

製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化 (第3報) 硬軟感と反発感を伝達するためのアニメーションの設定条件

藤巻吾朗*, 山口穂高*, 関範雄*

Visualizing the Tactile Sensation of Cushions for the Digitalization of Product Proposal Process (III) Conditions for setting up animations to convey feelings of softness and bounce

FUJIMAKI Goroh^{*1}, YAMAGUCHI Hodaka^{*1}, SEKI Norio^{*1}

本報告では、クッション製品の触感のうち、硬軟感、反発感に着目し、これらの触感を伝達するためのアニメーションの沈み込み量および復元時間の設定値を把握し、これらの設定値をクッションの最大変位、ヒスロス率から算出する手法を提案した。これにより、事前にアンケート調査を実施しない状態でもある程度の範囲内で触感を予測できるようになった。提案した手法をもとにクッション変形のアニメーションを作成し、WEBアンケート調査を行った結果、「やわらかい感じ」は実物に比べ、評点の高いサンプルが過小評価される傾向で、「跳ね返る感じ」は実物に比べ、サンプル間の差が小さくなる傾向が見られた。アニメーションによる「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」の触感推定について、相対的な比較にはある程度有効だが、絶対評価については画面サイズが影響することが考察された。

1. 緒言

本研究では、クッション製品の三次元変形を可視化することで視覚情報を使ってクッションの触感を伝える手法を開発することを目的とする。これまでの研究で、3Dスキャナによる測定結果をもとにしたクッションの三次元変形の可視化手法を提案し¹⁾、その手法を用いて作成したサンプル映像（クッション変形のアニメーション）をもとにWEBアンケート調査を行うことで、硬軟感はクッションの変形速度の影響はあまりなく、反発感はクッション変形後の復元時間が影響することが確認された²⁾。また、先行研究では、ブロック体の変形量が硬さの推定値と高い相関があることが報告されており³⁾、硬軟感はクッションの変形量（沈み込み量）が影響することが考えられる

本報告では、クッション製品の触感のうち、硬軟感、反発感に着目し、これらの触感を伝達するためにアニメーションの沈み込み量および復元時間をどのように設定すると良いかを明らかにする。

2. 実験内容

2.1 実験概要

硬さや反発力の異なる3種類のクッションにそれぞれに座り、「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」に関するVASスケールのアンケートに回答してもらった。実験参加者は、19歳から45歳の男女20名（男性10名、女性10名）であった。実験手順を以下に示す。

- ①クッションに座り、「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」に関するアンケートに回答
- ②クッションに座ったままの状態、沈み込み量が段階的に異なるクッション変形の映像を沈み込み量が小さいものから順番にモニタに呈示し、「やわらかい感じ」の印象に近い映像を選ぶ。一度選択してもらった後に次の映像と前の映像を確認し、最終的に最も印象に近いと感じた映像を選ぶ。
- ③クッションに座ったままの状態、モニタに復元時間が段階的に異なるクッション変形の映像を呈示し、「跳ね返る感じ」の印象に近い映像を選ぶ。一度選択してもらった後に次の映像と前の映像を確認し、最終的に最も印象に近いと感じた映像を選ぶ。

* 試験研究部

④①～③をクッションサンプルの数だけ繰り返す。

2.2 クッションサンプル

実験には特性の異なる3種類クッションを使用した(表1)。図1に使用したクッションサンプルの荷重-変位特性を示す。荷重-変位特性のデータ取得については、JIS K6400-2⁴⁾を参考に直径200mmの円盤を使用し、標準体重の日本人男性が座った時に座椅子かかると想定される520Nの荷重を加えた。試験速度は100mm/minであった。

表1 実験に使用したクッションサンプル

サンプルID	硬さ	反発力	備考
サンプル1	軟らかい	低い	ウレタンフォーム
サンプル2	硬い	高い	ウレタンフォーム
サンプル3	軟らかい	高い	コイルスプリング

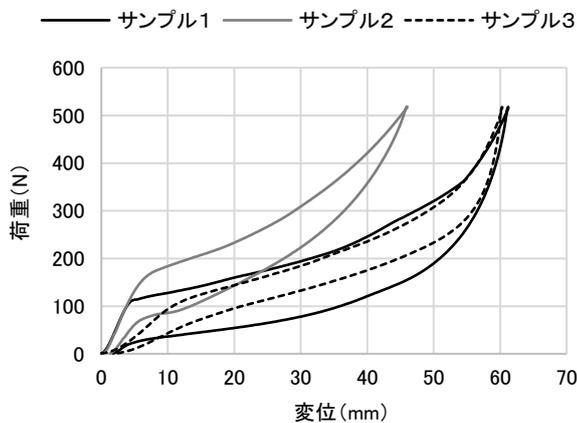


図1 クッションサンプルの荷重-変位特性

2.3 呈示映像

3Dスキャナ(Artec Eva)を使用し、前述のクッションサンプルの三次元形状の測定を行った。測定は非荷重状態と荷重状態(人体形状を模したジグを介して520Nの荷重を加えた状態)で行い、荷重状態での測定結果については、測定後ジグの消去と穴埋めを行った。非荷重状態の3Dモデルと荷重状態の処理後の3Dモデルをもとにモーフィング処理を行い、基準となる映像を作成した¹⁾。

沈み込み量の異なるサンプルについては、基準となる映像をもとに沈み込み量を0.3~1.0倍まで0.1倍刻みで8種類作成した(図2)。復元時間の異なるサンプルについては、基準となる映像をもとに復元時間を0.1~1.0秒まで0.1秒刻みで10種類作成した。

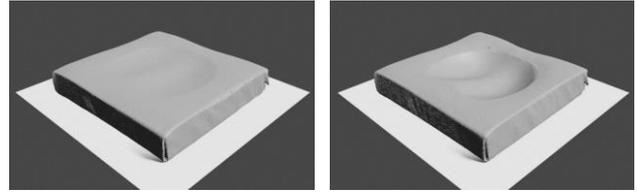


図2 沈み込み量が異なる映像サンプルの例(左:最も沈み込み量が小さい、右:最も沈み込み量大きい)

3. 結果と考察

3.1 触感と選択した映像との関係

調査結果については、明らかに評価傾向の違う2名の回答結果と映像選択の際に判断がうまくできなかったとのコメントがあった条件を外れ値として除外し、分析を行った。

図3に「やわらかい感じ」の評点とその際に選択した映像の沈み込み量(クッションの最大変位量をもとに計算した値)を示す。この結果から、沈み込み量が同じ映像であれば、「やわらかい感じ」の印象評価は、個人差はあるものの概ね決まると考えられた。また、「やわらかい感じ」の評点が高かったサンプルについては、選択する映像に個人差が大きい傾向があった。

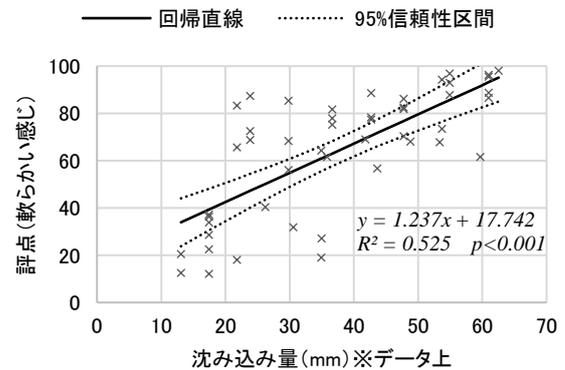


図3 沈み込み量と「やわらかい感じ」

図4に「跳ね返る感じ」の評点とその際に選択した映像の復元時間を示す。この結果から復元時間が同じ映像であれば、「跳ね返る感じ」の印象評価は概ね決まると考えられた。自由意見では、沈み込み量が小さい(硬い)サンプルについては映像を選択するのが難しいとの意見が多かった。これは、呈示映像が沈み込み量1.0倍で作成されており、「やわらかい感じ」の評価で選んだ映像とのギャップがあったためイメージがしにくかったことが考えられる。

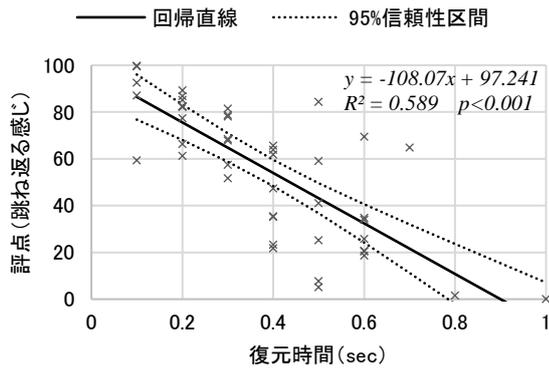


図4 復元時間と「跳ね返る感じ」

3.2 アニメーションの設定値と物性値の関係

「やわらかい感じ」を伝達するための沈み込み量、「跳ね返る感じ」を伝達するための復元時間の設定値について把握したが、実用性を考慮すると、これらの設定値をアンケートの調査結果からではなく、クッションの物性値から算出できることが望ましい。

選択された映像の沈み込み量と復元時間の平均値をクッションごとに計算し、クッションの物性値との関係を調べた。図1に示したデータをもとに沈み込み量と復元時間との関係を調べたところ、明確な関係はみられず、同様の試験方法で、1000mm/minの速度で試験を行ったデータから求めた最大変位量、ヒスロス率との間に関連性が見られた(図5、図6)。現状ではサンプル数が少なく、回帰分析の結果、有意水準5%では係数の有意性はなかったが、クッションの最大変位量からアニメーションの沈み込み量の設定値、ヒスロス率からアニメーションの復元時間の設定値を算出することは可能であることが推察される。

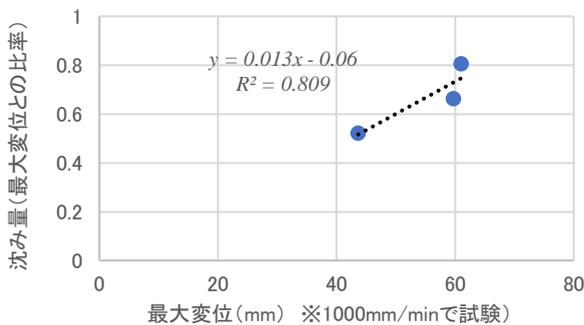


図5 最大変位量と沈み込み量の設定値

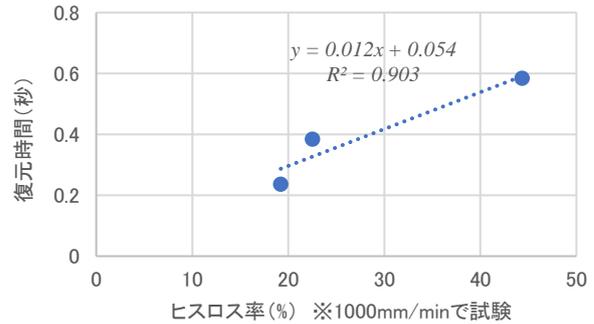


図6 ヒスロス率と復元時間の設定値

4. WEBアンケート調査 (試行)

4.1 調査概要

4種類のサンプル映像をブラウザ上にランダムに呈示し、回答者はそれを見て自身が座った場合にどのような触感になるかを推測し、アンケートに回答してもらった。アンケート項目は「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」「底につく感じ」「体に馴染む感じ」の4項目で、7段階の評定尺度(しない—わずかにする—ややする—する—だいぶする—とてもする—非常にする)で評価してもらった。回答者は21歳から49歳の男女227名(男性111名、女性116名)であった。また、アンケート回答時に使用した端末の回答結果を図7に示す。

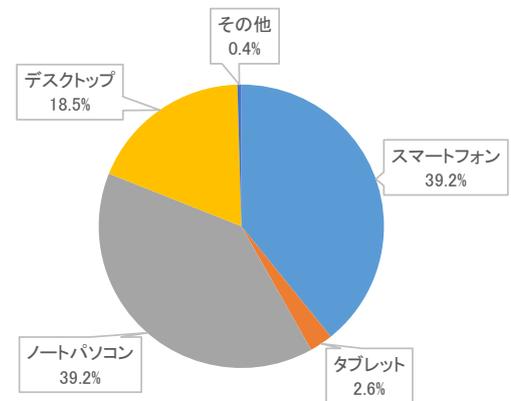


図7 回答時に使用された端末

4.2 サンプル映像

図5、図6に示した計算式をもとにクッションの物性値からアニメーションの設定値を求め(表2)、4種類のサンプル映像を作成した。サンプル1～サンプル3は表1に示したものと同様で、サンプル4については新たに追加したサンプルで、一般的に座面に使われるクッションであった。

表2 クッションの物性とアニメーションの設定値

サンプルID	最大変位 (mm)	ヒスロス率 (%)	沈み込み量の設定値 (倍)	復元時間の設定値 (秒)
サンプル1	59.68	44.33	0.73	0.59
サンプル2	43.64	22.51	0.52	0.33
サンプル3	61.01	19.20	0.75	0.29
サンプル4	46.74	36.44	0.56	0.50

4.4 結果と考察

アンケートの回答結果のうち、今回は「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」に絞り、実際に座った時の評価結果との比較を行った。また、回答時に使用された端末のうち、使用率が10%を超えたスマートフォン、ノートパソコン、デスクトップパソコンの3種の「やわらかい感じ」「跳ね返る感じ」の回答結果について、それぞれ一元配置の分散分析を行った結果、有意差はみられなかった。このことから、今回の回答結果については、端末による違いは考慮しないこととした。

図8に「やわらかい感じ」の回答結果、図9に「跳ね返る感じ」の回答結果を示す。図中の「実際に座っての評価」は本報告の前半で取得した実際にクッションに座って評価した結果、「提案手法による評価」は図3、図4に示した計算式をもとに算出した評価の予測値と標準偏差に相当する68%予測区間、「WEBアンケート結果」はWEBアンケート調査で映像を見て触感を推測し、回答した結果である。なお、WEBアンケート結果については、比較のため、先行研究で得られた正規化スコア⁵⁾をもとに7段階での評価結果を0～100点に換算した。

■実際に座って評価(n=20) □提案手法による予測
▨WEBアンケート結果(n=227)

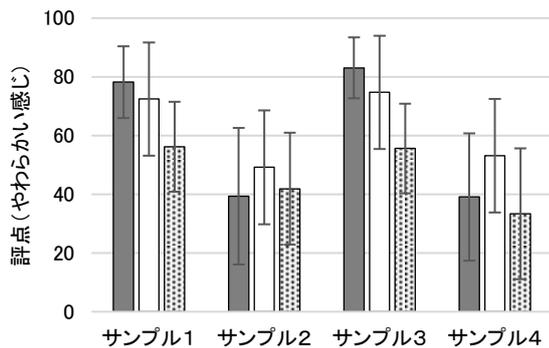


図8 実物と映像呈示による評価の比較 (やわらかい感じ)

■実際に座って評価(n=20) □提案手法による予測
▨WEBアンケート結果(n=227)

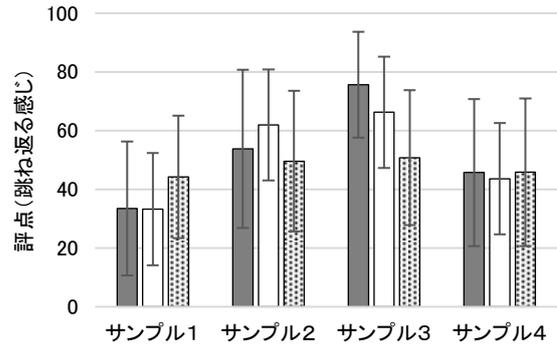


図9 実物と映像呈示による評価の比較 (跳ね返る感じ)

「やわらかい感じ」は実際に座って評価した結果に比べ、WEBアンケート結果では評点の高いサンプルで過小評価される傾向があった。提案手法による予測結果については、実際に座っての評価のばらつきの範囲内に平均値が収まっており、概ね良好であると考えられる。評点の高いサンプルで過小評価される傾向があったのは、図3で示したとおり、個人差が大きいことがひとつの要因として考えられる。また、実際に座っての評価では映像を24インチモニタにフルスクリーン表示したのに対して、WEBアンケート調査ではアンケートの回答欄と一緒にブラウザ上に表示しており、呈示サイズが異なっていたことが影響したと考えられる。

「跳ね返る感じ」は実際に座って評価した結果に比べ、WEBアンケート結果では、回答が中央に集まり、サンプル間の差が小さくなる傾向があった。特にサンプル1とサンプル3の変形量の大きなサンプルで実際に座って評価した結果との差が大きかったが、これも呈示サイズの影響を受けたと考察される。跳ね返る感じの知覚は復元時間ではなく、実際には復元速度で知覚していると考えられ、変形量の大きいサンプルほどその速度の知覚の誤差が大きくなるためにこのような結果になったと考えられる。提案手法による予測結果については、実際に座っての評価のばらつきの範囲内に平均値が収まっており、概ね良好であると考えられる。

以上のことから、現状の提案手法で「やわらかい感じ」と「跳ね返る感じ」の触感はクッションの物性値から予測が可能であることが示唆された。クッションの変形のアニメーションによる触感の伝達については、図8、図9に示されたようにサンプル間の大小関係については一致しており、相対的に比較においては、ある程度有効であると推測され

る。絶対評価については、呈示サイズの影響があると考えられ、実用化に向けては呈示サイズの影響の把握や呈示サイズを固定した状態でのデータ取得が必要となると考えられる。

6. まとめと今後の課題

以下の知見が得られた。

- 触感を伝えるアニメーションの設定条件を把握した。具体的には「やわらかい感じ」を伝達するための沈み込み量、「跳ね返る感じ」を伝達するための復元時間の設定値を把握した。
- アニメーションの設定条件と物性値との関係を把握した。具体的にはクッションの物性値から算出した最大変位に対するアニメーションの沈み込み量の設定値、ヒスロス率に対するアニメーションの復元時間の設定値の算出方法を提案した。これにより、事前にアンケート調査を実施しない状態でもある程度、触感を把握することが出来るようになった。
- 得られた知見をもとにアニメーションを作成し、WEBアンケート調査を実施した結果、「やわらかい感じ」は実物に比べ、評点の高いサンプルが過小評価される傾向で、「跳ね返る感じ」は実物に比べ、サンプル間の差が小さくなる傾向があった。アニメーションによる触感推定について、相対的な比較にはある程度有効だと推測されるが、絶対評価については、画面サイズが影響することが考察された。

今後の課題として、クッションのサンプル数の

増加、物性値の取得方法や指標の見直しによる触感予測の精度の向上、さらには実用化に向けて、複雑な形状や構造をもつ実製品に対しても応用可能であるかの検証が挙げられる。

参考文献

- 1) 藤巻吾朗他：製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化（第1報）クッション製品の三次元変形の可視化，岐阜県生活技術研究所研究報告，25，pp.10-13，2023.
- 2) 藤巻吾朗他：製品提案プロセスのデジタル化を目指したクッションの触感の可視化（第2報）クッションの変形速度が触感推定に与える影響，岐阜県生活技術研究所研究報告，25，pp.14-18，2023.
- 3) Paulun V.C., et al.: Shape, motion, and optical cues to stiffness of elastic objects, *Journal of Vision*, 17(1), 20, pp.1-22, 2017.
- 4) JIS K6400-2：軟質発泡材料—物理特性の求め方—第2部：硬さ及び圧縮たわみ，財団法人日本規格協会，2004.
- 5) 長野和雄：日本語の程度用語と頻度用語の高さに関する調査，*日本建築学会環境系論文集*，81，719，pp.9-17，2016.

