



異なる皮膚状態の触感再現に関する研究

Research on tactile reproduction of different skin conditions

張建堯¹⁾, 小林優人¹⁾, 梶本裕之¹⁾, 松森孝平²⁾, 齋藤直輝²⁾

Jianyao ZHANG, Masato KOBAYASHI, Hiroyuki KAJIMOTO, Kohei MATSUMORI and Naoki SAITO

- 1) 電気通信大学 大学院情報学専攻 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {zhang, kobayashi, kajimoto}@kaji-lab.jp)
 2) 資生堂グローバルイノベーションセンター (〒220-0011 神奈川県横浜市西区高島 1-2-11, {kohei.matsumori, naoki.saito}@to.shiseido.co.jp)

概要: 本研究は, 指が本物の皮膚をなぞる間に生じた水平方向の振動と摩擦力を利用して異なる皮膚状態の触感を再現することを目的とする. 指の皮膚をなぞる加速度を加速度センサーで記録し, それを振動として再生する. 同時にモータで制御されたスライドボリュームによって指に反力や推進力を与え, 摩擦感や滑らかさを表現する. さらに試作機には人肌ゲルが敷設されており, 基本的な肌触りを確保し, 振動と力を提示することで異なる皮膚の触感を表現する.

キーワード: 触覚, 皮膚, 触覚ディスプレイ

1. 緒言

振動刺激を利用して物体表面の触感を再現する技術は多数提案され, 木や布などの物体の表面触感を再現できる触覚ディスプレイも開発されている[1][2][3]. こうした触感の再現はネット通販の商品の評価などに応用出来ると予想される. 特に化粧品の領域では, 塗布に伴う皮膚触感の変化を再現できることは商品の評価に直接関わることになる. 一方で, 人間の皮膚のもつ柔らかさなどの特徴は, 通常の硬い板を振動させるタイプの触感提示で再現することは難しいと考えられる.

触感再現に関する研究の中では, 実物の接触対象を用意し, その触感を変調する研究が複数行われている[4][5][6]. このような手法は触覚における AR (Augmented Reality: 拡張現実感技術) とみなすことができる. 本研究は触覚 AR の手法を利用し, 人間の皮膚状態の再現を目指す. 前述のように皮膚は柔軟な弾性体であるため, 一般的な硬い板の振動を用いる手法では「皮膚らしさ」を十分に確保できない. ところが, 触覚 AR の観点に立てば, 皮膚の基本的な性質を人工の人肌ゲル(BIO SKIN PLATE, BEAULAX CO. LTD)で再現した上で, 皮膚状態の変化成分だけを提示できると考えられる.

我々は前報において, 実物の人肌ゲルに振動を加えることで, 荒い皮膚状態の触感を感じ取ることができることを確認した. 今回はその再現性を向上させるため, 触感に係る摩擦感を考慮する. ここで言う摩擦感とは, 指が素材をなぞる際に生じる振動によるテクスチャー感(Roughness)

ではなく, 特に接触面での水平方向の摩擦動作による抵抗力(Friction)を指す. 力を提示するためにモータ付きのスライドボリューム(RSA0N11M9A0K, ALPS ALPINE CO. LTD)を導入し, モータによって指に反力を与えることで, 荒い皮膚をなぞる時に指先が感じる抵抗力の再現を行った. 一方, なぞる際に振動を加えず, モータで指に推進力だけを与えると, 滑らかな皮膚の「スベスベ感」も感じ取ることが出来る.

本稿では, 改良されたシステムについて説明する. まず, 指の位置計測と力提示の機能をモータ付きのスライドボリュームで実現した. 次に指先に力を提示するために試作機を改良した.

2. 関連研究

前報ではスピーカによる水平振動を提示できる試作機を開発した[7]. 試作機の模式図を図 1 に示す. 人肌ゲルを試作機のアクリル板に乗せて, 指で人肌ゲルをなぞる. 指の動きを LeapMotion で計測し, 振動振幅を動きの速度に比例させることで, 自然な荒い皮膚のテクスチャー感を表現することが出来た. しかし, LeapMotion による指計測は, 振動提示の時間遅れが明瞭に知覚されるという問題が残り, また力の提示は行われていなかった.

皮膚は柔軟な弾性体であるため, 指で皮膚をなぞる時に皮膚の柔らかさの影響を考慮する必要がある. 井上らは指より柔らかい素材をなぞる時の摩擦係数は指速度, 法線力(押圧力)に依存し, 素材が柔らかくなるにつれ摩擦係

数が大きくなり、速度依存性と法線力依存性も大きくなることを報告した[8]。このような依存関係は摩擦感再現の重要な要素と考えられる。

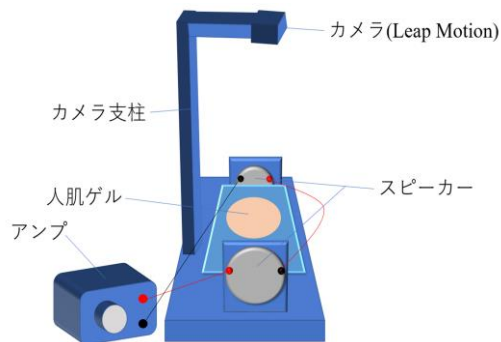
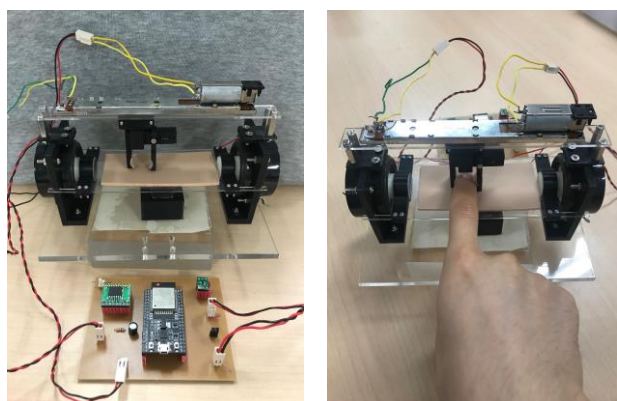


図1 前稿で提案した触覚ディスプレイの試作機

3. 力提示による粗さと滑らかさの表現

3.1 システム改良

今回のシステムを図2(a)に示す。



(a)

(b)

図2 (a)改良後のシステム。(b)試作機の使用中の様子

試作機の模式図を図3に示す。本体の側面に音声信号による水平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)が二つ固定され、直列でオーディオアンプ(M50, MUSE)に接続される。二つのスピーカはアクリル板を左右から挟んでおり、板は宙吊りの状態となっている。アクリル板の上に人肌ゲルを乗せる。本体の上部にスライドボリュームを設置する。これは指先計測と力提示の機能を持つ。提示された力を指先に届けるよう、スライドボリュームのハンドルにサポート部をつける。サポート部は硬い素材で作られたので、使用中の違和感を軽減するため、接触部分にも人肌ゲルを貼り付けている。

システム制御回路を図4に示す。デジタルポテンショメータ(MCP4018, MICROCHIP TECHNOLOGY INC.)はPCから入力された振動(音声)振幅を調整する。モータドライバ(BD6222HFP, ROHM CO. LTD)はスライドボリュームに

付属のモータを制御する。モータを制御して試作機のサポート部を動かすことで力を提示する。マイコン(ESP32 ESPRESSIF INC.)は計測から提示までの流れを処理する。前報のシステムと比べて、マイコンとモータ付きスライドボリュームの導入によりPCによる通信が排除されており、時間遅れを感じにくくように軽減した上に、力提示を可能にするように改良した。

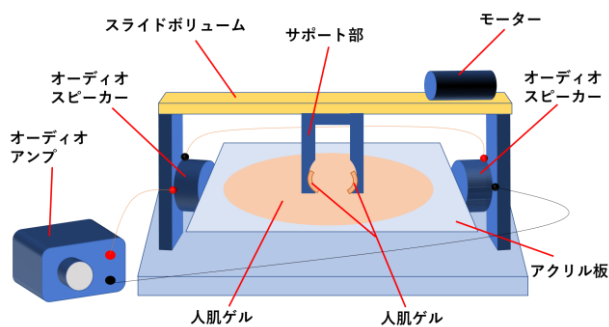


図3 改良後の試作機模式図

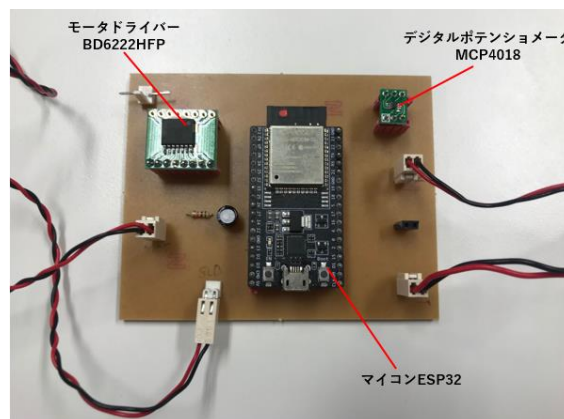


図4 システム制御回路図

3.2 触感再現手法

触感再現の流れを図5に示す。荒い皮膚触感の再現は、振動提示側と力提示側に分けている。まず図2(b)に示すように、指をサポート部に入れて左右に動かす。スライドボリューム上の可変抵抗で指の位置を計測する。ESP32はスライドボリュームから抵抗値変化を読み取り、指の速度を算出する。振動提示側では、PCからの振動信号を常時MCP4018に入力し、MCP4018はESP32からI2C通信で指の速度に基づいたボリューム値を受け取り内部の抵抗を変化させる(デジタルボリューム)。これにより出力信号の振幅が調整され、指が動き始めると振動は提示され、速度が速いほど振動は大きくなる。力提示側では、ESP32は読み取った抵抗値変化の正負性よりモータの回転方向を決定する。次にモータドライバBD6222HFPはPWM制御よりスライドボリューム上のモータを駆動する。指が動き始めるとモータが指の動きと逆の方向に力を発揮することで指先に抵抗力を提示する。現時点では抵抗力を明確で安定に感じ取れるようにPWM制御のオンの時間幅は

40%に固定している。振動と抵抗力を組み合わせることで、荒い皮膚の触感をよりリアルに再現する。

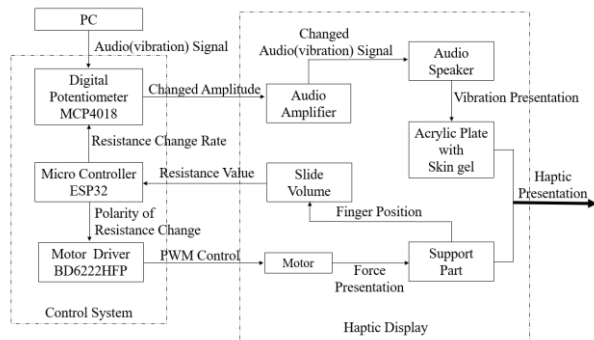


図5 システム構成と触感再現の流れ

一方、滑らかな皮膚触感の表現を行う場合は、振動を提示せず、指が動き始めるとモータが指の動きと同じ方向に推進力を提示する。指が動かされるような違和感を生じさせないように、現在のところPWM制御のオン・オフの時間幅は35%に固定している。これにより滑らかな皮膚の「スベスベ感」を表現する。

4. まとめ

本研究では、異なる皮膚状態の触感を再現するために、柔らかい人肌ゲル上に振動提示と力提示を組み合わせる手法を提案した。現在の段階では荒い皮膚の「ザラザラ感」と滑らかな皮膚の「スベスベ感」を再現することが可能となっている。一方で現在の力提示は、両方ともPWM出力を固定し、静止摩擦係数と動摩擦係数の違いを考慮していない。提示された力は本物をなぞる時の力と差異が存在すると考える。今後は本物をなぞる時の力の特徴を参照し、指の動きに合わせてPWM出力を調整できるアルゴリズムを複数作成する。再現性を向上させると共に、各アルゴリズムで提示した力を計測し、再現性を確認する予備実験、及び実物との比較による評価実験を行う予定である。

謝辞：本研究の一部はJSPS 科研費JP15H05923の助成を

受けたものです。

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. Effekey, 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] 張建堯, 小林優人, 梶本裕之, 松森孝平, 齋藤直輝, "皮膚状態の違いによる触感再現の予備的検討", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 講演論文集, 2A1-T02, 2019.
- [8] 井上公貴, 岡本正吾, 秋山靖博, 山田陽滋, "指で皮膚を擦る時に皮膚の柔らかさが摩擦係数に与える影響", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 講演論文集, 1P1-U02, 2019