

静電気力を用いた触覚ディスプレイによる触図認識の調査

An Investigation of Tactile Graphics Recognition with Electrostatic Tactile Display

富田洋文¹⁾, 我妻正太郎¹⁾, 王 瑞贇¹⁾, 高橋伸¹⁾, 嵯峨智²⁾, 梶本裕之³⁾

Hirobumi TOMITA, Shotaro AGATSUMA, Ruiyun WANG, Shin TAKAHASHI,

Satoshi SAGA and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 筑波大学 システム情報工学研究科

(〒 305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1, {tomita,agatsuma,wang}@iplab.cs.tsukuba.ac.jp, takahashi@cs.tsukuba.ac.jp)

2) 熊本大学 先端科学研究部

(〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1, saga@saga-lab.org)

3) 電気通信大学 情報理工学研究科

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

Abstract : Visually impaired people have to recognize shape information through tactile graphics. However, conventional tactile graphics are static and cannot modify its shape. Our research aims at developing a novel tactile graphics display which employs electrostatic tactile display. Here we investigated whether a user can recognize shapes with our electrostatic tactile display. We developed a prototype system to display tactile graphics and conducted an experiment for evaluating recognition accuracy of displayed graphics by using our device. The percentage of correct answers is about 68 in the experiment.

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

1. はじめに

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。そこで我々は静電気力を用いた触覚ディスプレイ [2, 3] を用いて図形情報を提示するシステムを検討する。この触覚ディスプレイは電極、絶縁膜、そして高電圧発生装置のみの構成で触覚を提示することが可能である。

本稿では静電気力触覚ディスプレイを用いて提示された図形が、触察のみでどの程度認識できるのか健常者を対象として基礎的な調査を行う。

2. 触覚提示装置

静電気力触覚ディスプレイを用いた触図システムの概要図と実際の装置の写真を図 1 に示す。静電気力を用いた触

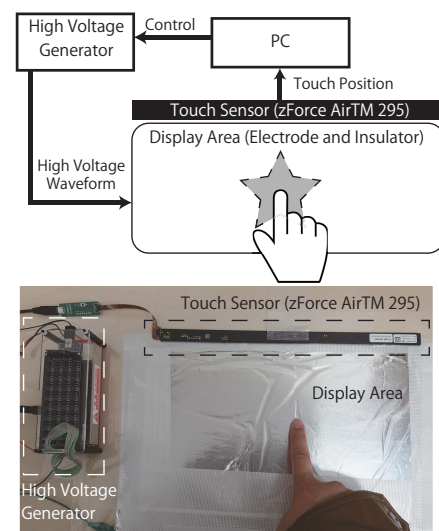


図 1: 触図システムの概要図 (上) と装置の写真 (下)

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。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電荷の偏位が変化し、その結果、電極の電荷との間の静電気力が変化する。こ

の状態では指をなぞることで指表面にかかる剪断力が変化し、指を通して触覚刺激を知覚させることができる。我々の装置では、電極はアルミホイールを、絶縁膜は 15 μm のプラスチックのフィルムを使用した。また高電圧発生装置は最大 600 V の電圧を印加させることが可能で、装置に備わっている mbed マイコンのプログラムを書き換えることで正弦波や矩形波といった様々な波形を出力することが可能である。

しかし、これらの構成のみでは触覚ディスプレイ上で指の位置に応じた触覚を提示することはできない。そこで、触覚ディスプレイ付近に赤外線検出によるタッチセンサ zForce AirTM 295 とその検出位置データを受け取る PC を設置した。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。本稿における我々のシステムでは、ディスプレイ上の指が提示する図形の範囲内に入った場合に刺激を出力し、触覚刺激のある領域の形を基にユーザに図形を識別させる。

3. 触図システムを用いた図形認識の調査

本システムを利用し、触覚ディスプレイ上で提示される図形を認識できるかどう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 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した図形が何であるか、4 つの候補から 1 つを答えてもらった。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た。図形の大きさは、円の直径を 8 cm とし、他の図形は円の面積とほぼ同等となるように設定した。触覚を提示する入力波形は 100 Hz の矩形波に設定した。なぞる指は右手の人差し指に限定したが、なぞる際の指の速度、押し付ける力やなぞり方は限定しなかった。

実験では実験協力者に評価実験の概要を説明し、目隠しをしてもらった。提示する図形の種類について説明した後に、実際に装置に触れて充分な時間の中で触覚刺激に慣れてもらった。この練習段階では装置から円を提示したが、実験協力者には提示されている図形が円であることは伝えなかった。本実験では 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答えてもらった。装置に触れてから答えるまでの時間制限は設けなかったが、1 つの図形を答える平均所要時間は約 45 秒であった。また、答えた際に実験協力者に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。

表 1: 各図形の提示に対する正答率

| Display \ Answer | Circle | Square | Triangle | Star |
|------------------|--------|--------|----------|------|
| Circle | 46.7 | 33.3 | 13.3 | 6.67 |
| Square | 26.7 | 60.0 | 13.3 | 0.00 |
| Triangle | 13.3 | 0.00 | 80.0 | 6.67 |
| Star | 13.3 | 0.00 | 0.00 | 86.7 |

実験の結果、提示された図形に対して識別の正答率は 68.3 % となった。図形ごとの正答率を表 1 に示す。この結果はすべての実験協力者が答えた結果の正答率を平均したもの

である。正答率は星や正三角形が高く、他の図形との間違いも少なかった。逆に、正方形と円の正答率が低く、この二つの図形同士が間違われることがあった。我々はこの要因が指のなぞり方にあると考えた。今回の実験において、実験協力者は水平方向に指をなぞることで触覚のある部分とない部分の境界線を探し図形を把握していた。しかし視界が遮られているため実験協力者のなぞる指が想定している水平方向から少し傾いた状態でなぞる場合があり、その際に提示する図形によっては実験協力者が違う図形として認識してしまうことがあった。

このことから我々は、触覚提示を工夫することでなぞる指の水平方向への誘導や図形の境界線の強調ができれば、図形の識別率が向上できるのではないかと考える。今後はこれらの手法を用いた触図による図形認識の評価実験を実施する。また、今回は健常者の目隠しによる実験であったが、今後は視覚障害者による評価実験を実施する予定である。

4. おわりに

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を用いて、健常者が提示された図形を正しく識別できる割合を調査した。調査を行うために評価実験を実施し、4 種類の図形を触覚ディスプレイ上にそれぞれ提示し、実験協力者が認識した図形を答えてもらった。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。実験協力者のなぞり方の様子から、なぞ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。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 Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS), 2017 19th International Conference on, pp. 2031-2034. IEEE, 2017.
- [2] Xu, Cheng and Israr, Ali and Poupyrev, Ivan and Bau, Olivier and Harrison, Chris. Tactile display for the visually impaired using TeslaTouch. In Proceedings of CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 317-322, 2011. ACM.
- [3] Bateman, Amelia and Zhao, Oliver K and Bajcsy, Andrea V and Jennings, Mathew C and Toth, Bryan N and Cohen, Alexa J and Horton, Emily L and Khattar, Anish and Kuo, Ryan S and Lee, Felix A and others. A user-centered design and analysis of an electrostatic haptic touchscreen system for students with visual impairments. International Journal of Human-Computer Studies, 109, pp. 102-111. 2018.