

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 17 日現在

機関番号：82670

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2016

課題番号：24680064

研究課題名(和文) ハプティクス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) Approach of Tactile Map for Visually Impaired using Haptics Display

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・その他部局等・主任研究員

研究者番号：80377027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、視覚障害者にとって取り扱いが難しい図形や画像など非言語/空間情報の獲得・作成を支援する方法を具体化し、彼らの情報機器を介しての情報アクセシビリティ向上に資することを目的とする。開発を続けてきた視覚障害者用インタラクティブ型触覚ディスプレイを基盤技術として、触知覚と筋・関節覚を結合した感覚(ハプティクス)を感覚代行経路として利用する新デバイスの提案を行う。

研究成果の概要(英文)：The goals for this study are the concretization of a method for providing support for the capture/creation of nonlinguistic/spatial information (such as diagrams and images) that is difficult for the visually impaired to manage, and to help improve information accessibility via information devices for the visually impaired. The development of interactive tactile displays for the visually impaired is ongoing. Using these displays as base technology, we propose a new device that uses a haptic perception that combines a sense of touch and a sense of arm position as a sensory substitution pathway.

研究分野：アシスティブテクノロジー

キーワード：アシスティブテクノロジー ピンディスプレイ 触覚 指位置推定 地図 ハプティクス ヒューマンインタフェース 六分力計

## 1. 研究開始当初の背景

これまでに触覚ピンディスプレイとして、METEC(独)DMD12060(触知ピン7200本、3mmピッチ)、(株)ユニプラン OUV3000(触知ピン3072本、2.5mm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。

入力機能を付与したインタラクティブ性を実現するシステムとしては、河井らの触知ピンとプッシュスイッチを組み合わせたもの、渡辺らの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がある。筆者の研究チームが2000年から開発を行ってきたシステムは、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デバイスであることが、実用に際して優れていると考えられる。2007年になって坂井らが光学式タッチパネルを用いたもの、2008年になってWeberらのBrailleDis9000(触知ピン7200本、2.4mmピッチ)が発表されるまでデバイス分野での新規性と独自性を有していた。

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や加熱により描画部分だけ盛り上がる特殊な用紙による立体コピーを載せ、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Gardnerによって実用化され、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。一方で、パソコンに接続されたインタラクティブ型触覚ディスプレイを使うことで、触っている点図のテキスト情報を読み上げる手法を適用し上記の問題を解消したものは、筆者らが2008年に、Weberが2010年に提案している。

先進的な提案によりインタラクティブ型触覚ディスプレイを独占的に研究してきた成果として、被験者実験を通じた以下の知見があげられる。

1. 現在触っている場所が提示画像中のどこであるのかわからなくなる(自己位置喪失)
2. 画像の大域的な情報取得が難しい(大域情報の取得困難性)

触覚は接触している場所でのみ情報獲得可能であるから、そもそも開口度が小さいことが考えられる。ユーザビリティ向上のためには大域情報を伝達する情報経路が必要であることが指摘できる。

そこで、触覚と筋・関節覚の二つを結合した感覚(ハプティクス)を利用したディスプレイの計画により上記の問題をブレイクスルーする。

## 2. 研究の目的

本研究は、視覚障害者にとって取り扱いが難しい図形や画像など非言語/空間情報の獲得・作成を支援する方法を具体化し、彼らの情報機器を介しての情報アクセシビリティ向上に資することを目的とする。開発を続けてきた視覚障害者用インタラクティブ型触覚ディスプレイを基盤技術として、触覚と筋・関節覚を結合した感覚(ハプティクス)を感覚代行経路として利用する新デバイスの開発を行う。計画するデバイスを図1に示す。本研究では平面上に置いたユーザの手腕位置は体性感覚から平面上のどこに位置しているかをラフに認識できるという仮説に立脚し、触覚ディスプレイを平面上で移動可能な機構を考案してシステム化を行う。これにより局所情報は触覚ディスプレイの精細パターンを指先でさわることによって認識され、コンテンツ全体の自己位置は手腕の体性感覚から認識される。

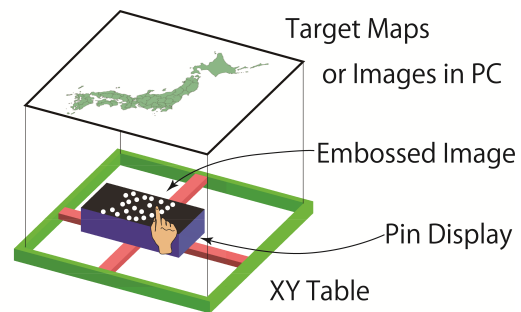


図1. 開発装置の概念図

### (1) ハプティクス型ディスプレイの開発

手腕の筋・関節覚により空間認識を可能とするデバイスには800×600mmサイズのXYテーブルを用いる。このテーブルのステージに既開発であるインタラクティブ型触覚ディスプレイを組み合わせ、ハプティクス型ディスプレイの開発を行う。ここでインタラクティブ型触覚ディスプレイとは従前のピン出力による図表提示に加えてユーザが触覚ディスプレイにふれている指位置を入力とするものである。触覚ディスプレイは六分力計に支持される構造であり、ユーザがピンの凹凸を触察する力を検出しそこから指位置が推定計算される。いわば、タッチパネル様の操作ができる触覚ディスプレイである。

### (2) 地図情報表示システムの構築

触地図の原データとなる地図情報はGISによって取得・表示を行うことで階層化された地図がデジタルで利用可能とされることを予定している。ネットワーク環境上でGISを用いた地図サーバを構築し、情報取得・表示試験をGISエンジンで行う。また、ハプティクス型ディスプレイの特徴に適合する触地図アプリケーションの仕様を決定する。

### 3. 研究の方法

本研究開発はハプティクス型ディスプレイ、リアルタイム更新性触地図の二点から構成される。ハプティクス型ディスプレイの開発は従前からの被験者実験の知見を踏まえて研究開発を行う。リアルタイム更新性触地図の開発ではデバイスの新規な特徴を踏まえた触地図ソフトウェアの仕様を決定し GIS の地図原データとの融合を図る。以下に研究計画と研究方法を示す。

#### (1)ハプティクス型ディスプレイの研究開発

手腕の筋・関節覚により空間認識を可能とするデバイスには 800×600 mm サイズの XY テーブルを用いる。この XY テーブルのステージに既開発であるインタラクティブ型触覚ディスプレイを組み合わせ、ハプティクス型ディスプレイの開発を行う。機器の選定にはユーザの手腕の力だけで XY テーブルのステージを容易に動かせるものを調査する。またパソコンとデバイスとを接続し、触覚ディスプレイを右上に移動させた時には北海道がピンの凹凸として詳細提示され左下に移動した時には九州地方がピンの凹凸として詳細提示されるハプティクス型ディスプレイを構築する。

#### (2)リアルタイム更新性地図の開発

触地図の原データとなる地図情報は GIS によって取得・表示を行うことで階層化された地図をデジタルで利用可能にする。ネットワーク環境上で GIS を用いた地図サーバを構築し情報取得・表示試験を GIS エンジンで行う。また、ハプティクス型ディスプレイの特徴に適合する触地図アプリケーションの仕様を決定する。これらを踏まえて拡大・縮小機能や既開発である音声融合インタフェースを含んだ触地図アプリケーションの開発を行い、デバイスを用いて動作検証を行う。ここで音声融合インタフェースの概要を図2に示す。地図上の領域はユニークに色分けされており、その色はユニークな音声ファイル、例えば都道府県名と関連付けられる手法である。

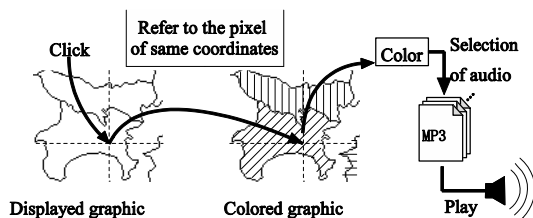


図2. 音声融合インタフェース概要

### 4. 研究成果

#### (1)ハプティクス型ディスプレイの研究開発 XY テーブル

一般的に工業用 XY テーブルは数  $\mu\text{m}$  の精密位置決め用いられることが多く、その動作

機構は多段の歯車で構成されており高剛性である。このままではヒトが空間を探索するためにステージを動かすことはできないので本研究の要求には不適合である。したがって XY テーブルの作成から始めた。選定した機材は THK 社製リニアモータのリニアガイド部分 (GLM20AP) で、アクチュエータの機能を持たない。これを一軸の移動機構として二台用い、X 軸移動機構の上に Y 軸移動機構を直交に締結することで XY テーブルとしている。各々は外形 1200×160×90 mm、ステージの可動範囲は 1000 mm、耐荷重は 20 kgf である。ステージは外力 50 N で動作可能でありユーザの手腕の力で動作が可能であると考えられる。XY テーブルの位置検出には RENISHAW 社製リニアエンコーダ (RGH22P50D00A) を用いた。位置検出精度は最大 10  $\mu\text{m}$  である。装置外観を図3に示す。XY テーブルのステージ上に 3072 ピンを有するインタラクティブ型触覚ディスプレイが装備されており、平面上 800×800 mm の範囲を自由に移動させることができる。

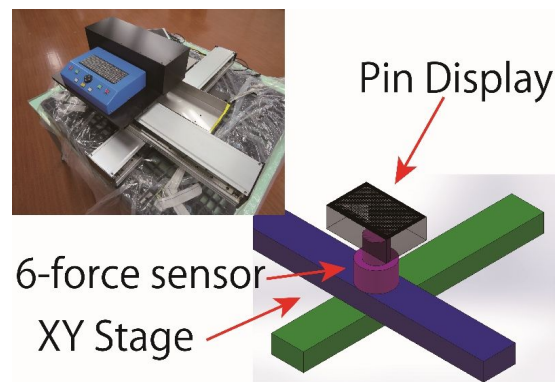


図3. 装置外観

#### 制御系

システムの制御系にはメンテナンス性や拡張性に優れた National Instrument (以下 NI) 社製 LabVIEW 開発環境を用いた。制御系はファームウェア部とアプリケーションソフトウェア部 (アプリケーション部) に分割した。ファームウェア部ではピンの駆動信号出力と六分力計出力値の検出および XY テーブルのステージ位置の検出を担う。アプリケーション部では触覚ディスプレイの凹凸パターン生成と指位置推定計算および XY テーブルの位置に応じた地図注視点の移動を担う。システムブロックを図4に示す。ファームウェア部のハードウェアには LabVIEW で開発したプログラムが動作する NI 社製 CompactRIO (cRIO) コントローラを用いた。cRIO には再構成可能な FPGA が搭載されており LabVIEW で開発したプログラムを書き込みリアルタイムでの制御系実行ができる。cRIO はモジュール化されており、本研究では、リニアエンコーダからのパルスを受け取り XY テーブルのステージ位置を検出するカウン

タ (NI 9361) と六分力計からの出力値を受け取るアナログデジタル変換器 (NI 9201) および触覚ディスプレイの駆動信号を与えるデジタル入出力器 (NI 9401) を選定した。ファームウェア部は XY テーブルのステージ位置と六分力計のデータをまとめ、後述するパソコンのアプリケーション部へ送信する。またアプリケーション部からのピン配列行列に従ってピンの立ち上げ立ち下げの駆動信号を生成し触覚ディスプレイの提示画面を制御する。その駆動信号は clock, data, strobe と呼ばれる 3 本がある。clock 信号が定期的に 3072 パルスを発生し、立ち上げたいピン番号に同期して data 信号を送信する。clock がピンの本数分だけ出力された後、strobe 信号を送信するとピンが立ち上がる。本研究の触覚ディスプレイは 3072 ピンであることから 3072 パルスを 50 Hz 内で送信することで触覚ディスプレイの提示画面を 50 Hz で書き換えることができています。

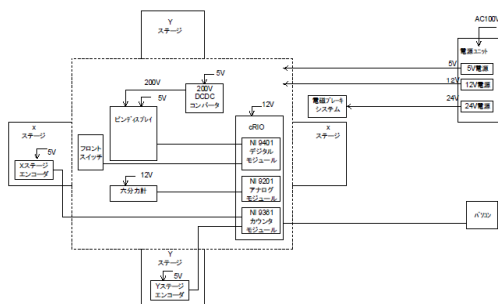


図 4 . システムブロック図

アプリケーション部のソフトウェアも同様に LabVIEW で作成している。ここではファームウェア部からの XY テーブルステージ座標に対応する地図コンテンツを指定範囲でキャプチャし 2 値化処理後、触覚ディスプレイの凹凸パターンが生成される。また六分力計の値からユーザの指位置を推定計算し表示されている地図位置でのクリックやポイントが実行される。開発したアプリケーション部のスクリーンキャプチャを図 5 に示す。

以上により、日本地図をパソコン画面に表示させた場合、触覚ディスプレイを右上に移動させた時には北海道がピンの凹凸として詳細提示され、左下に移動した時には九州地方がピンの凹凸として詳細提示されるハプティクス型ディスプレイを構築した。

## (2)リアル更新性触地図の開発

地図の表示にはユーザインタフェースと操作方法が提供されている昭文社製 MappleG-SDK を用いた。開発者用 API 群であり表示範囲や階層の指定が可能である。地図データは MappleG-SDK 対応のアプリケーションに組み込まれた地図を用いるが、このデータは参照可能であるがカスタマイズ不可である。図 2 の音声融合インタフェース用に地図



図 5 . アプリケーション部インタフェース

を色分けする必要から行政区画ポリゴン地図をベクトル形式で出力している。この日本地図を地方毎に色分けし、その色に対応する音声ファイルを作成することで音声融合インタフェースを含んだ地図表示アプリケーションを構築している。

本研究で開発したシステムはパソコン画面に表示された任意範囲をキャプチャできるため、触地図に限らず文書作成ソフトウェアやプレゼンテーションソフトウェアのコンテンツを表示することも可能である。視覚障害者にコンテンツの空間情報を提示するシステムは彼らの教育支援機器として波及性を有していると考えられる。

## 5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 7 件)

Shigenobu Shimada, Makoto Shimojo, Shuichi Ino, Development of Haptic Pin-Display for Tactile Map Users, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015-8-29, Milano (Italy).

島田 茂伸, 人の特性、生活環境・空間を生かしたものづくり, 第 6 回 人の動作を考慮した製品開発研究会, 2015-02-09, 長野県工業技術研究センター (長野県・松本市).

島田 茂伸, タッチパネル型ピンディスプレイ, ライフサポート学会・社会福祉法人日本盲人福祉委員会 第 8 回視覚障害

者向け総合イベント サイトワールド  
2013, 2013-11-03, すみだ産業会館サン  
ライズホール(東京都・墨田区).

島田 茂伸, インタラクティブ型触覚グラ  
フィクスディスプレイの大域情報取得手  
法, 電子情報通信学会 第 69 回福祉情報  
工学研究会, 2013-08-30, 北海道大学情  
報科学研究科棟(北海道・札幌市).

島田 茂伸, 都産技研におけるメカトロニ  
クス分野の取り組み, ものづくりセミナ  
ー in 府中, 2012-10-19, 府中市市民会館  
(東京都・府中市).

島田 茂伸, インタラクティブ型触覚ディ  
スプレイの大域情報取得に関する研究,  
産業技術連携推進会議, 2012-09-27, 都  
産技研講堂(東京都・江東区).

島田 茂伸, 都産技研でのメカトロニクス  
技術支援への取り組み, ROBOMECH2012,  
2012-05-27, アクトシティ浜松(静岡  
県・浜松市).

[図書](計 1 件)

島田 茂伸、他、朝倉書店、福祉技術ハン  
ドブック 健康な暮らしを支えるため  
に 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、2013、  
424-427

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島田 茂伸 (SHIMADA, Shigenobu)  
東京都立産業技術研究センター・生活技術  
開発セクター・主任研究員  
研究者番号: 80377027

(2) 連携研究者

下条 誠 (SHIMOJO, Makoto)  
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・  
名誉教授  
研究者番号: 90292474

井野 秀一 (INO, Shuichi)  
産業技術総合研究所・人間情報研究部門・  
グループ長  
研究者番号: 70250511