色分けされた誘導ラインを識別する白杖を用いた視覚障害者用道案内装置

曲谷一成*・金子裕紀*・原田哲也*

平原義朗*・築島謙次**

A Navigation System Using a White Cane Which Detects Colored Guide Lines[†]

Kazushige MAGATANI*, Yuki KANEKO*, Tetsuya HARADA*,
Yoshiaki HIRAHARA* and Kenji YANASHIMA**

There are approximately 300,000 visually impaired persons in Japan. Most of them are old and cannot make appropriate use of their white cane. Therefore, it is imperative to develop some instruments that support the independent activities of the visually impaired.

In this paper, we will discuss an instrument developed by us, which enables the visually impaired to walk independently in an indoor space. This instrument consists of a map information system and a navigation system. Optical beacons and a receiver for these beacons are used in the map information system. The optical beacons are set on the ceiling and emit the position code as an infrared signal. The receiver receives this signal from the beacons and notifies map information to the user by a pre-recorded voice. This navigation system can follow a colored guideline that is set on the floor. In this system, a color sensor installed on a white cane senses the colored guideline, and by vibration, the system informs the visually impaired that he/she is walking along the guideline.

Three normal subjects and two low-vision subjects who were blindfolded with an eye mask were tested with this system. All of them were able to walk along the guideline. The performance of the map information system was good. Therefore, we have concluded that our system will be extremely valuable in supporting the activities of the visually impaired.

Key Words: white cane, colored line, optical beacon, navigation

1. はじめに

現在、日本国内にはおよそ 30 万人の視覚障害者がいるといわれている。視覚障害者の多くは全盲ではなく、光を感じることができたりある程度ものを見ることが可能な、いわゆるロービジョン者であるが、多くの場合既知の場所以外での単独歩行は困難であり、見知らぬ場所を歩く場合には他者の介助が必要となる。介助者を伴う歩行は、介助者のみならず視覚障害者自身にも負担となるため、視覚障害者の単独歩行が可能となるような支援機器の開発が多くの研究機関で進められている。

屋外における視覚障害者の単独歩行を支援する機器として

は、カーナビゲーションシステムのように GPS を利用して利用者の位置を把握し道案内をするもの^{1)~3)}や PHS を利用するもの^{4),5)}等、さまざまなものが研究開発され試験的に利用されている。屋内では GPS のような人工衛星からの電波信号を用いた測位システムの利用は困難であり、赤外線や磁気による標識を用いるものが研究されている^{5)~7)}。また屋内における視覚障害者用道案内装置として販売されているものとして、米国で開発された talking sign が近年注目されている⁸⁾。この talking sign は送信機と受信機からなり、送信機は周波数変調された案内の音声を指向性をもたせた赤外線により繰り返し発信する。利用者は手にもった小型の受信機を特定の場所に設置された送信機の方向に向けることにより、音声案内を聞くことができると同時にその方向を知ることができる。したがって利用者は音声聞こえる方向(受信機の向いている方向)に向かって歩いて行くことにより送信機の設置された場所に到達できる。たとえばトイレの入口に送信機を設置し“ここはトイレです”という音声案内を発信すれば、受信機を手にした視覚障害者は音声案内を受信できる方向に歩くことにより一人でトイレに行くことができる。talking sign は簡便に利用できその効果が大きいといった優

* 東海大学電子情報学部電気電子工学科
平塚市北金目 1117

** 国立身体障害者リハビリテーションセンター

* Department of Electrical and Electronic Engineering
Tokai University

** National Rehabilitation Center for Persons with
Disabilities

(Received November 24, 2004)

(Revised April 8, 2005)

Fig. 1 An example of colored guideline that is used in Tokai University Hospital

Fig. 2 A conception of the navigation system

れた点をもち、視覚障害者の評価も高い。しかしながら、見通しのきく場所でないといふ利用できないことや、受信機は安価であるものの送信機の構造は複雑なため、送信機を多数設置するような環境整備にはかなりの費用がかかるといった問題点もある。

われわれは地下街や病院、空港等の公共施設において、視覚障害者が単独で歩行できるような道案内システムの開発を行なっているが、多くの費用がかからずに環境整備が可能なシステムの開発を特に重視している。たとえば病院等では盲人の道案内のために目的の診療科ごとに色分けした誘導ラインがよく用いられる。実際に病院内で利用されている例をFig. 1に示す。利用者は目的の診療科や検査室に対応した色の誘導ラインに沿って歩いて行くだけで容易に目的地に到達することができる。このラインを視覚障害者にも利用できれば環境整備のための費用もかからず便利である。また新たに誘導ラインを整備する場合であっても必要な予算はそれほど多額にはならないと考えられる。本論文ではこのような色分けされた誘導ラインを利用した視覚障害者のための道案内システムについて述べる。

2. システム構成

Fig. 2にわれわれの開発した道案内システムの概要を示す。本システムは屋内の施設において歩いて行くべき経路に沿って床に貼られた色分けされた誘導ラインと、その誘導ラ

Fig. 3 A block diagram of the optical beacon

Fig. 4 An optical beacon

インの色を識別し適切な誘導ライン上を通過すると内蔵されたバイブレータにより振動が伝わる白杖、および道案内を行なうための赤外線標識とその受信機から構成される。白杖の先端には床を照明するための白色LEDとカラーセンサが取り付けられており、これにより経路に沿って床に貼られた色分けされた誘導ラインを検出する。そして選択された色の誘導ラインを白杖が横切るとバイブレータにより白杖が一定期間振動する。したがって利用者は白杖を用いて床に貼られた誘導ラインを探り、白杖が振動する方向に歩いて行くことにより目的地に到達することができる。しかしながら白杖と誘導ラインだけの構成では、Fig. 1の例に示されるように経路が直角に曲がっている地点などでは利用者がラインを見失ってしまう危険がある。このような場合、何らかの方法で誘導ラインの方向を利用者に知らせる必要がある。また視覚障害者が単独歩行することを考慮すれば、エレベータの出入口や階段の前等の視覚障害者にとって危険な場所や、現在歩いている場所の情報等を案内する必要もある。本システムではこの問題の解決に赤外線標識を用いている。すなわち、案内が必要となる地点の天井に位置を知らせるための赤外線信号を発信する赤外線標識を取り付け、その信号を利用者が携帯している受信機で受け利用者の居る位置を確認し、それに応じた音声による道案内を行なっている。

なお、本システムでは利用者として白杖の使用に習熟していない視覚障害者も想定している。後述するように、視覚障害者を被験者とした実験により、正規の歩行訓練を受け白杖の使用に習熟した視覚障害者ではなくても、その動作概要を簡単に説明するだけで、本システムを用いて容易に目的地まで単独歩行可能であることが確認されている。以下では本システムを構成する各部分の構造について説明を行なう。

2.1 赤外線標識

本システムでは利用者に必要な道案内や位置情報を提供するために、位置情報を赤外線の明滅に変換し発信する赤外線

Fig. 5 A block diagram of the navigation system

標識を用いている。この標識は道案内を行なう施設の天井に取り付けられることを想定しており、その標識が取り付けられている場所固有の位置コードを繰り返し発信する。発信する位置コードは16進数で00HからFFHまでの8bitコードであり、本システムで設置できる標識は最大256個である。

赤外線標識の構造をFig. 3に、その外観をFig. 4に示す。Fig. 3に示される通り、赤外線標識は1チップ・マイクロプロセッサと赤外線LEDがその主たる構成要素であり、非常に単純な構造となっている。マイクロプロセッサはあらかじめプログラム中に組み込まれている特定の8bit位置コードにスタートコードおよびストップコードを付加し、38 kHzの方形波を変調した波形として赤外線LEDから繰り返し信号の発信を行なう。また標識から発信される位置コードの搬送波周波数が38 kHzであることから、標識からの信号の受信には一般の赤外線リモコン用部品を流用することが可能である。なお、この位置コードは1秒間に20回の割合で繰り返し発信され、そのサービスエリアは赤外線LEDから2m離れた地点でLEDの光軸を中心としたおよそ半径1.2mの円内である。

Fig. 4に示す赤外線標識は単に位置コードを発信するだけであり、これを用いて道案内を行なうためには位置コードを受信し道案内を行なう受信機が必要である。Fig. 5に受信機の構造を、Fig. 6にその外観を示す。Fig. 6よりわかる通り受信機は光標識からの信号を復調する部分と復調されたデータを基に道案内を行なうノートコンピュータとから構成されている。受光モジュールICにより復調された赤外線標識からの信号は1チップ・マイクロプロセッサで受信コードに誤りがないことを確認された後、RS232Cインタフェースを介してノートコンピュータに送られる。なお、受信コードの確認は、2回連続して受信したコードを比較し、これが等しい場合に誤りがないと判断している。ノートコンピュータには、あらかじめ道案内を行なう施設内の地図、赤外線標識を設置している位置およびその標識が発信する位置コードが記憶されており、受信した位置コードから利用者のいる位置が確認され、それに基づき適当な案内が音声により行なわれる。この音声はあらかじめwaveファイルとして録音したものをノートコンピュータに記憶させておき、必要に応じて読み出す方式を採用している。

Fig. 6 The receiving system for optical beacons

Fig. 7 A block diagram of the colored line detecting system

Fig. 8 Interior construction of a color sensor and LED unit

2.2 白杖

本システムにおいて白杖の役割は、色分けされた誘導ラインのなかから設定されたラインを識別し、利用者に知らせることである。白杖のライン識別装置の構造を表わすブロック図をFig. 7に示す。ここでは緑と赤の2種類の誘導ラインを識別することを目的として、赤色および緑色のカラーセンサを白杖の先端部に取り付けた。また本システムを利用する場合の明るさの度合にラインの識別率が左右されないように、誘導ラインを照明するための高輝度白色LED(日亜化学工業製NSPW510BS)をやはり白杖の先端部に取り付けた。このLEDにより白杖の先端から10cm離れた地点の照度はおおよそ540LUXとなる。ここで用いたカラーセンサは、白杖に加えられる衝撃からセンサを保護するための真鍮管の中に、可視光領域に感度をもつフォトランジスタ(東芝製TPS604)を封入し、その受光部に緑および赤のフィルタを取り付けた簡単な構造のものである。また照明用の白色LEDもカラーセンサと同様に真鍮管に封入し、白杖先端に加えられる衝撃からの保護を行なっている。このようすをFig. 8に示す。カラーセンサからの信号はシールド線を介して白杖のグリップ

Fig. 9 Color sensors and a control unit that are installed on a white cane

近くに取り付けられたコントロールユニットに導かれる。赤色および緑色カラーセンサからの信号はおおの I/V 変換後増幅され、カットオフ周波数 20 Hz の 2 次パワース低域フィルタを通すことにより、適切な振幅を有し外来光等による雑音が除去されたものとなる。得られたカラーセンサからの信号のレベルを比較しその結果をロジック回路において演算することにより、白杖先端部が指定した色（ここでは緑か赤）の誘導ライン上にあるかどうかを識別する。その具体的な手法は以下の通りである。赤のフィルタを介して入力される光は、緑のラインを検出すると光量が低下する。同様に緑のフィルタを介して入力される光は赤のラインを検出すると光量が低下する。本システムはこの特性を利用して色の識別を行なうが、光量の低下だけをラインの色の検出に使用すると、暗い場所でセンサが床に向いておらず、白色 LED からの照射された光の反射光が戻ってこないような状況では、両センサに入力される光量は共に低下し、誤識別が起きる可能性がある。このため本システムでは赤および緑フィルタを介して得られた光量が共に一定値以下の場合には、センサがこのような状況にあるものとして処理することによりこの誤識別を防いでいる。

このような処理の結果、白杖の先端部が設定した色の誘導ライン上にあることを検出すると、一定の期間 (600 ms) コントロールユニット内に配置されたバイブレータが振動し、利用者に白杖が誘導ライン上にあることを知らせる。ここで一定期間バイブレータが振動する構造としたのは、多くの白杖利用者が白杖を左右に振り障害物を検出しながら歩行するためである。すなわち杖は誘導ライン上をラインに沿って進めるように動くのではなく、常にラインを横切るように左右に振られる分けて、ラインを検出した瞬間しかバイブレータが反応しない場合、利用者にラインを検出したことを知らせることが難しいからである。白杖先端に取り付けられたカラーセンサおよび高輝度白色 LED を Fig. 9(a) に、グリップ付近に取り付けられたコントロールユニットを Fig. 9(b) に示す。なお、本システムの重量配分は、白杖が 230 g、センサおよび白色 LED の部分が 25 g、コントロールユニットが 250 g となっている。システム全体としては 500 g 程度となりかなり重くなるが、Fig. 10 に示すように重いコントロールユニットを手元に配置し、白杖を振ることを極力妨げない構造とした。

2.3 システムの動作

本システムにおいて、白杖は誘導ラインを検出し、赤外線

標識は設置された場所の位置コードを与える。道案内を行なうノートコンピュータには利用する施設の地図、誘導ライン、赤外線標識の設置位置と発信する位置コードのデータ、道案内用の音声記憶されている。このノートコンピュータはこれらの情報を総合的に判断し利用者の道案内を行なう。したがって利用者は本システムの利用に当たって、事前に出発点と目的地をコンピュータに入力する必要がある。この後、利用者が白杖により誘導ラインを辿って行き、赤外線標識のサービスエリアに入ると、システムはその位置と目的地から判断して、利用者がどの様に歩行すべきかの案内を行なう。したがって、利用者がある経路を往復する場合、往路と復路では同一地点で曲がる方向が逆になるが、このような場合であっても復路の出発点と目的地を出発前に再設定することにより正しい道案内が可能である。

3. 実験

3.1 誘導経路

開発を行なった視覚障害者用道案内装置を用いて誘導実験を行なった。実験を行なう施設は病院とし、その中に誘導経路を設定した。今回は誘導経路として施設内の眼科外来受け付けからロービジョンクリニックまでの約 80 m の区間を設定し、緑色の着色ガムテープを誘導ラインとして設置した。このようすを Fig. 11 に示す。設置した誘導ラインは Fig. 11 において矢印で示されている部分である。一般に白杖を使用する視覚障害者は右側を歩行し白杖で右側の壁を手がかりとして確認しつつ歩行するが、今回は誘導ラインを壁から離して設置し、あえて白杖で壁を確認できないようにして実験を行なった。また Fig. 11 に示される箇所 1,2,3,4 では誘導ラインが大きく曲がるため、その状況を利用者に案内するための赤外線標識を天井に取り付けてある。なお、これらの標識からの信号を利用者のもつ受信機が受信すると、1,3,4 の地点では“左に曲がってください”、2 の地点では“右に曲がってください”という案内音声を受信機から流される設定とした。

3.2 被験者

被験者は実験を行なった病院内のメンタルマップをもっていない 20 代の健常男性 3 名、および白杖の使用に習熟していないが病院内のメンタルマップを有する 50 代の女性ロービジョン者 2 名である。実験に当たっては全員アイマスクを着用し全盲状態とした。また、被験者は小型のナップザックを背負い、その中に赤外線標識の音声案内に用いるノートコンピュータを入れた。赤外線標識からの信号を受信する受光部は天井からの信号を受信し易いようにナップザックの肩紐に固定した。被験者全員に白杖で路面を探り白杖が振動する方向に歩行すること、および音声による案内があったときはその案内に従うことを指示し、Fig. 11 のスタート地点からゴールまでの約 80 m を全盲状態で歩行した。なお、男性被験者は全員本システムについての十分な知識を有していたが、2 名の女性被験者は道案内システムについての予備知識を全くもっておらず、実験直前に簡単な使用法の説明を受けた。

Fig. 10 A subject who walks along the guideline

Fig. 11 The test field and the guiding route

インに沿って歩行しているようすを Fig. 10 に示す. なお, 実験に際しては, 白杖の使用法以外に, 実験の目的および実験に伴う転倒等の危険性について, 事前に被験者に対し説明を行ない, 実験の被験者となることの同意を得ている.

3.3 結果

被験者全員がシステムの指示に従い, スタート地点からゴールまで全盲状態での単独歩行を行なうことができた. 本システムの動作に習熟していない女性被験者2名は, 実験開始からしばらくの間はシステムの取り扱いに戸惑っていたが, 時間の経過とともにシステムの動作に慣れ, ほぼ通常の歩行速度で正確な経路を辿ることができるようになった. また実験を行なった場所のメンタルマップをもたない被験者3名に対しても正確に道案内をすることが可能であった. 歩行に要した時間は, メンタルマップをもっていないがシステムの動作に習熟している健常男性では3分程度であった. 女性被験者の場合, 最初の歩行では6分程度の時間が必要であったが, 2回目以降の歩行では4分程度にまで短縮した. しかしながらいくつかの問題点の存在も明らかになった. これを以下に述べる.

(1) 音声案内を行なうための赤外線標識の取り付け位置が悪いと, 音声案内が聞こえた時にはすでに曲がるべき地点を通過していることがあり, 誘導ラインの位置を見失ってしまうことがあった.

(2) 床の状態が滑らかでなく凹凸がある場所では, 白杖で誘導ラインを探る際, 床の凹凸で白杖が振動するためバイブレータの振動を感知することができないことがあった.

(3) 一部の被験者(特に女性)から白杖が重く扱い辛い, 赤外線標識からの信号を受信し音声案内を行なうユニットが白杖とは別になっており取り扱いに不便であるとの評価があった.

4. 考 察

全盲状態における白杖を用いた歩行では, たとえ音声による道案内があったとしても, ほかに手掛かりが何もない場合には, 多くの被験者で直進することが不可能であることが確認されている⁹⁾. すなわち, 赤外線標識だけでは, メンタルマップがある白杖の使用に習熟した被験者を除いて道案内をすることは難しいことが確認されている. 本システムを使用した実験では前述の通り, あえて誘導ライン以外には白杖から得られる手掛かりが存在しないように, 誘導経路を設定した. したがってシステムの動作が適切でない場合には, 被験者の多くは誘導経路を大きく外れるはずであるが, 実験結果に示したように全員が設定した誘導経路に従って単独歩行することが可能であった. また音声案内が無い場合, 誘導ラインの曲り角で多くの被験者が誘導ラインを見失ってしまうということが, 健常者を被験者とした実験からわかっている¹⁰⁾. これらのことから本システムが視覚障害者にとって有効な道案内システムになり得る可能性が示唆されたと考えられる.

本システムは赤外線標識による音声案内と, 色分けされた

けで実験に臨んでいる. 被験者が本システムを用いて誘導ラ

誘導ラインを識別する白杖による視覚障害者用の道案内システムであるが、どちらが欠けても正しい誘導は行なうことができない。これは音声案内だけでは利用者は歩行の手掛かりを得ることができず、誘導ラインだけでは自分のいる場所を知ることができないからである。特に音声による道案内が適切に行なえるかどうか、すなわち実験より明らかとなった問題点(1)の解決は重要である。われわれの行なった実験では、被験者は誘導ラインを見失った後自身で数歩後退し誘導ラインを再び白杖で見つけ出し適切に曲がることができた。しかしながら、通常の利用者ではこのように落ち着いた行動を取れないことが多いと考えられ何らかの対策を考える必要がある。この問題を防止する一つの方法は利用者が道案内の必要な地点(目標地点)に到着する以前に適切な道案内を行なうことである。歩行速度の異なる利用者すべてに対して適切なタイミングで道案内を行なうためには、赤外線標識を目標地点の手前に設置し、標識のサービスエリアを今より広げる必要がある。今後、適切な赤外線標識の設置位置およびサービスエリアを、実験を通して確認して行く必要があると考えている。また、このような防止策にもかかわらず誘導ラインを見失ってしまった場合の状態を回復する手法について今後検討して行く必要がある。

床の形状によりパイププレートによる白杖の振動を感知できなくなるという問題点(2)に関しては、たとえば白杖を床に触れないようにして左右に動かし誘導ラインを検出すれば解決できる。本システムでは誘導ラインと白杖の先端との距離が15cm程度離れてもラインを検出することが可能であるため、このような利用法を取ることもできる。しかしながら、白杖の利用形態は視覚障害者個々で異なるため、上記の使用方法を指定することは避けるべきである。このため、指定した誘導ラインを杖が横切った時に、一定時間ビープ音を発生する等の機能をパイププレートの振動から切替えて選択できるようにする、パイププレートの振動に特徴あるパターンをもたせ利用者が白杖の振動を検知しやすくするといった対策の必要があると考えている。

白杖の重さの問題(3)に関しては、実験に使用した白杖自体がかなり重量をもつものであったことも影響していると思われる。したがって白杖に軽いものを使用する必要があるが、それ以外にもシステムを小型軽量化することが今後の課題である。また音声案内の部分も白杖に取り付けられたコントロールユニット内に納める必要がある。

5. おわりに

本論文ではわれわれが開発した、色分けされた誘導ラインを識別する白杖を用いた視覚障害者用道案内装置について述べた。このシステムは視覚障害者に対する、地下街や病院のような屋内にある公共施設の道案内を目的としたもので、目的地別に色分けされて設置された誘導ラインを白杖の振動により検出し、また必要な場所の天井に設置された赤外線標識により音声案内を行ない、視覚障害者に対して道案内を行

なう。

このシステムを用い、健常者および視覚障害者を対象とした実験を行なったところ、システムに対する予備知識の有無にかかわらず、全員がシステムを利用して目的地まで到達することが可能であった。このことから本システムが視覚障害者にとって有効な道案内システムになり得る可能性が示唆された。今後はその有効性を定量的に評価して行きたい。また実験からいくつかの問題点が浮かび上がったが、前述の通り今後解決できる可能性があると考えられる。

本システムを今後有用な視覚障害者用道案内装置として行くためには、実験により明らかになった問題点を解決するだけではなく、まず識別できる誘導ラインの色数を増やす必要があると考えている。このシステムは赤および緑のカラーセンサを用いているため、識別できる色は赤と緑の2色である。これを改善するためには、入力された光をRGBまたはYCMに分離できるカラーセンサが必要である。また回路の大部分はOPアンプを中心として構成されており、アナログ的に処理が行なわれているが、このシステム構成を踏襲している限り、カラーセンサの数が増えて行くにつれて回路構成が複雑にならざるを得ない。したがって色をRGB等に分解する3色分解型のカラーセンサを利用した場合、回路構成を簡略化するためには1チップCPU等を用いたデジタル構成にする必要があると考えている。現在、RGB分解型のカラーセンサを用い、1チップマイクロプロセッサでセンサ出力をA/D変換し色識別を行なう回路を試作しており、この回路ではあらかじめ登録した8色程度の色識別が可能であることが確認されている。このような多色識別が可能なユニットを白杖に組み込む場合、白杖の取り扱いが複雑にならない工夫をする必要もある。たとえばユニットに検出する色を選択するスイッチを取り付け、白杖の手元で容易にガイドラインの色を選択できるような工夫をする必要もあると考えている。

また今回は取り上げなかったが、本システムでは利用者が誘導ラインをどちら向きに辿っているのか判別できないという問題点がある。この問題は利用者が誘導ラインを見失わず歩行している場合には問題とならないが、ラインを見失った場合等に問題となる可能性がある。この問題を解決するため、現在移動方向を検出する方法について検討を行なっている。

近年、デジタル回路の高集積度化やそれに伴う小型化技術は急速に進んでおり、回路をデジタル化することにより、識別できる色数の増加だけでなくシステムの小型軽量化も十分に期待できる。また近年注目を集めているICタグ等を利用することにより、赤外線標識のように常時電力を消費する機器を使わずに道案内を実現できると思われる。今後このような状況を見据えた上で、システムの機能向上を図ることにより、本システムは視覚障害者にとって真に有用なシステムとなると考えている。

本研究に関連する内容を扱ったホームページのURLを以下に示す。

[視覚障害者支援全般]

<http://www.ski.org>

[talking sign 関連]

<http://www.talkingsigns.com>

<http://www.mpcnet.co.jp/ts/>

[筆者らの白杖]

<http://joint.idec.or.jp/port/2004/resume04.50.php>

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))の研究助成によるものであり、関係各位にお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) J.M.Loomis, G.Golledge et al.: Personal Guidance System for The Visually Impaired, Proc. 1st Ann. ACM/SIGCAPH Conf. Assistive Tech., 85/91 (1994)
- 2) H.Hashimoto, K.Magatani. et al.: The Development of the navigation system for visually impaired persons, Proceedings of 23rd Annual International conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2001)
- 3) 山倉, 牧野, 他: GPSと携帯電話による視覚障害者用位置案内装置, 第20回感覚代行シンポジウム予稿集, 13/16 (1994)
- 4) 加藤, 三富: PHSの位置検出機能を用いたインターネットによる歩行者用ナビゲーションシステム, 情報処理学会第56回全国大会予稿集, 5V-6, 436/437 (1998)
- 5) 視覚障害者を支援する情報通信システムに関する調査研究報告書, 地域振興のための電波利用に関する調査研究会 (1999)
- 6) K.Sawa, K.Magatani et al.: Development of a navigation system for visually impaired persons by using optical beacons, Proceedings of the 2nd Joint EMBS/BMES Conference, 2426/2427 (2002)
- 7) 津村, 小松: 光利用によるパーソナル・ナビゲーションの方法, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集, 1199/1200 (1996)
- 8) A.Japolsky et al.: 1993 Annual Report Rehabilitation Engineering Research Center, The Smith-Kettlewell Eye Research Institute, 40/45 (1993)
- 9) K.Magatani, K.Sawa et al.: Development of the navigation system for the visually impaired by using optical beacons, CD ROM Proceedins of the 23rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2001)
- 10) K.Magatani, Y.Kaneko et al.: Development of the navigation system for the visually impaired, Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2003)

金 子 裕 紀

2002年東海大学電気工学科卒業, 同年同大学院博士課程前期に進学. 2004年同課程修了. 同年(株)小松製作所に入社, 現在に至る. 視覚障害者支援技術の研究に従事.

原 田 哲 也

2003年東海大学電気工学科卒業, 同年同大学院博士課程前期に進学. 2005年同課程修了. 同年(株)京三製作所に入社, 現在に至る. 視覚障害者支援技術の研究に従事.

平 原 義 朗

2005年東海大学電気工学科卒業, 同年大学院博士課程前期に進学, 現在に至る. 視覚障害者支援技術の研究に従事.

築 島 謙 次

1968年早稲田大学理工学部電気通信学科卒業. 71年同大学院修士課程修了. 77年順天堂大学医学部卒業. 79年西独マックスプランク研究所留学. 82年防衛医科大学校眼科助手. 84年国立身体障害者リハビリテーションセンター病院眼科医長. 89年同第三機能回復訓練部部長現在に至る. 現在北里大学医療衛生学部客員教授, 防衛医科大学校講師, 順天堂大学講師を兼任. 日本臨床視覚電気生理学会理事. 日本神経眼科学会評議委員. 視覚障害者リハビリテーション, 臨床視覚生理学, リハビリテーション工学の研究に従事. 医学博士

[著 者 紹 介]

曲 谷 一 成 (正会員)

1981年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業. 87年同大学院博士課程修了(工学博士). 早稲田大学理工学研究所を経て90年東海大学電気工学科講師, 94年同助教授, 03年同教授, 現在に至る. 生体計測, 視覚障害者支援技術の研究に従事. IEEE, 電子情報通信学会, 日本生体医工学会の会員