

1 はじめに

日々、色々な場所で人の混雑が発生している。例えば、朝夕の通勤ラッシュ、都心部の駅構内を始め、花火大会などといった特定の日に開催される行事の時にも混雑が発生している。近年、混雑が起き世間に知れ渡ったのが、明石花火大会歩道橋事故である。この事故は西日本旅客鉄道山陽本線朝霧駅南側の歩道橋において、駅方面からの見物客と会場方面からの見物客とが合流する南端で1m²あたり13人から15人という異常な混雑となった。そのため沢山の人間が束になって、そのまま浮き上がって横に倒れる「群衆雪崩」が発生。死者11名と重軽傷者247名を出す大惨事になった。このような事故を防ぐためには、混雑を緩和する方法を探し、また起こりうる事故の可能性を未然に把握が必要である。このような背景には安全で快適な暮らしやすい街作りの一環として、さまざまな歩行者シミュレーションが注目されている。しかし、多くのシミュレーションは、エージェントが機械的かつ単体で動いたりして、歩行者の挙動タイプの違いや歩行者同士の関連性を考慮していないものも多く、実世界での現象を再現しても現実社会とはかけ離れたシミュレーションとなりうる。そこで、本研究ではより現実に沿ったシミュレーションを行い、歩行者どうしの混雑具合を解消することを目的とする。

2 関連研究および技術

2.1 マルチエージェントシステム (Multi-Agent System)

人の流れを離散粒子集合としてとらえるシミュレーション方法として、セル・オートマトン法 [1] 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ある。本研究では、セル・オートマトン法により自律性を持たせたマルチエージェントシステム (Multi-Agent System; MAS) [3] を用いて歩行者流を発生させる。マルチエージェントシステムとは、複数のエージェントが個別の判断ルールで行動する離散システムである。

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の研究において、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 [2]。この中ではエージェントは図1のように2種類あり、Agent1は画面左①から直進し、Agent2は静止している。そしてAgent1の視野範囲内にAgent2がいる時、Agent1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。Agent1がAgent2を避けたい時に position1 ~ position5 のどこへ向かうかを設定。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パターンを図2に示した。エージェントは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、歩行者流においても基本的なルールといえる。

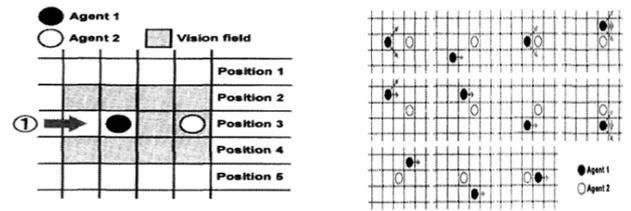


図 1: 障害物回避ルールの一例 図 2: 様々な障害物回避ルール

3 提案手法

3.1 ルール構成

関西大学前の通りの歩行者流を観察すると三つの特徴があげられる。図3のように、対向する歩行者人は間際の所で回避し合っている (赤と青の丸印)。そこで、進む方向に優先順位を付けて空いた空間に進み、対向者とぎりぎりの所で回避しあう石橋らのルールを適用できる。このルールで、人がおのずと列をなして歩くというレーン形成をシミュレーションできる。図4では、知人どうしと思われる集団は横並びの形で歩行している (黄の丸印)。同時に、他の人ともぎりぎりの所で回避し合っている (赤の丸印)。そこで、知人を表す属性エージェントを作ってお互い固まって動くようにして、対向者回避もするルールが必要である。図5を見ると、歩行者 (水色の丸) は交通誘導員 (赤丸) を黄色線の距離で見ると左前方に進んだ。そこで、交通誘導員の影響により、道の片側に歩行者流を整理するルールが必要である。

3.2 基本方針

本研究では対向者の人数が多くなれば障害物回避ルールにより前方の人についていきレーン形成する。さらに、同じ友達属性をもつエージェントは横に連なって歩く「横列歩行」のルールを組み込む。最後に交通誘導員により片方に寄って、他方の進路を開けるというルールを組み込んだ歩行者のシミュレーションを提案する。

3.3 ルールの組み合わせ方

これらのルールを組み合わせたものが図6である。これは通常時は障害物回避ルールが適用されるが、視野の範囲に友人がいると並んで歩行し、交通誘導員がいると左前方に歩くという設定とした。



図 3: 障害物回避ルール

図 4: 横列歩行ルール



図 5: 交通誘導員ルール

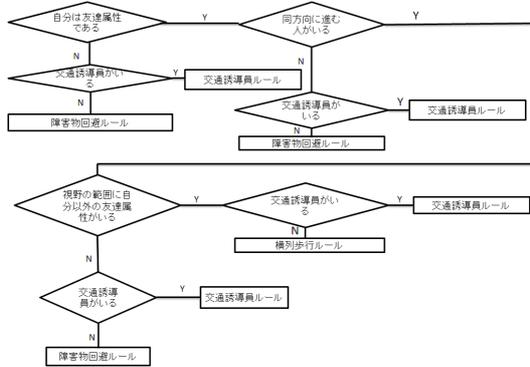


図 6: ルールの組み合わせ

4 実験

シミュレータの開発. 実行環境には構造計画研究所 (株) KK-MAS の artisoc[3] を利用した.

4.1 空間設定

シミュレーションを行う上で、真上から観察し、歩行者エージェントは空間に設定されたマップを動く。本研究では、対象現場として関西大学前の通りを取り上げ、その環境を反映させるために、googlemap[4] の航空写真を背景画像として利用した。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、1 ピクセルと同等の格子状の空間を設定した。また、図 8 の通りの輪郭のピクセルの座標を途切れなく取り、その部分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 7: 航空写真

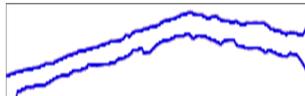


図 8: 境界線

4.2 交通誘導員の効果

最初に図 9(上) は交通誘導員がない時の最初の実行画面である。道全体に歩行者エージェントが散らばっている様子がわかる。図 9(下) は時間が経過した時の実行画面である。緑色丸で囲んだように歩行者エージェントの塊が生じて先へ進めなくなることが起きた。

次に図 10(下) は交通誘導員がいる時の最初の実行画面である。道全体にエージェントが道全体に散らばっている様子がわかる。その下図は時間が経過した時の実行画面である。図 10(下) と図 9(下) と見比べると黒丸で囲ん

だ交通誘導員を境目にエージェントは左方向へ進みレーン形成をして対向者との衝突がなく動き続けた。この時、歩行者エージェントが交通誘導員の影響を受ける距離は、実際の挙動観察により求め、約 7m とした。

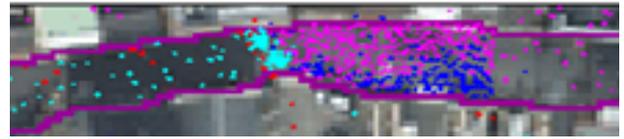
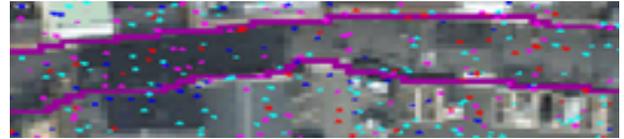


図 9: 交通誘導員がない時



図 10: 交通誘導員がいる時

5 おわりに

本研究では、従来の歩行者流シミュレーションの基本となるレーン形成のルールに加え、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」と、新たな「交通誘導員」の影響を考慮したルールを適用した歩行者シミュレーションを提案した。歩行者どうしの干渉が多くなる状況と、流れを整理する効果とが共存した状況を再現できる効果が得られた。

横並びに歩行の集団の離合集散の挙動再現や、交通誘導員ルールにおける動的な影響範囲の設定方法などが、今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] JOHN VON NEUMANN " Theory of Self-Reproducing Automata "University of Illinois Press, URBANA AND LONDON, 1966
- [2] 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 "日本機械学会論文集. C 74:1985-1992 2008.
- [3] 山影 進 " 人工社会構築指南 (artisoc によるマルチエージェントシミュレーション入門) "2007.
- [4] google マップ : <http://maps.google.com/>