

106 自動車の警笛音の音質評価

Sound Quality of Car Warning Horns

○ 正 橋本竹夫 (成蹊大) 正 波多野滋子 (成蹊大)

Takeo HASHIMOTO, Seikei University, Kichijoji Kitamachi 3-3-1, Musashino, 180-8633 Tokyo
Shigeko HATANO, Seikei University

This paper describes the result of sound quality study of car warning horns using SD method in terms of the following 5 polar adjective scales, i.e., frightened-not frightened, pleasant-unpleasant, more warning-less warning, metallic-deep and powerful-weak. The subjective responses were correlated with three psychoacoustical parameters namely, dBA, loudness and sharpness. Together with the above, heartbeat was measured to check the physiological effect by the warning horns.

Key words: Sound Quality, Car Warning Horns, SD Method, Adjective Pairs

1. はじめに

市街地の路上で、歩行者が予期せぬ自動車の警笛にびっくりすることや、音量の大きさが大きすぎるためにびっくりすることがある。果たしてどの程度の音量が警笛として適当なのか、また警笛を鳴らすときのマナーがあるのかなどいくつかの課題がある。本研究では日本製と欧州製の各種の自動車の警笛音について、模擬的に市街地走行を想定した車両位置を設定した条件下で、警笛の種類と車両の位置の違いより警笛音の提示レベルの違いが出るようにし、横断歩道の手前で待機中の歩行者を想定した位置でバイノーラル録音した音刺激を用いて実験室において主観評価実験を行い、提示レベル、大きさと鋭さを客観的なパラメータとして警笛音の音質について調べた結果について報告する。

2. 警音器の音圧の基準

現行の自動車に対する日本での基準（保安基準）では、車両前方2mの位置での測定で、最高速度が20km/h以上の車両では90dBA以上115dBA以下、最高速度が20km/h以下の車両（原付2輪）では115dBA以下と定められている。一方、ヨーロッパでの基準（ECE. R28：音声信号）は、車両前方7mの位置で大型・中型・小型の商用車と乗用車および7kW以上の2輪車については93dBA以上112dBA以下、7kW以下の2輪車については83dBA以上112dBA以下と定められている。ヨーロッパの基準ではこれ以外に警音器単品での基準があり、警音器前方2mの位置で大型・中型・小型の商用車と乗用車および7kW以上の2輪車については1800～3550Hz帯域で105dBA以上、7kW以下の2輪車については同周波数帯域で95dBA以上をクリアしなければならない。保安基準をヨーロッパの基準位置での測定に換算してみると、警音器の種類にもよるが93dBA以上103dBA以下程度となる。車両の輸出入上で

の協定で、日本の保安基準をヨーロッパの基準に整合させる検討が進められており、これは結果的に車両前方2m位置での音圧基準値を一部の車両では引き上げることにつながる。

3. 警音器の種類

エアースティックと電気式があり電気式には警音器の形のより平型と渦巻き型の2種類がある。平型警音器の音の主たる周波数域は3kHz付近にあるため硬い音がする一方、渦巻き型警音器の音は主たる周波数域が1.5kHz付近であるため柔らかい印象がある。

4. 実験音の収録

警音器の音を収録する際の用いた車両は、国産の大型トラック2タイプ、国産の中型トラック3タイプ、国産の小型トラック1タイプ、国産の乗用車2タイプ、欧州の大型トラックと大型トラック各1タイプ、欧州の乗用車1タイプの計11タイプの車両である。

録音時の車両配置パターンは4種類である。パターンaは走行中の速度の遅い車に対して警音、パターンbは信号が青になったのにも関わらず発進しない車に対して警音、パターンcは信号が赤にも関わらず横断歩道を渡ろうとしている歩行者に警音、パターンdは市街地において走行している自転車を後方より来た車両が警音をそれぞれ模擬した車両配置である（図1参照）。

警音器の鳴らし方は2通りである。一つは警音時間が50msで警音器を瞬間的に抑えて離れた状況を模擬したもの、もう一つは警音時間が1秒間のもので長めの警音時間を取ったものである。マナー的に考えるとどちらが良いかを考えるためにこの二つの鳴らし方を採用した。

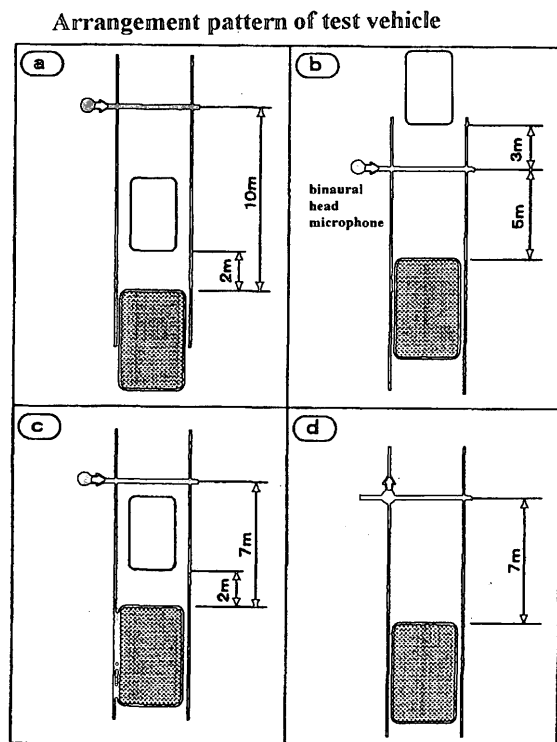


Fig.1 Arrangement of experimental vehicle

5. 音質評価実験

5. 1 被験者

被験者は年齢21才～53才までの聴覚正常な男子20名である。

5. 2 音質評価項目

被験者が評価をした音質評価項目は以下の5項目である（図2参照）。

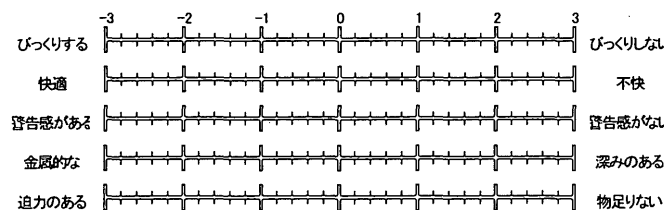


Fig.2 Check sheet for sound quality evaluation

図2からわかるように、評価項目は1. びっくりする--びっくりしない, 2. 快適な--不快な, 3. 警告感のある--警告感のない, 4. 金属的な--深みのある, 5. 迫力のある--物足りないの5項目で-3から3までの7段階評価である。評価用紙には各1段階の評価の間に5段階の細分区分間を設けて0.2刻みの詳細な評価を記入できるようにした。

5. 3 刺激音の提示方法

音刺激の提示は、ヘッドフォンを用い警笛音と同時に車両配置を移したデジタルカメラの映像を被験者前方に設置したスクリーンに液晶プロジェクタを利用して提示した（図3）。刺激音の総数は、車両位置4条件、車両11車両（警笛音の組み合わせが3種類ある車両1と警笛音の組み合わせが2種類ある

車両3と車両4を含む）、警笛音の長さ2種類の組み合わせからできる合計120音である。

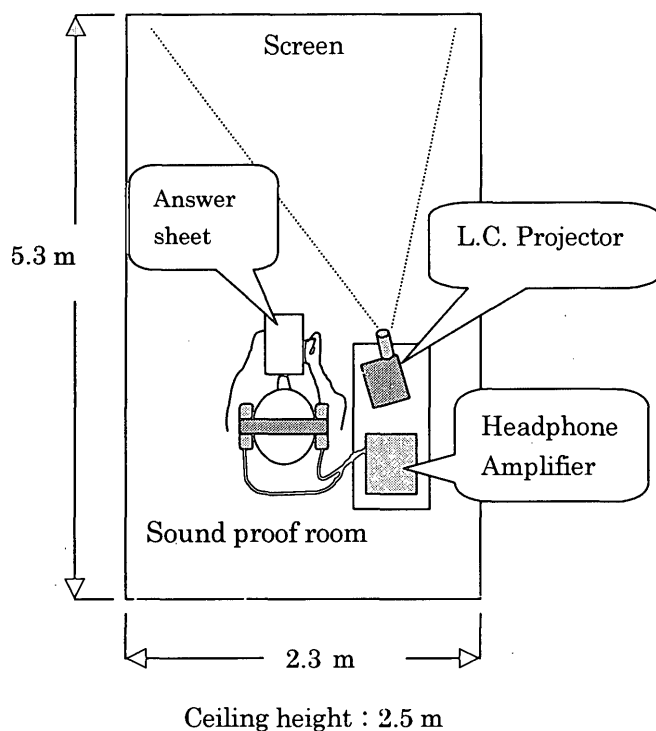


Fig.3 Experimental setup

5. 4 結果

図4に迫力感評価結果とdBAの関係を示した。

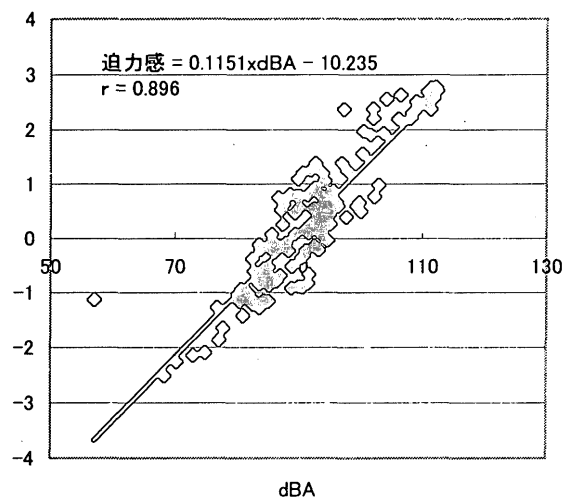


Fig.4 Powerfulness and dBA

図4より明らかなように被験者はA特性音圧レベルが90dBAを超えると迫力感を感じるようになる。

図5には、迫力感とloudness(sone)の関係を示した。対数回帰と良い対応があることから、迫力感はloudness levelと線形対応が良いことがわかる。回帰モデルからの推定によるとLoudnessの値が約53soneを超えると迫力感があると感じるようになる。

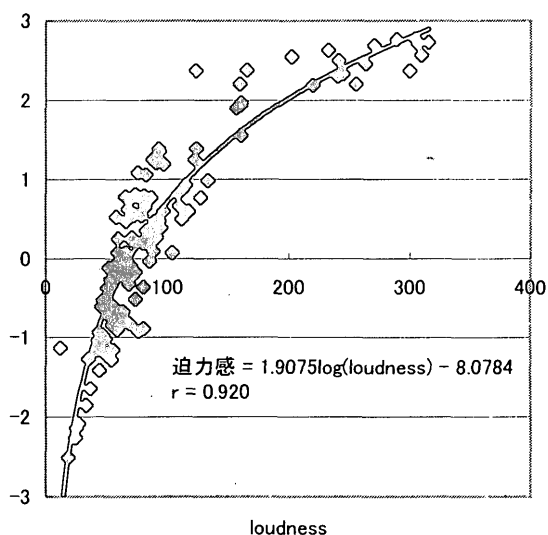


Fig. 5 powerfulness and loudness

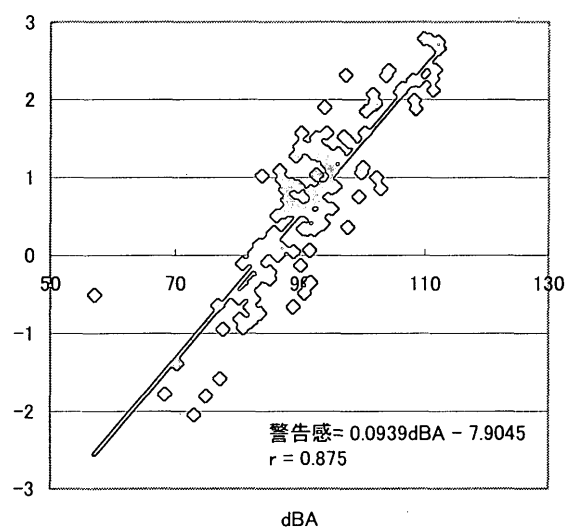


Fig. 6 ability for warning and dBA

図6 警告感と dBA の関係を示した. dBA の値が85 dBA を超えると警告感があると感じ始めるのがわかる. 図7には金属感と sharpness(acum)の関係を示した. sharpness の値が約4 acum を超えると金属感が出てくると言える.

図8にはびっくり度と dBA の関係を示した. 約90dBA を超えるとびっくりするようになる.

図9には, 不快感と dBA の関係を示した. レベルが 80dBA を超えると不快に感じ始めることがわかる.

図10には, 不快感と sharpness の関係を示した. Sharpness の値が約2.8acum を超えると不快であると評価を始めることがわかる.

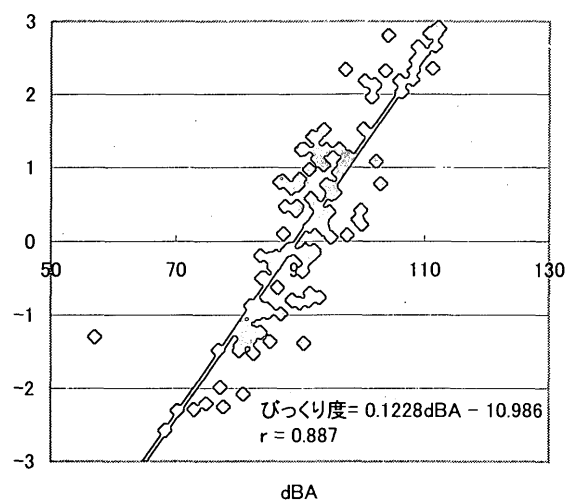


Fig. 8 degree of frightened and dBA

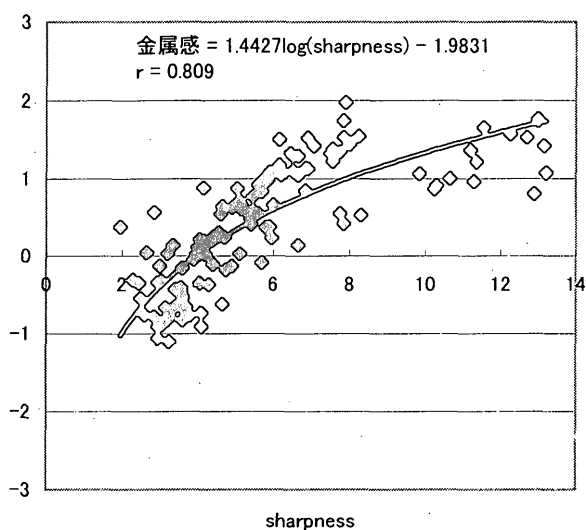


Fig. 7 metallic and sharpness

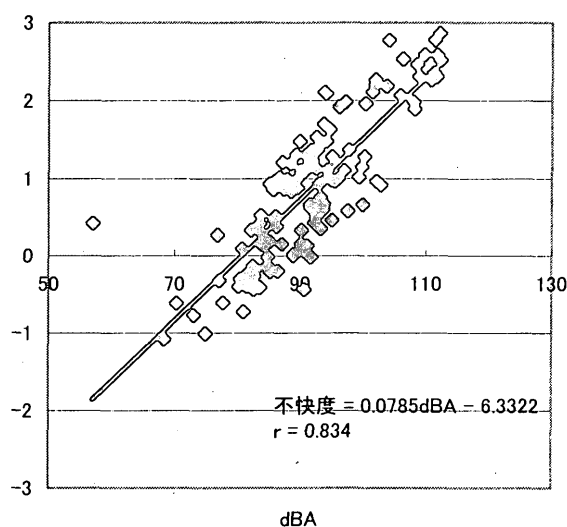


Fig. 9 unpleasantness and dBA

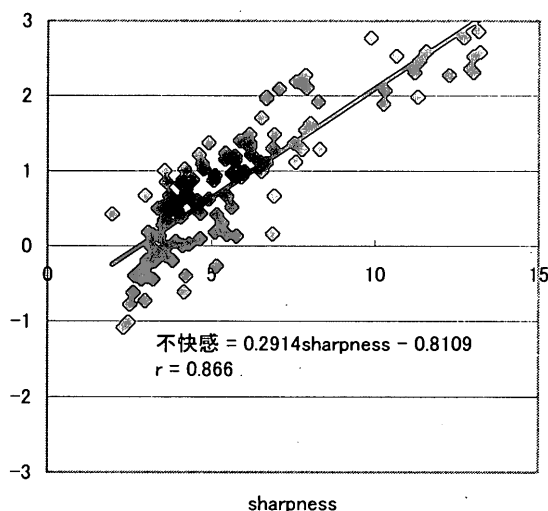


Fig.10 unpleasantness and sharpness

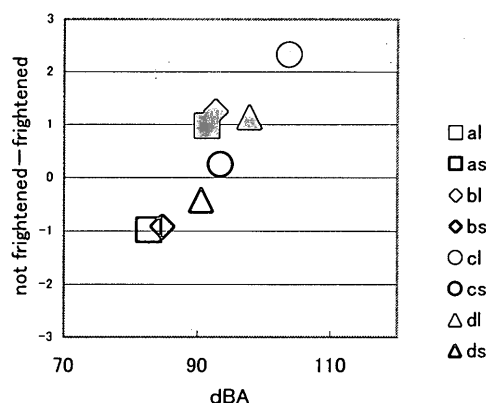


Fig.11 degree of frightened and dBA (car 4)

図 11 に警音器の鳴らし方とびっくり度関係の一例を示した。警音器を長く鳴らすとびっくりする度合いが高くなる。市街地で警音器をなるす際には、いわゆるチョンと鳴らす方が人を驚かさずに済むようであるので、警音器を使う際のマナーとして気を付けるべきであろう。

6. 心拍数変化に対する実験

警音器の音の種類等は前節の実験と同じ条件にして、胸部 3 電極法により心電図を測定し、音圧レベルの差により心拍数に変化が生じるか否か調べた。図 12 に心拍数と dBA の関係がある 1 名の被験者について整理した結果について示した。警音器のレベルが高いからといって、心拍数が増えるという傾向は見受けられない。図 13 には、心電図に異常が見られた被験者の例を示した。このような被験者の数は 2 名と少なかったが、大きな警音器がなる瞬間にこのような心電図の乱れが観測された。医者話によると、大きな音を聴いた瞬間に皮膚電位が変化する様子を捉えたものである。

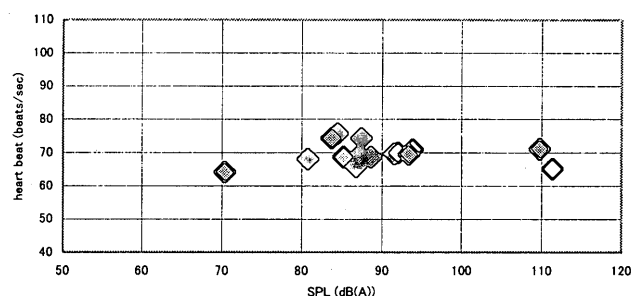


Fig.12 heart beats and dBA

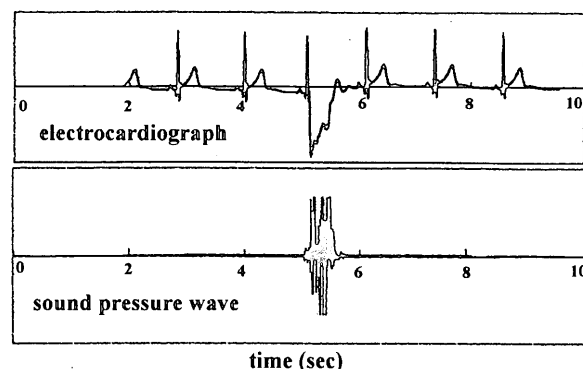


Fig.13 disorder of electrocardiograph

7. おわりに

自動車の警音器について、自動車の差による警音器の違いによるレベル変化とびっくり感、警音感、迫力感、金属感および不快感に対する評価実験を行ったところ、以下のことが明らかになった。

- (1) 警音器のレベルは保安基準、で定められている ECE の基準で定められているレベルの下限に近いレベルでも警音感とある程度のびっくり感を持つ。
- (2) 警音器の鳴らし方はチョンと鳴らす方が人を驚かす程度が低く抑えられ良い。
- (3) 音圧レベルが高いからといって心拍数に変化が生じるというわけではない。
- (4) ただし、限られた被験者の場合、警音器のレベルが高い場合に心電図波形に若干の乱れが観測された。

本研究は（社）自動車工業会騒音部会・騒音大型車分科会の支援を得て実施したものである。ここにその支援に対して謝意を表する次第である。