

## 自動車報知音に関する研究

## Study on comfortable alert sound of quiet vehicles

○松丸輝明<sup>1</sup>, 松田礼<sup>2</sup>, 町田信夫<sup>2</sup>\*Teruaki Matsumaru<sup>1</sup>, Hiroshi Matsuda<sup>2</sup>, Nobuo Machida<sup>2</sup>

Abstract: In recent years, a prevalence of the hybrid and electric vehicle is advancing. However, pedestrians feel that a running sound of these cars is too quiet. Thus, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism promulgated a guideline for External Noise Emitting System of quiet vehicles. In this study, we report results that research the performances of commercially-supplied alert sound, after that, we evaluate impression of redesigned alert sound.

## 1. はじめに

走行音の小さいハイブリッド車や電気自動車などは、騒音問題の観点からも大変歓迎されるものであった。しかしその反面、高い静音性ゆえに低速時の走行音が極めて小さく、歩行者に危険を感じさせてしまう問題が浮上している。この指摘を受け、国交省は「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」を作成し、それらの自動車に車両接近通報装置を搭載することを促したが、これに対する否定的な声が存在する事実も解消されていない。そこで、当事者が車両の接近を十分に認知でき、かつ新たな騒音源とならないような報知音の設計が快適化に繋がると考えた。本研究では、実際に危険だと思われる環境下を想定し、市販の車両接近通報装置の性能調査を行った。さらに、その結果をもとに接近報知音の試作を行い、印象評価実験により性能を分析した結果について報告する。

## 2. 先行調査

## 2. 1 環境調査

接近通報音の検討を行うには、環境音を考慮する必要がある。そこで、住宅街のような自動車が低速で走行する環境を想定して、日本大学理工学部船橋校舎西門の環境騒音を環境庁による「騒音に係る環境基準評価マニュアルⅡ.地域評価編」に基づいて測定した。その結果、環境音の等価騒音レベル( $L_{Aeq}$ )は 44.8[dB]で、周波数分析による音のパワースペクトルはほぼ平坦であった。以上より、疑似環境音はホワイトノイズ  $L_{Aeq}45$ [dB]を採用した。

## 2. 2 市販の車両接近通報装置の性能調査

市販の車両接近通報装置の性能を評価するために、M 社製報知音の騒音レベル( $L_A$ )を騒音計で測定した。騒音計の位置は車両前端前方 2[m], 地上高 1.2[m]とした。その結果、自動車速度 1~20[km]間で音が発生し、

$L_A70$ [dB]前後で速度が上がるにつれて音量が大きくなることが分かった。また、周波数分析の結果、M 社製報知音は 2つのピーク(630,4000[Hz])をもち、車速が上がるにつれて低周波数成分が弱くなり、高周波数成分が強くなること分かった。

## 2. 3 騒音レベルの変化による印象調査実験

本研究では、疑似環境音を発生させた防音室内において、被験者が M 社製報知音できる最小可聴値の調査と、音量を上げた際どの程度の騒音レベルで不快と感じるかについて印象評価実験を行った。その結果、疑似環境音下における最小可聴値の平均は  $L_A48$ [dB]で、 $L_A63$ [dB]を超えると不快さを感じる事が分かった。

## 3. 車両接近報知音の快適化実験

接近報知音の快適化を検討するために、M 社製報知音の周波数特性を音編集ソフト(Sound engine free)で変化させて 3種類の報知音モデルを作成した(Table1)。防音室内で疑似環境音と作成した報知音を同時に発生させたときの印象を評価をした。報知音モデルの音量は  $L_A63$ [dB]で統一した。それぞれの報知音に対して感じる印象は、うるささ、不快さ、適切さの 3項目を 4段階の単極評定尺度で評価した。被験者は健常な男子大学生 7名(延べ人数 14名)である。

Table1.Condition of alert sound

	周波数ピーク1	周波数ピーク2
報知音(a)	250[Hz]	2000[Hz]
報知音(b)	250[Hz]	2500[Hz]
報知音(c)	250[Hz]	3000[Hz]

Figure 1 に、作成した 3種類の報知音に対する印象評価をまとめたものを示す。作成した報知音(a)~(c)はいずれも“うるささ”、“不快さ”、“適切さ”に大きな差は見られなかったことから、この 2000~3000[Hz]間でピーク周波数を変えても印象評価にはそれほど変化を

与えないことがわかった。以上の結果をもとに、実環境における性能調査実験では、“適切さ”が一番良く表れた報知音(a)用いることとした。

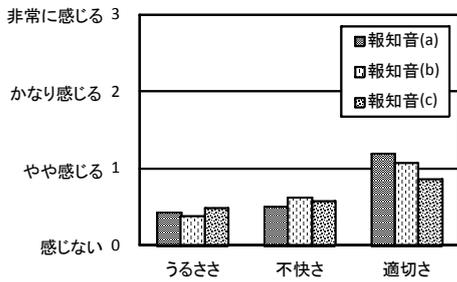


Figure1. Impression of alert sound in anechoic chamber

#### 4. 実環境下における性能調査実験

接近報知音の実環境における検討と、快適化について検証するために、M社製報知音と作成した報知音(a)を用いた性能調査実験を行った。実験は、JIS8301の「自動車の車外騒音測定のための試験用路面」を満たしている日本大学理工学部船橋校舎の滑走路(暗騒音  $L_A 44 \pm 2$ [dB])で行った。主動力がモータのゴルフカートに、M社製報知音または報知音(a)を搭載し、運転者には静止している被験者の50[m]後方から20[km/h]で接近してもらった(Figure2)。被験者には、ゴルフカートの接近に気が付いた位置で手を挙げてもらい安全面で問題がないか検討し、前章と同様の印象評価実験も行った。最低認知距離は、高齢者の中でも特に事故件数が多い65歳以上[1]の反応時間・移動速度を基に、回避に必要な最低距離を被験者の10[m]後方の位置とした。音条件は、M社製報知音が  $L_A 70$ [dB]、報知音(a)が  $L_A 63$ [dB]で、1.2[m]地上高の位置から発生させた。被験者数は、健常な男子大学生6名(延べ人数10名)である。

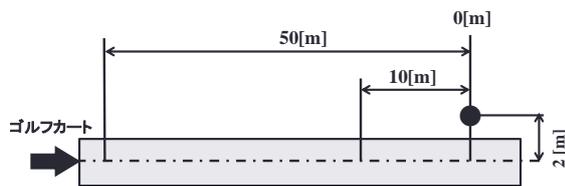


Figure2. Experimental condition

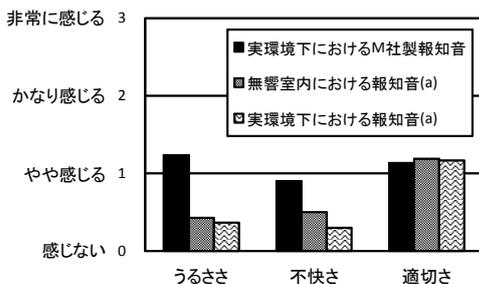


Figure3. Impression of alert sound in outside

Figure3に、「実環境下におけるM社製報知音」と「実環境下と防音室内における報知音(a)」の印象評価結果

を示す。被験者がM社製報知音に気が付いた平均位置は23[m](SD10.93[m])で、報知音(a)に気が付いた平均位置は22.6[m](SD10.14[m])であったため、どちらも最低認知距離10[m]に対して安全に余裕をもった回避が可能であると考えられる。また、報知音(a)は認知距離及び回避動作から判断して十分な性能を有していることが分かった。さらに、実環境下における報知音(a)の“うるささ”“不快さ”の印象は、M社製報知音よりも小さい値を示していることから、音量を下げることも快適化に繋げる手段の1つと考えられる。

#### 5. 考察

今回の実験に用いたM社製報知音には、2つのピーク周波数(630, 4000[Hz])があった。この理由は、人間の聴感特性は一般的に周波数成分2000~4000[Hz]付近が最も感度が良いとされていることと、この特性は年齢を重ねるごとに変化し、高齢者になると1000[Hz]以下にまで下がることの2点を考慮して、2か所の周波数付近にピークをもたせて聴き取りやすくしていると考えられる。試作した報知音も、上記の周波数帯にピーク周波数をもたせて作成した。ところが、 $L_A 70$ [dB]前後のM社製報知音を今回想定した静かな環境下で使用すると、当事者には聞き取りやすいが直接自動車の接近に関係のない人や近隣住人にとっては、“うるささ”“不快さ”といった印象を与えてしまう可能性ある。しかし、性能調査実験の結果から、人間の聴感特性を考慮すれば、音量を下げて聴き取りやすさを保つことができる可能性を示す事が出来た。“適切さ”に関しては、最も感度が良いとされる3000[Hz]付近から2000[Hz]へと周波数ピークを遠ざけるにつれ、その印象が少し向上する傾向が見られた。また、感度が良く聴き取りやすい音を大きな音量で発生させると、やかましい音になってしまうため、自動車の走行音として不適切な印象を与えた考えられる。

#### 6. おわりに

本研究では、静かな環境下を想定し実験を行ったが、接近報知音は様々な状況で自動車の接近を喚起できなければならない。今後も、様々な道路環境及び歩行者に対する危険性を十分に考慮した設計手法を検討していく予定である。

#### 7. 参考文献

[1] 警察庁：「交通事故統計(平成23年11月末)」  
<http://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/toukei.htm>