

鉄道駅構内における歩行者支援施設の利用実態に関する研究*

*A Research on the Usage of Pedestrian Assistance Facilities at the Terminal**

大蔵 泉**、中村 文彦***、戸澤 孝夫****、岩上 智裕*****

by Izumi Okura**, Fumihiko Nakamura***, Takao Tozawa****, Tomohiro Iwakami*****

1. はじめに

都市鉄道システムのネットワーク高度化が進むにつれ、駅施設の立体化・複雑化が進んできた。また、高齢社会の進行、バリアフリーの要請から歩行者支援施設としてエスカレータ施設の整備が進んでいる。

一方で、駅構内（特にプラットフォーム上）は需要の一時的な集中が激しく、疎密の差が大きい。また、駅構内利用者には時間的に急ぎがちな利用者が少なくなく、駅構内エスカレータ施設での歩行利用問題や乗り込み部の滞留問題が顕著となっている。

駅構内エスカレータに関する既存の研究では、滞留特性や利用特性の分析については行われている^{1) 2)}が、歩行利用の問題、滞留空間設計の問題に対する計画情報としてはより詳細な調査、解析が必要であるというのが現状である。

本研究では、鉄道駅構内でのビデオ撮影を通して、エスカレータ利用施設の滞留空間特性、階段との利用選択特性、歩行利用を考慮したエスカレータの処理能力特性について解析し、今後の駅構内施設整備運用計画に有用な情報を整理することを目的とする。

調査は、鉄道事業者の協力のもと、東京都交通局の地下鉄駅、小川町、神保町、内幸町、日比谷の各駅と東京急行電鉄東横線日吉駅で実施した。なお、ビデオ観測に際し、駅構造等の制約があったため、以下の各分析では異なった駅のデータを用いている。

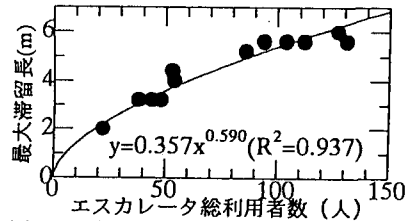


図1 エスカレータ総利用者数と最大滞留長

2. 滞留空間の特性

(1) 滞留空間の定義

エスカレータ乗り込み口付近で生じる滞留の領域を、滞留幅員と滞留長で定義する。ここで、滞留幅員とは滞留列の幅員であり、滞留長とは滞留の進行方向の長さのことである。

(2) 滞留長と滞留幅員の特性

エスカレータ利用待ちの滞留長は、滞留を構成する人数に左右されると考えられ、特に我が国の場合、順番を待つ際に行列を形成して順番待ちをするという傾向が強く、上記のことが大いに予想される。

すなわち、瞬間毎の滞留人数は、一列車毎のエスカレータの総利用降車人員に左右されるはずである。

そこで、日吉・日比谷の2駅を対象として、当該エスカレータの総利用者による滞留長の変化を、一列車毎の滞留の最大長を最大滞留長と定義したものを例にとり、図1に示す。

これより、総利用者数の増加に対して滞留長は完全な比例関係には無く、エスカレータの総利用者数が増加するにつれ最大滞留長は延びていくものの、その傾向は次第に頭打ちになることがわかる。この背景としては、例えば一列車当たりの総利用者数が増えた場合に、それらが瞬時にエスカレータに殺到するわけではなく、特にエスカレータから離れた位置で列車から降車したような利用者が、滞留状況を見ながら歩行速度を調節していること等が考えられる。

同様に滞留幅員については、滞留が行列を形成する

*キーワード：歩行者交通行動

**正会員 工博 横浜国立大学工学部 教授
***正会員 工博 横浜国立大学工学部 助教授
****非会員 東日本旅客鉄道
*****正会員 横浜国立大学大学院
工学研究科博士課程前期

〒335 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5

Tel: 045-339-4039 / Fax: 045-331-1707

こと、当該エスカレータの利用者が一斉には集まらないことによって、ある程度の幅以上には大きくならないと予想される。このことを検証するため、一列車毎の滞留幅員の最大値を最大滞留幅員と定義し、回帰分析を行った。この結果、 $y=0.009x+1.650$ (y :最大滞留幅員 (m) x :エスカレータ総利用人数) という回帰式を得た。また t 値は 2.205 であり、有意水準 5% で自由度 $n-2=10$ の t 分布に照らし合わせた結果、この回帰が意味を成さないことがわかった。これより最大滞留幅員は、最大利用者数に関わらず、ほぼ一定であるということがいえる。

そこで、最大滞留幅員の平均値を求めてみると 2.3m であり、これはエスカレータ幅の 2 倍弱に当たる。これより、エスカレータを設置する際の滞留幅員としてはエスカレータ幅の倍程度の幅員の確保が望ましいといえるだろう。

(3) 滞留空間内の状態

日吉駅において、エスカレータ前空間を便宜上、前半部、中盤部、後半部の 3 ゾーンに分割し、滞留の内部の状態について考察する。図 2 は各ゾーンの滞留人数と占有面積の関係を示したものである。

これより、前半部と中盤部・後半部の間で、回帰係数 (密度) に大幅な開きが見られるが、これは前半部が中盤部以降に在る滞留者の圧力を受けているためだと予想される。

そこで、前半部の滞留密度が、中盤部以降の部分に在る滞留者数によりどう変化するかを調査した結果、中盤部以降の滞留人数が増加するにつれ、前半部の滞留密度の分散が低下し、前半部の滞留者がより詰めているという様子を捕らえることができた。また、前半部の滞留密度は $2.5 \text{ 人}/\text{m}^2$ 程度が上限値であることも合わせてわかった。

3. 上下移動時の選択特性

(1) 選択肢の整理と仮定

列車からの降車客が駅ホームから退出する際の移動手段として、階段利用、エスカレータ停止利用、エスカレータ歩行利用の 3 通りの手段を想定し、利用者の移動手段選択時の挙動を 3 つの仮説を立て、日比谷駅を事例とし、これを検証することにする。

仮説 1 上り口到達直前のエスカレータの利用待ち滞留状況と階段選択比率が関係がある

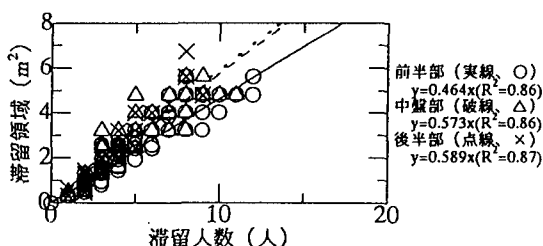


図 2 滞留人数と占有面積

- 2 一列車毎の総利用者数が増加するとエスカレータ利用待ちの滞留が増加し、階段選択比率も増加する
- 3 エスカレータの高低差により、エスカレータ歩行選択比率が変化する

(2) エスカレータ利用待ちの滞留長と階段選択比率

階段・エスカレータ上り口において、列車到着後の時間経過 5 秒毎のエスカレータ利用待ちの滞留長と階段選択比率の推移を、到着列車毎に集計し全ケースの平均値を求めた結果を図 3 として示す。

これより、全体的な傾向として降車客が階段を選択するのはエスカレータ利用待ちの滞留が生じている時とほぼ同時期に発生するものがほとんどであることが読み取れ、また階段選択比率は、滞留長のピーク時とほぼ同時期にピークがきている。

(3) 総利用者数と階段選択比率

一列車毎の総利用者数の増加による、階段選択比率の変化を、エスカレータの状態が、①停止列と歩行列が分離されている場合、②歩行列が存在しない場

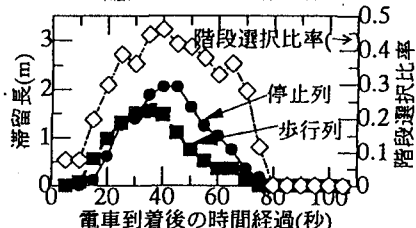


図 3 滞留長と階段選択率推移の平均

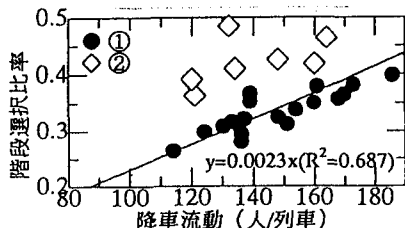


図 4 階段選択比率の変動

合や滞留解消前に歩行列が消滅してしまった場合の2通りに分け調べた結果を図4に示す。

①について回帰を行った結果、総利用者が1人増加するごとに階段選択率が0.23%増加するという結果を得た。総利用者が増加するにつれ階段選択比率が高くなることより、エスカレータの滞留待ちによる時間の損失が嫌われていると予想される。

(4) 高低差とエスカレータ歩行選択比率

高低差によるエスカレータの停止列と歩行列の比率を調べるため、高低差の違う5つの駅で、一列車毎に一団となっている利用者群の停止列と歩行列の構成比を計測し、その平均値を比較した。なお、高低差は並行する階段の段数に1段当たりの段差16cmを乗じることで求めた。結果を図5として示す。

観測地点が少ないため、これだけで必ずしもエスカレータ歩行の発生比率についての傾向を説明できているとは言い難いが、現在のところ、高低差が拡大するほどエスカレータ歩行選択比率が高くなる傾向にあると考えられる。

4. エスカレータの処理能力特性

(1) 歩行利用者の利用特性

エスカレータの利用実態について、4つの駅を対象とし、特に歩行列の利用実態について考察を行った。

歩行列の利用間隔を0.4秒毎の階級に分け集計した結果、どの駅においても0.8秒～1.2秒にその間隔が集中していた。これをHCM⁽⁴⁾の歩行者滞留空間サービス水準と比較すると、サービス水準Fに相当する。

一列車毎の歩行列群中でのエスカレータ上り口通過順による移動速度の変化を知るために、通過順毎の移動速度の平均値を調べ、図6にその結果を示す。

これより、歩行列ではその通過順により移動速度が低下していく傾向が見受けられ、歩行列の規模の拡大に伴い全体の移動速度が低下し、滞留解消によ

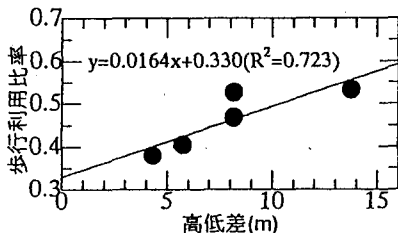


図5 高低差と歩行利用率

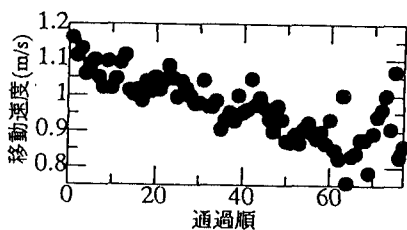


図6 歩行列での通過順と移動速度の関係
り時間がかかるということがわかった。が、実際には人数がさらに増加した場合には、ある一定の速度に収束するということが予測される。

(2) エスカレータの処理能力

説明変数を通過時間、被説明変数を推定通過人数、回帰係数をエスカレータにおける流率(人/秒/m)とする一次の回帰式で回帰した。但し通過時間は、列車到着毎のエスカレータ利用者の累計人数10%～80%の利用者が通過するのに要した時間であり、推定通過人数とは、流率を1m単位で求めるため計測通過人数を5/3倍したものである。

上記で定義した流率を、4駅で停止列、歩行列について調べた結果を表1に示す。

また、各地点で停止列と歩行列の流率について有意な差があるかどうかを検定した結果が表2である。

これより、停止列と歩行列の間の流率には有意な

表1: 回帰による流率の計算結果

地点	停止列			歩行列		
	ケース数	流率	決定係数	ケース数	流率	決定係数
小川町	24	0.938	0.944	23	1.343	0.967
神保町	28	0.901	0.885	27	1.355	0.953
内幸町	25	0.945	0.847	23	1.330	0.975
日吉	28	0.942	0.920	23	1.333	0.971

表2 停止列と歩行列の共分散分析

		平方和	自由度	平均平方	F ₀
小川町	a	2271.4	1	2271.4	176.6 > F _(1,46) (0.95)=4.05
	b	591.6	46	12.9	
神保町	a	440.7	1	440.7	58.5 > F _(1,25) (0.95)=4.02
	b	406.7	54	7.5	
内幸町	a	798.4	1	798.4	87.5 > F _(1,27) (0.95)=4.05
	b	428.9	47	9.1	
日吉	a	407.8	1	407.8	66.7 > F _(1,25) (0.95)=4.03
	b	305.8	50	6.1	

表3 停止列・歩行列に関する地点間の共分散分析

		平方和	自由度	平均平方	F ₀
停止列	a	38.5	4	9.6	1.33 > F _(100,4) (0.95)=5.66
	b	1284.0	100	12.8	
歩行列	a	11.6	4	2.9	1.22 > F _(92,4) (0.95)=5.66
	b	433.7	92	4.7	

差があると判断できる。

また、各地点間での停止列、歩行列それぞれの流率について同様の検定を行った結果が表3である。

(ただし、表2、3中のaは非平行性の変動、bは残差平均である)

この結果、各地点間での停止列、歩行列それぞれの流率には有意な差は認められなかった。

これより、①エスカレータ利用者は、実ステップ数に対し1段以上あけて乗り込むケースがほとんどで、輸送量はメーカーの公称輸送量には遠く及ばない状態であること②エスカレータの歩行利用時移動速度は、直前利用者との間隔によりかなり変動があり、通過順によっても移動速度が低下していく傾向にあること③エスカレータの流率は、停止列に比べ歩行列はかなり流率が高く、効率がよいことがわかった。

5. 結論と今後の課題

(1)結論

本研究のこれまでの成果を以下にまとめる。

a. エスカレータ乗り口において発生する利用待ちの滞留挙動について

滞留の規模は、総利用者数が増加するほど最大滞留長は大きくなるが、その増加率は鈍化していく傾向にあることや滞留幅員は、一列車当りのエスカレータの総利用者数に関わらずほぼ一定であり、およそエスカレータ幅の2倍前後が最大幅員となること、滞留域内における滞留者の挙動は、後方の滞留が増加するに従い滞留者1人当たりの占有面積はやや減少していくが、 0.4m^2 前後(サービス水準にするとD)が最小値となることなどがわかった。

b. 利用者の手段選択と移動負担について

時間経過毎の選択比率を見るとエスカレータの利用待ち滞留が増大していくにつれ階段選択比率が上がっていくこと、一列車当たりの総利用者数が増加していくにつれ階段選択比率がさらに上昇すること、停止利用時との所要時間差が、高低差の増大に伴い拡大するため、高低差が大きくなるほどエスカレータの歩行利用選択比率が上がっていくことがわかった。

c. エスカレータ利用者の利用実態について

エスカレータのステップが狭いこと、乗り口での滞留時密度とほぼ同程度で乗り込むことより、間隔

をあけて乗り込む利用者が目立った。

d. エスカレータの歩行利用について

停止利用時に比べて輸送効率が向上しており、輸送効率の面からはエスカレータの歩行利用を支持できることが明らかになり、歩行利用者の移動速度については、歩行列の通過順により次第に低下していくこと、利用者の間隔により移動速度に違いがあることなどがわかった。

e. 歩行支援施設計画への提言

滞留部の計画に際しては、幅員より長さ方向にスペースを広く確保することが必要である。

(2)今後の課題

観測時間帯が朝のラッシュ時に偏っているため、必ずしも駅利用者全般の把握できたわけではなく、時間帯による利用者挙動変化を明らかにすることが必要であり、また様々な規模の駅で観測を行い、滞留の傾向を一層マクロ的に明らかにする必要もある。

さらに、個人属性により利用傾向が異なると思われる、特に高齢者対策等を行うためには、属性別の利用傾向を明らかにすることが必要である。

本研究上の撮影に際し、ご協力いただいた、東京都交通局長 加藤紘一氏、東京急行電鉄工務部 城石典明氏の両氏には大変お世話になり、深く感謝の意を表します。

参考文献：

- 1) 大島義行、松橋貞雄、三浦秀一：「鉄道駅における乗換抵抗に関する基礎的研究」、土木計画学研究・講演集、No19(2)、pp701-704、1996年11月
- 2) 飯田克弘、新田保次、森康男、照井一史：「鉄道駅における乗換行動の負担度とアクセシビリティに関する研究」、土木計画学研究・講演集、No19(2)、pp705-708、1996年11月
- 3) 小山剛、青木俊幸、嶋田元、大戸広道：「駅ホーム上の昇降整備に関する研究、その1.階段とエスカレータの流率、その2.エスカレータが旅客に及ぼす影響」、日本建築学会大会(北海道)学術講演梗概集、E-1、pp749-752、1995
- 4) (社)交通工学研究会：「道路の交通容量 1985、TRB Special Report 209」、コロナ社、pp481-506、1987