

セルオートマトン法による地下鉄箱崎駅を対象とした避難行動 シミュレーションに関する一考察

九州大学工学部 学生会員 山田 昌平 正会員 松田泰治 フェロー 大塚久哲

1. 本研究の背景と目的

本研究は地下街や地下鉄駅などの閉鎖空間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。死者120人を数えた平成15年2月18日の、韓国テグ市での地下鉄火災に見られるように、地下鉄駅や地下街などの地下空間ではその閉鎖性から地上空間に比べて人間はパニックに陥りやすい。そのため、地下空間の防災を行う上で緊急時の群衆の避難行動を把握することは非常に重要である。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い、それを用いて天神地下街全体の解析を行うことで、群衆の避難行動のモデル化の可能性を示した。本研究においては、これまでの解析対象空間は一平面であったがそれを階層平面に拡大し、これまで考慮されていなかった階段部分の速度制限を行うことで階段部分や階段入り口周辺における滞留を表現した。

2. セルオートマトン法によるシミュレーション手法

これまでのシステムではまず、人間が出口に向かうことを避難行動の基本とし、対象空間を一边0.5mの正方形セルで分割し、人間、壁、非常灯などを表現する。さらに、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」・「非常灯の影響」の5つ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。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。

3. 「階段部分での移動速度の減少」の表現

これまでのシステムの避難行動は、階段を上るときや進路変更を行うときも速度の低下を無視するものであった。一方、実際の人間の避難行動は、上り階段では移動速度が減少し、それによって階段部分に混雑が発生する。本研究では、速度が低下するセルを配置することで「階段部分における移動速度の減少」の表現を行った。一般通路における人間の移動速度は1.5 m/sとしているが、階段部分においては1.0 m/sとする。通常は1ステップで1セル移動させるのに対し、階段部分に2ステップで1セル移動するセルを通常のセルと交互に配置する。この結果、一般通路にいる人間が3回移動を行う際、階段にいる人間は2回移動を行い1回移動を行わず、速度減少の表現が行われる。また、対象空間において進路方向を変更せざるを得ない形状の場所に速度が低下するセルを配置することで、対象空間の形状による速度の減少を考慮することができる。

4. 地下鉄箱崎駅を対象とした避難シミュレーション

既往研究の5つの状態量を用いた上で速度制限セルを配置し、地下鉄箱崎駅全体モデル(地下1階-縦48m・横205m, 地下2階-縦19m・横200m, 図-1)を用いて解析を行った。地下1階, 地下2階の境界は階段の中央部分とし、地下1階, 地下2階にそれぞれ68人, 51人をランダムに配置する。それぞれの状態量の係数は、 α (出口までの距離)=600, β (壁周り)=0.1, γ (堂々回り)=1.8, δ (環境)=0.001, ϕ (発火点)=-50, ϕ (非常灯の矢印)=-0.1, θ (非常灯までの距離)=150, η (改札口までの距離)=600である。地下鉄箱崎駅は地下一階, 地下二階の二平面で構成されており、避難開始時刻は同時と仮定した。また、地上への出口に到達する前に地下一階の改札口を通過する必要がある人間については、改札口を通過するまでは外部出口を認識させず、代わりに改札口を出口として認識させる。

5. 解析結果および考察

これらの条件で解析を行った。地下1階の避難率一ステップ関係を図-2, 地下2階の避難率一ステップ関係を図-3に示す。階段部分においては人間の滞留がみられた。また、避難が完了するまでの時間については、

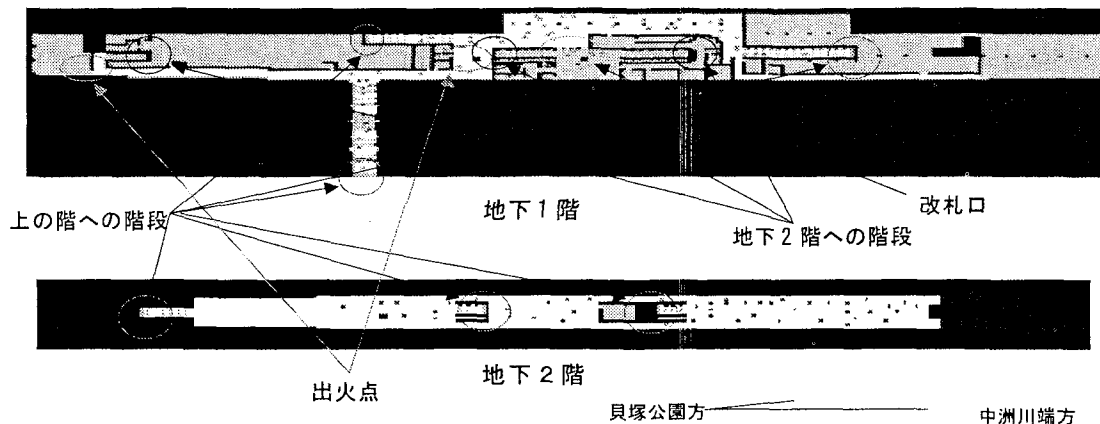


図-1 地下鉄箱崎駅モデル図

地下2階においては避難率80%に達するまでに72ステップ、避難率が90%に達するまでに187ステップ、95%に達するまでに234ステップを要した。これは実際の時間にすると避難率が70%に達するまでに24秒、90%、95%に達するまでにそれぞれ1分02秒、1分34秒を要したことを意味する。地下1階においては地下2階から避難してきた人間も存在するので、避難時間が長くなるとともに避難率のグラフの形状も異なる。100ステップあたりで避難開始時に地下1階にいた人間の避難はほぼ完了するが、それに伴い地下2階から避難してきた人間が地下1階からの避難を開始する。避難開始時に地下1階にいた人間が避難を完了してから、地下1階にいた人間が出口にたどり着くまでの間は避難率はほとんど増加しない。しかし、地下2階にいた人間が改札口を通過した後は、階段で群集化した人間が同じ出口に殺到するため避難率はその後しばらくは直線的に増加し、避難率が90%を超えるあたりから増加速度は緩やかになる。このような人間の流れのもと、避難率が80%に達するまでに208ステップ、90%に達するまでに233ステップ、95%では299ステップを要し、実際の時間に換算するとそれぞれの避難率に達するまでに、1分09秒、1分28秒、1分40秒が必要であるというシミュレーション結果が得られた。また、今回の解析では地下1階よりも地下2階の方が避難が困難であるという結果になった。これは、地下2階のプラットホーム中央周辺にいる人間は階段部分があるため避難時に迂回行動をとらなければならないという構造上の問題に起因すると考えられる。

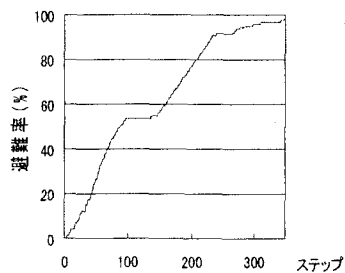


図-2 地下1階の避難率

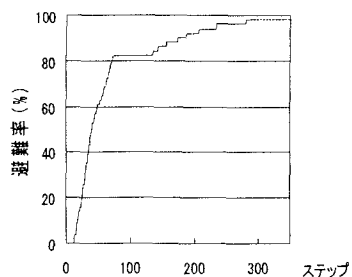


図-3 地下2階の避難率

6. まとめ

本研究において、従来の一平面における解析から階段部分における人間の動きを再現した上での階層平面へと解析対象を拡大し、シミュレーションシステムが適用可能であることを示した。これによって地下構造物の深層・高度化に対応するとともに、用いる状態量を変える事で地上にある構造物を含めた閉鎖空間全てが評価可能となる。今後は階段部分における上下方向の概念を導入した状態量の考案が必要である。また、迂回行動をスムーズに行うことを目的とする視界の概念を取り入れた新しい状態量の導入や、一平面ではすでに導入している誘導者の影響の状態量を階層平面へ導入することなども今後必要な課題である。

<参考文献>

- 1) 松田泰治, 大塚久哲, 樗木武, 大野勝: 天神地下街における人間の個体差および相互作用を考慮した群集の避難行動シミュレーションに関する研究, 第8回地下空間シンポジウム論文・報告集, 第8巻, pp19-28, 2002