

## 盲人用地図作製および音声案内システムの開発

正員 牧野 秀夫<sup>†</sup>      正員 石井 郁夫<sup>†</sup>      非会員 馬場 麻理<sup>†</sup>  
非会員 大塚 清和<sup>†</sup>      正員 大和 淳二<sup>†</sup>

Development of a Map Making and Voice Information System for the Blind  
Hideo MAKINO<sup>†</sup>, Ikuo ISHII<sup>†</sup>, Members, Mari BABA<sup>†</sup>, Kiyokazu O'TSUKA<sup>†</sup>,  
Nonmembers and Junji YAMATO<sup>†</sup>, Member

あらまし 盲人に対する地図情報の提供手段としては、立体地図、立体コピーが挙げられ、具体的な地名等は点字により示されている。しかし、市街図は新しい道路の開通あるいは港湾の整備等により年々修正されるため、できれば1年程度で更新することが望ましい。そこで、従来多大の労力と時間を費やし手作業により行われている立体地図原版の作製をできる限り自動化し、また地図内容の理解に欠かすことのできない地名、道路等の地域情報を音声により同時に提供するシステムの開発を行った。具体的には、道路・河川の表示を中心に、最近開発された小形彫刻マシンとビデオカメラおよび音声合成装置を組み合わせた地図作製および音声案内システムを考案した。特に地図上の説明を必要とする位置の検出には、被験者の指の位置をビデオカメラにより自動的に検出する方法を用いた。地図情報の入力から地図原版の作製までをパーソナルコンピュータ上で行うため、原版作製と改良の時間が大幅に短縮できる。また地図本体や被験者の指等に余分な装置を接続することなしに無拘束に位置検出を行い、音声により地図情報を提供することができる。

### 1. まえがき

盲人に対する地図情報の提供方法としては、立体地図、立体コピーが挙げられ、具体的な地名等は、点字により示されている。更に盲人が居住する地元の地図等は、ボランティアの協力により作製され、大いに活用されてきた。しかし、市街図は新しい道路の開通あるいは港湾の整備等により、年々改良が加えられるため、いわば生き物のようにその内容が変化する。従って、盲人にとって最も身近な市街図はできれば1年程度で更新し、より早く地域の情報を提供することが望ましい。更に、他の地域の地図と交換することにより、全国各地の地形を学ぶ良い教材ともなり得る。そこで、従来、多大の労力と時間を費やして手作業により行われている立体地図原版の作製を、できる限り自動化し、また地図内容の理解に欠かすことのできない地名、河川等の地域情報を同時に提供するシステムの開発を行った。

盲人に文字や画像に関する情報を提供する手段とし

ては、音声による方法あるいは指先の刺激装置が開発されている<sup>(1),(2)</sup>。そこで今回は、これらの研究成果を参考に市街図という身近な地図の作製を目的とし、道路および河川の表示を中心に最近開発された小形彫刻マシンとビデオカメラおよび音声合成装置を組み合わせた地図作製および音声案内システムを開発した。特に地図上の説明を必要とする位置の検出には、被験者の指の位置をビデオカメラにより自動的に検出する方法を用いた。地図情報の入力から地図原版の作製までをパーソナルコンピュータ上で行うため、原版作製の時間が短縮できるほか、地図本体や被験者の指等に余分な装置を接続することなしに無拘束に位置検出を行い、音声により実時間で地図情報を提供することができるため、他人の手を借りることなく盲人1人で地図の学習が可能となる点が大きな特徴である。また本システムを利用することにより、点字の文章に比較して手軽にかつ大量の地図情報の交換が可能となる。

本論文では、開発した盲人用地図作製および音声案内システムの概要を述べ、実際に作製した市街図と音声案内装置の動作結果について報告する。

<sup>†</sup> 新潟大学工学部情報工学科, 新潟市  
Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-21  
Japan

## 2. 方法

本システムの動作は、(1)地図データの作成、(2)立体地図の作製、(3)指先位置の認識、(4)音声案内の4項目に大別される。現在までに(1)および(2)については既に発表しているため<sup>(3)</sup>その概要と改良点のみを述べ、(3)および(4)について詳述する。

### (1) 地図データの作成

図1に、地図データ作成および立体地図作製のためのハードウェア構成を示す。地図データ入力用には、カラービデオカメラレコーダ (SONY CCD-V 200)、パーソナルコンピュータ (NEC PC 9801 VM 2) および画像入力ボード (DIGITAL-ARTS CG-VISION 98) を使用し、更にデータ処理を行うためには画像データ処理用ボード (SAPIENCE SUPER FRAME) を使用した。実際に地図データを作成する場合、市販地図からの入力画像データをそのまま地図作製に使用して地図を立体的に再現すると、逆に細かすぎて触覚により判別することができない。更に文字等により道路部分が欠落している場合もある。そこで今回は、基本的にはCRT画面上に写し出された市販地図の上からマウスにより人間が線画を作成していく方式を用いた。更に海や市街地に相当する部分も、人間が領域を指定した後、プログラムによりそれぞれ横線およびドットにより表現した。ここで、海、河川および主要道路については、色信号の差から簡単な画像処理により、その位置を自動的に検出する方法を試みた。

具体的な地図データ作成方法としては、まず大まかな位置情報を検出するために対象とするカラー市街図(以下、市街図)をビデオカメラにより撮影し、パーソナルコンピュータに入力する。ここで、ビデオカメラからの画像信号はNTSC信号でパーソナルコンピュータに入力され、256階調に量子化された後、色調による判別を容易にするためRGBに変換される。以上の

動作は、画像データ処理用ボード付属のソフトウェアを利用する。次に、CRT画面上に写し出された市街図を参考にマウスにより地図の作成を行う。更に河川および主要道路の位置をその色の違いから判別する。すなわち、河川、海等に用いられている青色および国道等を示す赤色の分布に対ししきい値を設け、該当する位置情報を検出する。その後、8連結法を用いた輪郭線追跡ならびに折線近似による平滑化処理を行い道路等の輪郭線を求める。更に人間が修正を加えて最終的な輪郭線を決定する。次に、市街地部分にドットを表示するための領域指定と海・河川に横線を引くための領域指定を行い、更に駅・学校等5種類のシンボルを画面上に追加する。市街地領域については、直径2mmの点を間隔10mmで表示し、海・河川については5mm間隔の平行線で表現する。

### (2) 立体地図の作製

作成された地図データをもとに、アクリル板(厚さ2mm, A6判)の表面を小形彫刻マシン (ROLAND-DG PNC-2000)により約1mmの深さでカッティングし、道路・河川等が彫り込まれた状態の地図を作製する。この装置の彫刻可能範囲は、200×140mmであり、はがき2枚分程度の大きさであるため、今回必要とするA4判の地図を1回の操作で作製することができない。そこで、便宜的に地図データを上下左右四つに分割し、それぞれの原版を作製後、再度接着して最終的な原版を作製する。また、凸版を作る必要上、地図の左右のデータを反転させる。

次に、凸版地図の作製方法について説明する。A4判の型枠内に彫刻マシンにより作製された地図原版をはめ込み、その上から型取り用シリコンゴム(信越化学: KE-12)を約150cc流し込み、厚さ約3mmの凸版地図を作製する。このシリコンゴムの硬化時間は常温において約8時間であり、色は指とのコントラストを考慮して白色のものを使用する。

### (3) 指先位置の認識

図2に、盲人用地図を利用する場合のシステム構成を示す。ハードウェアとしては、小形白黒ビデオカメラ (EPSON GT-20)、パーソナルコンピュータ(前述)、マウスおよび音声合成装置 (SANYO VSS-300) である。装置使用時には撮影台中央に作製した地図を置き、その表面の凹凸から道路その他の部分を認識することができる。次に特定の場所の地名あるいはより詳細な地域の情報が必要な場合は、その部分を指1本で示しパーソナルコンピュータに接続されているマウスのボ

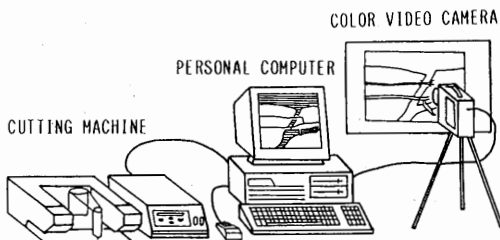


図1 地図作製用ハードウェア構成  
Fig. 1 Hardware configuration for map making.

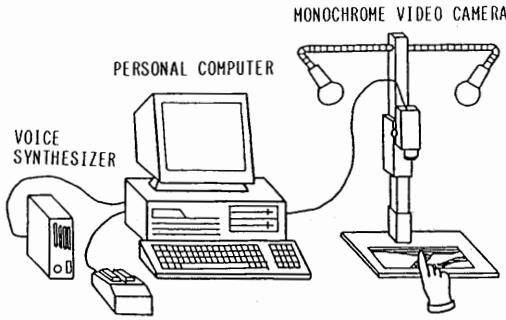
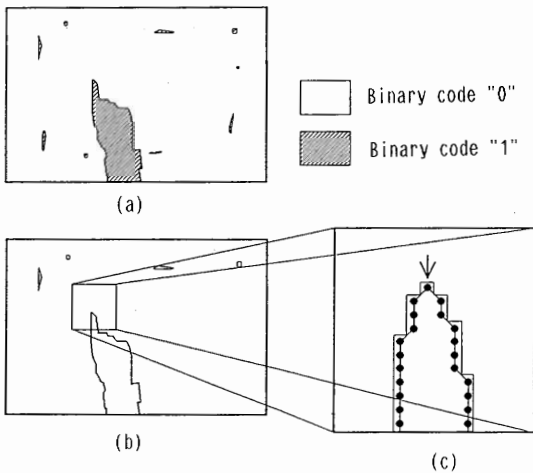


図 2 地図使用時のシステム構成  
Fig. 2 System configuration for map information.

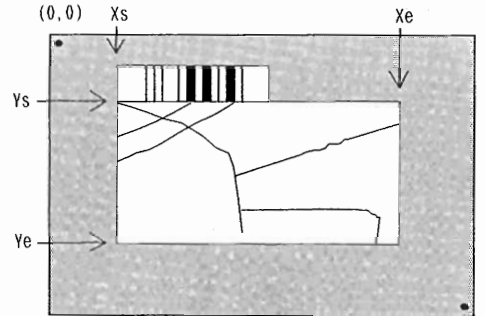


(a) Binary coded image after subtraction  
(b) Image after edge detection  
(c) Enlarged figure (Arrow shows finger-tip)

図 3 指先位置検出方法  
Fig. 3 Finger-tip detection method.

タンを押すことにより、音声合成装置からあらかじめその位置に対して設定された地名が出力され、更に必要に応じて建物等のより詳しい情報も出力させることができる。

以下に、この音声案内システムの特徴である指先位置認識方法について具体的に述べる。指先位置の認識は、最初に地図上に指を置かない状態で地図画像を入力し、その後指を置いた画像からの差分をとることにより指の部分のみのデータを作成する。指先検出時の条件としては、位置を指定する場合、指を常に地図の上部に向けることである。図 3 に、検出方法を示す。図 3(a) は、差分検出後、2 値化処理された画像である。斜線の部分は、指の部分ならびに雑音成分を示す。図 3(b) は輪郭線を抽出した後の画像であり、更に図



(319, 199)

図 4 地図画像の検出範囲  
Fig. 4 Detection area of the map.

3(c) は、指先部分を拡大した図である。雑音成分による誤動作を防ぐため輪郭線の一番長い部分を指とみなし、矢印で示された最上部の点を指先と判定する。

次に、地図画像全体の入力方法とバーコードの検出方法について説明する。図 4 に地図画像の検出範囲を示す。地図画像を入力する場合は、A 4 版の地図の大きさよりもやや大きめの範囲の画像を入力し、地図およびバーコードの部分とそれ以外の撮影台の部分と分離した後、地図部分の上下左右の位置 ( $Y_s - Y_e$ ,  $X_s - X_e$ ) を検出し、これを指先検出範囲とする。また、地図の種類を示す地図番号の認識にはバーコードを用いる。地図左上に、JIS 規格「物流商品コード用バーコードシンボル」に基づく長さ 76 mm 幅 35 mm のバーコードを張り付ける。このコードは地図画像と共にパーソナルコンピュータ内に読み込まれ、地図の検出範囲が決定された後に自動的に読み取られる。

#### (4) 音声案内

まず最初に、地図データを作成する場合と同様の手順で、CRT 画面上で地図を見ながら同一の音声情報を提供する領域を決定し、領域ファイルを作成する。ここでは、地図を横 640、縦 400 の地点に分割し、1 地点当り 1 バイトのデータを割り当てているため最大 256 種類の領域が定義可能である。今回地図情報としては、主要な道路、河川、および建物の情報と町名の 2 種類を用意した。次に、割り当てられた領域に対する音声出力用データファイルを作成する。今回使用した音声合成装置は、プリンタの出力インタフェースに接続され、プリンタにカタカナの文字データを出力するのと同じ形式でプログラムを記述することにより、音声出力が可能である。また、個々の単語について発声スピード、声の高さ、およびアクセントをそれぞれ 5 段階

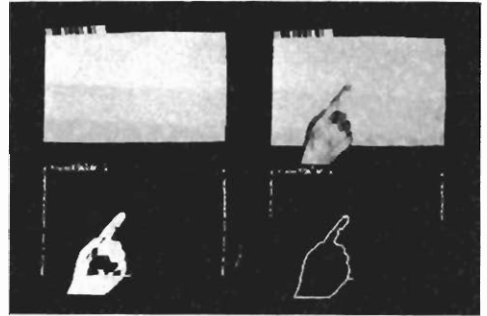
ずつ設定可能である。

### 3. 実験結果

図5(a)に、 $X-Y$ プロッタにより作図した地図データを示す。対象とした地域は、海・川および国道を含む新潟市関屋地区であり、市街図原版としては新潟広域市街図(人文社：2万分の1、1987年版)を使用した。図面上部が日本海であり、更に信濃川およびその分水路を含めてその内側を横線で示した。また左右に示される道路は国道116号線であり、学校、駅等のシンボルも表示した。これらの作図はすべてコンピュータ上で行ったため、必要に応じてデータの追加・修正が容易である。海・河川および道路の位置は、試験的に色情報の差から検出しその輪郭線を利用したため、特に道路の両脇を示す線が平行とはならず不規則となっている。また、この図は原版データのため左右の位置は逆転している。

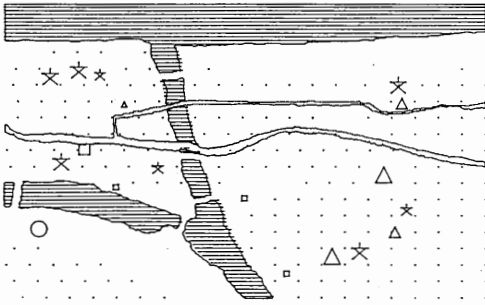
図5(b)に、シリコンゴムにより作製した盲人用地図を示す。従来の厚紙上に作製した地図に比較して、

1 mm以下の細い線も再現可能であり、またエッジの部分がほぼ直角となるため、触覚による認識が極めて容易である。盲人被検者の使用結果からは、地図上の道路は幅が1 mm程度の部分でも認識可能であり、従来の立体地図に比較しより細かな部分の認識が可能で

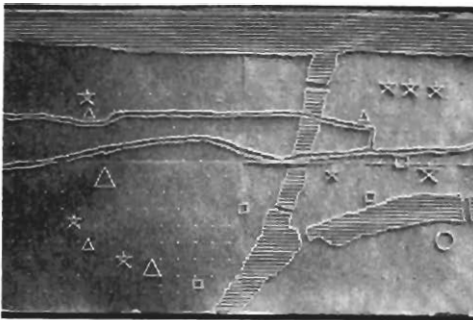


Upper left : Image of map  
Upper right : Image of map and hand  
Lower left : Binary image after subtraction  
Lower right : Image after edge detection

図6 指先検出結果  
Fig. 6 Results of finger-tip detection.

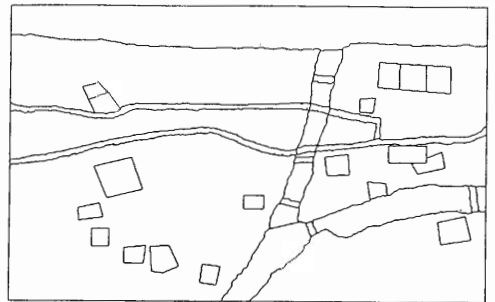


(a) Original data drawing



(b) Convex map using silicone rubber

図5 地図作製結果  
Fig. 5 Results of map making.



(a) Divided areas of roads and buildings



(b) Divided town areas

図7 領域分割結果  
Fig. 7 Results of divided areas.



図 8 システムの使用状況  
Fig. 8 Developed system.

あるとの評価を得た。また開発当初、凹版の地図原版による認識も試みたが、凸版に比較し判別が困難であり、更に、原版の材質によっては指を痛める可能性も指摘された。

次に指先検出と音声出力の動作を確認した。図 6 に実際の指先検出の過程を示す。図左上は、地図のみの画像、右上は指を置いた画像である。更に左下は差分をとった画像であり、右下は指の輪郭線を示している。この結果から、指先検出の様子が確認された。図 7 に、主要な道路および建物と町名の領域分割結果を示す。地図の大きさも考慮して、全体の領域数は 20 箇所程度とした。これらのプログラムは、TURBOPASCAL および ASSEMBLER により記述したため、位置指定から実際に音声が出されるまでの時間は最大でも 2 秒以内である。また、先の被検者に出力音声聞いてもらった結果、十分認識できるとのことであった。

図 8 に、装置の使用方法を示す。音声案内の動作プログラムは、電源投入と同時に自動的に読み込まれ、更に図面番号の読取りも自動化されているため、利用者は地図上に指を置き、案内が必要な場合はマウスのボタンを押すだけの簡単な操作で地図情報を得ることができる。

#### 4. 考 察

最新の地図情報をなるべく早く盲人に提供することを目的に、パーソナルコンピュータと彫刻マシンを用いた盲人用地図開発システムの研究を行った。盲人用地図は一般に河川や道路の配置等を知るための地形図と日常生活において歩行時に参考とする道路図面に大別される。今回は、盲学校における地理等の学習に利用できるように、市販地図を対象に前者の地形図を作製した。以下に、地図データの作成、立体地図の作製、

指先位置の認識および音声案内方法について考察する。

##### (1) 地図データ作成

地図データの作製は、この地図作製システム上最も人間に頼らざるを得ない部分である。すなわち、通常、人間が認識しているような地図からの情報検出を機械に行わせる場合、地図上の文字や細かい道路等の除去と修正が必要となり、更に色信号による海、川等の判別では、同じ色が他の部分に使用される場合があるため、人間が手を加える必要がある。また、触覚により認識することから、道路幅をより拡大したり、駅や公園の場所をわかりやすく四角形等で表示する操作も必要である。そこで今回は、基本的には人間が作図を行い地図データを作成した。この方式は、画面上で地図を作製する人間の訓練が必要であるが、従来の手作業に比較しデータの追加・修正が可能であり、作成時間も短縮されるという利点がある。一方、他の地図画像処理の研究ではファクシミリ地図に対する図形の分割・再現方法も提案され<sup>(4)</sup>、また国土地理院による地図情報のデータベース化も進められていることから、今後更に地図の自動作製に向けてそれらの応用を検討する予定である。

画像の入力方法としては、ビデオカメラのほかにクラスキャナの利用が考えられる。スキャナを用いる場合は、照明のばらつきにも左右されないため色彩による領域の判別はより容易になると思われるが、今回は原図面の大きさを限定せず、また将来的には立体の画像入力も考慮したため、テレビカメラを使用した。

##### (2) 立体地図の作製

シリコンゴムにより作製した地図は、最終的に A 4 判とした。この大きさは、従来使用されている盲人用地図と同様の大きさであり、地図の保存ならびに取扱いやすさを考慮したものである。シリコンゴムは、凹版原版の再現性に優れ、肌触りも良いため、より細かな図形の作製にも使用可能である。しかし、強度的には問題があり、長期間使用する場合には、より軽く丈夫な材料を選択する必要がある。

図形情報の触覚による認識手段としては、ピンマトリクスで出力する方法<sup>(5)</sup>が提案されているが、現時点では精度ならびに同時に接触可能な面積の点から地図を表示するには不十分と考え、実際の地図に対応する模型的な立体地図を作製した。今後更にこの方式の利点を活用し、彫込みの深さによりさまざまな地図情報を提供できるように改良を進めたいと考えている。

他の立体図面作製方法としては、従来の盲人用立体コピーとは別に、白黒の2次元図面から手軽に立体コピーを作製する装置が開発されている。この装置は特殊な原版を必要とせずに短時間で立体コピーを作製できる点が優れているが、泡の熱膨脹を利用しているため凸の部分はなだらかに盛り上がった形となりエッジが強調されず触覚による細部の認識が困難である。更に浮き上がる部分の高さも約0.2mmと固定されているため、高さの変化により地図上の物体を示すことはできない。従って原版作製の時間を必要とするものの、高さによる情報を含めることができ、またエッジの部分を正確に再現可能な地図を作製できる点では、我々の方式がより優れていると考える。また、今後レーザ加工技術の進歩により地図データから直ちに立体地図を作製できるようになれば、更に短時間に必要な立体地図を提供できる可能性がある。

### (3) 指先位置の認識

指先位置を認識方法としては、地図上に指を置いた状態の画像データと地図のみの画像データとの差分をとり、その後指の部分の輪郭線を求めることにより指先部分を判定した。他に、指の画像に対し重心を求めその後、回帰直線や最遠点を求める方法による指先の検出も試みたが、計算時間が長くまた指以外の画像データの影響のため誤認識する場合が見られた。そのため輪郭線による認識方法を使用し、最大でも2秒以内に指先を認識し音声データを出力することができた。また、装置の使用方法をできるだけ簡素化する目的で、バーコードによる図面の自動認識機能を付け加えた。この方式により、利用者は、コンピュータの電源を入れるのみで、その後はすぐに地図の案内機能を使用することができる。更に、こうしたバーコードの利用は、一般の図書と同様に今後の図面管理の面でも有効である。

実際に地図を使用した場合の問題点としては、地図を触る指の位置に個人差が見られ、細かな部分の認識では隣接する別の部分を指示したと判定する場合があった。このずれを防ぐためには、地図使用開始時にあらかじめ決められた点を指で示し、指先との偏差を求めることによりその後の判定結果を補正する方法が考えられる。

### (4) 音声案内

音声による案内は、地図をより有効に利用するために不可欠である。現在使用している音声合成装置は、文章全体のイントネーションは不自然であるが、プ

リインタフェースを利用する簡単な接続方式のため音声出力用ソフトウェアの開発も容易であり、地図の案内といった用途では十分利用可能であった。また盲人被検者の使用結果からは、声の高さにより、道路、川、市街地等の説明を区別したかどうかの提案もなされた。更にこの方法は他の図面の案内、例えば職業指導における解剖図の細かい部位の説明等にも応用可能であり、現在図面を触りながらテープレコーダによる音声を頼りに勉強している盲人にとっては、より具体的に物体の位置とその名前あるいは働きを結び付けて理解することができる。

## 5. む す び

電子回路技術の進歩により、従来不可能とされていた高機能の電子装置が比較的安価に利用可能となってきた。本研究は、こうした利点を最大限に利用し、パーソナルコンピュータを用いた地図作製および音声案内装置を開発することにより、現在盲人が抱えている知識の吸収方法の不足に関する具体的な解決策を提供するものである。今回開発した装置は、地図の作製から音声案内までをマイクロコンピュータで行うことにより、従来の盲人用地図に比較してよりきめの細かい情報を簡単な操作で提供可能となった。更に、地図本体についてはその作製時間が大幅に短縮されると同時に今後の追加・修正についても容易に対応することができる。また音声案内については、指先位置を自動検出して必要な音声情報を出力するという新しい方式を用いて盲人用地図の利用価値を高めた。

今後の課題としては、第1に原用地図データの作成をできるだけ自動化し、更にボランティアが容易に音声データを入力できるようなソフトウェアを開発することであり、第2に地図の材料として、今回使用したシリコンゴムよりも更に軽く丈夫なものを選択することである。また、本方式は、地図以外の図形にも応用可能なため、将来的には盲人個人個人がそれぞれの個性を生かせるような職業教育を行うための教育装置として活用していきたいと考えている。

現在、盲人に対する教育環境が整っているカナダでは、既に盲人の弁護士や医師(精神科医)も誕生し、更にコンピュータ教育も盛んに行われている。しかし、こうした教育を行う場合も図形認識の点では大きな問題を抱えており、一般に使用されるアプリケーションソフトウェアに対しては画面上での不必要な図形の使用は控えるよう盲人側からソフトウェア会社に対し要

望を出している状況である。この問題を解決するためには、より高速の盲人用図形表示装置の開発が望まれるが、その場合でも今回開発した音声案内方式と組み合わせることにより、容易に図形認識と内容の理解が可能となり、更に広い範囲での応用が期待される。

本研究の一部は、第14回感覚代行シンポジウム(1988年12月：東京)において発表した。

**謝辞** 本装置の開発にあたり、新潟県立新潟盲学校・井出国男教諭ならびに栗川治教諭には、立体地図作製方法および装置改良に対しさまざまな御指摘を頂いた。また、CNIB(The Canadian National Institute of the Blind, Toronto)のJane McFadden氏ならびにGeoff Edden氏には、地図の材質と音声出力時の問題点や他分野への応用方法について御意見を頂いた。更にトロント大学医学部教授Arthur S. Slutsky氏には、本論文の筆頭著者・牧野秀夫に対し、1年間カナダでの研究の機会を与えて頂いた。ここに記して深く感謝する。

#### 文 献

- (1) 篠原正美：“視覚障害者用文字・音声変換システム”，日本音響学会誌，43，5，pp.336-343 (1987)。
- (2) 末田 統：“盲人用描画システム”，第13回感覚代行シンポジウム報告集，pp.42-45 (1987)。
- (3) 牧野秀夫，石井郁夫，大和淳二，井出国男，栗川 治：“盲人用地図作製および音声案内システムの基礎研究”，第14回感覚代行シンポジウム報告集，pp.15-18 (1988)。
- (4) 岡 秀幸：“地図情報蓄積手段の研究”，テレビ学会画像通信システム研資，ICS72-18 (1972)。
- (5) W. Schweikhardt：“Representing videotex-pages to the blind”，Proc. IEEE Computer Soc. Workshop on Computers in the Employment and Education of the Handicapped, IEEE Computer Society Press, pp.23-29 (1984)。

(平成元年8月16日受付)



牧野 秀夫

昭51新潟大・工・電子卒。昭53同大学院修士課程了。昭54新潟大・工・情報・助手，現在に至る。この間昭58より1年間，情報処理関係内地研究員として北大・応電研・生体制御部門においてマイクロプロセッサを中心とした植込み型除細動器の研究に従事。また平成元年より1年間，カナダ・トロント大学医学部において生体信号処理の研究に従事，最近は12誘導心電図のデータ圧縮および盲人用教育装置の開発に興味をもっている。工博。日本ME学会，IEEE等の会員。



石井 郁夫

昭38新潟大・工・電気卒。昭39新潟大・工・電子助手。昭42同講師。昭46同助教。現在同情報教授。立体画像の表示・入力，音声・画像・図形の符号化などの研究に従事。工博(東工大)，情報処理学会会員。



馬場 麻理

平1新潟大・工・情報卒。現在第一勧銀システム開発勤務。



大塚 清和

平1新潟大・工・情報卒。現在，日本電気(株)勤務。



大和 淳二

昭22東北大・工・電気卒。同年通信省入省。昭56新潟大・工・情報・教授。工博。この間，電子交換方式，画像処理，3次元情報入出力などの研究に従事。日本ME学会，画像電子学会，日本医療情報学会各会員。