

エージェントベースモデルによる階層空間における行動シミュレーション

木更津工業高等専門学校 学生会員 ○大曾根佑弥
木更津工業高等専門学校 正会員 石川 雅朗

1. はじめに

人にやさしい施設づくりの観点から、多くの人が集まり移動する駅のコナコースなど、広場や通路の人の導線計画に関係する整備計画の事例が増えている。これらは安全で快適な空間計画と分かりやすい導線計画の立案を目的としている¹⁾。計算シミュレーションによって、その導線計画の善し悪しを評価する方法が注目されている²⁾。計算シミュレーションを採用することで実験することが不可能な計画した空間環境の評価が可能となる。また、低コストで客観的な導線計画の評価を行うことができるようになる。

既往の計算シミュレーションでは群衆流動を対象としているものが多く、回避、追従行動といった個々の挙動を考慮したモデルや、階段等を使った人の上下動の動きを対象としたシミュレーション事例は少ない。本研究はエージェントベースモデルを用いることによって、個々の人の動きを再現し、上下動の動きの再現も可能なシミュレーションツールの開発を目的とした。

2. 歩行者行動のモデル化

エージェントベースモデルの考え方に基づいて歩行者（エージェント）の行動のモデル化を行う。歩行者の行動は基本的な行動規則にランダム性を組み込み再現した。歩行者は個々に進行したい経路を持つものと仮定し、対象空間内に歩行ルートを設定し他エージェントとの相互作用が発生しない限り、歩行ルートに沿って行動するものとした。個々の挙動として混雑による歩行速度の増減、衝突の回避、進行不能領域の回避、追い抜き行動、追従行動を考えた（図-1）。図-2の領域に応じ各行動をとる。歩行速度は正規乱数により設定する。歩行ルートに沿うように進行方向角を決定し、計算時間間隔ごとに位置座標を計算し歩行者を移動させる。回避、追い抜き、追従行動は設定した反応領域内（視野内）に入った最も近い距離にいるエージェントに対して行うものとし、自らの位置と対象

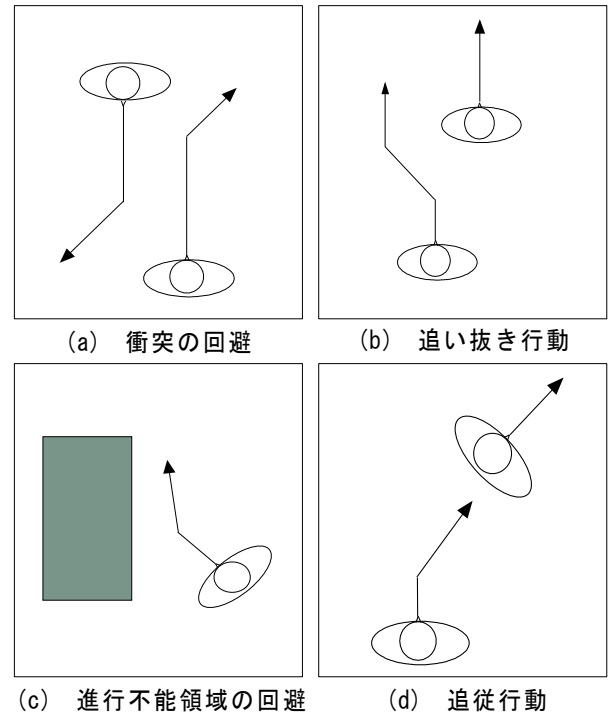


図-1 考慮した個々の挙動。設定した条件に従いエージェントは上記のような行動をとる。

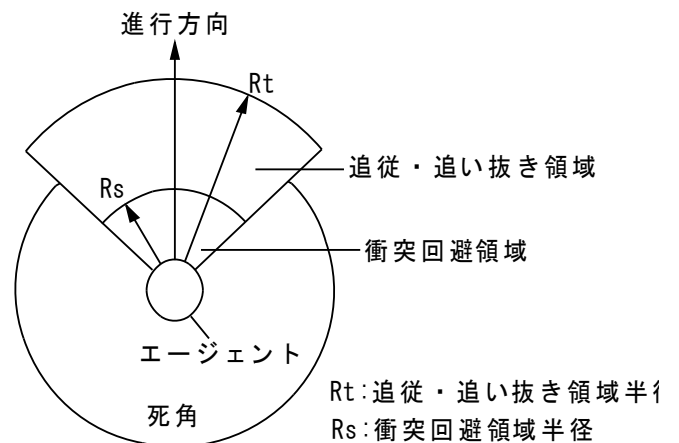


図-2 個体相互の行動決定領域。追い抜き・追従行動の選択はランダムで行う。

エージェントの位置関係により進行方向角の変更を行う。速度の変動はその場の混雑具合に依存するものとし、群衆密度の変動により歩行速度が変化する。また階段を使った上下動の動きを可視化するために3次元

的にエージェントの描画を行う。開発したソフトウェアはメインウインドウ、描画ウインドウから構成される（図-3）。地形データ、初期条件データ、歩行者特性データ、歩行ルートデータを入力データとして計算シミュレーションを行う。地形データは地形の座標データであり、初期条件データには各エージェントの初期位置座標が入っている。歩行者特性データには対象人数、最大・最小歩行速度、各領域半径、認識角、ランダム行動率のパラメータが入っている。歩行ルートデータはエージェントが進行しようとする経路の座標データが入っている。ソフトウェアの開発言語はDelphi (PASCAL) を採用した。

3. 群衆密度と歩行速度

計算シミュレーションの結果を定量的に評価するために群衆密度と歩行速度の関係について述べる。群衆密度とはどれだけ混雑しているかを表す指標であり、測定領域内の歩行者数 N を足し合わせ、測定領域の面積で除したものを群衆密度として用いる。測定領域の面積を S とすると密度 K 人/ m^2 は(1)式で表わされる。歩行者の進行方向を二方向（対向流）に限定し、縦 20m, 横 100m の平面領域において人の動線シミュレーションを行なった。ランダム行動率を 5%, 計算間隔を 0.2 秒とし 1000 回の計算を実行し、ファイル出力は 1 秒間隔で行った。結果を図-4 に示す。

$$K = \frac{\sum N}{S} \quad \cdots (1)$$

4. 結果と考察

図-4 に群衆密度と歩行速度の関係を示した。群衆密度が 0~0.5 人/ m^2 の場合では平均速度が 1.4m/s 付近に集中しており、自由な歩行が確保されていることが分かる。群衆密度が 1.0 人/ m^2 を超えると平均速度が急激に低下しはじめる。群衆密度が大きい状態は混雑状態を意味し、混雑状態では自由な歩行ができず、歩行速度を維持することができない。以上のことから混雑による歩行速度の変動を再現できたといえる。

本研究では個々の人の動きをモデル化し上下動の動きの再現も可能なシミュレーションツールの開発を行った。エージェントの動きを 3D 化することによって階段を使った上下動の動きも再現することができた。

今後の課題としてエスカレーターやエレベーターによる上下動の動きへの対応、自転車や車いすといった

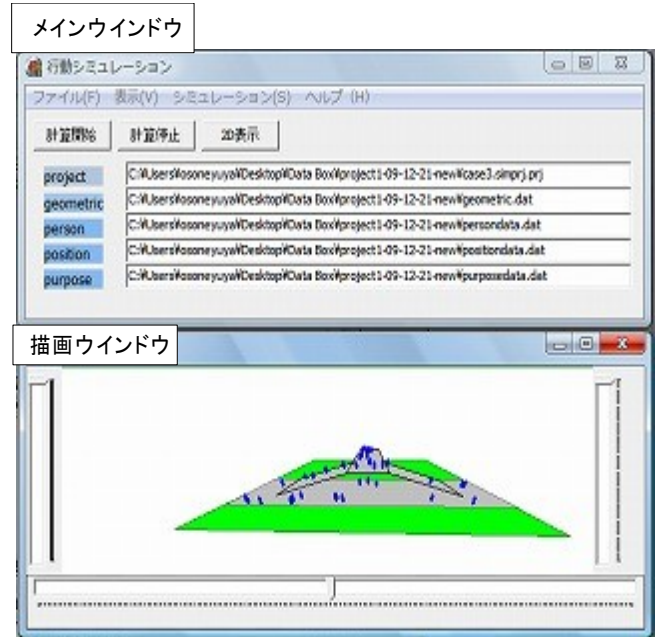


図-3 歩行者行動シミュレーションソフトウェアの主画面。2D 表示のボタンを押すことで平面での描画も可能。

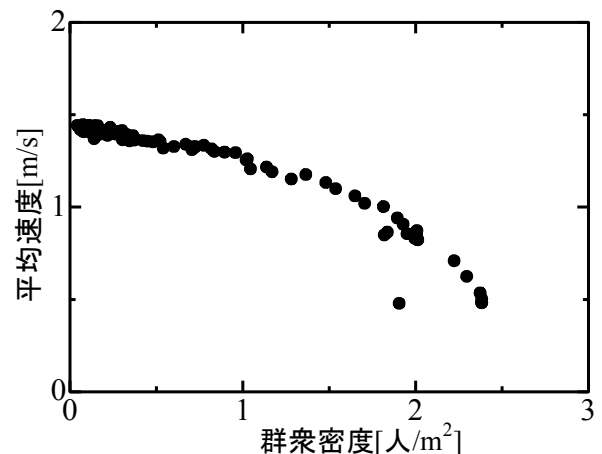


図-4 群衆密度と平均速度の関係。群衆密度が大きくなると歩行速度が小さくなる傾向が確認できる。

歩行者以外のエージェントへの対応が挙げられる。また、歩行者は最短経路を目指すものと仮定しているため目指す方向に群衆が存在する場合、衝突は回避するが遠回りをして目的地に向かうという行動が再現できていない。このような事象に対しても適用できる群衆歩行シミュレーションモデルの構築が必要である。

参考文献

- 1) 高瀬大樹, 円満隆平, 佐野友紀, 渡辺仁史: 歩行者動線システムの開発, 日本建築学会技術報告集, 第 3 号, pp.263-267, 1996
- 2) 社団法人日本建築学会: 建築・都市計画のためのモデル分析の手法, 井上書院, 1992