

マルチエージェント・システム・アプローチによる エスカレーターにおける両側立ち促進オブジェクトの効果分析

森下 未帆[†]奥田 隆史[†]愛知県立大学 情報科学部 情報科学科[†]

1 はじめに

エスカレーターは駅や商業施設など、人々が集まる様々な場所に設置されている。一般的なエスカレーターには、2つのレーンがあり、利用者はどちらか一方のレーンを利用する。この2つのレーンを活用した、「片側のレーンを歩く人のために空ける乗り方（以下、**片側空け**と呼ぶ）」が暗黙の利用ルールとなってきた。しかしながら、近年、暗黙利用ルールを守っているにもかかわらず、片側レーンを歩く人が、自らバランスを崩して転倒してしまったりする事故が増加している。さらに、歩く人が反対レーンの利用者を巻き込んでしまうような大きな事故も発生している [1]。

このような事故を防止するため、**安全**を考慮した、両側のレーンで立ち止まる乗り方（以下、**両側立ち**と呼ぶ）が、近年、強く推奨されるようになってきた。しかしながら**両側立ち**が、新しい暗黙利用ルールとして認知されていないのが現状であろう。なお利用者全体での輸送の**効率**の観点からも、片側空けよりも両側立ちの方が効率が良いことも示されている [2]。

両側立ちは安全的にも効率的にも良いことが示されているにも関わらず、両側立ちを利用している人は少ない。例えば 2022 年の調査 [3] では、「エスカレーターの歩行は、やめたほうが良いと思う」と回答した人は 81.8% いた。しかし「エスカレーターを歩行してしまうことがある」と回答した人は 63.4% いた。つまり、**エスカレーターを歩くことは良くないと分かっているながらも、歩いてしまう人が多く存在する**のが現状である。暗黙利用ルールの限界が露呈したことになり、**行動変容**のために、条例を整備する自治体が現れてきた。例えば愛知県名古屋市では「名古屋市エスカレーターの安全な利用の促進に関する条例 [5]」を制定した。この条例により立ち止まって乗ることが強制された。

本研究では、上記のような条例による強制的な行動変容ではなく、両側立ちを実現するために**両側立ち促進オブジェクト**を導入する。両側立ち促進オブジェクトとは、常にエスカレーター上の歩行レーンに設置され、歩いて利用する人を阻害するようなものである。本稿では、両側立ち促進オブジェクトを設置することで、両側立ちがどれほど実現するのかを検証する。そのために、歩いて利用する人のエスカレーター上を歩く距離がどう変化するのかを考察する。閑散時、混雑時の場合について検証をおこなう。検証にはマルチエージェント・シミュレーションを用いる。

以下、第2節では、エスカレーターエージェントモデル（エスカレーターモデル）を示し、利用者、両側立ち促進オブジェクトの動きについて説明する。第3節では数値例を示す。最後に第4節では、まとめと今

後の課題について述べる。

2 エスカレーターモデル

本研究の概念図を Fig.1 に示す。利用者エージェントがエスカレーターを利用する環境を想定する。エスカレーターでは、立ち止まって乗る場合は左側のレーン、歩いて乗る場合は右側のレーンを利用すると想定する。また、エスカレーター長は L 、エスカレーターの速度は V_E である。エージェントは2種類存在する。利用者エージェントと後で述べる両側立ち促進オブジェクト（以下、**両側立ち促進エージェント**と呼ぶ）である。

利用者エージェントは、到着率 λ でエスカレーターに到着し、エスカレーター上を立ち止まって利用するか、歩行して利用するかを選択する。このとき、歩行選択割合 p で歩行を選択する。立ち止まって利用することを選択したエージェントは左側のレーンへ進み、歩行して利用することを選択したエージェントは右側のレーンへと進む。歩いて利用するエージェントは前に立ち止まったエージェントがいた場合、その後ろで歩くのをやめ、立ち止まって乗り始める。また、立ち止まって利用する場合、エスカレーターの速度である V_E でエスカレーター上を移動し、歩行して利用する場合は V_W でエスカレーター上を移動する。

エスカレーター上では、常に N 個の両側立ち促進エージェントが存在する。両側立ち促進エージェントはエスカレーターの端まで行くと消え、それと同時に新たな両側立ち促進エージェントがエスカレーターの乗り口に出現する。このようにして常に両側立ち促進エージェントがエスカレーター上に存在する空間を作る。

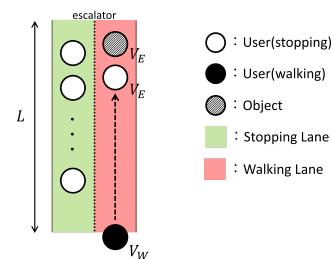


Fig. 1: Agent Behavior Process

3 数値例

前節のエスカレーターモデルを、マルチエージェントシミュレータ artisoc[6] を利用して構築した。

シミュレーション条件

各パラメータは Table 1 のように設定した。両側立ち促進エージェント数 N は 1 個で固定とし、シミュレーション時間 T は 1800 秒、つまり 30 分とした。利用者エージェントの到着率 λ は、閑散時を 1 秒あたり 0.07 人、混雑時を 1 秒あたり 0.72 人とする。これは愛知高速交通東部丘陵線（リニモ）の藤が丘駅の利用者数を基に、算出したものである [7][8]。エスカレーター長 L は、リニモ藤が丘駅のエスカレーターの長さ 20 メートル (m) を基準とし、短い場合として 10m、長い場合

Analysis of the Effects of Objects that Promote Standing on Both Sides on Escalator by Multi-Agent System Approach

[†]Miho MORISHITA, Takashi OKUDA,

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

として40mと設定している。歩行選択割合 p は、閑散時を0.4、混雑時を0.5とする[9]。エスカレーターの速度 V_E は、標準速度である秒速0.5mとしており[10]、歩行時の移動速度 V_W は秒速1.0mとする[11]。

Table 1: Parameters in Simulation

パラメータ名	表記	数値
両側立ち促進エージェント数	N	1
シミュレーション時間	T	1800
到着率	λ	0.07, 0.72
エスカレーター長	L	10, 20, 40 m
歩行選択割合	p	0.4, 0.5
エスカレーターの速度	V_E	0.5 m/s
歩行時の移動速度	V_W	1.0 m/s

シミュレーション結果

シミュレーション結果を説明する。歩行距離と歩行距離の減少率の2つの結果について述べる。

はじめに閑散時、混雑時における歩行を選択したエージェントのエスカレーター上での歩行距離の結果を述べる。シミュレーションは各100回行うものとし、利用者エージェントのうち歩行を選択したエージェントの歩行距離の平均値を算出した。結果はFig.2のとおりである。横軸がエスカレーターの長さ、縦軸が歩行距離となっている。Fig.2より、エスカレーターの長さに関係なく、混雑時の方が閑散時に比べて歩行距離が短くなるのがわかる。

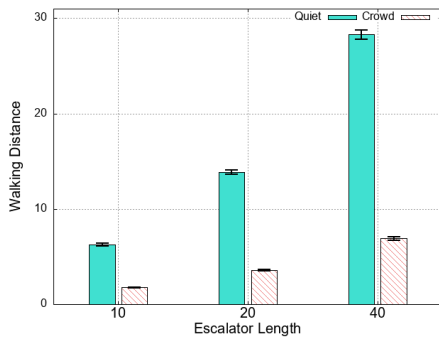


Fig. 2: Average Walking Distance

次に歩行距離の減少率について述べる。なお、減少率とは、両側立ち促進オブジェクトを設置しなかった場合の歩行距離(=エスカレーターの長さ)から両側立ち促進オブジェクトを設置した際の歩行距離ほどのくらい減少したかを表すものである。閑散時、混雑時における各エスカレーターの長さに対する歩行距離の減少率は、Fig.3のとおりである。横軸がエスカレーターの長さ、縦軸が減少率となっている。

Fig.3より、混雑時はエスカレーターの長さに関係なく約80%歩行距離が減少したが、閑散時は、多くても35%程しか減少しないことがわかる。また、閑散時はエスカレーターの長さが長いほど減少率が低くなった。つまり、両側立ち促進エージェントを設置した場合、閑散時より混雑時の方が効果が見られることがわかった。

混雑時は、両側立ち促進エージェントによって立ち止まった利用者エージェントが列になるため、混雑時により効果が見られたと考えられる。また、閑散時の場合、両側立ち促進エージェントによって立ち止まった利用者エージェントがいたとしても、混雑時に比べて到着率が低いため、列になることは少ない。また、到着するタイミングによっては両側立ち促進エージェントの影響をほとんど受けないエージェントもいるため、あまり効果が見られなかったと考えられる。

エスカレーターの長さによって効果が異なるのは、単位距離あたりの両側立ち促進オブジェクト数が異なるためだと考えられる。つまり、エスカレーターの長さが長くなるほど、単位距離あたりの両側立ち促進オブジェクト数は少なくなるため、長くなるほど効果がなかったと考えられる。

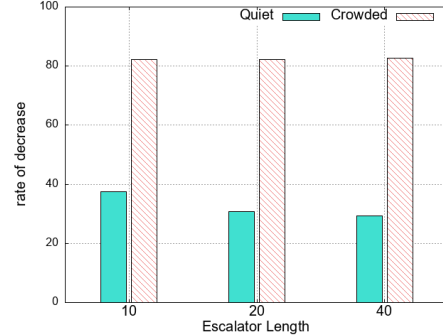


Fig. 3: Rate of Decrease

4 おわりに

本稿では両側立ち促進オブジェクトにより、両側立ちはどれほど実現できるのかを検証するために、マルチエージェントシステムとしてモデリングした。

シミュレーションにより、両側立ち促進オブジェクトを1つ設置することで、歩行距離を減らすことができたことがわかった。特に、混雑時での効果が高く、混雑時であれば両側立ち促進オブジェクトを1つ設置することで、歩行距離を大きく減らすことができたことがわかった。閑散時には、両側立ち促進オブジェクトを1つ設置することで、歩行距離は多少減少するが、混雑時に比べると、効果が見られなかった。また、閑散時においては、エスカレーターの長さが短いほど効果が高いことがわかった。

今後の課題として、閑散時における有効な歩行距離減少のための仕掛けの提案や利用者の歩くスピードを考慮することなどがあげられる。

なお本研究はJSPS 科研費21K18523の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 日本エレベーター協会, “エスカレーターを安全、快適にご利用いただくために”, <https://www.n-elekyo.or.jp/instructions/escalator.html>, 最終閲覧日 2023年11月13日.
- [2] 構造計画研究所, “エスカレーターモデル”, <https://mas.kke.co.jp/model/escalator/>, 最終閲覧日 2023年11月21日.
- [3] 日本エレベーター協会, “エレベーターの日「安全利用キャンペーン」アンケートの集計結果について(2022年度)”, https://www.n-elekyo.or.jp/docs/20230327_2022elequestionnaire.pdf, 最終閲覧日 2023年12月6日.
- [4] リチャード・セイラー, キャス・サンスティーン, 『実践行動経済学』, 日経BP社, 2009.
- [5] 名古屋市, “名古屋市エスカレーターの安全な利用の促進に関する条例”, https://www.city.nagoya.jp/sportsshimin/cmsfiles/contents/0000162/162248/escalator_jourei.pdf, 最終閲覧日 2023年11月20日.
- [6] 構造計画研究所, “MAS COMMUNITY”, <https://mas.kke.co.jp/>, 最終閲覧日 2023年11月26日.
- [7] 長久手市, “リニモ利用者数の推移”, <https://www.city.nagakute.lg.jp/material/files/group/2/091nimo.pdf>, 最終閲覧日 2023年11月19日.
- [8] e-Stat, “大都市交通センサス/第12回大都市交通センサス 鉄道 中京圏”, https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?stat_infid=000031598058, 最終閲覧日 2023年11月16日.
- [9] 元田良孝, 宇佐美誠史, “エスカレーター内の歩行に関する研究”, 交通工学研究発表会論文集, Vol.38, pp.221-225, 2018.
- [10] 三菱電機ビルソリューションズ, “エスカレーターのしくみ”, <https://www.meltec.co.jp/useful/technology/es.html>, 最終閲覧日 2023年11月26日.
- [11] 岡田尚子, 長谷見雄二, 森山修治, 岡本衣木, “エスカレータを用いた上方避難に関する実験研究”, 日本建築学会環境系論文集, Vol.76, No.668, pp.855-862, 2011年.