

群集の動的特性を考慮したマルチエージェントシミュレータによる避難行動に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○山西徹
山口大学大学院 学生会員 村山歩

山口大学大学 非会員 松山昂史
山口大学大学院 正会員 渡邊学歩

1. はじめに

日本は世界でも有数の地震大国であり、非難行動の実態に基づいた適切な防災計画が必要とされる。特に、地下街では非難の遅れに伴って死亡事故などの危険性が高まることが懸念されるため、非難行動マネジメントシステムが確立されるべきである。

本研究では、こうした地下街での火災事故における緊急時の非難行動を明らかにするために、人間の歩行速度の測定実験を行い、緊急避難時の人々の挙動をマルチエージェントシミュレーション(MAS)に基づいた解析により再現をしたので、ここに報告する。

2. 歩行速度測定実験

避難行動シミュレーションの基礎データ収集のために、各種条件下での歩行速度を測定した。なお、本実験の被験者は、成人男性および成人女性を代表して、山口大学の学生とした。累積歩行距離が歩行速度の低下に及ぼす影響を検討するために、被験者の歩行速度は500mまで100m毎に計測を行った。累積歩行距離と歩行速度の関係を成人女性の場合を例として図1に示す。無負荷(運動靴を履き、手には何も持たない)、ハイヒールを履く、ハイヒールを履いて手にはバッグを持つという3ケースについて、それぞれ避難時の歩行速度を計測した。無負荷の場合には速度が一定に保たれているが、ハイヒールを履くことで平均速度が下がり、バッグを持つことで歩行距離に比例して歩行速度は減速している。

図2には集団で移動(避難)する際の歩行速度を示す。集団で歩行することで、避難者同士の歩行速度が平滑化される他、前方に位置する歩行者にぶつからないようにする意識が歩行速度を制御するために、単独歩行の場合に比べて歩行速度が1割程度低下する。なお、平均歩行速度の測定結果の一覧を表1に示す。

3. マルチエージェントに基づく避難行動解析

地下街での緊急時避難における避難時間を評価するために、シミュレーションソフトを用いて避難行動解析を実施した。本研究では、構造計画研究所で開発されたマルチエージェントシミュレータ“artisoc”を用いた。本シミュレーターでは、避難者(エージェント)の振る舞いをVBAで記述することが出来るが、以下に示す基本的なルールに従うようにプログラミングを行った。

- 1) エージェントは“exit”(オブジェクト)を目指して移動する。
- 2) エージェントは周囲に他のエージェントがいると、移動(歩行)速度が低下する。
- 3) エージェントは他のエージェントやオブジェクト(障害物)との衝突を回避する様に移動方向を変える。

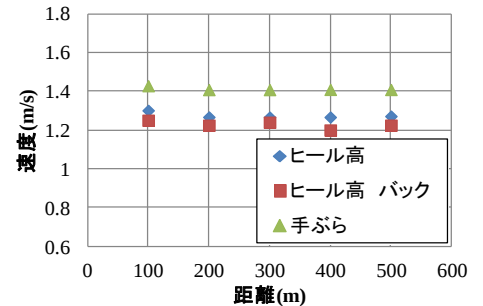


図1 単独歩行時の歩行速度

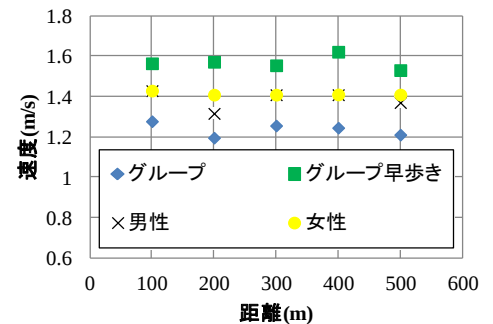


図2 集団歩行時の歩行速度

表1 平均歩行速度

Condition	Walking speed(m/sec)
Man	1.40
Woman	1.41
Group	1.24
Stooping down	1.19
Group, Stooping down	1.27
Woman, Heel high	1.27
Woman, Heel high Bag	1.23
Woman, Heel low	1.43
Woman, Heel low Bag	1.39
Harry walk Man	1.63
Harry walk Woman	1.60
Harry walk Group	1.57
Carrying on the back	1.13

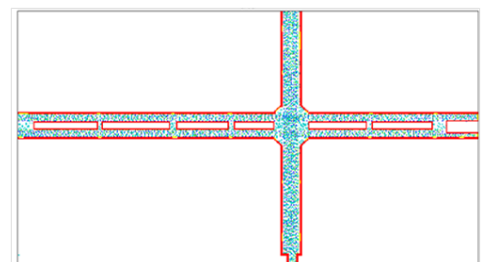
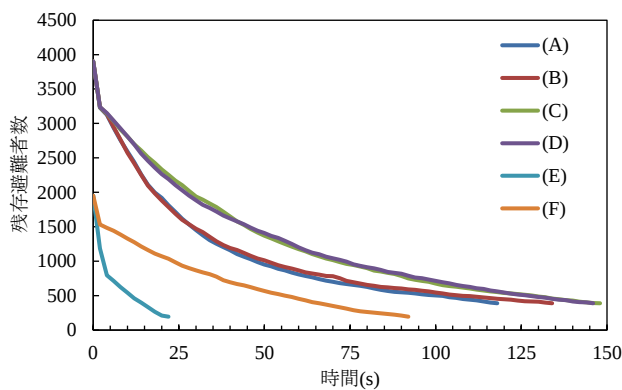
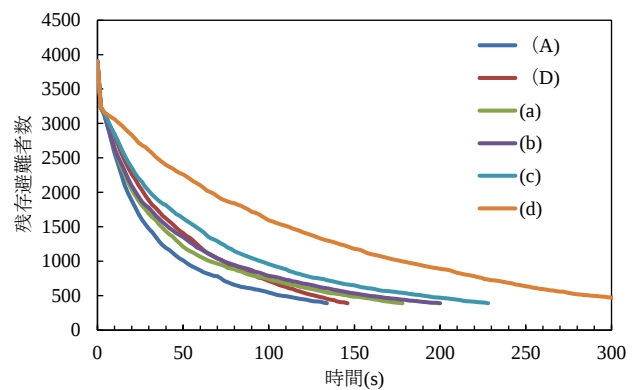


図3 地下街のシミュレーションモデル



(a) 避難者タイプの混在化の影響



(b) 出口封鎖と視界の広さの影響

図4 避難者（エージェント）の残存数の時間推移

表2 各条件における避難完了時間

(a) 避難者タイプの混在化の影響

ケース	エージェントの種類数	視界の広さ(m)	避難者数(人)	避難完了時間(秒)
(A)	1	10	3900	118
(B)	3			134
(C)	1	5		148
(D)	3			146
(E)	1	10	1950	22
(F)	1	5		92

(b) 出口封鎖と視界の広さの影響

ケース	エージェントの種類数	視界の広さ (m)	避難者数 (人)	出口封鎖	避難完了時間 (秒)
(B)	3	10	3900	なし	134
(D)		5			146
(a)		10		あり	178
(b)		7.5			200
(c)		5			228
(d)		2.5			328

図3には、本研究で対象とした地下街のシミュレーションモデルを示す。なお、本解析では広島紙屋町地下街シャレオを想定してモデル化を行った。青は個々の避難者を、赤は壁面及び柱部をそれぞれ示している。

本研究ではエージェントのパラメーターを変化させて解析を行い、避難者の多様性や地下街の出口封鎖および視界条件が地下街利用者の避難に与える影響について検討を行った。図4には避難者の残存数の時間変化を、表2には各ケースにおける避難完了時間を示す。ここで、エージェントが1種類の場合は全員手ぶらで3種類の場合は早歩き、手ぶら、ヒールを履いてバッグを持っている状態のエージェントが混在しているものとする。また、避難完了時間とは避難者の残存数が全避難者の90%に達するまでの時間とする。視界が悪い場合、初期の避難者数が多くなる場合は避難に時間がかかっていることが分かる。しかし、(C)と(D)を比較するとエージェントの種類数が変化しているにもかかわらず避難完了時間はほぼ変化していない。これは、視界が悪いと避難者の多様性による影響がなくなること

を指している。また、視界の広さが避難に及ぼす影響は(A)、(C)の比較と(E)、(F)の比較)、初期の避難者が少ないほど顕著である。表2の(b)に示した様に、視界の悪さは避難の遅延をもたらすが、出口が封鎖されていない場合には避難完了時間の増加率（遅延率）が9%程度（(B)と(D)の比較）であるのに対し、出口が封鎖されていると28%（(a)と(c)の比較）と大幅に遅延することが分かる。これは、避難者が出口を見つけられないことで、スムーズな避難が出来ていないことを意味しており、非常灯などの設置間隔を狭めて避難口をわかりやすくするなどの対策により円滑な避難が可能となることを示唆している。

4. 結論

1. 基本的には500m程度の移動であれば、歩行速度の減速は見られない。ただし、ハイヒールを履いた場合や荷物を持って避難する場合、平均歩行速度の低下や歩行速度の減速が観測される。
2. 集団での避難者の歩行速度は単独での歩行に比べて低下する。
3. 歩行速度の異なる集団が地下街において避難する場合には、“待ち”や“追い越し”などにより混雑が生じるため、均一な歩行速度による避難に比べて避難が遅れる。
4. 視界が不良になると、避難時間は遅延し、避難者の数が少ないとその影響は顕著である。