

駅シミュレータを用いた 避難行動特性に関する基礎研究

石突 光隆* 山本 昌和* 青木 俊幸**

Basic Study on a Passenger Evacuation Behavior with the Use of a Station-Simulator

Mitsutaka ISHIZUKI Masakazu YAMAMOTO Toshiyuki AOKI

Recently, accessibility of a station has reached a constant level by adoption of barrier-free and universal design. However, "egressibility" (egress ability) of station at the time of emergent evacuation is not sufficiently achieved yet by barrier-free and universal design. So we have developed a testing facility simulating a real scale station in order to examine comfort and evacuation safety of a passenger. Using the facility, we studied a method of evacuation guide using toward light disposition of passengers when they select an escape route. This paper reports the findings of the study on a passenger evacuation behavior based on the simulation test.

キーワード：駅，安全，避難，行動特性，向光性

1. はじめに

近年のバリアフリー化やユニバーサルデザイン化によって、駅へのアクセシビリティは向上してきている。これによって、高齢者の方など、より多くの人が駅を利用することが可能となってきた。一方で、こういった駅空間で火災等の非常事態が発生した場合の、避難時のバリアフリー化、ユニバーサルデザイン化については未だ十分とはいえない状況である。

2003年に韓国大邱市で発生した地下鉄火災では、放火という悪意ある出火原因ではあったものの、多くの死者を出した惨事となったことは記憶に新しい¹⁾。日本においても古くから鉄道での火災が発生しており、その後の対策として、車両の不燃化等が行われてきた。避難の基準に関しては、平成16年の国土交通省鉄道局の通達²⁾によって、地下駅等の避難安全の照査方法が記されている。しかし、地下鉄道以外では、明確な基準が定められておらず、各社が独自の方法で避難安全性を確保しており、また、近年のラチ内店舗の増加によって火源となる可能性のある箇所が増加している現状からも、駅における統一的な避難手法の検討が必要であると考えられる。

そこで、非常時を想定した避難安全の検討を行う際に、実駅での実験が難しいことから、駅の安全性に関する実験的検討が可能な橋上駅を模擬した実験施設（駅シミュレータ）を開発した。非常時における駅空間内での旅客の行動特性を把握することで、より安全な避難手法、設

計手法を提案することを目的としている。本報告では、駅における安心感に関するアンケート調査と、既往の研究^{3)~6)}を参考とした駅空間における向光性を利用した避難誘導方法について検討を行ったので、報告をする。

2. 駅における安心感に関するアンケート調査

10代～60代の男女62名（男性35名，女性27名）に駅の安心感についての意識調査を行った。駅構内の「安心感」について意識したことがあるか、という質問に対し、図1の様な回答結果が得られた。全体では、約半数の人が「非常によくある」もしくは「時々ある」と答えた。

男性と女性を比べた場合、女性の方が意識したことがあるという回答が多かった。また、年代別に見た場合、50代以上の年代で約6割の人が意識したことがある、と答

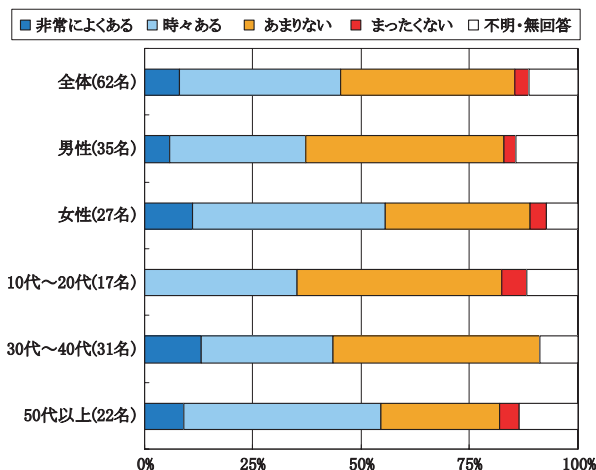


図1 駅の安心感に関する意識調査

* 構造物技術研究部（建築）

** 研究開発推進室

特集：ヒューマンファクター

えた一方で、10～20代では「非常によくある」と回答した人はいなかった。

次に、駅の「安心感」を考える上で、図2に示す10項目についての重要度を7段階で質問した結果、約半数以上の人が、避難設備、ホームからの転落防止、防災設備、ホーム幅、防犯設備に対して、重要度6または7をつけた。特に避難設備、ホームからの転落防止、防災設備については、8割以上の回答者が重要度5以上をつけており、駅の安心感を高める上で重要であると考えていることがわかる。ここで、重要度6以上をつけた人が多かったものから順に見ると、避難や防災、ホームからの転落等、生命に関わるものが上位を占めていることがわかる。また、階段やエスカレーターでの転倒等、ケガに関わるものが次いで多く、防犯設備はその中間に位置している。その他、見通しやサイン等の便利さに関わるものが続いている。最も重要度が高いという回答の多かった避難設備についての内訳を図3に示す。概ね若い世代よりも50代以上の年配の世代で重要度7をつけた人が多く、男女差はそれほどないものの、やや男性のほうが重要と考えていることがわかる。

アンケート調査の結果から、旅客が避難設備や防災設備といったものに重要性を感じていることがわかった。しかし、実際の避難時の旅客の行動に関する知見は少なく、避難設備や防災設備と旅客の関係も調べる必要がある。そこで、非常時における旅客の行動特性の一端を解明するため、低照度下での歩行実験を行った。

3. 駅シミュレータにおける避難実験

3.1 駅シミュレータ

駅の旅客流動や快適性に関する検討を行う場合、従来は実際の駅で生じる現象を観察することが主な手段であったが、非常時の旅客流動特性の解明等は、様々な条件での実験が必要となり、実駅での調査には限界がある。そこで、このような実験を行うことのできる駅シミュレータを開発した。

駅シミュレータでは、安全で快適な鉄道空間の提供を目指し、旅客流動の再現試験や駅における物理的環境要素である温熱、音、光などの継続的な測定、駅の空間構成要素である形状、設備などの評価試験、ならびに主観評価試験等の実験に加え、非常時対策としての誘導・案内方法の実験や旅客流動試験を行うことが可能である。

駅シミュレータの概要を図4～5に示す。階段の特徴として、階段Aは幅員2400mmで、屋根・壁によるボックス形状となっている。階段Bは幅員2370mmで、コンコースレベルでは高欄形状になっており、コンコース空間と一体となっていることがあげられる。

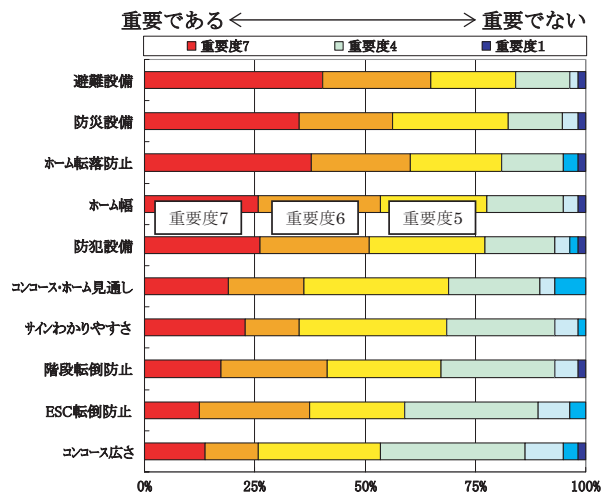


図2 駅の安心感を高めると思われる10項目の重要度

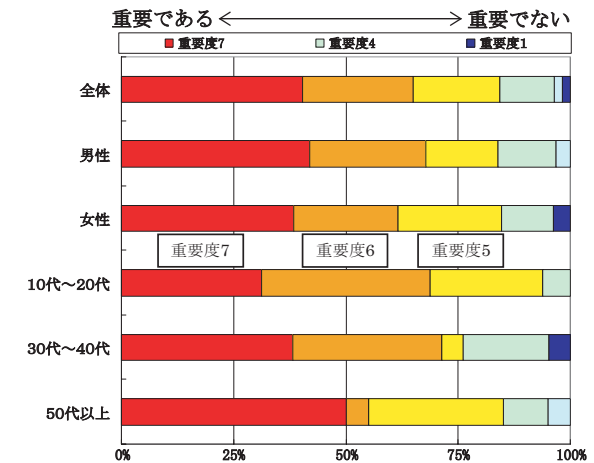


図3 避難設備の重要度についての回答内訳



図4 駅シミュレータ（左：外観、右：内観）

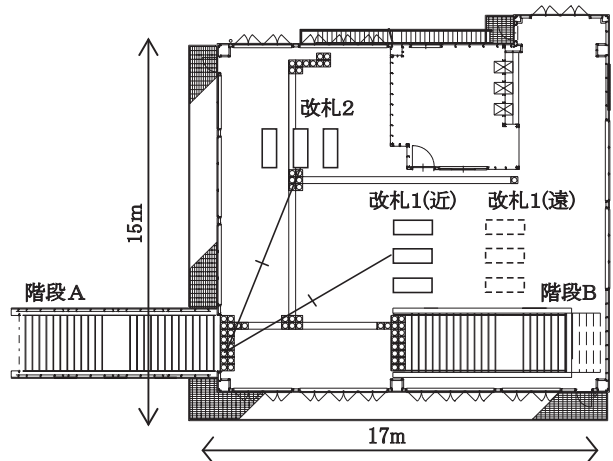


図5 駅シミュレータ概要

3.2 被験者を用いた避難実験

駅シミュレータ開口部を遮光シートおよび遮光テープで覆い、コンコース内を暗闇の状態にし、その中で歩行実験を行った。

3.2.1 被験者

駅シミュレータの構造を知らない、18歳～59歳までの男性56名、女性54名を10人ずつ11のグループに分け実験を行った。平均年齢は28.9歳で標準偏差は11.5歳であった。被験者には実験を行う際「駅の中で自分のいる位置から遠い箇所まで火災が発生しました。これから避難を行いますので安全かつ速やかに、改札を出て避難してください。」という教示を与えた。

3.2.2 実験条件

被験者が暗い模擬駅舎の中で単独で改札まで歩行する場合（単独歩行実験）と、群集で歩行する場合（群集歩行実験）の2つの実験を行った。各実験で、スタート位置、改札の位置、光源の有無を組み合わせ、その際の被験者の移動状況を赤外線ビデオカメラで撮影した。群集歩行は3グループ（30人）が一斉に歩行することとした。実験条件を表1に、実験状況を図6に示す。

各改札上空に調光可能な電球を設置し、これを光源とした。電球は高さ3mのところ設置し、点灯時には電球真下の改札上面（床から $h=850\text{mm}$ ）が0.5ルクスになるよう設定した（図7）。コンコース内には、改札を模擬した模型を2箇所設置し、改札1と改札2が階段Aの幅員中央から等距離の位置に設置する条件（改札1（近））と、改札2は固定のまま、改札1を階段A側より5m遠ざけた条件（改札2（遠））を設定した。被験者には暗順応として、10分間程度暗い中で待機させ、その後実験を開始した。

歩行は、単独時には階段上部の幅員中央から、群集時には階段室内で一旦待機し、一斉に開始した。また、群集歩行実験後にはアンケートを行い、改札選択の理由を回収した。回答は以下の4つからの選択とした。

<アンケート選択肢>

- ① 明るかったから
- ② 他の改札が混んでいたから
- ③ 前の人についていったから
- ④ その他

3.3 実験結果と考察

3.3.1 単独歩行実験

改札1と改札2が等距離の条件（改札1（近））で階段A、Bそれぞれから単独で歩行を開始した時の、5グループ分の光源なしにおける改札の選択率を図8に示す。階段Aから開始した被験者では、進行方向左側にある改札2に比べ、進行方向にある改札1の選択率が高く、暗闇の中での経路選択では、直進性が強く表れる傾向が見られた。階段Bについては選択率に大きな差が見られなかった。これは、改札1の方が階段から近いが、階段を昇り切った後に転回をする際に改札2も視野に入るため

と考えられる。

次に、2グループに対して行った光源が存在する場合に、階段Aから歩行を始めた結果を図9に示す。光源があるに、

表1 実験条件

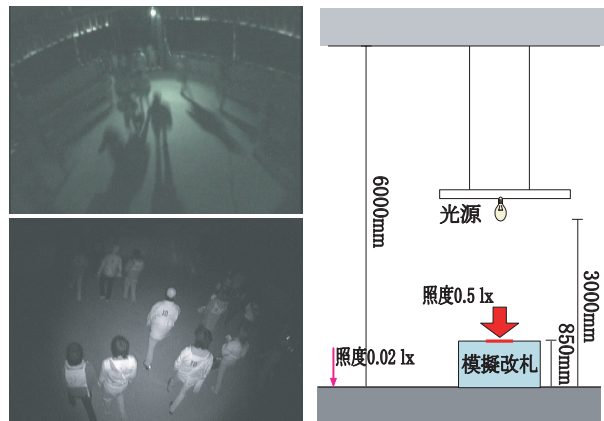
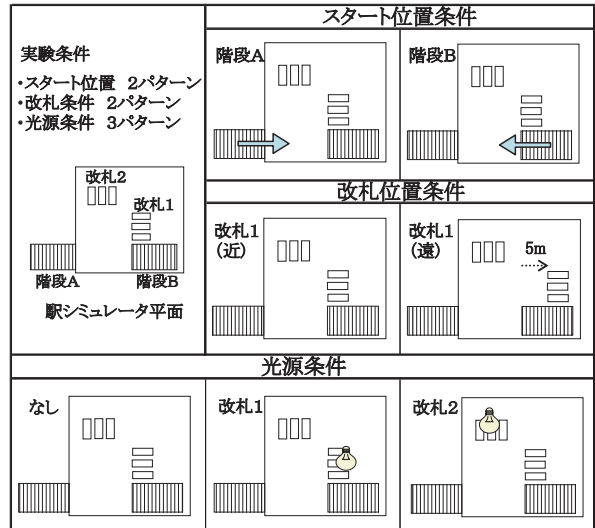


図6 実験状況（群集歩行）

図7 改札周辺の概要

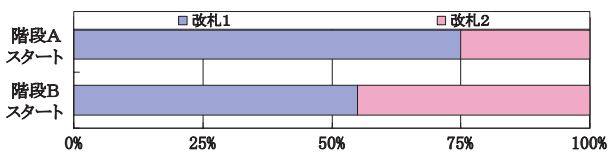


図8 光源なし条件における改札の選択率（単独）

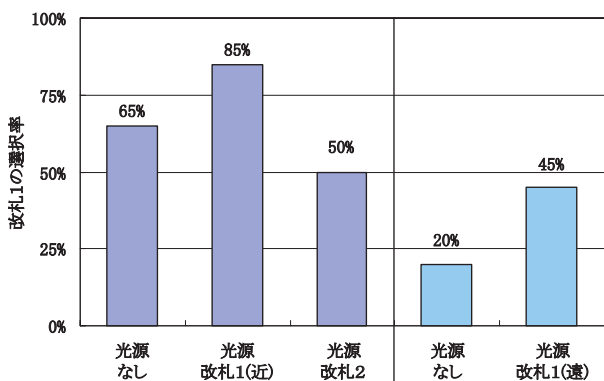


図9 光源条件が変化した際の改札1の選択率（単独）

特集：ヒューマンファクター

ない状態での改札選択率と、光源を点灯させた場合を比較すると、光源が改札1の場合、改札1の選択率が上昇し、光源が改札2に変わると改札1の選択率が下がっている。改札1の距離を遠くにした条件（改札1（遠））においても選択率が20%から45%へ伸びていることから、光源による誘導が有効であることがわかる。

3.3.2 群集歩行実験

図10(a)に改札1(近)の条件で階段Aから群集で歩行を開始した時の改札1の選択率を示す。その結果、群集歩行実験においても単独歩行実験と同様に向光性を利用した誘導が有効であることがわかった。また、図10(b)に示すように、階段を昇り切った後に転回が必要な階段Bから開始し、改札1を遠くにした条件でも、光源が点灯している改札の選択率が上昇することが確認できた。

単独歩行時と改札の選択傾向が同様である一方、選択率の値については差が見られたため、被験者に行った改札選択理由のアンケートの分析を行った。図11に光源がない場合の改札の選択理由を示す。選択理由として③の「前の人についていったから」が半数を占めており、低照度下の群集歩行においては、経路判断が難しく追従型行動をとる傾向があることがわかった。なお、光源がないにもかかわらず①の「明るかったから」を選んでいる被験者は、改札1と2のわずかな差を判断したものと考えられる。

光源がある場合に、光源側の改札を選択した人の回答を図12の(a)に、光源側でない改札を選択した人の回答を(b)に示す。(a)より、63%の人が①の明るさを理由に挙げていることから、向光性を利用した誘導の効果が表れている。一方で、③の「人に追従」が次に多いことから群集歩行時の追従型行動の傾向も表れている。また、(b)の結果を見ると、②の「他の改札が混んでいたから」が高い割合を占めており混雑を回避しようとしている傾向も表れている。

以上より、群集歩行の場合には、追従型行動や混雑回避等の影響により単独歩行の改札選択率とは異なった値になったものと推察される。今後は、群集行動特性を考慮し、向光性を利用したより効果的な誘導方法を検討する必要がある。

4. まとめ

実大規模の模擬駅舎である駅シミュレータの中を暗闇にし、光源や改札の位置を変化させた歩行実験を行い、非常時における人の向光性を利用した避難誘導手法の基礎的な検討を行った。その結果、改札上空に光源を設置することで、人が低照度下で光源のある改札を選択する傾向を確認し、向光性を利用した誘導が有効であることがわかった。

今後は、具体的な平面計画に対応した非常照明の配置計画等の検討を目指し、向光性を利用した、直感的・効果的な誘導手法を検討すると共に、より安全な避難経路へ旅客を導く流動制御手法や、音声案内と合わせた誘導手法の検討を行う。また、同様の避難実験を重ねることで旅客の基礎的な避難行動特性を把握し、より効果的な避難誘導手法の提案を行うことを目指す。

本研究は、国土交通省の補助金により実施しました。

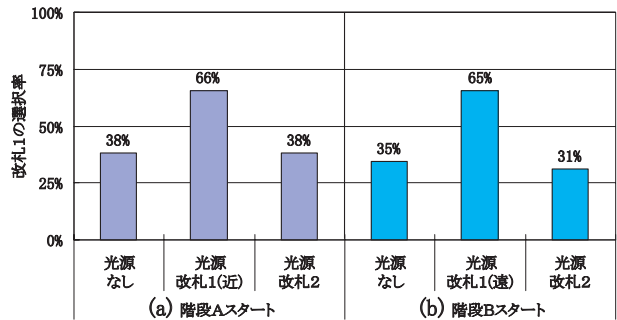


図10 光源条件が変化した際の改札1の選択率 (群集)

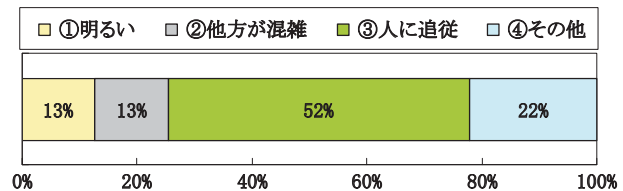


図11 光源がない条件の改札の選択理由 (群集)

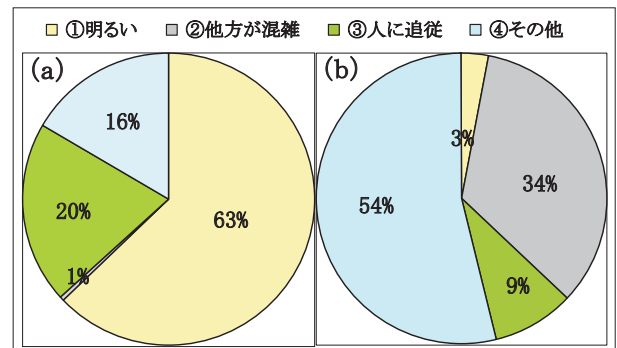


図12 光源がある条件の改札の選択理由 (群集)

(a) 光源のある改札を選択した人の回答

(b) 光源のない改札を選択した人の回答

文献

- 1) 辻本誠：韓国地下鉄火災が投げかけた課題，建築防災，No.307，2003
- 2) 国土交通省鉄道局：鉄道に関する技術基準（別冊）地下駅等の火災対策基準・同解説（土木編），2007
- 3) 神志久：各種誘導灯の見え方実験，火災，Vol.36，No.4，1986
- 4) 神志久：誘導等の誘目性に関する実験，火災，Vol.37，No.6，1987
- 5) 久保田勝明，室崎益輝：向光性に有効な光源の輝度及び幅の研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-2，2001
- 6) 秋月有紀，田中哮義：火災時の煙流動に伴う視野輝度分布の予測，照明学会誌，Vol.90，No.4，2006