

# 空気圧変動による手掌部へのテクスチャ感提示

Presentation of texture feeling using air pressure change to a palm

石井明日香<sup>1)</sup>, 福嶋政期<sup>2)</sup>, 橋本悠希<sup>2)</sup>, 梶本裕之<sup>2)</sup>

Asuka ISHII, Shogo FUKUSHIMA, Yuki HASHIMOTO and Hiroyuki KAJIMOTO

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

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {asuka, shogo, hashimoto, kajimoto}@kaji-lab.jp)

**Abstract:** We suggested a Hi-Fi tactile display that presents tactile sensation to user's palm. Due to wide band width of frequency, our display can output complex waveforms. Our display also can present very soft tactile sensation by using air pressure. By using this display, we succeeded in presenting realistic physicality of viscoelastic object. On this report, we confirm an ability of presentation of texture feeling such as carpet, hemp, nylon and other various cloths on the display to transmit more realistic physical phenomena by tactile sensation. Also we try to synthesize and output kinesthetic sense and tactile feeling on our display.

**Key Words:** *Texture, Tactile sensation, Palm*

## 1. はじめに

我々が普段ものに触れる時、弾性や粘性、剛性といった物理特性と、ザラザラ、つるつる、ふわふわといった材質感、温度等を同時に感じ、物体を判別している。近年、バーチャルな物体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、主に力学的特性の再現とテクスチャ感の再現の2方向で研究成果が数多く発表されている。

力学的特性の再現では、アーム型の PHANTOM[1]やワイヤ型の SPIDAR[2]など、代表的な提示装置が既に存在し、安価な力覚提示デバイス[3]も市販されるなど、応用範囲は広がりつつある。テクスチャ感提示では、温度、振動、電気を用いた提示手法が存在し、様々なシチュエーションにおいて様々な質感提示が試みられている[4][5][6]。更には最近、力覚と触覚を同時に提示するという試みも行われ始め、制御の更新周波数を高めることによって振動感を付加することで力触覚提示を行うもの[7]や、振動子と PHANTOM を組合わせて提示するもの[8]等が既に発表されている。力覚提示手法を応用するこれらの場合、確かにリアリティの高い触覚を得ることが可能となった一方、力覚提示装置が持つ根本的な問題である装置の大きさ、重さに関しては何ら改善されておらず、広く普及するとは言い難い。一方、触覚提示手法から応用するアプローチでは、触覚刺激で力覚を錯覚させるという試み[9]があるものの、

知覚の不明確さがつきまとう。

このような状況の中、我々は触覚提示装置によってより明確に物性を伝えるため、Hi-Fi 触覚提示装置を用い手掌部に“弾力性”や“粘性”といった物性を提示する試みを行い、皮膚触覚刺激のみでスライムのような粘弾性体を表現することにある程度成功している[10]。

そこで本研究では、新たにテクスチャ感提示を可能にすることで、物体の物性や質感を単一の装置で提示することを目指す。本稿では、これまで用いてきた Hi-Fi 触覚提示装置による空気圧提示によって、手掌部に物体のテクスチャ感を提示する手法についての検証をする。また、提示波形にノイズ成分を付加した場合の知覚の変化について報告する。

## 2. 実験

従来のテクスチャ感提示に関する研究では、指先への提示を主に行っていた。しかしながら、普段物体にコンタクトする際、手部全体で行うことの方がより自然である。よって本実験では、これまで用いられてこなかった手掌部にテクスチャ感を提示し、その知覚能力を検証する実験を行った。

提示波形のパターンについては、過去の知見から、低周波領域と高周波領域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[6]。この際、出力波形として特定周波数のみの純音を用いている。しかしなが

ら、実物体のテクスチャ情報を記録してみると、純音以外のノイズ成分も多分に含まれていることが分かる[11]。聴覚の分野では、声においてフォルマント特性に当てはまる周波数の純音のみでは特定の言葉にならず、特定周波数周辺のノイズを付加することで初めて言葉となることが判明している。そこで我々は、触覚においてもこのような知覚現象が生じ得る可能性を検証するため、純音に様々なパタンのノイズを付加した際の知覚の変化も同時に調べることにした。

## 2.1 実験装置

本実験では、音響スピーカ、アンプ、インタフェースボード、PC から構成されるシステムを用いた。



図 1：刺激装置

## 2.2 周波数パターン

本実験では、昆陽らが明らかにした低周波と高周波の組み合わせに基づき[5]、180Hz の正弦波 180Hz と 30Hz～80Hz (10Hz 間隔)の低周波を組み合わせたもの、すなわち 30Hz+180Hz, 40Hz+180Hz, ..., 80Hz+180Hz を基準波形とした。

本実験では、この6つの基準波形に対し、以下の5通りの条件を設定し、それぞれ波形を合成した。

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

低周波の種類は 30Hz～80Hz・10Hz 間隔で系 6 種類あるため、全条件に対して合成し、計 30 種類の波形パターンを得た。

## 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、提示する波形が変わった際に明確に気づくまで慣れさせた。その後、ヘッドフォンでホワイトノイズを聞かせた状態で全 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つのパターン毎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えるサンプルを回答させた。用意した素材サンプルは以下の 15 種類である。

表1：素材サンプル

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。

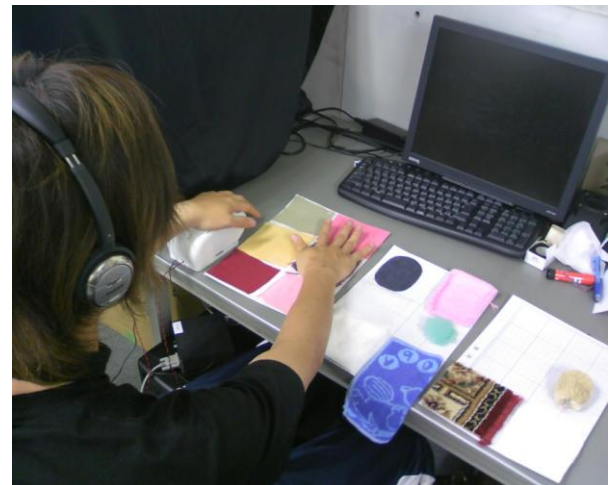


図 2：実験の様子

## 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る。また、反対に低周波が 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、基準波形で選択された素材と波形パターン毎の選択率の関係の表を Table. 3 に示す。Table. 3 では、各条件毎に最も高かった選択率を [%] で表示している。また、赤色が基準波形の選択率に対して選択率が上がったもの、青色は選択率が下がったものを表している。

Table. 3 から、全体的に基準波形にノイズを付加したパターンの方が選択率が上がっていることがわかった。

表2：基準波形で選択の多かった素材

	1番回答の多い素材	2番目に多い素材
低周波数(Hz)	基準波形	
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

表3：基準波形と基準波形にノイズを含んだものの選択率 [%]

低周波(Hz)	基準波形	ノイズ高	ノイズ低	ノイズ高低	ノイズ
選択率					
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

1 波形パターンに対して選択された素材がある程度集中していたことから、手掌部でもテクスチャ感判別が可能であることが示唆された。また、低周波側の周波数を可変することにより、素材の粗さ感をある程度コントロール可能だと思われる。

また、基準波形に対して、ノイズを付加したものの選択率が上がっていることから、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たとと言える。

### 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し、よりリアルな触覚提示装置を目指す。

### 参考文献

- [1] Massie, Thomas H.J.K. Salisbury, "The PHANToM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects," Proceedings of the ASME Winter Annual Meeting, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Chicago, IL, Nov, 1994.
- [2] 金時学, 長谷川晶一, 小池康晴, "7 自由度の力覚ディスプレイ." SPIDAR-R-G の提案, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol7, No3, pp403-412, 2002
- [3] Novint Technologies, Inc. : FALCON, <http://home.novint.com/>, 2007.
- [4] 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.
- [5] 館暲, 菅野米藏, 梶本裕之, "顔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
- [6] 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感ディスプレイ," 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.
- [7] 池田有冬, 長谷川晶一, "材質感提示のための振動を用いた力覚インタラクション環境の提案," ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.10, No.2, pp51-56, 2008.
- [8] 塩川雄太, 田蔵淳史, 昆陽雅司, 前野隆司, "超音波振動子と力覚呈示装置の統合に基づく複合触感呈示法," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1A1-H20, 2008.
- [9] 南澤孝太, 深町聡一郎, 梶本裕之, 川上直樹, 館暲, "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, pp.15-23, 2008.
- [10] 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.
- [11] 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.

