

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月8日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300214

研究課題名（和文）公共空間において場所及び方向を示す音案内の新しいデザイン方法

研究課題名（英文） New design method for auditory signal to present direction to a destination point in public space

研究代表者

佐藤 洋 (SATO HIROSHI)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：10260423

研究成果の概要（和文）：公共空間内での視覚障害者の円滑な移動をサポートするため場所及び方向を示す音響信号について、本研究では新たなデザイン方法の提案を行った。本研究により 1) 騒音や反射音の存在する音場において場所や方向を正確に伝えられること、および 2) 信号音が提示されている周囲に不快感を与えないこと、の2点を実現する方法を明らかにした。その際、高齢社会を鑑み、加齢による聴力損失に対する対応方法についても明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The result of this project revealed how to realize the role of acoustic guide signals, that is to lead visually impaired persons to their destination points, without discomfort to public with consideration to older listeners.

交付決定額

（金額単位：円）

|        | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2009年度 | 4,200,000  | 1,260,000 | 5,460,000  |
| 2010年度 | 5,400,000  | 1,620,000 | 7,020,000  |
| 2011年度 | 3,300,000  | 990,000   | 4,290,000  |
| 総計     | 12,900,000 | 3,870,000 | 16,770,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：音響案内、誘導鈴、視覚障害者、音環境、不快度、騒音、公共空間、デザイン

## 1. 研究開始当初の背景

我が国では公共空間における高齢者・身体障害者の安全かつ円滑な移動を確保することは、大きな課題となっており、2000年11月には「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律（交通バリアフリー法）」が施行された。

しかし、1) 視覚障害者が技術的知識に乏しく、音響情報のあり方について具体的な提案ができないでいる、2) 情報供給者が情報供給のための機器を設置することを目的とし、利用者が提供されている情報をどのように利用しているかなどのフォローが行われてい

ない、といった問題が指摘されていた。また、誘導鈴を用いていない視覚障害者がいない調査結果があった。ことが知られていた。

その一方で、視覚障害者は、音響式信号機が近隣からの苦情の対象となっていることや、誘導鈴が駅員等の苦情対象となっていることなど、自分たちのためにある音響信号について迷惑になっている点を敏感に感じていることも指摘されていた。

しかし、どのような音響信号を提示すれば視覚障害者の円滑な移動支援に役立つか、そして音響信号の存在による不快感を近隣に与えないか、についての知見はなかったため、

本研究を行った。

## 2. 研究の目的

本研究では2つの目的を設定した。一つは歩行者に方向を示すことができる音響信号の条件を提示すること、もう一つは、聴取者に不快感を与えないで音響信号の方向を提示するための方策、つまりうるさくない信号の具体像を示すことである。

さらに、高齢社会を鑑み、視覚障害者の高齢化も考慮する必要があるため、加齢による聴力損失を考慮して研究を推進する。

## 3. 研究の方法

本研究は主に(1)現状の誘導鈴についての現状調査、(2)方向定位のメカニズムおよび音環境の影響、(3)不快度の小さい音響信号の設計、の3つのサブテーマにより行われた。それぞれのサブテーマについて研究方法を以下に記す。

### (1) 現状の誘導鈴についての現状調査

まず鉄道駅において誘導鈴の現状調査について音響計測を実施することにより行った。音響計測は録音と測定者の主観的評価により行った。その際、録音から誘導鈴の聴取音圧レベルを推定するためのソフトウェアの開発を行った。次に実際に用いられている誘導鈴および誘導鈴を提示する機器を用いて体育館において歩行誘導実験を行った。その際、健常者および視覚障害者に参加してもらった。さらに超音波を搬送波に用いた超指向性スピーカを用いて同様の実験を行い、その可能性を検討した。

### (2) 方向定位のメカニズムおよび音環境の影響

方向定位のメカニズムを解明するための聴取者の頭部の動きについて視覚健常な若齢健常者に参加してもらい行った。

音環境の影響については、騒音の影響および反射音の影響について、視覚健常な若齢者および高齢者に参加してもらい、方向定位実験により

### (3) 不快度の小さい音響信号の設計

現在使用されている誘導鈴、不快度が少ないとされている倍音成分の少ない誘導鈴、倍音の多い誘導鈴、倍音の多い誘導鈴に振幅ゆらぎをくわえたものの4種類の誘導鈴を用いて、提示音量を変化させ方向定位実験およびうるささに関する主観評価実験を行い、方向定位性能とうるささに関する主観的評価を計測した。

## 4. 研究成果

### (1) 現状の誘導鈴についての現状調査

#### ① 鉄道駅において誘導鈴の現状調査

鉄道駅における誘導鈴の実地調査の結果、1)騒音レベルは58dBから65dBで周波数特性

はほぼ同じ、2)静かなところでは比較的方向がわかりやすい、3)非常に分かりにくいところは分かりにくいところよりもレベルが低い、4)SN比はFast最大値で5-8dB程度、5)わかりやすさにかかわらず周波数特性はほぼ同じ、などが明らかとなった。SN比とわかりやすさに明確な関係が見られなかったことから、反射音の影響により、方向がわかりにくくなっている可能性が示唆された。図1に方向のわかりやすさごとに平均した1/3オクターブバンドレベルを示す。

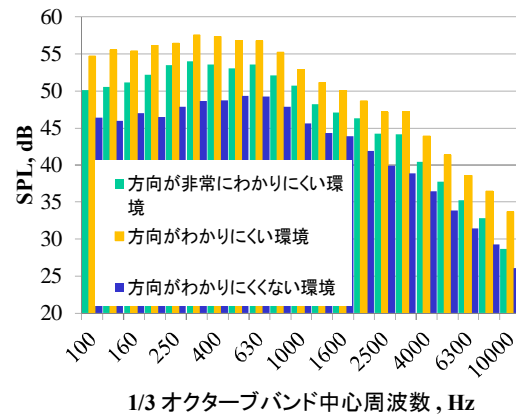


図1 誘導鈴の方向のわかりやすさごとに平均したな1/3オクターブバンドレベル

### ② 体育館における歩行誘導実験

歩行実験の結果、1)提示音圧レベルが高いほど成功率が上がる、2)誘導のためにスピーカ軸上1m地点で80dB必要、3)後ろ向き誘導はほぼ不可能、などが明らかになった。図2に誘導方向ごとの提示音圧レベルと誘導成功率の関係を示す。

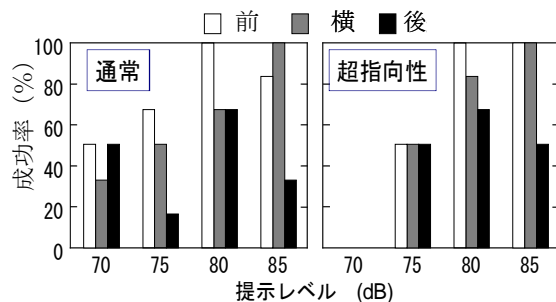


図2 誘導方向ごとの提示音圧レベルと誘導成功率の関係

また、スピーカの指向性については、提示レベルが低い場合の誘導可能性は超指向性では低く、通常の指向性では高い、誘導に要する時間は成功例では差はない、同じ誘導性能を得るための提示音圧レベルについては成功例では差がない、などが明らかになった。

超指向性スピーカの特性を活かすためには室内が高吸音性である必要がある。

(2) 方向定位のメカニズムおよび音環境の影響

① 頭部の動きと方向定位との関係

移動を想定して、方向定位における自発的な頭部運動について検討した結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 視覚情報がない場合は方向定位において自発的に頭部を動かす割合は30%程度である。
- 2) 頭部を動かすと定位精度がよくなる。
- 3) ただし、頭部の動かし方は、水平面上の回転角に注目すると、回転角が増減するように左右に動かし、ある角度に収束するように動かしているわけではない。

以上より、誘導鈴の最適化に際して、自発的な頭部運動による方向定位の向上を期待することはできず、前後判断の手がかりとなる高周波数成分を含ませる必要があるといえる。さらに、自発的に頭部を動かした割合が低いことより、現場で誘導鈴を使用する際には、頭部を動かして音の方向を判断することを推奨していく必要があるため、広報活動が必要である。

② 騒音が誘導鈴の方向定位に及ぼす影響

騒音によるマスキング効果が方向定位に及ぼす影響について若齢者および高齢者について、騒音と同じスペクトルを持つ50msの継続時間の信号を用いて明らかにした。

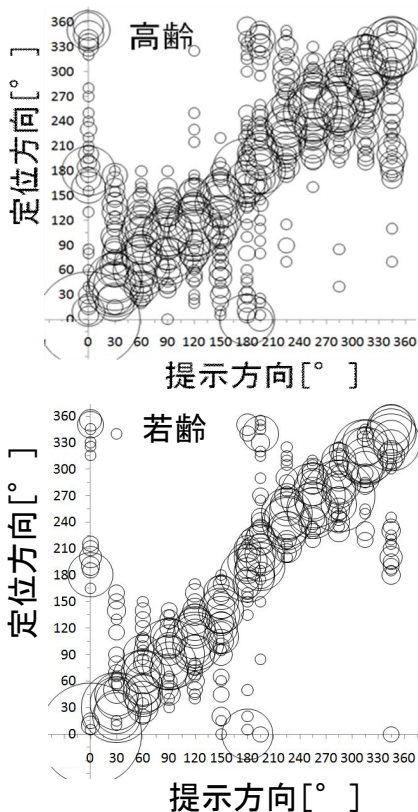


図3 高齢者と若齢者の音の提示方向と定位方向の関係(SN比-5 dB)

図3は高齢者と若齢者の音の提示方向と定位方向の関係をSN比-5 dBの条件で示したものである。対角線上に大きい○がプロットされているほど、提示方向と方向定位が一致していることを示す。対角線と垂直方向にばらついている箇所は前後誤判断を示す。高齢者の方が全体的にプロットがばらついている。

図3のデータを各SN比の条件でまとめて表示し考察する。図4は方向の判断誤差、図5は前後誤判断の割合を若齢者と高齢者とに分けて示している。

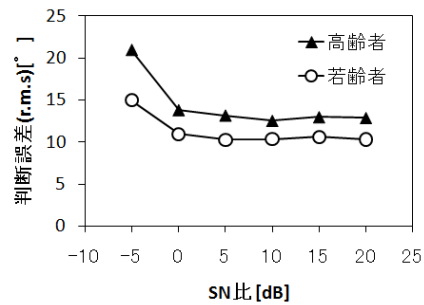


図4 SN比と判断誤差の関係

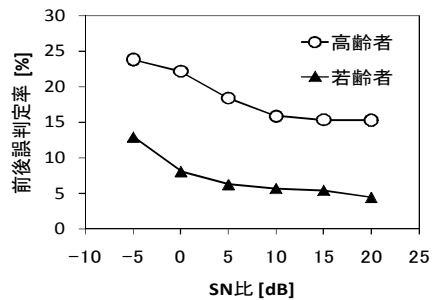


図5 SN比と前後誤判定の関係

結果として、以下が示された。

- 1) SN比によらず若齢者と比較すると高齢者の方が前後誤判定率が10%程度高い。
- 2) 高齢者と若齢者との判断誤差の差はピンクノイズの場合5%程度である。
- 3) SN比が5 dBから10 dB以上の条件では前後誤判定率及び判断誤差が小さくなるが、それ以上SN比が良くてもスコアは変化しない。

③ 反射音が誘導鈴の方向定位に及ぼす影響

単一反射音が方向定位に及ぼす影響について若齢者および高齢者について明らかにした。図6に反射音の直接音に対する相対音圧レベル条件ごとの遅れ時間と正確に誘導された割合の関係を示す。正確に誘導された割合とは、直接音の提示方向から±15°以内の範囲で回答された割合を指す。

まず高齢者と若齢者を比較する。反射音がない条件での平均値は若齢者が98%、高齢者が97%と両者の差はほとんどない。

次に直接音に対する反射音の相対音圧レベル（以下、反射音レベルと記す）に着目する。正確に誘導される割合は反射音レベルが3dBの場合に大きく低下する。-9dBの条件では遅れ時間によらずに90%程度正確に誘導され、反射音による誘導の妨害により7%程度正確さが損なわれる。しかし、-3dBの条件では正確に誘導される割合が70%程度まで低下する。相対レベルが-9dBから-3dBまでの範囲では反射音の遅れ時間の影響は見られない。

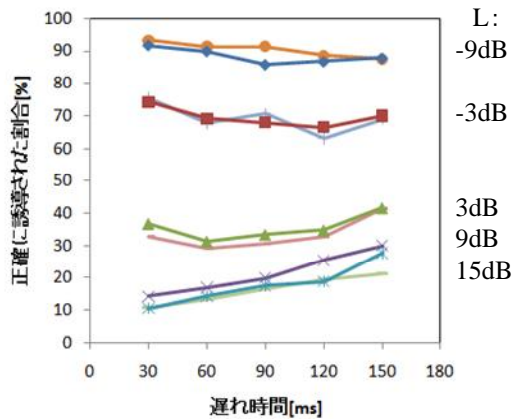


図6 反射音の遅れ時間、直接音に対するレベル差と正確に誘導された割合の関係。重なる線は同一レベル差条件における若齢者と高齢者のデータを示す。

以上より、反射音が伴った誘導鈴の方向を判断する際に加齢による聴力損失の影響はないことがわかった。また、誘導鈴が設置され、誘導鈴による方向誘導が必要な場所では反射音が直接音よりも3dBから9dB程度音圧レベルが低い必要があり、それは反射音の遅れ時間によらない、つまり壁面、音源および受聴位置の関係によらないことが示された。

### (3) 不快度の小さい音響信号の設計

不快度は倍音成分の多少により変化すると考えられる。そこで、純音、提案信号（偶数、奇数倍音を含む）、振幅揺らぎを持つ提案信号、提案信号の奇数高調波を削除、の4種類の信号の不快度と前後誤判定率を調べた。図7に信号の振幅スペクトルを、図8に実験結果を示す。

図8より、提案信号は提示レベルが最低の63dBでも他信号の最高音量よりも誤判定率が小さく、純音を除き不快度が純音を半減した信号と同程度である。言い換えれば、提案信号は同じ誤判定率を達成するための不快度が最も小さい。したがって、高調波成分をより多く含む信号を小さな音量で提示することが、不快度低減と方向定位性能の確保に効果的であることが示された。

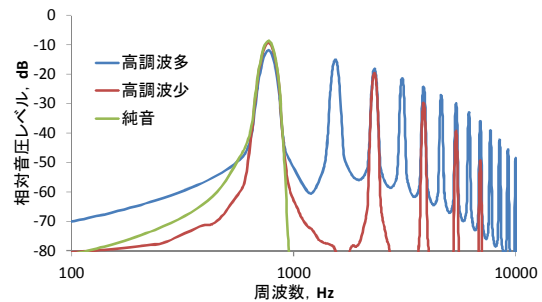


図7 純音、提案信号（高調波多）、高調波半減信号（高調波少）の周波数特性

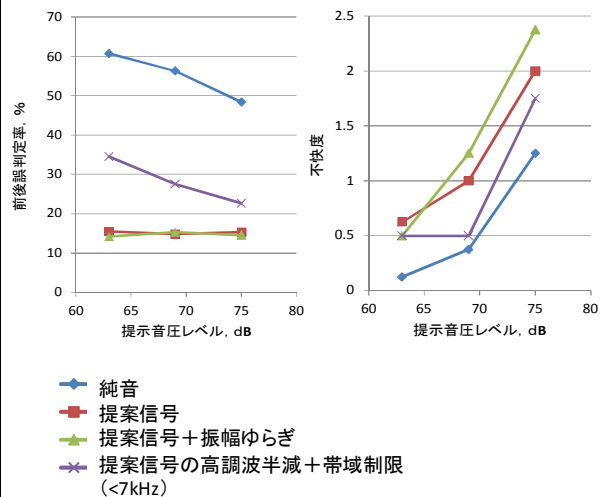


図8 各信号の前後誤判定率と不快度

### (4) まとめ

本研究の成果として以下が明らかとなった。

- 1) 駅環境の騒音は65dB程度。
- 2) 駅環境において音の方向がわかりやすいところは比較的静か
- 3) 駅環境では信号音は+5dB（ピーク）、+2～3dB（時間平均）で提示されている。
- 4) 頭部運動は方向定位に有効であるが、広報して頭部運動を促進するか、頭部運動を期待しない運用を行うか、の選択が必要。
- 5) 高齢者を考慮しSN比を10dB程度（時間平均）確保する。
- 6) 反射音による伝搬を考慮した音源と吸音面の配置を行う。
- 7) スピーカの指向性は室内の反射音の制御と動線計画と組み合わせた運用が必要。

### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

- ① 神田 穂高, 森本 政之, 佐藤 逸人, 佐藤 洋, 残響音場における誘導鈴の定位精度, 日本音響学会 2011 年秋季研究発表会講



演論文集，査読無，2011，CD-ROM。  
DOI:なし

- ② 野島僚子，森本政之，佐藤逸人，佐藤洋，方向定位における頭部運動について その2，日本音響学会 2011 年春期研究発表会講演論文集，査読無，2011，CD-ROM。  
DOI:なし
- ③ 佐藤洋，中井佑輔，森本政之，佐藤逸人，誘導鈴の誘導性能評価のための歩行実験電子情報通信学会技術研究報告福祉情報工学，査読無，110(164)，2010，53-58。  
DOI:なし
- ④ 佐藤洋，森本政之，佐藤逸人，騒音下における音響案内の種類と視覚障害者による方向定位及び方向同定時間との関係，福祉のまちづくり研究，査読有，11 巻，2011，41-48。DOI:なし

[学会発表] (計 4 件)

- ① 野島僚子，森本政之，佐藤逸人，佐藤洋，方向定位における頭部運動について，日本音響学会 2011 年春期研究発表会，2011 年 3 月 9 日，東京都。
- ② 佐藤洋，中井佑輔，森本政之，佐藤逸人，誘導鈴の誘導性能評価のための歩行実験，電子情報通信学会福祉情報工学研究会 (WIT)，2010 年 8 月 6 日，東京都。
- ③ 長岡英司，宮城愛美，福永克己，重度視覚障害者のためのプログラミング環境の開発とその職業的活用の可能性，第 17 回 職業リハビリテーション研究発表会，2009. 12. 3，千葉県千葉市。
- ④ Hiroshi Sato, Masayuki Morimoto, Hayato Sato, Effect of noise and reverberation on sound localization of acoustic guide signal for visually impaired persons in public spaces, Internoise 2009, 2009. 8. 24, Ottawa, Canada.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

佐藤 洋 (SATO HIROSHI)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：1 0 2 6 0 4 2 3

### (2) 研究分担者

関 喜一 (SEKI YOSHIKAZU)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員

研究者番号：6 0 3 5 7 3 1 6

倉片 憲治 (KURAKATA KENJI)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒュー

マンライフテクノロジー研究部門・研究グループ長

研究者番号：9 0 3 5 6 9 3 1

森本 政之 (MORIMOTO MASAYUKI)

国立大学法人神戸大学・工学研究科・教授  
研究者番号：1 0 1 1 0 8 0 0

佐藤 逸人 (SATO HAYATO)

国立大学法人神戸大学・工学研究科・助教  
研究者番号：3 0 3 4 6 2 3 3

福永 克己 (FUKUNAGA YOSHIKI)

国立大学法人筑波技術大学・保険科学部・助教

研究者番号：5 0 4 5 5 9 4 5