

# 地下街浸水時の避難シミュレーションに関する研究

山口大学大学院 学○坪郷 浩一  
山口大学工学部 正 朝位 孝二

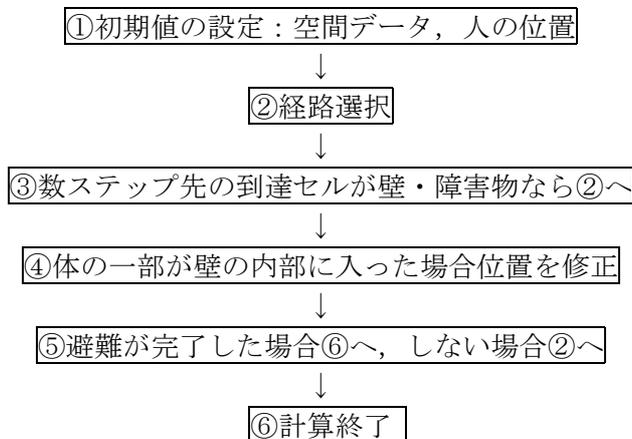
## 1. はじめに

地下街など閉じた空間における避難行動のシミュレーションは構造系、土木計画系、建築系の研究者が多く行っている。最近では個別要素法を用いたモデル<sup>1)</sup>、セルオートマトンに基づくモデル<sup>2)</sup>などが提案・開発されている。いずれも火災や地震などの災害に対する避難行動を念頭においている。しかしながら、近年都市型水害が多発し地下街にも浸水する事例が見受けられる。本研究は地下街浸水時の避難行動シミュレーションモデルの構築を目的とする。その第一段階として壁などの障害物が有る場合、それを回避して目的地にたどり着くアルゴリズムをポテンシャルモデル<sup>3)</sup>で記述した。

## 2. 解析方法

### 2.1 人間の移動ルール

避難シミュレーション領域をセル分割し、人間は半径  $r$  の円でモデル化する。モデル化された人は近隣のセルの状態に応じて以下のルールで移動（避難）する。



### 2.2 人の動き

人は、基本的には、現在位置から最終到達点に向かう方向に移動する。始点を  $(x_a, y_a)$  終点を  $(x_g, y_g)$  とすると、移動方向の単位ベクトルは

$$\vec{n} = \frac{1}{\sqrt{(x_g - x_a)^2 + (y_g - y_a)^2}} \cdot (x_g - x_a, y_g - y_a) \dots\dots(1)$$

となる。各地点からの時間的変化を  $\Delta t$ 、移動速度を  $v$  とし、時間的に変化する座標を  $(x_n, y_n)$  とする。よって、 $\Delta t, v$ 、(1)式を用いると、

$$(x_n, y_n) = v \cdot \Delta t \cdot \vec{n} + (x_a, y_a) \dots\dots(2)$$

となる。

### 2.3 障害物がある場合

本研究のモデルでは、空間を  $9 \times 9$  の2次元セル（縦×横  $1m \times 1m$  とする。）に格子分割し、各セルに、「障害物」と「壁」を100、「出口」、「床」を0という状態量を与えて4つの状態を区別している。基本的な「人間」の移動ルールは2.1に従う。

#### a) 障害物セルの回避

「人間」が進行方向（人から見た数ステップ先）に壁・障害物セルを確認した場合（数ステップ先に障害物セルの内部に突入してしまう場合）、以下の手順で進行方向を修正する。

1) 「人間」の存在するセルを中心として周囲8つのセルの中心点と「人間」の中心との距離を  $xl(i)$  を算出する。ただし、障害物セルの中心との距離は非常に大きな値を与える。

2) 1)により算出された  $xl(i)$  ( $i = 1 \sim 8$ ) の最小値を  $x_{min}$  とし、各セルについて、(3)式を計算する。

$$xm(i) = \left[ \frac{xl(i)}{x_{min}} \right] + [cell(x_{gi}, y_{gi}) \text{ の状態量}] \dots\dots(3)$$

算出された  $xm(i)$  ( $i = 1 \sim 8$ ) の最小値となるセルの中心を  $(x_{gg}(i), y_{gg}(i))$  へ進行方向を変更する。また一度通過したセルには重みをつけ、堂々巡りが起こらないようにした。

3) セル中心へ到着すれば、再び出口へ進行を変える。

b) 体の一部が壁・障害物の内部に入った場合の修正  
実際の身体が占める領域としての半径に加え心理的な領域の半径を仮想半径とする。仮想半径内に壁・障害物セルが存在する場合、障害物セルに侵入しないよう位置を修正する。今回は、仮想半径 = 40.0cm、「人間」の半径 = 22.5cm とした。

## 3. 解析結果

人は始点から終点まで最短距離で進行しようとするが、その途中の障害物を上記アルゴリズムで回避可能か検討した。

キーワード：浸水、避難行動、ポテンシャルモデル

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL : 0836(85)9318

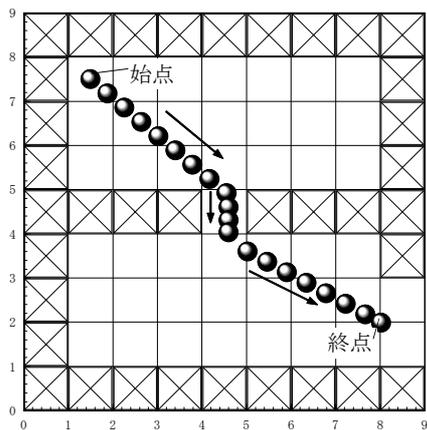


図-1 道順指定なしで終点まで着く場合

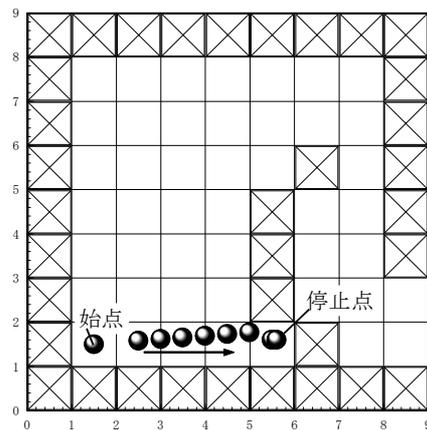


図-2 道順指定なしで終点まで着かない場合

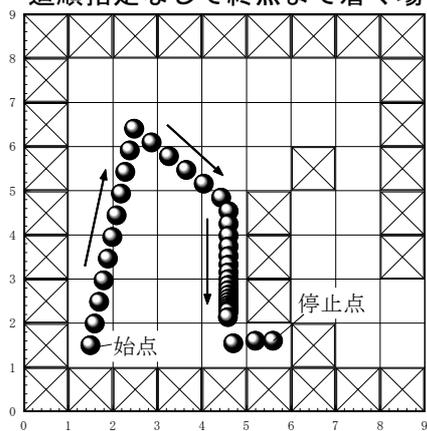


図-3 道順指定ありで中継点(2.5, 6.5)の場合

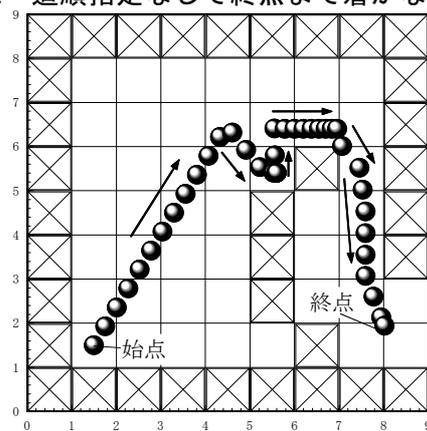


図-4 道順指定ありで中継点(4.5, 6.5)の場合

3.1 中継点がない場合

人の進行速度は 1m/sec とした。図-1 では障害物を認識して、障害物を避けて終点に到着している。図-2 の場合は、終点に向かおうとしているが、障害物に囲まれた位置にあり、1度通過したセルには重みが付くため方向の変更ができない。停止点の位置で身動きが取れなくなっている。

3.2 中継点がある場合

図-2 が終点までの経路を探し切れなかったため、終点に向かうための中継点を設定する。図-3 のように中継点の座標(2.5, 6.5)が、終点から距離的に離れている上に終点の位置が確認できないため、図-2 と同様の動きをしている。図-4 の場合は、中継点の座標が(4.5, 6.5)のときは図-3 同様に終点が見えないにもかかわらず、障害物を認識している。図-2,3 との違いは障害物を避けるだけのセルが存在したため終点までたどり着いたと考えられる。図-5 の場合は、中継点(6.5, 6.5)の場合、中継点から終点に向かって方向転換したときに障害物が存在しない

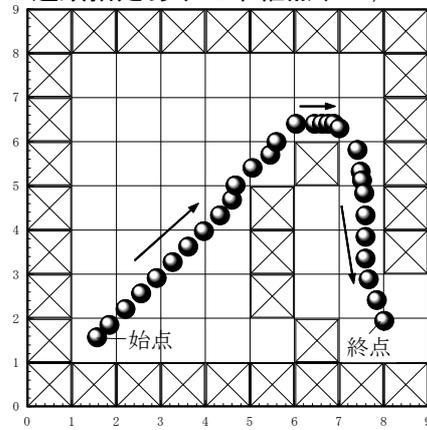


図-5 道順指定ありで中継点(6.5, 6.5)の場合

ため比較的人間らしい行動をとって終点に着く。

4.おわりに

今後は、中継点を指定しないで、終点に着けるようにする。またセルに浸水の条件を導入し浸水時の避難行動を解析する。

参考文献

- 1) 清野ら：土論, No.537/ I -35, pp.233-244, 1996
- 2) 内田ら：第 55 回年次講演会, CS-212, 2000
- 3) 横山ら：土論, No.513/ I -31, pp.225-232, 1995