

視覚障害者のための誘導システムの開発

- 視覚障害者用音響信号のスピーカの誘導機能の確認試験 -

Development of the guidance system for the visually impaired

- Examination of Navigation Function of Speak of Audible Traffic Signals -

松野博文 北山一郎 宇根正美
MATSUNO Hirofumi, KITAYAMA Ichiro, UNE Masami

キーワード :

視覚障害者、誘導、狭指向性スピーカ、横断歩道、音響式信号

Keywords :

Visually impaired, Guidance, Directional speaker, Crosswalk, Audible traffic signals

Abstract :

Our goal is to develop a system that supports visually impaired people for 2 years. Last year, we tried to develop a audible guidance system on the platform. This system keep visually impaired people away from dangerous area in platform by using directional speaker. But we found it difficult that we complete this system. So there is no narrow directional speaker to fill our requirement.

For that reason, we focused on crosswalk where is another dangerous for visually impaired people. we have examined function of speaker of audible traffic signal.

1 はじめに

昨年度は、狭指向性スピーカを使用したホーム転落防止システム¹⁾の検討を行った。このシステムは駅プラットフォームにおける危険領域(ホーム端、階段)などの特定範囲に「音の壁(シャワー)」をつくり、その範囲内が危険であることを音響(音声)案内で知らせるものである。昨年度より狭指向特性のスピーカの調査・試聴を行ったが、本システムに適

用可能な特定範囲に「音の壁」をつくるだけの狭指向特性を持った市販スピーカが無く、また音響機器メーカーでも製作できないことが判明した。

そこで、本年度は駅のプラットフォーム同様に視覚障害者が危険と感じる場所である横断歩道を対象として誘導システムを検討することとした。

横断歩道を安全に渡るための設備として、視覚障害者用音響式信号が設置されている。この信号は視覚障害者に音響により横断可能状態を知らせる機能と、視覚障害者を道路の対岸に誘導する機能がある。この2つの機能のうち、道路の対岸に誘導する機能は十分には活用されていない。これはスピーカの設置位置が各横断歩道によって異なり、スピーカ設置方向に歩行すると横断歩道の外に到着する可能性があるからである²⁾。しかし、視覚障害者が道路の横断途中で進行方向が分からなくなった場合には、音響で進行方向を再度把握する必要がある。

また、PICS(歩行者等支援情報システム:視覚障害者に信号の状態や方向などを知らせるシステム)もある。このPICSは、京都市³⁾では2002年12月に実証実験が行われた。また、横浜市⁴⁾では、2003年1月より2交差点で運用が開始された。

PICSの導入が始まりつつあるが、全国には約10,600基²⁾(2001年3月末現在)の視覚障害者用音響信号が既に設置されており、これらの視覚障害者用音響信号を有効に活用する必要がある。また、異音鳴き交わし方式により誘導機能の向上を図る方法が提案・実証試験などが行われているが、この機能を有効活用するためには、視覚障害者用音響信号用スピーカが誘導に適した位置・姿勢で設置されていることが重要である。

本研究では視覚障害者用音響式信号用スピーカの誘導機能を確認するために、スピーカの取り付け姿勢、音量等が歩行にどのような影響を与えるか実験にて確認した。

2 視覚障害者の道路横断

2.1 視覚障害者が道路を横断する方法

視覚障害者が道路を横断する方法⁵⁾を以下に示す。横断位置に到着。

縁石などを基準にとり、横断方向に真直ぐに体を向ける。

信号が青になると横断を開始する。横断歩道の横断位置に到着した時点で、信号が既に青の場合には、次に信号が青に変わるまで待つこともある。音響式信号が無い場合には、他の歩行者の動向、自動車の騒音などを頼りに、信号状態を把握する。

道路を横断し、対岸に到達する。

視覚障害者が道路を横断する渡る際に重要なことは、横断方向に体を真直ぐに向けることである。また、歩行においては、触覚情報が主で、聴覚情報は従として利用している。これは、聴覚情報は触覚情報に比べると風等の影響を受け、不安定なためである。

2.2 道路横断時の問題点

視覚障害者が道路を横断する場合の問題点として下記などがある。

道路の中間地点などで、目標方向が分からなくなることがある。

道路を斜めに渡り、横断歩道からはみ出す危険がある。

縁石などが道路に対して平行となっていないために、横断方向を決定することが困難な場所がある。

夜間、近隣への騒音のために視覚障害者用音響式信号を停止している。

上記の問題を解決するための方策として、異種鳴き交わし方式音響信号⁶⁾の導入(前述の、項の改善) 視覚障害者用横断帯⁷⁾の設置(前述の、項の改善)などがある。また、前述の項を解決するものとしてPICS等がある。

3 歩行実験

視覚障害者用音響信号用スピーカの誘導機能の確

認、また歩行に関する基礎データを収集するために実験を行った。

3.1 実験の概要

当研究所の多目的実験室において、視覚障害者用音響式信号のスピーカを設置して行った。室内では壁などにより反射音が発生するので、反射音の影響が少なくなるように信号音の音圧を設定し、スピーカの誘導機能の確認試験を行った。実験場所の状況を図1-1に、スピーカの設置状況を図1-2に、図1-3にスピーカの拡大写真を示す。また、実験で使用した機器を表1に示す。なお、図1-2ではスピーカが2個取り付けられているが、実験で使用したのは1個のみである。

表1 実験用機器

Table1 Experiment equipment

機器	機種など
スピーカ	小糸工業社製視覚障害者用スピーカ 仕様書番号 警交仕規 第21号
CD プレーヤ/ アンプ	日本マランツ社製 EC1000 (信号音再生用)
騒音計	小野測器社製 LA-1250



図1-1 実験環境
Fig.1-1 Laboratory

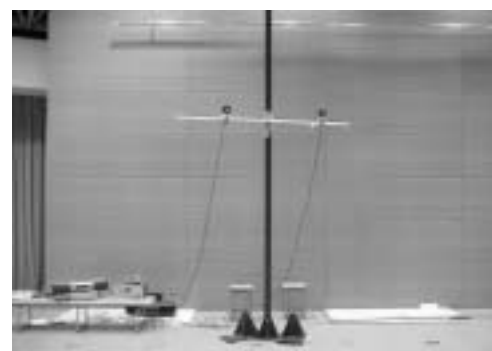


図1-2 スピーカ設置状況
Fig.1-2 Setting of speaker



図 1-3 スピーカ拡大図
Fig.1-3 Enlargement of speaker

実施した歩行実験を以下に示す。また、実験条件を表 2 に示す。

- 歩行の直進性の確認
- スピーカの取り付け角度と歩行への影響
- スピーカの音量と歩行への影響
- スピーカ種別（指向性）と歩行への影響

表 2 実験条件
Table2 Experiment condition

項目	条件等
実験場所	屋内(周囲の騒音の影響をできるだけ少なくするため。)
スピーカの個数	進行方向に 1 個のみ設置。
スピーカの設置位置	床面より 2.5m の高さに設置。
スピーカの姿勢	各実験にて俯角は変更。
音響	「カッコウ音」 (鳥の鳴き声の擬音)
音圧	各実験にて変更。
被験者	全員晴眼者、聴力は特に問題無し。 40 歳代 * 3 名、30 歳代 * 1 名

3.2 歩行の直進性確認

目が見えない状態でどの程度真直ぐに歩けるかを確認する目的で行った。実験は、被験者にアイマスクを着けた状態で、6m (2 車線相当), 12m (4 車線相当), 19m (6 車線相当) の各距離を 5 回歩行するものである。歩行前に目標方向に体を真っ直ぐに向けて、その後アイマスクを着けて歩行を行った。歩行の直進性の評価は到着時の目標位置よりの変位量の絶対値で行った。その結果を図 2 に示す。なお、各地点の変位量は被験者の右足の外側で計測した。体の中心で見ると、変位量はもう少し小さな値となる。

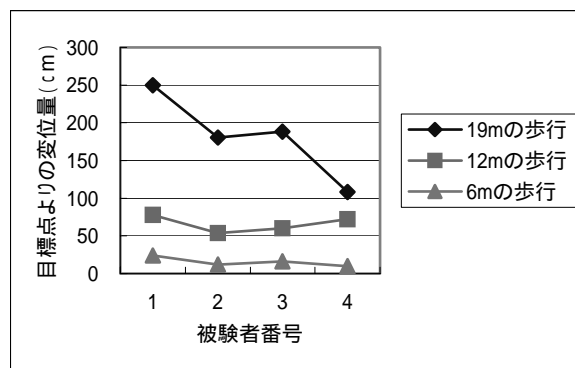


図 2 被験者毎の変位量
Fig.2 Deviation distance of each examinee

表 3 歩行距離毎の平均変位量
Table3 Average deviation distance of each walking distance

歩行距離	平均変位量
6m	0.16m
12m	0.66m
19m	1.81m

図 2 より、歩行距離が短ければ、変位量が少ないことが分かる。また、変位量は個人間の差が大きいことも分かる。表 3 より 6m、12m の歩行距離では変位量が 1m 以内である。このことは、幅 4m の標準的な横断歩道において、歩行者が横断歩道の中央に立ち、かつ縁石などで進行方向を正確に決定できれば、12m までの距離であれば横断歩道内を歩行して対岸に到達できる可能性を示している。

3.3 スピーカの取り付け角度と歩行への影響

スピーカの取り付け角度がどの程度歩行に影響を与えるかを確認する目的で行った。スピーカの取り付け角度とその中心線の指し示す位置を図 3 に示す。スピーカの取り付け角度毎の A、B、C の各地点のスピーカからの距離(計算値)を表 4 に示す。

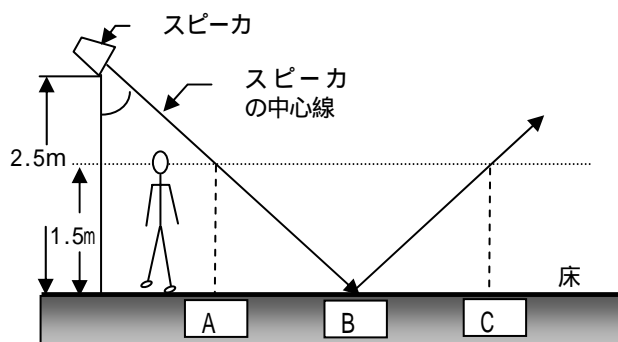


図 3 スピーカの中心線とその方向
Fig.3 Center line of speaker and the direction

表4 スピーカの取付角度と各地点までの距離
Table4 Distance between speaker and each point

	A地点(m)	B地点(m)	C地点(m)
50度	1.2	3.0	4.8
60度	1.7	4.3	6.9
70度	2.7	6.9	11.0
80度	5.7	14.2	22.7
85度	11.4	28.6	45.7

A地点：床からの高さが1.5mの地点を、スピーカの中心線が通過する地点。高さ1.5m地点は大人の耳の位置を想定。

B地点：スピーカの中心線が床と交わる地点。

C地点：B地点において床で反射した中心線が、床より1.5mの高さに到達する距離。

スピーカ正面の音圧をスピーカの取り付け角度毎に測定した結果を図4-1、図4-2に示す。音圧の測定は床より約1.5mの高さの地点で、周波数補正特性はA、動特性はFASTとし、10秒間の最大値を測定する方法とした。測定時の暗騒音は38.6dBであった。

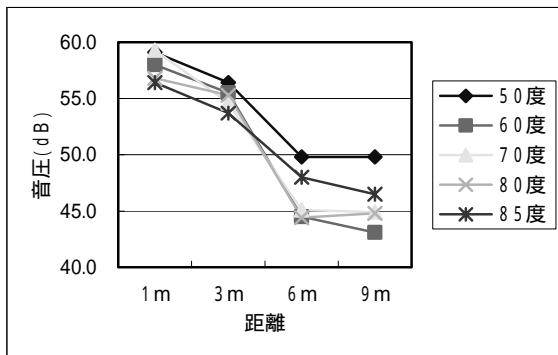


図4-1 音圧 (1m - 9m地点)
Fig.4-1 Sound pressure (1m - 9m)

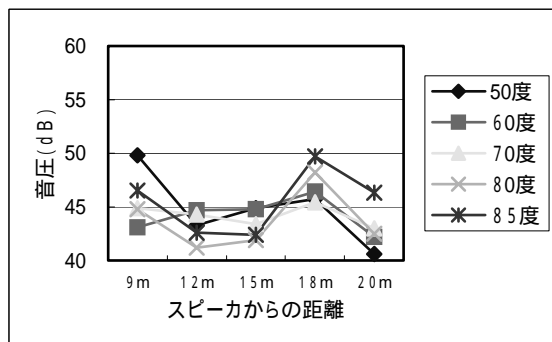


図4-2 音圧 (9m - 20m地点)
Fig.4-2 Sound pressure (9m - 20m)

図4-1よりスピーカから近距離の範囲では、取り付け角度が小さい場合ほど、音圧が大きくなっていることが分かる。図4-2より、12m近辺からは壁や床からの反射音等の影響により、音圧が距離に2乗に反比例して減衰していないと考えられる。また、18m近辺でも同様の理由によると思われる音圧の上昇が見られる。

実験は、スピーカ正面から20m離れた地点からスピーカの設置位置に向かって歩行するものである。被験者には自分の体の向きが分からないようにアイマスクを着けてスタート地点に案内し、被験者の向きをスピーカに対して0度、±45度の3種類で行った。なお、歩行の終点はポールとの衝突を避けるためスピーカ設置位置の1m手前とした。各歩行において、20m地点から5m毎にスピーカ正面よりの変位量を計測した。変位量は被験者の右足の外側の位置を計測した。図5に変位量の基準値とその方向を示す。

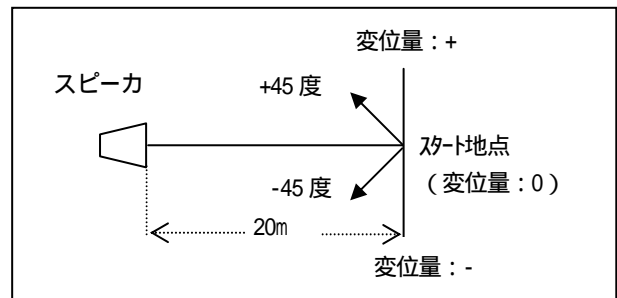


図5 変位量の基準とその方向
Fig.5 Origin position of deviation and the direction

スピーカの取り付け角度は、表4よりスピーカから出た直接音が比較的遠くまで到達する85度とスピーカ近辺で直接音が床に到達する50度とした。図6-1、6-2に12回(3回/人*4人)の歩行結果を示す。

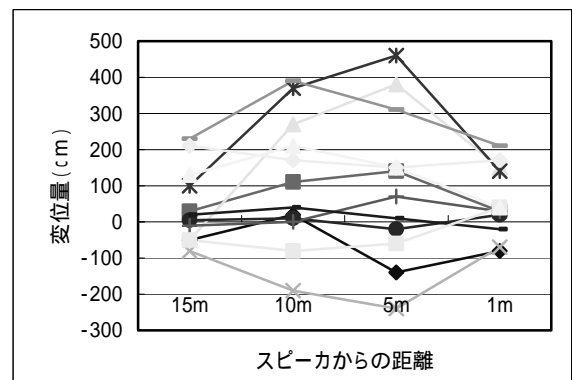


図6-1 スピーカ取り付け角度50度の場合
Fig.6-1 Walking trace at 50 degree of speaker setting angle

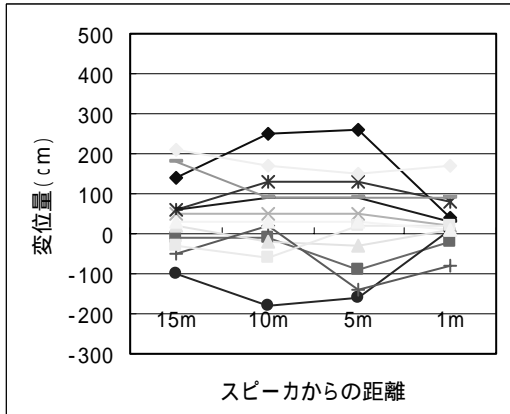


図6-2 スピーカ取り付け角度85度の場合
Fig.6-2 Walking trace at 85 degree of speaker setting angle

図6-1よりスピーカの取り付け角度が50度の場合は、5m近辺よりスピーカの設置方向に向かって歩いていることが分かる。図6-2よりスピーカの取り付け角度が85度の場合では、10m近辺よりスピーカの設置方向に向かって歩いているケースが多いことが分かる。これは、85度の取り付け角度の場合が、直接音がより遠くまで聞こえるためであると推測される。このことより、道路の横断距離に適したスピーカの取り付け角度があると考えられる。

3.4 スピーカの音量と歩行への影響

スピーカの音量が歩行にどの程度影響を与えるかを確認するための実験を行った。実験は、スピーカから10m離れた地点で、スピーカの正面に被験者が立ち、スピーカの設置方向に歩行するものである。被験者には自分の体の向きが分からないようにアイマスクを着けてスタート地点に案内し、被験者の向きをスピーカに対して0度、±45度の3種類で行った。なお、歩行の終点はポールとの衝突を避けるためスピーカ設置位置の1m手前とした。

音量は図7に示す2種類で行った。スピーカの取り付け角度はスピーカからの直接音が聞こえやすい85度とした。音圧の測定は3.3項と同じ方法で行った。測定時の暗騒音は37.4dBであった。壁などからの反射音等の影響により、音圧が距離に2乗に反比例して減衰していないと考えられる。

目標方向への収束性を確認するために、音量の歩行への影響評価は1m毎にスピーカ正面からの変位量を計測し、9m地点から1m地点までの絶対値を合計した蛇行量で行った。なお、変位量は被験者の右足の外側の位置を計測した。4名の被験者の各向きにおける結果を図8-1、図8-2、図8-3に示す。

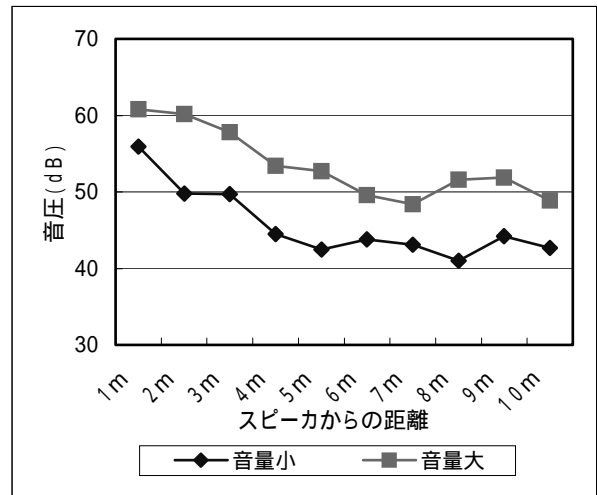


図7 実験で使した音量
Fig.7 Volume level at experiment

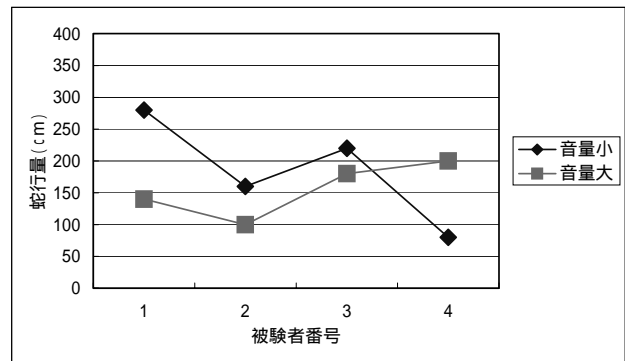


図8-1 -45度の場合の蛇行量
Fig.8-1 Total meandering length of walking at -45 degree of speaker setting angle

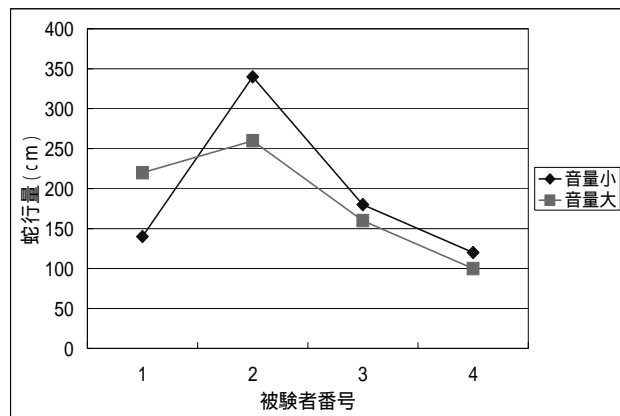


図8-2 0度の場合の蛇行量
Fig.8-2 Total meandering length of walking at 0 degree of speaker setting angle

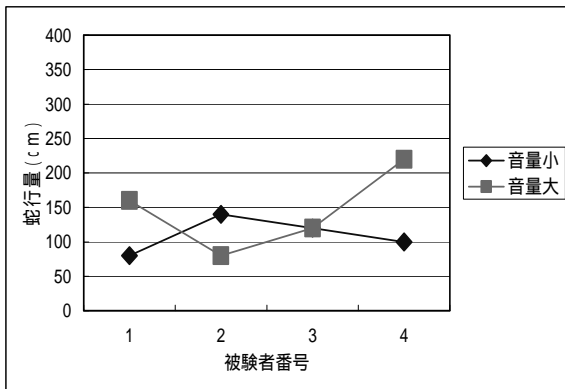


図 8 - 3 45 度の場合の蛇行量
Fig.8-3 Total meandering length of walking at 45 degree of speaker setting angle

次に、被験者間での蛇行量の差が比較的大きいケースである音量「小」、被験者の体の向きがスピーカに対して-45度の場合の歩行軌跡を図9に示す。

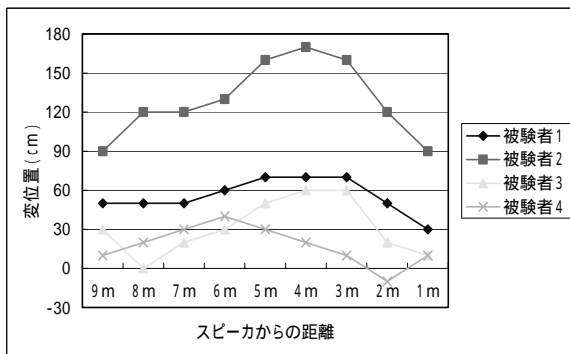


図 9 歩行軌跡
Fig.9 Walking trace

実験結果より、音量に差と蛇行量との間に明確な関係は見られなかった。これは、音量が「小」の場合でも、暗騒音に比べると十分に識別可能なレベルであったためであると考えられる。暗騒音から明確に識別可能なレベルであれば、スピーカ設置方向に向かって歩行可能であると言える。なお、被験者からは、音量が大きい方が安心との声があった。

図9の歩行軌跡より、歩行開始時はスピーカがあると思われる大まかな方向に歩き、スピーカの方が明確に分かったと思われる約3m地点からスピーカ設置方向に歩行の向きを微調整したと考えられる。

3.5 スピーカ機種を変更した場合の歩行への影響

本実験は、指向性スピーカ (FPS社製 PL-4) を使用した場合に、どの程度の蛇行が改善されるかを確認するために行った。図10に指向性スピーカの外觀を、表5に概略仕様を示す。



図 10 指向性スピーカ (PL - 4)
Fig10 Directional speaker (PL - 4)

表 5 PL - 4 仕様
Table5 Specification of PL-4

項目	仕様
サイズ	75 * 610mm 円筒形
重量	2.3kg
出力音圧レベル	88dB at 1m1W
指向特性	垂直 0 度 水平 110 度 (4kHz, -3dB)

スピーカの取り付け角度は85度とし、音圧はスピーカから水平距離1m、床からの高さ1.5mの地点での音圧がほぼ同じになるように設定した。前述の地点での音圧を測定した結果、指向性スピーカでは61.6dB、既存のスピーカでは60.7dBであった。音圧分布の測定結果を図11-1、11-2に示す。壁に近い場所(±3m付近)では、壁等からの反射音のために音圧が大きくなっている場所が見られる。

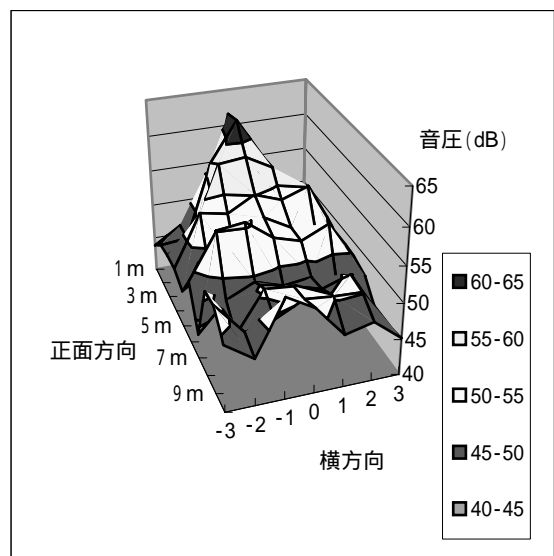


図 11 - 1 指向性スピーカ
Fig.11-1 Sound pressure in case of directional speaker

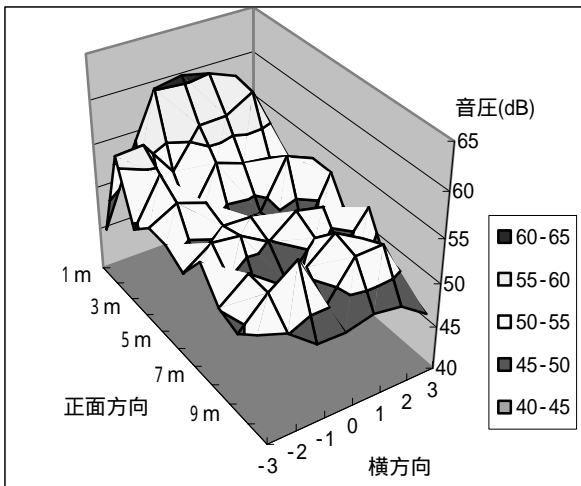


図 11 - 2 既存の音響式信号用スピーカ
Fig.11-2 Sound pressure in case of current speaker

実験は、スピーカから 10m 離れた地点でスピーカの正面に被験者が立ち、スピーカの設置方向に歩行するものである。被験者には自分の体の向きが分からないようにアイマスクを着けてスタート地点に案内し、被験者の向きをスピーカに対して 0 度、±45 度の 3 種類で行った。なお、歩行の終点はポールとの衝突を避けるためスピーカ設置位置の 1m 手前とした。

指向性スピーカを使用した場合と既存の音響式信号用スピーカを使用した場合の歩行結果を図 12 - 1、12 - 2、12 - 3 に示す。図中の蛇行量は、3.4 項と同じものである。平均すれば、既存スピーカよりも指向性スピーカの方が蛇行量が少ないので、指向性スピーカの方が誘導に適しているといえる。また、図 11 - 1 と図 11 - 2 を比較すると、スピーカ設置位置から 4m 近辺までは、指向性スピーカの方が既存のスピーカよりも音の広がりが少ないことが分かる。この近辺では、聴覚的にも音圧の減衰率が大きいことが感じられた。

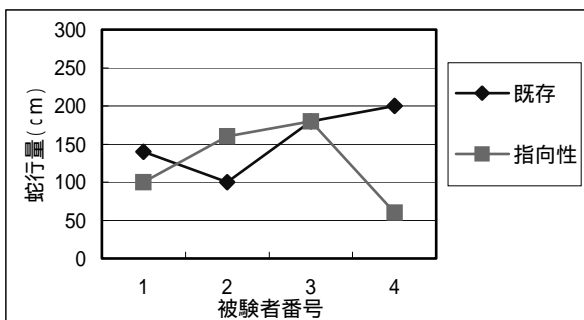


図 12 1 -45 度の場合の蛇行量
Fig.12-1 Total meandering length of walking at -45 degree of speaker setting angle

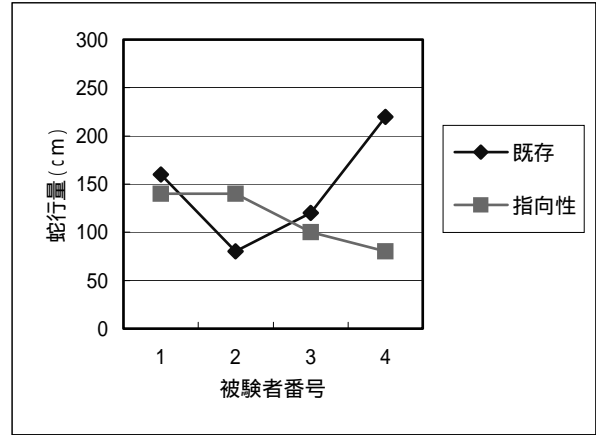


図 12 2 0 度の場合の蛇行量
Fig.12-2 Total meandering length of walking at 0 degree of speaker setting angle

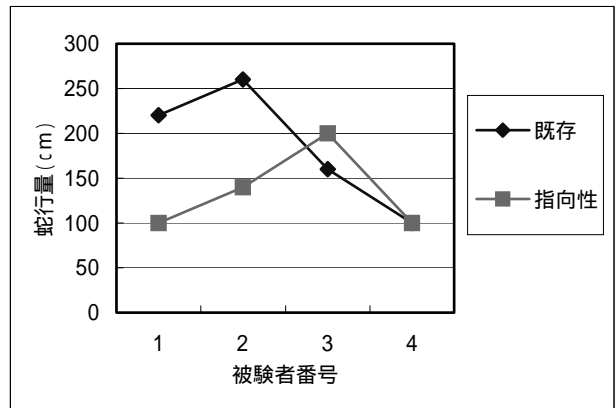


図 12 3 45 度の場合の蛇行量
Fig.12-3 Total meandering length of walking at 45 degree of speaker setting angle

4 考察

本研究では、視覚障害者用音響式信号のスピーカの姿勢・音量・スピーカ種別を変えて、歩行がどのように変化するかを実験した。

歩行の直進性試験

歩行距離が短ければ、目標よりの変位量が少ないことを確認した。また、被験者は 4 人であったが、変位量は個人間の差が大きいことも分かった。

スピーカ取り付け角度

スピーカ取り付け角度は、スピーカから出る直接音が歩行者に直接届くように設置するとスピーカの設置方向が分かりやすい。道路幅毎に適したスピーカの取り付け角度があると考えられる。

スピーカの音量

スピーカの音量については、信号音「カッコウ」

の音圧は最低の場所でも暗騒音より 5dB 大きい値で行った。この結果、本実験では誘導に支障は無かった。今回は、暗騒音が約 37dB と静かな環境で実施したので、暗騒音が 50~60dB の環境で今後確認する必要がある。

スピーカ種別（指向性）

今回の実験では、指向性スピーカが著しく誘導に適しているとの結果は得られなかった。これは、歩行開始地点とスピーカとの距離が 10m と短いこと、また室内で実験を行ったために壁等からの反射音の影響があり、指向性スピーカの特性が十分に活かせない環境であったためである。今後、指向性スピーカが誘導に活かせる条件を確認する必要がある。

おわりに

本研究では、視覚障害者用音響式信号のスピーカの姿勢・音量、指向特性を変えた場合に、歩行がどのように影響するかを実験した。今回はスピーカ単体の誘導機能の確認試験を行うために、横断歩道の片側にスピーカを設置している環境を想定して実験を実施した。

今後は実際の横断歩道と同様に両端にスピーカを設置し、スピーカの取り付け高さも含めて各種設置条件を変更した場合に、歩行にどのような影響を与えるかを確認したい。この結果をもとに、スピーカの誘導機能を有効利用できる設置位置・姿勢・音量等の許容範囲を明確にしたい。

（狭指向特性スピーカについての補足）

スポット的に音を伝達する「パラメトリックスピーカ」⁸⁾（超音波を搬送波として可聴域の音を搬送する方式）を三菱電機エンジニアリング（株）が開発している。このパラメトリックスピーカでは、「音の壁」の幅を実現するための指向性は十分であるが、全ホームの端に「音の壁」を実現するためには多数のスピーカを配置する必要があり当初計画した「音の壁」を実現するのは困難である。しかし、今後も狭指向特性を有するパラメトリックスピーカの動向に注目したい。

参考文献

- 1) 神薮寿、宇根正美、上月秀徳：視覚障害者のための誘導システムの開発 駅プラットホーム用転落防止システムの開発（第一報）, 福祉のまちづくり工学研究所研究報告集, 2001
- 2) 末田統：「音響信号機におけるスピーカの最適位置と音響の在り方に関する調査研究報告書」, 社団法人

- 新交通管理システム協会 受託研究報告書、2002
- 3) 「京都 歩行者等支援システム実証試験 改良加え最終評価」, 点字毎日活字版、2002年12月5日
 - 4) 「歩行者等支援情報通信システム（PICS）が運用開始されました。」, 神奈川県警察 交通管制ニュース 第8号、<http://www.police.pref.kanagawa.jp/mes/mesf3news008.htm>
 - 5) 福祉ウオッチングの会：「視覚障害者から見た横断歩道の安全 国分寺市危険困難度調査レポート」2001
 - 6) 高見涼太郎、鈴木伸一、中村孝文、甲斐琢磨、田内雅規：「視覚障害者の歩行からみた鳴き交わし式音響信号機の評価」, 第10回視覚障りハビリテーション研究発表大会論文集、pp.1-4, 2001
 - 7) 大倉元宏、石川充英、酒井智子、村上琢磨、田内雅規、北野正夫：「視覚障害者用横断帯に関する研究（1）歩行訓練士を被験者とした歩行実験」, 第25回感覚代行シンポジウム発表論文集、pp.71-76, 1999
 - 8) 三菱電機エンジニアリング株式会社、「特定エリアに音声案内を提供する超指向性音響システムを開発」, <http://mee.co.jp/kaisyaan/press/prs020723.htm>, 2002
 - 9) ジョン・アングル著：「ハンドブック・オブ・サウンド・システム・デザイン」, ステレオサウンド社、2001