

車内音を構成する音の要素とその評価

星野博之，小沢義彦

Evaluation of Sound Components of Passenger Car Interior Noise

Hiroyuki Hoshino, Yoshihiko Kozawa

要 旨

近年、自動車車室内の静粛性はかなり向上してきている。しかし、軽量化を進めつつ静粛性を向上させるためには、騒音レベルをさらに低減するのではなく、走行状況ごとの静粛性・快適性の印象を支配する要素的な音に注目して車内音を評価し、それに基づいて騒音対策を行うことが必要となる。

本研究では、このような観点から車内音を評価する手法を作成した。はじめに種々の加減速や定常走行を含んだパターン走行を設定し、車内音を構成している主な四つの要素的な音（以下、音の要素と呼ぶ）「エンジン音」「こもり音」「路面からの音」「風切り音」に注目して車内音の官能評価を解析した。そして、そ

れぞれの音の要素について、目立って聞こえるかという官能評価と相関の高い物理量（音響指標）を明らかにした。そして、この指標を用いて音の要素の「目立ち度」を推定することにより、官能評価を行わずに走行状況ごとに各音の要素がどの程度目立つかを客観的に把握できることを示した。次に、加速走行時にはエンジン音とこもり音が重要であり、定常走行時には音の要素のバランスが重要であることを示し、良い音色とするための指針を示した。さらに、音の要素の大きさの評価に関してマスキングの効果についても検討した。

Abstract

Recently, quietness in passenger car compartment has been significantly improved. For getting more quietness without reducing the vehicle weight, it is necessary to adopt a new technical method based upon the objective evaluation of principal characteristic sound components which affect the impression of quietness and pleasantness at every driving situation.

In this study, for the purpose of developing a new objective evaluation method, we analyzed subjective evaluation of sound components (engine noise, booming noise, road noise and wind noise) of passenger car interior noise by using driving patterns including a variety of

acceleration, deceleration and cruising. We clarified characteristic sound components which can be heard outstandingly at each element of the driving pattern, and we also obtained physical indexes for each sound component correlating subjective evaluation. By applying these indexes to passenger car interior noise, we can objectively estimate which sound component is heard outstandingly. We showed that engine noise and booming noise are dominant during acceleration, and a good balance of sound components is desired during cruising, and we gave a guide to make pleasant sounds. Also we examined the masking effect affecting the loudness of sound components.

キーワード

車内音，エンジン音，こもり音，路面からの音，風切り音，走行状況，音色，バランス，客観評価，感性

1. はじめに

近年、自動車車室内の静粛性の向上は著しく、騒音レベルについてはかなり低減されてきている。さらに、より快適な車室内の音環境の実現のために、加速時のエンジン音等の質的な面（音色）についての評価や改善に関する研究が盛んに行われている。このような快適性の向上という方向とともに、燃費規制等による軽量化の要求があり、騒音対策を行う上でも、快適性と軽量化を両立するような対策を行っていくことが必要となってきている。

また、最近しばしば問題となるのは、騒音レベルが下がる一方で、これまで目立たなかった路面からの音、風切り音等が目立つために快適性が損なわれる場合が生じるようになったことである。これは、車内音を構成する要素的な音（音の要素）が静粛性や快適性の印象を左右するということである。このような場合に、安易な考え方によれば、車内音全体を考慮せず、問題となる目立つ音の要素個々についてののみレベル低減や音色改善を目指して、従来知られている技術的な対策を施すことになり、コストや車両重量の増加を招く場合があった。

このような点を考慮すると、騒音レベルをさらに低減するのではなく、車内音を構成する音の要素に注目した上で車内音全体をトータルでとらえたとともに、良い音色を積極的に残すことにより車室内の音環境を良くするという新しい考え方が必要になってくる。

これを技術的に実現するためには、まず最初に、ユーザーが日常の走行において車内音をどう聞いているかを十分知る必要がある。ここで、日常の走行場面について考えてみると、ユーザーは速度や路面状態等が異なった様々な走行状況の下で車内音を聞いている。そして、それぞれの走行状況で、車内音は非常に異なった性質の音として聞こえる。これは、走行状況によって、エンジン音や風切り音といった車内音を構成する音の要素の大きさ、音色、構成比率がダイナミックに変わっていくからである。すなわち、ユーザーが日常の走行時に聞いている実態に合わせて車内音を評価するためには、様々な走行状況があることを考慮し、走行状況ごとの音の性質を把握することが非常に重要であると考えられる。

以上のことをふまえ、本研究では、走行状況ごとの

音の要素に注目した車内音の評価法を作成するために、ユーザーの日常の走行における典型的な状況を模擬した種々の加減速や定常走行を含んだ「パターン走行」を設定し、車内音を構成している主な四つの音の要素「エンジン音」「こもり音」「路面からの音」「風切り音」とそれらの相互関係（バランス）に注目した車内音の官能評価実験および解析を行った。

本報では、まず車内音を構成する音の要素について概説し、走行状況ごとの目立つ音の要素と、それぞれの音の要素の音響指標について述べる。次に、加速走行における音の要素の評価法、定常走行における音の要素のバランスの評価法について述べ、最後に、音の要素の評価に関して聴覚心理的な側面から検討した結果について述べる。

2. 車内音を構成する音の要素

2.1 音の要素とは

自動車が走行することにより車室内には種々の音が発生する。車内音はこれら種々の音により構成されており、ここでは、車内音を構成する「音の要素」と呼ぶことにする。音の要素の代表的なものは、Fig. 1に示す「エンジン音」「こもり音」「路面からの音」「風切り音」の四つの要素である。この四つの音の要素について音響的な性質を以下に示す^{1)~3)}。

・エンジン音

エンジン回転数の0.5次成分を基本周波数とした複合周期音であり、主要な周波数帯域は5kHz以下である。

・こもり音

周波数帯域20～250Hzの低周波音で、耳を圧迫するような音である。

・路面からの音

路面とタイヤにより発生するランダム性の音であり、

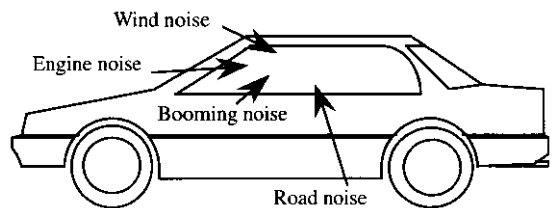


Fig.1 Sound components of passenger car interior noise.

主要な周波数帯域は1kHz以下である。(ここで扱うのは粗い路面を走行中に発生する狭義のロードノイズではない)^{4, 5)}。

・風切り音

自動車が高速で走行することにより、車両周辺の気流が乱されることにより発生するランダム性の音であり、周波数帯域500～5000Hzである(ここでは風向きや風速の変化によるバサバサという間欠的な風切り音は扱わない)。

2.2 走行状況と音の要素

2.2.1 パターン走行による音の要素の官能評価

これまでに報告された車内音やそれぞれの音の要素に関する音質評価法では、主に定常走行時あるいは加速走行時を対象としている⁶⁻¹³⁾。しかし、最近では、ユーザーの走行の実態に近づけるため、運転操作に連動した音の評価や、評価場面や種々の条件(走りのシーン)が音の評価にどう影響するかを調べたものもみられるようになった^{14, 15)}。

ここでも、走行状況によってダイナミックに変わる音の要素の評価を行うために、日常の走行における典型的な状況を模擬して、種々の加減速や定常走行を含んだ「パターン走行」を設定し、これを用いて官能評価を行った。

Fig. 2に実験に使用したパターン走行を示す。図に示すようにこのパターン走行は加速条件と路面状態の異なる8種類の走行状況から構成した。図にはATレンジ、車速の変化、路面状態も示している。粗面路が途中にあり残りは全てスムーズ路である。

2.2.2 官能評価実験方法

実験方法をFig. 3に示す。車内音はTable 1に示すセダン系8車種(全てAT車)についてダミーヘッドにより収集した。加速時、減速時など独立した走行実験により収集した種々の走行状況の車内音をパソコン上

で編集することによりパターン走行の車内音を作成した。パターン走行のトータルの時間は約90秒である。

各車種の走行状況ごとの特徴的な音の要素を調べるため、官能評価実験ではパターン走行全体と各走行状況ごとに聴感上目立つ音の要素について評価した。実験条件を以下に示す。

- ・評価対象：セダン系8車種のパターン走行車内音
- ・評価方法：「エンジン音、こもり音、路面からの音、風切り音から目立つものを選択」
- ・提示方法：ヘッドホン(STAX SR-A)
- ・被験者：自動車騒音の専門家10名

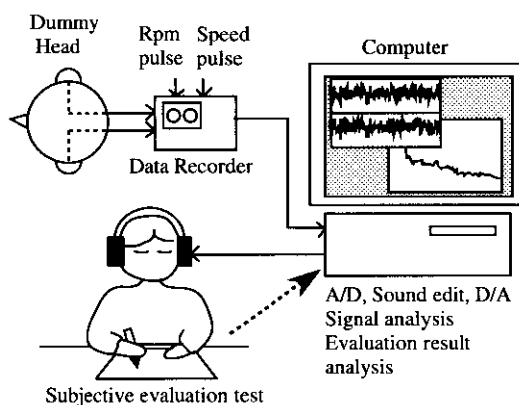


Fig. 3 Experimental method.

Table 1 Engine type of evaluated passenger cars.

No.	Engine type (cc)
1	L4 (1300)
2	L4 (1500)
3	L4 (2000)
4	V6 (3000)
5	L6 (3000)
6	V8 (4000)
7	V8 (5000)
8	V12 (5000)

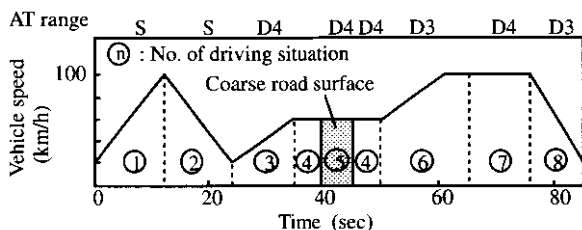


Fig. 2 Evaluated driving pattern.

2.2.3 官能評価結果

Fig. 4にパターン走行全体での目立つ音の要素についての官能評価結果を示す。これより、車種によって音の要素の目立つ度合い（どれくらいの人が目立つと評価したか）がかなり異なることがわかる。

また、Fig. 5にパターン走行中の各走行状況ごとの結果を示す。これより、加減速時にはエンジン音とこもり音とが、粗面路および高速定常走行時には路面からの音が、また、高速走行時には風切り音が聴感上顕著に目立つことがわかる。また、全ての音の要素がきつ抗し、それらのバランスが特に重要となる走行は、高速走行時であることがわかる。

このように聴感上目立つ音の要素は、車種や走行状況によって異なる。従って、車種ごとにパターン走行時の車内音を評価することにより、四つの音の要素に関しての車内音の特徴を具体的に把握することができる。

2.3 音の要素の音響指標

2.3.1 音の要素の分離と音響指標

複数の音の要素が含まれた車内音から、それぞれの音の要素を分離するために、音の要素の音響的な特徴に基づく分析法を採用した。そして、各音の要素の周

波数帯域等の音響的な性質を考慮して、目立って聞こえるかという観点からの官能評価と相関の高い物理量（音響指標）を検討した。

Fig. 6に示すように、車内音はエンジン回転に同期した周期音（次数成分）と、路面、風により発生するランダム性の音（非次数成分）とが混合された音である。このような車内音の特徴に基づき、スペクトル分析と、音声分析でよく用いられる手法であるスペクトル包絡分析とにより車内音を分析し、次数成分とランダム性の非次数成分を分離した。

Table 2に音響指標を示す。エンジン音の音響指標については、非次数成分よりレベルが小さい次数成分は聴覚マスキング特性により聴感上聞こえないという人間の聴覚特性を考慮し、非次数成分のレベル以上に突出した部分の次数成分の大きさを表した（Fig. 7）。また、こもり音については主要な周波数帯域である250Hz以下のスペクトル成分のレベルで表し、路面からの音、風切り音については、それぞれの主要な周波数帯域のスペクトル包絡成分のレベルの全体のレベル（OA）に対する割合で表した。

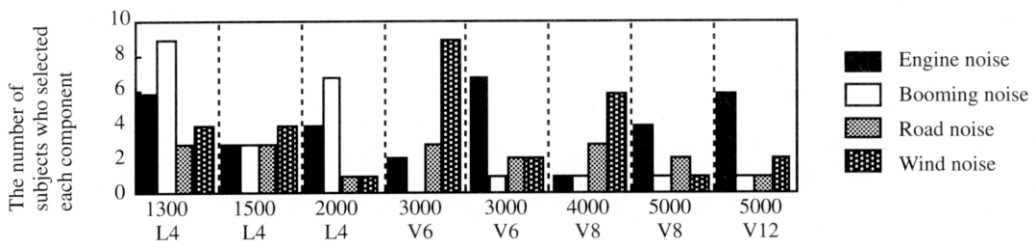


Fig. 4 Subjective evaluation result of outstanding component at driving pattern (10 subjects).

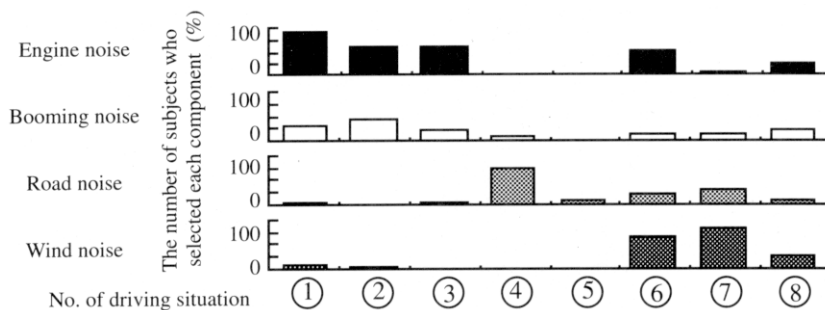


Fig. 5 Subjective evaluation result of outstanding component at each driving situation (Total of 8 passenger cars).

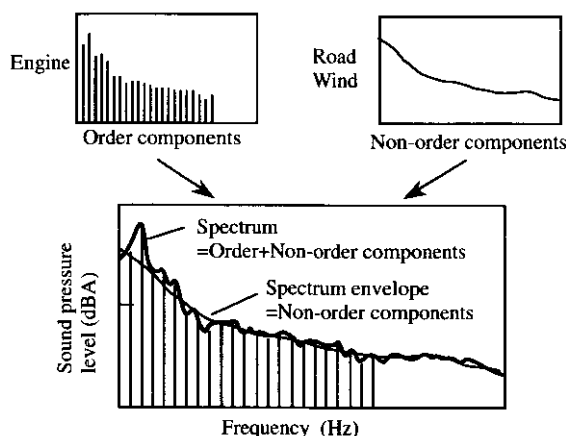


Fig. 6 Passenger car interior noise composed of order components and non-order components.

Table 2 Acoustic index of sound components.

Sound component	Acoustic index
Engine noise	Ordercomponents projected non-order components
Booming noise	Spectrumlevel below 250Hz
Road noise	Spectrumenvelope level below 1kHz/ OA
Wind noise	Spectrumenvelope level over 500Hz/ OA

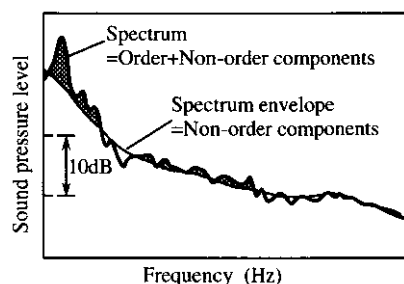


Fig. 7 Order components projected non-order components (Engine noise's acoustic index).

2.3.2 音の要素の「目立ち度」による表現

Fig. 8にそれぞれの音の要素について、音響指標と目立つ音の要素の官能評価結果との対応を示す。図の縦軸は各音の要素について全被験者に対して目立つと評価した被験者の割合を%で示したもの（目立つ度合い）である。相関はそれほど大きくないがほぼ対応していることがわかる。

相関があるのでこれに一般性があると考えれば、官能評価を行わなくても車内音から音の要素を音響的に分離し、この関係を利用することにより聴感と合った目立つ度合いを推定できる。そこで、このようにして推定した、音の要素の目立つ度合い（何%の人が目立つと感じるか）に相当する値を「目立ち度」と呼ぶことにする。

2.3.3 パターン走行時の音の要素の目立ち度

Fig. 9にパターン走行時の車内音について音の要素の目立ち度を推定した例を示す。これは、Fig. 5のパターン走行中の各走行状況ごとの目立つ音の要素の官能評価結果とよく対応していることがわかる。すなわ

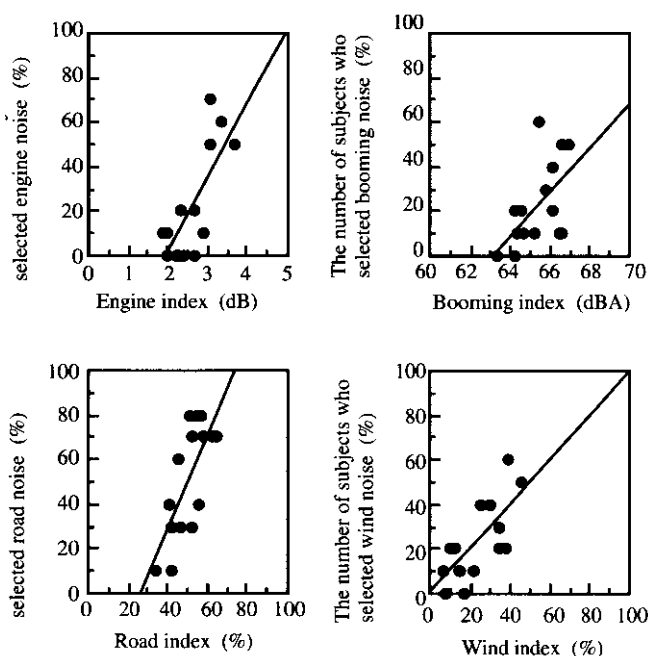


Fig. 8 Relation between acoustic index and subjective evaluation of outstanding component.

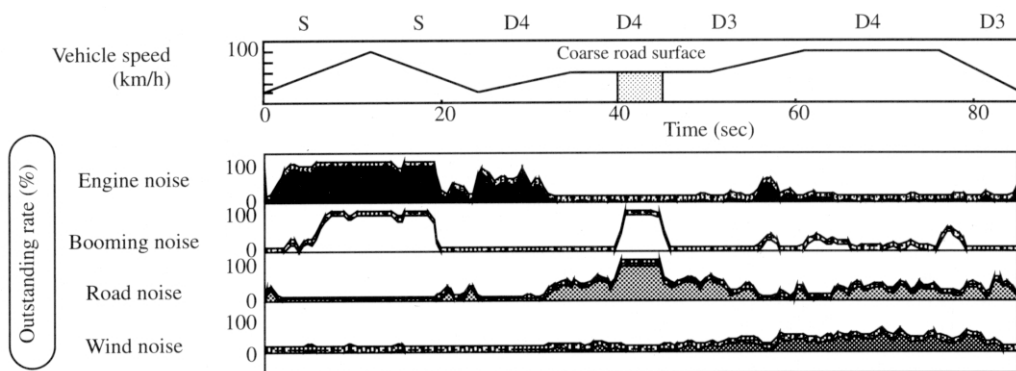


Fig. 9 An example of analysis result of outstanding rates of sound components (Driving pattern).

ち、本手法をパターン走行時の車内音に適用することにより、それぞれの音の要素が各走行状態でどの程度目立つかを定量的に把握できる。

3. 音の要素の評価

3. 1 加速走行の場合

第2章で示した通り、加速走行時の車内音はエンジン音とこもり音が支配的である。また、加速走行時は音の質的な面（音色）が重要であり、多くの研究例がある^{10, 17~23}。以下で、加速走行時の車内音の「滑らかさ」「こもり感」に大きく影響するエンジンゴロゴロ音とこもり音の評価法について述べる。

3. 1. 1 加速時エンジンゴロゴロ音

加速時のエンジン音で特に問題となるのは、ゴロゴロ音と呼ばれる間欠的で濁った音である。これは「滑らかー粗い」という音色の重要な因子の一つである美的因子に対応する音色表現語で表現される^{11, 12, 16}。これまでにゴロゴロ音についてはいくつかの研究例があるが、Fig. 10に示すように、人間の聴覚モデルに基づいて臨界帯域内の振幅変調の大きさ（音圧波形の振幅包絡線の周期成分の振幅）を求め、各エンジン回転数ごとに表すことにより、ゴロゴロ音の発生する周波数帯域とエンジン回転数を把握することができる^{17~22}。

3. 1. 2 こもり音

こもり音の大きさは250Hz以下のスペクトル成分のレベルとして求めることができる。加速時全体のこもり音の大きさは、各エンジン回転数ごとにこもり音の大きさを求め、それらをエネルギー平均することによ

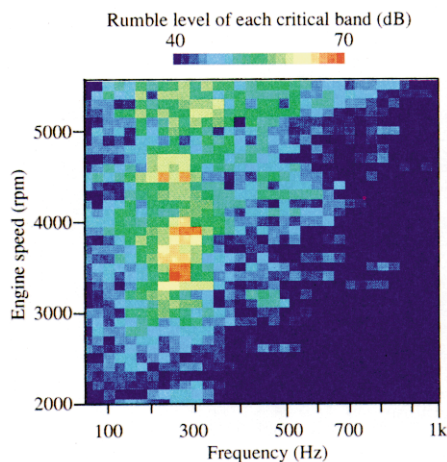


Fig. 10 An example of analysis result of rumbling noise.

り算出できる。Fig. 11は、加速走行時の車内音を基にした12種類の加工音について、上述の加速時全体のこもり音の大きさの算出値と、自動車騒音の専門家10名による「こもり感」の官能評価結果との関係を示している。図より算出値と官能評価はよく対応していることがわかる。

なお、4気筒車では、加速時のこもり音は爆発1次成分（エンジン回転2次成分）が主体であるので、爆発1次成分のレベルからこもり音の大きさを算出することもできる^{10, 23}。

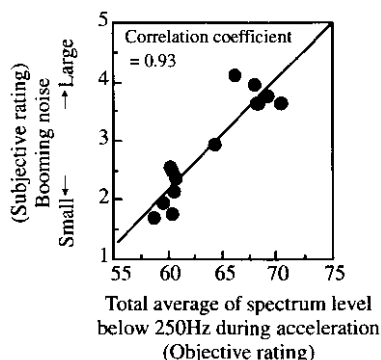


Fig. 11 Relation between objective rating and subjective rating.

3.2 定常走行の場合

定常走行時、特に100km/h走行時のような高速走行時の車内音は、路面からの音、風切り音が中心であるが、車種によってはエンジン音やこもり音がかなり聞こえる場合がある^{15, 16)}。不快な音の要素が目立つと車内音の印象が悪くなるため、車内音を特に目立って不快な音の要素がない「バランスの良い状態」にする必要がある。

これについて我々は、音の要素のバランスに注目し、音の要素の目立ち度から総合的な車内音のバランスの良さを客観的に評価する車内音バランス評価法を作成した。以下でこの評価法について述べる。

3.2.1 音の要素の目立つ度合いとバランス

まず、個々の音の要素の目立つ度合いと車内音の総合的なバランスの良さとの関係を調べるために、100km/h定常走行の車内音を基にした加工音を用いて官能評価実験を行った。評価項目は次の二つである。

- ・「エンジン音、こもり音、路面からの音、風切り音から目立つものを選択」
- ・「バランスに注目した総合的な音色（良い－悪い、5段階評価）」

目立つ音の要素の評価結果とバランスに注目した総合的な音色の評価結果との関係をFig. 12に示す。図の横軸は、目立つ度合いで表している。これより、バランスに注目した総合的な音色の評価について、次のことがわかった。

- エンジン音が目立つとする人が多い音は評価が良く、こもり音が目立つとする人が多い音は悪い。

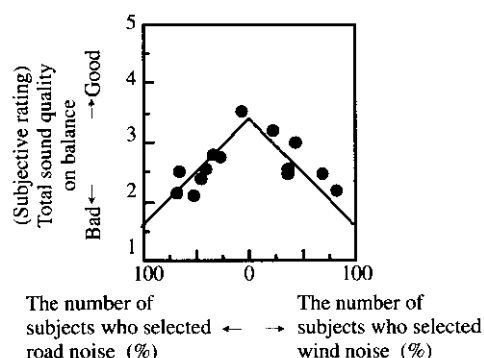
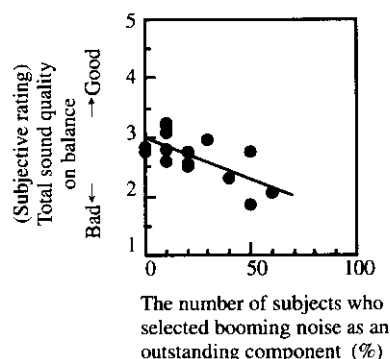
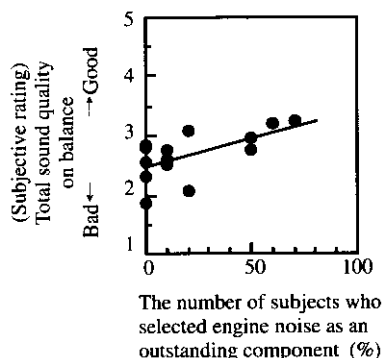


Fig. 12 Subjective evaluation result about the relation between outstanding component and total sound quality on balance.

●路面からの音，風切り音の一方が目立つと評価が悪く，両者のバランスする点では評価が良い。

3.2.2 バランス評価法

ここで，音の要素の目立ち度から車内音の総合的なバランスの良さを算出するために，Fig. 12に示す目立ち度合いと総合評価との関係（人間の評価特性）をFig. 13のようにモデル化した。音の要素ごとの評価点については，重回帰分析的な手法により官能評価結果と相関が高くなる重みを求めた。

Fig. 14にバランス評価法を示す。車内音の音響分析により音の要素を分離し，Fig. 8の関係をを用いてそれぞれの音の要素の目立ち度を求める。次に，Fig. 13により目立ち度から音の要素ごとの評価点を算出し，それらを加算して総合的なバランスの良さを示すバランス評価値を算出する。

100km/h定常走行車内音を基にした加工音に本評価法を適用した結果，Fig. 15に示すように官能評価とよい対応を示した。すなわち，このバランス評価値によ

り，車内音全体をトータルでとらえた総合的なバランスの良さが評価できる。

4. 聴覚心理的な検討

自動車の車内音のような複合音の音の大きさを扱うときには，厳密にはマスキングの影響を考慮する必要がある。従って，この章では，音の要素の評価に関して聴覚心理の基礎的な側面，特にマスキングについて検討した結果の一例を示す。第2章のエンジン音の音響指標についてもマスキングを考慮したが，ここでは，路面からの音と風切り音についてマスキングを考慮した音の大きさの算出について述べる。

Zwickerが提案したラウドネス（音の大きさ）の算出法では，マスキングを考慮して音の大きさを求めることができる²⁴⁻²⁶）。また，妨害音（マスカ）の存在のために減少した対象音（マスキ）のラウドネスはマスクトラウドネスと呼ばれる。複合音を構成する成分音についてのマスクトラウドネスの周波数スペクトル

を示す「マスクトスペクトル」が提案されている^{27, 28}）。すなわち，マスクトスペクトルはマスキングを考慮した複合音の周波数スペクトルを示すものである。

Fig. 16に例として4気筒2000cc車の100km/h定常走行時の車内音のマスクトスペクトルの分析結果を示す。図の縦軸は，音の大きさの比率尺度であるsoneである。比

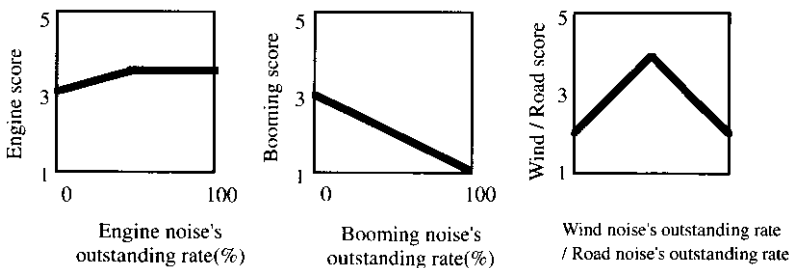


Fig. 13 Model of subjective evaluation result (Fig.12).

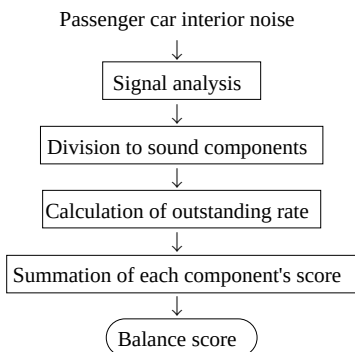


Fig. 14 Method of balance evaluation.

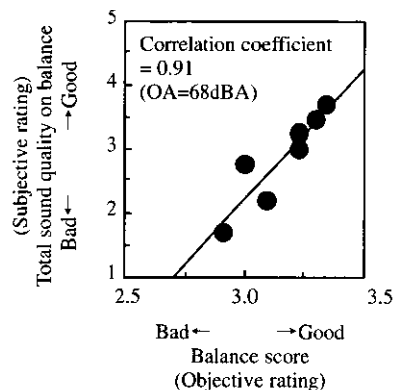


Fig. 15 Relation between subjective rating and objective rating (100km/h cruising).

較のために1/3オクターブバンドレベル分析の結果も示す。マスクトスペクトルでは、最も低い周波数帯域（23～90Hz）の成分によって他の帯域の成分がマスクされていることがわかる。

このようにして求めたマスクトスペクトルから、路面からの音の帯域（1kHz以下、計算上900Hz以下とした）、風切り音の帯域（500Hz以上、計算上450Hz以上とした）のマスクトラウドネスの和を、マスキングを考慮した音の要素の大きさとして算出した。Fig. 17に、100km/h定常走行時（路面からの音と風切り音が主体）の車内音を基にした加工音について、それぞれの算出値と目立つ度合い（何%の人が目立つと評価したか）の官能評価との関係を示す。路面からの音についてはFig. 8よりもよく対応しており、マスキングを考慮した効果が出ていると考えられる。風切り音についてはほぼ傾向はとらえているが相関は低く、さらに周波数帯域等を検討する必要がある。

このマスクトスペクトルを用いた音の要素の評価については、まだ基本的な解析を行った段階である。しかし、このようにマスキング等の聴覚心理特性を考慮

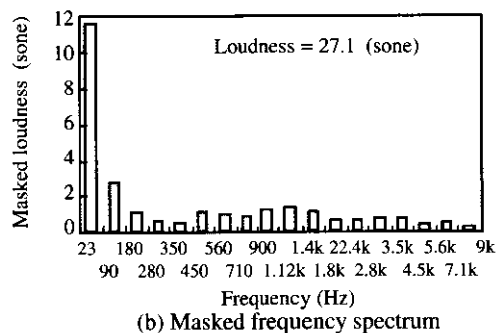
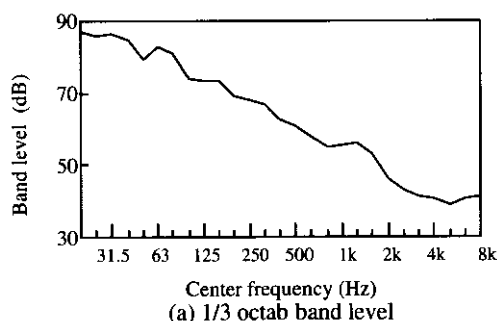


Fig. 16 An example of analysis result of passenger car interior noise considering masking effect (100km/h).

した解析や評価を行うことは、より汎用的な車内音の評価につながると考えられるため、さらに検討を進める必要がある。

5. まとめ

走行状況ごとの音の要素に注目した車内音の評価法について述べた。

まず、車内音を構成している主な四つの音の要素「エンジン音」「こもり音」「路面からの音」「風切り音」について、物理量から推定した、目立つ度合いの官能評価に相当する値を「目立ち度」と定義し、これを推定するための音響指標を明らかにした。これを用いてパターン走行時の音の要素の「目立ち度」を推定することにより、走行状況ごとに各音の要素がどの程度目立つかが定量的に把握できることを示した。次に、音の要素の評価法として、加速走行時についてはエンジン音とこもり音の評価法、定常走行時については音の

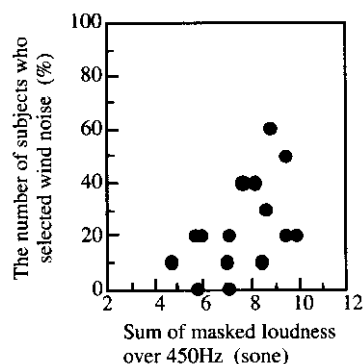
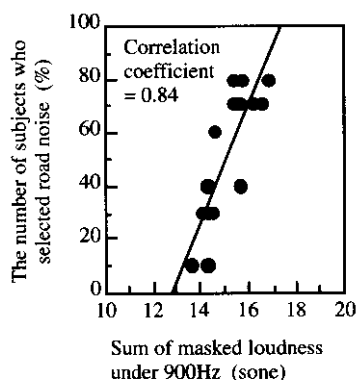


Fig. 17 Relation between objective index using masked frequency spectrum and subjective evaluation of outstanding component.

要素のバランスの評価法を示した。さらに、マスキングを考慮した音の要素の大きさの算出について考察した。

以上のように、走行状況ごとの音の要素に注目した車内音の評価を行うことにより、より良い車内音とするための指針が得られ、車内音全体をトータルでとらえた効率的な騒音対策に結び付けることができる。

今後さらに、聴覚心理的な側面からの車内音の評価や解析を行い、人間の聴覚心理特性をふまえた汎用的な車内音の評価法を確立していく必要がある。

最後に、本研究を進めるにあたりご協力頂いたトヨタ自動車第1開発センター第1実験部技術室の浅井眞主査、加藤裕康氏に感謝致します。また、聴覚心理の基礎的な側面から検討を行うにあたり貴重なご意見を頂いた東北大学電気通信研究所の曾根敏夫教授、鈴木陽一助教授、小澤賢司助手に感謝致します。

参考文献

- 1) 佐藤清臣, ほか2名: "自動車の音質評価について", 自動車技術会学術講演会前刷集892, (1989), 1
- 2) 浅井眞: "自動車の車内音質と改善, 騒音制御, 16-1 (1992), 8
- 3) 社団法人自動車技術会: 自動車技術ハンドブック基礎・理論編, (1990)
- 4) 平坂直人, ほか2名: "音圧変動を考慮したロードノイズの音質評価方法", 自動車技術会学術講演会前刷集882, (1988), 483
- 5) 槇徹雄, 浜田一成: "ロードノイズ音質の定量化", 自動車技術会学術講演会前刷集901, (1990), 285
- 6) 岸篤秀, 畑秀二: "自動車車室内音音質評価手法について", 自動車技術, 40-4(1986), 464
- 7) 石山武, 荒井紀博: "車内騒音フィーリングの評価に関する一考察", 自動車研究, 8-5(1986), 164
- 8) 高尾秀男, 橋本竹夫: "乗用車走行時の車内音の主観評価—その1 SD法による音質評価形容詞対の選択—", 自動車技術会学術講演会前刷集882, (1988), 467
- 9) 橋本竹夫, 高尾秀男: "乗用車走行時の車内音の主観評価—その2 主観評価と騒音評価量の関係—", 自動車技術会学術講演会前刷集882, (1988), 479
- 10) 八木橋渉, 今井ひろし: "信号処理装置を用いた車室内加速時騒音評価に関する一考察", 自動車技術会学術講演会前刷集892, (1989), 157
- 11) 山下剛, ほか3名: "自動車車室内音の音色評価について", 日本ゴム協会誌, 63-3(1990), 42
- 12) Takanami, K., et al.: "Improving Interior Noise Produced During Acceleration", SAE Tech. Pap. Ser., No.911078, (1991), 339
- 13) Thomas, R. S., et al.: "A Development Process to Improve Vehicle Sound Quality", SAE Tech. Pap. Ser., No.911079, (1991), 349
- 14) 岡本宜久, ほか4名: "運転操作に連動した合成音による自動車音の評価", 自動車技術会学術講演会前刷集902, (1990), 1.405
- 15) 田畑俊幸, ほか3名: "快適な車室実現のための音・振動性能向上技術", 日産技報, 33(1993), 96
- 16) 村田秀樹, 大佐々吉宏: "定常走行時車内音の音質評価について", 自動車技術会学術講演会前刷集942, (1994), 145
- 17) 柘植和広, ほか3名: "加速時車内騒音の音色に関する一考察", 自動車技術, 39-12(1985)
- 18) Andrews, S. A., et al.: "The Analysis and Mechanism of Engine Crank Rumble", I Mech E Conf. Publ. 1979-10, (1979), 99
- 19) Wakita, T., et al.: "Objective Rating of Rumble in Vehicle Passenger Compartment during Acceleration", SAE Tech. Pap. Ser., No.891155, (1989)
- 20) 脇田敏裕: "自動車の音色評価", 豊田中央研究所R&Dレビュー, 27-3(1992), 23
- 21) 脇田敏裕: "自動車音色の可視化", 自動車技術会学術講演会前刷集933, (1993), 93
- 22) Wakita, T.: "Visualization of Vehicle Sound Quality Using Human Hearing Model", SAE Tech. Pap. Ser., No.940604, (1994)
- 23) 中村光勇, 山下剛: "自動車の快適性と車室内音", 日本音響学会誌, 46-9(1990), 759
- 24) 難波精一郎: 聴覚ハンドブック, ナカニシヤ出版, (1984)
- 25) ISO532: "Acoustics - Methods for calculating loudness level", ISO532-1975(E)(1975)
- 26) Zwicker, E., et al.: "Program for calculating loudness according to DIN 45631 (ISO 532B)", J. Acoust. Soc. Jpn.(E), 12-1 (1991), 39
- 27) Lochner, J. P. A. and Burger, J. F.: "Form of the Loudness Function in the Presence of Masking Noise", J. Acoust. Soc. Am., 33-12(1961), 1705
- 28) 小澤賢司, ほか2名: "マスクトスペクトルによる2成分音の音色の表現", 聴覚研究会資料, H-89-53(1989)

著者紹介



星野博之 Hiroyuki Hoshino

生年: 1963年。
所属: 感性情報研究室。
分野: 自動車車内音の評価, 解析。
学会等: 電子情報通信学会, 日本音響学会, 自動車技術会会員。



小澤義彦 Yoshihiko Kozawa

生年: 1947年。
所属: 感性情報研究室。
分野: 聴覚心理, 騒音評価。
学会等: 日本音響学会, 自動車技術会会員。