

盲学校教師のための音声触図教材作成支援ツール

山本 健介[†] 泉 孝作[‡] 稲葉 隼規[‡]
高吉 大介[‡] 吉江 孝太郎[‡] 樋口 宜男[‡]

[†] 立命館大学大学院理工学研究科 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

[‡] 立命館大学情報理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

E-mail: [†] cm016065@ed.ritsumei.ac.jp, [‡] bfit@is.ritsumei.ac.jp

あらまし

盲学校教育における図形や地図などの学習では触図が使用されるが、文字情報が点字で記載されるため、スペース上の制約から略記法が使われ、別冊の解説書が必要になるなど、扱いが極めて不便であった。そこで、文字の内容を音声で案内する音声触図システムを用いて、日本地図や経絡経穴図のような汎用性の高い内容については教材コンテンツ自身を作成すると共に、盲学校周りの地図や自作の補助教材のような汎用性の低い教材に対しては盲学校教師が自分で簡単に音声触図を作成できるツールを作成した。具体的にはインターネットからダウンロードした図や手書き教材をスキャンした図から、画像処理を用いて半自動的に触図を作成するツールと、それらの図を下絵として画面に表示し、その上に線や円を書き込んで触図を作成するツールである。その結果、多くの盲学校教師が比較的簡単に音声触図教材を作れることが確認されたので、その概要を報告する。

キーワード 触図, 音声出力, 作成支援ツール

Authoring Tool of Tactile Graphics with Voice Explanation for Teachers of Schools for the Blind

Kensuke YAMAMOTO[†], Kosaku IZUMI[‡], Junki INABA[‡],
Daisuke TAKAYOSHI[‡], Kotaro YOSHIE[‡] and Norio HIGUCHI[‡]

[†] Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

1-1-1 Noji-higashi, Kusatsu-shi, Shiga, 525-8577 Japan

[‡] Faculty of Information Science and Engineering, Ritsumeikan 1-1-1 Noji-higashi, Kusatsu-shi, Shiga, 525-8577 Japan

E-mail: [†] cm016065@ed.ritsumei.ac.jp, [‡] bfit@is.ritsumei.ac.jp

Abstract

Though tactile graphics are widely used for the study of figures and maps in the schools for the blind, they have a fatal problem that the full spelling of the name of each part cannot be indicated in tactile graphics due to the limitation of the space. Consequently, the conversion table to the full spelling is necessary to know the correct name of each part. In order to solve this problem the authors have proposed “Tactile graphics system with voice explanation” using a touch-panel of the computer. Recently the authors have created the educational contents for the above-mentioned system which can be distributed freely for the contents including Japanese area maps and meridian point figures, which can be commonly used in many schools for the blind. On the other hand, for the contents which have to be created originally at each school, the authors have developed authoring tools which can be easily used by teachers of the schools for the blind. The authoring tools consist of two parts: (1) semi-automatic image conversion tool which can make tactile graphics data from a picture file of the computer using image processing techniques and (2) interactive drawing tool of lines and circles which can indicate a picture file of the computer as an underlay while drawing. The result of a preliminary test with the cooperation of teachers of the school for the blind indicates that they can create their original educational contents by themselves quite easily.

Keyword Tactile Graphics, Voice Output, Authoring Tool

1. はじめに

盲学校などの視覚障害者の教育の場において困難だとされるのが物の形を知ること、すなわち図形情報

の入手であり、そのために図1に示すような触図が広く用いられている。触図には種類があるが、図1には黒く印刷された部分が熱を加えることで膨らむ「立体

コピー」タイプの触図を示す。

全ての種類の触図に共通する問題点として、文字情報が点字で記載されており、スペースの制約から省略表記がされている場合が多い。そのため、触図を読むためには図1に示すような付属の解説表が必要となり、片方の手で図を触りながらもう一方で対応する点字を読む必要があることから、その取り扱いは極めて不便であった。

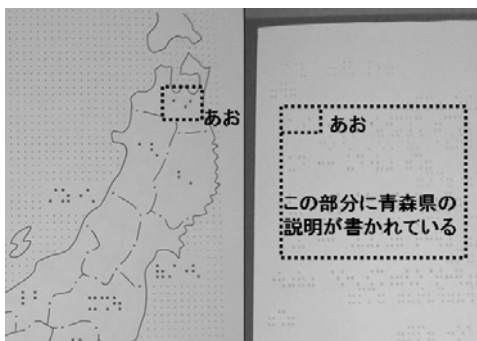


図1 立体コピーの触図(左)と略記解説表(右)[1]

筆者らは既に文字情報を合成音声によって案内する「音声触図システム」の有効性を示しているが[2-4]、今回さらに多くの盲学校で共通的に利用できる教材の提供を行うと共に、現場の教師が音声触図を作成するための教材作成支援ツールの試作を行ったので報告する。

2. 音声触図システムの概要

2.1. システムの概要と仕組み

本システムは、タッチパネル上にセットした触図の知りたい部位を強押しすることにより、音声読み上げソフト[5]の合成音声で地名等の案内を行うというものである。図2に示すとおり、パソコン上の専用ブラウザが呼び出す案内用データに、音声の領域を割り当てており、タッチパネルの任意の1点を強押しすると、ブラウザ上の対応する座標がクリックされたことになり、案内用データに設定された音声を出力するという仕組みになっている。これにより、触図を読むときに使う解説表と対応をとる必要がなくなる。

本研究室では2006年から「音声触図システム」に関する研究を続けており、従来の触図を用いた学習と比べて、理解の速度が上がることを確認している[2-4]。

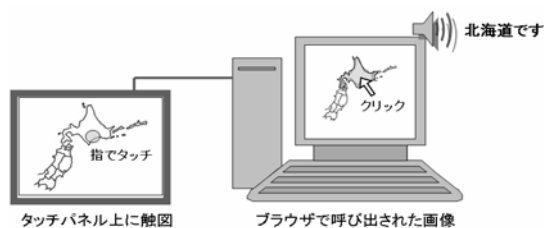


図2 音声触図システムのイメージ

2.2. 教材の汎用性について

本システムで扱う触図には日本地図のように多くの盲学校で使える汎用性の高いものと、地元の地図のようにその学校でしか使わない汎用性の低いものがある。汎用性の高いものは、一度作ってしまえば多くの盲学校で共通的に使うことができるが、地元の地図や生活に使う機器の説明、また日本地図でも学年に応じて教える情報を変えたい場合などはその都度新たに触図を作成することが必要となる。

図3は教材の種類を、図の汎用性と案内対象の違いの2次元に分類したものである。案内対象の違いによるタイプの分類については次節で述べる。

音声触図システムを用いてこれらの教材に対応するために、共通化できるコンテンツに関しては今回音声触図教材そのものを提供すると共に、汎用性の低い教材に関しては現場の教師が必要に応じて音声触図教材を作成できるツールの開発を行った。

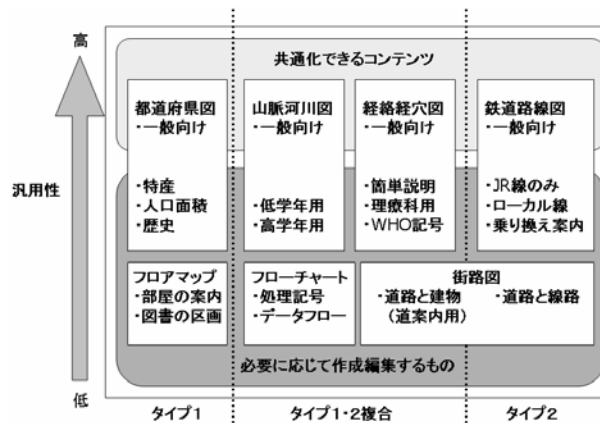


図3 教材の汎用性と案内対象による分類

2.3. 案内対象の違いによる図の分類

図3の横軸で示したように、音声触図は音声案内の対象の違いにより3つのタイプに分類できる。

図4に示すとおり、タイプ1は都道府県などの「領域」を案内したい場合、タイプ2は鉄道などの「線」を案内したい場合である。タイプ1は輪郭に囲まれた内部に音声領域を持ち、タイプ2では線の周りに、見えない一定幅の音声領域を持つという違いがある。なお、タイプ1、2両方の音声領域を持つ複合型も存在する。



図4 音声案内する対象のタイプの違い

2.4. 3段階の音声案内

教育上の効果を考えた場合、タッチした部位の名前を音声案内するだけでは情報が不十分で、名前以外の情報を付加したいことがある。しかし、一度にたくさんの情報を音声案内してしまうと知りたい情報以外の不要な情報も一緒に聞く必要があり、かえって分かりにくくなる恐れがある。そこで、タッチの回数に応じて案内する内容を分けることにより、使用者が対話的に情報を入手できるようにした。

本システムでは現場の教師の意見を参考にして、情報の分割を3段階までとしている。図5に3段階に分けて音声を発声する場合の例を示す。

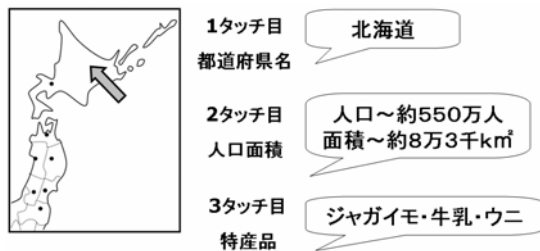


図5 日本地図教材における3段階音声の発声例

3段階の音声テキストはExcelファイルで保持しており、領域がタッチされたときにExcelファイルから対象となるセルを参照して発声するテキストを呼び出す仕組みになっている。これにより現場の教師が、教える学年のレベルに応じて音声案内させる内容を自由に変更することができる。また音声読み上げソフトでExcelのセルを読ませることにより、全盲の教師でも情報を書き換えることが可能となっている。

3. 教材の作成過程

3.1. 手本による分類

現場の教師が音声触図教材を作成する際、音声触図に作成したいと思う「手本」があるケースが多い。図6に示すように、手本の入手先は、インターネット上の地図などの電子データ、教科書など印刷物をスキャンしたもの、頭の中のイメージの大きく3つに分類できる。前者2つはその性質から、ノイズのある手本、ノイズのない手本に分けることができる。ここでノイズとは、触図には必要のない塗りつぶしと文字、点線のことを指す。

3.2. 手本の種類ごとに必要となるツール類

手本の種類ごとに必要となるツール類を図7に示す。以下にそれら3つのツールの概要を示す。

(1) ドロー・編集ツール

必要に応じて手本となる画像を背景（下絵）として表示し、対話的に図の描画を行うツール。背景と

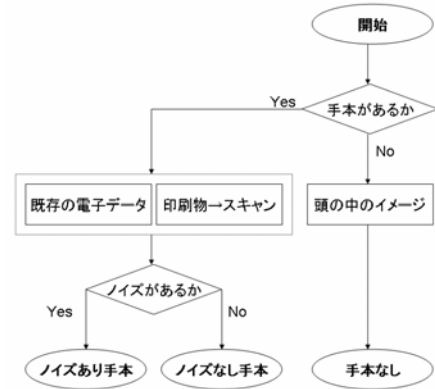


図6 手本の分類

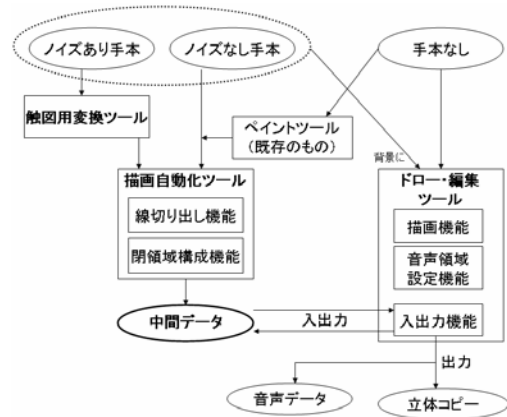


図7 手本の種類ごとの処理の流れ

して表示する手本には、ノイズがあってもかまわない。手本を表示する場合はその上から線や円を描き込むことで図を描画することができる。

(2) 描画自動化ツール

画像処理によって手本となる画像から半自動的に「線」を切り出し、「領域」を自動的に構成するツール。対象となる画像は、ノイズのない手本、具体的には実線で描かれた白地図で、これらの図から線の情報自動で切り出すことができ、線を結合することによって音声を与える「領域」を自動的に構成することができる。

(3) 触図用変換ツール[6]

ノイズのある画像に対して、塗りつぶしや文字の除去、点線の実線化を行うことにより、前記の描画自動化ツールで処理できる画像に変換するためのツール（図8参照）。

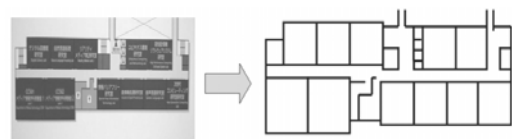


図8 電子画像を触図に適した形状へ自動変換したイメージ

4. 試作した音声触図教材作成ツール

本研究では、図7中のドロー・編集ツールと、描画自動化ツール2つを試作した。

前述した3つのツールのうち触図用変換ツールについてはペイント等のツールを用いれば教師自身が十分にノイズのない画像に編集できるため、本研究では実装を行っていない。

4.1. 階層的データ構造

各ツール間では共通形式のデータを採用しており、保存したデータを用いて何度でも後編集が可能である。共通形式のデータは図9左に示す通り、点→線→領域という3階層からなるデータ構造を持っている。それぞれが保持するデータは

- ・点 : 各点の座標
- ・線 : 線を構成する各点の番号
- ・領域 : 領域を構成する線の番号

である。階層構造を持たせることにより領域を構成している線の形状のみを変更したい場合に、線の情報を変更しても領域を再定義し直す必要がなくなり編集が容易になる(図9右参照)。



図9 階層構造のイメージと編集容易性

4.2. ドロー・編集ツールの主な機能

本ツールは、利用者が点や線を描画し、それらを基に領域の構成を行うことで対話的に触図を作成することを主たる機能としているが、それだけではなく、音声領域の設定、音声データの出力、触図の印刷など、音声触図の教材作成に関する一連の作業が可能である。

4.2.1. 図の新規作成

本ツールでは基本的に(1)線の描画、(2)領域構成のための線の編集、(3)領域の構成と音声情報の付与の3つの段階を踏んで触図を作成する。

(1) 線の描画

メニューから線や円を選択し適当な位置に配置することで図を描画する。主な機能を以下に示す。

- ・下絵を背景として表示
- ・線の描画(太さ、線の種類を指定可能)
- ・円の描画(円/丸い点の別、半径を指定可能)
- ・多角形の描画(形と大きさを指定可能)

(2) 領域構成のための線の編集

(1)では大体の位置の指定を行うため、線の結合部が必ずしも正確に描かれているわけではない。そのため、閉じた領域を構成するために線の端点の微調整が必要となり、それに伴う線の結合や分割

の処理が必要となる。主な機能としては、

- ・線移動(線の位置を修整する)
 - ・線結合(線の端点同士を結合し1本の線にする)
 - ・線分割(任意の点を選択し線を2本に分割する)
 - ・同一化(近接する2点の座標を同じにする)
- などがある。また、全画面に対して一定距離以下なら自動的に線や点を結合したり、必要に応じて自動的に結合や分割を行うなど、上記各機能を自動的に一括して処理する機能も実装している。

(3) 領域の構成と音声情報の付与

領域を構成し、それに音声の割り当てを行うと共に、入力したテキストを画像に表示して内容を確認する。主な機能を以下に示す。

- ・領域構成(線を選択し、領域を作る)
- ・音声の付加(領域ごとにテキストを入力)
- ・テキスト表示(図に音声と同じテキストを記載)

4.2.2. 図の再編集

本ツールは、後述する描画自動化ツールで自動的に抽出された領域に音声を付加したり、一度作った教材に手直しを加えたりするために、保存された中間データを読み込んで再編集を行うことができる。

主な用途を以下に示す。

- ・図を編集、再描画する
- ・不要な領域を削除する
- ・一度設定した領域の音声情報を変更する

4.2.3. 付加機能と出力

作成した音声触図データに、晴眼者のために赤字でのテキストの追加を行うことができる。

(注:赤字部分は立体コピー作成時には膨らまないの
で、触図には影響しない。)

また、大きい領域が小さい領域に覆いかぶさってしまう、小さい領域を押すことができなくなってしまうことを防ぐために、領域を面積順にソートする機能を利用することができる。

これらの作業を行った後、触図の印刷、htmlと画像データの2種類の音声データファイルへの出力を行う。

4.3. 描画自動化ツール

本ツールは、手本となる図から自動的に線を切り出し、音声領域を構成するという機能を持つ。この機能により、図を描画する手間が省けるだけでなく、領域の構成のための線を選択も不要になる。

本ツールで取り扱うことができるのは、3.1.で述べた「ノイズのない画像」であり、二値化細線化を行った後、以下の各処理を行う。

4.3.1. 線情報の自動切り出し

線の自動切り出しは内部処理として以下の3つの処理を行う。

(1) 特徴点の抽出

特徴点は「線」の形を決める点であり、本ツールでは、孤立点、端点、屈曲点、分岐点の4種類を特徴点と定義する。図10にそれぞれの特徴点の代表的な例を示す。

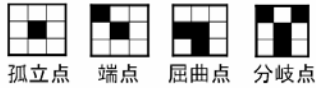


図10 各特徴点の一例

(2) 線の切り出し

抽出した特徴点を基に、端点から端点、端点から分岐点、分岐点から端点、分岐点から分岐点を1本の線とみなし、線を構成する特徴点の座標を順に格納する(図11左参照)。

(3) 不要特徴点の除去

画像処理においては画素を単位としているため、斜線は階段状になり、図11右に示すとおり、不要な特徴点が多発発生する。これらは後にドロー・編集ツールで線の編集を行う際、移動させる点が必要以上に多くなってしまいうために、線のデータから除去する必要がある。

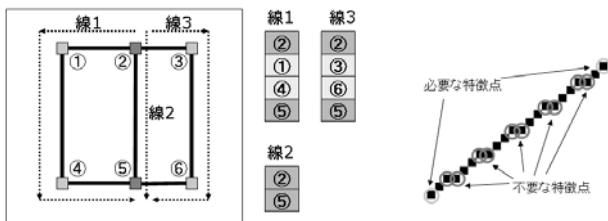


図11 線を切り出し配列に格納する様子と不要点について

4.3.2. 閉領域の自動構成

自動切り出しで得られた線情報を基に、線の結合状況を見て、最も内側の経路を辿るように線を選択し、閉領域を自動的に構成する。

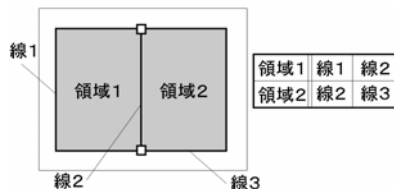


図12 線を繋ぎ領域を構成するイメージ

図12に示すような図の場合、2つの小さな領域を構成すれば成功となるが、結合を誤ってより大きな領域を構成してしまうと正しく領域を構成できなかったことになる。

考え得るいろいろなケースを検討した結果、以下の3つのルールに従えば各領域が正しく抽出できることを確認している。

(1) 全ての線は2つの領域に属する

図中で線は領域を分ける境界線であるため、必ず2つの領域に接している。よって全ての線が2回ずつ領域の構成に使用されることを領域構成の終了条件とする。

(2) 1回の探索中は時計周りか反時計回りかを維持

領域の面積が最小となるように線を結合するためには、領域の内側を辿るように選択、結合すればよい。そのため、1つの領域を構成する間、線を選択は、常に時計回り探索または反時計回り探索のどちらか一方のみを維持しなければならない。

(3) 一度結合した方向には結合しない

ある1回の探索開始から最初の結合の際、時計回りか反時計回りかを選択する必要があるが、この時以前の領域構成に使われた結合の方向には結合できないという条件を設ける(図13参照)。

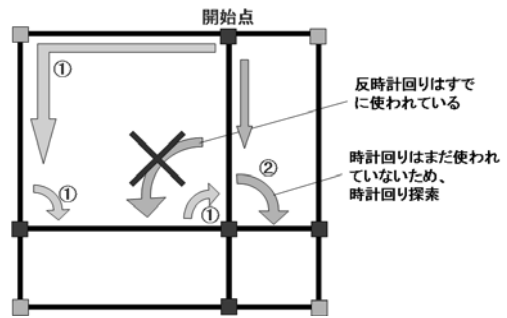


図13 既に結合されたかのチェックと探索方向の決定

4.4. 教材の作成手順の例

上記2つのツールを用いた触図の作成例を以下に示す。

図14に示す手本画像は、インターネットからダウンロードした近畿地方の白地図であり、文字や点線、不要な線をペイントツールで除去したものである。



図14 作成例に用いる近畿地方の白地図

(1) 描画自動化ツールを用いて領域を自動構成

描画自動化ツールで手本画像を読み込み、線の切り出しボタン、領域の構成ボタンを順に押すと、自動的に各処理が行われる。

処理完了後、構成された領域を確認している様子を図15に示す。領域番号を指定すると該当する領域が図中に赤い太線で表示される。

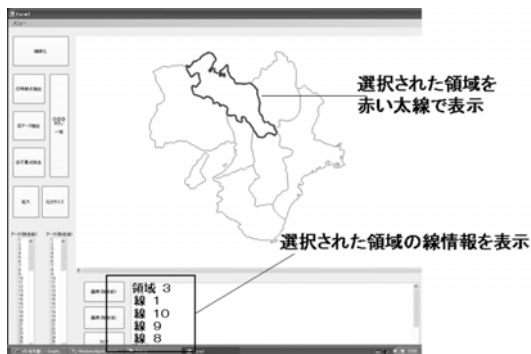


図 15 閉領域が構成されたことを確認

(2) ドロー・編集ツールで領域に音声を付与

描画自動化ツールで出力した中間データをドロー・編集ツールで読み込み、領域に音声用テキストを付加する。

なお、描画自動化ツールで線が正しく抽出されていない場合や不要な領域があった場合には、この段階で編集を行う。

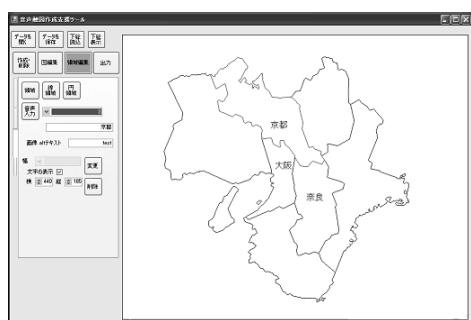


図 16 ドロー・編集ツールで音声用テキストを付加

(3) 音声データの出力と触図の印刷

全ての編集が終了したら、最後に音声データの出力ボタンでデータを保存し、触図の印刷を行う。

5. 現場への導入と評価について

本研究では滋賀県立盲学校の協力のもと、音声触図教材作成システムの試作、改良を行っている。汎用性の高い教材コンテンツの例として、盲学校で使用できる日本地図教材と経絡経穴教材の2種類を作成し、導入を行った。各教材の例を図 17・図 18 に示す。

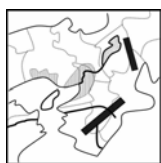


図 17：日本地図教材



図 18：経絡経穴教材

これらの教材は既に授業で取り入れられており、全盲者による音声データの編集も積極的に行われている。

また現在試作中のツールにおいても試験的に導入してもらい、ドロー・編集ツールについては概ね高評価を受けており、数学の2次関数のグラフなど新たな用途への利用など前向きな示唆をもらった反面、操作が煩雑でインターフェースの改良が必要との指摘も受けている。

一方、描画自動化ツールに関してはノイズのない手本を用意すれば、短時間で教材を作成できることが確認できたが、地図などの複雑な図形に対しては処理精度の向上が課題として残されている。

6. まとめ

本研究室で開発した音声触図システムを用いて、汎用性の高い内容は教材コンテンツ自身を作成すると共に、汎用性の低い教材を盲学校の教師が簡単に音声触図を作成できるツールの試作を行った。

教材が現場でどのような作られ方がされるかを考慮し、手本となる図の分類からツールの設計を行い、手本を背景として上から点や線を書き込むことで図を描画するツールと、ノイズのない図から自動的に線情報を切り出して領域を構成するツールの2つを開発した。両ツールとも共通のデータ形式を採用しており、前者は中間データの再読み込みを行うことで何度も編集可能となっている。

滋賀県立盲学校で実験を行い、現場の教師でも比較的簡単に音声触図教材の作成ができることを確認した。

なお、本報で紹介したツールは近日中に下記の URL からダウンロードできるようにする予定である。

<http://www.rits-higuchi-lab.jp/TVG/>

謝 辞

本研究を行うにあたり、多くの助言をくださった長尾 博先生、音喜寿 実先生はじめ滋賀県立盲学校の先生方に感謝する。

文 献

- [1] 社会福祉法人 日本ライトハウス展示情報技術センター編, “社会科地図帳”, 19 訂版, 社会福祉法人日本ライトハウス 点字情報技術センター発行 (2007).
- [2] 五島 幸訓・樋口 宜男: “視覚障害者のための音声出力地図,” リハ工学カンファレンス講演論文集, pp.273-274 (2006).
- [3] 奥野貴行, “視覚障害者のための音声機能付き触図システムの改良”, http://www.rits-higuchi-lab.jp/BFIT08/B08_Takayuki_Okuno/ (2009).
- [4] 山本健介, “音声触図を用いた盲学校理療科教育の支援システムの試作”, http://www.rits-higuchi-lab.jp/BFIT09/B09_Kensuke_Yamamoto/ (2010).
- [5] 高知システム, <http://www.aok-net.com/>.
- [6] 宮永峻資, “音声出力機能付き触図用ワンクリック音声領域割り当てツール”, http://www.rits-higuchi-lab.jp/BFIT10/B10_Shunsuke_Miyanaga/ (2011).