

第IV部門

群集の社会的距離（ソーシャルディスタンス）が避難時間に与える影響

神戸大学 工学研究科

学生員○井野川 七虹

神戸大学 都市安全研究センター

正会員 小林 健一郎

1.はじめに

2011 年東日本大震災以降、ソフト面での対策が重視され、各自治体において防災教育などの取り組みがなされている。しかしこのような対策はあまり混雑のしない住宅地が主であり、東京・大阪といった混雑する大都市での対策は十分ではなく、大都市での避難について検討すべきである。大都市での避難においては、群集全体の社会的距離（ソーシャルディスタンス）が極めて重要である。避難者同士の間隔をあけずに避難をすれば群衆雪崩など二次的な被害を及ぼしかねない。逆に、コロナ禍で社会的距離を十分にとることが必要になった状況下において、避難者同士の間隔を広く取りながら避難をすると、避難に遅れが生じる可能性がある。本研究では、大都市の地下街を模倣した仮想空間において、マルチエージェントシステムによる避難シミュレーションを実施し、社会的距離が避難完了時間にどのような影響を及ぼすかについて検討を行う。

2.解析対象領域

避難シミュレーションは 200m×20m の地下通路を模倣した図1に示すような長方形領域において実施した。出口は計 8 個あり、出口 0, 3, 4, 7 は長方形の端から 25m の位置に、その他出口は出口間で 50m の間があくよう均等に配置をしている。また、出口幅は 2m と設定している。出口は時計回りに 0~7 までの番号で識別する。この出口数と出口間の距離は東京・大阪の比較的出口数の多い地下通路を参考にして設定した。避難者の初期位置は 1m 間隔で均等に並べ、3136 人の避難者が避難をする。

3.避難シミュレーション

3.1 シミュレーション概要

シミュレーションはマルチエージェントシステムを用いた。1 秒ごとに避難者の位置を計算し、移動位置は移動速度と移動方向によって算出する。移動速度は内閣府の帰宅困難シミュレーション¹⁾を元に表 1 の式

を用い、混雑度に応じて移動速度が変化するように設定をしている。避難者は与えられた出口のうち、最も近い出口を選択しその出口方向に向かって移動をする。避難者の身体の大きさは半径 0.2m の円とした。

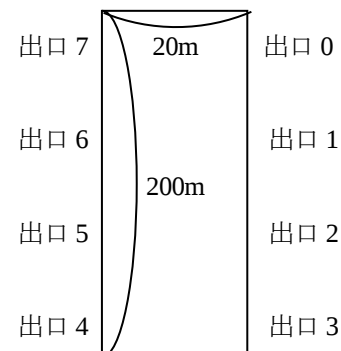


図1：解析対象領域概要※縮尺は実際とは異なる
(出口は計 8 つ、0~7 の番号で識別する)

表 1：混雑度と歩行速度の関係

混雑度 (人/m ²) d	$0 \leq d \leq 1.5$	$1.5 \leq d \leq 6.0$	$6.0 \leq d$
歩行速度 (m/s) v	10/9	$-\frac{2}{9} \times d + 13/9$	$2/(3 \times d)$

また、社会的距離を設定し、避難者は避難者同士の距離が所定の社会的距離以上を保てるように避難をする。移動計算後、避難者間の距離が所定の社会的距離以下であった場合は、移動距離や方向を変えて移動位置を再計算し、それでも他の避難者との社会的距離が保てない場合は、その場に留まる。

3.2 解析ケース設定

解析は社会的距離と出口数の条件を変えて行った。出口数のケースは以下の通りである。

- (1) 8 つ全ての出口から避難
- (2) 真ん中の 4 つの出口 1256 から避難
- (3) 下半分の 4 つの出口 2345 から避難
- (4) 出口 0 と 4 から避難
- (5) 出口 0 と 7 から避難

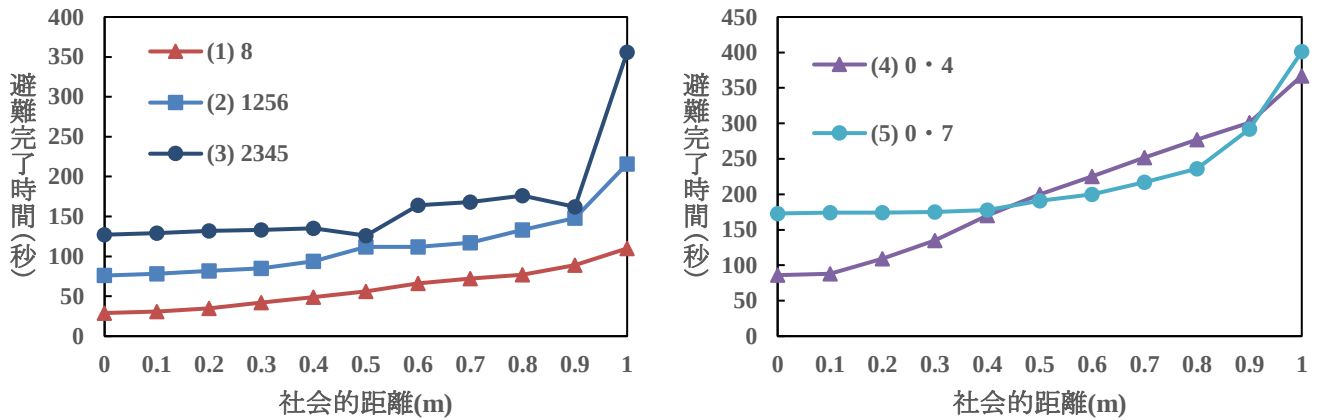


図2：各出口数のケースにおける社会的距離と避難完了時間との関係（左は(1)(2)(3)の結果，右は(4)(5)の結果）

上記の出口数のケースそれぞれにおいて社会的距離については 0m（避難者同士が接している状態）から 1m までの 0.1m 刻みで変化させ、計算を行った。

4.結果

(1)~(5)全ての出口数のケースにおいて社会的距離を変化させた場合の避難完了時間の結果を図2に示す。

どのケースにおいても社会的距離が大きくなると避難完了時間も長くなる傾向にあることがわかる。

(1)は出口数が8つ、(2)(3)は出口数が4つである。どのケースでも 0.9m から 1.0m の間で他の区間に比べて避難完了時間が大きく増加している。具体的には(1)では 21 秒の増加、(2)では 68 秒の増加、(3)では 194 秒の増加である。それ以外の区間ではどのケースでも 0.1m の社会的距離の増加に対し、2~20 秒ほどの避難完了時間の増加と(1)~(3)で全体的な増加率に有意な違いは見られなかった。また、(3)のケースでは社会的距離の増加に伴い、避難完了時刻が減少しているところも見られる。

(4)(5)はどちらも出口数が2つであるが、(4)では社会的距離0mから1mまでにわたり避難完了時間が上昇しているのに対し、(5)は0mから0.4mまでの避難完了時間にはあまり変化がなく、社会的距離0.5m以降でのみ上昇傾向が見られる。具体的に見ると、(4)では0.1mから0.9m間ではどの区間でも0.1m社会的距離が増加するごとに20~35秒ほど避難完了時間が増加しているが、(5)では0mから0.4m間では0.1mの社会的距離の増加で、避難完了時間0~3秒ほど、0.5mから0.8m間では9~19秒、0.9mから1.0m間では109秒の増加と区間ごとに避難完了時間の増加率に大きな差があることがわかる。

5.考察

避難の際に社会的距離を取りすぎると、避難に遅れてしまう可能性がある。(1)では他のケースに比べて全体的に避難完了時間が短いだけでなく、社会的距離による避難完了時間への影響がそこまで大きくなく、出口数が多い地下通路でどの出口も使用可能なときは、社会的距離を十分にとっても無事に避難できる可能性があることを示唆している。逆に出口数が4つの(2)(3)では社会的距離が0.9mまでは社会的距離の影響はあまり大きくはないが、0.9mを超えると急激に避難完了時間が増加しているため、出口数が通常の半分以下の場合において、0.9m以上の社会的距離を取ると避難に大幅に遅れが生じる。(4)(5)では社会的距離の避難完了時間への影響に大きな違いが見られ、この原因としては、(5)では使用する出口が0と7とどちらも通路の上端で、各避難者の出口までの距離にばらつきがあり、一度に避難者が出口に集中しなかったため、(5)では避難完了時間があまり増加しなかったのではないかと考えられる。逆に(4)では出口が上端に1つ（出口0）と下端に1つ（出口4）であり、避難者が(5)に比べて一度に集中しやすかったと考えられる。このことから、一度に出口に避難者が集中する際は社会的距離を広くとると避難に遅れが生じる可能性があることがわかる。また、(3)のケースで避難完了時刻が減少しているところが見られたが、今回その要因は特定できなかったため、今後の課題である。

参考文献

- 1)中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」（第9回）、帰宅行動シミュレーション手法について（案）、平成19年12月4日、内閣府（防災担当）