
視覚や聴覚の障害に応じた情報の提示方式に関する研究

Study on Information Presentation Methods Individualized According to Visually or Hearing Impaired

大森清博 北山一郎 杉本義己

OMORI Kiyohiro, KITAYAMA Ichiro, SUGIMOTO Yoshimi

キーワード：

パラメトリックスピーカ、音響式信号機、振動、家電製品の状態把握

Keywords:

Parametric Speaker, Audible Traffic Signal, Vibration, Status Detection of Home Electric Appliance

Abstract:

In this study, we focus attention on audio navigations for visually impaired persons and information presentation methods using vibration for deaf-blind persons.

Firstly, we apply the parametric speakers to audible traffic signals of which each couple of the speakers sounds back-and-forth alternately. Parametric speaker has much sharper directivity than conventional dynamic speakers. An experiment comparing parametric speakers with conventional ones shows that parametric speakers reduces the noise around the pedestrian crossing with the same level of navigation accuracy as conventional ones. Furthermore, it is confirmed that additional speaker with down-pointing enables walkers to detect the direction of sound source.

Secondary, we have an evaluation experiment of “Vibration Indicator” which is under development in our earlier study. In this experiment, four totally blind persons use an electric pot with the vibration indicator which vibrates during boiling for a week. As a result, the vibration is not needed as a signal of boiling because every subject knows the boiling by hearing, however, vibration itself is highly valued by them. Additionally, they remark that they want to apply the

vibration indicator to illumination lamps, battery chargers, or washing machines.

1 はじめに

平成17年に策定されたひょうごユニバーサル社会づくり総合指針において、「だれもが、多様な方法で、理解しやすい情報を手に入れ、交換できる社会」の実現が、基本目標（ひと・もの・情報・まち・参加）のひとつとして定められている。当研究所においても、これまで聴覚障害者の緊急連絡システムの研究開発¹⁾などを進めている。

生活の中で人に情報を伝える方法には、視覚情報（文字やピクトサインなど）、聴覚情報（警告音や音声案内など）、触覚情報（点字や振動など）があり、伝えたい内容やその人の置かれた状況に応じて、一種類あるいは複数の情報を組み合わせて用いられている。本研究では、視覚や聴覚の障害に応じた情報の提示方式として、特に視覚障害者のための音声誘導や、視覚及び聴覚に障害を有する人（盲ろう者）のための振動による情報伝達に注目して研究開発を進める。本年度は、音響式信号機に指向性スピーカを用いた場合の視覚障害者の誘導に対する有効性の検証にかかる実験と、昨年度まで開発を進めてきた振動式状態提示器の試用評価実験を行ったので、報告する。

2 音響式信号機における指向性スピーカの有効性検証

2.1 概要

視覚障害者は交通量の多い横断歩道を渡るのに非常に苦労している。このため、日本国内では音響式信号機の整備が進んでいる。これにより、視覚障害者は横断歩道を渡り始めるタイミングと対岸の方向

を音により確認することができる。さらに、平成15年以降は全国的に異種鳴き交わし方式（「ピヨ」および「ピヨピヨ」または「カッコー」および「カカッコー」の音響を約1.5秒間隔で交互に出力する方式）へと統一が進められている²⁾。しかし、実際の運用では周辺に住む人たちに配慮して夜間の音響が止められることがある。また、スピーカの設置位置や設置角度が必ずしも指針通りに設置されていない場合もあり、現状では視覚障害者の不自由さが完全に解消されているとは言えない。

本研究では、既存のスピーカに替えて非常に指向性の鋭いパラメトリックスピーカを用いた誘導システムの有効性を検証する。パラメトリックスピーカは、オーディオ信号で振幅変調（AM）した40 [kHz]近辺の超音波が空気中で自己復調されて狭いオーディオビームが発生する現象を利用したスピーカである³⁾。これを用いることにより、横断歩道帯の周辺への騒音を低減しながら、歩行者を効果的に対岸まで誘導できると考えられる。ここでは、歩行時の誘導性能評価実験（実験1）および静止時の音源方向推定実験（実験2）により、パラメトリックスピーカの有効性を検証する。

2.2 実験環境

実験は総合リハビリテーションセンター自動車運転習熟訓練施設（屋外）で行った（図1）。テストコースは幅5 [m]、長さ18 [m]の直線コースとし、スタートおよびゴール地点にゲート（図2）を設け、高さ3.3 [m]にスピーカをコース中央に向けて設置した。また、テストコース横にある建物（図1 右手奥にある建物）までの距離は約20 [m]、スタートおよびゴール地点の後ろにある建物までの距離はそれぞれ約50 [m]である。

図3に設置したスピーカを示す。右側の円盤状のものがパラメトリックスピーカ（三菱電機エンジニアリング(株)製、以下SP1と表記）、それ以外は既存スピーカ（アシダ音響社製RUH-5、以下SP2と表記）である。なお、下向きに取り付けたスピーカは補助スピーカ（後述）である。

音源として一方から「カッコー」を鳴動させたときのSP1およびSP2の音圧分布（騒音計を高さ1.5 [m]にして計測）を図4に示す。SP1を下側、SP2を上側に示し、それぞれの図中の座標（-1, 0）、高さ3.3 [m]にスピーカを設置しており、テストコースとその周辺の音圧分布を計測している。

各スピーカの音圧は、スタート地点（18,0）で音圧が同程度になるように調整した。なお、暗騒音は

約50 [dB]である。図4より、パラメトリックスピーカはテストコースの外側、特にスピーカの後ろ側で音圧を大きく低減できることが確認された。



図1 テストコース
Fig. 1 Test course



図2 スピーカを設置したゲート
Fig. 2 Gate with speakers



図3 パラメトリックスピーカ
Fig. 3 Parametric speaker

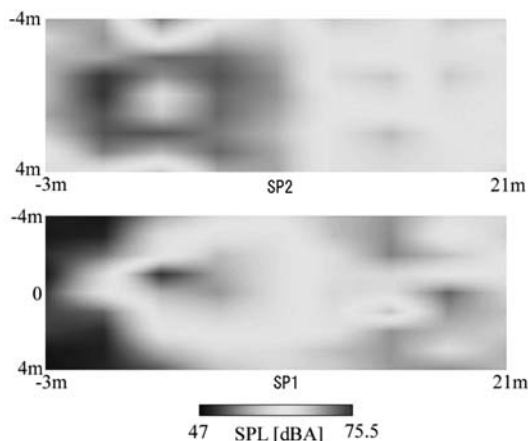


図4 各スピーカの音圧分布

Fig. 4 Sound pressure distributions of each speaker

2.3 被験者の属性

実験1および実験2に参加した被験者は同一で、全盲者1名、弱視者3名、および晴眼者19名(計23名)である。視覚障害者のうち歩行訓練経験者は3名であった。なお、視覚の影響を排除するため弱視者および晴眼者はアイマスクを着用した。また、いずれの被験者も聴力および歩行に問題は無かった。被験者の年齢構成を表1に示す。

表1 被験者の年齢
Table 1 Age of subjects

年齢	人数	%
20代	3	13.0
30代	8	34.8
40代	4	17.4
50代	8	34.8
計	23	100

2.4 実験1：歩行時の誘導性能評価実験

2.4.1 実験方法

実験1は歩行者の対岸への誘導を模擬したものである。被験者はスタートライン上の中央、もしくは中央から左右いずれかに1[m]平行移動した地点でゴールラインに正対して立ち、「正面の音に向かって歩く」ように伝え、ゴール到達もしくはコースアウトで終了とする(コースアウトは失敗とみなす)。音源は「カッコー」および「カカッコー」を用いる。

実験手順は次のとおりである。

- (1) 音無しで2試行(中央スタート)
- (2) 1回練習(SP2、中央スタート)
- (3) 歩行実験：SP1、SP2をランダムに変更して実施。各スピーカについて、中央スタート2回、左に平行移動してスタート1回、右に平行移動してスタート1回、合計4回行う。

なお、スピーカの種類、スタート位置、終了時の位置について、被験者に教示しないこととした。

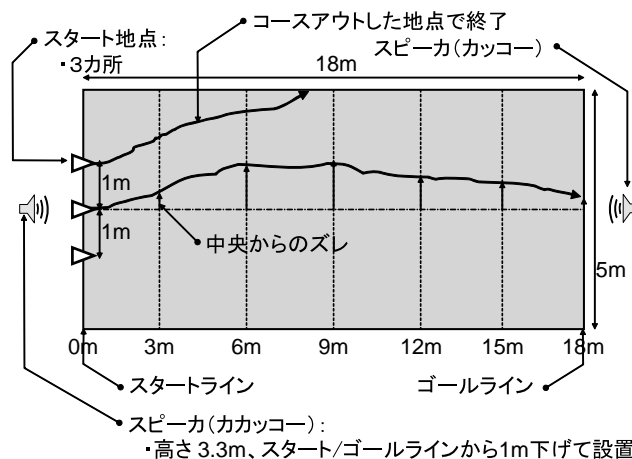


図5 誘導性能評価実験

Fig. 5 Evaluation test of navigation

2.4.2 実験結果

音無し、SP1、およびSP2の失敗回数を表2に示す。音無しに比べてSP1、SP2共に失敗回数を減らしており、SP1とSP2に有意差は無かった。

表2 失敗回数
Table 2 Number of failures

スピーカ	中央 start 失敗数/試行数	1[m]横 start 失敗数/試行数	計
SP1	2 / 46	2 / 46	4 / 92
SP2	3 / 46	5 / 46	8 / 92
音無し	25 / 46	—	25 / 46
計	30 / 138	7 / 92	37 / 138

さらに、1回も失敗しなかった被験者16名の歩行軌跡について、図5のように3[m]ごとにコース中央からの距離を計測した。中央からスタートしたときの距離を図6、1[m]横からスタートしたときの距離を図7に示す。ゴール地点(18[m])でSP1とSP2を比較すると、前者では有意差は無かったが、後者ではSP1の距離が有意に小さくなった。

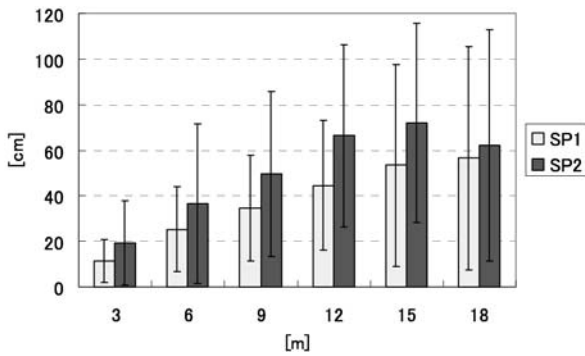


図6 コース中央から距離 (中央スタート)
Fig. 6 Distance from the center of the course (starting at center)

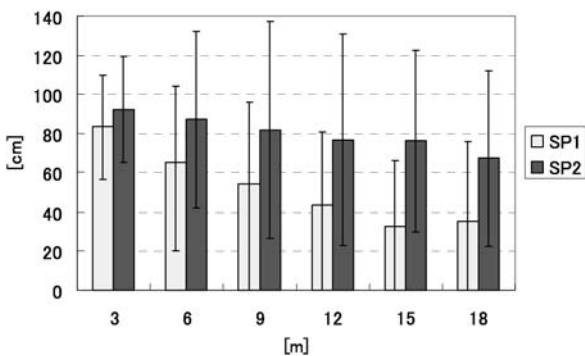


図7 コース中央からの距離 (1[m]横スタート)
Fig. 7 Distance from the center of the course (starting at 1 meter side of the center)

測する。パラメトリックスピーカのみ (SP3) と補助スピーカ付き (SP4) を比較する。

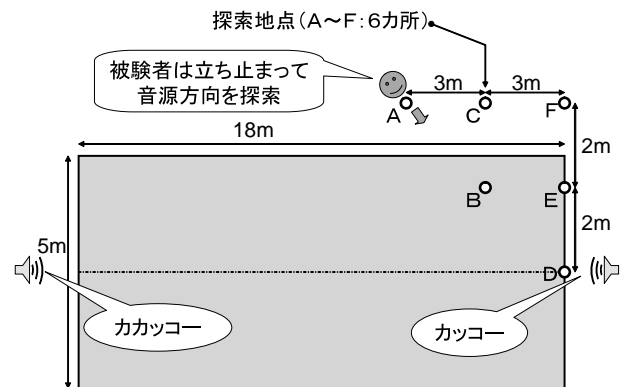


図8 音源方向推定評価実験
Fig. 8 Evaluation test of estimations of sound source direction

2.5.2 実験結果

各地点からスピーカのある方位と被験者の向いた方位の誤差の平均は、SP3のとき19°、SP4のとき11.4°となり、t検定による検定の結果、 $p < 0.01$ で有意差が認められた。次に、各試行において被験者に音源方向を「分からなかった」「自信がない」「分かった」の3段階で内観を評価した結果を図9に示す。内観においても $p < 0.01$ で有意差が認められた。

2.4.3 実験1の考察

パラメトリックスピーカが誘導性能を維持しながら周辺への騒音を低減できることを確かめた。同時鳴き方式による先行研究⁴⁾では、パラメトリックスピーカの誘導性能が既存のものより高い傾向が見られたが、異種鳴き交わり方式では対岸の音を聞き取りやすく誘導性能に差が出なかったと考えられる。

2.5 実験2：静止時の音源方向推定実験

2.5.1 実験方法

実験2は横断歩行中に立ち止まって対岸の方向を確認することを模擬したものである。パラメトリックスピーカは指向性が鋭いため、道路中央に向けて頭上に設置すると、直下が“音の死角”になる。そこで下向き補助スピーカを付加する(図3)。足元付近で聞き取れれば良いので、小さな音量(スピーカ直下、高さ1.5[m]で65[Hz]程度)にする。

被験者は図8の計測点A~Fに立ち、その場で音源方向に探索する。鳴動回数は5回とし、音源方向が分からなかった場合も最後に向いている方向を計

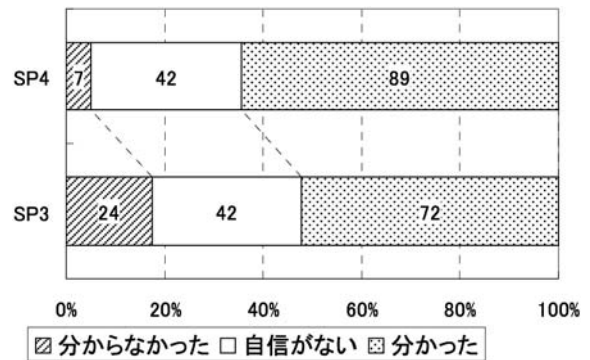


図9 音源方向の確信
Fig. 9 Certainty of sound source direction

2.5.3 実験2の考察

補助スピーカが音源方向推定に有効であることを確かめた。補助スピーカは対岸に音が届く必要が無いため、道路幅によらず有効であると考えられる。なお、補助スピーカの音量が大きくなるとパラメトリックスピーカの指向性による誘導効果が弱くなると考えられるため、今後は暗騒音レベルに応じた音圧設定を検討すべきである。

3 振動式状態提示器の試用評価実験

3.1 概要

当研究所では、これまで盲ろう者の身の周りにある家電製品の状態を振動により伝える装置として振動式状態提示器の開発を進めている⁵⁾。本装置は、操作したい機器の表示パネル部にあるLEDの点灯状態を光導電素子で検知し、点灯に合わせて振動して使用者に情報を伝えるものである。

本年度は、本装置を電気ポットに取り付け、一定期間の使用の後、使用感などの聞き取り、および他の機器への展開に関する意見を求める。

3.2 実験方法

実験では当研究所で用意した電気ポット2種類(同メーカー製)を使用し、湯沸かし中に点灯するLEDを検知する振動式状態提示器を取り付け、その使用感などを評価する(図10)。電気ポットを選択する理由は、被験者が日常的に使用しており、実験期間中の使用頻度を確保できるためである(なお、本実験の被験者を神戸視力障害センター入寮者に依頼したため、居室内で日常的に使用する家電製品は電気ポット、ラジオ程度と少ない状況であった)。

LEDの点灯ルールは電気ポットごとに異なり、電気ポットAのLEDは湯沸かし中に約1秒の周期で点滅を繰り返し、沸騰後は常に点灯する。一方、電気ポットBは湯沸かし中に点灯し、沸騰後は停止する。なお、振動式状態提示器の本体上面に“実行ボタン”を用意し、実行ボタンを押している間だけLEDを確認できるようになっている。



図10 実験用電気ポット
Fig.10 Electric pot for experiments

3.3 実験結果

3.3.1 被験者属性

神戸視力障害センターに入寮している全盲の視力障害者4名に被験者を依頼した。全員男性で平均年齢52.5歳、いずれも寮内での電気ポット使用経験がある。実験では2名は電気ポットAを、残り2名は電気ポットBを1週間使用し、実験期間中の使用頻度は、いずれも1日あたり数回程度であった。

3.3.2 振動式状態提示器の効果

振動式状態提示器の効果を検証するため、次の4項目について5段階(悪いが1、どちらとも言えないが3、良いが5)で内観評価を行った。

- 振動による電気ポットの状態の把握しやすさ
 - 振動の分かりやすさ
 - 振動式状態提示器の使いやすさ
 - 電気ポットの使いやすさの改善
- それぞれの評価結果を図11に示す。

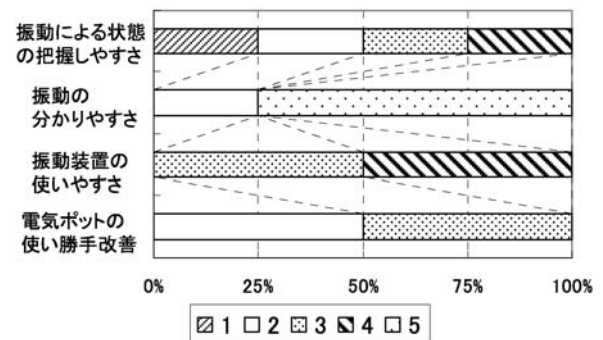


図11 振動式状態提示器の効果
Fig.11 Effects of the vibration indicator

さらに、各項目への評価に合わせて被験者に自由意見を求めたところ、いずれの被験者からも沸騰に関する情報は音でも確認できるので必要性が薄い(特に電気ポットBでは沸騰後に振動しないため、より必要としない)という意見が得られた。一方、振動そのものについては、3名が分かりやすいと回答したが、1名は断続的な振動と連続的な振動を区別できなかったと回答した。

3.3.3 振動による状態把握に対する感想

今回の実験を通して、振動による状態把握に対する感想として、振動式状態提示器への要望、および電気ポット以外の状態把握への要望をたずねた。前者について、次の意見が得られた。

- 振動そのものは良い
- よりコンパクトにしてほしい
- 取り付け位置が決まっていると不便
- 簡単に取り外しできる方がよい
- 電気ポットを洗うときに邪魔
- 一方、電気ポットの沸騰状態以外に把握したいものとして得られた意見は次のとおりである。
- 部屋の照明
- 電気ポットについては沸騰よりも「残量」を知りたい（水を注ぎ足すときにも有用）
- テレビやエアコンの細かい操作（現状では大雑把な操作しか扱えない）
- 洗濯機（点字表記でボタンの名前が分かっても押すとどうなるのか、さらに複数回押したときにどうなるのか、が分からない）
- 充電器（充電終了を確認したいが、現状では充電時間のみで管理している）
- 天気や気温、物の温度

3.4 考察

今回の実験では実験期間中に数多く利用してもらうため、被験者が毎日利用している家電製品として電気ポットを選択した。しかしながら、日常的に利用しているため、多少の不便は感じながらも使いこなせており、結果として、電気ポットの沸騰状態の把握に対する被験者のニーズが弱く、電気ポットの使いやすさの改善には十分な効果を得ることができなかった。また、同メーカー製の電気ポットであってもLEDの点灯ルールが異なっており、操作感に影響する（電気ポットBは湯沸かし中にしか情報を提示することができない）ことが分かった。振動式状態提示器を他の機器に取り付ける場合、同種の機器であっても動作確認を十分行う必要がある。

断続的な振動と連続的な振動を区別できなかった被験者の使用方法を確認したところ、夜間は室内の電灯を点けずに過ごしているとの回答を得た。実験後に振動式状態提示器の動作確認を行った結果、周辺環境が非常に暗いときに使用すると断続的な信号を分離できない場合があることが分かった。これは、振動式状態提示器のLED検知部の回路構成に依存するものと考えられるため、再検討の必要がある。

一方、振動による状態把握という手法に対しては一定の評価を得ることができた。今後は被験者の意見から得られたものも含めて電気ポット以外の機器への適用についても検討したい。

4 おわりに

本年度は、音響式信号機に指向性スピーカを用いた場合の有効性検証を行い、既存のスピーカに比べ周囲への騒音を低減しながら誘導性能を維持できることを確かめた。また、振動式状態提示器の試用評価実験を行った。

次年度は、振動式状態提示器の改良を進めると共に、振動による情報伝達の設計指針をまとめたい。また、LED照明を用いた誘導システムをベースに、可視光通信技術を活用して歩行者に情報を送信する実験を行う予定である。

謝辞

2章については、独立行政法人日本学術振興会平成17年度科学研究費補助金「安全な歩行誘導を実現する超指向性音響案内システムの開発」（研究代表者：電気通信大学鎌倉教授）の助成を得た。また、実験を行うにあたり、国立神戸視力障害センター入所者ならびに原田敦史先生に多大なご支援とご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 大森清博、杉本義己、北山一郎、他：「携帯電話を用いた聴覚・言語障害者用緊急連絡システム」、2004～2005年度版兵庫県立総合リハビリテーションセンター紀要、pp.13-19、2006
- 2) 警察庁：「視覚障害者用付加装置に関する世知・運用指針」、2003.10.22
- 3) 鎌倉友男、酒井新一：「パラメトリックスピーカの実用化」、日本音響学会誌、Vol.62、No.11、pp.791-797、2006
- 4) 酒井新一、青木健一、鎌倉友男、北山一郎：「スピーカの指向性が視覚障害者用の歩行に与える影響：パラメトリックスピーカの適用検討」、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.104、No.304、pp.1-6、2004
- 5) 大森清博、杉本義己、北山一郎：「視覚及び聴覚に障害を有する人（盲ろう者）のための生活支援機器、システムの開発研究」、平成16年度兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集、pp.73-80、2005