

## 5-2 視覚障害者及び聴覚障害者のための移動と情報のバリアフリー

### 5-2 *Barrier-free on the Mobility and the Information for Visually Impaired People and Hearing Impaired People*

小山慎哉 猪木誠二 西村拓一 矢入(江口)郁子

OYAMA Shin'ya, IGI Seiji, NISHIMURA Takuichi, and YAIRI Ikuko Eguchi

#### 要旨

筆者らは、高齢者・障害者の自立的な移動を支援することを目的とした研究プロジェクトである、Robotic Communication Terminal (RCT) において、自立歩行可能なユーザにナビゲーションや各種情報を伝える「ユーザ携帯型移動端末」の研究開発に取り組んできた。その中で、聴覚障害者向けに開発した手話アニメーションシステムと、視覚障害者向けに開発した赤外線通信や AM ラジオ放送を介した簡易端末による音声案内システムについて紹介する。

We have been developing Robotic Communication Terminals (RCT) which support the self-mobility of the elderly and disabled people. One of the terminals we developed is "user-carried mobile terminal" which gives the information such as the navigation to visually and hearing impaired people who can walk by themselves. In this paper, we introduce the animation system to show the sign language for hearing impaired people and the voice guidance system for visually impaired people with the infrared communication and AM radio communication.

#### [キーワード]

自立的移動, 視覚障害者, 聴覚障害者, 手話アニメーション, 赤外線通信

Self-mobility, Visually impaired people, Hearing impaired people, Animation of sign language, Infrared communication

### 1 まえがき

本研究では、人間にとって基本的で必要不可欠な行動である「移動」に注目し、移動するのに困難を伴う高齢者や障害者の移動支援を行うことを目的としている。視覚・聴覚・下肢機能などの各障害を持つ障害者や高齢者は、移動するのに必要な認知・駆動・情報入手において問題が生じるため、自立的な移動が困難である。この問題を解決するため、筆者らは高齢者・障害者の自立的な移動を支援することを目的とした研究プロジェクトである、Robotic Communication Terminal (RCT) に携わっている [1]。

図 1 に示すように、RCT は三つの端末から構成されており、移動環境の監視を行う「環境端末」、歩行が不自由なユーザを載せて周囲の状況を監視

しながら移動する「ユーザ搭乗型移動端末」、そして自立歩行可能なユーザにナビゲーションや周囲の状況などを伝える「ユーザ携帯型移動端末」がある。各端末が異なった役割を持ち、相互に通信することによって、認知・駆動・情報入手を補助し、ユーザが市街地などで移動するのを支援する。

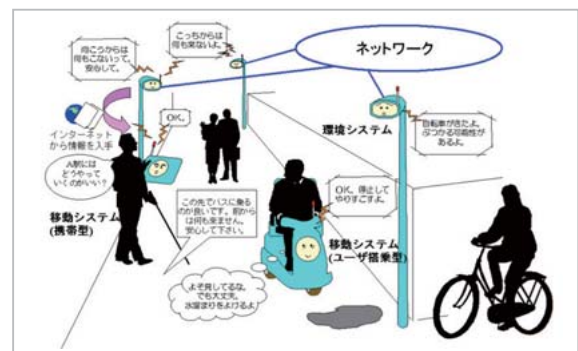


図 1 RCT による自立移動支援の概念図

その中でも、筆者らはユーザ携帯型移動端末の開発に従事し、聴覚障害者向けの携帯情報端末を用いたCGによる手話アニメーションでの情報提供手法及び視覚障害者の自立的移動を支援する地理案内システムの研究開発を行ってきた。本稿では、各システムの概要及び障害者による利用実験について述べる。

## 2 モバイル環境下での手話アニメーションによる情報提供

聴覚障害は情報の障害と言われるように、日常生活、特に移動中のコミュニケーションに大きな問題を抱えている。日常生活で手話を利用する聴覚障害者(以下、「ろう者」と呼ぶ。)と健聴者とのコミュニケーションを支援するために手話を画像処理により認識し音声に変換する手話認識技術[2]、音声を認識し手話アニメーションをコンピュータグラフィクス(CG)により生成する手話生成技術[3]を開発した。手話認識技術は実用化までにはまだ解決しなければならない課題も多いが、手話生成技術はほぼ実用化に近い段階に達している。

また、最近では広帯域情報通信ネットワークの拡充や携帯型情報端末の普及に伴い、動画によるサービスの提供も可能となっている。ここでは、手話生成技術と移動中のろう者に対し、携帯情報端末(PDA)を用いたCGによる手話アニメーションでの情報提供手法について述べる。

### 2.1 手話アニメーション生成システム

手話アニメーション生成技術には、モーションキャプチャによる方法、すなわち、ろう者の手話の動きを計算機に取り込んでアニメーションとして再現する方法[3]と、手話動作をコード化して計算機で合成する動作プリミティブによる方法[4]がある。前者は、リアルな手話が合成できるが、データの取得・修正が大掛かりとなる。後者は、計算機のみで作成できる手軽さがあるが、リアルさに欠ける。

システムの構成を図2に示す。手話単語は約4,000語存在すると言われている。システムは日本語文を入力すると形態素解析、手話表現に必要な単語の抽出を行い、内蔵された手話単語データ

ベースから対応する手話のモーションデータを取り出す。その後、単語間の動きを内挿することによって手話文を生成する。システムは、モーションキャプチャ手法による1,500語の単語を内蔵している。単語選択に当たっては、ろう者が不便を感じる医療、銀行、交通などの場面を考慮した文章から抽出した。また、手話文を生成するときに、内蔵されていない単語が必要となる場合もあるので、動作プリミティブによるCGも取り込むことができるようにした。なお、手指動作のみならず、手話で重要な表情、ジェスチャ、口形も合成可能となっている。

### 2.2 移動者へのローカル情報配信

#### 2.2.1 ローカル情報配信システム

PDAを所持した移動するろう者へ情報を自動配信する仕組みを図3に示す。実際の利用場面として、博物館のコンテンツをろう者に伝える場面を想定した。システムは①情報配信サーバ、②位置情報検出サーバ、③無線LANシステムから成る。各PDAに固有ID情報を発信する赤外線タグを装着し、位置情報検出サーバが「どのPDA(所持者)が、どの展示物前にいるか」について、



図2 手話アニメーション生成システムの構成

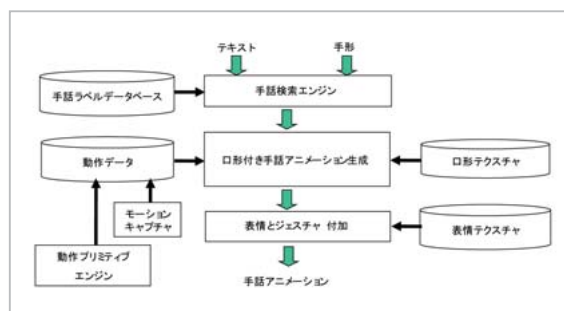


図3 位置検出と場所に応じた情報配信の方法

赤外線センサーを介して常時検知する。PDAには、位置情報検出サーバからの位置情報を受け、情報配信サーバから適合する情報を配信させるミドルウェアを組み込んでおり、所持者の移動に伴って目の前の展示情報が手話アニメーションで表示される。手話アニメーションは、208\*180ドット、レートは20フレーム/秒、80 kbpsのストリーミング形式で配信される。

### 2.2.2 評価実験と考察

PDA画面に提示した手話アニメーションの認識評価実験を行った。被験者は先天又は3歳までに失聴した7名である。被験者情報をそれぞれ表1に示す。評価方法は、各被験者にPDAを1台ずつ配布し、各自の操作で手話単語、手話文のアニメーションを3回見た後、評価の記入をもらった。

#### (1) 単語評価実験

モーションキャプチャによるもの60語、動作プリミティブによるもの30語の2種類計90単語について評価を行った。結果を表2中に示す。モーションキャプチャによるものは91.6%、動作プリミティブによるものは63.8%の正解率であった。

#### (2) 文章評価認識実験

博物館の展示物に関する説明文から11文について評価実験を行った。1文章の中で最も多くの単語を含む文は17単語、短いのは6単語で、1文章中の平均単語数は12単語であった。結果を表2に示す。判定基準は、「正解」(完全に文の意味を理解)、「ほぼ正解」(単語1から3個の意味を間違えているが大体的意味をつかんでいる)、「半分理解」(文章の半分くらいは意味を把握している)及び「誤答」(未記入を含む)の4段階とした。平均で44.2%の文を正確に理解、ほぼ理解まで含めると、71.4%の正解率を得た。

#### (3) 考察

単語の正解率に関しては、動作プリミティブによる単語正解率が若干低かった。通常のPC画面を使用した日常生活を対象とした単語と文章に対する評価実験においては、対応する正解率が93%、92.5%あった[3]のと比較すると正答率が落ちている。これは展示物内容という学術的内容であったことや、過去のプリミティブ評価実験[5]では口形の追加が正解率を向上させるという結果

表1 被験者情報

被験者	年齢	PC経験	電子メール経験	PDA経験
A	28	有り	有り	なし
B	20	有り	有り	少々有り
C	25	少々有り	なし	なし
D	57	有り	なし	なし
E	39	有り	有り	なし
F	26	有り	有り	なし
G	29	有り	有り	なし

表2 手話単語・文章アニメーションの評価結果

被験者	モーションキャプチャ単語正解率(%)	動作プリミティブ単語正解率(%)	文章正解率(%)
A	91.7	80.0	81.8
B	95.0	63.3	100
C	98.0	63.3	54.6
D	75.0	40.0	54.6
E	90.0	50.0	45.5
F	91.7	70.0	63.6
G	100	80.0	100
平均(%)	91.6	63.8	71.4

を得ているが、今回はPDAという画面サイズの制約があり、被験者には口形がほとんど読み取れず、正解率向上の補助にはならなかったことが影響していると考えられる。

年代別には、年代が上になると画面サイズが小さいというコメントがあり、高齢者向け対策が今後の課題である。他方、年齢が下がると使用方法も簡単という評価であった。年代別の違いはあるが、CGアニメーションによる手話が、PDAサイズのストリーミング画像でも認識され、移動中のろう者に位置に応じた情報を伝えることができることが分かった。

## 3 視覚障害者移動支援システム

### 3.1 CoBITを用いた視覚障害者移動支援システム

視覚障害者の自立的移動を支援するシステムは、今まで多く提案されているが、PCやPDAなどの高機能端末を用いたものが多く[6][7]、視覚障害者にとっては、機器の取扱いやメンテナンスに少なからず困難があることが予想される。

対照的に、端末の機能が限定されていても、取

扱いが簡単で、移動に必要な情報が得られるとすれば、視覚障害者などにふさわしいシステム形態であると考えられる。そのためには、システム構成要素の大部分を環境側に設置し、端末の構造をなるべく単純化して操作を簡単にする事で、ユーザに多くの負担をかけないようにすることが望ましい。

上記の考えに基づき、我々はこれまで、CoBIT[8] で使われている技術を用いて、赤外線通信と簡易端末を用いた音声案内システムを提案してきた[9]。このシステムは、案内音声の音波を赤外線の強度に変換して発信し、受信端末にある太陽電池が受信した赤外線を音波に復調し、太陽電池と直結されたイヤホンから音声案内が聞こえるという単純な仕組みで構成されている(図4)。発信機及び端末を低コストで実現することができるほか、端末が小型であることや、装着するだけで音声受信可能であるなど、端末操作におけるユーザの負担が少ないことが特徴である。

同システムを用いた視覚障害者による利用実験の結果、赤外線通信の指向性や局所性が、方向を直感的に伝達したり、場所に応じた情報提供をしたりするのに有効であることが分かり、このような単純な機器によるシステムでも、音声案内システムとしての可能性を持っていることが示唆された。

その一方で、上記の赤外線の性質が受信範囲を限定しているため、赤外線の発信源をとらえるのが困難であった場面が少なくなく、ユーザが経路をそれたりする例が見受けられた。このため、発信した赤外線を確実に受信するための対策を練る必要がある。

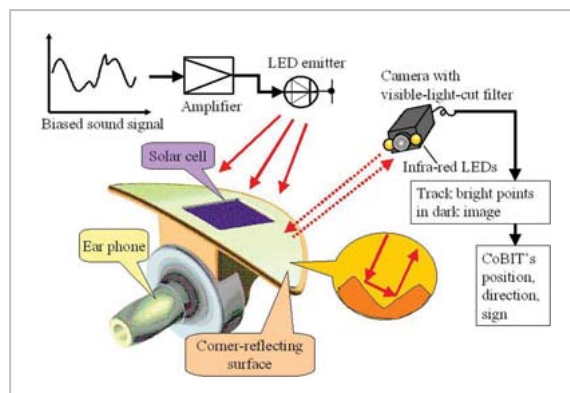


図4 CoBITによる赤外線通信の仕組み

### 3.2 赤外線通信とAMラジオ放送を組み合わせた音声案内システム

前節で述べた問題を解決するため、ユーザの移動範囲をある程度限定させる手法を組み合わせることを考えた。つまり、赤外線発信機の場所をある程度知らしめる方法を組み合わせることによって、赤外線の受信を容易にするという手法である。その移動範囲を限定する手段として、筆者らはAMラジオ微弱電波発信機を採用した。AM放送は無指向性通信で、微弱電波のため数メートルの範囲に放送することができる。この性質を用いて、赤外線発信機のおおよその位置を知らせることで、赤外線を受信しやすくする方法を考案した。

赤外線通信とAMラジオ放送を組み合わせた音声案内システム(以下、「AM-CoBIT」と記す。)の利用イメージを図5に示す。交差点の手前など、注意を促すべき位置でAMラジオ放送から「交差点付近です」なる音声聞き取れるように設置することで、ユーザに交差点をあらかじめ知らせることができる(図5中①)。そして、AM発信機の音声により大きく聞こえる位置で交差点の位置を認知させ、左右に端末を振ることで、左側にある赤外線発信機から「〇〇はこちらの方向です」という、場所と方向に関する案内音声聞き取り、目的地への方向を知らせるという流れを想定している(図5中②)。

こういう手法は既に、交差点における歩行者支援システム(PICS)でFM放送と赤外線通信を組み合わせたシステムが運用されているが[10]、AM放送は離調時のノイズ音がFM放送に比べて小さいほか、音の大小で発信機の場所をある程度確定できるなどの利点があることから、AM放送を採

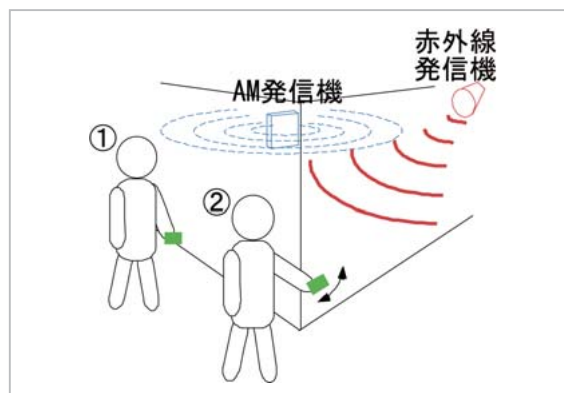


図5 AM-CoBITによる移動支援のイメージ

用した。

AM-CoBIT は、赤外線発信機と AM ラジオ微弱電波発信機及び受信端末から構成される。赤外線発信機からは、音声信号を赤外線の強度に変換する従来の方法ではなく、特定の周波数の矩形波パルスのデューティー比を、発信機に入力された音声の振幅に応じて調節することによる PWM (パルス幅変調) 方式を利用して、赤外線を送信している。また、AM ラジオ放送は、てくてくラジオ [11] に使われている AM ラジオ微弱電波発信機を用いている。発信機内には録音 IC 回路、変調回路及びループアンテナが内蔵されており、電波法で決められている免許不要無線局の条件を満たす微弱電波を発する。具体的には、発信機から半径約 5 m の範囲で受信可能な程度の出力である。なお、AM 放送の搬送波周波数には、道路交通情報に使われている 1620 kHz を使用し、一般放送との混信を避けるようにした。

一方、受信端末は一般に市販されている AM ラジオ受信機と、AM ラジオと赤外線信号を切り替えイヤホンに出力する回路から構成される。通常は、AM ラジオからの音声イヤホンに出力するが、受光面に特定の周波数成分を含む赤外線を検波したときは、赤外線信号入力に自動的に切り替え、赤外線通信による音声イヤホンに出力される。

なお、PWM 方式による赤外線通信であっても、CoBIT のイヤホンに入力される段階で従来の振幅変調と相違ないので、CoBIT で音声聴取することができる。また、AM ラジオ微弱電波発信機による放送は、通常の AM ラジオで聴取できるので、音声コンテンツの作り方次第では健常者にも有用な音声案内をすることができ、インフラとして導入する上で有効である。

### 3.3 利用実験

#### 3.3.1 実験の概要

3.2 で説明したシステムを、視覚障害者に利用してもらい、システムの有用性について評価してもらう実験を行った。15 名の視覚障害者(全盲)に被験者として協力をいただいた。

実験は、図 6 のようにホテルや店舗の屋内において実施し、AM ラジオ発信機からは「交差点が近くにありま

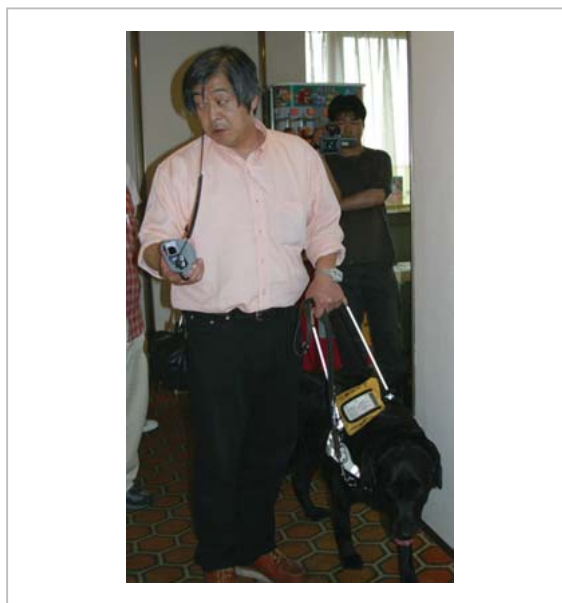


図6 AM-CoBIT 利用実験の様子

のように、場所に関する予告情報を発信した。また、赤外線発信機からは「エレベーター方面です」「入り口はこちらにあります」「トイレはこちらです」などのように、場所と方向に関する情報を発信した。移動距離は 30~100 m 程度である。

なお、AM ラジオ発信機からの音声は男声で、赤外線発信機からの音声は女声で発信することで、AM ラジオと赤外線通信の音声切り替わっていることを直感的に区別できるようにし、そのことを実験前に被験者に説明した。

#### 3.3.2 実験結果

本実験で着目したのは、交差点のような分岐点において、どのようにシステムを利用して移動するかについてである。この点に関しては、当初想定していた利用法、つまり AM ラジオからの音声によって交差点の位置をおおまかに知り、少しずつ進んで端末を左右に振って赤外線発信機の場所を探索し、進むべき方向を知るという方法で使われる場面が見られた。実際、各実験終了後に行ったインタビューでも、AM ラジオ音声で近くに何があるのかをなんとなく知り、その上で赤外線による音声案内によって注意を促し、方向を知ることができたという意見が多かった。

また、AM ラジオ音声は予告情報として機能していることが分かった。今まで、赤外線通信のみでの音声案内システムを実験した際には、交差点や施設などの場所に到達する手前から、予告情報

を提供してほしいという意見が多くあったが、被験者の一人は、「AM ラジオの案内音声が変わり、トイレ付近であることの案内音声聞こえてきて、トイレの入り口を見つけることができた」と発言しており、AM ラジオの案内音声は予告情報として機能していることを示した。

一方、幾つかの問題点も見受けられた。まず、端末で赤外線を受信した際に、その赤外線発信機のある方向を同定できず、違う方向に進行してしまうなど、端末の利用に関する問題があった。これは、数度の歩行訓練を経ることで克服できると思われるが、端末を持った時点で直感的に方向を同定できるよう、端末のデザインなどの工夫が必要と思われる。また、受信音声の音質など、通信方式に関する問題もあり、案内音声を取り取るのに時間を要してしまうことが多く、通信方式の性能向上が必要である。

さらに、提示する音声内容及び発信機の設置についても検討が必要である。また、予告情報に関する上記コメントは、案内音声の変化が予告情報として機能しているとも考えられ、そのためには案内音声は途切れないように発信機を設置する必要があると思われる。

### 3.3.3 考察

以上で述べた結果から、赤外線による指向性を持った音声案内情報に、AM ラジオによる無指向性放送を組み合わせたこのシステムは、進行方向及び場所の確定に有効であることが分かった。ま

た、AM 発信機によって数メートル手前から位置情報を提供することで、予告情報として機能させることができ、赤外線のみで懸念されていた設置台数の増加を抑えることができることが分かった。

改善課題は数点あるが、このシステムは低コストで実現可能で、音声コンテンツの工夫により健常者にも有用な音声案内システムにも兼用できることなどメリットは大きいと思われる。端末もシンプルであることから普及面でもメリットがあると考えられる。

## 4 まとめ

歩行することは可能である一方で、視覚や聴覚の障害により外出を困難にしている実情が多く見られる中、障害による外界情報入手の困難さを補償する情報を提供するシステムの開発は、障害者の生活水準の向上において重要である。その中で、以上で述べた RCT におけるユーザ携帯型移動端末において開発したシステムは、利用にあたっての技術修得や導入コストになるべく負担をかけないことを念頭においており、実用化に向けたシステムとして提案するものである。

最後に、実験にご協力いただいた障害者の方々及び実験運営に協力していただいた関係者各位に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1 矢入, 香山, 猪木, "高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals (5)", 人工知能学会論文誌, 20巻1号, pp.82-89, 2005.
- 2 松尾, 呂, 猪木, 今川, 高田, 長嶋, "動作構成要素に基づく非接触手話動作認識方式", ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.3, No.3, pp.135-144, 2001.
- 3 猪木, 渡辺, 呂, "手話アニメーション作成編集ツール", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-1, No.6, pp.987-995, 2001.
- 4 S. Lu, H. Sakato, T. Uezono, S. Igi, "Synthesizing Japanese Sign Language using Intuitive Motion Primitive", Proc. of 8th HCI International '99 Vol.8, pp.441-445, 1999.
- 5 上藪, 坂戸, 呂, 猪木, "動作プリミティブと口型に基づいた手話アニメーションの開発と評価", 信学技報 HIP96-46, pp.49-56, 1999.
- 6 島田ほか, "駅構内における移動制約者支援システム", 信学技報 WIT2001-6, pp.29-34, 2001.
- 7 T. Strothotte, et al, "MoBIC: user needs and preliminary design for a mobility aid for blind and elderly travelers", 2nd TIDE congress, 1995.

- 8 西村ほか, “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, 第44巻11号, pp.2659-2669, 2003.
- 9 小山ほか, “赤外線音声通信と低電力小型端末による歩行者の移動支援”. 日本赤外線学会誌, 第13巻2号, pp.33-42, 2004.
- 10 T. Tajima, et al., "Pedestrian Information and communication systems for visually impaired persons", Proc. of CSUN's 16th Annual International Conference "Technology and Persons with Disabilities", 2001.
- 11 微弱電波音声案内システムてくてくラジオウェブサイト, <http://tekuteku-radio.com/>



**小山慎哉**

函館工業高等専門学校情報工学科助教  
(元情報通信部門けいはんな情報通信融合研究センターユニバーサル端末グループ専攻研究員) 博士(工学)  
ヒューマンインタフェース



**猪木誠二**

研究推進部門統括(旧けいはんな情報通信融合研究センター長)  
博士(工学)  
福祉情報工学、ヒューマンインタフェース



**西村拓一**

産業技術総合研究所情報技術研究部門  
実世界指向インタラクショングループ  
グループ長(旧情報通信部門けいはんな情報通信融合研究センターユニバーサル端末グループ特別研究員)  
博士(工学)  
時系列データ検索・認識、実世界情報支援



**矢入(江口)郁子**

知識創成コミュニケーション研究センターユニバーサルシティグループ研究マネージャー(旧情報通信部門けいはんな情報通信融合研究センターユニバーサル端末グループ主任研究員)  
博士(工学)  
福祉情報工学、ヒューマンインタフェース