

歩行者ミクロシミュレーションを用いた 駅構内旅客流動分析に関する研究

奥ノ坊 直樹¹・池田 直紀²・庄 志強²・花上 美津江²・
山下 良久³・鶴池 康介⁴

¹正会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒153-0043 東京都目黒区東山1-5-4)
E-mail:n_okunobo@crp.co.jp

²非会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒153-0043 東京都目黒区東山1-5-4)

³正会員 社会システム株式会社 社会経済部 (〒153-0043 東京都目黒区東山1-5-4)
E-mail:yamashita@crp.co.jp

⁴正会員 東京急行電鉄株式会社 鉄道事業本部事業統括部企画課 (〒150-8533 東京都渋谷区桜丘町31-2)

今後の東京圏における都市鉄道整備では、既存ストックを有効に活用し、利用者の利便性を高めていくことが求められる。鉄道駅での乗換えに対する利用者の抵抗感は大きく、鉄道駅における施設改良等は利便性向上の観点から有効な施策と考えられる。駅改良の効果を把握するための一つの方法として歩行者ミクロシミュレーションを用いて鉄道駅構内の旅客流動を精緻に分析することが挙げられる。そこで、より実態に即したシミュレーションを行う上での課題について、実際の鉄道駅を対象とした流動調査及びミクロシミュレーションを用いて検討を行った。

Key Words : Railway Station, Pedestrian Behavior Analysis, Micro Simulation, Urban Railway

1. はじめに

今後の都市鉄道整備においては、既存ストックを活用し、利用者の利便性を高める施策が重要である。近年、東京都心部における都市開発により鉄道駅の混雑が激化していることや鉄道利用者の経路選択において乗換駅での移動が大きな抵抗となっていること¹⁾等を踏まえると、鉄道駅における駅施設の改善は重要な施策であると言える。

利便性向上や混雑緩和のために駅の改良を行う場合、その効果を把握するための方法の一つにマイクロシミュレーション（以下、シミュレーションという。）を用いた検討が挙げられる。鉄道駅は、限られた空間内にホームや階段、改札、連絡通路等の施設が配置されていることから、局所的に狭小となっている箇所が多数存在し、それらの箇所で旅客の滞留が発生している。また、乗換駅では乗車・降車両方向の旅客が多く、旅客同士の交錯が発生している。このように、駅構内の旅客流動には、施設の配置やそれらの容量、乗車・降車客の多寡等様々な要因が複雑に影響を及ぼしている。そのため、実態に即したシミュレーションを行うためには、シミュレーション結果を検証し、再現性に関する課題を洗い出す作業を積み重ねることが重要である。

そこで本研究では、シミュレーションを用いて駅

施設の運用変更による流動変化の検証を行い、再現性に関する課題の抽出を行うことを目的とする。

2. 研究の流れ

東京急行電鉄武蔵小杉駅では、平成23年夏に地上改札階と2階上り（渋谷行）ホームを結ぶエスカレーターの朝ラッシュ時間帯の運用を降り方向から昇り方向に変更した。

エスカレーターの運用変更に当たっては、事前に現地調査（平成23年1月）を実施し、朝ピーク時間帯のホーム上の混雑状況や昇降施設の利用状況を調査した上で、その調査結果をもとに、運用変更後のシミュレーションを行い、安全性の確認を行っている。このシミュレーション結果を踏まえ、ホームにおける増床とエスカレーター付近に柵の設置を行っている。

本研究では、平成25年1月に現地調査（事後調査）を実施し、事前調査と同様に朝ピーク時間帯のホーム上の混雑状況や昇降施設の利用状況を調査する。事後調査結果と事前シミュレーション結果の比較を行い、再現性等について確認を行った。

3. 現地調査の概要

事前および事後の現地調査では、運用を変更するエスカレーター付近における朝ピーク時間帯のホーム上や昇降施設の利用状況について、東横線、目黒線の各列車の乗降客数、それらの乗降客の利用昇降施設を列車別・利用昇降施設別・乗降別旅客数をカウントしている。表-1および図-1に調査の概要および対象箇所を示す。

なお、以降で行うシミュレーションでは、現地調査を実施した時間帯において最もホーム上が混雑している時間帯（およそ3~4分間）を対象とする。対象とする時間帯の乗降人数のカウント結果及び列車本数を表-2に示す。

4. 事前シミュレーション

(1) 現況再現

シミュレーションソフトとしてVISSIMを用いる。VISSIMは、歩行者モデルとしてSocial Force Modelを採用したシミュレーションである。Social Force Modelの基本的な考え方は、歩行者の進行方向と速度を4つの力（目的地から受ける引力、障害物から受ける斥力、他の歩行者から受ける斥力・引力）の和で決定する。

現況再現作業では、降車客の多い東横線に着目し、東横線から降車した旅客が全てホーム上から捌けきるまでの時間を、現地調査の結果（1分02秒）と整合するよう上記の4つのパラメータの調整を行っている。

(2) 運用変更後のシミュレーション

a) 乗降客数の想定

降車専用（降り方向）であったエスカレーターが乗車専用（昇り方向）に変更されると、それまで他の昇降施設を利用していた乗車客が対象とするエス

表-1 流動調査日時

	事前調査	事後調査
調査日	H23 1.18 (火)	H25 1.29 (火)
時間帯	6:00~9:15	7:30~9:00
エスカレーターの運用	降り	昇り
併設階段	昇り降り兼用	



図-1 対象とする昇降施設と運用

表-2 流動調査結果（ホーム上最混雑時間帯）

		事前調査	事後調査
		(7:58:00~8:01:20)	(7:57:20~8:01:30)
東横線	列車本数	1本	2本
	降車人数	83人	87人
	乗車人数	127人	281人
目黒線	列車本数	2本	2本
	降車人数	37人	29人
	乗車人数	76人	126人

カレーターに転換してくることが想定される。そこで、運用変更後の乗車客の想定人数として、エスカレーターの処理容量（150人/分）の75%に相当する人数（10秒あたり19人）が利用するものとし、現地調査よりも多い乗車人数を設定する（東横線155人、目黒線144人）。一方、降車客については、従来エスカレーターと階段を利用していた利用者がともに階段を利用するものと想定する（東横線83人、目黒線37人）。

b) シミュレーション結果

図-3にシミュレーションの映像を示す。エスカレーターの運用を変更することで、エスカレータを降りた乗車客による滞留がエスカレーター直前まで到達していなかったことから、安全の確保を確認した。なお、東横線降車客の捌け時間は、運用変更前よりも早い59秒となっている。乗車人数が増えたものの捌け時間が短くなった理由としては、エスカレータ付近に柵を設置することで、エスカレータを降りた旅客と列車から降車した旅客との交錯が減少したためと考えられる。

5. 運用変更後の検証とシミュレーションの課題抽出

(1) 事前シミュレーションとの比較

事後調査（平成25年1月実施）で得られたカウント結果と事前シミュレーションを比較することにより、事前シミュレーションの妥当性の検証を行う。なお、シミュレーションの検証に当たっては、降車客の最も多い東横線列車に着目する。運用変更後においては、混雑時間帯に2本の列車が到着するが、そのうち最初に到着する列車からの降車客が多いため、この列車が到着した後のホーム上の旅客流動を対象に分析を行う。

a) 想定した乗降人数の検証

平成23年の想定値と平成25年の実測値の比較結果を表-4に示す。事前シミュレーションでは、エスカレータを利用しホームに上がってくる乗車客数を10秒あたり19人と設定しているが、事後調査での実測値では10秒あたり15人程度である。また、降車客数も想定値の方が大きくなっている。事前シミュレーションでは、実際よりもホーム上の混雑状況を厳し目に設定しており、安全側の設定であったと言える。

表-3 事前シミュレーション結果

	運用変更前	運用変更後
捌け時間	1分02秒	59秒

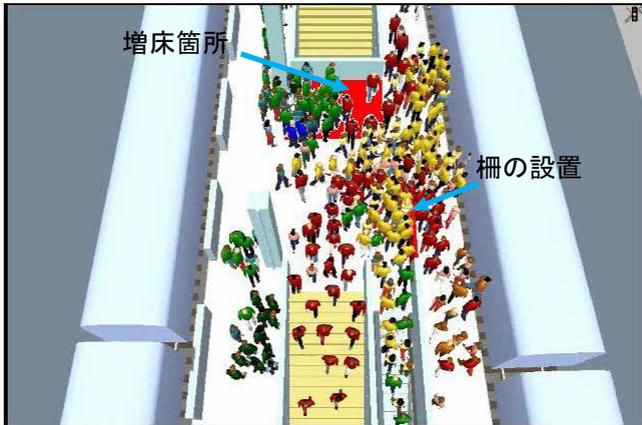


図-3 事前シミュレーション映像

b) 捌け時間の検証

捌け時間について事前シミュレーションと事後調査での観測結果を比較する。その結果を表-5に示す。ホーム上が最も混雑する時間帯における降車客の捌け時間はほぼ一致しているが、表-4に示すように事後調査における乗降客数は事前シミュレーションの設定値よりも少ない。そこで、事後調査で得られた乗降人数及び事前シミュレーションで設定したパラメータをインプットし、再度シミュレーションを実行した結果、捌け時間は36秒と現地調査よりも20秒程度早く捌ける結果となった。

(2) 捌け時間の再現性に影響を与えた要因に関する考察

事後調査と事後シミュレーションでは、同じ乗降人数を設定しているにも関わらず、捌け時間に20秒の差が生じている。そこで、事前および事後調査で得られた調査結果を用いて、捌け時間の再現性に影響を与えた要因に関する考察を行う。

a) 昇降施設の利用に関するパラメータ

事前調査では、降車客の多くがエスカレーターを利用している。そのため、事前シミュレーションでは、エスカレーターを利用する降車客の捌け時間が再現できるようパラメータの調整を行っている。一方、事後調査では降車客は全て階段を利用している。事前・事後の調査結果をもとに、降車客のエスカレーターおよび階段での前方旅客との間隔の取り方を見ると、エスカレーター利用時の方が、間隔を詰めて乗り込んでいる。このことから、事前シミュレーションで設定されたパラメータは、他の歩行者との間隔を詰めるように設定されていたため、事後シミュレーションでの捌け時間が早くなったものと推察される。

b) 他者との交錯に関するパラメータ

降車客が昇降施設に到達するまでに、ホーム上の他者との交錯が発生する。現況再現ではパラメータ

表-4 乗降人数の比較 (H23想定値・H25実測値)

		H23想定値		H25実測値	
		乗車	降車	乗車	降車
東横線	1列車目	155	83	136	61
	2列車目			145	26
目黒線	1列車目	0	37	0	29
	2列車目	144	0	126	0

着目列車の旅客

着目列車の到着直後にホーム上にいる旅客

※目黒線2列車目は始発のため降車客が0人となっている

表-5 捌け時間の比較

	現地調査 (事後)	事前 シミュレーション	事後 シミュレーション
捌け時間	56秒	59秒	36秒

を調整することにより、他者との交錯の様子を再現している。事後シミュレーションでは、ホームを増床したことによりスペースに余裕が生まれているため現況で設定していたパラメータが強く働き、捌け時間が早くなったことが考えられる。また、運用変更により、利用する昇降施設までの距離が長くなったことで滞留スペースに余裕が生まれたことも要因として考えられる。

シミュレーションの再現性を高めていくためには、他の歩行者との間隔等を混雑の程度や利用する施設により変更できる、すなわちシミュレーション内でパラメータが状況に応じて変更されるような機能が必要であると考えられる。

6. おわりに

本研究では、駅施設の運用前後における現調査を実施し、事前に行ったシミュレーション結果と事後調査結果を比較することで、シミュレーションの再現性について検証を行った。その結果、混雑状況や利用する施設により歩行者挙動が異なり、それを詳細に表現するために必要な検討課題が明らかとなった。これらをどのようにシミュレーションに反映するかが今後の課題である。

参考文献

- 1) 日比野直彦, 山下良久: 年齢階層別鉄道経路選択行動の時系列変化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.3, pp.515-522, 2010.
- 2) 日比野直彦, 山下良久, 内山久雄: 鉄道駅におけるモニターカメラから得られる歩行者挙動データの活用に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, No.3, pp.531-539, 2005.
- 3) 山下良久, 関口岳史, 内山久雄: 鉄道駅構内の歩行者空間における交差現象に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.2, pp.489-495, 2006.
- 4) D.Helbing and P. Molnar: Social force model for pedestrian dynamics, PHYSICAL REVIEW E, Vol.51(5), pp.4282-4286, 1995.