

I-584

災害時における避難行動シミュレーション

エース（株） 正会員 小島 修二
鳥取大学工学部 正会員 野田 茂

1. まえがき

不特定多数の人々は、常時、地下街や大規模な建物などを利用している。従って、これら構造物の安全性を確保するだけでなく、災害時の人間行動を予測・調査し、迅速に避難できるようにすることは特に重要である。このため、これまで、実態調査、模擬実験や計算機シミュレーションに関する研究が実施されてきた。

本研究では、既往の災害調査や実験によって得られたデータを基にして、避難シミュレーションモデルにより、人間行動の再現と予測を行うものである。このため、種々のパラメトリック・スタディを実施する。構造物や防災システムの設計、防災教育と防災訓練に役立てることが本研究の最終目的である。

2. 避難行動シミュレーション

本研究では歩行者の動きを磁場モデルによって再現する¹⁾。磁場には正と負の二種類を考える。同種間には反発力が働き、異種間には吸引力が働くようにする。各歩行者と障害物（壁、柱や手摺など）間には正の磁極を、歩行者の目指す目的地には負の磁極を与える。歩行者は、目的地から吸引力を受け、その方向に歩き始めるようになる。

他の歩行者や障害物に近寄ると、反発力を受けて、それに衝突しないような回避行動がとられる。任意の歩行者に働く全ての磁力を単位時間毎に合成する。この力により、歩行者の速度、加速度や位置などを求めることができる。これより、歩行者の行動が把握できる。相対速度の考え方をを用いると、対向回避（図1参照）、壁の回避や追い越しなどを再現することもできる。

歩行領域は単位歩行領域によって構成される。全ての単位歩行領域間の隣接状態を調べ、それを隣接関係行列の中に記憶させ、さらに、各目的領域までの可能な経路を作成し、経路の短い順に外部記憶装置に格納する。

建物や歩行者の前提条件を設定すると、各歩行者はそれに対応した避難行動を示す。このため、動的な挙動シミュレーションを実施することができる。このようにして得られた各歩行者の動きを調べることで、避難行動の予測や避難配置の設計を行うことができる。

図2は歩行者の避難行動シミュレーションのフローを示したものである。このフローに従って数値実験した結果を以下に述べる。

3. 数値計算結果および考察

ここでは、種々の避難ケースに対するシミュレーションを行い、どのような違いがあるかを分析する。以下には各ケースの状況設定を示す。

ケース1:標準的なデータに対するシミュレーション
ケース2と3:ある出口の幅を二倍に拡張した場合

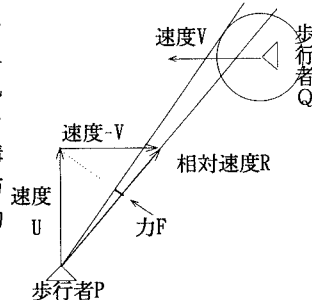


図1 他の歩行者Qからの力F

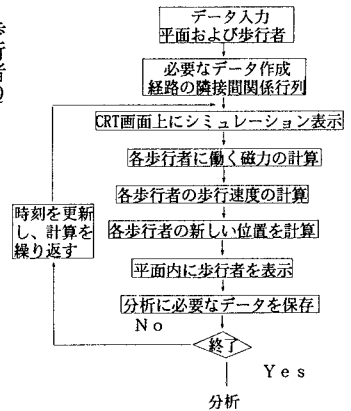


図2 避難シミュレーションのフロー

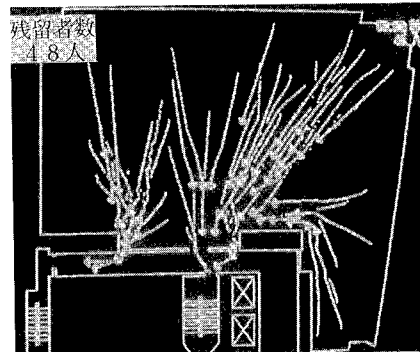


写真1 シミュレーション開始50秒後

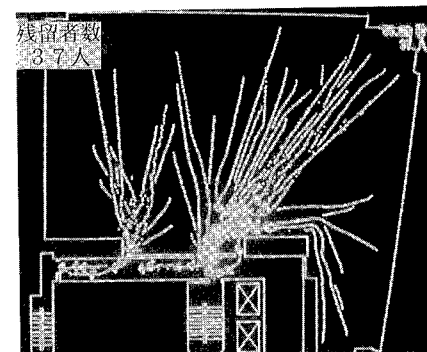


写真2 シミュレーション開始55秒後

ケース4と5:ある出口が通行不能になった場合

ケース6:階段前の出口の幅を二倍に拡張した場合

ケース7:出口および階段前の出口の幅を二倍に拡張した場合

シミュレーション状況の代表的な結果を写真1~4に示す。これは、中央出口の幅を2倍に拡張したケース2における避難シミュレーション開始後の状況である。写真の中で、△は歩行者を、点線は歩行者の動いた軌跡を示す。44秒後に火災を認知し、各歩行者は避難を開始する。50秒後、出口付近ではまだ混雑が見られない。55秒後においても、中央出口が広いため、各歩行者は比較的にスムーズに流れている。60秒後には階段前の混雑が出口にまで影響している。65秒後、混雑は解消され、歩行者はスムーズに流れる。このケースでは74.6秒後に避難を終了する。

各ケースのシミュレーション結果(避難残留者数)を示すと、表1のようになる。各ケースの状況をまとめると、おおむね次のようになる。

- 1) 出口の幅を2倍にすることによって、避難時間の短縮が図られ、出口の容量の重要性が理解できる。歩行者は比較的スムーズに流れるが、出口を通過し、次の階段前の出口で混雑した。
- 2) 通行不能出口があると、長い列の混雑が起き、大幅に避難時間が遅れることがある。このことは出口の数量の重要性を示唆している。出口から階段前の出口へ直進ができないと、これは避難時間を遅らせる大きな要因となる。
- 3) ケース2とケース6の結果を比較すると、中央出口よりも階段前の出口を拡張すれば、避難時間は短くなる。ケース2によると、歩行者は階段前の出口でアーチアクションを起こす。一方、ケース6の歩行者はスムーズに流れている。
- 4) 出口と階段前の出口の幅を2倍に拡張することによって、避難時間の短縮が図られた。表1からもわかるように、ケース2(写真1~4)の結果よりも、円滑な人間行動を行うことが容易になる。

4. あとがき

本研究では、磁場モデルを用いてシミュレーションを行い、出入口の重要性を検討した。その結果、階段や出入口の大きさおよび配置状況を十分に考慮した上で、建物の設計をすることの必要性が明らかになった。

しかしながら、本研究では火煙の発生や心理的要因などを考慮していない。このため、本モデルは必ずしも現実的ではない。これらを改良することによって、より現実的なモデルに対する避難シミュレーションを実施できるであろう。この点については別途報告する予定である。

謝辞

本研究を進めるに当たり、福井大学工学部の岡崎甚幸教授と松下聡助教授には大変お世話になりました。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 岡崎甚幸: 建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究 その1~3, 日本建築学会論文報告集, 第283~285号, 1979年9月~11月。

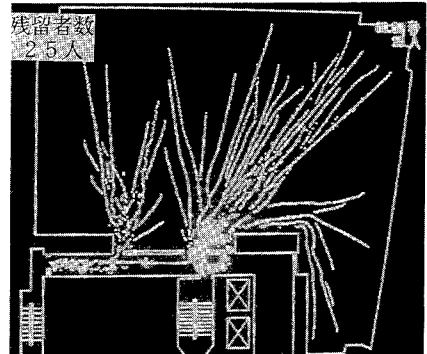


写真3 シミュレーション開始60秒後

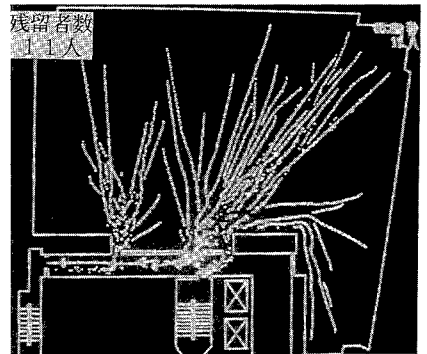


写真4 シミュレーション開始65秒後

表1 避難残留者数

避難開始後の経過時間	ケース						
	1	2	3	4	5	6	7
44秒後	50	50	50	50	50	50	50
50秒後	47	48	47	50	47	46	48
55秒後	37	37	37	41	39	34	35
60秒後	23	25	22	28	29	21	18
65秒後	13	11	9	16	17	8	2
70秒後	6	6	2	7	13	4	0
75秒後	2	0	0	2	6	0	0
80秒後	0	0	0	1	1	0	0
85秒後	0	0	0	0	0	0	0