

I - B 413

災害状況を考慮した最適避難誘導法の検討

日本道路公団

正会員 原田雅也

東京大学生産技術研究所

正会員 目黒公郎

1. はじめに： 安全な都市空間や都市施設の建設には、構造的な強度に加えて、その空間や施設を利用する「ひと」の避難安全性を確保することが重要である。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も多く、避難しやすい内部構造であることが重要となる。また、災害発生時に効率的な避難誘導を行うことも、被害を最小限にいとめるためには不可欠である。

そこで本研究では、避難誘導の影響を考慮できる避難行動シミュレーション手法を提案し、異なる避難誘導が行われた場合の避難行動特性の違いについて、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モデル： 本研究で用いるポテンシャルモデル^{1),2)}について、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生じる。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する(図-1)。すなわちこのポテンシャル場は、避難者ごとに定義され、避難者の位置と時間が変わることにより変化するモデルとなっている。このようにして決められた対象空間において、それぞれの避難者は、各時間ステップ毎に、周囲の8メッシュの中からポテンシャル値の低い方向を選んで移動し、最終的に出口にたどりつくようになっている。また、それぞれの避難者の歩行速度については、混雑した状態で歩行空間に余裕がなくなれば歩行動作が困難になり歩行速度が減少するFruinの式³⁾に従ってモデル化している。本モデルは、避難行動をとりまく複雑な環境をポテンシャルの概念を用いることで統一的に簡便に扱うことを目的としたモデルである。

3. 避難誘導のモデル化： 本研究では、避難誘導の影響として、誘導の行われる出口に他の出口よりも低いポテンシャルを与えることとした。これは、出口にとりつけられたスピーカや避難誘導員により「こちらへ避難して下さい」という音声を用いた誘導が行われた状況を想定したものである。

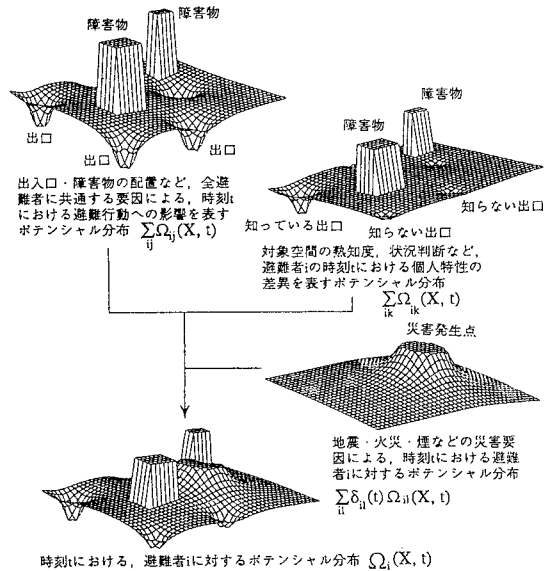


図-1 対象空間のポテンシャル分布

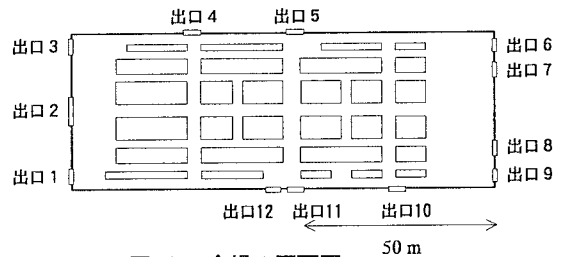


図-2 会場の平面図

表-1 ケースごとの各出口の広さ (m)

出口番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Case I	6	11	6	5	5	5	6	6	5	5	5	4
Case II~	6	3	4	5	3	5	6	6	5	5	5	4

4. 避難行動シミュレーション

(1) 対象空間と初期配置人数： 実在の大規模展示場(図-2, 表-1)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の利用者の分布は、かなり混雑した状況を想定し、6,000人の避難者をランダムに配置している(図-3)。

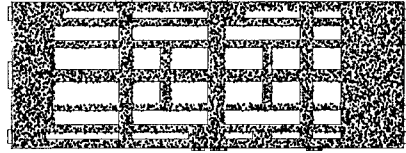


図-3 避難者の初期分布

(2) シミュレーションの条件： 初めに、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(Case I)。図-4(a)に避難開始から180秒後の避難者の分布を示す。この時点でほとんどの利用者が避難を完了している。次に、避難誘導の効果を調べるために、「地震や事故でいくつかの出口が一部使用不能になった(表-1下段)」状況を想定した。この条件下で、様々な出口へ避難誘導を行うことにより最適な避難誘導方法を探った。ここで紹介するのは次の3ケースである。

Case II：避難誘導が全く行われなかった場合

Case III：出口4で誘導が行われた場合

Case IV：出口1・3・4・11・12へ誘導が行われた場合

(3) シミュレーション結果： Case I～IVの各時刻における会場内の残留避難者数の変化を表-2と図-4に示す。また各ケースの避難開始から180秒後の会場内の避難者の分布を図-5に示す。Case IIでは、出口が一部使用不能になったため、避難効率が著しく悪化している。さらにCase IIIでは、出口4へ避難誘導を行ったが、かえって避難効率を悪化させてしまっている。これは避難誘導によって非常に多くの避難者が出口4に集中したために、出口付近でアーチアクションを起こしてしまい、出口での流量がかえって低下してしまったためである。一方Case IVは、今回の検討により求められた最適避難誘導方法であるが、かなり避難効率を改善できていることがわかる。

表-2 各時刻における残留避難者数の変化(人)

時間(秒)	Case I	Case II	Case III	Case IV
0	6,000	6,000	6,000	6,000
60	2,460	3,093	3,101	3,126
120	662	1,086	1,526	1,026
180	105	531	886	149
240	0	283	406	0

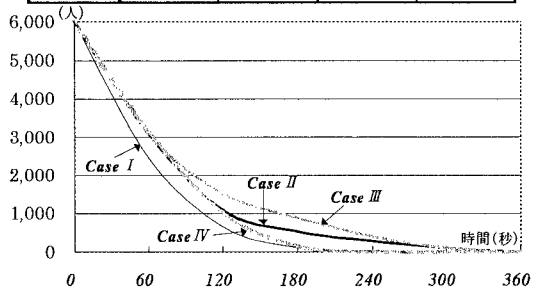


図-4 残留避難者数曲線

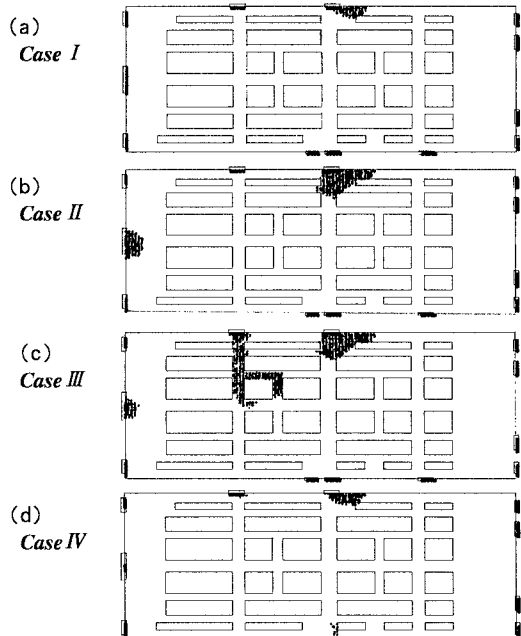


図-5 各ケースの避難者分布(180秒後)

上記の結果のように、避難誘導を行う際は状況に応じた最適な誘導を行う必要があり、間違った誘導は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： 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対しては、通路幅や柱・出口の数や位置の決め方など、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、既設の構造物に対しては、災害発生時の人的被害を最小限に抑えるための、効果的な避難誘導方法を検討する際の有力なツールとして利用できるものである。

<参考文献>

- 1) 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. 513/1-31, pp. 225-232, 1995. 4.
- 2) 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.
- 3) Fruin, J., 長島正充訳(1974). 歩行者の空間：鹿島出版会。