地下空間において適用可能であることを示した。本研究ではこのシステムを屋外に対して用い、実際の避難訓練の結果と比較検討を行うことでその適用性を試みた。またそれに際し、人の意思を決定するシステムにおいて、交通計画の分野で用いられている非集計行動モデルの一つであるロジットモデルを用いることで、屋外における群衆の避難行動の評価の改善を試みた。

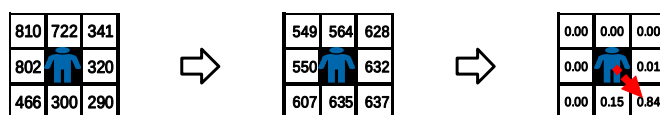
2. セルオートマトン法を用いた避難行動シミュレーション手法

本研究におけるシステムは、人間が出口に向かうことを避難行動の基本とし、対象空間を一辺 0.5m の正方形セルで分割し、人間・壁・出口・通路などを表現している。さらに、人間とその周囲 8 セルの計 9 セルについて、既往の避難行動シミュレーションにおいて人間の行動を決定する諸要因として用いられてきた状態量のうち「出口までの距離」、「堂々巡りを防ぐ」、「周囲の環境を表す」の状態量を考慮する。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、その値のうち、9 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。ただし、1 セルには人間は 1 人しか入れないものとしている。本研究では、これまで先述の状態量の値のみで確定的に決まっていた人間の動きに、それら以外の要因による確率的な挙動を付加することで、避難行動をより自然に表現している。その際、ロジットモデルでは人間の周囲 8 セルの状態量の総和を相対的な比率として置き換え、さらにその値の符号を変えたものに係数を乗じ

ることで、最小比率であるセルの値が最大の確率となるように設定した。それから人間とその周囲 8 セルの計 9 セルの確率を算出し、その確率に従って人間が移動するものとした。図-1 に既存の状態量の計算方法と、そこからロジットモデルへの変換手法を示す。

$$\alpha \times \begin{bmatrix} 3 & 4 & 4 \\ 4 & \text{人} & 7 \\ 6 & 8 & 8 \end{bmatrix} + \beta \times \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & \text{人} & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \dots + \xi \times \begin{bmatrix} 9 & 8 & 6 \\ 9 & \text{人} & 7 \\ 10 & 9 & 9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 810 & 722 & 341 \\ 802 & \text{人} & 320 \\ 466 & 300 & 290 \end{bmatrix}$$

(a) 既往の状態量の計算方法



最小値を最大値に変換

ロジットモデルに基づき計算

(b) (a)をロジットモデルに変換

図 - 1 . 人間が移動するセルの選択手法

3. 簡易モデルを用いた避難行動シミュレーション

屋外における避難行動シミュレーションを行う場合、対象空間が室内に対し大規模なものとなる。その際、人間と人間が選択する出口までの距離が非常に大きくなるため、出口からの距離によって値が変化する既往の「出口までの距離」の状態量の計算手法では、出口から遠くに位置する人間が1ステップ移動する前後での周囲 8 セルから出口までの距離にほとんど差がでず、その為この状態量の感度が小さくなり、その結果出口から遠くに位置する人間の避難行動に、出口に向かって避難を行わない等の不自然な動きが見られることがわかった。そこで、人間の周囲 8 セルから出口までの距離と、人間から出口までの距離の差をそのまま状態量として設定することで常に相対的な感度を持つような出口までの距離の状態量を用いた。簡易モデルを作成し既往の状態量と新しい状態量との違いを見るため避難行動シミュレーションを行った結果、新しい状態量を用いたシステムにおいては対象空間が広いケースにおいても人間が全員出口に向かって近づいていくことが確認された(表-1)。

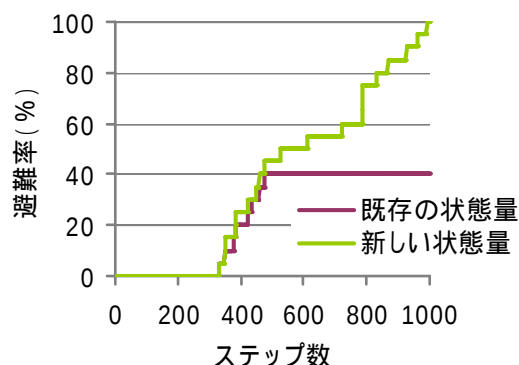
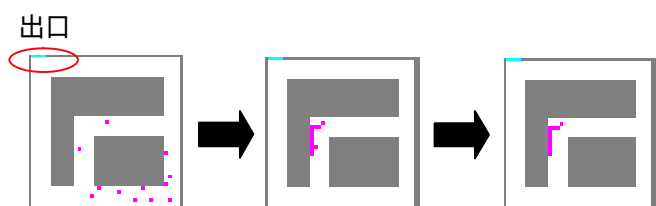
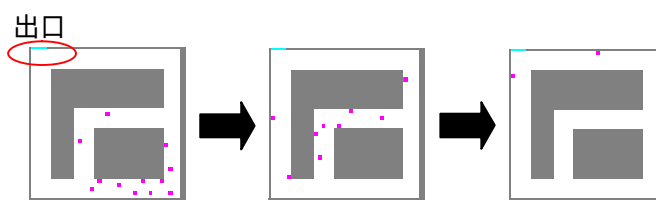


表 - 1 . 出口までの距離の状態量変更前後

また、屋内と屋外における避難行動の差異としては、人間が出口に到達するまでに選択する経路が複雑であることが挙げられる。そこで、既存のシステムにおいて避難が最も困難であると予想される典型的な簡易モデルを作成し、避難行動シミュレーションを行った。これに対してはロジットモデルを用いることで、図-2のように回りこみを行わなければならないような通路においても滞ることなく出口に向かって避難を行うことが確認された。



(a) . ロジットモデルを考慮していない既存システム



(b) . ロジットモデルを考慮したシステム

図 - 2 . ロジットモデルの有無による避難行動の差異

4. 熊本市壺川地区における避難行動シミュレーション

対象地区	熊本市壺川地区	避難時間(最小)	2(分)
対象領域	1450×900(m)	避難時間(最大)	38(分)
避難者数	67(人)	避難時間(平均)	20(分)

表 - 2 . 避難訓練による避難情報

以上を踏まえて、熊本市壺川校区で実際に行われた避難訓練により得られたデータに基づき、熊本市壺川地

区の約6分の1の面積の切り出しモデル(1070×845セル)を対象とした避難行動シミュレーションを行った。実施された避難訓練における避難情報は表-2のようになっている。

ロジットモデルを用いたシステムで避難行動シミュレーションを行った結果、避難が50%完了するまでに1120ステップ、77%完了するまでに2045ステップ(約11分20秒)要している。対象地区全体と本研究で用いたモデルとの出口までの距離のスケールの差は2倍程度であるため、平均避難時間20分という結果と照らし合わせるとある程度妥当な結果が得られたことが確認された。



図 - 3 . 壺川地区の6分の1切り出しモデル

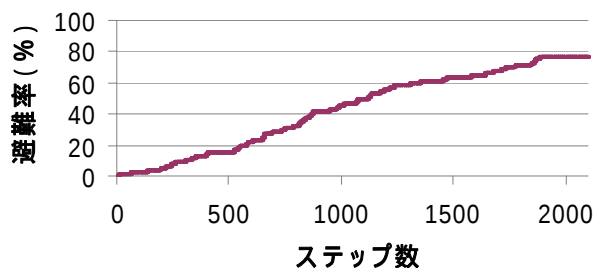


表 - 2 . ステップ数と避難率との関係

5. まとめ

本研究においては、屋外における避難行動シミュレーションを行うにあたって新しい状態量の計算手法を導入し、その有効性を確認した。さらに避難経路が複雑な空間においてはロジットモデルが有効であることを示した。また、大規模な空間を対象とした解析は大幅に計算時間を要することにより、今回は壺川地区の全体モデルの解析を行うことは出来なかった。課題としては今後これら計算の効率化をはかり、大規模な屋外空間に対しても適用可能なシステムを構築していくことが挙げられる。