

18. 車両接近通報装置の受容性評価に関する調査

自動車安全研究領域 ※関根 道昭
 環境研究領域 田中 丈晴 坂本 一郎
 自動車安全研究領域 森田 和元

1. はじめに

排出ガス等の環境負荷の低減を目的として、電気自動車、ハイブリッド車等の開発・普及が進んでいる。これらの車両では、従来のエンジン音及び排気系の音が殆ど発生しないため、歩行者等が近くにいる車両の存在を接近音により認知することが難しくなっており、安全面からの対策が望まれる状況にある^[1]。このような認知性の低下を防ぐ一方法として、自動車の存在や接近を人工音で知らせる装置（車両接近通報装置）の自動車への搭載が検討されている。しかし、自動車（緊急自動車を除く）には、車外に音を発生する装置であって警音器と紛らわしいものは認められておらず、また当該装置が新たな騒音源とならないような配慮も必要である。本稿では、車両の接近を知らせる各種の音（以下、通報音）が聴取者に与える「うるささ感」を調査し、どのような通報音や提示方法が受容されやすいかについて考察した。なお、本調査は国土交通省ならびに日本自動車工業会における関連WGとの協議に基づいて行われたものである。

2. サンプル音の選定

最初に通報音の種類に関する検討を行った。通報音は歩行者にとって馴染みがある音であることが望まれる。また通報音は静かな住宅地だけでなく、賑やかな繁華街でも利用されるため、両方の環境において聞き落とされにくく、かつ、うるさすぎない性質の音であることが理想である。馴染みのある音の例として、従来のガソリン車から発生される音を録音し、当該装置から再生するという方法が考えられる。あるいは既存の報知音や新しく作成した人工音を通報音として活用することも可能である。そこで、いくつかの通報音のサンプルを用意して評価を行った。

サンプル音の特性の記述方法として、ここでは音楽性と時間変動という二つの次元を想定した（図1）。サンプル音は二次元マトリクスの中から偏りが無い

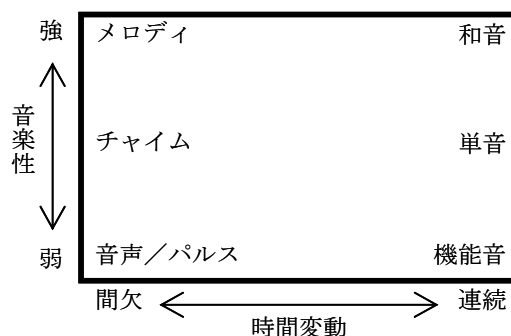


図1 サンプル音の基本属性マトリクス

表1 使用されたサンプル音

時間変動	音楽性	カテゴリ	ID	備考
間欠	強	メロディ	11	既存音 ^{*1}
間欠	強	メロディ	37	創作音
間欠	強	メロディ	39	創作音
間欠	中	チャイム	22	既存音 ^{*2}
連続	中	和音	42	創作音
連続	中	単音	43	創作音
連続	中	単音	46	創作音
連続	弱	機械音	53	疑似エンジン音
連続	弱	機械音	エンジン1	L4, 1496 cc
連続	弱	機械音	エンジン2	V8, 4292 cc

*1 鉄道駅ホームの列車出発警告音

*2 鉄道駅ホームの案内コーナーサイン音

ように選択した。自動車の機械音（機能音）としては排気量などが異なる2種類の実車のアイドル車外音を収集した。また、音楽性の強い人工音（メロディ）としては、駅のホームで利用されている既存の発車通報音1種類と独自の創作音2種類を利用した。さらに、音楽性が中程度で時間変動が少ないチャイムと和音を1種類ずつ、単調な音が連続する音を2種類選択した（表1）。

3. 接近通報音の受容性に関する調査

3. 1. 室内実験 1

最初に通報音の受容性の基本特性を調査する目的

で外乱の少ない半無響室（交通安全環境研究所の音響実験棟）の中でモニターによる聴取実験を実施した。この実験では、サンプル音の等価騒音レベルと周囲環境の背景音の大きさが受容性に与える影響を調べることに主眼をおいた。例えば、通報音の等価騒音レベルが小さい場合でも、周りの環境が静寂であれば受容性が低下すると予想された。

3. 1. 1 方法

実験には20歳代から50歳代の男性20名、女性25名が参加した。半無響室の中心付近に無指向性スピーカを設置した。5名から8名のモニターがスピーカの中心から3 m離れた位置に背中を向けて着座し、サンプル音の聴取とアンケートの回答を行った。

サンプル音は20秒から30秒の長さであり、等価騒音レベルを約50 dB(LAeq)に揃えたものを用意し、ここから6dB増加させた条件と6dB減衰させた条件を比較した。サンプル音は次に説明する3種類の背景音に重畳された条件と、背景音がない場合のいずれかの条件で聴取された。背景音には、騒音に係る環境基準の3つの地域類型に該当する地域の路上において収録した音を使用した。

- 地域類型 AA 相当（昼間 50dB 以下、閑静な住宅街）
- 地域類型 A 及び B 相当（同 55dB 以下、幹線道路近傍）
- 地域類型 C 相当（同 60dB 以下、駅前繁华街）

質問紙にはサンプル音のうるささや印象を評価するための質問を設けた。一つは絶対的マグニチュード推定法（ME法）によりサンプル音の「うるささ」を正の数字で得点化する方法であった^[2]。もう一つは対立する形容詞対を用いて7段階の評価を行うやり方であった。尺度には「騒々しい-静かな」「気になる-気にならない」「不快な-快い」の3種類を用いた。

実験の前にすべてのモニターに対して実験の目的を教示し、電動車両の接近をイメージしながらサンプル音を聴取するように強調した。質問紙への記入はサンプル音が提示されている間に行った。最初に背景音なしの条件を実施した後に3種類の背景音の条件をランダムな順序で実施した。1集団のモニターの実験には休憩を含めて約2時間を要した。

3. 1. 2. 室内実験1の結果と考察

最初にME法による評価の結果を示す。ME法ではモニターによって使用する数値の範囲が異なるため、平均値と標準偏差を用いて評定値をモニターごとに標準化してから処理を行った。背景音なし条件にお

けるME得点の平均値を図2左に示した。全体的な傾向として、サンプル音の等価騒音レベルが高まるとME得点が増加する傾向が観察された。個別のサンプル音を比較すると、チャイムやメロディのような音楽性の高い音のME得点は低く、逆にエンジン音や単音のME得点は高いことがわかった。

次に形容詞による印象評定の結果を示す。各尺度における7段階の評価を「騒々しい」「気になる」「不快な」をマイナスに、「静かな」「気にならない」「快い」をプラスとして、-3から+3までの数値に変換して集計した。3種類の尺度は類似した傾向を示したため、平均値を求めた（図2右）。以下、この平均値を受容性スコアと称する。全体としてサンプル音の等価騒音レベルが高くなるほど受容性スコアは低くなる傾向が観測された。また、すべての等価騒音レベルの受容性スコアにおいてメロディとチャイムが高く、単音とエンジン音系統は低い傾向が明らかとなった。

背景音を受容性スコアに及ぼす影響を検討するためにサンプル音 22、39、43、53 における等価騒音レベル 50dB(LAeq)の受容性スコアを背景音の関数とし

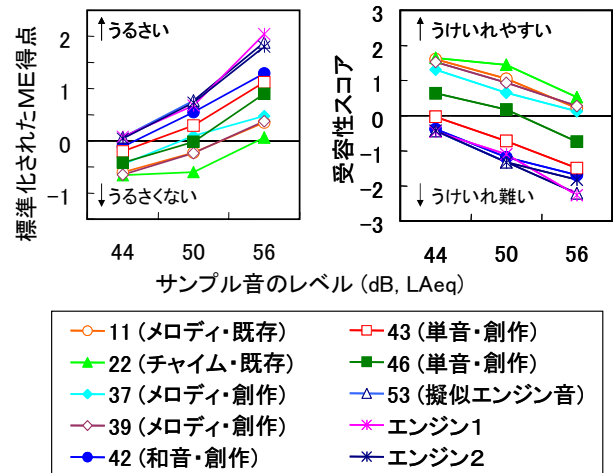


図2 室内実験1の結果（背景音なし）

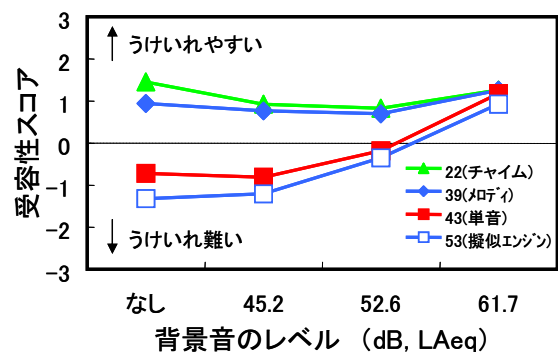


図3 背景音の影響（サンプル音は50dB, LAeq）

てプロットしたところ、図3に示す結果が得られた。サンプル22と39ではいずれの背景音においても受容性スコアがほぼ一定であったが、43、53においては背景音の等価騒音レベルが増加すると受容性スコアが上昇した。これは背景音によってサンプル音の印象が良くなるというより、背景音の等価騒音レベルが増大すると、単音やエンジン音はチャイムやメロディよりも聞こえにくくなることに関係があると思われる。

3. 2. 室内実験2

前項の室内実験では、メロディやチャイムの受容性は単音やエンジンの音に比べて高い傾向が示された。この結果をより多くのモニターによって追認するために、交通安全環境研究所の一般公開のイベントに訪れた見学者89名に対して簡略化した実験を行った。サンプル音は22、39、43、エンジン音1であり、等価騒音レベルは50 dB (LAeq) のみとし、背景音は省略した。この実験では、サンプル音をヘッドホンにより4名まで同時に提示した。モニターはサンプル音のうるさを1点から100点までの数値で得点化するとともに、前述の形容詞対を用いた印象評定を行った。所要時間は約10分であった。

以上の実験により得られたうるささの評定値と受容性スコアの平均値を図4に示した。ここでもチャイムやメロディのうるささ評定値は低く、受容性スコアは高かった。単音とエンジン音は逆の傾向であった。従って、室内実験2においても室内実験1とほぼ同様の結果が得られたと結論できる。

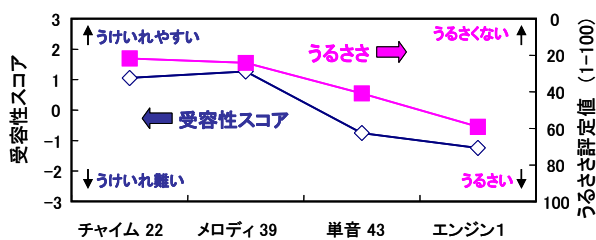


図4 交通研一般公開における室内実験の結果

3. 3. 実車聴取実験

前項の室内聴取実験が音響的に統制された理想的な環境下において検討されたのに対し、実車聴取実験は現実的な聴取条件に近い状態で通報音を聴取する場合について検討した。歩行者が路上で立ち止まった状態や室内において考え事している状況を想定し、接近通報音が与える影響を調べた。

3. 3. 1 方法

20歳代から50歳代の男性28名、女性31名が実験に参加した。前項の室内実験には参加していないモニターであった。

実験は、交通安全環境研究所構内の6メートル幅の道路とその場所に設置した遮音度の比較的低い仮設住宅内において実施した。車両と居住者(又は歩行者)との距離が近くなる場所を設定した(図5)。実験場所は「騒音に係る環境基準」における地域類型A及びB相当(中間55dB以下、実測値50から55dB)の暗騒音に該当する箇所であった。仮設住宅は室外音の4kHz以下の帯域を5-10dB程度減衰させる音響的な特性を有していた。

沿道と住宅内に道路を背面にして椅子を4台ずつ設置した。モニターはこの椅子に着席した状態でサンプル音の試聴と評価を行った。ただし、天候の関係で室内に7台の椅子を設置して実施した場合もあった。

自動車メーカーが試作した接近通報装置の試験車両(ハイブリッド車)を用いて実験を行った。この車両はバンパーの背後に設置した小型のスピーカから任意の音を再生することができるようになっていた。比較のためにガソリン乗用車を2台使用した。この2台は最新騒音規制に適合した自動車で十分に整備された状態にあった。

試験車両からのサンプル音およびガソリン車のエンジン音は、それぞれの車両が停止した状態(停止条件)と低速で走行した状態(走行条件)において評価された。停止条件のサンプル音は試験車両の駆動系を完全に停止した状態で提示された。サンプル音すべてについて基準となる等価騒音レベル50dB (LAeq, 車両前方2m、1.2m高において約1分間計測)および基準から6dB増減させた条件を評価対象とした。停止

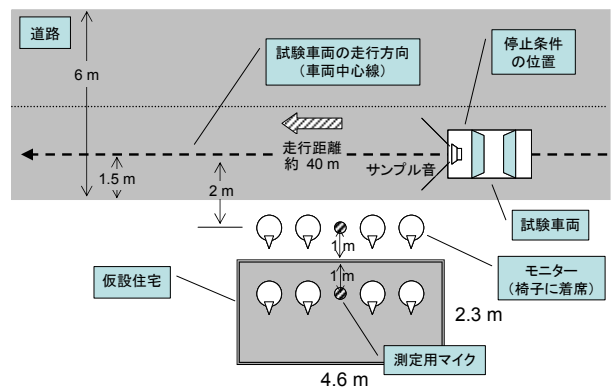


図5 実車聴取試験の配置概要図

条件のエンジン音はアイドリング状態（ガソリン車1 約 700 rpm、ガソリン車2 約 750 rpm）において発生する音が評価された。停止条件におけるサンプル音とエンジン音の聴取時間は、いずれも約1分間であった。

試験車両の走行条件ではガソリンエンジンを停止し、電動駆動モードにおいて走行している状態でスピーカからサンプル音を再生した。このとき、サンプル音以外の走行音はほとんど聞こえない状態であった。仮設住宅前の約 40 mを約 30 秒間かけて走行した。走行条件では基準音圧のサンプル音9種類と三つのサンプル音について基準音圧から6dB増減させた条件を評価対象とした。ガソリン車はATのクリープ走行により時速 10km/h 以下の速度で同様の走行を行った。

現実場面において注意を集中して車両接近音を聴取することは少ないと思われるため、モニターはクロスワードパズル^[3]により、注意をそらした状態でサンプル音を試聴した。サンプル音が聞こえる間はパズルに専念し、サンプル音が途切れた時点でアンケートに回答するように教示した。モニターはサンプル音のうるさを1点から100点までの数値で得点化するとともに、前述の形容詞対を用いた印象評定を行った。

3. 3. 2 実車聴取実験の結果と考察

うるさを1から100までの数字で評定した結果、停止条件における評定値は全体的に室内よりも室外で高かった。また、室内外のいずれにおいてもチャイムやメロディの評定値は実車のアイドリング音よりも低かった。

形容詞による印象評定の結果について、これまでと同様に受容性スコアを求めた。サンプル音の等価騒音レベルの増加とともに、受容性スコアは低くなった。

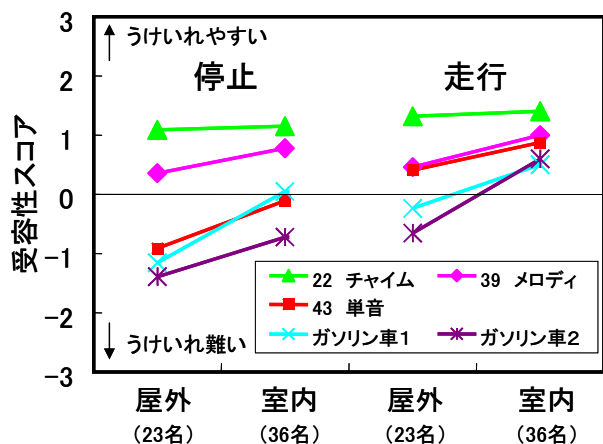


図6 実車聴取実験の結果（一部）

基準等価騒音レベル（50dB, LAeq）における一部サンプル音の結果を図6に示した。これまでの結果と同様に、メロディやチャイムの評価は高かったが、ガソリン車のアイドリング音の評価は低かった。室内の受容性スコアは屋外よりも高く、この差は単音やガソリン車において顕著であった。

走行条件は停止条件よりも受容性が高かった。停止条件では1分間ほぼ同一音圧レベルの音に曝されるのに対し、走行条件では時間を追って音圧レベルが変化することと、車両が接近して通過するまでの時間が短いことが関係していると思われる。

4. まとめ

車両接近通報音の受容性評価実験により、おもに次の結論が得られた。

1. 受容性はサンプル音の等価騒音レベルの増大に伴い低下する。
2. 等価騒音レベルが同等でもサンプル音の内容や背景音の状況によって受容性は大きく異なる。
3. メロディやチャイムの受容性は高かった。これと比較すると実車のアイドリング音や疑似エンジン音の受容性は低かった。
4. 半無響室でスピーカからサンプル音を提示したときの結果と、屋外において試験車両を用いて行った結果はほぼ一致した。

本研究の結果からメロディやチャイムの受容性が高いことが判明したが、これらの音が実際に車両の接近を通報する時に予備知識のない歩行者が車両として認知できるかどうかなどについては別途検討する必要があると思われる。

5. 参考文献

1. 中野泰志, 井手口範男, 布川清彦, 金沢真理: 視覚障害者の路地横断における車両音の効果—ハイブリッド車とガソリン車の比較, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2005 論文集, pp. 523-528 (2005)
2. 難波精一郎, 桑野園子: ME法, 音の評価のための心理学的測定法, コロナ社, pp. 50-72 (1998)
3. ぼけないための SHINOZAKI ホームページ: 雑学クロスワード, <http://www8.plala.or.jp/shinozaki/cros-index.htm>