

# プレイヤーの感情に応じて適応するゲーム環境の試作と評価

嵯峨京介<sup>†1</sup> 角薫<sup>†1</sup>

公立はこだて未来大学<sup>†1</sup>

## 1. はじめに

近年、ゲームのインタラクション技術は進化し続けており、プレイヤーの体験を向上させるための適応的なゲームシステムの開発が注目されている。特に、プレイヤーの感情や生理的反応に基づいてゲーム内容を動的に調整する手法は、没入感やプレイ満足度を向上させる可能性がある。Csikszentmihalyi (1990) が提唱する「フロー理論」[5]では、プレイヤーがゲームに対して適度な挑戦を感じることで没入体験の鍵となると述べられている。この理論をゲームデザインに応用した研究として、Chen (2007) は、ゲーム内での挑戦のバランスがプレイヤーの没入体験にどのように影響するかを分析した[4]。しかし、この理論が示唆する動的な挑戦のバランスは、従来のゲームにおける難易度設定では十分に考慮されていないのが現状である。

従来の難易度調整手法として、プレイヤーが事前に「簡単」「普通」「難しい」などのレベルを選択する方式が広く採用されている。しかし、この方式では、プレイヤーが自分に適した難易度を選択できない場合があり、一部のプレイヤーにとってはゲームが簡単すぎて退屈になり、逆に難しすぎて挫折してしまうといった問題が生じる[2]。また、ゲームジャンルの好みには個人差があり、プレイヤーが楽しめるジャンルを適切に選択できないケースもある[12]。こうした問題を解決するため、近年の研究ではプレイヤーの生体情報や表情、発話を活用し、リアルタイムで感情状態を推定し、それに基づいてゲームの難易度や内容を自動的に調整する手法が提案されている。

例えば、Hunicke ら (2005) は動的難易度調整 (Dynamic Difficulty Adjustment, DDA) の枠組みを提案し、ゲームプレイデータを活用した適応手法を示した [7]。また、Andrade ら (2006) は、生体情報を用いた DDA の有効性を示し、難易度調整がプレイヤーのモチベーションに与える影響を分析している[1]。さらに、Zook & Riedl (2012) は、強化学習を用いた難易度調整アルゴリズムを開発し、プレイヤーのスキル向上に適応する手法を提案した[11]。原田ら (2020) は、プレイヤーの音響的特徴量を分析し、ゲーム内の難易度をリアルタイムで調整する手法を提示している[13]。

また、機械学習を活用した難易度調整手法の研究も進められており、プレイヤーの行動パターンを学習し、適応的に難易度を調整するモデルが開発されている[1, 10]。さらに、プレイヤーの生理的データ (心拍数、皮膚伝導率など) を用いた感情推定手法が提案され、リアルタイムで適応的なゲームプレイを提供するシステムが検討されている[6, 9]。ゲーム研究において、難易度調整に関する研究は広く行われているが、その多くはプレイヤーパフォーマンスデータ (スコアやクリア時間) に基づいた調整が主流である[10]。

一方、感情に基づいたゲーム調整の研究も進められており、表情情報と生体情報を組み合わせて感情の強さを推定する手法や、生体情報を用いたゲームの難易度自動調整シ

ステムが提案されている[16]。例えば、堀ら (1999) は、表情情報と生体情報を組み合わせた感情強度の推定手法を提案し、心拍数や皮膚伝導水準の変化が感情推定の有効な指標となることを示した[17]。佐藤と角 (2023) では、生体情報を用いたゲームの難易度自動調整システムが開発され、EDA (皮膚電気活動) および HRV (心拍変動) を活用することで、プレイヤーの感情推定の精度が向上することが示されている[9]。また、Sato ら (2024) はゲームプレイ中の心拍数の変動を分析し、男女間の生理的反応の違いを明らかにしている[16]。

感情推定技術を活用することで、プレイヤーの体験をよりパーソナライズする試みも行われている。例えば、大山ら (2022) は、アドベンチャーゲームにおけるユーザ体験向上のために、感情推定技術を用いた入力手法を開発した[14]。

本研究では、プレイヤーの感情に応じてゲームの難易度およびジャンルを動的に調整するシステムの試作と評価を行った。特に、既存研究が主に表情を用いた感情推定に依存していたのに対し、本研究では表情だけでなく心拍数の変動を分析することで、ゲーム調整の適切性を検討した。実験の結果、表情変化のみではプレイヤーの感情推定が困難であり、心拍数がジャンル変更や難易度調整に応じて変化することが明らかになった。

本研究の貢献は以下の3点である。

1. 表情のみの感情推定が不十分であることを実証し、心拍数の変化がより適切な調整指標となる可能性を示した。
2. ゲームジャンル変更が生理的興奮に影響を与えることを発見し、FPS ジャンルへの移行時に心拍数の有意な上昇が観測された。
3. プレイヤーの生理データを活用することで、より精度の高いゲーム適応手法の必要性を提唱した。

## 2. プレイヤーの感情に応じた動的ゲーム適応

### 2.1 システムの概要

本研究で開発したゲームは、プレイヤーの感情に応じて難易度および3種類のジャンル (アクション, FPS, アドベンチャー) が変化するものである。本ゲームは一人称視点 (図1) でプレイする形式であり、ジャンルの変化に伴い操作方法も若干異なる。初めは三人称視点で開発していたが、一人称視点の方が現実の視点に近く、没入感の向上に適していると判断したため、本研究では一人称視点を採用した。

ゲームの基本ルールを説明する。ゲーム開始後、ステージのクリア条件を満たすと、それまでのプレイヤーの感情とステージクリアタイムに基づき、難易度およびジャンルが調整され、次のステージが生成される。また、ステージ生成前には、プレイヤーにステージクリアタイムが表示される。

<sup>†1</sup> Kyosuke Saga, Future University Hakodate

<sup>†2</sup> Kaoru Sumi, Future University Hakodate

## 2.2 基本的なゲーム内容

本ゲームの基本的なゲーム内容について述べる。本ゲームでは、図 2 のようなステージと白いブロックがある地点からスタートし、そのブロックに触れることでステージが生成され、ゲームが開始される。ゲームは難易度：普通、ジャンル：アクションから始まり、ステージのクリア条件を満たすことで次のステージが生成される。

次に、ジャンルごとにゲームの内容とクリア条件を説明する。まず、アクションジャンルでは、ステージ開始時に、図 3 のように赤い敵が出現する。アクションジャンル中、プレイヤーは攻撃と回復を行うことができるため、敵の攻撃を受けないようにしながら、敵に攻撃を行い、全ての敵を倒すことでステージクリアとなる。

次に、FPS ジャンルでは、ステージ開始時に図 4 のように銃を持ったロボット型の敵が出現する。FPS ジャンル中、プレイヤーは射撃と回復を行うことができるため、敵の射撃を避けながら敵に射撃を当て、全ての敵を倒すことでステージクリアとなる。

最後に、アドベンチャージャンルでは、ステージ開始時に図 5 のように色と形の異なるオブジェクトが複数出現する。アドベンチャージャンル中は、攻撃や回復はできず、ステージ上に出現したアイテムを正しい順番で回収することでステージクリアとなる。正解の順番は 1 ステージごとに決まっており、正解・不正解に応じて○もしくは×のエフェクトが画面上に表示される（図 6、図 7）。また、アイテムの回収順を間違えるとリセットされる。

ステージの生成時には、前のステージでのプレイヤーの感情およびゲーム内スコアに基づいて調整が適用される。これに加え、各ジャンルのクリア条件テキストが画面上に数秒間表示される（図 8、図 9、図 10）。また、ステージクリア時には、クリアタイムとステージ生成の通知テキストが画面上に表示された後に次のステージが生成される（図 11）。

## 2.3 難易度・ジャンル調整機能

本研究では、難易度調整を行ううえで、各感情に重みを付け、1 ステージ分の感情を数値化した。1 ステージ分の数値を合計し、そのステージの感情とみなすことで調整を行う。

数値が 5 以上の場合は、ポジティブな感情で楽しめていると判断し、調整は行わない。一方、数値が\*\*-5 以下\*\*の場合は、ネガティブな感情で楽しめていないとみなす。この場合、楽しめていない原因が「難易度が簡単すぎるため」なのか「難しすぎるため」なのかをクリアタイムを参照して判断する。また、数値が 5 より小さく、-5 より大きい範囲で 3 ステージ連続した場合、プレイヤーが無関心または退屈していると判断し、ジャンル変更を行う。

次に、クリアタイムを用いた難易度調整について説明する。本研究では、難易度を「簡単」「普通」「難しい」の 3 段階に設定した。各難易度の調整は、以下のクリアタイムの基準に基づいて行う。クリアタイムが 20 秒以下であれば簡単

すぎると判断し、現在の難易度より 1 段階上げる。クリアタイムが 80 秒以上であれば難しすぎると判断し、現在の難易度より 1 段階下げる。20 秒から 80 秒の範囲であれば適切な難易度とみなし、ジャンル変更を行うことでプレイ体験の向上を図る。クリアタイムの基準については、テストプレイの結果、これらの閾値でプレイスキルの評価が適切に行えると判断したため本研究ではこの基準を採用している。

ジャンル調整については、プレイヤーの感情やクリアタイムの傾向を分析し、ジャンル変更が必要と判断された場合に実施する。ジャンルの変更はアクション→アドベンチャー→FPS の順に切り替える方式とし、このサイクルを繰り返す。プレイヤーが特定のジャンルで退屈していると判断された場合、次のジャンルに移行することで新たな体験を提供し、没入感を維持することを目的としている。

## 3. 実験

本研究では、プレイヤーの感情に基づいた動的難易度調整およびジャンル変更がゲーム体験に与える影響を検証するため、被験者実験を実施した。動的にゲームを適応させることで、プレイヤーの生理的・心理的反応にどのような違いが生じるかを評価する。

本研究では以下の仮説を検証する。

- H1: 動的難易度調整はプレイヤーの生理的興奮を引き起こす。
- H2: ジャンル変更はゲーム体験に影響を与える。
- H3: 動的難易度調整はプレイヤーの主観的満足度を向上させる。

本研究では、プレイヤーの感情に基づいた動的難易度調整およびジャンル変更がゲーム体験に与える影響を検証するため、被験者実験を実施した。動的にゲームを適応させることで、プレイヤーの生理的・心理的反応にどのような違いが生じるかを評価する。

### 3.1 実験概要

被験者には 2 種類のゲームをプレイしてもらい、難易度とジャンルが自動調整される条件（自動調整群）と固定された条件（無調整群）を比較した。プレイヤーの生理データや主観的評価を取得し、動的難易度調整の効果を分析する。

### 3.2 被験者と実験環境

本実験には 18 歳から 24 歳の大学生 26 名（男性 21 名、女性 5 名）が参加した。各被験者は無作為に自動調整群（n=14）または無調整群（n=12）に割り当てられた。実験はゲームプレイ時の生理データを正確に測定するため、心拍センサーを装着した。



図 1 プレイヤー視点の画面



図 2 ステージ開始時のブロック表示



図 3 アクションゲームのプレイ画面



図 4 FPS ゲームのプレイ画面



図 5 アドベンチャーゲームのプレイ画面 図 6 アドベンチャーゲームの正解画面 図 7 アドベンチャーゲームの不正解画面



図 8 アクションゲームのステージ生成時の説明テキスト



図 9 FPS ゲームのステージ生成時の説明テキスト



図 10 アドベンチャーゲームのステージ生成時の説明テキスト



図 11 ステージクリア時の画面

3.3 実験手順

実験の手順は以下の通りである。

1. **事前アンケート**: 被験者の年齢・性別・ゲーム経験を記入してもらう。
2. **準備**: 生体センサーを装着し、3 分間の操作確認を実施する
3. **本実験**: 15 分間ゲームをプレイし、心拍データおよびプレイログを記録する。
4. **事後アンケート**: ゲーム体験に関する主観評価を収集する。

3.4 評価指標

本研究では以下の指標を用いた。

- **生理データ**: ゲームプレイ中の心拍数（BPM）
- **ゲームプレイデータ**: ステージクリア時間、難易度変化回数
- **主観評価**: Game Engagement Questionnaire (GEQ) [3, 8] に基づくゲーム没入度

4. 結果

本章では、実験で収集したデータを分析し、動的難易度調整とジャンル変更の効果を検討する。

4.1 生理データの分析

難易度上昇前後の心拍数を比較したところ、難易度上昇後に心拍数が有意に増加した（ $p<0.05$ ,  $t$  検定）。特に、FPS ジャンルへの移行時に心拍数の有意な上昇が見られた（平均 +10 BPM,  $p<0.01$ ）。一方で、アクション→アドベンチャーへの移行では有意な変動は見られなかった。

4.2 主観評価

GEQ のスコア分析の結果、自動調整群の方が「挑戦的」と感じる傾向が強かった（ $p<0.05$ ）。しかし、「満足度」や「楽しさ」に関しては有意な差が見られなかった。

4.3 仮説の検証

本研究では以下の仮説を検証した。

- **H1: 動的難易度調整はプレイヤーの生理的興奮を引き起こす。**  
→ 心拍数の有意な上昇が見られたため、支持された。
- **H2: ジャンル変更はゲーム体験に影響を与える。**  
→ FPS ジャンルへの移行時に心拍数の上昇が確認されたため、部分的に支持された。
- **H3: 動的難易度調整はプレイヤーの主観的満足度を向上させる。**  
→ 「満足度」に有意な差が見られなかったため、支持されなかった。

本結果から、動的難易度調整は生理的な興奮度を高めるが、主観的な満足度の向上には直結しない可能性が示唆された。

4.4 自由回答結果

本研究では、被験者からの自由回答を分析し、動的難易度調整がゲーム体験に与える影響を詳細に検討した。自由回

答の分析結果を表 1 に示す。

回答を分析した結果、動的難易度調整の効果を実感した被験者は、敵の数や速度の変化を適切な難易度調整と認識していた。一方で、調整がうまく機能しなかったケースでは、単調さや不満が報告され、特に表情認識の精度に課題がある可能性が示唆された。

本結果から、難易度調整のアルゴリズムの改善や、表情以外の生理データを活用した補正が今後の研究課題として挙げられる。

表 1 自由回答

ID	調整認識	回答結果
1-1	はい	三人称視点でやりたい
5-1	いいえ	敵の配置と数がそのままなので、途中で飽きてしまった。 敵モンスターのグラフィックはいいと思った。
9-1	はい	自分は一人称視点のゲームをあまりやったことがなかったため、最初は新鮮なかんじで楽しくプレイできた。しかし、敵が 5 体が増えたところで、そこからあまり代わり映えがなく、ひたすら 5 体の敵を倒すだけだったため、単純作業のようになり、飽きてきてしまった。そこで、自分でなにか変化をつけようと思って、ジャンプしたり、真ん中の敵から倒しはじめたりしたが、後半は慣れてきて、退屈に感じた。
13-1	はい	5 体になった時から難易度が上がったと感じました。
16-1	いいえ	システムの影響なのか、ずっとスライムが出てきていて、延々とスライムを倒し続けた。途中スライムの数が増えた。一番最後にゲームジャンルが変わったのでそれだけめっちゃ楽しかった。ゲームプレイはほとんどつまずくことが無く快適に遊べた。敵が追いかけてくるのも緊張感があって楽しかった。

4.5 ゲーム中の心拍数変動

実験中に取得した心拍数データを分析し、難易度調整およびジャンル変更が生理的反応に及ぼす影響を検討した。まず、被験者の中から無作為に選択した 1 名について、難易度上昇時 5 秒前後の心拍数変動を分析した。結果を表 2 に示す。

表 2 難易度上昇時の心拍数平均値

状況	変化前(BPM)	変化後(BPM)	P 値
難易度上昇	75	130	0.029

次に、ジャンル変更が多かった被験者について、ジャンル変化前後 5 秒前後の心拍数変動を分析した。特に、アドベンチャージャンルから FPS ジャンルへの移行時に有意な心拍数上昇が確認された（ $p<0.05$ , 表 3）。

表 3 ジャンル変更時の心拍数の平均値

変化前(BPM)	変化後(BPM)
71.6	81.0
73.0	80.4
74.0	84.8

4.6 実験後アンケートの結果

被験者に対して GEQ に基づくアンケートを実施し、主観的評価を取得した。質問内容は表 4 に示す。表 4 に関しては、Q1~Q33 までのオレンジ部分のゲーム没入度尺度 Game



Engagement Questionnaire(GEQ) [3, 8]にいくつかの質問を加えたものである。

表 4 実験後アンケートの質問項目

番号	質問内容
Q1	ゲームのストーリーは興味深かった。
Q2	プレイ中、ゲームのことで頭がいっぱいだった。
Q3	プレイしたことによって機嫌が悪くなった。
Q4	プレイしたことによって満足感を覚えた。
Q5	ゲームのグラフィックは美麗で魅力的だった。
Q6	周りのことはすべて忘れて、プレイに没頭してしまった。
Q7	プレイ中、ゲームに関係のない他のことを考えていた。
Q8	ゲームの内容は楽しいものであった。
Q9	プレイ中、想像力に満ちた気持ちになった。
Q10	プレイ中、時間の感覚を失っていた。
Q11	内容が単調で、退屈だった。
Q12	プレイによって幸せな気持ちになった。
Q13	ゲームの内容について、もっと探究できと思った。
Q14	プレイ中、ゲームに深く集中していた。
Q15	内容に興味湧かず、退屈だった。
Q16	とても良いゲームだと思った。
Q17	感動的なプレイ体験であった。
Q18	現実世界とのつながりを失ったように感じた。
Q19	プレイ体験は楽しいものであった。
Q20	このゲームプレイは、豊かな経験となった。
Q21	このゲームに熟達していると思った。
Q22	ゲームの内容に軽度の苛立ちや不快感を覚えた。
Q23	ゲームが難しいと感じた。
Q24	実力に自信を持ってプレイしていた。
Q25	長時間、イライラしながらプレイしていた。
Q26	緊張感を覚えながらプレイしていた。
Q27	得意なゲーム (ジャンル) だった。
Q28	思うようにプレイできず、イライラした。
Q29	ゲームに対して挑戦的な気持ちになった。
Q30	プレイ内容に関して、目標を達成できたと考えた。
Q31	プレイ中、時間に追われている感覚に陥った。
Q32	プレイ内容に関して、早く目標を達成できたと考えた。
Q33	プレイのために多くの労力を注いだ。
Q34	ゲームプレイ中飽きを感じた。
Q35	ゲームプレイ中ゲームに関係のないことを考えた。
Q36	ゲームプレイ中楽しいと感じた。
Q37	ゲームの最初より最後の方が楽しいと感じた。
Q38	ゲームの最後より最初の方が楽しいと感じた。
Q39	ステージ生成されたとき、生成されたことに気づきましたか？
Q40	ゲーム中、ジャンルと難易度が調整されていることに気づきましたか？
Q41	ゲームをプレイしてみて感じたこと、感想等あれば何でも教えていただくと助かります。(自由回答)

アンケートの回答形式は 5 段階評価 と 二択形式 の 2 種類である。Q1～Q38 は「まったくそう思わない (0)」から「とてもそう思う (4)」までの 5 段階評価 で、主観的体験の強度を数値化できる。一方、Q39・Q40 は「はい」「いいえ」の二択形式 で、ゲーム調整の認識度を測定した。

#### 4.6.1 結果の分析

アンケート結果の統計分析を行い、自動調整群と無調整群のスコアを比較した。特に **Q29 (ゲームに対して挑戦的な気持ちになった)** に関しては、自動調整群のスコアが有意に高く ( $p<0.05$ )、動的難易度調整がプレイヤーの挑戦意欲を高める可能性が示唆された。一方で、**Q4 (プレイしたことによる満足感)** や **Q19 (プレイ体験が楽しいものであった)** については、両群の間に有意な差は見られなかった。

また、Q22 (ゲームの内容に軽度の苛立ちや不快感を覚えた) においては、自動調整群の方がわずかに高いスコアを示した。このことから、一部のプレイヤーにとっては、難

易度やジャンルの変化がストレス要因となる可能性も考えられる。

本アンケート結果から、動的難易度調整は**プレイヤーの挑戦意欲を向上させる効果はあるものの、満足度や楽しさの向上には必ずしもつながらないことが示唆された**。特に、難易度やジャンルの変化が意図しない方向に適応した場合、プレイヤーの不満につながる可能性がある。

また、**ゲームの難易度やジャンルの適応はプレイヤーの没入度に影響を与えるが、それが必ずしもポジティブな体験につながるとは限らないことが示された**。今後の研究では、プレイヤーごとの個別適応を強化し、ストレス要因を最小限に抑える手法の導入が求められる。

## 5. 考察

本研究では、プレイヤーの感情に基づく動的難易度調整およびジャンル変更がゲーム体験に与える影響を検証した。結果として、動的難易度調整がプレイヤーの生理的興奮 (心拍数上昇) を引き起こすことが確認されたものの、主観的満足度や楽しさの向上には必ずしも結びつかないことが示された。本章では、得られた知見について考察し、仮説の検証結果を整理する。

### 5.1 動的難易度調整の影響

本研究の結果から、動的難易度調整はプレイヤーの生理的興奮を引き起こすことが確認された ( $p<0.05$ )。特に、難易度が上昇した際の心拍数の増加が有意であったことから、ゲームの難易度調整がプレイヤーの緊張や集中度に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

しかし、主観評価では、「満足度」や「楽しさ」に関する評価に有意な差は見られなかった。この結果は、単に難易度を調整するだけでは、プレイヤーのゲーム体験の向上には不十分であることを示している。調整の適用が意図しない方向に進んだ場合、プレイヤーの満足度が低下する可能性があるため、プレイヤーのスキルやプレイスタイルに応じた柔軟な適応が求められる。

### 5.2 ジャンル変更の影響

ジャンル変更が生理的興奮に与える影響については、FPS ジャンルへの移行時にのみ心拍数の有意な上昇が確認された。一方で、アクション→アドベンチャーへの移行では有意な変化が見られなかった。この結果から、ジャンル変更の影響はプレイヤーの好みによって異なる可能性が示唆される。

また、自由回答の分析では、アクションや FPS の調整は適切であると評価された一方、アドベンチャージャンルでは試行錯誤が難しく、ストレス要因になったという意見が見られた。これは、単にジャンルを変更するのではなく、プレイヤーのスキルや好みに応じて適応させる必要があることを示している。

### 5.3 感情推定手法の課題

自由回答結果の回答を確認したところ、今回作成した自動本研究では、プレイヤーの表情情報を活用して感情推定を行い、動的な適応を実施した。しかし、自由回答の分析から、表情のみではプレイヤーの感情を正確に推定することが困難であることが示唆された。特に、一人でゲームをプレイする際には表情の変化が少なく、感情を正しく読み取ることができない場合があった。

この結果から、表情情報だけでなく、心拍数や皮膚電気活動 (EDA) などの生理的データを組み合わせることで、より高精度な感情推定が可能になると考えられる。今後の研究では、これらのマルチモーダルデータを統合し、より精度の高い感情推定手法の開発が求められる。

### 5.4 仮説の検証

本研究で設定した仮説の検証結果は以下の通りである。

仮説 H1 (動的難易度調整はプレイヤーの生理的興奮を引き起こす) に関しては、実験の結果、難易度上昇時に心拍数の有意な増加 ( $p<0.05$ ) が確認され、支持されることが示された。これは、難易度の変化がプレイヤーの生理的な興奮度や緊張感を高める要因となり得ることを示唆している。

仮説 H2 (ジャンル変更はゲーム体験に影響を与える) については、FPS ジャンルへの移行時にのみ心拍数の有意な上昇 ( $p<0.01$ ) が確認され、部分的に支持された。一方で、アクション→アドベンチャーへの変更時には有意な変化が見られず、ジャンルの違いがプレイヤーの生理的反応に与える影響は一定ではないことが示唆された。

仮説 H3 (動的難易度調整はプレイヤーの主観的満足度を向上させる) に関しては、アンケート結果の分析により、「満足度」や「楽しさ」に関するスコアには有意な差が見られなかったため、不支持となった。この結果から、難易度やジャンルの調整が行われたとしても、それがプレイヤーのゲーム体験の向上に直結するわけではなく、適切な調整方法やプレイヤーの好みに応じた適応戦略が必要であることが示された。

## 6. 今後の展望

本研究の結果を踏まえ、今後の研究において検討すべき課題を以下に挙げる。

### 6.1 感情推定の精度向上

表情認識のみでは感情を正確に推定することが難しいため、心拍数、皮膚電気活動 (EDA)、脳波 (EEG) などの生理データを統合したマルチモーダル感情推定モデルの開発が求められる。

### 6.2 プレイヤーモデルの構築

プレイヤーの長期的なデータを蓄積し、個別の適応戦略を学習するプレイヤーモデルを構築することで、より柔軟な動的適応が可能になる。

### 6.3 ジャンル変更の最適化

ジャンルの選択肢を増やし、プレイヤーの好みやスキルに応じた適応ができるようにすることで、より快適なゲーム体験を提供できると考えられる。

### 6.4 ストレスや不快感の低減

一部の被験者から、難易度やジャンルの変化が意図しない形で適応されるとストレスを感じるという意見があった。調整の遷移を自然に行う手法や、プレイヤーが適応の選択権を持つシステムの導入が求められる。

## 7. 結論

本研究では、プレイヤーの感情に応じた動的難易度調整およびジャンル変更がゲーム体験に与える影響を検証するため、被験者実験を実施した。その結果、以下の主要な知見が得られた。

### 1. 動的難易度調整はプレイヤーの生理的興奮を引き起こすが、主観的満足度の向上には直結しない。

- 難易度上昇時に心拍数が有意に上昇 ( $p<0.05$ ) し、生理的興奮の増加が確認された。
- しかし、アンケート結果では「満足度」や「楽しさ」に有意な差は見られなかった。

### 2. ジャンル変更の影響はジャンルによって異なり、FPS への移行時に最も顕著な生理的反応が見られた。

- FPS への移行時に心拍数が有意に上昇 ( $p<0.01$ ) したが、アクション→アドベンチャーでは変化が見られなかった。
- 自由回答では、アドベンチャージャンルに対するストレスや不快感の報告が多かった。

### 3. 表情情報のみを用いた感情推定には限界があり、より高精度な推定手法が必要である。

- 一人プレイ時には表情の変化が少なく、感情推定の精度が低下する可能性が示唆された。
- 今後は、生理的データ (心拍数・EDA・EEG など) を統合したマルチモーダル推定が求められる。

### 4. プレイヤーの長期的なデータを活用し、個別適応型のゲームシステムを構築する必要がある。

- 機械学習を活用しプレイヤーのプレイ履歴やスキルレベルを考慮した適応戦略の開発が望まれる。

本研究の結果から、動的難易度調整とジャンル変更はプレイヤーの生理的反応を変化させることが明らかになったが、ゲーム体験の向上には、より精度の高い感情推定手法とプレイヤーごとの適応戦略が必要であることが示唆された。今後の研究では、プレイヤーのストレスを最小限に抑えつつ、個々に最適なゲーム体験を提供する適応システムの開発が求められる。

## 参考文献

- [1] Andrade, G., Ramalho, G., Santana, H., & Corruble, V. (2006). Challenge-sensitive dynamic difficulty adjustment in computer games. *AIIDE 2006: Proceedings of the Second Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference*, 47–52.
- [2] Bateman, C., & Boon, R. (2006). *21st Century Game Design*. Charles River Media.
- [3] Brockmyer, J. H., Fox, C. M., Curtiss, K. A., McBroom, E., Burkhart, K. M., & Pidruzny, J. N. (2009). The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 34(4), 247–261. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9074-z>
- [4] Chen, J. (2007). Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM*, 50(4), 31–34.
- [5] Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper Perennial.
- [6] Dennis, S. A., Keiser, V., Kunkel, A., & McNamara, B. (2020). Attention, engagement, and affect detection using physiological signals in virtual reality gameplay. *Proceedings of the 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR 2020)*, 592–600.
- [7] Hunnicke, R. (2005). The case for dynamic difficulty adjustment in games. *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '05)*, 429–433.
- [8] IJsselstein, W., de Kort, Y., & Poels, K. (2013). *The Game Experience Questionnaire*. Manuscript from Eindhoven University of Technology. Retrieved from [https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/21666907/Game\\_Experience\\_Questionnaire\\_English.pdf](https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/21666907/Game_Experience_Questionnaire_English.pdf)
- [9] Sato, Y., Salem, A., & Sumi, K. (2024, July). Physiological Correlates while Playing Tetris: A Comparative Study between Males and Females. *Proceedings of the 1st IEEE International Workshop on Interactive Systems, Affective Computing Technologies and Applications (ISAC 2024)*, co-located with the 48th IEEE International Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2024), Osaka, Japan.
- [10] Yannakakis, G. N., & Hallam, J. (2011). Real-time game adaptation for optimizing player satisfaction. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 3(3), 200–212.
- [11] Zook, A., & Riedl, M. O. (2012). A temporal data-driven player model for dynamic difficulty adjustment. *Proceedings of the 8th AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment (AIIDE 2012)*, 93–98.
- [12] 小川聖矢, 遠藤雅伸. (2024). ゲームジャンル別好き嫌いの男女差に関する調査分析. 研究コラボレーションとネットワークサービス (CN), 15(1), 1-3.
- [13] 原田和明, 兼松祥央, 茂木龍太, 三上浩司. (2020). プレイヤーのリアクションの音響的特徴量に基づく動的難易度調整. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2020), 8-11.
- [14] 大山智弘, 川口一画. (2022). アドベンチャーゲームにおけるユーザ体験向上のための感情推定技術を用いた入力手法. 情報処理学会研究報告(Web), HCI-199(4), 1-8.
- [15] 三谷慧, 三上浩司. (2023). ノベルゲームにおけるテキストマインニングと心拍データを用いた感情推定. 日本デジタルゲーム学会年次大会予稿集, 13(0), 268-270.
- [16] 佐藤優介, 角薫. (2023). 生体情報を用いたレベルを自動調整するゲームの開発. 2023年度人工知能学会全国大会(第37回), 2T6-GS-9-05.
- [17] 堀政重, 小関修, 横山清子, 渡辺興作. (1999). 表情と生体による感情の強さの推定—面白い・楽しいの場合—. 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), 119(6), 668-675.