

災害要因を考慮したリアルタイム最適避難誘導法の検討

中央大学大学院

学生会員

○織田 浩平

東京大学生産技術研究所

正会員

目黒 一郎

1 はじめに

都市空間・施設における利用者の安全性の確保には、構造的に十分な強度を確保することはもちろん、利用者の避難安全性確保のための適切なマネジメントが必要となる。特に、地下街、デパート、大規模展示場などの都市施設においては、不特定多数の利用者が混在するとともに地理に不案内であることも多いので、効果的な避難誘導の重要性が高くなる。

ここ数年、リアルタイム最適避難誘導¹⁾の考えが提案されている。特に目黒らは、発災時の利用者分布と避難空間の状況を初期条件としたシミュレーションから、効率的な避難誘導を行うシステムについて提案している。この考え方の基本は、実際の避難時間よりも短時間でシミュレーションできる環境が整備されれば、これによって確保された時間を実際の避難誘導対策にあてることが可能になるというものである。すなわち、時間を超えて入手した高精度な近未来情報に基づいて、遅れてやってくる現実に対して対応しようとするものである。

本研究では、災害要因として火災をとりあげ、動的に変化する火災状況を予測したうえでの避難誘導の効果を検討する。

2 解析手法

本研究ではポテンシャルモデルに基づいた避難行動モデルを用いてシミュレーションを行った。このモデルは対象空間を図1に示すように「物理的な要因」「個人特性」「災害要因」の3つのポテンシャル分布の重ね合わせとして考えることで、異なった個人特性を有する多数の人間の避難行動が簡単に取り扱えるモデルである。

①物理的な要因によるポテンシャル

このポテンシャルは、対象空間の物理的な空間配置を表すポテンシャルである。壁や柱などの障害物は正のポテンシャルを、出口や出口の存在を示す避難誘導灯は負のポテンシャルを有する。

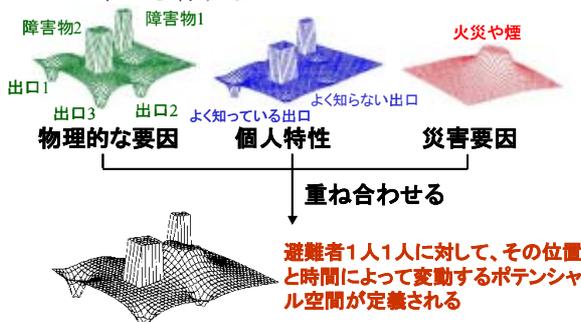


図1 ポテンシャルのイメージ

②個人特性によるポテンシャル

このポテンシャルは、避難者の個人特性を避難行動に反映するためのポテンシャルである。一般の災害時の避難行動を考えると、付近にすぐに利用できる出口を発見できない場合、避難者は多少遠くても自分がよく知っている出口を利用する傾向がある。そこで、ある避難者が「よく知っている出口」は、「知らない出口」よりも低いポテンシャルを持つこととしている。もちろん「よく知っている出口」というのは、避難者によって異なる。

③災害要因によるポテンシャル

このポテンシャルは、火災などの災害による影響を取り扱うためのポテンシャルである。火災やそれによる煙などが発生すると、正のポテンシャルが生じ、これが時間の経過に伴って拡散していく。地震時などに設備の損壊や転倒などにより出口や通路の一部が使用不可能となったりする影響も災害要因による正のポテンシャルとして表現することが可能である。

①～③のポテンシャルを重ね合わせることによって、避難者1人1人に対して、その位置と時間によって変動するポテンシャル空間が定義される。このようにして決められた対象空間内において、それぞれの避難者は、各時間ステップごとにポテンシャルの低いほうを進行方向として選択し、移動を繰り返すことによって、最終的に出口に辿り着く。

また、それぞれの避難者は自分の周囲のメッシュの混雑度を認知し、その混雑度に応じた速度で避難する。なお、走行による避難速度は歩行速度の経験式²⁾を基にして、図2に示すように2直線で表現することとした。図中の空間モジュールとは、人口密度の逆数で混雑度を示す指標である。

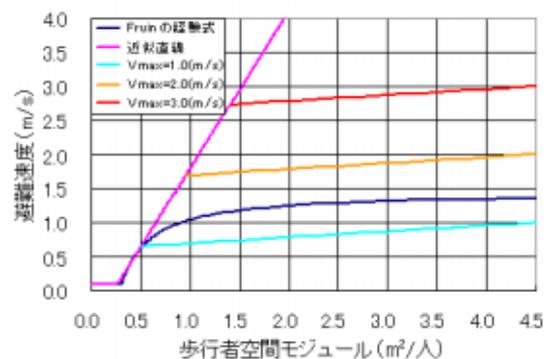


図2 歩行者空間モジュール・密度と避難速度

キーワード：避難、シミュレーション、リアルタイム、地震防災、地下空間

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所B棟 目黒研究室 Tel:03-5452-6437

3 対象空間

本研究では、首都圏で実際に利用されている大規模地下街の通路部を対象空間とした。この地下街は通勤通学や買物、イベント開催等多目的に利用されている。この施設の通路部の面積は約 12,000[m²]であり、この施設中央部の地下広場を一日に約 45,000[人]が通過する。

解析においては、通路幅が細く、災害時には避難者の集中によって混雑が予想される空間内の一部分で火災が発生したと仮定し、それによる煙が時々刻々と拡散していくものとする。解析に用いた対象空間と出口番号、火災発生地点を図3に示す。

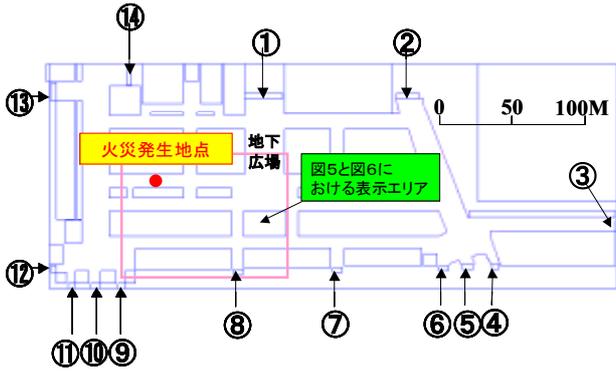


図3 対象空間（数字は出口番号）

4 解析条件

煙の拡散モデルは図4に示すような水面上の波紋の広がりと同様の考え方をを用いた。こうすることにより、障害物の存在も考慮した拡散距離を求めることができる。

なお煙の拡散速度は 1.0[m/s]とし、煙の影響を受けた避難者の避難速度は通常時に比べ 50%減少するものと仮定した。

表1と図5に示す避難者の初期配置と誘導条件でシミュレーションを行う。ここでは全避難者の初期避難速度は 2.0[m/s]とした。この速度は煙の拡散速度に比べ十分に大きいため、通常の避難行動を行うことができれば、避難者は煙から容易に逃れることが可能である。



図4 煙の拡散状況

表1 シミュレーションケースの概要

	総避難者数	避難誘導
ケース1	3000人	誘導なし
ケース2	6000人	誘導なし
ケース3	6000人	出口①に誘導

5 解析結果

図6に避難開始から 30 秒後と 60 秒後の残留避難者の分布を示す。ケース1では煙が避難者に追いつく前に全避難者は避難を完了することができた。一方、ケース2では細い通路の合流付近で滞留状態が発生し、その影響で避難者速度が低下し、30 秒後以降には煙に避難者が追いつかれてしまうことが分かる。そこでそれらの情報を基に、ケース3では混雑すると分かっている出口⑧を避け、出口①の方への避難誘導を行った。シミュレーション結果を見ると避難誘導が功を奏し、滞留は解消され、避難者は煙に追いつかれる前に避難を完了できている。

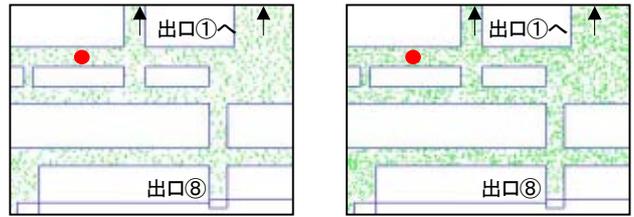
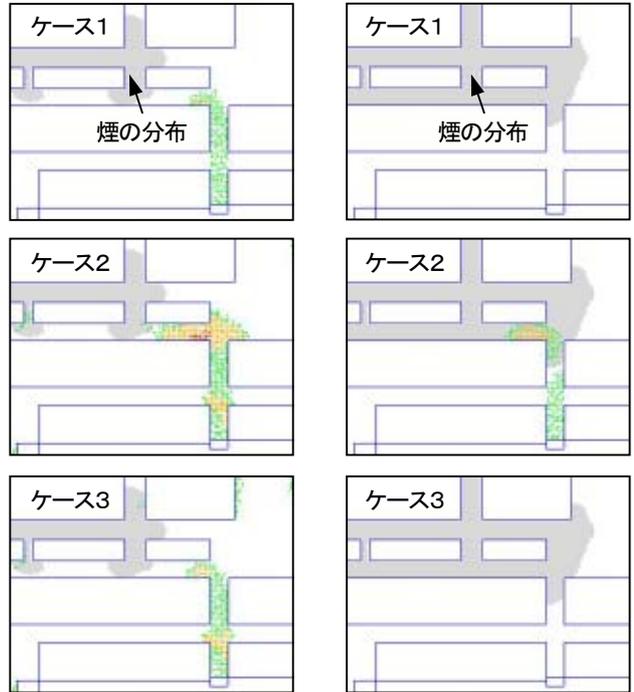


図5 避難者初期配置（左側:3000人、右側:6000人）



(a)30秒後の残留避難者分布 (b)60秒後の残留避難者分布
*混雑度の増加に伴い緑・橙・赤と避難者の色を変化させている

図6 ケース別の残留避難者分布

6 まとめ

本研究によって、近未来の災害状況を予測した上でのリアルタイム避難誘導の可能性を提示することができた。火災延焼モデルと災害状況下での人間行動モデルの再現性向上に向け、引き続き検討を行う予定である。

【参考文献】

- 例えば、藤田 卓・目黒公郎：リアルタイム最適避難誘導に向けた避難効率評価，第 56 回土木学会年次学術講演会概要集，2001。
- Fruin, J., (長島正充訳)：歩行者の空間，鹿島出版会，1974. 12。