

力覚を利用した歩行支援シミュレータ（その2） --- 形状および空間を認識するための力覚インターフェースの利用 ---

筑波技術大学保健科学部情報システム学科¹⁾ 日本薬科大学薬学部²⁾

巽久行¹⁾ 宮川正弘¹⁾ 村井保之²⁾

要旨：計算機上の3次元形状グラフィックスを、力覚提示デバイスを用いて視覚障害者が触知し、形状理解ができるようにしたい。この形状理解システムの例として、前報で力覚認識による経路案内歩行支援シミュレータを提案した。本報告では続報として、システムの利用者が空間の認知地図を創生するのを助けるために以下の拡張を行った。1. 空間内の物体あるいは特徴的な位置にきたとき、その物体や特徴の言葉（音声）による記述を与える。2. あるレイアウト（例えば廊下）から別のレイアウト（例えば室内）に連続して移動できる。3. 矢印キーによるスタイラス（力覚入出力装置）の移動（および、記録）、あるいは、すでに記録した移動履歴（ファイル）によるスタイラスの移動ができる。（これにより教師と生徒による歩行訓練が、矢印キーの移動による master-slave モードで実現できる。）また、認知地図の創生には欠点とされる力覚装置の極端な局在性（ペン先のみによる力感からの位置やモノの形状の触知）を緩和し、全体を把握させるための触覚装置の併用計画についても述べる。

キーワード：触覚インターフェース、力覚地図、視覚障害、歩行支援シミュレータ

1. はじめに

視覚障害者は触覚で形状を認識する。指先の皮膚感覚が2次元的な広がりを持っているので、物体形状を把握するのに適しているからである。但し、対象が実在して触れられることが条件である。指先の接触部分は狭いが腕や身体動く範囲は全体的な認識が出来る。

我々は現在、任意の仮想物体や空間形状を計算機内に生成して[5]、市販の力覚提示デバイスで形状を伝達する視覚障害者向けの触覚認識システムの構築を目標としている。その触覚インターフェースの一例として、力覚認識による経路提示システムを作成し、これを利用した開発中の歩行支援シミュレータ HAWGS (Haptic Walk-Guide Simulator) について、報告した[7][8][9]。本報告はその拡張について述べる。

近年、高齢者や障害者の生活を支援する研究が数多く行われており、国土交通省の自律移動支援プロジェクトは、その代表的なものである[1]。特に、視覚障害者の歩行支援では、音声地図や触地図といった簡単なものから、大規模なインフラ整備や専用装置を必要とするものまで、様々な支援が研究されている。これまで、視覚障害者の空間認知に関する研究は心理学や地理学で行われ、地理情報システム (GIS) を利用した音声地図や触地図の成果となって表れてきた[2]。しかしながら、重度の視覚障害者ほど触覚的情報が必要であるにも関わらず、現在の触地図に十分な触覚的情報が入っているとは言い難い。このため、歩行

訓練用として、計算機上の簡易触地図と音声を組み合わせて行うシミュレータ等が研究されているが[3]、キーボードと音声を使ったシステムでは、白杖を用いたような歩行感覚の擬似体験は無理であろう。

地図上の経路をなぞり、仮想移動する際に、実際に白杖で経路を移動しているような感覚が得られるならば、経路の記憶や移動の練習に有利であろうという観点から、我々は、力覚提示デバイスを利用した歩行支援シミュレータ（力覚地図システム）を提案した。この地図により、段差や路面の状態、点字ブロックや路上に潜むランドマークの発見等、白杖に伝わる感触を前もって疑似体験できるので、視覚障害者の歩行訓練トレーニングには有利である。このような、空間形状も同時に認識できる経路提示システムを構築することが本研究の目的であり、仮想経路移動と実際の経路歩行を結びつけて訓練を行う、視覚障害者のための歩行支援シミュレータへの展開を目標としている。

本報告では、システムの利用者が空間のメンタルモデル（認知モデル）を創生するのを助けることを主目的として以下の拡張を行っている：

1. 空間内の物体に遭遇したとき、その物体の言葉（音声）による記述を与えるようにした。
2. 空間のあるレイアウト（例えば廊下）から別のレイアウト（室内）に連続して移動できるようにした。
3. 矢印キーによるスタイラス（ペン型力覚入出力装置）の移動（およびその記録）あるいは、すでに記録し

た移動（ファイル）によるスタイラスの移動を出来るようにした。

1 は、点字での説明に比して、文字数の制限がない。点字が読めなくても健聴なら利用可能な利点をもつ。本システムと IVEO との対比を 3.1 節で詳述した。3 は、迅速な移動、あるいは記憶のための移動経路の反復練習に役立つ。また、これは、1つのレイアウトを二人（教師と生徒）で共有して、master-slave モードで練習する場合の反復練習に役立つ。最後に、メンタルモデルの創生には欠点とされる力覚装置の極端な局在性（ペン先のみによる力感からの位置やモノの形状の触知）を緩和し、全体を把握させるための触覚装置の併用についても述べる。

2. 室内歩行シミュレータとレイアウトモデルの拡張

室内歩行シミュレータ（図 1）は、パソコン内に、室内の机等の配置をモデル化し、利用者は力覚提示デバイスから伝わる触覚により、あたかも実際のモノに触れている感覚で、室内のモノの配置を認識することや室内を移動することなどの疑似体験ができる。

室内レイアウトは、前報告では、データ作成用プログラム（Microsoft 社 Visual Basic 6.0 で記述）を用いて画像データで作成して、行列形式のテキストファイルに出力した。作成画面の大きさは $n \times n$ の格子形状であり、格子をマウスクリックすることにより、オブジェクト（壁や家具）の配置が行えるが、作成されるテキストファイルはオブジェクトが占有するメッシュ領域の情報のみであり、質感はオブジェクトの種類別に共有され、音声等の情報もオブジェクトの種類に対する共通の wav ファイルが対応付けられていた。

新レイアウトは、以下のように拡張された。オブジェクトの配置は座標情報からなり、オブジェクトは一つないしは複数の構成部品からなる。構成部品はすべて直方体形状で、512 個まで登録が可能である。構成部品のフォーマットなどは省略する。

3. 位置や経路の記憶支援—IVEO との対比

環境の空間的配置に関する内的なイメージを、認知地図（cognitive map）あるいはメンタルマップ（mental map）という。例えば我々は、頭の中に概略的な地図を描いて、そこに至るまでの建物等の目印（landmark）を確認しながら歩行する。特に視覚障害者は、目的地までの道のりを歩くとき、今はどこを歩いているのか、周りにどんな目印があるのかを強く思い浮かべながら歩行しており、彼らの認知地図は晴眼者に比べて、より強いイメージで、すなわち言

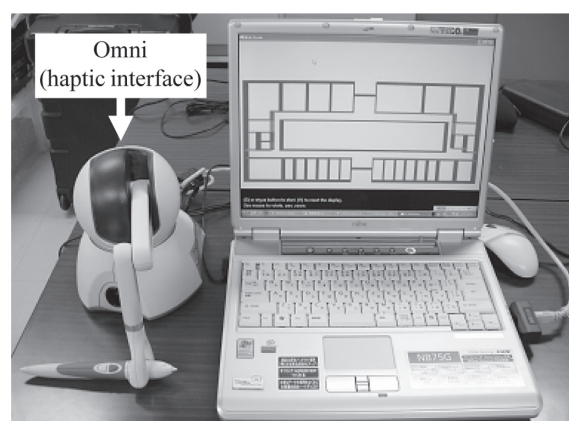


図 1 シミュレータの概観

葉で記述できる目印として、描かれていなければならない。

これまで、視覚障害者が事前に道を記憶する、即ち、認知地図を作成する際に、主に触図による触覚情報を通して記憶していた。近年は、地理情報システム（GIS）の発達と共に、音声地図による音声情報も記憶に役立てることが出来る。触覚と音声と同時に使用するシステムとして、最近、米国で開発された IVEO と呼ばれる触覚音声システムがある [6]。学習機器として開発された IVEO は、認知地図を作成する際にも有用であると思われるので、最初に IVEO の紹介と、我々のシステムとの認知地図への学習効果の相違を述べることにする。

3.1 触覚と音声による支援

IVEO は、視覚的な情報に触覚と音声を付加することができる触覚音声システムであり、その構成は、IVEO で使用可能なファイルを作るクリエイター（IVEO Creator）、スキャナ等で読み込まれた画像を IVEO ファイルに変換するコンバータ（IVEO Converter）、IVEO ファイルを表示するビューア（IVEO Viewer）、触図に触れて位置を同定する触覚センサーパッド（IVEO Touched Pad）の、4つからなる。

IVEO で使用するファイルは、XML（Extensible Markup Language）で記述された 2 次元ベクター画像言語である SVG（Scalable Vector Graphics）で書かれている。SVG は、画像を点の集合ではなく、線や面などの図形の集合体として扱うので、IVEO では、その集合に図形の名前を示すタイトルタグ（即ち、<title> タグ）や、コメントを示す説明タグ（即ち、<desc> タグ）を記して、それらを音声で読み上げている（音声エンジンは、Microsoft Text-to-Speech を使用）。SVG は XML 記述であるから、IVEO ファイルは W3C 準拠の閲覧ツール（Web ブラウザ等）で表示できる。IVEO ファイルの作成は、次のようになる。最初に、

クリエイターで描画しながら（既にある図はコンバータで変換可能、また、MS Office 等のアプリケーションソフトで作成したファイルも読み込み可能である）、音声テキストを挿入した SVG ファイルを作成する。作成した SVG ファイルをビューアで表示し、それを点図プリンタで打ち出して触図を作る。ビューアを実行する際に、表示されている図形と 1 対 1 に対応している触図を触覚センサーパッドに載せて位置合わせを行えば、センサーパッド上での指の触点とビューアで表示されているパソコン上のマウスの位置が同期されて、指の触点が示す図形（即ち、マウスでポイントしている図形）が SVG ファイルの図形集合として対応している音声テキストを読み上げるので、視覚的な情報に触覚と音声同期して付加されたこととなる。XML 対応である SVG は拡張性もあって容量も小さく、SVG の文法さえ知っていれば IVEO ファイルを直接書くことも可能であるので、汎用性が高いシステムである。

IVEO が触覚と音声の融合であるのに対して、我々のシステムは力覚と音声の融合である。IVEO が 2 次元図形集合に音声を付加するのに対して、我々は前章に示すように 3 次元図形構成部品に音声を付加している（音声合成は Microsoft 社から無償でダウンロード可能な Speech SDK 5.1 を使用）。表示するレイアウトファイルは、どちらもテキスト形式でスケラブルであるが、IVEO はクリエイターやコンバータがあるのでファイルの作成が、我々に比べて対話的で易しい（本システムにファイルクリエイターや、対話的にレイアウトや質感係数の変更が出来る仕組みを追加するのは、今後の課題である）。また、IVEO ファイルが標準規格である SVG であるのは強力であり、携帯電話も含めて、すべての W3C 準拠の閲覧ツール（当然、OS に無償で提供される Web ブラウザ等）で表示できる（そのためか、IVEO ビューアは無償でダウンロード可能である）。我々のシステムは、描画に OpenGL を使用している関係上、SVG に比べると特殊であり、システムに特化した目的にしか使用できない。

3.2 学習効果

認知地図への学習効果であるが、IVEO は触図を使用しているので、本システムでは難しい相対的な位置関係を掴むのには有利である。地図上での位置関係を理解するためならば、触図に勝るものはないと考えている。しかしながら、触図を携帯すれば、視覚障害者が一人で直ちに歩行が出来るかと問うならば、多くの場合は懐疑的である。我々は、視覚障害者が思い描く認知地図で重要なのは、単に地図上の位置関係ではなくて、認知可能な目印（landmark）のつながりを記憶することであると考えている。例えば、

点字ブロックのような目印上にいれば、概略的にどこを歩いているのかが思い出される。逆に、目印が見つからない場合は不安であり、行動の大前提は、記憶している目印を見つけることである。すべては、記憶した目印から、自身の認知地図が当てはまる。つまり、視覚障害者の認知地図は、その人の目印のつながりとして記憶されており、目印さえ外さないように歩行できれば、実際にどこを歩いているかの地図上の位置関係の記憶は、二次的な問題であるという考えである。この仮定のもとに、我々は、力覚で認識できるように目印を地図に埋め込むこと、そして、目印を認知するという歩行シミュレータが、実際の歩行には最も有効であるという考えであり、それが力覚地図を構築する目的である。

しかしながら、力覚デバイスは点認識であり、入出力インターフェイスのどちらの機能が強いかと問われれば、入力装置的な意味合いが強い。そのため、力覚を感じても周辺が同時に認識できなければ、目印のつながりを記憶しにくいと考えられるので、触図で地図上の位置関係（大域情報）の把握を補うため、片手に力覚デバイス、もう片手は点図ディスプレイ（例えば、KGS 社の Dot View DV-2）というシステムを、現在、構築中である。

4. 検討—シミュレータの利点

歩行案内には通常は触地図を使う。1 枚の紙はここに述べたシミュレータの配置図に比べて次のような利点を有している。

1. 触地図の作成は、筑波技術大のように視覚障害者支援機器が備わっているところでは、力覚歩行支援配置図の作成よりは簡単のように思われる。
2. 触地図は携帯可能であり、利用者は現場に持参して使用できる。
3. 触地図は全部の指を使って、迅速に全体配置の認識が出来る。力覚シミュレータではスタイラスペンの先端で逐次地図をなぞらねばならない。

しかしながら、われわれのシミュレータには次のような利点がある。

1. シミュレータでは有用な多くのプログラムを作成実行することが出来る。例えば、利用者に自動案内をすることが出来る。すなわち、あらかじめ決められた要所の案内を自動的に行うことが出来る。また、教師による個別の案内を行うことが出来る（1. はじめの記述を参照）。
2. 現状のシミュレータは原始的でこれを用いて歩行訓練を行うのは効果の面から躊躇を覚えざるを得ない

い。しかし、技術は進歩していくものであり、例えば、シミュレータ用の配置図の作成も将来簡単化できよう（IVEO もその例と考えることが出来る）。また、力覚端末についても進歩が見られるに違いない。何より、力覚の利用は視覚障害者にとり、聴覚、触覚等に次いで残された情報チャネルの一つであり、利用者自身もその利用に習熟していく必要があろう。

現在利用しているペン型力覚入出力装置（スタイラス）による知覚の局所性については、最近（2004 年）開発された画面を実時間で表示する触覚表示装置（前述 KGS 社製 DV2）を併用して周辺状況認識機能を強化することが可能であろう。

5. おわりに

仮想現実（バーチャルリアリティ）の実験ではコンピュータが生成する力覚を用い、コンピュータが生成する現場のグラフィックス画面を見ながら物体を加工する（例えば、物を削る）などの事を体験することが出来る。その際、モニター画面上に表示されたグラフィックスは、現実感の付与に本質的な役割を果たしている。

視覚障害者はグラフィックスを見ることなしで、音声（言葉による説明）と力覚により、現場を認識しなければならない。ここに大きな不利を感じざるを得ないが、すでに 15 余年の歴史を持つ「力覚」が視覚障害者のチャネルのひとつであることには変わりはない。

従来、視覚障害者への地理的案内は触地図を用いた説明が普通である。最近では、地理情報システム（GIS）の発達と共に、NPO 法人として音声地図を提供する団体も設立されている。

本研究は、触地図よりも触覚的情報が高く、かつ、音声対応可能な屋内地図を作成し、その上で力覚による触知を用いて重度の視覚障害をもつ利用者が認知地図を作成することを支援しようとするものである。視覚障害者のための簡単な形状認識支援である本研究は、大規模なインフラ整備や専用装置を必要としない、空間的な力覚経路提示に利用できる。これは、音声地図や触地図に加えて、力覚地図と呼ぶべき第 3 の地図が作成できることであり、視覚障害者への歩行支援シミュレータに展開することを試みた。駅や大学など決まった施設の屋内や通路はほとんど変化しないので、手間を掛けてシミュレータを作成する価値は認められよう。力覚地図の考えは、教育上あるいは生活上の各種作業トレーニングにも有効であろう。

謝 辞

本研究は、平成 18 年度筑波技術大学教育研究等高度化推進事業（競争的教育研究プロジェクト事業受付番号 38：“目の前状況認識システムの基礎実験”）および平成 18 年度保健科学部長裁量経費：“擬似力覚共有システム”の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] <http://www.jiritsu-project.jp/>
- [2] 碓井：“GIS を利用した障害者対応型リスクヒューマンナビゲーションとバリアフリーデジタルマップの作成・更新の研究”，平成 12 年度 JACIC 研究助成報告書，<http://www.jacic.or.jp/kenkyu/3/3-9-3.pdf>.
- [3] 小孫，小泉：“音声サインデジタルマップを用いた経路誘導に関する研究，第 4 回情報科学技術フォーラム（FIT2005）講演論文集，K-076，pp.529-530，2005.
- [4] 田崎，長嶋，坂井：“点接触型触力覚提示における 3 次元形状認識の要因効果に関する一実験（第 2 報）”，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol.5，No.1，pp.35-40，2003.
- [5] S. Asaoka, Y. Murai, H. Tsuji, H. Tatsumi, S. Tokumasu: The concept of the Distance Field Model for space representation, Proc. 6th Int. Conf. Intelligent Technologies, pp.262-269, 2005.
- [6] J. A. Gardner, V. Blatov, H. Stowell: The ViewPlus IVEO technology for universally usable graphical information, Technology and Persons with Disabilities Conference, #2349, 2005.
(<http://www.csun.edu/cod/conf/2005/proceedings/2349.htm>)
- [7] 巽，宮川，村井：形状および空間を認識するための力覚インターフェースの利用（その 1）—力覚地図を利用した歩行支援シミュレーター，筑波技術大テクノロジーレポート，Vol. 13, pp.63-67，2005.
- [8] Y. Murai, H. Tatsumi, N. Nagai, M. Miyakawa: A haptic interface for an indoor-walk-guide simulator, Proc. ICCHP 2006, LNCS4061, pp.1287-1293, 2006.
- [9] Y. Murai, H. Tatsumi, M. Miyakawa, S. Tokumasu: An indoor-walk-guide simulator using a haptic interface, Proc. IFMIP 2006, pp.1287-1293, 2006.

A Haptic Walk-Guide Simulator for the Visually Impaired (2) – Haptic Interface for the Recognition of Shapes and Space –

TATSUMI Hisayuki¹⁾ MIYAKAWA Masahiro¹⁾ MURAI Yasuyuki²⁾

¹⁾Faculty of Health Science, Tsukuba University of Technology

²⁾School of Pharmacy, Nihon Pharmaceutical University

Abstract: By combining 3-D shape modeler (a program which generates desired 3-D shapes by graphics in computer) and haptic-sensable devices, we are developing a touch-sensable system in order to help a blind person understand 3-D shapes. We continue our report on a Haptic Walk-Guide Simulator (HAWGS) which simulate a guiding of an indoor pathway finding through haptic recognition. The purpose of the walk-guide simulator is to present environmental information by haptic method along the path. So, in order to help the user create a cognitive map of the environment following extension of the system is made: 1. When encountered with an object, verbal description of the object is given, 2. From one layout in the space (say, from a hallway) the user can transit into another layout (into a room) continually, 3. The user can move in the layout by using (pushing-down) arrow keys; the trace of the move can be kept in a file and later, the move can be recovered from the file so that he can repeat the move for training purpose.

We are also planning to incorporate a use of real-time tactile graphic display simultaneously in order to augment the drawback of extreme locality of the haptic device (sensing of the object via haptic means from only the pin-point of stylus pen).

Keywords: Haptic interface, haptic map, walk guide simulator

