

機関番号：82670
 研究種目：若手研究（A）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20680031
 研究課題名（和文） インタラクティブ型触覚デバイスを用いた視覚障害者の触地図利用手法
 研究課題名（英文） Exploiting Tactile Map for Visually Handicapped Based on Interactive Tactile Device
 研究代表者
 島田 茂伸（SHIMADA SHIGENOBU）
 地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・その他の部局等・研究員
 研究者番号：80377027

研究成果の概要（和文）：視覚障害者に図表を伝達する触覚ピンディスプレイに 6 軸力覚センサを組合せ、触っている場所を直接操作可能にする触覚入出力操作を開発した。この機能を基盤に素手によるクリックやスクロールを実現し、音声情報も付加することにより開発装置のユーザビリティ向上を試みた。また、自己位置と注目点とを相互参照可能とする触覚スクロールバーと呼ぶ装置開発を行った。以上は被験者実験により有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：A basic device combining a tactile graphic display function and a touch position sensing function is proposed. The trial device consists of two major components, a tactile graphic display and a force sensor. The force sensor measures a center of gravity generated by touch action on the display surface and a PC estimates the point based on the data. The fundamental function for achieving the interactive communication is to detect the location where user is touching a tangible surface. By applying this functions, the click and scroll function by an empty hand are realized. In addition, an audio-tactile graphic system which can be used mainly to overcome tactile cognitive limitation is implemented as an application of the system. Moreover, the area of tactile display is expanded for the purpose of improvement usability. Following this, we propose the tactile scrollbar where the users can recognize their position of plane space. The validity of the developed tactile graphic system has been confirmed through subjective experiments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
総計	7,300,000	2,190,000	9,490,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学/福祉工学

キーワード：触覚画像、視覚障害者、生活支援機器、ピンマトリックスデバイス、ヒューマンインタフェース、

1. 研究開始当初の背景
 情報化時代といわれる現代においては、情報機器を介して情報にアクセスすることが、

色々な生活場面で必要になっている。しかし、そうした情報機器の多くは、GUI (Graphical UserInterface) を採用している。このことは、

視覚情報を利用できない重度視覚障害者にとって、大きな障壁になっている。文字あるいは文字化できる情報は、合成音声による読み上げや点字端末への表示によってアクセスできる。しかし、それ以外の視覚情報にアクセスすることは、対応策としてWeb アクセシビリティに絡んで図や写真には説明文を付けるなどの指針が制定されつつあるものの、非言語情報に備わる空間的特質が伝わるものではないため、現状では未だに困難である。こうした状況を受けて、現在、図表の形状をそのまま提示し触覚を通して情報を伝達する触覚ペンディスプレイの研究開発が盛んに行われている。これまでに触覚ディスプレイとして、METEC (独) DMD12060 (触知ピン7200本、3 mmピッチ)、(株) ユニブラン OUV3000 (触知ピン3072本、2.5 mmピッチ)、(株) KGS DV-II (触知ピン1536本、2.4mmピッチ) のものが市販されている。これら触覚ディスプレイは表示機能のみで、提示アイコンを通しての直接操作機能はない。またMETECは電磁石を用いてピンの上下を行いOUV3000はピンマトリクス下のX-Yプロッタによりピンを立ち上げロック機構によりピンを固定する方式である。いずれも提示画面の再描画には10数秒必要とし、本研究で計画している視覚系に代わるGUI実現の提案素子としては利用が難しい。米国国立標準技術研究所 (NIST) もOUV3000と同様な方式で2003年に試作品 (触知ピン3621本、2.54 mmピッチ) を開発している。(株) KGSは、市販の点字ディスプレイと同じく圧電素子を用いたもので応答性に優れるため、本研究ではDV-IIを改良して触覚表示・入力機能 (インタラクティブ性) を実現する。インタラクティブ性を実現するシステムとしては、触知ピンとプッシュスイッチを組み合わせたもの (電総研 河井他)、超音波ディジタイザとディスプレイを組み合わせたもの (筑波技術大学 小林他)、触覚ディスプレイ上にカメラを配置して手指動作を検出する方式 (NHK 坂井他) がある。上記のシステムと異なり、本研究の触覚デバイスは、構造的に触覚表示部と入力部が独立なため高分解能化が図れること、使用環境に特殊な機器を用いず、また手指に何ら特殊な機器を装着せず、素手で触覚ディスプレイを介して触覚情報を入力する試みであり、実用に際して優れていると考えられる。触覚と聴覚との組み合わせに関しては、タッチパネル上に点図 (ドットプリンタで作成した図) や立体コピー (加熱により描画部分だけ盛り上がる特殊な用紙) を載せ、指で指示した位置に埋め込まれたテキスト情報を音声出力するシステムが実用化され、地図の提示といった実用的な目的のため、視覚障害児教育の分野等で利用されている。しかし、これらの点図や立体コピーはリアルタイムでの描

き換えができず、また、データ量の増大と共に保管場所を必要とする。本研究のシステムはペンディスプレイであることからリアルタイムでの更新性を有しており、触図の原データはパソコンのメモリ上に蓄積されているデータである。そのため、実用環境の省スペース化、装置の移動性確保なども期待できる。触地図に関しては、国土地理院が触地図原稿作成システムを提案している。しかしながら、このシステムで得られる最終品はドットプリンタで紙に印刷するものであり書き換えることができない。また、印刷する触地図原稿データの作成は晴眼者の支援が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、通常の視覚に依存した GUI を視覚障害者にとっても利用可能とした非視覚バージョンである触覚 GUI と応用アプリケーションを開発する。このため、以下のことを行う。

(1) インタラクティブ型触覚ディスプレイ (既にプロトタイプを開発済み) の改良と高分解能化に関する研究を行う。特別な機器を手指に装着せず、高速・高精度にタッチ位置とタッチカベクトルが検出できる入出力機能を有する触覚ディスプレイは、申請者が所属する研究チームが始めて開発した。

(2) 非言語情報コンテンツ獲得支援の研究では、非言語情報コンテンツの触覚化のための情報処理方式と、複雑な図形・画像情報の理解を補助するための音声情報支援方式の研究開発を行う。これにより、パソコンの操作性の向上、Web 等非言語コンテキスト情報へのアクセシビリティの向上が期待できる。

(3) リアルタイム更新性触地図の開発では、GIS (Geographic Information System) による地図情報表示システムを構築する。従来、紙媒体であった触地図をデジタルデータ化することで、拡大・縮小、検索、データの記憶・比較、時系列情報の表示などを可能とする触地図の開発を行う。

3. 研究の方法

本研究開発はインタラクティブ型触覚ディスプレイの研究開発、非言語情報コンテンツ獲得支援、リアルタイム更新性触地図の三点から構成される。以下に研究方法を示す。

(1) 研究計画 (平成20年度)

平成20年度は触覚ディスプレイの改良と機能拡充、非言語情報の獲得を触覚から支援するための研究、および触地図の原データとなる地図サーバの研究開発を推進する。

① インタラクティブ型触覚ディスプレイの研究開発

これまでにプロトタイプとして開発した触覚デバイスの解像度は 32×48 ドットの

ものである。当該年度では、解像度を64×48として、提示ドット数を2倍に拡大した触覚デバイスを試作する。これは市販されている視覚ディスプレイが640×480の解像度（いわゆるVGA）を標準対応していることから決定しており、解像度は10分の1ではあるが、画面全体の配置や縮尺の一致を考慮した結果である。また、32×96ドット版も平行して開発し被験者から使用評価を受ける。

②非言語情報コンテンツ獲得支援

開発を想定している触覚ディスプレイは3072ドットであり突起ピン同士の間隔は2.4mmであることから、視覚ディスプレイと比較して低解像度、かつ低分解能である。また触覚ディスプレイは二値かつ色相情報無しという情報量の損失がおこる。そのため、提示すべき輪郭線の特定方法・抽出方法・変換方法などのアルゴリズムを検討し、触認知に適する表示法を開発する。

③リアルタイム更新性触地図の開発

本装置の具体的なアプリケーションとしてリアルタイム更新性触地図の開発を行う。触地図の原データとなる地図情報はGISによって取得・表示を行う。そのため、ネットワーク環境においてパソコン上にGISを構築し、情報取得・表示試験を行う。画面の階層化、拡大・縮小機能、画面の強調機能、自己位置表示機能などを開発し、触覚での認識に適する地図変換方法を検討する。また、触覚デバイスに提示させるデータ形式を検討する。

(2)研究計画（平成21年度）

平成21年度は前年度までに確立された要素研究をまとめてプロトタイプを完成させる。また、非言語情報の獲得を聴覚から支援するための研究、および触地図操作手法の研究を推進する。

① インタラクティブ型触覚ディスプレイの研究開発

前年度までに行った触覚ディスプレイの高分解能化にともない、提示ドット数が増加することによる触画像提示速度の低下が予想される。提示速度の低下はインタラクティブ性の低下となり好ましくない。このため、触覚ディスプレイと制御回路との伝送方式の改良と制御プログラムの変更を行い、提示速度の低下をできる限り防ぐ試みを行う。

② 非言語情報コンテンツ獲得支援

当該年度は、前年度開発したアルゴリズムを前年度開発した触覚デバイスに実装し実験を行う。また、視覚と触覚はモダリティーとしての質的相違があるため、触覚に適した形で表示できたとしてもうまく認知されるとの保障はない。したがって、触覚化により低減した情報量を補うために音声情報を併用させて認知的手がかりを提供する方法を開

発する。そのために市販の音声読み上げソフトウェアを利用するが、入手可能な数本の読み上げソフトウェアの利用可能性を実験的に評価する。

③ リアルタイム更新性触地図の研究開発

以前のプロトタイプから得られた知見として、操作ミスやアプリケーションの動作を理解していないと、自分が画面のどこを見て（触って）いるかを見失うことがあり、その後の操作が不可能になることがわかっている。触地図では空間情報探索が多くなることから、操作不可能状態に陥る可能性と発生頻度が高くなることが考えられる。そこでパソコンのスクロールバーから着想し、画面上の何処に注目しているかをユーザに提示する手法を検討する。

(3)研究計画（平成22年度）

最終年度は、前年度までに確立された要素研究をまとめて、プロトタイプを完成させると共に、実際に重度視覚障害者からデータを取得することでその評価研究を行う。

① インタラクティブ型触覚ディスプレイの研究開発

これまでに研究開発を行ったインタラクティブ型触覚ディスプレイ、非言語情報コンテンツ獲得支援方法、触地図表示システムなどの要素技術を統合したプロトタイプを製作する。

② 非言語情報コンテンツ獲得支援

上記①で製作したプロトタイプを基盤にe-Learning 課題の下で実用性の評価実験を行う。

③ リアルタイム更新性触地図の研究開発

上記①で製作したプロトタイプを基盤に、使用評価を受ける。さらに自己位置を見失う問題には、廉価な電動スライドボリュームを用いて触覚スクロールバーと呼ぶデバイスの開発を行う。被験者実験によりデータを取得することでその評価を行う。

4. 研究成果

(1)インタラクティブ型触覚ディスプレイの研究開発

触覚ピンディスプレイを6軸力覚センサが支持する構造により、指には何ら機器を装着することなしにアイコンなどのオブジェクトを直接操作が可能である3072ドットの触覚ピンディスプレイを開発した（図1）。ピンディスプレイの電源回路と情報伝送回路、および制御プログラムの改良を行うことで20ms動作周波数を実現し、今後、更にピン数を拡大した大画面触覚ディスプレイにも適用可能である。素手による触覚ピンディスプレイの直接操作機能を有するものは国内では本件だけである。海外ではWeber（独）が機能的に同等なHyperBrailleを2008年に発表している。アプリケーション提案数、ユーザ数等はHyperBrailleが多いものの、比較されること

により本研究の先進性、先取性がより鮮明となった。



図1 インタラクティブ型触覚ディスプレイ (黒枠の部分は触覚スクロールバー)

(2) 非言語情報コンテンツ獲得支援

素手によるクリック、スクロール、拡大縮小、音声情報融合等機能を付加したインタラクティブ型触覚ディスプレイを用い、触地図のような空間情報や形状情報が主となるコンテンツのインタフェースについて提案を行った。図2には音声融合を行うソフトウェアの概要を示した。被験者実験の結果から、いずれの機能においても高成績(図3)、および好感を得ており、視覚障害者のインタフェースとしての可能性が示唆された。

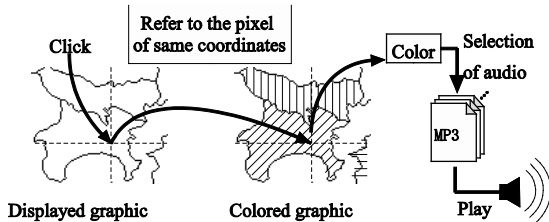


図2 音声融合インタフェース概要

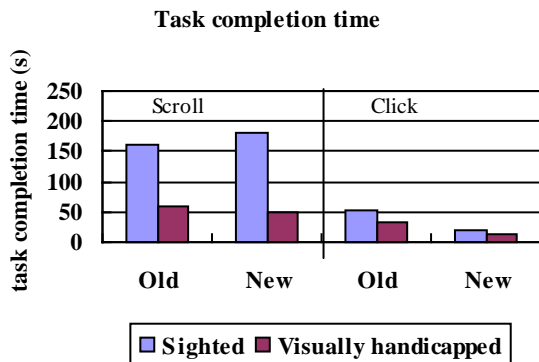


図3 前試作機と本試作機との操作時間評価 (視覚障害者はスクロール、クリックともに新デバイスでの操作時間が減少している。晴眼者のスクロール操作のみ操作時間は増大した。)

(3) リアルタイム更新性触地図の開発
地図上の国の位置や大きさを触って確認できる視覚障害者用の触覚ディスプレイの提案を行った。紙の触地図は表示領域の制限、拡大縮小不可、製作困難性等、紙媒体特有の問題を有していたが、パソコンで表示可能な地図データが入手可能である条件下では、上記の問題を解決した。

触地図のような非言語情報コンテンツでは触っている形状や位置関係が重要となる。特にパソコン画面全域(VGAで30万ドット以上)に及ぶような場合には、自分の位置がわからなくなることが被験者実験から明らかとなった。注目点に連動して動作する電動スライドボリュームを水平垂直に配置し(図4)、触地図全体での自己位置表示と局所での詳細表示の関係性を示すデバイス(図5)開発を行い被験者実験により有効性を検証できた。実験結果を表1に、実験課題を図6に示す。触地図だけでなく図表への適用が可能であり、視覚障害者に直接的に空間情報を伝達可能である新インタフェースとなりうる。

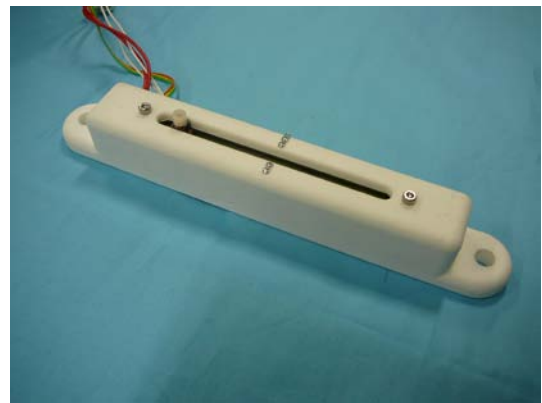


図4 電動スライドボリューム(図1の黒枠で囲んだ部分に実装)

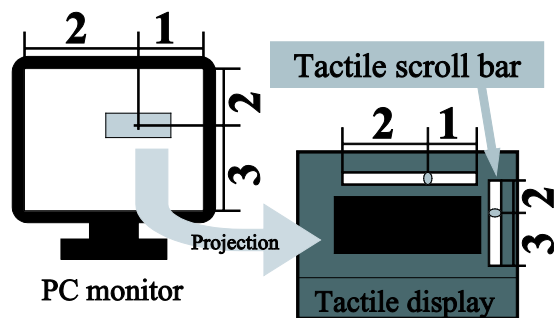


図5 触覚スクロールバー

表1 実験結果

スクロールバー	平均誤差	探索時間
有	62.8 mm	142.8 s
無	79.3 mm	199.6 s

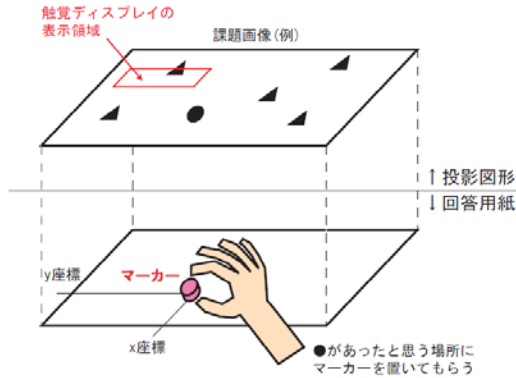


図6 実験課題(触覚ディスプレイの表示領域を操作し課題画像中から丸の位置を探索する。回答用紙には丸を認識した位置にマーカーを置く。このときの位置誤差と操作時間を触覚スクロールバーの有無で計測を行った。)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- (1) Shigenobu Shimada, Haruka Murase, Suguru Yamamoto, Yusuke Uchida, Makoto Shimojo, Yutaka Shimizu, "Development of Directly Manipulable Tactile Graphic System with Audio Support Function," Computers Helping People with Special Needs, 査読有, 2010, pp. 451-458.
- (2) Shigenobu Shimada, Suguru Yamamoto, Yusuke Uchida, Masami Shinohara, Yutaka Shimizu, Makoto Shimojo, "An Approach for Direct Manipulation by Tactile Modality for Blind Computer Users," The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2009), 査読有, 2009, pp. 448-453.
- (3) Shigenobu Shimada, Suguru Yamamoto, Yusuke Uchida, Masami Shinohara, Yutaka Shimizu, Makoto Shimojo, "New Design for a Dynamic Tactile Graphic System for Blind Computer Users," SICE Annual Conference 2008, 査読有, 2008, pp. 1474-1477.

[学会発表] (計 9 件)

- (1) 村瀬 悠, 島田 茂伸, 山本 卓, 清水 豊, 下条 誠, "インタラクティブ型触覚グラフィックスディスプレイの開発ー触覚スクロールバーの入力機能の評価ー", 計測自動制御学会 SI2010, 2010年12月24日, 東北大学(仙台).
- (2) 島田茂伸, 下条誠, 清水豊, "触覚ディス

プレイと情報アクセシビリティ", 日本機械学会 第22回バイオエンジニアリング講演会, 2010年1月10日, 岡山理科大学(岡山).

- (3) 村瀬遥, 島田茂伸, 下条誠, "インタラクティブ型触覚グラフィックディスプレイの開発ースクロールバー機能の導入による操作性の向上ー"日本バーチャルリアリティ学会 第14回大会, 2009年9月9日, 早稲田大学(新宿区).
- (4) 島田 茂伸, "ピエゾアクチュエータとその応用ー視覚障害者用情報端末 TAGUIー", ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム2009講演会「知ってみよう! ヒトと触れあうアクチュエータとその応用」, 2009年9月1日, 御茶ノ水大学(東京).
- (5) 武市隆太, 島田茂伸, 下条誠, 清水豊, "指先と掌におけるピンディスプレイでの形状情報伝達の違いにおける研究", 日本バーチャルリアリティ学会 第13回大会, 2008年9月24日, 奈良先端大学(奈良).
- (6) Shigenobu Shimada, Suguru Yamamoto, Yusuke Uchida, Masami Shinohara, Yutaka Shimizu, Makoto Shimojo, "New Design for a Dynamic Tactile Graphic System for Blind Computer Users," International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICHP2008), 2008年7月11日, ヨハネスケプラー大学(オーストリア).
- (7) 島田 茂伸, "直接指示型/音声支援つき触覚ディスプレイ", ヒューマンインタフェース学会アクセシブル・インタフェース専門研究会(SIGACI)第3回研究談話会, 2008年7月5日, キャンパスイノベーションセンター東京(田町).
- (8) 山本卓, 内田優典, 藤村竜徳, 島田茂伸, 篠原正美, 下条誠, 清水豊, "インタラクティブ型触覚グラフィックディスプレイのユーザインタフェース向上とその応用", ロボティクス・メカトロニクス講演会2008, 2008年6月.
- (9) 武市隆太, 藤村竜徳, 島田茂伸, 下条誠, "指先と掌におけるピンディスプレイでの形状情報伝達の違いに関する研究", ロボティクス・メカトロニクス講演会2008, 2008年6月.

[図書] (計 1 件)

産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門編, 朝倉書店, 人間健康福祉工学ハンドブック, 2011(執筆中)

[その他]

- (1) ホームページ等
 - ① 電気通信大学

<http://www.rm.mce.uec.ac.jp/sj/index.php?%BF%A8%B3%D0GUI>

- ② テレビ東京「ワールドビジネスサテライト」内「トレンディたまご」, 2009年7月2日

http://www.tv-tokyo.co.jp/wbs/trend_tamago/tt_142.html

- ③ 毎日新聞ホームページ (ユニバーサロン)

<http://mainichi.jp/universalon/report/archive/news/2009/20090910mog00m040008000c.html>

(2) 新聞掲載

- ① 日刊工業新聞、2009年7月17日

(3) 受賞

- ① Kazuo Tanie Award, The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2009), Shigenobu Shimada, Suguru Yamamoto, Yusuke Uchida, Masami Shinohara, Yutaka Shimizu, Makoto Shimojo, “Development for an Interactive Communication Display for Blind Computer Users”, 2009年9月30日.
- ② 日本バーチャルリアリティ学会論文賞, “インタラクティブ型触覚グラフィックディスプレイのユーザインタフェース向上とその応用”, 山本 卓, 内田 優典, 島田 茂伸, 篠原 正美, 下条 誠, 清水 豊, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 1, pp. 49-58, 2009年9月10日.
- ③ 2008年度日本機械学会奨励賞 (技術), “視覚障害者の GUI 使用を実現する入出力装置の開発”, 島田 茂伸, 技術奨励 211 号, 2009年4月7日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島田 茂伸 (SHIMADA SHIGENOBU)

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・その他の部局等・研究員

研究者番号：80377027

(2) 研究協力者

下条 誠 (SHIMOJO MAKOTO)

電気通信大学・電気通信学部・教授

研究者番号：90292474