

自動車車室内音の音色評価について

Analysis of Sound Quality Inside a Vehicle Cabin

山下 剛* 中村 光 勇*
Tsuyoshi Yamashita Mitsuo Nakamura

要 旨

自動車車室内音の評価は、従来ラウドネスの低減を重視することから、A特性音圧レベルを用いてきた。今回ラウドネスのみでは表現しがたい音色の分析を、20項目のSD法によるアンケート調査から得られたデータを用いた多変量解析により試みた。その結果、車に対するイメージバイアスの影響は、その車の音の違いより大きいことが確認され、ブラインドテストを行う必要性が明らかとなった。この結果をもとに、乗用車とスポーツカーという2種類の異なるコンセプトの車の音に対して、再生音によるブラインドテストを実施し、主成分分析を行った。両者ともに“美的因子”、“迫力因子”、“金属性因子”の三つの因子が求まり、従来の他分野の音色研究と同様に自動車においても3因子で表現できることが判った。

ABSTRACT

Since great emphasis is placed on reducing vehicle cabin loudness, the A-weighted sound pressure level is generally employed. This report, in contrast, introduces an attempt to analyze sound 'quality', which is difficult to measure solely in terms of loudness, with multivariate analysis performed on the results of a 20-item semantic differential method survey.

The findings confirm an interesting result: A vehicle's image bias has a greater effect on responses than actual vehicle noise, thus clearly demonstrating the importance of a blindfold test.

Blindfold tests were therefore performed with the sound recorded from actual vehicles, both passenger cars and sports cars. The results were then processed by principal component analysis. Extracted were three principal tone factors: the 'Beauty factor', the 'Powerfulness factor' and the 'Metallicness factor', which have turned out to be identical to those identified as a result of acoustic studies on products other than automobiles.

1. はじめに

自動車の走行時に発生する室内音は、自動車の「快適性」を決める重要な要素の一つであることから、従来、静粛性向上を目的として、主に騒音レベルdB(A)の低減を目指した開発が行われてきた。しかし、マンマシンシステムとして自動車を捉えた場合、走行時の室内音は、車から人へフィードバックされる情報の一つであり車室内を無音状態にすることが、必ずしも快適な車室内空間を形成する事とはならない。例えばスポーツカーに

おいては、加速時の車室内音は運転者にとって心地良い刺激を与える要素ともなっている。こうした観点から、その車のコンセプトに適合した人々の感性に訴える魅力をもった室内音が求められ、必然的に「その音が人々にどのように感じられるのか」といった、騒音レベルやNC値などのいわゆる騒音評価尺度を用いた評価とは異なる人間感性研究面からの評価法が求められてきており、「ノイズ」から「サウンド」の世界へ技術移行しつつある。

* 栃木研究所

本稿では、車室内音の主観的評価に対する一つの試みとして、一般的な小型乗用車とスポーツカーというコンセプトの異なる2種類の車室内音に対して、各々の音色に関する官能検査を実施し、音色因子の抽出を試みたので、その結果について報告する。特にスポーツカーの音色に関しては、文化、生活様式の異なるアメリカでの調査も併せて行い比較した。

2. 自動車車室内音の音色評価手法

音色の評価方法としては、聴感心理量を評価しうる音の物理量を用いた評価尺度を求める手法を開発し、その手法にもとずき音の評価を行うのが一般的である。すなわち、図1に示すように、まず人の音に対する感性を定量的に分析し、この分析値とこれを決定する音の物理量との相関関係について統計手法を用いて比較解析することにより音の物理特性を定め、音色の定量評価法とするものである。

このうち、音に対する人の感性を分析する方法には、人間の聴覚をセンサとして用いた官能検査を実施する方法がとられる。⁽¹⁾しかし、このような感覚による評価は、物理的な測定評価とは異なり一般に評定者の諸特性や検査方法の影響を受けるものである。すなわち、評価をする人の資質による差、体調などの影響も大きく、検査を実施する場合、十分検討しておく必要がある。

自動車車室内音に対して官能検査を実施するにあたっては、その検査内容に影響を及ぼす諸要因の検査結果への寄与を把握し、検査結果とこれら要因との関係を明確にする必要がある。

自動車という商品が、官能検査に及ぼす影響要因としては、

- (1) ブランド、外観からくるイメージの影響
- (2) 内装のデザインからくるイメージの影響
- (3) 加速度や、車体の姿勢変化による加速フィードバック
- (4) 走行中に変化する視覚情報と振動などの体感情報

などが考えられる。従って、実際の車を使用した場合には、音のみの官能検査を行ったとしても、上記の要因が複雑に影響しあい、目的としている

音の評価を行うことができたかどうか疑問がある。そこで今回、音のみによる車室内音の評価を明確に行うために、実車の車室内の録音を使用し、上記要因のうちブランド、外観などからくるイメージの影響度合が、音の評価結果にどの程度存在するか調査した。さらに、これらのイメージ情報を取り除いた音のみの提示によるブラインドテストを実施し、その結果を主成分分析を用いて解析し、聴感要素としての音色因子の抽出を試みた。このブラインドテストは、小型乗用車とスポーツカーの車室内音に対して行い、コンセプトの異なる車の車室内音に対する聴感表現に差があるのかも調査した。

また、スポーツカーについては、加速時の車室内音は卓越した動力性能を印象づけるための重要な要素の一つでもあり、好みによっても大きく影響されると考えられるので、特に文化的背景や生活環境などの異なる国民性の違いが、車室内音の評価にどの程度影響を与えるのかを調査するため、北米地区においても官能検査を実施した。

3. 実験方法

3.1. 実験方法

実験に用いた提示音は、乾燥アスファルト平坦路面を加速走行した小型乗用車とスポーツカーの車室内音である。加速条件は、エンジン回転数が1000RPMから6000RPMで行い、その間の加速時間は、小型乗用車の場合は約30秒間、スポーツカーの場合は約15秒間である。助手席の両耳位置にマ

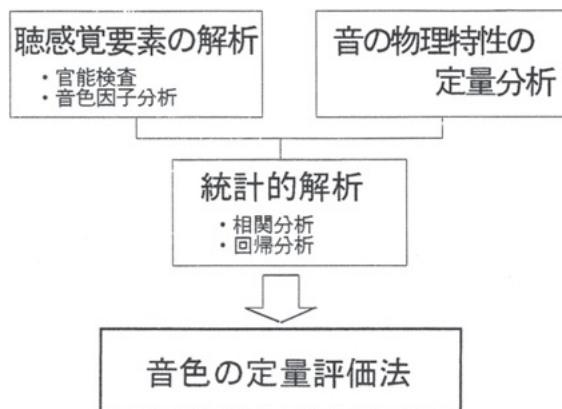


図1 音色評価法の開発手順

イクロホンをセットしてPCM録音した音をステレオヘッドホンを用いて評定者に提示した。音の再生にあたっては、図2に示すように、ステレオヘッドホン再生時の提示音が走行時と同じになる様に、ダミーヘッドに内蔵されたマイクロホンをを用いて再生系の周波数特性を補正した。

また、評定者を実験に馴染むために実験前に十分な教示と試聴を行った。

使用した評定尺度と数値尺度を図3に示す。評定尺度に用いた形容詞は、他の報告^{2), 3)}で使われた用語を参考にするとともに、独自に我々の研究所内で車室内音に用いられる用語に対する調査を行い「静かな」「重苦しい」などの20項目を用いた。数値尺度として「非常にそう思う」から「非常にそう思わない」までの7段階の単極尺度を用いたSD法 (Semantic Differential Method) による評価を行った。

北米での官能検査に用いた用語については、一般に、感覚量を表す形容詞を異なる言語へ翻訳することは、非常に困難であるので、一般ユーザー評定者に対する実験を行う前に、米国人の研究所員に対して予備実験を行い、その形容詞のもつ意味が正しく翻訳されているかを判別し、修正を加えながら評定尺度を決定した。

3.2. 車室内音の提示方法

(1) 小型乗用車の車室内音を用いた実験

ここでは調査目的に応じ音の提示方法を変え二つの実験を行った。

まず、実験1では、車室内音評価に対するブランド、外観等のイメージ情報の影響度合の調査を行う目的から、表1に示すように提示音サンプルは、A, B, C, D, Eの5種類を用い、4種類の再生車室内音A, B, C, Dを5種類の車両外観写真パネルA, B, C, D, Eと共に提示した。このうちA, B, Cは日本製乗用車、Dは外国製乗用車でいずれも音と外観写真パネルとは一致している。サンプルEは外国製乗用車Dの音にA, B, Cとは異なる日本製乗用車Eの外観写真パネルを用いて提示した。すなわちサンプルEは音と写真パネルは一致していない。評定者には、5種類の音と車両外観パネルで実験を行うと説明しており、同じ音が写真パネルを変えて提示したことは知らされていない。従って、イメージ情報の影響度合の検定は、同一車室内音でありながら車両外観パネルの異なるサンプルDとEに対する評価の差を比較検討することにより行った。

実験2では、ブランド、外観などのイメージ情

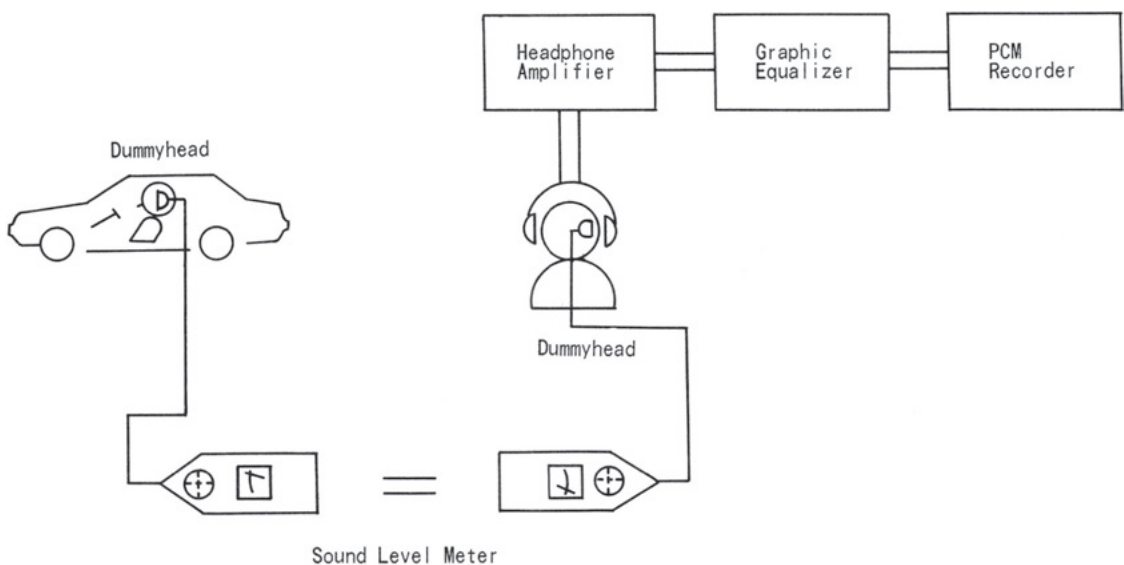


図2 提示音の音圧レベル補正方法

表1 乗用車車室内音実験に用いた提示音(実験1)

Sample No.	Presented Sound	Photograph of Car
A	A	A
B	B	B
C	C	C
D	D	D
E	D	E
Number of Subjects	48	

A, B, C, E : Domestic(Japanese)Car
D : Foreign Car

表2 乗用車車室内音実験に用いた提示音(実験2)

Sample No.	Presented Sound	Photograph of Car
A	A	none
B	B	
C	C	
D	D	
F	F	
Number of Subjects	32	

A, B, C, F : Domestic(Japanese)Car
D : Foreign Car

報を取り除いたブラインドテストによる官能検査を行い、小型乗用車の車室内音に対する音色因子の抽出を行った。提示音サンプルは、表2に示すように、実験1で使用した4種類の提示音に、新たに日本製乗用車の音Fを加えた5種類の提示音を用い、車両外観パネルの提示は行っていないが、乗用車の車室内音であることは評定者に説明して検査を行った。

用いた提示音のうちA, B, D, Fは、直列4気筒エンジンを搭載した車の車室内音で、Cは6気筒エンジン搭載車の車室内音である。

(2) スポーツカー車室内音を用いた実験

ここでの実験では、スポーツカー車室内音の音色因子の抽出を目的とし、実験2と同様に車両外観写真パネルは一切使用しないブラインドテストによる官能検査を行った。提示音は、表3に示すようにa, b, c, dの4種類で、aは4気筒エンジン、bは8気筒エンジン、cは6気筒エンジンを搭載した外国製スポーツカー、dは6気筒エ

表3 スポーツカー車室内音実験に用いた提示音

Sample No.	Presented Sound	Photograph of Car
a	a	none
b	b	
c	c	
d	d	
Number of Subjects	日本人 27 名, 米国人 57 名	

a, b, c : Foreign Car
d : Domestic(Japanese)Car

ンジンを搭載したスポーツカー当社NSXの車室内音である。評定者として日本人と米国人を対象にした二つの実験を行ったが、いずれの実験でも同様の提示方法により実施した。

(3) 評定者

乗用車の車室内音による実験での評定者は、東京近郊に住む小型乗用車を所有する成年男女で、実験1では48名(男性34名、女性14名)、実験2では、実験1とは異なる32名(男性23名、女性9名)で行った。

	非常に そう思う	かなり そう思う	やや そう思う	どちら か でもない	やや そう 思わない	かなり そう 思わない	非常に そう 思わない
1. 重苦しい (Heavy)	1	2	3	4	5	6	7
2. さわやかな (Fresh)	1	2	3	4	5	6	7
3. かん高い (High-Pitched) ...	1	2	3	4	5	6	7
4. 不快な (Unpleasant)	1	2	3	4	5	6	7
5. うるさい (Annoying)	1	2	3	4	5	6	7
6. 柔かい (Soft)	1	2	3	4	5	6	7
7. 軽快な (Alive)	1	2	3	4	5	6	7
8. 濁った (Stagnant)	1	2	3	4	5	6	7
9. 高級な (High-Class)	1	2	3	4	5	6	7
10. ざわざわした (Rough)	1	2	3	4	5	6	7
11. 落ち着いた (Composed)	1	2	3	4	5	6	7
12. 耳障りな (Offensive)	1	2	3	4	5	6	7
13. 艶のある (Lustrous)	1	2	3	4	5	6	7
14. 明るい (Bright)	1	2	3	4	5	6	7
15. 大きい (Loud)	1	2	3	4	5	6	7
16. 迫力のある (Powerful)	1	2	3	4	5	6	7
17. 豊かな (Rich)	1	2	3	4	5	6	7
18. 乾いた (Dry)	1	2	3	4	5	6	7
19. 滑らかな (Smooth)	1	2	3	4	5	6	7
20. こもった (Booming)	1	2	3	4	5	6	7
	Absolutely Agree	Strongly Agree	Somewhat Agree	Neutral	Somewhat Disagree	Strongly Disagree	Absolutely Disagree

図3 評定用紙

スポーツカー車室内音を用いた実験での評定者については、スポーツカーという特異性からスポーツカーに興味をもち、またその音を明確に判断できることを基本として評定者の選定を行った。日本人評定者としては、研究所員のうちスポーツカー開発に従事している男性技術者27名で行い、米国人評定者としては、スポーツカーを現在所有しているか、もしくは過去にスポーツカーを所有していたことのあるロサンゼルス近郊に住む米国人男性57名で行った。

4. 実験結果

4.1. ブランド、外観などのイメージ情報の影響

実験1の評定者48名のうち適格回答者22名のS D法の平均プロファイルパターンについて、

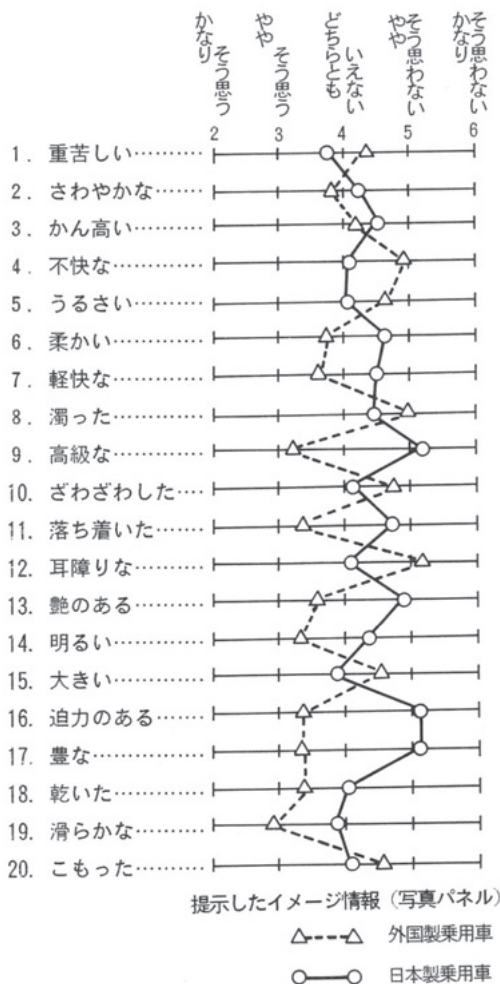


図4 官能検査に及ぼすブランドイメージの影響

同じ音でありながら同時に提示した異なる車両外観パネルのサンプル音DとEを比較した結果を図4に示す。この結果より判るように、同じ音であるにも拘らず提示した外観写真によって全く異なる回答を示し、明らかに外国製乗用車に対して肯定的なイメージをもって回答している結果が得られた。

また、これら22名の結果に対して主成分分析を用いて抽出した各因子に対する因子得点を求めて、5種類の提示音A, B, C, D, Eの各因子軸上でのポジションを求めた。その結果を図5に示す。各車のポジションのうち、DとEのポジションを比較することによって、外国製乗用車と日本製乗用車のブランド、外観に対するイメージが音の評価に与える影響、すなわちブランドイメージバイアスを知ることができる。もしブランドイメージバイアスの影響が非常に小さければ、DとEのポジションは一致するはずであるが、本実験結果によればDとEのポジションの差は、A, B, C, Dの車の差よりも大きいことが判る。これは、外観イメージにより生じたブランドイメージバイアスの差が、車の持つ音の差よりも大きいことを示している。

したがって、一般ユーザーは、その車の外観、ブランドなどのイメージを形成する諸要因の影響を比較的大きく受けながら車室内の音質を判断することから、正しく車の音のみの官能検査を行うためには、イメージバイアスの影響を取り除いたブラインドテストによる検査を実施する必要がある。

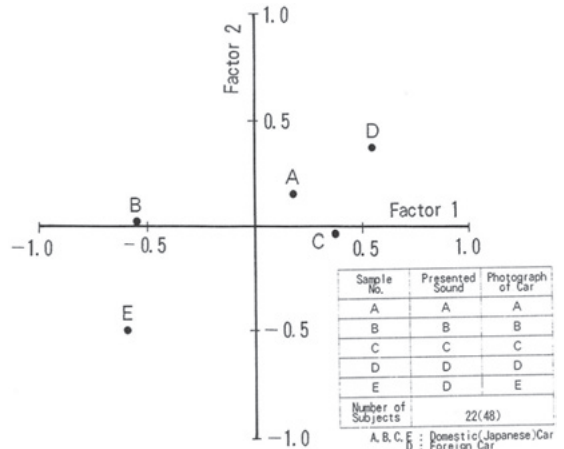


図5 因子得点による各提示音の位置づけ (イメージバイアスの影響)

表4 乗用車車室内音実験結果
(因子負荷量表－実験2)

評 定 尺 度	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子
1. 重苦しい (Heavy)	-.5738	.2721	.4066	-.0745
2. さわやかな (Fresh)	.7389	-.2014	.3433	.1555
3. かん高い (High-Pitched)	-.2455	-.0111	.7262	-.2343
4. 不快な (Unpleasant)	-.7777	.1700	.1946	-.0194
5. うるさい (Annoying)	-.7736	.1243	.3544	-.1691
6. 柔かい (Soft)	.8030	.0484	-.0770	.0444
7. 軽快な (Alive)	.6388	-.2021	.4658	-.1052
8. 濁った (Stagnant)	-.6352	.1179	.0059	.2200
9. 高級な (High-Class)	.7033	.4116	-.1961	.0284
10. ざわざわした (Rough)	-.6404	.1415	.0037	.4751
11. 落ち着いた (Composed)	.6678	.4672	-.2493	.0635
12. 耳障りな (Offensive)	-.7639	.1750	.3335	.0423
13. 艶のある (Lustrous)	.7163	.3223	.2713	-.1171
14. 明るい (Bright)	.6267	.1266	.5468	.1967
15. 大きい (Loud)	-.5505	.4302	.3133	-.1450
16. 迫力のある (Powerful)	.0784	.7385	.1071	-.0661
17. 豊かな (Rich)	.4807	.6526	.0088	.1772
18. 乾いた (Dry)	-.0137	-.1676	.2340	.3233
19. 滑らかな (Smooth)	.7753	.1981	.0829	-.0634
20. こもった (Booming)	-.4817	.5842	-.0109	.1148
寄与率	39.1	11.7	9.8	6.1
累積寄与率	39.1	50.8	60.5	66.6

あることが明らかとなった。

4.2. 乗用車車室内音の音色因子

実験1の結果をもとに実験2ではブラインドテストによる小型乗用車車室内音に対する官能検査を実施した。評定者32名のうち17名の適格回答者の結果に対して、主成分分析を用いて、車室内音の音色主因子を抽出した。その結果、表4に示す様に主な音色の三因子が抽出された。評定尺度の各因子との係わりあいから考察し、第一因子は、「さわやかな」「なめらかな」などで表される「美的因子」、第二因子は、「迫力のある」「豊かな」などで表される「迫力因子」、第三因子は、「かん高い」「明るい」などで表される「金属性因子」と呼べる音色因子が得られた。表4より、第一因子の寄与が最も大きく、車室内音に対して大きな説明力を持っていることが判る。また、第四因子も抽出されたが、その寄与は他に比べ小さく、その性格は不確定である。

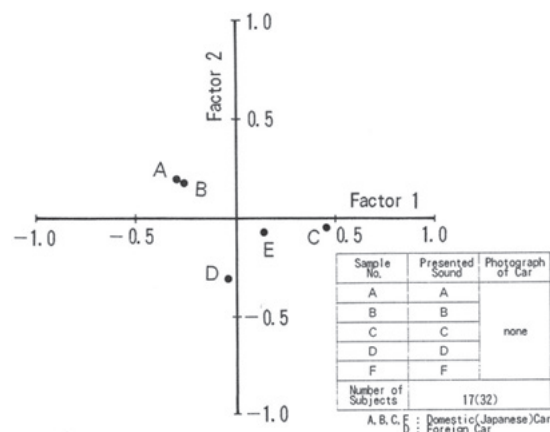
北村らの報告によれば、音色は多次元的側面をもつものであるが、おおまかにいってこれらの三つの因子で表現できることが報告されている。⁴⁾したがって、今回得られたこれらの三因子は他の音響学の分野での研究で得られた因子と同様な因

表5 スポーツカー車室内音実験結果
(因子負荷量表－日本人)

評 定 尺 度	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子
1. 重苦しい (Heavy)	-.7140	.4571	-.1491	.1143
2. さわやかな (Fresh)	.8626	-.1221	.0501	.1234
3. かん高い (High-Pitched)	.1967	-.3121	.6978	.0500
4. 不快な (Unpleasant)	-.8118	.0188	.2694	.2644
5. うるさい (Annoying)	-.5678	-.0369	.5272	.2435
6. 柔かい (Soft)	.5291	.3304	.0812	.4889
7. 軽快な (Alive)	.8196	-.3268	.2024	.0904
8. 濁った (Stagnant)	-.6357	.0753	-.0716	.1897
9. 高級な (High-Class)	.7852	.2274	-.2046	.1985
10. ざわざわした (Rough)	-.7166	-.3273	.0895	.2011
11. 落ち着いた (Composed)	.6058	.4053	-.3528	.0646
12. 耳障りな (Offensive)	-.6823	.1290	.3994	.2080
13. 艶のある (Lustrous)	.6742	.3125	.1691	.2373
14. 明るい (Bright)	.7380	-.0704	.4255	.1240
15. 大きい (Loud)	-.2917	.3982	.5818	-.3435
16. 迫力のある (Powerful)	-.0487	.7033	.3964	-.4007
17. 豊かな (Rich)	.3196	-.6869	.1853	-.0790
18. 乾いた (Dry)	.4014	-.3546	.4841	-.2312
19. 滑らかな (Smooth)	.6580	.1630	.3924	.1387
20. こもった (Booming)	-.5344	.5824	.1176	.2752
寄与率	38.3	13.0	12.0	5.4
累積寄与率	38.3	51.3	63.3	68.7

子でもあり、車室内音の音色評価においても、これら三因子で主な内容を説明できると考えられる。

また、因子得点座標軸上での各提示音の位置付け結果の一例を図6に示す。この結果より、寄与率の高い第一因子である「美的因子」において、提示音A、Bなどの4気筒車に比べ6気筒車Cの車室内音を、一般ユーザは高く評価しているのが判る。したがって、音作りの一つの指針として、4気筒車の音に対しては、6気筒車の音に近づく味付けを行うことによって「美的性」の向上につながる事が判る。

図6 因子特典による各提示音の位置づけ
(乗用車車室内音)

4.3. スポーツカーの車室内音の音色因子

日本人評定者による官能検査結果として、評定者27名のうち17名の適格回答者の結果に対して、実験2と同様に主成分分析を用いて、因子の抽出を行った。その結果を表5に示す。この結果からも判るように、スポーツカーの車室内音においても第一因子は「美的因子」、第二因子は「迫力因子」、第三因子は「金属性因子」と呼べる乗用車車室内音と同様の三因子が求まった。しかし表4と表5の結果を比較してみると、乗用車とスポーツカーというコンセプトの違いによって評定尺度に対する因子負荷量に若干の差を生じているものがある。例えば「うるさい」「大きい」といった評定尺度において、乗用車車室内音では第一因子に負荷量が大きかったが、スポーツカーにおいては、第三因子に負荷量の大きさが移行している。これは、乗用車の車室内音においては、「うるさい」「大きい」といったネガティブ要素が、音の「美的性」に対し影響を与えるが、スポーツカーにおいては、乗用車に比べればその影響が小さいことを示している。

また、因子寄与率では、乗用車車室内音と同様に第一因子である「美的因子」の寄与が最も大きく、スポーツカーの場合にも大きな説明力を持っている。しかし、乗用車に比べ第二、第三因子において、その寄与率はわずかではあるが大きくなっており、音の評価の対象として迫力感や金属感を、乗用車の場合より大きく加えて評価する傾向があることを示す結果が得られた。

次に米国人を評定者として行った検査結果として、57名の評定者のうち27名の適格回答者の結果に対して同様に主成分分析を行った。その結果、表6に示すように、各評定尺度に対する因子負荷量に若干の差はあるものの、第一因子としては「美的因子」、第二因子としては「迫力因子」、第三因子として「金属性因子」が求まった。各因子の属性としては、日本人評定者によるスポーツカーの車室内音に対する結果とはほぼ同様の三因子であるが、因子得点座標上での各提示音の位置づけは、日本人と米国人の評定者間で異なる傾向を示した。図7に日本人評定者の結果を図8に米国人評定者の結果を示す。両者の結果を比較すると、

表6 スポーツカー車室内音実験結果
(因子負荷量表－米国人)

評 定 尺 度	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子
1. 重苦しい (Heavy)	-.4884	.2496	.5357	.0389
2. さわやかな (Fresh)	.7210	.2617	-.2950	.0287
3. かん高い (High-Pitched)	.1456	.3594	-.6948	-.0970
4. 不快な (Unpleasant)	-.5854	.4045	-.2016	.2894
5. うるさい (Annoying)	-.7420	.3578	.0253	-.0448
6. 柔かい (Soft)	.4115	-.5346	.0537	.2230
7. 軽快な (Alive)	.5306	.4882	.0297	-.3055
8. 濁った (Stagnant)	-.3656	-.1688	-.0590	.6395
9. 高級な (High-Class)	.8050	.1506	.0658	.1209
10. さわざわした (Rough)	-.6866	.2636	.0699	.0873
11. 落ち着いた (Composed)	.6334	.0416	-.0291	.3100
12. 耳障りな (Offensive)	-.6456	.2718	-.3368	.1268
13. 艶のある (Lustrous)	.6014	.3229	.1080	.1828
14. 明るい (Bright)	.6766	.3923	-.2853	.0782
15. 大きい (Loud)	-.7564	.3608	.1738	-.0519
16. 迫力のある (Powerful)	.5885	.4261	.3265	-.2495
17. 豊かな (Rich)	.7483	.2131	.3546	.0275
18. 乾いた (Dry)	.5310	.4129	-.0026	.3212
19. 滑らかな (Smooth)	.7587	-.1581	.2036	.2200
20. こもった (Booming)	-.4114	.4981	.3359	.2729
寄与率	37.6	11.7	7.7	5.6
累積寄与率	37.6	49.3	56.9	62.5

日本人評定者における第二因子の因子得点でポジショニングした提示音の配置結果と米国人評定者における第三因子の因子得点でポジショニングした提示音の配置結果とは良く似た傾向を示し、同様に日本人の第三因子に対する提示音の配置結果と米国人の第二因子に対する提示音の配置結果も良く似た傾向を示しているのが判る。

以上のようにスポーツカーの車室内音においても、日本人及び米国人ともに同様の三因子によって、その内容を説明できる。しかし、各提示音の位置付け結果から、同じ音を聞いたとしても、日本人と米国人では第二、第三因子としての「迫力感」あるいは「金属感」を認識するその判断基準が異なることを示唆する結果も得られた。これは、これらの因子と関連性の高い音の物理特性を解明することにより、定量評価手法と同時にその因子に対する判断基準の差も明らかにできる可能性があることを示している。

5. 音色定量評価手法

音色の定量評価手法の一つとして、以上述べてきた音色因子を表現できる音の評価尺度を求める試みを乗用車車室内音に対して行った。その方法として、各因子に対する提示音の因子得点と音の

評価尺度或は物理量との相関関係を求めた後、これら評価量の中から、高い相関のある量を用いた回帰式を求めた。その結果、表7に示すような回帰式が得られた。この回帰式により求めた提示音の位置と主成分分析により得られた提示音の位置とを比較した結果の一例を図9に、また、それぞれの因子結果に対し求めた相関係数の結果もあわせて表7に示す。この結果からも判るように、両

者のポジションは良く一致し、高い相関関係のある結果を得ることができた。

この結果によれば、乗用車車室内音における「美的因子」は、室内定在波現象によって生ずるいわゆる「こもり音」との関連性が強いことが判る。また、「迫力因子」は、音の大きさを表す尺度としてのラウドネス（ソーン）と、「金属性因子」は、A特性で表されるいわゆる騒音レベルに

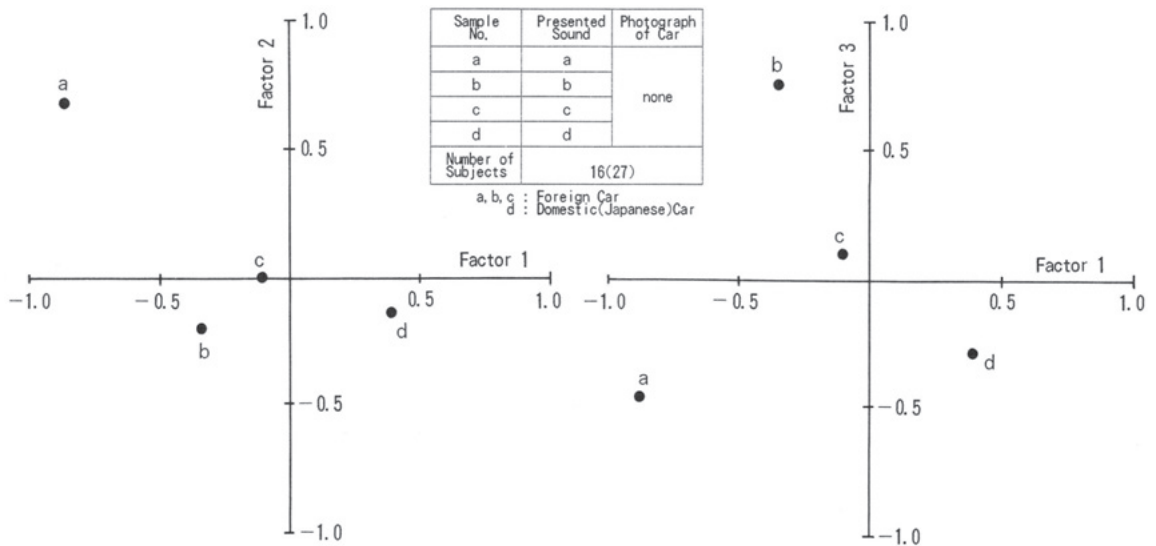


図7 因子座標軸上の各提示音の位置づけ（スポーツカー車室内音－日本人）

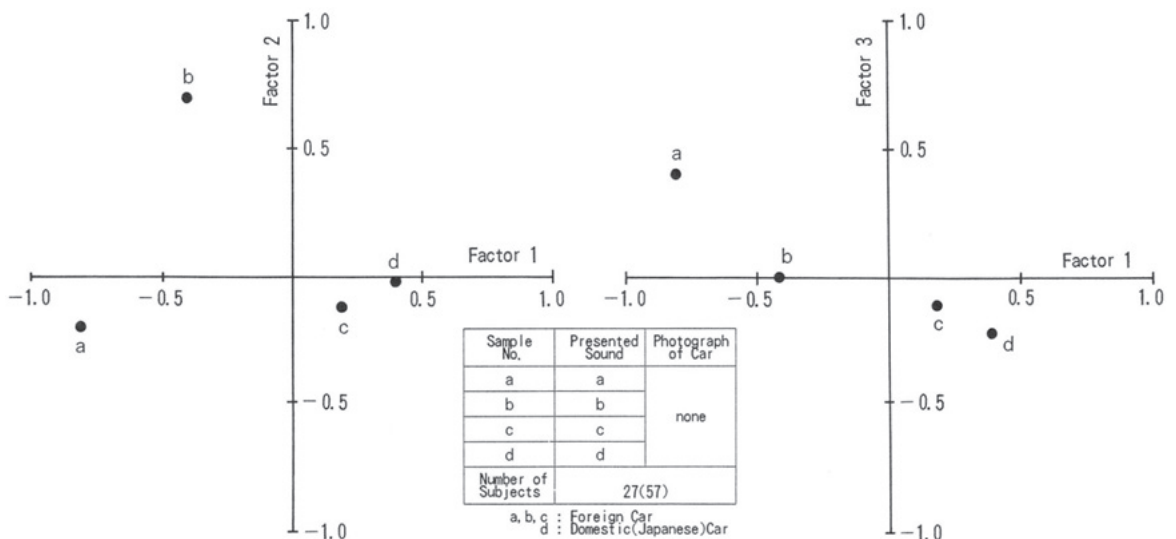


図8 因子座標軸上の各提示音の位置づけ（スポーツカー車室内音－米国人）

表7 乗用車車室内音の各因子評価尺度検討結果

因 子	騒音評価量を用いた回帰式	相関係数
第1因子 (美的性因子)	$F_1 = \int_1^6 \{f(\text{S.P.L.}, X) - (a_1x + b_1)\} dx$ $f(\text{S.P.L.}, X) \equiv \text{S.P.L. of Fundamental order of engine rev.}(x)$	0.95
第2因子 (迫力因子)	$F_2 = \int_1^6 \{h(x) - (a_2x + b_2)\} dx$ $h(x) \equiv C_2 \cdot \text{sone}(x)$	0.90
第3因子 (金属性因子)	$F_3 = \int_1^6 \{g(\text{S.P.L.}, X) - c\} dx$ $g(\text{S.P.L.}, X) \equiv \text{Ratio of high freq. and over all.}(x)$	0.94

$x \equiv \text{r.p.m./1000}$, a_i, b_i, c_i ; 定数

占める高周波数成分(800Hz以上)の割合と関連性が深いことが判った。

本評価法をもとに、90モデルアコードでは、「美的因子」に着目し、バルンサーシャフトの採用によって、図10に示すごとく旧モデル車の車室内音Aの位置より、90モデル車Gの位置へ車室内音の改善を図ることができた。

当然のことながら、上記の定量評価手法によって各音色因子内容のすべてを説明できる訳ではないが、本手法により音に対する人の感性のおおまかな内容を表現できると考えられるので、今後、より感性に適合した自動車の音創りの指針として活用していきたいと考えている。

6. まとめ

車室内の音の評価に関して、音色という観点から官能検査を行い、主成分分析を用いて分析を行った結果、

- (1) 車室内音に対する感じ方は、外観、ブランド、コンセプトといったその車のイメージを形成する諸要因の影響を受けることが判った。
- (2) 乗用車およびスポーツカーの車室内音においても、「美的因子」「迫力因子」「金属性因子」の三つの主な因子が求まり、従来の他分野における研究と同様の三因子により、自動車の車室内音においてもその主な内容を説明できることが判った。

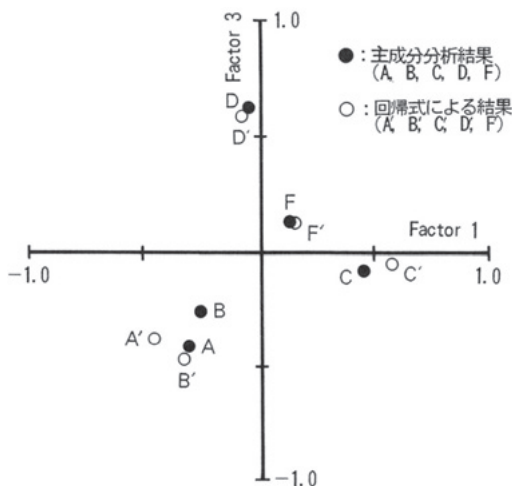


図9 車室内音の因子軸上での位置づけ比較結果

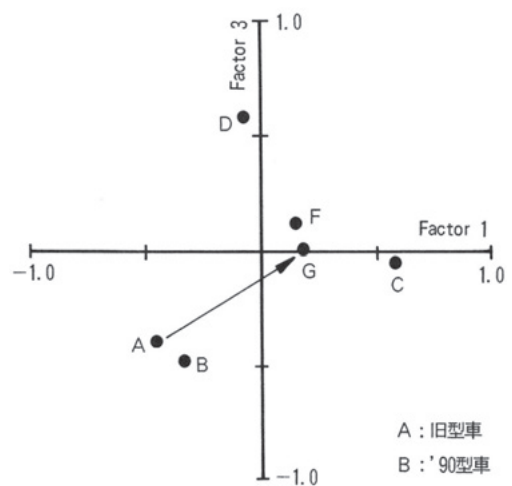


図10 音色評価方法にもとづく車室内音比較結果

(3) このうち乗用車車室内音に対し、これら三因子を表現できる定量評価法を求める試みを行った結果、主成分分析での結果と高い相関のある評価法を得ることができた。

(4) 米国人に対しても同様の官能検査をおこなった結果、上記とほぼ同じ三因子が求まったが、日本人と米国人では、これら因子を認識する基準が異なる結果も得られ、国民性の違いによるこれら因子と音の物理特性との関連性の違いに対する検討も今後の課題として提起された。

商品に対する人々の期待は、その時代により変化するものである。「ゆとりと豊かさ」を持った文化的に高い生活を希望する人々の時代の到来とともに、人間の感性に適合した商品がもとめられ、その提供者である側もそのニーズに応え、より良い商品作りに力を注いでゆく必要があろう。

参考文献

- 1) 日科技連官能検査委員会編; 新版官能検査ハンドブック; 日科技連出版社
- 2) 三戸、北村ほか; 音色の研究 - I, II; 日本音響学会後援論文集 1961, P-55~58
- 3) 曾根ほか; 音の評価に使われることばの分析; 日本音響学会誌 18(1962), P-320~326
- 4) O. Kitamura, S. Namba. and Matsumoto; Factor analytical research of tone colour, rep. 6th Internat. Congr. Acoustics, Tokyo, vol. 1. p. A117-A120, Elsevier, Amsterdam. 1968.
- 5) T. Yamashita, H. Niikura, M. Nakamura, O. Kitamura; A method for evaluating the interior sound quality of automobiles: The Journal of the Acoustical Society of America, Supplement 1, Vol. 84, Fall 1988, NNN2

■ 著 者 ■



山 下 剛



中 村 光 勇