

つり手の即座のつかみやすさ評価

中井 一馬* 小美濃 幸司* 白戸 宏明*

Evaluation of Easiness to Hold a Strap in an Instant

Kazuma NAKAI Koji OMINO Hiroaki SHIROTO

The purpose of this study is to obtain the knowledge about the easiness to hold a strap in an instant depending on the strap parameters (height, shape and direction). We conducted the experiment on easiness of holding a strap to 99 subjects by using a train simulator. The content of the experiment is such that the subject holds a strap as soon as the subject hears the beep sound. The height parameters are 1500mm, 1600mm, 1700mm and 1800mm above the floor; the shape parameters, circle and triangle; and the direction parameters, facing front and facing sideways. The facing front means that the subject can see the hole of the ring strap when he stands in front of the strap. As a result, it has been found out that the “circle shape” has a better performance than the “triangle shape”, and the “facing front direction” has a better performance than the “facing sideways direction”. It has been also found out that it is not easy to hold the strap of the “1800mm height” in an instant for any shape and direction, that it takes a longer time to hold the strap of the “1800mm height” than that of any other height (1500mm, 1600mm, 1700mm), and that it is easy to hold the “circle-facing front” strap of the height other than the “1800mm height”.

キーワード：人間工学，安全，車内設備，つり手，通勤列車，乗客，サバイバルファクター

1. はじめに

列車内の乗客は通常運行時、常に振動にさらされており、特に立っている乗客は振動のない場合と比較して姿勢が不安定な状態である。また、分岐器通過時や加減速時に大きな揺れが発生した場合、他の乗客や車内設備に接触し怪我を負う可能性もある。これらの対策として設置されている車内設備が、手すりやつり手（以下支持具と呼ぶ）である。特に通勤列車を考えた場合、これらの支持具は国内のほとんどの車両に設置されている。また、万が一事故を想定すると、地震、列車衝突、脱線、踏切事故などで、列車内に衝撃が発生した際にも、これらの支持具が有効な場面も存在すると考えられる。事故時において支持具につかまっていた乗客の被害が少なかったという報告もある¹⁾。以上のことから、支持具は通常運行の際には安心を、大きな揺れや衝撃が発生した際には安全を提供しているといえる。

車内の安全性を考えると、乗客は支持具を常に利用していることが望ましいが、いつもそのような状況であるとは限らない。いざという状況で即座に支持具を利用することにより自身の体が大きく動かないよう支えることが可能であれば、他の乗客や車内設備への接触を避ける、もしくは接触による衝撃を緩和させることができる

と考えられる。支持具の特徴として、つり手はつり手自身が動くことや、高さ・形状・向き等の条件の選択肢が多いことから、手すりと比較して検討の必要性が高い。また、手すりと比較して対応可能な身長範囲が狭いが数多く設置できることから、より多くの乗客が即座に利用することが可能である。

以上のことから、列車内の安全性向上のために、即座につかまりやすいつり手を選定したい。しかし、つり手に関する既存の研究として、「つかんでから」に焦点をあてているものが多く^{2)~4)}「つかむまで」に関するデータや知見は見当たらない。そこで、つり手の条件（つり手の高さ、形状及び取り付け向き）による即座のつかみやすさの違いを一般の被験者を用いて試験的に調査した。

2. 試験方法

鉄道総研所有の車内快適性シミュレータ⁵⁾内において、被験者は手を降ろしてつり手の正面に立ち待機し、ブザーの合図により、「急に大きく揺れたのでとっさにつかまる場合」をイメージしてもらい、素早く・しっかりとつり手をつかむという試験を行った（図1参照）。実際の通勤列車を模擬するために振動環境で待機させた。その後被験者に対してアンケートを行った。この際ブザーが鳴ってからつり手をつかむまでの時間も計測した。

* 人間科学研究部（人間工学）

特集：ヒューマンファクター

2.1 試験条件

(1) つり手設定条件

列車で広く用いられているつり手を選定して、つり手の高さ条件4水準、形状・向き条件それぞれ2水準(図2, 3参照)で設定した。高さ条件は床面からつり手最下点までの高さとして1500mm, 1600mm, 1700mm, 1800mm, 形状は丸と三角, 向きは正面と横とした。ここで正面とはつり手の前に立った際に指を通す穴が見える方向を示す。なお, 一般的な列車で用いられているつり手の高さは, 座席前では1600mm~1700mm, ドア前に設置されているつり手は1800mm, 一部の車両で優先座席前は1500mm台のつり手も存在する。また, つり手の形状と向きに関しては, 丸は正面向きで, 三角は横向きが一般的である。

試験の順序は, つり手の高さ毎に, 形状と向きの組み合わせ4条件(丸・正面, 三角・正面, 丸・横, 三角・横)をランダムに1回ずつ行った。形状と向きの組み合わせ4条件が終わると, 次の高さで4条件行すが, その高さについてもランダムな順序で実施し1人の被験者に対して合計16条件を行った。

(2) 振動条件

通勤列車が130km/hで直進しているやや大きめの揺れを想定した。その場合の加速度波形を鉄道総研の開発したラボックスで作成⁵⁾し, 車内快適性シミュレータで再現した。振動加速度のRMS値は, まくらぎ方向0.20m/s², 上下方向0.26m/s²であった。

2.2 評価項目

評価項目は5つとし, (1) から (4) まではアンケート項目である。

(1) つかまり状況

一回でつかまれたかという質問に対して「問題なくつかまれた」, 「問題があったがつかまれた(スムーズではない, つかみ直したい等)」, 「つかまれなかった」, 「届かない」の4つの選択肢から1つ選択する。

(2) 即座のつかまりやすさ

つかまりやすさを7段階(1:つかまりにくい~7:つかまりやすい)の中から1つ選択する。

(3) 即座につかまりやすい形状

丸と三角の形状の違いについて, 実際に使用してみてどちらが即座につかまりやすかったかを, 「丸」, 「三角」, 「違いはない」の選択肢から1つ選択する。

(4) 即座につかまりやすい向き

正面と横の向きの違いについて, 実際に使用してみてどちらが即座につかまりやすかったかを, 「正面」, 「横」, 「違いはない」の選択肢から1つ選択する。

(5) つかむ時間

つり手を吊下げている受け棒にセンサを取り付けるこ



(a) 手を下に降ろして振動環境で待機



(b) ブザーの合図によりつり手をつかむ

図1 試験風景

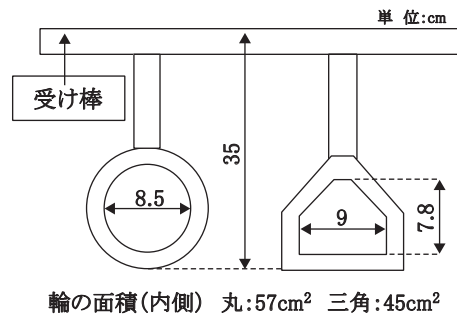


図2 つり手形状



(a) 丸・正面 (b) 三角・正面 (c) 丸・横 (d) 三角・横

図3 つり手の形状と向き

とにより, ブザーの合図からつり手をつかむまでの時間を計測した。

2.3 被験者属性

被験者は普段鉄道を利用している一般利用者から募集した。被験者数は99人(男性48人, 女性51人), 平均年齢は43.1歳(標準偏差11.0), 平均身長は164.7cm(男

性 171.6cm, 女性 158.2cm), 履物を履いた状態では 167.4cm(男性 173.9cm, 女性 161.2cm)であった。

3. つかみやすさの評価結果

3.1 つかまり状況

「つかまり状況」の結果を図4に示す。試験全体を通して「届かない」という回答はなかった。つかまり状況につり手の高さの影響があり1800mmの条件は他の条件に比べて問題なくつかまれた割合が小さい。ここで、即座のつかまりやすさとして、回答「問題があったがつかまれた」と「つかまれなかった」の割合が大きいと悪い条件であると考え、これらの回答を合わせた割合を高さ毎に求めた。この割合が最も少ない条件の組み合わせは高さ1600mmの丸・正面のときで9%であり、最も多い組み合わせは高さ1800mmの三角・正面のときで42%であった。形状と向きの組み合わせ4条件の間にこの割合の差があるかについて高さ毎にコクランのQ検定を行ったところ、高さが1800mmを除いた残りの3つの高さにおいて有意水準5%で条件間に差がみられた。さらにその3つの高さ毎にマクネマーの検定を行ったところ、4水準間には表1のような優劣関係がみられた。以上から次のことがわかった。

- ・ 高さ1500mm, 1600mm, 1700mmでは概ね三角よりも丸の方がよい。特に丸の正面向きがよい。
- ・ 高さ1800mmでは他の高さとは比べ、形状と向きに関係なく即座にはつかめないことが多い。

3.2 即座のつかまりやすさ

得られた7段階の個別評価を図5に示す。これらに対して高さ、形状、向きについて分散分析を行ったところ、高さ、形状の主効果および形状・向きの交互作用については有意水準5%で効果がみられた。高さ1500mm, 1600mm, 1700mm, 1800mmでそれぞれ平均5.1, 5.5, 5.1, 4.0であり、特に1600mmがつかまりやすく(他のすべての高さとは有意水準5%で差があり)、1800mmがつかまりにくい(他のすべての高さとは有意水準5%で差がある)結果となった。以上のことから、高さ1600mmは即座につかまりやすく、1800mmは即座にはつかみにくいということがわかった。

3.3 即座につかまりやすい形状

評価結果を図6に示す。どの高さにおいても丸が三角よりも良い結果となっている。高さ毎に丸と三角の選択割合を比較し、その差についてカイ2乗検定を行ったところ、すべてにおいて有意水準5%で差がみられた。以上から、丸の方が三角よりも即座につかまりやすいということがわかった。

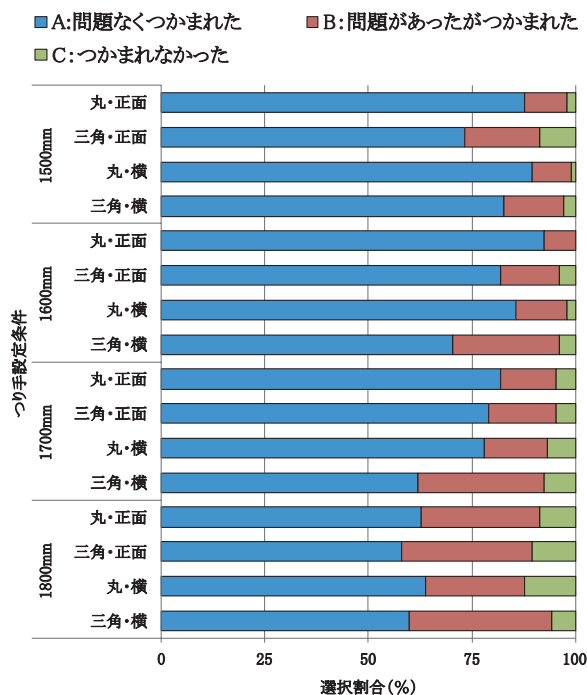


図4 つり手設定条件毎のつかまり状況の割合

表1 形状と向きの組み合わせの優劣の検定結果 (つかまり状況)

高さ (mm)	形状と向きの組み合わせの優劣
1500	丸・正面 (12) ≧ 三角・正面 (27), 丸・横 (10) ≧ 三角・正面 (27)
1600	丸・正面 (8) ≧ 三角・横 (30), 丸・横 (14) ≧ 三角・横 (30)
1700	丸・正面 (18) ≧ 三角・横 (38), 丸・横 (21) ≧ 三角・横 (38) 三角・正面 (22) ≧ 三角・横 (38)
1800	優劣は認められない

※ ≧ は有意水準5%で左側の条件が優位であることを表す。カッコ内の数字は回答がBまたはCであった割合(%)

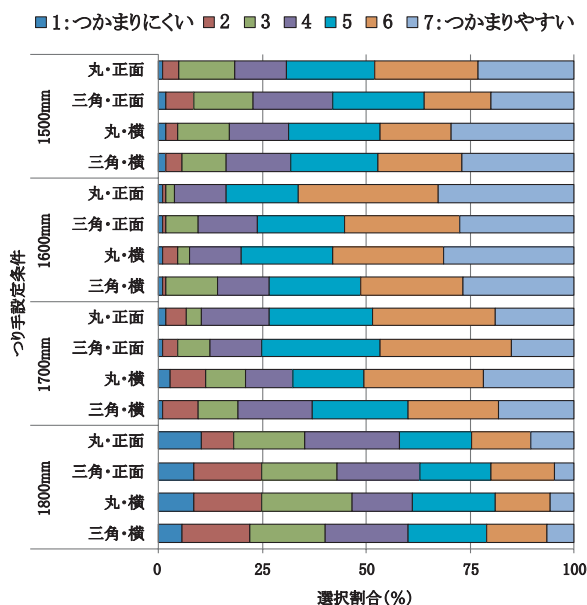


図5 つり手設定条件毎の個別評価の選択割合

特集：ヒューマンファクター

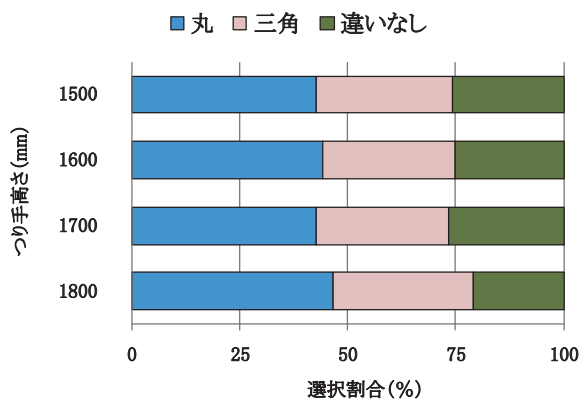


図6 つり手高さ毎のつかまりやすい形状の評価

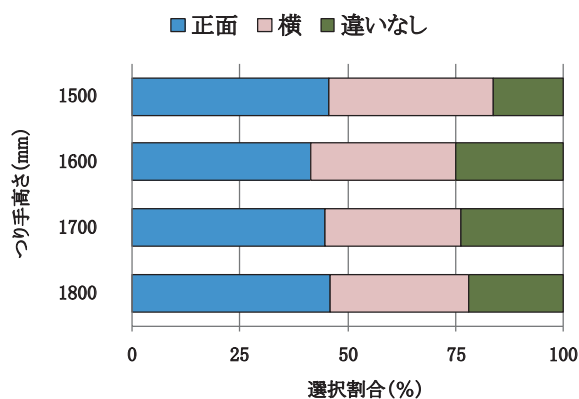


図7 つり手高さ毎のつかまりやすい向きの評価

3.4 即座につかまりやすい向き

結果を図7に示す。どの高さにおいても正面向きが横向きよりも良い結果となっている。高さ毎に正面向きと横の選択割合を比較し、その差があるかについてカイ2乗検定を行ったところ、高さ1700mmと1800mmについては有意水準5%で、高さ1500mmと1600mmについては有意水準10%で差がみられた。以上から、正面向きの方が横向きよりも即座につかまりやすい傾向がみられることがわかった。

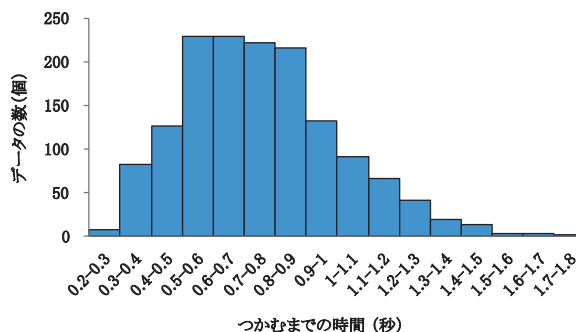
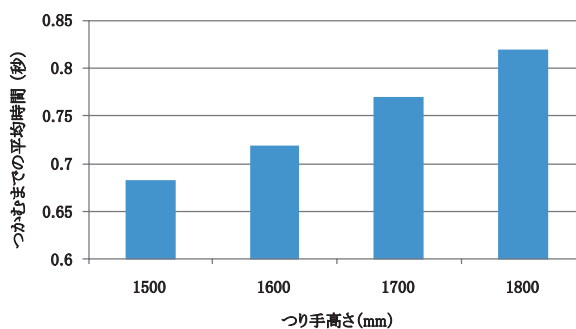


図8 つり手をつかむまでの時間のヒストグラム

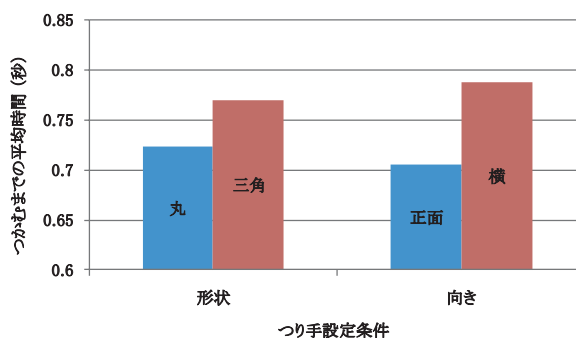
3.5 つかむ時間

つり手をつかむまでの時間を0.2秒から0.1秒間隔で1.8秒までみたヒストグラムを図8に示す。最も早くつかんだ場合は0.2秒で、最も遅くつかんだ場合は1.79秒であった。また、1.1秒で約90%以上の人がかまれるということがわかった。図9につり手設定条件毎のつり手をつかむまでの平均時間を比較したものを示す。図9を見ると、つり手が高くなるほどつかむまでの時間がかかり、向きは正面の方が早くつかめて、形状は丸の方が早くつかめるという傾向を表している。次につり手の3要因(高さ、形状、向き)に対して3元配置分散分析を行うと高さ・形状・向きに関してそれぞれ有意水準0.1%で主効果がみられた。また、交互作用はみられなかった。さらに高さ条件に対して多重比較を行ったところ、1500mm-1600mm, 1500mm-1700mm, 1500mm-1800mm間と、1600mm-1700mm, 1600mm-1800mm間と、1700mm-1800mm間の全てに有意水準5%で差がみられた。以上のことから次のことがわかった。

- ・ 高さ毎にみると1500mm, 1600mm, 1700mm, 1800mmの順につかむまでの時間が早い。
- ・ 形状毎にみると丸の方がつかむまでの時間が早い。
- ・ 向き毎にみると正面の方がつかむまでの時間が早い。



(a) 高さ毎のつかむまでの平均時間



(b) 形状と向き毎のつかむまでの平均時間

図9 つり手設定条件毎のつかむまでの平均時間

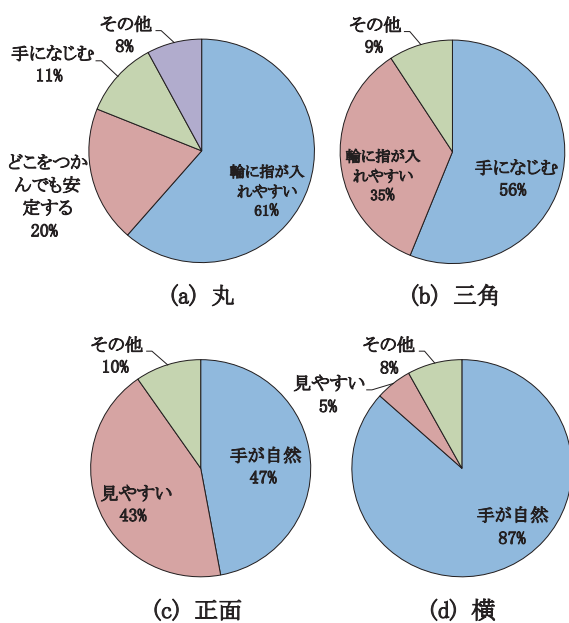


図 10 選択理由

4. 考察

3.3と3.4のアンケート評価を行った際の選択理由の記述を整理し図 10 に示す。

形状に関しては、丸を選択した理由として最も多い記述はつり手の輪に指が入れやすいという理由で 61%であった。これは、丸の方が三角より輪の面積が大きいことが原因の一つであると考えられる。三角を選択した理由として最も多い記述は手になじむということであった。これらの結果から丸を選択した人はつり手をつかむまでを評価しており、三角を選択した人はつかまってからしっかりつかまれたかを評価していると考えられる。また、丸を選択した二番目に多い理由として、形状的にどこをつかんでも安定するという三角を選択した人にはみられなかった記述がみられた。その他、三角については「つり手上部につかまるのでつかまりやすい」、丸と三角共に「普段の慣れ」という理由が数件ずつみられた。

向きに関しては、正面・横ともに、手が自然につかめるという意見が一番多かった。正面を選択した理由として二番目に多いのは、つり手の輪が見やすいという理由が挙げられており、これは横向きでは殆どみられなかった。これらを考えると、正面を選択した人は、つり手の輪を目で確認してからつかむという動作を重要視していることが分かる。その他、正面と横共に「つかむ際力を入れやすい」、「普段の慣れ」という理由が数件ずつみられた。

被験者に、普段のつり手のつかまり方と今回の試験におけるつかまり方を図 11 に示すつかまり方の中からあてはまるものを全て選択してもらった。それらの結果を図 12 と図 13 に示す。図 12 をみると普段のつかまり方に



3本指以下 4本指 握締め 親指が横 輪上部



ベルトの部分 中に通す 両手

図 11 つかまり方の選択肢

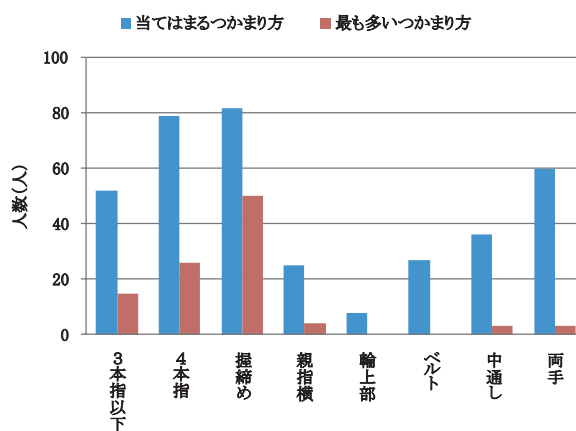


図 12 普段のつかまり方

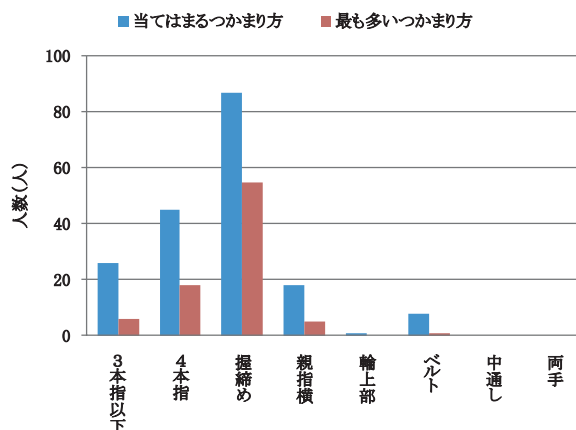


図 13 今回の試験でのつかまり方

関しては、握締めが 82 名、4 本指が 79 名、両手が 60 名で多かった。また、そのうち最も多いつかまり方を 1 つ選択させたところ、握りしめが 50 名、4 本指が 26 名、3 本指以下が 15 名という順番になった。次に図 13 をみると、今回の試験でのつかまり方は握りしめが 87 名、4 本指が 45 名、3 本指以下が 26 名、親指が横が 18 名、ベルトが 8 名、輪上部が 1 名であった。また、そのうち最も多いつかまり方を 1 つ選んでもらったところ、握りしめが 55 名、4 本指が 18 名、3 本指以下が 6 名、親指が横が

特集：ヒューマンファクター

5名、ベルトが1名であった。

普段しているつかみ方で、「中に通す」「両手」というつかみ方は今回の試験では見られなかった。即座にしっかりつかむためには、確実に5本の指でつかむという傾向がみられたことから、指を輪の中に入れやすいつり手が望ましいと考えられる。

5. 結論

一般の鉄道利用者99名を被験者として、つり手の高さ、形状および取り付けの向きによる即座のつかみやすさの違いを試験的に調査した。鉄道総研が所有する車内快適性シミュレータ内に試験用のつり手を設置し、被験者が揺れる車内でブザーを合図に即座につり手につかまった。そして被験者はアンケートに記載された以下の4項目「つかまり状況」「即座のつかまりやすさ」「即座につかまりやすい形状」「即座につかまりやすい向き」について評価を行うとともに、つかむまでの時間も計測した。この試験から以下のことがわかった。

- ・ 丸の方が三角よりも即座につかまりやすい。
- ・ 正面向きの方が横向きよりも即座につかまりやすい。
- ・ 高さ1800mmでは他の高さ比べ、形状と向きに関係なくつかみにくく、実際に即座にはつかめないことが多くなり、つかむまでの時間も長くなる。一方、高さ1500mm、1600mm、1700mmでは三角よりも丸の方がよく、特に丸の正面向きがよい。

6. おわりに

今回はつり手を「つかむまで」に焦点を当てた試験を実施した。一方、乗客がつり手を利用する際の「つかまってから」という観点も重要である。つり手をつかめたとしても力が入りにくいつり手では乗客自身の体を支えるという意味で効果的とは言えない。以上のことから、「つかむまで」と「つかまってから」の両方を考えてつり手を選定していく必要がある。

なお、本文に記載した研究は、国土交通省の補助金を受けて実施した。

文献

- 1) 航空・鉄道事故調査委員会：鉄道事故調査報告書（福知山線塚口駅～尼崎駅間列車脱線事故），pp.33-34, 2007
- 2) 斎藤綾乃ら：体格の多様性を考慮した通勤近郊列車用支持具の提案，Vol.20, No.3, pp.23-26, 2006
- 3) 斎藤綾乃：つり革・手すりの使いやすさ向上，R & M, Vol.17, No.7, pp.52-55, 2009
- 4) 平井ら：通勤近郊車両のユニバーサルデザイン化の研究－第4報「握りやすい支持具」の人間工学実験－，東急車輛技報，Vol.57, pp.22-31, 2007
- 5) 鈴木浩明ら：車内快適性シミュレータの開発と活用法，鉄道総研報告，Vol.18, No.2, pp.5-8, 2004