

相対座標系を用いた歩行者エージェントモデルの提案

- 渋谷駅前スクランブル交差点のシミュレーションを通じて -

指導教官 兼田敏之 助教授

岡山 大地

1 研究の背景と目的 歩行者エージェントシミュレーションは、事故解析のみならず、歩行空間デザインへの応用が期待されている。CA モデルから発展した、セル空間モデルによる歩行者エージェントシミュレータとして ASPF が開発された。しかしながら、ASPF ではエージェントの位置表現がセルを単位としているため、歩行者の進行方向が4方向のみと強い制約があり、不自然な挙動が目立った。また、歩行者の歩行速度の個人差を表現していなかった。そこで本研究では、これらの制約を解消するため、新たに相対座標系を導入した歩行者エージェントモデルを提案する。さらに、渋谷駅前スクランブル交差点でのシミュレーションを通じてこのモデルの特徴を示す。

2 相対座標系を導入した歩行者モデルの特徴

本研究で提案するモデルは、ASPF に改良を加えたものである。空間スケールは1セル 40cm 四方で、時間スケールは1ステップ 0.5 秒を表す。新しく実装したエージェントルールとして、(1)歩行方向に関する制約を解消するため、**図1**、**図2**に示すとおり、歩行者各々について、進行方向に応じたセル空間の相対座標系を導入し、その中で ASPF 型の歩行者行動ルール (**図3**) を適用させる。これにより、進行方向の異なる歩行者でも、同一の歩行者行動ルールを適用することが可能になった。(2)また、歩行者の歩行速度には個人差があり、正規分布 (平均速度 1.34m/s, 標準偏差 0.26m/s) に従うことが以前から知られている。その正規分布に従った歩行速度を個々の発生エージェントに与え、直進セル数に補正を加えることで、歩行速度の個人差を表現した。

3 スクランブル交差点におけるシミュレーション

3-1 シミュレーション対象領域 設計したモデルの特徴を確かめるため、渋谷駅前スクランブル交差点をモデル化した。実測調査によれば、交差点の信号周期は約 140 秒である。これをモデルに導入するため、信号確認ルールを実装した。シミュレーションアルゴリズムを **図4** に示す。また、渋谷駅前スクランブル交差点の平日夕方における状況を **図5** に示す。実測では、平日の夕方は交差点上に約 600 人、休日ではそのおよそ2倍の歩行者が存在する。

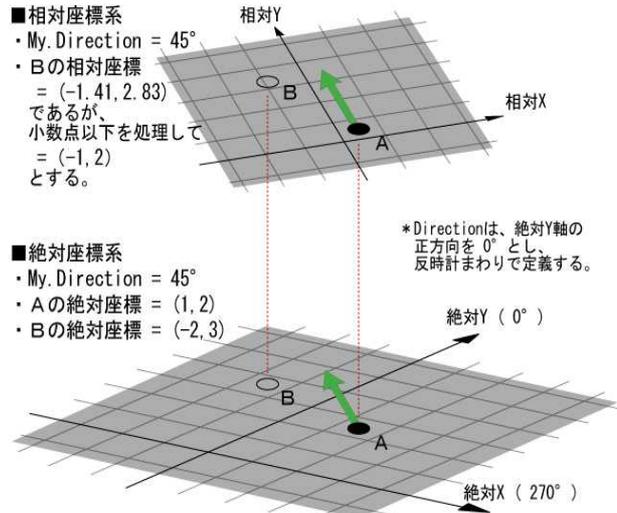


図1 相対座標系の模式的説明

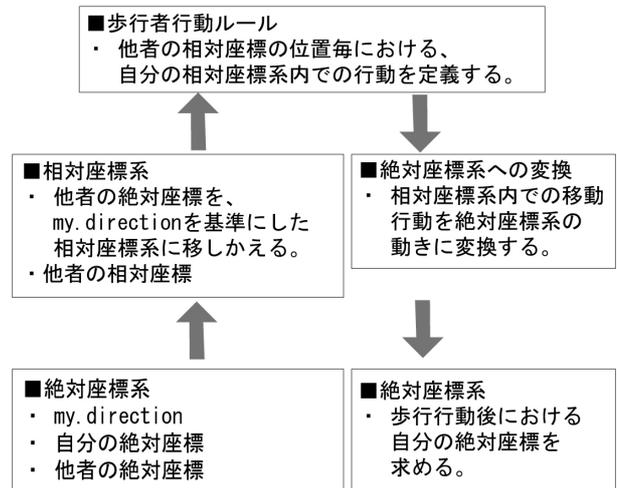


図2 プログラム概要

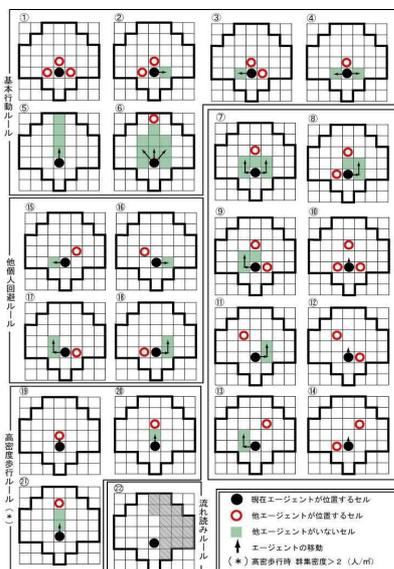


図3 歩行者行動ルール

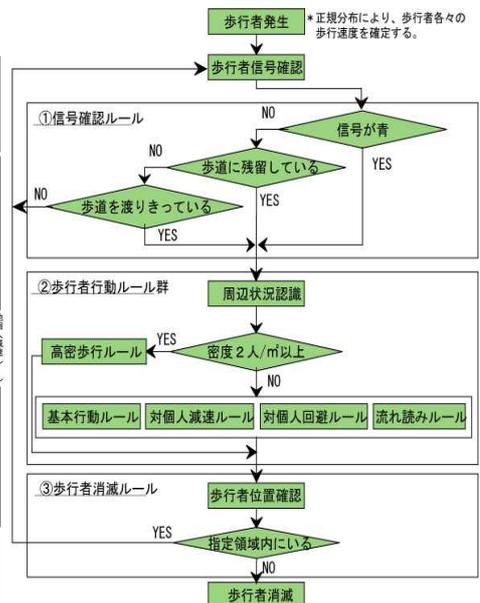


図4 シミュレーションアルゴリズム

3-2 シミュレーション概要 実測による知見に基づき、平日の夕方における状況を基本ケースとする。そのときの歩行者発生率は、全体で約 4.1(人/秒)とする。これを基準発生率と定め、休日夕方の状況を2倍ケースとする。また、イベント時など特別な混雑の状況を想定して、4倍ケースでもシミュレートする。なお、シミュレーションにおいては、モデルの動作確認のほか、スクランブル交差点における群衆密度、残留歩行者の変化についても着目した。密度計測領域を図6に示す。

3-3 シミュレーションの結果・分析 図7は、2倍ケースにおける交差点中心部の群衆流動の様子である。対向する群衆流における、層化現象の発生消滅過程が確認できる。次に、設定ケース別の領域別群集密度の時間変化を示す(図8)。いずれの場合も、中央密度計測領域の内枠において最大群集密度をとる。特に、4倍ケースでは群集密度の危険水準である2.0人/m²を大幅に越える。この場合、群衆流動速度が小さくなるため、歩行者用信号が青から赤に変化した際、交差点上に残留する歩行者(残留歩行者)が極端に多くなる。また、基本ケース、2倍ケースでは、交差点上のどの領域においても群衆密度2.0人/m²を越えることはなかったが、残留歩行者は依然存在した。以上のシミュレーション結果は、実測調査においても同様に観測されている。参考のため、残留歩行者の最大総歩行者数に対するケース別割合を表1に示す。

4 結論 今回提案した歩行者エージェントモデルは、どの方向にも歩行可能であり、歩行者速度の個人差も表現している。シミュレーションの結果により言えることは、(1)多方向流の存在する歩行者エージェントモデルにおいて、層化現象など現実に近い挙動を模倣できた。(2)歩行者速度の個人差を表現したことにより、残留歩行者の割合の試算が可能になった。

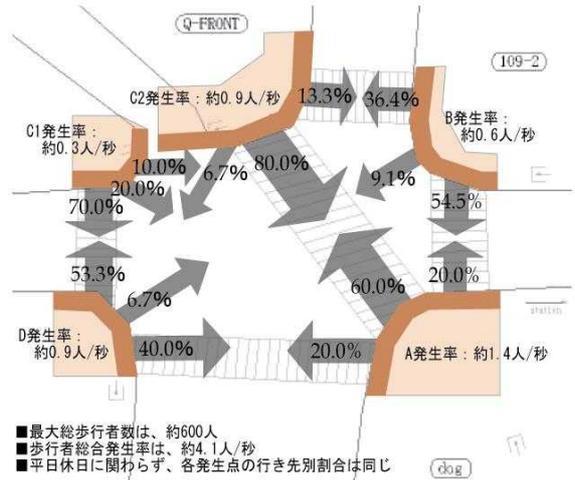


図5 平日夕方における実測結果

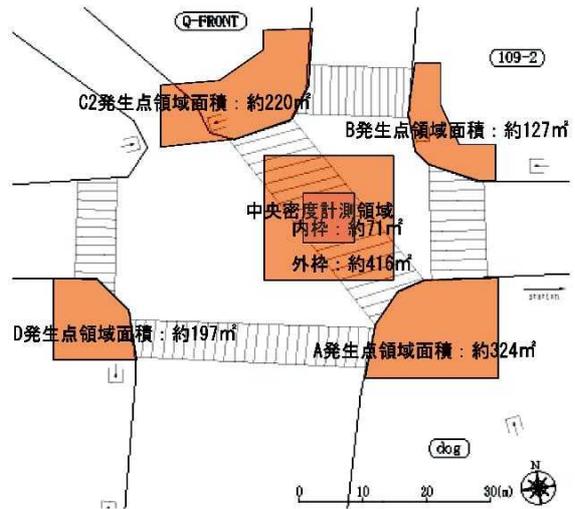


図6 密度計測領域

表1 残留歩行者のケース別割合

	基本ケース	2倍ケース	4倍ケース	平日夕方実測	休日夕方実測
概算残留歩行者数(人)	30	120	550	80	180
概算総歩行者数(人)	580	1250	2250	600	1200
残留歩行者の割合(%)	5.17	9.60	24.4	13.3	15.0

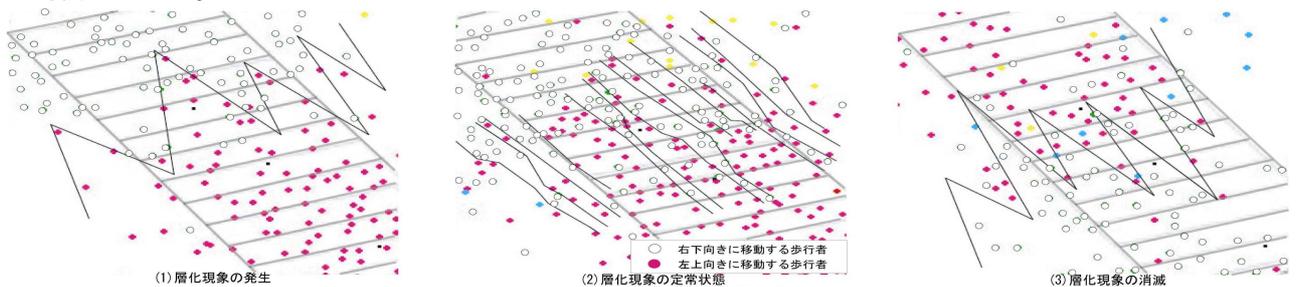


図7 層化現象の時間推移

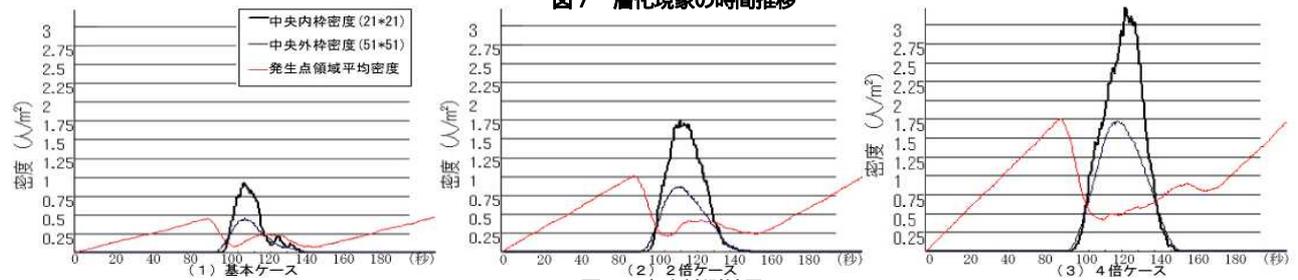


図8 密度計測結果

[参考文献] 1) 建築設計資料集成[人間] 日本建築学会編 2003年 丸善
 2) 鈴木智彦 「エージェントベースシミュレーションを用いた群衆流動マネジメントに関する研究」名古屋工業大学修士論文 2003年
 3) Henderson, L.F., 1971, The statistics of crowd fluids. Nature, 229, 381-383