

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	触質感と可視化法およびそのネット通販への応用
Title(English)	
著者(和文)	坂庭秀紀
Author(English)	Hidenori Sakaniwa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9872号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣田 薫,柴田 崇徳,室伏 俊明,長谷川 修,董 芳艷
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9872号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

平成 26 年度 博士(工学) 学位論文

触質感と可視化法  
およびそのネット通販への応用

東京工業大学 大学院総合理工学研究科

知能システム科学専攻

坂庭 秀紀

指導教員 廣田 薫 教授

## 要旨

### 触質感と可視化法

#### およびそのネット通販への応用

坂庭 秀紀

ネット通販商品の触覚や視覚の感覚情報を“触質感”と定義定式化し、その可視化法を提案する。ネット通販を店頭販売の購入感覚に近づける触質感情報の平均と個人差を把握することで、顧客の到達商品満足度を向上して効率的な購入を促し、販売業者の商品選択や返品率低減などの戦略作成を支援できる。仮想通販サイトで、商品 20 種類を 17 人で評価する実験で、触質感個人差と、購入前サンプル要求度合いの相関 0.78、返品度合いの相関 0.74 を得て、触質感個人差が顧客満足度の向上や販売戦略に利用できることを示す。ネット通販触質感で対象物感覚情報を遠隔伝達する提案は、遠隔医療学習やロボットビジョンなどへの応用も示唆している。

## Abstract

# Definition and Visualization of KANSEI TEXTURE and its Applications to Online Shopping Hidenori Sakaniwa

Kansei Texture ( “Shokushitsu-kan” in Japanese) is defined as a quantitative sensation index to represent tactile/visual perception of goods on online shopping, and its visualization method is also proposed for easy use by general people. The information gap about tactile sensation between real shopping and online shopping is compensated by representing the average and the individual variation of Kansei Texture information. It aims to improve the degree that customers feel satisfaction with purchasing a good on online shopping and to offers suppliers with information regarding the possibility of returned goods.

The Kansei Texture is represented in  $[-1, 1]^3$  based on the result of the subjective evaluation of 120 Kansei Texture expression terms selected from words like onomatopoeia by five elements (Roughness, Hardness, Dryness, Warmness, Glossiness). Its visualization method is established by assigning an appropriate geometric element to each axis considering the property of each axis and its illustration program is provided.

A subjective evaluation experiment is conducted for 17 subjects and 20 goods by showing the proposed virtual online shopping website, and the positive effect of individual difference to buyers/sellers is confirmed. The correlation of the sample demand degree and the individual difference degree is verified with the correlation coefficient 0.78. The buyer can evaluate sample demand depending on individual difference information.

The correlation is 0.74 for the return-goods demand degree and the individual difference degree according to the goods of greater than \$50. The seller might be able to form a strategy in consideration of the risk when the product is expensive and has a large individual difference.

The proposal is expected to be used to get visual/tactile perception of the objects on online shopping, robot vision, telemedicine, e-learning, and others, where the real objects are not available but only their still/dynamic images with brief text explanation are obtainable.

# 目次

要旨	ii
Abstract	iii
目次	iv
<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
<b>第2章 触質感の概念提案とそのベクトル空間表現</b>	<b>6</b>
2.1 触質感	7
2.1.1 ネット通販の市場規模利便性と課題	7
2.1.2 触感と質感(材質感)に関する従来研究	14
2.1.3 触質感の概念定義	19
2.2 触質感を形成する五感覚量	22
2.2.1 触質感表現用語群化	22
2.2.2 五感覚量の定式化	24
2.3 触質感表現用語群と5感覚量の主観評価実験	28
2.4 主成分分析による5次元から3次元への情報圧縮	31
2.5 触質感の3次元立方体ベクトル空間表現	37
<b>第3章 触質感のファジィ集合表現</b>	<b>40</b>
3.1 感覚個人差の存在	40
3.2 触質感のファジィ集合表現	43
3.3 触質感の平均ベクトルと標準偏差ベクトルによる近似表現	46
<b>第4章 触質感の可視化法</b>	<b>52</b>
4.1 触質感平均情報のイラスト表現	52
4.1.1 輪郭線凹凸, 形状, 濃淡による触質感の可視化法	53
4.1.2 触質感第1軸とイラスト輪郭線凹凸	54
4.1.3 触質感第2軸とイラスト形状	55
4.1.4 触質感第3軸とイラスト濃淡	57
4.2 触質感個人差情報のイラスト表現	59

4.3 触質感可視化プログラム	61
<b>第5章 触質感情報のネット通販への応用</b>	<b>75</b>
5.1 ネット通販応用	75
5.2 模擬ネットショップ画面設計	76
5.2.1 従来型画面	76
5.2.2 検索精度の評価指標	77
5.3 模擬ネットショップ被験者実験	78
5.4 触質感情報付加の効果確認	80
<b>第6章 結論</b>	<b>88</b>
参考文献	91
関連研究業績	97
謝辞	99

# 第1章

## 序論

グローバルでのネット通販市場は 2011 年からの売上推移は 6 年間で 2.4 倍拡大し、2017 年には売上\$2,000 Billions を超える成長が予測されている[1]。しかし、一方でネット通販を利用しない人々もおり、その理由として約半数の人が「実物を見て買いたいから」と回答している[2]。消費者が店頭で商品を購入する際には、実際に商品を観察して手に取り、ものの価値・触感・質感などの“感覚”を自ら確認して、自分に合ったものを探ることができる。しかし、ネット通販においては、画面に表示される写真、価格や仕様、他者のレビュー文字情報などから、その触感や質感を想像して商品を選択しなければならない。そして、実際に配送された商品を手にとった際に期待に反したものであるという経験を持つ消費者も多い。つまり、現状のネット通販で提供される商品の画像情報と説明のテキスト情報のみでは、店頭販売で得られる商品の触感・質感の情報と比較して、情報が欠如している。従って、現状のネット通販に不足している情報、つまり商品を店頭で実際に手にとって触った際に得られる触覚または視覚という感覚情報を遠隔で伝送できるようになれば、更なる市場拡大が期待できる。なお、人間の感覚情報としては視覚、触覚の他に聴覚、味覚、嗅覚があるが、ネット通販での売上げの多い品目を見ると、衣料品、家庭用品、日用雑貨、文具・事務品などと続き、視覚、触覚に関与する商品が全体の 7 割を超え、聴覚、味覚、嗅覚にまで関連する商品は 3 割以下である[3]。これらのことから、ネット通販においては、人間の五感に関連して、聴覚、味覚、嗅覚よりも特に視覚、触覚に限定した情報を提供することが、より多くの商品に適

用できる技術という点で重要である。そこで、本論文ではネット通販へ適用できる技術提供を考慮し、視覚と触覚に関連した人間の感覚量を対象とする。

実際に対象物を手に取って触った感覚情報は、素材の物理量のみで決まるものではなく、皮膚内部の触覚受容器から脳に伝わる直接的な感覚情報、および個人の経験や知識から受ける印象や感情など、多くの相互関係が含まれており、あいまいで複雑な感性情報である。触る行為に対する感覚情報は、対象物の使用感や価値判断に大きな影響を与える重要な情報であるため、製品の素材の質感に関する研究や、マーケティング分野での購買行動など多くの分野で研究が行われている。触覚に関する従来の研究としては、材質の物理的特性と心理学的概念との相互関係を調べる事が主に行われている。布や金属、サンドペーパーなど実際に対象物を触れる実験によって、その表面粗さや摩擦特性、熱特性、弾性などの材質の物理的な特性と、触覚の主観評価値との関係性やその因子分析により、材質感を表現する研究などがある[4]-[19]。また、触覚の感性的側面を持つオノマトペ(Onomatopoeia：狭義には擬声語と訳されることもある)によって触り心地を分類する研究も行われている[20]-[26]。これらの従来研究では、布や建築素材など特定の素材を対象として、それら素材の物理的特性と材質感の関係に注目している。しかし、ネット通販などで取り扱われている大量の商品を対象にする場合には、膨大な対象物の物理特性の測定が必要となり、従来研究の手法での材質感表現は困難である。もし将来、素材の材質感に関する物理特性を測定できる装置が開発されたとしても、販売者が取り扱っている商品の材質を測定するのは時間もコストもかかり、すべての商品に対して対応するのは困難である。そのため、ネット通販の様な大量の商品群を対象とする場合には、直接物理測定をしなくても、商品を触った際に感じる感覚情報を抽出する手法の提案が有効である。また、商品を触った感覚には個人差が存在するが、

その個人差の重要性に着目して、触った感覚情報を定量化することは、自分に合った商品を探す場合には重要である。

本論文では、ネット通販市場で取り扱われている大量の商品を対象にし、それら商品の触感・質感などに起因する価値判断に有効な情報を提供することを目指す。商品対象が大量かつ多種多様なため、従来の商品の素材の物理特性を測定する手法ではなく、視覚情報から脳内で想像(イメージ)する商品を触った際に感じる感覚情報を利用する新たな手法を提案する。この視覚情報から感覚情報を取得する手法の採用により、この感覚情報には個人差情報も含まれている。本論文では、この視覚情報からイメージする商品を触った際に感じる感覚情報を新たに“触質感”と定義する。触質感の定義・定式化、および、ネット通販での活用を考慮した可視化法の提案と、触質感情報に含まれる個人差情報のネット通販での活用手法を提案する。

触質感情報の定量化の手順としては、大量の画像(映像)情報を視覚情報として被験者に見てもらい、それを手に取って触った場合に、人が感じる感覚情報をオノマトペを主とする用語として抽出し、その感覚情報を数理的に定式化する。このように定義・定式化した触質感情報を新たな情報空間上で表現し、それらが個人差を含む曖昧で複雑な情報であることを示す。ここで、触質感情報をファジィ集合として取り扱うことによって、触質感情報を近似の精度を落とさず少ない要素で近似する。さらに、近似化した触質感情報の可視化法を提案し、より多くの人に判り易い情報表現を目指す。そして、現状のネット通販サイトの商品画像と説明文と共に商品の触質感情報を付帯し、消費者に対して、従来の写真や文字情報に加え、触感・質感を伝え、商品の価値判断に有効な触質感情報を提供する。触った感覚をどう感じるかは個人差を伴い、個人差が大きい場合には、人による嗜好の違いが大きいことを意味し、逆に個人差が小さければ多くの人が同じような触った感覚を得たことになる。触質感の個人差情報を提供することにより、買い手は購入前の商品サンプル

ル要求判断や、売り手の返品率推定の指標として利用できることを目指す。つまり、買い手は、触質感の個人差が大きく、商品が自分に合うかの判断が難しい場合には、購入前にサンプルを要求して確実に欲しい商品を手に入れる。売り手は、触質感の個人差の大きい商品に対してのみ、触質感の考慮及び販売戦略を立てれば良いことになる。

本論文において、触質感を伝えることで従来のネット通販よりも、店頭で商品を触って得られる場合に近い触質感を得られることを示す。さらに、触質感の個人差の大きさとサンプル要求度合い、返品度合いを明らかにして、触質感情報のネット通販における有効性を示す。

本論文は全 6 章で構成される。各章の構成を図 1.1 に示す。第 2 章では、「触質感の定義定式化とベクトル空間表現」と題し、本論文が扱う触質感の概念の提案と定義、および触質感を数理的に定式化しベクトル空間に表現する手法について述べる。第 3 章では、「触質感のファジィ集合表現」と題し、個人による触質感の感じ方の違いによって、複雑に表現される触質感の集合をファジィ集合として表現し、その集合の近似表現手法を提案する。第 4 章では、「触質感の可視化法」と題し、ベクトル空間上に表現された触質感情報の可視化法を提案し、その評価により有効性を示す。第 5 章では、「ネット通販への応用」と題し、触質感情報をネット通販に応用し、買い手、売り手双方の面からその有効性の評価・考察を行う。

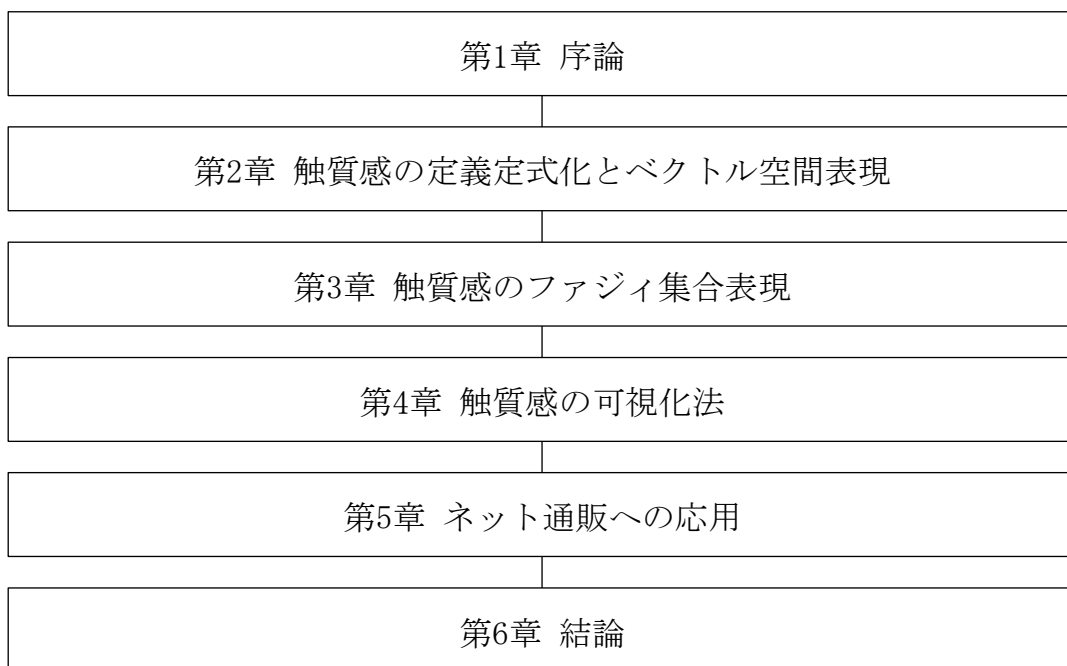


図 1.1 本論文の各章構成

## 第2章

### 触質感の概念提案とそのベクトル空間表現

ネット通販はいつでもどこからでも購入できる利便性から、その市場は拡大を続けている。しかし、ネット通販においては、店頭販売での購入のように商品を手に取りその質感や触感を確認することはできない。PC(Personal Computer)やタブレット端末やスマートフォンなどの情報通信端末を使う場合には、主に画面に表示される写真や文字情報を見て、購入の判断をしなければならない。つまり、購入者は、商品の画像や文字情報を視覚情報で取得し、遠隔にある商品の材質感や触り心地などの触感や質感に関する感覚情報を頭の中でイメージすることになる。配送され手元に届いた商品に触った際に感じる感覚情報が、購入判断時にイメージした感覚情報とギャップがある場合には、返品、交換などの要因となる課題がある。返品、交換に関しては、購入者の手間や入手時期の遅れなどの課題のみでなく、販売者側も梱包や配送料など費用がかかり、経営に影響を与える課題にもなる。このような課題を解決するためには、ネット通販などのようなサービスにおいて、遠隔にある商品の触感や質感を伝える技術は重要である。

人間の五感の一つである触覚は複雑な情報が絡み合って構成されている。例えば、人間は直接対象物に触らなくとも、見ることによって触った感覚を想像できる。これにより、直接触れる危険を回避できる能力を持っている。この触覚に関わる感覚情報を定量化する研究は、心理学、医学、工学など多くの分野で行われているが、

まだ基礎研究の段階であり、上記課題を解決する技術は確立されていない状況である。

ここで、ネット通販を考えると、商品の質感などの情報を伝える主な手段は、現状、写真などによる視覚的手法が主に利用されている。そこで、従来の視覚的表現に加え、触覚の情報を付加し、商品を手にとって得られる感覚情報を新たに“触質感”という概念で定義し、それらの情報を抽出する手法および定式化する手法を提案する。触質感の情報は多次元で表現される複雑であいまいな情報であるが、遠隔者とのコミュニケーションツールとして視覚的に理解し易い情報とするための情報圧縮や空間ベクトル表現手法を提案する。

## 2.1 触質感

ネット通販の市場規模の大きさと取り扱われている商品種別の売上高割合から、遠隔での触覚や視覚の情報伝達に関する課題解決の重要性を示す。触覚や視覚の情報を新たに触質感と定義し、触質感を表現する情報空間を構築する。触質感の抽出手法としては、従来手法のように素材の物理量や力学的特性を測定するのではなく、視覚からの入力によって脳の中でイメージした触覚や視覚に関する用語を利用する。従来研究及びグループディスカッションで選定した5要素で主観評価することによって、用語に含まれる触質感の情報を定量化する手法を提案する。

### 2.1.1 ネット通販の市場規模利便性と課題

グローバルなクラウド化が進む中、PC 端末、スマートフォンやタブレット端末、などの情報通信端末さえあれば、様々な情報を即座に取得できるようになってきている。これらのインフラを利用して、遠隔の情報を入手するサービスが実現されて

おり、そのサービスの1つとしてネット通販がある。ネット通販においては、世界中の大量の商品群の中から、個人の趣味、嗜好、目的にあった商品を検索することができる。さらにその決済や配送システムも構築され、いつでもどこからでも気軽にそれらの商品を購入できるサービスが提供されている。これらの利便性から、ネット通販はグローバル市場において、6年で2.4倍の市場拡大が見込まれ、2017年には\$2,000 Billionを超える規模になると予想されている[1](図2.1.1.1)。日本国内でも過去10年間で2倍の規模となり、2011年度には年間5兆円を超える売上高に成長している[3]。



図 2.1.1.1 ネット通販のグローバル市場

しかし、一方でネット通販を利用しない人々もおり、その理由として約2人に1人は「実物を見て買いたいから」と回答している[2](図2.1.1.2)。これはつまり、従来の店頭販売に慣れている人が多く、商品の購入を判断するのに、写真や文字情報のみではなく、実際の触り心地、使用感を確認したい人が多いことを示している。

## インターネット通信販売を利用しない理由 (%)

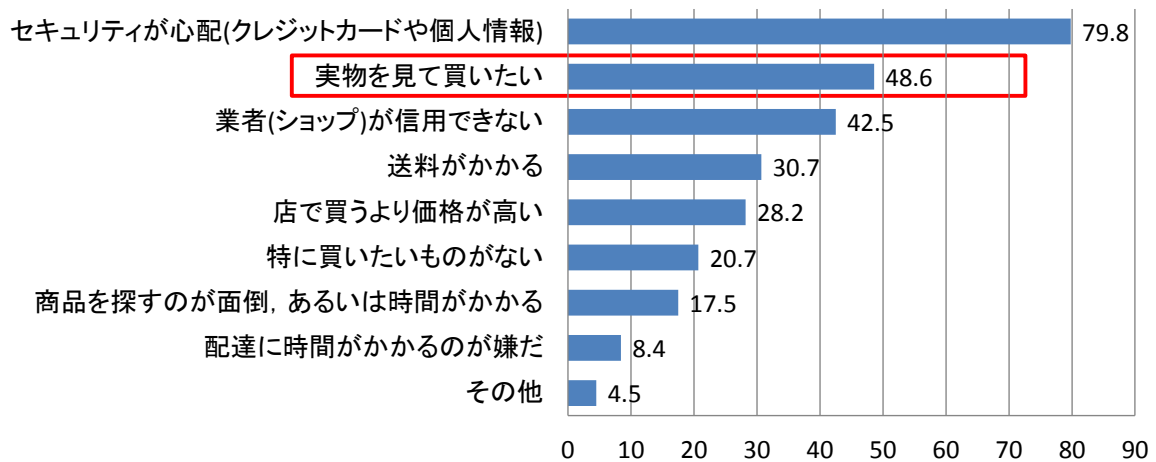


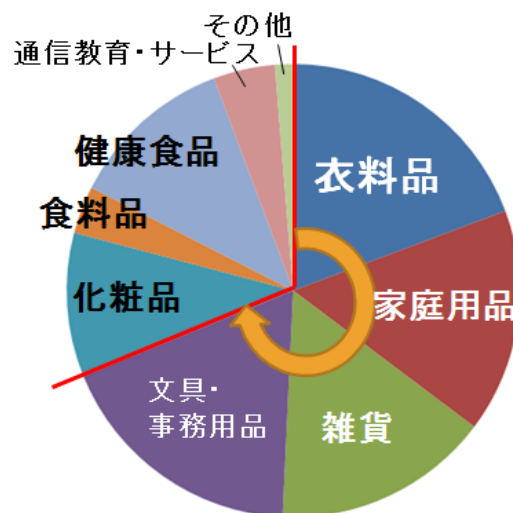
図 2.1.1.2 ネット通販利用しない理由

マーケティング分野で、製品に触りたいという欲求(NFT : Need For Touch)に関する研究が行われている[31][32]。そこでは、商品に触れる状態にした場合は、商品の信頼度は向上し、ショーケースに入れて触れることができない状態にした場合は、商品に対する信頼度が低下したという結果が得られている。消費者の触りたいという欲求に応えた方が、安心して商品を購入できることを示している。また、消費者が製品に触れる理由として、手段的接触と快楽的接触を挙げている研究もある[33]。手段的接触は、主に購買の判断材料に利用され、触覚情報を抽出するために商品に接触する行為である。快楽的接触は、特に購入の意思はないが、経験欲求や楽しさの追及のために商品に触る行為となる。このように、消費者が店頭で商品を手に取り、ものの価値・触感・質感などの感覚情報を自ら確認する行為は、購買行動のみではなくても、知的好奇心を高める上でも重要であることがわかる。購買行動に関しては、手に取って触ることによって、自分の趣味、嗜好や目的に合ったものを探ことができ、商品への信頼度も向上し、安心して商品を購入できるメリットを提供できる。

一方、ネット通販においては、店頭販売での購入のように商品を手にとれないため、その触感や質感を確認することはできない。PC やタブレット端末やスマートフォンなどの情報通信端末を使う場合には、画面に映し出される映像とスピーカから流れる音声などのマルチメディア情報を使って、商品の情報を入手することになる。画面に表示される主な情報としては、写真や動画、価格や仕様に加え、商品紹介情報、他者のレビュー文字情報などが提供される。写真や動画などは、販売者が用意したものであり、購入者が自由な角度から商品を見て、その奥行き感や形状を詳しく見ることはできなく、あらゆる角度から商品の質感を確認することはできない。3次元スキャナを利用して、対象物の形状を立体的に高精度にデジタル化できる技術[34]も研究されており、今後は、より詳細な形状情報の提供は実現できる可能性はある。しかし、多くの商品に関して3次元情報をスキャンするには時間も費用がかかる作業となり、さらに詳細な3次元情報を閲覧するには計算コストもかかってしまうデメリットはある。商品の仕様に関しては、主にサイズや重さの情報が数値で提供されるため、商品の大きさ感や重量感の情報は取得可能である。商品紹介の情報やレビュー情報は、その商品の触り心地や質感を言葉で表現しており、イメージする助けになる場合がある。しかし、手に取って触った感覚の内、情報提供者が気になった一部の情報しか記載されない。そのため、大量のレビュー情報の中から有用な情報を選び、またはそれらを組合せることにより、購入者が欲しい触感に関する情報を得なければならない。またネット通販では音声情報も伝達は可能であるが、音声情報が提供されるものは一部商品に限られている。音などである程度硬さなどを伝えられる場合もあるが、柔らかく音のしない商品も多数存在する。これらのことから、現状のネット通販サイトで購入を判断するために提供されている情報のみでは、店頭販売に比べ、商品の質感や触感に関する感覚情報が欠如していると言える。購入者は、商品の画像や文字情報を視覚情報で取得し、遠隔にある商

品の材質感や触り心地などの触感や質感に関する感覚情報を頭の中でイメージして、欠如した情報を補うことになる。このイメージした感覚情報で購入判断を行うが、発注後に実際に配送された商品が期待に反したものであるという経験を持つ消費者も多い。このように期待が外れるケースの発生の要因の一つは、購入判断時に得られる触感や質感の情報と商品到着後に実際に触って得られる触感や質感の情報との間にギャップが存在していることが考えられる。このギャップを補う情報を提供することで、ネット通販での購入感覚を店頭販売に近づけることを目的とする。

さらに、ネット通販での商品購入判断での重要な感覚情報を検討する。人間は5つの感覚器(目, 耳, 鼻, 口, 肌)を持ち、五感(視覚, 触覚, 聴覚, 味覚, 嗅覚)を備えており、これらの感覚を駆使して自分に合ったものを選択する。ネット通販における販売の売上げの多い品目を見ると、衣料品, 家庭用品, 日用雑貨, 文具・事務品などと続く(図 2.1.1.3)。



公益社団法人日本通信販売協会 売上高調査[2014/8月]  
<http://www.jadma.org/data/index.html>

図 2.1.1.3 通信販売売上高

これら商品の使われ方を考慮すると、視覚, 触覚に影響する商品が全体の7割を超え、聴覚, 味覚, 嗅覚に関連する商品は3割以下である[3]。つまり、ネット通販においては、視覚または触覚に関する感覚量が重要であることがわかる。

また、人間は、8割以上を視覚、約10数%を聴覚、5%程度をその他感覚器から情報を入手し、それら情報を組合せて脳で処理していると言われている(図2.1.1.4)。味覚や嗅覚に関しては、ネット通販での商品売上高が少ない点と、感覚器から受容する情報も少ないことから、購入判断をサポートする情報を付加することによる効果は低いと考え、検討項目から除外している。聴覚に関しては、ネット通販での売上高の割合は低いものの、人間が受容する情報としては10数%と高いため、情報を付加することによって、その商品の質感伝達、購入判断に対する効果が向上する可能性はある。ネット通販では音情報も含めて、既にマルチメディア情報を伝えることが可能であるが、柔らかい商品や音を伝えられない商品もあり、聴覚に関する情報は本論文からは排除している。これらのことから、ネット通販においては、人間の五感に関連して、聴覚、味覚、嗅覚よりも特に視覚、触覚に影響する情報を付加することが、より多くの商品に適用できる技術という点で重要であると結論づけることができる。

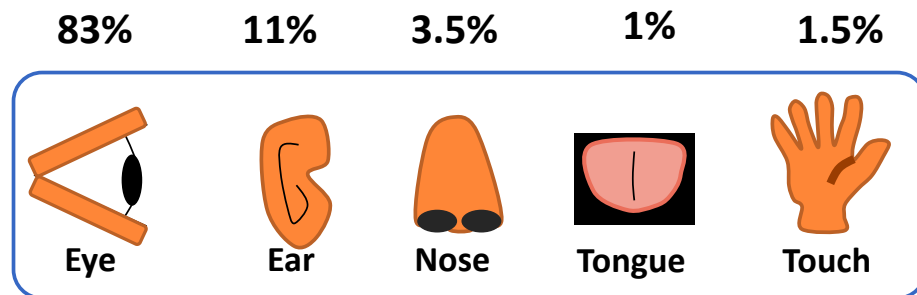


図 2.1.1.4 人間の五感受容器

さらに、本論文では触った感覚の個人差情報を検討する。あるネット通販サイトで購入されたファッション用品の内の、実に25%は返品されているという事例がある[35]。輸送費や梱包費を考えると、売り手側にとって返品率を下げることは大きな課題の一つである。買い手にとっても返品の手間となり、すぐに商品を利用できなくデメリットに繋がる。ドイツの研究チームがオンラインショップ経営者に行

ったアンケートでは、返品的主要原因は「商品が合わない」（86%）と「商品が気に入らない」（68%）という結果もある[36]。返品に関しては、個人の趣味、嗜好にマッチしているかどうかも重要になってくることを示している。アメリカの靴専門オンラインショップでは、商品の返品率の程度をシンプルなバロメーターで表示するシステムを導入している[37]。商品の返品率を公開することにより、1年間で返品率11%減らしている。購入者はその商品の返品率の高さを見て、その商品を購入するかどうかの判断の一つにすることができる。返品率の低い商品は、ネット通販サイトの写真や文字情報から、多くの人がイメージした触感や質感にあまりバラツキがなく、届いた商品とのギャップも少なく満足または妥協できる商品と考えられる。返品率の高い商品は、個人によってその触感や質感の感じ方が様々で、人によっては大きくギャップを感じて、自分が期待したものと異なり、返品したものと考えられる。しかし、返品率はあくまで商品が返品された割合を示しているだけであって、返品率の値から触感や質感に関する詳しい情報を推定することは困難である。例えば、返品率の同じ2つの商品があった場合に、返品率の度合いからその2つの商品の触感や質感の違いを比較することはできなく、返品理由の詳細はレビュー情報などに頼ることになる。さらに、返品率を表示するのは、売り手側で収集した販売情報を公開することでもあり、ライバル店にその情報を利用してしまいう課題もある。ネット通販における返品率改善としては新たな試みではあるが、まだ課題が多い状況である。また、近年、返品率を低減させる施策として、洋服や靴、メガネなどの分野で試着ができるネット通販が登場してきている[38]。ネット通販で商品を選び、届いた商品が自分に合うかを試して、ある期間以内であれば無料で返品できるサービスである。これらのサービスでは試着することで自分に合ったものを購入することが可能である。しかし、売り手側は、試着後に返品されてくる商品が多い場合には、配送コストがかかるデメリットがある。返品を減らすために、

扱う商品の種類の範囲を限定して、多くの人が無難に着こなせる、または使いこなせる商品のみを取り扱うなどの制約を伴う。つまり、豊富な品揃えを謳うような販売店には適用困難なサービスとなる可能性がある。このように、ネット通販と店頭販売における触感や質感の情報ギャップを埋める試みが市場で行われて始めている。しかし、現状のネット通販においては、商品を店頭で実際に手に取って感じる感覚情報を直接的に伝えられていないのが現状である。この課題を解決することができれば、店頭販売に近い感覚でネット通販での商品購入判断ができ、商品の返品率を低減し、サンプル要求も必要最低限に抑えて、更なる市場拡大が期待できる。

本論文において、ネット通販での課題を解決するために、視覚または触覚から得られる感覚情報の抽出手法と表現手法を提案し、ネット通販への応用を検討する。

## 2.1.2 触感と質感(材質感)に関する従来研究

触覚は、古代ギリシャの哲学者アリストテレス(Aristoteles, 384~322 BC)が提唱した視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚の五感の1つである。感覚のうちの第一のものとしてすべての生物に備わっているものであり、生きるために不可欠な神経活動である。五感のうち、視覚、聴覚、臭覚、味覚はそれぞれの感覚受容を司る受容器が個別に存在していることから、特殊感覚と呼ばれる。現在では特殊感覚以外を体性感覚と呼ばれている[39]。体性感覚は皮膚感覚、深部感覚を含み、皮膚感覚とは触覚、温度感覚、痛覚を示し、筋や腱、間接など運動器官に起こる感覚は深部感覚と呼ばれる[40]。本論文では皮膚感覚に含まれる触覚を対象とする。触覚は、皮膚がなんらかの対象に接触したときに手や肌で感じる触、圧、温、冷などの感覚やその複合である[41]。触覚の受容器としては、メルケル細胞、マイスナー小体、パチニ小体、ルフィニ終末の4種類が知られている[39]-[43]。これらは、皮膚の表皮、真皮、皮下組織内に分布して存在している。メルケル細胞は、指先に触れている物

体表面のエッジに応答し、デコボコやガタガタしたテクスチャの触感や形状の曲りの情報を脳に伝えている。マイスナー小体は、指と物体との間のすべりに応答することが知られている。パチニ小体は、高周波の振動(200-500Hz)に応答し、テクスチャに関してはメルケル細胞よりも細かいテクスチャを脳に伝えていると言われている。ルフィニ終末では、皮膚の伸びに応答することが知られているが、その役割はまだ良く知られていなく、これら細胞からの情報処理は、今後の研究でさらに明らかになっていく状況である。このように、皮膚内部の異なる細胞の応答の複合情報が脳に伝わり、物体表面の触り心地を感じる。近年はこれらの触覚受容器の様子や神経発火の頻度、脳の活性位置の測定などが可能になってきている[44]-[46]。それらの脳の部位の動きと触った際に感じる触感との関連性を調べている研究もある[47]。脳の感覚連合野には、見たものを記憶している場所をはじめ、聞いたもの、手で触ったものを記憶する場所等があり、それらの感覚ごとに処理されている[48]。人間は、触った感覚を記憶することもでき、今までに触ったことのない対象物も、記憶を頼りにその触った感覚を想像することができる。人は様々なものに触れ危険なものを経験的に学び、初めて触る対象物に対し、視覚や聴覚、臭覚を活用して遠隔で得た情報から人体に危険を及ぼす様な物に触れることを避け、身を守る術を身に付けている。つまり、ある素材に触れることにより得られる感覚情報は、情報を受容する感覚器官のみの反応で説明できるものではなく、知識や経験が複合的に絡んで個人が感じる複雑な情報である。心理学や感性工学、医学など多くの学術分野で研究は行われているが、知識や経験が関連する複雑な感覚情報であるため、まだ統一された評価指標は存在しない状況である。

本論文においては、対象物を触った際に感覚受容器で受ける感覚を触覚、五感や知識・経験が複合的に絡んで個人が感じる複雑な情報を触感と以下表現する。触感を対象にして定量化する従来の研究のアプローチとしては、古くから心理的概念が

採用されている[4]。特に繊維製品は素材との相関が顕著にみられるため、布の風合いの分類や繊維の素材の物理的特徴とその風合いとの関係の研究が多く行われてきている[5]-[8]。繊維や布地に触れ、または見て感じる材質感を考え、材質感の要因として、手触り、肌触りなどの触感覚の情報が、テクスチャや光沢などの視覚からの情報、さらには絹鳴りや衣ずれのような聴覚による情報を含めた風合いを定義している。そして、引張り荷重、曲げ剛性、せん断剛性、圧縮ひずみ、表面粗さや摩擦係数などの布の力学的性質を測定して、風合いとの相関を取る手法が行われている。例えば、「ぬめり」感を「布間の動的すべり時の応力変化である」と仮定して、応力変化を測定して定量化する手法が行われている[8]。このような手法を用い、ASTM(American Society for Testing and Materials) (2009) が定めた布の特徴を専門的に示す国際標準指標（温冷感、軽重感、薄厚感、乾湿感、硬柔感、粗滑感、その他）などが規定されている[6][7]。

また、建築分野でも壁の仕上りの質感を定量化する研究が行われている。建築仕上げ材の感覚的評価を、温冷感、硬軟感、粗滑感、乾湿感の要素で材質感を評価が試みられている[9]。さらに合板や石目、コルクなどの建築材に関して、視覚のみ、触覚のみ、視覚と触覚を併用布した場合に感じる感覚量を評価して、その要素として光沢、粗滑、柔硬、温冷、乾湿を挙げ、質感を評価する研究がある[10]。金属、サンドペーパーなど実際に対象物を触れる実験によって、その表面粗さや摩擦特性、熱特性、弾性などの材質の物理的な特性との相関を取る研究や、材質感を表す因子を見つけ、素材の特性を分類する研究が行われている[11]-[19]。また、従来研究を整理し、人が素材やテクスチャを触った際に感じる質感のうち、物性の知覚である材質感として、マクロな粗さ感・ミクロな粗さ感・温冷感・硬軟感・摩擦感（乾湿・粘り/滑り）の5次元を挙げている研究がある[17]。これら従来研究において、触感を表現する因子としては、凹凸感、硬軟感、温冷感の3つが共通して

採用されており、摩擦感や乾湿感、粘り/滑りの指標の採用が散見される。また、視覚情報から得られる光沢やつやが触感に影響を与えるという報告がある[10]。さらに、対象物の触り方でその材質感(テクスチャ)を感じる度合いを調査した研究もある[20][21]。本論文では、従来研究での視覚や触感に関わる要素を参考にし、さらに対象物の触り方や、ネット通販で現状数値として得られる重量やサイズの情報排除なども考慮している(2.2節)。

また、触った感覚を伝える方法として、日本語においては、触った感覚をオノマトペなどの言語で、“ぷるぷる”や“ごつごつ”などその様態を表現することが古くから広く行われている[22]。触覚の感性的側面を持つオノマトペ(Onomatopoeia: 擬声語)などの言語を用いる手法は、布の風合いや建築素材の材質感などの上記従来研究でも採用されている[5]-[10]。これらは、人間が脳内で触感をイメージした後、知識や経験など複合的に利用して導きだした言語であると考えられる。つまり、触感のイメージを想起するには重要なファクタである。オノマトペの研究に関しては、言語学の観点でも多くの研究が行われている[23][24]。日本においては漫画や、アニメ文化の影響などからオノマトペが豊富に存在し、その数は4800種類以上あり、他言語の5倍以上と言われている。英語やフランス語などは動詞の種類が細かく分類されているのに対し、日本語は動詞や副詞の種類が少なく、それを補うためにオノマトペが発達したと推測されている。オノマトペの表現は国によって異なり、オノマトペが存在しない国もあるが、感性豊かな日本語が生んだオノマトペを世界に広げていこうという流れもある。本論文では視覚や触感の定量化に日本語のオノマトペを主とする用語群を利用する。これら用語は第三者に対して、見て触った感覚を伝えるために生まれたものであるため、ネット通販のような遠隔にあるものの質感情報を伝えるにも都合が良い情報である。

さらに、従来研究においては、材質感を定量化する目的で、素材の物理量や力学的性質を測定している[4]-[10]。しかし、ネット通販のような様々な素材を含む大量の商品を扱う市場においては、個々の商品に対して物理量や力学的性質を測定するのは作業も時間もかかり困難である。そこでネット通販での感覚情報抽出には、商品の物理特性を測定しない手法の提案が必要となる。さらに、視覚や触感に関連する感覚情報を評価する要素が、ネット通販に適合する必要がある。このように従来手法のみでは解決できない技術的課題が存在し、新たな提案が必要である。

また、ネット通販に適用するために抽出した触感に関する感覚情報を多くの人に直観的に伝える必要がある。触った感覚情報を伝える手法としては、情報の可視化法と、受信する側で触った感覚を再現する手法が考えられる。遠隔にある対象物を触った感覚を力学的なフィードバックで再現する研究も遠隔医療やインターフェースの分野などで多く行われている[49]-[60]。SPIDER[49]やPHATNoM [51]や遠隔医療ロボティクス[52]などに見る手で操作するアクチュエータに力学的な応答が与えられ触感を感じられるものである。しかし、これらの研究は力学的な応答を発生させるためのアクチュエータ装置が必要になり、操作する場所が限定される場合や高額なシステムになる場合があり、現状のいつでもどこでも購入できるネット通販には適用が困難な場合がある。タブレット端末の画面を振動させてツルツルやざらざら感を表現する手法も提案されている[60]。将来この様な触覚ディスプレイが一般化された際には、本論文で提案する触質感の定量化手法は、再現する触感のデータ作成に利用できると考える。可視化法に関しては、競技種目や案内表示を判り易いイラストで表現したピクトグラムが1964年に開催された東京オリンピックで初めて採用されているなど、言語の壁を越えグローバルに通用する情報としてイラスト化が広く行われている。イラスト化により、視覚情報を利用して、直観的にその情報を把握することが可能である。現状の情報通信端末で情報を伝えられ、新た

な機材の追加を必要としない面でのメリットもある。これらより、イラストによる可視化に注目し、一般的な可視化手法技術[61]と、ファジィ雰囲気気場の表現[62]において友好的-敵対的，賑やか-静かな，気楽な-堅苦しいを，形状や色，長さなどの幾何学情報で対応付けてイラスト化する手法などの従来研究を参考に新たな可視化法を提案する。

触覚または触感の個人差の存在はよく知られており[13][14][31][32][39]-[41]，感覚受容器の大きさや数，さらには皮膚の厚さや硬さによっても，触覚の感覚量の度合いは異なってくる。また個人の記憶や経験などからも個人差は存在する[48]。商品購入に関する触覚の個人差に関する従来研究としては，製品に触りたいという欲求の個人差に関する研究が行われている[31][32]。店頭販売での調査であるが，製品に触りたいという欲求には個人差があり，触る欲求が強い場合には，商品を手に取り触るまでの時間が早いことが示されている。つまり，個人が興味のある商品は，購入前の触りたい欲求が高く，それが購買行為にも影響を与えることが示されている。これらの研究では，商品を触った際の感覚情報の個人差の存在は示されているが，それを定量的に評価する手法は従来研究では提案されていない状況である。ネット通販における，商品を触った際の感覚情報の個人差の活用方法と，その定量化手法を提案する必要がある。

本論文において，これら従来研究を参考に，商品を手にとって触った感覚情報をネット通販へ応用するために必要となる技術提案を行う。

### 2.1.3 触質感の概念定義

ネット通販において，店頭販売と比較して，その対象物を直接的に見たり触って感じる感覚情報は欠如している。その情報欠如を補うために，新たに触質感(KANSEI TEXTURE) 情報を定義する。テクスチャー(TEXTURE)という用語は，JIS規格で官能

評価分析用語の一つとして、「材質,表面構造などによって生じる物体表面に関する触覚/視覚の属性」と定義されている[63]。JIS では触覚と表現しているが、本論文では、知識・経験を複合的に含む触感という単語を用いる。本論文で定義する触質感は、材質や表面構造、形状などが撮影された対象物画像、または、その対象物を実際に手に取った場合に人が感じる触感または視覚の感覚情報として定義する。つまり、触質感は人がイメージする感覚情報であり、物理的に測定できるものではない。このような特徴から、対象の動作や状態の様態や発する音などを受けた主観的なイメージを言葉に表出したオノマトペ(意味が少し狭義になるが擬声語と訳されることもある)を利用して、触覚または視覚の感覚情報を抽出する。オノマトペは一般語彙に比べ、臨場感に溢れ、精細な表現が可能であることから、言語学分野のみではなく、感性や工学の分野でも研究が報告されている[22]-[30]。

触質感の定量化手法としては、まず対象物を見たり触ったりして感じるイメージ(概念)をオノマトペを主とする言語で抽出する。触質感はこれら言語に含まれる感覚量であり、この感覚量を分析する指標として5つ(凹凸感,硬軟感,乾湿感,温冷感,光沢感)を採用し、触質感を評価する。各言語が5つの感覚量それぞれを含む主観評価の度合いにより、触質感の定量化を行う。このように、触質感は人の触感を脳でイメージした言語を定量化できることから、実際に対象物を手に取って評価できない場合や物理量を測定できない対象物に対しても、その触質感の情報を抽出することができる。このように抽出した触質感の情報は、他者に伝えようとして生まれた言語を元に定量化したものであるので、受信した他者も対象物の触質感を想像し易い情報であると考えられる。

触質感定量化を図2.1の手順で行い、触質感情報空間を新たに構築する。この触質感情報空間を用いて、定量化した触質感情報を空間に配置する。

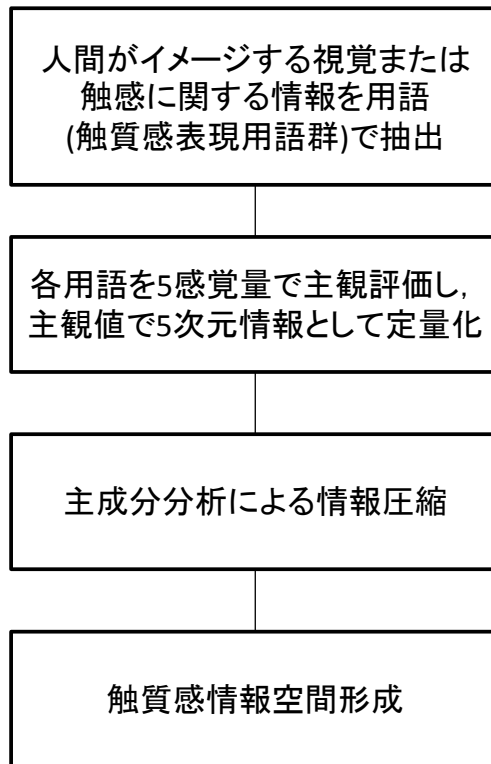


図 2.1 触質感情報空間形成の流れ

## 2.2 触質感を形成する五感覚量

触質感の情報を構築する対象とそれらを形成する感覚量を選定する。触質感の情報は、対象物を手に取り触った感覚情報を頭の中でイメージして、それを用語として表現することにより抽出する。触質感を表現する用語の選定と、用語に含まれる感覚または視覚に関連する感覚情報の要素を決定する。

### 2.2.1 触質感表現用語群

対象物の素材の見た目の材質感やそれを人間が感じる感性的な印象を言葉に表現して伝えることが日常生活の中で一般的に行われている。この際、対象の動作や状態の様態や発する音などを受けた主観的なイメージを言葉に表出したオノマトペ（意味が少し狭義になるが擬声語と訳されることもある）などの用語が利用される場合が多い。これら用語は、人間が感じた触感や質感をイメージしたものであり、それらを経験や知識を活用して、他者に伝えるために生まれたものである。本論文においては、ネット通販のような実際に商品を触れない状況での触感または視覚の感覚情報の伝達を目的としている。元々情報を伝える役目である用語を用いることは、遠隔の者に触感や質感を伝えるには都合が良い情報である。触感または視覚の感覚情報を表現する用語群を選定し、これら用語に含まれる人間の感覚量を抽出することによって触質感を表現する。

被験者（東工大大学院生 5 名，青山学院大経営学部学部生 10 名程度）を対象に，テクスチャ画像集[65]や自然画の画像データベース[66]の画像を数百枚見てもらっている。画像や映像に写っている対象物を見て，もし，それら画像中の対象物を触れた場合にどんな用語を思い浮かべることができるかを，“ぷるぷる”や“ごつごつ”などの用語で表現して，書き出してもらおう実験を行う。



図 2. 2. 1. 1 触質感表現用語群の抽出

ここで画像を利用した目的は、インターネット上には世界中のあらゆる対象物が画像データとして大量に存在しており、実際に触れる対象物を集めるよりも、多くの対象物を対象にできるためである。画像には対象物を特定せずに様々な物体や景色、人が含まれる実写映像を用いている。これにより、様々なシーンを思い浮かべることが可能になり、多種多様な対象物に対する触質感に関連する用語を抽出できる。また、広辞苑やWebの同義語・関連語とシソーラス辞典[67]を利用し、被験者が想起できる以外の用語も追加している。過去の研究[26] - [29]や被験者によるグループディスカッションによる種々の試行錯誤や吟味考察の結果、最終的に触質感表現の120語を選定している(図2.2.1.2)。120語の内78%(94語)がオノマトペで構成されており、これら触覚や視覚に関する120語の用語群を“触質感表現用語群”とする。

じやりじやり	ふにやふにや	ぼつぼつ	ぐにやぐにや	弾力がある	じゆるじゆる
ぶつぶつ	とろとろ	ふわふわ	もちもち	きめの粗い	ひんやり
べたべた	ねちねち	しゃりしゃり	ぐりぐり	つめたい	あたたかい
つるつる	すべすべ	毛羽だった	ねちやねちや	にゆるにゆる	いたい
ざらざら	じょりじょり	ごわごわ	ごりごり	平面的	もごもご
さらさら	もろい	かちかち	ぼそぼそ	かたい	しゃかしゃか
がさがさ	ふわっと	つんつん	こんこん	乾いている	びよーん
とげとげ	ぶちぶち	ぐしゃぐしゃ	がりがり	湿っている	たるんでいる
つぶつぶ	ねちよねちよ	こりこり	くねくね	粗い(あらい)	オイリー
ぬめぬめ	しんなり	ぷにゅぷにゅ	ばさばさ	やわらかい	うねうね
ぼこぼこ	ぶるぶる	かびかび	けばけばした	ふにふに	じゃらじゃら
べちゃべちゃ	ぐちやぐちや	くにやくにや	しなしな	だんだん	ばりばり
どろどろ	ばりばり	ぶよぶよ	なめらか	がたがた	ざわざわ
ぬるぬる	ぼろぼろ	びちゃびちゃ	おうとつのある	ころころ	わさわさ
べとべと	ふかふか	むにゅむにゅ	こなっばい	つやつや	きしきし
しっとり	ごつごつ	ぷにぷに	みずみずしい	ごろごろ	もわもわ
しわしわ	くしゃくしゃ	ぐじゅぐじゅ	もさもさ	ささくれ立った	ぎしぎし
でこぼこ	ばさばさ	ちくちく	するする	ごそごそ	
ふさふさ	もこもこ	ごちごち	びかびか	ごちごち	
ねばねば	かさかさ	こつこつ	はりのある	てかてか	
		ぺたぺた	しなやか	がびがび	

図 2. 2. 1. 2 触質感表現用語群 120 語

日本語においては 120 語を抽出しているが、他言語においては各国の文化の違いなどにより抽出できる用語は異なる。他言語での活用を考えた場合は、それぞれの言語に合わせて用語を抽出することが望ましい。

## 2. 2. 2 五感覚量による定式化

触質感においては、言語で抽出した感覚情報を触感や視覚に関する感覚量を持つ指標を利用して定量化を行う。2. 1. 2 の従来研究を基に、過去の研究で利用されている指標と個別グループディスカッション(東工大大学院生 3 名、青山学院大経営学部学生 1 名、妻等)により、写真などが主に使われるネット通販を想定して、触感や視覚に関する感覚量の指標を選定する。材質感に関しては、凹凸感、硬軟感、温冷感の 3 つが過去の研究で共通に採用されている。凹凸感は主に対象物の形状から感じられ、手に取って触った際にでこぼこしている度合いの指標として利用できる。硬軟感は、対象物の硬さや柔らかさを感じられる度合いとして利用できる。温冷感は素材によってその温かさや冷たさを感じられる度合いであり、これらの感覚

量は、触感を表す指標には欠かせない要素として採用する。さらに、過去研究では乾湿感も挙げられ、対象物が濡れているか乾いているかで摩擦感やすべり、粘り感が変わってくるため、本論文でも採用する。また、視覚情報である光沢やつやが触覚に影響する過去研究、及び本論文においては視覚からの情報である写真を利用する点も考慮し、光沢感も採用する。これらの感覚量は、実際ネット通販で商品を選ぶ際にも必要となってくる要素であることを議論したグループ内で確認している。このように採用した5感覚量、凹凸感、硬軟感、温冷感、乾湿感、光沢感により、視覚または触感に関する言語群を主観評価して、触質感の定量化を行う。本論文ではオノマトペが豊富な日本語での言語利用をしているが、触質感のグローバルでの利用を考えた場合には、他言語からの感覚量抽出や、さらには言語のみでなく、対象物の画像や動画の特徴量からも感覚量情報を抽出できることが望ましい。つまり、採用する5感覚量が画像特徴量の感覚量として利用できる可能性を考える。画素値が鋭敏に変化するエッジの高さや量は、凹凸感に関連する。対象物を画像認識することにより得られる形状(丸みや鋭敏さなど)や色などから、硬軟感や温冷感、乾湿感に関する情報の一部は得られる可能性はある。画像から Retinex 理論を用いて光沢感を抽出する手法は既に与えられている[64]。これらのことから視覚や触感に関する言語が少ない国においても、商品の画像や動画を利用して本5感覚量から触質感の定量化を行える可能性がある。触感と視覚を考えると、凹凸感、硬軟感、温冷感、乾湿感、光沢感以外にも、対象物の大きさ感や重量感という感覚量も考えられるが、対象物の質量や大きさは直接計測することが可能であり数値情報として伝達できるため、触質感には含めていない。特にネット通販においては、商品情報として、これら大きさや重さ情報は多くの場合、既に与えられている。さらに、Ledermanらのものの触り方に関する研究[20][21]では、持ち上げる (unsupported holding) という重量に関する指標は、表面のテクスチャの感じ方への影響はないとの結果が

得られている。このような観点においても、本論文では重量感に関する情報は触質感の概念から除外している。

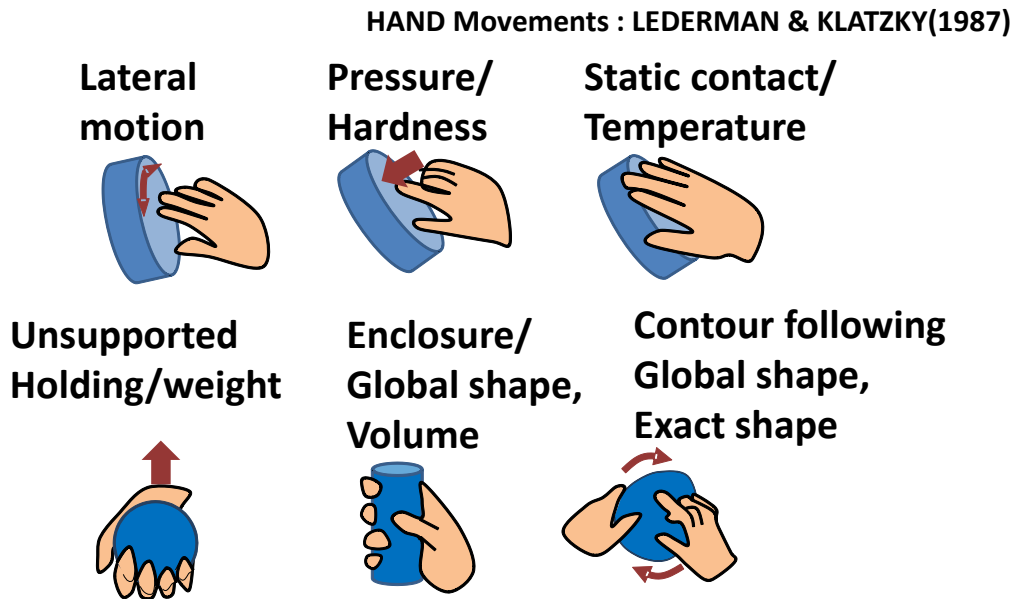


図 2.2.2.1 対象物の触り方(Lederman[20]参照)

以上の観点から、凹凸、硬軟、乾湿、温冷、光沢の5つを触質感に関連する感覚量として採用する。

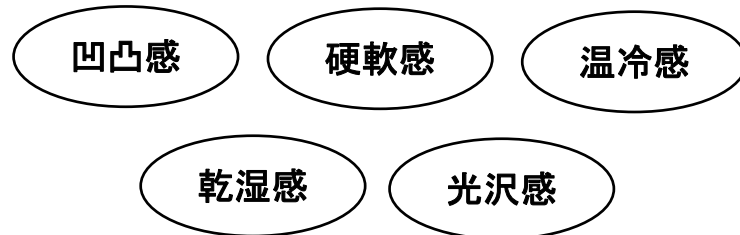


図 2.2.2.2 触質感の5感覚量

5 感覚量である凹凸感、硬軟感、乾湿感、温冷感、光沢感を含む度合いを  $[-1, 1]$  によって数値化し、それぞれの触質感表現用語を 5 次元の感覚量空間  $[-1, 1]^5$  で表現する。

定式化としては、各触質感表現用語に対して、 $-1.0, -0.5, 0.0, +0.5, +1.0$  の 5 段階で 5 つの感覚量の感じる度合いを主観評価し、被験者人数でその加重平均値を触質感の値とする。

表 2.2.2 触質感表現用語主観評価指標

触質感表現用語	触感	感度				
		-1.0	-0.5	0.0	+0.5	+1.0
ぷるぷる	凹凸感	無				有
	硬軟感	軟				硬
	乾湿感	湿				乾
	温冷感	冷				温
	光沢感	無				有

ある触質感表現用語 $m$ に対して、 $K$ 人に主観評価を実施して、5段階の主観値  $\{-1.0, -0.5, 0.0, 0.5, 1.0\}$  の回答した人数を  $\{K_{n(-1.0)}, K_{n(-0.5)}, K_{n(0.0)}, K_{n(0.5)}, K_{n(1.0)}\}$  とする。 $n$ は5感覚量の項目を示している。ここで、 $K = K_{n(-1.0)} + K_{n(-0.5)} + K_{n(0.0)} + K_{n(0.5)} + K_{n(1.0)}$  である。この時、触質感表現用語 $m$ の触質感を、 $m$ に対する5感覚量（凹凸感 $m$ 、硬軟感 $m$ 、乾湿感 $m$ 、温冷感 $m$ 、光沢感 $m$ ）の5次元で表現し、各値は主観評価の加重平均を取り、

$$\text{触質感}_m = \begin{bmatrix} \text{凹凸感 } m \\ \text{硬軟感 } m \\ \text{乾湿感 } m \\ \text{温冷感 } m \\ \text{光沢感 } m \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{(-1.0) \times K_{\text{凹凸}(-1.0)} + (-0.5) \times K_{\text{凹凸}(-0.5)} + (0.0) \times K_{\text{凹凸}(-0.0)} + (0.5) \times K_{\text{凹凸}(0.5)} + (1.0) \times K_{\text{凹凸}(1.0)}}{K} \\ \frac{(-1.0) \times K_{\text{硬軟}(-1.0)} + (-0.5) \times K_{\text{硬軟}(-0.5)} + (0.0) \times K_{\text{硬軟}(-0.0)} + (0.5) \times K_{\text{硬軟}(0.5)} + (1.0) \times K_{\text{硬軟}(1.0)}}{K} \\ \frac{(-1.0) \times K_{\text{乾湿}(-1.0)} + (-0.5) \times K_{\text{乾湿}(-0.5)} + (0.0) \times K_{\text{乾湿}(-0.0)} + (0.5) \times K_{\text{乾湿}(0.5)} + (1.0) \times K_{\text{乾湿}(1.0)}}{K} \\ \frac{(-1.0) \times K_{\text{温冷}(-1.0)} + (-0.5) \times K_{\text{温冷}(-0.5)} + (0.0) \times K_{\text{温冷}(-0.0)} + (0.5) \times K_{\text{温冷}(0.5)} + (1.0) \times K_{\text{温冷}(1.0)}}{K} \\ \frac{(-1.0) \times K_{\text{光沢}(-1.0)} + (-0.5) \times K_{\text{光沢}(-0.5)} + (0.0) \times K_{\text{光沢}(-0.0)} + (0.5) \times K_{\text{光沢}(0.5)} + (1.0) \times K_{\text{光沢}(1.0)}}{K} \end{bmatrix} \quad (1)$$

の式で表現する。

## 2.3 触質感表現用語群の5感覚量による主観評価実験

評価対象の触質感表現用語を  $m = 1, 2, \dots, M$ , 評価項目を  $n = 1, 2, \dots, N$ , 評価者を  $k = 1, 2, \dots, K$  で番号付けする。

	単語	触感	感度					自信度		
			全く感じない	あまり感じない	どちらでもない	感じる	とても感じる	でたらめ	大体	確信
1	〇〇〇〇	凹凸(Roughness)	無	<					>	有
		硬軟 (Hardness)	軟	<					>	硬
		乾湿 (Dryness)	湿	<					>	乾
		温冷 (Warmness)	冷	<					>	温
		光沢(Glossiness)	無	<					>	有

図 2.3.1 触質感主観評価表

評価対象は, 2.2.1 で挙げた触質感に関する 120 語のオノマトペである ( $M = 120$ )。触質感としては, 凹凸, 硬軟, 乾湿, 温冷, 光沢の 5 つ ( $N = 5$ ) を選定する。主観評価実験として, 日本語を母国語とする 20~30 代の学生らを対象に 50 人の評価者 ( $K = 50$ ) について行う。すなわち具体的には,

評価対象 : ざらざら, ごつごつ, ぷるぷる, … (120 語)

評価項目 : 凹凸, 硬軟, 乾湿, 温冷, 光沢 (5 項目)

評価者 : 評価者 1, 評価者 2, …, 評価者 50 (50 人)

とする。

また, 本主観評価に関しては, 数名の被験者による事前評価結果から, 提示した 5 つの評価項目に分類して考えたことがないため評価が難しい場合や, 人によっては使用頻度が少ない触質感表現用語などがあり, 個人の知識や経験が要因で, 正確な回答ができない場合や再現性の低い結果となる問題点が検出されている。そのた

め、漠度概念とエントロピー分析の考え方[68]を導入する。各評価項目を5値で主観評価を行い、さらに各評価に対して漠度関数(Vagueness)を用意し、被験者の回答の自信の有無に関する情報を3値で回答してもらうことにより、主観評価の正確性と再現性を向上させる工夫をしている。漠度の1の補数を信頼度として、図2.3.1に示す主観評価アンケート表を作成する。1つの触質感表現用語に対して、5つの感覚量それぞれに5段階でその感度に印を付けてもらい、さらにその自信度を3段階で回答してもらう。それぞれの感度に関しては、図2.3.1に示すように、凹凸がない、軟らかい、湿っている、冷たい、光沢が無い場合に“全く感じない”を対応させて、凹凸が有る、硬い、乾燥している、温かい、光沢が有る場合に“とても感じる”を対応させるように事前に被験者に説明した上で主観評価を行う。それぞれの感覚量に関し、感じる度合いを5段階で感じるところに印を付けてもらう。本主観評価アンケートを120語の触質感表現用語群の各用語について実施する。

各評価項目については、

“とても感じる” :  $X_{mnk} = 1.0$

“感じる” :  $X_{mnk} = 0.5$

“どちらでもない” :  $X_{mnk} = 0.0$

“あまり感じない” :  $X_{mnk} = -0.5$

“全く感じない” :  $X_{mnk} = -1.0$

と5段階の回答結果を[-1, 1]で数値定量化する。

また、各主観評価の回答に対して、漠度概念を導入し、漠度の1の補数を自信度として3値で記入してもらう。これにより、自信を持って回答した結果が強く反映され、用語の意味をあまり理解できずにでたらめに回答した結果は排除され、アンケート精度維持が可能である。また、人間の感覚量を抽出しているため、一般的に実験の度に結果が変わるが、自信度を確認することにより複数回実験をしてもそれ

程回答がぶれないため、複数回試行の負荷低減を行えることとなる。その数値定量化に関しては、漠度関数の値 $V_{mnk}$ として、

- ・ 100%自信を持って回答した場合 :  $V_{mnk} = 0.0$
- ・ だいたいの自信で回答した場合 :  $V_{mnk} = 0.5$
- ・ でたためで回答した場合 :  $V_{mnk} = 1.0$

とする。

評価者  $k$  の評価対象  $m$  の評価値は、

$$X_{mnk} * (1.0 - V_{mnk}) \quad (2)$$

評価対象  $m$  に対する  $K$  人分の加重平均を、評価対象  $m$  の評価値 $X_m$ として、ベクトル

$$X_m = \begin{bmatrix} \left( \sum_{k=1}^K X_{m \text{凹凸} k} * (1.0 - V_{m \text{凹凸} k}) \right) / K \\ \left( \sum_{k=1}^K X_{m \text{硬軟} k} * (1.0 - V_{m \text{硬軟} k}) \right) / K \\ \left( \sum_{k=1}^K X_{m \text{乾湿} k} * (1.0 - V_{m \text{乾湿} k}) \right) / K \\ \left( \sum_{k=1}^K X_{m \text{温冷} k} * (1.0 - V_{m \text{温冷} k}) \right) / K \\ \left( \sum_{k=1}^K X_{m \text{光沢} k} * (1.0 - V_{m \text{光沢} k}) \right) / K \end{bmatrix} \quad (3)$$

と表す。

式(3)で表現される 5 次元のベクトル評価値 $X_m$ によって触質感情報を表現する。凹凸感、硬軟感、乾湿感、温冷感、光沢感の 5 感覚量それぞれに関し、感じる度合いを 5 段階で主観評価しているが、同じ感じる度合いを感じる人たちを一つの集合として、各集団の人数を重みとして加重平均することで、主観評価として人数が多い集合の評価を有利としている。図 2.3.1 に示す主観評価アンケート 50 人分の結果に式(3)を適用し、触質感表現用語 1 単語に対して $[-1, 1]^5$ の 5 次元の情報を形成する。主観評価結果の結果を表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 触質感表現用語の触質感 5 感覚量の主観評価結果

No	触質感表現用語	凹凸感 評価値	硬軟感 評価値	乾湿感 評価値	温冷感 評価値	光沢感 評価値	No	触質感表現用語	凹凸感 評価値	硬軟感 評価値	乾湿感 評価値	温冷感 評価値	光沢感 評価値
1	じやりじやり	0.68	0.80	0.19	-0.42	-0.57	61	ぺたぺた	-0.83	-0.22	-0.72	-0.21	0.35
2	ぶつぶつ	0.70	-0.04	-0.13	-0.18	-0.50	62	ぐにやぐにや	0.38	-0.89	-0.62	0.08	-0.31
3	ぺたぺた	-0.48	-0.63	-0.89	0.07	-0.50	63	もちもち	-0.29	-0.84	-0.62	0.39	0.00
4	つるつる	-0.87	0.63	0.03	-0.48	0.86	64	ぐりぐり	0.53	0.46	0.50	0.11	-0.70
5	ざらざら	0.79	0.69	0.42	-0.16	-0.80	65	ねちゃねちゃ	-0.26	-0.89	-0.95	0.19	0.07
6	さらさら	-0.64	-0.05	0.70	-0.14	-0.12	66	ごりごり	0.77	0.88	0.53	-0.11	-0.57
7	がさがさ	0.58	0.58	0.79	-0.06	-0.92	67	ぼそぼそ	0.50	0.11	0.77	0.23	-0.73
8	とげとげ	0.91	0.81	0.11	-0.22	-0.53	68	こんこん	0.19	0.71	0.38	-0.58	-0.30
9	つぶつぶ	0.83	0.11	-0.29	-0.33	0.21	69	がりがり	0.73	0.88	0.50	-0.58	-0.50
10	ぬめぬめ	-0.61	-0.91	-0.93	-0.13	0.50	70	くねくね	0.39	-0.58	-0.30	0.06	-0.29
11	ぼこぼこ	0.86	0.28	0.22	-0.13	-0.31	71	ぼさぼさ	0.44	0.21	0.72	0.00	-0.85
12	べちゃべちゃ	-0.56	-0.81	-0.97	-0.36	0.04	72	けげげした	0.07	0.00	0.77	0.33	-0.67
13	どろどろ	-0.66	-0.98	-0.95	-0.08	-0.32	73	しなしな	-0.30	-0.81	-0.35	-0.29	-0.75
14	ぬるぬる	-0.74	-0.95	-0.96	-0.12	0.05	74	なめらか	-0.96	-0.40	-0.29	-0.26	0.63
15	べとべと	-0.76	-0.92	-0.97	0.13	-0.04	75	おうとつのある	0.98	0.63	0.22	0.00	-0.29
16	しっとり	-0.70	-0.84	-0.81	-0.56	-0.13	76	こなっぽい	-0.02	-0.11	0.91	0.08	-0.89
17	しわしわ	0.59	-0.39	0.31	0.13	-0.86	77	みずみずしい	-0.78	-0.50	-0.86	-0.74	0.41
18	でこぼこ	0.99	0.66	0.47	0.08	-0.84	78	もさもさ	0.10	-0.65	0.58	0.28	-0.71
19	ふさふさ	0.00	-0.89	0.82	0.28	-0.42	79	するする	-0.85	-0.26	0.32	-0.20	0.27
20	ねばねば	-0.54	-0.95	-0.91	-0.02	0.06	80	びかびか	-0.62	0.36	0.36	0.00	0.95
21	ふにやふにや	-0.58	-0.86	-0.39	0.18	-0.50	81	はりがある	-0.80	0.02	-0.13	0.14	0.48
22	とろとろ	-0.72	-0.96	-0.92	0.33	0.00	82	しなやか	-0.65	-0.60	-0.21	-0.05	0.32
23	ねちねち	-0.29	-0.65	-0.72	0.19	0.12	83	弾力がある	-0.33	-0.65	-0.18	0.08	0.10
24	すべすべ	-0.97	0.13	0.18	-0.04	0.56	84	きめの粗い	0.65	0.47	0.64	0.17	-0.66
25	じよりじより	0.72	0.65	0.50	0.00	-0.62	85	つめたい	-0.31	0.43	-0.32	-0.95	0.28
26	もろい	0.04	-0.18	0.57	-0.06	-0.56	86	にゆるにゆる	-0.26	-0.79	-0.63	-0.08	0.08
27	ふわっと	-0.60	-0.91	0.43	0.41	-0.56	87	平面的	-0.92	0.55	0.30	-0.17	0.46
28	ぶちぶち	0.52	-0.61	-0.29	-0.08	0.28	88	かたい	-0.18	0.97	0.64	-0.18	0.18
29	ねちよねちよ	-0.54	-0.90	-0.91	-0.38	-0.20	89	乾いている	-0.09	0.47	0.95	0.35	-0.62
30	しんなり	-0.79	-0.82	-0.72	0.50	-0.57	90	濡っている	-0.21	-0.53	-0.99	-0.40	0.14
31	ぶるぶる	-0.74	-0.86	-0.83	-0.48	0.48	91	粗い(あらい)	0.71	0.52	0.57	0.00	-0.83
32	ぐちゃぐちゃ	-0.11	-0.95	-0.82	-0.15	-0.69	92	やわらかい	-0.20	-0.99	-0.32	0.30	0.00
33	ぱりぱり	0.06	0.73	0.82	0.00	-0.65	93	ふにふに	-0.24	-0.90	0.08	0.19	-0.18
34	ぼろぼろ	0.35	0.18	0.54	0.06	-0.73	94	だんだん	0.21	0.33	0.11	0.19	-0.31
35	ふかふか	-0.48	-0.90	0.52	0.61	-0.55	95	がたがた	0.81	0.75	0.42	-0.06	-0.45
36	ごつごつ	0.91	0.89	0.75	-0.13	-0.68	96	ころころ	-0.10	0.54	0.35	0.00	-0.07
37	くしゃくしゃ	0.72	-0.18	0.60	-0.08	-0.83	97	つやつや	-0.74	0.25	-0.03	-0.38	0.92
38	ぼさぼさ	0.50	0.34	0.92	0.00	-0.81	98	ごろごろ	0.59	0.62	0.40	0.10	-0.50
39	もこもこ	0.41	-0.70	0.25	0.45	-0.48	99	ささくれ立った	0.83	0.50	0.68	0.25	-0.88
40	かさかさ	0.30	0.52	0.96	0.11	-0.77	100	ごそごそ	0.28	0.36	0.53	0.03	-0.53
41	ぼつぼつ	0.78	0.21	-0.27	0.00	-0.59	101	びよーん	-0.19	-0.80	0.06	0.06	0.14
42	ふわふわ	0.02	-0.93	0.41	0.40	-0.79	102	ごちごち	0.65	0.95	0.50	-0.45	-0.75
43	しゃりしゃり	0.20	0.57	-0.46	-0.75	0.13	103	てかてか	-0.72	0.32	-0.17	-0.13	0.94
44	毛羽だった	0.44	-0.83	0.67	0.45	-0.90	104	がびがび	0.41	0.44	0.92	0.00	-0.84
45	ごわごわ	0.69	0.54	0.63	0.07	-0.80	105	じゅるじゅる	-0.07	-0.81	-0.91	-0.42	-0.05
46	かちかち	0.08	0.95	0.64	-0.85	0.40	106	ひんやり	-0.47	0.19	-0.41	-0.88	-0.03
47	つんつん	0.73	0.77	0.06	-0.33	0.12	107	あたたかい	-0.33	-0.26	0.08	0.97	-0.17
48	ぐしゃぐしゃ	0.76	-0.38	0.13	-0.15	-0.73	108	いたい	0.61	0.75	0.42	-0.38	-0.25
49	こりこり	0.64	0.81	-0.13	-0.08	-0.43	109	もごもご	0.67	-0.29	-0.06	0.25	-0.59
50	ぶにぶにゆ	0.07	-0.87	-0.61	0.00	0.24	110	しゃかしゃか	0.38	0.53	0.64	-0.14	-0.32
51	かびかび	0.09	0.71	0.84	0.08	-0.41	111	たるんでいる	-0.16	-0.82	-0.33	0.32	-0.32
52	ぐにやぐにや	-0.13	-0.84	-0.50	0.11	-0.10	112	オイリー	-0.73	-0.32	-0.97	0.23	0.89
53	ぶよぶよ	0.17	-0.93	-0.57	0.40	-0.43	113	うねうね	0.48	-0.79	-0.44	-0.12	0.03
54	びちゃびちゃ	-0.47	-0.91	-0.96	-0.60	0.19	114	じやらじやら	0.83	0.83	0.43	-0.33	0.38
55	むにむにゆ	-0.18	-0.92	-0.24	0.25	-0.42	115	ぱりぱり	0.50	0.58	0.63	-0.13	-0.35
56	ぶにぶに	-0.21	-0.83	-0.43	0.00	0.33	116	ざわざわ	0.19	0.22	0.36	-0.07	-0.58
57	ぐじゅぐじゅ	0.10	-0.88	-0.96	-0.28	-0.21	117	わさわさ	-0.18	-0.18	0.50	0.07	-0.63
58	ちくちく	0.78	0.79	0.58	-0.34	-0.14	118	きしきし	0.31	0.67	0.58	-0.29	-0.53
59	ごちごち	0.36	0.92	0.73	-0.86	0.35	119	もわもわ	-0.22	-0.75	-0.44	0.64	-0.76
60	こつこつ	0.13	0.88	0.69	-0.33	-0.05	120	ぎしぎし	0.41	0.75	0.57	-0.11	-0.36

## 2.4 主成分分析による 5 次元から 3 次元への情報圧縮

120 語の各触質感表現用語に対して、 $[-1, 1]^5$  の 5 次元のベクトル情報で表現しているが、ネット通販サイトを利用して、視覚的手法で情報を伝送することを考慮

すると情報の可視化が必要である。可視化をする場合には、図や表から4次元以上の情報を解読させるのは一般的に容易ではなくなってくる。そこで、情報量の低下を抑えた範囲で次元を圧縮し、人に伝達し易い可視化情報とする。また、レーダーチャートグラフや棒グラフなどで5次元の情報をそのまま数値の大小で表現する手法も考えられ、情報圧縮の必要性に関してなど、グループディスカッション(東工大生数名)でも議論をしている。ここでは、ネット通販を対象に考えると、多次元の数値や情報空間に精通している人が大半を占めているわけではないため、5次元の数値情報で表現する手法では、直観的に触質感を把握するのは困難になるという見解を採用し、情報圧縮を考える。情報量の低下を抑えるため、5次元を構成する主成分で情報を圧縮することを考え、主成分分析(PCA: Principal Component Analysis)を行う。

主成分 $Z_{mp}$ ( $p = 1, 2, \dots, M$ )の主成分負荷量を

$$W_{mp} = [w_{p1} \quad w_{p2} \quad w_{p3} \quad w_{p4} \quad w_{p5}] \quad (4)$$

とすると、評価対象 $m$ に対する主成分は、

$$Z_{mp} = W_{mp} * X_m \quad (5)$$

主成分 $Z_{mp}$ の分散 $S_p^2$ は、

$$S_p^2 = \frac{1}{M} \{ \sum_{m=1}^M (Z_{mp} - \overline{Z_{mp}})^2 \} \quad (6)$$

となり、ラグランジュの未定係数法を用いて、分散 $S_p^2$ を最大化する固有値 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \lambda_4 \geq \lambda_5$ を求め、これら固有値に対応する解から各主成分の主成分負荷量、寄与率を算出する(表 2.4.1)。この結果から、第3主成分までの情報で91.4%の情報をカバーできることが確認できている。そこで、触質感空間を、5次元から第3主成分までの3次元の情報に圧縮し、3次元立方体空間上のベクトルで表現することにする。

表 2.4.1 各主成分の主成分負荷量，寄与率

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分	第5主成分
凹凸	-0.85	0.00	0.42	-0.31	0.12
硬軟	-0.73	0.60	-0.20	-0.10	-0.24
乾湿	-0.86	0.04	-0.45	0.16	0.20
温冷	-0.09	-0.90	-0.34	-0.26	-0.08
光沢	0.69	0.56	-0.30	-0.31	0.13
固有値	2.47	1.48	0.62	0.29	0.14
寄与率(%)	49.35	29.64	12.42	5.89	2.70
累積寄与率(%)	49.35	78.99	91.40	97.30	100.00

主成分分析で得られる各主軸は無名であるが、触質感の新たな情報空間を形成するために、各主軸に名称を付与することを考える。各主成分軸上に近い触質感表現の用語について、各主成分軸となす角度の余弦の値を計算し、上位5位までの単語を選出した結果を表2.4.2に示す。

表 2.4.2 各主成分軸に近い触質感表現用語の主成分軸との余弦

第1主成分		第2主成分		第3主成分	
触質感表現用語	cos $\theta$	触質感表現用語	cos $\theta$	触質感表現用語	cos $\theta$
ぬめぬめ	0.97	つめたい	0.89	ぶつぶつ	0.80
ぷるぷる	0.95	かちかち	0.86	ぐじゅぐじゅ	0.76
オイリー	0.93	しゃりしゃり	0.81	くねくね	0.75
ぺたぺた	0.92	こちこち	0.81	うねうね	0.73
しなやか	0.92	つるつる	0.73	ぐにゃぐにゃ	0.73
...	...	...	...	...	...
ごろごろ	-0.98	ふかふか	-0.79	さらさら	-0.62
ごわごわ	-0.98	ふわふわ	-0.82	はりのある	-0.63
きめの粗い	-0.98	もこもこ	-0.83	すべすべ	-0.73
じょりじょり	-0.99	あたたかい	-0.86	平面的	-0.74
ごつごつ	-0.99	もわもわ	-0.89	ぴかぴか	-0.80

表 2.4.2 より、日常的に使われる用語で、かつネット通販において触質感を伝達し易い名称をグループディスカッション(東工大大学院生数名, 家族)により選定している。第1軸の(+)には、“ぷるぷる”，第1軸(-)に“ごつごつ”，第2軸(+)には“かちかち”，第2軸(-)には“ふわふわ”，第3軸(+)に“ぶ

つぶつ”，第3軸（-）に“ぴかぴか”を選定する。新たに構築した各3軸の特性を，触質感を構成する5感覚量(凹凸，硬軟，乾湿，温冷，光沢)の度合い(図 2.4.1)から分析している。例えば，第1軸のふるふる軸の触質感成分は，“凹凸がない，柔らかい，湿っている，冷たい，光沢がある”という特性を持ち，ふるふるのイメージと合っていることがわかる。各軸に関して，感覚とそれ程ずれたものがないことを確認している。

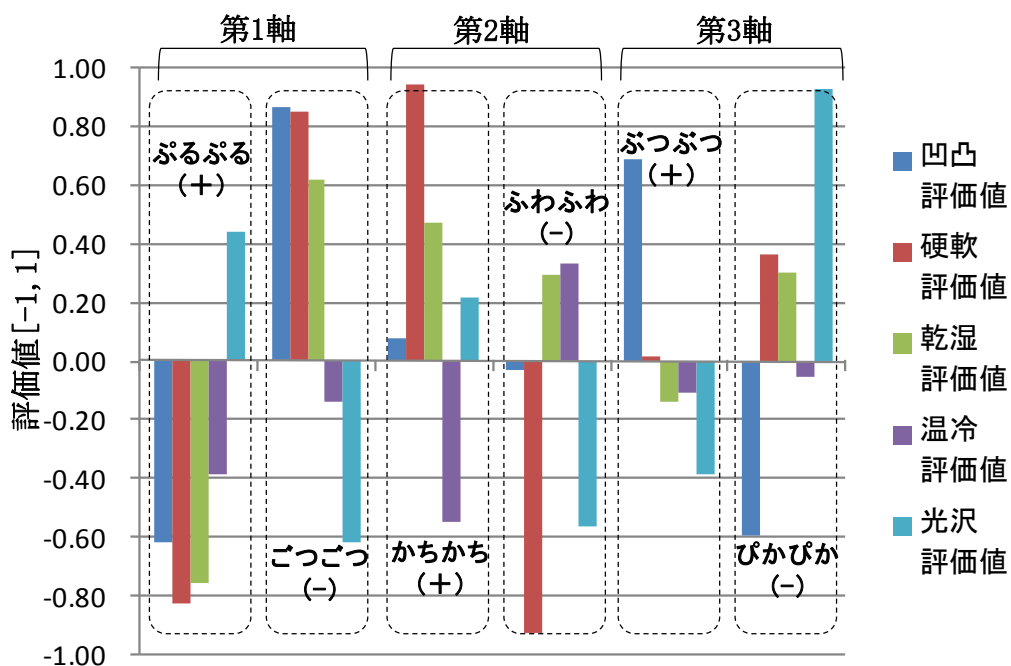


図 2.4.1 触質感の第3軸構成要素

主成分分析の第3主成分までの情報で $[-1, 1]^3$ の3次元空間上に触質感表現用語群をプロットすると図 2.4.2 になる。各点が触質感表現用語を示し，点線の丸で囲んだ点が，新たな軸の名称として選定した“ふるふる”などの触質感表現用語である。

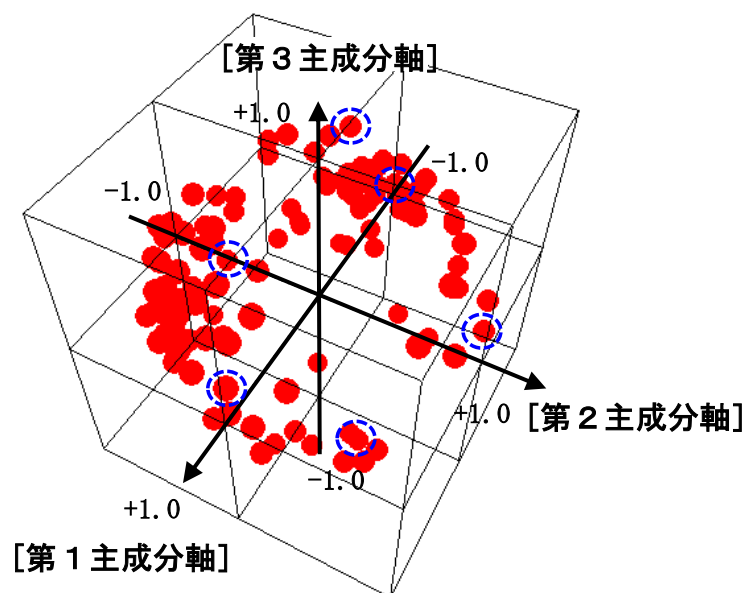


図 2.4.2 第3主成分までの触質感3次元空間 $[-1, 1]^3$

表 2.4.2 で選定した触質感空間の新たな軸名称は、余弦値が 1.00 または -1.00 でないことから、主成分分析で算出された主要直交 3 軸とはズレが生じている。表 2.4.2 に示すように、主成分の軸との余弦は、 $0.80 \leq |\cos \theta| \leq 0.99$  の範囲の値になっており、角度 (degree) としては、約  $8.1^\circ \sim 36.9^\circ$  ズレていることがわかる。そこで、新たな直交 3 軸の触質感空間を形成するための補正を行う。まず、対になる 2 つの触質感表現用語を通る直線軸上にそれら 2 つの位置が直線軸上のある点から距離が 1 になるような拡大縮小変換処理を行い、この点を主成分分析の直交軸の中心に平行移動する。次に、触質感表現用語間の関係性を考慮し、その周辺の触質感表現用語も合わせて主成分分析の直交軸の中心として回転させる。回転には各軸とのオイラー角  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  と係数  $\delta_m$  を利用し、

$$R_{q1}(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$R_{q2}(\beta) = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$R_{q_3}(\gamma) = \begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} q1'_m \\ q2'_m \\ q3'_m \end{bmatrix} = R_{q_3}(\gamma \cdot \delta_m) R_{q_2}(\beta \cdot \delta_m) R_{q_1}(\alpha \cdot \delta_m) \begin{bmatrix} q1_m \\ q2_m \\ q3_m \end{bmatrix} \quad (10)$$

を用いて各軸で回転する。 $\delta_m$ は、6つの軸を示す触質感表現用語とのマハラノビス距離に応じた $[0, 1]$ の係数で、軸の触質感表現用語に近いものは、 $\delta_m \doteq 1.0$ となり回転の影響を受け、軸の触質感表現用語に遠いものは $\delta_m \doteq 0.0$ に近づき回転角の影響が最小限になるよう工夫をしている。触質感表現用語  $m$  に対する触質感の各3軸の値を示す $[q1_m \quad q2_m \quad q3_m]^T$ の点は、式(10)により、新たな触質感空間上の点 $[q1'_m \quad q2'_m \quad q3'_m]^T$ となる。これらの算術操作により、新しい3次元空間上で、各軸の名称として使用する触質感表現用語は、各軸の端点として表現される。ズレ補正を行ったあとの直交3軸が新たな触質感空間である。図2.4.3に触質感の軸に選定した用語のズレ補正のイメージ図を示す。例えば、第1軸(+ )の名称として採用した“ぷるぷる”という用語は、第1軸の端点 $(1.0, 0.0, 0.0)$ に、第1軸(- )の“ごつごつ”は $(-1.0, 0.0, 0.0)$ に配置される。この軸のズレ補正に伴い、周辺の触質感表現用語の位置も補正する。このように、主成分分析での触質感表現用語の配置関係はある程度維持しつつ、ベクトル空間を回転、平行移動、拡張縮小などの行列変換を行い、触質感空間の新たな直交3軸空間上の情報を形成する。

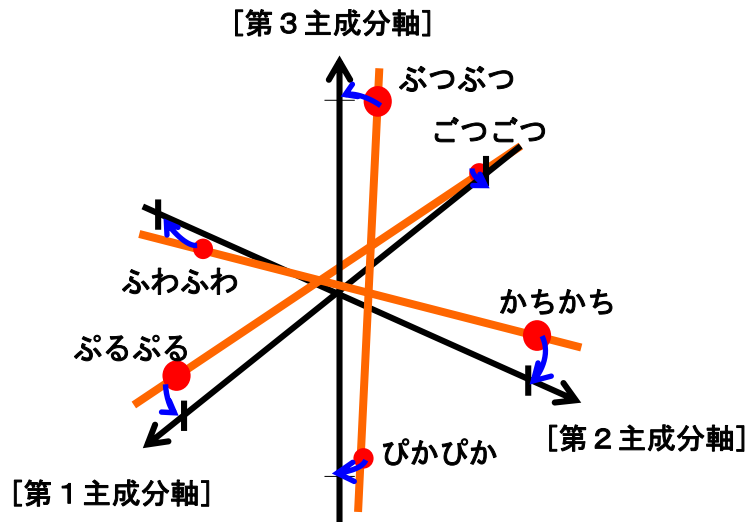


図 2.4.3 主成分分析の主成分軸と触質感空間のズレ補正

## 2.5 触質感の3次元立方体ベクトル空間表現

5次元 $[-1, 1]^5$ の触質感情報を、主成分分析による情報圧縮しさらにズレ補正処理を施すことにより、3次元 $[-1, 1]^3$ の新たな触質感空間を形成する手法を示した。これにより、第1軸(ぷるぷる-ごつごつ軸)、第2軸(かちかち-ふわふわ軸)、第3軸(ぶつぶつ-ぴかぴか軸)の3軸の感覚情報の度合いの組合せで触質感情報を3次元ベクトル表現できるようになる。

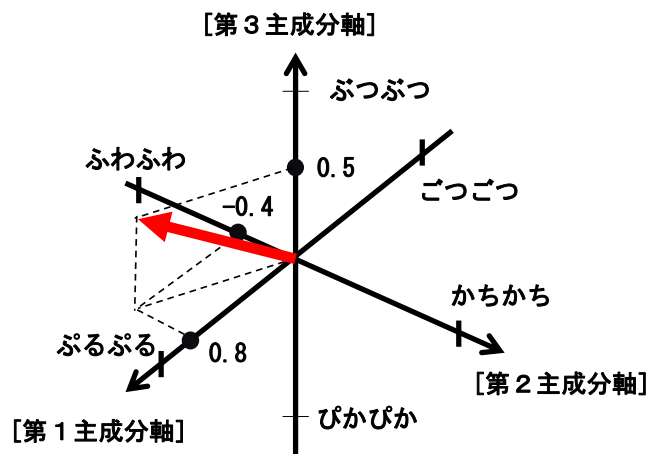


図 2.5.1 触質感空間ベクトル

例えば, 第1軸0.8(ぷるぷる感=0.8), 第2軸-0.4(ふわふわ感=0.4), 第3軸0.5(ぶつぶつ感=0.5)など, 各3軸の感覚情報の度合いを示せば, ある対象物の触質感を3次元空間上のベクトルで表現できる(図2.5.1)。触質感表現用語群120語を $[-1, 1]^3$ の3次元触質感空間上にプロットした図を斜め上方から見た図2.5.2と, 上方から眺めた図2.5.3を示す。図2.5.3のように上方からの図を見ると, プロットされた点は球面上に配置されており, 原点に近い触質感は少ないことがわかる。これは, 漠度関数を用いて主観評価を行った結果, あいまいに回答した結果は弱く, 明確に回答した感覚情報が強く触質感情報に反映されるためである。触質感空間の原点近くは触質感を感じないことを示すので, 構築した触質感空間が妥当であることがわかる。なぜなら, 触質感を感じない領域に, 触質感表現用語(触質感を感じる用語)が現れると, 矛盾が生じることになってしまうからである。この触質感空間を利用することで, 触質感表現用語で表現できないような微妙な感覚情報も表現できることになる。

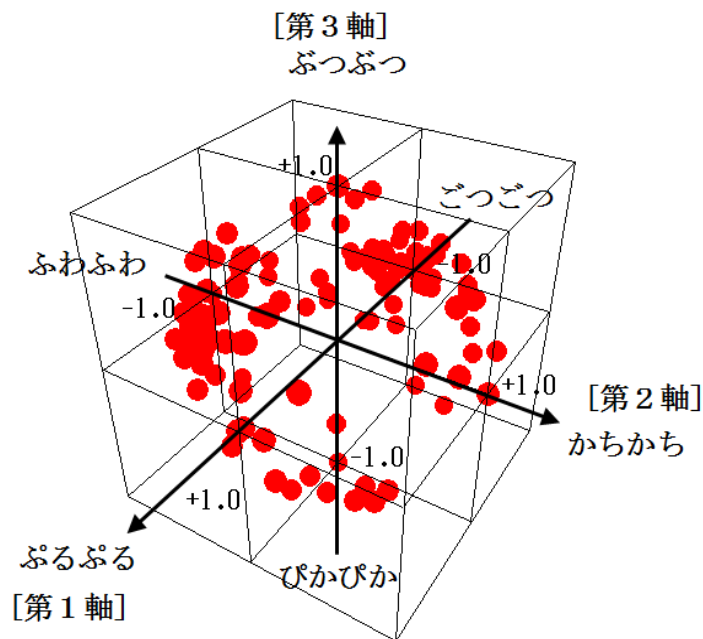


図 2.5.2 触質感空間 $[-1, 1]^3$

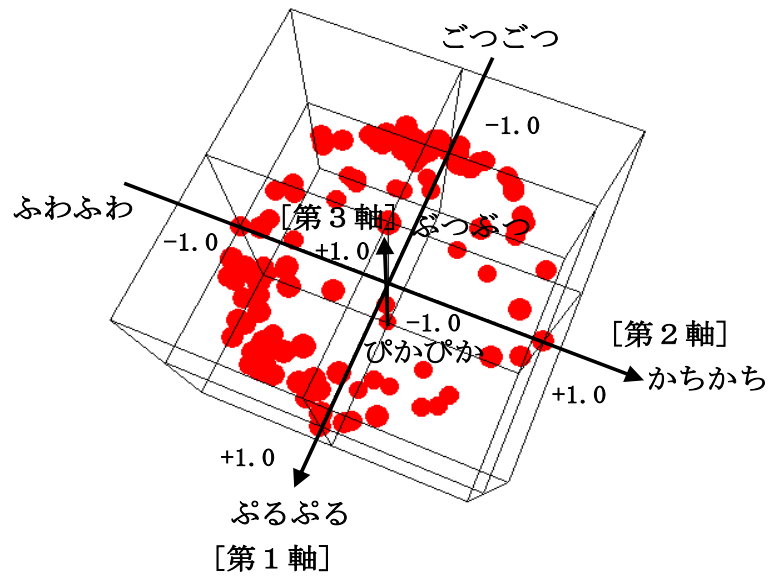


図 2.5.3 触質感空間 $[-1, 1]^3$

## 第3章

### 触質感のファジィ集合表現

触質感つまり、触った感覚は、皮膚から受ける感覚、知識や経験などによって複雑であいまいな情報であり、個人差が存在する。触質感を3次元空間上の1点のクリスピーな情報で表現したが、個人差による空間上に幅を持つ情報である。ネット通販ではこの個人差情報も商品購入判断に重要な要素であるため、触質感個人差情報に関して検討する。この個人差を含むあいまいな情報をファジィ集合として表現することを考える。ファジィ集合は、ある事象にどれくらい当てはまるかを度合いで表した情報を持ち、事象を抽象化することにより、少ない要素からなる関係でも近似の精度を向上させることができる。このファジィ集合での考え方を応用し、触質感情報を代表的な第1情報と第2情報の2つの情報で近似表現し、少ない情報で触質感情報を伝達することを考える。

#### 3.1 触質感個人差の存在

触覚 / 触感に関する、個人差の存在はよく知られており [13][14][31][32][38]-[40]、感覚受容器の大きさや数、さらには皮膚の厚さや硬さによっても、触覚で感じる感覚量の度合いは異なってくる。さらに個人の記憶や経験にも影響する [48]。視覚や触感に関連する触質感にも主観評価の結果から個人差の存在は認められる。ネット通販では、写真やレビュー情報などからイメージした触質感に個人によるバラツキが少なければ、届いた商品とのギャップも少なく満

足または妥協できる商品の場合が多く、返品率は少ない。個人によるバラツキが大きい商品に関しては、人によっては自分が期待したものと大きくギャップを感じる場合があり、返品する行動に繋がる場合もある。このように触質感の個人差情報は商品の購入判断にとって重要な要素の一つである。触質感の定量化の際に、50 人の主観評価値を集計してその加重平均を採用しており、実際には個人により評価値が異なりバラツキがある情報にも拘わらず、代表的な情報をクリस्पな数値で抽出している。加重平均値とその個人差のバラツキの範囲を図 3. 1. 1 に示す。5 感覚量それぞれに情報のバラツキが存在し、その範囲は 7. 1% ~ 35. 3% となっており、平均で 20. 9% のバラツキとなっている。

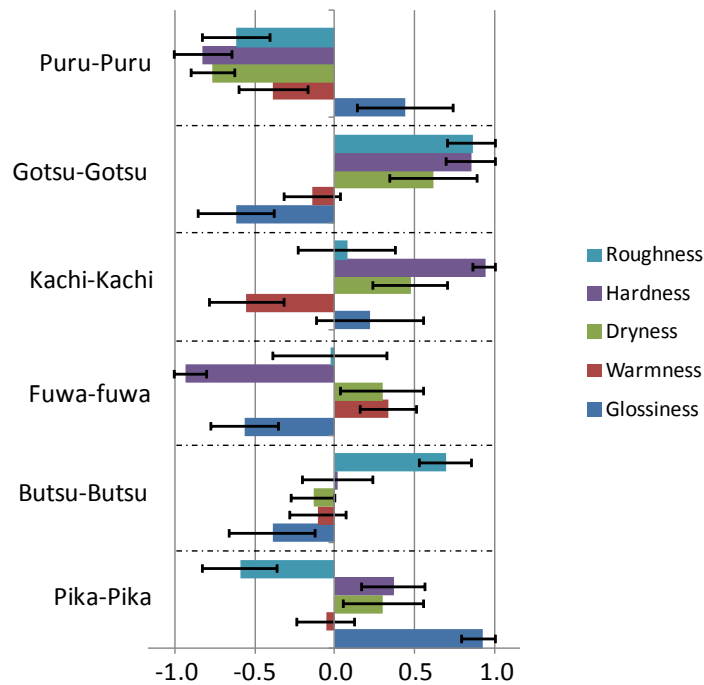


図 3. 1. 1 触質感主観評価の各軸の個人差

5 次元の情報を主成分分析により 3 次元に情報圧縮しているが、3 次元に情報圧縮後も個人差によるバラツキは存在する。例として第 1 軸(+)で採用している触質感表現用語“ぷるぷる”に関して、50 人の主観評価結果は図 3. 1. 2 のようになっている。横軸の 5 段階の各主観評価値に対して、縦軸に回答した人数を示してい

る。第1軸の評価は“ふるふる”という用語に対して、ふるふるか、ごつごつかの感じる度合いの主観評価値であり、殆どの方はふるふるに強い度合いを感じ、+1.0に寄った評価となる。形状としては、釣鐘型の左半分の形状を持った分布となっている。“ふるふる”に対する第2軸かちかち-ふわふわでの評価は、ややふわふわ寄りの感覚だが、殆どが感覚を感じなく、同様に第3軸ぶつぶつ-ぴかぴかでの評価も0になっている。第2, 3軸のバラツキの形状としては、0.0を中心として三角形に近い形で広がりのある分散となっている。

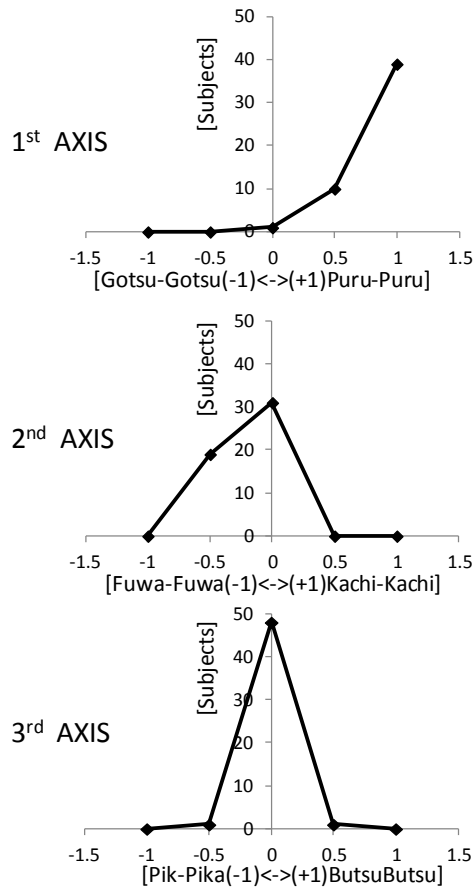


図 3.1.2 第1軸(+) “ふるふる” の50人分の分散

人によって触質感の感じ方は異なるため、図 2.5.2, 2.5.3 で示した3次元空間上の1点は個人差情報を含んでいることになる。遠隔に伝達する場合には、情報を

伝える側と受け取る側の個人差の違いから、情報の齟齬を生む原因になる可能性もある。そのため、加重平均で求めた代表的な触質感情報のみでなく、個人差情報も伝える必要がある。

### 3.2 触質感のファジィ集合表現

触質感の情報は、 $[-1, 1]^3$ の3次元空間中の1点というクリस्पなベクトルで表現され、個人差を表現するにはクリस्प情報の拡張が必要になる。

対象物  $O_j$  を  $n$  番目の被験者  $S_n$  が感じる触質感ベクトルは、

第1軸(X) : ぷるぷる(+1.0) – ごつごつ(-1.0),

第2軸(Y) : かちかち(+1.0) – ふわふわ(-1.0),

第3軸(Z) : ぶつぶつ(+1.0) – ぴかぴか(-1.0)

の感じる度合いを組合せた

$$\mathbf{V}_{O_j S_n} = \begin{bmatrix} X_{O_j S_n} \\ Y_{O_j S_n} \\ Z_{O_j S_n} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

で表現できる。ここで、

$X_{O_j S_n}$ ,  $Y_{O_j S_n}$ ,  $Z_{O_j S_n} \in [-1, 1]$  である。

図 3.2.2 は、図 3.2.1 対象物(竹製のおしぼり入れ)に対する被験者 50 人 ( $n=1, \dots, 50$ )の触質感ベクトルを表示しており、個人的感覚のばらつき(個人差)が確認できる。



図 3.2.1 竹製のおしぼり入れ

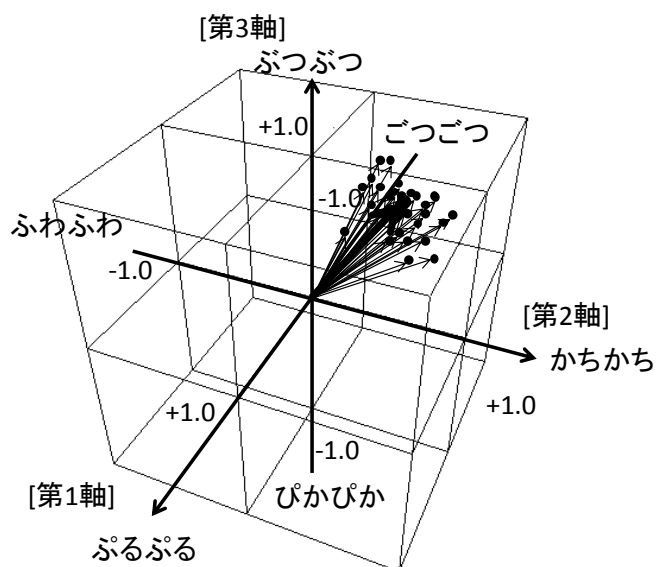


図 3.2.2 個人毎の触質感ベクトルの集合

図の 3.2.2 の場合は、多くの人々が触質感 3 軸に対し、“ごつごつ”、“かちかち”、“ぶつぶつ”を感じる人が多く、同じようなベクトルの向きが多いが、個人毎にその感じる度合いが異なり、一部重複しているが 50 本のベクトルで触質感が表現される。被験者数を増やしていった場合、触質感ベクトルの稠密箇所を黒、疎密箇所を白の濃淡階調で表現すると、個人的感覚情報のばらつきにより触質感ベクトルの集合は、図 3.2.3 の様になると考えられる。 $[-1, 1]^3$ 空間上に広がる雲のような集合となり、その形状は、朝顔の花びらのような形状になる。その平均付近に同じ感

覚量が集まり黒で表現され、そこから離れる程覚量分布がまばらになって白で表現される。この情報の広がり対象物により異なり、個人差が少なく多くの人と同じ触質感を感じる対象物では、1つのベクトルに近い形の集合となる。個人差が大きい場合には、白っぽく3次的に広がった集合で表現される。このようなあいまいで複雑な触質感情報の集合をファジィ集合として取り扱う。ファジィ集合は、ある事象にどれくらい当てはまるかの度合いで表した情報を持ち、事象を抽象化することにより、少ない要素からなる関係でも近似の精度を向上させることができる。触質感をファジィ集合として取扱いことで、少ない要素で近似することを考える。触質感を代表する要素と、触質感の個人差によるばらつきの要素の2つの事象を考え、それぞれの要素の度合いで触質感を近似する。触質感を代表する要素として、平均ベクトル(第1情報)と、触質感の個人差によるばらつき具合の要素として、標準偏差ベクトル(第2情報)の2つの情報で触質感ファジィ集合を近似的に記述することを提案する。

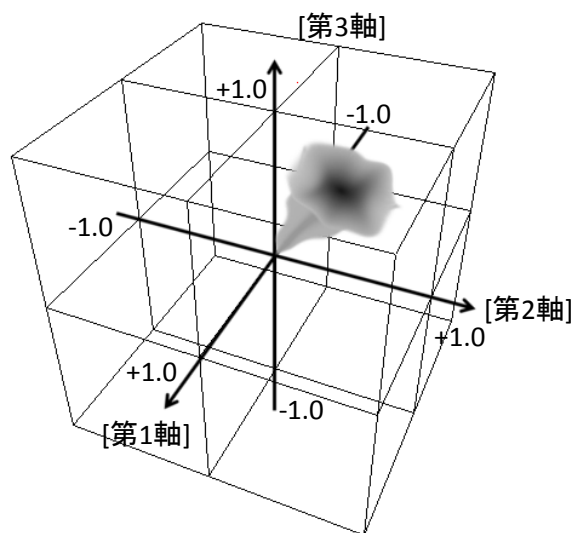


図 3.2.3 触質感 3次元ベクトル集合

### 3.3 触質感の平均ベクトルと標準偏差ベクトルによる 近似表現

触質感を代表する第1情報としては、図3.2.3の情報が稠密に集まっている部分、つまり、多くの人が感じた触質感であり、これは触質感集合の平均ベクトルで表現する。触質感の第2情報としては、図3.2.3の濃淡が薄く広がっている部分、つまり、個人差によるバラツキの情報であり、分散を表現する標準偏差ベクトルで表現する。一般的に、正規分布に従う集合の場合には、その平均と標準偏差の2つの情報で集合を説明することができる。触質感情報も被験者の数が増えていけば、正規分布に近づくと仮定して、平均と標準偏差で表現する。

対象物  $0_j$  に対する触質感平均ベクトル(第1情報)は、 $N$ 人分の触質感ベクトルの平均であり、

$$\mathbf{V}_{0j\text{ave.}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbf{V}_{0jSi} \quad (12)$$

とする。触質感各軸の平均値は

$$\overline{X}_{0j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{0jSi} \quad (13)$$

$$\overline{Y}_{0j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{0jSi} \quad (14)$$

$$\overline{Z}_{0j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_{0jSi} \quad (15)$$

であり、各軸の標準偏差は、

$$\sigma_{0jX} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{0jSi} - \overline{X}_{0j})^2} \quad (16)$$

$$\sigma_{0jY} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{0jSi} - \overline{Y}_{0j})^2} \quad (17)$$

$$\sigma_{ojz} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Z_{ojSi} - \overline{Z_{oj}})^2}, \quad (18)$$

となる。そして、触質感標準偏差ベクトル(第2情報)を、

$$\sigma_{oj} = \begin{bmatrix} \sigma_{ojx} \\ \sigma_{ojy} \\ \sigma_{ojz} \end{bmatrix}, \quad (19)$$

と定義する。

ここで、 $X_{ojSn}$ ,  $Y_{ojSn}$  and  $Z_{ojSn} \in [-1, 1]$  ,

$\overline{X_{oj}}$ ,  $\overline{Y_{oj}}$  and  $\overline{Z_{oj}} \in [-1, 1]$  であるから

$\sigma_{ojx}$ ,  $\sigma_{ojy}$  and  $\sigma_{ojz} \in [0, 1]$  となる。

近似した触質感集合は、平均ベクトルと標準偏差ベクトルを組合せた

$$\mathbf{AKT}_{oj} = \{ \mathbf{V}_{ojAve.}, \sigma_{oj} \}, \quad (20)$$

で表現する。

このように、触質感情報は、 $[-1, 1]^3$ の3次元空間上の平均ベクトルと $[0, 1]^3$ の3次元空間上の標準偏差ベクトルで表現することができる。

例えば、図 3.3.1 の湯飲み茶わんの触質感情報は、表 3.3.1 の2つのベクトル情報で表現される。



図 3.3.1 湯飲み茶わん

表 3.3.1 近似触質感集合表現例

対象物	近似 触質感集合	第 1 軸	第 2 軸	第 3 軸
湯飲み茶わん	$V_{O1Ave.}$	- 0.75	0.81	0.39
	$\sigma_{O1}$	0.35	0.32	0.72

表 3.3.1 の情報を伝達することで、各軸の平均値からごつごつの度合いの絶対値が 0.75 と大きく、かちかち度合いも 0.81 と大きく、ぶつぶつ度合い 0.39 とそれ程大きくないという触質感情報が伝わる。また触質感個人差に関しては、ごつごつ、かちかちに関しては個人による分散は少ないことがわかり、ぶつぶつに関しては、個人による評価にバラツキがあることがわかる。図 3.3.1 からも写真のイメージから、陶器できており、その触感としては、ごつごつ、かちかちを感じ、ぶつぶつ感も感じ、光の当たり具合によっては光沢感も感じる人もいて、このような感覚量の平均と分散になっていると想像できる。つまり、写真や文字情報と、触質感情報を組合せることで、より詳細な触質感に関する感覚情報を取得できることになる。

触質感の各軸を平均と標準偏差値で表現しているが、その情報の分布は、図 3.3.2 のようになり、平均とそれを中心として標準偏差の大きさに従ってそのバラツキが表現される。バラツキが 1 つの標準偏差の値で示されるため、正規分布に近い形で単純化されて表現され、数学的にも取扱い易くなっている。標準偏差値からこの分散をイメージできれば、触質感の第 1 軸、第 2 軸の情報は、その平均を中心にまとまった集合であり、第 3 軸に関しては、なだらかに広がった集合で、人によって感じ方が異なることを把握できる。

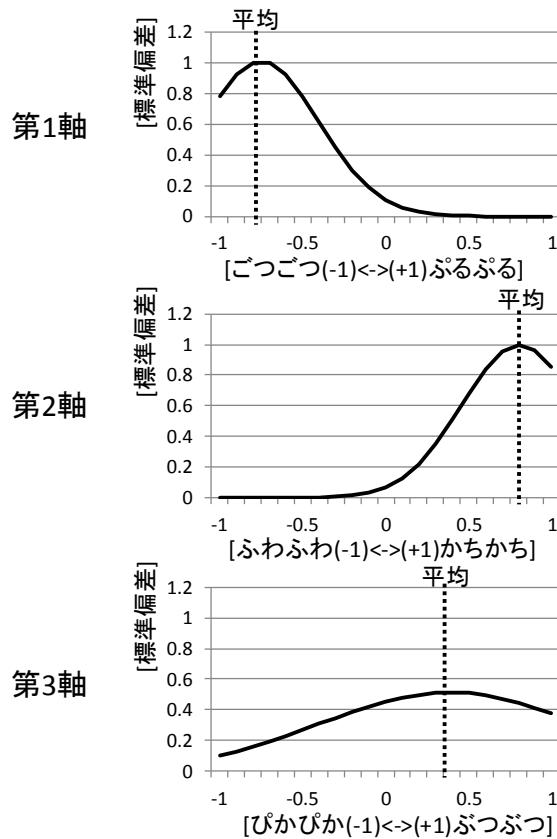


図 3.3.2 触質感ファジィ集合の各軸の分布

本近似手法により、個人差の大きさを標準偏差で近似しているが、実際の主観評価データが標準偏差で近似可能かどうかを検証する。検証方法としては、触質感の各軸の主観評価の母集合が正規分布に近いかを式(21)–(23)を用いて確認する。触質感の各軸に対して、N人分の主観評価結果のバラツキに関し、t分布の有意確率P値が0.05以下であることを確認する。P値が5%以下であれば、母集合は正規分布になっているので、触質感の個人差のバラツキを標準偏差で近似しても問題ないと考えられる。

$$T_{Hi} = \frac{\overline{X_{Oj}} - \mu_{HiOj}}{\frac{S_{Oj}}{\sqrt{N-1}}}, \quad (21)$$

$$\overline{X}_{Oj} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{OjHi}, \quad (22)$$

then  $\overline{X}_{Oj} \in [-1, 1]$ ,

$$S_{Oj} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{Oj} - \overline{X}_{Oj})^2}, \quad (23)$$

then  $S_{Oj} \in [0, 1]$ .

実際に触って使う商品 20 種類を選定し、触質感 3 軸での感覚量を 5 段階で 17 人の被験者に対して主観評価する実験を実施している。具体的には、商品の写真を見て、第 1 軸ぷるぷる-ごつごつ、第 2 軸かちかち-ふわふわ、第 3 軸ぶつぶつ-ぴかぴかの各感じる度合いを 5 段階で評価してもらう実験である。個人差によるバラツキの t 分布の有意確率結果の割合を表 3. 3. 2 に示す。

表 3. 3. 2 t 分布の有意確率 5%未満となる割合

#	Goods	1 <sup>st</sup> AXIS: Rate of $P < 0.05$ by t-test	2 <sup>nd</sup> AXIS: Rate of $P < 0.05$ by t-test	3 <sup>rd</sup> AXIS: Rate of $P < 0.05$ by t-test
1	Pestle plate	1.00	0.18	1.00
2	Toy	0.12	1.00	1.00
3	Beer glass	0.24	0.12	0.47
4	Teacup	0.53	0.18	0.59
5	Mug cup	0.76	0.53	0.76
6	Smart phone case	0.18	0.12	0.82
7	Handbag 1	1.00	0.65	0.47
8	Glass dish	0.65	1.00	0.24
9	Cordless handset	0.35	0.65	0.41
10	Running shoes	1.00	0.53	0.82
11	Coffee mill	0.88	1.00	0.94
12	Business bag	0.88	0.06	1.00
13	Moisturing cream	1.00	0.53	0.47
14	Jeans	0.29	0.82	0.24
15	Suitcase	0.94	0.06	1.00
16	Golf club (SW)	0.12	0.71	0.53
17	Handbag 2	0.82	0.82	0.59
18	Handbag 3	1.00	0.82	0.41
19	Golf club (driver)	1.00	0.24	0.88
20	Stroller	0.41	1.00	0.82

1つの対象物に対して、17人分の主観評価値が存在し、そのデータのバラツキが正規分布に従うかそこから外れるかの割合を示している。1.00であれば、すべてのデータが正規分布で説明ができ、0.18であれば、18%は正規分布に従い、82%は正規分布からは外れるバラツキになっていることを示しており、平均すると、63%が正規分布に従っている。数値的には6割以上がきれいな正規分布に従っており、他のデータの実データは1つの山を形成するような形状の分布になっており、正規分布で近似してもそれ程のズレの問題にならないことは確認している。これらの結果から、触質感ファジィ集合を、平均と標準偏差の2つの情報で近似することの妥当性を示している。

## 第 4 章

### 触質感の可視化法

触質感情報は、第 1 情報である  $[-1, 1]^3$  の 3 次元空間上の平均ベクトルと第 2 情報である  $[0, 1]^3$  の 3 次元空間上の標準偏差ベクトルで表現できることを示した。ネット通販サイトでの利用を踏まえ、触質感情報を直観的に伝達するための可視化法を提案する。第 1 情報で商品の触質感を伝え、さらに第 2 情報で個人差によるバラツキを表現し、購入者が必要とする情報を選択して見られるように、平均ベクトルと標準偏差ベクトルを個別に可視化する。可視化法としては、ネット通販サイトにおいて、一目で直観的に情報を取得できるようにするために、ベクトル情報を各軸の意味を把握できるような幾何学的図形と対応付けたイラスト化を採用する。ネット通販サイトの従来情報は、重要な情報であるためそのまま利用し、可視化した触質感情報を付加することにより、店頭販売に近い購入感覚を再現する。

#### 4.1 触質感平均情報のイラスト表現

まず、触質感の平均ベクトルの可視化法を示す。触質感平均ベクトルは 3 次元空間  $[-1, 1]^3$  上にプロットできたが、3 次元空間というような数学概念に馴染んでいない人にとっては、 $[-1, 1]^3$  の 1 点を見て触質感を想像してもらうよりは、一目でイメージが伝わるイラストを提示するほうが受け入れやすい。つまり、触質感を連想させる適切なイラスト表示を提示することが、より多くの人に触質感情報を伝える有効な手段である。平均ベクトルは対象部の代表的な触質感情報であり、その情報から対象物を手に取り触った感覚をイメージし易い可視化が必要である。そこで、

触質感の各軸の意味を把握できる幾何学図形と対応付けたイラスト化を行う手法を提案する。

#### 4.1.1 輪郭線凹凸，形状，濃淡による触質感の可視化法

一般的に可視化手法としては，形(長さ，幅，サイズ，曲率，向きなど)，色，模様(テクスチャ)などを組合せる図式化が用いられている。触質感をイラスト化するにあたり，触質感の各軸の意味を把握できる幾何学図形を考える。触質感の第1軸は，その軸の意味から，+1.0に近づく程ぷるぷる感が強く，-1.0に近づく程ごつごつ感が強くなるイラスト化が必要である。そこで，触った際にぷるぷるを感じる赤ちゃんの肌やプリンなどを思い浮かべると，その形状は滑らかな表面となっている。また，触った際にごつごつ感を強くイメージする溶岩石を考えると，その表面はでこぼこでした凹凸があり，それを指先で感じてごつごつ感を感じる。そこで，第1軸に関しては，イラストの輪郭線の凹凸で表現する。詳細は4.1.2に示す。第2軸に関しては，+1.0に近づく程かちかち感が強く，-1.0に近づく程ふわふわ感が強くなるイラスト化が必要となる。かちかちというと硬いダイヤモンドがイメージでき，ふわふわというと雲や綿が思い浮かぶ。ダイヤモンドは通常平面にカットされた形で市場に廻り，その形がトランプの4形状(スペード，クラブ，ハート，ダイヤ)の1つに選ばれる程特徴がある形である。雲は細かい水蒸気の粒の集まりであり，綿は細かい繊維が集まりであり，ともに細かいものが集まってその形を作り上げている。第2軸に関しては，これらの特徴をイラストの形状と対応付ける。その詳細は4.1.3に示す。第3軸に関しては，+1.0に近づく程ぶつぶつ感が強く，-1.0に近づく程ぴかぴか感が強くなるイラスト化が必要である。ぶつぶつは，鳥肌が立っているようなイメージができ，表面に小さく膨らんだ突起が一様に並んでいる状態である。ぴかぴかは，良く磨いた車体ボディの表面や食器などが光を反射

している状態をイメージできる。光を反射することから、凹凸のない滑らかな表面であることがわかる。これらの特徴から、共に表面に特徴付け、その面の模様や濃淡で表現する。詳細は 4.1.4 に示す。

可視化の特徴として、色を利用する方法が採用されている場合が多いが、触質感ではそれを構成する 5 感覚量の中に、温冷感があり、意図しない触質感を与えないために、色による表現は排除している。色には寒暖色が存在し、赤は暖色系、青は寒色系となり、色によってその温かさ、冷たさを表現してしまう可能性があるためである。そこで、イラストの背景や線の色は白と黒、またはその濃淡で表現する。次に触質感の各軸の特徴とイラストへの適用の仕方を述べる。

#### 4.1.2 触質感第 1 軸とイラスト輪郭線凹凸

触質感の第 1 軸の特徴を 5 感覚量(凹凸感, 硬軟感, 乾湿感, 温冷感, 光沢感)で表現すると図 4.1.2.1 のようになっている。ぷるぷる軸の成分としては、凹凸がない(Smooth), 柔らかい(Soft), 湿っている(Wet), 冷たい(Slightly Cold), 光沢がある(Slightly Gloss)という感覚情報を含んでいる。これら特徴からシリコン製のスマートフォンカバーやコラーゲンなどをイメージできる。これらは、左右に振ったり、曲げたりした場合に、滑らかなに曲率を形成し、その表面の輪郭線は滑らかな線を示す対象物である場合が多い。また、ごつごつは軸の成分は、凹凸がある(Rough), 硬い(Hard), 乾燥している(Dry), 少し冷たい(Little Cold), 光沢がない(No Gloss)特徴を持ち、溶岩石やハイキングシューズの靴底などをイメージできる。これらの対象物に共通する特徴は、その表面の輪郭線はでこぼこでした凹凸があり、ごつごつ感を感じる。

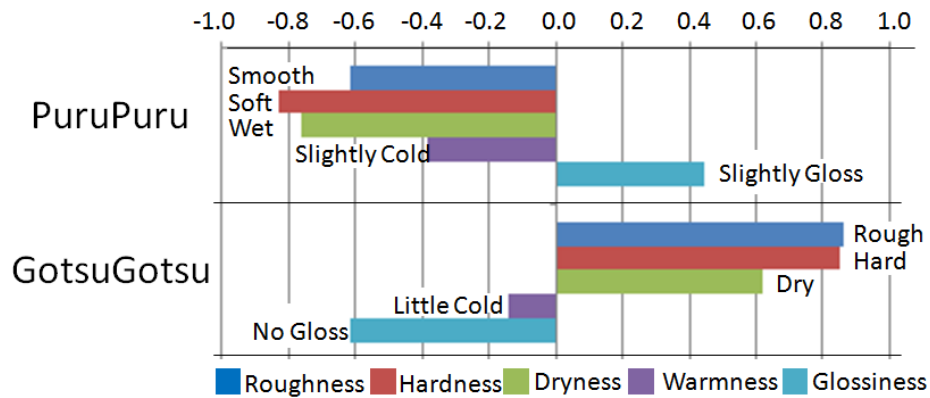


図 4.1.2.1 触質感第1軸の5感覚量の度合い(平均)

そこで、第1軸に関しては、ふるふる、ごつごつに共通する輪郭線で可視化を行うことを考え、ふるふるを示す滑らかな線を+1.0に、ごつごつを示す凹凸のある線を-1.0に対応付け、その間を凹凸の大きさ度合いで表現する。具体的には図4.1.2.2に示したように、+1.0に滑らかな輪郭線、-1.0をのこぎり波の輪郭線で対応付け、その間の区間をのこぎり波の振幅を変化させる表現を行う。これにより、ふるふるからごつごつの感覚情報をイラストで表現する。

	Figure Part	Change of [-1,1]
1 <sup>st</sup> AXIS	<b>Contour</b>	(-1)GotsuGotsu $\longleftrightarrow$ (+1)PuruPuru 

図 4.1.2.2 触質感第1軸とイラスト輪郭線凹凸

### 4.1.3 触質感第2軸とイラスト形状

触質感の第2軸の特徴は図4.1.3.1のようにになっている。かちかち軸の成分としては、少し凹凸がある(Little Rough)、硬い(Hard)、乾いている(Slightly Dry)、冷たい(Cold)、少し光沢がある(Little Gloss)の感覚情報を含む。

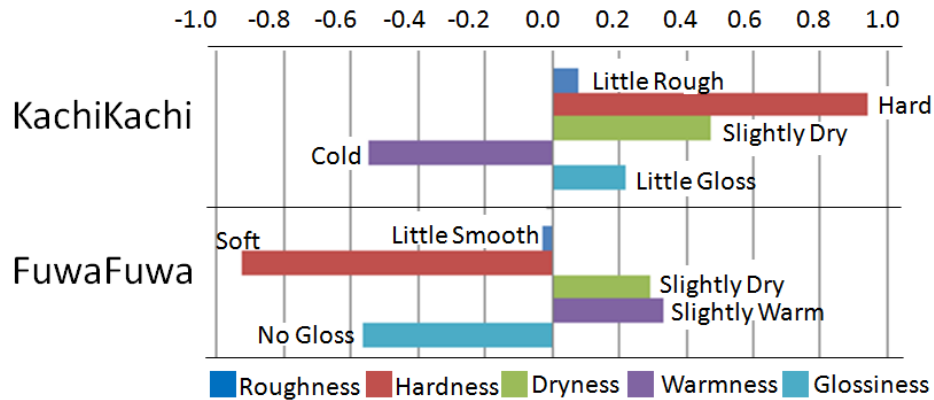
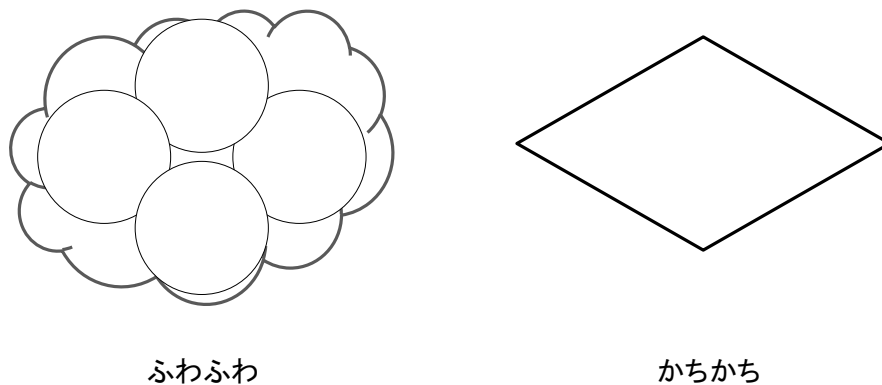


図 4. 1. 3. 1 触質感第 2 軸の 5 感覚量の度合い(平均)

これら特徴から、硬いダイヤモンドやアルミ製ビジネスバックなどがイメージできる。硬いものの代表格としてはダイヤモンドがあり、その形状はトランプのダイヤとしても選ばれる程特徴がある。また、ふわふわ軸の成分は、凹凸が少ない(Little Smooth)、柔らかい(Soft)、少し乾燥している(Slightly Dry)、少し暖かい(Slightly Warm)、光沢がない(No Gloss)特徴を持つ。ふわふわは雲や綿が思い浮かび、ともに細かいものが集まってその形を作り上げている。これらの対象物に共通して、その形状に特徴があるため、図 4. 1. 3. 2 に示すような形状を抽象化したイラスト作成を考える。ダイヤの形状でかちかちを示し、雲や綿をイメージした形状を 4 つの円の集まりとして表現する。



ふわふわ

かちかち

図 4. 1. 3. 2 かちかちとふわふわイメージ形状

+1.0 をひし形(ダイヤ), -1.0 を4つの円の集まりとして表現し, その間の区間を表現するために, かちかちの4つの頂点に, その頂点を中心とした円を配置して, ひし形と組合せるイラストとする。-1.0~+1.0 の度合いに応じて, 頂点に配置した円の大きさを対応付ける。+1.0 のかちかちは円の半径を0とし, ひし形のみイラストとなり, +1.0 からその度合いに応じて円の半径を大きくする手法である。これにより, ひし形の鋭さを感じさせる角を徐々に丸めることができ, かちかち感を和らげられる効果がある。円の形状とひし形の辺である直線が組み合わさる形状となり, 直線でかちかち感を残しつつ, 円でふわふわ感を表現する。さらに円を大きくしていくとひし形が上書きされて消失し, 4つの円が重なりふわふわ感を感じさせるイラストになる。図4.1.3.3のように, かちかちからふわふわの感覚情報を連続的にイラストで表現する。


	Figure Part	Form Change of [-1,1]
2 <sup>nd</sup> AXIS	Shape	(-1) FuwaFuwa $\longleftrightarrow$ (+1) KachiKachi 

図 4.1.3.3 触質感第2軸とイラスト形状

#### 4.1.4 触質感第3軸とイラスト濃淡

触質感の第3軸の特徴は図4.1.4.1のようにになっている。ぶつぶつ軸の成分としては, 凹凸がある, あまり硬さは感じない, 少し乾いている, 少し冷たい, 光沢がないという感覚情報を含む。これら特徴から, 鳥肌や軍手の滑り止めをイメージができ, 表面に小さく膨らんだ突起が一樣に並んでいる状態である。また, ぴかぴか軸は, 凹凸がない, 少し硬い, 少し乾燥している, 少し冷たい, 光沢があるという感覚情報である。この特徴から, 良く磨いた車体ボディの表面や食器などが光を反

射している状態をイメージできる。光を反射することから、凹凸がなく滑らかな表面であることがわかる。

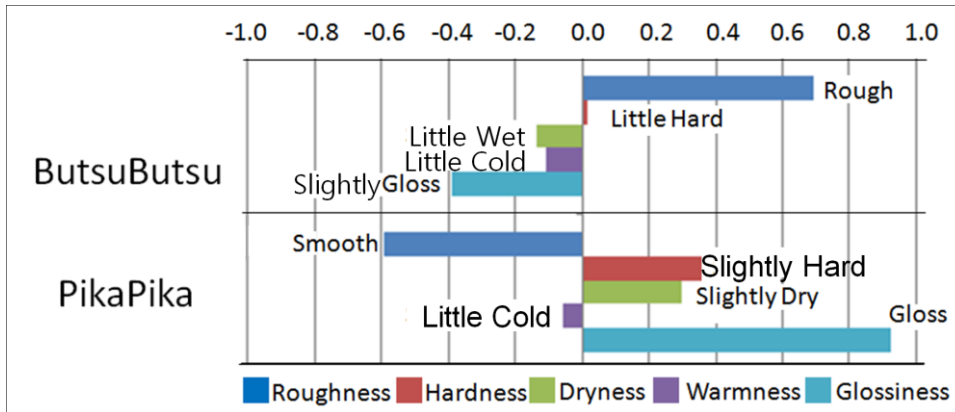


図 4.1.4.1 触質感第3軸の5感覚量の度合い(平均)

このように、ぶつぶつとぴかぴかは、共に表面の状態に特徴付けられ、その面の模様、濃淡で感覚情報を表現する。ぶつぶつは、鳥肌のような小さな突起が一様に面に広がっているイメージを表現するために、図 4.1.4.2 に示すようにイラストの内部表面に小さな円を一様に敷き詰めて配置して、黒い水玉模様で表現する。その模様の濃淡を、ぶつぶつ感+1.0 を黒として、ぶつぶつ感の度合いが小さくなるに従い濃淡を薄くし、ぴかぴか感-1.0 では白となり背景と同化して、滑らかな表面で光を反射してぴかぴか感を表現する。ぶつぶつからぴかぴかの感覚情報を連続的にイラストで表現する。

	Figure Part	Form Change of [-1,1]
3 <sup>rd</sup> AXIS	<b>Gradation</b>	(-1) PikaPika ← → (+1) ButsuButsu

図 4.1.4.2 触質感第3軸とイラスト濃淡

## 4.2 触質感個人差情報のイラスト表現

次に、触質感の第2情報である個人差の違いの大小を示す標準偏差ベクトルの可視化法を提案する。触質感個人差情報を利用することにより、ネット通販での購入者の購入判断を助け、販売者の販売戦略検討に役立てるのが目的である。そのためには、購入者は触質感の個人によるバラツキの大きさを把握し、触質感の平均ベクトルで示された情報から、見て手に取って触った感覚情報のズレを理解できることが必要となる。例えば、ある商品の触質感平均ベクトルが示され、個人差が小さければ、多くの人が同じような触質感を感じられたことがわかり、自分が感じる触質感にもそれ程ズレは少ないだろうと判断でき、購入を進めることができる。逆に、個人差が大きい場合は、触質感平均ベクトルから自分が感じる感覚情報にはズレが大きくある可能性を把握でき、事前に商品サンプルを要求する判断や、他の商品に変えるなどの判断が可能になる。購入判断をスムーズに行うためには、個人差の大きさを一目で把握できるような可視化が必要である。また、販売者側は、商品が返品される量が多いと経営に大きく影響するため、返品率が高い要因を分析し、その対策・戦略を立てる必要がある。分析をするための、1つの要素として触質感の個人差の大きさと返品率に注目する。詳細な分析をするには、その個人差の大きさ、さらには触質感3軸のどの項目が一番のネックなのかなどの情報が有効である。販売者側が商品の返品率の傾向などを複数人で議論するのに、個人差情報の可視化は重要であり、一目で触質感の3軸情報を理解できる可視化法を提案する。また、これらは、第1情報である触質感平均ベクトルのみでは把握できない情報であり、第2情報の個人差情報が重要であることを示している。購入者、販売者双方で活用できるように、その大きさと、3軸それぞれの傾向を把握できる可視化法を提案する。

標準偏差ベクトルは、式(19)に示すように3次元ベクトルとして表現できる。この各3軸の度合いとそれら度合いに応じて全体的な大きさを把握できるように、図

4.2.1 に示す 3 次元空間上の 1/8 楕円体での可視化法を提案する。触質感個人差ベクトルの各軸の  $[0, 1]$  の値を対応付け、それらを各辺にもつ楕円体を描画する。数値が  $[0, 1]$  の範囲なので、完全な楕円体の 1/8 の部分を描画したものとなる。これにより、触質感個人差ベクトルの各軸の値が大きさに応じて、1/8 楕円体の表面積や体積が変化し、各軸の値が大きければ楕円体は大きく、小さければ小さな楕円体で表現される。またその形状から 3 軸のどの軸で個人差が大きいかを把握できる。

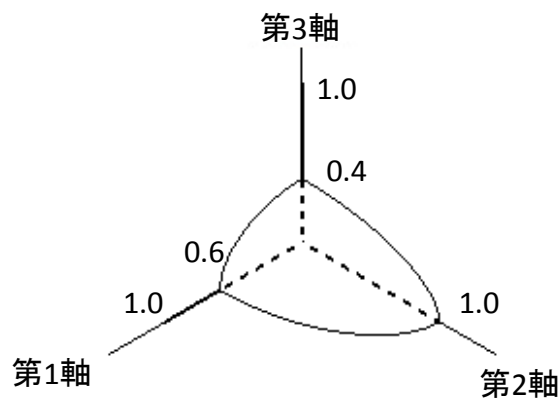


図 4.2.1 触質感個人差情報の 1/8 楕円体可視化法

触質感個人差情報の可視化法による表示例を図 4.2.2 に示す。図 4.2.2(a) は触質感個人差ベクトル  $\sigma = (0.2, 0.1, 0.1)$  であり、全体として個人差による差が小さいことが図の大きさから把握できる。図 4.2.2(b) は  $\sigma = (0.1, 0.2, 1.0)$  であり、第 1, 2 軸に関しては、個人差はほとんどなく第 3 軸に関して個人差が大きいことが図から読み取れる。図 4.2.2(c) は  $\sigma = (0.1, 0.9, 0.8)$  であり、第 1 軸は個人差がなく、第 2, 3 軸で個人差が大きく、図 4.2.2(d) は  $\sigma = (1.0, 1.0, 1.0)$  であり、個人によって大きく触質感の感じ度合いが違うことが図形の大きさから一目で把握できる。触質感標準偏差ベクトルの 3 軸と 1/8 楕円体の 3 軸が一致しているので、図形の大きさとのどの軸の個人差が影響するかを把握し易い。

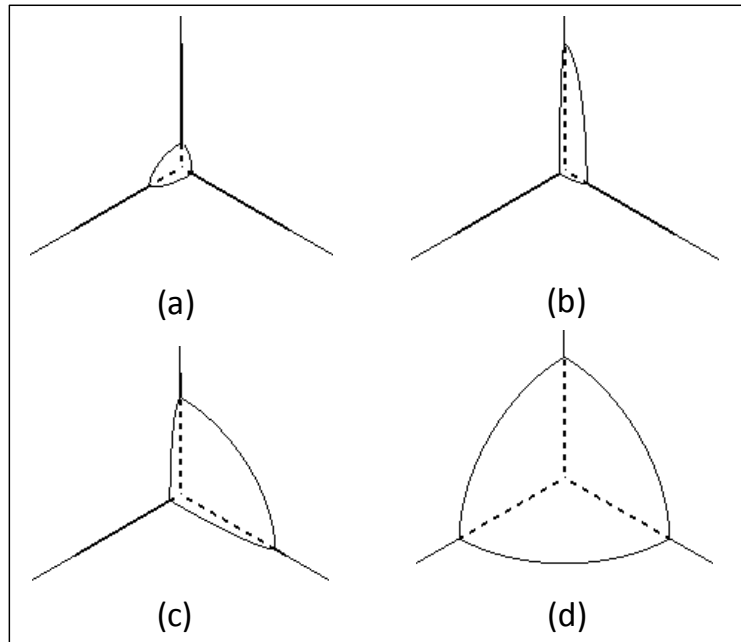


図 4.2.2 触質感個人差情報可視化例

### 4.3 触質感可視化プログラム

4.1.1~4.1.4節で示した触質感の3軸をイラスト化する際の可視化法を図4.3.1にまとめる。この可視化法を、Contour(輪郭凹凸), Shape(形状), Gradation(濃淡)の頭文字を取って、新たな可視化法として、CSGモデルと名付ける。




	Part	Geometric property
<b>1<sup>st</sup> AXIS</b>	<b>Contour</b>	(-) GotsuGotsu $\longleftrightarrow$ (+) PuruPuru 
<b>2<sup>nd</sup> AXIS</b>	<b>Shape</b>	(-) FuwaFuwa $\longleftrightarrow$ (+) KachiKachi 
<b>3<sup>rd</sup> AXIS</b>	<b>Gradation</b>	(-) PikaPika $\longleftrightarrow$ (+) ButsuButsu 

図 4.3.1 触質感第3軸の可視化法(CSGモデル)

触質感の平均ベクトルを CSG モデルで作成し、標準偏差ベクトルを 1/8 楕円体で作成するプログラムを構築している(図 4.3.2)。各 3 軸を GUI(Graphical User

Interface)であるトラックバーを動かす操作のみで、触質感の平均ベクトルと標準偏差ベクトルの提案可視化法によるイラストの自動作成が可能である。第1情報である触質感平均ベクトルに関しては、 $[-1, 1]$ の範囲で値を設定でき、設定した値に従って、輪郭線凹凸、形状、内部の濃淡を変化させたイラストを生成できる。第2情報である触質感個人差情報の標準偏差ベクトルに関しては、 $[0, 1]$ の範囲で値を設定でき、設定した値に従った1/8楕円体を描画できる。

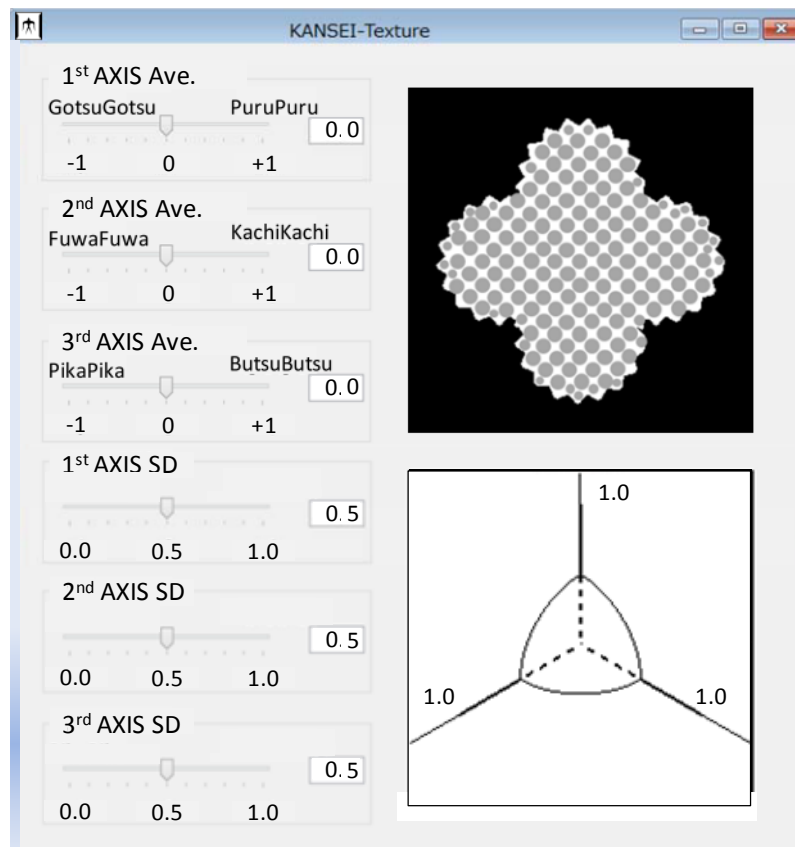


図 4.3.2 触質感可視化プログラムによる表示例

図4.3.3～4.3.6に触質感可視化プログラムを用いた触質感イラスト例を示す。図4.3.3は、触質感平均ベクトル(1, 1, 1)であり、輪郭線凹凸はなく“ぷるぷる”，形状はひし形で“かちかち”，内部濃淡は黒であり“ぶつぶつ”の感覚情報を伝える表現である。図4.3.4は、触質感平均ベクトル(-1, -1, -1)であり、輪郭線凹凸は大きく“ごつごつ”，形状はひし形が消失し、その頂点の円が大きい状態であり“ふ

わふわ”を示し，内部濃淡は白であり“ぴかぴか”を表現している。図4.3.5は触質感平均ベクトル(0, 0, 0)であり，触質感を感じない状態を示している。図4.3.6は触質感平均ベクトル(0.7, -0.9, -0.8)であり，輪郭線凹凸はほんの少し波があるがぷるぷる度合いが強く，形状はひし形が消失し円が大きくふわふわ度合いが強い，内部濃淡は薄くぴかぴか度合いが強いことが読み取れる。

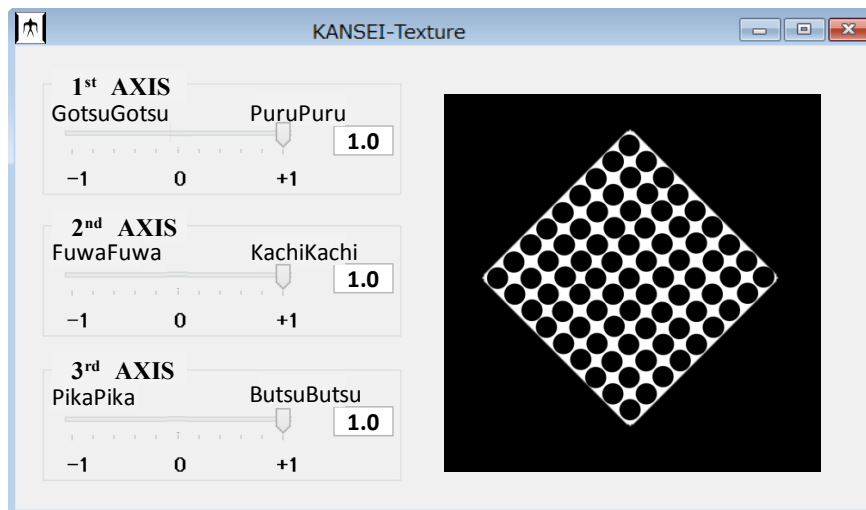


図 4. 3. 3 触質感平均ベクトル(1, 1, 1)プログラム表示例

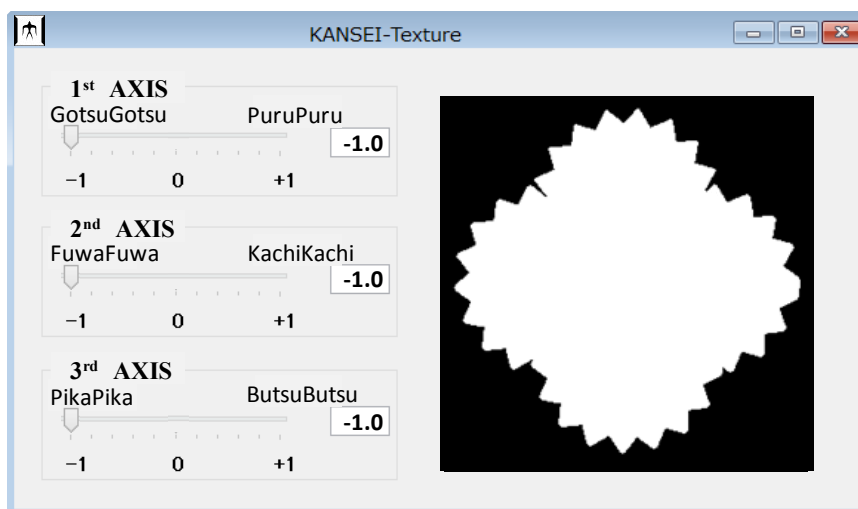


図 4. 3. 4 触質感平均ベクトル(-1, -1, -1)プログラム表示例

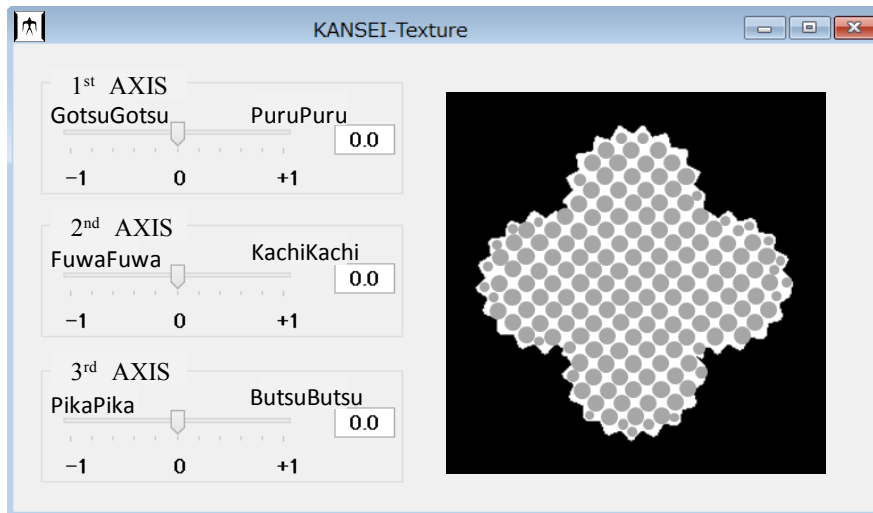


図 4. 3. 5 触質感平均ベクトル(0, 0, 0)プログラム表示例

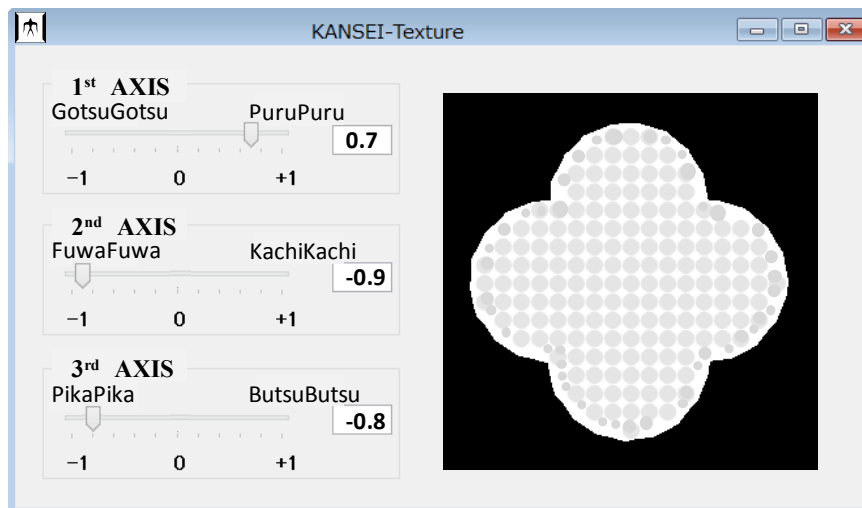


図4. 3. 6 触質感平均ベクトル(0. 7, -0. 9, -0. 8)プログラム表示例

この触質感イラストを自動生成するプログラムにより作成した触質感空間の 8 頂点のイラストを図 4. 3. 7 に示す。これらの 8 頂点は、各軸に定義した 6 つの触質感表現用語の内 3 つを組合せた触質感の点である。その他の点のイラストは、CSG モデルに従って連続的に幾何変形させて生成される。

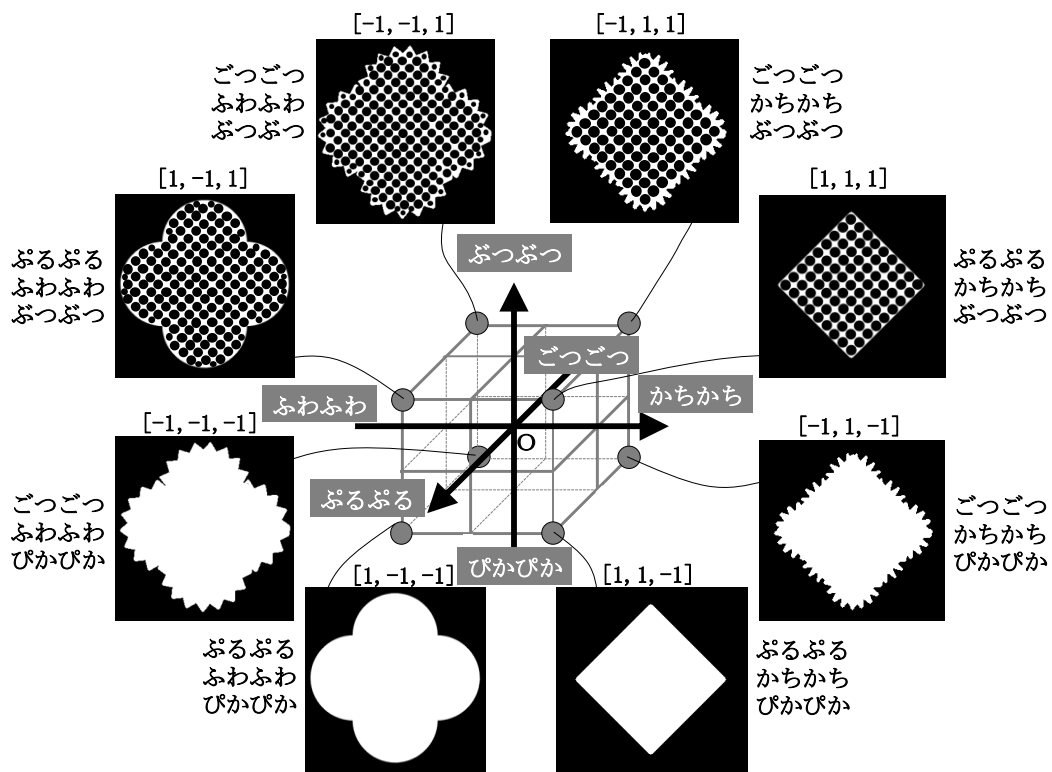


図 4.3.7 触質感空間 $[-1, 1]^3$  8 頂点のイラスト

次に、表 3 に従って触質感空間上の  $[-1, -1, -1]$  の点を第 1 軸方向に  $-1 \rightarrow +1$  に、続けて第 2 軸方向に  $-1 \rightarrow +1$ ，第 3 軸方向に  $-1 \rightarrow +1$  と各軸に沿って連続的に動かした場合のイラストの変化の様子を図 4.3.8~4.3.11 に示す。

図 4.3.8 は、触質感平均ベクトル  $[-1, -1, -1]$  の第 1 軸のみを  $-1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  と変化させた場合のイラストである。第 1 軸はイラストの輪郭線凹凸の変化を示しており、 $-1$  でのこぎり波の振幅が大きくごつごつを示している状態から、少しずつ輪郭線ののこぎり波の振幅が小さくなっていき、 $+1$  のぶるぶるになると輪郭線凹凸なくなり滑らかな曲線になる。

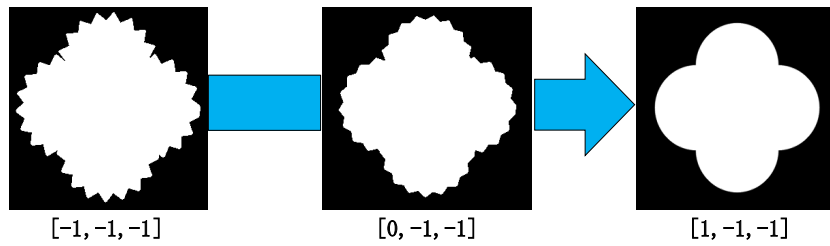


図 4.3.8 触質感平均ベクトルイラスト第1軸変化

図 4.3.9 は、触質感平均ベクトル  $[1, -1, -1]$  の第 2 軸のみを  $-1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  と変化させた場合のイラストである。第 2 軸はイラストの形状を示しており、 $-1$  でひし形は消失して円が重なって丸みを帯びたふわふわな形状となっており、 $+1$  に近づくほど円が小さくなり、ひし形が現れはじめてかちかちのイメージのイラストになる。

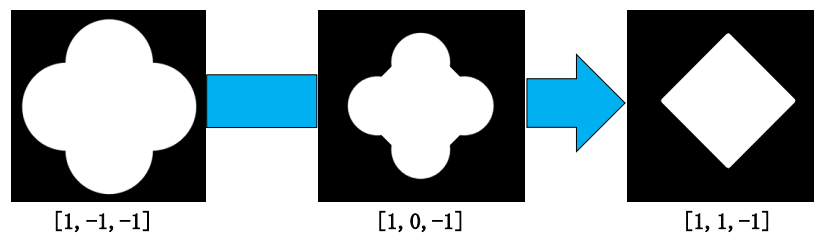


図 4.3.9 触質感平均ベクトルイラスト第2軸変化

図 4.3.10 は、触質感平均ベクトル  $[1, 1, -1]$  の第 3 軸のみを  $-1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  と変化させた場合のイラストである。第 3 軸はイラストの内部の濃淡を示しており、 $-1$  では濃淡はなくぴかぴかなイメージ、 $+1$  に近づくほど濃淡が濃くなりぶつぶつのイメージのイラストになる。

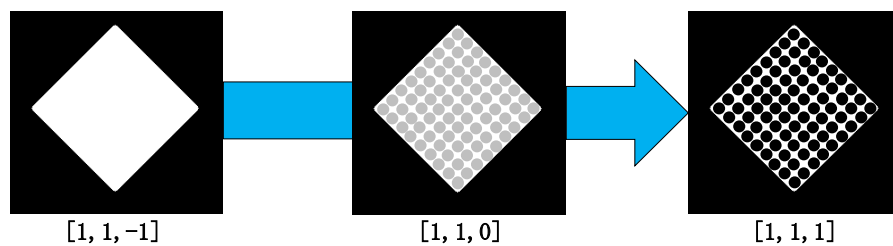


図 4.3.10 触質感平均ベクトルイラスト第3軸変化

図 4.3.11 は触質感平均ベクトル $[-1, -1, -1]$ を $[0, 0, 0]$ ，さらに $[1, 1, 1]$ と原点を通り斜めに変化させた場合のイラストの変化に示している。

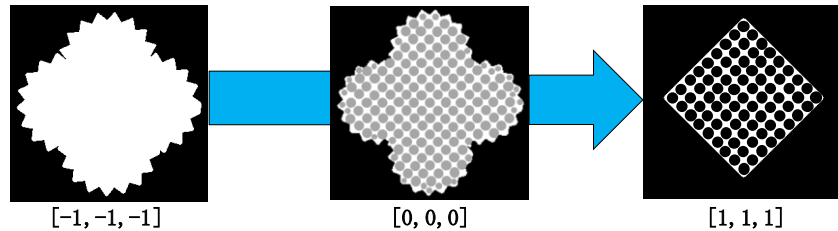


図 4.3.11 触質感平均ベクトルイラスト原点を通る斜め方向の変化

このように，触質感空間上の点に関し，スライダーを $[-1, 1]$ と操作し，自動的にイラストが生成されるプログラムを構築している。

#### 4.4 触質感可視化法の評価

次に，本可視化法でのイラストによって触質感情報を正しく伝えることができるのか否かの検証実験を行う。まずは，触質感平均ベクトルの可視化法の評価検証に関して示す。触質感情報のイラストのみでの利用シーンは想定外であるが，イラストのみでの触質感伝達精度の簡易的な検証を行う。図 4.3.7 で示した 8 頂点のイラストに対し，図 4.4.1，4.4.2 の触質感平均ベクトルイラストと触質感の単語の数種類の組合せパターンを並べて，イメージと合うものを線で繋いでもらう実験を被験者 10 人で行っている。8 種類のイラストを 1 回で評価するのは困難であるので，被験者の実験負荷を軽減するため，イラストを 4 つずつに分け，2 回の実験を行い，8 種類のイラストの評価を行う。イラストそのもののイメージを評価するために，まずは被験者には，図 4.3.1 の CSG モデルのルールを提示せずに，イラストと単語の組合せで一致すると感じるものを線で結んでもらっている。各触質感平均ベクトルイラストの正解率を表 4.4.1 に示す。今回の実験では，8 種類のイラストを無造作に 2 つに分けて 2 回の実験を行っているが，2 つの実験の正解率に違いが出る場

合には、その分け方に課題がある可能性がある。そこで、それぞれの評価結果に関して、F 検定の有意確率 P 値は  $0.455 > 0.05$  (有意水準) であり、2 つの実験の分け方による影響はないことを確認している。触質感平均イラストの軸の名称の組合せで表現される 8 頂点に関しては、8 割の正解率で触質感情報を遠隔に伝えられることが確認できた。

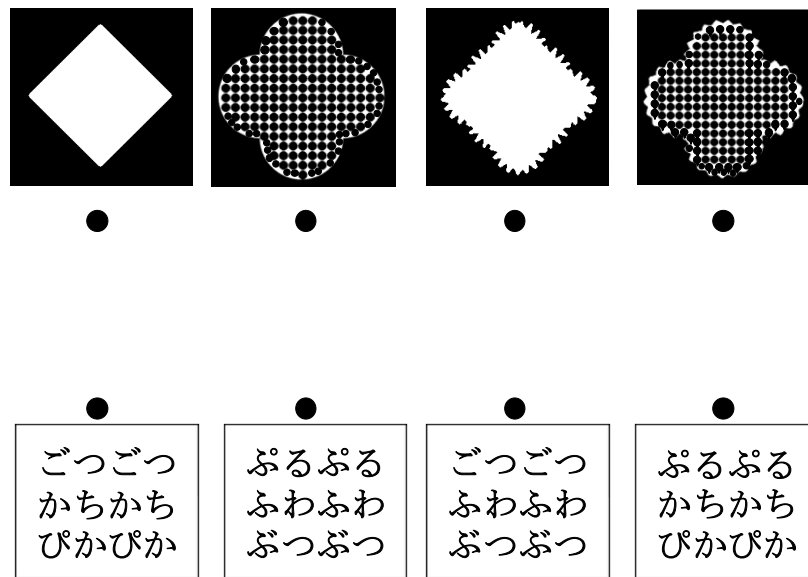


図 4. 4. 1 触質感伝送効率検証 (1)

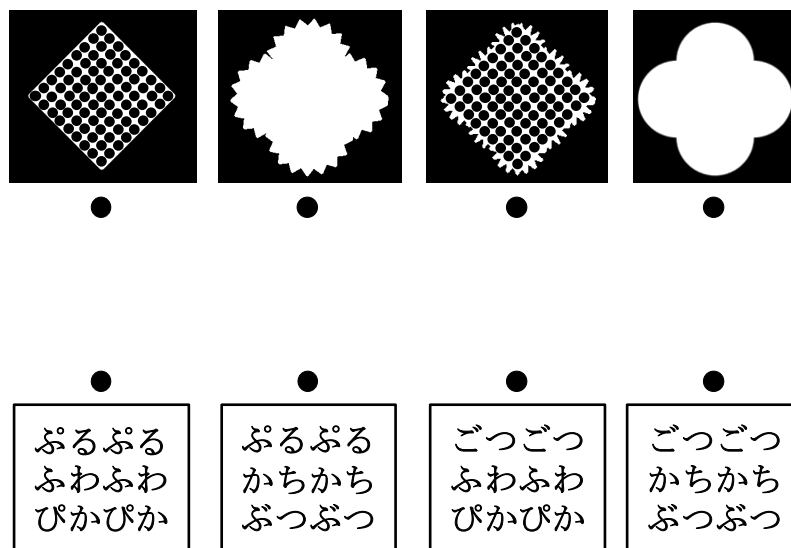


図 4. 4. 2 触質感伝送効率検証 (2)

CSG モデルのイラスト化ルールを説明した上での正解率は 100%であったが、ヒヤリング結果からごつごつとぶつぶつの表現の違いに戸惑った被験者がいた様である。イラストルールを説明せずとも高い正解率が得られたことは、触質感の軸の意味を考慮して対応付けた幾何学図形の選定の妥当性検証になっている。それに加えて、イラスト化ルールを提示すれば、イラストからその意味を読み取って、触質感を感じることができることも検証できている。しかし、触質感平均ベクトルのイラストは抽象化された情報のため、イラストのみでの商品の触質感を伝えるのは実用上難しい。写真や文字情報と合わせて、触質感イラストでの情報伝達で、店頭販売での商品を手に取り触った感覚の再現ができると考えている。

表 4.4.1 触質感平均ベクトルイラスト検証実験結果

座標	触質感	正解率
[-1,-1,-1]	[ごつごつ,ふわふわ,ぴかぴか]	0.9
[-1,-1,1]	[ごつごつ,ふわふわ,ぶつぶつ]	0.8
[-1,1,-1]	[ごつごつ,かちかち,ぴかぴか]	0.7
[-1,1,1]	[ごつごつ,かちかち,ぶつぶつ]	0.7
[1,-1,-1]	[ふるふる,ふわふわ,ぴかぴか]	0.9
[1,-1,1]	[ふるふる,ふわふわ,ぶつぶつ]	0.7
[1,1,-1]	[ふるふる,かちかち,ぴかぴか]	0.9
[1,1,1]	[ふるふる,かちかち,ぶつぶつ]	0.8
平均		0.8

現状のネット通販では、似たような商品の触質感の違いを写真や文字情報のみから読み取って比較検討しなければならない。提案手法では、現状の写真、文字情報に加え、イラストによる触質感情報を提供し、従来比較し難く似たような商品の触質感に関しても、触質感のイラストの幾何情報の差を見て比較することで比較検討の手助けになると考えている。

次に、触質感標準偏差ベクトルで伝送する個人差情報の可視化法の評価を行う。個人差情報の取得には、事前に主観評価結果を統計処理して、事前にそのバラツキを調べておく必要がある。そこで、まず個人差情報取得のための実験を行う。ネット通販を想定して、購入後触って使うものをグループディスカッション(東工大大学院生数名)で図 4.4.1 に示す 20 種類の商品を選定し、17 人の被験者に対して、図 4.4.2 のように実際商品を触って、触質感の 3 軸で 5 段階の主観評価実験を行う。

1	すり鉢 	おもちゃ(プラスチック) 	3	湯呑み 	4	ティーカップ 
5	マグカップ 	スマートフォンケース 	7	ハンドバッグ1 	8	皿(ガラス) 
9	電話子機 	ランニングシューズ 	11	コーヒーミル 	12	ビジネスカバン 
13	保湿クリーム 	ジーンズ 	15	スーツケース 	16	ゴルフクラブ(SW)グリップ部 
17	ハンドバッグ2 	ハンドバッグ3 	19	ゴルフクラブ(Driver)グリップ部 	20	ベビーカー 

図 4.4.1 触質感検証 20 商品

ここで実際商品を触ってもらい評価をする理由は、この感覚情報が店頭販売で得られる感覚情報であるため、そのデータと、提案の触質感イラストから得られる触質感との差を比較検証するためである。



Subjective Evaluation

	←—————→					
ごっごっ	○	●	○	○	○	ぷるぷる
ふわふわ	○	●	○	○	○	かちかち
ぴかぴか	○	○	●	○	○	ぶつぶつ

図 4. 4. 2 触質感情報の取得

20 商品に対しての図 4. 4. 2 の主観評価実験の結果から、触質感の各軸の標準偏差の算出結果を表 4. 4. 2 に示す。この主観評価結果の標準偏差算出値から、触質感可視化プログラムを利用して、各商品の個人差情報である 1/8 楕円体のイラストを作成する。次に、そのイラストを見ることにより、どのくらい個人差を感じることができるかの主観評価実験にて提案イラストの有効性を検証する。イラスト主観評価実験を図 4. 4. 3 に示す。ここでは、各商品の標準偏差値から作成した 20 種類の触質感標準偏差ベクトルイラストから個人差を感じる度合いを 5 段階で主観評価している。

表 4.4.2 20 商品の触質感標準偏差ベクトル

#	商品	触質感 第 1 軸	触質感 第 2 軸	触質感 第 3 軸
1	すり鉢	0.25	0.26	0.25
2	おもちゃ	0.19	0.40	0.40
3	湯呑み	0.54	0.19	0.50
4	ティーカップ	0.45	0.23	0.50
5	マグカップ	0.61	0.45	0.65
6	スマートフォンケース	0.23	0.19	0.43
7	ハンドバッグ 1	0.29	0.54	0.42
8	皿(ガラス)	0.45	0.43	0.29
9	電話子機	0.43	0.36	0.48
10	ランニングシューズ	0.25	0.40	0.62
11	コーヒーミルク	0.48	0.43	0.58
12	ビジネスカバン	0.62	0.14	0.19
13	保湿クリーム	0.44	0.72	0.48
14	ジーンズ	0.50	0.62	0.48
15	スーツケース	0.63	0.14	0.26
16	ゴルフクラブ (SW)	0.31	0.38	0.42
17	ハンドバッグ 2	0.45	0.58	0.31
18	ハンドバッグ 3	0.45	0.45	0.56
19	ゴルフクラブ(driver)	0.57	0.33	0.54
20	ベビーカー	0.58	0.33	0.52

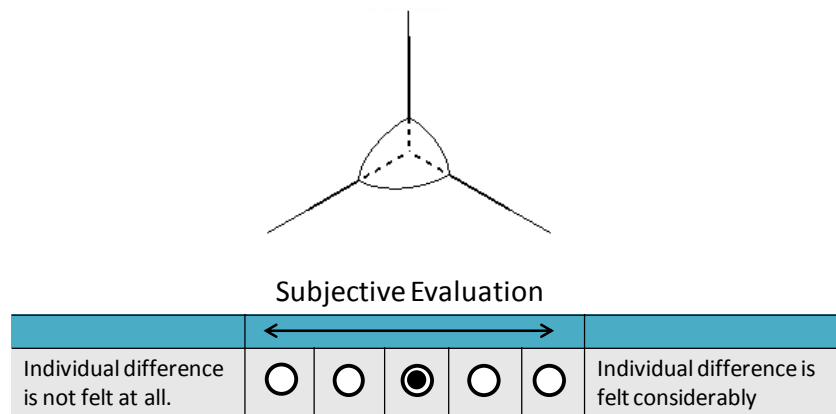


図 4.4.3 触質感個人差図主観評価実験

ここで、触質感個人差の大きさと提案可視化法の相関を調べるために、商品  $0_i$  に対する触質感個人差の大きさ  $|\sigma_{0_i}|$  を、触質感標準偏差ベクトルの各軸要素の 2 乗の和の平方根

$$|\sigma_{oj}| = \sqrt{\sigma_{ojx}^2 + \sigma_{ojy}^2 + \sigma_{ojz}^2}, \quad (24)$$

とする ( $|\sigma_{oj}| \in [0, \sqrt{3}] \quad \because \sigma_{ojx}, \sigma_{ojy} \text{ and } \sigma_{ojz} \in [0, 1]$  )。

事前実験での各商品の触質感標準偏差ベクトルから式(24)で求めた個人差情報の大きさ  $|\sigma_{oj}|$  と、図 4.4.3 の実験による触質感標準偏差ベクトルイラストから感じる個人差の度合いの主観評価値の 17 人分の平均値をグラフにプロットしたものを図 4.4.4 に示す。個人差を感じる主観量は、図 4.4.3 から 5 段階での評価値を、0.00, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 とし、各商品に対する 17 人分のデータの平均 [0, 1] である。

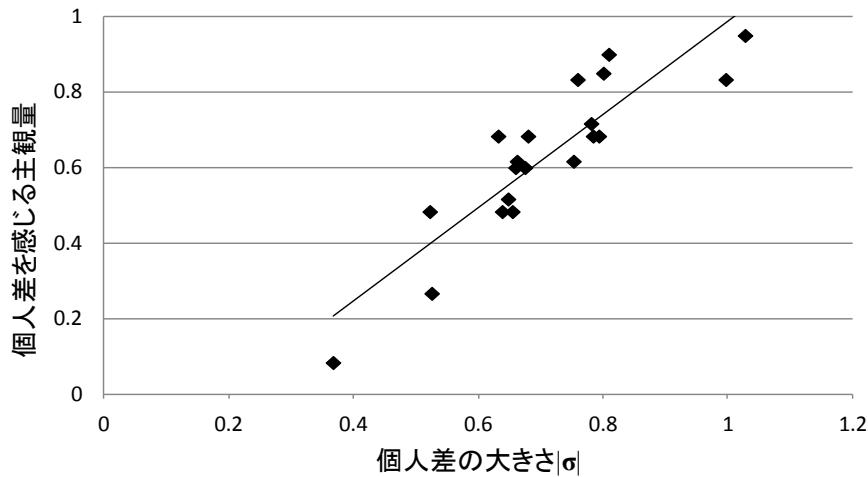


図 4.4.4 触質感個人差の大きさとその主観評価

商品 20 種類の触質感標準偏差ベクトルの個人差の大きさ  $|\sigma_{oj}|$  とそのイラストから

感じる個人差の主観量  $s_{oj}$  の組合せの集合を、

$$\{(|\sigma_{oj}|, s_{oj})\} \quad (j = 1, 2, \dots, M(=20)) \quad (25)$$

と定義し、この集合間の相関係数を

$$\frac{\sum_{j=1}^M (|\sigma_{oj}| - \overline{|\sigma_{oj}|})(s_{oj} - \overline{s_{oj}})}{\sqrt{\sum_{j=1}^M (|\sigma_{oj}| - \overline{|\sigma_{oj}|})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^M (s_{oj} - \overline{s_{oj}})^2}} \quad (26)$$

で算出すると、その相関係数は 0.89 となり、強い相関を有している。相関を確認したデータに関しては t 検定 0.002 を得ており、標準的な有意水準 0.05 未満であり、有意な相関であることを確認している。つまり、触質感標準偏差ベクトルの可視化法で作成した 1/8 楕円体のイラストから、その個人差の大きさを推定することができ、提案の可視化法の有効性が示せている。

## 第 5 章

# 触質感情報のネット通販への応用

### 5.1 ネット通販への応用

ネット通販においては、商品の写真と価格、その商品の説明文、大きさや重さなどの仕様情報に加えレビュー情報が掲載されているものが一般的である。消費者はこれらの情報を元に、商品の選択をしている。ここで提供されている写真や文字情報は商品の購入を判断するには重要な情報であるが、これら情報のみからでは触質感の情報を読み取るのは困難な場合がある。そこで、現状の写真、文字情報に加え、イラストによる触質感情報を付帯することにより、商品に触った際のイメージを浮かべ易くし、商品選択判断の助けになることを示す。触質感第 1 情報である触質感平均ベクトルで、商品に触った際に感じる触質感を伝え、第 2 情報である触質感標準偏差ベクトルで触質感の個人によるバラツキの把握に役立つ情報を提供する。また、販売者側は、商品が返品される量が多いと経営に大きく影響するため、返品率が高い要因を分析し、その対策、戦略を立てる必要がある。その個人差の大きさ、さらには触質感 3 軸のどの項目がネックなのかを調査する場合に、触質感の第 2 情報である触質感標準偏差ベクトルが利用できる。購入者、販売者双方で活用のメリットがあることを検証する。従来のネット通販サイトの情報は、購入を判断するための重要な情報を含んでいるため、従来のネット通販サイトの情報はそのまま利用し、追加で触質感表情を表示する。これにより、従来のシステムを活用でき、導入までの期間やコストを最小限に抑えることができる。

## 5.2 模擬ネット通販サイト画面設計

### 5.2.1 従来型ネット通販サイト画面

従来のネット通販サイトでは、各商品に対して、写真情報、価格、仕様(サイズ、重さ、素材)、評価・レビュー情報などが記載されている(図 5.2.1.1, 5.2.1.2)。

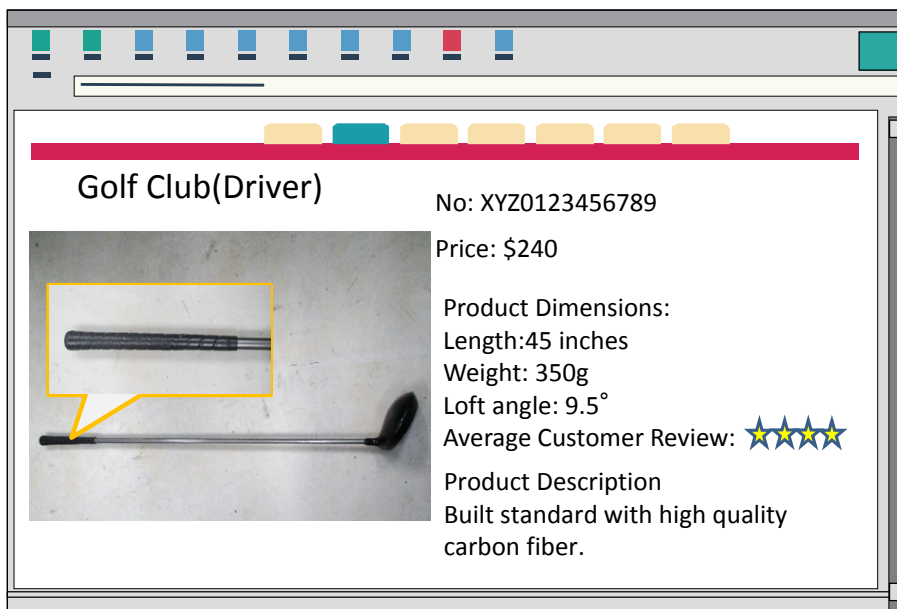


図 5.2.1.1 従来ネット通販サイト例 1



図 5.2.1.2 従来ネット通販サイト例 2



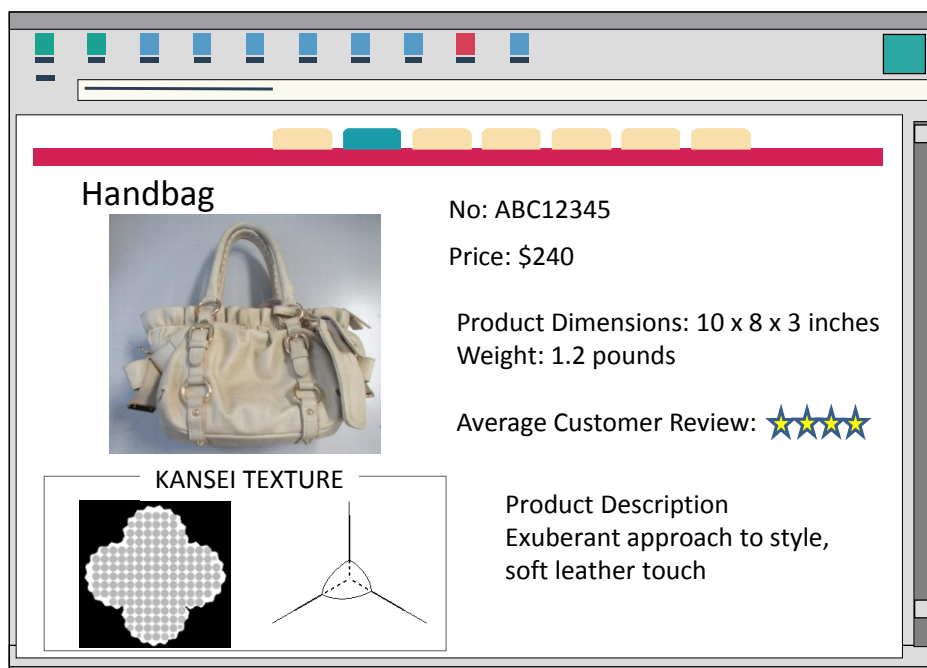


図 5. 2. 2. 2 触質感情情報イラスト付加画面

これらの触質感情情報を付加したネット通販サイトを利用して、購入者、販売者双方のメリットを確認する。

### 5.3 模擬ネット通販被験者実験

ネット通販で購入でき、使用時には触って使うことの多い商品を 20 種類の商品を選定している(図 4. 4. 1 と同じ)。これら商品に対して、外国人を含む 17 人による触質感の感じる度合いを主観評価する実験を行っている。



図 5. 3. 1 主観評価対象 20 商品

この主観評価実験は、実際のネット通販サイトで本提案の触質感情報が効果的に利用できることを実証する基礎実験となる。触質感データとしては、4.4節での事前評価実験のデータを利用する。ここで作成した触質感情報イラストをネット通販サイトに付加し、触質感の主観評価実験を行う。主観評価としては、ネット通販サイトの画面を見て、ぷるぷるーごつごつ、かちかちーふわふわ、ぶつぶつーぴかぴかの3軸の感じる度合いを各5段階での評価を実施する。この主観評価は従来のネット通販サイトと、触質感情報を付加したネット通販サイトそれぞれで行っている。これにより、従来サイトと提案サイトでの触質感の伝達性能の差異を調べる。主観評価は、日本人のみでなく外国人を含む17名(日本人13名、外国人4名(中国2, 韓国1, メキシコ1))の被験者に対して行っている。触質感のグローバル展開を考慮し、日本人と外国人の評価結果の差があるかどうかのt検定を行い分析も行っている。t検定の結果、その有意確率Pを求めた結果を表5.3に示す。この結果から有意確率は全て0.05以上であり、日本人と外国人で触質感の有意性は認められなかった。

表 5.3 日本人と外国人の触質感の有意性確認

触質感	1 <sup>st</sup> AXIS P (t-test)	2 <sup>nd</sup> AXIS P (t-test)	3 <sup>rd</sup> AXIS P (t-test)
平均ベクトル	1.39	0.09	0.15
標準偏差ベクトル	0.80	0.92	0.63

さらに、触質感の個人差情報を見て、サンプルを要求する必要性を感じるかの度合いと、実際商品が届いて手に取って触った際に購入前の感覚と異なり返品したいと思う度合い、購入時のストレスに関する主観評価をしている。これらから、触質感の個人差情報が、購入時の顧客の状況、販売者の返品度合い推定などに有効であることを示す。





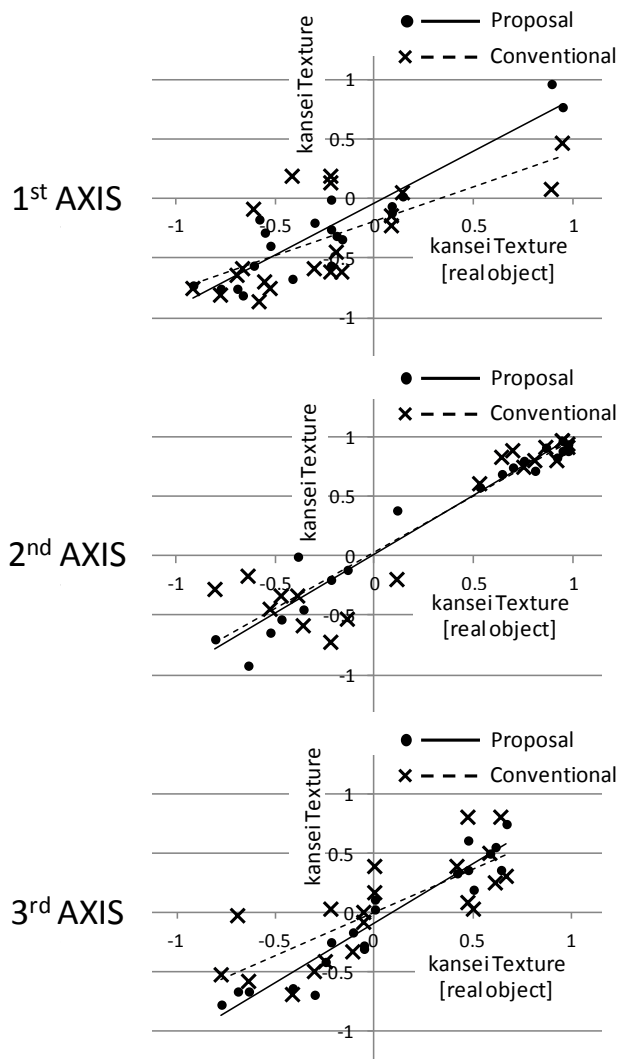


図 5.4.4 従来ネット通販サイトと提案サイトの触質感評価

表 5.4.1 従来サイトと提案サイトの触質感比較

	1 <sup>st</sup> AXIS	2 <sup>nd</sup> AXIS	3 <sup>rd</sup> AXIS
正解 (A)	1.00	1.00	1.00
従来 (B)	0.69	0.93	0.79
提案 (C)	0.92	0.98	0.96

触質感標準偏差ベクトルの各軸の値が大きければ、個人による嗜好の違いが大きいことを意味し、自分の感じている触質感にズレが生じている可能性があり、逆に個人差が小さければ嗜好の差異が少なく、届いた商品にはそれ程ズレは感じなく妥協できるものである。つまり、購入者は個人差の大きさを見てそれが大きければ購入前にサンプルを請求して、確実に自分に合ったものであることを確認した上で購入することができる。サンプルを取り寄せる時間がない場合は、ある程度個人差の少ない商品を選ぶことで失敗しないように選択することもできる。また、販売者は、触質感標準偏差ベクトルの情報に基づき、個人差が大きい商品は購入者の触質感に合わずに返品される可能性があるため、商品の販売戦略を立て直すことによりリスク回避に有効利用することができる。

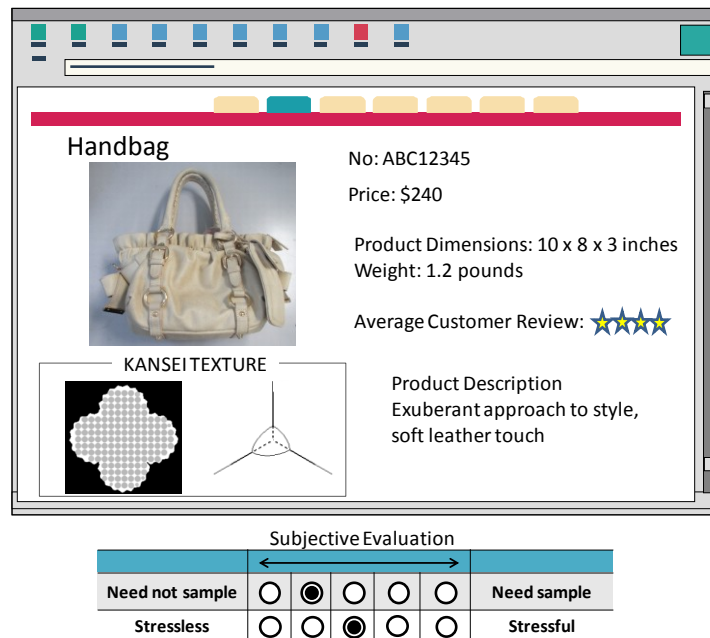


図 5.4.5 触質感個人差評価実験(サンプル要求, ストレス)

個人差情報に関しては、個人差からサンプル要求を必要とする度合い、購入時にストレスを感じる度合いの主観評価を行っている(図 5.4.5)。また、ネット通販の触質感情報をから得た情報と届いた商品のギャップの大きさから返品したいと思う度合いの主観評価を行う(図 5.4.6)。



Subjective Evaluation



図 5. 4. 6 触質感個人差評価実験(返品率)

これら主観評価の結果を表 5. 4. 2 に示す。

表 5. 4. 2 個人差とサンプル要求, ストレス, 返品度合いの主観評価結果

#	Goods	Price(\$)	Standard deviation	Sample demand	Stressfull	Return demand
1	Pestle plate	9.8	0.63	0.55	0.45	0.27
2	Toy	9.8	0.76	0.58	0.58	0.28
3	Beer glass	12	0.68	0.62	0.47	0.28
4	Teacup	12	0.78	0.63	0.58	0.28
5	Mug cup	15	0.64	0.23	0.35	0.22
6	Smart phone case	20	0.52	0.42	0.27	0.23
7	Handbag 1	25	1.03	0.78	0.77	0.37
8	Glass dish	25	0.65	0.48	0.40	0.22
9	Cordless handset	50	0.75	0.57	0.62	0.27
10	Running shoes	55	0.37	0.27	0.13	0.12
11	Coffee mill	79	0.53	0.28	0.25	0.12
12	Business bag	80	0.66	0.63	0.58	0.35
13	Moisturing cream	80	0.68	0.75	0.73	0.23
14	Jeans	88	0.65	0.63	0.55	0.38
15	Suitcase	100	1.00	0.82	0.67	0.33
16	Golf club (SW)	120	0.79	0.70	0.55	0.63
17	Handbag 2	198	0.78	0.65	0.67	0.57
18	Handbag 3	240	0.66	0.62	0.58	0.38
19	Golf club (driver)	240	0.80	0.88	0.77	0.63
20	Stroller	250	0.81	0.78	0.88	0.43

触質感個人差の大きさとして、式(24)の $\sigma_{o_j}$ を用いている。横軸に事前実験で採取した個人差の値 $\sigma_{o_j}$ をとり、20種類の商品毎に目的(サンプル要求、返品要求、ストレス)の度合いの主観評価値を縦軸にとり、それらをプロットする。

その商品の個人差の大きさに対する、サンプル要求度合いのグラフは図 5.4.7 になる。相関係数を算出すると、0.78 ( $P=0.02 (<0.05)$ , t-test)であることが確認できる。これにより、ネット通販において個人差情報を読み取ることで、商品のサンプル要求度合いが確認できることがわかる。

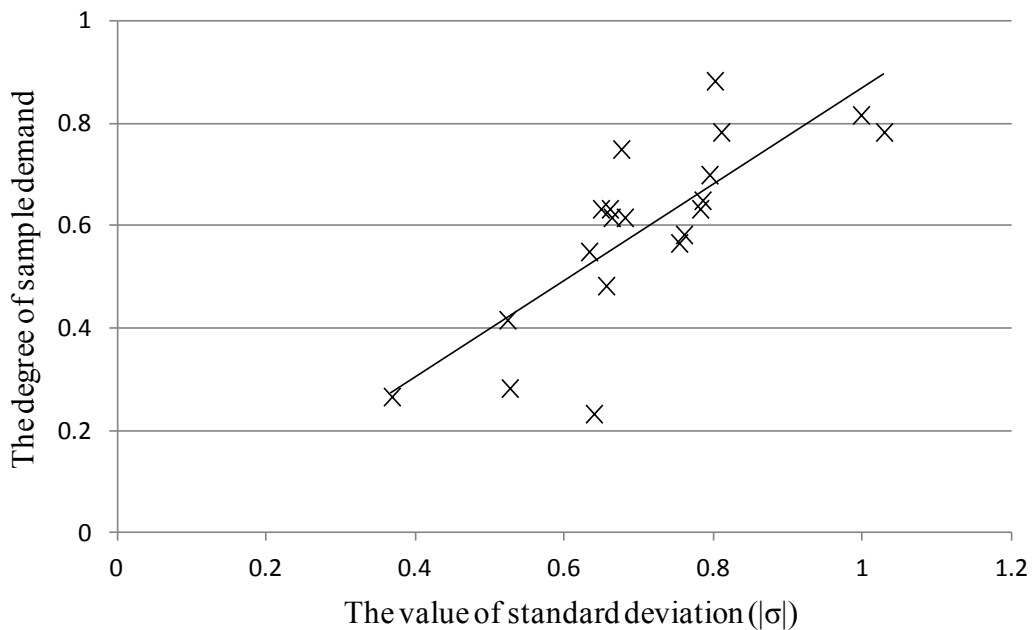


図 5.4.7 触質感個人差の大きさとサンプル要求度合い

次に、20種類の商品に対して、その個人差情報と、実際に届いた際に返品したい度合いの主観評価実験を行っている。これは、そのネット通販サイト情報から注文した商品が、実際に届いたことを想定して、触質感情報を付加したネット通販サイトの情報から感じた触質感と、実際の商品を手にとった際に感じた触質感とのギャップの大きさから、返品が必要かどうかを5段階で主観評価してもらう実

験を行っている。20 種類の商品に対して、個人差情報と返品の度合いは図 5.4.8 のようになり、その相関係数は 0.59 と低いものであり、個人差情報のみからでは返品度合いを評価できないが、商品の価格で 5,000 円以上の商品とそれよりも安い商品でグループ分けをして分析すると、5,000 円以上の商品群の方が個人差の度合いに対する返品度合いが大きい傾向があることがわかる。その相関は 0.74 ( $P=0.04 (<0.05)$ , t-test) となり、商品全体の 0.59 よりも高い相関にある。これにより、個人差のばらつきが大きく、かつ値段が高い商品に関しては、返品の可能性が高まることが確認できる。また安い商品に関しては、個人差のバラツキがあっても返品される可能性は低いので、売り手は、安い商品に関してはあまり個人差を気にしなくて良く、高い商品に注目して販売戦略を立てることができるメリットがある。

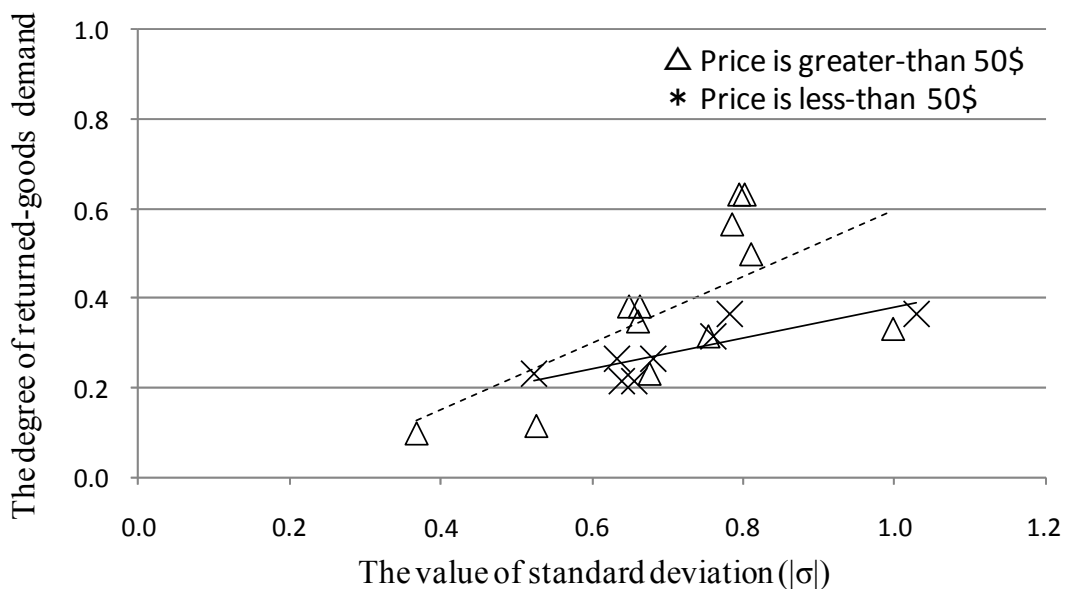


図 5.4.8 触質感個人差の大きさ と 返品度合い

さらに、個人差のバラツキの大きさ度合いによって、購入時のストレスをどう感じるかの主観評価を行っている(図 5.4.9)。これは、買い手は個人差の大きい商品

は、購入する際に悩むのではないかと予想し、それをストレス度合いでの主観評価を行っている。個人差の度合いに対するストレスを感じる度合いの相関係数は0.81 ( $P = 0.004 < 0.05$ , t-test) であり、個人差の度合いの大きさから買い手のストレス度合いを検討することができることを示している。つまり、個人差が大きい商品程、購入のクリック時にストレスを感じる結果となっており、売り手は気軽に商品を購入できるように、商品の改善を行う必要がある。また買い手は、時間のないなかでの購入をする場合は、個人差のバラツキの小さい商品を選ぶことで、ストレスなくスムーズに購入ができ、送られてきた商品も返品しなくても良い場合が多いと考えられる。

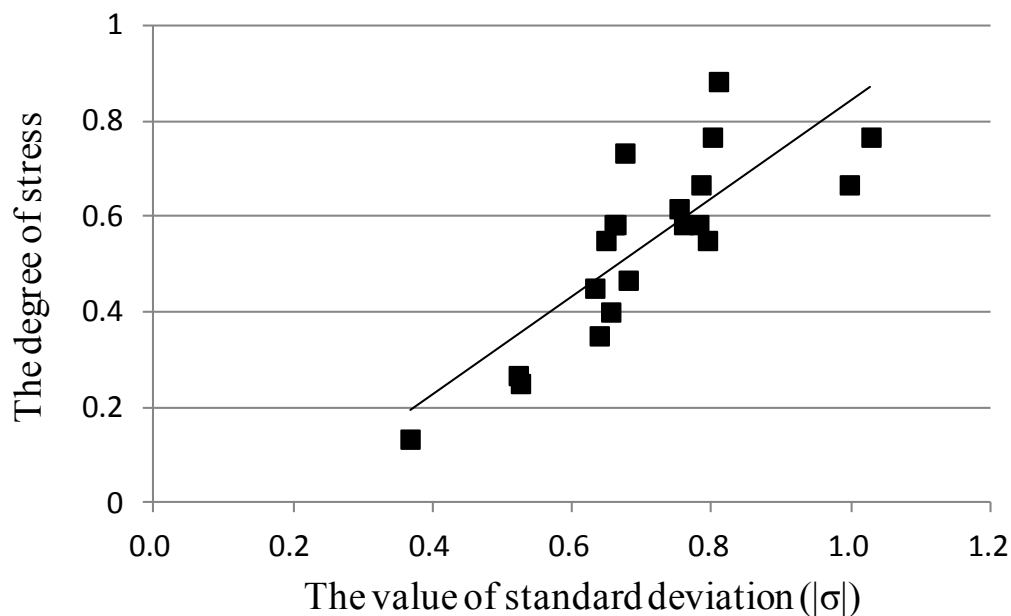


図 5.4.9 触質感個人差の大きさとストレス度合い

これらの結果から、ネット通販において触質感情報を付加することは、従来の情報を有効に活用しつつ、さらに触感に関する情報を得ることができ、その情報は、買い手にとっても売り手にとっても有効であることを確認している。

これら研究結果は、[69]-[76]にて出版及び発表している。

## 第 6 章

### 結論

画像に写っている対象物を、実際にそれを手に取った際に感じる視覚や触感の感覚情報を新たに“触質感”として定義し、定式化と可視化により、遠隔に触質感の情報を伝送する手法を提案している。これにより、画像（映像）情報とレビューなどのテキスト情報ではカバーしきれない触質感の情報を新たに伝送できる。

画像情報から触質感を表現する 120 語の触質感表現用語を選定し、各用語を 5 次元の感覚量(凹凸, 硬軟, 乾湿, 温冷, 光沢)で定式化し,  $[-1, 1]^5$  の 5 次元ベクトル表現している。次に, 主成分分析を適用して, 5 次元という高次元から直感的にイメージを持ちやすい 3 次元に情報圧縮し, 3 次元立方体空間  $[-1, 1]^3$  で触質感情報を表現する。  $[-1, 1]^3$  軸で定量化した情報をネット通販での活用を考慮し, より多くの一般の人達にも親しみやすく一目で理解してもらうために, イラストによる可視化法を提案し, 画一的な手法でイラストを自動生成するシステムを構築している。現状のネット通販の写真と文字情報に加えて, イラストによる触質感の伝送を行い, 触質感空間の 8 頂点では, イラストの伝送効率は 80%であることを確認できている。

現状のネット通販においては, 複数の対象商品の画像や文字情報をじっくり観察, 咀嚼しながら質感を推定・記憶して比較しなくてはならない。本提案により新たな触質感情報を付加し, イラストの差で直観的に触質感の違いを把握でき, ネット通

販などでの商品を比較選択する判断の負荷を軽減できる。触質感を遠隔に伝えることで、店頭で手に取った場合に似た購入感覚を再現し易くできる。また、商品を手にした感覚量を測定する機器が将来的に開発されたとしても、現在過去を含めた全ての商品の測定をし直すことは困難であり、既存の画像を対象とする本提案は拡張性がある。20 種類の日常雑貨商品に対して、提案可視化法による触質感標準偏差ベクトルのイラスト図を利用した模擬ネット通販サイトで、外国人を含む 17 名の被験者実験を行っている。個人差情報と提案可視化法の関連性を評価し、相関係数が 0.89 という結果を得て、提案可視化法の有効性を確認できている。これらの主観データに関しては、t 検定を行い標準的な有意水準 0.05 未満の 0.002 であり、有意性のあるデータであることは確認している。

触質感個人差情報表示の有効性に関しては、その商品の個人差の大きさに対する、サンプル要求度合いの相関係数は、0.78 ( $P = 0.02 < 0.05$ , t-test) であり、個人差情報から商品のサンプル要求度合いをある程度推測できる。また、5,000 円以上の商品群の方が個人差の度合いに対する返品度合いが大きい傾向があり、0.74 ( $P=0.04 (<0.05)$ , t-test) の相関が確認できる。つまり、個人差のばらつきが大きく、かつ値段が高い商品に関しては、返品の高まりが顕著である。さらに、個人差の度合いに対するストレスを感じる度合いの相関係数は 0.81 ( $P = 0.004 < 0.05$ , t-test) であり、個人差の度合いの大きさから買い手のストレス度合いを推測でき、ストレスを軽減する販売戦略も考えられる。実世界におけるネット通販において、個人差情報に求められる要求仕様の検証を進めるにあたり、下記観点での利用価値を考えている。

- ・購入者にとっては、購入前の商品サンプル要求の判断指標
- ・販売者にとっては、返品率分析、推定に利用して、売り方の戦略作成に役立てる

さらに、医療教育分野への適用を考えており、術式毎に部位の触質感の個人差を表現し、個人差が多い術式に関しては、研修医の学習時の注意喚起情報の1つとしても有効と考えている。また、名医の触質感を定量化し、名医の術式中の触質感の感じ方を学習するのにも役立つと考えている。またロボットビジョンに触質感を応用することで、空間の触質感を認識できると考えている。例えば、カメラで撮影した映像から、感電を避けるために湿った場所を検出する制御や、壊れやすいものを軟らかい場所を選んで対象物を置くなどの制御が可能になる。このようにあいまいで複雑である触質感情報を定量的に扱い、遠隔に触質感を伝える技術は、多くの分野で基礎的な情報として活用できる可能性がある。

## 参考文献

- [1]Global E-commerce sales  
(<http://www.onlinemarketing-trends.com/2013/09/china-becomes-no-1-global-ecommerce.html>)
- [2]富士通総研, インターネット利用調査  
(<http://jp.fujitsu.com/group/fri/report/cyber/research/shopping/title04.html>)
- [3]公益社団法人 日本通信販売協会, 月次売上高調査  
(<http://www.jadma.org/data/index.html>)
- [4]吉田 正昭: 心理学的にみた表面触覚の意味-多変量解析による-, 精密機械 42(504), 1096-1101, 1976
- [5]小林茂雄: 風合いの評価法, 繊維工学, Vol.26, No.2, pp88-94, 1972
- [6]川端季雄: 風合い評価の標準化と解析, 風合い計量と規格化研究委員会, 日本繊維機械学会, 1975
- [7]川端季雄: 風合い評価の標準化と解析, 日本繊維機械学会風合い計量と規格化研究委員会, 1980
- [8]小林 茂雄, 風合いの材質感とその測定, 繊維機械学会誌, Vol.44, No. 9, 1991
- [9]植究, 赤松摩耶, 佐竹明子: 素材表面感の次元について, 日本建築学会系論文集 第614号, 17-23, 2007
- [10]北村薫子, 磯田憲生, 梁瀬度子: 質感の評価尺度の抽出および単純なテクスチャを用いた質感の定量的検討, 日本建築学会系論文集 第511号, 69-74, 1998
- [11]J.J. Gibson, "Observations on active touch.", Psychological Review, Vol. 69, No. 6, 1962, pp. 477-491.
- [12]M. Yoshida, "Dimensions of tactile impression", Japanese Psychological Research, Vol.10, No. 3, 1968, pp.123-137.
- [13]M. Hollins, R. Faldowski, S. Rao, F. Young, "Perceptual dimensions of tactile surface texture:A multidimensional scaling analysis," Perception & Psychophysics, vol. 54, No.6, pp. 697-705, 1993
- [14]M. Hollins, S. Bensmaïa, K. Karlof, F. Young, "Individual differences in perceptual space for tactile textures: Evidence from multidimensional scaling", Perception & Psychophysics, Vol.62, No. 8, pp.1534-1544, 2000
- [15]白土寛和, 前野隆司, 触感呈示・検出のための材質認識機構のモデル化: 日本バーチャルリアリティー学会論文誌 Vol. 9, No. 3, pp. 235-240 (2004)

- [16]白土 寛和, 昆陽 雅司, 前野 隆司, ヒトの触感認識機構のモデル構築, 日本機械学会論文集 C編, Vol. 73, No. 733 pp. 2514-2522, 2007
- [17]永野光, 岡本正吾, 山田陽滋: 触覚的テクスチャの材質感次元構成に関する研究動向, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 3, 2011
- [18]S. Okamoto, H. Nagano, Y. Yamada, “Psychophysical Dimensions of Tactile Perception of Textures”, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 6, No. 1, pp. 81-93, 2013.
- [19]柳澤 秀吉, 高辻 賢司, テクスチャの触感における視覚的期待効果の抽出法 (プラスチック・シボの粗さ感における視覚の期待効果), 日本機械学会論文集C編, Vol. 79, No. 807, pp. 4028-4038, 2013
- [20]Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. : Hand movements, a window into haptic object recognition, 1990
- [21]R. L. Klatzky, S. J. Lederman, D. E. Matula, “Haptic exploration in the presence of vision”, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, Vol 19, No. 4, pp. 726-743, 1993
- [22]矢口幸康, オノマトペを用いた共感覚的表現の意味理解構造, 認知心理学研究 第8巻第2号, pp. 119-129, 2011
- [23]千葉大学社会文化科学研究科研究プロジェクト報告書第123集『語彙と文法の 相関-比較・対照研究の視点から』, pp. 79-101,
- [24]戸本 裕太郎, 中村 剛士, 加納 政芳, 小松 孝徳: 音素特徴に基づくオノマトペの可視化, 日本感性工学会論文誌 Vol. 11 (2012) No. 4
- [25]土田 昌司: オノマトペによる映像の感性評価—感性検索への応用可能性, 感性工学研究論文集 5(4), 93-98, 2005
- [26]早川智彦, 松井 茂, 渡邊 淳司: オノマトペを利用した触り心地の分類手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 15(3), 487-490, 2010
- [27]渡邊 淳司: 触れる感覚の質感・実感に着目したコミュニケーション, NTT技術ジャーナル 23(9), 26-30, 2011
- [28]坂本真樹, 渡邊淳司 “手触りの質を表すオノマトペの有効性—感性語との比較を通して”, 認知言語学会論文集 第13巻 pp. 473-485, 2013.
- [29]渡邊淳司, 加納有梨紗, 坂本真樹, “オノマトペ分布図を利用した触素材感性評価傾向の可視化”, 日本感性工学会論文誌 Vol. 13, No. 2, pp. 353-359, 2013.
- [30]J. Watanabe, A. Kano, M. Sakamoto, “Trend Visualization of Emotional Judgments on Materials in Contact Using Distribution Map of Japanese Onomatopoeic Words” (in Japanese language), Transactions of Japan Society of Kansei Engineering, Vol. 13 (2014) No. 2 pp. 353-359.

- [31]日経ビジネス, 特集 触感のシグナルを生かすマーケティング—消費者の接触ニーズと購買意向—, No. 9885, 2013. 12. 15
- [32]J. Peck, T. L. Childers: Individual Differences in Haptic Information Processing, The “Need for Touch” Scale.”, Journal of Consumer Research, Vol. 30, No. 3, pp. 430-442, 2003.
- [33]朴宰佑, “マーケティング文脈における接触の効果および接触動機の規定要因に関する研究”, 『千葉商大論叢』第50巻第2号, pp. 121-133, 2013
- [34]長井 超慧, “3Dスキャナによる計算機への現物形状入力”, 精密工学会誌, Vol. 79, No. 6, pp. 497-501, 2013
- [35]Heikki Haldre, Tackling the staggering cost of returns, January 20, 2014(<http://fits.me/tackling-the-staggering-cost-of-returns>)
- [36]ファッションECの返品率  
(<http://thecontentmarketing.com/fashion-ec-return-management>)
- [37]Return-0-Meter reduces returns and boosts click-throughs for Shoeline.com  
(<http://www.internetretailer.com/2007/10/19/return-o-meter-reduces-returns-and-boosts-click-throughs-for-sho>)
- [38]試着ができるネット通販続々  
([http://r25.yahoo.co.jp/fushigi/wxr\\_detail/?id=20140314-00034758-r25](http://r25.yahoo.co.jp/fushigi/wxr_detail/?id=20140314-00034758-r25))
- [39]岩村 吉晃: タッチ (神経心理学コレクション), 医学書院
- [40]東山 篤規, 谷口 俊治, 宮岡 徹, 佐藤 愛子: 触覚と痛み: ブレーン出版, 2000
- [41]仲谷正史, 筧康明, 白土寛和: 触感をつくる, 岩波書店
- [42]前野, ヒト指腹部と触覚受容器の構造と機能, 日本ロボット学会誌, 18-6, pp. 772-775, 2000
- [43]糸川麻里生, 他: 視×触, 慶應義塾大学アート・センターBooklet 19
- [44]中尾 恵, 小森 優, 小山博史, 他: “ActiveHeart System:心臓の視覚・触覚シミュレーション環境の提案と構築”インタラクシオン2001. 97-104 (2001)
- [45]Lucy M. Palmer, Jan M. Schulz, Sean C. Murphy, Debora Ledergerber, Masanori Murayama & Matthew E. Larkum. “The Cellular Basis of GABAB-Mediated Interhemispheric Inhibition”, Science, 2012
- [46]Perceiving invisible light through a somatosensory cortical prosthesis, Eric E. Thomson, Rafael Carra & Miguel A.L. Nicolelis, Nature Communications 4, Article number: 1482, 2013
- [47]才脇 直樹, 谷口 まき, 吉田 晃典, 田所 諭, 人工触感呈示システムを用いた触感認知に関する基礎研究, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, pp. 29-32, 2005

- [48]太田 信夫, 潜在記憶—意識下の情報処理, 認知科学, Vol. 2, No. 3, pp 3\_3-3\_11, 1995
- [49]青木 孝文、三武 裕玄、浅野 一行、栗山 貴嗣、遠山 喬、長谷川 晶一、佐藤 誠：実世界で存在感を持つバーチャルクリーチャの実現 Kobito -Virtual Brownies-、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol.11 No.2、pp313-322, 2006
- [50]佐藤誠, 平田幸広, 河原田弘：空間インターフェース装置 SPIDER の提案, 電子情報通信学会論文誌 (D-II) , J 74-D-II, pp.887-894, 1991.
- [51]S. Hirose, K. Mori, R. M. Y. Lee, Y. Kanou, “A VR Three-dimensional Pottery Design System Using PHANTOM Haptic Devices” , 4th PHATNoM Users Group, 1999
- [52]光石 衛, “医療用ロボティクス,” 脈管学, vol.46, pp.759-767, 2006
- [53]南澤孝太, 深町聡一郎, 梶本裕之, 川上直樹, 舘暲：バーチャルな物体の質量および内部ダイナミクスを提示する装着型触力覚ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.13, No.1, 2008年3月
- [54]Takahiro Nozaki, Takahiro Mizoguchi, and Kouhei Ohnishi:“Motion Expression by Elemental Separation of Haptic Information,”IEEE Transaction on Industrial Electronics, 2014.
- [55]小森 優, 触覚情報の医療応用~ もう一つの3次元レンダリング~, 医用画像情報学会雑誌, Vol.23, No.4, pp.108-111, 2006
- [56]Kouta Minamizawa, Souichiro Fukamachi, Hiroyuki Kajimoto, Naoki Kawakami, Susumu Tachi: “GravityGrabber: Wearable Haptic Display to present Virtual Mass Sensation”, 34th Int. Conf. On Computer Graphics and Interactive Techniques (ACM SIGGRAPH 2007), Emerging Technologies, San Diego, USA, 2007
- [57]Shibata M, Fuchino Y, Naoi N, Kohno S, Kawai M, Okanoya K, Myowa-Yamakoshi M. , Broad cortical activation in response to tactile stimulation in newborns, Neuroreport: 18, Volume 23, Issue 6, pp.373- 377, 2012
- [58]Takato Horii, Yukie Nagai, and Minoru Asada , Touch and emotion: Modeling of developmental differentiation of emotion lead by tactile dominance IEEE Third Joint International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL), 2013
- [59]星 貴之, 岩本 貴之, 篠田 裕之, 空中超音波振動子アレイによる触覚提示, 日本機械学会, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2009
- [60]触感が得られるタッチパネルを搭載したタブレットを試作, 富士通株式会社, ニュースリリース, 2014 (<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2014/02/24.html>)

- [61]Riccardo Mazza著, 情報が見える形にする技術-情報可視化概論-, ボーンデジタル, 2011
- [62]Zhen-Tao Liu, Fang-Yan Dong, Min Wu, Dan-Yun Li, Yoichi Yamazaki, Kaoru Hirota, Emotional States Based 3-D Fuzzy Atmosfield for Casual Communication between Humans and Robots, 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE2011), pp.777/782
- [63]日本工業規格JIS Z8144(ISO 5492)
- [64]坂庭秀紀, 福田伸宏, 中嶋満雄, 廣田薫: 視覚特性を利用した映像の光沢部分抽出手法, 2012年映像情報メディア学会年次大会予稿集 21-6, 2012
- [65]<http://www.textureking.com/>
- [66]写真共有コミュニティサイ (<http://www.flickr.com>)
- [67]類語辞典 (<http://thesaurus.weblio.jp>)
- [68]廣田薫: アンケート調査における漠度概念とエントロピー分析, オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学 26(1), 38-44, 1981
- [69]坂庭 秀紀, 関 将和, 董 芳艶, 廣田 薫, 触質感の定義定式化とその可視化手法. 日本感性工学会 感性フォーラム札幌2013 (あいまいと感性研究部会・感性インタラクション研究部会), pp. 72-75, Feb 2013.
- [70]坂庭 秀紀, 関 将和, 董 芳艶, 廣田 薫, 遠隔対象物画像の触質感とその可視化手法. 日本感性工学会, 第15回日本感性工学会大会2013 (査読セッション), Sep 2013.
- [71]坂庭 秀紀, 関 将和, 董 芳艶, 廣田 薫, 遠隔対象物画像の触質感とその可視化手法, 日本感性工学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 281-288, 2014.
- [72]Hidenori SAKANIWA, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, A Visualization Method of KANSEI TEXTURE, Fifth International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR2013), pp.184-188, December 2013.
- [73]Hidenori SAKANIWA, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, A Visualization Method of Kansei Texture and Its Individual Difference, Journal of Information Assurance and Security (JIAS), Vol.9, pp.288-296, 2014.
- [74]Hidenori SAKANIWA, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, Fuzzy Set Representation of KANSEI Texture for Online Shopping, Joint International Conference of the tenth Information Technology and Control Applications (ITCA2014) and the sixth International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2014), pp. 1-7, September 2014.
- [75]坂庭 秀紀, 董 芳艶, 廣田 薫, 触質感個人差のファジィ集合表現とその可視化手法, 第30回ファジィシステムシンポジウム, pp. 858-863, Sep 2014.

[76]Hidenori SAKANIWA, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, Fuzzy Set Representation of Kansei Texture and its Visualization for Online Shopping, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 19, No. 2, 2015. (To appear).

## 関連研究業績

### ●論文

- [J1] 坂庭 秀紀, 関 将和, 董 芳艶, 廣田 薫, 遠隔対象物画像の触質感とその可視化手法, 日本感性工学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 281-288, 2014.
- [J2] **Hidenori SAKANIWA**, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, A Visualization Method of Kansei Texture and Its Individual Difference, Journal of Information Assurance and Security (JIAS), Vol.9, pp.288-296, 2014.
- [J3] **Hidenori SAKANIWA**, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, Fuzzy Set Representation of Kansei Texture and its Visualization for Online Shopping, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.19, No.2, 2015. (採録済み, 2015年3月出版予定)

### ●査読付き国際会議

- [C1] **Hidenori SAKANIWA**, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, A Visualization Method of KANSEI TEXTURE, Fifth International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR2013), pp.184-188, December 2013.
- [C2] **Hidenori SAKANIWA**, Fangyan DONG, Kaoru HIROTA, Fuzzy Set Representation of KANSEI Texture for Online Shopping, Joint International Conference of the tenth Information Technology and Control Applications (ITCA2014) and the sixth International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA2014), pp. 1-7, September 2014.

### ●国内学会発表

- [D1] 坂庭 秀紀, 関 将和, 董 芳艶, 廣田 薫, 触質感の定義定式化とその可視化手法. 日本感性工学会 感性フォーラム札幌 2013 (あいまいと感性研究部会・感性インタラクション研究部会), pp. 72-75, Feb 2013. (Published)

[D2] 坂庭 秀紀, 関 将和, 董 芳艶, 廣田 薫,  
遠隔対象物画像の触質感とその可視化手法. 日本感性工学会, 第 15 回日本  
感性工学会大会 2013 (査読セッション) , Sep 2013.

[D3] 坂庭 秀紀, 董 芳艶, 廣田 薫,  
触質感個人差のファジィ集合表現とその可視化手法,  
第 30 回ファジィシステムシンポジウム, pp. 858-863, Sep 2014.

●受賞

[1] ITCA&ISCIA2014 Best Paper Awards 2014.9

# 謝辞

本論文を遂行するにあたりご指導を賜りました東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授 廣田 薫 先生に心から感謝致します。日々熱心なご指導を頂戴しました。

東京工業大学 博士課程教育リーディングプログラム 情報生命博士教育院 特任准教授 董 芳艷 先生からも多くのアドバイスを頂き、感謝致します。

本論文の審査を引き受けて頂きました東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 連携教授 柴田 崇徳 先生，同准教授 室伏 俊明 先生，東京工業大学 像情報工学研究所 准教授 長谷川 修 先生にも深く感謝致します。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 廣田研究室 秘書 星野 治美 氏にも多くのサポートを賜り，大変お世話になりました。

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 廣田研究室 修士・博士課程の学生，青山学院大学 経営学部 経営学科 戒野研究室の学生，特に関 将和君には，大学のサークルメンバを集めてのグループディスカッションや主観評価実験に協力を頂きましたことお礼致します。

さらに，株式会社 日立製作所 横浜研究所には，海外発表の出張費など負担頂き，また，同研究所 組込みソリューション研究部員，ストレージシステム研究部員の同僚，上長の方々には，開発業務スケジュールに，業務とは別に学会発表や大学の審査等の日程を組み込ませて頂き，研究を続けられたことに感謝致します。

最後に，働きながら就学前の幼い2人の子供の面倒を見て，私を支えてくれた妻，由香理に心から感謝致します。