

## 無電源白杖を利用した音声支援システムの開発

藤吉賢† 坂本和彌† 中村嘉志‡ 西村拓一‡

†株式会社アルファシステムズ, ‡独立行政法人産業技術総合研究所

我々は、視覚障害者の行動を支援するために、従来と同程度の重量・メンテナンス性でありながら、白杖の機能を損なうことなく、進行方向に応じた音声案内を実現するシステムを提案する。本システムでは、先端に太陽電池を内蔵し、手元に収納式のイヤホンの内蔵した白杖を用いる。利用者は、必要に応じて立ち止まってイヤホンを引き出して耳に装着、白杖を動かして警告ブロックからの音声情報を受信する。警告ブロックからは、音声で変調した赤外光を複数方向に照射しているため、白杖の向きに応じた音声案内を受信できる。本論文では、視覚障害者によるユーザビリティ評価に基づき、本システムの有用性を検証、評価結果を元にシステム実装を行った。

## Development of Audio Guidance System with Battery-less Cane and Tactile Walking Surface Indicator for Visually Impaired People

Satoshi Fujiyoshi†, Kazuya Sakamoto†,

Yoshiyuki Nakamura, Takuichi Nishimura‡

†ALPHA SYSTEMS INC.,

‡National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

We have developed the system which guides visually impaired people with audio information. The system consists of a cane which has same weight and no need of additional maintenance as standard. The guidance is given by audio information and would make the person to walk without any assistance. The cane has a solar cell and an earphone with foldable cable. When the user wants to get information, he/she can start to use the cane-like-device by putting the earphone onto his/her ear. The counterpart of the system is specially designed block. The block emits multiple infrared rays modulated by the audio information to different directions. By moving the cane, the user can select suitable audio information from different info. In this paper, we show the usefulness of the system by evaluation with possible users. The system was developed based on usability evaluation.

## 1. はじめに

平成13年度厚生労働省「身体障害児・者実態調査[1]」によると、国内における視覚障害者数(18歳以上)は約30万人であると言われている。高齢化社会を迎える我が国の状況と、加齢による身体機能低下を考えると、視覚障害者数は今後益々増加してゆくと予想される。

近年、交通バリアフリー法[2]やハートビル法[3]等の各種法令により障害者、及び高齢者が社会で暮らしやすい環境整備が進められている。視覚障害者誘導用ブロック(以降、点字ブロックという)もバリアフリー施策の1つとして全国に敷設が行われており、視覚障害者の外出時の情報源の一つとして利用されている。点字ブロックの形状に関してはJIS規格[4]により標準化されている。

点字ブロックには、進行方向を表す進行ブロックと注意や警告を表す警告ブロックがある。警告ブロックは、伝えたい情報を持っているにも関わらず、突起状の形状しか持たないため、「この場所はどこか」、「何に注意するべきか」等、視覚障害者に具体的な情報を提供することには至っていない。警告ブロックの形状パターンを増やすことが解決方法として考えられるが、形状によるパターン認識には限界がある。

また、同じ場所に設置されている警告ブロックでも進行方向によって伝えたい情報の意味が異なる。例えば、自動ドア入り口に設置されている警告ブロックでは、入り口側に居る人にとっては、「自動ドア入り口」という情報が考えられる。対して、自動ドアから出てきた人にとっては、この情報は成立しない。

過去、視覚障害者の移動を支援するために音声支援システムの開発が行われてきた。RF-IDタグ[5, 6]やAM・FM波を利用したシステム[7]が代表例として挙げられる。これらの音声支援システムは、視覚障害者が取得できる情報

を増加させることを可能にした。しかし、専用端末を利用しており、操作方法を理解する必要がある。また、無指向性の電波を通信手段として利用している場合、利用者が欲しい位置情報を直感的に方向と結びつけることができない。赤外光を利用した音声支援システムとして、トーキングサイン[8]がある。しかし、上記システムでは、端末を別途保持し、適宜電池交換を行っておく必要がある。

以上の状況を鑑み、我々は点字ブロックの情報を補完し、進行方向に応じた音声を支援するシステムを提案した[9]。本システムは、従来の白杖、点字ブロックを高度化したものを利用することで、直感的な操作のみで音声受信が可能である。上記システムを試作、音声受信特性等の基本機能の検証を行った。しかし、視覚障害者を考慮したユーザビリティ評価は、十分に行っていなかった。

そこで今回、視覚障害者に対するユーザビリティに主眼を置いた音声支援システムを提案する。視覚障害者によるユーザビリティ評価の結果を踏まえて実装を行い、本提案の有効性を議論する。本論文では、次節にてシステム提案をし、3節にて評価実験結果を示す。4節でシステムを実装し5節でまとめる。

## 2. 無電源白杖による音声支援システムの提案

### 2.1. システム概要

本論文で提案する無電源白杖による音声支援システムについて、図1を用いて説明する。警告ブロックからは、内蔵したLEDから音声波形にバイアスをかけた赤外光を流す。この赤外光を太陽電池で受光するとイヤホンから音声聞こえることになる。図1-aのように複数方向にLEDを向けて光を照射する。赤外光の指向性を利用することで、太陽電池の向き、つ

まり白杖の向きに応じて音声内容を変化させることができる。

一方、白杖の先端には太陽電池とイヤホンを内蔵する。この太陽電池の出力を白杖の取手部まで導き、リール式のイヤホンと接続する。これにより太陽電池の受光量に応じた電流がイヤホンに流れることになる。この音声受信の原理は無電源小型情報端末 CoBIT[10]の音声ダウンロード技術を用いている。太陽電池面は、下向きになっており、警告ブロック内の LED と近接するため、太陽光の影響を受けにくい。また、取り付ける太陽電池、及びイヤホンの重量は 10 グラム程度の増量で済む。

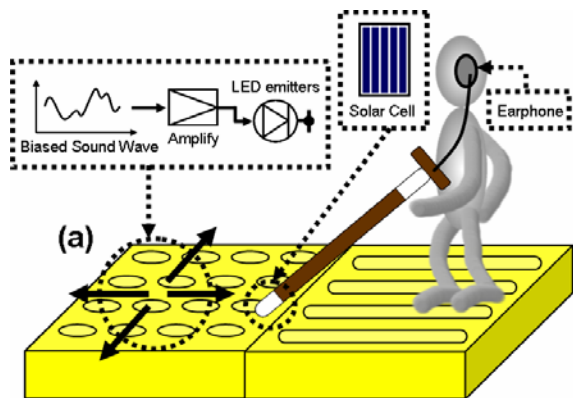


図 1：無電源白杖による音声支援システム

## 2.2. 利用シナリオ

本システムの利用シナリオを図 2 に示す。環境側には、従来の警告ブロックが存在する位置に音声配信ブロックが設置されている。利用者は、警告ブロックの内容を把握したいときに立ち止まり、イヤホンを取り出し、装着する。警告ブロックからの赤外光を複数方向に照射しているため、利用者は白杖の向きに応じた音声情報を受信できる。

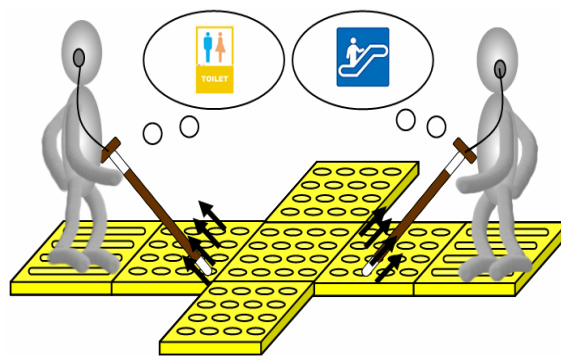


図 2：利用シナリオ

## 2.3. 無電源白杖

太陽電池には赤外パス、可視光カットフィルタを取り付ける。これにより太陽光等の外乱光を低減し、警告ブロックからの赤外光を優先的に受信させる。また、太陽電池の法線方向からの赤外光を主に取り込むように、指向性を制限するシートやスリットを取り付ける。イヤホンは、白杖取手部に組み込み、小型リール等を利用して、必要に応じて引き出す。張力がなくなると自動的に収納される機構にする。これにより普段は、通常の白杖として利用できる。

## 2.4. 音声配信ブロック

音声配信ブロックは、JIS 規格の警告ブロック形状を基本とし、内部に複数方向に赤外光を配信する LED ユニットを組み込む。利用者の進行方向や無電源白杖のアクションに応じた音声取得をするため、複数方向に赤外光の配信を行う。

## 3. 評価実験

### 3.1. 事前評価

試作したシステムを利用して視覚障害者を対象に評価実験を行った。表 1 に評価実験の概要をまとめる。提案したシステムの問題点、及び要望を明確にすることで、視覚障害者の利用に即したシステムとすることを目的とした。

表 1：評価実験概要

実験日時	2005年11月14日
実験場所	屋内
被験者の障害種別	全盲
被験者の性別	男性

試作システムは、屋内に配置して実験を行った(図3)。進行ブロック4枚の先に音声配信ブロック1枚を配置している。その左右には警告ブロック2枚を配置した。点字ブロックの周囲には、安全のため、補助板を配置した。配信する音声としては、男性と女性トイレ位置を示す音声を2方向から配信を行った。

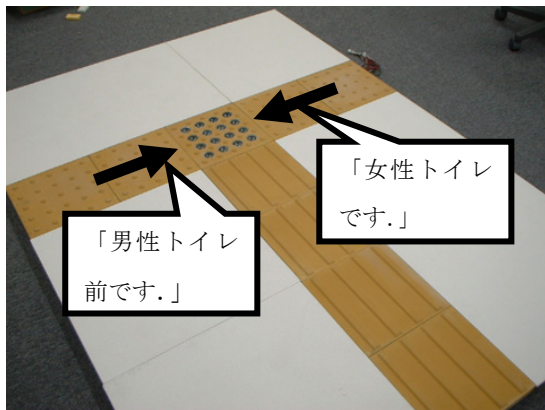


図 3：実験系

被験者である視覚障害者には、進行ブロック上を歩行し、音声配信ブロックから配信される音声を発見後、無電源白杖の向きを変更することで、2方向から配信される音声をそれぞれ聞いて頂いた。事前の説明としては、太陽電池面を下向きに杖を持つ必要があること、及び杖の向きを変更することで音声が切り変わることを伝えた。利用後に、視覚障害者に対して、ヒアリングにより、コメントを得た。

### 3.2. 評価結果

評価実験の結果について以下に述べる。

- 点字ブロックの詳細を音声で伝えること

は、視覚障害者の外出時に関して、有用である。

- 点字ブロックの情報が向きに応じて配信されているため、目の前に何があるかという局所的な情報把握に役に立つ。
- 方向に応じた音声のみが配信されるため、音声内容が冗長でなく、自分に必要な情報だけ取得可能である。
- 配信される音声方向数が増加すると、それぞれの音声がどの方向を指しているのかわからなくなる。
- 音声配信方向数について、4方向程度である。

無電源白杖の操作について、事前に特別な説明を行わなかったが、被験者は、自然に杖を回転させることで、音声切り替えを実現していた。被験者からも操作方法を学習する必要がないため、導入に際して、優位であるとコメントが得られた。

一方、評価実験を通して、本システムについて、以下の問題点が指摘された。

#### (1) 無電源白杖の形状

視覚障害者が音声支援を受けるためのユーザインタフェースとして、以下の問題点が指摘された。

- 視覚障害者は些細な環境音を頼りに行動しているため、イヤホンで耳を塞ぐことは危険に繋がる。
- 白杖を利用する際、イヤホンコードが絡まる可能性がある。
- コードの長さ分しか白杖を振ることができないため、利用が制限される。
- 音声を受信するためには、太陽電池面を下向きにしなければならないため、白杖の利用の仕方が制限される。

#### (2) 音声配信内容

配信する音声の内容について、以下の要望が

挙げられた。

- 音声内容は、極力コンパクトにすることが必要である（トイレ案内に関しては、男性または女性用トイレという情報が優先的に必要）。
- 音声内容を必要以上に配信することは、冗長だけでなく、混乱を招く原因となる。
- 訪問場所では、経験に応じて、現在位置や方向を示す付加情報を配信して欲しい。
- 銀行 ATM、改札におけるプリペイドカード残高等の情報も音声により確認したい

### （3）音量の大きさ

配信される音声の大きさについては、以下の問題が指摘された。

- 音量が小さ過ぎるため、環境音が大きい場所を想定した場合、ほとんど聞き取ることができない。
- LED の上に無電源白杖の先端にある太陽電池を下向きに置かなければならないため、音声配信ブロックに気づかない。

## 3.3. 考察

以上の評価結果より、視覚障害者は直感的な操作のみで、進行方向に応じた音声取得、切り替えが可能であった。また、進行方向に応じた音声取得は、点字ブロックの情報補完だけでなく、周囲状況を把握するために有効に働くケースが挙げられた。視覚障害者は、外出時に周囲状況のイメージを描き、行動する。しかし、経験のない場所については、イメージをすることができない。行き慣れている場所についても方向感覚が狂う場合がある。そのような状況の中、視覚障害者が外出先のイメージを作成、確認する時に本システムは有効となる。

一方、本システム特有の問題点が指摘された。以下に問題点に対する解決策を述べる。

### （1）無電源白杖の形状

形状については、歩行時の安全面から問題点が指摘された。視覚障害者は、周囲の音を頼りに行動しているため、イヤホンで耳を塞ぐ事は、環境音入手の妨げになり、危険に繋がる。コードについても、視覚障害者は白杖を左右に振りながら利用するため、周囲の物体とコード絡まる可能性があり、危険である。また、コードの長さ分しか振ることができなければ、白杖の意味を成さない。しかし、利用シナリオで述べた通り、本システムは、音声情報を取得したい場合のみ、イヤホンを装着し、利用を行う。そのため、通常の白杖利用時には、指摘された問題は、起こらないと考える。また、音声取得時には、立ち止まり、音声を聞くことを想定しているため、同様の問題は考えにくい。

### （2）音声配信内容

音声配信内容について、点字ブロックの持つ必要最小限の情報を伝えることが重要であることがわかった。また、初めて行く場所と行き慣れている場所では、必要な情報量が異なるため、利用者に応じて音声内容を変更することが必要である。音声配信場所について、点字ブロックの情報だけをを配信することを想定していたが、他の場所でも音声支援の要望がある。特に銀行 ATM では、自分だけに音声が聞こえるという本システムの特徴が有効である。

### （3）音量の大きさ

音声配信ブロックから配信される赤外光の出力不足が考えられる。解決方法としては、LED の個数を増加して光量を増やすことが挙げられるが、点字ブロックの構造上、組み込む個数には限界がある。また、入射する光量を増加する策として太陽電池の面積を増加させることも考えられるが、太陽電池について赤外光が照射されない部分が抵抗となるため、電力供給を妨げる可能性がある。



視覚障害者の外出パターンや白杖の利用特性を元に、音声送受信デバイスの最適化を行う。

#### 4. システム実装

前述の評価結果を元にして、本システムの実装を行った。4.1節では、評価結果を元に行ったシステム実装について示す。また、4.2、4.3節では、視覚障害者の支援に適した音声配信内容について述べる。

##### 4.1. 無電源白杖と音声配信ブロック

太陽電池は、安価に市販されており、かつ赤外光を光電変換が可能な単結晶シリコンタイプ（サイズ2×4cm）を利用、並列に2個接続した。太陽電池表面には、赤外パスフィルタを取り付け、太陽光を減衰させている。また、図4-aに示すように法線方向以外からの赤外光を低減するために、表面にスリットを取り付けた。取手部のイヤホンは、図4-bに示すように格納されている。ケーブルを引くことで、最大70cm引き出すことができる。また、ケーブルに取り付けたばねにより、自動的に白杖内部に引き込まれる（図5）。視覚障害者は、初めて行く場所では、状況把握が困難であることや慣れている場所でも方向感覚を失うことを考慮すると、オンデマンドによる音声取得も必要である。

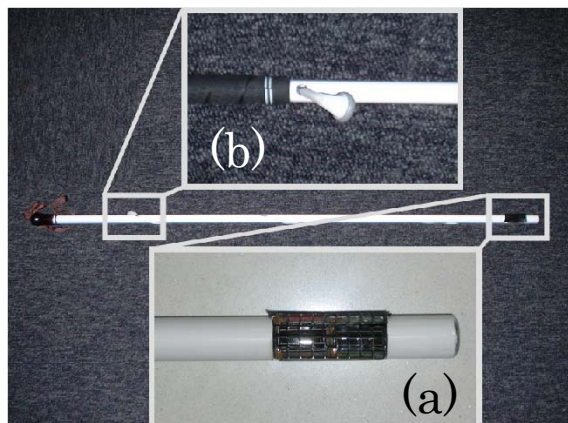


図 4：無電源白杖



図 5：イヤホンコード格納

音声配信ブロックは、図6のように5×5個の突起物の間に4方向に赤外光を照射するLEDユニットを16(4×4)個組み込んだ。LEDユニットは照射角度10度の赤外LEDを1方向あたり2個用いた。

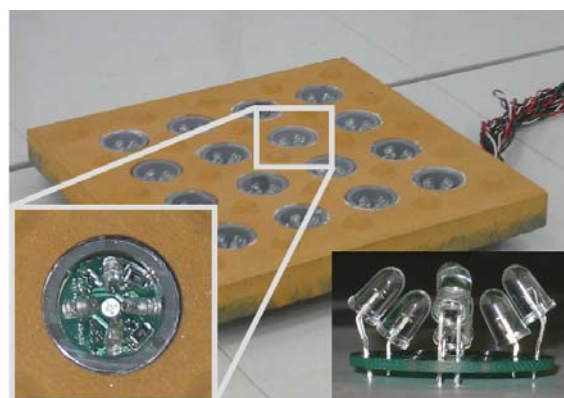


図 6：音声配信ブロック

##### 4.2. 音声配信内容

本システムについて、デバイス構成と同様に音声内容、配信方向数についても視覚障害者の要望を十分に考慮する必要がある。音声内容、及び方向数について、視覚障害者側からニーズが高かったトイレ位置案内とバス停留所案内を例に挙げる。

現在、多くのトイレ前に点字ブロックが設置されているが、利用者の位置や向きに応じて、男性女性トイレの位置を直感的に提示できるまでに至っていない。点字による触地図が案内

として提供されているが、衛生面から考えると好ましくない。そこで、図7に示すような男性用、女性用が別々に設置されているトイレについて、本システムの利用を考える。トイレ位置案内では、必要な情報は「男性用トイレ」、「女性用トイレ」が挙げられる。まず、トイレ入り口の有無を聞き取り（図7-a）、分岐点において、上記内容の音声案内を2方向で配信（図7-b）、目的となるトイレ位置を確認する。

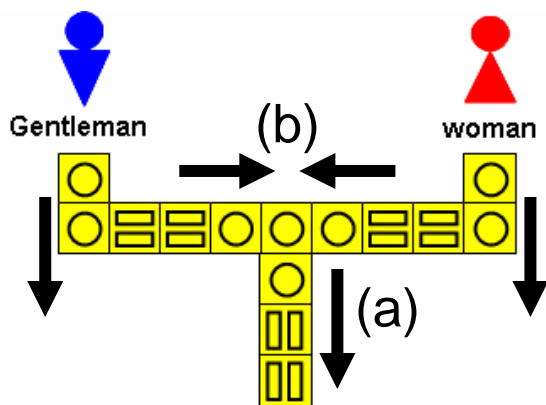


図7：トイレ位置に関する音声案内例

次に、バス停留所案内について考える。バス停留所での音声としては、到着したバスの終着停留所が挙げられている。しかし、停留所が複数ある場合、様々な音声が流されており、視覚障害者の混乱を招いている。本システムでは、図8のようなバス停留所に点字ブロックが設置されている場所について、利用を考える。停留所方向に対して、乗車口であることを伝える。次に、到着したバス、または次に到着するバスの行き先を配信する。視覚障害者は、行き先を音声として取得することで、自分の行きたい目的地に行くか確認する（図8-a）。次に、停留所前で乗車口であることを取得する（図8-b）。また、必要な人にだけ音声が聞こえるため、複数の音声が混在することもない。

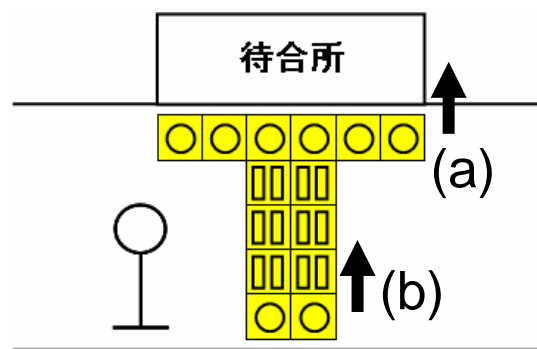


図8：バス乗車口に関する音声案内例

### 4.3. RF-IDによる音声変化

利用者の属性に応じて音声内容を変化させることが有効であることが明らかになった。本システムでは、白杖の無電源性を保ちつつ、音声変更を実現するために、RF-IDタグを利用した方法を提案する（図9）。

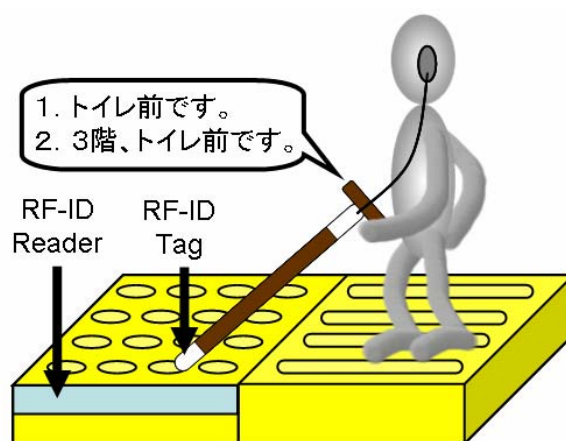


図9：RF-IDタグによる音声変化

無電源白杖先端にRF-IDタグを取り付ける。また、音声配信ブロック内にはRF-IDリーダーを組み込む。

RF-IDタグを読み込むことで、ユーザ属性を識別、音声内容を変化させる。評価実験では、場所に対する経験が音声内容を変化させる属性として挙げられた。初めて行く場所と慣れている場所では、必要な音声は異なるためである。経験によって変化する情報として、慣れている

場所に対しては、必要最小限の情報のみを提供する。対して、初めて行く場所については、現在地等を含めた詳細情報の提供を行う。視覚障害の種別や点字利用の有無等も属性として考えられる。状況に適した音声内容を配信することで、より高度な支援を実現する。

## 5. まとめ

本論文では、視覚障害者の行動の拡大、安全性の向上を目的として、進行方向に応じた音声支援システムの提案を行った。試作したシステムについては、視覚障害者を対象に評価実験を行い、ユーザビリティを検証、結果に基づき、システム実装を行った。本システムでは、従来の白杖と点字ブロックを高度化させることで直感的な操作のみで支援を実現させた。また、受信装置として、太陽電池を利用することで、無電源とした。これにより、利用者は端末メンテナンスを行うことなく支援を受け続けることができる。

今後は、視覚障害者を対象とした評価実験と実装を繰り返し行っていくことで、問題点、及び要望を抽出し、よりニーズに即したデバイス改良を行っていく。同時に、支援に適した配信場所、内容を取りまとめ、利用状況に応じた音声を提供することで、実用化を目指していく。

## 謝辞

実験にご協力いただいた筑波技術大学の長岡英司氏、生田目美紀氏に感謝します。システムデザインにご協力頂いた産業技術総合研究所の加藤一葉氏に感謝します。

## 参考文献

1. 厚生労働省, 身体障害児・者実態調査結果, <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0808-2.htm>
2. 高齢者, 身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律 (通称: 交通バリアフリー法), 2000.11.15 施行, 運輸省・建設省・警察庁・自治省.
3. 高齢者, 身体障害者等が円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律 (通称: ハートビル法), 1995.2.26 施行, 建設省.
4. 日本工業規格, JIS T 0901: 視覚障害者誘導用ブロック等の突起の形状・寸法及びその配列, 2001.
5. 後藤浩一, 松原広, 深沢紀子, 水上直樹, 駅環境における携帯端末を用いた視覚障害者向け情報提供システム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.12, Page3256-3268, 2003.
6. 鶴沼宗利, ユビキタスコンピューティングとネットワーク社会の到来に向けて RFID を用いた歩行者の経路誘導-視覚障害者向け道案内システム-, 情報処理, Vol.45, No.9, Page918-922, 2004.
7. (株) 計画技術研究所, AM ラジオを用いた音声案内システム.
8. 畠山卓朗, 伊藤啓二, 萩原史朗, 大久保紘彦, 中村孝夫, 春日正男, 個人用音声情報案内システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, Vol.1999, Page255-260, 1999.
9. 坂本和彌, 藤吉賢, 宮崎伸夫, 中村嘉志, 西村拓一: 無電源白杖と視覚障害者誘導用ブロックを用いた知的支援システムの提案, 情報科学技術フォーラム Vol.FIT 2005 一般講演論文集, 第3分冊, Page413-414, 2005.
10. 西村拓一, 伊藤日出男, 中村嘉志, 山本吉伸, 中島秀之: 位置に基づくインタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2659-2669, 2003.