

視覚障害者ナビにおける信号音の種類及び使用可能環境に関する研究*

Useful Signals and Surroundings in Pedestrian Navigation System*

内田敬**・望月翼***・吉井芳聡****

By Takashi UCHIDA**・Tsubasa MOCHIZUKI***・Yoshiaki YOSHII****

1. はじめに

近年 GPS や無線 LAN を用いた位置特定技術の進歩により、例えば地下街ナビゲーション実験¹⁾など歩行者ナビゲーションの研究が盛んに行われている。しかし既存のナビゲーションシステム²⁾は画面情報の比重が大きいため視覚障害者にそのまま適用はできない。視覚障害者であっても街歩きやショッピングを楽しみたいと思うのは当然である。そこで視覚障害者に対応できる、音信号を用いた歩行者ナビゲーションの開発を行うこととした。現段階までに著者ら³⁾は信号音に用いる音色と信号送信のタイミングについて明らかにした。本稿では本ナビゲーションシステムの一連の流れを踏まえて、昨年度行った様々な環境下における実験から得られた結果の総評、および次回への課題を述べることとする。



図-1 ナビゲーションの流れ

2. 本ナビシステムの全体的な流れと特徴

本ナビゲーションシステムは視覚障害者向けのものであることから音信号を用いて案内を行い、骨伝導ヘッドホン等で逐次「曲がれ」「進め」といった内容の指示を与える。また情報端末には携帯電話を使用する。

歩行する手順は、駅周辺に設置する電子案内板⁴⁾にナビゲーションアプリを搭載した携帯電話をかざすことによって、周辺の案内情報を取得する。そこから目的地の設定を音声案内に従って行き、ナビゲーションを開始する(図-1 参照)。ナビゲーションには誤差の少ないRFID等の位置特定技術を用い、地下街やビルの谷間でも使用が可能なシステムにする予定である。また本ナビゲーションシステムではトリガーと呼ばれる実際の行動指示に用いる信号と、その行動の事前信号として予告メッセージというものを使用する。ここで左折の状況を図

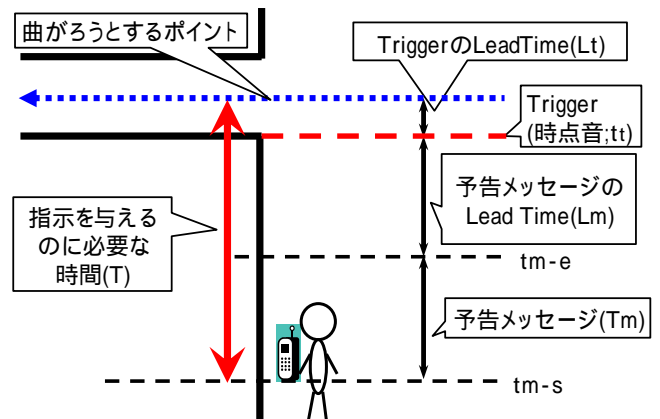


図-2 音色とユーザーの位置関係

-2 に例として示す。まず左に曲がらなければならないところの数歩手前で「まもなく左折」といった内容の予告メッセージが流れる。このメッセージが終了した後、曲がるべきポイントでトリガーである「ここで曲がれ」といった内容の指示が入り、左折の指示が終了する。なお、ナビゲーションに用いる基本的な信号は「進め」「左折」「右折」「戻れ」「止まれ」「ゴール」の6種類であり、歩行実験に関しては表-1の音色を用いた。

なお本ナビゲーションシステムはあくまで道案内の補助を行う物であり、障害物の感知や白杖、既存の点字

*キーワード：ITS、誘導信号、携帯電話、街歩き支援、歩行者

**正会員、博士(工学)、大阪市立大学大学院工学研究科
(大阪市住吉区杉本3-3-138大阪市立大学大学院工学研究科都市基盤計画分野 TEL (06) 6605-2731 FAX (06) 6605-3077)

*** 学生員、大阪市立大学大学院工学研究科

**** 学生員、大阪市立大学大学院工学研究科

表-1 基本信号の音色

指示	予告メッセージ		トリガー	
	予告	ことば	予告	ピーブ音
直進	-	-	-	Pi Pi Pi Pi
右折	メロディ	まもなく右方向	-	Piii Pi Piii Pi
左折	メロディ	まもなく左方向	-	Piii Pi Pi Piii Pi Pi
戻れ	-	-	-	Piii Piii Piii Piii
止まれ	-	-	-	PiPiPiPiPiPi
ゴール	-	-	-	Pi Pi Piii Piii Piii

(誘導)ブロック・視覚障害者用道路横断帯などに取って代わる物では無い。安全面を機械に全て委ねるのは危険であるので、身の回りの安全面に関しては既存の支援技術を使用しつつ、ユーザー自身に委ねる。

3. 歩行実験

先述したように、これまでの実験ではナビゲーションシステムに用いるための音色はどのようなものを使うべきか、及び右左折時においてどのようなタイミングで信号を送信すべきなのか、その歩数について明らかにした(具体的には予告メッセージのLead Timeに4~6歩)³⁾。ただし信号の種類などはごく基本的なことに絞られ、更に室内で実験を行ってきたため、実際の歩行環境では情報量が不十分となる可能性がある。そこで本研究における実験では、必要最低限度の情報量・信号の種類についての検討、及びその結果をもとにしたナビゲーションがどのような環境下で視覚障害者に適用可能なのかを数回の実験によって検証した。

表-2 に実環境で行った3回の実験の概要を示す。また、表-1 に加えて実験で用いた信号を表-3 にまとめて示す。

(1) 西梅田歩行実験

本実験ではタイミング実験に参加した被験者に新規参加者を加えた視覚障害者22名を対象に、自転車などの障害物、ある程度の人通り、段差・スロープ、広場を含むタイミング実験よりも実際の歩行環境に近い西梅田周辺で歩行実験を行った。使用した信号は直進・右左折・戻れ・止まれ・ゴールといった基本信号のみであり、これらのみでどこまでナビゲートが可能なのかを確かめた。

実験はナビゲーションアプリを搭載した携帯電話を著者と被験者が持ち、著者が直接被験者に信号指示を送るという形で行った。被験者は携帯電話から流れる信号音を聞きながら歩行するが、周りの環境音(人の足音や自動車、電車の走行音等)を聞き漏らさないように骨伝導ヘッドホンを用いた。またビデオカメラとワイヤレスマイクを用いて、被験者が聞いている信号、環境音、声を同時に録音・撮影した(図-3参照)。実験終了後、用いた基本信号以外に必要なと考えられる信号の種類や、

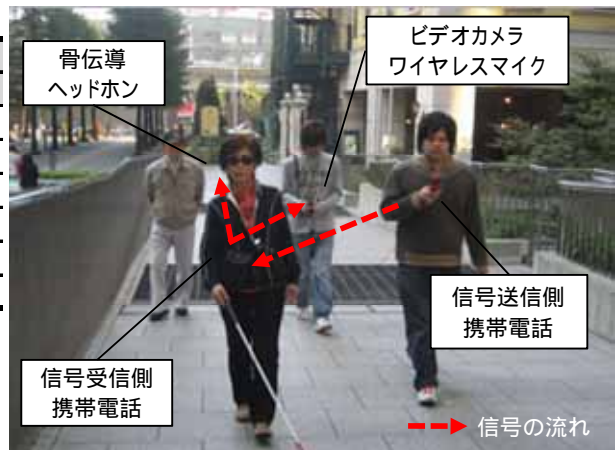


図-3 実験機器と信号送信の様子(西梅田 2007年11月)

歩行時の状況や感想などについてヒアリングを行った。

被験者の歩行の様子として、誘導ブロック上や、狭幅員の道路の歩行、右左折のタイミングについての問題は無かったが、以下の点について歩行に支障をきたす状況が存在することが分かった。

- a) 広幅員道路において、道路幅が認識できないとき、道路半分に自転車などが駐輪してあると、自転車にぶつかり、歩行可能箇所を詮索するうちに方向感覚を失ってしまう、
- b) 狭幅員の道路自体の歩行は容易であるが、その道路に進入するのは困難になる可能性がある、
- c) 広場などでは左折の案内ができない箇所が多く、昇降系の障害物(スロープや段差)もあり、更にビルの谷間という環境かつ人の移動方向がばらばらであることにより、方向感覚を見失うことが多かった。

(2) 新世界歩行実験

本実験では視覚障害者26名を対象に、2008年1月、大阪市西成区・新世界近辺において歩行実験を行った(歩行ルートは図-3参照)。対象地域は前実験に存在した障害物に加え、エスカレーター、人通りの多い道路、歩道と車道が分離していない道路、狭い幅員の道路を含む。機器に関しては上記の手法で行った。また、西梅田歩行実験で、広場や広幅員の道路における歩行が困難な被験者が多かったことから、信号に「右(左)斜め」「右(左)寄り」といったものを追加し、フェスティバルゲート(大阪市西成区にある商業型複合施設)内の広場や堺筋沿いの歩道(幅員3m程度の歩道であるが、歩道の半分が自転車で埋め尽くされている)で歩行が可能になるのかを検証した。

実験の結果として問題となったのは以下の点である。

- a) 斜めの信号については、どれくらい斜めに進んでいるのか被験者自身が判断しにくい、歩行の様子を見る限り、全く歩行ができないというわけでは無かった。
- b) 歩道車道が分離していない道路で、自動車が多く通

表-2 各実験の歩行環境と課題

	日付	被験者数(人)	歩行形態	信号	歩行環境				問題・課題
					昇降	人通り	自転車	道路幅	
西梅田	2007年11月	22	単独	基本信号	段差スロープ	少	少	広幅員広場	・広場の案内が困難 ・広幅員道路の歩行が困難 ・誘導ブロック上所は歩きやすい
新世界	2008年1月	26	単独	基本信号 + 斜め、寄れ	段差エスカレーター	普通	普通	広幅員狭幅員広場	・斜めが判断しにくい ・自分がどこを歩いているか判断ができない箇所は外す
阿倍野	2008年7月	27	ヘルパー + 一部単独	基本信号 + 斜め、寄れ	段差階段スロープエスカレーター	多	多	広幅員広場	・折り返し型の階段でどのような信号を出すか ・下り階段時の信号の必要性

表-3 実験で使用した信号とその有用性

信号	西梅田	新世界	阿倍野	有用性
直進				
右折				
左折				
戻れ				
止まれ				
ゴール				
右斜め				
左斜め				
右に寄れ				
左に寄れ				
上りエスカレーター				

有用性の欄 : 有用性がある、 : 環境によっては有用性がある 無印: 無くて良い

るところなど、ユーザー自身がどこを歩いているのかわからなくなるような場所をナビゲーションルートとして含むのは好ましくない。

(3) 阿倍野歩行実験

本実験では視覚障害者27名を対象に、2008年7月、地下鉄天王寺駅近辺にて歩行実験を行った。新世界の実験に比べ、人や自転車の通行が激しい所や、地下鉄駅改札口近辺の騒々しい所、逆に人通りの少ない商業ビル内、空間の認識が困難な広場など、歩行の難易度は高い所であったが、最低限の信号でナビゲーションを行うこととしたため、信号の追加は行わなかった。ただし、人通りが多すぎることから、実験全4コースの内、初めの3コースについては、晴眼者(ヘルパーまたは実験補助者)が手引きをしながら安全確保を行い、行き先の方については視覚障害者の被験者が指示をした。3コースが終了し、ある程度ナビゲーションの使用に慣れた4コース目については単独歩行で最終目的地まで歩いてもらう形で実験を行った。また4コースそれぞれの歩行開始直前にどのような場所を歩くのかを口頭で説明した(例:「阿倍野ルシアスの地下1階にあるインド料理屋に行きます」)。

4. 実験結果のまとめ

タイミング実験を含む全四回の歩行実験を通して分かったことを、要素ごとに述べる。

(1) 信号の種類、及び音色

信号の種類は基本信号(直進、右左折、戻れ、止まれ、ゴール)に加え、斜め、寄れといった表-3における有用性に印のある最低限の信号があれば、ほとんどの街中を歩行することは可能である。ただし斜め・寄れについては場所によってナビゲート失敗の原因にもなるため、有用性は とした。そのため音色については、被験者の中に信号音が聞こえにくい、ピーブ音は分かりにくい、といった意見もあったが、結果的に歩行ができなかったということは無かった。また携帯電話のバッテリー及び、受信する情報量を踏まえてもなるべく、データサイズの小さな信号音を用い、言葉による案内に関しても最低限の音質で歩行が可能であることを検証する必要があったため、今回の歩行実験の結果による信号音および音色で十分な歩行が可能であることが分かった。

(2) 歩行可能な環境

本ナビゲーションシステムは視覚障害者にも街歩きを楽しんでもらうためのもの、ということから明らかのように、通常、我々晴眼者が街歩きをするような環境で歩行実験を行ってきた。そのため実験コースには様々な障害物があったが、その中でも特に道路の半分を自転車が埋め尽くしているようなところ、車道と歩道の区別が無いところなど、身の危険を避けようとすることによって自身がどの方向を向いているのか、どこを歩いているのかわからなくなってしまうような場所は歩行が困難である。

一方、目に見える障害物ではなく、自動車の走行音や人の足音などが聞こえるところなどは、一見歩行ルートとして相応しくないようにも感じられるが、それら音

を頼りに歩く視覚障害者も多い。そのため、人通りが多すぎるところを歩行するのは困難であるが、逆に人が少なすぎる場所を歩行するのを不安に思う人もいることが分かった。

(3) 使用可能な場面

初期段階の本ナビゲーションシステムの使用可能場面として、阿倍野歩行実験のような「ヘルパー+視覚障害者」、「弱視+全盲」（ただし共に目的地への行き方を知らない場合、前者については視覚障害者が、後者については全盲がナビを装着するような形）といったペアで使用をする、または「通行人+視覚障害者」といったように、視覚障害者がある一定区間のみ、近辺の通行人を捕まえ、安全確保を行ってもらい、視覚障害者本人が方向指示を行うという形が現段階で最も現実的なナビゲーションの使用方法であることが分かった。

(4) 初参加者の利用可能性

阿倍野歩行実験については、全27名の数名が初参加の被験者であったが、非常にスムーズな歩行を行っていた。初参加の被験者は40代女性（全盲）、50代男性（全盲）、40代女性（弱視）、50代女性（全盲）の4名。特に単独歩行を行う最終コース（1名のみヘルパー付き）のみを見ても、被験者のミスは多くて4回、立ち止まった回数も多くて3回（その内、信号送信を誤った回数は全員で2回）であった。中には単独歩行を行うのは数年ぶりであるが、問題なくゴールへ辿り着けた被験者もいた。対象となる被験者の数は決して多くはないがこのナビゲーションシステムの有用性や、初めて使用する人にもある程度練習すれば、使用が可能であるということの裏付けができた。

5. 今後の展望

これら歩行実験により、どのような方法（タイミングや信号の種類）・環境下で、またどういった場面でただちに適用が可能なのが分かった。しかしながら実用の段階に至るにはまだまだ多くの課題が残されている。

まず今までの実験では、信号の送信を全て人間が行っている。中には何回か失敗することもあったが、基本的に被験者の歩行速度・歩幅から予告メッセージのLead Timeに必要な歩数を計算し、ちょうど曲がりやすい所で信号を送信するようにしていた。しかし、実際のナビゲーション時ではその信号送信は機械（電波タグの使用）が行う。そのため信号音が遅れて流れたり、逆に早く流れてしまうこともある。そこで信号がどの程度の誤差であれば歩行の支障にならないのかを検証するための実験を行う必要がある。

また当初予定していた、信号の基地局として用いるRFIDタグ（電波タグ）の普及が思うように進んでいない。ナビゲーションを使用するためには、タグを交差点ごとに設置しなければならないが、普及が進まなければそれらを多くの場所に設置することはコスト面から考えて困難である。全国にこれらを張り巡らすのは非現実的であるので、ある特定の地域でシステムが使用可能な段階にし、ユーザーに「これは使える」と分かってもらった結果としてタグおよびナビゲーションシステムの普及を行っていく方が現実的なものかもしれない。

更に最大の課題として、安全面の問題が挙げられる。ナビゲーションであることから、安全面に関しての保証は行わないため、障害物等の警告や指示はしていないが、やはり歩行する際にはナビシステム以外のものによる安全確保が必要となってくる。例えば交差点の信号機、階段やエスカレーター各々が音声案内によりその存在を知らせる等、そのような環境を公共・民地空間が共に作り上げていくことも必要である。

このようにまだまだ課題は多く存在し、実用可能段階までは時間がかかるのかもしれない。しかし視覚障害者にとって、街歩きをするために何も無い状況よりは、このナビゲーションシステムがあった方が、歩行が助力となり得ることが、初参加の被験者の歩行状況や、その他ヒアリング時の意見から分かった。

視覚障害者にも街歩きの楽しさを味わってもらうためのシステムとして、安全面がユーザー自身で確保できないような歩行は行わず、音色の改善（今の音色自体は、直進と戻れなど似たものが多い）が進み、電波タグの問題を克服すれば、少なくとも街歩き支援のナビゲーションシステムとして使えるものになりそうである。

本研究は科学研究費補助金（基盤B，18360247）の助成を受けて実施している。

参考文献

- 1) 地下街ナビゲーションシステムに関する調査研究会：地下街ナビゲーションシステムに関する調査研究報告書（案），2004.3.
- 2) 内田敬，菅芳樹，田名部淳，大藤武彦，丹下真啓：音信号を用いた歩行者ナビゲーションの開発，FIT2003 第2回情報科学技術フォーラム一般講演論文集，No.4，pp.567-568，2003.
- 3) 望月翼，内田敬：視覚障害者ナビの基本指示に用いる音色とタイミングに関する実験，交通工学研究発表会論文報告集，pp.165-168，2007.10.
- 4) 吉井芳聡，内田敬，望月翼，日野泰雄：視覚障害者街歩き支援ケイタイのユーザーインターフェイスに関する研究，土木学会関西支部年次学術講演会，2008.5.