

エージェント技術に基づく駅構内の群歩行シミュレーション

佐藤 和希[†] 高橋 徹[†] 山田 隆志[†] 寺野 隆雄[†]

[†] 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 知能システム科学専攻 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田 4259

E-mail: †{satoh,toru,tyamada}@trn.dis.titech.ac.jp, ††terano@dis.titech.ac.jp

あらまし 都市部などの人が密集する場所で災害が発生すると、甚大な被害が発生する恐れがある。被害を低減するためには、緊急時の人がどのように避難するかを予測しておく必要がある。本研究では、緊急時の避難の様子をエージェント・ベース・シミュレーションにより表現する。そして建物の破損や火災、煙の影響を考慮し、避難の際の問題点と改善策について検討することを目的とする。歩行者の緊急時の性格を3つに分類し、実在する駅でのシミュレーションを行った結果、歩行者の位置から最も近い出口に避難することが、必ずしも最適な避難行動ではないことが分かった。また、様々な誘導方法を導入した結果、人の流れが制限される場所で滞留が発生させないようにすることが避難時間の短縮に繋がることが分かった。

キーワード エージェント・ベース・モデリング, 歩行流, 緊急時処理

Study on Emergent Behaviors of Crowded People in a Station through an Agent-based Simulation Model.

Kazuki SATOH[†], Toru TAKAHASHI[†], Takashi YAMADA[†], and Takao TERANO[†]

[†] Department of Computational Intelligence and Systems Science Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering Tokyo Institute of Technology

E-mail: †{satoh,toru,tyamada}@trn.dis.titech.ac.jp, ††terano@dis.titech.ac.jp

Abstract This study examines a state of the refuge of the walker of the station yard in the emergency by agent-based simulation. The author makes a walk model and a refuge model to simulate it and performs the simulation that an exit is damaged, and a fire occurs. By this study, the conclusions are following. 1) It is not always the most suitable action to shelter at the nearest exit. 2) It is shortened in refuge time when the walker escape to a to some extent far-off exit. 3) It is important to prevent stay in the neighborhood of wicket and exit.

Key words Agent-based modeling, Pedestrian flow, Emergency management

1. はじめに

都市部などの人が密集する場所で地震やテロなどによる災害が発生したり、特定の場所に人が殺到したりすると甚大な被害が発生する。人が集まる場所の中では、公共性が高いイベント会場やショッピングモール、駅で大きな被害が想定される。例えば、以下のような事例が知られている。

1995年に発生した阪神・淡路大震災では、JRの六甲道駅がホームおよび駅舎倒壊、地下駅である神戸高速鉄道の大開駅では駅が破損および沈下し、道路が陥没するなどの甚大な被害が生じた。この2つの事例では、地震が発生した時間が早朝だったため死者は発生していないが、時間がラッシュ時なら大惨事になったと考えられる。

また、韓国大邱市で2003年に発生した地下鉄火災では、煙が蔓延し視界が悪くなった。その上、駅員による誘導がされない中で的確な避難ができず、54名が駅舎内で死亡している[2]。

このような公共性の高い場所の中でも、緊急時の地下の建造

物内は、避難口の少なさ、火災発生時の火災・煙などによる避難経路確保の困難さ、平常時の人口密集度の高さ、方向覚知困難による避難行動の緊迫化等の問題を有している[3]。

このような建物の破損や火災などが発生した際の被害を軽減するためには、緊急時に人がどのように避難するかを予測し、スムーズな避難行動を可能にする方法を検討する必要がある。

しかしながら、大規模な実験を何度も繰り返し、避難の様子を分析するためには多大な時間と費用がかかる。このため、コストがあまりかからないコンピュータによるシミュレーションが有用である。避難行動を予測する際のコンピュータシミュレーションの利点は、多様な災害条件、避難条件を自由に設定することで、様々な側面から問題点を分析することができることにある。本研究ではエージェント・ベース・シミュレーション(ABS)を用いて歩行者をモデル化し、避難シミュレーションを行う。

数種のシミュレーション実験の結果から、1) 一番近い出口に避難することは必ずしも最適な行動ではない、2) ある程度距離のある出口に避難すると、避難時間は短縮される、3) 避

難者を的確に誘導することにより、滞留を防止もしくは低減することができ、避難時間は短縮される、の3つの結論を得た。

2. 関連研究

建物内における人の避難の様子をシミュレーションする研究は多く行われている[7-15]。建物の出口付近における人の避難をシミュレーションした研究[7,8]では、大勢の人が出口に殺到する際に生じる滞留を再現している。

これらの研究は、滞留の様子から建物の出入り口の幅を設計することや既存の建物の出入り口の問題点を容易に検討することを可能にした。しかし、限定された条件でのシミュレーションであるために、様々な条件が絡む緊急時の総合的なシミュレーションは難しい。

避難開始から避難終了までの一連の様子をシミュレートしている研究として、避難行動を再現するモデルの構築を目的としたシミュレーションがある[9]。この研究は避難の様子を視覚的に把握可能にし、流動係数や歩行速度、避難時間を測定することを実行している。

短時間で避難できる建物の設計を提案することを目的としたシミュレーション[10]では、セルオートマトン法を用いて、出口の数が避難時間に影響を及ぼすことを示した。しかし、空間は長方形の単純な構造で出口を増やす効果を示すだけのもので、避難時の問題点や改善点を検討するには向いていない。

地震発生時の駅構内の避難シミュレーションでは、通路の破損が避難に影響を及ぼすことを示している[11]。しかし、この研究は通路の破損や火、煙の影響を考慮しておらず、大規模な災害を想定していない。

煙が与える影響を考慮した研究に地下鉄駅構内における避難シミュレーションがあり、火災発生時のより現実の要因を入れたモデルを構築している[14]。しかし、通路の破損や火災により犠牲になる等の人的被害を考慮していない。

以上に挙げた研究は、避難時の問題点の検討をするに留まっており、改善策を検討するに至っていない。

文献[15]では、スムーズな避難を促す方法として誘導の効果を検討している。誘導により避難する人の流れを停止、移動させることにより群集密度をコントロールし、滞留が発生するのを防ぎ、避難時の安全性を高められることを示している。

3. 目的

本研究では様々な条件を総合的に考慮し、大規模災害が発生した際の駅構内の様子をABSでシミュレーションする。その条件とは、1) 通路の破損、2) 火や煙の影響、3) 人的被害、4) 誘導の効果である。そして、建物の破損や火災が発生することにより人的被害が発生する、現実に近いモデルを構築し、避難の際の問題点の発見とその改善点について検討する。

なお、本研究では(株)構造計画研究所のマルチエージェントシミュレータartisoでモデルを構築した。

4. 避難モデル概要

本章では、まず避難シミュレーションに必要な要素の定義について述べる。定義を述べた後、緊急時の歩行者エージェントの動作について述べる。なお、本研究では、文献[18]の歩行ルールを用いて歩行を行う。

4.1 環境要素

本研究では1セルを0.6m*0.6mとする。そして実在する駅を再現し、シミュレーションを行う。

セルには階段、壁、出入り口、乗車位置、火、煙が存在する。階段は歩行速度を半分にする。

壁は、駅を構成する。また、災害発生時、通路の破損が生じ

た際は空いているセルに壁を配置し、歩行者の通行を不可とする。また火や煙もそのセルに存在することができない。

出入り口には開、閉の2種類が存在する。開の出入り口が存在する場合、歩行者は目的地とすることができる。閉の出入り口の場合、歩行者は目的地とすることができない。

火は、発生したセルから任意の延焼確率で隣接する空きセルへと移動する。

煙が存在するセルには歩行者あるいは火が存在することがある。煙は火が存在するセルから任意の確率で、隣接するセルへと広がる。歩行者が存在する座標に煙が存在する場合、歩行者の進行方向に任意の誤差を与える。

4.2 歩行者エージェントの避難時の性格

避難シミュレーションを行うにあたり、人の避難行動をモデル化する必要がある。緊急の際の人の行動は岡田[17]によると、1) いつも使う出入り口や階段に向かう、2) もと来た道を引き返す、3) 人に追従する、4) 明るい方に向かう、5) 狭い所に逃げ込む、6) 思いもよらない力を発揮する、に分類できる。

以上のことと文献[10]より、本研究では緊急避難時の歩行者の性格を、「いつも使っている出入り口や階段、もと来た道の方に向かう：逆戻り型」、「周囲の歩行者の流れに従う：追従型」、「最近接の出口の方に向かう：緊急避難型」とした。

「逆戻り型」では、出入り口から移動してきた歩行者エージェントは、その出入り口を避難出口とし、移動する。乗車位置から移動してくる歩行者エージェントにおいては、いつも利用している出口を仮定し、その出口を目的地として移動する。「追従型」は視野範囲で複数の歩行者が移動している方向へ移動する。「緊急避難型」は最も近い開の出入り口に向かう。これを避難完了、あるいは死亡するまで繰り返す。

4.3 歩行者エージェントの行動規則

歩行者エージェントの行動は、通常時と災害発生時で異なる。歩行者エージェントは通常時、各々が選択した目的地向け固有速度で移動する。

災害発生直後、歩行者エージェントは性格により、どのような行動をとるか決定する。

逆戻り型のとき、出入り口から移動してきた歩行者は、その出入り口を避難出口とする。乗車位置から移動してくる歩行者は、任意に決定した出入り口を避難出口とする。避難出口を決定した後、1ステップ毎に固有の速度で移動する。

追従型のとき、ステップ毎に周囲に5m以内に存在する他の歩行者集団の中で、一番多くの歩行者が向かっている方向へ移動する。追従する歩行者が存在しない場合、近くの避難出口を探し移動する。

緊急避難型のとき、ステップ毎に自分の場所から一番近い避難出口を探し、移動する。

例外的に、緊急避難型と逆戻り型の歩行者エージェントは出口の破損や火災の発生により、目的地としている避難出口が閉の場合、避難出口を再探索する。

4.4 歩行者エージェントの死亡条件

現実の災害では、必ずしも全員が生存できるわけではない。残念ながら犠牲者が生じる場合がある。本研究では、建物が破損した際による犠牲者と、火災による犠牲者を想定する。

まず、建物の破損は災害発生直後のみに起きると仮定する。破損した箇所に歩行者が存在する場合、その歩行者は死亡するとする。破損は空きセルに壁を配置することにより再現する。

次に、歩行者が存在するセルの周囲1セルを火が囲んだ場合、歩行者は死亡するとする。また、火が存在するセルに歩行者が存在する場合も死亡するとする。

5. シミュレーション設定

実在する地下駅をシミュレーション上に構築し、避難シミュ

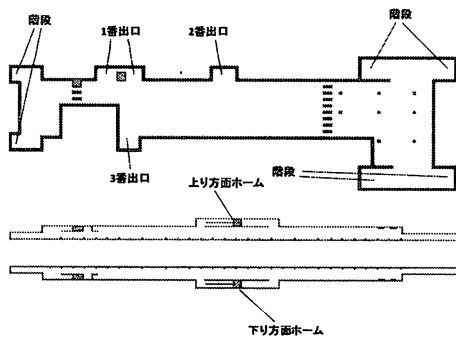


図1 シミュレーションに使用する地下駅
Fig.1 A station for simulation.

表1 シミュレーションパラメータ
Table 1 Parameters of the simulation.

パラメータ	設定値
エージェント数	800
下り降車客発生確率	0.1
上り降車客発生確率	0.1
1番出口発生確率	0.7
2番出口発生確率	0.7
3番出口発生確率	0.7
出口の破損	無し
火災の有無	無し

表2 基本シナリオ性格別避難完了時間
Table 2 Refuge completion time of each type(Basics).

緊急避難型	逆戻り型	追従型	全避難
202.00	218.70	208.10	218.70

レーションを行う。地下駅の概略図を図1に示す。図の下
のホームが地下2階で、上が地下1階である。災害が発生する
想定時間はラッシュ時とする。上り列車と下り列車が同時に到着
し、各列車から300人ずつ降車する。出入り口からホームへと
移動する歩行者は200人とし、計800人の避難シミュレーション
を行う。災害はシミュレーション実行開始から、100秒後に
発生するものとする。また、避難シミュレーションのパラメー
タの基本設定を表1に示す。

6. 駅構内災害シミュレーションの実験と結果

提案モデルにより、基本シナリオと2つの災害に着目した避
難シミュレーションを行った。2つの災害のうち、1つめは出
口の破損である。2つめは火災である。

6.1 基本シナリオのシミュレーション結果

基本設定によるシミュレーションを行った。性格別の平均避
難完了時間を表2に示す。また、改札・出口付近の群集密度を
計測した結果を図2に示す。

6.2 出口の破損有りのシミュレーション結果

出口が破損し、使用不可になった場合、避難にどのような影
響があるかを見るために、出口の破損がある場合のシミュレー
ションを行った。破損が発生すると出口は使用不可となる。破
損した出口を目的地としていた歩行者エージェントは、視野
10[m]以内に出口が存在した場合、破損を認識し別の出口へを
目的地として避難を再開する。シミュレーションは1, 2, 3番
出口がそれぞれ単体が破損した場合と、1番と2番、1番と3
番、2番と3番が破損した破損した場合の計6通りの条件に
ついて行った。それぞれの避難完了までの時間と、破損による

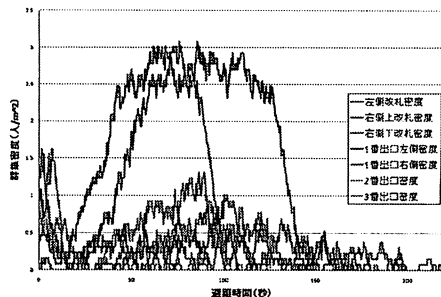


図2 基本シナリオコンコース群集密度
Fig.2 Crowd density(Basics).

表3 出口破損別避難時間と犠牲者数
Table 3 Refuge time of each exit and the number of death.

破損	緊急避難型	逆戻り型	追従型	全避難	犠牲者数
1	208.56	221.38	214.06	221.38	26
2	190.4	191.8	189.95	191.8	14.0
3	205.75	215.5	205.85	215.5	18.0
1,2	192.9	191.7	191.15	192.9	29.6
1,3	203.5	219.85	206.15	219.85	32.8
2,3	189.88	185.44	186.44	189.88	21.8

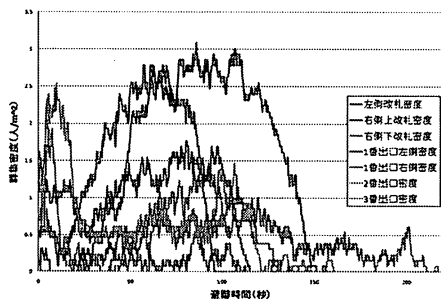


図3 群集密度(1番出口破損)
Fig.3 Crowd density(The first exit).

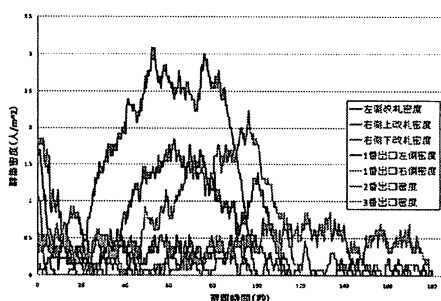


図4 群集密度(2番出口破損)
Fig.4 Crowd density(The second exit).

犠牲者数を表3に示す。また、各出口が破損した際のシミュ
レーションの群集密度をそれぞれ、図3、図4、図5、図6、図
7、図8に示す。

6.3 火災発生時のシミュレーション結果

駅コンコースで火災が発生した際のシミュレーションを5回
行った。火災は1番出口付近、2番出口付近で発生する2パ
ターンを想定した。火の延焼確率は0.02、煙の拡散率は0.2と

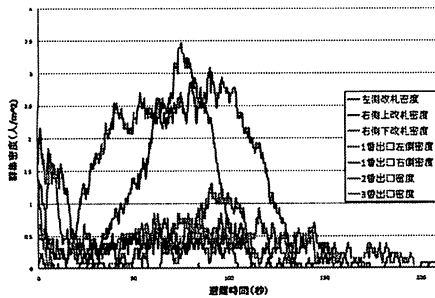


図5 群集密度(3番出口破損)
Fig. 5 Crowd density(The third exit).

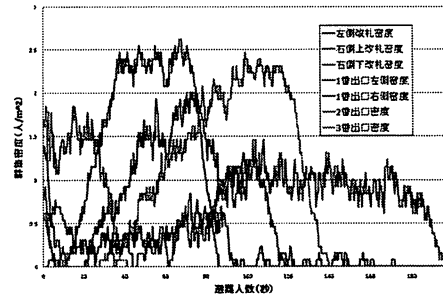


図8 群集密度(2,3番出口破損)
Fig. 8 Crowd density(The second exit and the third exit).

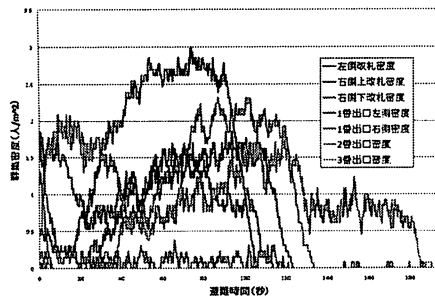


図6 群集密度(1,2番出口破損)
Fig. 6 Crowd density(The first exit and the second exit).

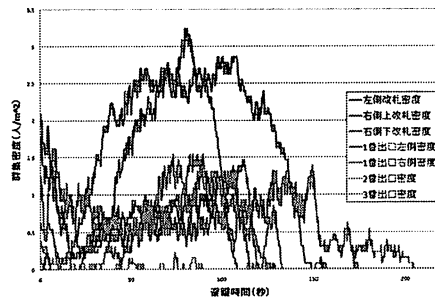


図7 群集密度(1,3番出口破損)
Fig. 7 Crowd density(The first exit and the third exit).

表4 火災発生箇所別避難時間と犠牲者数

Table 4 Refuge time of each type and the number of death(fire).

火災	緊急避難型	逆戻り型	追従型	全避難	犠牲者数
無し	202.00	218.70	208.10	218.70	0
1	207.44	217	199.13	217.38	53.3
2	190.30	189.90	187.10	190.30	5.0

した。それぞれの避難完了までの時間と、火災による犠牲者数を表4に示す。

6.4 駅構内災害シミュレーションの実験の考察

まず、基本シナリオ、壁の破損や火災が発生した際のシミュレーションについて考察する。基本シナリオでは避難してくる歩行者のうち、大半が右側の広い改札を通り避難を行う。図2を見ると、歩行者は右側改札の上半分の密度が約120秒にわたり2.5~3.0[人/m²]の高い値になっている。これは、1番出口や2番出口に避難しようとする歩行者が集中しているからである。

次に、出口が破損した際のシミュレーションについて考察する。表3を見ると、2番出口が通行可の時だけ基本シナリオと同等あるいはそれ以上の避難時間を要している。図3、図5、図7を見ると、歩行者の大半は右側の改札を通り、最も近い2番出口へと避難していることが分かる。最も近い出入り口のため時間を費やさず避難できそうだが、2番出口が残っている場合だけが避難に多くの時間を費やしている。

避難の様子を確認したところ、2番出口は最も近い位置にあるために歩行者がまとまって群集となり避難していた。このときの2番出口の密度(図9)の値を見ると、高い値ではないものの連続的な値をとっている。これはある一定人数で集団となり絶えず移動していることを意味する。それにより出口付近に滞留が発生し、避難に時間を要しているものと考えられる。

一方、2番出口が破損している場合は基本シナリオより避難時間が短くなっている。このシナリオでは、2番出口より遠い3番出口へと多くの歩行者が避難している。

避難の様子を確認したところ、歩行者の歩行速度が異なるために、3番出口に到達するまでにばらつきが生じていた。一回に出口に到達する歩行者が少ないために、滞留が発生せずスムーズに避難することができ、結果として避難時間の短縮に繋がったと考える。

次に、火災発生時のシミュレーションについて考察する。表4を見ると、1番出口付近で火災が発生した場合、避難時間には基本シナリオと大きな差はない。しかし、平均犠牲者数が53.3人と、大きな値となった。この値は現実と同じ火災が発生すると必ずこの程度の人が死亡するというものではなく、危険度が高いことを表すものである。

犠牲者数が多くなった要因は、1) 火災が発生していることを認識しつつも、出口がすぐ近くにあることから、その出口へと避難しようとした、2) 通路まで火災が延焼してきているが、大勢の人が一度に移動しようとした、の2点である。2番出口付近で火災が発生した際には犠牲者が5人程度となっていることから、主な要因は2) であると考えられる。

7. 歩行者の誘導方法

これまでのシミュレーション結果から、歩行者が一箇所に同時に集中し、滞留が発生することが避難時間の短縮を阻害していると考えられる。そこで滞留の発生を防止する方法として、駅員による歩行者の誘導を導入する。

駅員エージェントは、1) 自分の位置より一番近い出口への誘導、2) 特定の出口へと誘導、3) 100人ごとに1番近い出口と2番目に近い出口への交互誘導、4) 上りと下りの2つの階段から避難してくる歩行者を30秒ごとに停止させ、その後1番近い出口への交互誘導、5) 密度の低い改札を指定し分散誘導、6) 改札付近に存在する歩行者が50人以上の場合静止、20

表 5 各誘導法による避難結果 (基本シナリオ)

Table 5 Refuge time of each type(basics,instructions).

誘導方法	緊急避難型	逆戻り型	追従型	全避難
無し	202.00	218.70	208.10	218.70
1	292.15	290.10	289.20	292.15
2(1 番出口)	228.81	227.88	227.63	228.81
2(2 番出口)	291.65	288.60	292.30	291.65
2(3 番出口)	206.75	205.20	205.65	206.75
3	199.45	200.2	197.2	200.2
4	192.05	201.3	191.95	201.3
1,5	195.60	196.00	196.15	196.15
1,6	209.15	204.55	205.20	209.15
2(1 番出口),5	184.55	185.05	182.75	185.05
2(2 番出口),5	202.25	200.90	201.10	202.25
2(3 番出口),5	196.15	195.90	196.30	196.30

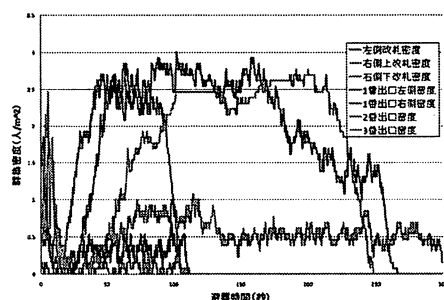


図 9 群集密度 (誘導方法 2(2 番出口))
Fig. 9 Crowd density(guide to the second exit).

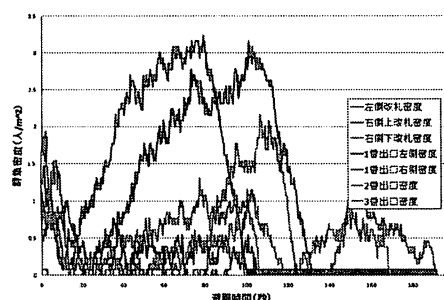


図 10 群集密度 (誘導方法 3)
Fig. 10 Crowd density(instruction 3).

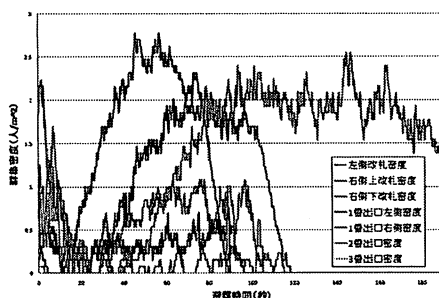


図 11 群集密度 (誘導方法 1,5)
Fig. 11 Crowd density(instruction 1,5).

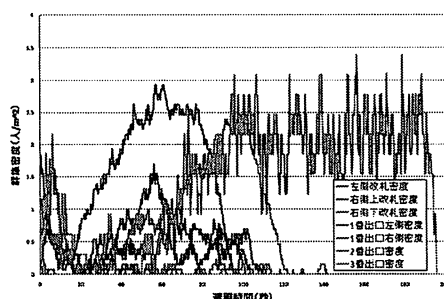


図 12 群集密度 (誘導方法 2(3 番出口),5)
Fig. 12 Crowd density(instruction 2,5).

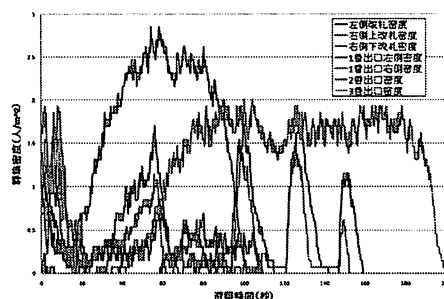


図 13 群集密度 (誘導方法 1,6)
Fig. 13 Crowd density(instruction 1,6).

人以下になったら移動、の 6 つの誘導を行う。誘導方法が 1), 2), 3), 5), 6) の場合、右側改札の内側周辺で静止し、誘導を行い、4) のとき左側改札の内側周辺で静止し、誘導を行う。シミュレーションは誘導を基本シナリオ、出口破損シナリオ、火災発生シナリオにそれぞれ導入し、行った。

7.1 誘導のシミュレーションの実験と結果 (基本シナリオ)

7. 章で述べた誘導方法を基本シナリオに導入し、シミュレーションを行った。それぞれ単体の導入、複数を組み合わせた誘導の導入の結果を表 5 に示す。誘導により多くの時間を要してしまった誘導方法 2) と、避難時間を短縮することができた誘導方法のうち、誘導方法 5), 誘導方法 3), 誘導方法 2) 5), 誘導方法 1) 6) の群集密度をそれぞれ図 9, 図 10, 図 11, 図 12, 図 13 に示す。

7.1.1 誘導のシミュレーション実験と結果 (破損と火災)

出口の破損や火災が発生した際に誘導を導入したシミュレーションを行った。出口の破損は 6.2 節と同じ設定である。火災

は、1 番出口付近で発生するものとする。また、火災の発生箇所や出口の破損の箇所が 2 箇所になると誘導の効果が分からなくなるため、破損は 1 箇所のみとした。誘導は 2) 特定の出口へと誘導と 5) 使用する改札を指定し分散誘導の組み合わせと、4) 2 つの階段から避難してくる歩行者を 30 秒ごとに停止させ、その後 1 番近い出口への交互誘導のみで行った。

7.2 誘導シミュレーションの実験結果の考察

まず、基本シナリオに誘導を導入したシミュレーションの結果について考察する。

誘導方法 1) のみで誘導した場合、大半の歩行者を最も近い出口である 2 番出口へと誘導している。しかし、基本シナリオに比べ避難時間がかかってしまっている。誘導方法 1) を導入した際の群集密度 (図 9) と基本シナリオの群集密度 (図 2) を比較すると、基本シナリオは改札付近の群集密度が約 100 秒程度の間、高い値となっている。誘導をした場合は改札付近の群集密度が約 130 秒という長時間、2~3[人/m²] と高い状態になっている。また、2 番出口付近の密度も避難終了まで下がること

表6 駅員による誘導との比較

Table 6 Refuge time of each type(exit or fire,instructions).

壁,火	誘導	緊急避難	逆戻り	追従	犠牲者数
1,無	2(2番),5	200.50	199.70	201.65	24.4
1,無	2(3番),5	196.63	195.69	195.81	26.0
2,無	2(1番),5	190	188.23	186.57	15.9
2,無	2(3番),5	197.75	197.625	195.88	16.0
3,無	2(1番),5	187.45	181.85	187.65	19.8
3,無	2(2番),5	197.40	197.00	195.70	14.6
無,左	2(3番)	220.9	222.40	210.00	1.4
無,左	2(3番),4	200.25	210	210	1.2

なく一定の値となっている。

この要因は2つある。1つめは、先に述べたように出口付近で滞留が発生したことである。2つめは、改札を出る前に最も近い出口へと誘導され、歩行者が1箇所に集中し、改札付近でも滞留が発生していることである。これら2つの要因により避難時間が伸びてしまったと考えられる。

一方、誘導方法1)と5)を組み合わせ、空いている改札を使用することを促しつつ2番出口へ誘導することにより、改札付近の滞留を軽減できた。密度の低い改札へと誘導することが改札付近の滞留を防止し、避難時間短縮に一定の効果を与えている。

誘導方法2)では、避難出口を指定し、誘導した。2番出口に誘導した場合は誘導方法1)と同様な結果が得られ、3番出口に誘導した場合は避難時間が短縮された。この結果は2番出口が破損した際と同様であり、避難出口がある程度離れている方がスムーズに避難できることを示している。

誘導方法3)では人数により避難出口を変更し、誘導した。この際の群集密度(図10)を見ると、120秒以降の2番出口と3番出口付近の密度が両方とも1人/m²前後となっており、一方だけに歩行者が集中することを防止できていることが分かる。

誘導方法1)6)を組み合わせた誘導では、1度に改札を利用できる人数の上限を50人とし、改札付近の歩行者が20人以下になったら移動させるといった誘導を行った。群集密度(図13)の上側と下側改札の値を見ると、一定時間ごとに密度が低下しており、断続的に密度が高い状態になることを防止できている。しかし、避難時間を見ると基本シナリオより短縮できているものの、誘導方法2)5)で3番出口に誘導した際よりは時間を要している。これは先に述べたように、出口付近で滞留が発生しているためである。避難時間を低減できた他の誘導よりは時間を要しているが、一定の効果はあるといえる。

また、誘導方法4)により、上りと下りのホームから避難してくる歩行者を一定時間毎に静止、移動させることで左側の改札付近における滞留を防ぎ、避難時間を短縮することができた。異なった方向から人が殺到し、滞留が発生すると群集雪崩が発生する危険性があるため、この誘導方法は事故防止の観点からも有用である。

次に、出口破損や火災発生時に誘導を導入したシミュレーションの結果について考察する。表6を見ると誘導方法2)、誘導方法2)4)の両方とも誘導がない場合に比べ、犠牲者数が低減できている。また、後者の場合は避難時間が短縮されている。これは階段ごとに人の流れを止めたり動かししたりすることにより、改札から一度に避難できる人数を制限し滞留を防止しているからである。誘導方法4)は、火災が発生して通行可能な通路の幅が狭くなっているにもかかわらずスムーズに避難ができ、犠牲者低減にも効果があることが分かった。

8. おわりに

本研究では、建物の破損、火災や煙の影響を考慮した ABS

により、緊急時の問題点と改善策について検討した。

シミュレーション結果から、緊急時における問題点は滞留の発生であることが分かった。出口が近いことで人が集中することにより滞留が発生し、避難時間が長くなる。一方で、出口まである程度の距離がある場合は、滞留が発生しなくなりスムーズな避難ができることが分かった。

滞留の発生を防止する策として、誘導が重要である。出口がどこにあるのかを指示するだけでは、滞留が発生し危険性が高くなる場合がある。出口の所在を教えるとともに、人の流れを変え、滞留を抑制することが必要となる。

今後の課題として、本モデルのより大きな駅への適用、誘導方法の拡張、の二点がある。大規模な災害が発生した場合、都市部のターミナル駅で多大な被害が想定される。ターミナル駅では緊急時、利用客が最適な避難行動をとることが困難になると想定される。ターミナル駅での避難の様子を分析し、問題点と改善策を検討する必要がある。誘導方法に関しては、今回は誘導する駅員は静止して指示を与えている。これは指差誘導法と呼ばれるものである。指差誘導法の他に吸着誘導法というものがある。本研究では、指差誘導法のみを行っているが、今後吸着誘導法も考慮する必要がある。

文 献

- [1] 広瀬弘忠, "人はなぜ逃げおくれるのか-災害の心理学," 集英社, 2004
- [2] 国島正彦, 浅見絵里佳, "大邱の地下鉄火災," 失敗知識データベース失敗百選.
- [3] 梶秀樹, 堀越功, "都市防災学," 学芸出版社.
- [4] 阿久澤あずみ, "駅構内における群集歩行シミュレーションモデルの研究," 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, pp192-193, 2005.
- [5] 岡田公孝, "個人行動をベースにした歩行モデルと高密度シミュレーション," 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会, pp178-179, 2004.
- [6] 寺野隆雄, "エージェント・ベース・モデリングへの招待," 日本オペレーションズ・リサーチ 2004 年 3 月号, pp131-135, March, 2004.
- [7] B.Maury,J.Venel,"Handling of contacts in crowd motion simulations."
- [8] A.Kirchner,A.Schadshneider,"Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired cellular automaton model for pedestrian dynamics."
- [9] 岡崎基幸, 松下聡, "避難計算のための群集歩行シミュレーションモデルの研究とそれによる避難安全性の評価," 日本建築学会計画系論文報告集, no.436, pp38-41, 1992.
- [10] 森下信, 中塚直希, "セルオートマトンを用いた避難シミュレーション."
- [11] 堀宗朗, 犬飼洋平, 小国健二, 市村強, "地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究," 社会技術研究論文集 pp138-145, 2005.
- [12] 小野木基裕, 大錦史男, "セルオートマトン法を用いた緊急避難時における群衆流動シミュレーション," 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 2006 年春季研究発表会.
- [13] 清野純史, 三浦房紀, 八木宏晃, "個別要素法を用いた被災時の避難行動シミュレーション," 土木学会論文集 No.591, 1998,4 pp365-378.
- [14] 宇田川金幸, 増田浩通, 新井健, "地下鉄駅構内における避難シミュレーションモデルの構築."
- [15] 海老原学, "避難誘導戦略が避難安全性確保に与える影響," 日本建築学会関東支部研究報告集, 2003.
- [16] 森尻宏, "煙と避難," 予防時報 212, 2003.
- [17] 岡田光正, "建築人間工学 空間デザインの原点," 理工学社.
- [18] 佐藤和希, "群集歩行シミュレーションにおける一般化歩行ルールの検討," JAWS-2008.