



接線力と法線振動による皮膚触覚ディスプレイの特性

嶋田拓海¹⁾, 上正原陽²⁾, Vibol Yem¹⁾, 雨宮智浩³⁾, 池井 寧¹⁾, 佐藤 誠¹⁾, 北崎充晃⁴⁾

1) 首都大学東京 システムデザイン学部 (〒191-0065 日野市旭が丘 6-6, {shimada,ikei,yem}@vr.sd.tmu.ac.jp)

2) 元首都大学東京 大学院システムデザイン研究科 (〒191-0065 日野市旭が丘 6-6, kamishohara@vr.sd.tmu.ac.jp)

3) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1, amemiya.tomohiro@lab.ntt.co.jp)

4) 豊橋技術科学大学 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, mich@tut.jp)

概要: 本触覚ディスプレイは、示指の皮膚表面に対して、モータによる接線力とボイスコイルによる法線振動の二種類の力によって生地試料の触覚を再現している。本稿では三種類の生地（テクスチャ）試料に対応する提示量を、粗さ感、摩擦感、硬さ感の観点から最適化した結果について述べる。

キーワード: 触覚ディスプレイ, 接線力, 法線振動

1. 緒言

ヒトが実世界のモノの形状や質感を知る際には、指先と対象物表面との接触による接線力と法線力が生じている。その感覚を VR 空間で表現するためには、接線力分布と法線方向の力の変化を提示する触覚ディスプレイの構成 (図 1) が有効である [1][2]。この刺激を組み合わせれば、さまざまな素材の触感を再現できる可能性がある。ここでは、三種類の生地（テクスチャ）試料を対象し、本触覚ディスプレイで表現するための提示量の最適化を行った結果について述べる。触覚提示の品質の評価には、粗さ感、摩擦感、硬さ感を用いた。

2. 触覚ディスプレイの提示量の最適化

触覚ディスプレイを用いた生地試料の触感再現に適する刺激パラメータ（回転振動振幅角度と周波数、法線振動振幅と周波数）を調整法で計測した。

2.1 実験手法

8 名 (平均年齢 21.3 歳) の大学 (院) 生が、遮蔽箱内に設置された生地試料をなぞり、その触感を確認した。次に、触覚ディスプレイを把持し並進運動させ指先に提示される刺激を確認しながら、その刺激が生地試料の触感に最も近づくまで、キーボード操作にて振動の振幅、周波数を増減する。なお、回転振動と法線振動のパラメータ調整は独立に行った。

2.2 実験条件

- ・生地試料は麻、レザー、テフロンとする。
- ・指先が試料に接する法線力は 50 g に設定する。

Takumi SHIMADA, Yo KAMISHOHARA, Yem VIBOL, Tomohiro AMEMIYA, Yasushi IKEI, Makoto SATO, and Michiteru KITAZAKI

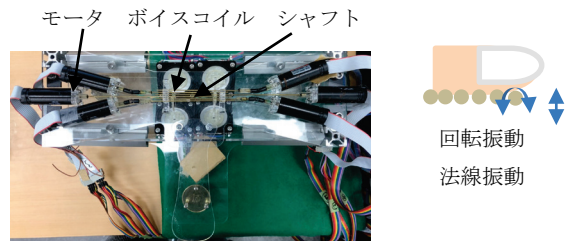


図 1 触覚ディスプレイの外観, 刺激機構

- ・なぞる指は右手示指とする。
- ・計測前にウェットティッシュ, ティッシュでよく拭く。
- ・イヤホン又はヘッドフォンでホワイトノイズを流す。

2.3 実験結果

図 2 に回転振動の調整値, 図 3 に法線振動の調整値の結果を示す。全てのパラメータの平均値において、麻が大きく、テフロンが小さい値となった。全体的に麻のばらつきが最も小さい。一元配置分散分析によれば、回転振動振幅角度は有意差傾向、回転振動周波数は有意差なし、法線振動振幅は 1% で有意差あり、法線振動周波数は 5% で有意差ありであった。麻は硬い繊維素材のため刺激量が大きく

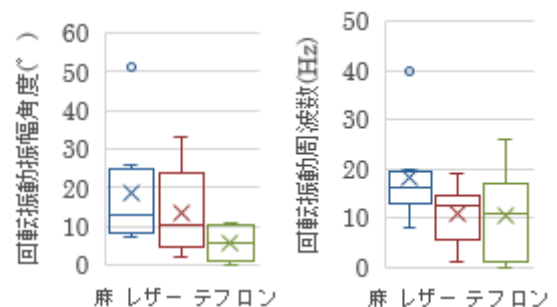


図 2 回転振動振幅と周波数の最適値

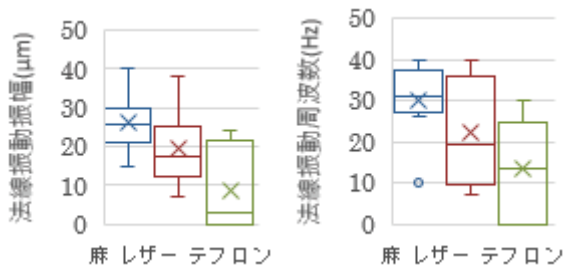


図3 法線振動振幅と周波数の最適値

調整の手がかりが多いためばらつきが小さくなったと考えられる。また、麻の提示量が大きい値となったのも同様の理由と考えられる。回転振動周波数は分散分析より有意差がないので、三種類の生地試料の相違を表現するのに有効ではないと考えられる。

3. 生地試料, 触覚ディスプレイ評価実験

接線方向, 法線方向を独立に調整したパラメータの平均値を同時に用いた提示刺激を評価する。生地試料とこの触覚ディスプレイの提示を, 粗さ感, 摩擦感, 硬さ感の要素ごとに定量化し比較する。

3.1 実験手法

調整法を行った被験者が直接強度評定を行う。調整法と同じ条件で生地とディスプレイの強度を, 表1の(0), (1)の標準刺激の間のどこに位置づけられるかを回答させた。

3.2 実験結果

図4に三種類の生地試料と触覚ディスプレイの各要素における評価値の平均と標準誤差を示す。グラフから, 麻は全体的に触覚ディスプレイの方が刺激量大きい。レザーは, 摩擦感, 硬さは生地試料の方が強く, 硬さは触覚ディスプレイ

表1 各要素における標準刺激

| | 標準刺激 0 | 標準刺激 1 |
|-----|----------|--------|
| 粗さ感 | ガラス板 | 真鍮棒アレイ |
| 摩擦感 | PVC 上に洗剤 | やすり |
| 硬さ感 | 接触なし(空気) | ガラス板 |

真鍮棒アレイ
φ=3.0mm

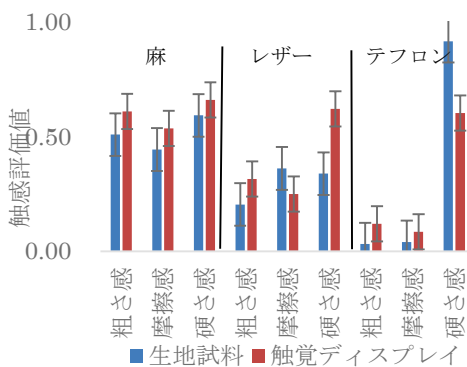


図4 触感評価実験結果

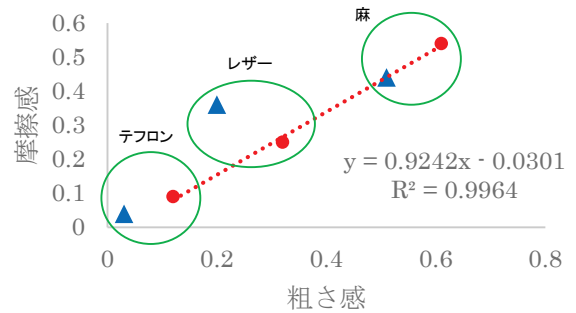


図5 粗さ感, 摩擦感の関係(△:生地試料, ○:触覚ディスプレイ)

プレイの方が強い。テフロンは粗さ感, 摩擦感, 硬さは触覚ディスプレイの方が強く硬さはテフロンの方が強い。また, ユークリッド距離を計算すると, 麻は0.15, レザーは0.32, テフロンは0.33であった。よって麻が最も提示の差異が小さいと考えられる。評価実験では図5のように本触覚ディスプレイは粗さ感と摩擦感に正の強い相関関係があった。これより, 粗さ感と摩擦感を独立して再現することが難しく, 粗さ感と摩擦感の値が大きく異なる試料生地を再現するのが難しい可能性が示唆された。硬さは麻の硬さは再現できているが, ほぼ一定の値をとり, 硬さは制御パラメータを変化させてもごく狭い範囲しか再現できないことがわかる。

4. 結言

本触覚ディスプレイの提示量の最適化により実際の三種類の試料生地に適合する提示量が得られた。しかし, 回転振動周波数はこれらの試料生地の差の表現には適さないことが示唆された。また, 生地試料, 触覚ディスプレイの提示の評価結果から, 摩擦感, 粗さ感, 硬さは強い相関関係があり, 独立して再現できない可能性があること, 硬さはごく狭い範囲しか再現できていないことがわかった。今後はこれらの点を詳しく検証し改良していきたい。

謝辞

本研究は, JSPS 科研費 JP26240029, JP18055498, 総務省 SCOPE (受付番号 141203019) の支援により実施されたことに謝意を表す。

参考文献

[1] R. S. Johansson, G. Westling: Roles of glabrous skin receptors and sensorimotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or more slippery objects, Experimental Brain Research, Vol.56, pp.550-564, 1984.
 [2] Y. Ikei, M. Yamada, S. Fukuoka: A new design of haptic texture display -TextureDisplay2- and its preliminary evaluation, Proc. IEEE-VR2001, pp. 21-28, 2001.