

降車客流動を考慮した鉄道駅乗換え時間の算出方法に関する研究

東京理科大学 学生会員 若林 哲男
 東京理科大学 学生会員 内山 久雄
 東京理科大学 正会員 日比野 直彦
 大田区 里深 慎太郎

表1. 調査の概要

調査対象駅	東武鉄道 野田線 柏駅
調査対象	大宮方面ホームを降りて改札口を出る降車客
調査日	2001年（平成13年）9月12日（水）
調査時間	7:00a.m. ~ 7:35a.m.
調査対象列車	調査時間内に大宮方面から到着する列車7本
調査方法	6台のDVカメラを同時に使用し、流動状況を撮影。その後、撮影した画像から単位時間当たりの断面通行量や密度などを数値データとして取得。

1. はじめに

首都圏の鉄道ネットワークはほぼ概成しつつあり、鉄道利用者は複数の経路を選択することが可能となっている。そのため、鉄道利用者は様々な要因を考慮して経路を選択していることは知られている。筆者らの分析によると、特に乗換えが考慮されていることが明らかとなっている¹⁾。また、政策面からも鉄道ネットワーク全体の利便性を向上させるには、乗換えをよりスムーズにすることが必要不可欠であると言われている²⁾。

乗換えについて、従来の分析に目を向けると、駅構内の構造を考慮した各施設の流動状況³⁾や、混雑指標から乗換え時間を把握する研究⁴⁾はあるものの、混雑が時系列的に変化することを考慮した乗換え時間については把握されておらず、乗換え時間に対して混雑が与える影響は必ずしも明らかとはなっていない。

そこで本研究では、最も混雑が大きくなる朝の通勤ラッシュ時に、駅構内において実地調査を行い、列車毎の降車客を対象とした時系列的に変化する流動状況を把握する。さらにその結果を用いて、列車毎に変動する乗換え時間を算出する方法を提案する。

2. 調査概要

本研究では、通勤・通学時の混雑を考慮した降車客流動状況を把握するため、エスカレータ、階段、コンコース、改札付近と4つに分けて表1の通り調査を行っている。調査駅とした東武野田線柏駅は、JR常磐快速線・緩行線との乗換え駅であり、1日平均の乗降者数は東武柏駅が約18万人、JR柏駅が約31万人である。

3. 調査結果

(1) エスカレータ

エスカレータ内の行動パターンとして、停止、歩行、走行という3つが観察できる。走行利用する降車客は列車到着直後にのみ見られる。その後は、2列とも歩行利用→左側は停止・右側は歩行→2列とも停止利用と利用状況が変化する。また、停止利用する場合は、歩行利用する場合と比較して2倍以上の時間がかかる。

次に、エスカレータの降車客流動として、エスカレータ前の滞留人数と乗り込み効率の推移の一例を図1、図2に示す。それぞれ柏駅到着7:30、7:04の列車を対象とした分析例である。

図1より、列車到着後エスカレータの前に一気に滞留が生じ、時間の経過とともに徐々に解消していく様子が見て取れる。

図2より、乗り込み効率が約1.0の場合もあるが、平均すると従来言われている0.75と一致する。従来の分析では乗り込み効率を単位時間当たりすなわち平均として表しているものが多いが、それ

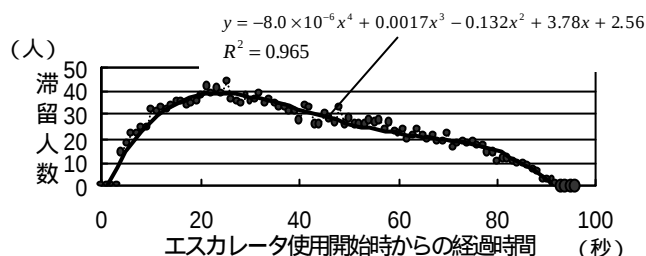


図1. 時系列エスカレータ前滞留人数

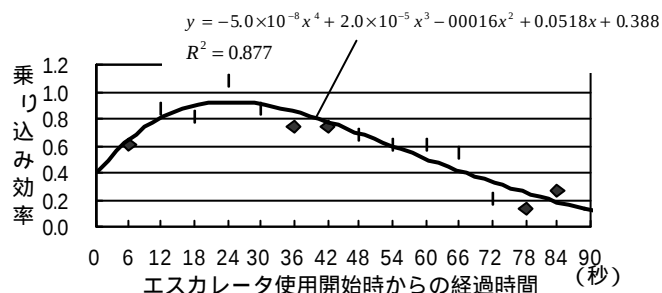


図2. 時系列乗り込み効率

では実際にはそれ以上の乗り込み効率があるにもかかわらず、それよりも低い乗り込み効率が基準となって容量等が計算されてしまうことになり、混雑による滞留が生じる原因となりがねないと言える。そこで、このように1列車ごとのエスカレータの詳細な分析が必要になってくると考えられる。

(2) 階段

階段の降車客流動として、階段前の滞留人数と階段空間内群集密度の推移の一例を図3、図4に示す。それぞれ柏駅到着7:25、7:04の列車を対象とした分析例である。ここでいう階段空間とは、階段の下部15段・有効幅員3.44mの空間である。

図3より、列車到着後階段前に一気に滞留が生じ、時間の経過とともに徐々に解消していく様子が見て取れる。

図4では、群集密度の時系列的変化は3つの区間に分けて考える。図4より、階段空間における群集密度の限界は約2.4人/m²であることが見て取れる。また、階段空間の通過時間は、群集密度

キーワード：鉄道駅、旅客流動、乗換え時間

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎2641 TEL 04(7124)1501 内線 4058 FAX 0471(23)9766

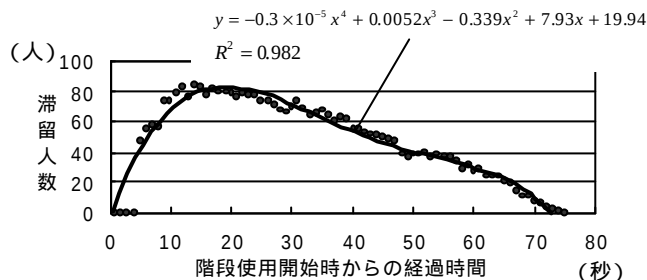


図3. 時系列階段前滞留人数

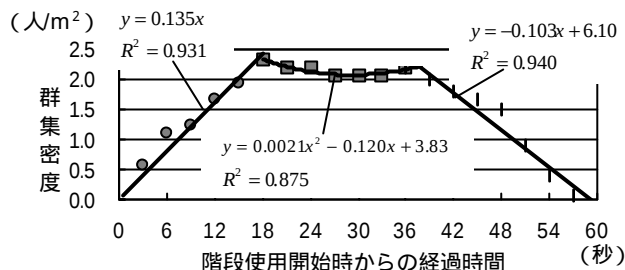


図4. 時系列階段空間群集密度

の増加とともに大きくなるが、終盤は群集密度と関係なく一定となる。これは歩行者の調整行動が原因と考えられる。

(3) コンコース

コンコースは、昇降施設により降車客が制限されるので滞留は起こらず、速度の減少はほとんど見られない。よって、コンコースの歩行速度はほぼ一定と考えられる。ただし、群集密度により歩行速度は変化する。

(4) 改札付近

改札前の群集密度が約 0.8 人/m² になると滞留が生じ始めること、改札前に 3 人以上の滞留が生じているとき、その改札には約 1.1 秒間隔で歩行者が改札手前に到着していることがビデオ画像より見て取れる。また、改札部分の通過時間については、群集密度が増加してもその通過時間はサンプルにより分散が大きく、群集密度と単調増加の関係にはないことが読み取れる。

5. 時系列乗換え時間算出方法の提案

(1) エスカレータ

待ち時間 T_1 は、時系列滞留人数に依存するので、図 1 のような近似式を既存式に代入し算出する（式 - 1）。

乗り込んだ後の所要時間 T_1 は、3. (1) の結果より乗り込み効率 h によって歩行者の行動パターンを判別し、所要時間を算出する（式 - 2）。その判別する値を、2 列歩行→右側歩行・左側停止 $h=0.61$ 、2 列停止になる時は $h=0.43$ と与える。ちなみに、歩行列平均速度は 0.97m/s、停止列平均速度は 0.50m/s とする。

$$T_1 = 0.603x = 0.603(At^4 + Bt^3 + Ct^2 + Dt + E)$$

t : エスカレータ使用開始時からの経過時間

x : 時系列待ち時間近似式 A, B, C, D, E : 定数

$$T_1 = L_1 / 0.9 \text{ (歩行列)} \text{ or } T_1 = L_1 / 0.5 \text{ (停止列)} \text{ (式 - 2)}$$

L_1 : エスカレータの長さ

(2) 階段

階段前の待ち時間 T_2 は、図 3 のような滞留人数近似式を用い階段流率を考慮して積分を用いて（式 - 3）より算出する。

階段を昇る時間 T'_2 は、図 4 のような群集密度近似式を階段所要時間-群集密度関係式に代入することで算出する（式 - 4）。

$$N = L_2 \int_{t_1}^{T_2-1} f_k(t) dt \quad \dots \text{ (式 - 3)}$$

N : 待ち始めたときの滞留人数

t : 階段使用開始時からの経過時間

$f_k(t)$: 階段流率(人/m/s) L_2 : 階段有効幅員(m)

$$T'_2 = (0.117 k(t) + 0.366) \times d \quad \dots \text{ (式 - 4)}$$

$k(t)$: 群集密度近似式(人/m²) d : 階段の段数

(3) コンコース部分

降車客は階段等の昇降施設で整流され、コンコースに出ると群集密度は緩やかになる。これは階段の占有面積よりもコンコースの占有面積の方が大きいからであり、また降車客の配分も起きているからである。これらのことから、群集密度を求める際には占有面積の増加による歩行者数の減少を考慮に入れ算出し、既存の群集密度-速度関係式に代入して歩行速度を算出し（式 - 5）、歩行距離より乗換え時間を算出する。

$$V = 1.33 - 0.20 \times \frac{q \times k(t)}{S + \Delta S} \quad \dots \text{ (式 - 5)}$$

$k(t)$: 群集密度近似式(人/m²) S : 占有面積

q : 対象とする改札方向へ向かう降車客の割合

(4) 改札部分

調査結果より、改札部分の乗換え時間を以下のように算出する。

$$N(t) \leq f_{latch} \times S \quad \text{改札通過速度} = \text{コンコース歩行速度}$$

$$N(t) > f_{latch} \times S \quad k(t) < K \quad \text{改札通過速度} = \text{コンコース歩行速度}$$

$$k(t) \geq K \quad \text{前に並んでいる人数} \times 1.1 \text{ 秒の時間} \text{ がさらに要する}$$

$N(t)$: ある任意時間に対して改札に到着する人数

f_{latch} : 改札機一台当たりの流率 S : 利用可能改札機の数

K : 改札前に滞留が生じる時の群集密度

6. おわりに

本研究において、降車客流動を近似式で表すことにより変動する混雑状況を捉え、それを反映させた列車毎の時系列的に変化する乗換え時間の算出方法を提案した。

しかし、今回調査を行ったのは東武柏駅のみであるため、取得できたデータが充分であるとは言えない。そこで今後は、他の駅でも同様の調査を実施しデータを取得し算出式の適合性を調べることで、及び混雑がある状態とない状態での比較により、混雑が乗換え時間に与える影響を明確にすることが課題である。

謝辞：調査の実施に際し、東武鉄道柏駅のご協力をいただいた。ここに記して、深謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 若林哲男, 日比野直彦, 内山久雄: 鉄道利用者行動分析のための調査方法について: J-Rail2001 講演論文集, pp.329-332, 2001.12
- 2) 運輸政策審議会: 東京圏における高速鉄道を中心とする交通網の整備に関する基本計画について: 答申第 18 号, 2000.1
- 3) 例えば, 都築知人 他: 鉄道駅の流動評価に関する研究 その 1: 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1, pp.841-842, 1999.9
- 4) 加藤浩徳 他: 都市鉄道駅における乗継利便性向上施策の評価手法に関する研究: 運輸政策研究 Vol.3 No2, pp.9-20, 2000 Summer