

晴眼者にとって不快でない盲導鈴の音響特性の検討*

田上宣昭 (九州大), 上田麻理 (九州大/兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所),
岩宮眞一郎 (九州大)

1. はじめに

視覚障害者が都市などを移動する際、盲導鈴、音響式信号機などの聴覚情報は視覚障害者の歩行の安全を守る上で大変有効な手段となっている。しかし、一方でそれらを利用する当事者以外の人々にとっては不快な騒音源となる場合がある。

先行研究における、晴眼者を対象とした盲導鈴に関する意識調査[1]により、盲導鈴を長時間聴取している場合、不快感を訴える晴眼者が多くいることが報告され、第1音(ピン)と第2音(ポン)の時間間隔が影響していることが示唆された。

さらに晴眼者を対象とした心理実験を行った結果、より不快感の少ない盲導鈴の第1音(ピン)と第2音(ポン)の長さが示された。

しかし、先行研究では、晴眼者の不快感を軽減する盲導鈴の時間パターン以外の音響特性については検討されていない。

そこで、本研究では晴眼者にとって不快感の少ない盲導鈴の音響特性についてより詳細な検討を行うことを目的とし、周波数スペクトル、第1音と第2音の基本音の振幅比を変化させた場合の印象の違いについて検討を行った。

2. 実験 I スペクトル構造が盲導鈴の快さに及ぼす影響

2.1 実験手続き

盲導鈴の周波数スペクトル、第1音と第2音の基本音の振幅比が不快感の印象にどう影響するかを探るために、「好ましいー

好ましくない」、「快いー不快な」の2つの形容詞対を用いて評定尺度法7段階の印象評定実験を行った。実験は九州大学大橋キャンパスの残響可変室内で行った。刺激音は、ヘッドフォンから L_{Amax} で75 dBで両耳に再生した。

被験者は、男性10名、女性10名の計20名(平均年齢22.3歳)である。

実験に用いた刺激音は、先行研究[1]を参考に、MATLAB6を用いて作成した。

刺激音の周波数スペクトルは、倍音をすべて含み(整数倍音構造)成分数が2~9, 奇数倍音のみを含み, 成分数が2~5, 偶数倍音のみを含み, 成分数が3~5, 基本音のみ(純音)の16パターンとした。

第1音と第2音の基本音の振幅比は、1:1, 2:1, 1:2の3パターンとした。なお各刺激音のスペクトルエンベロープ、立ち上がり時間、吹鳴時間は固定した。刺激音の時間波形の例をFig.1に示す。

基本周波数については、駅等で一般的に用いられている盲導鈴と同様に第1音を760Hz, 第2音を640Hzとし、スペクトルエンベロープは第1音, 第2音共に-6[dB/oct]とした。刺激音のスペクトルの例をFig.4に示す。

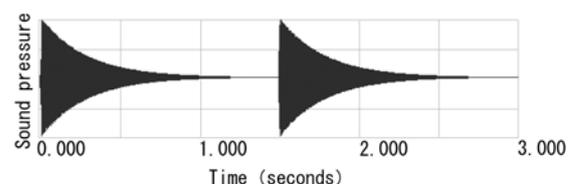


Fig.1. Waveform of the sound stimuli
(Amplitude ratio 1:1)

* On the acoustic properties of acceptable guiding chime for sighted people. By Nobuaki TANOUE (Kyushu University), Mari UEDA (Kyushu University/Hyogo Assistive Technology Research and Design Institute), Shin-ichiro IWAMIYA (Kyushu University).

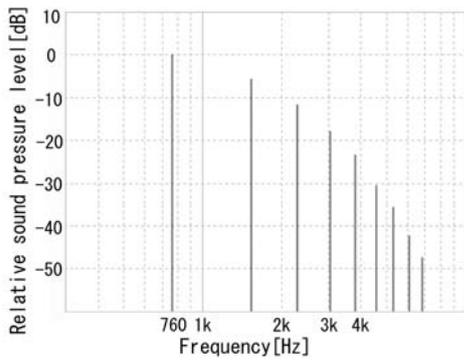


Fig.4. Frequency spectrum of the first tone of the sound stimuli

2.2 結果と考察

今回の実験で用いた 2 対の形容詞「好ましいー好ましくない」と「快いー不快な」の平均評定値の相関係数は $0.912 (\alpha < .01)$ となり、2 対の形容詞対尺度は「非常に相関が高い」という結果になった。このことにより、被験者は「好ましいー好ましくない」、「快いー不快な」の両方の形容詞対尺度を同等の意味として捉えていると考えられる。よって以後は、「快いー不快な」の評価についてのみ考察を行う。

「快いー不快な」の平均評定値において、周波数スペクトル、基本音の振幅比の 2 要因による 2 元配置分散分析を行った。その結果、「快さ」に対する評価において、周波数スペクトル ($F[15,285]=19.928$)、基本音の振幅比 ($F[2,38]=17.194$) に 1% 水準で主効果が認められた。そして周波数スペクトル × 基本音の振幅比 ($F[30,570]=1.069$) の間に交互作用は認められなかった。これらのことより、刺激音の周波数スペクトル、基本音の振幅比という要因が「快さ」の評価に影響していることが示された。

成分数が 4 の場合におけるそれぞれの倍音構造毎の刺激音と純音の刺激音の平均評定値と標準偏差を Fig.5 に示す。この場合、純音の刺激音の平均評定値が 5.6、標準偏差が 1.0、奇数倍音構造の刺激音の平均評定値が 5.5、標準偏差が 0.6 である

のに対し、整数倍音構造の刺激音の平均評定値が 4.2、標準偏差が 1.2、偶数倍音構造の刺激音の平均評定値が 3.9、標準偏差が 1.1 となっており、純音の刺激音と奇数倍音のみの倍音構造の刺激音が比較的快いと評価されている。

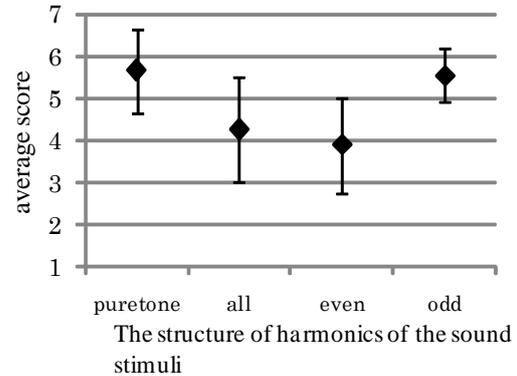


Fig.5. The average score of the sound stimuli on the pleasantness scale for each harmonic condition

さらに「快いー不快な」の平均評定値に関して、Bonferroni の方法を用いて多重比較を行った。その結果、純音の刺激音と奇数倍音のみの倍音構造の刺激音は、整数倍音構造、偶数倍音のみの倍音構造のほぼ全ての刺激音との間に 5% 水準で有意な差が認められた。

また、整数倍音構造、偶数倍音のみの倍音構造の場合には、成分数が多くなると「好ましくない」、「不快な」と評価される傾向がみられた。成分数が 2 の場合で整数倍音構造の刺激音と成分数が 9 の場合で整数倍音構造の刺激音の平均評定値の差は 1.2 である。

しかし、奇数倍音のみの倍音構造の刺激音の評定結果を示した Fig.6 から明らかなように、奇数倍音のみの倍音構造の場合には、成分数が 2 の場合の刺激音と成分数が 5 の場合の刺激音の平均評定値の差は 0.3 であり、奇数倍音のみの倍音構造の刺激音に関しては、他の倍音構造に比べて成分数

の影響を受けにくい傾向がみられた。

上記の場合同様に多重比較を行った結果、基本音の振幅比に関しては、1:1 と 2:1 の間に 0.1%水準で有意な差がみられた。また、1:2 と 2:1 の間には 5%水準で有意な差がみられた。

次に成分数 9 の場合で整数倍音構造の刺激音の平均評定値と標準偏差を Fig.7 に示す。この場合、基本音の振幅比が 1:1 の場合は、平均評定値が 3.5、標準偏差が 0.9、1:2 の場合は、平均評定値が 3.0、標準偏差が 1.0、2:1 の場合は、平均評定値が 2.4、標準偏差が 1.1 となっており、基本音の振幅比に関しては 1:1、1:2、2:1 の順に快いと評価される傾向にあることが示された。

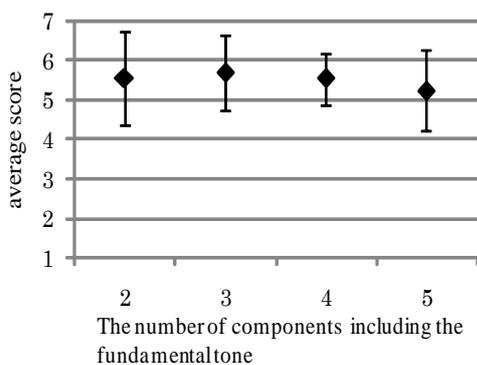


Fig.6. The average score of the sound stimuli having only odd harmonics on the pleasantness scale

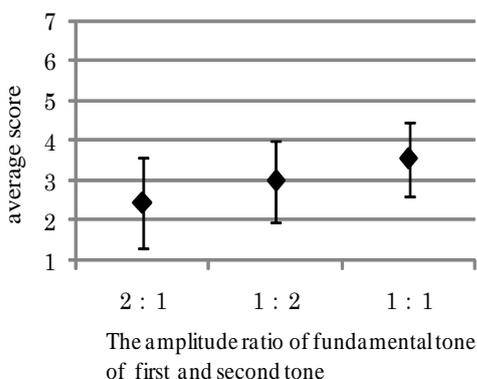


Fig.7. The average score of the sound stimuli on the pleasantness scale for each amplitude ratio of fundamental tone

3. 実験Ⅱ 盲導鈴の第1音と第2音の周波数スペクトルの異同が快さに与える影響

3.1 実験手続き

実験Ⅱでは、盲導鈴の第1音と第2音の周波数スペクトルの違いが、不快感の印象に与える影響を探るために、実験Ⅰ同様に、2対の評定尺度法による印象評定実験を行った。実験は、九州大学大橋キャンパス内の心理実験室で行った。

刺激音は、ヘッドフォンから L_{Amax} で 75 dBで両耳に再生した。

被験者は、男性 12 名、女性 8 名の計 20 名（平均年齢 22.3 歳）である。

実験に用いた刺激音は、実験Ⅰで使用した刺激音の第1音と第2音の中からそれぞれ成分数が 2, 3, 4 のそれぞれ 3 パターン、倍音構造が整数、奇数、偶数の 3 パターン、さらに純音を加えた全 9 パターンを用い、これらを全て組み合わせて作成した。

刺激音は、ヘッドフォンから L_{Amax} で 75 dBで両耳に再生した。

3.2 結果と考察

実験Ⅰ同様、「好ましいー好ましくない」と「快いー不快な」の平均評定値の相関係数は 0.951 ($\alpha < .01$)と非常に高く、被験者は両方の形容詞対尺度を同等の意味として捉えていると考えられる。

「快いー不快な」の平均評定値に関して、第1音の周波数スペクトル、第2音の周波数スペクトルを1つの水準とみなし、1要因による1元配置の分散分析を行った。分散分析の結果、第1音と第2音の周波数スペクトル($F[80,1520]=9.265$)に 0.1%水準で主効果が認められた。これらのことより第1音と第2音の周波数スペクトルが評価に影響していることが示された。

Fig.8に第2音の周波数スペクトルが成分数2で奇数倍音のみの場合に、第1音の周波数スペクトルが、第2音と等しい、ま

たは異なる刺激音の平均評定値と標準偏差を示す。

第1音の周波数スペクトルが奇数倍音構造・成分数2で第2音の周波数スペクトルと等しい刺激音は、平均評定値が5.9で標準偏差が0.7であるのに対して、第1音の周波数スペクトルが偶数倍音構造・成分数4で第2音の周波数スペクトルと異なる刺激音は、平均評定値が3.0、標準偏差が0.8となっており、第1音と第2音の周波数スペクトルが等しい場合に「快い」と評価される傾向があることが示された。

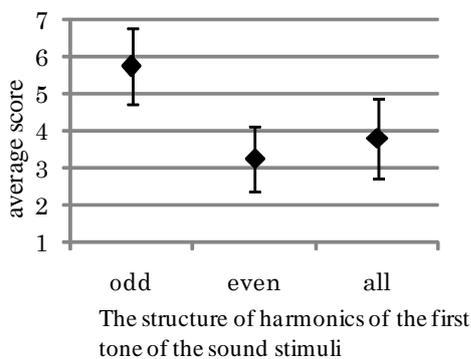


Fig.8. The average score of the sound stimuli on the pleasantness scale for difference of harmonic structure of first and second tone

さらに実験 I 同様 Bonferroni の方法を用いて多重比較を行った結果、第1音と第2音の周波数スペクトルが等しい刺激音と、第1音と第2音の周波数スペクトルが倍音構造及び成分数も異なっている場合の刺激音との間に1%水準で有意な差が認められた。

4. 結論

本研究では視覚障害者のために設置されている盲導鈴に対して利用者以外である晴眼者にとっても、不快感を軽減させることを目的とし、周波数スペクトル、第1音と第2音の基本音の振幅比を変化させた場合の印象の違いについて検討を行っ

た。

その結果、晴眼者にとって不快感の少ない盲導鈴とは、第1音と第2音の周波数スペクトルが等しく、純音もしくは奇数倍音のみの倍音構造で、第1音と第2音の基本音の振幅比が等しいものであることが示された。

また、周波数スペクトルが、倍音を全て含む場合、偶数倍音のみを含む場合は、成分数が多くなるほど「不快」と評価されたが、奇数倍音のみを含む場合は、その傾向がみられなかった。信号音の周波数が広帯域であるほうが方向定位しやすいこと[2][3]を考慮すると、周波数が広帯域の場合でも比較的不快感の少ない奇数倍音のみの倍音構造を採用することで、晴眼者の不快感を軽減し、視覚障害者にとっても方向定位がしやすく望ましい盲導鈴を実現できる可能性があると考えられる。

調波構造を分散させ、盲導鈴に対する不快感の減少を試みた研究もあるが[4]、今後、晴眼者、視覚障害者双方にとってよりよい盲導鈴の音響特性を明らかにするために、第1音、第2音の立ち上がり、減衰パターン、スペクトルエンベロープに着目して同様の検討が必要である。

参考文献

- [1] 上田麻理, 高田正幸, 岩宮眞一郎: 晴眼者を対象とした盲導鈴に関する意識調査, 日本騒音制御工学会 2006 年秋季研究発表会講演論文集, pp.221-224.
- [2] 中村克己: 水平面内における方向定位, 日本音響学会誌 30 巻 3 号(1974), pp.151-160.
- [3] Jens Blauert, 森本政之, 後藤敏幸: 空間音響 (鹿島出版会 1986)
- [4] 川上央, 日高徹哉, 三戸勇氣: 調波構造を考慮したサイン音の設計, 日本音響学会 2007 年秋季研究発表会講演論文集, pp.885-886.