

論文

非可視型バーコードを用いた視覚障害者用位置案内装置の研究

尾形 利文[†] 牧野 秀夫^{††} 石井 郁夫[†] 中静 真^{††}

Location Guidance System for the Visually Impaired Using an Invisible Bar Code

Toshifumi OGATA[†], Hideo MAKINO^{††}, Ikuro ISHII[†], and Makoto NAKASHIZUKA^{††}

あらまし 視覚障害者が屋内を単独歩行するための位置検出・案内方法について検討し、実際に位置案内装置を開発して動作実験を行った。具体的には、屋内位置情報提供手段としてバーコードに着目し、更に公共の建物内で利用することを考慮して、通常我々の目には見えない非可視型バーコードを用いた。位置検出・案内装置としては CCD カメラ、パーソナルコンピュータおよび音声合成装置を用いて、画像処理によるバーコード標識の検出と音声による案内を行った。建物内での目的地誘導実験では、作成した位置データファイルから目的地までの経路を自動探索し、経路移動中に検出された誘導情報を音声により案内した。大学内廊下で行った動作実験では、移動速度 3 km/h の場合、検出距離 0.2~1 m、バーコード長 240 mm 以上の条件下で位置情報を正確に取得し、音声案内可能であることを確認した。更に、誘導実験では、移動中にバーコード標識を検出し誘導情報の音声案内を行いながら目的地までの誘導が可能であった。

キーワード 非可視型バーコード, 位置検出, 位置案内装置, 視覚障害者

1. ま え が き

視覚障害者に対する単独歩行補助手段としては、点字標識や点字ブロックが利用されている。しかし、それらは設置費用が高額となること、あるいは簡単に設置場所を変更することが困難である等の問題点が存在する。こうした問題点を解決するために、我々は、屋外においては絶対測位が可能な GPS (Global Positioning System) とマイクロコンピュータ、音声合成装置および携帯電話を用いた屋外位置案内装置の研究 [1]~[3] を進めている。更に、GPS と他の移動量推定方法を組合せた方式も種々提案されているが [4], [5], 基本的に GPS は屋内では使用することができないため、公共の建物内を移動したり駅や空港を利用する場合には、正確かつ汎用の位置案内方式を確立する必要がある。更に、実際に屋内屋外を問わず小型の位置案内装置を開発することができれば、視覚障害者のための新しい歩行補助装置として活用することができる。

これらの要求を実現するために、我々は既に研究を進めている GPS による屋外位置案内装置と組み合わせる目的で位置情報標識 (以下、標識) による屋内位置案内の研究を行ってきた。屋内位置案内で使用される標識の種類としては、赤外線や電波発信機といったそれ自身が電源を必要とする能動的標識と、点字標識や光反射板といった受動的標識に大別される。ここでは、長期間の保守管理および提供情報の変更の容易さから受動的標識を採用した。具体的には、情報提供手段としてバーコードに着目し、更に公共建物内での使用を考慮して、肉眼では見えないバーコード (以下、非可視型バーコード) を検討した。現在、非可視型バーコードとしては蛍光を用いる方法などが提案されているが [6], [7], それらは特に長期間の耐光性に問題があり、更に紫外線照射と専用の読取り装置が必要である。そこで我々は、耐光性、耐摩耗性に優れた近赤外線反射型顔料に着目し、近赤外線反射型のバーコード [8] を開発した。更に、本バーコードと市販の CCD カメラおよびパーソナルコンピュータを組み合わせ、位置情報検出と音声による案内が可能な視覚障害者用位置案内装置を開発した。

本論文では、非可視型バーコード、CCD カメラ、パー

[†] 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

^{††} 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

ソナルコンピュータおよび音声合成装置を用いた屋内位置案内装置と実験結果ならびに目的地誘導機能を組み合わせた誘導方法について述べる。

2. 方法

2.1 非可視型バーコードの構成

非可視型バーコードの顔料の分光特性や作成方法については、文献[9]で述べられており、ここでは省略する。以下では、位置情報提供用の非可視型バーコードをバーコード標識と呼ぶ。バーコード標識は、廊下壁面下部にある幅木部分に貼り付けることにより、可視光領域すなわち肉眼では同一色で見分けることはできないが、近赤外領域にも感度をもつ一般の CCD 画像素子で検出することが可能となる。

次に、バーコード標識の構成を図 1 に示す。バーコードシンボルの作成形式は物流商品用として JIS 化されている ITF (Interleaved Two of Five) シンボル[10]を利用し、10 進数 2 けたを表現する。今回使用するバーコード標識は、特に水平方向の移動中に情報検出を行うことを考慮して、一般的な縦方向バーの形状を横方向バーに変更して利用する[11],[12]。バーコードの高さはマージンも含めて 105 mm である。

2.2 装置構成

装置構成を図 2 に示す。本装置は、バーコード標識検出用の CCD カメラ (CMD-5C: アールエフシステム研究所)、画像処理、音声案内処理用のパーソナルコンピュータ (PC-9821Ne, 486DX4 100 MHz: NEC) およびバッテリーから構成される。パーソナルコンピュータには、CCD カメラからの画像を入力するための画像入力ボード (Super CVI: CANOPUS)、位置情報を音声で伝えるための音声合成ボード (VCS11A-N98: NTT データ) が組み込まれている。移動には小型の台車を利用し、これに CCD カメラ、パーソナルコンピュータおよびバッテリーをセットする。CCD カメラは、幅木に貼り付けてあるバーコード標識を検出するため、台車側面に取り付ける。利用者はこの装置を前

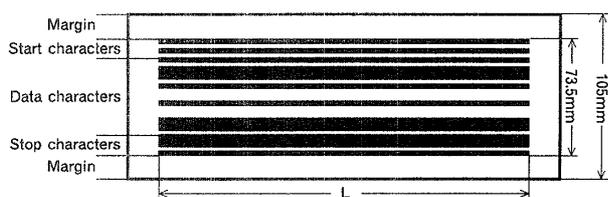


図 1 バーコード標識の構成
Fig.1 Bar code configuration.

方に置いて移動することにより、現在位置の音声案内を受けることができる。

2.3 位置検出・案内方法

位置検出・案内方法を図 3 に示す。パーソナルコンピュータは、CCD カメラより入力された画像の輝度変化からバーコード部分の検出を行う。バーコード部分が検出された場合、復号化処理により得られたバーコード番号から、該当する位置情報を位置データファイルより検索する。最後に、検索された位置情報を音声合成装置より利用者に提供する。

位置データファイルの形式を表 1 に示す。各部屋名について案内を行うため、位置データファイルには、各バーコード番号に対応する部屋名を登録する。ここ

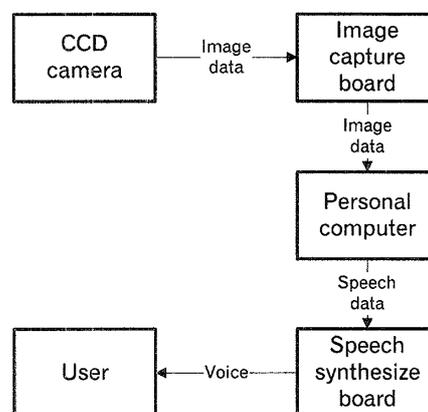


図 2 装置構成
Fig.2 System configuration.

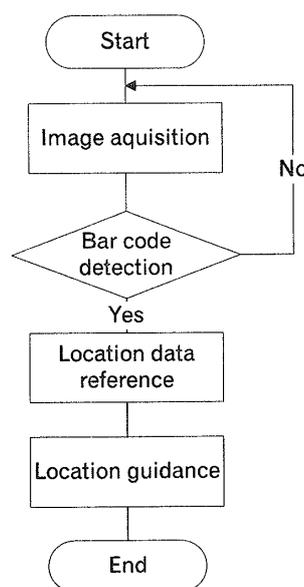


図 3 案内方法
Fig.3 Guidance method 1.

で、位置データファイルの位置情報は、最大文字数 30 文字とする。

2.4 目的地誘導方法

基本的な目的地誘導方法を図 4 に示す。目的地誘導では、装置に現在地、目的地の位置情報を入力することにより、目的地までの経路を探索する。そして、利用者が装置を移動していくに従って、経路に沿った進行方向などの誘導情報を音声により案内し目的地まで誘導する。経路は、位置データファイルより自動探索する。今回は、主に経路上の現在地、交差点および曲がり角で誘導情報の音声案内を行う。現在地では、直進か U ターンかを案内する。交差点、曲がり角では、左折、右折、直進のいずれかを案内する。また、位置データファイルより得ることができない誘導情報（小さな曲がり角、段差等）については、特定のバーコード番号を割り当てることにより案内する。現在地、目的地の位置情報の入力、それぞれに対応したバーコード番号をテンキーより装置へ入力する。

表 1 位置データファイル
Table 1 Location data file.

| Bar code | Location data (60 byte) |
|----------|-------------------------|
| 01 | 信号処理研究室 |
| 02 | 計算機回路研究室 |
| . | . |
| . | . |

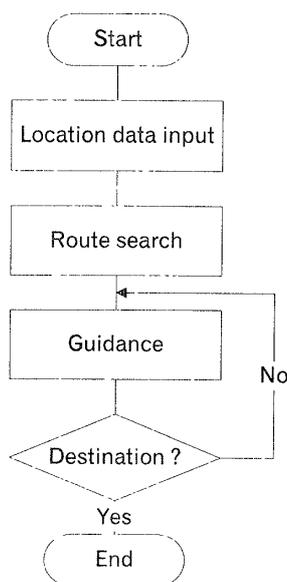


図 4 誘導方法
Fig. 4 Guidance method 2.

2.5 実験方法

2.5.1 バーコード認識率の測定

図 5 にバーコード認識率の測定を行った動作環境を示す。動作実験は大学内廊下で行い、それぞれの部屋の入り口から向かって右側の約 1m 離れた幅木に部屋名に対応したバーコード標識を貼り付ける。バーコード標識は 01 から 04 までの 4 種類使用する。本測定中、装置は図中矢印部分に示すように廊下を壁面から一定の距離をおいて進行する。

この動作環境で、バーコード検出装置の移動速度（以下、移動速度）、検出器とバーコード標識間の距離（以下、検出距離）およびバーコードの長さ（図 1 の L、以下、バーコード長）を変化させた場合のバーコード認識率（以下、認識率）の測定を行う。各実験での、移動速度、検出距離およびバーコード長の値を表 2 に示す。ここでの認識率は、前述 3 種類の各条件下で正確にバーコード標識を検出できた回数を試行

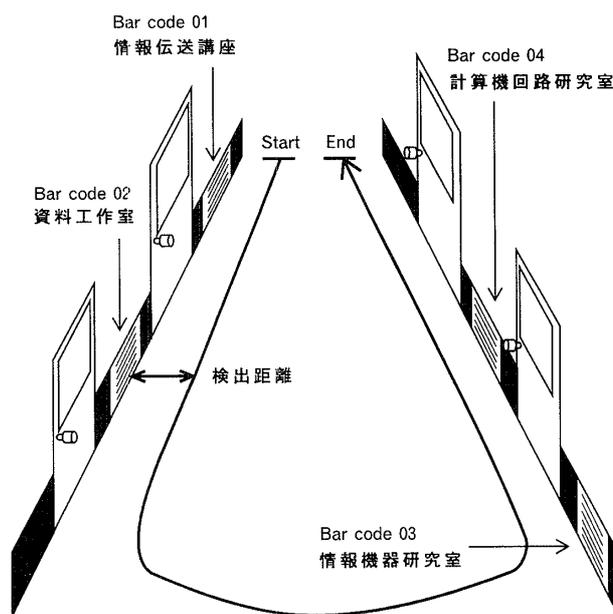


図 5 動作環境 1
Fig. 5 Environment of experiment 1.

表 2 動作実験
Table 2 Experiment.

| 実験内容 | 移動速度 (mm/s) | 検出距離 (mm) | バーコード長 (mm) |
|-------------------|-------------|-----------|-------------|
| 移動速度 に対する認識率 | 50~1250 | 800 | 400 |
| 検出距離 に対する認識率 | 800 | 100~1400 | 400 |
| バーコード長 に対する認識率 | 800 | 800 | 80~240 |

回数で割ったものとする。まず第1に、移動速度を変化させた場合の認識率を測定する。移動速度を 50~1250 mm/s (0.2~4.5 km/h) 間の 10 段階、検出距離 800 mm, バーコード長 400 mm として各 20 回ずつ測定を行う。第2に、検出距離を変化させた場合の認識率を測定する。検出距離を 100~1400 mm 間の 14 段階、移動速度 800 mm/s (2.88 km/h), バーコード長 400 mm として各 20 回ずつ測定を行う。最後に、バーコード長を変化させた場合の認識率を測定する。バーコード長を 80~240 mm 間の 6 段階、移動速度 800 mm/s (2.88 km/h), 検出距離 800 mm として各 20 回ずつ測定を行う。

2.5.2 誘導実験

図 6 に誘導実験を行った動作環境を示す。実線がルート 1, 点線がルート 2 を表す。ルート 1 は, A 地点から B 地点までを誘導し, 移動は直進のみである。ルート 2 は, A 地点から C 地点までを誘導し, 移動内容には直進, U ターン, 右折および左折が含まれている。被験者は, 22 歳と 24 歳の目隠しをした晴眼者で, 一度も本装置を使用した経験はない。

まず, 実験前に装置の説明を 5 分程度行い, その後, 実際に装置の案内に従ってルートを歩行する。実験では, 左手で装置を操作し右手で壁に触れながら移動する方式とする。歩行する場合の移動速度は約 2 km/h とし, 検出距離から装置がはずれたり, 壁に衝突しそうな場合は外部から補助する。バーコード標識は, バーコード長 240 mm で, 10 進数 4 けたを表現可能な構成

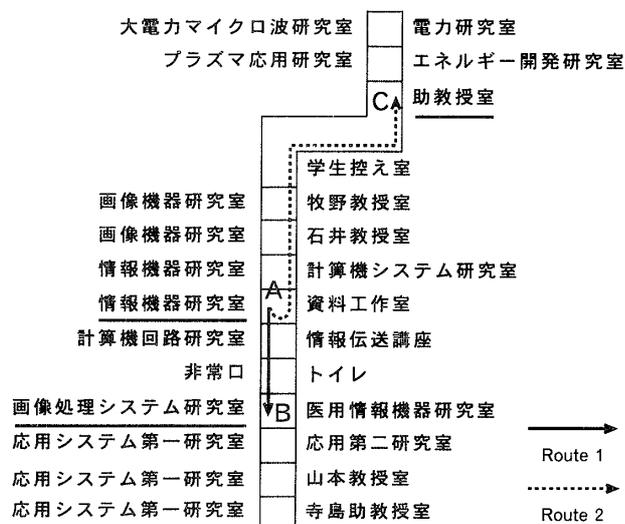


図 6 動作環境 2
Fig. 6 Environment of experiment 2.

とする。

3. 実験結果

使用した非可視型バーコードを幅木に貼り付けた様子を図 7 に示す。上段が可視光領域, 下段が近赤外領域で撮影した非可視型バーコードである。次に, 位置案内装置を図 8 に示す。装置手前下部に CCD カメラが取り付けられている。

3.1 バーコード認識率

図 9 に移動速度に対する認識率の結果を示す。横軸が移動速度, 縦軸が認識率を表す。移動速度 900 mm/s までは認識率が 100% であり, それ以上の速度で認識率は穏やかに低下し, 1250 mm/s で 85% となった。

図 10 に検出距離に対する認識率の結果を示す。横軸が検出距離, 縦軸が認識率を表す。検出距離 200~1000 mm の間では, 認識率は 100% となった。しかし, 上記範囲前後の検出距離では急激に認識率が低下し, 100 mm 以下および 1300 mm 以上では検出不可能であった。

図 11 にバーコード長に対する認識率の結果を示す。

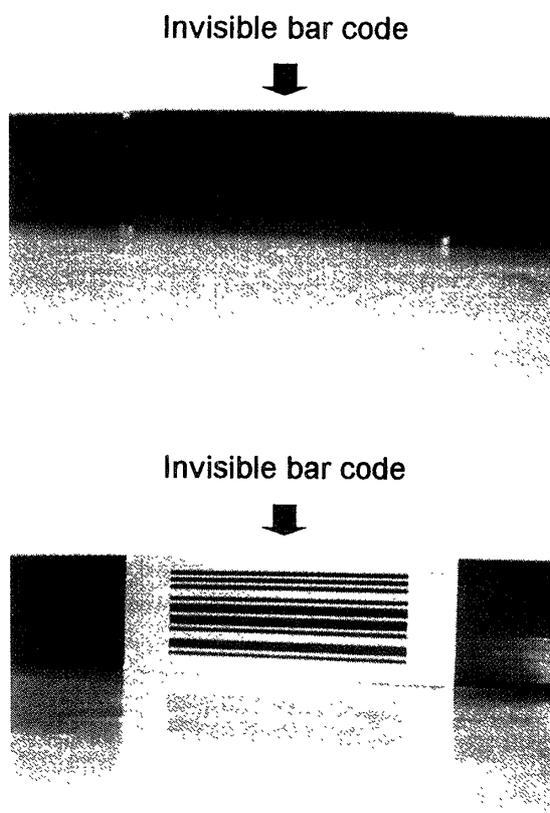


図 7 非可視型バーコード
Fig. 7 Invisible bar code.

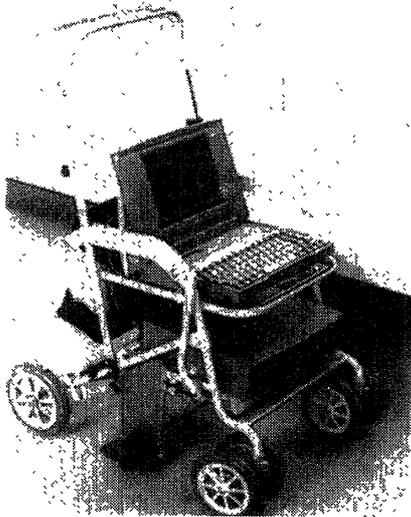


図8 位置案内装置
Fig.8 Location guidance system.

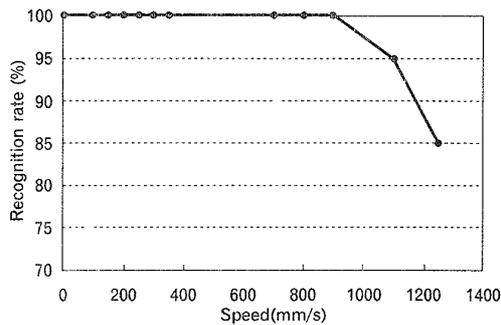


図9 移動速度に対する認識率
Fig.9 Recognition rate to speed.

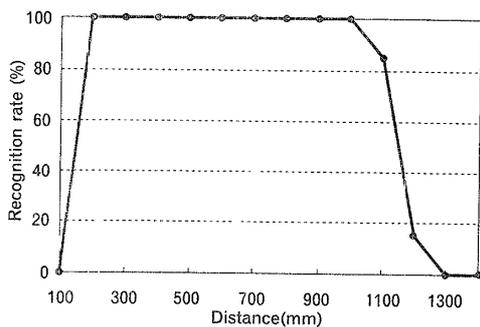


図10 検出距離に対する認識率
Fig.10 Recognition rate to distance.

横軸がバーコード長、縦軸が認識率を表す。認識率はバーコード長が長くなるにつれて上昇している。バーコード長 80 mm で認識率は約 50% となり、その後、240 mm で 100% となった。

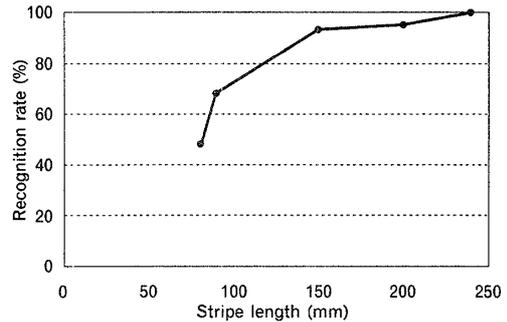


図11 バーコード長に対する認識率
Fig.11 Recognition rate to length.

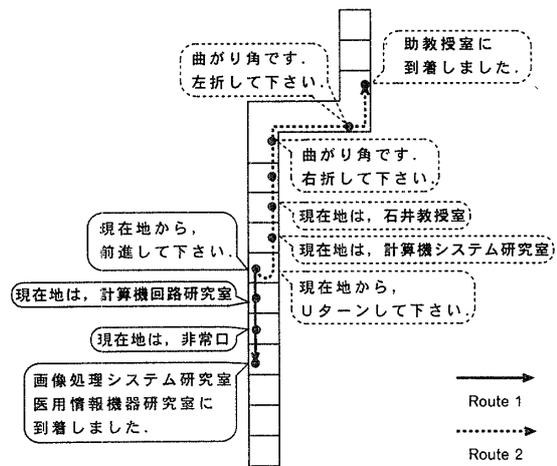


図12 音声案内結果
Fig.12 Result of guidance.

3.1.1 誘導実験

誘導実験における音声案内の様子を図12に示す。実線の囲みがルート1の場合、点線の囲みがルート2の場合の音声案内を表す。ルート1、2ともに、各部屋名と誘導情報を音声案内することが可能であった。操作性については、手で壁を触れながら移動しているため、ルート1では歩行補助なしで目的地まで到着することが可能であった。また、ルート2では左折する場合に曲がるタイミングを見失い補助が必要となった。

4. 考 察

4.1 バーコード標識

屋内位置情報提供手段としてバーコード標識を利用することの利点を、従来の点字ブロックやビーコン、超音波メガネおよび赤外線マーカ[13]と比較する。まず第1に、点字ブロックを廊下に設置する場合、廊下に凹凸ができてしまうため晴眼者にとっては歩きづらいものとなる。これに対して、今回の方式では、バー

コード標識の壁面への取付けが可能である。第2に、本方式では、バーコード標識自体が電力を必要としない点が大きな利点であり、保守および設置費用の点で有利である。また幅木と同一色に設定することによりいたずら等を防止することもでき、提供情報の変更も標識の貼替えのみで対応可能である。また、廊下内の障害物の影響については、装置小型化後の白杖の併用とバーコードの貼付位置の変更で対応可能と考えている。

次に、バーコード標識読取り時の誤り検出機能については、今回参考にしたITFシンボルが自己チェック機能を有しているため、チェックデジットまたはチェックキャラクタ等はバーコード標識に付加していない。

4.2 位置検出・案内方法

屋内での位置検出方法について考察する。まず第1に、点字標識では、視覚障害者が標識そのものの場所を見つけ出す必要があり、更に標識自体が剝離する場合もある。一方、今回の方法では、CCDカメラにより検出するため、バーコード標識を非接触的に検出し情報を取得することが可能である。第2に、周囲環境の認識をすべて画像処理によって行う場合、晴眼者用の文字や案内標識などを認識するよりも、バーコード標識を用いた方がより高速な認識が可能である。

また、音声案内のための情報量については、現在の1次元バーコードよりも記録密度の高い2次元バーコード[14]の応用を検討中である。

4.3 動作実験

動作実験において、検出距離200~1000mm、バーコード長240mm以上の条件下で、移動速度3.2km/hまでのバーコード認識率が100%となった。この結果より、本装置を使用する場合の実用的な移動速度(3km/h)[15]ではバーコード標識を認識することが可能である。

視覚障害者による動作実験では、装置と壁との距離については手で壁に触れながら歩いたり、白杖の併用で解決可能であり、個々の部屋名が案内されるのでわかりやすいといった意見が寄せられた。一方、静かな廊下で突然案内音声が出てくると驚くといったことや、台車の動きが悪い点が指摘された。

晴眼者による誘導実験では、移動中にバーコード標識を検出し誘導情報の音声案内を聞きながら、手で壁に触れながら移動することにより直進、Uターンおよび右折することが可能であった。左折する場合、装置の利用条件として右側通行であるとしたため、手で壁

に触れながら移動することができないので、曲がり角の直前にバーコード標識を貼り付けておくなどして曲がるタイミングを知らせる必要がある。音声案内の内容については、今回の実験で得られた意見を参考に改良する予定である。

4.4 屋内位置案内装置

今回試作した位置案内装置では、位置検出・音声案内と目的地誘導動作を実現した。今後は、視覚障害者にとって最も重要な安全性を考慮した障害物回避や目的地誘導といった機能を付加する必要がある。これらについては、超音波センサを用いて自律移動する歩行ガイドロボットの研究[16]が進められており、我々も関連の技術を応用する予定である。また、従来型の歩行ガイドロボットでは、白杖で単独歩行可能な視覚障害者の移動を制限することが予想されるため、携帯型の位置案内装置[17]についても検討を行っている。

5. むすび

視覚障害者が屋内を単独歩行するための位置検出および音声案内方式について検討し、目的地誘導機能を付加した屋内位置案内装置を開発した。具体的には、位置情報提供手段として我々が独自に開発した非可視型バーコードを用い音声合成装置により位置案内を行った。その結果、バーコード標識を壁面に設置し、歩行中に市販のCCDカメラから非接触的に位置情報を検出することが可能であった。また、使用したバーコード標識もその取付けや変更は容易であった。同時に、通常肉眼では検出できないため標識のため、建物内の景観を考慮した貼付けが可能となった。

大学構内で行った動作実験では、移動速度3km/hにおいて、検出距離200~1000mmの間で、バーコード長240mm以上であれば、位置情報を正確に取得することが可能であることを確認した。また、目的地までの誘導情報の音声案内が可能となった。

今後は、バーコード標識に位置情報そのものを記録するためのバーコード情報の高密度化と音声入力の研究を進め、更に障害物回避といった安全性を考慮したナビゲーション機能を実現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バーコードの作成に御協力頂いた大日精化工業株式会社、長谷川勝氏、阿部好夫氏、山宮士郎氏ならびに装置開発における有用な御助言を頂いた新潟県立新潟盲学校の井出国男教諭に厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は、石本記念デサントスポーツ科学振

興財団の援助によるものである。記して謝意を表する。

文 献

- [1] 牧野秀夫, 尾形真樹子, 石井郁夫, “GPSによる携帯型盲人用位置案内装置の基礎研究,” 信学技報, MBE92-7, 1992.
- [2] 山倉弘一, 牧野秀夫, 石井郁夫, 中静 真, “携帯電話とGPSによる視覚障害者用位置案内装置の開発(第2報),” 信学技報, MBE94-147, 1995.
- [3] 渡辺浩亘, 牧野秀夫, 石井郁夫, 中静 真, “リアルタイム DGPSと携帯電話を用いた音声位置案内装置の開発,” 信学技報, MBE96-72, Sept. 1996.
- [4] J.M. Loomis, R.G. Golledge, and R.L. Klatzky, “Personal Guidance System for the Visually Impaired,” Proc. First Annual International ACM/SIGCAPH Conf. on Assistive Technologies, Marina del Rey, California, Oct. 31-Nov. 1, 1994.
- [5] 篠田陽理子, 矢ヶ部仁之, 曲谷一成, 築島謙次, 佐藤令介, “DGPSを用いた視覚障害者用ナビゲーションシステムの開発,” 信学技報, MBE95-91, 1995.
- [6] 大岩恒美, “バーコードが消える日がやってくる?,” エレクトロニクス, pp.26-27, オーム社, Oct. 1993.
- [7] 浅野恭右, 深田陸雄, “これからのバーコードシステム,” 工業調査会, July 1992.
- [8] 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.
- [9] 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, “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,” 信学論 (D-II), vol.J80-D-II, no.11, pp.3094-3100, 1997.
- [10] 流通システム開発センター, “バーコードのおはなし,” 日本規格協会, March 1990.
- [11] 尾形利文, 牧野秀夫, 石井郁夫, 中静 真, “非可視型バーコードを用いた屋内位置案内装置の開発,” 信学技報, ET95-91, Nov. 1995.
- [12] W.H. Erdei, “BAR CODES Design, Printing and Quality Control,” McGraw-Hill, Inc. 1993.
- [13] J.A. Brabyn, “New developments in mobility and orientation aids for the blind,” IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol.BME-29, no.4, pp.285-289, April 1982.
- [14] 関 涼子, 牧野秀夫, 渡辺新二, 石井郁夫, 中静 真, “非可視型2次元コードを用いた画像処理と音声案内,” 信学技報, MBE96-73, Sept. 1996.
- [15] 藤家 馨, 小林博光, 井出将文, 寺師良輝, 松尾清美, “車いす移動における自由走行速度,” Rehabilitation engineering R& D, S.I.C, pp.89-93, 1994.
- [16] 丹沢 勉, 佐々木正晴, 清弘智昭, 森 英雄, “ソナーベース歩行ガイドロボットとその心理学的評価,” 信学技報, HCS96-35, Sept. 1996.
- [17] 尾形利文, 牧野秀夫, 関谷匡司, 石井郁夫, 中静 真, “非可視型バーコードを用いた携帯型屋内位置案内システム,” 医用電子と生体工学, 34 (特別号), p.219, May 1996.

(平成8年10月21日受付, 9年5月7日再受付)

尾形 利文 (学生員)



1995新潟大・工・情報卒, 1997同大大学院博士前期課程了。福祉機器の研究に従事。現在, (株) 日立製作所勤務。

牧野 秀夫 (正員)



1976新潟大・工・電子卒, 1978同大大学院修士課程了。同年情報勤務, 1990助教授, 1995教授。現在に至る。この間, 1983より1年間, 北大・応電研, 1989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。

石井 郁夫 (正員)



学会会員。

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

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。