

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

列車乗降時の足運びを探る

鉄道総研では列車とホームとの隙間で起こる踏み外しについて調べていますが、どのように踏み外すのか、どちらの足を踏み外すのかといった足運びについては、具体的な状況はこれまで把握されていませんでした。そこで、踏み外しの防止対策につなげるため、隙間をまたぐ際の足運び特性を明らかにする基礎実験を行いました。隙間幅、車両とホームの段差、カントを模擬した車体傾斜の組み合わせによるさまざまな隙間をまたぐ際の足運びを観察し、踏み外しに結びつくと思われる要因を整理したので紹介します。

はじめに

列車とホームとの隙間は安全な走行のために必要なものですが、曲線部などで隙間が大きい場合には、乗り降りの際に足を踏み外すケースがあり、ホームの安全を保つうえでひとつの懸念事項となっています。しかし、これまでのところ、踏み外しの実態はほとんど明らかになっていません。たとえば、発生しやすいのが乗車時なのか降車時なのか、たとえば、乗車時だったときにホーム側の足を踏み外すのか列車側の足を踏み外すのか、などといった基本的な情報がほとんどありません。これらがわかれば、対策を考えるうえで参考になるものと思われます。

人が隙間をまたぐとき

隙間ではなく、石などの障害物をまたいで避ける動作については、次のことがわかっています¹⁾。人は、障害物のかなり手前で、目で把握した位置や大きさを元に、障害物をまたぐ際の足運びを無意識に見積もります。このとき、障害物周りの余裕代を大きめに見積もるのですが、障害物に近づくとつれて適切な余裕代に修正されます。

隙間も同様に、目で把握した隙間の位置や大きさに基づいて足運びが見積もられ、隙間に近づいて視覚情報の精度が上がるにつれて修正されるものと推測できます。踏み外しは見積もりが不適切であったり、外乱によって足運びが妨げられたりして生じると考えられます。さらに、図1に示す隙間前後



斎藤 綾乃
Ayano Saito
人間科学研究部
人間工学研究室
主任研究員
[専門分野] 人間工学



菊地 史倫
Fumitoshi Kikuchi
人間科学研究部
人間工学研究室
副主任研究員
[専門分野] 社会心理、
感情心理



秋保 直弘
Naohiro Akiu
人間科学研究部
人間工学研究室
研究員
[専門分野] ヒューマン
インターフェース



山内 香奈
Kana Yamauchi
人間科学研究部
安全心理研究室
室長
[専門分野] 心理測定・
評価



遠藤 広晴
Hiroharu Endo
人間科学研究部
人間工学研究室
主任研究員
[専門分野] 人間工学



榎並 祥太
Shota Enami
人間科学研究部
人間工学研究室
研究員
[専門分野] 衝突安全

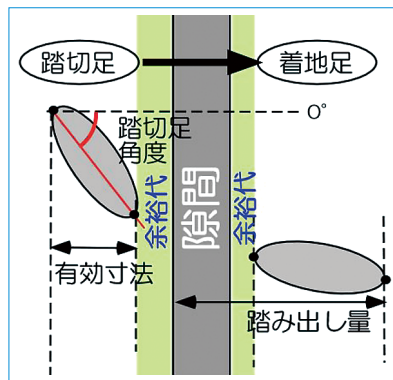


図1 踏切足と着地足(上から見た図)

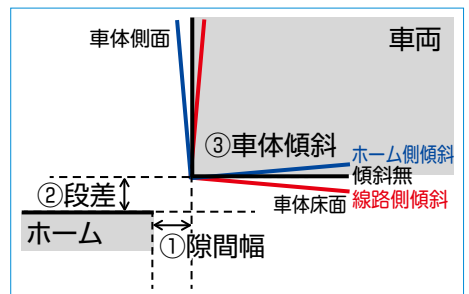


図2 隙間の実験条件(横から見た図)

表1 実験概要

<p>モックアップの例</p>	<p>実験1</p>	<p>実験3</p>
<p>概要</p>	<p>実験1：片開きドアからの降車。視線条件(よく見る・あまり見ない)を実施。隙間幅 50mm, 90mm, 130mm, 170mm, 210mm, 250mm。 実験2：両開きドアで乗車および降車。隙間幅 90mm, 130mm, 170mm, 210mm。 実験3：ホーム上を移動しての乗車。ドアへのアプローチ方向(縁端部移動, ブロック内側移動, 斜め45°, ドア正面)を実施。隙間幅 160mm, 200mm。</p>	

※実験1と実験3の隙間の深さは30mm程度とし、黒布で覆って深さがわからないようにしました。
 実験2では実際同様の深さとし、転落を防ぐための透明板を間に設置しました。

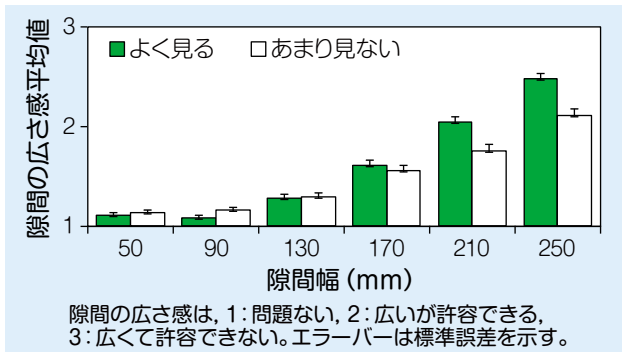


図3 視線条件別に見た広さ感 (実験1, 降車時)

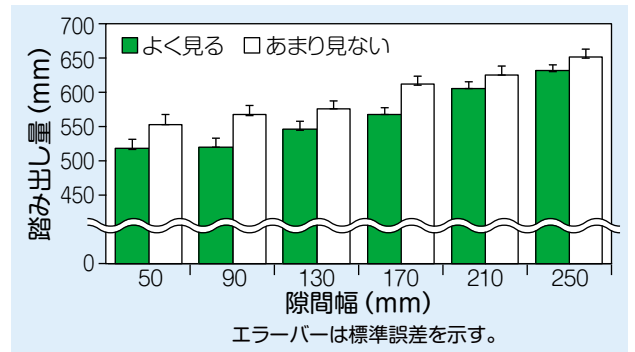


図4 視線条件別に見た踏み出し量 (実験1, 降車時)

の余裕代が小さいときに踏み外しやすくなると考えられます。

ここでは、基礎的な検討として、さまざまな隙間をまたぐ際の足運びを観察し、どのような場合に隙間前後の余裕代が小さくなるのか把握することとしました。隙間をよく見る・あまり見ないといった視覚の影響や、乗車時にドアに近づく方向の影響も検討しました。

実験のあらまし

図2に示す、①隙間幅、②段差、③車体傾斜(カントを模擬)、を組み合わせてさまざまな隙間を作って実験参加者にまたいでもらい、その際の足運びを観察する一連の実験を行いました。隙間幅などを簡単に変更したいこと、万一踏み外しても危険がないようにしたいことから、実物ではなく、車両の

乗降口とホームのモックアップを作成して用いました(表1)。片開きドアからの降車動作を対象として視線の影響(隙間をよく見るよう指示、もしくはできるだけ見ないよう指示)をみた実験1、両開きドアで降車動作と、ドアの脇から乗る場合の乗車動作を対象とした実験2、歩いてきて乗る動作を対象とし、ドアまでのアプローチ方向(縁端部移動、ブロック内側移動、斜め45°、ドア正面)の影響をみた実験3の三つを実施しました。

降車動作は、普段の非混雑時と同じようにドアの前に立ち、ドアが開きしだい降車して、警告ブロックよりもホーム内側まで歩くこととしました。乗車動作は、指定されたスタート位置から自由に乗り込むこととしました。

足運び指標として、図1に示す踏切

足(隙間の直前の足)、着地足(またいだ直後の足)の位置、踏切足角度や踏み出し量を計測しました。

実験1と2では、乗降動作ごとに、隙間の大きさ感の主観評価を行いました。

このほかに、実験1では、実験参加者が車内側から、徐々に広がるまたは狭くなる隙間を見て、隙間が「広い」もしくは「広くない」と感じたところで申告するという方法で、参加者ごとに「広く感じる隙間幅」も求めました。

隙間の広さ感と踏み出し量

「広く感じる隙間幅」の平均値は158mmでした。実験条件として設定した隙間幅のうち、170mm, 210mm, 250mmが「広い隙間」であったといえます。

隙間幅ごとの広さ感の結果を図3に

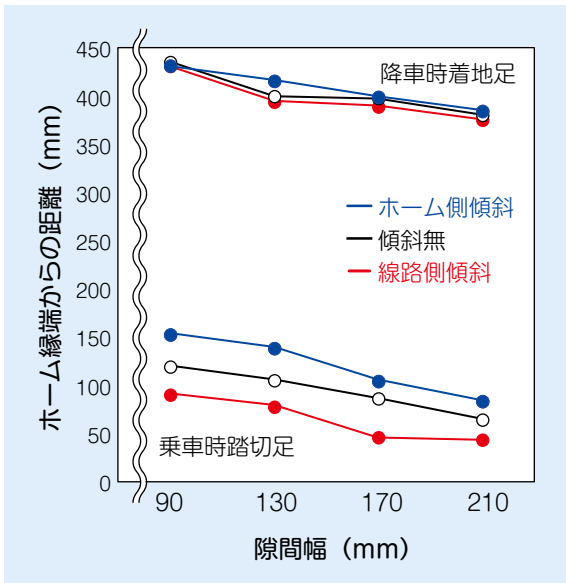


図5 ホーム上の足の爪先位置(実験2)

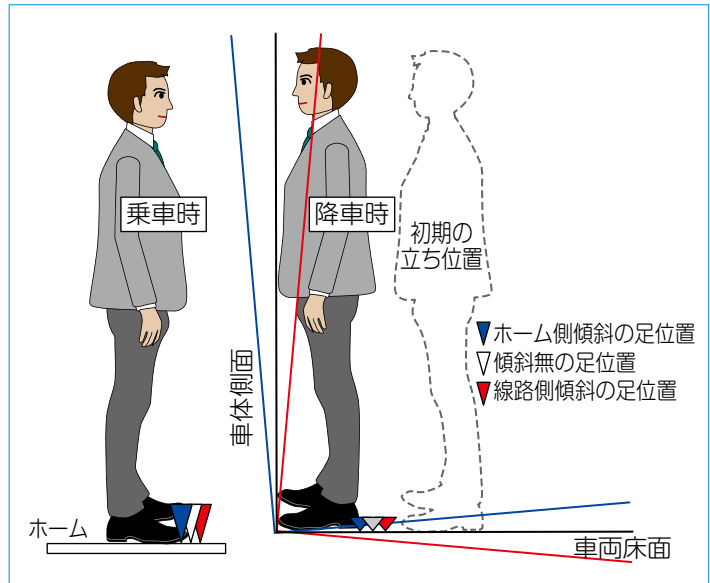


図6 傾斜別に見た踏切足の位置(実験1, 実験2)

示します(実験1, 降車時)。広さ感は隙間幅が大きいほど大きくなっていました。隙間幅が210mm以上では視線条件による差があり, あまり見ない場合に値が小さい, すなわち隙間の広さが過小評価されていました。あまり見ないと, 隙間が広いことをはっきり認識できないものと考えられます。

足の踏み出し量(実験1, 降車時)を図4に示します。隙間幅が大きいほど踏み出し量が大きくなっていました。このことは乗車時(実験2)についても確認されました²⁾。また, 踏出し量はあまり見ない場合で大きく, 視覚情報が少ない場合に余裕代が多めになることが確認されました。

踏み出し量の拡大の程度は, おおむね隙間幅の差の半分程度でした。たとえば隙間幅210mmは隙間幅90mmより120mm大きいですが, 踏み出し量の拡大は120mmではなく約60mmでした(実験2)。残りの約60mm分, 隙間前後の余裕代がなくなったことになります。では, 隙間の前後どちらの余裕代がなくなったのでしょうか?

踏切足, 着地足の位置

ホーム側の足の爪先位置を図5に示

します。降車時も乗車時も, 隙間幅が大きいほどホーム縁端からの距離が小さくなっていました。一方で, 図は省略しますが, 車内側の足の位置は, 隙間幅, 段差, 傾斜によらずほぼ一定でした²⁾。乗降どちらの場合においても, 隙間が大きい場合に踏み出し量の不足分がホーム側の余裕代を狭めたことがわかりました。

乗車時の踏切足の位置は, 車体傾斜の影響も受けました(図5, 図6)。車体が傾くと, 頭と車体壁面との距離と, 足元と車体壁面との距離の関係が変わります。壁面が人に近づくように傾く場合には, 立つ位置が壁面から遠ざかり(図6青▼), 壁面が人から離れるように傾く場合には, 立つ位置が壁面に近づきました(図6赤▼)。距離判断を目の高さで行い, 車両壁面との距離を一定に保とうとするように立つ位置を決めているようです。実験後に数名に, 車体傾斜に気づいたかどうかたずねたところ, 気づかなかったという答えが得られました。車体傾斜に対する足位

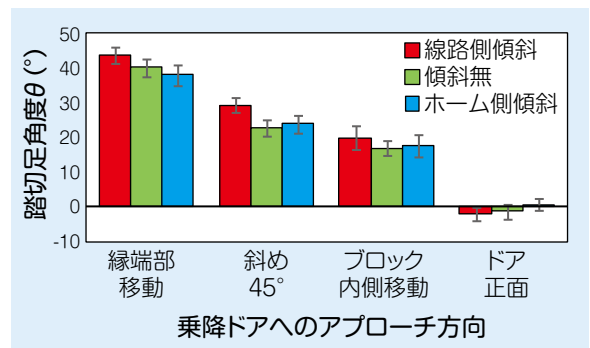


図7 踏切足角度(実験3)

置の移動は自覚されていないものと考えられます。

なお, 降車時においても, ドアが開く前の初期の立ち位置(図6の点線で示す人型)は, 車体傾斜の影響を受けました。しかしながら, ドアが開くと片足が車両縁端まで移動して, 踏切足は傾斜していないときと同じ位置となりました。

以上から, 乗降いずれにおいても, 隙間幅や車体傾斜の影響を受けて余裕代が狭まるのがホーム側であることがわかりました。踏み外す可能性が高いのはホーム側に着こうとした足ではないかと考えられます。

足の向き

乗車時の, 隙間に対する踏切足の角度を, 表1右図の白丸で示すアプロー

表2 踏み外しに結びつくと考えられる要因

			
①踏切足の行過ぎ(乗車時)	②歩幅不足(降車時)	③足が斜め	④外乱など

チ方向別に図7に示します(実験3)。ドア正面から乗車する場合、踏切足はドアに対してほぼ垂直ですが、列車に沿って移動してくる場合(縁端部移動)には40°程度斜めになっていました。方向転換が不十分なまま踏み切るためと考えられます。足が斜めになると、隙間に垂直にみた靴の寸法(図1の有効寸法)が小さくなります。たとえば靴の外寸が27cmであるとき、45°斜めになると有効寸法は19cmとなります。これは、小学校低学年の子供の靴に相当する大きさです³⁾。隙間に対して垂直に踏み切れば踏み外さない隙間でも、斜めに足を着くと踏み外す可能性が高まります。

踏み外しについて考えてみる

得られた足運びの特性を元に、踏み外しに結びつくと考えられる要因を表2に整理します。

①は、乗車時に車体位置の影響を受けて車体に近づきすぎ、ホーム側の余裕代が減少するものです。つま先がはみ出すケースが観察されましたが、さらに行きすぎると踏み外しとなります。車体でなく足元を、車両縁端だけでなくホーム縁端をしっかりと見ることが予防になると考えられます。

②は、隙間幅の大きさを正確に検知せず歩幅の拡大が不十分となるものです。車体が視界に入る乗車時より、下を向かないと隙間幅がわからない降車時に発生しやすいと考えられます。隙

間をしっかりと見ることが予防になると考えられます。

③は足が隙間に対して斜めになるもので、隙間に対して垂直な場合よりも小さな隙間で踏み外す可能性があります。列車に沿ってホーム縁端を移動して乗りこまない、足の向きに注意する、などが予防になると考えられます。

このほか、実験参加者に、実際の乗降時にヒヤッとした経験をあげてもらったところ、前の人の急停止や、後ろから押されること、段差につまずくことがあげられました。このような外乱などを④としました。

実験では踏み外しが生じなかったもので、実際に表2の理由で踏み外しが起こるかどうか確認する必要がありますが、隙間幅の影響がホーム側の余裕代に現れること、車体が線路側に傾いていると足がホーム縁端寄りになりがちであることなどの特性や、注視すべきポイントを具体的に示すことにより、足運びをより安全なものとするかもしれません。

たとえば、実験3参加者の66%が、またぐ際に足の向きを意識していませんでした。しかし、足が斜めになると有効寸法が小さくなることを説明すると、90%以上が説明に納得感をもち、「今後気をつけようと思う」に対して同意を示しました。

実際の乗降場面との違い

実験では一人ずつ乗降しましたが、

混雑時には、周囲の人で隙間が見えなかったり、足の置き場がなかったりします。実際の乗降時には、車内で空席を探したりホームで階段を目指したりするので、それらのものに視線が行くこともあります。実際の乗降場面は実験よりもさらに、隙間から注意・視線がそれやすく、外乱によって足運びが妨げられやすいものと考えられます。

おわりに

列車とホームの間の隙間を模擬したモックアップを作成し、隙間幅、段差、車体傾斜などを変えたさまざまな隙間をまたぐ際の足運びを計測しました。隙間幅が大きいときや車体が線路側に傾いている場合にホーム側の余裕代が小さくなることを明らかにし、これらの特性を元に、踏み外しに結びつくと考えられる要因を整理しました。これらの知見は、注意喚起の具体的な内容を考える際に参考になるものと考えています。RRR

文献

- 樋口貴広, 建内宏重: 姿勢と歩行 協調からひも解く, 三輪書店, pp.258-274, 2015
- 斎藤綾乃, 秋保直弘, 山内香奈, 遠藤広晴, 榎並祥太: 列車乗降時の踏外し要因の基礎研究, 鉄道総研報告, Vol.33, No.1, pp.35-40, 2019
- 日本皮革産業連合会: 足サイズ計測調査事業(4歳~18歳)報告書, 2013