

個別要素法(DEM)を用いた人間の空間行動シミュレーションの試み

山口大学工学部
同
山口大学大学院

正員 ○瀧本浩一
正員 清野純史
神谷武史

1.はじめに

1995年1月に発生した阪神・淡路大震災ではその発生時刻が早朝であったが、もし、都市が活動している時間帯に発生していれば、地下街やビルといった近年その構造が多層化、複雑化にある空間で多くの犠牲者が出たものと考えられる。このような人的被害を軽減するため、コンピュータを用いた災害時の人間行動を再現するシミュレーションの研究がなされているが、その一つとして個別要素法(DEM)による人間行動の再現のためのシミュレーションモデルが提案された¹⁾。しかし、このモデルは人間どうしや人間と壁との衝突といった力学的な現象は再現できるが、帰巢性等の人間の個性の違いによる行動は再現できなかった。そこで、本研究は既存のポテンシャルモデルによる避難行動シミュレーション²⁾の一部を導入して、個人特性を考慮に入れた人間行動シミュレーションモデルの開発を試み、地下街モデルとT字路モデルに適用してシミュレーション実験を行ったので報告する。

2.従来のDEMモデルの改良点

(1)目標点 DEMによる各要素(個体)はあらかじめ設定した目標点に向かって進み力(前方向推進力)によって移動しているが、従来のモデルでは図-1(a)のように各要素全てが1つの目標点に向かうようになっていた。しかし、実際の歩行者はある程度、通路の壁などに並行に進む特性³⁾があることから、図-1(b)のように目標点を複数設けた。

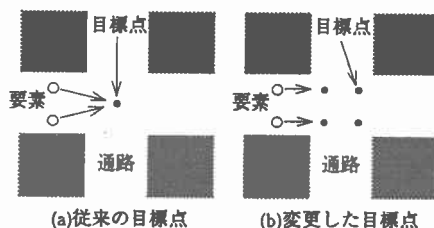


図-1 目標点の改良

(2)仮想バネ 人間には人間や障害物を避けようとする心理的な領域があり、これを仮想バネとしてモデル化していた。従来のモデルでは図-2(a)に示すように要素の全ての方向に対して仮想バネが作用していたため、視野の外の障害物を避けようとしたり、後方より近づいてきた要素に前方の要素が前に押し出される非現実的な現象が見られた。そこで、要素の視野を考慮に入れ図-2(b)のように要素の前半分のみ仮想バネが働くものとした。

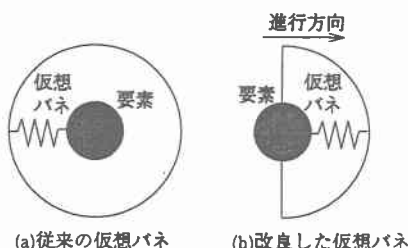


図-2 仮想バネの改良

(3)ポテンシャルモデルの導入 従来のDEMモデルに帰巢性や非常誘導灯に従うか等の人間の個性を考慮に入れるため、ポテンシャルモデル²⁾を導入する。具体的には図-3に示すように対象空間をノードとリンクにモデル化し、非常口の位置や非常誘導灯の示す方向を表すポテンシャル分布を与え、この分布の各ノードにおけるポテンシャル値を求め、そのノードに対応した交差点の4つの目標点の値とする。これにより、要素が向かう目標点も含めそれに隣接した各交差点の目標点のポテンシャル値を比較して、最も低い目標点へ要素は進む。

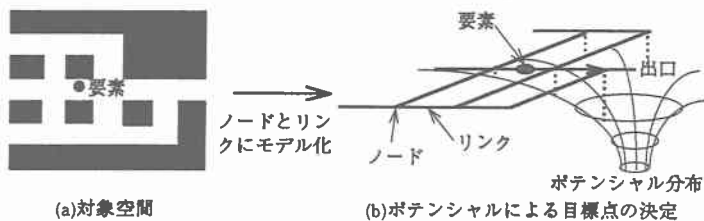


図-3 ポテンシャルによる方向決定

3.シミュレーション例

本研究で提案するシミュレーションモデルを地下街のモデルとT字路のモデルに適用して避難シミュレーション実験を行った。

表-1 避難者の個性

	非常誘導灯	避難方法
個性1	従う	通った経路をたどる
個性2	従わない	通った経路をたどる
個性3	従う	非常口への最短経路をたどる
個性4	従わない	非常口への最短経路をたどる

(1)地下街実験 シミュレーションに用いた地下街のモデルを図-4に示す。シミュレーションの方法としては、表-1に示す個性を持った避難者を全避難者数の25%ずつ地下街モデルの各非常口より入れ、ランダムに配置した後に地震等の災害が起こったとして避難を開始させ、全ての避難者が出口へ到着するとシミュレーションを終了させた。

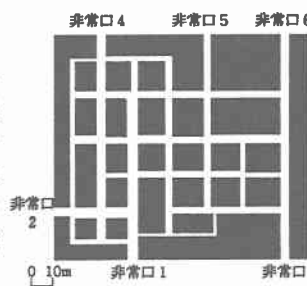


図-4 地下街のモデル

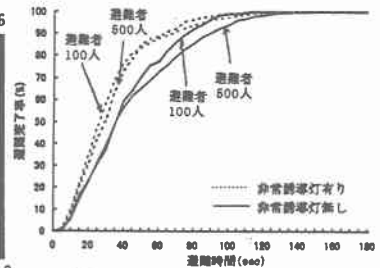


図-5 避難完了率と避難時間の関係

なお、避難の際の歩行速度は小走りの速さ 3.0m/s とし、また非常誘導灯については各交差点に設置した。以上のシミュレーションより得られた結果の一部を図-5に示す。図-5は非常誘導灯の有無による避難時間と避難完了率との関係を示したものである。なお、避難完了率とは全避難者のうち非常口へ到達した避難者の割合をいう。これより非常誘導灯が無い場合には避難者数の多い方が避難の効率が悪いが、非常誘導灯を設置した場合、避難者数に関係なく早期に多くの避難者が避難を終えており、非常誘導灯による効果が出ている。

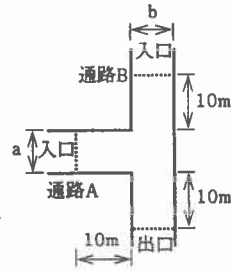


図-6 T字路のモデル

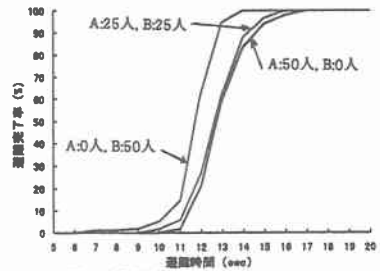


図-7 避難完了率と避難時間の関係

(2)T字路実験 先の実験で避難者数が多い場合の避難完了率の低下の原因として交差点での避難者どうしや避難者と壁との接触等が考えられる。そこで、図-6に示すT字路モデルを用いてシミュレーションを行った。シミュレーションの方法としては通路AおよびBの入口から避難者を入れ、前述の実験と同じ歩行速度で出口へ向かわせる。この時、通路幅aおよびbとそれぞれの入口から流入する人数を変えてシミュレーションを行った。その結果の一部を図-7、図-8に示す。図-7はa,bを2.5mとし、通路AとBの流入人数をそれぞれ50人と0人、25人と25人、0人と50人とした時の避難時間と避難完了率との関係を示したもので、これより、通路Bから50人が流入するケースより通路Aからの流入がある他の2ケースの方が避難完了に時間を要していることがわかる。また、通路Aのみから50人が流入する際、その中の代表として要素番号25について出口へ到達するまでに外部から受けた力の時刻歴を図-8に示す。このグラフより要素が出口へ進みながら数度、大きな力を受けていることが分かる。これらから、通路Aから流入した避難者が交差点で曲がる際に他の避難者や壁と接触することにより、通路Bを直進歩行する場合より時間を要したことが考えられ、交差点等のこれら時間の遅れが累積され、先の地下街モデルにおける避難完了の効率の低下となって表れたものと考えられる。

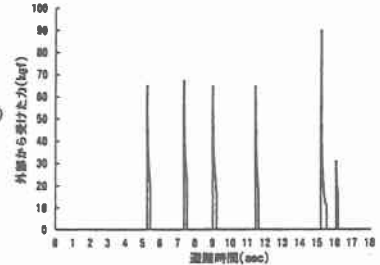


図-8 要素番号25に作用した力の時刻歴

4.まとめ

本研究は従来のDEMを用いた群集行動シミュレーションモデルの改良およびポテンシャルの考え方を導入することで人間の個性を考慮に入れたシミュレーションモデルを開発し、地下街モデルとT字路に適用してシミュレーション実験を行った。これより、非常誘導灯により避難の効率が上がることや地下街の交差点等が避難時間に影響を与えることなどの妥当な結果を得ることができた。今後の課題としては、シミュレーションへの火災等の災害モデルの導入や避難者の個性の追加等が必要である。

参考文献

- 1) 清野純史他：個別要素法(DEM)を用いた群集行動シミュレーション，地域安全学会論文報告集，No.4，pp.322-327，1994。
- 2) 瀧本浩一他：防災要員を考慮に入れた避難行動シミュレーション，地域安全学会論文報告集，No.5，pp.458-464，1995。
- 3) 建部建治：歩行時回避行動の画像処理による分析的研究，1993。