

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

熊本大学大学院 学生会員 ○有岡自然 熊本大学工学部 正会員 松田泰治
熊本大学工学部 正会員 藤見俊夫

1. はじめに

本研究は、実在する集客施設において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を行い、防災対策の一助とすることを目的としている。防災対策には構造的補強等のハード面からの対策のみならず人間の災害時の行動を予測したソフト面からの対策が必要不可欠である。近年、都市部では地下空間の利用人口が増加しており、今後は今まで以上に地下空間の利用が多様化すると考えられる。それに伴いリスクも多様化・複雑化し、防災に関してもこれまで以上に慎重な対応が求められる。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の構築を行い、それを用いて福岡市地下鉄駅群の解析を行うことで、この方法が一般地下鉄駅でも適用可能であることを示した。本研究では、福岡市天神地下街のモデル化を行い、それをもとに避難行動シミュレーションを行った。さらに、これまでのシステムの改良を行い、人の意思決定に関して、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人間の行動に個人差を与え、地下空間における群集の避難行動評価を試みた。

2. セルオートマトン法による避難行動シミュレーション手法

これまでのシステムでは、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・階段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「出口までの距離」・「炎までの距離」・「障害物周り」・「堂々巡りを防ぐ」・「周囲の環境を表す」・「非常灯の影響」・「位置高さ」の状態量の計算を行う。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 7 つ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、新システムでは、ロジットモデルにより人間とその周囲 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。

3. 簡易モデルを基にした避難行動シミュレーション

既存のシステムとロジットモデルを採用した新システムの特性の違いを確認するために、検証用の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。簡易モデルは、40m×40m の空間とし、出口が目視できる位置に人間を配置している。

既存のシステムと新システムをそれぞれ用いて避難行動シミュレーションを行い、その解析結果をもとに人間の動きを追跡したものを図-1 に示す。既存のシステムでは、人間は直線的な動きをしているが、新システムでは、この点が改良され、人間が移動するセルの選択に関してバラつきを考慮することが可能となった。

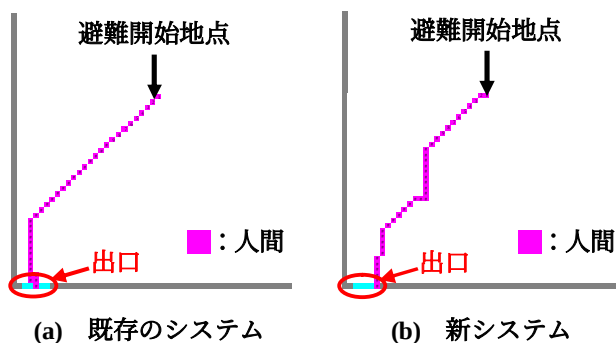


図-1 簡易モデルにおける人間の動き

4. 福岡市天神地下街モデルを基にした避難行動シミュレーション

既往研究の状態量を用いて福岡市天神地下街モデルの解析を行った。天神地下街は、南北に約 600m、東西に約 50m、地下 3 階からなり、1976 年のオープン時から今日まで拡張工事が行われ、現在は、西鉄福岡(天神)駅、西鉄天神バスセンター、地下鉄天神駅、天神南駅および隣接ビル等と連絡し、多数の買い物客、通勤者で混雑する大規模な地下空間となっている。本研究では、新システムの検証を目的として、2005 年の拡張以前の地下街のうち、南部分の一區画を対象とし、対象空間に 250 人の人間を配置した。なお、対象空間の大きさは南北に約 60m、東西に約 50m であり、配置した人間は健康な大人のみと仮定している。また、それぞれの状態量の係数は α (出口までの距離)=800, β (障害物周り)=0.5, γ (堂々巡りを防ぐ)=14, δ (周囲の環境)=0.005, ψ (炎までの距離)=200, θ (非常灯までの距離)=730, ϕ (非常灯の矢印の向き)=0.5, η (店舗出口までの距離)=800, ι (位置高さ)=20 とした。



図-2 天神地下街平面図(対象空間：60m×50m)

5. 解析結果および考察

図-3 に、既存のシステムを用いて解析を行ったときのステップ数と避難率の関係および、新システムを用いて解析を行ったときのステップ数と避難率の関係のグラフを示す。既存のシステムを用いて解析を行った場合には、全体の避難が完了するまでに 108 ステップ(36 秒)、新システムを用いて解析を行った場合には、全体の避難が完了するまでに 200 ステップ(67 秒)要した。それぞれのグラフを比較すると、50 ステップ(17 秒)を経過した頃から、既存のシステムに比べ新システムを用いたときのほうが避難により多くの時間を要していることがわかる。新システムでは人間は確率的に動いており、既存のシステムに見られるような、人間が出口に向かって直線的に

動く様子は確認されない(図-4)。これにより、新システムでは、人間がより自然な避難行動を行うことがシミュレーションより明らかとなった。

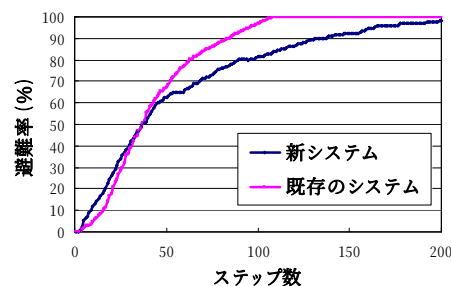
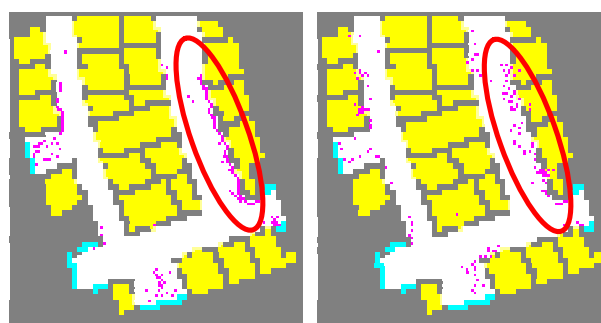


図-3 避難率の推移



(a)既存のシステム

(b)新システム

図-4 30 ステップ(10秒)後の人間の動き

6. まとめ

本研究では既往研究で用いたシステムについて、ロジットモデルを採用することで人間の避難行動に個人差を与えることが可能となった。また、天神地下街モデルを用いた避難行動シミュレーションを行い、新システムによる適用可能性を示した。今後は天神地下街全体をモデル化し、シミュレーションを行い、防災対策の一助とすることを予定している。また、火災による煙の影響、身体障害者の表現などを考慮することが今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 社団法人 土木学会：非集計行動モデルの理論と実際、非集計行動モデルに関する解説書、1995
- 2) 松田泰治、有岡自然：多層階から成る集客施設における避難行動シミュレーション～熊本鶴屋百貨店における事例～、土木学会西部支部研究発表会講演概要集、2006