

# 体格差を考慮した通勤近郊車両の運転台寸法の提案

斎藤 綾乃\* 鈴木 綾子\* 杉本 守久\*\*

## An Approach to Improving Fitness of Driver's Desks in Commuter Trains for Wider Range of Body Size

Ayano SAITO Ayako SUZUKI Morihisa SUGIMOTO

From questionnaires collected from drivers, it was apparent that there was a significant difference of satisfaction level of driving positions among different body sizes, and driver's eye height was conceivable to be most important in adjusting driving positions, in addition, there were some problems in driving positions for short or tall drivers. In order to adjust driver's desk to the wider range of body size, we proposed a design concept, which ensures the aforesaid eye height at the adequate distance to control levers in any body sizes. The concerned drivers evaluated example layouts based on the concept, thereafter; we verified its improvements of driving positions.

キーワード：人間工学，運転台，体格，寸法，通勤近郊車両

### 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広がっており、標準的な男性を対象として設計されてきた運転室で寸法上の問題が指摘されるようになってきている。運転台に関する規格<sup>1)</sup>には、体格の個人差を考慮することが求められているが、具体的方策については記載がない。広い体格範囲への適合は自動車や航空機でも課題となっているが、これらの分野では、ある程度時間をかけて座席やハンドル等を体格にあわせた位置に調節できる。一方、通勤近郊車両では、駅停車中の1~2分間程度で乗務員交代を行なわなくてはならず、調節箇所を多くすることは現実的でない。そこで、操作卓は固定、座面位置は調節可能、足台高さは調節可能な場合と固定の場合を考慮するという前提のもとに、広い体格範囲に適合する運転台寸法の算出法を検討した。

対象とする体格は、設計分野で一般的に用いられている女性5パーセンタイルから男性95パーセンタイルという目安に基づいて身長150cm~180cm<sup>2)</sup>とした。Xパーセンタイル値とは、小さい順に並べたときにXパーセント目に当たる数値を示す統計用語であり、ここでは、女性5パーセンタイルをF5、男性95パーセンタイルをM95のように表記する。30歳代男性の身長はM50は171.1cmであり<sup>2)</sup>、これを標準男性の身長とみなすこととした。なお、欧州の鉄道規格における身長範囲の参考値は160cm~190cmである<sup>3)</sup>。

\* 人間科学研究部（人間工学）

\*\* 西日本旅客鉄道株式会社

### 2. 運転室の満足度に関する実態把握調査

体格差に起因する問題を把握するために在来線の乗務員を対象として2008年11月にアンケート調査を実施した。運転士3851名の回答を得て、身長145cm~190cmの範囲のデータが得られた。身長を5cm刻みでグループ化して分析した。なお、身長が低いほど女性の割合が高いため、分析結果には性差の影響も混入している。

#### 2.1 質問項目

質問項目は、運転室に関する満足度を網羅的に把握する表1に示す50項目、および運転室の満足度、運転しやすさ、乗務員の属性（身長、肩幅、乗務歴）、車種とした。この質問項目は、女性3名を含む運転士9名（身長150cm~180cm）を対象としたヒアリング調査、既存検討を元に作成した。

#### 2.2 結果と考察

アンケート調査により得られた車種は、通勤近郊電車が77.4%、特急電車が9.9%、気動車が6.9%であった。満足度をたずねた50項目に対して因子分析を行なった。因子の固有値の減衰状況および因子の解釈可能性から8因子を採択し、斜交回転（プロマックス）を行なった。因子分析の結果を表1に、身長グループ別にみた各項目の満足度を図1に示す。

第1因子は「イスの調節範囲の充分さ」や「安定した楽な姿勢」などから成り、「運転姿勢」の満足度を表す因子と解釈した。身長による差が有意な項目が多く、比較

表1 因子分析の結果

項目	因子	因子負荷量	評価値	項目	因子	因子負荷量	評価値
*イス調節範囲の充分さ	運転姿勢	0.91	2.0	前後隣接列車の状況把握	状況把握性	0.76	2.1
*安定した楽な姿勢		0.78	2.3	自動操作の状態把握		0.76	2.6
*イス調節の操作性		0.73	2.1	*車両状態の把握		0.54	2.3
*足回り腕周りの余裕		0.62	2.4	モニターの見やすさ		0.53	2.5
マスコ腕が楽な位置		0.49	2.8	*太陽光やまぶしい反射		0.37	1.8
姿勢の変えやすさ		0.49	2.4	*情報がタイミングよい		0.36	2.7
*時刻表の指頭確認容易		0.37	2.4	*座位直前の見えやすさ		0.85	2.6
添乗時スペース充分さ	全体スペース	0.87	2.5	立位直前の見えやすさ	外界視認性	0.78	2.9
動くスペース充分さ		0.81	2.4	窓の外の見やすさ		0.48	2.9
立ち座りしやすさ		0.59	2.3	*眼の高さの適切さ		0.45	3.0
ぶつけやすい部分がない		0.51	2.1	停車中側窓からホーム		0.45	2.7
*立位での運転しやすさ		0.50	2.4	*地上からドア開けやすさ		0.97	2.4
運転室の騒音	誤操作耐性	0.41	2.4	*地上から出入りしやすさ	交代容易性	0.92	2.4
*同じ機能がまとまる		0.85	2.7	*内装・照明		0.58	2.6
警告やチェックが入る		0.60	2.6	交代時の確認情報量		0.43	2.8
押し間違いににくい		0.55	2.5	*鞆傘置き場		0.37	2.1
同形式内のばらつきがない		0.54	2.4	汚れなく気持ちよい環境		0.30	2.1
異常時の操作の流れ		0.52	2.7	集中しやすい環境		0.88	2.0
不要時に操作しそう		0.45	2.8	客室からの視線		0.84	1.8
*操作性や押し応え	操作性	0.68	2.8	客室からの音	集中容易性	0.43	2.2
*異常時機器の届きやすさ		0.67	2.7	無線の聞き取りやすさ			2.2
*通常機器の届きやすさ		0.59	2.6	空調・風向の調節			1.9
音量の適切さ		0.51	2.8	*日よけ・ワイパ可動範囲			2.0
*表示の見やすさ		0.49	2.6	マニュアルが参照容易			2.3
*まぎわらしい表示がない		0.34	2.7				
EB操作による負担		0.33	2.9				

※ 因子負荷量が小さく、多重負荷を示した「無線の聞き取りやすさ」、「空調・風向の調節」、「日よけ・ワイパ可動範囲」、「マニュアルが参照容易」を除いて分析した。因子間相関は0.27～0.75であった。評価値は、身長170cm群のものであり、評価の低い10項目に網掛けをした。

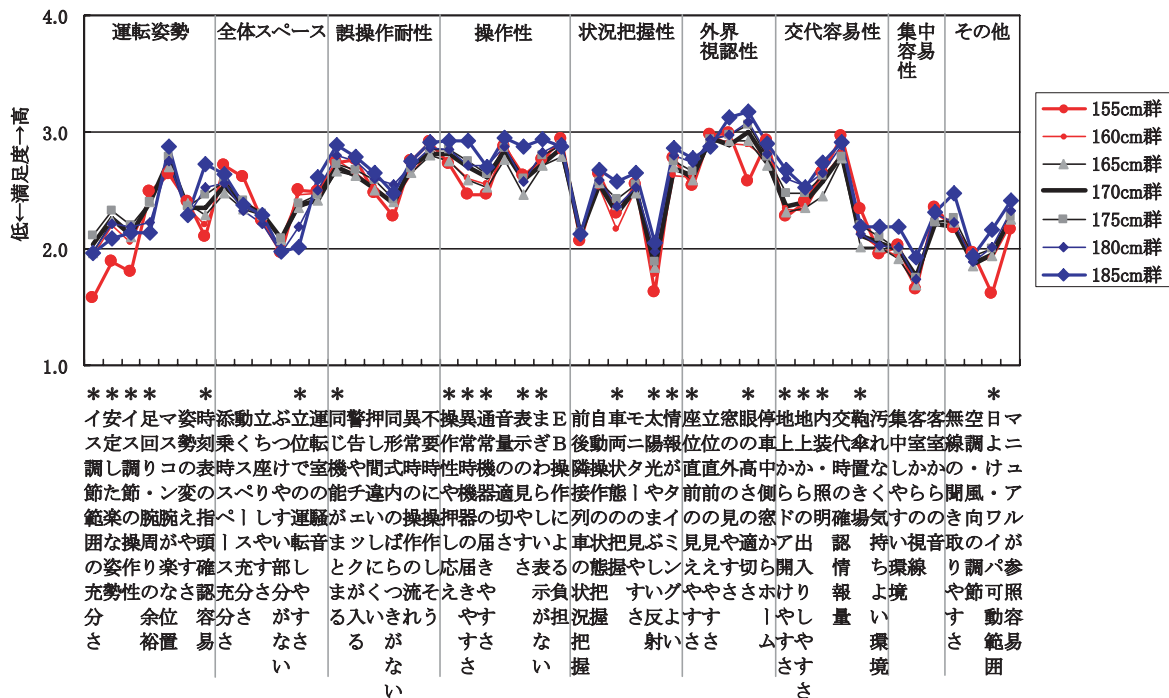


図1 身長グループ別に見た満足度

※図中\*印は、分散分析の結果、身長による差が有意である項目を示す (p<0.05)。

的満足度が低かった。特に、155cm群で低かった。

第2因子は運転室の空間的な広さや、立ち座りや立位という大きな姿勢変化に関する項目であり“全体スペース”を表すものと解釈した。「ぶつけやすい部分がないこと」や、身長185cm群における「立位での運転しやすさ」の満足度が低かった。第3因子は誤操作しにくさに関する項目であり、“誤操作耐性”と解釈した。身長による差が有意でない項目が多く、「同形式内のばらつき」をのぞくと満足度は比較的高いレベルにあった。第4因子は“操作性”と解釈した。身長による差の有意な項目が多かったものの、満足度は比較的高かった。第5因子は線区全体や車両状態を含む包括的な状況の把握しやすさに関するものであり“状況把握性”と解釈した。「太陽光やまぶしい反射」は2番目に満足度が低い項目であり、身長155cm群で特に低かった。「前後隣接列車の状況把握」も満足度が低かった。第6因子は車外の情報の得やすさに関する項目であり“外界視認性”と解釈した。「座位直前の見えやすさ」、「目の高さの適切さ」で身長による差が有意であったが、満足度は比較的高いレベルにあった。第7因子は“交代容易性”と解釈した。出入りしやすさについて身長による差が有意であった。第8因子は“集中容易性”と解釈した。身長による差は有意でなかった。

以上8因子が「運転室の満足度」や「運転しやすさ」に与える影響の程度を明らかにするために、これらを従属変数、各因子の因子得点を独立変数としてステップワイズ式重回帰分析を行なった結果、下式が得られた。「運転室の満足度」は居住性も含めた総合評価、「運転しやすさ」は作業に特化した評価と考えられるが、いずれも“運転姿勢”の係数ももっとも大きく、影響が大きいことが示された。“全体スペース”や“交代容易性”の影響も大きかった。

$$\text{運転室の満足度} = 0.45 \times \text{運転姿勢} + 0.43 \times \text{全体スペース} + 0.27 \times \text{集中容易性} + 0.17 \times \text{操作性} + 4.4$$

$$(r=0.70 \quad r^2=0.48) \quad (1)$$

$$\text{運転しやすさ} = 0.58 \times \text{運転姿勢} + 0.12 \times \text{操作性} + 0.05 \times \text{外界視認性} + 0.32 \times \text{交代容易性} + 0.12 \times \text{集中容易性} + 4.0 \quad (r=0.67 \quad r^2=0.45) \quad (2)$$

影響の大きい因子のうち、“運転姿勢”については、イスを調節し、自ら運転しやすい状態にすることができる。その際に最も重視する事柄の選択率を身長グループ別に図2に示す。身長に関わらず、「眼の高さ」の割合が最も高かった。図1の“外界視認性”関連項目の満足度が比較的高いことは、眼の高さを重視してイスが調節されているためと推察された。身長が低いほど「足がつくこと」、身長が高いほど「その他（足がぶつからないこと）」の割合が高かった。

ヒアリング結果もあわせ、体格差に起因する問題を整理すると、身長が低い人では、足がつく範囲内でしか座席を上げられないため、眼の高さが低くなり前方視認性の問題が生じる、マスコンに近づこうと座席の前端に腰掛けて不安定な姿勢となるといった問題があげられる。身長が高い人では、足がぶつかって操作卓に近づけずマスコンが遠い、立位時の視点が高いため計器が計器ヒサシの陰になって見にくいといった問題があげられる。座位については、足回りに制約を受けて、適切な姿勢がとれない状態と整理できる。

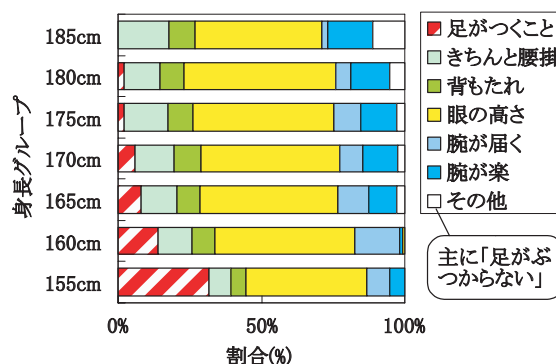


図2 運転士がイス調節時に最も重視すること

### 3. 改善コンセプトの作成

上記の問題を解消するため、図3に示すように、情報入力源である眼の高さと、常に操作するマスコンへの距離を優先し、小柄な人の眼（図3赤丸）を前下方、大柄な人の眼（図3白丸）を後上方とする改善コンセプトを作成した。眼の高さについては、設計の基準とする眼の位置を基準視点、そこから下方視角（ここでは15°とした）に沿って引いた線を基準視線とし、眼がこの線より上にある場合に「眼の高さが確保される」とみなすこととした。

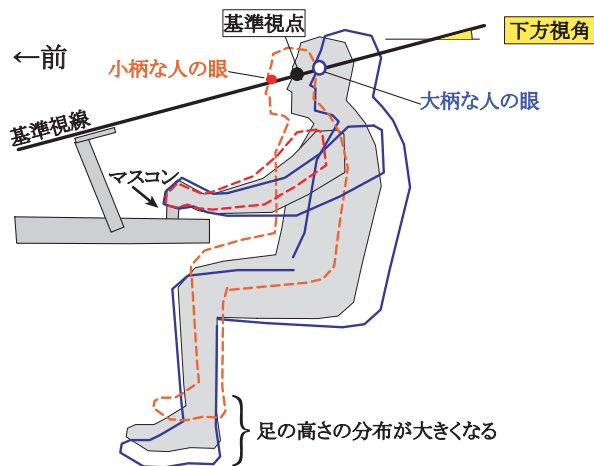


図3 改善コンセプト

特集：ヒューマンファクター

このコンセプトでは、足の高さの分布が大きくなるため、足台高さを2種類とすることも視野に入れた。

4. 改善案の効果確認試験

4.1 第1次案の評価

図4に示すような、足台高さ、座面高さ、座面前後位置、操作卓高さ等を変更可能な実験装置を作成し、一般被験者52名(靴を履いた身長144cm～188cm)で、表2に示す寸法改善案の評価を行なった。案①、案①bは従来の車両を模擬したもの、案②、案③は図3のコンセプトに基づくものであり、案②は足台高さを固定、案③は2種類から選択できるものとした。案①と案①bの違いは座面調節範囲であり、案①bは、イスだけを改良する簡便な対策を想定したものである。操作レバーは前後スライド式とし、その可動範囲を、左手用はマスコンを模擬したもの(操作卓前端を0mmとし、10mm～190mm)、右手用はブレーキを模擬したもの(同40mm～220mm)とした。

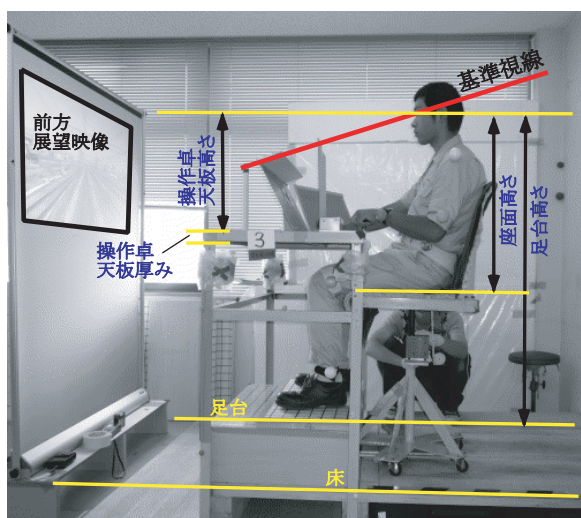


図4 実験装置

表2 従来および第1次改善案の運転台寸法

(単位: mm)

	寸法案			
	①	①b	②	③
操作卓天板高さ	495		520	
操作卓天板厚み	120		40	
床高さ	1425		1500	
足台高さ	1225		1210	1240と1160
座面高さ	780 ± 50	制限なし		
座面前後移動	40～160	制限なし		
操作レバー間隔	440		360	
計器ヒサシ長さ	190		100	

※ 高さは、基準視点を0, 下を正とする。案①のみ模擬ペダルを設置した。操作レバー間隔とは、左と右の操作レバーの間隔を示す。

靴を履いた身長160cm未満を身長L, 160cm～175cm未満を身長M, 175cm以上を身長Hとした。平均身長はそれぞれ156.2cm, 167.1cm, 182.2cmであり、靴高さを2.5cmとするとF25(154.8cm), M10(164.0cm), M95(180.1cm)<sup>2)</sup>に近い値であった。

運転姿勢は次のように統制した。まず、深く腰掛け、イスを、操作レバーが操作しやすい前後位置に調節した。次に、眼の高さが基準視線になるように座面高さを調節した。これが、眼の高さとマスコンへの距離を優先した着座位置となる。足がつかない場合には、眼の位置は動かさずにイスを後ろへ引いて浅く腰掛けることにより、膝が伸びて足がつくようにした。この姿勢を「半着座」と呼び、望ましくない状態と考えた。眼の高さの確保、主観評価、半着座の発生率を改善効果の指標とした。

案①では、身長Lの68.4%, Mの42.9%, Hの0.0%で、座面高さの不足のために眼の高さを確保できなかった。身長によらず約80%で前方向の座面調節が不足した。座面調節の制限がなく前に出ることができた案①bでは、身長Lの52.4%, Mの25.0%, Hの11.8%で、大腿が操作卓下面につかえて十分に座面をあげられなかった。

「適合性(身体にあっているか)」の主観評価平均値を図5に示す。寸法改善案と身長による2要因の分散分析の結果、寸法改善案の差が有意であり( $p < 0.05$ ), 身長の主効果および身長と寸法改善案の交互作用は有意でなかった。多重比較の結果、案①と案②・案③, 案①bと案③の差が有意であった。

半着座は身長Hでは発生しなかった。身長Mでは、案①で50.0%, 案②で42.9%, 案③で28.6%, 身長Lではそれぞれ94.7%, 95.2%, 81.0%発生した。案③でやや低いものの、身長Lの81.0%が半着座であり、改善が不十分であると考えられた。足台高さが選択できた案③において、身長H17名中9名が、身長L・Mの使用を想定した高い方の足台を選択した。

以上から、改善コンセプトに基づく案②と案③は、案①より体格適合性が向上したと言えるものの、足台高さが不十分であったと考えられた。案①は、座面調節範囲が足りず、操作卓下端が低いと考えられた。

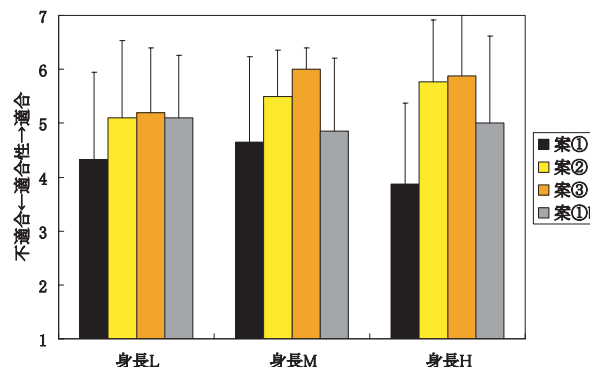


図5 適合性評価平均値

### 4.2 第2次案の評価

主に足台を高くした、表3に示す第2次案について、運転士30名（身長153cm～183cm）で確認試験を行なった。案③'では全員が眼の高さを確保でき、身長160cm以上で半着座が発生しなかった。適合性評価の平均値を図6に示す。案③'ではすべての身長グループで平均値が「4（どちらでもない）」以上となった。

表3 第2次案の運転台寸法

	寸法案		
	①'	②'	③'
操作卓天板厚み	120	60	
足台高さ	1220	1180	1200と1140
操作レバー間隔	440	400	

※ 高さは基準視点を0, 下を正とする。座面の相対位置, 計器ヒサシ長さは表2と同じ。いずれも, 操作卓天板高さは490, 床高さは1500。

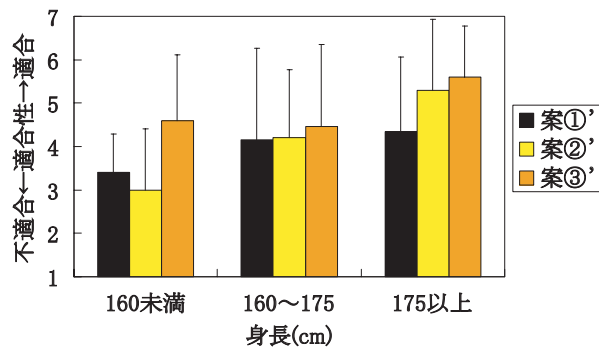


図6 適合性評価平均値

### 5. 運転姿勢に関するデータ取得

第2次案評価時における運転士の姿勢から、設計に必要な基礎データを取得した。

人体寸法の利用時には、計測姿勢と実際の姿勢の違いを考慮しなければならない。図7に、運転姿勢における座位眼高（図7（b））が、背筋を伸ばして計測する座位外角眼高（図7（a））の何%程度となるか、身長との関係で示す。平均値は95.1%であった。身長と負の相関（ $r = -0.51$ ）が見られることから、運転姿勢における座位眼高を平均値で推定すると、身長に応じた誤差が生じる。しかし、その誤差は体格差を強調する方向であることから、簡便化のため、運転姿勢の座位眼高（図7（b））は、座位外角眼高（図7（a））の95%とみなすこととした。M50の座位外角眼高は798mm<sup>2)</sup>であるので、運転姿勢における座位眼高は760mmと推定される。設計時に座位外角眼高が用いられている場合、眼の高さが実際より40mm程度大きく見積もられていることが示された。

体格に応じて眼の位置が前後するというコンセプトの妥当性を確認するため、身長と眼および座面前端の前後

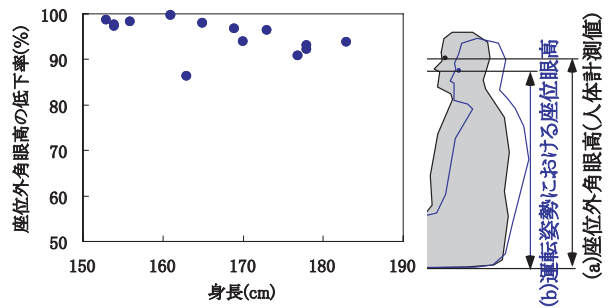


図7 身長と座位外角眼高の低下率の関係

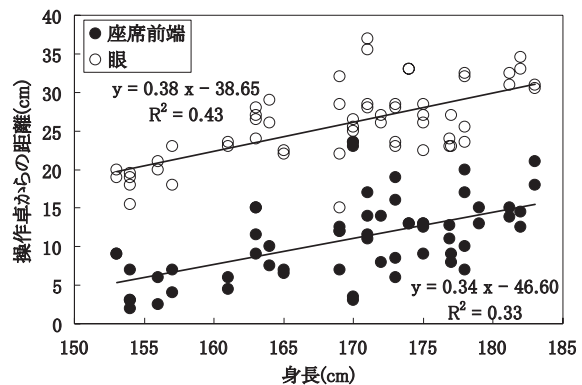


図8 身長と眼の前後位置の関係

位置の関係を、座席位置の制限がない場合について図8に示す。図は正の相関を示し、身長が小さいほど眼が前方であったことが確認された。回帰直線から眼の前後移動量を求めると、身長10cmにつき約3.8cmであった。ただし、この移動量は操作レバーの可動範囲の影響を受けるものと考えられる。座面前端の位置も、検討対象とする身長範囲（150cm～180cm）で約10cmの移動が生じた。

半着座率と、身長に対する座面高さ（（座面高さ－足台高さ）／身長）の関係を調べると、座面高さが身長27%以下では半着座の発生はなく、身長の28%で半着座率が7.7%、29%で50.0%、30%以上では90.0%以上であった。座面高さが身長28%程度まで足がつくことが示された。座面高さの下限については身長20%以上であれば低すぎるとされることはなかった。

この他、足台について、必要とされる奥行き（平均値は458mm（標準偏差100mm））、機器の制約によりやむを得ない場合に許容できる奥行きは平均350mm（同73mm）、必要な左右幅は平均723mm（同102mm）であった。

### 6. 体格差に配慮した運転台寸法の算出法

以上を基に、操作卓があるタイプの運転台を対象として、基準視点と下方視角が与えられた場合に、体格差に適合する寸法を算出する手順を下記および図9に示す。  
① 基準視点から下方視角の線を引いて基準視線とする。

特集：ヒューマンファクター

M50において適切な操作レバーの位置を仮決める。

- ② 基準視線より上となるように、広範な体格（図9ではF5, F50, M50, M95）の眼を配置する。身長が低いほど前方とする。マスコンの可動範囲が今回の実験条件に近い場合、M50の眼より、F5は約80mm、F50は約50mm前方、M95は約40mm後方とみなせる。
- ③ 各体格の眼の位置と運転姿勢における座位眼高（座位外角眼高<sup>3)</sup>の95%とする）から、座面高さの分布を推定する。
- ④ 操作卓下端の高さは、座面高さに大腿の厚み（M95で175mm、F95で約150mm<sup>2)</sup>）を加えたものより高くする。必要な場合、①の操作レバー位置を修正する。
- ⑤ 座面-足台間の距離が身長<sup>2)</sup>の28%まで足がつくという関係から、足がつく足台高さを体格ごとに算出し、問題のない足台高さを選定する。操作卓下端と足台の間にM95の膝から下が入る約600mm<sup>2)</sup>を確保する。
- ⑥ 姿勢変化に配慮する。例えば、足の前方や左右に空間を設ける、座面の調節範囲に余裕を持たせる、立ち座りに配慮する。
- ⑦ 広範な体格の運転士による確認や修正を行う。

計算例として、基準視点が床から1400mm、下方視角15°の場合のレイアウト案を図10に示す。計算上、足台が2段階で身長150cm～180cm、1段階で身長155cm～180cmに対応する。従来のものより、操作卓下端、座面調節範囲の上限、足台が高く、基準視点に近づいている。

広い体格範囲（F5～M95）を考慮にいれていることが本算出法の主な特徴であるが、標準男性（M50）についても、実態に即した低い座位眼高を用いている点が従来と異なっている。図7より、背筋を伸ばして計測した寸法を用いて設計している場合、設計時に想定したアイポイントと実際の眼の高さが乖離している可能性がある。

なお、実際の設計で用いられている基準視点と下方視角は、線区の特徴などを反映して多様であり、前者は床から1200～1750mm程度、後者は13～32°程度に分布している。

7. まとめと今後の課題

乗務員室に関するアンケート調査を実施し、①運転姿勢に関する満足度に体格差が大きいこと、②イス調節時に眼の高さがもっとも重視されていること、③体格によってはイス調節時に足回りの制約が生じていることが把握された。これらの課題を解決するものとして、眼の高さとマスコンまでの距離を優先するというコンセプトで改善案を作成し、従来より広い体格範囲に対応することを確認した。運転姿勢に関するデータもあわせ、体格差を

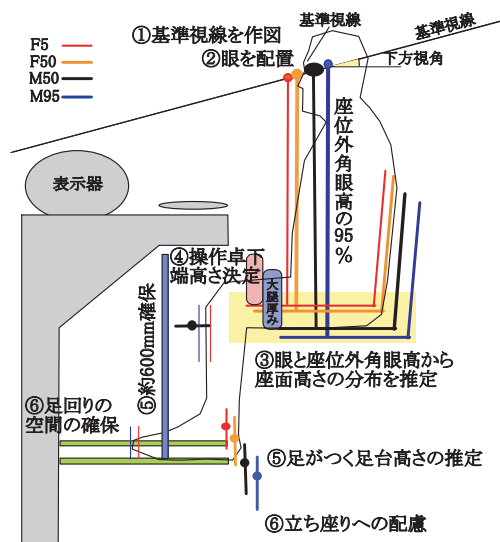


図9 算出手順の概略

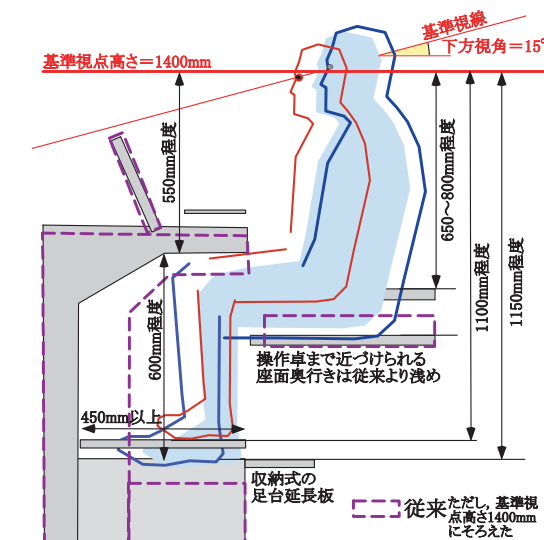


図10 広範な体格に適合する寸法の計算例

考慮に入れた運転台の寸法算出手順を作成した。ペダル位置や机上の機器の配置等が今後の課題と考えられた。

文献

- 1) 日本規格協会：JIS E6003：通勤電車運転室の設計通則，1985
- 2) 社団法人人間生活工学研究センター：日本人の人体寸法データブック 2004-2006，社団法人人間生活工学研究センター，2008
- 3) International Union of Railways：Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple-unit trains and driving trailers, UIC CODE 651,2002.