

自動車内のシートベルト非着用警報音にとって望ましい音響特性*

田口学(九州大), 崔鍾大(芸工大), 山内勝也(九州大), 岩宮眞一郎(九州大)

1. はじめに

国土交通省は 2003 年度末から発売される新車に対し, シートベルト非着用時の警報音の装備を順次義務化していくと発表した[1]。現在, その手続きは進んでおり, シートベルト非着用で走行した場合に「音で再警報を行う装置(シートベルト・リマインダー)」を, 乗用車の運転者席に装備することを義務付けるとしている。この法案は 2005 年 9 月より施行されることになっている[2]。今までの表示などによる短時間の注意喚起よりも音を用いてさらに警報を行うのは効果的であると考えられる。しかし, どのような音響的特徴を持つ音が「シートベルト・リマインダー」として相応しいのかについては触れられていない。音を聞いて, シートベルト非着用警報音であると容易に判断できるデザインが求められる。

本研究では, 聴取実験とアンケート調査に基づき, シートベルト非着用警報音として相応しい音響特性について検討した。

2. 実験 実際のサイン音を用いた印象評価実験

2.1 実験手続き

実際に自動車に利用されているシートベルト非着用警報音を利用して, 「警報感のある - 警報感のない」や「快い - 不快な」など 15 個の形容詞尺度を用いて, 7 段階の SD 法で印象評価実験を行った。

刺激音は日本, 韓国, ドイツ, スウェー

デンで市販されている自動車から録音したシートベルト非着用警報音で, 計 15 個であった。録音した音は全て電子音で, 断続音であった。また, それらは定常的な短音の吹鳴(ON)と休止(OFF)を一定の周期で繰り返すパターンと, ベルのような比較的ゆっくりとした減衰特性を持つ音が一定の周期で繰り返すパターンの 2 パターンであった。被験者は, 自動車の運転経験があり, 正常な聴力を有する 21 ~ 26 歳の学生 15 名(男性 10 名, 女性 5 名)である。

2.2 結果と考察

「相応しい - 相応しくない」以外の各印象評価尺度に対する各被験者の評価値をもとに, 評価尺度を変数とした主成分分析を行い, 3 主成分解を採用した。第 1 主成分は「力強い - 弱々しい」「警報感のある - 警報感のない」などの尺度に負荷が高く「警報・迫力主成分」, 第 2 主成分は「鋭い - 鈍い」「澄んだ - 濁った」などの尺度に負荷が高く「鮮明主成分」, 第 3 主成分は「好き - 嫌い」「高級な - 安っぽい」「快い - 不快な」などの尺度に負荷が高く「評価主成分」と解釈した。

各刺激音に対する主成分得点を求め, 各主成分得点と音響特性との間の対応関係を検討した結果, 警報・迫力主成分得点は loudness や断続周期と, 鮮明主成分得点は断続周期や sharpness と, 評価主成分得点は sharpness と有意な相関が見られた。

次に, 各主成分得点と「相応しい - 相

* Desirable Acoustic Characteristics for the Alarm for not Fastening the Seat-Belt in Automobiles. By Manabu TAGUCHI (Kyushu University), Jong-Dae CHOI (Kyushu Institute of Design), Katsuya YAMAUCHI (Kyushu University), Shin-ichiro IWAMIYA (Kyushu University).

応しくない」の評定値との相関を求め、実験の際の内観報告と照らし合わせながら、どのような音響的特徴を持つ音がシートベルト非着用警報音として相応しいのかを検討してみたが、明確な対応関係を得ることができなかった。

3. シートベルト非着用警報音に関する意識調査（アンケート）

実験 では各主成分と相応しさとの対応関係は不明瞭であった。そこで、被験者がどのような基準でシートベルト非着用警報音としての相応しさを評定しているのかを調べるために実験 と同じ被験者にアンケートを行った。

3.1 手続き

アンケートを行うにあたって、被験者にシートベルト非着用警報音として相応しいと思うサイン音はどのようなものかイメージしてもらい、用紙上にランダムに並べられた30個の形容詞から、そのイメージに当てはまるものをいくつでも自由に選択させた。また、どのようなサイン音がシートベルト非着用警報音として相応しいと思うかを自由に記述させた。

3.2 結果と考察

被験者が選択した形容詞に1点、選択しなかった形容詞に0点を与えることで被験者間のユークリッド距離を計算し、それを非類似性としてWard法によるクラスター分析を行った。その結果、大きく2つのグループ(A, B)に分類できた。各グループで選択された形容詞を集計し、それぞれで半数以上の被験者が選択した形容詞を見比べるとAグループでは、「警報感のある」「はっきりした」「緊迫感のある」「高級な」という形容詞を選択しているのに対し、Bグループでは、「高級な」「快い」「やわらかい」「落ち着いた」という形容詞を選択していた。

また自由記述では、Aグループは主に警報感も高級感もあるような音が相応しいとしており、Bグループでは警報感には触れず快適性を重視し、快い音が相応しいとしていた。これらから2グループは「相応しさ」に対する判断基準が異なることが考えられる。

3.3 アンケート結果を踏まえた再分析

実験 で不明瞭だった「相応しさ」に関する評定値をこの2グループ毎に再分析した。各グループにとっての「相応しさ」の特徴を明らかにするために、「相応しい - 相応しくない」の評定値と実験で得られた各主成分得点の相関を求めた。

Aグループにおいては、「相応しい - 相応しくない」の評定値と警報・迫力主成分得点、評価主成分得点と有意な相関が見られた。さらに重回帰分析によって、この2つの主成分得点が相応しさにどのように影響しているかを調べたところ、ほぼ同程度の影響が認められた。

Bグループにおいては、「相応しい - 相応しくない」の評定値と評価主成分得点のみに有意な相関が見られた。

以上より、Aグループは「警報感」「緊迫感」「慌しさ」「快さ」「高級感」などを総合的に見て相応しさを判断しているのに対し、Bグループは主に「快さ」「高級感」を相応しさの判断基準としていると考えられる。

4. 実験 合成音を用いた印象評定実験

前述より、2つのグループは、それぞれ相応しさに対する判断基準が異なっており、Aグループの相応しさと有意な相関のあった警報・迫力主成分は周期やloudnessと、両グループとも相応しさと有意な相関のあった評価主成分はsharpnessと有意な相関があった。

しかし、実験 で用いた実際の音は、

音を規定する音響特性が交錯した状況下のものであり，その影響を独立して検討できず，相応しさと音響特性との対応関係を述べるのは不十分であった。そのことから，周期，loudness，sharpnessなどの音響特性をコントロールした合成音を作成して，シートベルト非着用警報音としてより相応しいサイン音を検討するために印象評定実験を行った。

4.1 実験手続き

本実験では，実験 に用いた刺激で最も早く，高級な印象を持たれた刺激を参考にし，実験刺激を作った。刺激音は基本周波数 800Hz で，奇数倍音の成分のみを持つ。実際に本実験で用いた刺激は，図 1 に示す「スペクトル構造」「振幅エンベロープ」「周期」「大きさ」の 4 つの音響特性を各 2 条件ずつ用意し，それらを組み合わせた計 16 個である。

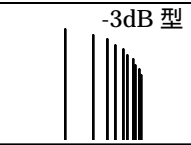
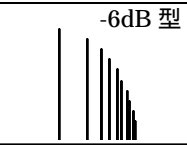
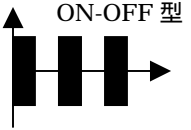
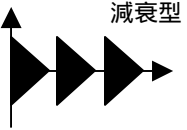
スペクトル構造	 -3dB 型	 -6dB 型
振幅エンベロープ	 ON-OFF 型	 減衰型
周期	1000ms	500ms
大きさ	大(0dB)	小(-6dB)

Fig.1 Acoustic characteristics of the sound stimuli

刺激音の提示音圧レベルは，スペクトル構造「-3dB 型」，大きさ「大」の定常音が 60dB(A)になるよう設定した。被験者は実験 と同様であるが男性 1 名不参加だったために A グループ 10 人，B グループ 4 人の計 14 名で行った。

4.2 結果と考察

実験 と同様に主成分分析を行い，4

主成分分解を採用した。第 1 主成分は「嫌い - 好き」「不快な - 快い」「安っぽい - 高級な」などの尺度に負荷が高く「評価主成分」，第 2 主成分は「警報感のある - 警報感のない」「慌しい - 落ち着いた」などの尺度に負荷が高く「警報主成分」，第 3 主成分は「澄んだ - 濁った」「鋭い - 鈍い」などの尺度に負荷が高く「鮮明主成分」，第 4 主成分は「弱々しい - 力強い」「小さい - 大きい」の尺度に負荷が高く「迫力主成分」と解釈した（表 1）。

Table.1 The component loading of each scale

評価尺度	第 1	第 2	第 3	第 4
嫌い - 好き	.863	.091	.077	-.103
不快な - 快い	.832	.150	.104	-.137
安っぽい - 高級な	.749	-.028	-.177	-.018
やかましい - 静かな	.567	.473	.287	-.297
かたい - やわらかい	.487	.148	.351	-.393
警報感のある - 警報感のない	.046	.841	.154	-.227
緊迫感のある - 緊迫感のない	-.026	.804	.131	-.283
慌しい - 落ち着いた	.369	.792	.148	.085
澄んだ - 濁った	-.021	-.037	.875	.019
鋭い - 鈍い	.222	.196	.702	-.276
明るい - 暗い	-.084	.261	.651	-.103
はっきりした - ぼんやりした	.181	.357	.561	-.451
弱々しい - 力強い	-.062	-.158	-.084	.856
小さい - 大きい	-.198	-.147	-.157	.791

次に，音響特性の違いに対する各主成分得点の差を統計的に検定するため，2 条件間の平均値の差の *t* 検定を行った。その結果，スペクトル構造の要因に関しては，-6dB 型の方が評価主成分得点において有意に高く，早く高級感があるという印象を持たれており，また，-3dB 型の方が鮮明主成分得点において有意に高く，はっきりしていて鋭いという印象を持たれていた。振幅エンベロープの要因に関

しては、減衰型の方が評価主成分得点において有意に高く、快く高級感があるという印象を持たれ、周期の要因に関しては、500msの方が警報主成分得点において有意に低く、慌しく警報感があるという印象を持たれていた。さらに、大きさの要因に関しても、大きな方が迫力主成分得点において有意に高く、大きく力強いという印象が持たれていた。

また、アンケートで分けられた A、B それぞれのグループで、相応しさと各主成分の対応関係を調べたところ、実験の再分析の結果と同様、A グループにおいては、「相応しさ」に対して評価主成分、警報主成分が影響を及ぼしており、迫力主成分も弱い影響を与えていた。つまり「快さ」「高級感」「警報感」「慌しさ」、さらには「力強さ」「大きさ」などを総合的に見て相応しさを判断していて、快く高級感があり、また警報感や慌しさもある方が相応しく、さらにある程度の大きさや力強さもある方が相応しいとされる。

それに対して B グループにおいては、「相応しさ」に対して評価主成分のみが影響を及ぼしており、主に「快さ」「高級感」などを相応しさの判断基準としていて、快く高級感がある方が相応しいとされる。

以上のように、*t* 検定により、各主成分と音響特性の対応関係が示され、また、各グループにおいて「相応しさ」と各主成分の対応関係が示された。これらの結果を照らし合わせることで、表 2 のように各グループにおいて「相応しさ」と音響特性の対応関係が導き出される。

また、各音響特性の効果について分散分析によって検討した。その結果、振幅エンベロープにのみ有意な主効果が見られたが、その他の音響特性には有意な主効果は見られず、また有意な交互作用も

見られなかった。これらの音響特性の中で、振幅エンベロープの形の違いが音色に大きく関わっており、相応しさに対する印象に最も影響を与えた可能性が考えられる。

Table.2 Acoustic characteristics suitable for the alarm for not fastening the seat-belt in automobiles

	A	B
スペクトル構造	-6dB 型	-6dB 型
振幅エンベロープ	減衰型	減衰型
周期	500ms	-
大きさ	大	-

5 . 結論

本研究では、聴取実験とアンケート調査により、シートベルト非着用警報音として相応しい音響特性について検討を行った。「警報感」のみならず「快さ」「高級感」を生ずる音のデザインが望まれる。

モデル化した刺激音を用いた印象評定実験では、各音響特性を 2 条件ずつとした。今後は条件をもっと細かく設定し、系統的に変化させた刺激を用いて実験を行うことで、シートベルト非着用警報音として相応しい音響特性をもっと詳細に検討できると考えられる。

本研究は、21 世紀 COE プラグラム「感覚特性に基づく人工環境デザイン研究拠点」及び九州大学ユーザーサイエンス機構の補助を受けた。

参考文献

- [1]国土交通省 第 4 回自動車安全シンポジウム「車両安全対策の最新動向」の報告(2003)
- [2]国土交通省 道路運送車両の保安基準の細目を定める告示の改正(2005)