

文献

- (1) Torgerson, W.S.: Theory and methods of scaling, Wiley & Sons (New York), 1958.
- (2) 三浦 新他編 : 新版 官能検査ハンドブック、日科技連(東京)、1973.
- (3) 駒村光弥、鶴田一男、吉田 賢 : スピーカの音質と物理特性の関係、日本音響学会誌、1977、33、103-115.
- (4) 大申健吾 : 複合音の音色を支配する物理的・心理的要因について、日本音響学会誌、1980、36、253-259.
- (5) 安藤四一、森岡研三 : 音場の主観的カウリングにおける聴取音圧レベルと両耳間相関係数の影響、日本音響学会誌、1981、37、613-618.

3. 5 音色表現語の階層分析

音の評価結果は、最終的には音色表現語によって、その内容を言い表わすものである。従って音色表現語の階層構造を解明し、これを評価内容に応じて適切に使用することが望ましい。最近、音色表現語の階層分析が上田氏によって行なわれた。この研究結果を音の評価に用いるには、まだ検討すべき問題点が残されているが、音の評価に関する重要な問題であるので、以下の記述は、上田氏にその内容の紹介をお願いしたものである。

3. 5. 1 まえがき

音色の評価法について考える時、音色の知覚機構を明らかにし、音色を表現する形容詞（以下、音色の表現語と呼ぶ）と音色の知覚機構との対応関係について調べておくことは大変意義のあることである。なぜなら音の物理的要因と音色の表現語との間がどのような因果関係で結ばれているのか、表現語相互の関係は音色の知覚機構の上でのどのような関係と対応しているのかを知ることにより、より音色の知覚機構と結び付いた形で音色の評価を行うことが可能となるからである。

音色の知覚機構と音色の表現語との対応を踏まえた上で音色の評価を行うことには次のような意味がある。中山ら^{(1)~(3)}は音質評価の過程を個人的、時間的変動が比較的少なく、多次元的な要素感覚過程と、個人差が多く時間的変動も激しいと考えられる総合情緒過程の二段階に分けて考えることを提案している。このモデルは、音刺激により最初に要素感覚が生じ、生じた要素感覚のそれぞれに重みづけを行ったものの総和で総合的情緒的判断が形成されるというものである。そしてこの重みは個人差、評価時点、対象の性質の影響を受けるとされている。従って要素感覚は総合情緒過程に比べて低次に位置することになり、また個人差の影響も受けないということになる。このように音質評価に対して一種の階層構造的な見方を導入したことがこのモデルの大きな特色である。さらに三浦⁽⁴⁾はこの考え方に立って、表現語についても要素感覚的表現語と情緒的表現語の区別が必要であると主張している。三浦⁽⁴⁾によれば、要素感覚的表現語による評価は個人的差異が少なく、時間的変動も少ないが、情緒的表現語による評価は個人の欲求による影響を受け

るので分散が大きく、両者を混合して評価に用いるのは好ましくないという。この主張を実際に応用するためには音色の知覚機構と音色の表現語との対応を知ることが必要となる。

ところで、音色の知覚機構が階層構造を成すものであるとすると表現語の上にも知覚機構の階層構造が反映されている可能性がある。ここで言う階層構造とは個々の感覚同士の間関係をも含めて考えている。即ち必ずしも全ての感覚要素が並列的に並んでいるとは考えていない。本稿では筆者が行った音色の表現語の階層構造について調べた研究⁽⁵⁾⁽⁶⁾を紹介する。この研究は表現語の上から音色知覚のメカニズムを調べるため、音色表現語の階層構造の存在を調べるための手がかりを得ることを目的とし、音色の表現語についてその階層性を抽出できると思われる尺度を用いて測定を行い、以前の研究⁽⁷⁾~⁽¹⁶⁾とは別の観点から音色表現語の分類を試みたものである。なお、この研究では測定法としてカテゴリ尺度法、SD法、分類法を、分析法として線形回帰分析、非計量的多次元尺度法（以下MDSと略す）及びクラスター分析を用いている。

3.5.2 心理実験

本論文では、ある表現語ないしそれで表現される感覚が、階層構造の中で占める相対的な位置を「階層レベル」と呼ぶことにする。

音色表現語の階層レベル測定を行うにあたり、本研究では実際の音刺激は一切用いず、音色の表現語を提示し、それらの階層レベルを何らかの言語的な尺度により測定することを考えた。これは、大量のデータを容易に集められるからである。

本研究は次の4つの段階からなる。まず、(1) 実験で使用する表現語を選択し、次に、(2) 各表現語の階層レベルを測定する。さらに、(3) 各表現語が表現する音色の類似性を測定する。(4) そして、第2段階と第3段階の結果を突き合わせることで、表現語間の従属関係を含めた階層構造について考察する。

(1) 実験1

[1] 目的

本研究で使用する音色の表現語を選択することが目的である。

[2] 実験方法

過去の研究⁽⁹⁾~⁽¹¹⁾で使用された114語について、被験者が音色を表現する際にそれぞれの表現語をどの程度使うか、即ち、主観的な使用頻度を7段階で評定させた（カテゴリ尺度法）。なお、実験に際して、日常耳にするあらゆる音を対象として評価するよう口頭で教示を与えた。質問紙は表紙を入れて6枚から成る。表紙以外のページのとじ方はランダムとした。被験者はアマチュア合唱団員41名、音大生125名の計166名である。

[3] 実験結果

実験結果を次のように整理した。まず各被験者の反応を「全く使わない」を1、「非常によく使う」を7として数値化し、各表現語について全被験者の評定値を加算した。加算された評定値に基づいて全表現語を降順に順位づけし、上位50位までの表現語を以後の実験で用いることとした。選択された50の表現語を表3.5に示す。

1	明るい	26	鋭い
2	柔らかい	27	汚い
3	きれいな	28	拡がりのある
4	澄んだ	29	暖かみのある
5	ひびきのある	30	穏やかな
6	暗い	31	甘い
7	力強い	32	濁った
8	軽い	33	艶のある
9	深みのある	34	素直な
10	厚みのある	35	派手な
11	豊かな	36	太い
12	固い	37	ゆったりとした
13	こもった	38	鮮やかな
14	迫力のある	39	弱々しい
15	伸びのある	40	まろやかな
16	静かな	41	しっとりとした
17	メリハリのある	42	キンキンした
18	繊細な	43	激しい
19	丸みのある	44	耳障りな
20	重い	45	優雅な
21	張りのある	46	滑らかな
22	自然な	47	安定した
23	はっきりとした	48	奥行きのある
24	華やかな	49	どっしりとした
25	落ち着いた	50	きめの細かい

表3.5 選択された50の表現語

(2) 実験2

[1] 目的

この実験では、音色表現語の相対的な階層レベルを4つの評価尺度を用いて間接的に測定することを目的とする。

[2] 実験方法

実験1の結果により選択された50の表現語の各々について、次の4尺度により7段階評定を行う(SD法)。

- (a) 具体的-抽象的、
- (b) 単純-複雑、
- (c) 客観的-主観的、
- (d) 困難-容易、

このうち(a)－(c)については、対象とする表現語が与える音色の印象について、(d)については対象とする表現語の表す音色を想像することの困難度について評定を行うよう、教示を与えた。

50の表現語のうち「明るい」と「きれいな」については重複させ（2回判断させ）、被験者の反応の安定性を調べるためのデータを得た。被験者には「重複している項目については、その度に判断し直すよう」予め教示を与えた。

質問紙は表紙込みで14枚で、表紙以外のページの順番はランダムとした。実験に参加した被験者はアマチュア合唱団員14名、音大生144名、音楽経験のある日本語教師2名の計160名である。実験2に参加した被験者のうち、実験1にも参加した者の数は81名で、その割合は実験2の全被験者中50.6%を占める。

[3] 実験結果

各被験者の反応は、1から7の数字に置き換えて処理した。

ここで、被験者の判断の安定性をチェックするために、次式により定義される指標 T_i を導入した。

$$T_i = \sum_{k=1}^4 |a_{ik} - b_{ik}| \quad (1)$$

上式において、 a_{ik}, b_{ik} はそれぞれ1回目の反応で被験者が与えた尺度値、2回目の反応で被験者が与えた尺度値を意味する。また、 $i = 1, 2, k = 1, \dots, 4$ で、 $i = 1$ は表現語「明るい」に、 $i = 2$ は表現語「きれいな」にそれぞれ対応し、 k の値が4つの尺度に対応する。

各被験者について T_i を求め、

$$T_1 + T_2 \geq 16 \quad (2)$$

となった3名のデータを以下の分析対象からはずした。(2)式は1回目の判断と2回目の判断の間に、一つの尺度につき平均2段階以上のくい違いがあったことを意味する。

各表現語の各尺度ごとに全被験者の評定値を加算し、各尺度間の相関係数を求めたところ、その値は0.65から0.93と強い相関を示す値が得られた。このことからこれら4つの尺度をまとめて取り扱ってもよい、と考えた。

次に表現語 i, j 間の心理的距離 d_{ij} を次式により定義する。

$$d_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^4 (s_{ik} - s_{jk})^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

ここで s は全被験者の合計により求めた尺度値を表し、 $k = 1, \dots, 4$ は4つの尺度に対応する。この計算結果は 50×50 の三角行列の形にまとめられる。

得られた距離行列をMDSで分析して刺激布置をもとめた。プログラムはSASのALSCALを使用した。ストレスの値と、データと布置された刺激間の距離との散布図から、1次元解を採用するのが適当であると判断した。ストレスは0.080であった。

図3.16に刺激布置を示す。見やすいように2次元解(ストレス0.029)を示す。この図の縦軸方向は意味があるが、横軸方向は意味をもたない。図3.16で、「力強い」、「明るい」といった表現語は、縦軸の下の方に位置している。一方、「奥行きのある」、「艶のある」、「拡がりのある」、「豊かな」、「深みのある」、「自然な」、「暖かみのある」、「甘い」、「伸びのある」といった表現語は図の比較的上の方に位置している。

また、

$$T_1 \leq 4 \text{ かつ } T_2 \leq 4 \quad (4)$$

であった被験者を判断の特に安定していた被験者であると見なした。(4)の基準を満たした被験者82名のデータだけを取り出し同様の分析を試みたが、得られた布置は全被験者のデータから得た布置と大差なかった。

[4] 考察

実験2で得られた尺度値が使用した表現語の使用頻度に影響されていないかどうかを調べるために線形回帰分析を用いた。

具体的には、実験1の結果得られた表現語の使用頻度の順位に実験2で得られた尺度値を回帰させた。その結果、回帰直線の傾きの絶対値は非常に小さく(0.0077から0.5495)、またこれらの傾きは有意ではなかった(危険率0.5858から0.9822)。これにより、実験2で得られた尺度値は使用頻度の影響を受けていなかったものと判断した。

以下では、いくつかの表現語とそれが必要とする情報処理との関係について考察し、図

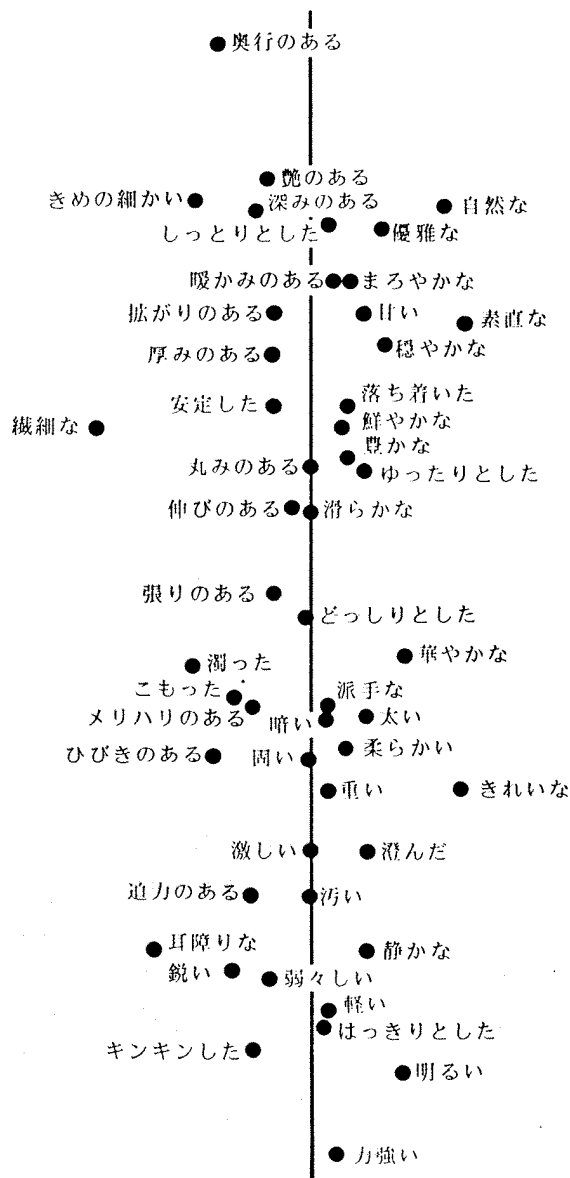


図3.16 MDS分析の刺激布置、2次元解、ストレス0.029。(横軸は意味をもたない。)

3. 16の縦軸の意味を解釈する。

「力強さ」はエネルギーに大きく影響されるものと思われる。音のエネルギーの変化はニューロンの発火率の変化と興奮するニューロンの数に反映される⁽¹⁷⁾ことから考えて、「力強さ」の情報は比較的簡単な処理で得られるものと思われる。

「明るさ」は音刺激の3-4kHzのエネルギーと関係があると言われており⁽¹⁸⁾、粗い周波数分析を行って、3-4kHzのエネルギーを知れば、「明るさ」情報を得ることができるはずである。そして、基底膜上で既に粗い周波数分析が行われていること、音のエネルギーの変化はニューロンの発火率の変化と興奮するニューロンの数に反映されること⁽¹⁷⁾から考えて、「明るさ」情報を得るのにさほど複雑な情報処理は必要としないものと思われる。

定常音の「鋭さ」は周波数軸上のエネルギー分布から予測できる⁽¹³⁾。従って、定常音については、「明るさ」を知覚するメカニズムも「鋭さ」を知覚するメカニズムも似かよったものであると考える。しかし、非定常音については音圧、持続時間も「鋭さ」に影響する⁽¹⁹⁾。今回の実験では、被験者は非定常音を含めて一般的に判断を行っているので、「鋭さ」の情報を得るために必要な処理は「明るさ」の情報を得るために必要な処理よりも、時間情報についての処理が増える分、複雑化するものと考えられる。

一方、空間的印象に近いと思われる「奥行きのある」、「拡がりのある」、反射音の有無が影響すると言われている⁽²⁰⁾「艶のある」、ビブラートや倍音の立ち上がり形状が影響する⁽²¹⁾⁽²²⁾「豊かな」といった感覚を得るためには、刺激音の時系列分析、両耳間の相関分析を必要とし、情報処理が複雑化するであろう。

また倍音の非調和性、倍音の振幅および周波数の微妙な変動といった「ある種の濁り」⁽²³⁾が音の自然性（暖かい、深みのある、深みのある、甘い、伸びのある等）に寄与する⁽²³⁾~⁽²⁵⁾と言われている。従って、音の自然性の知覚には、刺激音の時間情報の精密な分析、振幅、周波数の動的な特徴分析が必要とされるであろう。

以上から考えて、図3. 16の縦軸は、階層レベルの相対的な関係を表す次元で、図の上方が階層レベルの比較的高い側、図の下方が階層レベルの比較的低い側であると解釈する。

(3) 実験3

[1] 目的

50の音色表現語について、音色の類似性についてのデータを得、クラスター分析による表現語の分類、MDSによる分析を行うことを目的とする。

なお、類似性の代わりに表現語の意味の重なりを測定することも考えられる。しかしそのためには対比較実験が必要で、本研究のように刺激数が多い場合には対の数が膨大となり、実験することが難しい。そこで本研究ではより実験の容易な分類法による測定が可能な類似性を測定することとした。

[2] 実験方法

分類法による50の音色表現語を表の形に並べる。被験者はこれらの表現語をその表現

する音色の印象が比較的似ているものどうしが同じグループになるようにグループ分けをする。全部でいくつのグループに分けるかは被験者の自由とした。但し、同じグループに属するもの同士は、互いに異なるグループに属するもの同士よりも似ているようにグループに分けするよう、教示を与えた。被験者は実験2と同一である。

[3] 実験結果

集められた160名分のデータから記入もれ等の不適当なものを取り除き、147名分のデータについて分析を行った。

データの整理は次のようにして行った。ある刺激語が他の刺激語と同じグループに分類された相対頻度（パーセント）を計算する。計算結果は50×50のマトリックスの形にまとめられる。対角成分には100を入れた。このマトリックスの各行を50次元空間の位置ベクトルとみなし、各ベクトル間のユークリッド距離を算出し、50の刺激語に関する非類似性行列とした。

得られた非類似性データに対し、クラスター分析を行った。利用した分析手法は、クラスター間の距離を刺激間の平均距離により定義するものである。

また、同じ非類似性データについてMDS分析を行った。ストレスの値、散布図、次元の解釈可能性を考慮し、3次元解を解として採用した。ストレスは0.050であった。MDSの分析結果を図3.17に示す。同図の囲み線は、クラスター分析の結果をもとに全体を6つのクラスターに分けたものである。図中のCL1-CL6は各クラスターにつけられた番号である。図によって全部のクラスターを表示することが困難なものについては、クラスターの表示を省略してある。

この研究では、実験方法上の制約から被験者の個人差を見ることは困難である。しかし、被験者をグループ分けし、グループ間の差を見ることは可能であると考えた。そこで、被験者を所属、専攻（合唱団、声楽、ピアノ等）別にグループ分けし、グループの構成人数が10名以上のグループを対象として、各グループごとのデータをあたかも個人のデータのように扱って、INDSCALモデルを用いた分析を行った。しかし、各グループの軸に対するウェイトの、平均のウェイトからのずれを示す指標—"Weirdness"（これは0から1の値をとる）—は0.0844から0.2420となり、どのグループも極めて平均に近く、各グループ間の差にはほとんど見るべきものがなかった。

[4] 考察

クラスター分析の結果をもとに解釈された六つのクラスターのそれぞれを、次のような言葉で代表させることができると考える。CL1は「柔かさ」、CL2は「繊細さ」、CL3は「軽さ」、CL4は「固さ」、CL5は「重さ」、CL6は「豊かさ」で代表される（図3.17a参照）。

MDS分析の結果得られた刺激布置に対しては、図3.17に示す次元による解釈を行った。また、軸の解釈にあたり、クラスター分析の結果も参考にした。図3.17aでは

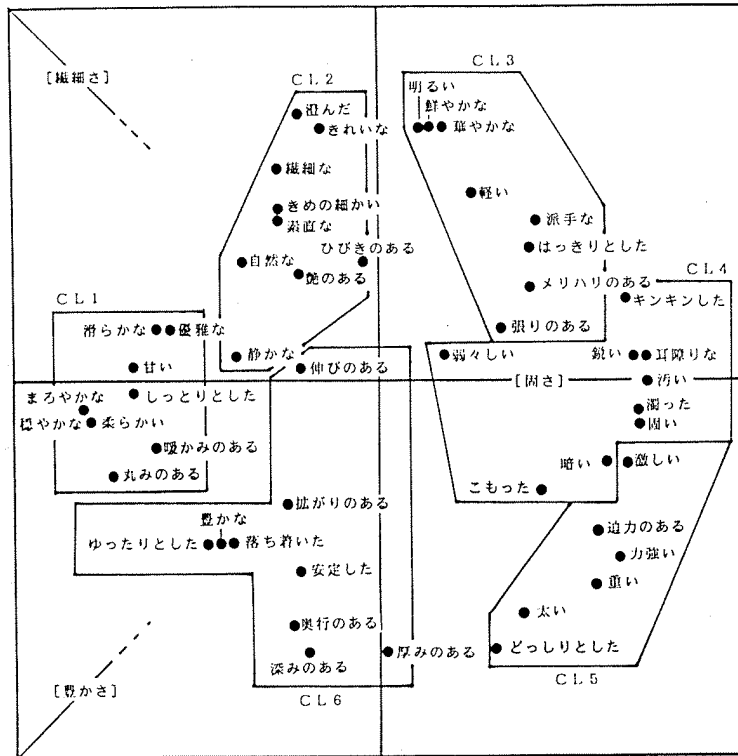


図3. 17a MDS分析の刺激布置、3次元元階、ストレス 0.050
横軸：I軸 縦軸：II軸

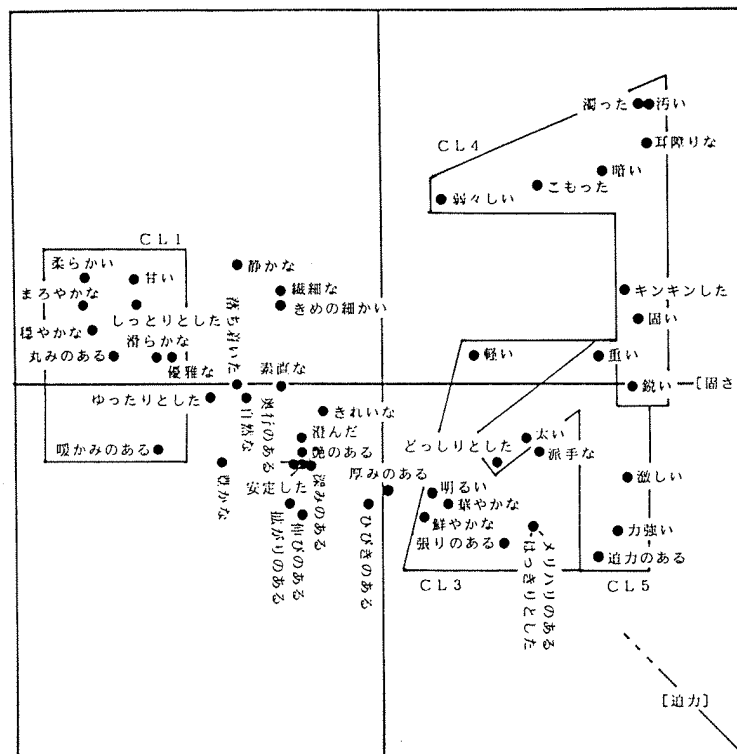


図3. 17b 横軸：I軸 縦軸：III軸

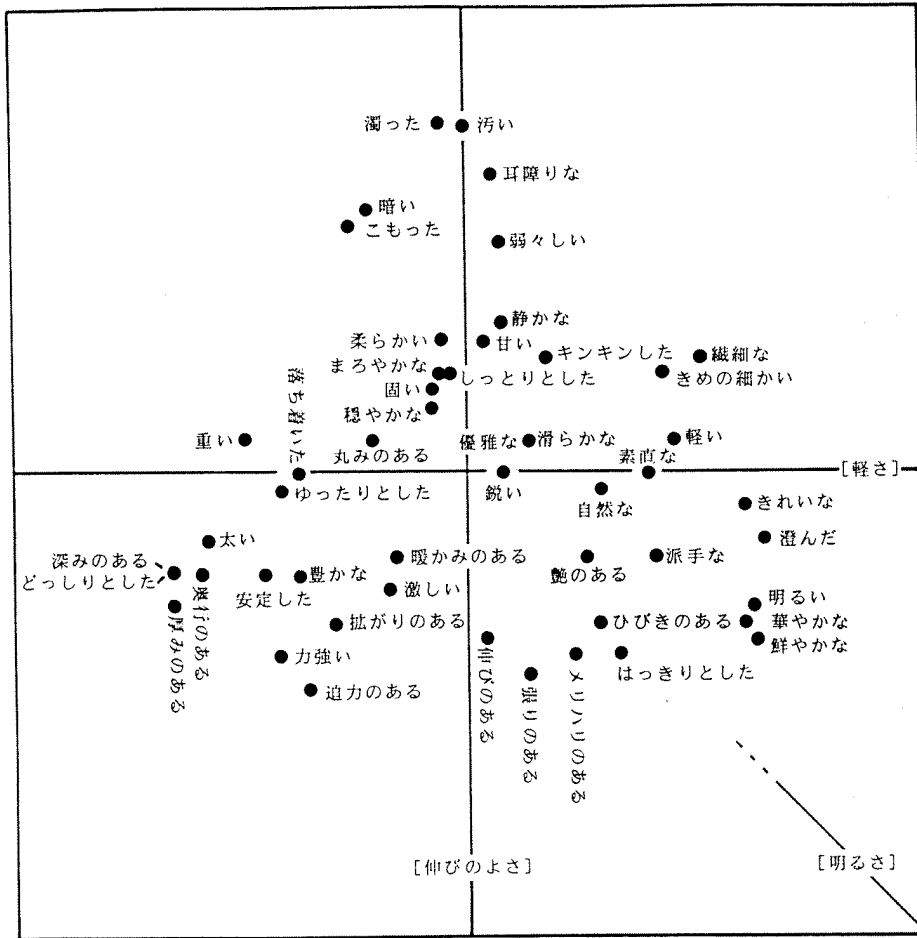


図3. 17c 横軸：II軸 縦軸：III軸

固さの次元、豊かさの次元、繊細さの次元を、図3. 17bではさらに迫力の次元を、図3. 17cでは軽さの次元、明るさの次元、伸びのよさの次元を解釈することができる。音色一般を対象とした過去の研究^{(8)~(12)}により指摘された音色の次元はほぼ、この実験結果においても見いだすことができた。

3. 5. 3 音色表現語の階層的表示と考察

実験2と実験3で得られた分析結果から、音色表現語を階層的に表示することができる。実験2で得られた階層レベルを、実験3のクラスター分析の結果解釈されたクラスターごとに表示したものを図3. 18に示す。この図で縦軸は階層レベルの相対的な関係(実験2のMDS分析の座標値)、横軸はクラスターを表す。

CL1, 6は全体に階層レベルが高く、CL4, 5は全体に階層レベルが低いと考える。各クラスター内では、CL1では「柔らかい」が、CL2では「静かな」から「ひびきのある」までが、CL3では「明るい」から「軽い」までが、CL4では「キンキンした」から

「汚ない」までが、CL5では「力強い」が、比較的下位の感覚になっていると考える。CL6は全体が他のクラスターの上位にあると考える。

さらに、図3.17aにおいて対称的な位置関係にあるCL1とCL4、CL2とCL5、CL3とCL6、図3.17bにおいて対称的なCL4とそれ以外のクラスターの間には拮抗、相補関係を想定できる。このことと階層レベルの上下関係を合わせて考えると、これらのクラスター間の機能上の関連を想定できる。

また、図3.17の表現語の布置と階層レベルの上下関係を合わせて考えることにより、個々の表現語間の関係について、より細かい考察をすることが可能である⁽⁵⁾。

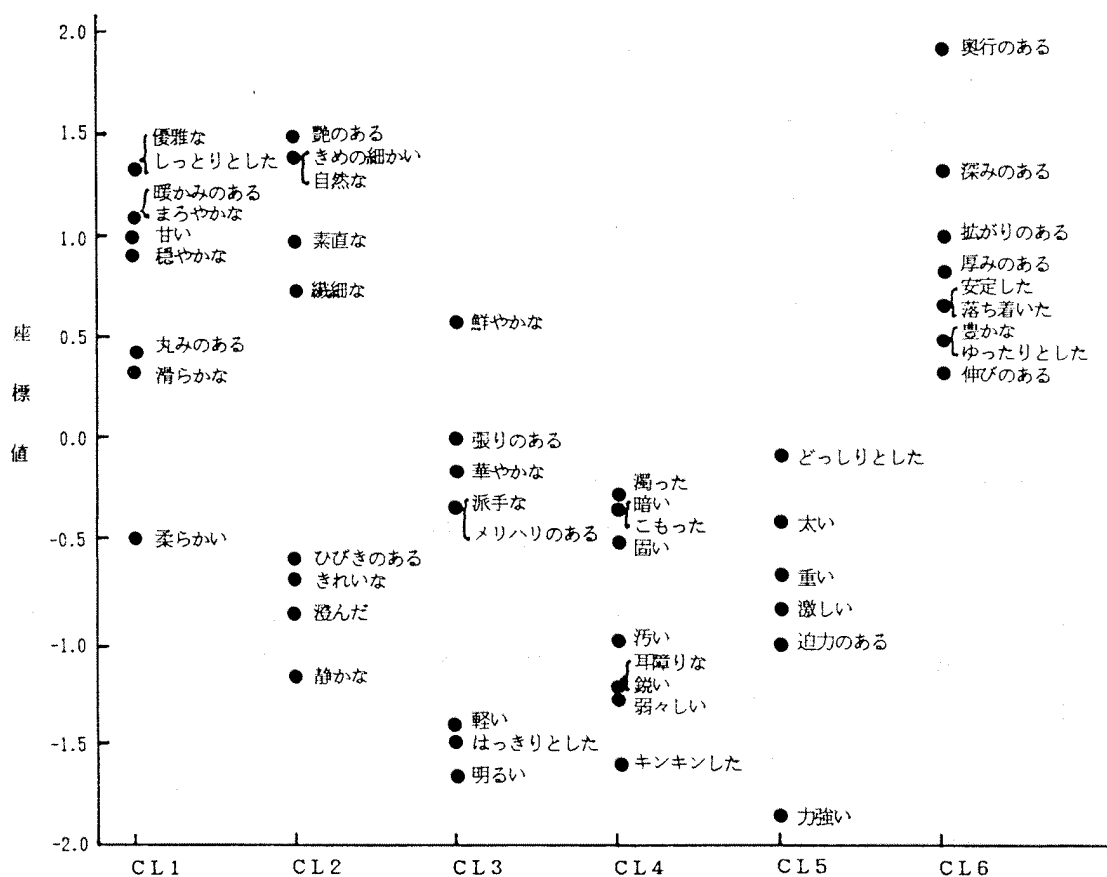


図3.18 階層レベルのクラスター別表示

例えば、「深みのある」、「自然な」、「暖かみのある」、「甘い」、「伸びのある」、といった音の自然性を表す表現語と「濁った」は図3.17の軽さ、豊かさ、繊細さの次元において近い関係にあり、さらに「濁った」はこれら自然性を表す表現語のいずれよりも低い階層レベルに位置している。このことは「濁り」が自然性に寄与する基本的な要素の一つであることを示唆すると考える。

このように、音色表現語に階層構造が存在することを示唆する結果が得られた。

本研究の最も大きな特色は、音色の表現語について、階層構造という観点から分類を行った点にある。ただし、現象記述的な方法によった研究である、という点では、従来の研究^{(7)~(12)}と同じ欠点を持つと言える。即ち、上に述べた音色知覚のメカニズムについての考察はあくまでも著者の解釈であり、本研究の実験結果が直接これを裏付けているわけではない。音色表現語の階層構造を直接証拠だて、音色知覚のメカニズムについてより具体的な考察を行うためには、物理量から心理量に至る機能連鎖を定量的に調べる必要がある。これは今後に残された課題であり、本研究はそのための足掛りを作ったと言えよう。

最後に本研究の一般性について考察する。本研究では実際の音刺激は一切使わず、質問紙のみによって実験を行った。従って、表現語を見て被験者が想起した音が、実際にどのようなものであったかを知ることはできない。また、被験者を表現語と音との連合が安定して成立していると考えられる、比較的音楽経験の豊富な者に限定した。これらは本研究の一般性についてマイナスの要因であると考えられるが、

(a) 刺激音を用いないことで、かえって刺激音の変化範囲に限定されずに、被験者が日常経験する音感覚に基づいた判断がなされたとも考えられること、

(b) 実験2で被験者を所属、専攻別にグループ分けして行った分析の結果、グループ間に大きな差が見いだせなかったこと、

(c) 実験2のMDS分析の結果解釈された次元が、過去の研究と対応のつくものであったこと、

(d) 被験者を多めに(160名前後)取ったこと、

から、被験者がやや特殊であった可能性を除けば、本研究の結果の一般性は十分大きなものであると考える。

3.5.4 結び

表現語の上から音色知覚のメカニズムを調べるため、音色表現語の階層構造の存在を調べるための手がかりを得ることを目的として、一連の実験を行い、音色の表現語に階層構造が存在することを示唆する結果を得た。また、音色表現語の階層構造を調べるための手がかりが得られた。

文献

- (1) 中山 剛、越川常治、三浦種敏：音質評価法の基本的考察、日本音響学会誌、1965、21、209-215.
- (2) 中山 剛、三浦種敏：音質評価の方法論について、日本音響学会誌、1966、22、319-331.
- (3) 中山 剛、宮川陸男、三浦種敏：音質の総合評価、日本音響学会誌、1966、22、332-339.
- (4) 三浦種敏：音質の評価、日本音響学会誌、1970、26、34-38.
- (5) 上田和夫：音色の表現語に階層構造は存在するか、京都大学大学院文学研究科修士論

- 文、1987.
- (6) 上田和夫 : 音色の表現語に階層構造は存在するか、日本音響学会誌、1988, 44, 102-107.
- (7) Solomon, L.N. : Semantic approach to the perception of complex sounds, J. Acoust. Soc. Am., 30, 1958, 421-425.
- (8) Kitamura, O., Namba, S. and Matsumoto, R. : Factor analytical research of tone colour, The proceedings of the 6th international congress on acoustics, 1968, A-5-11.
- (9) 北村音一、二井真一郎、栗山譲二、増田 昇 : 昭和50年代の青少年に関する音色因子の抽出、日本音響学会聴覚研究委員会資料、1978, H-51-11.
- (10) 曾根敏夫、城戸健一、二村忠元 : 音の評価に使われることばの分析、日本音響学会誌、1962, 18, 320-326.
- (11) 厨川 守、八尋博司、柏木成豪 : 音質評価のための7属性、日本音響学会誌、1978a, 34(9), 493-500.
- (12) von Bismarck, G. : Timbre of steady sounds: A factorial investigations of its verbal attributes, Acustica, 1974, 30, 146-159.
- (13) von Bismarck, G. : Sharpness as an attribute of the timbre of steady sounds, Acustica, 1974, 30, 159-172.
- (14) Terhardt, E. : On the perception of periodic sound fluctuations (Roughness), Acustica, 1974, 30, 201-213.
- (15) Kameoka, A. and Kuriyagawa, M. : Consonance theory part I, consonance of dyads, J. Acoust. Soc. Am., 1969, 45, 1451-1459.
- (16) Kameoka, A. and Kuriyagawa, M. : Consonance theory part II, consonance of complex tones and calculation method, J. Acoust. Soc. Am., 1969, 45, 1460-1469.
- (17) Moore, B.C.J. : An introduction to the psychology of hearing , Academic Press, London, 1982.
- (18) 厨川 守、八尋博司、柏木成豪 : 音の7属性の性格について、日本音響学会誌、1978b, 34, 501-509.
- (19) 難波精一郎、桑野園子、加藤徹 : 音の立ち上がり時間と大きさについて-I 補率値との関係-、日本音響学会誌、1974, 30, 144-150.
- (20) 永田穂 : 静けさよい音よい響き、彰国社、東京、1986.
- (21) 宮坂栄一 : "音色、"聴覚ハンドブック、難波精一郎編、カエシヤ出版、京都、1984、4章、170.
- (22) Beauchamp, J.W. : Additive synthesis of harmonic musical tones, J. Audio Eng. Soc., 1966, 14, 332-342.
- (23) 安藤由典 : 楽器の音色を探る、中公新書(中央公論社、東京)、1978.
- (24) Risset, J.C. and Wessel, D.L. : Exploration of timbre by analysis and synthesis, in The Psychology of Music, D. Deutsch, Eds. Academic Press, New York, 1982.
- (25) 山口公典、新実尚之、竹田俊夫 : 倍音の非調和性と楽音の自然性との関係、日本音響学会誌、1970、26、512-524.