

音質決定要因の定量的解析へのアプローチ

Approach to Quantitative Analysis of
Sound Quality Determination Factor福山 重樹⁽¹⁾ 西野 雄治⁽²⁾
Shigeki Fukuyama Yuji Nishino高島 淳行⁽³⁾ 天谷 祐治⁽⁴⁾
Atsuyuki Takashima Yuji Amaya

要 旨

近年、当社が担当する自動車用オーディオ機器の分野においても、ホームオーディオと同等レベルの音質が要求されてきている。したがって、従来使用していた設計基準を見直すために、原点に戻り、物理特性と音質の関係を定量的に把握し、音質管理の向上を目指すことが重要な課題となっている。

本稿は、物理特性と音質との定量的解析手法に関するもので、両者の関係を定量的に把握できた一事例として、品質管理誌1986年11月臨時増刊号「第36回品質管理大会報文集」に掲載し、第36回品質管理大会で発表した報告文を加筆修正したものである。

In recent years, in the field of car audio equipment high sound quality equals to that of home equipment has been required.

So, in order to review the current standard of the acoustic design, it is very important to quantitatively understand the relationship between physical characteristic and the sound quality and to improve the sound quality control.

In this paper, quantitative analysis between physical characteristic and sound quality is to be described and an example of the analysis on "36th QUALITY CONTROL REPORT" which is specially reported on "Statistical Quality Control" Nov. 1986 will be shown with slight modification.

(1), (4) 第二オーディオ本部

(2), (3) 第一開発部

1. はじめに

ユーザから求められている音質とそれを実現するための物理特性との関係を定量的に把握し、音質管理の向上を目指すことが重要な課題である。また、これまでの各種オーディオ機器の試聴結果とその物理特性を対比させると周波数特性と音質評価の相関が非常に大きいことが判明している。そこで、今回、音質決定要因の定量的解析の第1ステップとして、物理特性の中で最も一般的、共通的な要素といえる高域周波数特性に着目し、それを変化させた場合の音質差異について、社内パネラにより評価実験を行った。その結果を分散分析・数量化Ⅳ類¹⁾等の手法を用いて解析し、要求さ

れる高域周波数帯域についての指標を得たのでその内容を報告する。

2. 実験のねらい

高域周波数帯域とその音質差異についての定量的把握を行い、要求される高域周波数特性の指標を得ることをねらいとする。

3. 現状の問題点

- 1) 自動車用オーディオ製品の周波数特性の現状の設計基準 (14 kHz) に対して裏付けとなる音質評価データがない。
- 2) 評価者の年齢・性別等による評価に差異があるのかについての確認データがない。

4. 実験計画（解析の概要）

特性要因図により、以下の手順で実験と解析を実施した。(図-1参照)

- 1) 評定者による試聴評価実施
 - a) 音質評価実験計画と実施内容 (図-2参照)
 - b) 音質評価シート (図-3参照)

脚注)。数量化Ⅳ類¹⁾

数量化Ⅳ類とは、複数個の個体（データ）の間にその親密さを表す尺度が決められているとき、これらを少ない次元の空間での散布図（データを点で表わし、親密さを点の間の距離が近いことで表わす）で表わす手法であり、2次元の散布図で表わす場合が多い。これにより、個々のデータのばらつき具合を視覚的に判定することができる。

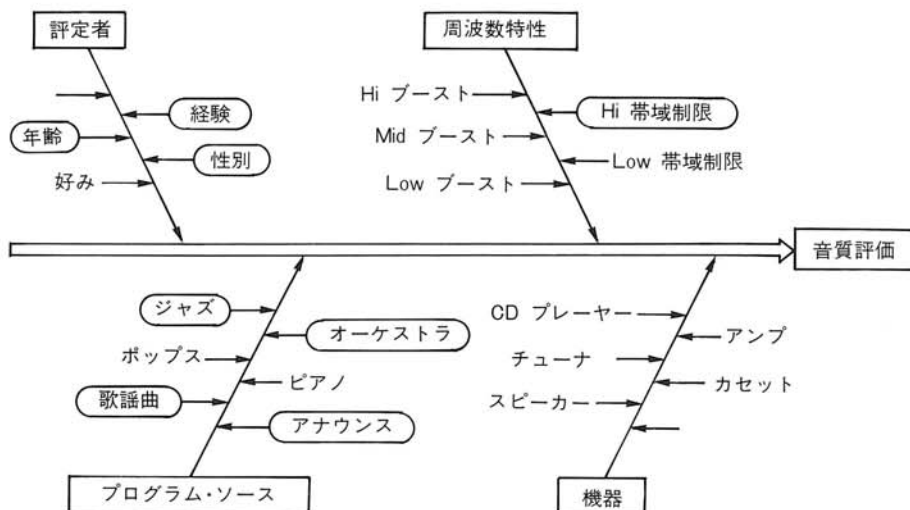


図-1 特性要因図（周波数特性に関する音質評価）

Fig. 1 Characteristic diagram (Sound quality assessment concerned with frequency response).

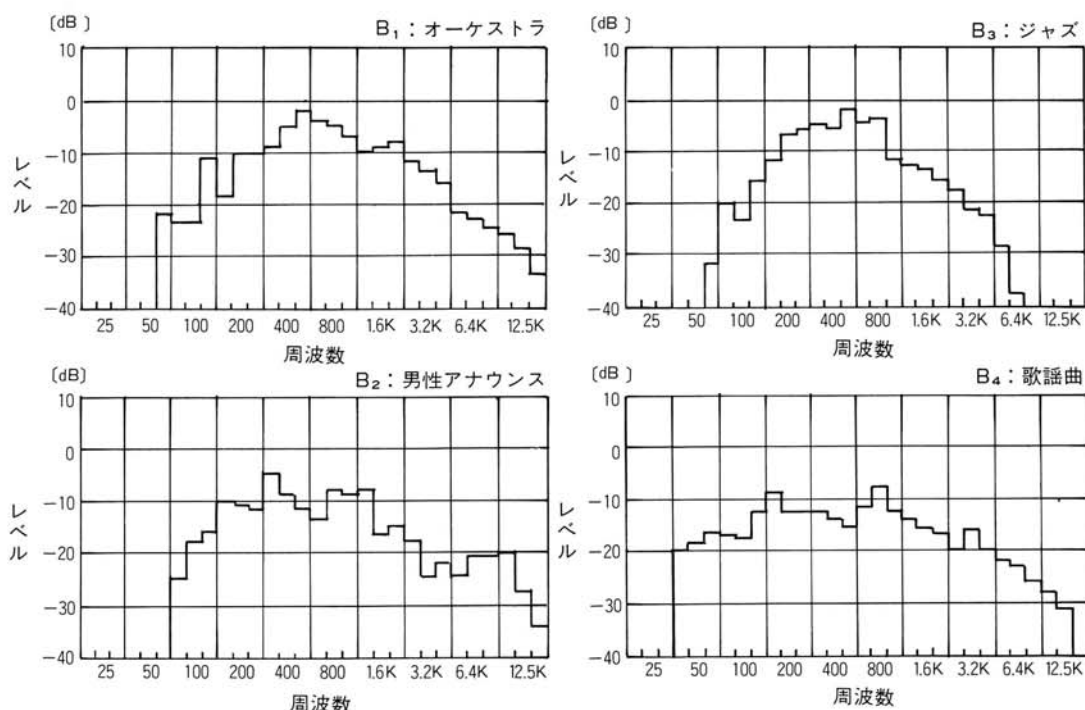


図-4 各プログラムソースの周波数スペクトル
Fig. 4 Frequency spectrum of each music program source.

点の個人差も非常に大きく、全体的な評価の傾向をつかむにはデータの信頼性が低いことが懸念される。そこで、数量化Ⅳ類による評定者の層別を行うこととした。

また、図-4からわかるように、プログラム・ソース中の「ジャズ」には周波数帯域制限以上の周波数成分が含まれていないために、各評定者が音質の差異を検出できず、周波数帯域間の有意差が認められないと考えられる。

2) 数量化Ⅳ類による評定者の層別 (図-5参照)

全評定者をグループ別に数量化Ⅳ類により解析し、差異評価を行った人の検出を試みた。図-5の例を見ると、評定者No.1とNo.6が明らかに全体の評定者群から離れており、評価に差があると判断できる。

この解析結果と実際の評価内容から、明らかに評価が異なると考えられる人についてはデータを

除外することとした。

今回のような実験では、全体的な意見で分析することが好ましいからである。

3) 評定者層別後の分析 (表-2参照)

層別前と同様手順で分散分析を行った。

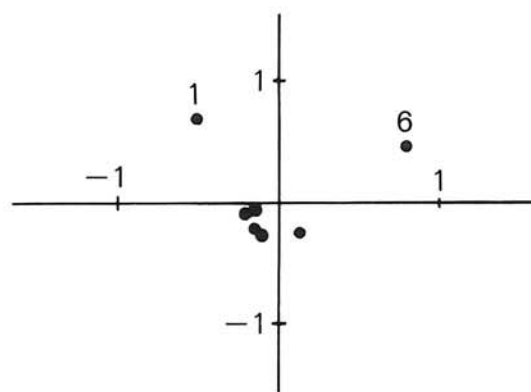


図-5 数量化Ⅳ類解析結果の一例
Fig. 5 Example of the result of quantification IV.

表-1 評定者層別前の分析結果

要 因	S	ϕ	V	F ₀	要 因	S	ϕ	V	F ₀
周波数帯域 A	167.51	3	55.84	122.19**	周波数帯域 A	20.93	3	6.97	54.15**
プログラム B	38.71	3	12.90	17.86**	プログラム B	4.82	3	1.61	11.33**
評定者 C	99.72	39	2.56	3.54**	評定者 C	0.53	4	0.13	0.59
帯域×プロ(A×B)	42.85	9	4.76	10.42**	帯域×プロ(A×B)	5.36	9	0.60	12.68**
帯域×評定者(A×C)	63.24	117	0.54	1.18	帯域×評定者(A×C)	1.55	12	0.13	2.74**
プロ×評定者(B×C)	84.54	117	0.72	1.58**	プロ×評定者(B×C)	1.70	12	0.14	3.02**
残 差 (E)	160.40	351	0.46		残 差 (E)	1.69	36	0.05	
	656.97	639				36.58	79		

(a) 高域周波数特性差による音質評価(全評定者)

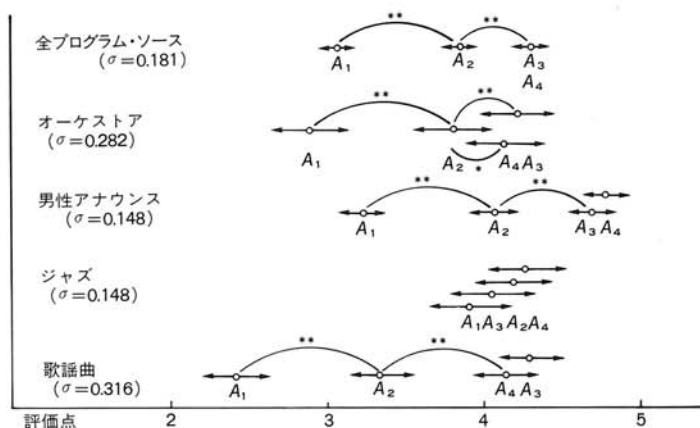
(b) 高域周波数特性差による音質評価(評定者をグループとして分析)

要 因	音質評価 グループ	25歳以下 男 性	26～29歳 男 性	30～39歳 男 性	25歳以下 女 性
周波数帯域 A	65.73**	22.56**	39.17**	10.10**	16.27**
プログラム B	19.18**	3.75*	8.61**	1.76	2.31
評定者 C	4.27**	9.10**	4.45**	4.27**	1.92
帯域×プロ(A×B)	2.57**	2.91**	2.38*	1.63	4.60**
帯域×評定者(A×C)	0.80	1.42	1.54	0.95	0.66
プロ×評定者(B×C)	1.51	1.12	2.11*	0.93	2.21**

(c) 評定者グループ別分析結果

プログラム・ソース	要 因	評定者	音質評価 グループ	25歳以下 男 性	26～29歳 男 性	30～39歳 男 性	25歳以下 女 性	全評定者
オーケストラ	帯 域		10.61**	6.42**	12.56*	3.29*	3.06	29.40**
	評定者		1.50	2.63*	2.24	2.33	2.34	2.13**
男性アナウンス	帯 域		40.13**	11.86**	19.96**	9.97**	11.67**	72.20**
	評定者		2.82*	6.55**	5.22**	2.24	1.68	3.22**
ジャズ	帯 域		9.09**	0.96	0.69	0.17	4.91**	1.43
	評定者		1.21	2.12	2.68**	0.70	4.53**	1.83**
歌謡曲	帯 域		57.23**	12.08**	19.92**	5.21**	21.60**	77.78**
	評定者		7.46**	1.81	5.69	2.68*	4.53**	3.47**

(d) プログラム別、グループ別検定結果



(e) 高域周波数帯域の母平均の差の検定と区間推定(全評定者)

表-2 評定者層別後の分析結果

要 因	S	ϕ	V	F ₀	製 因	S	ϕ	V	F ₀
周 波 数 帯 域 A	113.00	3	37.67	78.83**	周 波 数 帯 域 A	19.61	3	6.54	105.62**
プ ロ グ ラ ム B	32.01	3	10.67	22.33**	プ ロ グ ラ ム B	5.60	3	1.87	14.24**
評 定 者 C	31.14	28	1.11	2.33**	評 定 者 グ ル ー プ C	0.46	4	0.11	0.88
帯域×プ ロ(A×B)	30.85	9	3.43	7.17**	帯域×プ ロ(A×B)	5.24	9	0.58	9.41**
帯域×評定者(A×C)	40.26	84	0.48	1.00	帯域×評定者(A×C)	1.48	12	0.12	1.99
プ ロ×評定者(B×C)	49.24	84	0.58	1.23	プ ロ×評定者(B×C)	1.57	12	0.13	2.12*
残 差 (E)	120.40	252	0.48		残 差 (E)	2.23	36	0.06	
	416.90	463				36.19	79		

(a) 高域周波数特性差による音質評価(全評定者)

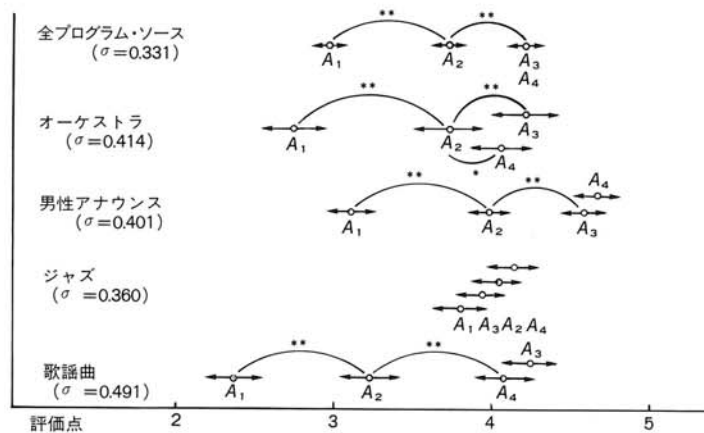
(b) 高域周波数特性差による音質評価(評定者をグループとして分析)

要 因	音質評価 グループ	25歳以下 男 性	26～29歳 男 性	30～39歳 男 性	25歳以下 女 性
周 波 数 帯 域 A	46.51**	20.18**	21.46**	4.81**	10.61**
プ ロ グ ラ ム B	18.19**	4.80**	8.30**	0.61	2.39
評 定 者 C	2.87*	5.03**	0.87	1.56	1.19
帯域×プ ロ(A×B)	2.79*	1.78	1.57	1.34	3.15**
帯域×評定者(A×C)	0.80	1.34	1.62	0.49	0.84
プ ロ×評定者(B×C)	1.54	0.74	1.13	0.67	2.01

(c) 評定者グループ別分析結果

プログラム・ソース	要 因	評定者	音質評価 グループ	25歳以下 男 性	26～29歳 男 性	30～39歳 男 性	25歳以下 女 性	全評定者
オ ー ケ ス ト ラ	帯 域		7.00**	8.05**	7.09**	1.22	1.20	17.72**
	評 定 者		0.86	2.59	0.93	2.12	1.88	1.54
男 性 ア ナ ウ ンス	帯 域		43.86**	19.29**	13.65**	6.93**	14.37**	64.08
	評 定 者		1.46	3.67*	1.24	0.95	2.92*	1.65*
ジ ャ ズ	帯 域		5.00*	0.78	0.41	0.26	2.07	0.89
	評 定 者		1.50	0.61	0.74	0.85	1.59	1.13
歌 謡 曲	帯 域		59.88**	5.94**	12.05**	4.04*	11.82**	50.83**
	評 定 者		10.68**	1.63	1.19	0.76	3.00*	1.93*

(d) プログラム別、グループ別検定結果



(e) 高域周波数帯域の母平均の差の検定と区間推定(評定者層別後)

全評定者、グループ内評定者の有意差が少なく
なり、評定者のバラツキが減少したと判断でき
る。この結果、高域周波数帯域と音質評価の關係
を把握するうえで、よりデータの信頼性が向上し
たと考えられる。

母平均の差の検定と区間推定の結果でも、評価
の全体的内容では差がないが、標準偏差すなわち
バラツキの少ない結果となったことがわかる。

なお、グループ間の有意差が評定者層別前と変
わりないことから、層別が全グループに対して均
等に行われたと判断できる。

6. 成 果

5の結果(データ)から次の成果を得た。

- 1) すべてのプログラム・ソースを十分満足させ
る高域周波数帯域は少なくとも 14 kHz 以上と
すればよいことがわかり、従来の設計基準に対
する裏付けデータが取れた。
- 2) 今回の評価においては、年代や性別のグルー
プ間による音質評価の差異は認められないの
で、高域周波数帯域に関しては、評価者を一つ

の母集団としてとらえることができる。

- 3) 数量化Ⅳ類を用いることにより特異データを
検出し、より精度の高い分析を行う手法を確立
することができた。

7. 今 後 の 課 題

- 1) 今回の実験では、社内パネラーでユーザーを
代表する形で評価したが、その評価パネラーの
選択が当社ユーザーを代表しているかを検討す
る必要がある。
- 2) 音質に關係する要因として、周波数帯域以外
にも多くの要因がある。今回と同様の形で他の
要因の解析を順次行う。

以上の内容を通じ、物理データと音質の關係を
定量的に把握し、設計基準への展開(標準化)を
図ることにより、要求される音質の実現に向けて
努力してゆきたい。

参 考 文 献

- 1) 小林竜一:パソコンによる多変量解析、培風館、
P.21 (1984)