

論文・解説

31

日独米ドライバ着座位置調査による シート調節範囲設計方法の検証

Verification of Seating Accommodation Design Method with a Driver's Seating Position Survey in Japan, Germany and USA

竹之内 久美子*1

Kumiko Takenouchi

沖山 浩*4

Hiroshi Okiyama

堀上 正義*2

Masayoshi Horiue

田中 松広*5

Matsuhiko Tanaka

大坪 智範*3

Tomonori Ohtsubo

要約

ドライバが快適に楽しく運転できる状態をつくるため、人体の寸法や姿勢を考慮し、シートや運転操作機器を適切に設計する必要がある。マツダでは従来より、ドライバ着座位置について国際基準を参考に社内基準を構築し、商品開発に適用してきた。一方、自動車に求められる法規、装備、デザインなどの要求は年々多様化しており、従来からの設計方法が実際のドライバの使用実態に合っているか、定期的な検証が必要である。

従って今回、セダントイブ車両運転時の着座位置や姿勢について、世界の代表的 3 市場で計 46 名の調査を行った。その結果、着座の前後位置とトルソ角度の設計方法が実際のドライバの使用実態に合っていることを確認できた。一方、着座上下位置については従来基準とは異なる結果を得るとともに、着座前後位置とトルソ角度の地域差、また、より快適な運転席の設計のための改善視点を把握した。

Summary

To create comfortable and fun-to-drive conditions for drivers, comfortable seating positions and postures should be estimated to properly design the layout of seat, driving controls and others. So we have established our internal standard for driver seating position by referring to an international standard to apply to our product development. Since the requirements on automobiles for regulations, equipment and styling have been diversified, however, periodic verifications on the effectiveness of the conventional design method are necessary.

Accordingly, an investigation on seating positions and postures on sedan-type vehicles was conducted (Object: 46 drivers of three globally-major markets). The result showed that the fore/aft seating positions and torso angle were just as estimated. On the other hand, the up/down positions were different from the ones estimated by the conventional method. Further, regional difference about fore/aft position and torso angle were grasped as well as improvement points for more comfortable design of the driver's space.

1. はじめに

お客様に快適で Zoom-Zoom なドライビングを提供するためには、運転席の着座位置や着座姿勢が運転しやすいものとなるよう、シートや運転操作機器を設計

する必要がある。そのため、従来よりドライバ着座位置について、人体の寸法や姿勢を考慮した設計のための国際基準を参考に社内基準を構築し、商品開発に適用してきた。ドライバに最適な着座位置を提供する手

*1~5 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.

段としては、シートやステアリングホイールの調整範囲、ペダルやメータ、シフトレバーの配置、前方視界（上方/下方）の確保などがある。

一方、快適なダイナミック走行への欲求の高まりや、空力、衝突などから自動車に求められる性能要求の多様化、また、デザイン的訴求力の高度化などに応えるべく、車両の構造や形状も年々変化している。

このため、従来からの設計方法が、実際のドライバの使用実態に合っているか、運転姿勢や各操作機器についてドライバが十分満足しているかを検証するため、主要市場において数十名規模の調査を行った。なお、本稿の調査対象は、シートとステアリングホイールの位置、及び主観評価である。

2. 運転操作機器の設計方法

マツダにおける従来からのドライバ着座位置の設計方法は以下のとおりである。なお、ドライバ着座位置は、国際標準である米国自動車技術会（以下 SAE）が定めるヒップポイント（以下 H.P）で定義する⁽¹⁾。H.P は、人体の胴部と脚部の回転中心である。

最初に、ドライバの上下位置について、アクセルペダルを操作する足のかかとを置くフロアの高さ位置を基準に、まず代表体格の H.P 高さを決める。代表体格は SAE が定める大柄米人男性（身長 95%ile）とする。この際に H.P 高さは、商品企画の観点から、車両の性格などを考慮して決める。

次に、ドライバの上下位置について、小柄乗員の前方下方視界目標から、小柄乗員の H.P 高さを定める。小柄乗員は、大柄乗員に比べ座高が低いため、大柄乗員ほどに前方下方の路面が見えない。このため、大柄乗員の下方視界量にできるだけ近くなるよう、小柄乗員の H.P を、大柄乗員よりも高い位置に決める。この考えは自社独自のものであり、国際標準である SAE が定める H.P には上下位置の定義はない。なお、この上下位置の実現方法は、シートスライド角度を前上がり設計し、シートを前方にするほど着座位置が高くなるようにすること、及びシートリフタを設定し、シートを上方へ調節可能とすることである。

ドライバの前後位置については、SAE が定めるアクセルペダルの足の拇指球位置（以下 BOF）を基準に、快適な足首角と膝角の範囲、及び上述した H.P 上下位置、の全てを満足する位置を割り出して定める。その結果、人体寸法の大きい乗員は車両後方寄りに、小柄な乗員は車両前方寄りに着座させることになる。

一方、ドライバのトルソ角度については、市場母集団の分布が広いことが報告されているが⁽²⁾、市場母集団の平均値を想定した設計基準角度はフロアからの H.P 高さから定めている。つまり、着座姿勢における各関節の快適

な角度範囲は、H.P の高低によらず一定であるため、H.P が低い車両では、高い車両よりもドライバを後傾姿勢とし、その結果トルソ角度を大きくする。

以上により、ドライバ H.P の上下と前後位置、標準的なトルソ角度を定めることで、シートスライドの角度、シートスライド量とリフタ量、及び設計基準シートバック角度を定める（Fig. 1）。更に、その時点でドライバの肩の位置を推定することができるため、その肩位置から、快適な腋角と肘角の範囲を満足するように、ステアリングホイールの上下、前後の調整範囲、及びシフトレバー位置を定める。

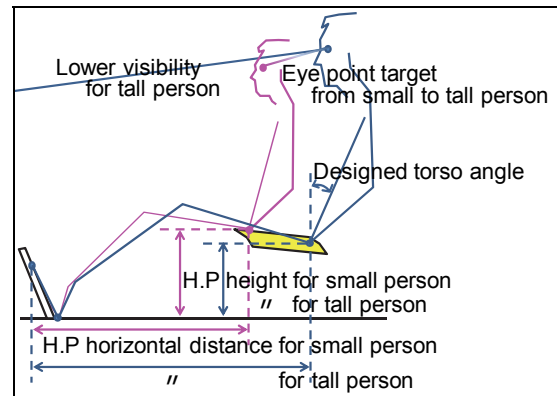


Fig. 1 Seating Accommodation Decision Method

3. 実験方法

3.1 実験参加者

実験参加者として、日常的に自動車を運転する男女 46 名（20～50 歳）を集めた。国別の内訳は、日本 16 名、ドイツ 15 名、米国 15 名である。実験実施に先立ち、データ収集の目的、内容などについて説明を行い、参加者全員のインフォームドコンセントを得た。参加者の体格情報を Table 1 に示す。表中、BMI とは体重 kg ÷ 身長 m² で算出される肥満度の指標である。世界保健機構は、BMI が 18.5 以上 25 未満を標準体型、30 以上を肥満体型と定義している。

Table 1 Participant

Country	n	Height (cm)		BMI (kg/m ²)	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.
JPN	16	172.3 ±	10.8	21.9 ±	3.4
DEU	15	175.7 ±	10.7	26.2 ±	4.2
USA	15	178.7 ±	9.9	25.0 ±	6.1

3.2 実験車両

実験車両は、3 개국ともにセダンタイプの同一車種である。日本は右ハンドル MT 車、ドイツは左ハンドル MT 車、米国は左ハンドル AT 車であり、また、日本とドイツのシート位置調節は手動式、米国は電動式であるが、調査対象操作機器の配置などは基本的に同一のものである。実験車両の詳細を Table 2 に示す。

Table 2 Test Vehicle

Country	Driver's seat	Transmission	Steering	
			Tilt	Telescopic
JPN	Right	MT	✓	✓
DEU	Left	MT	✓	✓
USA	Left	AT	✓	✓

Country	Seat				
	Type	Slide	Lift	Cushion tilt	Recliner
JPN	Manual	✓	✓	-	✓
DEU	Manual	✓	✓	-	✓
USA	Power	✓	✓	✓	✓

3.3 実験方法

各参加者に、実験車両で一般道を想定した試験路を交通法規に従って走行するよう指示を与えた。走行距離は日本 5km, ドイツ 5km, 米国 2km である。走行後にシートとステアリングホイールの調節位置を計測し、また、主観評価を取得した。計測箇所は、Table 2 の✓印をつけた 6 項目である (Fig. 2)。主観評価は、着座位置と運転操作機器についての満足度 5 段階評価と、不満があればその内容の記録である。

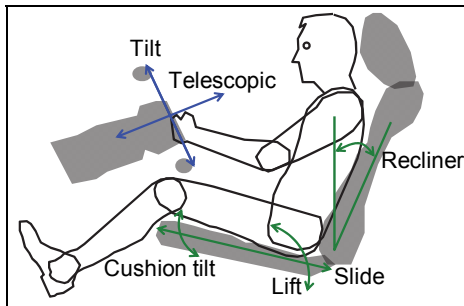


Fig. 2 Measurement Item

3.4 解析方法

実験参加者の H.P 位置は、シート調節位置から推定した。H.P 前後位置は、シートスライドにリフト操作による前方移動量を、H.P 上下位置は、シートリフトにスライド操作による上方移動量を、それぞれ加味して算出した。トルソ角度はシートバックリクライニング角度から推定した。

4. 結果

シートや運転操作機器の設計方法を検証するため、2つの検討を行った。1つは、着座位置について、設計方法に基づいた推定値と実験結果の比較である。もう1つは、不満評価の抽出・分析である。

各分析結果のグラフでは、実験参加者は日本を■、ドイツを▲、米国を●でそれぞれ示す。

4.1 着座位置

(1) H.P 前後位置

ドライバは体格が大きいほど後方寄りに着座する。

このため今回取得したデータを、身長を横軸に、H.P 前後位置 (BOF から H.P までの距離) を縦軸に取り、プロットしたところ、両者の間には有意に正の相関が確認できた ($r=0.83, p<0.01$) (Fig. 3)。なお、 r は相関係数、 p は有意確率をそれぞれ示す。

また比較のため、SAE 基準に沿って身長から求めた H.P 前後位置と、実験参加者の H.P 前後位置の差異を、国別に調べたところ (Fig. 4)、ドイツと米国が SAE 基準に一致した一方、日本は前寄り ($p<0.01$) であることが分かった。

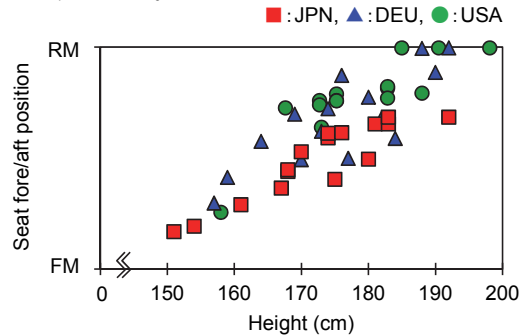


Fig. 3 Correlation between Participants' Height and Seat Fore/Aft Position

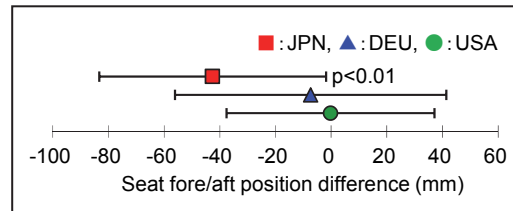


Fig. 4 Measured Seat Fore-Aft Position in Comparison with the Design Standard Among Countries

(2) H.P 上下位置

ドライバは体格が小さいほど上方寄りに着座するよう設計している。このため今回取得したデータを、身長を横軸に、H.P 上下位置 (フロアから H.P までの距離) を縦軸に取り、プロットしたところ、両者の間には有意に正の相関が確認できた ($r=0.80, p<0.01$) (Fig. 5)。

グラフにはシートスライドによる上方移動量を直線で示す。この直線から上方にある量は、シートリフト調整による移動分である。

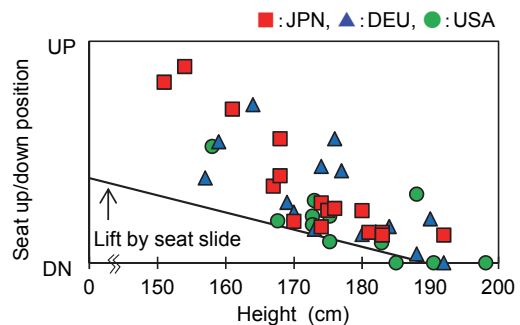


Fig. 5 Correlation between Participants' Height and Seat Up/Down Position

(3) トルソ角度

トルソ角度は、先述の方法で設計基準値を定めた。その角度と、実験参加者のトルソ角度平均値の差分を、国別に比較した (Fig. 6)。その結果、米国が設計値に一致した一方、日本は身倒し ($p<0.05$)、ドイツは身起こし ($p<0.01$) であることが分かった。

またトルソ角度は、市場母集団の分布は比較的広いことが知られている。念のため、個々人の H.P 高さ とトルソ角度の関係を調べたが、今回のデータにおいてもやはり相関は得られなかった ($r=0.01$, $p>0.1$) (Fig. 7)。

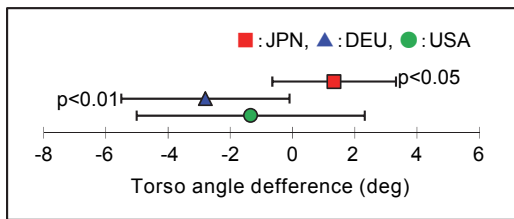


Fig. 6 Measured Torso Angle in Comparison with the Design standard Among Countries

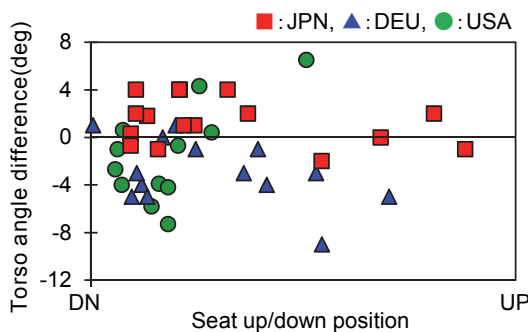


Fig. 7 Correlation between Participants' H.P Height and Torso Angle

(4) シート可動範囲に対する着座位置

実験参加者の着座位置の全容を把握するため、シート可動範囲に対する実験参加者の着座位置 (H.P 位置) を示す (Fig. 8)。グラフには、シート可動範囲と個々人の分布の回帰式を示す。回帰式は、相関係数が 1 次式では 0.74, 2 次式で 0.77 であったため、より相関の高い 2 次式を採択した。その結果、直線的な分布でなく、スライド中間において下寄り傾向であることが見てとれる。

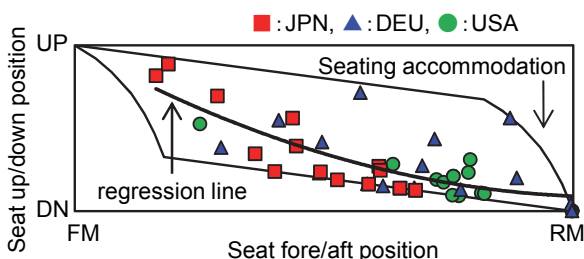


Fig. 8 Participants' H.P Distribution in the Seating Accommodation

4.2 主観評価

着座位置と運転操作機器について、全 46 名の回答を調べたところ、全項目に満足した人が 34 名、一部にでも不満があった人が 12 名であった。

不満の内容は、シートスライドの後方調整量不足が 3 名、シートリフタの下方調整量不足が 3 名、ステアリングホイールテレスコの前方調整量不足が 1 名、後方調整量不足が 4 名、シートのサイサポート不足が 3 名、過剰が 1 名、視界量不足が 3 名である。なお、不満は複数回答可としたため、不満回答の総数は不満指摘者より多い。

不満があった 12 名について、不満内容と着座位置や身体的特徴などを突き合わせて示し (Table 3), 5 章の考察にて不満と感じた要因を明らかにする。

Table 3 Participants' Complaint and Attribute

Attribute			JPN		DEU			
Country			A	B	C	D	E	F
Name								
Body size	Height (cm)		151	181	176	177	190	192
	BMI (kg/m ²)		21	20	26	26	32	45
Seat position	fore/aft gap (mm)		22	-58	66	-71	-44	-29
	torso gap (deg)		2	4	-9	-1	0	-1
	cushion tilt (mm)							
Complaint								
Seat	slide	aft				✓		✓
	lift	down						✓
Steering	telescopic	fore	✓					
		aft		✓				
Thigh support	less						✓	
	much							
Visibility	less				✓			

Attribute			USA					
Country			G	H	I	J	K	L
Name								
Body size	Height (cm)		168	173	173	183	191	198
	BMI (kg/m ²)		22	22	21	22	33	22
Seat position	fore/aft gap (mm)		64	39	0	-35	-18	-73
	torso gap (deg)		-4	-4	4	-3	-3	1
	cushion tilt (mm)		0	5	12	25	0	2
Complaint								
Seat	slide	aft						✓
	lift	down	✓				✓	
Steering	telescopic	fore			✓	✓		✓
		aft						
Thigh support	less		✓			✓		
	much			✓				
Visibility	less				✓		✓	

5. 考察

5.1 実験参加者着座位置

(1) H.P 前後位置

H.P 前後位置については、ドイツと米国が SAE 基準に一致した一方、日本は前寄りとなった。

その要因は、身長に対する下肢の割合の違いであると考えられる。実験参加者の平均身長である 175.5cm にお

ける下肢長 (H.P から足首までの長さ) は、日本が 814mm, ドイツ 836mm, 米国 847mm であり、ドイツ, 米国と比べ日本は短い。SAE 基準は米国の人体寸法を基に H.P 前後位置を定めているため、米国とそれに近いドイツは SAE 基準に一致した一方、日本は前寄りとなったものと考えられる。この考えを検証するため、身長から推定した下肢長と H.P 前後位置の関係を調べたところ、両者の間には有意に正の相関が確認でき ($r=0.87, p<0.01$) (Fig. 9), 相関係数は身長と H.P 前後位置の間より強かった。よって、ドライバーの着座前後位置は、直接的には身長よりも下肢長に依存するものと考えられる。

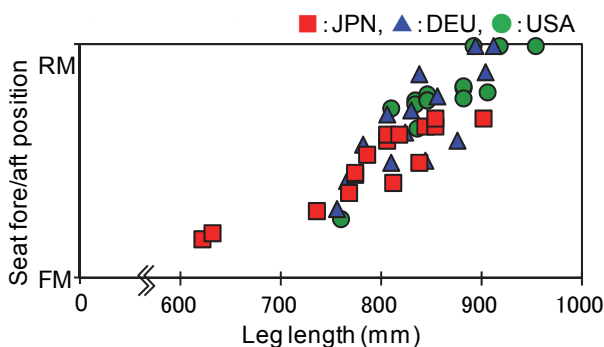


Fig. 9 Correlation between Participants' Leg Length and Seat Fore/Aft Position

(2) H.P 上下位置

Fig. 5 より、身長が低いほど H.P 位置を高く調整する傾向が確認できた。これは座高の低い小柄乗員が前方下方視界を確保しようとする要求を反映したものと理解でき、設計の考え方も一致する。ただし、その量が予想どおりであったかについては、前方下方視界との関係を調べる必要があり、5.1 (4) で詳しく調べる。

(3) トルソ角度

トルソ角度は、米国が設計値に一致した一方、日本が身倒し、ドイツが身起こしとなった。過去の社内調査 (日本 93 名, 独米 42 名) においても同傾向の結果が得られたことから、再現性は高いものと考えられる。国際標準である SAE には、市場ごとのトルソ角度の差は定められていないが、車両の仕向地ごとによりドライバー実態に合った設計を行う上で重要な情報と考える。

(4) シート可動範囲に対する着座位置

シート可動範囲におけるドライバー着座位置の分布は、スライド中間において下寄り傾向である。その要因を考察するため、身長を横軸に、設計時に設定した目の位置 (Fig. 1) に対する実験参加者の目の上下位置を縦軸に取りプロットする。なお、参加者の目の位置は体

格, H.P 前後/上下位置とトルソ角度の調査結果を組み合わせて算出した。

その結果、中柄体格 (170~180cm 付近) において、リフタを上方に調整することで目の位置が上方となり、より前方下方の路面が見えるようになるにもかかわらず、リフタを下方に調整しているドライバーが多いことが分かった (Fig. 10)。大柄体格の主観評価において、前方上方視界、及びヘッドクリアランスをより確保したいコメントがあることを把握している。

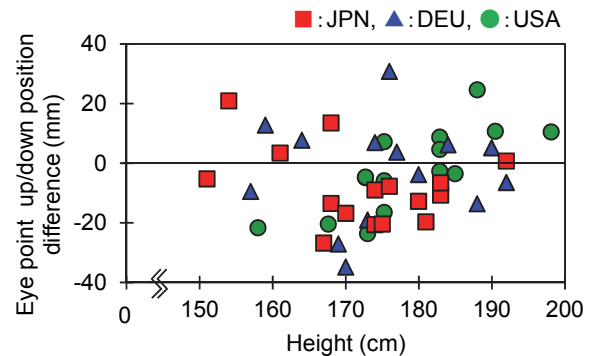


Fig. 10 Correlation between Participants' Height and Eye Point Up Down Position

5.2 不満評価

不満内容の現象ごとに、不満の要因を考察する。

以下考察では、不満があった 12 名を識別するため、Table 3 の Name 欄の記号を () 内に示す。

(1) シートスライドの後方調節量不足

不満指摘者 3 名のうち、2 名 (F, L) は身長が高すぎ、実験車両の運転操作機器の設計に用いた乗員体格の範囲外であった。

残る 1 名 (C) の特徴は、トルソ角度が設計基準比マイナス 9° と極端に身起こしであった。この値は、比較的身起こし傾向が強いドイツ人であっても 2σ を超えており、95%保証の外であることが確認できた。不満指摘者 C の身長から考えると、シートスライド調節位置は後方すぎて、腰はシートバックにしっかり届いていないものと推察されるが、シートバックを起こしているために肩付近は支持され、運転が可能なものと思われる。

(2) シートリフタの下方調節量不足

不満指摘者 3 名のうち、2 名 (F, K) は身長が高すぎ、実験車両の運転操作機器の設計に用いた乗員体格の範囲外であった。実際に、1 名 (K) は前方上方の視界が悪いためシートをもっと下げたいとコメントしており、身長の高さが直接的要因となったことを裏付けている。

残る 1 名 (G) は、下方調整不足のコメントとともに、サイサポート不足をコメントしていることから、

シートを下げることでより十分なサイサポートを得たものとみられた。ただし、実験車両（米国）は、クッションチルト付きであるにもかかわらず、チルトを最下端のままとしているため、調整機器を使い切れていない結果であるともいえる。

(3) ステアリングテレスコの前方調節量不足

不満指摘者 1 名 (A) は、身長が低すぎ、実験車両の運転操作機器の設計に用いた乗員体格の範囲外であった。

(4) ステアリングテレスコの後方調節量不足

不満指摘者 4 名のうち、1 名 (L) は身長が高すぎ、実験車両の運転操作機器の設計に用いた乗員体格の範囲外であった。

また 2 名 (B, I) はヘッドレストが近すぎる窮屈さを解消するためにシートバックを倒した結果、ステアリングホイールが遠くなったとコメントしている。この不満から、シートの部分的な不満が着座姿勢に影響を与えることが分かった。

残る 1 名 (J) は、サイサポート不足を解消するためシートスライドを後方にしようとしたが、ステアリングホイールが届かなくなるため諦めたとコメントしている。記録した着座姿勢からは、スライドは身長の割に前寄り傾向で、トルソも起こし気味であることから、ステアリングホイールが届かないとは考えにくく、論理的な解釈が困難であり、追跡調査を行っている。

(5) サイサポート不適

不足指摘者 3 名、過剰指摘者名であった。

まず不足について、2 名 (G, J) は先に述べたとおりである。残る 1 名 (E) は、身長が保証意図をわずかに超え、また、BMI も肥満に分類されるレベルであることから、シートスライドは最後端にすべきであるが、実際の選択位置は身長の割にかなり前寄りであった。このことが、サイサポート不足を招いていると考えられる。

次に過剰と指摘した 1 名 (H) は、身長の割にシートスライドをかなり後寄りにしている。シートスライドを前寄りにするとサイサポートは弱くなるため、調整機器を使い切れていない結果であると考えられる。

(6) 視界

不満指摘者 3 名のうち、I, K は先に述べた。残る 1 名 (D) は、ボンネット前方をみるためにシートリフタを上方にしようとしたが、ヘッドスペースが足りなくなるため諦めたとコメントしている。記録した着座姿勢からは、身長の割にシートスライドを相当に前寄りとしている。身長に相応しいスライド位置まで後寄りにすれば、頭上のスペースもより大きくなり、全てが改善方向になると推測されるが、コメントを確認すべく追跡調査を行っている。

以上より、不満内容ごとの考察から導いた不満要因を、以下のとおり分類する。

- ・体格保証意図の範囲外：4 名 (A, F, K, L)
- ・特殊な座り方（トルソ角の起こしすぎ）：1 名 (C)
- ・ヘッドレスト配置不良：2 名 (B, I)
- ・シート調整を使い切らず：3 名 (E, G, H)
- ・原因未解明（追跡調査中）：2 名 (D, J)

このうち、体格保証については設計意図により制御可能である。また、 2σ を外れる特殊な座り方についても、体格保証と同様に、保証範囲を大きく取ることが考えられるが、そのために相反するデメリットを明らかにして判断をする必要がある。ヘッドレスト配置については、衝突（後突）時のむち打ち防止性能との両立を考慮して、満足ゆく配置レベルを把握することで、改善につなげることが可能である。また、シート調整を使い切れていないドライバーに対しては、何らかの方法で適切な位置を選んでもらうことにより、改善を図れる可能性があるものとする。最後に、論理的な解釈が困難であった 2 名については、更に詳細な姿勢調査と聞き取りを行っている。

6. まとめ

今回、従来からの運転操作機器の設計方法が実際のドライバーの使用実態に合っているかを検証した。

その結果、着座の前後位置とトルソ角度の設計方法は実際のドライバーの使用実態に合っていることを確認できた。その一方で、着座上下位置については、シート可動範囲に対して中柄体格に下寄り着座傾向が見られた。また、着座前後位置とトルソ角度について、地域差を把握した。国際標準である SAE が定める H.P には、上下位置推定方法の定義はなく、また着座前後位置とトルソ角度について地域差の視点はない。今後、更なる要因調査を行い、SAE へ H.P の定義の提案を検討し、また、よりドライバーの実態に合った運転席の設計を行っていききたい。

参考文献

- (1) SAE : Driver selected seat position, SAEJ1517 (2011)
- (2) Miriam A et. Al., : ATD Positioning Based on Driver Posture and Position, 42nd Stapp Car Crash Conference Proceedings, 337 (1998)

略号

SAE : Society of Automotive Engineers
 BMI : Body Mass Index (体重÷身長²)
 FM, RM : Front most, Rear most

UP, DN : Up, Down

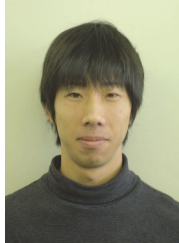
H.P : Hip point BOF : Ball of foot

JPN : Japan DEU : Deutschland

■ 著 者 ■



竹之内 久美子



堀上 正義



大坪 智範



沖山 浩