

鉄道駅における乗換抵抗に関する基礎的研究

A Basic Study on Transfer Resistance at Railway Station

大島 義行** 松橋 貞雄** 三浦 秀一**

by Yoshiyuki OSHIMA, Sadao MATSUHASHI and shuichi MIURA

1. はじめに

21世紀に向けた国民生活のゆとりと豊かさの追求は、鉄道においても利用者ニーズの多様化や高齢化の進展等を背景にした多面的な質の向上が求められている。しかし首都圏では駅舎の橋上化や地下鉄の深層化等に伴い垂直移動距離の大きな駅が増加しつつあり、鉄道利用者の乗り換え時における移動抵抗も増大する傾向にある。鉄道の魅力を向上し利用促進を図る上では、交通結節点における各種交通モード間のスムーズな乗り継ぎを図り、目的地までの移動全体の連続性を確保することが重要な課題である。なかでも鉄道駅におけるエスカレーター等の設置による乗換抵抗の低減化は極めて重要な課題となっている。

そこで本研究では、鉄道利用者の乗換抵抗を定量的に把握するとともに、エスカレーター設置による乗換抵抗低減効果の評価試算を行った。以下では、①エスカレーター利用実態調査結果の整理・分析を行ったうえで、②乗換抵抗算定式の作成とこれを用いた試算例を示し、③ケーススタディとして首都圏の乗換駅20駅を対象にエスカレーター設置効果を設置効果比（設置コストに対する利用者便益の比）を指標として評価を試みた。

2. エスカレーターの利用実態調査

乗換駅におけるラッシュ時の旅客流動を概観すると、エスカレーター乗込み口では、列車到着時に降

車客の集中・滞留が発生するため、乗換時間短縮のためにエスカレーター上を歩行する利用客を多く見かける。現在、首都圏の一部の駅では、ラッシュ時対応としてエスカレーターの高速運行（毎分40m）が行われている。そこで、その利用特性・課題を把握するとともに、近年定着しつつあるエスカレーター上の歩行特性について実態調査を行った。

調査対象駅は、標準エスカレーター（毎分30m）がJR新橋駅、高速エスカレーターが営団地下鉄の永田町・国会議事堂前・日本橋・茅場町の4駅とし、朝ラッシュ時の8時～9時の1時間を調査時間とした。調査項目は輸送量（単位時間当たりエスカレーター利用者数）・所要時間とし、各駅とも概ね右側歩行・左側停止が定着しているため停止列・歩行列を片側ずつ調査した。

表1 調査対象駅の概要

事業者名	駅名	揚程	ES台数	調査対象ES
標準 JR東日本	新橋	16.0m	6(5)	B5横須賀線ホーム～B11コンコース
高速 営団	永田町	16.9m	3(1)	半蔵門線ホーム～有楽町線コンコース
	国会議事堂前	8.1m	3(2)	千代田線ホーム～丸の内線コンコース
	茅場町	6.5m	3(1)	東西線ホーム～日比谷線ホーム
	日本橋	11.4m 4.3m	3(2)	東西線ホーム～銀座線連絡通路

注：（ ）は今回計測対象エスカレーターを示す。

(1) 輸送量

調査したエスカレーターのうち、標準エスカレーターの新橋駅と揚程がほぼ等しい永田町駅について比較・分析を行った。輸送量は、列車到着直後のエスカレーター利用客が最も多くなる1分間を計測した。図1は計測結果を1時間当たりに換算したものである。停止列の計測結果では高速の輸送量が約26%多く、歩行列では高速が約14%多く、総輸送量では高速が約20%多い結果が得られた。また、歩行列の輸送量は、標準エスカレーターの場合は停止列に対して約3割多く、高速エスカレーターの場合は約2割多くなっている。ただし、歩行列を利用する人

キーワード：鉄道計画、乗換抵抗

**正会員 日本鉄道建設公団東京支社調査課

(〒171 豊島区西池袋1-11-1 メトロポリタンプラザB19F)

Tel 03-5954-5226, Fax 03-5954-5237)

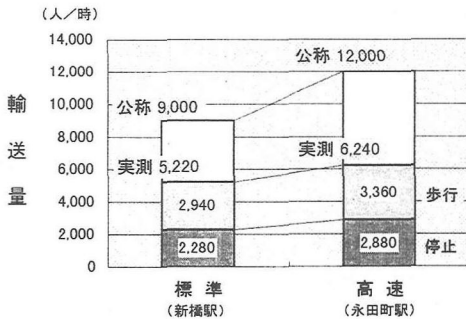


図1 エスカレーター輸送量の実測結果

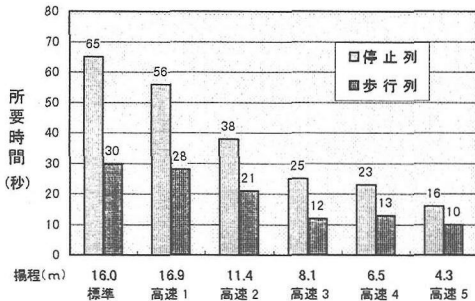


図2 エスカレーター歩行の所要時間比較

がいなくなり停止列に行列ができていても、待って停止列を利用する人も多く見られる。

(2) 所要時間

図2は、エスカレーター上歩行時の所要時間比較を示したものである。どの駅も停止列の概ね半分の時間となり、今回調査した高低差(4~17m)の範囲では揚程による影響は少ないことが分かった。

(3) 乗り込み率

乗り込み率は、輸送量を公称輸送能力で除した値であり、標準エスカレーターの停止列で0.51となった。つまりステップ1段おきに乘っていることになる。一方、高速エスカレーターの場合は平均で0.49と僅かながら低下することが計測された。これらの結果は、従来言われてきた乗り込み率0.75よりも小さく、実際には前の人と間隔を保って利用しようとする傾向が見られた。

以上のように、高速エスカレーターは、所要時間短縮に加えて、ピーク時降車客処理の対応として効果的であると判断される。

3. 乗換抵抗の算定手法

(1) 乗換抵抗算定式の作成

鉄道利用者の乗換抵抗を定量的に示すため「乗換抵抗算定式」を用いた。この式は、水平歩行距離1mを単位エネルギー消費量として、他の行動を水平距離に換算するものであり、算定に当たっては参考文献1)の算定式を基礎として、これに各種補助設備に関するパラメータを追加して作成したものである。

$$E = X_1 + 0.636X_2 + 1.418N_1 + 0.831N_2 + 0.564N_3 + 0.424N_4 + 0.291N_5$$

E : 乗換抵抗 (m)

X₁ : 水平距離 (m)

X₂ : 動く歩道の水平距離 (m)

N₁ : 上り階段 (段)

N₂ : 下り階段 (段)

N₃ : 標準エスカレータ(30m/分) (段)

N₄ : 高速エスカレータ(40m/分) (段)

N₅ : エレベーター (段)

(2) 乗換抵抗低減効果の試算例

上記算定式を用いて、東京駅の山手線~京葉線の乗り換えを例に乗換抵抗を試算し、併せて補助設備(エスカレーター・動く歩道等)設置による乗換抵抗の低減効果を定量的に示す。水平距離は平面図に乘換経路線を記入しホーム中心間距離を計測し、垂直距離は乗換経路に沿って上下別に高低差を計測した。これら計測値を基礎として算定式を用いて乗換抵抗を算定した。図3に示すとおり、補助設備がなかった場合の乗換抵抗は約760mであるが、現状は動く歩道とエスカレーターが設置されているため乗換抵抗は約550mとなり、設置効果は約210mと試算される。また、エスカレーターを高速運行すると、更に約30m低減されることがわかる。

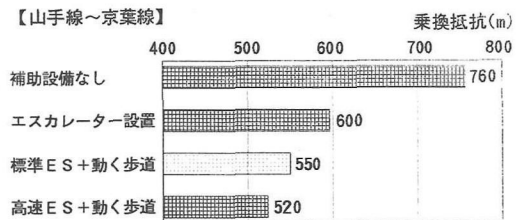


図3 乗換抵抗試算例 (東京駅)

4. 乗換抵抗低減効果の評価試算

(1) 乗換抵抗低減効果便益の算定

ケーススタディとして首都圏内において乗換が比較的不便と思われる20駅を抽出して、各駅の乗換条件を調査し、乗換抵抗算定式を用いて現況の乗換抵抗を算定した。次に、これらの駅の階段部分にエスカレーターを設置した場合の乗換抵抗を算出し、現況値との差に、平成2年大都市交通センサスの終日乗換客数を乗じることにより総乗換抵抗（人・m）を算定した。（図4）

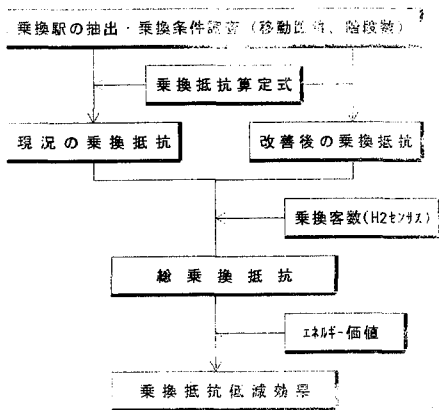


図4 乗換抵抗低減効果算定フロー

運動時のエネルギー消費量は、METs値（安静時代謝量の倍数）²⁾を用いて表されるため、水平歩行運動と比較的近い値の業種（製造業）の労働時間と収入の関係から、単位エネルギー消費量当たりの貨幣価値（以下「エネルギー価値」という。）を次式により算出した。

$$V = E_0 \times P / (M \times E_1 \times W \times T)$$

V：歩行1m当たりエネルギー価値（円/m）

E_0 ：歩行1m当たりエネルギー消費量（kcal/m）
 $= 3.5 \text{ kcal/min} \div 4 \text{ km/h} = 0.0525 \text{ kcal/m}$

P：製造業の現金給与額＝371,400円/月

M：部品組立のエネルギー消費量＝3.0METs

E_1 ：1METs当りのエネルギー消費量
 （1kcal/kg/h/METs）

W：体重（kg）＝60kg

T：製造業の労働時間（h/月）＝163.4

この結果、エネルギー価値は0.66円/m（水平歩

行速度70m/分の場合約46円/分）と算定された。

上記で算出した総乗換抵抗にエネルギー価値を乗じ、年間平均労働日数を240日として1年間の乗換抵抗低減効果を利用者便益として算出した。

この結果、表2に示したように、赤羽、津田沼、船橋の各駅では年間約10億円以上の低減効果便益が算出された。

(2) エスカレーター設置コストの算定

前項で仮定した「階段全てにエスカレーターを設置した場合」の投資額と維持費を算定して設置コストとする。年間当たりの設置コストは、改良工事費、インシヤルコストを減価償却費として算定し、ランニングコストを年間経費として加えて算出した。各駅のエスカレーター設置台数は、ピーク時の方向別乗換客数と単位時間当たりエスカレーター輸送量から算出した。なお輸送量は、今回の利用実態調査結果から得られた5,220人/時を用いた。

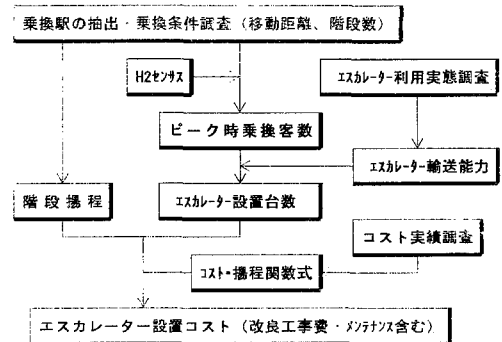


図5 エスカレーター設置コスト算定フロー

なお、これらのコストは、首都圏の既設橋上駅16箇所の改良工事実績と昇降機メーカーのヒアリング調査をもとに作成したコストと揚程の関係式を用いて算定した。

改良工事 $C_w = N \times (11.2 H + 20.6) \times R_w$

インシヤルコスト $C_i = N \times (6.1 H - 14.5) \times R_i$

ランニングコスト $C_r = N \times (0.25 H + 1.0)$

C：コスト（百万円/年）

H：揚程（m）

N：エスカレーター設置台数（台）

R_w ：構造物の資本回収率（0.068974：n=35年）

R_i ：エスカの資本回収率（0.102963：n=15年）



図6 設置コストと揚程の関係

なお、資本回収率は次式で示され、利率率(i)は最近5年の長期プライムレート平均利率6%に設定し、耐用年数(n)は構造物(鉄筋・鉄骨コンクリート)35年、エスカレーター15年に設定した。

$$R : i \times (1+i)^n / \{ (1+i)^n - 1 \}$$

抽出した乗換駅のコスト算定結果を表2に示す。

(3) 乗換抵抗低減効果の評価指標

乗換抵抗は、時間短縮効果のように低減された分を他の活動に充てられるといった性質ではないためその評価方法は難しい。本研究では、前述した低減効果便益を設置コストで除した「エスカレーター設置効果比」を一つの評価指標として試算した。この結果、表2に示すように、赤羽駅、船橋駅、飯田橋駅の順に設置効果比が大きいことが分かった。

表2 エスカレーター設置効果比試算結果

駅名	乗換路線名	エスカレーター設置台数(台)	平均改良揚程(m)	設置コスト		エスカレーター設置効果比
				設置コスト(百万円/年)	低減効果(百万円/年)	
赤羽	京浜東北線	8	17.1	233	1760	7.57
船橋	総武線	5	18.0	153	1057	6.90
飯田橋	有楽町線	2	8.1	29	179	6.26
町田	横濱線	6	9.0	95	566	5.98
津田沼	総武線	5	25.8	217	1216	5.60
溝の口	南武線	4	17.8	121	604	4.97
お茶の水	中央線	2	16.0	55	252	4.60
秋葉原	山手線	2	17.7	60	183	3.03
川崎	南武線	2	10.8	37	96	2.57
大宮	野田線	3	14.0	72	168	2.34
浅草	浅草線	2	17.2	59	121	2.05
新橋	浅草線	2	5.4	20	39	2.00
北千住	千代田線	2	18.4	63	105	1.67
東田町	京葉線	2	1.1	12	17	1.37
京町	山手線	2	32.7	109	89	0.82
横濱	東横線	2	19.1	65	49	0.75
上野	京成電鉄	2	6.5	23	15	0.67
赤坂見附	丸の内線	2	27.6	93	60	0.64
新宿	西武新宿線	1	17.0	29	10	0.33
大手町	三田線	1	3.9	8	1	0.17

(1994年3月現在)

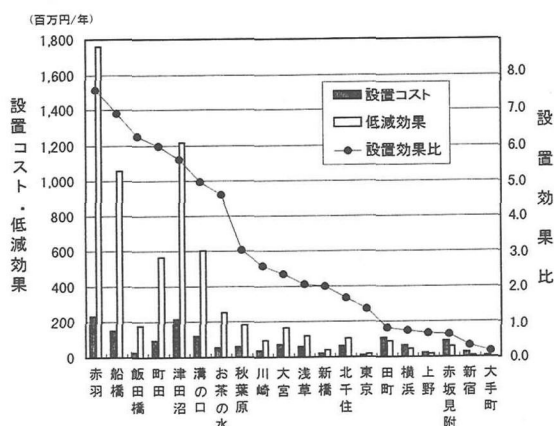


図7 乗換抵抗低減効果の評価指標

すなわち、飯田橋駅のように他の駅に比べて低減効果は大きくなくとも、設置コストが少ないものが上位になっている。

このように、投資額に対する効果度合が算出されることから、エスカレーター整備に際しての一つの参考資料になるものと考えている。

5. おわりに

本研究では、少数の駅ではあるが各種のエスカレーター利用特性の把握とともに、エスカレーター整備効果の一端を定量的に示すことができた。利用者利便向上の面からも、地下駅等多くの駅において高速エスカレーターの導入が望まれる。一方、エスカレーターの高速化による移動制約者に対する抵抗感の増大や、エスカレーター上歩行に対する安全性の検討等解決すべき課題も多い。

今後、本研究を基礎として、駅機能のあり方や乗換抵抗評価手法について深度化を図るとともに、端末交通を含めた垂直移動抵抗感の少ない施設整備に向けた研究を積み重ね、より良い鉄道づくりに努めて行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 運輸経済研究センター：スムーズに乗継げる公共交通，運輸経済研究資料，1979
- 2) 栄養学・食品学・健康教育研究会編集：新エスカ21運動生理学，1995