

日本のHCI分野における ビデオゲームを使った評価に関するサーベイ

川島 拓也^{1,a)} 岡 拓也¹ 築瀬 洋平² 渡邊 恵太³

概要: 我々は研究利用しやすいオープンビデオゲームライブラリを研究開発している。本論文ではライブラリ開発のため、日本の HCI 分野におけるビデオゲームをテーマにした研究、ビデオゲームを活用する研究に焦点を当て、利用されているビデオゲームの選定理由や特性などのサーベイを行った。この調査をもとにルールやビジュアル、ゲーム構成を議論し、オープンビデオゲームライブラリに必要なニーズや要件を整理する。

キーワード: ビデオゲーム, サーベイ論文, オープンビデオゲームライブラリ, ゲームデザイン

1. はじめに

我々は、研究者が実験環境や実験刺激、デバイスシステムのアプリケーション例示、デモンストレーション等で安心して利用できるオープンなビデオゲームライブラリの研究を行っている [1]。前論文においては、オープンビデオゲームのコンセプト提案と3つビデオゲームを試作し例示した (図1)。

本論文の目的は、研究者が利用しやすいビデオゲームを明らかにするため、ビデオゲームの利用目的や利用方法をサーベイ、整理することである。そこで日本の HCI 分野に焦点を当て、ビデオゲームを研究活動内で利用している研究を網羅的に調査する。この調査により、研究者が使いやすいビデオゲームの仕様や要件について探索、考察する。サーベイした対象の学会や論文は、主に次のとおりである。

- ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) 研究会
- エンタテインメントコンピューティング (EC) 研究会
- 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 (WISS)
- インタラクション
- ヒューマンインタフェース (HI) 学会
- 情報処理学会論文誌



図1 オープンビデオゲームライブラリのコンセプト

1.1 研究におけるビデオゲームの利用パターンとニーズ

ビデオゲームの利用目的として、ビデオゲーム自体をテーマにしている「テーマ利用パターン」と、デバイスやシステムなどの評価でビデオゲームを利用している「評価利用パターン」がある。テーマ利用パターンでは、ゲーム体験を向上させるインタフェースやゲームコントローラの実験、プレイスキルの上達を支援するシステムの開発素材として利用していた。例えば小川ら [2] は、虚偽心拍音のフィード

¹ 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
² ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン株式会社
³ 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科
a) cs212007@meiji.ac.jp

バックによる、ゲーム体験への影響を調査した。実験タスクには、上から落ちてくるアイテムをできるだけ多く獲得するという自作のビデオゲームを利用した。浅野ら [3] は、スーパーマリオメーカー*1の高難易度コースを利用し、開発したプレイ上達支援システムの実験をした。またプレイヤや既存ゲームの分析を行ったものや、オリジナルゲームを提案しているものなども挙げられる。このうちシリアスゲームやゲーミフィケーションなどを含むオリジナルゲームの提案をしているもの [4-6] は、オープンビデオゲームライブラリの利用範囲ではないため、今回はサーベイ対象外とする。

評価利用パターンでは、テーマがビデオゲーム以外の研究の実験やデモンストレーションのタスクとして、またデバイスやシステムのアプリケーションの一例として利用していた。例えば中井ら [7] は、タッチパネル表面に弾性素材を用いた水平方向入力手法を提案し、その評価に水平方向の操作によりキャラクタの移動速度が調整可能な迷路ゲームを利用した。石井ら [8] は、カードボード VR 環境のためのポインティング手法を提案し、その精度の高さを示すアプリケーション例としてシューティングゲームを利用した。この他にも提案の一部としてビデオゲームを利用しているものが見られた。栗原 [9] が提唱する Toolification of Game は、すでに完成されているビデオゲームの余剰自由度の中で非ゲーム目的を達成するという概念である。ゲーミフィケーションと意味が近いが、これは手段としてビデオゲームを利用しており、オープンビデオゲームライブラリもそのような使い方に発展させることが可能である。例えば松本ら [10] は、プレゼンテーション中の立ち位置移動のトレーニングに、シューティングゲームを利用した。これらのように、ビデオゲーム自体の研究以外でもビデオゲームを利用するパターンが見られた。

利用しているビデオゲームは、研究者の自作のものから市販のもの、また既に公開されているオープンなものまで多様である。自作のビデオゲームは利用目的に応じて自由に設計できるが、研究者自身が制作しているので客観性が保たれないという問題がある。またゲーム開発のスキルや知識がない研究者にとって大きな負担になる。市販のビデオゲームは実験的統制と生態学的妥当性が保たれる [11] が、著作権上問題になる可能性がある。AI 系の研究では、既にベンチマークとなるオープンソースのビデオゲームが公開されており、今回のサーベイでもノンプレイヤキャラクタ (NPC) のふるまい制御などの研究 [12, 13] で見られた。一方で高度なプログラミングの知識を要するため、AI を専門としていない研究者にとっては扱いが難しい。これらの問題が考えられるが、前段のとおりビデオゲームを研

究利用したいというニーズがある。そのためにも我々は研究利用しやすいオープンなビデオゲームを提供する必要がある。

1.2 本論文の構成

本論文では、研究に利用されていたビデオゲームの「選定理由」「ゲームデザイン」「評価指標」の3つの観点から先行研究をまとめる。2章では、なぜ研究者はそのビデオゲームを選定したのか、選定理由を取り上げて事例を紹介する。ビデオゲームの選定理由を明らかにすることで、需要のあるビデオゲームの性質が理解しやすいと考えたためである。3章では、ビデオゲームのルールやビジュアルについて事例を紹介しつつ、共通点や問題点などを議論する。4章では、ビデオゲームを評価実験に用いた上で、分析に使われていた評価指標を紹介する。

2. なぜそのビデオゲームを選定したのか？

本章では、研究者はなぜそのビデオゲームを評価に選定したのかという理由をまとめ、事例を紹介する。選定理由は、「適切な体験ができるため」「提案システムや実験タスクの制約のため」「認知度が高いため」「ビデオゲームの開発の都合のため」の4項目に分類した。それぞれの分類について実際の研究を紹介し、選定理由から得られるビデオゲームのニーズを考察する。

2.1 適切な体験ができるため

適切な体験ができるものとは、デバイスやシステムに準じた体験ができるようなシーンやコンテンツを有するビデオゲームである。例えば任天堂の Wii は、モーションセンサやポインティング機能を搭載した Wii リモコンとともに、はじめての Wii*2を発売した。ポインタを使ったシューティングゲームや、振り上げる動作を入力とした釣りゲームにより、ユーザに Wii のわかりやすい体験と魅力を提供した。このように、研究でもデバイスやシステムに適した体験が可能なビデオゲームを選定した事例が多く見られた。

Wii リモコンの例のように、コントローラを提案する研究が見られた。中津留ら [14] は、柔軟性を持つ球状のコントローラ「ぶよこん」を開発した。デモンストレーションで参加者に体験してもらうため、ボールを転がしてゴールを目指すビデオゲームを自作した。これはコントローラの形状を生かして、直感的に楽しめるように作られた。福永ら [15] は、変形可能なコントローラ「SHAPIO」を開発した。変形する演出として、ゲーム内の剣が折れたときに SHAPIO も折れたような形状になる仕様のゲームを利用した。また形状を剣や弓などの多様な武器に見立てて戦う

*1 任天堂から発売された「作って、遊ぶ」プラットフォーム (横スクロールアクション) ゲーム (2015), <https://www.nintendo.co.jp/wiiu/amaj/index.html>

*2 任天堂から発売された複数のミニゲームを含んだゲームソフト (2006), <https://www.nintendo.co.jp/wii/rhaj/index.html>

ゲームも開発した [16].

触覚や嗅覚など感覚フィードバックを与えるシーンやコンテンツを有するものがいくつか見られた. 小川ら [17] は, 複数種類の感触を提示できるボタン型コントローラを開発し, 実験用にノコギリで丸太を切るゲームとバッティングゲームを自作した. 萩原ら [18] は, ダメージを演出する装置を開発し, アプリケーション例として飛んでくる球を避けるゲームを試作した. 球に当たったとき, 装置で鋭い感触を提示している. 触覚以外にも, 温冷覚 [19] や嗅覚 [20] へのフィードバックを与えるようなシステムでビデオゲームを利用していた.

デバイス特有の体験の魅力を最大限引き出すため, それぞれの研究で独自性のあるビデオゲームを自作していた. 特にフィードバックを要するシステムには, ゲーム内のアクションやトリガーを認識したいため, 市販のビデオゲームを利用するのは難しく自作する必要がある.

2.2 提案システムや実験タスクの制約のため

提案システムや実験タスクの制約により, ビデオゲームやジャンルを絞って選定している事例が見られた.

佐藤ら [21] はプレイヤーの入力操作を観戦者に追体験させるために, マウスの動きとクリックを再現するシステムを試作した. システムに合わせて, 実験ではマウスの上下左右とクリックで操作できるビデオゲームを選定した. 森澤ら [22] は, 直感的な操作ができる柔軟なコントローラを提案し, ねじることによる左右の移動を用いたブロック崩しゲームを自作した. 他にも音声 [23] やジェスチャ [24] による入力があるが, 比較の入力数は少なくシンプルなビデオゲームが利用されることが多かった. 中には格闘ゲームのような, 複雑なコマンド入力を対象としたシステムの実験も見られた [25].

実験参加者や分析したいパラメータなどの調査対象によって, ビデオゲームを選定しているものも見られた. 宮下ら [26] は, プレイヤーの上達感の獲得と持続意欲に与える影響を調査した. 実験のため, プレイヤーの習熟度がわかりやすく, 操作が単純で複雑な要素のない 2D 砲台型シューティングゲームを自作した. 藤原ら [27] は, プレイヤーの集中力を軸として, ゲームプレイを振り返るためのダイジェスト動画の生成を試みた. 集中度計測に使用した JINS MEME^{*3}と相性の良いビデオゲームとして, アクション要素が低くプレイ中に体を大きく動かさない League of Legends^{*4}を利用した.

2.1 は体験ベースでビデオゲームを選定しているのに対して, 2.2 では実験ベースで選定していた.

2.3 認知度が高いため

市販のビデオゲームを有名だから, プレイ人口が多いからという理由で選定している事例も見られた.

秋山ら [28] は, 提案システムの実装に当時世界で最も普及していた点で Wii Sports^{*5}のテニスを利用した. 藤井ら [12] は, NPC の人間らしさをの検証に, スーパーマリオシリーズのクローンゲームである Infinite Mario Bros. [29] を利用した. 選定理由の 1 つに「ビデオゲームを代表する有名なゲーム」である点を挙げていた.

既存のビデオゲームのプレイヤーに関する調査では, ユーザ数が多くデータを集めやすいものが利用されていた. 和田ら [30] は, 天下統一クロニクル^{*6}を利用して, ユーザの離脱・継続行動を分析した. 五木ら [31] は, 大航海 Online^{*7}のチャットログデータを分析し, Real-Money Trading (RMT) 実施者の特徴を明らかにした.

ビデオゲームの認知度が高いことで, 実験参加者やデモンストレーションの聴講者が内容を理解しやすいというメリットがある. またプレイ人口が多いことで, 蓄積されたユーザやゲームシステムのログデータを分析に使えることも大きなメリットである.

2.4 ビデオゲームの開発の都合のため

ビデオゲームのカスタマイズ性や開発コストの都合によって選定している事例もある.

AI のベンチマークとなるオープンソースのビデオゲームは多く開発されており, 前節で取り上げた Infinite Mario Bros. もそのうちの 1 つである. 石原ら [13] は, Fighting-ICE [32] を利用して, 格闘対戦ゲームにおける AI や操作法がプレイヤーの感じる面白さに与える影響を調査した.

開発コストの都合で, 自作ゲームのゲームデザインが制限されている例もあった. 原田ら [33] は, プレイヤーのリアクションによる動的難易度調整システムを開発し, 「制作の容易さ」を理由に挙げて図 2 のようなシンプルなシューティングゲームを制作した. 馬場ら [34] は, 2 人プレイにおける身体接触行動をインタフェースとしたビデオゲームを提案した. ユーザ同士の触れ合いを反映できるジャンルをいくつか絞り, その中からさらにゲーム制作の作業量を加味してジャンルを選定した.

AI 系, もしくは開発コストをかけたくないため, オープンソースか自作の簡素なビデオゲームを利用していた. ゲーム開発やソースコードの編集は高度なプログラミングのスキルや知識を要するため, 研究者によっては大きな障壁となりうるだろう.

^{*3} JINS から発売された 2 つのセンサを搭載したウェアラブルメガネ, <https://jinsmeme.com/>

^{*4} RIOT GAMES から配信されたマルチプレイヤーオンラインバトルアリーナ (MOBA), <https://www.leagueoflegends.com/>

^{*5} 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/>

^{*6} CyberAgent から配信されたソーシャルカードゲーム (2012), <https://tnk47.ameba.jp/>

^{*7} コーエーテクモゲームスから配信された大規模多人同時参加型オンライン RPG (2004), <http://www.gamecity.ne.jp/dol/>



図 2 原田ら [33] が制作したシューティングゲーム

3. 研究者自作のビデオゲームの紹介と分析

本章では、研究者が利用している自作やオープンソースのビデオゲームにおいて、どのようなルールやビジュアルが反映されているのかを分析しまとめる。自作ゲームには、開発した研究者の考えや意図が反映されるため、我々が開発するビデオゲームの設計の参考になると考えた。

3.1 ルールやゲーム内パラメータ

デバイスやシステムのアプリケーション例として、スクロール型のシューティングゲームが多く見られ、提案システムに応じて独自性のあるルールを採用していた。原田ら [33] は、プレイヤーの発話リアクションから感情を推定し、感情によって自機が発射する弾の頻度を変えていた。馬場ら [34] は、身体接触行動を入力に取り入れ、2人プレイ用のシューティングゲームを実装した。相手の身体を叩いて足を引っ張ることで、自機を復活させるというルールを取り入れた。韓ら [35] は、メインモジュールと拡張モジュールからなる、再構成可能な物理インタフェースを提案した。アプリケーション例として、取り付けた拡張モジュールに応じて弾の種類が変わるシューティングゲームを実装した。スクロール型のシューティングゲームはシンプルなゲーム構成のため、ルールに独自性を加えたり難易度を調整したりしやすいのだろう。

3D カーレースゲームも多く見られたが、あまりルールの制限がなく、ゲームというよりシミュレータのような使い方をしていた。萱場ら [36] は、VR レースゲームでの動的なトンネリングによる速度感と酔いを調査する実験を行い、一直線のコースを走るのみのオリジナルゲームを利用した。大山ら [37] は、壁型ディスプレイに表示するコンテンツの一例としてドライビングシミュレータを利用した。3D カーレースゲームは既にオープンソースのものがいくつか公開されており、それらを利用している研究も見られた。安藤ら [38] は、前庭電気刺激による没入感と臨場感の実験として、TORCS*8を一部改造したものを利用して

*8 Bernhard らによるオープンソースのレーシングカーシミュレータ (2000), <http://torcs.org/>

た。上間ら [39] は、VDrift*9とマリオカート Wii*10を利用してゲームプレイ時の身体動揺を観察実験した。

今回サーベイした日本の論文では見られなかったが、クリア時間やラップタイムを比較することでコントローラの効率性を評価できる [40]。一方で、実験条件統制のためにプレイ時間が実験参加者に関係なく一定であるものを利用している例もあった [41]。プレイ時間に関するものでは、短時間でプレイ可能であることを理由にビデオゲームを選定している例もあった [42, 43]。実験が長いと実験参加者の集中力が削がれてしまったり、慣れによりスコアに影響が出たりする可能性があるため、ビデオゲームのプレイ時間は実験前に考慮しておくべき要素である。

「コイン」をゲームデザインに用いている例が見られた。コインはマリオシリーズをはじめとした多くのビデオゲームで報酬として設定されており、ユーザにとって分かりやすい指標である。渡辺ら [44] は、キーボードと顔の動きによる操作の実験に、障害物を避けながらより多くのコインを獲得するラン&ジャンプゲームを開発した。分析ではコインの獲得数により、キーボードと顔の動きを併用した操作の難しさを裏付けた。またコインをプレイヤーが移動する導線として用いている例も見られた [45, 46]。

実験やデモンストレーションで何を示したいかによって、ビデオゲームのジャンルやルール、ゲーム内パラメータも変わってくる。紹介した研究以外にも、利用されているビデオゲームのジャンルやルールは多様であった。

3.2 ビジュアル

図 4 に先行研究で利用されていたビデオゲームを引用、紹介する。意図的にデザインされたものか開発の都合か不明だが、シンプルなものと記号的なものが大半だった。Iacovides ら [47] は、キャラクタ情報やアイテム情報などを表示するヘッドアップディスプレイ (HUD) の表示がゲーム体験に影響を及ぼすことを明らかにした。また HUD 以外でもキャラクタやステージのビジュアルが評価実験のノイズになる可能性もあるため、シンプルなものが実験には向いているだろう。一方で、実験のためにあえてノイズを加えている例もある。吉田ら [48] は、視覚探索支援システムの実験のために、接近してくるターゲットを VR コントローラで斬るというゲームを制作した。ターゲットである Box には、図 3 のようにアルファベットを付与した。また山浦ら [49] は表示されるたくさんの情報の認識がゲーム体験に影響が出るのではないかと考え、SPACE INVADERS EXTREME*11を採用した。

*9 Joe らによるオープンソースのドライビングシミュレータ (2005), <http://vdrift.net/>

*10 任天堂から発売されたアクションレースゲーム (2008), <https://www.nintendo.co.jp/wii/rmcj/>

*11 タイトーから発売されたシューティングゲーム (2018), <https://www.taito.co.jp/steam/sie>

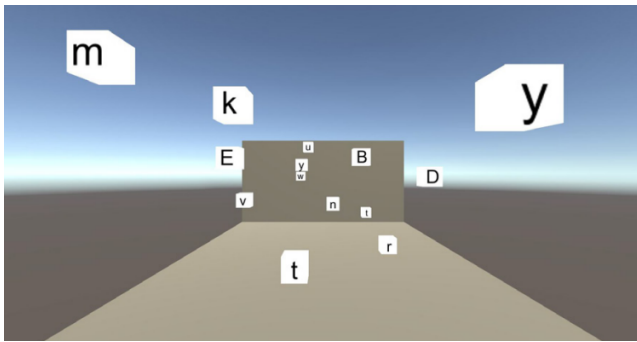


図 3 吉田ら [48] が制作した VR ゲーム

ビジュアルに関しても、研究内容によって多様であった。実験の条件やビデオゲームを利用するシチュエーションによって、ビジュアルを最適化する必要がある。

4. ビデオゲームをタスクとした実験における評価指標の紹介と分析

本章では、各研究者がビデオゲームを実験タスクとして利用した上で、どのような評価指標を用いているのか紹介しまとめる。

4.1 主観評価アンケートによる定量的評価

定量的評価のため、評価実験において実験参加者にアンケートを取ることがある。実験の目的によって聞きたいことは異なるため、それに応じて研究者がリッカート尺度やSD法を用いて作成している。ゲーム体験の評価では共通で使えるアンケートが開発されており、今回のサーベイでもそれを用いて評価している例がいくつか見られた。

VRゲームを用いた実験で酔いを測る生理的指標として、Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) [50] が使われていた。これはシミュレータ酔いを定量的に評価するものである。VRゲーム以外のものだと、ぼかしエフェクトを用いたゲーム体験の心地よさ具合や集中しやすさを測るのに利用されている例もあった [49]。没入感や楽しさなどのゲーム体験を測るには、Game Experience Questionnaire (GEQ) [51] が使われていた。GEQを使用した研究は少なく、他の研究と定量的に相対比較できるようより普及させていく必要がある。没入感に特化したアンケート Immersive Experience Questionnaire (IEQ) [52] も使われていた。

実験参加者の熟練度や知識量を尋ねている例も見られた。藤井ら [53] は、エンタテインメント系システムの主観評価実験に重要な項目のうちの一つとして、「実験参加者の熟練度と知識量」を挙げていた。そこでスーパーマリオ ヨッシーアイランド^{*12}を用いたケーススタディを行い、直近10年のゲームのプレイ時間やヨッシーアイランドの経験の有無など、知識を問うアンケートを実施していた。

^{*12} 任天堂から発売されたアクションゲーム (1995), <https://www.nintendo.co.jp/n02/shvc/yi/index.html>

SSQやGEQのように、知識量を測る共通のアンケートが開発されれば、評価はより確かなものになるだろう。また熟練度を測るために、「ジャンプができる」や「連続で踏ん張りジャンプができる」などの45のチェック項目を、録画したプレイ動画を見ながら記録した。オープンビデオゲームライブラリのそれぞれのビデオゲームにも、予めこういったチェック項目を用意しておく必要がある。

コントローラのユーザビリティ評価として、Brownら [40] は Subjective Mental Effort Questionnaire (SMEQ) [54] によりユーザの精神的努力を、Consumer Product Questionnaire (CPQ) [55] によりユーザの満足度を定量的に評価した。一方で日本の研究には、こうした共通アンケートを利用したユーザビリティの評価は見当たらなかった。

4.2 観察による定性的評価

実験参加者をその場で観察したり [19,37,56]、録画したものをあとで見返したりして [14]、どのような発話や動作をしているか分析している例が見られた。インタラクションを評価する上でユーザを観察することは重要である。上間ら [39] の身体動揺を観察したものや、原ら [57] の気合を入力としたコントローラのデモンストレーションなど、動きやリアクションが大きくなるゲーム体験を評価するときには特に観察は必須である。

5. おわりに

本論文では、日本のHCI分野において利用されているビデオゲームを、「選定理由」「ゲームデザイン」「評価指標」の観点から分析しまとめた。ビデオゲーム自体の研究以外にも、デバイスやシステムのアプリケーション例としてビデオゲームを利用しており、使い方は多様であった。

選定理由をまとめることでニーズが明らかになると考え、4項目に分類し紹介した。「適切な体験ができる」ものは、デバイスやコントローラを評価しているものが多く、最大限の魅力が伝わるよう体験ベースで選定されていた。一方で絶対的な評価しかできず、他の研究と比較するのは難しい。体験ベースに対し、「提案システムや実験の制約」では実験ベースで選定されていた。デバイスの評価も含まれるため「適切な体験ができる」ものと似ているが、ビデオゲームは市販のものや簡素な自作のものなど独自性が少なかった。「認知度が高い」ものは市販のビデオゲーム、「開発に都合が良い」ものは自作やオープンソースのビデオゲームを利用しているものが多かった。Infinite Mario Bros.をはじめとしたAIのベンチマークとなるクローンゲームでは、どちらの要件も満たしているためニーズの高さがうかがえる。プログラミングのスキルや知識があまりない研究者にとっては、ビデオゲームの開発が研究者の大きな負担になっていることも明らかになった。

ルールやゲームデザインに関しても研究内容によって多

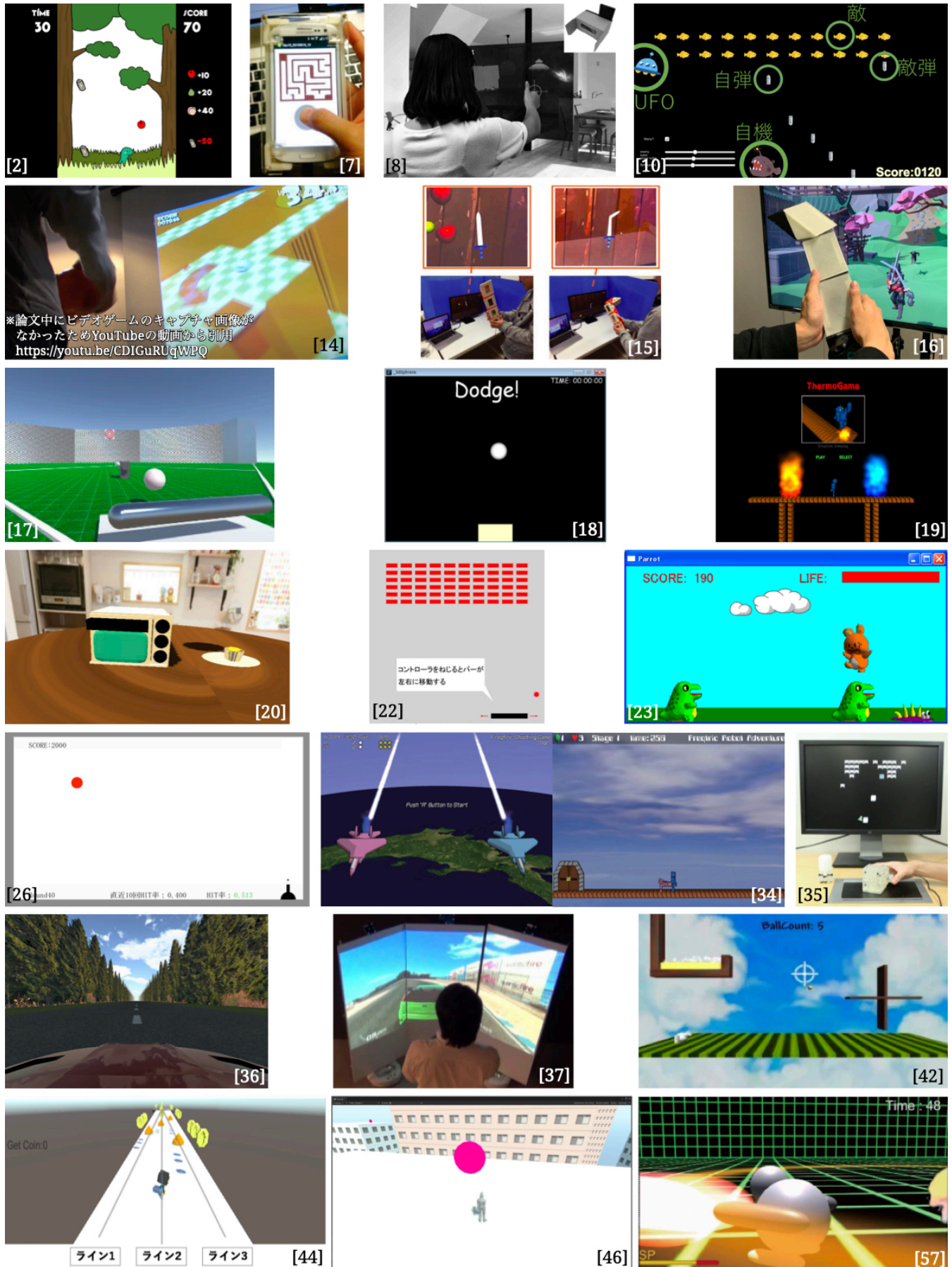


図 4 利用されていたビデオゲームの例 各研究の論文からの画像を引用

様であった。ジャンルとしてはカスタマイズ性の高いスクロール型のシューティングゲームが多く見られた。選定理由とつながる部分があるが、体験ベースか実験ベースかでルールやビジュアルも変わっているようだった。体験ベースではドライビングシミュレータのように時間の制限がなく没入感を重視したりリアルなグラフィックで、実験ベースでは時間条件やわかりやすさを重視していた。体験ベースなものでは定量的な評価がしにくく、実験ベースなものではデモンストレーションや展示で魅力的に映えにくいと、それぞれ課題がある。

評価指標に関しては、海外の共通アンケートが日本ではあまり使われていないような印象だった。また定性評価の方法も定まっておらず、ビデオゲームを利用した評価に関して課題が多い。EC 研究会が実施している Qualification 制度 [58] のように、評価の枠組みを定めていく必要がある。

オープンビデオゲームライブラリでは、これらの課題に対してビデオゲームを利用した評価の土台を整えていく。研究利用しやすいビデオゲームと、評価などの活用ノウハウを共有することで、ゲーム研究の発展に貢献したい。

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旨と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 2021 論文集, Vol. 2021, pp. 181–186, Aug. 2021.
- [2] 小川紗也加, 藤原幸一, 山川俊貴, 阿部恵里花, 加納学. 次第に速くなる虚偽心拍フィードバックを用いたゲーム体験の向上. 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. 280–286, Sept. 2017.
- [3] 浅野日登美, 橋本直. アクションゲームのための手本プレイ動画に対する模倣入力を用いた上達支援システム. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC) , Vol. 2020-EC-55, No. 15, pp. 1–8, Mar. 2020.
- [4] 矢吹溪悟, 角薫. 言外の意味 ZERO : 定型発達者のための自閉症者との対話方法を学習するシリアスゲーム. 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 11, pp. 1934–1952, Nov. 2018.
- [5] 森川治, 佐藤滋. 発達障害者の姿勢保持練習ゲームの開発. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 199–208, Aug. 2013.
- [6] 白井良成, 松田昌史, 藤田早苗, 小林哲生, 岸野泰恵. World Wide Web のゲーム化とその効用. 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 11, pp. 1660–1679, Sept. 2020.
- [7] 中井優理子, 工藤慎也, 岡崎龍太, 梶本裕之. 弾性素材のせん断変形を用いたタッチパネルへの水平方向力入力とその応用. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 18, No. 2, pp. 95–106, May 2016.
- [8] 石井晃, 阿達拓也, 島佳吾, 中前秀太, 志築文太郎, 高橋伸. カードボード VR のための空中操作を用いたターゲット選択手法. コンピュータ ソフトウェア, Vol. 35, No. 2, pp. 64–78, Apr. 2016.
- [9] 栗原一貴. Toolification of Games : 既存ゲームの余剰自由度の中で非ゲーム的目的を達成するゲーミフィケーション周辺概念の提案と検討. 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 4, pp. 919–931, Apr. 2017.
- [10] 松本華歩, 栗原一貴. Toolification of Games を活用したプレゼンテーション中の立ち位置移動トレーニングの提案. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2018 論文集, Vol. 2018, pp. 189–194, Sept. 2018.
- [11] Ryan P. McMahan, Eric D. Ragan, Anamary Leal, Robert J. Beaton, and Doug A. Bowman. Considerations for the use of commercial video games in controlled experiments. *Entertainment Computing*, Vol. 2, No. 1, pp. 3–9, Dec. 2011.
- [12] 藤井叙人, 佐藤祐一, 若間弘典, 風井浩志, 片寄晴弘. 生物学的制約の導入によるビデオゲームエージェントの「人間らしい」振舞いの自動獲得. 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 7, pp. 1655–1664, July 2014.
- [13] 石原誠, 宮崎泰地, 原田智広, ターウォンマツラック. 対戦格闘ゲームにおけるゲーム AI や操作法の違いがプレイヤーの感じる面白さに与える影響の分析. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 11, pp. 2414–2425, Nov. 2016.
- [14] 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: ぶよこん. 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-EC-20, No. 11, pp. 1–6, May 2011.
- [15] 福永健竜, 梶山隼, 井上亮文. 変形コントローラによるゲーム体験の質の向上. 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 1, pp. 53–63, Jan. 2021.
- [16] 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, Sept. 2019.
- [17] 小川大地, Yem Vibol, 蜂須拓, 梶本裕之. 多感触ボタンによる触覚フィードバックのゲームコンテンツへの応用. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, Vol. 2015, pp. 281–287, Sept. 2015.
- [18] 萩原正宏, 高橋伸, 田中二郎. ダメージを演出するための鋭い感触を呈示する手法の検討と開発. 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-EC-20, No. 6, pp. 1–5, May 2011.
- [19] 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ョ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, Mar. 2012.
- [20] 赤羽克仁, 高橋実里, 佐藤誠, 中本高道. 嗅覚及び力覚インタフェースを用いたマルチモーダル VR 環境の開発. 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol. 24, No. 1, pp. 69–76, Mar. 2019.
- [21] 佐藤大輔, 渡邊恵太. ゲーム観戦におけるプレイヤー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 2021 論文集, Vol. 2021, pp. 400–404, Aug. 2021.
- [22] 森澤玲, 上田エジウソン, 寺内文雄. 直感的に操作できる柔軟なゲームコントローラの提案. 日本デザイン学会研究発表大会概要集, Vol. 62, p. 242, 2015.
- [23] 五十嵐健夫, John F. Hughes. 言語情報を用いない音声による直接操作インタフェース. 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol. 2004, No. 74(2004-HI-109), pp. 47–51, July 2004.
- [24] 山下大輔, 間博人, 松井健人, 三木光範. 内蔵照度センサによるハンドジェスチャ認識を用いたモバイルアプリケーションの検討. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol. 2015-HCI-165, No. 4, pp. 1–8, Feb. 2015.
- [25] 近藤裕貴, 藤井叙人, 片寄晴弘. 時系列パターンに着目したアクションゲームのスキル獲得支援. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, Vol. 2015, pp. 122–126, Sept. 2015.
- [26] 宮下秀範, 福地健太郎. 砲台型シューティングゲームにおける上達感の獲得と持続意欲に与える影響の研究. 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. 69–72, Sept. 2019.

- [27] 藤原優花, 南里幸英, 山浦祐明, 中村聡史. 眼鏡型計測端末を用いたゲームプレイにおける重要なシーン抽出手法の検討. エンタテインメントコンピューティング 2019 論文集, Vol. 2019, pp. 52–59, Sept. 2019.
- [28] 秋山博紀, 渡邊恵太, 稲見昌彦, 五十嵐健夫. eXLoop: 楽しさの再帰による体験の強化システムの提案. WISS2010 予稿集, 2010.
- [29] Sergey Karakovskiy and Julian Togelius. The Mario AI Benchmark and Competitions. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, Vol. 4, No. 1, pp. 55–67, Mar. 2012.
- [30] 和田計也, 高野雅典, 福田一郎. スマートフォンゲームにおけるユーザの離脱・継続行動分析. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 304–306, Sept. 2014.
- [31] 五木宏, 竹内飛鳥, 藤田篤, 松原仁. MMORPG ログデータを活用した RMT 被疑者の効率的な検出. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2010-EC-17, No. 12, pp. 1–6, Aug. 2010.
- [32] Feiyu Lu, Kaito Yamamoto, Luis H. Nomura, Syunsuke Mizuno, YoungMin Lee, and Ruck Thawonmas. Fighting game artificial intelligence competition platform. In *2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 320–323, Nov. 2013.
- [33] 原田和明, 兼松祥央, 茂木龍太, 三上浩司. 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 2020 論文集, Vol. 2020, pp. 8–11, Aug. 2020.
- [34] 馬場哲晃, 牛尼剛聡, 富松潔. 身体接触行動をインタフェースとしたビデオゲームシステムの制作と評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 12, pp. 2978–2988, Dec. 2009.
- [35] 韓燦教, 高橋亮, 矢作優知, 苗村健. PneuModule: 感圧タッチパッドとインフレーターブルピンアレイを用いた再構成可能な物理インタフェース. インタラクシオン 2021 予稿集, Vol. 2021, pp. 868–873, 2021.
- [36] 萱場大貴, 宮下芳明. VR レースゲームでの動的なトンネリングによる速度感と酔いの調査. 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. 208–213, Aug. 2021.
- [37] 大山貴史, 高嶋和毅, 浅利勇佑, 北村喜文. 自律移動・変形する壁型ディスプレイの設計と実装. 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 5, pp. 1049–1060, May 2017.
- [38] 安藤英由樹, 渡邊淳司, 杉本麻樹, 前田太郎. 前庭感覚インタフェース技術の理論と応用. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1326–1335, Mar. 2007.
- [39] 上間裕二, 永谷直久, 杉本麻樹. 情報環境への自己投射と操作に伴う身体動揺 (第 2 報). 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-EC-19, No. 26, pp. 1–4, Mar. 2011.
- [40] Michael Brown, Aidan Kehoe, Jurek Kirakowski, and Ian Pitt. Beyond the Gamepad: HCI and Game Controller Design and Evaluation. In *Evaluating user experience in games*, pp. 209–219. Springer, 2010.
- [41] 八田原慎悟, 藤井叙人, 長江新平, 風井浩志, 片寄晴弘. テレビゲーム実施時の熟達者と非熟達者の脳活動の分析. インタラクシオン予稿集, Vol. 2008, pp. 125–132, 2008.
- [42] 國富彦岐, 石川晃, 田所康隆, 白井暁彦. 年齢層とゲーミングデバイスの違いによる面白さ比較調査. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集, Vol. 2013, pp. 111–116, Sept. 2013.
- [43] 遠藤雅伸, 三上浩司. 短時間で適正難易度に誘導する「プリセットレベル選択」. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 46–51, Nov. 2016.
- [44] 渡辺泰伎, 白石陽. アクションゲームにおける顔の動きを用いたゲーム操作の拡張に関する考察. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI), Vol. 2019-HCI-185, No. 19, pp. 1–7, Dec. 2019.
- [45] 佐藤卓, 田野俊一, 橋山智訓, 市野順子, 岩田満. 3次元視線移動システムを用いた VR 内での空中テレポーテーションの実装と評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI), Vol. 2021-HCI-192, No. 9, pp. 1–5, Mar. 2021.
- [46] 早織岡本, 久一羽田. 風を用いたゲームプレイ中の落下感覚の向上. 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 論文集, Vol. 2021, pp. 119–122, Aug. 2021.
- [47] Ioanna Iacovides, Anna Cox, Richard Kennedy, Paul Cairns, and Charlene Jennett. Removing the HUD: The Impact of Non-Diegetic Game Elements and Expertise on Player Involvement. In *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pp. 13–22, Oct. 2015.
- [48] 吉田峻亮, 施真琴, 内海章, 山添大丈. 視認推定に基づく視覚探索タスク支援と VR 環境における有効性評価. インタラクシオン予稿集, Vol. 2021, pp. 432–436, 2021.
- [49] 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. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI), Vol. 2019-HCI-182, No. 18, pp. 1–8, Mar. 2019.
- [50] Robert S Kennedy, Norman E Lane, Kevin S Berbaum, and Michael G Lilienthal. Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, Vol. 3, No. 3, pp. 203–220, 1993.
- [51] Wijnand IJsselstein, Yvonne De Kort, Karolien Poels, Audrius Jurgelionis, and Francesco Bellotti. Characterising and Measuring User Experiences in Digital Games. In *International conference on advances in computer entertainment technology*, Vol. 2, p. 27, Jan. 2007.
- [52] Charlene Jennett, Anna L Cox, Paul Cairns, Samira Dhoparee, Andrew Epps, Tim Tijs, and Alison Walton. Measuring and defining the experience of immersion in games. *International journal of human-computer studies*, Vol. 66, No. 9, pp. 641–661, Sept. 2008.
- [53] 藤井叙人, 福嶋良平, 片寄晴弘. エンタテインメント系システムの主観評価実験におけるユーザ統制及び実験手法の検討. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, Vol. 2015, pp. 429–434, Sept. 2015.
- [54] Albert G. Arnold. Mental Effort and Evaluation of User-Interfaces: A Questionnaire Approach. In *Proceedings of HCI International (the 8th International Conference on Human-Computer Interaction) on Human-Computer Interaction: Ergonomics and User Interfaces-Volume I - Volume I*, p. 1003–1007, USA, Aug. 1999. L. Erlbaum Associates Inc.
- [55] Niamh McNamara and Jurek Kirakowski. Measuring user-satisfaction with electronic consumer products: The consumer products questionnaire. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, Vol. 69, No. 6, p. 375–386, June 2011.
- [56] 箕豪太, 杉浦裕太, 杉本麻樹, 稲見昌彦. FwatHome: ぬいぐるみをコントローラにするプラットフォーム. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol. 2010-EC-17, No. 3, pp. 1–4, Aug. 2010.
- [57] 原寛徳, 木下悠. プレイヤーの気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, Sept. 2017.
- [58] 水口充. エンタテインメントコンピューティング研究における価値基準の枠組みの提案. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2018 論文集, Vol. 2018, pp. 57–64, Sept. 2018.