

自動車室内音に対する，市場の違いを考慮した高級感， スポーティ感の定量化

Quantification of Luxury and Sporty Car Interior Sounds Perceived
by the General Public in Different Markets

能 村 幸 介*

Kousuke NOUMURA

吉 田 準 史*

Junji YOSHIDA

要 旨

日本，ドイツ，アメリカにおいて一般人を対象に，自動車室内音に対する音の感じ方を明確にするために，官能評価実験を行なった．統計分析の結果，各国共に高級か否か，スポーティか否かの2種類の尺度に大別され，自動車室内音は2軸で表現可能であることが分かった．更に，音の好みに対して分析した結果，これら二つの尺度で支配されていること，好みの異なる人でも高級，スポーティに対する感じ方は変わらないことが分かった．加速時の音に対してスポーティな音を好む人の割合は，日本人，アメリカ人，ドイツ人の順に高く，国ごとに異なる．また，これらの高級，スポーティの客観的な数値を算出可能なソフトウェアを開発した．

ABSTRACT

Sensory evaluation tests were conducted to clarify differences in how Japanese, Germans, and Americans perceive car interior sounds. The results of statistical analysis indicate that perceptions can be classified under the two major measures of luxury and sporty, and that car interior sounds can be represented by these two axes. Further Analysis of the sensory evaluation tests showed that sound preferences also consisted of these two measures, so that even people with different preferences perceived luxury and sporty sounds in the same way. A sporty acceleration sound was most preferred by Japanese, American, and German subjects, in that order, showing a difference by country. A software program was also developed that is capable of computing objective values for luxury and sportiness.

1. まえがき

自動車の商品性向上において車室内の音質改善は重要であり，これを達成するための客観的指標として，聴感を考慮した心理音響尺度が多く用いられるようになってきた．これまで，心理音響尺度は世界的にいくつか提案されており，ラウドネス，ラフネスのように単に刺激の度合いを表すものから，アノイアンス，スポーティネス⁽¹⁾のような複合的な尺度まで，その種類は多岐に渡る．しかしながら，指標として選択肢が多く，市場違い，運転条件違いなども考慮すると開発現場においてはその扱いがやや困難になっており，より簡便かつ合理的な指標が望まれている．

本研究では，日本，ドイツ，アメリカの一般人を対象に官能評価実験を実施し，自動車室内音に対する一般人の平

均的な感じ方を統計分析により明確にする．そして，加速，クルーズ，アイドル等の異なる運転条件においても普遍的に適用可能な客観的評価尺度を求め，その算出アルゴリズムを具現化した音質評価システムの開発を目的とした．また，音の好みに対するこれらの尺度の関係を明らかにすることで，国ごとにどのような音質が求められているのかについても言及する．

2. 官能評価実験

2.1. 被験者

国ごとに20～50代の一般人男性及び女性を被験者とした．実際の実験は運転条件ごとにTable 1に示すような人数で行った．

*栃木研究所

Table 1 Number of subjects

Driving condition	Japanese		German		American	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Acceleration	23	7	25	5	18	12
Cruise	16	8	15	5	5	3
Idle	16	8	16	4	17	10

2.2. 実験に用いた提示音

提示音は、国産車及び欧米車21車種における加速、クルーズ、アイドルの運転条件で、ダミーヘッドマイクロホンによりバイノーラル録音された助手席音の中から、運転条件ごとに16種類ずつ選択した。ここで重視した点は、普遍的な客観評価尺度を求めるために、車種や運転条件をなるべく幅広く持たせるということであり、車種の構成としては3気筒の小排気量車から8気筒の大排気量車まで、加速時は緩加速から急加速まで、クルーズ時は40km/hから150km/hまでの速度の範囲としている。そして、これらの提示音は2秒の長さに編集し、不連続音の発生を抑えるため、信号の両端0.2秒間に指数関数の重み付け処理を施した。

受聴時にはヘッドホンを用いるが、周波数特性と音圧レベルがヘッドホン特性を考慮した補正がなされており、原音が忠実に再現されるものである。

Table 2 Kinds of attribute for subjective testing

	Japanese	German	American
1	大きさ	laut	Loud
2	こもり感	dröhnend	Booming
3	滑らか感	glatt	Smooth
4	鋭さ感	scharf	Sharp
5	重厚感	klingt solide	Solid
6	迫力感	kraftvoll	Powerful
7	軽快感	lebendig	Alive
8	高級感	Exklusivität	Luxury
9	ファントムドライブ	Spaß am fahren	Fun to drive
10	スポーティ感	sportlich	Sporty
11	好み	bevorzugen Sie	Preference
12	のび感	durchzugsstark	Engine extensibility

2.3. 評価尺度

評価尺度は、自動車の室内音を形容する際、良く用いられるものとして Table 2 のように、日本、ドイツ、アメリカのそれぞれにおいて12種類ずつ選択した。これらの尺度は国ごとに見比べた場合、言葉の持つニュアンスが異なるため音の印象が完全に一致するものではないが、おおむね類似したものとして選択している。

なお、本研究では言葉の持つ意味に対して厳密に感覚量に関連付けているため、言葉の持つ意味が翻訳により変わってしまうことを避けるため、敢えて日本語、ドイツ語、英語表記をそのままに扱うものとする。

2.4. 実験方法

実験を行うにあたり、被験者の判定精度を重視し、音を相対的に聞き比べて行う一対比較法⁽²⁾が最も適切であると考えた。しかし提示音の数が16種の場合120個の対を12尺度分比較し、更に3種類の運転条件ごとに行わなければならないため、実験規模が非現実的であり実質的には非常に困難である。そこで、新たな方法としてトーナメント式の一対比較法を用いることとした。この方法は、まず初めに16種の音をランダムに組み合わせ8個の対にし、Table 3に示すような評価基準に従って比較判定する。そして選択されたものを勝者とすれば、勝ち抜き戦のように繰り返し行うものである。各主観量の距離は、勝者の点数を敗者と、その敗者が勝ち上がってきたトーナメントに含まれる全てに対し減算することで求める。このとき、被験者ごとに比較対の組み合わせをランダムに変更し組み合わせの影響を除去することが重要である。

実験は、Fig. 1 に示すようにパーソナルコンピュータと再生装置を用意し、独自に作成したソフトウェアを被験者に操作してもらう形態で行った。2種類の提示音の前にはそれぞれ1秒の無音区間を与え計6秒の音とし、これを被

Table 3 Standard of judgment for subjective testing

Score	Japanese	German	American
0	判断できない	keine von beiden	Undecidable
1	ややそうである	trifft etwas zu	Applicable to some extent
2	そうである	trifft zu	Applicable
3	非常にそうである	trifft voll zu	Applicable to the greatest degree



Fig. 1 System for subjective testing

験者が判定するまで繰り返し再生する。被験者が判定すると点数の大きい方が勝ち残り、次の提示音に移る。これらの一連の動作と距離の算出等は、ソフトウェアにより自動化している。

3. 音の感じ方の分析

3.1. 自動車室内で主に感じられる評価尺度(総合的尺度)の抽出

官能評価実験により得られた各評価尺度の順序データをもとに統計分析を行った。始めに、一般人の平均的な感じ方を定量化することを目的として、被験者間で感じ方の異なる評価尺度を排除するために12種類の評価尺度のそれぞれに対して分散分析⁽³⁾を行った。日本人、ドイツ人、アメリカ人での分析結果を Table 4 に示す。このとき有意確率が 0.05 以上のものは以降の分析には用いない。

次に自動車室内で主に感じられる評価尺度を抽出するために主成分分析⁽⁴⁾を行った。

主成分分析の結果、Table 5に示すように、日本人の加速時の第一主成分に対する「スポーティ感」「のび感」「迫力感」の因子負荷量はそれぞれ 0.981, 0.952, 0.877 であることから、第一主成分はスポーティ系の尺度と定義することができる。

同様に、各国の運転条件ごとについても分析したところ、第一主成分、第二主成分は運転条件により異なるものの、スポーティ系、高級系もしくはそれらの複合的なものであり、スポーティ系、高級系の主に二軸で表現可能であることが分かった。したがって、スポーティ系、高級系の各尺度を日本人の場合は「スポーティ感」「高級感」、ドイツ人の場合は「sportlich」「Exklusivität」、アメリカ人の場合は「Sporty」「Luxury」を総合的尺度とする。

総合的尺度である「スポーティ感」「高級感」という言葉は、本来音そのものを形容する言葉ではないが、今回抽出された理由としては、市場の自動車の音を一般人が受動的に学習した結果、自動車という商品の特質として日常的に意識されがちな尺度であるためと推察される。また、これらは開発者側の視点に立てば自動車の商品コンセプトを表す尺度でもある。

Table 4 Result of analysis of variance

(1) Japanese

Attribute	Acceleration	Cruise	Idle
大きさ	0.000	0.000	0.000
こもり感	0.000	0.000	0.000
滑らか感	0.000	0.000	0.000
鋭さ感	0.000	0.000	0.000
重厚感	0.000	0.001	0.000
迫力感	0.000	0.000	0.000
軽快感	0.000	0.612	0.000
高級感	0.002	0.000	0.000
ファントムドライブ	0.000	0.000	0.000
スポーティ感	0.000	0.000	0.004
好み	0.000	0.000	0.000
のび感	0.000		

(2) German

Attribute	Acceleration	Cruise	Idle
laut	0.000	0.000	0.000
dröhnend	0.000	0.000	0.000
glatt	0.000	0.000	0.000
scharf	0.000	0.000	0.000
klingt solide	0.000	0.000	0.000
kraftvoll	0.000	0.000	0.000
lebendig	0.000	0.000	0.000
Exklusivität	0.000	0.000	0.000
Spaß an fahren	0.000	0.660	0.149
sportlich	0.000	0.000	0.006
bevorzugen Sie	0.000	0.000	0.000
durchzugsstark	0.000		

(3) American

Attribute	Acceleration	Cruise	Idle
Loud	0.000	0.000	0.000
Booming	0.000	0.005	0.000
Smooth	0.000	0.000	0.000
Sharp	0.000	0.105	0.049
Solid	0.261	0.830	0.006
Powerful	0.000	0.033	0.185
Alive	0.000	0.003	0.000
Luxury	0.000	0.000	0.000
Fun to drive	0.000	0.350	0.069
Sporty	0.000	0.341	0.360
Preference	0.000	0.000	0.000
Engine extensibility	0.000		

3.2. 総合的尺度の要素となる評価尺度(要素的尺度)の選択
前述のように、総合的尺度は音そのものを形容する言葉ではないため、半ば漠然としがちであるが、これらの総合的尺度がどのような要素的な尺度で形成されるのかが明確に

Table 5 Result of principle component analysis

(1) Japanese

Driving condition	Acceleration			Cruise		Idle		
Attribute	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 3	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 3
大きさ	0.740	-0.522	-0.228	0.942	-0.250	0.928	-0.149	0.256
こもり感	-0.611	0.484	0.529	-0.591	0.782	-0.072	0.936	0.037
滑らか感	0.055	0.944	0.037	-0.778	0.498	-0.891	-0.006	-0.307
鋭さ感	0.881	-0.256	-0.297	0.947	-0.253	0.531	-0.597	-0.212
重厚感	-0.063	0.081	0.979	-0.100	0.976	0.465	0.753	0.357
迫力感	0.877	-0.398	0.151	0.958	-0.143	0.909	0.253	0.269
軽快感	0.779	0.330	-0.460			-0.786	-0.490	-0.033
高級感	-0.325	0.865	0.079	-0.767	0.605	-0.905	0.196	0.133
スポーティ感	0.981	-0.088	-0.138	0.856	-0.306	0.174	0.194	0.952
のび感	0.952	-0.032	-0.006					
Eigenvalue	5.057	2.494	1.640	4.987	2.419	4.455	2.202	1.332
Variance %	50.566	24.941	16.395	62.338	30.240	49.497	24.466	14.800
Cumulative %	50.566	75.506	91.902	62.338	92.577	49.497	73.962	88.763

(2) German

Driving condition	Acceleration		Cruise		Idle	
Attribute	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 1	Factor loading 2
laut	0.688	0.651	0.828	0.467	0.675	0.709
dröhnend	0.428	0.611	0.773	0.531	0.458	0.81
glatt	-0.476	-0.803	-0.553	-0.814	-0.832	-0.484
scharf	0.578	0.651	0.812	0.464	0.85	0.26
klings solide	-0.476	-0.802	-0.506	-0.857	-0.947	-0.042
kraftvoll	0.853	0.424	0.791	0.526	-0.215	0.946
lebendig	0.883	0.426	0.809	0.54	0.667	0.605
Exklusivität	-0.172	-0.974	-0.501	-0.85	-0.965	-0.122
sportlich	0.889	0.389	0.805	0.49	0.521	0.74
durchzugsstark	0.941	0.26				
Eigenvalue	4.657	4.037	4.684	3.645	4.671	3.285
Variance %	46.565	40.374	52.04	40.5	51.902	36.495
Cumulative %	46.565	86.939	52.04	92.54	51.902	88.397

(3) American

Driving condition	Acceleration		Cruise		Idle	
Attribute	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 1	Factor loading 2	Factor loading 1	Factor loading 2
Loud	0.673	0.665	0.885	0.142	-0.724	0.648
Booming	0.622	0.664	0.136	0.976	-0.688	0.58
Smooth	-0.314	-0.875	-0.903	-0.3	0.892	-0.284
Sharp	0.83	0.457			-0.053	0.92
Solid					0.882	0.122
Powerful	0.901	0.334	0.789	0.462		
Alive	0.842	0.472	0.928	-0.047	-0.823	0.348
Luxury	-0.204	-0.93	-0.862	-0.252	0.829	-0.528
Sporty	0.904	0.371				
Engine extensibility	0.919	0.136				
Eigenvalue	4.851	3.211	3.843	1.342	3.936	2.098
Variance %	53.901	35.681	64.045	22.363	56.236	29.972
Cumulative %	53.901	89.582	64.045	86.408	56.236	86.207

できれば情報がより細分化され、物理量との関連付けもしやすい。よって総合的尺度を形成する要素尺度を抽出するために重回帰分析⁽⁴⁾を行った。その結果、Table 6に示すように、主に日本人は、迫力があり軽快なほどスポーティと感じ、大きさが小さく滑らかなほど高級と感じている。ドイツ人は「lebendig」なほど「sportlich」と感じ、「klingt solide」で「glatt」なほど「Exklusivität」と感じている。また、アメリカ人は「Powerful」で「Alive」なほど「Sporty」と感じ、「Loud」でなく「Smooth」なほど「Luxury」と感じている。

本研究で行った官能評価実験は、被験者の評価精度を上げるため運転条件ごとに分けて実施したので、分析により得られた重回帰式の偏回帰係数は異なる。偏回帰係数が異なった要因としては、運転条件の違いにより音の感じ方が変化したか、感じ方は変わらないが提示音が異なるために確率変数である偏回帰変数が異なったためかのどちらかによるものと考えられる。これを明確にするために共分散構造分析⁽⁵⁾を用いることとした。共分散構造分析とは複数の因果関係のあるモデルを一まとめに分析でき、第2世代の多変量解析とも呼ばれる統計手法である。運転条件間にて、総合的尺度に対する要素的尺度の因果係数を同一とした条件と因果係数を任意にした条件、即ち運転条件間にて感じ方は同じという条件と異なるという条件にて分析した結果、Table 7に示すように、日本人、ドイツ人、アメリカ人いずれにおいても、赤池情報量基準AIC⁽⁵⁾（値が小さいほど良いモデルである）が感じ方は同じとしたモデルの方が小さいので、運転条件が異なっても音の感じ方は変わらないということがわかった。最終的な要素的尺度の関連性を表す式をTable 8に示す。また、アイドル時のスポーティ感に対しては、国により分散分析で除去される、重回帰分析で相関係数が低い、共分散構造分析で共通の因果係数を見出せないな

ど、結果的に運転条件を包括する定量化式を見出せなかった。これは、今回のアイドル時の提示音では、スポーティな印象を感じにくく、被験者間で評価のバラツキが多かったためであると考えられる。

4. 主観評価尺度と心理音響尺度との関連付け

4.1. 従来の心理音響尺度の改定

従来の研究により、筆者らは先に聴覚刺激量を表す尺度⁽⁶⁾として「大きさ」、変動の程度を表す「変動音の不快感」等を報告しているが、その後の検討により「変動音の不快感」は「変動強さ」と改めた。不快感という言葉から連想される不快さは、個人の嗜好や価値観に依存する感覚であり、単なる刺激量の表現としては不適當であると判断したためである。

Table 7 Result of sound perception as same or different depends on different driving conditions

Country	Comprehensive attribute	Sound perception	AIC	Result
Japanese	高級感	Same	-15.97	Better
		Different	-12	-
	スポーティ感	Same	- 6.745	Better
		Different	- 6	-
German	Exklusivität	Same	-16.126	Better
		Different	-12	-
	sportlich	Same	- 1.998	Better
		Different	0	-
American	Luxury	Same	-16.076	Better
		Different	-12	-

Table 6 Result of multiple regression analysis

Country	Comprehensive attribute	Driving condition	Multiple regression formula		
Japanese	高級感	Acceleration	= -0.40 × 大きさ感	+0.55 × 滑らか感	
		Cruise	= -0.22 × 大きさ感	+0.78 × 滑らか感	
		Idle	= -0.65 × 大きさ感	+0.21 × 滑らか感	
	スポーティ感	Acceleration	= 0.62 × 迫力感	+0.53 × 軽快感	
		Cruise	= 0.80 × 迫力感		
		Idle	= 1.31 × 迫力感	+0.80 × 軽快感	-0.55 × 鋭さ感
German	Exklusivität	Acceleration	= 0.41 × klingt solide	+0.51 × glatt	
		Cruise	= 0.98 × klingt solide		
		Idle	= 0.77 × klingt solide	+0.22 × glatt	
	sportlich	Acceleration	= 0.77 × lebendig	+0.23 × scharf	
		Cruise	= 0.95 × lebendig		
		Idle	= 0.41 × lebendig	+0.51 × klingt solide	-0.92 × glatt
American	Luxury	Acceleration	= -0.33 × Loud	+0.55 × Smooth	
		Cruise	= -0.14 × Loud	+0.82 × Smooth	
		Idle	= -0.51 × Loud	+0.49 × Smooth	
	Sporty	Acceleration	= 0.30 × Powerful	+0.66 × Alive	

Table 8 Result of structural equation modeling (Equation)

Country	Comprehensive attribute	Driving condition	Multiple regression formula	
Japanese	高級感	Acceleration	=	$-0.32 \times \text{大きさ} + 0.65 \times \text{滑らか感}$
		Cruise		
		Idle		
	スポーティ感	Acceleration	=	$0.64 \times \text{迫力感} + 0.52 \times \text{軽快感}$
		Cruise		
		Idle		
German	Exklusivität	Acceleration	=	$0.77 \times \text{klings solide} + 0.21 \times \text{glatt}$
		Cruise		
		Idle		
	sportlich	Acceleration	=	$0.82 \times \text{lebendig} + 0.17 \times \text{scharf}$
		Cruise		
		Idle		
American	Luxury	Acceleration	=	$-0.34 \times \text{Loud} + 0.63 \times \text{Smooth}$
		Cruise		
		Idle		
	Sporty	Acceleration	=	$0.30 \times \text{Powerful} + 0.66 \times \text{Alive}$

4.2. 新しい心理音響尺度の導入

今回、従来の尺度に加え、スポーティ感を形成する要素として重要だと思われる「純音の大きさ」の算出アルゴリズムを考案し、これを導入した。「純音の大きさ」とは、ある臨界帯域(以下帯域)内の複合音において単一の純音成分が支配的になるに従って大きくなる尺度であり、概念的には「変動強さ」と「純音の大きさ」は相反する性質のものである。

また、「大きさ」の全帯域加算値に対する帯域ごとの割合を表す「大きさの割合」、二つの帯域に挟まれたある帯域の「変動強さ」の突出した量を表す「変動強さの突出量」をそれぞれ導入している。

4.3. 要素的尺度と心理音響尺度の関連付け

総合的尺度を構成する要素的尺度と物理量から算出される聴覚刺激量を表す心理音響尺度とを関連付けるために、3章と同様の方法により、重回帰分析によって関連付けに必要な心理音響尺度を抽出し、共分散構造分析により運転条件間における適合性を検証し、因果係数を算出した。その結果、Fig. 2に示すように、国ごとに物理量から算出される心理音響尺度、要素的尺度、総合的尺度と順を追って関連性も含め定量化することができた。例えば、Fig. 2 (1)の日本人の「高級感」に関して説明すると、全帯域の「大きさ」が小さく、「変動強さ」が小さいほど高級に感じる。特に「変動強さ」は高い周波数成分ほど高級感を損なう要因となる。また、Fig. 2 (2)の日本人の「スポーティ感」に関しては2～9Barkの「純音の大きさ」、2Barkの「大きさの割合」、全帯域の「大きさ」との関連性が強く、これらの値が大きくなると「スポーティ感」は上昇する。このように見ていくと、概ね、帯域ごとに影響の度合いは異なるものの「大きさ」と「変

動強さ」が小さいほど、高級に感じるということ、「大きさ」と「純音の大きさ」が大きい方がスポーティに感じるという点で各国共通している。

特異なケースとしては、Fig. 2 (2)に示す日本人の「スポーティ感」において見ることができる。それは、1Barkの「大きさ」の増減に伴うものである。例えば、1Barkの「大きさ」が大きくなった場合、「迫力感」が増し「軽快感」が低下し、軽快系のスポーティから迫力系のスポーティに音質が変化することが知覚できても、「スポーティ感」は変化しないと感ずることがある。これは、「迫力感」の要素である1Barkの「大きさの割合」の因果係数と、「軽快感」の要素である1Barkの「大きさ」の因果係数の符号が逆であることに起因する。

5. し好性の分析

前章までは、自動車室内音の総合的尺度について分析を行ってきたが、本章では被験者のし好性について分析する。

被験者のし好性には何パターンが存在すると仮定し、その分類のためクラスタ分析を行った。また、音質の変化に富んだ音を評価することにより各被験者のし好性の違いが現われ、分類も明確になる。よって、分析の対象としたのは、総合的尺度である「スポーティ感」と「高級感」の相関が低い(Table 9)加速時の音に対して分析を行った。その結果、Table 10に示すように、日本人は「スポーティ感」と「好み」の相関が0.89であるスポーティを好む被験者群と「高級感」と「好み」の相関が0.95である高級を好む被験者群に二分された。スポーティを好む被験者群が全被験者に占める割合は59%、高級を好む被験者群が全被験者に占める割合は41%であった(Fig. 3)。また、し好性の異なる人が総合的尺

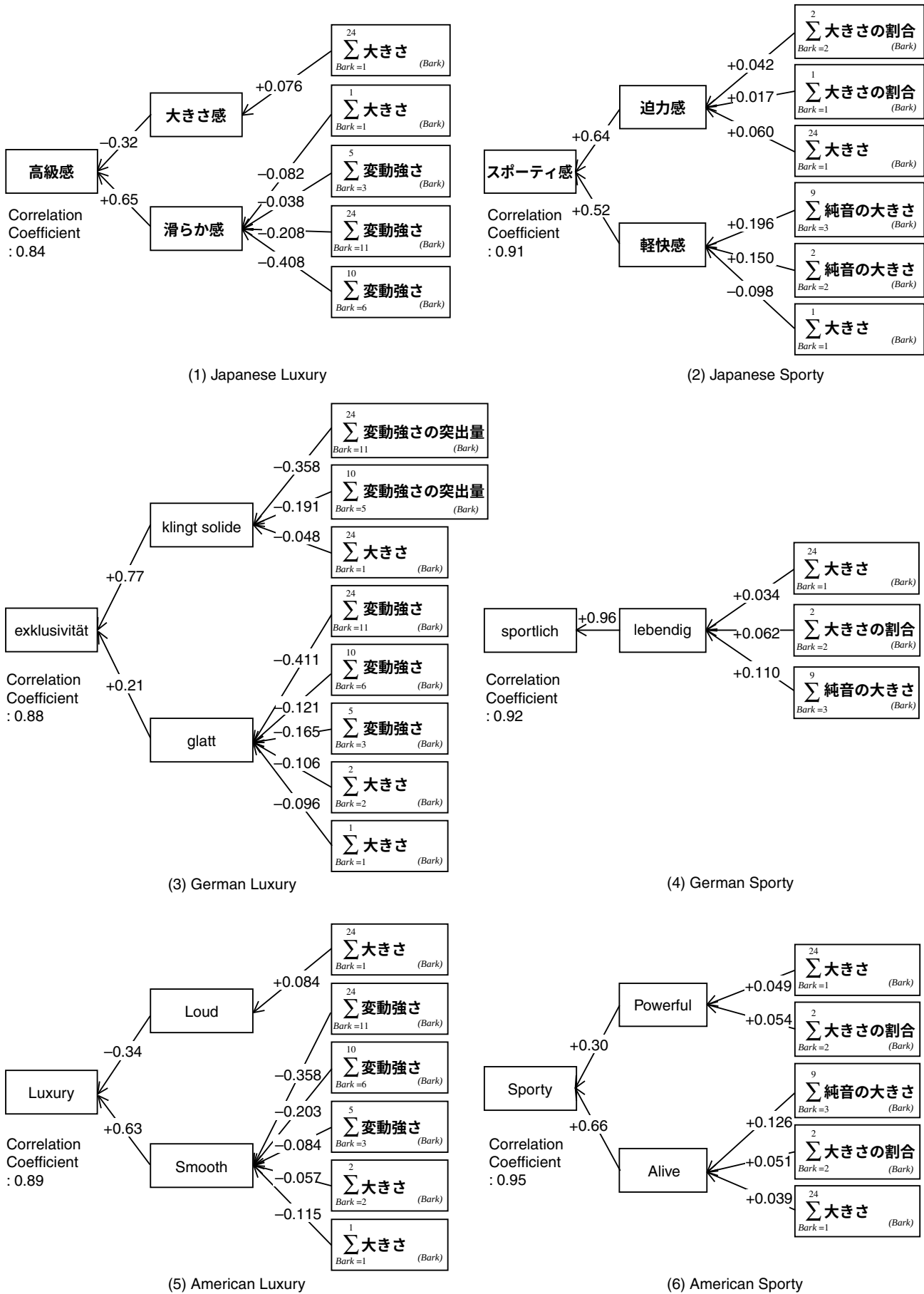


Fig. 2 Sound quality feeling model

Table 9 Correlation of luxury and sporty

Country	Acceleration	Cruise
Japanese	-0.41	-0.81
German	-0.53	-0.82
American	-0.54	

度の感じ方が同じか否かについては、Table 11 に示すように、クラスタごとの相関関係を見た結果、総合的尺度に関しては、し好性による差が無いことがわかった。アメリカ人についても同様の分析を行った結果 (Table 12, 13, Fig. 4), スポーティを好む被験者が43%, 高級を好む被験者が57%であり、総合的尺度に関しては日本人と同様にし好性によ

Table 10 Correlation of preference and each attribute (Japanese)

	高級感	スポーティ感	大きさ	こもり感	滑らか感	鋭さ感	重厚感	迫力感	軽快感
All subjects	0.36	0.50	0.15	-0.04	0.65	0.31	-0.22	0.24	0.68
Cluster 1	0.95	-0.66	-0.76	0.74	0.90	-0.72	0.21	-0.72	0.24
Cluster 2	0.11	0.89	0.68	-0.65	0.57	0.80	0.02	0.79	0.79

Table 11 Correlation of comprehensive attributes depends on preference (Japanese)

	Luxury favorite subjects “好み”	Sporty favorite subjects “好み”
All subjects “好み”	0.15	0.73
	Luxury favorite subjects “高級感”	Sporty favorite subjects “高級感”
All subjects “高級感”	0.93	0.86
	Luxury favorite subjects “スポーティ感”	Sporty favorite subjects “スポーティ感”
All subjects “スポーティ感”	0.92	0.98

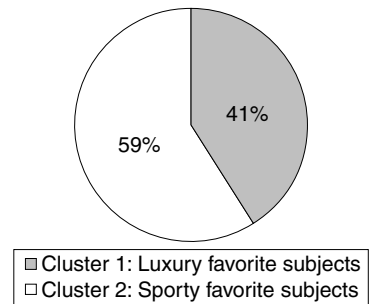


Fig. 3 Cluster of preference (Japanese)

Table 12 Correlation of preference and each attribute (American)

	Luxury	Sporty	Loud	Boom	Smooth	Sharp	Solid	Powerful	Alive
All subjects	0.51	0.27	-0.10	-0.11	0.42	0.21	0.36	0.25	0.22
Cluster 1	0.77	-0.49	-0.66	-0.63	0.79	-0.53	0.11	-0.44	-0.48
Cluster 2	-0.17	0.86	0.61	0.57	-0.52	0.78	0.60	0.80	0.85

Table 13 Correlation of comprehensive attributes depends on preference (American)

	Luxury favorite subjects “Preference”	Sporty favorite subjects “Preference”
All subjects “Preference”	0.63	0.55
	Luxury favorite subjects “Luxury”	Sporty favorite subjects “Luxury”
All subjects “Luxury”	0.93	0.93
	Luxury favorite subjects “Sporty”	Sporty favorite subjects “Sporty”
All subjects “Sporty”	0.96	0.96

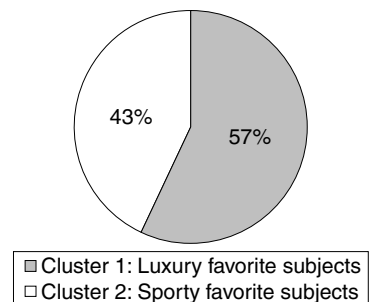


Fig. 4 Cluster of preference (American)

る感じ方の違いはない。一方、ドイツ人では(Table 14, Fig. 5)86%とほとんどの被験者が高級を好み、日本人、アメリカ人のようなスポーティを好む被験者はいなかった。

これらの結果から、音質をコントロールする際に、市場に応じてし好性も考慮する必要があることがわかる。

6. 音質評価システムの具現化

これまで、ダミーヘッドマイクロホンシステムを用いてバイノーラル録音された信号に対して、筆者らは、独自の心理音響尺度を算出可能なシステムを有していたが、これに総合的尺度の算出アルゴリズムを追加し、Fig. 6に示すようなソ

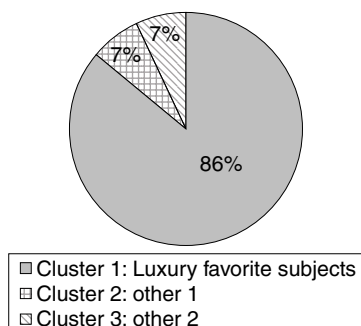


Fig. 5 Cluster of preference (German)

フトウェアを開発した。更に、その他の機能として、従来の周波数分析等の一般的な解析機能や、音をフィルタ処理により加工しリアルタイムに加工前後を比較試聴ができる等、解析から試聴まで統合化した合理的なシステムとなった。

7. 適用事例

排気量が 2000cc クラスの国産車に本手法を適用した事例を Fig. 7 に示す。これは 2 速ギヤに固定し、全負荷状態で走行した際の日本人の感じる高級感とスポーティ感であるが、これらを決めている主な心理音響尺度である大きさ、変動強さ、純音の大きさを見ると、回転数上昇に伴い大きさと変動強さが大きくなり高級感が下がっていく様子、純音の大きさが大きくなり高回転域でスポーティ感が増加していく様子が表現されている。

8. まとめ

日本人、ドイツ人、アメリカ人の一般人を対象に官能検査を実施した結果、下記の内容が明確になった。

(1)自動車室内で感じる音は、各国で程度の違いは有るものの、高級か否か、スポーティか否かの主に 2 軸で表

Table 14 Correlation of preference and each attribute (German)

	Exklusivität	sportlich	laut	dröhnend	glatt	scharf	klingsolide	kraftvoll	lebendig
All subjects	0.92	-0.45	-0.72	-0.65	0.75	-0.66	0.73	-0.53	-0.49
Cluster 1	0.95	-0.55	-0.76	-0.71	0.80	-0.69	0.76	-0.59	-0.56
Cluster 2	0.06	0.24	-0.25	0.13	-0.18	0.13	0.29	0.49	-0.01
Cluster 3	0.53	-0.08	-0.46	-0.06	-0.15	-0.58	0.15	0.32	0.44

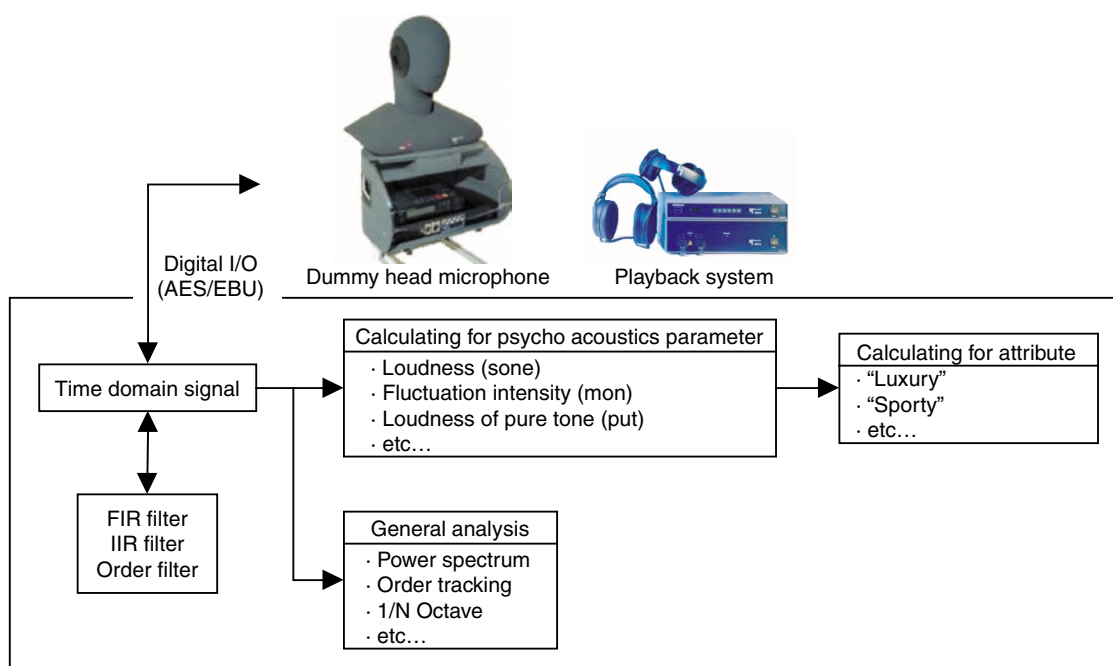


Fig. 6 Sound quality evaluation system

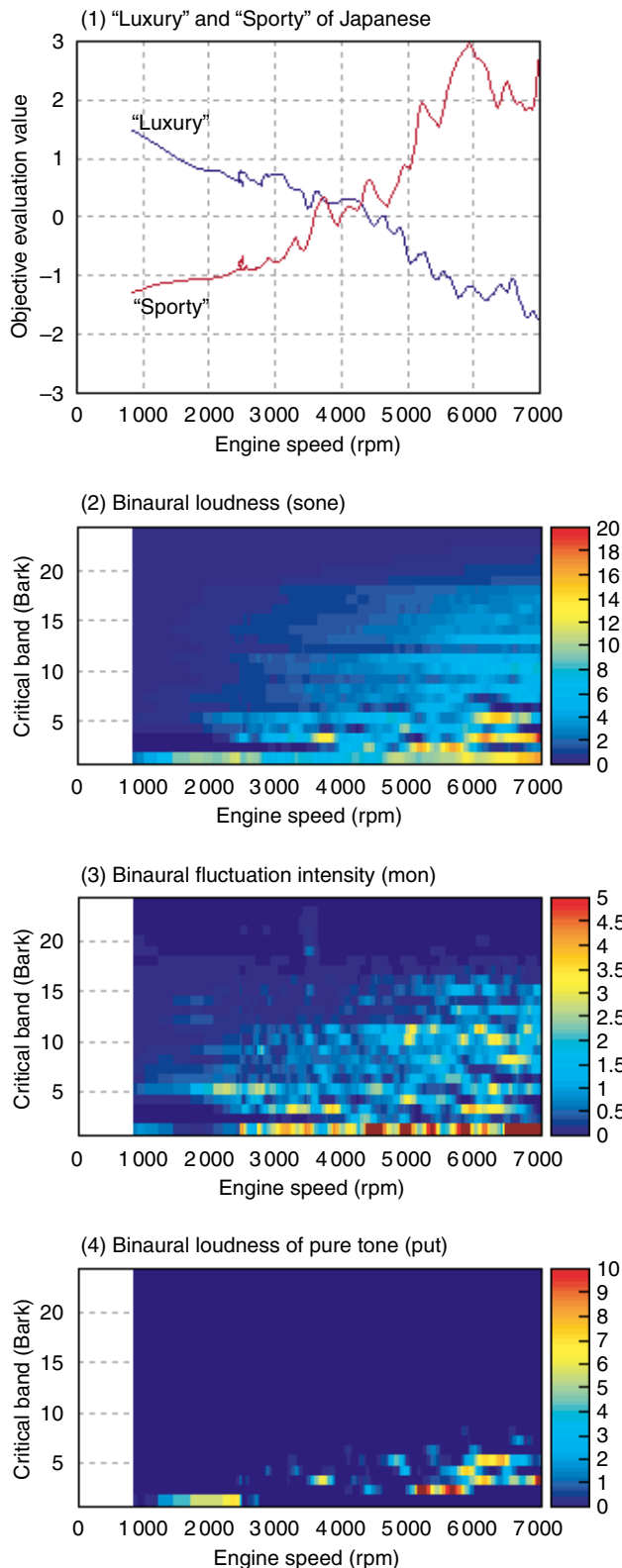


Fig. 7 Objective evaluation value of sound in cabin

現可能であることが分かった。そして、それらを客観的な数値で定量化することができた。

- (2) 運転条件が異なっても、高級成分、スポーティ成分に対する感じ方は変わらない。ただし、今回アイドルのスポーティに限っては定量化できなかった。
- (3) 高級成分とスポーティ成分をそれぞれ国ごとに比較す

ると、各尺度を構成する心理音響尺度はおおむね同様であるが、日本人のスポーティ成分に特徴がある。それは、1Bark の大きさの増減に対して「迫力感」「軽快感」が相反する傾向にあり、それぞれが相殺して「スポーティ感」の変化としてはあまり感じられないという点である。

- (4) 加速時の音に対する好みは、日本人被験者の約6割が「スポーティ感」を好み、約4割が「高級感」を好む。アメリカ人被験者は約4割が「Sporty」を好み、約6割が「Luxury」を好む。ドイツ人被験者は約9割の人が「Exklusivität」を好む。従って、一義的に良い音は決まっておらず、市場の好みを考慮した音質改善が必要である。
- (5) 従来の音質評価システムを改良し、心理音響尺度に加えて、更に総合的尺度の算出が可能なシステムを開発できた。

謝 辞

本研究にあたり多大なご協力を頂いた株式会社東陽テクニカ、ならびに、独国 Müller-BBM GmbH, Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH の関係者の方々へ深く感謝の意を表します。

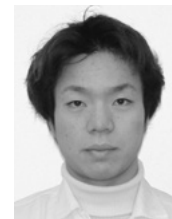
参考文献

- (1) 石井康夫ほか：スポーツカー室内音の客観的評価ソフトウェアツールの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.13, No.1, p.131-138 (2001)
- (2) 難波精一郎, 桑野園子, 音の評価のための心理学的測定法, 東京, コロナ社, 1998, 238p.
- (3) 石村貞夫: すぐわかる統計解析, 東京, 東京図書, 1993, 216p.
- (4) 石村貞夫: すぐわかる多変量解析, 東京, 東京図書, 1992, 216p.
- (5) 豊田秀樹: 共分散構造分析(入門編), 東京, 朝倉書店, 1998, 336p.
- (6) 能村幸介, 岡田義裕: 聴覚特性を考慮した自動車音質評価手法, HONDA R&D Technical Review, Vol.9, p.131-139 (1997)

■ 著 者 ■



能 村 幸 介



吉 田 準 史