一般報文

座部パッド硬度が自動車シートの「座り心地」に及ぼす影響

信州大学繊維学部　西松豊典・金井博幸・西岡孝彦
大阪府立産業技術総合研究所　木村裕和・山本貴則

Influence of Hardness of Seat Pad on Sitting Comfort of Automotive Seat

Toyonori Nishimatsu[*1], *Hiroyuki Kanai*[*1], *Takahiko Nishioka*[*1], *Hirokazu Kimura*[*2], *and Takanori Yamamoto*[*2]

[*1] Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Japan
[*2] Technology Research Institute of Osaka Prefecture, 2-7-1 Ayumino, Izumi, Osaka 594-1157, Japan

Abstract : In this study, a sitting comfort of five automotive seats, whose hardness of these cushion pads was changed, and shape and structure of seats were the same, was evaluated by only tactile sensation while sitting on these seats. The adjectives used for the sensory evaluation of seat comfort by the human tactile sensation were examined by the factor analysis. As the analysis result, the sitting comfort of driver's seats was evaluated by two adjectives "sporty−high-class" and "voluminous−casual". From the correlations between physical properties of cushion pad and sensory evaluations for seats, it is found that the image adjectives have correlations with the cushion properties of pad.

(Received 22 July, 2009 ; Accepted 4 September, 2009)

1. 緒　言

今日，消費者が自動車を購入する際，目的地に到着するまで過ごす車内の「快適性」が大きな選択要因となっている．この「快適性」は，自動車室内のカーインテリア製品や室内環境(空調，振動，騒音，温・湿度，照明)など様々な要因によって左右される．特に，人が乗車中に絶えず身体に接触している運転席及び助手席シートの性能が室内の「快適性」へ与える影響は非常に大きいと考えられる．

そのため，シートの設計時における指標や性能差を明確に表示するために，シートの設計要素である表皮布[1-5]，シート形状[6]，座面角度[7]，ワディング厚さ[8]が「座り心地」に及ぼす影響を考察した研究は数多くみられる．特に，自動車シートの構造の中でもシート形状を形成して人体を支持するパッドは，「快適性」である「座り心地」に大きな影響を及ぼすと考えられる．しかし，表皮布やパッド性能の決定は，デザイナーやシート設計の専門家の経験や感性に依存しているのが現状である．

そこで，本研究では座部パッドの硬度のみが異なる自動車シート座部の「座り心地」と座部パッドのクッション性能との相関関係を検討し，座部パッドの硬度がシートの「座り心地」に及ぼす影響を考察した．さらに，座部パッド硬度が被験者の着座姿勢に及ぼす影響についても検討を行った．

2. 試料および実験方法

2.1 シート

一般に，自動車シートはワディング付き表皮布(A 層)，パッド(B 層)及びフレーム(C 層)の 3 層で構成されている．

試料は，同一の反発弾性率(70%)および密度(69kg/m^3)で硬度[9]のみを変化させた 5 種類(190，210，230，250，270N)の座部パッド(素材はウレタン)を用いた．

また，背もたれシートには同一の反発弾性率(70%)，密度(69kg/m^3)および硬度(126N)の背もたれ部パッドを用いた．座部および背もたれシートの表皮布には同一の表皮布(ポリエステル織物)を用いた．なお，シート形状はスポーティーセダンタイプである．

2.2 一対比較法による「座り心地」官能検査

本研究では運転席を想定しているので，座部パッドの硬度だけが異なるシート以外にハンドルとペダルを設置し，座席の座面角度は 16.5°，背もたれ角度は 115° とした．なお，座面角度および背もたれ角度の設定値は本実験で用いたシートが運転座席として設計されたときの角度である．

被験者は座部パッドの硬度が異なる 5 種類のシートの中からランダムに提示された 1 対のシートを交互に座り比べて，評価形容語をシェッフェの一対比較法(中屋の変法)[10]を用いて評価した．評価時間は特に定めず，被験者が評価できるまでシートに対して交互に座ることを許

した．

評価のための形容語[11]は38種類とし，これらのうち12種類(あたたかい，滑らか，ふわふわした，やわらかい，押し硬い，凹凸がある，縦方向に滑りやすい，横方向に滑りやすい，厚い，弾力感がある，表面がサラッとした，ボリュームがある)を物理形容語，14種類(質感が高い，本物感がある，金属感がある，豪華な，上品な，落ち着きがある，シンプルな，カジュアルな，繊細な，高級感がある，スポーティ感がある，大人っぽい，男性的な，好き)をイメージ形容語，12種類((大腿部・臀部・背もたれ部それぞれの部位において)ホールド感がある，フィット感がある，圧迫感がある，沈み込む)を座り心地形容語と称し，形容語を区分した．実験環境は温度23±2℃，湿度50±3%R.H.である．

2.3 落下試験によるシート座部のクッション特性測定

JASO B408-89(自動車用シートのパッド材の性能試験方法)[9]に記載されている減衰試験方法を参考にして，水平に設置したシート座部のヒップポイント(3次元マネキンの胴部と大腿部の回転中心点)[12]へ円柱型の錘(重さ4.4kg，接触面積50cm^2)を250mmの高さから自由落下させ，錘の反発運動をハイスピードカメラ(MEMRECAMci ST-569-J：(株)ナック)を用いて測定した．錘の落下高さを250mmと設定したのは，被験者のヒップポイントの垂直位置が立位姿勢からシートに着座するまで移動したときの平均高さであったからである．

落下試験で求めたシート座部の「クッション特性」は，Fig.1において，12種類(反発弾性率，最大沈み込み深さ(A)，最大跳ね返り高さ(B)，第2沈み込み深さ(C)，第2跳ね返り高さ(D)，最大振幅(a0)，最大吸収エネルギー(E)，最大反発エネルギー(F)，第2吸収エネルギー(G)，第2反発エネルギー(H)，対数減衰率，減衰時間(I))である．

Fig. 1に示すように，最大沈み込み深さは錘が最も沈み込んだ時の沈み込み距離(シート座部表面を基準(原点)としたので沈み込み距離はマイナス値を用いた)，最大跳ね返り高さは錘が最も跳ね返った時の跳ね返り距離，最大振幅は最大跳ね返り高さから最大沈み込み深さを引いた値，減衰時間[9]は第1波形の前の谷の中心から第1波形の振幅の10%未満になる前の谷の中心までの時間である．反発弾性率(R)[9]は，(1)式で示される．ただし，h_0：自由落下距離(=250mm)，h_1：最大跳ね返り高さ(B)．

$$R = \frac{h_1}{h_0} \times 100 \qquad (1)$$

対数減衰率(λ)[9]は，(2)式で示される．ただし，a：振幅，n：波形が第1波形の振幅の10%未満になるまでの波形の数である．

$$\lambda = \frac{1}{n}\left[\frac{a_0}{a_1} + \frac{a_1}{a_2} + \cdots + \frac{a_{n-1}}{a_n}\right] \qquad (2)$$

測定回数はそれぞれのシート座部について3回，実験環境は室温23±2℃・湿度50±5%RH一定で行った．

2.4 3次元マネキンによる着座姿勢測定

3次元マネキン[12](座位の人体を寸法，重量の面から3次元的に単純化したマネキン)を各シートに着座させたのち，床面からマネキンのヒップポイントまでの垂直高さを測定した．測定回数は5回，実験環境は室温23±2℃，湿度50±3%R.H.で行った．

3. 実験結果および考察

3.1「座り心地」官能検査

20代男子大学生15名の被験者が「座り心地」官能検査を行った全形容語について，一巡三角形の数により判定能力の有無を検定した．その結果，判定能力があると判断された14名(年齢24±1歳，身長174±6cm，体重67±12kg，BMI 22±3)の官能検査結果を用いた．

各被験者が評価した各評価形容語の有意性を検定するために分散分析を行った．分散分析の結果，11種類の形容語(「弾力感がある」，「滑らかな」，「凹凸がある」，「縦方向に滑りやすい」，「横方向に滑りやすい」，「表面がサラッとした」，「(大腿部・臀部・背部)に圧迫感がある」，「大人っぽい」，「男性的な」)以外の物理形容語6種類，「座り心地」形容語9種類，イメージ形容語12種類の評価形

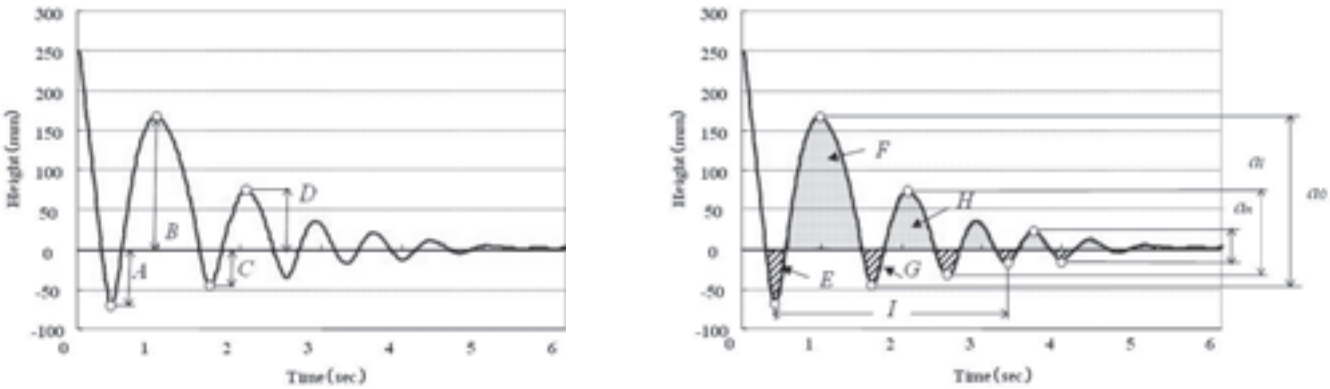

Fig. 1 Cushion properties of seat cushion.

容語は主効果に有意差が得られた．すなわち，これらの形容語は5種類のシート間で評価に差がみられた．また，組み合わせ効果を検定した結果，これらの形容語は試料を提示した際の組み合わせの影響はみられなかった．

6種類の物理形容語(あたたかい，ふわふわした，押し硬い，厚い，ボリュームがある，やわらかい)，9種類の「座り心地」形容語((大腿部・臀部・背もたれ部)にホールド感がある，フィット感がある，沈み込む)，12種類のイメージ形容語(質感が高い，本物感がある，金属感がある，豪華な，上品な，落ち着きがある，シンプルな，カジュアルな，繊細な，高級感がある，スポーティ感がある，好き)について各シートの平均嗜好度を算出した結果をそれぞれFig. 2〜Fig. 4に示す．

Fig. 2より，硬度190Nの座部パッドを用いたシートが最も「あたたかい」，「ふわふわした」，「厚い」，「ボリュームがある」，「やわらかい」と評価された．一方，硬度270Nの座部パッドを用いたシートが最も「硬い」，「押し硬い」と評価され，硬度の大きさに応じて段階的にそれぞれの評価がなされていることがわかる．また，「ボリューム感」の評価は硬度210N，230N，250N間に差がみられなかった．

Fig. 3より，「座り心地」形容語では，最もやわらかい座部パッド[硬度190N]シートが全部位において最も「ホールド感がある」，「フィット感がある」，「沈み込む」と，最も硬い座部パッド[270N]シートが全部位において最も「ホールド感がない」，「フィット感がない」，「沈み込まない」と評価された．

Fig. 4より，イメージ形容語では硬度190Nの座部パッドを用いたシートが最も「本物感がある」，「豪華である」，「上品である」，「落ち着きがある」，「繊細である」，「高級感がある」，「好き」と評価された．また，硬度270Nの座部パッドを用いたシートが最も「金属感がある」，「シンプルである」，「カジュアルである」，「スポーティ感がある」と評価された．このように，硬度の大小が「高級感」や「スポーティ感」に影響を与えていることがわかった．

また，Fig. 4に示されるように硬度190Nと210Nの座部パッドを用いたシート，230Nと250Nの座部パッドを用いたシートはそれぞれ似たイメージ評価が被験者によってなされたので，硬度210Nと230N間にイメージ評価の閾値があると考えられる．

以上の結果から，イメージ形容語は3種類のパッド硬度グループ【190Nと210N】，【230Nと250N】，【270N】で評価が分かれた．

3.2 因子分析結果

6種類の物理形容語，9種類の「座り心地」形容語，12種類のイメージ形容語の各平均嗜好度について因子分析法を適用した．

すなわち，各形容語の平均嗜好度間の相関係数行列をもとに主因子解法により因子負荷量を求めたのち，バリマックス法で因子軸を回転して因子負荷量を求めた．そ

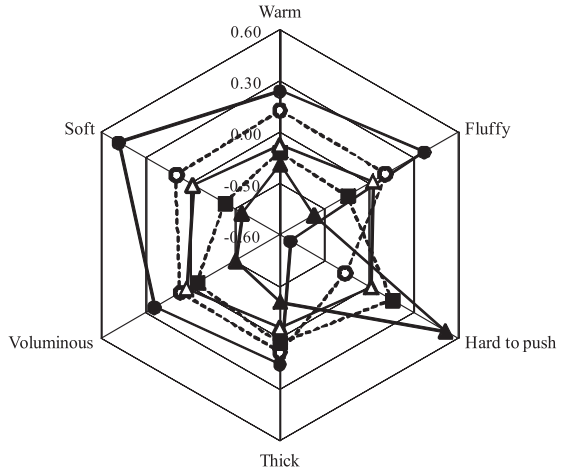

Fig. 2 Mean preference scores of physical adjectives.
●: 190N, ○: 210N, ■: 230N, △: 250N, ▲: 270N

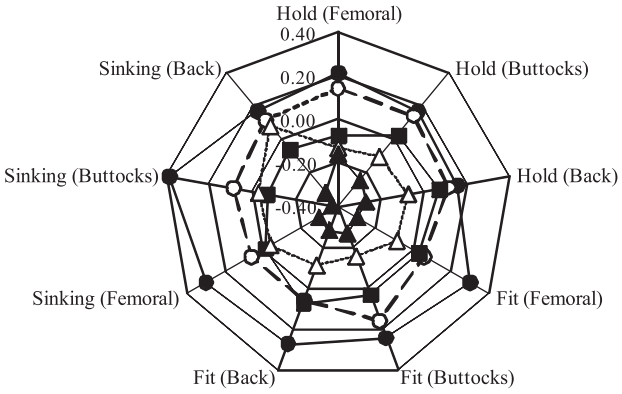

Fig. 3 Mean preference scores of sitting adjectives.

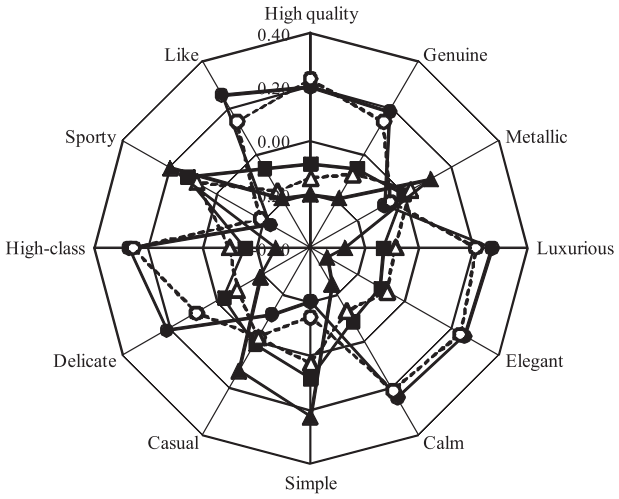

Fig. 4 Mean preference scores of image adjectives.

の結果を Table 1 に示す.

Table 1 より，因子の累積寄与率が第 1 因子までで 48%，第 2 因子までで 96% であったので，因子の抽出を第 2 因子までとした.

Table 1 より，第 1 因子は「カジュアル感–ボリューム感」，第 2 因子は「スポーティ感–高級感」で表わされることがわかった.

次に，5 種類のパッドについて因子得点を求めた結果を Fig. 5 に示す．Fig. 5 より，パッド硬度【190N】のシートは「ボリューム感」，【210N】は「高級感」，【230N と 250N】は「スポーティ感」，【270N】は「カジュアル感」と評価された．このように，パッド硬度はシートの座り心地の評価に影響を与えることがわかった.

3.3 シート座部のクッション特性と「座り心地」との相関

各シート座部のクッション特性と 6 種類の物理形容語，9 種類の「座り心地」形容語，12 種類のイメージ形容語との相関係数を求めた．それぞれの相関係数をそれぞれ Table 2～Table 4 に示す.

シート座部のクッション特性と物理形容語との相関係数（Table 2）より，「対数減衰率」以外のクッション特性と物理形容語「ふわふわした」，「押し硬い」，「厚い」，「ボリュームがある」，「やわらかい」間に高い相関がみられた．特に，反発弾性率，沈み込み深さ，跳ね返り高さ及び反発エネルギーは，「ふわふわした」，「ボリュームがある」，「やわらかい」と負の相関，「押し硬い」と正の相関がみられた.

クッション特性と「座り心地」形容語との相関係数（Table 3）より，最大振幅，対数減衰率以外のクッション特性と「座り心地」形容語間に高い相関がみられた．すなわち，反発弾性率が小さい，沈み込み深さが大きい，跳ね返り高さが小さい，吸収エネルギーが大きいパッドほど「ホールド感」，「フィット感」，「沈み込み感」が大きくなる傾向がみられた.

クッション特性とイメージ形容語との相関係数（Table 4）より，最大振幅，対数減衰率以外のクッション特性とイメージ形容語間に高い相関がみられた．よって，反発弾性率が小さい，跳ね返りが小さい，沈み込み深さが大きい，吸収エネルギーが大きいパッドほど「本物感がある」，「上品な」，「高級感」があると評価されるが，「スポーティ感」，「シンプル感」，「カジュアル感」は減少することがわかった.

以上の結果から，着座した瞬間や着座中の運転者の上下運動を想定したクッション特性は多くの評価形容語と高い相関がみられたので，座部パッドのクッション特性は「座り心地」評価に影響を与えることが確認された.

Table 1　Factor analysis result.

	Factor1	Factor2
Warm	0.58	0.79
Fluffy	0.80	0.55
Hard to push	-0.80	-0.58
Thick	0.77	0.60
Voluminous	0.87	0.47
Soft	0.71	0.60
Hold(Femoral region)	0.48	0.87
Hold(Buttocks)	0.65	0.70
Hold(Back-rest)	0.75	0.56
Fit(Femoral region)	0.82	0.54
Fit(Buttocks)	0.63	0.73
Fit(Back-rest)	0.79	0.53
Sinking(Femoral region)	0.84	0.53
Sinking(Buttocks)	0.83	0.55
Sinking(Back-rest)	0.83	0.43
High quality	0.41	0.91
Genuine	0.57	0.82
Metallic	-0.73	-0.66
Luxurious	0.57	0.81
Elegant	0.61	0.77
Calm	0.52	0.85
Simple	-0.67	-0.72
Casual	-0.91	-0.41
Delicate	0.68	0.72
High-class	0.50	0.85
Sporty	-0.50	-0.85
Like	0.51	0.84
Cumulative percentage(%)	48.0	96.0

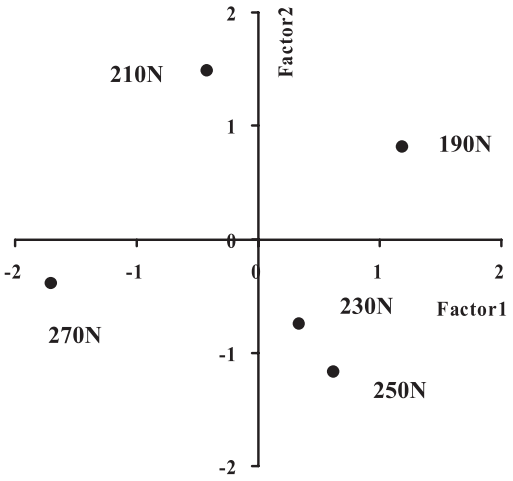

Fig. 5　Factor scores of each pad.

3.4 パッド硬度が 3 次元マネキンの着座姿勢に及ぼす影響

3 次元マネキンを各シートに着座させたのちマネキンのヒップポイント（マネキン胴部と大腿部との回転中心点）高さを測定した結果，184.0mm（190N），184.5mm（210N），187.0mm（230N），190.5mm（250N），190.0mm（270N）であった．この結果より，パッド硬度が高くなるにつれてパッドのたわみ量が減少し，ヒップポイントが上昇すること

Table 2　Correlation coefficient between physical adjectives and cushion properties.

	Warm	Fluffy	Hard to push	Thick	Voluminous	Soft
Impact resilience modulus	-0.897	-0.921	0.940	-0.989	-0.954	-0.851
Max. sinking depth	-0.989	-0.982	0.986	-0.888	-0.945	-0.984
Max. rebounding height	-0.897	-0.921	0.940	-0.989	-0.954	-0.851
Max. amplitude	0.930	0.898	-0.887	0.674	0.803	0.964
Max. absorbed energy	0.990	0.979	-0.984	0.887	0.940	0.987
Max. impact energy	-0.924	-0.970	0.972	-0.947	-0.980	-0.909
Second sinking depth	-0.978	-0.985	0.984	-0.857	-0.940	-0.996
Second rebounding height	-0.950	-0.990	0.987	-0.918	-0.980	-0.951
Second absorbed energy	0.978	0.984	-0.986	0.868	0.942	0.996
Second impact energy	-0.943	-0.989	0.985	-0.918	-0.982	-0.946
Logarithmic decrement	-0.227	0.080	-0.062	-0.001	0.175	0.017
Decay time	0.973	0.971	-0.986	0.956	0.962	0.951

Table 3　Correlation coefficient between sitting adjectives and cushion properties.

	Hold		Fit		Sinking	
	Femoral region	Buttocks	Femoral region	Buttocks	Femoral region	Buttocks
Impact resilience modulus	-0.883	-0.978	-0.950	-0.955	-0.953	-0.944
Max. sinking depth	-0.934	-0.871	-0.908	-0.879	-0.944	-0.971
Max. rebounding height	-0.883	-0.978	-0.950	-0.955	-0.953	-0.944
Max. amplitude	0.847	0.654	0.743	0.689	0.804	0.858
Max. absorbed energy	0.939	0.869	0.914	0.883	0.948	0.972
Max. impact energy	-0.870	-0.925	-0.920	-0.898	-0.950	-0.962
Second sinking depth	-0.908	-0.829	-0.892	-0.841	-0.937	-0.968
Second rebounding height	-0.883	-0.893	-0.910	-0.875	-0.951	-0.973
Second absorbed energy	0.913	0.839	0.908	0.854	0.947	0.974
Second impact energy	-0.873	-0.890	-0.907	-0.870	-0.948	-0.971
Logarithmic decrement	-0.359	-0.157	0.110	-0.181	0.134	0.107
Decay time	0.944	0.940	0.962	0.945	0.978	0.985

がわかる．

すなわち，パッド硬度が硬くなるにつれてヒップポイント高さが上昇するので，人体を模擬した3次元マネキンの姿勢が少し前のめりになる傾向がみられた．この傾向はシートに着座したときの被験者の内観報告と一致していた．

よって，着座姿勢が変化することによって座り心地評価が影響されると考えられる．

4. 結　言

(1) 因子分析の結果より，20代男性が座部パッドの硬度が異なるシートについて評価した「座り心地」は，「カジュアル感–ボリューム感」と「スポーティ感－高級感」の2因子で表現されることがわかった．

(2) 6種類の座部パッドのクッション特性(反発弾性率，沈み込み・跳ね返り高さ，吸収・反発エネルギー，減衰時間)は全てのイメージ形容語と高い相関係数がみられた．

(3) 3種類のパッド硬度グループ【190Nと210N】，【230Nと250N】，【270N】間でイメージ形容語の評価が分かれた．

(4) パッド硬度が高くなるにつれてパッドのたわみ量が減少し，ヒップポイントが上昇することがわかった．

Table 4 Correlation coefficient between image adjectives and cushion properties.

	High quality	Genuine	Metallic	Luxurious	Elegant	Calm
Impact resilience modulus	-0.887	-0.946	0.996	-0.932	-0.963	-0.930
Max. sinking depth	-0.898	-0.957	0.925	-0.975	-0.956	-0.942
Max. rebounding height	-0.887	-0.946	0.996	-0.932	-0.963	-0.930
Max. amplitude	0.781	0.831	-0.733	0.875	0.814	0.821
Max. absorbed energy	0.895	0.955	-0.922	0.970	0.948	0.940
Max. impact energy	-0.871	-0.938	0.971	-0.950	-0.972	-0.921
Second sinking depth	-0.860	-0.928	0.895	-0.953	-0.927	-0.911
Second rebounding height	-0.870	-0.940	0.950	-0.960	-0.967	-0.922
Second absorbed energy	0.860	0.931	-0.901	0.950	0.925	0.912
Second impact energy	-0.863	-0.934	0.948	-0.955	-0.965	-0.915
Logarithmic decrement	-0.458	-0.279	0.076	-0.270	-0.231	-0.340
Decay time	0.912	0.974	-0.976	0.971	0.969	0.958

	Simple	Casual	Delicate	High-class	Sporty	Like
Impact resilience modulus	0.957	0.926	-0.947	-0.906	0.894	-0.891
Max. sinking depth	0.982	0.927	-0.959	-0.956	0.965	-0.927
Max. rebounding height	0.957	0.926	-0.947	-0.906	0.894	-0.891
Max. amplitude	-0.866	-0.798	0.834	0.867	-0.892	0.828
Max. absorbed energy	-0.975	-0.926	0.964	0.951	-0.962	0.934
Max. impact energy	0.983	0.953	-0.930	-0.926	0.916	-0.866
Second sinking depth	0.964	0.929	-0.940	-0.932	0.945	-0.901
Second rebounding height	0.989	0.957	-0.934	-0.938	0.934	-0.875
Second absorbed energy	-0.961	-0.935	0.950	0.927	-0.941	0.911
Second impact energy	0.986	0.958	-0.928	-0.932	0.928	-0.865
Logarithmic decrement	0.151	-0.259	-0.112	-0.348	0.340	-0.304
Decay time	-0.982	-0.945	0.988	0.947	-0.951	0.949

文　献

1. C. Yokokura C, *Jidosha Gijyutu*, **29**, 60 (1975).
2. T. Nishimatsu, H. Ariga, and E. Toba, *J Text Mach Soc Japan (predecessor journal of J Text Eng)*, **48**, T277 (1995).
3. T. Nishimatsu, S. Sekiguchi, and E. Toba, *J Text Mach Soc Japan (predecessor journal of J Text Eng)*, **50**, T316 (1997).
4. T. Nishimatsu, S. Sato, H. Kanai, M. Kamijo, H. Ishizawa, E. Toba, T. Azuma, and K. Ohta, *J. Japan Soc. Kansei Eng*., **3**, 17 (2003).
5. M. Tada, T. Nishimatsu, S. Sekiguchi, and E. Toba, *Sen-i Gakkaishi*, **54**, 610 (1998).
6. T. Nishimatsu, S. Sekiguchi, and E. Toba, *Sen-i Gakkaishi*, **52**, 253 (1996).
7. T. Matsuoka, T. Nishimatsu, J. Yamazaki, H. Kanai, H. Ishizawa, E. Toba, and T. Azuma, *J Text Mach Soc Japan (predecessor journal of J Text Eng)*, **58**, T142 (2005).
8. T. Nishimatsu, M. Tatsuguchi, M. Tada, and E. Toba, *J Text Mach Soc Japan (predecessor journal of J Text Eng)*, **52**, T57 (1999).
9. Japanese Automobile Standards Organization, "*B 408 Test Code Padding Material for Automobile Seats"*, Society of Automotive Engineers of Japan, Tokyo (1989).
10. Nikkagiren, "*Kannou Kensa Handbook"*, pp379, Nikkagiren Shuppan, Tokyo (1999).
11. T. Shinya, H. Kanai, T. Nishimatsu, T. Mori, J. Yamamoto, and N. Hara, *Proceedings Japan Ergonomics Society Tokai Branch Meeting in 2005*, 76 (2005).
12. JIS D4607, *"Three Dimensional Manikins for Use in Defining Automobile Seating Accommodations"* (1994).
13. JIS D0024, *"Road Vehicles − Procedure for H-point Determination"* (1985).