

オープンビデオゲームライブラリ：研究や実験に 利用しやすいビデオゲームの開発とケーススタディ

飯田 和也^{1,a)} 林 大智¹ 今野 陽斗¹ 平野 怜旺¹ 築瀬 洋平³ 渡邊 恵太²

概要：ビデオゲームを実験に利用する研究がある。しかし、市販のビデオゲームは編集できず、実験への最適化が難しい。自作のビデオゲームを利用する研究もあるが、開発コストがかかり、他の研究と比較しづらい。そこで我々は、実験に利用しやすいビデオゲーム群であるオープンビデオゲームライブラリを提案し、先行研究のニーズを基にビデオゲームを開発した。本研究では、本ライブラリを利用した研究に対してケーススタディを行い、本ライブラリの有用性と課題を明らかにする。

キーワード：ビデオゲーム, VR, 評価, ベンチマーク, オープンソースソフトウェア

1. はじめに

実験タスクや提案システムのアプリケーションとして、ビデオゲームを利用する研究がある。例えば、原ら [26] は、プレイヤーの気合を利用してゲームをプレイする手法を提案し、自作のロボットアクションゲームを実験参加者にプレイしてもらった。志築ら [32] は、タッチパネルを使わずにスマートウォッチを操作する手法を提案し、そのアプリケーションとして自作のシューティングゲームを示した。

また、ビデオゲームは医療分野や機械学習の分野でも利用される。医療分野での利用例として、山野ら [30] は、咳嗽能力の低下した高齢者への効果的なりハビリテーションのために、呼吸で操作する吹き矢型コントローラを用いたシューティングゲームを作成し、有用性を検証した。機械学習分野での利用例として、Agarwal ら [1] は、Pommerman[18] というビデオゲームを用いて、コンピュータエージェントの競争戦略と協力戦略の可視化手法を提案した。このようにビデオゲームは、ビデオゲーム自体に焦点を当てた研究だけでなく、幅広い研究分野で利用される。

1.1 市販ビデオゲームを用いた研究で生じる問題

ビデオゲームを用いる研究の中には、品質・知名度・先行研究での利用といった理由から、市販のビデオゲームを用いるものがある。しかし、市販ビデオゲームの研究利用

Open Video Game Library

ビデオゲームを用いた研究を、もっと簡単に、もっと効率的に



図 1 オープンビデオゲームライブラリのコンセプト。本ライブラリは、研究に利用しやすいビデオゲームを開発・提供し、研究用ビデオゲームとしてのデファクトスタンダードを目指す。

は、ライセンス問題と内部プログラムの不透明性の2つの観点において、問題が生じる可能性がある。

1.1.1 ライセンス問題

市販ビデオゲームには、著作権をはじめとした権利や利用ライセンスがある。著作権に関しては、学術的利用の範疇であれば、研究利用が認められる場合がある。しかし、ビデオゲームの販売企業がどこまで使用を許可しているかは曖昧である。例えば、市販ビデオゲームのプレイ画面が掲載された論文といった研究成果物の公開は、販売企業が提示するライセンスに抵触する可能性がある。そのため、市販ビデオゲームは安心して研究に利用できない。

1.1.2 内部プログラムの不透明性

市販ビデオゲームは、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。Järvälä ら [12] が述べるように、市販ビデオゲームの内部プログラムの不透明性により、

¹ 明治大学大学院先端数理科学研究科

² 明治大学総合数理学部

³ ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン株式会社

a) cs242001@meiji.ac.jp

ゲーム中の動的難易度調整を制御するアルゴリズムや、敵の出現アルゴリズムがブラックボックス化されており、評価実験に影響を与える可能性がある。また牛尾ら [34] は、ゲーム画面に表示されているゲーム内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、その値に応じて温度を提示する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内部パラメータは取得できない。

また、市販ビデオゲームでは、ゲームプログラムを編集できない。実験にビデオゲームを利用する場合、実験条件に合わせて、ゲーム内パラメータや仕様を調整できることが望ましい。実際に、市販ビデオゲームのスーパーマリオブラザーズ*1を模倣して開発した Infinite Mario Bros.*2 というオープンソースのクローンゲームがある。これは、市販ビデオゲームとして有名である点と、プログラムの閲覧と編集が可能であり、研究での利用事例が多い。このように、実験に利用するビデオゲームは編集可能であることが理想的だが、市販ビデオゲームはその点を満たせない。

1.2 自作ビデオゲームを用いた研究で生じる問題

ビデオゲームを利用して開発したシステムやデバイスを評価する際、成果物のポテンシャルを最大限引き出したい。そこで、研究者が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、自作したビデオゲームのソースコードを公開しない限り、他の研究者は実験環境を再現できない。そのため、新たな提案システムと先行研究で提案されたシステムを、直接比較しづらい。他にも Järvelä ら [12] は、ビデオゲームの開発にはコストがかかり、研究者のバイアスが働きやすいと指摘した。また、市販ビデオゲームに比べて自作ビデオゲームは魅力的ではなく、実験参加者のゲーム体験を損なう可能性を指摘した。実際に、プレイヤーはリアルなグラフィックを好む傾向があり [20]、好みのビデオゲームのプレイすることにより、プレイヤーのゲーム体験が向上する [5] という研究結果がある。

1.3 ビデオゲームを利用したデバイス評価の非対称性

ビデオゲームを利用して、開発したデバイスの操作性や得られるゲーム体験を評価する研究がある。しかし、デバイス評価に用いるビデオゲームが実験条件や研究間で異なる場合がある。例えば、Baldauf ら [4] は、ビデオゲームのコントローラを評価する研究において、評価に利用するビデオゲームがそれぞれの研究間で異なることを指摘した。また、Nova ら [14] は、テニスゲームをモーションコントロールでプレイする場合と、ゲームパッドでプレイする場合のユーザ体験を比較した。モーションコントロールでプ

レイする条件では Wii Sports*3を用い、ゲームパッドでプレイする条件では Power Smash 2*4を用いた。しかし、両者のゲームデザインやグラフィックなどは異なるため、ユーザ体験を比較する上で対称的でない。

1.4 提案

以上の問題を解決するために、研究や実験に利用しやすいビデオゲーム群、オープンビデオゲームライブラリ [36][44][9] (図 1) を提案する。オープンビデオゲームライブラリでは、研究者にとっては研究に使いやすく、一般プレイヤーにとっても魅力的に感じる品質のビデオゲームを提供する。また、オープンビデオゲームライブラリは以下の 4 つの観点から、ビデオゲームを用いた研究に貢献する。

- (1) 研究用ビデオゲームの共通基盤を作る。
- (2) 研究者がビデオゲームを開発する負担を減らす。
- (3) 研究間で相対的な比較を可能にする。
- (4) デモンストレーションや研究発表で、研究内容の理解や興味関心の惹きつけを促進する。

1.5 本論文の目的

本論文では、オープンビデオゲームライブラリのコンセプトを提示し、開発したビデオゲームを紹介する。また、提供コンテンツを利用した研究に対してケーススタディを行い、本ライブラリの有用性と課題を明らかにする。

2. 関連研究

2.1 ビデオゲームを用いた研究に特化した研究プラットフォーム

ビデオゲームを用いた研究を支援するためのプラットフォームにより、ゲームデザインやプレイヤーの行動を分析する際の実験環境の構築を効率化できる。これらのプラットフォームは、研究の効率化だけでなく、再現性の向上に寄与する重要な役割も担う。Hejine ら [8] は、ゼルダの伝説 神々のトライフォース*5をベースにした、アクションロールプレイングゲーム (RPG) における手続き型コンテンツ生成 (PCG) 環境を提供している。この PCG 環境では、外部指標に合わせてデザインを調整したり、プレイヤーの行動ログを取得でき、実験の環境構築や分析を容易にする。また、PCG 環境の活用により、ゲームデザインの検証や最適化、プレイヤーの行動分析について効率的に研究できる。Fukuchi ら [7] は、プラットフォームゲームにおけるジャンプ処理やカメラ移動処理のパラメータを細かく変更できる実験用ソフトウェアを公開した。これにより、プラットフォームゲームのゲームプレイ体験に影響を与える要因を詳細に調査できる。また、ジャンプ処理やカメラ移

*1 <https://www.nintendo.co.jp/software/smb1/index.html>

*2 <https://creatorcsie.github.io/NotchGame/Applet&JNLP/Mario>

*3 <https://www.nintendo.co.jp/wii/rspj>

*4 2001 年に SEGA から発売されたテニスゲーム

*5 <https://www.nintendo.co.jp/n02/shvc/z1/index.html>

動処理のパラメータを調整し、プレイヤーの行動や体験に与える影響を分析できる。機械学習の分野において、Resnickら [18] は、ボンバーマン*6を基にしたマルチエージェント環境である Pommerman を提案した。Pommerman は、協調と競争の両方の要素を持つ複数のシナリオを提供しており、プランニング・ゲーム理論・コミュニケーションなど、多様な研究テーマに導入できる。

これらの研究は、特定のビデオゲームやジャンルに特化したプラットフォームであり、汎用性や拡張性に課題がある。一方、オープンビデオゲームライブラリは、多様なビデオゲームジャンルに対応するオープンソースの研究用ビデオゲームのプラットフォームである。オープンビデオゲームライブラリでは、ビデオゲームを用いる研究に対して、実験・分析のための共通基盤を提供し、研究の効率化と再現性の向上に寄与する。

2.2 評価ツール

ゲーム体験の評価は、ゲームコントローラや体験手法の研究において重要である。しかし、ゲーム体験を客観的に評価することは難しい。そのため、The Player Experience of Need Satisfaction (PENS) [19] や The Game Experience Questionnaire (GEQ) [10] といったアンケートが開発されてきた。PENS は、ゲーム体験の楽しさとプレイヤーの満足度を詳細かつ正確に評価できる。また、GEQ は、没入感、フロー体験、有能感、ポジティブ感情、ネガティブ感情、緊張感、チャレンジ感の 7 要素からゲーム体験を評価できる。さらに、ユーザのメンタルワークロードを評価するための Subjective Mental Effort Questionnaire (SMEQ) [13] や、ユーザの満足度を評価するための Consumer Product Questionnaire (CPQ) [3] なども広く用いられる。

アンケート以外の定量的な評価手法として、視線情報を計測してプレイ中の集中度を評価する手法 [31] や、フィッツの法則 [6] を用いてゲームコントローラの性能を評価する手法がある [17]。しかし、視線情報を取得・記録するためには専用の機器が必要であり、利用できる研究者は限定される。また、コントローラの入力を詳細に取得するために、開発コストがかかる。また、フィッツの法則によりパフォーマンスを比較した研究もあるが、コントローラの操作に関する相対的な評価が難しい。

本研究では、多くの研究で標準的に利用されるようなビデオゲームの提供を目指す。それにより、複数の研究間でデバイスやシステムを対称的に評価・比較できるベンチマークとしての役割を確立する。

2.3 オープンなコンテンツ

オープンソースのビデオゲームでは、ゲーム開発に必

要なソースコード・アセット・音楽などのリソースを無償で利用でき、利用ライセンスに準ずる範囲で、ユーザはそれらを改変・配布することもできる。例えば、オープンソースのビデオゲームとして、リアルタイム戦略ゲームの 0 A.D.*7 や、1 人称のアクション RPG である Arx Libertatis*8 や、First Person Shooting (FPS) ゲームである AssaultCube*9 などがある。これらのゲームには、ソースコードが公開されており無料で利用できること、コミュニティ主導で開発が進められているといった特徴がある。また、商用ゲームとは異なり、利用者自身がゲームの改良や拡張に参加できる点も大きな特徴である。一方で、必ずしも研究用に開発されたビデオゲームではないため、ゲームの世界観やルールが実験に冗長である可能性がある。

他分野においても、研究に貢献するためにオープンなライブラリやコンテンツを提供する試みがある。例えば、音楽分野では、著作権処理済みの音データを収録した楽曲・楽器音データベースや、歌声の研究のためのハミング・歌唱・歌詞朗読を含んだ音声データベースが公開されている [28]。これらのデータベースは、楽曲を利用した実験やデモンストレーションに活用できる。さらに、ダンス分野においても、ストリートダンス動画データベースが公開されている [21]。このデータベースには、新たに制作したダンス楽曲とそれに合わせて踊るダンサーの動画が大量に収録されており、ダンスのモーション識別やダンスジャンル推定、ダンス動画の生成などの研究に活用できる。

本研究では、これらの先行事例を参考に、ビデオゲームを用いる研究分野への貢献を目指し、幅広いジャンルのビデオゲームや関連素材を提供する。また、提供するビデオゲームのソースコードを公開し、研究者が内部プログラムを閲覧したり編集できるようにする。

3. オープンビデオゲームライブラリ

3.1 設計方針

オープンビデオゲームライブラリは、研究での利用を想定して設計したビデオゲーム群である。研究用ビデオゲームとしての標準性を実現するために、以下の設計方針を基にコンテンツを開発・提供する。

3.1.1 オープンで利用しやすいコンテンツ

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す。そのために、利用者数の増加が最優先事項であると考えた。そこで、コンテンツの利用ライセンスには自由度の高い MIT ライセンス*10を採用し、オープンソースソフトウェア (OSS) として公開した。これにより、内部プログラムの閲覧と編集が

*7 <https://play0ad.com/>

*8 <https://arx-libertatis.org/>

*9 <https://assault.cubers.net/>

*10 <https://opensource.org/licenses/mit-license.php>

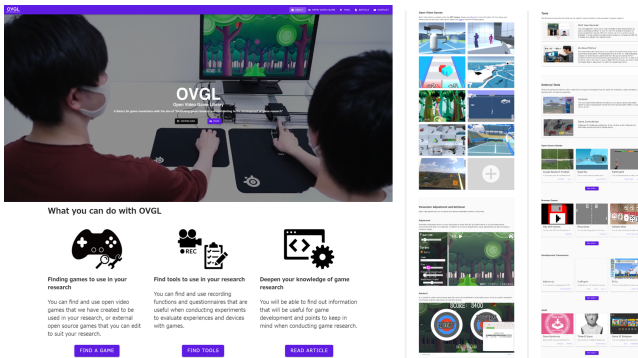


図 2 オープンビデオゲームライブラリの Web サイト。提供コンテンツや、ビデオゲーム開発に役立つ外部ツールを掲示した。

可能になり、ゲームの詳細な仕様を把握できる。また、誰でも手軽に提供コンテンツを利用できるように、Web サイト*11 (図 2) と GitHub*12 を整備した。Web サイトには、提供コンテンツの概要だけでなく、WebGL 形式で出力したビデオゲームが埋め込まれており、その場で本ライブラリが提供するビデオゲームを体験できる。また、ビデオゲームを用いた研究に役立つツールも併せて掲載した。例えば、ゲーム画面と実験参加者の様子を映した映像がまとめて出力される Multi View Recorder*13[37] や、ビデオゲーム開発プラットフォーム・オープンソースのビデオゲーム・アセット配布サイトといった外部コンテンツを掲載した。GitHub では、本ライブラリが提供するコンテンツのソースコードをダウンロードできる。また、ドキュメントにて、ビデオゲームの概要、操作方法、必要環境、インストール方法、コンタクトページなどを掲載し、GitHub や OSS の利用に不慣れな人でも利用できるようにした。

3.1.2 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は、研究用ビデオゲームとしての共通基盤を目指す。そのため研究者のニーズを基にビデオゲームの開発する必要がある。研究者のニーズを把握するために、オープンビデオゲームライブラリでは、研究に利用されるビデオゲームのジャンルと、それらに求められる特徴という 2 つの観点から先行研究を調査した。

研究に利用されるビデオゲームのジャンルを選定するために、コントローラやユーザ体験の評価にビデオゲームを利用した研究を調査し、利用されたビデオゲームを Wolf[23] が定義した 42 ジャンルで分類した [36][9]。ビデオゲームを用いた研究は、ACM Digital Library*14 を始めとした文献データベースで検索した。その結果、ビデオゲームに関する研究は合計 898 件ヒットした。その中からビデオゲームを評価に用いた 105 件の研究を抽出した。研究に複数のビデオゲームを用いた場合や、用いたビデオゲームが複数

のジャンルに当てはまる場合は、別々にビデオゲームの研究利用数をカウントした。その結果、ビデオゲームの研究利用数は 206 件となった。各ジャンルにおける割合を図 3 に示す。この調査結果を基に、本ライブラリではニーズが高いジャンルのビデオゲームを優先的に開発した。

開発するビデオゲームに研究利用上求められる特徴を選定するために、ビデオゲームを評価に用いた研究を調査し、各ビデオゲームジャンルにおける頻出の利用パターンを分析した。頻出の利用パターンの分析は、図 3 で分類されたビデオゲームジャンルごとではなく、具体的なビデオゲームごとを実施した。例えば、Sports ゲームであるテニスゲームにおいて、研究利用上求められる特徴を選定する場合、Sports ゲームジャンルのビデオゲームを用いた研究を分析するのではなく、テニスゲーム自体を用いた研究を対象に分析した。さらに、本ライブラリが提供するビデオゲームでは、分析した頻出利用パターンが一つのビデオゲーム内で完結するように設計した。例えば、テニスゲームを評価に用いた先行研究では、ゲームパッド操作とモーション操作のゲーム体験を比較する利用パターンが多かった。そのため、本ライブラリが提供するテニスゲームである Minimum Tennis[43] では、ゲームパッド操作とモーション操作の両方に対応させ、両者のゲーム体験を比較しやすくした。

3.1.3 研究利用に便利な機能を実装

本ライブラリでは、研究者が実験条件に合わせて手軽にゲーム内パラメータを調整できるように、ゲーム内での GUI 操作によるパラメータ調整機能を実装した。先行研究の調査により、研究に利用されるビデオゲームジャンルと、研究利用上求められる機能を選定したが、各研究でビデオゲームの要件は異なる。そこで、実験条件に応じて調整が必要な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、ソースコードにアクセスすることなく、手軽にゲーム内パラメータを調整でき、ビデオゲーム開発に不慣れな研究者でも容易に変更できる。

研究者がゲーム内データを取得・分析しやすくするために、ワンクリックでゲーム内データを出力するパラメータ出力機能を実装した。ゲーム体験の評価・分析では、ゲーム内に記録されたスコアやログが頻繁に用いられる。しかし、市販ビデオゲームではソースコードにアクセスできないため、詳細なログの取得が難しい。そこでオープンビデオゲームライブラリが提供するビデオゲームでは、評価や分析に利用される可能性が高いパラメータをゲーム内の GUI 操作によりワンクリックで出力する機能を実装した。

3.1.4 習熟や理解の差を抑制するゲーム設計

ビデオゲームに対する実験参加者の理解度のばらつきや学習コストを抑制するために、動物のメタファを取り入れてゲームを設計した。実験内でゲームを正しくプレイしてもらうには、実験参加者がゲームルールや操作方法を理解

*11 <https://openvideogame.cc>

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

*13 <https://open-video-game-library.github.io/MultiViewRecorder>

*14 <https://dl.acm.org>

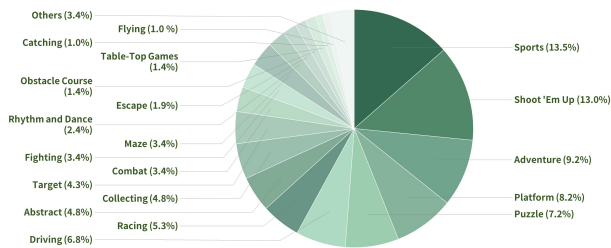


図 3 評価に用いられたビデオゲームジャンルの割合 [36][9]. ビデオゲームジャンルは, Wolf[23] の定義を基に分類した.

する必要がある. しかし, ゲームルールや操作方法が複雑になると, 学習に時間がかかり効率的な実験が難しくなる. また, ゲームプレイ経験が異なる実験参加者間ではゲーム体験に差が生じる [11]. そこで, オープンビデオゲームライブラリが提供する一部のビデオゲームでは, 操作キャラクタに動物の見た目をを用いることで, 動物の習性からゲームのルールを容易に理解できるようにした. 動物に対する認識は文化や個人の経験に依存しにくいいため, ゲームに対する理解度のばらつきを抑えられる可能性がある.

人型のキャラクタを用いるビデオゲームでは, 人種・性別といった人間の身体的特徴を抽象化したシンプルなキャラクタデザインを導入した. 市販ビデオゲームに見られる作り込まれたキャラクタデザインは, プレイヤにとって魅力的であるが, キャラクタが持つ特徴はプレイヤの意思決定や行動に影響を与える. 例えば, キャラクタの性別や服装は, プレイヤに特定の印象を与えることで, ゲーム内での行動パターンを変化させる [24][16]. また, 自分と異なる肌の色のキャラクタでゲームをプレイした場合に, ゲーム内での犯罪行為が増加する傾向にあるという研究結果もあり [22], プレイヤやキャラクタの人種もゲームプレイに影響を与える要因である. そのため, オープンビデオゲームライブラリでは, 人間の身体的特徴を抽象化したキャラクタを用いることで, 人種・性別を排除し, 実験参加者間で生じるノイズやバイアスの要因を取り除いた.

3.2 コンテンツ

本節では, 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. 各コンテンツは, オープンビデオゲームライブラリの GitHub にて, オープンソースで公開した.

3.2.1 Hunter Chameleon

Hunter Chameleon[36] (図 4.a) は, 絶え間なく出現するハエヤリゴを, 操作キャラクタである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, 限られた時間内で多くのターゲットを正確に撃ち抜くこと

で, 高いゲームスコアを獲得できる. そのため, プレイヤは常に入力を制御する必要がある. この仕様は, デバイスの評価実験に役立つ. さらには, GUI 上から任意の画像ファイルのパスを指定することで, ゲーム画面の背景画像やターゲットの見た目を任意の画像に変更できる. これにより, プレイヤへの視覚刺激を容易に制御できる. また本ゲームは, カメレオンが舌を伸ばしてハエヤリゴを捕らえるという, 動物のメタファを利用してデザインした.

3.2.2 Escape Fish

Escape Fish[36] (図 4.b) は, 海流に流されないように操作キャラクタである魚を操作し, 障害物や捕食者を避け続ける Platform ゲームである. 魚は操作していない状態では海流に流されるため, プレイヤは常に入力を制御する必要がある. この仕様は, デバイスの評価実験に役立つ. また本ゲームは, 魚が障害物や捕食者に当たらないように泳ぐという, 動物のメタファを利用してデザインした.

3.2.3 Sliding Penguin

Sliding Penguin[36] (図 4.c) は, 滑りやすい氷から海に落ちないように操作キャラクタであるペンギンを操作し, コース上の魚を取りながらゴールを目指す Driving ゲームである. ペンギンと氷の間には摩擦が少なく, 急発進・急停止ができないため, キャラクタを操作しづらい. そのため, プレイヤは常にキャラクタの動きを制御する必要がある. この仕様は, デバイスの評価実験に役立つ. また本ゲームは, ペンギンが氷の上を滑りながら好物である魚を集めるといふ, 動物のメタファを利用してデザインした.

3.2.4 Minimum Tennis

Minimum Tennis[43] (図 4.d) は, 現実のテニスを模倣して開発したシンプルな Sports ゲームである. 本ゲームでは, テニスゲームに求められる研究利用上のニーズと複数の市販テニスゲームから, 研究用テニスゲームに必要な最小構成要素を導き, ゲームをデザインした. また, 身体的特徴を抽象化したキャラクタを導入し, 人種や性別などによりゲーム体験に差が生じにくいようにした. 操作方法は, キーボード・ゲームパッド・モーションコントロールの 3 種類に対応しており, 複数の操作方法によるゲーム体験を一つのビデオゲーム内で対称的に比較できる.

3.2.5 Open FPS

Open FPS[33] (図 4.e) は, シューティングレンジとアクションフィールドという 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加えて, 対戦相手による攻撃を意識しながら立ち回る実践的なゲームモードである. 本ゲームでも, 身体的特徴を抽象化したキャラクタを導入し, 人種や性別などによりプレイヤのゲーム体験に差が生じにくいようにした.

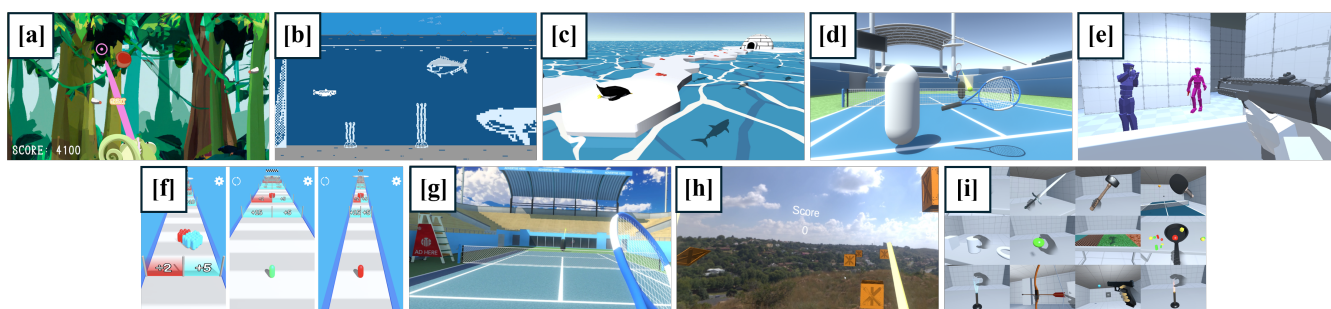


図 4 オープンビデオゲームライブラリが提供するコンテンツ

3.2.6 Hyper Casual Running Game

Hyper Casual Running Game (図 4.f) 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を増やし、ゴールを目指すスマートフォン用のランゲームである。ステージ上の敵キャラクタは味方キャラクタとの衝突で相殺されるため、ゴールするためには敵キャラクタの数より味方キャラクタの数を常に多く維持する必要がある。本ゲームでは、ゲーム内での成功・失敗を分かりやすくするため、ビジュアル面を工夫した。例えば、味方キャラクタは安心感を連想させる薄い青色、敵キャラクタは危険を連想させる赤色にした。また、味方キャラクタ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。本ゲームは具体的な研究ニーズに沿って開発されたものではないが、提供するコンテンツにスマートフォン用ゲームがなかったため開発した。将来的には、スマートフォン用ビデオゲームの研究利用事例を調査し、本ビデオゲームを研究用に再設計する必要がある。

3.2.7 Minimum Tennis VR

Minimum Tennis VR[29] (図 4.g) は、前述の Minimum Tennis をバーチャルリアリティ (VR) に対応させた Sports ゲームである。仕様はデスクトップ版の Minimum Tennis と同様だが、VR 版はトレーニングに特化した機能を備える。例えば、ゲーム内パラメータを GUI 上で変更しながら、通常のストロークに加え、ボレー・スマッシュ・サーブ・レシーブなどに特化したトレーニングができる。また、打球フォームを JSON ファイルに保存し、それを呼び出すことで打球フォームを確認しながらトレーニングできる。

3.2.8 Melody Crashers

Melody Crashers[29] (図 4.h) は、両手に持つ武器を駆使し、前方から迫る仮想オブジェクトを音楽のリズムに合わせて破壊する VR の Rhythm and Dance ゲームである。武器の種類は両手それぞれで変更でき、Sword, Laser Sword, Hummer, Gun, No Weapon から選択できる。また、音声ファイルをゲームに読み込ませることでプレイ中に流れる曲を実験に合わせて自由に変更できる。また、譜

面を JSON ファイル形式で読み込む機能を実装した。

3.2.9 共通体験サンプル

共通体験サンプル [35][15] (図 4.i) 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集である。上記のビデオゲームとは異なり、触覚ディスプレイの評価実験で利用できる仮想空間上の実験環境を提供し、触覚ディスプレイ間で定量的な比較を実現する。本サンプルの開発にあたり、先行研究で触覚ディスプレイの評価に用いられた評価刺激を調べ、触覚ディスプレイによるフィードバックの特性を 6 次元に分類した。そして、分類した特性ごとに、実際の研究で利用頻度が高い仮想オブジェクトを実装した。また、仮想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 GUI 上で調整できる。さらに、本サンプルを用いた研究同士で実験環境を統一できるように、調整パラメータの書き出し・読み込み機能を実装した。

4. ケーススタディ

本章では、研究者の意見を交えながら、オープンビデオゲームライブラリを利用した 3 種類の研究事例を紹介し、提供するビデオゲームの有用性や課題を明らかにする。

4.1 エンタテインメントコンテンツを対象とした新たな評価手法の有用性の検証

「あアラウド法」[38] という体験中の心理プロセスを「あ」の音声情報で評価する手法がある。高山ら [25] は、「あアラウド法」における発声方法が感情観測に与える影響を調査し、実験参加者の感情を正確に分析するための最適な実験設計を提案した。この研究は、エンタテインメントコンテンツの評価における「あアラウド法」の有用性の確立と、発声方法の違いが感情観測の正確性に与える影響の明確化が目的である。2 種類の実験を実施し、発声方法の違いが感情観測に与える影響を調査した。

4.1.1 ビデオゲームの選定理由と活用方法

高山らの研究では、「あアラウド法」における 2 種類の発声方法を示す教示ビデオと、感情観測のためのゲームプレイ動画の題材として Sliding Penguin を使用し、実験タスクには Hunter Chameleon を使用した。

Sliding Penguin では、コースから滑り落ちないように、細心の注意を払ってペンギンを操作する必要がある。このスリリングなゲーム性が感情表現を促す可能性があり、実験1では、2種類の発声方法の違いを明確化する教示ビデオの題材として Sliding Penguin を選定した。その教示ビデオにより2種類の発声方法を実験参加者に提示した。実験2では、別の参加者が「あアラウド法」を用いて Sliding Penguin をプレイする様子を撮影した動画を参加者に提示し、動画内のプレイヤーの感情を観測してもらった。

Hunter Chameleon は、ゲーム時間が一定で、パラメータ編集機能により難易度が調整可能である点、操作方法が直感的である点で選定された。実験において、練習と本番で異なるパラメータを設定した。練習用では、ハエの出現頻度を10秒に3回、リンゴの出現頻度を10秒に2回とした。本番用では、ハエの出現頻度を2秒に3回、リンゴの出現頻度を2秒に3回とした。このように難易度を調整することで、実験参加者がゲームに慣れても感情変化が抑制されないようにした。

4.1.2 本ライブラリの貢献

高山らに、本ライブラリのビデオゲームを利用する上で、使い勝手が良いと感じた点について意見を聞いた。高山らは Sliding Penguin に対して、「実験参加者に対して、多様な感情表出を期待できるゲーム性が良かった」と述べた。また、ゲームのルールや目的が分かりやすい点とグラフィック面の質の高さを評価した。Hunter Chameleon に対しては、「パラメータ編集機能により、ゲームの制限時間や難易度を GUI 操作で調整でき、便利だった」と述べた。

4.1.3 研究用ビデオゲームとして不満に感じた点

本ライブラリのビデオゲームを利用する上で、使い勝手が悪いと感じた点や不満に感じた点についても意見を聞いた。高山らは Sliding Penguin に対して、「感情観測用の動画を録画する際に、ゲームの操作難易度の高さから、実験参加者がすぐにゲームオーバーしてしまい、十分な動画時間を確保するために練習が必要だった」「コースアウトしてもゲームオーバーにならず、コースに復帰するゲームモードがほしかった」「難易度調整のためのパラメータが少なく、難易度を調整しづらかった」と述べた。Hunter Chameleon に対しては、「ハイスコアとなる基準が不明であり、実験参加者が高いモチベーションを持ってプレイできなかった可能性がある」と述べた。

4.2 複数プレイヤーにおける操作感覚の同期がゲーム体験に与える影響の調査

橋浦ら [27] は、複数プレイヤーにおける力覚フィードバックを通じた操作感覚の共有が、ビデオゲームのパフォーマンスに与える影響を調査した。ユーザスタディでは、8名の参加者を4組に分け、操作感覚を共有する条件下と、操

作感覚を共有しない条件下でゲームをプレイしてもらった。実験では、プレイヤー間で操作感覚を共有できる特殊なジョイスティックタイプの自作コントローラを用いた。

4.2.1 ビデオゲームの選定理由と活用方法

橋浦らは、プレイヤー間で力覚フィードバックを共有できる特殊なコントローラでゲームを操作するために、実験に用いるビデオゲームとして Sliding Penguin を選定した。開発したコントローラは、XY軸方向の入力を扱うため、XY軸方向の操作入力によりキャラクタを操作する Sliding Penguin の操作方法に適する。

開発したコントローラでゲームを制御できるように、Sliding Penguin を OSC (Open Sound Control) 信号による操作に対応させた。これにより、コントローラのジョイスティックを倒した方向に応じて、操作キャラクタであるペンギンの動きを制御できるようにした。

4.2.2 本ライブラリの貢献

橋浦らに、Sliding Penguin を利用する上で、使い勝手が良いと感じた点について意見を聞いた。橋浦らは、Sliding Penguin に対して、「ゲームのクオリティが高く、デモンストラーションでの評判が良かった」「最小限の操作でゲームを開始できる点が良かった」と述べた。

4.2.3 研究用ビデオゲームとして不満に感じた点

Sliding Penguin を利用する上で、使い勝手が悪いと感じた点や不満に感じた点についても意見を聞いた。橋浦らは Sliding Penguin に対して、「ビデオゲームの書き出しの際に、OSC 通信が不安定になる場合がある」と述べた。

4.3 異なる抽象度のアバタがプレイヤーに与える影響の調査

飯田ら [42] は、ビデオゲームにおける人型アバタの抽象度がプレイヤーのゲーム体験に与える影響を調査し、各アバタがビデオゲームを用いた研究にどの程度適用可能かを分析した。実験では、12名の実験参加者に、4種類の抽象度のアバタを用いてテニスゲームをプレイしてもらい、それぞれのアバタにおけるゲーム体験を評価した。さらに、実験結果を基に、各アバタを研究で利用する場合の利点や問題点を分析した。

4.3.1 ビデオゲームの選定理由と活用方法

飯田らの研究では、実験に用いるビデオゲームとして Minimum Tennis を選定した。Minimum Tennis は、人型アバタを操作するテニスゲームであるため実験での利用に適する。テニスゲームには移動を始めとした足を動かす動作以外にも、ラケットを振るといった腕を動かす動作も含まれる。そのため、アバタの動作を上半身下半身ともに踏襲でき、アバタの動作を包括的に評価できる。また、テニスゲームは先行研究で頻繁に利用されるスポーツジャンルのビデオゲームであり、実際にアバタを対象とした研究に利用された事例もある。以上の理由から、飯田らは実験

用のビデオゲームに Minimum Tennis を選定した。

飯田らは、Minimum Tennis をカスタマイズし、ゲーム内で簡単なタスクをプレイできるモードを追加した。テニスゲームの操作やアバタの動作を踏襲できるように、プレイヤの移動操作を重視する Moving タスクと、ボールの打ち分け操作を重視する Hitting タスクを実装した。

また、既存のアバタに加え、3種類のアバタ（準プリミティブアバタ、準リアルアバタ、リアルアバタ）を追加し、既存アバタと同様にゲーム内で操作できるようにした。さらに、既存アバタと新たに追加したアバタにおいて、移動やスイングなどアニメーションを統一し、各アバタの見た目によって生じるゲーム体験の違いを対称的に評価した。

4.3.2 本ライブラリの貢献

飯田らに、Minimum Tennis を利用する上で、使い勝手が良いと感じた点について意見を聞いた。飯田らは Minimum Tennis に対して、「ゲームの開発コストが高い3Dゲームを用いたが、最小限の機能を追加するだけで良かったので、ゲーム開発にかかる時間を抑えられた」「派手な視覚エフェクトや、特殊なルールが排除されたシンプルなテニスゲームであるため、ノイズが少ないフラットな条件下で、アバタによる影響を評価できた」と述べた。

4.3.3 研究用ビデオゲームとして不満に感じた点

Minimum Tennis を利用する上で、使い勝手が悪いと感じた点や不満に感じた点についても意見を聞いた。飯田らは Minimum Tennis に対して、「ボールを打ち分ける操作が複雑で、実験参加者に操作方法を理解してもらうのに時間がかかった」「実験参加者のゲームプレイ経験によって、参加者間でプレイスキルの差が生じやすかった」と述べた。

5. 議論

5.1 ビデオゲームを用いた研究への貢献の可否

研究用ビデオゲームをオープンソースで公開することで、ケーススタディで取り上げた3種類の研究のように、本ライブラリが提供するビデオゲームを利用してもらい、実験や研究発表に貢献できることが示された。本ライブラリが提供するコンテンツの引用により、他の研究者も提供コンテンツにアクセスでき、同様に利用できる。また、独自のビデオゲームや、パラメータが公開されていない市販ビデオゲームを研究に使うより、ソースコードが公開され参照引用可能なゲームを利用することで、研究の再現性を高められる。今後は、多くの研究者に本ライブラリを利用してもらうことで、研究用ビデオゲームの共通基盤としての立ち位置を強固にしていく。

実験に本ライブラリのビデオゲームを利用することで、研究者がビデオゲームを開発する負担を削減できることが分かった。高山らの研究 [25] では、ゲーム難易度の調整にパラメータ編集機能を用い、ソースコードにアクセス

することなくゲーム難易度を変更した。また、飯田らの研究 [42] では、ビデオゲームの大部分を実装せず、必要な機能のみを追加で実装し、ゲーム開発のコストを削減した。以上の事例から、本ライブラリは、研究者のゲーム開発にかかるコストの削減に貢献できることが分かった。

ケーススタディでは、本ライブラリのコンテンツを用いて、提案システムや実験結果を他研究と比較するユースケースは確認できなかった。現時点では、本ライブラリが研究間での相対的な比較の実現に貢献できるかは不明である。そのため今後、本ライブラリが利用される過程で貢献の可否を明らかにする。

また、本ライブラリが提供するビデオゲームの利用により、デモンストレーションにおいて、聴衆から研究成果物に対する高い評価が得られた。橋浦ら [27] の研究では、本ライブラリのビデオゲームをデモンストレーションで利用し、ビデオゲームのクオリティの高さから聴衆の評判を獲得した。本事例から、本ライブラリが提供するビデオゲームは、デモンストレーションで聴衆の興味関心の惹き付けに貢献できることが分かった。

5.2 パラメータ編集機能の拡張

パラメータ編集機能の実装は、ビデオゲームの仕様や難易度を GUI 操作によって手軽に変更できるという利点があるが、ゲーム内から変更できるパラメータの選定には改善の余地がある。高山らの研究 [25] では、Hunter Chameleon のパラメータ編集機能を用いてゲームの難易度を変更することで、実験参加者のゲームに対する慣れを抑制するという好例が示された。その一方で、Sliding Penguin は、ゲーム内から変更できるパラメータが少なく、難易度を調整しづらい点が指摘されており、ゲーム自体のルールを制御するパラメータに対する要望もあった。そのため、ゲーム内から編集できるパラメータは、キャラクタの制御に関わるものだけでなく、それを取り巻くゲームの構成要素にも拡張できることが望ましい。例えば、操作キャラクタの移動速度だけでなく、ステージの形状やゲームオーバーとなる条件に選択肢を設けることで、実験条件に対してより柔軟にゲームの仕様や難易度を変更できるようになる。

5.3 独自デバイスのための汎用的な入力受け口の実装

飯田らの研究 [42] のように、研究用ビデオゲームを OSS として提供することで、ゲーム開発にかかるコストの削減に貢献できた。一方で、橋浦ら [27] の実験のように、独自のデバイスでゲームをプレイする実験では、デバイスとゲームを連携させるための開発プロセスが依然として存在する。そのため、本ライブラリが提供するビデオゲームに、多様な入力デバイスに対応できる機構を搭載する必要がある。現時点で本ライブラリが提供するビデオゲームで

は、キーボード・ゲームパッド・マウスといった特定のデバイスによる操作はサポートしているものの、独自に開発した入力デバイスによる操作には対応していない。そのため、独自の入力デバイスを利用する場合、ソースコードにアクセスし、追加のプラグインをインストールする必要がある。また、橋浦らの研究のように、独自の入力デバイスを利用してゲームをプレイする研究は多い [41][39][40]。そのため、OSC を始めとした汎用的な入力受け口をビデオゲームに備える必要がある。

5.4 ゲームの操作手法の簡素化

実験タスクを単純化し、実験参加者のゲームプレイ経験によってゲーム体験に大きなばらつきが生じないように、ゲームのルールだけでなく、ゲームの操作手法も簡素化させる必要がある。飯田ら [42] が用いた Minimum Tennis は、ボールの打ち分けに複雑な操作が求められ、実験参加者間でプレイスキルの差が生じやすかった。そのため、実験参加者のプレイスキルに左右されづらい、シンプルな操作手法を導入したビデオゲームを開発する必要がある。例えば、操作に用いるボタンの種類を限定したり、プレイヤーが制御するキャラクタの動きを限定することで、実験参加者のゲーム操作に対する認知的負荷を軽減するアプローチが有効である可能性がある。

5.5 ビデオゲームとしての楽しさや魅力度の向上

実験参加者の実験へのモチベーションを維持するために、ビデオゲームとしての楽しさや魅力度をさらに向上させる必要がある。高山ら [25] が Hunter Chameleon に対して言及したように、ゲームが魅力的に感じられないことで、実験参加者の実験に対するモチベーションが低下する可能性がある。実際に、プレイヤーがビデオゲームに対して抱く魅力は、プレイヤーのゲーム体験やゲームプレイへのモチベーションに影響を与える [2]。実験に対するモチベーションの低下により、正確な実験データが得られない可能性があるため、研究用ビデオゲームとして冗長にならない範囲で、ビデオゲームの楽しさや魅力度の向上に尽力する必要がある。そのために、リスクとリターンを意識したゲームデザインやグラフィックの質の改善 [20] などのアプローチが有効である可能性がある。

6. おわりに

本論文では、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、本ライブラリが提供するコンテンツを用いた研究のケーススタディを実施し、その結果を基に本ライブラリの有用性と課題を整理し、議論した。今後は、本論文でのケーススタディの結果と議論を基に、コンテンツを開発・改善する。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP22K12336 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Agarwal, S., Wallner, G. and Beck, F.: Bombalytics: Visualization of Competition and Collaboration Strategies of Players in a Bomb Laying Game, *Computer Graphics Forum*, Vol. 39, No. 3, pp. 89–100 (online), DOI: <https://doi.org/10.1111/cgf.13965> (2020).
- [2] Andersen, E., Liu, Y.-E., Snider, R., Szeto, R. and Popović, Z.: Placing a Value on Aesthetics in Online Casual Games, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 1275–1278 (online), DOI: 10.1145/1978942.1979131 (2011).
- [3] Arnold, A. G.: Mental effort and evaluation of user-interfaces: a questionnaire approach, *Proceedings of HCI International (the 8th International Conference on Human-Computer Interaction) on Human-Computer Interaction: Ergonomics and User Interfaces-Volume I-Volume I*, pp. 1003–1007 (1999).
- [4] Baldauf, M., Fröhlich, P., Adegeye, F. and Suetter, S.: Investigating On-Screen Gamepad Designs for Smartphone-Controlled Video Games, *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, Vol. 12, No. 1s (online), DOI: 10.1145/2808202 (2015).
- [5] Brown, E. and Cairns, P.: A Grounded Investigation of Game Immersion, *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '04, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 1297–1300 (online), DOI: 10.1145/985921.986048 (2004).
- [6] Fitts, P. M.: The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement., *Journal of experimental psychology*, Vol. 47, No. 6, p. 381 (1954).
- [7] Fukuchi, K.: JumpLab: a testbed for studying jump motion and scrolling algorithms of videogames (2020). Accessed: 2021-07-12.
- [8] Heijne, N. and Bakkes, S.: Procedural zelda: A pcg environment for player experience research, *Proceedings of the 12th International Conference on the Foundations of Digital Games*, pp. 1–10 (2017).
- [9] Iida, K., Ina, Y., Hayashi, D., Yanase, Y. and Watanabe, K.: Open Video Game Library: Developing a Video Game Database for Use in Research and Experimentation, *Proceedings of the 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '23, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3611659.3617194 (2023).
- [10] Ijsselstein, W. A., de Kort, Y. A., Poels, K., Jurgelionis, A. and Bellotti, F.: Characterising and measuring user experiences in digital games, *conference; ACE 2007; 2007-06-13; 2007-06-15*, pp. 1–4 (2007).
- [11] Inal, Y. and Wake, J.: An old game, new experience: exploring the effect of players' personal gameplay history on game experience, *Universal Access in the Information Society*, Vol. 22, No. 3, pp. 757–769 (2023).
- [12] Järvelä, S., Ekman, I., Kivikangas, J. M. and Ravaja, N.: A Practical Guide to Using Digital Games as an Experiment Stimulus, *Transactions of the Digital Games Research Association*, Vol. 1 (online), DOI:

- 10.26503/todigra.v1i2.16 (2014).
- [13] McNamara, N. and Kirakowski, J.: Measuring user-satisfaction with electronic consumer products: The Consumer Products Questionnaire, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 69, No. 6, pp. 375–386 (2011).
- [14] Nova, N. and Jobert, T.: Intuitivité et Incorporation Des Interactions Gestuelles Chez Les Utilisateurs de Jeux Vidéo, *Proceedings of the 21st International Conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, IHM '09*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 213–221 (online), DOI: 10.1145/1629826.1629860 (2009).
- [15] Oka, T., Morimoto, K., Yanase, Y. and Watanabe, K.: Common Experience Sample 1.0: Developing a sample for comparing the characteristics of haptic displays, *Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '22*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3562939.3565649 (2022).
- [16] Peña, J., Hancock, J. T. and Merola, N. A.: The Priming Effects of Avatars in Virtual Settings, *Communication Research*, Vol. 36, No. 6, pp. 838–856 (online), DOI: 10.1177/0093650209346802 (2009).
- [17] Ramcharitar, A. and Teather, R. J.: A Fitts' law evaluation of video game controllers: thumbstick, touchpad and gyrosensor, *Proceedings of the 2017 chi conference extended abstracts on human factors in computing systems*, pp. 2860–2866 (2017).
- [18] Resnick, C., Eldridge, W., Ha, D., Britz, D., Foerster, J., Togelius, J., Cho, K. and Bruna, J.: Pommerman: A Multi-Agent Playground (2022).
- [19] Ryan, R. M., Rigby, C. S. and Przybylski, A.: The motivational pull of video games: A self-determination theory approach, *Motivation and emotion*, Vol. 30, pp. 344–360 (2006).
- [20] Sepúlveda, F. G.: *Visual Aesthetics in Video Games and Their Effects on Player Motivation*, Northeastern University (2019).
- [21] Tsuchida, S., Fukayama, S., Hamasaki, M. and Goto, M.: AIST Dance Video Database: Multi-Genre, Multi-Dancer, and Multi-Camera Database for Dance Information Processing., *ISMIR*, Vol. 1, No. 5, p. 6 (2019).
- [22] Via, C. M.: The proteus effect and gaming: The impact of digital actors and race in a virtual environment (2016).
- [23] Wolf, M. J.: Genre and the video game, *The medium of the video game*, Vol. 1, pp. 113–134 (2001).
- [24] Yee, N., Ducheneaut, N., Yao, M. and Nelson, L.: Do Men Heal More When in Drag? Conflicting Identity Cues between User and Avatar, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 773–776 (online), DOI: 10.1145/1978942.1979054 (2011).
- [25] 高山英里, 能丸天志, 安中勇貴, 山岸丈留, 渡邊恵太: 「あアラウド法」における感情観測手法の改善と分析手法の検討, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集, Vol. 2023, pp. 52–61 (2023).
- [26] 原 寛徳, 木下 悠: プレイヤーの気合を意識したコントローラ, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, Vol. 2017, pp. 365–367 (2017).
- [27] 橋浦健太, 飯田和也, 赤塚翔太, 趙 勇気, 神山洋一, 渡邊恵太: 複数プレイヤーの操作感覚同期によるビデオゲーム体験への影響, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集, Vol. 2023, pp. 38–41 (2023).
- [28] 後藤真孝, 橋口博樹, 西村拓一, 岡隆一ほか: RWC 研究用音楽データベース: 研究目的で利用可能な著作権処理済み楽曲・楽器音データベース, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 3, pp. 728–738 (2004).
- [29] 柴田 光, 前田天良, 飯田和也, 林 大智, 築瀬洋平, 渡邊恵太: 研究者の利用を目的としたオープンな VR ゲームの試作, インタラクシオン 2024 予稿集 (2024).
- [30] 山野孝太, 佐々木智也, 宮崎敦子, 登嶋健太, 檜山 敦: VR 吹き矢: 呼吸検出を用いた呼吸リハビリテーション, 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, Vol. 2021, pp. 322–328 (2021).
- [31] 山浦祐明, 中村聡史: 視線に追従するぼかしエフェクトがビデオゲームの体験に及ぼす影響の調査, 技術報告, 一般社団法人情報処理学会 (2019).
- [32] 志築文太郎, 田中二郎: ThumbSlide: 親指スライドジェスチャによるスマートウォッチ操作手法, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp. 79–84 (2015).
- [33] 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, 技術報告 11 (2022).
- [34] 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, Vol. 2021, pp. 379–380 (2021).
- [35] 岡 拓也, 森本浩輔, 築瀬洋平, 渡邊恵太: 触覚ディスプレイの比較評価を目的とした共通体験サンプルの試作と検討, 第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, Vol. 2022, pp. 1F1–5 (2022).
- [36] 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, Vol. 2021, pp. 181–186 (2021).
- [37] 岡 拓也, 川島拓也, 築瀬洋平, 渡邊恵太: HCI 研究における評価実験用ビデオゲームの要件探究とオープンビデオゲームライブラリを用いたケーススタディ, 技術報告 12 (2022).
- [38] 川島拓也, 渡邊恵太: あアラウド法: 体験中のリアルタイムな感情の観測手法とその基礎検討, 情報処理学会論文誌, Vol. 64, No. 11, pp. 1483–1492 (2023).
- [39] 中津留義樹, 平松良介, 星野准一: ボール型軟体ゲームコントローラ: ぷよこん, 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2011, No. 11, pp. 1–6 (2011).
- [40] 馬場哲晃, 笠松慶子, 土井幸輝, 串山久美子: 温冷呈示を利用したビデオゲームインタラクシオンにおける手法の検討と開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 3, pp. 1082–1091 (2012).
- [41] 福永健竜, 石河竜太, 井上亮文: 変形により入出力が可能なゲームコントローラのユーザビリティ改善, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集, Vol. 2019, pp. 46–51 (2019).
- [42] 飯田和也, 渡邊恵太: 異なる抽象度のビデオゲームアバタがプレイヤーに与える影響の調査と各アバタの研究適用可能性の分析, インタラクシオン 2024 予稿集 (2024).
- [43] 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, インタラクシオン 2022 予稿集 (2022).
- [44] 飯田和也, 岡 拓也, 伊奈佑馬, 築瀬洋平, 渡邊恵太: 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, インタラクシオン 2023 予稿集 (2023).