

静電気力を用いた触図ディスプレイにおける図形認識度の向上

An Improvement of Tactile Graphics Recognition with Electrostatic Tactile Display

○ 富田洋文 (筑波大) 嵯峨智 (熊本大)
梶本裕之 (電通大) 高橋伸 (筑波大)

Hirobumi TOMITA, University of Tsukuba, tomita@iplab.cs.tsukuba.ac.jp
Satoshi SAGA, Kumamoto University
Hiroyuki KAJIMOTO, The University of Electro-Communications
Shin TAKAHASHI, University of Tsukuba

The visually impaired have to obtain shape information through tactile graphics. We developed the tactile graphics recognition system with electrostatic tactile display, and investigated recognition rates of a figure in our previous research. Based on the result, we proposed to incorporate the improved rendering methods. In this paper, we conducted a pilot study for a novel rendering method. Furthermore, we investigate the recognition rates of the figure by using our system installed the proposed method.

Key Words: Haptics, Electrostatic Tactile Display, Tactile Graphics Recognition

1 緒言

視覚障害者は形状を認識するとき、触図とよばれる、静的な形状情報を触察によって知覚し理解する。しかし、これら触図は一度作成すると形状を変更することが困難である。そこで、これまで視覚障害者向けに触覚ディスプレイを用いて動的に形状の変化を知覚させることを目的とし、図やグラフを読み取る研究がなされてきた。先行研究の例として、ピンアレイを用いた手法が挙げられる [1]。しかし、この手法で図やグラフを提示するには多くのアクチュエータが必要となり、導入するまでに多くの費用がかかってしまう。そこで我々は触覚ディスプレイの研究の中で我々は近年注目されている静電気力を用いて触覚フィードバックを発生させる手法 ([2, 3, 4, 5, 6]) に着目し、これを用いた図形情報を提示するシステムを検討する。この静電気力を用いた手法は高電圧を出力できる装置、電極、そして絶縁膜のみで触覚提示を可能とする。そのため、装置自体は安価かつ手に入れやすい材料で作ることができる。

我々は先行研究にて、本システムを用いて触図に関する調査を行うために評価実験を実施した。4種類の図形を触覚ディスプレイ上に1種類ずつ提示し、実験協力者に指で認識した図形を口頭で答えてもらった [7]。実験の結果、提示された図形と実験協力者が答えた図形との正答率は約68%であった。我々はこの正答率を上げるため、提示手法を改善することにした。実験協力者のなごり方の様子から、なごる指の誘導や図形の境界線の強調によって図形の識別が向上できると考えられる。

そこで本稿では我々の触図システムにおける識別度の向上のための改善手法を提案し、健常者による予備実験を通して改善手法を実装した。また、その改善手法をこれまでの触図システムに取り入れることでどれほど改善されたかを検証する。

2 触図システムと識別度向上のためのレンダリング手法

2.1 静電気力を用いた触覚ディスプレイによる触図システム

静電気力を用いた触覚ディスプレイは電極、絶縁膜、そして高電圧発生装置で構成される。電極はアルミホイルを、絶縁膜は15 μm のプラスチックのフィルムを使用した。高電圧発生装置は電通大の梶本研究室で開発された装置を使用する。この高電圧発生装置は最大600Vの電圧印加させることが可能である。絶縁膜が貼られた電極に高電圧を印加し、指を置くことで絶縁膜の表裏で誘電分極が発生する。印加する電圧値を変化させることで誘電分極によって発生する力が変化し、この状態で指をなごることで指表面にわずかな剪断力に変化が生じることでヒトが指を通して触覚を知覚することができる。

しかし、これらの構成のみでは触覚ディスプレイ上で任意の図形を提示させることはできない。そこで、本システムでは指の位

置をトラッキングし、提示したい図形の範囲内に指がある場合のみ触覚を提示する。タッチ位置を赤外線を用いて検出する zForce AirTM 295 とその検出位置データを受け取る PC を使用する。本システムの概要図と実際の装置の写真を図1に示す。これにより指の位置をトラッキングしながら位置に応じた触覚を提示することが可能となる。

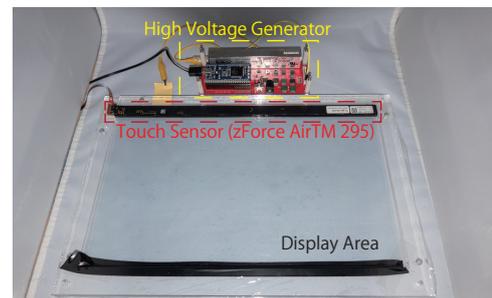
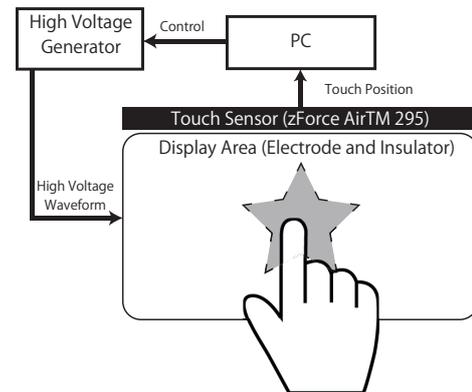


Fig.1 Outline of the tactile graphics system (upper side) and photo of the device (lower side).

2.2 識別度向上のためのレンダリング手法

我々の先行研究における提示手法は図形の面上にのみ触覚を提示していた。実験中の実験協力者の手のなごり方から、我々は図形の特徴部分を強調することでより触図による識別率が向上すると考えた。本稿では強調する図形の特徴部分として境界線に着

目する。境界線を強調する手法として図形内部とは別の触覚を境界線上に提示することが挙げられる。これは図形の外、図形の内部、そして境界線上それぞれに違う入力信号を入力することでそれぞれのエリアごとで違うテクスチャ感が得られる。本稿では図2のような改善手法を提案する。これは図形内部や境界線といったエリアごとで入力波形の周波数を変化させ、それぞれで違うテクスチャ感を出すレンダリング手法である。この手法は図の境界線に触覚提示領域を設ける(図2(b))。この境界線には図形内部または図形外部と区別できる触覚を提示する。先行研究でも、同じ矩形波でも周波数を変えるだけで触感に違いを生ませることが可能とわかっている [8]。

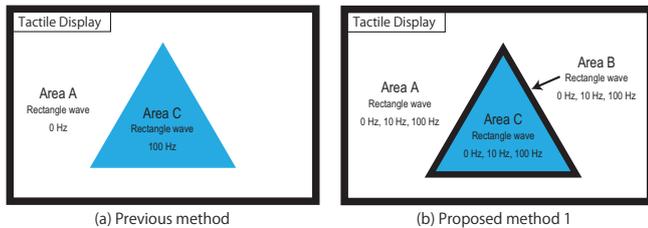


Fig.2 Proposed improvement methods

この提案手法において図形内部、図形外部、そして境界線上でどのようなテクスチャ感を提示すれば良いかを調査するために予備実験を実施した。この予備実験では、3種類の入力波形である矩形波の0 Hz、10 Hz、100 Hzを3つのエリアごとで入力し、その時の境界線の位置をどれほど正確に捉えることができるのかを評価した。この実験では健常者3名(21歳から24歳)に実験協力者として評価してもらった。実験の結果、境界線の幅が5 mmで、図形外部の入力波形が矩形波の0 Hz、境界線上の入力波形が矩形波の10 Hz、図形内部の入力波形が矩形波の100 Hzの場合が最も誤差が少なく平均誤差は1.2 mmであった。この組み合わせでの誤差が少なかった理由として、提示したテクスチャ感の順番に関係があると考えられる。先行研究では、矩形波の10 Hzを入力とする触覚フィードバックは「ごつごつ」といった硬い触感が、また100 Hzでは粗い触感が得られる [8]。0 Hzは波形が出力されず絶縁膜自体のテクスチャ感が提示され、今回の場合では非常に滑らかな触感である。このことから図形外部の滑らかなテクスチャから図形内部の粗い触感の間にぶつかる表現が感じられることで、より境界線が強調され、境界線の位置がより正確に分かったのだと思われる。

本稿では、この組み合わせを用いたレンダリング手法を元々の触図システムに取り入れる。

3 提案手法を用いた触図システムにおける識別率の調査

これまでの触図システムに本稿で提したレンダリング手法を利用することで図形の認識がどれほど向上するのかを調査するために評価実験を実施した。本実験では実験協力者として健常者22歳から25歳の健常者3人に目隠しをしてもらい我々の装置から提示された図形が何であるかを答えてもらった。提示する図形として円、正方形、正三角形、そして星形を用意し、それぞれの図形が5回ずつランダムに出現する。用意した図形を図3に示す。また、すべての図形の高さを8 cmと設定した。入力波形のパターンは予備実験で最も評価が良かった組み合わせを使用する。実験協力者には聞き手に関わらず右手の人差し指で触図を行ってもらい、なぞり方や指の押しつける強さは指定しなかった。また装置が実験協力者のなぞる指を確実にトラッキングするために指の速さを30 cm/s以下になるように指示した。

評価実験は実験協力者に実験概要の説明しその後実験同意書にサインをもらった。説明中は装置をカバーで覆い隠した。実験協力者に目隠しを付けてもらい提示装置の場所や大きさを確認してもらった。そして提示装置に慣れてもらうため練習時間を設けた。この練習時間では円のみを提示し、触覚を知覚できるかどうかを確認したあと1分程度自由に指をなぞってもらった。なお、練習時では提示された図形が何であるかは伝えなかった。本実験

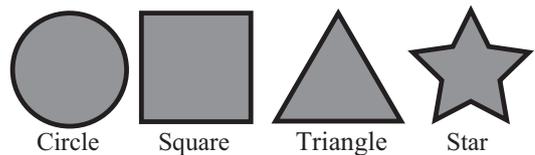


Fig.3 Four prepared figures for evaluation experiment.

では4種類の図形を5回ずつの計20試行をランダムに提示し、実験協力者が提示装置に触れ図形の種類を4種類から選んでもらった。実験協力者には選んだ図形が正答かどうかは伝えず、すぐに次の図形の触覚提示を実施した。実験では5試行ごとに約5分の休憩を行い、実験の最後に簡単に実験協力者から実験のコメントをもらい、実験を終了した。実験にかかる時間は1人あたり約1時間であった。

Table 1 The correct answer rates for each figure.

Answer Display	Circle	Square	Triangle	Star
Circle	44.4	33.3	11.1	11.1
Square	44.4	44.4	0	11.1
Triangle	11.1	11.1	77.8	0
Star	0	0	22.2	77.8

実験の結果を表1に示す。この実験では識別率が61.1%とこれまでのシステムより低い結果となった。今回の実験においても先行研究と同様に、正三角形と星形の識別率が高く、円と正方形の識別率が低かった。また正三角形と星形は他の図形との混同も少なかったが、円と正方形は互いに間違える場合が多かった。先行研究における識別率と比べてみても、今回の提案手法による結果による識別率の向上は見られなかった。

この結果から境界線の強調のみでは図形の識別の精度を向上させるのは厳しいと考えられる。他の改善手法として頂点部分に触覚を付与する方法や複数指を用いた触図手法が挙げられる。頂点の強調により角の位置や数を把握することが可能となり、図形を認識するための特徴を捉えやすくなると考えられる。また、実在する物体の触図では複数指で触れることで認識することが多い。今回の装置では単電極を使用しているため単指でのみの触図と制限があるが、複数電極を用いることで複数指における触図が可能となる。

今後の研究の取り組みとして、これらの改善手法について議論し、評価実験を通して我々の静電気力を用いた触覚ディスプレイにおける触図システムの可能性を調査する。また、実験協力者を視覚障害者に拡張し、システムの有効性を検証する。

4 結論

本稿では我々の静電気力触覚ディスプレイを用いた触図システムにおいて、先行研究で提案した境界線の強調による図形の識別率の向上が可能かどうかを調査した。境界線を強調するためにレンダリング手法を提案し、またその手法を用いてどれだけ境界線を把握できるかを調査するための予備実験を実施した。その予備実験で一番良い結果であったレンダリング手法を元々の触図システムに取り入れ、提案手法を用いたシステムの図形の識別度に関する評価実験を実施した。実験の結果、提示された図形に対して実験協力者が答えた図形との正答率は約61%であり、提案手法による先行研究からの識別率の向上は見られなかった。我々はこの結果から、境界線の強調だけではなく図形の特徴の1つである頂点の強調や複数指による触図をすることで触図の識別度が改善されると考える。

今後はこれらの手法を加味したシステムを構築し、さらなる評価実験を実施する。また、実験協力者を視覚障害者に拡張し、システムの有効性を検証する。

参考文献

- [1] Takashi Mineta, Hiroshi Yanatori, Kenta Hiyoshi, Kazuki Tsuji, Yasuhiro Ono, and Konomu Abe. Tactile display mems device with su8 micro-pin and spring on sma film actuator array. In *2017 19th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS)*, pp. 2031–2034. IEEE, 2017.
- [2] Olivier Bau, Ivan Poupyrev, Ali Israr, and Chris Harrison. Teslatouch: Electro vibration for touch surfaces. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '10, pp. 283–292, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [3] Edward Mallinckrodt, AL Hughes, and William Sleator Jr. Perception by the skin of electrically induced vibrations. *Science*, 1953.
- [4] Robert M. Strong and Donald E. Troxel. An electrotactile display. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, Vol. 11, No. 1, pp. 72–79, 1970.
- [5] David J. Meyer, Michael A. Peshkin, and J. Edward Colgate. Fingertip friction modulation due to electrostatic attraction. In *World Haptics Conference (WHC), 2013*, pp. 43–48. IEEE, 2013.
- [6] Eric Vezzoli, Michel Amberg, Frédéric Giraud, and Betty Lemaire-Semail. Electro vibration modeling analysis. In *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications*, pp. 369–376. Springer, 2014.
- [7] Hirobumi Tomita, Shotaro Agatsuma, Ruiyun Wang, Shin Takahashi, Saga Satoshi, and Hiroyuki Kajimoto. An investigation of figure recognition with electrostatic tactile display. In *International Conference on Human Interface and the Management of Information*. Springer, 2019(to appear).
- [8] Hirobumi Tomita, Satoshi Saga, Hiroyuki Kajimoto, Simona Vasilache, and Shin Takahashi. A study of tactile sensation and magnitude on electrostatic tactile display. In *2018 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, pp. 158–162. IEEE, 2018.