

2012 年度 立正大学経済学部ゼミナール大会論文

JR 五反田駅構内利用客シミュレーション

立正大学経済学部 小野崎ゼミナールⅡB

参加者氏名

長谷川 瞭

菊池 恭平

新保 直樹

小林 真実

長島 綾香

目次

第1章 序論

- 1.1 研究の背景
- 1.2 研究の目的
- 1.3 シミュレーションの必要性

第2章 JR 五反田駅の概要

- 2.1 概要
- 2.2 JR 五反田駅構内の問題点

第3章 JR 五反田駅構内利用客シミュレーションの実装

- 3.1 シミュレーションの概略
- 3.2 各エージェントのルール
- 3.3 検証①：現状の JR 五反田駅構内の利用客シミュレーション
- 3.4 検証②：4本の柱を取り除いた場合の利用客シミュレーション
- 3.5 検証③：各利用客エージェントの行動を規制した場合の利用客シミュレーション

第4章 結論

- 4.1 まとめ
- 4.2 今後の課題

参考文献・出典

第 1 章 序論

1.1 研究の背景

近年、鉄道の利用客数は徐々に減少傾向にある。その要因の一つとして、2010 年（平成 22 年）6 月に開始された高速道路無料化の社会実験により、自家用車等の利用が増えた事が挙げられる。しかし、首都圏の鉄道旅客駅では、相変わらず多くの利用客混雑が解消されているとはいいがたい。不特定多数の利用客が混在しているとともに、案内も分かりにくい。また、2006 年（平成 18 年）12 月に「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（バリアフリー新法）」が施行された。この法律では 2010 年（平成 22 年）度までに各鉄道旅客駅で 100%バリアフリー化するという整備目標を掲げていたが、2010 年（平成 22 年）3 月末の時点で整備達成率は 77%となっており、引き続き着実な取り組みが必要となっている。このように、駅構内のバリアフリーの整備を進める事により、全国の各鉄道旅客駅は、利用者の安全性、利便性、快適性確保の為の適切な空間設計と災害等の非常時の適切な行動への対策が必要不可欠となってくる。

1.2 研究の目的

本研究では、JR 五反田駅構内を研究対象として選んだ理由は、一日の乗車人数が多い割に駅構内の面積が非常に狭くなっているからである。そこで、JR 五反田駅の一日平均利用客数を番線数で割り、番線一本当たりの一日平均利用客数を算出した。それを JR 五反田駅と JR 池袋駅と JR 大崎駅と比較したのが表 1 である。一日平均利用客数が JR 池袋駅は、一日平均利用客数順位が 2 位の 544,762 人である。一方、JR 五反田駅は、一日平均利用客数順位が 22 位の 127,996 人で約 4 倍もの差があるのに対して、番線一本当たりの一日平均利用客数では JR 池袋駅は、68,095 人であり、JR 五反田駅は、63,998 人となっており、殆ど大差ない。よって、JR 東日本管内の各駅の中でも、JR 五反田駅構内の利用客数の密度は高いと言える。それにより、朝夕のラッシュアワーは特に混雑し、現に混雑が原因による利用客間での口論、喧嘩等のトラブルが発生している。

駅名	番線一本当たりの 一日平均利用客数（人）	一日平均 利用客数（人）	一日平均 利用客数順位
JR 五反田駅	63,998	127,996	22 位
JR 池袋駅	68,095	544,762	2 位
JR 大崎駅	15,979	127,138	23 位

出典：JR 東日本旅客鉄道株式会社

表 1 各駅の番線一本当たりの一日平均利用客数の比較

順位	駅名	一日平均(人)	順位	駅名	一日平均(人)
1	新宿	737,154	16	浜松町	151,480
2	池袋	544,762	17	田町	148,346
3	渋谷	402,766	18	吉祥寺	137,555
4	横浜	394,900	19	船橋	133,774
5	東京	380,997	20	蒲田	133,593
6	品川	323,893	21	恵比寿	128,555
7	新橋	243,890	22	五反田	127,996
8	大宮	235,744	23	大崎	127,138
9	秋葉原	230,689	24	西船橋	125,276
10	高田馬場	199,741	25	中野	122,846
11	北千住	194,136	26	柏	118,611
12	川崎	185,651	27	町田	109,042
13	上野	174,832	28	戸塚	105,538
14	有楽町	162,252	29	千葉	104,788
15	立川	155,868	30	国分寺	104,731

出典： JR 東日本旅客鉄道株式会社

表 2 JR 東日本管内各駅の一日平均乗車人数上位 30 位

また、2000 年代から駅構内スペースの活用が社会的に注目を集めており、次第に増加傾向にある。主な店舗としては、飲食店・コンビニエンスストア・書店・衣料品店から理髪店・保育所など多岐に渡っている。そこで、基本的には不特定多数の利用客の歩行者シミュレーションを作成し、上記で述べた利用客の安全性、利便性、快適性を考慮した鉄道旅客駅構内を目指して研究を行っていく。そして、この研究を活用することによって、上記の駅構内に展開している商業スペースの発展にも役立てていきたい。

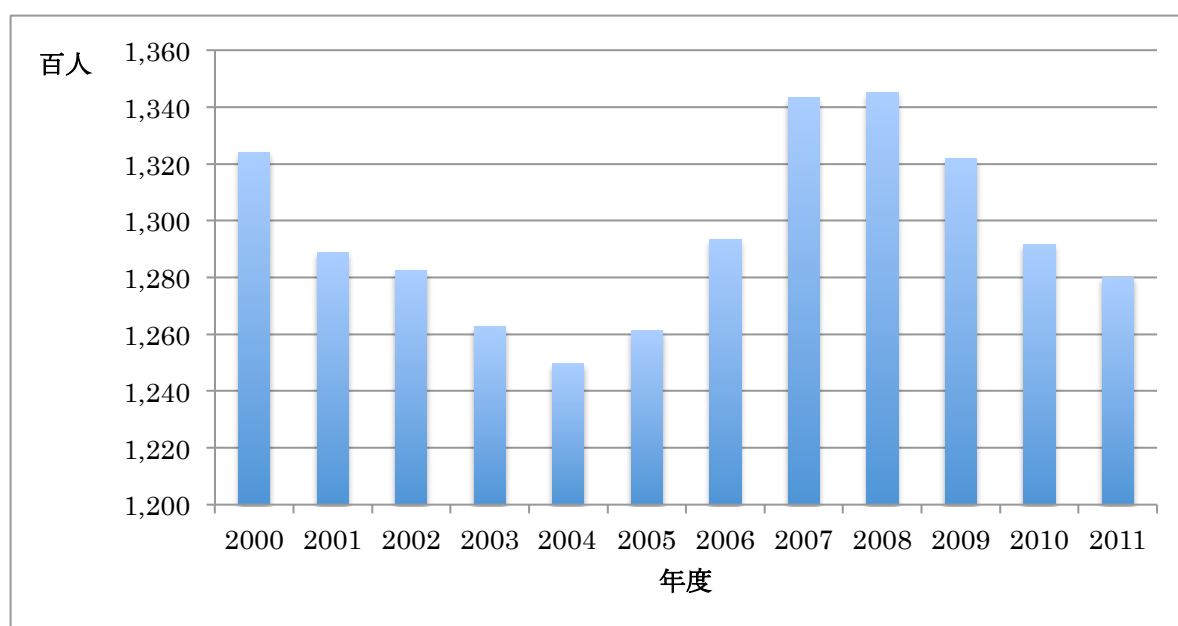
1.3 シミュレーションの必要性

実際に、毎日莫大な数の人々が利用している鉄道旅客駅においてさまざまな実験を行うことは極めて困難である。そこで、駅構内に対応する仮想の空間を PC 上に作り、多岐に渡る条件の下でシミュレーションを実行することが必要になってくる。今回の研究では、構造計画研究所が人工社会構築シミュレーションのプラットフォームとして開発した『artisoc』と呼ばれるマルチエージェント・シミュレーション・ソフトウェアを使用する。この artisoc とは、artificial society（人工社会）を縮めたもので、様々な社会現象のモデルを作成し、シミュレーションを実行することを念頭において開発されたものである。このソフトウェアの最大の特徴は、難解であるプログラミング言語やプログラミング技法を学ぶ必要もなく、誰にでも抵抗なく簡単にシミュレーションを実行できることである。

第 2 章 JR 五反田駅の概要

2.1 概要

五反田駅は、JR 東日本山手線、東京急行電鉄池上線、東京都交通局都営地下鉄浅草線の 3 社 3 路線が乗り入れる接続駅となっている。本研究では、JR 東日本山手線の五反田駅構内を研究対象とする。JR 五反田駅は、1911 年（明治 44 年）に官設鉄道の駅として開業し、1987 年（昭和 62 年）国鉄分割民営化により、現在の JR 五反田駅となった。駅構内の施設には KIOSK、ドラッグストアがあり、改札口を出た正面には NEWSDAYS やベーカリーなどが開業した。駅周辺には商業ビルや大学が多いためサラリーマンや学生の利用者が多く、さらに TOC ビルやゆうぼうとといった観光施設や、飲食店が多いこともあって、一日平均乗車人員が比較的多い。しかし、近年は JR 五反田駅の乗車人数は年々減ってきている（下記図 2.1 参照）。その理由としては、JR 大崎駅の発展が挙げられる。JR 大崎駅は、以前は山手線のための鉄道旅客駅であったが、1982 年（昭和 57 年）に大崎副都心に指定されると再開発が進み、2002 年（平成 14 年）には、埼京線・りんかい線・湘南新宿ラインが利用可能になり再開発に拍車を掛けた。



出典：JR 東日本旅客鉄道株式会社

図 2.1 JR 五反田駅乗車人数の推移

2.2 JR 五反田駅構内の問題点

利用客にとって JR 五反田駅にはいくつかの問題点がある。第一は、JR 五反田駅構内の面積が利用客数に比べて非常に小さい事である。JR 五反田駅構内の面積に関しては、上記の研究の目的で述べた通りである。結果的に、利用客の混雑が発生して階段・エスカレーター・改札口等の目的地へと進む速度

が遅くなり、目的地への到達時間が遅くなってしまいます。

第二は、バリアフリーの設備が不十分な点である。JR 五反田駅構内には 15 人乗りのエレベーターが一基備えてあるのみである。これは、駅構内の規模が小さい為に設備の拡充が行えないからであると思われるが、高齢者や身体障害者にとって大変不便である。特に朝夕のラッシュ時等の時間帯は、階段やエスカレーター等の混雑する場所を避ける為に多くの健常者がエレベーターを利用するため、身体障害者等の社会的弱者は非常に利用しにくい状況となっている。また、エスカレーターは品川・東京方面ホーム行きの一カ所のみであり、高齢者の方や身体障害者が利用するには、安全で快適とは言える状況ではない。また、エスカレーターの設備不足に関しては、バリアフリーの面だけでなく、混雑の原因として捉えることもできる。

第三には、下記の図 2.2 の通り、JR 五反田駅構内は中央に柱が 4 本あり、利用客はこの柱を避けなければならない、正常な利用客の流れを大きく妨げている。他に、ホームから駅構内へと繋がるのは、2 カ所の階段とエスカレーター、エレベーターと合計 4 か所あるのに対して、駅構内の外へとつながる改札口の数 が 1 か所であるため、多くの利用客が改札口周辺で滞留し、混雑してしまっているのが現状である。また、改札口の入場口と退場口の位置に問題があると考えられる。入場口は左右の両側にあり、退場口はその入場口を挟まれた中央に位置している。この事が改札口周辺で多くの利用客の滞留を引き起こしている原因一つになっていると思われる。

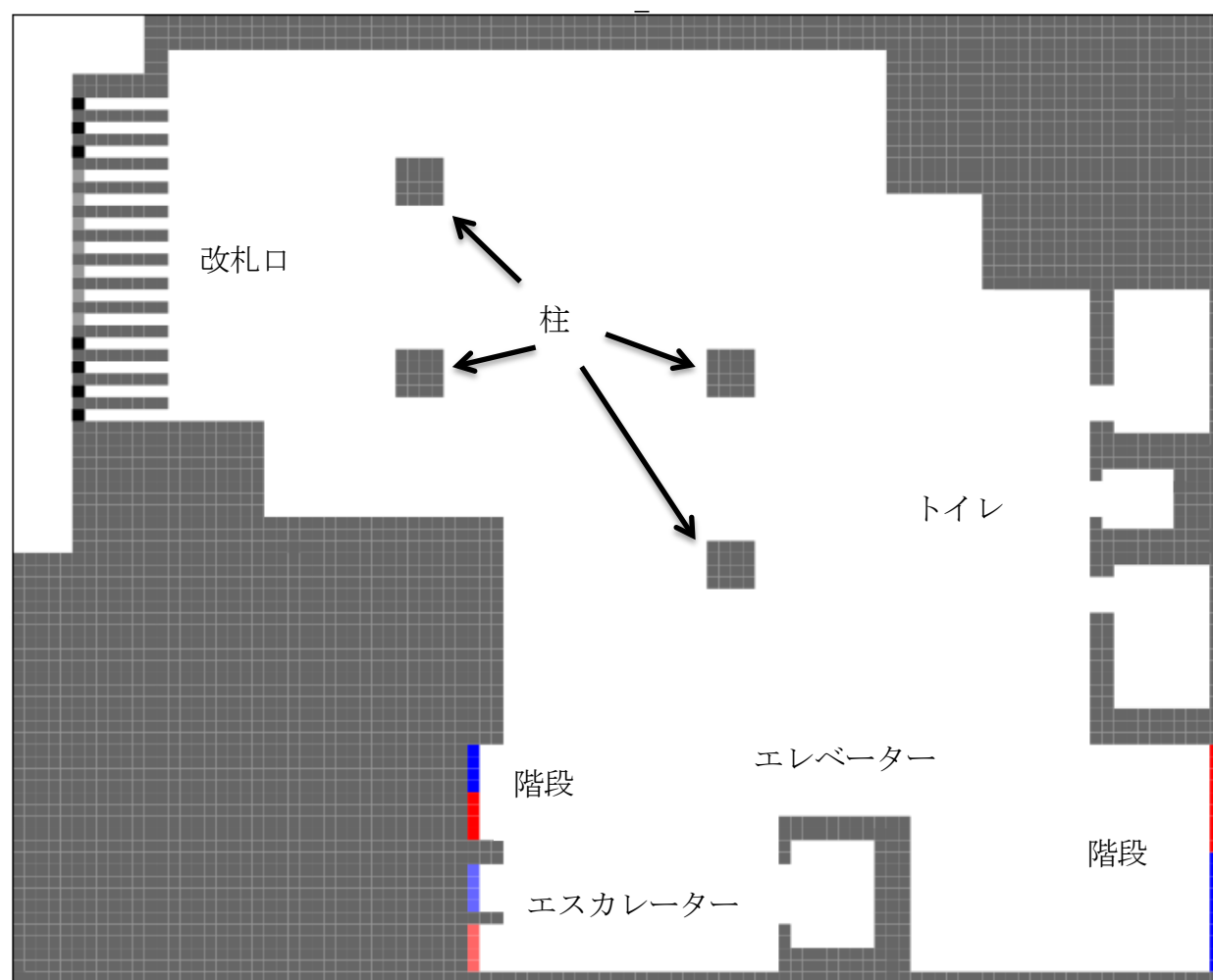


図 2.2 JR 五反田駅構内図

第3章 JR 五反田駅構内利用客シミュレーションの実装

3.1 シミュレーションの概略

利用客エージェントは、利用客エージェント同士をお互いに避け合い目的地へと向かう。チェックポイントエージェントは、その利用客エージェントを目的地へ導くチェックポイント（経由地）として配置した。障害物エージェントは、通行を制限させる為に配置している。この事を図 3.1 フローチャートとしてまとめた。これら3種類のエージェントを用いて、JR 五反田駅構内での利用客エージェントの流れをシミュレーションする。この一連の利用客エージェントの行動をフローチャートにまとめた。

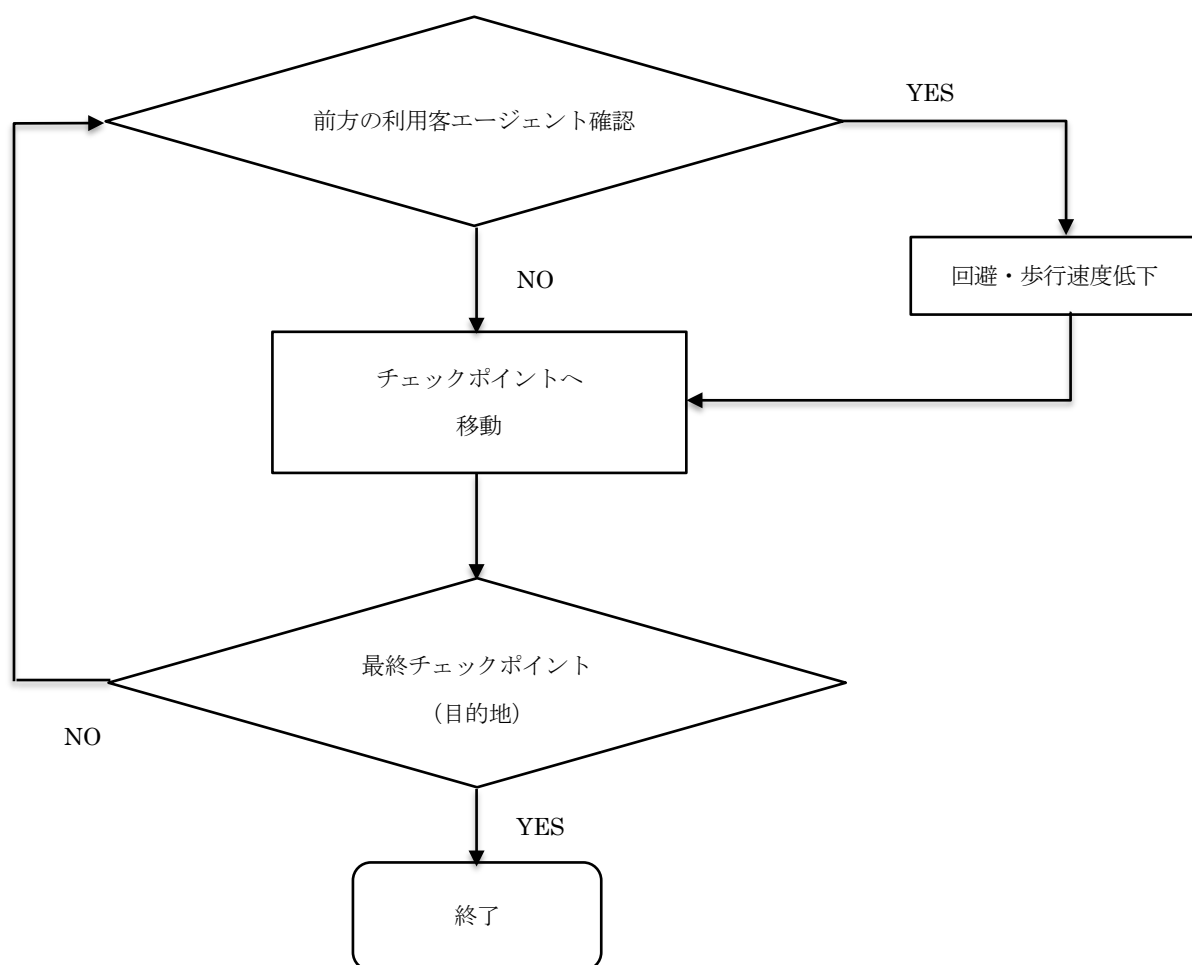


図3 フローチャート

3.2 各エージェントのルール

・利用客エージェント

改札口から階段・エスカレーターに向かう 3 種類の乗車客と、階段・エスカレーターから改札口に向かう 3 種類の降車客の計 6 種類を利用客エージェントとして出現させる。利用客エージェントは 1 ステップ当たり 25% の確率で発生させた。実際に JR 五反田駅構内で定点観測した結果を参考にし、階段とエスカレーターに一定の比率をつけて発生させている。各利用客エージェントが進行方向正面にいる場合は、両者利用客エージェントが左右に避け合いながら、歩行速度を落とすように設定した。図 3.1 に示す。歩行速度は、同じ進行方向に向かう利用客エージェントよりも、対向してくる利用客エージェントの方が遅くなるように設定している。また、進行方向に 3 以上の利用客エージェントがいる場合には、その場で立ち止まるようにした。各利用客エージェントは、チェックポイントを経由地として記憶させ、その記憶させたチェックポイント（経由地）から次なるチェックポイントまたは、最終的な目的地へと向かわせている。

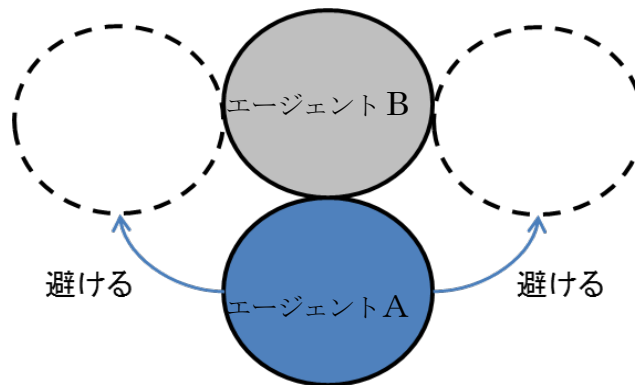


図 3.1 利用客エージェントの行動例

・チェックポイント（経由地）エージェント

各利用客エージェントを最終的な目的地へ導く為に、チェックポイント（経由地）として全部で 46 個配置している。チェックポイント（経由地）エージェントの設定した範囲内に歩行者エージェントが侵入した際に、各利用客エージェントに記憶させ、最終的な目的地へ誘導している。

・障害物エージェント

各利用客エージェントが通行する事のできない壁や柱として配置させている為、障害物エージェントには特にルールは定めていない。

そこで、今回検証していくのは、現状の JR 五反田駅構内と今現在、存在している 4 本の柱を仮に取り除いてみた場合、利用客同士が交錯しないように進行方向に規制してみた場合の 3 種類について、シミュレーションを活用しながら研究する。各利用客エージェントのステップ毎の歩行速度と、駅構内から退場していく各利用客エージェントを数値化し、500 ステップを 5 回実行させる。そして、その 3 種類のモデルでどのような変化が見られるのか検証していく。

3.3 検証①：現状の JR 五反田駅構内の利用客シミュレーション

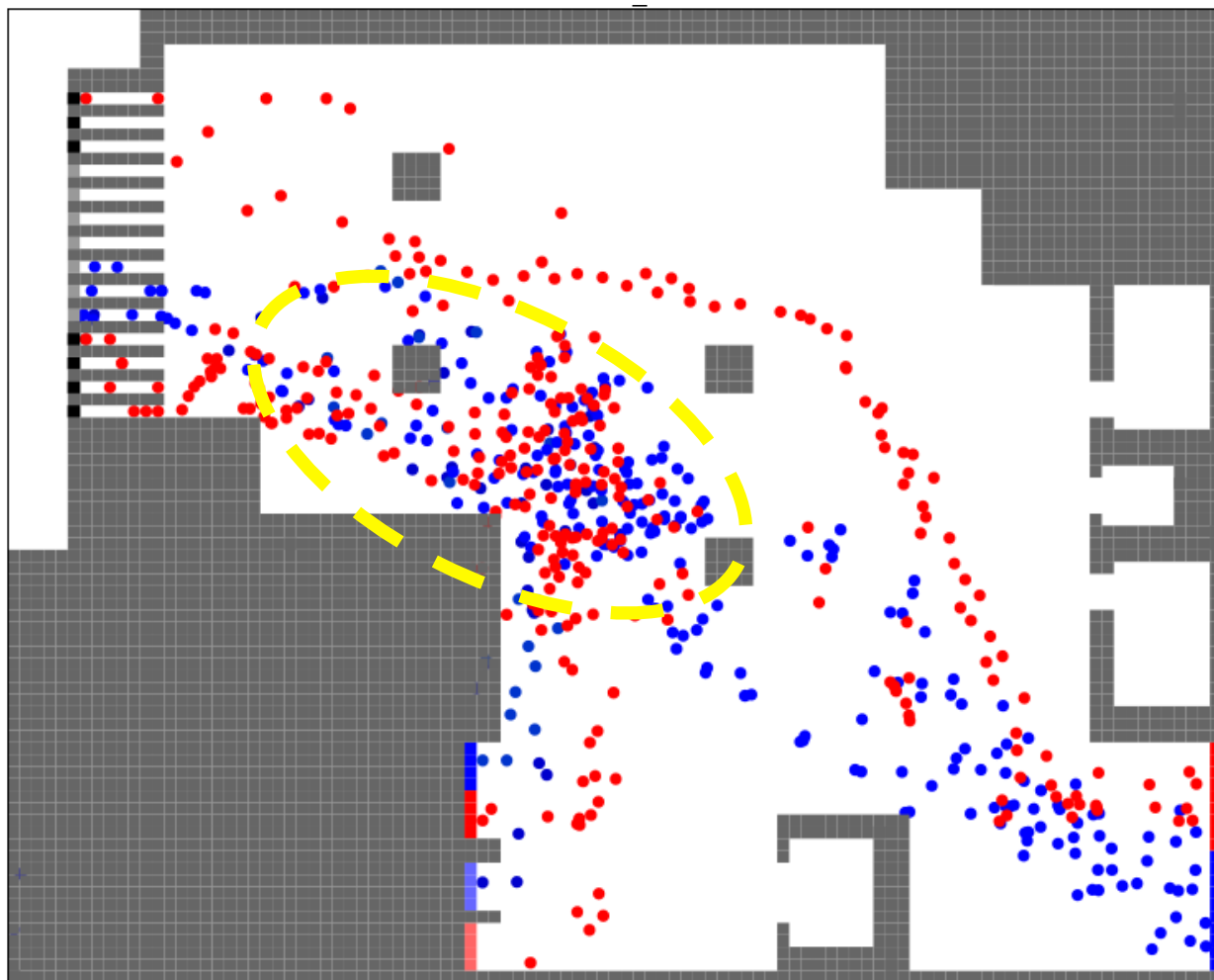


図 3.2 現状の JR 五反田駅構内の利用客の流れ

現状の JR 五反田駅を再現してシミュレートしてみたのが、図 3.2 である。赤色で示されているのが、乗車客であり、青色で示されているのが降車客となっている。図 3.2 の通り、改札口の位置は、入場口が両側であり、退場口が中央になっている。その為、改札口周辺で利用客エージェント同士が衝突するのを避け合う事になり、混乱している様子が見て取れる。また、利用客エージェントは 4 本の柱を避けて目的地まで向かうこととなる為、進行方向が限定される。その結果、4 本の柱周辺で多くの利用客エージェントが滞留して、円滑な流れを妨げている様子が観察できる。

そして、各利用客エージェントの 500 ステップの平均歩行速度を算出した。各利用客エージェントの最大歩行速度を 1 として、各利用客エージェントが進行方向にいる場合衝突を避けている為、歩行速度を下げる。よって、利用客エージェントで混雑しているほど、利用客エージェントの歩行速度は減速する。現状の JR 五反田駅のシミュレーションでは、乗車客は約 0.85 であり、一方、降車客の平均歩行速度は約 0.8 となった。

回数	(A) 乗車客数	(B) 降車客数
1	482	545
2	494	497
3	510	533
4	527	511
5	517	503
6	502	488
7	469	510
8	524	523
9	491	533
10	547	481
平均	506	512

表 3.1 乗車客と降車客の JR 五反田駅構内からの退場客数（現状）

また、表 3.1 は、500 ステップの間に乗車客数（A）と降車客数（B）が駅構内から退場した利用客数を記した表である。乗車客（A）が駅構内から退場した数の平均は 506 となり、一方、降車客（B）が駅構内から退場した数の平均は 512 となった。この値を参考にして、以下に 2 種類の仮説を立て、シミュレーションを用いて検証を行っていく。

3.4 検証②：4本の柱を取り除いた場合の利用客シミュレーション

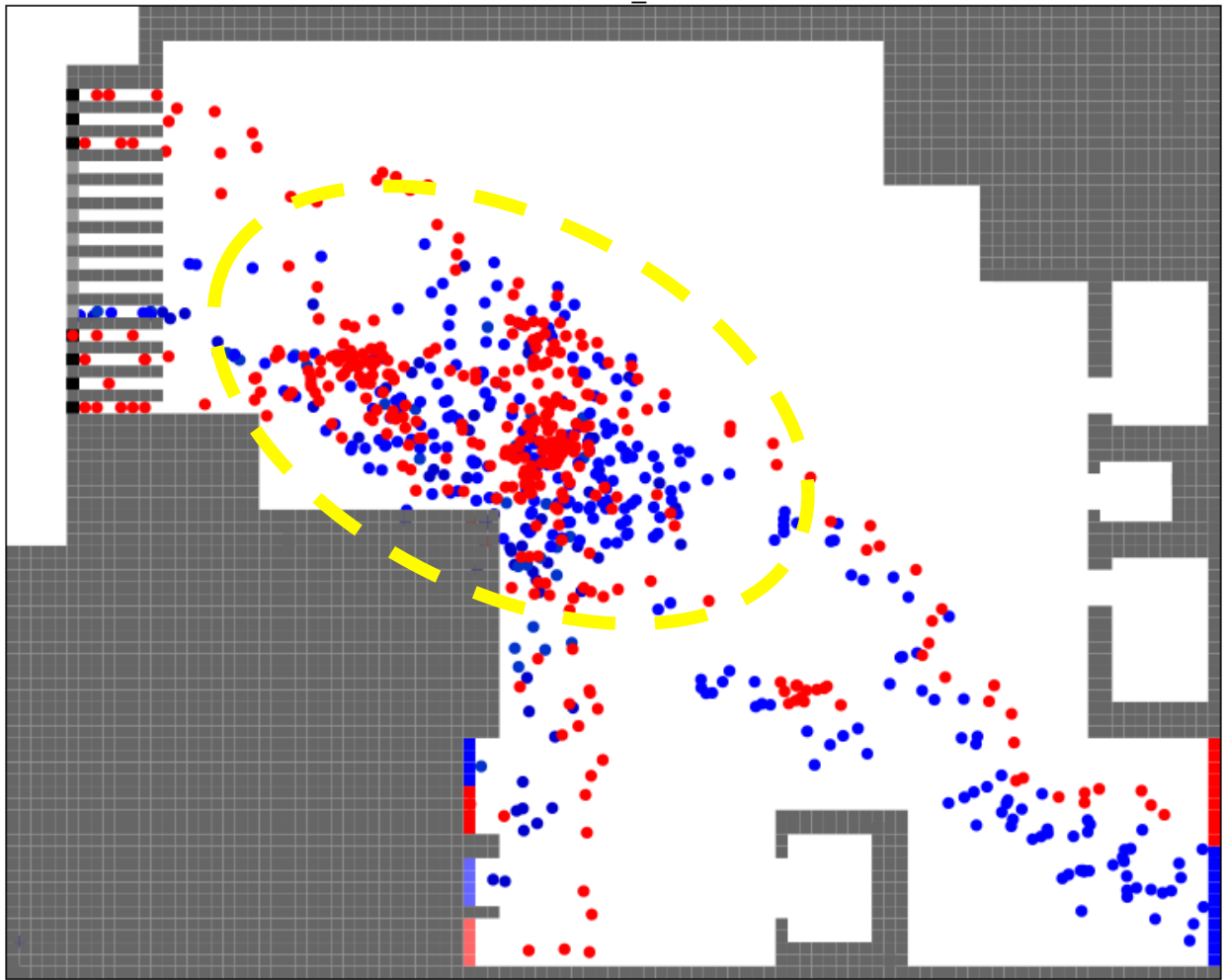


図 3.3 4本の柱を取り除いた場合の JR 五反田駅構内の利用客の流れ

現状の JR 五反田駅構内に存在している、4本の柱を仮に取り除いてみた場合のシミュレーションが図 3.3 である。上記で記した現状の JR 五反田駅構内の利用客シミュレーションである図 3.2 と比較してみると、図 3.3 の方の利用客エージェントがより密集しており、混雑している様子が観察できる。また、乗車客と降車客の平均歩行速度は、共に約 0.5 となり、現状の JR 五反田駅構内と比較すると約 30% 混雑している事が分かった。

回数	(A) 乗車客数	(B) 降車客数
1	319	319
2	287	322
3	331	286
4	294	298
5	318	326
6	305	336
7	308	310
8	298	328
9	306	314
10	307	338
平均	307	317

表 3.2 乗車客と降車客の JR 五反田駅構内からの退場客数（柱なしの場合）

また、表 3.2 は、上記の検証①と同じ利用客エージェント数、ステップ数の同じ条件で行った結果である。乗車客数（A）と降車客数（B）の値は、平均 307 と 317 であり、検証①の 512 と 506 となり、これらの検証の結果から、4 本の柱をなくした場合、平均歩行者速度と駅構内から退場する利用客エージェント数は共に、検証①を大幅に下回る結果となった。一見すると、4 本の柱を取り除いた場合の方が、各利用客エージェントの行動範囲が広くなり、混雑する所が減少すると考えられるが、結果的により混雑するという事が今回のシミュレーションで発見出来た。その原因として考えられるのは、4 本の柱が存在する事により、各利用客エージェントが向かう行動範囲が限定され、密集し混雑する範囲も限定されることである。一般的に、このように歩行者が多く通行する場所に障害物があると、邪魔で通行の妨げになってしまうのは事実であるが、歩行者の行動範囲を限定させ、混雑する場所も限定させると考えることが可能である。

3.5 検証③：各利用客エージェントの行動を規制した場合の

利用客シミュレーション

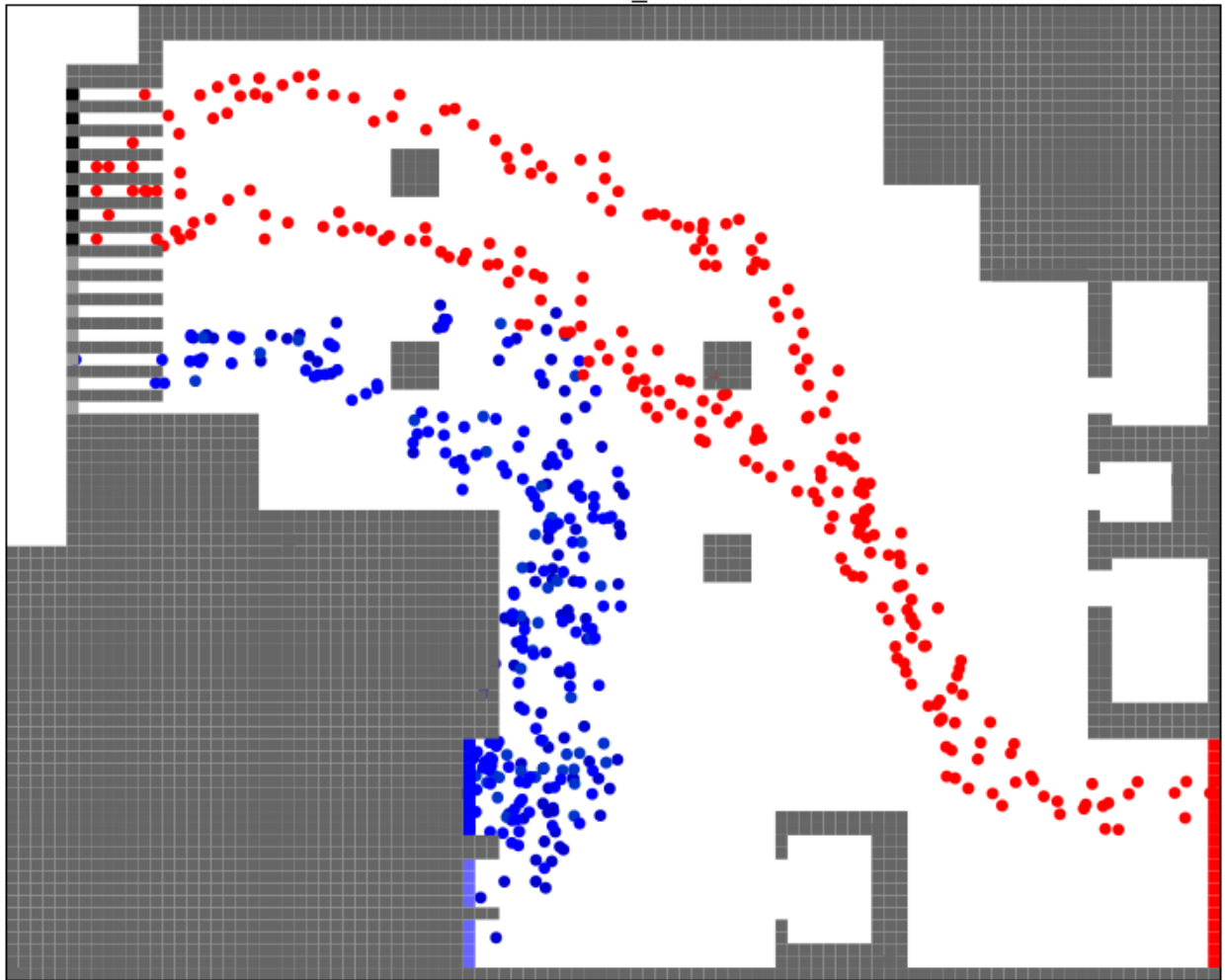


図 3.4 各利用客エージェントの行動を規制した場合の利用客の流れ

検証③では、現状の JR 五反田駅に利用客エージェントが通行可能な場所に通行制限をかけてシミュレートしたのが、図 3.4 である。現状の JR 五反田駅の問題点と考えられる、入場と退場の改札口の位置を入場口と退場口でまとめた。そして、最大限混雑する場所を減らすため、上下のエスカレーターを下りだけにし、図 3.4 向かって左側を乗車客が通行するようにし、一方、右側を降車客が通行するように行動範囲を限定させた。上記の検証①と検証②と比較しても、駅構内から乗車客と、降車客同士が混雑している様子は、観察できない。

回数	(A) 乗車客数	(B) 降車客数
1	550	645
2	531	672
3	547	607
4	536	611
5	543	639
6	531	599
7	535	641
8	537	581
9	521	616
10	553	604
平均	538	621

表 3.3 乗車客と降車客の JR 五反田駅構内からの退場客数（規制した場合）

また、表 3.3 から乗車客数（A）は、538 であり、降車客数は 628 となった。検証③のこれらの値は、検証①の実際の JR 五反田駅構内のシミュレーションの結果よりも、多くの歩行者エージェントが駅構内から退場することが出来た。中でも、改札口から退場する歩行者エージェント数は検証①の 512 から 628 となり、約 23%の増加となった。一方、改札口から入場する歩行者エージェント数は検証①の 506 から 538 と微増となった。その要因として、図 3.4 向かって左側に存在していた階段とエスカレーターを下り線用とし、向かって右側の階段だけに行動範囲を限定した為、移動距離が長くなったことが考えられる。しかし、今回の 3 種類の検証の中では、歩行者エージェントの歩行速度を下げずに最も多くの利用客エージェントを駅構内から退場させたのは、この検証③の利用客エージェントに規制をした場合であった。

第 4 章 結論

4.1 まとめ

一般的に、利用客の行動可能範囲が広い程、混雑する場所が減少し、歩行速度も速くなると考えられる。しかし、この事は逆に、利用客にあらゆる行動の選択肢を与える事にもなり、歩行者各々が散り散りに行動する事になる。よって、利用客同士が混雑する場所が多く、広範囲に渡って発生してしまう事が本研究によって明らかになった。この JR 五反田駅構内に関して、駅構内中央に存在している 4 本の柱は、少なからず利用客の行動範囲を限定させ、混雑する範囲を小さくしている点において混雑緩和にとって有効である。また、混雑緩和の他の方法として、同じ目的地へ向かう利用客同士を集め、同じ経路で最終的な目的地へ向かわせる方法も有効である。対向してくる利用客同士では、双方が衝突を回避する行動を取ろうとする為に双方が歩行速度を減速させようと行動する。一方、同じ進行方向に向かう利用客同士では、どちらか一方が衝突を回避する為に行動すれば良い為、利用客全体の歩行速度を減速は最小限に抑える事が可能となる。子供や高齢者、身体障害者にとって混雑する事なく安心して快適な駅構内を構築するためには、大勢の利用客が同じ空間の一角所に集中しないよう分散させることが重要である。そのためには、多くの利用客の行動範囲を規制して、同じ目的地へ向かう利用客同士を同じ経路で通行させる為の措置を取る事が最適な方法である。

4.2 今後の課題

本研究では、JR 五反田駅構内の一部分をシミュレートしたが、券売機、エレベーター、ホーム等駅構内にはあらゆる施設や設備が存在し、利用客はあらゆる条件の下で行動する。このような条件を組み込んだモデルを構築し、利用客の総合的な行動を分析する必要がある。また、利用客は単独で行動すると仮定しているが、実際にはグループで行動している場合も少なくはない為、グループでの行動が他の利用客に影響を与える事は十分にあり得る。そして、各利用客は最短経路で経由地、目的地を目指す事に仮定している事によって、目指す方向に利用客が既に存在していた場合に遠回りをしながら、経由地、目的地に向かうという行動が本研究では再現できていない。また、健常者のみを研究対象としたが、今後高齢者や身体障害者等を対象としたバリアフリーを考慮するとまだ不十分である。このような事象に対して適用できるシミュレーションモデルの構築が必要となる。

参考文献・出典

- ・山影進 『人工社会構築指南—artisoc 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 年

ウェブサイト

- ・国土交通省 http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo09_hh_000056.html
- ・JR 東日本旅客鉄道株式会社 <http://www.jreast.co.jp/>