

自動車接近報知音の印象評価に及ぼす卓越周波数の影響に関する検討

Influence of peak frequency on impressive evaluation of alert sound for electric vehicles

○野口尚志¹, 松田礼², 町田信夫²*Takashi Noguchi¹, Hiroshi Matsuda², Nobuo Machida²

Abstract: Recently, the numbers of the hybrid and electric vehicles with small driving sound are the increasing tendency. However, there is a problem that the pedestrian doesn't notice the approach of the vehicle with high quietness. The purpose of this research is a proposal of the design approach of a comfortable alert sound for electric vehicles. The experimental results of the influence of the alert sound for electric vehicles on a psychological impression by using the psychology questionnaire is described in this study.

1. はじめに

現在、ハイブリッド車や電気自動車などの次世代自動車の普及が進んでおり、これらの自動車は高い静音性を有している。しかし、高い静音性ゆえに、歩行者が車両の接近に気づきにくく問題となっている。特に、モータ駆動による低速時はロードノイズも小さいため歩行者は視界の外からの自動車の接近には気づきにくい。このことより、国土交通省は次世代自動車に対するガイドライン^[1]を公布し、低速走行時音発生装置(車両接近通報装置)の搭載を促した。しかし、自動車接近報知音の音質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接近報知音が考案されている。現在、対象車両の多くには車両接近通報装置が搭載されているが、周囲の環境によって聞きづらい場合もあれば、報知音自体を不快に感じる人も少なくない。自動車接近報知音は様々な環境下で聞き取りやすく、対象者が不快に感じにくい音でなければならない。

本報では、市販の接近報知音の解析結果を基に周波数スペクトルと音圧レベル差を変えた複数の報知音モデルを作成し、心理的印象がどのように変化するか検討した結果について報告する。

2. 実験条件

著者らの一部による調査^[2]より、市販の接近報知音を周波数分析すると、周波数域は高齢者が聞き取りやすいとされる周波数域(630[Hz])と、聴感特性において感度がよい周波数域(4000[Hz])の2箇所を卓越させていることが分かっている。また、車速に応じて周波数のスペクトルや音量の音圧レベル(63[dB])が変化することも確認している。本研究では、周波数分析を基に白色雑音を音編集ソフトで加工し、表1の示す複数の接近報知音モデル(a)~(g)を作成した。これらの接近報知音モデルは、卓越周波数Iの中心周波数(630[Hz])を

Table1. Sound conditions

卓越周波数 I	卓越周波数 II	音圧レベル差
630[Hz]	(a)1600[Hz] (b)2000[Hz] (c)2500[Hz] (d)3150[Hz] (e)4000[Hz] (f)5000[Hz] (g)6300[Hz]	0,5,10[dB]

固定して、高周波成分である卓越周波数IIの中心周波数1600~6300[Hz]を1/3オクターブバンドごとに変化させている。また、2つの卓越周波数間には、卓越周波数Iの音圧レベルを基準として、卓越周波数IIとの間に音圧レベル差を与えた報知音モデルも作成し、計21種類の音条件とした。また、本実験は防音室内での印象評価実験とし、耳元での音量が63[dB]になるよう統一した。

3. 実験方法

床面積3.2[m²]、高さ2.3[m²]、暗騒音L_A30±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10名である。実験は被験者を防音室内で着席状態にさせ、背景音として大学近隣の閑静な住宅街で録音した環境音L_{AeqT=60[s]}45[dB]を30秒間暴露する。その後、背景音は暴露させた状態で接近報知音モデルを15秒間暴露した後、アンケート記入及び安静を1分間とってもらった。なお、被験者には「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」であることは教示してある。本実験の評価項目は、各接近報知音モデルに対して感じた“快-不快”、“ふさわしさ”、“静かさ”、の3項目を両極7段階の評定尺度法による検討を行った。

1: 日大理工・院(前)・精機 2: 日大理工・教員・精機

4. 結果および考察

各報知音モデルにおける“快-不快”の結果を図 1 に示す。卓越周波数 II の周波数が高くなるにつれて、各音圧レベル差 (0~10[dB]) の全条件で不快感が増加する傾向がみられた。卓越周波数 II の周波数と“快-不快”の相関関係は、音圧レベル差 0[dB]で $R=0.94$ 、音圧レベル差 5[dB]で $R=0.78$ 、音圧レベル差 10[dB]で $R=0.53$ となり、3 条件全てにおいて中程度以上の相関がみられた。ここで、音圧レベル差 10[dB]の条件に着目すると卓越周波数 II が 4000[Hz]を超えると不快感が減少する傾向もみられた。これらより、卓越周波数 II が大きくなると不快感は増加する傾向がみられるが、2 つの卓越周波数間に音圧レベル差を与えることで、不快感の増加を抑制できるのではないかと考えられる。

各報知音モデルにおける“静かさ”の結果を図 2 に示す。卓越周波数 II の周波数が高くなるにつれて、各音圧レベル差 (0~10[dB]) の全条件でうるささが増加する傾向がみられ、また、1600[Hz]と 4000[Hz]を超える報知音モデルでは音圧レベル差を与えると、うるささが減少する傾向がみられた。

各報知音モデルにおける“ふさわしさ”の結果を図 3 に示す。卓越周波数 II の周波数別にみると、2000~4000[Hz]の接近報知音モデルがふさわしいと判断される傾向がみられた。図 1, 2 の結果と比較すると、不快感と静かさが最も小さいと評価された報知音モデル (卓越周波数 II 1600[Hz], 音圧レベル差 5[dB])が最もふさわしくない結果となった。また、“ふさわしさ”では他の評価項目との関係性がみられなかった。このことより、卓越周波数 II の周波数は人間の聴感特性において感度がよい 2000~4000[Hz]が人間に聞こえやすいため、接近報知音としてふさわしいと感じたのではないかと考える。

5. まとめ

自動車接近報知音の卓越周波数と音圧レベル差に着目して印象評価実験を行った結果、卓越周波数 II の周波数を低く設定することによって不快感やうるさを抑制できることが分かった。さらに、卓越周波数 II の周波数を高く設定した条件でも音圧レベル差を与えることで不快感やうるさが抑制できる可能性が示唆された。また、卓越周波数 II の周波数域を人間の聴感特性において感度がよい 2000Hz~4000Hz に設定すると接近報知音にふさわしいと感じる傾向がみられた。今後は周波数特性のみならず音色や音の変動感について検討する予定である。

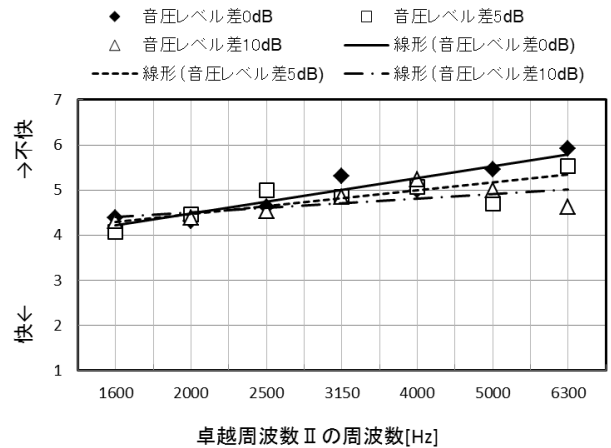


Figure1. Relationship between the uncomfortable sensation and peak frequency II

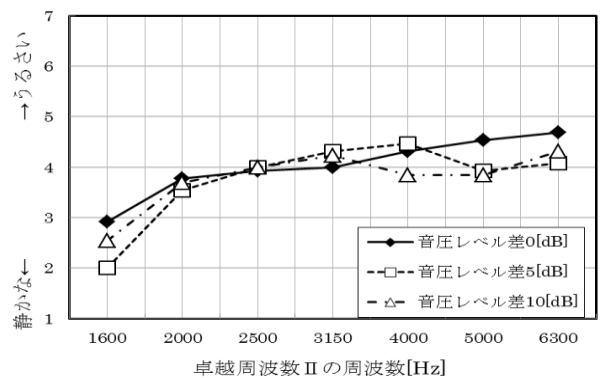


Figure2. Relationship between the calmness and peak frequency II

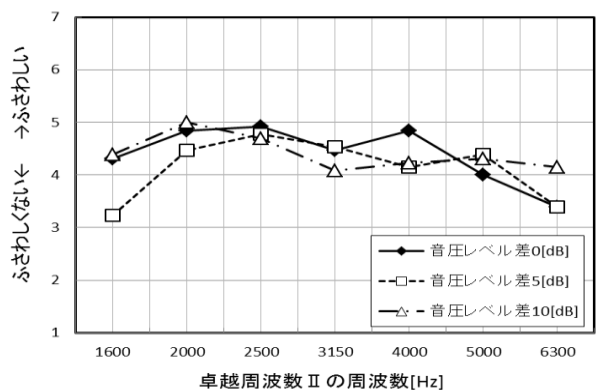


Figure 3. Relationship between the appropriateness and peak frequency II

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」, 騒音振動研究会資料, 2013.