

手掌部へのテクスチャ感提示における質感向上手法

○石井 明日香⁽¹⁾, 福嶋 政期⁽²⁾, 橋本 悠希⁽²⁾, 梶本 裕之⁽²⁾

(1) 電気通信大学 人間コミュニケーション学科

(2) 電気通信大学大学院 人間コミュニケーション学専攻

The methods to improve the quality of artificially-made texture feeling for a palm

○Asuka ISHII, Shogo FUKUSHIMA, Yuki HASHIMOTO and Hiroyuki KAJIMOTO,

Department of Human Communication, The University of Electro-Communications

Abstract: We propose two methods to improve the quality of artificially-made texture which is felt by using vibration. One of them is to use a palm for a presentation of texture. The other is to add noise to refer waveforms. In this paper, we confirm the effect of two methods by our experiment of comparing between real texture and generated texture.

1. はじめに

近年、バーチャル世界とのリアルなインタラクションを目指した触覚研究が盛んに行われており、主に物体の固さや弾力性といった力覚的特性の再現と、物体表面のつるつるやざらざら感といったテクスチャ感の再現の2方向で数多くの試みが成されてきた。その結果、力学的特性の再現に関しては大きな発展を見せており、物理的に忠実な再現を行う装置が商品レベルで数多く実現されている[1]。

その一方で、物体のテクスチャ感再現に関しては、物理現象を忠実に再現するハードウェア構成では難しいこともあり、全くの発展途上であると言える。そこで、本研究ではこの「テクスチャ感」を如何にリアルに再現出来るか、という問題に焦点を当てる。

リアルな「テクスチャ感」を提示するために、これまで温度、振動、電気を用いた様々な提示手法が提案されてきた[2][3][4]。中でも振動によるテクスチャ感提示は、振動を知覚する触覚受容器の解明も進んでおり、比較的安価に製作でき、システムの小型化が容易などの理由により、様々な触覚提示装置が提案されてきた。

最も基本的な提示手法は、テクスチャ情報を振動として記録し、その通りに再生するものである[5]。この

記録・再生によるテクスチャ感提示は、高い再現性を有している一方で、条件が大きく限定されてしまうと言う欠点を持つ。これに対し、素材の物理的特性や触覚の知覚特性を利用して人工的にテクスチャ情報を生成する手法が考えられ、近年、自由度の高い人工的なテクスチャ感提示が行われるようになった。

中でも昆陽らは、高分子ゲルアクチュエータの機械的振動のみで布の手触り感を再現しており、波形パターンを変化させることで様々な材質感を再現する事にある程度成功している[4]。しかしながら、従来の研究では提示部位が指に限られたものが多く、我々が普段から手全体を使って物体に触れているという実態に即していない。また、従来の研究で使用されてきた比較的単純な波形パターンでは素材のテクスチャ感の再現性が依然として低いという問題があった。

そこで我々は、「提示部位」と「提示波形」の2点についてそれぞれを改良することで、テクスチャ感の向上を目指した。

「提示部位」に関しては、物体に触れる際に、指先と同様に物体に触れる機会の多い部位として手掌部に着目し、手掌部での材質感の判別能力について調べた。また、「提示波形」では、加える刺激振動の波形パターン

に様々な種類のノイズを付加する事で、より実素材に近い材質感を提示可能であることを示す。

2. 実験

2.1 実験装置

手掌部への触覚提示装置として、橋本らの Hi-Fi 触覚提示装置を使用した[6]。この装置は音響スピーカを手の平で包み込み、空気圧変動によって手掌部に複雑な振動パターンを提示可能な装置である。



Fig.1 Overview of our experimental device

2.2 提示刺激パターン

過去の知見において、低周波領域(30Hz~80Hz)と高周波領域(180Hz)を合成させることで特定のテクスチャ感が提示できることが知られている[4]。そこで以下の6種類の波形パターン(パターン①：180Hz+30Hz,パターン②：180Hz+40Hz,パターン③：180Hz+50Hz,パターン④：180Hz+60Hz,パターン⑤：180Hz+70Hz,パターン⑥：180Hz+80Hz)を合成した。なお本論文では、以上の波形を「基準波形」と呼ぶことにする。

また、小川らが実素材に対して触覚センサのなぞり動作を行った際の結果から、特徴的な二つのピーク以外にノイズ成分も多分に含まれていることが分かる(Fig.2)。

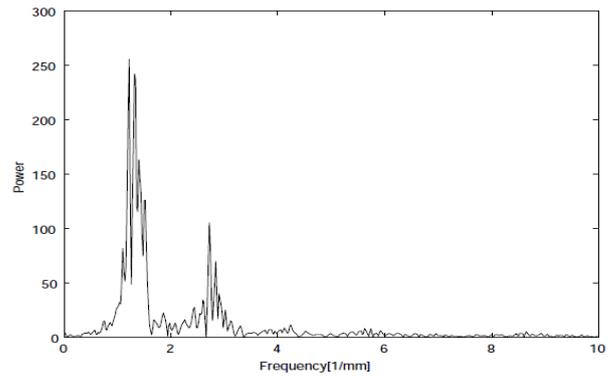
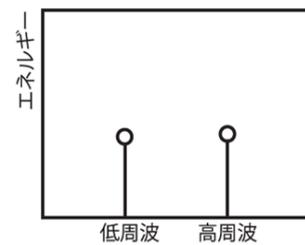


Fig.2 Power spectrum of the cotton scanned by the acceleration sensor [5]

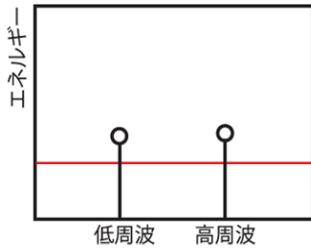
そこで、ノイズ成分の効果を調べるために、基準波形に対して、以下の5通りの方法でノイズを加えて刺激波形とした

1. 基準波形のみ
2. 基準波形+ホワイトノイズ
3. 基準波形+高周波周辺にのみノイズを付与 (ホワイトノイズに180Hzを中心としたバンドパスフィルタをかけたもの)
4. 基準波形+低周波周辺にのみノイズ (ホワイトノイズに基準波形中に含まれる低周波を中心としたバンドパスフィルタをかけたもの)
5. 基準波形+3, 4で述べたノイズを共に加えたもの

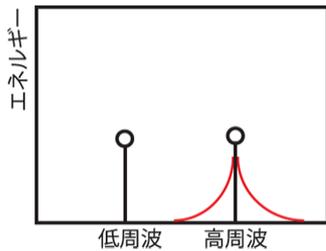
基準波形の種類は6種類あるため、上記の5条件により計30種類の波形パターンを得た。



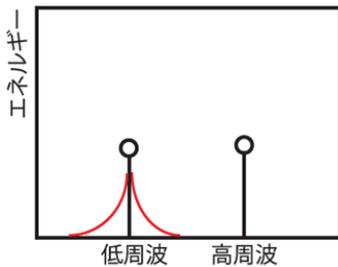
Case1: synthesized waveform by the two simple tones.



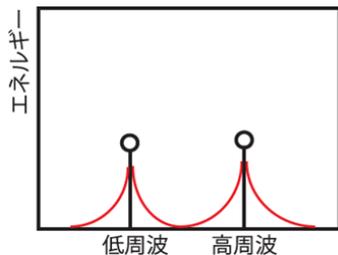
Case2: synthesized waveform by the two simple tones and white noise



Case3: synthesized waveform by the two simple tones and white noise added 180Hz area band-pass filter



Case4: synthesized waveform by the two simple tones and white noise added 30Hz-80Hz area band-pass filter



Case5: synthesized waveform by the two simple tones and white noise added 30Hz-80Hz and 180Hz area band-pass filter

Fig.3 Power spectrum image in each waveform pattern

2.3 実験手順

まず実験の準備段階として、被験者に提示装置の上に左手を置いてもらい、提示する波形群に十分慣れさせた。その後、全30種類の周波数パターンをランダムに提示した。被験者には、1回の提示ごとに実際の素材サ

ンプルを右手で触り比べさせ、最も近いテクスチャ感だと思うサンプルを回答させた。用意した素材サンプルは Table.1 の15種類である。実験中はヘッドホンでホワイトノイズを聞かせ、聴覚的な手がかりを与えないようにした。

Table.1 The sample material

ナイロン	コットン生地	綿	毛布	デニム
フェルト	ポリエステル	麻	毛糸	タオル
スポンジ	ティッシュペーパー	わた	絨毯	たわし

実験は全種類30回を1セットとし、セット終了ごとに休憩を挟みながら計4セット行った。また、手のしびれを感じたら実験途中でも随時手を休めてもらった。被験者は、20代の健康な男女5名で行った。

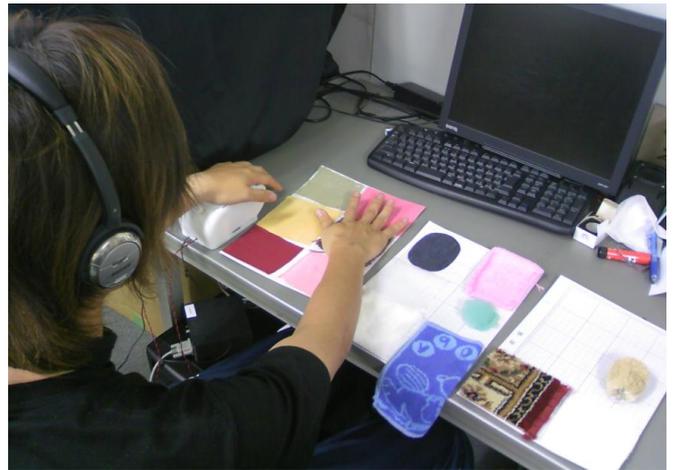


Fig.4 Overview of the experiment

2.4 結果

まず、基準波形のみの場合(条件1)における素材の選択傾向を Table.2 に示す。Table.2 から、基準波形で提示した低周波数が30Hz付近の素材は、毛糸や絨毯、麻などといった比較的目の粗い素材が選ばれる傾向がわかった。また、反対に低周波数が80Hz付近では、綿やナイロンといった目の細かい素材が選ばれていることがわかった。

次に、ノイズを加えた場合の最多選択率を Table.3 に示す。なお最多選択率とは次の式で定義される「最も選択された素材の、選択された割合」である。

最多選択率 = 最も選択された素材の回数 ÷ 総選択回数

この最多選択率に着目するのは次のような理由による。もし提示しているテクスチャが十分に「自然」なのであれば、被験者は容易に一つの素材を回答できるであろう。この場合最多選択率は100%に近くなる。逆に最多選択率が低いという事は、素材の回答は何か出来たものの、実際には「自然」な提示ではなかったことを意味すると思われる。つまり最多選択率は、提示手法のリアリティを示す指標であると言える。

Table.3 では、各条件での最多選択率を[%]で表示している。赤色で示した部分では基準波形の場合に対して、最多選択率が上昇しており、青色で示した部分では最多選択率が下がっている。

Table.3 から、全体的に基準波形にノイズを付加した波形パターンは基準波形に比べ、最多選択率が上昇していることがわかった。

Table.2 Selected material tend in case1 waveform pattern

低周波数(Hz)	1番回答の多い素材	2番目に多い素材
30	毛糸、絨毯	麻
40	麻	毛糸、絨毯
50	タオル、絨毯	毛糸、スポンジ、フェルト、コットン
60	絨毯、綿	麻、タオル
70	ナイロン	フェルト、絨毯
80	綿	フェルト、麻

Table.3 The highest score of selected rate in case1~5

低周波(Hz)	基準波形	ノイズ高	ノイズ低	ノイズ高低	ノイズ
30	0.3	0.4	0.4	0.45	0.35
40	0.25	0.35	0.15	0.35	0.35
50	0.2	0.15	0.2	0.3	0.25
60	0.2	0.25	0.25	0.2	0.2
70	0.2	0.2	0.25	0.25	0.2
80	0.35	0.15	0.25	0.2	0.35

3. 考察

基準波形のみの場合でも選択された素材が周波数ごとにある程度集中していたことから、手掌部でのテクスチャ感提示がある程度成功したことが分かった。

また基準波形に対して、ノイズを付加した場合に最多選択率の上昇が見られたことから、ノイズを付加す

ることで、より判別し易い自然なテクスチャ感を提示出来る効果があると考えられる。

4. おわりに

本稿では、物体の材質感をリアルに再現する方法の基礎検討として、手掌部へのテクスチャ感判別能力に関する実験を行った。その結果、手掌部においてもテクスチャ感判別ができることを示唆すると共に、基準波形にノイズを含むことによってより自然なテクスチャ感が提示できる可能性を示した。

今後は、提示すべき素材を限定していき、その素材の質感を高めるため、提示波形パターンをどのように工夫していくかを検討していく。また、振動提示と同時に圧覚を提示するなど、よりリアルな触覚提示装置を目指す。

謝辞

論文中の Fig.2 については現日本精工株式会社小川博教氏のご厚意により掲載させていただきました。

参考文献

- [1] SensAble Technologies, Inc. : PHANTOM, <http://www.sensable.com/index.htm>
- [2] 和田親宗, 久保卓也, 堀尾寛, “温度刺激を用いた触覚ディスプレイの開発研究-仮現運動と知覚特性との関係.” - 感覚代行シンポジウム, Vol33, pp97-100, 2007.
- [3] 舘暲, 菅野米藏, 梶本裕之, “額に装着する電気触覚ディスプレイ,” 日本バーチャルリアリティ学会第11回大会論文集, 2006
- [4] 昆陽雅司, 田所諭, 高森年, 小黒啓介, 徳田献一, “高分子ゲルアクチュエータを用いた布の手触り感覚を呈示する触覚ディスプレイ,” 日本バーチャルリアリティ学会, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 6, No.4, pp. 323-328, 2001.
- [5] 小川博教, アクティブタッチを用いた材質感判別に関する研究, 2007 年度博士論文, 2008
- [6] 橋本悠希, 中田五月, 梶本裕之, “Emotional Touch; Hi-Fi 触覚提示に関する研究 (第3報) - 圧力のフィードバック制御,” 日本バーチャルリアリティ学会 第13回大会論文集, 2008.