

オープンビデオゲームライブラリ： 研究者や実験のためのビデオゲーム群の開発とユースケース

飯田 和也^{1,a)} 岡 拓也² 伊奈 佑馬² 築瀬 洋平³ 渡邊 恵太¹

概要：我々はビデオゲームを用いた研究に使いやすいオープンビデオゲームライブラリを開発した。本論文では、オープンビデオゲームライブラリが現在までに提供してきたコンテンツとそのユースケースを紹介する。また、提供コンテンツとそのユースケースにおける現状と課題を明確化し、今後のオープンビデオゲームライブラリの在り方と開発方針を検討する。

1. はじめに

我々は、研究者が開発したデバイスの評価実験やアプリケーション、デモンストレーションとして安心して利用できるオープンビデオゲームライブラリ [1] を開発した。前論文では、ビデオゲームを用いた研究の問題点を列挙し、オープンビデオゲームライブラリのコンセプト (図 1) を示した。また、研究者のニーズに対応した3つのビデオゲームを開発した。その後、研究用ビデオゲームとして求められる構成要素を洗い出し、研究者が利用しやすいテニスゲーム [2] や FPS ゲーム [3] を開発した。

本論文では、現在までに開発してきたオープンビデオゲームライブラリとそのコンテンツを紹介する。また、提供コンテンツのユースケースについても述べ、本ライブラリの課題や研究者のニーズを再把握し、今後のオープンビデオゲームライブラリの在り方と開発方針を検討する。

2. ビデオゲーム研究で起こりうる問題

2.1 ゲーム体験評価の非対称性

ビデオゲームを用いて、新たなコントローラの操作性やゲーム体験の評価をする研究がある。しかし、評価に使うビデオゲームは研究によって異なり、ゲーム体験を客観的に評価できない。Matthias ら [4] は、ゲームパッドの物理ボタンでビデオゲームをプレイした場合と、画面上の仮想コントローラでプレイした場合におけるユーザのパフォーマンスを比較した。しかし、自身の研究の関連研究におい



図 1 オープンビデオゲームライブラリのコンセプト

て、従来の研究で用いたビデオゲームやそのジャンルが異なるため対称的な比較や評価ができないことを言及している。Nicolas ら [5] は、モーションコントロールでプレイするテニスゲームとゲームパッドによる操作でプレイするテニスゲームを実験参加者にプレイしてもらい、2つのプレイスタイルにおけるユーザ体験の比較と評価をした。モーションコントロールでプレイ可能なビデオゲームとして Wii Sports^{*1}を用い、ゲームパッドでプレイ可能なビデオゲームとして Power Smash 2^{*2}を用いたが、両者のゲームデザインやグラフィックなどは異なり、ユーザ体験を比較する観点において真に対称的でない。

2.2 市販ゲームの問題点

ビデオゲームを用いた研究の中には、「ビデオゲームの品質が良いから」「有名だから」「先行研究で用いられているから」などを理由に、市販のビデオゲームを用いるものがある。しかし、研究で市販ゲームを用いる場合に生じる

¹ 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

² 明治大学大学院 先端数理科学研究科
先端メディアサイエンス専攻

³ ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン株式会社

a) ev200566@meiji.ac.jp

^{*1} 任天堂から発売された5種目のスポーツゲーム (2006), <https://www.nintendo.co.jp/wii/rspj/>

^{*2} SEGA から発売されたリアル系テニスゲーム (2001)

問題がある。以下では市販ゲームを研究利用する際の問題点について触れる。

2.2.1 権利問題

市販ゲームには、著作権を始め、様々な権利がある。研究に市販ゲームを用いる場合、著作権に関しては学術利用の範疇であれば利用が許される場合がある。しかし、実際に販売企業がどこまで利用を許容しているかは曖昧である。そのため、市販ゲームは安心して研究利用できない。

市販ゲームは著作権の問題上、ゲームプログラムを編集できない。ビデオゲームを実験に利用する場合、そのビデオゲームの本来のルールやパラメータを各々の実験用に編集できることが望ましい。例えば Karakovskiy ら [6] は、市販ゲームのスーパーマリオブラザーズ*3を模倣して開発した Infinite Mario Bros. というオープンソースのクローンゲームを基に、The Mario AI Benchmark を開発した。そして、Karakovskiy らが Infinite Mario Bros. を利用したように、オープンソースとして公開されているクローンゲームは、市販ゲームとして有名である点とプログラムの編集が可能である点から引用数が多い。このように、本来研究に利用されるビデオゲームは編集可能であるべきだが、市販ゲームはその点を満たせない。

2.2.2 クローズドであることから生じる問題

市販ゲームは、その内部プログラムを閲覧したりパラメータを取得できない。Simo ら [7] は、ビデオゲームを研究に利用する際の利点と課題を分析し、市販ゲームにおける内部プログラムの不透明性により、動的な難易度調整や敵の出現アルゴリズムがブラックボックス化され、評価実験に影響を与える可能性を指摘した。また、ゲーム内で何が起きたかを知る術がなく、ログの取得が難しい点も指摘した。牛尾ら [8] は、ゲーム画面に表示されているパラメータを画像認識によってリアルタイムで読み取り、その値に応じた温度提示を可能にしたコントローラを開発した。しかし、このようなパラメータの取得方法は直接的でなく、画面に表示されないパラメータの取得は難しい。

2.3 自作ゲームの問題点

ビデオゲームを使用し研究開発したデバイスやシステムを評価する際、成果物のポテンシャルを最大限に引き出したい。そこで、アプリケーションや評価用のビデオゲームを自作する場合がある。しかし自作ゲームは、ソースコードが公開されていない限り、他の研究者が実験環境を再現できないため、関連研究との対称的な評価が難しい。他にも前述した Simo ら [7] は、評価用の自作ゲームは開発コストがかかり、研究者のバイアスが働きやすいことを指摘した。また、市販ゲームに比べて自作ゲームは魅力的でなく、実験参加者へのノイズとなる可能性も指摘した。

*3 任天堂から発売された横スクロールアクションゲーム (1985)、<https://www.nintendo.co.jp/software/smb1/index.html>

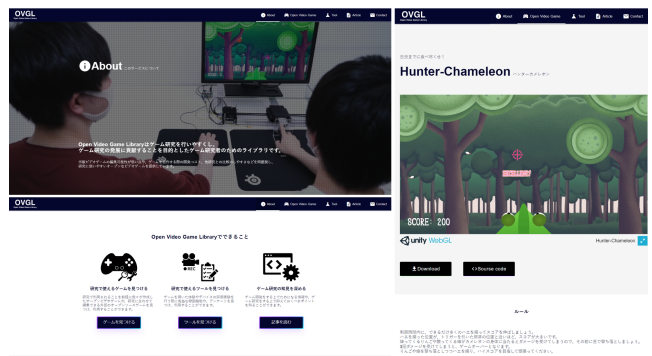


図 2 オープンビデオゲームライブラリの Web サイト

3. オープンビデオゲームライブラリ

3.1 コンセプト

オープンビデオゲームライブラリは、研究利用を想定して設計したゲームサンプル集である。標準性を実現するために以下のコンセプトの基で設計した。誰でも手軽に利用できるように、オープンソースとして公開した。また、作成するゲームサンプルが研究者のニーズを満たす必要がある。そのため、ビデオゲームを用いた既報論文の調査や、研究者へのインタビューを通して定めた研究用ゲーム要件を基にゲームを設計した。しかし、使用条件に応じてゲームの調整を必要とする研究が大半である。そこで、調整ニーズの高いゲーム内のパラメータを GUI 操作のみで調整を可能にした。これにより、ゲーム開発の経験が豊富でない非工学領域の研究者でも利用しやすい。さらに、プレイヤーの体験ログを取得可能にすることで、評価実験と分析に使用しやすくした。また、体験環境における制約は研究用ビデオゲームならではの特徴である。ゲームのプレイヤーとなる実験参加者は、受動的動機によりゲームを体験するが、実験説明やテスト体験といった決して長くはない時間内で、ゲームや評価システムを十分に理解する必要がある。そのため、短時間で学習しやすく理解度の差が出にくい設計をした。ここで紹介した設計方針の詳細は次節で述べる。

3.2 設計方針

3.2.1 権利関係がクリアで利用しやすい

オープンビデオゲームライブラリは、研究用ビデオゲームのデファクトスタンダードを目指した。利用者数の増加を最優先事項と考えており、ライセンスは自由度の高い MIT ライセンス*4を採用した。また、ただオープンな状態を保つだけでなく、誰でも手軽に本ライブラリのコンテンツを利用できるよう Web サイト (図 2) と GitHub (付録を参照) を整備した。Web サイトには、WebGL 形式で出力したゲームが埋め込まれており、各ビデオゲームのルールや操作方法を確認しながら、Web 上でゲームの体験がで

*4 マサチューセッツ工科大学が作成した寛容型オープンソースライセンス、<https://opensource.org/licenses/mit-license.php>

きる。GitHub のオープンビデオゲームライブラリリポジトリでは、オープンビデオゲームのソースコードをダウンロードできる。また、必要環境、インストール方法、ライセンス、文献、コンタクトページなどをまとめて掲載し、GitHub の操作や OSS（オープンソースソフトウェア）の使用に慣れていない人でも利用できるようなドキュメントを整備した。

3.2.2 研究者のニーズを基に開発

オープンビデオゲームライブラリの目的は、研究用ビデオゲームのデファクトスタンダードであるため、研究者のニーズを基にゲームや機能を整備する必要がある。初めに、これまで開発したビデオゲームのジャンルやシーンの選定方法について紹介する。エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2021 にて提案した、Hunter Chameleon, Escape Fish, Sliding Penguin は、それぞれ Shoot 'Em Up, Platform, Driving というジャンルのゲームである。コントローラや体験手法を評価するためにビデオゲームを利用した先行研究を調査し、そこで使用されたビデオゲームを Wolf らの定義する 42 ジャンルで分類し、使用頻度の高いジャンルのゲームを採用した。また、研究における需要があるビデオゲームは、ストーリーや世界観、目標の部分よりもその場のアクションや操作性が重要である場合が多いと分かり、Sports・Shoot 'Em Up・Platform・Puzzle・Driving などのアクション要素の強いジャンルを優先的に開発した。第 27 回バーチャルリアリティ学会大会にて提案した共通体験サンプル [9] は、触覚フィードバックを提示するデバイスを用いた VR 体験を評価するためのサンプル集である。サンプルシーンは、既存の触覚ディスプレイ研究を調査し、使用頻度の高いシーンを優先的に開発した。また、ゲーム開発では対応する入力装置の仕様や種類を考慮する必要がある。そのため、ゲームがどのような入力装置で体験されているのかを調査した。例えばテニスゲームでは、多くの研究でモーションコントローラを用いていた。そのため、Minimum Tennis では、Nintendo Switch の Joy-Con で操作できる。

3.2.3 研究に使いやすい

研究者のニーズ調査によって、ジャンル選定や特定入力手法への対応を行ったが、研究に応じて使用ビデオゲームの要件は異なる。そのため、オープンビデオゲームは研究者が自身の研究ビデオゲームの要件に沿うよう調整しやすい方がよい。そこで、研究や入力装置によって調整が必要になると考えられるゲーム内パラメータを選定し、GUI 操作で調整可能にした。これにより、ソースコードへのアクセスが不要で、ゲームの設定条件を定量的に追跡しやすい。

ゲーム体験の評価・分析をする際に、ゲーム内で記録されたスコアやログがよく用いられる。しかし、ほとんどの市販ゲームではソースコードにアクセスできず、ログの取得が難しい。そこでオープンビデオゲームは、ソースコー

ドの取得だけでなく、評価・分析に使用するニーズの高いパラメータをワンクリックで出力する機能を開発した。

3.2.4 習熟に時間を要さないゲーム設計

評価実験でビデオゲームコンテンツを利用する場合、学習コストの考慮が必要である。前提として評価実験で実際にゲームを正しくプレイするために、参加者にゲームコンテンツの予備知識や操作方法を最低限学習させる必要がある。しかし、学習内容が複雑になると学習に時間がかかり効率的な実験ができない。また、誤った理解のまま実験を行う可能性があり、実験の公平性にも影響が出る。非現実的なストーリーや世界観の設定は学習コストが高いだけでなく、理解度にばらつきが出る。そこで、現実の身体体験で感じられるゲーム性を参考に、プレイヤーがキャラクタを連続的に制御する必要があるゲームデザインを試みた。ビジュアル面においても、実験参加者の文化的な背景によって解釈の差が生まれる特徴的な表現を避け、意味を抽出した記号的なデザインにした。各ビデオゲームのゲームデザインの詳細は、4 章で紹介する。

4. コンテンツ

本章では、現在オープンビデオゲームライブラリが提供するコンテンツとその特徴を紹介する。いずれのコンテンツも研究での利用を容易にするための設計方針を基に開発し、GitHub にてオープンソースで公開した。

4.1 Hunter Chameleon

Hunter Chameleon[1] (図 3 左上) は、絶え間なく出現するハエやリングをカメレオンの舌で撃ち抜く Shoot 'Em Up ゲームである。本ゲームでは、ターゲットが絶え間なく出現するため、プレイヤーはコントローラを連続的に制御する必要がある。このような仕様は、コントローラの評価実験に役立つ。また本ゲームでは、ゲーム画面上の UI から任意の画像ファイルのパスを指定し、ゲーム画面の背景や出現するターゲットの見た目を指定した画像に変更できる。そのため、ゲームのグラフィックを写実的なものやプリミティブなものに差し替えられるため、プレイヤーへの視覚刺激を容易にコントロールできる。さらに、動物のメタファーを利用しゲームをデザインした。それにより、カメレオンがハエやリングを舌で狙い撃つゲームルールの理解が容易になった。

4.2 Escape Fish

Escape Fish[1] (図 3 中央上) は、海流に流されないよう魚を操作し、障害物や捕食者から逃げ続ける Platform ゲームである。障害物や捕食者の位置と海流の強弱は常に変化する。本ゲームではこのような複雑な環境に適応し操作し続ける必要があるため、前述の Hunter Chameleon と同様にコントローラの評価実験に役立つ。また、本ゲームも動

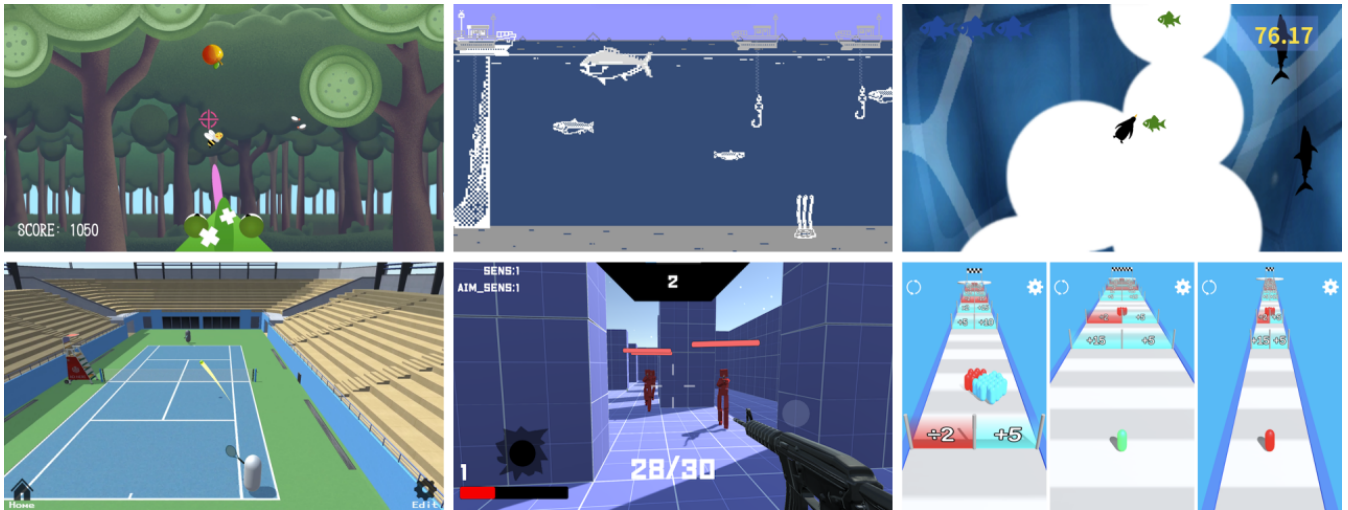


図 3 オープンビデオゲームライブラリが提供しているビデオゲームコンテンツ
Hunter Chameleon(左上), *Escape Fish*(中央上), *Sliding Penguin*(右上),
Minimum Tennis(左下), *Open FPS*(中央下), *Hyper Casual Running Game*(右下)

物のメタファーを利用しゲームをデザインした。それにより、釣り針や捕食者に魚が当たらないよう操作するゲームルールの理解が容易になった。

4.3 *Sliding Penguin*

Sliding Penguin[1] (図 3 右上) は、滑りやすい氷の上から海に落ちないようにペンギンを操作し、ゴールを目指す Driving ゲームである。ペンギンと氷の間には摩擦がなく、不安定かつ操作しづらいキャラクターを連続的に制御する必要がある。このような仕様は前述の *Hunter Chameleon* と同様にコントローラの評価実験に役立つ。また、本ゲームも動物のメタファーを利用しゲームをデザインした。それにより、ペンギンが氷の上を滑りながら魚を集めるゲームルールの理解が容易になった。

4.4 *Minimum Tennis*

Minimum Tennis[2] (図 3 左下) は、現実のテニスを模倣して開発した Sports ゲームである。本ゲームでは、テニスゲームの研究利用パターンにおける研究的なニーズと複数の市販テニスゲームからテニスゲームの最小構成要素を導き出し、ゲームをデザインした。また、キャラクターの外見をプリミティブにし、文化的な差・人種・性別の排除により、評価実験におけるノイズを取り除いた。操作方法は、キーボード・ゲームパッド・Joy-Con によるモーションコントロールの 3 種類であり、複数の操作方法によるユーザー体験を 1 つのビデオゲームで評価できる。

4.5 *Open FPS*

Open FPS[3] (図 3 中央下) は、シューティングレンジとアクションフィールドの 2 種類のゲームモードを搭載した FPS ゲームである。シューティングレンジは、3次

元空間におけるポインティングタスクである。アクションフィールドは、ポインティングタスクにキャラクターの立ち回りを加えたゲームモードである。本ゲームでは、プレイヤーの知識量の差による実験ノイズを排除するため、ステージを自動生成するアルゴリズムを採用した。また、射撃時のエフェクトを抑え、ターゲットの人型の 3D モデルには当たり判定が分かりやすく、シンプルな輪郭を持つモデルを採用した。

4.6 *Hyper Casual Running Game*

Hyper Casual Running Game (図 3 右下) は、ステージ上の計算ゲートを通過することで味方キャラクターを増やしながら、ゴールを目指すスマートフォン用のカジュアルなランニングゲームである。ステージ上の敵は味方キャラクターとの衝突で相殺するため、敵の数より味方キャラクターの数を多く維持する必要がある。本ゲームは、提供するビデオゲームにスマートフォン用ゲームが無く、実際のビデオゲーム研究においてもスマートフォン用ゲームの需要が見込まれるため、開発した。また、プレイヤーがゲームにおける目的や成功・失敗の理解を容易にするために、ビジュアル面を工夫した。例えば、味方キャラクターは安心感を連想させる青色、敵キャラクターは危険を連想させる赤色にした。さらに、味方キャラクターが増える計算ゲートを通過した場合やゴールした場合には、成功演出として明るいエフェクトを表示し、反対にキャラクターが減る計算ゲートを通過した場合には、失敗演出として暗い煙のエフェクトを表示した。

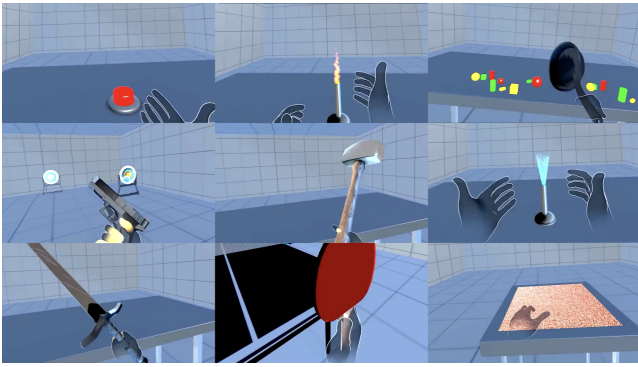


図 4 共通体験サンプル

4.7 共通体験サンプル

共通体験サンプル [9] (図 4) は、触覚ディスプレイを評価するためのオープンな体験サンプルである。共通体験サンプルは上記の研究用ビデオゲームと異なり、触覚ディスプレイの評価実験で用いる実験環境を提供し、触覚ディスプレイ間における定量的な比較の実現が目的である。サンプルの開発にあたり、既存研究において触覚ディスプレイの評価をする際にどのような評価刺激が用いられたか調べ、触覚ディスプレイよりフィードバックされるものの特性を6次元に分類した。分類した6次元の特性ごとに、サンプルでは実際の研究利用パターンで利用頻度が高い仮想オブジェクトを用いた。また、オブジェクトの大きさを始めとした視覚刺激のパラメータは調整可能であり、他研究における実験環境の再現性を高めるために、調整パラメータの書き出しと読み込みをする機能を実装した。

5. ユースケース

本章では、オープンビデオゲームライブラリを利用した研究を2つ紹介する。また、2つの研究において、ゲームをプレイする参加者の様子を記録し、評価分析を行う為に、我々が開発した Multi View Recorder (図 5) を利用した。Multi View Recorder では、ゲーム画面と参加者の様子を映した映像など最大4つの映像をまとめて出力し、一度に観察できる。

5.1 ゲーム体験の質的研究における利用例

佐藤ら [10] は、本ライブラリを利用し、ビデオゲームにおける受動操作時の身体経験に関する質的研究を行なった。このユースケースでは、実験のタスクとして、4.1で紹介した Shoot 'Em Up ゲームである Hunter Chameleon と、実験を記録する Multi View Recorder を用いて追体験システムを定性的に評価した。本ユースケースをした研究者に本ライブラリの感想を聞くと、Hunter Chameleon のゲームシステムに関して、「ルールがわかりやすく実験に使いやすい」と回答した。これにより、動物のメタファーを用いた、ルールを説明せずとも理解できるゲーム設計が効果的だと分かった。また、Multi View Recorder に関し

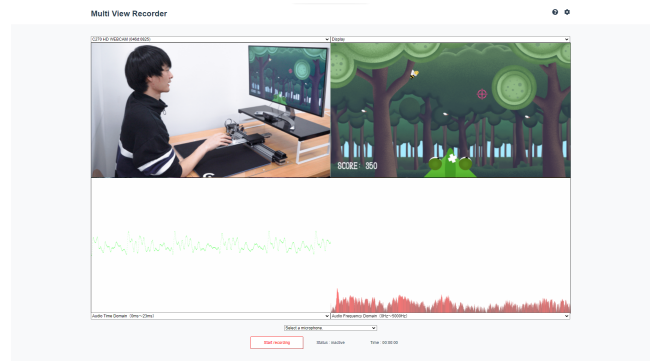


図 5 Multi View Recorder

て、「複数視点を同時に見れるアーカイブ機能が嬉しい」と回答した。本ユースケースのように、本来ゲーム体験の定性的評価は観察対象が多く、評価が難しい。しかし、本ライブラリの利用により、実験者に負担をかけない定性評価の可能性を示す好例となった。

5.2 心理プロセスを評価する手法の検証における利用例

川島ら [11] は、本ライブラリを利用し、あアラウド法：体験中の心理プロセスを「あ」の音声情報で評価する手法を提案し検証した。このユースケースでは、実験のタスクとして、4章で紹介した Escape Fish・Sliding Penguin・Minimum Tennis を利用した。また、Multi View Recorder を用いて、ビデオゲームのプレイ画面・音声の周波数領域・実験参加者の表情・実験参加者の手元を録画した。本ユースケースをした研究者に、本ライブラリの感想を聞くと、Sliding Penguin のゲームシステムに関して、「スリリングで感情が動きやすく、手法の検証に役立った」と回答した。これにより、氷の上を滑るペンギンに常に加速度を加え、不安定かつ操作しづらいキャラクタを連続的に制御する仕様が効果的だと分かった。また、Multi View Recorder に関して、前節と同様に、複数のコンテンツを同時に録画したアーカイブにより、実験者に記録の負担をかけずに定性評価できた。

6. 議論

本論文では、HCI 研究における研究用ビデオゲームの要件を基に開発したオープンビデオゲームライブラリの説明とそのユースケースを紹介した。本ライブラリは、ビデオゲームを用いた研究におけるデファクトスタンダードを目指す一方で、各研究で利用の有用性を保つ必要がある。本章では、このバランスの観点から議論をする。

6.1 ベンチマークとしての公平性

本ライブラリはビデオゲームを用いた研究領域のデファクトスタンダードを目指し、ゲームシステムを設計してきた。本ライブラリにより、ベンチマークとして、研究間の比較を促進させる。しかし、本ライブラリは評価対

象である入力デバイスと独立した関係ではなく、完全な公平性を保てない。さらに、入力の仕組みが根本的に異なる入力デバイス間では、制御のマッピングが操作性に大きな影響を与え、実験結果を入力デバイスの優劣と結びつけるのは公平性に欠ける。公平性のあるベンチマークを実現するゲーム設計は今後の課題である。

6.2 利用規約の設定

市販ゲームやオープンソースゲームは著作権の問題により、利用可否の線引きが不明瞭なため、安心して利用できない。そこで、オープンビデオゲームライブラリは研究に利用できると明言し、研究者が使いやすいビデオゲームを目指す。以下に本ゲームの利用用途や利用時の留意点をまとめた利用規定を明記する。この規定の内容や表現が妥当であるかは今後継続的に考察する。

6.2.1 利用用途

本ライブラリは研究目的のあらゆる利用を認める。

6.2.2 利用時の注意点

提供するビデオゲームは、各研究の実験条件に適応するため、ゲーム内パラメータを変更できる。そのため、一見同じビデオゲームを実験利用しているように見えて、実験条件が異なる場合がある。同一ビデオゲームの複数研究間での利用は、実験結果の比較に役立つ。しかし、ゲーム内パラメータが異なると実験結果をそのまま比較できない。そのため、設定パラメータの明記により、汎用性と再現性を両立できる。より多くの研究者に利用されるために、設定パラメータの記載は必須としないが、設定パラメータ含めた実験条件の共有を推奨する。本ライブラリを利用して得られた研究成果（文、報告書、出版物、派生ソフトウェア）を公開する場合には、引用し、本ライブラリを利用した旨を明記する。明記の方法は指定しないが、例えば「本研究は、オープンビデオゲームライブラリを利用した」と記載する。

7. おわりに

本論文では、開発中のオープンビデオゲームライブラリの目的と提供コンテンツを紹介した。また、提供コンテンツのユースケースも紹介し、それを基に課題を検討した。その結果、ベンチマークとしての標準性をどのように保証するかが課題だと分かった。また、オープンビデオゲームライブラリの役割は研究者の支援であるため、今後どのように本研究を周知し、コンテンツの利用を促すかに留意する必要がある。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K12336 の助成を受けたものです。

付録

オープンビデオゲームライブラリ [GitHub](https://github.com/open-video-game-library)

<https://github.com/open-video-game-library>

参考文献

- [1] 岡拓也, 川島拓也, 林大智, 渡邊恵太. 研究利用しやすく標準性を目指したビデオゲームの設計と開発. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, 第 2021 巻, pp. 181–186, aug 2021.
- [2] 飯田和也, 岡拓也, 川島拓也, 築瀬洋平, 渡邊恵太. 研究者が利用しやすいオープンなスポーツゲームの試作. インタラクション 2022 予稿集, feb 2022.
- [3] 林大智, 岡拓也, 川島拓也, 築瀬洋平, 渡邊恵太. FPS ゲームの要素分析とそれに基づくオープンな FPS ゲームの開発. No. 11, mar 2022.
- [4] Matthias Baldauf, Peter Fröhlich, Florence Adegeye, and Stefan Suette. Investigating on-screen gamepad designs for smartphone-controlled video games. *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, Vol. 12, No. 1s, oct 2015.
- [5] Nicolas Nova and Timothée Jobert. Intuitivité et incorporation des interactions gestuelles chez les utilisateurs de jeux vidéo. In *Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, IHM '09*, p. 213–221, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery.
- [6] S. Karakovskiy and Julian Togelius. The mario ai benchmark and competitions. *Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions on*, Vol. 4, pp. 55–67, 03 2012.
- [7] Simo Järvelä, Inger Ekman, J Matias Kivikangas, and Niklas Ravaja. A practical guide to using digital games as an experiment stimulus. *Transactions of the Digital Games Research Association*, Vol. 1, , 03 2014.
- [8] 牛尾大翔, 水口充. 既存のゲームシステムを温冷覚での情動変化で支援するシステムの開発. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, 第 2021 巻, pp. 379–380, aug 2021.
- [9] Takuya Oka, Kosuke Morimoto, Yohei Yanase, and Keita Watanabe. Common experience sample 1.0: Developing a sample for comparing the characteristics of haptic displays. In *28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '22*, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [10] 佐藤大輔, 渡邊恵太. ゲーム観戦におけるプレイヤ操作の追体験システムの試作. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, 第 2021 巻, pp. 400–404, aug 2021.
- [11] 川島拓也, 渡邊恵太. あアラウド法: 体験中の心理プロセスを「あ」の音声情報で評価する手法の提案と検証. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2022 論文集, 第 2022 巻, pp. 178–183, aug 2022.