

# 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

富山 侑子<sup>†</sup>

宇都宮 陽一<sup>‡</sup>

奥田 隆史<sup>†</sup>

愛知県立大学 情報科学部 情報科学科<sup>†</sup> 愛知県立大学 大学院 情報科学研究科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

電車やバスなどの公共交通システムにおける、車両や車内での混雑は大きな社会問題になっている [1]。特に、公共交通システムが整備されている都市部で問題解決の必要性が高まっており、様々な問題解決策が実施されている。しかしながら、これまでのような駅舎、車両に変更を加えるなどのハード面での問題解決策では、新たな経済的、公的負担が必要となる可能性があり、少子高齢化の進む我が国にとって公的資源の再配分という新たな問題が発生する。

そこで本研究では、新たな経済的負担や公的資源の再配分という問題を生じさせないような持続可能なソフト面でのアプローチとして、「各乗客の個々の負担にならないような自律的行動が、全体に対しては協調行動として機能貢献する」という行動を考察する。いわば ICT 利用を前提とするような 21 世紀の行動マナー、リソース共有に重要な「自分だけが」ではなく「自分も、みんなも」という行動の考察である。これらはコモンズ（共有資源）が含意するところの、分かち合うことでより豊かになるという行動の考察である [5][6]。

乗客の行動を考察するために、まず乗客をエージェントと捉え、エージェントの乗車・着席過程をエージェントベースモデリング (ABM) として表現する [2]。次に、シミュレーションにより考察する。以下、第 2 節では今回想定する電車内での混雑について説明し、第 3 節で公共交通システムにおける、乗客が乗車し、起立または着席する過程を説明する。第 4 節では第 3 節の乗車・着席過程を ABM で想定環境、エージェントの行動を定義する。第 5 節では数値例を示し、最後に第 6 節で本研究をまとめる。

## 2 車内の混雑：疑似混雑

公共交通システムを利用する際に、混雑率 [3] が 150% 以下にも関わらず混雑しているように見える現象が発生する。以後、この現象を本稿では、疑似混雑と呼ぶ。車内の面積あたりの乗客数を乗客密集度とすると、疑似混雑時の車内の乗客密集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)。

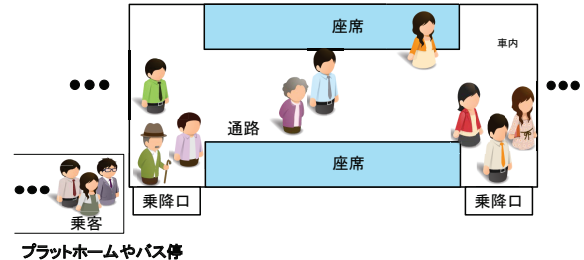


図 1 乗車・着席過程と疑似混雑

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とに気がついていないための 2 点あげられる [4]。この疑似混雑により、乗客の乗降に時間を要したり、乗降できない乗客が現れたりする。

疑似混雑を緩和するためには、乗客の行動（公共交通システムに乗車し、起立または着席するまでの行動）を変える必要がある。具体的には、各乗客が疑似混雑を緩和することがお互いの利便性を高めることを理解し、各乗客は疑似混雑を緩和する行動を取ることが考えられる。

## 3 乗車・着席過程

本研究では、乗車・着席過程は、5 つの要素で表現する。5 つの要素とは、駅のホーム（バスの場合はバス停）、車両環境（乗降口や席（座席・立席）の数や位置）、ホームで電車（バス停でバス）を待つ客、車内内容のふるまい（乗降、着席・起立を含む）である。

車両環境は、複数の乗降口、席で構成されているとする。起立する通路を立席とすると、席は座席・立席を含む（一例を図 2 に示す）。席列は 1 列に  $I$  席、 $J$  列あるとする。 $I, J$  は車両の種類により決まる。なお、各乗客は到着順でホームの乗降口到着位置で電車を待つ。電車が到着すると、乗降口から乗車し、席に着席または通路に起立する。

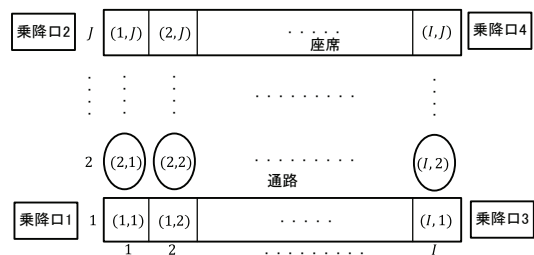


図 2 車両環境モデル

A Strategy for Minimizing Riding and Seating Time to Improve a Total Optimal Seating on Public Transportation

<sup>†</sup>Yuko TOMIYAMA, Takashi OKUDA,

<sup>‡</sup>Yoichi UTSUNOMIYA

<sup>†</sup>Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

<sup>‡</sup>Graduate school of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

#### 4 ABM: エージェントベースモデリング

第3節で説明した乗車・着席過程を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）の一部の座席を想定する。乗客はホームの複数あるうちの1つの乗降口が到着する位置で電車を待つ。席数を  $I = 5, 10, 15$  [席]、席列数を  $J = 4$  [列]（座席列は2列、立席列は2列）とする。本稿では、乗客が一人ずつ乗降口から乗車し、席に着席する。乗客が一人乗車すると次の乗客が乗車するとする。

##### 4.2 エージェントの行動: 乗客のふるまい

エージェントの行動について説明する。乗客をエージェントとして捉え、エージェントは乗降口から乗車し席に着席する。その際に、位置選択方法という属性をもつとする。以下で、位置選択方法（エージェントが着席位置を選択する方法）について述べる。位置選択方法は以下の5種類とする。

- 先頭着席型 (Head): 乗降口から最も近い席を選択し着席する
- 後尾着席型 (End): 乗降口から最も離れた席を選択し着席する
- ランダム着席型 (Rnd): ランダムに選択し着席する
- 先頭除外ランダム着席型 (Rnd1): 先頭を除いてランダムに選択し着席する
- 先頭2席除外ランダム着席型 (Rnd2): 先頭とその隣を除いてランダムに選択し着席する

エージェントが着席している席は選択不可能になる。また、選択方法がランダムとは一様分布の確率で席を選択することであり、先頭除外ランダム着席型と先頭2席除外ランダム着席型はランダム着席型より選択できる通路・座席部分がそれぞれ1席、2席除外される他は同様な選択方法である。

エージェントの取る行動は、席に着席する後尾着席型、先頭除外ランダム着席型、先頭2席除外ランダム着席型、ランダム着席型、先頭着席型の5種類である。

エージェントが位置選択方法を取る際に、以下の2種類の状況が生じる。

- (1) 乗降口付近の通路にエージェントが起立しているために次のエージェントが着席できない状況
- (2) 座席までの通路部分にエージェントが起立し、次のエージェントが進めない状況

(1) の状況が生じた際は、通路にいたエージェントは奥に進むという対応をとる。(2) の状況が生じた際は、通路にいたエージェントはよけるという対応をとる。

##### 5 数値例: 全エージェント同一行動パターン

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、シミュレーションにマルチエージェントシミュレータ artisoc[7] を利用する。初期状態は空席であ

るとし、全エージェントは5種類の行動のうちの1種類の行動をとる。これを全エージェント同一行動パターンとし、各行動に対してシミュレーションを30回おこない、乗車時間を計算する。乗車時間とは最初のエージェントが乗車してから、全てのエージェントが席に着席するまでの時間とする。シミュレーション結果を次の図3に示す。

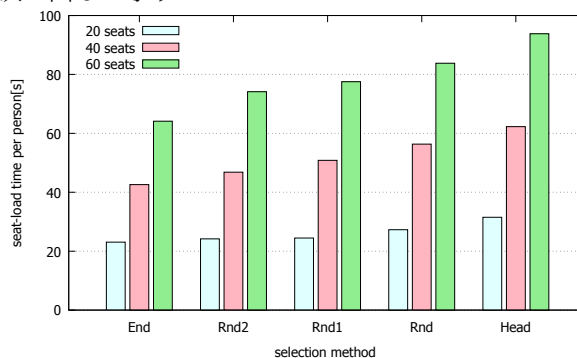


図3 エージェントの行動に対する平均乗車時間の比較

全エージェント同一行動パターンの結果から後尾着席型が平均乗車時間を最も短縮することがわかる。位置選択方法としては、席数が異なっても後尾着席型、先頭2席除外ランダム着席型、先頭除外ランダム着席型、ランダム着席型、先頭着席型の順で乗車時間は長くなっている。また先頭2席除外ランダム着席型、先頭除外ランダム着席型、ランダム着席型の乗車時間の結果から1席でも、2席でも乗降口付近から離れると乗車時間を短縮することができるということもわかる。

##### 6 おわりに

本稿では、擬似混雑を緩和するために乗客をエージェントとして捉え、公共交通システムの乗車・着席過程をABMで表現した。シミュレーションより、擬似混雑を緩和できる行動は、後尾着席型だと確認した。しかし、全乗客が後尾着席型をとることは難しいと考えられる。先頭除外ランダム着席型や先頭2席除外ランダム着席型のような、乗降口から1席、2席でも離れる行動をとることが有効である。今後の課題として、全エージェント同一行動パターンに加え、エージェントの取る位置選択方法の割合を変更した乗車・着席過程のシミュレーションや初期状態をすでに席が一定数着席されている状態での乗車・着席過程のシミュレーションをおこなうことなどがあげられる。

##### 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] 山影進, 『人口社会構築指南~artisocによるマルチエージェント・シミュレーション入門~』, 書籍工房早山, 2007.
- [3] 一般社団法人 日本民営鉄道協会, 鉄道用語辞典, “混雑率” <http://www.mintetsu.or.jp/knowledge/term/96.html>.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] ウィリアム・バウンドストーン, 『囚人のジレンマ~フォン・ノイマンとゲーム理論~』, 青土社, 1995.
- [7] (株) 構造計画研究所 <http://www.kke.co.jp/>