

鉄道駅高速エスカレーターの歩行に与える影響

元田 良孝¹・宇佐美 誠史²

¹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

²正会員 岩手県立大学総合政策学部准教授 (〒020-0693 岩手県滝沢市菓子152-52)

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

高速エスカレーターでは歩行率が低くなるのが従来の研究で明らかとなっているが、定量的効果について明らかになっていない。ここでは東京メトロ豊洲駅の分速30mと40mの上りエスカレーターの利用者の行動を比較し、歩行に関する違いを明らかにした。この結果エスカレーターの捌け時間交通量と歩行率には線形の関係があること、分速40mのエスカレーターは分速30mより歩行率を5~7ポイント下げる効果があることが明らかとなった。またエスカレーターステップに対する相対歩行速度は分速40mの方が約9%遅くなることが明らかとなった。高速エスカレーターは歩行率と歩行速度の低減効果はあるものの、歩行抑制効果は限定的と考えられる。

Key Words: High-Speed Escalator, Walk

1. はじめに

エスカレーターの速度は勾配に応じて国土交通省令（建設省令）に定められており、通常設置されている勾配30度のエスカレーターでは分速45m以下と規定されている。一般には分速30mが多いが、輸送量を確保したい個所では分速40mが用いられている。

海外ではこれより速いエスカレーターがあるが国内では分速40mが上限と思われる。東京メトロでは安全性等により分速40mは2人乗り上りのみとしており、下りや1人乗りでは事例がない。

速度が速いと時間当たり輸送量は増えるはずであるがステップの移動が速くなることで乗り入れのタイミングが合わず1ステップ当たりの利用人数に相当する乗込み率が低くなり、輸送効率が速度の増加より低くなることが明らかとなっている。

清水ら¹⁾は鉄道駅の高速エスカレーター（毎分40m）と標準速度エスカレーター（毎分30m）の観測から、停止利用、歩行利用とも高速エスカレーターの輸送量が多くなるが、乗込み率が僅かに減少することを示している。

日本鉄道技術協会の大深度地下鉄道に関する報告書²⁾によれば、分速30mのエスカレーターの乗込み率は0.8に対し分速45mの乗込み率は0.6に落ちることが報告されている。さらに分速30mを40mにした場合、速度アップによる増分と乗込み率の低下によるマイナス分を考

慮すると実輸送能力で11%程度の能力増が見込まれるとしている。

森田ら³⁾は東京都心の鉄道駅で分速30mと40mのエスカレーター利用客を観測した結果、停止利用者、歩行利用者とも速度に見合った交通流率が得られていないことを明らかにした。

一方高速エスカレーターは歩行率を下げる要因となるとの報告がある。

大竹ら⁴⁾は東京都内の鉄道駅の上りエスカレーターの観察から、歩行率に影響する要因として高速エスカレーター、旅行客が多いエスカレーター、階段が併設されているエスカレーターをあげている。

以上のように高速エスカレーターの輸送量や歩行率に関する研究はあるものの、歩行への定量的な効果に関する研究は行われていない。また歩行速度に関する研究はない。

このため、本研究では分速40mと通常分速30mエスカレーターの利用状況を鉄道駅で観測し、比較することにより高速エスカレーターの歩行について利用者属性等による歩行率や歩行速度の違いを定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 調査方法

本研究では高速エスカレーターの設置されている東京メトロ有楽町線豊洲駅のエスカレーターをビデオ観

測した。同駅では新木場方向の下りホーム2か所に2人乗り1基+1人乗り1基がペアで設置されており合計4基がホームとコンコースを結んでいるが併設階段はない。

2人乗りはいずれも上り専用で、1人乗りは朝を除き下り方向に運行されている。2人乗りの1基は常時毎分40mで運行され、もう1基は朝のラッシュ時は毎分40mでそれ以外の時間帯は毎分30mで運行されている。朝の時間帯は分速40mの2人乗りのエスカレーターと分速30mの1人乗りのエスカレーターがいずれも上りで並行することとなり歩行に影響する可能性はある。しかし1人乗りは停止・歩行の選択が空間的にできず、前後の状況に左右されるため自由な意思で停止・歩行を選択しているとは考えにくい。ここでは停止・歩行を自由選択できる場合の交通行動を研究対象とするため、1人乗りエスカレーターは除外した。また交通量も2人乗りと比較し少なく影響は小さいと考えられる。

同じ時間帯で分速40mと30mのエスカレーターを観測して比較することとしたが、朝の時間帯はホームからコンコースを結ぶ分速30mの上り2人乗りエスカレーターが豊洲駅構内にないため、過去に観測した東京メトロ副都心線新宿三丁目駅のデータ⁹を比較に用いた。ただし新宿三丁目駅のエスカレーターの揚程は豊洲駅より低い。大竹ら⁴によれば揚程が高いと歩行率が低下するとしているが10m程度までは影響が見られず、筆者らの研究⁹でも20m以下では揚程の影響は見られなかったため影響は小さいと考えられる。

観測は2021年11月16日（火）の朝（通勤時間帯）、午前（通勤時間帯を除く）、夕（通勤時間帯）の3時間帯に30分程度ずつエスカレーター上方から撮影を行った。新宿三丁目駅の観測も同様に平日の朝の通勤時間帯に行っている。

エスカレーターの仕様は表-1のとおりである。

表-1 観測エスカレーターの仕様

番号	駅名	踏段幅	速度	揚程
1	豊洲	1m	40m/分	9.3m
2	豊洲	1m	30m/分	10.8m
3	新宿三丁目	1m	30m/分	4.4m

表-2 観測捌け時間発生数

駅名	速度 m/分	朝	午前	夕	計	延交通量 人
豊洲	40	11	8	9	28	1,808
豊洲	30		6	6	12	733
新宿三丁目	30	10			10	619
計		21	14	15	50	3,160

3. 調査結果

(1) 観測交通量

ここでは捌け時間に発生する交通量を対象とした。捌け時間は大竹ら⁴が定義した、最初の降車客がエスカレーターに到着して昇降を始めてから、最後の降車客が昇降を始めるまでの時間を採用した。いずれの場合も歩行者が先行し、最後に到着するのは停止利用者であるので、停止利用者で5ステップ以上間隔が空いた場合はその前の者を最後の降車客と定義した。観測した捌け時間発生数を表-2に示す。

(2) 歩行率

時間帯別の分速40mと分速30mの歩行率の比較を図-1に示す。既往研究では分速40mでは歩行率が低下するとしており、朝と午前の時間帯は同様な結果が見られるが、夕の時間帯は逆である。上りのエスカレーターでは歩行率と交通量に正の相関があることが知られているが^{4,9}、夕の時間帯の分速30mの交通量は分速40mのより少ないことが理由と考えられる。

このため交通量と歩行率の関係を示したものが図-2である。ここでの交通量は各捌け時間の停止利用者と歩行利用者の合計を各捌け時間で除した値である。図から明らかなように交通量と歩行率には分速40mでは $r=0.88$ 、分速30mでは $r=0.90$ と高い線形の相関関係がある。

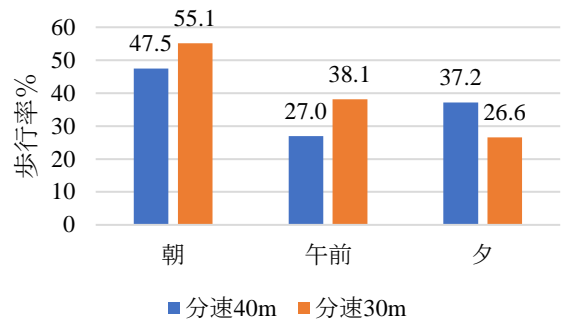


図-1 時間帯別歩行率比較

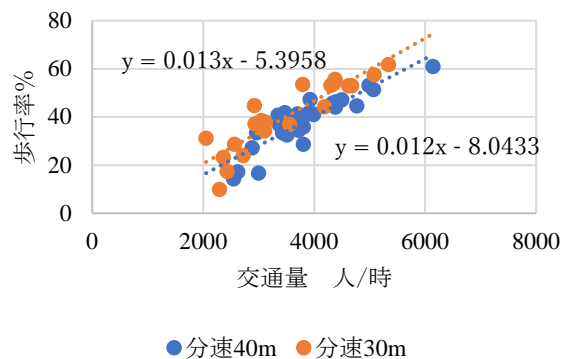


図-2 速度別交通量と歩行率の関係

この図を基にエスカレーターの歩行率を計算すると、捌け時間交通量2,000~5,000人/時のレンジでは分速40mのエスカレーターの歩行率は分速30mに対し4.6~7.6ポイント低くなる。これまでの研究では高速エスカレーターの歩行率の低下は指摘されているものの、定量的な値は示されていなかったがここでは限定的な条件の下ではあるが具体的な数値を示すことができた。

(3) 利用者属性と停止・歩行選択

これまでの研究では個々の利用者に着目した高速エスカレーターの歩行特性については論じられていなかったがここでは数量化Ⅱ類を用いた分析を行った。目的変数を歩行の有無、説明変数を表-2のように設定した。なお説明変数は筆者らのこれまでの研究で歩行選択と関係あるものから相互の相関が低いものを選んである。

エスカレーターの分速別に分析した結果を表-3に示す。いずれの変数も相関が有意であり、男性、若年、スマホ操作をしない人、手すり利用をしない人、交通量の多いほど歩行選択が高くなり、筆者らの既往研究⁹⁾の結果と一致しているが、分速40mと30mで大きな差は見られない。

表-2 説明変数

説明変数	カテゴリ	ダミー値
性別	男性	0
	女性	1
年代	30代以下	0
	40, 50代	1
	60歳以上	2
スマホ操作	無	0
	有	1
手すり利用	無	0
	有	1
交通量	~2999人時	0
	3,000~3,999人時	1
	4,000~4,999人時	2
	5,000人時~	3

表-3 数量化Ⅱ類速度別出力結果

説明変数	偏相関係数	
	分速40m	分速30m
性別	0.1575***	0.1940***
年代	0.1778***	0.1463***
スマホ操作	0.2568***	0.3054***
手すり利用	0.2221***	0.2937***
交通量	0.1492***	0.2440***
サンプル数	1,810	1,370
的中率%	68.2	71.8

有意水準：*5%、**1%、***0.1%

(4) 歩行速度

歩行速度について分速40mと30mの違いを分析した。ここで定義した歩行速度は、エスカレーターのステップとの相対速度で歩行者の移動速度からエスカレーターの速度を差し引いたものである。エスカレーターの速度は公称分速40m、30mとしているが、測定したところ、これより97~98%の速度で運行されていることが判明した。このため歩行利用者の移動速度から実際のエスカレーターの速度を差し引いた値を用いた。歩行者の速度測定はエスカレーターの乗り口から出口まで通して歩行した者を対象とし、画面上に設定した測定区間を通過する時間をビデオのコマ数から測定した。渋滞等で途中で停まった者は除外した。

分析対象は表-2に示したサンプルを用いたが、新宿三丁目駅のエスカレーターは延長が豊洲駅の半分以下である。歩行選択では先に述べたように既往文献から揚程10m以下では影響がないと考えられるが、歩行速度についてのエビデンスはない。このため新宿三丁目駅は除外した。表-4は分速40mと30mの歩行速度の単純平均であるが、分速40mの方が9%程度遅い。一元配置の分散分析では0.1%の有意水準で帰無仮説が棄却された。

一般に歩行速度と歩行者密度には負の相関があることが知られている。ここでは歩行者がエスカレーターに乗るときの前方のエスカレーター上に存在する歩行者と停止者数の和をエスカレーターの水平投影面積で除した値を歩行者密度として用いることとした。歩行者密度と速度の相関を図-3に示すが速度と歩行者密度に負の相関(r=0.569)があることが分かる。

表-4 平均歩行速度 (m秒)

速度 m/分	サンプル数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
30	227	0.680	0.145	0.444	1.843
40	612	0.620	0.114	0.422	1.876

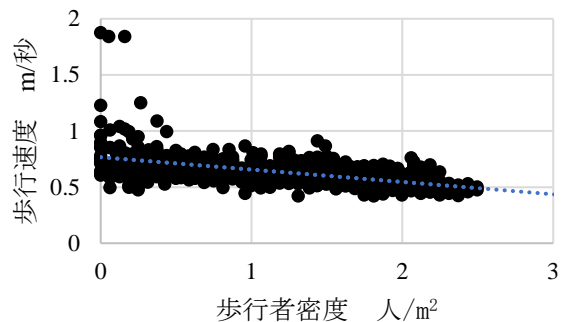


図-3 歩行者密度と歩行速度

表-5 数量化 I 類出力結果 (N=839)

説明変数	カテゴリ	変数値	平均速度	偏相関係数
エスカレーター速度	分速30m	0	0.681	0.1691***
	分速40m	1	0.621	
性別	男性	0	0.645	0.1207***
	女性	1	0.623	
年代	30代以下	0	0.646	0.1414***
	40, 50代	1	0.618	
	60歳以上	2	0.596	
スマホ操作	無	0	0.642	0.0862*
	有	1	0.613	
手すり利用	無	0	0.644	0.1063**
	有	1	0.593	
歩行者密度 人/m ²	0~0.49	0	0.747	0.5410***
	0.50~0.99	1	0.662	
	1.00~1.49	2	0.627	
	1.50~1.99	3	0.577	
	2.00~	4	0.531	
重相関係数			0.596	

有意水準：*5%、**1%、***0.1%

歩行速度を目的変数とし、数量化 I 類で分析を行った。説明変数は表-2に示す変数にエスカレーター速度と歩行密度を加えた。交通量は歩行密度と相関が高いので除外した。出力結果を表-5に示す。

表から明らかなように、説明変数の全ての相関が有意である。最も相関係数が大きいのが歩行者密度で、その次がエスカレーター速度である。その他男性、若年者、スマホ等の操作していない人、手すりを利用していない人の歩行速度が速くなっている。分速40mのエスカレーターで歩行速度が遅くなる原因は通常より速いステップの移動速度を警戒していること、通常より速い移動に満足し速度を落としていること等が考えられる。

4. 結論

得られた結論は以下のとおりである。

・上りエスカレーターの歩行率と捌け時間交通量には線形の関係がある。

・高速エスカレーターの歩行率は通常速度のエスカレーターより5~7ポイント程度低い。

・高速エスカレーターの歩行速度は通常速度のエスカレーターより約9%遅い。

以上のことから高速エスカレーターでは通常型と比べ歩行率が低下し、エスカレーター内の歩行速度も低下しており歩行のリスクを軽減していると考えられる。ただし歩行抑制の効果は限定的と考えられる。今後は他駅での検証も行いたい。

謝辞：本研究は科研費基盤研究（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へ感謝します。

参考文献

- 1) 清水健志、大島義行、加藤信一郎：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) (社)日本鉄道技術協会：「大深度地下鉄道における昇降システムの研究（昇降システム編）」報告書、1991年
- 3) 森田泰智、森地茂、伊藤誠：駅昇降施設の最大捌け人数に関する研究—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—、土木学会論文集 D3、Vol.69、No.3、pp.I_595-I_611、2013年
- 4) 大竹哲士、岸本達也：鉄道駅におけるエスカレーター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
- 5) 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回交通工学研究会論文集、pp.221-225、2018年8月
- 6) 元田良孝、宇佐美誠史：鉄道駅 S1000 形（2人乗り）エスカレーターの歩行率に関する基礎研究、交通工学論文集、第7巻、第2号（特集A）、pp.A_54-A_59、2021年2月

(2022.3.6受付)

EFFECTS OF HIGH-SPEED ESCALATOR ON WALKING BEHAVIORS AT A RAILWAY STATION

Yoshitaka MOTODA, Seiji USAMI

The average step speed of the escalator is 30m per min. But some escalators have more step speed to promote traffic capacity. In previous studies, it was found that the walking rate of the high-speed escalator is less than the normal speed one. However, the quantitative research had been missing. In this study, behaviors of passengers on normal speed escalator ($v=30\text{m/min}$) and high-speed escalator ($V=40\text{m/min}$) were video recorded and analyzed. As a result, the linear relationship between traffic volume and walking rate was found at both type of escalator. And the high-speed escalator can decrease the walking rate by 5 to 7 points. About walking speed on the escalator, the high-speed escalator can decrease walking speed by 9%.