

# 歩行者流シミュレーションにおける横列歩行ルールの構築

## 1. はじめに

現在、多くの場所で混雑が発生している。例えば、都心の交差点やターミナル駅での朝の通勤ラッシュ・夕刻の帰宅ラッシュなどの人々が日常生活に利用する場所では、人口密度が集中するためよく見る光景である。混雑してくるとさまざまな悪循環が起こることが予想される。例えば、駅などで混雑が発生すると不快感が募り、乗客同士のトラブル発生の原因にもなる。混雑と事故の発生は、密接に関連していると言える。前述のように密度が集中した中で、個人が各々の目的方向に独立に行動するということが、更なる混雑を招くことがある。そして、人がそのような挙動をするというシミュレーションモデルは、歩行者流の解析や避難時の挙動解析などに多く使われている。しかし、必ずしも混雑の原因が人口密度の集中によるものだけではない。友人や知人同士で横に連なって歩くと、その分容易にスペースを塞ぐため、人の流れがスムーズではなくなる。このような現象は、学校や会社など特に大きな組織の建物周辺ではよく見られ、混雑の原因となる。本研究では、このような知人どうして横に連なって歩く性質を想定したシミュレーションモデルを提案する。

## 2. 関連技術および研究

### 2.1 マルチエージェントシステム

人の流れの解析には、その流れを連続体としてとらえる場合と離散粒子集合としてとらえる場合があり、後者の解析方法としてはセル・オートマトン法を用いたものや、人を粒子としてとらえる分子動力学法を用いたものが知られている。本研究では、マルチエージェントシステム (Multi-Agent System; MAS) による、複数のエージェントが個別の判断ルールで動作する離散システムを用いる。

### 2.2 歩行者流のルール

多くの歩行者流解析用シミュレーションは、エージェントが機械的かつ確率的な動きをするものであったり、エージェントが単体で動くものなど、一人一人のエージェントの違いを考慮していないものである。石橋らは、エージェントにある行動を与え、そのエージェントが障害物に当たった時にどのような行動をとるのかを分析した<sup>[1]</sup>。この中では図1のようにエージェ

ントは2種類であり、エージェント1は画面左①から直進し、エージェント2は静止している。そしてエージェント1の視野範囲内にエージェント2がいる時、エージェント1は空いているスペースにランダムに移動するように設定してある。エージェント1がエージェント2を避けたい時に position1~position5 のどこへ向かうかを実装している。その結果の統計を取り、考察している。またその時のエージェントの行動ルールを図2に示す。エージェントの矢印の方向をランダムに選択し行動する。この障害物を避けるルールのことを「障害物回避ルール」という。これは実際の人の行動においても周りの人の動きをかわしながら進んでいくのは当然のことであるので、歩行者流では基本的であるといえる。

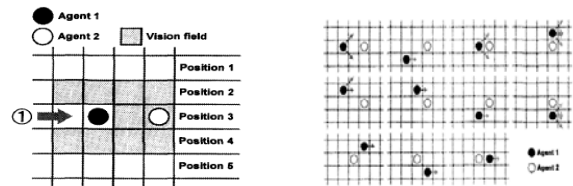


図1 障害物回避ルールの一例 図2 様々な障害物回避ルール

また、エージェント1, エージェント2, それぞれが通った後に足跡を残すように設定し、足跡の多い方にエージェントが移動するように設定すると自然に列(レーン)を形成するような挙動が観察される(図3)。その足跡の設定条件は前方の視野範囲に自分と異質のエージェントが入った時に発動し、また足跡は一定時間たつと消えるようにしている。

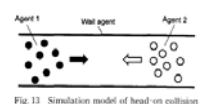


Fig. 13 Simulation model of head-on collision

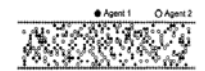


図3 レーン形成

## 3. 提案手法

### 3.1 基本方針

まず、歩行者流がレーン形成するために、歩行者が障害物を回避するためのルールを考える。この際、石橋らの障害物回避ルールに基づく。そして、そのレーン形成のルールに、新たに同じ友人属性をもつ場合は横に連なって歩くような「横列歩行」のルールを組み

込むことによって、新しい群衆のシミュレーションを提案する。シミュレータとしては、構造計画研究所(株)のKK-MASのartiso<sup>[2]</sup>を利用した。

### 3.2 ルール構成

歩行者流を作るためにまず、図4のように対向者と障害物の回避ルールを作った。進む方向に優先順位を付けて、そこに何もなければ進むものとした。

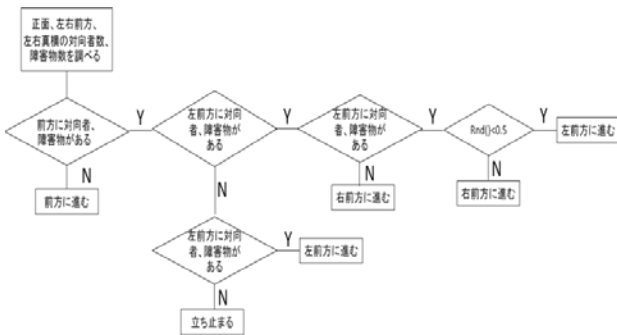


図4 障害物回避ルール

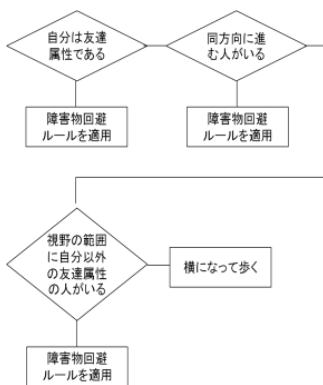


図5 友人を障害物回避ルール

このルールで人が列になって歩くというレーン形成をシミュレーションできる。このルールに横列歩行のルールを組み合わせたものが図7である。これは通常は、障害物回避ルールを適用されるが、視野の範囲に友人がいると並んで歩くというルールを付加した。

## 4 実験

### 4.1 空間設定

シミュレーションを行う上で、エージェントは空間に設定されたマップを動き真上から観察する。本研究では、対象現場として関西大大学前の通りを採り上げ、その環境を反映させるために、google map<sup>[3]</sup>の航空写真を背景画像<sup>[3]</sup>として利用した。その際1ピクセルを一人分の大きさになるように縮小した。また、通りの輪郭のピクセルの座標を途切れなく取り、そのピクセルだけを色で塗りつぶして、障害物として道路の境界に配置した。

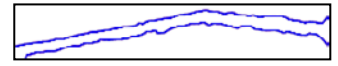


図6 航空写真

図7 通りの境界線

### 4.2 実験結果

4の障害物回避ルールと横列歩行ルールの両方を適用させた場合を図8と図9に示す。なお、この二つの図は、関大前通りの一部分をズームアップしたものである。①と②の挙動に注目すると、図8ではともに横列歩行をしていたが、この後、接近すると図9のように、互いに回避させることができた。これ以外にも同様の状況において、回避するだけでなく、一回立ち止まって、また対向者をやり過ごしてから、進みだすエージェントも見られた。横列歩行しているエージェントが、多人数の時はいったん、ばらばらに離れて、また横列歩行するという挙動も観察された。



図8 横列歩行



図9 障害物回避

本実験では、歩行者流を作るために、障害物回避ルールを優先したルールとなっている。その結果、時折、横列歩行をしていた友人同士が障害物を回避するため、あるいは対向者をやり過ごすために、いったん友人と離れるという挙動までは良かったが、以後、同じ友人と横列歩行の挙動を見せないことがあった。これは各エージェントの認識する対向者の数や角度に違いがあるため、自身と友人との動きに違いが出てくるからであると考えられる。

### 5. おわりに

本研究では、関大前通りにおいても混雑の特徴として見受けられる「横列歩行」のルールを歩行者流シミュレーションで実現することを目的とした。対向者を避けて一度、友人同士が認識し合い横列歩行をすると、いったんは離れたりしても、また元の位置に戻るといった挙動が見られないことがあり、友人属性の認識基準の改善が今後の課題である。

### 参考文献

- [1] 石橋竹志・鈴木章彦・渋谷秀雄 “マルチエージェントシミュレーションを用いた歩行者流の解析” 2008年4月30日
- [2] 山影 進 “人工社会構築指南 (artisoによるマルチエージェントシミュレーション入門)” 2007年1月30日
- [3] google マップ : <http://maps.google.com/>