

# エスカレーターを昇降する人間の歩行動作特性解析

—特に停止時昇降で感じる違和感について—

## An Analytical Study on Characteristics of Walking Action of Escalator Users

— Especially on the Feeling of Stiffness in Action during Walking on Escalators of Stop Mode —

久保田一弘\*, 岸本文一\*\*, 直井英雄\*\*\*

Kubota Kazuhiro, Kishimoto Fumikazu, Naoi Hideo

### 要 旨

エスカレーターは、建物上下階のきわめて有効な移動手段であるが、場合によっては停止している状態で昇降せざるを得ないこともある。本研究は、エスカレーターを昇降する人間の歩行動作特性をとらえることにより、特に停止したエスカレーターを歩行する際に感じられる違和感がどこから来るものか、人間工学的に説明することを目的としている。

研究の結果、停止時昇降においては、本来の歩幅や歩行リズムが強制的に縮められることが確認され、これが違和感につながるとの推測が得られた。

キーワード：歩行動作、停止時エスカレーター、動作の違和感、歩幅、歩行リズム

### Summary

Escalators are very effective means of vertical movement in multi-storied buildings, but there can be cases of walking up and down on escalators of stop mode. In this study we aimed to grasp characteristics of walking action of escalator users, especially the cause of feeling of stiffness in action during walking on stop-mode escalators. As the result, we recognized that the feeling of stiffness is caused by forced action of shorter pace and rhythm of steps than usual.

Keywords: walking action, Escalator of stop mode, feeling of stiffness in action, pace of steps, rhythm of steps

### 1. 研究目的

商業施設・複合施設・駅舎などに見られるようにエスカレーターは建築物の縦方向の移動手段としてきわめて有効な建築設備である。通常動いているエスカレーターを使用するのが常であるが、場合によっては停止しているエスカレーターを昇降しなければならない場合もある。このなかには火災時などの避難経路としての使用も含まれる。そのような場合の歩行動作の違和感については、これまで定性的な知見が述べられることはあっても、定量的な検討や実験はほとんど行われてこなかった。

そこで本研究では、エスカレーターを用いた昇降動作実験による昇降歩行動作特性、特にエスカレーター停止時の歩行の際に感じられる違和感について、人間工学的に評価することを目的とした。

### 2. 実験方法

#### (1) 実験装置

エスカレーターは、主に駅などで用いられる階段の上下水平部分が3枚のものと、主に一般建物で用いられる1.5枚のものがある。本実験では建築のインテリアの研究として後者を対象とし、エスカレーター運転時、停止時(タイプ1, 2)、階段についての歩行実験を行った。

エスカレーター停止時の端部の踏み面Tについては、代表的な例として階段に近い停止タイプ1 (T=T)、半分の停止タイプ2 (T=1/2T) の2タイプを想定した。タイ

プ1とタイプ2のエスカレーター下部部分の平面図および踏み面寸法を図2に示す。なお、ここでTは通常の測定方法による踏み段一段の踏み面寸法(mm)、Tは同じく上・下端部で露出している踏み段の踏み面寸法(mm)をいう。また、表1にエスカレーター停止時各タイプの蹴上げ



図1 実験風景

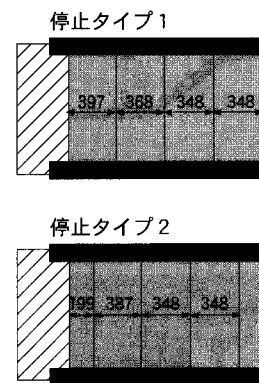


図2 停止時のタイプ(mm)

表1 各停止タイプの蹴上げ寸法(mm)

		1段目	2段目	3段目	4段目
停止タイプ1	上部	20	145	200	200
	下部	30	160	200	200
停止タイプ2	上部	3	75	190	200
	下部	2	100	200	200

階段：蹴上げ155mm, 踏面265mm

\*東京理科大学補手・修(工) \*\*静岡野設備研究所・修(工) \*\*\*同大学教授・工博

R (mm) の寸法を示す。以上示した蹴上げ・踏み面寸法は、手動ブレーキによる停止位置の誤差によって若干の誤差が含まれる結果となっている。動く速度は、一般的な毎分30mとした。なお、実験場として使用したエスカレーター・階段の平面図および断面図を図3、4に示す。

## (2) 被験者

本学建築学科学生11人とした。日常と同じ歩行動作を得るため、服装も特に条件を定めず、靴も平常のままとした。

## (3) 実験及び解析方法

昇降実験を、各停止タイプ昇り降りについて行い、その動作を上部部分と下部部分に分けビデオ撮影した。歩行動作の解析範囲に関しては、最初の一步をエスカレーターに踏み込んでから最後の一步を踏み出すまでとした。その際に、被験者には、図5に示すように計9点の計測点（反射マーカ）をつけ、DKH社のFrameDias IIを用いて動作軌跡を求めた。また、純粋に蹴上げ、踏み面の変化が歩行動作に及ぼす影響を調べるという目的から、手すりは用いず昇降動作を行うものとした。

## 3. 対象エスカレーターの図上での検討

実験に先立ち、対象としたエスカレーターの昇降動作に

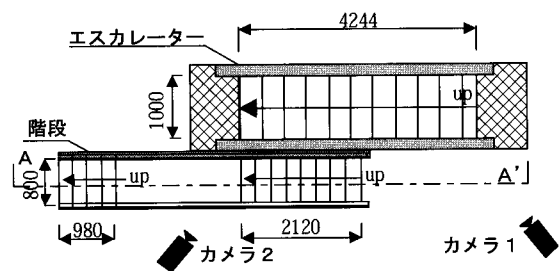


図3 実験場平面図

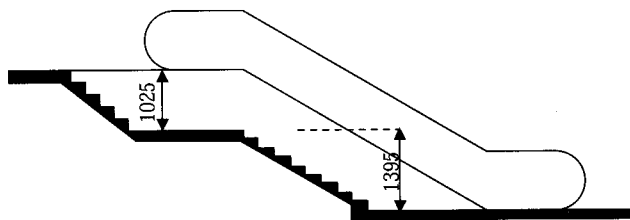
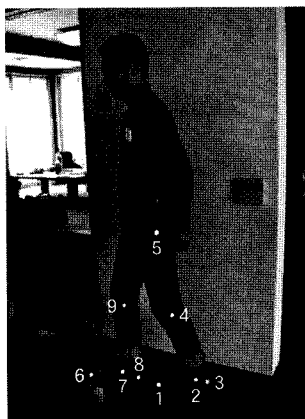


図4 実験場A-A'断面図



1. 左趾先点
2. 左外果点
3. 左踵点
4. 左脛骨点
5. 転子点
6. 右趾先点
7. 右外果点
8. 右踵点
9. 右脛骨点

図5 計測点（反射マーカ）

かかわる寸法上の特性について、一般の階段の特性と比較した。

図6、7は、横軸に水平距離、縦軸に $2R+T$ をとり、各段鼻部を結んだ勾配と $2R+T$ の値を算出した結果である。なお、 $2R+T$ の値は、無理のない歩幅感覚を求めるのに用いられる値である。図から明らかなように、階段では $2R+T$ 、勾配が常に一定なのに対し、エスカレーターにおいては上部、下部1~2段で勾配、 $2R+T$ が大きく変化している。つまり端部に近づくにつれ徐々に通常部分よりも小さな値に変化してゆく事から、階段歩行時と比較して歩幅感覚が強制的に変化させられることになり違和感が生じることが推測される。特に停止タイプ2では1段目の値がかなり小さくなるため、違和感としてより強く意識される可能性がある。また、それをいくぶんかでも解消するために、一段目を跳ばすなどして無意識のうちに歩幅を調整しようとすることも十分考えられるが、これがまた別の違和感として意識される可能性がある。

## 4. 実験結果及び考察

実験の結果、得られた歩行軌跡の例を図8、9に示す。以下、これらの軌跡の解析結果についていくつかの観点から考察を加える。

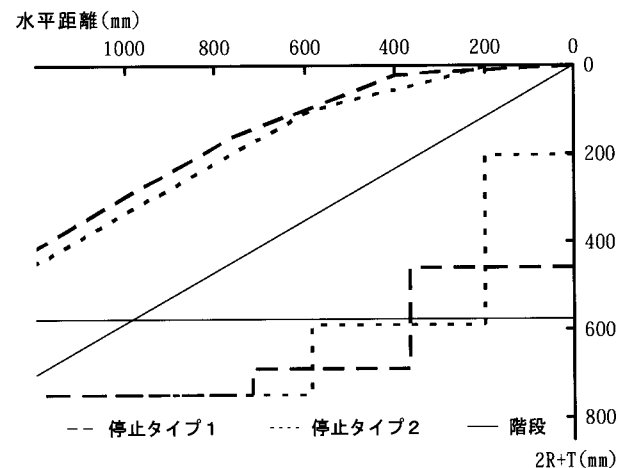


図6 勾配・ $2R+T$ の算出結果（上部）

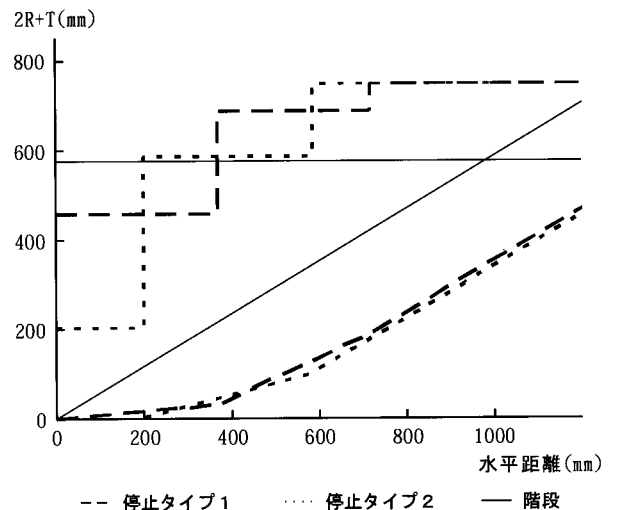


図7 勾配・ $2R+T$ の算出結果（下部）

(1) 歩行形態に見られる特徴

停止時エスカレーター端部において観察された歩行形態を3種類に分けた。歩行形態の定義を図10に示し、それらを停止タイプ別にまとめたものを表2に示す。

停止時の踏み面位置が階段に似た停止タイプ1は、階段とほぼ同じ歩行形態をとる。ただし降り下部においては最後の踏み面をとばすものが8割を超える結果となった。これは降り下部の最後の蹴上げ部分が30mmとあまり高くなく、水平面を歩く時とよく似た歩行形態となり歩幅が広くなった為と考えられる。

これに対し、停止タイプ2は、一枚目と二枚目の踏み面を同一のものとし、二段踏みの歩行形態ばかりとなった。これは、最初と最後の踏み面が通常の半分であること、最初と最後の蹴上げの変化が2~3mmとごくわずかであることが原因であると考えられる。

一方、エスカレーター運転時における足を踏み込んだまたは踏み出した瞬間の端部踏み面の状態別人数を表3にまとめた。運転時は被験者毎に踏み込み・踏み出しのタイミングが異なり、その踏み面の状態は様々である。足を踏み込む際の踏み面は広がっていくものであるし、出る際は踏み面が縮まってもわずかな段差が残るのみなので、個人個人が自分に合わせて、様々な状況に対応しているものと考えられる。

(2) 一步の軌跡長さについて

図11に降り上部、降り下部、昇り下部、昇り上部の歩行時の各一步ごとの被験者の平均軌跡距離を示す。なお、これらのグラフのうち、運転時について歩行軌跡がほぼ安定

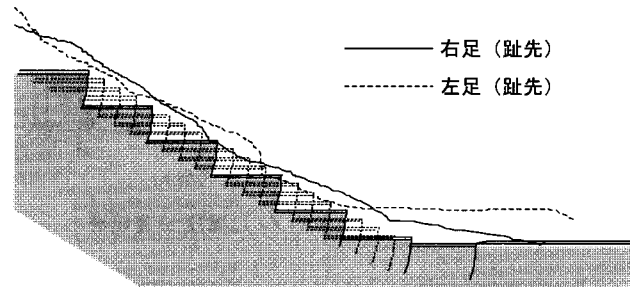


図8 運転時降り歩行下部の代表的歩行軌跡

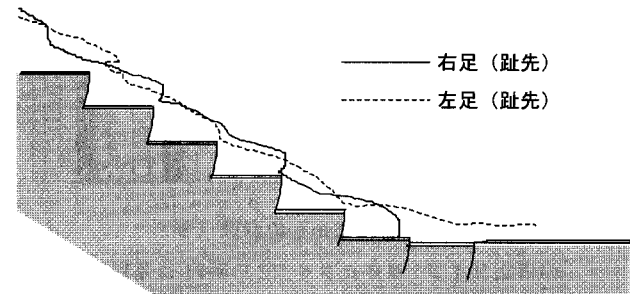


図9 停止時降り歩行下部の代表的歩行軌跡

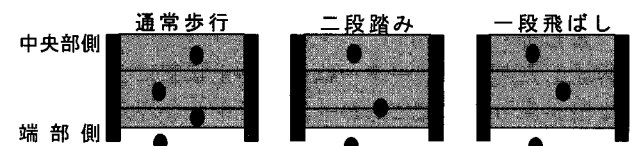


図10 3種類の歩行形態の定義

するとみなせる領域（端部から4番目以降）での測定を省いたものもある。

図からも明らかなように全体的に端部に近くなるにつれ、つまり蹴上げが小さいほど軌跡距離は長くなるのがわかる。エスカレーター入口の降り上部では最初水平に近いので軌跡距離は長いはずであるにもかかわらず、特に停止タイプ1での一步目の軌跡距離が小さくなっている。また昇り下部でも、同様のことが言える。しかし停止タイプ2の軌跡距離はあまり小さくなっていない。これは最初の踏み面が二枚目の踏み面と一体化しているような歩行形態をとったためと考えられる。なお出口である昇り上部の軌跡距離は、昇降動作の基準となる階段と比較しても変化が少なく、違和感を生じることが少ないと考えられる。

(3) 歩行のリズムについて

歩行のリズムという観点から歩行時の各一步における最大速度を一つの指標と考え、図12に降り上部、昇り上部、降り下部での一步ごとの被験者の平均最大速度を示す。なお、これらの図のうち前項と同様運転時について、歩行のリズムが安定するとみなせる領域での測定を省いたものもある。

図を見ると階段では最初と最後の一步が階段昇降途中の一步と比較して約5割増の速度であるという結果となっている。同様にエスカレーター停止時における速度変化は、停止タイプ1、2とも最初と最後の左右の一步づつがエスカレーター昇降途中の一步より約3割増の速度である結果が得られた。これは踏みこむ際に階段よりも停止時のエスカレーターに対してのほうが一層の注意が払われており、慎重な行動をとっていることをうかがわせる結果である。なお、運転時においては最初の一步目と途中の速度の変化が少ない。全体として、基準とした階段との違いが明確に

表2 停止時エスカレーターの端部における歩行形態

単位：人

	昇り					
	上部			下部		
	通常歩行	二段踏み	一段とばし	通常歩行	二段踏み	一段とばし
停止タイプ1	11	-	-	11	-	-
停止タイプ2	-	5	6	-	-	11

単位：人

	降り					
	上部			下部		
	通常歩行	二段踏み	一段とばし	通常歩行	二段踏み	一段とばし
停止タイプ1	11	-	-	2	-	9
停止タイプ2	-	-	11	-	8	3

表3 運転時エスカレーターの端部における踏み込み・踏み出しのタイミング

単位：人

端部踏み面 (T) の露出割合	昇り		降り	
	上部	下部	上部	下部
T	2	5	7	5
2/3T	-	2	-	-
1/2T	4	2	2	3
1/3T	1	-	2	1
1/4T	4	1	-	2
1/6T	-	1	-	-

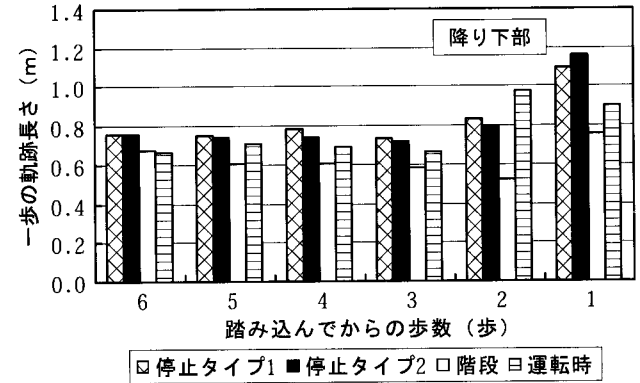
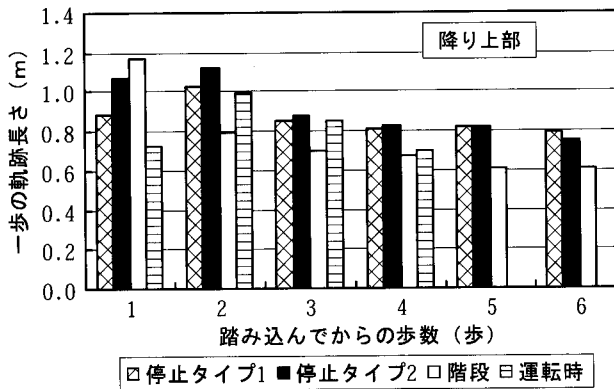
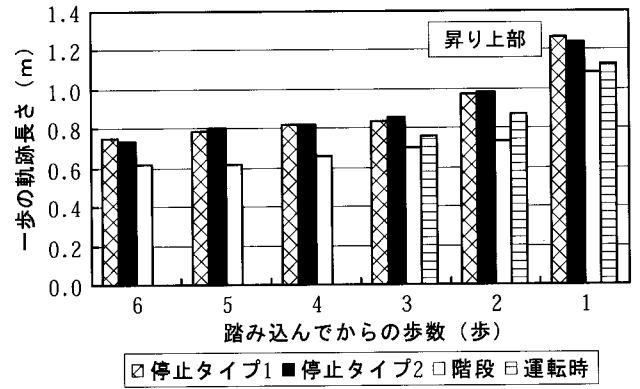
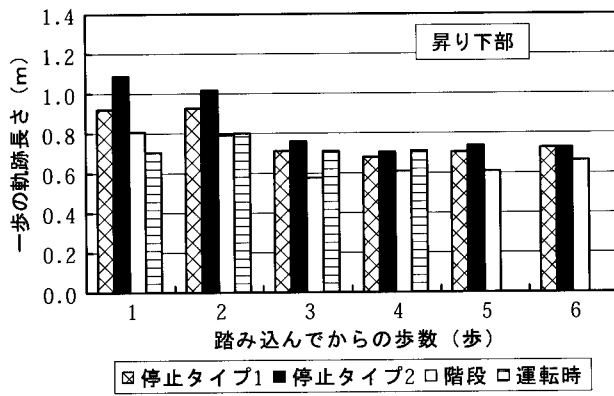


図11 歩行時各一步の軌跡長さ

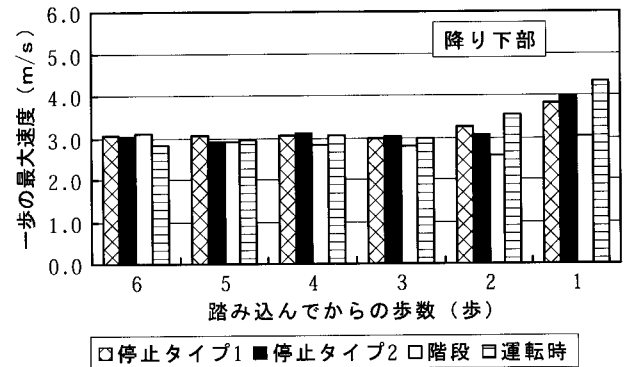
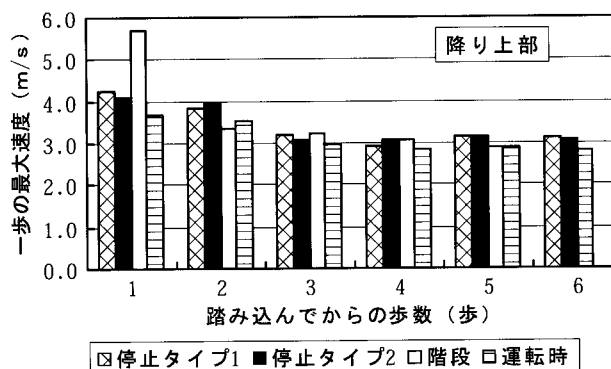
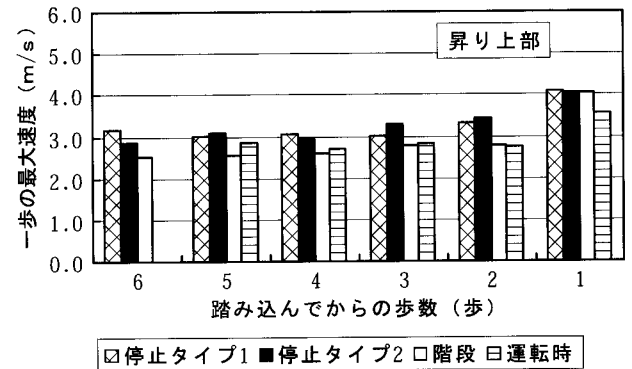
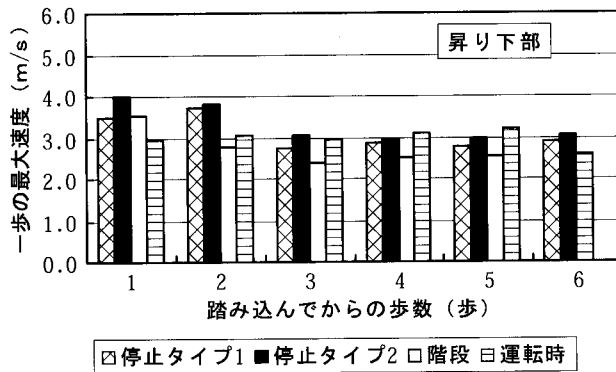


図12 歩行時各一步における最大速度

なるのは昇り時、降り時とも、エスカレーターに入る時であった。

体感的にもエスカレーターに入るときの方が出るときより大きな違和感を感じる事が多いが、そのことがこのデータからも裏付けられたと考える。

## 5. まとめ

停止したエスカレーターはその停止状態によりさまざまな形があり、状況にあわせた歩行をしなければならない。また、その際、本来踏み出そうとする歩幅が特にエスカレーター入口において強制的に縮められるなど、正常な

歩行リズムが乱されることになり、それが違和感につながるものであると考えられる。なお運転時の昇降動作についてはあまり違和感を感じないが、これはエスカレーターが動いているために歩幅や時間を自ら調整でき、エスカレーター前後の床部分を歩行する際の水平速度とエスカレーター歩行の水平速度成分とを同調させやすいこと、また、最初や最後の一、二歩目と途中部分の変動を少なくするような調整ができることに起因するものと思われる。

このような結果をどう評価するか、特に避難用として用いて問題がないかどうか等についての議論は今後の問題であるが、本成果はそのための一つの基礎資料になるものと考えている。

## 6. 謝辞

本研究は平成15年度に東京理科大学直井研究室で行った研究であり、その遂行にあたっては、東芝エレベーター株式会社、学部学生藤嶋隆氏、高橋康代氏、高田有子氏の協力を得た。ここに記して謝意を表明する。

### 【参考文献】

- 1) 昇降機検査資格者講習テキスト2001 財団法人日本建築設備昇降機センター
- 2) 日本人の人体計測データ 社団法人人間生活センター
- 3) 岸本文一, 矢島規雄, 直井英雄: 住宅に用いられる回り階段の割り方が昇降動作に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2003年, E-1分冊, p.809
- 4) 高橋康代, 岸本文一, 矢島規雄, 直井英雄: エスカレーターを昇降する人間の歩行動作特性解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2004年, E-1分冊, p.783

(2006年10月31日原稿受理, 2007年3月20日採用決定)

