

リアルタイム最適避難誘導に向けた避難効率評価

中央大学大学院 学生会員 藤田 卓
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

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有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、避難しやすい空間設計や非常時の効率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。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のである。実際の避難時間よりも短い時間でシミュレーションできれば、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できる。すなわち、時間を超えて入手した高い精度の近未来の情報に基づいて、遅れてやってくる現実に対しての対応が可能になる。本研究では、これらを強く意識して短時間に行うことのできる避難効率評価手法を考える。

2 研究概要

2.1 解析モデル

避難者が歩行速度を落とさず、または滞留せずが一番近い出口から避難できるのが最適な避難であるとするれば、各メッシュから一番近い出口までの距離は、避難効率を議論する上で重要なファクターである。

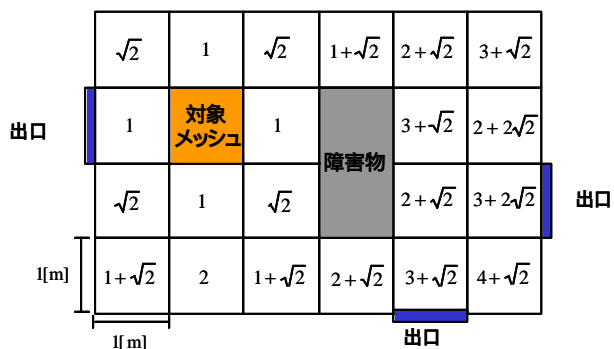


図1 モデルイメージ

本研究では、各避難者の所属するメッシュからの最短距離にある出口までの距離と避難者の歩行速度から、各出口ごとの時間帯別の混み具合(避難者密度)を概

表1 各出口の幅

出入口番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
出入口幅 [m]	22	15	7	5	6	6	7	6	4	6	4	4	10	12

算する。そして、その避難者密度の変化から出口ごとの時間帯別の歩行速度の低下を見積もり、これを評価指標として各出口の避難効率を評価する。距離算定に当たっては図1に示すように、対象空間をメッシュ分割し距離測定の基準として、障害物等の存在を考慮した上で距離を算定する。

2.2 対象空間と初期条件

本研究では、首都圏で実際に利用されている図2に示す地下街の通路部を対象空間としている。この施設の通路部の床面積は約12,000[m²]、一日に約45,000[人]が地下広場を通行する。

解析に用いたモデル空間と出口番号を図2に示す。表1は各出口の幅である。また、解析に用いた避難者の初期配置を図3に示す。

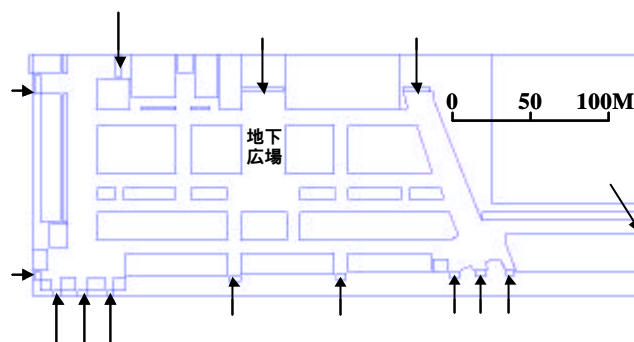


図2 解析に用いたモデル空間(数字は出口番号)

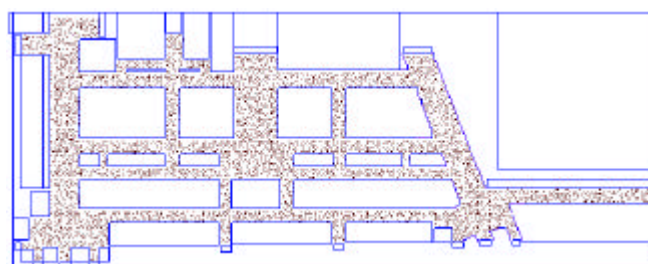


図3 避難者の初期配置(6,000[人])

2.3 解析準備

ここでは、以下に示す仮定を置く。

- a) 全避難者の初期歩行速度は、1.3[m/s]とする。
- b) 全避難者は、一番近い出口から空間外に避難する。

c) 出口付近の歩行速度は, 図 4²⁾に従う.
 ここで, 歩行者空間モジュールとは密度の逆数で, 一人当たりどれだけの面積を有するかを表す指標である.

a), b)より各出口付近の時間帯ごとの避難者密度が概算できる. 避難開始後の避難者は, 出口付近まで初期歩行速度で歩行し, 出口付近で避難者密度が増加すると歩行速度が低下するものとする.

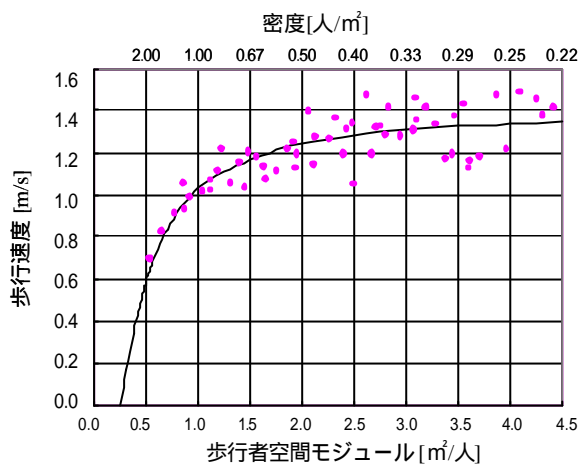


図 4 歩行者空間モジュール 密度と歩行速度

3 空間避難効率

3.1 歩行速度低下

図 5 は, 時刻ごとの各出口における出口付近の避難者密度である. これと図 4 を合わせて見ると, 避難者の出口付近での歩行速度の低下の発現時間をおおよそ予測できる. このケースでは, すべての出口で避難者密度が, 0.4[人/m²]まで達し歩行速度が低下する. また, との出口に至っては, 1.0[人/m²]を超え歩行速度が約半分になる.

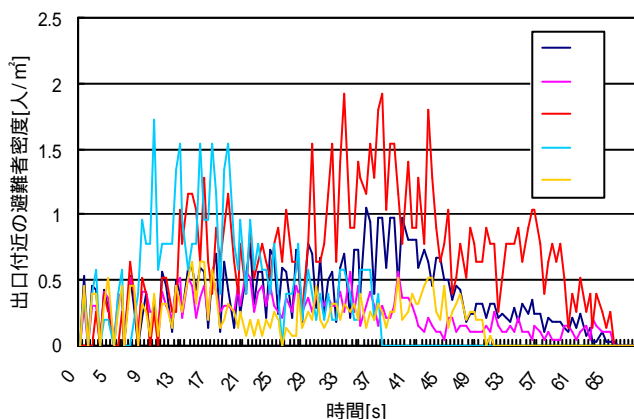


図 5 各出口における出口付近の避難者密度

3.2 出口で避難者通過

3.1 での分析により, 出口での避難者の歩行速度の低下が予測できる. この歩行速度の低下は, 避難効率を落とすことに直接影響を及ぼす. ここでは図 4 より, 歩行速度の低下が始まる 0.40[人/m²]を閾値と定め, 出口付近の避難者密度がこの値以下ではスムーズな避難が行われていると考える. すなわち, 避難者が出口を通過する際の出口付近の避難者密度がこれよりも小さければ, 通常の歩行で出口を通過できるが, 避難者密度がこれ以上高い場合, 歩行速度が低下する. 更に避難者密度

が高くなると避難者は滞留し, いわゆる待ち行列の状態になり, 先に到着した人々の避難を待ってから順次避難するようになる. 図 6 は, 各出口における出口通過時の避難者密度を表す. 出口ごとに避難完了時刻にばらつきは見られるが, , , の順で避難完了時刻が遅いことが分かる. それ以外の出口もそれぞれ避難完了時刻の予測が可能である. ここで, 避難者密度が 0.4[人/m²]で頭打ちになる時間は, 出口での避難効率が低いことを示す. 図 7 には, 各出口の歩行速度が低下する時間を表したが, 出口ごとの避難効率の高低が一目でわかる. 空間全体の避難効率は, これらの総和で表せ, それを最小にする避難方法が避難効率の視点から見た最適な避難方法であると言える.

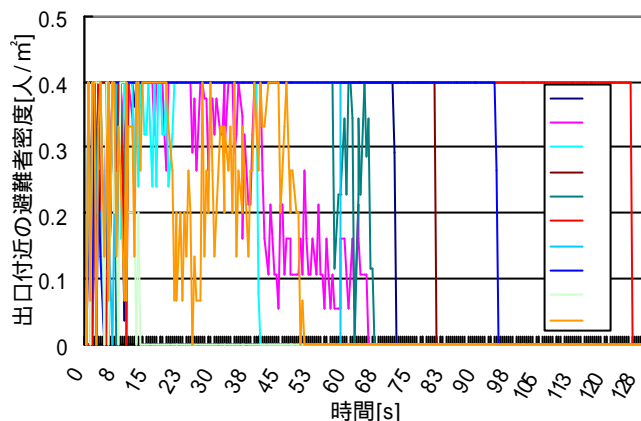


図 6 各出口における出口付近の避難者密度

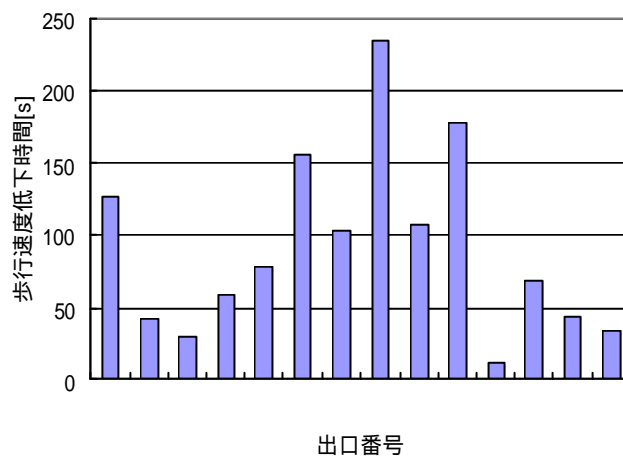


図 7 各出口における歩行速度低下時間

4 まとめ

本研究によって, 各出口での歩行速度の低下, 滞留の発生や, 最終避難完了時刻, 避難効率について概算が可能となった. 今後も, 計算時間の短縮を念頭に入れながら, 避難行動をリアルで詳細に表現することのできるシミュレーション¹⁾との比較や最適な避難誘導についても引き続き検討を行う予定である.

参考文献

- 1) 目黒公郎: リアルタイム最適避難誘導システム構築に向けた基礎的研究, リアルタイム地震防災シンポジウム論文集, pp.111-116, 1999.1.
- 2) Fruin .J 長島正充: 歩行者の空間, 鹿島出版会, 1974.12.