

駅施設の許容捌け交通量に関する研究 —都心駅周辺の急速な都市開発による鉄道駅の 激しい混雑への対応に向けて—

森田 泰智¹・森地 茂²・伊東 誠³

¹正会員 (一財)運輸政策研究機構 運輸政策研究所(〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-18-19)

E-mail: y-morita@jterc.or.jp

²名誉会員 政策研究大学院大学特別教授 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

³正会員 (一財)運輸政策研究機構 運輸政策研究所(〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-18-19)

E-mail: itoh@jterc.or.jp

近年、東京の都心駅周辺で急速に都市開発が進展し、これにより、駅施設の処理能力を上回る旅客のホーム上での滞留が発生するなど、鉄道駅で激しい混雑が見られるようになった。しかし、上記の駅周辺での都市開発の進展は、駅施設に急激な負荷をかけることとなるが、駅施設が建築物の容積増(旅客流動の増加)にどこまで耐えられるのかについて、曖昧で把握されていない。そこで本研究では、都心駅周辺の急速な都市開発による鉄道駅の激しい混雑への対応に向けて、駅構内の混雑の実態調査により、ピーク時における駅施設で刻々と変化する旅客の捌け方を秒単位で計測し、駅施設が旅客流動の増加にどこまで耐えられるのか、本研究では、これを駅施設の許容捌け交通量と定義し、その意義と具体的な検討を行う。

Key Words : *congestion of railway station, urban development, allowable outgoing volumes*

1. はじめに

1990年代後半より顕在化した都心回帰の傾向が見られる中、2002年に、都市計画の規制(用途や容積率等の規制)を緩和する都市再生特別措置法の制定等が行われた。これにより、近年、東京の都心駅周辺で急速に都市開発が進展し、鉄道駅で激しい混雑が見られるようになった。

都心の都市開発は、都市の活性化に資するとともに、大きな便益が発生する。一方で、都市開発は経済性の高い地区の駅周辺に集中するため、局所的な交通需要の増加により、駅構内の混雑が激化し、駅施設の処理能力を上回る旅客のホーム上での滞留等が発生する。また、駅構内の混雑に留まらず、乗降時間の増加により列車の停車時分が増加し、これが後続の列車に伝播することで列車遅延が拡大する。

このような都心の都市開発に伴う鉄道駅の混雑問題に関しては、実際に、勝どき駅では、駅が開業して時間が経っていないものの、都市計画の規制緩和により、駅周辺で急速に都市開発が行われ、駅の施設容量が不足する

状況となった。また、現在、環状2号線(虎ノ門・新橋間)沿線で、再開発事業が進められており、今後、周辺の虎ノ門駅等で混雑の激化が予想されている。そのため、上記の鉄道駅の混雑は、現実に生じており、改善に向けた早急な対策が必要な問題である。

以上より、駅周辺の急速な都市開発の進展は、①駅施設に急激な負荷をかけるとともに、上記より発生する鉄道駅の混雑は、列車遅延にも問題が波及し、多大な影響を及ぼす。②また、駅改良を実施する際、完成までに(計画・工事に)長時間がかかるため、予め、駅施設が建築物の容積増(旅客流動の増加)にどこまで耐えられるのかについて、把握しておく必要がある。

そこで本研究では、都心駅周辺の急速な都市開発による鉄道駅の激しい混雑への対応に向けて、駅構内の混雑の実態調査により、ピーク時における駅施設で刻々と変化する旅客の捌け方を秒単位で計測し、駅施設が旅客流動の増加にどこまで耐えられるのか、本研究では、これを「駅施設の許容捌け交通量」と定義し、その意義と具体的な検討を行う。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

(1) 都市開発に伴う交通混雑に関する研究

都市開発に伴う交通混雑に着目した研究は、交通アセスメントの分野で数多くの研究^(例えば1)2)が見られる。また、八田ら³⁾が、東京都心部の容積率規制緩和による企業集積・生産性向上の便益と、それに伴って発生する道路交通量増大費用の計測、寺崎⁴⁾は、鉄道車両内の混雑費用との比較を行っている。さらに、宮下⁵⁾は、東京都区部の都市構造の変化を分析し、用途や容積率等の規制緩和を利用した都市開発により、インフラへの過負荷が発生することを懸念し、今後、規制緩和による再開発計画とインフラ容量との不均衡の是正に向けた検討が必要と指摘するなど数多くの研究が見られる。

上記に対し、都市開発に伴う駅構内の混雑に着目し、その対応に向けた検討を行っている研究は、これまで殆どなされていない。しかし、このような問題を認識し、課題解決に向けた研究⁶⁾・調査⁷⁾⁸⁾が開始された。

(2) 鉄道駅における歩行者流動に関する研究

鉄道駅における歩行者流動に着目した研究は、これまでも多くの研究がなされてきた。国土交通省鉄道局⁹⁾は、鉄道の混雑に関する指標として、車両内の混雑に関する指標はあるものの、駅構内の混雑に関する指標は確立されていないことから、上記指標の確立に向けて、駅の快適性を評価する6つの混雑指標を提案・検討するとともに、これらの指標の総合化について検討を行っている。

また、日比野ら¹⁰⁾¹¹⁾は、駅構内の歩行者挙動を考慮した駅整備の必要性を指摘し、ビデオ映像から自動的に歩行者の4次元パスデータ(x,y,z,t)を取得するシステムを開発し、そのデータより歩行者挙動の特性を把握し、歩行者シミュレーションモデルの開発を行っている。山下ら¹²⁾は、混雑した歩行者空間における交差現象に着目し、対向流を横断する歩行者の意思決定に至る要因を見出すため、横断者の横断意思決定モデルの構築を行っている。一方、駅の設計のために、歩行者行動をモデル化し、駅での旅客の流れを再現するシミュレーションモデルの開発を行っている研究・調査¹³⁾¹⁵⁾も見られる。

さらに、高橋ら¹⁶⁾は、列車遅延のメカニズムを明らかにし、旅客の乗降行動を含めた列車運行を再現した遅延連鎖シミュレーションの開発を行っている。

以上より、鉄道駅における歩行者流動に関して多様な観点からの研究はあるが、駅施設が旅客流動の増加にどこまで耐えられるのかについて、明らかにした研究はされていない。また、後ほど詳しく説明するが、現行の駅施設の設計容量は、統一的な基準はなく、鉄道事業者によって設計容量が大きく異なる。上記に対して、鈴木ら

⁹⁾は、駅で混雑が発生するボトルネック箇所について、施設許容量を算出しているが、混雑に伴い歩行速度が一定となる渋滞流の旅客流動のみを対象としている。

そこで本研究では、開扉～次の列車の開扉までの全旅客流動を対象に、駅施設が旅客流動の増加にどこまで耐えられるのか、本研究では、これを駅施設の許容捌け交通量と定義し、その意義と具体的な検討を行っている。

3. 実態調査方法

(1) 実態調査の着目点

本研究では、都市開発に伴う激しい混雑が見られる都心駅を対象に、ピーク時における駅施設で刻々と変化する旅客の捌け方を秒単位で計測し、①駅構内の混雑の実態把握(どのような現象が起きているのか)、②次の列車が開扉するまでに、前の列車の降車客による滞留が生じていない場合(旅客の捌け残しが発生している場合)、どのような現象が生じるのか、③また、駅施設が旅客流動の増加にどこまで耐えられるのかを明らかにするために実態調査を行った。

駅構内で混雑が発生するボトルネック箇所は、**図-1**のように、様々な箇所が発生しており、例えば、コンコースの昇降施設(階段、エスカレーター)前の滞留、ホームの混雑に波及する、また、改札外の昇降施設前の滞留、改札内の混雑に波及するなど、混雑が連鎖する現象も見られる。本研究では、上記のボトルネック箇所のうち、最も混雑が激しい場合が多く、また、旅客の安全性の観点から最も注視すべき箇所として、ホームの昇降施設での降車客の旅客流動に着目し、実態調査を行った。なお、実態調査は、**図-2**に示す2面4線の駅を対象に、昇降施設の一番下の端部を通過する旅客流動を計測した。

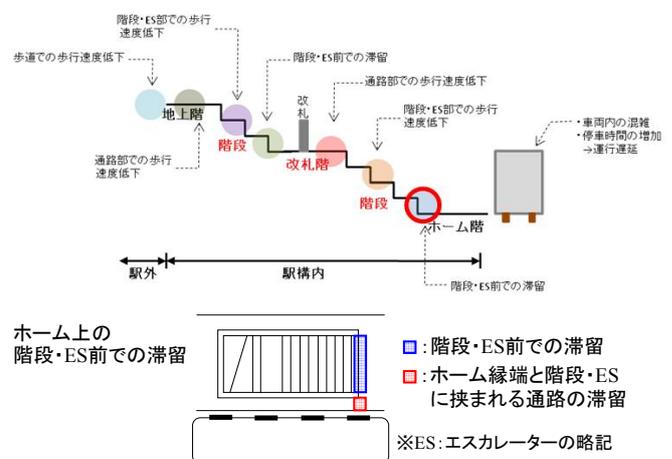


図-1 駅構内で混雑が発生するボトルネック箇所

(2) 駅施設の設計容量の考え方

現行の駅施設の設計容量について、鈴木ら⁹⁾が整理しているが、統一的な基準はなく、鉄道事業者が独自に基準を設けており、設計容量に大きな差異が見られる。また、駅施設は、ピーク30分間の平均1列車の交通量(旅客流動)を対象に、次の列車の開扉までに、余裕をもって旅客を捌けるかといった「ピーク時の平均交通量」に着目し、設計容量が算出される¹⁷⁾。

一方、図-3中の左図のように、時間帯で旅客流動に大きな差が見られ、時間帯によっては、旅客の捌け残しが発生する可能性がある。また、上記の捌け残しが及ぼす影響や、駅施設として、旅客流動をどこまで許容しているのかについて明らかにされていない。そのため、ピーク時の平均交通量だけでなく、列車単位で、駅施設での旅客の捌け方を分析する必要がある。

(3) 実態調査方法

従来では、駅施設の旅客流動について、図-3中の右図のように、分単位の旅客流動しか把握されていない。しかし、列車単位で、開扉～次の列車の開扉までの「駅施設で刻々と変化する旅客の捌け方」を分析するためには、秒単位で旅客流動を計測する必要があると考える。

これに対して、既存の駅施設の旅客流動を計測する方

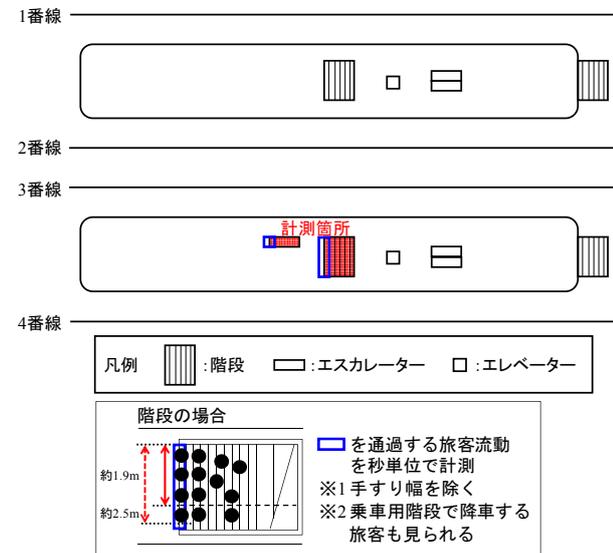


図-2 実態調査駅の概要

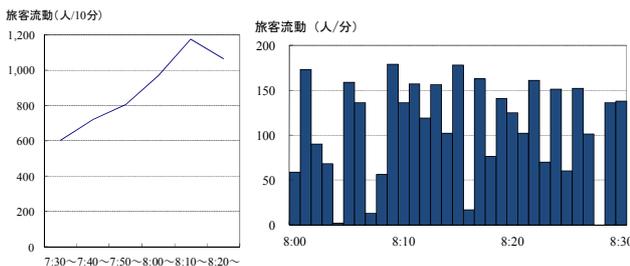


図-3 階段の時間帯別旅客流動(計測箇所)

法として、マニュアルカウンタやビデオカメラを用いる方法が挙げられる。しかし、マニュアルカウンタは、秒単位で旅客流動を計測することは困難である。また、ビデオカメラは、①個人情報保護の観点で、必ずしも任意箇所までデータ取得ができない可能性がある。②大規模に旅客流動調査を実施する際、ビデオカメラの設置費用が高額となる可能性がある。③天井ではなく、地上に三脚を立ててビデオカメラを設置する際などでは、旅客流動を阻害する可能性がある。

そこで、任意箇所での旅客流動を秒単位で計測し、安価にデータ取得を可能とする方法として、筆者らが開発した携帯電話を用いた旅客流動計測システム^{注1)}を援用した。このシステムは、Javaを用い、携帯電話の時刻機能とカウンタ機能を連動し、秒単位で人数計測を行えるシステムである。このシステムを用い、実態調査を行った結果については、4.で詳しく説明するが、これまで把握が困難であった3.(1)の実態調査の着目点を明らかにすることができ、実態調査方法として有用であると考えられる。

4. 駅構内の混雑の状況分析

(1) ホームの昇降施設での降車客の旅客流動

a) 階段の降車旅客の流動

階段について、開扉～次の列車の開扉までの刻々と変化する降車客の捌け方、また、次の列車が開扉するまでに、旅客の捌け残しが発生した場合、どのような現象が生じるのかを分析した。

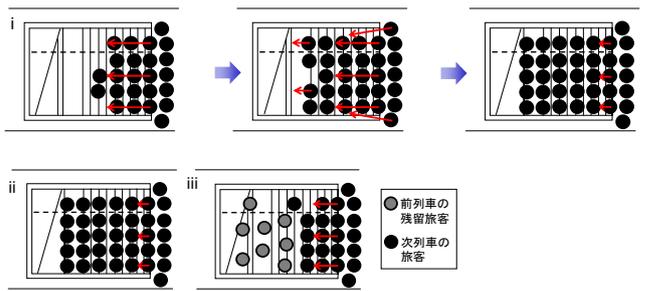
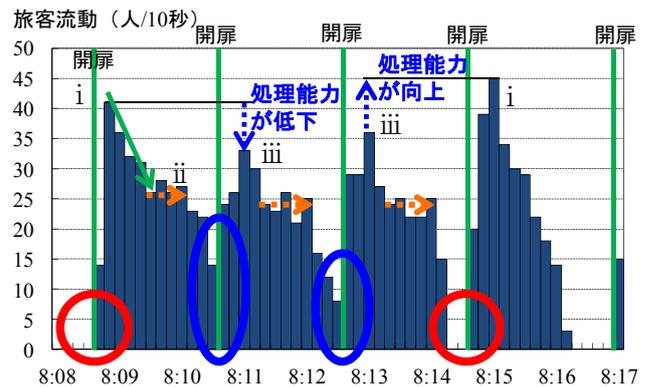


図-4 階段における降車客の旅客流動

最混雑時の旅客流動を秒単位で計測し、縦軸に10秒毎にまとめた旅客流動、横軸に時間をとった結果(図-4)から、以下の現象が明らかになった。

- ① 混雑が激しい時間帯では、旅客は人との間隔を詰めて降車し、旅客流動がピークに達するが、歩行速度の遅い旅客の存在、脇から無理に入り込む旅客の存在により、時間が経つにつれて、詰まりにより、歩行速度の低下が見られ(図-4中の i)、歩行者による渋滞が発生し、捌ける旅客流動が一定になる(図-4中の ii)。
- ② その後、旅客流動が少なくなり、渋滞が解消されていくが、次の列車が開扉する時、ホーム上の滞留が残留旅客により、歩行速度が低下し、滞留が残留している場合と比べ、処理能力が大きく低下することが分かる(図-4中の iii)。

次に、交通量(1列車から降車する旅客)の大小により、旅客の捌け方がどのように変化するかを分析した。乗車用階段で降車する旅客の存在を除き、降車用階段で降車する旅客流動のみを別の日に計測した結果、交通量の大小に関わらず、渋滞発生時の単位時間当たり旅客流動は変わらず、渋滞発生時間の長さが増えることが分かる(図-5)。

以上を踏まえ、これらの現象を図-6にまとめると、同一の運行間隔・交通量の列車が続いた場合、次の列車が開扉する時、前の列車の降車客による滞留が残留している場合、①捌け残しと階段の処理能力低下(歩行速度低下)により、階段を通過するまでの時間が増加する。この現象は、改札や出入口階段等の他の箇所でも発生するため、これらが合わさることで、出口までの総移動時間が増加する。②また、同様に、前の列車の捌け残しが繰り返されるとともに、階段の処理能力低下により、捌け残しが拡大することとなる。

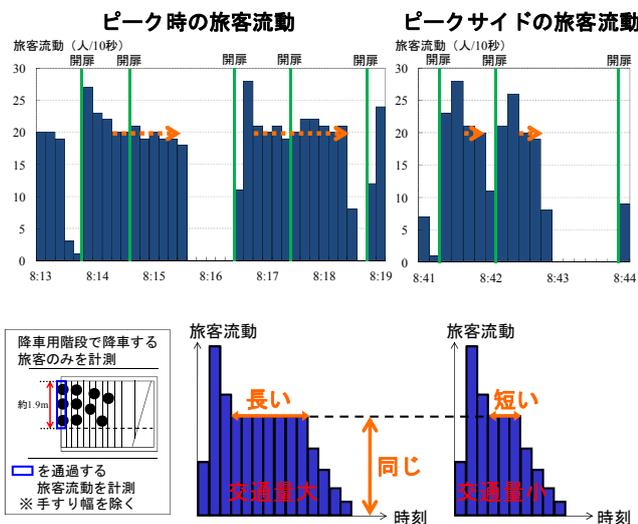


図-5 交通量の大小による旅客の捌け方の違い

実際には、3.で述べたように、ピーク時の同階段の旅客流動は、8:10~8:20を頂点とする山となり、時間帯で旅客流動に大きな差が見られる。そのため、最混雑時より少ない旅客流動の時間帯で捌け残しが発生すると、図-6より捌け残しがさらに拡大し、これにより、ホーム上の旅客の滞留が雪だるま式に拡大し、次の列車の開扉時に、前の列車の降車客でホーム上に人が溢れている現象につながる(図-7)。

このような状況は、降車時の事故やホームからの転落等の危険性が高まるとともに、乗降時間の増加により、列車の停車時分が増加し、これが後続の列車に伝播することで、列車遅延が拡大することとなる。

b) エスカレーターの降車旅客の流動

同様に、エスカレーターについて、開扉～次の列車の開扉までの刻々と変化する降車客の捌け方、また、次の列車が開扉するまでに、旅客の捌け残しが発生した場合、どのような現象が生じるのかを分析した。

図-8より、一般に、エスカレーター左側は立ち止り、右側は歩きながら昇ると思われるが、旅客の捌け方が不規則に変化することが分かった。これは、左側でも、開扉時に残留旅客がない場合、歩きながら昇る旅客の存在が見られること(左側 ii)、逆に、右側でも、人が立ち

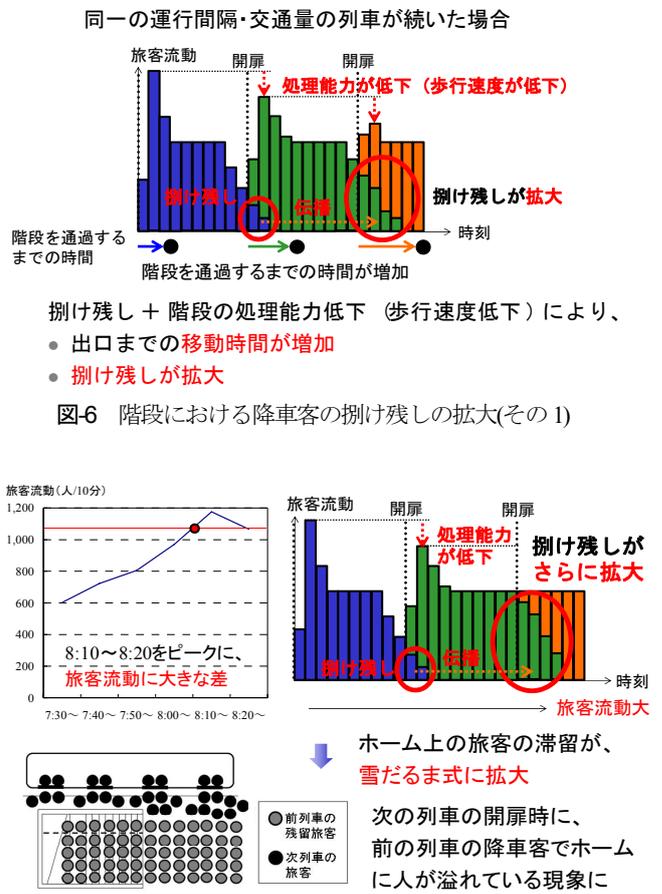


図-7 階段における降車客の捌け残しの拡大(その2)

止り処理能力が低下する箇所が見られること(右側 ii), さらに, 右側では, 開扉時に残留旅客がいない場合, 小走りで架け上がる旅客の存在が見られ(右側 iii), これらが合わさることで, 階段と異なり, 処理能力が不規則に変化する.

以上より, 左側は, 階段と同様な旅客の捌け方, 右側は, 処理能力が不規則に変化する点を考慮し, 5.で, どこまで旅客流動を許容できるのかを説明する.

(2) 駅施設の許容捌け交通量の意義

以上を踏まえ, 駅施設の許容できる捌け交通量を「許容捌け交通量」と定義し, この意義として以下を考える.

- ① 従来, 駅施設は, ピーク30分間の平均1列車の交通量を余裕をもって捌けるかといった「ピーク時の平均交通量」で設計している. しかし, 細かく1列車毎に降車客の旅客流動を見ると, 駅施設の処理能力低下や旅客の捌け残しが拡大し, これが続き, ホーム上の旅客の安全性, 列車遅延の問題が生じる.

- ② また, 交通施設の設計容量の考え方として, 道路では, 経済性も考慮し, 30 番目時間交通量で施設容量を決めているのに対し, 鉄道では, 駅施設の容量が不足すると, 昇降施設や改札前での過剰混雑や旅客のホームからの転落等の危険性が高まる. そのため, 人の命に関わるため, ピーク時の限界容量を設定する必要がある. そのため, 次の列車に捌け残しを残さない観点で, 「最混雑時に, 次の列車の開扉前に前の列車の全旅客を捌けるかという視点(最混雑時に, 許容捌け交通量以内に抑えること)」が重要である(図-9).

5. 駅施設の許容捌け交通量の検討

本章では, 4.で提案した1列車分の旅客は, 次の列車の開扉前に捌くという「駅施設の許容捌け交通量」について, 具体的に検討した結果を説明する.

初めに, 駅施設の許容捌け交通量の算定方法について, 階段を例に説明する. 図-5 で述べたように, 交通量の大小に関わらず, 渋滞発生時の単位時間当たりの旅客流動は同じとなり, 渋滞発生時間の長さだけが変化する. この結果を踏まえ, 本研究では, 図-10 の薄水色の箇所を許容捌け交通量の余裕量と定義する. 開扉から次の列車の開扉までの1サイクルにおける, 青の「実交通量」と薄水色の「許容捌け交通量の余裕量」の和を「許容捌け交通量」と設定する. 本研究では, 上記設定の下, 運行間隔・階段幅員によって, 許容捌け交通量がどれくらい変化するのかに着目し, 分析した結果を説明する.

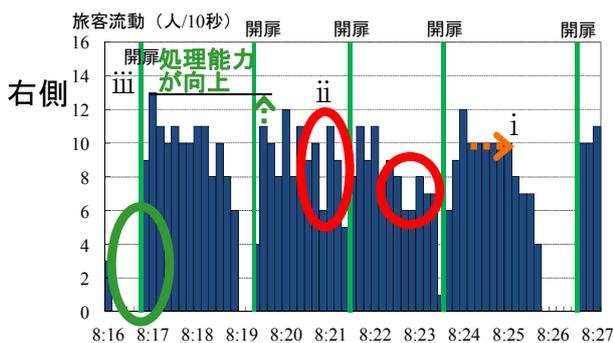
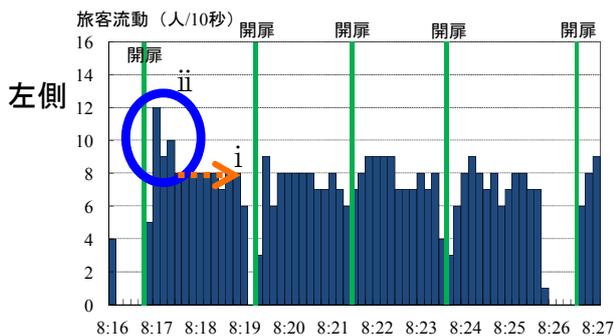
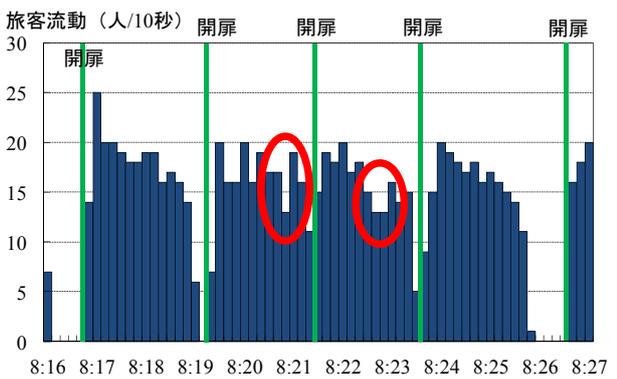
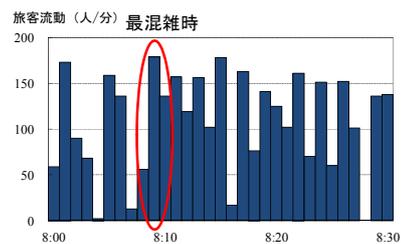
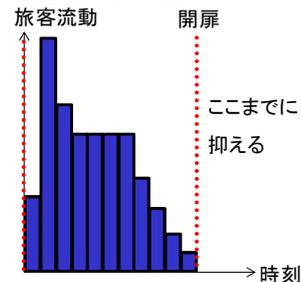


図-8 エスカレーターにおける降車客の流動旅客



許容捌け交通量(階段の場合)



※ 乗車用階段を通過する旅客流動を除く

図-9 駅施設の許容捌け交通量の意義(階段の場合)

(1) 階段の許容捌け交通量の検討

階段について、1列車毎に許容捌け交通量を算出し、縦軸に許容捌け交通量、横軸に運行間隔をとり、運行間隔によって、許容捌け交通量がどれくらい変化するかを見てみると、線形回帰となり、渋滞発生時の旅客流動が、さらに余裕時間続くという仮説が確認できた(図-11)。

次に、運行間隔2分30秒のところをラインを引き、階段幅員と許容捌け交通量の関係に着目する。縦軸に許容捌け交通量、横軸に幅員をとり、その関係を見てみると、幅員が増加するにつれて、許容捌け交通量は、緩やかな増加の後、急激に増加するといった階段状に許容捌け交通量が増加する傾向が見られる(図-12中の一番上の右図)。

一方、従来の駅施設設計の視点は、図-12中の一番上の左図のように、幅員に比例して施設容量が増加するとしているが、これは実現象と異なり、本研究のように、旅客流動の実態を正確に分析し、許容捌け交通量の把握が必要であると考えます。

なぜ、このような現象が見られるのかについて、考察してみると、許容捌け交通量が緩やかに増加する箇所は、図-12中の中図のように、幅員増加に伴い、歩行余裕が増加し、これにより、歩行速度が増加した影響であると考える。一方、許容捌け交通量が急激に増加する箇所は、

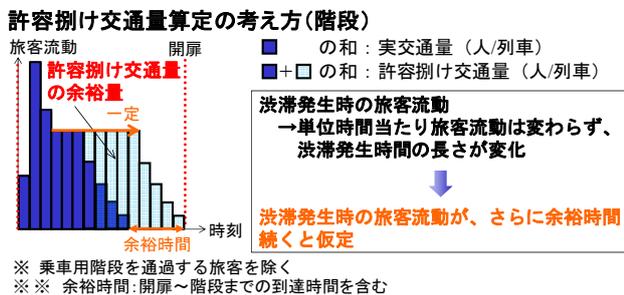


図-10 駅施設の許容捌け交通量の算定方法(階段)

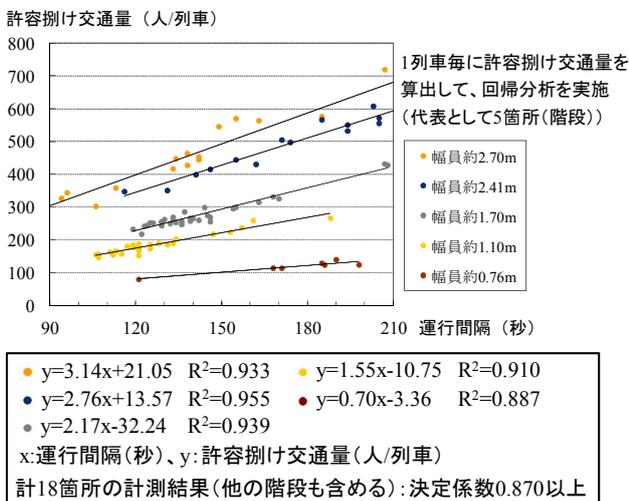


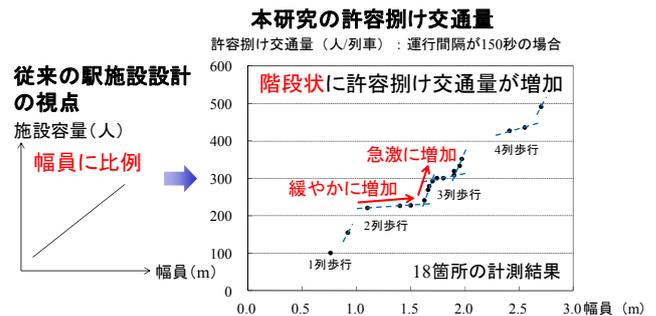
図-11 運行間隔による許容捌け交通量の変化(階段)

1列から2列、2列から3列と、行列数が移行する際、図-12中の下図のように、だんだんと人が間に入り込む現象となり、これにより、行列数の移行区間で、許容捌け交通量が急激に増加すると考える。

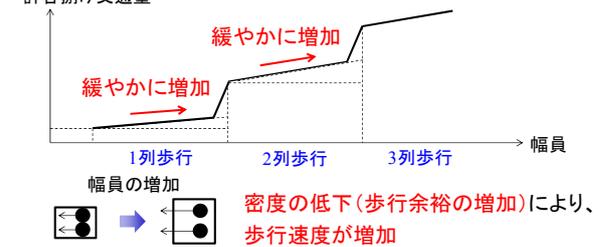
また、幅員が増加するにつれて、人の自由度が高まり、追い抜きやすくなる。そのため、図-13 中の下図のように、幅員が増加すると、渋滞発生前の山の影響が大きくなる。これにより、許容捌け交通量が緩やかに増加する箇所は、行列数が増加するにつれて、許容捌け交通量増加の傾きも大きくなると考える。

(2) エスカレーターの許容捌け交通量の検討

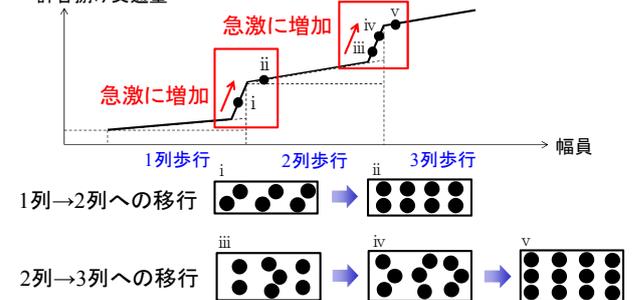
次に、エスカレーターについて、図-14 に示すように、左側は、階段と同様な許容捌け交通量の考え方をとる。右側は、人が立ち止り、処理能力が低下する箇所(図-14の欠損部)の発生確率、欠損交通量を実績から算出した。この欠損交通量による平均欠損交通量とその発生確率を用いて、許容捌け交通量の余裕量を修正したところ、階段と同様に線形回帰となった(図-15)。



許容捌け交通量増加の傾きが、緩やかに増加する箇所



許容捌け交通量増加の傾きが、急激に増加する箇所



行列数の移行区間で、許容捌け交通量が大幅に増加すると考える

図-12 階段幅員による許容捌け交通量の変化

なお、エスカレーターの許容捌け交通量は、左右の許容捌け交通量を足し合わせることで、算出が可能と考える。

(3) 駅の許容捌け交通量算定の考え方

以上を踏まえ、旅客流動の実態を正確に分析し、駅周辺の都市開発の進展に対し、駅がどこまで耐えられるのか(本研究では、「駅の許容捌け交通量」と定義)を把握することが重要である。実際は、図-16のA駅の例のよう

に、昇降施設で旅客流動に偏りが見られるため、駅全体を見渡し、最もボトルネックとなる箇所に着目する必要があると考える。例えば、乗降人員が1日約85,900人のA駅では、今後、A駅東側の広範囲で大規模都市開発が予定されており、各昇降施設で、乗降人員が急増すると予想される。そのため、最混雑箇所における最混雑列車の旅客流動に着目し、その列車における実交通量と許容捌け交通量の余裕量を算出する。本研究では、各昇降施設の旅客流動の比率のまま、乗降人員が増加すると仮定し、乗降人員に許容捌け交通量と実交通量の比率をかけた合わせ、どれくらいの乗降人員までであれば、駅として許容できるのかを考える(図-16)。

なお本研究では、ホームの昇降施設における降車客の旅客流動を調査対象とし、コンコースや出入口の昇降施設は対象としていないが、降車からコンコース・出入口の昇降施設までの到達時間を考え、ホームの昇降施設と同様な考えが当てはまると考える。

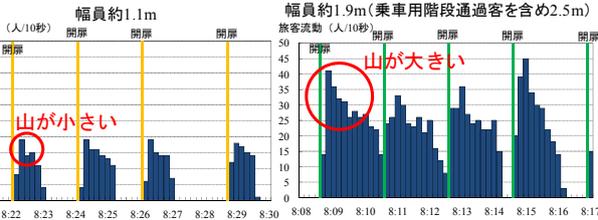
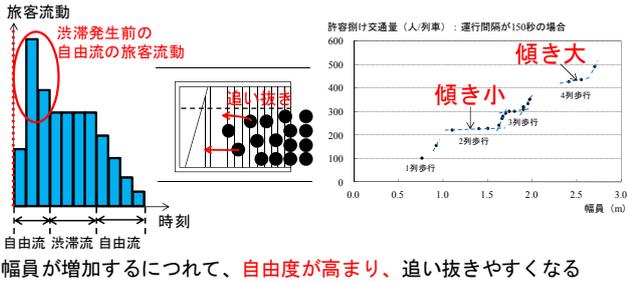


図-13 渋滞発生前の自由流の旅客流動の影響(階段)

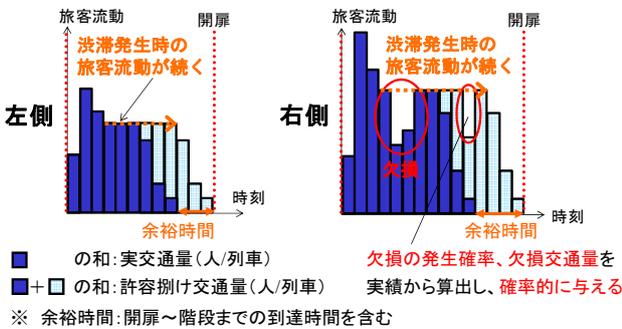


図-14 エスカレーターの許容捌け交通量の算定方法

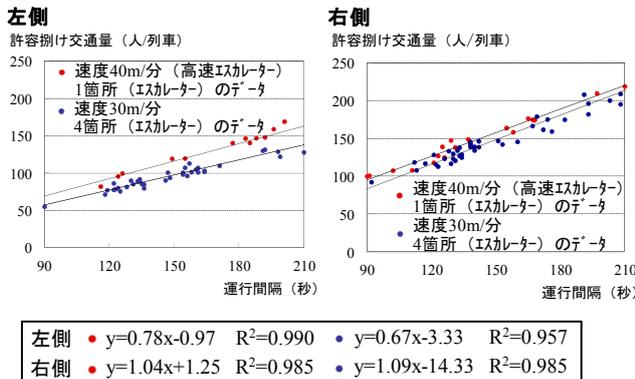


図-15 運行間隔による許容捌け交通量の変化(エスカレーター)

6. おわりに

本研究の成果をまとめると、以下のとおりとなる。

- ① 携帯電話を用いた旅客流動計測システムにより、これまで把握が困難であった「ピーク時における駅施設で刻々と変化する旅客の捌け方」を秒単位

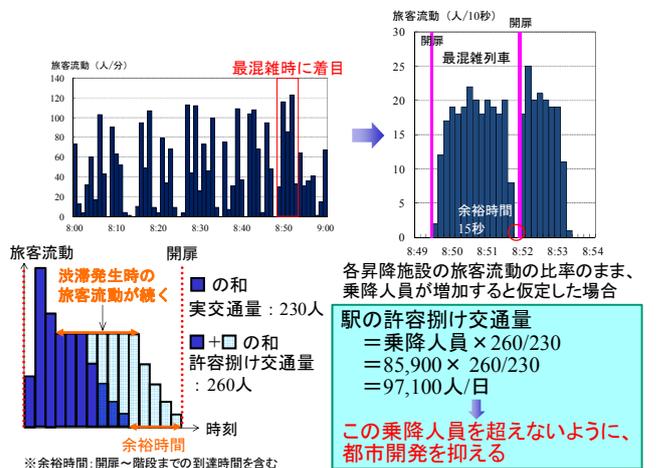
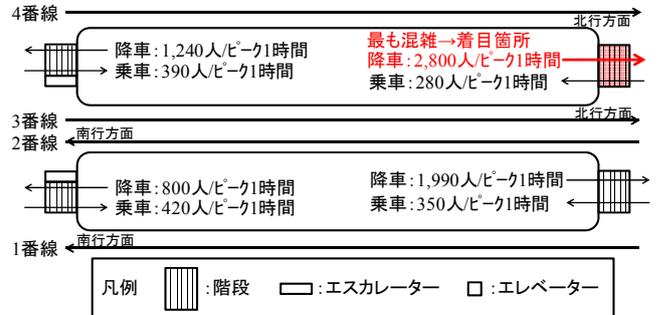


図-16 駅の許容捌け交通量の算定方法のイメージ(A駅)

かつ任意箇所計測することが可能となり、実態調査方法として有用であると考え。

- ② 次の列車が開扉するまでに、前の列車の降車客による滞留が解消していない場合(旅客の捌け残しが発生している場合)、駅施設の処理能力低下や旅客の捌け残しが拡大する現象が明らかになった。
- ③ ②を踏まえ、駅施設の許容捌け交通量(駅施設が旅客流動の増加にどこまで耐えられるのか)の意義として、前の列車の全旅客を次の列車の開扉前に捌くという視点が重要である。
- ④ 運行間隔による昇降施設の許容捌け交通量の変化を分析した結果、線形回帰となり、渋滞発生時の旅客流動が、さらに余裕時間続くという仮説が確認できた。
- ⑤ 幅員による階段の許容捌け交通量の変化を分析した結果、幅員が増加するにつれて、許容捌け交通量が階段状に増加する現象が明らかになった。これにより、従来の駅施設設計の視点(幅員に比例して施設容量が増加する)は、実現象と異なることを明らかにした。
- ⑥ 上記を基に、駅周辺の都市開発の進展に対し、駅がどこまで耐えられるのか、本研究では、これを駅の許容捌け交通量と定義し、その算定の考え方を示した。

また、上記を基に、予め、駅の許容捌け交通量を認識し、これを超えて、鉄道駅の激しい混雑を発生させないようにするため、現行制度(計画制度、事業制度)の改善も必要であると考え。なお、現行制度の問題点と改善方策の提案については、既報¹⁸⁾に委ねる。

今後は、駅の許容捌け交通量と建築物の床面積との関係の比較分析を行っていく予定である。

謝辞：本研究の考察にあたっては、杉山武彦運輸政策研究所長から貴重な意見ならびに多くの示唆を頂いた。ここに記して感謝の意を表する

注

注1) (独)鉄道・運輸機構(森田ら)が開発したシステム

参考文献

- 1) (財)計量計画研究所：大規模都市開発に伴う交通対策のたて方，2008。
- 2) 関達也，森本章倫：大規模開発における交通アセスメントの整理と今後の展望，土木学会論文集 D Vol.66 No.2, pp.255-268, 2010。
- 3) 八田達夫，唐渡広志：都心ビル容積率緩和の便益と交通量増大効果の測定，運輸政策研究，Vol.9, No.4, 2007，

Winter, pp.2-16, 2007.

- 4) 寺崎友芳：丸の内・大手町再開発による通勤疲労コスト増大効果，八田達夫編「都心回帰の経済学」第6章所収，日本経済新聞社，pp.165-184, 2006。
- 5) 宮下奈緒子，森地茂，稲村肇：東京都区部における産業構造・分布の変化と市街地再編，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.67, No.5(土木計画学研究・論文集第28巻)，pp.I_333-I_341, 2011。
- 6) 鈴木章悦，日比野直彦，森地茂：鉄道駅の混雑状況と施設容量に関する研究，土木計画学研究・講演集 Vol.45, 8page, 2012。
- 7) 都市再生機構：東京都心部における都市再生推進のための公共交通サービス水準に関する調査 報告書，2011。
- 8) 都市再生機構：東京都心部における都市再生推進のための公共交通サービス水準に関する調査(その2) 報告書，2012。
- 9) 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 報告書，2009。
- 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策に関する一考察，土木計画学研究・論文集 Vol.21 no.3, pp.781-787, 2004。
- 11) 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。
- 12) 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。
- 13) 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，1978。
- 14) 山本昌和：駅構内の旅客流動シミュレーション，(財)鉄道総合技術研究所 運輸技術交流会，2008。
- 15) 東京都，東日本旅客鉄道株式会社，東京地下鉄株式会社，京王電鉄株式会社：渋谷駅旅客流動予測調査 報告書，2008。
- 16) 高橋郁人，大木徹憲，岩倉成志：高頻度運行下での都市鉄道の遅延連鎖シミュレーションシステムの開発と遅延対策の分析，第18回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL2011)，pp.297-300, 2011。
- 17) 国土交通省鉄道局 監修，解説 鉄道に関する技術基準(土木編)第二版，2007。
- 18) 森田泰智：都市開発と駅整備の整合性に関する研究(2) - 現行制度の問題点と改善方策の提案 - ，SUBWAY 第194号，pp.10-17, 2012。

(2012.7.27受付)