

観光客と通学・通勤客が混在する小樽駅における 歩行者のシミュレーション比較

2020041 内山莉々菜
令和5年度提出

目次

第1章	はじめに.....	2
第2章	関連研究.....	3
2.1	オーバーツーリズムに関する研究.....	3
2.2	群衆移動のシミュレーションに関する研究.....	4
2.3	マルチエージェントシミュレーション（MAS）を用いた研究.....	4
第3章	観光都市としての小樽市と観光客のJRの利用状況.....	5
第4章	研究方法.....	6
4.1	実験①改札の配置を変えるシミュレーション.....	6
4.2	実験②歩行者の動きを変えるシミュレーション.....	10
第5章	研究結果.....	11
5.1	実験①改札の配置を変えるシミュレーション.....	11
5.2	実験②歩行者の動きを変えるシミュレーション.....	13
第6章	考察.....	15
第7章	まとめ.....	16
参考文献		17

第1章 はじめに

都市部から電車でアクセス可能な観光地では、電車の混雑がオーバーツーリズム（観光による公害）を引き起こす可能性が高い。公共交通機関を利用して通学や通勤を行う層は、観光客との接点が多いため、混雑に対する問題意識が強いとされている [1]。電車や駅の混雑は、観光客だけでなく、通学・通勤客にストレスを与える。そのため、混雑を解消することが望まれている。このような混雑を解消するためのアプローチとして、多様な設定での分析が可能となる人流シミュレーションが用いられる。従来の研究では、情報提示による群衆制御のシミュレーションを行うなどの歩行者を群衆として捉えたマクロなアプローチが主流である。しかしながら、歩行者の分類に着目してシミュレーションを行っている研究は少ない。

そこで、本研究では、小樽駅での観光客と通学・通勤客の動きを2つに分類して、複数のシミュレーションを通じて、人の混雑が偏らない方法を明らかにする。特に、公共交通機関のシミュレーションにおいて、歩行者の分類に着目してシミュレーションを行うという点が本研究の新規性である。

以下、本論文では、第2章でオーバーツーリズムおよび群衆移動のシミュレーションの関連研究について、第3章では小樽駅が観光都市として人気であり、混雑が発生しやすい状況にあることを示す。第4章では研究方法の詳細について説明する。第5章では、得られた結果について説明する。第6章では、得られた結果を受けて考察を行う。最後に第7章で本研究の結論を述べる。

第2章 関連研究

2.1 オーバーツーリズムに関する研究

オーバーツーリズムは「デスティネーション全体又はその一部に対し、明らかに市民の生活の質又は訪問客の体験の質に悪い形で過度に及ぼされる観光の影響」と定義されている [2]。UNWTO は、訪問客の増加に対応するための都市のインフラと設備を改善する戦略と対応の一つとして、「公共交通機関を訪問客に適応したものにする」と掲げている。公共交通機関のターミナルなど、市民と訪問客が共に利用する場所はオーバーツーリズムの影響を受けやすい。観光地である小樽運河などでは訪問客が混雑の大部分を占める一方、公共交通機関は市民の生活の一部であり、市民と訪問客が混在する状況は避けられない。したがって、公共交通機関における混雑対策は重要な課題である。地域住民の意識に着目して京都のオーバーツーリズムの現状について詳しく調査を行った奈良・前川氏らの研究 [1]ではオーバーツーリズムの問題として次のように示唆した。

「また、『もう観光客を受け入れることができない』回答した割合が高い属性として、女性、0～20代、50代～、学生などが挙がっており、日中に公共交通機関などを利用し、観光客との接点が多い層ほど混雑などの問題を実感していると考えられる。」

このことは小樽市にも当てはまる。小樽の公共交通機関は市民と観光客の接点が多く、観光客の受け入れに対して否定的な印象を抱いている人も存在する可能性がある。

観光地の混雑に関する問題解決のために、従来からマルチエージェントシミュレーションを用いた観光客の分散に関する研究が行われている。混雑情報の有無、与え方による変化をマルチエージェントシミュレーションで実装し、シナリオ分析を行った富樫氏の研究では、閑散状態、通常状態、混雑状態について、混雑情報をどのように提供するのが有効かを比較することを可能にした [3]。他にも、観光地での歩行者行動を再現し、混雑状況を提示することにより観光客の分散化を目指したシミュレーションを行った研究がある [4]。これらの研究は情報提示による群衆制御のシミュレーションであり、オーバーツーリズムに関連した研究においては空間設計に着目したシミュレーションの事例は少ない。

2.2 群衆移動のシミュレーションに関する研究

群衆移動のシミュレーションは体系化が行われており、西田・重中・加藤・大西氏らによって群衆シミュレーションによる歩行空間設計と制御に関する研究動向がまとめられている [5]。この研究によると、「群衆制御とは、移動し始める時刻や移動する経路などのルールに群衆が従うように、物理的な制御や情報提示、誘導、ナッジを通じて群衆の移動に介入すること」であり、歩行者の行動レベルは「Strategic Level」、「Tactical Level」、「Operational Level」の3つに分類される。群衆の移動開始時刻を制御する「Strategic Level」の群衆制御は、入退場ゲートでの人数制限や順次避難といった物理的な制御が該当する。「Tactical level」は「群衆の移動経路や使用する出口の選択を制御」し、バリケードや色、明るさの変更などで群衆を制御する。「Operational level」は「目的地や経由地点に向かうまでの歩行行動を制御」し、ガードレールや策、障害物や音楽によるナッジで群衆を制御する。「Strategic Level」に関して現状の研究では、特定の状況ごとの移動開始時刻の制御の効果が明らかにされていないことが示されており、検証の余地がある。

2.3 マルチエージェントシミュレーション (MAS) を用いた研究

マルチエージェントシミュレーション (MAS) は、「世界における個々の行為者をエージェントとし、エージェントの行動ルールと相互作用をモデルとして記述するもの」である [6]。この手法は、「構築したモデルを通じて現象を理解し、予測しようとするのが」目的とされている。「MAS ではシステム全体の挙動を記述するのではなく、最もミクロなエージェントという行為主体の挙動を記述する」という点が重要である。マルチエージェントシミュレーションは、災害発生時の避難シミュレーションや施設内の人流の可視化など、さまざまな用途で利用されている。印南・正垣・寛・福井・山田氏らは群衆シミュレーション手法 (マルチエージェントモデル) を活用し、国内の大規模ターミナル駅での避難誘導情報の施策展開案を明らかにした。この研究により、「避難誘導計画を想定する際に、群衆シミュレーション手法を活用することが有効であること」が示唆された [7]。同研究においては、「対象エリアの駅乗降客、就業者、就学者、来街者の人数、行動パターンの収集方法」が今後の課題の一つとされている。山田・山根・大堀氏らの研究によれば、各利用者の属性や行動履歴といったミクロ原因を分析することで、人流シミュレーションから混雑のようなマクロ現象が説明可能であることが示されている [8]。

第3章 観光都市としての小樽市と観光客のJRの利用状況

小樽市は全国的に人気であり、地域ブランド調査 2022 ニュースリリース [9]によると全国の市区町村魅力度ランキングで第5位を獲得している。そして、令和5年度5月から、コロナ禍が大幅に緩和されている。この好転を受けて、小樽市はコロナ禍以前の観光客による活気を復活させようとしている。2021年度の1日の小樽駅の乗降客数¹はコロナ禍の影響を受けて10,480人だったが、数年も待たずにコロナ禍以前の1万8千人台に戻る可能性が高い。

小樽市が人気の理由の一つは小樽駅自体にある。JR 小樽駅駅舎は国の登録有形文化財に指定されており、昭和9年から使われている駅舎のレトロな雰囲気や構内のランプは観光客の目を惹きつけている。Instagramでは、「#小樽駅のランプ」のタグが付いた投稿が100件以上あるほどである。そのため、小樽駅のホームには写真撮影している観光客が多く見受けられる。さらに、小樽市は政令指定都市である札幌市から近いということもあり、観光客の54%が交通手段としてJRを用いている[10]。その上、小樽市は観光都市でありながら、国公立大学の小樽商科大学があるため、JRは学生も多く利用している。特に、利用者の多い快速エアポートが小樽駅に到着すると、写真を撮る観光客ののんびりした様子と、急いでバス停に向かう学生のスピード感が同時に広がる。このように小樽駅は市民と観光客の接点が多く、2.1章で示したように観光客の受け入れに対して否定的な印象を抱いている人も存在する可能性がある。従って、小樽駅における混雑への対策は重要である。

¹ 国土交通省国土政策局（2022）「駅別乗降客数 第3.1版」『国土数値情報（駅別乗降客数データ）』https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-S12-v3_1.html（最終閲覧日：2023年11月25日）

第4章 研究方法

4.1 実験①改札の配置を変えるシミュレーション

本実験では、観光客と通学・通勤客が衝突しない小樽駅内の物体の配置を明らかにする。そのために、本実験で行うシミュレーションは下記の2種類である。尚、図2のように小樽駅の通過可能な改札は4箇所である。

- (ア) 小樽駅の4箇所の改札の右側2箇所の改札を使用する実際の配置に基づいたシミュレーション
(図1の左側)
- (イ) 小樽駅の4箇所の改札の左側2箇所の改札を使用するシミュレーション
(図1の右側)

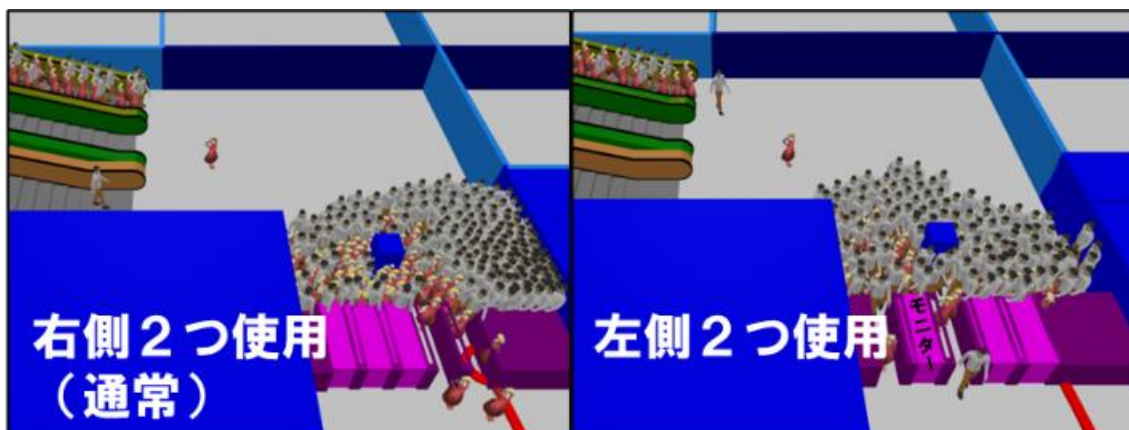


図1 改札の通過範囲の違い

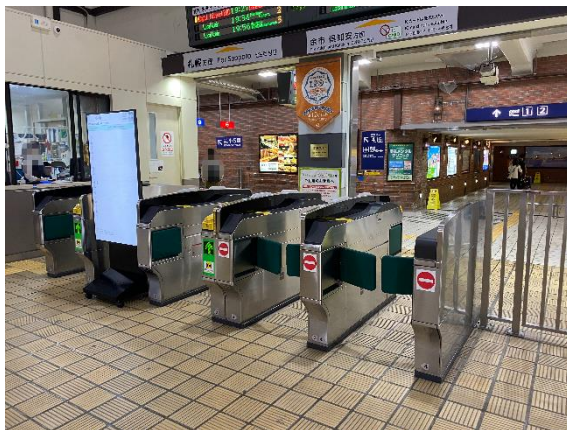


図2 実際の小樽駅の改札

表 1 設定パラメータの値

	観光客	通学・通勤客
快適歩行速度(m/s)	0.94-0.97	1.47-1.56
初速(m/s)	1.25	
歩行者の直径	0.4-0.5 m	
最大到着人数	381 人	
エージェントの生成数	127 人/分	
エスカレーターの速度	30m/分以下	

シミュレーションの作成にはエージェントベースモデルを取り扱うことができる AnyLogic を用いる。エージェントベースモデルはシステムの個々のアクティブなコンポーネントに焦点を合わせるため²、歩行者に着目する本実験に適している。エージェントには歩行者(Pedestrian)を設定した。歩行者の種類は通学・通勤客と観光客の 2 種類に分類する。表 1 に本実験で用いる「シミュレーションに用いるモデルの性質そのものを決定する、エピソード中に変化することのないパラメータ [6]」である設定パラメータを示す。尚、「シナリオごとに変化させるパラメータ」は制御パラメータとし、電車に乗るために駅のホームに向かう歩行者の 1 分毎の人数を変化させる。観光地等における歩行特性に関する基礎的研究によると、「通勤」目的が主である新橋、勝どきは順に 1.56(m/s)、1.47(m/s)、「観光」目的が主である浅草、鎌倉については順に 0.97(m/s)、0.94(m/s)であると示されており [11]、それぞれ通学・通勤客および観光客の快適歩行速度の値とした。初速は統一させてどちらも $(0.94+1.56) \div 2$ の値とする。快速エアポート 721 系車両（定員 762 人）で乗客が 5 番ホームに到着することを想定した。そのため、エージェントの生成数はどちらも 127 人/分とし（3 分割したのは勢いの調節が目的である）、最大到着人数を 381 人にする。エスカレーターの速度に関しては、国土交通省告示によるエスカレーターの勾配と速度・揚程（階高）に関する規定に基づき、30m/分以下とする。

² TheAnyLogicCompany 「anylogic」 <https://www.anylogic.jp/use-of-simulation/agent-based-modeling/>.(最終閲覧日: 2023 年 11 月 25 日)

通学・通勤客および、観光客の動きは図3に示すようにフローチャートで指定する仕様である。

観光客：エスカレーター前の「おたる」看板前で写真撮影。図4に実際の様子を示す。

- 【1】 歩行者エージェントの生成
- 【2】 4.1%が指定した位置で所定の時間待つ（30 - 60 秒）
※この上記の待つ行為を写真撮影の動きの代替とする。
「観光」目的が主である観測地点に関しては、鎌倉が約 4.1%の歩行者が立ち止まりを行ったことから写真を撮る観光客の割合を決定した [11]。
- 【3】 エスカレーターで下る
- 【4】 改札を通る
- 【5】 目的地に移動する
- 【6】 エンドポイントである小樽駅の出入口で移動を完了する

通学・通勤客：観光客の動きから、指定した位置で所定の時間待つ動作をなくした一連の動き。真っすぐにエンドポイントに向かうことを想定。

【3】 エスカレーターを 2 個使う。片方のエスカレーター上では、歩行者を立ち止まらせるように指定。もう片方は階段として扱いたいため、エスカレーター上を歩かせる。エスカレーターの利用者は 67.5%、階段の利用者は 32.5%とする。エスカレーターの利用者の数値は Sirabee リサーチの値に基づく³。尚、エレベータの利用者数はエスカレーターの利用者数に含む。

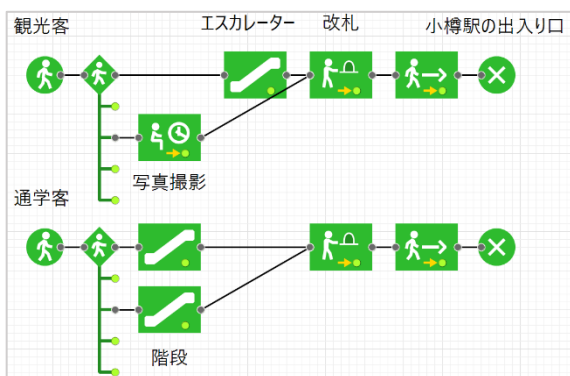


図 3 作成したフローチャート



図 4 「おたる」看板の前で写真を撮る歩行者

³Sirabee リサーチ（2023）「駅での上り下り、エスカレーター歩く派・止まる派の比率は… 50 代は忙しいのか」 <https://sirabee.com/2023/06/30/20163104600/>. (最終閲覧日: 2023 年 11 月 25 日)

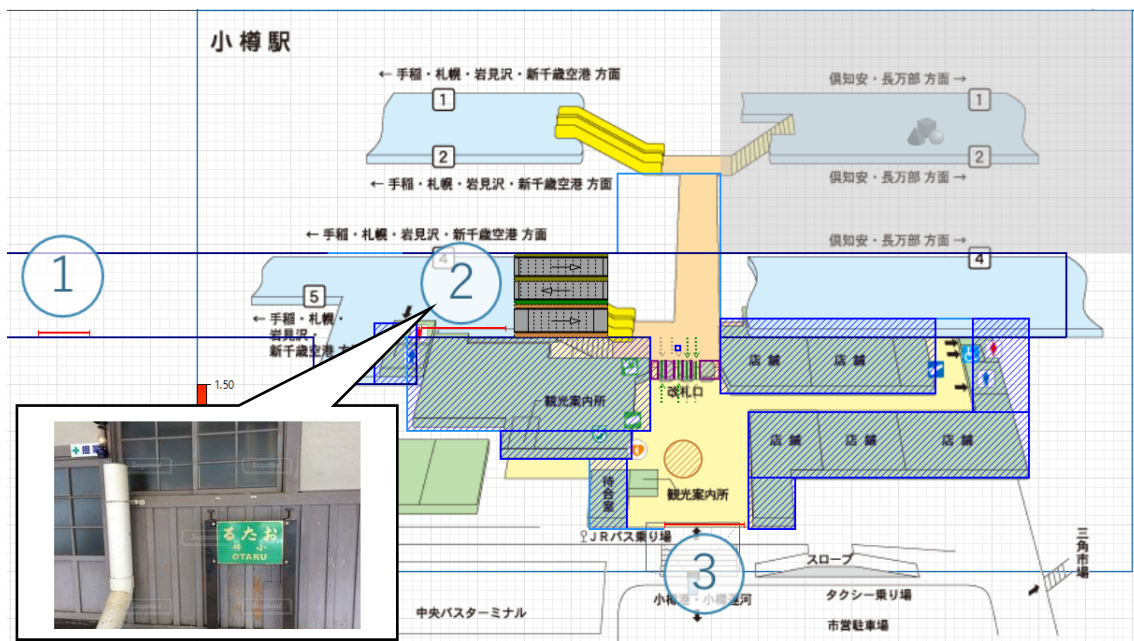


図 5 小樽駅の構内図をもとに作成した壁や改札の配置

図 5 には小樽駅の構内図⁴をもとに作成した仮想上の小樽駅を示す。①の赤色のターゲットラインで歩行者エージェントの生成が生成される。②で観光客が写真撮影を行うように設定し、③にエンドポイントとして小樽駅の出入口を設定する。青と水色の線は壁を、紫の線は改札を示す。

⁴ JR 北海道「駅の情報検索（各駅時刻表など）」

<https://www.jrhokkaido.co.jp/network/station/station.html#4200>(最終閲覧日: 2023 年 11 月 25 日)

4.2 実験②歩行者の動きを変えるシミュレーション

本実験では、通学・通勤客の立場を想定し、大勢の観光客の中でどのような動きをすれば最短で出入口までたどり着けるのかをシミュレーションで明らかにする。設定パラメータは実験①同様とし、実験①の(ア)の環境下で一人の通学・通勤客の動きを比較する。尚、電車に乗るために駅のホームに向かう歩行者は10人/分とする。下記(ア)(イ)(ウ)(エ)(オ)及び、エスカレーター/階段の使用を制御パラメータとする。

(ア) 駅のホーム上で上側を歩くように指定。図6の灰色部分が指定場所である。

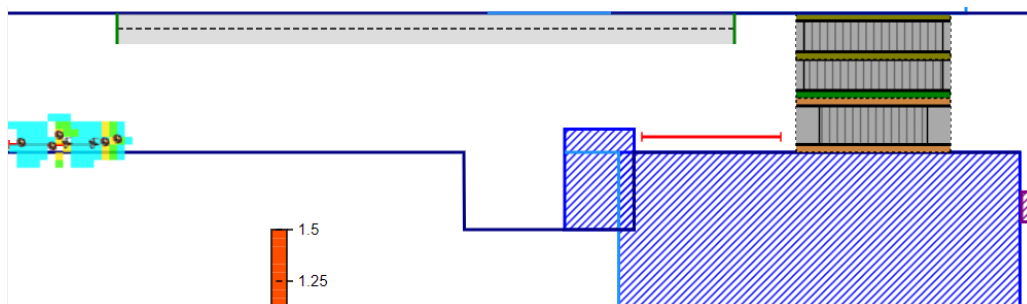


図6 ホームの上側の指定場所

(イ) 駅のホーム上で下側を歩くように指定。図7の灰色部分が指定場所である。

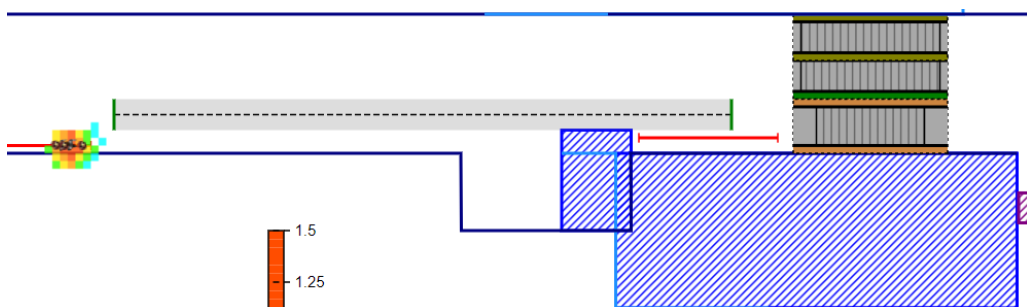


図7 ホームの下側の指定場所

(ウ) 駅のホーム上で内側を歩くように指定。図8の灰色部分が指定場所である。

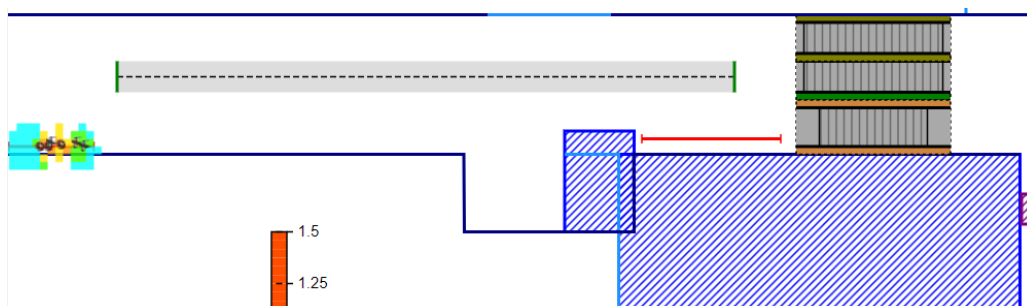


図8 ホームの内側の指定場所

(エ) 右側2箇所の内、一番右側の改札/右から2番目の改札を使用。

(オ) 15~30秒電車で待ってから出入口に向かって歩く。(移動開始時刻の制御の効果を検証する)

第5章 研究結果

5.1 実験①改札の配置を変えるシミュレーション

表2に実験①において小樽駅の出入口まで到着した人数を示す。その合計人数は、柱の周囲と改札の間の歩行者の混雑の偏りが少ないほど増加する。駅のホームに向かう歩行者の人数を変更して5回ずつ実行し、確率的結果を取得した。観光客と通学・通勤客合わせて、電車の定員である 762 人が出入口までたどり着いた回数を実験（ア）（イ）で比較すると、（ア）が25回中19回で（イ）が1回だった。このことから、小樽駅の出入口まで右側2箇所改札を使用する実際の配置に基づいたシミュレーションの方が改札と柱の間の混雑の偏りが少なく、より多くの歩行者が駅の出入口まで辿り着ける傾向にあるといえる。

表2 小樽駅の出入口まで到達した人数

(ア) 右側2箇所の改札			(イ) 左側2箇所の改札		
観光客 (人)	通学/通勤客 (人)	計	観光客 (人)	通学/通勤客 (人)	計
2人/分					
381	381	762	381	381	762
381	381	762	98	305	403
381	381	762	152	344	496
381	381	762	41	122	163
381	381	762	254	381	635
4人/分					
381	381	762	87	290	377
381	381	762	43	217	260
381	381	762	29	142	171
126	302	428	24	161	185
381	381	762	67	236	303
6人/分					
381	381	762	30	162	192
381	381	762	64	280	344
381	381	762	22	114	136
27	153	180	41	182	223
381	381	762	41	215	256
8人/分					
381	381	762	29	143	172
381	381	762	53	170	223
381	381	762	27	161	188
381	381	762	65	225	290
194	317	511	78	275	353
10人/分					
381	381	762	34	130	164
381	381	762	20	117	137
145	300	445	47	203	250
29	140	169	6	49	55
196	356	552	27	101	128

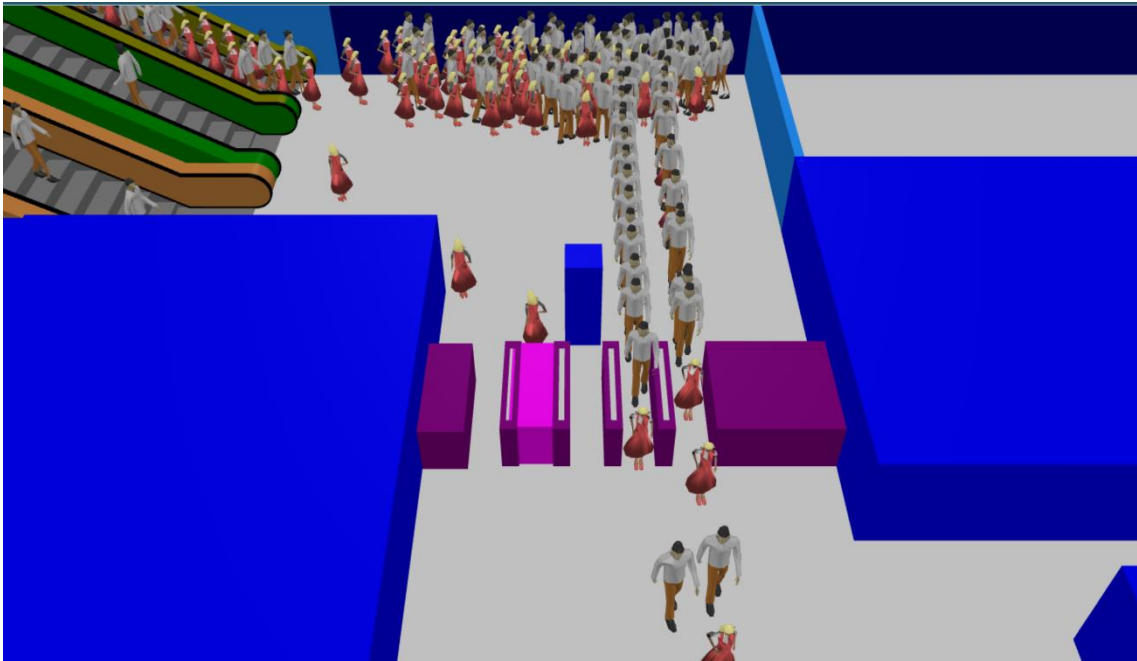


図 9 改札前に並ぶ歩行者

(ア) 右側 2 箇所の改札のシミュレーションにおいて、歩行者が改札の前に並んでいる様子を図 9 に示す。白い服の歩行者が通学・通勤客、赤い服の歩行者が観光客を表す。通学・通勤客が観光客よりも先に並んでいる様子がわかる。

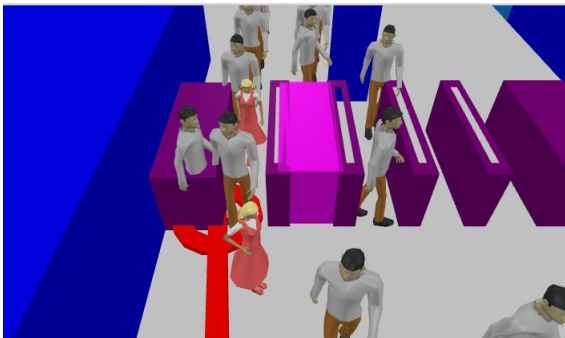


図 10 オブジェクトにスタックする歩行者

(イ) 左側 2 箇所の改札の結果において定員 762 人全員がエンドポイントである小樽駅の出入口までたどりつかない回数が多い理由としては、図 10 に示すように改札付近の過度の混雑によって歩行者が改札や壁のオブジェクトにスタックしてしまうことが考えられる。

5.2 実験②歩行者の動きを変えるシミュレーション

表 3 と表 4 に実験②において 1 人の通学・通勤客が小樽駅の出入口に到達した時点の秒数を示す。実験（ア）（イ）（ウ）（エ）（オ）で 29 回ずつシミュレーションを実行し、確率的結果を取得した。表 3・表 4 の（ア）-（オ'）の正確な内容は以下の通りである。

- （ア）ホームの上側を通り、エスカレーターを使用（ア'）ホームの上側を通り、階段を使用
- （イ）ホームの下側を通り、エスカレーターを使用（イ'）ホームの下側を通り、階段を使用
- （ウ）ホームの内側を通り、エスカレーターを使用（ウ'）ホームの内側を通り、階段を使用
- （エ）一番右の改札およびエスカレーターを使用
- （エ'）一番右の改札および階段を使用
- （エ''）右から 2 番目の改札およびエスカレーターを使用
- （エ'''）右から 2 番目の改札および階段を使用
- （オ）15～30 秒電車で待機、エスカレーターを使用
- （オ'）15～30 秒電車で待機、階段を使用

以上 12 項目の平均値の差が統計的に意味のある差があるかどうか検定するため一元配置分散分析を行ったところ、有意な差が見いだされた ($F(11,336)=5.29$, $p<0.05$)。表 4 に示された平均値より、ホーム上の歩く場所を指定した（ア）-（ウ'）を比較すると、（ア'）ホームの上側を通り、階段を使用したシミュレーションが約 147 秒と最も早く小樽駅の出入口に到達した結果となる。表 4 より、（エ）と（オ）の平均値を比較すると、（エ'''）階段を使用し、右から 2 番目の改札を使用したシミュレーションが約 132 秒と最も早く小樽駅の出入口に到達した結果となる。尚、移動開始時刻の制御の効果を検証するための（オ）「15～30 秒電車で待ってから出入口に向かって歩く」の比較の結果、表 4（オ）の平均値は最も出入口に到達したのが遅い値である約 327 秒となり、（オ'）の平均値も約 189 秒と特段早いと言える値ではなかった。そのため、移動開始時刻の制御は混雑の緩和に影響を与えない。

表 3 1 人の通学（通勤）客が出入口に到達した時点の秒数

ア	ア'	イ	イ'	ウ	ウ'	エ	エ'	エ''	エ'''	オ	オ'
318.00	157.50	199.20	108.00	226.20	412.20	106.80	63.90	276.90	98.10	136.80	189.00
107.70	248.10	126.90	242.40	89.10	91.50	149.10	263.70	138.30	82.50	185.10	401.40
115.20	101.70	275.70	202.80	302.10	96.00	774.60	197.10	87.90	59.10	333.90	243.00
428.70	128.70	310.20	85.20	274.50	496.50	458.10	101.70	252.30	132.90	282.90	220.50
142.80	75.30	291.90	140.70	185.10	74.70	179.70	139.80	498.00	93.90	267.30	146.40
110.40	185.40	427.80	86.40	100.50	104.10	233.40	149.10	97.80	159.90	388.80	157.20
476.40	120.90	257.70	252.60	171.60	102.30	242.10	285.60	212.70	109.20	429.90	166.20
141.00	81.60	144.90	157.20	99.90	509.70	160.50	161.40	108.90	102.60	174.90	117.00
97.80	377.70	209.40	242.40	538.80	171.30	103.80	60.30	416.70	116.40	450.30	178.20
145.20	91.80	104.40	98.40	99.90	125.40	173.70	249.00	152.40	163.50	442.50	194.10
241.50	189.30	307.50	200.10	205.20	119.70	471.90	135.60	90.90	366.90	206.70	175.20
188.10	122.10	188.70	384.90	485.10	398.10	99.30	111.90	86.10	81.30	199.50	168.30
92.70	113.40	241.50	116.70	114.30	79.80	108.60	286.80	197.70	86.70	335.40	160.20
260.40	167.70	365.70	238.20	624.90	177.60	100.20	193.80	144.30	174.00	307.80	144.90
469.50	83.40	174.60	336.60	635.70	77.40	121.20	757.20	222.60	168.60	365.40	110.70
104.40	222.30	117.90	123.60	276.00	178.50	90.60	179.40	114.90	85.80	573.90	139.50
202.80	79.80	112.20	110.40	150.00	110.70	117.30	128.10	408.60	91.20	170.40	265.20
297.90	300.90	108.00	185.40	570.30	106.50	362.70	88.80	184.50	213.30	482.70	142.50
130.20	144.90	161.40	173.40	119.10	240.60	220.20	138.30	254.40	89.10	252.30	180.00
99.30	99.60	166.80	156.60	98.70	150.90	147.60	334.50	256.20	293.40	423.90	133.50
91.50	171.90	156.30	255.00	165.30	140.40	119.70	285.90	89.10	180.00	569.40	122.10
107.10	100.50	139.80	393.90	90.60	81.90	728.70	166.80	114.60	96.00	289.20	121.50
500.10	116.40	187.20	102.00	180.30	341.10	87.60	88.80	88.80	126.60	193.20	245.70
114.60	80.70	466.80	104.70	276.60	112.20	142.50	140.70	246.60	102.00	401.10	216.00
403.50	79.80	127.20	91.80	565.20	78.00	236.40	196.80	195.30	132.30	386.10	246.60
115.20	237.60	144.30	189.90	142.80	95.10	149.70	251.70	466.80	83.40	191.70	193.20
92.10	130.50	109.50	178.80	403.20	82.50	209.70	229.80	191.10	154.80	560.40	249.30
106.20	154.80	138.90	184.80	390.00	290.70	178.80	88.80	309.00	91.80	275.10	184.80
390.30	105.90	175.50	109.20	176.40	73.50	348.60	167.70	168.30	92.10	195.30	274.50

表 4 表 3 の値の概要

グループ	データの個数	合計	平均	分散
ア	29	6090.6	210.0207	18930.91456
ア'	29	4270.2	147.2483	5269.815443
イ	29	5937.9	204.7552	9404.05899
イ'	29	5252.1	181.1069	7292.687808
ウ	29	7757.399	267.4965	32065.98414
ウ'	29	5118.9	176.5138	17222.47337
エ	29	6623.1	228.3828	31604.32219
エ'	29	5643	194.5862	17125.15766
エ''	29	6071.7	209.369	13689.91507
エ'''	29	3827.4	131.9793	4485.245985
オ	29	9471.9	326.6172	16613.54933
オ'	29	5486.7	189.1966	3859.741773

第6章 考察

最初に実験①における改札の配置を変えるシミュレーションの結果について考察する。5.1章より、観光客と通学・通勤客が衝突しない小樽駅内の物体の配置として、4箇所の改札の右側2箇所の改札を使用する配置が適していることが明らかになった。

右側2か所の改札の配置が適している理由としては、図9に示すように、出入口に向かう歩行者が改札前で壁に沿って並ぶことができるという利点が考えられる。改札に比較的早く到達する通学・通勤者と遅れて到達する観光客で改札前の列が長くなりやすい。そのため、右側2箇所の改札を使用することで歩行者が並ぶスペースが作られ、混雑の偏りが少なくなったと考える。

左側2箇所の改札のシナリオの結果において定員762人全員がエンドポイントである小樽駅の出入口までたどりつかない回数が多い理由として、改札付近の過度の混雑によって歩行者が改札や壁のオブジェクトにスタックしてしまうことを示した。このことについて、左側2箇所の改札を使用すると混雑が過度に集中してしまう理由を明らかにする必要がある。左側2箇所の改札の間に配置されているモニターと改札前の柱が進路上の妨害になっていることが、混雑が過度に集中してしまう理由であると推測する。

次に、実験②における歩行者の動きを変えるシミュレーションの結果について考察する。5.2章より、大勢の観光客がいる状況下において最短時間で出入口まで到達する際に、階段を使用して右から2番目の改札を使用する動きや、ホームの上側を通り階段を使用する動きが適していることが示された。この結果により、歩行者の動きによって混雑の偏りが変化する可能性が浮かび上がった。

実験②で得られた最も効果的な歩行者の動作を、実際の人々に促す方法として視覚的な施策が考えられる。視覚的な施策の中でも、フロアシートサインの活用が混雑の解消の有効な方法として挙げられる。フロアシートサインとは、鉄道利用者を誘導するために、駅のホームやコンコースの床に貼られた歩行ルートや案内などのさまざまなサインである⁵。実験②から、階段利用とホーム通過の場所が出入口までの到達時間に影響を与えるという結果が示された。この結果から、歩行者を階段へ誘導するフロアシートサインや、急いでいる通学・通勤者はホームの上側に・駅の景観をゆっくり楽しみたい観光客はホームの下側に誘導するフロアシートサインがアイデアとして考えられる。しかしながら、本研究の限界点は、歩行者の心理的傾向や行動パターンを利用したフロアシートサインの効果をシミュレーションで比較検証することが技術的に困難であった点にある。

⁵ FUJIFILM「フロアシートサイン」

<https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/signage/railway/floor> (最終閲覧日: 2023年11月25日)

第7章 まとめ

本論文の目的は観光客と通学・通勤客が混在する小樽駅において人の混雑が偏らない方法を明らかにし、混雑問題の解決方法を示すことであった。研究方法としては、マルチエージェントシミュレーションを用いて観光客と通学・通勤客に異なる設定パラメータの値を付与して実験①と実験②を行った。実験①では、観光客と通学・通勤客が衝突しない小樽駅内の物体の配置を明らかにすることを目的として、小樽駅での観光客と通学・通勤客のシミュレーションを改札の通過可能範囲を変更し、結果を比較した。その結果、4 箇所の改札の右側 2 箇所の改札を使用するシミュレーションは小樽駅の出入口に向かう歩行者全員が目的地まで到達する回数が、左側 2 箇所の改札を使用するシナリオよりも 19 倍多く、改札の位置変更は混雑の度合いに影響を及ぼすことが明らかになった。実験②では、大勢の観光客がいる状況下において通学・通勤客が最短時間で出入口まで到達する方法を明らかにすることを目的とし、ホームの通過場所・エスカレーターおよび階段の使用・右側 2 箇所の使用する改札・待機時間を変更して結果を比較した。その結果、階段利用とホーム通過の場所が出入口までの到達時間に平均 179 秒-195 秒の影響を与えることが明らかになった。この結果は、歩行者の動きによって混雑の偏りが変化する可能性を示す。このことから、視覚的な施策としてフロアシートサインの活用が混雑解消の有効アプローチだと考える。以上を踏まえて、本研究は、オーバーツーリズムと混雑に関する先行研究において、群衆制御に着目してシミュレーションが行われていたことに対して、歩行者の動きの分類と空間設計に着目してシミュレーションを行うという新たな知見を提供することができる。

最後に、本研究の残された課題は歩行者の心理的傾向や行動パターンを利用したフロアシートサインの効果をシミュレーションで比較検証することが技術的に困難であった点である。今後は視覚的な施策のシミュレーションによる効果検証を行う必要がある。

参考文献

1. 奈良美和子、前川佳一. 京都のオーバーツーリズムの現状と観光地のデ・マーケティング. 出版地不明：京都大学経営管理大学院, 2019.
2. UNWTO. 『オーバーツーリズム（観光過剰）』？都市観光の予測を超える成長に対する認識と対応. 2018.
3. 明日香富樫. マルチエージェントシミュレーションを用いた観光地の混雑情報提供に関する効果分析. 2022.
4. 戸塚康平、村田忠彦. エージェントベースシミュレーションを用いた観光客の集中回避手法の評価. 2021.
5. 正輝遼、重中 秀介、加藤 優作、大西西田. 群集シミュレーションによる歩行空間設計と制御に関する研究動向. 出版地不明：人工知能学会論文誌, 2022.
6. 不二夫、山本仁志鳥海. マルチエージェントシミュレーションの基本設計. 出版地不明：情報処理学会, 2014.
7. 武志潤二、正垣 隆祥、・寛 文彦、福井 潔、山田印南. 群集シミュレーション手法を活用した大規模ターミナル駅周辺の避難誘導情報の施策検討. 出版地不明：土木計画学研究・講演集(CD-ROM), 2012.
8. 耕太郎広明、山根 昇平、大堀山田. 人流シミュレーションを用いた混雑原因の説明技術. 出版地不明：富士通テクニカルレビュー, 2020.
9. 第 17 回「地域ブランド調査 2022」. 株式会社ブランド総合研究所. 2022 年.
10. 小樽市産業港湾部観光振興室. 小樽市観光客動態調査報告書. 2020.
11. 茂純土、中西 賢也、豊辺 将嘉、岩崎 正久、渡辺 英俊、日向野吉田. 観光地等における歩行特性に関する基礎的研究. 出版地不明：交通工学論文集, 第 5 巻, 第 4 号(特集号 A), 2019.