

# 駅構内における人の流動に関するシミュレーション —誘導路の導入による円滑化を目指して—

2017SS064 柴田将成

指導教員 小市俊悟

## 1 はじめに

名古屋市主要な地下鉄である東山線は、特に名古屋駅と栄駅の間で通勤ラッシュの時間帯において、極端な混雑が見られる。そこで、本研究では、特に複数の地下鉄路線があり混雑している伏見駅のホームについて、誘導路を導入するなどして人の流動に条件や制約を加えることにより、人の流動を円滑にする方法を探る。いくつかの条件や制約を考え、それらの効果をマルチエージェントシミュレーションを用いて検証する。

## 2 伏見駅の現状について

国土交通省の第12回大都市交通センサス調査結果にある路線別着時間帯別駅間輸送定員表 [1] によれば、始発から6時59分の間に、栄駅方面から来て、伏見駅に到着した人の数は7,429人である。平日であれば、その時間帯に栄駅から伏見駅に到着する電車の本数は12本であるので、栄駅から伏見駅の間では乗客が、電車1本あたり  $7,429/12=619.08$  の約619人乗っている。東山線は6両編成で、各車両の定員は100名前後であるので、栄駅から伏見駅の間では定員を上回るような混雑状況であることがわかる。

また、同じく第12回大都市交通センサス調査結果にあるターミナル別乗換え人員表 [2] によれば、伏見駅に乗り入れている鶴舞線から、東山線の上りに乗り換えた人の数は1日で、およそ5,415人である。同様の乗り換え客について、ピーク時間帯においては、1時間あたり2,657人であり、1日の半数以上が、その1時間のうちに乗り換えている。

以上のデータも示すように、伏見駅の構内では、通勤時間帯において、特に、かなりの混雑が生じている状態であり、その改善が望まれる。

## 3 マルチエージェントシミュレーション

伏見駅の人の流動を再現するために、マルチエージェントシミュレーション (MAS) を利用する。MASとは、エージェントと呼ばれる対象を多数用意し、それらのエージェントがあらかじめ設定したルールに従って、自律的に行動することで、興味ある現象を再現しようとするシミュレーションである。MASを実際に利用するにあたって、artisoc [3] と呼ばれるアプリケーションソフトウェアを利用する。

## 4 伏見駅のモデル

伏見駅の状況を再現するために、はじめに、空間モデルを伏見駅の見取図に合わせて作成した。



図1 伏見駅を詳細に再現した空間モデル

名古屋市交通局施設部から得た情報によれば、伏見駅は図1のような寸法であったのでシミュレーションの出力画像に示される人エージェントが直径50センチメートルの円に対応するとして、そこから伏見駅を適切な大きさに再現した。東山線には、合計18個扉がある。各扉に対し2列で並ぶため、合計で36列の乗車待ちの人の列を用意した。

次に、乗車客を表すエージェントと降車客を表すエージェントの2種類を用意した。



図2 空間の分割と各領域に割り当てられた数字

人エージェントの行動を定めるために、空間モデルを図2に示すようないくつかの領域に分割し、領域ごとに行動ルールを設定した。基本的なモデルでは、伏見駅を壁等も含めて、21個の領域に分割している。人エージェントは、シミュレーションの各ステップにおいて、自分がどの領域に属しているかを判定し、各領域に定められたルールに基づき移動方向を決める。

乗車客は、基本的に、空間モデルにおいて、電車に相当する下部を目指す。電車の乗降口にあたる部分の左右には、図4において0と1で示されている縦に伸びる領域を設定し、これを電車を待つ行列に相当する領域と考える。乗車客は、そのような領域のいずれかに集まるように行動ルールを設定しており、電車の発車時刻までにその領域に到着した乗車客は、発車時刻において空間から除去される。発車時刻においてホームに残ることになった人数が多いほど混雑していると考え、後の評価では、その人数を混雑具合の指標とする。

降車客は、200ステップごとに電車の乗降口に現れる。降車客を表す人エージェントは、降車後、伏見駅の改札や乗り換えのための階段に続く方向に向かって移動する。移

動の結果、伏見駅の改札に続く空間の上部や階段口の付近に到着した場合、降車客は空間から除去される。

## 5 一方通行による混雑緩和の試み

混雑緩和のために、乗降客の流れを誘導することを考え、一方通行となるような領域を設定することとした。シミュレーションは、特に明示していなければ、乗車客 100 人、降車客 100 人で行っている。



図 3 各領域における矢印で示された向きへの移動選択確率

図 3 に示された各領域では、矢印に付された数字を選択確率として、乗車客は黄色の矢印の向きに、降車客は緑色の矢印の向きに移動する。各パターンで 10 回のシミュレーションを行った。表 1 は、一方通行の領域がなしの 10 回行ったシミュレーションの各回の結果を表したものである。

表 1 一方通行領域なしのホームに残った人数

電車番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	22	25	23	14	21	15	13	21	21	20
1	19	12	11	23	14	19	16	16	13	17
2	38	38	18	18	17	17	18	13	20	12
3	38	38	18	18	17	18	13	13	20	12
4	17	13	10	24	20	14	21	15	10	15
最大	38	38	23	24	21	19	21	21	21	20
平均	26.8	25.2	16	19.4	17.8	16.6	16.2	15.6	16.8	15.2

10 回全体でみた場合、一方通行領域なしの最大は 38、平均は 17.9 であった。

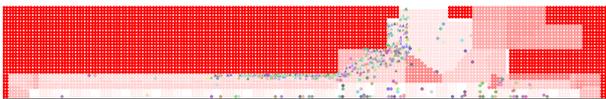


図 4 一方通行領域なしの観察

次に、図 3 の青色部分において一方通行領域の与え方を複数考え、それらをパターン 1 から 4 とした。しかし、一方通行領域なしよりホームに残る人数は少なくなかった。パターン 5 は、図 4 のような混雑状況をシミュレーション中に観察したので、それを解消するのではないかと考えて、図 5 黒色部分に一方通行を設けたものである。図 6 はパターン 5 における一方通行の領域内の移動ルールを示す図、表 2 はパターン 5 においてホームに残った人数をまとめたものである。



図 5 ボトルネックとなっていた領域

5		17	←	↑
11	↓	↓	2	↑
18	→	↓	5	

図 6 一方通行の設定パターン 5

表 2 パターン 5 のホームに残った人数

電車番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	20	25	15	14	15	17	19	19	20	19
1	7	9	25	14	28	13	11	5	11	7
2	29	27	18	14	7	18	15	27	11	29
3	15	19	13	14	30	9	11	10	33	2
4	26	14	27	22	8	14	19	29	7	26
最大	29	27	27	22	30	18	19	29	33	29
平均	19.4	18.8	19.6	15.6	17.6	14.2	15	18	16.4	16.6

10 回全体ではパターン 5 は最大 30、平均 17.12 となった。パターン 5 はなしを含め、すべてのパターンの中で、最も小さい最大と平均を与えるパターンとなった。人の流れのボトルネックをうまく解消できたのではないかと考える。

また、エージェントの数を乗車客と降車客ともに増やし、1000 としたシミュレーションも 10 回行った。シミュレーション 1 回につき 5 時間以上かかったが、結果として、一方通行領域なしは最大 54、平均 37.44、パターン 5 は、最大 56、平均 35.52 となった。パターン 5 は人数が多くても、わずかではあるが、平均において改善を認めることができた。

## 6 おわりに

通勤通学時間帯において、恒常的に混雑が発生している伏見駅について、一方通行領域を設定するなどして、人の流動を円滑にすることができないかをマルチエージェントシミュレーションを用いて検証した。そのために、伏見駅を表す空間モデルを作成し、空間をいくつかの領域に分割し、領域ごとに移動ルールを設定することで、伏見駅における人の流動を再現した。人の流動の円滑化を目指して一方通行を設定するために、空間をさらに細分し、どのような細分パターンが有効であるかを検証したが、人エージェントの数を 100 とした場合および 1000 とした場合の双方において、パターン 5 として示した一方通行領域の設定が、有効性をわずかではあるが示すことになった。

## 参考文献

- [1] 国土交通省:『路線別着時間帯別駅間輸送定員表』(2020/05/15 アクセス). <http://www.mlit.go.jp/common/001179013.xlsx>
- [2] 国土交通省:『ターミナル別乗換え人員表』(2020/08/18 アクセス). <http://www.mlit.go.jp/common/001179008.xlsx>
- [3] 構造計画研究所:『artisoc』(2020/12/14 アクセス). <https://mas.kke.co.jp/artisoc4>