

マルチエージェントによる鉄道駅構内の乗客流動シミュレーション

日大生産工 (院) ○手嶋良樹 日大生産工 坂井卓爾

1. 緒言

現在、都市部への人口の一極集中が高まる中で、都市及びその中心となる鉄道駅においては、歩行者が高密度に集中する状態が日常化している。そこで、空間的制約及び財政的制約下において、鉄道サービスを効果的かつ効率的に向上させる必要性があり、その中の施策の一つとして、乗り換え駅の整備が着目されている。しかしながら、未だに鉄道駅構内における歩行者データは不十分であり、このために歩行者の行動が反映されないまま駅設備が実施されており、それらは十分な効果を上げていないのが現状である¹⁾。

歩行者の行動に関する研究は、心理学や交通工学、建築工学などを中心に行われているが、その多くは一人一人の歩行者の個人情報を見捨てた、マクロ的な視点での研究である。そのため、歩行者同士の衝突や回避などのミクロ的な視点から見た挙動についてはあまり考慮されてこなかった。それらに対して、本研究ではマルチエージェントを用いて、できるだけ少ないパラメータで歩行者、駅構内をエージェントとしてモデル構築し、シミュレーション解析によってミクロ的に駅構内での乗客流動を表現し、評価検討を行うことにより今後の駅整備に有効な手段を見いだすことを目的とする。

2. エージェント

2.1 エージェント概念

エージェント指向について図1に示す。エージェントは人工生命の研究分野で用いられている表現であり、現在においても研究者によりその解釈は異なっている。多くの定義の中で共通しているのは「自律性を持った行動主

体」という点である。本研究においてエージェントは集団内における一つの人工生命体の中で、次のように定義する。「エージェントは置かれた環境(領域)に対して知識として蓄えているルールに従い自律的に行動を選択し実行する」²⁾。つまり、提案する概念を用いることにより、個々の歩行者、駅構内といった要素に異なるルールを与えられ、それらを取り巻く環境に応じて蓄えられた知識を基に行動を自律的に決定する。

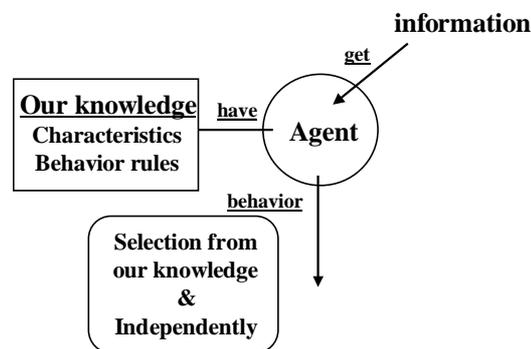


fig.1 Agent

2.2 マルチエージェント

マルチエージェントについては図2に示す。マルチエージェントとは「同じ領域内にエージェントが複数存在する場合、各エージェントはお互いに独立に存在し、全エージェントの行動を決定するグローバルなルールは存在しない。したがって結果として得られる全体的な挙動は創発的となる」。マルチエージェントシステムでは複数のエージェントを用いてシステムを構築し、エージェント同士を自律的に振舞わせ、個々のエージェントに解を持たせ、そのときに生じる全体の問題の解析を行う。マルチエージェントの応用分野は交通流³⁾、デジタルシティ⁴⁾というように多岐にわたっている。

Passenger's flow simulation in station by multiagent

Yoshiki TEJIMA, Takuji SAKAI

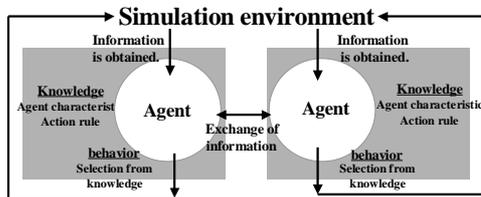


fig.2 Multiagent System

3. シミュレーションモデル

3. 1 歩行者モデル

本研究ではマルチエージェントを用いて、駅構内における乗客流動を表現するために歩行者モデルを構築した。この歩行者モデルは、歩行者同士が行き交う中での最低条件である、衝突回避、追従を行える歩行流を模擬するため、まず始めに歩行者を円と考えモデルを構築した⁵⁾。

3. 1. 1 歩行者

人体をモデル化する際、多くの研究では人体を真上から見て、三角形で表現したり楕円形や円などで表現されている。表1に男性と女性のそれぞれの肩幅、体の厚みを示す。これらのデータから調べてみても人間の肩幅と厚みは同一ではなく、本来ならば楕円や円弧を合成したものなどで表現するのが適当と思われる。しかし、そうすることによりモデルに組み込むルール定義が非常に複雑になってしまう。本研究ではモデルの単純化を目指していることと、計算時の便宜上の理由から、歩行者を円で与え人体円と呼ぶことにする。

ここで、本研究では人体円の大きさを表1の男性の平均値である直径0.45(m)としてモデル構築を行った⁶⁾。この歩行者モデルは個々に知識を持っており、歩行者や自動改札機などの障害物を避け最短距離を進むものとした。

図3に今回構築した右向きの歩行者モデルを示す。

table 1 Body thickness, Sholder length

Age	Man		Woman	
	Sholder length (m)	Body thickness (m)	Sholder length (m)	Body thickness (m)
20-24	0.45	0.227	0.4	0.223
25-29	0.454	0.229	0.399	0.222
30-39	0.453	0.234	0.402	0.226
40-49	0.448	0.237	0.407	0.236
50-59	0.44	0.238	0.406	0.244

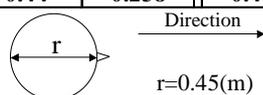


fig.3 Right Pedestrian

3. 1. 2 観測によるデータ測定

今回、歩行者モデルをより実際の状況に近づけるために、平均通過速度の観測を行った。以下にデータの入手方法とデータの説明について示す。

3. 1. 3 データの入手方法

京成大久保駅下り線の自動改札機付近をビデオカメラを用いて定点観測を行った。測定日時は2004年の7月13日の午前8時30分頃から午前9時30分頃までの1時間程である。ビデオカメラでの撮影による歩行者への心理的要因を考慮して、ビデオカメラは歩行者から発見しにくい位置に配置した。ここで用いているデータは、主にそのビデオカメラで撮影した映像から測定した数値である。

3. 1. 4 データの説明

3.1.4.1 自動改札機通過人数

列車毎に自動改札機を使用した歩行者を、図6で示す歩行経路ごとに通過人数を測定した。ただし、RouteDを通過する歩行者は自動改札機を使用せず駅員改札を通過するものであるため、今回は観測を見送った。

3.1.4.2 自動改札機平均通過時間

列車毎の自動改札機通過人数の1割にあたる男性歩行者をランダムに選び、その人が自動改札機を通過する時間を測定した。

3.1.4.3 自動改札機平均通過速度

自動改札機の全長と上記の自動改札機通過時間を用いて、毎列車ごとの自動改札機を通過する平均通過速度を算出した。

table 2 Experimental Result

Train Schedule	Route A	Route B	Route C	Automatic ticket gate Meet Passage Time (s)	Automatic ticket gate Meet Passage Velocity (m/s)
8:29 (Local 4 Vehicles)	97	93	90	1.23	1.4
8:33 (Rapid-transit 6 Vehicle)	145	142	129	1.4	1.28
8:39 (Local 6 Vehicle)	79	81	79	1.42	1.24
8:50 (Local 4 Vehicles)	98	93	95	1.3	1.34
8:56 (Rapid-transit 6 Vehicles)	39	31	45	1.11	1.6
8:59 (Local 6 Vehicles)	14	12	8	1.2	1.4
9:10 (Local 6 Vehicles)	44	46	47	1.26	1.4
9:22 (Local 6 Vehicles)	35	32	27	1.09	1.56

3. 2 駅構内モデル

歩行者モデルと同様に駅構内もモデルを構築した。今回の駅構内モデルでは自動改札機とプラットホームを配置し、京成大久保駅を模擬した。京成大久保駅は我が大学からの最寄り駅でもあり1日利用乗客数は27000人⁷⁾を超える。駅構成は対面式の2面2線のため、下りの自動改札機が1個所しかなく、朝の一部の時間帯は多くの学生で集中的に混雑する。

図4に京成大久保駅の概観を示す。

3. 2. 1 プラットホーム、自動改札機

今回、本研究では京成大久保駅をモデル化するにあたり、最も混雑が予想される下りの駅構内とした。なお駅構内を表現するため実際の寸法を測定しモデルに反映させた。自動改札機の全長、横幅はそれぞれ1.67(m)、0.17(m)であり、歩行者が通過する通路の横幅は0.55(m)である。図5、6に自動改札機とプラットホームの概要を示す。



fig.4 Keisei Okubo Station

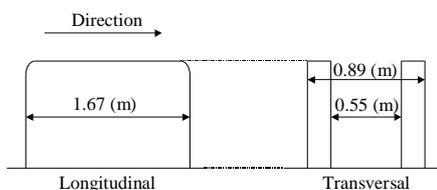


fig.5 Automatic ticket gate Model

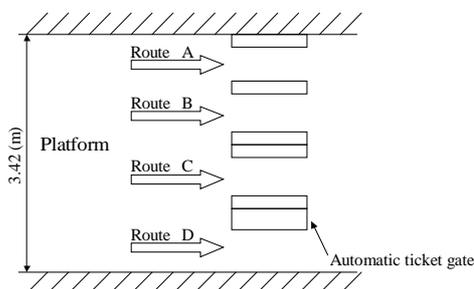


fig.6 Station Model

4. 乗客流動シミュレーション

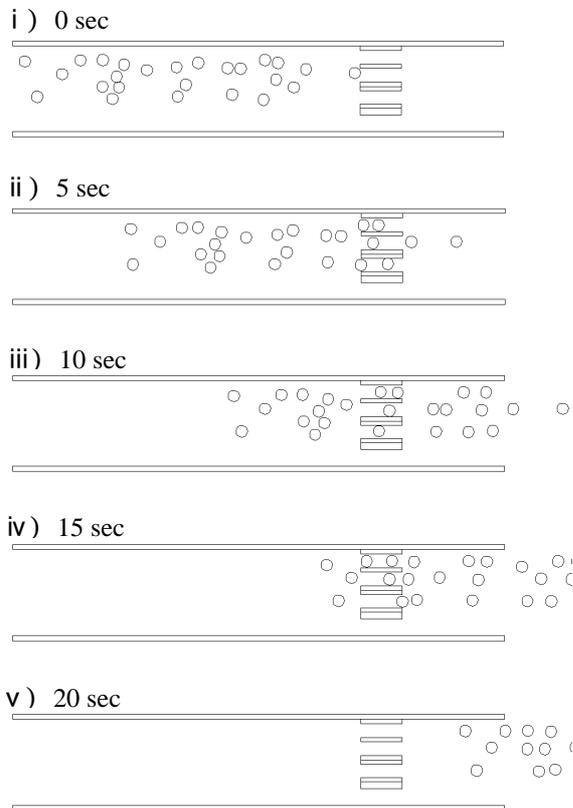
本研究で構築した歩行者モデル、プラットホームモデル、自動改札機モデルを用いてシミュレーションを行った。歩行者の初期状態としてプラットホーム上にランダムに配置し、乗客流動を表現した。今回のモデルでは、それぞれ自分に最も近い自動改札機に向かうことで最短経路を進むものとし、歩行者は個々に歩行速度を持っているため、前方の歩行者の歩行速度が遅い場合は歩行経路を変更して進む。また自動改札機の進入時に、歩行者同士の衝突が予想される場合は、どちらか片方の歩行者が一旦停止し、再び歩行経路を選択し進むものとした。

4. 1 シミュレーション条件

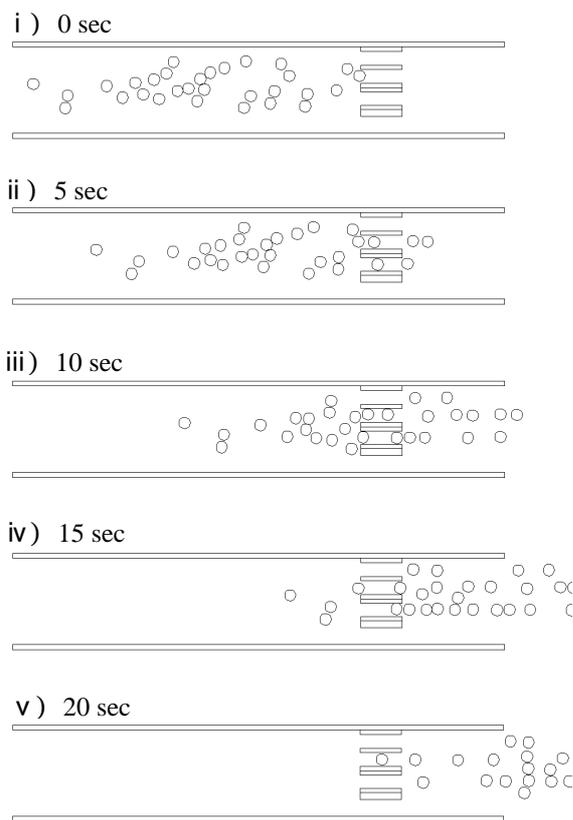
シミュレーション条件を図7に示す。シミュレーション条件として、今回は京成大久保駅の下り線を模擬した。模擬するにあたりプラットホーム、自動改札機の寸法を測りモデルとして構築した。今回は初期段階であると同時に、自動改札機が1つであるため歩行者数を25人、30人とランダムにプラットホームに配置し、全ての歩行者を右向きに歩行させた。歩行速度はプラットホーム時に1.3~1.6(m)⁸⁾とし、自動改札機通過時では観測結果より1.4(m)とした。その他のパラメータは図3、5、6に示した通りである。

4. 2 シミュレーション結果

今回構築した歩行者モデルと駅構内モデルを用いて乗客流動を表現し、シミュレーションを行った。その結果、ある程度の人数ではお互いに歩行者を認識し、周りの歩行者との歩行速度の比較や、スペースの有無により追従や追い越しが可能なシミュレーションを行うことができた。この行動は歩行者が個々に持っている知識を基に自律的に状況を判断して行動していることが分かる。また、自動改札機の進入には上記の判断と自動改札機の回避はもちろんだが、最短経路を進むにあたり歩行者同士の譲り合いが表現できている。図7にシミュレーション結果を示す。図7はプラットホームに25人、30人の歩行者をランダムに配置した初期状態から、5秒ごとに歩行者の歩行軌跡を描画したものである。



(a) Number of People 25



(b) Number of People 30

fig.7 Pedestrian Trajectory

5. 結論

本論文では基本的な乗客流動を歩行者エージェント、駅構内エージェントを用いて表現した。歩行者エージェントには人体円、歩行速度などの歩行特性、また追従、追い越し、回避などの行動ルール、駅構内エージェントには実際のプラットフォームと自動改札機の寸法を用いて構築し、それぞれの通過する歩行速度を組み込み乗客流動を表現することができた。

今後は歩行者の人数を増やし、歩行者密度や自動改札機の入出りに対しての加速や減速を行え、自動改札機におけるエラーの発生、または駅員改札などの新たなルールを構築して評価する必要がある。また、自動改札機を介して反対側からくる歩行者の状況や定期券、切符などの自動改札機の処理速度の関係なども考慮しなければならない。

参考文献

- 1) 中山泰成他, 鉄道駅における歩行者流動データの取得に関する研究, 日本機械学会第10回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集2003, pp421-424.
- 2) 西恭一他, マルチエージェントによる構造解析の試み, 日本機械学会講演論文集, No.99-1, pp.79-80.
- 3) 成田秋洋, 車両ドライバ特性を考慮した交通シミュレータ, 2003年度日本大学大学院生産工学研究科機械工学専攻修士論文
- 4) 石田亨他, デジタルシティにおける危機管理シミュレーション, システム制御情報学会誌, Vol.13, No.13, pp.1-8, (2002).
- 5) 岡田公考, 個人行動をベースにした歩行モデルと歩行流動シミュレーション, 2003年度東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻修士論文
- 6) 和田剛, スクランブル交差点における歩行挙動モデルとシミュレーション, 2000年度東京工業大学大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻修士論文
- 7) 都市交當年報
- 8) 毛利正光他, 歩行路における歩行者挙動に関する研究, 土木学会論文報告集, Vol.268, pp.99-108, (1977).