

VR等のコンテンツ制作技術 活用ガイドライン 2020

2021年3月

特定非営利活動法人 映像産業振興機構

目 次

第1章 はじめに.....	1
1.1 本ガイドラインの目的及びフォーカスする領域.....	1
1.2 VR/AR等のコンテンツ制作を取り巻く現状.....	2
1.2.1 2020年までの市場の状況.....	2
1.2.2 コンテンツ公開数、売上.....	4
1.2.3 VRのメリット.....	6
参考文献.....	7
第2章 VRコンテンツ制作を取り巻く現状.....	8
2.1 VRコンテンツの分類.....	8
2.1.1 インタラクティブ性による分類.....	8
2.1.2 制作手法による分類.....	9
2.1.3 トラッキング性能による分類.....	11
2.1.4 VRコンテンツを体験するデバイス、筐体による分類.....	12
コラム：視覚以外のVR.....	16
2.2 VRコンテンツ制作のワークフロー.....	17
2.2.1 企画段階における適切なコンテンツ形態の選定.....	17
2.2.2 実写のVRコンテンツ.....	19
(コラム) 360度カメラの選定.....	21
(コラム) 実写VRコンテンツの今後.....	22
2.2.3 3DCGのVRコンテンツ.....	23
2.2.4 コンテンツの流通販売形態.....	25
2.3 VRコンテンツ制作の課題.....	26
2.3.1 デバイスの持つ問題.....	26
2.3.2 社会的・市場的問題.....	27
2.3.3 制作現場における課題.....	28
2.3.4 健康に関する懸念.....	29
(コラム) VRヘッドセットの改良と性能向上.....	30
2.4 国内におけるVRコンテンツ制作の現状と標準化動向.....	30
2.4.1 国内におけるVRコンテンツ制作の現状.....	31
2.4.2 国内における標準化動向.....	35
2.4.3 国内における学術分野での取り組み.....	35
2.5 海外におけるVRコンテンツ制作の現状と標準化動向.....	36
2.5.1 海外におけるVRコンテンツ制作の現状.....	36
2.5.2 海外における標準化動向.....	39
第3章 VRコンテンツ制作の課題に対するアプローチ.....	40
3.1 VR酔い.....	40
3.1.1 VRコンテンツにおけるVR酔い.....	41
3.1.2 フレームレート.....	42
(コラム) フォービエイテッド・レンダリング (Foveated Rendering).....	44
3.1.3 移動方法.....	45
3.1.4 VR酔い対策手法の事例.....	50
3.1.5 体験機器により異なるVR酔い.....	53
(コラム) 変わりつつある酔い対策.....	55

3.2 没入感と実在感の向上.....	55
3.2.1 没入感と実在感とは.....	55
3.2.2 ストーリーテリング.....	57
3.2.3 3D サウンド.....	59
3.2.4 トラッキングの活用.....	62
3.2.5 VRにおける人物表現.....	66
3.3 感覚と感情.....	69
3.3.1 クロスモーダル現象.....	69
3.3.2 感情（情動）.....	70
3.4 空間を使ったユーザインターフェース（UI）.....	72
3.5 展示時の心がけ.....	75
参考文献.....	77
【参考】リファレンスガイド.....	79
1. VR コンテンツ開発に関するドキュメント.....	79
2. 書籍や資料.....	79
2.1 広く VR について扱ったもの.....	79
2.2 開発者のための技術書.....	80
2.3 資料.....	80
3.カンファレンス.....	80
3.1 企業などが開催する開発者会議.....	81
3.2 その他のイベントやカンファレンス.....	81
【参考】VR用語集.....	83

第1章 はじめに

1.1 本ガイドラインの目的及びフォーカスする領域

本ガイドラインは、市場に上質な VR・AR コンテンツ体験が提供され、新しい分野も含めた業界の市場拡大が実現することを目的とし、2018年に各分野の有識者によりまとめられた文書を改訂したものである。本ガイドラインの対象とする読者層には、これから VR コンテンツの制作を始めたいと考えている制作者、VRを使ったプロモーションを考えている広告代理店、地域の観光振興として VR を活用したいと考えている自治体など、これから VR 事業を始める人々を想定している。そうした人々の入門書となるべく、VR コンテンツを制作する実際の手法や、上質な体験を実現するために注意すべき開発上の留意点など、これまでに共有されてきた実践的な知見を中心に紹介している。

ヘッドセットをはじめとする VR 技術はまだまだ発展の最中であり、現実と同等の豊かな情報量を持つ体験を実現するには至っていない。今後、小型化や低価格化が進むだけでなく、新たな技術革新によって形状や原理が変わる可能性も十分にある。しかしながら、VR コンテンツの開発においては、従来の非 VR コンテンツ開発のノウハウが全く通じない場合も少なくない。これから VR に関わる事業を行いたいと考えた場合、車輪の再発明にならぬように、そして同じ轍を踏まずに済むように、これまでなされてきた研究や事例を見ておくことは非常に価値がある。

2020年現在、VR を体験するためのデバイスは、普及台数から見てヘッドセットが最も主要なものとなっている。そのため本ガイドラインでは、ヘッドセット型デバイスを中心に取り上げている。

本ガイドラインで紹介する知見は、「VR ヘッドセットが社会に大きく広まりつつある過渡期」のものであるという点に注意されたい。VR 技術は消費者市場に登場してからまだ日が浅く、共有された知見が必ずしも正しいとは限らないということ、あるいは更なる改良がなされたり、例外が発見されたりする場合もある。本ガイドラインは、2018年に作成された Ver1.0 を、2020年に Ver2.0 としてアップデートしたものである。この2年の間にも、VR 市場はさらなる盛り上がりを見せたため、その中で登場した新たなデバイスや開発知見を加筆した。

1.2 VR/AR 等のコンテンツ制作を取り巻く現状

▶概要

2016 年は、消費者向けの VR ヘッドセットが各社から一斉に発売され、「VR 元年」と呼ばれた。2020 年までに、VR の市場規模は年々増大している。VR 技術は、従来のメディアでは実現不可能だった高い没入感や、かつて味わったことのない新しい体験を実現できる。

1.2.1 2020 年までの市場の状況

2012 年に「Oculus Rift¹」という VR ヘッドセットが登場して以来、各企業の VR に関する様々な取り組みが注目されている。メーカー各社から VR ヘッドセットが一斉に発売された 2016 年は、国内外メディアによって「VR 元年」と呼ばれた。VR 技術自体は、何十年も前から研究がされている。ただ 2016 年の「VR 元年」に特徴的だったのは、歴史的に見ても高品質な体験を実現する VR ヘッドセットが、かつてないほどの安価で各社から一斉に発売されて市場に出回り始めたことである。かつて体験に数百万円必要だった技術が、今日では消費者の手の届く価格帯にまで下がった。Oculus Rift を開発している Oculus 社は、2014 年に Facebook に 20 億ドルで買収された後、2016 年に Oculus Rift の製品版を発売した。他にも HTC と Valve が共同で「HTC Vive²」を、そしてソニー・インタラクティブエンタテインメントが「PlayStation VR³」を販売している。以上が高性能な PC などと一緒に用いるハイエンドなデバイスの代表格である。2018 年頃までは、スマートフォンを使った手軽な VR デバイスとしてはサムソンの「Gear VR⁴」やグーグルの「Daydream⁵」などが登場し、VR ヘッドセットの普及に一役買った。2020 年現在はスマートフォンベースの VR デバイスは下火となり、代わりに Oculus Go や Oculus Quest など、PC やスマートフォンなどの外部デバイスを必要とせず、単独で動作する一体型（スタンドアロン型）のデバイスがシェアを伸ばしている。

また VR ヘッドセットの登場に合わせて、コンテンツ配信のためのプラットフォームが整えられた。時を同じくして、コンテンツ制作のためのツールもゲーム業界から登場した。スマートフォンが社会に普及していたことも、スマートフォンを使った簡易なモバイル VR 体験の実現や、VR ヘッドセットのパーツの低価格化などに繋がった。こう

¹ <https://www.oculus.com/rift/>

² <https://www.vive.com/jp/>

³ <http://www.jp.playstation.com/psvr/>

⁴ <https://www.oculus.com/gear-vr/>

⁵ <https://vr.google.com/daydream/>

した様々な条件が同時に整ったことで一大ムーブメントが巻き起こり、エンターテインメント領域に留まらず、様々な領域で **VR** コンテンツが登場している。2020年の段階では、スマートフォンと並ぶほどの一般普及とまではいかないが、かつてないほど **VR** というものが身近になりつつある。

1.2.2 コンテンツ公開数、売上

次に、具体的な数字を交えながら VR や AR を取り巻く市場の状況を概説する。図 1 2019 年下半期の VR 業界マップ⁶ は、アメリカの VR 分野特化型のベンチャーキャピタル The Venture Reality Fund が作成した 2019 年の VR 業界マップである。業界の主要な企業が分類されている。

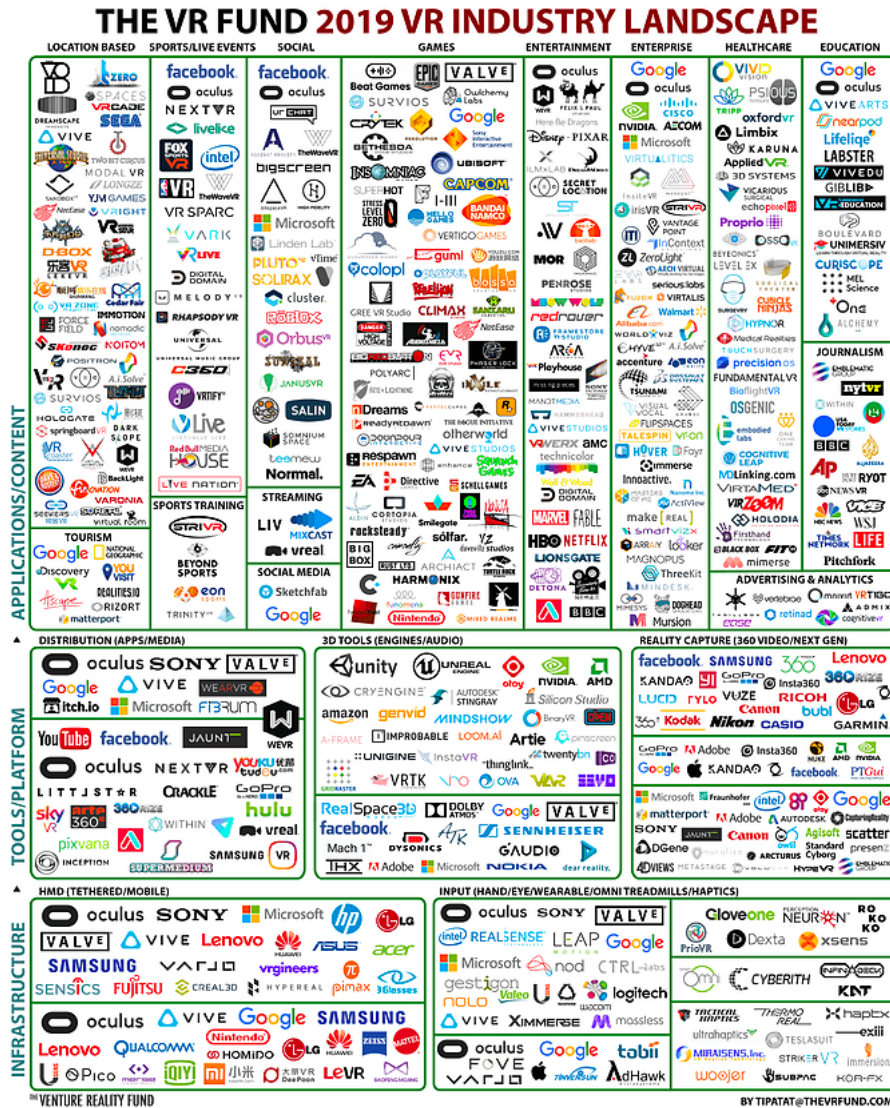


図 1 2019 年下半期の VR 業界マップ⁶

マップは上からアプリケーション/コンテンツ、ツール/プラットフォーム、インフラストラクチャー（ハードウェア）の 3 層に大きく分類されている。VR に関するプラットフォームが整った 2016 年以降は、特にアプリケーション/コンテンツ分野での企業数

⁶ <http://www.thevrfund.com/>

増加が大きい。2019年版のマップには550以上の企業が掲載されている。2019年に入って、一体型ヘッドセットであるOculus Questや、特に体験の快適さについてOculus RiftをアップデートしたOculus Rift S、そしてコアユーザー向けのハイエンドデバイスValve Indexなど、VRヘッドセットに新たなラインナップが追加された。こうした背景もあり、VRコンテンツ開発はますます加速している。

この業界マップの作成を手掛けているVenture Reality FundのゼネラルマネージャーTipatat Chennavasin氏は、成長が顕著な分野として、ゲーム、施設型（ロケーションベース）VR、次世代リアリティキャプチャー、エンタープライズ、ヘルスケアの分野を挙げている。

ゲーム業界のリサーチ会社Superdataが公開した2020年第1四半期時点での最新XR（VR/AR/MR）市場予測によれば、2018年の市場規模50億ドルに対して、2023年には122億ドルまで増大する見込みである。新型コロナウイルスの流行を受け、2020年の市場規模は77億ドルから63億ドルへと下方修正されたものの、長期的にはXRツールへの関心の高まりから投資が増大するという予測も立てている⁷。

各デバイスの出荷台数に関する正確な数字はほとんど明らかになっていない。ただPlayStation VRに関して、2016年10月の発売から2020年1月までの間に、世界で500万台以上販売されたと言う公式発表があるだけである⁸。2019年5月にリリースされた一体型デバイスOculus Questは市場に大きな影響をもたらしており、Oculusは2019年9月までに同社のプラットフォーム向けVRソフトウェア売上が1億ドルを超えたこと、そのうち2,000万ドルが、4ヶ月前にリリースされたOculus Quest向けのソフトウェアだったことを明かしている。

コンテンツ販売に関しては、2020年までに100本以上のVRタイトルが売上100万ドルを達成しており、収益トップのVRタイトルに至っては1,000～4,000万ドルにまで及んでいる。2020年までのヒット作として、例えば少人数のスタジオで開発されたVRリズムゲーム『Beat Saber』は、2020年3月には200万本を超える売上を記録している。2016年にリリースされた『Job Simulator』や『Arizona Sunshine』など根強い人気と安定した売上を持つソフトウェアも存在する（いずれも1,000万ドル以上の売り上げを記録している）。

⁷ <https://www.superdataresearch.com/blog/superdata-xr-update>

⁸ <https://www.moguravr.com/psvr-5-million/>

1.2.3 VRのメリット

(1) 何にも勝る「経験」による理解（教育効果）

VR体験の没入感の高さは、物事の理解を深めるのに役立つ。例えば宇宙の様子や歴史上の出来事などをVRで体験することで、文字を読んだり動画を見たりするよりも直感的かつ深いレベルの理解を得ることができる。さらに近年のVRデバイスでは、バーチャル空間を動き回ったり、CGの物体とインタラクションしたりすることも可能となった。VRの世界とインタラクティブに関わる体験は、運転や器具の使い方などの技能習得やプロトタイピング、遠隔地とのコミュニケーションなどに応用することもできる。

(2) これまでになく心を揺さぶられる体験（感情・感動）

VR技術は、現実を模倣するだけでなく必要に応じて現実「変更」を加えることもできる。フィクションの世界や物理的に遠く離れた場所でも、実際にその場にいるかのような臨場感の高い体験が実現する。空を飛ぶ、魔法を使う、未知の惑星を冒険する、動物と会話する、100年前の都市を歩く……など、物理世界ではできないことも体験できる。VRによる新しい体験や臨場感の高い体験は鮮烈であり、人の感情に働きかけたり行動を変化させたりすることができる。

(3) 物理的・時間的制約からの解放（コスト削減）

バーチャルリアリティは、「みかけや形は原物そのものではないが、本質的あるいは効果としては現実であり原物であること」[1]という定義である。VRは現実のエッセンスを人工的に創造する技術だと言える。VRは体験としては「現実」そのものであるから、以下のようなことを考えた時、そのメリットが理解できよう。

- ・医療教育で、手術のシミュレーションを行う
- ・自然災害など、緊急時の様子を体験することができる
- ・通常は入れない歴史的な建造物の中を、歩き回ることができる
- ・建物を建築する前に、その仕上がりを確認する
- ・自宅に居ながらにして、遠く離れた場所に旅行することができる

現実で行うにはコストが大きかったり、そもそも物理的に不可能だったりすることも、VRを使えば安価で手軽に実現できる場合がある。

参考文献

- 1 日本バーチャルリアリティ学会, バーチャルリアリティ学, 初版, 日本バーチャルリアリティ学会編, 東京: コロナ社, 2011.

第2章 VRコンテンツ制作を取り巻く現状

2.1 VRコンテンツの分類

▶概要

VRコンテンツと一口に言っても、その形態は様々であり、いくつかの分類パターンが考えられる。体験者がバーチャル空間に干渉するインタラクティブなものや映像を視聴するだけのもの。CGで作られたものや現実空間を撮影したもの。またヘッドセット以外にもVR体験を可能とするデバイスは存在する。本節ではVRコンテンツを様々な切り口から分類し、その特徴について解説する。

2.1.1 インタラクティブ性による分類

VRは、コンピュータの生成した3次元空間の中で、ユーザが身体を使ったリアルタイムインタラクションを可能にするものである。それは例えば、以下のような体験を指す。

- ・バーチャル空間にあるオブジェクトを掴んだり投げたりすることができる
- ・剣やバッドなど、道具を現実と同じように使うことができる
- ・体験者の視線や身振りによってキャラクターの反応やストーリーが変化する

アメリカのVRゲームスタジオであるOwlchemy Labsが開発する『Job Simulator⁹』では、体験者の周りにはほぼ全ての物は「触れる」ことができるばかりか、現実世界と同じように「使う」ことも可能である。機械のスイッチを押せば電源が入り、取っ手を引けば引き出しは開き、物をキャラクターに投げれば文句も言われる。ゲームコントローラを使ったキャラクター操作ではなく、身体を使って直感的にコンテンツに働きかけることは、ゲーム体験の没入感を高めたり、訓練コンテンツにおける習熟度を上げたり、豊かな遠隔コミュニケーションを可能にする。

他方、インタラクションの要素をどの程度コンテンツに取り入れるかは開発者の裁量次第であり、インタラクションがほとんど存在しないVR体験も存在する。例えば、あらかじめ撮影した動画やCGアニメーションを360度（あるいは180度など）に展開した、視聴体験が挙げられる。これは映画館で映画を見ているのと同じで、ユーザは体験開始以降、基本的にはコンテンツに干渉しない。カメラを用いて実写撮影された360度動画の多くはこの「インタラクティブではない」VRコンテンツになる。ユーザに動

⁹ <https://jobsimulatorgame.com/>

きを要求しないアニメーション作品やジャーナリズム、内見や観光などの用途で使われることが多い。

2.1.2 制作手法による分類

続いて、VR コンテンツが「実写」か「3DCG」かという切り口で分類を行う。簡単に言うと、体験者が目にするのが現実世界を撮影した静止画・映像か、開発者が構築した CG 環境かという違いである。近年では、この両者を複合的に組み合わせたコンテンツも登場している。

「実写」のコンテンツは一般に、従来のカメラや 360 度カメラ等を用いて現実の物理空間を撮影し（必要なら編集を加え）、天球動画など VR ヘッドセットで視聴できる形式にすることで作られる。内見やオフィス見学、観光やジャーナリズム、実写映像作品で用いられることが多い。また近年では、あまりユーザが見ることのない後方 180 度の録画をせず、コンテンツを前方の 180 度に絞る代わりに、立体視に対応した奥行き感のある映像体験を実現する「180 度ステレオ動画」も増えている。例えばアメリカの VR 動画制作会社 Felix & Paul Studios は、おもちゃのロボットとして家族の様子を見守る 40 分にもわたる長編 VR 映画『Miyubi』（図 2）を配信している。



図 2 『Miyubi¹⁰』の 1 シーン。体験者はおもちゃのロボットにのり移った視点で物語を見る

一方で「3DCG」とは、体験者が見る世界全てを、コンピュータグラフィックス (CG) で制作する手法である。CG の質感には様々なスタイルがあり、ブロックのようなロー

¹⁰ <https://www.oculus.com/blog/vr-visionaries-felix-paul-studios/>

ポリゴン（少ないポリゴン数）できている『Minecraft VR』のようなものから、Valveの『Half-Life: Alyx』のように実写に近いリアルな描画を追求するコンテンツもある（図3）。



図3 『Minecraft¹¹』（左）『Half-Life: Alyx¹²』（右）

また、ここでは実写か3DCGかで二分して紹介したが、双方を組み合わせることも出来る。例えば従来の映像作品と同様、実写の中に一部3DCGを混ぜることが可能である。さらに実写動画の中でも、一部動かないものは別撮りした静止画に置き換えるなどの技法も存在する。実写・3DCGどちらか一方にこだわらず、作品にとって必要であれば両者を組み合わせている事例も多い。図2にあげた『Miyubi』では、体験者はおもちゃのロボットに乗り移ったような形で物語を見る。この時、体験者が身体を動かすと、周囲に映るロボットの影（CG）も合わせて動くような実装がなされている。これは、ただ現実空間を撮影しただけのコンテンツでは実現できない。また『深海VR』（図4）では、深海に降り立つ映像を体験する傍ら、体験者の前方に現在の水深やその水深における特徴などが解説とともにCGで表示される。他にも、体験中に操作するためのメニュー（UI）などは基本的にCGで作られる。

¹¹ <https://www.oculus.com/experiences/gear-vr/1046887318709554/>

¹² https://store.steampowered.com/app/546560/HalfLife_Alyx/

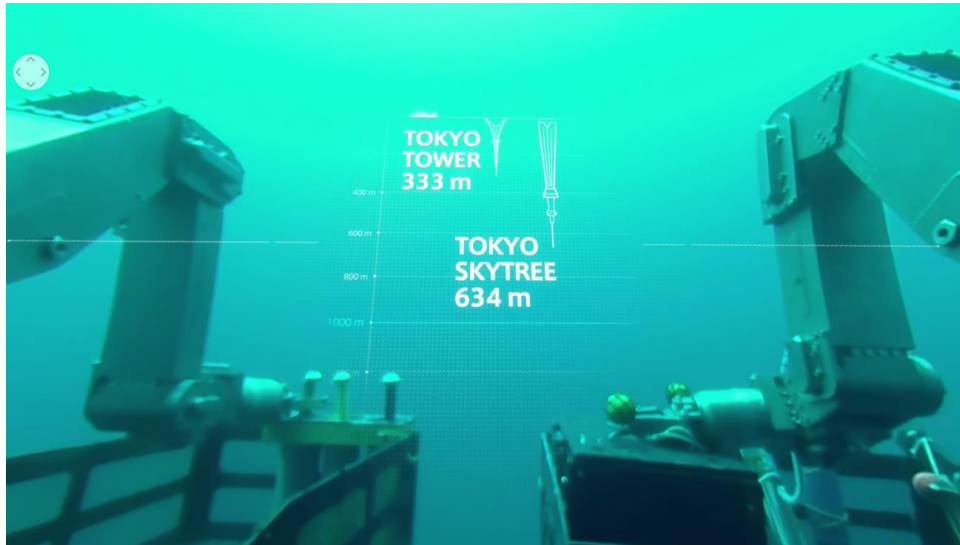


図 4 『深海 VR¹³』の1シーン。体験者の前方に現在の水深やその水深における特徴などが解説とともにCGで表示される

2.1.3 トラッキング性能による分類

2020年6月現在、市場には性能の異なる様々な種類のVRデバイスが登場している。ハイエンドな（高品質な）デバイスとそれ以外を分ける重要な要素の一つとして、ポジショントラッキングの有無が挙げられる。ポジショントラッキングとは、ある物体の現実における位置をコンピュータが取得するシステムであり、主にヘッドセットの位置を取得する際の言葉として使われる。ポジショントラッキングにも対応しているVRヘッドセットは、移動・回転方向の自由度が6次元であることから「6DoF対応」などとも呼ばれる。類似の単語であるヘッドトラッキングは、ヘッドセットの向きを取得するシステムであり、ほぼ全てのVRヘッドセットが対応している。ポジショントラッキングに対応していない（ヘッドトラッキングのみ対応、3DoFなどと呼ばれる）ヘッドセットでのVR体験は、周囲を見回すことはできるが、バーチャル空間で頭部の上下左右の位置は変わらない。それゆえ、一歩前に出たり、立ち上がって視点を高くしたり、下からのぞき込んだりすることができない。ポジショントラッキングを可能なVRヘッドセットでは、文字通りバーチャル空間で「動く」ことができる。

ポジショントラッキングのないVRヘッドセットにおいて、インタラクションはコントローラ操作で代替するか、そもそもそういった動きをさせないようなコンテンツ作り

¹³ <https://www.oculus.com/blog/vr-visionaries-felix-paul-studios/>

をするなどの措置を行う。ただ、インタラクションが特徴的なコンテンツでは、ポジショントラッキングの有無が没入感の質に大きく影響を与える場合もある。



図 5 『SUPERHOT VR¹⁴』自分が動いている間だけゲーム内の時間が進むアクションゲーム。物陰からわずかに顔を出して銃を撃ったり、敵の攻撃を映画のようなスローモーションアクションで交わしたりする。

3DoF の特性を生かしたコンテンツもある。3DCG のコンテンツにおいて、描画方法の多くは、体験者が向いた方向に合わせてその場で計算を行うリアルタイムレンダリング方式である。カメラ（体験者の頭部）の位置が体験する度に異なる場合は、リアルタイムに計算を行うしかない。しかし、ポジショントラッキングに対応していないコンテンツでは、体験者の頭の位置は固定して考えることができる。この性質を活かしてポジショントラッキング非対応のコンテンツでは、あらかじめ全天球の CG を描画しておくプリレンダリング方式で背景等を描き、体験者に近い手前の人物や物体をリアルタイムレンダリングで描画するといった組み合わせの事例もある。プリレンダリングを行うと描画にかかる負荷を減らすことができるため、その分映像の描画品質（画質やフレームレート）を上げることができる。

2.1.4 VR コンテンツを体験するデバイス、筐体による分類

体験時に使用するデバイスの違いから VR コンテンツを分類することもできる。本項では、特に視覚の VR 体験について、VR ヘッドセット・VR ヘッドセットとその他デバイスの組み合わせ・その他デバイスの 3 つを説明する。

¹⁴ http://store.steampowered.com/app/617830/SUPERHOT_VR/

・VR ヘッドセット

各メディアが「VR 元年」と呼んだ 2016 年は、VR ヘッドセット（ヘッドマウントディスプレイ、HMD と呼ばれる）が消費者市場に普及し始めた年である。ヘッドトラッキング機能のある VR ヘッドセット自体は 1960 年代から存在するが、2016 年に発売されたものは、高品質であるとともに消費者にも手が届くほど安価であることが特徴である。ヘッドセットを用いた VR 体験では、スマートフォンと段ボールデバイスさえあれば VR 体験（周囲を見回す映像体験）ができるという簡単なものから、3m×4m 程度の範囲を動き回れるもの、さらに大掛かりな装置を用いると広範囲を複数人で動き回るような規模の体験も実現可能なものもある。高品質な体験を実現するにはヘッドセットを駆動するための PC などの外部機器が必要になる場合が多いが、近年では PC もスマートフォンも使用しないワイヤレスな一体型（スタンドアロン型）VR ヘッドセットも登場している。

表 1 主要な VR ヘッドセットとトラッキング性能

	駆動に必要な デバイス	ポジション トラッキング	ハンド コントローラー
Oculus Rift / Rift S (Oculus)	PC	あり	あり
HTC Vive / Vive Pro VIVE Cosmos (HTC)	PC	あり	あり
Windows Mixed Reality Headset (Dell、Lenovo、HP、 Acer、富士通等)	PC	あり	あり
PlayStation VR (SIE)	PlayStation 4、5	あり	あり（ハンドコン トローラは別売）
Valve Index (Valve)	PC	あり	あり
Varjo VR-2 (Varjo)	PC	あり	あり
Oculus Go	一体型	なし	回転のみ
Oculus Quest	一体型	あり	あり

			ハンドトラッキング機能もあり
Mirage Solo	一体型	あり	回転のみ
Pico Neo 2	一体型	あり	あり
VR ゴーグル（一般的にどのスマートフォンでも使える）	スマートフォン	なし	なし

※なお、個別のヘッドセットでは解像度やポジショントラッキングの範囲、周辺機器の種類や準備の手順などが大きく異なっているため詳細は各ヘッドセットの特徴を参照されたい。

・ヘッドセットとその他デバイスの組み合わせ

アーケード型VRコンテンツには、ヘッドセット以外の筐体を連動させるものも多い。振動をはじめとした触覚や身体運動がヘッドセットによる映像と連動することで、没入感の高まりが得られるとともに、後述するようVR酔いの軽減にもつながる。例えば株式会社バンダイナムコ アミューズメントが全国各地で提供している『マリオカート アーケードグランプリ VR』では、車状の筐体に乗込み、アクセルやハンドル操作を駆使してバーチャル空間で（キャラクター達との）カーレースを体験できる。筐体からは車の振動が体験者に呈示される（図 6）。



図 6 MAZARIA で体験のできる『マリオカート アーケードグランプリ VR¹⁵』（株式会社バンダイナムコ アミューズメント）

・その他デバイス

¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=NFfEhIOHZWQ>

ヘッドセット以外にも、VR用の視覚呈示デバイスの開発は行われてきた。例えば没入型多面ディスプレイと呼ばれるドーム型の体験システムが挙げられる。歴史的に有名なものには、1997年に東京大学に設置されて2012年まで稼働を続けた「CABIN」などのシステムが挙げられる。体験者の周りをスクリーンで囲ってプロジェクターで周囲に映像を映し出すこういったシステムは、多人数が同時に体験可能な点など、ヘッドセットでのVR体験とは異なる性質を持つ。

ドーム型のVR体験をさらに身体の外側へ拡張していくと、プロジェクションマッピングによる映像体験もある種のVRと解釈できる。例えばチームラボ株式会社は、インタラクティブに反応する花や鯉を水面にプロジェクションする『人と共に踊る鯉によって描かれる水面のドローイング』や、壁や床に映像をプロジェクションすることで屋内に美しい滝を描き出す『人々のための岩に憑依する滝』といった作品を制作している(図7)。これらは、物理的には存在していない鯉や滝に、映像や音などを組み合わせることで存在感を与え、独特な空間を創り出している。



図7 (左)『人と共に踊る鯉によって描かれる水面のドローイング¹⁶』(右)『人々のための岩に憑依する滝¹⁷』(チームラボ株式会社)

ヘッドセットを使用しないVR体験は大人数で、誰でも気軽に体験ができるというメリットがある。現在ではまだVRヘッドセットのようなシステムと比べるとコンテンツのインタラクティブ性は下がるかもしれないが、大勢で一つのコンテンツを共有する場に向いている。また両眼立体視が不要である場合は、多くのVRヘッドセットのように年齢制限を設ける必要もない。

¹⁶ <https://planets.teamlab.art/tokyo/jp/>

¹⁷ <https://borderless.teamlab.art/jp/>

コラム：視覚以外の VR

バーチャルリアリティとは「みかけや形は原物そのものではないが、本質的あるいは効果としては現実であり原物であること」【エラー! 参照元が見つかりません。】という定義である。つまり VR は、「あたり一面好きな方向を見られる」ことでも、視覚体験に限ることでもない。視覚呈示以外の技術では、触覚や嗅覚、味覚に働きかける技術も存在する。

味覚や嗅覚の VR 技術は、他の感覚に比べてまだ発展途上であり、研究や試作段階の技術が多い。ここでは電流を用いて味の体験が変化する電気味覚¹⁸の研究などの例を挙げるに留める。

触覚を再現するための技術やデバイスに関する探究は、味覚や嗅覚よりも進んでいる。触覚を呈示するハプティックインターフェースの研究は、1980年代から行われている。ペンで何かを書いた感覚や物を持った感覚、触った時の固さや質感、温度や歩行感覚など、再現される感覚の種類も多岐に渡る。こうした技術が採用される具体例には、手に持つハンドコントローラなどが挙げられる。2017年に発売された Nintendo Switch のコントローラには「HD 振動」と呼ばれる技術が使われており、振動によって様々な触覚を再現することができる。VR 向けハンドコントローラにもヘッドセットに同梱の物も含めていくつか存在し、バットで打つ、スイッチを押すなどといった体験のリアリティを向上させることができる。指の動きを完全に再現し、その時の触感も再現しようとするグローブ型のコントローラや筋電デバイスも世界中で開発が行われている。ハンドコントローラ以外では、VR 再現サンダル『Taclim』（Cerevo 社）や、全身に触覚フィードバックを与えるスーツ型のデバイスなどもある。

また感覚刺激を呈示するデバイスを組み合わせてコンテンツ制作を行うこともできる。先に述べた筐体デバイスとヘッドセットの併用は、触覚体験の一例と言える。学術分野では、「見た目と匂いを変化させることで、クッキーの味覚体験を変化させる」といった研究¹⁹や、物理的には曲がっている壁を触覚と視覚を組み合わせることでまっすぐであるかのように感じさせ、VR 空間の中で無限にまっすぐ歩く体験を可能にする

『Unlimited Corridor』²⁰ (図 8) といった研究がある。

¹⁸ https://doi.org/10.11309/jssst.33.2_43

¹⁹ https://doi.org/10.18974/tvrsj.15.4_579

²⁰ http://archive.j-mediaarts.jp/festival/2017/entertainment/works/20e_unlimited_corridor/

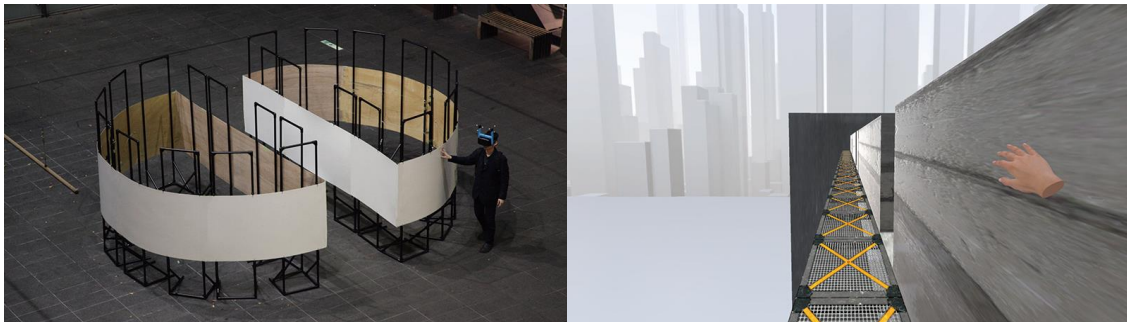


図 8 『Unlimited Corridor²¹』のシステム概観と体験者が見ている映像

五感を組み合わせたコンテンツ制作は視覚のみを扱うそれより難しくなるが、しかし効果的に扱うことができれば、没入感の向上やコスト削減、新しい体験の実現などを行うことができる。また複数の感覚を扱うことは3章で述べるクロスモーダルとの相性も良い。

2.2 VR コンテンツ制作のワークフロー

▶概要

現在 VR コンテンツはどのように制作されているのか。その流れや注意点について、「実写系」・「3DCG 系」の2種類の制作について解説する。どちらにも共通する留意点は、「企画時に、VR である意味・必要性を考えること」である。実写系は企画・撮影・編集・納品と、従来の映像制作と似たフローをしているが、全天球映像の撮影・編集は2Dの映像制作と異なる部分も多い。3DCG系では、プロトタイピングの重要性や最も丁寧に作りこむべきポイントの選定についての注意など、従来の3DCGコンテンツ制作のセオリーが通じない部分も多い。

2.2.1 企画段階における適切なコンテンツ形態の選定

前節では VR コンテンツを様々な軸で分類してきた。本節では、それらコンテンツがどのような過程で制作されているのか、実際の制作事例を交えながら紹介する。まず、VR コンテンツを制作するにあたって、決めるべき重要な2つのポイントを紹介する。

・なぜ VR を使うのか？

1点目は、「VR 技術で何を実現したいか」・「なぜ VR 技術を使う必要があるのか」ということである。例えば「建築家が完成前の建築物の完成時の様子を体験して確認す

²¹ <http://www.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/~matsumoto/unlimitedcorridor.html>

る」、「アニメや漫画のキャラクターのような強力な必殺技を発動させる爽快感」など、最も優先したいコンテンツの特徴を明確にする必要がある。VR は先に述べた通り、現実のエッセンスを人工的に作り出す技術である。「面白さ」や「利便性」といった実現したいエッセンスを見極める前に制作を始めても、VR の強みを十分に活かすことは難しく、VR である必要がない（たとえば従来の 2D スクリーンでも十分な）コンテンツになってしまうことがある。VR とは手段であり、目的ではないことに注意されたい。

・そのコンテンツの体験者を想定する

2 点目として、そのコンテンツを体験する人がどのような人なのか（ターゲット）を見極めることである。ターゲットとなる体験者に合わせて、相応しい体験内容や操作方法などが変わるためである。前項にてインタラクティブ・ノンインタラクティブという軸でコンテンツの分類を行った。VR コンテンツだからと言って必ずしもインタラクティブの方が「良い」とは限らない。確かに VR ゲームでは、銃を撃ったり物を投げたりといった自由度の高さがそのまま面白さにつながる場合が多い。しかし一方で、ゲームに不慣れな層にとって、VR 体験における能動的なインタラクションは難しく感じられる場合もあり、体験の快適さを損なうことに繋がる可能性もある。

また体験者の性質だけでなく、体験時の環境も想定しておく方が良い。例えば体験時の姿勢は着座か立位か。周りは静かなのか、にぎやかなのか。一人なのか、複数人なのか。こういった要因を考慮しない場合、体験者の状況と食い違った時に没入感を損なってしまう。（例：座って体験するコンテンツなのに、VR での視点の高さが直立しているときの目線の高さになっている状況等）

次に、VR コンテンツ制作のワークフローにおいて一般的に注意が必要な点について述べる。

・体験することの重要性

「百見は一体験に如かず」という言葉がある。これは「百聞は一見に如かず」になぞらえた造語で、「VR は体験してみるまで、その本当の面白さや価値は分からない」といった意味である。「こんな体験をしたら面白いはずだ」と思って企画書を書いたものの、実際に実装して体験をしたら想像していたほど面白くないといったことがよく起きる。それゆえ企画段階でも優良事例などを体験して実際に VR がどういうものかを知ることが重要である。

そしてコンテンツを制作する場合は、プロトタイプ制作を早い段階で行い、実際に体験をしてみて、その体験が本当に面白くなり得るのか確かめることが推奨される場合が多い。制作段階以前の企画・提案の際にも、文章ではなくプロトタイプを提出する方が効果的である。

・先行事例に学ぶ

これまで VR 業界で行われてきた事例・明らかになっている知見について学ぶことは重要である。企画時の予想と実現時の体験が一致しないことは先に述べた。多くの人が「こうすれば上手くいくだろう」と考えるアイデアの中には、これまで多くの開発者が挑戦して上手くいかなかったものも数多くある。

次に、VR コンテンツ制作フローを、実写系と CG 系に分けて説明する。

2.2.2 実写の VR コンテンツ

実写の VR コンテンツとは一般に、カメラで撮影した現実世界の映像を、VR ヘッドセットなど、全天球映像を再生できるデバイスで視聴するものを指す。例えば、スポーツの試合の視聴や、地図やモデルルームの利用など、現実の空間を活かしたコンテンツなどが挙げられる。

実写 VR コンテンツの制作は、以下のようなフローで行われている。

1. 企画
2. 撮影
3. (仮編集)・スティッチング・その他編集
4. 配信/展示等

(1)企画

まず、どのような映像作品を制作するか企画を行う。企画の段階では、ターゲットとなる視聴者・コンテンツの内容・公開の方式(配信プラットフォーム)・撮影機材・再生デバイス・制作にかけられる時間などを検討する。2020年現在、天球動画の再生デバイスはスマートフォンで視聴できる簡易なものから、パソコンを用いたハイエンドなものまで様々に存在しており、それぞれが独自の配信プラットフォームを持っている。

また、コンテンツの内容を決める際、従来のカメラ映像のような演出が、全天球動画には相応しくない場合があることに注意したい。カメラワークが存在しない（体験者が好きな方向を自由に見られるため、体験者の視線を制御できない）ため、制作者の見せたい領域のみを視聴者に見せることは不可能である。また、ある意味では体験者自身がカメラであるとみなせるので、視界が激しく動き回るようなものは酔いを引き起こしてしまう。他にもライブなどのイベントを360度動画で録画する企画をする場合は、事前にカメラを置く位置を決めておく必要がある。後に述べる撮影・編集の項やVR技術の課題、3章で述べる酔いに関する知見も合わせて参照されたい。

(2)撮影

撮影はシーンごとに行われ、その質や数によって必要なコストや撮影時間が変わる。たとえば朝のシーンと夜のシーン両方が含まれる場合は、その時間まで撮影を待たなければいけない。他にも、動的なものの撮影を行う場合は望み通りの動きが一度の撮影で撮れるとも限らない。ここまでは従来の撮影と同様の注意点である。

VRコンテンツに特有な点として、実写コンテンツ制作に必須となる撮影後の「スティッチング」が挙げられる。スティッチングとは、複数枚の画像を一枚に繋げることを指す。上下左右に360度の画角を持つカメラは存在しない。それゆえ全天球動画のような好きな方向を見ることのできる映像を制作するためには、複数台のカメラが撮影した様々な方向の映像を一つの絵として繋ぎ合わせる必要がある。これがスティッチングである。実写VRコンテンツの撮影に使用されるカメラは、従来のカメラを複数台組み合わせて完全に手動でスティッチングを行う場合もあれば全天球カメラを用いて行う場合もあり、仕上がりの質や予算など、さまざまなこだわりによって使い分けられる。2016年頃から消費者向けモデルが普及し始めている「360度カメラ」には、本体に複数のカメラが組み込まれており、自動でスティッチングを行うものもある。

撮影は、後にスティッチングなどの編集を行うことを念頭に置いてすることが望ましい。またユーザはカメラの視点でコンテンツを体験することになるという点も注意が必要である。一見して全天球という性質を活かしたカメラ配置に思えても、実際に体験してみると面白くなかったり、意味の分からない状況になってしまったりする。例えば周囲をぐるりと人に囲まれた状況が撮影できるからといってテーブルの上にカメラを置く。それを囲んで談笑する場面を撮影した場合、体験者はテーブルの上に座って囲まれながら談笑を聞くという状況を体験することになり、不自然と感じられる場合が多い。

また最初から両目で立体視を行うことを念頭に置いて、カメラを2台用いる「ステレオ撮影」も存在する。立体視を可能とする全天球映像は、通常の疑似立体視（1枚の画像を、視差を考慮して疑似的に変換したもの）より立体感などを得られる。ただし、この技術は今なお技術的に進歩を続けている分野で、現在は制約も多い。

3章で後述するように、快適なVR体験を実現するためにはフレームレート（1秒あたりの描画回数）を高く維持する必要がある。撮影時は再生デバイスによらずできるだけ高いフレームレートで記録しておくことが望ましい。画質についても同様に、ある程度は高画質で記録をして置き、再生機器に合わせて変換するのが望ましい。

その他の注意としては、酔い対策のためにカメラの揺れを防ぐために固定することや、スティッチングを行うつなぎ目の部分には重要なものを映さないこと、他にも360度カメラを用いて360度すべてを同時に撮影する場合に死角が存在しないため、撮影者や余分なものが映りこまないように配慮する必要があることなども挙げられる。

(3)編集

(2)で撮影したものを、編集する段である。撮影した映像のパノラマ化を簡単に行って確認をする仮編集や、本格的なスティッチングや色見の調整、モザイク処理やブロックノイズ除去などを行う映像編集、そして音やメニューなどのユーザインターフェースを追加する編集などが行われる。通常の映像編集と共通する部分も多いが、実写VRコンテンツでは、従来のカメラ1台で制作する作品より1フレームあたりのデータ量が多いため、編集にかかる時間も多くなることが予想される。

(4)配信/展示等

完成したコンテンツをリリースする段階である。イベントで展示をする際には、VRデバイスに馴染みのない人でも簡単に体験ができるように配慮するか、専用のアテンドスタッフを待機させることが望ましい。

(コラム) 360度カメラの選定

2.2.2 実写のVRコンテンツでも述べた通り、全天球撮影に用いられる360度カメラには、用途・条件に合わせて様々な種類が考えられる。2018年2月現在、撮影画像/映像の仕上がりや値段に基づいて、大まかにハイエンド機・ミドルレンジ機・ロー

エンド機に分けられる。こうした様々な種類から、作品に求めるクオリティや撮影方法、予算などを考慮して適当なカメラを選択する。

表 2 360 度カメラの分類

	価格帯	特徴例	具体例
ハイエンド機	数十万円～ 数百万円	<ul style="list-style-type: none"> ・視差を利用した奥行き の再現が可能 ・8K 以上の動画撮影、 ライブストリーミング ・人の手によるステッチ ングの修正などが可能 	Insta360 Pro2 / Titan GoProHero シリーズなど 従来のカメラを専用の 機器（リグ）で組み合わ せたもの
ミドルレンジ機	5 万円～10 万円	<ul style="list-style-type: none"> ・4K から 8K 程度の動画、 ライブストリーミング ・スタビライズ 	THETA Z1、Insta360 ONE R/X、QooCam8K
ローエンド機	1 万～4 万円	<ul style="list-style-type: none"> ・4K 以下の動画 ・スマートフォンに 直差しで手軽に 利用できるもの ・小型で軽い 	THETA SC2、Insta360 Nano S など

（コラム）実写 VR コンテンツの今後

360 度カメラを用いて全天球の動画を撮影し、それを VR ヘッドセットで視聴するというスタイルは、実写 VR コンテンツの最も手軽な製作手法の一つである。全天球動画は VR ヘッドセットでの視聴と相性が良く、並べて語られることも多い。ここ数年で、実写 VR においてさらに没入感を高めるためのアプローチが登場している。ここでは、現在発展を遂げつつある VR 向けのステレオ撮影・リアリティキャプチャ・デプス撮影・ライトフィールド・360 度カメラの新たな使い方について紹介する。

・ステレオ撮影

ステレオ撮影とは、視差を考慮した撮影を行うことで、VR ヘッドセットで視聴した際により立体感のある映像を実現する撮影方法。

非ステレオ撮影の全天球動画は、1つのカメラの映像（平面）を天球上に展開して視聴する。体験者は球体の中心で、球面上のスクリーンに投影された像を見ていることになる。人の目は左右それぞれ物理的に位置が異なる。人間は、違う位置についた2つの

目から得た像を、脳内で結合することで奥行き感を得ている。1つのカメラでは、視差を考慮した映像を撮影することができない。

そこで視差の分だけ異なる映像を2つのカメラ（左目用・右目用）で撮影したのがステレオ撮影である。360度ではなく前方180度のみの撮影に絞る代わりに、カメラ2台を用いていてスティッチングを行う工数を削減している事例もある。

・リアリティキャプチャ

現実世界を撮影したデータから、現実世界の3DCGモデルを生成する技術。例えばフォトグラメトリという手法を使うと、屋内を撮影した複数の写真から3DCGを作り出せる。VRヘッドセットなどと組み合わせて、撮影された空間を自由に動き回ることができる。

・デプス撮影

デプス撮影は名前の通り、映像に加えて奥行き（デプス）情報も合わせて記録する技術である。従来のカメラは、レンズに入った光を平面で受けて像を作り出すため、撮影した物理空間の奥行き情報は失われてしまう。

・ライトフィールド

従来のカメラは、特定の位置（カメラの位置）で受け取る被写体からの光を記録する一方でライトフィールドは、被写体からの光を場所だけでなく方向などの三次元的情報を含めて記録する技術である。波長からのライトフィールドの情報が得られていれば、あるシーンを光学的に復元することができる。つまり、3次元空間を「撮影」し、その中を「動き回る」ことができるようになる。ライトフィールド撮影は、次世代の撮影技術として注目されている。

2.2.3 3DCGのVRコンテンツ

3DCGのコンテンツ制作は、従来のビデオゲーム制作と同様に行われる場合が多い。つまり、企画があり、デザイナーやプログラマーなどの役職別に作業を分担し、ディレクターのもとでそれら成果を統合し、検証するという流れである。

1. 企画やリサーチ
2. モデリング、プログラミングなどチームに分かれて作業（必要なら外注）
3. 各チームの成果を統合して確認
4. 2と3を繰り返す

まず企画の段階では、VR で実現したいことは何なのか（それが本当に VR である必要があるのか）を正確に洗い出すことが重要である。VR は現実のエッセンスであることは先に述べた。エッセンスというのは立場によって変わりうる。例えば車に乗る VR コンテンツを作ることを考える。教習所などで自動車の運転技術を習得することを目的とする場合、チェンジレバーやブレーキなどの操作が細かく再現されている必要がある。一方、VR で自動車の展示を行うことを目的とする場合は、インタラクティブであることより内装や座り心地が再現されている方が重要である。またカーレースのゲームを行うのであれば、操作や内装のリアリティより走行時の迫力やスリルなどを強調する方が良いかもしれない。このように、コンテンツ制作において、重視する実装ポイント（抽出すべき現実のエッセンス）は内容によって変わる。

企画時にいわゆる「コンテ」を利用する場合も多いが、VR コンテンツの場合はこのコンテは参考程度に留める方が良いとする開発者もいる。絵コンテでは、VR で体験する 360 度全天球のシーンすべてを描き切ることが出来ないことに加えて、絵の通りにオブジェクトを配置しても求める感覚が得られない場合があるからだ。パーソナルスペースにおける人や物の存在感や周囲にあるオブジェクトとの距離・スケールなど、実際に体験しながら調節すべきパラメータは多い。

企画が済んで制作の段に入る時、従来のゲーム制作と比較してプロトタイプを作ることの重要性が大きく増すことに注意されたい。従来のゲーム制作のようにデザイナーやプログラマーなどが個別に作業をして、ある程度できたところで統合をするという開発体制に変わりはないが、実際の VR 体験での検証を早い段階で、かつ繰り返し行う方が良いという開発者は多い。「そこまで作りこむ必要が無かった」、「制作時にテレビモニターで見たのとは印象が異なる」、「酔いが生じる」、「想定より感動しない」などの問題がコンテンツ完成間近に起きると、修正が難しくなってしまうためである。特に体験の面白さの本質の検証は、グラフィックが全く作りこまれていない状態（ホワイトボックスなどと呼ばれる）でも可能である。こうした UX（ユーザエクスペリエンス）デザインの部分を丁寧に行うことで、体験の質は大きく変わる。逆に最初の段階でグラフィックが詰まっていると、体験デザインが見た目にごまかされ、本当に体験が面白いのか見極めが難しくなってしまうこともある。

2.2.4 コンテンツの流通販売形態

本節では、これまでにあった VR コンテンツの販売形態を紹介する。コンテンツの展開やマネタイズの方法として、大きく(1)オンラインで配信するもの（配信）と(2)それ以外のもの（非配信）に分けられる。

(1)配信

まず、コンテンツをインターネットで配信・販売する形態について述べる。Oculus Rift や PlayStation VR などの VR ヘッドセットでは、開発元によって独自の配信プラットフォームが用意されている場合が多い。ある VR ヘッドセットに対応したコンテンツを制作した場合、そのヘッドセット用のプラットフォームを通して販売することができる。また動画に関しては流通形態が幅広く、360 度動画を取り扱うプラットフォームアプリも複数存在している。PC やスマートフォン向けには、ハコスコ²²のように、全天球動画投稿・配信を専門として行うプラットフォームも存在する。また YouTube などの動画投稿サイトの中には、全天球動画の投稿・再生に対応しているものもある。他にも自社で配信プラットフォームを制作しているケースもある。例えば株式会社 360Channel は、Oculus Rift や PlayStation VR 向けに「360Channel」というアプリをリリースしており、ユーザはそのアプリ上で同社が配信する多数の全天球動画を視聴することができる。

オンラインでコンテンツ配信を行う場合、コンテンツ内でユーザが行う課金や追加購入を通して利益をあげることもできる。例えばアプリ自体は無料だが、視聴できる動画に制限が存在し、課金することでその制限が解除されるなどがある。

(2)非配信

コンテンツの配信を行わない場合にも、様々な流通方法が挙げられる。

・ロケーションベース

一つはロケーションベースで展示を運営することである。ゲームセンターや特設会場などを確保し、そこで VR コンテンツの展示を行い、入場料や体験料という形で収益をあげる方式がこれにあたる。ただしコンテンツ内容がゲームである場合には、ゲームセンターや賭博場の運営と同じく風適法（風俗営業等の規制及び業務の適正化等に関する

²² <https://hacosco.com/>

法律) が適用される可能性もあり、注意が必要である。また長期的に展示を展開せずとも、短期間設置したり、特定のイベント内のみで展示を行ったりすることもある。株式会社バンダイナムコエンターテインメントは、早期からロケーションベースの VR ビジネスに取り組んでおり、講演会などで運営に関する情報を発信している。日本では一般社団法人 ロケーションベース VR 協会²³が発足しており、同業者の間で知見の共有を行うとともに、一般に公開している。

・プロモーション

ある製品や企画があり、そのプロモーションの一環として VR コンテンツを利用するケースもある。非 VR の作品の購入特典としてオリジナル VR コンテンツを付したり、書籍などに紙製の簡易 VR ヘッドセットを付け、オプションとしてスマホ向け VR コンテンツを提供したりする方法もある。

2.3 VR コンテンツ制作の課題

▶概要

本節では、2018年現在 VR コンテンツ制作が抱える課題について解説する。VR ヘッドセットひとつとっても、価格や使用時の煩わしさ、スペックの限界や一般層への普及など、様々な課題がある。VR 技術はまだまだ進歩が目覚ましい分野であり、これら課題は徐々に解決に向かいつつあるが、今のところは開発に際して留意しておくべき事項である。

VR が世界的なムーブメントになっていると言っても、2016年が「VR 元年」と呼ばれた通り、VR 技術はまだ市場投入されたばかりであり発展途上にある。本項では、2020年現在、開発者が直面している VR コンテンツ制作の課題について触れる。

2.3.1 デバイスの持つ問題

(1) 体験の煩わしさ

ハイエンドな VR ヘッドセットは、かつてないほどの安価で高品質な体験を実現している。しかし 2016年に各社から発売された VR ヘッドセットを使用するには、体験前に多くのソフトウェアやセンサなどをセットアップする必要があった。さらに、装着時の重さやケーブルの煩わしさなども課題として挙げられる。装着の煩わしさは長時間の VR 体験を難しくしたり、家庭内使用や展示での使用のハードルを上げたりしている一

²³ <https://lva.or.jp/>

つの要因である。また、デバイスの形状もゴーグル型で大きめのものが多い。2018年頃からは、外部機器やケーブル類を一切必要としない一体型(スタンドアロン型)のヘッドセットが消費者市場において存在感を高めているが、性能向上や普及には今しばらくの時間を要する。今後はさらに小型化・軽量化した形状のモデルも登場することが考えられる。

(2) スペックの問題

2020年までに登場した多くのVRヘッドセットは、解像度一つとっても片目当たり1~2K(両目で2~4K)程度の画質である。そのため、8K画質のコンテンツを制作したとしても再生できるデバイスがほとんど存在しないという問題がある。これについてOculus社のチーフサイエンティストであるマイケル・アブラッシュ氏は、「1眼につき8Kの解像度あればVRは現実の世界へと近づける」とコメントしている。ただし、ヘッドセットのスペックの内、解像度の進歩は目覚ましいものがある。近年では、Varjoが、「人の眼レベル」の見え方を謳うVRヘッドセットを産業向けに開発している。

また実写系では、撮影機材のスペックから「実写で動き回ることができるコンテンツ」の制作が難しいという問題がある。実写で撮影した空間をVRヘッドセットで見ながら歩き回りたい場合、撮影時に空間の奥行情報(デプス)なども取得する必要がある。デプス情報まで記録したり、ライトフィールドなどの技術で3次元空間を記録したりする手法も徐々に登場しているが、2020年現在まだ発展途上であり対応している撮影機材が限られている。

2.3.2 社会的・市場的問題

(1) 価格と必要なマシンスペック

スマートフォンと段ボールでVR体験ができる簡易的なVRヘッドセットや、ヘッドセットとスマートフォンが連動するモバイルVRヘッドセットも存在するが、高品質な体験を実現するにはハイエンドなデバイスが必要となる。2020年現在、市場で大きな比重を占めているVRヘッドセットの価格は以下のとおりである。

名称	PlayStation VR	Oculus Rift S	Oculus Quest	HTC Vive Pro
本体価格	4 万円	5 万円	5 万円	15 万円
必要なマシン	PlayStation 4	動作条件を満たす PC (10 万円程度～)	なし	動作条件を満たす PC (10 万円程度～)

(2020.6 月 現在)

VR ヘッドセットに加えてヘッドセットを動作させるためのマシンも追加で購入することを考えると、必要な金額はさらに大きくなる。ただし、ヘッドセットをはじめとした様々なデバイスの価格は月日を追うごとに下がっているため、今後の動向に注目したい。

(2) 普及の問題

2020 年までに、各社からさまざまな VR ヘッドセットが発売されたが、一般に普及しているとはまだまだ言い難い。それゆえに消費者向けにコンテンツを制作しても、手に取って体験できる人が少ないという問題もある。また制作過程で言えば、実写・3DCG を問わず、制作を依頼したクライアント側が VR ヘッドセットなどのデバイスを持っていないと、製品の仕上がりを確認することも難しい。

2.3.3 制作現場における課題

(1) 作業量の問題

実写 VR コンテンツや、VR ヘッドセットで見る 3DCG アニメーションを作る場合を考える。従来ならカメラが向いている方向だけを作り込めば良かったかもしれないが、VR ヘッドセットを使用する体験ではカメラカットが存在しない。それゆえにシーンを 360 度全て作りこむないしカメラの映像を貼り合わせる（スティッチングする）必要があるため、従来の映像作品より作業量が増えることが常態となっている。

(2) ツールの問題

VR コンテンツ制作に使用できるソフトウェアやミドルウェアは様々に存在するが、それぞれがまだ発展途上にある。頻繁なツールの更新に合わせて新しく覚えなければいけないことが増えたり、デバイスとの互換性の問題が生じたりする。一方でツールが進

化しつつあるといっても、人の手でやった方が良くとされる場合もまだまだ存在し（例えば実写コンテンツのスティッチング編集など）、ツールの使いどころに関して取捨選択する力も求められる。

(3) プラットフォームの問題

VRに関するプラットフォームは様々に登場しているが、それぞれの互換性が保たれていない場合も多い。例えば、開発者はOculus Rift向けに開発したコンテンツをPlayStation VR向けに移植したい場合に、様々な修正を行わなければいけない。近年では、プラットフォーム間での互換性を保ったSDKの開発が進みつつあるが、依然として企画の段階でどのデバイスを利用するか、どのプラットフォームでリリースするか（当然マルチプラットフォームも可能）を検討する必要がある。

2.3.4 健康に関する懸念

VRヘッドセットの使用は、様々な観点から健康に関する懸念の声が上がっている。まず3章で述べる酔いの問題である。ヘッドセットを使ったVR体験をすると、吐き気やめまいなどの体調不良を引き起こす可能性がある。酔いについては3章でその対策を述べる。

さらに視界全体を覆うため、体験中はヘッドセットを外した世界の様子を見ることができず、現実の物体に衝突するなど思わぬ事故を引き起こす可能性もある。この対策としては、事前に体験スペースを設定することで、VRコンテンツ体験中に壁などに接近したら警告を出すシステムが実装されている。

また特に両眼立体視を要するVRヘッドセットでは、子供の目の成長に悪影響を及ぼす可能性への懸念もある。例えば幼い子供が両眼立体視を行うことで斜視になる危険性を訴える説もある。VRヘッドセットの中には、使用可能とする年齢が公式に定められているものもある。ただし、実際にVRヘッドセットを使用したことで斜視を患った事例は世界的にも報告されていない。この問題について、次節で述べるロケーションベースVR協会は、「VRコンテンツのご利用年齢に関するガイドライン」²⁴を2018年1月に発表した。このガイドラインでは、13歳未満であっても7歳以上であれば、保護者の同意のもと、休憩を十分とることや健康に影響がないかなどに十分に注意するという条件の下で、VR体験を行っても良いという見解が示されている。

²⁴ <https://lva.or.jp/>

(コラム) VR ヘッドセットの改良と性能向上

VR ヘッドセットは 2012 年 Oculus Rift DK1 (開発者版) の登場以来、性能向上が著しく、毎年のように新型モデルが登場している。2016 年各社から発売されたハイエンド VR ヘッドセットは、ケーブルやセンサなどの必要な周辺備品が多く、ヘッドセットを装着しながらの動きもケーブルの範囲内に制限されていた。2017 年に登場した Windows MR 対応の VR ヘッドセットは、外部センサが不要となった。2018 年には一体型デバイスの Oculus Go、2019 年にはその上位機種となる Oculus Quest が発売された。一体型 (スタンドアロン型) のモデルは、PC やスマートフォンなどを必要としない、それ単体でプロセッサやバッテリーを搭載して動作するデバイスである。一体型デバイスの使用することで、屋外での体験・展示の敷居が下がったり、ケーブルを気にせず自由に動き回れるようになったりするなど、多くのメリットがある。

また 2018 年 1 月にアナウンスされた PC 向けの HTC Vive の上位機種「Vive Pro」は、解像度が 2880×1600 ピクセルと、現行モデルの 2160×1200 ピクセルから画素密度が 78%改良した。同年には 200 度を超える圧倒的な視野角を誇る StarVR One、そして続く 2019 年には Pimax 8K や人の目レベルを謳う Varjo VR-2 Pro など、ハイエンドを超えるプレミアムヘッドセットも登場している。

センサに関しては 2020 年までに、Oculus Quest にハンドトラッキング機能が追加され、さらには VIVE Pro Eye などのように視線追跡センサを搭載するモデルも登場。目の動きをアバタに反映させる、視線を記録することでマーケティングや教育に応用するなど、VR 活用の可能性が広がっている。今後も VR デバイスにおいては、センシング技術や解像度などのスペックが向上し続けることが予想される。

2.4 国内における VR コンテンツ制作の現状と標準化動向

▶概要

VR 技術に関して企業間で互いに協力するための組織や、各プラットフォーム間の互換性を保証する標準化の取り組みなどが行われている。本節では、国内の VR コンテンツ制作の現状を概観した後、組織をまたいだ標準化の国内における事例を紹介する。

2.4.1 国内における VR コンテンツ制作の現状

日本国内における VR コンテンツ制作は世界と同様に活発に行われており、その裾野は広がり続けている。その中でも、実写の VR コンテンツと施設型のロケーションベース VR、ビジネスでの活用は活況となっている。以下では、具体的な事例も交えながらどのようなコンテンツ制作が行われているのかを示す。

(1) 実写コンテンツ

実写コンテンツの用途としては、観光や製品などの魅力を伝えるためのプロモーションが多い。地方自治体や観光組織が取り組んでいる例も多い。例えば東京都が公開した、東日本大震災から被災地が復興している様子を発信する 360 度動画（図 9）、日本政府観光局の訪日プロモーションのための動画や、環境保全を目指す神奈川県の子の自然を体験できる動画、国重要無形民俗文化財への指定が決まった「麒麟獅子舞」の魅力を発信する動画、サッカー日本代表を全天球度カメラで撮影した特別映像などといった事例が存在する。

また映画や楽曲、アイドルなどのプロモーションに実写を中心とした 360 度動画が制作されることもある。映画『3月のライオン』の 360 度動画では人気俳優と VR で対面することができた。他にも羽生結弦選手の祝賀パレードや若手ジャニーズメンバーの鬼ごっこ動画も制作されている。音楽に関しては 360 度動画を用いたミュージックビデオを配信することもあれば、「ももいろクローバーZ 桃神祭」などのようにライブを 360 度カメラで撮影し、VR ヘッドセットで現場の臨場感を楽しむようなものもある。

臨場感を活かすという意味ではスポーツの VR 撮影、VR ライブ配信も試行錯誤が続いている。サッカー、野球、プロレスの試合などで、徐々に知見を得ながら取り組まれていくものがある。



図 9 東京都が公開した、東日本大震災の復興を発信する『Mira (i) cle』²⁵

(2) エンターテインメント向け CGVR

3DCG を使った VR は、主にゲームコンテンツが多い。特にソニー・インタラクティブエンタテインメントの PlayStation VR 向けのコンテンツとして、バンダイナムコエンターテインメント『ACE COMBAT 7: SKIES UNKNOWN』やカプコン『バイオハザード 7』の全編 VR 対応、ソニー・インタラクティブエンタテインメント『グランツーリスモSPORT』など、多くの国内ゲームメーカーが VR 向けのインタラクティブなコンテンツを開発して配信している。2019 年には任天堂が「Nintendo Labo: VR Kit」で VR 体験をリリースしたことも話題をよんだ。『東京クロノス』(Mydearest)、『テトリスエフェクト』(Enhance) など、中小のクリエイティブスタジオによる VR コンテンツ制作も盛んである。

VR ヘッドセットを用いたコンテンツ以外では、2017 年末頃から「バーチャル Youtuber」と呼ばれる存在が話題を呼んでいる。そもそも Youtuber とは、動画投稿サイトである Youtube に、自身が出演者となる動画を投稿する人を指す。Youtuber の中には広告収入などを利用して、動画投稿によって生計を立てている者もいる。そうした Youtuber の活動を、CG で作られたキャラクターにアニメーションや声をあてることで行っているのがバーチャル Youtuber である。厳密な定義は存在しないが、ここではバーチャル(な身体を使った) Youtuber と解釈する。これには人間の身振りをセンシングして、リアルタイムで CG モデルを動かすなどの手法が使われている。CG キャラクターが生み出した文化としては、バーチャルシンガーと呼ばれた VOCALOID (音声合成ソフト) の「初音ミク」が引き起こしたムーブメントも一つの関連事例と言えるかもしれない。近年ではバーチャル Youtuber のアイドル化が進んでおり、音楽 CD のリリースを行うだけでなくバーチャル空間でのライブイベントも開催されている。さらには日本国内で

²⁵ <https://youtu.be/Rdeeza7qXbQ>

はアバターの民主化と言える動きもあり、スマートフォンで簡単に3DCGキャラクターをカスタマイズすることができるアプリ（例えば「REALITY」）のみならず、「VRoid Studio」のように本格的なキャラクターメイキングを可能にするクリエイター向けツールも登場してきた。

こうしたアバターの主要な活用先の一つとして、ソーシャルVRサービスがある。日本初のサービスとして、一対多のカンファレンスから友人同士で集まって遊ぶゲーム空間の作成まで幅広く対応するバーチャルSNS「cluster」や、バーチャルな身体でのライブ・コミュニケーションを可能にする「バーチャルキャスト」、VRヘッドセットに特化したメタバース「ambr」などが挙げられる。海外のプラットフォームではあるが、「VRChat」では、日本企業主催で「バーチャルマーケット」というイベントが定期的に開催されており、のべ参加者数が100万人を超えるなど盛り上がりを見せている。

新型コロナウイルス状況下において、これらバーチャル空間を提供するサービスは大きな注目を集めている。「cluster」は、渋谷区等との連携で渋谷の象徴的な場所をバーチャル空間に再現する「バーチャル渋谷」やポケモンをテーマにした「バーチャル遊園地」を提供するなど、現実の場所やイベントを代替する役割で活用されている。



図 10 （左） cluster で行われたカンファレンスの光景、（右）バーチャルキャストに集まった人々

(3) ビジネス向け

ビジネス領域におけるVRコンテンツに関しても様々な取組みが始まっている。

① トレーニング、シミュレーション

商船三井の乗組員安全教育ツールやJR東日本の安全教育システム、防災VR、安全体感VRなど、業務のトレーニングに関するVRコンテンツ制作は非常に盛んである。

また、まるでその場にいるような感覚が得られることを利用して、不動産の内見を VR で行うといったことにも多くの企業が取り組み始めている。

② 3D データの活用

建築や重機などの CAD データを VR で体験することで施工前にデザインや機能の確認を行うことができる。「SYMMETRY²⁶」のように 3DCG のデータを読み込んで VR で体験するためのツールもある。また医療では CT スキャンされたデータを活用して手術前に患部を VR で確認したり、リハビリ用の VR コンテンツが制作されたりするなどの事例もある。

③ コミュニケーション

まだ事例は少ないが、人と人がバーチャル空間でコミュニケーションを取るためのサービスも存在する。遠隔地にいる人同士でも、バーチャル空間でコミュニケーションをとることで臨場感が増したり、ビデオ通話などよりも生産的に話を進めたりすることもできる。日本からは、「NEUTRANS Biz²⁷」のように VR 内コミュニケーションをパッケージで提供している例もある。

④ 新型コロナウイルス状況下における VR の活用

2020 年に流行した新型コロナウイルスの状況下においては、非接触の技術として VR が注目を集めている。具体的には、工事現場などの様子をより没入感を伴って遠隔地から見るツールやバーチャル空間でコミュニケーションをとるサービスなどがあるが、VR 機器の普及率や単価から、VRHMD とスマートフォンや PC 等のディスプレイで見るモードを併用するツールが多い。

このほかにも、ロボット等を遠隔操作するための VR の活用なども行われており、今後も活用の事例、種類は増えていくと考えられる。

²⁶ <https://co.symmetryvr.com/jp/>

²⁷ <http://neutrans.space/>

2.4.2 国内における標準化動向

(1) ロケーションベース VR

2017年7月18日、一般社団法人ロケーションベース VR 協会²⁸が正式に活動を開始した。ロケーションベース VR 協会とは、施設型の VR 体験（ロケーションベース VR）を運営し、コンテンツを制作する事業に関わる事業者によって構成された協会である。運営者が感じた VR アトラクション運営ならではの問題に対して、事業者同士の情報交換やガイドラインの策定など横の繋がりを活かし、全体で課題を解決していくことを目指している。活動実績として、VR 体験の年齢制限に対するガイドラインの策定²⁹、オペレーションの負担を軽減するための知見をまとめた資料の作成³⁰などがある。

2.4.3 国内における学術分野での取り組み

日本では1996年に日本バーチャルリアリティ学会が設立された。VR 学会では学会大会の主催や論文誌の発行などの他に、VR 技術者認定講習会・試験も実施しており、バーチャルリアリティ学を学ぶ場を提供している。また VR 学会は、学生が企画・制作したインタラクティブ作品の新規性・技術的チャレンジ・体験のインパクトを競う国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト（IVRC）の主催も務めている。

産学連携の例としては、ソニー株式会社と東京大学が、次世代を牽引する技術系人材の育成と強化を目的として、VR/AR を含む新たな学問領域となる「ヒューマンオーグメンテーション（人間拡張）学」を、東京大学大学院情報学環において2017年4月より推進している。また2018年2月1日、東京大学は「VRに関する先導的な基礎研究の推進」と「様々な分野へのVRの応用を目指した教育研究の基盤整備」を目的として、「バーチャルリアリティ教育センター」（VR 教育センター）の設置とその活動開始を発表した。他大学や博物館などの施設・企業とも連携を深め、VR 教育センターとの教育体系推進を産学連携で進めている。同年11月には、国立研究開発法人産業技術総合研究所 人間拡張研究センターも発足し、VR を含む幅広い人間拡張技術について研究が行われている。

²⁸ <https://lva.or.jp/>

²⁹ <https://lva.or.jp/pdf/guidelines.pdf>

³⁰ <https://lva.or.jp/pdf/op.pdf>

2.5 海外における VR コンテンツ制作の現状と標準化動向

▶概要

前節では、国内における VR コンテンツ制作の現状と標準化動向を取り上げた。本節では、海外におけるコンテンツ制作の現状と標準化動向を紹介する。

2.5.1 海外における VR コンテンツ制作の現状

前節では、日本国内における VR コンテンツ制作の現状と標準化動向を取り上げた。Oculus Rift が誕生した米国を中心に、海外でも活発な VR コンテンツ制作が行われている。本節では、エンターテインメントやゲーム分野を中心とするコンシューマー向けコンテンツ制作と、トレーニングやエンタープライズ応用へ展開されているビジネス向けコンテンツ制作の二つについて、目立った事例を取り上げながら紹介する。

(1) コンシューマー向けコンテンツ

Title	Genre	Studio	Release Platform
Beat Saber	Music Rhythm	Indie	2018 all
Arizona Sunshine*	FPS	Indie	2016 all
Job Simulator*	Casual Sim	Indie	2016 all
The Elder Scrolls V: Skyrim VR	RPG	AAA	2017 PSVR, PC
Superhot VR	FPS/Puzzle	Indie	2016 all
Moss	Platformer	Indie	2017 all
Five Nights at Freddy's VR	Horror	Indie	2019 PSVR, PC
Until Dawn: Rush of Blood	Horror	AAA	2016 PSVR
Firewall Zero Hour	FPS	Indie	2018 PSVR
Robo Recall*	FPS	AAA	2016 PC, Quest
Boneworks	FPS	Indie	2019 Steam VR
Lone Echo	Adventure	AAA	2017 Rift
Borderlands 2 VR	FPS	AAA	2018 PSVR, PC
Elite Dangerous	Space Sim	AAA	2016 PSVR, PC
Fallout 4 VR	RPG	AAA	2017 Steam VR
Blade and Sorcery	Action	Indie	2018 PC
The Climb	Sports	AAA	2016 Quest, Rift
Blood and Truth	FPS	AAA	2019 PSVR
Asgard's Wrath	Action	AAA	2019 Rift
Astro Bot Rescue Mission	Platformer	AAA	2018 PSVR

*Bundled with hardware for a limited time

図 11 The VR Fund の Tipatat Chennavasini 氏による作成

図 11 は、2020 年初頭時点における主要プラットフォームを通じての売上トップ 20 の VR ゲームを挙げたもの。そのすべては 400 万ドル以上を売り上げており、中でも上位 7 タイトルは 1,000 万ドルを突破している。特徴として、これらの多くは VR デバイス以前から存在するタイトルに関連したもの（例えば既存の PC ゲームを移植するなど）ではなく、VR デバイス向けに企画・開発され、マルチプラットフォームに対応してい

るという点が挙げられる。VR 体験の強みである身体を使った直感的なインタラクションを活用したタイトルが目立つ。また上位のゲームタイトルが、チェコ共和国 (Beat Saber)、スペイン (Arizona Sunshine)、ポーランド (Superhot VR)、米国・シアトル (Moss)、米国・オースティン (Job Simulator) と世界各地の様々な場所で開発されていることも特徴的である。

一方で人気タイトルの中には、既存の IP とコラボレーションした例や、人気ゲームシリーズの新たなラインナップとして VR 版が登場した例も多くみられる。例えば、マーベル・シネマティック・ユニバースでお馴染みのアイアンマンになりきる『マーベルアイアンマン VR』や、Valve の人気 FPS 「Half-Life」シリーズの最新作としてリリースされた『Half-Life: Alyx』、人気ゾンビドラマ「ウォーキング・デッド」原作の VR ゲーム『The Walking Dead: Saints & Sinners』、そしてオープンワールド RPG の名作 Skyrim シリーズに加わった『The Elder Scrolls V: Skyrim VR』などが挙げられる。

さらに、実写・CG を問わず、VR デバイスで視聴するアニメーション作品の存在感も年々高まってきている。映画トライベッカ映画祭やベネチア国際映画祭では毎年 VR (全天球動画) 作品がノミネートするようになり、SIGGRAPH などの CG・インタラクション技術が集う国際イベントでも VR 体験を特集したエリアが設けられるようになった。Felix & Paul Studio や Baobab Studio、Penrose、ARVORE といった VR 作品に特化したスタジオは、既に複数作品のリリースを通して着実にノウハウを蓄積している。近年ではこうした VR 作品の中からエミー賞を受賞する作品³¹も出てきている他、2016 年制作の Google の VR アニメ「Pearl」は、VR アニメとしては世界初のアカデミー賞ノミネート³²も果たした。

大手スタジオの参入も目立つ。Pixar 手ずから制作した VR 体験『Coco VR』は、同社とディズニーの映画「リメンバー・ミー」の世界に没入できる作品である。またウォルト・ディズニー・アニメーション・スタジオも、2018 年の SIGGRAPH で同社初となる VR アニメーション作品の展示を行った。ILMxLAB はスター・ウォーズをテーマにした VR 体験『Vader Immortal』シリーズを手掛けている。

³¹ <https://www.emmys.com/awards/nominees-winners/2018/outstanding-original-interactive-program>

³² <http://awardsdatabase.oscars.org/Search/Nominations?filmId=4761&view=2-Film%20Title-Alpha>

(2) ビジネス向けコンテンツ

エンタープライズ向け VR は、海外においては日本国内以上に近年大きな動きが見られる領域の一つである。取り分け教育・トレーニングでの活用は活発である。国際会計事務所の PwC は、VR トレーニングの有用性に関する調査結果をまとめており、学習速度が講義形式の 4 倍、学習への集中度が e ラーニングの 4 倍などといった結果を報告している³³。スポーツや社員研修などのトレーニング用 VR システムの開発に取り組む米国の STRIVR³⁴社は、2019 年までに約 5,100 万ドルの資金調達を成功させている。同社は米國小売店のウォルマートが社員に提供するトレーニングプログラムの開発も手掛けている。ウォルマートは 2018 年に一体型ヘッドセット Oculus Go を 17,000 台導入し、全米の 4,500 の店舗にデバイスを配布、100 万人以上の従業員に VR トレーニングを体験させた。Oculus が同社の開発者向けカンファレンスで公開した VR トレーニングの活用事例³⁵には、手術、接客、工場での作業など、様々な業種が含まれている。

建築や製造業など、ものづくりに関わる分野では、製造過程に VR によるプレビューを取り入れ、3DCG を実寸台の大きさで体験することで、トライアンドエラーのサイクルを素早く正確に行えるように取り組んでいる事例が多い。建築業では建てる前の建造物を、不動産業では購買客が現地を訪れることなく内装を確認するために利用されることもある。

VR はプレビューのツールに留まらず、制作のためのツールとしても活用されている。三次元的空間性を持つバーチャル環境で、身体的・直感的な動作によって CG モデリングを行うためのツール (Autodesk³⁶や Gravity Sketch³⁷など) が登場し、CG モデラーの生産性向上やワークフローの短縮などが謳われている。

3D スキャン技術を活用する企業の動きも目立つ。実空間を実写でスキャンする技術を提供している Matterport³⁸社は 2019 年に 4,800 万ドルの資金調達を成功させている。CG で実空間や人を再現し、それを VR 環境で活用するなど、撮影した全天球動画を再生するだけに留まらないコンテンツが登場している。

³³

<https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/assets/pwc-understanding-the-effectiveness-of-soft-skills-training-in-the-enterprise-a-study.pdf>

³⁴ <https://www.strivr.com/>

³⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=gPvuJ5RRe08&t=86s>

³⁶ <https://www.autodesk.com/solutions/virtual-reality>

³⁷ <https://www.gravitysketch.com/>

³⁸ <https://matterport.com/>

2.5.2 海外における標準化動向

コンテンツ制作に限らず、様々な企業間で多種多様な連携が見られ始めている。2016年12月7日には、Acer、Starbreeze、グーグル、HTC VIVE、Oculus（フェイスブック）、サムスン、ソニー・インタラクティブエンタテインメントによって、VR産業の成長を促すための国際的な非営利組織「Global Virtual Association（GVRA）」が創設された。これによって開発時の知見共有はもちろん、共同研究なども行われていく予定である。

これまで各社それぞれが独自に開発してきたAPI・ドライバー・インターフェースには互換性が無いものも多く、開発者側が使用プラットフォームごとに開発体勢を変更しなければならないといった状況にあった。VR業界標準がデバイス・API・プラットフォームなどで設定されることにより、開発者は1つの「標準」を覚えて使用するだけで良く、VR市場の活性化に繋がると考えられる。

VRデバイス関連の標準化については、クロスプラットフォーム型APIの仕様策定をしているオープン・コンソーシアムの「クロノス・グループ」が主導となり、「OpenXR」の策定が進められている。これは、VRデバイスのクロスプラットフォームAPIの正式名称とされる。この取り組みには、ARM、Intel、Qualcommといったチップセットメーカー、AMD、NVIDIAといったGPUメーカー、GoogleやOculus・Valveといったハードウェア・プラットフォーマー、Unity・エピックゲームズといったゲームエンジン提供企業など、VR業界の主要な企業が参加している。2019年7月には「OpenXR 1.0」が無料公開され、2020年7月までにMicrosoftのWindows MRヘッドセットやOculus Rift/Rift Sなどがこれに対応している。さらにはSteam VRのイニシャル・サポートも始まった。

ソフトウェア領域では、インターネットブラウザ「FireFox」を開発しているMozilla社が中心となり、ウェブブラウザ上でVRデバイスを認識するために用いられる「WebVR」（JavascriptのAPI）が、ブラウザを提供しているMozilla、Google、Microsoft等の協力で開発されている。

第3章 VRコンテンツ制作の課題に対するアプローチ

VRコンテンツ制作は、平面ディスプレイで楽しむことを想定した従来のコンテンツ制作の延長として捉えられることも多い。実際に共通する部分も多くある。しかしその一方で、体験品質の根幹に関わる部分で、これまでの演出・開発のノウハウが全く通用しない（むしろ逆効果となる）場合があることも徐々に明らかになっている。VR体験が持つ「没入感・実在感」は従来のメディアによる体験とは一線を画しているが、これを活かした良質なコンテンツを作るためには、VRの性質やVRコンテンツ制作特有の留意点を知っておくべきである。またVR体験の大きな課題である「VR酔い」も対策しなければ、市場自体が縮小してしまう恐れもある。

VR市場はまだ立ち上がり始めたばかりであるが、既に数年にわたり世界中の開発者がコンテンツ制作について試行錯誤を行ってきており、そこから得られた知見は積極的に公開されている。本章では、体験の質を向上させるために必要な知見を、事例を紹介する形で紹介する。ただし本章で紹介する知見には開発現場にて見出された経験則なども多く含まれており、例外も存在する可能性がある点について注意されたい。

3.1 VR酔い

▶概要

VR酔いとは、VR体験によって胃のむかつきや吐き気、頭痛などを催し気分が悪くなる症状である。脳が現実での体験に基づいて予測したものに対して、異なる体験（車に乗っているのに全く揺れや慣性を感じないなど）が与えられると発生すると考えられる。特にヘッドセットでのVR体験では、高いフレームレートの維持と、酔わないための移動方法を考える必要がある。またヘッドセットだけでなく、他のデバイスを組み合わせることで酔いが軽減したり、そのデバイス特有の酔いに注意したりする必要がある場合もある。

VR体験において、胃のむかつきや吐き気、頭痛などの酔い（VR酔い）が発生することがある。これまで、学術・ゲーム・ノンゲームと分野を問わず、研究者や開発者によってさまざまなVR酔い対策の知見が明らかにされてきた。本節では、特にヘッドセットを使った視覚中心のVRコンテンツ開発における酔い対策について、具体的な手法を紹介する。

3.1.1 VR コンテンツにおける VR 酔い

(1) VR 酔いの定義とメカニズム

VR 体験をした後で、胃のむかつきや吐き気、頭痛などを催し気分が悪くなることもある。これは車酔いや船酔いなどと似た不快症状である。原因には諸説あり全てが解明されている訳ではないが、広く支持されている説のひとつに感覚不一致説がある。例えば車に乗る VR 体験をした際、「現実ならこんな時はこう揺れるはず」「現実ならこう動いた時に景色はこんなふうに変化するはず」などと脳は予測をする。しかし現状の VR 技術では、現実には生じる全ての感覚を完全に再現しきれず（例えばバーチャル空間でジャンプする体験をしたのに、現実の身体は座って静止したままなど）、身体のパredictと VR 体験で得られる感覚が矛盾する。このように、VR 体験によって得る感覚が過去の経験から予測される感覚と矛盾していることが原因で酔いが起きるとするのが感覚不一致説である。また「映像酔い」は、一般に大画面で映像を見た時などに生じる酔いを指すが、VR 酔いを映像酔いとまとめる場合もある。

(2) VR 酔いを防ぐ取組の必要性

これまで消費者向け VR コンテンツ開発者の間では、VR 酔い対策の重要性がしきりに叫ばれてきた [1]。メーカーやプラットフォーム側でも VR 酔いについて様々な対策を行っているが、コンテンツ開発者が酔いに配慮した制作を行うことも重要である。特に VR ヘッドセットを初めて体験する人に向けては「酔わないコンテンツ作り」が求められることが多い。理由の一つは、体験者に VR への抵抗を抱かせないためである。人間は一度不快な思いをすると、その体験に否定的な印象を抱き、極端な場合には二度とやりたくないと考えてしまうこともある。初めて体験した VR コンテンツで酷い酔いを感じた場合、体験者は VR 全般に対してネガティブな印象を抱き、VR 体験を倦厭してしまう恐れがある。

(3) VR 酔いの性質

体験中に酔いが生じた場合は、体験者が自ら気づくことができる。しかし VR 体験と VR 酔いの発生タイミングがずれるケースも報告されている [2]。少ない不快感を長時間与えられ続けた場合、VR 体験中には酔いを感じず、体験が終了した後しばらくして酔いを自覚するケースである。展示などで VR 体験を提供する場合、その場では問題が無いように見える体験者が、帰り道では体調を崩しているかもしれない。さらに、酔い

に対する耐性は人によっても、その時々体調によっても異なる。一般に VR 体験を頻繁に行う人は徐々に酔いに慣れてくることも多く、日々多くの時間 VR に接している開発者自身は耐性がつきやすい。そのため、自身の開発するコンテンツがどの程度酔いやすいかについては、様々な人に体験を重ね、客観的に判断する必要がある。デバッグや酔いに関する評価をサービスとして提供している企業も存在する。

3.1.2 フレームレート

(1) フレームレートの定義と VR における重要性

VR 酔いを防ぐために真っ先に考慮しなければいけないと言われているのが「フレームレート」である [1]。特に CG の VR コンテンツでは問題になりやすい。フレームレートとはソフトウェア側で1秒間に描画するフレーム数のことを指す。1秒あたりのフレーム数は fps(Frame per Second)という単位で表記する。一方で似た意味を持つ単語にリフレッシュレートがある。これはディスプレイ側が1秒間に出力できるフレーム数のこと。例えばソフトウェアが1秒間に90回(90 fps)画像を描画しようとしても、ハードウェア側が1秒間に30回(30 Hz)の描画性能の場合、ユーザが体験できるのは1秒間に30回描画される映像体験となる。

フレームレートが VR 酔いを左右する重要な理由は、ヘッドセットを使った VR 体験において、頭の向きに合わせて映像が即座に更新されず描画が遅延すると、ブラー(ぼやけ)や残像が生じることで感覚の不一致などを招き、強い不快感に直結するためである [1]。また、遅延による残像やぼやけは現実では通常生じ得ないことであり、VR の特徴である没入感を著しく損なってしまう。こうした事情により、VR コンテンツ制作者の間で、「画質を犠牲にしてもフレームレートは高水準を保たなければならない」と言われることもある。

また、映像業界では「p」や「i」という単位が用いられることがあり、「720p」「1080i」などのように使われる。ディスプレイには、「走査線」と呼ばれる横一列に画素が並んだものが、縦方向に積み上げられている。縦に走査線がいくつ詰みあがっているかで解像度を評価するという暗黙のルールから、アルファベットの前の数字は走査線の数を表す。すなわち 1080i と書くとき、画面の画素数は (16 : 9 の画面なら) 1920 × 1080 である。また数字の後に続くアルファベットは描画方法の違いを表している。p はプログレッシブ方式の描画を意味し、全ての走査線に対して上から一度に描画処理を行う。一方で i はインターレース方式を意味し、その走査線の偶数番目と奇数番目に対して交互

に描画を行う。人間には自然に見える範囲で、画面全体の描画を2度に分けることにより、描画速度を上げたり、処理負荷を減らしたりするメリットがある。映像業界で1080pというと、通常は1920×1080の画素（フルハイビジョン）の画像を1秒間に60回描画することを表す。これを1080/60pとも表記し、60pと省略されることもある。

(2) 求められるフレームレート

開発者が具体的に実現すべきフレームレートに関しては機器によってリフレッシュレートも異なるため、その数値に合わせたコンテンツ開発が必要となる。人間が気づかない程度の描画の遅延の水準は、頭を動かしてから描画されるまでに20ミリ秒以内であるとされている。2016年に発売された主流な消費者向けハイエンドVRヘッドセットOculus RiftやHTC Viveのリフレッシュレートは90Hz、スマートフォン向けVRヘッドセットGear VRのリフレッシュレートは60Hzとなっている。ソニー・インタラクティブエンタテインメント社（SIE）のPlayStation VRでは120Hzと設定されているが、60fps、90fps、120fpsのいずれでも再生可能なシステムを導入している。快適なVR体験を提供するためには、最低でも60fps（Hz）を実現する必要がある。

実写のVRコンテンツに関しては、撮影時のフレーム数も問題となる。制作現場においては、撮影時のフレーム数も高いに越したことはないが、編集の工数や機材の性能、配信時の再生環境などの制約を考慮し現状は30～60pで撮影される場合が多い。

(3) フレームレートを維持するための処理負荷軽減(主にCGを使ったVRコンテンツ)

フレームレートを高水準で維持するためには、グラフィックスなどを調整して描画遅延を無くす必要がある。一般に、快適なVR体験のために要求されるフレームレートは通常のテレビゲーム（30～60fpsであることが多い）と比較して水準が高い。

そのため開発者は、不必要な描画処理を行わないようにしたり（例：ユーザから実質見えないオブジェクトは描画しない）、体験にとって本質的に重要ではないものは低画質で描画させるなどの最適化処理を行ったりする必要がある（例：体験中にほとんど意識しないような遠景のディテール）。

処理の最適化にはさまざまなアプローチがある。VRコンテンツ制作に使われるゲームエンジンには、コンテンツの中でどの処理にどれくらい負荷がかかっているかを精緻に調べるための「プロファイリングツール」が搭載されている。開発者はこのようなパフォーマンス測定ツールを用いてアルゴリズムを改善したり、必要のない時まで動作し

ていたプログラムを停止させたりして、処理の負荷を軽減させていく。コードの改善以外にも、例えば遠くて見えないようなオブジェクトは描画の精度を荒くしたり、見た目上変化が感じられない不要なライト表現をオフにしたり、DrawCall という「描画をさせるための命令」の回数を減らすための工夫を行ったりと、描画に関する様々な最適化を行うこともある。

(コラム) フォービエイテッド・レンダリング (Foveated Rendering)

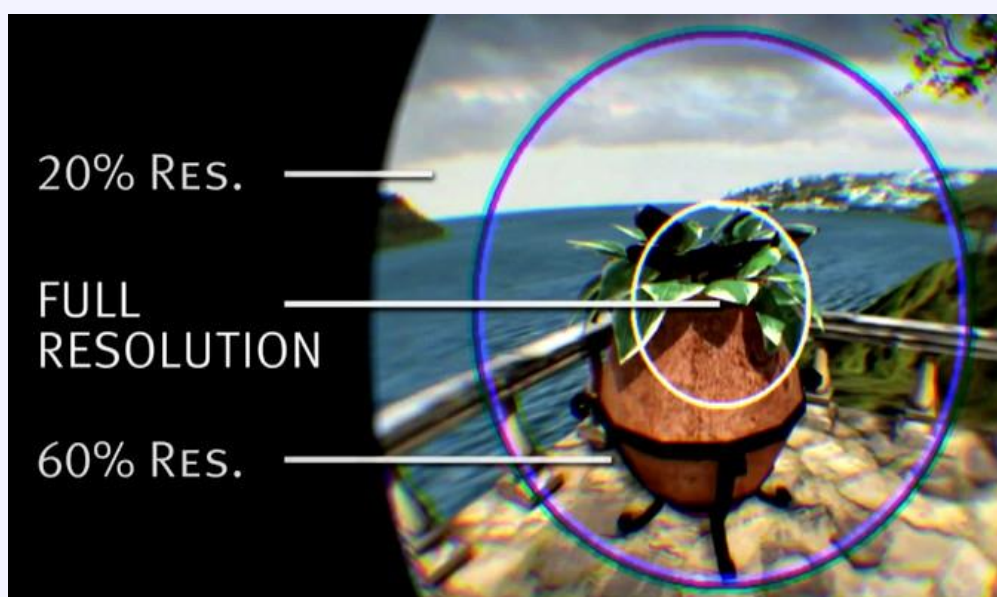


図 12 フォービエイテッド・レンダリングの例³⁹。視野の中心では最高解像度で描画している一方で、視野周辺は 20%や 60%など低解像度で描画を行っている。

フォービエイテッド・レンダリング (Foveated Rendering) とは、画面をレンダリング (描画) する際、人の中心視野ほど高解像度で、そして視野の外側に行くに従って低解像度で描画する手法のことである。人の眼には網膜上に中心窩 (ちゅうしんか) と呼ばれるくぼみがある。人の視野はこの中心窩の領域で最も鮮明になり、周辺視野に行くにしたがって徐々にぼやけていくという性質がある。それゆえ視野の周辺では低解像度で描画をしても認知されにくく、体験に支障は出ないという考えに基づいている。高解像度のレンダリングを必要十分な領域にとどめることで、PC にかかる描画処理の負担を大幅に軽減させることができるとされる。現状ではまだ実用段階ではないが、視線追跡技術 (眼球の動きを測定する技術) の進歩とともに、将来的に普及していく可能性のある技術の一つである。

³⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=Qq09BTmjzRs>

3.1.3 移動方法

「現実で生身の身体は移動していないのに、バーチャル空間の中では激しく走り回っている」といった状況はVR酔いに繋がりやすい。それゆえバーチャル空間での移動は大きな課題の一つである。2017年現行のVRヘッドセットでは、標準時に体験者が現実世界で動ける範囲は最大で3メートル×4メートル程度となっている。現実と同様に広大なバーチャル空間を自分の身体運動で動き回ることを実現するには、大掛かりな設備が必要となる。一般家庭でのVR体験を想定してコンテンツを制作する場合は、バーチャル空間での移動システムが求められる場合が多い。実写、CGを問わずVR酔いは発生するため、バーチャル空間で体験する移動には注意が必要である。

現実世界で座ったままバーチャル空間を動き回る場合、どのような移動システム、カメラワークを実装すれば酔いを低減できるか。研究者や開発者の間で、移動についての知見も徐々に蓄積されてきている。

VRコンテンツでの移動の実装方法は、(1)「プレイヤーの足」と(2)「乗り物」の2つに大別することができる。さらにタイプを分類すると以下のように示される。

表3 VRコンテンツでの移動の実装方法

移動方法	タイプ
プレイヤーの足	連続移動型
	レポート型
乗り物（飛行を含む）	自動車などの地上移動型
	飛行機などの空間移動型

これら移動方法に関する知見は、3DCGのコンテンツだけでなく、実写のコンテンツでも同様に活かすことができる。実写のコンテンツでは、撮影時にカメラを動かす場合に連続移動型や乗り物の移動に関する留意点を意識しておくが良い。また作り方によっては実写コンテンツでレポート型の移動方法を利用することもできる。

(1)「プレイヤーの足」－連続移動型

体験者がバーチャル空間で歩く・走る移動方法のこと。こうした移動方法では加速度は最小にし、なるべく等速直線運動を採用する方が酔いを軽減できるとされている。加えて自身が向いている方向以外に進むと（例：顔だけは右を向いているのに、身体の正面方向に移動するなど）、進行方向の予測ができず、酔いや疲労に繋がりがやすい [1]。また、加速度の有無に関わらず、比較的ゆっくりとした移動が推奨される。

フィールドを歩き回るようなコンテンツでは、視点の向きをコントローラ操作で変更できる機構を実装している事例も多い。現状ではユーザは現実で椅子に座って体験することが多く、周囲を自由に見回すことは、若干の負荷が伴う。例えば、バーチャル空間で後ろに進むために現実世界でも必ず後ろを向かなければいけないような体験は、着座での体験ではストレスになり得るため、コントローラ操作でカバーしたり、体験時に回転できる椅子が用意されたりすることもある。

バーチャル空間の中で移動するために使用するツールは、体験者が手に持つコントローラが一般的である。ただしテレビゲームのようにコントローラのスティックを倒してバーチャル空間を移動する方法以外にも、コントローラを振ることで前に進んだり、コントローラで到達点を指定すると一直線にそこまで飛んでいったりするなど、様々な移動の実装例が存在する。また筐体を使用してペダルを漕ぐことで前に進んだり、現実の足の動きを VR に反映させるデバイスを使用したりする実装も存在する。

従来の一人称視点型のテレビゲームでは、コントローラを倒している間カメラが左右にぐるぐる回転する制御方法も見られるが、VR 体験ではこの操作は、視界の動きが激しすぎて不快感につながってしまう。不快感を抑えながら視点を左右にずらす手法として、一度の操作で一定角度（例えば 30 度）ずつずれるスナップターン方式などが挙げられる（図 13 『マイクラフト VR』のプレイ画面。スティックを左に倒すと、視野が一定角度回転している。）

(具体例)



図 13 『マイクラフト VR』のプレイ画面⁴⁰。スティックを左に倒すと、視野が一定角度回転している。

感覚の不一致という観点から言えば、ジャンプなどのアクション操作も対策が必要となる場合がある。現実の肉体がジャンプをしていない以上、バーチャル空間でジャンプを行う（ジャンプした映像を VR ヘッドセットで見せられる）と不快感に繋がる。特にジャンプのようなアクションは、一度始まると動作終了まで強制的に体験し続けなければいけないという性質がある。ジャンプやアクションなど、強制的に視界を変化させるシーンでは、無理に一人称視点を続けず、その部分のみ三人称視点に切り替えるという対策も見られる。また特にジャンプアクションを実装する際は、現実の物理法則にとらわれず、視界の不必要な揺れをなくすように加速度や軌道を調整しているコンテンツもある。

(2) 「プレイヤーの足」ーテレポート型

テレポート型は、バーチャル空間で直接的な歩行をせず、指定した場所に瞬間的に移動する方法である。現実空間で着座や立位など静止して VR 体験をすることが多い現状では、VR 酔いを軽減し、限られた物理スペースの中でも動き回ることでできる移動方法として、テレポート型移動を採用している作品も多い（図 14 図 14 『Robo Recall』におけるテレポート。ロボットの背後をテレポートしたい場所として指定し（左）、決定した瞬間に移動が完了する（右）。）。テレポート移動の中にも、スティックで行うタイプ、頭の向きで行うタイプ、コントローラの向きで行うタイプなど、様々な制御方法が存在しており、体験に合わせた対応が必要である。

⁴⁰ <https://www.youtube.com/watchv=j.Nfe5fc.xU>

(具体例)



図 14 『Robo Recall』におけるテレポート⁴¹。ロボットの背後をテレポートしたい場所として指定し（左）、決定した瞬間に移動が完了する（右）。

(3) 「乗り物」－自動車などの地上型

ここからは、車・戦車・馬など乗り物に乗って移動する場合を考える。酔いについて、強制的な視点移動に気を付けるという点は(1)と同様である。またレールなどを見せることで進行方向を予測しやすくするなどの工夫をすることも出来る。

スピンやクラッシュといった激しいシーンは特に注意が必要である。視点が急激に変わり得るシーンだけは第三者視点にするなどの対策を取ることで対応している事例もある。また凸凹の地面を走行する視界の揺れについても注意が必要である。乗り物系のコンテンツの中には、実際に筐体に乗って体験したり、通常のハンドコントローラではなくアクセルやハンドルといった専用のハードウェアを用いて体験したりすることで、没入感を上げると同時に、バーチャル空間で生じた揺れや振動を物理的に身体で感じさせて酔いを軽減させることも出来る。

(4) 「乗り物」－飛行機などの空間移動型

操縦ができる飛行機型の移動では、（スティックではなく）コントローラ自体の向きや頭の向きを利用することで操縦を簡単にし、より快適なプレイを実現できる可能性がある。たとえば鳥になってパリの街を飛び回る『Eagle Flight』では、体験者の「頭が向いている方向」のみに移動するようになっている。右方向を向いているのに突然左方向に移動するような体験は、正しく誘導しない限りはユーザの「こう移動するだろう」という予想と結果が一致せず、感覚の不一致から酔いが生じやすい。体験者の向いている方向と進行方向を一致させることで、行動の予想と結果を一致させ、VR酔いを抑え

⁴¹ https://www.youtube.com/watch?time_continue=66&v=ck_NgNvT114

る効果がある。また乗り物に乗り込まなかったとしても、無重力空間や海中（図 15）などで同様の原理の移動方法が採用されることが多い。

また飛行機の上下旋回（後方に転回するような視界変化）や機体の回転（視界が逆さになる方向の回転）による不快感に関しては、現状では効果的な解決策が存在しない。

（具体例）



図 15 海中を泳いで海洋類の観察を楽しむ『Ocean Rift⁴²』。モバイル向けにリリースされたバージョンでは、向いている方向にゆっくりと進む移動方法を取っている。

また、乗り物一般で移動する際は、「コックピット効果」が酔い対策に効果的な場合がある。「コックピット効果」とは視界の中で体験者に対して常に動かないもの（例えば車の正面ガラスやフレームなど）があると、VR酔いを軽減することができるとする効果である。同様のVR酔い対策に、人間の鼻にあたるもの（鳥になる体験ならくちばしなど）を常に視界に描画する方法や、太陽などの遠景静止物を常に描画しておくといった事例も存在する。また現実とは異なる事象だが、地平線や水平線を動かさずにあえて固定することで酔いを防止する試みも見られる。

⁴² <https://www.oculus.com/experiences/gear.vr/1249878741704255/>

(具体例)



図 16 『EVE: Valkyrie - Warzone⁴³』プレイ画面。コックピットが常に視界に描画されている。

(参考)

CEDEC2016 講演「PlayStation®VR 向けコンテンツに対する Consultation Service の取り組み」⁴⁴

3.1.4 VR 酔い対策手法の事例

本節では、上記では触れてこなかったが、これまで採用されてきた VR 酔い対策を紹介する。

(1) 視野周辺の激しい動き

特に視野の周辺の激しい動きは VR 酔いを引き起こしやすく注意が必要とされている。そのため、『Google Earth VR』や『Eagle Flight』などのコンテンツでは、激しい移動時に視野周辺を遮断して視界を狭くすることで、酔いを軽減する手法が採用されている。

視野周辺の激しい動きを減らすのが酔いの軽減につながるのは、この処置がベクシヨンの軽減に繋がるからだと言われる。ベクシヨンとは、日本語では視覚誘導性自己運動感覚という。視野の広範囲に一樣な運動をする物体がある時、その運動と反対方向に自分が移動していると感じる錯覚のことを指す。例えば止まっている電車に乗っている時、

⁴³ http://store.steampowered.com/app/688480/EVE_Valkyrie__Warzone/

⁴⁴ <http://cedec.cesa.or.jp/2016/session/PRD/15599.html>

隣の電車がホームを発車したとする。この時、自分の乗っている電車の方が動いているように錯覚するのがベクシオンである。

(具体例)

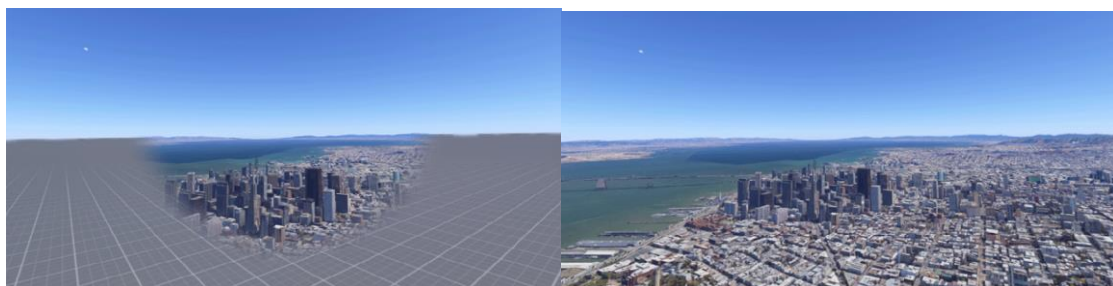


図 17 『Google Earth VR』における移動⁴⁵。移動中は視野の周辺部を見えなくし、激しい移動が終了したら視野全体を戻す。

これと類似した手法として、激しい移動時に視界に効果線を入れている事例もある。ベクシオンを軽減するだけでなく、自分が進んでいる方向を理解しやすいために酔いの軽減につながると考えられる。



図 18 『Eagle Flight』のプレイ画面⁴⁶。移動スピードが上がると視界周囲に風の効果のような線が現れる。

⁴⁵ <http://www.moguravr.com/vr.google.daydream.lab/>

⁴⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=3qdha0j3dZU&t=217s>

(2) 壁との衝突

VR空間で勢いよく壁に衝突する際、壁をすり抜けてしまうと予測との不整合が生じて不快感を引き起こす要因になる。コンテンツに合わせて、壁に当たり判定をつけたり、衝突する前にブラックアウトしたりするなどの対策が施されている。

(3) スローモーション

激しい動きのシーンで、コンテンツの再生速度を通常よりもスローにすることでめまぐるしい動きを回避し、VR酔い対策にする手法もある。Epic Gamesの技術デモ『Showdown』は、スローモーションで再生されるシーンを体験するコンテンツである。この手法を用いることで必然的に体験者の行動範囲を狭くすることが可能なため、その分だけ細部の作り込みに時間を割くこともできたとされる。他にも体験者が動いている間しか時間が進まないアクションゲーム『SUPERHOT VR』などもある。

(具体例)



図 19 『SUPERHOT VR』プレイ画面⁴⁷。自分が動いている間しか敵キャラも動かないため、間近で戦闘にも独特の緊張感が加わる。

(4) スタビライズ (実写)

実写 VR コンテンツは、主にカメラで現実空間を撮影することで制作される。従来の映像作品と同様、カメラの「ぶれ」は体験における問題となる。カメラを手で持っていれば「手ぶれ」、乗り物などに取り付けているならそれによって生じる「揺れ」は、

⁴⁷ http://store.steampowered.com/app/617830/SUPERHOT_VR/

VR ヘッドセットで映像を視聴する際に酔いを招く恐れがある。2D スクリーンで映像を視聴する際に酔いが起きにくくても、VR ヘッドセットで 360 度動画を視聴する場合は視界全体が小刻みに揺れることになる。現実の身体が特に揺れていない場合、このような視界の揺れは VR 酔いを引き起こす原因となり得る。

撮影した映像に対して「ぶれ」を軽減する手法をスタビライズと呼ぶ。従来のカメラでは例えば「手ぶれ補正」などがこれにあたる。実写 VR コンテンツの撮影において、カメラを動かして撮影したシーンがあるのならば、スタビライズを意識した撮影機材選びと編集時にスタビライズ処理を忘れずに行うことが望ましい。

3.1.5 体験機器により異なる VR 酔い

2 章で VR 体験を様々に分類した。本節では VR 体験に用いられる機器と VR 酔いの関係について述べる。以下ではヘッドセット型デバイス、ヘッドセット型に別のデバイスを組み合わせたもの、ドーム型デバイスの順に述べていく。

(1) ヘッドセット

VR ヘッドセットにおいて VR 酔いに関係する要素には、フレームレート・トラッキング性能・解像度・瞳孔間距離などがある。

3.1.2 で詳細に説明した通り、十分なフレームレートが実現できていないコンテンツは VR 酔いを引き起こしやすい。一般にハイエンドな VR デバイスほど快適な VR 体験ができるのは、ヘッドセットの性能によってフレームレートを高い水準で実現できるためである。

トラッキング性能で重要なものの一つは、ポジショントラッキング（ヘッドセット自体の位置を取得する機能）の有無である。Google Cardboard や Gear VR のようなポジショントラッキングが無い VR 体験では、フレームレートが十分でないことに加えて、立ち上がったたりしゃがんだりした場合でも、VR 内の頭の位置が変わらないという違和感から酔いが生じやすい。

画面解像度が高いほど現実の視覚情報に近づき豊かな VR 体験になると考えられる。しかし、フレームレートやトラッキングの性能が改善しないままに視覚情報だけが豊かになると、現実との感覚不一致が大きくなり、逆に酔いやすくなる事例も報告されている。

現状の VR ヘッドセットは、レンズを通して左右の目に異なる映像を呈示し、奥行き感のある立体的な視覚体験を実現している。レンズを覗き込む特性上、左右の目の間の距離（瞳孔間距離）の個人差は注意すべき問題である。ヘッドセットのレンズ間の距離が体験者の瞳孔間距離と合わない場合、眼精疲労を招き VR 酔いの一因にもなり得る。Oculus Rift や HTC Vive など、瞳孔間距離を調節できる機構を備えている VR ヘッドセットもある一方で、Google Cardboard や Daydream など、瞳孔間距離の調節ができない（常に一定な）デバイスもある。

(2) ヘッドセット型に別のデバイスを組み合わせたもの

VR 酔いを引き起こす大きな要因の一つとして、VR 体験では身体運動をしているのに現実の身体が静止しているという状況がある。近年では、人間が座ったり乗り込んだりできる筐体を使用した VR 体験もある。モーションマシンを利用したアーケード型の VR コンテンツは、ヘッドセットが提示する映像と連動させて筐体を動かすことで VR 体験と現実の身体運動のギャップを少なくすることができ、VR 酔いを軽減できると言われている。例えば株式会社バンダイナムコエンターテインメントが 2016 年より運営している「VR ZONE」には、スキーの感覚を再現する筐体や巨大ロボットに乗り込んだ体験ができる筐体など、積極的にヘッドセット以外のハードウェアを取り入れており、これを通じて臨場感の増大や VR 酔いの軽減を図っている。

(3) ドーム型デバイス

ヘッドセットを装着しない代わりに体験者の周りに映像ディスプレイを設置することで VR 体験を実現するシステムも存在する。こうしたドーム型のデバイスでは、どの場所・どの角度から見ても映像体験が成立するため、現状の VR ヘッドセットが持っている瞳孔間距離やレンズと眼球の位置合わせの問題が解消される。またヘッドトラッキングの必要が無いため、視界の映像の描画遅延による VR 酔いは起こりにくい。ただし、ドーム型の体験においても動きの激しい映像の視聴は酔いを引き起こす。特にドーム型は、現行の VR ヘッドセットと比べて視野角が大きいため、ベクション（視覚誘導性自己運動感覚）の影響も大きくなる可能性がある。

(コラム) 変わりつつある酔い対策

VR 酔い対策の重要性は、3.1 節で述べた通りである。VR 酔いを引き起こす作品を体験すると、人は VR 体験自体にネガティブな印象を持ってしまう恐れがある。ただし、十分な酔い対策によって失われてしまう面白さもある。例えばテレポートでの移動は、酔わない移動方法として広く用いられている手法ではあるが、広大なフィールドを走り回る爽快感などを実現することができない。そうした状況を背景に、近年では酔い対策を大切にしつつも、「面白さのためにはある程度の酔いが発生するのも仕方がない」というスタンスもコアゲーマー向けの VR ゲームで見られる。こうしたスタンスでの作品作りは、VR コンテンツに慣れた体験者を想定していることも多いため、初心者向けのコンテンツを作る際には依然注意が必要である。

3.2 没入感と実在感の向上

▶概要

VR 技術が持つ魅力の一つは高い没入感である。ここでは実在感という言葉と併せて紹介し、没入感・実在感を高めて VR 体験の品質を上げるための知見について述べる。実在感の向上には、VR で人や物をどのように表現するかが重要となってくる。現実の物理法則・物理パラメータをそのまま模倣することが、必ずしも最善であるとは限らない。

3.2.1 没入感と実在感とは

没入感と実在感という二つの言葉がある。これらは異なる意味で使われる場合もあるため、以下では用語の説明を簡単に行う。ただし本稿ではどちらも同様の意味として、特に違いを考えない。

「没入感」とは、自分がその世界に入り込んでいる感覚である。体験者が VR 体験に集中できることや、現実とはかけ離れた設定の世界でも自然に馴染めることは、VR 体験の質に直結している。特にコンテンツの導入部分は非常に重要である。現在の VR 体験では、ヘッドセットを被るという非日常的な状況に加え、グラフィックの質やトラッキングの精度、現実にはない世界観など、「現実とは違う」と感じさせる要素が多い。「これは仮想世界で、本物ではない」「自分とは関係のない映像を見せられているだけ」といった感覚を持ってしまうと、VR 体験の質は大幅に下がってしまう。

「実在感」は、体験者が無自覚に「自分はこの世界に存在している」と感じる感覚を指す。「ここは別の世界である」という没入感を超え、「体験が現実と何ら変わらない」というスタンスに立っているため、バーチャルリアリティという概念により近いものと言える。英語では「Presence (プレゼンス)」、または「Sense of Presence」とも呼ばれる。近年では「自分がまさにその世界にいる感じ」という主体にまつわる感覚だけでなく、「キャラクターや物がまさにそこにある感じ」という客体にまつわる感覚も同

じく実在感と表されることがある。また特に、VR体験中の自分の手の実在感をハンドプレゼンス、キャラクターの実在感をキャラクタープレゼンス、VRで他人とコミュニケーションをとるときの実在感（「人と一緒にいる感じ」）をソーシャルプレゼンスと呼ぶこともある。

（具体例）

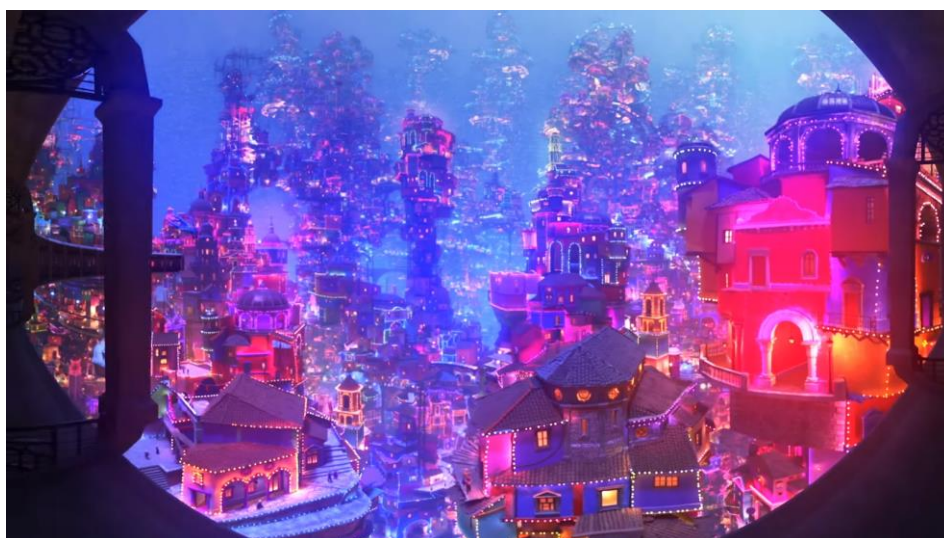


図 20 ディズニーとピクサーが開発した『Coco VR⁴⁸』。列車の窓から見渡せる、丁寧に作り込まれた美しい街並みは、自分がその「異世界」にいるという気分を起こさせる。

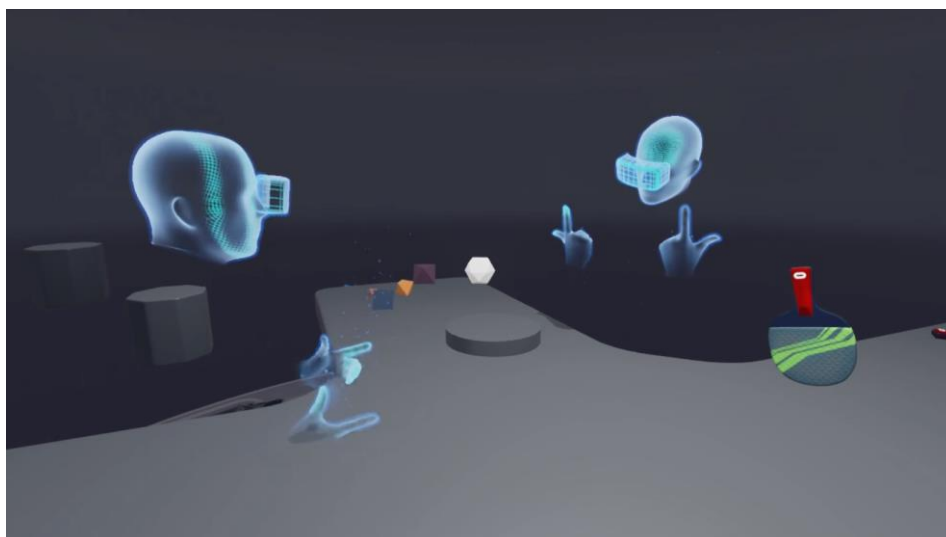


図 21 Oculusの開発したデモ『Toybox⁴⁹』。オンラインで友人と一緒に遊べる。シンプルなアバターだが、動きの人間らしさが「自分は人と一緒にいる」というソーシャルプレゼンスを強く感じさせる。

⁴⁸ <https://www.oculus.com/experiences/rift/1707911292615524/>

⁴⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=iFEMiyGMa5>

3.2.2 ストーリーテリング

VRを使った物語作品も登場している。VRによるストーリーテリングは、従来の映像作品とは異なる特徴をいくつか持っている。本節では、VRを使った物語体験を制作する際に気を付けるべき知見を紹介する。最初に注意しておきたいのは、VRを使った物語作品の制作手法は発展途上であり、映画などに比べて理論や常識が確立されていない部分が多いことである。様々な開発者が自身の体験をもとに制作上の知見を共有しており、参考になるものも多いが、そういった知見に縛られない新しい発想が活かせる可能性も十分にあることに注意したい。

(1) 視線の誘導

VR技術（ここでは特にVRヘッドセット）を用いた物語体験が映画館における映画視聴のような従来の体験と異なることの一つに、カメラワークが存在しないことが挙げられる。これは体験者が見る場所を制作者がコントロールできないということを意味する。物語上で重要なイベントを発生させたとしても、体験者が必ずその一部始終を見ているとは限らない。少しでもそこを見るのに飽きてしまうと、体験者は別のものに目を移してしまう。そういった点から、体験者の注意をいかにして引き続けるかというのが、ストーリーテリングにおいて重要になると言われている。

VRヘッドセットによる物語作品の多くは、体験者が前後左右どちらを向いても物語の世界である。しかし、あらゆる方向を見られるからと言って「見るべきもの」をあらゆる方向に同時に提示するのは、快適な物語体験に逆効果として働く場合もある。VRヘッドセットを被った体験者の多くが「自分は今どこを見たら良いのか分からない」と感じるという報告がある。実際はどこを見ても良いのかもしれないが、完全な自由を与えられて戸惑う体験者は少なくない。体験者を戸惑わせないためにも、VRのストーリーテリングにおける視線誘導は重要である。

物語の語り手は、体験として不自然でない形で体験者の注意を引き、次に見るべきものを指示する工夫が模索されている。特に主人公（体験者が観測者となる場合の、物語世界の登場人物）の動きを利用して視線を誘導する手法は多く使われている。The Soap Collective社が制作した『Never Bout Us VR』では、1人の人間が現れる・消える・歩いて移動するなどの手法を用いて、それを目で追うことで物語体験が成立するようになっている。Baobab Studiosの『Invasion!』（図22）では、物語上重要なイベントであるUFOの登場の際、主人公のウサギが目と身体の動きで「あれはなんだ？」とい

う振る舞いをする。体験者はウサギにつられて同じ方向をずっと確かめてしまうのである。



図 22 Baobab Studios が制作した VRCG アニメーション『Invasion!⁵⁰』。ウサギが「あれはなんだ？」といった様子で別の方向を見ることで、その方角で何かイベントが起きていることを告げている。

(2) 導入の重要性、体験者の役割明示

VR コンテンツにおいて、コンテンツの導入部分は非常に重要な役割を果たし、体験の価値を大きく変え得る力を持つとも言われる。ストーリーのあるコンテンツにおいて「体験者を置いてけぼりにしない」というのは重要なポイントの一つである。特に体験者をコンテンツの登場人物にする場合は、「体験者は物語の中でどのような立場にいるのか」「どのような状況に置かれているのか」ということを体験者に分かりやすい形で示すことが望ましい。

こうした配慮を欠いたコンテンツは、テレビの前で 2D の映像を見ているのとあまり変わらない体験となってしまう、VR であることの意味が薄れてしまう。体験者を除いた複数人が楽しそうに話し合っているところに一人放り込まれても、自分が登場人物なのか透明な傍観者なのかかわからず、共感には繋がらないばかりか、時に疎外感を与えてしまうことすらある。実写の VR コンテンツの例では、テーブルの上にカメラを置いて、そこを囲んで話し合う様子を撮影したとすると、視聴したときに体験者はなぜ机の上にいるのか意味が分からず、没入感が損なわれてしまうといった事例がある。そのため、カメラをどのような位置に置くのか、また複数のカメラを置く場合はどのように切り替

⁵⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=SZ0fKW5PttM>

えるのか、自動で切り替えるのか、体験者自身が切り替えるのか、などを検討する必要がある。

(具体例)



図 23 PlayStation VR 対応タイトル『バットマン：アーカム VR⁵¹』体験はバットマンの衣装をまとうところから始まる。鏡として機能するオブジェクトにバットマンの姿になった体験者が映り、自分は本当にバットマンなのだという意識が強まる。

(3) 音への配慮

基本的に何か音をならす場合は 3D 音響を利用すべきである。VR のストーリーテリングにおいて通例となりつつあるのが、BGM を鳴らすと没入感が損なわれる場合が多い、ということである。映画制作と同様にステレオなど音源の位置を考慮せずに BGM を鳴らした場合、それがどこから鳴っているのか分からず、急に実在感が薄まり「映像を見せられている感覚」が強まってしまうことがある。ストーリーテリングに限らず VR コンテンツでは、BGM を鳴らすより、無音またはその場に適した環境音を鳴らす手法が取られる場合が多い。どうしても BGM を鳴らす場合は、スピーカーなどの音源オブジェクトなどを配置して、そこから鳴らすようにするという手法もある。

3.2.3 3D サウンド

VR コンテンツ制作では、3D 音響技術は非常に重要となる。VR コンテンツでは、音源は 3D 音響であることが望ましい。既存の 3D 音響ではない再生方法には、モノラル

⁵¹ <https://www.youtube.com/watch?v=gQXHNzIKxsc>

やステレオといったものが存在する。モノラルやステレオで鳴らした音声は、VR ヘッドセットで体験するコンテンツではどこから音が鳴っているのか分からず、逆に没入感を損なってしまう場合がある。例えばステレオ方式でキャラクターのセリフを再生してしまうと、相手の口から音が出ているようには感じられない。

(1) 用語説明

3D 音響の扱い方には様々な手法が存在する。最初に主要な用語についての解説を示し、次にそれらをどのように使い分けるのか、具体例を通して説明する。

表 4 3D 音響の手法

用語	解説
チャンネルベース	ステレオや 5.1ch など、想定される出力チャンネルの数に合わせた形で音声をあらかじめ用意しておき、各スピーカーから指定した通りの出力を行うシステム。
オブジェクトベース	音源そのものが位置情報を持っており、各スピーカーからどんな音を鳴らすかをリアルタイムに計算するシステム。音源の距離減衰や、近場で動き回る音の表現に強い。チャンネル数（ex. スピーカーの数）に依存しない対応ができる。ただし音源を配置しすぎると処理負荷が大きくなってしまふ。
シーンベース (Ambisonics)	Ambisonics（アンビソニックス）ともいう。ある一点（聴き手）を取り巻く音場全体の物理情報を記録再生するシステムのこと。アンビソニックス対応のマイク（図 24 左）を使用して録音を行う。 アンビソニックスの形式で作られた音声は出力先のチャンネル数に関係なく（ステレオミックスなどを個別に用意する必要がなく）常に同じデータを利用できるメリットがある。また音場を簡単に回転させることができるため、定点で周りを見回す 360 度動画とは相性が良いとされる。
バイノーラル	ステレオ録音方式の一つ。「頭についた 2 つの耳で音を聞く」という環境（ダミーヘッド（図 24 右）の使用など）を再現して録音することで HRTF を考慮した録音をし、現実環境と同様の聴こえ方を得ることができる。 HRTF（Head Related Transfer Function）とは、頭部伝達関数のこと。人間の耳は頭部の側面に一つずつ付いており、左右で位置が異なる。また耳の形状も人によって異なる。HRTF はこれら物理的要因を考慮し、音がその人にどのように聞こえるかを表したものである。人によって音の聴こえ方は異なるが、HRTF をある程度考慮した音声を作成することで、距離や方向の感じ方にリアリティを出すことができる。
バーチャル サラウンド	ヘッドホン（ステレオ）で聞いているのに、まるで周りにスピーカーが存在しており、そのスピーカーから音が出ているように感じさせる技術。HRTF を用いて音響処理を行うことで実現ができる。



図 24 左 ゼンハイザー社の手掛ける Ambisonics 用マイク「AMBEO VR MIC」。正四面体の頂点の位置、計 4 か所にマイクがついている。

図 24 右 ゼンハイザーが開発したバイノーラルマイク「KU 100⁵²」。ダミーヘッドの中にマイクが組み込まれており、耳を通して聞こえる音を録音できる。

(2) 具体例

先に見たように、3D 音響の記録再生手法には様々なものが存在するが、表現の質や処理負荷などを考慮し、それぞれを適切に使い分ける必要がある。例えば『サマーレッスン』のメニューUI では、空間に置かれているオブジェクトはフィジカルなものと解釈して HRTF を適用している一方、決定音など体験者の意思に関わるものはチャンネルベースで鳴らしている。またセミ・鳥・波などの環境音は、HRTF を使用して音源を適度に分散しているものの、HRTF だけでは方向感が強すぎてしまうため、チャンネルベースの音をブレンドして馴染ませるなど、複数手法の組み合わせも見られる。

鳥の声や海の波が立てるような環境音は、ステレオやバーチャルサラウンド、アンビソニックスなどが効果的に用いられている。耳元に飛んでくる蚊など、方向感を強調したい者はオブジェクトベースでの再生が適している場合が多いが、すべての物体にオブジェクトベースの再生を適用すると処理負荷が大きい。ヘリコプターなど位置が遠いものはバーチャルサラウンドを適用することも考えられる。また耳元で囁くような人の声は、バイノーラルを用いて「近さ」を強調すると効果的である場合がある。

(参考)

・ CEDEC2017 講演「これで解決！ゲームに必要な 3D オーディオの全て」（岸 智也）⁵³

⁵² <http://neumannjapan.com/neumann.user.ItemDetail/id/29.html>

⁵³ <http://cedec.cesa.or.jp/2017/session/SND/s58d1c3f3c611b/>

・CEDEC2017 講演「VR サウンドデザイン夏期講習：パーソナルスペースの内側で」（中西 哲一）⁵⁴

・CEDEC2017 講演「基礎から応用 3D サウンド Ambisonic でなにができる？」（牛島 正人，北村 一樹，川口 貴志）⁵⁵

3.2.4 トラッキングの活用

VR ヘッドセットで実在感を増すための要素として、ヘッドトラッキング・ポジショントラッキング・ハンドトラッキングといった要素がよく挙げられる。

ヘッドトラッキングとは頭（ヘッドセット）の向きを取得する機構であり、体験者が向いた方向に合わせて映像を変化させるために必要である。Oculus Rift 開発者版の登場以降、市場に登場している VR ヘッドセットと呼ばれるデバイスは、ほぼ全てこの機能を有する。

ポジショントラッキングはヘッドセットの位置を取得する機構である。ポジショントラッキング機能がない VR ヘッドセットでは、周りを見渡せば映像は変わるものの、立ち上がったたりしゃがんだりしても高さが変わらない。また前後に動いても当然位置は変わらない。ポジショントラッキングは、大きく分けて外部のセンサでヘッドセットの位置を測定するもの（アウトサイドイン方式）とヘッドセット自体が外界を測定して自己の位置を割り出すもの（インサイドアウト方式）がある。

ハンドトラッキングは、体験者の生身の手の位置を取得するために必要な機構である。「Oculus Touch」や「PlayStation Move」のようなコントローラが手の役割を代替するものや、「Leap Motion」のように手の物理的形狀をセンサが取得するものなどがある。

ハンドコントローラを使用することで、VR 世界のオブジェクトを「掴む」「投げる」等といったことが可能になる。既存のゲームではスティックやボタンなどのコントローラ操作でゲーム内オブジェクトに干渉していたのに対し、VR では手を現実と同じように使う直感的なインタラクションが可能になった。VR 体験の実在感を高めるうえで、インタラクションは非常に重要な要素である。バーチャル空間でインタラクションを際に最も重要な原則は「体験者が思ったことを思った通りに実現できるようにする」とい

⁵⁴ <http://cedec.cesa.or.jp/2017/session/SND/s58dde4194cbb6/>

⁵⁵ <http://cedec.cesa.or.jp/2017/session/SND/s58de535f93c80/>

うことである。そうした実装をするために、場合によっては現実の物理法則を無視して、システム側で体験者の意図を汲んだ方が良い場合もある。以下では特に、VRで手を使う体験のデザインについての知見を紹介する。

(1) 手の表示

① トラッキング

ハンドプレゼンス（手の実在感）を生み、維持するために重要なのは、現実の手とVR内の手の位置が、1対1にぴったり追従することだと言われている。ポジショントラッキングにも言えることだが、センサを正しく使い、手の位置をVRで正しく描画することが推奨される。

② 見た目

手の見た目がリアル過ぎると、逆に悪影響を及ぼす場合もある。手のモデルが精巧過ぎると、「不気味の谷現象⁵⁶」に陥って返って自分の本物の手との差が目立ってしまうためである。例えばOculusの開発した『Toybox』やEpic Gamesの『Bullet Train』では、手は半透明の青白いグラフィックで描かれる。

③ 大きさ

手の大きさには当然ながら個人差がある。その点を考慮して、VR内で描写する手は多少大き目に設定するアプローチがある。小さすぎる手には違和感を覚えやすい一方で、多少大きい手は「手袋をしている」といった解釈ができ、小さいより自然に感じることもできるからである。

④ 手の貫通

壁や物などに衝突した際、手はどのように扱うべきだろうか。VR内で手が物にぶつかったとしても、現実ではお構いなしに手を動かし続けることができる場合は多い。最初に述べた通り、手の実在感はトラッキングが肝になっている。場合によっては、VR内の物理法則の整合性（例：壁に触れると、手が壁に遮られて止まってしまう）よりも

⁵⁶ ロボットなどの人間でないものは、振る舞いが人間らしいほど人間が親近感を増す。しかし、人間かどうかの見分けが難しくなるある時点で、人はそれに嫌悪感を覚える。あまりにも似すぎて完全に人間と見分けがつかなくなった場合は、また好意的になる。不気味の谷は、この「ある程度人間に似ている」という時点でだけ訪れる嫌悪感のことである。

手のトラッキングを止めないこと（例：そのまますり抜けさせるなど）の方が良いケースもある。逆に貫通させない方が、実在感が増す場合もあるため、状況に応じて様々に試してみる必要がある。

⑤ 手を描画しない方が良い場合

たとえばVR空間で引き出しを開けることを考える。VR内で引き出しは上に引っ張ることはできないが、現実でコントローラを握っている手にはそのような制約はない。このような不整合を防ぐために、そもそも「動きが物理的に制限されるオブジェクト」は置かないか、スイッチで開くようにするなど動作を変換してしまうのが簡単である。ただこのような対処が難しい場合、動かしている間に誤った手の情報を与えるより、いつそのこと一時的に手の描画を無くしてしまうのも一つの手段である。

(2) 握る・掴む・投げる

続いて、手の動作の実装に関する知見を紹介する。ここでは握る動作、掴む動作、投げる動作の順に述べる。

① 握る

物を握った時の挙動は、体験に合わせてデザインする必要がある。例えばバットを握ったまま振り回すことを考える。この時、勢いよく振ってもバットが飛んでいかない方が良いのか、バットが別の物体に衝突したときに手から抜け落ちてしまう方が良いのかは、体験内容によって異なる。強く握っている時は、体験者の「その物体を離したくない」という意図をくみ取り、「握りモード」のような特別な状態に遷移させ、手とオブジェクトが一体化するような処理を施すのも有効である。

また物を持つとき、重さを感じないVR体験の場合、あまりに大きなものを動かせるように設定すると不自然と覚えることがある。またフライパンのように重心が手から離れたところにある物体も、持った時に違和感を覚えやすい。

② 掴む

次に何かを拾うときなど、掴む動作を考える。VR内で掴める（手でインタラクション可能な）オブジェクトについては、色を変える・音を鳴らす・コントローラを振動させるなど、体験者にそのことを伝える方が望ましい場合が多い。現状のVR体験ではま

だ現実の完全再現をすることは出来ないため、そもそも体験者とそのオブジェクトに「触れられない」と思っている場合も多い。

また VR 体験で手が使えたとして、手の届く範囲が物理法則に忠実すぎると、拾える範囲が制限されて快適な体験から遠ざかってしまう場合もある。例えば Epic Games の『Bullet Train』では、手から目に見えないマジックハンドが伸びており、見えている手より広範囲に掴み判定が生じている。これによって、地面に落ちたものなどを拾う際、逐一しゃがむ必要性を減らしている。

③ 投げる

正確に投げるというのは現実世界でも難しい。投げる動作の正確なシミュレーションが必要でない限り（エンタメとして投げる動作を行う体験の場合）、快適な体験を生み出すためにシステム側でアシストをすると良い場面も多くある。ただしその場合、アシストが露骨すぎると「自分が投げた」という感覚がなくなってしまうため、体験に合わせて調節する必要がある。

(3) 道具を使う

体験者が「この VR の手は本当に自分の手だ」と感じさせる手法として、手で扱う小道具を用意するアプローチがある。例えば手りゅう弾のピンの引き抜きや、スイッチを押すと作動するなど、道具自体にインタラクティブな仕掛けがあると自分の手を使っている感覚が強まるとともに、道具の存在感も増す。

手を使ったインタラクションを実装する際、テストプレイ中にテスターがやろうとしてできなかったことはなるべく記録を取り、可能な限り実現するようにするといった地道なプロセスも採用されている。体験者が「これはできるだろうか？」と思って試したことが VR でそのままできると体験の満足度も向上する。

(具体例)



図 25 『Job Simulator⁵⁷』は上で述べてきた手の表示、握る・掴む・投げる、道具を使う、といったポイントの多くが満たされている。

(参考)

・ CEDEC2016 講演「手と指が VR の中にある : Oculus Touch のインタラクションデザイン」

⁵⁸ (近藤 義仁、井口 健治)

・ CEDEC2016 講演「VR 空間内で「手」を使ったインタラクションを実現するための方法」(松生 裕史) ⁵⁹

3.2.5 VR における人物表現

本節では、VR における体験者自身の表現において、実在感を高めるための知見を紹介する。ここでは、体験者自身のアバターのデザインと、体験者が相対する他者（キャラクター）のデザインについて述べる。

(1) 体験者自身の表現

Oculus 社は、頭と手からなる VR 用の人型アバターを作ることのできる『Oculus Avatars』を公開している。Oculus 社の提供するアバターは、次のような特徴を持っている。一つは、手および胸から上のみが表示されており、それ以外（胸より下や腕など）

⁵⁷ http://store.steampowered.com/app/448280/Job_Simulator/?l=japanese

⁵⁸ <http://cedec.cesa.or.jp/2016/session/GD/16076.html>

⁵⁹ <http://cedec.cesa.or.jp/2016/session/ENG/7649.html>

は見えない点。そしてもう一つは、半透明であり様々な色がある点である。この2点は、「無理に全てを実装しようとせず、省けるところは思いきって省く」という姿勢に基づいている。例えば Oculus アバターにおいて腕が省かれている。現行の消費者向け VR システムでは、手の位置をトラッキングすることはできても、手がつながっている腕の動きまで完全に取得することはできない。推定などを利用して無理やり腕の動きを実装すると、アバターの見た目は現実の人間に近づくものの、動きの不自然さが目立ち、逆に実在感は損なわれてしまう。アバターの手が、半透明で人肌の質感を避けた実装となっているのも、人の肌の表現が難しいためという同様の理由である。胸から下が省かれているのはそれ以外にも、「着座・立位などの姿勢や、体験者の身長差に依らず同じアバターで対応できる」といったメリットもある。様々な人間的特徴を思い切って削ぎ落したとしても、トラッキングされた手や身体の人間らしい動きが「人間と一緒にいる感じ」(＝ソーシャルプレゼンス)を生み出す。

もちろん上記のような省くアプローチとは反対に、多少の違和感を伴っても全身のアバターを用意する方が体験として良い場合もある。コンテンツにとって、実現したいプレゼンスにとって、どこまで現実と同じ描写をするべきなのか考えることが望ましい。

また、自分で自分のアバターを見ることで、そのアバターが自分であると思う身体所有感の想起に繋がる。鏡など反射するギミックを用意することで、自己像を確認できるようにする手法もある。

(参考)

・Oculus Connect3 セッション「Oculus Avatars: Maximizing Social Presence」(Mike Howard, Will Steptoe) ⁶⁰

(2) キャラクターなど他者の表現

前節では、自分自身を表すアバターにおいて、実在感を高めるための知見を紹介した。本節では、体験中に会う「他者」(人間の操作していないキャラクターを含む)の制作におけるポイントを紹介する。

アニメなど既存のキャラクターを VR 体験中に登場させる場合、公式に設定されているパラメータ(体長・髪色)などをそのまま採用しても不自然に感じられるという事例

⁶⁰ <https://youtu.be/X6XOwtcscnY?list=PLL2xVXGs1SP7RjXUBwur43flR7tRcbYLD>

が報告されている。体験者はキャラクターから受ける印象を元に、各々が思い思いのイメージを持つ。脳内で予測したキャラクターと目の前に現れたキャラクターの特徴に差異があると、違和感を生みキャラクタープレゼンス（そのキャラクターが、まさにそこに存在している感じ）を損なってしまう。VR コンテンツ制作全般に言えることだが、VR コンテンツでは「体験者がリアルだと感じられること」が最も重要であるため、現実を模倣することが必ずしも最優先とはならない。

一方で現実の人間を模倣して実装した方が望ましい要素もある。例えばキャラクターを喋らせる場合、音声は3D音響を使って口元から発せられるようにした方が実在感を損なわずに済む。テレビゲームのBGMのように単純なステレオ音声を再生しても、どこから声が聞こえてくるのかが分からず、キャラクタープレゼンスが剥がれてしまう。さらに瞬きや目のハイライトが存在しないと、「不気味の谷現象」が生じてそのキャラクターが人間だと感じられなくなってしまう。また呼吸による身体の動きや髪の毛のモーションなど、細かくて普段は意識していないような動きでも、省かず丁寧に実装することでキャラクターの実在感が増す。

（具体例）



図 26 『サマーレッスン』の登場キャラクター⁶¹。グラフィクスやアニメーションなど、様々な点においてキャラクターが「まさにそこにいる」という感覚が追及されている。

⁶¹ <http://summer-lesson.bn-ent.net/allison/>

3.3 感覚と感情

▶概要

VR 技術は、人間の感覚と感情に強く働きかけることができる。見た目が味の体験を変化させるなど、五感が相互に補いあう「クロスモーダル」や、感情（情動）を誘起するための研究も存在する。また同じ VR 体験でも、本人の持つ経験に依って体験の感じ方に個人差があることもわかっている。

VR では五感を使った体験ができ、従来のメディアの体験と比べて没入感が高いなどの性質を持つ。それゆえに VR は人間の感覚と感情に強く働きかけることができる。視覚情報が味覚情報を変化させるなど、五感が相互に補いあう「クロスモーダル」や、感情（情動）を誘起するための研究など、本節では、人間の感覚や感情に関する知見を紹介する。

3.3.1 クロスモーダル現象

クロスモーダルは、ある感覚 A から、別の感覚 B の情報を補完して認知・解釈するという、人間の感覚が持つ特性のことである。クロスモーダル現象が起きているとされる具体例には、かき氷のシロップが挙げられる。イチゴ・レモン・メロン……と様々な種類が存在するかき氷のシロップだが味の成分は全て同じであり、着色料や香料のみが異なっている。それでもそれぞれ違う味として感じられるのは、味覚が視覚や嗅覚に影響を受けているからである。

VR 体験において、クロスモーダルを利用することは重要といえる。クロスモーダルを使った体験は、バーチャルリアリティを強く感じられるために体験として鮮烈であるだけでなく、コスト削減というメリットも持っている。現状の技術では、五感情報の全てを完全に呈示できるわけではない。技術で再現しきれない感覚については、クロスモーダルなどを利用することで脳が補完するに任せるという解決策が取り得る。現実全てを完全にシミュレートせずとも、人間の脳の性質を利用することで体験の質を保ちつつ、開発コストを減らせる可能性がある。

クロスモーダルに関する学術研究には、例えば文化庁メディア芸術祭にエンターテインメント部門優秀賞を受賞した「Unlimited Corridor」（第 2 章 図 8）がある。これは、円弧上に曲がっている壁を触りながら曲がって歩いているのを、視覚と触覚の相互作用によって「真っすぐに歩いている」と感じられるシステムである。他にも、実際

の大きさよりクッキーを大きく（小さく）表示して見せることで、通常より少ない（多い）量で満腹感を得る「拡張満腹感」なども挙げられる。クロスモーダル現象に関しては未知のことも多いが、VR 技術との相性は良く、注目できる分野の一つである。

（具体例）



図 27 株式会社バンダイナムコエンターテインメントが運営する VR アクティビティ体験施設「VR ZONE」より『スキーロデオ⁶²』。部屋の気温は体験前後で一切変わっていないが、呼気に応じて白い息が出るなど視界の映像表現につられて「寒い」と感じる人もいる。

3.3.2 感情（情動）

（1）情動の誘起

五感のような感覚だけでなく、感情（情動）に関する研究も行われている。例えば東京大学大学院 廣瀬・谷川研究室では、鏡に映る自分の表情を、コンピュータを用いて実際より笑顔にして表示させることで、それにつられて情動を誘起する「扇情的な鏡」（図 28）を開発している。これは「ミラーリング」という人間の性質（例：相手が笑っているとつられて自分も笑ってしまう）を利用したもの。ウィリアム・ジェイムズの言葉に、「人間は楽しいから笑うのではなく、笑うから楽しいのだ」というものがある。人工的に身体反応を作ることで、それにつられて感情を誘起することが可能となるのである。

⁶² <http://www.moguravr.com/vrzone.repo/>



図 28 扇情的な鏡⁶³

VR 体験は、その没入感の高さや五感に訴えることのできるメディアとしての性質上、体験者に何らかの感情を引き起こすこともできる。例えばキャラクターが体験者の素振りを真似するとキャラクターに愛着を覚えたり、キャラクターと視線が合うと感情移入をしやすくなったりする。キャラクターが「本当にそこにいる」と感じたり、体験者自身が「自分は物語の世界に存在している」と感じたりすることで、ストーリーが生み出す感動は大きくなる。Oculus Story Studio が制作し、VR 作品として初のエミー賞を受賞した『Henry』では、ハリネズミのヘンリーの誕生日を、ヘンリーの傍で傍観する。高い没入感によって多くの体験者は、ヘンリーが示す喜怒哀楽に強い共感を覚える。

VR を使えば、CG のキャラクターに実在感を与えたり、現実の人間を別の人間（キャラクター）と感じられるようにして印象を変えたりすることもできる。コンピュータを用いて（見た目や声の）性別を変えることによって、触れ合った時の印象が変わるという研究 [5] もある。

(2) VR 体験の個人差

体験者が過去にした経験によって、VR 体験で得られる感動や感覚に個人差が生じる場合がある。株式会社バンダイナムコエンターテインメントが VR 体験施設「VR ZONE」で展示しているコンテンツに、『高所恐怖 SHOW』というものがある。地上数百メートルの高度で木の板を歩き、子猫を助けるという内容の体験である。この体験では、一般的な人は恐怖を覚えつつも一通り体験を行うのに対して、元自衛隊の落下傘部隊や高

⁶³ http://www.shigeodayo.com/incendiary_reflection.html

所作業の仕事をしていた経験を持つ人の中には、一步も踏み出すことなくギブアップするというケースが報告されている。高所の恐怖を実際に知っていればいるほどに、『高所恐怖 SHOW』はリアリティを帯びるといえる例である。また感情とは関係ないが、自動車レースの VR コンテンツにおいても、実際に車を運転したことのある人の方が、現実の自動車の運転との差異が気になって酔いやすい、といった報告も存在する。

過去の経験以外で、体験に臨む心持ちなどによっても得られる感動や感覚は異なる。VR で体験している世界を楽しもう、信じようとする気持ちを持っている人は、そうでない人より高い没入感・感情の想起を体験できる傾向にあるとされる。

3.4 空間を使ったユーザインターフェース (UI)

▶概要

VR は、従来のテレビゲームの類似と見られることもあるが、これまで平面のスクリーンで使われてきたユーザインターフェースは、VR 体験には適さない場合も多い。「伝える情報量」と「ユーザの快適な使用」の両立に加え、「実在感を失わないこと」という条件まで加わるのが、VR 体験の UI の特徴である。また、もはやメニューなどを必要としない、世界そのものをユーザインターフェースとするアプローチなど、VR ならではの UI もいくつか明らかになっている。

実写であれ CG であれ、ユーザが体験中にさまざまな操作を行うためのインターフェース (例えばメニュー) が存在する。従来のテレビゲームで培われてきたユーザインターフェース (UI) の知見がそのまま活かせるように思える。しかしながら実際のところ、従来型の UI は VR 体験において、体験の快適さの低下や、実在感の損失に繋がってしまう場合も少なくない。本節では、VR 体験に求められる UI の要件について考察する。

(1) 従来のテレビゲームと同様の UI

既に従来型のゲームで出来上がっている UI をそのまま採用する場合は、空中にパネルなどを浮かべ、コントローラ操作 (レーザーポインタやスティック) で選択する方式が採用されることが多い。体験者にとってはテレビゲームなどで見慣れている形式のため、操作の仕方自体は分かりやすいが、UI が「UI オブジェクト」として世界に存在することが不自然な場面では、実在感を損なう原因になる。例えば『サマーレッスン』では、実在感を重要視している場面では主人公や女の子の各種パラメータなど「従来のゲームらしい UI」が排除されている。ゲーム的な UI が表示されると、目の前のキャラク

ターの実在感は途端に下がり、「人間」ではなく「ゲームのキャラクター」としか思えなくなってしまうためである。

『サマーレッスン』の UI でその他に工夫されている点として、体験者自身のセリフをあえて1択の選択肢として示していることが挙げられる。コンテンツを制作する上で、体験者にセリフを与えたい場面もあるだろう。そういった場合、セリフを一択で表示させ、能動的に選ばせることで「これは自分が言ったセリフだ」という感覚を高めることができる。またこの時表示されるセリフは、語調・語尾などの特徴（キャラ付け）が少ないシンプルなもの選ばれている。セリフに個性を出してしまうと、普段の自分と違った場合に実在感を損ねてしまう可能性があるからである。

以上のように、「伝える情報量」と「ユーザの快適な使用」の両立に加え、「実在感を失わないこと」という条件まで加わるのが、VR 体験の UI の特徴である。



図 29 『サマーレッスン』のプレイ画面⁶⁴。従来のゲームによく登場する様々なパラメータは排除され、体験者が選ぶ選択肢も、空間に自然に溶け込むようにデザインが配慮されている

こういった従来のゲーム型 UI を VR 体験で使用する場合、その操作方法も考えねばならない。例えば以下のような操作が挙げられる。

- (ア) 選びたいメニューを一定時間見つめることで選択する
- (イ) コントローラのスティックで選択して、ボタンで決定する
- (ウ) コントローラからポインターが出ており、選択したいものを指し示す
- (エ) 空中に浮かぶメニューパネルを、指やコントローラで押す（叩く）

⁶⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=Q0o> ヘッドセット vQKIA

いずれも一長一短である。(ア)はコントローラなどの入力機構に乏しいスマートフォンでも利用でき、複雑な操作を必要としない点で初心者にもやさしい。(イ)は従来のテレビゲームなどのコントローラ操作と同様であり、分かりやすくはあるがVRである意味が薄れる。(ウ)は空間の奥行きを意識出来るためVRならではの体験にはなるが、ボタンの位置が遠いと押しにくかったり、入力が多かったりするものには向かない。(エ)次に紹介するダイジェティックUIに近く、直観的で体験としては新しいが、VRにおけるコントローラ操作に慣れていない人は操作に戸惑うかもしれない。

また文字の入力インターフェースに関しても試行錯誤が続いているところであり、業界のスタンダードはまだ確立されているとは言えない。

(2) ダイジェティック UI

ダイジェティックUIとは、つなぐ、引っ張る、割る、かぶる、打つ、食べる、飲むなどといった、VRでの行為・行動や物体それ自体をUIとするもの。例えばVR空間にあるディスク状のものを手に取って、傍にあったパソコン型オブジェクトに入れると、パソコンが作動したりイベントが起きたりすることなどがある。

他にもOculusの開発した『First Contact』では、自分の手でフロッピーディスクを持って、直接マシンに挿入することで3Dプリンターらしきマシンが作動する。メニューからコントローラ操作で選ぶより直感的で分かりやすく、体験としても自然である。

(具体例)



図 30 Oculus の開発した『First Contact⁶⁵』。自分の手で直接フロッピーディスクを挿入することで、3D プリンターらしきマシンが作動する。コントローラのボタンを押したり、メニューからスタートを選んだりするような、従来のユーザインターフェースとは異なる。

3.5 展示時の心がけ

▶概要

VR コンテンツを展示する場合、VR 特有の注意点がいくつか存在する。体験全体の満足度を上げたり、滞りなく展示を行ったりするために、衛生問題や体験前の導入、体験者の VR リテラシーを考慮したコンテンツ作り、デバイスの持つ問題点などに配慮すると良い。

没入感・実在感を向上させるためには、コンテンツデザイン以外にも、実際の体験の場における留意点も知っておく方が望ましい。コンテンツは、ユーザに体験されることで初めて完成される。本節では主に、社外の会場で体験ブースを設けて VR コンテンツの展示を行うことを想定し、その際の注意点についてまとめる。

(1) 衛生問題

複数人でヘッドセットなどのデバイスを共有する場合、人体との接触部分における衛生問題に気を配ることが望ましい。ヘッドセットは顔面に押し当てる性質上、汗や化粧品が付いたり、髪が乱れたりする可能性がある。体験の満足度を高めるために、VR ヘッ

⁶⁵ https://www.youtube.com/watch?time_continue=11&v=KKT3Z8LBn6s

ドセット用の衛生マスク⁶⁶を用意したり、ヘッドセットにカバー⁶⁷を利用したり、それをウェットティッシュなどで拭うなどの方法がある。またヘッドセットを外したあとに髪の毛の乱れなどを確認できるように、鏡などを用意しておくといった事例もある。

(2) 体験前の体験

どこかに体験ブースを構えて展示をする場合、VR体験が始まるまで（例えばヘッドセットを被るまで）の体験にも工夫の余地がある。待ち時間に何をさせるか、どのようなシチュエーションでヘッドセットを被らせるのか、といった細かな配慮が、コンテンツの世界観形成に一役買うからである。VRコンテンツは、いかに体験者に「その気」にさせるかが大切である。コンテンツの世界観を強く信じている人ほど、体験の満足度は高くなりやすいからである。

(3) アテンダの演技

体験前の体験と共通した部分があるが、体験者のヘッドセット装着に際して、どのように指示を出すかという点も気を配ると良い。案内をするスタッフが「これはあくまでフィクションである」といった姿勢で案内をすると、世界観を損なうことに繋がる。

(4) 体験者のリテラシーに配慮

2018年現在、VR体験をする機会は少しずつ増えてきているが、まだVRヘッドセットを一度も被ったことがないという人も多い。スムーズで快適な体験のために、ターゲットとなる体験者に対してどの程度「ゲーム的なルール」や複雑な操作を要求できるのかに配慮すべきである。特にテレビゲームに全く触れた経験が少ない人は、ハンドコントローラを渡しても握り方すらわからない場合が少なくない。イベントなどで「一回限り」の体験を提供する場合は、体験者が操作を練習できる十分な時間が取れないことも多いため、ユーザビリティという観点を忘れずに持っておきたい。操作を覚えるだけで体験時間が終わってしまったり、思い通りに体験が進められずにコンテンツを十分に楽しんでもらえなくなったりする恐れがある。

⁶⁶ <http://www.moguravr.com/nm/>

⁶⁷ <https://vrcover.com/>

(5) バッテリーや発熱

VR 体験に用いるデバイスの中には、充電が必要となるものも多い。また特にスマートフォンを使用する場合は、バッテリー以外にも発熱の問題がある。VR 体験のための描画はデバイスのプロセッサに大きな負担がかかり、本体が発熱することもある。また発熱に応じて動作が停止したり、パフォーマンスが低下したりすることもある。こうしたデバイスの問題を考慮し、展示型の VR 体験では、デバイスの予備を用意しておくことが望ましい。

(6) 非体験者への配慮

VR ヘッドセットによる体験の欠点の一つは、「外からでは、体験者が何を見ているか全くわからないこと」である。何が体験できるのか分かりにくいゆえに、集客しにくくなってしまう場合もある。解決策のひとつとしては、モニタやスクリーンを用意し、そこにヘッドセットが描画しているのと同じ映像を映すことである。さらに余裕があるのであれば、クロマキー撮影などを利用して、体験者が見ているものだけでなく、体験者がバーチャル空間で置かれている状況、周囲の状況なども同時に映すのも良い。

(7) デバイスの年齢制限

VR ヘッドセットには、各社から年齢制限が設けられている場合も多い。また 13 歳未満の両眼立体視は注意する必要があるという主張もあることから、これまで多くの VR 展示では体験の年齢制限が行われてきた。またそれ以外にも、両眼立体視を必要としないハコスコー眼タイプのような単眼デバイス（ひとつの穴を両目で覗き込むタイプのヘッドセット）でも遊べるオプションを用意しておき、子供の体験にはそれを使用するといった配慮も見られた。

参考文献

[1] Oculus, 2016, Oculus ベストプラクティス.

<https://static.oculus.com/documentation/pdfs/ja-jp/intro-vr/latest/bp.pdf>. [アクセス日: 2018 年 2 月 20 日].

[2] Mogura VR, 2017, これから VR ビジネスを始める人が押さえておくべき先行事例.

<http://www.moguravr.com/vr-business-example/>. [アクセス日: 2018 年 2 月 20 日].

- [3] Keigo Matsumoto, Yuki Ban, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose, "Unlimited Corridor: Redirected Walking Techniques using Visuo Haptic Interaction," *SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies*, pp. 20:1-20:2, 2016.
- [4] 鳴海拓志, 伴祐樹, 梶波崇, 谷川智洋, 廣瀬通孝, “拡張満腹感：拡張現実感を利用した食品の見た目の操作による満腹感のコントロール,” *インタラクション*, pp. 25-32, 2012.
- [5] Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose, "Manipulation of an Emotional Experience by Real-time Deformed Facial Feedback," *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference(AH'13)*, pp. 35-42, 2013.
- [6] Keita Suzuki, Masanori Yokoyama, Yuki Kinoshita, Takayoshi Mochizuki, Tomohiro Yamada, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose, “Enhancing Effect of Mediated Social Touch between Same Gender by Changing Gender Impression,” *Augmented Human*, 2016.

【参考】リファレンスガイド

本ガイドラインでは、これまで各所で紹介されてきた様々な知見をまとめてきた。そういう知見は今後も更新されたり、新たに発見されたりする。ここでは、これまでの知見や、これからもたらされる知見にアクセスするために参照するべきものを紹介する。

1. VR コンテンツ開発に関するドキュメント

- Oculus ベストプラクティスガイド
<https://developer.oculus.com/design/>

2. 書籍や資料

2.1 広く VR について扱ったもの

- トコトンやさしい VR の本 (今日からモノ知りシリーズ) - 廣瀬 通孝 (監修)、東京大学バーチャルリアリティ教育研究センター (編)、日刊工業新聞社

<https://pub.nikkan.co.jp/books/detail/00003398>

- VR 原論 人とテクノロジーの新しいリアル - 服部 桂、翔泳社

<https://www.shoeisha.co.jp/book/detail/9784798158945>

- VR は脳をどう変えるか? 仮想現実の心理学 - ジェレミー・ベイレンソン (著)、倉田 幸信 (翻訳)、文藝春秋

<https://books.bunshun.jp/ud/book/num/9784163908847>

- フューチャー・プレゼンス 仮想現実の未来がとり戻す「つながり」と「親密さ」 - ピーター ルービン (著)、高崎 拓哉 (翻訳)、ハーパーコリンズ・ジャパン

<https://www.harpercollins.co.jp/hc/books/detail/12194>

- バーチャルリアリティ学 - 日本バーチャルリアリティ学会 (編)、コロナ社

<http://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784904490051/>

- AR の教科書 - Dieter Schmalstieg (著)、Tobias Hollerer (著)、池田聖 (編集・翻訳)、酒田信親 (編集・翻訳)、山本豪志朗 (編集・翻訳)、一刈良介 (翻訳)、大槻麻

衣（翻訳）、河合紀彦（翻訳）、武富貴史（翻訳）、藤本雄一郎（翻訳）、森尚平（翻訳）、マイナビ出版

2.2 開発者のための技術書

- 360度VR動画メイキングワークフロー — 染瀬直人（著）、玄光社
<http://www.genkosh.co.jp/gmook/?p=15689>
- VRコンテンツ開発ガイド 2018 — あるしおうね、岡田 和也、ゆーじ、Gugenka 三上昌史、Gugenka 姫路拓也、Gugenka 五十嵐拓也、Gugenka 竹石満里奈、ウダサン（宇田川祥彰）、吉高 弘俊、神山 大輝（MdN）
<https://books.mdn.co.jp/books/3218303011/>

2.3 資料

- 文化財の観光活用に向けたVR等の制作・運用ガイドライン（平成29年度版）
https://www.bunka.go.jp/tokei_hakusho_shuppan/tokeichosa/vr_kankokatsuyo/pdf/r1402740_01.pdf
- ビジネスに効果的なVR/AR/MR活用の手引書・事例集（令和2年2月作成）
<https://www.kansai.meti.go.jp/3-2sashitsu/vr/index.html>
- 平成27年度広域関東圏におけるAR・VR関連事業者の地域参入に向けた実態把握調査
http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/joho/27fy_arvr_chosa_houkoku.html
- 一般社団法人ロケーションベースVR協会
<https://lva.or.jp/>

3. カンファレンス

開発現場で培われる知見は、各所で行われるイベントで共有されることが多い。ここでは、最新の情報を手に入れることのできるイベントについて紹介する。

3.1 企業などが開催する開発者会議

プラットフォームを提供しているような企業は年に一回、開発者向けカンファレンスを開催している。こうしたカンファレンスでは、各社から新製品の発表などが行われる基調講演に加え、様々な開発者を招き、知見共有を目的とした講演が多数開かれる。カンファレンス内で行われたセッションは、動画でアーカイブされる場合もある。

- Oculus — Oculus Connect

<https://www.oculusconnect.com/>

<https://www.youtube.com/user/oculusvr/playlists>

- Google — Google I/O

<https://events.google.com/io/explore/>

<https://www.youtube.com/user/GoogleDevelopers/playlists>

- Valve — Steam Dev Days

<https://steamcommunity.com/devdays>

<https://www.youtube.com/user/SteamworksDev/playlists>

- Microsoft — Build (米国)、de:code (日本)

<https://build.microsoft.com/>

<https://www.microsoft.com/ja-jp/events/decode/2018>

- Unity — Unite Tokyo (日本)

<http://events.unity3d.jp/unitetokyo2018/index.html>

<https://www.youtube.com/user/Unity3DJP/playlists>

- Epic Games — Unreal Fest (日本)

<https://www.youtube.com/user/unrealenginejapan/playlists>

3.2 その他のイベントやカンファレンス

1つの企業が開催するカンファレンス以外にも、知見共有のためのセッションが開かれるイベントは多く存在している。例えば世界最大のゲーム開発者会議である「GDC」の中では、VRに関するセッションを特集した「VRDC」が同時開催される。国内では毎年夏に横浜で3日間、コンピュータエンターテインメントに関わる開発者が集まる「CEDEC」が行われている。いずれのカンファレンスも、近年VRに関するセッションが増えてきており、積極的な知見共有が行われる。

- XR Kaigi (日本)

<https://xrkaigi.com/>

<https://www.youtube.com/channel/UC-Kzd7I5S2BVqTytf8rvemA>

- GDC

<http://www.gdconf.com/>

https://www.youtube.com/channel/UC0JB7TSe49lg56u6qH8y_MQ/playlists

- VRDC

<http://www.gdconf.com/vrdc/>

- CEDEC (日本)

<http://cedec.cesa.or.jp/>

https://www.youtube.com/channel/UCmHaPXvwn9_4pMNAV6ewgoA/playlists

- 東京ゲームショウ (日本)

<http://expo.nikkeibp.co.jp/tgs/2017/>

- CES

<https://www.ces.tech/>

- MWC

<https://www.mobileworldcongress.com/>

- SVVR

<http://svvr.com/>

- VRLA

<http://virtualrealityla.com/>

【参考】VR用語集

- **アウトサイドイン方式**
トラッキングの方式の一つ。外部に設置したセンサを利用して対象物の位置を計測する。計測したいものにマーカーをつけ、外部カメラで観測する手法など。
- **アバター**
自分自身の分身となるオブジェクトのこと。ゲームなどのCGコンテンツにおいては主に動物や人型のキャラクターであることが多い。
- **インサイドアウト方式**
トラッキングの方式の一つ。計測したい対象物自体に搭載されたセンサを利用して対象物の位置を計測する。たとえばマイクロソフトのHoloLensでは、本体にカメラが搭載されており、それで外界を撮影することでユーザの位置などを割り出している。
- **WebVR**
ウェブブラウザ上でVRデバイスを認識するために用いられるJavascriptのAPIのこと。これを利用してWebページを作成することで、そのページでは外部デバイスとしてVRヘッドセットなどを認識でき、ジャイロセンサやポジショントラッキングの情報を取得して入力に利用することが可能になる。
- **IVRC**
国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト (IVRC, International collegiate Virtual Reality Contest) のことで、学生が企画・制作したインタラクティブ作品の新規性・技術的チャレンジ・体験のインパクトを競うコンテスト。1993年から開催され、独創的で親しみの持てる作品を数多く輩出してきた。
- **AR (拡張現実感)**
Augmented Reality (オーグメンティドリアリティ) の略。日本語では「拡張現実感」。現実環境にVR環境の情報を重ねて表示することで現実世界にVR環境の持つ機能を与え、現実における情報活動を支援するという概念を表す。
- **MR (複合現実感)**
Mixed Reality の略であり、学術的には複合現実感と訳される。VR環境と現実の物理環境を融合するという概念のこと。
- **Google I/O**
Googleが毎年5月頃に開催している開発者向けカンファレンス。
- **Oculus Connect**
Oculusが開催している開発者会議。略称は頭文字をとってOC。2014年に第1回を開催して以降毎年開催されている。内容は基調講演、セッション、デモ展示、食事会など。

- CES

毎年1月にラスベガスで開催される家電見本市のこと。Consumer Electronics Showの略で、読みはセス。各社新発表の電化製品の展示などが行われる。近年はVRに関連するデバイスの展示も増えてきた。

- GDC

Game Developers Conferenceの略で、世界最大のゲーム開発者会議のこと。毎年3月にサンフランシスコで5日間にわたって開催され、世界中のゲーム開発者が集まり、講演・セミナー・展示が行われる。

- JapanVR Fest. (旧 OcuFes)

日本国内でVRコンテンツの展示などを行うイベント「Oculus Festival in Japan」の略称。または同名のNPO法人。2013年8月に誕生した「OcuFes」は2016年2月以降「JapanVR Fest.」に改名。引き続き開発者向けイベントや展示会などが行われている。

- 視野角 / FOV

「見える範囲」のこと。VRヘッドマウントディスプレイの視野角というと、ユーザの視界の内、VRコンテンツが（左右の）どの程度の範囲に描画されるかを示す。英語ではField of View (FOV)。

- 視線追跡 (アイトラッキング)

ユーザの視線（今どこを見ているのか）を計測する技術のこと。

- CEDEC

毎年8月～9月頃に行われる、日本国内最大のゲーム開発者向けカンファレンスのこと。読みはセデックで、Computer Entertainment Developers Conferenceの略。会場ではコンテンツやデバイスの展示のほか、様々な分野から登壇者を募り、知見を共有するセッションが数多く開かれている。近年では、VRに関するセッションの数が増えてきた。

- TGS

東京ゲームショウの頭文字をとった略称で、日本最大のコンピュータエンタテインメント関連の総合展示会。近年は毎年9月に幕張メッセで開催されている。近年VR関連の展示は数を増やしている。

- トラッキング

VR技術におけるトラッキングとは、センサを用いて現実世界における対象物の位置を計測すること。たとえばヘッドマウントディスプレイの位置を計測して、体験者の頭部の位置・動きを、現実世界とVR体験の両方で一致させるなど。

- テレイグジスタンス

人間が遠隔地に実際に存在しているかのような臨場感をもって作業・コミュニケーションを行うための技術。例えば遠隔地にあるロボットを、あたかも自分の身体であるかのように操作し、ロボットの視覚・聴覚・触覚などの感覚を実際に体感することができる技術など。

- 瞳孔間距離 (IPD)

ある人の左目の右目の瞳孔がどれくらい離れているかを表す数値。英語では **Interpupillary distance** と呼ばれ、頭文字を取って **IPD** と表記される。両目で覗き込む **VRHMD** は、レンズと眼球の光学中心が完全に一致して初めて、最大のパフォーマンスを発揮することができる。また体験者の瞳孔間距離とレンズの間隔がずれている場合は、眼精疲労の原因にもなると考えられている。

- 単眼 (一眼デバイス)

両眼視差を用いない **VR** ヘッドマウントディスプレイを指して「一眼デバイス」などと呼ぶ。両眼視差を必要としないため、奥行き感が得られにくい一方で、二眼に比べて眼精疲労を起しにくく、小さい子供が利用しても健康上のリスクが少ないというメリットがある。

- **ChinaJoy**

中国最大のデジタルエンターテインメント関連イベント。毎年7月ごろに中国・上海にて開催。正式名称は **China Digital Entertainment Expo and Conference**。展示の総面積は、消費者向け・企業向けを合わせて12万平方メートルと、日本の東京ビックサイト (国際展示場) の展示面積 (約8万平方メートル) を遥かに凌ぐ規模となっている。

- フォービエイテッド・レンダリング (**Foveated Rendering**)

画面をレンダリングする際、人の中心視野ほど高解像度で、そして視野の外側に行くに従って低解像度で描画する手法のこと。高解像度のレンダリングを必要十分な領域にとどめることで、**PC** にかかる描画処理の負担を大幅に軽減させることができる。

- フレームレート / リフレッシュレート

フレームレートとはソフトウェア側で1秒間に描くフレーム数のこと。**fps(Frame per Second)**とも。一方でリフレッシュレートは、ディスプレイ側が1秒間に出力できるフレーム数のこと。2016年発売の **Oculus Rift** や **HTC Vive** などの **VR** ヘッドマウントディスプレイでは、リフレッシュレートは **90Hz** となっている。

- プレゼンス

存在、現存などを意味する英単語。特に **VR** 分野においては、「自分が **VR** 世界の中に“いる”」という、**VR** 技術が生み出す「臨場感」を表す語として使われている。近年は「実在感」などとも。「**Sence of presence**」も同じものを指す。

- **VR** 酔い

VR 体験によって気分が悪くなる症状のこと。おもな症状に胃のむかつき、吐き気、頭痛などが挙げられますが、症状の種類や程度には個人差がある。

- ホログラム・ホログラフィ

ホログラフィは光の干渉縞 (波長・強度・位相) を記録・再生する技術のこと。そしてホログラムは、ホログラフィで作った3次元写真 (写真乾板など、光を記録した媒体) のことを指す。ホログラムを再生することで、記録した3次元物体など、立体的な像を見ることができる。世の中に存在する空間に現れる立体的な映像の中には、ホログラム

ではないものも多く含まれる。また波の波長・強度・位相の3つを記録・再生する技術がホログラフィであるため、光に限らず、音波や電波でもホログラムを作ることが可能。

- ハイエンド

高級・最高級の品質を表す英単語。ハイエンドなVRHMDとは、消費者向けに流通しているVRHMDの中でも最上位の品質を持つデバイスを指す。

- VRDC

Virtual Reality Developers Conferenceの略。世界最大のゲーム開発者会議GDC内のイベントとして誕生したのち、毎年GDCと同時開催され、時に独立開催されることもあるVR開発者会議。

- VR元年

2016年は、さまざまなメディアで「VR元年」と表現された。VRの技術研究自体は1960年代から存在する。2016年は「一般の消費者向けのVRヘッドマウントディスプレイ(VRHMD)が、各社から一斉に発売され、市場に出回り始めた年」という意味で元年と呼ばれた。

- ルームスケール

VR体験をする際にユーザが現実世界で小部屋サイズの空間を動くことのできるプレイエリアのサイズのこと。もともとはHTC Viveのプレイ範囲を示す言葉として使われた。最大3メートル×4メートル(対角線にして5m)程度を指す。

- Lighthouse

PC向けのVRヘッドセットHTC Viveに搭載されているトラッキング・システムのこと。2台のベースステーションを設置することで、最大3m×4mの範囲内、対角線にして5m程度の範囲(ルームスケール)を精確に、そして完全にトラッキングすることが可能。

- レイテンシー(遅延)

データ転送に伴う遅延時間のこと。Oculus社が公開しているベストプラクティスでは「ユーザの頭の動作が画面に表示される画像に反映されるまで(「運動-表示間」)の時間」とされている。

- 両眼視差

目が左右に二つあることから生じる奥行きの違いによる像のズレのこと。Oculus Riftをはじめとする消費者向けVRヘッドマウントディスプレイでは、左右の目に視差の分だけずらした映像を見せることで、奥行きを感じる体験を可能にしている。