

和音共感エージェントの表情による音楽聴取感覚への影響

竹村 響¹ 石田 真子¹ 米澤 朋子¹

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、和音のもたらす、明るさと興奮の2軸における感情の強さに基づき、顔表情が変化するエージェントシステムを実装した。和音のもたらす感情に沿った表情がエージェントの共感を表すかについて検証した。その結果、和音のもたらす感情に沿った表情のエージェントは、音楽の流れの心地よさ、自然さ、楽しさ、およびエージェントへの共感や顔表情の自然さに関して、評価が高い傾向にあることが確認された。

1. はじめに

音楽には、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いう説がある [1]。音楽にはリズム、メロディ、和音（ハーモニー）という要素があるとされ、時間的期待はリズムを感じる心に関連しているが、メロディは時間的期待に加え音の高さへの期待も関連し、さらに和音には、音の組み合わせ自体に感じる期待が含まれると考えられる。和音とは、3音以上の異なる高さの音が合成されたもので [2]、構成音と構成音の間隔によって和音の種類が定まる。和音を聴取すると、「明るい-暗い」、「安定-不安定」などの感覚を催すとされる。この感覚は、多少の地域・文化差はあるものの（例えば地中海沿岸では、短調の曲においてマイナー・メジャー・セブンスを主音とする感覚がある [3] など、地域により異なる場合があるとされている。）、ヒトはおおむね共通した感性を持っている。これらの感覚は音楽理論として体系化がなされており、「明るい-暗い」は構成音間の半音の数とその並びにより、半音メジャーコードやマイナーコードなどと定義される。「安定-不安定」は不安定な順に、ドミナント、サブドミナント、トニックの3種類のファンクションに分類されており、ドミナントがトニックに解決する、ドミナントモーションは楽曲が進行する原動力として用いられている [4]。「2音を重ねたとき、その2音の周波数比が簡単なほど響きがよい」という法則は古くから知られている [5] が、平均律と純正律で周波数比は異なるものの、音楽理論のバークリーメソッドではこの周波数比に基づいて不協和度合いを定め

ている [4]。

和音聴取時の感情に関して、音楽の物理的な音響の特徴とその心理的な印象や感性との関連性について定量的に評価するための「和音性」評価モデル [6] や和音性の計算法 [7]、和音進行の複雑さが快感情、好悪、情動に与える影響 [8] が検討されている。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により体系化がなされており、比較的定量化しやすいため、本研究においては和音による感情への影響に着目した。

本研究では、ユーザと一緒に音楽を聴く画面の中のエージェントが共感的表現を示すことにより、音楽を聴く楽しみやモチベーションの向上を図ることを目指す。具体的には、音楽理論において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、他者と一緒に音楽を聴いている錯覚を与え、音楽に対する反応の共感性を探る。このため、和音の明るさや不安定感などに応じ、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、その感情に基づき顔表情が変化するエージェントを実装した。

2. 関連研究

2.1 音楽と感情

人は音楽を聴くときあるいは演奏しているとき、様々な感情を抱く。感情に影響を与える要素は和音や旋律、リズムなど様々であり、それらの集合体である音楽が複雑に影響を与えていると言える。これは、演奏者も同じで、常に感情を伴って演奏をしている。さらに音楽を演奏する際の共演者同士あるいは、奏者と聴き手の間で感情の伝達が行われており [9]、特に、Jazz のアドリブは楽器を用いた奏

¹ 関西大学総合情報学部
Kansai University Faculty of Information, Takatsuki, Osaka
569-1095, Japan

者同士のコミュニケーションといえる [10] ほど感情と音に因果関係がある。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 [11] とされており、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 [12]。

2.2 音楽情報科学

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 [13] が発達した。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) [14], [15] や演奏システムが発展し、音楽情報を扱い慣れた人だけではなく初心者が楽しめるシステムも充実しつつある。

2.3 音楽の感情推定

聴き手の感情を推定するシステム [16] は、音楽家の感性を数値化するため、ベース、ドラム、コード、メロディの各パートの演奏データがリアルタイムにマルチエージェントによる音楽要素分析に用いられ、トニックによる安定感、ドミナントモーションによる終止感、クロマチック進行による暗鬱感などの感性に基づき、感情情報の抽出を行う。本研究ではこのような音楽に対する感情分析を活用し、音楽聴取者の感性に働きかけることを検討する。

2.4 協調演奏システム

また、システムが人と人の協調演奏を支援するシステム [17], [18] や、ロボットが人と演奏するシステム [19] まで、音楽コミュニケーション支援システムも増えてきており、音楽における音楽コンテンツだけでなくコミュニケーション要素の重要性が示されている。同じ音楽でも音楽を聴取する時に一人と二人以上で聴くのでは音楽を聴く喜びや楽しさは異なる。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、共に過ごす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 [20] では、音楽を聴いた際に催した感情がジェスチャなど身体上に表出され、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となるとされる。

ここで我々は、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。

2.5 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 [21] は他者とのやりとりや感情を模す情報システムの利活用に関わる研

表 1 和音の機能に基づく感情値 (明暗度・不安定度)

Table 1 Emotional Value Based on Chord Function (Brightness / Instability).

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

究分野である。人にシステムを擬人化させ知覚させることで、情報を分かりやすく親しみやすく伝える技術であると同時に、他者の存在を感じさせることで人間の生活や感情を豊かにする [22]。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研究 [23] を参考に、本研究では、他者を模すキャラクターエージェントが、音楽とともに聴取している中で音楽に合った様々な表情を見せることで、ユーザが他者との協聴体験を楽しめることを目指す。中でも、他者の感情が音楽の聴取の印象に与える影響と、他者とのコミュニケーション感覚による充足感を狙いとする。そして、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から想定される感情が近い場合の音楽聴取に起こる影響を検証すべく、ユーザが和音を聴取する際にエージェントが和音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。

3. 提案システム

本システムは、和音に沿った表情をするエージェントとユーザが音楽を一緒に聴くことにより、誰かと一緒に音楽を聴いているような感覚をもたらしたり、自分に似た感情を起こしていると錯覚させることでその相手共感をもち、その結果音楽を聴くモチベーションが向上することを期待し実装した。提案システムは、再生中の和音のモダリティ (暗い-明るい) と不安定度 (安定した-不安定な) に基づき、顔表情を描画するプログラムである。和音発生時のエージェントの感情値は、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。

不安定さを持つ和音聴取後に安定した和音により落ち着きを得ると、緊張から解放された状態の表現としてため息

を吐く。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部分（和音感情描画部）も検討した。

本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、OSC (Open Sound Control)*1により各部間の連携をとる。開発ソフトウェアとして、シーケンス・和音選択部、和音再生部、感情出力部に pd-extended*2、それ以外の部で Processing*3を用い、音源出力に 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。本システムは複数のプログラムで構成されるため、プログラムの連動が不可欠である。そこで、pd-extended で実装したシーケンス・和音選択部からの一定間隔の信号に応じて、感情出力部から感情値を送信することにより、システム間連携を図っている。また、それと同じタイミングで和音再生部にも信号が送られて発音する。

シーケンス・和音選択部では、テンポの提示と和音再生のコントロールを行うとともに、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、和音情報に基づいて Microsoft GS Wavetable SW Synth を音源として和音を発音する。感情出力部は、受け取った和音情報における現時点での感情値の明暗度や不安定度を、あらかじめ準備した対照データに照合して得て、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、和音の感情値に応じた位置に白い円を描画すると同時に、表情円滑制御部にデータを送る。表情円滑制御部では、和音が変化した場合に表情描画部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。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プログラムを備える。興奮度は目の開き具合と顔色に、明暗度は口や眉の形状に加え目の開き具合と顔色にも、それぞれ影響する。目の開き具合、顔色は表情の明るさ暗さにも影響を与えるため、和音の明暗によっても影響されるよう実装した。

目の開き具合と顔色の制御を行っている変数は、不安定度に比例する一方、明暗度合いは値が大きいときのみに影

響が強くなるよう、指数関数を用いて制御を行っている。システム内での不安定度と明暗度合いの計算における数式は以下の通りである。

目の開き具合制御変数： k

顔色制御変数： m

不安定度： $A_f.total$

明暗： $A_m.total$

とし、

$$k = (A_f.total - 200)/4 + (A_m.total * 3)/10 * \cos(PI/4)$$

$$m = (A_f.total - 200)/10 + (A_m.total * 3)/10 * \sin(PI/4)$$

によりそれぞれ k と m を算出する。ただし PI は円周率とする。

これにより、例えば暗い和音では口の形はへ字になり、眉はやや下がる。不安定な和音では、目がやや開きやや顔色が赤くなる。さらに、不安定な和音から安定した和音に解決したときには、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前の和音の不安定度に応じて、溜め息の量が多くなる。

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 3-5 に示す。

4. 予備的検証

実験目的

提案する和音共感エージェントの表現により、ユーザの音楽の感じ方に影響があるのか、また、ユーザのエージェントに対する感覚に影響するのかを検証する。

実験概要

本実験では、提案システムのエージェントの表情描画部と再生されている和音を組み合わせた動画を複数準備し、実験参加者がそれぞれ視聴し評価した。新型コロナウイルス感染防止の観点から、実験をオンラインで行うため、条件ごとにシステムの動画を作成し、回答フォームを設けた。尚、実験環境を揃えるためパーソナルコンピュータとヘッドフォンの実験環境を指定した。実際の実験画面を図 6 に示す。

各条件の動画を視聴する順番による影響を防止するため、ラテン方格法を用いて順序交差を行った。

実験では、BPM60 で 8 小節と終止和音 1 音の計 33 回和音刺激と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の音量減衰やビートの提示の明確さ、ピッチの揺れの少なさ、のそれぞれの観点から、和音刺激の音色にはマリンバを用いた。尚、実験参加者が 4 和音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。使用した和音を小節毎に表 2 に示す。

実験仮説

エージェントの表情が表情と対応していると共感度が上がり、より音楽の聴取を楽しめる。

*1 Open Sound Control はコンピュータやシンセサイザー、その他のマルチメディアデバイス同士でコミュニケーションするための通信プロトコル。相互運用性、正確さ、柔軟さ、拡張性に優れる [24]。

*2 <http://puredata.info/>

*3 <https://processing.org/>

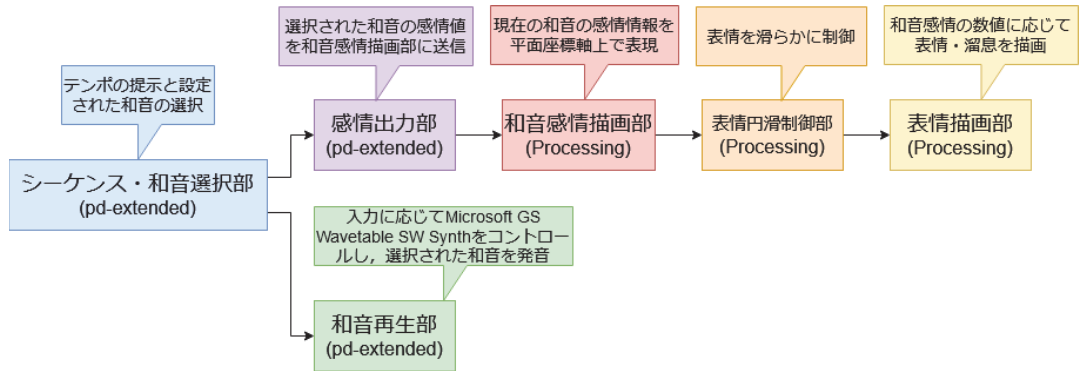


図 1 システム構成図

Fig. 1 System Structure

表 2 使用した和音刺激と役割・機能

Table 2 Chords and role / function

小節	和音	役割	機能
1	C C C C	明るく落ち着いた状態, 調の提示	トニック
2	F F Dm Dm	明るいやや不安定→やや不安定かつ暗い和音	サブドミナント→サブドミナント
3	Fm Fm Bb Bb	やや不安定な暗い和音→やや不安定な和音	サブドミナント→サブドミナント
4	G G Gsus4 Gsus4	不安定な和音→不安定かつ明るくも暗くもない和音	ドミナント→ドミナント
5	C C C C	安定した和音に解決	トニック
6	Dm Dm Db Db	やや不安定かつ暗い和音→不安定な和音	サブドミナント→ドミナント
7	Em Em Am Am	暗い比較的安定した和音→暗い安定した和音	トニック→トニック
8	Bm(b5) Bm(b5) C C	明るくも暗くもない, かなり不安定な和音→安定した和音	ドミナント→トニック
終止	C	最後に安定した和音を 1 音追加, 終止感の向上	トニック



図 2 プログラム実行画面
Fig. 2 Program Execution Screen

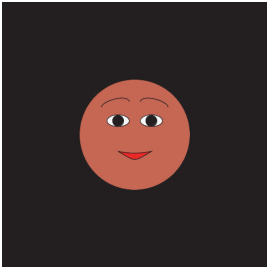


図 3 表情描画 (和音: C)
Fig. 3 Facial Expression (Chord: C)

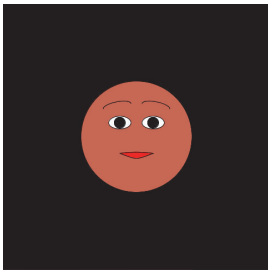


図 4 表情描画 (和音: G)
Fig. 4 Facial Expression (Chord: G)

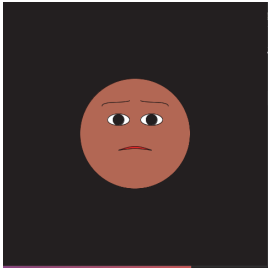


図 5 表情描画 (和音: Am)
Fig. 5 Facial Expression (Chord: Am)

実験条件

音楽感情とエージェントの表情の対応を変化させるため, A 要因: 音楽経験の有無 (被験者間要因, 水準数: 2), B 要因: 音楽感情とエージェントの表情の対応 (被験者内

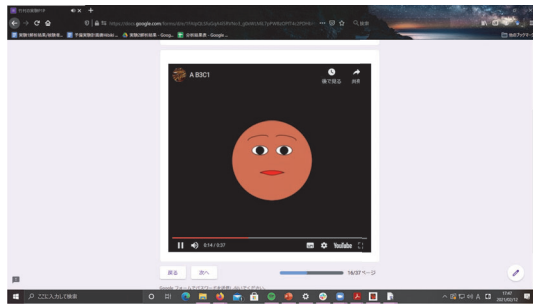


図 6 実験画面

Fig. 6 System View in the Experiment

要因, 水準数: 3) として被験者間 1 要因 2 水準, 被験者内 1 要因 3 水準の混合計画とした. 水準の詳細は以下の通りである.

要因 A: 音楽経験要因 (被験者間要因)

水準 A1: 経験無し, A2: 経験あり

要因 B: 音楽感情とエージェントの表情の対応要因 (被験者内要因)

水準 B1: 提案手法に基づく和音に沿った変化を伴う表情, B2: 提案手法と反対の変化を伴う表情, B3: B1 や B2 に対し変化率 10% の, B1 と同じ傾向での表情変化を伴う微表情

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.
- (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 3 回の試行 (B1 から B3 の順序交差したものを) を行ってもらい.
- (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, リッカーとスケールを用い, 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.

- (1) キャラクターは流れている和音に沿った表情をしていた
- (2) 音楽の流れは自然だった
- (3) キャラクターの表情は自然体だった
- (4) 音楽の流れは心地よかった
- (5) 音楽を一生懸命聴こうとした

- (6) 誰かと一緒に音楽を聴いていると感じた
- (7) キャラクターの表情に共感を覚えた
- (8) 音楽の流れを聴くのが楽しいと感じた
- (9) 音を持つ感情は変化した
- (10) 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
- (11) キャラクターは音楽を楽しんでいた
- (12) キャラクターは表情豊かだった

実験結果と考察

質問の回答結果を ANOVA4 on The Web^{*4}を用いて分散分析を行った. 分析結果を表 3 に, 平均値と標準偏差を図 7 に示す. 要因間に交互作用はみられなかった. 結果より, 被験者間要因に設定した音楽経験の有無による有意差は見られなかった一方で, 表情対応要因 (要因 B) で有意差が見られた. Q2. 音楽の流れの自然さ, Q3. エージェントの顔表情の自然さ, Q4. 音楽の流れの心地よさ, Q7. エージェントへの共感度, Q8. 音楽の流れを聴く楽しさ, に関して, いずれも, 提案手法の和音に沿った表情は, 提案手法と反対の表情と比較して評価が高いことが確認された. したがって, ユーザに聴こえている音楽に基づき, 一定の範囲で音楽理論に近い感情を表現するエージェントの顔表情により, 音楽の感じ方やエージェントへの共感を高められる可能性が示された.

微表情 (B3) と和音に沿った表情 (B1) を比較したところ, Q2. 音楽の流れの心地よさ, Q8. 音楽の流れを聴く楽しさに関しては有意差がみられなかった一方, Q7. エージェントへの共感度に関しては有意差が生じた. さらに, Q12. 表情の豊かさでは, 微表情とそれ以外の間に有意差が示された. したがって, 表情の変化の豊かさが共感度を向上させる可能性が示唆された.

5. 考察

実験の結果, 提案する和音に応じた感情を表情に表すエージェントが, 提案手法と反対の表情を表すエージェントや微表情変化のエージェントと比較して, よりユーザの共感を深めたり, 音楽をが楽しませたりする傾向にあると言える. さらに, 被験者間要因に設定した音楽経験の有無による有意差は見られなかったことから, 音楽経験や音楽的知識がなくとも音楽を楽しめるのと同様に, ユーザに聴こえている音楽感情とエージェントの顔表情との一致は, 音楽の感じ方やエージェントへの共感を, 音楽経験を問わず高める可能性が示唆された. よって, 本システムの有用性は現時点では音楽経験を問わず期待されると言える. その一方で, 和音の知覚は文化地域差が考えられるため, 感情値の設定は一意に定まりきるとは限らない可能性が考えられる. また, 本検証では, あらかじめ和音の「明るい-暗

^{*4} <https://www.hju.ac.jp/kiriki/anova4/>

表 3 分散分析結果
Table 3 Results for Analysis of Variance.

Question		A		B		Ryan's method
		F	p	F	p	
Q1	キャラクターは流れている和音に沿った表情をしていた	0.209	0.6559	2.886	0.0753	+
Q2	音楽の流れは自然だった	0.035	0.8546	3.836	0.0359	* B1>B2
Q3	キャラクターの表情は自然体だった	0.270	0.6128	3.748	0.0383	* B1>B2
Q4	音楽の流れは心地よかった	0.004	0.9487	7.206	0.0035	*** {B1,B3}>B2
Q5	音楽を一生懸命聴こうとした	0.002	0.9671	1.024	0.3744	
Q6	誰かと一緒に音楽を聴いていると感じた	0.080	0.7822	3.202	0.0585	+
Q7	キャラクターの表情に共感を覚えた	0.526	0.4823	6.659	0.0050	** B1>{B3,B2}
Q8	音楽の流れを聴くのが楽しいと感じた	0.020	0.8909	4.209	0.0271	* {B3,B1}>B2
Q9	音が持つ感情は変化した	0.580	0.4611	0.240	0.7882	
Q10	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	1.019	0.3327	0.399	0.6753	
Q11	キャラクターは音楽を楽しんでいた	0.371	0.5539	2.647	0.0914	+
Q12	キャラクターは表情豊かだった	0.010	0.9232	4.257	0.0262	* {B1,B2}>B3

+ p < .10, * p < .05, ** p < .01, *** p < .005

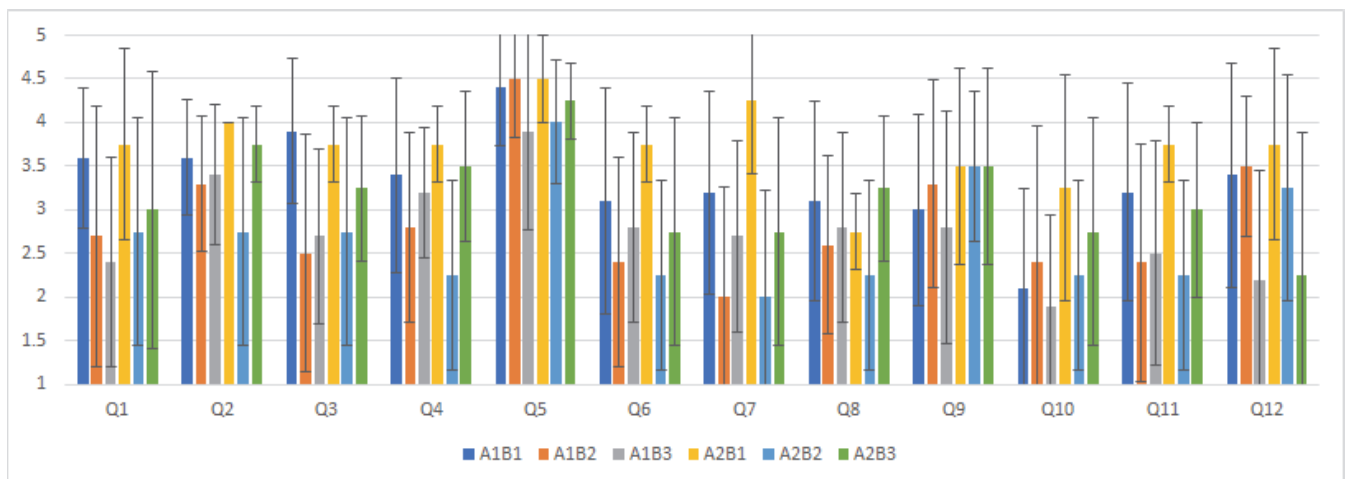


図 7 各条件の平均値と標準偏差

Fig. 7 MOS values (Averages and Standard Deviations)

い」と「安定-不安定」を教示し、テストを行った後に実験に参加してもらったため、音楽を感じるユーザの心を、教示により音楽理論に寄せたということもできる。したがって、本システムを用いる際に和音に対する一定の教示がなくとも同様の効果が得られるのかについては検証が必要である。

和音により想起される感情に沿った表情（提案手法）とその反対の表情の間で有意差が出た項目では、微表情は、B1 だけ、もしくは B2 だけとの有意差、または有意差なしという結果であったため、B1 と B2 の間に存在する表現と考えられる。

このように、和音の変化を伴う聴覚刺激とともに、エージェントの顔表情が和音の機能に合った表情を示すことで、音楽聴取体験を変化させる可能性が示された。

6. おわりに

本研究では、和音にあわせてエージェントの表情を表出するシステムを提案し、和音に対応する表情の違いによりエージェントに対する共感や音楽の感じ方の違いがあるかを比較検証した。エージェントが提案手法に基づき音楽に沿った表情を推移していると、ユーザはエージェントと一緒に音楽を聴いているように感じたり、音楽の心地よさや楽しさが高まる効果もある可能性が示唆された。今回の検証ではすべての条件で同じ和音進行を適用したが、和音進行に対する飽きによる影響を防ぎつつ和音進行自体への印象の影響を防いだ実験構成としてコンテンツ順序交差も検討したいと考えている。また、実験参加者の様々な音楽属性ごとの比較も行うため、本実験においては広く参加者を集めたい。

今後の展望として、絶対的な和音感情値の設定にのみ基づくのではなく、和音の前後関係における安定性の相対的な関係も考慮すべきと考えられる。和音は本来連続して流れることで、変化による即時的な反応だけでなく、これまでの流れにより生じた音楽的感性が現和音の聴取に影響することを考慮し、流れの順序や組み合わせまでを包含する和音聴取時の感情モデルを構築する必要がある。さらに将来的には、ユーザの表情から感情を推定し、流れている音楽だけでなくユーザの感情にも寄り添うエージェントの表出を検討していく。

謝辞 本研究は一部科研費 19K12090, 19H04154, および 18K11383 の助成を受け実施した。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] 榎原 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，1993，41 巻，3 号，p. 254-263
- [2] 清水響：コード理論大全，Rittor Music(2018).
- [3] 高内 春彦：VOICE OF BLUE 舞台上で繰り広げられた真実のジャズ史をたどる旅，Rittor Music(2017).
- [4] 菊地成孔，大谷能生，憂鬱と官能を教えた学校 上【バークリー・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，河出文庫 (2010).
- [5] 小方厚：音律と音階の科学，講談社 (2007).
- [6] 藤澤 隆史，Norman D. Cook，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，MUS 66， 99-104， 2006.
- [7] 藤澤 隆史，ノーマン D クック：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，関西大学総合情報学部紀要，巻 25 pp.35-51， 2006.
- [8] 林原理恵，尾田攻臣：和音進行の複雑さが快感情に及ぼす影響，映像情報メディア学会技術報告 TE Technical Report Vc，L33， No .17， PP .5-8， HI2eO9 - 69， 3DIT2009 - 18， 2009.
- [9] 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 (2009).
- [10] Daniel Fischlin, Ajay Heble: The Other Side of Nowhere: Jazz, Improvisation and Communities in Dialogue, Wesleyan University Press(2004).
- [11] 梅本堯夫：音楽心理学の研究，ナカニシヤ出版 (1996).
- [12] 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， (2002) .
- [13] 深山 覚，後藤 真孝：音楽を軸に広がる情報科学：4. 音楽とコンテンツ生成，情報処理 (2016).
- [14] 長嶋 洋一：NIME (New Interfaces for Musical Expression) 03 参加報告，情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (2003).
- [15] Jensenius, A. R., & Lyons, M. J. (Eds.): A nime reader: Fifteen years of new interfaces for musical expression (Vol. 3). Springer(2017).
- [16] 金森 務，片寄 晴弘，新美 康永，平井 宏，井口征士：ジャズセッションシステムのための音楽認識処理の一実現法，一般社団法人情報処理学会 (1995).
- [17] 一ノ瀬 修吾，白松 俊：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 (2016).
- [18] Chika Oshima, Kazushi Nishimoto, Masami Suzuki: Family ensemble: a collaborative musical edutainment system for children and parents, ACM(2004).
- [19] Mizumoto, T., Otsuka, T., Nakadai, K., Takahashi, T., Komatani, K., Ogata, T., & Okuno, H. G.: Human-Robot Ensemble between Robot Thereminist and Human Percussionist using Coupled Oscillator Model, IEEE/RSJ(2010).
- [20] 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， 2013， 20 巻， 1 号， p.112-129.
- [21] 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 (2013).
- [22] Shibata, T., & Wada, K: Robot therapy: a new approach for mental healthcare of the elderly—a mini-review. Gerontology(2011).
- [23] 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 (2013).
- [24] yoppa.org : Processing Libraries 3 : oscP5 - OSC によるアプリケーション間通信 (online), 入手先 (<https://yoppa.org/sfc-design16/7927.html>) (2021.2.9).