

視覚障害者用触地図自動作成システム TMACS の開発とその評価*

渡辺 哲也[†] 山口 俊光^{††} 渡部 謙^{††} 秋山 城治^{††}
 南谷 和範^{†††} 宮城 愛美^{†††} 大内 進^{††††}

Development and Evaluation of a Tactile Map Automated Creation System
 Accessible to Blind Persons*

Tetsuya WATANABE[†], Toshimitsu YAMAGUCHI^{††}, Ken WATANABE^{††},
 Joji AKIYAMA^{††}, Kazunori MINATANI^{†††}, Manabi MIYAGI^{††††},
 and Susumu OOUCHI^{††††}

あらまし 我々は、国内の任意の地点の触地図を視覚障害者自身が作成できる Web システムの開発に取り組んでいる。利用者が任意の地点の住所を入力するだけで、システムはその地点周辺の地図データを触察に適した形式にレンダリングし、触地図の原図画像を作成する。この原図を立体コピー用紙に印刷し、現像機にかけることで触地図が完成する。このシステムの操作実験により、視覚障害者自身が触地図を作成できることを確認した。他方で、触地図の評価では、道路や店舗・施設の情報不足が指摘された。そこで、情報の豊富な商用の地図データの導入とこれに応じたシステムの改変を行った。新しいシステムで作成した触地図を用いた歩行実験により、触地図が視覚障害者の単独歩行の支援において有効であることを示した。

キーワード 視覚障害者, 触地図, 立体コピー, 単独歩行, 目標物

1. ま え が き

視覚障害者のための触地図は、歩行訓練の経路や、出張・買物・旅行などで初めて訪れる地域について知るのに有効である [1]。近年公共施設で設置型触知案内図が増加しているが、これと比べて触地図は、事前に自宅で時間をかけて触れる利点がある [2]。

触地図を作成するにはサーモフォーム、立体コピー、点字プリンタなどの手法が用いられるが [3]、いずれの

方法も、地図の原型あるいは原図を取り扱う段階で、目の見える人（以後、晴眼者と表す）の関与が前提となる。視覚障害者の自立的活動のためには、晴眼者がインターネット上の地図を自分で検索・印刷するのと同じくらい手軽に、視覚障害者自身が触地図を作成できるシステムが求められる。

この課題に対処すべく、米国では Smith Kettlewell 視覚研究所の研究チームが 2003 年に TMAP プロジェクトを開始し、テキストベースの Web 画面の操作により、利用者の手元の点字プリンタで任意の地点の触地図を印刷できるシステムを開発した [4]。しかし、このシステムが対応しているのは米国の地図データだけであること、日本語と日本語の点字に対応していないこと、道路名を記した地図表現形式は、ほとんどの道路に名前がない日本には適さないこと、更に、米国と日本では普及している触図作成法、並びに点字プリンタの機種が異なっていることなどの理由から、TMAP システムとは別に日本で独自に触地図作成システムを開発する必要があった。

翻って国内では国土地理院が触地図原図作成システムを開発・公開しているが [5]、GUI ベースのシステ

[†] 新潟大学工学部, 新潟市
 Faculty of Engineering, University of Niigata, 8050
 Ikarashi-2nocho, Nishi-ku, Niigata-shi, 951-2181 Japan

^{††} 新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市
 Graduate School of Science and Technology, University of
 Niigata, Niigata-shi, 951-2181 Japan

^{†††} 大学入試センター, 東京都
 National Center for University Entrance Examination,
 Meguro-ku, Tokyo, 153-8501 Japan

^{††††} 筑波技術大学, つくば市
 Tsukuba University of Technology, Tsukuba-shi, 305-0821
 Japan

^{†††††} 国立特別支援教育総合研究所, 横須賀市
 National Institute of Special Needs Education, Yokosuka-
 shi, 239-0841 Japan

* 本論文はシステム開発論文である。

ムはマウス操作を必要とするため視覚障害者には操作できない。そこで我々は、日本国内の任意の地点の触地図を、視覚障害者自身が作成できるシステムの開発を主たる目的として研究に取り組んだ。そしてこのシステムを、視覚障害者による操作可能性と、視覚障害者の触地図への要望の観点から評価した。更に、触地図の利用目的の一つである移動支援において有効かどうかを実験的に検証した。

2. 開発要件

2.1 システムの要件

開発するシステムの主な要件は次の4点である。

第1に、多くの人がいつでも、どこからでもシステムを使えるように、Webアプリケーションとする。

第2に、視覚障害者がスクリーンリーダーで操作できるように、Webアクセシビリティを確保する [6]。

第3に、地図の表示地点・縮尺・表示物の種類をキーボードから指定できるようにし、視覚的な地図の調整を不要とする。

第4に、触図は立体コピーで作成する。その理由は、現在入手可能な立体コピー現像機の価格が、普及版の点字プリンタ [7] の約5分の1と安価なためである。

2.2 触地図の要件

視覚障害者にとって分かりやすい触図/触地図を作成するための指針やガイドラインが、様々な国で提案されている [3], [8]~[13]。本システムで作成する触地図は、これらの指針やガイドラインに従うようにする。

触察しやすい触地図の第1の原則はシンプルに作ることである。本システムでは、移動用または周辺情報提供用地図を作成するのが目的なので、地図への表示物は道路、鉄道、駅、川、出発地と目的地、目標物となる建築物にとどめる。

第2に、図中で用いる点・線・面の各記号の種類を2~3種類程度に抑える。その形状や寸法についても、指針・ガイドラインを参考にする。

3. 第一次開発

3.1 動作概要

触地図自動作成システムを概念図1に示す。このシステムは、インターネット上の既存のサービスを複合させて新しいサービスを作るマッシュアップ手法によって開発した。用いたサービスは、地図検索サーバ Google Maps と自動点訳サーバ eBraille の2種類である。開発の内容を、システムの動作順序に従って説

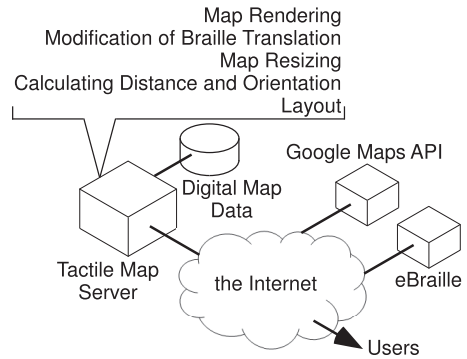


図1 触地図自動作成システム概念図

Fig. 1 Concept design of the tactile map automated creation system.

明する。

3.1.1 ジオコーディング

目的地と出発地の住所や施設名から緯度と経度を求めるジオコーディングには、Google Maps APIを用いた [14]。システムのWeb画面で利用者が入力した住所や施設名をGoogleサーバに送ると、その地点の緯度と経度情報が得られる。

3.1.2 地図のレンダリング

地図のレンダリングには、オープンソースの地図描画エンジン MapServer 4.10 を用いた [15]。描画したい地図の緯度と経度、描画範囲、描画すべきレイヤ（どの道路、建物、店舗を描くか）、描画のスタイル（線の種類、太さ、色など）などを記述したマップファイルを MapServer に送ることで地図画像（PNG形式）が得られる。

目的地と出発地の中間点を地図の中心とし、2000分の1を標準の縮尺として、A4用紙に収まる範囲を地図の描画範囲とする。描画レイヤは要件で示した道路、鉄道、駅、川とする。

出発地と目的地の触知記号を地図画像の適切な位置に重ね書きする。また、これらを探すためのガイドを地図画像の周囲に配置する。

なお、MapServerは触地図自動作成システムと同じコンピュータにインストールしている。

3.1.3 出発地・目的地の点訳

出発地と目的地の点訳には、神戸大学の自動点字翻訳サーバ eBraille 1.49 を用いた [16]。テキストデータを eBraille に送ると、漢字を仮名に読み下し、点字表記法に従って分かち書きされた（単語間に空白を含んだ）テキストデータが得られる。このデータに数符の

追加などの調整を行う。

点訳されたテキストデータを点字フォントで表示し[17]、その画像データを凡例として用いる。

3.1.4 地図要素のレイアウト

凡例、方位記号、縮尺を地図画像の周囲に表示されるように、印刷用の HTML ファイルを作成する。

3.2 開発環境

システムの開発にはスクリプト言語 Perl のバージョン 5.8.8 を用いた。地図レンダリングの際の検索速度を上げるため、地図データをデータベースに格納した。データベース管理システムには、PostgreSQL のバージョン 8.2.11 を使用した。GIS データを PostgreSQL で扱えるようにするための拡張パッケージ PostGIS 1.3.5 も使用した。

3.3 デジタル地図データ

地図データには、国土地理院の数値地図 25000 と国土交通省の国土数値情報をもとに作成された「アジアル日本地図データ (全国版)」(アジアル株式会社)を用いた。この地図データには、道路中心線や鉄道の軌道中心線などのデータが種類別に入っている。

3.4 Web サーバ

このシステムをインターネット経由で利用できるように Web サーバに搭載した。サーバの基本ソフトは Linux (Fedora release 8)、サーバソフトには Apache 2.2.9 を使用した。

3.5 操作方法

触地図作成システムの一般的な操作手順を図 2 に示す。操作に必要な機材類は、インターネットに接続したパソコン (Computer)、レーザプリンタ (Laser Printer)、立体コピー現像機 (Heater)、立体コピー用紙 (Capsule Paper: 熱を加えると発泡する特殊なインクを塗布した用紙) である。

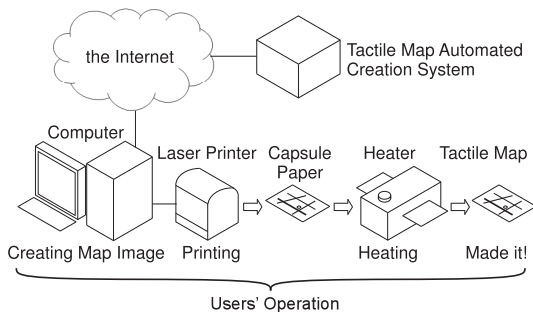


図 2 触地図作成の流れ

Fig. 2 Flowchart of creating tactile maps.

(1) 出発地と目的地の指定: システムの操作画面 (図 3) のテキストボックスに、出発地と目的地の住所または施設名を入力する。どちらか一方は省略できる。

(2) 検索: [検索] ボタンを押すと、ジオコーディングを行う。これに成功すると、出発地と目的地の間の直線距離と方角を示すダイアログボックスが現れる。

(3) 出力: [出力] ボタンを押すと、新しいウィンドウに触地図の原図が表示され (以上が原図の作成 (Creating Map Image)), 印刷のダイアログボックスが開く。プリンタに立体コピー用紙をセットしておき、この用紙に印刷する (Printing)。

(4) 現像: 触地図の原図が印刷された立体コピー用紙を立体コピー現像機 (PIAF, Quantum Technology) にかけて (Heating), 印字された黒色の部分が盛り上がり、手で触って読めるようになる。

3.6 触地図の内容

触地図の例を図 4 に示す。触地図内の要素は、道路、

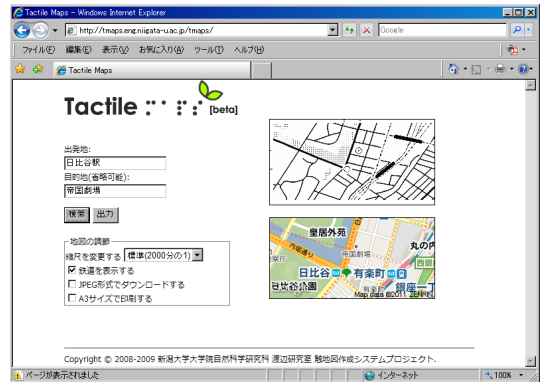


図 3 第一次システムの操作画面

Fig. 3 Snapshot of system 1.

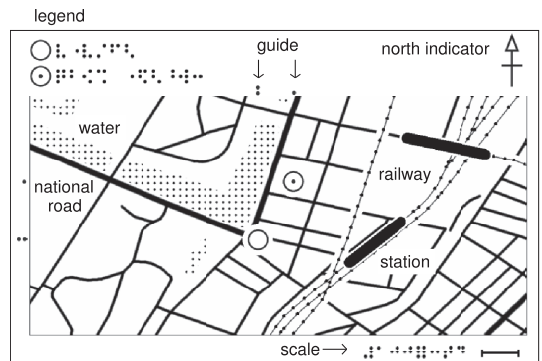


図 4 第一次システムによる触地図

Fig. 4 A tactile map created by system 1.

鉄道、水域、出発地と目的地を表す記号である。

道路を表す線の幅は 2 種類ある。太い線は国道を表し、細い線は国道以外の道路を表している。

鉄道は、実線に一定間隔でドットが乗った線で表している。駅は、ホームの長さをもち、角が丸みを帯びた長方形の形をしている。

川・湖沼などの水域は、ドットが格子状に並んだ触知面で表している。ドットの中心間距離は、ヒトが最も粗く感じるとされる 3.2mm 程度とした [18]。

出発地と目的地を示す触知記号は、それぞれ中抜き丸印と、点の入った丸印で表している。どちらも直径は約 10mm である。これらの記号と鉄道の記号は、道路より前面に描画した。これらを道路から弁別させるため、点・線記号の周囲に 2~3mm の空隙を設けた [8]。更に、これらの記号を探しやすくするため、地図画像の枠の左側と上側に 2 種類のガイド記号を配置した。利用者が両手を使って、左側のガイドから右方向に、上側のガイドから下方向に指を動かせば、指同士が交差する位置に触知記号を見つけられる。

用紙の左上に出発地と目的地の凡例、右上に方位の記号、右下に縮尺を配置した。

出発地・目的地の記号の大きさ、水域のドット間隔、記号の周囲の空隙は、所定の値となるようにマップファイル内の設定値を調整した。

4. 第一次開発の評価

4.1 操作性の評価

開発したシステムを使って視覚障害者が触地図を作れることを確認するため操作実験を行った。

4.1.1 実験参加者

スクリーンリーダを使った Web 操作が触地図作成過程の大部を占める。そこで、ほぼ毎日スクリーンリーダでインターネットにアクセスしている視覚障害者 3 人に実験に参加してもらった。参加者は全員 20 歳、スクリーンリーダの利用歴は約 10 年である。

4.1.2 実験環境

室内に図 2 のシステムを構築した。このうちコンピュータは参加者が普段使用しているマシンを用意してもらった。いずれのマシンも基本ソフトは Windows XP であった。スクリーンリーダは、2 人が PC-Talker (高知システム開発)、1 人が JAWS (エクストラ) を使用した。Web ブラウザは、2 人が Internet Explorer (マイクロソフト)、1 人が NetReader (高知システム開発) を使用した。レーザープリンタは LP-2500 (エプ

ソン)、立体コピー現像機は PIAF (Quantum Technology) を使用した。立体コピー用紙は松本油脂製薬社製と英国 Zychem 社製の 2 種類を用意した。いずれも A4 サイズである。

4.1.3 実験手順

実験は、説明、立体コピー用紙の印刷面の弁別、システムの操作練習、システムの操作実験の順序で行った。

4.1.4 立体コピー用紙の印刷面の弁別

はじめに未発泡の立体コピー用紙 1 枚を参加者に渡し、印刷面と非印刷面の触感の違いを口頭で説明した。次に、10 枚のうち半分は印刷面を表に、残り半分は印刷面を裏にして、ランダムな順序で並べたものを参加者に渡して、すべての用紙について印刷面を表に整理するように指示した。この操作を 2 種類の立体コピー用紙ごとに行った。

いずれの立体コピー用紙でも、参加者 3 人は 20 秒程度で面の整理を終え、整理の正答率は 100% であった。

4.1.5 操作練習と操作実験

システムの操作を以下の工程に細分化し、それぞれの工程を達成できるかどうかを、操作状況の観察と実験後の参加者の内省から判断する。

(1) Web の操作

- テキストへの文字入力
- プッシュボタンの操作
- コンボボックスの操作
- チェックボックスの操作
- ダイアログボックスの操作 (上の各項目を含む)

(2) 立体コピー用紙への印刷

- 立体コピー用紙の印刷面の弁別
- 立体コピー用紙のプリンタへの補給

(3) 現像機の使用

- スイッチの投入と切断
- 温度設定つまみの操作
- 用紙の挿入

コンピュータ操作には、システム画面 (図 3) の操作に加えて、[印刷] ダイアログボックスと、プリンタの [詳細設定] ダイアログボックス、出発地/目的地の候補が複数あった場合の [候補地が複数あります] ウィンドウの操作が含まれる。

Web 操作の細分工程をすべて含むように、触地図の作成条件を次のように設定し、3 枚の触地図を作ってもらった。出発地と目的地の住所と施設名は実験者が口答で指示する。

- (1) 出発地に住所を入力、各種設定はデフォルト

(2) 出発地は上と同じ、縮尺と表示物を変更

(3) 出発地と目的地に施設名を入力、各種設定は上と同じ

練習として、実験者の説明に従って参加者に3枚の触地図を作ってもらい、練習の後に、出発地と目的地を変えて、同じ手順を今度は実験として行う。実験時は、参加者が操作に手間取ったとき以外は実験者は画面状況を説明をしない。

4.1.6 実験結果

参加者3人ともすべての工程を達成し(達成率100%)、3枚の触地図を作成できた。

しかし、工程(1) Webの操作において、実験者の説明が必要となった場面と(下の(1)と(2))、操作の煩雑さが指摘される状況(同(3))があった。また、原図の印刷結果が予測どおりでなかった問題があった(同(4))。これらについて説明する。

(1) ポップアップブロック: Google ツールバーのポップアップ自動表示ブロック機能のため、候補地選択と触地図出力のための新しいウィンドウの表示が妨げられた。この現象は、Internet Explorer に Google ツールバーを入れている参加者1人の環境で発生した。対応として、実験者がブロック機能を解除した。

(2) タブ表示: 新しいウィンドウをタブで表示したとき、スクリーンリーダが音声で伝えなかった。この現象は、Internet Explorer と JAWS を使っている参加者1人の環境で発生した。タブ間の移動はキーボードでできるので、新しいタブが開いたときに実験者が口頭で伝えた。

(3) 印刷方向の設定: プリンタの[詳細設定]ダイアログボックスで印刷方向を[横]に設定する操作を印刷のたびに行う必要があるため、面倒であるという意見が参加者から出た。

(4) 印刷内容の大きさ: A4用紙全面に印刷されるように地図画像のサイズを調整しているが、これより小さく、または大きく出力される場合があった。小さく出力されたのは Internet Explorer を使う1人の環境で、70%程度のサイズに出力された。ブラウザやプリンタを再起動すると標準サイズに戻ることもあるなど、発生の原因が特定できていない。大きく出力されたのは NetReader と PC-Talker を使う1人の環境で、150%程度のサイズとなり、3枚の用紙に分かれて出力された。ブラウザやプリンタの再起動でも解消されず、NetReader 以外のブラウザ環境で起きたことがないため、NetReader に原因があると考えられる。

4.1.7 改善事項

現在は、PNG形式の画像を貼り付けたHTML画面を印刷するため、印刷状況はブラウザとプリンタ環境に依存する。触地図の原図画像をPDFファイルで出力することで、印刷内容の大きさの変化を抑えるとともに、印刷方向の設定を不要にできると考えている。

ポップアップの許可と新しいタブ表示の読上げは、ブラウザとスクリーンリーダで設定する事項であり、触地図自動作成システム側では対応しない。

4.2 触地図の評価

システムで作成した触地図の課題を探るため、視覚障害者向けのワークショップを開催した。一般参加者数は11人、そのうち視覚障害者は5人であった。システムを2セット用意し、研究スタッフが使い方を説明しながら、約1時間、視覚障害者にシステムを操作してもらった。ワークショップ後の討論会における視覚障害者からの要望を以下に整理した。

(1) 道路: 細い道路を含むすべての道路の表示。実際の道路幅に応じた地図上の線幅の変化。高速道路の表示/非表示の選択。点字による道路名の表示。

(2) 目標物: 触地図への追加要望があった目標物は次のとおり: 信号機、誘導チャイム、郵便局、コンビニエンスストア、ATM、各種飲食店、パチンコ店、地下鉄出入口、大きな建物の入口。

(3) 経路探索: 出発地から目的地までの最短経路の探索と、線種を変えた経路の表示。経路地図においては、経路と主要な道路、それに交差する道路に絞った表示が望ましい。

(4) 言葉による説明: 出力した触地図の全体や歩行経路を言葉で説明する機能。

(5) 縮尺の自動調節。

(6) 点図触地図の出力: 立体コピーの触図より点図を好む人もいるため。

(7) 普通文字の印刷: 晴眼者に援助依頼をするときのため。

4.2.1 改善事項

1番目と2番目の要望に応えるには、道路や目標物に関する情報が必要である。第一次開発で使用した地図データにはこれらが不足しているため、情報が豊富な商用の地図データに切り換えることで触地図の有用性を高める方針を固めた。

4.3 性能評価

システムの動作性能について報告しておく。

ジオコーディングの成功率はシステムの操作感に影響

響を与える。その成功率は Google Maps API の性能に依存しており、明確な数値を得ることは難しい。これまでの利用状況では、住所入力に対するジオコーディングでは問題はほとんど生じていない。ただし、甲、乙のような地番表示を入力した場合にジオコーディングに失敗した例はあった。施設名でジオコーディングできなかった事例はときどきあり（例：新潟市総合福祉会館）、その場合は施設の住所を Web の検索エンジンで調べ、それを入力し直す手間が生じている。

触知記号の寸法が要件に従っていることは、触知しやすさの観点から重要である。操作実験と同じレーザープリンタで立体コピー用紙に印刷した触地図をスケールルーペ（ピーク社、15 倍）で計測したところ、面記号のドット中心間距離は縦・横とも 3.25 mm、出発地と目的地の記号の直径は 10.3 mm、その周囲の空隙は 2.6 mm であり、いずれも設定値の数%の範囲に収まっていることを確認した。

5. 第二次開発

第一次システムによる触地図の評価では、店舗・信号機などの目標物や道路の幅など視覚障害者が移動中に活用できる情報の不足が指摘された。そこで第二次開発ではこれらの情報を含む商用のデジタル地図データを導入し、これに応じて触地図サーバプログラムを改変することで、問題の解決を図る。なお、第二次開発以降のシステムを Tactile Map Automated Creation System、略して TMACS と呼ぶことにする。

5.1 デジタル地図データ

地図データに求められる要件は次のとおりである。

- (1) 公共施設・信号機・バス停・商業施設など、視覚障害者にとって目標物となる情報を多数含むこと。
- (2) 道路幅データを含むこと。
- (3) 構内道路・私道を含め、人が通行可能な道路は可能な限り多く含むこと。

これらの要件を満たしている「マッフル 10000 デジタルデータ」(昭文社) を選択した。この地図データは 2500 分の 1 図面を基本地図図として、信号機・公共施設・商業施設・大型建造物などの情報を納めている。

5.2 触地図の内容

TMACS で作成した触地図を図 5 に示す。道路・鉄道・水域、出発地と目的地の記号を表示している点は第一次システムによる触地図 (図 4) と同じである。これに加えて、店舗等数種の目標物、信号機、建物の形状も表せるようになった。更に、実際の道路幅に

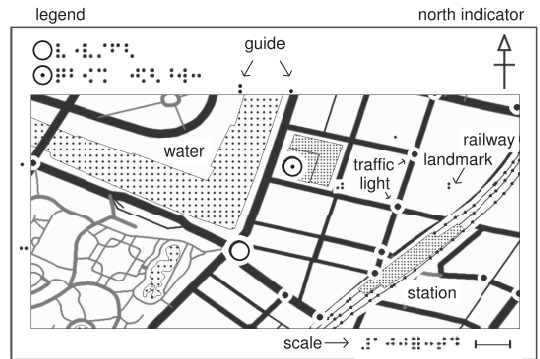


図 5 第二次システム (TMACS) による触地図
Fig. 5 A tactile map created by system 2, TMACS.

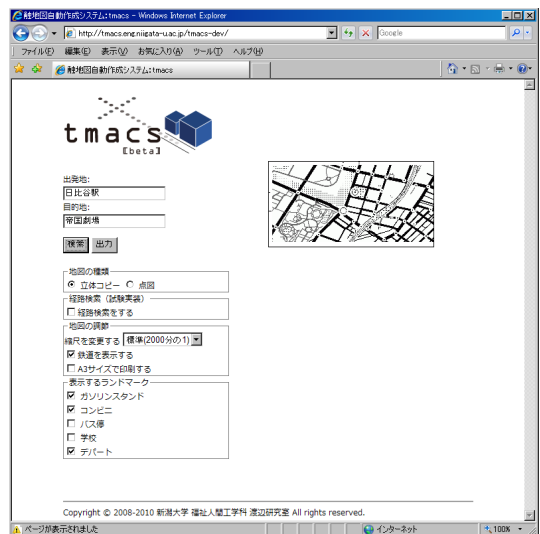


図 6 第二次システム (TMACS) の操作画面
Fig. 6 Snapshot of system 2, TMACS.

じて触地図上の線の幅を変化できるようになった。これらの改良点について説明する。

(1) 目標物：視覚障害者が歩行中に聴覚や嗅覚で発見しやすいとされる店舗等が過去の研究で報告されているので ([19]~[23] ほか)、これらを表示する。必要な情報は利用者により異なるので、選択できるように操作画面にチェックボックスを追加した (図 6)。

点字の表記は広いスペース (1 文字で横 5 mm 縦 7 mm 以上) を必要とするので、略記号を使うのが一般的である [3]。今回は目標物の位置に 0~9 の点字を配置した。スペースを節約するため、数字の前に付ける数符を省略した。触地図上の番号と施設の種類、名称との対応表は目標物リストとして表す (図 7)。リス

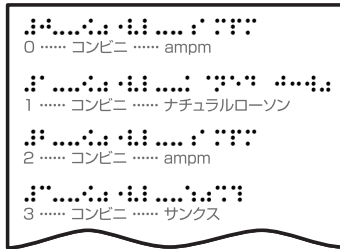


図 7 目標物リスト
Fig. 7 List of landmarks.

トは立体コピー用紙に印刷して読める。

(2) 信号機は、直径約 2mm の円で表す。

(3) 建築物：建築物は面記号で表す。ただし、すべての建築物を表すと触読が困難になるので、出発地または目的地に指定した場所に建築物が存在した場合のみ表示する。駅舎も実際の形状で表示できるようになった。駅舎の形状表示は、ワークショップ以外の機会に視覚障害者から寄せられた要望である。

(4) 道路：道路を表す実線の幅は、実際の道路の幅に応じて 4 段階で表現する。具体的には、幅 3m～7m, 8m～12m, 14m～25m, 30m 以上の道路を、触地図上でそれぞれ約 1mm, 2mm, 3mm, 4.5mm の幅の実線で表す。公園内の構内道路も表示できるようになった。

(5) 記号間のスペース：目標物の点字、信号機、出発地と目的地の記号は、道路と建築物より上にレイアウトし、周囲に 1.5mm～2.5mm の隙間を設けて、触って検出できるようにした [9]。

6. 歩行実験

6.1 目的

触地図の利用目的の一つが視覚障害者の移動支援である。そこで、触地図を使えば、初めての経路でも視覚障害者が単独で移動できるかどうかを実験で検証する。その下位目的として目標物の有効性を検証する。

6.2 背景

実験について述べる前に、視覚障害者が未知の土地を単独で移動する状況について説明する。視覚障害リハビリテーションにおいては、視覚障害者が未知の土地を移動する場合は「援助依頼」をすべきであり、初めての場所を完全に単独で移動することは想定されていない [24]。このため、未知の土地の単独移動をそれ単体で完全に支援する機器はないといってよい。近年、視覚障害者用の GPS ナビゲーションシステムが販売

され始めたが、その取扱説明においても、初めての場所での使用は危険であると明記されている [25]。このような背景のため、未知の土地の単独歩行実験は難易度が高く、これを遂行できる参加者の数は限定される。

6.3 参加者

30 代男性の視覚障害者 2 人に実験に参加してもらった。そのうちの 1 人参加者 A は著者の 1 人である。2 人とも幼少期に失明しており、視覚経験はない。2 人とも日常的に単独で通勤する。2 人とも触地図の経験はあるが、日常的に触れる機会はなく、本実験で使ったタイプの触地図は実験時に初めて触った。

6.4 歩行経路

街中で迷わずに移動するには中間目標点による現在地把握が重要である [26]。そこで目標物を多く含む場所を歩行経路として選んで、その有効性を見る。歩行開始地点は鉄道駅とする。これらの条件を満たすため、東京都内の鉄道駅の中で、周辺 300m 以内に信号機が 10 機以上、コンビニが 6 軒以上、ファーストフードが 4 軒以上、ファミリーレストランが 3 軒以上、パチンコ店、ドラッグストア、ガソリンスタンドがいずれも 1 軒以上あるものを地図データから検索した。すべての条件を満たす駅はなかったため、条件を五つ以上満たすよう再検索すると 15 駅が該当した。更に、実験場所同士の距離が短いことと、目的地が何らかの施設であるという条件により、次の 3 箇所を選んだ。

- 東京メトロ東西線西葛西駅から江戸川区スポーツセンターまで。距離は約 700m。
- 東京メトロ東西線門前仲町駅から富岡八幡宮まで。距離は約 420m。
- 東京メトロ日比谷線八丁堀駅から東京証券取引所まで。距離は約 700m。

6.5 方法

(1) 歩行前

実験者が触地図の概要を説明したのち、参加者には触地図を読んで、経路を計画してもらった。2 人とも TMACS による触地図の利用は初めてのため、第 1 経路の前のみ、実験者が触地図の記号について説明した。

(2) 歩行中

参加者には、歩行中の目標物の検出状況と、経路判断の理由などをできるだけ発話してもらった。参加者の安全確保のため、実験者のうち 2 人は参加者の前後数メートルの位置を維持した。

(3) 歩行後

参加者には、触地図を示しながら、目標物や経路の

判断内容を説明してもらった。

6.6 記 録

歩行前・歩行中・歩行後の実験参加者の発話を IC レコーダ (Sony, ICD-S1) とピンマイク (Sony, ECM-C10) を使って録音した。発話内容は、実験終了後にテキストに書き起こした。参加者の歩行の様子をビデオカメラとデジタルカメラで撮影した。

6.7 結 果

6.7.1 地図の触察

触地図の触察時間を表 1 に示す。参加者 2 人とも初回が最も長かったのは、触知記号の説明が含まれるためである。触察時間は通過する交差点や目標物の数に依存すると考えられるが、想定経路を選ぶように実験者が介入した行動なので、あくまで目安にとどめる。

参加者 2 人とも、道路の幅の違い、道路の湾曲、目標物の点字記号を触地図から読み取った。触地図中の点字記号について、狭い面記号と点字の混同、並びに数符の不足が問題点として指摘された。

6.7.2 歩行状況

2 人×3 経路 = 6 経路のうち 5 経路で、実験者が介入することなく参加者は目的地に達した。実験者が介入した 1 経路と (3)、想定と異なる道路を歩いた 2 経路 (1 と 2) の様子を下に記す。

(1) 参加者 A の第 2 経路

想定した経路上の交差点 1 箇所所で左折し、その後、1 街区北寄りの平行な道路を進んだ (図 8)。その結果、終了地点が変わり、約 50m 長く歩いた。目的地 (図中で中に点のある丸) を目指して経路なので、成功とみなす。

(2) 参加者 A の第 3 経路

途中の交差点の 1 箇所所、右側の空間が道路であるかどうかを確かめるため 1 街区奥まで進入し、その後、元の交差点まで戻ったため、約 $50\text{m} \times 2 = 100\text{m}$ 長く歩いた。

(3) 参加者 B の第 1 経路

信号のある 3 叉路を横断すると正面は突き当たると予測したが、正面に歩行者用の道路があったため戸惑い、触地図を参照した。この状況が 1 分以上続いたため、実験者が介入し、想定した経路へ誘導した。

左折予定の交差点の一つ手前の道路に進入した。これは、この道路が触地図に表示されておらず、左折予定の道路と取り違えたためである。この道路が建物で行き止まっており、参加者が道路であることの確信がもてなくなったと発言した時点で実験者が介入し、想定した経路へ誘導した。

6.7.3 歩行時間

歩行に要した時間を表 2 に示す。被験者内で経路間の時間を比べると、距離が約 700m である第 1・第 3 経路に対して、距離約 420m の第 2 経路の歩行時間が短いのは順当である。参加者 A の第 2 経路の歩行時間が、第 1・3 経路との距離の比率ほど短くなかったのは、歩行距離が伸びたことが理由として大きい。参加者 B の第 1 経路が同じ距離の第 3 経路に比べて長いのは、想定経路外道路への進入などのためである。

6.7.4 交差点の検出

交差点の検出状況を表 3 に示す。参加者 A の第 2 経路では、実際に歩行した経路上の交差点を計数した。第 1 経路の 4 番目の交差点以外、2 人ともすべての交差点を検出した。3 経路全体の検出率は 96% に上る。

表 1 触察時間

Table 1 Time for exploring tactile maps.

参加者	A	B
第 1 経路	11 分 8 秒	13 分 6 秒
第 2 経路	7 分 3 秒	8 分 35 秒
第 3 経路	7 分 17 秒	8 分 12 秒

表 2 歩行時間

Table 2 Time for walking the routes.

参加者	A	B
第 1 経路	17 分 36 秒	21 分 30 秒
第 2 経路	14 分 53 秒	11 分 8 秒
第 3 経路	16 分 33 秒	18 分 56 秒

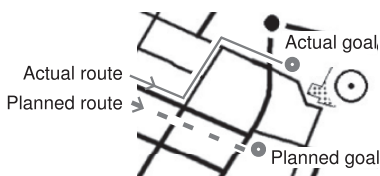


図 8 触地図をもとに異なる経路を再設定
Fig. 8 Re-routing using the map.

表 3 交差点の検出

Table 3 Detection of crossings.

参加者	A		B	
	検出率 [件数, %]	検出率 [件数, %]	検出率 [件数, %]	検出率 [件数, %]
第 1 経路	4/5	80	4/5	80
第 2 経路	9/9	100	8/8	100
第 3 経路	13/13	100	13/13	100
累計	26/27	96	25/26	96

参加者 B の発話において交差点検出の要因として点字ブロックが 4 回挙がったが、それ以外の要因は発話には見られなかった。

参加者 2 人が第 1 経路の 4 番目の交差点を検出しなかったのは、交差点としての特徴不足が理由と考えられる。すなわち、歩道の敷地側は切下げがなく、かつ路面の材質に変化がないため、体性感覚及び触覚で感じられる特徴がなかった。更に、交差点の手前の敷地が団地の植込みのため壁がなく、交差する道路との音響的な違いが感じられなかった [27]。

交差点を検出しても、地図上の交差点ではないと判断することがあった。参加者 B は第 2 経路上の幅 3m 程度の道路を建物の入口と判断した。

逆に、地図上で交差点ではない地点を、交差点かもしれないと参加者が考えた箇所もあった。2 人の参加者が共通して交差点かもしれないと発言した箇所は、第 2 経路上の幅 3m 程度の駐車場入口であった。参加者 A は第 2 経路上でほかに 2 箇所の駐車場を交差点の可能性があったとした。

6.7.5 目標物の検出

触地図に記載した目標物の検出状況を表 4 に示す。検出状況は参加者 2 人とも同じであった。

コンビニエンスストアは 5 軒（そのうち、歩行側に 3 軒、道路の反対側に 2 軒）すべて検出されなかった。

ファーストフードは 2 軒（そのうち、歩行側に 1 軒、道路の反対側に 1 軒）とも検出されなかった。第 3 経路では、2 人とも、数符のない点字の 3 を 2 と読み（読む方向が 90° 違ったため）、ファーストフードではなくコンビニエンスストアを探そうとした。

ガソリンスタンドは 2 軒とも検出された。その手ごかりは、空間の広がり、ガソリンの匂い、周囲の溝、店員の掛け声であった。

6.7.6 地図表記以外の検出物

聴覚・触覚・嗅覚によって検出したと参加者が発言した地図表記以外のものを挙げる。

- 音の広がり：広い空間（団地正面の広場）。

- 明示的な音：移動販売車の流す音楽、太鼓の音。
- 推察できる音：テニスコート、歩行者、走者、掃除する人、自動車、子どもの泣き声、公園で子どもが遊ぶ声。

- 路面・足下：点字ブロック、煉瓦敷き、タイル、緑石、植え込み。路面に置かれた植木鉢、自転車、段ボール箱、のぼり。

- 飲食店の匂い：中華料理店、鮮魚店（移動販売）、居酒屋、ニンニクの匂いのする飲食店。

- 飲食店以外の匂い：靴屋、灰が水に濡れた匂い、床屋。

これらのうち音の広がり路面・足下は時間的変動が少ない。その他の音と匂い、特に飲食店は場所を特定しやすいが、1 日の中でも変動が大きい。

6.8 考察

6.8.1 触地図の有効性

未知の土地を視覚障害者が単独で移動するための既存のシステムが存在しない現状で、6 経路中 5 経路で単独移動に成功した事実が触地図の有効性を示している。以下では、単独移動において触地図が果たした役割を具体的に考察する。

未知の土地における地図の役割は、経路の立案と現在地把握の実現である。触地図を使って経路立案ができたことは「地図の触察」の項で示した。その際、道路の特徴、及び目標物の位置と内容を伝達できた。

現在地把握は次の 3 ステップから成り立つ。すなわち、(1) 自分が現在いると考えられる地点を地図上で指示し、(2) その周囲にある目標物（交差点を含む）を地図上で確認し、(3) 実際の環境の中でその目標物の存在を確認することである。視覚障害者の場合、聴覚と触覚を通じて目標物を確認する。立案した経路に沿って出発地から現在地把握を繰り返すことで目的地に到達できる。交差点と目標物の検出状況から、今回は交差点の検出が現在地把握に役立ち、総合的な結果として単独移動が達成されたと考えられる。

6.8.2 目標物の追加

現在地把握に有効と考えられる目標物として、今回は 3 種類の店舗を触地図に記載したところ、ガソリンスタンドは確実に検出されたが、コンビニエンスストア、ファーストフードは検出されなかった。今回経路上にあったファーストフードは匂いが店舗の外に漏れていなかったことがその理由と考えられる。

他方で、地図には記載していなかったが、検出率が高かったのがファーストフード以外の飲食店である。

表 4 目標物の検出 (3 経路分まとめて)
Table 4 Detection of landmarks.

参加者	A		B	
	検出率 [件数, %]	検出率 [件数, %]	検出率 [件数, %]	検出率 [件数, %]
コンビニエンスストア	0/5	0	0/5	0
ファーストフード	0/2	0	0/2	0
ガソリンスタンド	2/2	100	2/2	100

これらを触地図に表記することで有効な目標物になると考えられる。現在使用している地図データだけでは情報が足りない場合は、飲食店を検索する Web サービスの活用も考えたい[28]。

構内道路の表記漏れと駐車場情報の不足、それに団地敷地や公園の開けた空間は、実験参加者の現在地把握を不安定にした。このため、これらの情報を触地図に追加する必要がある。もし、これらの情報が地図データに収録されていない場合は、現地調査か、あるいは Google マップのストリートビューを使うなど、触地図作成時に確認を取る必要がある。

6.8.3 点字

点字記号を適切な大きさにする必要がある[29]。また、マス数を減らすために数符のない数字を表示したが、これは読取り間違いの原因となった。今後は、頭文字 2 文字程度で略記するという触地図作成上の規範に則りたい[13]。

6.8.4 触地図と言葉による説明

触地図の改善事項として情報の追加を挙げてきたが、触りやすさを考慮すると、触地図に掲載できる分量を抑える必要がある。そこで一部の情報は言葉による地図の説明文に含め、触地図と併用するのが望ましい。

6.8.5 市民参加の地理データ作成

点字ブロック、大型施設の入口、一部の店舗など、視覚障害者が必要とする地理データが、現在使用している地図データに含まれていないという課題もある。そこで、視覚障害者の歩行に役立つ地理データ作りに支援者や当事者が参加する方向も検討したい。例えば、点字ブロックのある場所から GPS 情報と簡単な説明を送信してもらい、それを自動的にデータベース化していくというシステムである。

7. むすび

開発要件に従って触地図自動作成システム TMACS を開発した。その操作実験を通じて、視覚障害者自身が触地図を作成できることを確認した。更に、歩行実験を通じて移動支援における触地図の有効性を示した。

第二次開発で対応した目標物の追加以外の要望や改善事項は、歩行実験の時点では実装できていなかったが、実験後に順次対応を行ってきた。点図出力機能[30]や経路探索機能[31]、言葉による説明[32]は既に実装を終え、評価を進めている。これ以外に未実装の PDF 出力、現在地把握のために触地図に追加すべき情報、適切な注記方法などの改善事項にも順次対応していく

ことで TMACS の利便性を高め、視覚障害者の地図利用を一般的なものとしていきたい。

謝辞 本研究は科学研究費補助金（基盤研究（B））、課題番号：20300200）、及び総務省 SCOPE（ICT イノベーション創出型、課題番号：101707012）に基づいた成果である。

文 献

- [1] S. Ungar, M. Blades, and C. Spencer, "The role of tactile maps in mobility training," *British J. Visual Impairment*, vol.11, no.3, pp.59-61, 1993.
- [2] 渡辺哲也, "SIGACI 第 3 回研究談話会報告 テーマ「視覚障害者と触地図」," *ヒューマンインタフェース学会誌*, vol.10, no.3, pp.79-80, 2008.
- [3] P.K. Edman, *Tactile Graphics*, AFB Press, New York, 1992.
- [4] J.A. Miele and D.B. Gilden, "Tactile map automated production (TMAP): Using GIS data to generate braille maps," *Proc. CSUN Int. Conf. on Technology and Persons with Disabilities*, Los Angeles, CA, USA, March 2004.
- [5] 国土交通省国土地理院, "触地図原稿作成システム," <http://zgate.gsi.go.jp/shokuchizu/>, 参照 March 10, 2011.
- [6] 日本工業標準調査会, JIS X 8341-3:2010 高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器 ソフトウェア及びサービス—第 3 部: ウェブコンテンツ, 日本規格協会, 東京, 2010.
- [7] 渡辺哲也, 長岡英司, 宮城愛美, 南谷和範, "視覚障害者のパソコン・インターネット・携帯電話利用状況調査 2007," 特教研 D-267, 国立特別支援教育総合研究所, 2008.
- [8] Y. Eriksson and M. Strucel, *A guide to the Production of Tactile Graphics on Swellpaper*, AB PP Print, Stockholm, 1995.
- [9] Y. Eriksson, J. Gunnar, and M. Strucel, "Tactile maps — Guidelines for the production of maps for the visually impaired," *The Swedish Library of Talking Books and Braille*, Enskede, 2003.
- [10] American Printing House, "APH Guidelines for Design of Tactile Graphics," <http://www.aph.org/edresearch/guides.htm>, March 2010.
- [11] 日本盲人社会福祉施設協議会, 歩行用触地図製作ハンドブック, 日本盲人社会福祉施設協議会, 東京, 1984.
- [12] 加藤俊和, 山本宗雄, "点字図書用図表の作成技法研修会—手で読む図表の作り方 (初歩から実践まで)," 筑波技術大学障害者高等教育研究支援センター, つくば, 2007.
- [13] 日本点字図書館点字制作課, 点訳のための触図入門第 2 版, 日本点字図書館, 東京, 1988.
- [14] Google Maps API, <http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/>, 参照 March 10, 2011.
- [15] Tyler Mitchell (著), 大塚恒平, たくはあきお, 丹羽 誠, 真野栄一, 森 亮 (訳), 入門 Web マッピング, オライリー・ジャパン, 東京, 2006.
- [16] 菅野亜紀, 大田美香, 三浦研爾, 松浦正子, 高橋京子, 池上

- 峰子, 前田英一, 松本裕治, 大島敏子, 高岡 裕, “自動点訳サーバ eBraille の開発,” 信学技報, WIT2007-49, 2007.
- [17] 日本ライトハウス点字情報技術センター, “墨点字フォント,” <http://www.eonet.ne.jp/~tecti/tecti/br-font.html>, 参照 March 10, 2011.
- [18] C.E. Conner, S.S. Hsiao, J.R. Phillips, and K.O. Johnson, “Tactile roughness: Neural codes that account for psychological magnitude estimates,” *J. Neuroscience*, vol.10, pp.3823–3836, 1990.
- [19] 山本利和, “視覚障害者の白杖歩行に関わる 2 種類の情報,” 大阪教育大学紀要第 IV 部門, vol.48, no.2, pp.359–373, 2000.
- [20] 山本利和, “視覚障害者の移動と空間認知,” ハンディキャップと都市空間—地理学と心理学の対話, 岡本耕平, 若林芳樹, 寺本 潔 (編), 古今書院, 東京, 2006.
- [21] 鹿島教昭, 黒沢亜希, 田村明弘, 大田篤志, 清家 聡, “視覚障害者の歩行実験—音環境と空間認知,” 横浜市環境科学研究所報, no.25, pp.24–33, 2001.
- [22] 永幡幸司, “視覚障害者が音から場所を特定する過程について,” 音響誌, vol.56, no.6, pp.406–417, 2000.
- [23] 高宮 進, 三橋勝彦, “視覚障害者が歩行時に利用する情報に関する研究,” 土木技術資料, vol.41, no.3, pp.32–37, 1999.
- [24] 芝田裕一, 視覚障害者の社会適応訓練第 3 版, 日本ライトハウス, 大阪, 1996.
- [25] エクストラ, GPS ナビ, <http://www.extra.co.jp/sense/gpsnavi.html>, 参照 May 31, 2011.
- [26] 村越 真, 地図が読めればもう迷わない, 岩波書店, 東京, 2004.
- [27] 関 喜一, 伊福部達, 田中良広, “盲人の障害物知覚における障害物の遮音効果の影響,” 音響誌, vol.50, no.5, pp.382–385, 1994.
- [28] ホットペッパー | リクルート Web サービス, <http://webservice.recruit.co.jp/hotpepper/>, 参照 March 10, 2011.
- [29] 渡辺哲也, 大内 進, “触読しやすい立体コピー点字のパターンに関する研究—原図の点径及び点間隔の条件について,” 国立特殊教育総合研究所研究紀要, no.30, pp.1–8, 2003.
- [30] 渡部 謙, 渡辺哲也, 秋山城治, 山口俊光, 南谷和範, 宮城愛美, 大内 進, “触地図自動作成システムにおける点図触地図出力機能の実装,” 信学技報, WIT2010-6, 2010.
- [31] 山口俊光, 渡辺哲也, 渡部 謙, 秋山城治, 南谷和範, 宮城愛美, 大内 進, “視覚障害者のための触地図作成システムの開発—経路情報を利用した触地図簡略化,” 第 19 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会抄録集, p.94, 2010.
- [32] 秋山城治, 渡辺哲也, 渡部 謙, 山口俊光, 南谷和範, 宮城愛美, 大内 進, “携帯電話の GPS 機能を使った周囲情報案内メールサービスの開発,” 信学技報, WIT2010-7, 2010.

(平成 23 年 3 月 28 日受付, 6 月 1 日再受付)



渡辺 哲也 (正員)

1993 北大大学院工学研究科了。同年水産庁水産工学研究所研究員, 1994 障害者職業総合センター研究員, 2001 国立特殊教育総合研究所研究員, 2005 主任研究官, 2006 主任研究員, 2009 新潟大・工・福祉人間工学科准教授。この間 2004 年 3 月～8 月米国ウイスコンシン大学工学部客員研究員。音声・触覚情報を用いた視覚障害補償技術の研究開発に従事。電子情報通信学会, 日本音響学会, ヒューマンインタフェース学会, 視覚障害リハビリテーション協会等各会員。博士 (工学)。



山口 俊光

2004 神奈川工科大学大学院工学研究科情報工学専攻修了。同年神奈川工科大学工学部福祉システム工学科研究生。2004 年 11 月より国立特殊教育総合研究所科学研究支援員。2009 新潟大学大学院自然科学研究科特任助手。視覚障害者の情報補償に関わる研究開発と障害者の IT サポートに従事。情報処理学会, 視覚障害リハビリテーション協会各会員。



渡部 謙

2010 新潟大・工・福祉人間卒。現在, 同大学院自然科学研究科博士前期課程在学中。触地図による視覚障害者の歩行支援に関する研究に従事。



秋山 城治

2010 新潟大・工・福祉人間卒。現在, 同大学院自然科学研究科博士前期課程在学中。音声案内による視覚障害者の歩行支援に関する研究に従事。



南谷 和範

2007 学習院大学院政治学研究科博士後期課程了, 2008 国立特別支援教育総合研究所研究支援員, 2009 年 4 月国立障害者リハビリテーションセンター研究所流動研究員, 同年 10 月大学入試センター・入学者選抜研究機構特任准教授。教育工学会, ヒューマンインタフェース学会等各会員。博士 (政治学)。



宮城 愛美 (正員)

2008 千葉大大学院自然科学研究科了。2006 筑波技術大助手, 2007 助教, 2010 講師。視覚障害補償に関する研究, 及び視覚障害学生支援に従事。ロービジョン学会, 視覚障害リハビリテーション協会各会員。博士 (工学)。



大内 進

1993 筑波大大学院教育研究科了。1974 東京都立養護学校教諭, 1975 東京教育大学附属盲学校教諭, 1978 筑波大学附属盲学校教諭, 1999 国立特殊教育総合研究所盲教育研究室長, 2004 総括主任研究官, 2006 上席総括研究員。視覚障害教育指導法及び視覚障害児の心理に関する研究, 音声・触覚情報を活用した視覚障害教育用の教材教具の研究開発に従事。日本特殊教育学会, 日本教育心理学会, 人類働態学会, リハビリテーション連携科学学会, 視覚障害リハビリテーション協会等各会員。