

〔研究〕

視覚障害者のための三次元物体認識支援システム

A Support System for the Visually Disabled to Recognize Three Dimensional Objects

河井良浩 富田文明
Y. KAWAI F. TOMITA

We have developed a support system that enables the visually disabled to actively recognize three-dimensional objects or environments. This is a total system which has input, processing, and output functions. Using a stereo camera system as an input device allows 3D visual information to be obtained. The visual information is converted into tactile and auditory information which can be easily understood by the visually disabled. As one of the output devices, we have developed an interactive 3D tactile display, which presents visual patterns by tactile pins. Also, it can function as a digitizer. It is possible for a user to communicate with this system. Experiments on the hardware of an interactive tactile display and the interface of this system were conducted for some blind persons. We report on the experiment results and evaluation thereof.

§ 1 はじめに

視覚障害者用の二・三次元視覚情報に対する支援システムは、OPTACONを始めとしてその大半は文字拡大、読み取り、読み上げなどであり、対象は「文字」が中心である。しかし文字以上の情報量を持ったもの、つまり図形(二次元)や物体、空間(三次元)に対するアクセス手段はほとんどないのが現状であり、人に説明してもらうか、実際に触ってみななければならないことが多い。このような二・三次元に対する視覚支援の研究・開発が望まれている¹⁻¹²⁾。

一方、近年三次元コンピュータビジョン技術の発達は著しく、この技術が福祉分野にも適用されるべき時期が来たとも言える。本研究では、従来のシステムでは行われていない高度な情報処理によって獲得できる三次元視覚情報を、視覚障害者が晴眼者と同様に直接的かつ能動的に選択し知覚することのできる情報処理システムの開発を行った。

視覚代行を考えた場合、残された感覚の内、触覚・聴覚が情報伝達には有用である。触覚は皮膚が網膜と同様な二次元的な広がりを持つているため、空間配置、物体形状を表すのに適しており、聴覚は概念を伝達するのに優れている。この二つの感覚を視覚の代行感覚とした支援システムの研究・開発が多く行われている⁶⁻⁹⁾。

触覚と聴覚の組み合わせによる視覚情報伝達において、二次元情報である地図情報に関しては、牧野らが立体地図と音声で提示するシステム⁷⁾、皆川らは視覚障害者自らが触覚と聴覚を組み合わせることで地図を作成できるシステムを作成し、地図および環境理解の実験、考察を行った^{8,9)}。これらの研究では、触覚と聴覚情報の組み合わせによって視覚障害者の理解力が高まることが報告されている。

触覚による二・三次元情報伝達装置として様々な機器があるが、ピンが二次元的に配列されていて、ピンが突出するタイプの触覚ディスプレイが多く、使用者が能動的触知覚(指などを積極的に動かして知覚する)が行える。二次元図形表示に関しては、ドイツのmetec社などが製品化している。一方、三次元情報を表すディスプレイに関しては、医療福祉機器研究所において「盲人用三次元情報表示装置」が開発された^{10,11)}。ピンは64×64の千鳥格子配列で、ピン直径2.5 mm、間隔3 mm、高さ0～10 mmの可変であり、三次元物体の形状表示が可能なディスプレイである。ただし、システム全体の大きさが机二個分あり、装置のメンテナンスが事実上不可能な装置である。

当所が開発しているシステムは、視野が広く可変のステレオカメラから非接触に得られる多様な三次元視覚情報を、対話型三次元触覚ディスプレイと三次元音響ディスプレイによって表現する支援システムである(Fig. 1)。シス

KEY WORDS: 視覚障害者, 三次元物体認識, ステレオビジョン, 視覚ディスプレイ

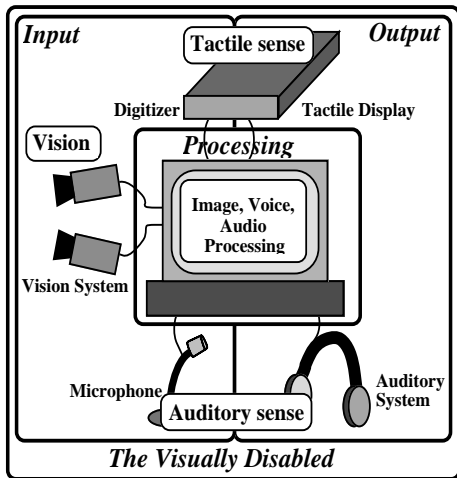


Fig.1 Conceptual diagram of the support system.

テムは入力,処理,出力部からなり,入力部は複数台のカメラシステムを用いている。処理部ではステレオ画像を解析し,シーン中の物体,環境の三次元構造復元を行う。得られた視覚情報を単純に触覚・聴覚にメディア変換するだけでなく,物体認識を計算機側で行うことにより,情報量の圧縮を行い,できる限りシンプルな形で必要な情報のみを伝達する。そして,これらの情報を対話的なインターフェースで触覚・聴覚を通して使用者に伝える。

また,触覚情報入出力装置として今回対話型三次元触覚ディスプレイを開発した。ピンが16×16に二次元配列されていて,使用者が能動的に触知覚できる。触覚による情報量を増加させるため,および,三次元形状を表現するためにピンの高さ可変となっている。さらに単に三次元情報を表示できるだけでなく,ディジタイザの機能を有している点が特徴である。この機能により視覚障害者は一方的に情報を与えられるだけでなく,システムとのやりとりをしながら対象を理解していくことが可能となる。

本報告では,触覚を通して情報伝達をする装置である対話型触覚ディスプレイを中心とした三次元物体認識支援システムについて説明する。

§ 2 触覚ディスプレイシステム

本章では対話型触覚ディスプレイシステムのハードウェア部分の詳細を説明する。システム全体はFig. 2であり,左から触覚ディスプレイ,カメラシステム,制御部,コンピュータ,そして合成音声出力装置が並んでいる。システム構成はFig. 3であり,システムの入力・出力部であるステレオカメラシステム,触覚ディスプレイ,合成音声出力装置について以下に説明する。



Fig.2 Overview of the system.

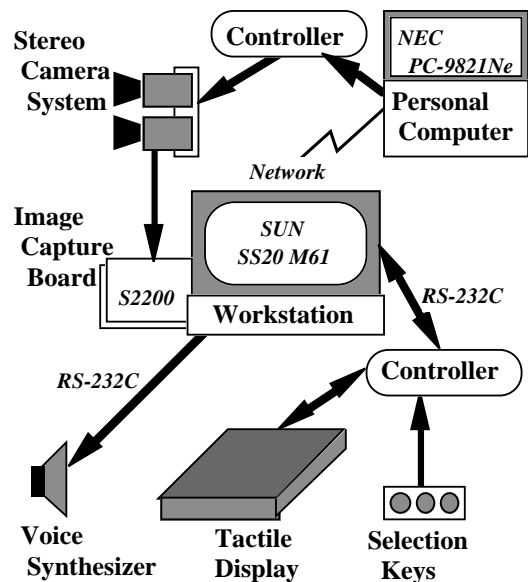


Fig.3 Composition of the interactive tactile display system.

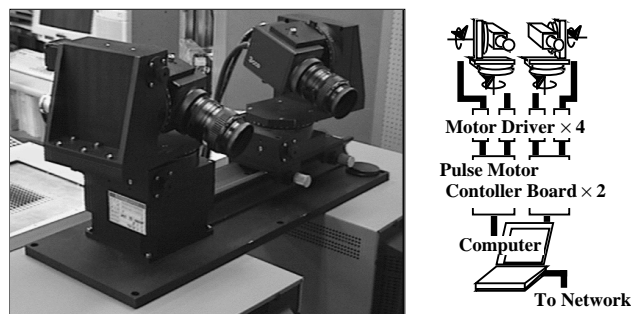


Fig.4 Stereo camera system.

2.1 ステレオカメラシステム (入力部)

入力部であるステレオカメラシステム (Fig. 4) はパーソナルコンピュータNEC PC-9801Neにより制御されている。搭載OSは高度なリアルタイムシステムで要求される高速,高信頼応答性のマルチプロセス対応のリアルタイム

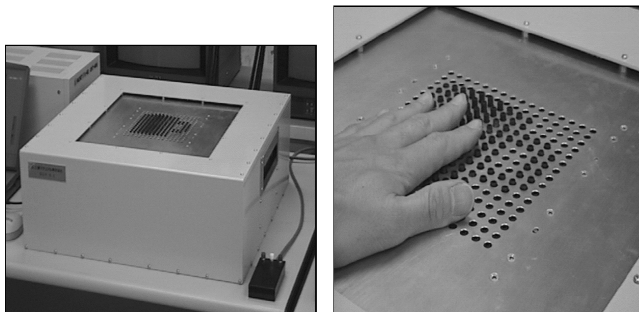


Fig.5 Tactile display.

Table 1 Specifications of the tactile display.

Pin arrangement	16 × 16 pins
Pin area	175 × 175 mm
Diameter of pins	5 mm
Spacing between pins	10 mm
Height of pins	0 - 6 mm
Shape of Pins	
Drive	stepping motor
Sensor	tact switch
Size	550(W) × 530(L) × 195(H) mm
Weight	28 kg

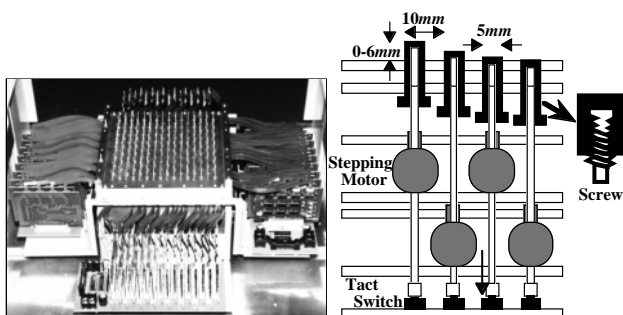


Fig.6 Tactile display mechanism.



Fig.7 Tactile display controller.

OSであるLnyxを採用し、実時間制御が可能である。各カメラはパルスモータ駆動によるパン、チルト制御が可能で、最大50度/秒の回転速度であり、移動物体の追従に

は十分な性能を有している¹³⁾。カメラはSonyの3CCDカメラXC-007で、画像入力ボードはワークステーションSUN SPARCstationのs-bus用Data Cell Limited社のS2200(640 × 480 pixel, RGB画像)を使用し、入力画像の処理をワークステーションで行う。

2.2 触覚ディスプレイ(入出力部)

触覚を通して情報を伝達する出力装置として、当所で三次元触覚ディスプレイを開発した。この触覚ディスプレイ(Fig. 5)は二次元の格子状に配置された凸状のピンでパターンを表示するものである。ピンの高さは触覚情報量を増加させるためと、三次元形状を表示するために数段階に制御可能となっている。他の触覚ディスプレイとの大きな相違点は、ディジタイザの機能を有している点である。つまり、出力装置としてだけでなく、入力装置としても利用できる。また、音声情報を聞くためや表示モードを切替えるために使用する選択キーも用意されている。

触覚ディスプレイの仕様はTable 1に示す通りである。ピンは格子状に配置され、その内部構造をFig. 6に示す。ステッピングモータを駆動するためのボードが外周部に配置されている。ピンが指で押された場合でも同じ高さを維持できるように直径10mmのモータを採用し、ピンを指先で押すことを考慮して、ピン直径を5mmとした。また、ピン間隔を狭めるために二層構造にし、ピン間隔を10mmにした。ピン上部のスクリュー構造がモータの回転力を垂直移動に変換している。各ピンの最下部にカード式電卓で使用されているタクトスイッチを設け、どのピンが押されているかを知ることができる。

選択キーは計算機のマウスとほぼ同じ大きさで、三つのボタンで構成されている。これは使用者が音声情報を聞く場合や表示モードを変更する時に利用する。

コントローラ(Fig. 7)は16 bit CPU(16 MHz)を用いており、RS-232Cを通じて触覚ディスプレイを制御している。コンピュータからのコマンド要求で、各ピンの高さ設定、押されたピンの位置獲得、選択キーの状況監視を行っている。

2.3 合成音声出力装置(出力部)

聴覚の出力として、本システムでは合成音声出力装置(Fig. 8)を用い、触覚では伝えられない情報や、触覚より簡潔に伝達できる情報を出力するために使われる。RS-232Cを通じて制御可能で、日本語音声出力可能なりコーのVC-1を使用し、その仕様はTable 2である。音素の組み合わせにより、状況説明や物体名などを出力する。



Fig.8 Voice synthesizer.

Table 2 Specifications of the voice synthesizer.

Synthetic method	LSP-CV
I/F	RS-232C (9600 bps)
Language	Japanese
Voice	man & woman
Size	150(W) × 230(L) × 35(H) mm
Weight	1.0 kg

§ 3 ステレオビジョン

観測されたシーンの三次元情報獲得のために本システムでは複数台のカメラを用いたステレオビジョンシステムを使用する。三次元情報獲得手段としてこの他に能動的ステレオ法のレンジファインダシステムもあるが、面情報などの復元は容易に行える反面、入力装置が複雑、高価であり、測定環境、測定可能距離が限定される。また、認識処理が複雑になるなどの問題もある。一方、受動的ステレオ法はレンジファインダに比べ制約条件が少ない。対応探索問題が最大の課題であるが、我々はこの受動的ステレオ法でも十分な復元、認識ができるようなシステムを開発している (Fig. 9)¹⁴⁻²⁴⁾。本ステレオ法はセグメントベースドステレオ法と相関法の二つの組み合わせであり、以下にそれぞれの手法について説明する。

3.1 セグメントベースドステレオ

セグメントベースドステレオ法は物体の境界線の対応を求め、三次元ワイヤフレームを復元する手法である¹⁷⁾

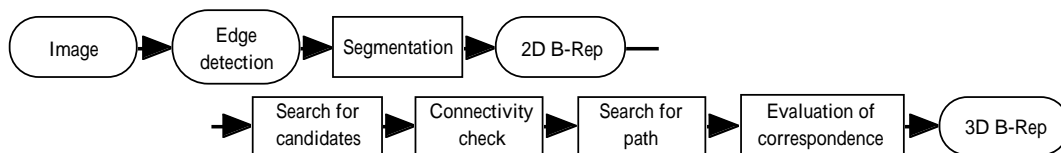


Fig.10 Flow chart for segment based stereo.

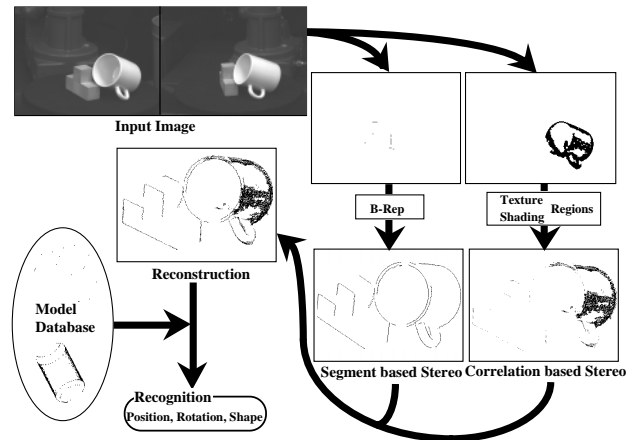


Fig.9 Stereo vision system.

¹⁹⁾ Fig. 10 の処理手順に沿って説明する。

左右の画像でそれぞれ境界線を抽出し、分岐点、屈曲点、変曲点、遷移点などの特徴点でセグメントに分割し、境界線表現である B-Rep(boundary representation)¹⁵⁾で表す。ステレオ対応においては、この B-Rep のセグメントを対応単位として処理を行う。対応探索は局所的なものではなく、領域の境界を構成する境界線セグメントの連結性に基づいて大局的に対応を評価する。つまり、基準となる画像の各境界線と類似の形状・特徴を持つセグメント列をもう一方の画像中から見つけ出すことで、局所的なセグメント間の対応ではなく、境界線というより大局的な基準を用いた対応を求めることができる。

まず前処理として、エッジポラ条件、セグメントの属性(輝度、方向性など)で左右のセグメント対である対応候補を見つける。各候補には左右のセグメントの対応区間の長さ、輝度差を反映した類似度を与える。この処理により対応探索範囲を軽減できる¹⁷⁾。

次に画像の各境界線において、対応候補のセグメント間の連結を調べる。連結性はセグメント間の近距離性、同輝度性、同角度性の三要素で評価する¹⁸⁾。これにより、左右セグメント対を節点、連結を辺とする有向グラフができる。このグラフの中から各候補の類似度の和が最大となるパスを探索し、そのパスに属するセグメント対を対応候補として残り、パスを反映した大局的な類似度を各セグメント対の類似度に代入する¹⁹⁾。

この段階ではまだ信頼性の低い対応や、左右のセグメン

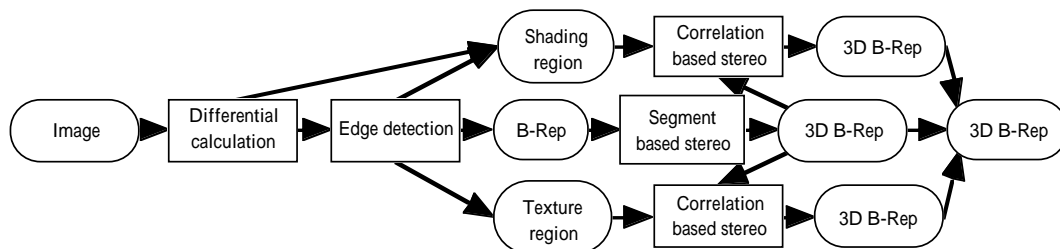


Fig.11 Flow chart for correlation based stereo.

ト間で一対一の対応関係ではなく、重複、つまり多重対応関係にあるものが存在する。そこで、類似度を基にその値が低い対応や、どのセグメントにも連結していない単独対応、対応区間の重複する対応を除く処理などを行い、左右の一意な対応関係を求める¹⁸⁾。

以上の処理手順により境界線の視差が求まり、三次元情報を復元できる。

3.2 相関法ステレオ

相関法は表面形状データを得るために使われるが、すべての画素に対しては行わない。前処理として相関法を適用するのに適した領域を抽出し、その領域に対してのみ処理を行う。これにより処理時間、誤対応問題を軽減できる。本手法ではテクスチャ領域とシェイディング領域を Fig. 11 の処理手順で求め、相関を計算し三次元復元を行う。

ここでいうテクスチャ領域は多数の小領域が隣接関係にある集合を意味する。抽出はまず明るさの一意性に基づいてエッジを検出し、画像の分割を行う。小領域の隣接関係を調べ、小領域の集合領域を一つの領域、テクスチャ領域とする²⁰⁾。

シェイディング領域はエッジ強度が一定値以上で、方向に連続性があるとし、この領域を求める。この処理でおおよそのシェイディング領域は求まるが、ステップ状エッジを含む領域幅が狭い領域も含まれる。この領域を収縮・膨張処理で削除し、シェイディング領域を求める²¹⁾。

三次元復元においては、セグメントベースドステレオで求めた対応する境界線の視差を利用してテクスチャ領域同志、シェイディング領域同志において、画素単位で相関を求める。領域は境界線の内側に存在するので、境界線の視差を相関探索範囲の境界条件とすることで、エピポーラ線上における探索範囲を小さくすることができる。具体的には、画像を順方向、逆方向ラスタ走査を行い、境界線の視差を対応探索範囲の初期値として近傍で相関を計算し、最良の相関を得られる時の視差を選ぶ。この処理で対象領域全体の視差を計算できる。これにより、セグメントベースドステレオ、相関法ステレオのそれぞれの手法で復元され

た三次元データをお互いに矛盾が生じることなく統合でき、物体の三次元形状データを得られる。

3.3 認識

三次元データ獲得後、物体の幾何モデルをあらかじめデータベースに用意しておく幾何モデルベースの物体認識処理が行われる²²⁻²⁴⁾。

三次元空間において、回転行列 R 、平行移動ベクトル t とすると、座標変換行列 T は

$$T = \begin{pmatrix} R & t \\ 0 & I \end{pmatrix}$$

で表される 4×4 の行列式で表現できる。すなわち認識は物体モデルと観測データを照合し、 T を計算する処理と等価である。処理は初期照合（局所的な幾何特徴を用いる）と微調整（全体的な形状を用いる）の二段階で行う。

初期照合では、基本的には物体モデルと観測データ間で可能性のある全ての組み合わせを考える。モデルの各頂点に着目し、頂点を構成する二つのベクトルの位置、姿勢がほぼ一致する頂点をデータから検索し、その組み合わせを対応候補とする。これから座標変換行列の初期値 T_0 が求まる。これにより求めた組み合わせを対応候補とする。

微調整においては、まずモデルを T_0 で座標変換する。モデルのサンプル点に対応する観測データ点を探索し、その三次元距離が最小となるように T を計算する。新たに求めた T で同様な処理を行い、誤差が閾値以下になるまで T を更新する。

これにより、モデルとデータ間で座標変換が求まり、対象シーンにおける物体の有無、位置、姿勢、形状を知ることができる。対象シーンに複数の物体が存在する場合、描くモデルに対して同様な処理を並列に行い、照合の評価値が高い物体を選択してシーン中に存在する複数物体の位置、姿勢を認識することができる。本手法は部分マッチングに基づいており、物体が重なりあって隠れなどが生じても、安定して認識することができる。

§ 4 インタフェース

視覚障害者との対話システムインターフェースに関しては、触覚ディスプレイの解像度が 16×16 と低いため、一度に多くの情報を表示できない。これを補う方法として、マルチ表示モードを採用している (Fig. 12)。表示モードには以下の三つがある。

- (1) 全体像モード (環境)
- (2) 輪郭像モード (物体)
- (3) 凹凸像モード (物体)

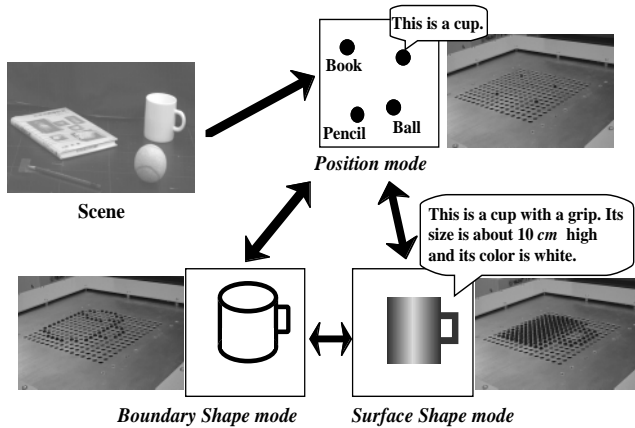


Fig.12 Concept of interactive interface.

認識された環境は、まず(1)でそれぞれの物体の空間的配置関係が把握できるよう、上方から見た配置図が表示される。一つのピンの突起が一つの物体を表し、使用者はディスプレイを指で走査することで物体の相対的な位置関係を理解できる。このモードでは、音声情報キーを押すことで、全体情報(シーン中の物体数)を聞くことができる。また、ディジタイザ機能により各ピンを押すと合成音声で物体名も聞くことができる。次にその物体の形状を知るために表示モード変更キーを押し、(2)または(3)の物体形状表示モードに移る。これらのモードでは物体の輪郭線、三次元の凹凸が表され、物体の形状を知覚することができる。音声情報として、物体の大きさ、色などのより詳細な物体に関する情報が得られる。使用者はこれら三つの表示モードを行き来し、三次元視覚情報を触覚と聴覚で理解することができる。

(3)の凹凸像表示モードでは立体形状を表現することができるが、縦横の長さに比べ高さ方向の変化量が少ないため、正確に三次元形状を表示できるとはいえない。例えば、ボールを表示した場合、凸状に盛り上がった円形になり、半球を正確には表示できない。しかし、定性的な立体形状を把握することはできる。またエッジ部分がはっきりしていない場合、つまり、高さがなだらかに変化している場合はその変化を触覚しづらという傾向がある。凹凸

像モードのこれらの欠点を補う意味で(2)の輪郭像モードがあり、これら二つの表示モードで形状を認識するインタフェースになっている。

§ 5 評価実験

普段触図を利用している二人の視覚障害者(全盲[後天盲]、弱視[指数:20cm])と使用していない三人(弱視)の計五人の大学生に対してシステムの趣旨、概要を口頭で説明し、約10分間の触知覚の練習をした後に触覚ディスプレイ、および対話型インタフェースの評価実験を行った。

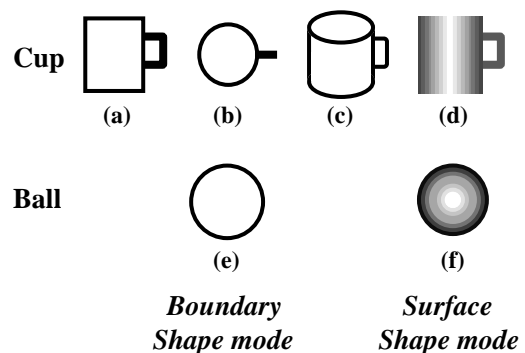
5.1 触覚ディスプレイ

ディスプレイに様々な三次元形状を表示して、表示サイズ、ピンの大きさ、間隔、形状などの評価を行った。縦横、高さの解像度については、最初に様々な制約から現段階ではTable 1の仕様である旨を説明したため、細かな形状の物体の表示にはより高解像度を望むが、簡単な物体はこの解像度でも十分知覚できるとの意見であった。また、ピン駆動をステッピングモーターで行っているため、その応答速度に少々難ありとの指摘もあった。これ以外に関しては特に問題点はなかった。

5.2 インタフェース

5.2.1 物体形状表示モード

初めに、(2),(3)の物体形状表示モードでコップ、ボールを表示し、その形状把握度を実験した (Fig. 13)。コップに関しては、(a)横から見た輪郭像、(b)上方からの輪郭像、(c)斜め上方からの輪郭像、(d)横からの凹凸像の四パターンで表示し、触知覚だけではどれが一番理解しやすいか、どのような組み合わせが良いかを調べた。結論として、(a)がベスト、(c)の方がよくわかるが、(d)と組み合わせるとより良いとの結果を得た。(a)が良いとする被験者は触覚情報が複



(Brightness shows the height of the pin.)

Fig.13 Two explanations of shape.

雑になると分かりづらくなるという観点からシンプルな表現方法を望んだ。(c)を選んだ被験者は(a)では他の物体も想像できるが、(c)は自分の持っているコップの形の知識と一番一致するためであった。(d)は高さ方向と縦横方向のアスペクト比が約1:6と、かなりつぶれた形となる点や滑らかな変化はエッジ部分を把握しづらい点などからベストな選択肢にはならなかった。

一方、ボールに関しては、(2)の表示法の(e)ではただの円となり、たとえ音声情報の補助があっても球という認識はしづらいとのことで、この物体形状においては(3)の表示法の(f)が適していた。このように、物体の形状、視点、ユーザの知識&好み、ハードの制約などで、(2)、(3)どちらの表示法がベストであるといった結論は導けない。ユーザがいろいろな表示法を選択できるようなものでなくてはならない。

5.2.2 全体像モード

全体像モードに関しては、いろいろな視点からの表示法については、物体の配置を上方から見た形とカーナビゲーションで採用されているような上方の視点から斜めに見下ろすような形の表示法の比較を行った。後者は、ディスプレイの低解像度が影響はしているが、触覚情報が複雑になりすぎる点でわかりづらく、一般的な地図と同様な前者の表示法が一番であるとの結果が得られた。また、個々の物体を表わす方法として、物体の大きさを反映させるかどうかを検討するため、一つの物体を(a)複数のピン、(b)一つのピンで表示する方法の二通りを比較した(Fig. 14)。結果は(b)が良く、(a)の表示では物体がどれくらいあるのかわかりにくくなる理由で評価は低かった。

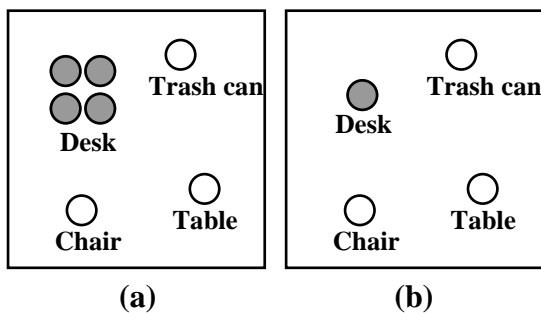


Fig.14 Two explanations in the Position mode.

5.2.3 音声出力

音声に関しては、全体像モードでは情報ボタンを押すと物体数、各ピンを押すと物体名が出力され、形状表示モードでは情報ボタンを押すとさらに詳細な物体の特徴を得られる。また、表示モード移動ボタンを押すと、移動先のモード名を合成音声で出力する。この音声表示方法に対す

る意見は、全体像モードでも物体名だけでなく、より詳細な情報が必要とのコメントもあったが、触覚情報との組み合わせを考えると、あまりに音声での情報量が多いと忘れてしまうため、一度に出力する量としてはこの程度が適量との意見もあった。また、音声は一過性なので、触覚ディスプレイの下部に点字ディスプレイを組み込み、常時触覚で情報を得られる方がうれしいとの意見が点字を利用して

5.2.4 考察

マルチ表示モードに関しては、設定した三つのモードで十分である点、物体の形状は輪郭像、凹凸像を使い分けられる点、そして全体像では物体の大きさに関係なく1物体は1ピン表示が良い点などが実験を通して得られ、4章のインターフェースの妥当性が証明された。触覚情報の表示方法については、触覚ディスプレイのハード自身の制約が大きく影響するが、複雑な視覚情報は把握しづらいため、極力シンプルな表示が望ましいと言える。また、問題点として応答速度の向上、Undo ボタンの必要性、音声として提供している情報の点字表示などがあげられた。しかし、その際には触覚の切り分けや手の移動量の増加による混乱が生じないための設計が必要である。

§ 6 まとめ

触覚と音声による視覚障害者のための三次元物体認識支援システムである対話型触覚ディスプレイシステムを開発した。触覚ディスプレイは触覚による情報量を増加させるため、および、三次元形状を表現するためにピンの高さが可変である。また、各ピンにスイッチを設けることでディジタイズの機能も搭載しているため、使用者はシステムと対話的なやりとりが可能となり、ステレオビジョンにより得られた三次元物体、環境の認識が可能となる。

視覚障害者に対して、このシステムの評価実験を行い、ディスプレイの仕様、触覚と聴覚(音声)による視覚情報の表現方法を調べた。触覚情報と音声情報の統合による効果については、ハードの制約から十分な触覚情報を表示できない欠点を音声で補う意味もあるが、組み合わせによる理解力の向上が実験結果から認められた。組み合わせによる伝達情報量を増加のためには、触覚、音声それぞれをどの程度にするべきかの定量的な、および表示内容、形態などの定性的な観点からの検討が必要である。

参 考 文 献

- 1) L.Kay: IEE Proc., 131, A, 7 (1984) 559-576
- 2) K.A.Koczmarec, J.G.Webster, and W.J.Tompkins: IEEE Trans. Biomed. Eng., 38 (1991) 1-16
- 3) R.Kowalik and I.Postawka: Proc. of ICCHP'94 (1994) 455-460
- 4) J.Fricke and H.Bähring: Proc. of ICCHP'92 (1992) 172-179
- 5) J.Fricke and H.Bähring: Proc. of ICCHP'94 (1994) 461-468
- 6) 河井, 大西, 杉江: 信学論, J72-D-II, 9 (1989) 1526-1533
- 7) 牧野, 石井, 馬場, 大塚, 大和: 信学論, J73-A, 3 (1990) 619-625
- 8) 皆川, 大西, 杉江: 信学論, J77-D-II, 3 (1994) 616-624
- 9) 皆川, 大西, 杉江: 信学論, J79-D-II, 5 (1996) 989-991
- 10) M.Shinohara et al.: Proc. of ICCHP'92 (1992) 422-430
- 11) 技術研究組合 医療福祉機器研究所: 20年のあゆみ (1996) 288-296
- 12) G.Jansson: Proc. of ICCHP'92 (1992) 233-237
- 13) H.Takahashi and T.Suehiro: Computer Vision and Visual Communication (1994) 75-78
- 14) 富田, 吉見, 植芝, 河井, 角, 松下, 市村, 杉本, 石山: 情処学 CV 研資, CV109-1 (1998)
- 15) 角, 石山, 植芝, 河井, 杉本, 富田: 第49回情処学全大, 2 (1994) 123-124
- 16) 高城, 角, 河井, 石山, 富田: 平8信学総全大, 2 (1996) 366
- 17) 石山, 角, 河井, 植芝, 富田: 映像情報メディア学会誌, 52, 5 (1998) 723-728
- 18) 河井, 植芝, 石山, 角, 富田: 信学技法,

PRMU96-135 (1997)

- 19) 植芝, 河井, 角, 石山, 富田: 信学技法, PRMU96-137 (1997)
- 20) 佐藤, 富田: 情処学 CV 研資, CV55-5 (1988)
- 21) 高城, 河井, 石山, 富田: 第53回情処学全大, 2 (1996) 327-328
- 22) 角, 富田: 信学論, J80-D-II, 5 (1997) 1105-1112
- 23) 角, 富田: 情処学 CV 研資, CV98-7 (1996)
- 24) 角, 河井, 吉見, 富田: 信学論, J81-D-II, 2 (1998) 285-292

(1998. 7.27 受付)

著 者 紹 介



河 井 良 浩

Yoshihiro KAWAI

知能システム部 視覚エイドラボ

E-mail: kawai@etl.go.jp

コンピュータビジョン, 医療福祉機器の開発研究に従事。



富 田 文 明

Fumiaki TOMITA

知能システム部 視覚エイドラボ

E-mail: tomita@etl.go.jp

コンピュータビジョン, AI, ロボット, VR, データベースを統合する情報処理システム研究に従事。