

皮膚状態の違いによる触感再現の予備的検討

Preliminary study on tactile reproduction due to the difference of skin condition

○学 張 建堯 (電通大) 小林 優人 (電通大)
梶本 裕之 (電通大)
松森 孝平 (資生堂グローバルイノベーションセンター)
齋藤 直輝 (資生堂グローバルイノベーションセンター)

Jianyao ZHANG, The University of Electro-Communications, zhang@kaji-lab.jp
Masato KOBAYASHI, The University of Electro-Communications, kobayashi@kaji-lab.jp
Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications, kajimoto@kaji-lab.jp
Kohei MATSUMORI, Shiseido Global Innovation Center, kohei.matsumori@to.shiseido.co.jp
Naoki SAITO, Shiseido Global Innovation Center, naoki.saito@to.shiseido.co.jp

In this study, we aim to present various skin condition with haptic display. We record the acceleration when a finger swipes on the skin, and replay it as vibration. The replaying part is composed of an artificial skin, two audio speakers to vibrate the skin horizontally, and a motion capture system to monitor finger motion. Our idea is that we assure basic feeling of skin, such as softness and smoothness, by using artificial skin, and add vibration to express roughness of the skin.

Key Words: tactile sense, skin texture, vibration

1. 緒言

振動刺激や電気刺激を用いて物体表面のテクスチャ感を再現する技術は数多く提案されている[1][2][3]. テクスチャ感例えば衣服等の商品では重要な要素であり, これを再現できることにはインターネットショッピング等の分野で大きな需要があると考えられる.

こうしたテクスチャ感再現の研究の中でも, 近年ではあえて「実物の接触対象」を用意し, その触感を変調する研究が行われているこれは一種の触覚のAR(Augmented Reality:拡張現実)とみなすことができる. 例えば Asano らは特徴的なテクスチャを持つ素材に対して深度方向の振動を加えることで, その素材の粗さ感を変調させる手法を提案した[4]. また, Maeda らは指先に装着させたボイスコイル型アクチュエータを振動させることで, 指先で触れた物体の触覚が変化することを報告した[5]. 吉元らは指中節または基節への電気刺激によって, 指先の触覚を遮ること無く新たな触覚を加える手法を提案している[6].

本研究ではこのような触覚ARの題材の一つとして, 人間の皮膚を扱う. 人間の皮膚は加齢や健康状態によって変化し, 「スベスベ肌」, 「ガサつき肌」等と表現されるように, 見た目と同等以上に触感の変化が一般に高い関心をもたれる対象である. しかしこの皮膚状態を触覚ディスプレイで再現しようとすると, 皮膚は柔軟な弾性体であることから, 一般的な硬い板の振動を用いるような触覚ディスプレイでは人肌らしさに到達すること自体が難しい. 一方で触覚ARの観点にたてば, こうした基本的な人肌の性質を人工の人肌で再現した上で, 肌状態の「変化」成分だけを提示することが可能になると考えられる.

今回は特に, 振動刺激に基づく触覚AR手法を用いて皮膚の粗さ感覚の再現を行う. 具体的には, 本物の皮膚を模して

作られた人肌ゲル(BIO SKIN PLATE, BEAULAX CO. LTD)を用いて人肌そのものの柔らかさと滑らかな触感を確保し, その人肌ゲルに振動刺激を重畳することで粗さの表現を行う.

本稿ではこのコンセプトに基づいた基本的なシステムについて説明する. まず本物の人肌をなぞった時のテクスチャ感の測定を加速度センサを用いて行なった. 次に測定したデータを用いて人肌ゲルのテクスチャ感変調を行うため, 振動提示デバイスの試作を行なった.

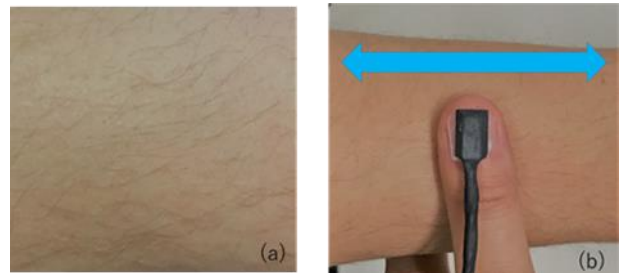


Fig 1 (a)The sample rough skin of outside of the left forearm;
(b)Paste the acceleration sensor on the nail and rub the sample skin in the direction of blue arrow to obtain vibration data.

2. 振動提示による人肌粗さの表現

2.1. 振動データの記録

本研究で用いるシステムは記録側と再生側に分かれる. 記録側は, 高精度加速度センサ (A3AX-SENSOR, AX2609B-01, TecGihan)を中指先の爪に装着している状態で, 本物の荒い皮膚をなぞった. Fig 1に示すように, 左前腕外側のうぶ毛が生える50mm×20mmの部分サンプルとし, なぞっている間の振動データを取得した. 得られたデータを Fig 2に示す. 指先

皮膚の粘弾性により[7]、今回はせん断方向の振動データが触覚提示には適していると考え、水平方向のデータを用いた。

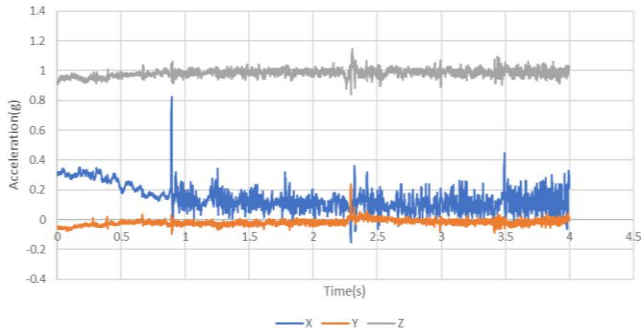
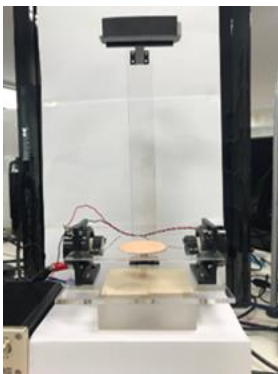


Fig 2 The vibration data. Blue, orange and gray show the vibration waveforms of the x, y, z axes respectively.

2.2. 提示装置概要

提示装置は Fig 3 に示すように、テーブル、音声信号による振動を提示するためのオーディオスピーカー(NSW 1-205-8 A (2), AURASOUND)二つ、手先の動きを計測するカメラ(LEAPMOTION)、オーディオアンプ(M50, MUSE)、振動信号源(PC ソフトウェア Audacity) から構成される。試作機を横から撮影した側面図を Fig 3(b)に、模式図を Fig 3(c)に示す。テーブルの側面に二つのスピーカが固定され、直列でオーディオアンプに接続されている。アクリル板がスピーカに接続されており、スピーカの振動によりアクリル板が駆動される。アクリル板の上に皮膚モデルを載せる。テーブルの後面にカメラ支柱が固定され、アクリル板から 18cm の高さでカメラが配置されている。カメラとして用いた LeapMotion はヘッドマウントモードで手の甲側からの計測が可能であり、PC の Processing 環境で用いられる LeapMotionP5 ライブラリによって計測される。

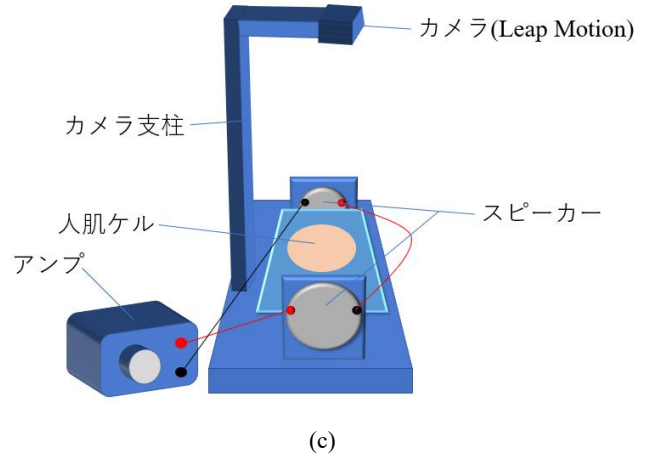
振動は PC の音声出力として再生され、手の速度に比例したボリューム調整を行うことによって動きが速いほど振幅が大きくなり、自然なテクスチャ感が得られる。



(a)



(b)



(c)

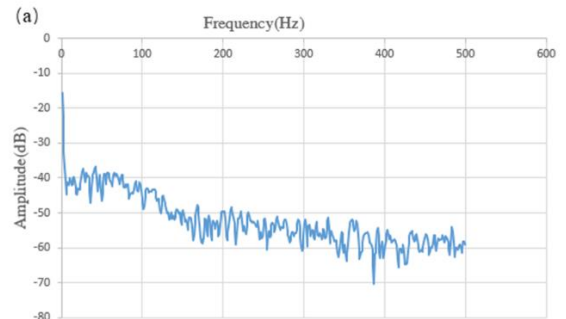
Fig 3 Vibration presentation system: (a)Overview of the device; (b)Side view of the device. (c)Schematic diagram of the device.

2.3. 振動データの処理と再生

本研究では特に人工皮膚を介して振動が提示されるため、提示される振動の周波数特性が問題となる。ここでは以下のような方法によってこの問題を解決した。

まず加速度センサで記録した振動サンプルデータを音声処理ソフトウェア Audacity に取り込み、周波数分布を得る(Fig 4(a)). これを再生し、板を振動させた状態で、再度指で人工皮膚をなぞって振動を記録し、この波形の周波数分布を再度計算する(Fig 4(b)).

本来理想的にはこの 2 つの周波数分布は一致することが望ましいが、再生時に含まれるアンプやスピーカのフィルタ特性、および人肌ゲルの特性により、異なった結果となる。これを補正するため、Fig 4(a)と Fig 4(b)の振幅比率 (dB 表示では差分) によって 10Hz 刻みのイコライザを作成した。このイコライザは、「皮膚を直接触るときの周波数分布」と「振動提示装置で皮膚に振動が提示されたときの周波数分布」の違いを一致させる逆フィルタとして機能する。これを最初の記録波形に掛けて得られた波形でアクリル板を駆動する。この際に再度指先に搭載した加速度センサで記録した振動の周波数分布を Fig 4(c)に示す。これは Fig 4(a)に比較的一致しており、イコライザが正しく機能したことを示唆している。



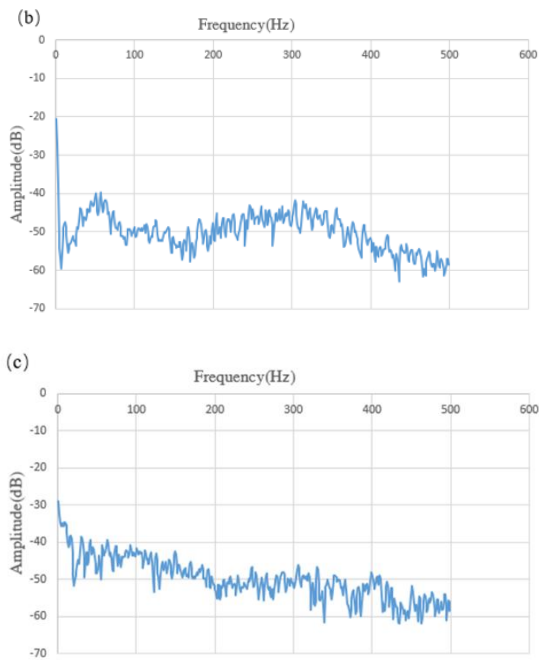


Fig 4 The gram of Fourier transform. (a): Fourier transform gram for record.wav. (b): Fourier transform gram for replay.wav. (c): Fourier transform gram for final.wav, which is similar as (a)

2.4. 予備的検討

本研究で提案した手法を試みたところ、予備的ではあるが試作機によって粗い皮膚の状態を感じ取ることができた。

3. まとめ

本研究では、皮膚状態の触覚的な違いを表現するために、柔らかい人工皮膚と振動提示を組み合わせる手法を提案した。現在までに記録した振動の周波数特性の調整によってリアルな人肌の粗さ感を提示することが可能となっている。一方で現在の試作装置はカメラによって指の動きを検出し、PCプログラムで音声信号の振幅を調整しているため、振動提示の時間遅れが明瞭に知覚されてしまうという課題がある。今後はこの時間遅れの問題を解決すると共に、表現できる人肌の種類を増やしていき、実物との対比による評価実験を行う予定である。

参考文献

- [1] M. Strese, and E. Steinbach, "Toward high-fidelity haptic interaction with virtual materials: A robotic material scanning, modelling, and display system", IEEE Haptics Symposium, pp.247-254, 2018
- [2] K. J. Kuchenbecker, J. Romano, and W. McMahan, "Haptography: Capturing and Recreating the Rich Feel of Real Surfaces", Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 245-260, 2011.
- [3] K. Ito, S. Okamoto, H. Elfekey, H. Kajimoto, and Y. Yamada, "A texture display using vibrotactile and electrostatic friction stimuli surpasses one based on either type of stimulus", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), pp.2343-2348, 2017.
- [4] S. Asano, S. Okamoto, and Y. Yamada, "Vibrotactile Stimulation to Increase and Decrease Texture Roughness", IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol.45, pp.393-398, 2015.
- [5] T. Maeda, R. Peiris, M. Nakatani, Y. Tanaka, and K. Minamizawa, "HapticAid: Wearable Haptic Augmentation System for Enhanced, Enchanted and Empathised Haptic Experiences", In Proceedings of SIGGRAPH Asia 2016 Emerging Technologies, Article No.4, Macau, 2016.12.
- [6] S. Yoshimoto, Y. Kuroda, M. Imura, and O. Oshiro, "Material Roughness Modulation via Electrotactile Augmentation", IEEE Transactions on Haptics, vol.8, pp.199-208, 2015.
- [7] 田中由浩, "振動に関わる皮膚特性, 触知覚, 運動特性", バイオメカニズム学会誌, Vol. 41, No.1 (2017)
- [8] E. R. Kandel, J.H. Schwartz, and T. M. Jessel, "Principles of Neural Science ed. 4", McGraw-Hill, 2000.
- [9] S. J. Bensmaia, and M. Hollins, "The vibrations of texture," Somatosensory and Motor Research, vol. 20, no. 1, pp. 33-43, 2003.