OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	音色の研究
Author(s)	難波, 精一郎
Citation	大阪大学, 1971, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2030
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

音色の研究

(1)

難波精一郎

72CL06812
図書館

音色の研究

難波精一郎

まえがき

音響心理学の歴史は、さほど古いとはいえない。Helmholtzが、彼の著書において、聴覚における諸法則を実験的手法に訴えて見出し、この分野においても、科学的方法を適用しうることを示したのは、今から約110年前の1863年のことである。

それまでにも、Galileoが高さ（pitch）と振動数の対応関係を発見し（1638年）、Boyleが音の媒体は空気であることを明らかにし（1660年）、Wallaston（1820年）やSavart（1830年）が、音の高さの刺激閾と刺激頂を測定し、Ohm（1843年）が耳による倍音の分析の事実を発見するなど、音響心理学と関連深い重要な諸研究はなされてきた。しかし、それらの諸研究は系統立ったものではなかった。

これに反しHelmholtzは、まず音の分類（楽音と騒音、純音と複合音など）を行な

い、刺激の物理特性と音の感覚の対応関係を追求した。すなわち、音感覚の属性として、音の高さ、強さ、音色を分類し、音の高さと振動数、強さと振巾、音色と波形との対応関係について組織立った研究を行なった。彼はさらにこれらの事実の上に立って、協和や旋律といった音響心理学的問題、さらには、聴覚機構の生理学的モデルとして、共鳴説を提唱している。今日においても、Helmholtzの影響は大きい。

さらに、1883年、Stumpfは始めて音響心理学の名のもとに、著書を発表し、（2巻は1890年に出版）、形成音、結合音、協和、音階、旋律等の諸問題を取り上げた。

20世紀初頭は、音属性の問題が、心理学の中心問題として、Mach、Brentano、Stumpf、Révez、Köhler等の諸家によって取り上げられた。また聴空間の定位について、強度差説（v. Kries等）、時間差説（v. Hornbostel および Wertheimer）、

位相差説、波形差説などを廻って盛んな論議が行なわれたのもこの時期である。

真空等の発明は、1907年Forestによってなされたが、真空管増幅器の実用化が1910年代に進められ、1920年代にラジオ定期放送がアメリカにおいてスタートするに至り、この技術は急速に進歩した。

この真空管回路の実用化は、Adrianの知覚神経のall or none lawの発見(1928年)、聴覚におけるマイクロホニック現象の発見と斉射説(volley theory)の成立(WeverとBray 1929年)に貢献した。このように真空管回路の技術は、電気生理学の成立に不可欠の役割を果したが、それは同時に、音響心理学の進歩にも、はかり知れない大なる貢献をなした。

それは、この技術によって、音波の統整と、その測定が以前とは比較にならぬほど容易になり、かつその精度も向上したからである。したがって、音刺激の物理的特性

と、聴感覚の対応関係を追求する精神物理学的研究（心理音響学）が量的にも質的にも飛躍的に進歩した。Boringによれば、音響心理学の分野において、特に1930年代の10年間に行なわれた研究は、それに先立つ50年間の研究よりも、はるかに多いと述べている。

この時代の研究成果を集大成した著者として、StevensとDavisの"Hearing; Its psychology and physiology"（1937年）が著名である。以後の音響心理学は、この心理音響学的方向を中心に発展した。

音の高さ並びに強さに関し、刺激閾、刺激頂、弁別閾の測定が、種々の条件をパラメーターとして試みられた。さらに音の大きさの等感曲線、音のマスキング現象、音の時間的変動、両耳効果と音の定位等の諸問題について精密な研究が行なわれた。これらの研究は、Békésy、Garner、Guilford、Licklider、Miller、Munson、

Newman、Rosenblith、Sabin、Seashore、Stevens、和田、Zwicker、Fletcher、Pollack、Olson、Davis、Knudsen等が行なったが、Munson、Fletcher、Olsonのように、工学者が心理音響学の研究にたずさわっている例は多い。これは通信技術を開発していく上に、情報の受手たる人間の聴覚の特性について知る必要が生じ、心理学者と共に工学者がこの方面の研究に進出したのである。我国においても、心理音響学的研究にたずさわっている工学者の例は多い（むしろ心理学出身者より多いともいえる）。

戦後も、エレクトロニクスの進歩とともに、音響心理学の中心が心理音響学であるという傾向はますます強まり、さらに最近は感覚尺度構成、複合音の大きさの算出、騒音の主観的評価、高忠実度伝送・再生等理論的のみならず実用的側面からみて興味ある問題が取り上げられている。

心理音響学が、音響心理学の中心をなした理由として、まず第一に、音波が聴覚の適応刺激である以上、音の物理特性と聴覚との関数関係の追求は不可欠的に必要であること、第二に、エレクトロニクスの進歩は、この方向に技術的基盤を与えたこと、第三に、ラジオ、電話、レコード等の伝送・再生技術が、刺激の物理特性と聴覚との対応関係に関する知識を必要としたこと、などがあげられよう。

先にも述べたように、心理音響学は音の精神物理学的研究であるが、これの限界について注意しなければならない。というのは、精神物理学的測定法が適用できるのは、通常の1物理特性と1感覚属性との間に1対1の対応関係が存在し、かつその物理特性の統整が可能な場合に限られるからである。したがって、この条件を満たさない対象に関しては、精神物理学的測定法は、無力となる。

音の場合、この条件を満たすのは、高さと大きさの2属性であって、従って、心理音響学は主として、この2属性を中心に発展してきた（周波数と高さ、振巾と大きさはよく対応し、周波数と振巾の物理的統整は容易である）。

しかし一方、音色は物理的にみて多くの要因（部分音構造、時間的変化、附加雑音、周波数、振巾等）によって規定され、現在の技術水準においてすら、その厳密な統整・測定は難しい。さらに心理的側面についてみても、音色の次元は複雑であって、1次元的属性とは到底考えられない。したがって、音色は精神物理学的測定法の適用の困難な対象といえよう。

われわれの日常生活において、単純な大きさ・高さの印象よりも、音色の印象の方がむしろ表面的に体験され、重要な意味をもつと思われる。にもかかわらず従来の心理音響学において、音色が中心問題として

取り扱われなかったのは、この精神物理学的測定の困難という理由が大きくあげられよう。われわれは適切な方法論を考慮することによって、この興味ある属性、すなわち音色にとり組んでみたいと思う。

本研究はこのような意図のもとに行なわれた。まず、本論文第1章から第4章において、われわれの基本的立場について論じ、第5章において、その立場から行なわれた一連の実験を紹介する。第6章において実験結果の考察を行ない、さらに第7章においてそれに基づく総括・結論を述べる。

なお、本論文第5章実験1～実験8は、九州芸術工科大学教授（前大阪大学産業科学研究所助教授）北村音壱先生の御指導と御協力の下に、大阪大学産業科学研究所において実施したものである。北村先生の御援助がなければ、本研究は到底成立しなかった。厚く感謝の意を表する次第である。

また、本論文をまとめるに当って、大阪

大学文学部教授前田嘉明先生の適切なる御助言を得た。音色と共感覚現象との関連については、前田先生の示唆に負うところ極めて多い。日頃の御指導と合わせて深く感謝申し上げたい。なお、本論文の清書、整理に当っては、妻聰子の助力を得た。記して謝意を表したい。

難波精一郎

目　次

第１章　音色研究の観点 …… 1

第２章　音色の精神物理学的研究 …… 38

第1節　精神物理学的研究の前提条件　39

第2節　Helmholtz の音色の研究　47

第3節　Helmholtz に対する批判　61

第4節　音色を規定する物理的性質　93

第1項　原音の物理的性質　93

1　波形

2　波形と音響スペクトル

3　楽器音や音声の音響スペクトル

4　音の時間的変化

5　附加雑音

6　周波数と振幅

第2項　伝音再生系の物理的性質　124

1　周波数歪

2　非直線歪

3　空間配置

4　一回路再生系
5　位相歪
6　過渡歪
7　マイクロホンの配置とバランス
8　スタジオと聴取室の音響状態
9　ダイナミックレンジの制限
10　原音と再生音のレベルの差
11　雑音

第3章　属性論 …… 198
第1節　属性の基準　199
第2節　属性の定義　220

第4章　Semantic Differential による感覚の測定 … 226
第1節　Semantic Differential の背景　227
第2節　Semantic Differential の手続き　234
第3節　Semantic Differental における因子の不変性　248

第5章　実験 …… 255

実験 1　音色表現語の選定 ― セントロイド法　260
実験 2　音色表現語の選定 ― D-method　286
実験 3　音圧レベル並びにスピーカー口径を変化させた音色実験　312
実験 4　音楽関係者を被験者とした音色実験　343
補　実験1のdataの被験者層別分析　354
実験 5　再生周波数帯域と音圧レベルを変化させた音色実験　359
実験 6　信号対雑音比(S/N)について　388
実験 7　高調波歪について　402
実験 8　長・短両音源による音色の因子分析結果の比較　419
実験 9　楽器音の音色について　428
実験10　もの音の音色について　435

第6章　考察 …… 440

第1節　Semantic Differentialを用いた他の諸研究との比較　441
第2節　概念，尺度，被験者の因子構造におよぼす影響　461

第7章　総括と結論 …… 479

引用文献 …… 495

第　1　章

音色研究の観点

音色の研究を始めるに当って、われわれはまず、Helmholtz, H.（1863）の研究にさかのぼる必要がある。何故なら、音色に関して、始めて組織的な研究を行なったのは彼だからである。

Helmholtzは、音色の定義を行ない、音色とそれを規定する物理的諸要因との対応関係について実験的研究を行なった。

彼は音を楽音と騒音とに分類し、楽音をさらに大さ、高さ、音色の3属性に分類した。彼は音色を定義して、"同じ高さで演奏しても、バイオリンの音をフルートから、あるいはクラリネットから、ある、は人間の声から区別する特性（peculiarity）を意味する"と述べている。

Helmholtzは音色を規定するものとして、波形（vibrational form）を考えた。これは、音の大さが音波の振幅に、そして

高さが周波数に依存するとしたら、音色はこの両者と異なった物理特性、すなわち波形によるしかないと考えたからである。彼はこの仮説を立証するために、同じ波形であれば果して同じ音色に聞えるか、あるいは波形が異なれば必ず異なった音色に聞えるかを、実験的に検証しようとした。彼は波形と音色との対応関係を求めるに当って、まず波形そのものを規定する要因を物理学的に分析した。すなわち音の立ち上り、減衰、部分音(上音)構造、位相、附加雑音等である。彼はこれら諸要因と音色の関係を追求し、位相を除く総べての要因が、音色に影響を与えることを実証した。

Helmholtzは、音色と物理的要因との対応関係の追求を更に組織的に行なうために、定常音の部分音構造と音色の関係について特にくわしい実験を行なった。彼が定常音の部分音構造を取り上げたのは、それが物理的にみて規則性を持っていたからであ

る。彼は種々の楽器、音声を共鳴器を用いて周波数分析を行ない、部分音構造と音色の関係を追求した。彼は、各楽器、音声が、その音色を特徴づける独自の部分音構造をそれぞれ持つことを示すことに成功した。

彼が分析した楽器音の部分音構造の特徴は、定性的に見る限り今日においても十分認められるもので、100年以上も前に簡定な装置もなく、これだけの成果をとげたHelmholtzの偉大さにあらためて驚嘆させられるのである。

Helmholtzはまた、これら諸楽器に関する研究を通じて音色と部分音構造の関係を示す一般法則を、形容詞を用いて極めて興味深く記述している。

その一例をあげると、「もしクラリネットのように、奇数倍音しか存しない場合には、音色は洞ろになる。そしてこのような上音(overtone)の数の多い場合には、鼻

づまり的になる。基音が強い時、音色は豊かになる。しかし基音が上音と比べて力が十分強くない時、音色は貧弱になる」などと説明している。彼は他にも音色を描写する言葉として、柔らかい、快適な、粗い、力ない、鈍い、はなばなしい、甘い、鋭い、口パの鳴くような等々を用いている。

Helmholtzは、このように音色のいわば現象的性質を巧みに描写しているが、彼の目的は音色の現象的記述に終わるのではなくて、あくまで音色と物理学的要因との対応関係の追求にあったといえる。それも物理学的法則によって音色を説明することを意図するものであったことは、彼の著書の序文からもうかがえるのである。すなわちこの序文で彼は物理学的、生理学的音響学と、音楽学、美学との橋渡しを企図し、その最終目的として前者の法則によって後者の現象を説明することにあったと述べているのである。

このように、刺激の物理特性の側から聴覚に迫る傾向は、今日においては心理音響学（psycho-acoustics）として受け継がれ、現代の音響心理学の主流をなしている。心理音響学においては、その主たる方法として精神物理学的測定法を用いる。今日ではこの方法に不可欠的に要求される刺激の物理特性の統整および測定が、急速なエレクトロニクスの進歩により、Helmholtzの時代とは比較にならないほど極めて自由にかつ精度よく行なうことが可能になった。この技術的背景が今日の心理音響学の発展の基礎になっていることはいうまでもないが、逆に心理音響学の成果が音響に関するエレクトロニクスの進歩に果した貢献も無視できない。今日では電話、ラジオ、ステレオ等の音響機器の設計、オーディトリアム等の室内音響設計、種々の騒音対策等に心理音響学の知識が活用されている。

しかしながら、心理音響学が獲得した多

くの知識は主として、音の大きさ、高さに関するものに限られる。音色に関しては、Helmholtzの偉大な研究の後、今日にいたる100年間にみるべき研究は誠に少ない。

その理由は、伝統的な精神物理学的研究においては、刺激の1物理特性と1感覚属性との間に1対1の対応関係が存在し、かつその特性に関し刺激を統整できることが要求される。音の大きさと振幅、高さと周波数とはよい対応関係を示し、かつ振幅、周波数ともにその物理的統整は容易である。一方、音色は、物理的にみて多くの要因によって規定され、現在においてもその厳密な統整、測定は難しい。また心理的側面についてみてもHelmholtzの音色の現象的記述からもわかるように、種々の表現が可能であり1次元的属性と考えることができない。このように心理的にも物理的にも複雑な対象は、心理音響学において、非常に取り扱い難い領域に属する。

このような事情が、心理音響学において音の大きさ、高さの研究を発展させ、音色の研究を遅れさせた一つの原因だと思う。Helmholtzの研究成果および心理音響学で取り扱われた音色の研究とその限界については、第三章で紹介する予定である。さらに方法論的な問題を離れてみても、判断の側面からのみ音色に迫る傾向には心理学的にみて問題がある。これについては、第三章でふれてみたいと思う。

さて、音響心理学の歴史の中で、常に心理音響学的立場のみが中心をなしていたわけではない。たとえばStumpf, C.はこの見地を越えて、音の主観的特性を重視し、種々の現象的特性について考察した。さらにKöhler, v. Hornbostel, Rich. Brentano, Tichner, Mach, Ogden, Abraham, McDougall, Ebbinghaus, Dunlap, Watt, Meyer, Révész等、多くの心理学者がこの問題の吟味を行なった。そこで

一時は属性論が音響心理学の中心課題になったとさえいわれている。なおこの属性論の概括的な記述には、Ogden, R.M.(1918), Boring, E.G.(1950), 高木(1935)に詳しく、心理学研究(1927)所載の感覚についてのシンポジュームの中にも紹介されている。そこでこれらの論文を中心に、この問題について考えてみたい。

属性的研究にあっては多くの研究者はそれぞれ独自の属性を提案し、その可否をめぐって論争が転開された。

例えば、Machの明暗、Brentanoの音白音黒、Stumpfの音明、太さ、その他ち深さ、音量、拡がり、母音性等種々の属性が次々と提案された。

Boring, E.G.(1950)は、この事情について次のように述べている。

「心理学者は、形式的な考えに制限されることを好まなかった。彼等は、自由な記述語の使用を望んだ。この要求は、殊に、

1913年頃から始まった音质性に関する研究に見られた。もし音が、高低、大小、持続時間の長短以外に、明暗の质性を持っているなら、很等は明るさが高さ及び他の质性と異なっているかどうか吟味せずに、この言葉を用いることを敢えた。もし音が母音に似ているなら、很等は、母音性が単に高さか、或いは高さと大きさと音质の加わったものか、或いは他の何かであるかの疑問をいだく前に、母音性の质性を持っていると云うことを敢えた。この勁さは、分析に反対し、記述の自由を敢えていた、胎生期の新現象学の刺激になったと。

このように、分析に反対し記述の自由を求めることは、正に承認されるべきであるが、その反面、全く同じ质性を違った言葉で表現するという混乱（Stevens & Davis 1938）をひき起したことは否めない。质性の基準として、古くKülpeの不可分性並びに然立可変性の基準があるが、いずれも一

種の恒常仮定を前提条件としていて、自由な反性研究において基準となるものではない。

反性の独自性の基準としては、今日ではStevens & Davis (1938) のj.n.d.(丁度可知差異) の独自性の基準が承認されている。j.n.d.が独自ということは、刺激と反性との間に独自の法則が成立していることを意味するから、この基準そのものは正しいといえる。しかしながら、j.n.d.の大きさは対応する刺激の物理量で表示される。従って、j.n.d.を測定するためには、精神物理学的実験が必要となり、当然心理音響学と同様の制約を受けることになってしまう。このような制約の下では先に述べた理由からもわかるように、音色研究の十分な発展は望めない。

今さらいうまでもないことであるが、われわれの知覚は単に刺激の物理特性のみによって規定されるものではない。われわれ

の知覚が物理特性の単なる従属変数でない以上、物理特性と関連づけて研究せねばならぬ必然性はないはずである。そこで、次に刺激の物理特性を離れて、音色をいかに測定するかについて考えてみよう。

Guilford (1954) も述べているように、精神物理学的測定法には、物理的対応物が必要であるが、尺度法には必要でない。

従って物理特性を離れて属性を測定するには、尺度法（一対比較法、系列範疇法、評定尺度法など）を用いればよい。多次元の属性を測定するには、その属性の数だけ尺度数を増せばよい。刺激の1物理特性と感覚の1属性との対応ではなく、刺激パターンと多次元の属性との対応が問題となる場合、精神物理学的測定法に代わって、尺度法は有力な武器になると思う。

次に、このように尺度法を用い、j.n.d. の大きさを物理量で表示しない場合、属性の独自性の根拠はどのようにすべきであろ

うか。音色が仮に多次元の属性であった場合、果してこれら複数の属性が互いに独自のものであるかどうか知る必要がある。同じ属性を異なる言葉で表現するという混乱は、避けねばならない。

適性検査などテスト法において、サブテストの独立性をみるのに、因子分析法が用いられている。すなわち、因子分析によって互いに独立な因子を抽出し、それぞれの因子に単独の負荷をもつサブテストは、相互に独立であるといえる。

属性の独自性の検証の場合にも、この因子分析を適用すればよい。因子分析は元来テスト法のように、物理的対応物を持たない測定法に適用されてきたものであるので、物理特性と関連づけない属性研究の場合にも適用できる。

因子分析と尺度法を組み合わせた測定法として、Osgood, C. E., Suci, G. J. & Tannenbaum, P. H. (1957) のSemantic

Differential が代表的であろう。

原性論については第3章で、Semantic Differential の背景および手続きについては第4章で紹介する予定であるので、ここではSemantic Differential が共感覚の研究を背景として発展したものであることに注目し、この方法で測定するのは音色のいかなる側面であるかについて考えてみたい。

さて先に述べたように、音色はHelmholtzによって"区別する特性"として定義されたが、一方彼は音色の現象的記述を形容詞を用いて行なっている。この言葉の中には甘い、柔らかい、鋭い、粗いなどの共感覚的表現がみられるが、確かに、われわれが日常生活において感性体験を記述する言葉の中には共感覚的表現が多く用いられている。聴覚の場合には共感覚的表現が特に豊かなように思えるのである。そこで、聴覚における共感覚の問題について考えてみた

いと思う。聴覚におけるこの問題に対しては、Wernerの行なった音の現われ方の段階づけが、非常に示唆に富んでいると思う。すなわち、彼はよく知られているように、Grutzowの実験をもとにして音の現われ方を次の4段階に分けた。

すなわち、第1は音が完全に外部に現われ、その音源の場所に結びつき、明瞭な対象構造を有する対象音の段階、第2が音は外部に現われるが、音源との結びつきが乏しく、音が空間に充満して聞えるような空間音の段階、第3が音と自己との明瞭な区別がなくなり、音が聴者のなかにあるかのごとく聞える段階、最後は音が鳴っているとか、或いは自分の中に音があるといった体験も等しくただ身体的な感覚状態性の体験のみが残る段階である。

Wernerは、感覚のこの最後の段階を共感覚的水準と名づけた。そしてこの共感覚的水準と異種感覚間の影響を可能ならし

める根拠であると説いている。すなわち感覚がその対象性を失い、自己の状態性に近づくほど通様相的感覚が可能となってくるのである。全く外部的な明瞭な対象構造を有する対象音の知覚と、音そのものの知覚というより、体験する自己の状態としての知覚の区別は、大変重要な問題である。

v. Hornbostel（和田，1950）は、感性的なものがわれわれに与えられる様式を、根本的に対立する2つの種類に区別した。すなわちその1つは、われわれの外なる物の存在として与えられる場合であり、他の1つは、われわれ自身の気持として感ぜられる場合であって、彼は前者を知覚と呼び後者を感覚と名づけ、両者を包括して現象という言葉を用いた。

前田（1952）は、対象の認知（Was）にかかわるグノーシス的契機と、感得（Wie）にかかわるパトス的契機を説き、更に、これを示すものとして、感覚の分極性につ

いて論じている。

すなわち「今一方の手で他方の手かまたは身体をふれる時われわれは一方にしかじかのものに触れているという知覚をもつと同時に他方ではしかじかの部位がふれられているという印象をもつ。このように触覚はわれわれに二様の印象を与える。一方は何ものかの性質としての印象で、他方は自己の状態性として把握される印象である。すなわち、触覚においてわれわれは自己に関する側面と対象に関する側面とを倶有する両極性を知ることが出来る。換言すれば、パトス的契機とグノーシス的契機との分極である」と。

更に前田は、Szekelyのあげた例より、自己と対象、自己と状態性の区別のつかない、主客未分化の体験のあることをのべ、このディフューズな意識層を、感性体験の客観対象的極の反対の極においている。

これらの考えは、従来の知覚心理学の浅

い視野に、奥行を与えたものと思える。

すなわち、従来の知覚心理学においては、刺激と感覚との対応関係の追求が主たるテーマであった。その極端なものでは、刺激の物理特性と感覚の属性との間の全く固定的な一対一対応関係の発見が重視された。こゝでは、刺激の物理特性の系統的変化に対する反応としての感覚がとらえられ、従って感覚を支配するものとして、全く客観的な対象の物理特性が考えられた。こゝで働きかけるのは、物理的刺激であり、主体は単なる受身のカメラであり、マイクロホンに過ぎない。それは刺激の物理的変化を忠実にとらえるものと考えられた。すなわち、こゝで主役を演ずるのは、対象の物理特性であって、知覚する主体の能動的な姿はどこにもみられなかった。それどころか、刺激と感覚の厳密な図式の中に、主体が入りこもうとすると、それは誤差として追い払われた。巧妙な実験計画法とは、条

伴差としての、刺激特性による変動を最大にし、主体による変動を誤差として、出来る限り締め出すことを狙いとするものであった。

19世紀に、心理学が科学的心理学としての、基礎を作って以来、もっとも科学的心理学の最先端を歩んできたのは、知覚心理学であった。科学的ということは、客観と主観とを明瞭に分離し、対象を客観的態度で観察し、分類し、測定することから始まる。

たとえば、聴覚実験では、被験者（観察者）は、スピーカーより発せられる音を、客観的に冷静な態度で聞き、聞えたまゝを、分析的に記述するか或いは、与えられたカテゴリー（より大、より小など）に従って判断することが求められる。被験者がこのような態度をとる時、そこでは、感得（Wie）は弱まり、対象の認知（Was）が明瞭になるのは当然であろう。

刺激と感覚の一対一の対応関係、即ち感覚が、純粋に局所的刺激作用のみから規定されるという恒常仮定は、Gestalt心理学によって、完全に打破された。しかしながら、Gestalt心理学においても、刺激の物理特性に代わるに刺激布置が、局所的刺激作用に対して、刺激の全体場が代わるのみで、主体の状態性と知覚の変容との関係については、積極的に追求されなかったといってよい。

Wernerらの考えは、知覚に知覚の主体たる"人"の存在を再確認したという点に大なる功績がみとめられてよい。

さて、このように従来の知覚心理学は、刺激の物理特性、もしくは刺激布置と反応との対応関係を追求する、いわば対象の認知に関する研究に努力を集中していた。対象に対するかかわりが強い時、すなわち、刺激が明瞭な対象構造を有し、かつ観察者が、客観的、分析的態度でそれに接する時

、当然、各様相間の分離は全く明瞭である。また、知覚と他の過程、例えば感情、情動、意志との関連も薄くなる。

従って、知覚と他の過程との関連、もしくは通様相的現象が、さほど問題にならなかったのは当然であろう。

各様相が完全に独立の過程とみる時、色聴のような共感覚現象は、病理現象として異常心理学の対象となるのみであった。

しかし、高度の対象性、分節性をもった知覚が、未分化なディフューズな意識状態としての感覚（Empfindung）から発達したものとみる時、そして、この層においては、主客未分化であるのみならず、各様相間の明瞭な輪郭さえも、ぼやけるのを知る時、感性体験がこのような共感的基盤から成立していることに気づくのである。

前回は「体感」としての感覚の実相に迫れば迫るほど各感性領域は、相互に密接な機能的関連性を露呈し、刺激と一定のモダリ

テートとの対応は一層ゆるんでこゝにある感性領域における刺激効果は超モダリタ的効果を生じるのである。これがとりもなおさず共感覚と言はれるものに外ならない。か様に見れば、共感覚はもはや単なる特異現象でも病理現象でもなく総じて感覚というものは〝一般感覚（Herderの Sensorium Commune）〟に深く根ざすものとして元来共感覚なのである。正確に言うなら、一切の感性経験はモダリテートの未分化な、いわゆる共感覚水準にその基盤が求められるものであって、その直観の低位層における対象把握が体感としての感覚なのである」と、明確に述べている。

こゝで、この対象性、共感性の問題を音色について考察してみよう。

音色において、もっとも対象に接近した把握は、「聞えたものは何か」といった音源の認知であろう。すなわち、ある音が与えられた時、それが、ピアノの音であるか

バイオリンの音であるか、或いはその他の如何なる音源からきた音であるかを判断する場合である。

これは、例えばSonar（水中聴音機）を用いて、今聞えてきた音が、戦艦の発する音か、駆逐艦の発する音かそれが敵か味方かを判断する場合にも当てはまる（S.I.-mon 1958）。

このSonarの例の場合、対象を正確に認知することが重要で、探知兵がこの音に如何なる感じを持ったかということは、直接問題にならない。探知兵に要求されることは、あくまで客観的に分析的にSonar音を聴き分けることである。

このような例は、ある伝送系（ラジオとか、電話）を通じた音声が、受け手に正確に認知されたかどうかをテストする明瞭度試験、了解度試験の場合にも当てはまる。

この場合、音色は対象の認知、弁別の手掛りとしての意味をもつ。

そもそも、Helmholtzが「音を互いに区別する特性」として音色を定義したのは、この認知、弁別としての音色を指していると思える。

すなわち、われわれが、ピアノ音なりバイオリン音なり、或いはSonar受信音を、認知弁別できるのは、それぞれの音が独自の特徴を持っているからであり、この音のもつ個性的な面を音色と名附けたのである。そして、それらの音は、またそれぞれ独自の物理的音響構造を有している。既にのべたように、Helmholtzは、これらの音響構造（特に上音構造）と音色に対応関係があることを、発見したのである。古典的な音色研究は、このような対象の認知、弁別の段階におけるものであった。

だが、感性体験は、単にこのような対象に指向する方向だけではなく、自己の状態性に迫る深みも備えている。音色に関しても、〝聞えたのは何か〟だけでなく、〝如

何に聞えたか、如何に感じたか"について考慮する必要がある。

確かにわれわれは、音色により、音源が何であるか認知、弁別するが、同時に音色から種々様々の印象を受ける。例えば、風鈴の音を聞いて、それが風鈴の音であることを知ると共に、澄んだ、涼しい感じを受ける。秋の夕暮に聞く鐘の音に淋しさを感じる。トランペットの音には華かしさを感じる。われわれがたとえ、トランペットとかビオラといった音源の名称は知らなくても、その音色から特有の感情を受ける。

実際、日常体験においては、純粋に対象の認知のみという状態は、むしろ珍らしく、現実には、対象の認知には常に、何等かの感じを伴っているのが自然であろう。

Helmholtzは、上音構造と音色に関する研究を行ったが、同時に音色の感じについても、既に述べたように柔らかい、粗い、鈍い、甘い、鋭い、等々の言葉を用いて表

現わした。(ただし彼は、このような音色の感じの記述は行なったが、それに対する心理学的考察は行なわなかった。) 一般に音色の感じを表わす言葉として、澄んだ、濁った、柔らかい、かたい、滑らかな、ざらざらした、薄っぺらな、太い、明るい、暗い(くすんだ)、歯切れのよい、粘い、豊かな、滑るな、うるおいのある、かさかさした、輝かしい、にぶい、迫力のある、もの足りな…等多くのものが用いられている。

高野(1935)は、この音色の感じを、音色的印象と呼び、種々の楽器について諸家の表現した例、及び彼自身の行なった実験の結果をまとめて表にしている。第1-1表に諸家の例、第1-2表に高野の例を示す。

これらの言葉は、音色の印象が、感情的かつ共感覚的傾向のあることを明らかに示している。もっとも、音色に限らず、音の印象には、元来、この感情的共感覚的傾向

楽器	音色的印象	諸家の名
ヴァイオリン	軽、優美、激昂的	シュッツ
ヴィオラ	憂鬱	エッカルト
チェロ	ユーモア	エッカルト
	期待、哀愁	ヴント
絃楽器	激情的	ヴント
フルート	優美	エッカルト
オボー	喜劇的、嘲笑的	シュッツ
	哀憐	リーマン
コントラバズーン	喜劇的、嘲笑的	シュッツ
	滑稽、粗野	リーマン
フレンチュホルン	真面目、憂鬱	ヴント
トランペット	力ある	ヴント
トロンボン	真面目	ヴント
	重々しい、威風堂々	シュッツ
チューバ	荒くれた、偉大、宏渋、崇高、敬虔	リーマン
金管楽器	激情的、迫力的、勢力的	ヴント
	真面目	エッカルト

楽器	音色的印象
ヴァイオリン	明、静
ヴィオラ	重、落着、厳
チェロ	ガッチリ
コントラバス	暗、沈
ピッコロ	軽、明
フルート	
オボー	甘、ネバッコイ
イングリッシュホルン	
クラリネット	明
バスクラリネット	圓、厳
ファゴット	圓、落着
コントラ・ファゴット	重
フレンチュホルン	甘、明
コルネット	甘
トランペット	軽、力、鋭
テノールトロンボン	粗野
バストロンボン	
テューバ	重
ティンパニー	
ハープ	軽、華
チェレスタ	

がみられるのである。

例えば、対象性の強いと思われる、高さ、大きさですら、そもそもその表現は共感的である。例えば高さについて考えてみよう。

何故、周波数の多い音を高いと感じ、周波数の少い音を低いと感じるのであろうか。周波数の多少に応じる感覚を、高低という空間の上下を示す言語で表現するのは、諸外国でも一般に認められるところである。注 何故一致して、この表現が用いられるのか、全く不思議なことに思える。

従来、高い音は小さい音源から発せられるから、自然に上方におかれ、低い音は大きい音源から発するから、下方におかれるといった連想に起因するとか、発声の際の

注 独語 hoch nieder

仏語 haut bas

英語 high low

身体の共鳴部位に結びつけ、その連想によるという説明がなされた。しかしこれらの説明は、余りにもこじつけの感が強い。連想がもとで、諸民族に共通の用語が生まれるとは、到底考えられない。連想によるなら、もっと他の表現との結びつきが可能となる筈だからである。(和田 1950)

更に、音色についてみると、音色は、澄んだ、明るいといった視覚的なもの、柔かい、かたいといった触覚的なもの、甘いといった味覚的なもの、冷いといった温度感覚的なもの等、実に、様々の様相に結びついている。これをいちいち連想によって説明することは不可能であろう。

これらの表現は、他様相との連想などによるものではなく、おそらく、音色が、原本的に備えた性質によるのであろう。このような音色を表わす表現は、音源とのものの特性を示しているのではない。音が甘いのではなくて、音が甘く感じられるのであ

る。音が柔かいのではなくて、音が柔かく聞えるのである。すなわち、音を聞いた主体の感じを示しているのである。

感性体験が、このように、主体の状態性に迫る時、前述の如く、様相間の明瞭な区別は薄れ、各領域間の機能的関連性は増大するのである。そこでは、各様相の区別を越えた、何か共通の法則の働くことが考えられるのである。このような段階では、各様相間の区別を越えて、環境の受容に、生活体としての統一的な仕方があるように思えてならない。そこに、何故、音色の感じは超様相的に表現されるかの所以があるのではあるまいか。

われわれの日常体験に現われる音で、完全に対象のみにかかわる場合は、まれであろうし、同様に、自己の状態性のみにかかわることもまれであろう。実際には、常に両方の方向に、時々刻々、ダイナミックに変動しているものに相違ない。よく分化し

、分節した視覚においては、対象に接近し、一方、未分化な触覚、味覚等にあっては、自己の状態性に接近し易い。これら両者は共に、感性の分極のどちらか一方の極にかたよる傾向を持ちがちであろう。ところが、この両者の中間に属する聴覚においては、両極の間を、もっとも自由に変動しうるのではあるまいか。

音を聞いている自己の状態性に、対象性が向けられた時、われわれは、音を聞いて如何に感じたかについて、かなり明瞭に、分析的に答えることができる。

Wernerの感性体験の段階づけでは、対象に接近した才一段階の知覚の場合にもっとも、意識が明瞭で、自己の状態性に接近するほど、意識が不明瞭になるような感がある。Gurnowが行った実験は、音の空間的な現われ方についてのものであり、こういう現象に関する限り、確かにその通りかも知れない。

しかし、対象性は、云うまでもないことであるが、必らずしも、客観的対象のみに存する性質ではない。自己もまた対象性を獲得することが出来るのである。われわれが病に悩む時、自己の苦痛についてかなり明瞭に語ることができる。

上記の如く、聴覚は、対象と自己の二つの分極の間を、もっとも自由にダイナミックに動ける様相であると思うが、そのどちらの極に近い場合であっても、対象または自己に対象性を獲得させることによって、共に報告可能であろう。

対象性が客観対象に向う時には、その報告は、対象の名称でなされる。対象が音の場合には、たとえばそれはピアノの音であるとか、自動車の音であるというようになされる。対象の属性について聞かれた時には、その物理的属性で答えることができる。たとえば、60ホンの大きさの音であるとか、600 c/s, あるいは d^2 sharp の高さの

音であるというように答えることができる。

一方、対象性が音を聞いている自己の状態性に向う時、その表現は、共感覚的に、たとえば、甘い音とか柔らかい音というようになされるのが一般であろう。

このように、対象性がどこに向うかによって、報告の形式は異なるが、共に報告可能であることには変りはない。だが報告可能といっても、対象の名称について答えるには、対象の名称について知識がないと不可能である。未知の対象については、報告不可能である。また、物理的属性で答えるといっても、測定器その他いっさいの補助手段なしに、答えることは非常に難しい。訓練を受けた人であれば、単純な楽音に関しては、ある程度物理学的用語で報告することが可能であるとしても、やさしい仕事とはいえない。まして、現実の環境に満ち満ちた複雑な音に関して、物理学的用語で

答えることは、いかに訓練をうけた人でも不可能であろう。ましてnaiveな観察者にとっては、いかなる音でも物理学的用語で答えることは不可能である。

このように、音に関しては、対象性が音源に向う時、その報告はかえって困難となる。音を聞く自己の状態性に迫った表現で答える方が、はるかにやさしい仕事と考えられるのである。

この客観的表現の困難さが、音の世界の大きな特徴であると思う。そこで、音に関して報告が求められる際には、どうしてもその報告は、自己の状態性に関わる言葉で、すなわち、多分に共感覚的表現でなされるようになるのではあるまいか。

非実、知的、客観的、分析的判断を必要とする精神物理学的研究においても、音の質性に関する限り、高さ、大きさ、太さ、緻密さといった共感覚的表現が必要となるのである。視覚では、形、面積、長さ等に

ついて、視覚独自の客観的表現が可能であるのと比べて、これは著しい対照を示している。

さて、音色はHelmholtzが示したように音源を区別する特性として定義できる。この定義は、明らかに対象の認知、弁別に関わる側面からみた音色の定義である。

一方、Helmholtzは、種々の音源の音色を、柔らかい、快適な、粗い、はなばなしい、甘い、鋭いなどの表現を用いて示している。この表現は明らかに共感覚的であり、これは、感得に近い側面を示しているものといえよう。

音色の研究は、この二つの側面から行うことが可能であるが、従来は主として、心理音響学的立場から、音色の認知、弁別に関する研究が行われていた。しかしこの立場からの研究が、音色のもつ複雑多様性のために著しく立ちおくれていることは既にのべた通りである。

われわれは、音色の感得の面の研究に、大きな興味を感じるのである。何故なら、この側面こそ人間が音に対していかに感じているかの側面だからである。われわれは、この意味での音色の世界がいかに構成されているか、音色を表現する言葉を通して探究したいと思う。

従来この面の研究は、定量的取り扱いの困難な領域であった。しかしわれわれは、現在、共感覚現象を背景とし、情緒的、内包的意味の測定法として発展してきたSemantic Differentialを手法として持っている。

この方法を用いて、感得の面からみた音色の世界の解明を目指すのが本研究の目的である。

第 2 章

音色の精神物理学的研究

第1節　精神物理学的研究の前提条件

Helmholtz以後、音波の物理特性と聴覚との対応関係を追求する努力が、心理音響学を中心になされてきた。聴覚が音波によって規定される以上、この努力は当然必要であろう。心理音響学は、その方法として精神物理学的測定法を用いる。ところで、精神物理学的研究が意味を持つのは、ある限られた前提条件の範囲内に限られる。というのも、精神物理学的測定法そのものが如何なる対象にも適用できる方法ではないからである。むしろそれが適用可能なのは、非常に狭い領域に限られるのである。

従って、ここで音色に関する精神物理学的研究を紹介する前に、まず精神物理学的測定法の限界を明らかにし、次いで、精神物理学的測定法に不可欠的に要求される刺激の物理特性（音の物理構造）について説明したい。

さて、精神物理学はFechnerに由来し、彼はこれを“身体と精神との間の相互依存の函数関係に関する精密科学である”と定義した（Stevens, S. S., 1951, P. 30）。Boring（1950）によれば、Fechnerは、精神物理学によって、精神と物質は一つであり、結局それは精神に帰せられるといった、唯心論的な立場を打ち建てようとしたといわれるが、彼のこの哲学的背景は当時においても現在においても、心理学に大きな影響を与えず、むしろ彼の立場を実証するために考案し、組織化した測定法の方が大きな影響を与える結果となった。

さて、現在では精神物理学はどのように考えられているであろうか。

Stevens,（1951）は、精神物理学を“刺激形態に対する生活体の反応の科学”と定義しているが、Stevens自身も認めているように、かなり広義のものといえよう。

また、Guilford, J. P.（1954）は、精

精神物理学は、刺激と反応との間の数量的関係を取扱うもので、行動の理解ということの中には、当然、反応がいかに刺激に依存するかということについての知識も含まれるから、非常に広い意味では、心理学は大部分が精神物理学だということになるといっている。

このように、精神物理学を非常に広義に解釈するのは、心理学最近の傾向といえるが、Stevensなどは、調整法、極限法、恒常法といった伝統的方法の上に、更に一対比較法、品等法、価値段階法など、従来は評定法（実験美学的方法）に属していた方法も含めている。

更にGuilfordは、精神測定法（Psychometric method）の名の下に、精神物理学的測定法、評定法、テスト法の三者をまとめる試みをなしている。これらの方法は、一応独自の領域をもち、全く独立に発展してきたものである。しかし、最近では、こ

れら三つの方法が、相互に交錯して用いられるようになり、また Thurstone の比較判断の法則が、これら三つの方法に理論的な関連をつけるに及んで、三者の明瞭な区分はなくなってきたといってよかろう。

しかしながら、古典的な意味での精神物理学的測定法と、他の二法との間には明瞭に区別しなければならない点がある。

それは、精神物理学的測定法が、必ず物理刺激を必要とし、しかもその刺激を物理的に測定し、操作しうることが要求される点である。これに反し、評定法、テスト法では、対象が物理的刺激でなくとも用いうるし（例えば人の感じのよさの評定、或いは指導力のテストなど）、また物理的刺激と関連づけて適用する場合でも、その物理量について測定も操作もできなくとも用いることができる（例えば酒のこくの評定など）。

精神物理学的測定法は、伝統的にみれば

、Corso, J. F. (1963) も述べているように閾値測定法である。閾値は対応する刺激の物理特性の単位で表示される。この閾値は、いわば感覚の感度で、感覚は直接にとらえられないから、Fechnerは、物理単位で閾値を示すことによって、感覚量を間接的に測定することを意図したものといえる。

従って、精神物理学的測定法は、閾値を物理量で示すために、刺激と反応との間に明瞭な対応関係があり、しかも閾値を統計的に算出するためには、物理刺激にも、反応にも連続性を仮定できる過程にしか用いられないことになる。これらの条件が満たせる領域としては結局主として感覚、知覚に限定されてしまう。精神物理学的測定法は、物理量という、誠に明白で客観的な外部基準を持っているから、正しく適用された時には、精度においてすぐれているが、その代わり、前提条件が満たされなければ、全く無意味な結果しか得られない。すな

わち、実験において、種々の恒常誤差をなくすようにすると共に、被験者に厳密にindicator response（持崎，1963）を守らせる必要がある。それと共に、刺激の完全な物理的統制が要求される。

すなわち、一般の物理実験にみられるごとく、変数は独立に変化し、またその変化は十分な再現性をもって、自由に任意の段階もしくは連続的に可変であることが必要である。勿論その量は、十分な精度で物理的に測定可能でなければならない。従って、通常これらの条件を満たすために、知覚実験においては、刺激は物理的にいって大変単純なものが用いられることが多い。

これを音に限ってみると、音響心理学はその刺激として、もっとも多く純音を用いてきたが、これが全く単純で、その性質が明白で、物理的統制が容易だったからに他ならない。純音以外に用いられている実験音源は主として、白色雑音、鋸歯状波、矩

形波等の人工音で、その物理的性質がよく判り、かつ統制が容易なものに限られている。

現実の聴体験について知るには、音楽、音声、もの音等を刺激音として用いたいところだが、それらの音響構造が大変複雑であるので、精神物理学的測定法では処理できない場合が多い。また刺激にこれらの複雑な音を用いる場合でも、変数はそれら原音の物理特性についてよりも、むしろ伝音再生系の物理特性を変数として用いる場合がほとんどである。

純音の高さ、大きさは、物理的にみても、心理的にみても、精神物理学的測定法の恰好の素材であった。高さには、周波数が、大きさには振巾が比較的よく対応するし、周波数と振巾の変化は互いに独立に、容易に操作しうる。またそれらの正確な測定も可能である。そこで心理音響学に含まれるほとんどの研究が、この純音の高さ、大

さに関するものであったといってよいだろう（黒木、1957，P. 161）。

一方、音色に関してはどうであろうか。音色は、その物理的構造も複雑であろし、また、心理的にみても、多次元的である。

音色の心理音響学的研究には、多くの技術的難点があると思えるが、しかし一方、音色が、音の物理特性によって規定されていることも事実である。したがって、この問題を無視してはならないことも当然であろう。そこで、本章においては、主として心理音響学的立場から行なわれた諸研究を紹介し、これら諸研究の音色研究に対する貢献とその限界について考えてみたい。

そこで、この立場からの音色研究の嚆矢をなしたHelmholtzの研究をまず取上げたい。

第2節　Helmholtzの音色の研究

前節で述べたように、精神物理学的研究では、刺激の物理特性と感覚量との対応関係を追求する。

Helmholtzは、音の物理特性と感覚との対応関係を組織的に研究し、これを著書にまとめた。これが「音楽理論の生理学的基礎としての音感覚について」(1863)である。この本は単に歴史的意義のみならず、今日においても参考にすべき、多くの点をもっている。

そこで、現代における音の物理特性と感覚との関係を取扱った、いわゆる心理音響学的諸研究を紹介するまえに、彼の研究をふり返り、その意義について考えてみたい。

さて、彼の著書は初めて聴覚の問題を科学的に組織だて、集大成したものであって、出版当時、驚嘆と賞賛をもって迎えられ

たといわれている（Mach 1906）。

この本は、三部より構成され、第1部は“振動の合成について――部分音と音色”のテーマの下に6つの章が含まれている。

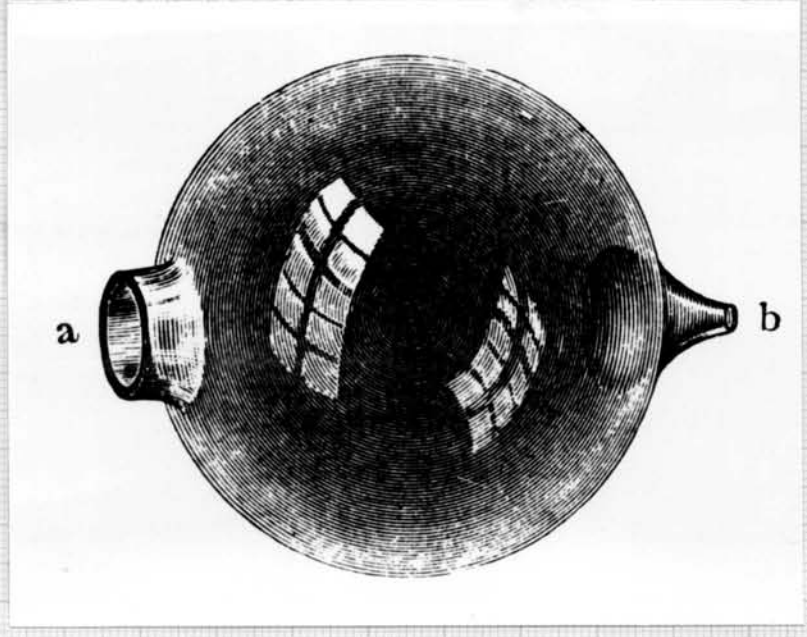
「第1章　一般的な音の感覚について」では、楽音と非楽音（雑音，noise）の区別、楽音を変化させるものとして、大きさ、高さ、音色があること、大きさは音波の振巾に、高さは振動数に依存すること、そして音色は波形に依存するのでなければならないことを述べている。次に、波形の概念と、波形を図示する方法（機械的な方法）について説明し、協和的な部分音（いわゆる倍音）の存在について述べている。

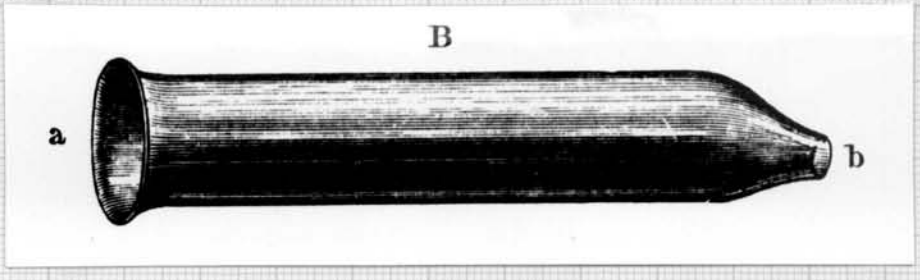
「第2章　振動の合成について」では、水面における波の振動を例にとって、複合波形は、正弦波の組合わせによって作られることを説明し、G. S. Ohmが見出したように、楽音は純音である部分音の合成によって作られることを示している。

「第3章　共鳴による楽音の分析」では、共鳴振動の機構の説明、共鳴器の固有振動と等しい振動が含まれている時、共鳴が生じること、図2-1に示すような正確な楽音の分析ができる共鳴器の説明を行い、次に、弦の共鳴振動について述べた後、楽器によって作られる音は、それが単一の音であっても、多くの正弦波の部分音より構成された複合音であることを証明している。

「第4章　耳による楽音の分析について」では、耳でも部分音を分析的に聞くことが出来ること、但しそれは困難な作業で、特別の訓練を必要とすること、耳には奇数倍音の方が聞きとり易いことなどを述べた後、耳による倍音分析の法則、いわゆるOhmの法則の証明の問題、Seebackのこれに対する反論、更にHelmholtzのSeebackの観察態度に対する批判などについて述べている。

「第5章　楽音の音色における差異につ





Helmholtz の共鳴器

いて」では、附随雑音(うの擦る音など)および音の発生時と減衰時に生じる雑音的な部分は除外して、立ち上がりと減衰の間の、一定の連続的な部分の楽音の音色を研究対象とすることにし、この意味の音色を、musical quality of toneと呼んで区別している。以下、種々の楽器音について、部分音構造と音色の関係についてしらべ、最後に、音色の一般法則をたてている。

「第6章 音色の了解について」では、音色が位相によって支配されるか否かの問題を取り上げ、種々の実験を通じて、musical quality of toneは、結局位相によって変化しないと結論づけている。最後に音色知覚の聴覚説として、蝸牛殻の神経織維の共鳴による部分音の知覚を取り上げた、かの有名な共鳴説について論じている。

以下、"第2部 協和の解釈について"では6章にわたって、結合音、唸、協和音、不協和音について述べ、不協和の理由を

部分音の唸の発生によって説明せんとする、いわゆる協和説を中心に論じている。

"第3部 楽音の関係について"では、7章にわたって、単旋律(monophony)音楽から、多声(polyphony)音楽を経て、協和(harmonic)音楽へと発展する段階について述べ、調性、和音、音階、不協和音等のいわゆる和声学的法則について論じ、最後に、美学との関係について言及し、如何なる性質の音が好まれるかについて興味ある論述を行っている。

Helmholtzのこの著書で、特に音色と関係深いのは、第1部である。上に紹介したように、同書の第1部第1章で、楽音と雑音(非楽音)の区別、いわゆる楽音の三属性といわれる大きさ、高さ、音色の分類、これら属性と音波の物理的性質との関係、楽音を特色づける倍音など、音響心理学、音響学の基礎的問題について明確に説明している。音色に関しこの章で注目すべきこ

とは、たびたび引用したように、音色の定義をなしたこと、音色を規定するものとして波形を仮定したことである。そして波形を規定する物理的要因として、音の立ち上り、減衰、部分音構造、位相、附加雑音のあることを明らかにし、更に才2、3章において、定常状態にある音波の波形を決定するものとして、部分音構造を考え、部分音を分析する共鳴器に関し、種々の工夫を行っている。彼は、楽音の音色を、部分音構造という幾つかの正弦波の組み合わせによって規定されるものと考えたのである。

彼のこの音色に対する考えは、その後の研究者によって踏襲され、たとえば音色の定義にしてもHelmholtzにならっている。

例えば、Warren, H. C. (1934)の心理学辞典では、「音色＝存在する部分音の数と相対的な強さに依存する複合音の特有の定性的側面；楽器は同じ基音で演奏されても、その音色によって、例えば上音構造

や附随雑音（例、バイオリンの弓の擦る音）における差異によって区別することができるとし、Harriman, P. L.（1947）の心理学新辞典では、「音色：異った音声や楽器が、同じ基音を用いても、区別しうる定性的特性。附随する音波（上音構造）及び偶発的な音響（軋み音）が音色を作る」と述べているのをみても、Helmholtzの定義と類似していることがわかる。

さて、Helmholtzは、第5章において、波形に影響を与える要因のうち、立ち上がり、減衰等の時間的変化、及び附加雑音等不規則な要因を除いた、全く一定して持続的な音波の音色をとらえることにした。この意味の音色が先にのべたmusical quality of toneである。このような音波の波形を規定するのは部分音構造のみである。そこで、Helmholtzは、次の種々の音について、部分音構造を分析し、これと音色との関係を追求した。

1、上音なしの楽音（Musical Tones without Upper Partials）；音叉。

2、不協和の上音を持った楽音（Musical Tone with Inharmonic Upper Partials）；強く叩いた音叉、ハーモニカ。これらの音は厳密にいえば楽音ではないが、基音に比べて上音が弱い時、一応楽音とみなしうる。

3、打弦の楽音（Musical Tone of Strings excited by Striking）；ピアノ、ハープ、ギター、チター等について、打弦の仕方、打つ位置、弦の密度、硬度、弾力等の要因に分けて、部分音を分析すると共に音色を記述している。

4、弓でひく弦の楽音（Musical Tones of Bowed Instruments）；振動顕微鏡（vibration microscope）という装具を考案し、これを用いて、弓で弾かれたバイオリンの弦振動を観察し、Fourier 解析を用いて、部分音の強さを計算している。例

えば、基音と第2上音、第3上音と第9上音、第4上音と第16上音とでは、前者に比べて後者の振巾が1/4になることを見出している。バイオリン又でなく、チェロ、ビオラについても観察している。

5. 横笛の楽音（Musical Tones of Flute or Flue pipe）；閉管（stopped pipe）における空気柱の振動様式について理論的に考察し、閉管においては奇数倍音しか発生しないことを発見している。

6. リードパイプの楽音（Musical Tones of Reed Pipes）；オルガン、クラリネット、オーボエ、バスーン等の木管、声帯などの振動様式の特徴と部分音の分析を行っている。

7. 音の母音性（Vowel Qualities of Tone）；共鳴箱を用いた実験において複合音を構成する部分音のうち、特にある部分音が、強められると、その音色は音声の母音に似た特徴を持つことがある。母

音を特徴づける部分音構造は如何なるものか、また実際の母音は多くの部分音を含んでいるが、その部分音を高い方から消して行った時、音色がどのように変化して聞えるかなどの問題について研究している。

これら種々の楽音についてのHelmholtzの研究の特徴は、まず発音体の振動様式を理論式或いは観察によって明らかにし、発音条件をいろいろ変化させながら、部分音構造を分析している。そして発音條件と部分音構造の関係を追求しながら、同時に部分音構造の変化によって音色がどのように変化したかを定性的に記述している。

この結果をもとにして、次のような音色の一般法則を導き出している。

1. 純音は共鳴器付の音叉、wide stopped organ pipeから発生するが、非常に柔らかく、快適で粗さが全くないが、力がなく低音では鈍い。

2. 第6倍音まで適当な強さで部分音を

有している楽音は、調和しており音楽的である。純音と比較して、それは豊かで、はなばなしい。なお、高い上音部分がなくなると、この音は完全に甘くそして柔らかくなる。これに属するものとして、ピアノ、開管オルガン、柔らかく小さく発声した人間の声、フレンチホルンなどがある。なお人間の声とフレンチホルンは、高い上音をもった楽音に変化することがある。フルート及び開管オルガンは、弱い風圧で吹くと純音に近づく。

3、narrow stopped organ pipe、ピアノの弦を中央でたたいた時、及びクラリネットの音のように、奇数倍音しか存しない場合には、音色は洞ろになる。そして奇数倍音の数が多い時には、鼻がはりの音になる。基音が強い時、音色は豊かになる。反対に基音が上音と比べて力が十分強くない時、音色は貧弱になる。そこで、広い開管オルガンは狭いものより音色が豊かにな

り、弦をハンマーで打ったピアノの音の方が、指で打ったり、はじいたりした時より音色が豊かになるのである。また適当な共鳴箱を持ったリードパイプの音は、共鳴箱のないものより豊かになる。

4、オ6、或いはオ7以上の部分音が非常に明瞭な場合には、音色は鋭く且つ粗くなる。この理由は、上音が互いに形成する不協和音による。粗さの程度は非常に異っている。粗さが余りひどくない時、上音の存在は複合音の音楽適合性を損することなく、逆に音楽に性格と表情を与えるのに役立つ。この特徴をもつ楽音は、弦楽器、ほとんどのリードパイプ、すなわちオーボエ、バスーン、足踏みオルガンの音及び人間の声である。粗い、うばの鳴くような金管の音は非常によく透る。そこで柔らかい音色の音よりも非常に力強い印象を与える。金管を卓越に用いると、芸術的音楽には向かないが、オーケストラにおいては偉大な

効果を発揮すると述べている。そして、彼は第6章において、位相と音色に関する実験を行った後、重要な法則として、次の定義を行っている。"musical quality of toneは、単に部分音の存在と強さにのみ依存し、部分音が構成された時の位相の違いには影響を受けない"と。

第3節 Helmholtzの研究に対する評価と批判

さて、Helmholtzの説に対する後世の評価はどうであろうか。Machによると、出版後約40年を経た20世紀頭初において、既にHelmholtzの協和説、共鳴説にかなりの批判者があったとのことである。次に、彼の説に対する批判について述べたい。

1、協和説に対する批判 Helmholtzの協和説において、不協和音は、その二音のもつ倍音が一致するものが少く、倍音相互の間に唸りを生じ、それによって、ざらざらした粗雑な印象を与え、一方協和音は、倍音が一致し、唸りが生じないというのである。しかし、Stumpfがあげているように、700℃/sと1000℃/sを同時に鳴らした場合は唸りは生じないが不協和音である。また同じ音程でも低音部になると唸りは著しくなるが音程の協和感はどの音域で鳴らしても変らない。そのほか、不協和音程の音

を左右の耳に別々に入れて、しかも唸りのでない程度に弱く鳴らしても不協和感は同じである。また楽音の音色のちがいによって倍音の強度関係は違うから、倍音相互の唸りも変化を来たし、協和感も変る筈だが、実際そういうことは認められない。さらに、200 c/s と 300 c/s は5度音程で極めてよく協和し、毛実唸りは発生しない。ところが 200 c/s と 301 c/s では両者の振動比は 2:3.01 と大変複雑なものになり、当然唸りを発生する。ところが、二音の協和の程度は殆ど変らない（和田、1950より）。このように、Helmholtzの説には多くの問題点があるので、定説として認められていない。協和説には、Stumpf, Kruger, Lipps, v. Hornbostel, Watt, のものなど多数あるが、それぞれ弱点をもっており、今日定説として認められるものはない。大体、協和現象は感情と密接な関係があり、文化や音楽の歴史とも関係がある現象であるの

で、音の物理的性質に帰する説明や、単なる知覚心理学的な取扱いでは解決できない問題であるように思える。

2、共鳴説に対する批判　次に、Helmholtzの共鳴説において、彼は、基礎膜の神経繊維は、蝸牛殻の入口から尖端に至るにつれて長くなっているから、当然との固有振動を異にし、高音に対しては短い繊維が、低い音に対して長い繊維が共鳴して振動し、従って高さの別は、基礎膜上の興奮する繊維の位置が支配し、大きさの差異は基礎膜の振巾の大小、従って興奮の大小がこれを支配すると説明する。共鳴説は共鳴の位置に関するものであるから、場所説ともいわれ、ピアノ、もしくはハープの共鳴と似ているところから、ピアノ説またはハープ説ともいわれている。この場所説は、Johannes Millerの特殊神経エネルギー説に依拠し、従って異った高さには常に異った神経繊維が対応する筈だというのであ

る。

その後、聴覚説には、耳は単にマイクのように音を受けてそのまま中枢に伝えるだけの役割しかしていないとするRutherford (1898) 等の電話説や、基礎膜上にできた音像によって音の高さ、大きさを弁別するとするEwald, J. R. (1899) の音像説、基礎膜全体の振動を考えるMeyer, M. (1896) の波導説などが続出したが余り支持されずに終った。

1930年, Wever, E G と Bray, C. W. によって提案された斉射説 (Volley theory) は、共鳴説に対立する強力なものであった (Wever, E. G. 1949)。彼等は猫の聴神経に電極をつけ、猫に音を聞かせた場合にその回路に生じる電位差を真空管増巾機で増巾して受話器で聞いてみた。すると猫の耳に入れた150 c/s から5200 c/s の音は明瞭に聞くことが出来、話声もはっきり理解することが出来た。これがWever —

Bray効果と呼ばれるものである。この効果の発見によって以前の電話説が再び問題にされるようになった。たゞし電話説にはわれわれが5000 c/s以上の純音を聞くことができるのに、哺乳類の感覚神経は、精々1秒間に600～700回のインパルスしか伝えることができないという矛盾を説明できない難点をもっていた。しかしWeverとBrayは、この難点について次のように考えた。すなわち、神経織組を束として考え、ある神経織組が不応期にある間は他の織組がインパルスを出すとすれば、神経織組の束は5000 c/s以上のインパルスを伝えることができる。また相対的不応期は刺激強度に依存するから、音の強度を増した場合には不応期は短縮し、全体としてのインパルスの数を増すことになり、音の感覚の強さも理解できることになる。

1928年、Adrianによって知覚神経の悉無律（all or none law）が確立され、特

殊神経エネルギー説の誤りであることが明らかにされ、更にWever-Brayの発見によって基礎膜の共鳴による周波数分析の役割りも疑わしくなってきたわけである。

ところが、その後Wever-Brayの発見したのは、神経伝導ではなく、蝸牛殻内に生ずる電位であって、これは音の波形に対してマイクロホンと同様の作用を示すところから、蝸牛マイクロホン効果（cochlear microphonics）と呼ばれることとなった。

更にその後、Davis, Galambos, 田崎等の研究によって、初めは、音声電流と同じ波形と思われていた蝸牛マイクロホン効果が蝸牛殻の位置によって異り、蝸牛窓に近い第一回転では100～10000 c/sのすべての電流が記録できるのに対し、第2、第3回転では段々高い周波数が出なくなり、第4回転では低い周波数だけしか記録できないという、再び場所説に有利な結果が得られた。これは、Békésyが1943年に、鐙骨

を一定振巾で振動させた時の蝸牛隔壁の振動を、蝸牛にとりつけた小さな鏡の反射を顕微鏡で観察することによって得た結果を裏づけている（Békésy, G.v. 1960）。

最近の聴覚機構に関する研究より、蝸牛殻において、周波数分析が行われていることが判明し、且つ神経繊維はそれぞれ伝導する周波数を異にしていることが明らかになるなど、一見Helmholtzの場所説を裏づける事実が得られている。しかしそのメカニズムとしては、Helmholtzが考えたような神経繊維の弦振動ではなく、基底膜に張力が全然かかっていないことからリンパ液中の進行波によって起った基底膜の振動の最大振巾の位置によって周波数分析が行われるのではないかという説が有力である。

この蝸牛殻の測定は技術的に非常に微妙で、用いる電極は、ガラスの毛細管を用いた数ミクロンという微小なものであり、観測される電位も小さいからすぐれた増巾機

、測定機が必要となる。

Békésyの顕微鏡を用いて観察する方法は更に困難で、Békésy以外にこの方法に成功した人はなく、ために一時彼の成果に疑問を持たれた時期があったとさえいわれる位で如何にこの技術が名人芸を要するものかがわかる。

Helmholtzの共鳴説はそのままの形では到底受け入れられないが、100年も前の電子技術の全然なかった時代に、少くとも基底膜の場所によって、周波数分析が行われているという考えを導き出したことは、やはり偉大な業績といわねばなるまい。

3. 音色の問題点　音色に関するHelmholtzの説について、次の諸点が問題となる。

1) 彼は、雑音や時間的変動など、不規則な部分を除いた、定常的な楽音の音色をmusical quality of toneと呼んで、これと音波の部分音構造との関係について実験

を行ったが、この限定された意味での音色は、現実の音色の印象とかけ離れたものではないか。

2) 1)と関連して音色は部分音構造のみではなく、Helmholtzが不規則なものとして除外した、雑音や時間的変動によって、大きく影響をうけるのではないか。

3) 部分音の相対的な高さまたは強さのみならず部分音の絶対的な高さ、もしくは強さが音色に影響を与えないか。

4) Helmholtzが種々の楽器について行った部分音の分析結果は正しいか。

5) またその際、彼が行った音色の印象の定性的記述は妥当なものであろうか。

6) Helmholtzは主として、分析的研究を行ったが、音色と部分音構造との関係を明瞭にするためには、正弦波の組織的な組み合わせによる楽音の合成の実験が必要ではなかったか。

7) Helmholtzの"区別する特性"とし

ての音色の定義に不十分な点はないか。

以上の諸問題点があるように思う。このうち、1) 2) に関しては、本章第四節で触れる予定であるが部分音構造以外にも、音色を規定する多くの要因がある。また楽音に限らず、多分に雑音的な種々のもの音も、それぞれ特有の音色を持っている。したがって単に研究対象を楽音、それも部分音構造との関連のみによってとらえることは、余りにも問題を限定し過ぎるように思う。

われわれが単に、楽音の定常的な部分音構造のみによって、楽器の音色を弁別しているのでないことは、Stumpfの行なった次の実験をみてもわかることである。(和田1950より引用)

彼は、フリューート、フアゴット、トロンボーン、クラリネット、テノールホルン、アルトホルン、トランペット、コルネット、バイオリン、セロ、箱付音叉の十二楽器

を鳴らして、その鳴り始めから少したった中間のところだけを2秒間だけ切って、壁の窓から隣室へ送り、そこにいる5名の観察者に何の楽器の音であるか判定させた。これらの観察者は日頃実験に用いた楽器に親しい音楽家もしくは音響学の専門家であったけれども、一回も間違わずに当てることの出来た人は1人もなく、大抵の人は約三、四十回の観察中、約半分は楽器の名を間違えて判断したという。

フリュートを音叉、コルネットをトランペットなどと間違えるのは音色が似ているからよいが、中には音叉とコルネットと間違え、バイオリンをファゴットやオーボエと誤って判断した場合があったという。

これらの結果は、部分音構造のみでは、音色の正しい判断が困難であることを示している。

ところが、このdataには、音全体を聞いて判断したものが含まれていない。鳴り始

めから終りに到る迄べての過程を聞いても果して100%正確に判断できるかどうか問題である。われわれが日常音楽の演奏を聞いていて、直ちに何の楽器か分るものもあるが、反面わかり難いものもある。

Eagleson, H. V., & Eagleson, O. W. (1947)は、楽器名の判定において、楽器の鳴り始めから終りまで全部聞く場合と、伝送再生系を通して、再生系のスイッチを開閉することによって、定常的な部分のみを5秒間聞かせる場合の二つの場合について判断を行なわせている。観察者は、音楽の個人教授を受け、クラブ活動をしている14人の学生と、楽器の演奏のできない13人の学生と、8人の専門の音楽家の3グループから構成されている。

第2-1表がその結果であるが、やはり直接音全体を聞く場合の方が総じて正答率は高い。これは一応Stumpfの結果を裏づけているが、両ケースの差は僅かである。しか

Goups	Mode of presentation	Bells	Trumpet	Cymbals	Violin	Saxophone	Clarinet	Flute	Alto horn	Piccolo
14 musicians	directly	80	80	99	69	67	50	7	44	0
	p.a. system	71	33	89	55	44	54	13	8	0
13 non-musicians	directly	65	65	62	60	54	40	18	17	3
	p.a. system	46	54	60	53	35	18	23	12	0
8 musicians	directly	55	53	90	94	53	43	45	8	30
	p.a. system	30	55	40	82	55	13	33	8	35

表2-1　楽器音の正しく弁別された比率（%）

れ、全グループを通じ、音全体を聞いた場合でも100%正しく判断された楽器は一つもない。鐘、トランペット、シンバル、バイオリンは比較的正しく判断されているが、アルトホルンでは専門家でも僅か8%しか正解していないし、ピッコロも音楽に経験のある学生全部が誤った判断をしている。この実験では実際の曲の演奏をするのでなく、各楽器ともCの音を単独に鳴らして判断されているが、このような音の与え方では音色の判断は大変難しいものであることがわかる。また音楽に対する経験や訓練もそれほど有意な結果として出ていない。

この結果より、音全体を聞いた方が勿論正答率は高いが、しかし定常部分だけ聞いても、楽器によっては、かなり高い正答率を得られるところから、部分音構造がやはり強力な手掛りを与えていることが理解できる。

しかし、バイオリンのようによく熟知さ

れた楽器でも、この実験のように一つの音を単独に与えるというやり方では、正しく判断されない場合がかなりあることから、実際の音色の判断には音の流れ、音から音への移り変りといった時間的な音色の変化がやはり大きな手掛りを与えているのではないかと想像できる。

なお、私の卒業論文において無意味音系列を作るために、テープレコーダーに録音した音声、楽器音を、逆回転して呈示したことがある。この場合は、部分音構造は変化しないが、時間的構造は全く逆になってしまう、このようにして呈示すると、音色は全く変容し、それが何の音か理解できた被験者は一人もなかった。

これらの事実は、部分音構造だけが楽音においても音色を規定するものでないことを物語っている。

3) Helmholtzは、音色をきめるものは上音の番号（基音に対して何番目の上音か

)とその基音に対する相対的な強さであると考えた。従って、こゝで問題になるのは、基音に対する上音の相対的関係であって、その絶対的な振動数或いは強さには関係しないことになる。これに対しStumpf(1883)は部分音のうちには音色をきめるのに重要な役割をするものと、そうでないものとがあり、前者を特に形成音(formant)と呼ぶことにした。この形成音には基音の高さが変ると共に、その高さも変化し、それ自身として別に決った高さ、或いは高さの範囲を持たない形成音で、Stumpfはこれを動く形成音と名附けた。もう一つは固定形成音と呼ばれるもので、これは基音の高さが変っても、余り高さの変らないものである。

この両者のうち、どちらが主として音色を規定するかというと、それは動く形成音の方で、従ってこれは主形成音とも呼ばれる。一方、固定形成音は、音色を十分な

のにするために、ぜひ必要であって、副形成音ともいわれる。

なお、大切なことは、部分音の中でもっとも強いものが主形成音になるとは限らない。すなわち、音全体の中での強い部分音は必らずしも最もよく音色を特徴づける部分音ではない。このことは副形成音についても同様である。主形成音は、基音に対してある高さ、或いは高さの範囲にあることが必要なのである。

この形成音は、語音の弁別の場合に重要な問題となる。すなわち、われわれが種々の声質、高さで会話しても、相互に語音が弁別できる。こ、で波形、部分音構造ともに相違している音が同じ語音に聞えるのは、何か語音の音色を特徴づける形成音があると考えられるからである。そこで、フィルターによって、たとえば、アの母音の部分音を順次除去しては聞いて、アがアと聞えなくなった時の部分音をしらべる。これ

が、アをアと聞えさせるために必要な形成音で、たとえ声質、高さが異っても、同じ周波数範囲にあることが知られている（Fletcher, H. 1953）。従って、語音を周波数分析してこのformantの位置さえわかれば、音を聞かなくても、それが何の音か知ることができる。この形成音を機械的に弁別して、語音を認知しようとするのが、いわゆる音声タイプライターで、現在盛んに研究されている。

これらの結果は、Helmholtzが考えたように、部分音の相対的関係のみが音色を規定するのではなく、固定形成音のように、その絶対的な高さも関係すること、また部分音がすべて音色に関係するのではなくて、特に音色を強く規定する部分音のあることを示している。

4) Helmholtzの楽器の分析結果と、Olson, H. F. (1952)の分析結果を比較してみた。Olsonは、マイクロホン → 増

中音 → ヘテロダイン分析器 → 陰極線オシログラフを組み合わせた装置を用いて分析しているので、その結果は信頼できるものと思われる。

その結果、例えばピアノが第6倍音まで適当な強さをもっていること、クラリネットが奇数倍音しか有していないこと、リードパイプオルガン、オーボエ、バスーンでは第6、第7以上の倍音の強いことなどHelmholtzの結果と一致し、Helmholtzが100年も昔に各部分音構造の特徴を正確にとらえていたのに驚かされる。ただ、これはあくまで定性的にみた場合であって、Helmholtzは弦についてその部分音振巾を計算で求めているが、この数値と、Olsonの音響スペクトルの山にはかなり不一致がある（ただし、音響スペクトルは発音条件、用いた楽器の機械差に影響されるから、一致しないのは当然かも知れないが）。

5) 音色の印象の定性的記述に関しては

、Helmholtzは大変興味ある記述を行っている（オ5章118頁）。しかしこの記述はあくまで彼自身の主観に基づくもので、誰にでも同じ意味で受けとられるかどうかの保証はない。また彼の用いた言葉だけで、それぞれの音色の特徴を完全に描写しつくしているという保証もない。そこで言語を用いて音色を表現する場合、明らかに音色を表現し、すべての人々に共通の意味を持ち、意味の安定した言葉を、準備する必要がある。これは言語による測定の妥当性、客観性、信頼性の問題に他ならない。このことは、本論文のテーマと密接に結びつく問題で、オ四章において詳しくとりあげる予定である。

6）音色が如何なる物理的性質によって支配されるかを知るには、分析による方法がある。しかし物理学的にみて、分析が果して正確で完全であったかどうか確認するには分析で得た要素を合成してみて、再び

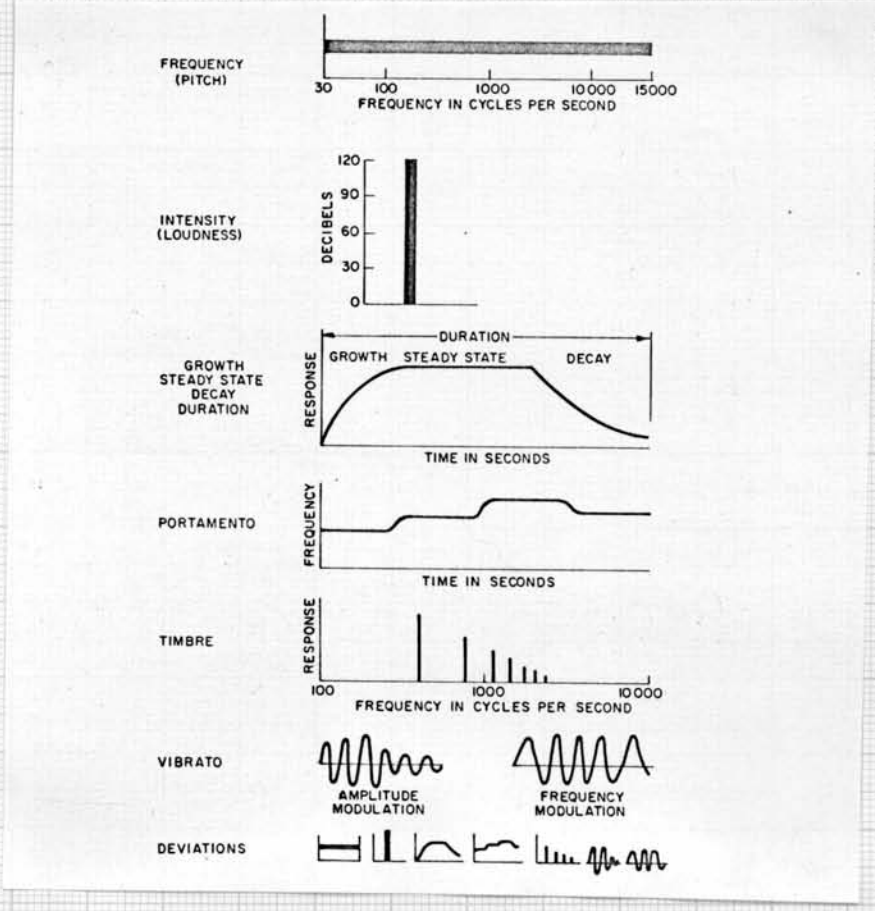
もとの複合体が得られたかどうかを検証することが必要であろう。Helmholtzはこの試みをなしていない。この問題を組織的に行ったのが、Olson, H. F. & Belar, H. (1955) である。

彼等は種々の楽器、音声を詳細に分析し、楽器の波形を特徴づける種々の要因を明らかにした。

これらの要因は、次のものである。

1. 周波数—高さ
2. 強さ—大きさ
3. 持続時間
4. 成長(立ち上り)と減衰
5. ポルタメント(portamento)
6. 波形—timbre
7. 低周波数変調—ビブラート(vibrato)
8. 不規則的変動

なお、6. 波形—timbreは、瞬間的な部分音構造を意味し、いわゆる狭義の音色を指している。なおこれを図示すると、オ2-2



第2-2図 音の基本的性質

図のようになる。

OlsonとBelarは、これらの物理的性質を自由にコントロールできる装置、すなわち、Electric Music Synthesizerを作製した。この装置は、上記の諸矢に関し、あらかじめ分析した結果にもとづいて、紙テープにパンチしておく。この紙テープをドラムにかけると、リレーが複雑に働いて、テープが指示する周波数、強さ、持続時間、成長と減衰、ポルタメント、部分音構造、変調等で音を合成し、これをレコードに録音する。

Synthesizerによって合成された音のレコードが、RCA Victorより市販されている。私もこれを聞いてみたが、なかなか巧みに音の特徴をとらえている。バンジョーや、マンドリンの音色など本ものそっくりである。しかしピアノは時間的変化が何か不自然で、音声に至っては全然人間の声らしく聞えなかった。音声のsimulation

の難しいことは、Olsonらも認めているが、しかしピアノとバイオリンに関しては、かなり自信を持っているようである。例えば、Iturbi、Rubenstein、Horowitzの演奏したピアノ曲（ショパンの作品53のポロネーズ、ドビッシイの月の光）及びKreislerの演奏したバイオリン曲（Kreislerの Old Refrain）と、Synthesizerによって合成したこれらの曲とを聞き比べたところ、標準的な統計的手法に訴えて検定して、70%の確かさで、4人のうちの1人だけが、どちらが人間の演奏で、どちらがSynthesizerによって合成された音楽であるかを云い当てることができるに過ぎなかったということである。この結果については、かなり疑問を感じるが、しかし先にも述べたように、種類は限られるが実際の楽器音と非常に似た音色を作り出すのに成功しているのは確かである。このように実際の音色に近いものを作るのに成功したとい

うことは、分析も合成も共に正確であることを実証できたといえる。一方、似た音色に作れないということは、物理的にみて（心理的にではない）、分析が不正確であるか、或いは合成の仕方がまずいかのどちらかである。この場合には、まだ何か統制できていない物理的要因が存在していることを示している。

楽器音の認知、弁別という問題に関し、精神物理学的な立場から音色の研究を行うには、このMusic Synthesizerは大変有力な装置である。しかしこの装置は、非常に複雑な機械で、簡単に製作したり購入したり出来ないことが難点である。音色の精神物理学的研究には、刺激の統整に、高度の技術を要するが、これが研究の最大の障害になっているといってよいかも知れない。

7）音色に関して、Helmholtzは、二つの定義をなしているように思える。一つは、最初にのべた、楽器音や人間の声を相互

に区別する特性（peculiarity）としての音色であり、もう一つは、部分音構造のみによって規定される楽音の定常的な部分の音色である。Helmholtzは後者に関しては、音色（tone quality）という言葉は用いず、musical quality of toneと呼んで区別している。

そこで、前者の意味での音色を広義の音色、後者のそれを狭義の音色と区別する場合もある（和田1955、高野1935、Seashore 1938）。

Helmholtz自身は、musical quality of toneに対しては、音色という言葉を用いず、極めて限定した意味に使っているが、後世の研究者はむしろ主としてこのmusical quality of toneを一般に音色として考えているようである。これは、先にのべたWarrenやHarrimanの心理学辞典をみてもわかるし、我国の心理学事典（平凡社）にも“音色（timbre、tonecolor、tonal

character) は部分音の強度関係によってきまる" と定義している。Olson も彼の musical engineering で" 音色 (timbre) は、楽器の瞬間的な音響スペクトルである。音色は基音と上音の両方の周波数と振巾を含む" と定義し、Boring (1950) もまた" 音色 (the timbre of tone. its Klangfarble or musical quality). は、基音と共に現れる倍音のパターンに完全にもしくは部分的に依存する" と述べている。

これらの定義は、主として部分音構造に規定された音色であるから、Helmholtz の musical quality of tone の定義をそのまま踏襲しているように思える。Helmholtz が極めて限定した意味に用い、彼自身は音色という言葉をあえて用いなかった musical quality of tone の定義を、そのまま、音色の定義に置きかえて不用意に使われているように思える。

音色は、そもそも心理現象である。十分な現象規定も行わずに、単に刺激の物理的性質の言葉によって音色を定義するのは明らかに恒常仮定的誤りを犯しているといえる。われわれの日常体験に現われる豊かな音色の印象は、決して音の物理特性のみによって固定的に規定されるものではない。また、かりに音色を刺激の物理特性によって説明することを認めるとしても、音色は多くの物理的要因によって規定される。従って、部分音構造によって規定される音色をmusical quality of toneと名づけるなら、時間的変化によって規定される音色、附加雑音によって規定される音色など、それぞれに独自の名前をつけねばならぬことになってしまう。このように違った名前をつけることは、不可能ではないが煩雑である。果して刺激の性質によって音色を区別することに意味があるであろうか。現象的に同じなら、たとえその現象を規定する刺

激が異ってても、同一の概念の中に含めるべきであろうし、存在する刺激が同一であってても、異った現象を問題にする場合には心理学的には別の概念を定めるべきであろう。従ってHelmholtzのmusical quality of tone を tone quality から区別して定義することは物理学的には意義があるかも知れない。しかしこの定義は心理学的にみると余りにも音色の意味を制限し、かつ、一種の恒常仮定的な誤りを導きやすいという欠点を持っているように思える。

さて、一方、Helmholtzの区別する特性としての音色の定義であるが、これは誠に明快で、特に音色を操作的に定義づけるには大変都合よい。またこの定義にあるように、楽器音、人の声が、同じ高さ、大きさであってても相互に弁別できるのは、音色の重要な面であろう。しかし音色は単に、外界の認知、弁別の手掛りを与えるというだけでなく、音色特有の種々の感情を聞く人

に与える。Seashore (1942) も述べているように音の印象は、音色によって特に大きく支配されるが、Helmholtzの定義にはこの点の考慮が欠けている。またHelmholtzの定義をそのまま踏襲している後世の研究者の多くも音色における、いわゆる感情的側面には比較的関心が薄いように思える。

この問題は本論文のテーマと密接に関連のあるところである。第1章においてもふれたが、本章第4節および第4章において取り上げたい。

さて以上Helmholtzの研究についての考察をまとめると、次のごとくいえよう。

Helmholtzの著作"Sensation of tone"は音響に関する物理学的、生理学的、心理学的知見を集め、かつこれら3つの領域の関連をつける試みをなすと共に、聴覚に関し新しい知識を加えた。Helmholtzの説は、後世の研究者に刺激を与え、多くの研究がHelmholtzの理論の検証もしくは批判

という形で出発した。

Helmholtzの共鳴説、協和説をめぐって多くの論争が展開された。これらの説は今日では定説としては認められていない。しかし共鳴説は、今日ではほぼ定説と認められている場所説の先駆をなしたという大きな歴史的意義をもっている。

一方、音色に関して、彼の影響は今日においても非常に大きい。音色の定義も、部分音構造の重視も、そのまま、今日の多くの研究者によって受け入れられている。しかし、Helmholtz自身も認めているように、音色は部分音構造のみによって支配されるものではなく、多くの複雑な物理的諸要因によって規定される。さらに音色は単なる認知、弁別の手掛りとしての意味しか持たないわけではない。従って音色の研究は、音色を規定するすべての物理的諸要因に対して周到な考慮が必要であると共に、物理学的にも音の印象を規定するものとしての

音色の複雑、微妙な側面について十分な考慮が必要であろう。Helmholtzは、この音色の印象的側面に関しても、大変興味ある論述を行っているが、これはあくまで定性的、主観的な記述であって、いわば個人的な感想の域をでない。この面に関する心理学的な考慮を必要とする所以である。

第4節　音色を規定する物理的性質

本章第1節で明らかにしたように、精神物理学的研究では、知覚に対応する刺激の物理的性質を知ることが必要である。これについて、第2節で紹介したように、Helmholtzは、初めて音の波形と音色との対応関係を明らかにし、さらに、波形を規定する諸条件のうちで、特に部分音構造と音色との関係を追及した。しかし、第3節で、論述したように、Helmholtzの研究には、いくつかの問題点がある。そこで、本節では、これら問題点のうち、特に、音色を規定すると思われる物理的諸性質について、現在の心理音響学的観点から考察してみたい。

なお、本章第1節で説明したように、音色は原音そのものの物理的性質によって規定されるが、さらに音が伝送再生系を通った場合には、系の物理的特性によっても大

(20×20)

きく変容する。現代のような電子通信時代においては、ラジオ、テープレコーダー、電話等の伝送再生系の物理的特性と、それを通った音声、音楽等の音色の変容は重要な問題である。さらに、心理音響学的実験は、今日では必ずといってよいほど、伝送再生系を用いて行うので、系の特性と聴感との関係について考慮することは必要である。

本節では、まず第1項に原音の物理的性質について説明し、次いで第2項において、伝送再生系の物理的性質と音色の関係について述べたい。

第1項　原音の物理的性質

1　波形（Waveform）

音波は空気の疎密波である。すなわち振動体の振動に伴って、空気の密度の高い部分と低い部分が急速に変化し、この変化が空気中を伝播していく。この場合、空気分子自身はあまり動かないで、この振動状態だ

けが、空気の弾性の力によって、遠くへ伝えられるのである。そこで、実に僅かなエネルギー変化であっても、音はかなり遠方まで伝わるのである。

さて、音波はこのように空気の密度の高い部分と低い部分とが急速に交代して変化する疎密波であるが、この疎密の交代が1秒間に繰り返す回数を周波数f（frequency）とよぶ。周波数はcycle per second（略して、C.P.S. または c/s）またはHertz（略してHz.）を単位として表示される。10 c/s または 10 Hz. の音とは1秒間に疎密の交代を10回する音のことである。われわれは20～20000 c/s の音を聞くことができるといわれている。

この空気密度の疎密の変化はエネルギー（watt/cm²）または圧力（μ bar）として示すことができる。たとえば大気の圧力は約1000m barであるが、空気が振動すると、それに応じて圧力に増減を生じる。こ

の圧力の実効値をもって音圧とする。なお刺激域は $2 \times 10^{+4}$ μ bar，刺激項は 2×10^{-2} μ barというように、約100万倍の広い範囲にわたっている。そこで 2×10^{-2} μ bar を基準値として、通常対数表示をしている。これを音圧レベル（sound pressure level）とよび、デシベル（dB）で表示する。

$$dB = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

P_0（基準の音圧）$= 2 \times 10^{-2}$ μ bar

P ……任意の音圧

また、基準の音の強さ（10^{-16} watt/cm^2）について、次のようにdB表示することができる。これを強さのレベル（sound intensity level）とよぶ。

$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

I_0（基準の強さ）$= 10^{-16}$ watt/cm^2

I ……任意の強さ

なお、音圧レベルと強さのレベルの間に

は次の関係がある。

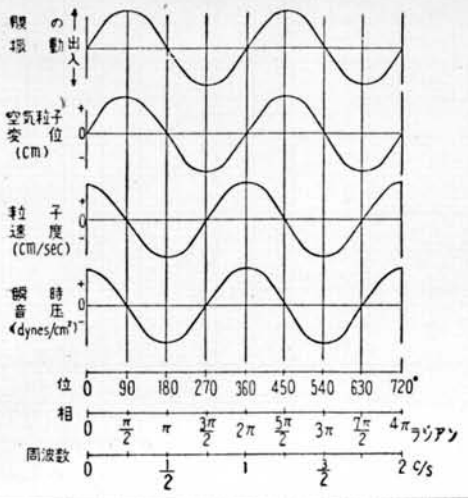
$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

振動のもっとも基本的なものは、正弦波であるが、正弦波について、スピーカーのコーンの振動、空気粒子の変位とその速度、音圧変化の関係を、黒木に従って第2-3図に図示しておく、このように音を時間に関して分析し、縦軸に振巾、横軸に時間をとって表示したものを波形という。

2、波形と音響スペクトル（audio spectrum）

波形は音を時間に関して分析したものであるが、これに対し音を周波数について分析したものが音響スペクトルで、縦軸に振巾および位相、横軸に周波数をとって表わされる。

1822年、J.B.J.Fourierは周期的な複合波形はすべて正弦波に分析しうることを発見し、彼は波形から、その成分である個々



$y = A \sin \omega t$

$y = A \sin \omega t$

$\mu = A \sin \omega t$

$P = A \omega \rho c \sin(\omega t + 90°)$

y＝変位　　ω＝角速度
μ＝粒子速度　　ρ＝空気密度
P＝交流圧力　　c＝音の速度
A＝最大振幅　　t＝時間

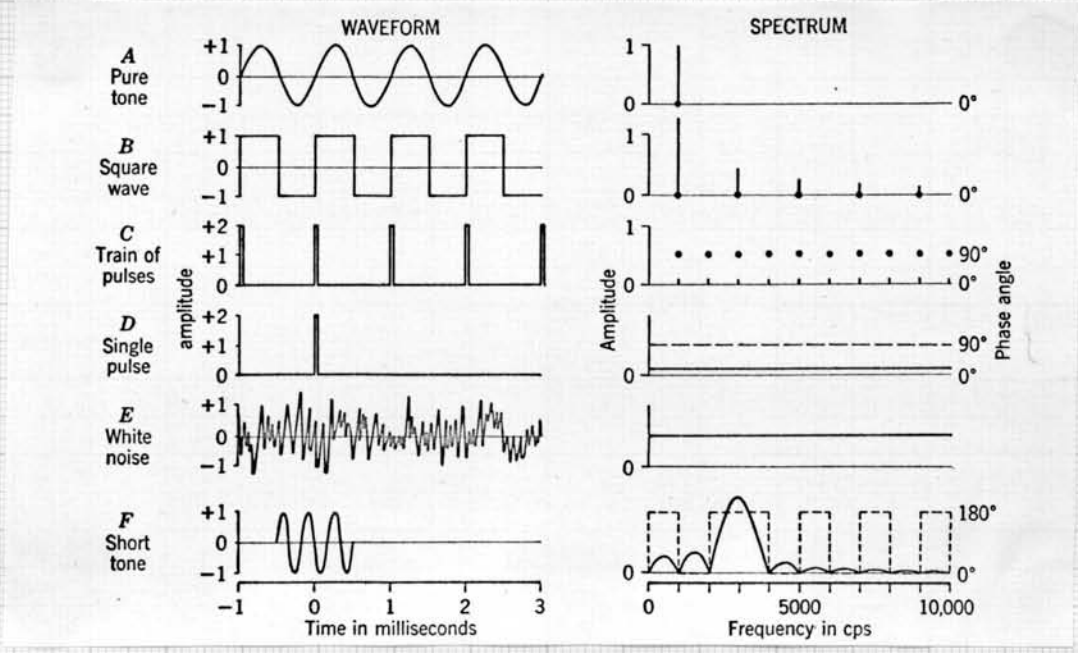
純音音源の振動と平面進行正弦波の各相の波形と式

第2-3図

の正弦波の周波数と振巾を計算する方法を案出した。これがFourier解析といわれるものであるが、1843年、G.S.Ohmは耳による上音分析の事実を発見し（Ohmの法則）、更に音の波形の場合にも、Fourier解析が適用できることを明らかにした。

音響スペクトルは、これらの事実に基づいて、ある複合波形を構成する個々の正弦波の周波数、振巾並びに位相をグラフ化したものである。なお、この複合波形を構成する個々の正弦波を部分音と呼ぶ。複合波形はそのまゝでは大変複雑な形をしていて、直観的には理解し難いが、音響スペクトルに変換することによって、波形のもつ性質の把握が容易になる。Fourier解析の計算手続きは複雑なので、ここではふれない。

米2-4図に、J.C.R.Licklider（1951）に従って、波形とスペクトルの関係について図示しておく。



第2-4図　波形とスペクトル

図のAに示した純音は、単一の部分をもつ正弦波である。音叉を軽く叩いた時の音は、この純音である。部分音が一つ（基音のみ）であるので、スペクトルは一本の棒によって示される。

図のBの矩形波は、半1，半3，半5，半7と奇数次倍音のみより成り、その振巾は、周波数の増加に反比例する。なおこのように部分音のうちその周波数が基音の周波数の整数倍のものを特に倍音とよぶ。

図のC、短いパルスの繰り返しは奇数、偶数の両種の倍音を持ち、各倍音の振巾はみな等しい。

以上の三つの音は、すべて連続的に音が発生している場合であるが、図のDのように、単一パルスの場合ではエネルギーが特定の周波数に集中せず、周波数天度に沿って、エネルギーは連続的に分布する。これを連続スペクトルと呼び、一方、純音、矩形波、繰り返しパルスのものを線スペクト

ルと呼ぶ。

図の上の白色雑音のスペクトルは同図にも明らかなように連続的で、かつ振巾が等しいという特色をもっている。白色雑音は、この性質のために聴覚実験にしばしば用いられるが、その発生は特殊な真空管を用いれば、極めて容易にできる。

図の下の短音は、それ自身正弦波であるが、時間的に短いと図に示すようにスペクトルは拡がり、連続的になる。このことは音響の実験に当って注意しなくてはならない点である。というのは、実験の場合、被験者に音を無限時間聴かすわけにはいかない。そこで、現実の実験では、しばしば純音を短時間断続して呈示するが、このように断続すれば、純音はもはや純音でなくなることを示している。もっとも実験における音の呈示は、通常、数ミリ秒といった短いものではなくて、比較的長いから、図下のような連続スペクトルにはならず、ある

程度特定周波数に集中する。しかし完全な線スペクトルとはならない。

従って、聴覚実験に純音を用いる場合、狭帯域濾波器によって、特定周波数のスペクトルのみ通し、音の断続に伴う雑音（連続スペクトル）をできるだけ防止している。

パルス音や短音は、ピストルを撃った時、或いは石と石とを打ち合せたりした時などに生じる。なお、聴覚の生理学的実験には、これら短音がよく用いられる。

さて、このように波形をスペクトルに変換することによって、波形では分らなかった音の性質を知ることができる。

波形からスペクトルを求めるには次のような種々の方法がある。

1) 共鳴器を用いて、耳で部分音を聴き出す方法　この方法によると周波数は比較的正確に分析できるが、振巾については全く不正確な結果しか得られない。Helmholtz

はこの方法により音色の分析を行った。

2) Fourier解析による方法　記録された波形について調和分析を行う。この計算は非常に面倒だといわれている（小幡1935）。なお最近ではFourierの解析を電子計算機によって行うプログラムが完成している（阪大並びに東大電子計算機プログラム・ライブラリー所載）

また調和分析器という機械も考案されているが非常に複雑な操作を必要とする。

この方法は、分析に多大の労力を伴うので、音響の分析にこの方法が用いられるとは、まれなようである。

3) ヘテロダイン式周波数分析器　この原理はまずマイクロホンで分析しようとする音を受けて電流に転換し、これを変調器で発振器からさた電流と混合すると、両電流の周波数の差の成分ができる。これを同調回路へ送る。この同調回路は非常に鋭く同調されているので2000c/s以外の電流

は通さない。従ってマイクロホンからの電流の周波数と発振器からの電流の周波数の差が 2000 c/s になった時だけ、次の検波器に電流が流れる。例えばマイクロホンに受けた音が 600 c/s の時は発振器の周波数を 2600 c/s にした時のみ、オシログラフに電圧を与えられることになる。従って発振器の周波数を 2000 c/s から順次高い周波数に変化させると、分析したい音の部分音の振巾に比例して次々とオシログラフに電圧がかかる。これを写真に撮影することにより、音響スペクトルが得られる。

この分析器は波形が時間的に変化しない時には都合よいが、発振器の周波数を一通り変える時間より短い間に波形が変化するような音の分析には都合が悪いという欠点を持っている。

4) 帯域フィルター分析器　ヘテロダイン法は、複合音の成分である個々の部分音の周波数およびその振巾を正確に測定する

ことができる。しかし研究目的によっては、可聴周波数帯域を幾つかの帯域に分けて、その帯域に含まれるスペクトルの強さがわかるだけで十分な場合もある。例えば騒音の分析、音声明瞭度の算出、複合音の大きさの算出（sone値の算出）等、実用的な目的の場合には、個々のスペクトルがわからなくとも、帯域に含まれるスペクトルの自乗平均がわかれば十分である。

そこで、特定帯域を通す帯域フィルターを並べて、そのフィルターの出力をメーター（dB目盛）で読めば、複合音の各帯域に含まれる強さを知ることができる。この帯域巾は、オクターブ、1/2オクターブ、1/3オクターブ等がよく用いられる。勿論、帯域が狭くなるほど、正確に分析できることは云うまでもない。帯域フィルターを並列に用いれば、時間的に変化する複合音であっても、分析可能である。

帯域フィルターによる分析は、粗い方法

ではあるが、実用的には極めて便利な方法でありもっとも頻繁に用いられている。しかし精密な測定には不向きで、それが要求される時は当然ヘテロダイン法に頼るべきであろう。

5) ソナグラフ　複合音の、周波数、振巾、時間的変化を同時に測定することを目的としたものである。聴覚はこれらの性質によって規定されるから、このように同時記録されると聴覚の研究上大変都合がよい。唯この装置の分析能力は余り鋭敏でなく、かつ正確に定量化できないという大きな欠点をもっているが、複合音のパターンを直観的に把握するには便利な装置である。音の持続時間は、2.4秒に限られるが、分析の操作は自動化されていて容易である。この装置は、元来visible speechといわれ、聾者に正しい発音を教えるために目で以て人間の音声のパターンを理解させることを目的に製作されたものである。

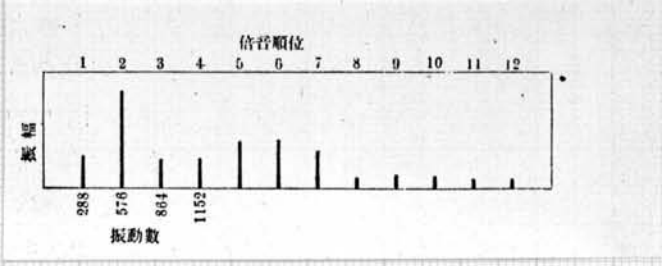
さて以上のように、周波数分析には、種々の方法があるが、それぞれ一長一短を持っている。研究目的に応じて最適の方法を選ぶべきであろう。

3 楽器音や音声の音響スペクトル

音響スペクトルの説明は、人工音に関して行なったが、もちろん楽器音や母音のように周期的な音に関しても、容易に音響スペクトルを求めることができる。第2-4図は、小幡(1935)が行なった尺八の音響スペクトルを示したものである。

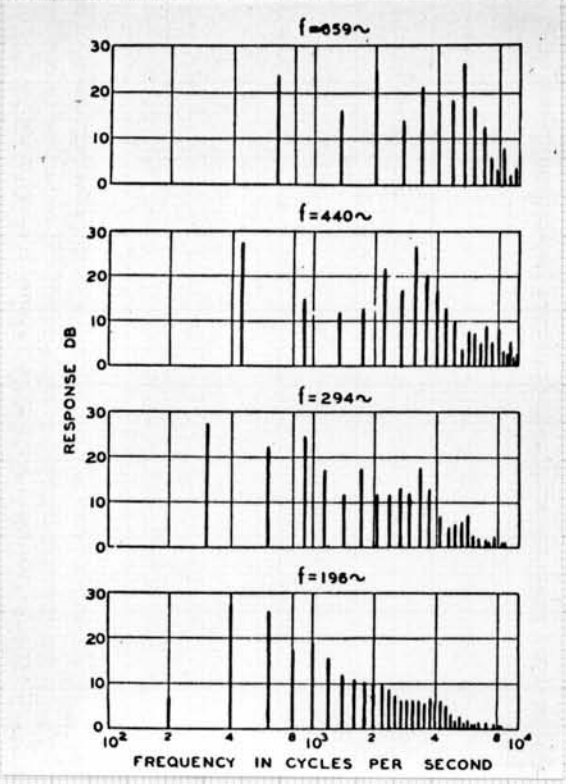
さらにOlson(1952)は、バイオリン、ピアノ、フルート、トランペット、ハーモニカ、クラリネット、サキソホーン、オーボエ、チューバ等の楽器音について(第2-5図)、Fletcher(1953)は"OO"、"O"、"A"等の母音について音響スペクトルを求めている(第2-6図)。これらの分析結果より楽器や母音が異なると、音響スペクトルもまた異なることがわかる。

(20×20)

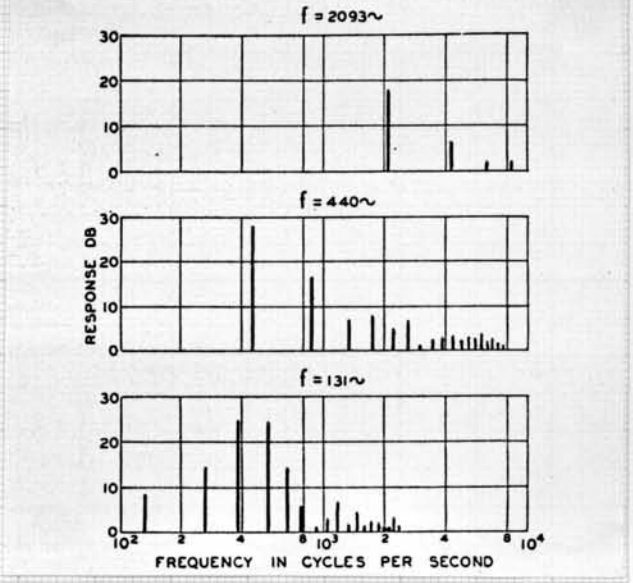


尺八の音のスペクトル

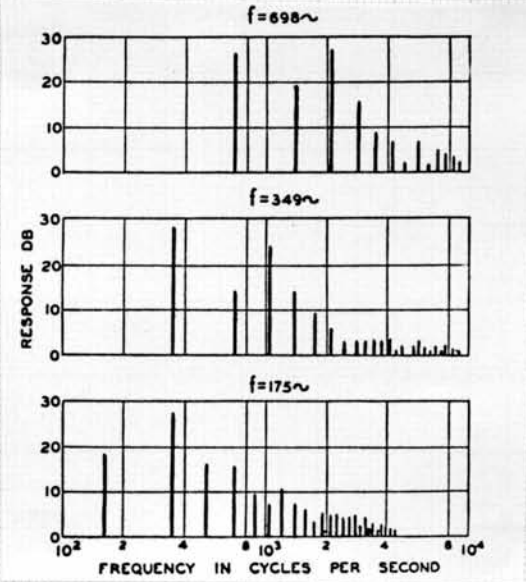
第2-4図



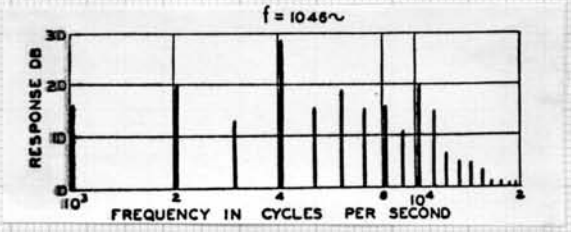
バイオリン



ピアノ

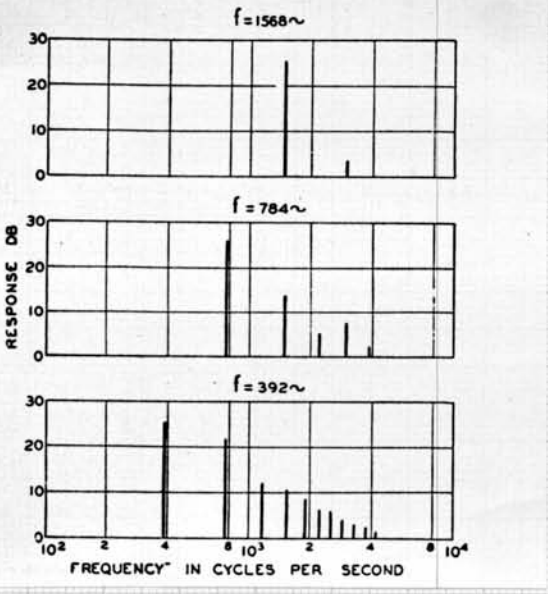


トランペット

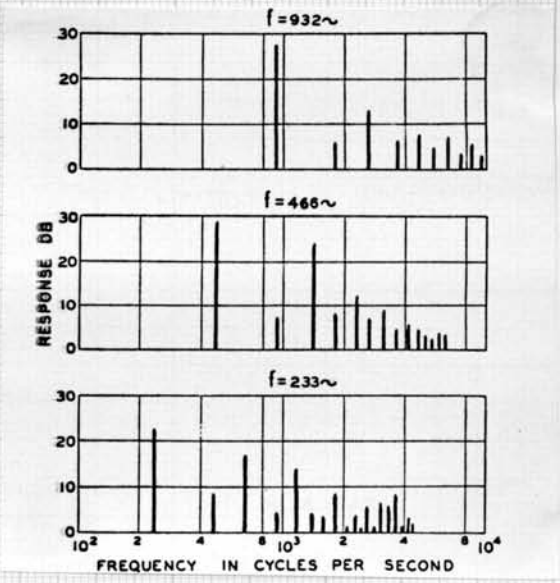


ハーモニカ

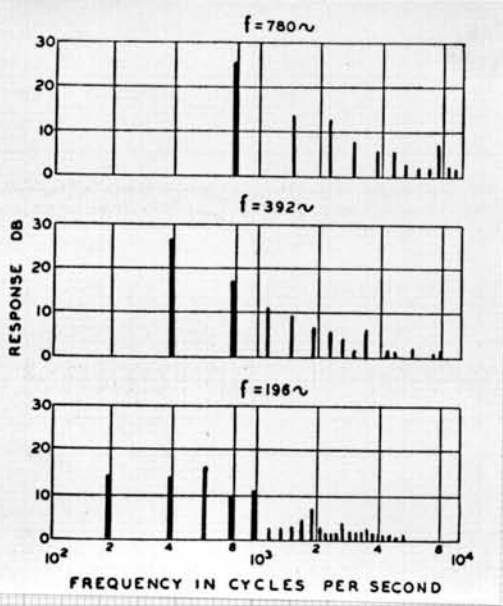
第2-5回，各種楽器音のスペクトル



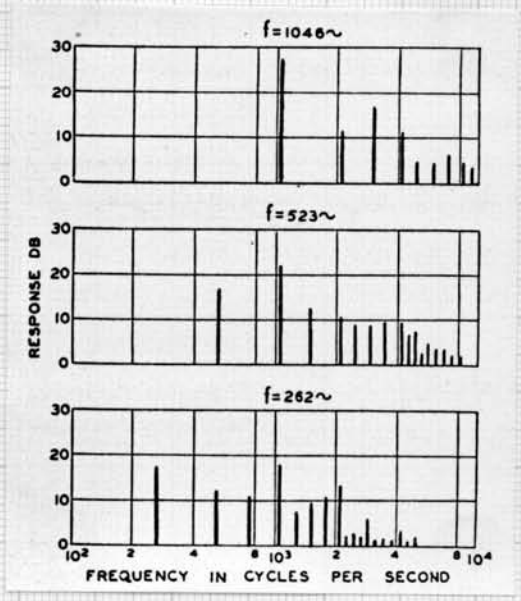
フルート



クラリネット

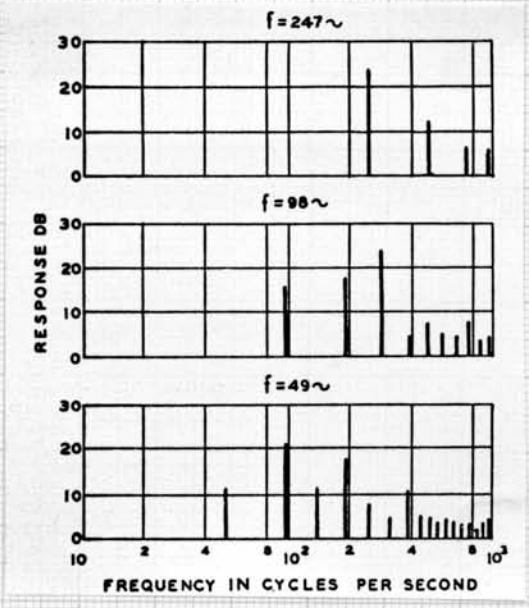


サキソホーン



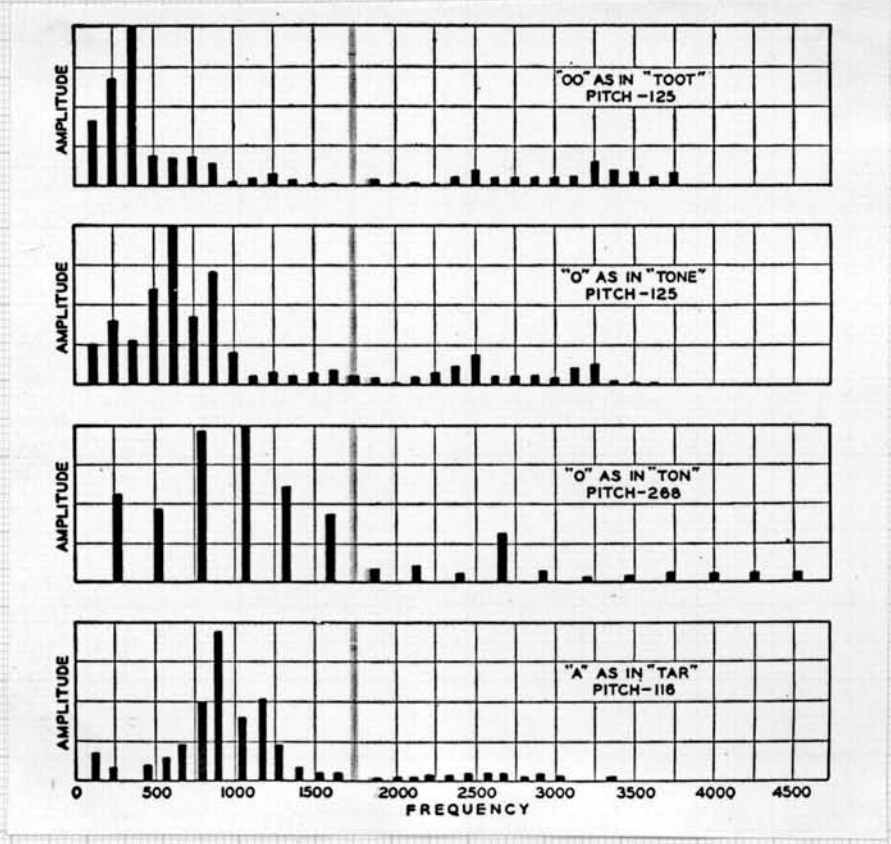
オーボエ

第2-5図 2


f=247~
30
20
10
0
f=98~
30
20
10
0
RESPONSE DB
f=49~
30
20
10
0
10
2
4
8
10²
2
4
8
10³
FREQUENCY IN CYCLES PER SECOND

チューバ

第2-5図 3



第2-6図　母音のスペクトル

4. 音の時間的変化

音響スペクトルは、周波数の尺度の上に振幅を表わしたもので、時間に関する表現は表面に出ない。だが音響スペクトルの図に示されるように周波数と振幅は固定したものではなくて、現実の音は時間経過と共に変化するのがむしろ普通である。

たとえばサイレンの音のように振幅が時間と共に徐々に成長し、また時間と共にゆっくり減衰するものもあれば、ピストルの音のように急激に成長し、急激に減衰する音もある。楽器音でもオルガンの音のように、成長も減衰も比較的ゆっくりしたものもあるし、シロホンのように急激なものもある。

その上、これらの成長、減衰は一定速度で行われるのではなく、勃起しながら不規則的に成長、減衰し、成長と減衰の間のほぼ安定した状態の時にも振幅は小刻みに変動する。しかも時間変化は振幅だけではな

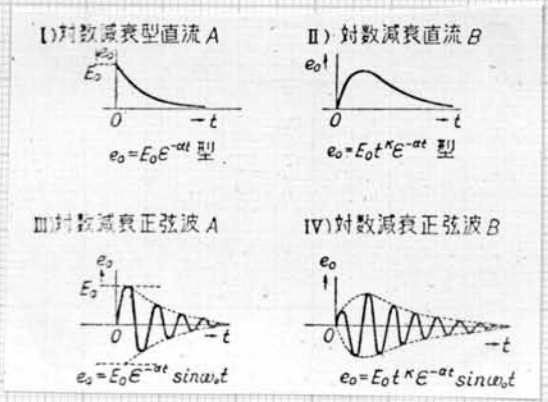
く、バイオリンのようにビブラートによって周波数を細かく変化させながら演奏するものもあれば、ゴングやチャイムのように周波数の変わらないものもある。このように音によって、時間的変化は種々様々である。

このような音の成長、減衰、周波数変化（ビブラート、トレモロ）等の時間的変化は楽器の音色を特徴づけるのに大きな役割を果している。従ってStumpfが示したように、音の成長と減衰の部分を人工的に切断して、定常的な部分のみで、楽器音の音色の認知、弁別を行なうと、正解を得るのが非常に困難になる。

i 音の成長と減衰

音の成長と減衰は、物理的にはそれが一応対数函数的に増減するものと仮定して、数式によって示しうる。（第2-7図）

また、音が立始めてから、定常状態の90%になるまでの時間をおくれ時間（delay


I)対数減衰型直流 A
E_0
0
−t
$e_0 = E_0 \varepsilon^{-\alpha t}$ 型
II) 対数減衰直流 B
e_0
0
−t
$e_0 = E_0 t^{\kappa} \varepsilon^{-\alpha t}$ 型
III)対数減衰正弦波 A
e_0
E_0
0
−t
$e_0 = E_0 \varepsilon^{-\alpha t} \sin \omega_0 t$
IV)対数減衰正弦波 B
e_0
0
−t
$e_0 = E_0 t^{\kappa} \varepsilon^{-\alpha t} \sin \omega_0 t$

第2-7図　音の減衰

time)、音が定常状態の10%から90%に達する時間を立ち上がり時間(rise time)と呼んで、時間の単位によって、音の成長、減衰を表示する

このような表示は一応の目安にはなっても、現実の音は対数函数的に増減するとは限らず、むしろ大変複雑に不規則に変化するのが普通であるから、決して忠実な指数ということは出来ない。まして、これらの指数と感覚との対応については多くの問題がある。音の成長、減衰は不規則で複雑な過程をとるので、音響学にとって、かなり困難な問題である。したがって、従来の音響学では、もっぱら定常状態の音に関する研究が多く、この面の研究はおくれている。

音の成長、減衰を示すのに物理的には種々の指数が考えられるが、その指数の選択に当って、聴覚との相関関係の高い指数を用いるのも一つの方法であろう。

このことは、音の強さの表示にもいろいろの方法が考えられるが、音圧の単位としてdBを用いるのが一般となっているので、このdBが比較的人間の聴覚に関連が深いからであるのと同じ意味をもつ。

ii 音の変調

成長と減衰の間の比較的定常な部分でも、音の周波数、振幅、位相は通常変動している。

音の周波数、振幅、位相を時間的に変化させることを変調(modulation)と呼ぶ。この変調という言葉は、電気通信でよく用いられる。

ラジオ放送を例にとると、音声をマイクロホン、増幅器で音声電流にしただけでは電波とはならない。音声電流のような低周波電流は導体の中を流れても、電波となって空中へは飛び出さない。一方、高周波電流は、導体より離れて電波になり易い性質をもっている。そこで高周波の電流にこの

音声電流を重畳させて、アンテナより電波として空中へ発信する。

高周波電流を搬送波と呼び、各放送局でその周波数は一定である（JOBK 斗一放送670KC、朝日放送1010KCというように）。音声電流の重畳された合成波を変調波と呼ぶ。

変調には、二通りあって、搬送波を音声電流すなわち低周波電流で変調することによって変調波の振幅が変化する、振幅変調と、変調波の周波数が変化する、周波数変調とがある。振幅変調によるものがAM（Amplitude modulation）放送、周波数変調によるものがFM（Frequency modulation）放送である。

この変調の割合は変調率といって、次式で示される。

周波数変調率 $f = \Delta F / F \times 100\%$

F = 搬送波の周波数

ΔF = 低周波の周波数

振幅変調　m = △A/A × 100 %。

A = 搬送波の振幅

△A = 低周波による振幅の変動の幅

周波数変調の例は、ビブラートで、適当なビブラートの時は音色は美しく豊かになるが、下手にビブラートをかけると非常に不快感を与える。これに関してはSeashore (1938) が声楽およびバイオリン曲について、ビブラートの変調の早さ（変調波の周波数）および幅（2×△F）を求めた研究がある。またビブラートをかけた音の主要調子に関しては、結城 (1934) の研究があり、主要調子が、周波数変移の最下端（F−△F）と一定の音程を保とうとする傾向のあることを発見している。

精度のよくないテープレコーダーでは音にふるえがでて、聞くものに不快感を与える。これは、テープ送りの不円滑（一定速度でテープが送れない）に帰因しワウ・フラッター (Wow or flutter) と呼ばれる

。このようにテープの速度が変わると当然周波数も変動するので、このワウ・フラッターも一種の周波数変調である。ワウ・フラッターは音質に重大な影響を与えるので、これの検知限界に関しては、Schecter, Zwicker, Comerci, Axon等多くの研究がある。

振幅変調に関しては、断続音の融合と断続の限界に関するBékésyの研究がある。彼は音の強さに関係なくこの限界が0.14秒であることを発見したが、これより短い時間では音は連続音として融合し、0.14秒より長いと断続音として聞えることを意味している。この研究は、聴覚機構の時間特性の解明に有益である。

規則的な周波数変調、振幅変調に関しては、人工的に発生も容易で、精神物理学的研究の対象に比較的なり易い。聴覚機構の解明とも密接な関係をもち、かつ、音色に大きな影響を与えるので心理学的にも興味

があるし、ワウフラッターのように工学的にも重要な問題でもある。

しかし、現実の音で、不規則な周波数変調を生じるものが多数あるが、これらの音についての組織だった研究の困難なことは成長、減衰と同様である。

5. 附加雑音

金管楽器や天八における空気の'シュー'ともれる音、絃楽器における弓の摩擦音は楽器の音色と大いに関係がある。いわゆる粗い音、毛反のような音、こするような音と云われているのは、大いにこの附加雑音に関係がある。この附加雑音は楽器音の区別に重要な影響をもっている。この雑音は音源が遠ざかると聞えなくなるが、そこで距離が遠くなると楽器を区別することが容易でなくなる。リッツは、「ある楽音を一定の楽器音として示す主表徴は、随伴的に生ぜられた雑音がこれを構成する」とまで述べている。

6. 周波数と振幅

周波数は、高さともっともよく対応する。しかし高さだけでなく、周波数の多い音は、細い、鋭い、ち密な明るい印象を与え、少い音は太い、鈍い、粗い、暗い印象を与える。

トランペットの音色と、チューバの音色の差は多分にその周波数に依存している。

振幅は、大きさにもっともよく対応するが、しかし振幅の大なる音は、大きさだけではなく、聞き手に迫力や豊かさを与える。一方余りに振幅が大であると極めて不快な印象を与える。振幅の小なる音はもの足りなさ、貧弱な感じを与える。

以上、音色を規定する物理的要因について述べてきたが、非常に多くの要因が音色に影響していることがわかる。音色が、精神物理学的にとらえるのにいかに困難な対象であるか想像できるのである。

第2項 伝音再生系の物理的性質

音色は、伝音再生系の物理特性によって大きく規定される。ラジオ、レコードの技術のオーの目標は、如何に原音の音色を忠実に損うことなく伝送再生するかにあるといってよい。この高忠実度伝送再生（high-fidelity sound いわゆるHi-Fi）の問題は、工学的にみて極めて重要な課題であることは論をまたない。一方、心理学的にみても、伝送再生系の物理特性をコントロールすることによって自由に音色を変えることが出来るので、音色を規定する刺激の諸条件を研究するのに誠に都合がよい。原音であれば、楽器にせよ音声にせよ、高さと大きさは比較的自由にコントロールすることができても、音色に関して組織だった条件変化を行うことは極めて難しい。

現実に行われる音響心理学の実験では、如何なる目的によるにせよ、何等かの形で伝送再生系を通った音を刺激音として用い

る場合が多い。後に紹介するわれわれの実験においても、常に刺激音は、再生系を通し、再生系の物理特性によって刺激音をコントロールした。

従って、ここで伝送再生系の物理的性質について述べることは極めて必要であると思う。Olson, H. F.(1947)は、原音の正しい再生を妨げる要因として次のものをあげている。

1) 周波数歪 (Frequency distortion)
2) 非直線歪 (Non-linear distortion)
3) 空間配置 (Spatial distribution)
   a. 比較的小さな音源。
   b. 2-wayスピーカー・システムにおける音源の分離。
   c. 指向性パターンが周波数に関して一様でないこと。
4) 一回路系 (Single-channel system)
5) 位相歪 (Phase distortion)
6) 過渡歪 (Transient distortion)

7) マイクロホンの配置とバランス (Micro-phon placement and balance)

8) スタジオと聴取室の音響状態 (Acoustics of two rooms, the pick-up studio and the listening room)

9) ダイナミック・レンジの制限 (Limited dynamic range)

10) 原音と再生音のレベル差 (Differences in level of the original and reproduced sound)

11) 雑音 (Noise)

このように、音色を変化させる要因として、実に多くのものがあることがわかる。以下、これらの要因について述べたいが、詳述すれば多数の紙面を要するので、必要な面に限って簡単に記述したいと思う。なお、この分野の研究成果は、Fletcher, H. (1942) および中島 (1960) が、かなり詳細に紹介している。

1) 周波数歪

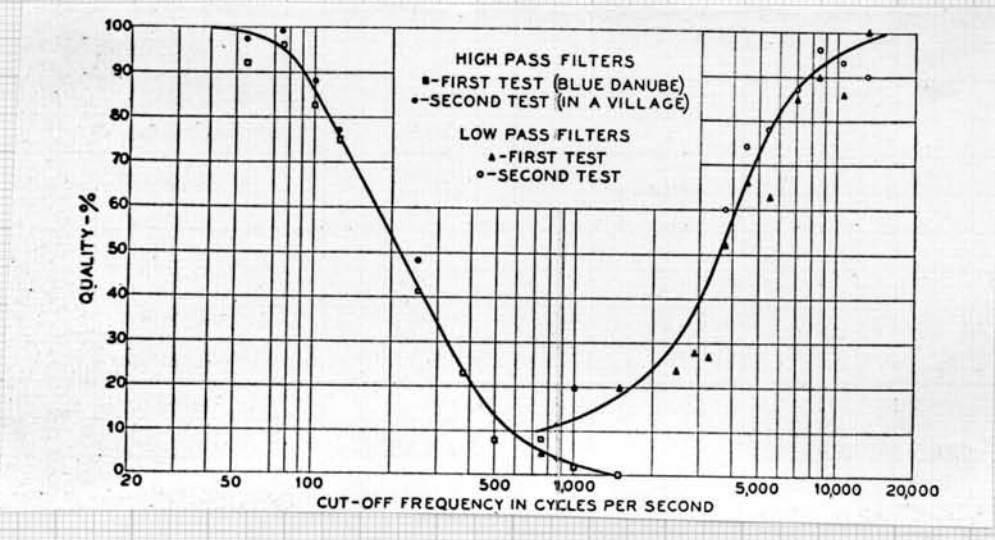
伝送再生系の入力が一定になるようにしておいて、周波数を変えて、出力を測定する。この場合、出力の強さが一定でない時、伝送される波形は歪む。このようにして起った歪を周波数歪と呼ぶ。

周波数歪は、実際上二つの面より考えられる。一つは、再生される範囲である。理論的には、0 c/s から無限大に至るまで出力が一定であることが望ましいが、技術的には不可能であるし、又一、耳に聞えない範囲まで再生しても仕方がない。人間の可聴範囲は 20 c/s ～ 20000 c/s と云われているので、この範囲内が再生されればよいことになる。しかし実際には、これより狭くても音色は変化しないといわれ、どの程度範囲を狭くしても、音色が変化しないかについて、古くから Snow, Smith, Eisenberg, Chinn, Olson 等の諸研究がある。

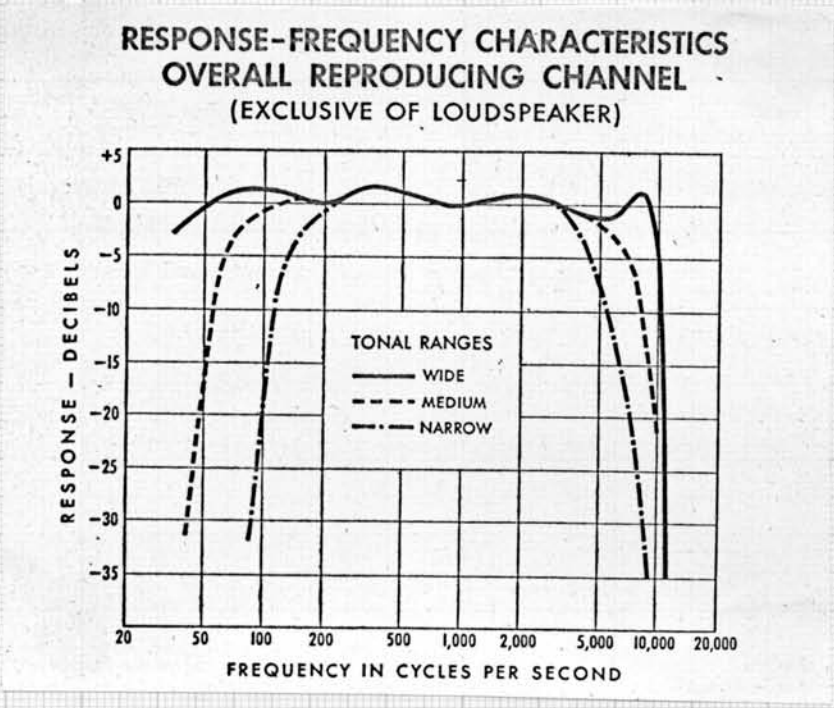
1931年、Snow, W. B. は、19人編成の

楽団の演奏する管弦楽2曲について、8人の技術者を観察者として、伝送帯域を制限した場合の音色の変化の弁別の程度について、聴感テストを行っている。40～15000 c/s以上の広域にわたって、ほとんど一様に伝送する場合を標準とし、低域あるいは高域を除去したものを聞きくらべ、音色の変化を弁別できたかどうかを投票させた。第2-8図はその結果をまとめたもので、たとえば、100 c/s以下の低域あるいは6000 c/s以上の高域を削除した場合に、音色の変化を弁別したものが15%(100-85%)あったことを示している。50%弁別されるのは、低域で220 c/s, 高域で3500 c/sで、案外、弁別され難いことを示している。

1945年、Eisenberg, P. & Chinn, H. は第2-9図に示すような伝送再生系の、三つの周波数帯域の好みについて実験を行い、第2-2表のごとき結果を得ている。これによると、技術的にいえば、良好な広い帯域より


HIGH PASS FILTERS
■-FIRST TEST (BLUE DANUBE)
•-SECOND TEST (IN A VILLAGE)
LOW PASS FILTERS
▲-FIRST TEST
○-SECOND TEST
QUALITY-%
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
20
50
100
500
1,000
5,000
10,000
20,000
CUT-OFF FREQUENCY IN CYCLES PER SECOND

第2-8図


RESPONSE-FREQUENCY CHARACTERISTICS
OVERALL REPRODUCING CHANNEL
(EXCLUSIVE OF LOUDSPEAKER)
RESPONSE — DECIBELS
+5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
TONAL RANGES
WIDE
MEDIUM
NARROW
20
50
100
200
500
1,000
2,000
5,000
10,000
20,000
FREQUENCY IN CYCLES PER SECOND

第2－9図

TONAL RANGE PREFERENCES

	Tonal Range	Experiment 1 (Cross-Section)		Experiment 2 (Cross-Section)				Experiment 3 (Musicians)		Experiment 4 (FM Listeners)		Experiment 5 (Live Talent)
		Classical Music (A & B)	Male Speech (A & B)	Piano Music (C)	Pop. Music (D)	Female Speech (C)	Mixed Speech (D)	Classical Music (A & B)	Male Speech (A & B)	Classical Music (A & B)	Male Speech (A & B)	Light Classical Music (E to H and K to M)
Pair 1	Narrow Range	38%	25%	20%	26%	33%	34%	28%	10%	28%	31%	26%
	Medium Range	19	52	25	33	46	34	20	62	31	55	21
	No Preference	43	23	55	41	21	32	52	28	41	14	53
Pair 2	Medium Range	67%	55%	24%	22%	26%	64%	83%	48%	61%	63%	70%
	Wide Range	12	21	28	39	30	15	7	25	16	14	11
	No Preference	21	24	48	39	44	21	10	27	23	23	19
Pair 3	Narrow Range	58%	48%	30%	34%	29%	45%	73%	40%	59%	48%	40%
	Wide Range	15	24	24	33	34	23	5	48	28	36	26
	No Preference	27	28	46	33	37	32	22	12	13	16	34
	Size of Sample	105 persons		123 persons				20 persons		96 persons		43 persons

第2-2表

も、技術的には好ましくない狭い帯域の方が、より好まれるという結果がでている。

しかし、Olson, H. F. (1947)が、電気的な伝送再生系を用いず、オーケストラの生の演奏の音を、機械的な音響フィルターで、高音を切断して、原音と切断した音とを比較した結果では、やはり原音の方が好まれている。このようにEisenbergらとは矛盾した結果がでたが、Olsonは伝送再生系の帯域を広くすると、通常、非直線歪が大きく現われるから、この歪のために広い帯域の方が好まれなかったのではないかと説明している。

なお、後述するわれわれの行った再生帯域に関する実験においても、広い帯域よりもむしろ狭い帯域の方が好まれた。

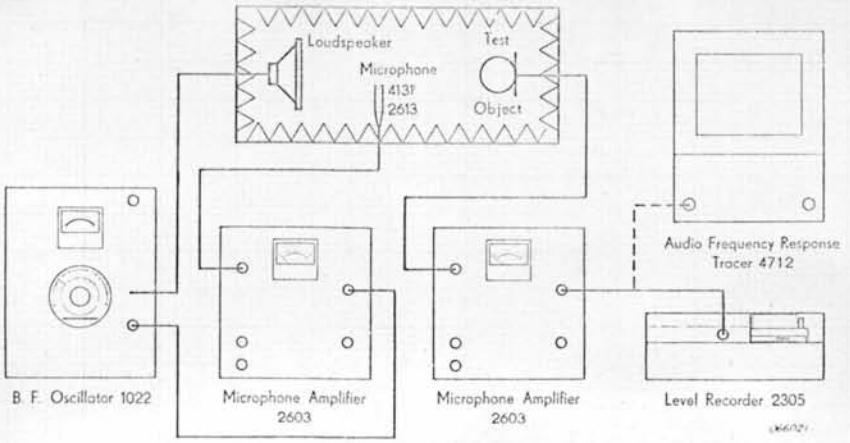
また、岩崎と関田が、音声に関して行った実験では、低域切断で400 c/s、高域切断で2400 c/sまでは、音色の変化は少ないという結果を得ている。しかし低域で1000 c/s以

下、高域で 600 c/s 以上を切断すると、音色は極端に変化し、内容の判断も困難になるということである。

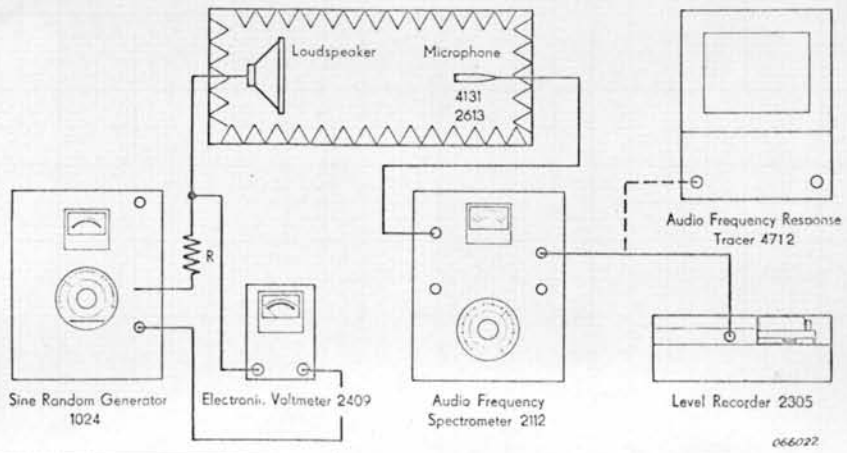
次の問題は、周波数特性の山谷の問題であるのたとえ、周波数範囲が可聴域全域を被うほど広くても、その間で特に出力の高い周波数や、低い周波数の部分があると原音と再生音の部分音構造が相違するので波形が変り、従って音色も変化する。そこで周波数特性が、完全に平坦であれば理想的であるが、現在の技術段階では特にスピーカーに関して、平坦な特性を得ることは困難である。そこで、どの程度の山谷までは許容できるかについて、NHK技術研究所の一連の研究がある。結論として伝送帯域として 40 ~ 15000 c/s、偏差(山谷)が土2dB以内に保たれることが望ましいという結果がでている。

伝送再生系の周波数特性の測定は、次2-10図のブロックダイヤグラムに示すような

マイクロフォンの周波数特性測定



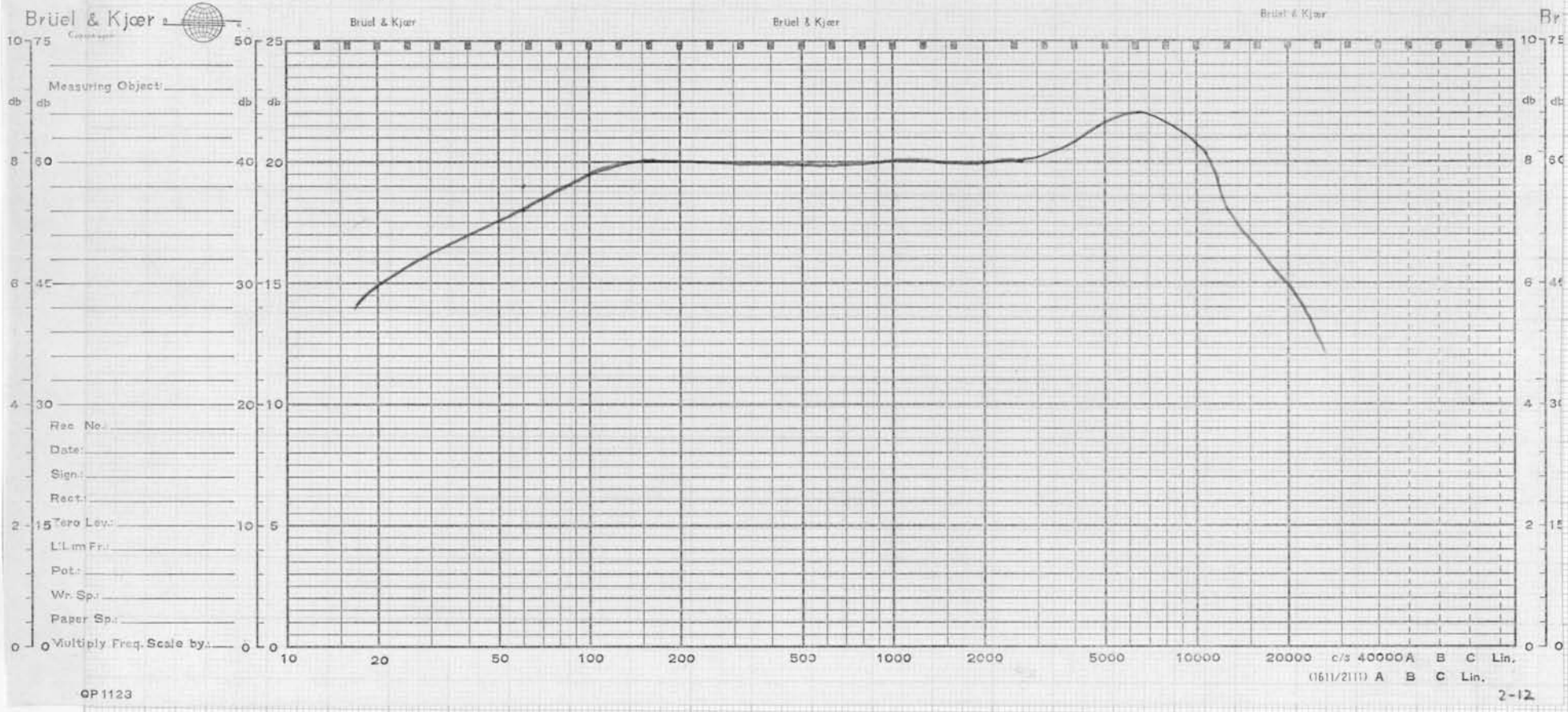
スピーカーの周波数特性測定



第2-10図

測定装置を用いれば、比較的容易に行うことができる。測定結果は、オ2-12図に示すグラフに自動的に記録される。縦軸がdB、横軸が周波数〔c/s〕である。

周波数特性を、グラフではなく数字で示すと、たとえば周波数帯域60〔c/s〕～12000〔c/s〕偏差±2dB以内、20〔c/s〕～20000〔c/s〕±5dB以内といった表現がとられるが、これはオ2-12図に示すように60～12000〔c/s〕の範囲内なら±2dB以内の平坦な特性であるが、20〔c/s〕～20000〔c/s〕では山谷が少し大きくなって±5dBになることを示している。物理的にいえば偏差が少なくて帯域が広いほど周波数特性に関しては、すぐれた系といえる。ところが、音色に関していえば、たとえば、同じ帯域、同じ偏差であっても、山や谷が帯域のどの部分、すなわち低音部にあるか、高音部にあるかでは、違う音色は変って聞える。音色が直接関係するのは、偏差や帯域ではなく、いわば周波数特性のパターン


Brüel & Kjær
Measuring Object:
Rec No.:
Date:
Sign.:
Rect.:
Zero Lev.:
L'Lim Fr.:
Pot.:
Wr. Sp.:
Paper Sp.:
Multiply Freq. Scale by:
db
10 20 50 100 200 500 1000 2000 5000 10000 20000 c/s 40000 A B C Lin.
(1611/2111) A B C Lin.
QP 1123
2-12

第2-12図

に関係することになる。従って、精神物理学的実験を行うには、パターンを自由に変えられる装置（simulator）が必要となる。この装置は、東北大学工学部で、アナログコンピューターを利用して、"可聴周波数特性電子管式シミュレーター"が作られているが、周波数帯域は現在のところ5000 c/s以内に限られているとのことである。これ自身も、かなり大仕掛けな装置であるが、このシミュレーターの帯域を可聴周波数全域に広げようとすると、技術的にかなり高度のものになる。周波数特性を自由に作り出すことは不可能でないにしても、技術的に難かしく、また自由に作れたとしても、パターンは無数に存在するわけだから、パターンと音色との精神物理学的対応を見出すことは、非常に困難な問題となる。すなわち既存の再生系の周波数特性の測定は、極めて容易であるが、自由に望み通りの周波数特性を作ったり、或いはそれと音色

との精神物理学的関係を見出すことは、容易な問題ではないといえよう。

2) 非直線歪

入力の振幅と出力の振幅が、比例する時、この関係を図示すれば、両者の間に直線関係が存するが、比例しない時、すなわち入出力の振幅比が一定でなくなると、直線関係はなくなる。このように振幅比が一定でない時に生じる歪を非直線歪という。これはまた、振幅の入力と出力における比の歪であるから振幅歪（Amplitude distortion）とも呼ばれる。このような非直線歪を発生する再生系（非直線型回路）の入力に、周波数がfの連続正弦波を加えると、出力には同一の周波数の正弦波（これを基本波という）の他に、2f, 3f, 4fなど、入力の整数倍の周波数をもつ正弦波の成分が含まれる。これらを高調波（Harmonics）という。高調波のうち、周波数が入力のn倍のものを第n次高調波とよび、Hnであら

わす。このように入力にはなかった高調波が出力に現われる歪を、高調波歪（Harmonic distortion）という。高調波の歪の程度は、高調波歪率と呼び、n次高調波の歪率は、その振幅H_nの実効値と基本波振幅の実効値との比で、%またはdBで示す。すなわち

$$歪率(\%) = |H_n / H_1| \times 100$$

$$歪率(dB) = 20\log_{10}|H_n/H_1|$$

またH_2以上の全高調波の実効値と基本波の実効値の比を、総合歪率と呼び、次のように示す。

$$総合歪率(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} H_n^2}}{|H_1|} = \frac{\sqrt{H_2^2 + H_3^2 + H_4^2 \cdots}}{H_1}$$

$$総合歪率(dB) = 20\log_{10}\left|\frac{\sqrt{H_2^2 + H_3^2 + H_4^2 \cdots}}{H_1}\right|$$

また入力の成分が、2周波数以上の時には、出力にそれぞれの周波数の和、または差の音が加わる。これを相互変調歪と呼ぶ。通常われわれが聞く音の殆んどすべてが

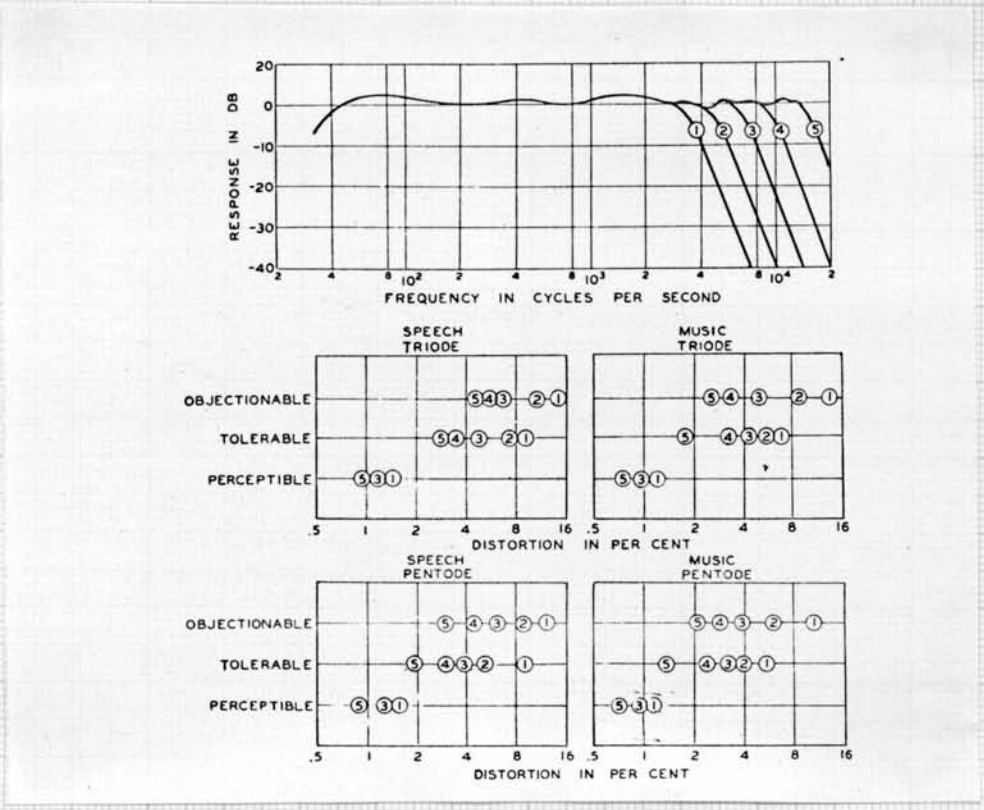
複合音だから、伝送再生系に非直線歪がある時、同時に相互変調歪を発生する可能性は当然高い。高調波歪は、入力の音が楽音の場合、その部分音と高調波とが比較的一致し易いが、相互変調歪の場合は、全く無関係の音を発生するから、耳に検知されやすい傾向がある。

歪率の測定は、歪率計を用いるか、もしくはスペクトルを分析することによって行うことができる。定常的な正弦波についての歪率は、正確に測定することができる。

ところで、歪率は入力の強さによって規定されるから、強さの激しく変化する音声や音楽の歪率を正確に測定することは困難である。

Olson, H. F.(1952)は非直線歪に関し第2-13図に示すような五つの周波数帯域について、次の三つの段階で聴感テストを行っている。

・Perceptible……歪の存在を知覚できる


RESPONSE IN DB
20
0
-10
-20
-30
-40
FREQUENCY IN CYCLES PER SECOND
SPEECH TRIODE
MUSIC TRIODE
OBJECTIONABLE
TOLERABLE
PERCEPTIBLE
DISTORTION IN PER CENT
SPEECH PENTODE
MUSIC PENTODE
OBJECTIONABLE
TOLERABLE
PERCEPTIBLE
DISTORTION IN PER CENT

第2-13図

Tolerable……歪の存在はわかるが、我慢できる。

Objectionable…歪がひどくて、聴取にたえない。

結果は、同図下部に示してある。この表で、Triodeというのは三極真空管（2A3）、Pentodeというのは五極真空管（6F6）を用いた増巾器のことで、後者の方が高次の高調波を発生し易い。

結果としては、帯域の広くなる方が歪が検知されやすいこと、音声より音楽の方が歪が検知されやすいこと、三極真空管より五極真空管を用いた増巾器の方が歪が検知されやすいなどの結果を得ている。

1955年、牧田、黒木、松尾が、60～8000 c/sの範囲でほぼ水平の特性を持つレシーバーを用いて、やはり音楽と音声について、

2-3表の結果を得ている。やはり音楽の方が音声よりも、歪が検知されやすいという結

番組の種類		ひずみの種類	
		偶数次ひずみ	奇数次ひずみ
スピーチ	男声	9.8%	2.3%
	女声	9.6〃	1.9〃
音楽		5.2〃	4.9〃

高調波ひずみの検知限界

第2－3表

果を得ているが、その数値は、Olsonのものとかなり異っている。この歪の検知限界は実験条件によって、かなり異ることが十分考えられるので、一般的な歪の許容値を求めることは非常に困難であろう。

3) 空間配置

たとえばオーケストラ演奏のように、原音では広い面積から聞えてくる音が、再生音では、スピーカーという一個の限られた面積に位置づけられてしまう。また、2wayスピーカーシステムのように、高音と低音とを別々のスピーカーに受持たせたものでは、音は二つの音源から発生することになる。このような再生系では、各種楽器の位置の違いも分らなくなる。このように原音場が完全に再生されない歪を空間歪(space distortion)と呼ぶ。この空間歪に関する聴感テストは次項で述べる。

なお、スピーカーの指向性パターンが周波数に関して一様でない場合には、聞く位

(20×20)

置によって音色が異なって聞えることもある。低音部の指向性は比較的一様であるが、高音部になると指向性は鋭く、正面の音圧が側面と比べて大きくなる傾向がある。なお指向性に関しての聴感テストの例は見当らない。

4) 一回路再生系

われわれは、両耳間の強度差、位相差、時間差等によって、音の空間的把握をなしているのであるが、一回路再生系では、いわば片耳で聞いたのと同じ情報しか得られないので、音はスピーカーの位置に定位し、3)でのべた空間歪を生じることになる。

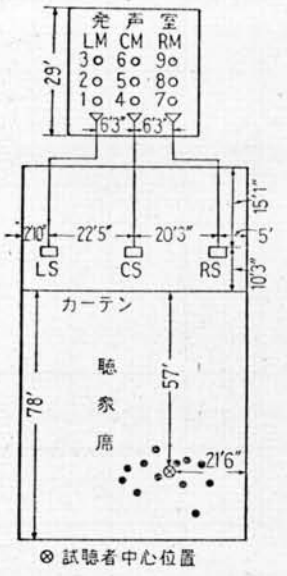
オーケストラのように音源が空間的に拡がっているものを、原音の場合と同じ音場を再現するには、原理的には無限に小さい独立したマイクロホンを無数に並べ、その出力を各々独立の伝送回路で伝送し、無数のスピーカーによって再生する必要がある

といわれている。しかし現実には不可能であるので、実際問題として、このマイクロホンからスピーカーに至るセットを何組まで減少してもさしつかえないかについて、既に1933年に実験が行われている。その結果、音楽の立体感を与えるには十分注意して設計された2組の伝送再生系があれば十分であることが確認された。またFletcherは1934年に、2回路再生および3回路再生でかなり原音の定位を正確に行った（オ2-14図）

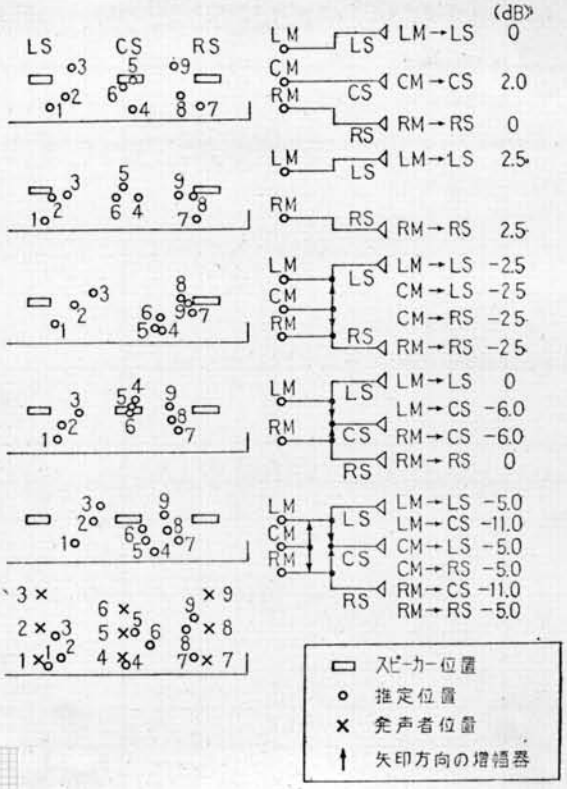
現在では、ステレオ・レコード、ステレオ・テープレコーダー、側帯波を利用したFMの立体放送等が実施されている。

NHKでは本放送に先がけて、立体放送に関し、種々のテストを重ね次のような結果を得た（中島1960より引用）

(a) この方式によって得られる聴感は、単一系統方式のそれと比較すると次のような印象を与える。



発声，マイクロホン，高声器および試聴者位置見取図 (Fletcher)



発声位置推定図 (Fletcher)

第2-14図　(中島 1960より引用)

(イ) ひずみが減ったように感じる。

(ロ) 各種音源の配置、特に左右の配置がおよそ推定し得る。

(ハ) 各楽器音の分離と融和が適度に感じられる。

(ニ) 前項の性質から、単一系統方式では聴べい作用のため聴取が邪魔される程度の伴奏でも、余り気にならなくなる。

(ホ) 音量感が豊かになり、音につや(艶)を増したように感じる。

(ヘ) 音に拡がりを感じさせ、音、堂に満ちるというような感を与える。

(ト) マイクロホンの間隔を18cmぐらいにすると、音の定位は確かさを増し聴感的な明確さをもつが、音の拡がりや豊かさの感じは、1～2mぐらいの場合に比べるとやや劣る。マイクロホン間隔の広い方が、再生音場の空間的広さをより多く感じさせる

。

(b) 2系統方式でラジオ・ドラマなどを放送するときに、遭遇することのある音源が動く場合の聴感については、次の性質がある。

(イ) 2個のマイクロホンを結ぶ線と移動線の距離との二つが適当であれば、両マイクロホンの中心を挟むある範囲内で、左右直線的な動きとして感取される。

(ロ) 移動範囲が、マイクロホン間隔をはるかに超えて大きい場合は、音源が左右両端に近ずくにしたがって、直線からはずれて、奥に曲った印象を与える。

(ハ) マイクロホンの指向性が鋭く、間隔が大きい場合に、移動線がマイクロホン線に近いと、左右両端だけでなく、中央附近でも奥に遠ざかるように感じられる。

(c) スピーカーの配置と聴取位置との関係については、

(イ) スピーカーを1.5mぐらいの距離におき、これを底辺とする正三角形の頂点にあたる位置の附近が、最も原音場に近い感じを与える。

(ロ) 三角形の頂点から遠ざかるにしたがって、バランスのとれた立体感は薄れる。しかし相当に離れた位置でも、単一伝送方式による音とは明らかに異なる豊かな音色や、つや(艶)を感じる。

(d) スピーカーまで含めた伝送再生系総合レスポンスが、左右両系の間に相当の差があると、

(イ) 音源の性質いかんによると、方向定位がかなり変ることがある。左系のレスポンスが高音部で低下している場合は、高音楽器が右側に偏するような印象を与える。(高音部のラ

ウドネスが右側に依存する結果であると解釈すれば、方向定位とラウドネスとの一般的関係がここにも成立する、とみなせよう）。

(ロ) Arnoldによると、受話器聴取の方式で、左右両系にそれぞれ1000 c/sの低域と高域のろ波器を挿入した場合の聴感は、スピーチの場合は、音色のひずみを感じることなく話の内容も明瞭にわかった。しかし音楽の場合は情況が一変する。演奏音のピッチの変化につれ、あるときは左耳に、あるときは右耳に感じ、聴感は混乱して奇妙な感じを受ける。この傾向は、ピアノのように、楽器が相当の大きさをもち低音から高音まで発音点が順次移動するようなものの場合は特に著しい。

(ハ) 伝送系のレスポンスが平坦でも、受話器できけばスピーカーの場合と

は聴取感が違い、通俗的な表現をすれば、「音楽の風呂にはいっているような」感じをうける。

(e) 伝送系の音量調整を、聴感的にみて階段的でなくスムーズに行うために必要な音量調整器各ステップごとの適正減衰量が、単一系の場合よりかなり小さい。

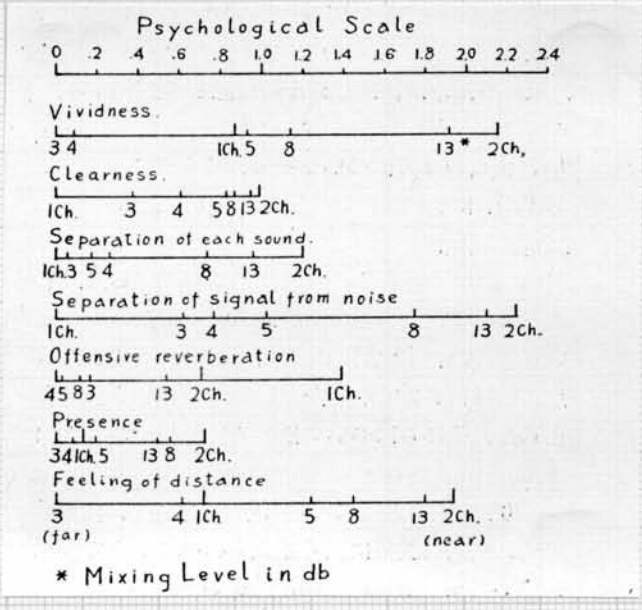
単一系では1ステップ2dBの間隔が標準的な値で、これでほとんど不連続な感じを与えない。2系統方式では、両系統の間に1ステップ0.7dB以上のレベル差を与えると、音源像が左右いずれかの側へ移動したような印象を明らかに与える。もし単一方式のように1ステップ2dBの変化をいずれか一方の系に与えると、音源が大幅に飛躍したような感じを与える。

これらの結果をみてもわかるように、立体放送にすることで、方向定位がある程度可能になると共に、著しい音質の改善がみ

られる。たとえば歪が減ぜられたように感じるという報告があるが、一回路再生に比べて、回路の物理特性は全く同じであるから、この音質の変化は、かなり心理的なものと思える。

このような音色の変化の主観的印象を、定量的にとらえる一連の研究を吉田（1958）が行っている。彼は、vividness, clearness, 多数音源の分離、雑音の信号の分離、不快な残響感、臨場感、音源の距離感の7項目について、Thurstoneの一対比較法を用い、ケース五の計算法によって尺度を構成している。第2-15図がその結果であるが、二回路再生の方が、音質的に秀れていることを示している。なお図中の2ch.は二回路、1ch.は一回路、3とか5の数字は両回路をmixしたmixing levelである。この数字が大きいほど1ch.に近いことを示している。

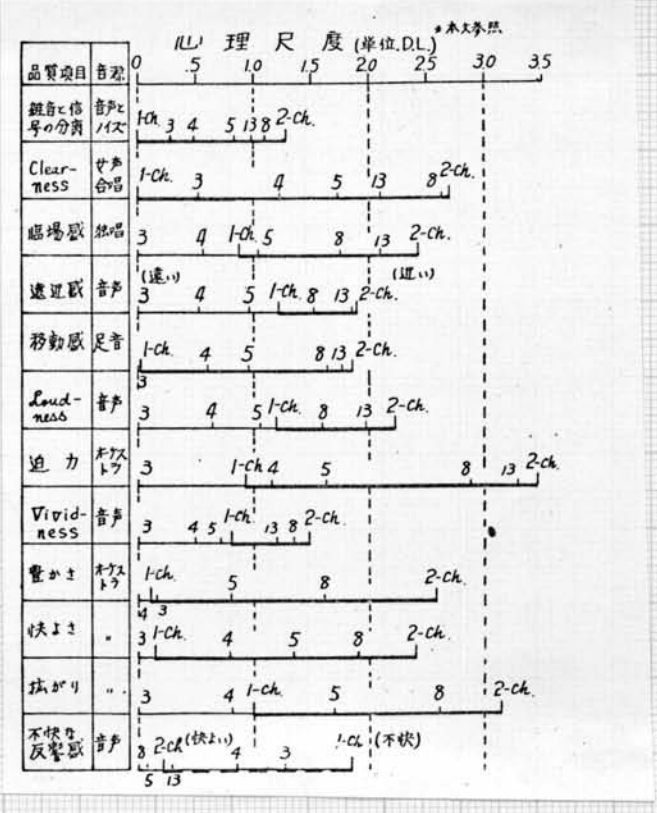
更に吉田（1960A）は、レシーバーを用


Psychological Scale
0 .2 .4 .6 .8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4
Vividness
3 4 1Ch. 5 8 13* 2Ch.
Clearness
1Ch. 3 4 5 8 13 2Ch.
Separation of each sound
1Ch. 3 5 4 8 13 2Ch.
Separation of signal from noise
1Ch. 3 4 5 8 13 2Ch.
Offensive reverberation
4 5 8 3 13 2Ch. 1Ch.
Presence
3 4 1Ch. 5 13 8 2Ch.
Feeling of distance
3 4 1Ch 5 8 13 2Ch.
(far) (near)
* Mixing Level in db

第2-15図

いて二回路再生による音質の向上を尺度化している。今回の項目は、オ2-16図の左端に示す12項目である。同図をみてもわかるように、二回路再生することによって、明らかに音質が良くなることがわかる。

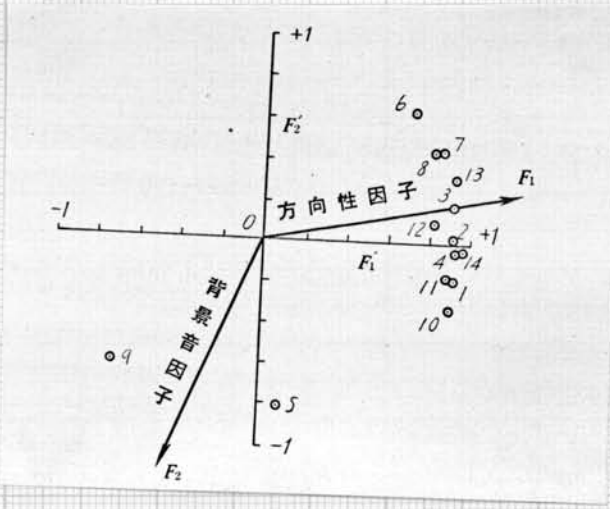
次に、吉田ら（1960B）は、これらの研究をもとにして、因子分析を行い、オ2-4表及びオ2-17図の結果を得ている。彼はオ1因子を方向性因子、オ2因子を背景音因子と名附けている。立体再生において音質が向上するのは、空間構造が、ある程度再現しているので、その結果オ1因子の方向性因子が対象音を選択聴取させ、オ2因子としての背景音因子が、背景音を抑圧するからだと説明している。彼のこの説明で対象音の明確な認知に二回路再生が有利なことはわかるが、一面、何故空間構造とは元来無関係な歪が減少して聞えたり、再生音の音色が艶をまして聞えるようになるのかについては、明らかでない。


*本文参照
心理尺度 (単位 D.L.)
0 .5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5
品質項目
音源
鮮音と信号の分離
音声とノイズ
Clear-ness
女声合唱
臨場感
独唱
遠近感
音声
(遠い)
(近い)
移動感
足音
Loud-ness
迫力
オーケストラ
Vivid-ness
豊かさ
快よさ
〃
拡がり
〃
不快な反撃感
音声
(快よい)
(不快)
1-Ch.
2-Ch.

第2-16図

第2-4表

	品質		仮因子 F_1'	F_2'	F_3'
音場受聴	1	Vividness	.933	−.184	.040
	2	臨場感	.926	.020	.126
	3	多数音源の分離	.918	.187	.217
	4	遠近感	.940	−.040	−.199
	5	残音感	.105	−.804	.277
	6	Clearness	.732	.624	−.167
	7	雑音と信号との分離	.876	.436	.105
受話器受聴	8	雑音と信号との分離	.824	.439	−.114
	9	残音感	−.706	−.597	.354
	10	遠近感	.923	−.321	−.106
	11	Vividness	.896	−.173	−.098
	12	豊かさ	.822	.092	.118
	13	快さ	.928	.299	−.140
	14	拡がり	.968	−.039	−.190

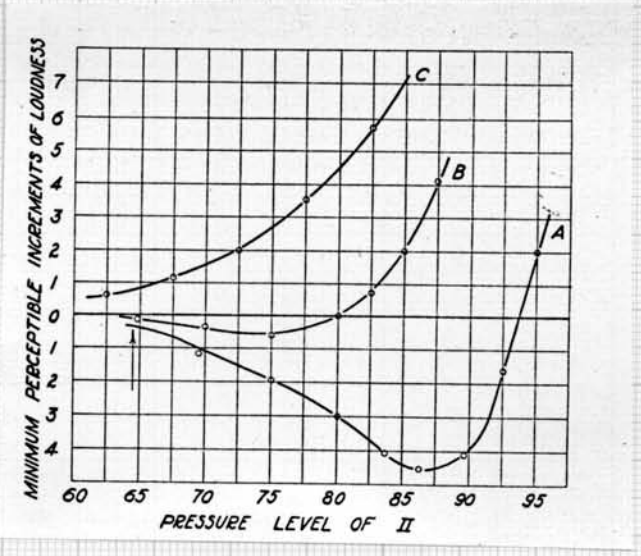


第2-17図

立体音の効果は、物理特性では説明できない、心理的側面を多く含むので、種々の興味ある問題を、今後提供するものと思われる。

5) 位相差

Helmholtz以来、位相の変化は音の聞えに影響しないといわれていた。しかし1934年、Chapin, E. K. とFirestone, F. A. は、108 c/s. 104 dBの純音に、216. 324. 432. 540. 648 c/sの純音を、いろいろの組合わせで加えた場合、位相の変化によって大きさの変わることを発見した。第2-18図はその108 c/sと216 c/sを組み合わせた場合の結果で、Cがもっとも大きく聞える位相、Aが小さく聞える位相、Bのその中間の位相を示している。また音が大きく聞える位相の場合には音色はあらあらしい不協和な感じを与え、逆に音が小さく聞える位相の時には音色は滑らかに聞えるという結果を得ている。


MINIMUM PERCEPTIBLE INCREMENTS OF LOUDNESS
7
6
5
4
3
2
1
0
1
2
3
4
C
B
A
60
65
70
75
80
85
90
95
PRESSURE LEVEL OF II

第2-18図

1947年、Mathes, R.C. とMiller, R.L. は片耳知覚における位相差が音色に変化を与えるような各種の刺激を考えた。すなわちスペクトルの形はひとしく、位相差のために波形の異る定常音の内、包絡線（envelope）がゆるやかに上下する波形は、あらくかつ低い音色をもち、包絡線の上下の細い波形ではあらさを減じ、高い音色となることを見出した。たゞしこのように位相差が音色の変化を与える条件としては、

1) 部分音の周波数が離れすぎないこと

2) 部分音の数が多すぎないこと

3) 位相の差にもとづく波形の包絡線の形が明瞭に相違すること

をあげている。

これらの例によってわかるように、特定の条件下では位相によって音色、大きさ、高さの印象が変化を受ける。しかしこれは実験的場面の場合で、現実の音楽演奏においては位相は音色に影響を与えない。

なお長距離電話或いは中継などで、周波数によって伝播速度が相違すると、周波数によって、位相が異り、音声の明瞭度が低下するといわれている。従ってどの程度の位相歪まで許容できるかが、問題となるが、この点に関する研究はほとんどないのが現状である。

一応、万国電話諮問委員会（CCIF）の規格として、50 c/s 70 m sec、6400 c/s 10 m secを許容限界として定めている。

(6) 過渡歪

伝送再生系に、突然に音圧が加わったり、加わっていた音圧が突然なくなったりすると、一般に振動系がそれに即応しないで、多くの場合、短時間自由振動をする。従って、入力と出力とでは波形が異ってしまう。これを過渡歪という。実際の音楽、音声、もの音は定常音というよりは、むしろ突然的な変化を示す過渡的入力であるので、それだけに、過渡歪は音質にもっとも有

害な影響を与えるといわれている。この過渡歪は、周波数特性と密接な関係をもっており、過渡歪のみを条件変化させて、聴感との対応実験を行うことは大変困難である。

過渡特性の測定は、入力として短時間の正弦波（tone burst）もしくは白色雑音を与え、出力の波形を残光性の陰極線オシロスコープ（CRTオシロ）、或いはメモリスコープ等によって記録する。最近では、テープレコーダーに使う磁気テープ（1/2インチ幅）の上に波形の通りの形で磁化した部分と磁化しない部分との境界線を作り、磁性体の細かい粉を上に乗せて波形の曲線の形を描かせる方法が、垣村（1959）によって開発された。この方法の特徴は、この磁気テープの上の記録からそのまま、電圧波形を再生できる点にある。

過渡歪と音色との関係において問題になるのは、過渡特性のパターンである。この

パターンは、理論的には対数函数もしくは指数函数的に増加もしくは減少するといわれるが、スピーカーをへて、聴取室内にいたった音の過渡特性は、大変不規則な変化を示し聴覚との明確な対応はつけ難い現状である(5)参照)。

7) マイクロホンの配置とバランス

録音もしくは、放送の時、マイクロホンを数本配置することがある。マイクロホンをある音源にのみ接近して置き、他の音源から離して置くと、音源間のバランスが崩れて原音の音色と異ったものになってしまう。

従って、出来る限り原音に近い自然な印象を与えるようマイクロホンを配置し、その出力を適切に調整することが要求される。この調整は、多分に調整技術者(ミクサー)の経験、感覚に依存することが大きい。音量調整の指示器としてVU計があるが、これも聴感との間にはしばしば不一致を

生じ（中島1956）、音量調節を人間の感覚を借りずに機械的に行うことは難しい。マイクロホンバランスに関してはNHK技研の源中らの研究がある（中島1960より引用）。

すなわち、聴音レベル90dBを基準として、各種の聴音レベルのとき、それの構成音個々のバランス感について実施したものである。

その一つは、「走れメロス」というラジオドラマに使用されたせりふ、音楽および効果音（小鳥鳴声、足音、川音）を各々別のテープに録音しておき、これを再生しながら、せりふの聴取レベルを基準として、ドラマ制作の立場から、せりふとのバランスを最適と思うところに調節しながら、音楽と効果音をミックスする。この操作と、10名のミクサー（調整技術者）により、基準となるせりふの聴音レベルを90、80、70、60dBの4種類について行ない、そのときの

各構成音のレベルを記録したものである。
第2-5表はその結果の平均値を整理したもので、せりふの聴音レベル90dBの場合の各構成音のレベルを、それぞれ0dBとした場合の、各種のせりふレベルに対する構成音のレベル差をまとめたものである。(実験方法としては、各構成音を分たんする音量調節器の目盛の差で表わしてある)。各部分音相互の関係が決して一定でなく、聴音レベルによって、かなり異なることが認められるのである。

上の実験は、番組制作の立場から行なわれたもので、その限りでは、聴音レベルをいかに選ぶかは相当検討を要することが示されたことになる。

次に、一般聴取者的立場からのバランス感評価を試みている。すなわち、上記の実験材料を使い、4種の聴音レベルできながら、ドラマとして最適と思われるバランスにミックスしてまとめ上げ作成したテー

せりふの聴音レベル dB	音楽 dB	小鳥 dB	足音 dB	川音 dB
90	0	0	0	0
80	− 1.9	− 2.7	− 4.3	− 6.8
70	− 5.4	− 3.7	− 5.4	− 7.5
60	− 9.0	− 5.0	− 7.8	−11.0

第2-5表

制作時の聴音レベル dB	試聴レベル dB	評価	
		せりふと足音	せりふと音楽
90	80	− 0.8	− 0.4
	70	− 0.8	− 0.8
	60	− 1.8	− 0.8
80	90	+ 0.4	+ 0.6
	70	− 0.1	0
	60	−.0.2	− 0.4
70	90	+ 0.4	+ 1.0
	80	+ 0.8	+ 0.4
	60	+ 0.2	+ 0.6
60	90	+ 1.5	+ 1.6
	80	+ 0.4	+ 0.6
	70	+ 0.8	+ 0.6

第2-6表

プを、それぞれ異なる3種類のレベルで再生試聴し、おのおのの場合にせりふに対する足音や音楽のバランス感を、2（大きすぎる）、1（やや大きい）、0（ちょうどよい）、−1（やや小さい）、−2（小さすぎる）によって評価記入する方法を用い、10名のミクサーを試聴者として行った。第2-6表はその結果をまとめたものである。

また、ラジオドラマ「君の名は」のある部分を、90dB程度でモニターしながら制作したテープを試聴音とし、内容のバランスと感覚的効果の2側面から、分析的評価を試みた。試聴者はミクサー18名であるが、一般聴取者的な鑑賞の立場で評価するように努めた。試聴レベルは90ないし60dB4段階に変え、その都度、所定の評価基準に従って投票した。その結果をとりまとめたものが第2-7表である。

これは、前段の場合とちがって、ラジオドラマを鑑賞する立場からの評価であるが

試聴レベル dB	音の内容的バランス 項目	評価	音の感覚的効果 項目	評価	備考
90	A	3.1	A	3.4	○バランス評価の項目
	B	3.2	B	3.3	音楽 A. 各楽器音のバランス B. 歌と伴奏とのバランス C. 音楽と紹介アナウンス
	C	3.1	C	3.3	
			D	3.3	せりふ A. せりふと効果音のバランス B. せりふと音楽のバランス C. 音楽と効果とのバランス
80	A	3.6	A	3.3	○感覚的効果評価の項目
	B	3.4	B	3.5	A. 迫力感
	C	3.3	C	3.3	B. 内容の明瞭度
			D	3.7	C. Fade in, Fade out の自然さ
70	A	2.4	A	2.4	D. 音色，音質の自然さ
	B	2.7	B	2.5	○評価基準
	C	2.5	C	2.6	4. 非常によくほとんど完全である
			D	2.5	3. やや難点があるが良好である
60	A	1.6	A	1.3	2. かなり悪く感心できない
	B	1.8	B	1.4	1. 全然悪く不愉快である
	C	1.9	C	1.7	
			D	2.3	

第2-7表

、こ、に現われた結果をみると、制作時のレベルと鑑賞試聴時のレベルとが違うところから予想されるものとかなり一致したものが現われているように思われる。しかし、これら3表を比較すると、制作的立場においては、聴音レベルが違えば、各構成音の混合の割合は相当に変わるが、かくして制作された同一番組を、聴取者的鑑賞の立場からきくときは、制作時と試聴時のレベル差が10ないし20dB程度なら、評価上ほとんど問題がないことがわかるのである。しかも、この第2、第3の実験は、鑑賞的評価とはいっても、試聴者がミクサーであったから、多少の職業的意識は免れなかったであろう。もし、純粋な一般聴取者によって試験を行えば、おそらくこの傾向は一層強く現われるものと思われる。

8) スタジオと聴取室の音響状態

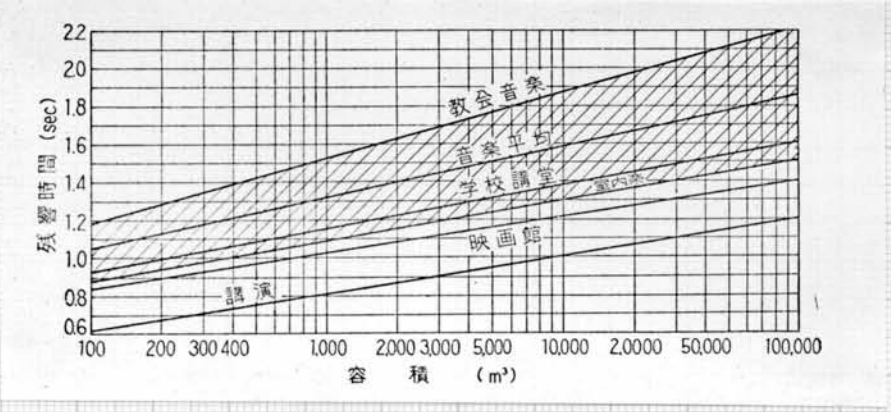
室の音響特性(共鳴、残響、エコー、音焦点 sound focus、鳴き竜 room flutter)

は、室の形、大きさ、反射性および吸音性等の諸要因によって規定される（Knudsen, V. O. Harris, C. M. 1957）。伝送再生系においては、スタジオで原音をマイクロホンに受けて電気変換し、それを電波、レコード、磁気テープ等を媒介として、聴取室（たとえば家庭の居間）に伝え、そこで受信器、プレヤー、テープレコーダー等によって再生する。このスタジオと聴取室の両者は通常、形、大きさ、反射性、吸音性等の諸特性が同じでないから、当然音響特性は相当に異る。従って、スタジオでピック・アップした音を、正確に聴取室へ伝送再生できたとしても、部屋の音響特性が異なっていれば、音場分布も当然変化してしまう。

一般には、スタジオの残響時間はかなり短かくし、部屋の境界の形を不規則にしたり、吸音材の配置を不規則にして、共鳴やエコー、音焦点等をなるべく生じないよう

にし、音の拡散をはかっている。

聴取室（コンサート・ホールも原音の聴取室といえる）の音響特性は、当然エコー、音焦点、鳴き竜、共鳴等の諸現象は出来るだけ押さえるようにし、部屋のすみずみまで一様な音圧分布が得られるよう設計すべきであるが、問題となるのは残響である。というのは、残響をなくすようにすると（残響時間を短かくすると）音声の明瞭度が上るという利点があるが、その反面、音量感、豊かさに欠けた乾燥した音色になってしまう。一方、過度に残響を多くすると、音が次々と重なって、歯切れが悪く、明瞭さを失ってしまう。従って、適当な残響時間を定める必要が生じるが、これは聴覚に訴えて、始めて解決できる問題である。最適残響時間について、Knudsenと Harrisは第2-18図のようなデータを推奨している。この残響時間の測定は、Sabineが仮定したように音が対数的に減衰するものとし、



第2-18図

種々の室に対する室容積対
最適残響時間 (512 サイクル)

音の入力がなくなってから60dB減衰するまでの時間を求めたものである。しかしこのような対数的減衰をするのは、音が（1）どの瞬間でも完全に一様に散乱された状態にあり、（2）完全に無指向性、すなわちどの方向にも一様に伝搬し、（3）吸収が連続的に行なわれる、という3条件が満たされた場合だけである（三村他1963）。

しかし、普通は上の（1）+（3）の条件はいずれも満足されないため、複雑な経過を描いて減衰する場合が多い。すなわち、同じ残響時間であっても、部屋の構造、大きさによって、その残響の減衰パターンは非常に異る。Potwinは1939年に減衰パターンと聴感との間に関係のあることを発見し、彼は小さな変動を伴う対数減衰型が好ましいようだということを経験的に述べている他2、3の意見もあるが、いずれも組織立った報告ではない。

減衰パターンの組織的な条件変化は、現

在の技術段階においても、多くの困難を伴うため、また十分の実験的研究が行えないでいる。なお、従来の最適残響時間の研究は、単に残響時間を何秒にとれば好ましいか—好ましくないかといった一次元的な取扱いをしてきた。

しかし、最適残響時間というのは、心理的にみれば、種々の面からみることができる。たとえば、話しやすさ、演奏しやすさ、音量感、音の豊かさ、音の歯切れ、明瞭さ、残響感、余韻、音のバランスなどである。

単に“好ましい—好ましくない”という一次元ではなく、これら種々の心理的次元と、部屋の諸音響特性（物理量）との対応関係を求めんとする傾向が最近生じてきた。

たとえば、吉田、岩崎、永井（1961）は、音色の心理的測定結果から、物理的測定法の妥当性の検討と、音色を説明するた

る物理量を見出すことを目的として一連の研究を行っている。彼等は、表2-8表に示すような特性について、定和法（constant sum）による評定を行い、因子分析を実施している。表2-8表が相関係数、表2-9表が因子分析の結果である。オ1因子を高級品質因子、オ2因子を明瞭さ因子と名附けている。本実験に用いられた項目数が少いので、この結論は妥当性にとぼしいように思えるが、従来全く経験的に不統一に用いられていた主観的室内音響特性について因子分析による整理を試みた点は大変興味深い。

また、柳沢、三村（1968）は、ひびき、遠ざかれのよさの二つの主観的特性と、残響時間、時間音圧比、室内音圧比などの物理量との間の対応関係を求めている。表2-19図がその結果であるが、かなりよい対応関係をうるのに成功している。

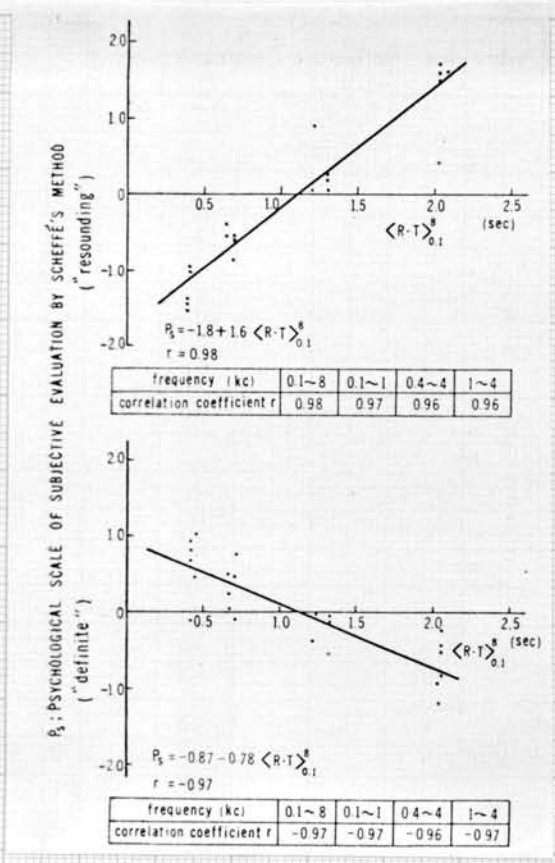
技術者にとって、伝送再生系の物理特性の改善に関しては、原音の波形を忠実に再

第2-8表

	(1) 豊かさ	(2)柔らかさ	(3)残誉の長さ	(4)残誉の快さ	(5)歯切れ	(6)総合点
(1) 豊かさ		.71	−.93	.93	.08	.85
(2)柔らかさ			−.52	.40	−.81	.39
(3)残誉の長さ				−.97	.11	−.57
(4)残誉の快さ					.04	.90
(5)歯切れ						.08
(6)総合点						

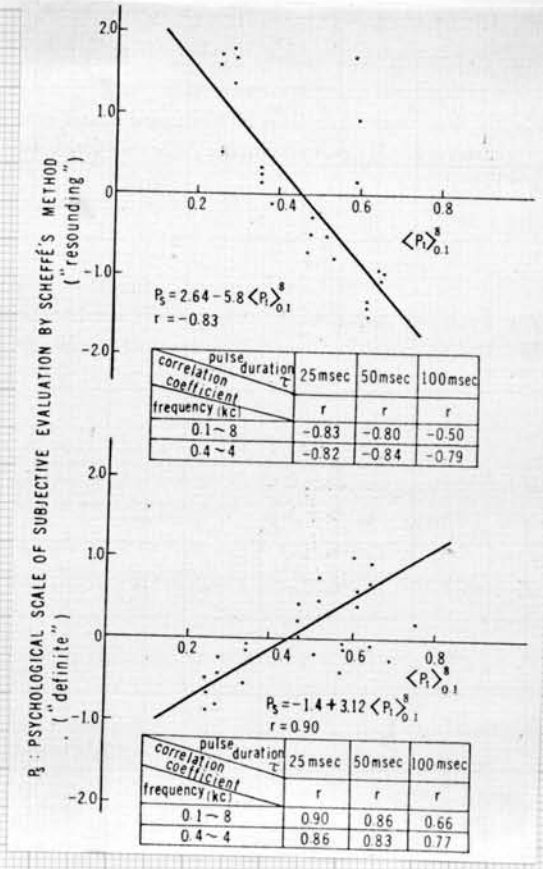
第2-9表

	F_1'	F_2'	h_{12}^2
(1) 豊かさ	.849	.256	.786
(2) 柔らかさ	.750	−.541	.855
(3) 残誉の長さ	−.917	−.254	.905
(4) 残誉の快さ	.874	.436	.954
(5) 歯切れ	−.254	.696	.649
(6) 総合点	.807	.411	.820



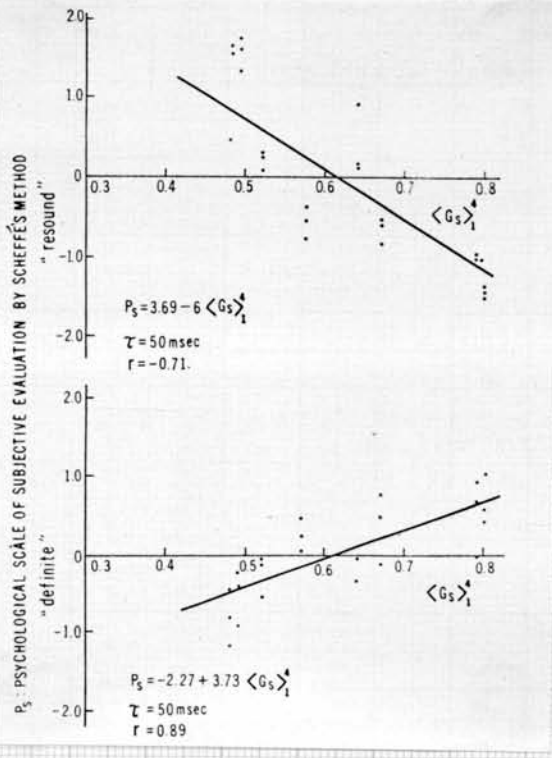
frequency (kc)	0.1~8	0.1~1	0.4~4	1~4
correlation coefficient r	0.98	0.97	0.96	0.96

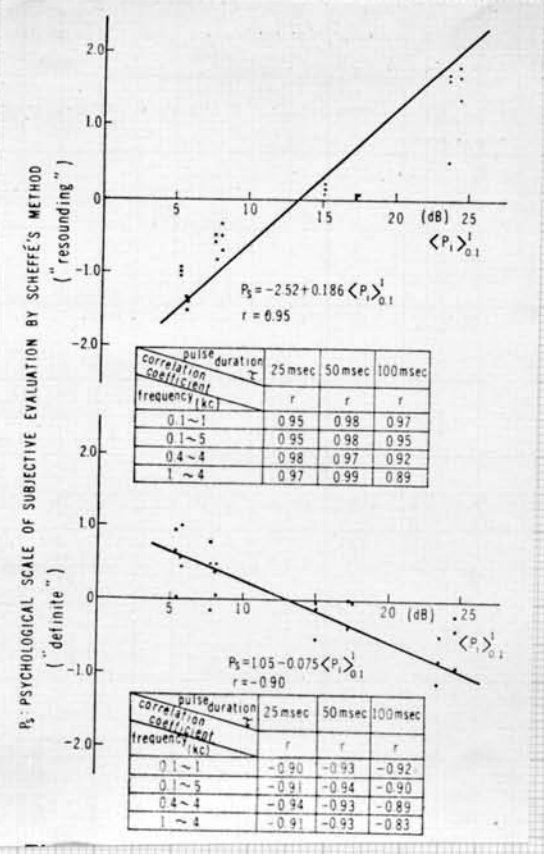
frequency (kc)	0.1~8	0.1~1	0.4~4	1~4
correlation coefficient r	-0.97	-0.97	-0.96	-0.97



correlation coefficient / pulse duration τ / frequency (kc)	25 msec	50 msec	100 msec
	r	r	r
0.1~8	-0.83	-0.80	-0.50
0.4~4	-0.82	-0.84	-0.79

correlation coefficient / pulse duration τ / frequency (kc)	25 msec	50 msec	100 msec
	r	r	r
0.1~8	0.90	0.86	0.66
0.4~4	0.86	0.83	0.77





correlation coefficient / pulse duration τ / frequency (kc)	25 msec	50 msec	100 msec
	r	r	r
0.1~1	0.95	0.98	0.97
0.1~5	0.95	0.98	0.95
0.4~4	0.98	0.97	0.92
1~4	0.97	0.99	0.89

correlation coefficient / pulse duration τ / frequency (kc)	25 msec	50 msec	100 msec
	r	r	r
0.1~1	-0.90	-0.93	-0.92
0.1~5	-0.91	-0.94	-0.90
0.4~4	-0.94	-0.93	-0.89
1~4	-0.91	-0.93	-0.83

第2-9図

現するという、客観的な目標を一応持つことができた。ところが室内音響特性に関してはこのような基準はない。客観的に最適の残響時間があるわけでなく、最適というのは人間が聞いて、もっとも好ましいという意味であって、あくまで主観的な基準である。

従って、建築音響学者の中には早くから、音の主観的特性と、物理量との対応関係について関心を持つ人々が多かった。しかし彼等の傾向として物理量の測定は精密であったが、心理量の測定は、実験者の個人的経験或いは簡単なアンケート類によるものが多かった。

吉田、柳沢らも、音響学者ではあるが、心理学的手法を用いて、音の主観的側面の測定を試みたことは大変意義がある。しかし彼等の傾向として、音色の現象分析が十分でなく、測定項目の設定が、実験者の恣意にゆだねられている点が指摘される。

建築音響学の理想は、住む人（建築物の利用者）にとって快適な音響環境を作りだすことにある。従って、今後この分野において心理測定による音の印象と、物理測定の対応関係を求める研究がますます盛んになるものと思える。

なお、残響時間の測定は、音源としてピストル音を用いるとか、スピーカーより、短時間の正弦波、もしくは白色雑音を発生させ、これを部屋の他の位置でマイクロホンで受けて、増幅し、CRTオシロ、メモリスコープ等を用いて記録する。これは先にのべた過渡並の測定と同様である。残響特性は部屋における音の減衰の時間経過を示すものだから、一種の過渡現象と考えられる。

また、このような実測によらず部屋容積と吸音力から残響時間を計算する、残響方程式、および計算図表が工夫されている（Knudsen, V.O. & Harris, C.M. 1957）。

9) ダイナミック・レンジの制限

音楽はいうまでもなく一定の強さで演奏されるものではなくて、ピアニッシモからフォルテッシモに至るさまざまの強さで演奏される。音楽の感情は、この演奏の強弱によって微妙に支配されるのではなかろうか。

音声でも、さいやき声から雷のような声に至るまでその強さは大きく変化する。もの音にしても、木の葉のかさこそとすれ合う音から、ジェット機の爆音に至るまで非常に広い範囲でその強さを変化させる。

この最弱音から最強音の範囲をダイナミック・レンジとよび、この最弱音と最強音の比をdBで表示する。NHKの実測によると、ダイナミック・レンジは音楽で90dB、音声で50dBという結果を得ている(中島1960)。もの音では刺激閾から、刺激頂まで存するから、Fletcherの測定結果によれば120dBということになる。

ところが、伝音再生系のもっともよく設計されたものでも、そのダイナミック・レンジは70dB程度といわれている。すなわちこの70dBの範囲外の最弱音は伝音再生系自身の発生する種々の雑音（ハムとか熱雑音など）にマスクされてしまい、最強音は、振幅歪を生じてしまう。

放送もしくはレコード録音の場合は、調整技術者（ミクサー）が、最弱音が入力すると音量調整器を操作してレベルを上げ、最強音が入力するとレベルを下げて、伝送再生系のダイナミック・レンジ内に音がおさまるよう調整している。またラジオ放送の場合、最強音が入力すると、自動的に振幅を抑制する制限増幅機（リミッター）が用いられている。このように伝送再生系においては原音のダイナミック・レンジを系の限界に合わせて圧縮しているわけであるが、当然音楽の演奏などにおいては、これは平板な印象を与え迫力を欠く原因となる

。

どの程度まで、ダイナミック・レンジを狭くしても聴感的に許容できるかについて、NHKの研究があるが（中島1960より引用）、約20dB程度原音の範囲より狭くしても差支えないという結果を得ている。たとえば、音楽のダイナミック・レンジは40dBだが、これを20dB狭くして、70dBのレンジにしても、許容できることになる。現在、市販品であっても、優秀な装置は70dBのダイナミック・レンジを有するから音楽および音声のダイナミック・レンジに関する限り、一応満足できる水準に達しているといえよう。

10) 原音と再生音のレベル差

耳の感度は、周波数によって異る。たとえば、同じ音圧であっても100 c/sの音と3000 c/sの音とでは、後者の方がはるかに大きく聞える。

そこで、FletcherとMunson（1933）

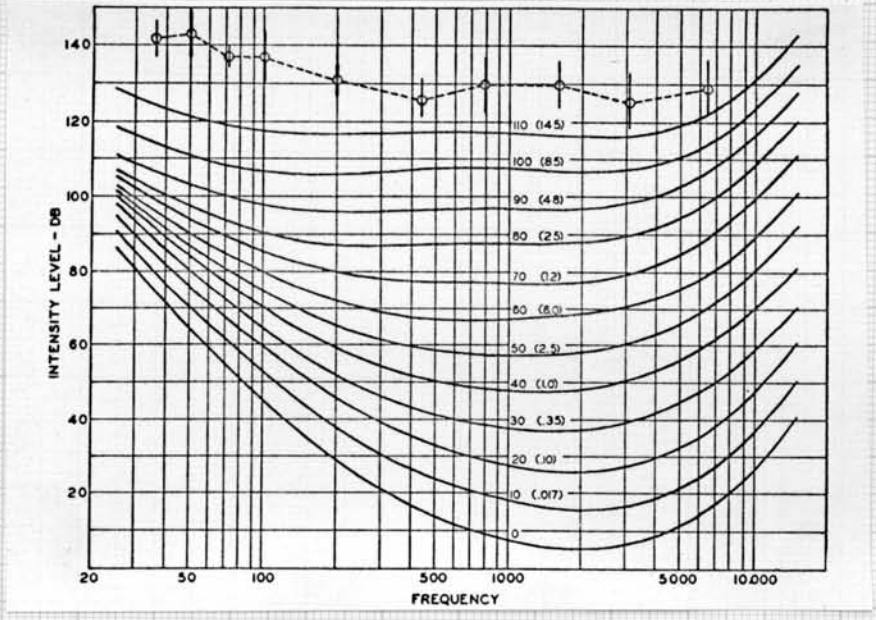
(20×20)

は、1000 c/s の純音を基準として、1000 c/s の音の一定の音圧レベルの音と等しく聞える他の周波数の純音の音圧レベルの関係を求めた。その結果が才2-20図である。

この図の曲線はフレッチャー、マンソン曲線、もしくは等感曲線と呼ばれ、アメリカ標準協会（ASA）で正式に採用され、現在広く騒音計その他の音響機器の設計資料、音の大きさの計算資料として用いられている。図の曲線につけた数字が大きさのレベル（loudness level）で、単位は、phonを用いる。現在、大きさのレベルは、日本工業規格JIS、アメリカ標準規格（ASA）イギリス標準規格（BS）、ドイツ工業規格（DIN）において次のように定義されている。

"ある音の大きさのレベルは正常の聴力をもった人がその音と等しい大きさをもつと判断した基準音の強さのレベルで表わす。その単位には混同を避けるためdBを用い

(20×20)



第2-20図　音の大きさの等感曲線

すphonと呼ぶ。

さて、この等感曲線をみて明らかなように、原音よりも大きいレベルで再生した場合、聴感的には中、高音部に比して低音部の大きさが急激に増大し、その結果、再生音は原音よりも低音部が過大に聞える。ラジオや電蓄を大きな音で鳴らすと、ボンボン響いて聞えるが、これは低音部が大きく聞えるためである。一方、原音より再生音のレベルを下げると、今度は低音部の減衰が大きすぎて、生の足りない音になってしまう。

このように、原音と再生音のレベルが同じでないと、単に大きさのみでなく高、低音のバランスが崩れ、音色まで変って聞える。

そこで、このような歪をなくするためには、原音と再生音とを同じレベルにすればよい。しかし一般の家庭用ラジオで、オーケストラの最大音の100dB近い音響を無歪

で出すことは困難であるし、それに、近所迷惑でもある。

従って、逆に一般の家庭ではどの程度の大きさでラジオを聞いているかを調査し、その大きさに合わせて送信側で音のバランスを調整して放送する方が現実的といえる。

この目的で、CBS、BBC、NHK等で、ラジオ受信機の聴取レベルに関する調査が行われた。

CBSのEisenberg, P. とChinn, H. A. (1945)は、ラジオ放送の周波数帯域の好みと、聴取レベルの好みに関し、かなり大仕掛けな実験を行っている。彼等は、その第6実験として、50dB、60dB、70dBの3種類のレベルと、広帯域および狭帯域の2種類の周波数帯域(第2-9図)を組み合わせ、111人の被験者を用いて聴取実験を行っている。その結果が第2-10表に示されているが、同表からも明らかなように、被験者は総

VOLUME LEVEL PREFERENCES

Volume Level		Tonal Range	Experiment 6	
			Classical Music (A & B)	Male Speech (A & B)
Pair 6	Low	Wide	9%	2%
	Moderate	Wide	72	79
	No Preference		19	19
Pair 7	Moderate	Wide	27%	42%
	High	Wide	46	38
	No Preference		27	20
Pair 8	Low	Narrow	18%	4%
	Moderate	Narrow	66	91
	No Preference		16	5
Pair 9	Moderate	Narrow	49%	28%
	High	Narrow	30	52
	No Preference		21	20

(Size of samplet 111 persons)

第2-10表

じて60～70dBのレベルを好むようである。但し、この実験は音のレベルが60～70dBという狭い範囲なので、一種の中心化傾向としてこの傾向が得られたといえないことはない。

そこで彼等は1947年に方法を変えて調査した。今回は暗騒音が21dBと43dBの二つの状態で、調整法により各自の好みのレベルを求めさせている。第2-11表がその結果である。その平均値は暗騒音が21dBの時には、64dB、暗騒音43dBの時には68dBを得ている。この結果は、1945年の結果と比較的よく一致している。

更に、BBCのSommerville, T. とBrownless, S. F. は、1949年にこの聴取最適レベルに関し、興味ある研究を行っている。

実験にはVU計を使った音量計を用い、曲目は管弦楽曲、軽音楽、ダンス音楽、会話の四種、被験者としては一般男女、放送

強さのレベル dB	それぞれのレベルを選んだ人数の比率(%)	
	騒音 29 dB 試聴者 68人	騒音 43 dB 試聴者 64人
80～84	0	3
75～79	7	16
70～74	10	44
65～69	34	29
60～64	27	6
55～59	16	2
50～54	3	0
45～49	3	0

強さのレベルの選択（調整法）

第2-11表 （中島 1960より引用）

試験番組	レベル (dB)					
	一般		音楽家	調整技術者		技術者
	男	女		男	女	
交響曲	78	78	88	90	87	88
軽音楽	75	74	79	89	84	84
ダンス音楽	75	73	79	89	83	84
スピーチ	71	71	74	84	77	80

最大音圧レベル選択値

第2-12表 （中島 1960より引用）

関係の技術者、男女、一般技術者、音楽家等を選んでいる。オ2-12表はその結果である。

この実験で得た観測値そのものは、Chinn, Eisenbergなどアメリカのデータより幾分高い値を示している。しかしこのデータから次のような興味ある傾向が見出される。

まず被験者別に分析すると一般人の好みが一番低く、次に音楽家、一般技術者の順になり、放送関係の技術者が最大のレベルを好むことが分った。

すなわち、同一プログラムに対する、音楽家、放送関係技術者等音に接する機会の多い人の好みのレベルが一般人と比べて高いという結果が得られた。このことは、日常経験の枠づけが、好みのレベルに影響を与えていることが示唆される。この経験による枠づけの効果は、プログラムによって好みのレベルが異り、交響曲、軽音楽など

現実のレベルも高いものは好みのレベルも高く、スピーチのように現実のレベルも低いものは好みのレベルも低いという傾向にも現われているように思える。

聴取レベルの好みが、経験の枠づけによって影響されるということは、Helson, H. (1964) の順応水準説 (Adaptation-level theory) とも関連ある興味ある問題である。筆者は修士論文において、この問題を取り上げ、さらにその後も、音の大きさ判断を中心に、このAL論について実験的研究を続けているが、この成果は音響学会並びに心理学会に継続的に報告しているので、それにゆずる。

こゝでは、大きさもまた音色を変化させる要因の一つであることを強調したい。大きさと音色は古くは全然独立の属性として扱われてきたが、決してそうではなく、互いに関連し合っているのである。

従って、音色実験を行う際には、常に聴

取レベルに注意し、大きさを適意レベルに保って実験を行うか、或いは大きさも一つの変数として、組織的に実験計画の中に組み入れる必要がある。

11) 雑音

ラジオには、空電や混信、高周波ミシン、蛍光燈、モーター等の種々の機械より発する雑音、或いはラジオ自身の真空管からでる雑音、交流ハム音、誘導ハム音等、いろいろの雑音が入る。レコードでも針音とか、モーターの回転音等の雑音が入る。伝送再生系において、伝送の目的とする音(信号)以外の妨害音の総称として雑音と呼んでいる。

これらの雑音が大きいと、遠距離短波放送受信の場合によく出られるように、信号がマスクされて、聞きとるのが困難になることもある。また信号音のレベルが大きくて、充分聴取可能な場合でも、雑音が存在すると大変不快な感情を聞き手に与える。

そこで、信号と比べて雑音がどの程度、小さければ許容できるかの知識が必要となるわけだが、信号音にも、音楽、音声、もの音など様々の種類があり、雑音にもパルス性のもの（クリックなど）、連続性のものなど、いろいろある。信号も雑音も、多種多様のスペクトルを持ち、しかもそれが時間的に変化する。このように刺激条件が複雑であるから、信号と雑音比（signal to noise ratio, S/N）の許容値を求めることは難しい。

ただし、音声の明瞭度に関しては、信号（音声）と雑音の比から、その時の明瞭度を算出する理論、及び方法が、発達している（Fletcher, H. 1953）。筆者らも電車騒音下の会話に関して、これを試みたことがある（北村、難波 1959）。またMiller, G. A., Heise, G. A. & Lichten, W. (1951) のS/Nを低くしても、有意味語の場合には、無意味語よりも了解度が悪くな

らないことを示した実験がある。

それにせよ信号音の了解という意味で、S/Nの関係を求めることは比較的容易だが、信号音の快適な聴取を妨害するものとしての雑音の問題は、感情的側面が多く入り込んでくるので、定量的に取扱い難い面を含んでいる。

雑音の介入は、原音にはなかった音が加わるわけで、原音の波形を変えてしまうが、しかし、これによって、原音の音色が変わるということは、必ずしもないように思える。特に、立体再生の場合には、信号音と雑音とをかなりよく分離して聞くことができる(吉田、若崎、永井 1960 B)。すなわち、弓のすれる音、空気のもれる音といった楽器に附随する雑音は、楽器の音色の特徴を形成するが、伝送再生系の雑音は、原音の音色からむしろ分離されて聞かれる。従って、雑音は直接、原音の音色に影響を与える要因とはいえないかも知れない。し

(20×20)

かし音を聴取する人に不快感を与え、ひいては原音そのものの印象に悪影響を与える要因と考えられるので、一応取上げた。

以上、伝送再生系の物理的性質と聴覚との関係について、現在までに行なわれた諸研究について網羅的に述べてきた。これらの諸研究は必ずしも音色の研究を正面から取り上げたものとはいえないかも知れない。

しかし、伝送再生系を通したことによる音色の変化の検知や、伝送再生系の物理特性の変化と音質の好みとの関係の追求という点からみて決して音色研究と無関係のものではなく、検知の問題は、音色の認知、弁別の側面と、音質の好みの問題は、音色の感得の側面とかかわりあいをもつものといえよう。

認知、弁別に影響する物理的要因は、試

に複雑多様で、ある特定の問題に限定して研究を進める時には、何らかの法則性を把握することができるかも知れないが、同時に音色に影響を与える他のパラメーターが加わってきた時に、その法則が保持される保証は何もない。たとえば、歪の検知には周波数特性や振幅が関与することが知られているが、さらに室内音響特性、雑音なども結果に影響することが予想される。このように条件が複雑にからみあっている上に、さらに歪の物理測定そのものも、レベルが変動する音の場合には、技術的に非常に難しい。したがって、歪の検知限に関する結果が研究者によって異なるというのも当然と思われる。他の物理特性に関しても同様の事情が考えられる。そこで、この認知、弁別の側面から、音色の世界全体を包括する法則を追求することは非常に困難な課題であると思う。

一方、音色の感得の面に関する研究にお

いては、従来は、単に“好き－嫌い”の次元のみでとらえている実験がほとんどで、室内音響あるいは立体音において、2、3の項目から心理測定を試みている例が目をひく程度である。われわれは、音色の印象を言語を用いて、豊富にかつ生き生きと記述することができる。そして他者のだした音色の表現に共感を感じることができる。

われわれが、音を聞き、いかに感じているかの側面について、さらに詳細で組織的な研究を行なう必要性を感じるのである。

第 3 章

展性論

音色は、Helmholtz以来音の大きさ、高さと共に、楽音の属性の1つとして取扱われてきた。

音の属性に関しては、既に第1章で論じたが、感覚属性における要素心理学的問題、属性の基準に関しては種々の難点を持つと同時にそれは刺激対応物の束縛を離れた自由な現象的性質の記述としての面も無視してはならないことを示唆した。

さらに、Torgerson, W. S. (1958, p. 14) も指摘するように、われわれは対象そのものの測定は出来ず、その属性に関して測定できるのみである。たとえば、"棒" そのものの測定はできないが、棒の長さ、重さ、直径、固さ等に関して測定できるのである。

この意味で、いかなる属性に関して測定を行うかを決定することは、測定上重要な

(20×20)

問題であるし、さらに測定しているものは何かについて考えることは、知覚の本質にせまる重要な問題であろう。

本章では一部分第1章と重複するところがあるが、感性の基準について論じ、さらに音色研究を進めるに当って必要な感性の定義について考えてみたい。

第1節　属性の基準

感覚の属性は、心理学において如何に取扱われてきたであろうか。

Wundt, Titchener等の構成心理学においては、感覚は精神の要素であり、これ以上単純な過程に分割できないものだとされ、同時にそれは種々の観点（aspects）すなわち属性（attributes）を持つと考えられた。たとえばWundtは、要素感覚に共通の属性として、強さと質の二属性を考えた。

1893年、当時Wundtの下にあったKülpeは、感覚の属性について次の基準をもうけている。（Boring, 1950より引用）

第一に、属性は感覚から不可分（inseparable）であるということである。もし感覚がたとえば質の属性を持たなければ、感覚そのものも存在し得ない。他の属性を持たない場合も同様である。ある属性を零にすると他の属性も消えてしまう。

　　すなわち、属性は独立に可変であるということである。たとえば、質を一定にして強さを変えることもできるし、その逆も可能である。

　　属性が、意識の要素である純粋感覚に何時も必ず備わっている本質的性質であり（不可分性）、一つの属性を固定しても、他の属性を変化させうる（独立可変性）という考えは、多分に要素的、機械的色彩の強いものである。従って、このKülpeの基準は、感覚の属性と、刺激の物理的属性との全く固定的な対応関係を仮定し、物理量の増加に対し、感覚量が単調増加的に変化する場合に限って成立するのである。

　　たとえば、音の大きさについて考えてみると、刺激である音波の振巾を小さくしていくと、次第に音の大きさは小さくなり、最後には聞えなくなってしまう。この時、音の大きさは消失したわけだが、同時に音そのものの感覚もなくなってしまう。音が

感覚的に存在しない以上、音の高さ、太さ等の他の属性も存在しないことは当然である。従って不可分性の基準は、この場合成立する。

次に、音波の振巾を一定にしておいて、周波数のみを変化させると、大きさはそのままで、高さのみが変化して聞える。この場合、独立可変性もまた成立するように思える。

このように、一見Külpeの基準は成立するようだが、この基準は上述したように、恒常仮定の承認の上に成り立つものである。この仮定は、Gestalt心理学によって痛烈に批難されたように、特殊な人工的条件を除いては、一般に成立しがたいものである。事実、先の振巾を一定にしておいて、周波数のみを変化する例の場合でも、厳密に検討すれば、周波数の変化に伴って、高さのみならず、大きさもまた変化することが見出されている（Stevens, S. S. 1935）。

(20×20)

一体、Külpeの基準に合致する属性は存在するのであろうか、或いは属性の研究に、このような基準は必要なのであろうか。これを実際に行われた属性研究の上でみてみよう。

属性研究の初期においては、諸感覚に共通の属性を仮定することが行われた。

たとえば、Wundtは、感覚の属性として、強さと質の二つの属性を考え、Külpeは、総べての感覚は性質、強さ、持続の三属性を持ち、視覚と触覚は更に拡がりの属性を持つとした。Wattは、総べての属性に共通のものとして、質、強さ、組織的順序、(systematic order)、拡がり、時間的順序及び持続を提案した。

一方、Meyerは、必らずしも全感覚に共通した属性を認める必要はないとして、音の属性として持続、強さ、質、高さの四属性を提唱した。

その後、感覚に共通した属性を提案する

というよりも、ある感覚独自の属性を提案するという動きがみられた。

この傾向は、音響心理学の分野で特に明瞭で、種々の学者が競って音の属性を提案し、一時は属性論が音響心理学の中心問題となったとさえ云われている（高野、1935）。

たとえば、Machの明暗、Brentanoの音白、音黒、Stumpfの音明、太さ、Révezの音質、音高、Köhlerの音体（Tonkörper）、Abrahamの音明、音質等その他種々の属性が次々と提案された。

Boring, E. G.（1950）は、この事情について次のように述べている。

“心理学者は、形式的な考えに制限されることを好まなかった。彼等は自由な記述語の使用を望んだ。この要求は、殊に1913年頃から始まった音属性に関する研究に見られた。もし音が、高－低、大－小、長－短（持続時間）以外に、明－暗の属性を持

っているなら、彼等は明るさが高さおよび他の属性と異っているかどうか吟味せずに、この言葉を用いることを望んだ。もし、音が母音に似ているなら、彼等は、母音性が単に高さか、或いは高さプラス大きさプラス音量か或いは他の何かであるかの疑問を持つ前に、その音が母音性の属性を持っているということを欲した。この動きは分析に反対し、記述の自由を欲していた胎生期の新現象学の刺激になった。"と。

すなわち、虚構的な要素感覚の属性としてではなく、われわれが感じるまゝの、現象の世界を記述する言葉として、属性の研究が出発したことは承認されるべきことだといえる。しかし、属性の自由な提案は、元来、同じ属性を二つの違った言葉で表現するといった類の混乱を生ぜしめたことは否めない。

そこで、やはり属性の独自性を明瞭にするための基準が必要である。ところで、こ

(20×20)

のように自由に提唱された属性に対し、先のKülpeの基準は役立つであろうか。まず彼の独立可変性の基準についてみてみよう。

まず、音の高さと太さの二つの属性について考える時、両者とも周波数の変化に応じて共に変化する。すなわち周波数が増すと、音は高さを増加し、太さを減ずる。

Titchenerは、両者の周波数に対する変化の異なることに着目し、有名な音響鉛筆説をたてたが、後にRichは、高さと太さのj.n.dを実験的に求め、それが互いに異なることから、Titchenerの仮説の正しいことを実証した。というのは、太さのj.n.d.は高さのそれより大きいので、高さの僅かな変化は、太さの変化を生ぜしめないからである。

さらに、Halverson（1924）は、大きさと太さのj.n.d.を測定し、太さのj.n.d.が大きさや高さと異るから、それは異った法

則に従うことになり、太さは音の独自の属性だと主張した。

Boringは、このようなj.n.d.の独自性こそ、独立可変性だといっている。確かに、属性の基準として独立可変性をあげるにしても、このj.n.d.の相異ということを、その根拠にしないと、感覚の属性は厳密にいえば存在しなくなる。

何故なら、先に述べたように、音の大きさと高さは、それぞれ独立に変化するように見えるが、Stevens (1935) が見出したように音波の振動数を一定にしておいても、大きさ（振巾）を増すと高さも変化したように聞えるからである。

Stevens & Davis (1938) も、j.n.d.の独自性をもって、その属性を決定する方法を操作的に厳密である故をもって賛成している。彼らはこの立場から、音の高さ、大きさ以外に、太さ、ち密さ (density) についてのj.n.d.の測定を行い、太さとち

(20×20)

密さの等感曲線を構成し、それが独自の属性であることを証明した。

彼らはまた明るさ（brightness）についても測定を行ったが、それが周波数と振巾に対し、ち密さと全く同様の函数関係にあることを見出し、ち密さと明るさは、同一の属性に対する二つの言葉であるという結論を述べている。

このように、j.n.d.は、Külpeの独立可変性の基準に代って、属性の独自性の証明に役立つようにみえる。

次に、もう一つのKülpeの基準、不可分性についてみてみよう。

音の大きさや高さのように、刺激の物理属性と単調増加函数的関係を有する属性には、この基準は、適合するようにみえる。すなわち、刺激の物理属性のレベルが、感覚の閾値以下に下ると、その物理属性に対応する感覚属性のみならず、他の属性も消失する。この場合、刺激がそもそも感覚的

に存在しないことを考えれば、当然のことといえる。

しかし、刺激と感覚の属性の間に、単調増加的な関係ではなく、刺激の布置と属性との間に関連があるといった場合には事情は異る。

たとえば、Lichte, W. H. (1941) の行った複合音の属性に関する実験の場合に、このことがいえる。彼は、多くの部分音を同時に発生することのできる装置 (multi-harmonic generator) を用いて、種々のタイプの複合音を合成し、その属性を一対比較法を用いて尺度化している。彼は予備実験を行い、被験者の内観報告から、明るい—くすんだ、粗い—滑らかな、豊かな—貧弱な、の3属性が複合音にあるとし、この3属性と複合音の部分音構造との関係を追求している。

さてこの実験では、ある単一の物理量 (振巾とか周波数) が増減するというのでは

なく、複数の刺激（部分音）の組合せ（布置）が問題となる。従って、部分音の組合わせ方によっては、或る属性が消失する場合もありうる。しかしその場合にも、音の感覚がなくなるわけではない。音が存在する以上、その音の大きさ、或いは高さなどの属性は当然存在しうる。このように、ある属性が仮に全然消失しても、音の感覚が存在するという場合は、複合音の例のように十分考えられるのである。

こういった例は、聴覚に限らず、例えば色覚においての2色、或いは3色の配色に伴う属性（たとえば調和感）の場合にもみられるであろう。

また、色彩には、明度、彩度、色相の3属性がある。ところが、スペクトルの光を極めて弱くすると、色相、彩度の属性はなくなるが、無彩色すなわち明度の属性は存在する（真辺1965）。このように、ある属性が、消失したからといって、他の属性も

(20×20)

また消失するとは限らない。

すなわち、属性が感覚の本質的な性質で、もしある属性が消失すれば、感覚も存在しなくなるという不可分性の基準は、到底認めることができない。

また、Boringによると、感覚に幾つかの属性があるとしても、一度に一つの属性しか意識に上らないという。彼の所説の通りであるとすると、常に一属性しか存在せず、他の属性は消失していることになる。このように属性の幾つかが存在しない場合でも、感覚は存在するわけであるから、この点からみても不可分性の基準は疑わしいことになる。

このようにみてくると、現象的特性としての属性が研究者によって自由に提唱されることから生じる混乱を救うものとして、不可分性、独立可変性の基準は役に立たず、J.N.D.の独自性のみが基準となることになる。

しかし、j.n.d.の基準にも、問題がないわけではない。次に、この問題について考察してみたい。

j.n.d.の独自性を検証するためには、当然のことながら、j.n.d.の測定を行わねばならない。この測定は、精神物理学的測定法を用いて、測定対象となる属性に対応する物理刺激の特性と関係づけて行われる。

たとえば、純音の大きさ、高さ、太さは、音波（正弦波）の振巾及び周波数の函数である。従って、大きさ、高さ、太さのj.n.d.の大きさは、音圧（dB、0dB＝2×10^{-4} μbar）、周波数（c/s）によって示される。j.n.d.は、感覚尺度構成の際の単位として用いられるが、j.n.d.それ自身の大きさは、このように物理量で表示するしかない。

属性のj.n.d.を求めるためには、何よりもまず、その属性と刺激の物理特性との対応関係を知らねばならない。また、精神物

理学的測定を行うためには、刺激を自由にコントロールできなくてはならない。

j.n.d.の独自性を属性の基準にとる限り、属性研究の出発点が、自由な現象分析にありながら、属性を刺激の物理特性と対応づけなければ語れないという新らたな制約を受けることになる。

属性の基準の問題は別にしても、現在の感覚尺度の研究は、主として上述の条件にかなった属性について行われている傾向が強い。

たとえば、音の大きさ（感覚尺度の単位sone）、音の高さ（mel）、味の濃さ（gust）拳錘の重さ（veg）、明るさ（bril）等は、総べて刺激の物理特性と対応づけて構成されている。

この傾向は、音響心理学において特に明瞭で、刺激として用いられる音は、純音、白色雑音、鋸歯状波など、物理的性質がよく分っており、かつコントロールの容易な

音が利用されている。同様に属性も、大きさや高さのように、刺激の物理特性との対応のよいものが中心となる。一方、音色のように、属性そのものも多次元的で、かつ物理特性との対応のよく分っていない属性の研究は、従来は殆んど行われていなかったといってよい。

勿論、刺激と感覚との対応関係を明らかにすることは、心理学の重要なテーマである。しかし、恒常仮定をもち出すまでもなく、また種々の恒常現象に関する実験結果を引くまでもなく、われわれの知覚は、刺激の物理特性のみによって支配されるのではない。

われわれの知覚が、単に物理特性の従属変数でない以上、物理特性と関連づけて研究せねばならぬ必然性はないはずである。

従来の感覚の属性の研究がともすれば、刺激の物理特性について条件変化を行ったのは、実験操作上の便宜からといってよい

。われわれは、このような刺激の物理特性の制約を離れ、日常体験中に現われた現象的特性としての属性を自由に取扱いたい。

また、物理的性質の未知の刺激、物理的性質が複雑で単一次元のコントロールを許さない刺激、物理的に検出不可能な極く微量の成分が感覚に大きな影響を与える刺激といった、精神物理学的研究に不適当な対象に関連した属性をも取扱いたい。

この目的のためには、属性の独自性の基準として、j.n.d.を利用することをあきらめる必要がある。また実験手続として、精神物理学的測定法のみに依存することをやめるべきである。従ってこれに代わる基準、測定法について考えてみる必要がある。

そこでまずオーに、刺激の物理特性を離れて、属性をいかに測定するかについて考えてみよう。

Guilford (1954) も述べているように、精神物理学的測定法には、物理的対応物

が必要であるが、尺度法には必要でない。従って物理特性を離れて感性を測定するには、尺度法（一対比較法、系列範疇法、評定尺度法など）を用いればよい。たとえば、前述のLichteの複合音の感性の研究には、一対比較法が用いられている。これは、音波と感覚との間の一次的な対応が困難であったために、このような手法がとられたものと思われる。

その他、立体音（吉田、岩崎、永井、1960）、室内音響特性（柳沢、城戸、二村、1963）、伝送再生系の周波数特性（近藤、林1965）のように、物理特性が複雑で、感覚感性との一対一の対応関係の困難な問題については、一対比較法、評定尺度法等の尺度法が利用されている。

これらの実験においては、物理特性及び感性の両方或いはいずれか一方が多次元で測定されている。

刺激の一物理特性と、感覚の一感性との

対応ではなく、刺激布置と感覚布置との対応が問題となる場合、精神物理学的測定法に代わって、尺度法は有力な武器になると思う。

次に、このように、尺度法を用い、j. n. d. の大きさを物理量で表示しない場合、属性の独自性の根拠は、どのようにすべきであろうか。

適性検査などテスト法において、サブテストの独立性をみるのに、因子分析法が用いられている。すなわち、因子分析によって、互いに独立な因子を抽出し、それぞれの因子に単独に負荷をもつサブテストは、相互に独立であるといえる。

属性の独立性の検証の場合にも、この因子分析を適用すればよい、因子分析は、元来、テスト法のように、物理的対応物を持たない測定法に適用されてきたものであるので、物理特性と関連づけない属性研究の場合にも適用できる。

因子分析を用いた感覚の測定法の1つに Osgood, Suci & Tannenbaum (1957) らの Semantic Differential (SD法) がある。

本研究の目的は、このSD法を用いて、音色の分析を行うことにあるので、これについては、章を改めて考察してみたい。そして、SD法を用いて音色研究を行うに当って、属性の定義について考察してみたい。

第2節　属性の定義

要素主義心理学がなしたような、純粋感覚に常に必ず備っている本質的性質としての属性の定義をわれわれは受入れることはできない。もちろん、恒常仮定の上に立つKülpeの属性の基準もまた成立し難いものである。

一方、われわれが感じるまゝの、現象の世界を記述する言葉としての属性は承認されるべきだと思う。そして属性の基準として、因子分析による独立性の保証が必要であろう。

Boring (1950) も述べているように、記述するためには分析せねばならず、この分析のaspectとなるのが属性である。そしてTorgerson (1958) が指摘するように、対象は測定できず分類できるのみであり、測定できるのは対象の属性に関してである。

属性という言葉のもつ、要素主義的イメージの故に、心理学においてこの言葉は不当に否定的に取扱われてきた傾向がある。

しかし、われわれが対象を記述し、測定するためには属性によらねばならない。属性という言葉を用いようと用いまいと、従来の心理学における測定は結局この属性についてのものであるといってよい。

たとえば、図形残効の現象においては、図形の大小について、自動運動においては点光源の移動の方向、距離、速さについて、Müller-Lyerの錯視図形においては、直線の長さについて、大きさの恒常現象においては図形の大きさについて、そして音の場合はその大きさ、高さについてなどすべて対象そのものではなくて、対象のもつ特定の属性について測定が行われているのである。

従って、心理学において属性は必要な概念なのである。否定されるべきは属性では

なくて、誤った属性の概念、基準なのである。

こゝで、仮に属性を現象の世界を記述する言葉として定義するとしても、総べての言葉が、属性として認められるわけではない。心理学的測定が成立するためには、属性には少くとも次の性質が仮定されねばならない。

1) 属性は心理学的連続体（psychological continuum）としての性質を持つものとする。Guilford, J.P.（1954）によれば、心理学的連続体というのは、こまかに段階づけられた系列で、その1つの段階は、気づかれないで次の段階に移行し、全体としてある1つの方向に変化する1本の直線の形をなしているものである。

そして、刺激閾をこの連続体の零点とし、刺激頂をこの連続体の上限値と仮定してもよいし、あるいはHelson, H.（1964）のなしたように判断の無記点すなわち順応

水準を零点とし、大一小の両極性を、この連続体に仮定してもよい。

なお、このような連続体に数値を当てはめた場合には、これを尺度（scale）と言うことにする。

2) 刺激が呈示された時、それに対する反応は、この連続体上に位置づけられると仮定するが、条件変化に伴って、この値は系統的な変化をする。

たとえば、音波の周波数を増加させると、高さ（pitch）も系統的に増加し、音波の振巾を増大させると、大きさ（loudness）もまた系統的に増加する。

ただし、条件変化は単に刺激の物理特性の変化のみを意味するのではない。たとえば、new look心理学で取上げた価値と対象の見えの大きさ、Helsonの順応水準理論における文脈の影響など、価値、文脈効果といった条件変化も含めて考える必要がある。知覚が人間、環境を含めた全体の場に

よって規定される以上、属性における系統的変化の条件として、単に刺激の物理特性のみをあげることの不適当さはいうまでもない。刺激の物理特性の変化は、単に諸条件のうちの1つであるに過ぎない。

3) 属性の独自性の検証が必要である。

Stevens & Davis (1938) が音の明るさ (brightness) と密さ (density) において見出したように、同じ属性を二つの言葉で表現している場合があるからである。属性の独自性を検証するために、従来は独立可変性、j.n.d. などの基準が用いられていたが、前節においてこれらの不適当な理由について説明した。そして、これらの基準に代って、因子分析による属性の独立性の検証の可能性、そしてこれの具体的方法として、Semantic Differential のあることを示唆した。

さて、先に述べたように、属性を現象の世界を記述する言葉として定義するにして

も、こ、でいう属性が、単なる言語的記述に終るものでないことは、上記の3つの仮定によって明らかである。

すなわち、1)の仮定により、それは感覚尺度化が可能となり、数量的測定への道が開ける。1)に加えて2)の仮定によりその操作的定義が可能となり、種々の心理学的条件と属性の間の函数関係の追求が可能となる。そして最後に、3)の仮定により属性の独立性の客観的決定が可能となる。

これらの仮定の妥当性については、実験においてあらためて考察する予定である。

Helmholtzが規定したような、区別する特性としての音色としてではなく、音のもつ現象的性質としての音色について、アプローチするのが本研究の目的であるが、次に第1章と1部重複するところがあるが本研究の方法論の中心となるSemantic Differentialに関し、この属性の問題と関連させて考察したい。

第　4　章

Semantic Differential による感覚の測定

第1節 Semantic Differential の背景

Semantic Differential（以下SD法と略）は通常、代表媒介仮説に基づく意味の測定法として知られている。

ここでは、SD法がOsgoodら（1957）の代表媒介仮説による意味論とは独立に、共感覚の研究を基礎において発達したものであることに注目し、SD法で測定するのは、感覚のいかなる側面であるかについて考えてみたい。

SD法は、Karwoski, T. F. & Odbert, H. S.（1938）、Odbert, H. S., Karwoski, T. F. & Eckerson, A. B.（1942）らの色聴の共感覚現象に関する研究をもとにして発達したもので、音楽や音響の持つ共感覚的印象を、互いに反対語により形成される両極の形容詞対、或いは両極の形容詞尺度を用いて測定する研究を背景に

している。

このSD法が、共感覚的印象をとらえる方法より発展してきたということは、SD法の測定するものは何かを考える上に重要である。SD法の測定対象を考える場合には、まず共感覚そのものについて考えることが必要である。

Karwoskyらの研究からも分るように、感覚の通様相性は、共感覚と呼ばれる一部の人に限られた現象ではなく、普通の人達にもその傾向はみられるのである。Osgoodは、共感覚は質の相違ではなく、程度の相違だといっている。

確かに、われわれが日常生活において、感性体験を記述する言葉の中には共感覚的なものが多い。

色彩の場合では、軽い、重い、かたい、柔い、暖い、冷い、など、種々の共感覚的表現が用いられている。

さらに、聴覚の場合、特に共感覚的表現

が豊かなように思える。純音の代表的属性である高さ、大きさ、太さ、鋭さなども、それぞれ共感覚的表現である。また音色の表現には、重い、軽い、明るい、暗い、澄んだ、濁った、滑らかな、ざらざらした、柔い、かたい等々共感覚的なものが多い。

何故、互いに無関係なはずの異種感覚間に、このような共感覚的表現が可能なのであろうか。たとえば、音波の周波数の多少を何故"高低"と表現するのであろうか。この説明の一つに連想によるものがある。すなわち、高音は大体ヴォリュームが少く、低音が多いことと、自然界のものが通常大きいものが下に、小さいものが上にあるということが結びついたとか、或いは音声を発する時の共鳴部位が高音を発する時には身体の上部に、低音の場合には身体の下部にあることと結びついたのではないかという説明である。

和田（1950）は、この説明に対して、この連想説は、いささかこじつけに類するもので、空間的な高さと音の高さの間に、通様相的な原本的な一様性があるのではないかといっている。

確かに、音の高低に限らず上記の種々の共感覚的表現を総べて連想によって説明することは不可能であろう。

Werner, H.（矢田部、1933）は、よく知られているように、Gruenwの実験をもとにして音の現われ方を次の四段階に分けた。

すなわち、音が完全に外部に現われ、その音源の場所に結びつき、明瞭な対象構造を有する対象音の段階、次に、音が外部に現われるが、音源との結びつきが弱まり、音が空間に充満して聞えるような空間音の段階。次に、音と自己との明瞭な区別がなくなり、音が聴者のまわりにあるかのごとく聞える段階、最後は音が鳴っているとか

、或いは自分のほに音があるといった体験も薄れ、ただ身体的な感覚状態性の体験のみが残る段階である。

Wernerは、感覚のこの最後の段階を共感覚的水準と名づけた。そしてこの共感覚的水準こそ異種感覚間の影響を可能ならしめる根拠であると説いている。すなわち、感覚がその対象性を失い、自己の状態性に近づくほど通様相的感覚が可能となってくるのである。

v. Hornbostelは、われわれの感性体験を二つに分け、一つはわれわれの外なる物の存在として与えられる場合であり、他の一つは、われわれ自身の気持として感じられる場合であって、彼は前者を知覚、後者を感覚と名づけた。

また、前田(1952)は、感覚における両極性を説き、対象の性質を把握する対象の認知(Was)と自己の状態性として把握される印象としての感得(Wie)との分極に

ついて論じている。

感性体験がv. Hornbostelのいう感覚、前田の感得に近いほど、共感覚的現象は生じ易くなるといえる。

さて、前述のように、SD法は音楽や音響のもつ共感覚的印象を測定する研究より生れたものであり、感得の極に近い体験をとらえているものといえよう。Osgoodら(1957)も、SD法は、内包的、情緒的、比喩的意味(connotative, emotive, or metaphorical meaning)の測定法であって、外延的、指示的、関係を示す意味(denotative, designative or referential meaning)の測定ではないと述べている。

一方又、日出な現象的記述として示される属性が、極めて共感覚的な表現をとること、そして、更に音の高低、大小のような対象の物理特性と対応関係のよい属性ですら、共感的表現をとることも既に述べた通りである。そこでこれらの点から、感覚属

性は原本的に共感覚的性質をもっており、特に対象性の明確な属性（たとえば視覚的長さなど）を除いて感覚属性の測定に、同じく共感覚的印象を背景とするSD法を適用することは認められてよいと思う。

第2節 Semantic Differential の手続き

前節で述べたようにSD法は音楽や音響の持つ共感覚的印象を互いに反対語により形成される両極の形容詞対、或いは両極の形容詞尺度を用いて測定する研究を背景としているが、Osgoodらは、意味の測定に当ってさらに次のような仮定をもうけた。

まず未知の次元のユークリット空間である意味空間（semantic space）を仮定する。両極の（おそい－速い、明るい－暗い、活発－ゆったり、というように意味の互いに反対になった）形容詞対によって作られた意味尺度（semantic scale）は、この空間の原点を通る直線函数を示すと仮定する。そこで、このような尺度のサンプルが、多次元空間を代表することになる。サンプがより大きく、すなわち、より代表的になればなるほど、その空間は全体として、よ

りよく定義される。ところが、これらの尺度の中には、互いに相関の非常に高いものがある。たとえば、Stagnerと Osgoodの社会的ステレオタイプに関する研究では、fair-unfair、high-low、kind-cruel、valuable-worthless、Christian-anti-Christian、honest-dishonestの間には、$r = 0.90$以上の相関が見いだされた。このような、いわば同じ内容をもった尺度をいくら多数用いても、空間の定義にプラスすることは少ない。意味空間を必要十分な尺度で最も能率的に定義するためには、互いに直交する（無相関の）次元を用いる必要がある。この直交次元を見いだす数学的手法が因子分析である。因子分析によって得た直交因子が、この次元を表現するものとする。

そこでSD法は、二つの段階に分けることができる。

第1が、意味空間の直交次元数の算出と

、その次元を代表する意味尺度の選定である。

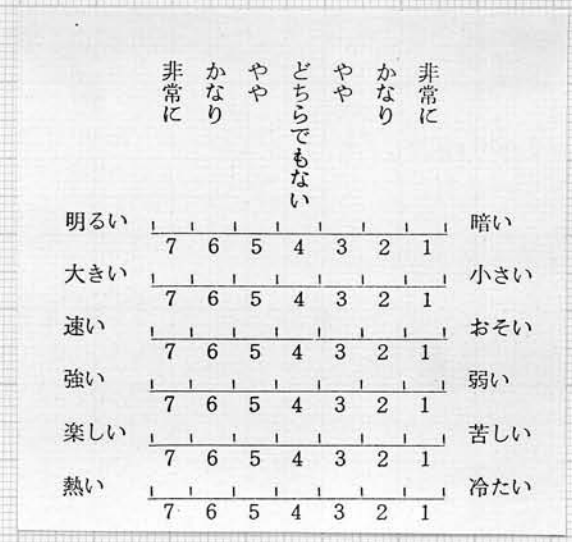
オズが、その意味尺度を用いて対象を測定し、その対象を意味空間上の一点として位置づけることである（なお、対象が感覚の場合には、ことさら意味空間、意味尺度という用語を使う必要はないと思う）。

最初に、次元の決定と代表尺度の選定について説明する。

この次元の決定に影響を与える変数は、①対象（Osgoodらは、この測定対象を概念conceptとよんでいるが、ここでは単に対象とよぶことにする）。②尺度（両極の形容詞尺度）③被験者（subject）である。

まず表4-1図に示すように、両極の形容詞を用いて数値尺度を構成する。尺度の段階は普通は7段階を用いるが、段階数が奇数であれば、5段階でも9段階でもよい。

形容詞は、対象を叙述すると思われるも



SD 法の形容詞尺度

第4-1図

のを多数集める（Osgoodは50本用いている）。

対象は、Osgoodの最初の意味に関する研究では名詞を用いているが、SD法の背景のところで示したように、音、光といった感覚的刺激でもよいし、さらにSD法の応用例でよくみかけるように、会社名、人名といった具体的な特定対象でもよい。後者の場合には、会社イメージ、個人イメージが求められる。

被験者が、これらの対象を、上記の形容詞尺度を用いて評定する。

たとえば、音を聞いて非常に明るいと思えば、数値尺度の7点のところに○印を付けるといったやり方である。

空間を完全に定義する次元を抽出するためには、これらの変数（対象、尺度、被験者）にかたよりがあってはならない。

たとえば、音を測定する場合、音には仮に大きさ、高さ、音色の三次元があるとす

ね（これらの次元は実験前には未知とする）。もし、実験に用いた対象（音源）の大きさがすべて同じなら、大きさは変数とはならない。したがって大きさの因子は抽出されない。

また、音源がそれぞれ異なった音色、大きさ、高さを持つよう計画しておいても、尺度のほうに大きさを測定するものがなければ、同じく大きさの因子は抽出されない。

実験に用いた被験者が、特殊な人たちで、大きい音を良い音色と感じる人たちであるならば、音色と大きさの因子は互いに高い相関を持ち、独立の因子として抽出されない。このように、対象、尺度、被験者の選択が、不完全であると、元来は存在するはずの次元を見いだせない。

したがって、次元の決定を行なう実験のさいには、できる限り網羅的に、対象、尺度、被験者を選択することが必要となる。

このため、次元決定の実験は、非常に大規模のものになる。

仮に、対象を100個、尺度を100本、被験者を100人用いたとすると、得られるraw dataの数は1,000,000個となり、電子計算機の助けでも借りないと処理できない。

しかも、このようにして得られた次元が、必ずしも空間を完全に定義するとは限らない。なぜなら、わずか100の対象、尺度、被験者で、すべてをカバーしている保証は何もないからである。

そこで、対象、尺度、被験者をいろいろ取り換えて何度も実験を行ない、得られる次元がいつも同じであるなら、そこで初めて代表的次元が発見されたといってよいだろう（因子の不変性の確認）。この次元が何であるかの解釈は、この次元に対応する因子に負荷量の高い形容詞の共通性を洞察することによって行う。

このように、SD法の第一段階はたいへ

んに労力のかかる仕事である。これは、わば、標準尺度を作る作業であって、これが不正確に作られると、それ以後に行なわれた研究はすべて無意味なものになってしまう。したがって慎重に行なう必要がある。しかし、いったん不変の次元が確認され、この次元を代表する尺度の選定が行なわれたら、SD法の第二段階、すなわち対象を意味空間に位置づける操作はたいへん容易となる。次に第二段階について述べる。

第二段階において、まず最初にやるべきことは、次元を代表する尺度の選択である。

Osgoodは、各次元について純粋尺度をひとつずつ選択することをすすめている。この純粋尺度というのは、その次元に対する因子負荷量が大きく、他の次元に対する負荷量の少ない尺度のことである。この選択の仕方は、全く数量的、機械的なやり方である。

他の尺度の選択の方法は、判断される対象との関連によって行なう方法である。たとえば音を測定するのに、"便利な一不便な"といった尺度は、"柔らかい一堅い"といった尺度よりも不適当なことは明らかである。このような不適当な尺度を用いると、"どちらでもない4"の判断が多くなって、尺度の弁別力を悪くしてしまう。

われわれは、推計学的検定法を用いて、適切な尺度の選択を試みたが、これについては、第七章において詳述する。

このようにして選定された尺度は少数ではあるが、多数の尺度で測定したのと、ほぼ同じ正確さで空間を定義できるわけである。

尺度の数も少ないと、当然、測定に要する時間も少なくて済み、非常に能率的に測定を行ないうる。

さて、この代表尺度を用いて、対象の空間における位置を測定する方法は、さきの

次元の決定と同じやり方である。

すなわち対象（音、色、におい、あるいはその他の概念）を被験者に呈示し、被験者は第4-1図のような評定尺度でその対象の感じを評定する。

次元決定の実験の場合と異なり、この場合の対象は研究目的に合わせた限定されたものでかまわない。被験者にしても、通常の精神物理的実験の場合と同じく、少数でもかまわない場合もある。

結果の整理および解釈は、次のように行なわれる。

各次元が3本の尺度で代表されている場合、対象ごとに、3本の尺度値の中央値を求め、それを次元の代表値とする。空間が仮に5次元の場合、各対象ごとに5個の代表値が得られるわけである。これをプロフィルの形で図示すると、第4-2図のようになる。

たとえば、対象Aはl次元に関しては原

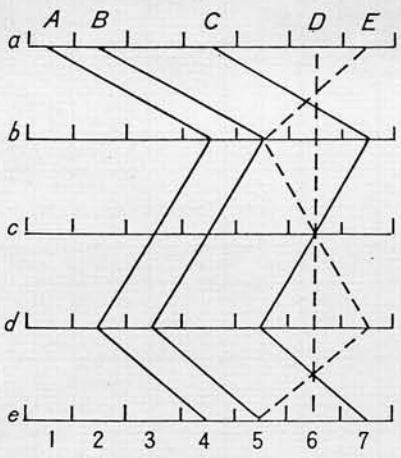
点から－3、Bは－2、Cは原点（0）、Dは＋2、Eは＋3の距離にあることを示している。b次元に関しては、Aは0、BとEは＋1、Cは＋3、Dは＋2の距離にあることを示している。c、d、e次元に関しても、同様に原点からの距離を知ることができる。このプロフィルから、概念の特徴を知ることができる。

なおもし、a、b2次元しかない場合には、オ4-3図のように簡単にグラフ化できる。三次元の場合でもオ4-4図のように図解できる。四次元以上は、このプロフィルの形でないと図示できない。

オ4-2図を見て直観的に対象間の関係を知ることも可能だが、この関係を数量的に知るには次の2つの指標がある。

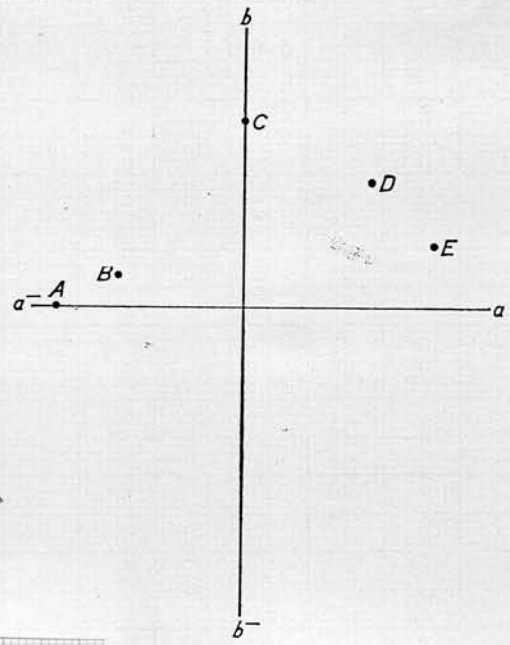
一つは距離（D）で、もう一つは相関係数（r）である。

たとえば、オ4-2図のABは距離も近くプロフィルの形（相関）も似ているが、AC



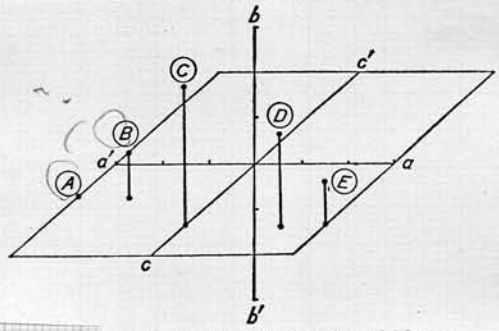
五次元上の５つの対象のプロフィル

第4-2図



二次元空間における対象の位置づけ

第4-3図



三次元空間における対象の位置づけ

第4-4図

とではプロフィルの形は似ていても距離は遠い。またCとDは距離は近いが、プロフィルは似ていない。このように、対象間の関係を量的に示すには、2つの値が必要である。

Dは次式によってだめる。

$$D_{ij} = \sqrt{\sum d_{ij}^2}$$

D_{ij}は空間における対象iとjの直線距離、d_{ij}は、同じ次元でのiとjの尺度値間の差である。

したがって、第4-2図のAB間のDは次のようになる。

$$D_{AB} = \sqrt{(-3-(-2))^2+(0-1)^2+(-1-0)^2+(-2-(-1))^2+(0-1)^2} = \sqrt{5} \fallingdotseq 2.24$$

相関係数(r)の算出は周知のとおりであるので省略する。

このDおよびrを用いて、各概念間の意味の差を知ることができる。たとえば同じ概念或いは対象に対するグループ間の意味の差や、或いは同じグループについて、2

つの概念の意味の差の検討が可能となる。また1つの概念に対する2人の被験者の意味の差や、同じ個人について、2つの概念間の意味の差を検討することができる。

第3節 Semantic Differential における因子の不変性

前節にも明らかなように、SD法で重要なことは、次元の決定である。すなわち、それは意味空間（もしくは感覚空間）の基本軸となるものだからである。この基本軸が、明確に決定されないと、対象の空間における位置を基本軸に対する投影として測定することが正確にできなくなる。

ところが、この基本的因子を見出すことは、決して容易でない。Osgood, C. E. (1962) は、"そもそも因子分析が仮説を検討する手段となりうるのは、同じ領域で反復したとき、同等の結果が得られた場合に限られる。したがって、われわれは、これまでの研究によって見出された因子構造とは独立に、次々と標本を抽出し、異った被験者が異った概念に対し、異った方法で判断した結果を分析する必要がある" と述

べている。そして彼は10年間にアメリカ人を被験者として10回以上の因子分析を反復して行ない、そのすべてに共通するものとして、次の3つの因子を見出した。

すなわちその第1が評価（evaluative）因子と呼ばれるもので、良い－悪い、快－不快、美しい－醜いなどの尺度によって特徴づけられる。第2は力量（potency）因子で、強い－弱い、重い－軽い、やわらかい－かたいなどの尺度によって特徴づけられる。第3は活動性（activity）因子で、はやい－おそい、積極的－消極的、興奮した－沈静したなどの尺度によって特徴づけられる。

Osgoodの研究の目的は、これらの因子が、判断の主体である被験者、または判断される概念の相異に対し、どの程度不変であるか検討することであった。彼は、多くの研究協力者を得て、英語、アラビア語、オランダ語、フィンランド語、カナンダ語

、ロシア語、フランス語、フレミシー語について、意味構造の研究を行い、評価と力量の2因子はどの言語にも共通に存在することを見出した。しかし一方活動性の因子については、言語によって明瞭に見出されていない場合もあることを示した。

Osgoodはこれらの研究から、オーに情緒的意味が決して無秩序なものではなく、一定の法則性をもつことを見出し、この法則性を「情緒的意味体系」(affective meaning system)とよんだ。オニに、彼はこうした情緒的意味体系が唯一の言語、文化集団に特殊、固有なものではなく、いくつもの異言語、文化集団に普遍的なものであることを実証し、これを「情緒的意味体系の交差文化的普遍性」(cross-cultural generality of affective meaning systems)とよんでいる。

しかしこのことは、いかなる概念についても、同様の法則性、普遍性の存在するこ

とを意味するものではない。たとえば、Osgoodら(1957)も、判断の対象が変わると、各主要因子の相対的重要さが変るらしいという疑問を明らかにし、判断の対象が変われば、ある種の尺度の因子的意味が変わる事実を指摘している。このことは具体例について考えてみると容易にうなづけることである。たとえば高い－低いという尺度を音の評価に用いた場合と社会的地位の評価に用いた場合では、当然その意味は変わってしまう。

田中(1967 P.52)は、絵画に関するTucker(1955)、音声に関するMiron(1961)の研究を引用し、"いわゆる感覚概念(perceptual concepts)に特有な「意味空間」の構造は、Osgoodら(1957)が報告する言語概念(verbal concepts)の「意味空間」の構造と必ずしも一致しないように見受けられる"と述べている。

したがって、このことは当然音色研究に

対してもいえることで、音色の評価を行うために、判断の対象として種々の音（楽器音、音声、もの音）を用いれば、その「意味構造」は当然Osgoodらの言語の「意味構造」と異ることが考えられるし、さらに感覚概念であっても色彩（納谷、難波他 1967、1968）、臓覚（吉田 1963）、嗅覚（吉田 1964）と様相を異にすることによって、当然それらの「意味構造」が相互に異ることは、十分考えられるところである。

各概念にいかなる「意味構造」（因子分析の言葉でいえば因子構造）が備っているかは、本来的に未知であって、さらに同じ音の領域について考えてみても、楽器音ともの音とで因子構造が異るか否か、原音と再生音とで異るか否か、さらにもっと詳細な条件を考えてみて同じ再生音であっても、再生系の特性を変化させることによって因子構造が変化するか否かは、総べて未知

である。

概念に固有な因子構造を予測する十分な情報がない現在、各概念に固有な因子構造を知るためには、個別的な因子分析をその都度繰り返すしか術がないのである。

この点、いわゆる精神物理学的実験において、いくつかの変数間に働く法則性（関数関係）を追求するのに、周到に実験計画された少数の実験でもって、推計学的に結論を導き出せるのと事情を異にしている。

われわれの研究は、1960年に出発したが、当時音を対象としたSD法の研究は、われわれの知る限りSolomon, L.N.(1958)のソナー受信音に関するものしかなかった。

そこで、われわれは音色の因子構造に変化を与えると思える種々の条件について、個別的な因子分析的研究を反復して行い、これらの条件を越えて、果して不変の因子構造が得られるか検討を試みた。これらの

(20×20)

条件としては、もっとも因子構造に大きな影響をよえると考えられる概念（すなわち音源）を中心に、さらに天度、被験者に関しても分析を試みた。

もしも、Osgoodらが言語の領域で見出したような、普遍的な因子構造が、音色の領域においても、見出されるなら、いかなる音源のもつ音色もその因子空間の一点として定義することが可能となるのである。

第5章

実験

Torgersonも述べているように、われわれが測定できるのは対象ではなくて、対象のもつ属性である。属性が測定可能であるためには、われわれは次の3つの性質を属性に仮定する必要がある。すなわち、属性は心理学的連続体であること、条件変化に伴って属性上の値（尺度値）が系統的に変化すること、そして最後に独立性の仮定である。

属性は、大きい—小さい、高い—低いのように、両極の形容詞を用いて表現できるが、その表現は多分に共感覚的であり、音色の場合には特に共感覚的表現が豊かであることに気づく。音色は"音色がある—音色がない"という1次元の属性ではなく、多数の形容詞によって表現が可能なことからも理解できるように多次元の属性と思われる。しかし音色がいかなる次元から

構成されているかは未知である。

そこで、共感覚の研究を背景とし、対象の情緒的意味の測定法であるSD法を用いて、この音色の因子構造の分析を試みることとした。因子構造の分析によって音色の次元の特徴を明らかにすると共に、音色空間の1要素として概念（音源）の測定も試みてみたい。

SD法でもっとも重要なことは不変の因子の発見である。不変の因子が発見できれば、それらを基本軸として概念の測定が可能となるからである。

本章では、音色に固有な不変の因子構造を明らかにするために行った一連の実験を紹介する。

因子構造に影響を与える主たる変数は、概念（音源）、天度、被験者である。完全な因子構造を得るためには、これらの変数にかたよりがあってはならない。すなわち出来る限り、代表となるサンプルを選択す

る必要がある（representative sampling）。しかし、代表的サンプリングを行うと、サンプルの数が多くなって、実験時間が非常に長くなり、被験者に多大の負担をかけることになる。

そこで、われわれはこの一連の実験を行うに当って、次のような手続きを取ることとした。

まず実験Ⅰでは、主として尺度の選択に中心を置き、多数の尺度を用いて実験を行い、推計学的手法を用いて適切な尺度を選択する。

次に実験Ⅱにおいては実験Ⅰの結果を参考にして、尺度の数を減らすが、その反面、音源の数を増加して実験を行う。

次いで、実験Ⅲ以下において、因子構造にもっとも大きな影響を与える概念（音源）を種々変化させて、その変化にもかかわらず因子構造が不変であるか否かの検討を行う。なお、実験に用いた音源によって、

先の代表尺度以外にも、その音源を表現するに適切と思われる尺度は随時追加し、実験1、2で得られた以外の因子が出現しないかどうか検討する。また被験者による変動についても、合わせ検討する。

これらの実験を通じてOsgoodらが言語に関するcross-culturalな研究において見出したような因子の不変性が音色の世界にも見出されるか否かの検討を行いたいと思う。

実験 1

音色表現語の選定 ── セントロイド法

SD法では、被験者(S)が、形容詞尺度を用いて、概念の評定を行う。本実験では概念に当るものが音源であり、音色を表現する言葉(音色表現語あるいは単に表現語と略)によって構成された尺度によって、Sが評定を行う。

なお、音色は形容詞のみならず、擬音語を用いても表現できるので、ここでは、これらを含めて表現語と呼ぶことにする。また5-1図に示すように、表現語について数値尺度を構成したものを、表現語尺度または単に尺度と呼ぶことにする。

本実験では、まず音色表現語をできるだけ多種類収集し、多数の表現語尺度を用いて実験を行い、実験結果について推計学的

音色表現語について〔1〕

音源内容　　座席番号

音源条件　　氏　名

音色表現語	記入欄	
重々しい	7 6 5 4 3 2 1	
地味な	7 6 5 4 3 2 1	
鼻づまりの	7 6 5 4 3 2 1	
低音の足りない	7 6 5 4 3 2 1	
鈍い	7 6 5 4 3 2 1	
厚みのある	7 6 5 4 3 2 1	
整った	7 6 5 4 3 2 1	
鋭い	7 6 5 4 3 2 1	
華やかな	7 6 5 4 3 2 1	
充満した	7 6 5 4 3 2 1	
チリチリ	7 6 5 4 3 2 1	
粗い	7 6 5 4 3 2 1	
生々した	7 6 5 4 3 2 1	
どつしりした	7 6 5 4 3 2 1	
すっきりした	7 6 5 4 3 2 1	
かすれた	7 6 5 4 3 2 1	
ダンピングの悪い	7 6 5 4 3 2 1	
汚い	7 6 5 4 3 2 1	
原音そのまま	7 6 5 4 3 2 1	
かさかさした	7 6 5 4 3 2 1	

分類				実験番号	
NO.					

第5-1図　実験1に使用した記入表

手法を利用して音色実験に適切な表現語の選択を行う。そしてさらにこれらの適切な表現語尺度に関して因子分析を行い、音色の次元の解釈を行う。

なお、従来のSD法の実験においては、両極の形容詞対が用いられてきた。たとえば、高い—低い、正確な—不正確な、すぐれた—劣った、一貫した—矛盾した、丸い—四角い、りっぱな—貧弱などである。

ところで、これら両極の形容詞対の組合わせは、従来の研究(Osgood et al 1957)では全く研究者の恣意にまかされていた。従ってその両極性に疑問のある対が含まれるおそれもある(上述の形容詞対の中にも、その両極性が素直にうなづけないものもある)。

そこで、本実験では、表5-1図のような単極尺度を用いて評定し、尺度間の相互相関係数、因子分析を通じて、形容詞対を選択するという新しい方法をとることにした。

方　法

表現語の選定　音色を表現する言葉を選定するには、具体的には次の幾つかの方法が考えられる。

i) いろいろの音（音楽、音声、その音、電子音、等）を被験者に聞かせて、音から連想する言葉を記入させる。

ii) 音響学、音楽、放送、録音技術、レコード、ラジオ、雑誌等をしらべて、音色を表現している言葉を集める。

iii) 音響技術者、音楽家、一般人にアンケートをとって、音色を表現する言葉を集める。

本実験ではii)とiii)の方法によって、204の言葉を集めた（オ5-1表）その中から、明らかに意味の重なるもの、極めて特殊なもの、及び音楽の内容のみを表現すると思われるものを除いて、138（オ5-2表）の表現語を選出した。

第5-1表　蒐集した表現語

ボンボン	パリン	(ざらざらした)	鼻にかかった	すかつとした	巾のある	煽情的	亡国的
ブンブン	パチパチ	きめの細かい	鼻づまりの	整った	鋭い	濡れる	腹にこたえる
ドンドン	キンキン	しつとりとした	鼻つまみの	ふらついた	奥行のある	嫌らしい	抑えつけた
ゴモゴモした	ピー	硬い	つまった	はずんだ	平たい	目の覚めるような	息苦しい
モゴついた	キュウキュウ	金属性の	しわがれた	くすんだ	厚みのある	荒々しい	頭にくる
ボソボソ	キー	重い	響きのある	濁った	広い	とげとげしい	頽廃的
ポコポコ	レンジの広い	(重々しい)	かん高い	ぼけた	丸味のある	迫力のある	原音そのまゝ
モシャモシャ	バランスのとれた	どっしりした	金切声	こもった	太い	ダイナミックな	臨場感のある
ポソッとした	ピークのある	重量感のある	つやのある	充満した	太った	力強い	豊かな
ドンシャリ	(低中高)音の過剰な	かさかさした	黄色い	融け合った	深みのある	強い	貧弱な
ガタガタ	高い	柔かい	明るい	ドライな	ほりのある	男性的な	生々した
ゴウゴウ	大きい	軽い	輝しい	乾いた	立体感のある	弱々しい	軽快な
ギシギシ	(低中高)の	暑い	暗い	粗い	薄っぺらな	弱い	はっきりした
ギスギス	ダンピングの良い	(暑苦しい)	甘い	棒の中で鳴っている様な	狭い	女性的な	すがすがしい
ジャリジャリ	レンヂの狭い	暖かい	静かな	洞るな	四角い	リンとした	すがすがとした
バリバリ	バランスのすぐれた	(暖かみのある)	おだやかな	バラバラな	細い	シャンとした	ぬけたような
ビリビリ	ディップのある	涼しい	おとなしい	ウエットな	やせた	勇ましい	素直な
ビビる	(低中高)の足りない	くすぐるような	落ちついた	湿った	そう快な	豪華な	澤のある
ビー	低い	寒い	伸びのある	うるおいのある	好ましい	美しい	平凡な
ブウブウ	小さい	(寒々した)	(伸々した)	かすれた	眠けと縦す	優美な	安らかな
シャキシャキ	(低中高)高の歪んだ	冷たい	騒々しい	粘い	もの足りない	派手な	荘厳な
シャリシャリ	ダンピングの悪い	聞き易い	冴えた	細かい	淋しい	華やかな	せん細な
シュルシュル	尾をひくような	明瞭な	透き通った	われた	もの哀しい	けばけばしい	エレガントな
シャンシャン	滑らかな	分離のよい	澄んだ	鋭い	いら立たしい	醜い	綺麗な
チリチリ	ざらついた	歯切れのよい	すっきりした	尖った	可愛らしい	地味な	汚い

第5-2表　実験に用いた表現語

1	重々しい	21	高低け合った	41	モニャモニャした	61	ぬけたような	81	貧弱な	101	落ちついた	121	狭い
2	地味な	22	場場感のある	42	綺麗な	62	丸味のある	82	ドンシャリ	102	ディップのある	122	キンキン
3	鼻づまりの	23	かん高い	43	バランスのくずれた	63	伸びのある	83	もの足りない	103	鼻にかかった	123	ドライな
4	低音の足りない	24	軽快な	44	ぼけた	64	好ましい	84	眠けを催す	104	奥行のある	124	粘い
5	鈍い	25	低音の過剰な	45	ボンボン	65	金属性の	85	シャリシャリ	105	濁れる	125	太い
6	厚みのある	26	弱々しい	46	くすんだ	66	素直な	86	平れな	106	膜みのある	126	研えた
7	整った	27	ダンピングの悪い	47	腹にこたえる	67	哀華な	87	シャンシャン	107	濁った	127	太い
8	鋭い	28	きめの細かい	48	力強い	68	はっきりした	88	高音の足りない	108	ジャリジャリ	128	深みのある
9	華やかな	29	樽の中で鳴っている様な	49	しまりのない	69	いら立たしい	89	可愛らしい	109	低音の歪んだ	129	ざらざらした
10	充満した	30	シャンとした	50	冷手な	70	分離のよい	90	つやのある	110	立体感のある	130	歯切れのよい
11	チリチリ	31	明瞭な	51	冷たい	71	澄んだ	91	滑かな	111	そう快な	131	細い
12	粗い	32	ウエットな	52	はずんだ	72	中のある	92	騒々しい	112	潤のある	132	ダイナミックな
13	生々した	33	光輝しい	53	バラバラな	73	美しい	93	うるおいのある	113	かたい	133	高音の過剰な
14	ビっしりした	34	周波数レンジの狭い	54	とげとげしい	74	ごもごもした	94	周波数レンジの広い	114	ビビった	134	尾を引くような
15	すっきりした	35	尖った	55	軽い	75	せん細な	95	潤うな	115	バランスのとれた	135	おとなしい
16	かすれた	36	明るい	56	すがすがしい	76	抑えつけた	96	こもった	116	荒々しい	136	忍田かい
17	ダンピングの悪い	37	すかっとした	57	地味な	77	目の覚めるような	97	柔い	117	中音のたりない	137	透き通った
18	汚い	38	しっとりした	58	ほりのある	78	中音の歪んだ	98	迫力のある	118	日音い	138	ピークのある
17	原音のよい	39	豊かな	59	われた	77	薄っぺらな	99	平たい	119	中音の過剰な		
20	かさかさした	40	ふらついた	60	聞き易い	80	高音の歪んだ	100	つまった	120	やせた		

SD法では、表現語は反対語の組合わせによる両極の対をなしている。しかし、既に述べた如く、この対の組合わせは、実験者の恣意にまかされているという点で、不合理である。そこで、我々の場合にはまず各表現語を尺度の1極におき他極には表現語を記入しない、いわば単極尺度を用いて評定し、i)相関係数が高く、その符号が逆であること、ii)同一因子構造を有し、且つ符号が逆であること、等の基準に従って、反対語を見出して対の組合わせを考えることにした。

このことは結局、因子空間において、原点を中心として互いに点対称の位置にある表現語を反対語として選択することを意味することになり、Osgoodら(1957)の媒介並びに意味空間モデル間の仮定された関係(Assumed relation between mediation and semantic space models)に従うことになる。

なお、互いに両極をなす表現語を選んだ場合、一方の極には美しい、滑らかな、豊かなど、Sにとって好ましい音の状態を意味する表現語が、他方の極にはさえない、あらい、貧弱などSにとって好ましくない音の状態を意味する表現語が位置することになる。ここでは、前者の表現語を"正の表現語"、後者の表現語を"負の表現語"と呼ぶことにする。

評定音源の選択　表現語の尺度による評定の結果をかたよらないものにするためには、当然、音源は、種々の種類、音質について行う方がよい。しかし、音源類を多くすることは実験時間を長くし、Sの疲労等により結果を乱すおそれも生じる。そこで我々は音源数は19と比較的少数であるが、音源に音楽、もの音、音声と変化をもたせ、かつスピーカー及びギャビネットを種々組合わせることによって、音源の範囲を広くし表現語による評定のかたよりをなるべ

く防止することにした。

なお、音楽は、ガーシュイン：ラプソディ、インブルーの一部、ベルリオーズ：ラコッツイマーナの一部。もの音は、木の倒れる音。音声は、試験テープ解説の男性アナウンサー（英語）。スピーカーは松下電器製SP-WL、EP-80、TP-55、W-525S及びパイオニア社製D-510の5ヶを使用した。キャビネットは内容積680×540×270の密閉箱2ヶを準備し、一方には50mm厚のグラス・ウール吸音材を内面に施し、他の一方には吸音材を全然使用しないものを用いた。

音源、スピーカー、キャビネットの組合わせは、第5-3表参照。

実験手続

i) 呈示条件　前記の音源、スピーカー、キャビネットの組合わせによる19の刺激条件を用いた。各刺激はテープをループにして3～5秒間録音し、7秒間の休止期間

番号 ＼ 条件	スピーカ	キャビネット	音源
1	EP－80	B	1
2	〃	〃	2
3	〃	〃	3
4	〃	〃	4
5	8P－W1	A	1
6	〃	〃	2
7	〃	〃	3
8	〃	〃	4
9	W－825S	B	1
10	〃	〃	2
11	〃	〃	3
12	〃	〃	4
13	JP－85	A	1
14	〃	A	2
15	〃	〃	3
16	〃	〃	4
17	8P－W1	〃	3
18	〃	〃	4
19	D－810	B	2

※ A；吸音材使用　　※ 1：ラコッツイ・マーチ　　2：木の倒れる音
B；〃　なし　　3；音声（男性）　　4：ラプソディ・イン・ブルー

第5-3表　音源、スピーカー、キャビネットの組合せ

を入れて1サイクルとした。

ii) 記入表　138個の表現語は、20語づつ7枚の記入表に印刷し、記入表のとじる順序は、S毎及び刺激条件毎にかえた。記入表の様式は才5-1図を参照されたい。

iii) 音源の評定　Sは、音源を聞いて、その音源の音色が記入表の表現語の7段階尺度のどのカテゴリーに該当するかを判断し、そこへチェックをする。なお、表現語の程度の最大なるものを7点、最小なるものを1点と評定する。この際Sは、あくまで感じたままに従って自然な態度で判断することが要求される。ただし、実験に先立って、Sが十分記入表になれるよう、本実験と同じ手法で10回ほど練習を行った。

また、Sにとって意味の理解できない表現語（及び音色の表現に不適当と思われる表現語）は評定を行う代わりに表現語の前にX印をつけさせた。従来のSD法の実験では、不適当な表現語に対する反応は、中

性判断のカテゴリーにチェックすることによって行われていた。この方法では、中性判断と、表現語が不適当だという判断が混同されたまま、計算処理をされてしまう。そこで、このように別の評定の仕方を求めたわけである。

Sは上記1サイクルの間に表現語の尺度2本について評定を行った。表現語が138あるので1音源を69回反復呈示する必要がある。又、音源が19で表現語が138であるから、Sは2622回（19×138＝2622）、判断しなければならないわけである。実験に長時間（約10時間）かかるので、実験は2日に分けて行い、各々午前と午后の間には約1時間の昼休み、午前と午后に各々10分間の休憩をおいてなるだけSの疲労を防ぐようにした。

iv) 実験室　松下電器中央研究所試聴室を使用した。座席はなるべく後方を用い、スピーカーの配置を工夫することによって

、Sの座席にできるだけ音が一様に分布するようにした。また刺激をかえる毎に、Sに席を移動させて、座席による差を相殺するようにした。

v) 被験者　Sは健康な聴力を有する音響技術者（男子）40代一名、30代一名、20代一名。心理学専攻学生、男子20代一名、その他心理学実験に未経験の20代の男子一名、女子一名、計21名である。

結果

検定　各音源の表現語尺度による評定得点の度数をしらべ、各表現語別に度数分布表を作成する。同表に基づいて次の諸検定を行った。

i) X印（Sにとって意味の理解できない表現語につけるマーク）の多い表現語は一般性が低いわけだから除去した。除去した言葉は表5-4表。

X印で落ちた表現語

表現語No		X印の数
11	チリチリ	25
17	ダンピングの悪い	119
19	原音そのまゝ	20
22	臨場感のある	88
27	ダンピングのよい	117
34	周波数レンヂの狭い	32
45	ボンボン	21
78	中音の歪んだ	51
80	高音の歪んだ	45
82	ドンシャリ	93
85	シャリシャリ	22
94	周波数レンヂの広い	36
102	ディップのある	227
108	ジャリジャリ	10
109	低音の歪んだ	41
138	ピークのある	84

第5－4表

ii) 残った12の表現語について、信頼性検定を行った。すなわち、オ1日目とオ2日目に実施した同一刺激条件に対する評定値間に有意差がないかどうか χ^2 検定を行った。この検定は、音声条件が同じである条件3(実験オ1日)と条件20(実験オ2日)及び条件6(実験オ1日)と条件21(実験オ2日)の間について行った。検定の結果、すかっとした、すがすがしい、素直な、低音の歪んだの4語が除去された。

iii) 同一刺激条件に対する得点の度数分布が各尺度値に平均して分布している表現語は、S毎に評定が異ることを意味する。換言すればその表現語の意味がSによって著しく異ることを示している。そこで得点が集中しているか否かについて χ^2 検定を行った。この検定は条件3と条件20、条件6について行った。検定結果は表5-5表。

iv) 上記の諸検定に合格した10個の表現語について、分布の正規性の χ^2 検定を行った

分布の集中度が低い為に落ちた表現語

(×印 5%, ××印 2%)

表現語 ＼ 条件	3－20	6－21	表現語 ＼ 条件	3－20	6－21
鼻づまりの	××	××	われた	××	××
低音の足りない	×	×	ぬけたような	×	
鈍い		××	好ましい	××	××
かすれた	××	××	いう立しい	××	
汚い	××	××	ゴモゴモした	×	
かさかさした	××		目の覚めるような	×	××
かん高い	×		もの足りない	××	××
シャンとした	×		眠けを催す	××	
明瞭な		××	高音の足りない	×	
華かしい	×		平たい	×	
ふらついた	××	××	つまった	××	
ぼけた	×		鼻にかかった	×	××
しまりのない	××		渡れる	×	××
冷い		×	濁った	×	
バラバラな		××	澁のある		×
とげとげしい	××	××	ビビった	××	
軽い	×		荒々しい		×

第5－5表

。その目的は次の通りである。

a. ピアソンの相関係数の算出、並びに係数の有意性の検定の為には表現語尺度の得点度数分布が正規分布していることが必要である。

b. 後に音色評定の訓練尺度を作る際に尺度化が容易である。

c. 種々の統計処理が可能になる。(統計法には正規分布を仮定したものが多い。)

全音源条件について正規性の検定を行った結果、Sのグループが異なり、かつ音色評定の訓練を受けないSが含まれているにもかかわらず、33個の表現語には、すべての音源条件を通じて正規分布が認められた。25個の表現語については1条件を除いて、11個の表現語については2条件を除いて正規分布が認められた。正規分布の結果については付5-6表を参照されたい。

因子分析　上記の諸検定に多数の表現語

第5－6表

正規性検定の結果

表現語番号 ＼ 条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	9	1	129	10	25	35	43	72	26	12	2	2	29	8	6	121	6	10	7
	89	9		63	41		46	90	41	41	7	6		32	9			14	12
	104	10		95	97			97	50	43	46	12		38	26			32	41
	121	26		125	113				65	127	70	41		58	104			73	104
		28		131	131				122	129		46		76				93	125
		76			132							57		86				104	
		89										132		96				120	
														104				127	
																		128	

※ 正規分布に適合しない評定が行われた表現語の番号が記されている．

が合格したことは、これらの表現語群を用いて、音色を量的に測定できることを示唆している。しかしながら、このことは、音色が表現語群と同じ数の心理的属性をもっていることを意味するのではない。確かに、音色の心理的構造は複雑で、実に多くの次元を含んでいるように見えるが、実際には、案外少数の基本的な因子によって規定されているかも知れない。このような音色の基本的因子を抽出する為の因子分析の必要性については、既に幾度も述べた。

そこで、次に、今回の実験結果を基にして因子分析を行った。その手続き及び結果について以下に記す。

i) 相関係数の計算

因子分析を行う為には、先ず表現語尺度間の相互相関係数を求める必要がある。相関係数は次式で示される。

$$r = \frac{\frac{1}{N}\sum_{j}\sum_{v}(X_{ijv} - \bar{X}_{i\cdot\cdot})(X_{kjv} - \bar{X}_{k\cdot\cdot})}{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{j}\sum_{v}(X_{ijv} - \bar{X}_{i\cdot\cdot})^2}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{j}\sum_{v}(X_{kjv} - \bar{X}_{k\cdot\cdot})^2}}$$

X_{ijv}は、i尺度、j音源、v被験者の得点

X_{kjv}は、k尺度、j音源、v被験者の得点

$\bar{X}_{ij\cdot}$は、i尺度のj音源、v被験者通しての平均

$\bar{X}_{kj\cdot}$は、k尺度のj音源、v被験者通しての平均

Nは、反復数

かりに50個の尺度間の相互相関係数を求めるとすると、

$$_{50}C_2 = \frac{50 \times 49}{2} = 1225$$

の多数にのぼり、かつ

$$N = (201条件) \times (201人) = 40401$$

という大きいものになる。従って、人手によっては非常に長時間を要する。そこで電子計算機を利用することになるがこの際計算プログラムが必要となる。

当時、既製の相関係数用プログラムをSD法のデータに適用すると非常に時間がか

かるので実際に利用できなかった。幸いに、電気試験所西村悠彦氏作成のSD法の為に特に作られた計算プログラムを同氏の好意により借りることができたので、IBM-650を用いて計算した。計算時間は約2時間10分であった。

尚、同氏のプログラムは、次元数が50以下に制限されているので、次の基準により50の表現語を選択した。

a. 正規性検定に全条件合格した表現語
全部合計30語

b. 正規性検定に1条件しくは2条件を除いて合格した表現語の中より、音色を表現する上に是非共必要な言葉、他に類似した言葉の明らかにない言葉を20語選択した。

ii) 因子分析の計算

サーストンの完全センドロイド法を用いて、第三因子まで抽出した。なるべく、単純構造になるよう直交回転した結果が第

HATA 208 (20×20)

第5-7表　因子行列

		I	II	III	h^2
快的因子型	27 美しい	.822	.075	-.136	.700
	41 綺麗な	.795	.072	.021	.637
	21 滑らかな	.791	-.180	-.211	.703
	22 つやのある	.791	.051	-.017	.629
	19 うるおいのある	.774	-.245	.008	.659
	34 聞き易い	.744	.006	-.257	.620
	42 豊かな	.739	.200	-.027	.587
	33 丸味のある	.733	-.293	.025	.624
	15 膨みのある	.727	-.088	.022	.537
	16 落ちついた	.679	-.288	-.102	.554
	32 伸びのある	.673	.217	.049	.502
	28 澄んだ	.669	.003	-.001	.448
	4 深みのある	.667	.078	-.096	.460
	11 バランスのとれた	.665	.226	-.240	.551
	46 すっきりした	.645	.174	-.015	.446
	45 融け合った	.634	.012	.102	.412
	35 ほりのある	.607	.026	.023	.370
	47 ビっしりした	.525	.082	-.018	.279
迫力因子型	17 迫力のある	.187	.713	.013	.543
	38 力強い	.200	.685	-.122	.524
	37 派手な	-.028	.662	.240	.497
	30 豪華な	.251	.651	.212	.532
	36 はずんだ	.038	.623	.120	.403
	49 金覚い	.024	.623	.136	.407
	39 腹にこたえる	-.038	.458	.029	.213
	23 平凡な	.100	-.398	.207	.211

		I	II	III	h^2
金属性因子型	7 やせた	-.293	-.289	.604	.535
	8 中音の過剰な	-.091	-.092	.433	.203
	10 中音の足りない	-.246	.031	.425	.243
	2 尾をひくような	-.144	-.105	.350	.155
快的迫力因子型	1 おとなしい	.464	-.597	.081	.578
	43 明るい	.331	.548	.007	.410
	14 立体感のある	.366	.546	-.008	.432
	44 軽快な	.348	.522	.026	.394
	48 生々した	.469	.511	.027	.482
	13 そう快な	.465	.448	.073	.421
	29 はっきりした	.522	.413	-.111	.454
	18 柔い	.678	-.399	.085	.626
快的金属性因子型	6 キンキン	-.320	.214	.566	.468
	3 ざらざらした	-.502	.050	.511	.516
	12 かたい	-.386	.237	.402	.367
	26 せん細な	.549	-.130	.408	.484
	0 細かい	.447	-.168	.386	.377
	5 粘い	.356	-.189	.342	.280
迫力金属性因子型	25 薄っぺらな	-.272	-.319	.603	.540
	9 暗い	-.127	-.273	.390	.242
	40 くすんだ	-.237	-.455	.419	.439
混合型	24 貧弱な	-.301	-.440	.549	.586
	31 金属性の	-.302	.419	.481	.498
	20 騒々しい	-.626	.427	.346	.696
	分散	25.918	13.384	7.646	46.948

表である。

考察

第1因子は、美しい(.822)、綺麗な(.775)、滑らかな(.711)、つやのある(.711)、うるおいのある(.714)等に負荷量の高い傾向をもっている。この因子は音色の美しさ、快さを示す因子と思われる。強いていうなら、Osgoodの評価因子に該当するものと思われる。さて、因子の命名であるが、美的因子と名付けると、絶対的な美を連想させるし、また評価因子と名付けると、Osgoodのそれと混同されるおそれがある。Osgoodの評価因子と、われわれの第1因子が同一という証明がなされていない以上、評価因子という名称は使えない。そこでここでは、一応、こころよさの因子すなわち快的因子と名付けることにする。

次に、第2因子は、迫力のある(.713)、力強い(.645)、豪華な(.151)、はずんだ(

、623)、股にこたえる(、478)、などに負荷量の高い傾向を持っている。この因子は音色の迫力、音の大きさに関係する因子で、Osgoodの結果と対照させれば、力量因子に該当するものと思われる。こ、では一応、迫力因子と名付けることにする

最後に、オ3因子は、やせた(、614)、薄っぺらな(、603)、キンキン(、406)、全及性の(、481)、等に負荷量が高く、音のかん高さ、全及性を示す因子と思われる。こ、では、一応全及性因子と名付けることにする。なお、この因子は、Osgoodの因子に該当するものがない。また、この因子は、オ1因子と二重に負荷量を持つものが多い。

因子の解釈については、全実験の結果を通じて考察し、オ6章に述べる予定である。

因子の分散を見ると、オ1因子が特に大きく全体の25.9%を占め、オ2因子13.4%オ3因子7.6%と順次負荷量は少くなって

いる。これらう因子だけで、全分散の46.9%を占めている。

さて次に因子分析の結果に基づいて、因子空間上で互いに対称の位置にある表現語を選んで、反対語の対を構成する作業を行わねばならない。

ところが、本実験の場合、互いに対称の位置にくる適当な表現語対の数が少なかった。この理由として、平5-1凶に示す表現語尺度において、負の表現語の場合にSが評定に困難を感じたこと、たとえば、弱々しいという負の表現語において、もっとも弱々しいと感じた時に、数値尺度の7にチェックを入れるわけであるが、うっかりすると、1にチェックを入れてしまうおそれがある。これは実験終了後、心理学実験に未経験のSの内観報告により明らかになった。その結果、判断に混乱を生じ、検定に落ちる表現語には、負の表現語が多くなり、したがって正負表現語のバランスがとれな

くなるという結果を生んだものと思われる。

また、本実験の場合には、実験に用いた表現語尺度が、多数であったため、実験時間の制限から、音源の数ならびに種類を少なくせざるを得なかった。

このような不備な点があるので、実験1の結果からは、反対語対の組合わせおよび代表尺度の選定は行わなかった。

しかし、実験1を実施することによって、音色の研究にSD法の適用の可能なこと、すなわち、表現語尺度による量的評価と、それに基づいた因子分析の適用の可能なことがわかった。また、表現語の選択を行うための資料も得ることができた。

そこで、これらの経験の上に立って、次に実験2を計画した。

実験 2

表現語の選定 — D-method

目的

実験1において、音色の量的測定の可能性を明らかにし、更に因子分析を通じて音色の3因子の存在を示唆した。

一方、負の表現語が少なかったため、正の表現語との対を作るのに困難を感じたこと、試聴音源の数と種類が少ないなど不備の点があり、反対語対の作成、代表尺度の選定は行わなかった。

そこで、これらの不備の点を補い、実験1の音色3因子の不変性の検討を行い、さらに適切な表現語の選定を行う目的で、次の実験を行なった。

方法

音源の選定方法　実験1の方法を反省すると、音源の数や種類が少なかった上に、その選び方が、恣意的であった。先にも述べたように、音源の選定に偏りがあると重要な因子の抽出に失敗するおそれがある。そこで、下記の方針の下に偏りのない音源を選定することにした。

1　音源の予備選定　多数のレコードを試聴し、出来る限り種々の音色が包括されるようにして、123個の音源をテープに録音した。各音源の長さは約5秒間で、なるべく単一の音色を含む箇所を選んだ。この単一の音色の箇所を選んだのは、Sの評定がなるべく一義的に行えるようにするためである。たとえば、トランペットの音とティンパニーの音が同時に録音されている音源の場合、Sが果してトランペットの音色を評定したのか、あるいはティンパニーの音色を評定したのか、あるいはまた、全体の音色の印象を評定したのかわからない

からである。

このようにして選んだ123個の音源を、音響実験に経験の深い5人のSが反復して試聴し、上記の方針をよく表わしていると思われる音源50個を再度選定した。

さらに、実験時間を考えると、音源数は20個程度に押える必要があるので、これら50個の音源を用いて、次のような音源選定のための予備実験を行なった。

2. 音源選定の予備実験　予備選定した50個の音源中から、出来るだけ種々の特徴をもち、かつSにとって一義的に評定しやすいと思われる音源20個を選びだすために予備実験を行なった。実験に用いた尺度は、実験1の結果を参考にして、10本の尺度を選んだ（第5-2図）。Sは、聴力に異常のない10代女子1名、20代男子7名、30代男子1名、40代男子1名の計10名である。

松下電器中央研究所試聴室において、50

第5－2図

	非常に 7	かなり 6	やや 5	どちらでもない 4	やや 3	かなり 2	非常に 1	
1、豊かな								豊かでない
2、明るい								明るくない
3、生々した								生々してない
4、迫力のある								迫力のない
5、美しい								美しくない
6、柔い								柔くない
7、ざらざらした								ざらざらしてない
8、鼻づまりの								鼻づまりでない
9、金属性の								金属性でない
10、やせた								やせてない

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

個の音源を順次呈示し、10人のSが10本の尺度を用いて評定した。

実験結果は、次の基準に従って考察し、20の音源を最終的に選定した。

i) 各Sの評定のよく一致している音源を選ぶ。このような音源は、Sの評定が比較的一義的に行われていることを示唆するからである。

ii) 10本の尺度上のプロフィルが、相互に独自な音源を選ぶ。もし同一傾向のプロフィルをもった複数個の音源があった場合には、そのうちの1つを代表として選定する。

これはなるべく類似の音色の音源が重複するのを避け、多様な音源を選定するためである。

以上の基準の下に最終的に選出された音源は下記のようなものであった。

a. 弦楽合奏（ビバルディ 四季 春より）

b. ティンパニー、小太鼓（バルトーク 弦楽器、打楽器、チェレスタのための小協奏曲 より）

c. マラカスの音（"オーケストラの楽器" より）

d. ハープ（シャンソン ミラボー橋 より）

e. ビオラ（"オーケストラの楽器" より）

f. オーケストラ（管楽器のない部分）（ベートーベン プロメテウスの創造物 より）

g. 馬のいななき（Spike Johnes より）

h. 弦楽合奏（ベートーベン ロマンス ヘ長調 より）

i. 人声（ベラフォンテの声）

j. ピアノ（黒人のジャズ曲より）

k. トライアングル（"オーケストラの楽器" より）

l. 木琴 (“オーケストラの楽器”より)

m. 弦楽合奏 (ベートーベン ロマンス ヘ長調 より)

n. 弦楽合奏 (熊蜂の飛行 より)

o. アコーディオン (シャンソンの伴奏部より)

p. 小太鼓 (“オーケストラの楽器”より)

q. 低音の弦とティンパニー (“オーケストラの楽器”より)

r. ハープ (“オーケストラの楽器”より)

s. トランペット (ベルディー アイーダ大行進曲 より)

t. ベース (“オーケストラの楽器”より)

上述“オーケストラの楽器”とは、音楽教育用レコードの名である。

表現語の選定

ii) 前回の結果を参考にして、因子分析にかけたものの表現語のうち意味の似ている（因子構造の類似している）表現語グループを作り、その内、他の言葉で十分代用できると思われる言葉（きれいな、つやのある、明るい、丸味のある、暖みのある、伸びのある、豪華な、暖にこたえる、尾をひく）および意味の不明瞭な言葉（中音の過剰な、中音の足りない）は除いた。その他の実験Ⅰにおいて、因子分析にかけた表現語は、今回も再度用いた。

iii) ii)の基準では良の表現語の数が多いので、集中度検定、正規性検定に落ちた言葉の中からii)の基準で選んだ正の表現語と対を作り易い表現語、及び音の表現にしばしば用いられる言葉を復活させた。（かん高い、濁った、ウ樽の中で鳴っているような、かさかさした、つまった、抜けたような、生気のない、物足りない、景にかかった、とげとげしい、ふらついた、汚ない、鈍

い、○粗い、×バランスのくずれた、ボケた、バラバラな、くせのある、かすれた、われた、　注、○印の表現語は、分布の集中度には合格したが、正規性検定で落ちたもの、他は集中度検定で不合格になったもの。）

iii) 諸文献を参考にして、新たに4語加えた。（遠く感じる、近く感じる、完全な、好ましい）。

iv) 前回の実験で、多数のSに意味がわからないとされた表現語（例えば、ラリラリ、ダンピングが悪い、臨場感のある、ボンボン、ドンシャリ、デイップのある、等）、及び信頼性検定で落ちたもの（すかっとした、すがすがしい、素直な、低音の歪んだ）は今回も用いなかった。

上記の基準により64語を選択した。（但し"ほりのある"は反復使用。）

実験手続

i) 音源呈示条件　音源は上記の20個で、

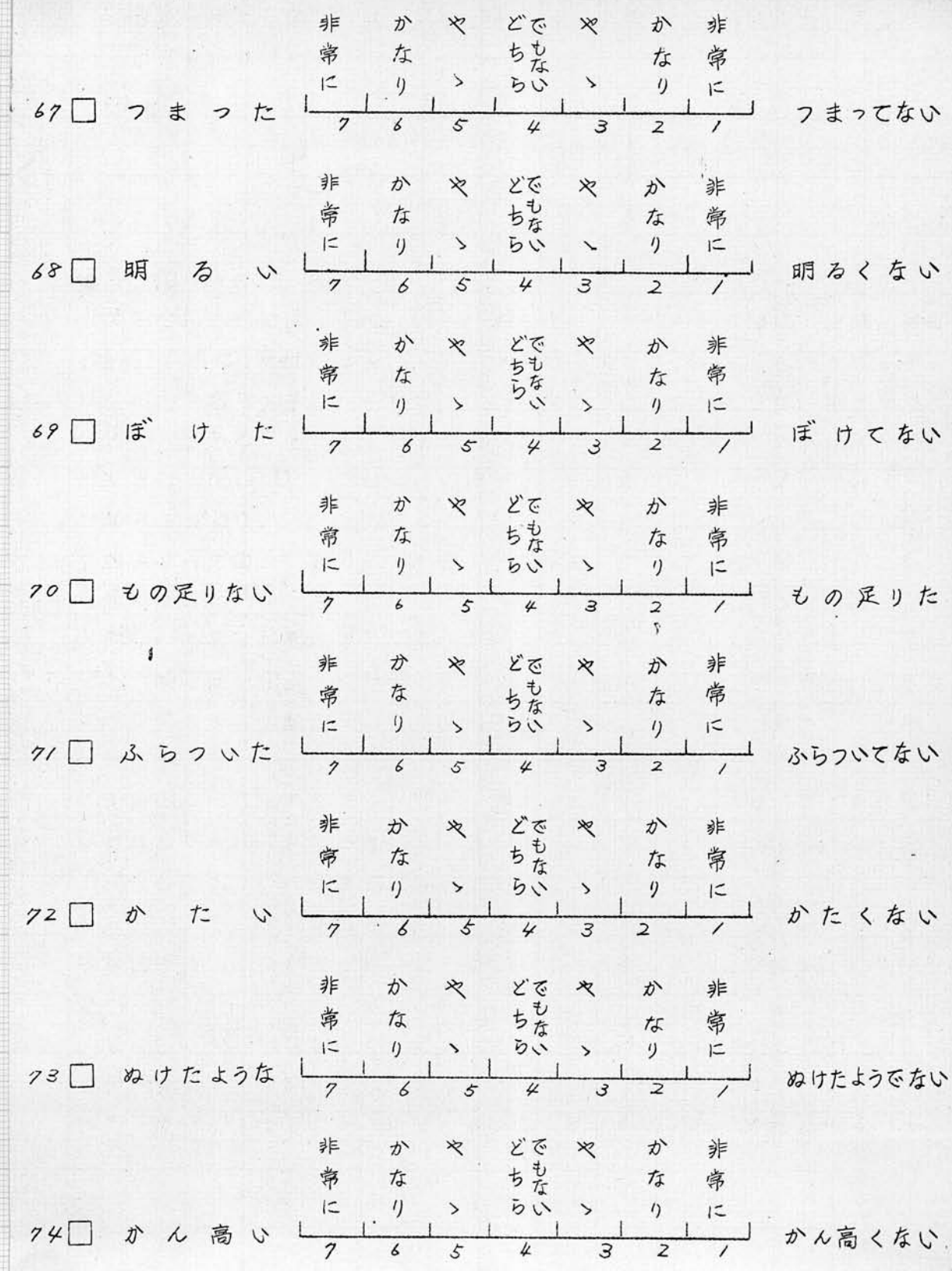
内2個を信頼性検定の為反復して用い、計22条件とした。各音源はループにしたテープに録音し、約5秒間の休止期間を入れて1サイクルとした。

ii) 記入表　64語の表現語は8語ずつ8枚の紙に印刷し、記入表をとじる順序は、S毎及び音源条件が変わる毎に変えた。(記入表の例は第5-3図)

iii) 尺度　7段階尺度を用いた。尚、数値上に程度を示す言葉を書き入れ、かつ同一語を否定しに形で対にしたのは、Sの判断を容易にし、記入の際の誤りをなるべく防ぐ為である。

iv) 音源の評定　評定の方法は、前回と同様である。但し、今回はSが尺度同士の意味の上での関連から評定を行なうこと(いわゆる論理誤差)を避ける為に一本の尺度の評定が終わると、記入表を一枚めくって、次の紙の尺度(一枚に8尺度印刷してあるから、8つ目毎に評定することになる)

第5－3図


67□ つまった
68□ 明るい
69□ ぼけた
70□ もの足りない
71□ ふらついた
72□ かたい
73□ ぬけたような
74□ かん高い
非常に
かなり
やゝ
でもない
どちら
やゝ
かなり
非常に
7 6 5 4 3 2 1
つまってない
明るくない
ぼけてない
もの足りた
ふらついてない
かたくない
ぬけたようでない
かん高くない

の評定を行なうというようにした。このように評定の順に別の作業を挿入することによって、おもるだけ論理誤差を避けるようにした。又、Sにとって意味の理解できない表現語並びに音色の表現に不適当と思われる表現語には評定を行なう代りにX印をつけさせた。

Sは上記エサイクルの順に、表現語と語について評定を行なった。

v) 実験室　松下電器中央研究所試聴室を使用。Sの座席におもるだけ音が一様に分布するようにスピーカーを配置し、かつ音源をかえる毎にSに席を移動させた。

vi) 被験者　正常な聴力を有する音響技術者男子40才代1名、30才代2名、心理学専攻学生（以下20才代）男子4名、女子5名、音楽関係者男子1名、女子4名、一般男子2名、女子2名、以上男子9名、女子11名、計20名である。

結果の整理と考察

因子分析　前回は、Thurstoneの完全セントロイド法によったが、今回は、Osgood et al (1957)のD-methodを用いて、第4因子まで算出した。D-methodの特徴は、相関係数を経ずに直接素点より因子分析できること、計算が簡単であること－かつ、Thurstoneの方法と類似の結果が得られることなどである。今回は64の表現語全部について因子分析を行なった。なおD-methodの原理及び計算方法についてはOsgood et al (1957, p332－335)に詳しい。

因子分析の結果　第5-8表に示す。なお同表は、実験1の結果との比較を容易にするために、実験2の因子負荷量を表の左半分に示してある。又同じく比較を容易にする為に、実験2において抽出された4個の共通因子の記入の順序は、抽出された順に従わずに、因子の命名後に実験1におけると同様、快的因子、迫力因子、全原性因子

第5-8表

			第2実験因子行列				第1実験因子行列		
			II	III	I	VI	I	II	III
			快的因子	迫力因子	金属性因子	柔らかさ因子	快的因子	迫力因子	金属性因子
快的因子型	34	美しい	6.12	-3.27	-0.58	-1.85	.822	.075	-.136
	1	澄んだ	5.31	-2.39	1.08	-1.39	.669	.003	-.001
	37	濁った	-5.19	1.51	-0.33	1.23			
	40	すっきりした	4.84	-0.12	1.02	0.12	.645	.174	-.015
	19	そう快な	4.81	-2.92	1.07	-2.11	.465	.448	.073
	58	明るい	4.64	-1.86	0.92	-1.75	.331	.548	.007
	31	軽快な	4.47	-2.93	1.94	-2.25	.348	.522	.026
	16	騒々しい	-4.25	2.93	2.07	0.75	-.626	.429	.346
	25	檻の中で鳴っているような	-4.03	2.46	-0.94	2.04			
	51	ザラザラした	-3.96	1.17	1.55	1.27	-.502	-.050	.511
	26	くすんだ	-3.58	2.04	-1.19	1.47	-.237	.455	.419
	38	はずんだ	3.46	-2.06	1.78	-2.31	.038	.623	.120
	42	カサカサした	-3.11	0.32	1.26	0.41			
	57	つまった	-2.99	1.06	1.13	1.72			
	63	ぬけたような	-2.89	-2.26	0.63	-0.85			
	55	完全な	2.80	0.95	-1.59	0.44			
	6	おとなしい	2.26	-0.49	-0.90	1.22	.464	-.597	.081
	46	生気のない	-2.04	0.56	-0.14	-1.29			
迫力因子型									
	20	迫力のある	-2.22	5.77	-2.70	1.51	.187	.713	.013
	36	滑らかな	1.15	-4.35	-1.51	0.89	.791	-.180	-.211
	12	どっしりした	-2.64	4.27	-3.34	2.81	.525	.082	-.018
	54	力強い	-1.36	2.53	-1.33	0.72	.200	.685	-.122
	60	もの足りない	-1.24	-2.05	1.08	-1.57			
金属性因子型									
	14	キンキンした	-0.10	3.41	6.63	1.65	-.320	.214	.566
	21	金属性	0.69	1.91	5.78	0.57	-.302	.419	.481
	64	かん高い	0.68	-1.14	5.68	-0.84			
	62	かたい	-2.30	-0.40	3.99	-1.16	-.386	.237	.402
	35	薄っぺらな	0.49	0.83	3.74	2.45	-.272	-.319	.603
	5	やせた	0.99	0.97	3.53	0.69	-.293	-.289	.604
	49	鋭い	0.83	-0.48	3.39	-2.02	.024	.623	.136
	15	落ちついた	1.98	-1.16	-3.25	0.01	.679	-.288	-.102
	24	豊かな	1.30	-1.95	-3.21	-0.64	.739	.200	-.027
	39	貧弱な	-0.53	-0.76	3.18	2.25	-.301	-.440	.549
	27	深みのある	-0.36	-0.08	-3.10	0.29	.667	.078	-.096
	13	ほりのある	-0.39	-0.72	-2.65	-0.87	.607	.026	.023
	10	ほりのある	-0.16	0.21	1.57	-0.34	.607	.026	.023
	50	近く感じる	0.47	-0.56	-1.19	-0.21			
柔らかさ因子型									
	4	柔らかな	2.99	-1.95		3.46	.678	-.399	.085
	48	鼻にかかった	-1.94	0.93		2.89			
	52	平凡な	1.23	0.10		-2.26	.100	-.398	.207

第5-8表 2

			ヤ2実験因子行列				ヤ1実験因子行列		
			Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
			快的因子	迫力因子	金属性因子	柔らかさ因子	快的因子	迫力因子	金属性因子
快的(複合)因子型	41	汚い	−5.72	1.16	1.35	3.32			
	9	好ましい	4.89	−4.50	−1.39	−2.06			
	2	鈍い	−3.89	2.07	−2.23	2.33			
	56	バランスのとれた	3.89	0.44	−2.21	0.53	.665	.226	−.240
	29	はっきりした	3.69	−2.52	0.76	−2.89	.522	.413	−.111
	32	粗い	−3.66	2.59	1.58	0.44			
	22	バランスのくずれた	−3.43	3.08	2.00	2.46			
	59	ボケた	−3.33	1.25	−0.57	2.74			
	44	うるおいのある	3.22	1.06	−1.92	2.36	.774	−.245	.008
	47	せん細な	2.83	−1.27	2.26	−0.30	.549	−.130	.408
	8	とけあった	2.81	−2.39	−2.35	0.94	.634	.012	.102
	11	バラバラな	−2.81	2.52	2.41	1.11			
	28	生々した	2.78	−2.36	0.27	−2.37	.469	.511	.027
	53	くせのある	−1.92	−1.07	−0.35	−1.36			
迫力(複合)因子型									
	33	かすれた	−3.35	3.86	0.96	2.45			
	45	暗い	−4.73	3.31	−1.19	2.48	−.127	−.273	.390
	23	われた	−2.79	3.13	1.79	1.73			
金属性(複合)因子型									
	7	とげとげしい	−2.88	4.27	5.06	−2.75			
	30	細かい	2.89	0.32	3.25	−1.61	.447	−1.68	.386
	3	立体感のある	−0.16	0.73	−2.20	−1.34	.366	.546	−.008
	43	派手な	1.17	−1.13	1.70	−1.37	−.028	.662	.240
	61	ふらついた	−1.51	−0.36	1.65	1.22			
	18	速く感じる	−0.37	1.08	1.34	−0.53			
柔らかさ(複合)因子型									
	17	ねばい	−3.17	2.09	−1.55	3.37	.356	−.189	.342
快的因子型(ヤ2実験では使用しなかった表現語)									
		綺麗な					.795	.072	.021
		つやのある					.791	.051	−.017
		聞き易い					.744	.006	−.257
		丸味のある					.733	−.293	.025
		眼みのある					.729	−.088	.022
		伸びのある					.673	.217	.049
迫力因子型									
		豪華な					.251	.651	.212
		腹にこたえる					−.038	.458	.029
金属性因子型									
		中音の過剰な					−.091	−.092	.433
		中音の足りない					−.246	.031	.425
		尾をひくような					−.144	−.105	.350

、及び今回抽出された柔らかさ因子の順に記入した。

オ1因子は、"キンキンした""全底性""かん高い"等に負荷量の高いいわば全底性因子、オ2因子は"美しい""澄んだ""すっきりした"等に負荷量の高い、いわば快的因子、オ3因子は"迫力のある""どっしりした""力強い"等に負荷量の高い、いわば迫力因子と名づけることができよう。オ4因子は音の柔らかさを示す因子のようであるが、その特徴はあまり明確でない。

ところでオ4因子を除く上記三因子は、前回の実験で得た三因子と同種である。両実験が音源、被験者、表現語及び因子分析の方法を異にするにもかかわらず、同種の三因子が抽出されたことは因子の不変性を示すしるしとして注目に値する。

次に各表現語が、前回と今回の実験において属する因子が同じであったかどうかを

しらべてみよう。これは第5+8表をみれば明らかであるが、"美しい""澄んだ""すっきりした""ザラザラした""バランスのとれた""うるおいのある""せん細な"(以上快的因子)"力強い""迫力のある"(迫力因子)"キンキンした""金属性の""やせた""貧弱な""細かい""薄っぺらな"(以上金属性因子)の15の表現語は、両実験において同じ因子に属している。

一方実験1と実験2とで明瞭に異なる因子に属した表現語は、"鋭い"(迫力→金属性、先が実験1の時の因子、後が実験2の時の因子、以下同じ)、"豊かな""深みのある""ほりのある"(快的→金属性)"滑らかな""どっしりした"(快的→迫力)"立体感のある"(快的、迫力→金属性)など7表現語で、"柔らかな"(快的、迫力)と"平凡な"(迫力)は、実験2で新たに出現された柔らか さ因子

に属している。なお、"そう快な""明るい"、"軽快な"（快的、迫力）は二回とも同じ因子だが、実験1の迫力因子が正の負荷量であるのに対し、実験2では負の負荷量に変っている。このように、属する因子型の変った原因としては、まず第一に、実験2は実験1よりも音源の種類が多くなって、表現語の意味の上の相違が明瞭に区別できるようになったことが考えられる。たとえば、音源の種類が少いために、かりに美しい音源が常に豊かであったなら、"美しい"と"豊かな"とは同じ因子に属するが、音源の種類が多くなることによって、美しいけれども必らずしも豊かでない音源が存在すると、"美しい"と"豊かな"とを別の因子に属することになってしまう。即ち表現語の弁別がよくなるわけである。

第二に、実験2では実験1よりも全属性因子に属する表現語が増えた。又因子型が変った表現語において快的因子から全属性

因子に変わったものの多いことが目立つ。これは、実験2を計画する際に実験1において、全底性因子の性格が不明瞭であった点を補う目的で全底性因子に属すると思われる表現語を新たに加えた。当然、全底性因子の分散の全分散に占める割合が多くなり、全底性因子の性格が明瞭になったものと思われる。

いづれにせよ、この底する因子型の変化に関しては、将来更に検討の余地があるように思える。

さらに実験2の因子分析結果からよく似た因子負荷量を有する表現語をまとめると第5-9表のようになる。たとえば、"美しい"、"好ましい"は実験2では殆んど同じ意味内容をもって評定されていたことがわかる。同様に、"澄んだ"、"そう快な"、"明るい"、"軽快な"、"はずんだ"等も非常によく似た意味内容をもつ音色の表現語であることがわかる。

第5-9表。

		快的	迫力	金属性	柔らかさ
34	美しい	6.12	-3.27	-0.58	-1.85
9	好ましい	4.89	-4.50	-1.39	-2.06
1	澄んだ	5.31	-2.39	1.08	-1.39
19	そう快な	4.81	-2.92	1.07	-2.11
58	明るい	4.64	-1.86	0.92	-1.75
31	軽快な	4.47	-2.93	1.94	-2.25
38	はづんだ	3.46	-2.06	1.78	-2.31
43	派手な	1.17	-1.31	1.70	-1.37
40	すっきりした	4.84	-0.12	1.02	0.12
29	はっきりした	3.69	-2.52	0.76	-2.89
28	生々した	2.78	-2.36	0.27	-2.37
21	金属性の	0.69	1.91	5.78	0.57
14	キンキン	-0.10	3.41	6.63	1.65
5	やせた	0.99	0.97	3.53	0.69
35	薄っぺらな	0.49	0.83	3.74	2.45
39	貧弱な	-0.53	-0.76	3.18	2.25
13	ほりのある	-0.39	-0.72	-2.65	-0.87
3	立体感のある	0.16	-0.73	-2.20	-1.34
6	もの足りない	-1.24	-2.05	1.08	-1.57
63	ぬけたような	-2.89	-2.26	0.63	-0.85

第5-9表 2

		快的	迫力	金属性	柔らかさ
56	バランスのとれた	3.89	0.44	0.53	0.53
55	見事な	2.80	0.95	0.44	0.44
44	うるおいのある	3.22	1.06	2.36	2.36
64	かん高い	0.68	-1.14	5.68	-0.84
49	鋭い	0.83	-0.48	3.39	-2.02
37	濁った	-5.19	1.51	-0.33	1.23
25	檜の中で	-4.03	2.46	-0.94	2.04
26	くすんだ	-3.58	2.04	-1.19	1.47
59	ボケた	-3.22	1.25	-0.57	2.74
48	鼻にかかった	-1.94	0.93	-0.57	2.89
2	鈍い	-3.89	2.07	-2.23	2.33
17	ねばい	-3.17	2.09	-1.55	3.37
45	暗い	-4.73	3.31	-1.19	2.48
20	迫力のある	-2.22	5.77	-2.70	1.51
12	どっしりした	-2.64	4.27	-3.34	2.81
54	力強い	-1.36	2.53	-1.33	0.72
16	騒々しい	-4.25	2.93	2.07	0.75
51	ザラザラした	-3.96	1.17	1.55	1.27
57	つまった	-2.99	1.06	1.13	1.72
41	汚い	-5.72	1.16	1.35	3.32
32	粗い	-3.66	2.59	1.58	0.44
24	バランスのくずれた	-3.43	3.08	2.00	2.46

第5-9表3

		快的	迫力	金属性	柔らかさ
11	バラバラな	-2.81	2.52	2.41	1.11
23	ゆれた	-2.79	3.13	1.79	1.73
33	ひずんだ	-3.25	3.86	0.96	2.45
42	カサカサした	-3.11	0.32	1.26	0.41
15	落ちついた	1.98	-1.16	-3.25	0.01
24	豊かな	1.30	-1.95	-3.21	-0.64
36	滑らかな	1.15	-2.35	-1.51	0.89
8	とけあった	2.81	-2.39	-2.35	0.94
6	おとなしい	2.26	-0.49	-0.90	1.22
4	柔らかな	2.99	-1.95	-2.10	3.45
7	とげとげしい	-2.88	4.27	5.06	-2.75
62	かたい	-2.30	-0.40	3.99	-1.16
30	細かい	2.89	0.32	3.25	-1.16
41	せん細な	2.83	-1.27	2.26	-0.30
10	ほりのある	-0.16	0.21	1.57	-0.34
18	遠く感じる	-0.37	1.08	1.34	-0.53
50	近く感じる	0.47	-0.56	-1.19	-0.21

第5-9表4

		快的	迫力	金属性	柔らかさ		距離
6	物となしい	2.26	$\bar{0}$.49	$\bar{0}$.90	1.22		5.13
60	力の足りない	$\bar{1}$.24	$\bar{2}$.05	1.08	$\bar{1}$.57		
21	金属性の	0.69	1.91	5.78	0.57		4.52
62	かたい	$\bar{2}$.30	$\bar{0}$.40	3.99	$\bar{1}$.16		
32	粗い	$\bar{3}$.66	2.59	1.58	0.44		5.23
7	とげとげしい	$\bar{2}$.88	4.27	5.06	$\bar{2}$.75		
2	鈍い	$\bar{3}$.89	2.07	$\bar{2}$.23	2.33		8.05
4	柔らかな	2.99	$\bar{1}$.95	$\bar{2}$.10	3.46		

代表尺度の選定　実験2の結果をもとにして、各因子を代表する表現語尺度（代表尺度）の選定を試みた。

まず手はじめに、実験2の結果となるべく一致し各因子毎に負荷量が高く、かつ単純構造に近いという基準で7個の表現語を選出した。すなわち、"美しい"、"澄んだ"、"濁った"、"すっきりした"（以上快的因子）、"迫力のある"（迫力因子）、"全重性の"、"豊かな"、"深みのある"（以上全重性因子）、"柔らかな"（柔らかさ因子）などの表現語である。

手はじめに、これらの表現語について反対の意味をもつ表現語との対の構成であるが、これには、たがいに同一因子型に属し、各因子量がほぼ等しく、かつ負荷量の符号が正負反対であることという基準（すなわち因子空間上で互いに点対称をなすという基準）に基づいて選定した。

なお、この両極尺度の選定については、

さらに次式で示される条件も参考にした。

$$P_i \geqq 7 - N_i$$

こゝで、P_iは、正の表現語尺度の音源における得点、N_iは、この表現語と対をなす負の表現語尺度の音源における得点、7はカテゴリー数（常数）。上の式が、全音源について近似的に成立すれば、この尺度の1次元性および妥当性（正負の表現語が同じ内容を測定している）が示唆される。

これらの基準により、"全感性の―深みのある" "豊かな―貧弱な" "美しい―さたない" "澄んだ―濁った" "すっきりした―くすんだ" "迫力のある―もの足りない" "柔らかな―かたい" の7本の両極尺度を選定した。

なお、"きたない"、"くすんだ"、"もの足りない"、"貧弱な"、"かたい" の各表現語は、第1の基準に関しては問題があったが、第1の基準に合致した正の表現語、すなわち、"美しい"、"すっきり

した"、"豊かな"、"柔らかな"と両極をなす表現語として、次の基準に合致したので選定したものである。

さて、われわれは、実験1、2を通じて快的、全感性、迫力の3因子を共通に抽出し、実験2では、柔らかさ因子を得た。さらに、これら因子の代表尺度として7本の両極尺度を選定した。

こゝで得た因子が果して不変の因子であるか、あるいは選定した両極尺度が果して代表尺度として適切であるか否か、以下音源および S/N 等実験条件を変化させ、あるいは、尺度を一部変更して、検討を行うことにする。

実験 3

音圧レベル並びにスピーカー口径を変化させた音色実験

既に述べたように、因子構造にもっとも大きな影響を与えると考えられる変数は音源である。本実験では、音源の物理特性を規則的に変化させて、多種類の音源（60種類）を作り、実験1、2で得た尺度によって評定を行い、因子の不変性の検討を行うこととした。また、物理特性の変化と、尺度値との対応関係をみることによって、尺度の妥当性の検討も、あわせ行うこととした。

方法

音源　本実験の場合、テープに録音した

音声および音楽（5種類）を、音圧レベル（4段階）、スピーカーの種類（3種類）を変化させて呈示した。したがって、音源数は60（5×4×3=60）になる。こいで、特にテープに録音した音のことを原音源とよぶことにする。なぜなら、Sに呈示する音は、これら原音源を再生する時に、再生系の物理特性を変化させたものだからである。再生系で変化させる、もとの音源という意味で原音源と名付けたのである。

i) 原音源の種類

音声—日本語（男声アナウンサー）約5秒

音声—日本語（女声アナウンサー）約5秒

音楽—弦楽合奏（チャイコフスキー：弦楽セレナーデの一部）約5秒

音楽—ピアノソロ（リスト：ラ・カンパネラの一部）約5秒

音楽—管弦楽曲（プロコフィエフ：ピー

ターと狭の終りの部分）　約5秒

ii) 音源の音圧レベル　各音源とも60dB、70dB、80dB、90dBの4段階、音圧レベルは校正済の抵抗減衰器（H型）を用い調節した。

iii) 使用スピーカー

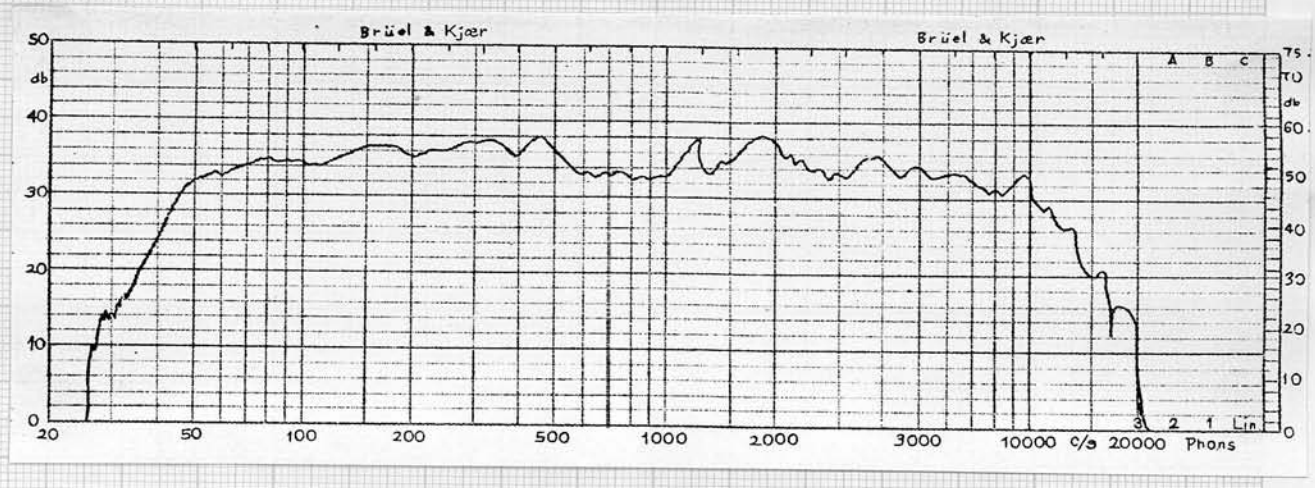
a) 三菱2way Speaker System　2S－305型、ウーファPW－125型30cm、トウィーターTW25型5cmを位相反転型キャビネットBR－221型に取付けて使用、最大許容入力20W、連続3W。（以下2wayと略）

b) Bell P65　3.2Ω、3W、平面バッフル60×93cm²に取付けて使用。（以下6.5吋と略）

c) Sanyo　SPD－35、小型ラジオ用平面バッフル60×93cm²に取付けて使用。（以下3吋と略）

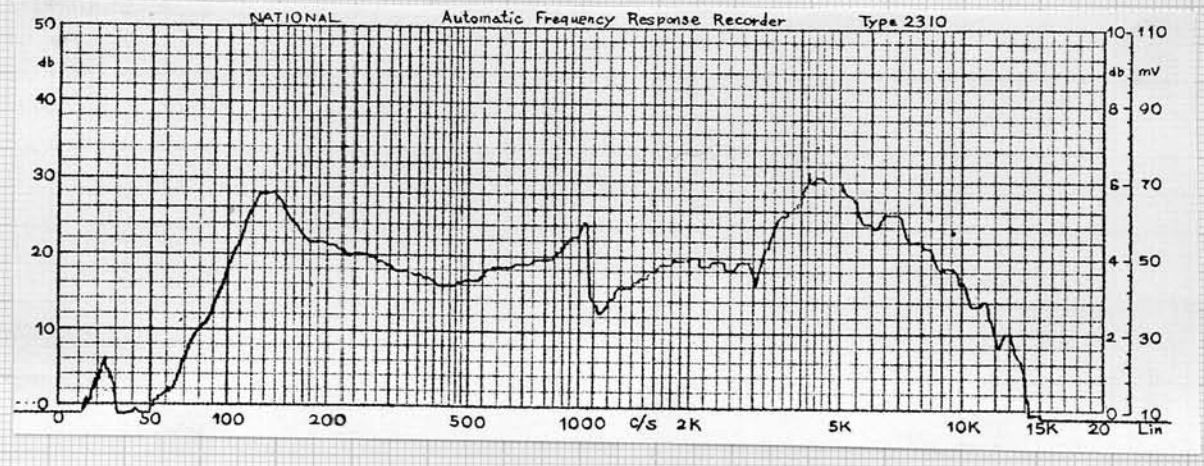
これらの3スピーカーの周波数特性を第5－4図に示す。

2 way



6吋半

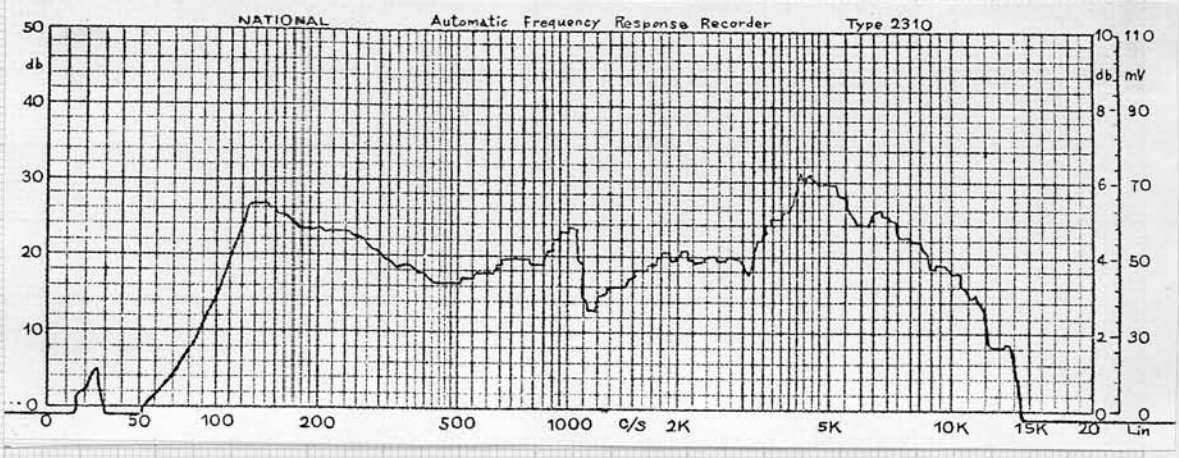
JIS箱使用



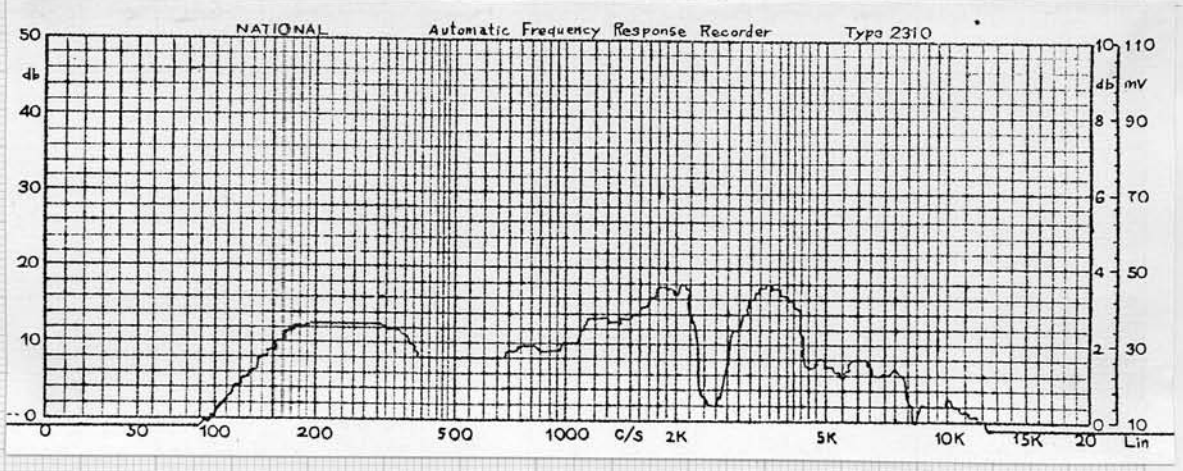
第5-4図, 使用スピーカーの周波数特性

第5－4図 2

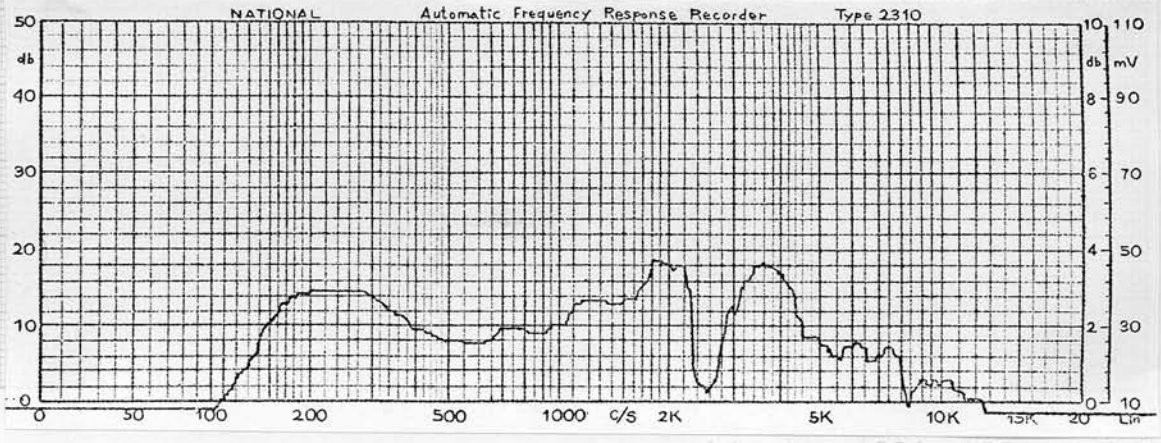
6吋半　バッフルのみ



3吋　JIS箱使用



3吋　バッフルのみ

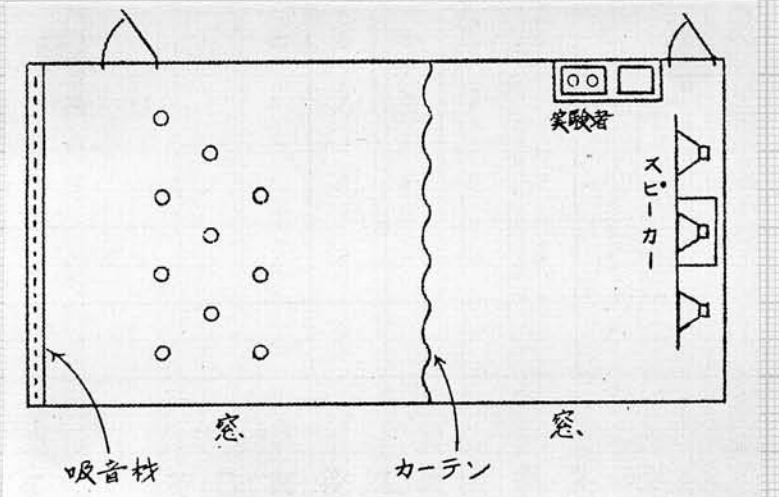


6.5吋、3吋は共によい特性ではない。

実験装置　ソニー、361型テープレコーダーのline out putに抵抗減衰器を接続し、マッチングトランスを経て、山水AF-360. preamp. 山水model Q50 poweramp へ導き、3スピーカーのインピーダンスにそれぞれ合わせて切換えられるようにした。

実験室　大阪大学産業科学研究所音響部会議室を使用した。室内の配置は第5-5図に示す。後壁には5cm厚のグラスウールを貼付し、室中央を薄手のカーテンで仕切り、Sにはスピーカーは見えないようにした。また、スピーカーからSまでの距離は6～8mとし、各席における音圧レベルの相違をできるだけ少なくするようにつとめた。

呈示条件　上記60の刺激条件は、ランダムな順序で呈示した。なお原音源はエンドレステープに約5秒間録音したもので、2



実験室内配置図

第5-5図

秒間の休止期間を入れて1サイクルとした。各Sは1サイクルの間に1本の尺度について評定した。

表現語尺度　実験1、2で得られた7本の代表尺度(310頁)の上に、さらにスピーカーの口径の差(周波数特性の差)を表現するのに適当と思われる次の3本の表現語尺度、すなわち"せん細な　粗い"、"バランスのとれた　バランスのくずれた"、"うるおいのある　かさかさした"を追加した。これらの尺度は、いずれも快的(複合)因子に属するものである(5-6図)。

教示　音の印象を感じたまま素直に記入するように求めた。また音色の表現語尺度として適当でないと感じられるものにはX印をつけるように求めた。なお、本実験に先立って、実験用とは別に用意した1音源について練習を行なった。

被験者　聴力に異常のない20才代、30才代、40才代の男女、計10名で、その内容は

音色評定用紙

実験番号　　氏名　　年令

			非常に	かなり	やゝ	どちらでもない	やゝ	かなり	非常に	
			7	6	5	4	3	2	1	
A. 1	□	金属性の								深みのある
B, 2	□	豊かな								貧弱な
C, 3	□	美しい								きたない
D, 4	□	澄んだ								濁った
E, 5	□	すっきりした								くすんだ
F, 6	□	バランスのとれた								バランスのくずれた
G, 7	□	うるおいのある								カサカサした
H, 8	□	迫力のある								もの足りない
I, 9	□	せん細な								粗い
J, 10	□	暴い								かたい

A4　1mm(250×180)　コクヨ

第5-10表に示す通りであり、音響技術者、心理学学生、心理学実験に未経験な一般男女（以下一般人と略称する）から構成されている。

結果

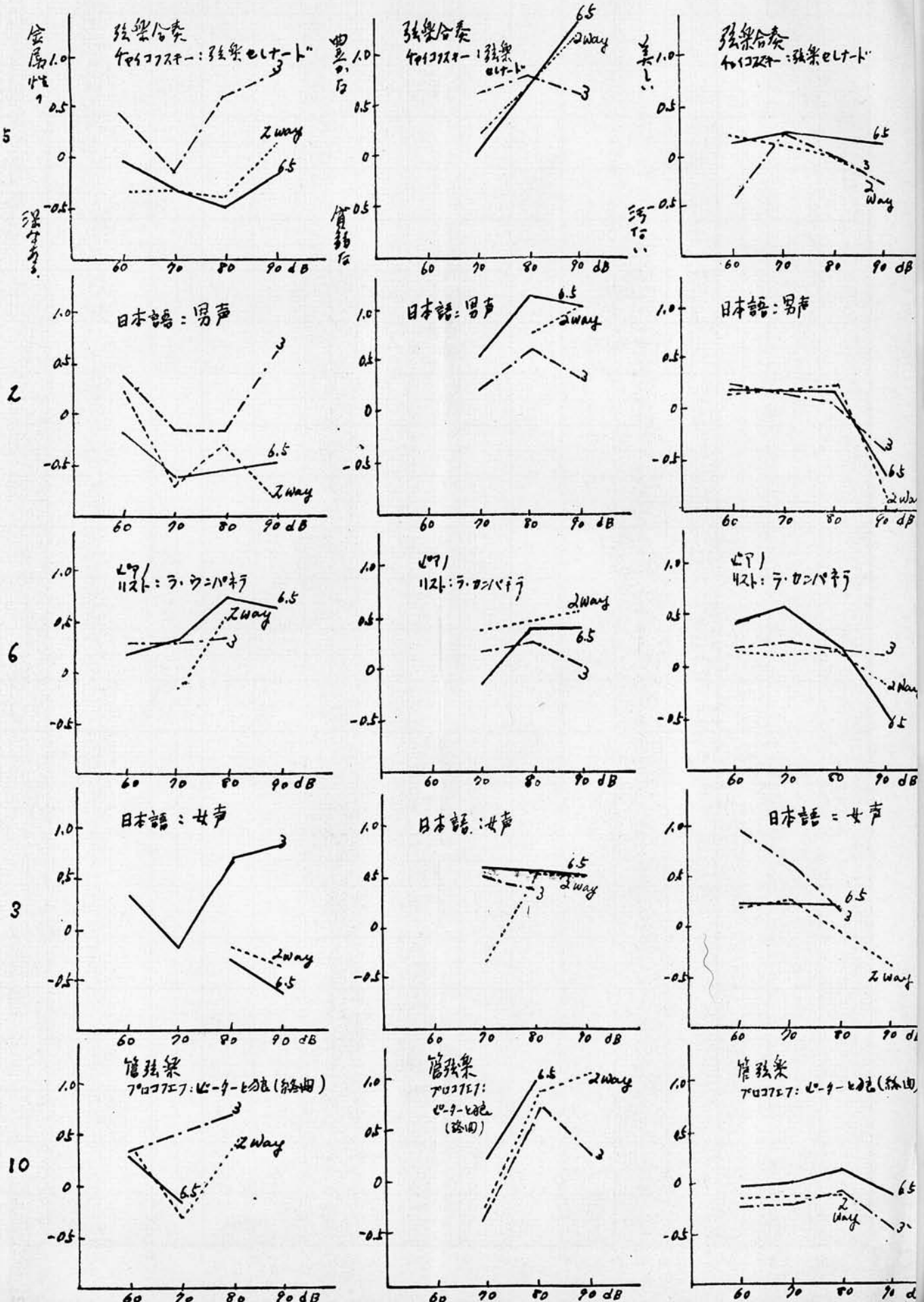
得られた評定値により従来通り、因子分析を行なって音色の因子を見出すことと、さらに本実験では音源の物理的性質を比較的規則的に変化させているので評定結果と音源の物理的性質との関係を求めることを目的として以下の如き整理を行なった。

因子分析　表現語選定のための実験2と同様にS評定平均値から直接D-methodにより、第5因子まで抽出した。結果を第5-11表に示す。

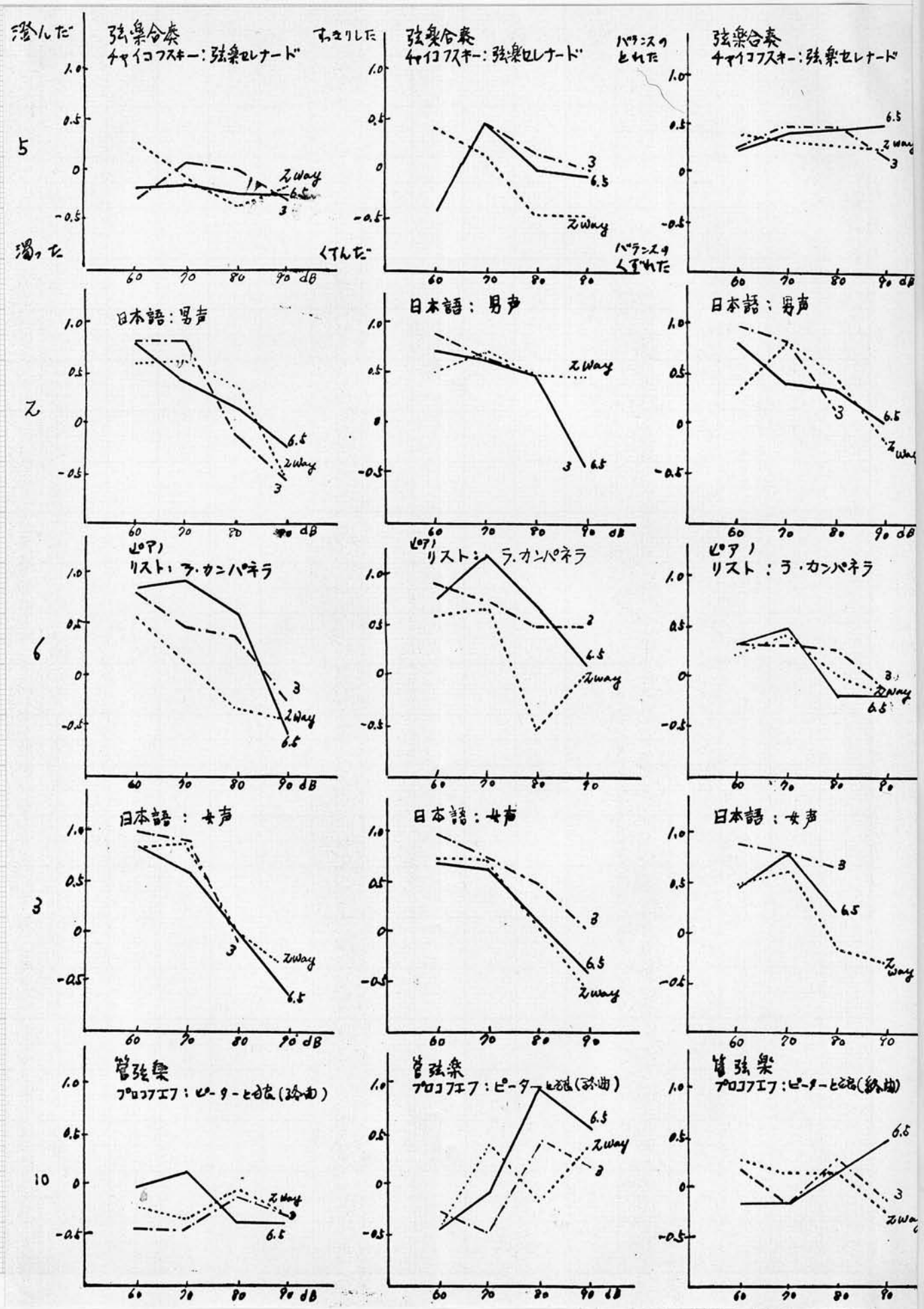
系列範疇法（Method of successive categories）　音源の特徴を心理的な間隔尺度の上で位置づける為に、系列範疇法を用いて各表現語尺度について間隔尺度を構

第5－10図

系列範時法による間隔尺度上（パラメーターはスピーカ口径）に示された音源の評定値

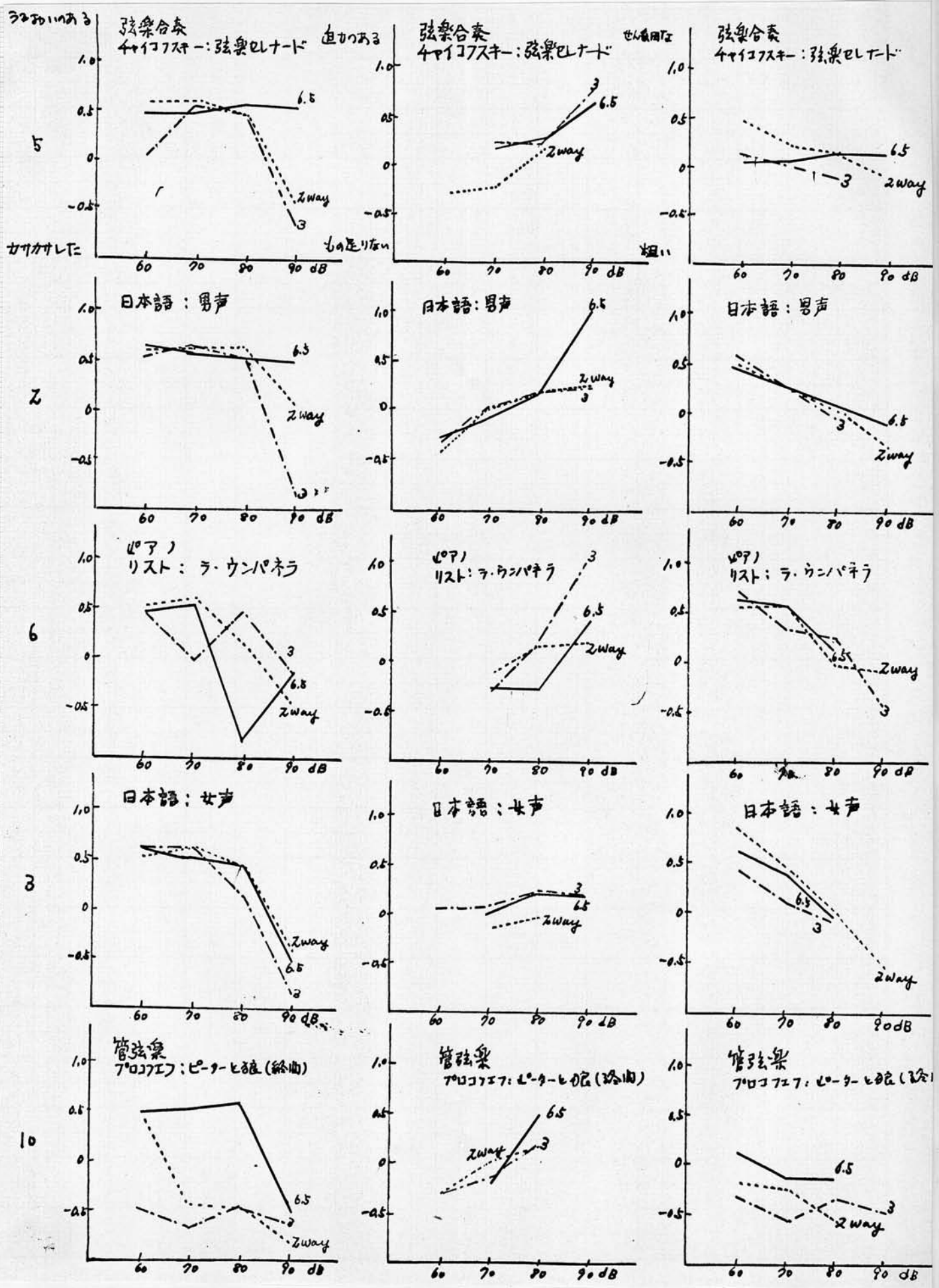


第5-10図2



澄んだ
濁った
すっきりした
くすんだ
バランスのとれた
バランスのくずれた
5
2
6
3
10
弦楽合奏
チャイコフスキー：弦楽セレナード
日本語：男声
ピアノ
リスト：ラ・カンパネラ
日本語：女声
管弦楽
プロコフエフ：ピーターと狼（終曲）
2way
3
6.5
dB

第5－10図 3


うるおいのある
弦楽合奏
チャイコフスキー：弦楽セレナード
迫力のある
せん細な
5
カサカサした
もの足りない
鋭い
6.5
3
2way
60 70 80 90 dB
日本語：男声
2
ピアノ
リスト：ラ・ウンバネラ
6
日本語：女声
8
管弦楽
プロコフエフ：ピーターと狼（終曲）
10

職業＼年代	20		30		40		合計	
	男	女	男	女	男	女	男	女
音響技術者	2	0	1	0	1	0	4	0
心理学学生	2	1	0	0	0	0	2	1
一般人	2	1	0	0	0	0	2	1
合計	6	2	1	0	1	0	8	2

10

第3実験被験者構成表

第5-10表

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
	迫力	快的	金属性		柔らかさ
金属性の ― 深みのある	1.47	-3.35	7.20	-1.30	0.31
豊かな ― 貧弱な	10.25	-0.61	0.02	-1.20	0
美しい ― きたない	-0.21	8.19	0.04	0.92	-0.03
澄んだ ― 濁った	-2.94	6.67	-0.42	0.72	0.55
すっきりした ― くすんだ	-0.32	5.44	1.92	1.69	-0.41
バランスのとれた ― バランスのくずれた	0.32	7.01	-0.13	2.66	-0.30
うるおいのある ― カサカサした	-0.07	5.93	1.55	1.27	0.95
迫力のある ― 力の足りない	7.47	-4.23	0.36	5.01	-1.12
せん細な ― 粗い	-4.15	6.50	-1.74	1.06	-0.23
柔い ― かたい	-2.65	5.28	-3.61	0.49	4.13

第5-11表 因子分析（D-method）結果

成し、各音声の尺度値を算出した。計算結果は第5-12表に示す。

実験結果の考察

因子分析結果　オ1因子としては、"豊かな—貧弱な"、"迫力のある—もの足りない"に負荷量の高い迫力因子、オ2因子は、"美しい—さえない"、"澄んだ—濁った"、"すっきりした—くすんだ"、"バランスのとれた—バランスのくずれた"、"うるおいのある—かさかさした"、"せん細な—粗い"などに負荷量の高い快的因子、オ3因子は全原性に負荷量の高い全原性因子が抽出された。オ4因子は再び"迫力のある—もの足りない"に負荷量が高く迫力因子のように見えるが、この因子の他の表現語への負荷の様子を実験1、2における迫力因子のそれと比較、検討してみると、かなり異っていることがわかる。本実験の結果からだけではこの因子が音色の

第5-12表

各音源の系列範疇法による尺度値

原音源	スピーカー口径(吋)	音圧レベル(phon)	金属性の除みのある	豊かな 貧弱な	美しい きたない	澄んだ 濁った	すっきりした くすんだ	バランスのとれた 〃 くずれた	うるおいのある カサカサした	迫力のある もの足りない	せん細な 粗い	柔い かたい
5 弦楽合奏 (チャイコフスキー) 弦楽セレナード ①一部	3	60	0.433		-0.436	-0.292	-0.455	0.262	0.001		0.133	0.314
		70	0.160	0.605	0.203	0.047	0.455	0.472	0.547	0.208	0.000	-0.198
		80	0.615	0.751	0.000	0.000	0.151	0.472	0.470	0.212	0.135	-0.221
		90	0.818	0.570	-0.309	0.294	0.000	0.157	0.644	0.769		
	6.5	60	0.000		0.161	-0.232	-0.455	0.236	0.470		0.044	0.314
		70	-0.321	0.027	0.228	-0.141	0.455	0.393	0.470	0.177	0.044	0.266
		80	-0.489		0.168	-0.254	0.000		0.547	0.223	0.133	0.075
		90	-0.160	1.329	0.128	-0.254	-0.091	0.472	0.521	0.660	0.133	-0.321
	2	60	-0.321		0.228	0.296	0.455	0.409	0.573	0.332	0.472	0.394
		70	-0.321	0.172	0.168	-0.141	0.151	0.367	0.581	0.255	0.239	0.266
		80	-0.375		0.000	-0.368	-0.455	0.315	0.470	0.186	0.133	-0.075
		90	0.160	1.214	0.309	-0.141	-0.455	0.236	-0.471		-0.135	-0.419
2 男声 アナウンサー	3	60	0.416		0.228	0.801	0.895	0.958	0.531	-0.351	0.557	0.314
		70	-0.160	0.172		0.801	0.655	0.795	0.624	0.022		0.553
		80	-0.160	0.570	0.043	-0.141	0.455	0.157	0.531	0.177	-0.080	-0.075
		90	0.615	0.268	-0.489	-0.595	-0.455		-0.819	0.223		
	6.5	60	0.160		0.208	0.801	0.721	0.795	0.624	-0.317	0.451	0.553
		70	0.644	0.497	0.168	0.405	0.672	0.393	0.547	-0.089		0.234
		80		1.081	0.188	0.141	0.455	0.346		0.214		0.553
		90	-0.489	0.944	-0.248	0.254	-0.455	-0.033	0.479	0.999	-0.134	-0.025
	2	60	0.297		0.178	0.581	0.508	0.315	0.573	-0.409	0.472	0.812
		70	-0.675			0.636	0.721	0.795	0.624	0.022		0.553
		80	-0.321	0.451	0.228	0.405	0.455	0.472	0.593	0.197	0.044	0.314
		90	-0.804	1.008	-0.399	-0.595	-0.721	-0.193	0.011	0.223	-0.346	0.075
6 ピアノ (リスト) エ.カンパネラ ①一部	3	60	0.251		0.195	0.801	0.875	0.315	0.470		0.711	0.075
		70	0.260	0.172	0.228	0.471	0.721	0.346	-0.019	-0.317	0.347	0.075
		80	0.312	0.268	0.153	0.361	0.455	0.260	0.470	0.177	0.239	-0.321
		90		0.027	0.128	0.292	0.455	-0.157	-0.156	0.899	-0.453	-0.567
	6.5	60	0.160		0.449	0.853	0.721	0.343	0.470		0.680	0.314
		70	0.290	-0.165	0.596	0.904	1.183	0.472	0.521	-0.294	0.557	-0.075
		80	0.702	0.389	0.228	0.581	0.655	-0.210	-0.819	-0.270	-0.134	-0.567
		90	0.615	0.389	-0.489	-0.595	0.091	-0.210	-0.156	0.405		-0.567
	2	60			0.178	0.581	0.588	0.236	0.531		0.557	-0.075
		70	-0.160	0.389			0.655	0.409	0.593	-0.173	0.557	0.075
		80	0.615		0.161	-0.368	-0.571	0.000	0.157	0.177	-0.045	-0.015
		90		0.570	-0.218	-0.480	0.000	-0.210	-0.471	0.208	-0.134	
3 女声 アナウンサー	3	60	0.252		0.900	0.956	0.952	0.806	0.624	-0.060	0.451	0.226
		70	-0.160	0.509	0.596	0.904	0.721	0.795	0.624	0.088	0.133	0.231
		80	0.696	0.389	0.128	-0.141	0.455	0.157	0.157	0.195	-0.080	-0.321
		90	0.818				0.000		-0.819	0.177		
	6.5	60			0.208	1.081	0.655	0.472	0.624		0.634	0.755
		70		0.606		0.600	0.632	0.795	0.593	0.000	0.387	0.553
		80	0.297	0.570	0.208	0.000		0.220	0.470	0.192	-0.067	0.266
		90	0.615	0.509		0.595	-0.455		-0.486	0.177		-0.321
	2	60			0.203	0.801	0.721	0.472	0.562		0.865	0.674
		70		-0.027	0.228	0.843	0.655	0.666	0.624	-0.178	0.472	0.314
		80	0.160	0.570	-0.128	0.000	0.000	0.157	0.470	-0.060	0.044	0.434
		90	0.342	0.509	-0.489	-0.368	-0.571	0.264	-0.471		-0.599	-0.321
10 管弦楽 (プロコフィエフ) ピーターと狼組曲の一部	3	10	0.360		-0.223	-0.418	-0.227	0.220	-0.471	-0.332	-0.346	-0.025
		70	0.524	-0.264	-0.218	-0.481	-0.455	-0.157	-0.644	-0.178	-0.559	-0.438
		80	0.696	0.751	-0.128	-0.141	0.455	0.262	-0.471	0.180	-0.369	-0.239
		90		0.027	-0.489	-0.368	0.227	-0.157	-0.644		-0.453	-0.567
	6.5	60	0.320		-0.043	-0.212	-0.455	-0.157	0.501		0.133	0.057
		70	-0.160	0.027	0.000	-0.368	-0.091	-0.157	0.521	-0.226	-0.134	0.000
		80		1.059	0.128	-0.070	0.544		0.593	0.496	-0.134	-0.403
		90			-0.128	-0.368	0.091	0.472	-0.470			
	2	60	0.380		0.128	-0.047	-0.455	0.314	0.547	-0.332	-0.199	0.075
		70	-0.321	-0.165	0.128	0.141	0.455	0.157	-0.471	0.000	-0.240	-0.075
		80	0.423	0.905	0.128	-0.444	-0.152	0.157	-0.471	0.223	-0.559	-0.403
		90		1.089		-0.444	0.455	-0.264	-0.819			

特定の次元を示しているのか、あるいは誤差的な因子であるかは決定できない。また因子は柔らかさに負荷量の高い柔らかさ因子のようにみられる。

今回も実験1、2と同様、快的、迫力、金属性の3因子が抽出され、さらに実験2と同じ柔らかさ因子が抽出された。今回の実験は原音源の種類が変わり、その音圧レベル並びにスピーカー条件も広範囲に変化して、音源としては60種類の多数を用いたこと、反対語の組合わせによる両極尺度を用いたこと、表現語は僅か10本であったこと、実験室が変わったこと、Sが変わったこと等の相違点があったにもかかわらず、同様の音色諸因子が抽出されたことは、われわれの目標としている因子の不変性をある程度確認できたものと考えられる。なお従来の50並びに64の表現語尺度による実験によって抽出されたと同様の因子を僅か10本の尺度を用いた実験によってすべて抽出

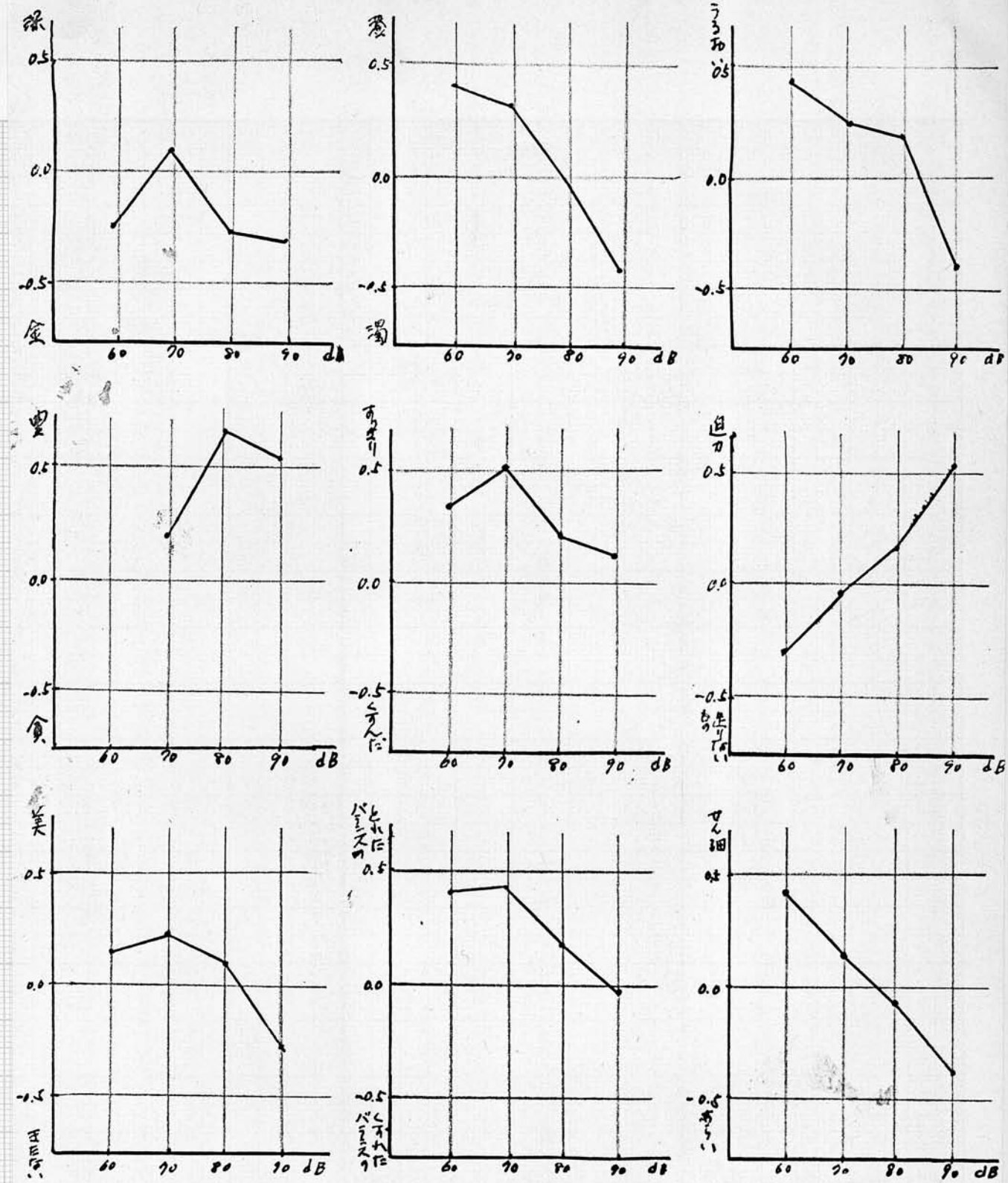
できたことは代表尺度の選定並びに両極尺度の構成が一応適切であったことを示唆しているといえよう。

問題点は、"迫力のある—もの足りない"が、オ1因子とオ4因子に共に高い負荷量を持ったことである。このため、オ1因子、オ4因子の命名並びに、"豊かな—貧弱な"、"迫力のある—物足りない"の因子型の決定にあいまいな点が残った。更に今後行なう実験の結果並びに因子分析手法と比較検討して解明してゆく予定である。

系列範時法の結果　尺度値と音源条件間の対応関係を考察するために音圧レベル、スピーカー、原音源の種類別に平均をとりグラフに画いたものがそれぞれ第5-7図、第5-8図、第5-9図である。

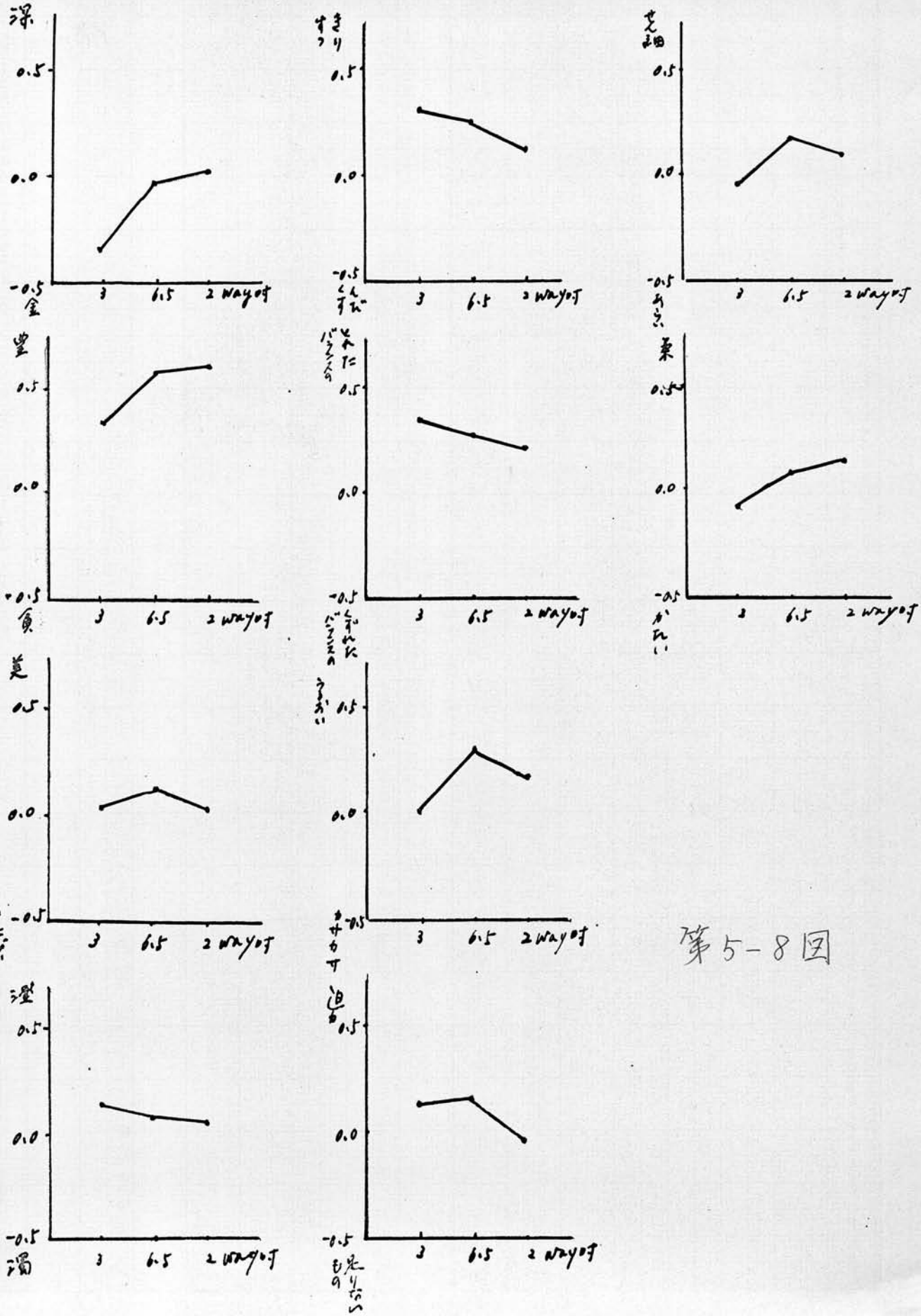
i) 音圧レベル別の比較　音圧レベルを変化させたことに伴う尺度値の変化の様子を第5-7図の平均について考察すると大体3

音圧レベルと評定値との関係（EXP 3）



第5-7図

スピーカ別の比較



第5-8図

第5-9回，原音源の種類と評定値の関係

深
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

すきとおった
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

豊
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

バランスのとれた
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

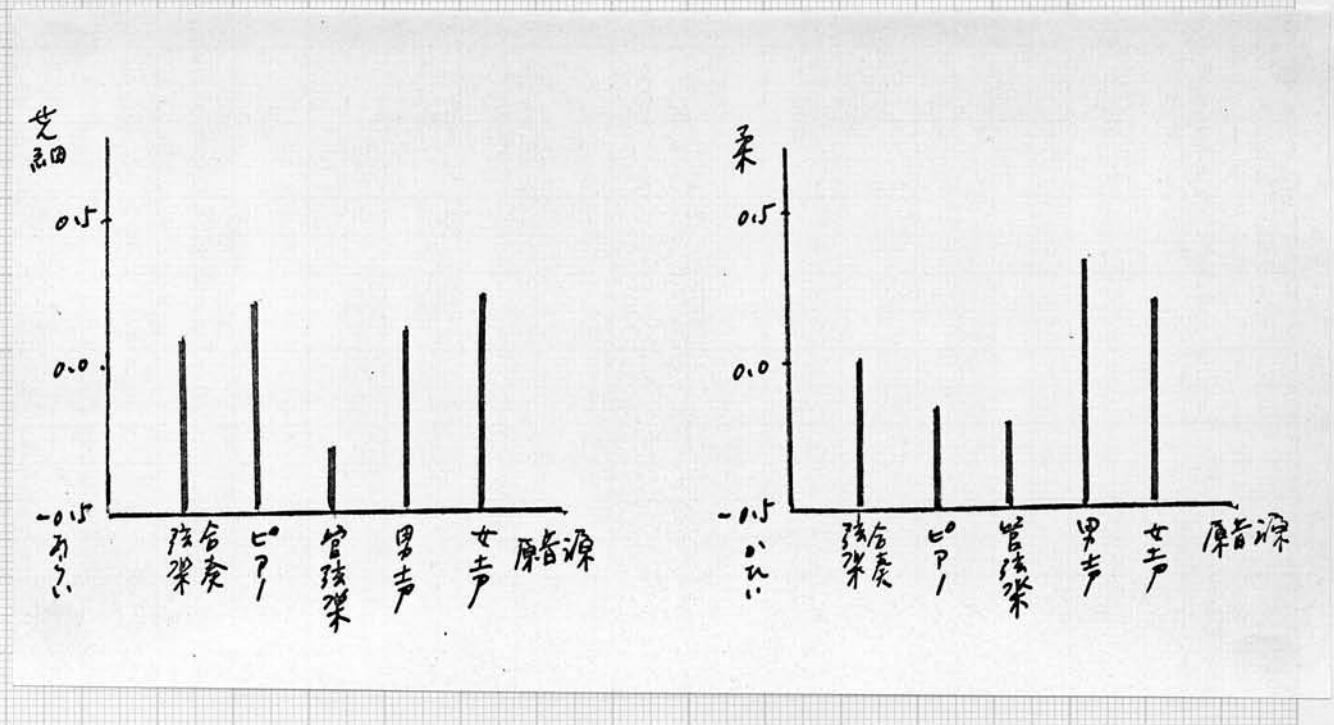
美
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

うるおい
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

ない澄んできた
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

カサカサ 迫力
0.5
0.0
-0.5
弦楽 合奏 ピアノ 管弦楽 男声 女声
原音源

濁



0.5
0.0
-0.5
弦楽
合奏
ピアノ
管弦楽
男士声
女士声
原音源
0.5
0.0
-0.5
弦楽
合奏
ピアノ
管弦楽
男士声
女士声
原音源

第5-9図2

つの型に分類できるようである。すなわち

(a) 音圧レベルが上ると評定値も上昇するもの（上昇型）

(b) 音圧レベルが上ると評定値が下降するもの（下降型）

(c) 最大値をもつもの（中高型）

第5-7図により、各音色表現語尺度をこの型にあてはめて分類すると以下のようになる。

上昇型；迫力のある—もの足りない（豊かな—貧弱な）

下降型；澄んだ—濁った、うるおいのある—かさかさした、せん細な—粗い、柔らかい—かたい、（バランスのとれた—バランスのくずれた）。

中高型；深みのある—金属性の、美しい—さえない、すっきりした—くすんだ。（豊かな—貧弱な、バランスのとれた—バランスのく

ずれた）

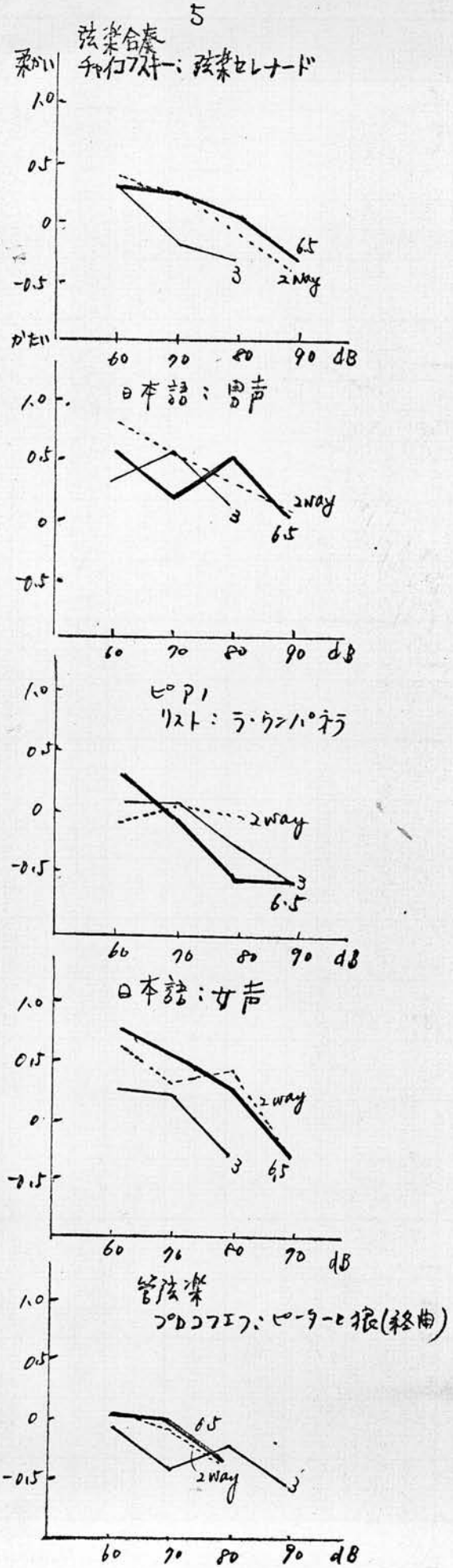
（　）の中のものは明確にその型に属するとはいえないが大体その型にあてはまると考えられるものである。

これらの関係を通覧すると、70dBはもっとも深みがあり、美しく、すっきりしていてバランスがとれているという評定を得ており、また60dBはもっとも澄んだ、せん細な、柔らかい、うるおいのあるという評定を得ている。以上より考えれば総合的には本実験の聴取最適レベルは60～70dBであったものと思われる。この結果は従来得られている種々の実験結果、例えば第2章に紹介したアメリカのコロンビア放送会社（CBS）の行なった聴取レベルの好みの調査結果とほぼ同じ値を示している。全般的に大きい音圧レベルは迫力があり、豊かであるが、その他の面では悪い評価を得ている。これは聴取最高レベルの問題の他に、音圧レベルを上げると歪み、雑音もそれたつ

れて増加してくることにもよっていると考えられる。

以上は第5-7図により音圧レベル別にとった全体の平均値についてのものであるが、第5-10図に示したように個々の値について考察すると上述のように単純ではなく、更に複雑な変化の模様を示していることがわかる。例えば、第5-10図の"澄んだ—濁った"についてみると原音源の種類により、またスピーカーの種類によってすべてが単純に下降型を示すとはいえないことがわかる。原音源の種類により聴取最適レベルも変化していることは、イギリス放送協会(BBC)の実験にもみられるところで、今回は音声は管弦楽等に比べて低レベルが好まれる傾向を示したが、BBCの結果も同様の傾向を示している。

ii) スピーカー別の比較　第5-8図にスピーカー別にとった評定値の平均のグラフを示す。


5
弦楽合奏
チャイコフスキー：弦楽セレナード
柔かい
かたい
1.0
0.5
0
-0.5
6.5
3
2way
60
70
80
90
dB
日本語：男声
ピアノ
リスト：ラ・ウンパネラ
日本語：女声
管弦楽
プロコフエフ：ピーターと狼(終曲)

第5-10図4

スピーカーが3吋、6.5吋、2wayと大きくなるにつれて音色には次の傾向がみられる。すなわち“深みのある”、“豊かな”、“柔らかい”という常識的な傾向が得られた反面、“濁った”、“くすんだ”、“バランスのくずれた”という意外に思える傾向も認められた。また3種のスピーカーの中でもっとも“美しい”、“うるおいのある”、“迫力のある”、“せん細な”スピーカーは6.5吋であった。3吋のスピーカーがもっとも“かさかさした”、“粗い”という評定を得ているのは当然としても、もっとも“さえない”、“ものたりない”スピーカーが2wayであるという予想外の結果も出ている。2wayのスピーカーの評価が悪かった一つの理由として、実験に用いた再生装置が余り優秀なものでなかったので装置の歪、雑音を2wayスピーカーが最も忠実に再生した為ということも考えられる。

iii) 原音源別の比較　第5-9図により各音

源が高い尺度値を得た表現語をならべることにより その特徴を示すと下記のようになる。

弦楽合奏；豊かな、迫力のある、くすんだ、うるおいのある、濁った。

ピアノ；すっきりした、美しい、澄んだ、せん細な、かたい。

管弦楽；きたない、濁った、かさかさした、粗い、かたい、全原性の。

男声；深みのある、バランスのとれた、うるおいのある、柔らかい、豊かな。

女声；全原性、美しい、澄んだ、せん細な、すっきりした、バランスのとれた、柔らかい。

上記の評定は音源の特徴を比較的正しくとらえているように考えられる

なお、管弦楽の評価が特に悪かったのは

、管弦楽は元来周波数範囲が広いので、再生装置の歪の影響を他の楽音源よりも強く受けたためと思われる。

さて3回の実験結果を通じて同様の因子が抽出されたことは、因子の不変性を示唆するものとして注目に値する。

また系列範時法による結果処理をみても音源の特徴をよくとらえており、これらの尺度の音源の評定に関する妥当性をある程度確めることができたものと考えられる。

また今回用いた実験装置の特性がSN比、低音特性、歪等において余り優秀なものでなかったため、得られた結果のうち、物理特性と音色評価の間の関係に一部一般性を欠くと考えられるものもあったことは残念であった。

しかし、比較的安定した因子の抽出は、音色の全次元を代表する必要にして十分な数の表現語尺度選定の可能性を明らかにするものであり、また系列範時法の比較的安

当な結果は音の物理的性質と心理的性質との間の函数関係の成立の可能性を示しているように考えられる。

実験4

音楽関係者を被験者とした音色実験

因子構造に影響を与える変数の1つとして被験者(S)が考えられる。実験1～3のSの種類は、年令は20～30才代、職業は音響技術者、心理学学生、一般人(心理学実験に未経験な一般男女)という層から大部分構成されていた。Sとして年令の層を拡げ、また職業が音楽関係の人達によって同様の実験を行なった場合に、果して従来と同様の結果が得られるかどうかは興味のある問題であり、また、音色因子の安定性、不変性を検討する上からも重要な問題である。

実験4はある音楽関係の会合を利用して

、Sとして第5-13表に示すような年令20～60才の音楽家、調律師、楽器業者、音響技術者からなるグループを用いて音色因子の不変性の検討を行なう目的で本実験を行った。

方法

表現語尺度　音色表現語尺度は実験3と同様の第5-6図に示したものを用いた。

音源　本実験は上述のように、ある音楽関係の会合を利用して行ったため実験時間もあまり多くとれなかった。そこで下記に示す10種類の音源しか用いることができなかった。また再生系の物理特性も変化させていない。

a) 音声（英語；男声）

b) 音声（日本語；男声）

c) 音声（日本語；女声）

d) 音楽（モーツアルト；ピアノコンチェルトの一部）

職業 ＼ 年令	20	30	40	50	60	計
音響技術者	1	1	1	0	1	4
音楽家	0	0	0	0	2	2
調律師	0	0	0	1	1	2
楽器業者	0	1	1	1	0	3
心理関係者	1	0	0	0	0	1
合計	2	2	2	2	4	12

（本実験の被験者はすべて男性である）

第5－13表

e) 音楽（チャイコフスキー；弦楽セレナードの一部）

f) 音楽（リスト；ラ・カンパネラの一部）

g) 音楽（チャイコフスキー；くるみ割人形の一部）

h) 音楽（プロコフィエフ；ピーターと狼の中からラッパ）

i) 音楽（プロコフィエフ；ピーターと狼より行進曲の一部）

j) 音楽（プロコフィエフ；ピーターと狼より終曲の一部）

上述の10種の原音源をソニー361型テープレコーダーを用い、同テープレコーダーのスピーカーにより再生した。

呈示条件　エンドレス・テープに録音した音源を呈示し、1サイクル毎に、1本の尺度について評定させた。

教示　実験に際しては音の印象を感じたまま素直に記入するように求めた。また、

今回の実験には音の専門家を含んでいるので、Sの無用の緊張をさけるために、個人の結果は問題にせず、全体として統計処理するむねを挨拶した。

被験者　Sは第5-13表に示す通りである。すべて男性である。本実験のSは前述のように音楽家、調律師、楽器業者が半数以上を占めており、年令も20才代から60才代までを網羅している。

実験室　実験室は、大阪市東区清友会館集会室で音響的にあまりよい条件の室ではない。外部騒音も多く、また室の広さに比して残響時間も長く、その周波数特性も特に低音が長く良好なものとはいえない。また、室の広さの関係上、音源に近いSと遠いSができた。従ってこの実験はあまりよい音響条件で行なわれたとはいえない。

実験結果並びに考察

本実験結果は実験2、3と同様、素点行

列から直接D-methodによって第8因子まで抽出した。この結果を第5-14表に示す。この計算は、大阪大学計算機センターのNEAC 2206によって行なった。また実験1同様に素点から各表現語尺度間の相互相関係数をIBMにより計算し、これから松下電器産業株式会社中央研究所のBendix G-15電子計算機を使用し、完全セントロイド法による因子分析も行なった。相互相関係数を第5-15表に、完全セントロイド法による因子分析結果を第5-16表に示す。

まず第5-14表のD-methodによる因子分析結果を考察すると、第1因子は、"豊かな"、"迫力のある"等に負荷量が高い迫力因子、第2因子は、"美しい"、"澄んだ"、"すっきりした"、"せん細な"等に負荷量の高い快的因子、第3因子は、"全展性の"、"柔らかい"に負荷量の高い全展性因子、第4因子以下は性格が明確でなく、誤差的なものと考えられる。この

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
金属性の	-1.52	0.86	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00
豊かな	3.55	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00
美しい	1.41	3.06	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
澄んだ	0.26	2.95	-0.37	-0.07	0.27	0.67	0.00	-0.00
すっきりした	0.40	2.55	-0.06	0.23	-0.06	0.29	0.11	0.40
バランスのとれた	1.53	1.63	-0.20	-0.28	-0.02	-0.07	-0.01	0.14
うるおいのある	2.48	1.45	-0.52	-0.53	0.83	-0.36	-0.54	0.00
迫力のある	2.76	0.32	0.15	1.84	0.00	-0.00	0.00	-0.00
せん細な	0.25	2.50	0.04	0.14	0.31	0.50	-0.10	-0.04
柔い	1.53	1.15	-1.08	-0.61	1.15	-0.00	-0.00	0.00

第5-14表

第5－15表

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ
Ⅰ 金属性の		−.3811	−.0566	−.0241	−.0445	−.0617	−.2832	−.2075	−.0556	−.5020
Ⅱ 豊かな	−.3811		.2415	.1399	.2249	.3314	.4815	.7025	.1398	.3163
Ⅲ 美しい	−.0566	.2415		.8432	.8090	.7151	.5702	.3150	.8066	.2245
Ⅳ 澄んだ	−.0241	.1399	.8432		.7910	.6612	.5566	.2509	.7902	.2499
Ⅴ すっきりした	.0445	.2249	.8090	.7910		.7504	.5216	.3958	.6495	.1351
Ⅵ バランスのとれた	−.0617	.3314	.7151	.6612	.7504		.5826	.4169	.5824	.1386
Ⅶ うるおいのある	−.2832	.4815	.5702	.5566	.5216	.5826		.4394	.5455	.4622
Ⅷ 迫力のある	−.2075	.7025	.3150	.2509	.3958	.4169	.4394		.2411	.1253
Ⅸ せん細な	−.0556	.1398	.8066	.7902	.6495	.5824	.5455	.2411		.4132
Ⅹ 柔い	−.5020	.3163	.2245	.2499	.1351	.1386	.4622	.1253	.4132	

第5－16表

テスト ＼ 因子	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	h^2_o
1 金属性の	−.013	.636	−.185	.143	.150	.491
2 豊かな	.214	−.366	.737	.109	.042	.752
3 美しい	.930	−.048	−.011	.083	−.078	.878
4 澄んだ	.913	−.060	−.118	.046	.068	.857
5 すっきりした	.884	.143	.139	−.112	.087	.839
6 バランス	.794	.048	.258	−.201	−.037	.745
7 うるおい	.604	−.401	.268	−.092	.123	.629
8 迫力	.341	−.132	.722	.221	.083	.721
9 せん細	.841	−.244	−.197	.202	.118	.859
10 柔い	.235	−.726	−.042	−.111	.201	.662
全共通因子分散に対する割合 (%)	.592	.179	.176	.028	.016	7.433

D-methodによる因子分析結果では、"うるおいのある"が迫力因子となっており、この点は納得できない結果を示している。

第5-16表により、完全セントロイド法による因子分析結果を考察すると、オ1因子は"美しい"、"澄んだ"、"すっきりした"、"バランスのよい"、"うるおいのある"、"せん細な"等に負荷量の高い快的因子、オ2因子は"全原性の"、"柔らかい"に負荷量の高い全原性因子、オ3因子は、"豊かな"、"迫力のある"等に負荷量の高い迫力因子と考えられる。オ4因子、オ5因子は誤差的なものと考えられる。また完全セントロイド法による因子分析結果では、"うるおいのある"はオ1とオ2因子にかかわり合いの大きい性格を示し、納得の行く結果を与えている。

以上、両因子分析とも、快的、迫力、全原性の3因子が抽出された。本実験が音の特殊な専門家グループについて行なわれた

にもかかわらず、実験1～3と同様の音色3因子が抽出されたことは、被験者の変に関しても、更には実験室の残響状態に対しても、上記音色3因子の不変性の高いことを示している。なお、今回の結果では柔らかさ因子らしきものは全く抽出されなかった。実験2、3で、この因子は、一応抽出されたが、その性格はあまり明確ではなかった。

従来の4実験結果を通覧すると、柔らかさ因子を音色の基本的因子の一つに加えることには疑問の余地があるように考えられる。これについては、後の実験で検討を加えることにする。

また今回の実験では結果の因子分析を完全セントロイド法とD-methodとの二種類の方法で行なったが、同様の因子が抽出され、D-methodも簡便有効に因子を見出す方法であることが判明した。しかし上述のように、"うるおいのある"は両方法で、

因子負荷量がかわり、因子型もかわっていた。さらに完全セントロイド法の方が因子の解釈も容易であった。計算機の事情が許す限り実験結果の因子分析は完全セントロイド法による方が適当と考えられる。

実験1のdataの被験者層別分析

実験1において、Sとして音響関係技術者、心理学専攻学生、一般人を用いた。そこで、この実験1のdataを利用し、これらS層別に因子分析を行い、Sの層を異にすることによって果して因子構造に差を生じるか否か実験4に引続き検討することにした。

方法

音響関係技術者、心理学専攻学生、一般人別に、それぞれ独立に相互相関係数を求め、次いで完全セントロイド法によって、因子分析した。

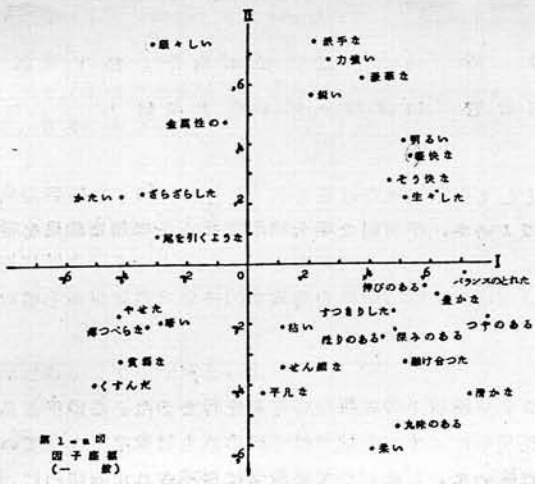
結　果

因子分析した結果を第5-11図（一般人）、第5-12図（音響関係技術者）、第5-13図（心理学専攻学生）別に示す。

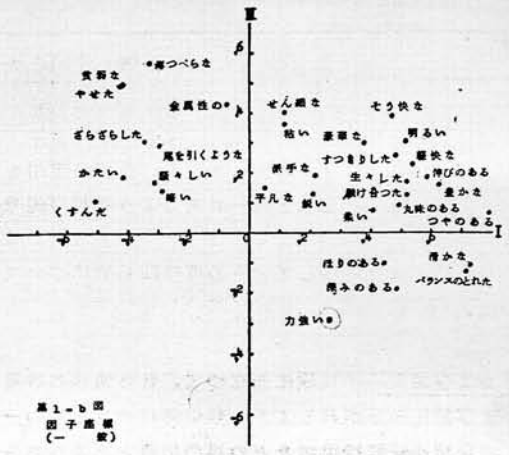
考　察

3グループ共、オ1因子は、快的因子、オ2因子は、迫力因子、オ3因子は、全感性因子で、グループ全体について行なった因子分析の場合と同様の因子が抽出された。

この意味で、Sの層が異っても同様の因子が抽出されるといえる。しかし、因子の布置をみると、グループによって異る。特に、音響技術関係者の場合には、他のスグループと異り、快的因子と迫力因子の分離の悪いことが目立つ。これは大変興味深い現象で、次の理由によるものと思える。先にあげたBBC（イギリス放送協会）の聴取レベルに関する調査で、音響技術者（ミ

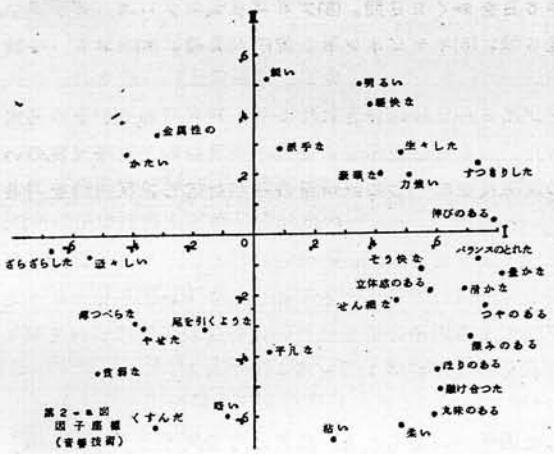


第1－a図
因子座標
(一　般)

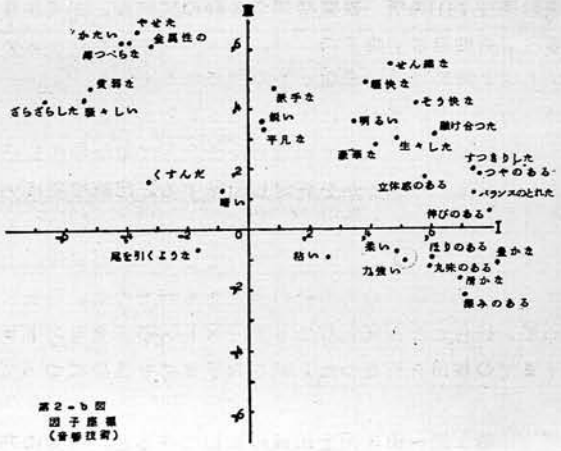


第1－b図
因子座標
(一　般)

第5－11図

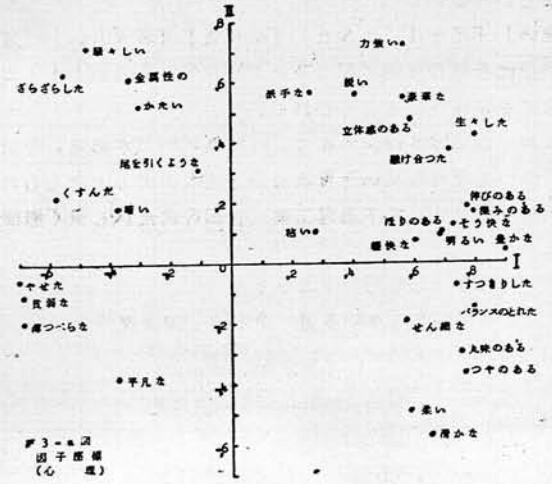


第2－a図
因子座標
(音響技術)

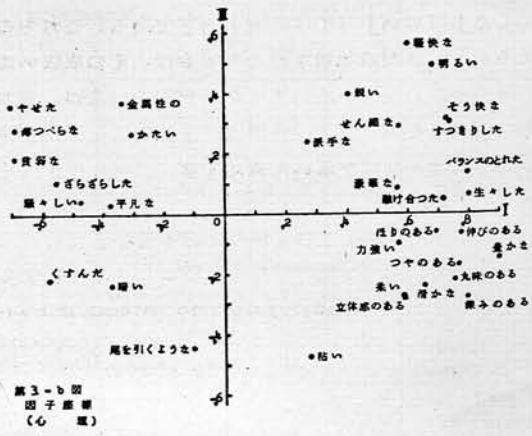


第2－b図
因子座標
(音響技術)

第5－12図



第3－a図
因子座標
(心　理)



第3－b図
因子座標
(心　理)

第5－13図

クサー）は、他の層の人達よりも大きい音を好む傾向があるという。すなわち、大きい音を好ましい音として聴取する傾向があるといえよう。その結果、状的因子と迫力因子の分離が悪くなったものと思える。

本分析例からもわかるように、たとえ同様の因子が抽出されても、必ずしもそれは、数値的にも全く同様の因子構造が得られたというわけではない。

したがって、もし仮に、不変のいくつかの因子が発見されたとしたら、それは音色の測定に不可欠の次元であることを意味するが、しかし、その次元間の関係は、常に同様であることを保証するものではない。すなわち各因子を代表する複数本の尺度で測定を行なった場合、音源、被験者とそれら尺度との関係によって、次元間の関係は微妙に変化するものと思われる。したがって、代表尺度を用いて測定を行なった場合、代表尺度間の相互相関係数、因子分析を

必ず求め、因子の意味、次元間の関係についてその都度検討を行なうべきだと考える。

実験5

再生周波数帯域と音圧レベルを変化させた音色実験

実験1～4を通じて、不変の因子を抽出し、少数の代表尺度のみで音色を測定することの可能性が示唆された。しかし一方、実験条件を異にすることによって、因子構造が数値的に微妙に変化することも明らかになった。

Osgoodによれば、因子構造に影響を与える変数は、概念、尺度、被験者であり、これら変数の中でも、特に概念の影響が大きいという。

本研究においても、概念すなわち音源条件を組織的に変化させ、それと因子の不変性との関連を中心問題とし、尺度並びにS

も随時入れかえて、一連の実験を行なうことにする。

なお、実験3と同様、音源の物理的条件の変化と尺度値との対応関係についても考察するが、物理量と感覚量の間の感覚尺度の構成は考えていない。それは本研究の目的が、音色因子の不変性の追求にあるからであり、その意味で上記対応関係の考察も、あくまで代表尺度の尺度値が、物理的条件の変化に伴って、妥当な変化をするかどうかの問題に限ることにする。

さて、実験5として、再生周波数帯域幅をとりあげることにした。

再生系の周波数帯域幅を変化させると音色もこれにつれて変化する(第2章)。この音色の変化は、原音源の種類、音圧レベルが異なれば相違することが予想される。そこで種々の原音源、音圧レベルについて再生帯域幅を系統的に変化させ、さこえにおける変化を音色表現語尺度群を用いて評

定し、帯域幅を変えた場合の音色の因子を検討し、更に帯域幅の変化に伴う尺度値の変化を検討する目的で本実験を行なった。

方法

表現語尺度　第5-6回に示す実験3に用いたものの中、"すーきりした—くすんだ"は"澄んだ—濁った"と殆んど同じ傾向の表現語であることが判明したのでこれを省き、新たに、"明るい—暗い"を加えた。実験3と同様10本の7段階尺度を用いた。用いた表現語を下に示す。

1. 澄んだ—濁った
2. 豊かな—貧弱な
3. 明るい—暗い
4. 柔らかい—かたい
5. せん細な—粗い
6. バランスのとれた—バランスのくずれた
7. 深味のある—金属性の

8. 迫力のある—まの足りない

9. 美しい—さたない

10. うるおいのある—カサカサした

上述のように順番をかえ、同じ因子型のものが続かないように留意した。また、正の表現語をすべて左側におき、つけ間違いを防ぐようにした。

音源

i) 原音源 原音源は実験3で用いたのと同じものを用いた。即ち下に示す通りである。

a 音声(日本語男声アナウンサー、約5秒)

b 音声(日本語女声アナウンサー、約5秒)

c 音楽(弦楽合奏、チャイコフスキー、弦楽セレナーデの一部、約5秒)

d 音楽(ピアノソロ、リスト;カンパネラの一部、約5秒)

e 音楽（管弦楽曲．プロコフィエフ；ピーターと狼の終りの部分、約5秒）

ii) 再生周波数帯域、並びに音圧レベル

周波数帯域幅は下に示す通りである。すなわち

全通（40 c/s ～ 12000 c/s）以下 OA と略

高域切断（40 c/s ～ 3550 c/s）以下 HC$_{III}$ と略

（40 c/s ～ 1800 c/s）HC$_{N}$ と略

低域切断（180 c/s ～ 12000 c/s）LC$_{III}$ と略

（355 c/s ～ 12000 c/s）LC$_{N}$ と略

高、低域切断（112 c/s ～ 5600 c/s）BP$_{III}$ と略

（180 c/s ～ 2800 c/s）BP$_{N}$ と略

周波数の下限が40 c/s、上限が12000 c/sとなったのは、スピーカーの周波数特性により定められた値である。

実験装置並びに実験室　スピーカーは実験3で使用した2wayスピーカー（三菱2S-305型）を使用した。テープレコーダーはAmpex300を使用。帯域帯域阻止濾波器は、日本電子測器製ローラを用いた。電力増幅器は50Wのものを用い歪の発生をできるだけ防止するように注意した。実験室は松下電器産業株式会社中央研究所試聴室を使用した。スピーカーと被験者との距離はできるだけ離し、Sの座席における音圧レベルが大体一様になるように留意した。

被験者　Sは第5-17表に示す通りで、正常な聴力を有する音響技術者、心理学学生、一般人計10名よりなる。

呈示条件並びに教示　上記の原音源（5種類）、帯域幅（7種類）音圧レベル（3種類）の組合わせによる5×7×3＝105

第5実験被験者構成表

年代 / 職業	20		30		合計	
	男	女	男	女	男	女
音響技術者	2	0	1	0	3	0
心理学学生	2	0	1	0	3	0
一般人	1	3	0	0	1	3
合計	5	3	2	0	7	3

第5-17表

の刺激条件を用いた。各原音源はテープをループにしたものに5秒間録音し、2秒間の休止時間を入れて1サイクルとした。各Sは1サイクル間に、1本の尺度について評定した。実験の精度を高めるため、同一の実験を日をあけて二度行なった。

教示は、実験3、4と同様、音の印象を感じたまま素直に記入するように求めた。また、表現語尺度中、音色評定に妥当でないと感じるものは、×印で指摘するように求めた。

実験結果並びに考察

因子分析結果　得られた評定値より各表現語尺度間の相互相関係数を求め、これより完全セントロイド法により因子分析を行なった。

相互相関係数を第5-18表に、また、因子分析結果を第5-19表に示す。因子分析結果を考察すると、第1因子は、"美しい—き

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	澄んだ － 濁った		−.070	.183	.253	.550	.517	.079	−.151	.620	.412
2	豊かな － 貧弱な	−.070		.410	−.173	−.320	.183	.199	.811	.154	.173
3	明るい － 暗い	.183	.410		−.091	−.003	.224	−.022	.358	.233	.102
4	柔い － かたい	.253	−.173	−.091		.577	.411	.482	−.258	.399	.516
5	せん細な － 粗い	.550	−.320	−.003	.577		.486	.200	−.386	.523	.439
6	バランスのとれた － バランスのくずれた	.517	.183	.224	.411	.486		.395	.121	.707	.626
7	深みのある － 金属性の	.079	.199	−.022	.482	.200	.395		.174	.349	.521
8	迫力のある － もの足りない	−.151	.811	.358	−.258	−.386	.121	.174		.096	.116
9	美しい － きたない	.620	.154	.233	.399	.523	.707	.349	.096		.687
10	うるおいのある － カサカサした	.412	.173	.102	.516	.439	.626	.521	.116	.687	

第5－18表

表現語 ＼ 因子	快的 I″	迫力 II′	金属性 III′	IV	V	h_o^2
1 美しい － きたない	.864	.047	.014	.212	.089	.797
2 澄んだ － 濁った	.709	.117	−.315	.076	.052	.620
3 バランスのとれた － バランスのくずれた	.815	.086	.084	.059	−.111	.691
4 うるおい － カサカサした	.743	.023	.393	.158	.070	.732
5 せん細な － 粗い	.680	.459	−.040	−.167	−.167	.727
6 迫力のある － もの足りない	.014	−.856	.179	.150	.058	.789
7 豊かな － 貧弱な	.104	−.878	.172	.069	.140	.834
8 深みのある － 金属性の	.401	−.092	.612	−.040	−.067	.543
9 明るい － 暗い	.263	−.482	−.262	−.134	.075	.375
10 柔い － かたい	.537	.347	.444	−.307	.094	.706
全共通因子分散に対する割合(%)	.487	.338	.123	.036	.015	6.834

第5－19表

たない"、"うるおいのある—カサカサした"、"バランスのとれた—バランスのくずれた"等に負荷量が高く、快的因子、第2因子は"迫力のある—もの足りない"、"豊かな—貧弱な"等に負荷量が高く、迫力因子、第3因子は、"深味のある—全底性の"、"濃んだ—薄った"等に負荷量が高く、全底性因子と考えられる。以上3因子で全共通因子分散に対する割合いは合計約95%を占めており、第4、第5因子は誤差的なものと考えられる。以上、10ヶという多数の刺激を用い、周波数帯域と音圧レベルとを大きく変化させた実験を行なったが、従来通りの3因子が抽出されたことは、これら3因子の不変性の高いことを示すものであるといえる。"柔らかい—かたい"、"明るい—暗い"という表現語尺度は、快的、全底性、迫力因子にそれぞれかかっている複合型であると考えられる。柔らかさ、また明るさについては、更に検討を

加える必要があるものと考えられる。

再生周波数帯域幅と評定値との関係。各尺度上の評定結果と音源の物理的性質との関係を求めるため、各刺激条件ごとに評定尺度法により平均値を求めた。また各刺激条件ごとの有意差をサイン検定により調べ、個々の条件について検定を行なうと共に、音圧レベル、原音源を通して帯域幅条件の比較ができるようにした。

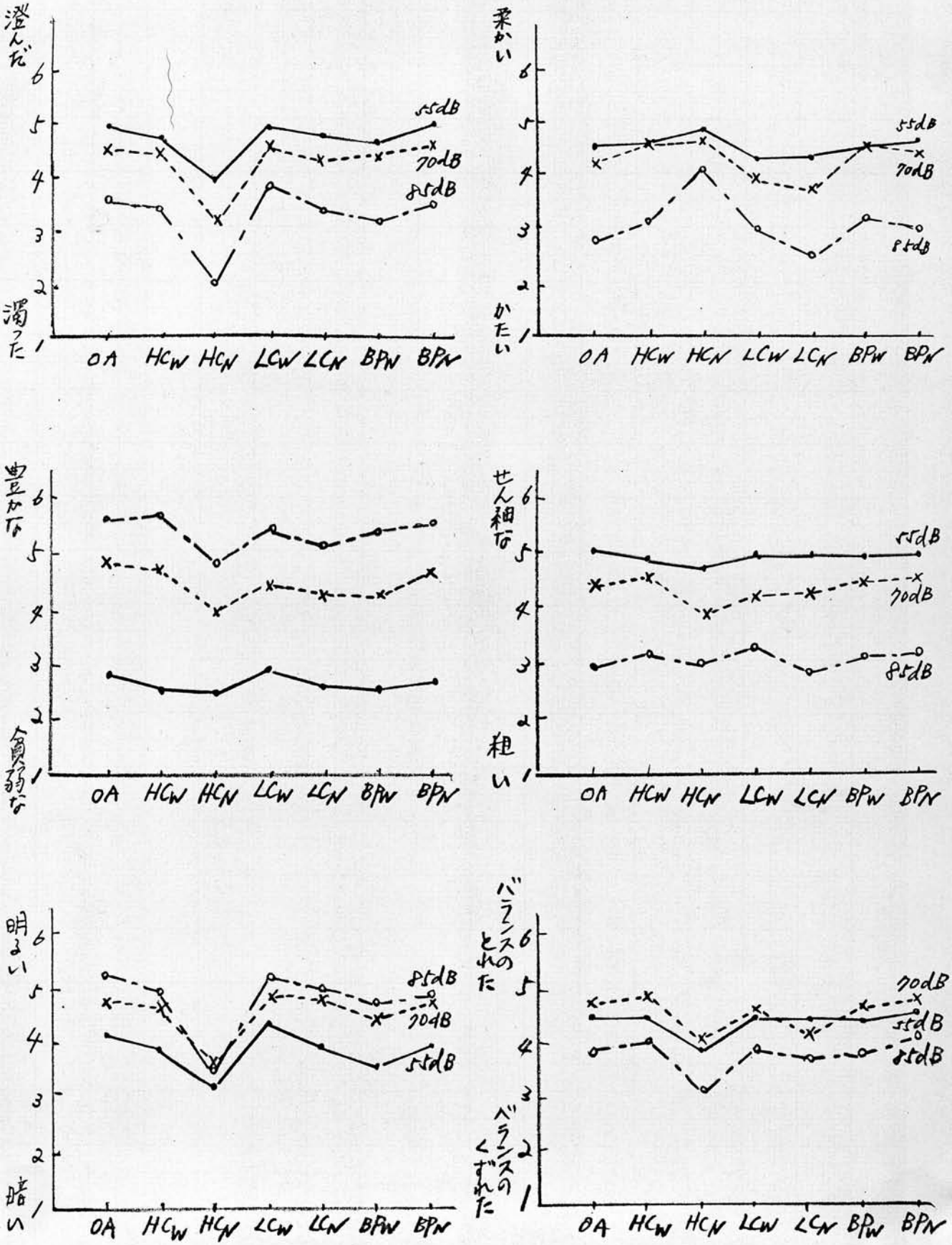
dataは、原音源、音圧レベル別に、各表現語尺度と帯域幅との関係について整理したが、グラフ数が多く繁雑になるので、ここでは省略する。

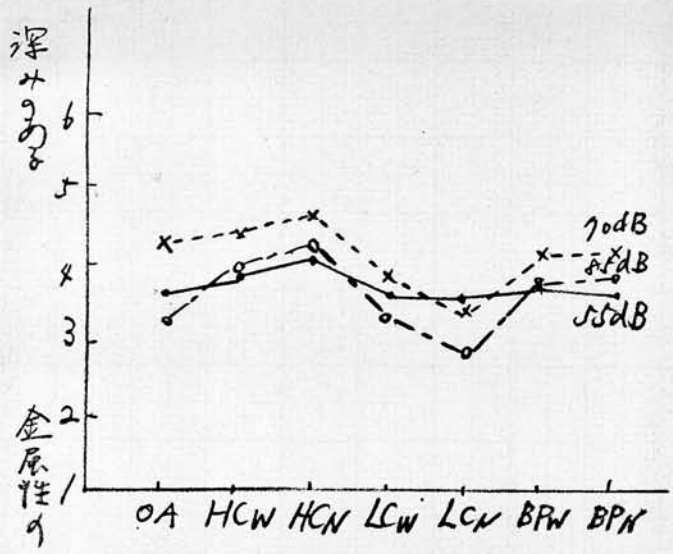
本論文では原音源を通じて平均した値について再生帯域幅と音色評価の関係を示したグラフをあげるにとどめる。第5-14図、第5-15図参照。

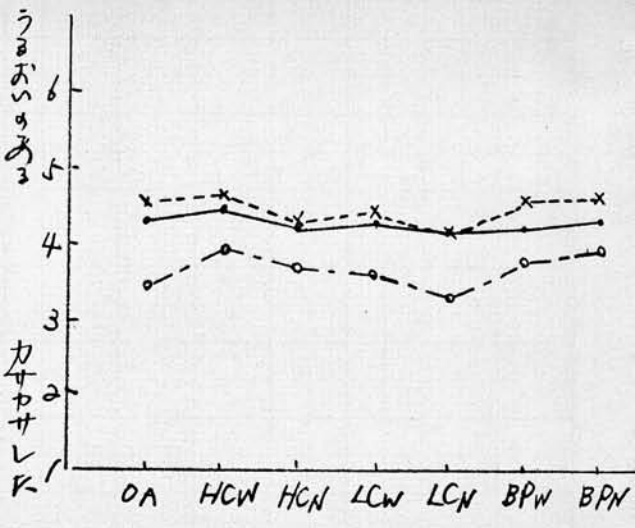
以下各因子型別に考察する。

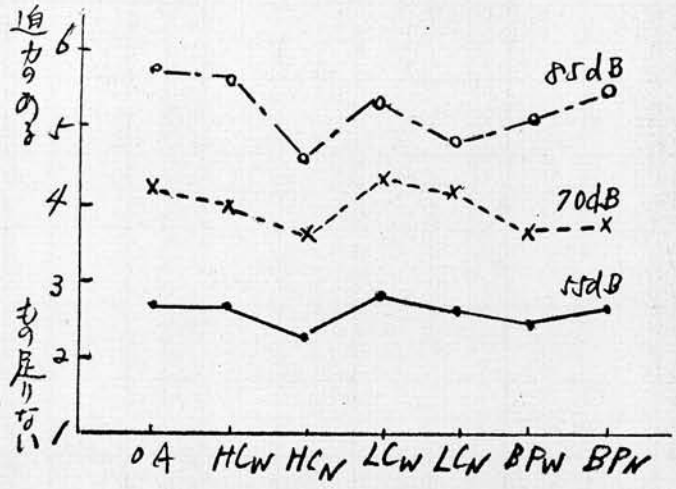
1) 快的因子型（美しい、バランスのとれた、うるおいのある、澄んだ）全般的に

第5-14回, 再生帯域巾と評定値との関係
(全原音源についての平均値)

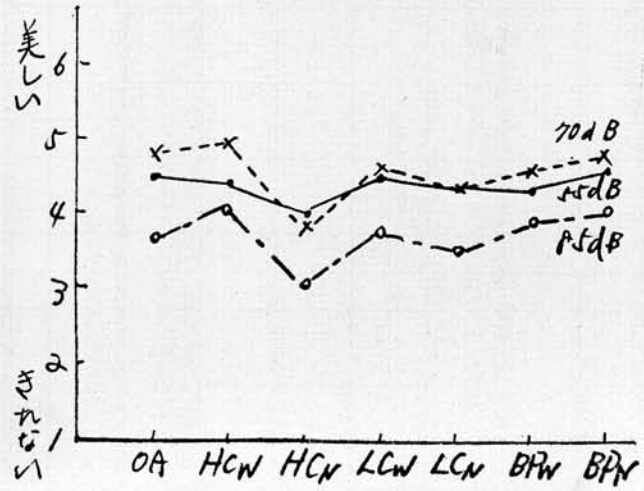



深みのある
金属性の
6
5
4
3
2
1
70dB
85dB
55dB
OA
HCW
HCN
LCW
LCN
BPW
BPN


うるおいのある
カサカサレた
6
5
4
3
2
1
OA
HCW
HCN
LCW
LCN
BPW
BPN


迫力のある
もの足りない
6
5
4
3
2
1
85dB
70dB
55dB
OA
HCW
HCN
LCW
LCN
BPW
BPN

第5-14図


美しい
きれない
6
5
4
3
2
1
70dB
85dB
55dB
OA
HCW
HCN
LCW
LCN
BPW
BPN

BPNがもっとも高い評価を得ており、次いでHCW、LCW、OAの順になっている。特に音源が管弦楽曲のときにBPWの優位が明瞭である。LCWは主として音声、ピアノのときに高い評価を得るようである。逆にもっとも低い評価を得たのはHCNで次いでLCN、BPNの順になっている。特にHCNはうるおいを除く全尺度で低い評価を得、音源がピアノ、音声の場合にこの傾向が明瞭である。OAは音声の55dB、70dBのとき高い評価を得るが、全体としてみた場合その評価は全体の中位にある。管弦楽曲の場合にはむしろ低い評価を得ている。再生音の場合、OAよりもむしろ適当に制限された帯域の方が美しいと感じられる傾向をこれらの結果は示している。これは第2章「周波数歪」の項で紹介した諸研究の結果と一致している。もちろん過度に制限された帯域の場合には、低い評価をうる傾向があるのはいうまでもない。

ii) 迫力因子型（迫力のある、豊かな）

全体としてみた場合最も高い評価を得たのがOAで以下LCW、HCW、BPWの順になる。これは快的因子の丁度逆である。OAは音声、ピアノの場合に特に高い評価を得るようである。HCNは全原音源について最も低い評価を得ている。全般的に広い帯域のものが高い評価を得ている。本実験においては音圧レベルはOAのときに55dB、70dB、85dBに設定し、周波数帯域を制限した場合はそのままの低抗減衰器の位置で実験を行なった。従ってすべて帯域制限を加えた場合はOAよりも音圧レベルは幾分か下っており、また音の大きさは当然小さくなっているものと考えられる。このこともOAが最も高く、広帯域のものが次につづき、狭帯域のものが最も低い評価を得た一因であると考えられる。この結果は、迫力因子が、音の大きさに関連する因子であることを示唆している。

以上をまとめると下記の順になる。OA が最大で、ついでLC Ⅳ、HC Ⅳ、BP Ⅳ、HC Ⅳの順になる。

iii) 全極性因子（深みのある）最も高い評価を得るのがHCで以下BP、OA、LCの順になる。この因子型の大きな特徴は帯域の広狭よりも高域、低域いずれの部分を切断するかが評定値に大きい影響を与えるという点にある。高域を切ると深みを増し、低域を切ると全極性になるといえるようである。この結果は、全極性因子が、音の高さと関連する因子であることを示唆している。この場合の深みの方へ評価の大きいものの順に並べると下記のようになる。

すなわち、HCが最大で、BP、OA、LCの順になる。

以上をまとめると、次のような傾向がみられる。

1. 帯域幅と評定値との間には、各因子型ごとに異なった、しかし一般的にみて

妥当な関係がみられる。

2. 帯域幅と評定値との関係は原音源の種類によって大きな影響を受ける。

3. 各帯域間の相違は音圧レベルが低い場合の方が高い場合よりも少ない傾向がある。

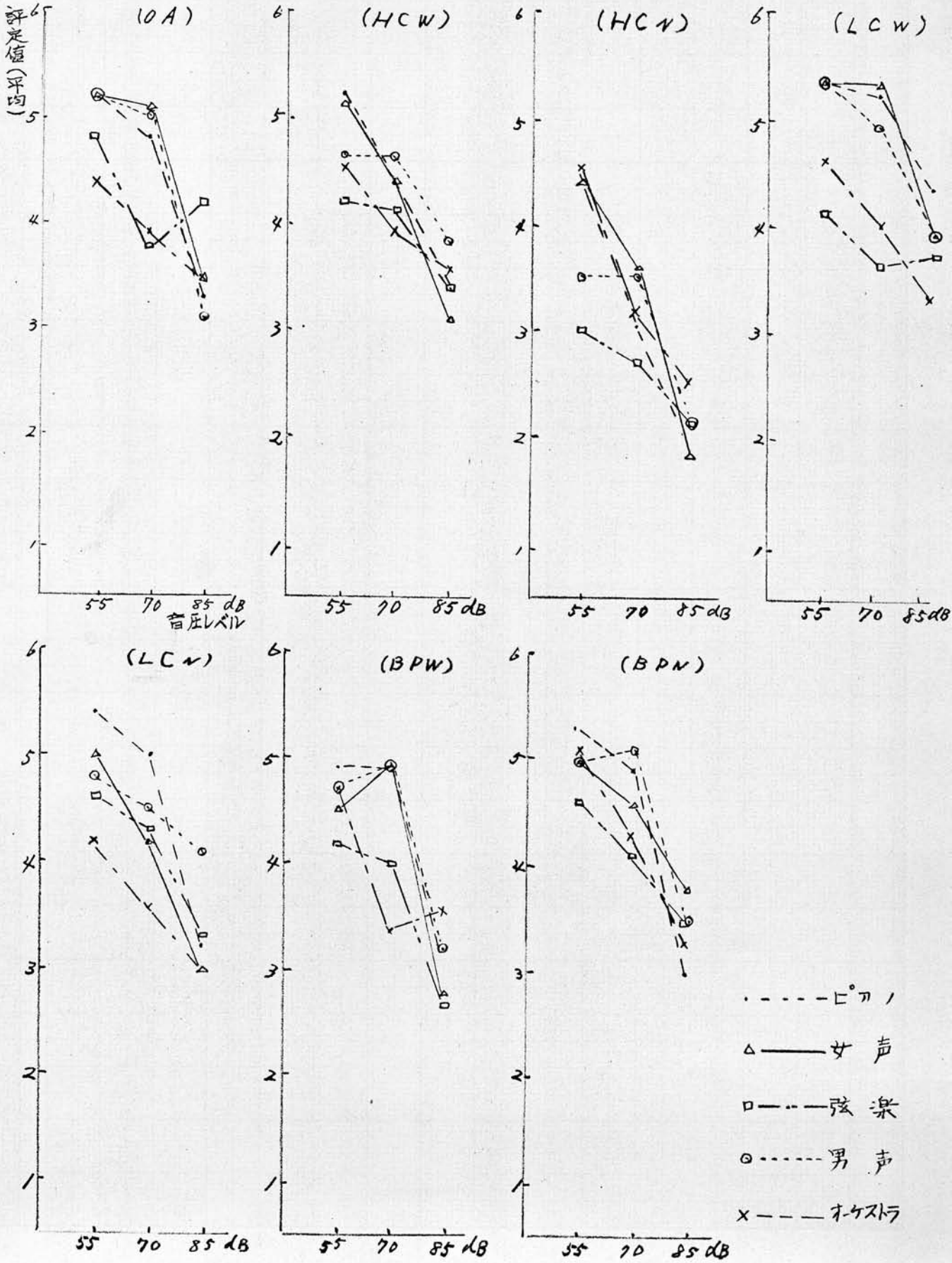
音圧レベルと評定値との関係　実験3において、音圧レベルと評定値との関係を求めたが、本実験でも音圧レベルを系統的に変化させたので音圧レベルと評定値との関係を各帯域幅ごとに求めた。その結果を第5-15図に示す。

"美しい"、"バランスのとれた"、"うるおいのある"は70dBで最大値を示す傾向をみせている。"澄んだ"、"せん細な"は音圧レベルが増すと評価がマイナスになる傾向があるが、55dBと70dBの間の方より70dBと85dBの間の方がその傾向が強い。

"迫力のある"、"豊かな"は音圧レベルの上昇に伴って急激にその評定値を増す

第5-15図、 音圧レベルと評定値との関係

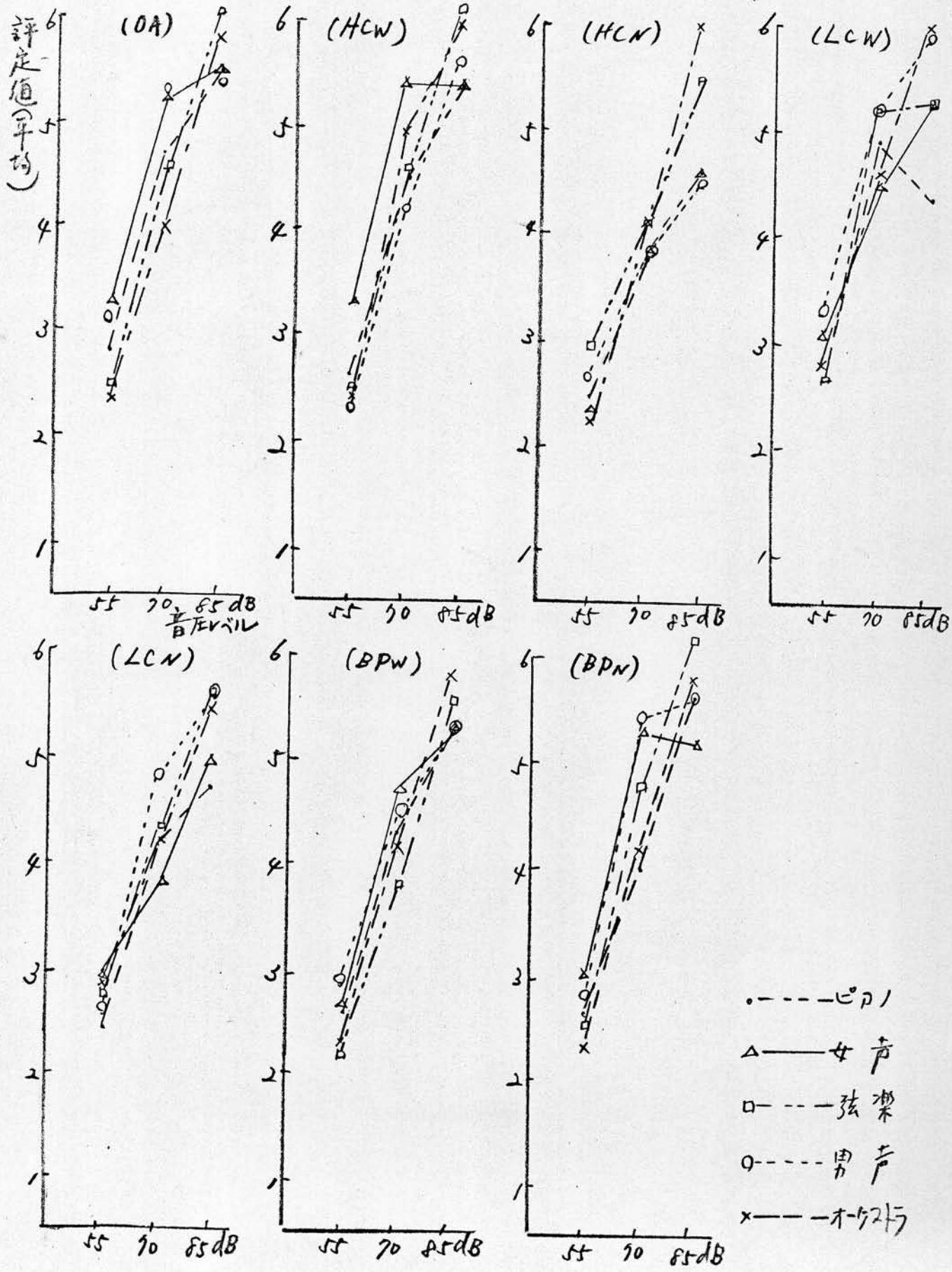
① 澄んだ ― 濁った



-1
5,14
5-15-1

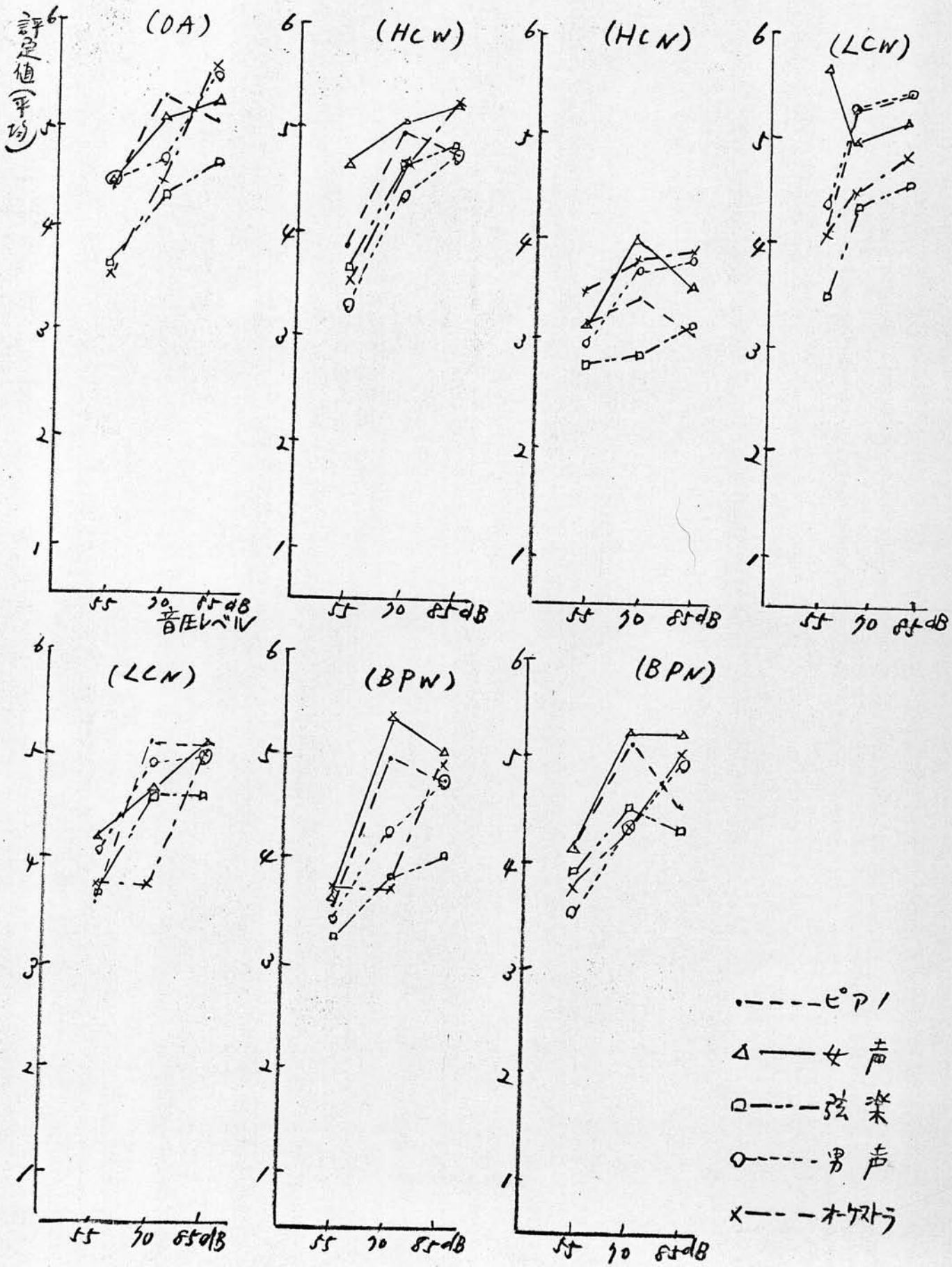
第5-15図 音圧レベルと評定値との関係

② 豊かな — 貧弱な



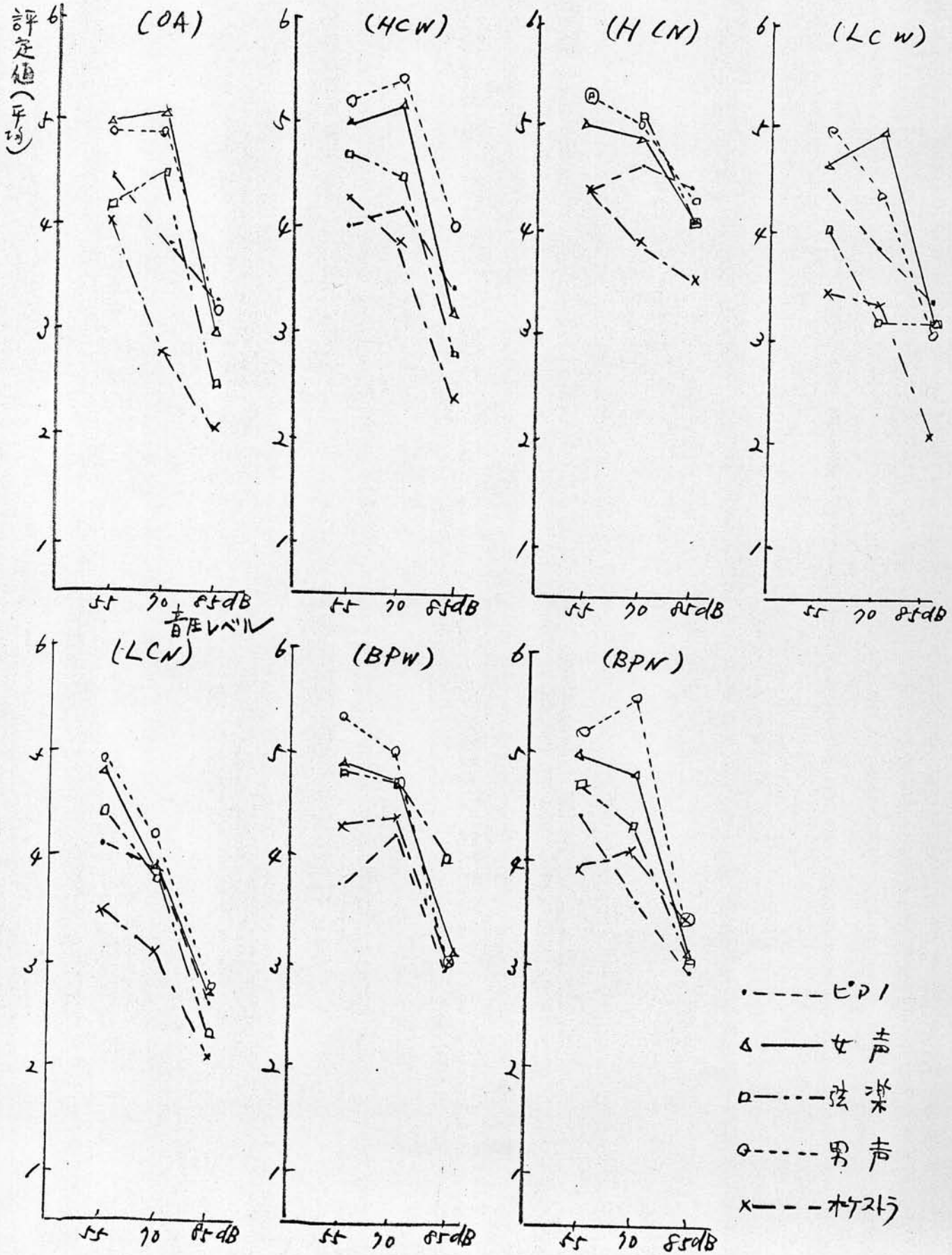
第5-15図3　音圧レベルと評定値との関係

③ 明るい — 暗い



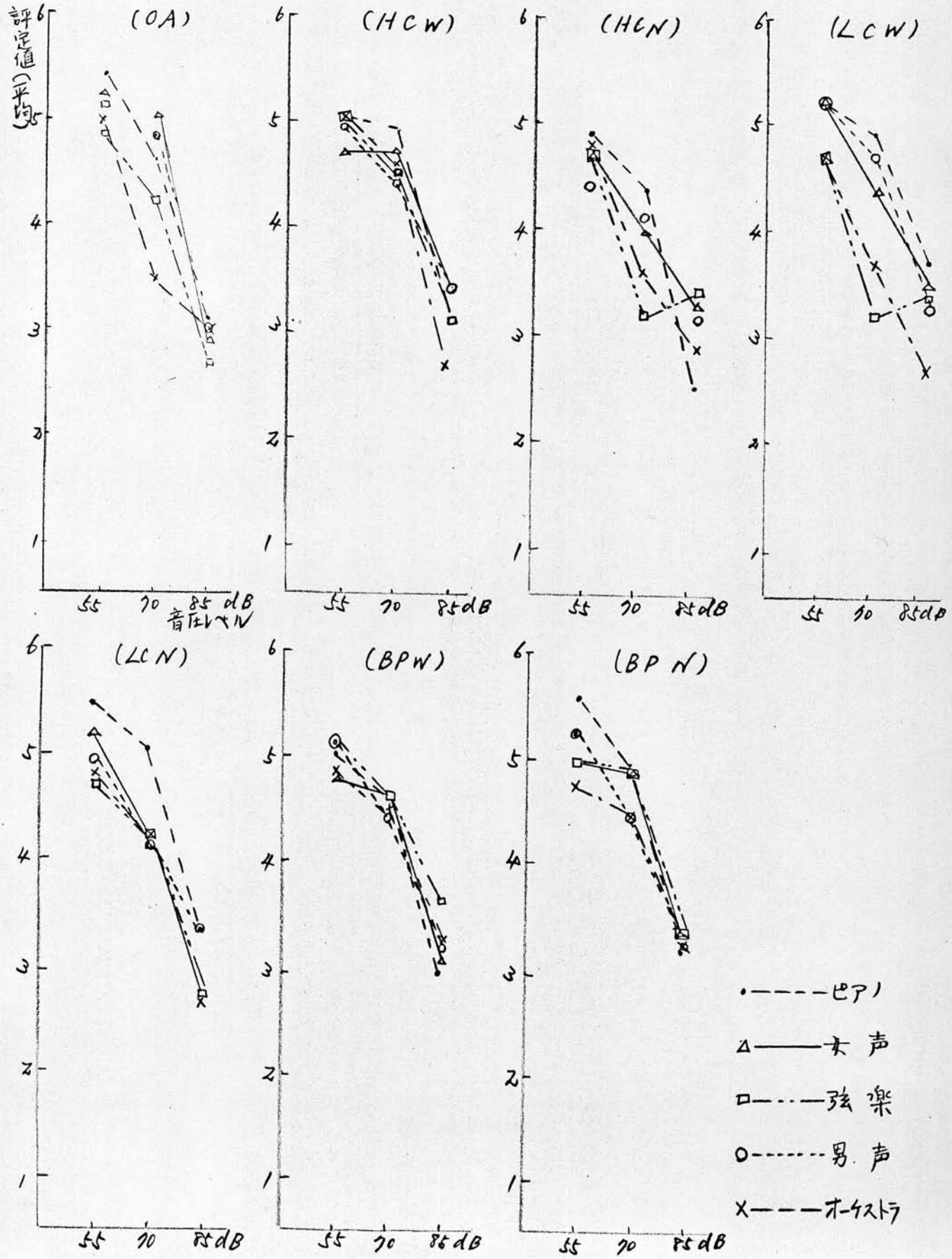
第5-15図4　音圧レベルと評定値との関係

④ 柔かい ― かたい



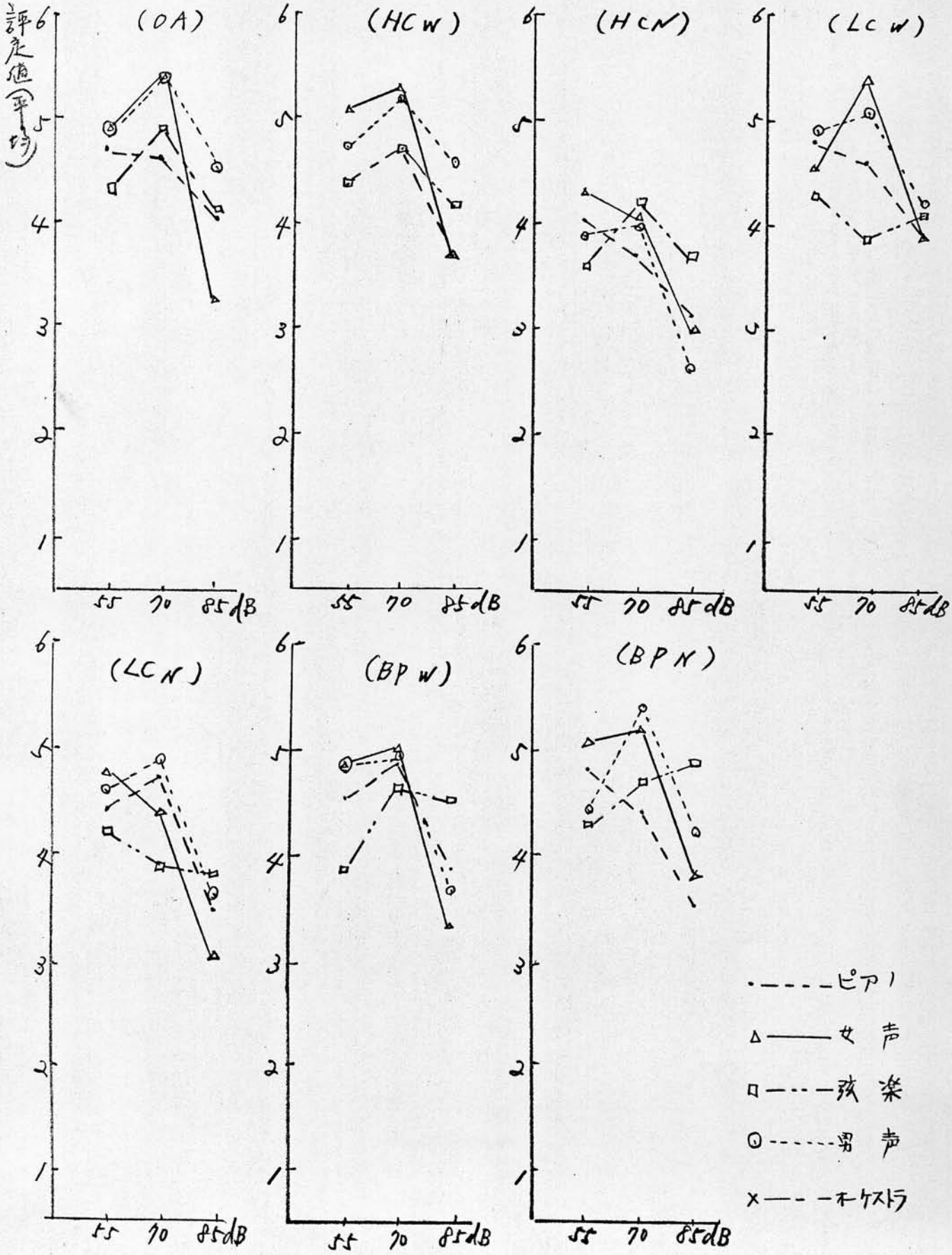
第5-15図5　音圧レベルと評定値との関係

⑤ せん細な － 粗い



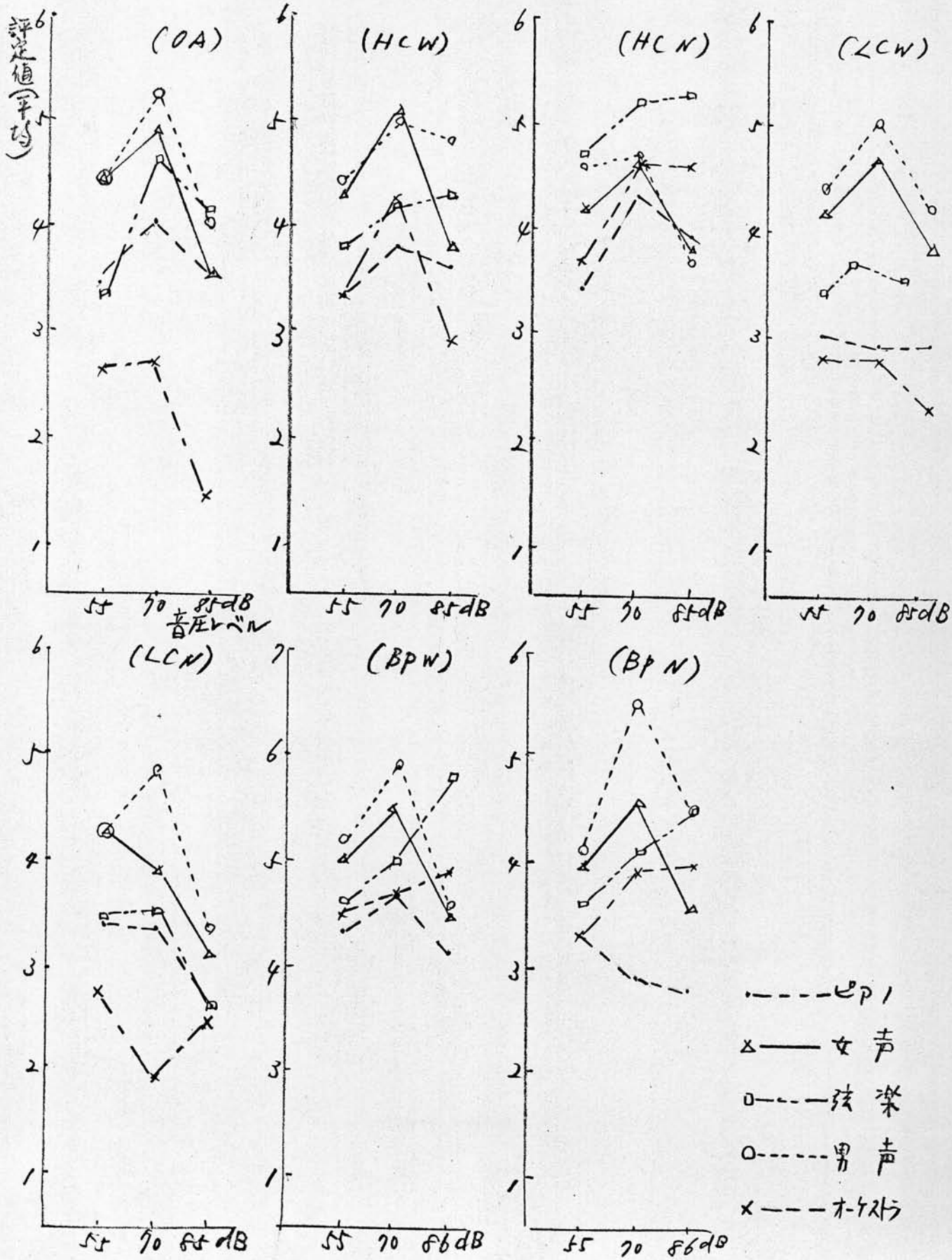
第5-15図 音圧レベルと評定値との関係

⑥ バランスのとれた ― くずれた



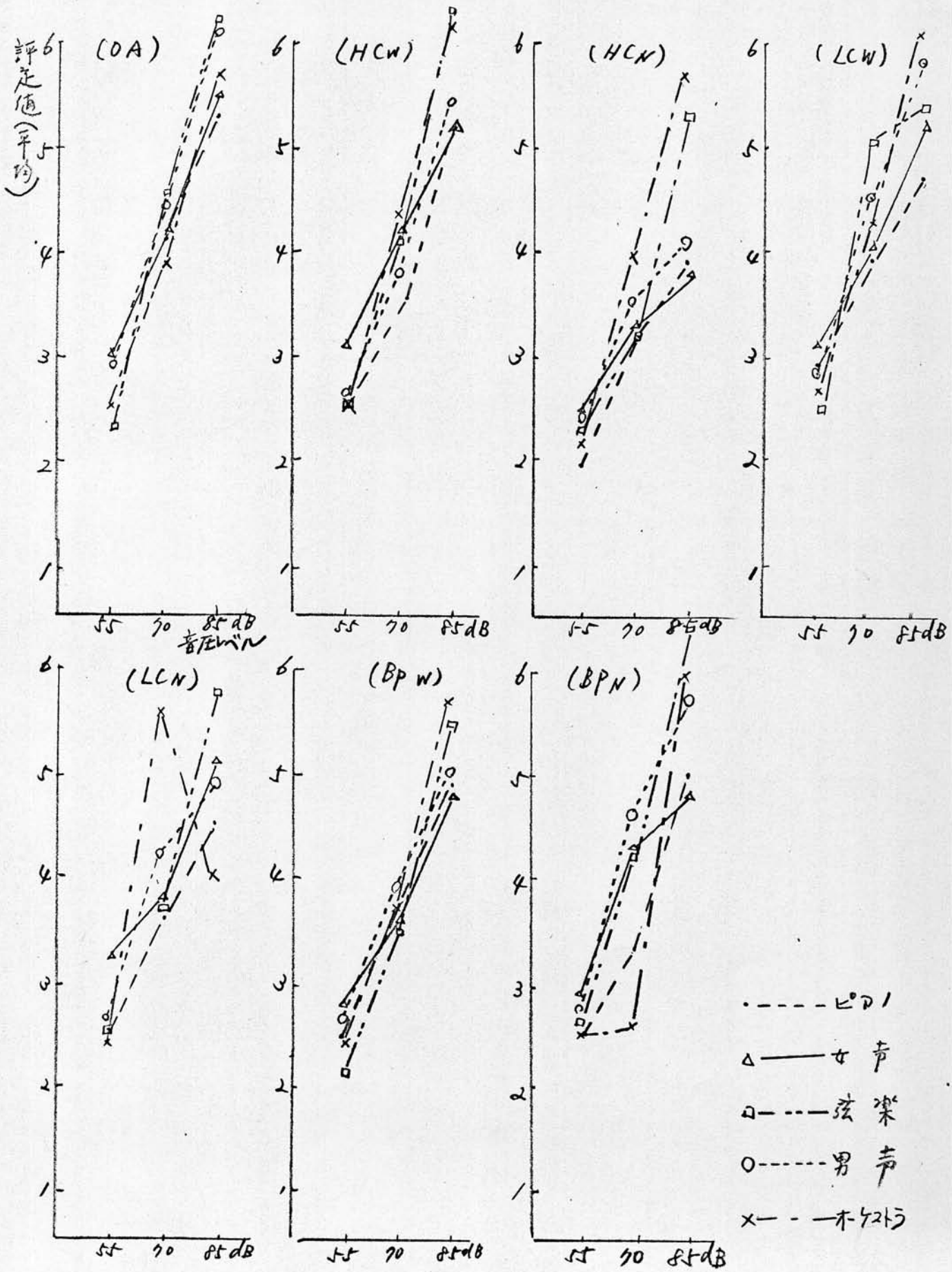
第5-15図 音圧レベルと評定値との関係

① 深みのある－金属性の



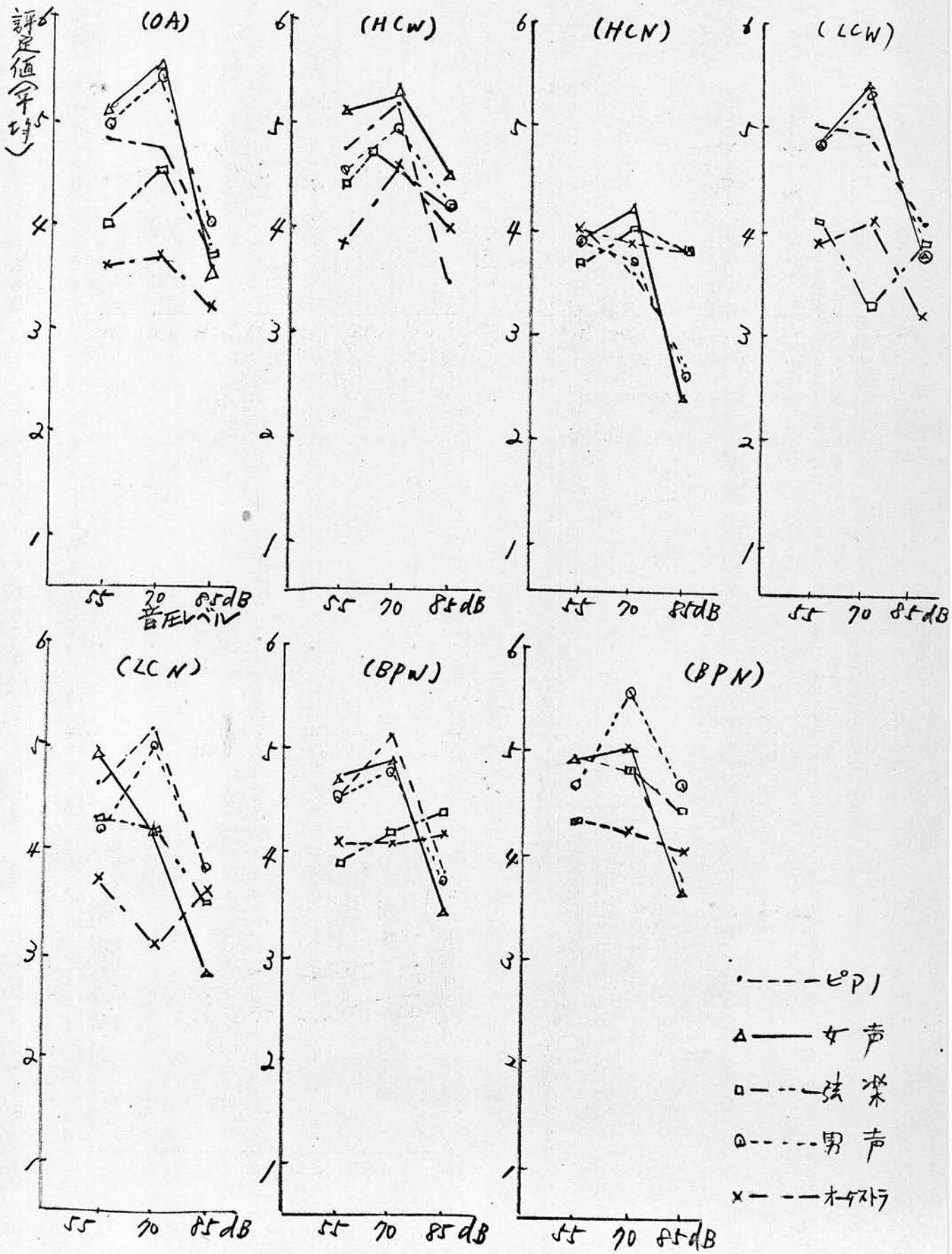
第5-15図。音圧レベルと評定値との関係

⑧迫力のある－もの足りない



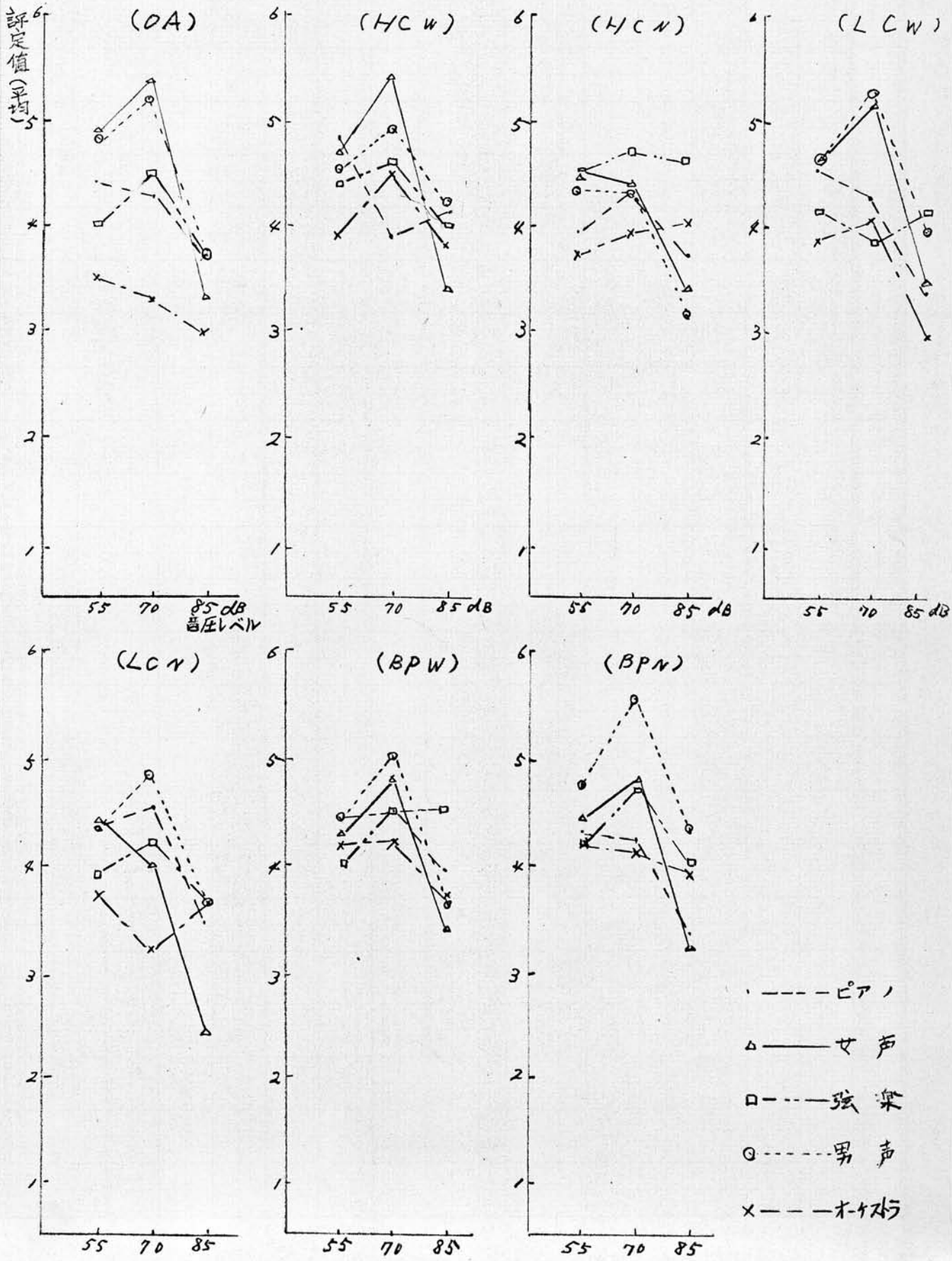
第5-15図 9 音圧レベルと評定値との関係

⑨ 美しい — きたない



第5-15図 音圧レベルと評定値との関係

⑩ うるおいのある－カサカサした



。

“深みのある”は快的因子とよく似た型を示し、70dBで最大値を示す

“柔らかさ”は、今回の実験によれば快的因子と全般性因子とさらに迫力因子にもかかわり合いのある複合型と考えられるが、その傾向は“澄んだ”とよく似た傾向を示している。

また、“明るい”は、迫力因子に大きくかかり、快的因子、全般性因子にも少しかかわり合いをもつが、“迫力”のように急激には、音圧レベルと共に上昇せず、70dBへよとdBの間はあまり変わらぬか、またはやや下降の傾向を示す。

以上を総括して考えると最もよい評価を得る音圧レベルは70dBであり、このレベルが大体の聴取最適レベルを示す値であるといえる。

上述のことは、総括的な傾向であり、各帯域幅によりそれぞれ僅かな差異が認めら

れる。

以上、本実験の結果をまとめると次のようになる。

i) 音圧レベル、再生周波数帯域を広範囲に規則的に変え、更にスピーカー、原音源の種類、S、実験室等を変えて実験を行ない、快的、迫力、全反性の3因子の不変性を確認することができた。

ii) 各因子を代表する尺度群による評定値は、音の物理的性質の規則的な変化に応じて、一応妥当な変化を示した。

iii) 音圧レベル、再生周波数帯域、更に原音源の種類、スピーカーの種類等による各尺度上の評定値の変化は、複雑な各要因の組合わせにより決定されることが判明した。

実験 6

信号対雑音比 (S/N) について

目的

Helmholtzは、音色を規定する要因の一つとして附加雑音をあげている。伝送再生系を通した音の音色について考える場合には、さらに系に存在する雑音の音色に与える影響について考慮する必要がある。(伝送再生系の雑音、およびそれの量的表示としての信号対雑音比S/Nについては第二章P192参照)

本実験の目的は、雑音を含んだ音源を用いた場合の音色の因子構造の検討である。

さらに、雑音を定量的に変化させて、音色表現語尺度値との対応関係について考察を行う。

方法

音色表現語尺度　第5-20表に示すように従来の実験結果より得られた音色の各因子を代表する13本の尺度尺を用いた。

音源　原音源の種類は次の10種類である。

a) 管弦楽曲（ベートーベン　シンホニー　No. 8より）

b) バイオリン独奏（ベートーベン　バイオリン協奏曲第一楽章カデンツァ）

c) バイオリン独奏（重音）（ベートーベン　バイオリン協奏曲第三楽章カデンツァ）

d) 管弦楽曲（ロッシーニ　泥棒カササギ序曲の一部）

e) 管弦楽曲（ロッシーニ　セビラの理髪師序曲の一部）

f) 管弦楽曲（ロッシーニ　セビラの理髪師序曲の一部）

第5-20表

	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	h^2
	快的	金属性	迫力	——	——	
澄んだ —— 濁った	.807	.230	.108	−.161	..144	.7624
豊かな —— 貧弱な	.498	−.185	−.643	.044	.087	.7052
明るい —— 暗い	.727	.290	−.116	−.234	.063	.6848
柔い —— かたい	.441	−.617	.022	−.157	−.141	.6201
落ついた —— かん高い	.445	−.745	−.128	−.080	.093	.7844
バランスのとれた —— バランスのくずれた	.796	−.202	−.167	.085	.015	.7185
深みのある —— 金属性の	.633	−.671	−.189	.043	.083	.8953
迫力のある —— もの足りない	.379	−.161	−.654	.244	.083	.6637
美しい —— きたない	.915	−.043	−.066	.187	−.096	.8876
音色がよい —— 音色が悪い	.912	−.017	.044	.151	−.092	.8652

g) 管弦楽曲（ロッシーニ　ウィリアムテル序曲の一部）

h) 管弦楽曲（ロッシーニ　ウィリアムテル序曲の一部）

i) ピアノと管弦楽（ベートーベン　ピアノ協奏曲皇帝　第一楽章の一部）

j) 管弦楽曲（ベルディー　アイーダの行進曲の一部）

上記の原音源（1）～4秒）を磁気テープに録音し、休止時間が2～3秒あるものと、休止時間のないテープの2種類のループを作成した。

なお、今回休止時間のないループ・テープを作成したのは次の理由による。すなわち、雑音を附加した場合、休止時間があると、その部分は雑音のみが呈示されることになり、雑音の評定が行われるおそれがあったからである。

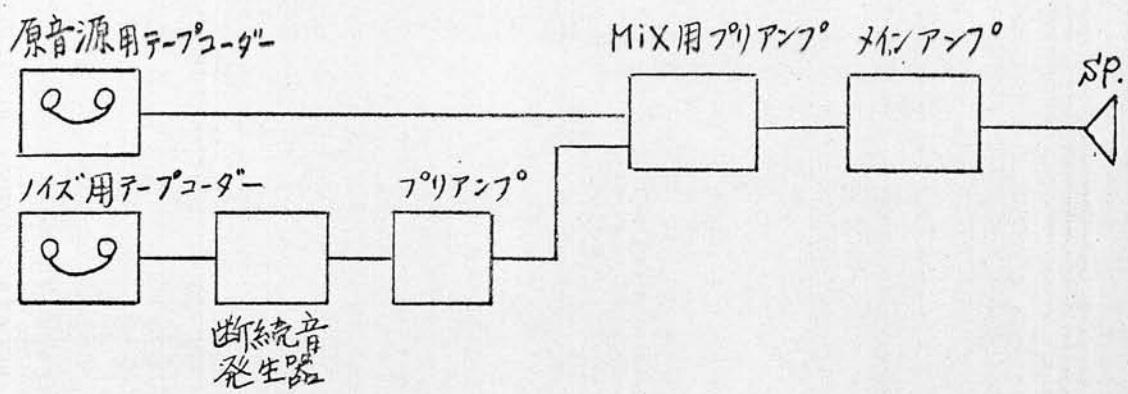
また、休止時間のあるループ・テープも用いたのは、これは従来の方法と今回の方

法の比較のためであって、このテープには雑音を附加しなかった。

休止時間のないテープには、次の方法で雑音を附加した。

雑音の種類と実験装置　雑音は、白色雑音を用い、それをエンドレス・テープに録音した。実験装置は、第5-16図に示す通りである。2台のテープレコーダーを用い、一方からは、元の原音源を再生し、もう一方からは雑音を再生し、電子スイッチで雑音を断続させ、プリアンプで周波数特性を変化させ、混合（mixing）アンプで、原音源と雑音を混合させ、メインアンプ（出力50w）を経て、2-wayスピーカーに導いた。

雑音の周波数特性は、平坦（flat；Fと略）、高域強調（high up；Hと略）、低域強調（low up；Lと略）の3種、音の断続は、on-time 50msec、off-time 100msec、である。なお、H、Lはすべて連続音、Fのみ連続音と断続音の2条件を含む。従


原音源用テープコーダー
MiX用プリアンプ
メインアンプ
SP.
ノイズ用テープコーダー
プリアンプ
断続音
発生器

第5-16図

って雑音の種類は、F、H、Lの連続音、Fの断続音の計4種である。

実験室　実験室は阪大産研音響部会議室を用い、部屋の後壁および側壁に5cm厚のグラスウールを貼付して音響調整を行った。スピーカーから被験者までの距離は6～8mとし、各席における音圧レベルの相違を出来るだけ少くするようにした。

被験者並びに教示　被験者は20才台の心理学学生、一般の学生、音楽学生、男女合計12名である。試入に際しては音の印象を感じたまま、素直に記入するように求めた。音色評定に不適当と思われる尺度には×印をつけるように要求した。本実験に入る前に別に用意した1刺激によって練習を行った。

結　果

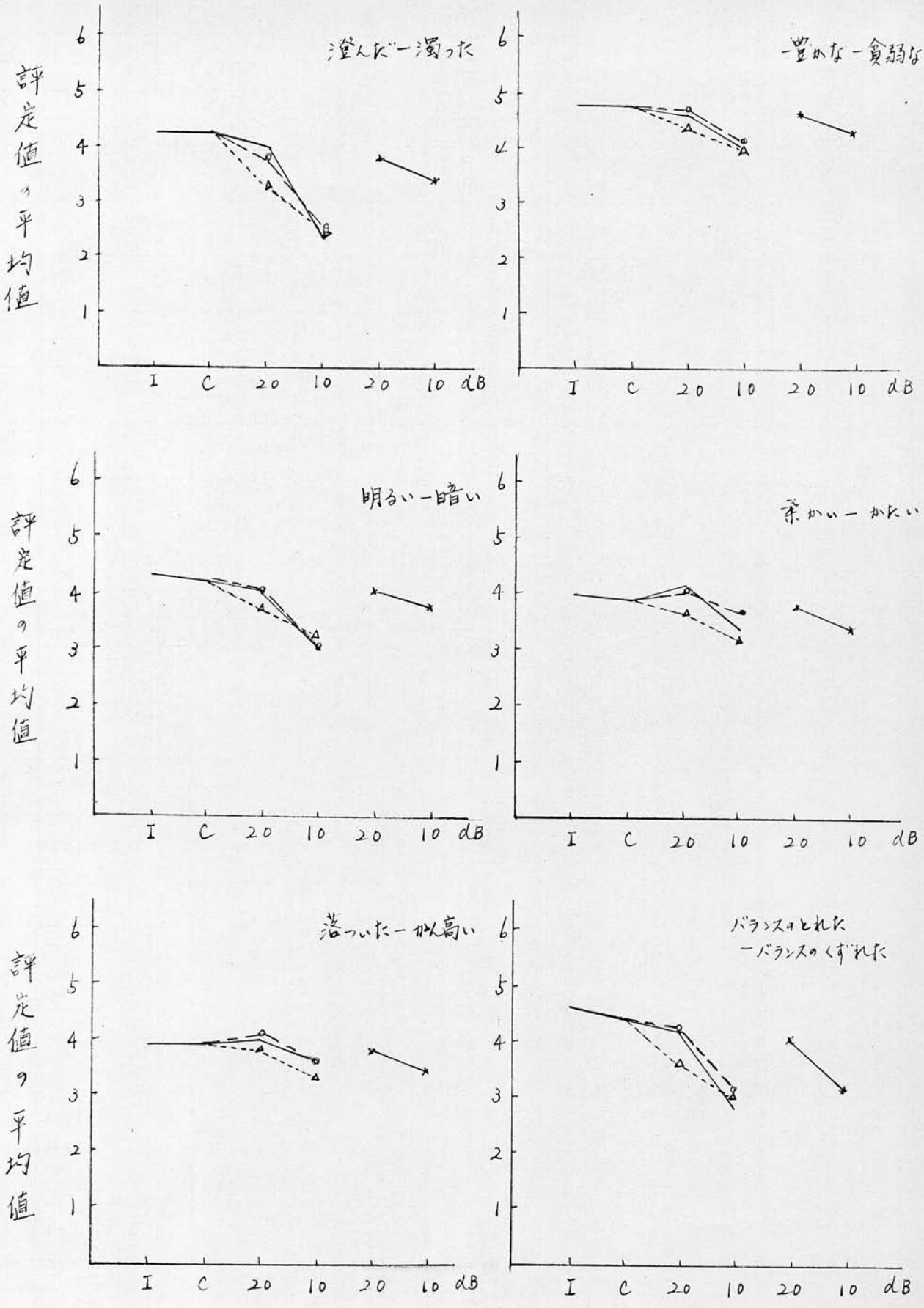
因子分析　被験者の評定値から平5-20表に示す1～10の評定尺度について相互相関係

数を求めて、サーストンの完全セントロイド法によって第5因子まで求めた。その結果を第5-20表に示す。

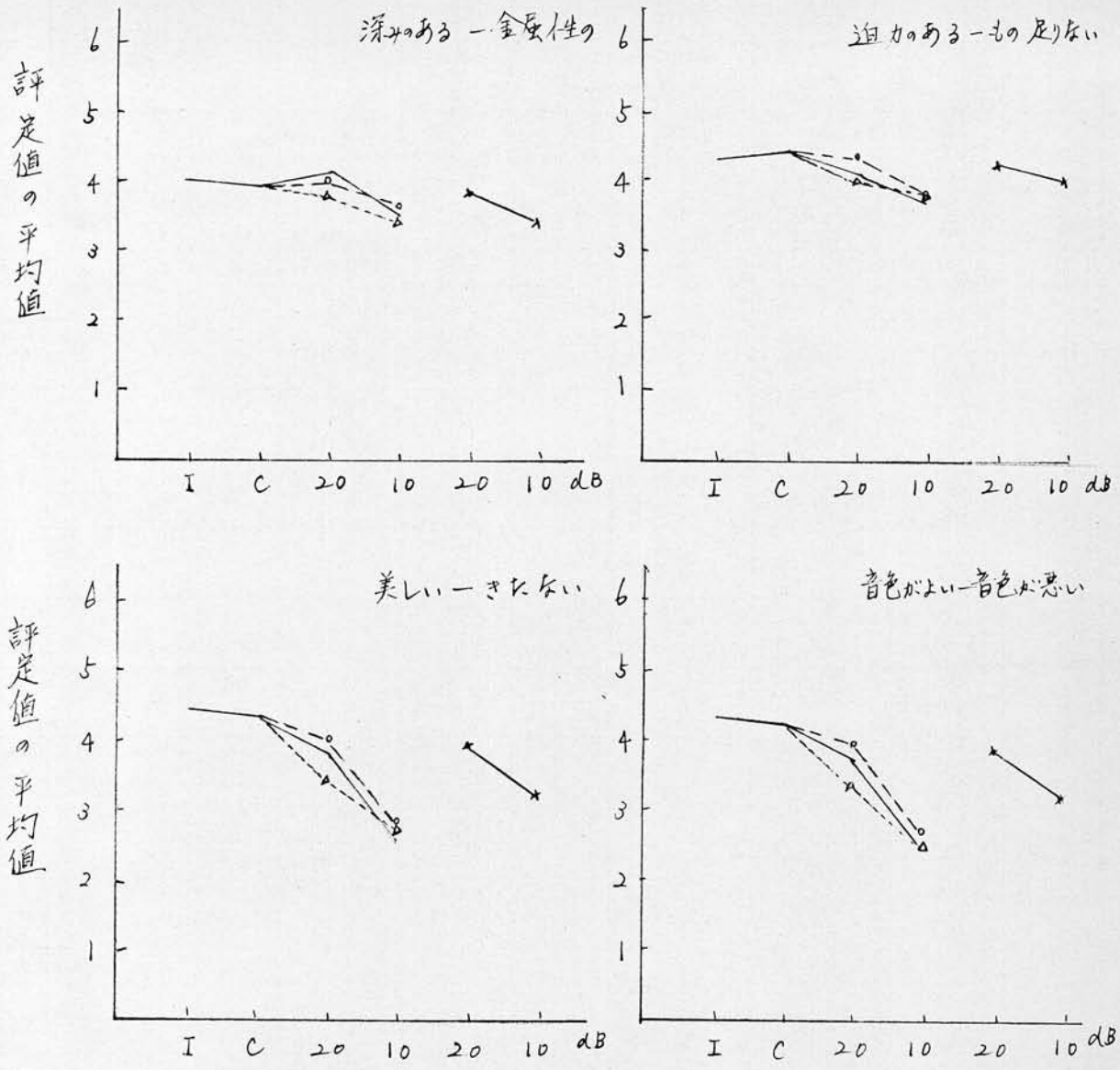
S/Nが評定値に及ぼす影響　各音源の平均値をS/N並びにノイズの特性別にまとめて各表現語毎に平均した。その結果を第5-17図に示す。

考察

因子分析結果　第1因子は"澄んだ—濁った""美しい—きたない""バランスのとれた—バランスのくずれた""明るい—暗い""音色がよい—音色がわるい"の表現語に因子負荷量の大きい、いわば快的因子、第2因子は"落ちついた—かん高い""深みのある—金属性の""柔らかい—かたい"に負荷量の大きい金属性因子、第3因子は"豊かな—貧弱な""迫力のある—もの足りない"に負荷量の大きい迫力因子と名付けられる。これは従来の実験において



第5-17図, S/N と各音色評定尺度による評定値との関係



横軸

I ; 従来のものと同じように休止時間のある音源.

C ; 休止時間のない音源.

最初の2つの数 20, 10 は連続性ノイズの音源に対する S/N を示す。

後のものは断続性ノイズのものを示す。

第5-17図

得られたと同じ3因子であり音源として雑音が加わったものを使用しても、これらの音色因子は不変であることを示している。本実験結果の特徴は各表現語とも第1因子への負荷量が大きく、プラスの意味の表現語はすべて快的因子への負荷量が多いことを示している点である。

S/Nが評定尺度値に及ぼす影響　まず雑音のない音源の場合、ループテープの休止時間（刺激呈示間隔）の有無は、評定尺度値上の差異となって現われないようである。

次に雑音を加えた場合には、当然評定尺度値は全般的に悪くなる傾向がある。この傾向は表現語の種類および加える雑音の特性によって相違が認められる。まず表現語別にみると“澄んだ－濁った”“明るい－暗い”“バランスのとれた－バランスのくずれた”“美しい－きたない”“音色がよい－音色が悪い”の快的因子に属するも

のは悪くなる傾向が大きい。それに反して“豊かな—貧弱な”“迫力のある—もの足りない”の迫力因子、“深みのある—全展性の”“落ちついた—かん高い”の全展性因子に属するものは評定の悪くなる傾向が少ない。即ち、快的因子に属する表現語尺度はS/Nに対して弁別がよいが、迫力因子、全展性因子に属するものはS/Nに対する弁別力が小さいといえる。

次に雑音の特性別に考察すると、S/N 20 dBの場合は概して、Hの場合にもっとも悪い評定尺度値を得、次いで下、Lの順に悪い尺度値を得る傾向がある。断続性雑音の場合は、全表現語尺度を通じて、概してLと下の中間の尺度値になる傾向がある。Hの雑音が加わったものが、もっとも悪い評定を得ているのは、高い周波数成分を含んだ雑音は一般に聞く人に不快感を与えるためと考えられる。S/N 10 dBでは、快的因子、迫力因子に属する各尺度では、雑音の特

性によっては、ほとんど評定値は変わらぬが、全原性因子に属する尺度上では、Hの特性の雑音を附加した場合に、悪い評定を得ている。全原性因子に属する尺度上で、Lおよび下の特性の雑音をS/N 20dBで附加した場合の方が、雑音のない時よりも、全原性の少い評定（深みのある、落ちついた傾向の評定）を僅かではあるが得ている。これは雑音が低音部に主に勢力を有しているため、高音域切断の場合の音色に似て、実験5で行った再生帯域中の高音域切断の場合と同じ傾向の結果を得たものと思われる。

以上、雑音のかわった音源を用いて音色の因子分析的研究を行った結果、従来と同様に、快的、迫力、全原性の3因子が抽出された。

次に、雑音を附加した場合の音色の変化を各表現語尺度上でとらえると、その変化は各尺度が属する因子型の相違によって異

なるが、全般的にみて雑音が加わると音色の悪化がみられる。またその傾向は、快的因子に係る尺度上でとらえやすいこと、そして雑音の周波数特性によって異なることがわかった。

実験 7

高調波歪について

目的

実験3、5、6、において、再生系の物理特性を系統的に変化させて、多様な音源を作成し、音源が異なっても、因子の不変性が確保されるか否か検討を行なった。その結果快的、金属性、迫力の3因子が抽出された。

さて、第2章で述べたように、音色に重大な影響を与える変数として、再生系の高調波歪があげられる。本実験では再生系の高調波歪率を規則的に変化させた音源を用い、因子の不変性の確認および歪率と評定尺度値との対応関係について検討を行なうことにした。

方法

音源の作製並びにその物理的特性　実験に用いた原音源を第5-21表に示す。これらの音源は、全体として時間的になるべくレベル変動の少ないものを選んである。

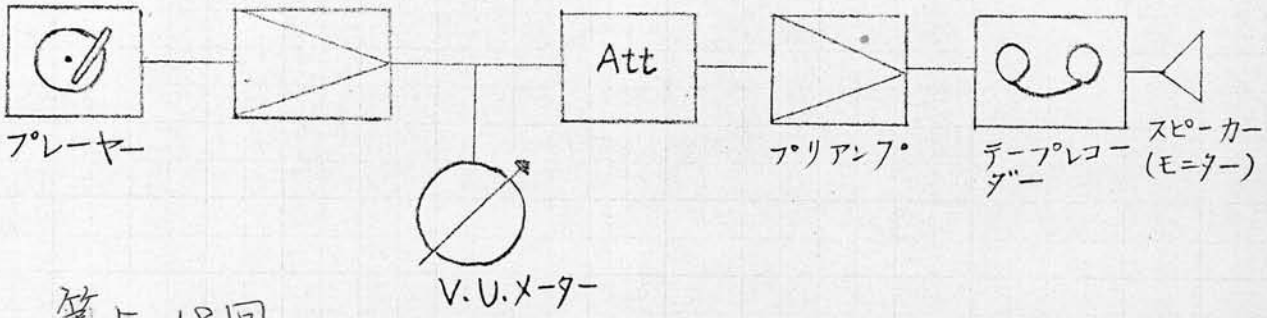
第5-21表の原音源を第5-18図に示すような系統で、テープに録音した（ソニーテープコーダー・777使用）。その際プリアンプ（山水PR-330）の入力レベルを小さくし、録音された音が出来るだけ無歪（0.8%）となる様にアッテネーター（ATt.）を用いて、プリアンプの入力レベルを調節した。

この様にして作成したテープを原テープとし、それに第5-19図に示す系統で歪を加えた。

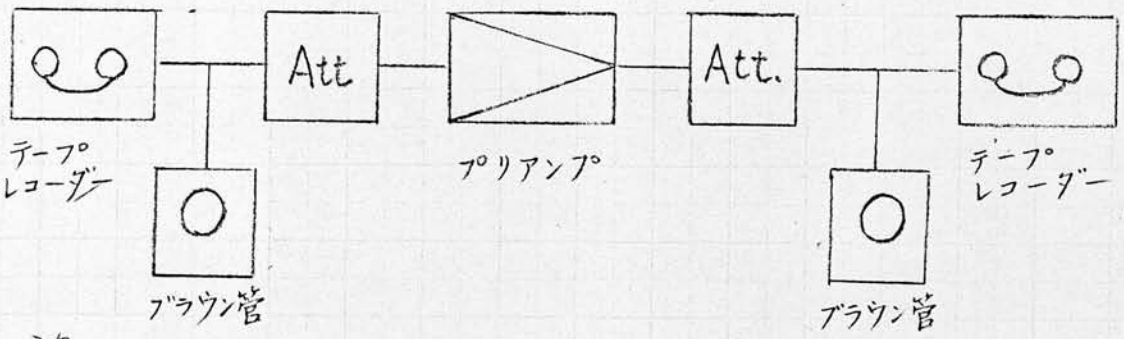
すなわち、テープレコーダーの出力レベルをブラウン管で監視し、音源中最大レベルを所定の電圧におさえ、その信号をアッテネーターで加減させて、プリアンプの入

音源No.	原音源の種類
2	トランペット ソロ
4	ハープ ソロ
7	ティムパニー ソロ
8	弦楽合奏(ビバルディ 春より)
16	全楽合奏(アイーダ行進曲より)
22	バイオリン ソロ
36	男声アナウンス(FM放送より)
37	女声アナウンス(FM放送より)

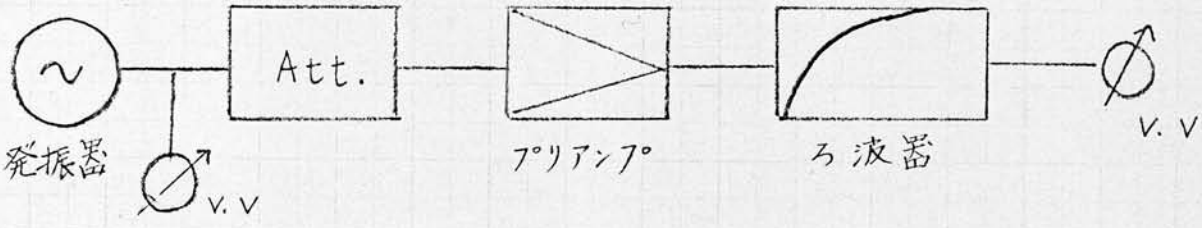
第5-21表



第5-18図



第5-19図



第5-20図

力とし、歪の程度を定量的に規定した。その際プリアンプの入力対出力の歪の特性は種々の周波数の純音におけるものをあらかじめ測定し、(測定の系統を第5-20図に示す)そのうち100c/sについての測定値よりプリアンプの入力レベルを決定した。試聴に用いた歪の程度は0.8%、2%、5%、10%であるが、プリアンプ入力は、変動するレベルのうち最大レベルが、所定の歪を得るための電圧となるようにした。

被験者　心理学専攻学生男子8名、女子1名、音楽専攻学生女子1名計10名、いずれも20才代。

表現語尺度　尺度は澄んだ—濁った、豊かな—貧弱な、きれいな—きたない、柔らかい—かたい、落ちついた—かん高い、とけあった—われた、深みのある—金属性の、迫力のある—もの足りない、美しい—きたない、鋭い—鈍い、明るい—暗い、太い—細い、緻密な—粗い、大きい—小さい、

高い、一低い、以上15本の両極尺度である。
今回は純音の属性といわれる太さ、緻密さ、明るさ、さらに大きさ、高さを加えた。

実験手続、並びに教示　音源として用いた試聴テープは8種の原テープの各々に関し、0.8%、2%、5%、10%の4条件について作成したので、合計32本になる。各テープは被験者の耳の位置における音場レベルを変化させて再生した。その組み合わせを第5-22表に示す。

提示順序は乱数表により、出来るだけランダムになる様に配列して提示した。また一つの音源について、同一の物理的条件(歪、レベル)を2回づつ提示したが、同一条件が隣接して提示されないよう留意した。32音源が2回づつ提示されたので、音源の総提示回数は74回になる。実験に際し、音源に対して、音楽的な内容を聴き取って評定するのではなく、できるだけ音色そのものの印象を評定するよう教示した。

音源 NO	歪 %	音場レベル dB
トランペット ソロ	0.8	85、70、55
	2	85、70、55
	5	85、70、55
	10	85、70、55
ハープ ソロ	0.8	85、65
	2	85、65
	5	85、65
	10	85、65
ティムパニー ソロ	0.8	85、65
	2	85、65
	5	85、65
	10	85、65
弦楽合奏	0.8	85、70、55
	2	85、70、55
	5	85、70、55
	10	85、70、55
全楽合奏	0.8	85、65
	2	85、65
	5	85、65
	10	85、65

第5－22表

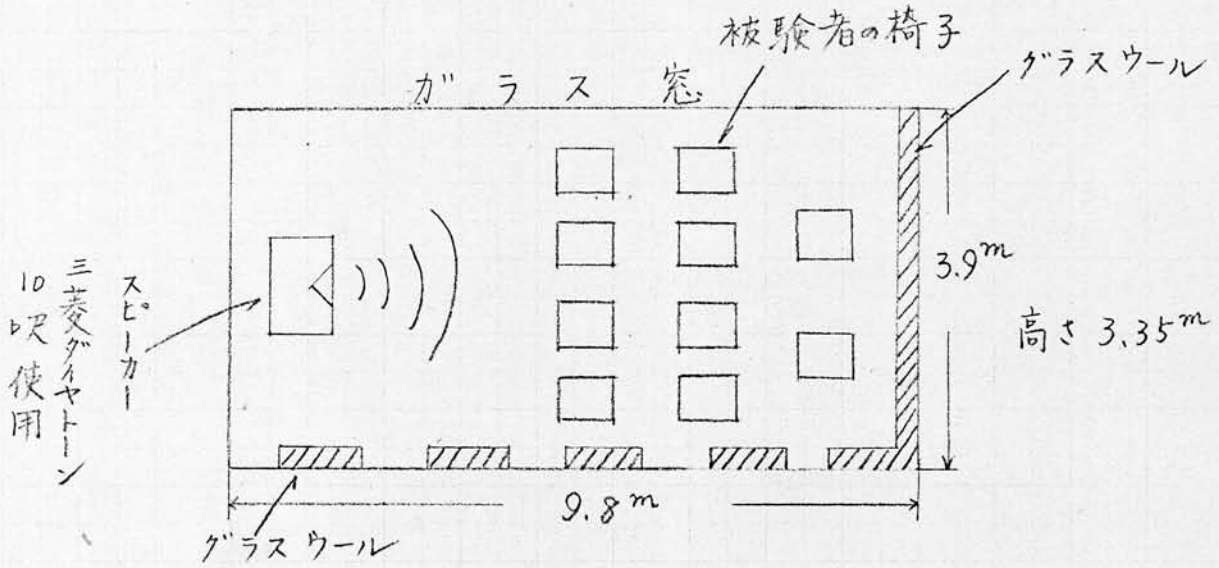
試聴室　試聴室は大阪大学産業科学研究所音響部14の会議室を用い、壁面の約半分に厚さ5cmのグラスウールを貼布して、音響調整を行なった。第5-21図に試聴室の略図を示す。

結果と考察

因子分析　第5-22'表に、相互相関係数から完全セントロイド法を用いて因子分析を行ない、さらにバリマックス法により回転を行なった結果を示す。

第1因子は、"きれいな—きたない"、"美しい—きたない"、"澄んだ—濁った"、"とりあった—われた"、"緻密な—粗い"等に負荷量が高く、快的因子と考えられる。

第2因子は、"大きい—小さい"、"豊かな—貧弱な"、"迫力のある—もの足りない"、"太い—細い"等に負荷量が高く、迫力因子と考えられる。


被験者の椅子
ガラス窓
グラスウール
3.9m
高さ 3.35m
スピーカー
三菱ダイヤトーン
10吋使用
9.8m
グラスウール

第5-21図

			I	II	III
			快的	迫力	金属性
澄んだ	—	濁った	901	047	−066
豊かな	—	貧弱な	203	−861	047
きれいな	—	きたない	924	−024	−137
柔らかい	—	かたい	313	−141	−711
落ちついた	—	かん高い	309	−004	−845
とけあった	—	われた	868	−044	−301
深みのある	—	金属性の	239	−219	−796
迫力のある	—	もの足りない	172	−844	134
美しい	—	きたない	915	−044	−158
鋭い	—	鈍い	556	−194	629
明るい	—	暗い	729	−135	456
太い	—	細い	−294	−753	−220
緻密な	—	粗い	857	075	−043
大きい	—	小さい	−094	−866	142
高い	—	低い	397	−211	729

第 5-22 表

第3因子は、"落ちついた—かん高い"、"深みのある—金属性の"、"高い—低い"、"柔らかい—かたい"、"鋭い—鈍い"等に負荷量が高く金属性因子と考えられる。

第4因子以下は抽出されなかった。

以上、高調波歪を系統的に加えた音源においても、これまでの実験で得られた、快的、迫力、金属性の3因子が抽出できた。

次に、天度について若干の分析を行なうと、"美しい—きたない"、"きれいな—きたない"は全く同様の因子負荷量のパターンを持ち、両天度が同じ側面を測る天度であることを示唆している。したがって、今後の測定においては、いずれか一方の天度を用いればよいことを示している。

今回用いた"大きい—小さい"は、迫力因子に属し、実験1の考察のところで述べたように、迫力因子が音の大きさと関係のある因子であることを示している。また、

"高い—低い"は、金属性因子に属し、実験1の考察で、この因子が音の高さと関連あることを示唆したが、これを裏づけている。

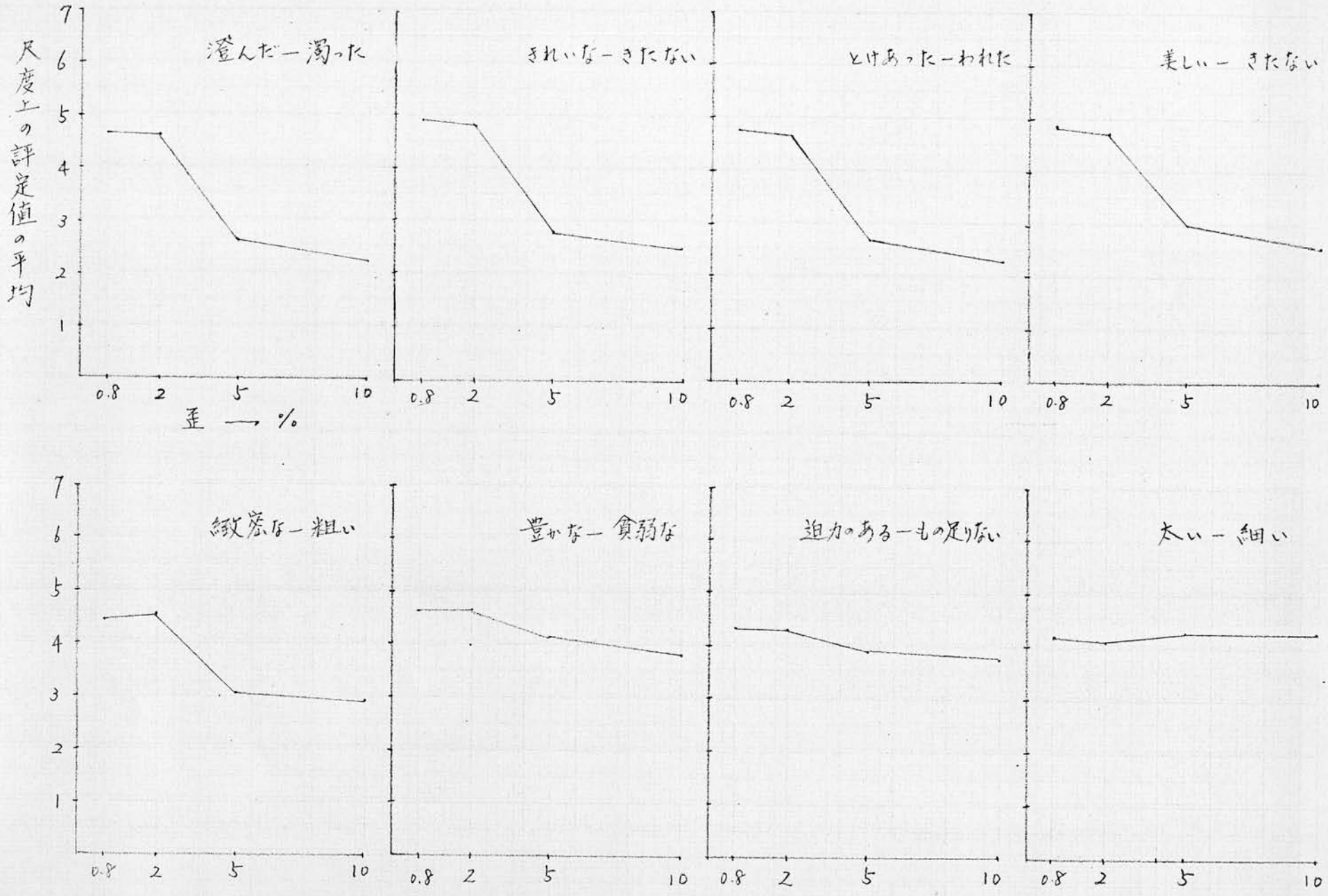
迫力因子が大きさに、金属性因子が高さに関連するなら、因子名をそれぞれ大きさ因子、高さ因子と改名してはどうかという議論が生じるかも知れない。しかし、音の大きさ、高さは、心理音響学において、従来音の認知の側面にかかわる属性の名称として用いられてきた。われわれが、現在求めているのは、感得の側面からみた音色の因子である。この意味で、これらの因子の名称は、従来通り、迫力、金属性としておく。

"柔らかい—かたい"は今回は金属性因子に属した。この因子は、実験2、3においては柔らかさ因子に属したが、他の実験においては、快的、迫力、金属性のいずれかの因子に属し、特定の因子に不変に属す

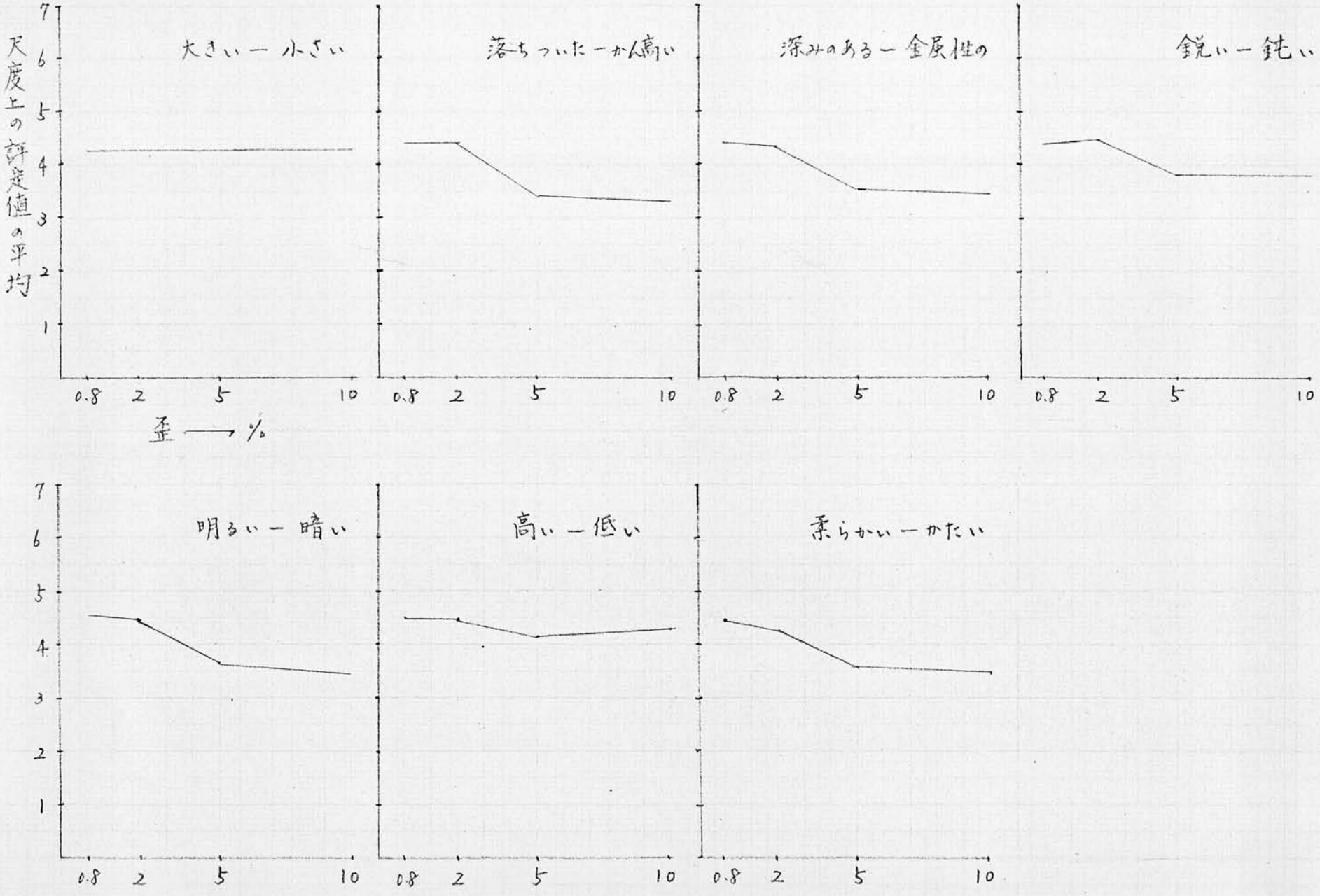
るということがなかった。また、いずれの実験においても、純粋尺度（1つの因子のみ高い負荷量を持ち、他の因子の負荷量が低い尺度）になったことはない。この意味で、この尺度は安定した、独自な尺度とは言い難い。将来なお検討の余地はあるが、この尺度は音色の代表尺度としては不適当ではないかと考える。

歪率と尺度値との関係　歪率と評定尺度値の関係を各表現語尺度毎に第5-22図に示す。同図は実験に用いた全音源の平均値である。

同図に従って、大体の傾向をみると、快的因子に属する諸尺度の場合には、歪率が上るに従って、尺度値が低下している。すなわち、音色がきたなくなることを示している。これは第2章で説明した従来の歪に関する諸研究の結果と同様の傾向を示している。数値的には、歪率2%と5%との間で音色が急激に悪化していることがわかる



第5-22図，全音源についての平均と歪率との関係



第5-22図 全音源についての平均と歪率との関係

。

金属性因子に属する諸尺度については、歪率が上るに従って、評定尺度値が低下し、音色が金属的になる傾向を示している。歪率の変化と尺度値の関係は、快的因子の場合と似ているが、それほど明らかではない。

迫力因子に属する諸尺度に関しては、歪率が変化しても、尺度値はほとんど変化しない。換言すれば、迫力因子に属する諸尺度は、歪率の増大に伴う音色の変化を、とらえることができないので、歪率の実験には不必要な尺度ともいえよう。逆に、歪率の変化をとらえるには、快的因子に属する諸尺度が、もっとも適当であるといえよう。

以上、高調波歪の加わった音源を用いて音色の因子分析的研究を行なった結果、従来と同様に、快的、迫力、金属性の3因子が抽出された。

また、歪を附加した場合の音色の変化を各表現語尺度上でとらえると、状的因子に属する諸尺度が、その変化をもっとも敏感にとらえることがわかった。

実験 8

長・短両音源による音色の因子分析結果の比較

われわれは既に7回の因子分析を通じて、音色の基本的な三因子を抽出し、それらの三因子を代表する10本の両極尺度を選出した。ところで、これらの実験に用いた音源は、実験の統制を容易にする為、すべて3～5秒といった短音源のものを用いた。従って、時間的にかなりの長さを有する現実の音楽、或いは音声の印象とかけ離れたものになるおそれも生ずる。もしそうなると、このような短時間音源（以下短音源と略）によって得た因子は単に短音源のみにあてはまる特殊なものになってしまう。そこで、今回の実験の目的は従来通りの短音

源と、時間的に充分長い長音源とを用いて実験を行ない次の二点から考察することにある。

第一に、短音源、長音源それぞれ独立に因子分析を行ない、両者同様の因子が抽出されるかどうかを検討する。このために、両者の因子の布置（configuration）および因子負荷量を比較する。第二に、本実験に用いる短音源は、すべて長音源の一部から抜き取ることにして、長音源の評価と、短音源に対する評価との間にどのような傾向があるかを、両者の相関係数を通じて考察する。

以上の目的を達成するために、われわれは次のような方法で実験を計画、実施した。

方法

表現語尺度　第5-23表参照。

表現語	因子型 / 時間	Ⅰ 快的 短長	Ⅱ 迫力 短長	Ⅲ 金属性 短長	Ⅳ 短長	Ⅴ 短長	h^2 短長	信頼性係数 F	信頼性係数 H	D
美しい	きたない	.895 .881	-.005 .068	.053 -.049	-.132 -.174	.100 -.043	.831 .817	.427**	.134	.126
バランスの とれた	バランスの くずれた	.732 .747	.122 .161	.183 .032	-.105 -.145	-.097 -.111	.605 .619	.236	.135	.157
澄んだ	濁った	.737 .711	-.169 -.214	-.200 -.113	.204 .217	.023 -.083	.654 .619	.226	.448**	.101
迫力のある	もの足りない	-.044 .040	.815 .788	.002 -.021	-.225 .121	.057 -.048	.720 .640	.321*	.386**	.088
深みのある	金属性の	.437 .523	.052 -.002	.773 .697	-.026 -.083	-.069 -.201	.797 .808	.575**	.442**	.127
柔らかい	かたい	.572 .666	-.298 -.491	.596 .312	.183 -.038	.125 .245	.820 .844	.664**	.607**	.356
豊かな	貧弱な	.131 .300	.842 .750	.232 .027	-.044 .121	.193 .142	.819 .687	.592**	.467**	.282
明るい	暗い	.467 .482	.221 -.025	-.396 -.385	.219 .315	.152 .031	.495 .482	-.149	-.087	.247
艶がよい	艶が悪い	.880 .850	.007 .079	.004 -.057	-.157 -.183	.080 .029	.806 .768	.506**	.391**	.099
落ちついた	かん高い	.491 .591	-.124 -.235	.749 .616	.106 -.120	-.045 .069	.830 .804	.522**	.315*	.200
分散		49392 55752	21.274 22.046	24.362 15.960	.032 .040	.015 .021	7.377 7.088			.178

第5-23表　因子負荷量と信頼性係数

音源　長音源10曲（第5-24表）は、それぞれ約30秒間、短音源は長音源の一部を3～5ヶ所づつを抜きとしたもので、計33個、長さは約5秒間である。

周波数特性　音源に変化をもたせる為に、周波数特性が平坦な場合（F）と高域持ち上げ（H）を用いた。

評定方法　短音源はテープに5秒間録音し、2秒間の休止を入れたものをループにし、このテープが一回転する間に、二本の天度について評定させた。長音源においては、一音源聞く度に全部の天度について評定させた。また長音源においては、同一刺激条件について日をおいて二試行反復し、実験の精度を上げると共に、両者の相関係数を求め、信頼性検定を行なった。なお、短音源においても、一部の刺激条件については二試行し、信頼性検定を行なった。

被験者　音響関係者20代男1、30代男1、心理学学生20代男3、音楽学生20代女3

曲名	信頼性	長短の相関				
	F	H	I	II	III	IV
ベートーベン皇帝	.939**	.947**	.501	.900**	.796**	
アイーダ行進曲	.517	.962**	.157	−.381	−.146	
ベートーベンバイオリン協(前)	.807**	.805**	.281	.677*	.208	
〃 (後)	.693*	.914**	−.173	.444	.693*	
ウィリアムテル嵐	.918**	.978**	−.747**	.870**	.934**	
〃 行進曲	.923**	.975**	.960**	−.853**	.819**	
ベートーベン#8交1楽章	.798**	.777**	.784**	.866**	−.384	
〃 2楽章	.948**	.661*	.846**	.936**	−.227	
泥棒かささぎ	.937**	.983**	−.732**	−.454	.990**	−.762**
セビラの理髪師	.871**	.333	−.567	.901**	.792**	.110

長・短音源の相関と信頼性係数

第5−24表

、一般20代男2、女2、計12名。

実験室　松下電器中研試聴室

結果の整理と考察

信頼性係数　短音源について表現語別に求めたものを第5-23表、長音源について音源別に求めたものが第5-24表である。表中＊印は5%で、＊＊印は1%で有意である。結果は大体有意であり、判断が比較的安定していることを示している。短音源のデータは表にしなかったがすべて有意であった。しかし係数の値は、表現語、音源によって異なり、特に"明るい""バランス"は下、Hは共有意でなかった。

因子分析　短長両音源共、完全セントロイド法によって第5因子まで算出した。直交回転した結果が第5-23表である。短長両音源共、第1因子は、美しい、音色がよい、澄んだ、バランスなどに負荷量が高く、今迄の結果と照合してみて、快的因子と思わ

れる。第2因子は、豊かな、迫力のある、負荷量が高い迫力因子、第3因子は、深みのある、落ちついた負荷量の高い全展性因子と思われる。この様に両音源共、前回までの実験で得られたのと同じ3因子が抽出された。次に短長両音源を比較してみると、両者の因子布置はもとより、因子負荷量もまた類似していることが解る。この類似の程度を量的に知る為に表現語の因子空間上での距離Dを求めると第5-23表の如くなる。このDの平均値は.178と小さく、短長両音源の因子構造の類似していることを示している。又表現語によってDは異なっているが、勿論Dの小さい表現語尺度程不変性が高いと云えよう。

このように長音源においても、短音源と同様の因子が抽出できたことは、今迄に得られた3因子が単に短音源に限られた特殊なものではなくて、一般の音色評価に通用するものであることを示唆している。なお

第4因子以下は誤差成分と思われる。今回は柔らかさ因子は抽出されなかった。

長短音源間の関係　被験者は長音源の音色評価を行なう際に、内容全体の印象を総合的に判定しているであろうか、それとも特定部分に注目して、部分の印象について報告しているのであろうか、これを長音源と短音源との相関係数第5-24表から考察してみよう、すなわち、もし長音源の内容の変化が少いので部分の印象と全体の印象が類似している場合には、当然長短音源の相関係数は正ですべて同じ位の値になる筈である。この場合には全体的な印象について判断されていると考えてよいだろう。これと反対に長音源の判断が特定の部分の印象によって規定される場合には長音源とその部分の相関が高くなる筈である。この仮定の下に、音源に対する判断のタイプを第5-24表の短音源との相関係数よりみてみると、音源によって全体的に判断されるものと

、部分的に判断されるものがあるようである。部分的に判断されるものには、個の性質よりみて多彩な音色をもった音楽の方が多い様である。又判断のタイプと信頼性の関係をみると、部分的に判断された音源の係数は、.900以上で極めて高いが、これに反して全体的判断のタイプの係数は総じて低いものが多い。これよりみて部分的に判断する方が、或いは部分的に判断される音源の方が判断の安定性が高いといえよう。

実験 9

楽器音の音色について

目的

従来、われわれの行なった諸実験には、音源として必ず音楽が用いられていた。これらの音源は、大部分が短時間（3～5秒）のものであったが、それでも十分メロディーが了解できた。

実験8で、音楽性（メロディー、テンポ、協和感など）の明瞭な長音源を用いた場合の因子分析結果と、短音源の因子分析結果の間に高い類似性が認められたが、この結果は従来の短音源で得られた因子が、長音源においても認められることを示すと結論できると同時に、従来音色の因子と考えられていたものが、実は音楽性の因子ではないのかという疑問をも生じさせる。すな

わち、Sは音源の評定に際して、音色に関してのみならず、音楽的印象についても評定を行なったおそれがあるからである。本研究に用いた表現語尺度は音色のみならず、確かに音楽的印象の表現にも利用できるものである。教示において、Sに音色について反応するよう求めたとしても、音楽的印象の強い音源の場合には、必ずしもEの教示通りSが反応しているか否か疑問である。元来、Sが果してEの希望通りの反応をしているかどうか確認するのは根本的に困難な課題である。ここでは一応、音楽的印象が少ないと思われる音源を用いて実験を行ない、従来の実験結果と比較してみることにした。

すなわち本実験においては、教材用レコードを利用して、単に音階のみを演奏する楽器音を用い、これを音源として実験を行なうことにした。この場合、Sは音階のみを反復聴取するのであるから、音源の音楽

的印象は、稀薄になるものと期待できる。

方法

音源　ピッコロ、クラリネット、イングリッシュホルン、トランペット、バイオリン、ビオラ、チェロ、コントラバスの8種類（ビクター・レコード LVR30 "オーケストラの楽器" より録音）。

表現語尺度　第5−25表に示す15本の表現語尺度を用いた。

呈示条件　各音源はテープをループにしたものに録音した。ループの1サイクルは約7秒間で、Sは1サイクルの間に1本の尺度について評定を行なった。なお実験に先立って、練習試行を2回行なった。

被験者　阪大教養部学生男女70名、いずれも心理学実験に未経験のSである。

実験室　阪大教養部講堂を使用。したがって、室内音響特性は残響が多く良好とはいえない。

	Ⅰ 全般性	Ⅱ 快的	Ⅲ 迫力	Ⅳ —	Ⅴ —	h^2
1 美しい —— きたない	.444	.768	.060	−.178	.070	.825
2 澄んだ —— 濁った	.634	.690	.020	−.025	.070	.884
3 とけあった —— われた	.286	.788	−.062	.132	.148	.747
4 緻密な —— 粗い	.542	.661	.020	.042	.227	.785
5 迫力のある —— もの足りない	−.382	.026	.672	−.207	.151	.666
6 豊かな —— 貧弱な	−.421	.382	.560	−.101	.079	.654
7 深みのある —— 全般性の	−.783	.280	.117	−.061	−.082	.717
8 柔い —— かたい	−.545	.449	−.057	.161	−.105	.539
9 大きい —— 小さい	−.601	−.157	.531	.109	.113	.692
10 太い —— 細い	−.880	−.183	.169	.150	−.100	.869
11 高い —— 低い	.822	.133	.044	.092	.080	.711
12 明るい —— 暗い	.740	.417	.188	.182	−.141	.811
13 好き —— きらい	.133	.679	.213	−.185	−.172	.588
14 鋭い —— にぶい	.882	.277	.108	−.061	−.051	.872
15 騒がしい —— くすんだ	.796	.399	.194	.086	−.185	.871

第5-25表

結果と考察

15本の尺度間の相互相関係数を求め、ついで、完全ヒントロイド法により第5因子まで抽出した。なるべく単純構造になるように、直交回転した結果が、第5-25表である。

第1因子は、"深みのある—全感性の" "太い—細い" "高い—低い" "明るい—暗い" "鋭い—鈍い" "神かしい—くすんだ" 等に負荷量が高く、全感性因子と考えられる。

第2因子は、"美しい—きたない" "澄んだ—濁った" "とけあった—われた" "緻密な—粗い" "好き—きらい" に負荷量の高い、快的因子と思われる。

第3因子は、"迫力のある—もの足りない" "豊かな—貧弱な" "大きい—小さい" に負荷量の高い、迫力因子と思われる。

第4因子以下は誤差因子と思われる。

今回の実験は、音源として単に音階のみを演奏する楽器音を用いた。これらの音源は、従来用いた音源と比較して音楽的印象は、かなり少ないと思われる。これらの音源を用いた実験においても、快的、迫力、全质性の3因子が得られたことは、これら3因子が必ずしも音楽的印象の因子とはいえないことを示唆している。

なお、今回の因子布置をみてみると、単純構造に近い形が得られていない場合がある。たとえば、"美しい—きたない" "澄んだ—濁った" "緻密な—粗い" などの諸表現語尺度は、快的因子にもっとも大きい負荷量を持つが、それは同時に全质性因子にも大きい負荷量をもっている。

また、迫力因子の負荷量が一般に小さい。これは、音源に比較的に、高音の楽器音が多く(すなわち全质的な音色が多く)、かつ演奏の音圧レベルが大体一様であったため、全质性因子の負荷量が全体に大きく

、遺伝因子のそれが小さくなったものと思われる。

実験 10

もの音の音色について

目的

実験9では、音源の音楽的印象をできるだけ少なくする目的で、音階のみを演奏する楽器音を用いた。しかし、この場合でも、一応音階を演奏する以上、ある種の音楽的印象は伴うものと考えられる。

そこで、本実験ではもの音および単音のみを吹鳴するトランペットなどを音源として用い、音楽的印象をできるかぎり少なくして、再度従来得られた3因子が、これらの音源においても認められるか否か検討することにした。

方法

音源 馬の走る音、小鳥のさえずり、矢

を射る音、ホラ貝、電子音(高音)、電子音(低音)(以上ユロムビアレコード効果音ライブラリーより録音)、トランペット(有響室内でトランペット奏者が吹奏したもの、G音単音)、トランペット(無響室内で、未経験者が吹奏したもの、かすれたかん高い音)の計9種類。

表現語尺度　実験9と同様の15本の表現語尺度(第5-26表)。

呈示条件　各音源はテープをループにしたものに録音した。ループの1サイクルは約7秒間で、Sは1サイクルの間に1本の尺度について評定を行なった。なお実験に先立って、練習試行を3回行なった。

被験者　阪大教養部学生男女70名、実験9と同一のSである。

実験室　阪大教養部講室を使用。

結果と考察

15本の尺度間の相互相関係数を求め、つ

	I	II	III	IV	V	h^2
	快的	迫力	金属性	——	——	
1 美しい —— きたない	.884	−.226	.032	.103	−.159	.815
2 澄んだ —— 濁った	.887	−.130	−.248	.104	−.025	.828
3 とけあった —— われた	.731	−.375	.126	.230	.051	.731
4 緻密な —— 粗い	.735	−.423	−.085	.220	−.012	.756
5 迫力のある —— もの足りない	.095	.717	.198	.254	−.153	.642
6 豊かな —— 貧弱な	.416	.526	.292	.210	−.151	.615
7 深みのある —— 金属性の	.136	−.150	.694	−.100	−.127	.517
8 柔い —— かたい	.296	−.488	.439	−.137	.213	.569
9 大きい —— 小さい	−.097	.756	.003	.239	.198	.665
10 太い —— 細い	−.381	.244	.585	.075	.217	.592
11 高い —— 低い	.471	.173	−.589	.051	.204	.630
12 明るい —— 暗い	.731	.261	−.298	−.163	.138	.718
13 好き —— きらい	.799	.052	.212	−.152	−.187	.731
14 鋭い —— にぶい	.595	.198	−.569	.097	.026	.711
15 騒がしい —— くすんだ	.775	.229	−.297	−.076	.171	.757

第5-26表

いで、完全セントロイド法により第5因子までを抽出した。なるべく単純構造になるよう直交回転した結果が、第5-26表である。

第1因子は、"美しい—きたない""澄んだ—濁った""とけあった—われた""敏感な—粗い""明るい—暗い""好き—きらい""華かしい—くすんだ"等に負荷量が高く、快的因子と考えられる。

第2因子は、"迫力のある—もの足りない""大きい—小さい"に負荷量の高い、迫力因子、第3因子は、"深みのある—金属性の""太い—細い""高い—低い""鋭い—鈍い"に負荷量の高い金属性因子と思われる。

第4因子以下は誤差因子と考えられる。

さて、本実験においては、メロディー、テンポ、協和感等の音楽的印象の少ないと思われるしの音を音源として使用して実験を行なったが、やはり、快的、迫力、金属性の3因子が得られた。

従って、これらの因子は必ずしも音楽的印象を意味するとはいえないようである。

また、実験4～5において、再生系の物理特性を変化させる実験を行なった。この場合、同一の原音源についていうならば、再生系の変化に伴って、音楽性はそのまゝで、音色のみ変化することになる。この変化は、表現語尺度値の変化として、統計的規則的にとらえられていた。

従って、各表現語尺度は、音色の変化を測定していたものと思われる。

第6章

考察

第1節 Semantic Differentialを用いた他の諸研究との比較

Semantic Differential（SD法）において、因子の不変性の確認が、もっとも重要な段階であることは、既に第4章で論じた通りである。この不変性の確認は、因子構造に影響を与えると思われる諸要因を変化させて、その変化にもかかわらず、同一の因子が常に抽出されるか否かの検討を通じて行なわれる（Osgood 1962）。

われわれが、この因子の不変性の確認のために行なった一連の実験を第5章で紹介した。そこでは種々の要因を変化させた実験を行なったが、常に3つの因子が抽出された。すなわち快的、迫力、全展性と名付けた3因子である。実験2、3においては、柔らかさと名付けた因子が見出されたが、他の実験においては抽出されず、不変の因子とはいえないようである。そこで、

では一応、快的、迫力、金属性の3因子について その意味を考察し、さらにSD法を用いて行なわれた他の諸研究の結果と比較したいと思う。

さて、われわれの得た快的因子の代表尺度は、"美しい—きたない"であるが、さらに"澄んだ—濁った"、"バランスのとれた—バランスのくずれた"、"とけあった—われた"、"うるおいのある—カサカサした"、"せん細な—粗い"、"すっきりした—くすんだ"等もこの因子に負荷量が高く快的因子の内容を示している。さらに実験6、7、8において、"美しい—きたない"と、"音色がよい—音色が悪い"の両尺度が布置的にも数値的にも同一の因子型に属していることがわかった。以上の点から、この因子は音色の美しさ、よさに関する因子と解釈できよう。

もっとも、快的因子に属する上記の諸尺度の中には、若干金属性あるいは迫力因子

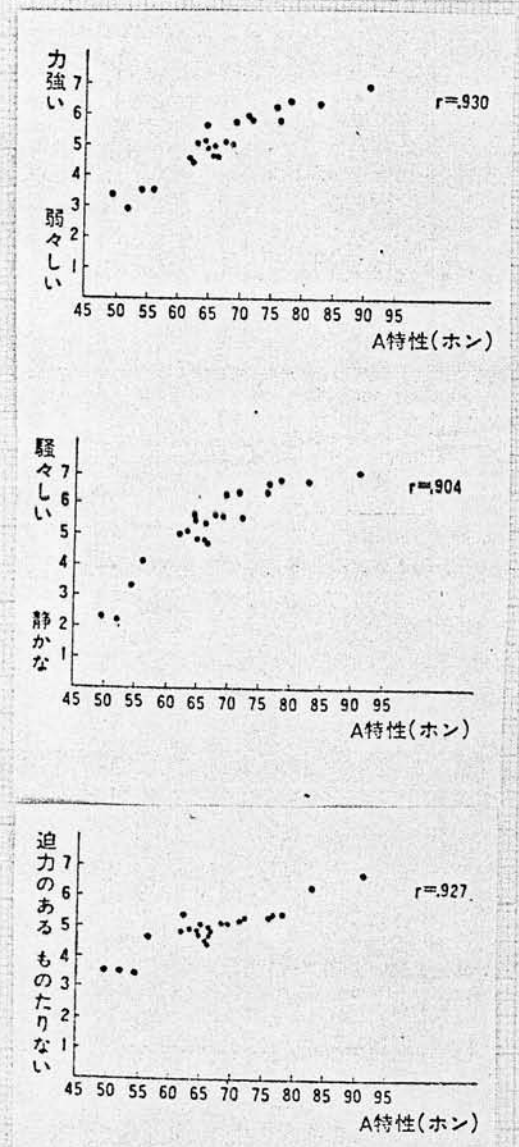
に負荷量をもつ場合があって、各尺度毎に微妙なニュアンスの相違を示している。しかし、全実験を通じて状的因子に属する諸尺度の因子構造は比較的安定していて、概念、被験者の変化による因子構造の変動の少い因子といえよう。完全セントロイド法を用いて因子分析した場合、状的因子の分散が常に最大となり、感得の側面からみた音色の印象のかなり大きい部分をこの因子が規定しているといえよう。

次に、この因子に属する尺度の尺度値と物理量との関係をみてみると、純音が少く（実験6）、歪みの少い場合（実験7）に尺度値は高くなる。また、周波数帯域幅（実験5）の実験においては、高音と低音の遮断周波数のバランスのとれた時に尺度値が高くなる。また音圧レベルとの関係をみると（実験3）過度に大きい音も、小さい音も尺度値は低く、適意な大きさ（60～70dB）の時に、尺度値は高くなる。このよう

に、物理量と対応づけてみても、この因子が音のよさ、快さに関するものであることが、理解できるのである。

次に、迫力因子について考察してみる。迫力因子を代表する尺度としては、"迫力のある－しの足りない"があげられるが、他にも"豊かな－貧弱な"、"大きい－小さい"等の尺度もこの因子に負荷量が高く、迫力因子が音の大きさに関する因子であることを示唆している。このことは、尺度値と物理量との対応関係を検討することによっても知ることができる。たとえば、実験3、実験5をみてもわかるように、音圧レベルと"迫力のある－しの足りない"の尺度間には、ほぼ単調増加の関係があり、レベルが上がると迫力も増すことがわかる。

第6-1図は本研究の応用として船舶騒音の測定に適用した例であるが、騒音レベルと迫力因子に属する諸尺度の間に明瞭な対


力強い
弱々しい
r=.930
A特性(ホン)
騒々しい
静かな
r=.904
A特性(ホン)
迫力のあるものたりない
r=.927
A特性(ホン)
45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
1 2 3 4 5 6 7

第6-1図

応関係がみられる（真辺、難波、吉川、黒田、松本、吉田 1968）。このように、この因子は、刺激の強度に関連していることがわかる。

次に金属性因子について考察してみたい。この因子を特徴づける尺度としては、"金属性の一深みのある"、"かん高い一落ちついた"等があり、音の高さと関連をもつ因子であることが推察できる。

この因子に属する尺度の尺度値と物理量とを対応づけてみると、たとえば、実験5において周波数帯域を切断する時、低域を切って高域を残すと金属性の尺度値が高くなり、逆に高域を切って低域を残すと深みをます。また実験3において、口径の小さいスピーカーほど、金属性の尺度値は高い傾向を示す（口径の小さいスピーカーほど、相対的に高音部が強い）。このように、金属性因子は音の高さの変化に伴う印象を示す因子と思われる。

ここで、これら3因子と他のSD法を用いた諸研究の結果とを比較してみたい。まず最初にSD法を提唱したOsgoodら（1957, 1962）の結果と比較してみよう。彼等は言語を概念として用いた諸研究において、次の3因子を不変の因子として抽出している。第1が評価（evaluative）因子で、"良い－悪い"、"快－不快"、"美しい－みにくい"等の尺度によって特徴づけられる。第2が力量（potency）因子で、"強い－弱い"、"重い－軽い"、"やわらかい－かたい"などの尺度によって特徴づけられる。第3は活動性（activity）因子で、"はやい－おそい"、"積極的－消極的"、"興奮した－沈静した"などの尺度によって特徴づけられる。

これとわれわれの音色の3因子を比較してみると、評価因子と快的因子が、力量因子と迫力因子が対応するものと思われる。金属性因子は音の高さと関連をもつ因子で

、したがって音特有の因子と考えられ、特にOsgoodの因子と対応しない。

次にOsgoodと同様の方法で、日本語について行なった相守、山本、西村、鉈戸（1961）の研究においては、セントロイド因子としてはOsgoodと同様の3因子を抽出した。しかし、これをバリマックス回転したところ、論理的評価（moral correctness）、感性的評価（sensory pleasure）、力動性（dynamism）、大きさ（magnitude）の4因子が抽出された。なおこのバリマックス回転と因子の命名はOsgoodが行なっている。

このバリマックス因子の感性的評価が、音色の快的因子に該当し、力動性因子がほぼ迫力因子に対応するものと思われる。なお力動性因子は、"強い—弱い"、"はやい—おそい"、"活動的—不活発な"等の尺度によって特徴づけられている。この場合も、音色の金属性因子に該当する因子は

見あたらない。

次に感覚的領域にSD法を適用した例を上げ、我々の音色の3因子と比較検討してみる。

Solomon, L.M. (1958) が、sonar受信音を対象として行なった研究でも、評価、力量、活動性の3因子が抽出されたが、各因子の分離は言語の場合ほど明瞭ではない。彼の評価因子と音色の快的因子とが対応し、彼の力量因子と音色の迫力因子がほぼ該当するものと思われるが、Solomonの研究において、"大きい－小さい (loud－soft)"、"迫力ある－弱い (powerful－weak)" など当然力量因子に含まれると思われる尺度が、複合型となって3因子にそれぞれ共通して負荷をもっている。彼の第3因子は、活動性と名づけられているが、それを代表する尺度に"明瞭な－ぼんやりした (clear－hazy)"、"鋭い－鈍い (sharp－dull)"、"かたい－ゆるんだ (

tight loose)"などが含まれ、音の太さと関連する因子のように思われる。したがって、この因子はわれわれの全感性因子と類似した性格を持っているように思える。

次に色彩を概念として取り上げた研究を見てみよう。まず単色については、大山、田中、千葉(1962)らの13種の有彩色と3種の無彩色を概念とし、日米両国の学生を被験者として用い、cross-cultural な検討を行なった実験がある。彼等は、バリマックス因子として、活動性、評価、力量の3因子を得、同時に日米間に一致した因子構造のあることを確認している。評価因子と快的因子、力量因子と迫力因子の対応が、こ、でもみられるのは興味あることであるが、本研究の場合には、活動性因子が第1因子として、最大の分散を持つ点にも興味がひかれる。というのは、Tuckerの絵画を概念として用いた実験においても、やは

り活動性因子の分散が最大だからである（Osgood et al 1957より引用）。従って色彩の世界が、他の概念と異なった構造を持つのではないかと想像されるからである。

しかし、神作（1963）の2色配色の研究をみると、オ1因子が評価（気持のよさ）の因子でその分散が一番大きく、次いで、オ2因子が活動性（明るさ）、オ3因子が力量そしてオ4因子として暖かさの因子を抽出している。神作の実験においては、従来のSD法の結果と同様評価因子が最大の分散をもっているが、必ずしも色彩を概念として用いた場合に、活動性因子の分散が最大になるとは限らないことを示している。一方色彩独自の因子として、暖かさ因子が抽出されているのは注目に値する。

われわれが納谷らと共に行なった3色配色の研究（納谷、難波他1968）においても、4つの因子を得た（オ6-1表）。オ1が、"美しい—きたない"、"調和—不調和

第6-1表

		快さ	目立ち	はなやかさ	暖さ	h^2
美しい	汚ない	.85	−.00	−.17	−.09	.75
調和	不調和	.84	−.15	.08	.07	.74
洗練された	やぼったい	.82	.03	−.03	−.13	.70
すっきり	もっさり	.81	.13	−.09	−.26	.75
快適な	不快な	.81	−.01	−.18	−.10	.69
バランスのとれた	アンバランスな	.80	−.21	.04	−.11	.70
まとまった	バラバラな	.79	−.29	.08	.09	.72
上品な	下品な	.78	−.32	.05	−.06	.72
清らかな	不潔な	.76	−.11	−.12	−.28	.69
澄んだ	濁った	.67	.21	−.25	−.38	.70
新鮮な	古くさい	.59	.31	−.39	−.23	.65
あっさり	こってり	.58	−.26	−.15	−.53	.71
おちついた	うわついた	.52	−.43	.48	.00	.68
強い	弱い	.00	.77	.23	.16	.67
目立った	目立たない	.09	.74	−.19	.06	.59
どぎつい	おとなしい	−.47	.66	−.04	.20	.70
はっきり	ぼんやり	.37	.65	−.06	−.11	.58
変った	平凡な	−.24	.65	−.07	−.03	.48
情熱的な	おだやかな	−.28	.61	−.20	.26	.56
奇抜な	無難な	−.48	.61	−.11	−.00	.62
派手な	地味な	−.07	.60	−.54	.20	.70
動的な	静的な	−.10	.59	−.33	.25	.53
異国的な	日本的な	−.19	.51	−.17	.00	.33
現代的な	古典的な	.23	.47	−.37	−.02	.41
重い	軽い	−.18	−.10	+.73	.28	.66
秋らしい	春らしい	−.11	−.06	.68	−.12	.49
暗い	明るい	−.37	−.27	.68	.04	.68
しぶい	はなやかな	.04	−.48	.66	−.12	.69
陰気な	陽気な	−.32	−.36	.63	−.23	.69
深みのある	浅い	.41	−.12	.57	.28	.59
男性的	女性的	−.06	.18	.57	−.22	.41
大人っぽい	子供っぽい	.21	−.18	.57	−.06	.40
年寄じみた	若々しい	−.42	−.42	.55	.07	.67
かたい	やわらかい	−.28	.36	.52	−.28	.55
さびしい	にぎやかな	.15	−.43	.46	−.45	.62
暖かい	涼しい	−.03	.05	−.29	.76	.66
暑苦しい	寒々とした	−.24	.21	−.11	.73	.64
濃厚な	清素な	−.54	.27	.13	+.56	.70

”、“快適な―不快な”等に負荷量の高い快さ（評価）の因子、オ2が“強い―弱い”、“目立った―目立たない”、“どぎつい―おとなしい”等に負荷量の高い目立ち（力量）因子、オ3が“軽い―重い”、“明るい―暗い”、“はなやかな―しぶい”等に負荷量の高い、はなやかさ（活動性）の因子、オ4が“暖かい―涼しい”、“暑苦しい―寒々とした”等に負荷量の高い暖かさの因子を得た。本結果も神作と同様、評価因子が一番大きい分散を得ているが、色彩独自の因子として、暖かさ因子を得ている。このように、2色と3色の相異こそあれ、共に配色感について分析を行なえば、両者の研究の間に同様の因子が抽出できたこと、その中に色彩独自の因子として暖かさの因子が得られたことは、大変興味深い。

次に嗅覚について行なわれた研究についてみてみよう。吉田（1964）は、44種の試

料に対し25の尺度を用いて実験を行ない、3つの因子を得ている。オ1因子は、"さわやか—暑苦しい"、"気持悪い—気持よい"、"きたない—きれい"等に負荷量の高い感性的評価。オ2因子は、"はっきり—ぼんやり"、"柔らかい—かたい"等に負荷量が高く、吉田はharshness(粗さ)の因子と名付けているが、Osgoodの因子とあえて対応づけるなら、活動性の因子といえないことはない。オ3因子は"強い—弱い"、"雄大な—ちっぽけな"、"はげしい—おだやかな"等に負荷量が高く、intensityないしvividnessの因子と名付けられているが、Osgoodの因子と対応づけを試みるなら、力量因子ということになろう。

もっとも吉田の結果は、嗅覚という未分化な対象を取り上げたためか、各因子の分離は余りよくない。純粋尺度が少く、因子の解析が難しいようである。

こ、で、種々の概念（言語、音、色彩、有香物質）について行なわれたSD法の結果を通覧してみたい。そこでまず気づくことは評価因子と力量因子が常に得られていることである。

評価因子は、実験によっては、気持のよさの因子、感情的評価の因子、快さの因子、快的因子等名付けられその内容も相互に成分が異なるが、共通の傾向として、快－不快の感情の方向と密接な関係をもつ因子のように思える。この快－不快の次元が得られたことこそ、SD法が正に感得の側面を測定している証拠とも考えられるのである。すなわち、快－不快の次元は、刺激が何であるかを示すものではなく、その刺激が主体にいかに感じられたかにかかわるものだからである。

そこに、概念の種類を越えて、同様の因子が抽出された理由があると考えられるのである。すなわちSD法でとらえている側

面が共感覚的水準に根ざすものであるからこそ、その水準における一般性、換言すれば様相を越えた法則の普遍性が、結果に反映し、かくて様相の相違を越えて同様の因子が抽出されたと考えられるのである。

次に力量因子に関しては、大きさ因子、目立ちの因子、intensityの因子、迫力因子等名付けられているが、いずれも刺激がいかなる強さで受容されたかの側面を示しているといえよう。この強さに関しては、古来、諸家が感覚に共通の属性の一つとしてあげているところである。

たとえば、Wundtは強さと質を、Kulpeは性質、強さ、持続を、Wattは質、強さ、組織的順序、拡がり、時間的順序、持続というように、共通の属性として質と共に強さをあげている。およそ感覚が生じるためには、刺激にある水準以上の強度が必要であることを考える時、強さが共通の属性に含まれることはむしろ当然といえよう。

ただ、SD法でとらえているのは、刺激の強度そのものではなくて、刺激が主体に受容された時、いかなる強さの印象を与えたかに関するものといえよう。主体にどれだけの強さ、はげしさで感得されたかという意味を明瞭にするため、われわれは、この因子に迫力因子という名を与えたのである。

以上述べてきたように、われわれが得た音色の3因子のうち2因子までが、他と共通の因子であった。残る全原性因子は音色に独自な因子と考えられる。この独自な因子が得られたことについて、われわれは次のごとく考える。

すなわちSD法は共感覚の研究を背景とするが、SD法でとらえるのは共感覚現象そのものではない。また自己の状態性そのものの記述でもない。無論、刺激そのものの記述でないことはいうまでもない。

こ、でとらえられているのは、刺激に対

する主体の仕かけ、受けとり方に関連し、刺激と主体との相互作用の体験にかかわるものともいえるのである。甘い音という時、音が甘いのでもなく、自己が甘いのでもない。音が自己に甘く感じられるのである。この体験においては主体と客体が完全に未分化というのでもなく、鋭く分化したというのでもない。主体を通じて、客体を把握しているという体験なのである。

したがって、ここでは共感覚的水準における一般性のみならず、刺激次元の独自性もまた発揮できる余地があるのではなかろうか。そこに色彩における暖かさ、音色における金属性因子のごとき、各様相、概念に独自な因子の抽出を許すゆえんがあるように考える。

またこのことがわれわれの得た因子が音色の因子ではなくて、感情の因子ではないかという疑問に対する1つの答えともなる。もしわれわれの得た因子が自己の状態性

のみに関する因子であるなら、音の高さに対応する音独自の因子は抽出されず、対象、様相の区別を越えた一般性をもった因子のみ抽出されたであろう。

さらに先にも述べたように、全感性因子のみならず、状的、迫力因子においても刺激の物理特性の変化に応じて、系統的変化がみられた。このように、音独自の因子が見出されたこと、刺激の変化に応じて、各因子が系統的な変化を示すことは、これらの因子が純粋に感情の因子ではなく、感覚の側面をもとらえているといえよう。

もっとも感得の側面からみる時、感情と感覚の区別は難しく、また感情がいかなる体験にも普遍的に存在することを考えれば、その区別は本質的に不可能かも知れない。こ、では、われわれの求めた因子が単に外部条件の変化とは無関係な主体の状態を示す因子ではなく、音刺激の変化に応じて系統的に変化する次元を示す因子であるこ

とを述べておくにとどめる。

そして、この系統的変化が存在するということと、本研究に用いられた音色表現語尺度が、両極の心理学的連続体を構成しうるものであるということから、これらの因子を代表する尺度をもって第3章で主張した属性の条件にかなうものと考えたい。そして、属性のもう1つの条件、すなわち独自性に関しては、本章第2節で検討したい。

そこで、これらの諸条件が満たされるならば、われわれの見出した不変の3因子を代表する尺度をもって、音色の属性と認めてよいものと思われる。

第2節　概念、尺度、被験者の因子構造におよぼす影響

われわれは、音色に関する実験において、因子分析の結果に影響を与える要因である概念、尺度、被験者の変化にもかかわらず、常に同様の3因子を得た。すなわち、快的、迫力、金属性と名づけた3因子である。

しかし、このことはすべての実験を通じて各尺度が全く同一の因子負荷量をもったということではない。この意味でわれわれが得たのは尺度の布置（configuration）の不変性であって、因子負荷量の不変性ではない。すなわち尺度間の不変性を得たというわけではない。この問題について、各要因ごとに考察してみたい。

まず最初に、因子構造にもっとも大きな影響を与えるといわれる概念（音源）に関し、検討してみよう。

われわれは、すべての実験において異なる音源を用いているが、(実験3、4、5は同じ原音源を採用したが、伝送再生系の特性が異なる)、同時に天度、被験者のいずれか一方もしくは両方の条件を異にする場合が多い。したがって、純粋に概念の影響のみを知る機会は少ない。このことは、天度および被験者の影響についても同様である。

実験6の場合、天度、被験者は全く同一で、音源のみを長時間音源(30秒)と短時間音源(5秒)とを用いて実験を行ない、音源別に独立に因子分析を行なっている。この場合、概念が異なるにもかかわらず、布置的にも、数値的にも非常に類似した因子構造が得られている。

ところが、実験9(楽器音)、実験10(もの音)の場合も、天度、被験者は全く同一で音源のみをかえて独立に因子分析を行なっているが、両者の因子構造の間にかな

りの不一致がみられる。たとえば、実験10において状的因子に属する諸尺度は全属性因子に高い負荷量を持たないが、実験9において状的因子に属する諸尺度は、同時に全属性因子にも高い負荷量を持っている。

このように、概念を異にしても因子構造が不変に保たれる場合と、概念を異にすれば因子構造が変化する場合とが存在することになる。この理由として、実験6に用いた短時間音源はすべて長時間音源から部分的に抽出したものであって、両者の評定値の間に高い相関のみられる場合が多かった。一方、実験9、10に用いた音源は、楽器音ともの音であって両者の間の類似性は低いものと思われる。

このようにみると、やはり同じ音色の因子であっても、概念が異なると因子構造も異なるようである。もっともこの場合の相違は因子間の関係の相違であって、異なる因子が抽出されるという意味ではない。す

なわち、われわれの行なったすべての実験において、快的、迫力、全展性の3因子が常に抽出されているが、しかし因子間の関係は常に同じとはいえないことを意味する。この問題は、先に述べたいわば尺度間の関係の不変性にかかわる問題であって、たとえ各因子を代表する尺度を用いた実験（SD法の第2段階に該当する）においても因子分析を行なうべき必要性を示唆している。

次に尺度の影響について検討したいが、概念、被験者が同一で尺度のみ変化させた実験は行なっていないので、十分な検討は困難である。しかし尺度が原因で因子構造に変化が生じるのは、測定対象の特性をとらえる尺度が用意されていない場合である。たとえば、対象の大きさが変化しているのに、大きさの変化をとらえる尺度が用意されていない場合、大きさの因子は抽出されない。

本研究の場合、実験1、実験2において多数の表現語尺度を用いた実験を行ない、かつ実験結果から推計学的手法を援用して、両極尺度の構成、代表尺度の選定を行なっている。従来のSD法の実験において、両極尺度の選定や、最初に用いる表現語の選択がもっぱら研究者の主観もしくは辞書等の文献に頼っているのと比べると、われわれのとった方法の方が、尺度の選択に関して偏りは少いものと思われる。

また実験3以下を実施する際に、用いた音源の特性を表現すると思われる尺度を随時追加したが、常に不要の3因子が抽出され、新たに追加した尺度が独自の因子を構成するということはなかった。したがって、尺度の代表的サンプリング (representative sampling) の不十分さから、個々の実験に用いられた概念に潜在的に存在していたかも知れない新しい個有の音色因子を見落していたという可能性は低いものと思

われる。

概念、被験者が同一で、各因子を代表するよう尺度が選択された場合、因子の不変性は確認されるが、しかし代表する尺度の数や種類を変えた場合には、因子の数値的不変性は保たれない。因子分析のもとになる尺度間相互相関係数の行列の大きさ、あるいは要素の値が変わるからである。

第6-2表は、実験7において、同一の実験データから15本の尺度全部についてと、そのうち10本の尺度のみについて、それぞれ独立に因子分析した結果である。両者とも同様に、状的、迫力、全属性の3因子が抽出されているが、両者は数値的に同じというわけではない。この例など、尺度の数以外は全く同一の条件であるにもかかわらず、因子負荷量の上からみれば、2つの因子分析の結果は全く同一というわけではない。

因子の不変性と、因子負荷量の不変性ひ

第6－2表

	15尺度の結果			10尺度の結果		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
	快的	迫力	金属性	快的	迫力	金属性
澄んだ－濁った	.901	.047	−.066	.863	.008	.251
豊かな－貧弱な	.203	−.861	.047	.159	−.858	.038
きれいな－きたない	.924	−.024	−.137			
柔らかい－かたい	.313	−.141	−.711	.503	.193	−.500
落ちついた－かん高い	.309	−.004	−.845	.551	.049	−.691
とけあった－われた	.868	−.044	−.301	.920	−.040	−.011
深みのある－金属性の	.239	−.219	−.796	.471	−.128	−.650
迫力のある－もの足りない	.172	−.844	.134	.102	−.858	.106
美しい－きたない	.915	−.044	−.158	.908	−.071	.148
鋭い－鈍い	.556	−.194	.629	.304	−.244	.715
明るい－暗い	.729	−.135	.456	.517	−.227	.613
太い－細い	−.294	−.753	−.220			
緻密な－粗い	.857	.075	−.043			
大きい－小さい	−.094	−.866	.142			
高い－低い	.397	−.211	.729			

いては尺度の不変性とは区別すべきであろう。

次に被験者の影響について検討してみよう。実験1から実験10まで、被験者は一部重複するが、全く同じ構成メンバーで行なった実験は、実験9、10を除いてない。にもかかわらず、一応不変の3因子が抽出されている。

しかし実験1の補遺にもみられるように、同一の概念、尺度群を用いた実験データを被験者のグループ別（音響技術者、心理学専攻学生、一般人）に分析すると、3グループとも、快的、迫力、全底性の3因子を得たが、音響技術者の因子構造は、他の2グループのそれと異なっていた。すなわち、前者においては、迫力因子に属する尺度は快的因子にも高い負荷量を持ち、大きい音が快よい音として感じられるという音響技術者によくある傾向を示していた。一方、後者においては、迫力因子と快的因子

の分離は明瞭であった。このように同一概念、尺度群に対して被験者群別に因子分析を行なった場合、同様の因子が抽出されるという意味での因子の不変性は保たれるが、因子負荷量の不変性まで保たれるというわけではない。

従来のSD法における因子の不変性に関する諸研究において、1変数（たとえば概念）だけを可変とし、他の変数（たとえば尺度と被験者）を一定に保って、ある変数の影響を組織的に検討したという研究はない。Osgoodらのcross-culturalな研究においても、この事情は同じである。さらにOsgoodらのいう意味体系の普遍性（generality）は、文化を異にしても同様の因子が抽出されたといういみで、あくまで因子の布置の不変性の確認であって、因子負荷量まで同一の結果を得たというわけではない。もちろん尺度の不変性という意味ではなく、同じ尺度が分析によって異なる因子

に属するということがありうる。われわれの研究においても、実験1と実験2の分析結果を比較してこの問題の検討を行なったが、たとえば、"鋭い"は実験1では迫力因子に属したが、実験2では全属性に、"深みのある"は状況から全属性因子へと変わっている。

この因子の不変性が必ずしも尺度の不変性を意味しないという問題は、SD法の第2段階において、音源を音色空間の1点として測定する上に、どのような関連をもつのであろうか。

まず、本研究において、概念、尺度、被験者の変化にもかかわらず、常に不変の3因子が抽出されたということは、今後、概念(音源)を測定する際には、これら3因子を代表する数本の尺度のみでよいということを保証する。音源に存在しているかも知れない、新しい個有な音色因子を見逃さないために、その音源を特によく表現する

と思われる尺度を追加しておくことは必要かも知れない。それにしても、全体で十数本の尺度で音色の測定が可能となるのである。

実験1では138本の尺度から出発し、実験2では64の尺度について因子分析を行なった。このような多数の尺度について実験を行なうことは、長時間の実験時間を必要とし、被験者に多大の負担をかけることになる。またぼう大なデータ量のため、実験者にとっても、その処理に非常な労力をかけることになる。実験1を実施してから実験2を実施するまでに、丁度1年の期間を必要とした。また尺度数が多いと、多数の音源について、組織的な実験を行なうことが不可能となる。しかし、尺度数が十数本程度であれば、多数の音源について実験が可能となる。実験1では19音源、実験2では20音源であったのが、実験3が60音源、実験5が105音源、実験8が106音源と多

数の音源を測定することができるようなったのは、実験1、2の結果から尺度数を減らすことが可能となったからである。

因子の不変性が確認されて、少数の代表尺度で音色の測定が可能だということが、保証されれば、その後の研究は飛躍的に能率的に進めることができる。それだけ多くの対象、問題にとりくむことが可能となるからである。この意味で因子の不変性の確認のもつ意味は大きい。

しかし、一方、われわれの一連の実験において尺度の不変性は確認されていない。それどころか、概念、尺度、被験者の変化に応じて組織的に変化することが予想されるのである。この変化の法則性の追求というのは将来に残された興味あるテーマであるが、測定論的にみれば厄介な問題を残したともいえる。

すなわち尺度の不変性が成立しておれば、各因子を代表する数本の尺度の中央値も

(20×20)

しくは平均値をもって、その因子の代表値とみなし、各因子を直交次元として構成される意味空間の一点として対象を位置づけることができる。この点の各次元に対する座標にこの代表値が該当する。そして対象間の差異は、意味空間内の点間の距離として、第4章で説明したOsgoodのDによって表現できる。このDはピタゴラスの定理に基づき直交次元の場合のみ成立する。

従って、各因子を代表する尺度が、相互に常に独立であれば、上記の条件は満たされる。ところが、実験条件によって、尺度間の関係が変化し、たとえば、快的因子を代表するとされている尺度と、全展性因子を代表するとされている尺度の間に、独立の関係がみられない時（たとえば実験9の場合）、この尺度によって代表される因子、ひいては次元は互いに斜交し、Dの式は成立しなくなる。この場合、斜交次元間の角度を考慮に入れて、点間の距離を求めね

ばならない。たとえば、2次元の場合、次元A、B間の角度をθ、点iおよびj間の直線距離をDij、次元A上での点i、j間の距離Aij、次元B上での点i、j間の距離をBijとすると、三角函数の性質により Dijは次式となる。

$$D_{ij} = \sqrt{A_{ij}^2 + B_{ij}^2 - 2A_{ij}B_{ij}\cos\theta}$$

いうまでもないことであるが、直交次元の場合には、上式の $-2A_{ij}B_{ij}\cos\theta$ の項がいらない。

したがって、常に同様の因子が抽出されるという意味で、因子の不変性が確認されても、尺度の不変性、特に直交性の確認が行なわれない以上、いきなりDを求めることは危険であろう。

従来、SD法の第2段階すなわち対象を意味空間の点として位置づける測定を行なう際には、因子分析を行なわないのが一般であるが、しかし、第1段階で行なった因

子分析と全く同一の関係が、第2段階で用いた代表尺度間に成立しているという保証はない以上、第2段階においても再度因子分析を行ない、尺度間にいかなる関係があるか確認する必要がある。

先にも述べたように、因子の不変性の確認は、これら因子を代表する少数の尺度のみで、測定を行なってよいことを保証する。この意味で、その後の研究に寄与するところが大きい。しかし、因子の不変性は必ずしも代表尺度の不変性を意味しない。したがって、代表尺度を用いた実験においても、必ず因子分析を用いて、尺度間相互の関係を検討することの必要性を強調しておきたい。その上このように第2段階においても実験毎に因子分析を反復して行なうことは、この段階においても因子の不変性の確認および新しい因子の発見の可能性という機会を見逃さないことになる。毎回、因子分析を行なうことは、煩瑣であるが、そ

の労を厭うてはならないであろう。

そして、この因子分析の結果、各因子毎に純粋尺度が得られれば、それらの尺度を用いて、音源を音色空間内に位置づければよかろう。この場合、これら純粋尺度は、相互に独立であるから、独自性をもつことになる。

本章オ1節で述べた"心理学的連続体""系統的変化"の条件に加えて、この独自性の条件が満たされる時、はじめてこれらの尺度は原性として認められることになる。すなわち因子分析の結果をまって始めて相互に独自な原性が見出されると考えるのである

なお、直交する次元について純粋尺度が見出されない時、斜交する次元を代表する尺度をもって、原性と考えることにする。ただし、斜交する次元間の相関は有意でないものとする。またこの場合、音色空間内への位置づけに関しては、次元間の角度θ

について考慮する必要のあることはいうまでもない。

さて、われわれは、音色に関し、特定の尺度をもって属性と指定しないことにする。そして、こゝでは音色の不変の3因子である快的、迫力、金属性の3因子を代表する尺度をもって、音色の属性とすると定義しておきたい。

何故なら、尺度の独自性は概念、被験者の変化を越えて保証されるものではなく、因子分析の結果をまって始めて確認されるものだからである。

理想的に因子負荷量の不変性が確認されれば、今後の音色の実験は、3因子を代表する3本の尺度のみでよいことになる。そしてこの尺度を音色の属性として定義することができる。しかし、布置の不変性は認められたが因子負荷量の不変性は認められず、各実験毎に因子分析の結果をまって、属性の決定をせねばならなくなった。そこ

で実験に用いる尺度は、実験3以下に示した10数本の尺度を常に用意する必要がある。だがこの程度の尺度数であれば、多様な条件について、未経験な被験者を用いた場合でも十分実験可能であることを、附記しておきたい。

第 7 章

総括と結論

本論文の目的は、認知の側面からではなく、感得の側面からみた音色の次元を明らかにすることである。以下本論文の内容を要約しつつ、この立場について説明しよう。

まずわれわれの基本的立場を第1章において明らかにした。すなわち、知覚には認知と感得の2つの側面があること、そして従来の聴覚に関する研究は主として、この認知の側面から精神物理学的に行なわれてきたことを説明した。精神物理学的研究においては、必ず刺激の物理的性質と対応づけて知覚をとらえる。音色に関しても、音色を規定する刺激の物理的性質と対応づけて研究がなされてきた。

しかし一方、かって実験現象学がなしたように、刺激の物理的性質に一義的に頼らずに現象として音色をあるがまゝに記述し

、現象を規定する諸条件を見出していくという方法も考えられる。

われわれとしては、この後者の方向に共感を感じるのである。というのは、われわれの知覚は単に物理的条件のみの関数ではなく、他の多くの心理学的条件によっても支配されるから、まず心理現象としての音色をとらえ、それからそれを規定する諸条件を追求していくという方向が正しいのではないかと考えるからである。

この方向から研究を進めるに当って、音のいかなる現象的性質を音色というのか、その定義についてまず考えてみる必要がある。

Helmholtzは音色を"区別する特性"として定義した。確かにわれわれは音色の相違によって、あれはピアノの音だ、バイオリンの音だというように音源を認知し、弁別することができる。彼のこの定義は音色の認知の側面に関するものと言えよう。

一方、感得の側面、すなわち音がいかに感じられたかの側面から音をみることもできよう。この音から受ける印象を言語的に記述するならば、鋭い音、柔らかい音、冷たい音、涼しい音、豊かな音、澄んだ音というように表現することができる。この表現には音源の名称は関与しないし、音源が音声である場合、その音声が伝達する言語的意味も含まれていない。このように音を媒体として伝達される意味（言語的意味、音楽的内容、音源の名称等）を離れて、音そのものが主体に与える印象、換言すれば現象的性質をもって、音色と定義したい。

このように、感得の側面から音色をみる時、その現象的記述は、鋭い、柔らかい、冷たい、澄んだ等共感覚的表現でなされることに気づくのである。このような共感覚的表現を通じて音色の世界の次元を追求したいというのが、本研究の出発点であった。

しかし、このような観点から行なわれた音色の研究は皆無といってよい。先にも述べたように従来の研究はHelmholtz以来、主として認知の側面から行なわれたものが中心であった。したがって、研究を始めるに当って、従来の研究の成果とその限界について展望をしておく必要がある。これについては第2章において取り上げた。

すなわち、音の物理特性（波形）と音色の関係について始めて組織的に実験的研究を行なったHelmholtzに続いて、原音並びに伝音再生系の物理特性の変化と音色の関係についての今日までに行なわれた諸研究を紹介した。

聴覚の適応刺激が音波である以上、音色が音波の変化に応じて変化することは当然であって、音波と音色の間の対応関係の法則性を見出すことは必要である。しかし、音の大きさや高さの場合と異なり、音色の場合には、それを規定する物理的条件が複

雑で、その条件を自由にコントロールしたり、精密に測定したりすることは困難である。音色を規定する物理的条件の中には、いまだに明確な測定の方法や測度の定まっていないものもある。このような条件下では、精神物理学的測定法の適用が難しく、かつ適用したとしても限られた条件の下に部分的法則を見出せるのみで、到底、音色の世界を包括する理論への発展は困難と思われた。

第2章においては、このように刺激の側から音色に迫ることの困難さについて論じたわけであるが、刺激の物理特性を離れて現象面から音色をとらえる方向を示すものとして属性論を第3章において取り上げた。すなわち、音の分野では属性は要素感覚に不可分に附随するものとしてではなく、われわれが感じるまゝの現象の世界を記述する言葉として取り扱われたことを紹介した。そして属性の基準として古くKülpeの

(20×20)

不可分性、独立可変性の基準があるが、これは恒常仮定を前提とするものであって、自由な現象的記述としての质性には到底成立し難いことを証明した。そしてこれに代わるStevensのj.n.d.の独自性の基準もまた质性を語るのに、対応する物理特性を必要とするという大きな制限をもつことを明らかにした。

われわれは、感じるまゝの現象の世界を記述する言葉としての质性の存在を承認するものであるが、単なる定性的な記述に終わらず、量的測定の可能な水準に高めるには次の3つの条件が必要であることを新たに提案した。

すなわち、第1に质性は心理学的連続体であること、第2に心理学的条件変化に伴って連続体上の値（尺度値）が系統的に変化すること、そして第3に独自性を有することの3条件である。なおこゝでいう独自性の確認は、必ずしも物理的対応物を必要

としない因子分析を活用できることを示唆した。

さて、音色は音の大きさ、高さのような1次元の属性ではなく、多次元の属性と思われる。音色を記述する言葉もまた非常に多数ある。これらの言葉を用いて心理学的連続体を構成し、さらに系統的変化、独自性の条件を満たしたものを音色の属性と考えることとした。

そして、このような音色の属性を見出すための手法として、Osgoodの SD法があることを述べ、第4章において、SD法の理論的背景を紹介し、この方法が共感覚の研究を充実とし、対象のまさに感得の側面をとらえる方法であることを論じた。ついでSD法の具体的手続について説明を行なった。すなわちSD法においては、多数の概念を多数の形容詞尺度を用いて、多数の被験者が評定を行ない、形容詞尺度間の相互相関係数を概念、被験者を反復(n数

)として算出し、この相互相関係数をもとにして因子分析を行なう。そして概念の世界を空間で表現すれば、その空間の基準軸としての因子を見出すのがSD法の目的であることを説明した。さらに得た因子が妥当なものであるためには、概念、尺度、被験者の選定すなわち代表的サンプリングに偏りがないことが大切であること、そして因子を基準軸として、対象の測定を行なうためには因子の不変性が何にも増して重要であることを力説した。すなわちもし不変の因子が発見されれば、それ以前は多数の尺度を用いて測定していた対象の世界を、因子を代表する数本の尺度のみで、測定できることを意味するからである。

そして、SD法でいう概念として音源を、尺度として音色を表現する言葉を用いれば、SD法の手法をそのまゝ用いて、音色の因子を見出すことができることに着目し実験を計画した。すなわち第5章において

、音色の因子構造を分析し、さらにその不変性を確認するために行なった一連の実験を紹介した。実験1は尺度の選定に重点を置いて、実験を計画し、138本の単極尺度を用いて実験を実施し、快的、迫力、金属性の3因子を得た。実験2は音源の選定に重点を置いて入念な予備実験を行ない、得られた20音源を対象に実験を行ない、快的、迫力、金属性の3因子の他に柔らかさ因子を抽出した。そして、これらの因子を代表する10本の尺度を得た。

さて因子構造に影響を与える概念（音源）、尺度、被験者を変化させて因子分析を行ない、これらの要因の変化にもかかわらず、不変の因子が見出されて始めて因子の不変性が確認されたことになる。そこで、音源の物理的条件を変化させて、実験3（音の大きさとスピーカーの口径）、実験5（周波数帯域）、実験6（S/N）、実験7（高調波歪）を行ない、被験者に関しては

実験4（音楽関係者）、実験1補遺（音響技術者、心理学専攻者、一般人別分析）を実施し、快的、迫力、金属性の3因子の不変性を確認した。なお、柔らかさ因子は、実験2、3のみしか見出されず、不変の因子とは認められなかった。

上記の諸実験において、実験毎に尺度を一部入れ替えて、尺度の変化による因子の不変性の確認を行なった。

さらに、実験8（長時間音源と短時間音源の比較）、実験9（楽器音）、実験10（もの音）において、得た因子が音楽性の因子ではなく音色の因子であることの検討を行なった。

以上の諸実験を通じて、快的、迫力、金属性因子の発見と、その不変性の確認および各因子を代表する尺度群の選定を行なった。そしてこれら尺度群と刺激条件との対応関係の検討を行なった。

第6章においては、諸家の行なった言語

および種々の感覚様相に適用されたSD法の研究結果と比較しつつ、われわれの得た音色の3因子について考察を行なった。まず快的因子は音のよさ、美しさに関係し、主体が音からうける快一不快の印象と関連する因子として解釈した。次に、迫力因子は音の大きさに関係し、刺激が主体に受容された時、主体にどれだけの強さ、はげしさで感得されたかを示す因子として解釈を行なった。最後に全感性因子は音の高さに関連する因子として解釈した。

諸家の研究を通覧すると、因子の命名にそう違え、評価因子系の因子と、力量因子系の因子が共通の因子として抽出されていることがわかった。そして快的因子は評価因子と同様の因子であり、迫力因子は力量因子と同様の因子であると解釈できた。

快的および迫力の2因子が、諸様相に共通の因子として見出されたことは、SD法においてとらえているのが感得の側面に換

言すれば共感覚的水準に根ざした体験であることを示唆し、それ故に共感覚的水準における一般性、通様相的法則性が結果に反映し、このような共通の因子が得られたものとの想像を許すのである。

一方、全原性因子のごとき独自の因子が得られたこと、さらにわれわれの得た3因子の各々が、刺激条件の変化に対して系統的変化を示したことから、われわれの得た因子が感情の因子ではないかという疑問に対する解答の1つの手掛りを与えているように思うのである。もっとも感得の側面からみる時、感情と感覚の区別は本質的に不可能といえるかも知れない。しかし少くともわれわれの得た因子が、必ずしも外部条件の変化とは無関係な主体の内的状態を示す因子ではなく、音刺激の変化に応じて系統的に変化する体験の次元を示す因子と結論したのである。

さて、われわれは因子の布置的不変性は

確認できたが、概念、尺度、被験者別に詳細に検討する時、因子の数値的不変性は確保されないことを発見した。もし因子の数値的不変性が確認されておれば、各因子をそれぞれ代表する特定の尺度を決定し、それをもって音色の属性とみなし、音色を測定することができる。何故なら、本実験に用いた統べての尺度は、属性の条件である心理学的連続体と系統的変化の基準を実験的に満たしており、さらに因子の数値的不変性の確認によって、その独自性の条件が満たされれば、先に提案した属性の条件はすべて満たされるからである。

しかし数値的不変性が確認されず、さらに必ずしも因子の直交性も保証されない場合には、特定の尺度をもって、音色の属性とはみなせない。

そこで、各因子を代表する複数の尺度を過去の結果を参考にして選び、さらに概念が異なる毎に、その概念をもっともよく表

現すると思われる尺度を随時追加し、実験毎に因子分析を行ない、その結果得られた純粋尺度をもって原性とみなすことを提案した。また各直交因子について純粋尺度が見出されない時は、斜交因子を代表する尺度をもって、原性とみなすべきことを提案した。この場合には、音色空間上における概念（音源）間の距離を求めるのに、次元間の角度θを考慮に入れる必要のあることを論述した。従来のSD法においては、これらの諸点について考慮が払われていなかった。

以上述べてきたように、われわれは音色の因子を実験的に求め、その解釈を行なった。そしてその布置的不変性を確認し、今後音色の研究を進めるに当って、快的、迫力、金属性の3因子の各々を代表する少数の尺度（たとえば第6-2表に示した尺度）を用いて実験を能率的に行なえることを示した。すなわち、音色の現象的世界を、こ

れら少数の尺度をもって簡潔にかつ量的に測定し、この世界を規定する種々の心理学的条件との対応関係を追求する道を開いたともいえるのである。

この対応関係を規定する法則性の追求および概念、尺度、被験者等の諸要因による因子構造の変化の法則性の追求は、将来に残された興味ある問題といえるだろう。

引　用　文　献

Békésy, G. v. 1960 Experiments in hearing. McGraw-Hill

Boring, E. G. 1950 A History of Experimental Psychology. 2nd ed. N.Y. Appleton-Centory-Crofts.

Chapin, E. K. & Firestone, F. A. 1934 Influence of phase on quality and loudness : the interference of subjective harmonics. J. acoust. Soc. Amer., 5, 173 - 180.

Corso, J. F. 1963 A theoretico-historical of the threshold concept. Psychol. Bull. 60, 356 - 370.

Eagleson, H. V. & Eagleson, O. W. 1947 Identification of musical instruments when heard directly and over a public-adress system. J. acoust. Soc. Amer., 19, 338 - 342.

Eisenberg, P. & H. A. Chinn 1945 Tonal range

and volume level preferences of broardcast listners. J. exp. psychol. 35, 374-392.

Fletcher, H. 1934 Symposium on wire transmission of symphonic music — reports in auditory perspective : basic requirements. Elect. Engng, 53, 9-11.

Fletcher, H. 1942 Hearing, the determining factor for high-fidelity transmission. Proc. Inst. Radio Engr, 30, 266-277.

Fletcher, H. 1953 Speech and Hearing in Communication. 2nd Ed. New York: Van Nostrand, Pp. 480.

Fletcher, H. & Munson, W. A. 1933 Loudness, its definition, measurement, and calculation. J. acoust. Soc. Amer., 22, 89-151.

Guilford, J. P. 1954 Psychometric Methods. N. Y. McGraw-Hill 〔邦訳 秋重義治 監訳 1959 精神測定法 培風館〕

Halverson, H. M. 1924 Tonal volume as a function

of intensity. Amer. J. Psychol., 35, 360-367.

Harriman, P. L. 1947 The New Dictionary of Psychology Philosophical library New York

Helmholtz, H. v. 1863 Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik Braunschweig: Vieweg; [4th Ed., 1877] (On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music. Trs. by Ellis, A. J. Dover 1954)

Helson, H. 1964 Adaptation-level theory N. Y. Harper & Row

柿崎祐一 1963 感覚尺度の構成手続に関する心理学的基本問題. 電気関係学会関西支部連合大会講演論文集 383-384.

神作順子 1963 色彩感情の分析的研究 — 2色配色の場合 — 心研. 34. 1—12

Karwoski, T. F. & Odbert, H. S. 1938 "Color-Music" Psychol. Monogr., 50, No. 2.

北村音壹，難波精一郎　1959　電車車内騒音の許容値．電気関係3学会関西支部共同研究会第2分科会資料　1－25.

Knudsen, V. O. & Harris, C. M.　1957　Acoustic designing in architecture. John wiley & sons 〔邦訳　平山嵩他訳　建築の音響設計　丸善〕.

近藤暹，林知己夫　1965　音の品質判定の一方法．日本音響学会誌，21，216－226.

黒木総一郎　1957　聴覚の心理学．共立出版.

Lichte, W. H.　1941　Attributes of complex tones. J. exp. Psychol., 28, 445－480.

Licklider, J. C. R.　1951　Basic correlates of the auditory stimulus. In S. S. Stevens (Ed.), Handbook of Experimental Psychology. New York: Wiley & Sons 985－1039

Mach, E.　1906　Beiträge zur Analyse der Empfindungen 〔邦訳　永井博監修　須藤善之助，広松渉共訳 1963　感覚の分析　創元社〕

前田 嘉明　1952　生活体と共感性 ―ハプス的感覚と共感現象―
東京女子大学論集，2巻3号，13－49．

塚辺 春蔵　1965　一般心理学．晃洋書房

塚辺 春蔵，難波精一郎，吉川敏枝，黒田 隆，松本 哲，吉田光雄
1968　船舶の居住設備に関する人間工学的研究　大阪大学
教養部「研究集録」16，3－74．

Mathes, R. C. & Miller, R. L. 1947 Phase effects in monaural perception. J. acoust. Soc. Amer. 19, 780－797.

Miller, G. A., Heise, G. A. & Lichten, W. 1951 The intelligibility of speech as a function of the context of the test materials. J. exp. Psychol 41, 329-335.

中島 博美　1956　ラジオ放送の音量調整にからむ 2，3の問題
日本音響学会誌，12，160－167

中島 博美　1960　聴感と音声．日本放送出版協会

納谷 嘉信，難波精一郎 他　1967，1968　3色配色の Semantic

Differentialによる感情分析 (その1), (その2), (その3). 電気試験所彙報, 31, 1–16, 32, 11–36, 32, 37–54.

二村忠元, 奥田襄介, 城戸健一, 曽根敏夫. 1963 電気音響工学 I, II. オーム社.

小幡重一 1935 音 岩波書店

Odbert, H.S., Karwoski, T.F. & Eckerson, A.B. 1942 Studies in synesthetic thinking : I. Musical and verdal associations of color and mood. J. gen. Psychol., 26, 153-73.

Ogden, R.M. 1918 The attribute of sound Psychol. Bull. 25, 227-241.

Olson, H.F. 1947 Frequency-range preference tests for speech and music. J. acoust. Soc. Amer., 19, 549-555.

Olson, H.F. 1952 Musical Engineering. New York: McGraw Hill,

Olson, H.F. & Belar, H. 1955 Electronic music synthesizer J. Acoust. Soc. Amer., 27 595-612.

Osgood, C.E. 1962 Studies on the generality of affective meaning systems. Amer. Psychologist, 17, 10-28.

Osgood, C.E., Suci, G.J. & Tannenbaum, P.H. 1957 The measurement of meaning. Illinois press.

Oyama, T., Tanaka, Y. & Chiba, Y. 1962 Affective dimensions of color : A cross-cultural study. Jap. Psychol. Res., 4, 78-91.

Sagara, M., Yamamoto, K., Nishimura, H. & Akuto, H. 1961 A Study on the semantic structure of Japanese language by semantic differential method. Jap. Psychol Res., 3, 146-156

Seashore, C.E. 1938 Psychology of music. McGraw-Hill

Seashore, C.E. 1942 Objective factors in tone quality. Amer. J. Psychol. 55, 123-127.

Snow, W.B. 1931 Audible frequency ranges of music, speech and noise. J. acoust. Soc. Amer, 3, 155-166.

Solomon, L.N. 1958 Semantic approach to the per-

ception of complex sounds. J. Acoust. Soc. Amer. 30, 421-425.

Stevens, S.S. 1935 The relation of pitch to intensity. J. Acous. Soc. Amer. 6, 150-154

Stevens, S.S. 1951 Mathematics, measurement and psychophysics. In S.S. Stevens (Ed.), Handbook of experimental psychology, N.Y. Wiley & Sons.

Stevens, S.S. & Davis, H. 1938 Hearing, Its Psychology. N.Y. John Wiley & Sons.

高野 瀏 1935 音楽心理学. 東宛書房

田中靖政 1967 記号行動論 —意味の科学— 情報科学講座 C-12-3. 共立出版

Torgerson, W.S. 1958 Theory and methods of scaling. N.Y. John Wiley & Sons.

植村三良 1959 紙に画かれた音声電流波形として再生する装置について 日本音響学会研究発表会講演論文集, 5月, 119.

和田陽平　1950　音響心理学．　創元社

Warren, H.C.　1934　Dictionary of psychology．　Hoghton Mifflin company.

Wever, E.G.　1949　Theory of Hearing．　New York Wiley.

柳沢武三郎，二村忠元　1968　室内音響に関する物理量と心理量との対応に関する実験結果について（II）．　日本音響学会誌，24，187－196.

柳沢武三郎，城戸健一，二村忠元　：室内における音質の主観的評価に関する実験　その1　音場の合成と残響音の時間遅れの効果．日本音響学会誌，19．193－200.

矢田部達郎　1943　ウェルナア　精神の発達．　培風館

吉田登美男　1958　立体音の高級品質の尺度化について（報告I）．日音音響学会誌　14，170－174.

吉田登美男，岩崎俊一，永井健三　1960A　立体音の高級品質の尺度化について（報告II）．日本音響学会誌，16，206－212.

吉田登美男，岩崎俊一，永井健三　1960B　立体音の本質は何か
—高級品質の因子分析—　日本音響学会誌，16，249-257.

吉田登美男，岩崎俊一，永井健三　1961　仙台市公会堂の音質的な
考察（因子分析の結果）．日本音響学会研究発表会講演論文集
昭.36.5　211-212.

吉田正昭　1963　触覚の系統　官能検査部会資料（S.T.Div.
B-130）

吉田正昭　1964　有香物質の分類に関する計量心理学的研究
（その3）．心理学研究，35，1-17.

結城錦一　1934　震音或いはビブラートにおける主要調子の問題．
心理学研究，9，793-846.