

# 鉄道駅自動改札機配置設計の数値モデル

川口寿裕<sup>1</sup>, 松谷智香子<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 関西大学 社会安全学部 安全マネジメント学科

## 概要

鉄道駅の自動改札機には入場専用ゲート、退場専用ゲート、双方向ゲートの3種類が混在しているが、その配置は必ずしも最適ではないように感じられることがある。特に双方向ゲートについては鉄道事業者側と鉄道利用者側とでその価値に対する評価が大きく異なっている可能性がある。本研究ではマルチエージェントシミュレーションとフロアフィールドを組み合わせることで、鉄道駅自動改札機の配置設計に活用できる数値モデルの開発を目指す。本モデルを実際の鉄道駅の改札口に適用した例を示す。

## Numerical Model for Layout of Ticket Gates at Railway Station

Toshihiro Kawaguchi<sup>1</sup>, Chikako Matsutani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Safety Management, Faculty of Safety Science, Kansai University

## Abstract

There are 3 types of automatic ticket gates at railway stations; entrance gates, exit gates, and bidirectional gates. However, the arrangement of the ticket gates may not necessarily be optimized. In particular, the evaluation of the bidirectional gates can be different between the railway company and the railway users. In the present paper, a numerical model is proposed to optimize the arrangement of the ticket gates at the railway stations. The floor field model is incorporated in a multi-agent simulation. The proposed model is applied to the actual ticket gates of a railway station.

## 1 はじめに

日本で初めて自動改札機が導入されたのは1967年である。1970年に大阪万博を控え、阪急電鉄が千里線の路線延長を進める中、北千里駅に10台の自動改札機が設置された。それまでは改札係員が乗車券を目視で確認していたため、ラッシュアワーには改札に長蛇の列ができ、転倒事故も少なくなかった。自動改札機が乗車券を高速で処理できるようになったことは、混雑による事故の低減にも繋がった。

現在は多くの駅で自動改札機が設置されている。自動改札機には入場専用ゲート、退場専用ゲート、双方向ゲートの3種類があり、それらが駅ごとに適当な割合で配置されている。しかしその配置の割合や位置については鉄道会社も明確な根拠を持っておらず、経験と勘に頼っている。

本来は入退場者の数に応じて、入場専用、退場専用のゲート数を増減させるのが良さそうであるが、実際

には双方向ゲートを多く設置することで対応している駅が多い。しかし、列車到着時には多くの客が一斉に改札口に押し寄せ、双方向ゲートの多くを退場用として占有してしまうことも少なくない。このため、入場できるゲートが一時的に極端に減少し、入場しようとする客が不便を感じることもある。

本研究では、ルールベースの歩行者モデルであるマルチエージェントシミュレーション[1]を活用して、鉄道駅自動改札機における人の流れを表現することで、自動改札機の配置設計に繋がるモデルを作成することを目指す。エージェントの移動にはフロアフィールド[2]を導入する。本モデルを実際の鉄道駅改札口に適用し、自動改札機を通る人の流れのシミュレーションを行う。また、現状とは異なる配置に対しても流れを調べる。特に双方向ゲートの存在が人の流れに及ぼす影響について考察する。

## 2 自動改札機の実態調査

関西のいくつかの鉄道駅における自動改札機の設置実態を調べた結果を表1に示す。この数字は実際に各駅に行き、双方向ゲート、入場専用ゲート、退場専用ゲートそれぞれの設置台数を数えたものである。特に調査時間を統一しているわけではない。曜日や時間帯によって配置を変更している駅もあるかも知れない。

今回調査した範囲内では、入場専用ゲートと退場専用ゲートの数に極端な差を設けている駅はなかった。また、多くの駅で双方向ゲートを多く設置していることがわかる。表1に示す18駅のうち、双方向ゲートの設置数が全ゲートの半数未満となっているのは5駅のみであった。その5駅にはJR大阪駅、大阪メロ梅田駅、南海難波駅などが含まれている。つまり、乗降客数の多い駅では、入退場専用ゲートを一定数確保するようにしていると思われる。このため、これらの駅においては双方向ゲートの数が比較的少なくなっている。ただし、大阪メロ淀屋橋駅や近鉄阿部野橋駅のように、1日の乗降客数が10万人を超えていても、双方向ゲートの設置率が60%以上となっている駅もあった。

さらに、入場専用ゲートまたは退場専用ゲートが1つも設置されていない駅もいくつかあることがわかる。特に阪急淡路駅(西改札)では、4つの自動改札機全てが双方向ゲートになっており、入退場いずれも専用ゲートは設置されていなかった。

事業者	駅	双	入	退
JR 西日本	高槻(中)	3	4	2
	奈良	3	2	2
	土山	2	1	1
大阪メロ	梅田(北)	7	7	8
	新大阪(中)	4	2	3
	淀屋橋(中北)	4	0	2
	中津(南)	2	1	1
	緑地公園	3	1	1
阪急	高槻市	6	1	2
	北千里	5	1	0
	茨木	4	1	1
	淡路(西)	4	0	0
近鉄	阿部野橋(西)	11	3	2
	若江岩田	3	1	0
南海	難波(北)	9	6	8
	金剛	8	1	0
	河内長野	4	1	1
モノレール	柴原阪大前	2	1	1

表1: 自動改札機の設置実態

## 3 モデル概要

### 3.1 マルチエージェントシミュレーション

マルチエージェントシミュレーションはルールベースの歩行者モデルであり、多くの商用シミュレーションソフトウェアでも採用されている。原理的にはエージェントを連続空間内で移動させることも可能であるが、ルール設定の簡便さから、セルオートマトン(CA)と同様に移動を格子状のセルに限定することも少なくない。本研究では、エージェントの移動を格子上に限定した。

入場者と退場者を表すエージェントにはそれぞれ別の属性を与えた。

### 3.2 フロアフィールド

エージェントの移動方向を決定するのに、CAでよく用いられるフロアフィールドを活用した。本研究ではエージェントの移動を格子上に限定しているため、フロアフィールドと親和性が良い。最短距離を移動しようとする動作を表す静的フロアフィールド(SFF)と他者を追従しようとする動作を表す動的フロアフィールド(DFF)を組み込んだ。

属性の異なるエージェント(入場者と退場者)には異なるフロアフィールドを与えた。属性の異なるエージェントが異なるSFFを参照するのは当然であるが、DFFについても同属性のエージェントの足跡だけを追跡するようにした。

### 3.3 双方向ゲートの扱い

双方向ゲートは入場者、退場者いずれの属性のエージェントにとっても侵入可能である。したがって、両属性のエージェントが同時にゲート内に侵入しないように、特殊な処理が必要である。

本研究での双方向ゲートの扱いについて図1を用いて説明する。自動改札機を幅1セル、長さ3セルの領域(黒色のセル)で表現した。改札機を通過するための通路は幅1セル分とする。通路の直前までエージェントが進むと、反対側から進んできたエージェントが行き場を失ってしまい、改札機間通路内に人が溜まることになる。これを避けるため、以下の2つの処理を行った。

- (1) 入退場者とも自動改札機の1つ手前のセル(茶色のセル)には侵入できない。
- (2) 入退場者とも双方向ゲート内に侵入するかどうかを判断するのは改札機間通路入口の2つ手前のセル(赤色および青色のセル)とする。

この処理を行った上で、双方向ゲート内にエージェントが侵入するかどうかについて、ルールを定める。ここでは、入場者属性を持つエージェントが双方向ゲー

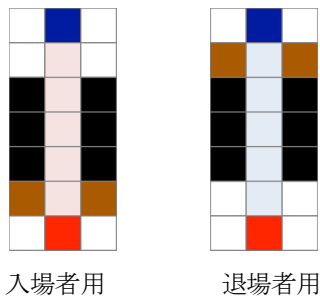


図 1: 双方向ゲートの扱い

ト手前の侵入判断セル(図 1 の赤色のセル)に立っている場合について説明する。退場者属性についても同様に考えればよい。以下の説明において、「改札機内」とは改札機内 3 セルに加えてその前後 1 セルずつを含めた 5 セル分の領域(薄赤色または薄青色のセル)を意味する。また、「反対側の判断セル」とは退場者属性のエージェントが侵入の判断を行うセル(青色のセル)を意味する。

(A) 無条件で侵入する

- ・改札機内および反対側の判断セルに誰もいないか同属性のエージェントがいる

(B) 無条件で侵入しない

- ・改札機内に異属性のエージェントがいる

(A)(B)以外の場合、すなわち、改札機内に誰もおらず、反対側の判断セルに異属性のエージェントがいる場合には、乱数を発生させ、入場者または退場者のいずれかのエージェントが 50% ずつの確率で改札機内に侵入するものとする。

## 4 数値シミュレーション

### 4.1 計算条件

近畿日本鉄道株式会社(近鉄)大阪阿部野橋駅の西改札口の配置をモデルケースとして、本手法を適用した。大阪阿部野橋駅は大阪市南部に位置し、近鉄南大阪線のターミナル駅である。さらに、JR や大阪メトロへの乗り換え駅にもなっている。1 日の乗降客数は 16 万人を超え、近鉄の中で最もよく利用される駅の 1 つである。

西改札口は大阪阿部野橋駅のメイン改札口であり、16 台の自動改札機が設置されている。2 節でも述べたように、乗降客数の多い駅では入退場の専用ゲートを一定数確保している駅が多いが、表 1 に示すように大阪阿部野橋駅では入場専用ゲート 3 台、退場専用ゲート 2 台を設置しているものの、7 割近くを双方向ゲートに設定している。

近鉄阿部野橋駅西改札口の実際の配置を図 2 に示す。図の上方(南側)が駅ホームである。自動改札機は

16 台あるが、大きな柱が 2 本あるため、4 台 + 10 台 + 2 台に分けて設置されている。改札機には東側(図 3 の左側)から順に 1~16 の識別番号を付す。4, 14, 16 が入場専用ゲート、3, 15 が退場専用ゲートにそれぞれ設定されており、それ以外の 11 台が双方向ゲートとして使われている。

本報では朝のラッシュ時に複数の列車が到着した直後を想定し、退場者 1,000 人が一斉に改札に向かい、反対側から 50 人が入場する様子をシミュレーションした。入場者、退場者とも計算領域の下端および上端から一様に流入するものとした。

### 4.2 計算結果

図 2 の自動改札機配置(配置 1)に対して、本手法による数値シミュレーションを行った際の各ゲートの利用者数分布を図 3 に示す。青色が入場者、橙色が退場者を示す。

退場者は入場専用ゲート(4, 14, 16)以外のゲートを全て利用している。ただし、8, 9 のゲート利用がやや少なく、12, 13 のゲート利用がやや多い。一方、入場者は双方向ゲートのうち 1, 2, 5, 12, 13 を全く利用していない。これは多くの退場者がこれらの双方向ゲートを占有してしまい、入場者が利用できなかったためである。

次に図 4 のように全ての自動改札機を双方向ゲートにした場合(配置 2)のシミュレーションを行った。この配置に対する各ゲートの利用者数分布を図 5 に示す。入退場者ともすべてのゲートを利用していることがわかる。退場者の分布を見ると、中央付近のゲート利用者数がやや少ない。これは駅ホーム側の幅に比べて改札口の幅が狭くなっていることに起因すると考えられる。

最後に、図 6 のように双方向ゲートを設置せず、退場専用ゲートを多く設置した場合(配置 3)のシミュレ

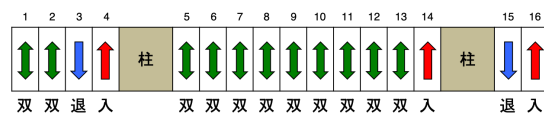


図 2: 大阪阿部野橋駅改札機配置(配置 1)

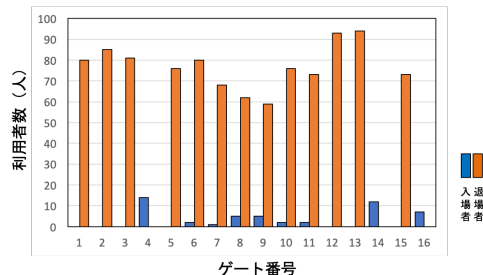


図 3: ゲート利用者数分布(配置 1)

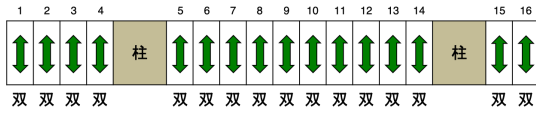


図4: 双方向ゲートのみを配置(配置2)

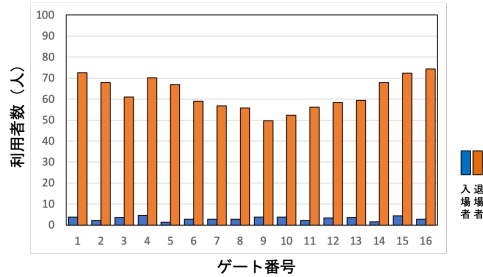


図5: ゲート利用者数分布(配置2)

シオンを行った。ただし、大阪阿部野橋駅においてゲート1の改札は唯一、車椅子利用者でも通行できる幅の広い改札になっている。このため、ゲート1の改札を双方向ゲート以外に設定することは現実的でないと考え、ゲート1のみ双方向ゲートとした。利用者数分布を図7に示す。

入場者は唯一の双方ゲートである1をほとんど利用せず、専用ゲート(4, 9, 14)を利用していることがわかる。退場者は利用可能なゲートをほぼ一律に利用している。

配置2および3において、入退場者1,050人全ての通過が完了するまでの計算ステップ数の平均値はそれぞれ350.8回および376.6回となった。配置2の方が短時間で全員の通過が完了している。これは、配置3では退場専用ゲートを多く配置したとは言え、入退場者数の比率と同じではないことが原因であると考えられる。つまり、退場者が利用するゲート数が不足しており、退場者の通過が律速となっている。合計通過時間の

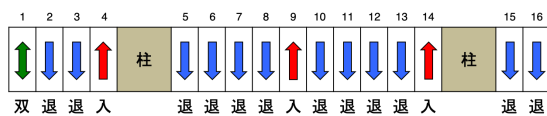


図6: 退場専用ゲートを多く配置(配置3)

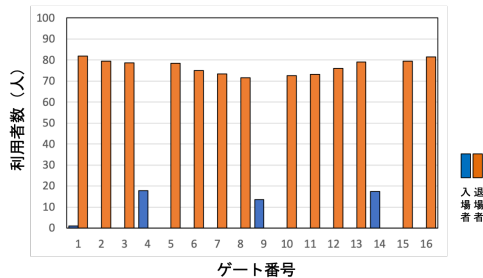


図7: ゲート利用者数分布(配置3)

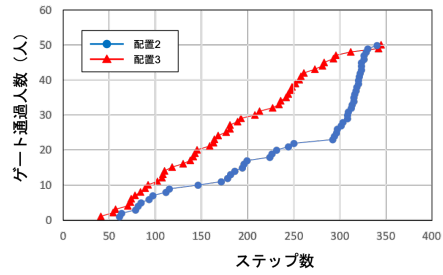


図8: ゲート通過人数の時間経過

みを見れば、双方向ゲートを多く配置することが有用であると言える。

図8に入場者のゲート通過人数の時間経過を示す。配置3では入場者の流量(グラフの傾き)がほぼ一定となっているのに対して、配置2では300ステップの少し前まで低流量となっていることがわかる。これは、当初は退場者が双方向ゲートを占有し、退場者の通過が終わった後に入場者が一斉に通過していることを意味する。

## 5 まとめ

鉄道駅の自動改札機配置に関して実態調査を行ったところ、多くの駅で双方向ゲートの設置割合が高かった。ただし、乗降者数の多い駅では入退場の専用ゲートを一定数確保している傾向が見られた。

フロアフィールドを導入したマルチエージェントシミュレーションにより、双方向ゲートを含む鉄道駅自動改札機における人の流れを表現するモデルを提案した。退場者が極端に多い状況を想定した計算を行ったところ、入退場者全員のゲート通過時間の観点では双方向ゲートを多く配置することが有用であることが示された。ただし、退場者が双方向ゲートを占有してしまうため、入場者の通過流量がかなり低くなる時間帯があることが示された。

## 謝辞

本研究はJSPS科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号:19K04936)の支援を受けた。また、本研究の遂行にあたり、近畿日本鉄道株式会社総合企画本部総合研究所から支援を受け、参考となるデータ・映像の閲覧許可をいただいた。記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 例えば、兼田敏之, *artiso* で始める歩行者エージェントシミュレーション, 構造計画研究所, 2010.
- [2] Burstedde, C. et al., *Physica A* 295 (2001) 507-525.