

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：13903

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2020

課題番号：19K21759

研究課題名（和文）疑似触覚を用いた音声触図学習システムの開発

研究課題名（英文）Development of a tactile map learning system using tactile devices

研究代表者

石丸 宏一（Ishimaru, Hirokazu）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・技術職員

研究者番号：00534330

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 800,000円

研究成果の概要（和文）：触図を利用した学習ツールは種々開発が行われているが、触図の作成には専用の立体コピー機等が必要となる。また、触図の数が増えると持ち運びや管理に手間がかかるようになる。本研究では、スマートフォンのカメラで映した学習者の指先の位置を認識し、凹凸のある触図を触っているかのような疑似触覚を振動デバイスを通じて指に振動を与えることで、物理的な触図を使用せずに音声案内で自主学習できるアプリの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

市販されている触図教材は数が限られているため、盲人向けの教材を加工するなどして触図を作成することが多い。しかし、触図を作成するためには専用の用紙や立体コピー機等が必要となり容易とは言い難い。本研究では、スマートフォンと振動デバイスを用いることで凹凸のある触図を利用せずに図の学習を行うアプリの開発を行っており、可搬性の向上やコスト削減に加えて盲人向けの教材を簡単な編集で利用できるようになり得ると考える。

研究成果の概要（英文）：A variety of learning tools using tactile maps have been developed, but the creation of tactile maps requires a special three-dimensional copying machine. In addition, as the number of tactile maps increases, it takes time and effort to carry and manage them. In this study, we developed an application that enables self-study by voice guidance without using physical tactile maps by recognizing the position of the learner's fingertips captured by the smartphone camera and vibrating the finger through a vibration device as if the learner is touching an uneven tactile map.

研究分野：情報工学

キーワード：触図 疑似触覚 ハンドトラッキング 視覚障害

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来、触図による学習は補助者が隣で説明をする必要があるなど、独力で行うことができないものではなかった。そこで、視覚障害者が補助者なしで学習することができるツールとして、タッチパネル上に触図を配置し、タップした箇所を音声案内する学習システムの開発を行ってきた(図1)。このツールは視覚障害者が一人で学習できるものであるが、タッチパネルを使用することから製作コストと持ち運びが不便という問題があった。

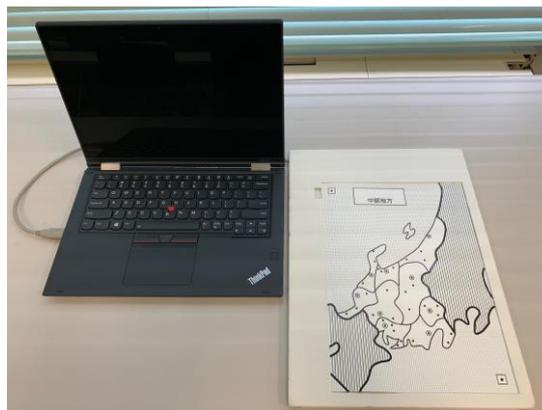


図1 タッチパネルを使用した学習システム

これに対して、タッチパネルに代わり Web カメラを用いることにより、指でタッチした位置を画像で認識する触図学習ツールの開発を行った。これによりツールがコンパクトになり持ち運びも容易となった。しかし、触図を作成するには図などをスキャナで読み取り、画像を加工した後に特殊な用紙に専用のプリンタで印刷するという手間がかかる。そこで、触図作成の労力をなくし、コンパクトなツールとするためには、触図以外の凹凸のない図などを利用できるようにすることが有効であると

考えた。これを実現するためには、触図と同様に図の凹凸を認識することができる感覚を学習者に与える必要があることから、バイブレーションを指先に用いることを思い付き、この研究構想に至った。

2. 研究の目的

触図という触って分かる凹凸の付いた図を利用した学習は、目の見えない視覚障害者が図を頭の中でイメージして学習できることから重要視されている。近年では視覚障害者が一人で学習できるツールとして、タッチパネル上に触図を置いて利用する音声案内システムなどが開発されているが、触図の作成に手間がかかる、持ち運びに不便、タッチパネルにコストがかかるなどの問題がある。本研究課題の目的は、カメラで撮影した凹凸のない図を触ったとき、指に振動を与えることで凹凸のある触図を触ると同等な認識を提供する疑似触覚を実現することである。これにより、前述の課題を解消すると共に、晴眼者向けの教材も簡単な編集で視覚障害者が利用できるようになる可能性がある。

3. 研究の方法

(A) 指先の位置の認識

カメラで撮影した学習者の指先の位置を認識するために、初期段階では指先に色マーカー(色付きシール)を貼り、画像から色認識を行うことで位置情報を得られるようにした。しかし、部屋の照明や太陽光など光の影響により認識が不安定になることがあったため、機械学習によるハンドトラッキングを用いて指の位置を認識する方法を検討した。機械学習のフレームワークとして、Google社の Mediapipe と Apple社の Vision Framework をアプリに実装して検証・比較し、画像から得られる指先の座標の違いから、Mediapipe を採用することとした。

(B) 疑似的な触覚の検討

PCにオープンソースのマイクロコントローラボードである Arduino Uno を接続し、Arduino に接続した振動デバイスを介して指に振動を与えるようにした。その後、可搬性を考慮してアプリの実行環境をスマートフォンに変更したため、スマートフォンとの接続が容易な音声信号を通じて振動を与える振動デバイスを採用した。

4. 研究成果

本研究で開発した学習システムの構成を図2に示す。スマートフォンを自撮り棒で固定して、学習者の手をカメラで撮影できるように配置している。スマートフォンのアプリには、触図の画像データと音声案内を行うための座標とテキストデータが入っている。スマートフォンからは振動デバイスが繋がっており、指にはめることができるようになっている。右下には黒色のA4用紙をクリアファイルに入れた触察の領域があり、学習者はこの黒色の部分に触図があると想定して指を動かすことで図の学習を行う。



図2 学習システムの構成

図3は学習アプリのフローチャートである。アプリを起動すると、カメラで撮影した画像の中から学習者が触察す

る領域の位置を検出する。この位置情報を画像の歪みの補正とカメラ画像の座標変換に利用する。次に、カメラ画像から指の位置を認識し、人差し指の指先が触図画像の黒色上にある場合は、振動デバイスを通じて指先に振動を与える。学習者は、音声案内をしてほしい場所でトリガーとなる動作を行うことで、その位置に登録されている情報が音声で読み上げられる。

機械学習(MediaPipe)によるハンドトラッキングでは、手首や手の関節など21ヶ所の座標を取得することができる(図4)。図の赤い点はその場所になっており、その中から人差し指の指先の座標を取得して、射影変換を行うことでカメラ画像の左上を原点とした座標から触図の左上を原点とした座標に変換する。これにより、指先が触図画像上のどこを触っているのか分かるようになる。

触図の黒色部分に触れていることを学習者に伝えるため、振動デバイスを通じて指に振動を与える。人差し指の座標から一定の距離内に触図の黒色部分があるとき、振動を与えた。また、黒色部分との距離に応じて振動の周波数を変えており、距離が近いほど周波数が高くなるようにした。距離に応じて周波数を変えているのは、指を動かしながら触図の黒色部分に近づいている、または離れている、ということを知ることができるためである。

学習者は、音声案内をしてほしい場所でトリガーとなる動作を行う。本研究では、右手で触察を行うことを想定しているため、左手を握るという動作をトリガーとした。図5に示すように、親指以外の指先と手首の距離が指の第二関節と手首の距離よりも短くなった時、手を握ったと判定した。この動作を行うと、右手人差し指の座標に登録されているテキスト情報を音声で読み上げるようにした。

検証として、時計の針を触って時刻を読み取るアナログ時計の触図を用いて試行を行った。図6のように長針と短針、5分刻みに印が付いた時計の図を12パターン用意して触察を行った。その結果、長針の先に印が付いている5分から10分程度の間隔で時間を把握すること可能であった。1分刻みで印を付けた場合は、正確に認識することができなかった。また、学習を行う中で、指の動作が紙の触図とは異なることが明らかになった。紙の触図では、指の腹が線から逸れる前に軌道修正して、線の上を辿ることができる。それに対して、振動を与える場合は、線から逸れて指への振動が弱くなったのを認識した後、軌道を修正して元に戻るという動作を繰り返す。そのため、線や点の間隔が狭いと軌道修正できない、線の終端の認識が難しく、誤認識しやすくなるという課題が見つかった。今後、複数の指への刺激も検討していく必要があると考える。

<引用文献>

- ① Google/MediaPipe, <https://github.com/google/mediapipe>, (参照 2021-05-28)

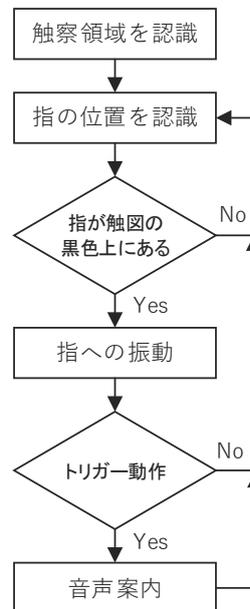


図3 学習アプリのフローチャート

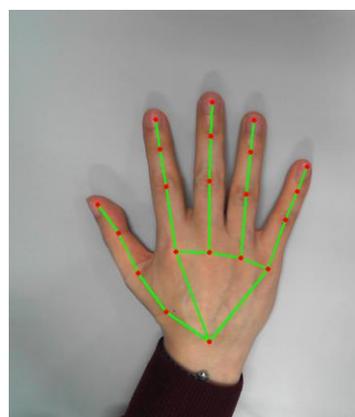


図4 ハンドトラッキング

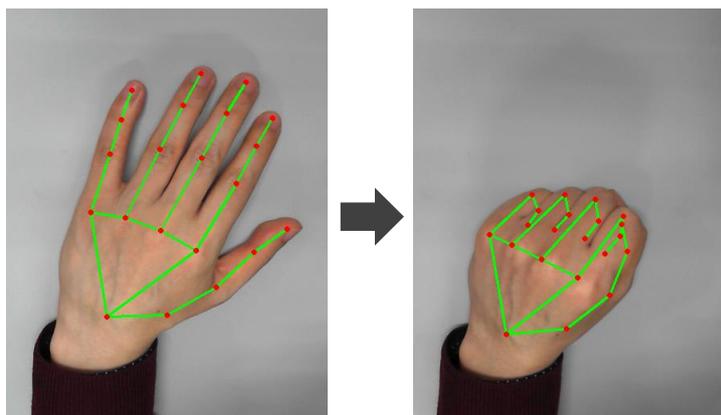


図5 トリガー動作

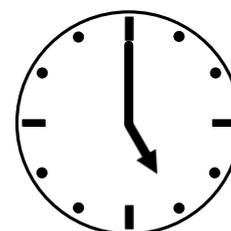


図6 アナログ時計

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石丸宏一
2. 発表標題 音声触図学習システムの開発
3. 学会等名 第35回技術研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------