

論文

非可視型バーコードを用いた視覚障害者用物体案内方式の研究

牧野 秀夫[†] 森下 文仁[†] 阿部 好夫^{††} 山宮 士郎^{††}
 長谷川 勝^{†††} 石井 郁夫^{††††} 中静 真[†]

3-D Object Guidance Method for the Visually Impaired Using an Invisible Bar Code

Hideo MAKINO[†], Fumihito MORISHITA[†], Yoshio ABE^{††}, Shirou YAMAMIYA^{††},
 Masaru HASEGAWA^{†††}, Ikuo ISHII^{††††}, and Makoto NAKASHIZUKA[†]

あらまし 3次元物体の実時間音声案内を目的に、同一形状でも種類の異なる物体の識別が可能な音声案内方法を検討した。具体的には、従来開発してきたテレビカメラによる図形情報案内システムを基本とし、更に物体識別には従来の画像処理による方法に代わり、バーコードを用いることとした。しかし、物体に通常のバーコードを貼付する方法では、視覚障害者用教材を他の障害者教育に応用する場合問題があり、また日用品等に応用した場合はプライバシー保護の点からも適切ではない。そこで、通常の可視光領域では検出されず赤外線にのみ優れた反射特性をもつ顔料を用いたバーコードを作成し、これを物体識別用に用いる方法を考案した。実験では、識別用の積木表面に貼付した見かけ上同一色のバーコードから個々の情報が自動的に読み取られ、更にパーソナルコンピュータに接続された音声合成装置から3秒以内に物体案内情報が出力されることを確認した。本論文では、非可視型バーコードの具体的な検出方法と音声案内結果について報告する。

キーワード バーコード、近赤外線、テレビカメラ、物体案内、視覚障害

1. まえがき

視覚障害者に対する3次元物体の情報提供手段としては、物体上に点字を貼付する方法やカセットテープなどの音声による方法がある。しかし、いずれも情報を必要とする物体に対する情報量の不足、あるいは複数物体の案内を短時間で行う場合の情報提供時間の点で問題がある。ここで、複数物体に対しその種類を非接触的に判別し、更に必要な情報を音声で提供することができれば、物品の組立てや整理といった日常生活に不可欠な物体情報の提供や盲学校での立体図形教育および職業指導等に広く応用することができる。

非接触に視覚障害者に対する情報案内を行うためには、音声情報そのものをパターン化して歩行案内を行う方法[1]や超音波を利用した歩行補助の方法[2]が提案されている。またテレビ画面を振動や触覚ディスプレイで提供する方法も研究されている[3],[4]。ここで物体の情報検出にテレビカメラを用いる方法は、物体上にセンサ等を取り付ける方式に比較しハードウェア上の拘束が少なく簡便であるが、物体認識のための画像処理時間が長くなり現時点ではまだ問題が残る。そこで筆者らは3次元物体の実時間音声案内を目的に、同一形状でも種類の異なる物体の識別が可能な案内方法を検討した。具体的には、従来開発してきたテレビカメラによる図形情報案内システム[5],[6]を立体に拡張し、更に物体識別には従来の画像処理による方法に代わり、バーコードを用いることとした。しかし、物体に通常のバーコードを貼付する方法は、視覚障害者用教材を他の障害者教育に応用する場合不相当であり、また日用品等に応用した場合はプライバシー保護の点からも適切ではない。そこで、通常の可視光領域では検出されず近赤外線にのみ優れた反射特性をもつ顔料を用いたバーコード（以下、非可視型バーコード）を

[†]新潟大学工学部情報工学科, 新潟市

Department of Information Engineering, Faculty of Engineering,
 Niigata University, Niigata-shi. 950-21 Japan

^{††}大日精化工業株式会社中央研究所, 東京都

Dainichi-seika Color & Chemical Mfg. Co., Ltd., Tokyo, 123
 Japan

^{†††}株式会社サワラビ, 東京都

Sawarabi, Co., Ltd., Tokyo, 151 Japan

^{††††}新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市

Graduate school of Science and Technology, Niigata University,
 Niigata-shi. 950-21 Japan

作成し、これを物体識別に用いる方法を考案した [7]. 実験では、識別用の積み木表面に貼付した見かけ上一色のバーコードから個々の情報が自動的に読み取られ、更にパーソナルコンピュータに接続された音声合成装置から、物体案内情報が出力されることを確認した。現在、本方式を応用した学習装置の実用化研究を進めている段階であるが [8], [9], 基本的なアイデアの公開を一つの区切りと考え、非可視型バーコードの構成とその検出方法ならびに音声案内結果について報告する。

2. 方 法

2.1 非可視型バーコード

図 1 に試作するバーコードの基本構成を示す。このバーコードは、基本的には赤外線に対してのみ通常よりも透過率の高い顔料（大日精化工業：R-Chromofine black, 以下、R-クロモファイブラック）をバーコードのホワイトバー部分に使用し、更に通常の吸収型の顔料をブラックバーとして使用する。これら 2 種類の顔料を白色紙表面に塗付することにより可視光領域では同一色のバーコードが作成される。そのため、肉眼では同一色とみなされる部分に対し赤外線を照射し、CCD カメラで測定するのみで隠されているバーコードの検出が可能となる。識別に必要な顔料の厚みは $1.75 \mu\text{m}$ 以上である。

図 2 に白色紙上に塗付された R-クロモファイブラックの分光特性を示す。ここでは赤外線反射率が約 70% のものを試料 R とし、更に反射率を 20% 低下させたものを試料 A, 50% 低下させたものを試料 C とする。従って反射率の調整により近赤外線領域での多値バーコードの作成も可能である [10].

バーコードシンボルの形式は、JIS で標準化されている ITF (Interleaved Two of Five) シンボルの形式 [11] を使用した。図 3 に具体的構成を示す。データキャラクタ部分において、モジュールを構成する太バーと細バーをそれぞれ “1” と “0” に対応させ、ブラックバーとホワイトバーの各モジュールで 1 けたずつ合計 2 けたの数値を表すものとした。ここでは、“51” の数値が表現されている。

次に、以下の 2 種類の方法により数値データ読取りのための認識実験を行う。ここで、バーコードのホワイトバーに試料 R, ブラックバーに試料 A あるいは C を使用する。

[認識実験 1]

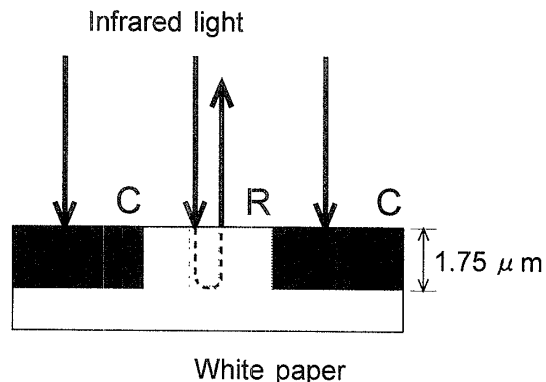


図 1 非可視型バーコードの構成
Fig.1 Structure of invisible bar code.

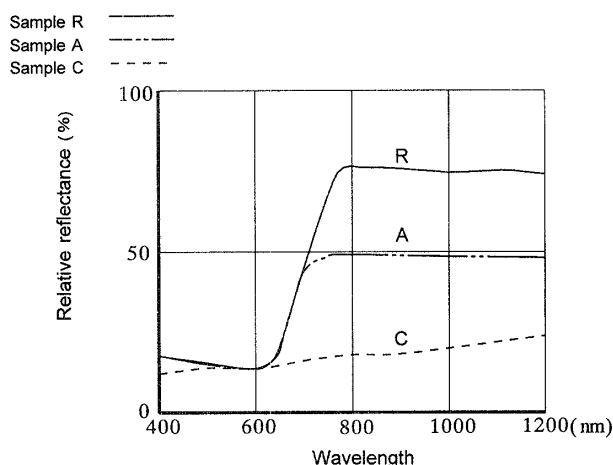


図 2 試料の分光特性
Fig.2 Spectral distribution of sample.

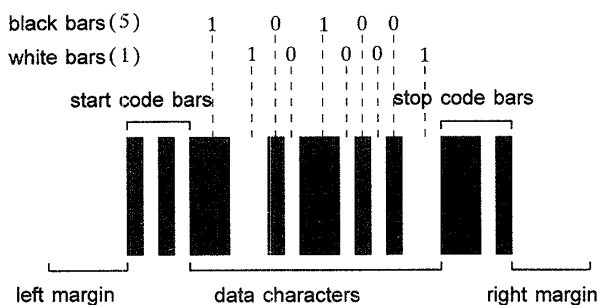


図 3 バーコードの形式
Fig.3 Bar code format.

赤外線照射時の局所的な輝度変化からバーコード位置を検出し、バーコードの復号を行う。具体的には、入力される画像に対しエッジ抽出処理を行いエッジ強度の高い部分をバーコード位置として検出する。

次に、周辺画素の輝度値からしきい値を決定し、2 値化後にバーコードパターンを抽出し、そのパターン

をもとにバーコードの復号を行う。

[認識実験 2]

入力画像から全体の輝度ヒストグラムを算出し、しきい値を自動選択したのち2値化処理を行う。更に、得られたパターンからバーコードの復号を行う。

2.2 物体案内装置

2.2.1 システム構成

本装置の構成を図4に示す。物体画像は、CCDビデオカメラを中心とするビデオビジュアライザ (CANON RE-552) より入力する。カメラ前面には可視光カット用フィルタ (HOYA: RT830) を装着し、カメラ内部の赤外線カットフィルタは透過型と交換する。次に、入力画像を画像入力ボード (CANOPUS: SUPER-CVI) およびパーソナルコンピュータ (PROSIDE: JD1994-50 IBM PC/AT 互換機) により処理する。更に、物体案内を行うために音声合成装置として日本語用と外国語用の2種類 (SANYO VSS-300, DOLPHIN APOLLO) をコンピュータに接続する。

照明条件としては、室内において、蛍光灯および赤外線用の光源として白熱灯 (40 W, 2 燈) を用いた。フィルタおよび光源に関する分光特性を図5に示す。

案内対象物体は、基本的なデータを得るための4種類の積み木とする。この積み木の表面に、それぞれ値の異なるバーコード (35 mm × 10 mm) を貼り付け物体の識別を行う。ここでは、積み木全体の表面とバーコードのホワイトバーを試料 R とし、ブラックバーを試料 C で作成した。具体的には、粘着シール型の試料を用意し、バーコード幅に切断したのち積み木表面に貼付する。画像入力範囲は A4 サイズとし、その上方 30 cm のカメラからこの範囲内の複数個の積み木画像を入力する。その後物体の種類を自動識別して音声合成装置によりその物体名を出力する。

2.2.2 バーコード位置検出と復号

入力画像から2値化処理によりバーコードパターンを抽出する。この際のしきい値設定方法としては kittler の判別分析法 [12] を用いる。また、dilation 処理等を含む詳細なバーコード検出および復号方法については、文献 [13], [14] を参考に既に発表しており [7], ここでは省略する。

2.2.3 データ検索および音声出力

読み取られたバーコード情報から実際に音声出力を行う処理方法について示す。音声合成装置から出力されるデータは、すべてキードファイル形式のデータとする。必要なデータファイルは、「物体情報ファイル」

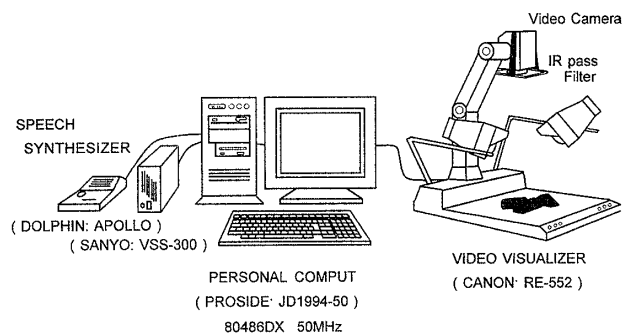


図4 装置構成

Fig. 4 System configuration.

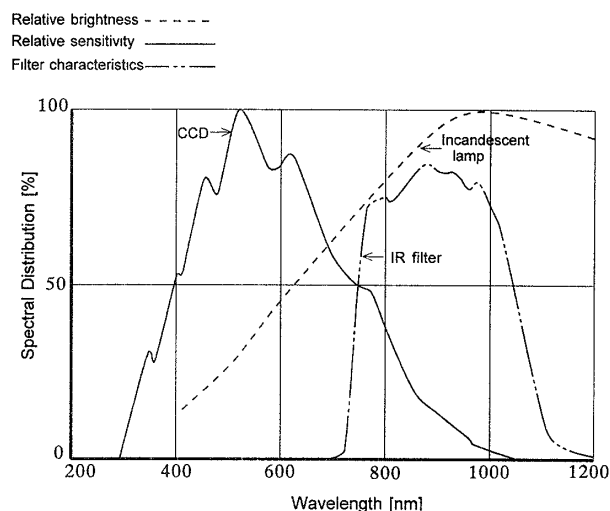


図5 検出部の分光特性

Fig. 5 Spectral distribution of detection part.

および物体のバーコード番号と物体情報を対応させる「対応ファイル」の2種類となる。ここで物体情報ファイルは、それぞれの物体名がバーコード番号とは異なる番号を付けられて順番に格納されている。従って、復号されたバーコード番号から対応ファイル内の物体情報番号を読み出され、次に物体情報ファイルの内容に基づき音声データが音声合成装置へ出力される。また、音声案内用言語には、現在のところ2台の音声合成装置 (日本語用, 英語用) を用意している。

3. 結 果

3.1 バーコード認識結果

近赤外線反射型バーコードの認識実験結果を表1に示す。認識実験1ではエッジ抽出処理としてラプラシアン (3行3列, 中央値8, その他-1) を用いたが、入力画像そのものに対してラプラシアンを適用すると雑音成分も強調される。そのため、前処理として画像のスムージングを行った。平滑化処理にはエッジ情報

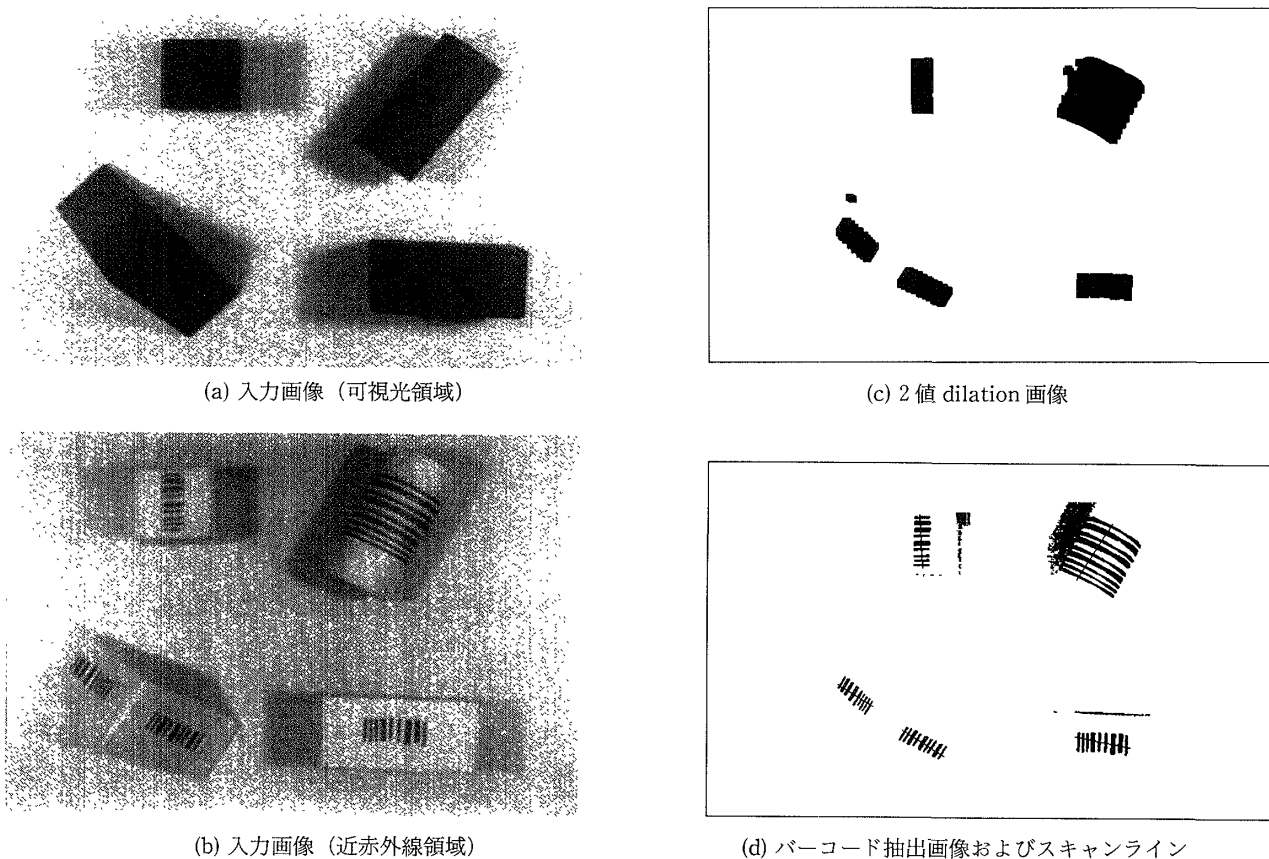


図6 実験結果
Fig.6 Experimental results.

表1 認識実験結果
Table 1 Results of detection.

試料	認識実験 1		認識実験 2	
	R-A	R-C	R-A	R-C
認識	自動	自動	しきい値入力	自動
処理時間	約 80 秒		約 3 秒	

表2 物体認識率
Table 2 Object detection rate.

物体	試行回数	認識成功	認識率
三角柱	200	184	92.0%
円柱	200	160	81.0%
直方体	200	190	95.0%

の保存性の良いメジアンフィルタ [15] (3 行 3 列) を用いた。認識結果では、R-A, R-C どちらのタイプのバーコードも認識することができ、ばらつきは見られなかった。

認識実験 2 では、2 値化のための自動しきい値決定法として kittler の判別分析法を用いた。入力画像全体から R-A タイプの認識を試みた場合、試料 R と小領域の試料 A の輝度ヒストグラム上での差がほとんどなく適切なしきい値を自動的に決定することは困難であった。R-C タイプでは、輝度差が大きくなるためしきい値の自動設定は可能であった。

3.2 物体案内装置

物体をそれぞれ 1 個ずつテーブル上の任意の位置に

おいた場合の物体認識率を表 2 に示す。画像を入力してから音声出力までの処理時間は、いずれの物体も約 3 秒であった。

複数の物体が置かれた場合の処理結果を図 6 に示す。(a) は赤外線カットフィルタ (HOYA: CAW500) を装着して入力された可視光領域の画像であり、積み木表面が同一色であることがわかる。

次に、実際に案内を行う処理としては、まず赤外線通過型フィルタを装着して入力される近赤外線領域の画像 (b) からしきい値を自動設定し、2 値 dilation 画像 (c) を得る。そして、輪郭線追跡によりバーコードの位置検出を行い、再度バーコードパターンおよびスキャンラインを抽出して (d) が得られる。その後、自

動的にバーコードの読取りが行われ、続いて音声により各物体の情報が案内されることを確認した。

4. 考 察

以下に、近赤外線反射型バーコードを利用した物体案内装置について、バーコード読取りならびに案内装置の動作について考察する。

4.1 バーコード読取り

近赤外線領域で反射特性の異なる2種類の試料を用いてバーコードを作成し、そのバーコード情報を CCD カメラにより取得するための二つの方法について検討した。その結果、認識実験においてはそれぞれの方法とも近赤外線領域内でのバーコード読取りが可能であることがわかった。以下に、個々の方法について考察する。

認識方法1では、バーコードデータの読取りについては4種の物体すべてについて認識することができた。この方法を実際に使用する場合の問題点としては、処理時間およびエッジ抽出に対してのしきい値設定の問題がある。特に試料Aを用いる場合、試料Rとの輝度レベル差が小さいために、エッジ強度も低下する。そのため、入力画像の平滑化後に抽出される雑音成分との差も少なくなり、エッジ情報と識別するためのしきい値の決定は慎重に行う必要がある。

認識方法2では、R-Cの組合せにおいて背景となる試料Rの輝度レベルでのばらつきが試料Aの輝度レベルにまで及んでいる。この原因としては、点光源である白熱燈の照明が不均一な状態であることなどが考えられる。また、試料Aは画像全体の輝度レベルよりもむしろ局所的な輝度変化の影響が大きかった。しかし、試料Cを使用した場合には、どちらの認識方法でも試料Aに対して見られた輝度差や照明光に関する問題はなく、すべての積み木について認識が可能であった。現在、より輝度差の少ない多値バーコードの検出方法としては物体部分を電動ズームレンズで拡大後に認識操作を行う方法を実験中である[8],[9]。赤外線画像については、光源強度によりその反射特性が変化することも報告されており、今後入射光の強さも含めた画質の変化を測定する予定である[16]。更に個々のバーコード認識方式については、基本的には工業計測等で行われている認識方法と同様であるが、電動回転台に取り付けたズームレンズ付きカメラとの距離あるいは角度の関係について検討を行っており[8],[9]、近赤外線感度の向上した工業用 CCD カメラによる検

出実験も進めている。

4.2 物体案内装置

次に、複数の物体からのバーコードの自動読取りを含めた音声案内装置全体について考察する。まず複数物体上のバーコード読取りについては、今回の実験結果から、バーコードを貼付する物体表面の形状やバーコードの大きさに対する基礎的な読取り方法が示された。この装置の動作条件では、読取り可能なバーコードの最低の大きさは、物体表面形状が平面で25mm×10mmであった。しかし、円柱や三角柱のようにバーコードを貼付した位置が曲面や傾斜面であった場合、この大きさでは認識率が著しく低下してしまう。そこで、それぞれの物体で認識率が80%以上になるように、バーコードの大きさを設定した。従って、物体表面形状やビデオカメラの解像度を向上させた場合は、バーコードサイズの小型化が可能である。特に、バーコードの情報量を拡大させる手段として2次元バーコード等も提案されており[17]、コードそのものに情報を含ませることができれば音声出力までの処理時間の改善やコンピュータ側の負荷の軽減にも役立つものと思われる。

使用したパーソナルコンピュータおよび音声合成装置は、3秒以内で音声案内出力を行うために十分な装置構成であった。現在、更にバーコード検出時の領域分割数を限定することにより検出時間の高速化を進めている。またパーソナルコンピュータはIBM互換機であり、音声情報データと音声合成装置内ROMの切換えのみで他の言語での案内や音声データの交換も可能である。

5. む す び

非可視型バーコードを用いた物体案内装置を開発し、暗眼者にコードの存在を知られない形式で物体情報を音声により提供することを可能とした。この装置の利点は、第1に従来の物体形状の計測に必要とされる画像処理時間が不要となるため、全体の処理速度が高速となり素早い音声案内が可能となる点である。更にテレビカメラと画像処理装置は必要となるものの、あらかじめバーコードが印刷されている物体や電気器具のスイッチの説明など従来の点字では不可能な情報量および取付け方法の拡大が可能となる。

今後の課題としては、ハードウェアの面では照明条件を考慮した複数の物体に対する高速の音声案内方法の検討である。更に実用化の面では、自然色で表現し

論文/非可視型バーコードを用いた視覚障害者用物体案内方式の研究

たバーコード作成とその応用分野の検討を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、財団法人「電気通信普及財団」の援助によって遂行されたものである。記して謝意を表する。

文 献

- [1] C.C. Collins, "Tactile television—Mechanical and electrical image projection," IEEE Trans. Man-Machine Systems, vol.MMS-11, no.1, March 1970.
- [2] 篠原正美, "視覚障害者用3次元触覚ディスプレイについて," ヒューマンインタフェース, 33-3, Nov. 1990.
- [3] 鈴木紀夫, 宇野喜博, 小寺宏暉, 渡辺泰助, "盲人用音声表示システム," 公開特許公報 (A) 昭 59-22082.
- [4] 浜崎伊久代, 米川美智子, 佐々木忠之, 堀籠義明, "超音波式盲人歩行補助具における物体探知特性の検討," 第18回感覚代行シンポジウム発表論文集, pp.11-15, 1992.
- [5] 牧野秀夫, 石井郁夫, 馬場麻里, 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), vol.J73-A, no.3, pp.619-625, March 1990.
- [6] 森下文仁, 牧野秀夫, 石井郁夫, 中静 真, "TVカメラを用いた視覚障害者用地球儀案内システムの開発," 電学論 (C), vol.114-10, pp.1001-1008, 1994.
- [7] 牧野秀夫, 森下文仁, 石井郁夫, 阿部好夫, 山宮士郎, 長谷川勝, 山口秀樹, "ステルス型バーコードを用いた盲人用物体案内装置," 信学技報, MBE92-101, Jan. 1993.
- [8] 菅原哲也, 牧野秀夫, 石井郁夫, 中静 真, "近赤外線情報による視覚障害者用学習装置の検討," 信学技報, ET94-37, 1994.
- [9] 菅原哲也, 牧野秀夫, 石井郁夫, 中静 真, "2次元マークを用いた視覚障害者用物体案内装置," 信学技報, MBE94-148, 1995.
- [10] 本間信行, 広野幹彦, 牧野秀夫, 渡邊新二, "非可視型2次元コードの高密度化の検討," 平8信学信越支部大会論文集, pp.319-320, 1996.
- [11] "JIS物流商品コード用バーコードシンボル," JIS X 0502, 日本規格協会, 1987.
- [12] 大津展之, "情報理論に基づく閾値選定法," 1988信学春季全大, D-218.
- [13] 高木幹雄, 下田陽久, "画像解析ハンドブック," 東京大学出版会, 1991.
- [14] 土屋博義, 山本淳晴, 藤田幹男, "ラスターキャン画像におけるバーコード認識の一手法," 1989信学春季全大, D-527.
- [15] I. Pitas and A.N. Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filters," Kluwer Academic Publishers, 1990.
- [16] H.-C. Lee, E.J. Breneman, and C.P. Schulte, "Modeling light reflection for computer color vision," PHYSICS - BASED VISION, Jones and Bartlett Publishers, 1992.
- [17] 丹澤弘明, "二次元バーコードの世界," スキャンテック 1993, セミナー 3B資料, Sept. 1993.

(平成8年10月21日受付, 9年5月7日再受付)



牧野 秀夫 (正員)

1976新潟大・工・電子卒。78同大大学院修士課程了。同年情報勤務。90助教授。95教授。現在に至る。この間、83年より1年間、北大・応電研、89年より1年間、カナダ・トロント大学医学部において情報機器の研究に従事。主に、福祉・医用機器の研究を行っている。工博。日本ME学会、電気学会、IEEE各会員、日本心臓ペースング学会評議員。



森下 文仁 (正員)

1991新潟大・工・情報卒。93同大大学院修士課程了。視覚障害者用の物体案内システムに関する研究に従事。現在、(株)東芝勤務。



阿部 好夫

1958東京農工大・繊維・織化卒。同年大日精化工業(株)に入社。同研究所にて、主として有機系色材の研究と開発に従事。現在、同社取締役、技術研究センター、合成基礎研究所所長。



山宮 士郎

1968新潟大大学院工学研究科修士課程了。同年、大日精化工業(株)入社。同研究所にて、主として有機系色材の研究と開発に従事。現在、同社技術研究センター合成基礎研究所合成第一研究室室長。



長谷川 勝

1960立教大・理・物理卒。1963大日精化工業(株)に入社。研究所にて、分析ならび色材の物性研究に従事。同社中央研究所解析センター所長。現在、(株)サワラビ代表取締役。



石井 郁夫 (正員)

1963 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。情報処理

学会会員。



中静 真 (正員)

1988 新潟大・工・電子卒。90 同大大学院自然科学研究科博士課程了。同年新潟大・工・情報助手。現在に至る。デジタル信号処理，特に時間・周波数解析と時間・スケール解析に関する研究に従事。博士(工学)。IEEE 会員。