

鉄道駅での盲導鈴の方向定位性能の改善*

曾田 章稔[†], 伊藤 克亘,

1 はじめに

視覚障がい者向けの非音声案内音による移動支援装置である盲導鈴は、駅、市役所、病院、図書館などの公共施設に設置され「ピン・ポーン」や「鳥のさえずり」などが流れる。盲導鈴は方向情報や場所情報を正確に伝達することにより、安全で円滑な移動を促進する。つまり、正しい方向に定位し誘導方向を示すことが盲導鈴に求められる役割である。よって、盲導鈴の発信方向に関して素早く正確に定位可能であることが必要となっている。

特に、移動支援を行う上で最も問題となるのは目標と反対方向に誘導してしまうことである。この誤りのうち、前後の誤りが大半を占めると明らかになっている[1]。ヒトの方向定位に影響を及ぼすとされる5~10kHzの周波数成分盲導鈴が周囲の騒音にマスキングされることが前後の誤りを生じる要因である[2]が、実環境を踏まえた盲導鈴の方向定位の改善策の提案はない。以上を踏まえ、本研究では、盲導鈴の方向定位性能が向上するよう改善を目指す。

2 音響案内の定位性能に関する現地調査

山手線駅を対象とした実環境において、盲導鈴を用いたときに方向を誤る要因を調査した。調査を行ったのは計159地点(13駅)であった。方向定位性能に関する評価基準は次の通りである。

煩：音響案内の音量が非常に大きいと感じる。方向定位に関して全く問題はないが、聞いてて煩わしい。

良：音響案内がよく聴き取れる。音響案内が鳴るスピーカーの方向がすぐに分かる。

やや悪：音響案内そのものはある程度聴き取れるが、方向定位に時間が掛かる。

悪：注意深く聴かないと、音響案内自体を聴き取ることが難しい。

音響案内の方向定位性能の評価結果を表1に示す。

表1. 山手線駅の音響案内の方向定位性能評価

場所	調査地点数	煩	良	やや悪	悪
有人改札前	73	5	40	23	5
エスカレーター	34	0	32	2	0
ホーム階段前	28	0	22	2	0
地下出口	21	0	20	1	0
触知案内板	3	0	3	0	0
トイレ前	1	0	1	0	0
計	159	5	101	28	5

方向定位性能に関して問題箇所(「やや悪」,「悪」)は、有人改札前28地点、エスカレーター2地点、プラットホーム階段前2地点、地下出口1地点となっている。有人改札前に関しては、問題箇所の割合が38%と他と比べて最も高かった。有人改札前の問題箇所である28地点に関して、23地点がJIS T0902[3]の「音案内の音圧レベルは、暗騒音の音圧レベルに対して約

10dB以上大きいことが必要である」という基準が満たされていなかった。理由としては、周辺住民や近隣で働く人への配慮、スピーカ出力の限界が考えられる。

収録したデータを分析した。方向定位性能の評価が「煩」である地点の一例として、東京駅東北新幹線乗換改札前(以降、A地点)、「やや悪」である地点の一例として東京駅東海道新幹線南乗換改札前(以降、B地点)の盲導鈴に着目する。A地点、B地点共にスピーカーから流れる音源は、基本周波数が770Hzと640Hzのピン・ポーン音であった。ここで、東京駅の環境騒音レベルは73.1dBであった。A地点の最大騒音レベルは86.5dBで、これは盲導鈴の影響による測定値である。B地点の最大騒音レベルは81.3dBであったが、こちらは駅係員のアナウンスの影響によるもので、盲導鈴自体の騒音レベルは81.3dBよりも小さいと考えられる。

3 評価実験

評価実験で用いるために収録したピン・ポーン音(基本周波数は770Hzと640Hz)を正弦波加算法で作成した。周波数が異なる正弦波を足し合わせ、音の減衰にはADSRを用いた。各倍音成分のスペクトル比を録音した実例に合わせた。

次に、作成した音源について、周囲の騒音の影響で盲導鈴の方向定位性能に問題が生じている状態を想定したシミュレーションを行った。駅の環境騒音としてピンクノイズを使用する。シミュレーションの結果、5~10kHz帯の周波数成分がピンクノイズによってマスキングされていた。ここで、該当する周波数成分の正弦波に関して実際の音源の10倍加算した改良音源を作成した。改良音源を用いることにより、ノイズ下でも5~10kHz帯の周波数帯がマスキングされなかった。

先述のピン・ポーン音の改良音源の性能を評価するため、鉄道駅での実環境を想定した方向定位実験を行った。これは、盲導鈴・音声と騒音を混ぜた音源にHRTFを畳み込んだデータをヘッドホンで聴音し、定位精度と方向定位までに要する時間を測定するものである。

HRTFを畳み込んだデータを使用してヘッドホンでの3次元音像制御を実現するには、受聴者本人のHRTFもしくは受聴者に適合するHRTFが必要となる。そこで、本研究では聴取者に高い音像定位感を与える空間特性を与えるHRTFを、あらかじめ用意されたものの中から選択する手法[4]を用いて実験を行った。

続いて、開放型ヘッドホンを装着した状態で聴音し、騒音下での盲導鈴・音声の音場シミュレーションを行った。ヘッドホン以外の外部から音が入らないよう防音室で実施した。提示する盲導鈴の音源は、正中面内において頭部中心から1.2mの半球上に仰角55°、水平面45°間隔で8個配置した。これは、頭部からの直線距離が1.2m、床からの高さ2.6mの盲導鈴のスピーカーを想定している。騒音に関しては、水平面内において頭部中心から1.2mの円周上に45°間隔で8個の音源を配置した。盲導鈴に関しては8個のうち1箇所、騒音に関しては8箇所すべてから、信号音が流れるものとする。

* : Improvement of directional guidance function of acoustic signals in railway stations Akitoshi Soda (Hosei Univ.) et al.

[†] 法政大学 情報科学部

被験者の正面を 0° , そこから右方向を+, 左方向を-, 被験者の真後ろを 180° とする. 被験者は晴眼者 3名 (20~25歳) を対象とした. 使用した信号音は, ピン・ポーン音, 改良したピン・ポーン音, ウグイスの鳴き声, 女声の 4種類である. 駅を想定した環境騒音としてピンクノイズを使用した. いずれの信号音の場合も, S/N比は -10dB , -15dB , -20dB の 3種類とした. 実験では, S/N比 3種類, 信号音 4種類, 音源 8方向を掛け合わせた 96条件の中からランダムに 32試行を行った.

4 結果・考察

信号音の提示方向と被験者が同定した方向の関係について, ウグイスの鳴き声を定めた時の例を図 1 に示す. 円の面積は, 横軸で示した方向から提示したときに縦軸で示した方向に音像定位した人数を示す. 右上がりの対角線上にプロットされる円は, 提示された方向と同定された方向が同じことを表す. 本研究では, 前後誤判定を, 0° (正面) または $\pm 45^\circ$ の方向から提示した信号音を $\pm 90^\circ$ より後方の $\pm 135^\circ$ および 180° で回答した場合, 及びその逆の場合 (図 1 に色で示した領域) と定義する.

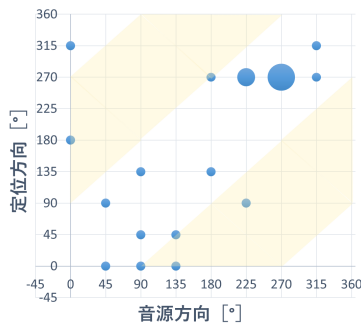


図 1. 音像定位結果 (ウグイスの鳴き声)

各信号音を提示レベルごとに分類した前後誤判定率を図 2 に示す. データ数は少ないが, ピン・ポーン改良では S/N比が -20dB の時に 28%, -15dB で 14% である. 音声では S/N比が -20dB で 28%, -15dB で 0% となっている. これらより, S/N比が大きくなるにつれて前後誤判定率が減少傾向となることが分かる. ウグイスは S/N比によらず前後誤判定率は 28% 以上であり, 他の信号音と比較して前後誤判定する割合が最も高かった.

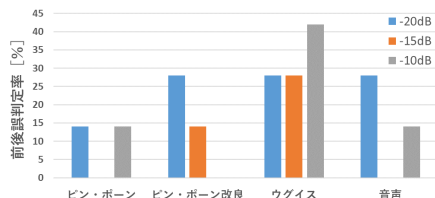


図 2. 各信号音の前後誤判定率

各信号音を提示レベルごとに分類して平均した方向同定時間を図 3 に示す. ピン・ポーン改良では S/N比が -20dB で 6.75 秒, -15dB で 6.01 秒, -10dB で 4.63 秒である. 音声も S/N比が -20dB で 7.83 秒, -15dB で 7.11 秒, -10dB で 5.49 秒となっている. このことから, S/N比が増加するにつれて方向同定時間が短縮される傾向にあることが分かる. また, ウグイスと音声のデータの方向同定時間の平均はどちらも 6 秒よりも長く, ピン・ポーン音 2種類と比較して方向同定時間が長くなっている.

15dB で 7.11 秒, -10dB で 5.49 秒となっている. このことから, S/N比が増加するにつれて方向同定時間が短縮される傾向にあることが分かる. また, ウグイスと音声のデータの方向同定時間の平均はどちらも 6 秒よりも長く, ピン・ポーン音 2種類と比較して方向同定時間が長くなっている.

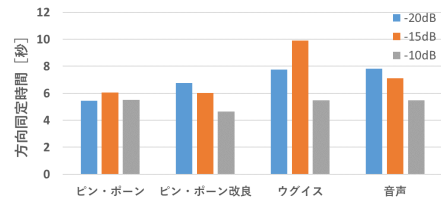


図 3. 各信号音の方向同定時間

4種類の信号音 (ピン・ポーン, ピン・ポーン改良, ウグイス, 音声) を用いて方向定位実験を行い, 前後誤判定率と方向同定時間について検証した. 大半の信号音において, S/N比を増加させると前後誤判定率が減少し方向定位時間の短縮する傾向が明らかとなった. ウグイスの信号音に関しては, 前後誤判定率と方向定位時間の双方において他の信号音と比べて悪い結果となった. 信号音の 5kHz 以上の周波数成分に着目すると, 4種類の中でウグイスのみがほとんど含まれていない. そのため, ヒトの方向定位に影響を及ぼす成分が他の信号音と比べて少なく, 方向定位性能が低い結果となったと考えられる.

5 まとめ・今後の展望

本研究では, 鉄道駅の盲導鈴の方向定位性能を向上させることを目的として, 山手線駅での現地調査を踏まえ方向定位に必要とされる 5~10kHz の周波数成分を改良した音源を作成し評価実験を行った. その結果, 音源の種類や S/N比によらず前後誤判定が見られた. また, S/N比が増加するにつれて前後誤判定率が減少し方向同定時間が短縮する傾向があると明らかになった.

今後の展望としては, 信頼性向上のため被験者をさらに追加して実験を行う予定である. 今回は 20 代の晴眼者のみを対象に評価実験を行ったが, 視覚障がい者を含む幅広い年代の被験者を追加して実験を行う必要がある. これにより, 前後誤判定率と方向同定時間について被験者の年齢との関係性について調査も行う. また, 今回は音源の反射や残響について考慮しなかったが, 公共空間により近い形でシミュレーションを行うため残響の影響について把握し検証する必要がある.

参考文献

- [1] 佐藤 他, “騒音下における音響案内の種類と視覚障がい者による方向定位及び方向同定時間との関係”, 日本福祉のまちづくり学論, 11 刊 2 号, pp.41-48, 2010.
- [2] 森本 他, “盲導鈴の方向定位”, 音響'06 春大, pp.425-426, 2006.
- [3] 日本工業規格 JIS T0902 「高齢者・障がい者配慮設計指針—公共空間に設置する移動支援用音案内」, 2014 年 5 月 20 日制定.
- [4] 海野 他, “音場シミュレーションと選択式頭部伝達関数システムを用いた 2ch 立体音響システム”, 第 82 回情報処全大, pp.561-562, 2020.