

# 駅ホームでのエスカレーター行列シミュレーション

内橋 夏実 (指導教員: 浅本 紀子)

## 1 はじめに

日本に限らず世界各国で、エスカレーターの片側を急ぐ利用者のために空け、急いでいる人が歩行しながら乗るといふ風習がある。しかしここ数年、「エスカレーターでの歩行は危険」「身体的理由で右側につかまって乗りたい人もいる」という理由などから、両側に止まって乗ろうという「エスカレーター乗り方改革」が叫ばれている。また、両側に止まって乗る方が全体の輸送効率が良いことが、様々な既存研究で報告されている。しかし現実では、この理想の乗り方はあまり普及していない。そこで本研究では、人が電車から降りてエスカレーターに向かい列を作る動きをエスカレーターの乗り方ごとにシミュレーションし、この問題の解決策を探そうと試みた。

空間設定はつくば駅のホームの1号車から2号車付近を参考にし、シミュレーションを

**現状モデル** エスカレーターに利用客の70%が左側で立ち止まって乗り、30%が右側を歩きながら乗る

**理想モデル** エスカレーターに利用客の50%が左側で、残りの50%が右側で立ち止まって乗る

**中間 A モデル** 図1の2号車2番ドアから降車した客は理想モデルの乗り方で、その他は現状モデルの乗り方

**中間 B モデル** 図1の2号車1番ドアと2番ドアから降車した客は理想モデルの乗り方で、その他は現状モデルの乗り方

の4つのモデルで行う。

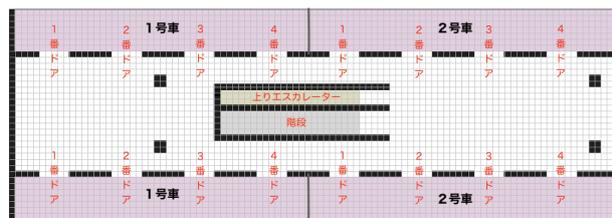


図1: つくば駅ホームを参考にした空間

なお、シミュレーションの手法はMAS(Multi Agent Simulation)を用い、シミュレータは(株)構造計画研究所のartisocを利用する。

## 2 モデル

### 2.1 降車客の設定

歩行速度は[1]を参考に女性が平均1.42m/s 標準偏差0.251の正規分布に従う乱数の上位90%、男性が平均1.52m/s 標準偏差0.333の正規分布に従う乱数の上位90%。降車客の人数を70人、男女比を5:5、人体円直径を36cmとした。

降車客エージェントは電車のドアから70人になるまでランダムに生成され、エスカレーターにたどり着い

たら空間から消去される。全ての降車客がエスカレーターにたどり着いたら、シミュレーションは終了する。

### 2.2 降車客の行動ルール

生成された降車客エージェントはエスカレーター乗り口前に利用者の列がなければエスカレーター乗り口を、列が出来ていれば列の最後尾を目指し移動する。1ステップ=0.1秒とし、毎ステップ進行方向に人や障害物などの他のエージェントがないか確認し、なければ直進する。ある場合は進行方向から左右に60度→120度→180度の順に他エージェントがないか確認し、ない方向に進む。もしその調べた方向全てに他エージェントがある場合は動けない。列の最後尾に着いたら、前に並んでいる人に続いて進む。自分が列の先頭になったら、前の人立ち止まってエスカレーター乗った場合には[2]を参考にそれから1.6秒経過していたら乗り、歩きながら乗った場合は0.8秒経過したら乗る。

### 2.3 中間モデルでの特別ルール

エスカレーターが両側立ちの状態のとき、立ち止まってエスカレーターに乗りたい降車客が左側に乗るつもりだったがそれを見て右側に変えることがある。これを再現するために中間Aモデルと中間Bモデルでは、エスカレーターが視界に入る位置におり且つまだ列に並んでいない左側に並ぶ予定の降車客エージェントに特別ルールを設定する。エスカレーター前にできた右側の列が左側の列より2m以上短く、且つ右側に立ち止まってエスカレーターに乗っている利用者が一定以上いる場合、50%の確率で目的地を右側の列の最後尾に変更する。

## 3 検証指標

評価項目として『全降車時間』と『列の最大人数』の2つを検証していく。前者は全ての降車客がエスカレーターに着くまでの時間であり、シミュレーション実行時間のステップ数を10で割った値である。後者はエスカレーター前にできた列に並んでいる降車客の最大人数で、左側と右側でそれぞれ値を出す。各モデルのシミュレーションを40回実行し、その平均値、標準偏差、標準偏差を平均値で割った変動係数を計測・算出した。(有効数字は3桁)

## 4 シミュレーション結果

比べたい2つのモデルのシミュレーション結果に違いがあるかをExcelを使ってt検定を行った。

### 4.1 現状モデルと理想モデル

表1: 全降車時間

	現状モデル	理想モデル
平均	81.5 秒	66.7 秒
標準偏差	6.86	4.10
変動変数	0.0841	0.0615

- p 値は  $p < 0.001$

表 2: 列の最大人数

	現状左	理想左	現状右	理想右
平均	28.3 人	17.9 人	6.80 人	17.7 人
標準偏差	3.43	3.49	1.42	3.08
変動変数	0.121	0.196	0.209	0.174

- 現状モデル左と理想モデル左の p 値は  $p < 0.001$

表 1 からわかる通り現状モデルと理想モデルの全降車時間の平均を比べると、理想モデルの方が早いことがわかる。また、その有意差が 0.05 未満であるため、既存研究と同じ結果を MAS の手法でも得られたことになる。

表 2 で現状モデルと理想モデルの平均最大人数の多い方の列同士を比較しても、理想モデルの方が少ないことと有意差が 0.05 未満であることから、この点でも理想モデルの方に通行人の邪魔にならないというメリットがあることが確認できる。

#### 4.2 中間 A モデルと中間 B モデル

表 3: 全降車時間

所要時間	中間 A モデル	中間 B モデル
平均	69.2 秒	67.9 秒
標準偏差	4.58	4.67
変動変数	0.0661	0.0688

- p 値は  $p=0.206$

表 4: 列の最大人数

	A 左	B 左	A 右	B 右
平均	21.5 人	21.2 人	13.6 人	13.8 人
標準偏差	2.53	2.47	2.59	2.07
変動変数	0.118	0.117	0.191	0.150

- 中間 A モデル左側と中間 B モデル左側の p 値は  $p=0.563$

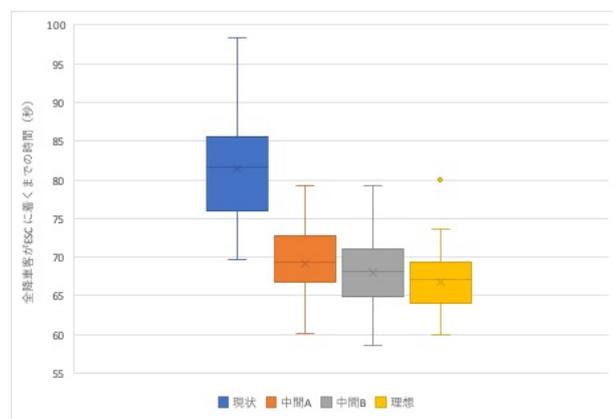


図 2: 全降車時間

- 現状モデルと中間 A モデル p 値は  $p < 0.001$
- 中間 A モデルと理想モデル p 値は  $p = 0.0120$
- 中間 B モデルと理想モデル p 値は  $p = 0.234$

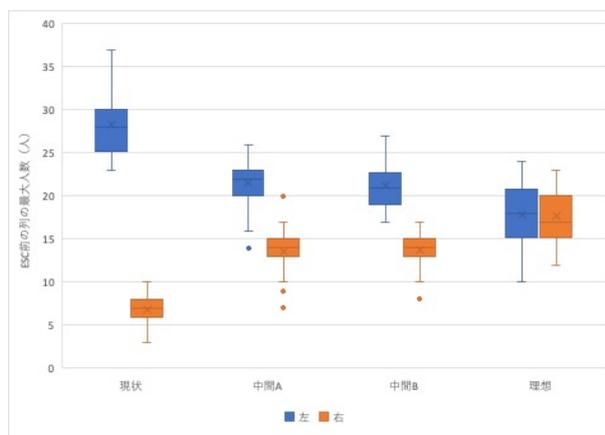


図 3: 列の最大人数

- 現状モデル左側と中間 A モデル左側の p 値は  $p < 0.001$
- 中間 A モデル左側と理想モデル左側の p 値は  $p < 0.001$
- 中間 B モデル左側と理想モデル左側の p 値は  $p < 0.001$

中間 A モデルと中間 B モデルを比較すると表 3 と表 4 から、全降車時間も列の最大人数も値が極めて近いことが確認できる。

全モデルで比較すると、全降車時間において表 1 と表 3 から、中間 A モデルと中間 B モデルが平均値から現状モデルより理想モデルに近いことがわかる。特に中間 B モデルは理想モデルと有意差があるとは言えないことから、理想モデルに近いことが言える。

列の最大人数においては、平均値が理想モデル < 中間 B モデル < 中間 A モデル < 現状モデルであり、列の最大人数が緩和されていることがわかる。

## 5 まとめと今後の課題

エスカレーター乗り口に近いドアからの降車客が右側に立ち止まって乗ることによって、全体の輸送効率が飛躍的に向上することがわかった。今後の課題としては、全体の輸送効率が個人として嬉しいこととは限らないため、降車客の効用関数を考え、理想モデルが普及する方法を考えていきたい。

### 参考文献

- [1] 兼田敏之 編, artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション, 株式会社 構造計画研究所, 2010.
- [2] 元田良孝, 宇佐美誠史, エスカレーター 内の歩行に関する基礎研究, 交通工学研究発表会論文集, 221-225, 2018