

協和音を用いた車両接近報知音の快適性と認知性

Study on comfort and cognition of acoustic vehicle alerting sound using consonant sound

○井上皓貴¹, 松田礼², 町田信夫³

Koki Inoue¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: The purpose of this study is to clarify the acoustic vehicle alerting sound that satisfies both of the perceptions that pedestrians can safely avoid against an approaching vehicle and the comfort by relieving discomfort. Impression evaluation and perceptual distance were measured using AVAS models created by consonances of two peak frequencies in this experiment. We found that the clarity of acoustic vehicle alerting sound tended to increase as the peak frequencies increased.

1. はじめに

車両接近報知音（以下、報知音）とは、ハイブリッド車や電気自動車から発音され、歩行者に車両の接近を知らせる音である。これらの車両は低速時はモータで走行するため静音性が高い利点があるが、歩行者が車両の接近に気づきにくいいため、安全を脅かすことが問題点として指摘されている。国内では、国交省から2010年にガイドラインが示され、2016年には2018年3月以降の新型車に報知音の搭載が義務付けられた^[1]。

本研究の目的は、歩行者が車両の接近に気づき、安全に回避できる認知性と、歩行者に不快感を与えず騒音とならない快適性を併せもつ報知音を開発することである。本報では、一般的に心地良く感じるとされる協和音を用いれば報知音の快適性を向上できるのではないかという仮定に基づき、2つの卓越周波数が協和音になる組み合わせを選定して報知音を試作し、快適性と認知性について検討した結果を報告する。

2. 実験概要及び音条件

本研究は、印象評価と認知距離測定の種類の実験を行った。試作した報知音モデルはホワイトノイズ（以下、WN）と純音（以下、Pure）を基にした2つの卓越周波数をもつ音で、音圧レベルが時間変動しない定常音とした。Table 1に示すように、卓越周波数IとIIは1000Hzと2000Hzおよび1250Hzと2500Hzの組み合わせとし、2つの卓越周波数の音圧レベルは同じに設定した。また、基となる音はホワイトノイズと純音の2種類とし、計4条件の報知音モデルを作成した。

Table 1. Sound conditions

卓越周波数I[Hz]	卓越周波数II[Hz]	基となる音	音量[dB]
1000	2000	ホワイトノイズ	50
1250	2500	純音	

3. 印象評価実験

床面積3.2m²、高さ2.3m、暗騒音29.2±2.8dBの防音室内で報知音用1基、環境音用2基のスピーカーを用いて実験を行なった。実験は防音室内の椅子に着座させた実験協力者の背後から報知音を暴露した。初めに閑静な住宅街で録音した環境音（ $L_{Aeq,40s}=45dB$ ）を暴露し、20秒後に環境音を暴露したまま報知音モデルを20秒間暴露する。その後、心理アンケート記入および安静時間を1分間設けた。実験協力者には「後方から接近する車両を想定して車両接近報知音の印象についてお答え下さい」と教示した。心理アンケートの評価項目は、「快いー不快」、「好きー嫌い」等の13項目の形容詞対で、両極7段階の評定尺度法により測定した。また、得られた印象評価をもとにプロマックス回転による因子分析を適用した。実験協力者は聴覚健常な22±1歳の大学生述べ8名で、報知音モデルの音量は実験協力者の耳元で $L_{Aeq,20s}=50dB$ になるように設定した。

4. 認知距離測定実験

認知距離測定は、日本大学理工学部船橋校舎の交通総合試験路（暗騒音レベル $L_A=44.6\pm 6.5dB$ ）で実施した。歩車分離がなされていない住宅道路を想定し、道幅4mの直線コースを設定した。報知音モデルの音条件は印象評価実験と同様で、立位状態と歩行状態の2条件で実験を行った。立位状態は、報知音モデルを搭載した車両を実験協力者の後方70mから車速10km/hで接近させた。認知距離は、車両が発進してから実験協力者が車両を認知して手を挙げるまでの時間をストップウォッチで測定し、GPSデータロガーから得た車両の移動距離を乗じて算出した。歩行状態は、実験協力者が歩き始めて一定の距離に達した際に車両を実験協力者の後方50mから車速10km/hで接近させた。認知距離は、車両が発進してから実験協力者が車両を認

1: 日大理工・院（前）・精密 2: 日大理工・教員・精密 3: 日大名誉教授

知し、手を挙げるまでの時間と手を挙げた時点での歩行距離を測定し、立位状態と同様に算出した。

本研究では、認知距離の評価基準として、歩行者が車両を認知し、安全に避けられる最低回避距離を設けている。これは、高齢者の全身反応時間を参照し^[2]、車両の接近に気づいてから回避までに必要な時間を3秒として車速を乗じて求めている。本実験における最低回避距離は8.4m (10km/h×3s)である。また、認知距離が長すぎると対象歩行者以外にも認知されて騒音になると考え、最低回避距離を超え、かつ近いほど適切な認知距離をもつ報知音であると判断した。

5. 実験結果

印象評価実験の結果から因子分析を行い、第I因子は明瞭性を示す明瞭因子、第II因子は快適性を示す快適因子が抽出された。Table2 に因子分析による因子負荷量と寄与率を示す。第I因子の寄与率は37.72%、第II因子の寄与率は10.76%で3因子の累積寄与率は57.82%であった。

Figure 1 に報知音モデルの音条件ごとに明瞭性と快適性について評定平均値をまとめた結果を示す。WN、純音のいずれも、明瞭因子は卓越周波数が高い組合せの方が明瞭性は高く、さらにWNより純音の方が高い傾向がみられた。快適因子は、純音よりWNの快適性が高い傾向であった。純音の報知音モデルはWNと異なり、他の周波数の音が鳴っていないため、明瞭性が良化するが快適性は悪化すると考えられる。

Figure 2 に報知音モデルの音条件と認知距離の平均値の関係を示す。全条件において最低回避距離(8.4m)を超えているが、t検定によって立位と歩行の結果の統計的有意差を調べたところ、1250&2500(WN)のみ有意差(*:P<0.05)が見られた。したがって立位と歩行の認知距離の差は小さいことが考えられる。また、一元配置分散分析とBonferroniの多重比較検定により音条件による統計的有意差を調べたが、有意差はみられなかった。

6. おわりに

印象評価実験ではWNより純音の方が明瞭性が高い傾向であり、認知距離測定実験では音条件による認知距離の差は小さかった。これより、本実験の協和音の条件では、明瞭性が高くても認知距離に及ぼす影響は小さかったといえる。また、認知距離測定実験では、最低回避距離よりも短くなる音条件が散見されたため、

音条件を追加し、十分な認知距離を確保できる報知音モデルの検討が今後の課題である。

参考文献

- [1] 米村他：「振幅変調を用いた自動車接近報知音の実環境下における認知性と快適性の検討」、日本交通科学学会, Vol. 17, pp. 94-95, 2017.
- [2] 深澤他：「高齢者身体機能データベース」、情報管理, Vol. 42, No. 7, pp. 583-590, 1999.

Table 2. Factor loading of impression evaluation experiment

評定尺度	第I因子	第II因子	第III因子
鋭い-鈍い	0.8887	-0.0651	0.0512
はっきりした-ぼんやりした	0.8105	0.0067	0.2076
大きい-小さい	0.7441	-0.0103	-0.3962
静かな-やかましい	-0.6359	-0.2358	-0.3210
新しい-古い	0.6210	-0.1156	-0.1049
派手な-地味な	0.5187	0.1278	0.0905
迫力のある-ものたりない	0.4751	0.4542	0.0293
きれいな-汚い	0.3205	-0.8049	0.3855
快い-不快	-0.1847	-0.7547	-0.0395
好き-嫌い	-0.0571	-0.7084	-0.3074
早い-遅い	-0.3382	-0.0590	0.9250
なめらかな-粗い	0.1234	-0.0284	0.3589
軽い-重い	0.0718	0.1098	0.3566
寄与率	37.72%	10.76%	9.34%
累積寄与率	37.72%	48.48%	57.82%

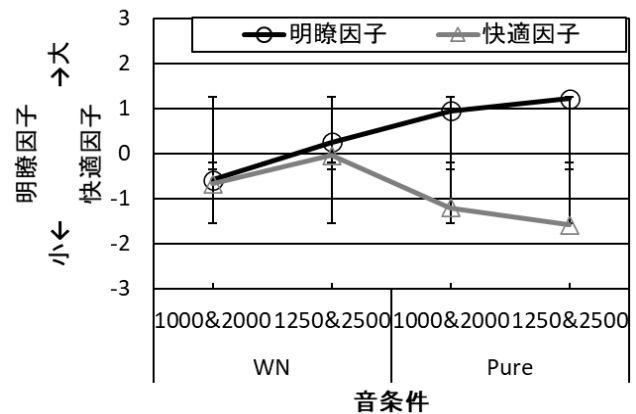


Figure 1. Relationship between two factors and sound conditions of acoustic vehicle alerting sound model

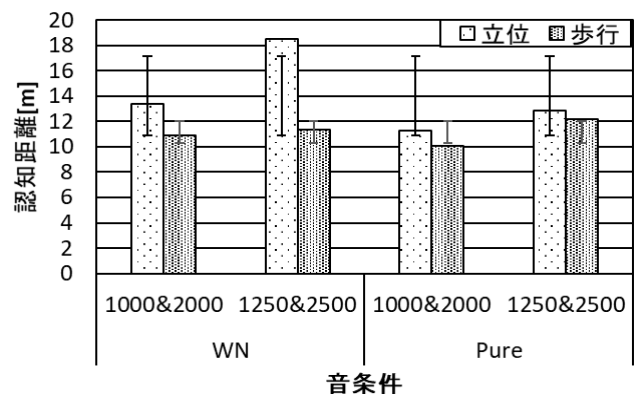


Figure 2. Results of perceptual distance experiment