

## 自動車接近報知音の印象評価と実環境下における認知性について

Impression evaluation and perception in real environments of alert sound for hybrid and electric vehicles

○米村純一<sup>1</sup>, 松田礼<sup>2</sup>, 町田信夫<sup>2</sup>\*Junichi Yonemura<sup>1</sup>, Hiroshi Matsuda<sup>2</sup>, Nobuo Machida<sup>2</sup>

Abstract: Recently, the hybrid and electric vehicle have spread through the market. However, pedestrians feel the danger without noticing car approaching because running sound of these cars are too quiet during low speed running. The purpose of the research is a proposal of the alert sound for hybrid and electric vehicles having both improvement of perception and comfort. In this paper, we report results of perceptual distance measurement and impression evaluation experiment.

## 1. はじめに

近年、電気自動車やハイブリッド自動車 (EV/HV) などの次世代自動車が普及している。EV/HV は低速度域での走行がモータ駆動となり、走行音が小さい。そのため、歩行者が車両の接近に気がつきにくく、危険な状況となる問題がある。この指摘を受け、国土交通省は、自動車接近報知音の搭載を促すガイドライン<sup>[1]</sup>を示したが、ガイドラインには明確な音量や周波数の基準がないため、音量が大きいと騒音となり不快と感じやすく、小さいと歩行者が気がつきにくく危険である<sup>[2]</sup>。

本研究は歩行者が車から十分な回避時間を得られる認知性と不快感の軽減を両立させる自動車接近報知音の作成を目的とした。2つの卓越周波数を持ち、卓越周波数域間の音圧レベル差、振幅変調に注目した自動車接近報知音モデル (以下、報知音モデル) を作成した。本報では、印象評価実験と認知距離実験を行い、印象評価と認知性について検討したので報告する。

## 2. 作成した報知音モデル (音条件)

印象評価実験と認知距離実験で用いた音条件を Table 1 に示す。報知音モデルは、白色雑音を加工した 1/3 オクターブバンド雑音である。そして、Table 1 に示す卓越周波数 I, II を設定し、音圧レベルが変動しない定常音と 3 種類の変動周期で定常音を振幅変調させた変動音を作成した。また、卓越周波数 I を基準として、卓越周波数 II との間に音圧レベル差を与えた。

## 3. 印象評価実験の実験方法

床面積 3.2 m<sup>2</sup>, 高さ 2.3 m, 暗騒音 L<sub>A</sub>30±2 dB の防音室内で、報知音用のスピーカー 1 基、背景音用のスピーカー 2 基の計 3 基を用いて実験を行った。被験者は聴覚健全な 22±1 歳の男子大学生 13 名である。実験は防音室内の椅子に、被験者を着座させ、背景音として

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
630	2000	0 10	0
	2500		0.75
	3150		1
	4000		1.25

閑静な住宅街の路上で録音した環境音を 40 秒間暴露 (L<sub>AeqT=40s</sub> 45dB) する。背景音を暴露したまま報知音モデルを 20 秒間暴露し、その後印象評価アンケートの記入、及び安静時間を 1 分間設けた。報知音モデルの音量は被験者の耳元で L<sub>AeqT=20s</sub> 55dB になるように統一した。アンケートの評価項目は、各報知音モデルに対する印象評価を「快い-不快」等の 12 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。

## 4. 認知距離実験の実験方法

実験は、JIS D 8301 の条件を満たす、日本大学理工学部船橋校舎の交通総合試験路 (環境音 L<sub>A</sub> 46±3 dB) で実施した。本実験では細い道路を想定し、道幅 3 m, 直線距離 100 m のコースを設定した。実際に報知音が発音される車両速度が 20 km/h 以下のため、実験時の車両速度は 10 km/h, 20 km/h の 2 種類とした。報知音の音量は車速によって変化させ、車両の前方 2 m の位置で 10 km/h 時 L<sub>A</sub> 55 dB, 20 km/h 時 L<sub>A</sub> 63 dB とした。報知音を搭載した HV を被験者の後方から接近させ、道路の中心から 2 m, 高さ 1.2 m に設置した騒音計に接続したレベルレコーダを用いて車両接近時の走行音を記録した。さらに、レベルレコーダと連動したスイッチを被験者に持たせて、車両の接近に気付いた時点でスイッチを押してもらい、被験者と車両間との距離

1: 日大理工・院 (前)・精機 2: 日大理工・教員・精機

(以下、認知距離)を測定した。本研究では、高齢者身体機能データベースを参考に、車両の接近に気付いてから避けるまでに必要な回避時間を 3 s に設定し、回避時間に車速を乗じて算出した最低回避距離を基準値として、実験で得られた認知距離を評価した。

## 5. 実験結果

### 5-1 印象評価実験

因子分析を行った結果、第一因子は明瞭因子、第二因子は評価因子、第三因子は活動因子が抽出された。累積寄与率は約 54.7%であった。

各音条件と第一因子の代表的な評価項目である“はっきりしたーぼんやりした”の関係を Figure 1 に示す。卓越周波数 II を 2500Hz 以上にすることで、はっきりした印象が強くなる傾向がみられた。また、音圧レベル差を 10dB 付加すると、はっきりした印象が弱くなる傾向がみられたため、卓越周波数間の音圧レベル差によってはっきりした印象が変化すると考えられる。

各音条件と第二因子の代表的な評価項目である“快ー不快”の関係を Figure 2 に示す。定常音と変動音を比較すると、変動音の報知音の方が不快感が小さい傾向がみられた。また、音圧レベル差 10dB 付加し、変動周期を 1s 以上にすることで、快い印象が強くなる傾向がみられたため、変動周期を長くすることで快い印象になりやすいと考えられる。

### 5-2 認知距離実験

認知距離の測定結果を Figure 3 に示す。測定した認知距離は、全ての条件において、基準値 (8.4m) を超えている。認知距離が長いということは、遠くから聞こえるため、騒音となり不快と感じやすい。よって、基準値を超え、かつ基準値に近い条件を満たせば適切な回避距離をもつ報知音であるといえる。実験結果より、卓越周波数 II が 3150Hz、音圧レベル差 0dB、定常音、または卓越周波数 II が 4000Hz の報知音が良いと考えられる。卓越周波数 II が 2000、2500Hz、音圧レベル差 0dB の条件以外は、定常音よりも変動音の認知距離が伸びる傾向がみられるため、報知音は変動音にすることで認知性が向上すると考えられる。

## 6. おわりに

印象評価実験、認知距離実験より、報知音は音圧レベル差 10dB、卓越周波数 II を 4000Hz、変動周期を 1s 以上に設定することで、十分な認知性をもち、かつ不快と感じず、明瞭に聞こえると考えられる。

認知距離実験より、作成した報知音モデルは基準値

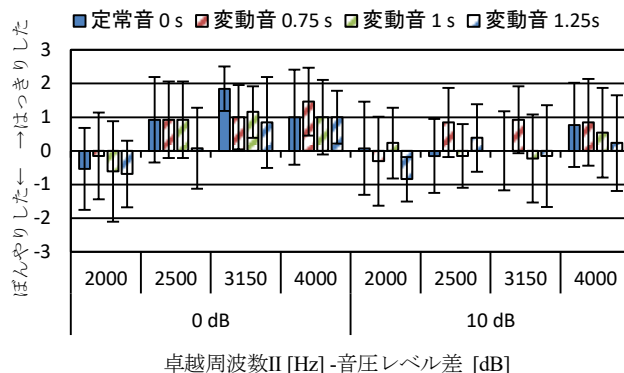


Figure 1. Relationship between clear-unclear sensation and sound conditions

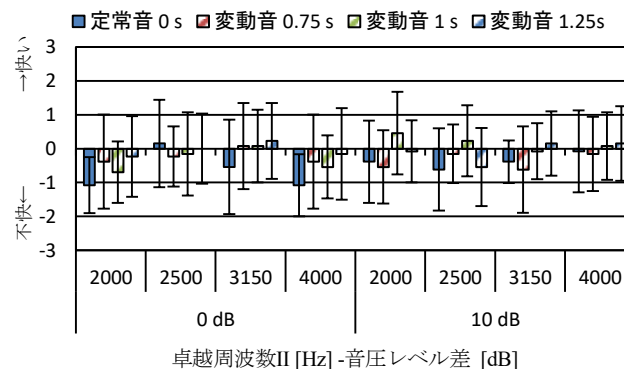


Figure 2. Relationship between comfortable-uncomfortable sensation and sound conditions

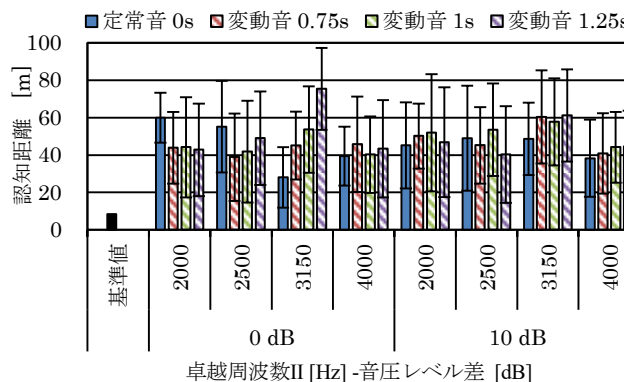


Figure 3. Perceptual distance of alert sound model in vehicle speed 10 km/h

を大きく上回ったため、さらなる音量の低下を見込める。環境音は  $L_A 46 \pm 3$  dB であったため、環境音に +5dB 程度の音量で十分な認知性をもつと考えられる。今後は、環境に合わせた適切な音量について検討を進める予定である。

## 7. 参考文献

- [1] 国土交通省：「ハイブリッド車等の静音性に関する対策のガイドライン」, 2012.
- [2] 野口尚志, 松田礼, 町田信夫：「自動車接近報知音の印象評価と認知性について」, 日本人間工学会誌, 第 51 号特別号, pp.192-193,2015.