

氏 名 モリイ シンゴ
守井 清吾

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 富生命博甲第59号

学位授与年月日 平成26年3月21日

専攻名 生体情報システム科学専攻

学位授与の要件 富山大学学位規則第3条第3項該当

学位論文題目 点図ディスプレイを用いた視覚障害者用触図作成システムに関する研究

論文審査委員

(主査) 教授 川原 茂敬
教授 津田 正明
教授 廣林 茂樹
札幌市立大学 教授 石井 雅博

学位論文内容要旨

1. 本研究の背景

インターネット、パーソナルコンピュータ、スマートフォンなどの普及は情報の獲得と発信の方法を変化させ、我々に様々な恩恵をもたらした。これは健常者だけでなく視覚障害者にも当て嵌まる。受信した文字を点字端末に表示したり、スクリーンリーダによって読み上げたりすることが比較的容易になったことも相まって、視覚障害者の情報獲得環境は少しずつ改善してきた。しかし、インターネットなどを介して送受信されるのは文字情報だけでなく、図形やグラフなどの視覚的情報も含まれ、その重要性はますます高まっている。視覚的情報を視覚障害者に伝えるには、図や文字を隆起させ情報を触覚的に提示することが可能な「触図」の利用が有効であり、専用機器を用いれば、触図は作成できる。視覚障害者がこれらの機器を使って予め用意された原稿から触図を作成することは比較的容易であるが、原稿を視覚障害者が描くことは困難である。視覚障害者が独力で触図を作成できるものとして「表面作図器」がある。これは、鉄筆等で線を引くと軌跡が凸状となって浮き上がるセロファン状シートを使用する視覚障害者用の筆記用具である。触覚で作成途中の図形を確認しながら、触図作成を進めることが可能である。しかし、用紙に直接描くため、修正が行えない、デジタルデータへの変換が難しいなどの問題がある。これらの課題を解決するためには、ソフトコピーを提示することのできる点図ディスプレイの利用が有効であろう。点図ディスプレイとは、マトリックス状に配置されたピンの凹凸を触ることで、図形を確認できるものである。本研究では、点図ディスプレイを用いて視覚障害者自らが触図を作成できるシステムについて検討を行った。

2. マウス入力によるシステム

晴眼者の使用するペイントソフトなどでは、マウス操作によって描画するものが多い。そこで、まずは本システムでもマウス入力を採用した。描画・消去状態の時にマウスを動かすと、マウスの軌跡に合わせて、点図ディスプレイ上のピンの凹凸が変化する。閲覧状態ではマウスを動かしても変化はない。視覚障害者に感想を求めたところ、片手で図を触りながら空いた手でマウスを動かすことの難しさや、きれいな直線が引けないなどの問題点が指摘された。

3. 入力方法の比較実験

マウスシステムの課題は、触知面と入力装置の不一致、すなわち、点図ディスプレイに直接描画できることが望ましいということである。

この課題に対して、表面作図器を電子的に再現したものが提案されており、ペンで直接描画できる。一方、効果的な触知には多くの手指の利用が有効であるという報告がある。そこで、ペン・指先それぞれで入力できるシステムを試作し、作成するまでに要した時間、作成された画像の正確さ、被験者インタビューを調べ、両者の比較を行った。指先で入力できれば、

ペンを持つために使われる指も触知に利用できる。作成する画像には、1点を決めるポイント課題、ある位置にある長さの直線を描く描画課題、ある領域のみを消去する消去課題を設けた。結果、描画に要した時間は指先入力が高く、作成された画像の正確さについては差が見られなかった。被験者インタビューでは、おおむね指先入力が支持された。したがって、指先入力の可能性が確認できた。

4. 数値入力によるシステム

指先入力システムでも、やはりきれいな直線を描画することができなかった。そこで、コンピュータ処理によって整った図を描くことを試みた。始点や終点、大きさなどの数値データを与えることで、それらを元に点図ディスプレイに描画できるものである。数値を与えるだけなので、視覚障害者でも、描画した位置や大きさ情報を記憶しながら整った図を描画することができた。

5. 仮想的な触図提示面積の拡大

入力方法に加え、本研究では触図提示面積の拡大も試みた。多くの線分から構成される触図の作成においては、高密度で描画され、結果目的の線分の判別が困難になることが予想される。そこで、物理的に大きな面積を想定した条件と、2種類の仮想的に拡大した条件の元、線分長の認識に関する実験を行った。結果、ディスプレイそのものを移動させ、この連続的な移動によって逐次認識するという、仮想的な拡大手法の可能性を確認した。

6. まとめ

本研究では、視覚障害者が独力で触図を作成するため、点図ディスプレイと指先入力によるシステムの有効性が確認できた。また、整った図を描くためには、コンピュータ側での処理の有効性もわかった。ただ、数値入力による方法では、「どの位置に」「どの大きさで」描いたかという情報を記憶する必要があり、描画に時間がかかる。この点は、指先入力を用いて、始点や終点を指でポイントし、その2点を結ぶなどの処理をコンピュータ側で行うことで解決できる。今後、本研究で得られた結果を元に、色情報の負荷や触図提示面積の拡大などを行っていく。色のような多段階表現を必要とする者には、ピンの振動周波数を変えるなどの手法が有効であろうと考えている。提示面積については、ディスプレイ移動による仮想的な手法の可能性を確認したので、より具体的な触図の提示について試みる。

博士学位論文審査結果の要旨

当審査委員会は、当該博士論文を査読し、かつ平成26年2月4日（火）に学位論文発表会を開催し、詳細な質疑応答と論文内容の審査を行った。学位論文の内容は以下のものであった。

まず、第1章において、研究の背景となる現代社会における急速な情報通信手段の発達と普及について述べ、それが視覚障害者にとっても恩恵となりつつある現状について解説し、本研究の意義と目的を概説した。第2章では、さらに詳しく視覚障害者の情報送信の現状と問題点を分析し、課題設定を提案した。視覚情報を視覚障害者に伝えるためには図や文字を隆起させる「触図」の利用が有効であるが、これまでは視覚障害者が独力で触図を作成するための良い手段がなかった。本研究では、この問題を解決するために点図ディスプレイを用いて視覚障害者自らが触図を作成するシステムの開発について検討した。

第3章では、点図ディスプレイ装置への入力装置としてマウスを用いた触図作成システムの検討を行った。晴眼者の使用するペイントソフトなどではマウス操作によって描画するものが多いことから、まずはマウス入力を検討した。点図ディスプレイ装置と連動させて、「描画・消去モード」の時にはマウスの軌跡に合わせて点図ディスプレイのピンが上下し、「閲覧モード」では上下しないシステムを構築した。視覚障害者による検討を行ったところ、片手で画像を触りながら空いた手でマウスを動かすことの難しさや、直線がうまく引けないなどの問題点が指摘された。

第4章では、ペン先もしくは指先の位置をカメラにより検出して、それを点図ディスプレイへの入力とするシステムを構築し、両者の得失を比較検討した。マウス入力システムでは触知面（点図ディスプレイ）と作画面（入力マウス）の空間不一致が問題となったことから、点図ディスプレイへの直接描画方法の開発が望ましいことが明らかとなった。そこで、点図ディスプレイ上に置かれたペンもしくは指先を使って入力が可能なシステムを構築した。ペン入力の場合はペンを持つために使う指は触知には利用できないが、指先で入力できれば全ての指を触知に利用することが可能である。画像作成課題として、1点を決める「ポイント課題」、ある位置にある長さの直線を描く「描画課題」、ある領域のみを消去する「消去課題」を設定した。描画に要する時間と作成された画像の正確さを解析した結果、描画時間は指先入力が短く、画像の正確さについては有意差が認められなかった。また、被験者へのインタビューでは、おおむね指先入力が支持された。したがって、指先入力の優位性が示唆された。

指先入力システムだけでは直線を上手に描画することができなかったことから、第5章では数値入力により整った図を描く補助システム導入の検討を行った。始点や終点、大きさなどの数値データを入力することで、点図ディスプレイ上に描画させた。数値を与えるだけなので、視覚障害者でも描画した位置や大きさ情報を記憶しながら整った図を描画することができ、この方法の有効性が示された。

第6章では、新たに触図作成空間の拡大方法を検討した。多くの線分から構成される触図を作成する場合、狭い空間に高密度に描画すると各線分の判別が困難になることが十分予想される。作図空間の拡大方法には、文字通り物理的に大きな空間を用いる方法と、小さな「窓」空間（ディスプレイ）の座標を移動させて仮想的に大きな空間に拡大する方法がある。後者にはさらに、「窓」空間の座標移動を仮想的に行う方法と物理的に行う方法の2種類が考えられる。そこで、物理的に大きな面積を想定した実験条件と、2種類の仮想的に拡大した実験条件を用いて、線分長の認識に関する実験を行った。その結果、ディスプレイそのものを物理的に移動させながら逐次認識するという仮想的な拡大方法が有効であることが明らかとなった。

第7章では、以上の研究を総括して今後の課題や将来展望を示した。

以上の論文要旨が示すように、本学位論文で提案された点図ディスプレイを用いた視覚障害者用触図作成システムは、高い独創性と新規性、かつ応用性を有しており、その内容は映像情報メディア学会誌という当該分野で評価の高い学術雑誌に掲載された。したがって、当博士論文審査委員会は、本申請論文が博士（工学）の学位を授与することに十分値するものと認め、合格と判断した。