触覚ディスプレイの硬さ提示評価のための触覚サンプルの製作

Fabrication of Haptic Samples for Evaluating the Hardness Displayed by Tactile Device

○学 藤 直也 (慶大) 学 長谷川 翔一 (慶大) 学 小瀬村 悠美 (慶大)
正 三木 則尚 (慶大, JST さきがけ)

Naoya To, Keio University, 3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken
Shoichi Hasegawa, Keio University, 3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken
Kosemura Yumi, Keio University, 3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken
Norihiisa Miki, Keio University, JST PRESTO, 3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken

Tactile displays are promising devices as a human interface technology. However it is difficult to quantitatively evaluate the stimuli that the tactile display provides to the subject. This is because there are many parameters that affect the sense of touch, such as roughness, hardness, temperature and so forth. In this paper, we propose a quantitative evaluation method using haptic samples fabricated by Micro-Electro-Mechanical-System technology. As the samples, we prepared polydimethylsiloxane (PDMS) samples which have a parameter only in hardness. By using these samples, the effect of hardness on the sense of touch is investigated. The result showed that the softer the samples were, the smoother the feelings of touch were.

Key Words: Tactile display, Micro-Electro-Mechanical-Systems, Mechanical Property, Haptic

1. 序論

近年、効果的な環境知能伝達を目的として、触感を提示する、触覚ディスプレイに関する研究が盛んに行われている⁽¹⁾。研究の中で、触覚ディスプレイの評価方法もひとつの重要な要素となっているが、触覚は視覚や聴覚と異なり、硬さや粗さ、乾湿など多くのパラメータが関係しているため、定量的な評価は困難なものとなっている。これまで触覚ディスプレイの評価方法として、触覚ディスプレイからの刺激を対となる言葉を両端に置いて個別のパラメータごとに、段階的に評価させるSD法があった⁽²⁾。しかし、SD法は被験者の主観に依ってしまうために、被験者ごとに評価基準が異なるという問題があった。そのため先行研究では、木や紙、プラスチックなどの既存材料のパラメータを計測し、これらのサンプルを触覚ディスプレイ評価の比較対象とすることで、絶対的な基準を与える評価方法を提案した。ところが、既存材料がもつ複数のパラメータはそれぞれ独立に異なっており、触覚における特定のパラメータのみを対象とした評価が困難であった。

そこで、本研究ではFig. 1に示したように、微細加工技術を利用して、特定のパラメータ以外のパラメータを同一とすることのできる触覚サンプルを製作し、これらを用いた評価方法の提案を目指す。製作したサンプルを、触覚ディスプレイ評価の比較対象とすることで、被験者ごとの評価基準の差異がないことはもちろんのこと、評価対象となるパラメータのみを独立に自在に操作することのできる評価方法の提案

Fig. 1 Concept of haptic samples

を目指す。本稿では、特に同一表面形状を持ち、同じ表面加工を施したサンプルの「硬さのみ」を変化させたときに生じる、他のパラメータの感じ方に及ぼす影響を調べた。

2. 触覚サンプル

2-1 設計と製作 人間の機械的刺激を知覚する触覚受容器には、Slow Adapting (SA), Fast Adapting (FA)の二つが存在する。SAは比較的大きな変位で低周波な振動を検出するものであり、FAは微小変位で高周波な振動を検出するものである。SAを刺激する最小の変位は100 μm 程度である。したがって、本稿ではFA, SAの両方を刺激するために、溝の深さを100 μm とした触覚サンプルを製作した。

Fig. 2に触覚サンプルの製作工程を示す。(a)ガラス基板上にネガ型フォトリソグレイであるSU-8をスピニングにより厚さ100 μm で均一に成膜した。(b)縞模様のパターンを有するフォトマスク基板に固定し、紫外線を照射することでSU-8をマスクパターン型に硬化させた。(c)硬化したSU-8を現像することで縞模様のSU-8鋳型を製作した。以上の行程を縞幅500 μm , 700 μm のフォトマスクを用いることで、凹凸幅500 μm , 700 μm の2つの鋳型を製作した。(d)製作した鋳型に転写精度の高いPolydimethylsiloxane (PDMS)を流し込み、熱を加えることで硬化させた。この際、PDMSの主剤と硬化剤の比率を10:1, 20:1, 30:1とすることで各鋳型に対し、硬度の違うサンプルを3つ製作した。(e)硬化させたPDMSを鋳型から剥離させ、必要な部分を切り出した。(f)製作したサンプルの表面の質感を統一させるために、表面にパラキシリレン系ポリマであるパリレンを250 nmの厚さで均一に蒸着した。パリレンは表面の摩擦係数や表面エネルギーを一定とする。

Fig. 2 Fabrication process

これにより、表面形状が同一で硬さの異なる3つのサンプルを2タイプ製作できた。

2-2 触覚サンプルの評価 2-1の工程により製作したSU-8 鋳型と、パリエンコーティングを行ったPDMS 触覚サンプル、およびその表面形状を Fig.3 に示す。レーザー顕微鏡による観察から、SU-8 鋳型と比較して、PDMS 触覚サンプルのほうがマクロな表面で凹凸が発生しているが、およそ目標形状のサンプルが製作できていることが分かる。また、主剤と硬化剤の比率を 10:1, 20:1, 30:1 と変えた各触覚サンプルのヤング率を圧縮試験機により計測した結果、それぞれ 483 kPa, 316 kPa, 179 kPa であった。

3. 知覚実験

3-1 実験方法 本実験では、同一平面形状のサンプルにおいて、硬さのみを変化させることによる「滑らかさ」の感じ方への影響を調べた。被験者は、20代の男女14人とした。実験方法としては、無作為に置かれた硬さの異なる同一表面形状の触覚サンプル3つを、滑らかに感じる順に並び替えてもらう手法で行った。この際、使用する指は利き手の人差し指とし、硬さを感じない程度の力で撫でてもらった。これを凹凸幅 500 μm , 700 μm とした2種類の表面形状サンプルで実施した。こまを1回の実験とし、間隔をあけて各被験者に対し、3回同じ実験を行った。

3-2 実験結果 得られた順位のデータは最も滑らかに感じたものを1、次を2、3として点数化した。次に、一つのサンプルに対する点数の平均を算出した。Fig. 4に硬さ(ヤング率)と滑らかさの関係を示す。2種類の表面形状の触覚サンプルでヤング率が減少するほど滑らかに感じる事が確認できた。

3-3 考察 硬さの変化と被験者が感じる滑らかさの相違に関連性がある要因について考察する。要因としては、Fig. 5のaに示したように柔らかいサンプルを撫でたときに表面形状が変化して、凸から凸への移動の際に溝を感じることが難しくなり、滑らかな感覚が得られるのではないかと考えられる。一方で、硬いサンプルを撫でたときには、Fig. 5のbに示したように表面形状の変化が少なく、溝をより感知しやすくなり、滑らかな感覚ではなくなるのではないかと推測される。

Fig. 3 SU-8 Mold and PDMS coated with Parylene

Fig. 4 Results of relationship between young's modulus and smoothness feeling (a: pitch's length is 500 μm b: pitch's length is 700 μm). The hard, medium and soft samples represent that the volume ratio of prepolymer and curing agent are 10:1, 20:1 and 30:1, respectively.

Fig. 5 Reason of feeling smoothly or not smoothly when the test subjects touch the samples. (a: Hard sample, b: soft sample)

4. 結論

MEMS 技術を用いて、硬さのみを変化させた触覚評価サンプルを製作することができた。また、この触覚サンプルを用いて知覚実験をしたところ、硬さが軟らかくなるほど、撫でたときに滑らかに感じる事が示せた。

謝辞

本研究は JST PRESTO (環境情報と人) の助成を受けたものである。

引用文献

- (1) J. Watanabe, H. ishikawa, X. Arouette, Y. Matsumoto, M. Norihisa, "Demonstration of vibrational braille code display using large displacement micro-electro-mechanical-systems actuator", *Japanese Journal of Applied Physics* 51, 06FL11, 2012
- (2) 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