

盲人用触知地図自動作製のための一方法

正員 牧野 秀夫[†] 正員 山田 健策[†] 正員 石井 郁夫[†]

A Method for Automatic Tactile Map Making System

Hideo MAKINO[†], Kensaku YAMADA[†] and Ikuo ISHII[†], Members

あらまし 盲人用地図自動作製のための基礎研究として、市販地図からスキャナにより地図データを抽出する方法を試み、その際の原因の色むらから生じる問題点の解決と盲人用地図における道路等の表現方式の改良を行った。具体的には、色むらの原因となる印刷物の網点部分の領域抽出に対し新たにだ円体しきい値法を考案することにより、従来余分に抽出されていた不要成分を最大86%削減した。更に実際の触知地図作製においては、道路・鉄道等の個々の領域について彫刻マシンの特徴を生かした表現形式を選択可能とし、近接あるいは交差した状態での識別を容易にした。本方法を用いることにより、従来手作業で行われている盲人用触知地図作製における領域抽出部分の自動化が可能となったため、今後計算機の処理時間の高速化に伴い地図データ作成時間を大幅に短縮することができる。

キーワード 触知地図、自動作製、領域抽出、だ円体しきい値

1. まえがき

盲人に対する地図情報の提供手段としては、触知地図、立体コピーが広く使用される。特に生活に密着した市内の歩行図等の製作はボランティアの協力により行われているが、1種類の触知地図を作製し、それを必要な部数用意するためには多くの労力と時間を必要とする。ここで、実際に地図を作製する作業をできるだけ機械に置き換えることができれば、ボランティアの貴重な時間を人間でなければ不可能な現地調査に集中することができる。

一方、盲人に触知図形を案内する装置としてはオーストラリアの Parkes により考案された図形プロセッサが実用化され⁽¹⁾⁻⁽²⁾、また本邦でも末田あるいは河井らにより図面認識の装置が開発されている⁽³⁾⁻⁽⁴⁾。こうした装置を広く普及させるためには、利用できる地図資料数をいかに充実させるかが大きな課題である。

以上の触知地図案内装置における利用環境改善のために、筆者らは市販のカラー地図から画像処理によって地図情報を抽出するシステムと、更に盲人の指先位置を自動検出し地図情報を音声出力する地図案内システムの開発を行ってきた⁽⁵⁾⁻⁽⁶⁾。このシステムでは地図

画像入力方法としてビデオカメラを用いるため、スキャナに比較して対象となる地図の範囲が拡大可能であり、更に触知図形案内時に入力装置として同カメラを使用できる利点をもつ。しかし、問題点として第1に、カメラのレンズ系およびビデオ信号合成等による画質の低下、第2に入力対象とする印刷された地図それ自体の色むらの影響が挙げられる^{(7),(8)}。また作製した地図では、同一の高さの線で道路や鉄道を表現しているため、これら複数の線が接近したり交差した場合の識別が困難となる。

そこで本研究では、盲人用地図自動作製のための基礎研究として、今後ビデオカメラの改良により改善できる第1の問題を除いた、市販地図そのものの色むらから生じる問題点の解決と盲人用地図における表現方式の検討を目的とした。具体的には、市販地図における印刷方式の違いに着目し、色むらの原因となる網点部分の領域抽出に対し新たにだ円体しきい値法を考案することにより、同時に抽出される不要成分を低減した。更に地図作製については個々の領域について彫刻マシンの特徴を生かした表現形式を選択可能とした。以下に、その概要を述べる。

2. システム構成

盲人用地図作製システムの構成を図1に示す。画像の入力にはビデオカメラ (SONY CCD-V200, 38 万画

[†] 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

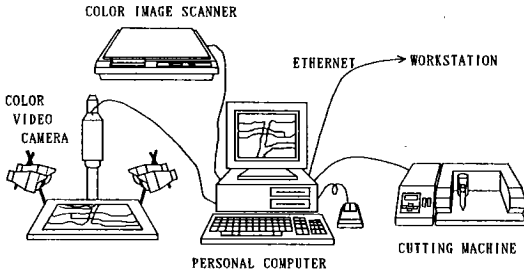


図1 地図作製用ハードウェア構成

Fig.1 Hardware configuration for map making.

素, NTSC 出力)あるいはカラスキャナ (EPSON GT-6000, 300 DPI)を使用する。今回は, 入力用原画像に含まれる色むらに対する改善を目的とするため, スキャナからのデータをパーソナルコンピュータ (NEC PC-9801VX21)に入力する。そして, パーソナルコンピュータとワークステーション (OMRON SX-9100/DT100)をイーサネットで接続し, 領域抽出処理はワークステーション上で行う。更に, パーソナルコンピュータにより小型彫刻マシン (Roland DG, PNC-2000)を制御し, 原版となるアクリル版 (2 mm 厚)の彫刻を行う。音声案内部分の構成は文献(5), (6)に述べられているので, ここでは省略する。

3. 方法

まず印刷物における色むらの原因とその性質を述べ, 次に盲人用地図作製の概要および実行過程を説明する。

3.1 印刷物における色むら

一般の印刷物における色むらの原因としては, (1)製版, (2)印刷機および(3)印刷後の各段階における濃淡のばらつき等が考えられる^{(7),(8)}。また地図においては, 海・河川等の広範囲の領域内部を表現する目的で網点がいられ, 境界線等の曲線や文字は特色インキにより直接印刷される。従って, 淡色で表現されることの多い境界内の領域を抽出する場合は, 以上の複数の原因による濃淡のばらつきが含まれる。こうした現象は, 通常人間が色彩を認識する場合には CIE 色度図上のいわゆるマカグムのだ円により同程度の色差に感じられるため⁽⁹⁾, 領域表現において傷や汚れに比較すると大きく問題とされることは少ないが, デジタル化された画像データからしきい値により領域を抽出する場合は, 抽出もれや誤抽出の原因となる。

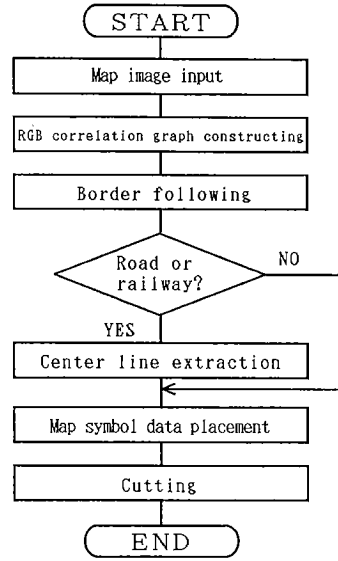


図2 処理の流れ

Fig.2 Flowchart.

3.2 処理の概要

盲人用地図を作製するための処理の流れを図2に示す。まず, 市販のカラー地図画像をスキャナから入力する。次に, 対話処理により入力画像から河川や道路部分を抽出するために, 対応する領域内から画素データをサンプルする。地図作製に必要な各領域の画像データがサンプルされると, 計算機内部で抽出対象領域の色の RGB 成分から円体で構成された相関図が自動的に作成される。更に, この相関図から抽出領域が特定されると輪郭線追跡が開始され最終的な輪郭が決定される。その後, 再び対話処理に戻り人間が出力画像を見ながら, 河川の場合は輪郭線をそのまま彫刻用のデータとし, 道路, 線路の場合は中心線を求める作業を指示する。次に, 駅, 学校などの地図シンボルのデータの追加と道路の線の種類を指定する。そして, 小型彫刻マシンによりアクリル版に凹型の彫刻を行い, これに型取り用シリコンゴム (信越化学, KE 12)を流し込み, 凸型の触知地図を作製する。

3.3 地図画像入力

市販のカラー地図画像に対するカラスキャナを用いた入力方法について述べる。今回は, 色むらを確認する目的では世界地図 (新詳高等社会科地図, 帝国書院編, 115 万分の 1, 1990 年)を使用し, 具体的に河川, 道路および市街地を含むカラー地図の 1 例としては新潟広域市街図 (2 万分の 1, 人文社, 1990 年)を

使用した。カラースキャナによる入力は1画素につき R, G, B 各 256 階調と設定し、解像度は 300 dpi である。カラー地図の 160×120 mm の範囲を入力した場合、画素数は 270 万画素となり、全体のデータ量は約 8 M バイトである。

3.4 RGB 相関図の作成

特定の色を識別する方法としては、R, G, B の各成分に上限と下限のしきい値を設定し、その領域内部を同一の色と判定する方法が考えられる。しかし、この方法では RGB 空間上に直方体を描くことになり、頂点部分に存在する可能性のある不要な色の成分まで含んでしまう。そこで、本来の色からわずかに RGB 成分がずれた部分を色むらと考え、その成分全体を含むだ円体を用いることにより直方体における不要な成分、すなわち直方体からだ円体を引いた残りの成分(以下、不要成分)を更に除去する方法を考案した。この方法を用いた RGB 相関図の概要を図3に示す。

だ円体を作成するためには、まず抽出対象範囲の色データ 30 画素分をマウスによりサンプルする。そして、この全サンプル点の座標値の平均をとって図3に示す中心点 (r_0, g_0, b_0) を求める。次に、全サンプル点のうち、中心点から最遠点を求め、中心点とこの最遠点を結び r_d とする。この r_d を長径とし、更に全サンプル点を内部に含むような g_a, b_a を求めることにより、だ円体を算出する。ここで、計算上、直方体に完全に内接しない部分が発生するため、実用的にはこの外側部分を除いただ円体内部を抽出目的の色と判断する。

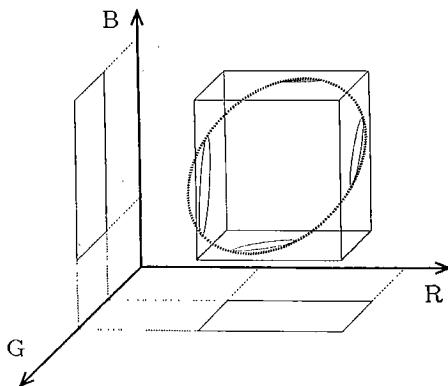


図3 3次元相関図

Fig. 3 3-D correlation graph.
(R·G·B color components for specific color area detection)

3.5 輪郭線追跡と領域抽出

だ円体による相関図から、地図データの各画素の色を識別しながら図4の実線に示す方式で輪郭線を追跡する⁽¹⁰⁾。一つの輪郭線の追跡を終えた時点で、その内部を一つの領域として抽出する。同時に輪郭線の長さを調べ、しきい値(色弁別のためのしきい値)以下であると、その輪郭線は画像における小領域の不要成分とみなして削除する。また、図の中で太線矢印で示すように、追跡している輪郭線が途中で閉じてしまった場合もその閉じた部分の輪郭線の長さを調べ、これがしきい値(輪郭線追跡でのしきい値)以下であるならば、閉じた部分の輪郭線を削除する。ここで、それぞれのしきい値の値は地図のサイズに依存するため、あらかじめ人間が指定する必要がある。以上の動作を各色成分ごとに繰り返し、領域を抽出する。

輪郭線追跡の際、地図上に印刷されている文字の影響により抽出もれが発生する。そこで文字部分のみの輪郭線をあらかじめ追跡しておき、図5に示すように文字の輪郭線に最初に接した点と最後に接した点の間

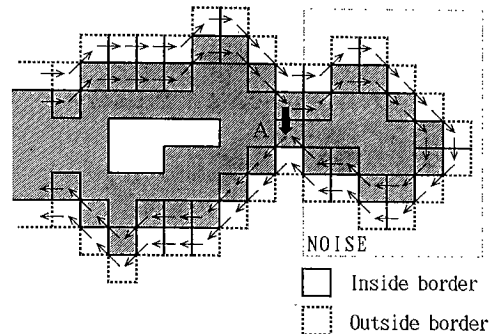


図4 輪郭線追跡

Fig. 4 Border following.
(Noise part is eliminated at point A)

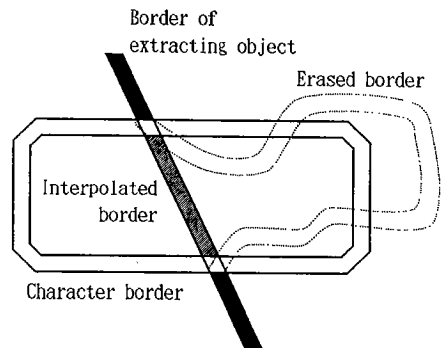


図5 文字部分の補間

Fig. 5 Interpolation for character part.

を消去し、その部分を直線で補間することにより抽出もれを防ぐ。また、文字の輪郭線追跡の場合、文字の色とその周囲の色との間にも複雑な中間色の色むらが存在する。このため図4の破線で示す画素のように、外側の輪郭線を追跡することにより、この中間色の画素も文字の輪郭線の中に組み入れることとする。

3.6 中心線の抽出

盲人にとって、道路や線路の形状は地図から抽出した輪郭線をそのまま盲人用地図上に彫刻するよりも、その幅を拡大したり種々のパターンで表現した方が識別が容易である。そこで、輪郭線データから中心線を抽出し、実際に彫刻を行う際この中心線をもとに道路幅の拡大や表現パターンの変更を行う。また、中心線抽出の際に輪郭線追跡で除去できなかった短い線分が残るため、道路・線路の中心線は十分に長いという条件を設定し、これら線分を削除する方式を用いた⁽¹¹⁾。

3.7 地図シンボルの作成と彫刻

駅、学校などの地図シンボルデータを作成する。まず、地図画像をディスプレイ上に表示しておき、それを見ながらマウスでシンボルを置く位置とシンボルの大きさを設定する。その後、シンボルの種類を決める。次に、抽出した地図情報をもとに小型彫刻マシンを使用してアクリル版に凹型の彫刻を行う。河川の場合は輪郭線のデータをそのまま彫刻し、その内部に約2mm間隔で水平線を彫刻する。高さは2mmまでの範囲で設定可能である。道路、線路はその種類によって、彫刻パターンを選択する。

彫刻パターンを表1に示す。線の太さ、線種、本数、高さについてそれぞれ2種類ずつされており、合計16種類の彫刻パターンを設定することができる。パターンの具体的形状は、盲人被験者の助言を参考に検討し^{(11),(12)}、今回は幅1cm以上の物を5mm以上の間隔で使用する。また高さについては、米沢、田中らによる実験を参考に0.5mm単位で設定した^{(13)~(14)}。

次に、彫刻したアクリル版に型取り用シリコンゴムを流し込み、凸型の立体地図を作製する。シリコンゴムの標準硬化時間は、25°Cで約8時間である。

表1 彫刻パターン

高さ	本数	線種	太さ
低 0.5mm	1本	実線	細 1.0mm
高 1.0mm	2本 間隔 1.0mm	破線 間隔 3.0mm	太 2.0mm

4. 結 果

地図画像から盲人用地図を作製するまでの処理結果を以下に示す。

4.1 RGB 相関図の作成と輪郭線追跡

図6に、色むらの影響が大きい市販地図上での淡色領域とサンプルデータの分布を示す。測定領域は、淡いピンクで印刷されたカナダの部分であり、その全範囲にわたって40区画、約3万点の画素データをサンプリングした後にR, G, B各成分の関係を示した。BとGの関係はほぼ45度の角度をもつた円形となっており、縦軸と横軸の比を2:1として計算した場合の回転た円体の体積はこれに外接する直方体の体積の約54%となる。従って、この場合の不要成分削減率は46%であり、更にた円体形状が直方体の対角線に近づくほど削減率が向上する。

次に、市街図において河川の輪郭線を追跡した結果を図7に示す。(a)は今回処理対象としたカラー地図を示し、(b)は直方体によるRGB相関図を用いて輪郭線を追跡した結果、(c)はた円体によるRGB相関図を用いて輪郭線を追跡した結果、(d)は(c)に対して更に不要成分を除去し、文字部分を補間する操作を

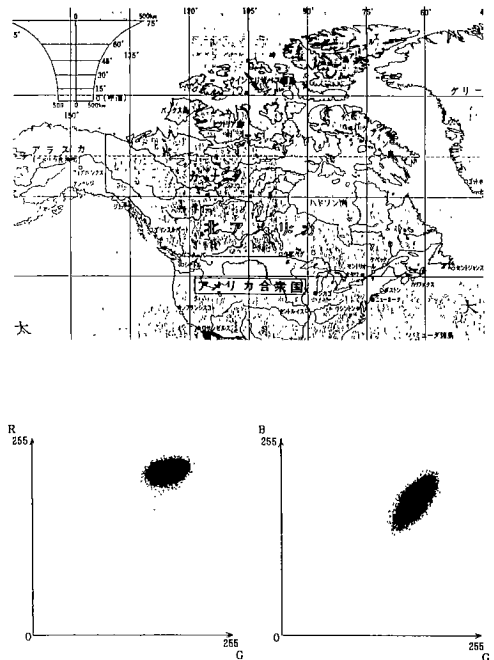
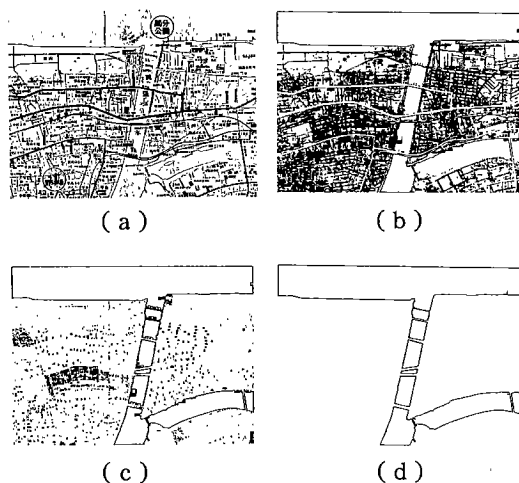


図6 領域抽出結果
Fig. 6 Results of area data extraction.



- (a) Original map
- (b) Results using RGB correlation graph with rectangular prism
- (c) Results using RGB correlation graph with elliptic cylinder
- (d) Results after noise elimination and interpolation character data

図 7 河川の輪郭線追跡結果
Fig. 7 Results of river border following.

表 2 だ円体による不要成分の削減

抽出目的	抽出画素数		削減率[%]
	直方体[bytes]	楕円体[bytes]	
河川	485,649	64,507	86.7
国道	69,258	67,328	2.8
主要道路	160,757	132,658	17.5



- (a) Results of border following
- (b) Results of center line extraction

図 8 道路、線路の抽出結果
Fig. 8 Results of roads and railroads extraction.

加えた結果である。(b)と(c)を比較すると明らかに(c)の方が河川以外の不要成分が減少している。図7(d)では不要成分がすべて除去され、河川の輪郭線のみが抽出された。更に、(d)では(c)に見られた文字による抽出もれの部分も自動的に補間された。

次に、不要成分の削減率を表2に示す。この結果から、網点で印刷されている河川においては色むらの影

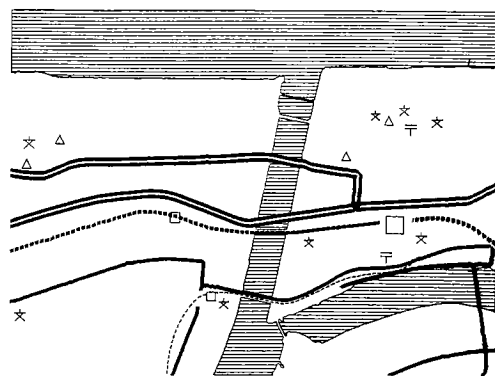


図 9 処理結果
Fig. 9 Results of map data processing.

響が大きいためだ円体を用いることにより不要成分の削減率が86%と高い値となった。一方、特色インキによりそのまま印刷されている国道、主要道路についても、不要成分が最大で17%削減された。

図8(a)に道路、線路の輪郭線を追跡した結果を示す。道路の輪郭線は、領域抽出上の不要成分がすべて除去され追跡が行われた。しかし、線路の輪郭線追跡において、矢印の部分が曲線に接した文字の影響を除去できないため誤抽出されている。次に、道路、線路の輪郭線から中心線を抽出した結果を図8(b)に示す。線路の輪郭線に含まれていた誤抽出成分も、中心線を抽出する段階ですべて除去された。

4.2 地図シンボルの作成、彫刻

河川、道路、線路のデータに地図シンボルを追加した最終的な地図データ処理結果を図9に示す。実際に彫刻マシンに転送するデータは、左右を反転した図となる。

作製した触知地図では、地図シンボルは5種類を使用し⁽¹¹⁾、河川、地図シンボルともに高さ0.5mmで彫刻を行った。また河川は識別しやすくするため、輪郭線の内部に水平線を作図している。道路、線路は高さをすべて1mmとし、その種類によって異なるパターンを用いて彫刻した。また、国道(太線2本)などは実際の地図に比べて幅を広げて彫刻した。

4.3 処理時間

盲人用地図を作製するまでの処理時間を表3、表4に示す。表3において、輪郭線追跡の処理時間には文字の輪郭線追跡時間も含まれる。輪郭線追跡と中心線の抽出は、パーソナルコンピュータでは約52時間、ワークステーションでは2時間19分である。そのほか、

表 3 処理時間 1

	PC9801VX21	SX-9100/DT100
輪郭線追跡	50時間52分	2時間12分
中心線抽出	1時間21分	7分
計	52時間13分	2時間19分

表 4 処理時間 2

RGB相関図作成のためのサンプル	約1時間
地図シンボルデータの作成	約3時間
各種閾値、彫刻パターンの設定	約10分
彫刻	7時間

表 4 に示すとおり人間の作業時間としてはサンプルとシンボルデータの作成を含め約 4 時間、彫刻マシンの動作時間は 7 時間である。従って、盲人用地図を作製するための全体の必要時間は、今回のシステムでは最短で約 13 時間となった。

5. 考 察

触知地図作製の観点から、領域抽出と触知地図の表現方法について考察する。

計算機を利用して触知地図データを作成する場合、従来我々は画面上の原画像を見ながらマウスでその輪郭を重ね書きの要領で作図する方式を用いていた。また、他の高速なデータ入力方式としてフォトセルや白黒テレビカメラを用いた方法や^{(15),(16)}、実用的な入力処理方法も試みられているが^{(9),(4)}、市販地図からの 2 値化画像のみでは地図データとして不十分であった。

そこで我々は、盲人用地図自動作製のためにより情報量の多いカラー地図からの領域自動抽出を試み、新たに考案しただ円体による領域抽出方法により、従来の直方体による領域から更に不要成分の削減が可能な方式を考案した。次に、実際に触知地図を作製する際の領域表現のための一連のプログラムを開発した。その結果、市販地図からの領域抽出実験では不要成分削減率が最高 86% となり、地図データ作成における自動化と処理時間の短縮に大いに貢献できる可能性を示した。更に道路等の表現においても、線の太さ、高さ、形状の種類が選択できるため、従来の発泡インキを用いた単一の高さの盲人用地図に比較し、複雑な形状表現が可能となった。

今後、だ円体しきい値を用いた地図作製方法をより一般化するための改良点としては、(1) 確実な領域内のサンプルとサンプル数の低減、および(2) 領域抽出処理の高速化が挙げられる。現在、サンプル点数の削

減については 1 点のサンプル点から主成分解析により領域決定する方法を検討中である⁽¹²⁾。

6. む す び

盲人用地図作製のために、市販地図を利用した地図画像データ作成方法と彫刻マシンによる触知地図作製方法を検討した。その結果、色むらを含むカラー地図画像に対し新たにだ円体によるしきい値を設定することにより、同時に抽出される可能性のある不要成分を大幅に低減できることが明らかとなった。また地図作製については、個々の領域について彫刻マシンの特徴を生かした表現形式を選択可能とした。

印刷方式と色むらの発生原因に着目した我々の領域抽出法は、淡色系の色で表現される地図領域の抽出に有効であり、複雑な形状の国々や地域あるいは道路を表現する場合の地図作成自動化に大きく貢献するものである。

今後は、計算機の処理速度の向上を生かした対話型の地図データ作成システムを開発していきたいと考えている。

謝辞 本研究を進めるにあたり、印刷方式に関する貴重な御意見を頂いた大日精化工業株式会社技術室長・星野信夫氏に深く感謝致します。また新潟県立新潟盲学校教諭 井出国男氏には、盲人用地図の作製方法について種々の御指摘を頂き、更に「手で見える絵本普及会」石堂雄士氏には、実際の盲人用図書に関する資料を御提供頂いた。ここに深く感謝致します。

文 献

- (1) Parkes D.: "NOMAD II, Interactive Audio-Tactile Graphics System", Version 4.0, Workshop at Tomtebodas Resource Centre Sweden (Aug. 1992).
- (2) Pike E.: "Children's Reactions to NOMAD", An Audio-Tactile Graphic Processor, The British Journal of Visual Impairment, 9: 3 (1991).
- (3) 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論文集, pp. 42-45 (1987).
- (4) 河井良浩, 大西 昇, 杉江 昇: "盲人用図面認識支援システム", 信学論(D-II), J73-D-II, 9, pp. 1526-1533 (1989-09).
- (5) 牧野秀夫, 石井郁夫, 馬場真里, 大塚清和, 大和淳二: "盲人用地図作製及び音声案内システムの開発", 信学論(A), J73-A, 3, pp. 619-625 (1990-03).
- (6) 牧野秀夫, 小柳 誠, 風間博子, 石井郁夫: "盲人用立体地図における指先認識方法及び音声データの作成", 信学技報, MBE92-19 (1992).
- (7) 薊 周次: "印刷 5 大不良の低減に向けて", 紙器・段ボールの技術, 8, 86, pp. 26-33 (1989).
- (8) 一見敏男: "色彩学=36=", 印刷界, 389, pp. 116-121

- (1986).
- (9) 一見敏男：“色彩学=25=”，印刷界，377，pp.108-115 (1985).
- (10) 安居院猛，中嶋正之：“コンピュータ画像処理”，pp. 55-76，産報出版 (1979).
- (11) 山田健策，牧野秀夫，石井郁夫：“盲人用地図作製におけるデータ処理”，信学技報，**ET-90-126** (1991).
- (12) 渡辺 郁，牧野秀夫，石井郁夫：“盲人用地図作製における領域抽出法の検討”，信学技報，**ET91-118** (1992).
- (13) 大竹 勉，褚 庭亮，米沢義道，中鉢憲賢：“点字読み取り中の指先挙動解析”，信学論(A)，**J74-A, 10**, pp. 1576-1585 (1991-10).
- (14) 田中兼一，伊福部達，吉本千禎：“触覚における凸点パターン認識特性”，医用電子と生体工学，**20, 5**, pp. 301-306 (1982).
- (15) Linvill J.G. and Bliss J.C.: “A Direct Translation Reading Aid for the Blind”, Proc. IEEE, **54, 1**, pp. 40-51 (1966).
- (16) Collins C.C.: “Tactile Television-Mechanical and Electrical Image Projection”, IEEE Trans. Man-Machine systems, **MMS-11, 1**, pp. 65-71 (1970).

(平成4年11月9日受付)



石井 郁夫

昭38新潟大・工・電気卒。同大・電子助手，助教授を経て現在同大・情報・教授。この間，電子回路，画像・図形処理等の研究に従事。現在，人工現実感，立体視，グラフィックプロセッサ，画像・図形処理装置などの研究を行っている。工博(東工大)。

情報処理学会会員。



牧野 秀夫

昭51新潟大・工・電子卒。昭53同大大学院修士課程了。昭54新潟大・工・情報・助手，平2同助教授，現在に至る。この間，昭58より1年間，北大・応電研・生体制御部門において除細動器の研究に従事。平1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，体内植込み型医用機器ならびに盲人用教育装置の開発を行っている。工博(北大)。日本ME学会，IEEE，日本心臓ペースング学会，日本睡眠学会各会員。



山田 健策

平1新潟大・工・情報卒。平3同大学院修士課程了。現在，三菱電機(株)に勤務。画像処理，特にカラー画像処理の分野に興味をもち，効率的な領域抽出法について研究を進めている。