

# エスカレーター輸送の基本特性に関する研究

元田 良孝<sup>1</sup>・宇佐美 誠史<sup>2</sup>

<sup>1</sup>フェロー会員 岩手県立大学名誉教授

(〒020-0693 岩手県滝沢市菓子152-52)

E-mail:motoda@iwate-pu.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 岩手県立大学准教授 総合政策学部総合政策学科 (〒020-0693 岩手県滝沢市菓子152-52)

E-mail: s-usami@iwate-pu.ac.jp

エスカレーターは広く普及している交通機関であるが、その交通特性については殆ど調べられていない。例えば輸送容量は、踏み板の速度と乗車密度が分かれば計算されるが、乗車密度に関する情報は殆どないので輸送容量そのものが不明である。しかしエスカレーターの設備設計は、踏み板に全て人が乗る仮想的な状況で計算されており、合理的ではない。さらに近年2人乗りのエスカレーターでは片側を歩行用に空けることが多いが、歩行状態での輸送量の研究も殆ど見当たらない。ここでは駅でのエスカレーターの観測から実際の輸送量を計測し、停止状況、歩行状況別の交通特性を分析した。併せてエスカレーター利用者の手すり利用についても調べた。この結果、平均的なエスカレーター速度30m/mの場合、停止側の飽和交通量は1列1時間当たり2,000人程度、歩行側では2,500～3,000人程度であった。また手すりの利用率は約3割程度と低かった。

**Key Words :** Escalator, Transportation Capacity, Walking

## 1. はじめに

エスカレーターは交通機関として100年以上の歴史があるが、交通特性はあまり明らかになっていない。メーカーの仕様書にはすべてのステップに人が乗った状態での輸送量が規定されている。例えば国内の標準的なエスカレーターはステップの奥行きが40cmで速度が30m/mであるので、2人乗りのエスカレーターの輸送能力は1時間当たり $30 \div 0.4 \times 60 \times 2 = 9,000$ 人となる。

鉄道会社ではこの数値を元に設備計画を作成しているが、すべてのステップに人が乗ることは常識的にあり得ず、あくまで仮想的な状況での輸送力であり、実際どれだけの人を運べるのかは明らかになっていない。

さらに複雑なのはエスカレーター内を歩行する利用者である。わが国では昭和40年代以降2人乗りのエスカレーターで片側を空けて歩行するという習慣が定着してきた。エスカレーター内の歩行の是非については議論されているが、停止時より複雑な歩行時の輸送力についてもほとんど明らかになっていない。このためエスカレーターの合理的な設備計画には実際の輸送能力の把握が必要である。

本研究では実際のエスカレーターの交通を観測し、利用者の飽和交通量等基本的な交通特性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 既往研究

エスカレーターの輸送力に関する研究は数少ない。エスカレーター内の歩行に関しては、清水ら<sup>1)</sup>が1995年に東京の地下鉄駅でエスカレーターの速度により輸送量がどれだけ変わるかを観測し、歩行側、停止側の時間当たりの輸送量と所要時間を計算した。この結果停止側より歩行側の方が輸送量は多く、所要時間も歩行側が停止側の半分程度であることを報告している。ただし輸送量をピーク時1分間のものを1時間に換算して計算しており、信頼性の点で問題がある。

英国ではHarrisonら<sup>2)</sup>がロンドンの地下鉄で社会実験を行い、2人乗りの上りエスカレーターで歩行なしと片側歩行ありで輸送量を比較したところ、歩行なしの方が輸送量を30%改善したとしている。Harrisonらの観測したエスカレーターは高低差24mの長大なエスカレーターで、上りの歩行者が少ないため歩行側の空間が空いており、輸送量増加につながったものである。

大竹ら<sup>3)</sup>は複数の都内鉄道駅の上りエスカレーターの交通量を観測し、歩行者の割合によっては2列停止利用の方が輸送量が増えることを示唆している。しかし上りのみの観測であり、利用者群が通過に要した「捌け時間」を歩行・停止を混同して計測していることから、正確さで十分とは言えない。

表-1 観測地点一覧表

駅名	高低差	調査日	観測時間帯	
			混雑時	閑散時
新宿三丁目	4,380 mm	2017年11月15日	7:50 ~ 9:00	10:00 ~ 11:00
後楽園	5,622 mm	2017年11月16日	8:00 ~ 9:00	10:00 ~ 11:00

注) エスカレーターの移動速度は両駅とも30m/分

### 3. エスカレーター観測方法

エスカレーター利用の多い鉄道駅での観測を行うため、乗降者数が多くビデオ観測が可能な見通しのきく東京メトロ副都心線新宿三丁目駅、丸ノ内線後楽園駅を選定した。朝のラッシュ時間（混雑時）とラッシュ時間後（閑散時）の2回に分けてビデオでエスカレーター交通流を観測した。撮影は平日の2017年11月15日（水）、16日（木）に行い、基本的にそれぞれ朝の混雑時間帯として8:00~9:00を、閑散時間帯として10:00~11:00を撮影時間として選定した。観測地点の状況等を表-1に示す。いずれの地点も上り下りのエスカレーターと階段が併設されている。

新宿三丁目駅の上りはホームに降りた利用者が改札口に向けて移動することに利用され、同駅下りは改札口からホームへの移動に利用されている。

後楽園駅の上りは改札口や他路線からの利用者がホームへと移動するのに利用され、同駅下りはホームに降りた利用者が改札口や他路線に移動するのに利用されている。

### 4. 観測結果

#### (1) 総観測者数

新宿三丁目駅、後楽園駅の2駅で観測されたエスカレーター利用者数を表-2、3に示す。混雑時、閑散時約1時間ずつで総計は約13,800人であった。この他併設されている階段での利用者数もカウントしたが、後楽園駅の下り階段の利用者がやや多かった。これは階段の方がエスカレーターよりホームから近いことが原因と考えられる。

表-2 新宿三丁目駅の観測者数（人）

時間帯	上り	下り	合計
混雑時	2,799	3,262	6,061
閑散時	1,365	1,022	2,387
合計	4,164	4,284	8,448

表-3 後楽園駅の観測者数（人）

時間帯	上り	下り	合計
混雑時	2,726	1,353	4,079
閑散時	654	690	1,344
合計	3,380	2,043	5,423

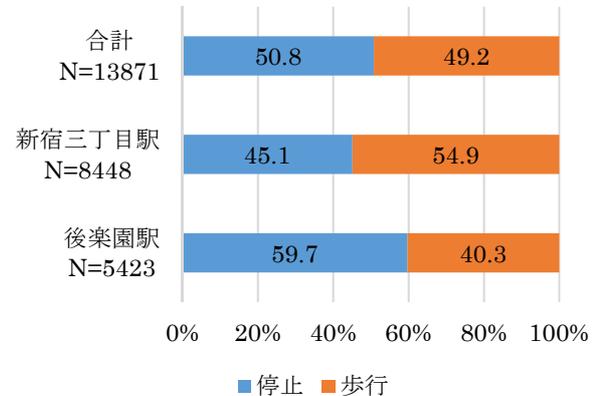


図-1 停止、歩行の選択割合

#### (2) 停止・歩行の割合

両駅の混雑時・閑散時の全体の合計ではエスカレーター内の停止と歩行の選択割合はほぼ同じ割合であるが、駅別に見ると新宿三丁目駅の方がやや歩行割合が多い（図-1）。後楽園駅は階段が広くホーム際にあるため、特に下りの階段利用者が多かったが、急ぐ者は階段を利用したためエスカレーター内の歩行利用が比較的少なかったものと考えられる。

#### (3) 飽和交通量

観測中停止してエスカレーターを利用する者は必ず進行方向に向かって左側に立ち、右側に立つ者は殆どいなかった。このため停止利用者の交通は左側1列にしか発生しない。従って飽和交通流は1列当たりの交通流について計算をする。

##### a) 停止側の飽和交通流

先に述べたように2人乗りのエスカレーターでは時間当たり9,000人を輸送できることになっていて、1列当たりでは4,500人となる。しかし停止側では実際は混雑しているときでも前の人との接触を避けてステップを空けて乗る人が多い。ここでは実際の交通流で切れ間なく利用者が乗った場合の交通流を飽和交通流と定義した。混雑時でも飽和交通流は長時間続かず、ある程度の人数の群になって発生する。このため便宜上5人以上の群で、3ステップ以上空けずに乗っている状況を飽和交通流と看做した。ある群による飽和交通流率  $S_i$  は次のように定義される。

$$S_i = (m_i - 1) / t_i \quad (1a)$$

$m_i$  :  $i$  群の人数

$t_i$  :  $i$  群の先頭から終端までがある地点を通過する時間

ある時間の飽和交通流率  $S_T$  は

$$S_T = \sum (m_i - 1) / \sum t_i \quad (1b)$$

となる。このようにして計算した駅別・時間帯別・上り下り別の停止側の飽和交通流率は表-4 のとおりである。

時間帯別、駅別、上り下り別に見ると後楽園駅の閑散時の上りがやや少ないが、観測数が他のカテゴリーと比べ少ないことも理由と考えられる。全体として統一した傾向は見られない。停止側の飽和交通流率はほぼ 2,000 人/時と考えてよいと思われる。清水ら<sup>4)</sup>の調査結果 2,280 人/時と比べても妥当な値と考えられる。エスカレーター<sup>5)</sup>の速度が 30m/m の場合、全てのステップに人が乗ると 1 列当たりの輸送量は 4,500 人/時であるので、飽和交通流では前の人と平均 1 ステップ強空けて乗車していることになる。

#### b) 歩行側の飽和交通流

歩行側にも飽和交通流が発生する。歩行する者も単独で歩く者と群になって歩く者と分かれる。前の者と間隔をあけずに群となって歩く状態を歩行の飽和交通流と定義した。群の最低人数は停止利用者と同様 5 人とした。ただし 1 列での飽和交通流を求めるため、停止側に利用

表-4 停止側飽和交通流率 (人/時) (カッコ内は観測人数)

時間帯	新宿三丁目駅		後楽園駅	
	上り	下り	上り	下り
混雑時	2071 (1019)	1832 (627)	1901 (1417)	1899 (458)
閑散時	2054 (524)	1925 (226)	1616 (104)	2126 (355)
合計	2060 (1543)	1854 (853)	1881 (1521)	1991 (813)

表-5 歩行側飽和交通流率 (人/時) (カッコ内は観測人数)

時間帯	新宿三丁目駅		後楽園駅	
	上り	下り	上り	下り
混雑時	3209 (896)	3138 (829)	2553 (428)	3138 (211)
閑散時	3005 (245)	-	-	3284 (62)
合計	3168 (1141)	3138 (829)	2553 (428)	3204 (273)

者が並んでいる場合のみを対象とした。飽和交通流率の定義は停止側と同様である。結果を表-5 に示す。

後楽園駅の混雑時上りは約 2,500 人/時と比較的少ないが、他は 3,000~3,200 人/時程度である。後楽園駅混雑時上りの値が少ない理由は明らかでないが、歩行時の飽和交通流率は 2,500~3,000 人/時程度と考えられる。これも清水ら<sup>4)</sup>の調査結果 2,940 人/時とほぼ同様である。いずれにせよ停止側より高いことは明らかである。歩行の速度は筆者らの調査<sup>4)</sup>によればエスカレーターに対し相対速度 0.5~0.6m/s であった。飽和交通流率を 3,000 人/時とし、エスカレーター内の歩行相対速度を 0.5m/s と仮定すると歩行時の間隔は 1.2m となる。これはステップの奥行きが 40 cm であるので 3 枚分となり、前の人とはステップ 2 枚分空けて歩行していることになる。

表-2, 3 の利用者数から考えると最大交通需要は新宿三丁目駅の混雑時下りの停止・歩行を合わせ 1 時間当たり 3,262×3,600/4,200=2,796 人であるが、歩行を禁止した場合でも交通容量は 2 列で 4,000 人であり、1 時間単位で考えればオーバーフローは発生しないと考えられる。

#### c) 飽和交通流発生率

飽和交通流は混雑時でも常時発生していない。飽和交通流の発生する時間割合を表-6, 7 に示す。後楽園駅の停止側上りが最大で 61.7% であり、歩行側の新宿三丁目駅の下りと後楽園駅の上りが最低で 0% である。当然のことながら、混雑時の方が閑散時より発生率が高く、停止側の方が歩行側より発生率が高い。この値は交通量の需要特性と利用者の歩行停止選択率によって左右されるものと考えられる。

#### (4) 手すり利用率

安全確保のためエスカレーター乗車時に手すりをつかむことは奨励されており、一般社団法人日本エレベーター

表-6 飽和交通流発生率 (停止側)

時間帯	新宿三丁目駅		後楽園駅	
	上り	下り	上り	下り
混雑時	40.9%	30.8%	61.7%	22.3%
閑散時	24.2%	4.3%	5.4%	15.5%
合計	33.2%	18.6%	35.7%	19.2%

表-7 飽和交通流発生率 (歩行側)

時間帯	新宿三丁目駅		後楽園駅	
	上り	下り	上り	下り
混雑時	23.0%	21.0%	15.0%	6.0%
閑散時	7.4%	0%	0%	1.6%
合計	15.8%	11.3%	8.1%	4.0%

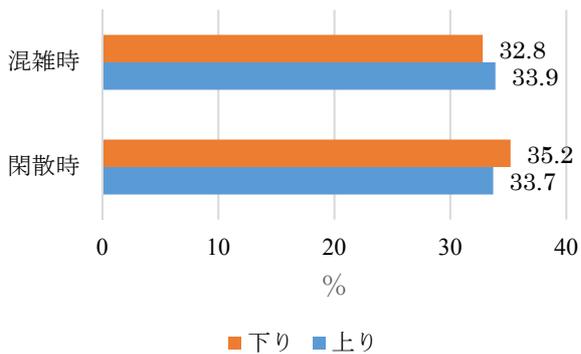


図-2 手すり利用率 (新宿三丁目駅)

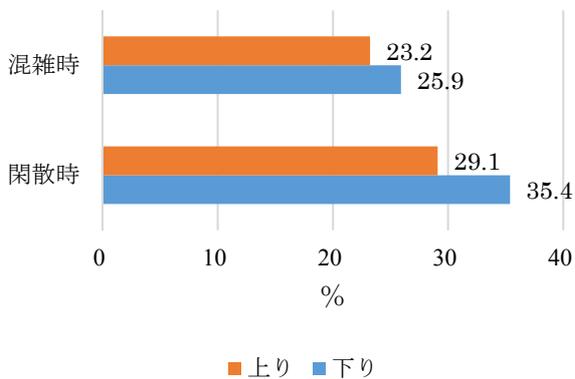


図-3 手すり利用率 (後楽園駅)

ター協会等では毎年広報を行って徹底を図っている。日本エレベーター協会の実施したアンケート調査<sup>5)</sup>によれば、手すりをつかんで乗るようにしているとした回答者は78%となっている。

ここでは実際利用者がどれだけ手すりをつかんでいるかを調査した。日本エレベーター協会が意図しているのはエスカレーター内で歩かず、停止してさらに手すりをつかむということである。観測によれば歩行しながら手すりをつかむものもいるが、これは趣旨に合わないのので、停止して乗車している者の手すり利用率を調べることとした。停止利用者の手すりの利用形態は様々であり、寄りかかる者、手や肘を乗せるだけの者などがある。ここでははっきりと手すりをつかんでいることが確認された者だけを手すり利用者とした。

図-2、3に駅別、上り下り別、時間帯別の手すり利用率を示す。後楽園駅では下りが高く上りが低く、混雑時より閑散時が高い傾向が見られるが、新宿三丁目駅では特定の傾向は見られない。いずれにせよ手すり利用率は23~35%の範囲に留まっており、日本エレベーター協会のアンケート調査とはかなりかけ離れた低い数値で改善が必要である。

## 5. 考察

飽和交通流率は停止側より歩行側が高く、1.5倍程度の高い値を示している。確かに歩行側の方が輸送効率は高く、歩行・停止の割合に依存するが一般に歩行を許容した方がエスカレーターの輸送効率は高いと言える。

しかし歩行を許容することが果たして社会的に適切かどうかは議論を待たなければならない。

筆者が行った肢体障害者対象のヒアリング<sup>6)</sup>では、片方の手しか手すりに掴まることができない障害者が現況のエスカレーターの片側空けを問題視していた。関東では左側に立ち、右側を歩行用に空ける習慣が定着しているが、右手しか使えない者は乗ることができない。関西のように逆の場合も同様である。障害がある人はエスカレーターでなくエレベーターを利用すべきとの意見は可能であるが、困難ながらも歩行を選んだ障害者を立地的に必ずしも便利と言えないエレベーターに誘導することはバリアフリーの観点から適切とは思われない。

## 6. おわりに

地下鉄2駅の観測から以下の結論が得られた。

- ・停止利用の飽和交通流率はエスカレーターの移動速度が30m/mの場合1列当たり約2,000人/hで、歩行利用では約2,500~3,000人/hである。
- ・時間交通量で見ると今回観測したエスカレーターでは2列停止利用としても輸送容量以内であった。歩行禁止にしてもオーバーフローが発生しない可能性もある。
- ・飽和交通流が発生する時間的割合は停止側、歩行側とも混雑時の方が高く、上りの方が下りより高かった。また停止側の方が歩行側より割合が高かった。歩行側が飽和交通流状態で使われている時間は短く、施設の利用効率は停止側より低いと考えられる。
- ・停止側の手すりの利用率は23~35%と低く、日本エレベーター協会の意識調査の半分以下であり、さらに広報など改善が求められる。

今後は長い、速度が速い等の条件の違うエスカレーターや鉄道駅以外のエスカレーターを調査し、基本的な輸送特性について明らかにしてゆきたい。

謝辞：本研究は文部科学省の科研費基盤研究(C) (一般) (18K04394、研究代表者 元田良孝)の助成を受けました。観測場所を提供していただいた東京メトロ(株)の皆様、情報提供していただいた(一社)日本エレベーター協会の皆様、学生の久原琢磨君(現日立自動車交通(株))に感謝します。

## 参考文献等

- 1) 清水健志、大島義行、加藤新一郎：鉄道駅におけるエスカレーター利用実態の調査・分析、土木学会第50回年次学術講演会講演集、pp.214-215、1995年9月
- 2) Celia Harrison et al: Pilot for Standing on Both Sides of Escalators, 6th Symposium on Lift & Technologies, pp.111-120, 2016
- 3) 大竹哲士、岸本達也：鉄道駅におけるエスカレーター上の歩行行動に関する研究、都市計画論文集、Vol.52 No.3、pp.263-269、2017年10月
- 4) 元田良孝、宇佐美誠史：エスカレーター内の歩行に関する基礎研究、第38回交通工学研究発表会論文集、CD-ROM、2018年8月
- 5) 一般社団法人日本エレベーター協会：エレベーターの日「安全利用キャンペーン」アンケートの集計結果について（2017年度）、2018年3月
- 6) 6名の肢体障害者のエスカレーター利用に関するヒアリング、2018年7月5日、文京区役所会議室

(2018年7月31日受付)

## RESEARCH ON THE BASIC TRANSPORTATION CHARACTERS OF THE ESCALATOR

Yoshitaka MOTODA, Seiji USAMI

The escalator is well used everywhere in the world. However, transportation characters of the escalator are not clear yet. For example, the transportation capacity of the escalator can be estimated by the speed of the escalator and the density of the passengers. But there are no data available for the density of the passengers in the escalator. Passengers usually walk in the escalator, but there is a little research about it. Therefore, accurate transportation capacity is necessary to improve the design and plan of the escalator. In this study, transportation characters of the escalator were observed at two subway stations in Tokyo. As a result, saturated transportation capacity of the escalator was about 2,000 passengers/hour per 1 row at normal standing use, and 2,500-3,000 passengers/hour per 1 row at walking use. Also, the rate of the passenger who used the handrail were observed.