

セルオートマトン法を用いた駅構内の群集流動シミュレーション

名古屋工業大学 * 佐藤 智敬 SATO Tomonori
01006143 名古屋工業大学 大鏑 史男 OHI Fumio

1. はじめに

鉄道駅のような不特定多数の人が利用する公共施設内の群衆流動をシミュレートしようとする際、利用するそれぞれの人の個性や目的が異なるため、エージェントベースでのシミュレーター構築が有効である。

群集流動に関するシミュレーションモデルとしては、[1][3][5][6]などや、セルオートマトン法を用いたもの[2][4][8]がある。いずれも追従や追い越し、歩行者密度の時間発展などの基本的な動きをできる限り実際の現象に自然な形で合致するように再現しようとしている。

本稿では、名古屋にある駅構内の集札を含めたコンコース全域における歩行者の流動をエージェントベースで再現しようとしたものであり、二次元セルオートマトン法を用いたシミュレーションモデルの構築を目的とする。

2. モデル

2.1 セルオートマトン法

二次元セルオートマトン法は離散的な手法であり、二次元平面をセルに分割し、各セルに人が存在する・しないの状態を時間発展によって推移させることで流動を再現しようとするものである。従来のモデル[2][4][8]では1セルに1人またはそれ以上が存在できるとされ、また移動可能セルが周囲8セル程度とされた。

我々は、歩行者の微妙な動きを再現させるために1セルの大きさを従来のものよりも小さい10cm×10cmと想定し、歩行者に与えられる情報と移動先の選択肢に多様性を持たせた。

2.2 セルの持つ状態

対象とする駅コンコースをセルに区切り、それぞれに以下のような状態を設定した。

- (1) 通路や階段など歩行者が移動可能な状態
- (2) 壁など移動不可能な状態
- (3) 歩行者がいる状態

歩行者がいる場合、セルは歩行速度や進行方向といった歩行者固有の情報も保有する。

2.3 歩行者の領域

重心となるセルを中心とする半径25cm以内のセルすべてを歩行者がいる状態とする。歩行者の位置は、重心セルの位置で表す。

2.4 歩行者の移動可能範囲

歩行者は、重心セルから半径50cm以内を移動可能範囲とし、この中から移動先セルを1つ選ぶ。

2.5 歩行者の速度

歩行者は個別の歩行速度を持つ。歩行速度の違いは、次の移動までにかかるステップ数によって表す。歩行速度は、移動可能範囲を考慮して[7]をもとに算出し、最も速い人で最高速度166m/min、最も遅い人で最高速度83m/minとなるように設定した。1ステップは実時間の0.1秒に対応するとし、歩行速度は歩行者の発生時にランダムで与えた。

2.6 移動先セルの決定

歩行者は、以下の情報をもとにして、次の移動先セルを決定する。

- (1) 目的地の位置
- (2) 進行方向
- (3) 周囲の歩行者の状態（混雑の度合い）
- (4) 移動不可能セルの位置

ここで決定した移動先は、確実に移動できる場所ではなく、移動したい場所というニュアンスを持つ。他の歩行者の動きによって決めた場所に移動できない場合もある。この時にはもといた場所に留まり、次のステップで再び移動先を決定し移動を試みる。このようにして、混雑時に速度を落として移動する人の動きの再現を試みた。

2.7 目的地の決定方法

目的地は、複数のセルで構成されており、歩行者は目的地の中から、いくつかのセルを予めランダムで選んでおき、その中で移動する際に現在の位置から一番近いセルを目的地セルとする。

また、このモデルでは、大きな障害物を避けることができないので、最終的な目的地の前に、いくつかの中間目的地を設定している。

2.8 集札口での目的地の決定方法

集札口は目的地であり、各集札口は1つのセルで表す。歩行者の目的地が集札口るときには、現在の位置から各集札口までの距離の他に、以下の情報も考慮する。

- (1) 各集札口の行列の最後尾から集札口までの距離
- (2) 現在地から各行列の最後尾の人までの距離
- (3) 各集札口前で行列に並んでいる人数
- (4) これから行列に並ぼうとしている人数

(5) 各集札口から集札口通過後の目的地までの距離

これらの情報からそれぞれの集札口に到着するまでの時間を予測し、その予測時間が最も短い集札口を目的地セルとする。

2.9 歩行者の移動

歩行者を実測データをもとに発生させ、各歩行者は上記のような情報を基にして移動先セルを決定し移動する。

3. 実測データ

データの計測は、平成 16 年 7 月 20、21、22 日の 3 日間にわたり、8 時 15 分からと 17 時 15 分からのそれぞれにつき 45 分間行い、コンコースに出入りする人数と、それぞれの人の目的地を調べた。

計測データはシミュレーションモデルに利用できるように一部を加工し、発生率と目的地の設定に用いた。

4. 結果

シミュレーションの結果の一部を図 1 と図 2 に示す。

5. 考察

通常の動きや、集札口付近での動きに関しては、ある程度再現されたといえる。

集札口での動きに関しては、歩行者が増加すると、行列のできかたが不自然になるため、集札口付近での歩行者の動きについて、目的地セル選択方法などの改善が必要であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、従来のセルオートマトン法を用い、歩行者の細かい動きを考慮した駅コンコース内における群衆流動シミュレーターの構築を目的とした。

今後は、目的地の決定方法を改善し、中間目的地等の設定をしなくても、歩行者が視界内の状況から動的に目的地を設定していくようなモデルを構築したい。特に集札口近傍での自然な動きを再現する必要がある。また、計算量の軽減についても考える必要がある。

本研究では、駅構内のコンコース内での群衆流動を対象としたが、コンコース内への群衆流入はさらに下層の階のプラットフォームからのものである。このプラットフォームでの旅客者の動きも含めた総合的なシミュレーターの作成も目的としたい。さらにデータマッチング等によるシミュレーターの評価も残された課題である。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C)(2) (課題番号 15510125) のもとで行われた。

5. 参考文献

- [1] 青木俊幸、「駅の旅客流動」bit, Vol.31, No9, 1999.
- [2] 伊藤悠太郎, 「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」(2004)第

- 4回 KK-MAS コンペティションアブストラクト. [3] 金森寛, 「効用を考慮した人間の歩行シミュレーション」日本 OR 学会 2003 年度秋季研究発表会アブストラクト集, pp.34-35. [4] 中村賀英, 稲垣康善, 「鉄道駅構内における群衆流動に関する基礎的研究について」, 名古屋鉄道株式会社「研究報告」(1998)No.34. [5] 大野将春, 「ペア歩行を考慮した歩行モデルとシミュレーション」日本 OR 学会 2004 年度秋季研究発表会アブストラクト集, pp.88-89. [6] 岡田公孝, 「個人行動をベースにした歩行モデルと歩行流シミュレーション」日本 OR 学会 2003 年度春季研究発表会アブストラクト集, pp.102-103. [7] 佐藤方彦, 「人間工学基準数値数式便覧」, 技報堂出版, (1999)pp.285-286. [8] A.Schadschneider, "Cellular Automaton Approach to Pedestrian Dynamics - Theory" Pedestrian and Evacuation Dynamics, Springer, (2002)pp.75-85.

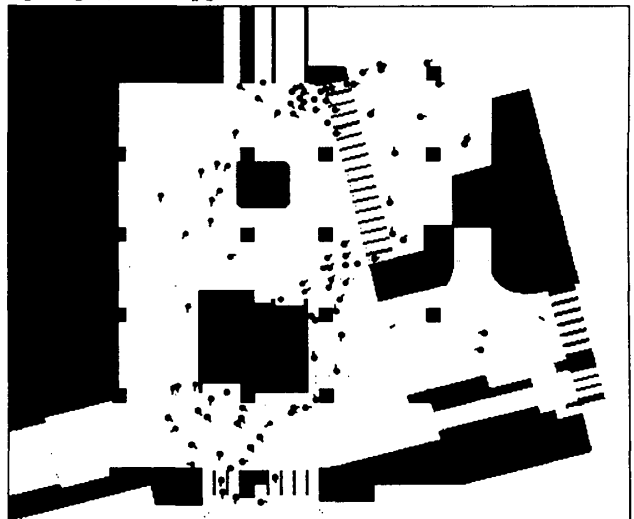


図 1 実行結果 1

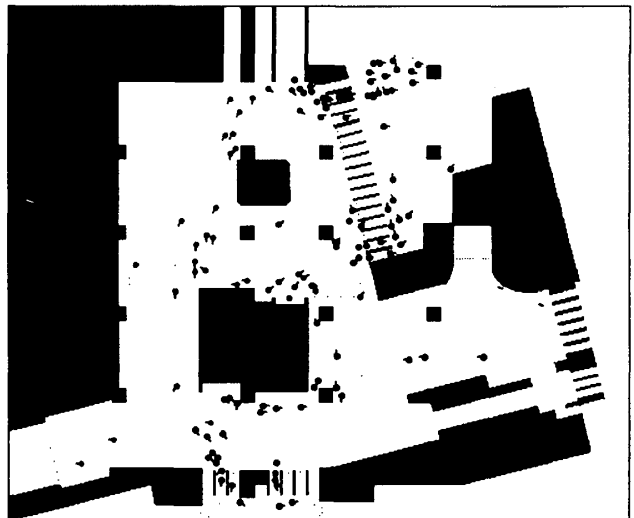


図 2 実行結果 2