

和音聴取における印象評価構造モデルと個人差

坂本 櫻[†] 山崎 陽一^{††} 片平 建史^{†††} 藤澤 隆史^{††††} 長田 典子[†]

[†] 関西学院大学理工学部 〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原 1 番

^{††} 長崎県立大学情報システム学部 〒851-2195 長崎県西彼杵郡長与町まなび野 1-1-1

^{†††} 早稲田大学文学学術院 〒162-0052 東京都新宿区戸山 1-24-1

^{††††} 福井大学子どものこころの発達研究センター 〒910-1193 福井県吉田郡永平寺町松岡下合月 23-3

E-mail: [†]{s.sakamoto3950,nagata}@kwansei.ac.jp, ^{††}yamazaki@sun.ac.jp, ^{†††}katahira@waseda.jp

あらまし 和音は、音楽を構成するうえで重要な要素の一つであり、その響きによってさまざまな印象や感情を喚起する。和音の響きの捉え方は人によって異なることが知られているが、これまで十分に研究されてこなかった。そこで本研究では、感性工学的手法を用いて、和音知覚の個人差について分析を行った。その結果、和音の印象は8つの側面から構成され、それらは和音のピッチ構造だけでなく、音色構造などの他の音響的特徴を含めて総合的に知覚されていることがわかった。さらに、音響的特徴と和音の印象との関係から、人の和音知覚には統合型、ピッチ構造型、音色構造型の3つの異なるタイプが存在することと、音楽経験の質的な違いによる和音知覚への影響が示唆された。

キーワード 和音, 感性工学, 心理音響モデル, モダリティ, 個人差

Affective Impression Structural Models and Individual Differences in Chord Listening

Sakura SAKAMOTO[†], Yoichi YAMAZAKI^{††}, Kenji KATAHIRA^{†††}, Takashi FUJISAWA^{††††}, and
Noriko NAGATA[†]

[†] School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University 1 Uegahara, Gakuen, Sanda-shi, Hyogo, 669-1330
Japan

^{††} Faculty of Information System, University of Nagasaki 1-1-1 Manabino, Nagayo-cho, Nishisonogi-gun, Nagasaki,
851-2195 Japan

^{†††} Faculty of Letters, Art and Sciences, Waeda University 1-24-1 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-0052 Japan

^{††††} Research Center for Child Mental Development, University of Fukui 23-3 Matsuoka-Shimoaizuki, Eiheiji-cho,
Fukui, 910-1193 Japan

E-mail: [†]{s.sakamoto3950,nagata}@kwansei.ac.jp, ^{††}yamazaki@sun.ac.jp, ^{†††}katahira@waseda.jp

Abstract Chords are one of the most important elements of music, and their sound evokes various impressions and emotions. It is known that the way people perceive the sound of chords differs from person to person, but this has not been sufficiently studied until now. In this study, we analysed individual differences in chord perception using kansei engineering methods. As a result, it was found that the impression of a chord consists of eight aspects, which are perceived comprehensively, including not only the pitch structure of the chord but also other acoustic features such as timbre structure. Furthermore, the relationship between acoustic features and chord impressions suggested that there are three different types of chord perception in humans: integrated, pitch structure and timbre structure types, and that qualitative differences in musical experience affect chord perception.

Key words Chords, Kansei/sensibility engineering, Psychoacoustic Model, Modality, Individual differences

1. はじめに

和音は、メロディやリズムと並んで音楽を構成する基本要素の一つであり、音楽の印象を豊かにし、さまざまな感情を喚起する要因でもある。和音がもたらす多様な表現については、これまで主に音楽的側面や心理的側面から研究がなされてきた[1][2]。さらに近年では、サウンドスケープ（環境音、空間音響、騒音）や人工音（操作反応音、警告音）など非音楽領域におけるサウンドデザインにおいてもその重要性が高まっており、和音が人に及ぼす感情的影響の体系的理解が課題となっている。

和音の響きにより喚起される感情反応に関する研究は、理論アプローチと実験的アプローチに大別される。理論的アプローチには、ピッチ構造（音の高さ、相対的なものも含む）に基づき和音の響きの捉え方の音響的な説明を試みた研究がある[3]～[6]。これら複数の研究結果から共通して見出されるコードの質的特徴に基づけば、和音の響き（sonority）は dissonance, tension, modality の3つの要因（印象因子）を考慮する必要があることと、それらの要因がピッチ構造（音響的特徴）から予測可能であることが確認された。しかし、実際の音楽に使用される和音の響きにはピッチ構造に加えて音色構造も影響し[7]、一部のコードはピッチ構造のみでは和音の響きを説明できないことが示されている[8]。

一方、実験的アプローチとして、大規模調査により協和/不協和の知覚における音響的および文化的予測因子を分析したものがある[9]。その結果として、親しみやすさ、調和性、粗さ、スペクトル包絡の順に寄与していることが明らかとなった。しかし、和音から形成される印象には協和/不協和以外にも多くの種類が知られており、また、印象形成に関係する音響的要因にもさまざまなものが考えられる。こうした印象因子や音響因子については十分に解明されていない。

さらに、ヒトの音の捉え方に着目した場合、個人差が存在することが報告されている。例えば、エンジン音を聴取した際の感情反応に個人差があることが示されている[10]。また、和音聴取においても、例えば音楽家・非音楽家で感情反応に差があることが示唆されている[11][12]。すなわち、和音の響きがどのように捉えられうるのかを理解するためには、ヒト側の要素も考慮する必要があるといえる。さらに、音楽家・非音楽家の違いとして、音楽経験年数や主観的な音楽経験に焦点を当てたものが多いが、その質的な音楽経験の違いについて着目したものはほとんどない。

以上から、本研究では、ユーザがどのように和音の響きを知覚するかという側面を明らかにするため、以下の3つの問いを設定した。

- (1) 音色を考慮した場合、和音の印象因子はどのようなものか
- (2) その印象因子は、ピッチ構造および音色構造によって説明できるのか
- (3) 音響的特徴と和音の印象との関係には、個人差が存在するのか

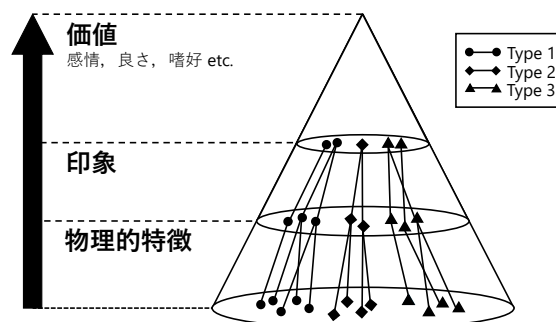


図1 感性の階層構造モデル

Fig.1 Concept of a hierarchical structure model of kansei/sensibility

本論文では、上記の問いに対して実験的アプローチとして感性工学の手法を用いて検討する。感性工学は、物理的要因によって喚起される価値や印象を定量化し、それらをもたらし物理的要因を特定するための技術であり、物理的要因とそれによって喚起される感情的反応の両方を測定し、そこから得られる感情量を grand truth としてモデル化する[13]。

この手法では、感性（kansei）あるいは感覚（sensibility）には、価値・印象・物理的特徴の3層からなる階層構造があると仮定し、感性を階層的構造モデル（図1）として定量化・分析する。価値層には、感情・良さ・嗜好など多様な概念が含まれる。本研究では、この枠組みに基づき和音の響きを分析対象とした。まず第1の問いを明らかにするため、和音の響きにおける印象因子を検討した。次に第2の問いを明らかにするため、参加者全体における印象層と物理層の関係を分析した。その後、第3の問いを明らかにするため、各個人における印象層と物理層の関係を比較検討した。

2. 和音の印象因子の抽出

2.1 目的

本研究では、和音の印象因子を明らかにするために、(1) 主観評価実験により三和音聴取時の印象や感情を測定し、(2) 因子分析により印象因子を抽出した。

2.2 方法

2.2.1 参加者

実験参加者は、成人30名（男性15名、女性20名、19歳から24歳、平均年齢22.17歳）である。全体の平均音楽訓練年数は8.03年（SD=6.37）であった。

2.2.2 印象評価語の選定

印象評価実験に用いる評価語の選定は次のような流れで行った。まず自由記述実験により集まった評価語と先行研究により集まった評価語を合わせ、同一と思われるものを削除した。次に、適合度実験を実施し、印象評価実験に適切な評価語データセットを作成した。その中で音響特徴量と直接結びつく「高い」、「澄んだ」などの評価語を低次、「落ち着い

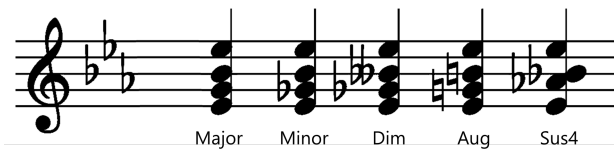


図2 実験に用いた和音刺激
Fig.2 Triads used as experimental stimuli

た」、「明るい」といった評価語を高次に分類する。その後、評価語間の類似度を測る距離測定実験を実施し、多次元尺度構成法を用いて評価語の構造化を行った。多次元尺度構成法により取得された2次元座標からクラスタ分析を行い、それぞれのクラスタ内で重心に近い評価語を代表語として抽出した。

2.2.3 刺 激

実験には、4種類の楽器（Piano, Violin, Trumpet [in B♭], Clarinet [in B♭]）、5種類の主要な三和音（Major, Minor, Dim, Aug, Sus4）の基本形の組み合わせである20種類の和音刺激を用いた（図2）。また、音高による影響を取り除くため、図に示すように、最低音をE♭4、最高音をE♭5に固定した。これらの音刺激は4秒間の長さで統一し、作曲ソフトMuscore3を用いて作成した。使用したサウンドフォントはArachno SoundFont Version 1.0.sf2である。なお、音圧をRMS（Root Mean Square）の観点から統制するため、Audacityにより振幅の正規化処理を行っている。

2.2.4 実験環境

実験刺激はPCで再生し、音響アンプ（nano iDSD, iFi audio）とヘッドホン（SONY MDR-CD900ST）を介して提示された。

2.2.5 実験手順

参加者は各和音刺激の聴取後、感情・印象それぞれについて評価を行った。感情評価においては、「快—不快」「覚醒—沈静」の程度をAffectGrid法[14]により回答した。各刺激について、刺激聴取から回答までのセッションを4回ずつ繰り返した。印象評価では先述の方法で抽出された低次印象に関する12語と高次印象に関する24語の評価語を用いて、それぞれについてどの程度当てはまっているかを7段階のリッカート尺度により計測した。なお、今回は和音の印象と音響特徴量の関係に着目するため、感情評価に関しては分析を行わず、印象評価のみ分析を行った。

2.3 因子分析

収集された主観評価データを用いて、因子分析により印象層を構成する評価軸を抽出した。なお、本研究では和音構造と関係した心理反応に着目した検討を行うために、予備検討により覚醒水準が異なることが明らかになったトランペットの刺激は除いて分析を行った。因子分析にはHADI7.10を利用し、抽出法は最尤法、回転法はPromax回転を採用した。また、因子数は平行分析によって決定した。その結果、低次印象層では協和(-)因子、強さ(-)因子、重厚因子の3因子、高次印象層では明るさ、憂愁、美的、淡泊、刺激の5因子が抽出された。低次印象層の因子負荷量を表1、高次印象層の因

子負荷量を表2に示す。

この結果、和音の響きは複雑な様相を持つことが明らかになった。特に、従来の研究でmodalityと呼ばれていた要因が、「明るさ」、「憂愁」、「美的」など細かく分化され、個々の様相を見る必要性が示唆された。

また、先行研究でdissonanceとtensionの組み合わせによって説明されたinstabilityに対応する響きの構成要因があるかどうかの検討を行った。具体的には、我々の心理評価値とinstabilityの順位間の関連を検討するために、Spearmanの順位相関係数を算出し、相関の高かった項目について比較を行った。まず、順位相関係数とその有意差検定(α=0.05)において、協和(-)、強さ(-)、明るさ、美的について有意な相関が得られた。しかし、図3に示す通り、instabilityと順序関係が一致している因子は見られなかった。このことから、先行研究で明らかになったinstabilityという印象要素は、和音印象を構成する個別の要素ではあるが、総体としての響きの構成要素には含まれていないと考えられる。つまり、我々は先行研究のモデルで明らかになった和音印象の構成要素も含めた、知覚された構成要素の総体としての和音印象を明らかにしたといえる。

3. 和音印象と音響特徴量との関係分析

3.1 目 的

和音の印象因子と音響特徴量の関係を分析するために、重回帰分析を行う。

3.2 音響特徴量の抽出

印象評価実験に用いた和音刺激について、和音の印象因子を説明する音響特徴量を抽出した。先行研究のモデルを補足する音響特徴要素を明らかにするために、ピッチ構造に基づく音響特徴量に加え、音の主観的な聞こえ方に基づいて規格化された指標である音質評価指標と、上記の音響特徴量以外のスペクトルの帯域的情報に関する音響特徴量を算出した。

表1 因子負荷量（低次印象層）

Table 1 Factor Loading (Lower-Order Impression Layer)

項目	協和 (-)	強さ (-)	重厚
よどんだ	.821	-.073	.216
鈍い	.630	-.052	.238
溶け合わない	.553	-.345	-.185
複雑な	.543	-.009	.379
ものたりない	.429	.125	-.411
柔らかい	.038	.794	.017
溶け合う	-.304	.633	.332
浮かんだ	.041	.613	-.075
澄んだ	-.374	.530	-.105
弱々しい	.417	.457	-.384
重厚な	.211	.091	.830
低音にのびのある	.250	.144	.552
因子寄与率	23.262	21.724	14.046

表2 因子負荷量 (高次印象層)

Table 2 Factor Loading (Higher-Order Impression Layer)

項目	明るさ	憂愁	美的	淡泊	刺激
温かな	.902	.151	.072	-.126	.057
陽気な	.799	-.046	-.087	-.054	.281
明るい	.696	-.163	.051	-.032	.209
なごやかな	.621	.018	.363	.141	-.092
嬉しい	.603	-.207	.223	.161	.148
幸せな	.592	-.208	.287	.129	.126
寂しい	.119	.853	.049	.065	-.139
不安な	-.078	.818	-.191	-.031	.147
センチメンタルな	.092	.773	.191	.079	.009
憂鬱な	-.120	.748	-.119	.040	.060
暗い	-.279	.631	.090	.067	-.002
寒い	-.237	.527	.275	.287	.061
エレガントな	-.070	-.026	.748	-.032	.041
美しい	.176	-.048	.708	.034	.040
ゆったりした	.288	.224	.597	.054	-.392
深い	-.111	.271	.555	-.216	.188
豊かな	.380	.178	.487	-.225	.141
不思議な	-.274	.297	.329	-.014	.216
ドライな	-.234	-.032	.070	.784	.198
淡泊な	.148	.043	-.062	.774	-.021
つまらない	.176	.204	-.211	.572	-.071
刺激的な	-.111	.113	-.018	.048	.757
せかせかした	.177	.187	-.434	.086	.668
生き生きした	.403	-.125	.126	.018	.513
因子寄与率	31.151	28.349	19.482	12.117	10.843

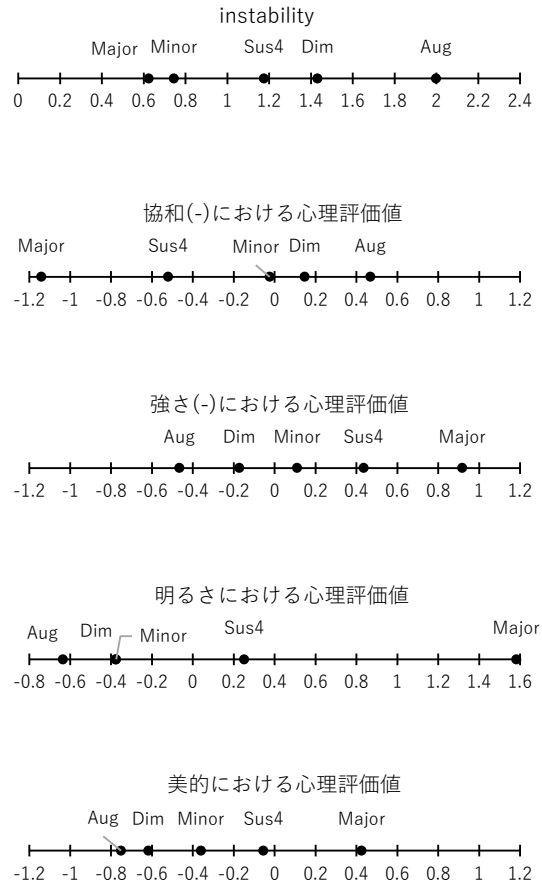


図3 Instability との比較

Fig. 3 Comparison of instability and psychological values

和音の印象因子を説明する音響特徴要素を調査するために、JMP を用いて重回帰分析を行う。

まず、ピッチの構造に基づく音響特徴量として、先行研究のモデル [6] を用いて dissonance, tension, modality を和音構成音から算出した。

次に、音質評価指標として、一般の音質評価において用いられている 4 つの指標 (loudness, sharpness, roughness, fluctuation strength) を採用した [15]。算出には MATLAB の Audio Toolbox を用いた。

さらに、上記の音響特徴量以外に、スペクトルの帯域的情報として、Spectral centroids, Spectral flatness, Spectral skewness, Spectral spread, Spectral kurtosis, Spectral entropy, Spectral rolloff, Attack slope を採用した。算出には MATLAB の MIR Toolbox を用いた。なお、楽器の音色は振幅包絡と呼ばれる振幅の時間変化を持ち、最大振幅 (Attack) に到達するまでとそれ以降 (Delay, Sustain, Re-lease) で含まれる周波数成分が異なる。そのため、Mean loudness, Mean roughness, Spectral flatness, Spectral spreads, Spectral kurtosis の指標については Attack 区間における特徴量も算出した。

3.3 重回帰分析

印象層と感情層の各要素を目的変数、音響特徴量およびそれらの交互作用項を説明変数とし、AIC 基準のステップワイ

ズ法による変数選択に基づく重回帰分析を行った。印象層については各因子の因子得点を、感情層については 4 回分の評価の平均値を標準化したものを代表値とした。分析の結果を表 3 に示す。表中のすべての要素において、説明力の高いモデル (調整済み $R^2 < .7$) が得られた。また、「協和 (-)」、「明るさ」、「憂愁」については特にピッチの構造に関する情報がその形成に強く寄与しているが、他の要素についてはそれ以外の音響的特徴量の影響が大きいことが明らかになった。さらに、複数の項目において交互作用の効果が有意であった。

和音の印象評価をモデル化した結果、ピッチの構造で十分に説明できる要因と、ピッチ構造に基づく特徴量だけで説明できない要因が明確に分かれた。特に、「重厚」については、ピッチ構造に基づく特徴量は説明変数として採用されおらず、音質評価指標の loudness や、スペクトルの帯域情報の Spectral flatness などが採用されていた。また、「強さ (-)」、「美的」、「淡泊」、「刺激」などの因子についても、アタック区間の特徴量や、音質評価指標の fluctuation strength, loudness などの影響を強く受けていた。

交互作用については、「明るさ」、「憂愁」において、ピッチ構造に基づいた特徴量の交互作用の効果が強く認められた。これは、我々が響きを知覚する際にピッチ構造に基づく要因を弁別的に捉えるのではなく、総体として捉えていることを

表3 重回帰分析結果

Table 3 Result of Multiple Regression Analysis

目的変数	説明変数	β	調整済み R ²
協和 (-)	tension	0.709***	0.763***
	modality	- 0.548**	
	spreads	- 0.363*	
強さ (-)	tension	- 0.661***	0.814***
	attack slope	0.599**	
	spreadsA	1.096***	
	attack slope * spreadsA	- 0.947***	
重厚	loudness	1.093***	0.977***
	flatness	0.014	
	meanLoudnessA	0.072	
	flatness * meanLoudnessA	0.283**	
明るさ	dissonance	0.773**	0.974***
	tension	3.009**	
	modality	- 16.374***	
	tension * modality	- 17.463***	
憂愁	dissonance	- 0.926**	0.964***
	tension	- 3.651***	
	modality	19.247***	
	tension * modality	20.411***	
美的	tension	- 0.528***	0.946***
	modality	0.384***	
	fluctuation strength	0.841***	
	kurtosisA	0.239*	
淡泊	tension	0.266*	0.905***
	modality	- 0.279**	
	loudness	- 1.257***	
	spreads	- 0.839***	
刺激	loudness * spreads	- 0.453**	0.832***
	modality	- 0.273*	
	loudness	- 1.153***	
	spreads	- 0.744**	
	loudness * spreads	- 0.523**	

*** p <.001, ** p <.01, * p <.05

なお表中の説明変数について、Spectral は表記の都合により省略

示唆するものである。

以上の結果から、ピッチ構造に基づく特徴量に音質評価指標やスペクトルの帯域情報を加えることで、和音の印象層全体を網羅した説明が可能になると考えられる。また、響きを説明するためには、その弁別的に求められた要因の統合様式に関する検討の必要性が示唆された。

3.4 協和度における心理評価値との比較

本研究で得られた印象因子のうち協和 (-) 因子は dissonance と対応する響きの要素と考えられる。従来の C&F モデルでは、この dissonance が心理評定値と一致しない場合があると報告されている [8]。本研究で構築したモデルがこの不一致を改善できていれば、従来よりも妥当な響きのモデルが構築できたといえる。そこで本研究では、従来モデルの dissonance と、本モデルの各音色における協和 (-) の推定値を算出し、順

表4 協和度における順位比較

Table 4 Comparison of Consonance Estimates

和音種	心理評価値				推定値
	Piano	Clarinet	Violin	C&F [5]	本モデル
Major	1	1	1	1	1
Minor	3	3	3	1	4
Dim	4	4	5	5	3
Aug	5	5	4	3	5
Sus4	2	2	2	4	2

位を求め、比較することでモデルの妥当性を評価した。その結果を表4に示す。なお、本モデルの推定値はすべての楽器の音色について同じ順位を示した。

ここで、ピアノの音色において5種類の和音の間の協和度の心理評価値に差異が認められるかを一元配置分散分析により検討した。その結果として、和音の種類について主効果が認められた (F [4, 116] = 11.898, p <.001)。さらに、和音間での具体的な差異を検討するため、Bonferroni の多重比較を行った。その結果、第一順位であった Major と第二順位の Sus4 の間で有意差が認められた (p <.05)。次に、Sus4 と第三順位である Minor の間で有意差は認められなかったが、第四順位である Dim との間には有意差が認められた (p <.05)。Minor と Dim との間には有意差が認められなかったが、第五順位である Aug との間には有意傾向が認められた (p = .177)。以上の結果から、コード間の協和感の大小関係は、

$$\text{Major} \gg \text{Sus4} \gg \text{Minor} \approx \text{Dim} > \text{Aug}$$

であるといえる。本モデルの推定値と心理評価を比較した場合、第三順位と第四順位の和音の順位が逆になっているが、心理評価としてはこの間に有意差がないことから、本モデルにより協和度の順位を従来の理論ベースモデル [5] と比較して高い精度で推定できることがわかる。

4. 音響特徴量に基づく個人差の分析

和音知覚における個人差を明らかにするために、音響特徴量と和音印象の関係の違いに基づくタイプ分類を行った。具体的には、個人ごとの評価データを使用し、それぞれに Major と Minor を分ける Modality に寄与する明るさ因子と憂愁因子を目的変数、音響特徴量とそれぞれの交互作用項を説明変数とし、AIC のステップワイズ法に基づく重回帰分析を実施した。その結果、図4に示すように、それぞれの因子について、参加者間で着目する音響特徴量の違いが見られた。ピッチ構造の交互作用項を重視するタイプ (図4(a))、ピッチ構造を単体で聴いているタイプ (図4(b1))、ピッチ構造とピッチ構造以外の音響特徴量を聴いているタイプ (図4(b2))、ピッチ構造以外の音響特徴量のみを聴いているタイプ (図4(c)) に分けられることが分かった。これらは、ピッチ構造を統合的に聴く統合型、ピッチ構造を弁別的に聴くピッチ構造型、音色構造を聴いている音色構造型の三つに大別されると考えられる。

表 5 音楽経験年数

Table 5 Years of Music Experience

参加者 ID	明るさ	憂愁	音楽経験年数
1	a	a	10
3	a	a	14
16	a	a	15
23	a	a	15
24	a	a	19
29	a	a	2
5	b	a	14
7	b	a	8
9	b	a	12
22	b	a	14
2	b	b	3
4	b	b	0
10	b	b	5
11	b	b	0
12	b	b	17
13	b	b	0
14	b	b	9
17	b	b	7
18	b	b	0
19	b	b	4
20	b	b	3
21	b	b	0
25	b	b	13
26	b	b	18
30	b	b	6
27	b	c	0
6	c	c	8
8	c	c	0
15	c	c	18
28	c	c	7

*a: 統合型, b: ピッチ構造型, c: 音色構造型

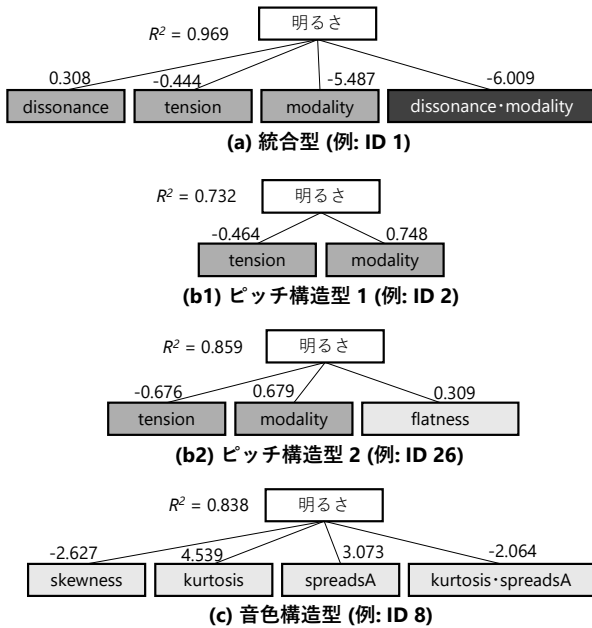


図 4 各タイプのモデル
Fig. 4 Models of each type

さらに、憂愁因子について、それぞれのタイプにおける音楽経験年数の平均を比較したところ、統合型は 12.3 年 (SD = 4.45)、ピッチ構造型は 5.7 年 (SD = 5.92)、音色構造型は 6.6 年 (SD = 6.62) であった (表 5)。ここで、それぞれのタイプ間で音楽経験年数の平均に差異が認められるかを一元配置分散分析により検討した。その結果として、音楽経験年数について主効果が認められた ($F[2, 29] = 3.958, p = .031$)。さらに、タイプ間での具体的な差異を検討するため、Bonferroni の多重比較を行った。その結果、統合型とピッチ構造型の間に有意差が認められた ($p < .05$)。このことから、音楽訓練を重ねるほどピッチ構造を統合的に聴く傾向が高まる可能性が示唆された。この結果は、先行研究で示唆された、楽器演奏経験により倍音周波数に対する好みが増幅される結果 [16] と一致する。さらに、音楽経験の質的な違いについて調査したところ、図 5 に示すように、統合型には弦楽器経験者と合唱経験者が多く属していた。この結果から、演奏経験を通じて、楽器の持つ音響的性質が知覚に影響を及ぼす可能性があると考えられる。

5. 結 論

本研究では、和音印象の定量化に向け、感性工学的手法に基づく検討を行った。方法としては、まず自由記述実験により収集した評価語を用いて印象評価実験を行い、和音を聴取する際の音の捉え方の複雑な様相を明らかにした。次に、和音印象と音響特微量の関係分析を行った。まず、ピッチの構造に基づく特微量、音質評価指標、スペクトルの帯域の情報、アタック区間の音響特微量を抽出した。和音印象を目的変数、音響特微量を説明変数とした重回帰分析を行い、和音

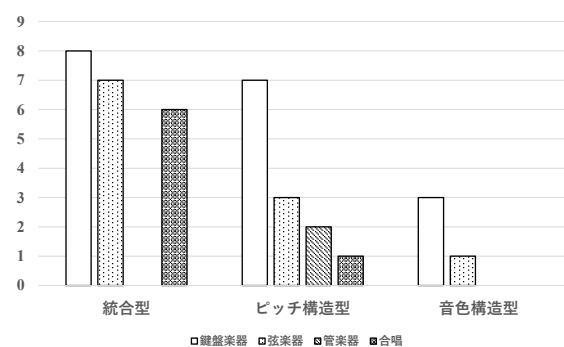


図 5 各楽器経験者の人数

Fig. 5 Number of players of each instrument

印象と音響特微量の関係を調査した結果、印象層および感情層すべての要因において高い説明能力を持つモデルが得られた。さらに、モデルの妥当性を検討した結果、本モデルにより協和度の順位を高い精度で推定できることがわかった。これらのことから、感性工学的手法により和音印象の個々の様

相を明らかにし、音響特徴量との対応を解明することの有効性が示唆された。さらに、音響特徴量と和音印象の個人の差を検討した結果、3つの異なるタイプ（統合型、ピッチ構造型、音色構造型）が見出され、音楽経験の質の違いが感情評価に影響することが示唆された。

文 献

- [1] I. Lahdelma and T. Eerola, "Single chords convey distinct emotional qualities to both naive and expert listeners," *Psychol Music*, vol.44, no.1, pp.37-54, Oct. 2014. DOI:<https://doi.org/10.1177/0305735614552006>
- [2] Y. Arthurs, A. V. Beeston, and R. Timmers, "Perception of isolated chords: Examining frequency of occurrence, instrumental timbre, acoustic descriptors and musical training," *Psychology of Music*, vol.46, no.5, pp.662-681, Aug. 2017. DOI:<https://doi.org/10.1177/0305735617720834>
- [3] H.L.F. Helmholtz: *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, Mineola, N. Y.: Dover Publications, 1954.
- [4] L.B. Meyer: *Emotion and meaning in music*, The University of Chicago Press, 1956.
- [5] N.D. Cook and T.X. Fujisawa, "The psychophysics of harmony perception: Harmony is a three-tone phenomenon," *Empirical musicology review*, vol.1, no.2, pp.106-126, Apr. 2006. DOI:<https://doi.org/10.18061/1811/24080>
- [6] 藤澤隆史, 長田典子, 片寄晴弘, "和音認知に関する心理物理モデル," 情報処理学会研究報告音楽情報科学 2006-MUS-66, pp.99-104, Aug. 2006. T. Fujisawa, N.D. Cook, N. Nagata and H. Katayose, "A Psychophysical Model of Chord Perception," The Special Interest Group Technical Reports of IPSJ, 2006-MUS-66, pp.99-104, Aug. 2006.
- [7] T. Eerola, R. Ferrer, and V. Alluri, "Timbre and affect dimensions: Evidence from affect and similarity ratings and acoustic correlates of isolated instrument sounds. Music Perception," *An Interdisciplinary Journal*, vol.30, no.1, pp.49-70, Sept. 2012. DOI:<https://doi.org/10.1525/mp.2012.30.1.49>
- [8] T. Shimozone, E. Aiba, T.X. Fujisawa, and N. Nagata, "Chord character evaluation model based on real acoustic sources: Introduction to differences in timbre," *Proc. the 7th Forum Acusticum 2014*, vol.50, Kraków, Poland, Sept. 2014.
- [9] T. Eerola and I. Lahdelma, "The anatomy of consonance/dissonance: evaluating acoustic and cultural predictors across multiple datasets with chords," *Music Sci*, vol.4, pp.1-19, July 2021. DOI:<https://doi.org/10.1177/20592043211103>
- [10] 浅川香, 矢野敦仁, 木村勝, 片平建史, 山崎陽一, 長田典子, "車室内エンジン加速音及び定速走行音の聴取時における感情評価の個人特性" 日本音響学会誌, vol.77, no.11, pp.694-697, July 2021. K. Asakawa, A. Yano, M. Kimura, K. Katahira, Y. Yoichi, and N. Nagata, "Individual differences in core affect during listening to various types of car interior engine acceleration and cruise sound," *The Journal of the Acoustical Society of Japan*, vol.77, no.11, pp.694-697, July 2021.
- [11] I. Lahdelma and T. Eerola, "Cultural familiarity and musical expertise impact the pleasantness of consonance/dissonance but not its perceived tension," *Sci Rep* 10, no.8693, May 2020. DOI:<https://doi.org/10.1038/s41598-020-65615-8>
- [12] M.A.G. Witek, T. Matthews, R. Bodak, M.W. Blausz, V. Penhune, and P. Vuust, "Musicians and non-musicians show different preference profiles for single chords of varying harmonic complexity," *PLoS ONE*, vol.18, no.2, pp.1-16, Feb. 2023. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281057>
- [13] 山崎陽一, 飛谷謙介, 谿雄祐, 井村誠孝, 亀井光仁, 長田典子, "感性工学的手法に基づく触感予測モデルの構築と評価—布地触感予測の実現—," 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), vol.142, no.5, pp.616-624, Dec. 2022. DOI:<https://doi.org/10.1541/ieejieiss.142.616> Y. Yamazaki, K. Tobitani, Y. Tani, M. Imura, M. Kamei, and N. Noriko, "Development and Evaluation of a Prediction Model for Tactile Perception based on Kansei Engineering—A Case Study of Tactile Prediction for Fabrics—," *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol.142, no.5, pp.616-624, Dec. 2022. DOI:<https://doi.org/10.1541/ieejieiss.142.616>
- [14] J.A. Russell, A. Weiss, and G.A. Mendelsohn, "Affect grid: a single-item scale of pleasure and arousal," *Journal of personality and social psychology*, vol.57, no.3, p.493, Feb. 1989. DOI:<https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.3.493>
- [15] 高田正幸, "音質評価指標の計算法と適用事例," 日本音響学会誌, vol.75, pp.582-589, 2019. DOI:https://doi.org/10.20697/jasj.75.10_582 M. Takada, "Calculation methods of sound quality metrics and its application," *The Journal of the Acoustical Society of Japan*, vol.75, pp.582-589, 2019. DOI:https://doi.org/10.20697/jasj.75.10_582
- [16] J.H. McDermott, A.J. Lehr, A.J. Oxenham, "Individual differences reveal the basis of consonance," *Current Biology*, vol.20, no.11, pp.1035-1041, June 2010. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.04.019>