

都市空間の安全性を 避難しやすさの観点から評価する

原田 雅也¹・目黒 公郎²

¹ 学生員 東京大学大学院 社会基盤工学専攻 (〒113 東京都文京区本郷 7-3-1)

² 正会員 工博 東京大学助教授 生産技術研究所 (〒106 東京都港区六本木 7-22-1)

安全な都市空間や構造物をつくるためには、構造的な強度だけでなく、その施設の利用者の避難安全性を確保することが不可欠である。特にデパート・地下街・大規模展示場などでは、利用者が施設内の地理に不案内であることが多く、避難しやすい構造であることが重要となる。そこで、本研究では避難安全性から見た安全な都市空間のあり方を検討している。具体的には屋内配置の構成を変化させたり、避難誘導法を変化させた避難行動シミュレーションを行い、最適な空間設計と避難誘導のあり方を探っている。本研究の成果は、既設構造物では、施設管理者による災害時の効率的な避難誘導と平時における最適な避難誘導訓練のためのツールとして、計画段階の構造物では、より安全な空間設計のツールとして利用できるものである。

Key Words: evacuation, human behavior, potential, urban safety design, evacuation guidance

1. はじめに

安全な都市空間や構造物をつくるためには、構造的な強度だけでなく、その施設の利用者の避難安全性を確保することも極めて重要な課題である。特にデパート・地下街・大規模展示場などでは、利用者が施設内の地理に不案内であることが多く、避難しやすい空間設計であることが重要となる。また、災害時には効率的な避難誘導を行うことも被害を最小限に抑えるためには不可欠である。

ところで、上記のような施設では、曜日や時間による利用者の数や流動特性がかなり類似しており、事前の調査に基づいていくつかのパターンに分類できることも多い。そこで、曜日や時間帯ごとに分類した利用者分布の各パターンについて、あらかじめ最適な避難誘導方法を準備できれば、施設の管理者が、災害時に効率のよい避難誘導を実施することが可能になるであろうし、平時には従業員等に対する最適な避難誘導訓練にも利用できる。

本研究では、そのための第1ステップとして、避難誘導の効果を評価できる避難行動シミュレーション手法を提案し、いくつかの基礎的な検討を試みた。

2. 避難行動シミュレーション

著者らのグループは避難行動について、実迷路を

用いた被験者実験¹⁾やバーチャルリアリティ(VR)を用いた避難行動シミュレータの開発²⁾を行い、災害時における人間行動の把握につとめている。さらに、それらの研究に基づいて、ポテンシャルモデルを用いた避難行動シミュレーション手法³⁾を提案し、安全な空間設計のための基礎的な研究⁴⁾を進めている。

本研究でもこのポテンシャルモデルを用いるが、ここでその概略を2次元モデルを対象として説明する。

ポテンシャルモデルでは対象空間は大きさ(d_x, d_y)のメッシュに区切られており、個々のメッシュはその場の状況に応じたポテンシャルを持つ。たとえば、出入口や避難誘導灯などは負のポテンシャル、壁や柱などの障害物は正のポテンシャルを持っている。さらに、利用者が「知っている出口」と「知らない出口」に与えるポテンシャルに差を付けたり、歩行速度や情報に対する反応に差を与えるなどによって、個人特性を考慮することもできる。また火災やそれによる煙などが発生すれば、それに応じて正のポテンシャルが発生し拡散する(図-1)。すなわち、このポテンシャル場は、避難者の場所・時間が変わることにより変化するモデルとなっている。

なお本研究においては、メッシュサイズは1[m]×1[m]とし、各メッシュには最大で3人の避難者が入ることができるものとしている。このように、

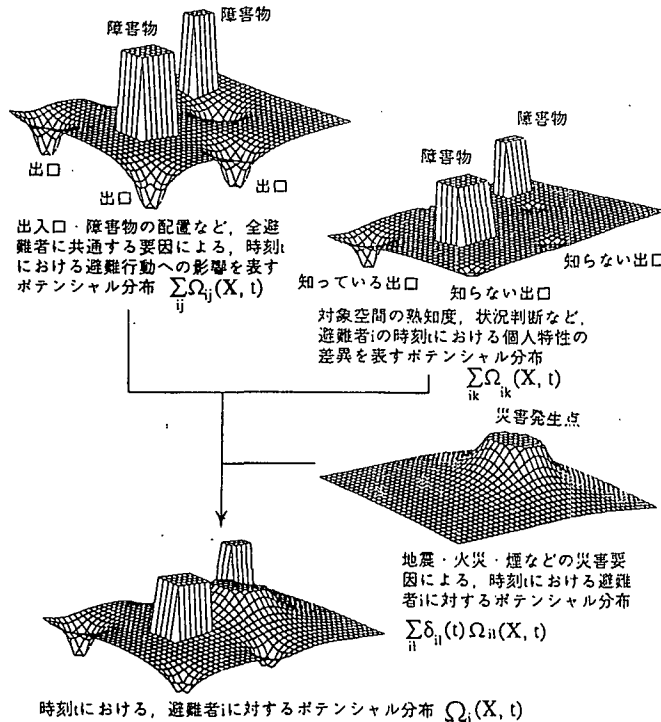


図-1 対象空間のポテンシャル分布

1つのメッシュに入れる人数を制限することにより、避難者が集中することによって生じるアーチアクションなどの現象を再現することもできる。

避難者はこのようにして決められた対象空間において、各時間ステップごとに周囲の8つのメッシュから一番ポテンシャルの低いところを選んで進み、最終的に出口に到達するようになっている(図-2)。なお本解析では各避難者の歩行速度は1.5[m/s]としている。

3. 避難誘導の考慮

本研究では避難誘導の影響として、誘導の行われる出口では他の出口よりも低いポテンシャルを与えることとした。つまりこの影響により、避難者にとって「知らない出口」であっても、それがあたかも「よく知っている出口」のように扱われるのである。これは、避難誘導員により「こちらへ避難して下さい」という声による誘導が行われた状況を想定したものである。

このような工夫によって、避難誘導の影響も考慮した、より現実に近い状態を再現できる避難シミュレーションが可能となる。

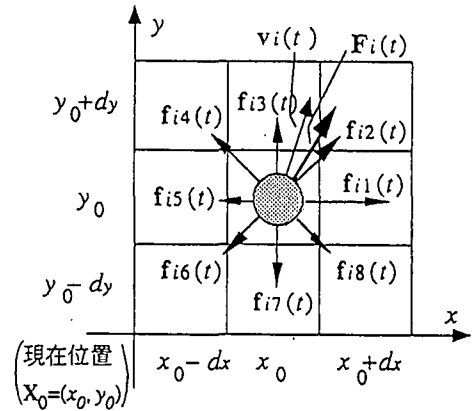


図-2 進行方向の選択

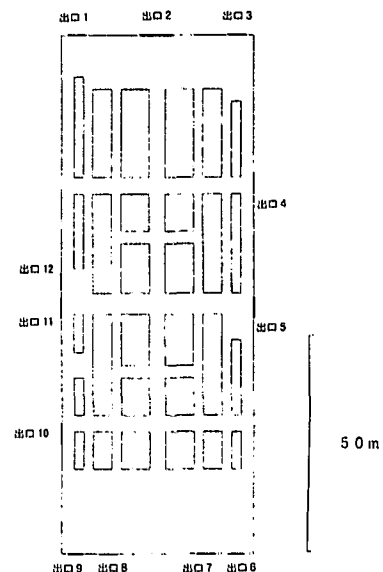


図-3 対象空間の平面図

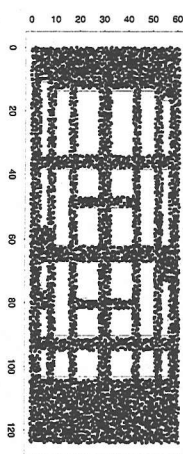
4. シミュレーションの条件と結果

(1) 対象空間と初期配置人数

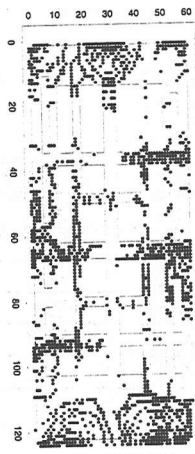
東京都内のある大規模展示場A(図-3)を対象空間としてシミュレーションを行った。解析の初期条件として与える施設内利用者の分布は、図-4(a)に示す通りである。ここでは、6,000人をランダム配置しているが、この条件は施設内の通路における人口密度が1.22[人/m²]であり、かなり混雑した状況を想定している。

(2) シミュレーションの条件

初めに、図-4(a)の状態を初期条件として、避難誘導が行われなかった場合のシミュレーションを行った(ケース①)。図-4(b)~(d)に各時刻における避難者の分布を示す。各避難者がそれぞれの出口に



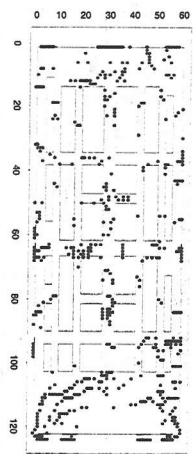
(a) 避難開始時



(b) 避難開始 15 秒後



(c) 避難開始 30 秒後



(d) 避難開始 60 秒後

図-4 各時刻における対象空間内の避難者の分布

向かって避難していく様子が見られる。

図-5は各出口の広さと利用者数を表したものである。出口2は会場内で最も広い出口であり、メインの通路の正面に位置していることから、利用率も高くなっていることがわかる。

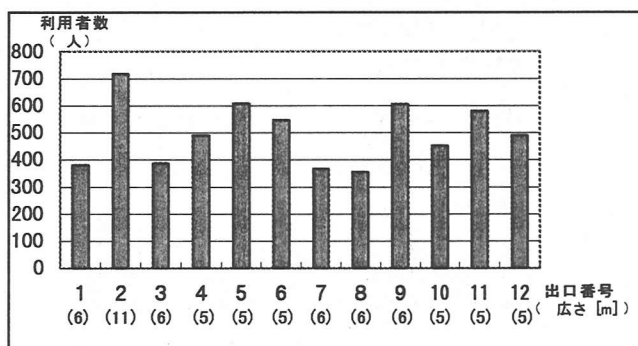


図-5 各出口の広さと利用者数

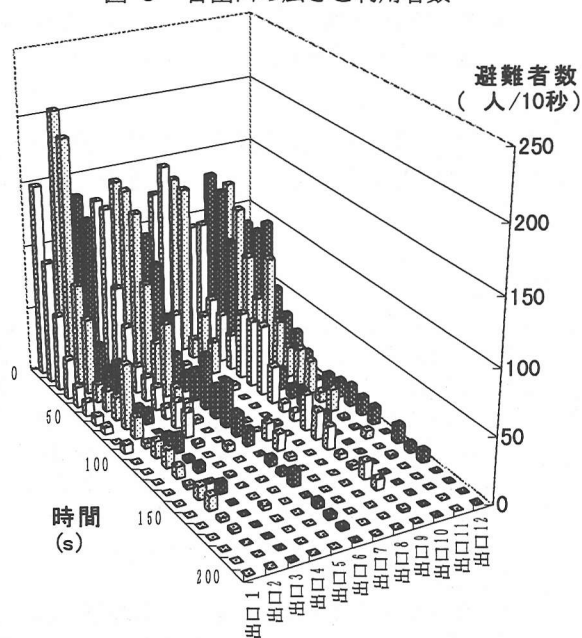


図-6 各出口の避難者数の時間的変化

図-6は各出口を利用した避難者の時間的な変化を表した図である。避難開始直後に集中的に利用される出口、長時間にわたって利用される出口など、出口によって利用状況に差があることがわかる。

次に、避難誘導の効果を調べるために、「地震や事故で出口2が完全に使用不能になり、かつ出口1は一部使用不能で幅が2mになった。その他の出口はそのまま利用できる。」という条件下で、次の異なる3ケースを想定してそれぞれシミュレーションを行った。

ケース②：避難誘導が全く行われなかった場合

ケース③：出口3で誘導が行われた場合

ケース④：一部使用不能となった出口1で誘導が行われた場合

(3) シミュレーション結果

出口2と出口1の一部が使えなくなったことの影響を調べるために、ケース①とケース②の各出口の総利用数状況を比較した(図-7)。

ケース①で出口2や出口1を利用していた避難者は、近くにある出口3などにシフトしていることがわかる。

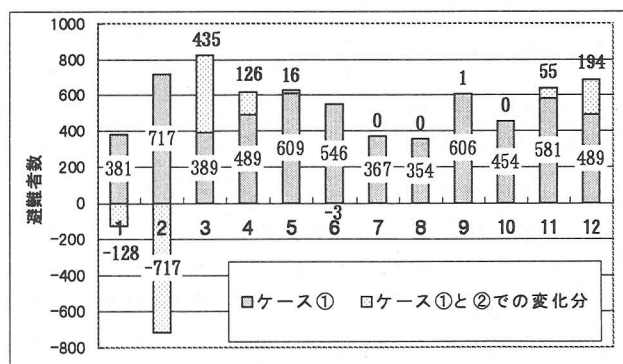


図-7 各出口の利用者数の変化 (ケース①→ケース②)

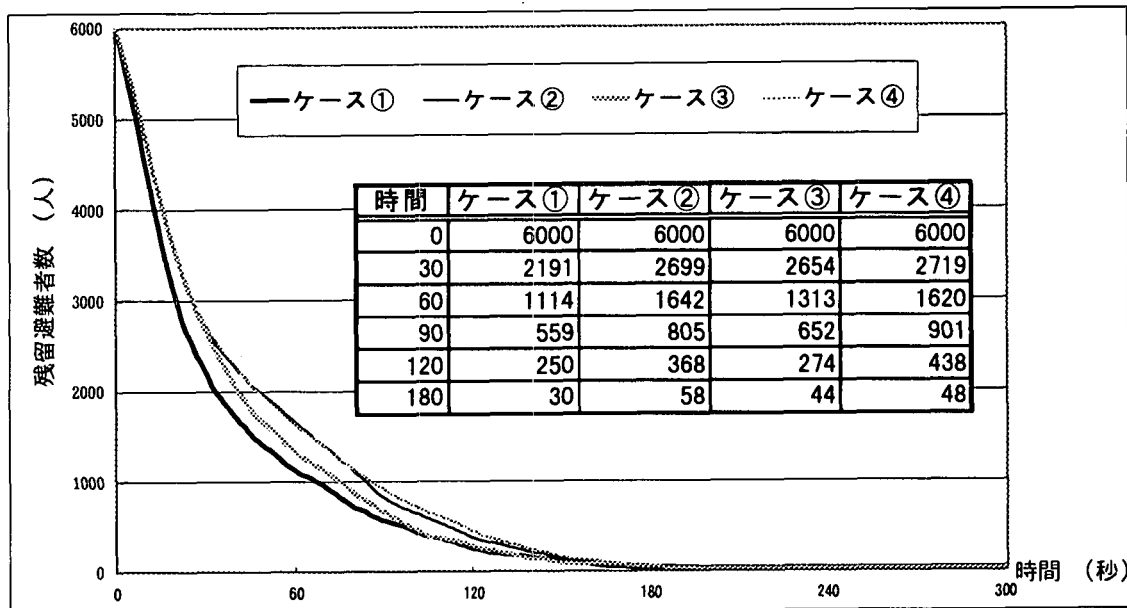


図-8 残留避難者数曲線

次に、ケース①～④のシミュレーションによる残留避難者数の変化を図-8に示す。

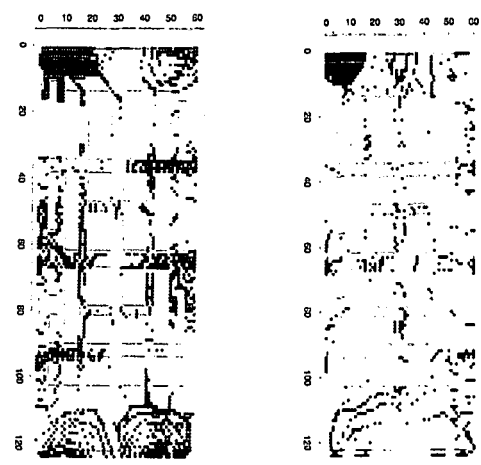
ケース②では、出口2が使用不能になったため、避難効率が著しく悪化しているのがわかる。一方ケース③では避難誘導の効果によって、避難効率を上げることができていることがわかる。逆に、ケース④では避難誘導を行ったにもかかわらず、かえって避難効率が悪くなっている。これは間口の狭い出口1に避難誘導したために、出口付近に避難者が集中し、アーチアクションを起こしてしまったためと考えられる。図-9は時刻15秒と60秒における避難者分布であるが、図-4と比較して、出口1付近において避難者の著しい集中が見られる。

上記の結果より、避難誘導を行う際は状況に応じて最適な誘導を行う必要があり、間違った誘導を行うと、かえって避難効率を低下させ、被害を拡大してしまう可能性があることがわかる。

5. おわりに

「安全な都市空間を設計する」ことの基本理念は、「災害が発生しにくい工夫を施した空間を造ることであり、万が一災害が発生したときには、その被害を最小限に抑える仕組みを持たせる」ことである。被害の形態は人的被害と物的被害に分けられるが、人的被害に注目すれば、都市空間が避難しやすい空間として設計されていることがポイントとなる。

本研究で構築した避難行動シミュレーションは、計画段階の構造物においては、より安全な空間設計を実現するためのツールとして利用することができる。また既設の構造物においては、効率のよい避難



(a) 避難開始15秒後

(b) 避難開始60秒後

図-9 ケース④における避難者の分布

によって人的被害を少なくするための、効果的な避難誘導の方法を検討する有力なツールとして利用できる。

参考文献

- 1) 横山秀史・永田茂・山崎文雄・海老原学：実迷路による緊急時の人間行動特性，土木学会年論文集，No.441/I-18，pp.107-115，1992.
- 2) 目黒公郎・芳賀安則・山崎文雄・片山恒雄：バーチャルリアリティの避難行動シミュレータへの応用，土木学会論文集，No.556/I-38，pp.197-207，1997.1.
- 3) 横山秀史・目黒公郎・片山恒雄：避難行動へのポテンシャルモデルの応用，土木学会論文集 No.513/I-31，pp.225-232，1995.4.
- 4) 角雄一郎・目黒公郎・片山恒雄：大規模展示場の避難安全性評価シミュレーション，第51回土木学会年次学術講演会概要集，第1部，pp.736-737，1996.9.