

# リズムを感じる心を表すエージェントの提案

## Designing Rhythm-empathetic Agent

石田 真子<sup>1\*</sup> 竹村 響<sup>1</sup> 米澤 朋子<sup>1</sup>

Mako Ishida<sup>1</sup> Hibiki Takemura<sup>1</sup> Tomoko Yonezawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 関西大学

<sup>1</sup> Kansai University

**Abstract:** 本研究では、ライブや共同演奏などの他者との同一空間での演奏体験や聴取体験に伴う臨場感のある音楽の高揚体験における要因として、他者とのリズムの共有と共感性に着眼し、リズムを感じる内的時間とリズムによる高揚感や快感をユーザと共有できるエージェントを提案する。予測される拍の強さに対し、実際のリズムからギャップを感じ、感情パラメータの変化により、他者を模すエージェントのリズムに対する興奮や快感を表すふるまいを表出することで、ユーザが他者と共に音楽を聴く楽しさを再現することを狙う。これにより、音楽における他者との感覚共有の楽しみだけでなくアンビエントなコミュニケーションの充足感を狙う。

## 1 はじめに

人間が音楽聴取に楽しみを感じる時、高揚感情が伴う。その高揚感には時に、鳥肌感を感じるほどの強烈な印象をもたらすこともある。このような音楽に伴う感動は次の音への期待と実際の音とのギャップにより生ずる [1, 2] とされる。このことから、音楽聴取時の高揚感を感じる要素の一つに、聴取時の予測と実際の音楽とのギャップが重要であることがわかる。さらに、複数人での音楽聴取、ライブ参加や演奏者としての参加シーンにおいて、音楽の楽しみは他者との非言語コミュニケーションを通じた音楽の空間的快適性や感じ方の「共感性」が含まれる。

音楽による非言語コミュニケーション (以降音楽的コミュニケーション) の成立には、シュッツの音楽理論における「内的時間」が関与している [3, 4]。音楽的コミュニケーションが成立するとき、主観レベルの内的時間は他者の身体同調関係を元にその人の主観の内的時間と結びつく。

本研究では、リズム、和音、メロディの音楽要素の中でも、内的時間の共有に最も関連すると考えられるリズムが、音楽の楽しみにおける「共感性」に大きく関与していると予測した。そこで我々は、リズムにおける音楽的共感、リズムを感じる心を他者と同調することによる「内的時間の共有」と、リズム聴取時のリズムの予測と実際のギャップから感じる「ギャップ高揚感の共有」によるものであると仮説を立てた。そしてこれらの仮説に基づき、他者を模したエージェント

のふるまいを通じて、他者とリズムの音楽的共感を共有する共聴体験を再現することを目指す。他者の存在を感じさせることで人間の感情は豊かになり [5]、その存在感は人間の感じ方や行動を変容させる [6]。他者を模したエージェントにより、ユーザに音楽における共感する楽しみだけでなく音楽的コミュニケーションの充足感を感じさせることを狙う。

本エージェントは、仮想空間上のライブイベントにおける観客や演奏者の内部状態を含めた作成に適用することにより、聴取する人に空間的没入感だけでなく感情的没入感を与える可能性がある。また、音楽療法において気分を収束させたり他者との共感性によりストレスを緩和させたりする効果を、相乗効果的に、かつ人手を必要とせず実現できる可能性がある。特に、Covid-19 流行により今までに増して発展しつつある中で、時空間の制限のない不特定の他者との音楽的共感を得られる一手法となると考えられる。本稿では、第一報として、16 ビートのリズムマシンインタフェースと他者を模したエージェントの視覚表現システムを準備し、エージェントがユーザの聴取前のリズム予測と実際のリズムとのギャップの大きさに応じて表情や身体の動きの大きさを表現することで、ユーザと内的時間であるリズム感覚を共有している実感を持たせる。

## 2 仮説

ここでは、音楽の楽しみがリズムから受ける高揚感と音楽的コミュニケーションに基づく共感性に起因する理由について仮説を述べる。リズムの高揚感の要素

\*連絡先：関西大学  
〒569-1095 大阪府高槻市雲仙寺町 2-1-1  
E-mail: k753488@kansai-u.ac.jp

として、1) リズムの拍の期待と実際のギャップから受ける興奮、2) 他者とのリズム聴取時の内的時間の共有、をそれぞれ取り上げる。

1) は音楽聴取自体に含まれる楽しみで、例えば四拍子の場合には一般的に、「強拍・弱拍・中強拍・弱拍」もしくは、「強拍・弱拍・弱拍・弱拍」という拍の強さの流れが想定されることが多い。この時聴取者は、強拍や中強拍にあたる1番目と3番目におけるリズムの拍に対し無意識に期待を募らせており、予測と異なる強さの拍が緊張感を生ずる。また2) は、音楽体験により起こる感情的反応を他者と共有しその感情を相互に高め合う効果と考えられる。上半身や頭部、手の動き、表情、息遣いといったマルチモーダルな表現により、聴取者が感じる感情的反応として、最も単純な内的時間だけでなく、1) の期待と実際のギャップによる面白さの共有が行われる [1, 2]。

人間同士のリズム聴取では、リズムの拍の期待とギャップから生まれる上記2種の高揚感の共有はリズム感による内的時間の共有によって面白さを感じ共感覚を導くことができる。このことから、拍の予想や予想と実際のリズムのギャップを感じる心を持ったエージェントを見て、あたかも自分や他の人間と似た感性の他者とみなし、リズム感覚を共有したかのように錯覚することで、人間同士でのリズム聴取と同様の高揚感を伴う共聴体験を実現できる、という仮説を立てた。

### 3 提案手法

#### 3.1 システム概要

本システムは、1) リズムマシン操作部と、2) エージェント内部計算部、および3) エージェント外観部から成る。1) ではユーザ自身の入力に基づくリズムもしくは自動的なリズム生成を元に、リズムマシンからの拍出力を得て、ユーザがリズム聴取すると同時にそのリズムデータはエージェント内部計算部に送られる。2) のエージェント内部計算部では、事前に得られたリズム情報から拍のタイミングや強弱を予測して保持しており、リズムマシンから来るリズムデータの拍と予測した拍との違いにより興奮度を得る。また、同じリズムパターンの繰り返しによって楽しみや馴化が起きる。これにより、エージェントの興奮や快適度の感情パラメータを保持する。3) では、エージェントの感情パラメータやリズムデータに基づき、エージェントの表情、首振りや手の動きを2次元的に表示する。

システムフローを図1に示す。

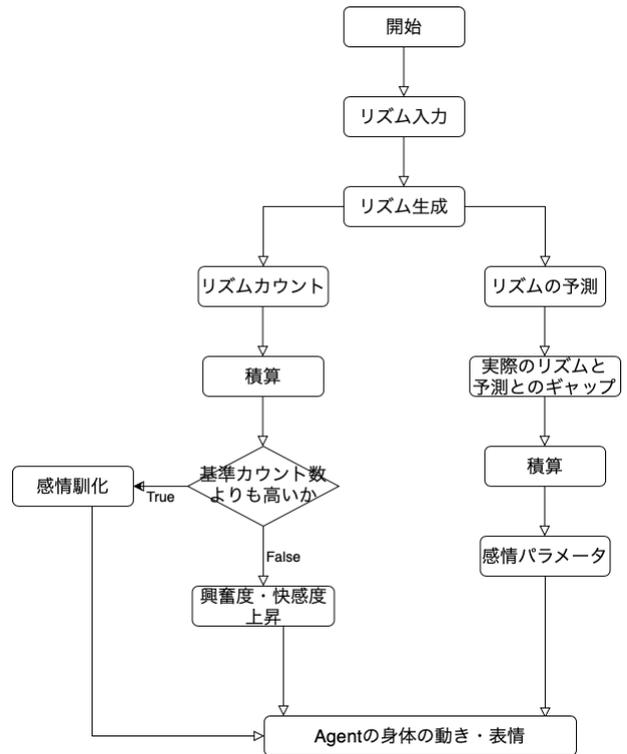


図 1: システムフロー

#### 3.2 エージェントの音楽的感情の生成

エージェントの音楽的感情生成に向けたエージェント内部計算部では、Russell の感情円環モデル [7] に基づく2軸を用いて、予測とのギャップやリズムへの馴化などによるエージェントの興奮や快適さをシミュレーションすることとした。実装には Processing 言語を用いた。

まず、興奮は、リズムの拍の強度に対する予測と実際とのギャップ、およびリズムの繰り返し数によって計算することとした。リズムの最小単位を16分音符(ビート)とし、16ビート<sup>1</sup>で一つのリズムとする。予測リズム拍強度と自動生成によるリズム間に生まれたギャップを、1ビートごとにギャップ値を算出し積算していく(図2)。予測リズム拍強度は、初期は「強…弱…中…弱…」であるが、さらに直前の数小節のリズムを取得しその平均値を次小節における期待値としてリズムの予測とする。このようにして、リズムパターンを繰り返し聞くことにより、そのリズムパターンにおける拍強度を予測していくようにする。

また、繰り返しのリズムにノっていくことで興奮度や快感が高まったり、飽きによる落ち着きが起きたりすると仮定し、1小節のリズムパターンの繰り返しをカ

<sup>1</sup>16ビートとは1小節あたりの4拍で16音分のリズムが刻まれることである。

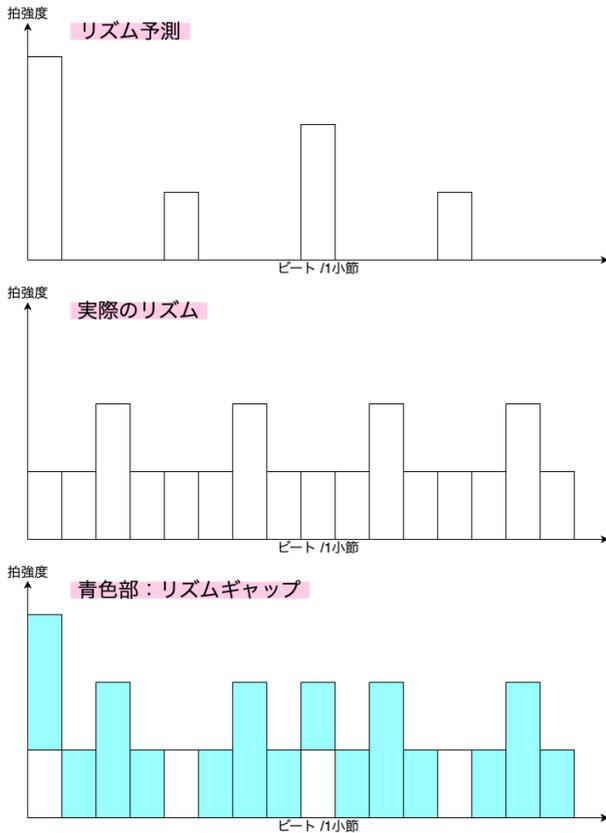


図 2: リズムギャップ算出例

ウント（リズムカウント数）した。リズムカウント数からエージェントの感情移行時間とそれに伴う快感の上昇や興奮度の落ち着きなどのタイミングを算出する。

1小節あたりの積算ギャップ値の大きさ、およびリズムカウント数により、興奮や快適度の感情の変化の大きさに反映させる。内部計算部で算出した積算ギャップ値は感情パラメータの興奮度の更新に用いるとともに、リズムカウント数は馴化表現として初期は快適度を高めるがカウント数が閾値を超えた後は徐々に快適度を下げると同時に興奮度を下げることとした。また、これらの感情パラメータは、エージェントのニュートラルな初期感情状態を更新していくため、エージェントは初期表情から徐々に、興奮表情や喜びの表情、興奮馴化後の表情、と顔表情を変遷させるとともに、身体動作の大きさも表現する。これにより、ユーザのリズムの期待と実際のリズムのギャップの積算値やリズムの繰り返しによるノリおよび馴化が感情を変化させることができる。

リズム入力による音楽的感情生成部のシステム構成を図3に示す。

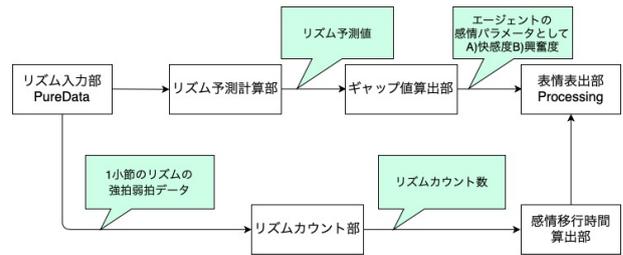


図 3: システム構成図

### 3.3 リズムマシン操作部の実装

エージェントの音楽的感情生成の元となるリズム刺激を生成するため、PureDataを用いてリズムマシンを実装した。テンポの好みの個人差には内的時間（精神テンポ）が関係している [8, 9]。精神テンポとは個人が自然と選択する好みのテンポのことである [8, 10]。この精神テンポのペースメーカーとして心拍数や呼吸数に関係していることが仮定されている。そこで、本実装におけるリズムマシンは、多くの人が好みやすいテンポとして心拍数に近い 60BPM (Beats Per Minute) を前提として設計した。さらに、ドラムの基本的なリズムとして多く用いられている 16ビートのリズムを生成することとした。音源にはバスドラム、シンバルハイハット、スネアドラムを用い、それぞれの音源で強拍、中強拍、弱拍を表現した。

### 3.4 エージェントの外観実装

エージェントの外観部は Processing で作成し、OSC (Open Sound Control) 通信<sup>2</sup>を用いてリズムマシンからのリズムデータを連携させた。3.2節に述べたエージェント内部計算部から算出された A) リズムカウント数による感情移行時間と感情変化軸の傾きと、B) ユーザのリズムの期待と実際のリズムのギャップ積算値による感情のパラメータ値により、エージェントの表情や首振り、手拍子を表現する。

エージェントの首振りや手拍子のタイミングを、ここでは精神テンポに対する身体テンポと呼び、精神テンポ 4 拍に対し 2 拍ごとに 1 回 (16 ビート中に 2 回) のペースとした。この身体動作はリズムデータと連携し行う。

また、エージェントの快・興奮を表すため、頭の縦揺れ幅・眉の高さ・鼻の穴の膨らみ・頬の色・白目の範囲・口角・目のつぶり方で表現した (図 4)。表 1 に表

<sup>2</sup>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。

情表出例におけるパラメータを示す。尚、A-Hは興奮から馴化にかけての一連の流れを示している。

図5はエージェントの手拍子と頷きの様子である。手が開いた状態時は頭部が最も高く、手が閉じた状態時は頭部が最も低くなるように動くことで、身体テンポのタイミングで身体が音楽に同調的にビートする様子を表現した。

## 4 考察

本提案では、人間のリズムを感じる心の予測を表現したエージェントとの共聴体験を再現することで、リズム聴取に高揚感を与える結果を期待している。リズムの予測は、16ビートの基本拍強度(強...弱...中...弱...)を初期予測値とし、現行のリズム予測値算出方法では実際のリズムとの平均を算出することで1小節後のリズムを予測することにしている。これに対し、リズム予測に関わる過去の小節数の検討をしていくべきと考えられる。これは、繰り返し数に応じてリズム予測値が徐々に変化するように動かすためにはその変化の滑らかさを検討することが必要なためである。

さらに、リズム予測値がリズムパターンの繰り返しによりすぐに適応してしまうと、リズムを感じる独特の楽しみが計上されなくなるため、リズム自体のオリジナリティを感じるリズム予測値への加算パラメータも検討していく必要がある。よって、今後は、予測と実際のリズムのギャップをどのようにパラメータ分割して残していくべきか検討することを課題とする。このようなリズム強弱の予測に基づくリズム聴取時の感情を明らかにするだけでなく、リズムを演奏する音色によるリズム聴取時の心理的影響についても検討していきたい。

また、音楽を聴く心を持ち共感性を表す対象として、本稿における提案では感情の表出を顔表情で行うエージェントが表示されている。このエージェントの表現によるリズム同期動作としての頭部の動きや手の動きが感情に与える影響も検討し、適切な表現を追求する予定である。

最終的には、このエージェントが、ユーザの表情に基づく感情推定によって、ユーザが音楽をどのように感じているかにも共鳴するような、双方向的なシステムを目指したい。これによりさらなる音楽やリズム聴取による高揚感をもたらす体験が実現できると考える。

## 5 おわりに

本稿では、ユーザとともに音楽のリズムを感じる心を表すエージェントを提案した。リズムから受ける高揚感を他者と共有することによる共聴体験を再現するた

め、ユーザと共に音楽のリズムを感じる心を表す擬人化エージェントをリズムマシン操作部とエージェントの内部計算部、エージェントの外観部で実装した。エージェントの内部計算部では音楽的感情生成部分とリズムカウント部分から構成され、1)リズムの拍の強さの期待値と実際のリズムのギャップを積算して興奮を推測したり、2)リズムの繰り返しによる楽しみや馴化をシミュレーションする。

今後は、提案システムにより適切な動作のため、1)現行のリズム予測値算出方法に対し、1-1)リズム予測に用いる過去の小節数の適切な設定におけるリズムによる意外性の変動の平滑さと一時的な変化量バランス、1-2)リズムパターンの独特性における快や覚醒への影響を鑑みたりリズム予測値のパラメータ分割方法、および2)多種の音楽リズム演奏における音色の心理的影響を、それぞれ検討していく。さらに、エージェントの身体動作がリズム聴取感情に与える影響についての検証を行う。

## 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。

## 参考文献

- [1] 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, Vol.33, No.17, pp.5-8 (2009).
- [2] 森数馬, 岩永誠: 音楽による強烈な情動として生じる鳥肌感の研究動向と展望; 心理学研究, Vol.85, No.5, pp.495-509 (2014).
- [3] シュッツ, アルフレッド: アルフレッド・シュッツ著作集第3巻 社会理論の研究; 渡部光, 那須壽, 西原和久訳, マルジュ社, p.223 (1991).
- [4] 寺前典子: 音楽のコミュニケーションにおける内的時間とリズムをめぐる考察シュッツ音楽論およびフッサール現象学からのアプローチ; 現代社会学理論研究, Vol.3, pp.59-71 (2009).
- [5] Shibata, T., 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).
- [6] 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

表 1: エージェントの表情表出例

顔タイプ	眉	鼻穴	頬色	目	口角
A	低	小	薄	白目小	低
B	やや低	やや小	やや薄	白目中	やや低
C	中	中	やや濃	白目大	中
D	高	大	濃	目のつぶり弱	高
E	高	大	濃	目のつぶり中	高
F	高	大	濃	目のつぶり強	高
G	中	中	やや濃	白目大	中
H	低	小	薄	白目小	低

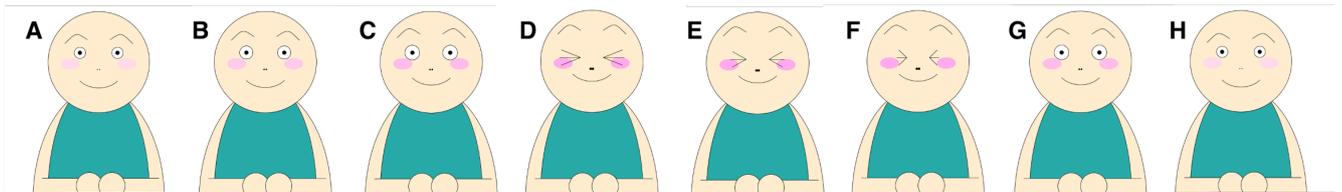


図 4: 表情表出例

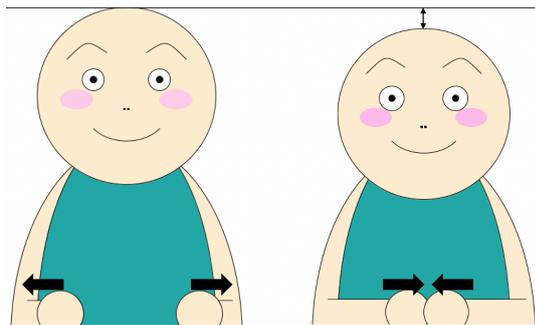


図 5: 拍に合わせた身体動作 (手拍子・頭部上下)

[10] Temperley, N. M.: Personal tempo and subjective accentuation; Journal of General Psychology, Vol.78,pp267-287(1963)

た検討一; 電子情報通信学会論文誌, Vol.96, No.1, pp.70-80 (2013).

[7] Russell, J. A.: A circumplex model of affect; Journal of Personality and Social Psychology, Vol.39, No.6, pp.1161-1178 (1980).

[8] 松田 憲, 一川 誠, 矢倉 由果里: BGM の音楽的特徴が聴覚的時間評価に及ぼす影響 -テンポと音符に基づく検討-; 日本感性工学会論文誌, Vol.12, No.4,pp.493-498 (2013).

[9] Buchanan, J. C.: An exploratory study of preschool children's synchronization of a selected rhythmic activity with music set at their heart rates; Unpublished Ph. D. dissertation, University of South Florida, (1998).