

対戦格闘ゲームにおけるプレイヤーの感情状態に合わせた BGM の自動制御

Adaptive background music according to the player's emotions for DareFightingICE

田邊 准† ターウオンマツト ラック‡
Jun Tanabe Ruck THAWONMAS

1. はじめに

近年,コンピュータゲームの普及に伴い,プレイヤーの没入感向上がゲームデザインの重要な課題として注目されている. 特に対戦格闘ゲームでは,プレイヤーの没入感がゲームプレイの満足度に大きく影響する. このような没入感の向上には,ゲームの雰囲気や状況に合った BGM の重要性が指摘されている.

従来の対戦格闘ゲームでは,ゲームの進行に応じて静的な BGM がループ再生されることが一般的である. しかし,BGM の過度なループはプレイヤーの没入感を低下させる可能性がある. そこで,プレイヤーの感情状態に応じて BGM を自動的に制御するアプローチがゲームデザインにおいて新たな可能性をもたらすと考えられる. 心理学的な感情モデルである Valence-Arousal モデル[1]は,感情を二次元空間で表現し,プレイヤーの感情状態を定量的に推定するために広く用いられている. さらに,Cale Plut らによる PreGLAM(Predictive Gameplay-based Layered Affect Model)[2]では, valence-arousal モデルに加え,Tension を取り入れた感情モデルを提案し,ゲームにおいてより精緻な感情推定を提案している.

本稿では,対戦格闘ゲームの BGM をプレイヤーの感情状態に合わせて自動制御するシステムを提案し,その実験方法を示す. 具体的には, valence, arousal の推定結果をもとに BGM のボリューム、ピッチ、テンポなどの音楽要素をリアルタイムで変化させる. さらに,対戦格闘ゲーム AI の国際大会でプラットフォームとして利用されている DareFightingICE を採用し,提案手法によるプレイヤーの没入感を評価する.

本稿の構成は以下の通りである. 第 2 章では関連研究を紹介し,ゲームにおける感情と BGM に関する先行研究について議論する. 第 3 章では提案手法について詳細に述べ,感情推定と BGM 制御のアルゴリズムについて解説する. 第 4 章では評価実験の方法を説明し,実験デザインと使用する指標について記述する. 最後に今後の展望について示す.

2. 関連研究

2.1 ゲームと音楽

文献[3]では,ゲームのための手続き型音楽生成について研究されている. 著者は,ゲームの音楽がプレイヤーの経験に応じて適応的に変化することで,没入感や感情的なつながりを高めることができると主張している. この研究では,マリオを題材としている. ゲーム内の出来事(コインを入手するなど)からプレイヤーの状態である Frustration, Challenge, Fun の三つの値がどのように変化するかを事前に定義し,その値に基づいて BGM のルールを変化させている. 音楽を生成するために,遺伝的アルゴリズムを用いている. 和声進行

と旋律線の生成において,候補となる音楽コンテンツを評価し,選択し,交叉し,突然変異させることで,より適応度の高い音楽コンテンツを生成している.

文献[4]では,ビデオゲームのための適応的な音楽作曲システムを提案しており,ゲームの状況と感情を表現するために認知モデルと多様なアルゴリズム的作曲技術を組み合わせている. ゲームの状況と感情を表現するために,概念や感情を頂点とする重み付き無向グラフを用いている. ゲームからのメッセージによって,グラフの頂点や辺が更新され,活性化が拡散する. このモデルをゲームと音楽のコミュニケーションとして用い,人間の作曲家が作った音楽断片を組み合わせて新しい音楽を生成している. 著者は二つの異なるゲームにこのシステムを統合し,ユーザースタディによってその効果を評価している. その結果,提案されたシステムがオリジナルのゲーム音楽よりも没入感や音楽とイベントの関連性を高めることを示している. この論文は,ビデオゲームの音楽作曲において感情モデリングと知識組織化の重要性を強調しており,適応的な音楽作曲システムの有用性を示唆している.

文献[5]では,ビデオゲームにおける感情的に適応した生成音楽の応用と評価について述べている. 著者らは,PreGLAM[6]というゲーム観客の感情的知覚をモデル化するシステムを用いて,ゲームプレイに応じて音楽を変化させた. また,MMM(Multi-track Music Machine)[7]という Transformer を用いて,作曲した適応音楽のバリエーションを生成した. この論文では,自作のアクション RPG ゲームである Galactic Defense で,生成音楽を実装し,評価している. 結果として,生成音楽は作曲した線形音楽や適応音楽と比べて,感情的な一致性や没入感や好みの面でほぼ同等かそれ以上の評価を得ている. この論文では,Transformer を用いて音楽を生成しているが,リアルタイムで生成しているわけではない. 深層学習を用いた生成には非常に大きなモデルが必要となり,対戦格闘ゲームのようなリアルタイム性が求められるゲームへの応用は難しい. また,この論文で使用している PreGLAM というモデルは,Galactic Defense に特化した感情モデルであり,他のゲームに適用する場合は調整が必要である.

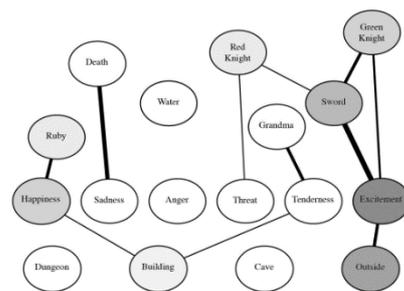


図 1. 無向グラフによる感情表現

†立命館大学情報理工学研究科知能エンターテインメント研究室

‡立命館大学情報理工学部

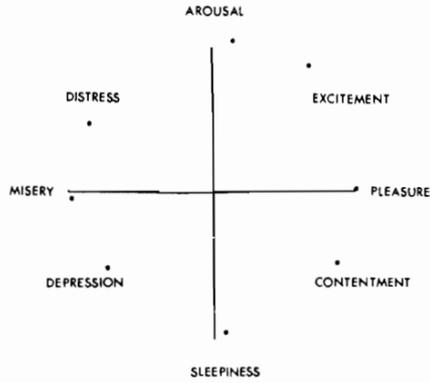


図 2. James A. Russell による二次元の円環モデル

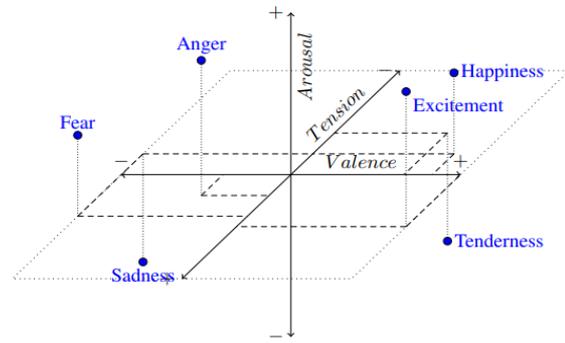


図 3. 感情の VAT モデル

2.2 感情モデル

代表的な感情の表現方法に、James A. Russell による二次元の円環モデルである valence-arousal モデルがある[1]。このモデルは、快-不快を表す valence と興奮-鎮静を表す arousal の二次元で表現されている。valence は感情がどれだけポジティブかネガティブかを示し、arousal は感情がどれだけ活発か落ち着いているかを示している。例えば、喜びはポジティブで興奮した感情なので、円環の右上に位置する。悲しみはネガティブで鎮静した感情なので、円環の左下に位置する。

PreGLAM では、感情を三次元の VAT モデルで表現している。VAT モデルは、valence(快不快)、arousal(覚醒度)、tension(緊張度)の三つの次元で感情を記述している。このモデルは、Schimmack and Grob の Valence, Tense Arousal, and Energy Arousal という三次元モデルに基づいている[8]。PreGLAM は、ゲームの出来事や変数に応じて valence と arousal 感情の値を計算し、将来の出来事を予測して tension を算出している。PreGLAM は、[5]で音楽とゲームのコミュニケーションモデルとして用いられている。

2.3 感情と音楽

文献[9]では、音楽の構造と感情に関する心理生理学的研究が行われた。音楽の構造と感じた快不快や興奮度との関係、および音楽の構造と呼吸、皮膚電気活動、心拍数との関係を調べている。音楽の構造とは、テンポ、リズム、強弱、発音法、音高、調性、和声などの要素が含まれる。研究の結果、音楽の構造は感じた感情に大きく影響することがわかった。例えば、高い興奮度を引き起こす音楽は、速いテンポや強い強弱やスタッカートなどの特徴を持っていた。また、音楽の構造は呼吸や皮膚電気活動や心拍数にも変化をもたらした。例えば、速いテンポや強い強弱やスタッカートなどの音楽は、呼吸が速くなり、皮膚電気活動や心拍数が上昇した。

3. 提案手法

3.1 アーキテクチャ

本研究では、DareFightingICE の BGM をプレイヤーの感情状態に合わせてリアルタイムで制御する。そこで、音響処理用のミドルウェアである Max 8 を使用する[10]。Max 8 はサウンドやビジュアルなどのメディアを扱うことができるプログラミング環境であり、アートや音楽、インタラクティブなパフォーマンスなどのクリエイティブなプロジェクトに広く使用されている。ゲームからフレームデータを受け取り、感情モデルでプレイヤーの感情状態を推定する。その後、OSC(Open Sound Control)[11]により、感情データを Max 8



図 4. BGM リアルタイム制御のためのアーキテクチャ

に送信する。リアルタイムで BGM を制御するためのアーキテクチャを図 4 に示す。

3.2 感情表現

本研究では、ゲームの情報からプレイヤーの感情状態を valence と arousal の二次元で表現する。PreGLAM では、将来の出来事を予測して tension を算出しているが、対戦格闘ゲームにおいては、将来の出来事を予測することが難しいと考えるため、valence と arousal の二つに絞る。本稿では、arousal の変化にのみ焦点を当てている。

ゲーム情報と感情を結びつけるために、PreGLAM で用いられた EEGE(Emotionally Evocative Game Events)の考え方を採用する。EEGE は感情的に刺激的なゲームイベントを意味する。EEGE は、ゲームの状況や変数に基づいて、観客の感情に影響を与えると考えられるゲーム内の出来事である。例えば、プレイヤーが敵に攻撃したり、回復したり、ダメージを受けたりすることは EEGE として定義できる。EEGE は、その影響の強さや文脈に応じて、感情的な価値や強度を持つ。対戦格闘ゲームにおける、EEGE を図 5 に示す。このリストは、対戦格闘ゲームにおいて、プレイヤーに感情的な変化を与える可能性のあるイベントを主観的にまとめたものである。

Event name (P: Player, O: Opponent)
P. Hit a weak attack
O. Hit a weak attack
P. Hit a strong attack
O. Hit a strong attack
P. Throw the enemy
O. Throw the enemy
P. Block an attack
O. Block an attack
P. Complete a weak projectile attack
O. Complete a weak projectile attack
P. Complete a strong projectile attack
O. Complete a strong projectile attack
P. Complete a Super Projectile Attack (Fireball)
O. Complete a Super Projectile Attack
P. Hit a combo of more than 3 hits
O. Hit a combo of more than 3 hits
P. Break the opponent's combo
O. Break the opponent's combo
P. Knock back the enemy
O. Knock back the enemy

図 5. DareFightingICE における EEGE (例, P. Hit a weak attack:プレイヤーが弱攻撃を当てる)

PreGLAM では、全てのイベントに対して arousal の値を 1 に設定していた。これは、著者がゲームデザインの段階で、この値が一番プレイヤーの感情表現に適していると判断したからである。本研究では、PreGLAM と同様にすべての arousal の値が 1 の場合と、対戦格闘ゲームプロジェクトのチームメンバーに主観的に値を決めてもらい、その平均値を各イベントの arousal の値とした場合の二つのパターンで実験を行う。

現在のプレイヤーの感情を推定するために、図 5 において発生したイベントから過去のイベントのリストを作成する。arousal は過去のイベントの arousal の合計値として計算される。しかし、過去に発生したイベントに対する感情は、時間経過とともに薄れていく必要がある。そのため、各時点での arousal は過去に発生したイベントに対して、時間経過を考慮して減衰した値の合計値となる(1)。 a_i は各イベントごとの arousal の値、 P_i は各イベントごとの発生してから過ぎたフレーム数を示している。 r_i は各イベントの arousal が減衰し 0 になるまでのフレーム数を示しており、イベントが感情に与える強度によって異なる。例えば、弱攻撃がヒットした場合よりも、強攻撃がヒットした場合の方が、プレイヤーに与える感情は大きくなるため、 r の値も大きくなる。

$$arousal = \sum a_i (1.0 - \frac{P_i}{r_i}) \quad (1)$$

3.3 音楽制御

本研究では、DareFightingICE のサンプル BGM を使用する。本稿では、arousal に基づいて音楽の要素であるボリューム、テンポ、ピッチの三つに絞って変化させる。その理由は、音楽の要素の中でも BGM をリアルタイムで変化させることができるのがこの三つだからである。例えば、ムードは arousal と関係性が強いが、リアルタイムで変化させるのは難しく、作曲し直す必要がある。文献[9]を参考に、arousal と各音楽の要素の関係性に基づいて変化させる。

4. 評価実験

本稿では、実験方法まで示し、発表の際に詳細と結果を示す。実験は実際にプレイしてもらうのではなく、聴衆としてゲームプレイ動画を見てもらい評価してもらう。文献[12]では、プレイヤーと聴衆は同じ感情状態になりやすいことを示しており、これを参考に本研究においても、聴衆として評価してもらう。

ボリューム以外変化、テンポ以外変化、ピッチ以外変化、全て変化、変化なしの五つのパターンで実験を行う。全てのパターンに対して、EEGE の arousal が 1 の場合とイベントごとに異なる場合とで比較を行う。それぞれの場合で動画を視聴してもらった後、没入感に関するアンケートに答えてもらう。アンケートは、文献[13]を参考にする。

5. おわりに

本稿では、対戦格闘ゲームの BGM をプレイヤーの感情状態に合わせて自動制御するシステムを提案し、実験方法までを示した。第 2 章ではゲームと音楽、感情モデル、感情と音楽に関する関連研究を挙げた。第 3 章では DareFightingICE において BGM をリアルタイムで変化させるためのアーキテクチャを提案した。また、PreGLAM を参考にプレイヤーの感情状態を EEGE から推定する方法を示した。現段階では、arousal にのみ焦点を当て、実験を行う予定である。この実験

の結果、音楽の要素が没入感に与える影響の違いを比較することができると考えている。その次の段階としては、EEGE の各イベントに対する valence の値も考慮し、プレイヤーの興奮度だけでなく、快不快の度合いも考慮できるようにする予定である。

6. 参考文献

- [1] Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological review*, 110(1), 145.
- [2] Plut, C., Pasquier, P., Ens, J., & Bougueng, R. (2023). PreGLAM: A Predictive, Gameplay-based Layered Affect Model. *IEEE Transactions on Games*.
- [3] Plans, D., & Morelli, D. (2012). Experience-driven procedural music generation for games. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 4(3), 192-198.
- [4] Hutchings, P. E., & McCormack, J. (2019). Adaptive music composition for games. *IEEE Transactions on Games*, 12(3), 270-280.
- [5] Plut, C., Pasquier, P., Ens, J., & Tchembeube, R. (2022, September). PreGLAM-MMM: Application and evaluation of affective adaptive generative music in video games. In *Proceedings of the 17th International Conference on the Foundations of Digital Games* (pp. 1-11).
- [6] Plut, C., Pasquier, P., Ens, J., & Bougueng, R. (2023). PreGLAM: A Predictive, Gameplay-based Layered Affect Model. *IEEE Transactions on Games*.
- [7] Ens, J., & Pasquier, P. (2020). Mmm: Exploring conditional multi-track music generation with the transformer. *arXiv preprint arXiv:2008.06048*.
- [8] Schimmack, U., & Grob, A. (2000). Dimensional models of core affect: A quantitative comparison by means of structural equation modeling. *European Journal of Personality*, 14(4), 325-345.
- [9] Gomez, P., & Danuser, B. (2007). Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion*, 7(2), 377.
- [10] Max8, Max/MSP
<https://www.mi7.co.jp/products/cycling74/>
- [11] Wright, Matthew. "Open Sound Control: an enabling technology for musical networking." *Organised Sound* 10.3 (2005): 193-200.
- [12] S. K. Holm, J. K. Kaakinen, S. Forsström, and V. Surakka, "Self-reported playing preferences resonate with emotion-related physiological reactions during playing and watching of first-person shooter videogames," *International Journal of Human-Computer Studies*, p. 102690, 2021.
- [13] Phan, Mikki H., Joseph R. Keebler, and Barbara S. Chaparro. "The development and validation of the game user experience satisfaction scale (GUESS)." *Human factors* 58.8 (2016): 1217-1247.