

Title	音質嗜好の一解析的研究：再生周波数特性との関係
Sub Title	An Analytical Study of the Preferences for Reproduced Sounds
Author	小谷津, 孝明(Koyazu, Takaaki) 外山, 純子(Toyama, Sumiko) 三浦, 彰(Miura, Akira) 佐藤, 利喜夫(Sato, Rikio)
Publisher	三田哲學會
Publication year	1968
Jtitle	哲學 No.52 (1968. 3) ,p.227- 251
JaLC DOI	
Abstract	The preferences for the qualities of sounds reproduced through the system varying in frequency characteristics were investigated on the basis of a vector model in multi-dimensional space. The model assumes that the preferences for a sound quality might be determined by the scalar product of two vectors in the space, one for the sounds and the other for the listner and program-sources. The main findings are as follows; (1) The preference space for sound qualities could be described as the real Euclidean space of four orthogonal dimensions. (2) Those dimensions were interpreted as treble, bass, balance, and noise. (3) The listeners (judges) and program (music) sources (A), and frequency characteristics of the reproducing system (Z) were mapped as vectors in the space. (4) There seemed to be some interactive relation between them. The listeners prefered such characteristics that could reproduce some distinctive features of program-sources. They were divided into four types: i.e. high-bass*low-treble, low-bass*high-treble, balance, and medium-tone types. (5) Listners were also divided into three sub-groups. One of them was named "absolute", because listeners in this group showed an absolute preference for one specified type of characteristic; the second one "selective", because those in this group prefered two or three characteristics selectively according to the program-sources in question; and the last "decentralized", because the preferences of those in this group exhibited a tendency of much too discursive selection. (6) The validity of the vector model was tested. It ensured that the model could predict the experimental results fairly accurately.
Notes	
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000052-0227

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

音 質 嗜 好 の 一 解 析 的 研 究

— 再生周波数特性との関係 —

An Analytical Study of the Preferences for Reproduced Sounds

小谷津孝明, 外山純子, 三浦 彰, 佐藤利喜夫*
Takaaki Koyazu, Sumiko Toyama, Akira Miura, and Rikio Satow

Résumé

The preferences for the qualities of sounds reproduced through the system varying in frequency characteristics were investigated on the basis of a vector model in multi-dimensional space. The model assumes that the preferences for a sound quality might be determined by the scalar product of two vectors in the space, one for the sounds and the other for the listener and program-sources. The main findings are as follows; (1) The preference space for sound qualities could be described as the real Euclidean space of four orthogonal dimensions. (2) Those dimensions were interpreted as treble, bass, balance, and noise. (3) The listeners (judges) and program (music) sources (A), and frequency characteristics of the reproducing system (Z) were mapped as vectors in the space. (4) There seemed to be some interactive relation between them. The listeners preferred such characteristics that could reproduce some distinctive features of program-sources. They were divided into four types: i.e. high-bass*low-treble, low-bass*high-treble, balance, and medium-tone types. (5) Listeners were also divided

* 外山 (旧姓, 五味) 純子: 昭和41年度慶応義塾大学文学部(心理学専攻)卒業.
 三浦彰: 日本電気株式会社, 視聴覚情報研究室主任.
 佐藤利喜夫: 同研究室室員.

into three sub-groups. One of them was named “absolute”, because listeners in this group showed an absolute preference for one specified type of characteristic; the second one “selective”, because those in this group preferred two or three characteristics selectively according to the program-sources in question; and the last “decentralized”, because the preferences of those in this group exhibited a tendency of much too discursive selection. (6) The validity of the vector model was tested. It ensured that the model could predict the experimental results fairly accurately.

はじめに

技術革新の波にのって近年の電気音響技術の発達には目ざましいものがある。音響再生機器及び系の設計、製作の場合にしても、非常に高度なレベルの特性条件がとり入れられるようになり、本研究で問題とされた周波数特性条件について言えばその帯域巾は人間の可聴限界を遙かに超え、特性曲線のパターンもかなり自由な形状に変化されうるようになった。こうなってくると、次の段階としては、耳で聴いて最も快よい、好ましい印象を与える条件は何か、つまり人の心理的印象を反映した系の最適特性条件を追求することが望まれるようになる。Lebel の “If it measures good, and sounds bad, it is bad.” という名言によく表現されているように、物理的特性の計測結果がいくらよくても、聴いて悪ければその伝送系の再生条件はどこか悪いのだと考えぬ訳にはゆかない。音は物理的実在であると同時に、人間の知覚対象、即ち心理的実在となるものでもあり、従ってその質の良し悪しは、最終的には人間の主観的評価にまっして決定さるべきものと考えられるからである。ところが、第一に、この主観的評価なるものは、対象に関して特定の印象をもつ主体と評価を下す主体とが、別な表現をすれば、測定さるべきものと測定する計器とが、同一の人間であり、その人間が個体内、個体間共に変動の大きな存在であることのために、物理的測定（客

観的評価)のように一義的、恒常的な結果をもたらさないという難点をもっている。この様な難点を克服し主観的評価を、物理的計測による客観的評価にひけをとらぬものにしてゆくこと、——主観的評価の客観的管理——は単に、本題の音響技術の前進を志向する点においてのみならず、少し大げさに言えば、人間の入力情報を如何に受容しているのかのプロセスを探る場合の出発点における問題として考えられなければならぬことと思われる。ところで、主観的評価を問題にする際にとりあげるべき第二の点は、対象の評価がどういう事項についてなされるのかということについてであろう。例えば、「明るさ」、「甘さ」などの様に、比較的、一義的且つ独立的と思われる要素的感觉に属する項目にくらべ、「美しさ」、「豊かさ」などの様に、複合的、総合的印象に属する項目についての評価では、対象の物理的特性の複雑さが絡む場合は特に、個体内、個体間の変動が量的、質的に変化し、変動の次元が非一次元的となる可能性が大きい。最近この種の問題に関しては、数学的な空間構造を設定してかかる傾向（広義の多変量解析の適用）が顕著であるが、これらの考え方が好んで利用される理由は、それらが比較的明確な数理のルールにのること、結果の直観的理解が容易となることなどに加え、実験を通して得られるデータがもともとオーバー・オールな性格しか備えていない場合でも、その内部に横たわっている潜在的な因子や構造をかなり分析的な形で然も立体的に浮き彫りにさせてくれるところがあるからであろうか。

嗜好は俗に「十人十色」と言うように個人差の大なるものであるが、それは個体間変動とは言っても、単なる誤差概念で片付けられてよいものとは思えない。何故ならそこにはその人なりの明確な好みの向きや理由があるのが普通であり、測定誤差とは異った質的相違が含まれていると思われるからである。そうであれば、嗜好を実験的にとり扱う際には単に対象の平均的な嗜好状態のみならず同時にこのような個人々々の嗜好に関する質的相違も明確に掘り起こしてこれるような解析モデルを予かじめ考えて

おくことが必要であろう。従来の多変量解析モデルでは主として対象の心理学的空間構造（相対的布置関係）に興味の中心がおかれていて、評価主体個々人の状態は通常そのかげに丸められて来た。勿論、因子分析における Q-技法の様に、主体を clusterize することを目的としたものもあるけれども、この場合には逆に、対象がそのかげに丸められていたのである (Cattell, 1952)。評価が行われる時には常に対象と主体とが存在しているのだから、出来ることなら、両者を同時に一つの空間の中で眺めたいと考えるのは自然であろう。Tucker (1960 a, b), Gulliksen (1961) 等はこのような点を考慮に入れた嗜好空間モデルを作ったが、次に述べられるモデルは、それに幾分の変型が施されたものである。** 以下はこのモデルにもとづき特定の音源 (b) を幾つかの再生特性条件 (評価したい最終的对象, i, i') のもとで聴かせた時、夫々の場合の音響品質に対し人 (p, q) が抱く好ましさの印象——特性(評価対象) i の嗜好状態——を解析した結果の概要と考察である。

音質嗜好の分析的空間モデル

音質嗜好の状態を m 次元の直交実ユークリッド空間における相対的ベクトル布置として表現することを考える。この空間内にはこれまでの論旨から明らかなように、再生特性 (受聴者からすれば実際にはそれによって変化される音質)、人、音源 (実際には音楽曲の一部を使ったので以後単に曲と記す) の三者が嗜好状態を適確に表わす形で、納められることが望ましいわけであるが、曲目は評価を行う上での媒介的存在と考えると、再生特性又は人のいずれかと重畳して考えても差し支えないであろう。そこで、再生特性 i の状態をベクトル Z_i 、人 * 曲のそれを $A_{(pb)}$ と表わし、人 p が曲 b を聴くとき、それが再生される系の特性 i によって生みだされる音質の好ましさの程度は両者のスカラー積 $Z_i A_{(pb)}$ で定まるものと仮定す

** これは印東太郎教授の示唆によるものである。同教授には本研究全般にわたって御指導頂いた。ここに心から感謝の意を表わせて 頂きます。

る。つまり、 Z_i と $A_{(pb)}$ のなす角度を $\theta_{i(pb)}$ 、それぞれのベクトルの先端が位置している点の空間座標を z_{is} 及び $a_{s(pb)}$ と書けば空間の次元数を m として Fig. 1 (便宜上 $m=2$ 次元空間として表現してある) 及び Appendix の (1) 式で示される内容をもっているものと考えられるわけである。一方適当な心理実験を経て、 $Z_i A_{(pb)}$ に対応する観測値 $l_{i(pb)}$ (但し、 (pb) に関して

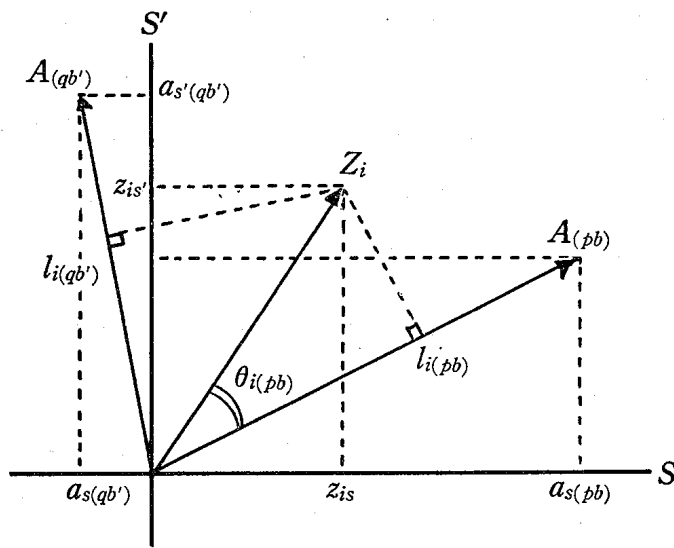


Fig. 1. 音質嗜好の空間的構造. 人 i が特性の再生系を通じて曲 b を聴く時, その音質嗜好はスカラー積 $Z_i A_{(pb)}$ で定まり, 人に関するスケールファクターを別にすればその値は Z_i の $A_{(pb)}$ への直角的投影という内容をもつものと考えられる。

其準化されているものとする, (3) 式) が得られれば, それは $e_{i(pb)}$ を観測誤差として (2a) 式のように書ける. $e_{i(pb)}$ は $N(0, \epsilon_i)$ に従い相互に独立とする ((5a) 式). 以上が, モデルの基本仮定である. (2a) 式は行列形式では簡単に (2b) 式となるが, 実験を通して得られる唯一の観測値行列 L を解析して, それを最もよく説明する再生特性ベクトルの行列 Z 及び人*曲ベクトルの行列 A を求め, それらの布置関係から音質嗜好の空間的構造を探り, 合わせて嗜好空間モデルの妥当性を検討することが本研究の目的である. 先づ Z を求めることから出発する. それには再生特性相互間 (ij) について (pb) を変数とする共分散及び分散, $COV(l_{i(pb)}, l_{j(pb)})$, $V(l_{i(pb)})$ に着目する. これらを要素とする行列 C は (6) 式で表わされることが容易に証明される. 但し, Γ は (4a, 4b) 式に示される如く, 人*曲ベクトルの座標 $a_{s(pb)}$ の各 s 座標軸上における分散 α_s を主対角線要素とする対角行列, V は誤差分散 ϵ_i^2 を主対角線要素とする対角行列である.

C は $l_{i(p\theta)}$ が基準化されていることから特性相互間の相関係数を要素とする行列に等しいが、その対角セル内に $h_i = (1 - \epsilon_i^2)$ を入れた行列 R は (7) 式のように書ける。ここで α_s 's がすべて等しい ($\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha$) と仮定しておこう。そしてその対角行列 F を (7) 式で Γ の代りにおきかえ、更に $\dot{Z} = Z\Gamma^{\frac{1}{2}}$ ((9) 式) とおくと (8) 式を得る。ここで R の固有値 $\dot{\lambda}_s$ の対角行列を \dot{A} とすれば (10a) 式を満たすようにして固有ベクトルの組 \dot{Z} を求めうること、そして空間の次元数 m は非零の固有値 $\dot{\lambda}_s$ の数によって同時に定まることは因子分析における固有値解法としてよく知られているところである。 Z は F が得られない限り求まらないが ((9) 式), \dot{Z} が十分な情報を与えてくれる。何故なら、 α_s 's の等分散性の仮定の下では \dot{Z} の行ベクトル \dot{Z}_i は Z の行ベクトル Z_i の長さの $\sqrt{\alpha}$ 倍になっただけなので、((9) 式), 例え、 α_s 's が未知でも、 n 本の再生特性ベクトルの m 次元空間内における相対的布置は不変だからである。次に A は (2b) 式の最小自乗解として求めることにすると (11a) 式の如くであるが、上記のように、 Z が未知であるから (11b) 式のように変型し、(12) 式を約束すると \dot{A} と A の関係がやはり係数 $(\sqrt{\alpha_s})^{-1}$ を要素とする対角行列 $\Gamma^{-\frac{1}{2}}$ で結びつけられているだけ ((13) 式) なので、 A そのものの推定は諦めなければならないにしても (12) 式において上で求まった \dot{Z} を代入すれば \dot{A} が求まり、人*曲ベクトルの相対的布置が定まるのである。さて以上の解析を行うためには $l_{i(p\theta)}$ が何らかの形で得られていなければならないが、それは、次のような実験と直接比率推定法の利用によった。

実 験

予かじめテープに録音された 10 種類の音楽曲 (Table I) の一部を先づ 50~12.5 k _{cps} の周波数範囲で帯域濾波し (遮断特性 18^{db/oct.}), 黒木等 (1954) の周波数偏差値限界に関するデータにもとづき作製されたトーン・コントローラで更に低高音を約 5db 強調又は抑制した場合 (Fig. 2) の音質を刺激としその好ましさを評価させた。即ち低高音の変化は各三水準

Table 1. 音源の種類と受聴水準

音源 b	曲 名	曲 種	演奏時間	受聴水準	ダイナミック レ イ ン ジ
1	Come Prima	Strings	35 sec	77 db	83 db
2	有楽町で逢いましょう	Vocal	32	75	80
3	Besame Mucho	Latin	27	75	81
4	'O Sole Mio	Vocal	28	74	81
5	An American in Paris	Musical	27	75	81.5
6	Hallelujah	Chorus	19	78	83
7	Olé Guapa	Tango	14	74	78
8	運命 (Beethoven)	Symphony	19	72	80
9	Piano Concerto No. 1 (Tchaikovski)	Piano	15	70	80
10	Violin Concerto No. 64 (Mendelssohn)	Violin	19	70	77

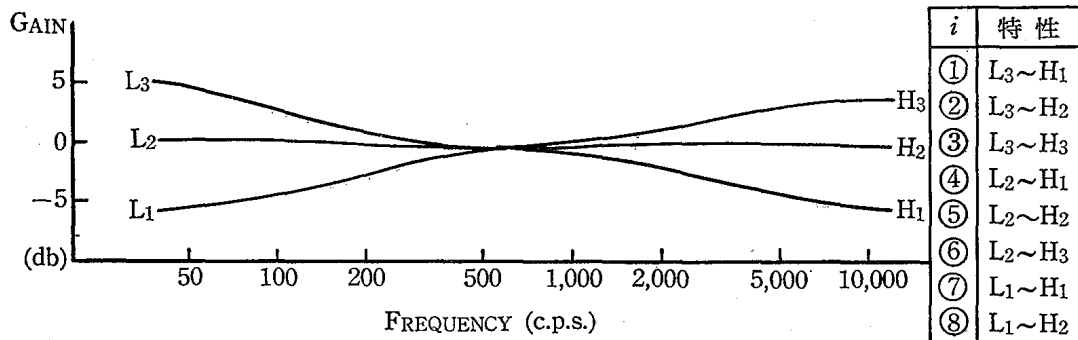


Fig. 2. 再生周波数特性の種類とその特性曲線

で、それらの組み合わせから得られる計 9 種の周波数特性曲線のうち、(L₁~H₃)—低音抑制高音強調型—を除く 8 種類の特性曲線が再生条件として選ばれ、評価の対象とされた(L, H はそれぞれ低, 高音部を, その添字は 1 が抑制, 2 が平坦, 3 が強調を意味する). 受聴水準は各特性条件毎に補正した. 補正基準は各条件下で最も自然な受聴状態であることとし, 音源別に予備実験でこれを定めている(Table 1). 試聴室は残響特性がほぼ平坦で平均残響時間は約 0.2 秒, 容積 70 m³. 再生方式は 2 チャンネル立体再生である. 被験者は慶応義塾大学心理学専攻生男女各 5 計 10 名. 刺激は 5

秒間隔 10 秒休止で対提示され、被験者は前後いずれの音質が好ましいかを判断し、更に、より好ましい方を基準として他方の好ましさがどの程度の比率 $T_{ij(pb)}$ になるかを反应用紙上にひかれた 10 cm の直線上にチェックするよう教示される。同一組み合わせについて刺激順序を入れかえた場合についても評価を求めた。

結 果

一次元嗜好尺度

比率判定データを直接比率推定法にのっとして整理し、各曲目・各被験者

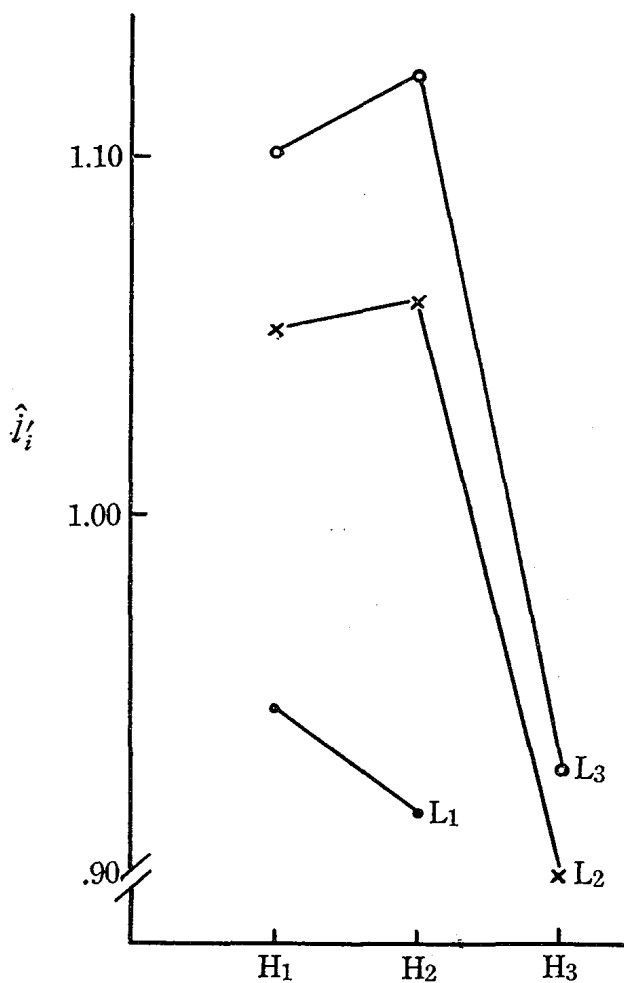


Fig. 3. 再生周波数特性とその一次元嗜好尺度値 (特性格幾何平均)

毎に、再生特性条件に対する好ましさの一次元比率尺度値 $i'_{i(pb)}$ を求めた、これらの値を (3) 式を満足するよう基準化した $l_{i(pb)}$ をもって空間解析の入力とするわけであるが、その前に一次元尺度の上で結果を概観しておくことにする。先づ特性格幾何平均 \hat{i}_i を便宜上高域水準 H の函数として示すと Fig. 3 のようになる。そこでは低域水準 L はパラメータとして表現してある。特性 (L₃~H₂) が最も好まれ、(L₂~H₃) は最も好まれないという工合である。一般的に (平均的には) 1) 低音強調高音抑制 (又は平坦) 型の特

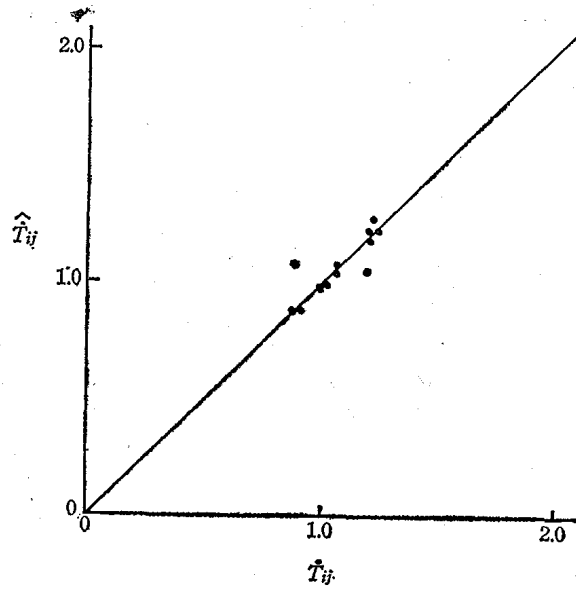


Fig. 4. 一次元嗜好尺度値の妥当性 (内的整合性)
(グループデータ)

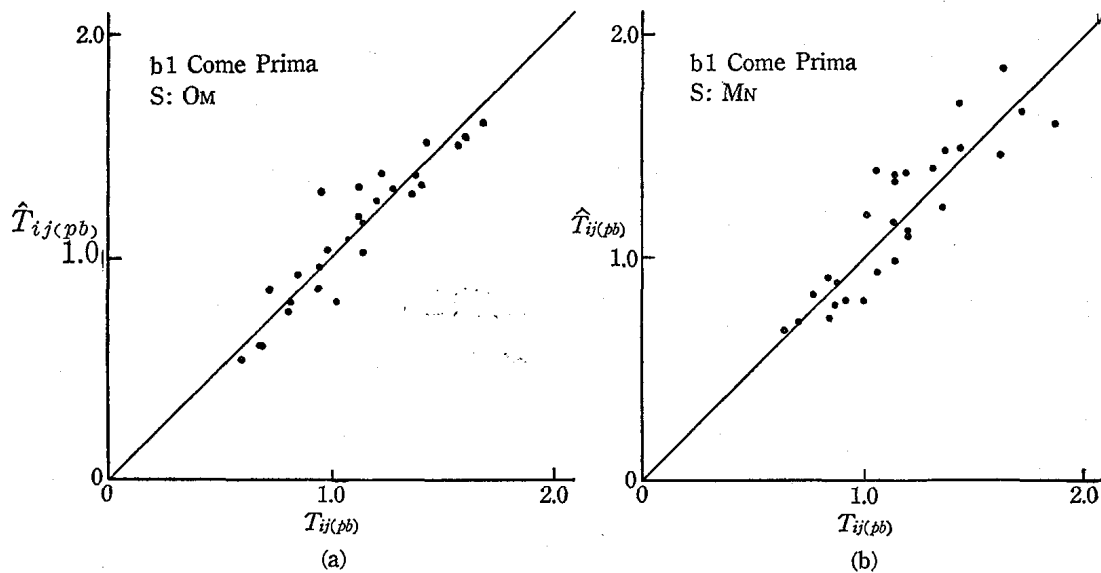


Fig. 5. 一次元嗜好尺度値の妥当性 (内的整合性, 各音源・各個人別データ)

性が好まれ、極端な高域強調は好まれない、2) 低・高域共に抑制された狭帯域型 ($L_1 \sim H_1$), 共に強調されて中域のぬけた型 ($L_3 \sim H_3$) はあまり好まれない、と言える。さてこの結果の妥当性を評価の内的整合性に着目して検討すると次の如くである。具体的には、得られた次元尺度値 \hat{l}_i の組み合わせ比率 $\hat{T}_{ij} = \hat{l}_i / \hat{l}_j$ と観測比率 T_{ij} との一致の程度をみたのであるが Fig. 4の如く直線性は2点を除けばかなりよいと言えるが、 T_{ij} が比較的狭い範囲に集っているのが気にかかる。この結果は特性間の好みの区別が明瞭でなかったというよりはむしろ本来各被験者毎では比率判定 $T_{ij(pbb)}$ が広い範囲にわたっていたにも拘わらず、それを人*曲について丸めを行ったために生じたのかもしれない。そこで同じような検討を各曲目各被験者毎に行ってみた処、この推察が正しいことが明らかとなった。その例を Fig. 5 (a), (b) に示す。理論比率と観測比率の一致性も比較的満足すべきものであると言えよう。つまり被験者個人々々について、自己の下した判定間の無矛盾性が裏付けられたのである。然も上述したことから明らかなように被験者間の好みの差がかなり認められているので、 $l_{i(pbb)}$'s の値は次の空間解析の入力として妥当なものと考えられる。

嗜好空間モデルによる解析***

モデルの適用にあたって手順上最初に問題となるのは、特性相互間の相関行列 R の因子分析法及び R の主対角線要素即ち共通性 h_i^2 の推定である。因子分析は主因子法 (Hotelling, 1933) によった。共通性には通常 R の行中の最大値を充当することが簡便な方法として広く採用されているが、ここではそれを採らず、先づ仮りにすべての共通性を $h_i^2 = 1$ として R の固有値、固有ベクトルを求め、その要素 z_{is} についての m^* 次元にわたる自乗和 $\hat{h}_i^2 = \sum_s^{m^*} z_{is}^2$ を算出して共通性の推定値とし、もう一度この新

*** 以後の解析に必要な計算はすべて TOSBAC 3400 によったが、これに際して大西邦夫氏 (慶応義塾大学工学部計算センター) に大変お世話になった。ここに感謝の意を表します。

たな共通性を充当した相関行列 R を因子分析して \dot{Z} を求めた。その際 m^* の大きさをどうするかが問題になるが、これは最初の因子分析で得られた固有値の様相を参考にしながら且つ不必要な因子まで拾い出して来ることのないよう安全策をとって小さめに $m^*=3$ とした。新たに2回目の因子分析で得られた固有値の様相は Fig. 6 の如くである。これによると第3固有値までは明らかに有意と考えられるが第4固有値がどちらとも言えず、音質嗜好空間は3次元か4次元か決め難い。そこで、この決定は次元軸の解釈の可能性及びモデルの予測性との関連の上で行うことにしよう。とにかく唯一つの固有値（但し絶対値が極めて小で殆んど0と見做せる）を除き、全ての固有値が非負であったことは、 R が正則行列であることを意味し、これから音質嗜好空間をユークリッド空間として表現して差しつかえないことがわかる。次に (12) 式に従い人*曲ベクトル $\dot{A}_{(pb)}$ を求め、更に、これを、 b 又は p について平均し、人のみのベクトル $\dot{A}_{(p)}$ 、曲のみ

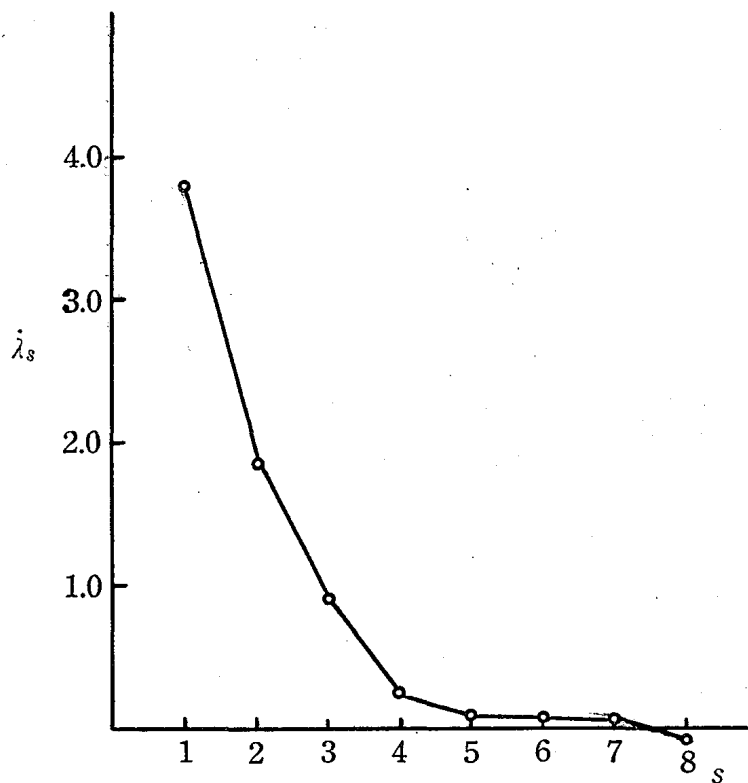


Fig. 6. R の固有値 λ_s

音質嗜好の一解析的研究

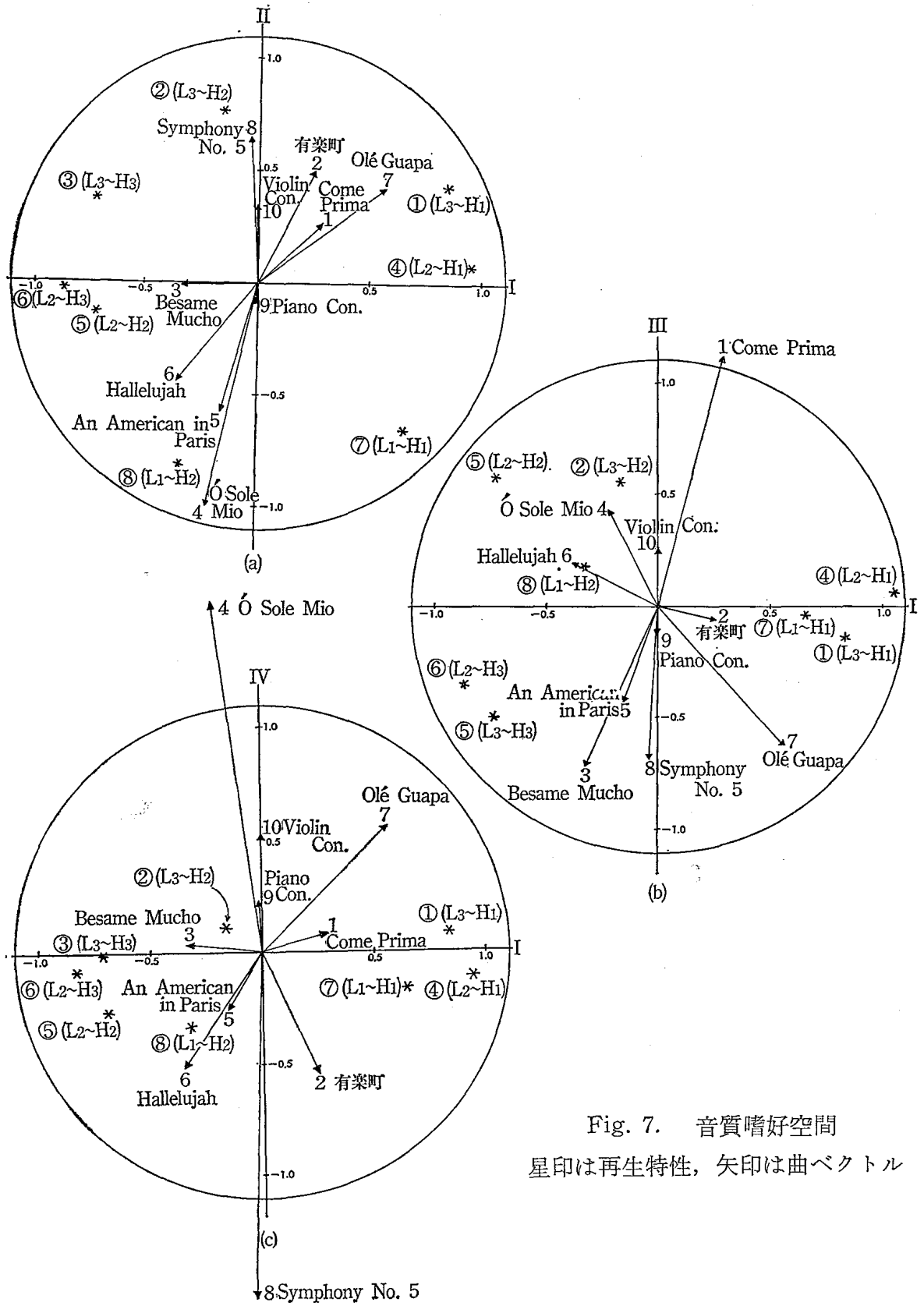


Fig. 7. 音質嗜好空間
星印は再生特性, 矢印は曲ベクトル

のベクトル $\dot{A}_{(b)}$ とに分割しておく。以上の諸関係を図示しながら結果を記すと次のようである。

(I) 再生特性ベクトル Z_i の布置及びそれにもとづく次元の解釈と次元数の決定。

最初に Z_i と $\dot{A}_{(b)}$ の布置関係を $m=4$ 次元 (I・II・III・IV 軸) あるうち、適当な 2 軸を組み合わせた各平面上に図示すると Fig. 7(a)~(c) となる。各図において特性のベクトル \dot{Z}_i はその頭の位置だけを星印で、曲目ベクトル $\dot{A}_{(b)}$ は矢印で表してある。Fig. 7(a) I 軸において \dot{z}_{i1} の大なる再生特性は {① ($L_3 \sim H_1$)・④ ($L_2 \sim H_1$)・⑦ ($L_1 \sim H_1$)}, 小なるものは {③ ($L_3 \sim H_3$)・⑥ ($L_2 \sim H_3$)}, 中間どころが {② ($L_3 \sim H_2$), ⑧ ($L_1 \sim H_2$)} となっている。これらの並び方の特徴は H の共通なもので纏まっている (上記下線部注意) ことであるので, I 軸は再生周波数特性の高域変化に対応する因子の存在を教える。この意味で以後 I 軸は高音部因子と名づける。同様にして, II 軸は低域特性の変化に対応する因子即ち低音部因子であることが明確に読みとれる。Fig. 7(b) において III 軸は特性曲線が平坦 (⑤ ($L_2 \sim H_3$)) 即ち, 変化のないものから極端に変化のあるもの ③ ($L_3 \sim H_3$) へと並んでいるので, いわば高低域のバランス状態に対応する因子であろうと推察される。これを以後バランス因子と呼ぶ。次に問題の IV 軸であるが (Fig. 7(c)), 各特性の配列順序の表面的な解釈では簡単に説明はつかない。前述の如く, IV 軸となるとその固有値も非常に小さくなるし, 固有ベクトルのレンジも小さい上, 直交軸のまま回転も行わずにここまで解釈することはなかなか難かしい。ところで負符号で絶対値の大なるものは {④ ($L_2 \sim H_1$)・⑦ ($L_1 \sim H_2$)・⑧ ($L_1 \sim H_2$)}, 正符号で大なるものは {⑤ ($L_2 \sim H_2$)・⑥ ($L_2 \sim H_3$)} である。両者に共通な性質があるとすればそれは何か。それを探るために, 再び, b4・b5・b6・b9 の 4 曲について各特性のもとでの再生音を入念に聴いて検討した結果, 特性別音量補正, 及び特性曲線の性質上僅かではあるが混入してくる雑音に関係のあることがわか

った。そこで雑音性因子の名が与えられた。以上、4 因子で全共通性の約 98%，第 3 因子までで 94.3%，第 2 因子までで 81.5%，第 1 因子だけでは 54.5% を説明出来る。どうやら，行われた実験の範囲では音質嗜好空間は 4 次元の実ユークリッド空間であるらしい。

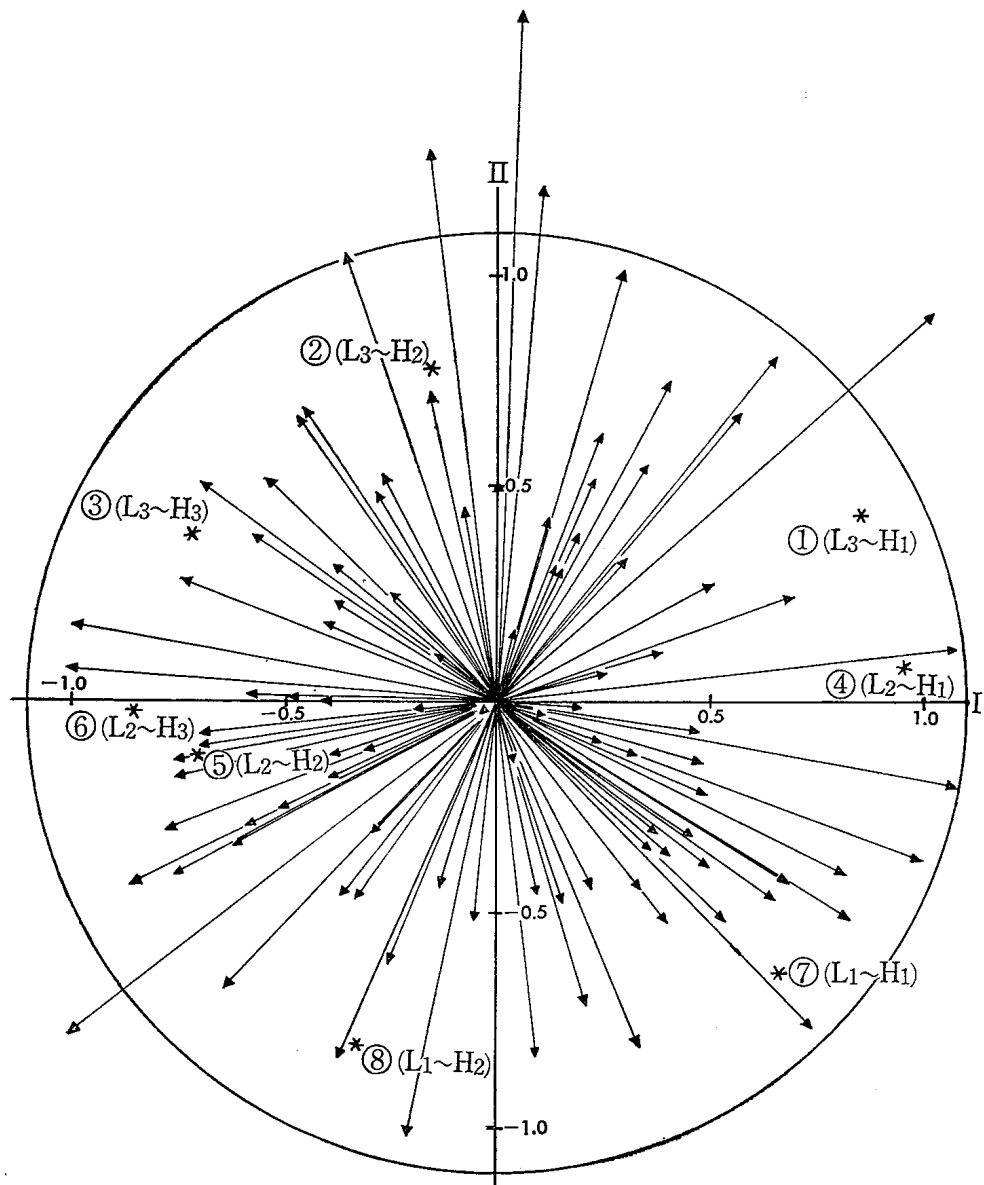


Fig. 8. 音質嗜好空間 星印は再生特性，矢印は人*曲ベクトル

さて、次に人*曲ベクトル $\dot{A}_{(pb)}$ の状態はどうであろうか。I × II軸の平面でこれを図示すると Fig. 8 の如くである。 $\dot{A}_{(pb)}$ はあらゆる方向に向っており、このままでは人及び曲目の特殊性に関してたとえ規則性が内在していても言及すること不能である。言いうることは唯一つ、受聴者の嗜好は如何に個人的特徴の大なるものであるかということだけであろう。そこで次に $A_{(b)}$, $A_{(p)}$ について検討する。

(II) 曲目と再生特性の嗜好。

モデルから明らかなように曲目ベクトル $A_{(b)}$ が、特性ベクトル Z_i と同一の方向をもち且つ相対的に長い程、その曲を聴くときの特性は好まれる傾向にある。又、もし多くの $A_{(b)}$ が特定の特性の方向に纏まっているようであれば、その特性は曲目の性質を越えて好まれていることになる。ここでは主として Fig. 7(a) を中心に眺めていこう。この平面では全共通性の約 8 割を説明することが出来るから、ここでの結果の発言力はかなり大きいものと見なければならぬ。ところで $A_{(b)}$'s は大まかに 4 つのグループに分かれていることが伺われる。即ち

(α) 第一象限に纏っている群 (b1, b2, b7, b8, b10) でいわば低音強調高音抑制型を好むグループ。

(β) 第三象限に纏っている群 (b4, b5, b6) でいわば低音抑制高音強調型を好むグループ。

(γ) 第一軸にある b3 の様な平坦型をよしとするもの。

(δ) b9 に代表される中庸型。($L_1 \sim H_1$) に向っていないので、中音型とは言えない。どちらかという平坦型。

等である。受聴者に関して平均する限り、特性 ② ($L_3 \sim H_3$), ⑦ ($L_1 \sim H_1$) は好まれていない。

バランス (第 III 因子) を要求する曲目は、b1, b4, b6, b10 (Fig. 7(b)) 等である。勿論、他の曲目ではバランス因子が重要ではないというのではないが、それらはバランスよりもむしろ低音部と高音部のいずれかが強調又

Table 2. 再生特性の嗜好と曲目との関係

(α)	低音強調高音抑制型	b2 (有楽町) b7 (Olé Guapa) b8 (Symphony No. 5)
(β)	低音抑制高音強調型	b4 ('O Sole Mio) b5 (An American)
(γ)	バランス型	b1 (Come Prima) b6 (Hallelujah) b10 (Violin Concerto)
(δ)	中音型	b9 (Piano Concerto)

は抑制されていた方が好ましく受けとめられるということであろう。b3, b5, b7, b8 などがこれに属する。

以上の結果を I × II × III 軸の三次元立体空間の中で眺め、曲目のタイプ分類を行うと Table 2 のようになる。即ち、始め I × II 平面を問題にした際には (α) 型に入れておいた b1, b10 及び (β) 型に入れておいた b6 等はむしろ III 軸に対しての負荷量の方が大とみて、(γ) 型の方に繰り入れた方が妥当と考えられた。前表から、絃が主体となった正統派的演奏にはバランス型特性が合うらしく、又“めり・はり”が特徴的である音源 (b4, b5) には低音部抑制高音部強調が合うらしい。又、ピアノ曲の様に音域が或る程度狭い曲では、高・低域の強調はかえって耳ざわりになるらしく、内省報告をさせると、音がこもっているとか、キンキンするとか言ってあまり好まれていない。

第IV因子については、雑音性因子を好ましいとする曲目や受聴者があるとは思われないので、前述の因子解釈のみに留めておく。

(III) 受聴者のタイプ.

ここでは、 A_{cb} を固定して、曲目ベクトル A_{cb} を描きその形状から人の評価特性の分類を試みる。Fig. 9(a) に示す被験者 S6 の曲目別ベクトルは特性⑦の方向に比較的纏っているし、Fig. 9(b) に示す S5 にあっては好きな再生音質のタイプが 2~3 あって、甲種の音楽を聴く時には特性 i を、乙種のそれを聴く時には特性 j を選びわけるし、中にはその傾向がもっと

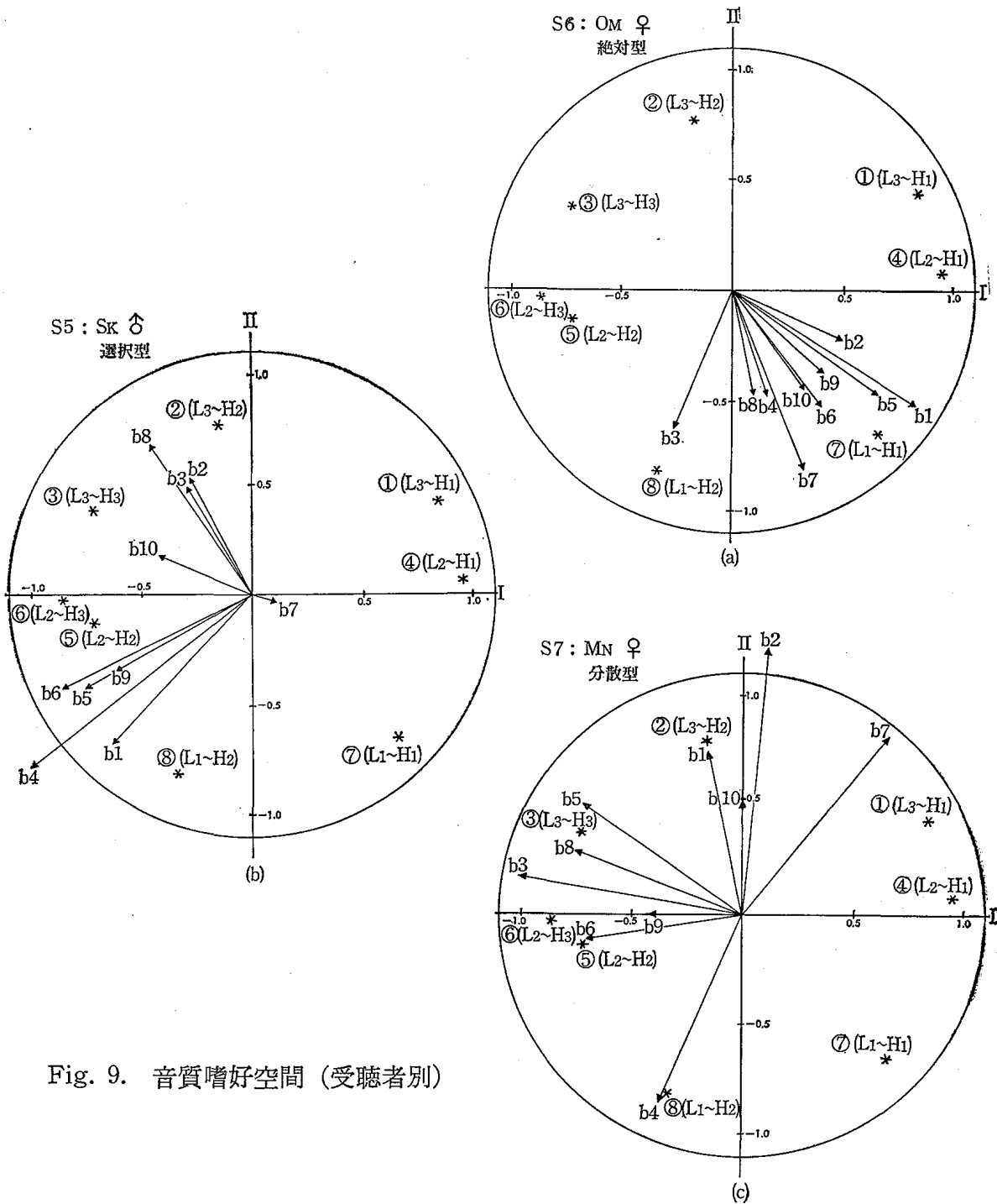


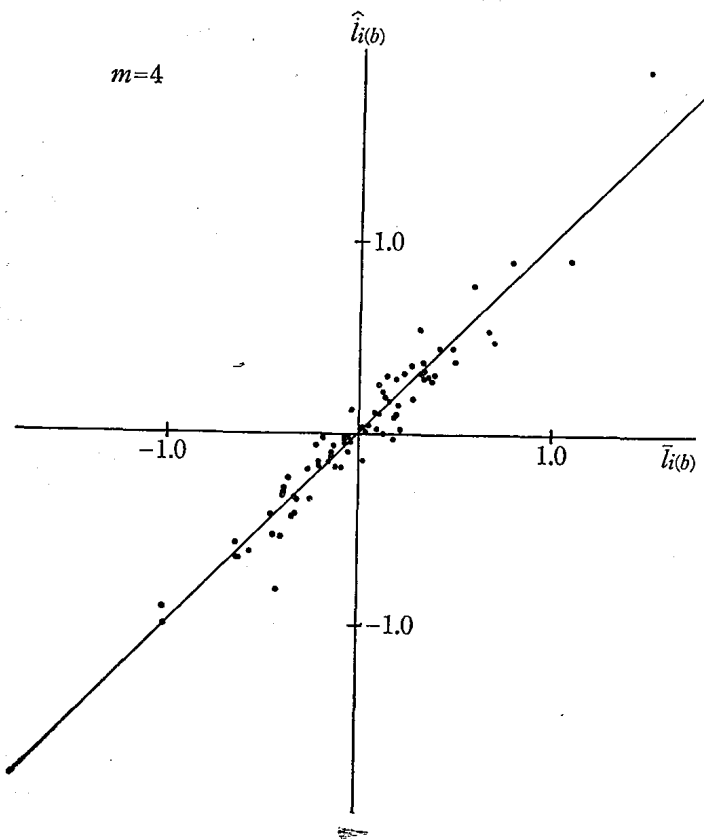
Fig. 9. 音質嗜好空間 (受聴者別)

はなはだしくなって曲毎に好ましいとする再生特性を変える被験者 (S7, Fig. 9(c)) さえ出てくるといった工合である. これらは, それぞれ, 仮りに絶対型・選択型・分散型と区別された. このうちさすがに分散型は少いよ

うで、被験者 10 名中 1 名、絶対型 3 名、選択型 6 名であった。勿論この割合がどの程度普遍性をもつかは被験者のサンプリングに留意した実験を別に行わない限り明らかではないが、応用的見地になつて結果を眺める時には一考を要する点であらう。

(IV) モデルの妥当性.

以上幾つかにわたつてデータ中に潜在している音質嗜好の構造的特徴を明らかにして来たが、これらがどの程度の信憑性を有しているかは厳重に監視されねばならない。これは嗜好空間モデルの妥当性にかかわる問題である。これを検討する方法としては、解析の結果得られた特性対象ベクトルの集合 \hat{Z} 及び人*曲ベクトル \hat{A} を (2b) 式に代入して \hat{L} を求め、観測値の集合 L とつき合わせてその再生性を見る方法が考えられる。但し、今は計算の便宜上、 \hat{L} 及び L の全ての要素について、これを行う代りに、



\hat{A} の要素 $\hat{a}_{s(p)}$ を人 p にわたつて平均した値 $\hat{a}_{s(b)}$ を (1) 式に代入して得られる $\hat{l}_{i(b)} = \sum_s \hat{z}_{is} \hat{a}_{s(b)}$ と L の要素 $l_{i(p)}$ の人 p にわたつて平均した値 $\bar{l}_{i(b)}$ とをつき合わせることにしよう。その際、前記 4 因子 ($m=4$) にわたつてこれを見たのが Fig. 10(a) である。結果は原点を通り勾配 45° の直線によく載っている。この対応関係は、人 p にわたつての平均の上での話であるか

Fig. 10. (a) 音質嗜好空間モデルの妥当性

ら、個人別の観測値を予測するという意味でモデルの妥当性を論ずる場合の資料としては多少割引いて評価しなければならぬのは勿論であるけれども、かなり満足してよい結果と思われる。因みに再生特性 $i=1$ の場合についてだけ、個人別観測値 $l_{i(pb)}$'s の予測性を図示すると Fig. 10(b) の如くであった。但し、同図の $\hat{l}_{i(pb)}$'s は (1) 式で $m=3$ として計算されたものである。

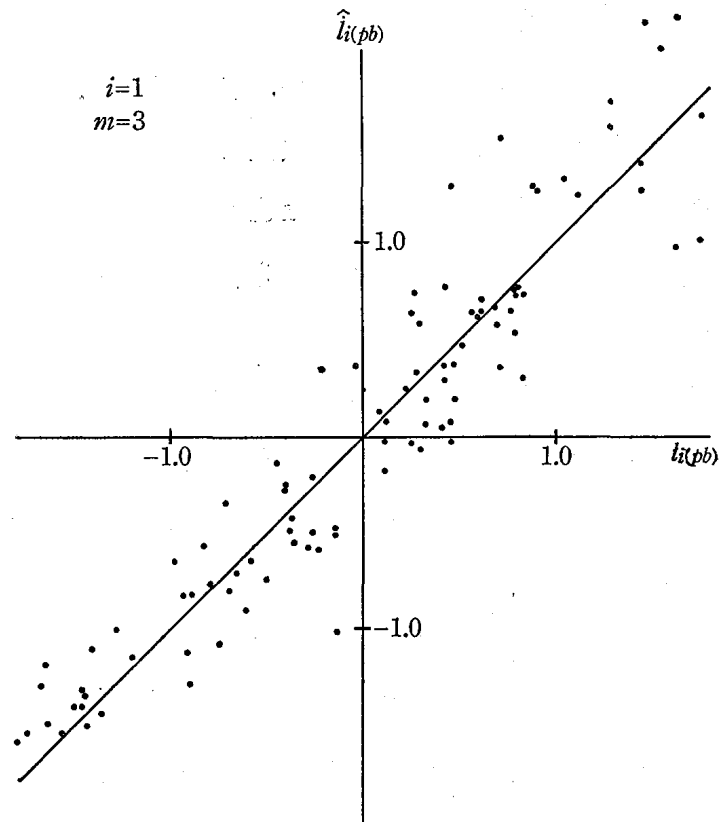


Fig. 10. (b) 音質嗜好空間モデルの妥当性

考察と要約

嗜好空間モデルの構造を規準化された一次元比率尺度値について設定したことについては尠くとも二つの批判が可能である。その一つは、もともと絶対的な原点が指定されている形で特性対象に対する嗜好の程度が表現されているにも拘らず、わざわざ全対象に対する嗜好の平均値を新たな原点にうつしかえたものについてモデル構成を行った ((2a), (3) 式) のでは、そのモデルは実験時の嗜好状態を直接的に具現しているものとは言い難いということであろう。この基準化の操作は特性対象の布置を定める場合にその相関行列を因子分析する方法をとるかぎり、たとえ始めに基準化を条件としていなくとも必然的に入りこんでくるものであるけれども、だからといってモデルにとって必須な条件ではない。もしこの基準化を行わない

で、嗜好比率尺度値を直接予測出来るようなモデルをつくるには、特性及び人*曲の両ベクトルの原点が、特性の布置の外側にくるモデルを考えればよいのであろう。しかるに敢えてその道を選ばなかった理由は、たとえそのようなモデルがつけられたとしても、その場合に得られるであろう情報と、ここに採用したモデルから得られた情報の性質を比較してみると、後者の場合の方が、より明瞭な結論が下せると思えたからである。というのは、例えば Fig. 7 から明らかなように、好まれる特性には人或いは曲目ベクトルがその方向を向き、好まれないものには背を向けるという形になるため、嗜好差が表現の上で直観的により強調されてくるという利点があるからである。

批判の第二は、嗜好尺度値を基準化したことそれ自体についてである。この尺度値は、尺度値間の比率をとると、それが観測比率に出来るだけよく対応するよう、つまり Stevens の分類に従えば比率尺度の性質を充足するようつくられたものである。もっと端的に言えば、それは間隔尺度の性質を積極的には充足していない。従って、基準化において行われる平均からの差をとる操作がどれほど真の嗜好尺度(もしありとすれば)の姿をゆがませてしまったかは批判されても止むを得ぬところであらう。この批判に答えるためには、この種の実験において次元嗜好尺度を、比率尺度及び間隔尺度の双方について構成し、両者が linear な関係にあることを保証すればよいかもしれない。この考えはその後雨宮(1965)の研究において実行に移され、かなり良い精度で満足されることが証明された。一般的に言って尺度構成の対象が質的、複合的な性質を備えている場合には、両尺度の直線性が満たされることが多いようである(Ekman & Künnapas, 1963)。

“スカラー積モデル”の基本仮定は、各個人の諸対象に対する評価値は次元性を満たしているが、(intra-individual uni-dimensionality) その各々を集めたものは多次元的状態を示す(inter-individual multidimensionality) という考え方である(Tucker, 1960b)。われわれの実験の場合で

も、人*曲を変数とした特性対象間の相関係数の行列を因子分析にかけることによって先づ特性のベクトル布置を、次いで、その結果と相対的に人*曲ベクトルの布置を定めたわけであるから、例えば分析の結果発掘された4つの因子は個体（実際には人*曲）間変動の反映であって一個体内にもそのような因子が存在するのだという積極的な保証はない。諸特性の嗜好に関する個体差はこのような因子を考えるとその区画整理が規則的にゆき、解釈がし易くなるとも言うべきものであろうか。

実験結果の特徴の一つは、被験者の嗜好タイプが、絶対型、選択型、分散型などに分類されたことであった。この事実は、逆に言って、曲目を固定して考えない限り、被験者を、特定の特性のみを好む傾向があるというような幾つかのグループに区分けすることが困難であることを教えている。林等(1965)は曲目を限り、諸周波数特性のもとでの再生音を平坦なそれと比較させる実験を行った結果、被験者は低音を好む群と、高音を好む群の2群に分類されることを報告しているが、われわれにおいては上述の如く人と曲目の間に、特性嗜好に関して交互作用的要因があるようで、音源の性質を変えた場合にも林等の結論が一般化されうるかどうかは問題がありそうである。

更に音質の好みは、単に再生系の物理的特性や音源の種類によって左右されるのみならず、時代の流れの函数でもある。Chinn(1945)によれば1940年代の未だ今日ほど再生機器が高級化していなかった頃は、例えば、再生系の帯域巾はむしろ狭い方が好まれていたし、Fletcher-Munson 曲線に従って音量補償を行い結果的には、われわれの実験の(L₃~H₂)の特性に近い再生特性の嗜好を検討したやはり Chinn 等(1948)の研究によると、帯域巾の如何に拘らず、そのような特性は好まれていなかったたのである。このような時代による嗜好の変遷に対処するためには、単に嗜好の調査実験を繰り返してだけでなく、変遷の原因を精査し、そこに流れる時間的規則性を把んで、次の変遷方向を予測することが必要である。そのための手掛りの

一つは、中山等（1966）が指摘するように嗜好の構成要因について独立的に評価を行いそれらが総合的嗜好に対してもつウェイトの時間的推移を追うことであろう。他方、ある特性を好む理由を個々の音質表現語全般にわたって明らかにし、且つこれらの関係を物理的特性と対応づけておくことも有用であるかもしれない。

最後に結果を要約すると、

1. 凹凸のある周波数特性のもとで再生された再生音の音質に対する好ましさが直接比率推定法及び嗜好空間モデルにもとづき検討された。
2. この結果、平均的には低音強調高音抑制（又は平坦）型の特性が好まれる。
3. “スカラー積モデル”に基づく限り音質嗜好空間は4次元の実ユークリッド空間として表現することが可能である。
4. 各次元のもつ意味は ① 高音部因子、② 低音部因子、③ バランス因子、④ 雑音性因子と推察される。
5. この空間内に、評価対象となった再生特性のみならず、受聴者及び音源（曲目）の状態をベクトル布置として位置づけることが試みられた。
6. その結果、音源の種類と特性との間には交互作用があり、一般に、音源の特徴をよく反映するような特性が好まれることがわかった。それらは、大きく、低音強調高音抑制型、低音抑制高音強調型、バランス型、中音型に区分される。
7. 受聴者の嗜好タイプには個人差があるけれども、音源に依存しないで特定の特性のみを好む絶対型、その種類によって二・三の特性を選択的に好みわけると選択型、及びその極端な分散型の三種類に分かれるようである。
8. 嗜好空間モデルの妥当性が検討されたが、かなり満足すべきものであった。
9. モデルと実験に関し若干の批判と考察が行われた。

Appendix

* Mathematical notes for an analytical model of preference structure

$$Z_i A_{(pb)} = |Z_i| \cdot |A_{(pb)}| \cos \theta_{i(pb)} \tag{1a}$$

$$= \sum_s^m z_{is} a_{s(pb)}$$

$$l_{i(pb)} = \sum_s^m z_{is} a_{s(pb)} + e_{i(pb)} \tag{2a}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i, j = 1 \sim n \\ p, q = 1 \sim N \\ b = 1 \sim l \\ s = 1 \sim m, \\ m \leq n \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{(pb)}(l_{i(pb)}) = 0 \\ V_{(pb)}(l_{i(pb)}) = 1 \end{array} \right\} \tag{3}$$

$$\left. \begin{array}{l} COV_{(pb)}(a_{s(pb)}, a_{s'(pb)}) = 0 \\ V_{(pb)}(a_{s(pb)}) = \alpha_s \end{array} \right\} \tag{4a}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{(pb)}(e_{i(pb)}) = 0 \\ COV_{(pb)}(e_{i(pb)}, e_{j(pb)}) = 0 \\ V_{(pb)}(e_{i(pb)}) = \epsilon_i^2 \end{array} \right\} \tag{5a}$$

$$L = ZA + E \tag{2b}$$

L : matrix of $l_{i(pb)}$, $(n \times Nl)$ sections, (data)

Z : matrix of z_{is} , $(n \times m)$ sections

A : matrix of $a_{s(pb)}$, $(m \times Nl)$ sections

E : matrix of $e_{i(pb)}$, $(n \times Nl)$ sections

$$\Gamma = AA' \tag{4b}$$

Γ : diagonal matrix of α_s , $(m \times m)$ sections

$$E'E = (L - ZA)'(L - ZA) = V \tag{5b}$$

V : diagonal matrix of ϵ_i^2 , $(n \times n)$ sections

$$C = LL' = (ZA + E)(ZA + E)' = Z\Gamma Z' + V \quad (6)$$

C : matrix of sums of cross products between columns
of L , ($n \times n$) sections

$$\begin{aligned} R &= C - V = Z\Gamma Z' \\ &= (Z\Gamma^{\frac{1}{2}})(Z\Gamma^{\frac{1}{2}})' \end{aligned} \quad (7)$$

R : correlation matrix, diagonals of which contain
 $h_j^2 = (1 - \epsilon_i^2)'$, s say, communalities

$$\begin{aligned} R &= (Z\Gamma^{\frac{1}{2}})(Z\Gamma^{\frac{1}{2}})' \\ &= \dot{Z}\dot{Z}' \end{aligned} \quad (8)$$

Γ : diagonal matrix of equal α 's, ($m \times m$) sections

$$\dot{Z} = Z\Gamma^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$\dot{A} = \dot{Z}'\dot{Z} \quad (10a)$$

\dot{A} : diagonal matrix of eigen values λ 's of \dot{Z}

$$\left. \begin{aligned} \sum_i^n \dot{z}_{is}^2 &= \alpha \sum_i^n z_{is}^2 = \dot{\lambda}_s \\ COV(\dot{z}_{is}, \dot{z}_{is}') &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (10b)$$

$$A = \Lambda^{-1}Z'L \quad (11a)$$

$$= F^{-\frac{1}{2}}\dot{A}^{-1}\dot{Z}'L \quad (11b)$$

$$\dot{A} = \dot{A}^{-1}\dot{Z}'L \quad (12)$$

$$A = F^{-\frac{1}{2}}\dot{A} \quad (13)$$

文 献

1. 雨宮正彦; 音質評価に関する実験心理学的研究, 慶応義塾大学卒業論文, 1966.
2. Cattell, R. B. ; Factor Analysis, Harper & Brothers, 1952.
3. Chinn, H. A. ; Tonal-range and sound-intensity preferences of broadcast listeners. Proc. I.R.E., 1945, Sept., 571-581.
4. Chinn, H. & Eisenberg, P. ; Influence of reproducing system on tonal-range preferences. Proc. I.R.E., 1948, Mar., 572-580.

5. Ekman, G. & Künnapas, T.; A further study of direct and indirect scaling methods. *Scand. J. Psychol.*, 1963, 4, 77-80.
6. 林知己夫, 近藤暹; 音の好みについて, 日本心理学会第29回大会報告, 1965.
7. Hotelling, H.; Analysis of complex of statistical variables into principal component. *J. educ., Psychol.*, 1933, 24, 417-441, 498-520.
8. 黒木総一郎; 聴覚の心理学. 現代心理学大系 15. 1954.
9. 中山剛, 宮川陸男, 三浦種敏; 音質の総合評価. *日本音響学会誌*, 1966, 22, 332-339.
10. Tucker, L. R.; Dimensions of preference. *ETS Research Memorandum*, 1960, RM-60-7, (a)
11. Tucker, L. R.; Intra-individual and inter-individual multidimensionality. In *Psychological Scaling*, edited by Gulliksen, H. and Messick, S., 1960, 155-167, (b).