

運転台図面に重ねて使える運転姿勢テンプレート

人間科学研究部 人間工学研究室
主任研究員 斎藤綾乃

1. はじめに

女性乗務員の増加や男性の体格向上によって、運転室が対応すべき身長範囲は従来よりも広がっている。多様な体格の乗務員で適切な運転姿勢がとれるかどうかを、設計初期に図面上で簡便に確認できれば便利である。図面上で人体のスケール確認を行うためのツールとして図1に示すような人体の型紙(テンプレート)があるが、運転姿勢に関する情報は設計者が与えなくてはならない。また、関節が簡略化されていて、自然な作業姿勢で背中が丸まるような寸法変化を反映できない。これらの問題を解決するために、運転姿勢を簡単に再現でき、その姿勢で寸法が妥当な型紙(運転姿勢テンプレート)を試作したのでご紹介する。なお、コンピュータグラフィックスで表現する人体を総称してコンピュータマネキンと呼び、人体テンプレートはそのうち2次元のものを指す¹⁾。

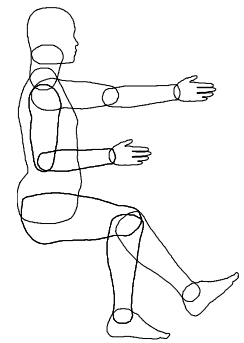


図1 人体テンプレートの例

2. 運転姿勢テンプレートの概要と利用法

試作した運転姿勢テンプレートを図2、図3に示す。従来との違いは、運転姿勢を考慮した関節角度や寸法になっており、実用性が向上している点である。テンプレートには操作卓前端と、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と、妥当な着座位置に運転士が配置される。また、操作範囲や足がつく足台高さの範囲などの情報も付加されているので、図面上でこれらの範囲に問題がないか確認できる。さらに、代表的な体格が併記されているので、これらを一望して検討することができる。

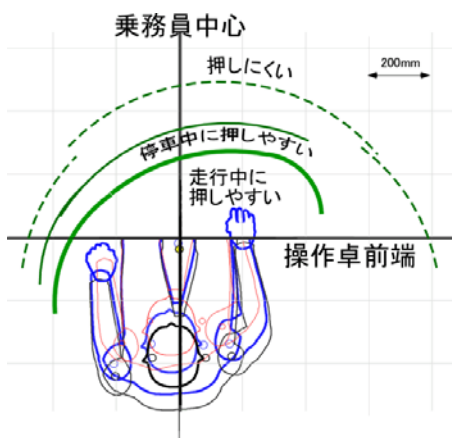


図2 運転姿勢テンプレート上面図

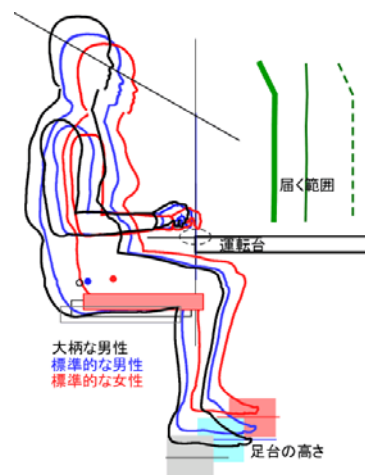


図3 運転姿勢テンプレート側面図

3. 運転姿勢と着座位置

このようなテンプレートを作るためには、運転姿勢と着座位置に関する情報が必要になる。なお、運転姿勢は対象となる車両によって異なるので、今回のテンプレートでは、ワンハンドルマスコン（マスターコントローラー）が運転台上に配置された通勤近郊列車で、発車や停車などの操作をしていない駅間の走行中の運転姿勢を想定した。

姿勢計測には広い空間が必要であり、実際の運転台での計測は困難である。そこで、ワンハンドルマスコンの可動範囲を再現する計測用模擬運転台を作り、運転台前方に透過型スクリーンを設置して運転台から見た風景の動画を提示することで、運転環境を模擬した。

計測用の姿勢は、「運転姿勢」と「測定姿勢座位」とした。運転姿勢は、前方映像を注視しながら、模擬マスコンハンドルを操作する自然な座位姿勢である。測定姿勢座位は、背筋を緊張することなく伸ばした座位姿勢であり、人体寸法計測時に用いられるものである。運転姿勢の計測については、計測を意識して不自然な姿勢になることを避けるため、異なる作業の間に自然に運転姿勢になる状況を組み入れて実施した。

操作卓天板の高さが各被験者の肘頭高になるように座面高さを調節し、マスコンの操作がしやすい位置に座面の前後位置を調節した。図4に示すように、3次元画像解析のための計測用マーカーを、肩、肘、手首、腰部に貼付し、5台のビデオカメラで撮影した。画像解析ソフトウェア Move-Tre（ライブラリ製）で各マーカーの位置、左目の位置、図5に示す角度を求めた。

被験者は鉄道関係者の男性17名、女性6名であり、身長範囲は1520～1830mmであった。

側面からみた「運転姿勢」を図6に示す。図中の連続した折れ線1組が1名の被験者の右腰、右肩、右肘、右手を示している。運転姿勢には、大きく分けて2種類の姿勢があった。1つは、上体が5°以上後傾している「後傾群（図6の右）」である。もう1つは、上体が比較的垂直である「中立群（図6の左）」である。

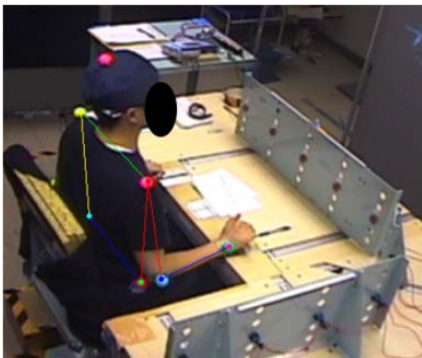


図4 模擬運転台と姿勢計測風景

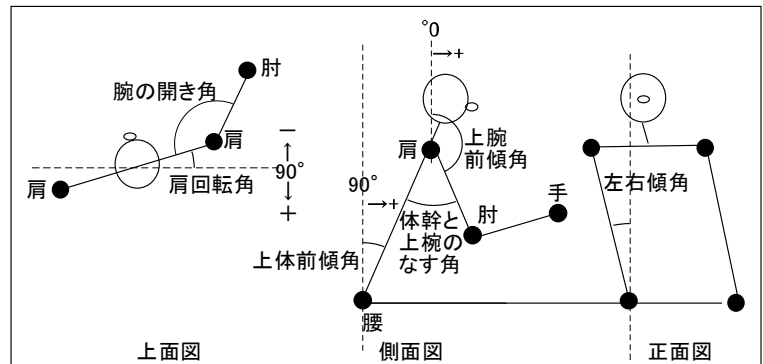


図5 計測した角度

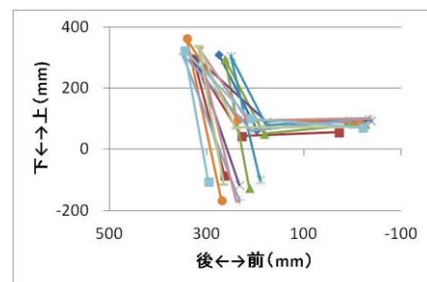
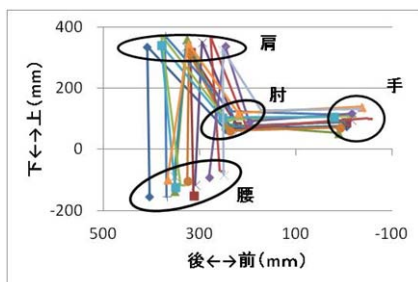


図6 姿勢の計測結果（左：中立群 右：後傾群）

これらの姿勢別に、図5の平均角度と肩の高さ（着座肩峰高）を算出した。平均角度を表1に示す。自然に背中が丸まることによる肩の高さの変化は、「測定姿勢座位」と比較して、「中立群」で94.5%、「後傾群」で94.1%であった。運転士を対象に実施した別の調査で計測した目の高さは、測定姿勢座位の95.1%であり²⁾、肩の高さと目の高さの変化は同程度であった。

表1の関節角度を用いて、3次元のコンピュータマネキン（Body Shape Designer、株式会社アイヴィス製）に「運転姿勢（中立群）」をとらせた。まず、標準的な男性として30歳代の身長50パーセンタイルである身長1700mmのマネキンを発生させ、「着座肩峰高」を「測定姿勢座位」の95%に補正し、関節角度が表1の「運転姿勢（中立群）」の値になるよう、マネキンの関節角度を調整した。得られたマネキンを図7に示す。この姿勢を「運転姿勢中立タイプ」と呼ぶこととする。「後傾群」について同様の手順を行うと、「運転姿勢後傾タイプ」マネキンが得られる。表1の関節角度は身長が大きい場合も小さい場合もほぼ同じであったので、初期マネキンの身長・性別を変更すれば、同様の手法で多様な体格の「運転姿勢」マネキンを作成できる。



図7 運転姿勢中立タイプマネキン

表1 関節角度平均値

姿勢	計測部位	運転姿勢	測定姿勢座位
中立群 (13名)	左右傾角	90.0 (1.9) °	90.0 (3.1) °
	上体前傾角(右)	90.9 (4.0) °	89.2 (3.2) °
	肩回転角	82.2 (2.5) °	82.8 (12.8) °
	上体前傾角(左)	84.7 (3.6) °	87.7 (3.1) °
	上腕前傾角	159.2 (3.3) °	—
後傾群 (10名)	左右傾角	89.4 (3.2) °	88.6 (2.9) °
	上体前傾角(右)	79.1 (3.3) °	86.6 (4.7) °
	肩回転角	82.6 (3.8) °	84.6 (4.9) °
	上体前傾角(左)	73.7 (3.5) °	84.6 (3.1) °
	上腕前傾角	153.3 (11.1) °	—

※カッコ内は標準偏差を示す

着座位置は、中立群のうち標準的な体格（身長1600mm以上1750mm未満）の被験者の平均位置とした。身長による着座位置の相対関係は、身長が低いほど操作卓に近づき、身長が高いほど操作卓から離れることがわかっている²⁾。これは、身長が低いほど腕が短く、マスコンに近づく必要があるからである。運転士を対象として別のモックアップで計測した目の位置²⁾と鉄道関係者（中立群）の目の位置を図8に示す。両者の分布はほぼ重なっている。身長によって目の前後位置が変わる程度は、運転士の回帰直線の傾きから計算した。

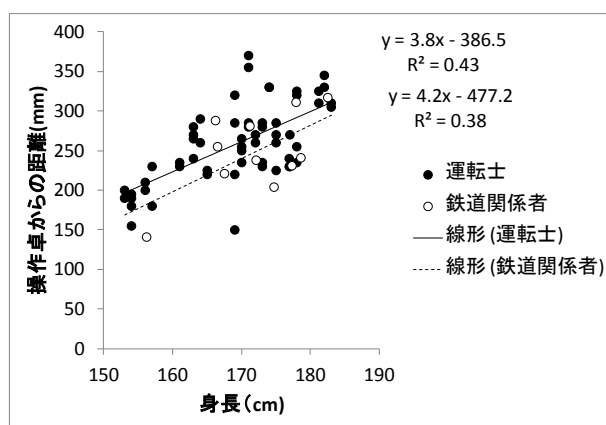


図8 身長と目の位置の関係

4. 運転姿勢テンプレートへの加工

3次元の「運転姿勢中立タイプ」マネキンから、側面図と上面図を描画した。標準的な体格の男性マネキンの他、標準的な体格の女性として身長1580mm、大柄な男性として身長1800mm

のマネキンも作成した。

操作卓の前端位置は、身長 1700mm のマネキンの目から 240mm とした。操作卓の高さは、実験と揃え、マネキンの肘頭の高さとした。図 8 の運転士の回帰直線の傾きから、標準女性マネキンは標準男性マネキンより 46mm 前方、大柄な男性マネキンは 38mm 後方とした。

別の実験によって明らかにした操作範囲³⁾ や足がつく足台の高さ範囲²⁾ の情報を付加した。この操作範囲は、日本人成人の身長範囲が考慮されたものである。

このテンプレートはプレゼンテーションソフトなどを使うことで図面に重ねることができる。

5. 使用の際の留意点

背中の丸まり具合、背もたれへの寄りかかり具合、座席の前後位置や高さ、首の前傾具合など、姿勢や着座位置には個人差がある。本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、周辺に様々な姿勢が分布していることに留意する必要がある。

実験では、ワンハンドルタイプのマスコンを想定し、最も操作がしやすい高さとして、操作卓高さが肘頭の高さになるようにした。条件が大きく異なる場合には、テンプレートの使用に工夫が必要となる。

6. まとめ

ワンハンドルマスコンの運転台を対象として、3次元姿勢計測によって明らかにした運転姿勢や着座位置に基づく運転姿勢の型紙（運転姿勢テンプレート）を試作した。プレゼンテーションソフト上で簡単に運転台の図面に重ねて、設計初期の寸法確認ができ、設計の手戻りをふせぐことができると考えられる。

同様の姿勢計測によってテンプレートの姿勢の種類を増やすことが可能であり、付加情報についても、必要な実験を行うことにより種類を増やすことが可能である。

文献

- 1) ISO15536-1:Ergonomics -- Computer manikins and body templates-- Part 1: General requirements,2005
- 2) 斎藤綾乃, 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
- 3) 斎藤綾乃, 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