

# 音楽経験有無による和音共感エージェントの 共聴感覚と音楽聴取感覚への影響

竹村 響<sup>1,a)</sup> 石田 真子<sup>1,b)</sup> 米澤 朋子<sup>2,c)</sup>

**概要：**音楽要素の一つである和音には「明るい-暗い」、「安定-不安定」などの感覚を催させる効果があるとされる。本研究では、ユーザと一緒に音楽を聴くエージェントの表情やしぐさによる共感的表現により、音楽を聴く楽しみとして他者との音楽感情の共感やそれによる音楽自体への没入などの効果を狙う。具体的には、和音から推定される、明るさと興奮の2軸の感情強度に基づき、顔表情が変化するエージェントシステムを実装した。今回はユーザの音楽経験の有無により、エージェントの表情表出強度、エージェントの溜め息表現がもたらすユーザのエージェントに対する共感度や印象、音楽の印象にどのような影響がみられるかを検証した。その結果、音楽経験者の方が非経験者と比較してエージェントの表情に共感しエージェントの喜怒哀楽を知覚する傾向や、溜め息表現により音楽を豊かに感じる傾向があることが確認された。

## 1. はじめに

音楽からは様々な感情が感じられ、音楽知覚認知分野では次の音への期待と実際の音とのギャップにより感動が生まれると言われている [1].

音楽の三要素である、リズム、メロディ、和音（ハーモニー）のうち、リズムを感じる心に時間的期待が関連していると仮定すると、メロディを感じる心には時間的期待と音の高さの変化への期待が関連し、和音を感じる心には、異なる高さの音の組み合わせとその変遷に対する期待が含まれると考えられる。3種以上の高さの音が組み合わせられた和音 [2] は、構成音の絶対的な高さや構成音同士の相対的な間隔によって定義され、「明るい-暗い」、「安定-不安定」などの感情を催すとされている [3]. 和音から感じられる感情には、文化差はあるもののヒトは概ね共通した感性を持ち、その経験則の蓄積が音楽理論として体系化され、作編曲や音楽解析に広く用いられている。明るい感覚や暗い感覚をもたらすメジャーコード/マイナーコードや、和音の安定度をもたらすトニック/サブドミナント/ドミナントおよびそれらの和音の動きによる解決の感覚などがある [4].

和音に関する研究として、和音構成音の周波数比とその

心理的印象の関連性を定量的に表す「和音性」評価モデル [3] や和音性の計算法 [5], および和音の複雑さが快感情、好悪、情動に与える影響 [6] などが検討されている。また、楽曲から感じられる感情をラッセルの円環モデルと対応させる試みも行われている [7]. 和音から知覚される「明るい-暗い」や「安定-不安定」はバークリーメソッド [4], [8] により体系化がなされていることから、ラッセルの円環モデルに基づき比較的定量化しやすく [9], 本研究では和音に焦点をあて、感情への影響に着目することとした。

本研究では、ユーザと一緒に音楽の和音を聴く画面内のエージェントが和音に対する共感的表現を示すことにより、音楽聴取や演奏における体験の満足感向上を目指す。具体的には、音楽理論において定められた、和音の聴取により起こるとされる人間の感情に沿った表情やしぐさをエージェントが表出することにより、他者と一緒と同じ音楽を味わっている錯覚を与え、エージェントの音楽に対する反応へのユーザの共感性を探る。そこで、音楽理論を参考とした和音の明るさや不安定感に応じて、エージェント内部の感情状態として快不快軸と覚醒度軸に応じた数値を生成し、その感情状態の数値に基づき顔表情が変化するエージェントを実装した。なお、表情の変化は Action Unit Module [10] を用いた表情アニメーション研究を参考にした [11], [12].

## 2. 関連研究

### 2.1 音楽と感情

人が音楽を演奏・聴取する際に抱く感情には、和音や旋

<sup>1</sup> 関西大学大学院総合情報学研究科  
2-1-1 Ryozenji-cho, Takatsuki-shi, OSAKA 569-1095, Japan

<sup>2</sup> 関西大学総合情報学部  
2-1-1 Ryozenji-cho, Takatsuki-shi, OSAKA 569-1095, Japan

<sup>a)</sup> k539698@kansai-u.ac.jp

<sup>b)</sup> k753488@kansai-u.ac.jp

<sup>c)</sup> yone@kansai-u.ac.jp

律、リズムをはじめとした、様々な音楽の要素が複合的に影響を与えている [13]. 音楽を演奏する際の共演者同士や演奏者と聴き手の間ではこのような感情の伝達が行われており [14], 特に, Jazz のアドリブは楽器を用いた奏者同士のコミュニケーションと言われるほど, 音楽において感情と音に因果関係があるとされている [15]. 音楽は言葉ほどの明確な意味表現はできないが, 漠然とした感情でなく分化した表現ができるとされており [16], 音を媒体としたコミュニケーションは昔から行われてきた [17].

## 2.2 音楽分野における音楽体感システム

情報科学の発展により, 音楽情報を元にシステムを開発する分野である音楽情報科学が発達した [18]. 音楽の解析, 自動生成など, 音楽自体の情報分析のみならず, 音楽を人間が楽しむためのユーザインタフェースとして New Interface for Musical Expression (NIME) [19], [20] や演奏システム, およびエンタテインメントコンピューティング分野が発展し, 音楽情報を扱い慣れた人だけではなく初心者を楽しめるシステムも充実しつつある. エンタテインメント性や教育効果を狙うエデュテインメントにおいては初心者に新たな音楽体験を提供する提案もある [21], [22]. 本研究では, 様々な立場の人を対象とし, 音楽を楽しむためのユーザインタフェースを目標としている.

## 2.3 協調演奏システム

人と人の協調演奏を支援するシステム [23], [24] や, ロボットが人と演奏するシステム [25] など, 音楽コミュニケーション支援システムも増加しており, 音楽における, 音以外のコミュニケーション要素の重要性が示されている. 同じ音楽でも一人で聴くのと二人以上で聴くのとでは音楽を聴く喜びや楽しさは性質の異なったものとなる. これは音楽以外の要因として他者の存在や様子, および他者とのインタラクションにより生じる, 共感による楽しさなどが影響すると考えられる.

音楽情動コミュニケーションの理論的モデル [26] では, 音楽を聴いた際に催した感情がジェスチャや体の動きなど身体上に表出され, とともに音楽を聴取している人がそれを知覚することにより, 音楽情動共有のフィードバックループが成立するとした.

本研究では, 音楽を聴取した際の感情表出に最も直感的な理解をもたらすものとして顔表情が含まれると考え, 本研究の音楽共感システムにおけるユーザへのフィードバックモダリティとして検討することとした.

## 2.4 エージェントシステム

ヒューマンエージェントインタラクションでは, 画面内のキャラクターやロボットなどのシステムを擬人化させ, 他者とのやりとりや感情を模することで, 情報を分か

りやすく親しみやすく伝え, 感情豊かなやりとりを目指す [27], [28], etc.. この中でも他者の存在感により人間の感じ方や行動を変容させること [29] を参考に, 本研究では, ユーザと一緒に音楽を聴く他者を模したキャラクターエージェントが, 音楽を聴取しつつ音楽に合った様々な表情をとることで, 一人で音楽を聴く場合と比較して, ユーザが他者との協聴体験として他者の存在と感情を知覚する結果豊かな聴取体験を目指す.

## 2.5 音楽経験による音楽知覚の変化

音楽経験のある者と無い者の間には, 音楽の感じ方に差があることが知られている. 音楽教育が行われる幼稚園教諭養成課程の1年生から4年生までの学生を対象とした, 和音の協和と不協和を判断させる調査では, 学年が上がるにつれ, 正答率が向上した [30]. このことから, 音楽経験の蓄積度合いによって音楽の知覚には変化がおこると考えられる. 本研究においても音楽経験の有無が, エージェントの表情と和音の対応の知覚に影響すると考えられることから, 音楽経験の有無も調査事項とした.

## 3. 提案システム

本研究は, 一緒に音楽を聴いている他者の感情表現と音楽聴取に対する印象に着目し, 実際に聴こえている音楽から得られる感情と, 他者の表情やしぐさから想定される感情の双方が与える影響を検証することを目的としている. そこで, ユーザが和音を聴取する際にエージェントが和音から得られる感情に沿った顔表情を表出していると, エージェントに対する共感度が高くなると同時に音楽をより楽しむことができるという仮説を設定した.

この仮説を元に, 和音に沿った表情を示すエージェントとユーザが和音の流れを一緒に聴くことで, 誰かと一緒に音楽を聴いている, そしてその誰かが自分に似た感情を感じていると錯覚させることで, ユーザがエージェントに共感することによる感情の共鳴の結果豊かな音楽体験となることを期待し, 提案システムを実装した. 提案システムはシーケンス・和音選択部, 和音再生部, 感情出力部, 和音感情描画部, 表情円滑制御部, 表情描画部から構成され, Open Sound Control により各部間の連携をとる.

本システムは, 再生中の和音の明暗 (暗い-明るい) と不安定度 (安定した-不安定な) に基づき, エージェントのモダリティとして顔表情を表示する. 和音再生時のエージェントの感情値は音楽理論を参考に設定しており, 和音の明暗度合いに応じて, 最も暗いを -400, 最も明るいを 400 とした連続値とし, 和音の機能に基づく不安定度を, 安定を 0, 最も不安定を 600 とする連続値で表現した. システムに設定した和音とその感情値の対応を表 1 に示す.

和音の明暗や不安定度による表情描画の他, 不安定な和音から安定した和音に移った場合に発生する, 不安定によ

表 1 和音の機能に基づく感情値 (明暗度・不安定度)

和音の種類	明暗	不安定度	機能
I	400	0	トニック
IIIm	-400	400	サブドミナント
IIIIm	-400	200	トニック
IV	400	300	サブドミナント
V	200	500	ドミナント
VIIm	-400	100	トニック
VIIIdim	-100	600	ドミナント
Vsus4	0	500	ドミナント
IIb	200	550	ドミナント
IVm	-400	300	サブドミナント
VIIb	200	450	サブドミナント

る緊張から解放された状態の表現として、溜め息を吐く動作を設定した。音楽において呼吸はフレーズ感やタイム感において重要なものであり [31], 息を用いて発音する管楽器以外にもフレーズの切れ目はブレス記号が用いられる。合奏において、ブレスはフレーズを合わせるための手段としても用いられており、意思疎通の手段とも言える。

また、実際に和音から得られる感情パラメータの計算による結果を視覚的に表示することで、設計者がシステムにおける顔表情との対比を図るため、その感情状態をグラフィカルに表示する (和音感情描画部) 実装を行った。

開発ソフトウェアとして、主に時間的処理や音を扱った処理を行う、シーケンス・和音選択部、和音再生部、感情出力部に pd vanilla 0.51.4<sup>\*1</sup> を、主に描画や数値計算を行うプログラムでは、Processing 3.5.4<sup>\*2</sup> を用い、音源出力には Microsoft GS Wavetable SW Synth を用いた。このシステムの実装には Windows のパーソナルコンピュータを用いた。システムの構成図を図 1 に示す。上記のように、本システムは複数のプログラムに分割して処理を行っており、プログラムの連動が不可欠である。そこで、pd vanilla で実装したシーケンス・和音選択部から一定間隔で感情出力部に信号を送り、感情値を送信することで各プログラム間連携を図っている。また、感情出力と同時に和音再生部にも信号が送られて和音が発音される。

シーケンス・和音選択部では、テンポの提示と和音再生の制御を行い、現時点での和音スケジュールを和音再生部および感情出力部に送る。和音再生部では、受信した和音構成音の情報に基づいて Microsoft GS Wavetable SW Synth を音源として和音を再生する。感情出力部では、受け取った和音情報より現時点での感情値の明暗度や不安定度の値を、あらかじめ設定している和音の感情値に照合、取得し、和音感情描画部に送信する。和音感情描画部では、再生中の和音の明暗と不安定度をグラフィカルに視覚化すべく、縦軸を「安定-不安定」、横軸を「暗い-明るい」に設定した平面座標上において描画表現を行うと同時に、表情円

滑制御部にデータを送信する。表情円滑制御部では、和音が変わった際にキャラクターの表情をなめらかに変化させるため、感情値の推移を平滑化して、表情描画部にデータを送る。検証の際にもユーザに提示する表情描画部では、表情円滑制御部の出力値を元に、黒目・白目の開き具合、口の形、顔色、眉の形が変化する顔表情を描画する。興奮度は目の開き具合と顔色に、明暗度は口と眉の形状にそれぞれ影響する。これにより、例えば明るい和音では口角が上がり、眉はやや上がる。不安定な和音では、目がやや開き、顔色が赤くなる。さらに、不安定な和音から安定した和音に解決した際は、落ち着いた溜め息が出るように設計した。この溜め息は、安定した和音に解決する直前の和音の不安定度が大きいほど溜め息の描画が大きくなるように設定した。

システムのプログラム実行画面を図 2 に、和音とエージェントの表情を図 3-図 6 に示す。

## 4. 検証

### 実験目的

提案する和音共感エージェントの表現において、溜め息表現の有無や表情強度、音楽経験有無によってエージェントから受ける作用に差があるのかを確認すべく検証を行った。

### 実験概要

実験は 19 歳から 30 歳までの 36 名 (平均年齢: 22.06 歳, 標準偏差: 2.27, 男性 24 名, 女性 12 名, うち音楽経験者<sup>\*3</sup> 25 名) を対象に実施した。新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から実験をオンラインで行うため、条件ごとに提案システムが動作している動画を作成し、回答フォームを設けた。尚、実験環境による影響を軽減するため実験時に携帯端末を除く PC とヘッドフォンの使用を指定した。

実験では、BPM (Beat Per Minute, 1 分間の拍数) =60 で 4 小節 (16 和音) と終止和音 3 音の計 19 回の和音刺激を出力すると同時にそれに同期する表情描画を行った。実験参加者の聴き疲れ防止のため、音量減衰やビートの提示の明確さ、およびピッチの揺れの少なさの観点から、和音刺激の音色にはピアノを用いた。尚、和音とは 3 音以上の音高の組み合わせを指すが、音楽経験によっては 4 音以上の構成音を持つ和音は複雑に感じる場合があり、実験参加者が 4 和音の聴き分けに不慣れな可能性を考慮し、和音刺激には 3 和音を用いた。また、実験はハ長調の楽曲において使用される和音で行った。表 1 にて説明した和音と和音の機能は、I から VII までそれぞれ表 2 の C から Bb に対応している。和音進行を反復聴取すると慣れや飽きによる影響が発生する可能性があるため、練習や音量調整を含め、すべての試行で異なるコード進行を用いて提示順を固定し、カ

\*1 <http://puredata.info/>

\*2 <https://processing.org/>

\*3 音楽の授業以外で何らかの音楽活動を 3 年以上したことがある人

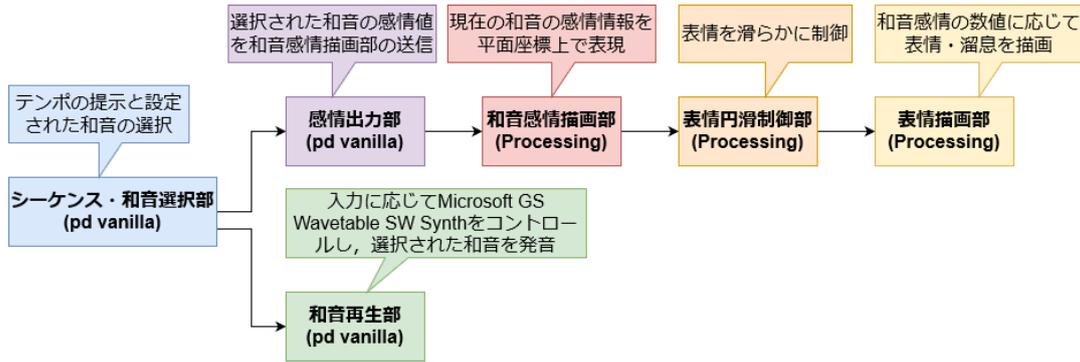


図1 システム構成図

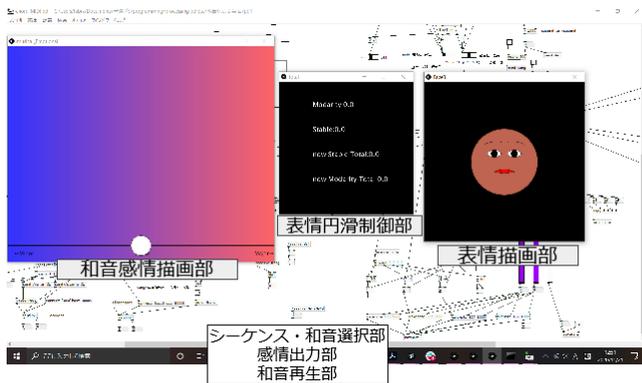


図2 プログラム実行画面

表2 ハ長調における和音の機能と感情値（明暗度・不安定度）

和音の種類	明暗	不安定度	機能
C	400	0	トニック
Dm	-400	400	サブドミナント
Em	-400	200	トニック
F	400	300	サブドミナント
G	200	500	ドミナント
Am	-400	100	トニック
Bdim	-100	600	ドミナント
Gsus4	0	500	ドミナント
Db	200	550	ドミナント
Fm	-400	300	サブドミナント
Bb	200	450	サブドミナント

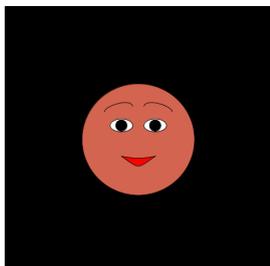


図3 表情描画 (和音：C)

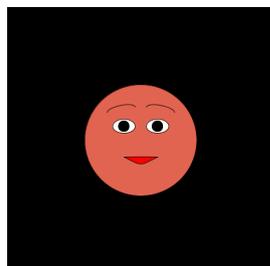


図4 表情描画 (和音：G)

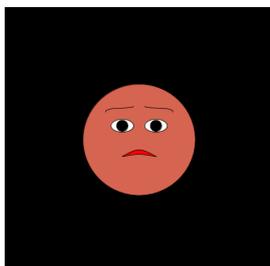


図5 表情描画 (和音：Am)

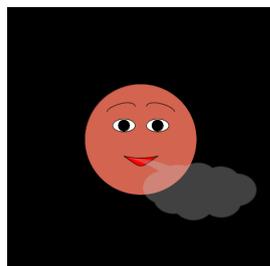


図6 表情描画 (溜め息表現)

ウンタバランスを取ることで条件との組み替えがなされるよう実験を行った。実験に使用した和音進行を表3に示す。

**実験仮説**

- H1：顔表情の変化が大きい方が共感が大きい
- H2：安定した和音に解決したときに、キャラクターも落ち着くと共感が深まる
- H3：エージェントへの共感が深まるとより音楽を楽しむ

ことができる

H4：音楽経験者は非経験者と比較してエージェントの表情から受ける影響が大きい

**実験条件**

音楽経験有無によるエージェントに対する印象の違い、表情強度、エージェントの溜め息有無による影響を検証するため、要因A：音楽経験の有無（被験者間要因，a1 音楽経験有り，a2 音楽経験無し）の2水準，要因B：エージェントの表情強度（被験者内要因，b1 弱：提案手法の50%の大きさの表情変化，b2 中：提案手法に基づく和音に沿った変化を伴う表情変化，b3 強：提案手法の150%の大きさの表情変化）の3水準，要因C：エージェントの溜め息有無（被験者内要因，c1 和音解決時に溜め息有り，c2 和音解決時に溜め息無し）の2水準を設定した，被験者間要因1要因，被験者内要因2要因6条件の実験計画とした。それぞれの要因の詳細は以下の通りである。和音Gにおけるそれぞれの表情強度の例を図7-図9にそれぞれ示す。なお、各条件の提示順はラテン方格法を用いてカウンタバランスをとった。

**実験手順**

実験手順は以下の通りである。

- (1) 実験参加者に明るい和音と暗い和音の教示を行ったうえで、和音の明暗を聴いて回答するテストを受けてもらう。
- (2) 溜め息をしている表情の説明を行う。

表3 使用した和音刺激

	1 小節目	2 小節目	3 小節目	4 小節目	終止
音量調整用	CCCC	GGDbDb	CCDmDm	FmFmGG	CCC
練習用	CCCC	EmEmAmAm	DmDmGG	CCDbDb	CCC
1 試行目	CCCC	FFmFm	EmEmAmAm	FFGG	CCC
2 試行目	CCCC	DmDmFmFm	EmEmAmAm	DmDmGsus4Gsus4	CCC
3 試行目	CCCC	FFDmDm	EmEmAmAm	GGBm(b5)Bm(b5)	CCC
4 試行目	CCCC	AmAmFF	GGCC	DmDmDbDb	CCC
5 試行目	CCCC	AmABbBb	Bm(b5)Bm(b5)CC	DmDmDbDb	CCC
6 試行目	CCCC	DmDmGG	EmEmAmAm	FFGG	CCC

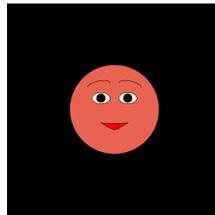
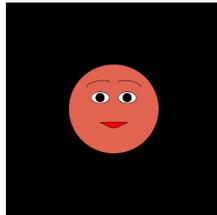
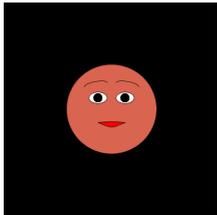


図7 表情強度弱 (和音：G) 図8 表情強度中 (和音：G) 図9 表情強度強 (和音：G)

- (3) 安定した和音と不安定な和音の教示を行ったうえで、和音を聴いて安定不安定を答えるテストを受けてもらう。
- (4) 実験で用いる和音進行とは異なる動画を用い、練習セッションを行う。
- (5) 実験参加者に計6回の試行をさせる。
- (6) 各試行の終了時、主観評価を求める。

### 評価項目

実験参加者は刺激動画の視聴後、リッカートスケールを用い、下記の質問項目に対し5段階（1：当てはまらない、2：少し当てはまらない、3：どちらともえない、4：少し当てはまる、5：当てはまる）で評価を行った。質問項目を表4に示す。

表4 評価項目

Q1. 画面の顔は流れている音楽に合った表情をしていた
Q2. 音楽の流れは自然だった
Q3. キャラクターの表情は自然体だった
Q4. 音楽の流れは心地よかった
Q5. 音楽の表現は豊かだった
Q6. あなたは音楽を一生懸命聴こうとした
Q7. 一緒に音楽を聴いているように感じた
Q8. キャラクターの表情に共感を覚えた
Q9. 音楽の流れを聴くのが楽しいと感じた
Q10. 音楽から得られる感情は変化した
Q11. 音楽の局面に不安定な響きが現れた
Q12. 音楽の局面に安定した響きが現れた
Q13. 不安定な局面において自分の気持ちを引きずられるように感じた
Q14. キャラクターは音楽を楽しんでいた
Q15. キャラクターが落ち着く様子が見られた
Q16. キャラクターが緊張するが見られた
Q17. キャラクターは表情豊かだった

### 検証結果と考察

主観評価の結果に対し、繰り返しのある分散分析を有意水準  $\alpha = 0.05$  で実施した。分析結果（多重比較は Ryan's method による）を表5, 6に、平均値と標準偏差を図11に示す。

はじめに、他者との共聴感覚に関する評価項目（Q7, Q8）の結果をまとめる。Q7は要因Aにおいて主効果がみられ、 $A1 > A2$  となり、音楽経験者の方が非経験者と比較してエージェントと一緒に音楽を聴いていると感じる傾向がみられた。また、Q7, Q8の両方に交互作用がみられた。いずれもB3水準において  $A1 > A2$  となり、表情強度が強い条件において、音楽経験者の方が非経験者と比較して一緒に音楽を聴いた感覚を得たり、エージェントの表情に共感を覚える傾向がみられた。また、いずれもC1水準において  $A1 > A2$  となり、溜め息動作がある場合、音楽経験者の方がより共感や共聴体験を感じる傾向が強かった。さらに、Q7のA2水準において  $\{B1, B2\} > B3$ 、Q8のA2水準において  $B1 > B3$  となり、音楽非経験者において、エージェントの表情強度が強い条件と比較して、弱い条件の方が共感や共聴体験をより感じる傾向がみられた。

次に、エージェントの表情に関する評価項目（Q3, Q17）の結果をまとめる。Q3は要因Aにおいて主効果がみられ、 $A1 > A2$  となり、音楽経験者の方がエージェントの表情を自然体であると知覚する傾向が強かった。Q17は要因Bにおいて主効果がみられ、 $B3 > B1$  となったことから、エージェントの表情が強いほど表情が豊かに知覚される傾向がみられた。Q3には交互作用がみられ、A1水準において  $C1 > C2$ 、C1水準において  $A1 > A2$  となったことから、音楽経験者は溜め息なしと比較して溜め息ありの方が自然体と知覚し、さらに、溜め息表現は音楽経験者の方が非経験者と比較して自然体と知覚する傾向がより強かった。

その次に、エージェントの様子に関する評価項目（Q15, Q16）の結果をまとめる。Q15, Q16は要因Aにおいて主効果がみられ、いずれも  $A1 > A2$  となり、音楽経験者の方が非経験者と比較してエージェントの落ち着く様子や緊張する様子を知覚する傾向がみられた。またQ15には要因Cにも主効果がみられ、溜め息表現は落ち着き動作と知覚される傾向がみられた。Q16では交互作用がみられ、B2水準とB3水準において  $A1 > A2$  となったことから、音楽経

表5 主効果

Question	A			B			C		
	F	p	備考	F	p	多重比較	F	p	備考
Q1	0.658	0.4228		0.875	0.4215		0.435	0.5138	
Q2	7.599	0.0093 *	A1>A2	1.860	0.1634		2.509	0.1224	
Q3	7.841	0.0084 *	A1>A2	0.315	0.7305		0.337	0.5653	
Q4	6.583	0.0149 *	A1>A2	0.720	0.4902		0.723	0.4012	
Q5	3.056	0.0895		0.031	0.9691		1.705	0.2004	
Q6	1.860	0.1815		1.988	0.1448		0.221	0.6411	
Q7	12.105	0.0014 *	A1>A2	1.493	0.2319		0.238	0.6288	
Q8	3.088	0.0879		1.521	0.2258		0.178	0.6758	
Q9	16.031	0.0003 *	A1>A2	1.010	0.3694		0.790	0.3803	
Q10	2.644	0.1132		3.122	0.0505		0.455	0.5045	
Q11	10.690	0.0025 *	A1>A2	2.384	0.0999		0.105	0.7475	
Q12	19.798	0.0001 *	A1>A2	1.122	0.3317		0.007	0.9353	
Q13	0.070	0.7927		0.992	0.3762		0.088	0.7688	
Q14	6.804	0.0134 *	A1>A2	0.797	0.4548		0.431	0.5159	
Q15	12.850	0.0010 *	A1>A2	0.637	0.5319		11.098	0.0021 *	C1>C2
Q16	9.621	0.0039 *	A1>A2	0.462	0.6320		0.050	0.8245	
Q17	2.558	0.1190		3.991	0.0230 *	B3>B1	2.949	0.0950	

\* p<0.05

表6 交互作用

Question	AB			AC			BC			
	F	p	備考	F	p	備考	F	p	備考	
Q1	3.225	0.0459 *	A(b3),B(a2) b3:A1>A2	a2:none	5.193	0.0291 *	C(a1) a1:C1>C2	0.464	0.6306	
Q2	0.013	0.9866			1.362	0.2512		0.909	0.4078	
Q3	2.194	0.1193			5.815	0.0214 *	A(c1),C(a1) c1:A1>A2	0.123	0.8840	
Q4	0.611	0.5458			6.988	0.0123 *	A(c1),C(a2) c1:A1>A2	a2:C2>C1	1.027	0.3636
Q5	1.813	0.1710			5.960	0.0200 *	A(c1),C(a1) c1:A1>A2	a1:C1>C2	0.014	0.9860
Q6	2.433	0.0954			2.919	0.0967		0.921	0.4032	
Q7	5.131	0.0084 *	A(b3),B(a2) b3:A1>A2	a2:{B2,B1}>B3	5.043	0.0313 *	A(c1) c1:A1>A2	2.473	0.0919	
Q8	5.859	0.0045 *	A(b3),B(a2) b3:A1>A2	a2:B1>B3	5.685	0.0228 *	A(c1) c1:A1>A2	0.724	0.4884	
Q9	1.889	0.1590			1.993	0.1671		1.200	0.3076	
Q10	1.624	0.2046			0.141	0.7092		1.437	0.2448	
Q11	0.750	0.4762			1.389	0.2467		3.014	0.0557	
Q12	0.218	0.8047			1.641	0.2089		0.060	0.9417	
Q13	6.313	0.0031 *	B(a2) a2:B1>{B2,B3}		0.002	0.9676		2.407	0.0978	
Q14	1.463	0.2387			3.822	0.0589		0.806	0.4508	
Q15	1.162	0.3191			1.738	0.1962		2.400	0.0984	
Q16	3.285	0.0435 *	A(b2),A(b3) b2:A1>A2	b3:A1>A2	0.122	0.7288		0.293	0.7466	
Q17	0.217	0.8055			1.091	0.3035		0.070	0.9323	

\* p<0.05

験者は特に表情強度が中程度か強い場合、より緊張する様子が知覚される傾向がみられた。

続いて、エージェントと音楽に関する評価項目(Q1, Q14)の結果をまとめる。Q14は要因Aにおいて主効果がみられ、音楽経験者の方が非経験者と比較して、エージェントが音楽を楽しんでいると知覚する傾向がみられた。Q1において交互作用がみられ、B3水準においてA1>A2となり、表情強度が強い条件において、音楽経験者の方が非経験者と比較して、よりエージェントの表情が音楽にあっていて知覚する傾向がみられた。また、A1水準においてC1>C2となり、音楽経験者は溜め息動作がある方がエージェントの表情が音楽の流れにあっていて知覚する傾向がみられた。

続いて、音楽の印象に関する評価項目(Q2, Q4, Q5, Q9)の結果をまとめる。Q2, Q4, Q9において主効果がみられ、いずれもA1>A2となったことから、音楽経験者の方が非経験者と比較して音楽そのものの流れの自然さ、心地よさ、流れを聴く楽しさを知覚する傾向がみられた。Q4, Q5においては交互作用がみられ、いずれもC1水準においてA1>A2となったことから、溜め息表現がある条件において、音楽経験者の方が非経験者と比較して、音楽の流れを心地よく感じたり、音楽表現が豊かであると感じる傾向がみられた。また、Q4ではA2水準においてC2>C1となり、音楽非経験者は溜め息表現が無い方が音楽の流れに心地よさを感じる傾向がみられた。一方、Q5ではA1水準においてC1>C2となったことから、音楽経験者は溜め息

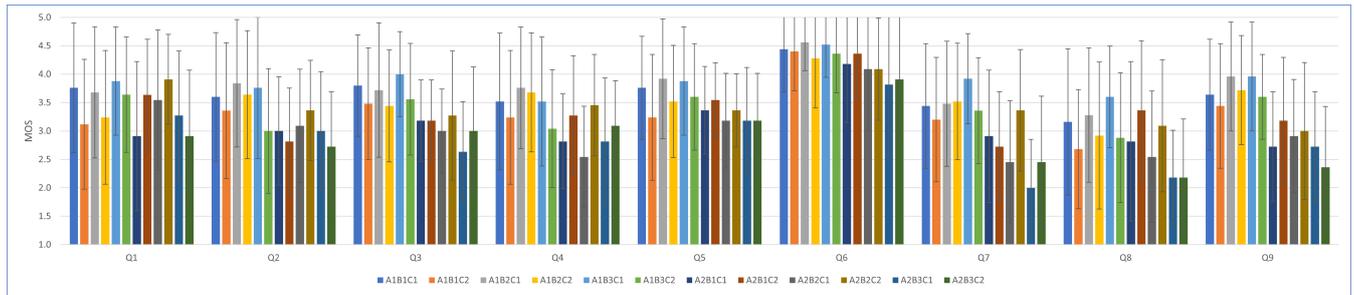


図 10 各条件の平均値と標準偏差 (Q1-Q9)

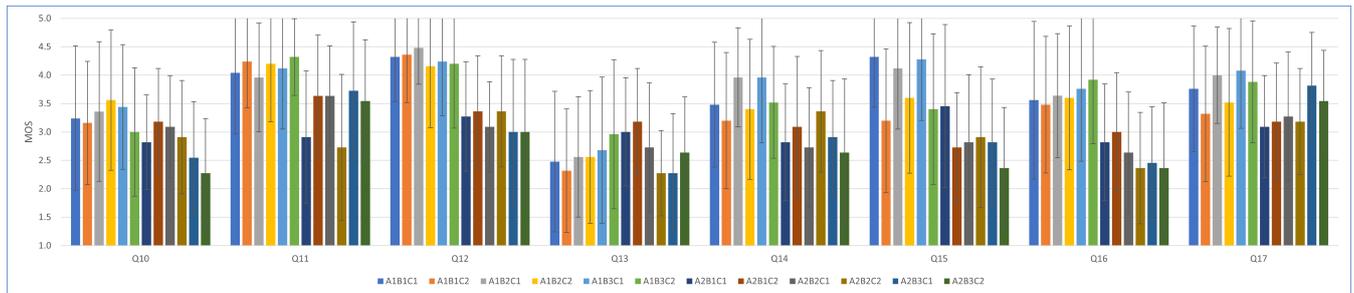


図 11 各条件の平均値と標準偏差 (Q10-Q17)

表現がある方が音楽の表現に豊かさを感じる傾向がみられた。従って、音楽経験の有無により、溜め息のとらえかたや、溜め息表現のもたらす効果が異なると思われる。

続いて、音楽聴取における感情に関する評価項目 (Q10, Q11, Q12, Q13) の結果をまとめる。Q11, Q12において主効果がみられ、いずれも  $A1 > A2$  となったことから、音楽経験の方が非経験者と比較して、和音から安定した響きや不安定な響きを感じている傾向がみられた。Q11, Q13では交互作用がみられた。Q11では、B1C1条件、B2C2条件、B3C2条件において  $A1 > A2$  となり、表情強度が弱いかつ溜め息がある条件、表情強度が中程度か強いかつ溜め息表現が無い条件において、音楽経験の方が非経験者と比較して音楽にみられる不安定さを感じている傾向がみられた。また、A2C2条件において  $\{B1, B3\} > B2$  となり、音楽非経験者群は溜め息表現が無い場合、表情強度が中程度の条件と比較して、表情強度が強いまたは弱い条件の方が、不安定な響きが現れたと知覚する傾向がみられた。さらに、A2B1水準において  $C2 > C1$ 、A2B2水準において  $C1 > C2$  となり、音楽非経験者群は表情強度が弱い場合に溜め息表現が無い方が、音楽にみられる不安定さを感じる傾向がみられた一方、表情強度が中程度の場合は溜め息表現がある方が、音楽にみられる不安定さを感じる傾向がみられた。Q13では、A2水準において  $B1 > \{B2, B3\}$  となり、音楽非経験者群においては表情強度が弱い方が不安定な局面で自身の気持ちが引きずられたと知覚する傾向がみられた。

最後に、ユーザの意思に関する評価項目 (Q6) においては有意差がみられなかった。

## 5. 考察

検証の結果、音楽経験の有無によりエージェントの効果が異なる事が示唆された。音楽経験者の方が非経験者と比べてエージェントの表情変化や溜め息しぐさを自然と感じ、よりエージェントの様子を感じ取る傾向がみられた他、エージェントの表情が強い場合は音楽経験者の方が非経験者と比較してより表情の豊かさを感じる傾向がみられた。また、溜め息表現は音楽経験者の方が非経験者と比較して自然体と知覚する傾向がみられた一方、音楽の心地よさを評価する項目では、音楽非経験者群において溜め息なしの方が音楽を心地いいと感じる傾向がみられたことから、溜め息表現が場合によっては快適な音楽聴取の妨げになってしまう可能性があるといえる。要因として、音楽経験者の方が非経験者と比べ、より演奏者や聴取者の表情を観察していることが考えられる。音楽を演奏する際は協働演奏者や聴取者の反応に応じて演奏を行うことや、音楽経験者が生演奏を聴取する際は演奏者の表情や体の動きを観察するためと推測できる。

さらに、音楽の感じ方や印象においても違いがみられ、音楽経験者の方が非経験者と比較して音楽の流れの自然さ、心地よさをより知覚するほか、和音の明暗や不安定度を知覚している。しかしながら、音楽理論を通じて音楽の感じ方を学習したり、音楽理論に基づいて作編曲された曲を日常的に聴くことにより、音楽理論に基づいた音楽の感じ方を無意識の内に学習している可能性があり [4], [8], 音楽理論に基づいた音楽的な感情は、必ずしも先天的に人間に備った感性とは言えず、音楽経験の蓄積やジャンルの

好みの違いによって、音楽の感じ方に影響している可能性があると考えられる。したがって、和音の感じ方をより正確に表現するためには、音楽理論において定義されている和音の不安定度や明暗の感じ方を検証する実験を行う必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、エージェントの表情を和音にあわせて表出するシステムを提案し、音楽経験の有無、エージェント表情の強度、溜め息しぐさの有無による、エージェントに対する共感や音楽の感じ方に違いについて検証した。音楽経験者の方が非経験者と比較して、明暗や緊張感、落ち着きといったエージェント表情から、エージェントが音楽から感じている感情を知覚しており、音楽経験者においてより提案エージェントの効果が期待できることが示唆された。

今後の展望として、より正確な音楽感情を表現するため、音楽理論や経験則から推定した数値ではなく、和音の明暗や不安定の知覚強度の計測を行ったうえで、提案システムの感情値の設定に反映する必要があると考えられる。また、今回明らかになった音楽経験の有無による音楽の感じ方の違いを検証するため、生理計測実験を使用してメカニズムを明らかにしたい。

## 謝辞

本研究は一部科研費 21K11968, 19K12090, 19H04154, 18K11383 の助成を受け実施したものである。実験に協力いただいた実験参加者の方々に感謝します

## 参考文献

- [1] 榊原彩子: 音楽において期待からの逸脱が情緒的反応に及ぼす影響, 教育心理学研究, Vol. 41, No. 3, pp. 254–263 (1993).
- [2] 清水響: コード理論大全, リットーミュージック (2018).
- [3] 藤澤隆史, 長田典子, 片寄晴弘ほか: 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 (MUS), Vol. 2006, No. 90 (2006-MUS-066), pp. 99–104 (2006).
- [4] 菊地成孔, 大谷能生: 憂鬱と官能を教えた学校上: 【パークリー・メソッド】によって俯瞰される 20 世紀商業音楽史調律、調性および旋律・和声, 河出書房新社 (2010).
- [5] 藤澤隆史, Cook, N. D.: 和音性の計算法と曲線の描き方: 不協和度・緊張度・モダリティ, 情報研究, No. 25, pp. 35–51 (2006).
- [6] 林原理恵, 尾田政臣: 和音進行の複雑さが快感に及ぼす影響 (視聴覚技術, ヒューマンインターフェース), 映像情報メディア学会技術報告 33.17, 一般社団法人映像情報メディア学会, pp. 5–8 (2009).
- [7] Ritossa, D. A. and Rickard, N. S.: The relative utility of ‘pleasantness’ and ‘liking’ dimensions in predicting the emotions expressed by music, *Psychology of Music*, Vol. 32, No. 1, pp. 5–22 (2004).
- [8] 菊地成孔, 大谷能生: 憂鬱と官能を教えた学校下: 【パークリー・メソッド】によって俯瞰される 20 世紀商業音楽史旋律・和声および律動, 河出書房新社 (2010).

- [9] 藤澤隆史, 高見和彰: 感情的発話における音楽性: 基本周波数を用いた和音性の定量化について, 認知心理学研究, Vol. 1, No. 1, pp. 25–34 (2004).
- [10] Ekman, P. and Friesen, W. V.: Facial action coding system, *Environmental Psychology & Nonverbal Behavior* (1978).
- [11] 増田隆, 高橋時市郎: Facial Action Coding System に基づく表情アニメーションの制作, 画像電子学会研究会講演予稿 画像電子学会第 232 回研究会講演予稿, 一般社団法人 画像電子学会, pp. 31–34 (2007).
- [12] 大道博文, 林柚季, 目良和也, 黒澤義明, 竹澤寿幸: Action Unit の組み合わせを用いた快感抑圧表現アニメーションの生成, 人工知能学会全国大会論文集第 33 回全国大会 (2019), 一般社団法人人工知能学会, pp. 4Rin114–4Rin114 (2019).
- [13] ジュスリン PN, スロボダ JA: 音楽と感情の心理学, 誠信書房 (2008).
- [14] 河瀬諭: 音楽のコミュニケーションに関する諸研究, 大阪大学大学院人間科学研究科紀要, Vol. 35, pp. 293–311 (2009).
- [15] Fischlin, D., Heble, A., Monson, I. et al.: *The other side of nowhere: Jazz, improvisation, and communities in dialogue*, Wesleyan University Press (2004).
- [16] 梅本堯夫: 音楽心理学の研究, ナカニシヤ出版 (1996).
- [17] 中西智子: 幼児におけるシンボリックランゲージからのリズム型認識に関する研究, 三重大学教育学部研究紀要. 教育科学, Vol. 53, pp. 107–115 (2002).
- [18] 深山覚, 後藤真孝ほか: 音楽を軸に拡がる情報科学: 4. 音楽とコンテンツ生成, 情報処理, Vol. 57, No. 6, pp. 516–518 (2016).
- [19] 長嶋洋一ほか: NIME (New Interfaces for Musical Expression) 03 参加報告, 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2003, No. 111 (2003-MUS-052), pp. 141–148 (2003).
- [20] Jensenius, A. R. and Lyons, M. J.: *A nime reader: Fifteen years of new interfaces for musical expression*, Vol. 3, Springer (2017).
- [21] 馬場哲晃ほか: 音楽を軸に拡がる情報科学: 10. 音楽とエンタテインメントコンピューティング, 情報処理, Vol. 57, No. 6, pp. 535–537 (2016).
- [22] 長嶋洋一ほか: エンタテインメント・コンポーシング教育に向けて, 研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2011, No. 8, pp. 1–6 (2011).
- [23] 一ノ瀬修吾, 白松俊ほか: 演奏未経験者のための身体動作入力による即興合奏支援システム, 研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2016, No. 31, pp. 1–4 (2016).
- [24] Oshima, C., Nishimoto, K. and Suzuki, M.: Family ensemble: a collaborative musical edutainment system for children and parents, *Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*, pp. 556–563 (2004).
- [25] Mizumoto, T., Otsuka, T., Nakadai, K., Takahashi, T., Komatani, K., Ogata, T. and Okuno, H. G.: Human-robot ensemble between robot thereminist and human percussionist using coupled oscillator model, *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, IEEE, pp. 1957–1963 (2010).
- [26] 寺澤洋子, 星-芝玲子, 柴山拓郎, 大村英史, 古川聖, 牧野昭二, 岡ノ谷一夫: 身体機能の統合による音楽情動コミュニケーションモデル, 認知科学, Vol. 20, No. 1, pp. 112–129 (2013).
- [27] 大澤博隆: ヒューマンエージェントインタラクションの研究動向 (<特集> エージェント), 人工知能, Vol. 28, No. 3, pp. 405–411 (2013).
- [28] Shibata, T. and Wada, K.: Robot therapy: a new approach for mental healthcare of the elderly—a mini-review, *Gerontology*, Vol. 57, No. 4, pp. 378–386 (2011).

- [29] 林勇吾, 小川均: Pedagogical Conversational Agent を用いた協同学習の促進—感情表出に着目した検討—, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 96, No. 1, pp. 70–80 (2013).
- [30] 水町愛: 和音と旋律 (音) の協和感について, 九州ルーテル学院大学紀要, Vol. 51, pp. 47–51 (2021).
- [31] 河瀬諭: 合奏における演奏者間コミュニケーション—タイミング調整とその手がかり—, 心理学評論, Vol. 57, No. 4, pp. 495–510 (2014).