

公共交通システムにおける全体最適な乗客着席行動に関する研究

A Study on Total Optimal Seating on Public Transportation

情報科学部 情報科学科 富山 侑子

指導教員：奥田 隆史

1 はじめに

著者の卒業研究では、航空機、電車・バスなどの公共交通システムにおいて、乗客個々の行動の結果によって生ずる出発遅延問題の緩和方法を考察してきた。紙面の都合上、本稿では、航空機での搭乗時間延長問題を緩和する搭乗順について述べる。

航空機では、乗客の行動で搭乗時間（1人目の乗客が搭乗を開始した時刻から全乗客が着席するまでの時間）が延長することで離陸時刻に離陸できない問題が発生する。この問題の対策として、航空会社は乗客の指定座席で搭乗する順序を決定する搭乗順 [1] の指示を出している。ところが、乗客は搭乗順に違反するという利己的な行動をとる場合がある [2]。

本稿では、乗客が利己的な行動をとることを考慮した、航空機における搭乗時間を最小にする搭乗順を明らかにすることを目的とする。乗客をエージェントと捉え、エージェントの搭乗過程をエージェントベースモデリング (ABM) [3] として表現し、シミュレーションにより搭乗時間が最小な最適搭乗順を考察する。

2 航空機の搭乗過程

航空機の搭乗過程は、5つの要素で表現する。5つの要素とは、①搭乗待機場所、②機体環境（搭乗口や座席の数や位置）、③搭乗順指示、④搭乗を待つ客、⑤搭乗客のふるまいである。

以下に5つの要素について述べる。

- ①搭乗待機場所：乗客が搭乗開始時刻まで待機する場所である。
- ②機体環境：搭乗口、通路、座席で構成されている環境である。
- ③搭乗順指示：航空会社がどの座席の乗客が搭乗するか指示することである。
- ④搭乗を待つ客：搭乗待機場所でアナウンスがかかるのを待ち、搭乗が開始されると、搭乗口へ向かう客のことである。
- ⑤搭乗客のふるまい：搭乗を開始すると、乗客は7つの主な行動（搭乗順順守・違反、搭乗、探索、着席、収納、移動、待機）をとる。

3 ABM

第2節で説明した乗客の搭乗過程を ABM で表現する。以下、第3.1節で想定環境、第3.2節で搭乗順、第3.3節でエージェントの行動を定義する。

3.1 想定環境

本稿では、格安航空会社 (LCC:Low Cost Carrier) が運営する小型航空機を想定する (図1参照)。小型航空機は、搭乗口、通路、座席で構成されている。搭乗口は1つ、通路は1列である。座席は、列数は I 列とし、1列に J 席ある。乗客が1人ずつ搭乗口から搭乗し、通路を通り、着席する。乗客が1人搭乗すると次の乗客が搭乗する。

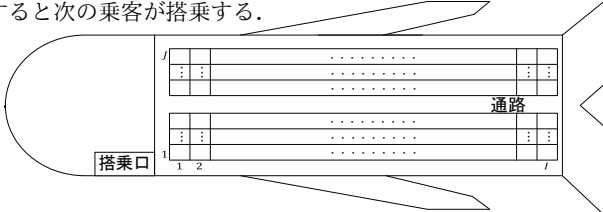


図1 小型航空機の機内モデル

3.2 搭乗順

搭乗待機場所で航空会社は搭乗順の指示を出す。以下で6種類の搭乗順について説明する。

- ランダム (rnd)：到着した乗客から順に搭乗していく搭乗順
- 窓側優先順 (w-a)：最初に指定座席が窓側の乗客が搭乗する。その後、通路側の乗客が搭乗する搭乗順
- 後方優先順 (r-f)：最初に指定座席が機内後方座席の乗客が搭乗する。その後、機内前方座席の乗客が搭乗する搭乗順
- 窓側後方優先順 (w-a+alpha)：最初に指定座席が機内後方座席の窓側の乗客が搭乗し、次に後方通路側、前方窓側、最後に前方通路側の乗客が搭乗する搭乗順
- リバースピラミッド (r-pyramid)：最初に指定座席が機内の後方 $2/5$ の窓側の乗客が搭乗し、次に機内後方 $2/5$ の通路側の乗客と機内中央 $3/10$ の窓側の乗客が搭乗する。次に機内中央部 $3/10$ の通路側の乗客と機内前方 $3/10$ の窓側の乗客が搭乗する。最後に機内前方 $3/10$ の窓側の乗客が搭乗する搭乗順
- 自由席 (free)：指定座席ではない（前方の座席を選択する傾向があると捉える）

3.3 エージェントの行動

エージェントは搭乗待機場所に到着する前に指定座席を決定するとし、指定座席は一樣なランダム確率で決定する。エージェントは搭乗待機場所で航空会社が搭乗順の指示を出すのを待つ。指示が出ると、エージェントは次の2つの行動をとる。

順守：航空会社が指示した搭乗順に従って搭乗を開始する。

違反：航空会社が指示した搭乗順に従わず、指示されていないときに搭乗を開始する。

エージェントは搭乗を開始すると、以下のような行動をとる。

搭乗：エージェントは搭乗口から機内に搭乗する。

探索：エージェントは通路を通り、指定座席を探索する。

着席：エージェントは指定座席に着席する。

収納：エージェントは機内持ち込み手荷物を機内収納スペースに収納する。収納の行動をとるエージェントは全エージェントのうちの一部であるとする。

移動：先に通路側のエージェントが着席しており、その後に窓側のエージェントが到着するときに、着席していたエージェントが窓側のエージェントのために移動する。

待機：前のエージェントが収納、移動、待機という行動を取っているときにとる行動である。収納と移動では移動のほうが待機時間を要するとする。

4 数値例

第3節で示した機内の想定環境、搭乗順、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。シミュレーションの開発環境はマルチエージェントシミュレータ artiso [4] を利用する。初期状態は空席であるとし、各搭乗順に対してシミュレーションを30回おこない、平均搭乗時間を計測する。搭乗時間とは最初のエージェントが搭乗してから、全てのエージェントが座席に着席するまでの時間とする。

座席は、列数を $I=20$ 列とし、1列に $J=4$ 席（通路をはさみ2席ずつ）あり、全座席を利用する。搭乗順違反者の割合を0%から50%で変化させたときの平均搭乗時間を図2に示す。なお、収納の行動をとるエージェントの割合は50%とする。

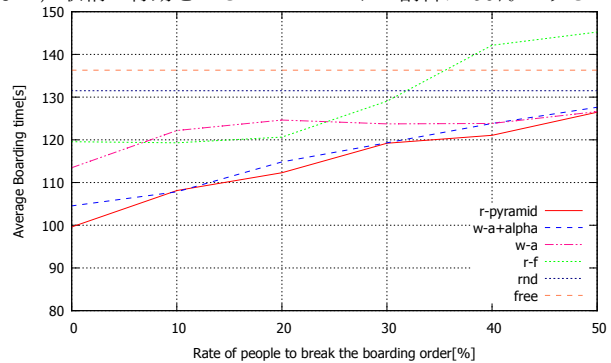


図2 搭乗順違反者割合を変更した時の搭乗順ごとの平均搭乗時間

図2より、全搭乗順の中でリバースピラミッドが最も搭乗時間を最小にすることを確認した。しかし、全乗客が搭乗順を順守しないならばリバースピラミッドと窓側後方優先順と差異は小さい。このことから窓側後方優先型でも搭乗時間を短縮することができることを示唆している。

5 まとめ

本稿では、搭乗時間を最小にする最適搭乗順を考察するために乗客をエージェントとして捉え、航空機における乗客の搭乗過程を ABM で表現した。搭乗順に違反する割合を変更することで搭乗時間を最小にする搭乗順は、リバースピラミッドであると確認した。しかし、違反者の割合が増加すると窓側後方優先順も有効であることがわかった。

今後の課題として、複数で搭乗するエージェントを導入し、搭乗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] Jason H. Steffen, "Optimal boarding method for airline passengers", Journal of Air Transport Management, Vol.14, No.3, pp.146-150, 2008.
- [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] 山影進, 『人口社会構築指南～artiso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. [4] (株) 構造計画研究所, <http://www.kke.co.jp/>