電子音の感性評価[†]

小坂 洋明*・重松 剛史**・渡辺 嘉二郎***

Feeling Evaluation of Electronic Sound

Hiroaki KOSAKA*, Takeshi SHIGEMATSU** and Kajiro WATANABE***

Electronic sound is used as one of the most common means of human-machine interface. Few investigations for how human feels to such the simple sound yield the situation that it is sometimes called sound pollution. The electronic sound must be designed by considering how or in what situation it is used. This paper is aimed at describing how human feel to variety of electronic sound and describe the relation between human feeling and sound physical characteristics.

We investigate how each physical parameters of sound effects to the sound feeling via evaluation experiments.

We found relations between the human auditory physiological feeling and the physical characteristics of the sound. We show a guideline of how to design a variety of electronic sound that satisfy given specifications.

Key Words: human interface, electronic sound, feeling evaluation, dual scaling, design of experiments

1. はじめに

最近,人間の感覚や感性に配慮したヒューマンインタフェースの在り方に関心が寄せられるようになった。機械に「人間の感じ方」を覚え込ませ,人間が満足するコミュニケーションが求められている。このことは,製品のデザイン,アミューズメントの企画,メディアなど,広い分野で言えることである¹⁾。そのため,ヒューマンインターフェースにおける感性について十分配慮した企画やデザインが必要である。ヒューマンインターフェースと感性の研究²⁾は,僅少である。

目覚し時計のアラームや自動車のバック警報音に代表される,波形の発生から発音まですべて電子回路による音(以下電子音)は,感性に配慮すべきヒューマンインタフェースの一つである。電子音に関する研究では,その信号性について調査した研究^{3),4)}や,コードレス電話機の音質を評価した研究⁵⁾があるが,いずれも感性の観点からは検討されていない。また,電子音の設計にあたっては,その設計仕様の与え方さえ整理されておらず,この分野の研究は少ない。このことが「電子音公害」という言葉を産んだ。電子音は感性の観点からも,

きちんと設計の対象と捉えるべきである。

電子音は電話をはじめ多くの機器に使用されているが,ここでは自動車のバック音やキー抜き忘れ警告音を例に取り検討を進める。これらの電子音は他の電子音の場合と同様,設計のガイドラインすらなく,設計者の音感に依存して電子音が作られてきている。本論では感性の観点から電子音を設計する指針を与えることを目的に,電子音の物理パラメータと,音に対して人間がどのように感じるかを言葉にした評価用語をそれぞれ選び,物理パラメータと評価用語の定性的,定量的関係を調べる。

2. 電子音と問題の記述

2.1 電子音

Fig. 1 に自動車の代表的な電子音の1周期の時間波形を,**Fig. 2** にそのスペクトルを示す。この音を聞くと,「ビビビビ」と比較的短い周期の音が4回聞こえる。**Fig. 1** を見ると,1周期内に別の周期の波形が4つあることがわかる。また,**Fig. 2** よりおよそ2kHzでスペクトルのピークを持っており,これが「ビ」の音の卓越周波数である。

ほとんどの電子音は**Fig. 1**の波形を一般化した**Fig. 3**の波形で表現できる。この波形に**Fig. 3**に示す変数(物理パラメータ)を割り当て,**Table 1**の名称を付す。

既存の自動車電子音の物理パラメータを参考にしながら**Fig. 3**の8種のパラメータの値を4ケース設定する。これらの値を**Table 2**に示す。**Table 2**の W_1, W_2 にあるsquare, sin, triangle, sawtoothの形を**Fig. 4**に示す。

音は,高さ・大きさ・音色の3属性を持つ⁶⁾。電子音の高さは,**Fig. 3**の F で決まる。音の大きさは V で定まる。音色の定

[†] 日本機械学会第71期通常総会講演会で発表(1995・3)

* 法政大学大学院工学研究科 小金井市梶野町 3-7-2

** (株)タムラFAシステム 狭山市上広瀬東久保 591-11

*** 法政大学工学部 小金井市梶野町 3-7-2

* Graduate School of Engineering, Hosei University, Koganei

** TAMURA FA SYSTEM CO.,LTD., Sayama

*** College of Engineering, Hosei University, Koganei

(Received January 14, 1997)

(Revised August 12, 1997)

Fig. 1 Typical vehicle electronic sound

Fig. 2 Spectrum of typical vehicle electronic sound

Fig. 3 Generalized electronic sound wave

Table 1 Definition of physical parameters

Basic Frequency	$F = T_1^{-1}$ [kHz]
Outside Envelope Form	W_1 [type]
Inside Envelope Form	W_2 [type]
Outside Cycle	T_6 [s]
Duty Ratio(Inside)	$R_1 = T_2 \div T_3$
Duty Ratio(Outside)	$R_2 = T_4 \div T_5$
Number of Inside Waves	N [wave]
Volume	V [dB]

義は辞典や JIS 規格においても曖昧であり、音色と関係のある物理量の種類は多岐にわたる⁷⁾。本論ではある意味で、この曖昧な音色と Fig. 3 の物理パラメータとの関係を調べることになる。

Table 2 Physical values of electronic sound

Case	1	2	3	4
F	0.5	1.0	1.5	2.0
W_1	square	sin	triangle	sawtooth
W_2	square	sin	triangle	sawtooth
T_6	0.5	0.8	1.1	1.4
R_1	0.286	0.444	0.556	0.714
R_2	0.286	0.444	0.556	0.714
N	1	2	3	4
V	60	64	68	72

Fig. 4 Envelope forms(square, sin, triangle and sawtooth)

2.2 問題の記述

Fig. 3 のような波形を持つ電子音において、つぎの問題を検討する。

- (P1) 電子音を感性評価するのに適切な評価用語を選ぶ。
- (P2) 被験者の負担を軽減する方法を検討する。
- (P3) Table 1 の各物理パラメータと (P1) の評価用語との関係を調べる。

3. 評価用語の絞り込み

問題 (P1) について検討する。

電子音の感性評価のための用語に関して調査した文献はない。音を表現する言葉は多いが、評価実験に曖昧さを残さないためには、電子音を表現でき、できるだけ少ない評価用語を用いることが望ましい。問題 (P1) は、このような用語を見つけることを目的とする。

はじめに、広辞苑および文献^{3), 8)~10)}から音に関する 83 用語を収集し、「情緒豊かな」など明らかに電子音の評価にふさわしくないものを除外して 14 用語に絞った。それらを Table 3 に示す。

次に、実際の自動車電子音（国産各社の自動車バックおよびキー抜き忘れ警告音）の中から独立した 8 音を被験者に聞かせ、Table 3 の 14 用語により格づけ法で評価実験を行った。格づけ法とは、評価対象を例えば「非常に緊迫感のある」、「どちらでもない」、「非常に緊迫感のない」のように 3 段階に格づけして評価する方法のことである¹¹⁾。被験者は工学部学生

Table 3 Words to evaluate the electronic sound feeling

明るい (Bright)	きれいな (Clean)
緊迫感のある (Emergency)	心地よい (Pleasant)
こもった (Dim)	騒々しい (Loud)
高い (Highpitched)	冷たい (Artificial)
とげとげしい (Harsh)	なめらかな (Smooth)
はっきりした (Clear)	目立つ (Conspicuous)
やわらかい (Soft)	ゆったりした (Comfortable)

Fig. 5 Results of factor analysis and cluster analysis**Table 4** Selected words from experimental results

G ₁	緊迫感のある (Emergency)
G ₂	はっきりした (Clear)
G ₃	きれいな (Clean)
G ₄	冷たい (Artificial)
G ₅	やわらかい (Soft)
G ₆	ゆったりした (Comfortable)

15 人である。

得られたデータについて主因子法による因子分析、バリマックス回転¹²⁾を適用した。第 2 因子までの累積因子寄与率は 77%と大きい。

さらにクラスター分析¹³⁾により言葉をグループに分けた。その結果を **Fig. 5** に示す。Fig. 5 中に楕円で囲み、G₁ から G₆ のグループ名をつけた。各グループを表す言葉を **Table 4** に示した。以後、これら僅か 6 つの言葉を評価用語 (グループ) とし、これらのもとで実験する。

4. 評価実験における負担軽減

問題 (P2) について検討する。

評価実験には、Table 2 に示す 8 種類の物理パラメータを 4 ケースで変化させる。また、評価用語は Table 4 の 6 語を用いる。この条件ですべての組み合わせについて実験を行うと、 $4^8 \times 6 = 393,216$ 回の評価が必要となる。これだけの回数の単純な電子音を聞くことは拷問に近く、結果として被験者を疲労させ感性評価の精度を下げる。したがって実験回数を低減しする手段が必要である。問題 (P2) は、この課題を解決す

Fig. 6 Electronic sound No.6 in Table 6

ることを目的とする。

4.1 評価回数の軽減

この問題を解決するために実験計画法¹⁴⁾を適用する。実験計画法は非計量的変数を含む多変数システムにおいて、独立変数を探し、出力への寄与の大きいものを選ぶ方法である。実験計画法の適用範囲はきわめて幅広く、本論のような感性評価実験にも適用できる。そこで本論では、独立し寄与の大きな実験条件のみを選び、実験回数を減らすために実験計画法を適用する。

4.2 実験の割り付け

直交表 $L_{32}(2^{31})$ を用いて実験の割り付けを行う¹⁴⁾。物理パラメータは列に割り付ける。 $L_{32}(2^{31})$ の場合、最大 31 個割り付けることができる。行数が実験回数になる。したがって被験者 1 人 32 音の評価をすればよい。

この表は 2 ケース用である。本論は 4 ケースの実験なので、一つの物理パラメータに 2 列ずつ割り付ける。2 列割り付けると、 $2^2 = 4$ 通りのケースが扱える。したがって、 $L_{32}(2^{31})$ において F を左から数えて 8, 16 列に、 W_1 を 9, 19 列に、 W_2 を 10, 20 列に、 T_6 を 11, 23 列に、 R_1 を 12, 17 列に、 R_2 を 13, 18 列に、 N を 14, 21 列に、 V を 15, 22 列にそれぞれ割り付けた。割り付け結果を **Table 5** に示す。

次に、Table 5 から Sound No.1 の物理パラメータのケース (値) を決める。Table 5 の 1 行目を見ると、No.1 のケースはすべて 1 である。したがって、Table 2 の case 1 の値がそのまま No.1 の値になる。このようにして、Table 2 と Table 5 から 32 音とそれに対応する物理パラメータの値が決まる。**Table 6** に 32 音のパラメータの値を示す。また、音の一例として Table 6 の No.6 の波形を **Fig. 6** に示す。なお、基本周波数の波形はすべて方形波とした。

5. 電子音の物理パラメータと感性

問題 (P3) について検討する。

5.1 実験条件

Table 6 の各音に対し、被験者がどのように感じるかを調べるために Table 4 の用語を用いて、評価実験を行う。工学部学生 34 人を被験者とし、格づけ法により評価実験を行った。被験者に Table 6 の 32 音を聞かせ、6 評価用語において 5 段

Table 5 A part of the table of orthogonal array

Sound No.	F	W ₁	W ₂	T ₆	R ₁	R ₂	N	V
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	1	1	2	2	3	3	4	4
6	2	2	1	1	4	4	3	3
7	3	3	4	4	1	1	2	2
8	4	4	3	3	2	2	1	1
9	1	2	3	4	1	2	3	4
10	2	1	4	3	2	1	4	3
11	3	4	1	2	3	4	1	2
12	4	3	2	1	4	3	2	1
13	1	2	4	3	3	4	2	1
14	2	1	3	4	4	3	1	2
15	3	4	2	1	1	2	4	3
16	4	3	1	2	2	1	3	4
17	1	4	1	4	2	3	2	3
18	2	3	2	3	1	4	1	4
19	3	2	3	2	4	1	4	1
20	4	1	4	1	3	2	3	2
21	1	4	2	3	4	1	3	2
22	2	3	1	4	3	2	4	1
23	3	2	4	1	2	3	1	4
24	4	1	3	2	1	4	2	3
25	1	3	3	1	2	4	4	2
26	2	4	4	2	1	3	3	1
27	3	1	1	3	4	2	2	4
28	4	2	2	4	3	1	1	3
29	1	3	4	2	4	2	1	3
30	2	4	3	1	3	1	2	4
31	3	1	2	4	2	4	3	1
32	4	2	1	3	1	3	4	2

Table 6 Physical values

No.	F	W ₁	W ₂	T ₆	R ₁	R ₂	N	V
1	0.5	square	square	0.5	0.286	0.286	1	60
2	1.0	sin	sin	0.8	0.714	0.714	2	64
3	1.5	sawtooth	sawtooth	1.1	0.444	0.444	3	68
4	2.0	triangle	triangle	1.4	0.556	0.556	4	72
5	0.5	square	sin	0.8	0.444	0.444	4	72
6	1.0	sin	square	0.5	0.556	0.556	3	68
7	1.5	sawtooth	triangle	1.4	0.286	0.286	2	64
8	2.0	triangle	sawtooth	1.1	0.714	0.714	1	60
9	0.5	sin	sawtooth	1.4	0.286	0.714	3	72
10	1.0	square	triangle	1.1	0.714	0.286	4	68
11	1.5	triangle	square	0.8	0.444	0.556	1	64
12	2.0	sawtooth	sin	0.5	0.556	0.444	2	60
13	0.5	sin	triangle	1.1	0.444	0.556	2	60
14	1.0	square	sawtooth	1.4	0.556	0.444	1	64
15	1.5	triangle	sin	0.5	0.286	0.714	4	68
16	2.0	sawtooth	square	0.8	0.714	0.286	3	72
17	0.5	triangle	square	1.4	0.714	0.444	2	68
18	1.0	sawtooth	sin	1.1	0.286	0.556	1	72
19	1.5	sin	sawtooth	0.8	0.556	0.286	4	60
20	2.0	square	triangle	0.5	0.444	0.714	3	64
21	0.5	triangle	sin	1.1	0.556	0.286	3	64
22	1.0	sawtooth	square	1.4	0.444	0.714	4	60
23	1.5	sin	triangle	0.5	0.714	0.444	1	72
24	2.0	square	sawtooth	0.8	0.286	0.556	2	68
25	0.5	sawtooth	sawtooth	0.5	0.714	0.556	4	64
26	1.0	triangle	triangle	0.8	0.286	0.444	3	60
27	1.5	square	square	1.1	0.556	0.714	2	72
28	2.0	sin	sin	1.4	0.444	0.286	1	68
29	0.5	sawtooth	triangle	0.8	0.556	0.714	1	68
30	1.0	triangle	sawtooth	0.5	0.444	0.286	2	72
31	1.5	square	sin	1.4	0.714	0.556	3	60
32	2.0	sin	square	1.1	0.286	0.444	4	64

階で評価させた。1kHzのsin波をスピーカで鳴らし、騒音計で音量のキャリブレーションを行った。実験を行った部屋の環境ノイズレベルは35dB以下であった。

5.2 実験結果

5.2.1 分散分析

物理パラメータの寄与度を評価するため、各評価用語ごとのデータに対し分散分析を行った。求めた分散比で検定を行い、物理パラメータの中から独立なものを求めた。以後、ここで得られた独立な物理パラメータを独立パラメータと呼ぶ。また、独立パラメータをTable 7に示す。寄与度をTable 7の括弧内に示した。寄与度の最大値は100で、最小値は0である。各用語に対し寄与度の大きい順にならべたものを以下に示す。

緊迫感のある (G₁) V, T₆, W₂, F, W₁, R₂, R₁

はっきりした (G₂) V, W₁, W₂, F, T₆, R₁

きれいな (G₃) F, W₂, V, T₆

冷たい (G₄) F, V, N

やわらかい (G₅) V, W₂, T₆, W₁

ゆったりした (G₆) T₆, N, V, W₂, W₁, F, R₁

5.2.2 Dual Scaling

重回帰分析で定量的な解析を行うため、数量化されていない

W₁, W₂, 評価用語5段階についてDual Scaling¹⁵⁾を適用して数量化した。評価用語5段階の数量化の結果をFig. 7に示す。どの評価用語についても、概ね尺度が対応している。G₃の「ややきれいでない」と「非常にきれいでない」、G₄の「やや冷たくない」と「非常に冷たくない」の2語については、他語と尺度の順番が逆になっている。これは、この2つの評価用語において評価のばらつきが大きかったことが原因と考えられる。

数量化の結果得られた数値間に有意な差があるかを調べるため、 χ^2 検定を行った¹⁵⁾。検定の結果、6評価用語の尺度はいずれも有意水準1%で有意である。

5.2.3 重回帰分析

分散分析から、各評価用語について独立パラメータが求めた。これとDual Scalingで数量化されたデータを用いると、各物理パラメータと評価用語の度合いの関係を線形関係として扱うことができる。そこで、物理パラメータを同時に変化させたときの感性評価のようすを見るため、Dual Scalingで数量化した感性データをもとに重回帰分析¹³⁾を行った。その結果を(1)~(6)式に示す。重相関係数の最小値は0.814であった。また、各重回帰式のあてはまりのよさを調べるため、分散比によるF検定¹³⁾を行った。検定の結果、各重回帰式のあて

Table 7 Significant physical parameters and ratios of contribution

Parameter	1	2	3	4	5	6	7
G ₁ (Emergency)	V(100)	T ₆ (51.1)	W ₂ (19.2)	F(15.3)	W ₁ (11.6)	R ₂ (6.8)	R ₁ (6.6)
G ₂ (Clear)	V(100)	W ₁ (42.3)	W ₂ (36.7)	F(6.6)	T ₆ (4.6)	R ₁ (3.8)	
G ₃ (Clean)	F(100)	W ₂ (29.5)	V(8.4)	T ₆ (5.7)			
G ₄ (Artificial)	F(100)	V(31.8)	N(20.6)				
G ₅ (Soft)	V(100)	W ₂ (76.2)	T ₆ (40.5)	W ₁ (13.9)			
G ₆ (Comfortable)	T ₆ (100)	N(44.5)	V(26.1)	W ₂ (12.4)	W ₁ (8.7)	F(5.4)	R ₁ (2.7)

$$G_1 = -0.1733F - 0.1157W_1 - 0.1568W_2 - 0.6081C + 0.4924R_1 + 0.5200R_2 + 0.7741 \times 10^{-1}V - 4.8210 \quad (1)$$

$$G_2 = 0.3799F - 0.5199 \times 10^{-1}N + 0.2234 \times 10^{-1}V - 1.8069 \quad (2)$$

$$G_3 = -0.4040 \times 10^{-2}F - 0.2662W_1 - 0.2553W_2 - 0.2483C + 0.1780R_1 - 0.1044N + 0.8951 \times 10^{-1}V - 5.49478 \quad (3)$$

$$G_4 = -0.9103 \times 10^{-1}W_1 - 0.1964W_2 - 0.3830C - 0.4370 \times 10^{-1}V + 2.5203 \quad (4)$$

$$G_5 = 0.7269F - 0.2311W_2 - 0.1220C - 0.1844 \times 10^{-1}V + 0.1925 \quad (5)$$

$$G_6 = -0.9052 \times 10^{-1}F - 0.1109W_1 - 0.1369W_2 + 1.066C - 0.2644R_1 - 0.1961N - 0.3733 \times 10^{-1}V + 2.186 \quad (6)$$

Fig. 7 Dual scales about 6 evaluation words

はまりのよさは、いずれも有意水準 1%で有意である。

この式を用いて、独立パラメータ値を決めたときの評価用語の度合いが推測できる。

5.2.4 最適条件

自動車に近接距離センサーを搭載し、障害物との距離に応じてドライバーに危険の度合を電子音で知らせる要求がある。距離に応じて、ドライバーが「危険ではない」、「非常に危険だ」などと感じるよう電子音を鳴らせばよい。これは、「非常

Fig. 8 Electronic sound No.1 in Table 8

に緊迫感のある」音を作るには物理パラメータをどのように選ばばよいかという問題である。それに対する解答として、「非常に緊迫感のある」の評価が最も多かったのはどのケースであったかを物理パラメータごとに調べて、その種類を組み合わせて音を作ることが考えられる。このようにして作られた音は、「非常に緊迫感のある」という評価が最も多い音であることが期待される。本論では、各評価用語について

- 非常に...である
- どちらでもない
- 非常に...でない

の評価をもっとも高める独立パラメータの値を求めて、計 18 音を設計した。Table 8 に、これらの音のねらいと物理パラメータを示す。独立しない物理パラメータは、任意とした。また、Table 8 において、ねらいが「非常に緊迫感のある」音である No.1 の波形を Fig. 8 に、「どちらでもない」音である No.2 の波形を Fig. 9 に、「非常に緊迫感のない」音である No.3 の波形を Fig. 10 に示した。

6. 最適条件の確認

5.2.4項で求めた 18 の電子音について、実際にどのような評価が得られるかを調べるために評価実験を行った。

Table 8 Feeling aim and physical values about designed 18 sound

Group	Sound No.	Aim	F	W_1	W_2	T_6	R_1	R_2	N	V
G_1	1	Very Emergency	1.0	square	square	0.5	0.556	0.714	4	72
	2	Neither	1.5	triangle	sin	1.1	0.286	0.714	2	64
	3	Little Emergency	0.5	sin	triangle	1.4	0.444	0.286	3	60
G_2	4	Very Clear	1.5	square	square	0.5	0.556	0.444	2	72
	5	Neither	0.5	triangle	triangle	1.1	0.444	0.714	1	64
	6	Little Clear	1.5	sin	triangle	1.4	0.556	0.444	2	60
G_3	7	Very Clean	2.0	square	triangle	0.5	0.714	0.714	1	72
	8	Neither	1.0	sin	square	1.1	0.556	0.714	1	64
	9	Little Clean	0.5	sawtooth	sawtooth	0.8	0.714	0.444	3	68
G_4	10	Very Artificial	2.0	sin	square	0.5	0.556	0.444	2	72
	11	Neither	0.5	square	sin	1.4	0.714	0.444	2	68
	12	Little Artificial	0.5	square	square	1.1	0.556	0.556	2	60
G_5	13	Very Soft	1.5	triangle	sin	0.8	0.444	0.714	1	64
	14	Neither	1.0	sin	sawtooth	1.1	0.714	0.714	2	60
	15	Little Soft	1.0	square	square	0.5	0.444	0.714	1	72
G_6	16	Very Comfortable	2.0	square	sawtooth	1.4	0.714	0.444	1	64
	17	Neither	0.5	triangle	sin	1.4	0.286	0.714	1	60
	18	Little Comfortable	1.0	square	square	0.5	0.556	0.444	4	72

Fig. 9 Electronic sound No.2 in Table 8

Fig. 10 Electronic sound No.3 in Table 8

6.1 実験条件

工学部学生 15 人に対し格づけ法に基づく評価実験を行った。被験者には 5.2.4 項で求めた 18 種の電子音を聞かせ、5 段階で評価させた。その他の実験条件は 5.1 節と同じだが、被験者として 5.1 節の実験には参加していない者を対象とした。

6.2 実験結果

18 の電子音の各独立パラメータの数値を重回帰分析の式に代入して得られた各評価値（予測値）と、この実験で得られ

た評価値（実験値）を Fig. 11 に示した。各スケールの上側に重回帰分析による予測値、下側が本章の実験結果を数量化した値がプロットしてある。

Fig. 11 を見ると、 G_1 は予測値と実験値がほぼ一致している。そのほかについては上下のスケールを見比べると、順位は一致しているが数値としては一致しているとは言い難いもの（ G_2 , G_5 , G_6 ）、また順位さえ一致していないもの（ G_3 , G_4 ）に分けられる。予測値と実験値が一致しなかった原因として、評価のばらつきが大きかったことや、Dual Scaling や重回帰分析を行ったときの評価の傾向と本章の実験での傾向が異なっていたことが挙げられる。

7. む す び

本論は電子音の感性設計の指針を与えることを目的に記述した。それぞれ、電子音を物理的に特徴づけるパラメータと、音に対する感性評価用語を選択し、これらの間の定性的、定量的関係を調べた。

はじめに、電子音を感性評価するのに適当で、独立しかつできるだけ少ない言葉で実験するため、予備実験で評価用語を 6 つに絞った。

次に、被験者の負担を軽減するため実験計画法を適用し、評価回数を 393,216 回から 192 回に減らした。

最後に、Table 1 の各物理パラメータと Table 4 の評価用語の定量的関係を調べるために評価実験を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 分散分析を適用し、各用語ごとの独立パラメータと、その寄与の度合いを求めた。寄与度の大きい物理パラメータは V と F である。
- エンベロープ形状の種類など、数で表されていないパラメータについて Dual Scaling を適用して数量化した。数量化により、これらのパラメータも重回帰分析などの因子として採用可能にした。

Fig. 11 Dual scales about 6 evaluation words(upper: predicted, lower: experimented on each scale)

●物理パラメータを同時に変化させたときの人間の感性を
探るため、重回帰分析を適用した。これから、電子音の独立
パラメータを調整して、所望の評価用語の度合いを持つ電子
音を決定できる。

●「非常に緊迫感がある」などの効果を持つ目標を持って
音を作る。各評価用語でその度合いが最も高かった独立パ
ラメータを組み合わせ6評価用語、3ケースで計18音を設
計した。その18音について評価実験をしたところ、G₁につ
いては予測値と実験値が一致した。G₂、G₅、G₆については
順位に関して一致した。

参 考 文 献

- 1) 井口征士：感性の情報科学的研究，計測と制御，33-3，198/203 (1994)
- 2) 小坂，渡辺，ほか：キーボードスイッチ作動力感性評価，計測自
動制御学会論文，31-11，1880/1888 (1995)
- 3) 土田，川井，ほか：周波数変調音の記号的機能に関する聴感評
価—音記号の評価・設計のための基礎的研究（その1）—，日
本音響学会講演論文集，321/322 (1990)
- 4) 土田，川井，ほか：周波数変調音の記号的機能に関する聴感評

価—音記号の評価・設計のための基礎的研究（その2）—，日
本音響学会講演論文集，323/324 (1990)

- 5) 新居，三浦：3元データ分析法によるコードレス電話機の音
質評価と心理量物理量の相関分析，日本音響学会誌，50-11，
880/887 (1994)
- 6) 境，中山：聴覚と音響心理，コロナ社 (1992)
- 7) 難波精一郎：音色の測定・評価法とその適用例，応用技術出版
(1992)
- 8) 小林，大串：かたい声・やわらかい声の心理学的分析とスペク
トル分析，日本音響学会講演論文集，485/486 (1990)
- 9) 安藤，天野：声質に対する印象とその特性，日本音響学会講演
論文集，315/316 (1991)
- 10) 斎藤，津村，ほか：楽器音の揺らぎと音色の自然性の関係，日本
音響学会講演論文集，461/462 (1991)
- 11) 日科技連：官能検査ハンドブック，日科技連出版社 (1990)
- 12) 芝祐順：因子分析法，東京大学出版会 (1979)
- 13) 奥野，久米，ほか：多変量解析法，日科技連出版社 (1980)
- 14) 田口玄一：実験計画法（上），丸善 (1976)
- 15) 西里静彦：質的データの数量化，朝倉書店 (1982)

[著 者 紹 介]

小 坂 洋 明（学生会員）

1995年法政大学大学院工学研究科システム工
学専攻修士課程修了。現在，同大学院同研究科同
専攻博士課程在学中。日本人間工学会の会員。

重 松 剛 史

1995年法政大学工学部電気工学科計測制御専
攻卒業。1997年法政大学大学院工学研究科シス
テム工学専攻修士課程修了。現在，(株)タムラFAシ
ステムに勤務。

渡 辺 嘉二郎（正会員）

1972年東京工業大学大学院理工学研究科電気工
学専攻博士課程修了。法政大学計測制御専攻専任
講師，助教授を経て，84年同教授，現在に至る。80
年ミシガン州立オークランド大学客員研究員。81
年テキサス大学客員研究員。システムの診断，セン
サ開発の研究に従事（工学博士）。電気学会，日
本機械学会などの会員。