

車両接近報知音の明瞭性に関する検討

Study on clarity of alert sound for quiet vehicles

○鈴木真里¹, 米村純一¹, 松田礼², 町田信夫²

Masato Suzuki¹, Junichi Yonemura¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: The purpose of this study is to propose a clarity that pedestrians easily notice and an alert sound that obtains time to safely avoid vehicles. Impression evaluation and perceptual distance were measured using the alert sound model created by changing amplitude modulation and modulation factor in this experiment. It was shown that the clarity decreases when the alert sound with the sound pressure level difference of 10 dB is exposed, and the clarity is increased when the peak frequency increases.

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、高い静音性ゆえに歩行者が車両の接近に気づきにくいと、危険性が指摘されており、国内では 2010 年に対策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⁾。

本研究は、歩行者が気づきやすい明瞭性と車両から十分な回避時間を得られる認知性を備えた報知音の提案を目的としている。本報では、試作した報知音モデルで明瞭性と認知性について検討した結果を報告する。

2. 実験概要および音条件

本研究は、印象評価と認知距離測定 of 2 種類の実験を行った。試作した報知音モデルは、白色雑音を基に作成した 2 つの卓越周波数をもつ音である。Table 1 に示すように、卓越周波数 I・II、卓越周波数間の音圧レベル差を設定し、振幅変調の変動周期と変調度を変えた 42 種類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	音圧レベル差 dB	変動周期 s	変調度
630	2500	0 10	0	0.45 0.9
	3150		0.5	
	4000		1	
			1.5	

3. 印象評価実験

床面積 3.2 m²、高さ 2.3 m、暗騒音 $L_A=30\pm 2$ dB 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った。実験は、防音室内の椅子に着座させた被験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 ($L_{Aeq,T=40s}=45$ dB) 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。被験者には、「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基にプロマックス回転による因子分析を適用した。被験者は聴覚健全な 23 ± 2 歳の大学生延べ 10 名で、報知音モデルの音量は、被験者の耳元で $L_{Aeq,T=20s}=50$ dB になるように統一した。

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 $L_A=43\pm 2$ dB）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 3 m、直線距離 100 m のコースを設定した。報知音モデルの音条件は印象評価実験と同様である。報知音を搭載した車両を被験者の後方 100 m から車速 10 km/h で接近させ、道路の中心から 2 m、高さ 1.2 m に設置した騒音計を用いて車両接近時の走行音を記録した。認知距離は、車両が発進してから被験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、これに車速を乗じて算出した。

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定義している。これは、高齢者の全身反応時間を参照し²⁾、歩行者が車両の接近に気付いてから回避までに必要な時間を 3 秒として、これに車速を乗じて求めた¹⁾。本実験での車速は 10 km/h であるため、最低回避距離は 8.4 m となる。本研究では、最低回避距離を大きく超え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

1 : 日大理工・院 (前)・精密 2 : 日大理工・教員・精密

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 因子は聞き取りやすさを示す明瞭因子、第 II 因子は快適さを表す評価因子、第 III 因子は活動因子が抽出された。Table 2 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 34.41 %、第 II 因子の寄与率は 16.72 % で 3 因子の累積寄与率は 56.91 % であった。

Figure 1(a), (b) に報知音モデルの音条件と明瞭因子の代表的な 3 つの評定尺度の平均値との関係について、音圧レベル差の有無により比較した結果を示す。明瞭因子の数値が大きいほど聞き取りやすい音と判断している。同図の(a)と(b)を比較したところ、音圧レベル差 10 dB 与えると、明瞭因子の評定値が 17 % 程度減少していることが分かった。また、音圧レベル差の有無や変調度によらず、卓越周波数 II が高くなると明瞭因子の評定値が増加する傾向がみられた。つまり、報知音の設計において、音圧レベル差を与えず、卓越周波数 II を高くすると明瞭性が向上すると考えられる。

Figure 2 に、音圧レベル差が 0 dB の報知音モデルにおける認知距離を示す。全条件で最低回避距離 (8.4 m) を超えていることから、車両接近を知らせる用途として適切であることが分かる。同一の卓越周波数 II で定常音と変動音を比較すると、変動音の認知距離は定常音に対して短くなる傾向がみられた。よって、定常音よりも変動音の方が最低回避距離に近い適切な認知距離をもつ報知音モデルであると考えられる。

6. おわりに

報知音モデルの明瞭性を検討し、以下の結論を得た。

- (1) 2 つの卓越周波数間に音圧レベル差を与えると明瞭性が低下し、卓越周波数 II を高くすると向上する。
- (2) 振幅変調させると、定常音に対して認知距離は最低回避距離に近づく傾向がみられた。

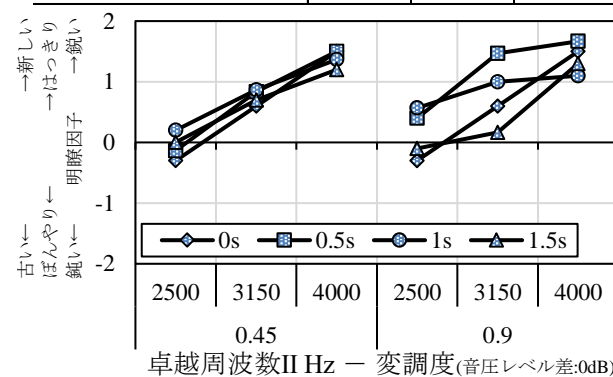
以上の結果から、卓越周波数 II が 4000 Hz、音圧レベル差が 0 dB で振幅変調させるとはっきりと聞こえ、適切な認知距離が得られる報知音にできると考えられる。

参考文献

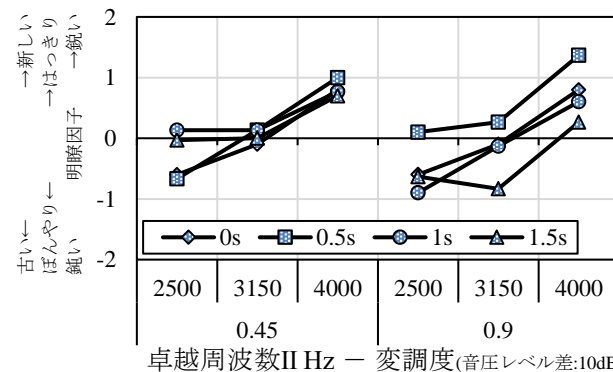
[1] 米村他：「振幅変調を用いた自動車接近報知音の実環境下における認知性と快適性の検討」, 日本交通科学学会, Vol. 17, pp. 94-95, 2017.
 [2] 深澤他：「高齢者身体機能データベース」, 情報管理, Vol. 42, No. 7, pp. 583-590, 1999.

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	0.8616	-0.0497	-0.0587
はっきり-ぼんやり	0.8610	-0.0865	0.0526
新しい-古い	0.7624	0.0035	-0.0846
派手な-地味な	0.7455	0.1016	0.1684
軽い-重い	0.7191	0.0242	-0.3137
きれい-汚い	0.5560	-0.4341	-0.1849
迫力のある-ものたりない	0.4641	0.1175	0.4364
早い-遅い	0.4116	0.2435	0.0378
好き-嫌い	0.0295	-0.9386	0.1850
快い-不快	-0.0521	-0.9027	0.1545
静かな-やかましい	-0.3056	-0.6265	-0.2139
なめらかな-粗い	0.0954	-0.5356	-0.0045
大きい-小さい	-0.1088	-0.1584	0.5886
寄与率	34.41%	16.72%	5.78%
累積寄与率	34.41%	51.13%	56.91%



(a) Sound pressure level distance: 0 dB



(b) Sound pressure level distance: 10 dB

Figure 1. Relationship between first factor and sound stimuli conditions of alert sound model

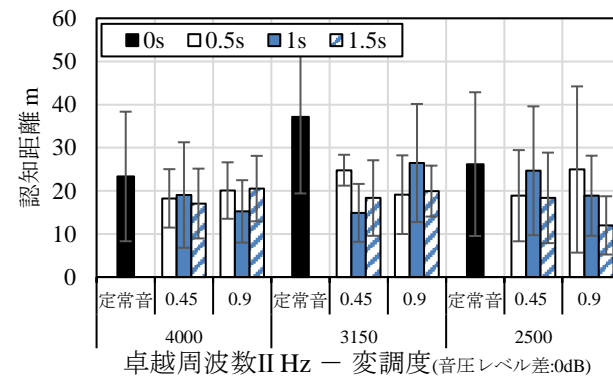


Figure 2. Perceptual distance of alert sound model in sound pressure level distance of 0 dB