

鉄道駅構内における歩行障害物と 旅客流動に関する研究

長谷 篤¹・日比野 直彦²・森地 茂³

¹正会員 東京地下鉄株式会社 (110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6)

E-mail:a.hase@tokyometro.jp

²正会員 政策研究大学院大学准教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木 7-22-1)

E-mail:hibino@grips.ac.jp

³名誉会員 政策研究大学院大学教授 大学院政策研究科 (〒106-8677 東京都港区六本木 7-22-1)

E-mail:smorichi.pl@grips.ac.jp

東京圏における鉄道駅の混雑は未だに解消しておらず、安全性、快適性といったサービスレベルの低下だけでなく、慢性的な列車遅延をも引き起こし、大きな問題となっている。東京圏の人口が増加傾向であることや、2020年開催される東京オリンピック・パラリンピックによる利用者の多様化等を考慮すると、混雑問題は喫緊の課題である。鉄道事業者は、歩行動線を分離するために柵を設置する等の様々な対応はしているが、未だに不十分であり、さらなる対策必要とされている。

本研究は、東京メトロの全駅を分析対象とし、現地観測を踏まえた混雑解消策を提案するものである。本研究では、1) 鉄道駅構内において問題となる現象および箇所を明示し、2) その問題の背景を明らかにするとともに、3) 駅構造と通過人数から問題を明らかにした。さらに、4) 鉄道駅設計および施設物設置の指針の改善点、5) 歩行者シミュレーションの改善に必要な視点を明らかにした。

Key Words : *railway station, passenger flow, obstruction, structure design, station facilities*

1. はじめに

(1) 本研究の背景と目的

我が国の都市鉄道は、都市の発展に伴い混雑緩和や輸送サービスの向上を目的に新線建設、複々線化、高架化、駅改良工事等の整備が進められてきた。都市鉄道の一翼を担っている東京地下鉄株式会社（以下東京メトロという）では、2008年に副都心線を開業し、全9路線195.1kmに及ぶ鉄道施設を運営しており、2013年には副都心線と東急東横線、横浜高速みなとみらい線との相互直通運転を開始し、広域的なネットワークを形成する等の輸送サービスの質的向上を実現している。しかし、それらの都市鉄道の整備にもかかわらず、鉄道の混雑は未だ顕在化している。特に東京都市圏では、人口減少化においても、鉄道の混雑問題は悪化することが予測されており、さらに、今後予測される高齢化や2020年東京オリンピック・パラリンピック開催による鉄道利用者の多様化を考慮すると、この混雑問題の解決は喫緊の課題といえる。

鉄道の混雑には、駅構内の旅客流動によるものと鉄道ネットワークの列車運行によるものの主に2種類がある。この駅構内の旅客流動による混雑において、特に、プラットフォーム上で旅客が滞留する場合、旅客の安全や列車運行に直接影響するため、早期の解決が求められる。この

ような場合、ハード面の対応策である駅改良工事によって根本的な解決を検討するが、列車を運行させながらの整備となること等の理由から、事業実施が可能であっても、膨大な時間と費用を要することが想定される。そのため、ハード面だけではなく、誘導員配置や駅施設の通行制限等によるソフト面での対応も必要となる。

鉄道事業者の使命は、第一に安全の確保である。さらに、都市鉄道においては、多様化する利用者の需要変化にも柔軟に対応することが求められている。そのため、駅構内の旅客流動による問題については、整備完了までの期間を考慮すると、根本的に解決するような改良工事は対策だけではなく、現存する鉄道駅空間を利用者に効率的に利用してもらうための対策も不可欠である。

以上より、現存の駅構内における旅客流動上の問題を明らかにし、旅客流動を考慮した駅設計や施設物設置の指針について言及することを、本研究の目的とする。

(2) 定義

本論文のキーワードである歩行障害物とは、人の通行に障害を与えるものと定義する。なお、本研究の対象となるプラットフォーム上の歩行障害物の主な種類は、屋根又は柱、壁を有する構造物（代表例：構造柱）と駅構内に設置された施設物（代表例：案内看板、売店）である。

2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

(1) 既往の研究

a) 都市鉄道の現状と課題

都市鉄道における現状の課題である混雑や列車遅延に関する研究として、仮屋崎ら¹⁾は、都市鉄道列車の遅延発生後における遅延拡大について明らかにし、その抑制方法、遅延の早期回復方法を提案している。榊谷ら²⁾は、最適職住割当問題を基礎に算定できる都市統合指数、過剰率及び交通流動率を通して都市構造の相違が通勤交通流動に及ぼす影響について分析している。また、鉄道利用者の視点から、金子ら³⁾は、利用者の認知と行動への影響についてアンケート調査を実施し、その原因と政策への示唆を検討している。

今後の都市開発と鉄道の混雑に関する研究として、寺崎⁴⁾は、都市における容積率変化、通勤鉄道の混雑率の変化とそれに伴い増加する疲労費用を算出している。また、宮下⁵⁾は、用途や容積率等の規制緩和を利用した開発がインフラに負荷を発生させることを懸念している。

都市鉄道整備に関する研究として、江口ら⁶⁾は、複線路線に単線路を追加した3線による運行手法の提案をし、少ない費用・工期で、時間帯によって変化する輸送需要に柔軟に対応する運行が可能であることを示している。さらに、横田⁷⁾は、輸送力増強に加え、利便性向上の重要性を指摘し、都市鉄道等利便増進法の活用促進と新たな整備手法について提言している。

b) 鉄道駅構内の旅客流動に関する研究

中⁸⁾は、鉄道駅構内の交差流動観察を分析し、交差流動の一般的な構造を明らかにすることで、流動のグループ化や影響範囲について言及している。また、矢田ら⁹⁾は、経路探索行動と空間特性の関係について着目し、歩行速度や情報を見る、人に聞くとといった経路探索の行動パターンと、掲示の視認性、見通し、空間の種類等の関係について明らかにしている。

旅客流動のデータ解析手法に関する研究として、日比野ら¹⁰⁾は、鉄道駅構内における歩行者行動分析として、現存駅に設置されている監視カメラを活用することで、高い精度で歩行者人数の自動データ取得を可能とし、その活用方法を提案している。

c) 歩行領域や群衆流動に関する研究

高柳ら¹¹⁾¹²⁾は、歩行者の群衆流動を流動の数、交差の有無により大きく5つに分類し、移動を目的とする歩行空間では、層流や交差流までとし、交錯流が起こるような計画は避けなければならないとしており、歩行領域確保についても提言している。また、歩行や回避行動に関する研究として、建部ら¹³⁾は、歩行者の静止した障害物の回避行動を分析し、回避領域や歩行モデルについて実験調査を行っている。

d) 駅容量や歩きやすさの評価に関する研究

山本ら¹⁴⁾¹⁵⁾は、旅客流動を反映した歩きやすさの評価について、旅客の方向ベクトルを用いた手法を研究しており、流動の密度が高く方向性が不揃いになるほど歩きやすさの指標が低下する傾向があることを指摘している。鉄道局¹⁶⁾では、駅の混雑指標確立のためにターミナル駅の混雑状況をホーム部、昇降部、コンコース部に分けて、6つの評価基準による指標化とその統合に関する研究を行っている。また、中村¹⁷⁾は、個別のコンコースの混雑感は旅客密度により説明可能であることを明らかとする。他、交錯発生箇所・頻度の分析では、駅の混雑状況の変動を数値化、視覚化するための手法を示している。

e) 歩行シミュレーションモデルに関する研究

福田ら¹⁸⁾は、通路の幅員や面積、階段等の物理的な移動抵抗と、旅客の流れ等の流動的な移動抵抗を表現しており、前者と比べて後者の改善不足を指摘している。また、山下¹⁹⁾は、鉄道駅構内における歩行者の横断挙動を分析し、横断意思決定のプロセスを把握することで実データに基づく歩行者挙動特性を取り入れた歩行者シミュレーションモデルへの可能性を提案している。

(2) 本研究の位置づけ

既往研究レビューより、都市鉄道における混雑は未だに解消されておらず、今後も容積率緩和等に伴う都市開発が進められることを考慮すると、さらに問題が深刻化する傾向にある。しかし、混雑問題を解消するための施策は、列車を運行させながらの実施となるため、整備に時間と費用を要するだけではなく、輸送の需要や多様化する輸送サービスの変化の予測等も考慮する必要があるため課題も多い。

歩行者の行動については、単独歩行者の回避行動や歩行領域、群衆流動のグループ化や影響範囲等の分析は進んでいる。しかし、駅構内における旅客の歩行速度や経路選択については、混雑度や有効幅員によって分析されており、実際の駅空間での問題点を再現するには至っていないといえる。また、同様に、鉄道駅構内での歩行者シミュレーションモデルにおいても、混雑発生の原因のひとつである歩行者の視覚等の情報が考慮されておらず、混雑状況の正確な再現には至っていない。

以上より、本研究では、混雑対策はされているものの、未だ解決されていない混雑問題の現状を把握し、流動上において、特に問題となっている場所の特定や現象について明らかとする。さらに、東京メトロ全駅における問題箇所の把握と現象の分析から、対策事例とともに、鉄道駅設計で考慮すべき点や施設物の設置基準を検討するものとする。

3. 東京メトロ駅構内における旅客流動の現状

(1) 事前踏査

事前踏査では、現存駅における旅客流動上の問題について、その実態把握することを目的とし、東京メトロ所管の一日平均乗降人員上位 47 駅、路線別総数 81 駅、9 路線を対象とした。踏査は、2013 年 10 月 2 日から 2013 年 12 月 19 日のうち、延べ 42 日間で行った。朝ラッシュ時の平日朝 7 時～9 時の 2 時間において、問題と判断した箇所付近の状況を駅構内図に記述式にて記録し、写真及び 1 分間程度の動画撮影を行った。

この結果を整理すると、プラットフォーム上においてボトルネックとなる昇降口、連絡通路及び改札口付近において、構造柱や案内看板等の歩行障害物が、旅客の動線交差、滞留及び施設利用の偏り等の流動上の問題を引き起こしていることが明らかとなった。また、この現象は、列車からの乗降等に影響し、旅客の安全や列車運行のダイヤにも波及することから、現存の鉄道駅構内において、特に問題のあるものであるといえる。

例えば、A 駅の昇降口では、混雑の原因として、昇降口の施設容量やプラットフォームの滞留空間が不足していること、昇降口と柱の間に滞留が発生していることや EV と柱によって、降車客の視距が不足し、歩行者同士の交差が発生していることが現地踏査より明らかとなった。この状況を写真-1、図-1 に示す。

以上より、現存駅において特に問題のあったプラットフォーム上の昇降口、改札及び連絡通路付近の歩行障害物と旅客流動について、東京メトロ全駅を対象とした本踏査を行うこととした。



写真-1 A 駅 昇降口付近の混雑状況

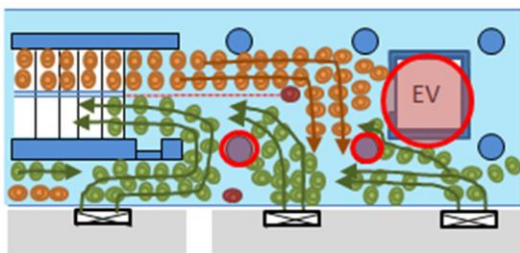


図-1 A 駅 昇降口付近の旅客流動の状況

(2) 本踏査方法

a) 対象駅及び箇所

東京メトロ所管の全142駅、路線別総数179駅、9路線を踏査対象とした。この全179駅におけるプラットフォーム上の全ての昇降口623箇所、連絡通路71箇所、改札口20箇所の総計719箇所を踏査した。路線別の対象箇所を図-3に示す。

b) 踏査期間及び時間

2014年2月4日から2014年5月19日のうち、延べ81日間において踏査を実施した。混雑状況の把握については、平日朝ラッシュ時において、6時半～9時半までの3時間で実施した。また、駅構造の寸法計測等の混雑状況把握以外の踏査については、曜日及び時間を問わず実施した。

c) 基本情報の把握方法

踏査対象となる昇降口、連絡通路及び改札口については、駅構内図より、位置や接続先の利用状況等の基本的な情報を把握した。さらに、駅の構造寸法が狭く、流動上の問題が多いと判断した銀座線及び丸ノ内線については、現地にて実寸法計測を併せて実施し、2013 年 10 月 22 日～11 月 30 日において、東京メトロで実施した H25 年度駅流動調査結果から、朝 8～9 時の通過延べ人数についても把握した。なお、銀座線における現地計測は、問題原因を分析するため、車両ドア位置やコンコース上の柱離隔等の項目について実施し、丸ノ内線については、銀座線の結果から、流動の問題原因と推測された 3 項目（構造柱との離隔、視距、乗降通過人数）を実施した。

d) 混雑状況の把握方法

混雑問題の状況は、記述式にて記録することで把握した。具体的には、混雑箇所、動線交差場所、ボトルネックの利用状況、動線分離状況及び駅特有の特徴について記述した。さらに、全 179 駅において、プラットフォーム上の昇降口、連絡通路、改札口を写真を撮影し、混雑状況把握の補足として、事前踏査の東京メトロ 47 駅の動画データの集約と本社社員、駅係員及び運転士（計 10 名）にインタビュー調査も実施した。

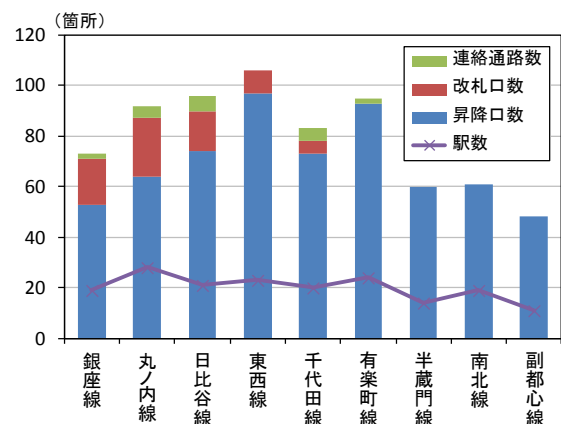


図-2 路線別の調査対象箇所

4. 各歩行障害物ごとの旅客流動上の問題

(1) 駅構内の歩行障害物

鉄道駅構内の歩行障害物は、東京メトロ全駅の踏査結果から、全29種類あることを確認した。この歩行障害物を詳細に分類は表-1に示すように、構造物、駅設備、非常用設備、商業施設の4つとすることができる。

(2) 各歩行障害物が引き起こす問題点

a) 構造柱

構造柱は、駅構造を支えるために設置されており、上下階で同位置に設置されている。構造柱の間隔、寸法及び形状は、基本的に同一駅で同じ仕様である。なお、東京メトロ駅における構造柱間隔は、銀座線の鉄鋼構造の名残から5mを採用している場合が多い。

ただ、銀座線以降に建設された8路線は、ボックスラーメン構造となるため、構造柱間隔が7mの駅も存在する。

流動上の問題点は、構造柱が連続して設置されるため、歩行者の死角や見通し距離の不足を引き起こすことである。また、柱の形状によって歩行者の動線が延びることや旅客の寄りかかりを誘発する場合もある。さらに、近年では、柱にデジタル広告を設置する例が増えており、歩行者の注意を引くことや柱寸法が大きくなることが原因で、死角範囲の拡大や旅客動線の限定等の問題を引き起こしている。

このように、構造柱が引き起こす問題は深刻化する傾向にあり、柱の設置位置を決定する駅構造の設計においては、旅客流動上の考慮が必要といえる。その指針については、8章で明らかとする。

b) 階段

階段は、上下階を昇り降りするための構造物であり、鉄道駅においては、プラットホーム、改札階、地上階等を接続している。

流動上の問題点は、プラットホーム上の階段によって、プラットホームの幅が狭くなるため、歩行者の滞留が発生しやすくなることである。これは、階段横の狭い空間に、乗降を目的とした旅客の移動と乗車待ちが混在するため、階段横が乗車待ちに十分な空間が確保されていない場合に滞留が発生するためである。さらに、歩行速度の変化が急な階段の直前で、動線交錯が発生する場合、一度、割り込み等で立ち止まりが発生すると、階段待ち行列の後方まで歩行の停止や後退が伝播し、旅客の転倒等を誘発することがある。

この対策は、図-3や写真-2に示すように、階段一段目付近においては、割り込みのできないように独立した空間を区画と標識で確保することである。手すりによる区画や床標識による動線誘導により、旅客が最も混雑する場所を、歩行速度の変化の少ない階段の後方

へ移すことで、危険を回避することができる。また、他の鉄道会社では、階段横の腰壁を極力薄くして面積を確保することや可視性のある材質を採用し歩行者同士衝突を回避させる等の工夫をしている箇所もある。

c) エレベーター

エレベーターは、交通バリアフリー法による設備整備のため、東京メトロではほぼ全駅に1ルートが整備されており、今後は2ルート目を順次整備する予定である。

流動上の問題点は、上下階を接続する大きな寸法であるため、歩行者の死角や見通しを悪くすることである。そのため、設置については、エレベーター脇の通路は車椅子やベビーカーの通過が頻繁となるため、安全性を考慮した幅員の確保や見通し可能な材質を採用すること等の考慮が必要である。

表-1 駅構内におけるの歩行障害物一覧

分類	種類
構造物 (5種類)	構造柱、階段、EV、ES、ホーム待合室
駅設備 (13種類)	階段手すり、通路手すり、エアコン、デジタル案内板、お知らせボード、清算機、券売機、運行・駅案内看板、ベンチ、水飲み場、手洗い場、ゴミ箱、車いす階段昇降機
非常用設備 (3種類)	防火扉・壁、消火栓、駅員呼び出しインターホン
商業施設 (8種類)	店舗、売店、広告柱、広告看板、コインロッカー、自動販売機、鏡付き看板、情報誌ラック

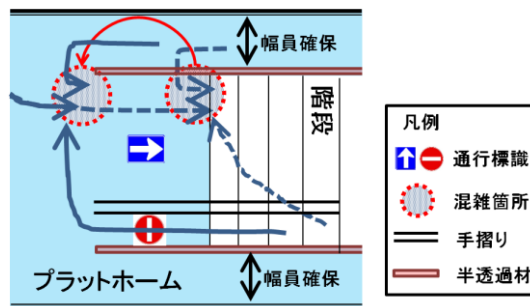


図-3 階段直前の立ち止まり伝播の対策例

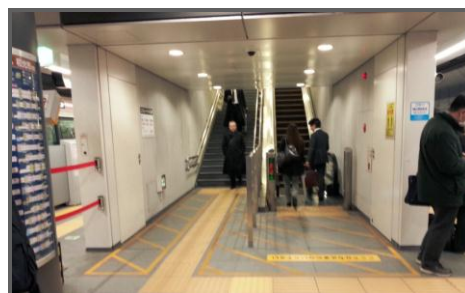


写真-2 B駅昇降口付近のベルトによる区画と床標識

d) エスカレーター

鉄道駅のエスカレーターは、交通バリアフリー法に基づく公共交通移動等円滑化基準に準じており、単体又は階段に並行して設置されている。なお、鉄道駅における運用は、昇降の方向が固定されているもの、時間別で昇降が逆になるもの及び駅員の判断によって昇降を変更できるものがある。

流動上の問題点は、エスカレーターの下り口付近に、列車待ち行列や乗降動線の交錯が発生すると、利用者の降りる空間が不足し、人が続々と押し出されてしまう等の危険が発生することである。

この対策としては、**図-4**のように、乗降部分に十分な空間を確保することや、手摺りを設けて動線交錯を回避する方法があり、駅の旅客数に応じて対応することは旅客の安全上必要不可欠である。他の鉄道会社では、**写真-3**に示すように、手すりによる区画、床標識による動線誘導及び可視性のある壁による歩行者同士衝突を回避等の対策をしている箇所もある。

e) ベンチ

ベンチは、プラットホーム上の中央部又は壁側等の通行が少ない場所に設置されている。ベンチは相対式ホームでは片側設置、島式ホームでは両側設置のものが採用されており、広告看板付きのタイプもある。混雑時でも利用頻度は高く、増設を希望する旅客の要望も多い。

流動上の問題点は、着席者がいる場合、歩行者は着席者の存在を強く意識し、回避距離が大きくなる傾向がみられることである。そのため、設置については、歩行者の立ち止まりや歩行減速を発生させないように、着席者がいる場合の心理距離を考慮した幅員確保が必要である。この旅客動線とベンチ離隔について、建築設計資料集成²⁰から算出した最小離隔を**図-5**に、本踏査による実際の離隔について**図-6**に示す。

f) 運行・駅情報案内看板

運行・駅情報案内看板は、島式ホームにおいて、プラットホーム上の中央部に上下線を分断するように設置されている。なお、相対式ホームでは壁に案内図が掲示するため、この案内看板は設置されていない。

流動上の問題点は、看板には足が設置されている形状のため、反対側の歩行者のを確認することはできないもの、高さが約2.5m程度となることや案内看板を確認する旅客の立ち止まりが発生することもあるため、看板から先の見通しを悪くし、歩行者の視距が不足することである。そのため、設置については、改札口や連絡通路等の多くの旅客が目的とする箇所では、歩行者の見通しを確保できるように注意する必要がある。

g) 売店について

売店は、プラットホーム上では中央部や壁側、コンコース上では改札付近等に設置されている。東京メトロで

は2013年現在、217箇所を設置されている。

流動上の問題点は、駅売店の利用者が、商品を探したり、支払いをすることにより、売店付近を通過する旅客に立ち止まり等を発生させることである。そのため、設置については、通行幅の確保以外にも、主要動線との離隔確保や死角を発生させないよう注意する必要がある。

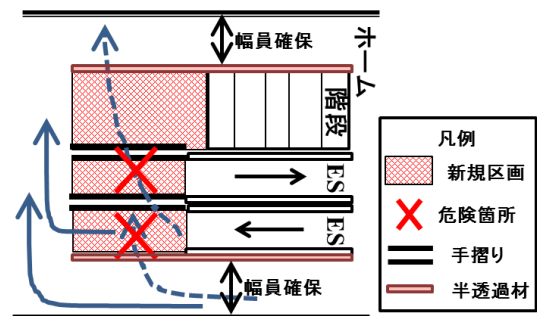


図-4 エスカレーターにおける流動対策例



写真-3 C駅ES付近の透明な腰壁、区画及び床標識

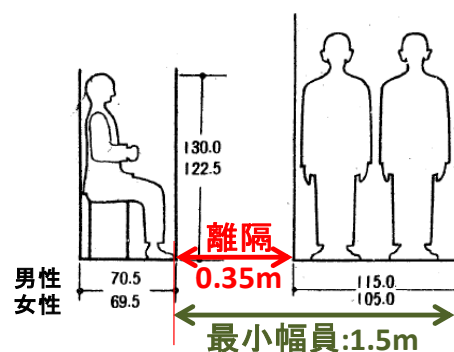


図-5 建築設計資料集成²⁰から算出したベンチ最小離隔

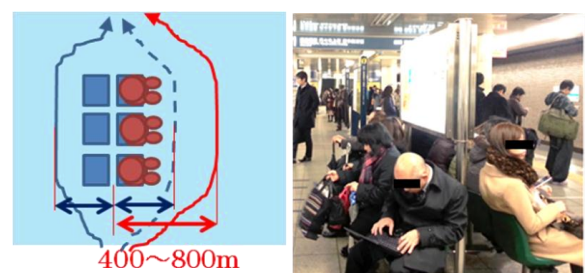


図-6 踏査による実際の離隔

5. 歩行障害物が引き起こす旅客流動上の問題

(1) 滞留発生の問題

この問題は、昇降口及び連絡通路の付近において、歩行障害物との空間に旅客の滞留が発生するものである。

この現象は、歩行障害物が昇降口から近い場所に設置されていることにより、ボトルネックが昇降口ではなく、その手前の歩行障害物と昇降口の狭い空間となるものである。そのため、この現象が発生すると、昇降口よりも手前に降車旅客の待ち行列が発生し、特に、混雑駅においては、プラットホーム上の待ち行列の捌け時間や列車運行の遅延にも影響する。これは、昇降口手前から滞留が発生するため、待ち行列への割り込みを誘発し、昇降口施設容量を十分発揮できないことや、待ち行列が列車ドア付近まで溢れ、列車からの乗降時間の遅れを招く場合もあるためである。つまり、昇降口付近において滞留が発生する原因は、歩行障害物と昇降口の離隔が不足していること及び降車流量が多いことが挙げられる。この2つの要因によって、歩行障害物がプラットホーム上の通行可能幅や昇降口までの経路が制限され、滞留が発生すると考えられる。

この現象の例を写真-4及び図-7に示す。なお、この滞留発生問題を引き起こす主な歩行障害物は、駅設備のベンチ、ゴミ箱や商業施設の自販機、売店である。

(2) 動線交差の問題

この問題は、昇降口・連絡通路と歩行障害物の狭い空間に、旅客の動線交差及び滞留が発生するものである。

この現象は、構造柱が、昇降口から近い場所に設置されていることにより、列車降車後に発生する乗降動線が、乗降客どちらにも最短経路となるため、構造柱と昇降口の間集中するものである。そのため、この現象が発生すると、対向する動線が一か所に集中し、歩行者同士の交錯及び歩行の停止が頻発するため、ラッシュ時以外においても滞留が発生する。つまり、昇降口付近において、動線交差が発生する原因は、構造柱と昇降口の離隔が不足していること、昇降口の乗降動線誘導が不十分であること及び乗降流量がある程度多いことである。この3つの要因によって、旅客の乗降動線が構造柱と昇降口の間集中し、動線交差、さらには滞留が発生すると考えられる。この現象の例を写真-5及び図-8に示す。

(3) 視距不足が引き起こす問題

a) 改札口の視距不足

この問題は、歩行障害物により、プラットホームから改札口の視距が不足することで、降車客の歩行速度の低下が引き起こされるものである。

これは、改札付近の視距の不足すると、歩行者の回

避行動や他経路の混雑等の予測を困難とするためである。さらに、歩行障害物が改札口の直近に死角がある場合、一度、改札口での詰まりが発生すると、連鎖的に滞留が後続列まで続いてしまうことがある。この現象の例を図-9に示す。

一方、歩行障害物により歩行幅は制限されるものの、プラットホームから改札付近までの見通しが良く視距が確保されている場合については、降車客の歩行速度が通常駅よりも歩行速度が上昇することがある。ただし、降車客の他に、乗車客の視距も確保される場合、改札口手前から列車到着状況が確認できることにより、改札外からの駆け込み乗車を誘発するため、歩行者同士の危険な交錯が発生する。このように視距が確保されている場合、乗降客の動線を分離させるなどの対策検討が必要となる。この現象の例を図-10に示す。

なお、この改札口付近の視距不足を引き起こす主な歩行障害物は、構造物の構造柱、非常用設備の防火扉・壁及び駅設備の精算機である。

b) 昇降口・連絡通路の視距不足

この問題は、歩行障害物により、プラットホームから昇降口・連絡通路の視距が不足すると、施設において利用の偏りが引き起こされるものである。

この現象は、歩行障害物が、昇降口・連絡通路の付近に設置されていることにより、旅客の視距が不足するため、昇降口・連絡通路の経路選択において混乱を招いているものである。

通常、降車旅客は、利用する昇降口・連絡通路の混雑状況を確認し、通過位置（経路）を選択する。しかし、昇降口・連絡通路までの視距が不足すると、旅客は視距が確保された時点で経路変更をする現象が発生する。さらに、混雑時においては、降車客は目先の降車旅客に追従するため、正しい経路を選択できなくなり、混雑していても、同じ階段の片側しか主に通過しないという利用の偏りが生じる。この2つの条件が揃うと、乗降旅客は、昇降口・連絡通路幅の一部しか利用しない通過となり、プラットホーム上の待ち行列が捌けるまでに時間を要し、次の列車の降車客が待ち行列と合流することがある。この現象の例を写真-6及び図-11に示す。

つまり、昇降口・連絡通路付近において、視距が不足すると、旅客が移動時間、移動負担を考慮した適切な経路選択が困難となり、施設利用の偏りが生じることで、容量が十分に発揮されないことや動線交差の多い場所が回避されないことなどの問題が生じる。

このことから、歩行障害物と昇降口の離隔が不足していること、乗降流量がある程度多いことの2つの要因によって、利用の偏りが発生すると考えられる。

なお、この視距不足を引き起こす主な歩行障害物は、駅設備の構内案内・乗換え看板、エアコンである。



写真4 D駅昇降口付近の様子



図9 F駅改札口付近の速度低下と滞留

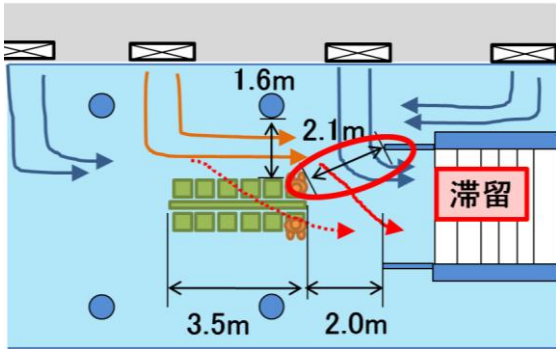


図7 D駅昇降口付近のベンチと滞留発生状況



図10 F駅改札口付近の速度上昇



写真5 E駅昇降口付近の様子



写真6 G駅昇降口の様子

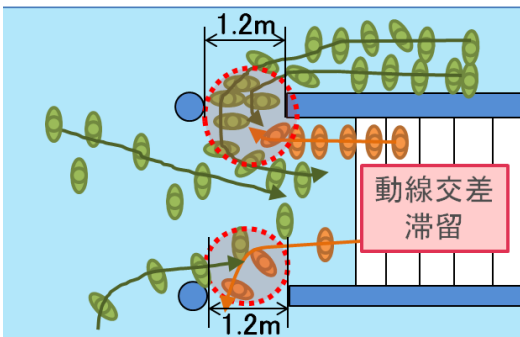


図8 E駅昇降口付近の構造柱と動線交差の状況

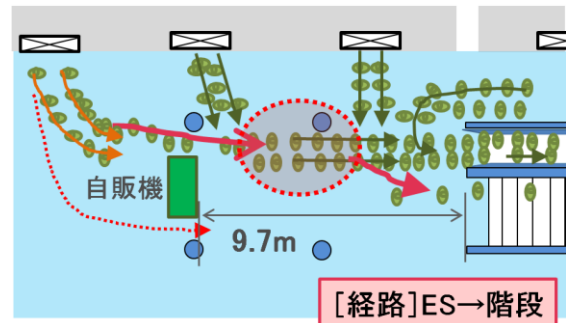


図11 G駅昇降口視距不足による施設利用の偏り

6. 歩行障害物が引き起こす問題の背景

(1) 駅商業施設設置の承認手順

東京メトロ社内のインタビュー調査より、商業施設の設置承認手順を明らかとした。

この設置の承認手順における商業施設設置案については、駅現場の駅統括者が駅係員にヒアリングを行うことで、可否及び設置条件を判断している。しかし、この統括者のヒアリングにおける判断基準には、残存幅員・混雑度で判断しているものの、明確な基準はなく、駅係員の経験に依存していることが明らかとなった。ただし、消防法、バリアフリー法及び他の工事計画を考慮しており、最低限の条件を満たしている。

(2) 鉄道駅設計基準の現状

鉄道駅プラットフォーム設計基準は、以下のように構成されている。なお、設計基準における旅客流動上の考慮については明確な基準が定められておらず、設計者の技術力に依存していることが明らかとなった。

a) 国交省令

鉄道駅プラットフォーム設計は、鉄道運営法第一条の規定に基づき省令が定められており、「鉄道に関する技術基準」に基づき実施している。この基準において、プラットフォームの設計は、運転間隔を考慮した乗降客数に対する必要幅員と、柱や列車待避等による余裕幅員を加えた幅員によって定められている。この基準から抜粋したプラットフォームの所要幅員の算出式を以下に示す。

所要幅員： $B=B1+B2+\gamma$

B ：旅客ホームの所要幅員

$B1$ ：い集幅員（全乗客が各扉に対して半円形のい集を起こすとす）

$B2$ ：旅客幅員（降車客が車両から降りてホームを歩くために占有される幅員）

γ ：柱ならびに列車待避などによる余裕幅員、待避幅員（反対側のホーム縁端より警戒白線まで）：
0.8m、柱幅：平均0.3m、腰掛幅：平均1.1m（片側0.6～1.1m、両側1.1～1.4m）

b) 認定鉄道事業者基準

東京メトロでは、鉄道施設等の設計や竣工検査等において設計実施基準規定を制定し、鉄道土木施設、鉄道電気施設及び車両の業務において鉄道事業法の認定鉄道事業者として認定されている。東京メトロのプラットフォーム設計は、この設計実施基準規定として制定されている「設計業務実施規定」及び「鉄道土木施設構造及び整備実施基準」によって基準が定められている。この基準では、プラットフォーム幅員について、最小幅員のみが規定されている。ただし、注意点として、旅客の流動に支障を

及ぼすおそれのないものとしており、具体的な数値や検討方法は、駅個別設計時に考慮されるものとなっている。

b) 東京メトロ部内規定

東京メトロ社内基準の他に、改良建設部内において「駅的设计」が規定されている。この規定では、地下式プラットホームの標準寸法や階段幅等の算出方法が定められているおり、狭隘となりやすいプラットホーム縁端と階段横の通路幅等について最小幅員を1.5mにすることと定めている。しかし、旅客流動上問題となりやすい昇降階段、昇降路、連続壁付近の構造柱の間隔や設置位置については、流動を考慮する記載はあるが、設計者の技術力に委ねられている。この規定から抜粋した島式ホームの最小幅員を図-13に示す。

(3) 歩行者シミュレーションの現状と課題

国内外の旅客流動対策として使用されている歩行者シミュレーションについて、計算対象者の挙動を決定する際に考慮される要因を既往の研究から一覧にした。この一覧を表-2に示す。この既往の研究から、歩行者の挙動を決定する要因に不足していることは、計算対象者自身の死角や視距が歩行速度等に考慮されていないことや、障害物の高さ、形状、見通しが考慮されていないことが挙げられる。近年、歩行者シミュレーションは鉄道駅構内の流動改善における、ソフト対策として使用され始めているものの、実際の駅混雑状況を再現するには至っていない。この原因のひとつは、この表で示した死角や見通しといった要因不足である。今後、不足する要因を改善することは、駅混雑対策を解決するソフト対策として、必要不可欠であるといえる。

表-2 計算対象歩行者の挙動を決定する際に考慮される要因

対象	要因	不足要因	
歩行者自身 (計算対象者)	人体	サイズ ²¹⁾²²⁾²³⁾²⁵⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾ 緩衝領域 ²¹⁾	
	視野	歩行可能領域 ²¹⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾ 障害物探索距離 ²²⁾³³⁾ 障害物探索角度 ²²⁾³³⁾ 視野(視覚) ²³⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾	死角 見通し 視距
	運動能力 進行特性	希望歩行速度 ²²⁾³³⁾ 最大歩行速度 ²²⁾³¹⁾ 歩行速度 ²¹⁾²²⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾ 最大方向変更角度 ²²⁾	
	位置 進行方向	現在位置 ²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾ 目的地 ²¹⁾²³⁾²⁵⁾²⁷⁾²⁹⁾³⁰⁾³³⁾ 進行方向 ²¹⁾²²⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾ 希望進行方向 ²¹⁾²⁹⁾³³⁾	
他歩行者 障害物	歩行速度 ²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾³¹⁾³²⁾³³⁾ 位置 ²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾ 進行方向 ²¹⁾²²⁾²⁴⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾ 人数 ²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁷⁾³¹⁾	形状 高さ 見通し	

7. 歩行障害物が引き起こす問題の現象分析

(1) 動線交差の現象分析

動線交差が発生する現象について、銀座線・丸ノ内線の102箇所の昇降口・連絡通路の結果分析を図-12に示す。この散布図の特徴としては、動線交差の問題発生は柱の離隔が4m未満に問題箇所が集中している点である。特に、柱の離隔が狭く、乗降通過人数の多いH駅などにおいては、やはり、交差と滞留の問題が発生している。ただし、離隔が4m程度あるI駅とJ駅においては、乗換待ち行列が離隔を狭めていることや昇降口がドアと近接しているという特殊な要因から、交差と滞留の問題が発生している。逆に、離隔が3m未満で問題のない箇所もあるが、下り階段であること、見通しが確保されていること及び標識や手すりで乗降動線が分離できているために問題がないことも確認することができた。以上のことから離隔が3m程度確保されていない場合に、交差と滞留の問題が発生するといえる。

この離隔が3m未満で問題発生となる根拠を、図-13に示す。列車のドア開扉後には、降車旅客の4動線が昇降口と構造柱に集中することから、この4動線が滞留することなく通過できる幅が3m以上確保されていない場合に、問題が発生すると推測される。さらに、昇降口側壁の見通しや昇降口内の乗降動線の分離も、動線交差の発生に影響するといえる。

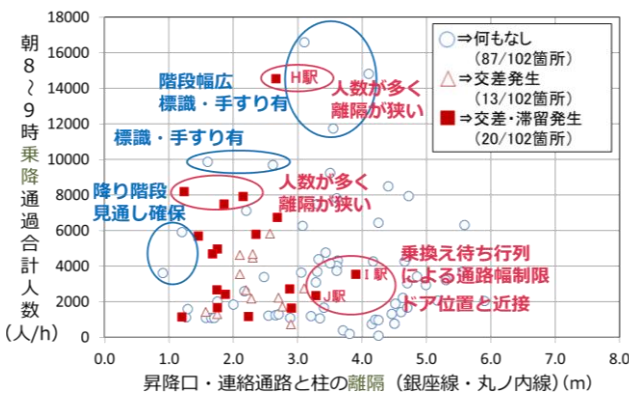


図-12 離隔と通過人数による動線交差発生問題の分析

(2) 動視距不足が引き起こす問題

視距不足による問題発生について、銀座線・丸ノ内線の118箇所の昇降口・連絡通路・改札口の結果分析を図-14に示す。この散布図の特徴は、視距不足による問題発生は視距が10m未満に集中している点である。10m程度の視距が確保されていても問題のある箇所は、降車客が五千人を超えるK駅や乗車通過が三千人を超えるL駅・M駅であり、特殊な要因があることから問題が発生しているといえる。逆に、視距が5m程度であるようなN駅・O駅では、乗降動線の分離や構造柱寸法が小さい(φ470mm)ために問題とならないことを確認した。以上のことを、視距が10m程度確保されていない場合に、利用の偏りなどの問題が発生するといえる。

この視距10mの根拠を、図-15に示す。列車のドア開扉後には、昇降口に近いドアからの降車客によって、昇降口手前に旅客の混雑が発生する。よって、この混雑状況を目視して経路を変更する昇降口から2, 3番目からの降車旅客は、昇降口までの視距が確保されている必要があることとなる。この視距が不足する場合には、待ち行列に追従してしまい、昇降口の利用に偏りが発生する。東京メトロ社内のインタビュー調査より、この昇降口から3番目のドア位置を、一般的な車両の寸法から導くと、10m程度であることが明らかとなった。このことから、3番目のドア位置10m程度の視距の確保が必要であるといえる。

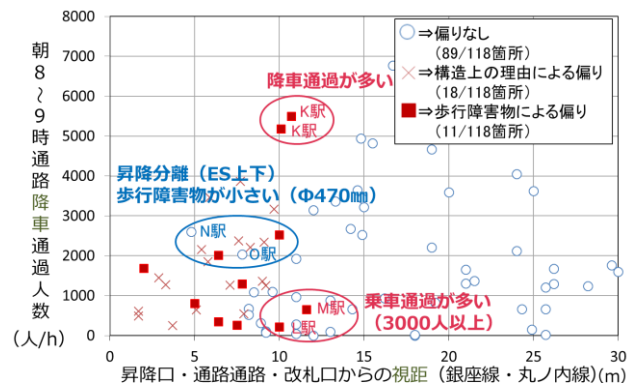


図-14 視距と降車通過人数による動線交差発生問題の分析

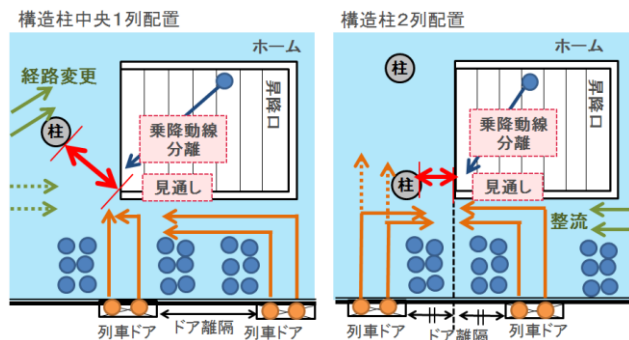


図-13 列車開扉直後の昇降口付近の旅客動線

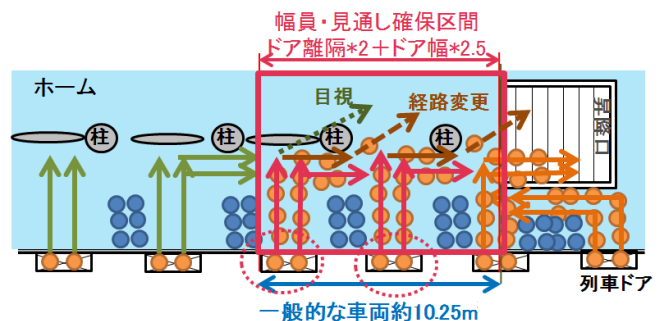


図-15 列車開扉直後の昇降口付近の旅客動線 (柱中央設置)

8. 鉄道駅設計指針への反映と考察

(1) 構造設計指針案

プラットホームの設計において、昇降口と構造柱の離隔は、3mを確保することが必要と考える。

この離隔の確保については、鉄道駅の新設時以外は困難な場合が多い。この理由は、東京メトロのようにプラットホームが地下空間にある場合、構造柱は上下階層で同じ位置に配置し、構造上の安定を図っていることから、移設や撤去には大規模な工事を伴うためである。そのため、現存駅のプラットホームでは、4章で説明したように階段付近を区画し、動線の交差発生場所を3mの離隔がある場所へ誘導することが望ましい。さらに、この区画には、視認性のある壁や手摺りを採用し、歩行者同士の視覚情報を確保することも必要である。この指針案の例を図-16に示す。

(2) 施設物設置指針案

プラットホーム上の駅施設物は、昇降口から10mまでは原則設置を禁止し、視距を確保することが望ましいと考える。この施設物設置指針案について図-17に示す。

この理由は、昇降口・連絡通路から10m以内にある歩行障害物は、歩行者の経路選択の混乱と経路制限を招き、昇降口・連絡通路の利用の偏りを引き起こすためである。特に、上下線に列車が到着時の一時的な混雑時が発生する島式ホームの場合には、歩行障害物が経路の複雑化や滞留連鎖を引き起こし、昇降内での歩行停止や降車の遅延を招く恐れもある。そのため、昇降口までの視距と歩行者が自由に移動できる空間を確保することは、旅客の安全上必要であるといえる。

9. 歩行障害物が引き起こす問題の対策事例

(1) 駅施設物の移設による対策

改札口付近の見通し確保する場合、構造柱の移設や撤去は困難であることから、駅施設物の移設が有効な対策となる。なお、移設先においては、視距の確保、発生動線に必要な幅員の確保、経路制限をさせないこと及び待ち行列を阻害しないことに留意して検討する必要がある。移設検討が必要な歩行障害物の設置例を写真-6に示す。

(2) 見通し確保による対策

昇降口や改札口付近の動線交差対策として、腰高式の階段壁や透過性材質への変更による、見通し確保が有効な方法として挙げられる。動線交差の発生しやすい昇降口付近において、昇降口手前での見通しが確保されることで、乗降旅客が交差を回避することが可能となること

から有効な対策であるといえる。昇降口付近の見通し確保の例を写真-6に示す。

(3) 動線分離による対策

昇降口の動線交差対策として、ロープによる入場制限や手すり・標識による乗降動線の誘導が有効な方法として挙げられる。これらの対策により、動線分離が誘導され、乗降動線の交差を回避させることや幅員や見通しが確保されている場所に交差場所を移動させることで、動線交差・滞留の発生を抑制することができる。

昇降口付近の動線分離対策の例を写真-6に示す。

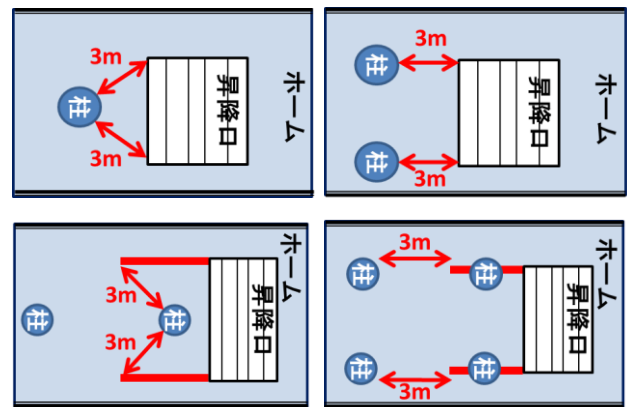


図-16 昇降口と構造柱の離隔確保の指針案

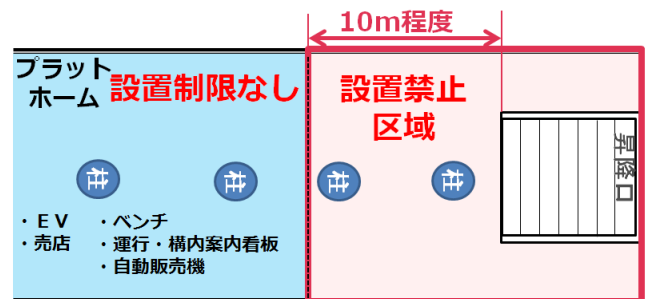


図-17 昇降口の駅施設物設置指針案（視距・空間確保）



写真-6 各駅における流動対策事例

7. おわりに

(1) 結論

本研究では、現在、そして将来的にも問題とされる都市鉄道の混雑に着目し、駅構内の流動上の問題点について、全駅のプラットホーム上を踏査することで明らかとした。特に、この踏査では、混雑状況の観察だけではなく、駅構造寸法、通過人数及び駅係員のインタビュー調査を東京メトロ全駅で実施することによって、総合的な情報から問題点を抽出した。これにより、これまでの文献等で明らかとされてこなかった視距不足等が引き起こす流動上の問題とその場所の特定している。この踏査結果を分析することで問題点を追究し、さらに、この流動上の問題の背景について明らかとしている。また、他駅の事例から旅客流動上の問題に有効な対策を提案しており、根本的な解決を可能とする構造設計案や施設物設置指針案、さらには、歩行者地震の視覚情報等の追加すべき歩行者シミュレーションの変数について考察をしている。以下に総括を示す。

第一に、鉄道駅の事前踏査では、プラットホーム上における流動上の問題点は、ボトルネックの幅員不足だけではなく、昇降口付近の歩行障害物の配置が問題であることが明らかとなった。

第二に、東京メトロ所管の全9路線全179駅のプラットホーム上にある、すべての昇降口・連絡通路・改札口714箇所の踏査結果から、流動上の問題を明らかとした。まず、離隔が不足する場合について、歩行者の通行幅の不足や経路制限を招くことから、昇降口と歩行障害物の狭い区間に滞留・動線交差が発生することを明らかとした。次に、視距が不足する場合は、歩行速度の低下や歩行者の経路選択の混乱からの施設利用の偏りが発生することを明らかとした。また、各歩行障害物ごとの問題についても明らかとした。

動線交差の問題発生箇所数については図-18、視距不足が引き起こす問題については、図-19に示す。

第三に、駅構内の混雑問題が未だ解決されていない背景に、駅施設物設置の承認手順やプラットホーム設計基準において、担当者の経験や技術力への依存していること、ソフト対策の歩行者シミュレーションに挙動決定要因不足があることを明らかとした。駅施設物の設置判断は駅係員の経験に依存しており、プラットホーム設計においても、明確な基準はなく、設計者の技術力に依存している。さらに、歩行者シミュレーションの挙動要因には、歩行者の見通し・死角や歩行障害物の形状・寸法の要因不足していることが明らかとなった。

第四に、問題の解決には、発生動線の通過可能な離隔や視距の確保の他、乗降旅客の見通しや動線を分離する対策も必要であることを明らかとした。歩行障害物の設置離隔の確保には、昇降口と歩行障害物は4動線が通過可能な離隔約3mが必要である。視距の確保は、昇降口から数えて3番目ドア降車客までの約10mを確保し、経路判断を促す必要がある。さらに、標識や手すり、見通し確保による乗降動線の分離も有効な対策であることが明らかとなった。

最後に、東京メトロのプラットホーム上の昇降口、改札口、通路の問題箇所について把握した。

本研究では、空間の有効利用の観点から駅構内の流動上の問題解決を導く指針を提案したものであり、これらは鉄道駅以外の空間へも応用できるものと考ええる。

(2) 今後の課題

本研究においては、駅構内で発生している流動上の問題の現状を明らかとし、東京メトロ駅の不適合箇所把握をすることで、現象の分析や対策事例までを考察した。今後は、視距等を考慮した構造設計や施設物設置指針の作成のため、歩行障害物の設置離隔等の数値の精度を高める検証が必要である。さらに、死角や見通しの視点を考慮した歩行者シミュレーションの導入方法を検討することで、対策がされていない問題点を解決する必要がある。

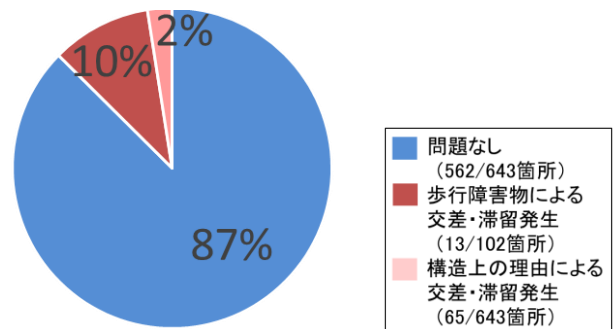


図-17 昇降口・連絡通路付近の動線交差・滞留発生箇所

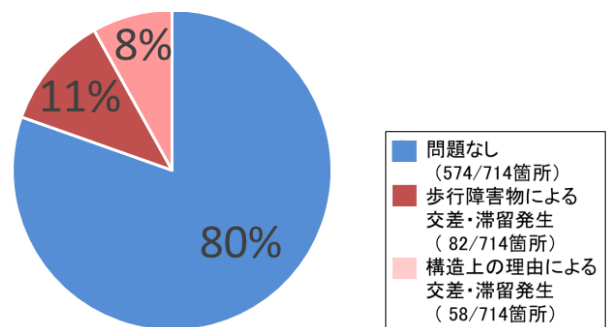


図-18 昇降口・連絡通路・改札口付近の視距問題箇所

参考文献

- 1) 仮屋崎 圭司, 日比野 直彦, 森地 茂: 都市鉄道の列車遅延の拡大メカニズムに関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.13, No.4, pp.54-57, 2011.
- 2) 梶谷 有三, 神子島 喬, 下夕村 光弘, 田村 亨, 齊藤 和夫: 都市構造と通勤交通流動特性について, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, pp.605-612, 2009.
- 3) 金子 雄一郎, 曾山 禎彦, 加藤 浩徳: 都市鉄道の遅延に対する利用者の認知状況と交通行動への影響, 運輸政策研究, Vol.14, No.2, pp.26-33, 2011.
- 4) 寺崎 友芳: 容積率緩和による通勤鉄道混雑への影響, 独立行政法人経済産業研究所 Discussion Paper, pp.16, 2005.
- 5) 宮下 奈緒子: 東京都区部における産業構造・分布の変化と市街地再編, 政策研究大学院大学開発政策プログラム, 修士学位論文, 2010.
- 6) 江口 弘: 都市鉄道の混雑緩和と速達性向上のための3線運行手法の提案, 運輸政策研究, Vol.13, No.4, pp.2-9, 2011.
- 7) 横田 茂: 都市鉄道の整備手法の活用促進方策についての研究, 運輸政策研究, Vol.15, No.3, pp.18-28, 2012.
- 8) 中 祐一郎: 交差流動の構造—鉄道駅における旅客の交錯流動に関する研究(1), 日本建築学会論文報告集第258号, pp.93-101, 1977.
- 9) 矢田 章, 上原 孝雄, 佐藤 克志, 安藤 恵一郎: 歩行者の経路探索行動と空間特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.657-658, 1990.
- 10) 日比野 直彦, 中山 泰成, 内山 久雄, 高平 剛: 鉄道駅における歩行者データの取得および活用方法に関する一考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.3, pp.781-787, 2004.
- 11) 高柳 英明, 佐野 友紀, 渡辺 仁史: 群集交差流動における歩行領域確保に関する研究, 日本建築学会計画系論文集第549号, pp.185-191, 2001.
- 12) 高柳 英明, 佐野 友紀, 渡辺 仁史: 群集交差流動における歩行領域確保に関する研究, 日本建築学会計画系論文集第549号, pp.185-191, 2001.
- 13) 建部 謙治, 中島 一: 静止した障害物に対する単独歩行者の回避行動～歩行者の回避行動に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集第418号, pp.52-57, 1990.
- 14) 山本昌和, 青木 俊幸, 佐藤敏彦: 旅客流動の定量的方向指標～駅空間の歩きやすさの評価に関する研究その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.843-844, 2004.
- 15) 山本昌和, 青木 俊幸: 旅客流動の定量的方向指標-駅空間の歩きやすさの評価に関する研究その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.889-890, 2005.
- 16) 国土交通省鉄道局: ターミナル駅における混雑解消を実現するための施策の検討, 2008-2009.
- 17) 中村 泰広: 鉄道駅構内における混雑状況と旅客流動の関係に関する研究, 政策研究大学院大学開発政策プログラム, 修士学位論文, 2010.
- 18) 福田一太, 山下良久, 内山久雄: 交差現象を考慮した歩行者シミュレーションモデルの構築, 日本機械学会第13回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集, pp.387-390, 2006.
- 19) 山下良久: 鉄道駅構内における歩行者挙動のモデル化に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.31, pp.4, 2005.
- 20) 日本建築学会編: 建築設計資料集成I, 6-7項, pp.22-23, 丸善株式会社, 2005.
- 21) 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.
- 22) 浅野美帆, 桑原雅夫, 田中伸治: 混雑時におけるミクロ歩行者モデルの構築, 第5回ITSシンポジウム2006, pp.419-424, 2006.
- 23) Anotonini, G., Bierlaire, M. and Weber, M.: Simulation of Pedestrian Behavior using a Discrete Choice Model Calibrated on Actual Motion Data, Swiss Transport Research Conference 2004, Conference Proceedings, Session Micro Models and Simulation, pp.14, 2004.
- 24) 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, 土木計画学会・論文集 Vol.23 No.2, pp.489-495, 2006.
- 25) Yamashita, Y., Hibino, N. and Uchiyama, H.: A SIMULATION MODEL FOR PASSENGER WALKING BEHAVIOR AT A TRANSFER RAILWAY STATION, 11th WCTR Proceedings, pp.17, 2007.
- 26) Blue, V.J. and Adler, J.L.: Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways, Transportation Research PartB35, pp.293-312, 2001.
- 27) 中祐一郎: 交錯流動のシミュレーションモデル—鉄道駅における旅客の交錯流動に関する研究(2)—, 日本建築学会論文報告集第267号, pp.103-112, 1978.
- 28) 山下信, 原田真太郎, 中野孝昭: セルラーオートマトン法による鉄道における人の流れ, 日本機械学会第6回交通・物流部門大会論文集, pp.539-542, 1997.
- 29) 安藤恵一郎: 旅客流動シミュレーション, SUBWAY, pp.15-21
- 30) 近藤康夫, 廣瀬智士, 城戸隆良: CAを用いた歩行シミュレーションモデルの構築, 土木情報システム論

文集 Vol.9, pp.19-30, 2000.

31) 岡田甚幸：建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究 その1 磁気モデルの応用による歩行モデル，日本建築学会論文報告書集 第 283 号，pp.111-117, 1979.

32) 岡田甚幸：建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究 その2 混雑した場所での歩行，日本建築学会論文報告書集 第 284 号，pp.101-108,

1979.

33) Drik Helbing and Peter Molnar : Social force model for pedestrian dynamics, PHYSICAL REVIEW E, Vol.51, No.5, 1995.

?

INFLUENCE OF PLATFORM PLAN TO PASSENGERS' FLOW IN A METRO STATION

Atsushi HASE, Naohiko HIBINO and Shigeru MORICHI

The congestion of the railroad in Tokyo metropolitan area has not been settled and it becomes a big problem that causes not only the deterioration of the service levels of the stability and the safety and also the chronic train delay. But in nowadays when the population of Japan is losing, there are still several crowded stations in the Tokyo Metropolitan Area and where are expected to worsen the congestion in the future. In addition, considering to the population aging and the diversification of passengers for Tokyo Olympics and Paralympics, we should give the less-congestion precedence over all others.

This study aims at proposing the measures; 1) to understand the problems and locations in the station 2) to clear the background, 3) to analyze the problems in the structure of the station and the numbers of passengers, 4) to consider the cases of other railways operators and is mentioned the guideline for the station design and the installation of the station facilities.