自動車接近報知音の印象評価と認知性について

○野口 尚志（日本大学大学院理工学研究科）

松田 礼、町田 信夫（日本大学理工学部）

Regarding Impression Evaluation and Cognitive of Alert Sound for Electric Vehicles

Takashi NOGUCHI (Graduate school of Science and Technology, Nihon Univ.)

Hiroshi MATSUDA, Nobuo MACHIDA (College of Science and Technology, Nihon Univ.)

1. はじめに

近年、電気自動車、ハイブリッド自動車などの普及に伴い、電気自動車等の特徴である高い静音性が問題となっている。高い静音性によって車両が接近した際に歩行者の認知が遅れ、危険である。このため、歩行者に車両の接近を認知させる自動車接近報知音が搭載されているが、国土交通省のガイドライン¹⁾には周波数や音量に関する明確な記載がないため、企業や研究者から様々な自動車接近報知音が考案され議論が続いている。

本研究は歩行者が十分な回避時間を得られる認知性をもち、かつ不快感を与えない自動車接近報知音の設計手法の提案を目的とし、音の周波数スペクトル、卓越させた2つの周波数域間の音圧レベル差、振幅変調などに着目して音を作成した。接近報知音に振幅変調音を用いることによる不快感の減少、ピーク周波数と認知距離の関係について知見が得られたので報告する。

2. 印象評価実験

2-1 実験条件

著者らの調査²⁾より、市販の接近報知音は、高齢者が聞き取りやすいとされる 630[Hz]と、聴感特性において感度がよい 4000[Hz]の2つの周波数域を卓越させていることが分かっている。

これらを参考に、定常音の接近報知音モデル（以下定常音）については表1に示す卓越周波数Ⅰ、Ⅱについて白色雑音を加工して1/3オクターブバンド雑音を作成した。振幅変調音については、定常音として設定した卓越周波数Ⅰ、Ⅱを振幅変調(AM変調)させた。また、卓越周波数Ⅰの音圧レベルを基準とし、卓越周波数Ⅱとの間に音圧レベル差(0、10[dB])を与えた。さらに、定常音及び振幅変調音について印象評価、認知距離に影響が出るのではないかと考え、変動周期(0.5、1[s])を変えた接近報知音モデルを作成した。実験時の接近報知音モデルの音量は等価騒音レベル $L_{AeqT=20[s]}$ 63[dB]で統一した。

表1 音条件

卓越周波数Ⅰ [Hz]	卓越周波数Ⅱ [Hz]	変動周期 [s]	音圧レベル差 [dB]
630	2000	0.5 1	0 10
	2500		
	3150		
	4000		

2-2 実験方法

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、接近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。被験者は健康な22±1歳の男子大学生延べ16名である。実験は防音室内の椅子に被験者を着座させ、背景音として大学近隣の閑静な住宅街の路上で録音した環境音 $L_{AeqT=40[s]} 45$ [dB]を40秒間暴露する。そして、背景音を暴露したまま接近報知音モデルを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分間とった。アンケート記入の際「ハイブリッド車や電気自動車に搭載する、疑似走行音としての音色評価」であることを教示した。本実験の評価項目は、各接近報知音モデルに対する印象評価を「快いー不快な」、「好きー嫌い」等の12項目の形容詞尺度で、両極7段階の評定尺度法により検討した。

3. 認知距離測定実験

3-1 実験条件

実験は、日本大学理工学部船橋校舎の交通総合試験路(暗騒音 $L_A 46 \pm 2$ [dB])で行った。本試験路はJIS D 8301「自動車のための車外騒音測定のための試験用路面」を満たしている。本実験では道幅3[m]、直線距離100[m]の道路とした。音条件は印象評価実験と同様である。また、実際に電気自動車等から接近報知音が発せられるときの速度が20[km/h]以下のため、実験時の自動車の速度は10[km/h]、20[km/h]の2種類を設定した。

3-2 実験方法

各接近報知音を搭載した電気自動車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、車両の接近に気付いた時点でスイッチを押してもらい、認知距離を測定した。この時、「報知音を搭載した車両が接近してきます。接近を感じて自分なら振り向くという時にスイッチを押してください」と教示した。また、歩行者が車両を認知し、安全に避けることのできる距離を考慮した。本実験では、車両に気付いてから避けるまで回避時間 3[s]とし、最低回避距離を回避時間に車速をかけたものとした。

4. 結果

表2に音圧レベル差0[dB]の接近報知音モデルにおける因子分析の結果を示す。第Ⅰ因子は評価因子、第Ⅱ因子は質感因子、第Ⅲ因子を活動性因子とした。第Ⅲ因子までの累積寄与率は51.60[%]であった。

図1に各接近報知音モデルと第Ⅰ因子の代表的な評価項目の平均値との関係を示す。変動周期1[s]の接近報知音モデルでは音圧レベル差10[dB]の卓越周波数 2000[Hz]を除く全条件において定常音より“快い”、“好き”と評価する傾向がみられた。しかし、変動周期0.5[s]の接近報知音モデルではほぼ全条件において定常音、変動周期1[s]よりも“不快”、“嫌い”と評価される傾向がみられた。このことより、本実験の条件内では、接近報知音モデルを振幅変調させることで、第Ⅰ因子の印象が変化する傾向がみられた。

図2に車速20[km/h]における接近報知音モデル毎の認知距離の結果を示す。全条件において車速20[km/h]の最低回避距離(基準値)である16.8[m]より長くなった。また、音圧レベル差0[dB]、卓越周波数 2500[Hz]以外の条件では、振幅変調させると認知距離が長くなる傾向がみられた。

5. おわりに

作成した接近報知音モデルの周波数スペクトル、音圧レベル差、振幅変調に着目して印象評価実験を行った結果、因子分析より評価因子、質感因子、活動性因子の3因子が抽出された。また、本条件では接近報知音モデルを振幅変調させることで第Ⅰ因子の印象が変化する可能性が示唆された。認知距離測定実験の結果、振幅変調させると認知距離が伸びることが分かった。しかし、認知距離が長いということは、遠くまで聞こえ騒音になり得る。今後は認知距離を考慮した報知音モデルについて検討していきたい。

表2 音圧レベル差0[dB]の接近報知音モデルの因子負荷量

評価因子	第Ⅰ因子	第Ⅱ因子	第Ⅲ因子
好き	0.9442	0.1049	0.1056
快い	0.9077	0.0589	0.0253
静かな	0.6403	0.0271	-0.1876
大きい	-0.3937	0.1558	0.1635
鋭い	-0.2451	0.7556	0.1467
はっきりした	-0.2367	0.6128	0.1396
きれいな	0.4724	0.5215	0.0080
軽い	0.0848	0.3960	0.0224
単純な	0.1810	0.3550	-0.1034
派手な	-0.1154	-0.1113	0.9837
早い	-0.0064	0.1603	0.3940
新しい	0.1798	0.3664	0.3678
寄与率	22.03%	17.42%	12.15%
累積寄与率	22.03%	39.45%	51.60%

図1 接近報知音モデルと第Ⅰ因子の関係

図2 車速20[km/h]における接近報知音モデルの認知距離

6. 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) 松丸輝明、松田礼、町田信夫：「自動車接近報知音の卓越周波数に関する実験的検討」、2013.