

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

運転台設計のための 運転士姿勢テンプレートを作る

運転台の寸法が、さまざまな体格の運転士で利用しやすいものであるかどうか、設計初期に図面上で簡単にチェックできれば便利です。そのためには運転姿勢や着座位置に関するデータが必要となります。そこで、実験によって平均的な運転姿勢や着座位置を明らかにし、それらを基に、誰でも簡単にコンピューター上で運転台の図面に重ねて寸法をチェックできる運転士姿勢テンプレートを試作しました。



齋藤 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

はじめに

日本人男性の体格向上や女性運転士の増加によって、運転台設計で考慮すべき体格の範囲は以前よりも広がりました。図1に運転経験年数別の運転士の身長分布を示します。経験年数が短い若い運転士の群ほど、身長の低い人や高い人の占める割合が大きくなっています。より多くの運転士にとって運転しやすい運転台を設計するためには、約30cmの身長差を考慮する必要があります。

私たちの研究グループでは、2008年に現役運転士を対象に、運転室に関する満足度調査を実施しました¹⁾。座席や機器配置などの50項目の満足度のうち、運転しやすさに対する影響がもっとも大きかったのは、「座席の調節範囲の充分さ」や「安定した楽な姿勢がとれる」など、運転姿勢に関する要因でした。この結果

は、適切な姿勢をとれる運転台が運転しやすい運転台であることを示唆しています。

多様な体格の運転士で適切な姿勢がとれるかどうか、設計初期に図面上で簡単にチェックできれば便利です。そのチェックを設計者や担当者が簡単に行うためのツールとして、運転士姿勢テンプレートを試作しました。

テンプレートとコンピューターマネキン

「テンプレート」とは、型紙や鋳型（いがた）という意味で、決まった形をなぞるための定規を示します。しかし、近年ではコンピューターで作成す

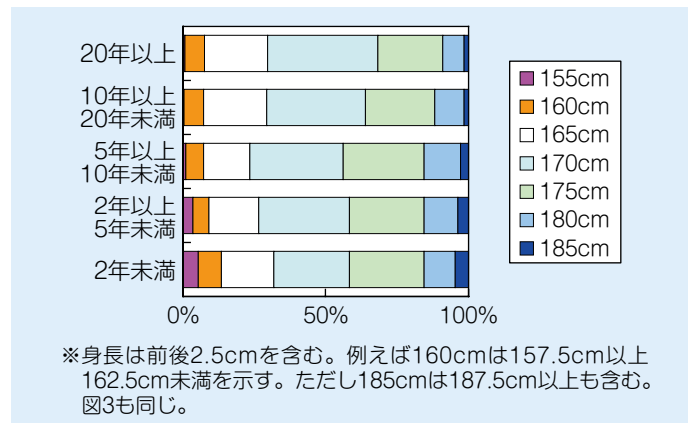


図1 経験年数別に見た身長分布

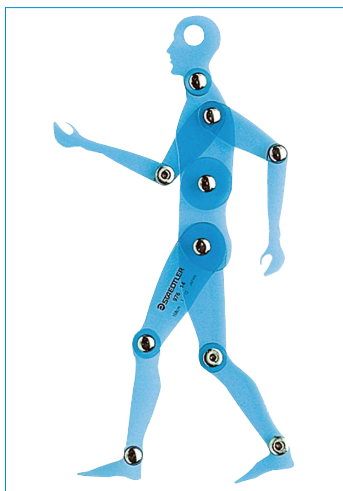


図2 人体のテンプレートの例 (ステッドラー社製 人型定規)

るファイルのひな型という意味が主になっています。図2は従来型の人体のテンプレートの例です。板状の人体のパーツが関節でつながっていて、設計者が任意の姿勢をとらせて図面上に重ね、寸法などを確認するものです。製図がCADで行われるようになるとともに、テンプレートもコンピュータ上のデータとなりました。さらに技術が進むと、コンピュータ上で3次元の人体モデルも扱われるようになりました。関節数が15個程度の簡素なものから、70個程度の高機能なものまで目的に応じてさまざまな種類があります。これらコンピュータグラフィックスで表現される人体モデルを総称してコンピューターマネキンと呼び、このうち2次元のものを人体テンプレートと呼びます²⁾。

3次元の高機能なマネキンには、寸法だけでなく、筋負担や視野などを評価できるものもあります。しかし、3次元マネキンを利用するためには、運転台側も3次元のCADデータが必要となり、誰でも簡単に使えるとは言えません。そこで、ここでは2次元の人体テンプレートを作成することとしました。

2次元であれ3次元であれ、コンピューターマネキンは人間そのものではないので、人間による評価を完全に置き換えるものではありません。設計

初期のおおまかな確認に用いるものであり、最終的な評価は人間で行う必要があります。ここでもそのような利用を想定しています。

運転士姿勢テンプレート

一般の人体テンプレートでは、設計者が運転姿勢を作り、着座位置を決めます。このとき、設計者がそれらについての情報を持っていないと、適切な姿勢や着座位置にならないという問題があります。また、関節が簡略化されているために、基本の姿勢では寸法が妥当であっても、姿勢を変えた場合に誤差が生じることがあります。例えば、座高(☞参照)や座位での眼の高さは決められた測定姿勢(☞参照)で計測しますが、自然な姿勢では測定姿勢よりも背中が丸まるため、頭頂や目の位置が少し低くなります。しかし、背骨が省略されたマネキンは背中丸まりを再現しないので、頭頂や目が実際よりも

☞ 座高

座位における、座面から頭頂までの鉛直距離です。

☞ 人体寸法の測定姿勢

座位では「背筋を緊張することなく伸ばし、肩の力を抜いて、上肢を自然に下垂し、両肘をほぼ直角に曲げる」姿勢が基本となります。(JISZ8500)

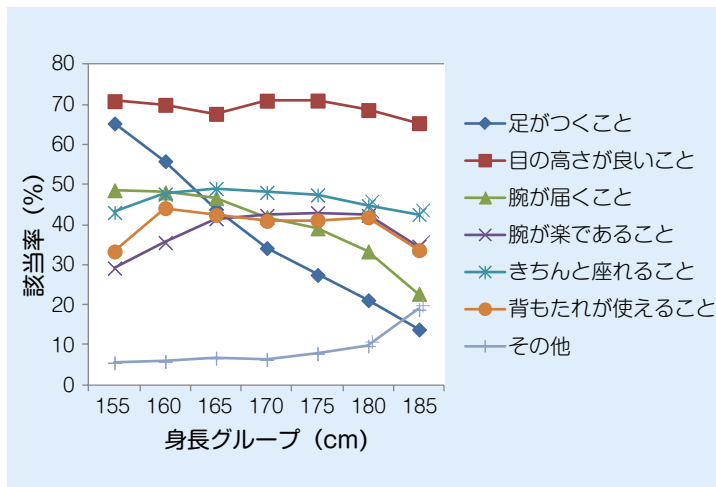


図3 運転士が座席調節時に重視することの該当率

高くなります。

もし、テンプレートの関節が運転姿勢に固定され、その姿勢における寸法が妥当であるように補正され、着座位置が示されていれば、設計者は悩むことなく、適切な運転姿勢や着座位置を再現できます。このように、ある姿勢に固定され、その姿勢で寸法が妥当になっている人体テンプレートを姿勢テンプレートと呼ぶことにします。運転士の姿勢テンプレートを作るためには、運転姿勢とその姿勢における身体寸法、そして着座位置を把握する必要があります。

運転姿勢の把握

ひとくちに運転姿勢といっても、レーシングカーとトラックでは異なるように、対象となる車両によって変わります。ここでは、通勤近郊列車で典型的な、ワンハンドルのマスコン(マスターコントローラー)が運転台上にあるタイプを対象とし、発車や停車などの特別な操作をしていない駅間の走行中を想定しました。

運転士が重視すること

まず、運転士が座席の高さや前後位置を調節する際に重視することを調べました。その結果を身長グループ別に図3に示します。どの身長グループでも「眼の高さが良いこと」を重視する

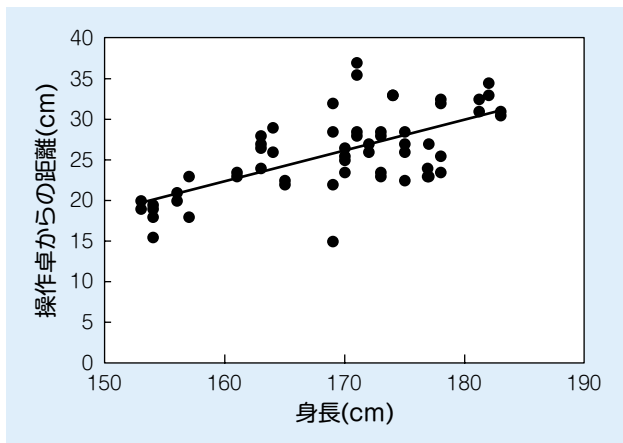


図4 運転士の目の位置¹⁾

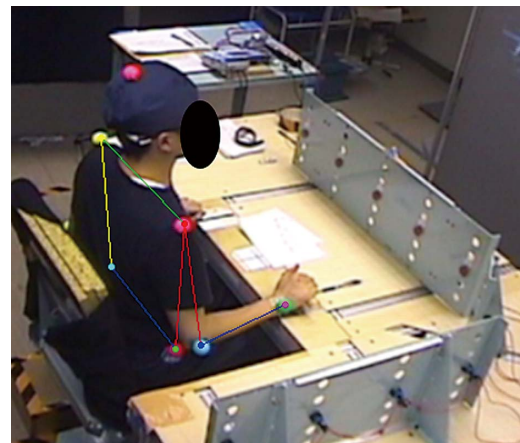


図5 模擬運転姿勢の計測風景

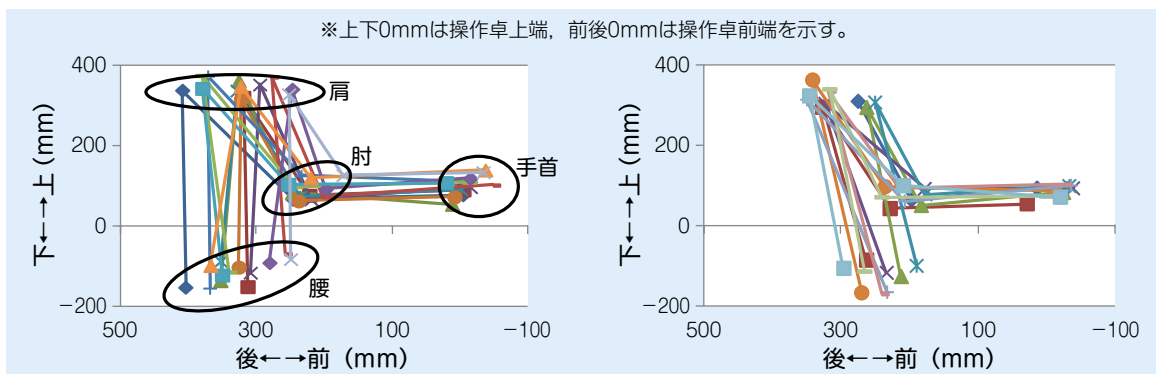


図6 各マーカの位置 (左：寄りかからない場合 右：寄りかかる場合)

割合が最も高く、信号や線路状況、車内の計器など、運転に必要な視覚情報を得やすい姿勢が望ましいと推察できます。その他、「きちんと座れること」「背もたれが使えること」「腕が楽であること」なども重視されています。身長が低くなるほど「足がつくこと」の割合が高くなっています。これは、身長が低い人では、目の高さにあわせて座面を上げると床に足がつかなくなることを反映していると考えられます。「その他」は身長が高い人で増加しています。主な内容は「膝がぶつからないこと」で、大柄な運転士では、膝がぶつかるため座席を前に移動できずマスコンが遠く猫背になる場合があります。

運転士の着座位置

次に、運転士が運転台からどの程度の距離に座っているかを計測しました。実際の運転台で計測することは難

しいので、実験用の簡易モックアップを用いて計測しました。運転士に、模擬マスコンハンドルを操作しやすい前後位置に座席を調整してもらった場合の目の位置を図4に示します¹⁾。横軸が身長で、縦軸が操作卓からの距離を示します。身長が低いほど操作卓に近く、身長が高いほど操作卓から離れることがわかります。これは、身長が低いほど腕が短く、操作卓に近づく必要があるからです。この模擬マスコンハンドルの場合、平均的な体格の男性では、操作卓から250mm程度の位置に眼があることが把握できました。

運転姿勢の3次元計測

図5に示すような簡易モックアップを用いて、模擬運転姿勢(前方監視と模擬マスコン操作を行う際の姿勢)を計測しました。日本人の身長分布をカバーするような鉄道関係者男女24名

に、模擬運転姿勢と、人体寸法の測定姿勢(座位)をとってもらい、肩、肘、手首、腰に添付したマーカを5台のカメラで撮影し、画像解析ソフトでそれらの3次元座標を算出しました。着座位置は、肘の高さが操作卓天板と同じになるようにして、模擬マスコンを操作しやすい前後位置に決められました。計測されていることを意識して不自然な姿勢とならないよう、別の作業(ボタンの押しやすさ評価作業)の合間に姿勢を計測しました。図6に結果を示します。1本の線が1名を示し、それぞれの点は右側の腰、肩、肘、手首を示します。計測の結果、姿勢は大きく分けて、座席に寄りかからない姿勢(運転姿勢中立タイプと呼ぶことにします)と寄りかかる姿勢(運転姿勢後傾タイプと呼ぶことにします)の2種類に分かれたので、それぞれについ

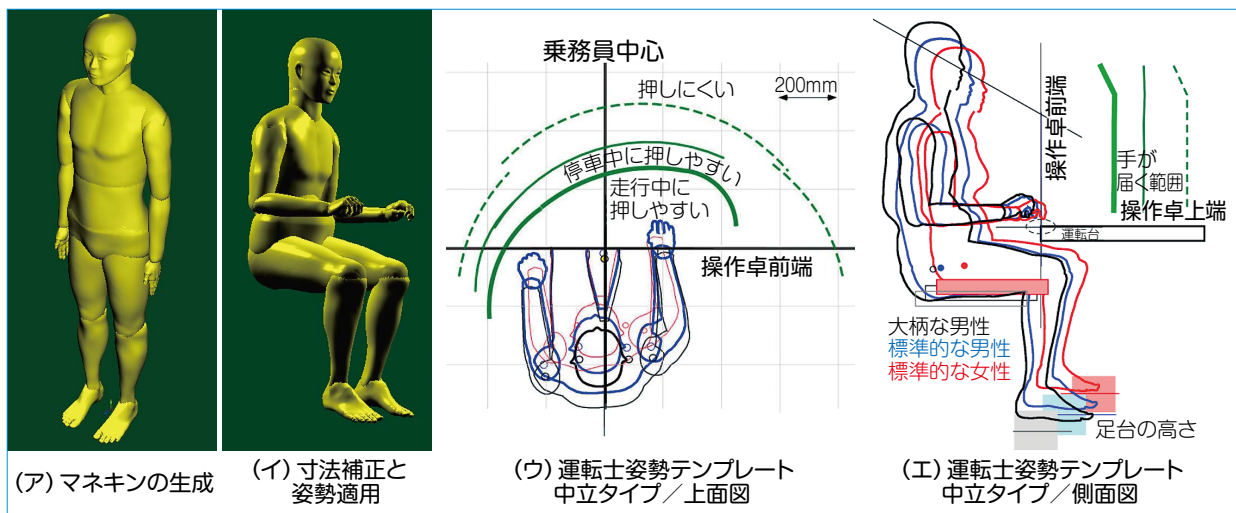


図7 テンプレートの試作過程

て、背すじ、上腕などの鉛直線となす角の平均値を算出しました。

また、人体寸法の測定姿勢（座位）と模擬運転姿勢それぞれについて肩の高さを計測し、背中が丸まることによる寸法の変化量を把握しました。その結果、模擬運転姿勢における肩の高さは、測定姿勢（座位）における高さの約95%となりました。同様のことを、運転士の眼で計測した結果でも、運転姿勢における眼の高さは測定姿勢（座位）における高さの約95%でした¹⁾。

姿勢テンプレートの試作と特徴

以上のデータを基に、運転中の姿勢を模擬した姿勢テンプレートを試作しました。まず、市販のコンピューターマネキン（Body Shape Browser, (株)アイヴィス製）で標準的な体格の男性マネキンを生成します（図7（ア））。背中の丸まりなどを反映する寸法補正を行い、実験で得られた模擬運転姿勢の平均関節角度を適用すると、図7（イ）のような模擬運転姿勢マネキン（3次元）となります。図は運転姿勢中立タイプの場合です。このマネキンの上面図、正面図、側面図を出力し、実験で得られた着座位置となるように、操作卓前端の位置を決めます。同様のことを代

表的な体型（ここでは、標準的な体格の女性、大柄な男性）について繰り返して重ねあわせ、さらに操作範囲³⁾や足がつく座面高さなどの付加情報を書き加えたものが姿勢テンプレートです（図7（ウ）、（エ））。

この運転士姿勢テンプレートは、操作卓前端と、乗務員中心（上面図）もしくは操作卓上端（側面図）が明記されているので、それらを手掛かりにして描画ソフトやプレゼンテーションソフトなどで運転台の図面に重ねることができます。そして、座席の調節範囲が充分であるかなどをチェックすることができます。標準的な体格の男性だけでなく、多様な体格を一覧して検討できることは、2次元ならではのメリットです。足がつく足台高さや操作範囲などの人間工学的な資料も併記されているので、他の資料にあたらなくてもすみます。

図7（ウ）、（エ）は、ワンハンドルマスコンの場合の運転姿勢の1例にすぎませんが、設計初期に誰でも使えるチェックツールを提案できたのではないかと考えています。

姿勢や着座位置には個人差があります。背もたれにもっと寄りかかる人もいれば、座席をもっと前にする人や後

ろにする人もいるはずですが、テンプレートは平均的な姿勢や着座位置を示すものであり、その周辺に様々な姿勢が分布していることを忘れないようにする必要があります。また、コンピューターマネキンを扱う場合に一般的に言えることですが、最終的には人による評価が必要となります。

おわりに

設計初期に図面上で、誰でも簡単に運転台の寸法をチェックできる運転士姿勢テンプレートを紹介しました。同様の手法で姿勢や付加情報を増やしていくことができます。人間工学の知見を誰でも簡単に利用できる設計資料となるよう、今後もデータを蓄積していきたいと思っています。RRR

文献

- 1) 齋藤綾乃, 鈴木綾子, 杉本守久: 体格差を考慮した通勤近郊車両の運転台寸法の提案, 鉄道総研報告, Vol.24, No.11, pp.23-98, 2010
- 2) ISO15536-1: Ergonomics--Computer manikins and body templates--Part 1: General requirements, 2005
- 3) 齋藤綾乃, 鈴木綾子: 運転台上の右手の操作範囲に関する基礎検討, 鉄道総研報告, Vol.27, No.3, pp.11-16, 2013