

EC 通販における衣服触感の伝達モデル構築

プロフィットエンジニアリング研究

5219F020-9 リュウグンナン
指導教員 大野高裕

Modelling Texture Conveyance Measures for Ecommerce

LIU Junnan

1. はじめに

感覚マーケティングの視点から、製品に関する接触情報が製品における知覚品質や購買意向、購入意思などに有意な影響を与えることが多数の研究によって確認された[1]。これらの研究では、視聴覚に次ぎ、製品の触覚情報が消費者にとって重要であることを明らかにした[2]。しかし、触覚を体験するには実物のサンプルが必要であり、ECサイトだけで触覚を体験することはできない。特に購入して実際に消費することで製品の品質を把握できるような経験財にとっては、視聴覚以外の感覚伝達は重要である[3]。

本研究で取扱い製品が経験財であるアパレル業界を事例として取り上げる。少数のファッション通販サイト（CHUUやDHOLICなど）では、衣服に対する触覚について評価項目を設置し、「あり」「普通」「なし」の3段階で評価しているが、このような仕組みにはいくつかの問題点がある。第一に、衣類の触覚に関する評価項目には大きなばらつきがあり、衣類の評価についての統一的な基準がない点である。第二には、ほとんどの衣類について簡単な三段階で評価するため、衣服同士間の差別化ができず、触覚情報としては不明確である点が挙げられる。第三には、直接的な触覚要素を提示しなければ、消費者はどのような触覚であるかをイメージしにくい点である。

上記の問題点を解決するため、本研究では衣服通販サイトにおいて、これまで触感の有効な伝達方法がなかった点を改善するために、衣服における触覚情報の物理特性に基づいた評価基準を可視化したモデルの構築を目的とする。その際、衣服の触覚を数的な評価応答と、日常生活における触覚評価に出現する感性語の提示で、触覚の伝達をさらにしやすくすることを可能にする。

2. 本研究の位置付け

2.1. 従来研究

これまで繊維製品の材質感に関する研究においては、材質感を表現する空間の次元を「材質感次元」と定義し、「材質感次元」を用いた質感の評価分析が行われている。永野[4]は、触覚に関する「材質感次元」を構成した従来研究について、対象とされた試料やそれらの研究で用いた手法を整理している。永野が整理した多くの研究例では、研究対象が服ではなく繊維素材であったため、身に着けた場合への考慮がなされていない。また、これらの次元の構成項目には大きなばらつきが見られ、統一的な見解が存在しない。さらにこの研究で考慮している触覚の要素は次元を用いて表しているが、消費者にどのように伝達するかが考慮されていない。

一方、触覚の再現における重要な研究として、川端ら[5]

の研究を挙げることができる。この研究では、摩擦係数など布の物理量に基づいて、その総合的な風合いを評価するシステム（以下、KES-F System, KESと略する）を開発した。KESにより、繊維の風合いの計測専用機械を用い、川端によって定義された繊維の持つ16個力学特性値を収集することができたため、力学量から衣服の具体的な風合い値への変換が可能となった。しかし、この研究は産業用のため、質感を数値で再現することが可能になったが、一般の消費者には応用しにくい。さらに、倉光[6]は、触覚において感覚語彙（以下、感性語）を用いた官能評価を実施することで、対象に触れたときの感覚を触覚次元によって明らかにすることができる旨と指摘しているが、商品評価に関する具体的な提案や検証を行っていない。

2.2. 本研究で対象とする触覚

本研究では、触覚の伝達が、「触覚を生起させる刺激」、「触覚の発生」、「触覚の再現」という発生順序で行われていることを考慮する。そこで、触覚を定義し、触覚を生起させる刺激の範囲を明らかにする。

まず、現代の生理学における狭義の触覚により、振動による皮膚感覚に着目する。また、皮膚感覚は機械的刺激、温熱的刺激、電気的刺激、化学的刺激のような様々な刺激に反応を示すが、本研究で考慮する刺激は、触圧覚、振動覚、動き覚など機械的刺激である。

2.3. 本研究のアプローチ

本研究では、ウェブサイト上での購買行動を想定した上で、目に見えない衣服の触覚を再現することに着目する。まず、図1の概要で示したように、機械的刺激は触覚を決める主要な原因とする。触覚を生起させる刺激を明らかにした上、川端ら[5]と倉光[6]の研究を参考にし、触覚を「評価要因」と「感性語」の二つの形式で把握する。そのため、刺激と触覚の再現形式の関係性をそれぞれ示す。

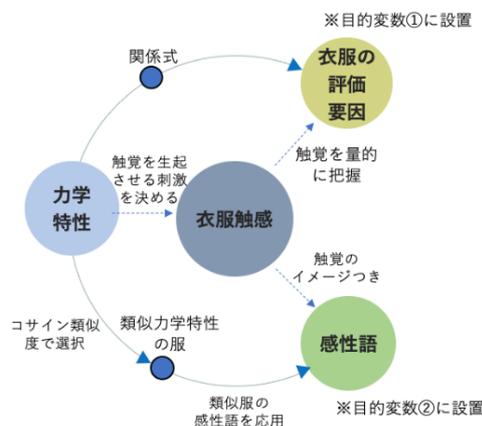


図1. 本研究の全体概要図

図 1.より、簡略化したモデルにおいて、衣服に抱く触覚を評価要因ごとに重回帰式で示すことと、コサイン類似度で選択された類似力学特性を持つ服の感性語を新たな服に応用することで、触覚の特徴を数と語彙の形式で理解することができるので、触覚の伝達が期待される。

本研究では、まず、触覚を表現するための評価要因の項目を設定したうえ、力学特性と評価要因の関係モデルを構築する。触覚を生起させる刺激について、基本的な物理特性の観点から力学特性値を解明し、評価要因との関係を重回帰式で明らかにする。

次に、消費者が触覚を評価要因ごとに把握した上で、感性語を提示することでモデルを構築する。このとき、触覚を提示する感性語の選定は現在通販サイトで掲載している衣服の商品紹介文を使うこととする。そして、新たに感性語を求める衣服に対しては、前述した力学特性値に基づいて、最も類似した衣服を算出し、過去に評価された服の感性語をその衣服に応用する。

以上の手順を、EC サイト上で衣服の触覚情報をオンラインで購買者に伝達するための構築手順としてまとめる。最後に、構築したモデルから得られた結果を整理し、被験者に示すことで提案モデルの有効性を検証する。

3. 本研究の提案

3.1. 力学特性

触覚情報の伝達のために、2.2 節で述べた「触覚を生起させる刺激」を計測する必要がある。本研究では、川端[5]の KES により開発された布の基本力学量、16 個の力学変数を参考とする。これらの定義と単位を表 1.で示す。

3.2. 衣服触覚の評価要因

多様な触覚を識別し、幅広い衣服を同一標準で評価するためには、触覚の次元（以下、評価要因）を定めることが必要である。

本研究では、主に川端ら[5]の研究を参考に、触覚の評価について、図 2.の 4 つの評価要因を用いた。それぞれの定義について以下に示す。

1. 伸縮性：衣服の伸び縮み感を表す。
2. 柔らかさ：肌触りによるソフト感を表す。
3. 滑らかさ：肌との密着程度による摩擦感を表す。
4. 温かさ：肌との密着程度による温かさを表す。

3.3. 感性語

本研究では、触覚について感性語を用いて表現する。対象となる感性語には、オンライン上で消費者に見せることが必要となり、加えて EC サイト側が応用する場面を考慮するために、これらのサイトに掲載されている衣服の商品紹介文から触覚を表す感性語を抽出する。そこで、2020 年 5 月 26 日から 6 月 30 日の期間にトップスを対象に、アマゾン、楽天など 5 つの通販サイトから 10286 件の紹介文に関して、スクレイピングと手作業によるデータを収集し、触覚を表す感性語の抽出を行った。この結果、出現頻度の多さから、10 個の形容詞を抽出し、表 2.に整理した。

3.4. 提案モデル

触覚をどのように消費者に伝達するかについて、どのような触覚かを定める力学特性、様々な衣服が持つ触覚の評

価要因、感性語の提示について、複合的に検討する。

提案モデルを図 3.に示した。衣服の力学特性は、触覚を生起させる直接な原因であるため、評価要因と感性語を表す説明変数として置くことができると考える。評価要因を目的変数①とし、感性語を目的変数②とする。

まず、評価要因に主要な影響を与える力学特性を明らかにする。力学特性と目的変数①の評価要因の分析では、それぞれの評価要因に主要な影響を与える力学特性を、重回帰分析を用いて明らかにし、評価要因の定量化を行う。

表 1. KES の計測試験で取り扱った力学特性

力学量	説明	単位
直線性 (LT)	小さいほど初期に伸び柔らかい	—
引張エネルギー (WT)	最大伸張力までの仕事量	N/m
引張レジリエンス (RT)	伸張ときのエネルギーに対する回復されるエネルギーの割合	%
線断剛性 (G)	大きいほど布は線断変形にくい	N/m/deg
線断角 0.5 度のヒステシス (2HG)	大きいほどぬめは僅かな線断変形での回復性が悪い	N/m
線断角 5 度のヒステシス (2HG5)	大きいほどぬめは大きな線断変形での回復性が悪い	N/m
曲げ剛性 (B)	大きいほど布は曲げ剛く	$\times 10^{-4}$ Nm ² /m
曲げのヒステシス (2HB)	大きいほど布は曲げ変形からの回復性が悪く、弾力性がない	$\times 10^{-2}$ Nm/m
圧縮直線性 (LC)	小さいほど初期に圧縮柔らかい	—
圧縮エネルギー (WC)	最大伸張力までの仕事量	N·m/m ²
圧縮レジリエンス (RC)	圧縮時のエネルギーに対する回復されるエネルギーの割合	%
平均表面摩擦係数 (MIU)	大きいほど表面がざらざらして手に引っかかり	—
表面摩擦の平均偏差 (MMD)	摩擦係数の変動を表す	—
表面の粗さ (SMD)	布の平均的な厚みの変動	—
重量 (W)	単位面積当たりの布重量	g
厚み (T0)	一定圧力下における厚み	$\times 10^{-3}$ m

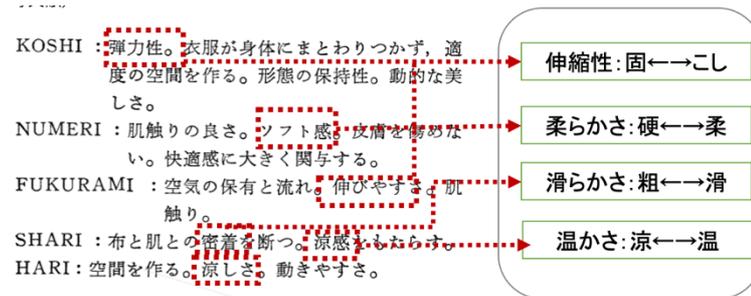


図 2. 参考文献と評価要因の対応図

表 2. 頻度により抽出された感性語

形容詞	頻度
柔らかい	1646
ラフ	468
軽い	398
ゆるい	398
ルーズ	386
滑らか	364
軽やか	304
涼しい	303
爽やか	257
しなやか	237

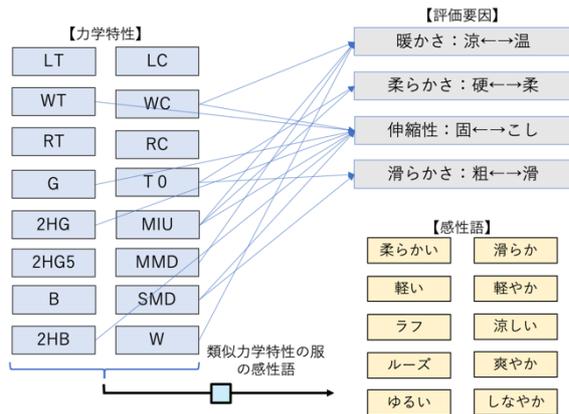


図 3. 提案モデルのイメージ図

表 3. 力学特性値の計測結果、評価要因と感性語の評価得点の集計結果(一部)

サンプル服	衣服の初期力学特性(16個)			評価要因(4つ)			抽出された感性語の得点結果		
	LT(-)	WT(N/m)	RT(%)	涼温	硬柔	伸縮性	柔らかい	ラフ	ゆるい
1	0.585	6.843	47.060	2.2	3.0	1.6	2	9	2
2	0.468	9.587	55.923	3.0	3.8	3.6	5	1	4
3	0.433	105.990	29.960	3.8	4.6	4.8	10	0	8
4	0.659	32.583	49.707	2.2	3.0	3.0	3	5	4
5	0.504	5.750	73.150	1.2	2.0	1.0	1	2	1

次に、衣服の力学特性の違いによってどのような感性語がこの衣服を表すのに適切であるかを明示する。力学特性と目的変数②の感性語の関係構築では、あらかじめ衣服の力学特性値と感性語の評価をデータベース化し、新たな衣服に適切な感性語を推定する際は、力学特性値に基づいて推定した、データベース上の類似服の感性語をその衣服に適用する。

このように、衣服の触覚情報を評価要因ごとに数値で表し、加えてその触覚を適切な感性語で提示することで、触覚情報を伝達する。

4. モデルの構築

4.1. データの取得

本研究で取り扱うデータの収集のための予備調査は、大きく分けて力学特性値を得るための計測実験と、実際にサンプル服を被験者に身につけさせ、それを評価する試着実験に分けられる。

まず、東京都立産業技術研究センターの実験室において、力学特性値を測定するための予備実験を行った。計測実験においては、表 1. の力学特性 16 個による、対象となるトップスの夏服の 28 着サンプルに対する実験をもとに測定したデータを使用する。実験は、2020 年 8 月 18 日から 9 月 14 日にわたり、1 着ずつ 3 枚布 (30cm×30cm) をとり、素材の横縦方向それぞれについて各 3 回実施し、計 2688 個の有効データを収集した。その計測結果の平均値を取る。

評価要因と感性語においては、5 名の 20 代女性の被験者に実験で使用した衣服を試着させ、触覚について評価要因ごと (5 点尺度) に回答させた。例えば、温かさの評価要因には、1 点 (涼に近い)、2 点 (涼にやや近い)、3 点 (どちらともいえない)、4 点 (温にやや近い)、5 点 (温に近い) のいずれかを表し、数値が小さくなると、涼に近いと言える。この 4 つの評価要因の平均値をとることで、

データを集計した。

このとき取り扱った感性語は 3.3 節において、EC サイト上に掲載されている商品紹介文から抽出した 10 個の感性語であり、実験で使用された衣服についての触覚を、これらの感性語それぞれに対し、10 点 (非常にそう思う)、5 点 (どちらともいえない)、0 点 (そう思わない) の 3 段階で採点させた。最後に、収集された評価要因と感性語の得点は 5 人の平均評価得点を算出した。

調査の結果、計 28 着の衣服から、16 個の力学特性値を計測した。評価要因と感性語のそれぞれに対する評価得点の一部を表 3. に示す。

4.2. 力学特性と評価要因のモデル構築

力学特性値と評価要因によるモデル構築では、4 つ評価要因それぞれに影響を与える力学特性を明らかにした上で、評価要因を定量化する。本研究では目的変数を試着実験で収集された 4 つの評価要因、説明変数を 28 着の衣服それぞれが持つ 16 個の力学特性値の測定結果とする重回帰分析を行った。なお、主要な影響を持つ変数を推定するために、変数増減法を用いて 16 個の変数を抽出した。4 つの評価要因値それぞれに対し、得られた 4 つの重回帰式を以下に示す。

$$Y_j = C_j + \sum_{i=1}^{16} C_{ij}x_i \quad (1)$$

x_i : 力学特性値 i ($i = 1, 2, \dots, 16$)

Y_j : 評価要因値 j ($j = 1, 2, 3, 4$)

C_j, C_{ij} : 係数

4.3. 感性語を提示するモデルの構築

感性語の提示とは、力学特性に基づき、衣服の触覚情報に適合する感性語を提示するモデルである。衣服に対する具体的な提示手順は、以下の通りである。

Step1. サンプルとなる衣服についての感性語の評価得点と力学特性値をデータベース化する。なお、本研究で取り扱ったデータは 28 着のサンプルから構成され、感性語の評価得点は 4.1 節で述べた試着の予備実験から収集した。

Step2. 衣服の触覚情報は力学特性を用いて解明する。このとき必要となるデータは、予備実験で計測した力学特性値を用いる。なお、力学特性値をベクトルに変換する。

Step3. 力学特性を基に、サンプルとしてデータベースに蓄積された服の中で最も類似した服を見つけた上で、4.1 節での採点結果により、高い得点の感性語を新たに評価したい服に応用する。このとき服同士の類似度は、式(2)のコサイン類似度により判定する。

$$S_{AU} = \frac{(A, U)}{\|A\| \|U\|} = \frac{\sum_{i=1}^{16} a_i u_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{16} a_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{16} u_i^2}} \quad (2)$$

i : 所属力学特性 ($i = 1, 2, \dots, 16$)

A : 既知服 A の力学特性ベクトル

U : 未知服 U の力学特性ベクトル

a_i : 既知服 i 番目の力学特性

u_i : 未知服 i 番目の力学特性

S_{AU} : 服 A と服 U の類似度

表 4. 力学特性と評価要因の関係のパラメーター推定結果

涼温(式I)	推定値	標準誤差	t-value	p-value	
WC	1.670	0.540	3.092	0.0053180	**
MIU	20.006	4.566	4.381	0.0002380	***
MMD	-62.086	19.872	-3.124	0.0049370	**
W	-0.139	0.066	-2.112	0.0462510	*
有意判定: ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, 決定係数: 0.63					
硬柔(式II)	推定値	標準誤差	t-value	p-value	
(Intercept)	2.548	0.653	3.904	0.0008170	***
T0	-0.526	0.167	-3.150	0.0048370	**
MIU	12.635	3.981	3.174	0.0045740	**
有意判定: ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, 決定係数: 0.64					
伸縮(式III)	推定値	標準誤差	t-value	p-value	
WT	0.019	0.002	7.848	0.0000005	***
G	11.265	2.608	4.319	0.0004650	***
2HG	0.481	0.161	2.991	0.0082100	**
2HB	-20.268	8.057	-2.515	0.0222310	*
WC	-12.331	2.767	-4.456	0.0003470	***
MIU	12.126	4.495	2.698	0.0152480	*
SMD	-0.146	0.041	-3.546	0.0024860	**
有意判定: ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, 決定係数: 0.92					
粗滑(式IV)	推定値	標準誤差	t-value	p-value	
(Intercept)	4.958	0.246	20.153	< 2e-16	***
T0	-0.187	0.073	-2.548	0.0177000	*
SMD	-0.225	0.033	-6.766	0.0000005	***
有意判定: ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, 決定係数: 0.72					

表 5. 感性語の提示結果(一部)

サンプル服	最も類似した服	類似した服の感性語得点結果		
		柔らかい	ラフ	ゆるい
1	10	2	9	2
2	21	5	1	4
3	30	10	0	8
4	29	3	5	4
5	16	3	6	4

5. 結果と検証

5.1. 結果

4つの評価要因の回帰式の係数を推定した結果を表4.に示す。その結果、涼温式の決定係数は0.63、硬柔式の決定係数は0.64、伸縮性の式の決定係数は0.92、粗滑式の決定係数は0.72となった。これらの結果から、衣服の触覚情報を本研究の評価要因から評価することの正当性が一定程度示された。

衣服の温かさは、伸びる能力、表面の摩擦係数の大きさ、単位面積当たりの布重量と強い関係があることが示された。衣服の柔らかさは、一定圧力下における厚み、表面の摩擦が大きいかに関係があることを示した。衣服の伸縮性は、多くの力学特性と有意の結果となったが、曲げ特性に関する力学特性との関係は有意ではなかった。衣服の粗滑程度は、表面の粗さ、重量と関係があることが示された。

また、28着の衣服についての感性語の提示結果の一部を表5.の赤枠に示す。本研究で提案した感性語提示のモデルにより、入手した28着の衣服サンプルを例とし、提示した感性語からそれぞれ1つ選出した。

5.2. 感性語を提示するモデルの検証

4.3節で提案した感性語提示のモデルの正確性を検証するため、予備調査の試着実験を行った5人に再度試着させ、提案により算出された感性語の提示が正しいと思うかの調査を行った。

5人に対する実験の結果の合致率は72.6%、82.1%、85.7%、78.6%、89.3%となり、総合精度は81.4%であった。以上より、本研究の提案モデルを活用することで、有効に触覚情報を伝達できることが示された。

6. 考察

この分析において、感性語の収集時期、実験実施の時期や選択した衣服(夏服)の設定が季節性を持つため、冬服の触覚情報が反応しづらい点が挙げられる。

力学特性と評価要因の分析では、各評価要因に影響する力学特性が異なることが示された。有意な力学特性を明らかにすることによって、衣服の触覚情報を「伸縮性」、「柔らかさ」、「温かさ」、「滑らかさ」のそれぞれの評価値で応答されることがわかった。

次に、力学特性値のもとに、各サンプル服に対する触覚を提示するべき感性語のモデルを提案した。5.2節で述べた検証の結果では、今回の対象データ、感性語に対する評価で同じ得点が出ることがあったため、衣服の触覚情報を複数の感性語で提示することがある。ただし、複数感性語における提示結果は精度が低下する傾向がある。その理由としては、被験者評価の判断の負荷が大きくなると考えられる。そのため、提示される感性語の個数を最小限に絞ることで、触覚情報をよりの確的に伝達することができると考えられる。

7. 結論と今後の課題

本研究では、衣服の力学特性を基にオンライン上での触覚情報について、4つ評価要因値を用いて定量的表現し、感性語でイメージつきやすく提示した。その際、触覚情報を評価要因ごとに数値で表現すること、衣服に対する感性語を提示するモデルについて提案の正当性が示された。

また、以上の触覚情報の評価結果は人間の判断により得られた。触覚計測センサーや脳波計測は多岐にわたり触覚に対する評価が十分に客観的に収集され予測精度が向上すると考えられる。

参考文献

- [1] 朴宰佑: “マーケティングにおける感覚的訴求の効果”, View & Vision, 千葉商科大学経済研究所, No.33, pp.11-15(2012)
- [2] 長岡陽: “触覚情報通信がもたらす未来のQoL”, <https://www.nttdatastrategy.com/knowledge/reports/archives/2018/0726/index.html>, 2021年01月01日閲覧
- [3] 経済産業省商務情報政策局情報経済課: “平成30年度我が国におけるデータ駆動型社会に係る基盤整備(電子商取引に関する市場調査)”, pp. 55-56(2018)
- [4] 永野光,岡本正&山田陽: “触覚的テクスチャの材質感次元構成に関する研究動向(<特集>ハプティクスとVR)”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, pp. 343-353(2011)
- [5] 川端季雄: “布風合いの客観評価システム”, 日本シミュレーション学会, Japan Society for Simulation Technology13, pp. 20-24(1994)
- [6] 倉光慶太郎, 會田悠城, 野々村美宗: “触覚次元に基づいた感覚語集のカテゴリー化”, J. Soc. Cosmet. Chem. Jpn. Vol.49, No.4, pp. 319-327 (2015)