密集市街地における道路パターン別にみた鉄道駅から幹線道路への避難行動に関する研究

R10077-6　堀越 由布紀
指導教員　中村 仁

1.背景と目的

2011 年の東日本大震災では、首都圏で約 515 万人の帰宅困難者が発生したと推計される。帰宅困難者の徒歩帰宅ルートとなる幹線道路は道幅が広く整備が行き届いているのに対し、密集市街地では帰宅困難者が発生する鉄道駅から幹線道路に出るまで、道幅が狭い、道路が真っ直ぐに整備されていないといった、帰宅困難者の移動への阻害要因が多い。それにより、帰宅困難者が安全な幹線道路に出るまでの移動に大幅な時間が掛かることが予想される。

本研究では道路整備状況の異なる複数の道路パターンを設定し、帰宅困難者(避難者)の移動時間について検証することを目的とする。駅から幹線道路までの避難時間についてマルチエージェントシミュレータ、artisoc(アーティソック)を用いて分析する。

2.研究方法

密集市街地の特徴である複雑で細い道路をモデル化し、避難者が駅から幹線道路に出るまでの避難完了時間を計測する。シミュレーション結果から、密集市街地における避難者の避難行動について道路整備の観点から対策案を提案する。

3.避難シミュレーションの構築

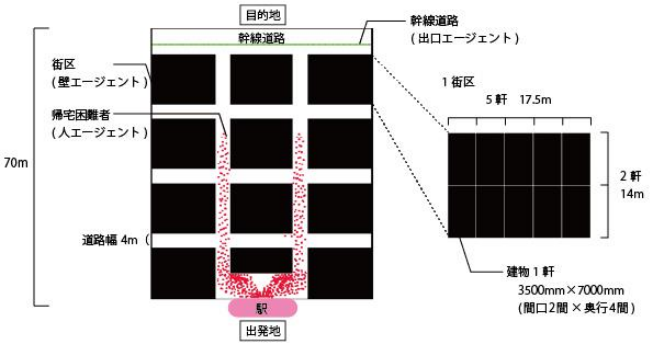
3.1 シミュレーションの概要

避難者が駅を想定した出発地から一斉に避難を開始し、目的地である幹線道路に向かう。全員が幹線道路に到着するまでの時間(避難完了時間)を計測する。9 種類の道路パターンを作成し、さらに避難者数を 2,000 人/4,000 人/6,000 人の 3 種類とした計 27 パターンでシミュレーションを行うことで避難完了時間を比較する。避難完了時間は 1 つのパターンにつき 10 回シミュレーションを行った時の平均の値とする。

3.2 空間定義

1 つのセルを 1 辺 0.5m の正方形とし、モデル市街地を作る。画面下を駅、上を幹線道路とし、その間に縦 4 列×横 3 列の街区を配置する。1 街区は、密集市街地として代表的な墨田区における建物 1 軒の平均的な規模である約 3500mm×7000mm(間口 2 間×奥行 4 間)を、縦 2 列×横 5 列で並べた 14m×17.5m とする。ただし、駅前は広場を想定し、駅前の街区のみ建物を縦 1 列×横 5 列で並べた 7m×17.5m とする。

図 1　基本モデル



以下(1)～(3)の道路パターンと道路幅員 3m、4m、6m を組み合わせた計 9 種類を作成する。

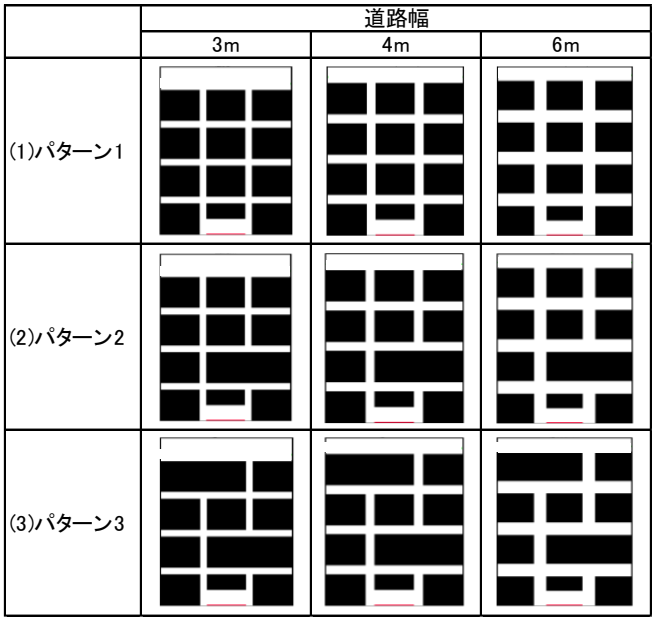


表 1　シミュレーションパターン

3.3 エージェント定義

表 2 のようなエージェントを定義し、各エージェントの動きをプログラミングにより制御する。

表 2　エージェントの種類と動き

人エージェント	避難者として、人エージェントを設定する。人エージェントは駅から幹線道路まで最短ルートで向かう。 前方に壁エージェントがいる場合、壁がない±90°方向に移動する。 前方に他の人エージェントがいる場合は人や壁がない±45°方向に移動する。
壁エージェント	街区として、壁エージェントを設定する。
出口エージェント	幹線道路に出口エージェントを設定し、出口エージェントを通過した人数を計測する。
誘導エージェント	人エージェントを迷わず目的地に向かわせるために誘導する。

5.シミュレーション結果

シミュレーションの各パターンにおける避難完了時間の結果を表 3 に示す。

表 3 避難完了時間（秒）

	道路幅	避難者数		
		2,000人	4,000人	6,000人
(1)パターン1	3m	4分52秒	10分5秒	12分57秒
	4m	3分38秒	7分43秒	10分15秒
	6m	2分51秒	6分54秒	9分5秒
(2)パターン2	3m	8分47秒	16分27秒	19分6秒
	4m	8分22秒	15分59秒	19分14秒
	6m	7分39秒	14分47秒	19分21秒
(3)パターン3	3m	13分0秒	25分19秒	38分11秒
	4m	11分57秒	22分47秒	34分17秒
	6m	10分36秒	20分13秒	29分33秒

(1)パターン 1

パターン 1 の場合は、幅員 3m と 4m では避難完了時間の差が最大で約 3 分弱と比較的大きいのに対し、4m と 6m では差が最大で約 1 分と小さいことが分かる。避難完了時間の 2000 人から 4000 人の増加は平均 4 分 27 秒(約 120%増加)、4000 人から 6000 人の増加は平均 2 分 32 秒(約 31%増加)である。

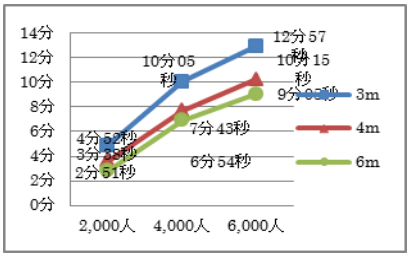


図 2　パターン 1 における
帰宅困難者数と避難完了時間

(2)パターン 2

パターン 2 の場合は、2000 人、4000 人、6000 人のどの避難者数においても、幅員による避難完了時間の差が最大で約 1 分と、小さいことが分かる。避難完了時間の 2000 人から 4000 人の増加は平均 7 分 28 秒(約 91%増加)、4000 人から 6000 人の増加は平均 3 分 29 秒(約 22%増加)である。

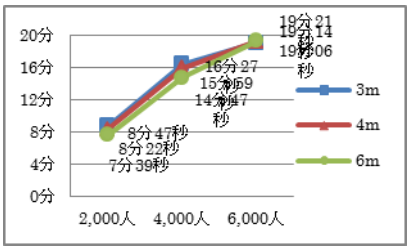


図 3　パターン 2 における
帰宅困難者数と避難完了時間

(3)パターン 3

パターン 3 の場合は、避難者数が増加すると幅員によって避難完了時間の差が広がる傾向にある。避難完了時間の 2000 人から 4000 人の増加は平均 10 分 56 秒(約 92%増加)、4000 人から 6000 人の増加は平均 11 分 14 秒(約 49%増加)である。

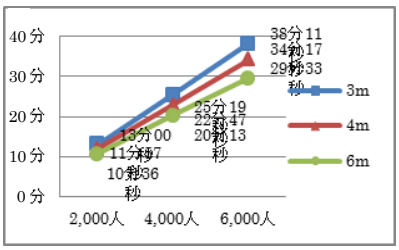


図 4　パターン 3 における
帰宅困難者数と避難完了時間

(4) パターン間の比較

各避難者数において、パターン 2、3 よりパターン 1 のほうが避難完了時間が短い。パターン 2 で最短の避難完了時間である幅員 6m の場合と、パターン 1 で最長避難完了時間である幅員 3m の場合を比べても、パターン 1 の幅員 3m ほうが早く避難が完了する。

6. 結論

(1)パターン 1 のような駅から真っ直ぐに整備された道路が 2 本ある場合、幅員が狭いと避難完了時間が長くなる傾向にある。しかし、幅員 4m と 6m ではそれほど差が見られなかった。

(2)パターン 2 のような駅から真っ直ぐに整備された道路が 1 本の場合の避難時間は、幅員による差は少なく、避難者数が増加すると避難完了時間が長くなる傾向にある。

(3)パターン 3 のような駅から真っ直ぐに整備された道路がない場合、避難者数が増加すると幅員が狭い方が避難完了時間が長くなる傾向にある。

(4)地震時に利用可能な(閉鎖しない)避難路を確保する上では、幅員 6m の道路を 1 本のみ整備するより、幅員 4m の道路を複数整備する方が有効であることが示唆される。

7. 今後の課題

今回の研究では道路パターンや避難者数をモデルとしてパターン化したが、今後はより現実に基づいたシミュレーションを行うために、パターンを増やすこと、人エージェントの種類や細かい動きを定義することが必要である。

8. 参考文献

1)山影進(2011)「人工社会構築指南」書籍工房早山

2)兼田敏之(2010)「artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション」構造計画研究所

3)MAS コミュニティ http://mas.kke.co.jp/

4)東京都防災ホームページ
http://www.bousai.metro.tokyo.jp/index.html

5)首都直下地震帰宅困難者等対策協議会(2012)
「首都直下地震帰宅困難者等対策協議会　最終報告」
http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/pdf/saisyuhoukoku-2.pdf

6)東京都地域防災計画　第 2 部　第 9 章
http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/pdf/keikaku/h-sinsai2-09.pdf

7)東京都防災マップ http://map.bousai.metro.tokyo.jp/index.html

8)防災首都圏ネット http://www.9tokenshi-bousai.jp/index.html

9)東武鉄道　曳舟駅
http://railway.tobu.co.jp/guide/station/info/1104.html

10)国土交通省　報道発表資料「地震時等に著しく危険な密集市街地」
http://www.mlit.go.jp/report/press/house06_hh_000102.html

7)梶秀樹・塚越功(2012)
「改訂版　都市防災学　地震対策の理論と実践」学芸出版社