

高品質触感ディスプレイと感性空間で消費者と開発者をつなぐ触感デザイン支援システム (142106003)

Assistive system for designing tactile experiences
by using high-quality tactile texture display and affective model space

研究代表者

岡本正吾 名古屋大学
Shogo Okamoto Nagoya University

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

質感は商品開発における差別化の主翼であり、中でも触感、家具や車の内装の高級感、親近感を演出するために永らく重視されてきた。本研究は、材質感から感性までを含む多階層かつ多次元的な人の質感モデルを構築するための実験および数理的手法を開発した。また、そのような質感モデルをものづくりへと応用する好例として、触感デザイン支援システムを開発した。このシステムは、機械的刺激を用いた触感提示技術を備えており、布や皮革などの本物の素材の触感(粗さ感、摩擦感)を、感性語を用いて操作することを可能とする。本物の素材と触感提示技術を併用することで、臨場感の高い触感提示を実現しようとする初の試みであり、そのための技術開発を行った。さらに、タッチパネルを念頭にした高性能な触感ディスプレイ(触覚刺激を生成可能なタッチパネル)を新たに開発し、それを評価した。

1. まえがき

質感は商品開発における差別化の主翼であり、中でも触感、家具や車の内装の高級感、親近感を演出するために永らく重視されてきた。ところが現在の触感デザインは職人芸と試行錯誤の域にあると言わざるを得ない。これを分析とデータに基づいたものへ進化させ、製品開発過程における試作工程の短縮化を実現する試みが必要である。この目的のために、主として感性工学分野で開発が進められてきた質感空間モデル(図 1)が利用できる。このモデルは、質的な表現を数量的に示す翻訳機の役割をする。例えば、「しっとりした」、「うるおいのある」などの感性的表現を、物理的性質と直に対応付けられる材質感(乾湿感、硬軟感など)に変換する。これまでの質感モデルの問題は、官能評価の結果をあてはめるために事前にモデル構造の仮定を必要とし、設計者のセンスに依存することであった。この問題を解決するため、事前に階層モデルを仮定することなく、心理学実験の結果と計算のみによって、触感の多階層・多次元構造を自動的に得る手法を開発した。

タブレット PC やスマートフォンのタッチパネルに高性能の触覚フィードバック機能が標準搭載される時代の到来に先立ち、タッチパネルに適したハイエンドの触感提示デバイス(以後、触感ディスプレイ)の開発が求められている。本プロジェクトでは、機械的変位刺激と静電気摩擦刺激の 2 種類の原理を併用した触感ディスプレイを開発し、その性能を評価した。性能評価のため、表面粗さを有する仮想素材の触感を本物らしさの観点から心理学実験の結果を踏まえて議論した。通常、これらの原理はどちらか一つのみが用いられるが、併用によって高品質な触覚刺激の提示が可能となる。また、それに適した刺激生成方法についても調査した。

2. 研究開発内容及び成果

2.1. 多階層な質感モデルの開発

触感を表す形容詞間の影響の強さと方向を取得する心理学実験(影響度調査実験)と素材の官能評価実験を基に形容詞の階層モデルを構築する手法を開発した。影響度調査実験の結果は、感性の意味的に正しい階層モデルの構造を設計することを可能とする。具体的には、「しっとりとした感覚は、高級感にどの程度影響しますか?」というよ

うな質問の回答を根拠に、モデルの構造を決定していく。次に、このモデルを数学的に最適化するために官能評価実験の結果を用いた。モデルが官能評価実験の結果をもっともよく表現するように構造方程式モデリングと呼ばれる手法を用いて、モデルの数学的最適化を図った。以上のプロセスによって、質感の多階層モデルが構築された。

このように、実験の結果(データ)と数理のプロセスのみから、人の質感モデルを構築する手法はこれまでになく、質感モデルの自動構築が初めて実現した。開発した手法を、46 種類の素材サンプルに適用し、質感モデルを構築したところ、過去の研究との比較から質的にも量的にもモデルの妥当性が確認された。これまでに他の研究者らに設計された質感モデルと比べ、感性を表す層がサブレイヤーを有する複雑な構造であることが示された。また、この手法を応用し、質感モデル構造の個人差の分析を初めて実現した。当初の目的と比べ、十二分な成果が得られた。

質感モデルを用いた製品設計の支援では、日用品メーカーと共同で樹脂素材について、その原料・作成方法と質感の関係をモデル化した。その結果、最適設計の指針が得られた。例えば、高級感を触感で演出するための原材料の配合について目安をつけることが可能となった。

2.2. タッチパネル用の高品質な触感ディスプレイの開発

機械的変位刺激と静電摩擦刺激を組み合わせた触感デ

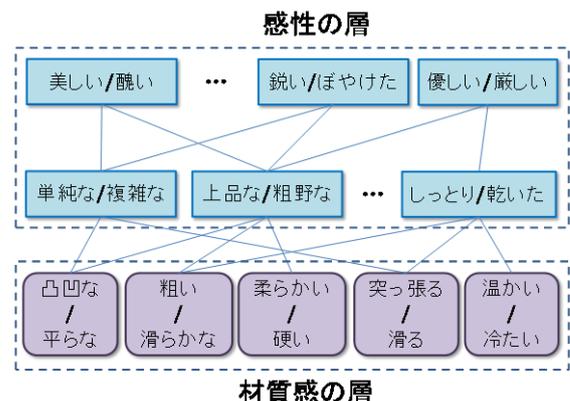


図 1 多階層かつ多次元な質感モデルのイメージ



図 2 機械的変位刺激と静電気摩擦刺激を併用したタッチパネル用の触感ディスプレイ（試作機）

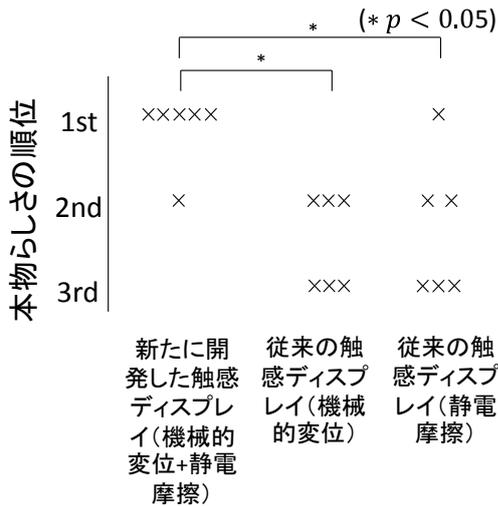
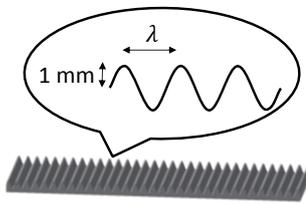


図 3 従来の触感ディスプレイと新たに開発した触感ディスプレイの比較



比較用の格子状試料

図 4 触感評価用としての表面粗さを有する試料

ディスプレイの原理検証のためのプロトタイプの開発（図 2）に成功した。一般に、機械的変位刺激はタッチパネルの表面をアクチュエータによって駆動し、それに触れる指の腹を機械的に変形させることで触覚刺激を生成する。図 2 の装置はアクチュエータとしてボイスコイルモータを用いている。この方法は、テクスチャに関しては表面粗さを仮想的に生成することが得意である。静電摩擦刺激はタッチパネルと指の間に静電気を溜め、その吸引力によってパネルと指の摩擦を制御する方法である。この方法は、摩擦が支配的なテクスチャの生成に向いている。すなわち、両手法の併用により、表面粗さと摩擦の両方のテクスチャの提示が可能となる。通常、素材の触感は表面粗さと摩擦の両方によって特徴づけられるため、これらの両方を提示できることは高品質な触感提示につながる。

心理学実験によって、表面に粗さを有するような仮想テクスチャの触感提示において、従来の機械的変位もしくは静電摩擦刺激のどちらか一方しか提示できない触感ディスプレイよりも、新たに開発した触感ディスプレイは本物らしさの観点から優れた触感を提示可能であることが示

された。図 3 に実験結果の一例を示す。図 4 のような表面に波状の凹凸（空間周波数 1 mm）を有する仮想テクスチャを提示した場合、被験者（6 名）らは統計的に有意に、新たに開発した触感ディスプレイによって提示されるテクスチャが本物らしいと回答した。同様に、他の空間周波数についても、新たに開発した触感ディスプレイが有効であることを確認している。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

近年、様々な製造業の企業に感性や質感を研究対象とする組織が発足している。しかしながら、触感デザインの分野は後発であると言わざるを得ない。われわれは製品の触感デザインを促進するための新しい手法を開発した。今後は、実際のものづくりに役立つことの実証を積み重ね、社会に根付かせるための取り組みを進めていく。さらに、産業界からの要請が強くなっているタッチパネル用の触感ディスプレイ技術について、そのハイエンド機種のプロトタイプを開発し、限られたテクスチャにとどまっているが有効性を検証した。今後、さらに性能の改善を積み重ね、展示会などを通じて、その価値を産業界に問うていく。

4. むすび

情報通信技術が触感デザインに果たす役割は大きい。継続的な技術開発と成功例の蓄積によって、同分野が我が国のものづくりの一助となるように、尽くしていきたい。

【誌上发表リスト】

- [1] Akihiro Imaizumi, Shogo Okamoto, and Yoji Yamada, "Friction perception resulting from laterally vibrotactile stimuli", *Robomech Journal*, Vol.4 article no. 12 (2017 年 4 月 24 日)
- [2] Kensuke Kidoma, Shogo Okamoto, and Hikaru Nagano, and Yoji Yamada, "Graphical Modeling Method of Texture-related Affective and Perceptual Responses", *International Journal of Affective Engineering*, Vol.16 No.1 pp27-36 (2016 年 11 月 30 日)
- [3] Yohei Fujii, Shogo Okamoto, and Yoji Yamada, "Friction model of fingertip sliding over wavy surface for friction-variable tactile feedback panel", *Advanced Robotics* Vol.30 No.20 pp1341-1353 (2016 年 6 月 22 日)

【申請特許リスト】

- [1] 岡本正吾、永野光、複数の感性語間の関連性を示す階層構造グラフの自動作成方法、自動作成装置、自動作成プログラム、およびその自動作成プログラムを記録した記録媒体、日本、申請年月日 2014 年 10 月 17 日

【受賞リスト】

- [1] 岡本正吾、永野光、木戸間健佑、山田陽滋、第 16 回 SICE SI 部門講演会 優秀講演賞、「触に関する知覚・感性・嗜好の個人差：意味的階層構造からのアプローチ」、2015 年 12 月 17 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.mech.nagoya-u.ac.jp/asi/ja/>