

要 旨

我々は、シート評価の新たな切り口として、人体とシートの相互作用に着目して評価法を開発した。静的な座り心地では、シートを16個にセグメント分けして体圧分布とシートたわみから新指標としてシートコンプライアンスを導出した。動的な乗り心地では、体圧分布の移動速度や人体各部の加速度を指標とした。長時間着座疲労では、筋電図やストレスホルモン等の生理量を指標とした。一方、従来の官能評価を定量化するためこれらの物理量や生理量との対応付けを行った。これら三つの側面から多面的な評価を行い総合的にバランスの取れたシート設計指針に役立つ評価法を開発した。

キーワード 自動車, シート, 計測・測定, 評価, 乗り心地, 振動, 疲労, ストレス

Abstract

We developed new seat evaluation methods based on the interaction between the human body and the seat. First, for static sitting comfort, we established the seat compliance as a new evaluation index by using the human body pressure distribution that is calculated by dividing the seat into 16 segments and observed the seat deformation. Secondly, for the dynamic riding comfort, the change in the body pressure distribution was selected as a new index. In the long-term sitting fatigue, physiological data such as stress hormone concentration and electromyogram were made available as indices. Finally, in order to quantify the conventional sensory evaluation, we carried out matching between our physical and physiological data and the subjective judgements.

Keywords Comfort, Riding quality, Sensation/Seat, Kansei, Driver fatigue, Stress hormone

1. はじめに

近年、車両の快適性向上が求められる中、長時間ドライブでも疲れの少ないシートの開発が要求されている。従来、シートの設計・評価は熟練パネルの官能評価によって行われてきたため、客観的な評価指標や普遍的な設計指針が整備されていなかった。そこで、シート評価の新たな切り口として、人体とシートの相互作用に着目した評価法を開発した。静的な座り心地評価、短時間負荷の影響としての動的な乗り心地評価、長時間負荷の蓄積としての長時間着座疲労を取り上げ、これら三つの側面から多面的な評価法を開発してシート設計に役立てることを目指している¹⁾。

ここでは、それぞれの評価法で提案した新しい指標とその指標を用いた評価法について紹介する。

2. 感性品質評価の考え方

車のシートは座り心地、乗り心地といった主観的な感覚でしかとらえることができないもので、本研究ではこれをシート感性品質と呼ぶことにする。

Fig. 1に示すように、従来のシート設計においては、シートの物理特性 (X) と感性品質 (Z) の直接的な関連付けによりシート設計仕様が設定されていた。しかし、感性品質の評価を行う場合、製品の持つ物理特性 (X) と感性品質 (Z) を橋渡しする人間の要因 (Y) が介在しているため、人間の感覚器を介した効果を考慮する必

要がある。

本研究では、(X) と (Z) の中間評価値 (Y) として、人体の感覚器を介して得られる「刺激に対する人体の応答」を導入した。ここで言う刺激とは、シートの特性を介して人体へ入力される圧力や振動を指しており、応答とは、人体の変形や動きを反映し人体の感覚器を介した物理変化や感覚器と密接に関係した生理変化である。そして、感性的品質の評価値 (Z) を代表するような中間評価値 (Y) を抽出することができれば、この評価値を感性的品質評価の代用値として用いることができる。ここで、(Y) を用いるメリットは、①物理量や生理量など客観的に計測できる指標で構成されている。②入力刺激との対応が理解しやすく、物理特性 (X) へ反映させやすいことが考えられる。それにより、製品設計において中間評価値が目標値になるよう製品の物理特性の水準を定めれば良くなり、これまでよりも容易に製品設計指針を得ることができる²⁾。

また本研究では、(Y) の評価値を座り心地、乗り心地、長時間疲労の評価ステージに区分して検討している。これは、刺激が静的か動的かという観点と負荷蓄積の観点から区分したものである。シートの感性的品質評価は、究極的には人体のあらゆる感覚器の情報が全て必要ということになるが、現実的ではない。そこで、評価ステージをこのように区分することにより、各評価ステージで主要となる感覚情報を絞り込むことができるので、評価ステージごとに特徴的な解析を行うことができる。このようなアプローチが多面的なシート評価を可能にする新しい切り口となると考えている。

3. 実験条件

実験は、静的な座り心地評価、動的な乗り心地評価、長時間着座疲労の三つのステージを同一の被験者が官能評価の異なる2種類の評価シートを乗り換えて順次行った。以下に実験条件を記述する。

- ・被験者：男性7名 (26～37才、シート評価の専門家)
- ・評価シート：官能評価で明らかな差が見られるセ

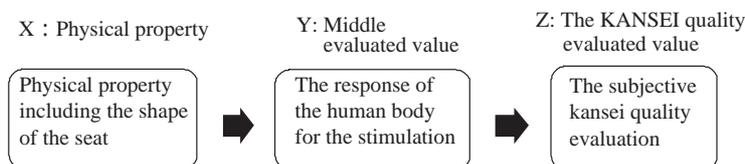


Fig. 1 The approach of the KANSEI quality evaluation.

ダン系乗用車シート2種類A, B

官能評価順位: A < B (全てのステージ)

- ・着座姿勢：被験者はステアリングを握り、ゆったりしたドライビングポジションが取れるようにシートの位置を決め、身体の各部にターゲットマークを貼り付けてヒップポイントを中心に3次元形状測定装置により姿勢計測を行い、着座再現性を確保できるよう配慮した。

4. 座り心地評価

4.1 指標と評価法

座り心地の官能評価は着座時のフィット感、ソフト感を人間が受ける刺激として点数化するもので5段階の絶対評価で行われる。Fig. 2に示すようにシートを16セグメントに分割することによって、身体のどの部位で評価しているかが明確になる。

官能評価を物理量で定量化するため、体圧分布とシートたわみ計測を行った。体圧分布計測装置はニッタ製BigMat Systemを用い、ピッチ10mm、2112点の体圧分布が計測できる。また、新たに開発したシートたわみ計測装置は、センサ部はステンレス製のテープ上にひずみゲージを接着して構成されており、テープ変形に応じた曲げひずみから曲率を計算し、最終的にたわみ量を求める。計測状態をFig. 3に示す³⁾。

官能評価データを重回帰分析し、各部位の寄与率を求めた。体圧分布データからは総荷重比、接触面積比、圧力勾配を求めた。座り心地評価の新しい指標として、シートたわみ量と圧力値からシートコンプライアンス (以下Cpと記す) を算出し、官能評価値との関連性を求めた。Fig. 4に計測データの一例を示す。

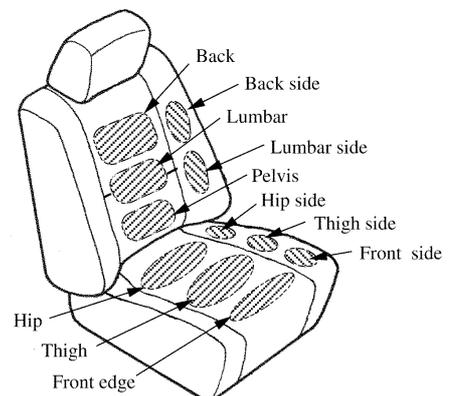


Fig. 2 The seat into 16 segments for evaluation.

4.2 計測例と考察

- ・官能評価の重回帰分析 (Fig. 5) から座り心地は、クッション全体のフィット感の寄与率が高いことがわかった。
- ・座り心地評価の中間評価値 (Y) を導出する人体の感覚器としては、体性感覚の中の皮膚感覚 (触覚および圧覚) が主な役割を担っている。

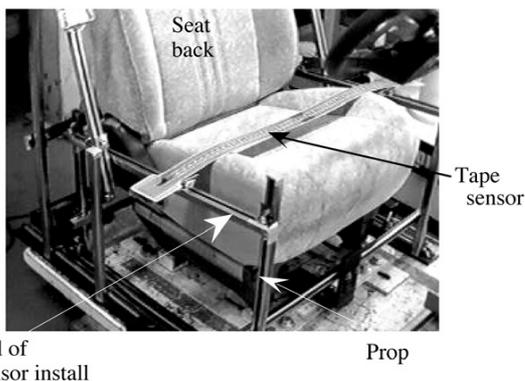


Fig. 3 Photograph of the seat deformation measurement.

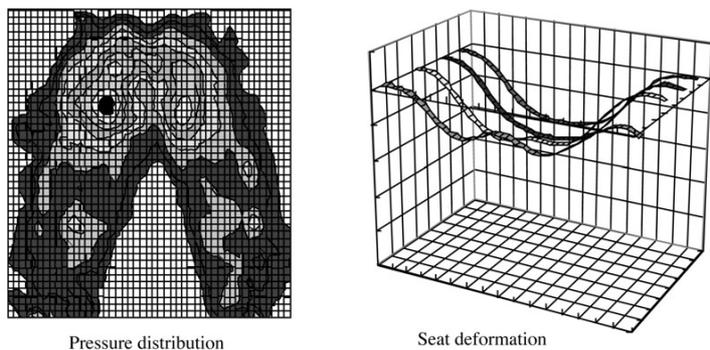


Fig. 4 Experimental data of body pressure distribution and seat deformation.

Sitting comfort	0.983	Fit feeling of whole cushion	-0.156	Front edge support
Subjective evaluation			0.725	Thigh support
			0.328	Hip side support
		0.528		Lumbar side support
		0.097		Front edge hardness
		0.857		Back hardness

Fig. 5 Multiple regression analysis of subjective evaluation.

シートたわみ率 / 圧力から計算されるCpは、通常求められる変位 / 荷重では微小領域のコンプライアンスが求めにくいため、単位面積当たりのコンプライアンスとして荷重に変えて圧力値を導入した。今回の実験では、Fig. 6に示すようにシートクッションの前縁、大腿、尻下にかけて体圧分布データ内の最大値の圧力勾配をプロットすると、Aシート、Bシート間では大きな差は見られない。ところが、Fig. 7に示すCp値のプロットではフィット感の良いBシートで前縁から尻下にかけてなだらかな値を示し、フィット感の悪いAシートの場合部位間で大きな勾配を示している。このことは、Cp値が人体とシートとの相互作用で与えられるもので、人体側のたわみがシートのたわみに対して2~3倍と大きくCp値に人体側の変形を加味できることを示し、シートへの人体のフィット感 (なじみ性) を表すものである。したがって、座り心地の評価指標としては、Cp値が有効な指標となる。

5. 乗り心地評価

5.1 指標と評価法

短時間で動的な乗り心地評価項目としては、振動周波数帯域別にホールド感 (1Hz以下)、クッション感 (2~5Hz)、ビビリ感 (5~20Hz) の評価を行った。

ホールド感の評価はFig. 8に示す6自由度の加振機で車両の蛇行運転の模擬動揺を与え、人体各部の振動と座面・背面の体圧分布変動を計測した。クッション感、ビビリ感の評価は、上下単軸加振機にランダム路信号を入力し、振動周波数帯域別に人体各部の振動計測することにより行った。官能評価は独自の評価項目を検討し、5点法で評価した⁴⁾。

ホールド性の解析では、体圧分布データの

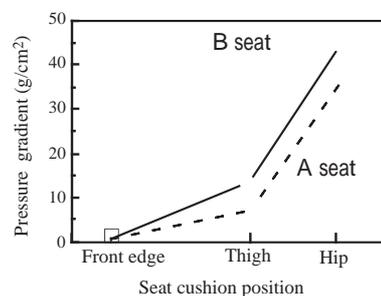


Fig. 6 Body pressure gradient.

時間変化に着目した新しい指標を求めた。クッション感、ビビリ感では官能評価、物理計測データの重回帰分析を行い寄与度を求めた。

5.2 計測例と考察

乗り心地評価の感覚器としては、体性感覚の中の皮膚感覚に加えて深部感覚（運動感覚、振動感覚）と前庭感覚が大きな役割を担っている。

乗り心地評価の中のホールド性は、人体とシートとの関連性を求めるために座面・背面の体圧分布の変化に着目して評価指標を求めた。Fig. 9に示すようにシートを左右方向に2分割、上下方向に4分割、合計8分割し、各分割領域における荷重和を求め、全荷重に対する比率（荷重移動率）を微分した荷重移動速度率の波形に着目してホールド性の評価指標とした。

座面の尻下（Fig. 9中のCR4）と大腿部（Fig. 9中のCR2）の荷重移動速度率でホールド性評価の高いBシートと評価の低いAシートを比較すると、Fig. 10

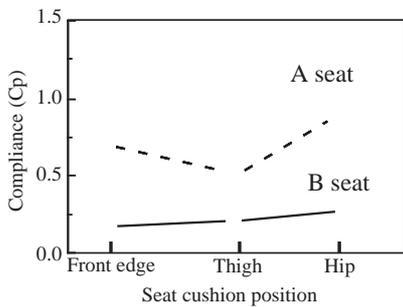


Fig. 7 Seat compliance.

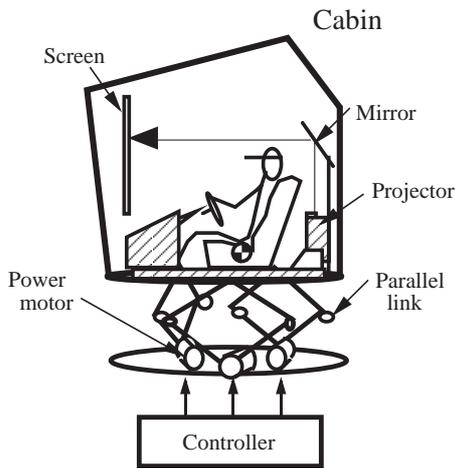


Fig. 8 The 6 axis vibrator.

(a)(b)に示すように荷重が左右に反転する時間でAシートは0.2~0.3sの時間遅れがあるのに対してBシートは遅れない。このように尻下と大腿部での時間遅れ、および速度率の大きさに注目した評価指標を導入することによりホールド性を定量的に評価できるようになった。これによって、シート設計につながる改善策の提案が可能となる。

6. 長時間疲労評価

6.1 指標と評価法

長時間運転時の疲労感としては、身体各部の痛みやコリ等の肉体的疲労感が挙げられる。中でも腰部の疲労感はシート特性を反映し、多くのドライバーが共通して経験する疲労症状である。このような疲労感と関係

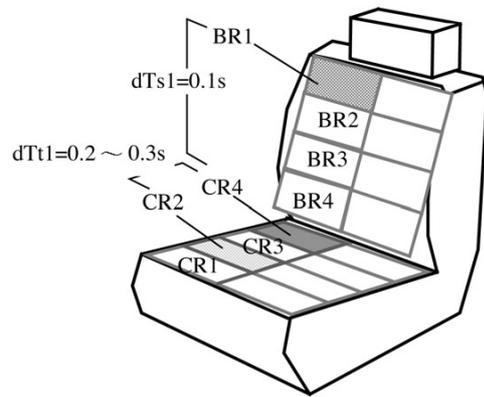


Fig. 9 Seat segments for riding comfort evaluation.

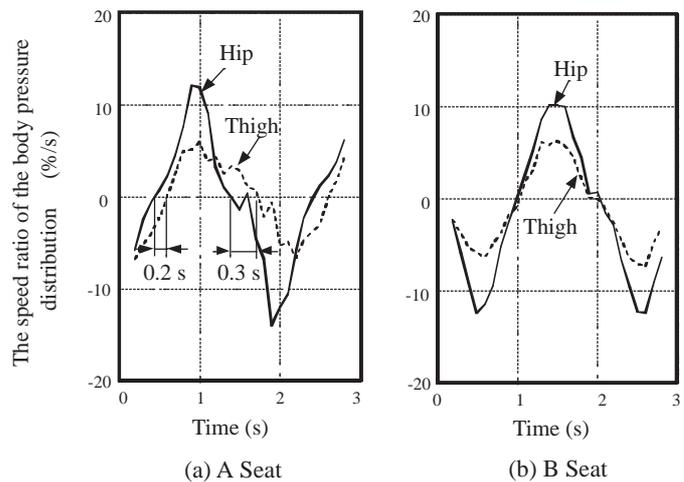


Fig. 10 The time delay of the load shift speed rate.

する感覚器は、体性感覚の中の深部感覚が大きく影響すると考えられ、その指標として腰部の筋電図計測が有効である。

一方、頭がボーとする、眼が疲れたといった精神・神経疲労を示す疲労感も長時間運転による疲労症状として重要な項目である。このような疲労には多くの要因が考えられるが、特に振動疲労を考えた場合、加速度を感じる前庭感覚と視覚の影響が加わった複合感覚の寄与が大きいと考えられる⁵⁾。

実験は、Fig. 11に示す上下加振機に評価シートを取り付け、被験者が走行画像と運動したステアリング操作ができるような構成とした。負荷条件としては、レーシングゲームの運転模擬操作を行いながら悪路走行を想定した上下ランダム振動(2~5Hz)を1時間負荷

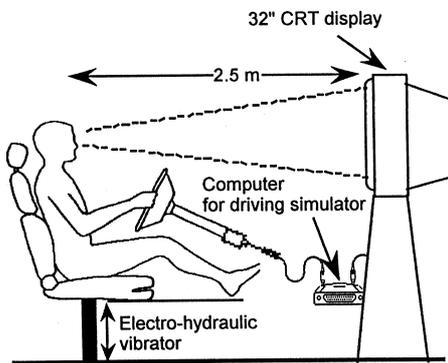


Fig. 11 Apparatus for long time driving test.

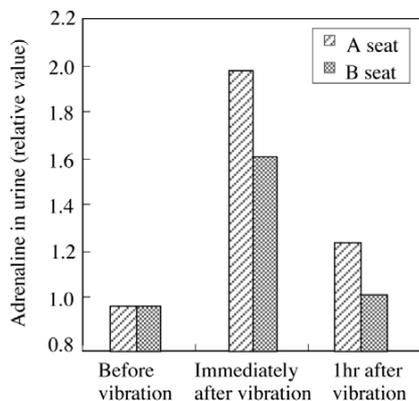


Fig. 12 Comparison of urinary adrenaline for test seats.

し、加振前後および加振後1時間の尿中アドレナリン濃度を比較した。

6.2 計測例と考察

2種類の評価シートについて、尿中アドレナリンの増加率を比較した例をFig. 12に示した。Fig. 12では5名の被験者の平均値を示しているが、この場合には全ての被験者でAシートのアドレナリン増加率が高く、Bシートに比べて疲れの大きいシートであると推察された。このような明らかな差は一般には振動のみの負荷実験では認められないことから、振動と注視による複合的効果がアドレナリン分泌に影響を与えていると考えられる。このことは、官能評価において「眼が疲れた」といった神経疲労を示す項目で両シート間の差が大きいことや、2種類の評価シートによる生体への負担の違いを示した。

一方、長時間着座による肉体疲労評価として、腰部の筋電位変化を比較した例をFig. 13に示した。これは、じっと長時間着座した時の静的着座状態での積分筋電図を30分ごとに比較したもので、1時間半~2時間でシートの違いによる差が現れている。この傾向は、筋疲労の官能評価であるボルグの指標で評価した傾向と一致した⁶⁾。

7.まとめ

シート感性品質を評価すべく、刺激に対する人体の応答を中間評価値(Y)として、座り心地、乗り心地、長時間疲労評価の一連の実験を行った。座り心地評価では、体性感覚の中の皮膚感覚器を介して得られた刺激に対する人体応答としてシートコンプライアンスが有効な指標となることを見出した。乗り心地評価では、体性感覚の中の皮膚感覚に加えて深部感覚(運動感覚、振動感覚)と前庭感覚を介して得られた刺激対

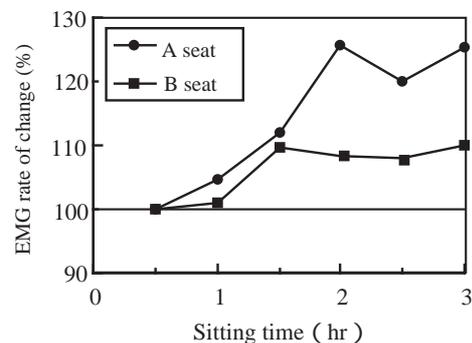


Fig. 13 Rate of EMG change of long time sitting on the seat. (EMG:Electromyogram)

する応答として、体圧分布から求めた荷重移動速度率が有効な指標である。また、長時間疲労評価では、体性感覚や前庭感覚に視覚の影響も加わった総合的な感覚器からの刺激に対する応答としてストレスホルモンが指標になることを見出した。

このように、各評価ステージごとの感覚器を特定できれば刺激に対する人体応答を類推することが可能で、シート物理特性 (X) へ容易に反映させることができる。

また、各ステージを横断的に見渡せる指標として、シートコンプライアンス (Cp) と振動成分の二つが挙げられる。シートコンプライアンスは、従来の体圧分布だけでは求めることのできなかった着座時の人体とシートの相互作用をとらえる新しい指標として期待できるもので、乗り心地、長時間疲労のステージにおいても有効な指標となる。一方、振動成分は路面を走行する車両からの入力信号で構成され、サスペンションとシート動特性が受け持つことになる。したがって、シート設計はサスペンションを除いて単独に行うものではなく、車両全体の特性で総合的に決められるものである。これらの多面的な評価法を通して車種、用途別のシート設計指針につながるものと考えている⁷⁾。

参考文献

- 1) 山崎, 佐々木, 相澤: "個別適合条件の探索を目的とした可変クッション椅子の開発", 人間工学, 33-4(1997), 211 ~ 218
- 2) 森野, 飯塚, ほか: "感性品質の評価・設計に関する研究", 日本品質管理学会第28回年次大会要集, (1998), 33 ~ 36
- 3) 中嶋, 江部, 稲垣: "寝姿勢計測装置の開発", Symp. on Human Dynamics ジョイントシンポジウム, (1997), 160 ~ 164, 日本機械学会
- 4) Griffin, M. J., et al.: "Vibration and Comfort I; Translation Seat Vibration, Ergonomics, 25(1982), 603 ~ 630
- 5) 田口, 稲垣: "ドライバの運転疲労における上下振動の影響", 自動車技術会論文集, 30-2(1999), 93 ~ 97
- 6) Borg, G. A. V.: "Psychophysical Bases of Perceived Exertion.", Medicine and Sci. in Sports and Exercise, 14-5 (1982), 377 ~ 381
- 7) Inagaki, H., et al.: "Evaluation of Riding Comfort; From the Viewpoint of Interaction of Human Body and Seat for Static, Dynamic, Long Time Driving", SAE Tech. Pap. Ser., No.2000-01-0643(2000)

(2000年6月30日原稿受付)

著者紹介



稲垣 大 Hazime Inagaki
 生年：1945年。
 所属：人間行動研究室。
 分野：自動車まわりの「人間工学」研究。福祉関連の研究。
 学会等：自動車技術会会員。
 1978年科学技術長官賞受賞。
 2000年自動車技術会論文賞受賞。



田口敏行 Toshiyuki Taguchi
 生年：1958年。
 所属：感性・心理研究室。
 分野：ドライバの生体計測とストレス・疲労に関する研究。
 学会等：自動車技術会，日本ME学会，日本化学会会員。
 2000年自動車技術会論文賞受賞。



安田栄一 Eiichi Yasuda
 生年：1954年。
 所属：人間行動研究室。
 分野：人体の振動感受特性に関する研究。
 学会等：自動車技術会会員。



土居俊一 Shun'ichi Doi
 生年：1947年。
 所属：感性・人間行動部。
 分野：車両運動・予防安全および人間機械系解析分野の研究。
 学会等：日本機械学会，計測自動制御学会，自動車技術会会員。
 1985年IR100選入賞。
 1993年計測自動制御学会技術賞武田賞受賞。
 工学博士。