

マルチエージェントを用いた 乗客の最適車内立ち位置に関する考察

富山 侑子[†]宇都宮 陽一[†]奥田 隆史[‡]愛知県立大学 大学院 情報科学研究科[†] 愛知県立大学 情報科学部 情報科学科[‡]

1 はじめに

公共交通機関の車内において発生する混雑は大きな社会問題となっている [1]. 特に、鉄道網が整備されている都市部は、問題解決の必要性が高まっている. その解決策は、駅舎、車両に変更を加えるといったことであり、ハード面での対策が多くあげられる. しかし、これらの対策を講じるには、新たな経済的負担が必要となる.

高齢化社会の進む我が国にとって、新たな経済的負担のないような新しい対策を探さなければならない [2]. 新しい対策として、われわれの研究グループが着目するのは、乗客の行動を変化させることであり、これまでに電車内の位置によって偏りのある混雑を解消するための乗客の行動を明らかにした [3]. この車内位置によって偏りがある混雑を疑似混雑と呼び、疑似混雑を解消する行動は車内中央まで乗客が移動することで示された.

この疑似混雑解消行動を、多くの乗客は経験上知っているにもかかわらず、必ずしも疑似混雑解消行動をとらない. その理由は、降車駅までの所要時間が短い場合や降車にかかる時間を短縮したい場合に、乗降口付近に留まることの方が乗客にとって利便性が高いからである. 一方で、疑似混雑解消行動をとる乗客は、パーソナルスペースが侵害されていないことを重視している傾向がある [4]. したがって、乗客は乗降口から立ち位置までの距離、ならびにパーソナルスペースが侵害されることでストレスを感じるようになる. つまり乗客はストレスがかからないような行動をしようとしているとも考えられる.

本研究では、各乗客のストレスを乗降口から立ち位置までの距離とパーソナルスペースの侵害度合によって表し、全乗客のストレスの総和が最小となる乗客の最適な立ち位置を明らかにする. そのために、乗客をエージェントとして捉え、疑似混雑時の乗客の行動をエージェントベースドモデルとして表現し、シミュレーションをおこなう.

以下、第2節で電車において発生する混雑について、第3節では、乗客が乗車してからの過程と乗客の感じるストレスについて述べ、第4節ではモデルの想定環境とエージェントの行動、ストレスの測定方法を定義する. 第5節では数値例を示し、第6節で本研究をまとめる.

2 車内混雑：疑似混雑

第1節で述べた疑似混雑について説明する. 車内の面積あたりの乗客数を乗客密度とすると、疑似混雑時の車内の乗客密度は場所によって異なる. 例えば、乗降口付近では高くなっている一方で、座席や通路付近では低くなっている (図1参照).

疑似混雑は乗客が故意に引き起こしているのではない. 疑似混雑が生じる原因は (1) 乗客が乗降の利便性をよくするために乗降口付近に留まるため、(2) 各乗客は (1) のように行動することが他の乗客に迷惑をかけているこ

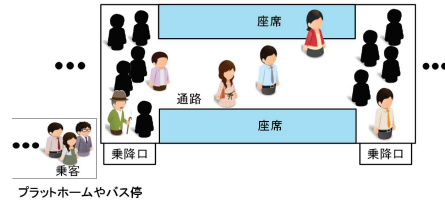


図1 車内の混雑：疑似混雑

とに気がついていないための2点があげられる [5]. この疑似混雑により、乗客の乗降に時間を要したり、乗降車できない乗客が現れたりする.

3 乗車過程とストレス

乗客の乗車過程は、乗客が乗車し座席・通路に到着するまでの過程である [6]. 乗客は乗降口から乗車し、座席・立ち位置選択をおこない、移動する.

一般的に、電車内では空席があると、乗客は着席する. 空席が無いと立ち位置を選択することが多い [5]. しかし、乗車時間を考慮するためや降車にかかる時間の短縮のために、空席があっても立ち位置を選択するということがある. 乗車時間とは、乗車駅から降車駅に到着するまでにかかる時間のことであり、つまり、座席や立ち位置の選択には、乗車時間が関わっている. また、立ち位置は、他の乗客との距離であるパーソナルスペース [4] を保つために逐次変更することになる.

乗客は、乗車時間や降車にかかる時間の短縮を重視するならば、乗降口から立ち位置までの移動距離をストレスと感じ、一方、乗降口付近の混雑時にパーソナルスペースを確保することを重視するならば、パーソナルスペースが侵害されていることをストレスと感じる. 本研究でのストレスの定義は、移動距離とパーソナルスペース侵害の和とする. 移動距離とは、乗降口から立ち位置までの距離とし、パーソナルスペース侵害は周囲の乗客との距離とする. それぞれの計測方法は第4.2節で述べる.

4 ABM：エージェントベースモデリング

第3節で説明した乗降車過程をABMで表現する. 以下、第4.1節で想定環境、第4.2節でエージェントの行動とストレス測定方法を定義する.

4.1 想定環境

今回は名古屋市営地下鉄の車両 (JR 東日本山手線などと同様) の一部を想定する (図2参照). 車両は、乗降口が1つとする. 乗降口の左右に座席・通路部分があり、左右対称の構成である. 座席は1列に7席あり、2列ある座席列の間に通路がある. 車両内の座席を1セルとし、縦軸をJ列、横軸をI行とすると、1列目とJ列目に座席列がある. その他の列は通路部分である. 乗降口付近の1列目、J列目も通路となる. 以下、図2の斜線部分を乗降口付近、その他の部分を座席・通路部分と呼ぶ.

エージェントがもつ属性についてそれぞれ説明する. エージェントの属性

エージェントは属性：乗車時間、視野、パーソナルスペースの3種類を持つ. それぞれの属性によって行動が設定される. 以下にそれぞれについて説明する.

- 乗車時間：乗車駅から降車駅までにかかる所要時間
- 視野：他のエージェントを認識する範囲

Apply Multi-Agent-Simulation to Optimize Passengers' Positioning on Train

[†]Yuko TOMIYAMA, Yoichi UTSUNOMIYA

[‡]Takashi OKUDA

[†]Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

[‡]Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

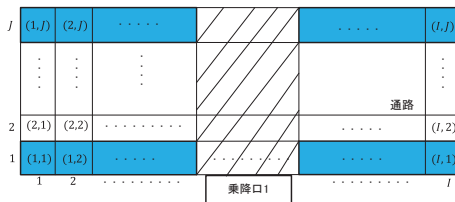


図2 車両環境モデル

- パーソナルスペース：周囲に存在しても良いエージェントの数

なお、パーソナルスペースにおける周囲とは、エージェントのいる位置から1セル分の範囲のことである。また、パーソナルスペースは乗降口付近と座席・通路部分で値を変更する。

4.2 エージェントの行動とストレス測定方法

ここでは、エージェントの行動をストレスの測定方法について述べる。

エージェントの行動

エージェントの行動は、①乗車、②座席・立ち位置選択、③移動の3種類の状況がある。

①乗車

エージェントはあらかじめ到着していた場所から最も近い乗降口から乗車する。待ち行列があれば、その行列に並ぶ。エージェントは一つの乗降口から同時に2人の乗客が乗り込むこととする。エージェントは空きセルがあれば、前のエージェントに続いて乗車する。

②座席・立ち位置選択

エージェントは乗車時間を確認する。乗車時間から乗降口付近、座席・通路部分へ向かうかを決定する。

③移動

エージェントは一律のスピードで移動する。乗降口付近で立ち止まるエージェントは、パーソナルスペースを保つ立ち位置を選択する。パーソナルスペースを確保できないときは、空きセルを探して移動する。座席・通路周辺に向かうエージェントは他のエージェントと衝突しないように空きセルを探し移動する。空きセルが無い場合は、その位置で立ち止まる。乗降口付近から座席・通路部分に到着すると、視野の中で空席を探し、着席する。空席が無ければ、通路を進み、空席を探す。座席が満席になると、パーソナルスペースを保つ立ち位置を選択する。

ストレス計測方法

第3節で定義した移動距離とパーソナルスペース侵害の計測方法について述べる。図3は、エージェントが乗車後の車内の一部を表している。

移動距離 エージェントが乗車してから、立ち位置に到着するまでの移動したセル数の合計を求める。

パーソナルスペース侵害 周囲のエージェントの位置によって重み付けし、その重みの平均二乗和を求める。周囲は、エージェントの属性のパーソナルスペースと同様の範囲である。重みは X 座標もしくは、 Y 座標が等しい周囲エージェント (図3青エージェント参照) は、 $3/2$ とし、それ以外 (図3緑エージェント参照) を $\sqrt{5}/2$ とした。

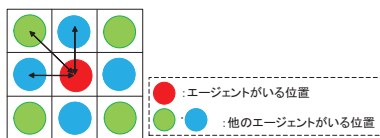


図3 パーソナルスペースの計測方法

5 数値例

第4節で示した車両の想定環境とエージェントの行動のモデリングをふまえ、シミュレーションをおこなう。な

お、シミュレーションはマルチエージェントシミュレータ artisoc[7] を利用する。初期状態は、乗車している乗客はいないとする。全座席数は28席(7席が4列)、立ち位置数は67とする。エージェントの属性は以下のように設定する。視野は7段階の1から7とし、視野は1様な確率で決定される。パーソナルスペースは2段階とし、パーソナルスペースは、乗降口付近では5、通路部分では3とする。乗車時間は5段階の1から5とし、1様な確率で決定される場合 (tr) と全員が1(t1), 3(t3), 5(t5) の場合のシミュレーションを30回シミュレーションをおこなう。乗車可能時間の30stepが経過したときの、一人当たりのエージェントの移動距離、パーソナルスペース侵害、ストレスの平均を計測する。シミュレーション結果を図4に示す。混雑率 tr, t1, t3, t5 は、0.43, 0.34, 0.42, 0.56 である。

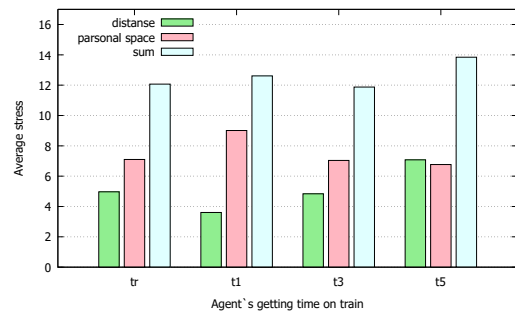


図4 平均ストレス

図4から、全乗客が、乗車時間3のときのストレスが最小であるということが確認された。これは、乗客が乗降口付近と座席・通路部分を均等に選択することになり、乗客の車内での偏りが少ないためだと考察される。

6 おわりに

本研究では、電車内における乗客の最適車内立ち位置を明らかにするために、乗客をエージェントとして捉え、電車内での乗降過程をABMで表現した。シミュレーションにより、疑似混雑時の全乗客のストレスは、乗客が車内に偏りが少なく存在することで最小となることが明らかになった。各乗客のストレスが最小でも疑似混雑が生じること、他に優先する事柄が乗客にあるという知見が得られた。

今後の課題は、絶対に着席がしたい乗客や乗降口付近に必ず立ち止まっていたい乗客にとって、必ずしも移動距離、パーソナルスペース侵害はストレスではない。着席や立ち位置へのモチベーションも属性として加えシミュレーションをおこなう。これにより経済的負担が新たに生じないような乗り方を考えていきたい。また、乗車時間を増やし、乗降するエージェントも加えシミュレーションをおこなうことである。この研究は、名古屋市交通局との学生連携事業からの費用を使用している。

参考文献

- [1] “鉄道会社も頭を抱える異常な混雑に秘策はある”, 週刊東洋経済, pp.40-47, 2015年11月28日号.
- [2] ロバート・アクセルロッド, 『対立と協調の科学~エージェント・ベース・モデルによる複雑系の解明~』, ダイアモンド社, 2003.
- [3] 富山侑子, 宇都宮陽一, 奥田隆史, “公共交通システムにおける全体最適な座席利用促進のための乗車時間最小化戦略”, 情報処理学会第78回全国大会, 1M-06, 慶応大学, 2016/3/10.
- [4] 渋谷昌三, 『人と人との快適距離 パーソナルスペースとは何か』, NHK ブックス, 1990.
- [5] 谷川一巳, 『こんなに違う通勤電車~関東, 関西, 全国, そして海外の通勤事情~』, 交通新聞社, 2014.
- [6] 藤田陽子, “電車内における人の乗降立ち位置モデル”, オペレーションズ・リサーチ:経営の科学, Vol. 48, No. 1, pp 48-49, 2003.
- [7] (株)構造計画研究所 <http://www.kke.co.jp/>