

## 【研究ノート】

# ビデオゲーム技術がもたらす 「遊び」の現在と未来

齋藤直宏

## The Present and Future of “PLAY” Brought About by Video Game Technology

Naohiro Saito

**Abstract:** There is no doubt that computers have had a great impact on our lives. Not only are computers utilized for food, clothing, and shelter, which are indispensable in our daily lives, but their contribution to the field of entertainment is also remarkable. In this paper, I would like to discuss the current status of video games brought about by the evolution of computers and display devices, and discuss new contents based on video game technology.

**Keywords:** play, video game, digital entertainment, XR, MR

### 1. はじめに

コンピュータは防衛といった国家レベルの戦略に基づいて開発された背景を持つが、技術者は早々に「テニス・フォー・ツー」というゲームを開発し一般に公開している。これは米国連邦原子力研究機関であるブルックヘブン国立研究所（BNL）が1958年10月の研究所一般公開に合わせて開発したもので、テニスを横から見たボールの軌跡が表示された簡素なものであった。見学者は何時間も待たされたという事から、コンピュータを使ったゲームコンテンツの可能性を最初に示した事例として興味深い。ただし、「テニス・フォー・ツー」の技術はその後のテレビゲーム開発に対する源流とはなっていない [1]。

Facebook Inc.（当時）がOculus VR, Inc. を2014年3月25日付で買収発表した。この発表において、仮想空間は人々がコミュニケーションするための“*transformative and disruptive technology*（変革的、破壊的技術）”であるとし、その可能性について述べている [2]。そして2021年10月28日にFacebook Inc. は社名をMeta Platforms, Inc. に変え、新しい時代への取組みを発表している [3]。リアル空間とメタバースをつなぐためにHMD（Head Mount Display）が使われ、その表現においてビデオゲームのテクノロジーが使われる。1958年に誕生したテレビゲームが、現代において次の世界を構築するために必要不可欠な技術を提供する産業として成長してきた過程と現状について考えてみる。

## 2. ビデオゲームについて

ビデオゲームコンテンツは様々な側面を持つ。コンピュータ上で稼働するソフトウェアであるが、その表現は美しいグラフィックスで構成され、流れる楽曲や効果音などは映画にも引けを取らない。迷わず操作できるインターフェースデザインも重要な要素であり、夢中になってプレイするゲームデザインをベースに心を動かすためのストーリーもある。また、ビデオゲームは多くの場合「遊び」のコンテンツとして認識され、社会基盤を構築する生産的なソフトウェアとは異なる存在として位置付けられることが多い<sup>(注1)</sup>。大きな産業基盤を持ちながら最新技術の初期における実装フィールドとして扱われることもあり、それが新規性を求めるゲーム開発者と呼応しあいビデオゲームコンテンツを驚くほど進化させてきたことも事実である。この繰り返しがエコシステムを生み、ビデオゲームを構成する他の要素の進化までも引き起こしていると言える。ビデオゲームコンテンツをこのように捉えると、ゲームの進化・ゲーム産業の成長だけでなく関連する技術への影響を生み出している稀有なソフトウェアといえるだろう。

また、近年ではビデオゲームを構成するやストレスのない空間描画技術が新たなサービスや画面に縛られないエンタテインメントコンテンツに適用され始めている。このような広がりもビデオゲームの特徴といえる。

### 2.1 ビデオゲームの「遊び」について

「遊び」は4つの要素で構成され、様々な遊びは4つの要素の占める割合が異なっているという考え方がある。これは社会学者ロジェ・カイヨワが1958年に発表した「遊びと人間」[4]の中で述べており、今でもゲームデザイン（Game Design）において引用されている[5]。それぞれはアゴン（Agon：競争）・アレア（Alea：運）・ミミクリ（Mimicry：模倣）・イリンクス（Ilinx：眩暈）と定義されている。アゴン、アレアはゲームメカニクスから容易に想像がつくため、ここではミミクリ（模倣）とイリンクス（眩暈）について触れておく。ミミクリは「遊びと人間」の中で“架空の人物となり、それにふさわしく行動する”というところに成立しうる”と説明されている。これはプレイヤーがゲームコンテンツ内のキャラクターとの同一感を持って行動する事と考えられる。また“現実より以上に現実的な現実として、そうした仕掛けを、しばらくの間、信じなければならぬのだ。”とし、現実とは異なる現実（仮想現実）を受け入れることで成立すると考えられる。イリンクスについては“時には器官の、時には精神の感乱であるこうした忘我の熱狂の、様々な種類を総称するために、私はイリンクスという言葉を提唱したい。”と述べ、その前段で身体を翻弄する様々な事例を挙げている。“空中ぶらんこ、空間へ身を投げ出すこと、あるいは墜落、急速な回転、滑走、スピード、直線運動の加速、あるいはこれを旋回運動との組み合わせといったことがそれだ”と述べている事から身体を動かすことの刺激や予想し得ないような刺激と捉えた。また、別の軸としてパイディア（Paidia：遊戯）とルドゥス（Ludus：闘技）が提案され、無秩序な即興的な自由な遊びからルールが厳格な競技といった考え方が適用されている。本稿では技術面の考察であるためこの軸に関して特に言及はしない。

表1 遊びの分類 (抜粋) [4]

分類	遊びの例
アゴン (競争)	サッカーなどのスポーツ競技 チェスなどの頭脳競技 取っ組み合い
アレア (運)	ルーレット 宝くじ じゃんけん
ミミクリ (模倣)	ごっこ遊び 演劇
イリンクス (眩暈)	ブランコ メリーゴーランド スキー

## 2.2 遊びの分類の技術適用

ビデオゲームはスマートフォンやPCなどの汎用機器、コンソール/ハンドヘルド型の個人ユースのゲーム専用機、そしてゲームセンターなどに設置されるアミューズメントマシンといった様々なプラットフォームで提供されている。アミューズメントマシンを除く機器には一般的な入出力システム（マウス、キーボード、ゲームパッド、タッチスクリーン、スピーカなど）が接続され、これらのデバイスを通じてプレイヤーである人と情報交換が行われる。プレイヤーにビデオゲームを体験させるとき、ソフトウェアと人との間で交換される情報のクオリティを高めることがビデオゲームの「遊び」の向上に繋がる。これはビデオゲームが提供するゲームルールによる楽しさや感動、くやしさといった感情を刺激する情報の場合もあり、驚くほどリアルなグラフィックスやサウンドの場合もある。ゲーム世界でのグラフィックスはリアルなシミュレーションである必要もないため、アーチスティックな世界観に浸りながらストーリーに没頭して体験してもらうことも可能となる。この様なビデオゲームがプレイヤーに提供する情報を生成するソフトウェアはコンピュータ上で動作するため、関連する様々な技術の進化が「遊び」の4要素へ影響を与える。「遊び」の4要素とビデオゲームを構成する技術をマッピングした表が「遊びとビデオゲーム技術」[6]で提案されている。この論文は2005年に執筆しているため、今の状況から見直した技術マップを表2に載せる<sup>(注2)</sup>。

表2 「遊び」の4要素への技術マップ

分類	影響を与える技術
アゴン (競争)	ゲーム AI (キャラクタ、メタ) [7](注3)
アレア (運)	データ分析 ゲーム AI (メタ) [7]
ミミクリ (模倣)	3DCG 映像音声表示システム (HMD、立体音響) [8] 入力システム
イリンクス (眩暈)	映像音声表示システム (HMD、立体音響) [8] 稼働筐体

### 2.3 ゲーム AI

ビデオゲームという「遊び」のコンテンツにおいて、プレイヤーをもてなす(楽しませる)ために敵キャラを状況に合わせて制御する仕組みはゲーム黎明期から存在している。当初はゲームの状況に応じた条件分岐などでの制御が主であり、最近のゲーム AI と比較するとあまりにもシンプルである。その中で 1980 年に発売された「パックマン (PAC-MAN)」をゲーム AI の原点とする考え方がある。「パックマン」ではプレイヤーが操作するパックマンに敵対する 4 種のモンスターとして登場するノンプレイヤーキャラクタ (NPC: Non-Player Character) それぞれに性格付けを行い、プレイヤーのレベルを測定し難易度調整をリアルタイムで行っている。この考え方は近年のゲーム AI におけるキャラクタ AI とメタ AI と定義づけられる [9]。

近年ではキャラクタ AI、メタ AI、スパーシャル AI で構成されるゲーム AI が動的に連携してゲームコンテンツでの「遊び」を進行する [10] が、各 AI の特徴からアゴン (競争) にはキャラクタ AI とメタ AI を、アレア (運) にはメタ AI を表 2 に記している。三宅は論文 [10] においてメタ AI を“ゲーム全体を俯瞰的にコントロールする AI. ゲームのあらゆる要素をコントロールすることが可能である”と定義している事から、ゲームプレイ時のプレイヤーのゲーム攻略に対する「モチベーション (アゴン: 競争)」やプレイ時における「偶然性 (アレア: 運)」といった部分を制御すると考えられる。また、キャラクタ AI を“キャラクターの頭脳、身体を含めたシステム. 特にエージェント・アーキテクチャによって構造化され、認識、意思決定、身体操作などのモジュールを持つ”と定義している。プレイ時に NPC である敵キャラクタの制御に用いられることで、プレイヤーキャラクタと対峙する場面で競争心を煽る事が可能と考える。またビデオゲーム内でチームを編成し Co-op (共同プレイ) をしているときにチーム内メンバがすぐれたキャラクタ AI であれば高度な「遊び」を成立させることも可能であり、現時点でもゲーム AI 研究の興味深い重要なテーマである [11]。

### 2.4 映像表示システム

当然ではあるがビデオゲームは映像表示装置を必要とする。世界初のビデオゲームである「テニス・フォー・ツー」はベクターディスプレイ (オシロスコープ) を使用し、据置型ゲーム機は主に家庭用テレビに映像や音声を出力している。このようにビデオゲームの世界をプレイヤーに体験してもらうために、またゲームプレイに関連する情報を伝えるために映像表示機器は欠かせない。業務用のビデオゲームは没入感を高めるためにモニタやプロジェクタを含めて筐体デザインをしているものがある。釣り体験を提供するゲームではモニタを平面に設置 [12] して水面を表現し、宇宙空間で対戦する大型システムの場合は 16 台のプロジェクタを使いプレイヤーの周りを 360 度のスクリーンで囲い臨場感を高めている製品がある [13]。このようなシステムデザインは「遊び」の 4 要素であるミミクリ (模擬) をプレイヤーに提供することに繋がると考えられる。高臨場感ディスプレイは様々な開発され実用化されている [14] が、先の事例のように業務用ビデオゲームでは映像表示機器を特殊に設計された没入感を高めるシステムで利用してきた。一般的ディスプレイは解像度やリフレッシュレートの向上 (120fps、VRR) は見られるが人と向き合う限

られた大きさの表示システムであることが多く、設置環境の制限から、業務用のようなシステムデザインでの没入感を高めることが難しい。しかし、近年はゲーム専用機やPC向けに高性能なHMDが比較的安価で入手でき、高い没入感を提供する事が可能になってきている。

## 2.5 MR (Mixed Reality) エンタテインメント

ビデオゲームは開発者が創作したゲーム世界での体験をプレイヤーに提供する。この時に「遊び」の要素である没入感：ミミクリ（模擬）を向上させるための映像表示デバイスが重要である。近年普及してきたHMDはミミクリを向上させるにあたって従来からのディスプレイを超えた有効な映像表示デバイスであり、HMD向けのVRビデオゲームが家庭用ゲーム機やPC向けゲームで数多くリリースされている。またVRにとどまらずAR/MRといった形で拡張現実世界へのアプローチがビデオゲームでも使われているが、MRの商用エンタテインメントコンテンツはまだ事例が少ない。MRは現実空間に仮想空間世界を重ねて表示した魅力的な複合空間<sup>(注4)</sup> 界体験をプレイヤーに提供できるが、MRデバイス<sup>(注5)</sup>が高額であることやゲーム内の仮想表示物を現実空間に違和感なく重ねて表示する際の描画手法や現実空間との適切な空間マッチング合成が困難であるなどまだ課題<sup>(注6)</sup>が多い[15]。エンタテインメントコンテンツの事例が少ない中<sup>(注7)</sup> 商用サービスを行った製品を紹介したい。オーストリア リンツで開催されているアルスエレクトロニカ・フェスティバル2017で展示された「PAC IN TOWN (パック イン タウン)」[16]である。"マイクロソフト社製 HoloLens" を使用しプレイヤー視点の現実空間に仮想ゲームフィールドを重ね、プレイヤーは現実空間（実際は仮想ゲームフィールド）内でプレイする。翌2018年に東京、大阪で一般向けに公開された[17]。1980年にナムコからリリースされた「PAC-MAN (パックマン)」同様にパックマンがドットを食べていくゲームシステムであるが、「PAC IN TOWN」では迷路やドットが複合世界の空間内に表示され (Fig.1) プレイヤーがパックマンになって走り回り (Fig.2)、同時にプレイしている仲間と協力して迷路内のドットをすべて消せばゲームクリアである。共同プレイヤーが目視できることでアイコンタクトなどをしながら「遊び」を共創できることはVRでのプレゼンスとは異なる点である (Fig.3) [18]。一般的なゲームではプレイヤーはコントローラを操作してゲーム空間内のアバターを制御するが「PAC IN TOWN」では自分が複合世界の空間内に存在してゲームが進行するためゲームコントロールデバイスは必要ではなく、高いレベルのミミクリ（模擬）が体験できる。視覚的效果だけではないリアルな体験の提供、これがMRを用いたエンタテインメントコンテンツの大きな特徴である。

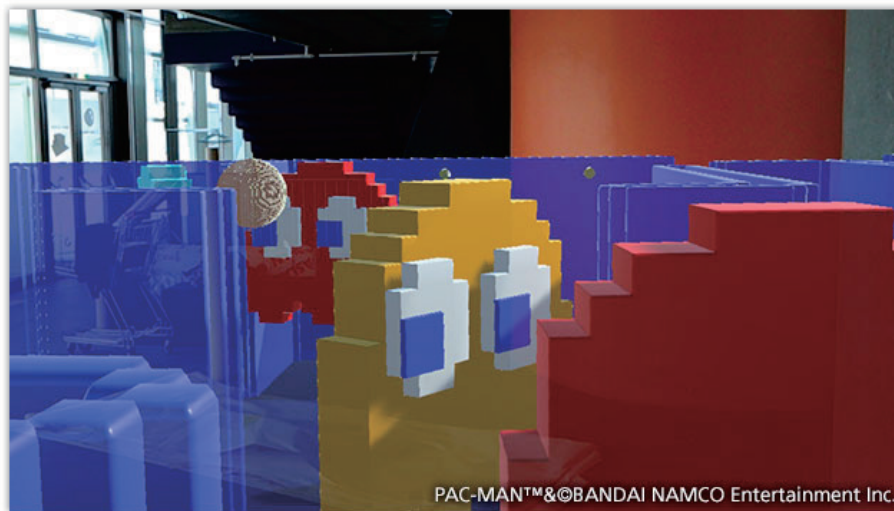


Fig.1 プレイヤーからみたMRでのゲームフィールド



Fig.2 プレイ進行中のゲーム空間



Fig.3 体験しているプレイヤー（実空間のみ）

## 2.6 学内MR事例

MR デバイスを対象とした学内での実習事例を1件紹介したい。これは「地域共創デザイン実習」という実習授業で、学外クライアントからの問題・課題に対し実践的に解決する手法をPBLで考案・検討することを目的とする本学の特徴的な科目である。2021年度は17の様々なクライアントからの課題に学生が取り組んだが、その中で「XRを用いた教育」という課題に取り組んだチームがある。そのチームは“HoloLens”含むいくつかのXRデバイスの特徴を調査し検討を進めた。最終的には課題を解決するいくつかのアイデアの中から、授業で行われるグループワークでの使用を想定したMRデバイスとセンシングデバイスを組み合わせ他者の身体・心理状態を視覚的に得られるという「ロールシステム」(Fig.4)を提案している。実際のアプリ開発までは実現出来なかったが、オンライン空間でのグループワークが多い今年度ならでは、今後推移するであろうリアル空間コミュニケーションでのグループワークを対象としたユニークなアイデアである。



Fig.4 グループワーク時に参加者の状態が吹き出し形式で表示される

### 3. ビデオゲーム技術がもたらす空間体験

#### 3.1 仮想空間コミュニケーション

1990年代から普及した3Dゲームでは仮想空間内にプレイヤーのアバターを存在させ（もしくはプレイヤー視点で）ゲームが進行することを特徴とする。この時にゲームソフト間を通信で接続し同じ仮想空間に他者が操作するアバターを存在させ、ゲーム仮想空間内で競争や共同でプレイすることなどが可能となった。2000年代には同様の技術を使ったサービス「セカンドライフ」[19]が登場し、様々な活動が可能な仮想空間が提供され<sup>(注8)</sup>、実空間に近いコミュニケーションが仮想空間内のアバター同志で可能となった。この仮想空間での表現は現実世界に似せる必要はないためアバターも自分に寄せる必要もなく、声も話す言語も現実と違って構わない。仮想空間内に存在するアバターの接続先が現実空間の自分であるということが重要であり、物理的距離に依存しない他者とコミュニケーションができるということが仮想空間コミュニケーションの特徴である。ビデオゲームを使ったコミュニケーションは以前から行われていたが、2020年からのCOVID-19感染拡大にとまなう社会活動の変化において新たに注目されている [20]。

HMDが普及し始めたことにより、自分の身体が仮想空間内に存在しているような感覚でのゲーム体験やコミュニケーションが行われている。没入感を向上させるため視覚情報に付加する形で立体音響や嗅覚を付加するシステムも実現され [21]、将来に向けて味覚を電気刺激で再現する研究もされている [22] ことから、将来は今まで以上の高いレベルの没入感が提供されるであろう。HMDを使ったコンテンツはビデオゲーム以外にもショッピングや観光、教育分野での活用 [23] やサービスが始まっている。仮想空間を提供したい方へ構築するサービス [24] もスタートしていることから、仮想空間の体験はより身近になるだろう。様々な技術を取り込んで進化してきたビデオゲームでの仮想空間を構築して運営する技術、HMDで体験する際のUIや3D酔い軽減といったコンテンツデザイン手

法などがビデオゲーム以外で使われているという、固有産業技術の一般化の事例である。

しかし様々な課題もあり経済産業省は拡大する仮想空間ビジネスでの課題を報告書にまとめている [25]。仮想空間内での体験を安全・安心に高いレベルで実現するには技術面だけでなく多方面からの整備が必要である。

### 3.2 現実空間への干渉

プロジェクションマッピングは実際に存在する物体表面へ映像を投影し現実世界での視覚へ干渉する手法である。よく見られる固定物体表面への投影だけでなく、投影対象としての人の動きに合わせた表現 [26] や移動物体に投影するダイナミックプロジェクションマッピング [27]、輝度映像を投影する事で静止画が動くような錯覚表現 [28] もあり広義で複合現実 (MR: ミックスリアリティ) [29] と言える。しかし高輝度や高速駆動のプロジェクタなど大掛かりなシステムになることが多く、パーソナルな環境での環境整備や体験は難しい。その反面 HMD を使った MR は現実と仮想の空間を合成した複合空間を構築でき、運用面においてもパーソナルな環境で使用が可能である。パーソナル環境での体験が可能であっても複合空間を生かした「遊び」を実現するにあたってはいくつか課題がある。第一に仮想空間内に現実空間の精緻な情報を取得しなければならない。この点については現実空間を仮想空間内に取り込むにあたっては文化財保護の観点からの取り組みは多くの事例があり、MR コンテンツも提供され [30] 技術的には可能である。またゲーム開発者が測量会社と取り組んだ報告 [31] もある。だがどちらもビデオゲームのような「遊び」を創造した事例とは言えない。ビデオゲームでの実装を前提とした技術研究 [15] が報告されているが、この研究で示唆された違和感のない描画やプレイヤーの位置による演出などの課題については、高いレベルの没入感が求められるビデオゲームならではのニーズでもあることから着実に解決に進むことを期待したい。

ビデオゲームにとって複合現実に関する技術的な課題解決と共に重要であることが新しい「遊び」の創造である。現実空間という制限の下、仮想空間を合成した複合空間での「遊び」の創造は経験の豊富なゲームクリエイターでも困難である。現実空間に仮想キャラクターが浮かんで表示されコミュニケーションする、敵機が屋内を飛来しシューティングゲームが行えるなどは想像するに難くないアイデアであるが、現実空間に密な干渉がない仮想物体を表示するだけの使われ方であり、複合空間ならではの「遊び」のアイデアとは言えないのではないかと。現実空間の壁が割れる演出などがあれば複合空間らしくなるが、プレイヤーが現実空間に干渉した事で仮想空間の表現に変化あり複合空間で提供されるゲーム進行が変化するなどがあって初めて MR を用いたビデオゲームの「遊び」の提供ができるのではないかと。MR での新しい「遊び」の発明がビデオゲームクリエイターの重要な役割となる。

## 4. まとめ

技術の進化が「遊び」に影響を与えてきたことについて、ビデオゲームを構成する多くの技術の一部分について振り返ってみた。進化した技術がビデオゲームの機能に着実に組み込まれてきたことが分かる。ここで重要なことは、新しい技術が新しい「遊び」を生み出



実際のゲームクリエイターたちの存在である。“ニンテンドー DS”のタッチパネルや“Wii”の Wii コントローラ、マイクロソフトの “Kinect” といった新しいユーザーインターフェースデバイス（ゲームコントローラ）がプラットフォームから提案されるたびにゲームクリエイターは新しい「遊び」を創造し続けてきた。通信技術を使いゲームセンター内の筐体が繋がってアゴン（競争）要素が進化し、今はインターネットで全世界の人とアゴン（競争）を楽しめる。人とのコミュニケーションそのものは「遊び」の4要素で定義されてないが、人間社会での重要な要素であり4要素と共に欠かせない「遊び」の要素として、インターネットを使ったゲームデザインが多くのビデオゲームで行われている。

VRは物理的な空間から切り離されているゲーム空間へ自分が存在するという、今までにない「遊び」を体験出来るようになった。そしてMRの「遊び」は、サウンドやグラフィックなどの表現の向上や仮想空間の体験といったミミクリ（模擬）の向上だけにとどまらない。ゲームクリエイターの創造したゲーム世界内の仮想空間ではあり得ない、現実世界もビデオゲーム世界の要素となる複合空間での「遊び」である。ここに複合空間での「遊び」を模索している事例がある [32]。建築家である豊田氏とゲームデザイナーである本山氏が現実空間をレベルデザインしている研究では、デジタル空間を異なる立場で捉えつつ同じ言語で語り共創に向けてのアプローチがうかがえて興味深い。

多くの人は地面に溝を掘って水を流す遊びをしたことがあるのではない？溝を掘ったことをキャプチャしそのデータをもとに仮想空間で水流表現を創り複合空間で合成する事により、現実空間への干渉で変化する遊びが生み出せる。ウルトラマンシリーズの第15話「恐怖の宇宙線」でガヴァドンという怪獣が登場する話がある。土管に描かれた2次元のラクガキから3次元のカヴァドンが生まれるのだが、このドラマの中で表されたカヴァドンは1999年にSIGGRAPHで発表されたTeddy[33][34]という技術とMRを用いることで複合空間に登場させることが可能である。

現実空間への干渉による「遊び」の創造がどのような形で実現されるか楽しみである。

## 5. 謝辞

本稿を執筆するにあたり、学内事例を載せるにあたって駒井章治教授とプロジェクトメンバー、特に会議で詳細を伝えてくれた工藤航聖さん、江澤幸紀さん、稲野辺快生さんに感謝いたします。また企業事例紹介にあたってご協力いただいた株式会社バンダイナムコ研究所 本山博文さん、馬場美希さんに感謝いたします。本山さんには今回の執筆にあたり意見交換をさせてもらい大変刺激をうけました。厚く感謝いたします。

## 注

- 1) ロジェ・カイヨワは「遊びと人間」の序論で「遊びはほかの生産活動とは切りはなされ、孤立の位置をたもっている」と説明している。
- 2) 以前に挙げていた“インターネット”はほぼすべてのビデオゲームが接続されている現状を踏まえ除外とした。また、“ランキングサーバ”はゲームデザイン視点であることから技術

- から除外としている。
- 3) ゲーム AI におけるキャラクタ AI、メタ AI については参考文献を参照されたし。
  - 4) 本稿での複合空間は現実空間と仮想空間の空間のみの物理的な合成を指し、現実・仮想・複合世界はその空間に意味を持たせている場合（ゲームステージ等）を指す
  - 5) ビデオ撮影した現実世界の画像に仮想世界の画像を電子的に合成する方法や眼球の直前に仮想世界画像を映した透過型スクリーンを配置し光学的に合成する方法等がある。
  - 6) 現実空間の光源特性に合わせた PBL、プレイヤーの動きに合わせた仮想物体の表示等。
  - 7) 「PAC IN TOWN」の他に「一網打尽！蚊取りパッチン大作戦（“HoloLens” 使用）」、「羽田出島 | DEJIMA by 1 → 10（“Magic Leap 1” 使用）」がある。
  - 8) それまでの一般的なゲームのような目標（倒す敵がいる、ゴールが設定されている）がない空間。

#### 参考文献

- [1] 赤木真澄著、「それは『ボン』から始まった（P.58-P.61）」、株式会社アミューズメント通信社、2005
- [2] Facebook to Acquire Oculus、<https://about.fb.com/news/2014/03/facebook-to-acquire-oculus/> [アクセス日：2022/02/01]
- [3] Founder's Letter,2021、<https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/> [アクセス日：2022/02/01]
- [4] Roger Caillois, “Les Jeux et Les Hommes”, Gallimard,1958  
ロジェ・カイヨワ著（多田道太郎・塚崎幹夫訳）、「遊びと人間」、講談社科学文庫、1990
- [5] Chris Bateman/Richard Boom, “21th CENTURY GAME DESIGN”, CHARLES RIVER MEDIA INC.  
松原健二監訳、「「ヒットする」ゲームデザイン」、オライリー・ジャパン、2009
- [6] 斎藤直宏（株式会社ナムコ）、「遊びとビデオゲーム技術」、感性工学学会、Vol.5 No.3 pp39-42（2005）、[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske2001/5/3/5\\_3\\_39/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjske2001/5/3/5_3_39/_pdf)、[アクセス日：2022/03/17]
- [7] 三宅陽一郎（株式会社スクウェア・エニックス）、「ゲーム AI 技術入門」、技術評論社、2019
- [8] 太田篤志 / 中西哲一（株式会社バンダイナムコスタジオ）、「リアルタイム立体音響シミュレーションではじめる GPGPU」、[https://cedil.cesa.or.jp/cedil\\_sessions/view/1251](https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1251)、CEDC2014、[アクセス日：2022/02/02]
- [9] 岩谷徹話し手 / 三宅陽一郎聞き手 / 高橋ミレイ構成、「ゲーム AI の原点『パックマン』はいかにして生み出されたのか?」、人口知能、人工知能学会誌、34 巻 1 号（2019 年 1 月）
- [10] 三宅陽一郎（株式会社スクウェア・エニックス）、「デジタルゲームにおけるメタ AI- キャラクタ AI- スーパーシャル AI 動的連携モデル」、人工知能学会、第 34 回全国大会（2020）、[https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2020/0/JSAI2020\\_1P4GS701/\\_pdf-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2020/0/JSAI2020_1P4GS701/_pdf-char/ja)、[アクセス日：2022/02/02]
- [11] 吉本幸紀（モリカトロン AI ラボ）、「多様な架空人間プレイヤーをパートナーにして学習する DeepMind の「架空協力プレイ AI」とは?」、[https://morikatron.ai/2021/12/play-together\\_ai/](https://morikatron.ai/2021/12/play-together_ai/)、[アクセス日：2022/02/02]
- [12] 釣りスピリッツ公式ページ（バンダイナムコアミューズメント WEB ページ内）、<https://bandainamco-am.co.jp/am/mg/spirits/>、[アクセス日：2022/02/05]、©BANDAI NAMCO Amusement Inc.
- [13] 「大型アミューズメント施設 ナムコ GALAXIAN3」、インターフェース（P.68-P.74、1996.3）、CQ 出版

- [14] 澤田一哉、「多様化する高臨場感没入型視覚ディスプレイ」、映像メディア学会誌、Vol.53,No.7,pp.927~931 (1999)
- [15] 和泉澤稔 / 川上智弘 / 石山英俊 (株式会社 Cygames)、「本当にリアルな Mixed Reality コンテンツを実現するための技術開発」、[https://cedil.cesa.or.jp/cedil\\_sessions/view/1749](https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1749)、(CEDEC2017)、[アクセス日：2022/02/05]
- [16] 本山博文 (株式会社バンダイナムコスタジオ)、「ミックスドリアリティ・アトラクション『PAC IN TOWN』におけるリアルとデジタルの融合を象徴する新たな遊び "collaborative play" の紹介と VRDC@GDC 2018 に登壇して思ったこと」、[https://cedil.cesa.or.jp/cedil\\_sessions/view/1799](https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1799)、CEDEC2017、[アクセス日：2022/02/16]
- [17] 4Gamer.net、「「ナンジャタウン」に国内初となる MR 技術を応用したアトラクションが導入。第1弾はリアル・パックマン・アトラクション「PAC IN TOWN」」、<https://www.4gamer.net/games/999/G999905/20180206043/>、[アクセス日：2022/02/19]
- [18] Hirofumi Motoyama、「"The player is the star": futuristic vision for mixed reality world developing mixed reality game - PAC IN TOWN」、SIGGRAPH ADIA 2018 Virtual & Augmented Reality、<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3275495.3275511>、[アクセス日：2022/03/01]
- [19] セカンドライフ公式ページ、<https://secondlife.com/>、[アクセス日：2022/02/18]
- [20] 松井広志、「失われた日常を求めて - 「パンデミック」におけるコミュニケーション思考のビデオゲーム」、マスコミュニケーション研究 (98号、2021)
- [21] コーエーテックモゲームス、「いよいよ本格稼働! 『VR センス』プレイ開始発表会」、<https://www.koeitecmo.co.jp/news/2017/12/vr-vr-1.html>、[アクセス日：2022/02/19]
- [22] 明治大学プレスリリース、「～感染リスクなく味を共有できる技術へ～「任意の味を表現できる味ディスプレイ」を総合数理学部 宮下芳明教授が開発」、<https://www.meiji.ac.jp/koho/press/6t5h7p0000342664.html>、[アクセス日：2022/02/29]
- [23] ReseMom、教育用 VR に関するニュースまとめ一覧、<https://resemom.jp/special/1515/recent/%E6%95%99%E8%82%B2%E7%94%A8VR>、[アクセス日：2022/02/18]
- [24] PRTIMES、「HIKKY、シリーズ A 資金調達を 70 億円で完了」、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000160.000034617.html>、[アクセス日：2022/02/18]
- [25] 経済産業省、「仮想空間の今後の可能性と諸課題に関する調査分析事業」、<https://www.meti.go.jp/press/2021/07/20210713001/20210713001.html>、[アクセス日：2022/02/18]
- [26] 本山博文 (株式会社バンダイナムコスタジオ)、「子供とバーチャルリアリティ - 「屋内砂浜 海の子」による遊具とデジタル技術をミックスしたゲームデザインの新たな方向性について」、[https://cedil.cesa.or.jp/cedil\\_sessions/view/1459](https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1459)、CEDEC2016、[アクセス日：2022/02/22]
- [27] 渡辺義浩、「INORI -PRAYER- : WOW・TOKYO・AyaBambi とのコラボレーション」、[http://www.vision.ict.e.titech.ac.jp/projects/WOW\\_TOKYO\\_AYABAMBI/index-j.html](http://www.vision.ict.e.titech.ac.jp/projects/WOW_TOKYO_AYABAMBI/index-j.html)、[アクセス日：2022/02/22]
- [28] 変幻灯 WEB ページ (NTT)、<http://www.kecl.ntt.co.jp/human/hengentou/>、[アクセス日：2022/02/22]
- [29] Dieter Schmalstieg, Tobias Höllerer, "Augmented Reality Principles and Practice"、池田聖他訳、「AR の教科書 (P.53-P.56)」、2018年7月26日、マイナビ出版
- [30] 大日本印刷 WEB ページ、「デジタルアーカイブを活用した新たな鑑賞体験とは? 「BnF × DNP ミュージアムラボ 第2回展 これからの文化体験」の記録」、[https://www.dnp.co.jp/biz/column/detail/10161768\\_2781.html#anchor001](https://www.dnp.co.jp/biz/column/detail/10161768_2781.html#anchor001)、[アクセス日：2022年2月23日]
- [31] 國府力 (株式会社 Cygames) / 林大喜 (株式会社 パスコ)、「空撮フォトグラメトリー技術とレーザースキャン技術の融合による広大な現実空間の 3D データ化方法」、<https://cedil.cesa.or.jp/>

- cedil\_sessions/view/1853、CEDEC2018、[アクセス日：2022年2月23日]
- [32] 本山博文（株式会社バンダイナムコ研究所）/ 豊田啓介（株式会社 noiz/ 株式会社 gluon）、「現実空間をレベルデザインする」、[https://cedil.cesa.or.jp/cedil\\_sessions/view/2203](https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/2203)、CEDEC2020
- [33] Tekeo Igarashi（University of Tokyo）、「Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design」、<https://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/papers/siggraph99.pdf>、[アクセス日：2022年2月23日]
- [34] 「Teddy のページへようこそ！」、<https://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/teddy/teddy-j.htm>、[アクセス日：2022年2月23日]

#### Copyright

PAC-MAN™&©BANDAI NAMCO Entertainment Inc.

©BANDAI NAMCO Amusement Inc.

©BANDAI NAMCO Studios Inc.

©BANDAI NAMCO Research Inc.

Microsoft、HoloLens は、米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標または商標です。

「Magic Leap」「Magic Leap 1」、Magic Leap のロゴおよびその他のすべての商標は、Magic Leap, Inc. の商標です。

ニンテンドー DS、Wii は任天堂の登録商標です。

Microsoft、Kinect は、米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標または商標です。

斎藤 直宏 東京国際工科専門職大学 工科学部

デジタルエンタテインメント学科 教授