

視覚障害者用歩行支援システムを 用いた歩行実験

久保田 勇 田所 嘉昭

豊橋技術科学大学・工学部・情報工学系

〒441 愛知県豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘 1-1

筆者らは、手軽な装置のみで視覚障害者を目的地まで案内する、誘導型の歩行支援システムの実現を目的とし、いくつかの方法を用いたシステムを検討してきた。本論文は、これらのシステムを用いた誘導の有用性と改善点を明らかにするために行なった誘導実験の報告である。視覚障害者を被験者とした誘導実験により、このシステムで目的地までの誘導ができることを確認した。特に偏軌傾向に対しては、進むべき方位に指示がなされることで歩行者の安全が確保されることが確認された。また、歩行者の能力と環境を考慮したより効果的な誘導法を検討した。その結果、約600mのコースにおいて、従来の誘導法で45分かかったのに対し、約30分と33%の時間短縮を確認した。

視覚障害者、歩行支援システム、偏軌傾向、誘導法

Walking Experiment using Walking Aid System for the Visually Impaired

Isamu KUBOTA Yoshiaki TADOKORO

Department of Informaiton and Computer Sciences
Faculty of Engineering
Toyohashi University of Technology

Hibarigaoka 1-1, Tempaku-cho, Toyohashi-shi, 441 Japan

In this paper, we make clear the performance of the walking aid system for the visually impaired. As the result of some walking experiments, it is clear that this system can navigate the visually impaired. In particular, for the veering tendency, this system is useful. We propose a navigation method considering walker's ability and surrounding informations. To evaluate this navigation method we made some walking experiments. As the result, this method is useful to shorten the walking time for beginners, and the walking time is decreased by 33% from 45 minutes.

the visually impaired, walking aid system, veering tendency, navigation method

1 まえがき

福祉社会が叫ばれている今日、障害者の社会復帰には失われた視覚の機能を補う視覚代行システムの実現が望まれている [1]。現在、高齢化社会の中、糖尿病などの合併症などによる中途失明者が増え続け、視覚障害者の数は全国で33万人に達している [2]。

視覚障害者が単独で歩行するには、白杖での障害物検知と経験から得られる道路情報を基に歩行することが一般的である。しかしこの歩行法には、歩き慣れた道であるという行動範囲の制限がある。さらに、この歩行の訓練を支援する歩行訓練士の数もかなり少ないという現状である [3]。また、盲導犬による歩行支援が有用であるが、その訓練に時間がかかるため普及が思わしくない。そこでこれを工学的な技術により援助しようとする研究が様々なところで行われている [4-13]。

このように視覚障害者の歩行を援助するためには、障害物を検知する機能と歩行位置情報を提供する機能が必要である。筆者らは、障害物の検知は白杖に頼るものとし、歩行距離と進行方位から現在位置を計算する推測航法の原理を用い、手軽な携帯装置のみで視覚障害者を目的地まで案内する、誘導型の歩行支援システムを検討してきた [11-13]。これまで、進行方位検出に地磁気センサを用い、歩行距離計測には、超音波計測を行なう特殊な靴を用いたシステム [11] や、万歩計を用いるシステム [12]、杖の先に小車をつけた案内杖を用いるシステム [13] を開発し、これらのシステムでの視覚障害者の誘導が可能であることを確認できた。

これらのシステムにはそれぞれ特徴があるが、今までの実験の結果、いちばん簡便で歩行者の負担が少ない万歩計システムでの実用化が有望である。しかし、誘導法についてはまだ十分に検討されてなく、誘導時間も通常歩行時間と比較して大きい。そのため、より効果的に誘導するため、誘導法も歩行者の能力及び環境を考慮した方法について検討した。また視覚障害者の単独歩行の問題点として、直線を歩行しようとする時に、右もしくは左に道を外れてしまう偏軌傾向や障害物回避後、元の進路を維持できなくなる慣性力が報告されている [14]。これらについても、このシステムの誘導が有用であることを確認した。

まず、2章で本システムの概要を説明する。次いで、3章で誘導法と教師データ作成法について述べる。4章で本システムの有用性として偏軌傾向等が修正可能であることを示す。5章でいくつかの誘導歩行実験の結果を示し、その結果を基に6章で新たな指示データの作成について述べる。

2 歩行支援システムの概要

本システムは、歩行者の現在位置の計算に、外部に特別な設備を必要としない推測航法の原理を用いている。この推測航法は、進行方向と距離より、相対的位置を算出する方法である。そのため、歩行距離を測定する万歩計あるいは案内杖のいずれか一方と進行方位を検出する地磁気センサによる計測装置、歩行者の歩行軌跡の計算と歩行状況の判断及び歩行者への指示の選択を行う処理装置、指示を歩行者に伝えるスピーカとブザーからなる指示装置より構成される。これらの装置を図1に示すように視覚障害者が携帯する。

誘導の原理を図2に示す。まず、計測装置からの距離情報と進行方位情報をもとに推測航法を用いて現在位置を算出する。次いで、この現在位置とあらかじめ記憶されている目的地までの歩行経路(教師データ)を比較し、歩行者の現在の状況来判断して、状況に応じた指示を選択する。そして、選択された指示をアナログメモリに貯えられている音声とブザーによって歩行者に与え、目的地まで誘導する。なお、教師データは、目的地までの目印となるポイント(ノード)間の各出発点を原点とした座標系で表したデータである。

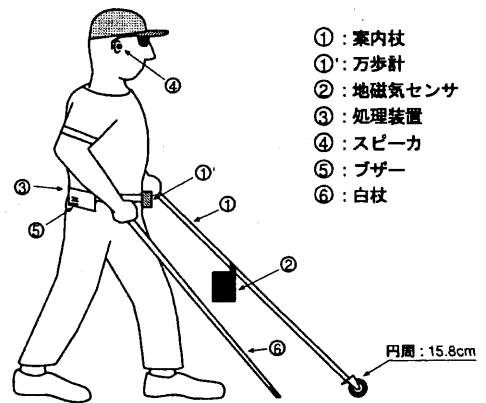


図1 歩行支援システムの構成図

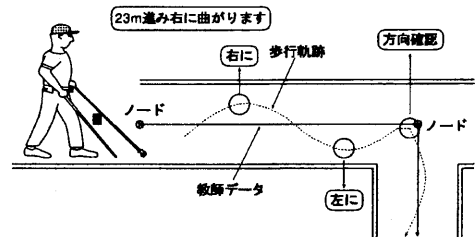


図2 歩行支援システムの原理図

3 誘導法と教師データ作成法

3.1 誘導法

基本的な誘導の流れを図3に示す。まず、出発する前には、体を左右に振り、進むべき方向を向いたときにブザーの連続音が出力される。なお30度以上向いている方向が異なる場合は、どちらに向いたら良いか、「右」、「左」という音声指示がなされる。この方法で進行方向を確認した後、後述する確認スイッチを押すと、次の曲り角までの距離などの指示が音声で与えられる。また、直線歩行時に、教師データの直線から左右に60cm以上離れると音声で「右に」、「左に」という音声指示が出される。そして、次の曲り角付近に到着すると、音声で曲り角付近に到着したことが伝えられ、目印を探すよう指示される。歩行者は、指示された曲り角(ノード)の目印を白杖で検知し、後述するマッチングスイッチを押して、これまでの測定誤差をリセットさせる。その後、次に進むべき進行方向確認の指示、ノードの情報が出力される。そして、目的地に到着すると、到着したことを音声で知らせる。

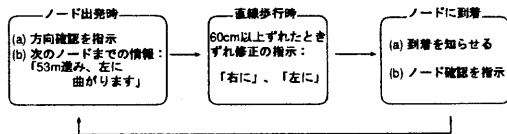


図3 誘導の指示法

3.2 応答機能

このシステムには指示を聞き逃したり、途中で進行方向を見失ったときなどに歩行者が必要な情報をシステムに問い合わせできる応答機能を付加しており、誘導中に3つのスイッチを押すことで必要な情報を得ることができる。これらのスイッチには、手で触ったどのスイッチかを判断できるように突起で目印が取り付けられている。なお、万歩計を用いたシステムの場合は、処理装置を収納するウエストポーチに、案内杖システムは杖にプッシュスイッチを取り付けている。状態に応じてこれらのスイッチの役割は異なる。応答機能と状態遷移を図4に示す。スイッチ(1)は、歩行時に押すと前回の音声出力がリピートされ、ノード確認時(「ノードを確認」の音声出力後)にはマップマッチング処理が行われる。さらに方向確認時(「方向確認」の音声出力後)には方向確認動作の終了となる。スイッチ(2)は歩行時に押すと、出発時と同様の方向確認動作が行なえ、歩行者は自分の進むべき方向を確認できる。またスイッチ(3)は歩行時に押すと、次

のノードまでの残り距離を知らせてくれる。なおスイッチ(2)、(3)はともに歩行時以外は使用しない。

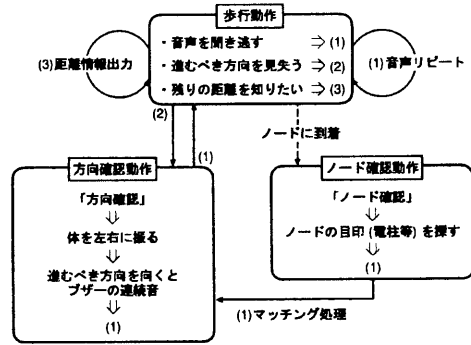


図4 応答機能

3.3 教師データ作成法

誘導の基礎情報である教師データはノードの座標データで、システムにあらかじめ入力しておく必要がある。この教師データは、晴眼者が案内杖を使用したシステムで実際に誘導すべきコースを歩行し、歩行軌跡を計測し、目印となるノードを設定してそのノード間の方位、距離を歩行軌跡より求め、誘導のための音声を決定的という方法で作られる。この方法は、異常磁場が存在する場合でも対応できる。なお市販の地図から方位と距離を算出する方法も検討している。しかしこの方法は、縮尺や方位の精度が低いという問題点があるが、視覚障害者の能力が高い場合にはこの方法の精度でも使用できると考えられる。

4 システムの効果

4.1 情報提供

視覚障害者が必要としている歩行前の経路情報は、(1) 現在地から目的地までの経路と位置関係、(2) 危険性のある場所、(3) 視覚障害者が認識できる歩行の目印になるもの、(4) 交差点の特徴などであるが、いくら能力の高い視覚障害者であっても1度に記憶できる情報には限界がある[15]。本システムでは、当初誘導の基礎情報として(1)の情報のみを与えていた。その後、マッチングをきちんと行なうために(3)の情報を追加し、後述する実験(5.3章)で挙げた問題点より音声のアルゴリズムを変更することで(2)(4)を付加できるようにした。これ

らの経路情報は教師データとして保存しておき、歩行中の歩行者に音声指示として情報提供することができる。

4.2 偏軌傾向の修正

直線歩行時の歩行軌跡を図5に示す。歩行者は目隠しをして白杖をもった盲人で、指示無し、指示ありともに3回ずつ歩行した。図5のシステムの指示無しの軌跡のように、視覚情報をもたない人が直線を歩行するときに、まっすぐ歩いているつもりでも、無意識のうちに進路から離れてしまう現象を偏軌傾向という。この現象は、横断歩道など、伝うものがない場所で起こし易く、歩道からそれることで歩行者が自分の位置を見失い、それがもとで道に迷ったり、車道に出て危険が生じるなどの問題が起こる。この現象に対し、システムの指示がある場合、進路より±60m ずれた地点で、音声指示が出され進行方向を修正できるため、図5の指示ありの軌跡のように大きく進路からそれることがなくなることが確認できる。

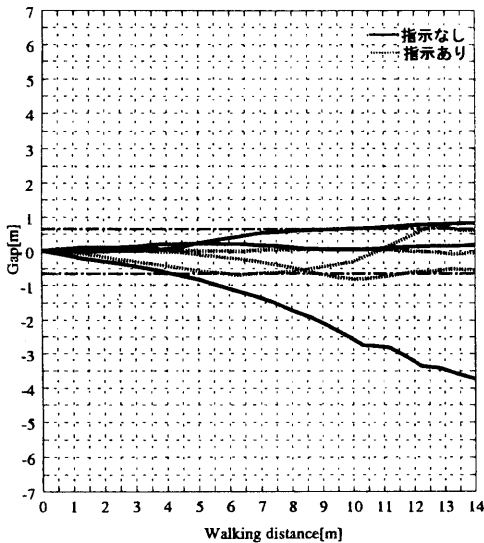


図5 偏軌傾向の修正

4.3 障害物回避後の進路方向

進路上に障害物をおき、これを回避する歩行軌跡を図6、図7に示す。なおこの実験は、横断歩道に車がはみ出すという状況を想定し障害物には車を用いた。それぞれ、回避直後に方向を見失って、直線歩行時より進路よりずれようとする傾向が大きいですが、指示ありでは、ずれの指示によりもとの進路から戻れることが確認でき

る。また歩行途中で、システムの機能の方向確認の機能も合わせて使えばさらに効率よく進路に復帰できると考えられる。このように本システムの機能により進路の誤りを修正することで、道に迷ったり、車道に出るなどの危険行動の回避ができることを確認した。

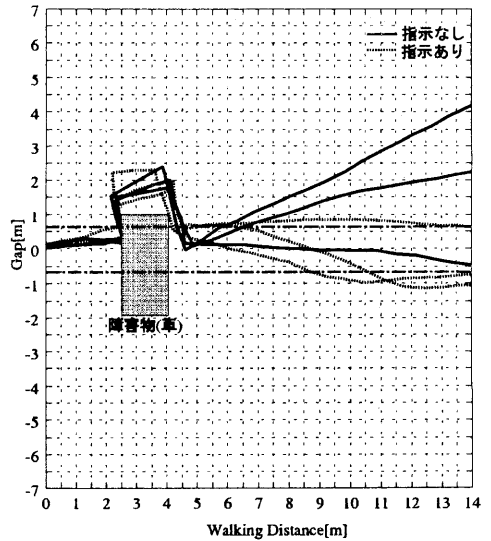


図6 障害物左回避

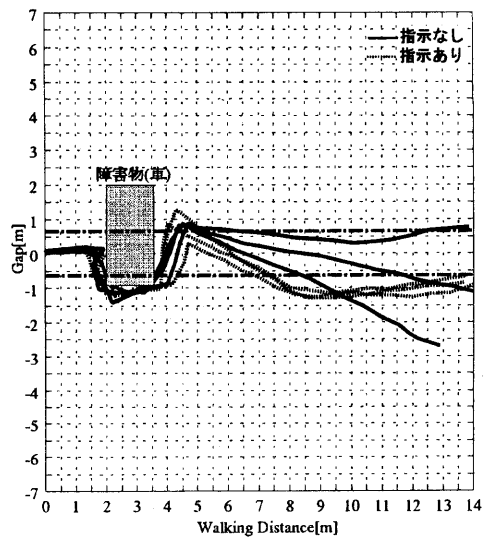


図7 障害物右回避

5 誘導歩行実験

5.1 ケース 1

図 8 に示す豊橋市東松山町の愛知県盲人福祉連合会明生会館前から豊橋鉄道渥美線の柳生橋駅までの約 640m のコースで、視覚障害者による誘導歩行実験を行った。

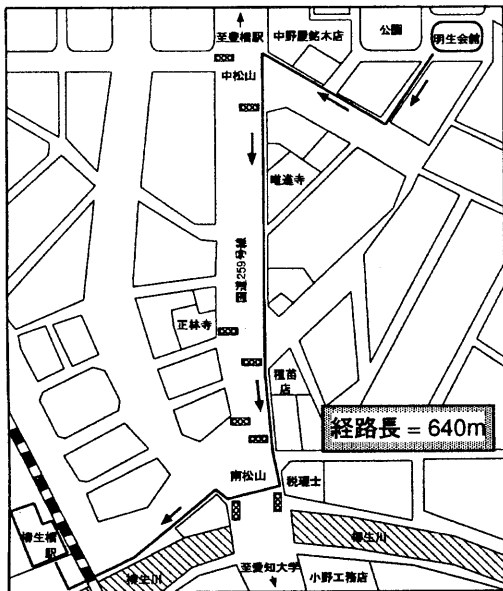


図 8 誘導歩行実験コース 1(豊橋市柳生橋)

この実験では、案内杖システムと万歩計システムを使用して比較を行なった。被験者は、5 年前に病気で失明し歩行訓練を受け白杖で歩行している 46 歳の男性である。通常はこのコースの特徴を確認しながら約 25 分で歩行している。この被験者に、最初に案内杖システムで、道の中央を歩くシステムの指示にしたがって歩行してもらったところ約 45 分と通常の数倍くらいかかった。その原因として、被験者が本システムを初めて使うこともあり、案内杖を上手に転がすことができなかつたことと、システムの機能に慣れていなかったことなどが挙げられる。さらに、ノード到着の判定法にも問題があったがこれはアルゴリズムの変更 [16] で解決した。また誘導法にも問題があった。

通常、視覚障害者が単独で歩行する時は、道路の端(縁石、壁など)を叩きながら歩行する。しかしながら従来の誘導法では、システムの性能を明らかにするため、教師データを道の中央に設定し、歩行者はシステムの性能に頼って歩行していた。この歩行法の違いは、歩行のしずらさにつながると考えられる。そこでコースの環境と

歩行者の能力を利用する誘導法として道路端を伝う誘導法を検討した。この誘導法は、指示に環境情報として壁や縁石など道路の端を伝える状況であることを指示に取り入れ、はっきりとした道の境界がある場合は端を伝えてもらうこととし、歩行をよりスムーズにできるようにした。なお道路端に従って歩行する時は、歩行時のずれを補正する音声指示は出力せず、横断歩道等の伝え歩きができないとき、ずれ補正する音声出力を出すこととした。また杖が転がしづらいとの意見より、万歩計システムを用いてみることにした。以上のような変更を行ない再び実験したところ、誘導時間は 45 分から約 33% 短縮され約 30 分程度となった。

5.2 ケース 2

岡崎盲学校の協力を得て 2 人の被験者で実験を行なった。まず、図 9 に示す岡崎盲学校からバス停までの通学路約 600m を 17 才の女性に万歩計システムを用いて歩行してもらった。なおこの女性は先天性の全盲で、歩行訓練の経験があり白杖での単独歩行が可能である。実験の結果、単独歩行と同程度の 22 分で道に迷うことなく目的地に到着できた。実験後システムの評価として、「歩行訓練の際、横断歩道(ノード 7-8)で方位をとるのに苦労したが、このシステムがあれば、簡単に方位を合わせることができてよい」との感想をいただいた。



図 9 誘導歩行実験コース 2(岡崎市 1)

5.3 ケース 3

つぎに 25 才の男性に、図 10 に示す岡崎盲学校からファミリーマートまでの初めて歩くコース約 680m で万歩計システムを用いて歩行してもらった。なおこの被験者は、14 才で失明し、歩行訓練を受けており、白杖で単独歩行可能である。実験の結果は、指示の不適當さより 2ヶ所で迷ったものの、29 分で目的地に到着できた。その時の音声指示を表 1 に示す。迷った 2ヶ所は、図 10 のノード 4-5 間とノード 5 である。ノード 5 では、ノード目印を”音響信号”としていたが、この交差点は東西、南北の両方向に音響信号がついているため、どちらに向

かうか迷ってしまった。音響信号は、方向により音が異なっているため、音の種類を指示すればこのような間違いを起らないようにできる。またノード 4-5 間においては、5m 程度の横断歩道を渡った後に右端を伝え歩きする所を、この時の指示法では、“右端を 70m” という指示しか与えられなかったため、道を渡る前より右端を探そうと右に曲がってしまった。

この指示法では図 11 に示すように、歩行位置と距離、ノードの目印といった情報を単純な定形文でしか指示できず、周りの状況を判断するには情報不足であるという問題点が挙がった。そこで、音声メモリに登録されている単語を、自由に組み合わせて指示を生成するように改良した。これにより、前述のノード 4-5 間であれば、“道を渡り歩道を 70m 直進” といった詳しい指示が可能となり、状況を判断しやすくなる。詳しくは 6 章で紹介する。なお、指示の情報が増加した分、教師データの情報は増加する。

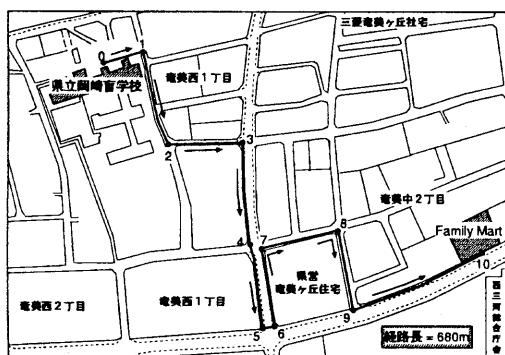
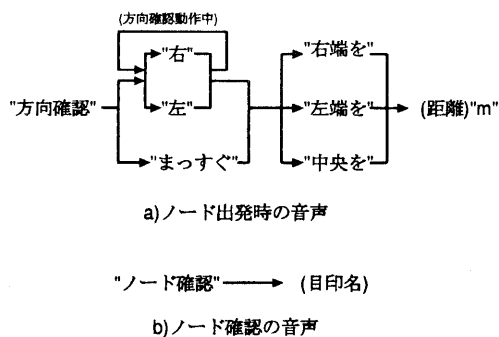


図 10 誘導歩行実験コース 3(岡崎市 2)

表 1 ケース 3 の音声指示内容

ノード	出発時音声指示	次のノード確認指示
0	左端を 14m	ノード確認, 点字ブロック
1	右端を 10m	ノード確認, 電柱
2	右端を 82m	ノード確認, 交差点
3	右端を 58m	ノード確認, 鉄柱
4	右端を 82m	ノード確認, 交差点
5	右端を 70m	ノード確認, 音響信号
6	中央を 10m	ノード確認, 鉄柱
7	右端を 68m	ノード確認, 交差点
8	右端を 64m	ノード確認, 電柱
9	右端を 63m	ノード確認, 電柱
10	左端を 128m	ノード確認, マンホール
11	中央を 12m	ノード確認, マンホール
目的地	目的地に到着しました。	



a) ノード出発時の音声

"ノード確認" → (目印名)

b) ノード確認の音声

図 11 指示音声のフロー

5.4 ケース 4

60 才ぐらいの男性に図 12 のコース 1、経路長約 200m をシステムを用いて歩行してもらった。なお被験者は先天性の全盲で、正式な歩行訓練の経験はないが、杖を使わなくとも、ある程度壁や交差点の存在を他の感覚で認識できる。実験の際、被験者は慣れた道であるため伝い歩きをせずに歩いていた。またシステムが交差点に近付いていることを知らせる前に、交差点の位置を識別しており、能力の高い被験者に対しては、このような細かい位置の指示は不用であると考えられる。しかしながら被験者は、慣れた道でもたまに道を間違えることがある、方位と横断歩道の直線歩行指示があれば便利でよいという話であった。これらのことから被験者の能力が高ければ、あまり細かい指示は不用で、大まかな指示だけでよいと考えられる。

6 指示データの作成

ケース 1 から 4 のように障害者の能力は異なり、それに応じて必要とする誘導や情報も異なる。

指示データ作成の例として、前節ケース 4 の被験者に歩行してもらう予定のコース図 12 のコース 2 の指示データ表 2 について述べる。まず被験者は、このコースを歩き慣れておらず、被験者自身の経験から記憶している目印がないのでこちらで目印を設定した。なお、ケース 1、ケース 3 では、被験者が通い慣れた道で、各個人で目印にしているものがあつたのでそれを聞き取り目印としている。被験者は、交差点は他の感覚でだいたいわかるので、あまり細かい交差点の特徴の指示は用いない。ただし開けた場所にある交差点は区別がつけづらいため、“交差点右に電柱” と言うような指示を与える。能力のあまり高くない被験者であれば、全ての交差点に対しその特徴を指示する必要がある。また図 12 の 5-6,10-11,11-12,12-13,13-14,14-15 の様に、細い路地を渡りその後直

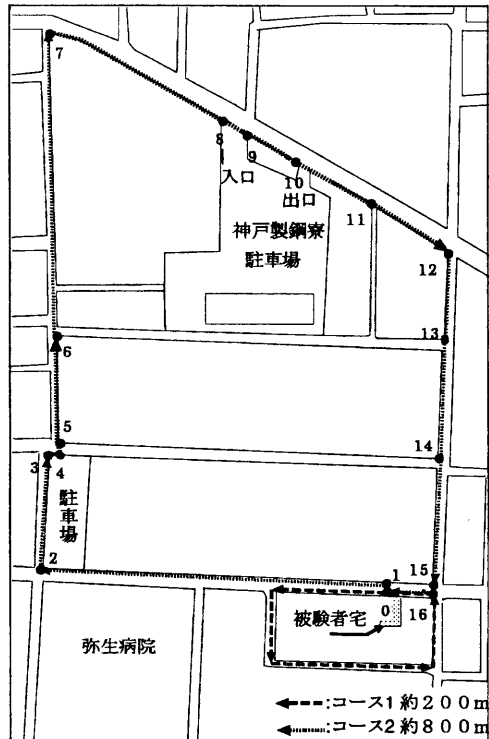


図 12 誘導歩行実験コース4(豊橋市弥生町)

進める場合は、”道を渡り直進50m”という指示を与える。図12の2-3,8-9は、それぞれ駐車場の入り口となっており、伝うものがなく進行方向を見失いやすいため直線指示を行なう。このようにして、表2に示す指示内容を決定した。

7 むすび

筆者らは、手軽な装置のみで視覚障害者を目的地まで案内する、誘導型の歩行支援システムの実現を目的とし、歩行距離測定に万歩計、案内杖を用いた2つのシステムを検討してきた。本論文では、視覚障害者を被験者とする誘導実験をいくつか行ない、これにより明らかになった問題点を解決するため、誘導法についても検討した。また、歩行者の能力と環境を考慮した誘導法として、道路の端を検出していく方法を提案した。そして音声指示をより詳しくし、環境情報を的確に指示できるようにした。またシステムの音声指示により、偏軌傾向や障害物回避による、進路からずれた状態から進路に復帰できることを確認した。この機能は、横断歩道や、駐車場の入り口等の開けた場所での誘導に有用であると考えられる。今後は、さらに視覚障害者による市街地での誘導歩行実

表 2 図12 コース2の音声指示内容

ノード	出発時音声指示	次のノード確認指示
0	5m 道を渡ります	ノード確認
1	右端を158m まっすぐ	ノード確認, 交差点, 右に電柱
2	53m まっすぐ	ノード確認, 交差点, 右に電柱
3	右端を7m	ノード確認, 右に鉄柱
4	6m 道を渡ります	ノード確認, 曲がり角
5	右端を51m まっすぐ	ノード確認, 交差点
6	道を渡り右端を147m まっすぐ	ノード確認, 交差点
7	右端を79m	ガードレール端をノード確認
8	11m 道を渡ります	ノード確認
9	右端を39m	ノード確認, 交差点
10	道を渡り右端を38m	ノード確認, 交差点
11	道を渡り右端を40m	ノード確認, 交差点
12	右端を42m まっすぐ	ノード確認, 交差点
13	道を渡り右端を55m	ノード確認, 交差点
14	道を渡り右端を60m	ノード確認, 交差点, 右に電柱
15	5m 道を渡ります	ノード確認, 鉄柱
16	左端を24m	ノード確認, 看板
目的地	目的地に到着しました.	

験を行い、その意見を取り入れながらより効果的な誘導法を確立し、システムの実用化を計る予定である。

謝辞

実験に御協力いただいた愛知県盲人福祉連合会の小林事務局長、及び視覚障害者の橋本さん、彦坂さん、岡崎盲学校の寺西先生、前田先生、水谷先生、同学生の林さん、本研究室の谷口君、誘導法に有用なコメントを頂いた名古屋聖霊病院の歩行訓練士坂部さんに感謝致します。

参考文献

- [1] 篠原, 森川: “障害者のためのインターフェイス - 視覚障害者を中心として-”, 情報処理, 34, 9, pp. 1187-1194 (1993).
- [2] “ある失明青年の就職”, 中日新聞 (1994. 8.26 朝刊).
- [3] “視覚障害者どこでも自分で, 歩行訓練士が後押し”, 朝日新聞 (1994. 2.15 朝刊).
- [4] J.M.Bengamin: “The new c-5 laser cane for the blind”, Carnahan Conference on the electronic prosthetics, pp. 77-82 (1973).
- [5] 佐々木: “超音波を利用した盲人用歩行補助器”, 音響学会誌, 43, 5, pp. 344-348 (1987).

- [6] “視覚障害者誘導システム, スウェーデンから受注, 特殊な杖でセンサー感知”, 日経産業新聞 (1995. 7.12 朝刊).
- [7] “視覚障害者を FM 電波で道案内”, 朝日新聞 (1994. 2. 2 朝刊).
- [8] 河合, 岩元, 鳥居: “万歩計と方位磁石による人間用ナビゲーションシステム”, 信学論 A, **J71-A**, 11, pp. 2054-2062 (1992).
- [9] 牧野, 尾形, 石井: “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**, pp. 41-46 (1992).
- [10] “衛星使って道案内, 視覚障害者に希望”, 読売新聞 (1994. 1.26 朝刊).
- [11] 阿部, 田所: “オンライン処理による人間用ナビゲーションシステム”, 信学論 A, **J76-A**, 5, pp. 743-751 (1993).
- [12] 中村, 田所: “万歩計と地磁気センサによるオンライン処理人間用ナビゲーションシステム”, 信学技報, **ET92-114**, pp. 113-120 (1993).
- [13] 青野, 田所: “案内杖による視覚障害者ナビゲーションシステム”, 信学技報, **ET94-88**, pp. 17-24 (1994).
- [14] 田内, 大倉: “視覚障害者支援技術の現状と問題点: 単独歩行について”, 計測と制御, **34**, 2, pp. 140-146 (1995).
- [15] 山本, 岡田: “視覚障害者の白杖歩行を援助する 2 種類の情報”, 第 20 回感覚代行シンポジウム, pp. 83-87 (1994).
- [16] 大市, 田所: “視覚障害者用歩行支援システムの性能と誘導法の検討”, 信学技報, **ET95-90**, pp. 49-56 (1995).