

機械システム調査開発
28-D-3

ヘッドマウントディスプレイを中心とした
没入型映像システムに関する戦略策定
報 告 書

平成 29 年 3 月

一般財団法人 機械システム振興協会

委託先 一般財団法人 デジタルコンテンツ協会

序

現在、我が国では、第4次産業革命の推進に向け、革新的技術を核としたイノベーションを生み出すべく、ロボット、AI（人工知能）、IoTやビッグデータ等の新しい技術を活用した様々な試みが進められています。その動きをより強固なものにするには、長年培ってきた多種多様な技術革新の芽を大きく育てる仕組み、即ち具体的な戦略づくりが必要であります。

一般財団法人機械システム振興協会（以下、「協会」という。）では、平成26年度から調査開発事業の中核として「イノベーション戦略策定事業」を、外部組織の皆様とともに始め、3年目を迎えました。

本事業の目的は、機械システムによる新たな社会変革を目指す革新的・先進的技術を基にした戦略づくり、きっかけづくりであります。このため関連する複数の分野の関係者が一堂に会して議論を行い、現状の問題点や課題を検討・整理し、実現すべきシステムの姿およびその実現方策・道筋等を策定するものです。

「ヘッドマウントディスプレイを中心とした没入型映像システムに関する戦略策定」は、上記事業の一環として、ヘッドマウントディスプレイを中心とした没入型映像システムが人に与える効果についての検証及び映像産業のみならず様々な産業領域への応用可能性及び課題を総括的に捉え提言することを目指して、一般財団法人デジタルコンテンツ協会に委託して実施し、多様な分野の関係者とともに協会も参加して議論・検討を行いました。また、協会に「機械システム開発委員会」（委員長：（公財）ハイパーネットワーク社会研究所 理事長・所長、東京大学 名誉教授 大場 善次郎 氏）を設置し、そのご指導・ご助言を受けました。

この成果が、機械システムによる新たな社会変革の進展に寄与するきっかけとなれば幸いです。

平成29年3月

一般財団法人機械システム振興協会

はじめに

本報告書は、一般財団法人デジタルコンテンツ協会が、一般財団法人機械システム振興協会から平成 28 年度事業として受託した「ヘッドマウントディスプレイを中心とした没入型映像システムに関する戦略策定」の成果をまとめたものです。

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を中心とした没入型の体験ができる映像システムが話題となり、2016 年には相次いで製品版が発売されました。こうした没入型映像システムは、提示された映像空間にあたかも体験者自身が存在するような極めて高いリアル感に加え、映像空間内を移動しているような感覚を与えます。この再現力は、映像のみならず産業用に新たな多くの利用可能性を生み出すものと期待されますが、人体への負荷等、負の影響も懸念されています。

本事業では、ヘッドマウントディスプレイを中心とした没入型映像システムという新しい分野の新しい技術をどのように社会システムに組み込んでいくかについて検討することを目的として HMD 戦略策定委員会を設置しました。委員会において、没入感の要素とその手段の分析・整理や相関性の検証を行い、そうした結果を求められる要件としてまとめました。また産業分野での応用の可能性について、委員会メンバー以外 19 社に対するヒアリングを行い、本格普及のためには、HMD の性能・価格改善、利用者の安全確保等、解決すべき多くの課題があることを認識しました。

そうした成果を統合する形で、新たな産業領域での利活用を念頭に 3 つの提言をまとめております。

本事業の実施にあたり、ご指導、ご支援をいただいた関係機関、企業の各位に感謝の意を表します。

平成 29 年 3 月

一般財団法人デジタルコンテンツ協会

報告書目次

1. 背景と目的	1
2. 事業の実施体制	4
3. 事業の内容	7
第1章 没入感の要素と手段の分析・整理	8
1.1 調査方法	8
1.2 視覚刺激による臨場感や没入感の評価指標・事例	9
1.3 視覚刺激による不快感の評価指標・事例	12
1.4 ベクシオン（視覚誘導性自己運動感覚）に関する評価指標・事例	15
1.5 ユーザ体験の観点による視覚刺激の数値的枠組み	18
1.6 まとめ	21
第2章 没入感の要素と手段の相関性の検証	24
2.1 ユーザテストの目的と方法	24
2.1.1 ユーザテストの目的	24
2.1.2 ユーザテストで用いた機器と指標	24
2.1.3 ユーザテストで用いたコンテンツ	26
2.1.4 ユーザテストの条件	26
2.1.5 ユーザテストの手続き	27
2.2 ユーザテストの結果	27
2.2.1 結果：視線計測	27
2.2.2 結果：体動計測	31
2.2.3 結果：SAM（情緒反応）	33
2.2.4 結果：SSQ（不快感）	35
2.2.5 結果：IPQ（臨場感）	39
2.3 考察	42
第3章 没入型映像の利活用に求められる要件	44
3.1 目的	44
3.2 安全かつ快適な没入型映像の要件	44
3.3 まとめ	46
第4章 産業分野での応用可能性の調査	47
4.1 調査方法	47
4.2 調査結果分析	48
4.2.1 現状認識と将来予測	48
4.2.2 分野毎の状況	49
4.2.3 普及のための課題と対応	51
4.2.4 海外の状況	56
4.2.5 まとめ	57

第5章 戦略提言.....	59
4. 事業の成果.....	62
5. 事業の課題および今後の展開.....	68
参考資料 産業分野での調査結果.....	69
(1) A社.....	69
(2) ハコスコ.....	72
(3) KDDI.....	75
(4) 大日本印刷.....	77
(5) 凸版印刷.....	79
(6) ソリッドレイ研究所.....	80
(7) バンダイナムコエンターテインメント.....	82
(8) ソニー・インタラクティブエンタテインメント.....	85
(9) WOW.....	88
(10) 森ビル.....	90
(11) 国際医療福祉大学.....	92
(12) ソニービジネスソリューション.....	94
(13) 日産自動車.....	96
(14) me leap.....	98
(15) 愛知工科大学.....	100
(16) 長崎大学.....	102
(17) 東京大学.....	104
(18) コロプラ.....	105
(19) グリー.....	108

1. 背景と目的

昨今の映像関連技術の進化の中でも特に注目を集めているのが、ヘッドマウントディスプレイ(以下 HMD)を使った映像体験である。

HMD を利用した没入型映像システムは、現在はエンターテインメントの需要が最も多い。離れた場所にいたとしても、まさに自分の体ごと空間にいるような感覚、没入感を体験できる特徴を持っているため、様々な分野への応用が可能である。

例えば、訪れたことのない場所に高空から降りて観光したり、スポーツをフィールドのプレイヤーの視点から観戦したり、またライブをステージ上で視聴するなど、今までできなかった新しい体験を可能としてくれる。

本事業では、平成 26 年度から 4K 映像システム、没入型映像等の先端映像システムが持つ特性を検証するとともに、その特性を最大限に活かして様々な産業応用に資するための戦略を策定してきた。

平成 26 年度事業の「4K 映像に関する戦略策定」では、4K 映像の特徴(質感・構造の理解増進、能動体験の誘発、立体感・奥行き感の増幅等)を分析して、産業領域への展開施策を提言した。また、次のテーマとしてコンテンツへの没入感が抽出された。

平成 27 年度事業の「没入型映像システムに関する戦略策定事業」では、没入感の要素と手段を分析して、人への効果を①視覚、②視覚・その他の感覚、③物語への没入の観点から整理した (P2「没入感に寄与する要素の整理」参照)。また、本事業を実施する中で没入型映像の産業応用には映像酔いへの対応が急務であることが明らかとなった。なお、没入感、および没入型映像システムについて以下のように定義した。

用語	定義
没入感	システムによって提示された空間に実際に身をおいている感覚になること
没入型映像システム	実際に自身がいる目の前の現実空間に何らかの情報が重畳される (AR)、もしくは現実とは異なる空間が提示される (VR) ことによって、自身がまるでその空間に居て、本当にそうしたことが目の前で起きているかのような感覚をもたらすシステム。映像だけでなく聴覚や触覚などあらゆる刺激情報も含む。

AR (Augmented Reality) : 拡張現実。人が知覚する現実環境をコンピュータにより拡張して現実以上のものにする技術。

前述のように HMD を利用した没入型映像システムについては応用展開が大いに期待される一方で、没入型映像システムが人に与える効果についての検証は不十分で、どういった要素によって没入感が得られているのかが検証されていない。そのため、没入感の要素と手段を分析、整理し、戦略提言することが本事業の目的である。

(参考) 没入感に寄与する要素の整理

没入感に寄与する要素を整理するにあたり、全ての没入型映像システムを対象とすると、その特徴がとらえにくくなる可能性があるため、HMD を利用した没入型映像システムを対象とすることとし、特に視覚的な効果を中心に整理を行った。

没入型映像システムが人に与える効果を、「視覚を中心とした効果」「視覚・その他の感覚に対する効果」「物語（世界）への没入効果」に3分類した。さらに視覚を中心とした効果については「リアルな映像の視聴」「包囲感（仮想空間の中に自分が存在することを感じる）」「奥行き感」に分類、またそうした効果を生み出すための手段を整理した。その関係性を下表で表した。

没入感に寄与する要素とそれを実現するための手段

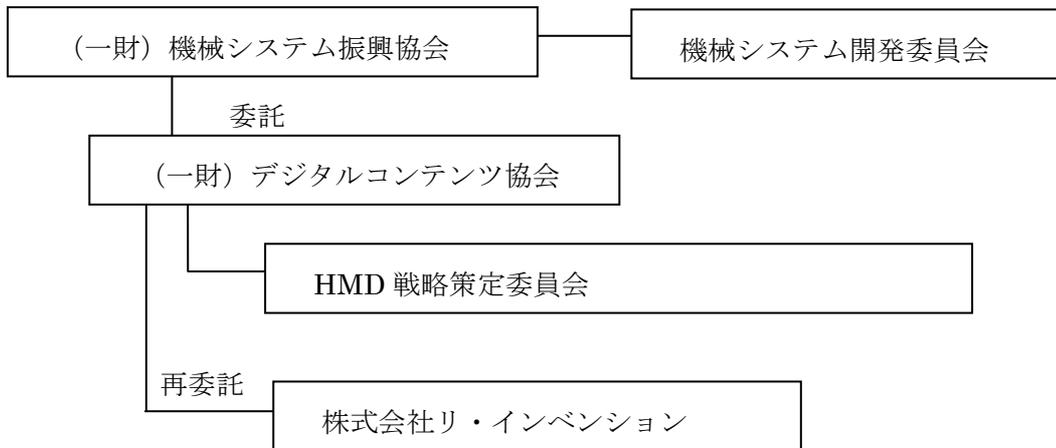
分類	没入感に寄与する要素（人に与える効果）		手段
視覚を中心とした効果	リアルな映像の視聴	人の視覚に近い、またはそれ以上の高い解像度など、違和感のない程度の十分な解像度が没入感を高めるのに必要である。 実際の物体と違い、VR 空間では物体の表面に画像を張り合わせたような印象のものは没入感を下げることにつながる。	高解像度映像、実写コンテンツ
		実写との解像度の乖離が大きいと違和感が生じるので、実写の解像度を下げて表現するか、バーチャルの解像度をなるべく高め、実写との乖離を小さくすると没入感が高くなる。	実写とコンテンツの解像度の乖離、解像度の調整
		ダイナミックレンジが低いと没入感が損なわれることがある。	ダイナミックレンジ
		VR 空間内の手前の物体にピントを合わせると背景がボケるライトフィールドを再現していると没入感が高まる。	ライトフィールドの再現性
	包囲感	包囲感とは、自己の周りに空間的な広がりを感じる感覚。空間に取り込まれる没入感、その場の雰囲気を感じる空気感など。HMD を装着して首を動かした際に、その方向に存在する映像が提示される。Oculus 社では20ms 以下の遅延をボーダーラインとしている。	360 度映像、映像の追随性、インタラクティブ性（時間的応答性）、遅延
		外界を遮断することで没入感が高まる。実世界が見えてしまうことによってバーチャルな空間への没入感やスクリーンの端では立体視が破たんする。 HMD 内での無限遠として表示されている部分では、実際は光を反射しないが、出力するディスプレイ上では黒を表示してもいくらかの反射は残っている。ディスプレイにおいては黒の反射と画面への映り込みが没入感を下げようになる。	実世界が見えない取り組み、HMD の密閉性、ディスプレイへの映り込み・反射
	奥行き感	両眼立体視について、右目で見える像と左目で見える像に視差（両眼視差）をつけることによって奥行きを知覚させることができる。	両眼立体視（輻輳、両眼視差）
単眼立体視は、時間的な網膜像の変化やズレ（運動網膜像差）を計算して奥行きを感じるもので、片方の目でも知覚することができる。		単眼立体視（運動網膜像差）	

視覚・その他の感覚に対する効果	動きに対するリアクション：近づいていくことで、遠くではぼけていたものがはっきり見えるようになることが没入感を高める。遠近とピントによる没入感にも関連する。	ピント調整
	装置の一体感：装置の適切な重さのバランス。装置の落下防止用バンドの適切な強さ。	重み知覚、締め付け感
	身体的なインターフェースによる直観的な操作。	インターフェースの身体性
	その空間の中に自分が存在した場合の視点で映像を見ることで、自分自身がその空間にあることを感じる。自分の周囲の音により空間を把握することによっても没入感が高まる。	1人称視点、視点の位置、VR空間内の目の高さ、空間音響
	映像の中の物体に触ることに対するフィードバックや、移動する際に感じる風を再現することでより、自分自身の体とその空間内にあることを感じる。五感が他の感覚と混ざり合うクロスモーダル現象も没入感を高める。	触覚、フォースフィードバック、クロスモーダル
	体験者が自身の鼻や手や足を視覚的に認知できることで、仮想空間の中に自身がいると認識し、没入感が高まる。	自己身体の描画
	サイズ感：VR空間の物体が、現実世界と同じサイズで表示されること。	サイズ感、知覚の恒常性
	自己運動感(ベクシオン)：ベクシオンとは自己運動の知覚。列車の窓から隣の列車が動き出すとき自分が移動したものと錯覚する現象。	実際に経験したことがあるコンテンツ、現実空間に近いコンテンツ
物語(世界)への没入効果	1人称(主観)視点の方が3人称視点より没入感が高い。通常、ユーザはシステムを第3人称的に眺めることが多いが、VRでは1人称視点が多い。	1人称視点
	「文脈」や「背景」を意図したコンテンツ制作。世界観の共有。	コンテキスト
	ユーザを誘導するよう設計することで没入感に影響する。視線誘導として、心理学的なものを利用しており、人だかりなど気になる仕組みを置くとそこに視線が誘導されユーザは誘導される。作り込みすぎなくとも没入させることが可能である。	移動空間を設計する技術
	物語に共感したり、物語を他人と共有したりすることで没入感が高まる。	共有・共感
	過去の体験・追体験の再現：ダイビングなど、行為を現実空間で体験したことがある人は、追体験(他人の体験を自分の体験として捉えること)も含めてより没入感が高くなるという傾向がある。	現実世界での類似経験
	外挿：外挿とは、あるところにリアリティのあるものがあつた時に他のところまで伝播すること。人間は外挿によって外側を補完するため、完全に作り込まなくても没入することは可能。	有効視野部分の高精細な映像

2. 事業の実施体制

一般財団法人 機械システム振興協会内に「機械システム開発委員会」を、一般財団法人 デジタルコンテンツ協会内に、学識経験者、業界関係者からなる「HMD 戦略策定委員会」を設置した。

また一部の業務については、一般財団法人デジタルコンテンツ協会より株式会社リ・インベンションに再委託を行った。



機械システム開発委員会名簿

委員長 大場 善次郎 (公財) ハイパーネットワーク社会研究所 理事長・所長
東京大学 名誉教授

委員 黒川 浩助 特定非営利活動法人再生可能エネルギー協議会 理事長

佐久間 一郎 東京大学大学院工学系研究科 附属医療福祉工学
開発評価研究センター長 教授

生田 幸士 東京大学大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻 教授

車谷 浩一 東京農工大学 客員教授

佐藤 知正 東京大学 名誉教授

(順不同・平成28年度現在)

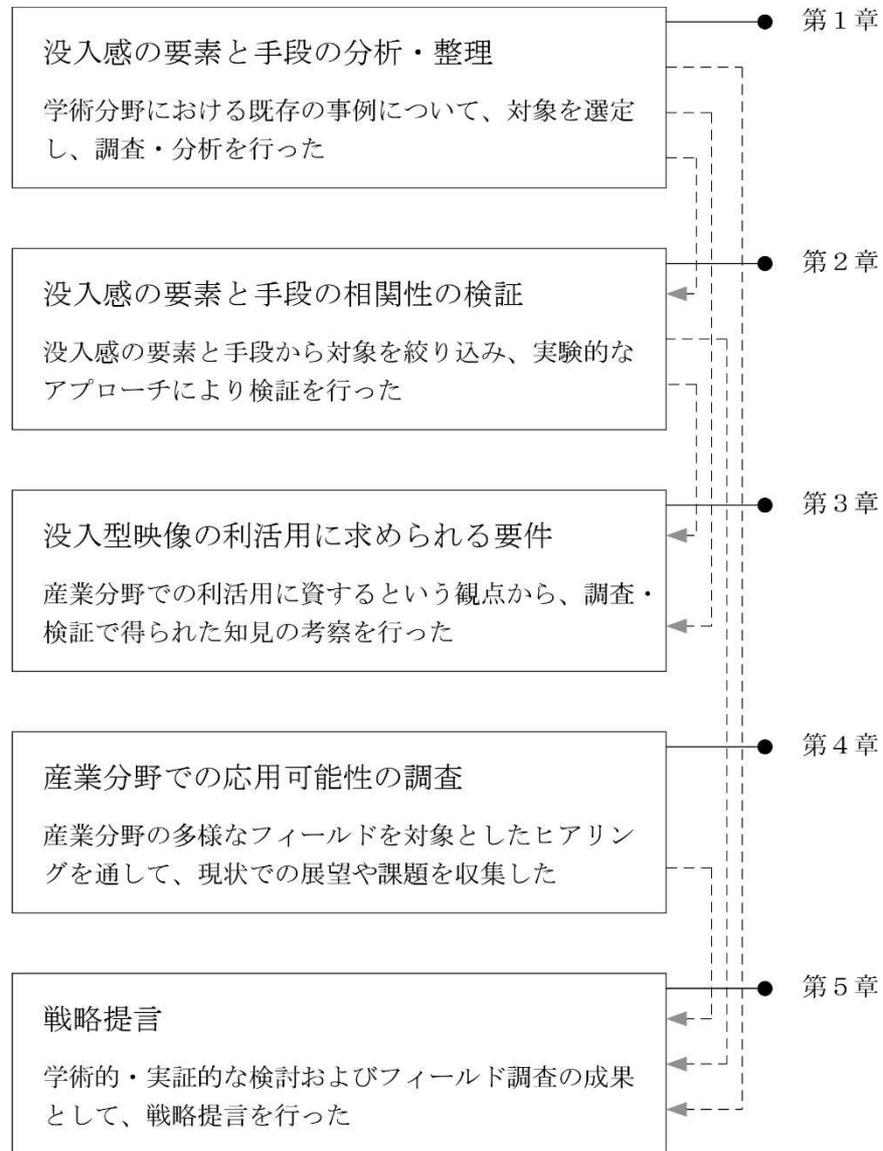
HMD 戦略策定委員会 委員名簿

(順不同・敬称略)

	役割	氏名	所属・役職
1	委員長	河合 隆史	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 教授
2	委員	岩城 進之介	株式会社ドワンゴ ニコニコ事業統括本部 プラットフォーム事業本部 マルチデバイス企画開発部 先端演出技術開発セクション セクションマネージャ
3	委員	畑田 豊彦	東京工芸大学 名誉教授
4	委員	原田 勝弘	株式会社バンダイナムコエンターテインメント グローバル事業推進室 グローバル事業推進ディビジョン グローバルマーケティング部 ゼネラルマネージャー/チーフプロデューサー
5	委員	宮尾 益知	医療法人社団 益友会 どんぐり発達クリニック 院長 医学博士
6	委員	吉田 修平	株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント ワールドワイド スタジオ プレジデント
7	委員	渡邊 克巳	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 表現工学科 教授
8	オブザーバー	樋口 正治	一般財団法人 機械システム振興協会 専務理事
9	オブザーバー	水上 淳二	一般財団法人 機械システム振興協会 理事・技術統括役
10	オブザーバー	中尾 宏子	一般財団法人 機械システム振興協会 調査開発部
11	事務局	太田 啓路	株式会社リ・インベンション 代表取締役
12	事務局	塚田 将太	早稲田大学 基幹理工学研究科 表現工学専攻 河合研究室 修士1年
13	事務局	伴地 芳啓	早稲田大学 基幹理工学研究科 表現工学専攻 河合研究室 修士1年
14	事務局	市原 健介	一般財団法人デジタルコンテンツ協会 専務理事
15	事務局	須藤 智明	一般財団法人デジタルコンテンツ協会 技術部 部長
16	事務局	大塚 敏範	一般財団法人デジタルコンテンツ協会 技術部 主幹
17	事務局	大森 智永子	一般財団法人デジタルコンテンツ協会 技術部

3. 事業の内容

以下に、本事業における取り組みの概要と、本報告書の構成との関連について示した。



第 1 章 没入感の要素と手段の分析・整理

1.1 調査方法

本章では、没入感の要素と手段の分析・整理にあたり、学術データベースを用いた先行事例の収集・分析とまとめを行った。

調査対象の選定にあたっては、「没入感に寄与する要素とそれを実現するための手段」として、前年度にまとめられた、「視覚を中心とした効果」「視覚・その他の感覚に対する効果」「物語（世界）への没入効果」の中から、委員会で議論し、選定した（前年度の「没入感に寄与する要素の整理」の詳細を P2 に示す）。

具体的には、没入感や臨場感の捉え方として、積極的・消極的の両側面からの検討事例に加え、コンテンツの制作や利活用の観点から、以下の 4 項目を調査対象として選定し、これまでの知見や最近の傾向を把握することとした。

- ・ 視覚刺激による臨場感や没入感の評価指標・事例
- ・ 視覚刺激による不快感の評価指標・事例
- ・ ベクシオンに関する評価指標・事例
- ・ ユーザ体験の観点による視覚刺激の数値的枠組み

各項目について相当数の文献を収集・検討し、特に本調査と関連が深いと考えられたもの、それぞれ 10 件程度を選定し、分析・整理した。

まとめにあたっては、各項目で分析・整理された事例における実験の規模や測定項目などを一覧できる、表の作成を併せて行った。

1.2 視覚刺激による臨場感や没入感の評価指標・事例

本節では、没入型ディスプレイや高精細ディスプレイを用いて映像コンテンツを視聴した際に、生起される臨場感や没入感の構成要因に関する事例から 8 件を抽出し、分類・まとめを行った。和文論文については CiNii Articles を、英文論文については Google Scholar や Web of Science を、それぞれ用い、キーワードとして、「臨場感」「没入感」「HMD」「4K」「VR」「Presence」「Immersion」等を組み合わせて検索した。

本調査の範囲では、臨場感の構成要因に関する事例は、大きく内的要因と外的要因の 2 種類に分類された。以下に、そのまとめについて述べる。

まず、内的要因に関する取り組みにおいて、Mel らは、治療技術として知られている Neuro-Linguistic Programing (NLP) を用いた検討を行った[1]。NLP は、表現系（映像、音響、動き）と知覚の視点（主観・客観）から主観的体験を理解する概念である。20 例の参加者に対し、HMD を用いて VR 空間内での複数の表現系と視点を組み合わせて呈示し、実験後の言語的反応成分から好ましい組み合わせや、それらの相互作用について考察している。

福江らは、視聴覚コンテンツと臨場感について検討した[2]。40 種類の HD（高精細度）コンテンツを用い、因子分析と重回帰分析によって臨場感の多次元性を検討した結果、聴覚の臨場感については、活動性、評価性、心的負荷、日常性の 4 因子が抽出された。一方、視覚の臨場感については、評価性、心的負荷、活動性、日常性、装飾性の 5 因子が抽出されたが、臨場感の評価値を十分に説明することができなかった。視聴覚の臨場感に関しては、心的負荷、評価性、活動性、日常性、自然性の 5 因子が抽出され、特に心的負荷と活動性の 2 因子について臨場感の評価との関連が深いことを指摘している。

Baños らは、感情と臨場感について検討した[3]。30 例の参加者を対象として、HMD、プロジェクター、PC モニターの 3 種類と、感情的か（情緒反応を生起するか）どうかという 2 種類からなる 6 グループに各 10 例の参加者を割り付け、ITC-SOPI (ITC-Sense Of Presence Inventory) と PJPQ (Reality Judgement and Presence Questionnaire) を用いて評価を行った。結果から、没入感と感情的なコンテンツは、いずれも臨場感に影響を及ぼしたが、没入感に関しては感情的でないコンテンツとの関連が深いことを示唆している。

木下らも、感情と臨場感について検討を行っている [4]。40 種類の HD コンテンツを用意し、20 例の参加者を対象として、感情の時系列変化を SD (Semantic Differential) 法を用いて評価した。結果から、参加者の感情は、音のラウドネスや映像の彩度や輝度などの特徴量が関係し、臨場感と覚醒度（興奮・沈静）の間に強い相関があることを指摘している。

また Coxon らは、空間認知能力と臨場感について検討した[5]。53 例の参加者を対象として、HMD を用いた電車内、市街地の 2 種類の VR 空間を呈示した。評価指標として、

MEC-SPQ (MEC-spatial presence questionnaire) と SSQ (Simulator Sickness Questionnaire)、HMD 装着時の頭部運動を測定した。結果から、VR 空間の主観評価は臨場感の指標として有効であるが、空間把握能力との関連は明らかでないことを認めている。

次に、外的要因に関する取り組みにおいて、Bracken は、画質と臨場感について検討した[6]。95 例の参加者を対象として、13 分間の映像コンテンツを HD および SD (標準画質) の 2 条件で呈示し、ITC-SOPI と Lombard らによる質問紙[7]を用いて評価した。結果から、画質の向上が、臨場感を増進する影響源になり得ることを示した。

柳らは、映像呈示領域と臨場感について検討を行っている[8]。8 例の参加者に対し、水平・垂直 180° の領域に映像を呈示し、没入感の指標として重心動揺を測定した。また、主観指標として SDQ-S (Sense of Direction Questionnaire-Short, 方向感覚質問紙) を用いた。結果から、視野角が 100° を越える呈示領域によって移動に伴う没入感が生起されることや、下部の呈示領域の方が臨場感への影響が強いことを認めている。

さらに本田らは、視聴覚コンテンツによる臨場感と迫真性 (verisimilitude) の差異や要因について検討した[9]。35 例の参加者にオーケストラ映像を呈示し、視野角や音圧レベルを操作し、臨場感と迫真性について 6 段階で評定を求めた。結果から、視聴覚コンテンツの視野サイズや音圧レベルは、臨場感と迫真性の要因となり得るが、臨場感は刺激強度に、迫真性は視聴覚の時間的なずれに対して、それぞれ強く依存することを認めている。

参考文献

- [1] S. Mel : “Representation systems, perceptual positions, and presence in immersive virtual environments”, *Presence*, 2(3), pp.221-233, 1993.
- [2] 福江, 小澤, 木下 : “視聴覚コンテンツ臨場感の多次元性に関する検討”, *日本感性工学論文誌*, 11(2), pp.183-192, 2012.
- [3] R.M. Baños, C. Botella, M. Alcañiz, V. Liaño, B. Guerreo, B. Rey : “Immersion and emotion: their impact on the sense of presence”, *Cyber Psychology & Behavior*, 7(6), pp.734-741, 2004.
- [4] 木下, 伊藤, 小澤, 森勢 : “視聴覚コンテンツの臨場感評価のための視聴者の時系列感情分析および感情推定モデルの構築”, *日本感性工学論文誌*, 15(3), pp.407-414, 2016.
- [5] M. Coxon, N. Kelly, S. Page : “Individual differences in virtual reality: Are spatial presence and spatial ability linked?”, *Virtual Reality*, 20(4), pp.203-212, 2016.
- [6] C.C. Bracken : “Presence and Image Quality: The Case of High- Definition Television”, *Media Psychology*, 7(2), pp.191-205, 2005.
- [7] M. Lombard, T.B. Ditton : “Measuring presence: A literature-based approach to the development of a standardized paper and pencil instrument”, *Presence 2001: The third international workshop on presence*, 2000.

- [8] 柳, 橋本, 佐藤: “没入型ディスプレイの映像提示領域による没入感への影響”, 映像情報メディア学会誌, 59(7), pp.1051-1058, 2005.
- [9] 本多, 神田, 柴田, 浅井, 寺本, 坂本, 岩谷, 行場, 鈴木: “視聴覚コンテンツの臨場感と迫真性の規定因”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18(1), pp.93-101, 2013.

1.3 視覚刺激による不快感の評価指標・事例

本節では、映像刺激によって生起される不快感の評価指標に関する先行事例から 10 例程度を抽出し、分類・まとめを行った。和文論文については CiNii Articles を、英文論文については Google Scholar を、それぞれ用い、キーワードとして、「不快感」「映像酔い」「評価」「HMD」「映像」「客観指標」「主観指標」を組み合わせて検索した。

本調査の範囲では、映像刺激による不快感の評価指標に関する事例は、大きく自覚症状や印象から主観指標を検討する取り組み、主観指標と客観指標を組み合わせた評価手法を検討する取り組み、特定の用途を想定して主観指標と客観指標を適用する取り組みの 3 種類に分類された。以下に、そのまとめについて述べる。

まず、主観指標を検討する取り組みにおいて、成田らは 2D 映像と 3D 映像を視聴した際の心理因子の違いについて検討した[1]。15 例の参加者を対象として、SD (Semantic Differential) 法を用いて評価し、因子分析を用いて解析を行った。評価項目は 37 種類の形容詞対から構成されており、因子分析の結果から、3D 動画像に特有の因子として「自然感」「生命感」「安定感」「現実感」の 4 種類を認めている。

大野らは、質問紙を用いて HMD 使用時の心身機能への影響を検討した[2]。30 例の参加者を対象として、HMD と通常のディスプレイ用いて 3D シューティングゲームをした際の疲労などを 7 件法で評価し、因子分析を用いて解析を行った。評価項目は、動揺病に関する既存の質問紙や VDT 症候群診断基準を参考に、眼の疲れ、身体の疲れ、動揺病などに関係する可能性がある 28 項目を用いた。因子分析の結果から、「眼精疲労」「動揺病」「眼の表面の状態」の 3 因子が抽出され、動揺病に関しては HMD に特有のものであることを認めている。

Keshavarz らは、動揺病の迅速な主観指標として FMS (Fast MS Scale) を提案した[3]。FMS とは、酔いの程度を 20 段階で口頭報告するものである。126 例の参加者を対象として、実写と CG による乗り物の映像を視聴した際の FMS と SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) を測定した。結果から、FMS と SSQ の総合得点および吐き気に、高い相関を認めている。

次に、主観指標と客観指標を組み合わせた評価手法を検討する取り組みにおいて、中川らは軽度な酔いを客観指標で検出する手法を検討した[4]。13 例の参加者を対象として、ランダムドットパターンを視聴した際の主観・客観指標を測定し、特に軽度の酔いに着目して自律神経系の客観指標を検討した。主観指標として SSQ、STAI II (State-Trait Anxiety Inventory - II, 特性不安検査)、酔いの程度の 5 段階評価を、客観指標として心電図、呼吸、胃電図を、それぞれ測定した。酔いの程度によるグループ分けの結果から、軽度な酔いの場合に、呼吸周波数と心拍変動の特定の周波数成分が低下することを認めている。

また中川らは、物理的運動刺激と組み合わせた際の酔い評価についても検討した[5]。主観指標としてMSQ (Motion Sickness Questionnaire)、MSQのVR版であるMSQ-VR、SSQ、SDQ-S (Sense of Direction Questionnaire-Short, 方向感覚質問紙簡易版)、酔いの程度の5段階を、客観指標として心電図、呼吸、眼電図、血中酸素濃度を、それぞれ測定した。酔いの程度によるグループ分けの結果から、平均心拍数、心拍第二成分変動、基線変動低周波成分に、他の指標とは異なる傾向を認めている。

小野らは、VR酔いの傾向から参加者をスクリーニングし、映像の特徴や客観指標との関連を検討した[6]。115例からVR酔いの傾向がある14例の参加者を抽出し、ウォークスルー映像を視聴した際の主観・客観指標を測定した。主観指標として酔いの程度の7段階を、客観指標として心拍変動、血圧、脈拍数を、それぞれ測定した。結果から、VR酔いと眼精疲労の相関が高いこと、短時間の体験では自律神経系の働きに影響しないことを認めている。

さらに、特定の用途を想定して主観指標と客観指標を適用する取り組みにおいて、岩瀬らは長時間のHMD使用時の平衡機能に及ぼす影響について検討した[7]。8例の参加者を対象として、HMDを装着し、3Dゲームを180分間行った際のSSQと重心動揺を測定した。結果から、時間経過に伴う姿勢の安定性の低下と、SSQの得点上昇を認めている。

Sugitaらは、主観指標と客観指標間の時間差について検討した[8]。51例の参加者を対象として、20分間のアマチュア映像を視聴した際の主観評価と生理指標を取得し、時間的關係を調べた。主観指標としてSSQおよび酔いの程度の4段階を、客観指標として心電図および血圧を、それぞれ測定した。結果から、酔いの程度の上昇に伴う客観指標間の高い相関と、それによる酔いの予兆を推定する可能性を認めている。

Mossらは、HMDの表示遅延の酔いへの影響について検討した[9]。29例の参加者に対して、HMDを用いた視覚探索課題を求め、主観指標としてSSQを測定した。結果から、表示遅延よりも表示時間の方が酔いへの影響が顕著であること、頭部を繰り返し動かすことそのものが酔いの症状を生起することを認めている。

Pontonnierらは、VR空間での組立作業におけるパフォーマンスと物理的ナリスク要因を評価した[10]。16例の参加者を対象として、実空間とVR空間で簡単な組立作業を求め、その際の主観・客観指標を測定した。主観指標としてRPE (Rated Perceived Exertion : 主観的運動強度) と質問紙を、客観指標として上半身の動きと筋電図活動を、それぞれ不快感の指標として測定した。結果から、VR空間では実空間よりも筋活動の低下がみられたにもかかわらず、主観的な不快感は上昇することを認めている。

Eganらは、QoE (Quality of Experience) の観点からコンシューマ向けVRコンテンツを評価した[11]。33例の参加者を対象として、HMDと通常のディスプレイを用いて街並みを観察した際の、主観・客観指標を測定した。主観指標として没入感や使用感を、客観指標として心拍数および皮膚電気活動を、それぞれ測定した。結果から、皮膚電気活動にお

いて、HMD と通常のディスプレイの間での差異、および主観指標の一部との相関関係を認めている。

参考文献

- [1] 成田, 金澤 : “2D/3D HDTV 画像の心理因子分析と総合評価法に関する考察” , 映像情報メディア学会誌, 57(4), pp.501-506, 2003.
- [2] 大野, 鶴飼 : “Head Mounted Display をゲームに使用して生じる動揺病の自覚評価” , 映像情報メディア学会誌, 54(4), pp.887-891, 2000.
- [3] B. Keshavarz, H. Hecht : “Validationg an Efficient Method to Quantify Motion Sickness”, Human Factors, 53(4), pp.415-426, 2011.
- [4] 中川, 大須賀, 竹田 : “VE 酔い評価手法の開発に向けての基礎的検討” , 人間工学, 36(3), pp.131-138, 2000.
- [5] 中川, 大須賀, 竹田 : “映像と動きに誘発された「酔い」における生理反応の基礎的検討 : 大型 4 面立体映像提示装置と 6 軸モーションを用いて” , 日本バーチャルリアリティ学会, 6(1), pp.27-35, 2001.
- [6] 小野, 大山, 吉澤, 佐野, 平手 : “疲労と生理応答を対象とした VR 酔いの検討 : VR 技術を用いた居住環境の提示・評価に関する基礎的研究 その 2” , 日本建築学会環境系論文集, 594, pp.77-83, 2005.
- [7] 岩瀬, 村田 : “長時間の HMD 装着作業が平衡機能に及ぼす影響” , 電子情報通信学会, J85-A(9), pp.1005-1013, 2002.
- [8] S. Norihiro, Y. Makoto, T. Akira, A. Makoto, H. Noriyasu, C. Shigeru, Y. Tomoyuki, N. Shin-ichi : “Evaluation of temporal relationship between a physiological index and a subjective score using average mutual information”, Displays, 32(4), pp.201-208, 2011.
- [9] J.D. Moss, J.A. Salley, J. Coats, K. Williams, E.R. Muth : “The effects of display delay on simulator sickness” , Displays, 32, pp.159-168, 2011.
- [10] C. Pontonnier, A. Samani, M. Badawi, P. Madeleine, G. Dumont : “Assessing the Ability of a VR-Based Assembly Task Simulation to Evaluate Physical Risk Factors”, IEEE, 20(5), pp.664-673, 2014.
- [11] D. Egan, S. Brennan, J. Barrett, Y. Qiao, C. Timmerer, N. Murray : “An evaluation of Heart Rate and Electrodermal Activity as an Objective QoE Evaluation method for Immersive Virtual Reality Environments”, IEEE, pp.1-6, 2016.

1.4 ベクシオン（視覚誘導性自己運動感覚）に関する評価指標・事例

本節では、実際には静止しているにも関わらず、視覚情報などによって身体の移動感覚を引き起こす、ベクシオン（vection：視覚誘導性自己運動感覚）と呼ばれる錯覚現象に関する評価指標の先行事例を 10 例程度抽出し、分類・まとめを行った。ベクシオンは、自己運動を伴う臨場感の生起に深いかかわりがあると考えられる。和文論文については CiNii Articles を、英文論文については Google Scholar を、それぞれ用い、キーワードとして、「ベクシオン」「視覚誘導性自己運動感覚」「臨場感」「主観指標」「客観指標」を組み合わせて検索した。

本調査の範囲において、ベクシオンに関する評価指標の事例は、視覚によるベクシオンの生起、聴覚によるベクシオンの生起、前庭感覚刺激によるベクシオンの生起、その他の要因によるベクシオンの生起、ベクシオンの応用例の 5 種類に大別された。以下に、そのまとめについて述べる。

まず、視覚によるベクシオンの生起に関して、妹尾がまとめた効率的なベクシオン駆動に関する調査がある[1]。多くの先行研究から、ベクシオンを効率よく誘導するには「視野位置」「大きさ」「奥行き感」「空間周波数」「認知的な要因」の 5 つの要因が重要であると述べている。ベクシオンを誘発する映像刺激が周辺視野にも存在し、その面積が大きく、空間認知的に奥にあり、低空間周波数かつ注意が向けられていないという条件がベクシオンを最も引き起こしやすい条件であると結論付けている。

Palmisano らは、ベクシオンを誘導するための視覚刺激であるオプティカルフロー（映像に含まれる移動ベクトル）に付加的な振動を与え、ベクシオン生起のしやすさについて検討した[2]。14 例の参加者に対し、付加的振動の有無からなる 2 種類の刺激を呈示し、ボタンの押下によるベクシオンの知覚状態について調査した。結果から、動きが直線的な従来のオプティカルフローに比べ、付加的な振動を与えた方が有意に潜時（刺激を開始してからベクシオンを知覚するまでの時間）が短くなり、持続時間も長くなることを認めている。

聴覚によるベクシオンの生起において、崔らは音刺激がベクシオンの強度に与える影響について検討した[3]。聴覚刺激として参加者の頭外を回転する音場を再現し、視覚刺激として回転ベクシオンを誘発するランダムドットパターンが用いられた。視覚刺激の条件として、画面の正中面から外側にかけての隠蔽範囲が 20%、40%、60%の 3 条件を設定した。5 例の参加者に対して、ME 法（マグニチュード推定法）を用い、各刺激のベクシオンの強度の評価を求めた。結果から、視覚刺激の信頼度が低い場合（隠蔽範囲が 60%の場合）のみ、聴覚刺激がベクシオンの強度を増進することが分かった。

Bernhard らは、立体音響の付加が VR 空間でのベクシオンに与える影響について検討し

た[4]。カーブスクリーンに投影した 360° 実写映像と、ヘッドフォンによる立体音響を呈示し、無音の場合とモノラル音響を付加した場合との差異を調べた。評価指標として、ベクションの潜時、持続時間、強度に加えて、臨場感の主観指標である IPQ (iGroup presence questionnaire) を用いた。20 例の参加者を対象とした実験結果から、立体音響を付加した場合、無音やモノラル音響に比べ、有意なベクションと臨場感の増進を認めている。同時に、立体音響の再現性（仮想音源の数など）は、ベクションと臨場感に大きな影響を与えないことも指摘した。

次に、前庭感覚刺激によるベクションの生起に関して、櫻井らは拡大縮小するランダムドットパターンを HMD 上に呈示し、左右方向に加速度を与える振り子型可動イスを用いて検討を行った[5]。10 例の参加者に対して、ベクションの知覚毎に報告を求めた結果から、視覚と前庭覚に与えた運動方向の中間の方向に運動感覚が知覚される傾向が示された。

Harris らは、HMD を用いて前進ベクションを生起する視覚刺激を呈示し、参加者をのせた台車が前進することで前庭刺激を加える実験環境を構築し、検討を行った[6]。17 例の参加者に対し、視覚刺激観察中の体感としての前進距離の報告を求めた。結果から、前方への加速度の付加はベクションに影響を及ぼし、進行距離を実際の移動距離の 2 倍ほど長く見積もる傾向を認めている。同時に、実際よりも強度の小さい前提刺激で、より強い自己運動感覚が得られる可能性を指摘した。

その他の作用によるベクションの生起に関して、畠山らは個人の知覚経験がベクションに与える影響について検討した[7]。運転免許取得者 3 例と未取得者の 3 例を対象として、大型スクリーンに拡散刺激と収束刺激を呈示することで前進もしくは後退するベクションを生起させ、参加者の保持するレバーにより潜時とベクション強度を測定した。結果から、全ての条件において運転免許保持者の潜時が短く、知覚経験の有無が関連するベクションの生起に影響を及ぼす可能性を指摘した。

Bubka らは、前進および後退ベクションの生起のしやすさと強度の差異について検討した[8]。15 例の参加者を対象として、大型スクリーンに拡散刺激と収束刺激を呈示し、ベクションの知覚時にレバー操作による強度の報告を求めた。結果から、後退ベクションにおいて顕著な潜時の短縮と強度の上昇を認めている。このことから、前進ベクションを抑制した要因として、日常生活における前進頻度の蓄積を指摘した。

さらに、ベクションの応用例に関して、川島らは速度感覚の変化を試みた[9]。高速道路の走行をシミュレートした CG を球面ディスプレイ上に立体呈示し、道路側面に配置した柱状物体を点滅させることで、任意の速度のベクションを誘導するよう意図した。19 例の参加者に対して、一対比較法によって、速度の異なる 2 種類の条件のうち高速に感じられたものの回答を求めた。結果から、ベクションの誘導により速度感覚を変化させることが

可能であることが示された。

Miles らは、ベクシオンと時間知覚の関係性について検討した[10]。前進および後退ベクシオンを生起する拡散収束刺激を大型スクリーンに呈示し、その際に想起された出来事の差異を調べた。26 例の参加者を対象として、VAS (visual analog scale) を用い、想起した出来事が過去か未来かの回答を求めた。結果から、後退ベクシオンは過去を、前進ベクシオンは未来を想起する傾向を認めている。

参考文献

- [1] 妹尾：“効率的なベクシオン駆動に関する知見と脳イメージング研究から得られたベクシオンの知見の VR コンテンツへの活用可能性”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 14(4), pp.481-490, 2009.
- [2] S. Palmisano, B.J. Gillam, S.G. Blackburn：“Global-perspective jitter improves vection in central vision”，*Perception*, 29(1), pp.57-67, 2000.
- [3] 崔, 柳生, 坂本, 岩谷, 鈴木：“回転する聴覚刺激が回転ベクシオン感覚に及ぼす影響”，電子情報通信学会論文誌, D97(4), pp.891-894, 2014.
- [4] R.E. Bernhard, A. Väljamäe, J. Schulte-Pelkum：“Moving sounds enhance the visually-induced self-motion illusion (circular vection) in virtual reality”，*ACM Transactions on Applied Perception*, 6(2), pp.7, 2009.
- [5] 櫻井，“視覚と前庭覚のクロスモーダルな自己運動知覚（一般セッション（4）, 「手」, 「感性情報処理」 及びヒューマン情報処理一般）.” 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, 106(410), pp.161-164,2006.
- [6] L. Harris, M. Jenkin, D.C. Zikovitz：“Vestibular cues and virtual environments: choosing the magnitude of the vestibular cue”，*Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)*, 1999.
- [7] 畠山, 根岸, 金子：“視覚運動パターンの知覚経験が視覚誘導性自己運動知覚に与える影響”，電子情報通信学会技術研究報告, 109(261), 2009.
- [8] A. Bubka, F. Bonato, P. Palmisano：“Expanding and contracting optic-flow patterns and vection”，*Perception*, 37(5), pp.704-711, 2008.
- [9] 川島, 内川, 金子, 福田, 山本, 木屋：“道路側面に設置された点滅柱状物体により生起する視覚誘導自己運動感覚を交通工学的に応用した自動車運転者の速度感覚変化手法”，映像情報メディア学会誌, 65(6), pp.833-840, 2011.
- [10] L.K. Miles, K. Karpinska, J. Lumsden, C.N. Macrae：“The meandering mind: Vection and mental time travel”，*PLoS One*, 5(5), e10825, 2010

1.5 ユーザ体験の観点による視覚刺激の数値的枠組み

本節では、ユーザ体験の観点により視覚回転運動や視野角、フレームレートといった視覚刺激の数値的枠組み（域値）に関する先行事例から 10 例程度を抽出し、分類・まとめを行った。和文論文については CiNii Articles を、英文論文については Google Scholar を、それぞれ用い、キーワードとして、「映像酔い」「VR 酔い」「Simulator Sickness」「Cyber Sickness」「Motion Sickness」「閾値」などを組み合わせて検索した。

本調査の範囲では、ユーザ体験の観点による視覚刺激の域値に関する事例は、大きく回転運動やベクシオンといった刺激強度の影響を検討する取り組み、視野角やフレームレートといった呈示条件の影響を検討する取り組み、ユーザの年齢や性別といった属性の影響を検討する取り組みの 3 種類に分類された。以下に、そのまとめについて述べる。

まず、回転運動やベクシオンといった視覚刺激の強度による影響を検討する取り組みにおいて、氏家らは映像酔いと視覚回転運動の速度との関係を検討した[1]。参加者を中心として直交座標系のヨー軸、ピッチ軸、ロール軸に対して、回転速度によって映像酔いに対する影響の違いを明らかにすることを目的としている。ロール軸回転が映像酔いに最も影響するという知見に基づいて、39 例の参加者を対象とし、各回転軸に 7 種類の速度の一方方向回転の刺激を呈示した際の映像酔いとベクシオン強度に関する主観評価を行った。結果から、いずれの主観評価でも特定の速度帯域で上昇することが明らかになり、特に 30~60 deg./sec. の回転速度が顕著であった。

また氏家らは、上記事例で用いた視覚回転運動は一方向回転だったのに対し、各軸周りの往復回転運動の視覚刺激を用いた検討も行っている[2]。40 例以上の参加者を対象として 82×67 deg. の視野角で 1 分間刺激を呈示した。往復運動の条件は、2 種類の振幅（30, 90deg）、6 種類の周波数は（0.03, 0.06, 0.12, 0.24, 0.49, 1.0 Hz）を設定し、映像酔いに関する 11 段階の主観評価を行った。結果から、映像酔いの大きさは、映像中のグローバル運動の周波数成分ではなく、主として速度成分によって支配されることが明らかになった。また、ロール回転で 90 deg. の振幅において、映像酔いの主観評価の上昇を認めている。

Hu らは、回転運動によるベクシオンの生起と映像酔いとの関係について検討した [3]。回転ドラムを用いて 60 例の参加者を対象に、15、30、60、90 deg./sec. のヨー軸回転刺激を呈示し、その際の酔いと胃電図への影響を調べた。その結果、60 deg./sec. で酔いの主観評価と胃電図への影響が最大となることが明らかになった。

次に、呈示条件による影響を検討する取り組みにおいて、Lin らは視覚刺激の視野角の増加に伴う映像酔いおよび臨場感への影響を検討した[4]。10 例の参加者を対象とし、4 種類の視野角（60, 100, 140, 180 deg.）からなる呈示条件を設定し、ドライビングシミュレータを提示した。その際の映像酔いとプレゼンスへの影響を調査した結果、視野角の増加に伴

いどちらのスコアも増加することが明らかになった。ただし、視野角が 140° を越えると映像酔いのスコアの上昇は小さくなり、漸近線に近づく傾向が認められた。映像酔いの主観評価には SSQ (Simulator Sickness Questionarie) を使用している。

視野角の増加による影響について、Duh らは、姿勢の安定性について検討した[5]。10 例の参加者を対象に、6 種類の視野角 (30, 60, 90, 120, 150, 180 deg.) で観察した際の姿勢の安定性について調査を行った。姿勢の安定性の評価については、Balance platform (Chattecx) が使用されている。結果から、視野角の増加に伴い、参加者はバランスを崩しやすくなり、姿勢の安定性を失うことが明らかになった。特に 150~180 deg. の視野角の増加にかけて、姿勢の乱れが顕著となったことを報告している。

Meehan らは、フレームレートの増加による影響について検討した[6]。33 例の参加者を対象とし、4 種類のフレームレート (10, 15, 20, 30 fps) を設定し、VR 環境内での課題遂行時の心拍数を測定した。結果から、10 fps で顕著な生理的変化を認めており、フレームレートの低下に伴う遅延による不快感の上昇を、その要因として挙げている。

さらに近年では、視野角に制限を設けることによって、VR 空間での移動に伴い不快感を減少するという試みがなされている [7]。Fernandes らは、30 例の参加者を対象として、不快感の主観評価とゲームの継続時間を計測した。結果から、VR 空間での移動の際に視野角を制限した方が、制限を設けなかった条件よりも快適に感じ、ゲームの継続時間も延長することを認めている。

また藤木らは、VR 空間におけるコンテンツのクオリティが、映像酔いに及ぼす影響について検討した [8]。40 例の参加者を対象として、CG モデルの精度が 5 段階で高くなるコンテンツを用意し、コントローラを用いた 2 分間の歩行課題を求めた。ここで、CG モデルの精度とは、VR 空間内のモデルやテクスチャのクオリティを指す。結果から、精度の向上に伴い、映像酔いの減少傾向を認めている。

さらに、ユーザの属性の影響に関する取り組みにおいて、Arns らは年齢と映像酔いとの関係について検討した[9]。387 例の参加者を対象として、没入型の VR 空間を体験後の、映像酔いに関する主観評価を行った。結果から、高齢者は若年者よりも映像酔いを起こす傾向が高いこと認めており、年齢の増加に伴う、バランスやめまいに関する影響を指摘している。

一方、小野は、性別と映像酔いとの関係について検討した[10]。97 例の参加者を対象として、住宅 (居間) の VR 空間を体験後の映像酔い、立体感、没入感に関する主観評価を行った。結果から、10 分間前後の VR 空間の体験では、男性よりも女性の方が、時間経過に伴う映像酔い発症しやすいという傾向がみられた。とりわけ 20 才代の女性においてスコアの上昇が顕著であったため、映像酔いに対する感度の高さを指摘している。

参考文献

- [1] H.Ujike, T.Yokoi, S.Saida : “Effects of virtual body motion on visually-induced motion sickness”, Proc. IEEE EMBS 2004, pp.2399-2401, 2004.
- [2] H.Ujike, R.Kozawa, T.Yokoi, S.Saida : “Effects of rotation components of yaw, roll and pitch on visually-induced motion sickness”, Proc. HCLL 2005, pp.2353-2356, 2005.
- [3] S. Hu, R.M. Stem, M.W. Vasey, K.L. Koch : “Motion sickness and gastric myoelectric activity as a function of speed of rotation of a circularvection drum”, Aviation, Space, and Environmental Medicine, 60, pp.411-414, 1989.
- [4] J.J-W.Lin, H.B.L.Duh, D.E.Parker, H.Abi-Rached, T.A.Furness : “Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory, and Simulator Sickness in a Virtual Environment”, Proceedings of the IEEE Virtual Reality, pp.164-171, 2002.
- [5] H.B-L.Duh, J.J.W.Lin, R.V.Kenyon, D.E.Parker, T.A.Furness : “Effects of field of view on balance in an immersive environment”, Proceedings of the Virtual Reality 2001 Conference, pp.235-240, 2001
- [6] M.J.Meehan : “Physiological Reaction as an Objective Measure of Presence in Virtual Environments”, Doctoral Dissertation, Computer Science, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA, pp.1-142, 2001
- [7] A.S.Fernandes, S.K.Feiner : “Combating VR Sickness through Subtle Dynamic Field-Of-View Modification”, IEEE Symposium on 3DUI, IEEE, pp.201-210, 2016.
- [8] 藤木, 市村, 寺嶋, 小清水 : “VR コンテンツの精度が現実感と酔いに与える影響” , 日本教育工学会, 36, pp.73-76, 2012.
- [9] L.L. Arns, M.M. Cerney : ”The relationship between age and incidence of cybersickness among immersive environment users”, Proceedings of the IEEE Virtual Reality, pp.267-268, 2005.
- [10] 小野, 大山, 森川, 吉澤, 佐野, 平手 : “VR を用いた住空間提示・評価に関する基礎的研究 –その5 性別・年齢差による評価”, 日本建築学会, 40360, pp.735-756, 2003.

1.6 まとめ

本章では、学術分野における没入感の要素と手段の分析・整理を行った。本節では、そのまとめとして、各項目の分析・整理で得られた知見の概要に加えて、対象とした事例の実験規模や測定項目などを一覧可能な表を表 1.1 から表 1.4 に示す。

まず、視覚刺激による臨場感や没入感の評価は、ユーザ体験の理解や情緒反応との連関といった内的な要因と、コンテンツとしての表現技術に関わる外的要因から検討されている。これらの多くは、内的要因と外的要因の相互作用の解明を目指したものである。

没入型映像システムの産業応用において懸念される、視覚刺激による不快感については、生理・心理反応を手掛かりとした実験的な検討が行われている。その評価指標や手法のコンセンサスは未だ確立されていないが、主観・客観指標を併用する事例が多く、近年では特定のコンテンツやアプリケーションを想定した評価が行われる傾向にある。

運動性の臨場感に関わるバクシオンは、視覚に加えて聴覚や前庭感覚による生起の他、その応用についても検討されている。そのアプローチとしては、バクシオンの生起する条件や強度に関する特性に着目したものが多く、条件設定も没入型映像システムとの関連が深い。

さらに、本委員会においても、とりわけコンテンツ制作者からの要望の多い閾値に関する事例では、刺激強度と呈示条件、ユーザの属性の観点から、特定の環境下における物理尺度と、それに対する生体反応の特徴について検討が行われている。

以上、本章で分析・整理した事例は、指標や対象も多岐に亘り、実験的な規模や手法もさまざまであるが、一種のエビデンスに基づいた没入型映像の制作・応用に関わる多角的な知見として捉えることができると考えられる。

また、本章で行った没入感の要素と手段の分析・整理の結果は、第 2 章での実験的なアプローチの手がかりとなると同時に、第 3 章および第 5 章での考察・検討に反映される。

表 1.1 まとめ：視覚刺激による臨場感や没入感の評価指標・事例

著者	発行年	N	客観指標					主観指標										
			頭部運動	重心動揺	時間同期	視野角	音圧レベル	MEC-SPQ	ITQ	PQ	SDQ-S	SSQ	BDI	ITC-SOPI	RJPQ	SD法	その他	
Melら	1993	20																X
Bañosら	2004	60											X	X	X			
柳ら	2005	8		X							X							X
Brackenら	2005	95												X				X
福江ら	2012	21															X	
本田ら	2013	35			X	X	X											X
木下ら	2015	20															X	
Coxonら	2016	53	X						X				X	X				

表 1.2 まとめ：視覚刺激による不快感の評価指標・事例

著者	発行年	N	客観指標								主観指標							
			心電図	呼吸	胃電図	眼電図	皮膚電位	血中酸素濃度	重心動揺	血圧・脈拍数	筋電図	酔い	MSQ	MSQ-VR	SDQS	SSQ	RPE	FMS
大野ら	2000	30																X
中川ら	2000	13	X	X	X							X						X
中川ら	2001	16	X	X		X		X				X	X	X	X			X
岩瀬ら	2002	8							X							X		
成田ら	2003	15																X
小野ら	2005	115	X							X		X						X
Keshavarzら	2011	126														X	X	
Sugitaら	2011	51	X							X		X				X		
Mossら	2011	29														X		
Pontonierら	2014	16									X						X	X
Eganら	2016	33	X				X											X

表 1.3 まとめ：ベクションに関する評価指標・事例

著者	発行年	N	呈示刺激			評価指標							
			視覚刺激	聴覚刺激	前庭刺激	潜時	持続時間	ME法	IPQ	VAS	一対比較法	その他	
Harrisら	1999	17	X		X								X
Palmisanoら	2000	14	X			X	X						
櫻井ら	2006	10	X		X								X
Bubkaら	2008	15	X			X							X
妹尾ら	2009	-	X			X	X	X					
Bernhardら	2009	20	X	X		X	X		X				X
畠山ら	2009	6	X			X							X
Milesら	2010	26	X							X			
川島ら	2011	19	X								X		
崔ら	2014	5	X	X				X					

表 1.4 まとめ：ユーザ体験の観点による視覚刺激の数値的枠組み

著者	発行年	N	回転運動	視野角	フレームレート	年齢	性別	コンテンツ	生理反応
Huら	1989	60	X						X
Duhら	2001	10		X					
Meehanら	2001	33			X				
Linら	2002	10		X					
小野ら	2003	97				X	X		
Ujikeら	2004	39	X						
Himiら	2004	17							X
Ujikeら	2005	40	X						
Arnsら	2005	387				X			
藤木ら	2012	40		X				X	
Fernandesら	2016	30		X					

第2章 没入感の要素と手段の相関性の検証

2.1 ユーザテストの目的と方法

本章では、第1章で行った没入感の要素と手段の分析・整理を踏まえ、実験的なアプローチ(ユーザテスト)により検証を行った。

検証する要素と手段は、委員会での議論の結果から、以下の6項目を選定した。

- ・ 注視対象の有無と分布
- ・ 視点移動の大きさ
- ・ 再生空間の広がり
- ・ 両眼視差の有無
- ・ 映像表現(実写・CG)
- ・ 視聴環境(椅子の回転の有無)

2.1.1 ユーザテストの目的

本ユーザテストでは、現状、市販されているミドルエンドのヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いた、一般公開されている360°コンテンツの視聴体験を対象とした。

これは、第1章で収集した事例では、ほとんどみられなかった条件設定である。

本章では、現状に即した条件下において、ユーザの視覚・行動特性および心理反応について基礎的な知見を得ることで、没入型映像の利活用に求められる要素と手段ならびに戦略提言に資することを目的とした。

2.1.2 ユーザテストで用いた機器と指標

(1) HMD

呈示機器としてのHMDは、Samsung Gear VR(視野角96°, 重量約318g)および内蔵スマートフォン(解像度2560*1440ピクセル, 重量約158g)相当を用いた。なお、ヘッドフォンを用いて音声を呈示した。

(2) 生理指標：注視点

360°コンテンツ視聴中の視線計測を、アイトラッキング装置 SMI Mobile Eye Tracking HMD

(測定可能視野角 96° , 測定周波数 60Hz) を用いて行った。

(3) 生理指標：椅子・身体部位の回転角

360° コンテンツ視聴中の体動を、アクションカメラ GoPro HERO4 (1080p, 60FPS) を用いて記録した。なお、記録結果の画像解析のために体動計測用のマーカを、椅子と参加者の肩に装着した。また、座面が回転できる状態とできない状態を切り替え可能な椅子を使用した。本ユーザテストにおける実験系の概要を、図 2.1 に示した。

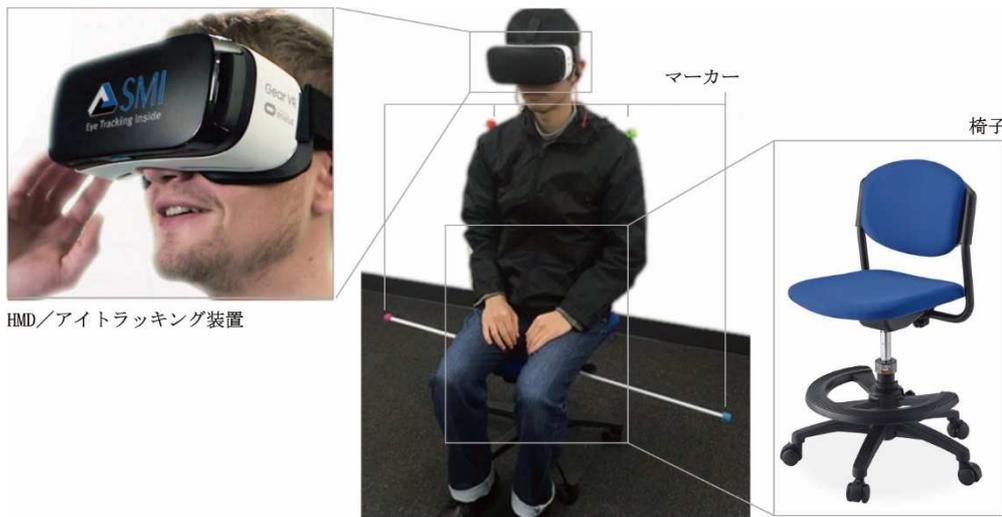


図 2.1 実験系の概要

(4) 心理指標：情緒反応

コンテンツ視聴後の覚醒度・情動価を、SAM (Self-Assessment Manikin) [1] を用いて評価した。SAM とは、快・不快の度合い (Pleasant) と覚醒度 (Arousal) を、図を用いて 9 段階で評価する質問紙である。

(5) 心理指標：不快感

コンテンツ視聴後の自覚症状を、SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [2] を用いて評価した。SSQ は、映像酔いの評価で広く用いられている質問紙であり、吐き気や不快感をあらわす Nausea、目の疲れをあらわす Oculomotor、めまいやふらつきをあらわす Disorientation の 3 因子から構成される。

(6) 心理指標：臨場感

各コンテンツの存在感・没入感・臨場感を、IPQ (Igroup Presence Questionnaire) [3] を用

いて評価した。IPQ は臨場感を評価する質問紙であり、一般的な臨場感 (General Presence)、空間的な臨場感 (Spatial Presence)、没入感 (Involvement)、現実感 (Experienced Realism) の 4 因子から構成される。

(7) 心理指標：内省報告

各コンテンツの好ましきなどの印象を、実験後にインタビュー法により取得した。

2.1.3 ユーザテストで用いたコンテンツ

YouTube 等から、再生時間が 1 分 30 秒以上で再生数が多いコンテンツを抽出した。それらを没入感の要素と手段の観点から分類し、表 2.1 に示す 5 種類を選定した。

表 2.1 選択した 360°コンテンツ

番号とタイトル	注視対象	視点移動	空間	両眼視差	映像
A Star Wars - 360°VR [4]	あり (全周)	多い	閉鎖	なし	CG
B Great White Sharks [5]	あり (全周)	少ない	開放	あり	実写と CG
C Dream Beach 360 [6]	なし	少ない	開放	なし	実写
D Divecoaster [7]	あり (前方)	多い	開放	なし	実写
E Waiting for Love [8]	あり (全周)	少ない	閉鎖	あり	実写

各コンテンツの概要は、以下の通りであった。

コンテンツ A 宇宙船の中を、走り回るロボットの視点から表現した 360 度の動画像

コンテンツ B ダイバーの視点で海中を泳ぎ回るサメ、魚を表現した 360 度の動画像

コンテンツ C 南国の美しいビーチの風景を表現した 360 度の動画像

コンテンツ D ジェットコースターに乗った人の視点で表現した 360 度の動画像

コンテンツ E ポップミュージックにあわせて踊る複数のダンサーを表現した 360 度の動画像

なお、各コンテンツには、冒頭に注視点 (十字) の付加されたブランク映像を挿入した。また、再生時間を 1 分 30 秒に統一し、音声は平均音圧を統制した。

2.1.4 ユーザテストの条件

本ユーザテストでは、5 種類のコンテンツと椅子の回転の有無からなる 2 要因を設定した。

実験参加者は、20 才代の男女 20 例であり、それぞれ 10 例ずつ、椅子の回転の有りと無しに割り付けを行った。

2.1.5 ユーザテストの手続き

本ユーザテストは、以下の流れで実施された。

- ① インフォームドコンセントの取得
- ② 参加者の属性の記入
- ③ 参加者の視覚機能（屈折値および立体視）の検査
- ④ 質問紙への回答方法および HMD の操作方法に関する事前説明
- ⑤ 練習試行の実施
- ⑥ SAM および SSQ への回答（PRE）
- ⑦ コンテンツの視聴（1分30秒）
- ⑧ SAM、SSQ（POST）および IPQ への回答
- ⑨ インタビュー、休憩
- ⑩ 上記⑥から⑨までを、ランダムな順序で5種類のコンテンツ分反復
- ⑪ 全試行終了後のインタビュー

2.2 ユーザテストの結果

2.2.1 結果：視線計測

20例の参加者のうち、正常にデータの取得できた14例（椅子の回転あり7例、なし7例）を対象として解析を行った。

解析にあたっては、仮想ディスプレイ内の視線移動（静止視野）と、頭部運動を伴う全周での視線移動（動視野）の2種類に分類した（図2.2）。

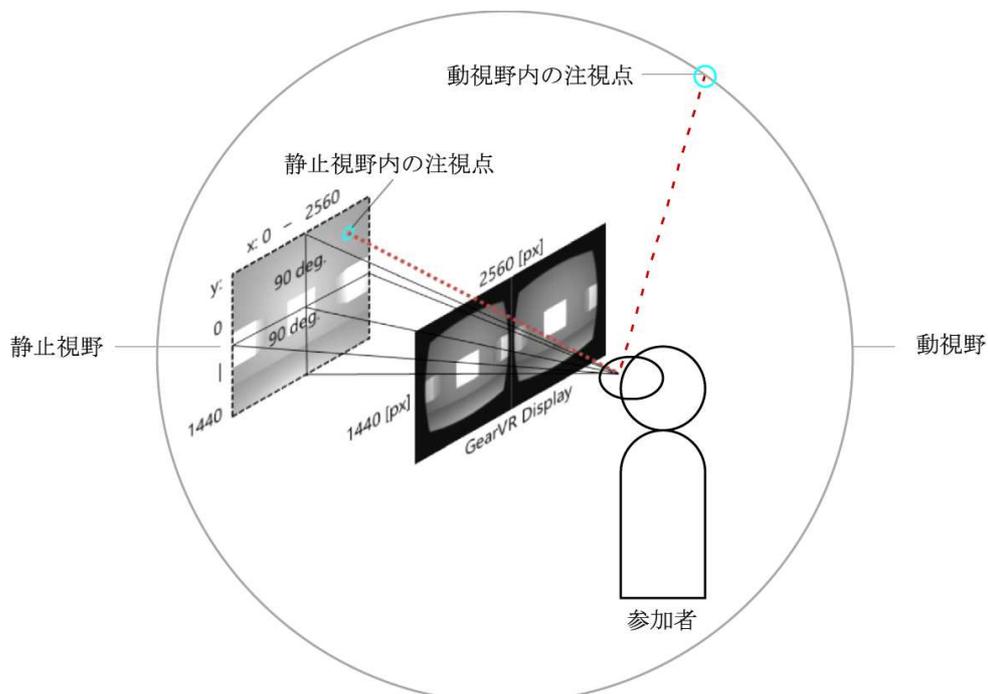


図 2.2 解析対象のイメージ

(1) 静止視野

まず、水平方向の注視分布をクラスタリングしたところ、静止視野内の広範囲に視線移動がみられるコンテンツ（B、C、E）と、仮想ディスプレイの中心に視線の集まるコンテンツ（A および D）とに分類された。図 2.3 から図 2.7 に、コンテンツ A から E の注視分布のヒートマップを示した。

図 2.3 から図 2.7 より、静止視野内での注視分布の差異が認められる。一方で、静止視野内での視線の総移動距離を算出した結果を図 2.8 に示した。2 要因の分散分析の結果から、有意差は認められなかったことから、視線移動量という点では、コンテンツおよび椅子の回転の有無による影響はみられなかった。

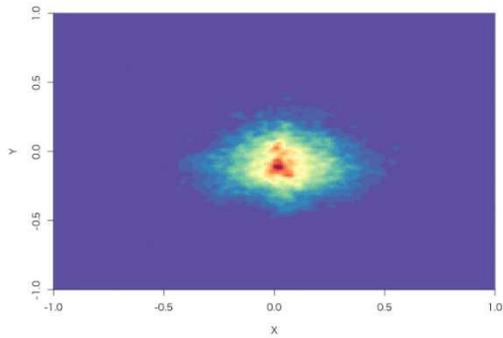


図 2.3 コンテンツ A のヒートマップ

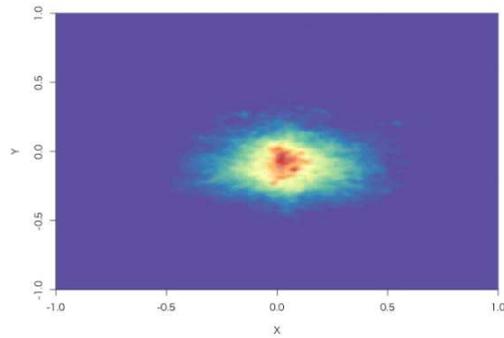


図 2.4 コンテンツ B のヒートマップ

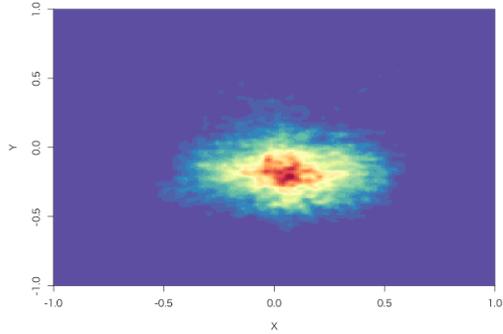


図 2.5 コンテンツ C のヒートマップ

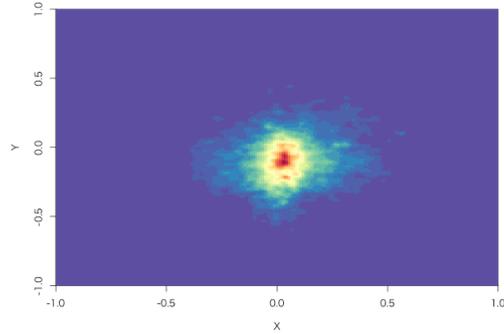


図 2.6 コンテンツ D のヒートマップ

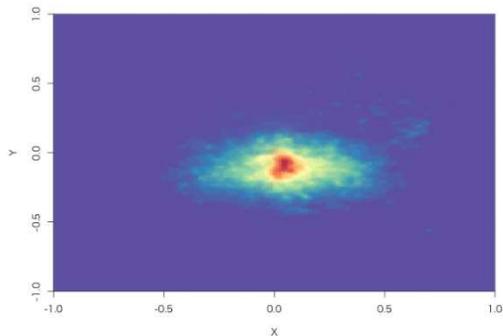


図 2.7 コンテンツ E のヒートマップ

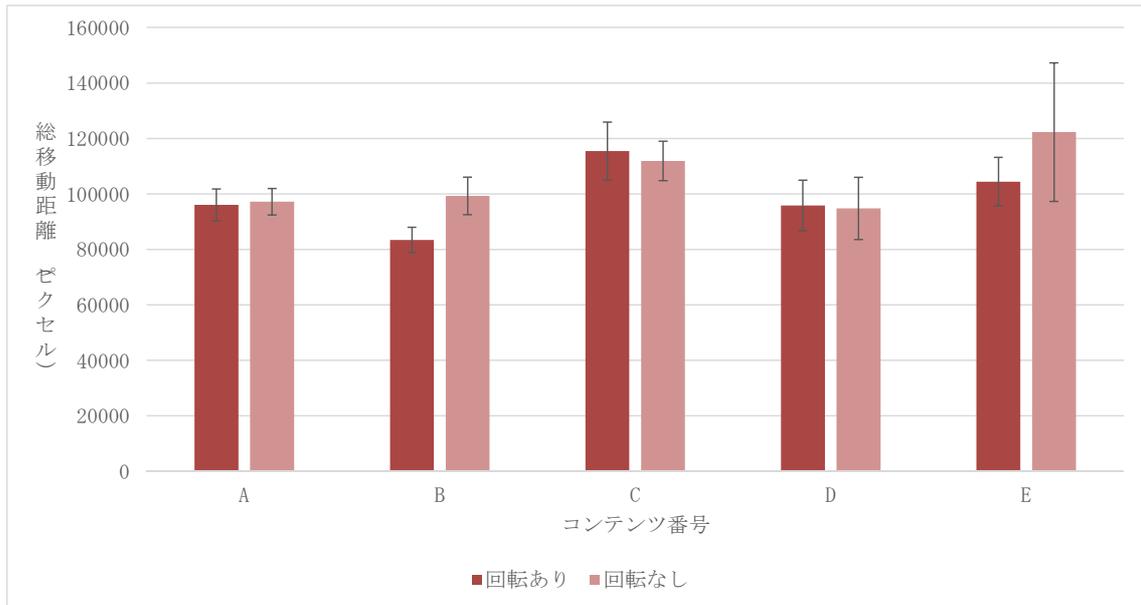


図 2.8 静止視野内での視線の総移動距離

(2) 動視野

解析にあたり、球面上に注視点をプロットし、算出された座標の分布範囲を求めた。図 2.9 から図 2.13 に、動視野内での参加者 1 例分の視線移動の例を示した。なお、図 2.9 から図 2.13 では、向かって右側が実験開始時の参加者の正面である。これらの結果から、静止視野と同様に、動視野内の注視分布のコンテンツ間での差異が認められる。

水平および垂直方向の注視範囲の算出結果を、図 2.14 および図 2.15 に示した。2 要因の分散分析の結果から、水平方向の注視範囲においてコンテンツの主効果に有意差 ($p < .01$ ※ p 値：仮説に反した統計量が観測される確率) が認められた。一方、垂直方向の注視範囲においては、コンテンツの主効果 ($p < .01$) および椅子の回転の有無の主効果 ($p < .05$) が、それぞれ認められた。水平方向に比べて垂直方向では、椅子が回転しない条件で視線移動が増加することが分かった。

なお、動視野内での視線の総移動距離を算出し、分散分析を行った結果、静止視野と同様に、有意差は認められなかった。

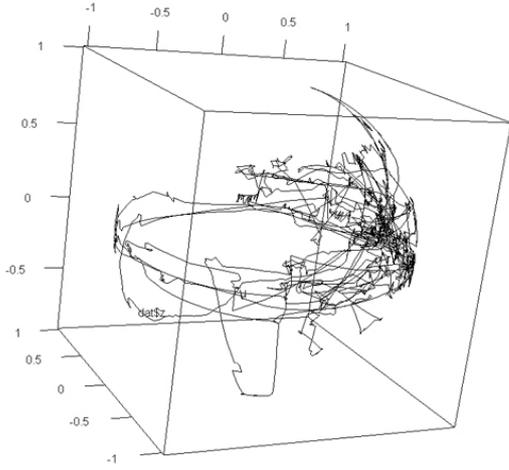


図 2.9 動視野内の視線移動例 (コンテンツ A)

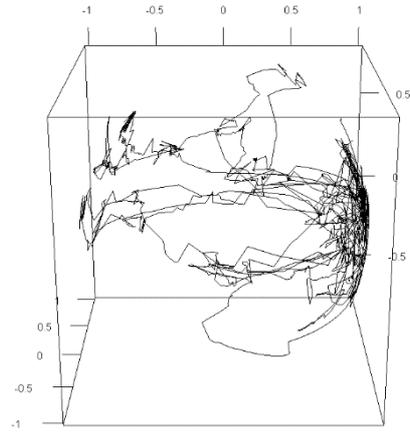


図 2.10 動視野内の視線移動例 (コンテンツ B)

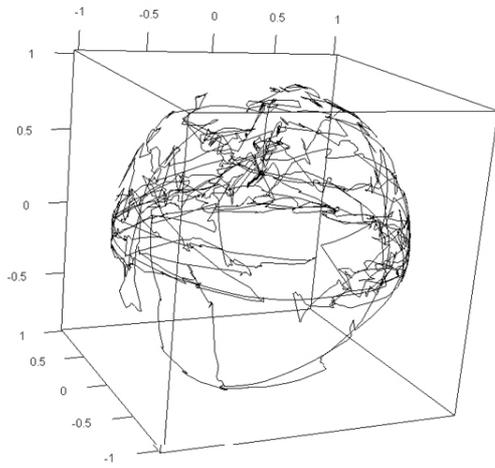


図 2.11 動視野内の視線移動例 (コンテンツ C)

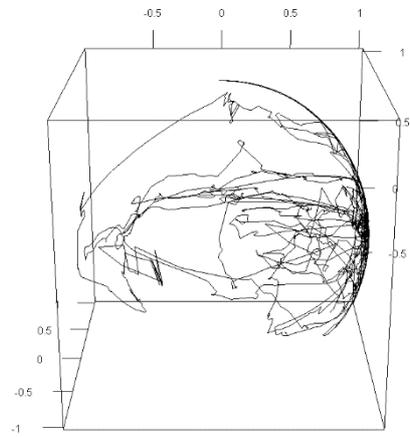


図 2.12 動視野内の視線移動例 (コンテンツ D)

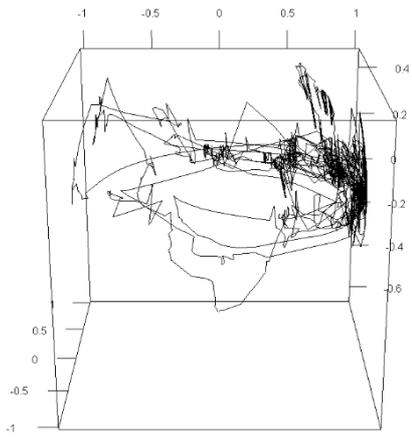


図 2.13 動視野内の視線移動例 (コンテンツ E)

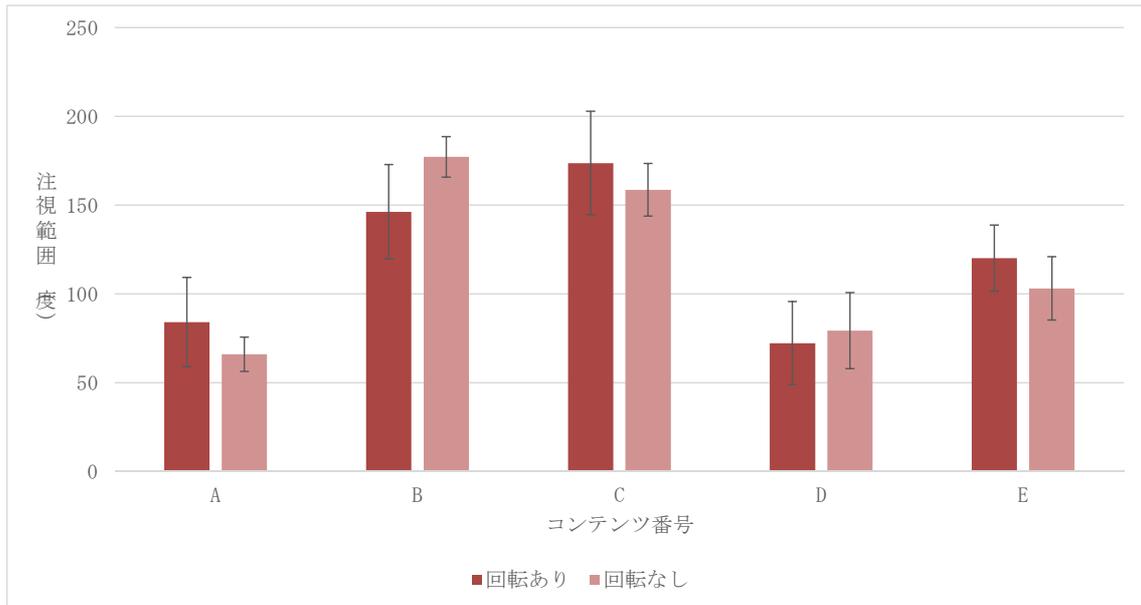


図 2.14 動視野内での水平方向の注視範囲

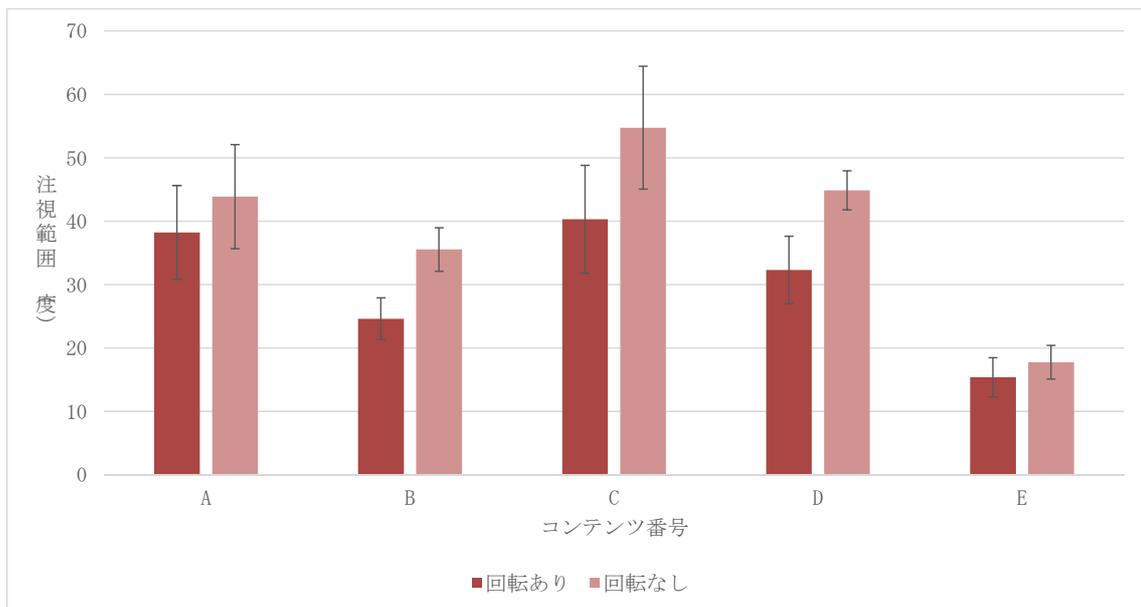


図 2.15 動視野内での垂直方向の注視範囲

2.2.2 結果：体動計測

体動計測の分析の様子を、図 2.16 に示した。椅子が回転する条件での、椅子および身体部位の平均回転量を図 2.17 に示した。2 要因の分散分析の結果、コンテンツ ($p<.05$) および回転部位 ($p<.05$) の主効果の有意差、ならびに交互作用 ($p<.05$) が認められた。

椅子が回転しない条件での、椅子および身体部位の平均回転量を図 2.18 に示した。2 要因の分散分析の結果、回転する条件と同様に、コンテンツ ($p < .05$) および回転部位 ($p < .05$) の主効果の有意差、ならびに交互作用 ($p < .05$) が認められた。

交互作用という点では、コンテンツ C の頭部の Yaw 角の回転量が、他の条件に比べ顕著であることから、これを椅子の回転の有無で比較を行った (図 2.19)。2 要因の分散分析の結果から、コンテンツ ($p < .05$) および回転の有無 ($p < .05$) の主効果に、有意差が認められた。

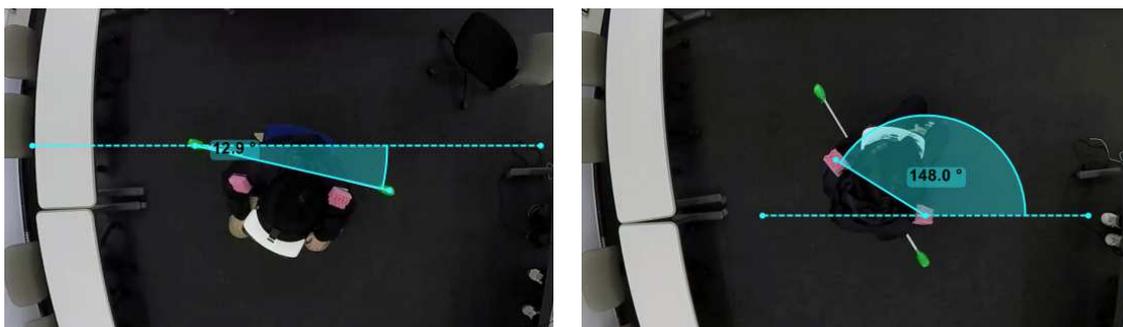


図 2.16 体動計測の分析の様子 (左：椅子の回転, 右：肩部の回転)

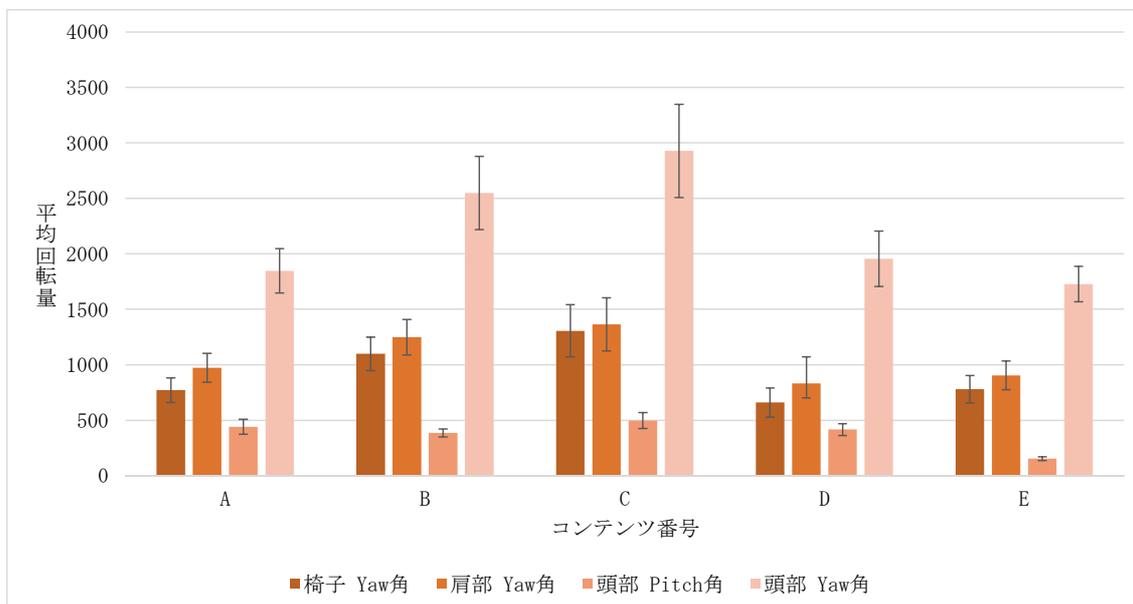


図 2.17 椅子が回転する条件における椅子・身体部位の平均回転量

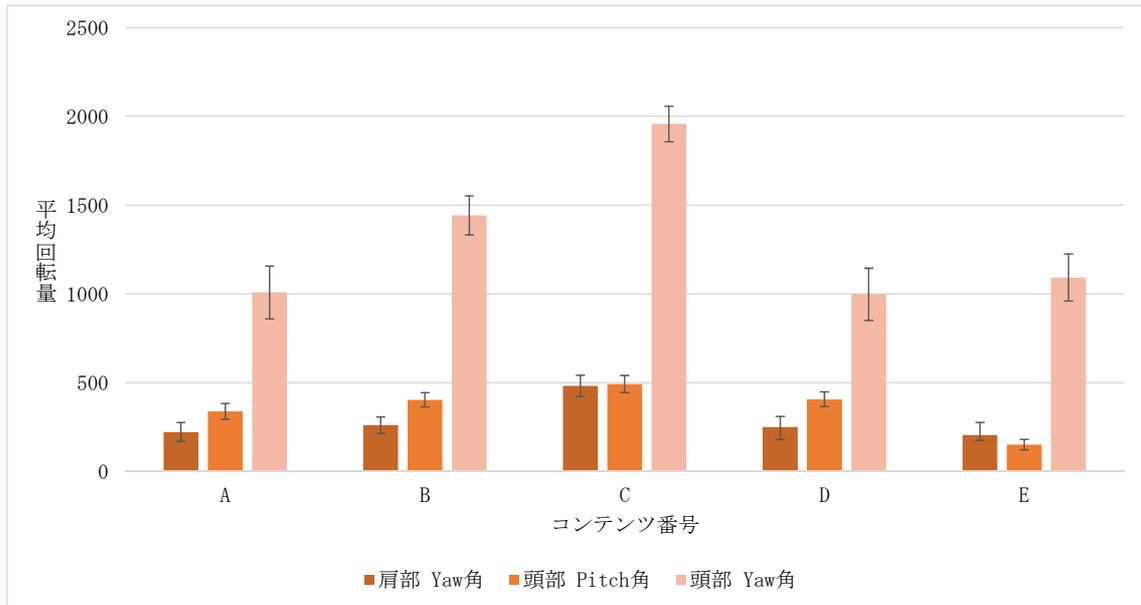


図 2.18 椅子が回転しない条件における身体部位の平均回転量

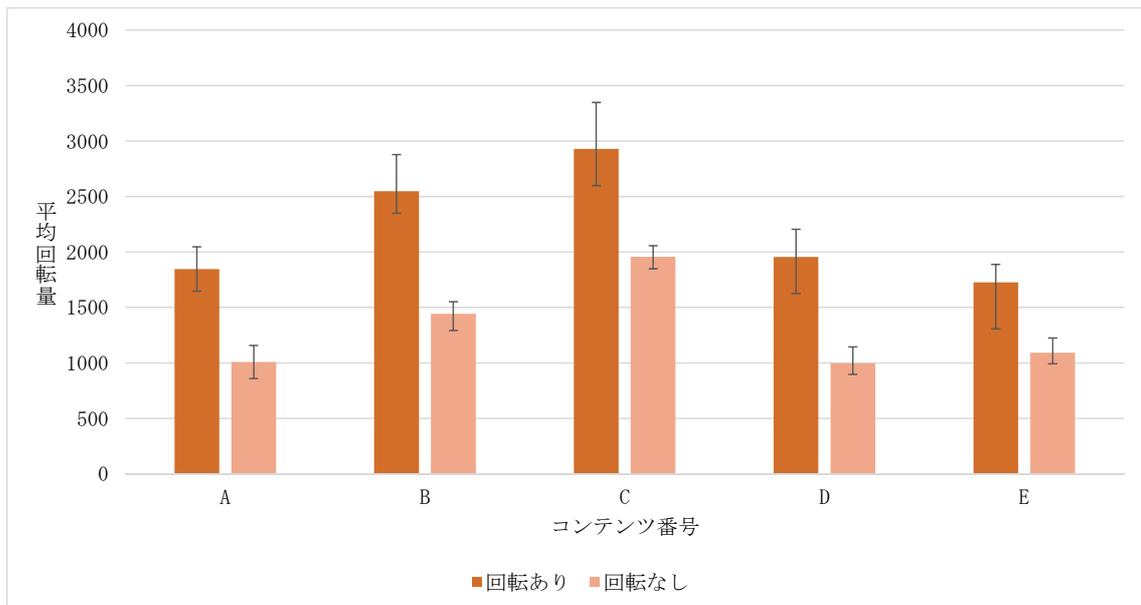


図 2.19 頭部の Yaw 角の平均回転量

2.2.3 結果：SAM（情緒反応）

試行前（PRE）のスコアをベースラインとした変化量に変換し、図 2.20 から図 2.23 に示した。

(1) Pleasant (快・不快の度合い)

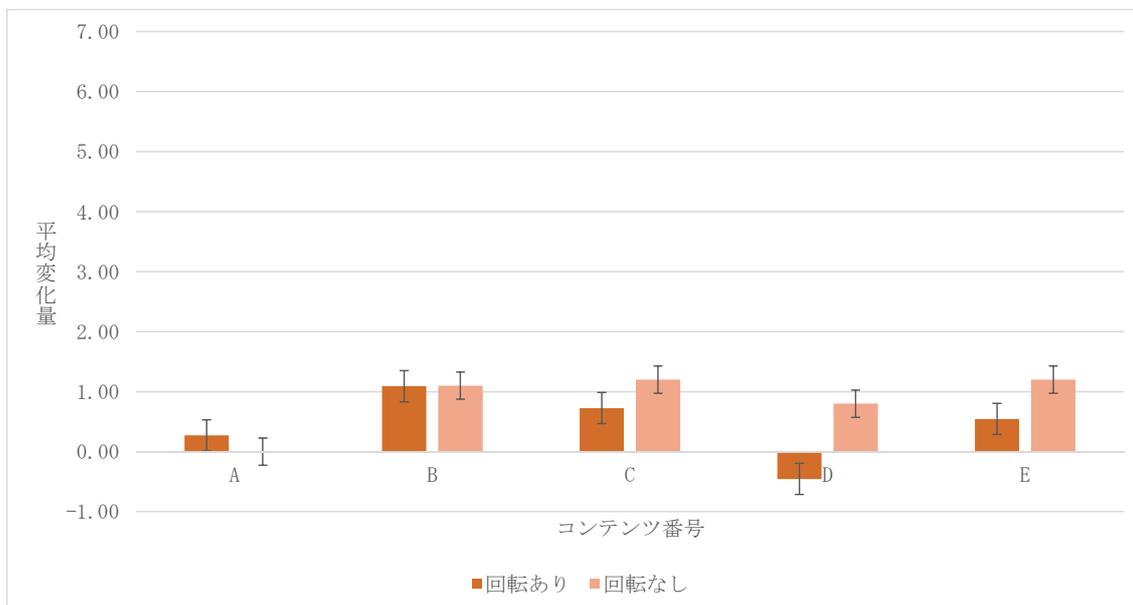


図 2.20 Pleasant の結果

2 要因の分散分析の結果、有意差は認められなかった。

(2) Arousal (覚醒度)

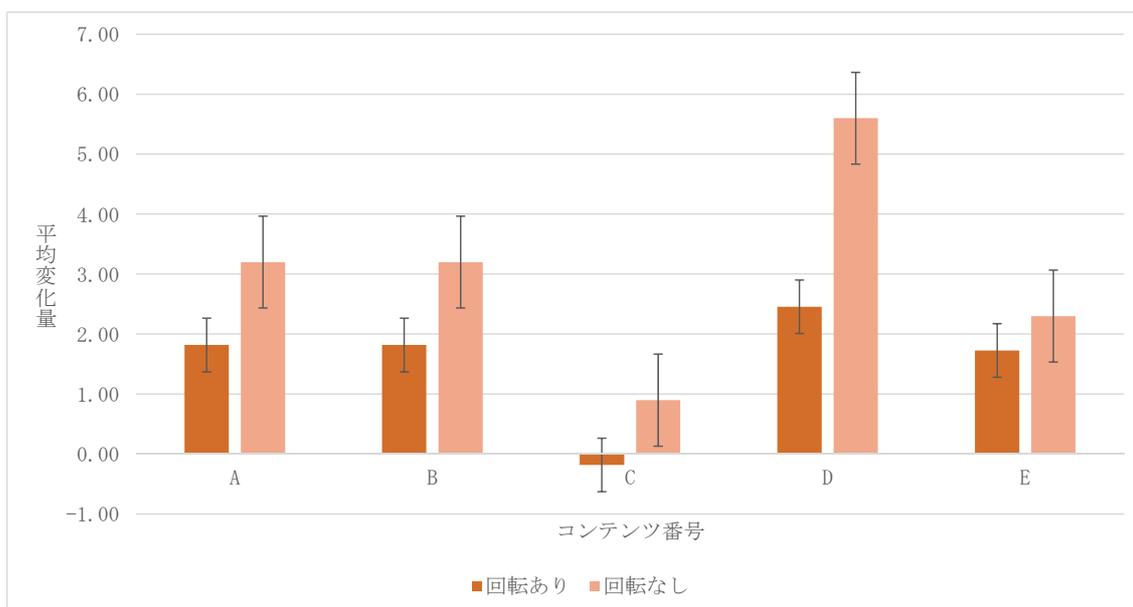


図 2.21 Arousal の結果

2 要因の分散分析の結果から、コンテンツおよび回転の有無の主効果に、それぞれ有意差 ($p < .05$) が認められた。

(3) Pleasant（快・不快の度合い）と Arousal（覚醒度）

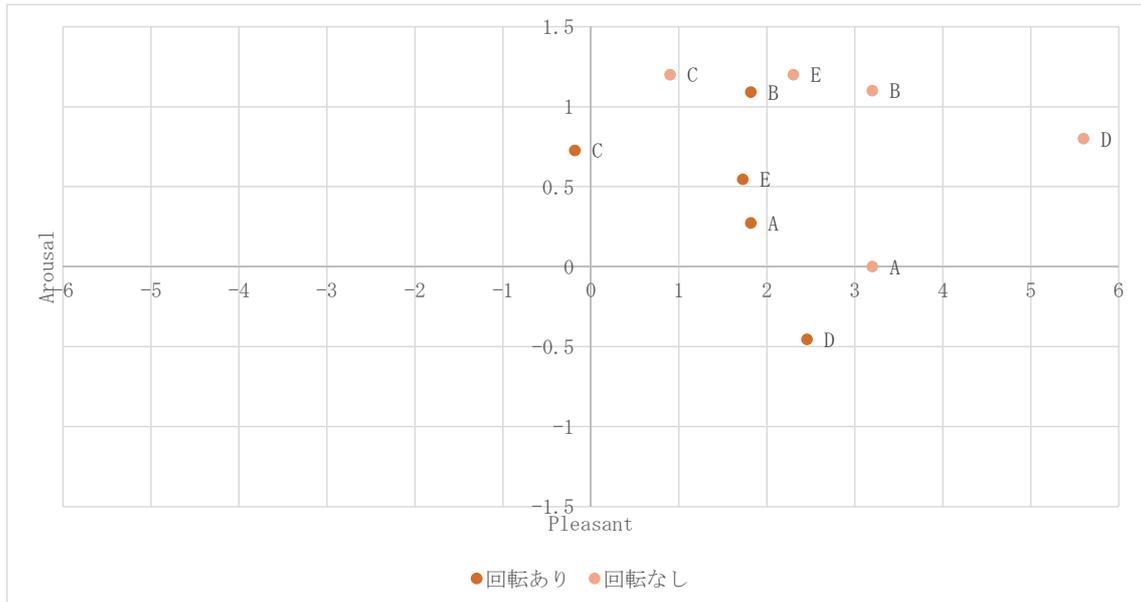


図 2.22 Pleasant と Arousal の散布図（正規化後）

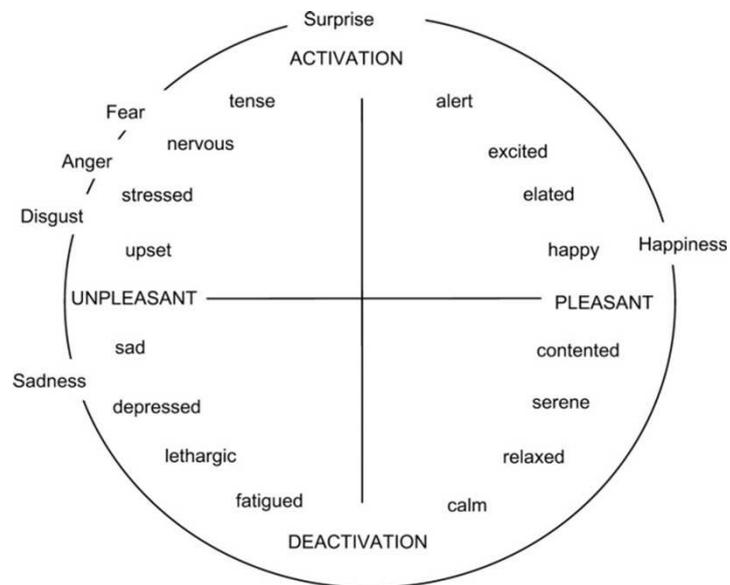


図 2.23 Russell の感情円環モデル（※図中 ACTIVATION=Arousal） [9]

2.2.4 結果：SSQ（不快感）

試行前（PRE）のスコアをベースラインとした変化量に変換し、因子毎に図 2.24 から図 2.27 に示した。

(1) Nausea (吐き気)

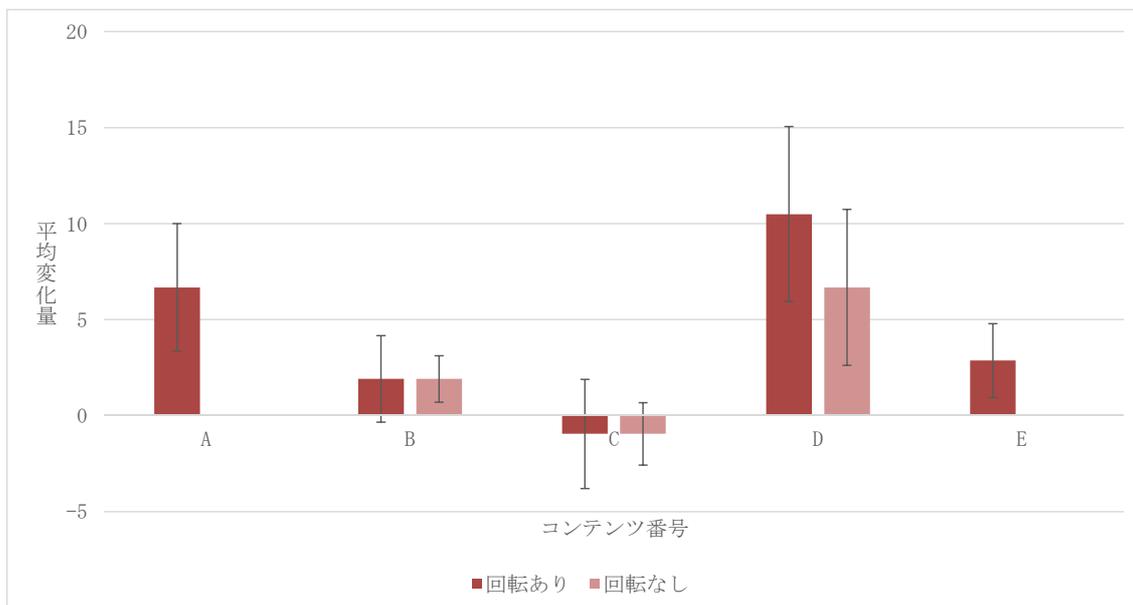


図 2.24 Nausea の結果

2 要因の分散分析の結果から、コンテンツの主効果に有意差 ($p < .05$) が認められた。

(2) Oculomotor (目の疲れ)

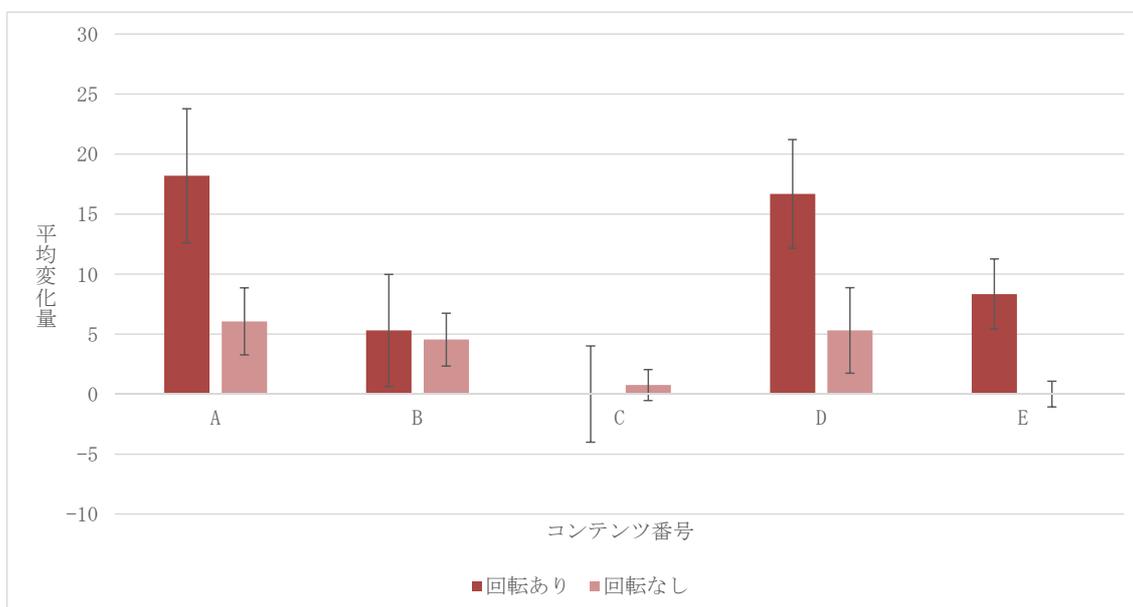


図 2.25 Oculomotor の結果

2 要因の分散分析の結果から、コンテンツおよび回転の有無の主効果に、それぞれ有意差 ($p < .05$) が認められた。

(3) Disorientation (めまい・ふらつき)

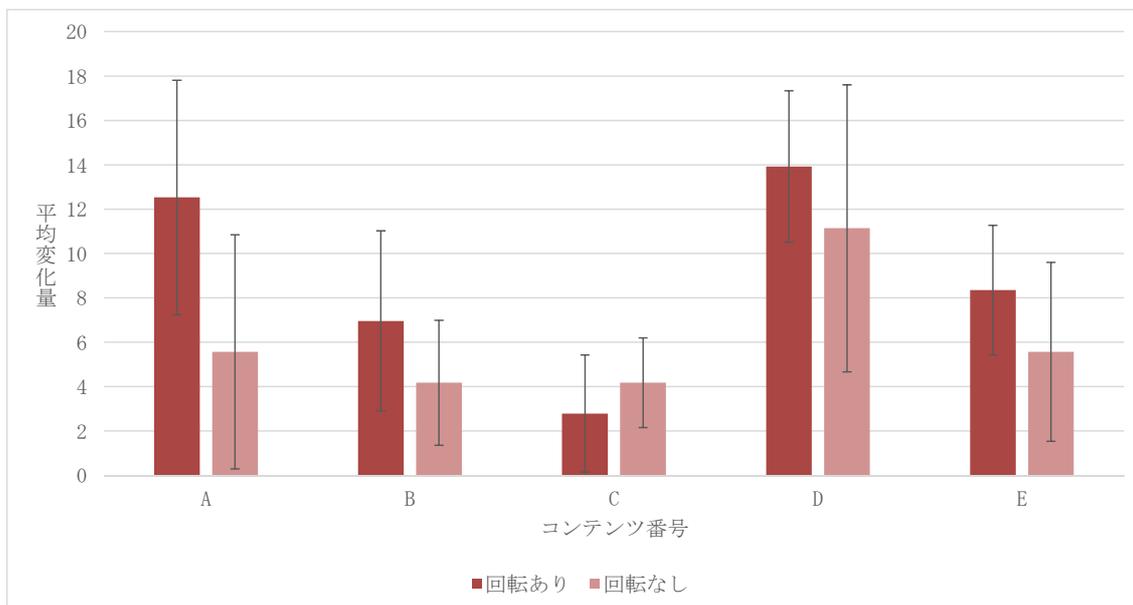


図 2.26 Disorientation の結果

2 要因の分散分析の結果、有意差は認められなかった。

(4) Total Score

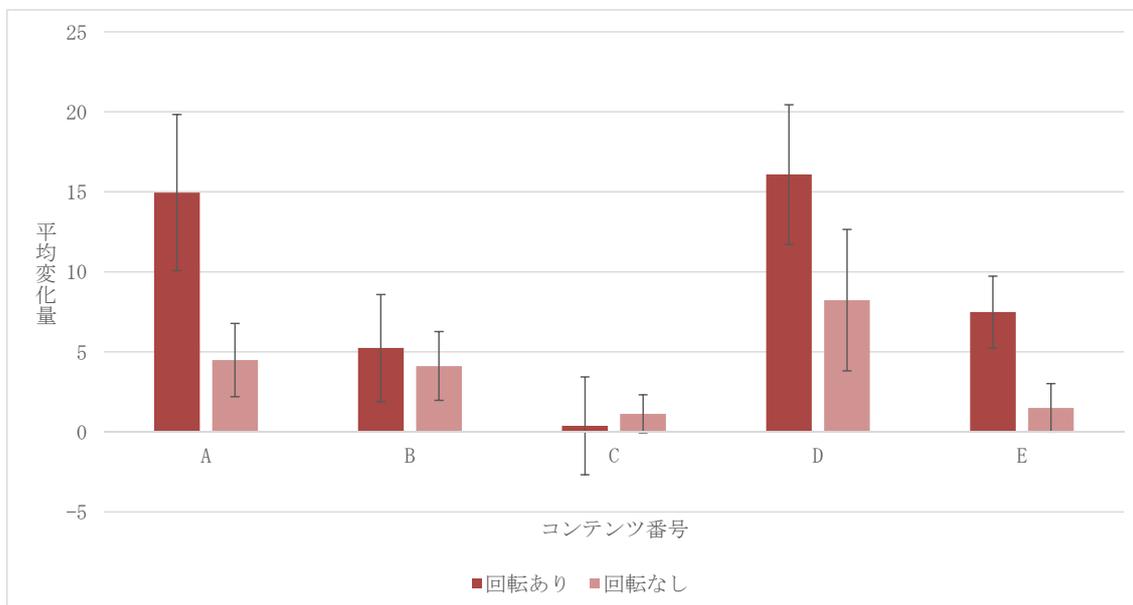


図 2.27 Total Score の結果

2 要因の分散分析の結果から、コンテンツおよび回転の有無の主効果に、それぞれ有意差 ($p < .05$) が認められた。

(5) 参加者のクラスタリング

SSQの各因子のエラーバーから、他の指標と比較して、個人差が大きいことが分かる。そのため、SSQのTotal Scoreから参加者のクラスタリングを行った結果、高スコア群（7例）と低スコア群（13例）に分類することができた。各因子におけるクラスタリング結果の比較を、図2.28から図2.30に示した。

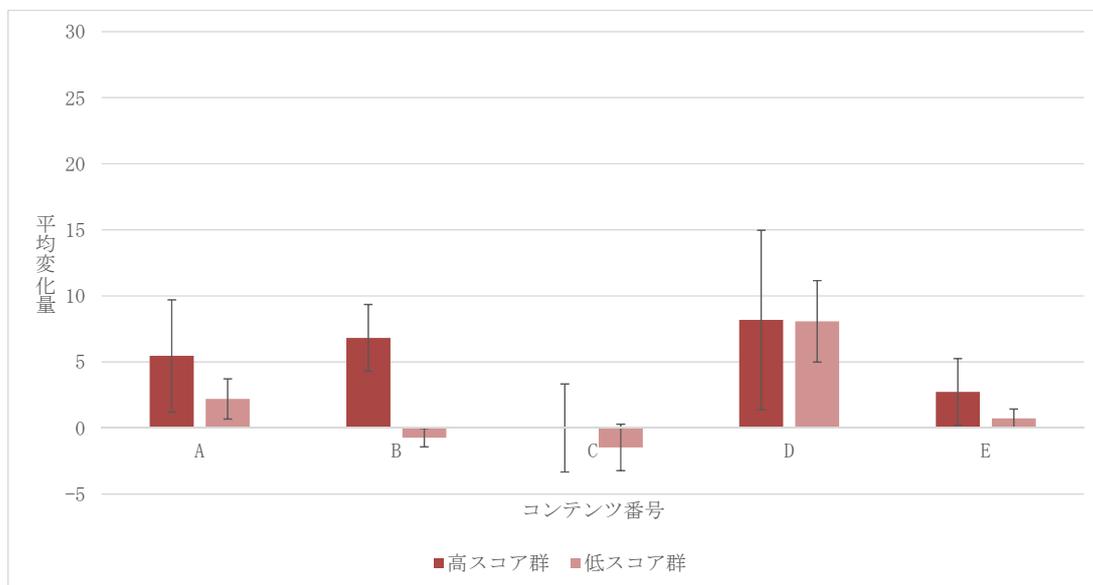


図 2.28 Nausea の（吐き気）結果

2 要因の分散分析の結果から、コンテンツの主効果に有意差 ($p < .05$) が認められた。

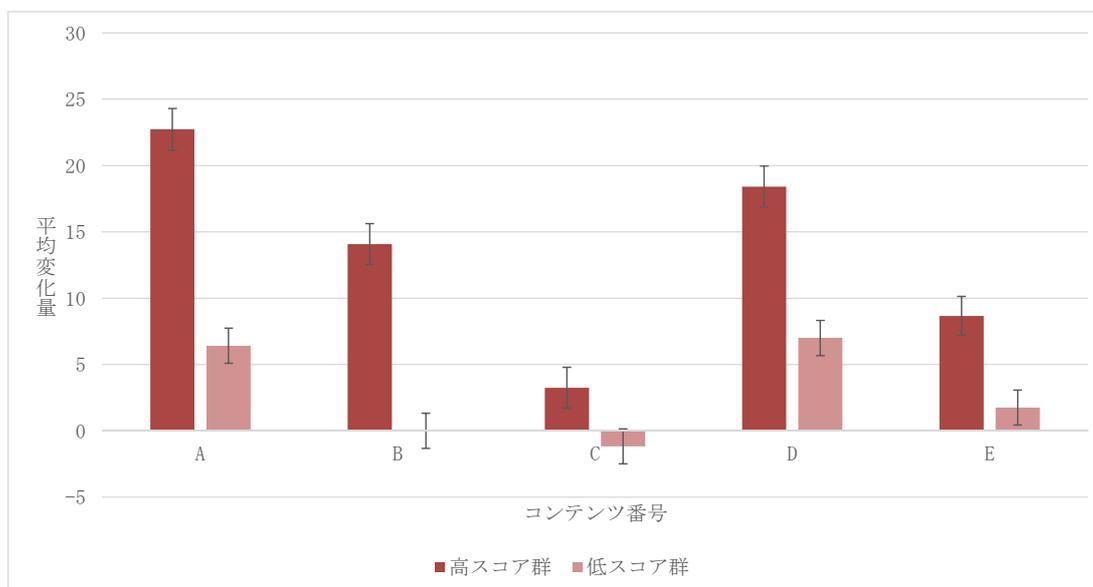


図 2.29 Oculomotor (眼の疲れ) の結果

2 要因の分散分析の結果から、コンテンツの主効果 ($p < .05$) およびクラスタリング結果の主効果 ($p < .05$) に、それぞれ有意差が認められた。

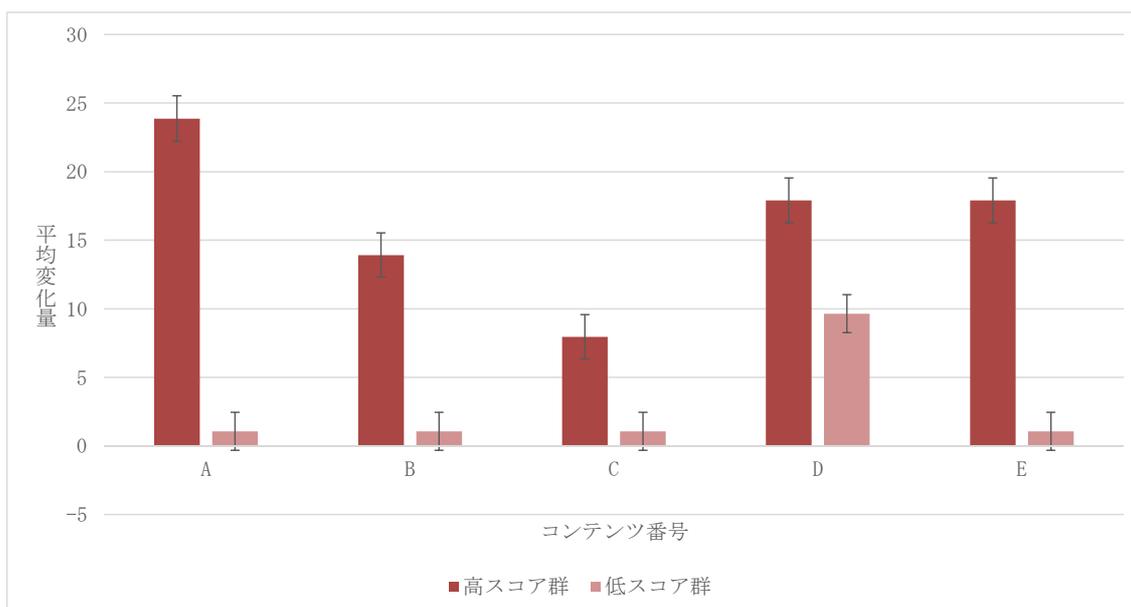


図 2.30 Disorientation (めまい・ふらつき) の結果

2 要因の分散分析の結果から、クラスタリング結果の主効果 ($p < 0.05$) に有意差が認められた。

(6) SAM との相関分析

SSQ と SAM の結果間での連関について、クラスタリング結果別に相関分析を行った。高スコア群の結果を表 2.2 に、低スコア群の結果を表 2.3 に、それぞれ示した。

表 2.2 高スコア群の相関分析の結果

	TotalScore	Nausea	Oculomotor	Disorientation	Pleasant	Arousal
TotalScore	1.00	0.72	0.93	0.67	-0.21	0.11
Nausea	0.72	1.00	0.56	0.19	-0.18	0.04
Oculomotor	0.93	0.56	1.00	0.50	-0.25	0.01
Disorientation	0.67	0.19	0.50	1.00	0.00	0.28
Pleasant	-0.21	-0.18	-0.25	0.00	1.00	0.12
Arousal	0.11	0.04	0.01	0.28	0.12	1.00

表 2.3 低スコア群の相関分析の結果

	TotalScore	Nausea	Oculomotor	Disorientation	Pleasant	Arousal
TotalScore	1.00	0.86	0.91	0.76	-0.46	0.26
Nausea	0.86	1.00	0.67	0.53	-0.45	0.19
Oculomotor	0.91	0.67	1.00	0.53	-0.44	0.22
Disorientation	0.76	0.53	0.53	1.00	-0.24	0.25
Pleasant	-0.46	-0.45	-0.44	-0.24	1.00	0.13
Arousal	0.26	0.19	0.22	0.25	0.13	1.00

2.2.5 結果：IPQ（臨場感）

試行後のスコアについて、因子毎に図 2.31 から図 2.34 に示した。

(1) General Presence (一般的な臨場感)

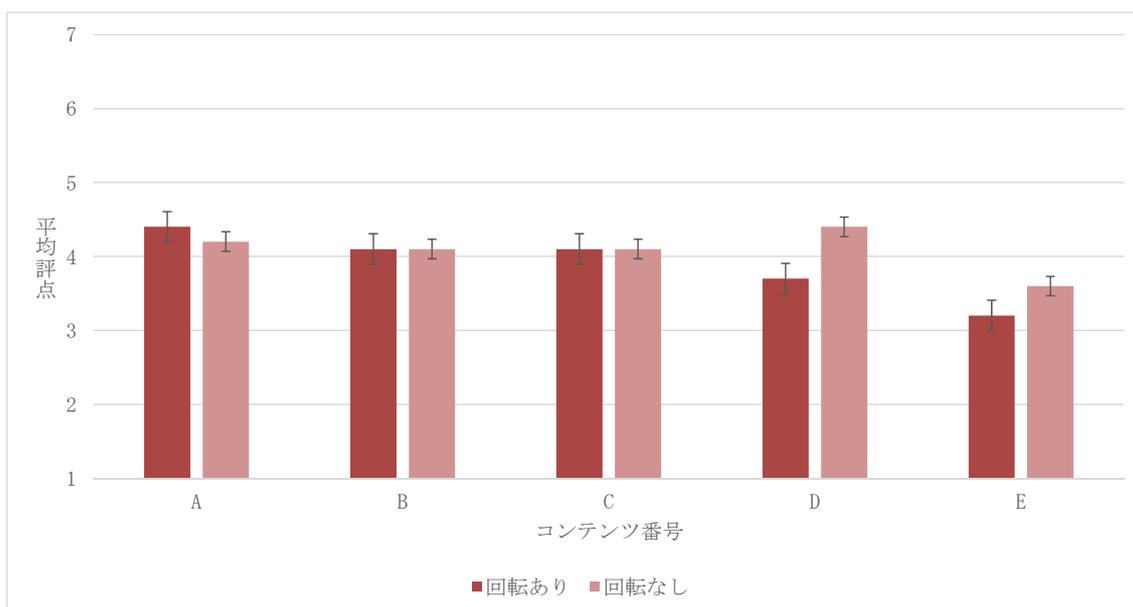


図 2.31 General Presence の結果

2 要因の分散分析の結果、有意差は認められなかった。

(2) Spatial Presence (空間的な臨場感)

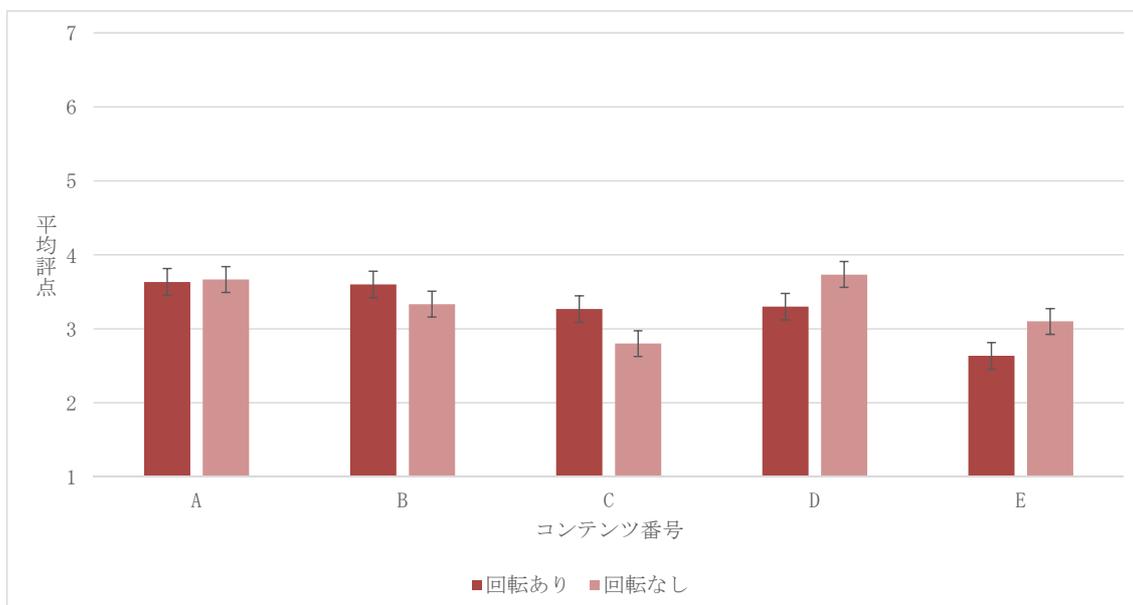


図 2.32 Spatial Presence の結果

2 要因の分散分析の結果、コンテンツの主効果に有意傾向 ($p < .10$) が認められた。

(3) Involvement (没入感)

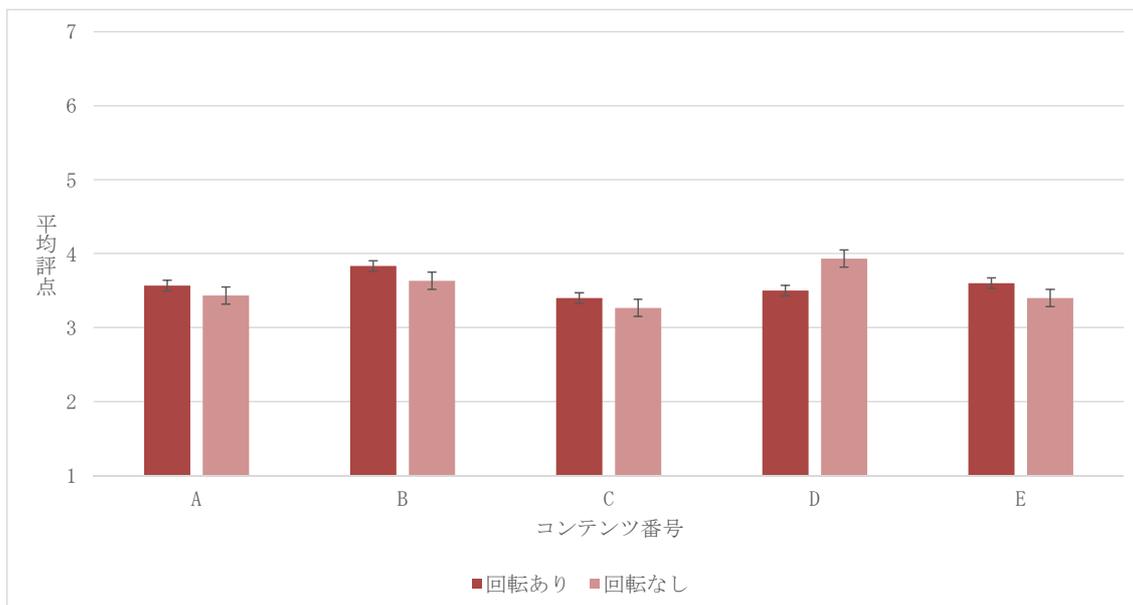


図 2.33 Involvement の結果

2 要因の分散分析の結果、有意差は認められなかった。

(4) Experienced Realism (現実感)

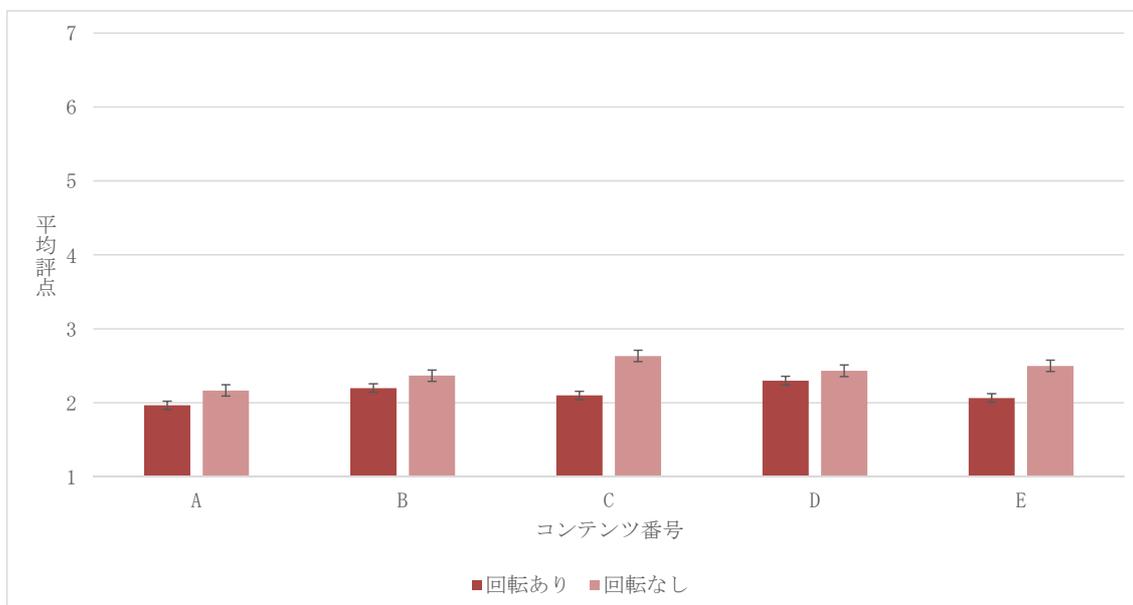


図 2.34 Experienced Realism の結果

2 要因の分散分析の結果、有意差は認められなかった。

2.3 考察

ユーザテストの結果から、以下の諸点が考察として挙げられた。

- ・ 視線計測については、コンテンツによる差異が認められた。具体的に、視点移動の多いコンテンツでは、画面の中心に視線が集中しやすい傾向がみられた。一方、椅子の回転は、垂直方向の視覚情報の受容に影響を及ぼすことが分かった。
- ・ 体動計測においても、コンテンツによる差異が認められ、頭部の水平回転運動への影響が顕著であった。また、頭部の水平回転量は、椅子の回転する条件において増大することが分かった。
- ・ 情緒反応では、覚醒度にコンテンツ間の差異がみられ、視点移動に加え注視対象や空間の性質の影響を受けると考えられた。いずれのコンテンツも、興奮や喜びといった、積極的な方向への変化を示していたが、それらの変化は椅子の回転によって抑制される傾向にあった。
- ・ 不快感は、覚醒度の変化に近いがコンテンツの視点移動の影響を受けやすく、椅子の回転によって眼の疲れなどが上昇することが分かった。不快感は、他の指標と比べ個人差が大きく、不快感のスコアが高い群と低い群とに分類することができた。平均的な不快感の程度は、主にスコアの低い群の反応が反映されていたが、スコアの低い群であってもコンテンツによっては上昇がみられ、情動価との中程度の負の相関も認められた。なお、不快感のスコアによる分類の影響は、視線計測や情緒反応でも同様に解析を行ったが、有意な差はみられなかった。
- ・ 臨場感については、空間的な臨場感にコンテンツの差がややみられたが、本ユーザテストで用いた質問紙が対象とする体験強度とのかい離から、明確な傾向は認められなかった。

以上、本章で行った没入感の要素と手段の相関性の検証により、現状に即した条件下における、ユーザの視覚・行動特性および心理反応について基礎的な知見を得ることができた。本章の結果は、第1章の結果と併せて第3章および第5章での考察・検討に反映される。

引用文献および URL

- [1] M.M. Bradley & P.J. Lang “Measuring Emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential,” *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), pp.49-59, 1994.
- [2] R.S. Kennedy, et al. “Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness,” *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), pp.203-220, 1993.
- [3] <http://www.igroup.org/pq/ipq/>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=6uG9vtckp1U>
- [5] https://www.youtube.com/watch?v=HNOT_feL27Y
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=gzJMqCVftKk>
- [7] 360度ストーリーミングサービス Vrideo (2016年11月21日閉鎖)
- [8] https://www.youtube.com/watch?v=edcJ_JNeyhg

- [9] J.A. Russell & L.F. Barrett, "Core affect prototypical emotional episodes and other things called emotion: Dissecting the elephant," *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5), 805-819, 1999.

第3章 没入型映像の利活用に求められる要件

3.1 目的

本章では、第1章で行った没入感の要素と手段の分析・整理、および、第2章で行った没入感の要素と手段の相関性の検証結果を、没入型映像の利活用という観点から考察・検討を加えることで、基礎的な要件を抽出することを目的とする。

なお、本章で対象とする没入型映像は、主として HMD を用いて視聴する、360 度映像を対象としている。

3.2 安全かつ快適な没入型映像の要件

安全かつ快適な没入型映像の要素と手段として、第1章および第2章の結果から、以下の6点が、今後の利活用において求められる要件として抽出された。

(1) コンテンツ

360 度の動画像を中心とした没入型映像は、多様な没入感の要素と手段が複雑に関連することで、ユーザの最終的な体験の形成に貢献している。

第2章の結果からは、

- ・ コンテンツ内の視点移動が、視覚情報の受容や不快感に影響を及ぼすこと
- ・ 注視対象の配置や空間の構成が、情緒反応、特に覚醒度に影響すること

などが示唆されている。

そのため、コンテンツの制作や利活用においては、どのような要素・手段が含まれているかを理解することが求められる。

(2) 数値的な枠組み

回転運動における角速度をはじめとして、感覚・知覚特性に基づいた数値的な閾値については、第1章の結果からも多様な報告がなされていることが分かる。

それらは、没入感の要素と手段の設定において参照し得るリソースといえるが、例えばフレームレートなど、他の要素や手段との相互作用に留意する必要がある。

なかでも視野角など、スペックの向上が、ユーザ体験の一部の低下につながり得る、あるいは一定の閾値で飽和するといった特性も知られていることから、数値的な枠組みの扱いについては、とりわけ注意を要する。

(3) 評価

第 1 章の結果から、没入型映像によるユーザ体験の評価においては、標準化あるいはコンセンサスの得られた手法は、まだ確立されていないことが分かる。

同時に第 1 章の結果から、主観指標と客観指標の併用や、特定の用途を想定した評価手法など、一定の傾向も見出すことができた。

これらのことから、例えば SSQ など、使用されることの多い指標を、共通して利用していくというアプローチも有効と考えられる。

(4) 利用環境

没入型映像の要素と手段に関わる環境要因として、第 2 章では椅子の回転を取り上げ、検討を行った。一般に、椅子の回転は、360 度の動画を「見回す」という行為を支える機能としてみなすことができるが、結果としてユーザの回転を過度に増幅することで、疲労や負担につながり得ることが示唆されている。

このような、没入型映像の利活用にかかる環境要因、特にユーザの姿勢や行為に直接影響する因子については、期待される効果との乖離に注意する必要がある。

(5) 個人差

第 1 章では、年齢や性差といった属性と、没入型映像による不快感との関連にかかる報告もみられたが、第 2 章では、近似な属性の集団でも不快感を覚えやすい群と覚えにくい群とに分類し得ることが分かった。

第 2 章における短時間の観察では、いずれの群も情緒反応として積極的な方向への変化がみられたが、コンテンツによっては不快感を覚えにくい群の方が情動価の低下が顕著であることも認められた。

没入型映像のユーザの多くは、自身の不快感の感度や特性について自覚していないことが予想されるため、コンテンツの制作・利活用においては多様な感受性のユーザを想定・配慮することが求められる。

(6) アプローチとしての枠組み

没入型映像において、視覚情報によって身体の移動感覚を引き起こすベクションは、臨場感の生起に深いかかわりがある。一方で、視覚からの運動情報と、静止している身体からの体性感覚とのずれは、没入型映像における不快感を生起する主な要因として考えられている。

日常生活における感覚統合の観点から、このずれは「感覚不一致 (sensory conflict [1], [2])」と呼称され、没入型映像における不快感は、その相異の程度に応じて生起される一種の不適応現象としてとらえることができる。第 1 章で整理・分析を行った多くの研究においても、実験条件

として、感覚不一致の度合いが扱われている。

換言すれば感覚不一致は、積極・消極のいずれの体験にも関与していることから、没入型映像の安全性と快適性を一つの枠組みで扱うのに適した概念といえる。安全性と快適性を一つの枠組みで扱うことが可能な概念は、没入型映像の制作・利活用のアプローチとして、重要な枠組みと考えられる。こうした観点で一部では没入型映像の質を示す概念として、「センス・オブ・プレゼンス」と表現することもある。

そのため、センス・オブ・プレゼンスを志向し、没入型映像の要素と手段の設計・評価をする上で、感覚不一致というアプローチとしての枠組みを、広く適用していくことが望ましい。

3.3 まとめ

本章では、第1章および第2章の結果から、以下の6点が、安全かつ快適な没入型映像の利活用における指針として抽出された。

- ・ コンテンツ
- ・ 数値的な枠組み
- ・ 評価
- ・ 利用環境
- ・ 個人差
- ・ アプローチとしての枠組み

上記の点は、第4章の産業分野での応用可能性の調査結果と併せて考察することで、第5章の戦略提言に反映される。

参考文献

- [1] J.T. Reason “Motion sickness adaptation: a neural mismatch model”, *Journal of the Royal Society of Medicine*, 71(11), pp.819–829, 1978.
- [2] C.M. Oman “Sensory conflict in motion sickness: an Observer Theory approach”, *Pictorial communication in virtual and real environments (2nd ed.)*, Taylor & Francis, pp. 362-376, 1993.

第4章 産業分野での応用可能性の調査

4.1 調査方法

HMD のもたらす没入感がどのような形態・分野での応用に適しているか、特に新たな産業分野の展開が可能か等の観点で、その応用展開の可能性についてヒアリング等の調査を実施した。委員会にてヒアリング対象とする分野として、HMD を使用した没入型映像システムで VR または AR を先進的に活用している 10 の分野、プラットフォーム、コンテンツ制作、エンターテインメント、不動産、医療、製造業、スポーツ、防災、教育、ファンドを選定し、具体的なヒアリング対象として表 4.1 に示す 19 の企業・団体を決定した。事務局が 19 の企業・団体に対してヒアリングし、その結果を委員会にて報告、議論した。企業毎のヒアリング内容は P69 から P110 の「参考資料」に示す。

なお、ヒアリング内容は調査対象企業の認識、意見等をそのまま記載したものである。必ずしも全ての内容が本委員会の認識と一致しているわけではない。

表 4.1 ヒアリング対象一覧

分野	ヒアリング対象
プラットフォーム	A 社
プラットフォーム	ハコスコ
プラットフォーム	KDDI
コンテンツ制作	大日本印刷
コンテンツ制作	凸版印刷
コンテンツ制作	ソリッドレイ研究所
エンターテインメント	バンダイナムコエンターテインメント (以降、BNE)
エンターテインメント	ソニー・インタラクティブエンタテインメント (以降、SIE)
エンターテインメント	WOW
エンターテインメント	コロプラ
不動産	森ビル
医療	国際医療福祉大学
医療	ソニービジネスソリューション
製造業	日産自動車
スポーツ	meleap
防災	愛知工科大学
教育	長崎大学
教育	東京大学
ファンド	コロプラネクスト
ファンド	グリーン

4.2 調査結果分析

4.2.1 現状認識と将来予測

(1) 現状認識

没入型映像は、体験を共有することができる点で文字、通常の映像等、従来型のメディアにはない特徴を持っている。ある意味、没入型映像は、新しいメディアであると言える。今回、調査した全ての企業が「没入型映像のメディアとしての新規性」に注目していた。

メディアとしての新規性に関する主なコメント

- ・ ようやく過去からやりたかったことができるようになった (BNE)
- ・ まだ現実世界で形のないものを可視化して表現することができる (森ビル)
- ・ 実時間で空間認識を再現することにより経験を共有できる (国際医療福祉大学)
- ・ 空間で様々なものが共有されるまったく新しいメディア (SIE)
- ・ 生理的・根本的に人間の本能に訴えかける力がある (愛知工科大学)
- ・ インターネットやスマートフォンよりも重要な存在になる (コロプラ)
- ・ モバイルの次に到来するプラットフォームだ (グリー)

しかしながら、多くの企業が、2016年の「VR元年ブーム」は、2017年以降、一旦、落ち着き、本格的な普及には、時間がかかると認識していた。

本格的な普及に時間がかかる主な理由

- ・ (現在、) 価値あるサービス、コンテンツが不足している (ハコスコ)
- ・ 一般消費者にVR HMD を装着する動機が弱いため、何故装着しなければならないのかという抵抗感が強い (SIE)
- ・ VRデバイスがより手軽に手に入るようになることと、さらに高品質にならないといけない点が現時点の課題 (コロプラ)
- ・ 産業応用ではコスト削減等の費用対効果を明確にできるシステムが求められている (大日本印刷)

(2) 将来展望

今回、調査した企業の何社かが、2020年頃、普及することを予測していた。

普及時期に関する主なコメント

- ・ ハードウェア、ソフトウェアの進化が丁度良いバランスとなるのは2020年頃 (A社)
- ・ 5年後には抵抗感が薄れ、一般消費者も一般的なツールとしてVR HMD の価値を理解し、み

んなが日常的にVR HMD を体験するようになってきているだろう (SIE)

- ・ 2016年、第一世代の製品が発売され、改良型が2019～2020年位に登場し、本格的な普及が始まるだろう (meleap)
- ・ 5年後には空間のトラッキング精度が上がり、コストも下がる (ハコスコ)
- ・ 5年後に1家に1台のVR HMD が導入される状況を理想と考えている (コロプラ)
- ・ 5年後、ハードウェアも3世代くらい進むと予測している (グリー)

将来展望に関する興味深いコメント

- ・ ソフトウェア面では、まずはゲームから立ち上がってくる。その後、VRにおけるコミュニケーションは爆発的に広がることが予想される。Facebook はアバターを介したVR 内コミュニケーションプラットフォームを提唱している。SNS の登場により人間は自分を演じ分けるようになったが、VR ではさらにアバターで姿形を変えることが可能となる (A社)
- ・ BtoCはエンターテインメント、映像、ゲームからソーシャルへとコンテンツが広がっていくと推測している。通信キャリアとして、10年後までに様々な課題が現れると予測しているがそれらの課題を解決するツールとしてVR が重要な役割を担うと認識している (KDDI)

4.2.2 分野毎の状況

本調査にて没入型映像の産業利用が進みつつあるものの、分野によって導入状況に大きな差があること及び現在、HMD の性能、価格改善、利用者の安全性確保等の課題があり、本格普及のためにそれらを解決する必要があることを確認した。

(1) エンターテインメント

現在、日本国内で最も没入型映像の利用が進んでいるのは、エンターテインメント分野であった。現時点で一般消費者向けのコンテンツまたはサービスにて有償化に成功しているのは本分野が中心であった。SIE のプレイステーション VR (以降 PS VR) は 2016 年 10 月の発売以来から 2017 年 2 月 19 日で、91 万 5 千台を出荷した (世界累計。2017 年 2 月 27 日プレスリリース)。また、現時点で大きなクレーム等は報告されていなかった。

今回の VR ブームのきっかけとなった HMD、Oculus Rift が注目されたのは 2012 年 6 月であるが、SIE は、その 2 年前の 2010 年から HMD の開発を開始し、2014 年に開発中のプロトタイプを発表した。SIE はコンテンツのクオリティ維持を重視しており、2016 年の HMD 発売までの 2 年間をコンテンツのクオリティ維持に費やした。また、一般消費者がコンテンツを体験する前に独自基準で継続的にクオリティをチェックしている (コンサルテーションサービス)。

BNE のアミューズメント施設 VR ZONE (東京お台場) では 2016 年 4 月～10 月のトライアル運営期間中、常に満員であった。VR ZONE 以外にも 2016 年春以降、SKY CIRCUS サンシャイン 60 展望台 (東京池袋、2016 年 4 月オープン)、ZERO LATENCY VR (東京お台場、2016 年 7 月オープン)、VR PARK TOKYO (東京渋谷、2016 年 12 月オープン) 等の VR アミューズメン

ト施設がオープンした。VR アミューズメント施設が一つの新しいエンターテインメントの形態として定着しつつある。カラオケを VR 体験プラットフォームとして注目する動きもある(KDDI)。

BNEは、通常ゲームとVRゲームには、それぞれ得意分野があるので将来的にも両者は共存し、VRゲームの形態として、「ローコストで気軽に楽しめる家庭用VR」と「ある程度のお金を払っても強烈な体験ができる施設用VR」の両者が共存すると認識していた。

(2) 不動産・建築・製造業

不動産、建築、製造業分野では、エンターテインメントに次いで没入型映像の利用が進んでいる。テナントビル、住宅等の建築物、自動車等の工業製品では、デザインが完成品の価値に大きく影響する。また、建築物の発注者、自動車会社の役員等の最終的なデザインを選定する意思決定者が設計図面、仕様書等の技術文書のみで完成品のデザインを正確にイメージすることが難しい。これらの分野では、建築物、自動車等のCADシステムにある3Dデータを利用して没入型映像を制作できるので、2000年前後と比較的早くから没入型映像の利用が始まった。既に、没入型映像の利用が定着している。しかしながら、大手不動産、自動車会社では映像出力装置としてHMDの利用範囲は限定されており大型の据置型ディスプレイと利用分野を住み分けていた(詳細は「4.2.3 普及のための課題と対応 (2)複数同時利用による活用範囲拡大」)。

市場全体に占める割合は不明確であるが、個人向けの工務店、不動産でもVRシステムの導入が進んでいた。特に個人向け不動産においてVRシステムはキャズム(※)を超えたとも言われている。個人向け工務店では住宅設計CADシステム、個人向け不動産では360度カメラの実写映像を利用して没入型映像を制作している。

また、製造業、運輸業の社内安全教育向けVRシステムの引き合いも多い(ソリッドレイ研究所、KDDI)。この領域ではVRシステムにて、社員に労災事故を疑似体験させることで教育効果を高めることに成功していた。

※：アーリーアダプターとアーリーマジョリティの間にある深く大きな溝。

一般的にキャズムを超えた製品、サービスは「ブレイクした」と言われる

(3) 医療

現在、医療分野では国内での没入型映像の利用事例が少ないものの、今後、急速に利用が拡大する可能性が高い。元々、MRI、CT等の医療測定機器は3Dデータを生成するので、比較的、容易に没入型映像を制作することができる。医師が外科手術前に患部の形、大きさ等を立体映像で確認することは手術の成功率を高める上で非常に有益である。また、同じ映像を医学生、他の医師の教育にも活用可能である。他の分野と比較した場合、本領域では、システム導入費用、HMDの解像度等の課題の影響も比較的少ない。近い将来、医療分野での没入型映像の利用は急速に拡大する可能性が高い。日本はMRI、CTの導入で世界のトップレベルであり、本領域で日本が世界のトップとなる可能性もある。

内視鏡手術用 HMD が 4 年前に製品化された。現時点では、多くの執刀医は 2D カメラでの手術に慣れているため、外科用内視鏡カメラの市場では 3D よりも 2D のシェアが高い。HMD の解像度はフルハイビジョンの据置型ディスプレイに劣る。既に 4K の据置型ディスプレイが製品化されていることを考えると立体視よりも解像度を優先する執刀医は 4K の据置型ディスプレイを採用する可能性がある。また、HMD を滅菌することができないので執刀医は HMD に触ることができないが、手術中に HMD がずれてしまうことがある。HMD はこれらの課題にて改善の余地がある。

(4) 教育・防災・スポーツ

教育・防災・スポーツは、没入型映像の特長を生かすことのできる分野である。

例えば、地学の教育においては、空間認識が苦手な教師にとって地球、月等の天体の動きを生徒、学生に説明することは難しい。天体模型を使用する方法もあるが、天体模型では宇宙からの視点に限定されてしまうので、地球上の視点から見た月の見え方を説明するのが難しい等の課題がある。没入型映像では CG データを生成する必要があるものの、地球上からの視点はもちろん、月面上、宇宙空間上等、任意の視点の映像を生徒、学生が確認することが可能である。

没入型映像は体験を共有することができるので、防災では、水害、地震等の災害や原爆投下された直後の長崎を疑似体験することができる。

スポーツでは、Meleap の「HADO」のように AR 技術を使って参加者自身が体を動かすスポーツも実現されている。また、米国では、Next VR のように多数のカメラで高品質な 360 度動画を撮影し、映像切り替えて視聴者を飽きさせない VR コンテンツを組み上げ、ストリーミング配信するサービスが既に始まっている。

しかしながら、現在、日本国内において教育、防災、スポーツ等では、先進的な事例のみで本格的な普及には至っていない。今後、利用範囲を拡大させるためには、環境不足、コンテンツ不足等、後述の施策で課題を解決し、利用者、活用領域を拡大する必要がある。

4.2.3 普及のための課題と対応

没入型映像の普及のための課題とその対応として以下の 8 つが考えられる。

(1) ハードウェアの仕様・価格改善

最近数年で HMD、360 度ビデオカメラ等のハードウェアの高性能化、低価格化が急速に進んだものの、今回、調査した殆どの企業では、没入型映像を本格的に普及させるため、ハードウェアに関して、仕様面、価格面での改善が必要であると認識していた。例えば、周辺視野も含めた人の視野角は約 220 度である（出典：「3次元ディスプレイ」増田千尋、1990年）。現在、主流の HMD、Oculus Rift では視野角が 110 度で人の視野角の半分である。また、HMD 利用者にとって操作上および安全上、PC と HMD の接続をワイヤレス化することが求められているが、現状で

は殆どケーブルで接続している。これら以外にも、解像度、リフレッシュレート、重量、眼鏡との併用等でも改善が期待されている。

価格面では、現在、主流の HMD 製品、Oculus Rift では、98,000 円（2017 年 1 月時点、アマゾン価格）で平均的な据置型ディスプレイ 11,980 円（20.7 インチ IO DATA モニターディスプレイ EX-LD2071TB、アマゾン価格）の 8 倍である。据置型ディスプレイと比較した HMD の付加価値を定量化できていないため、具体的な HMD の価格目標を明確にできないが、ヒアリングにて殆どの企業が HMD の低価格化を求めている。

ハードウェアの仕様、価格を改善することにより、没入型映像の普及の前倒しにつながる。

現在、日本市場には Oculus Rift、FOVE 等のハイエンド HMD、Gear VR 等のミドルレンジ HMD、Google Cardboard、DNP カートン、VRscope 等のローエンド HMD の 3 つの製品群が存在する。これらは 3 つの製品群は、利用目的により求められる仕様が異なる。将来的に仕様、価格を改善した後、ハードウェアの製品多角化によりさらに細分化することで、マーケットニーズによりきめ細かく対応することが期待される。

(2) 複数同時利用による活用範囲拡大

開発中の新車におけるデザイン選定、建設中のテナントビルにおける入居者へのセールスプロモーション等、実物が存在しない時点で完成後の製品映像を必要とするビジネスシーンは数多くある。

例えば、自動車会社のデザイン部門が、デザイン決定権を持つ役員に対して新車デザイン案をプレゼンテーションする場合、複数の役員がデザイン案の映像を同時に共有する必要がある。しかしながら VR 型 HMD を使用した没入型映像の多くは、単独または少人数の利用者を想定したものが多く、多数の利用者が同時に一つの映像を見ることが難しい。また、利用者が現実世界から隔離されたバーチャル世界に入り込んでしまうので、資料を確認したり、ディスカッションしたりするのが難しい。現在、このような場では、据置型ディスプレイを使用するのが一般的である。利用者の没入感を高めるために 200 インチの大型ディスプレイが 5 面程度必要であり、数億円の構築コストがかかる。このため、このようなシステムを導入可能な企業は極端に限定される。

このようなシステムを一般企業が導入可能なレベルまで安価に実現して普及を促進するためには、現実世界にバーチャル映像を重畳する AR 型 HMD を使用した没入型映像が必要である。しかしながら、現時点では AR 型 HMD で表示可能な映像の輝度、視野角不足により、技術的に実現が困難である。

将来的に AR 型 HMD の技術的課題を克服することにより、没入型映像を利用する産業領域の拡大が期待される。

(3) 映像精度向上による製品質感再現

ソリッドレイ研究所と日産自動車から没入型映像の精度向上に関して以下の指摘があった。製品開発分野では、VR 映像の精度向上による製品の質感再現が市場拡大の課題となっている。

- ・現状の PC、グラフィックボード、HMD 等は 30 ビットディープカラーまでしかサポートしていない。ハードウェアが 36 または 48 ビットディープカラーまで対応しないと本物に近い質感を表現できないので製品開発のデザインレビューで VR を活用することは難しいと認識している（ソリッドレイ研究所）。
- ・VR の正確さが保証されないと自動車のエクステリア（外装）デザインに VR を使用することは難しい（日産自動車）。

PC の 36/48 ビットディープカラー対応に関しては、ハードウェア、OS 等の開発元の対応を待つ必要がある。没入型映像の精度向上、実像との誤差の定量的な明確化等により VR 映像の品質が高まり、没入型映像が製品開発分野に利用されることが期待される。

また、個人向け住宅建設の VR 映像システムのような一般消費者を対象としたシステムでは、トラブル回避のため、利用者に VR 映像には誤差があることを事前に説明をする必要があるが、没入型映像を販売、契約等に利用する企業には注意を喚起し、没入型映像の利用に伴うトラブルを未然に防ぐ必要がある。

(4) VR 酔い回避による安全性向上

一度、没入型映像で VR 酔いを経験した利用者は 2 度と没入型映像を試そうとしない傾向にあると言われている。VR 酔いは、エンターテインメントのみならず全ての分野における利用者の安全上の課題であり、普及の妨げの原因となっている。その一方で「VR 酔いと面白さはトレードオフの関係にある。例えば、あるシーンにて一部の観客が VR 酔いを感じる可能性があっても、もしそのシーンを無くせば、作品からその分、面白さもなくなってしまう（WOW）」との考え方もあり、娯楽性と安全性のバランスをとる必要がある。

学会、業界団体を通じて没入型映像の制作者に対して本報告書の「3.2 安全かつ快適な没入型映像に求められる要件」をコンテンツ制作者・事業者向けに再構成・提供することなどにより制作者の知見を高め、映像酔いしやすいコンテンツを少なくすることで、没入型映像の活用範囲、利用者を拡大させる必要がある。また、現在 VR 酔いに関して解明されていないことが多く、今後、継続的に研究し、より知見を深める必要がある。

(5) 没入型映像体験のための環境整備

エンターテインメント、教育、防災等の分野では没入型映像を体験する設備が整備されていないことが、没入型映像普及を妨げる課題となっていた。特に教育、防災等の分野では、中高教員、地方自治体防災担当者への周知不足、IT スキルやパソコン、HMD 等の IT インフラ不足が、没入型映像普及妨げの原因となっていると考えられる。

本課題を解決するためには、まず、教員、防災担当者に対して没入型映像が教育、防災に非常に優れたツールであることを啓発し、没入型映像を体験する IT インフラを整備する必要がある。

エンターテインメント分野では、急速に数を増やしている VR 対応のアミューズメント施設が VR 体験環境として活用されると考えられる。また、インターネットカフェ、カラオケ等、既に顧客向けに個室を貸し出している設備を VR 体験環境として活用する動きもある。

これら環境整備を改善し、没入型映像の利用者、活用範囲を拡大する必要がある。

(6) コンテンツの質・量の改善による市場拡大

現在、日本では全ての分野でキラーコンテンツとなる没入型映像は存在しない。コンテンツの数も決して多くはない。そういった意味で没入型映像コンテンツの質・量ともに不足していると考えられる。米国と比較して特に日本で、不足している分野はスポーツ、教育であった。

まずスポーツであるが、米国では Next VR のように多数のカメラで高品質な 360 度動画を撮影し、映像切り替えで視聴者を飽きさせない VR コンテンツをストリーミング配信するサービスが既に始まっている。現在、日本で同様のサービスがない理由として、撮影技術が確立されていないこと、人気スポーツ中継の放送権上、新規サービスの参入が困難であることが考えられる。また、新規参入者は利用者を楽しませる撮影、編集のノウハウが不足している。これらの課題を解決し、スポーツコンテンツの充実を進める必要がある。

次に教育であるが、日本では米国と比較して科学教育の予算が少ないこともあり、教育分野への IT 技術の導入が進んでいるとは言えない状況にあり、教育への VR 活用も殆ど進んでいない。今後、日本の教育関係者に対して没入型映像の教育利用に関する意識改革を推進した上で教育コンテンツを充実させる必要がある。

全ての分野で「コンテンツ制作企業の販売拡大が新しいコンテンツ制作の原資となる好循環」つまり「資金が回る仕組み（エコシステム）」ができていない。このため、HMD、高性能 PC 等のプラットフォーム市場も拡大しない。本課題を解決するためには、分野毎にキラーコンテンツを生み出すことが一番の近道である。コンテンツ制作会社のマーケティング強化、資金調達等により、分野毎のキラーコンテンツを生み出すことで、没入型映像の利用者、活用範囲が飛躍的に拡大することが期待される。

(7) コンテンツ制作人材強化によるコンテンツ産業基盤整備

没入型映像は、現時点では一般消費者まで普及していないが、既に没入型映像コンテンツの制作者が不足している。例えば、あるコンテンツ制作会社では、新規の受注をとっても数カ月先まで社内のコンテンツ制作者が作業に着手できない状況であった。また、ヒアリングにて以下のコメントがあった。

人材不足に関する主なコメント

- ・ 人材が足りない点が大きな課題。Unity、UE4などのゲームエンジンを使える人が少ない（KDDI）。

- ・ VRのような先端技術を導入するにあたり、ソリューションとしてどのように実装していくのかを考えるために、BtoBの現場をつなぐ人材開発が必要である。例えば、VRビジネスを体験できるようなインターンシップ制度の実施を提案したい（国際医療福祉大学）。
- ・ 今後はVRコンテンツ開発の人材獲得競争が始まってくることが予想される。VR開発において特殊技能を持つ人材の確保が重要になる。具体的には、エンジニア、グラフィックにシェーダーをかけることのできるグラフィッカー、3Dモデリングのできるデザイナー、V-Ray等フォトリアルなりアルタイムレンダリングのツールを使うことのできる人材。ゲームだけでなく、もともと映画を作っていた人材の需要が強まってくる（コロプラ）。

この課題を解決するためには、大学、専門学校に没入型映像関連のメディア教育強化を働きかけ、コンテンツ制作会社内の人材再教育等により、コンテンツ制作会社の制作能力を強化し、没入型映像の利用者、活用範囲の拡大に対応できるようにする必要がある。

(8) HMD 年齢制限の根拠明確化

HMD 機種毎の年齢制限を以下に示す。エンターテインメント、教育、防災等の分野では12～13歳未満の年少者を対象とする没入型映像コンテンツも存在するが、12～13歳未満の年少者はHMDの対象年齢制限にて使用できない。今回のヒアリングにて、これらの分野の関係者から本制限の根拠明確化、見直しについて強い要望があることを確認した。専門家による根拠の明確化の検証が求められている。

- ・ Oculus Rift、Gear VRの対象年齢＝13歳以上
(Oculus ベストプラクティス：
<http://static.oculus.com/documentation/pdfs/ja-jp/intro-vr/latest/bp.pdf>)
- ・ プレイステーションVRの対象年齢12歳以上
(<http://www.jp.playstation.com/psvr/faq/>)
- ・ タカラトミー・JOY!VRの対象年齢＝15歳以上
(http://www.takaratomy.co.jp/product_release/pdf/p160929.pdf)

【参考】3D テレビに関する検討会 最終報告書(2012年10月)のP18には6歳位以上は斜視の危険性が低いとしている。

(http://www.soumu.go.jp/main_content/000182839.pdf)

4.2.4 海外の状況

(1) 米国

- ・ 投資規模が桁違いに異なり、ディズニー、FOXなどVRに注目している大企業が数十億円、数百億円単位の投資をしている（グリーン）。
- ・ 既に各企業がBtoBでの活用に本格的に取り組み始めている。概ね一度はVRの活用を試したか、すでに着手済。積極的とはいえ、予想していたほど立ち上がっておらず苦戦している（A社）。
- ・ 一部のハリウッドのコンテンツはクオリティが高い。莫大な資本を投下すると良いコンテンツを制作することは可能。（日本では）資本をかけずに制作するノウハウが、まだ蓄積されていないため難航している（ハコスコ）。
- ・ 米国では日本と比較して科学教育の予算が大きいので、その分、教育へのVR活用が進んでいるのではないか（長崎大学）。

(2) 中国

- ・ アーケード（アミューズメント施設）に力を入れている（企業が多い）（グリーン）。
- ・ ハードウェア開発が盛り上がっているが、コンテンツが不足している（コロプラ）。
- ・ 何でもよいからコンテンツを持ってきて欲しいという話が多い（ハコスコ）。
- ・ 市場で安価なHMDが求められていると判断すれば、直ぐにどんどん安価なHMDを製品化する（ソリッドレイ研究所）。
- ・ VRビジネスが上手くいっているようである。中国市場は十分大きく、中国市場のみで投資を回収可能である（国際医療福祉大学）。

(3) 韓国

- ・ 韓国は政府がVRスタートアップに400億円の補助金を投下しており、韓国のスタートアップはVR一色になりつつある（A社）。

(4) その他、全般

- ・ 海外に比べて日本は圧倒的に投資が行われず、スタートアップも少ない（グリーン）。
- ・ 日本の市場の良い点はアーケードゲーム市場（アミューズメント施設向けゲーム市場）があること。体験施設でのVRのニーズが高まる中、欧米はゲームセンターのビジネスモデルが10年前に絶滅してしまい、場所を作るところから取り組んでいる（グリーン）。
- ・ 大企業は動きが遅く、いわゆるインディ（独立系スタジオ）のコンテンツが多いことでは日本、海外、同じ状況である（SIE）。
- ・ 海外はPC中心、日本のプラットフォームはモバイル中心になると予測している（KDDI）。

- ・ 世界と比べ、日本ではOculus RiftとHTC Viveのシェアが非常に低い。プレイステーションVRは日本でシェアが高い。世界中の国の中で日本が一番プレイステーションVRのシェアが高いことは間違いない（コロプラ）。
- ・ 現時点のコンテンツが少ない状況であり、地域によるローカル性は少ない。このため、世界中で同じコンテンツがヒットしている。地域によるローカル性が出てくるのは、これから先である（A社）。
- ・ 日本のVR業界の強みは、ゲーム業界での技術が高いこととIP（Intellectual property：知的財産）を活かせる土壌があることである。今後、日本のIPが海外でどの程度、成功するのを見極める必要がある（ハコスコ）。
 【事務局補足：日本は、アニメや漫画、ゲームのみならず、映画や小説など、世界有数の多岐に亘る質の高いコンテンツを生み出す国であり、そのコンテンツの中に登場するキャラクターのIPは没入型映像を含む日本製コンテンツを世界中に売り込むための強みである。】
- ・ 世界を見ても幸い、一人勝ちはまだない（ハコスコ）。

4.2.5 まとめ

- ① 今回、調査した全ての企業が没入型映像のメディアとしての新規性に注目していた。
- ② 多くの企業は、2016年の「VR元年」ブームは2017年以降、一旦、落ち着き、2020年前後に本格的に普及すると認識していた。
- ③ 日本国内で最も没入型映像の利用が進んでいるのはエンターテインメント分野であった。一般消費者向けのコンテンツまたはサービス販売において現時点でコンテンツの有償化に成功しているのは本分野が中心であった。例えば、ゲームにおいて今後、形態の多様化が進む。没入型映像を使用するゲーム（VRゲーム）はゲーム全てを置き換えるものではない。つまり、通常ゲーム、VRゲームには、それぞれ得意分野があるので将来的にも両者は共存する。また、VRゲームの形態として、「ローコストで気軽に楽しめる家庭用VR」と「ある程度のお金を払っても強烈な体験ができる施設用VR」の両者が共存する。
- ④ 不動産・建築・製造業分野では、没入型映像の導入が進んでいるものの、HMDと大型の据置型ディスプレイが使い分けされていた。今後、AR型HMDの技術的課題を克服することにより、HMDを利用する産業領域を拡大する必要がある。
- ⑤ 医療分野では現時点での国内利用事例が少ないものの、MRI、CT等の医療測定機器が生成する3Dデータを活用し、比較的、容易に没入型映像を制作することができるので、今後、急速に利用が拡大する可能性が高い。
- ⑥ 教育・防災・スポーツは、没入型映像の特長を生かすことができる分野であるものの、現在、没入型映像の活用が少ない。今後、没入型映像体験のための環境整備、コンテンツの質・量の改善等の課題を解決し、没入型映像の普及を推進する必要がある。
- ⑦ 海外と比較した日本の強みはIP（Intellectual property：知的財産）が豊富なことである。海外に比べて日本は圧倒的に投資が行われず、スタートアップ企業も少ない。これらの環境を考慮した上で、日本は、プラットフォーム、コンテンツ制作等の様々な領域の中でどの領域

に人材と資金を集中的に投入するか戦略的に検討し、国際競争に勝ち残る必要がある。

⑧ 没入型映像の普及のための課題とその対応として以下の8つが考えられる。

- ・ ハードウェアの仕様・価格改善
- ・ 複数同時利用による活用範囲拡大
- ・ 映像精度向上による製品質感再現
- ・ VR酔い回避による安全性向上
- ・ 没入型映像体験のための環境整備
- ・ コンテンツの質・量の改善による市場拡大
- ・ コンテンツ制作人材強化によるコンテンツ産業基盤整備
- ・ HMD年齢制限の根拠明確化

第5章 戦略提言

本事業では、第1章で行った没入感の要素と手段の分析・整理、および、第2章で行った没入感の要素と手段の相関性の結果を、没入型映像の利活用という観点から考察・検討を加えることで、安全かつ快適な没入型映像の利活用において求められる要件を第3章に示した。

同時に、第4章で行った産業分野での応用可能性の調査結果から、フィールドにおける見解や課題を見出すことができた。

本章では、これらの成果を総括的に捉え、戦略という観点から以下に提言を行う。

まず、HMDを用いて360度映像を視聴するという、没入型映像システムの産業分野での普及にあたり、前提となる取り組みとして、以下を提言する。

・ 提言1 中期的な時間軸でのシナリオ策定と可視化

2016年は「VR元年」と呼称され、国内外で一種のブーム現象が生じている。一方で、フィールドにおいては、没入型映像の新規性は十分に認識されているものの、ブーム現象の沈静と、その後の普及を見据えた取り組みの重要性が指摘されている。

没入型映像を、一過性のブームではなく、産業分野での利活用を定着・拡大していくために3～5カ年の中期的な時間軸でシナリオを策定・可視化する取り組みが必要である。

・ 提言2 シナリオを具体化するための戦略的な取り組み

上記シナリオの精度を担保し、具体化するための戦略的な取り組みとして、以下2-1から2-7を提言する。

・ 提言2-1 継続的なコンテンツの分析と事例の蓄積

没入型映像は、多様な要素と手段が複雑に関連することで、ユーザの最終的な体験の形成に貢献している。そのため、コンテンツの制作や利活用においては、どのような要素・手段が含まれているかを理解することが求められる。

これを実現していくためには、没入感の要素と手段の観点からコンテンツを分析し、事例として蓄積していく取り組みが必要である。

・ 提言2-2 数値的な枠組みに関する知見の共有

没入型映像のコンテンツを設計する上で、感覚・知覚特性に基づく閾値は重要な指針であり、学術分野において多様な報告がなされている。

それらは、没入感の要素と手段の設計におけるリファレンスといえるが、他の要素や手段との相互作用をはじめ、ユーザ体験の飽和や消極化につながる場合など、フィールドでの適用にあたっては注意を要する。

そこで、これらの閾値について、数値が独り歩きすることを回避するためにも、捉え方や扱い方を含めた形で知見を共有していく取り組みが必要である。

・ **提言2-3 ユーザ体験の評価指標の選定と標準化**

没入型映像によるユーザ体験の評価においては、標準化あるいはコンセンサスの得られた手法は、まだ確立されていない。一方で、主観指標と客観指標の併用や、使用頻度の高い指標といったいくつかの傾向も見出されている。

使用頻度や信頼性、利便性の高い評価指標を、共通して利用していくアプローチは、有効と考えられる。そのため、共通化し得る評価指標の選定と、その利用・解釈の方法の提供を通して、基準値の推定や標準化へつなげていく取り組みが必要である。

・ **提言2-4 環境因子によるユーザ体験への影響の検討**

没入型映像の利活用に関わる環境要因の1つに、椅子の回転がある。椅子の回転は、ユーザの「見回す」という行為を支える機能とみなすことができるが、実際には回転を過度に増幅することで、疲労や負担につながり得ることも示唆されている。

このような、ユーザの姿勢や行為に直接影響する利用環境は、期待される効果と実際の影響との乖離に注意を要する。そのため、ユーザの積極的な体験の増進に寄与する環境因子について、コンテンツとの相互作用も含め、理解を深めるための取り組みが必要である。

・ **提言2-5 個人差を考慮したコンテンツ制作と利活用**

没入型映像によって生じられる不快感は、年齢や性差といった属性に加えて、個人差が大きいことが分かっている。この個人差は、単に不快感への感受性の高低で分類できるものではなく、コンテンツに含まれる没入感の要素や手段に対する特異性が認められている。

没入型映像のユーザの多くは、自身の不快感の感度や特性への自覚が十分でないと考えられることから、コンテンツの制作・利活用においては多様な感受性の想定・配慮を要する。そのため、自身の特性や状態をモニタリングし、必要に応じてカスタマイズを行うといった、没入型映像の利活用に対する、ユーザの意識を喚起する取り組みが必要である。

・ **提言2-6 用途や場面に応じた呈示システムの最適化**

没入型映像の呈示システムとして、本調査では主に HMD を対象としたが、実際には、例えばドームスクリーンをはじめとして、多くの選択肢が存在する。また、HMD も画角や解像度をはじめ、その仕様も多岐に亘っており、今後もその傾向は進行することが予想される。加えて、商品開発や訓練・教育など、その用途も多様化していくと考えられる。没入型映像の利活用において、常に HMD が最適な選択肢とは限らず、HMD であっても用途や場面によって要求される仕様が異なると考えられる。そのため、没入型映像の呈示システムの、用途や場面に応じた最適条件について、合理的な

マッピングを行う取り組みが必要である。

・ **提言2-7 ユーザ体験の品質に関する基準の策定**

没入型映像は、多様な要素と手段が複雑に関連することで、ユーザの最終的な体験が形成される。特に、上記に挙げた提言は、ユーザ体験の形成において、それぞれ重要な役割を担うと考えられる。同時に、それらは単独ではなく相互作用によって、ユーザ体験や利活用におけるパフォーマンスに影響を及ぼすと考えられる。

こうした「総体」としての没入感の要素と手段の相互作用は、一種の「品質」として捉えることができ、没入型映像の定着・拡大におけるキーファクターといえる。そのため、没入型映像の品質を一定水準に担保し得るスキームを構想・構築する取り組みが必要である。

さらに、上記の提言を包含する、HMD を中心とした没入型映像に特有な枠組みを、以下に提言する。ここで、没入型映像の目指すべき没入感や臨場感の品質を、「センス・オブ・プレゼンス」と定義する。

・ **提言3 センス・オブ・プレゼンスへのアプローチ**

没入型映像において、視覚情報によって身体の移動感覚を引き起こすベクションは、臨場感の生起に深いかかわりがある。一方で、視覚からの運動情報と、静止している身体からの体性感覚とのずれは、没入型映像における不快感を生起する主な要因として考えられている。

日常生活における感覚統合の観点から、このずれは感覚不一致と呼称されるが、積極・消極のいずれの体験にも関与していることから、没入型映像の安全性と快適性を1つの枠組みで扱うのに適した概念といえる。安全性と快適性を1つの枠組みで扱うことが可能な概念は、没入型映像の制作・利活用のアプローチとして、重要な枠組みと考えられる。

換言すれば、感覚不一致を「戦略的」に捉え、扱うことが、その品質を維持・向上させる枠組みになり得ると考えられる。センス・オブ・プレゼンスを目指すためのアプローチとして、感覚不一致を理解・活用していくことの必要性を、ここで強調しておきたい。

したがって今後は、没入型映像のセンス・オブ・プレゼンスへのアプローチを、感覚不一致を基準とした枠組みとして活用していくための、ノウハウの共有やツール化といった取り組みが必要である。

4. 事業の成果

(1) 没入感の要素と手段の分析・整理

没入感の要素と手段の分析・整理にあたり、学術データベースを用いた先行事例を収集・分析した。

- ・ 視覚刺激による臨場感や没入感の評価では、ユーザ体験の理解や情緒反応との連関といった内的な要因と、コンテンツとしての表現技術に関わる外的要因から検討されていた。
- ・ 視覚刺激による不快感では、生理・心理反応を手掛かりとした実験的な検討が行われていて、その評価指標や手法のコンセンサスは未だ確立されていないが、主観・客観指標を併用する事例が多く、近年では特定のコンテンツやアプリケーションを想定した評価が行われる傾向にあった。
- ・ 運動性の臨場感に関わるベクションでは、視覚に加えて聴覚や前庭感覚による生起の他、その応用についても検討されており、そのアプローチとしては、ベクションの生起する条件や強度に関する特性に着目したものが多く、条件設定も没入型映像システムとの関連が深かった。
- ・ 閾値に関する事例では、刺激強度と呈示条件、ユーザの属性の観点から、特定の環境下における物理尺度と、それに対する生体反応の特徴について検討が行われていた。

(2) 没入感の要素と手段の相関性の検証

実験的なアプローチにより没入感の要素と手段の相関性を検証した。

- ・ 視線計測については、コンテンツによる差異が認められた。具体的に、視点移動の多いコンテンツでは、画面の中心に視線が集中しやすい傾向がみられた。一方、椅子の回転は、垂直方向の視覚情報の受容に影響した。
- ・ 体動計測においても、コンテンツによる差異が認められ、頭部の水平回転運動への影響が顕著であった。また、頭部の水平回転量は、椅子の回転する条件において増大した。
- ・ 情緒反応では、覚醒度にコンテンツ間の差異がみられ、視点移動に加え注視対象や空間の性質の影響を受けると考えられた。いずれのコンテンツも、興奮や喜びといった、積極的な方向への変化を示していたが、それらの変化は椅子の回転によって抑制される傾向にあった。
- ・ 不快感は、覚醒度の変化に近いがコンテンツの視点移動の影響を受けやすく、椅子の回転によって眼の疲れなどが上昇した。不快感は、他の指標と比べ個人差が大きく、不快感のスコアが高い群と低い群とに分類することができた。
- ・ 平均的な不快感の程度は、主にスコアの高い群の反応が反映されていたが、スコアの低い群であってもコンテンツによっては上昇がみられ、情動価との中程度の負の

相関も認められた。不快感のスコアによる分類の影響は、視線計測や情緒反応でも同様に解析を行ったが、有意な差はみられなかった。

- ・ 臨場感については、空間的な臨場感にコンテンツの差がややみられたが、本ユーザテストで用いた質問紙が対象とする体験強度との乖離から、明確な傾向は認められなかった。

(3) 没入型映像の利活用に求められる要件

第1章での没入感の要素と手段の分析・整理および第2章での没入感の要素と手段の相関性の検証結果を没入型映像の利活用という観点から考察・検討し、安全かつ快適な没入型映像の利活用において求められる要件を抽出した。

- ・ コンテンツ
第2章の結果から、コンテンツの制作や利活用においては、どのような要素・手段が含まれているかを理解することが求められる。
- ・ 数値的な枠組み
視野角など、スペックの向上が、ユーザ体験の一部の低下につながり得る、あるいは一定の閾値で飽和するといった特性も知られていることから、数値的な枠組みの扱いについては、とりわけ注意を要する。
- ・ 評価
第1章の結果から、没入型映像によるユーザ体験の評価においては、標準化あるいはコンセンサスの得られた手法は、まだ確立されていない。これらのことから、例えばSSQなど、使用されることの多い指標を、共通して利用していくというアプローチも有効と考えられる。
- ・ 利用環境
没入型映像の利活用にかかる環境要因、特にユーザの姿勢や行為に直接影響する因子については、期待される効果との乖離に注意する必要がある。
- ・ 個人差
第2章における短時間の観察では、いずれの群も情緒反応として積極的な方向への変化がみられたが、コンテンツによっては不快感を覚えにくい群の方が情動価の低下が顕著であることも認められた。
没入型映像のユーザの多くは、自身の不快感の感度や特性について自覚していないことが予想されるため、コンテンツの制作・利活用においては多様な感受性のユーザを想定・配慮することが求められる。

- ・ アプローチとしての枠組み
没入型映像の要素と手段の設計・評価をする上で、感覚不一致というアプローチとしての枠組みを、広く適用していくことが望ましい。

(4) 産業分野での応用可能性の調査

HMDのもたらす没入感がどのような形態・分野での応用に適しているか、特に新たな産業分野の展開が可能かといった等の観点で、没入型映像システムを先進的に活用している10の分野、19の企業・団体に対してヒアリングを実施した。

今回、ヒアリングした全ての企業が没入型映像の新規性には注目しているものの、多くの企業は2016年の「VR元年ブーム」は2017年以降一旦落ち着き、本格的な普及には3～5カ年かかると認識していることが分かった。

没入型映像が適している分野として、エンターテインメント、不動産、建築、製造業、医療、教育、防災、スポーツ等の分野があることおよび各分野の状況が分かった。

各分野の状況

- ・ 日本国内で最も没入型映像の利用が進んでいるのはエンターテインメント分野であった。一般消費者向けのコンテンツまたはサービス販売において、現時点でコンテンツの有償化に成功しているのは本分野が中心であった。ゲームにおいて没入型映像を使用するゲーム（VRゲーム）はゲーム全てを置き換えるものではない。つまり、通常ゲーム、VRゲームには、それぞれ得意分野があるので将来的にも共存する。また、VRゲームの形態として、「ローコストで気軽に楽しめる家庭用VR」と「ある程度のお金を払っても強烈な体験ができる施設用VR」の両者が共存する。
- ・ 不動産・建築・製造業分野では、没入型映像の導入が進んでいるものの、HMDと大型の据置型ディスプレイが使い分けされていた。今後、AR型HMDの技術的課題を克服することにより、HMDを利用する産業領域を拡大する必要がある。
- ・ 医療分野では現時点での国内利用事例が少ないものの、MRI、CT等の医療測定機器が生成する3Dデータを活用し、比較的、容易に没入型映像を制作することができるので、今後、急速に利用が拡大する可能性が高い。
- ・ 教育・防災・スポーツは、没入型映像の特長を生かすことができる分野であるものの、現在は没入型映像の活用が少ない。今後、没入型映像体験のための環境整備、コンテンツの質・量の改善等の課題を解決し、没入型映像の普及を推進する必要がある。

没入型映像の普及を妨げる以下の課題があり、これらの課題を解決することが没入型映像普及時期の前倒しに繋がる。

没入型映像の普及を妨げる主な課題

- ・ **ハードウェアの仕様・価格改善**

最近数年でHMD、360度ビデオカメラ等のハードウェアの高性能化、低価格化が急速に進んだものの、今回、調査した殆どの企業では、現在、販売されているハードウェアでは、仕様面、価格面での改善が没入型映像を本格的に普及させるために必要であると認識していた。ハードウェアの仕様、価格を改善することにより、没入型映像の普及を前倒しできる。
- ・ **複数同時利用による活用範囲拡大**

開発中の新車におけるデザイン選定、建設中のテナントビルにおける入居者へのセールスプロモーション等、実物が存在しない時点で完成後の製品映像を必要とするビジネスシーンは数多くある。現在、このような場では、据置型ディスプレイを使用するのが一般的である。利用者の没入感を高めるために200インチの大型ディスプレイが5面程度必要であり、数億円の構築コストがかかる。将来的にAR型HMDの技術的課題を克服することにより、没入型映像を利用する産業領域の拡大が期待される。
- ・ **映像精度向上による製品質感再現**

製品開発分野では、VR映像の精度向上による製品の質感再現が市場拡大の課題となっている。没入型映像の精度向上、実像との誤差の定量的な明確化等によりVR映像の品質が高まり、没入型映像が製品開発分野に利用されることが期待される。
- ・ **VR酔い回避による安全性向上**

VR酔いはエンターテインメントのみならず全ての分野における利用者の安全上の課題であり、普及の妨げの原因となっている。その一方で、VR酔いと面白さはトレードオフの関係にある。
- ・ **没入型映像体験のための環境整備**

エンターテインメント、教育、防災等の分野では没入型映像を体験する設備が整備されていないことが、没入型映像普及を妨げる課題となっていた。没入型映像を体験するITインフラを整備する必要がある。
- ・ **コンテンツの質・量改善による市場拡大**

全ての分野に共通して没入型映像コンテンツの質・量ともに不足している。本課題を解決するためには、分野毎にキラーコンテンツを生み出すことが一番の近道である。

- ・ コンテンツ制作人材強化によるコンテンツ産業基盤整備
没入型映像は、現時点では一般消費者まで普及していないが、既に没入型映像のコンテンツ制作者が不足している。この課題を解決するためには、大学、専門学校に没入型映像関連のメディア教育強化を働きかけ、コンテンツ制作会社の制作能力を拡大し、没入型映像の利用者、活用範囲の拡大に対応できるようにする必要がある。
- ・ HMD年齢制限に関する根拠明確化
エンターテインメント、教育、防災等の分野では、12～13歳未満の年少者を対象とする没入型映像コンテンツも存在するが、12～13歳未満の年少者はHMDの対象年齢制限にて使用できない。専門家による根拠の明確化の検証が求められている。

(5) 戦略提言

没入型映像の産業分野での普及にあたり、前提となる取り組みとして、以下を提言した。

- ・ 提言1 中期的な時間軸でのシナリオ策定と可視化
没入型映像を、一過性のブームではなく、産業分野での利活用を定着・拡大していくために3～5カ年の中期的な時間軸でシナリオを策定・可視化する。
- ・ 提言2 シナリオを具体化するための戦略的な取り組み
上記シナリオの精度を担保し、具体化するための戦略的な取り組みとして、以下2-1から2-7を提言する。
 - ・ 提言2-1 継続的なコンテンツの分析と事例の蓄積
没入感の要素と手段の観点からコンテンツを分析し、事例として蓄積していく。
 - ・ 提言2-2 数値的な枠組みに関する知見の共有
閾値の数値が独り歩きすることを回避するためにも、捉え方や扱い方を含めた形で数値的な枠組みに関する知見を共有していく。
 - ・ 提言2-3 ユーザ体験の評価指標の選定と標準化
共通化し得る評価指標の選定と、その利用・解釈の方法の提供を通して、基準値の推定や標準化へつなげていく。
 - ・ 提言2-4 環境因子によるユーザ体験への影響の検討
ユーザの積極的な体験の増進に寄与する環境因子について、コンテンツとの相互作用も含め、理解を深める。
 - ・ 提言2-5 個人差を考慮したコンテンツ制作と利活用
利用者自身の特性や状態をモニタリングし、必要に応じてカスタマイズを行うといった、没入型映像の利活用に対する、ユーザの意識を喚起する。
 - ・ 提言2-6 用途や場面に応じた呈示システムの最適化
没入型映像の呈示システムの、用途や場面に応じた最適条件について、合理的なマッピングを行う。

- ・ 提言 2-7 ユーザ体験の品質に関する基準の策定
没入型映像の品質を一定水準に担保し得るスキームを構想・構築する。

- ・ 提言 3 センス・オブ・プレゼンスへのアプローチ
今後、没入型映像のセンス・オブ・プレゼンスへのアプローチを、感覚不一致を基準とした枠組みとして活用していくための、ノウハウの共有やツール化といった取り組みが必要である。

5. 事業の課題および今後の展開

平成 28 年度の「HMD を中心とした没入型映像システムに関する戦略策定事業」では、HMD を用いた没入型映像システムを採り上げて没入感を生み出す要素と手段の相関性を検証するとともに産業分野での展開案を検討した。その結果、今後、成果の展開、活用に関して以下を継続する必要があることが明らかになった。

- ・ 平成26年度から3年間に亘る先端映像システム研究に参加した大学、企業、デジタルコンテンツ協会の会員をはじめ一般に対して報告書を公開し、本事業にて得られた知見を新たなAR関連の研究、新製品開発等のために共有する。
- ・ コンテンツ制作者団体に対しては、会員企業向けに告知をお願いするとともに、協力が得られる場合には個別説明等を行って会員等から意見を収集する。
- ・ 日本人間工学会、日本バーチャルリアリティ学会、International Ergonomics Association (IEA : 国際人間工学連合)、Advanced Imaging Society (先進映像協会) での発表等を通じて得られた知見を国内外に広める。

以上

参考資料 産業分野での調査結果

(1) A社

対象	A社
日付	2016年12月1日(木)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>現在のVR一般化の流れはFacebookやGoogle、ソニーなどの大企業が巨額を投じてブームを作っているものと認識している。</p> <p>VRの普及には時間がかかる。その理由としては、現時点のVRは生活において既に欲求が満たされている人間に対して、その生活をさらに豊かにするプラスアルファの嗜好品の役割になっているからである。日常的に多くの人間が抱えている課題を解決するメリットが感じられるプロダクトであれば、一気に普及する可能性があるが、現時点では異なる。</p> <p>VRは現実にはないものを現実と同じように知覚させ、ある種の夢をかなえてくれるという非常に魅力的なものではあるが、現状ではハードウェアの解像度や視野角など性能がまだ十分ではない。また、Oculus等のヘッドマウントディスプレイメーカーが製造したデバイスで体験できる現行世代のVRに対して、まだその特徴を十分に生かしたコンテンツがなく、コンテンツ作りを担うパートナーがコンテンツ作りの試行錯誤を繰り返している。</p> <p>■将来展望</p> <p>ハードウェア面では、時間はかかるがHMDの小型化、ディスプレイの解像度等、性能向上が進んでいく。現在は短い連続着用時間が今後、長くなっていく。同時に進むのがハードウェアの低コスト化。そしてPCやスマートフォンなしでVRが体験できる一体型（スタンドアロンタイプ）が登場する。コストが下がり、一体型のVRデバイスで手軽に体験できるようになればユーザが増え、アプリも増えてくると考えられる。</p> <p>ソフトウェア面では、まずはゲームから立ち上がってくる。現時点では、プレイステーションVRが既存のゲームプラットフォームを使って展開しており業界を牽引。AAAと呼ばれる数百万人以上ファンがいるようなゲームがVRに対応することにより、ゲームの分野においてVRは一気に普及する。</p> <p>その後、VRにおけるコミュニケーションは爆発的に広がることが予想される。Facebookはアバターを介したVR内コミュニケーションプラットフォームを提唱している。SNSの登場により人間は自分を演じ分けるようになったが、VRではさらにアバターで姿形を変えることが可能となる。ゲーム以外のコミュニケーションなど一般的な用途で普及し始めるのは2018年から2020年くらいになると推測している。</p> <p>ハードウェア、ソフトウェアの進化が丁度良いバランスとなるのは2020年頃。3万円程度で一体型のVR機器を手に入れることができ、コミュニケーションをベースにした体験が実現すると考えている。その後、現在はVRを体験するためにアプリケーションを起動しているが、将来的にはゲーム、映画、購買活動などVRにおけるあらゆる活動が全てVR内の単一のオープンワールドで行われるようになっていくと考えている。VRの世界でアバターを介してコミュニケーションを取るような世界が実現する。</p> <p>なお、2020年まではゲームやエンターテインメントと一部の産業用VRに留まると予想している。今後VRの活用可能性を徐々に広げていくのはコミュニケーションプラットフォームの立ち上げやEコマースでの利用、広告（アド）等、VRを活用した各種コンテンツ（サービス）になると考えている。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>VRと相性のいい分野は不動産やトレーニング、シミュレーション、観光、スポーツなど。VRがビジネス的に価値を持つのは、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現実世界で再現するには費用が著しく高いがVRで行うことで極めて低コストになるもの 	

・危険度が高いものをVRで再現することでリスクがなくなるものの2要素。ビジネス目的のため、BtoBで資金が得られやすい。

前者は、不動産の内覧や観光、スポーツ観戦等。後者は危険な職種のトレーニングやF1レーサーのシミュレーション、軍事利用など。

海外からの観光誘致は、雪まつりなど日本独自のイベントをタイの富裕層に見せることで、観光商品の魅力を伝える取り組み等、相談が多い。

スポーツでは、観戦方法を全て代替するわけではないが、VRの観戦者が試合と同時に実際の現場と同じ体験として参加するため、パブリックビューイングの在り方が変化する。例えば、映画館にVR機器が置いてあり、そこでフィールドに置いてある360度カメラからの映像をリアルタイムで見て観戦する。

また、VRは広告にも影響を与える。VRでは「何を見ているか」といった行動に関するデータを測定・分析することが可能。例えば店舗の再現を実験的にVRで行い、想定する顧客層の行動を分析することで、行動に基づいた商品の最適な陳列方法を事前に模索することが可能になる。

3. 自社の取り組み

※企業名を公開しない条件のため、自社の取り組みに関するヒアリングを省略

4. 日本と海外の状況

米国では、既に各企業がBtoBでの活用に本格的に取り組み始めている。概ね一度はVRの活用を試したか、すでに着手済。積極的とはいえ、予想していたほど立ち上がっておらず苦戦している。前述したようにBtoCでのVRの普及に時間がかかる中、2017、2018年は企業でのBtoBにおけるVRの活用がさらに模索される。

映画業界では特にハリウッドが本腰を入れている。3D映画の次の要素としてVRを捉えている。企業から投資される資金が億単位と大きい。

一方、日本は企業内でVR関連事業が予算化されておらずトライアルも行われていない印象。一般的に日本企業は海外企業の成功事例が出てから実行に移る傾向があるため、出足が鈍い。

スタートアップの環境では、DVERSE Inc.、Insta VRなどBtoB向けVRのスタートアップは資金調達に成功している。プレイヤーが増えない状況だが、クリエイターのビジネスに対するマインドが欠けていることにも課題がある。VRでのビジネスは可能性があるが、プレイヤーが少ない現状はチャンスでもある。

韓国は政府がVRスタートアップに400億円の補助金を投下しており、韓国のスタートアップはVR一色になりつつある。

現時点はコンテンツが少ない状況であり、地域によるローカル性は少ない。このため、世界中で同じコンテンツがヒットしている。地域によるローカル性が出てくるのは、これから先である。コミュニケーション分野では、日本はキャラクターが多く、かわいいなどの文化が強みになるが、女性キャラクター主体のコンテンツは海外では受けないことに注意が必要。同じコミュニケーションをとるコンテンツでも日本の『サマーレッスン』（女子高生のキャラクターとコミュニケーションをとるゲーム）と米国の『Gary the Gull』（カモメとコミュニケーションをとる体験）では本質は同じだが、見た目の違いで後者が高評価となる。

5. 課題認識

課題はコンテンツが足りないこと。

1回10-15分やって2度と触らないというのがVRの現状の課題。VRのキラーコンテンツで求められているのはリピート率の高いコンテンツ。キラーコンテンツが登場することでプレイヤーが何度もリピートして、プレイ時間を伸ばしていくことが業界共通の課題として認識している。

キラーコンテンツは、ゲームだけではなくVR内の大画面でNetflixの映像やアニメを見る等のコンテンツ消費で、多くの人が繰り返し使う可能性も現実的な解として有り得る。

VR酔いについては、ハードウェアメーカーとして、残像（ブレイク）をかけることで情報を減らすことによるVR酔いの防止や、フレームレートを高めに維持する等の取り組みをしている。年齢制限は解の出ていない課題。業界標準である13歳未満に合わせている。

6. 国、業界団体への要望

国が提供できるのは機会と資金と考えている。日本のVRに携わっている開発者等はクリエイター気質の人間が多く、ビジネス利用を意識していない。

VR業界を、有償化の可能性が高く立ち上がりも早いBtoBの方向に誘導する方策を提案したい。テレプレゼンスによる災害救助ロボットの活用、オリンピックのライブストリーミング、VRによる観光誘致、その他具体的なテーマ（活用分野）を国が指定して、支援施策を実施することが有効かもしれない。

(2) ハコスコ

対象	株式会社ハコスコ 代表取締役 藤井直敬
日付	2016年10月17日(月)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>現状のVRはHMD自体のクオリティが高く、結果的に盛り上がっている状況。2017年上旬は盛り上がるだろうが夏頃に一段落すると予測している。その理由は、お金を払っても良いと思えるコンテンツがあまりないこと。価値のあるサービス、コンテンツが不足している。</p> <p>欧米では、盛り上がっていると言われるが、まだ町中でVR/ARの話聞くほどではない。世界中どこにいても熱くなっているものではない。2016年がVRの年だからと世界中が熱狂しているように感じるのは誤解。</p> <p>現状では、スマートフォンのVRでは十分なクオリティが実現できず、性能不足が否めない。Oculus RiftなどのハイエンドのVR HMDが必要。</p> <p>プレイステーションVR（以降PS VR）の発売には期待が高まっており、どうなるか不安視している。良いコンテンツはあるだろうが、制作費を回収して利益につなげることのできる制作会社がどの程度でてくるかが重要。</p> <p>企業との取り組みは、一度は相談があるが継続することはほとんどない。VR活用のテストケースをまずハコスコで試してみて、その後社内でプロジェクトを立ち上げて動かそうとして上手くいかない例が多い。プラットフォーム展開に関する相談も多いが、現時点ではコスト回収に課題がある。</p> <p>VRに関しての相談件数に変化はないが、広告代理店が提案して企画が通るのは10%くらいしかない。昨年に比べて、大規模なVR関連のプロモーションが減った。VRは1人ずつしか体験できないため、体験者の人数が少なくなる傾向にあり、コストと見合わないとの声も聞く。</p> <p>ARはキャリブレーション（較正）の精度が上がらないと使用できるクオリティに達していないと考えている。</p> <p>■将来展望</p> <p>5年後は空間のトラッキング精度があがり、コストも下がることで、センシング技術が部屋の機能として実装される世界が有り得る。例えば、今は外部センサーとしてスタンドなどに装着して使用しているHTC ViveのLighthouse（灯台）の仕組みが最初から部屋に組み込まれている状態が実現するかもしれない。</p> <p>デバイスのサイズに関しては、コンタクトレンズになるまでにはまだ技術の壁を乗り越えなければいけない。網膜に結像させる技術が必要。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>まずはゲームで業界が立ち上がってきている。</p> <p>それ以外の分野では教育や観光、社会科見学等のコンテンツの応用可能性が高い。1回作ればデジタルアーカイブ化して長い期間使うことができる。複数人で同時接続して体験を共有する等、新しい教育ツールとなる。実写の360度動画は頭しか動かさないため限界がある。今後は自由視点のCG化された空間が再現されることになる。</p> <p>観光には2つのアプローチが有り得る。1つ目は、現地に行く前に体験、もしくは現地に行けないから体験するというアプローチ。2つ目は、ライブストリーミングで数十人が同時に旅行に行くことを可能とする同時性を活かしたアプローチ。</p> <p>医療では、スキャンされた人体の3Dデータの活用など応用可能性が高く、現行のVRの性能は十分な水準に達するほど高い。現場の保守的な医療者が許容できる説得力のあるものになれば広がっていく。</p>	

3. 自社の取り組み

ハコスコは元々スマートフォン向けのダンボールビューワーとして開始、現在はユーザが 360 度のコンテンツを共有できるプラットフォーム「ハコスコストア」を運営し、配信ビジネスを行っている。

今後のプラットフォームの充実のため、ライブ配信を考えている。しかしながら帯域が狭く、上手くいくかどうかは不明。また将来的には、ビューワーアプリをブラウザのような存在にしていく予定。現状の VR コンテンツ (360 度動画) はそれぞれが独立しており、ユーザが 1 つの動画を見たらスマートフォンをビューワーから外して次の動画に移る必要がある。今後は、コンテンツ同士の横のつながりを作り、インターネットの黎明期にハイパーリンクが各サイトを繋げたように、1 つ 1 つの体験をつなぐ。VR コンテンツ間の関係性を作り、ユーザが物語を作れるような場を目指す。

音楽会社など各社とのコラボで制作しているオリジナルハコスコが売上のメインを構成。そこに配信を加えていく。2015 年は黒字で終えたが、2016 年は配信プラットフォームの開発費がかさみ、売上はあるものの黒字ではない。

スマートフォンのデバイスは世界中で低価格化が進行している。Xiaomi 社が 3,000 円のデバイスを発表して、そのあたりの金額が相場になると考えている。Daydream (Google 社製 HMD) は高価過ぎる。段ボール製のデバイスはさらに低価格なためイベント等でノベルティとして配ることができる。棲み分けが可能。段ボールで見ることに拘りはなく、今後はスマートフォンを横ではなくて縦で見ることができたり、ビューワーなしで見ることができたりするようなコンテンツにしても良いかもしれないと考えている。

段ボール製デバイスに関しては大日本印刷が参入し、これから価格競争が始まる。新規参入者は入りづらい様相を呈している。

ハコスコと (360 度映像) コンテンツをパッケージで売るビジネスは数があまり売れない。1000 個売るのも大変な状況で利益が出ない。将来的には、ハコスコをなくしてハコスコにかかる費用もなくしていく。

またハコスコ・ラボを立ち上げ、R&D を数人の小さい組織で外部と協力しながら進めていく。SR (Substitutional Reality・代替現実) のスマートフォン実装を目指す。

業界団体である VRC (VR コンソーシアム) の運営も担っている。アワードとカンファレンスを各年 1 回実施。今年で 2 年目となる。参加企業数が現在 50 社程度。今後はコンテンツの酔いや暴力表現、年齢制限などを評価するレーティングのための組織を作っていく予定。VRC 会員になればレーティングが付けられるようなシステムを構築する。

4. 日本と海外の状況

中国はコンテンツを囲い込みに来ている。中国のプラットフォーム運営会社からコンテンツを配信しないかという話があり、現在中国での配信に向けてリサーチを行っている。中国からは何でもよいかからコンテンツを持ってきて欲しい、という話が多い。国外への配信に向けて、コンテンツの障害を取り除き、各言語対応をしようとしている。

一部のハリウッドのコンテンツはクオリティが高い。莫大な資本を投下すると良いコンテンツを制作することは可能。資本をかけずに制作するには、ノウハウがまだ蓄積されていないため難航している。

日本企業が資本を投資して作った事例として「攻殻機動隊」のコンテンツ (360 度動画) があつたが、カメラワークが悪く酔ってしまうため、良いコンテンツとは言えない。もし良いコンテンツであれば日本発の有名 IP のコンテンツとして各種プラットフォームに展開し、世界からも注目を集めていたに違いない。日本の VR 業界の強みは、ゲーム業界での技術が高いことと IP (Intellectual property: 知的財産) を活かせる土壌があることである。今後、日本の IP が海外でどの程度、成功するのか見極める必要がある。

世界を見ても幸い、一人勝ちはまだない。PS VR、FOVE は日本発なので、バックアップしていきたい。

360 度の動画制作に関して言えば、信頼できるプロのプロダクションが日本には存在しない。海外では、ある程度人数を集めてスタジオとして実績を積んでいる例も多い。

5. 課題認識

プラットフォームはコンテンツを蓄積し、お金が回るシステムを作ることが課題。しかし、それぞれのプラットフォームが小さくまとまる傾向にあり、ビジネス的にスケールしにくい状況。

ハードウェアの課題は熱。360度カメラの中には連続撮影すると5分で熱暴走するものがある。スマートフォンを使ってもライブカメラと全天球映像の配信を同時に扱うとシャットダウンしてしまう。扇風機で冷やししながら駆動させたこともある。

画質のことは現時点では問題視していない。一般消費者には画質についてフィードバックをもらうことがない。裏を返すと、VRはメディアとしてまだ一人前に扱われていない。スマートフォンの4K映像と比べると圧倒的に画質が低いためいずれ課題になってくる。

コンテンツの作り手とハードウェアがまだ最適化されていない。自由視点（マルチカメラで撮ってテクスチャを張っていくもの：KDDI）が実写を乗り越えていくのではないかな。

酔いはOculus・SIEの啓蒙が強く効いており、コンテンツ次第ではあるが厳しく制限されている。長期的・短期的に見て、酔いの心配はあまりない。徐々に解決していくものと考えている。

一方、年齢制限は国によって温度差がある。3Dコンテンツが斜視になって訴訟というケースはないのでどこか安全ではないかと思ってしまう。しかし、安全を問題視する人たち一定数いるため、デバイスのIPD（瞳孔間距離）を調整可能にする必要がある。国が調査をして根拠を固めるプロセスが必要と感じている。

眼科医は影響が出なくなる線引きは7歳と認識している。それもわずか一例の報告でしかなく、本格的な調査が必要。人間では実験はできないのでPS VRを使った子供たちとかそうした調査が必要になってくるかもしれない。

6. 国、業界団体への要望

幸い今は規制もないため業界は自由にやっている。根拠がないのなら、レギュレーションを設定するとかしないしてほしい。

マーケットがまだ小さいため、担い手の数を増やす、質を向上する等の目的で韓国のように業界支援を行ってもらいたい。補助金かもしくはVRのインキュベーション用のオフィスを設立するなどの支援策が有り得る。

(3) KDDI

対象	KDDI株式会社 商品・CS 統括本部商品企画部 松田浩路氏
日付	2016年10月19日(水)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>VR/AR は以前からある技術だが、昨今、要素技術が揃い、マーケットにも受け入れられる様相を呈してきた。VR には、Oculus Rift DK1 が出始めてから注目しており、技術の展望と市場の受け入れのタイミングを見計らってきた。2015年に HTC Vive が出てきて圧倒的な体感クオリティを体験。ビジネスになっていく確信を得た。KDDI としては、VR を通信キャリアとして取り組むべき分野として捉えている。</p> <p>VR とこれまでのメディアとの違いは圧倒的にクオリティの高い体験ができること。過去の 3D ブームやセカンドライフのようなサービスとは質が全く違い、体験価値が異なると感じている。</p> <p>また、一般の消費者が手に取れるという点大きい。地に足がついて需要が見えつつあり、人も資金も集まってきている。一般消費者が VR を使えるようになる土壌はできてきたという感触。今後はマナーや安全性の配慮の指針を決めることが喫緊の課題。</p> <p>ハードウェアもソフトウェアも今日の状況に満足していない。ハードウェア、ソフトウェアが成熟する前に、一般消費者の興味が「なんだこんなものか」との感想と伴いで終わらないよう取り組んでいきたい。ハイエンドもモバイルも取り組んでいるが、ハイエンドの VR は一般消費者を「驚かせる」力がある。</p> <p>■将来展望</p> <p>BtoC はエンターテインメント、映像、ゲームからソーシャルへとコンテンツが広がっていくと推測している。</p> <p>また通信キャリアの立ち位置として、10 年後までに様々な課題が現れると予測しているが、それらの課題を解決するツールとして VR が重要な役割を担うという認識。</p> <p>ハードウェア分野においてモバイル化が進む見通し。将来はクラウド側で描画処理する方式も検討されている。通信速度が 5G になり、解像度も上がり、デバイスの進化が急速に進むため、開発できるメーカーの選択肢も少なくなる可能性もあるかもしれない。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>エンターテインメント系ではカラオケなど個室利用の可能性を探っている。研究所で 360 度実写の中を動くことができる自由視点の研究を進めている。VR で実写のルームスケールができたら面白いのではという視点から生まれた。</p> <p>BtoB では工場や交通関係など安全教育のシミュレーションでの活用が求められている。思った以上に需要があり、営業部門から日々問い合わせがある状況。本業の通信とは関係が薄いですが、シナジーが得られるようにすれば顧客企業の様々なコストを抑えられる。</p> <p>技術教育や技術移転は企業にとって非常にコストがかかるので VR のニーズが高い。VR のビジネスは BtoB から立ち上がっていく感触がある。</p> <p>工場の現場で使う場合は AR が先行している。AR に関してはモデルケースを作っていく必要がある。VR は東京ゲームショウなどで公開してから問い合わせが多い。</p>	
3. 自社の取り組み	
<p>VR には一般の人々を熱狂させるポテンシャルがある。KDDI は社会インフラの提供企業としても、VR/AR を一過性のブームに終わらせてはならず、この機運を盛り上げることに社会的な使命があると感じている。コンシューマー向けビジネスを展開しているので VR も BtoC を意識して取り組んでいく。特に通信部分での貢献、提供の役割は大きく、積極的にやるべきだと感じている。</p>	

360度映像やゲームは既にプレイヤーが多く、KDDIとしては特にVRでのコミュニケーションを通じた体験の共有を軸に、ビジネス的にコミュニケーション分野で何が出来るかを考えている。共有するものが声（電話）、文字、写真、映像と移り、それらの行く先にあるのが五感であり体験の共有である。体験の共有は感情の共有につながっていくと考えている。

今年の3月、アメリカのSXSWに、アバターのキャラクターとインタラクティブなコミュニケーションができるVR体験を展示。体験者の9割に好評。9月の東京ゲームショーでは、相手をバーチャルではなく実際の人間にする試みを展示。異なる3人が2つの部屋に分かれているが同一のVR空間でやりとりする。サーバーで位置情報や音声を合成した。

一般的な日本の大企業は今までVRにあまり投資していなかったと思うが、我々は積極的。今年、ハコスコに投資した。ハコスコはVRコンテンツのプラットフォームを立ち上げており、そちらを意識した動き。

VRでは、まだ有償サービス実現まで時間がかかるため、事業部門で取り組むことが困難。KDDIでは先を信じて投資してくださいと経営層にお願いし、取り組みを進めることができた。現状の取り組みでは、とりあえず商業トライアルを含めた様々なトライアルを進めている。例えば、KDDIの各地の実店舗で体験イベントを開催している。VRには集客力があり、今はVRというだけでお客様に来てもらえるため、店舗にとって良いプロモーションとなっている。

ARに関してはVistaFinder（遠隔地からスマホなどで撮影した映像伝送する遠隔作業支援システム）などのサービスをBtoB向けに展開している。PCと接続したウェアラブルなメガネ型のデバイスを自動車、工場、保守関連で使用。ゆくゆくはAR、VRが融合していくだろう。超少子高齢化により日本経済全体のパイが小さくなっていく中でどうやって機器を使ってもらおうか。BtoC向けにガイドする必要があるかもしれない。自社の研究ベースでも様々な取り組みを行っている。

4. 日本と海外の状況

日本のVRではゲームと同様にモバイル重視になると予測。海外のようなPCベースでのVRの市場拡大が厳しい。

日本のコンテンツ市場では、仕様を日本版に変える等のローカライズが必要なため、海外コンテンツを直輸入できない。日本向けローカライズに力を入れ、投資していく必要がある。VRのコミュニケーションでは、アバター1つとっても、好まれるものが海外と日本では異なる。

IP (Intellectual property: 知的財産) は日本のソフトパワーだと考えている。東京ゲームショーで展示したデモでは、「スペースチャンネル5」のキャラクターが非常に好評だった。世界観などがある既存のキャラクターをどのようにコンテンツに組み合わせるかが重要。

主流となるのはモバイルVRという声は様々なところで聴く。プレイヤーとなる企業がうまく有償サービスを実現できるよう、通信を中心とするプラットフォーム基盤を用意していきたい。

5. 課題認識

どのハードウェア・プラットフォームが中心になるのか決まっていないことが課題。グーグルやアップルの動向を注視している。現状のスマートフォンにおけるメジャープレイヤーがVRでは変わるのか。スマートフォン普及期の動きを振り返りつつ、KDDIとして各プラットフォームにどう関与していくかを考えている。

人材が足りない点が大きな課題。Unity、UE4などのゲームエンジンを使える人が少ない。現状はコンテンツ開発をソフトウェア開発会社に手伝わってもらっている。雇ったとしても定常的な需要が確保されていないので固定した人材を維持できない。優秀なチームができてビジネスとして回るかどうかかわからないので継続的な雇用に踏み切れない。

開発者個人々々の熱量は高いが会社の数は少ない。制作力にも差があり、全体的な底上げが必要だと感じている。市場を作りながら勉強していきたいと考えている。

6. 国、業界団体への要望

13歳以下は基本体験させないことを海外でも徹底。業界内に共通のコンセンサスがあると楽なのでルールができると理想的。客観的な第三者機関での検証をして欲しいが、低年齢層向けに実験をすることはできない。国に取り組んでもらいたい。

プレイヤーを増やすためにもドローン特区のようなVRも特区とかあるといいかもしれない。

海外製ハードウェアが受け入れ易い環境が構築できたり、VR 開発に特化したエリアがあったりすると業界全体に良い刺激となる。

(4) 大日本印刷

対象	大日本印刷株式会社
日付	2016年12月12日(月)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>2016年、VRはエンターテインメントを中心に話題になった。今後、どのように定着していくか注視している。</p> <p>VRの産業応用(企業利用)に期待している。産業応用ではコスト削減等の費用対効果を明確にできるシステムが求められている。</p> <p>■将来展望</p> <p>2017年、日本のVRブームは落ち着くと認識している。一方、ARでは作業員にスマートグラスで情報提供することで作業効率を改善するといった使い方が可能であり、潜在的にはVRよりも大きな市場がある。VRとARは連続したマーケットとして捉えるべきである。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>以下の分野でVRの引き合いがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デジタルアーカイブ(美術館、博物館、科学館) ・製造業向け製品教育 ・小売店舗の棚割のシミュレーションシステム(別のシステムで視線を追跡している) 	
3. 自社の取り組み	
<p>1990年代から様々なVRにチャレンジしてきた。VRはツールの1つとして捉えていて、表現手段としてVRが最適な場合のみ、VRを採用している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1991～1992年：「動物園へ行こう」、「遊園地へ行こう」(実写映像のVR) ・1996年： 未来都市の考古学展(高性能ワークステーションによるCGのVR) ・1999年： 狩野派400年の歴史(PCによるCGのVR) ・2004年～： 自動車3D CADのマルチメディア化(パンフレット、アニメーション等) ・2006～2014年： ルーブルDNPラボ ・2015年： 体感する地球儀・天球儀展 <p>SONY製スマートグラスを使用した能楽の鑑賞ガイドの実証実験は注目を集めた。タブレットを使用した同様のサービスと比較して、観客が舞台から目を離す必要がなく、タブレットの光が周りに漏れる心配もない。今後、観客の頭の向きや視線のトラッキング、音声や画像認識によるコンテンツの切り替えが可能になればより便利で適切なガイドの表示が可能になるだろう。</p> <p>「DNPカートンVRスマートフォンシアター」は紙製HMDで、一般消費者が自分のスマートフォンで手軽にVRコンテンツを体験することができる。書店等での利用も想定し、漫画の単行本と同じサイズで、単眼・複眼の切り替えも可能。一方、イベント会場などでは本格的なHMDを使用することが多い(http://www.dnp.co.jp/news/10120578_2482.html)。</p>	
4. 日本と海外の状況	
<p>DNPでは、ルーブル美術館、AI Zubarah 遺跡(カタール)等、海外でもVR/ARビジネスを展開している。海外市場と日本市場の状況に大きな差はないと認識している。</p>	

5. 課題認識
VR/AR がさらに普及するためには、「HMD が眼鏡感覚で使用できる」といった技術的なブレークスルーが必要である。スマートグラスを街中で使用するためには何らかのルールが必要である。ハードウェア製造やコンテンツ制作に関わる大手企業が先導して取り組む必要がある。
6. 国、業界団体への要望
米国を始め海外では VR・AR のハードウェア、サービスに日本と桁違いの金額が投資されていることから、ハードウェア、サービス関連の規格、仕様等は海外先行で決まってしまうと認識している。政府には、日本国内でのハードウェア、コンテンツに関するルール化の音頭取りを期待している。

(5) 凸版印刷

対象	凸版印刷株式会社 情報コミュニケーション事業本部 係長 齋木信昌
日付	2017年1月16日(月)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>現状では VR、AR はもの珍しさで注目されているが、ビジネスを成立させるのは難しいと感じている。シアター形式の VR 上映には大きな投資が必要で、費用対効果を考えた場合、博物館等、上映できる場所は限定される。</p> <p>■将来展望</p> <p>VR が何であるか、またどのような人が好むかわからないと考えている段階では、企業は VR に投資しない。</p> <p>現在、このハードルが徐々に下がっているため、あともう少し経つと VR 関連の商談が増えるかもしれない。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>VR はヘルスケア、スポーツに応用可能であると考え、医療機関等との連携を検討している。例えば、軽度の認知症患者に対して、VR で懐かしい風景等を見せて昔の記憶を蘇らせることで、脳の機能回復に一定の効果が得られると聞いている。</p>	
3. 自社の取り組み	
<p>1990年代後半、文化財保存・展示のために CG を制作した（デジタルアーカイブ）。</p> <p>2000年代から印刷博物館（小石川）、国立博物館（上野）、故宮博物館（中国北京）等に VR シアターを作った。神社仏閣、仏像、遺跡、城等、55 コンテンツを制作・上映した。</p> <p>2015年からスマートフォンを用いた簡易 HMD・VRscope の販売を開始した。紙製の HMD をコンテンツ付きで安価に販売。</p> <p>2016年から旅行者向け情報提供サービスとしてストリートミュージアムを開始した。近畿日本ツーリストと協力し、富岡製糸場でスマートグラスを使った CG 映像ガイドツアーを実施している（詳細は http://www.knt.co.jp/kouhou/news/16/no015.html）。</p>	
4. 日本と海外の状況	
<p>故宮博物館（中国北京）、コパン（ホンジュラス）、ナスカ（ペルー）等でシアター形式の VR コンテンツを制作・上映した。</p> <p>コンテンツに関する要望について、日本と海外の差はあまり感じていない。</p>	
5. 課題認識	
<p>現在、数千万円の費用、一年弱の期間を投資して1本の VR コンテンツを制作している。技術革新でこの費用、期間が改善されることを期待している。</p> <p>一般消費者にとっての VR コンテンツの価値をいかに高めるかが課題である。城ブームに対応して城の VR コンテンツを制作しているが、時代考証に手間がかかり制作が遅れることもある。</p> <p>数年前、マーカーでタブレット、スマートフォンにバーチャル画像が現れる AR ブームがあった。既にこのブームが去った影響か、今も企業の宣伝部門に AR に対するネガティブなイメージが残っているように感じている。</p> <p>VR シアターの 4K 化による没入感上昇が、映像酔いにどのように影響するか検討している。</p>	
6. 国、業界団体への要望	
<p>国または業界団体が「このように HMD を使用すれば斜視にならない。映像酔いを軽減できる」といったガイドを作って欲しい。コンテンツ制作会社として、一般消費者の健康被害にとらわれずにコンテンツ制作に集中したい。</p>	

(6) ソリッドレイ研究所

対象	株式会社ソリッドレイ研究所 代表取締役 社長 神部勝之 (日本 VR 学会 理事)
日付	2016年12月15日(木)
1. VR/AR に関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>一般的に製品ライフサイクルには忍耐の時代（導入期）、爆発の時代（成長期）、安定の時代（成熟期・衰退期）がある。現在、VR、AR は忍耐の時代である。VR に参入した企業は、市場が立ち上がるまでがまんしなければならない。市場が立ち上がって大きな利益が上がるようになって油断できない。例えば、日本の携帯電話機市場では、市場が立ち上がった後、iPhone、Galaxy 登場後、多くのメーカーが市場から撤退した。</p> <p>VR 市場は以下から構成されていると認識している。最近、実写に関する問合せ（デバイス販売、コンテンツ販売に関する問合せ）が多い。ソリッドレイの強みは、システム販売とソフトウェア販売である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・システム販売 ・デバイス販売 ・ソフトウェア販売（プログラムプロダクト販売） ・コンテンツ販売 <p>■将来展望</p> <p>従来、VR はユーザが一人で利用するコンテンツが殆どだった。今後、複数人で体験できるコンテンツが流行ると認識している（SHIP：Solidray Helps Immersive Party）。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>ソリッドレイが VR システムを提供してきた分野を以下に示す。これらの製品のベースとなる基本システムは共通している。現在の市場規模感を（）内に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品開発（小） ・エンターテインメント（大） アミューズメント施設、大型 SC など ・販売促進（大） 例：個人住宅の工務店向け VR システム ・安全教育（大） 例：転落防止の社内教育向け VR システム 労働災害疑似体験 VR システム・セーフマスターを製品化済み。 https://www.youtube.com/watch?v=xd5lkSw5eRU ・操作教育（中） 例：大型印刷機の操作教育向け VR システム（数十億円の機器を教育に使用し難いため） 製造業で匠技術伝承のための VR は、これから成長する。 ・心理実験（小） <p>納入事例紹介は下記 URL を参照。 http://www.solidray.co.jp/</p>	

3. 自社の取り組み
<p>ソリッドレイは 1987 年設立以降、VR 専門企業として活動してきた。5 人の仲間でソリッドレイを設立した動機は、「三次元情報を三次元空間で見るのが自然であるのに、誰も実現していない。本件を実現するニーズは必ずある」とだった。設立以来、「VR は本物ではないが、本物と同じ本質を持っている」との考え方で VR システムを開発・提供してきている。</p> <p>具体的な納入事例は下記 URL を参照。 http://www.solidray.co.jp/data/guide/history/history.htm</p> <p>2000 年、NVIDIA 社の PC 用グラフィックボードの性能がシリコングラフィック社 Onyx に追いついた年に PC ベースの VR 基本システム・オメガスペースを製品化した。 http://www.solidray.co.jp/product/omega/omegaspace201507.pdf</p> <p>エンターテインメント以外で企業向けに VR システムを開発・提供している会社は、ソリッドレイ以外、あまりないと認識している。</p>
4. 日本と海外の状況
<p>現在、中国の VR 市場は非常に大きい。中国では、市場で安価な HMD が求められていると判断すれば、直ぐにどんどん安価な HMD を製品化する。先日、中国製 HMD のサンプル品を評価したが、そこそこの性能、品質であった。</p>
5. 課題認識
<p>現状の PC、グラフィックボード、HMD 等は 24 ビットディープカラーまでしかサポートしていない。ハードウェアが 36 または 48 ビットディープカラーまで対応しないと本物に近い質感を表現できないので製品開発（デザインレビュー）分野で VR を活用することは難しいと認識している。</p>
6. 国、業界団体への要望
特になし。

(7) バンダイナムコエンターテインメント

対象	株式会社バンダイナムコエンターテインメント AM 事業部企画開発 1 部プロデュース 1 課 マネージャ 田宮幸春
日付	2016 年 9 月 27 日(火)
1. VR/AR に関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>AM 事業部はアミューズメント施設（ゲームセンター）の企画、開発、運営を担当している。小山順一郎 VR ZONE 所長は前の VR ブームを経験していた。前の VR ブーム当時、（機器性能の制約から良質の VR コンテンツの実現は難しかったが）VR に将来性を感じ、試行的に HMD をアミューズメント施設に設置した。</p> <p>10 年前、「機動戦士ガンダム 戦場の絆」では（複数のフラットディスプレイを使用した）ドームのようなスクリーンを実現し、VR ゲームとして制作した。</p> <p>【事務局補足】機動戦士ガンダム 戦場の絆：http://web.gundam-kizuna.jp/sp/</p> <p>2012 年、Oculus が DK1（Development Kit1）をリリースした際、「ようやく過去からやりたかったことができるようになった。今、我々が VR ゲームを制作しないで、誰がやる」と感じた。</p> <p>元々、アミューズメント施設のゲームでは乗馬の鞍や自動車の座席等の体感マシンで臨場感を演出していたが、ディスプレイは通常のフラットディスプレイを使わざるを得なかった。VR ゲームでは HMD を使用することにより本物に近く没入感の高い体験が可能になった。</p> <p>VR ゲームでは、通常ゲームにて培ってきたコンテンツ技術が使用できない。例えば、通常ゲームでは電動ノコギリがプレイヤーに触れるとヒットポイントを減らしていた。VR ゲームで同じことをするとプレイヤーは電動ノコギリに触れた瞬間、痛みを感じないので没入感から醒めてしまう。このため、VR ゲームでは電動ノコギリに触れた瞬間にプレイヤーを消滅させる必要がある。実体験に BGM は流れないので、VR ゲームでは BGM を使わない。ガンダム VR「ダイバ強襲」では BGM を流さずに環境音を流した。通常ゲームと VR ゲームの比較を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通常ゲーム＝旅行番組を見る感覚（三人称）。登場人物に感情移入して感動する。 ・VR ゲーム＝旅行に行く感覚（一人称）。自ら体験して感動する。 <p>インプット特性（入力装置）も通常ゲームと VR ゲームでは異なる。通常ゲームのレバー、ボタンはプレイヤーの意思を伝える入力装置である。VR ゲームではプレイヤーの身体が入力装置となり、プレイヤーの行動でゲームが進行する。このため、VR ゲームではプレイヤーの行動を制限するのが困難である。行動制限するためには実際に壁を作りプレイヤーの動きを止める必要がある。またはゲーム上の「お約束」でプレイヤーの行動を制限する。</p> <p>家庭用 VR ゲームとアミューズメント施設用 VR ゲームの比較であるが、アミューズメント施設用の方が装置を大仕掛けにすることが可能であり実現可能なことに自由度が大きい。反面、アミューズメント施設用は投資金額も大きい。家庭用は、危険回避のためにプレイ中、椅子に座るのが原則である。この制約は大きいと認識している。ローコストで気軽に楽しめる家庭用 VR と、ある程度お金を払っても強烈な体験ができる施設用 VR が共存すると認識している。</p> <p>■将来展望</p> <p>通常ゲーム、VR ゲームには、それぞれ得意分野があるので将来的にも両者は共存する。通常ゲームはゲーム制作側が狙った通りにプレイヤーが感動するよう誘導しやすい。VR ゲームは体験系のゲームに向いている。過去のゲームの多くは「ルールが面白いゲーム」である。例えば、カードゲーム、麻雀等は「ルールが面白いゲーム」である。「ルールが面白いゲーム」は VR ゲームには向かない。例えば、カードゲームでプレイヤーがドラゴンのカードを出したタイミングでドラゴンの VR 画像を出したとしても、プレイヤーがドラゴンの VR 画像に興味を示すのは最初だけで途中からカードのみを見るようになってしまう。</p> <p>AR は現実世界の中なので、VR とは別である。現時点でゲームでの AR 利用はよくわからない。</p>	

<p>2. 各産業への応用可能性</p>
<p>ポジショントラッキング技術が重要である。ポジショントラッキング技術が進歩すると VR の応用範囲が大幅に広がると思う。現在、HTC 社バイブには、人の動きを感知するベースステーション（センサー）が 2 つ付属している。例えば、マーカーのみでプレイヤーが使用可能な道具を増やせると VR ゲームの展開を広げることができる。</p> <p>VR ゲームは CG 画像なのでインタラクティブなコンテンツを実現できているが、360 度動画では現時点でインタラクティブなコンテンツを実現できていない。将来、サッカーでゲームの観戦者がグラウンドの任意のポイントから観戦できる技術が可能になることを期待している。距離画像をリアルタイムで取得する技術の実現を期待している。それによりライブやスポーツに利用できるようになる。</p> <p>この他、HMD の軽量化、ワイヤレス化に期待している。</p>
<p>3. 自社の取り組み（VR ZONE への取り組み）</p>
<p>※VR ZONE 以外の VR ゲームに関する取り組みは 1 項に記載。</p> <p>過去、アミューズメント施設のビジネスでは、1 回 100 円の料金体系をベースにしており、会社としてこのビジネス形態から脱却するチャンスを探っていた。VR ZONE 企画段階で、VR ブームをこのビジネス形態を変えるきっかけとすることを決定した。このため、「もし VR ZONE がゲームセンターと言われたら失敗。VR ZONE はテーマパークを目指す」と認識していた。それなりの料金、予約制等、あえてゲームセンターの逆を採用しゲームセンターと比較されないようにした。また、運用マニュアルにて使う用語を意識的にゲームセンターと異なる用語に変えた。宣伝予算がなかったので、TV の取材、SNS を中心に宣伝した。社内の営業部門にデモした際にコンテンツではなく体験者の反応を記録し、他者に見せた方が効果的であると認識していたので、体験者の反応を中心に宣伝ビデオを制作した。</p> <p>VR ゲームを制作する際、極力努力して VR 酔いを低減した。スキーロデオが最も VR 酔いし易かったが VR 酔いで中断する人が 5% 程度（初日で 4/74 名）だったので来場者に比較的酔い易いと伝えることで運用可能と判断した。また始めに酔ってしまわないよう、係員がスキーロデオは最後に体験するようお客様を誘導した。</p> <p>入場者は 4 月のオープン以来、常に満員。6 月平日は予約取りやすくなったが、7 月に新しいゲームを導入したら元に戻った。オープン前、オープン直後は VR 体験イベントに集まるようなマニア指向の来場者が多くなることを予測していたが実際にオープンしてみると最初から一般的な来場者が多かった。プレイステーション VR の宣伝を見た人が自分で VR を体験するため VR ZONE に来場するケースが散見された。</p> <p>10 月、期間限定公開が終了した後の計画は現在、検討中。現時点でエンターテインメント分野以外に取り組む計画はない。</p>
<p>4. 日本と海外の状況</p>
<p>バンダイナムコエンターテインメントはアミューズメント施設用ゲーム機を海外向けに販売している。VR ゲームに関しては中国、アラブからの引き合いが多い。</p> <p>VR ZONE の利用者の 1 割弱が外国人。VR ZONE は日本語の WEB サイトでの事前予約が必要だが、海外からの旅行客は自国で予約しているはずである。</p> <p>VR ZONE と同様の施設（VR を使ったロケーションビジネス）は The VOID(米国)、ZeroLatency(オーストラリア、日本)位であると認識している。</p> <p>【事務局補足】 The VOID : https://thevoid.com/ ZeroLatency : http://tokyo-joypolis.com/attraction/1st/zerolatency/</p>
<p>5. 課題認識</p>
<p>VR ビジネスをより発展させる上での課題を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・まだまだ機器が高価である。 ・他者から見て HMD を装着している姿に違和感ある。 ・HMD の年齢制限（13 才未満）によりアミューズメント施設利用対象者が制限されている。

特に年齢制限は根拠が曖昧で、3D 映画の年齢制限よりも年齢が高いことが不満である。学術的に再検討して欲しい（以前、医学分野では人間の生死に関わらないことの研究は優先順位が低くなると聞いたことがある）。TV、ゲームで光過敏性発作を回避するための注意喚起の文書も「これなら安全」といった明確なガイドラインがなく TV 局、ゲーム制作会社が独自に作成していると認識している。

【事務局補足】

3D テレビに関する検討会 最終報告書(2012年10月)のP18には6歳位以上は斜視の危険性が低いとしている (http://www.soumu.go.jp/main_content/000182839.pdf)。

VR 酔いは課題であるが、「極力、一定速度でベクトルを変えない。変えざるを得ない場合、徐々に変えるのではなく一気に変える（そのタイミングで座席を揺らす）」といったノウハウを蓄積しつつある。また、映像とリンクして座席を揺らすだけでも酔い難くなる。あくまでもこれは個人的な意見だが、三半規管はセンサーとして不十分なため視覚に頼る必要があるからではないかと考えている。VR ゲーム開発者は乗り物用の酔い止め薬を飲みながら開発していた。乗り物用の酔い止めは VR 酔いにも効き目がある。固定座席の VR ゲームに関しては家庭用 VR ゲームでの経験をアミューズメント施設用 VR ゲームに応用している。これらの努力により改善しつつあると認識している。

VR では、実際に経験のある分野の方が実経験で恐怖を経験しているため、VR でも恐怖を感じる。例えば、とび職、落下傘部隊の隊員が高所を経験する VR を怖がる。

6. 国、業界団体への要望

HMD 年齢制限の医学的な検証（事務局補足：詳細は P55 を参照）

【事務局補足】 VR ZONE の最新情報： <https://project-ican.com/>

(8) ソニー・インタラクティブエンタテインメント

対象	株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント グローバル商品企画部 1課 課長 (ハードウェア) 高橋泰生 法務・渉外部 渉外課 内山佳子氏
日付	2016年12月27日(火)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>市場が想像以上に盛り上がっている。VRは、平面をベースとしていた従来のメディアと比べて空間で様々な物が共有できるまったく新しいメディアである。コンテンツ制作側も、空間を作るという初の試みになる。過去、3Dテレビなど臨場感を高めるものはあったが、VRは新しい“体験”であるからこそ多くの人に興味を持ってもらえていると考えている。</p> <p>■将来展望</p> <p>この1年だけでもVR機器がいくつも市場に登場したが、一般消費者には広くリーチできてない。現時点の環境では一般消費者にVR HMDを装着する動機が弱いため、何故装着しなければならないのかという抵抗感が強い。5年後にはそうした抵抗感が薄れ、一般消費者も一般的なツールとしてVR HMDの価値を理解し、みんなが日常的にVR HMDを体験するようになっているだろう。</p> <p>将来、一家に数台のVR HMDがあり、1人1人が別に体験するのではなく、家族全員で同じVRの世界に行くといった利用形態が増えるのではないかと。</p> <p>そのためには、コンテンツを供給するプレイヤーが継続的に開発できる環境を整えることが重要になる。また、ハードウェア技術も進化する必要があり、装着時に違和感がなく、長時間の装着が可能で、誰でも簡単に装着できる装着感を目指す必要がある。VR HMDを装着することへの心理的な壁を下げるには小型化も必須である。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>VRが応用される分野として、インタラクティブ性を有するゲームがまず中心となる。VRでは頭の動きと手の動きがコンテンツに反映されると実在が感じられる。そのためCGで作ったコンテンツが圧倒的にVRに向いており、ゲームとの相性が一番いい。リアルタイムレンダリングの技術はゲーム業界にこそある。</p> <p>その先にあるのが実写コンテンツで、行ったことがないところに行くバーチャルトラベルのような体験などを実現する。プレイステーションVR（以降PS VR）でもこの種類のコンテンツは高く評価してもらえている。旅行やライブコンサート、スポーツ観戦等、現実世界にあればそれらを実写コンテンツ化し、VRでどこにでも行けるようになる。360度カメラによる撮影からスタートし、より高画質でステレオ表示、360度立体など技術が進歩していくと予想している。</p> <p>BtoBの活用に関しては、取り組みの相談は数々受けている。ネットワーク環境を利用したものと、VRで多くの人が同じところに集まって楽しめるソーシャルなコンテンツを準備中。また、自社製品のタッチポイントを増やす存在としてのVRの活用として、車など、ショールームに簡単に設置できないものの外観をVRで確認する用途も考えられる。</p> <p>VRではスケール感をもって確認できるため建築分野とも相性が良い。購買判断にも社内の確認にも活用可能である。</p>	
3. 自社の取り組み	
<p>VRシステムPS VRを展開。VRの世界を広げていく。活用領域をエンターテインメントに留めるつもりはない。プレイステーション4（以降PS4）とつながることが設計思想としてあり、ターゲットは一般消費者を想定している。PS4ユーザにVRコンテンツを提供している。</p> <p>2010年に米国のスタジオでモーションコントローラーを頭につけて既存のVR HMDと組み合わせたプロトタイプでゲーム内の視点を初めて体験したところから開発が開始。2012年からプロジェクト化した。広視野角のディスプレイで位置トラッキングと3Dオーディオの機能を備</p>	

えるという要件はこの時から続いている。

2014年のプロトタイプ **Project Morpheus** から大きな変更はない。その後の変更は、最終的な製品化の段階で、フル HD のパネルを液晶からようやく技術的に生産の目処がたったサブピクセル対応の有機 EL に変更したこと、トラッキングの精度向上のために LED ライトを加えたこと等の作り込み、シンプルな装着を可能とするメインバンドの一本化等、比較的小さなものである。

PS VR 導入の際に重要になると考えていたのが、PS4 につないで簡単に遊べることであり、PS4 のプラットフォームをそのまま使うことだった。PS4 向けのゲームを作っているディベロッパーがたくさんいることに加え、既にコンテンツをユーザに届けるネットワークシステム (PS Store) があった。PS VR が、プラットフォームを 1 から作っている他社に対して大きいアドバンテージがあるのは、これらの既存のプラットフォームにある。購入ターゲット層は PS4 のターゲットと同じゲーマーに設定した。PS4 ユーザがターゲットのため、トータルの導入コストが低く抑えられ、購入の敷居も下がった。VR は未知だからこそ最初の体験が非常に重要であり、楽しむための敷居は極力低くなるよう努めていた。価格設定でも気を遣っている。ターゲットとしているゲーマーは価格に対してシビアで一定の価格以上になると導入しづらくなるため、399 ドルをターゲットに設定し、当時のコンソールの価格と同等とした。

2014年、開発中の **Project Morpheus** をプロトタイプとして対外発表したのは SIE でも異例だった。VR 自体の認知に時間がかかることを想定し、非常に早い段階で公表した。オープンに開発者に対してのコミュニケーションを始め、同時に一般消費者向けにデモを展開していった。

VR に関しては、体験しないと全く理解できないため、2014年発表から、社内でデモを展開し体験としての質の高さを理解してもらい、社内的な理解を進めた。ディベロッパーにも地道にデモを実施し、理解を広げていった。そうした結果、良いコンテンツができてきたと考えている。

販売展開の中で、消費者からの大きなクレーム等、問題は報告されていない。新しいデバイスに対するリテラシーの低いユーザでも迷うことなく遊べるように一般消費者の視点を重視して、ハードウェア単体のみならず、箱やマニュアル等をデザインしている。また、VR コンサルテーションサービスという取り組みで、一般消費者が体験するデモや配信するコンテンツを全て独自基準で事前チェックしている。

4. 日本と海外の状況

ワールドワイドに PS VR を発売したところ、どの国でも好評で品切れの状態が続いており、製品に対する満足度は世界的に高いと受け止めている。

業界としては、海外は特にアメリカを始め、資金の動きがダイナミックである。アメリカではノンゲーム系への投資が大きく、企業の動きが速い。一方で、ゲームのディベロッパーの動きは日本も海外も変わらない。コンテンツの制作は日本でもかなり多いが、総数を比較すると欧米の方が多。全体的な傾向として日本が盛り上がってないとは捉えていない。市場が成熟する前にコンテンツ開発に踏み切るかという判断で大企業は動きが遅く、結果としていわゆるインディ (独立系スタジオ) のコンテンツが多くなることでは日本、海外同じである。

日本の特徴としては、アニメキャラクターのコンテンツが強い印象がある。PS VR のタイトルでも「初音ミク」や「アイドルマスター」等日本独特の IP (Intellectual property : 知的財産) が海外でも注目を集めやすい。また、「グランツーリスモ」や「エースコンバット」のように細かな作り込みをするゲームも多い。

各リージョンでの販売は言語の問題が大きいく、日本では海外で配信しているコンテンツの半分程度しか展開できていない。同様に日本向けに制作したコンテンツを海外に配信するときも言語の問題が発生している。ディベロッパーが英語へのローカライズの可否を判断するが、コスト負担の問題もあり、海外展開の障壁となっている。

5. 課題認識

VR に対する期待が短期的に高まりすぎ過度になっていることによる失望感を懸念している。かなり過熱感が高まっている。VR は時間をかけて市場を育てていかないといけないものであり、業界関係者が理解してコンセンサスをとらないといけない。

コンテンツのクオリティを維持することは重要で、ユーザに失望を与えてはいけなと考えている。SIEは2014年時点でPS VRを商品化できる状態であったが、しなかつた経緯がある。VRのコンテンツ市場をしっかりと育てる意識を持ち、クオリティの高いものを出さなければならぬ。現状では、他社と共にVRを盛り上げていかないと市場が成長しない状況だと感じている。Global Virtual Reality Association (GVRA)は、VRに関する問題を未然防止するためのアメリカ主導の取り組みだと聞いている。

現時点でVRのコンテンツ開発手法には、「このように開発するのが正解」といったノウハウが確立できているわけではなく、開発者が試行錯誤を繰り返している状態である。現時点の知見は「絶対的に正しいもの」と言うよりも、「経験者としてのアドバイス」に近い。現時点で知見を業界標準化していくことは難しいと感じている。

酔いやすさに関しては、独自基準で判断している。酔いに関しても、標準化は難しいと感じている。

PS VRの年齢制限12歳以上。色々なことを検討した結果、このように設定した。多くの人に使ってもらいたいこと、VRは教育にも活用できることから、将来的には制限年齢を下げることもについても検討したい。

ハードウェアに関して前述の装着感の改善と小型化が課題となっている。今後、人間の目の解像度まで性能を改善していく必要がある。

6. 国、業界団体への要望

過度な規制がないことで自主的に取り組んでいる。今後も過度な規制がないようお願いしたい。

VR産業に対する支援をお願いしたい。業界の立ち上がりに時間がかかるのは間違いない。現状ではハードウェアに対する支援が大きい。コンテンツ制作支援は結果的にプラットフォームの充実につながり、間接的にハードウェアへの支援にも繋がる。ゲームエンジンや360度映像の編集ツール、写真からCGをレンダリングするツール等、VR開発を行うためのツール類(ミドルウェア)等への支援も行っていただきたい。短期的には収益を上げるのが難しく、国からの支援があると早期に産業全体が立ち上っていくと考えられる。

(9) WOW

対象	WOW 浅井宣通氏 (「攻殻機動隊・新劇場版 VIRTUAL REALITY DIVER」のクリエイティブディレクター)
日付	2016年10月19日(水)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
■現状認識 映画アバターで「観るのではない。そこにいるのだ」というキャッチコピーがあったが、正にVRは只単に観るものではなく経験するものであると認識している。	
■将来展望 世間でVRブームと言われているが、一過性のブームとは認識していない。VRは徐々に生活に浸透し、現在の生活に欠かせないTV、スマートフォンのような社会のインフラストラクチャー的な存在として定着するだろう。また、VRは視覚だけでなく、その他の五感に対しても働きかけるので、今後、より体験的になっていく。	
2. 各産業への応用可能性	
VRは徐々に生活に浸透し、現在の生活に欠かせないTV、スマートフォンのような社会のインフラストラクチャー的な存在として定着するだろう(将来、VRはエンターテインメントのみならず、生活のあらゆる分野で普遍的に使われるプラットフォームとなるだろう)。	
3. 自社の取り組み	
<p>「攻殻機動隊 新劇場版 Virtual Reality Diver」(以降、攻殻機動隊)を制作する以前からVRに取り組んでいた。自分がHMD用のコンテンツを制作したのは攻殻機動隊が初めてである。</p> <p>現在、HMDは進化の途上にあり、解像度、レイテンシ(遅延時間)等が理想的な状態ではない。また、HMDが光学的に「現実人間が見ている空間」を完全にシミュレーションできていない。</p> <p>攻殻機動隊を制作する上でVR酔いを防ぐためできるだけ手を尽くした。VR酔いと「面白さ」はトレードオフの関係にある。例えば、あるシーンにて一部の観客がVR酔いを感じる可能性があっても、もしそのシーンをなくせば、作品からその分、面白さもなくなってしまう。</p> <p>VR酔いが起きるのには、いくつかの理由があるが、その多くはデバイスが未完成であることに起因している。例えば、HMDのレイテンシ、解像度、視野角が不十分なので、脳での知覚とHMD映像での知覚に不一致が生じる。この場合、無意識に空間を認識している脳の領域がアラーム信号を出し、VR酔いとなる。この不一致(誤差)は視点が静止している状態よりも視点が空間を移動する状態の方が目立つため、空間を移動する際にVR酔いが発生しやすい。逆に現実世界にて肉眼で見ている世界をHMDが完全に再現できれば、VR酔いは発生しない。よってこの種類のVR酔いはHMDの進化により解消されていくと認識している。</p> <p>視点から離れた周辺視野が重要である。現実世界を肉眼で見る場合、周辺視野がぼんやり見えている。HMDでは周辺視野も鮮明に見えてしまうので脳に過剰な刺激が加わりVR酔いを引き起こす原因となり得る。ある程度のミスマッチは脳にて補正しているが、脳への負担は大きい。現実世界でもジェットコースターで脳に過剰な刺激が加わると乗り物酔いを引き起こすことがあるが、VR酔いはこの状態と似ている。このため、自動車運転等で動体視力を鍛えている人はVR酔いを起こし難い。</p> <p>HMDが利用者に合っていないこともVR酔いの原因となっている。単純な話、焦点距離調整が適正でない場合、VR酔いを起こしやすい。また、眼間距離は個人毎に異なるが、HMDは平均的な眼間距離を前提に設計されているので誤差が生じる。利用者の眼間距離に応じて映像を調整できるHMDを作ればVR酔いを減らすことができるだろう。</p> <p>人の脳は優れているので、HMDが原因で発生する外界のミスマッチを自動的に補正している。簡易なHMDでは、このミスマッチが大きいので脳への負担が大きく、疲労、VR酔いを起こしやすい。</p>	

4. 日本と海外の状況
欧米の人の方が日本人よりも酔い難いように感じている。
5. 課題認識
<p>※HMD の改善については 3 項に記載。</p> <p>仕事で VR コンテンツを制作している立場上、政府、業界団体等の規制が曖昧なのは困る。規制で演出を阻害されることや制作した後でリリースできなくなることも有り得る。例えば、攻殻機動隊のオープニングでアンドロイドである主人公・草薙素子が組み立てられるシーンがある。シチュエーション上、ヌードである必然性がある。また、多くの女性から「綺麗なヌード」と評価してもらうようにコンテンツを制作した。これらと関係なく単純に「服を着ていないからヌード」と判断されるのは納得できない。</p> <p>逆にアダルト VR は規制を強化する必要があるように思う。</p> <p>HMD メーカーは安全な VR コンテンツを流通させるため、コンテンツ制作者に厳しいガイドラインの枠内で活動することを求めているように感じている。実際に利用者の VR 酔い感度を測定するためのテストムービーを制作したことがあるが、何らかの方法で利用者をレーティングし、そのレイトを参考に VR コンテンツを鑑賞するか否かを判断してもらう方法もあるように思う。20%の観客が VR 酔いすることを理由に作品を発表できない。つまり VR 酔いしない 80%の観客が作品を観ることができなくなってしまうのはナンセンスである。</p>
6. 国、業界団体への要望
※規制については 5 項に記載。

(10) 森ビル

対象	株式会社森ビル 計画企画部 メディア企画部 課長 出淵美奈子、 河合隆平氏
日付	2016年9月29日(木)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>未来のもの、まだ現実世界で形のないものを可視化して表現することのできるVRは重要であると認識している。現在、ARは技術的にビジネスとしては導入・実用レベルに達していないと判断し、研究対象としている。</p> <p>VR用HMDは価格と仕様が改善されており、企業レベルでも使いやすい水準になった。数年前まで50万円、100万円するPCとシステムが必要だったため、無理して導入しても社内展開する広がりが見られず、時期尚早と判断していた。現在、PCの価格も下がり、ビジネスで一般的に広まる可能性があり、導入を決めた。</p> <p>■将来展望</p> <p>VR自体はツールなので、大きな展望を描いているわけではない。今後、多くの組み合わせの中の1つのバリエーションとして使っていくだろう。自社のコンテンツに関しては、クラウド上にデータを共有し、いつでもどこからでもデータをアクセスして体験できるような仕組みにしたい。将来、AIと組み合わせると何か新しいことができるようになることを期待している。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
森ビルは、不動産賃貸業、都市再開発事業等の総合ディベロッパーに特化しているため、他の業種へのVR/ARの応用は良く分らない。	
3. 自社の取り組み	
<p>オフィスビル、商業施設等の不動産賃貸業を営むディベロッパーは、建築物が完成する前のビル建設中、そのビルに入居するテナントに対して営業活動する必要がある。一般的には、建築物のビジュアルを顧客にプレゼンテーションするツールとして模型が使用されてきた。模型は視点が鳥の目線（バースビュー）のみに限定されるため、入居するビルの窓から見る景色や時間帯により変化する太陽光、照明の影を再現することが難しい。また、模型では、人の目線から見たサイズ感が分りづらい、スケールに制限がある等の課題があった。森ビルでは、2006年から本格的にコンピュータグラフィック（以降、CG）で建設中の建物や街の姿をリアルタイムで見ることができるシステムを構築してきた。CGを制作する上で建設中の建物周辺の既存の建物、植物等をリアルに再現することが重要であるが、森ビルは、既存の都市に存在するあらゆるもの、建物、植物からコンビニエンスストアの看板、マンホールの蓋まで様々なものを様々な角度から撮影した写真、数千件を街のデータとしてライブラリー化しており、CG制作に活用している。例えば、CGのテクスチャに張り付ける店舗のディスプレイの写真は、文字が読めるほど高精細な品質である。このライブラリーの質と数が森ビルの強みであり、完成したCGは非常にリアリティがあると自負している。</p> <p>現在、森ビルでは、全ての大型開発物件でCGを制作している。CG制作チームは社員9人、社外専任スタッフ11人の合計20人くらいの規模である。ツールとしてはUNITYを使用している。</p> <p>従来、据置型ディスプレイ、プロジェクター等の2DデバイスでCGをプレゼンテーションしており、最近、Oculus Rift等のHMDでCGをVRとして体験できるようにした。</p> <p>VRでは鳥の目線、人の目線の2つをうまく使い分けるによって効果的なプレゼンテーションやテナントとの感覚共有が可能であり、テナントが不動産を契約する意思決定に繋がり易いと考えている。また、VRは制作プロセス管理が容易、制作コスト低減等のメリットがある。森ビルは、模型を制作していた時代から前述の充実したライブラリーを持っていたため、比較的、CGに取り組み易かった。</p>	

据置型ディスプレイ、プロジェクターと HMD の使い分けであるが、原則的には、目的、状況に応じて最適なものを使用している。不動産業では複数人が同時に情報共有し、その場で合意形成することが多く、また画面の解像度の高さも重要であるため、2K、4K の据置型ディスプレイ、プロジェクターを使用することが多い。HMD は同時に 1 人しか体験できず、複数人で視覚情報を共有できないことが課題である。

不動産の開発から営業までのあらゆるフェーズで使える CG/VR の一貫性に魅力を感じている。開発フェーズでは、仕様検討で様々なケースをシミュレーションしている。営業フェーズでは、画像に必要な項目を追加して、パンフレット、WEB 制作に活用している。CG/VR 制作に多少、コストが掛かっても、利用フェーズ、頻度が多いのでトータル的に考えてコストパフォーマンスが良い。

最近では、不動産賃貸業とは独立して CG 制作のみを契約する案件もある。具体的には、福井駅周辺再開発に伴う CG 制作、映画『シン・ゴジラ』への都市の CG モデルの提供、BMW の試乗体験 VR へのデータ提供等を行っている。これらの外販活動は技術力の向上に役立っている。

4. 日本と海外の状況

海外の不動産賃貸業で類似の事例があるかどうか不明。

5. 課題認識

これから HMD を使用してテナントに VR をプレゼンテーションする機会も増えるのだろうが、HMD が最適な状況はどのような時なのか、明確な判断基準を持つ必要がある。据置型ディスプレイやモバイル端末でプレゼンテーションする可能性も存在しており、建築物の CG をプレゼンテーションする際、どのような状況ではどのようなデバイスを使うのが良いのか適切に見極められるようにする必要がある。

現在、VR コンテンツ制作ツール（ゲームエンジン）は市場に事実上、unreal engine4 と unity の 2 つしかない。国産のゲームエンジンなどが出てくるといい。今でもゲームエンジンのベンダーに機能追加の要望を出しているが、海外企業なのでどちらかというと遠い存在である。

6. 国、業界団体への要望

現時点で国、業界団体への要望は特にない。

(11) 国際医療福祉大学

対象	HoloEyes 株式会社 杉本真樹 医学博士 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 准教授
日付	12月15日(木)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>実時間で空間認識を再現することにより経験を共有できるのが VR の最大の特徴である。VR を活用してこれまでできなかったことが可能になる。例えば、これまで第三者に記憶を伝える際、体験を文章、写真等に変換して情報共有をしていたが、VR では空間つまり体験をそのまま伝えることができる。将来的には文章、写真等が VR に置き換わる可能性がある。</p> <p>VR と AR の違いは現実の有無の違いである。例えば、医療分野での AR 活用例として、医師が手術中にマイクロソフト社の AR 型 HMD・ホロレンズをかぶって、患部の 3D データを患者の上の空間に表示したことがある。VR は 100%虚構の映像(人工の映像)である。例えば、ベテラン外科医の手術再現する 3D の VR を制作することで医師があらゆる角度から手術を見ることができるようになる。このような VR は「現実で何ができるか」を考える材料となる。一方、AR は現実的に人工の映像を投影することで「現実には何が足りないのか」が見えてくる。</p> <p>■将来展望</p> <p>医療分野では、患者のデメリットとなることを極端に重視する。薬事法をクリアするのは大変で、通常、承認に 1~2 年かかる。</p> <p>VR がゲームから始まったのは事実だが、生活する上でゲームは必須のものではないので VR ゲーム自体は重要であるとは思っていない。しかしながら、VR ゲームで VR の認知が広まり、誰もが VR が魅力的で便利なものだという認識が形成されると VR の産業分野での利用がし易くなるかもしれない。</p> <p>VR の利用拡大には機器の価格低下よりも、どれだけ VR が社会実装されていくか、つまりどれだけ実際に VR が産業分野、生活に使われるかが最も重要である。例えば、一般的に医療分野では多少、コストがかかっても課題解決が優先し、新しい技術を導入する。一方、スマートフォンのように、「あると便利」という世間一般での認識と一般消費者レベルでの認知度向上というベースがあって、初めて医療現場で先端技術が導入される。医療分野における VR の利用拡大もこのような流れで実現すると認識している。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>VR は医療分野と非常に相性が良い。既に CT、MRI によって人体の 3D データが大量に存在し比較的簡単に 3D CG モデルを作ることができる。ゲーム等のように時間をかけて 3D データ制作から開始する必要がない。</p> <p>例えば、外科手術の前に患者の CT スキャンで得られた 3D データから 3D CG モデルを作りその映像を表示することにより、執刀医、看護師が患者の状態を具体的に把握することができる。例えば、執刀医が手術中、看護師に「ここを切る」と言葉で説明する際の「ここ」を手術前に映像で説明できるので、大変有用である。</p> <p>医療分野では、医師が専門誌、学会等で公表された過去の論文で治療効果、副作用等を調べて治療方法を決める evidence-based medicine (根拠に基づく医療) が主流である。この方法には論文が完成するのに 5~10 年の長期間かかることや論文検索、スタディに時間がかかること等の課題がある。従来、論文が唯一の医療情報の共有方法だったが、VR 技術により 3D データを活用した映像情報を医療情報の共有に活用することで、evidence-based medicine の形態を変えることができるかもしれない。少なくとも 3D データを活用した映像情報を医師から患者への説明の際、利用することは可能になる。</p>	

3. 自社の取り組み
<p>2016年10月、HoloEyes株式会社を設立し、CT、MRIで得られた3DデータをVR/ARで見ることのできるツールを提供している。</p> <p>また、米国を始め外国では日本よりもCT、MRIを使用することが少ないため、患者本人のデータの代わりに類似した患者のデータを利用することを考えている。日本国内で患者本人の合意のもと医療機関からデータを集めてデータベースを構築している。</p> <p>さらにAI技術を癌の境界の判別等に应用することを目指している。</p>
4. 日本と海外の状況
<p>日本のコンテンツ制作は総じて作り込みが丁寧である。一方で海外はグラフィックのクオリティは高いが体験自体のクオリティは高くないものも多い。国ごとの状況としては、中国はVRビジネスが上手くいっているようである。中国市場は十分大きく、中国市場のみで投資を回収可能である。コンテンツの不正コピーが流通しているが、不正コピーが広まるまでの短期間で投資を回収するという考え方で新規性のあるコンテンツを制作しているようである。制作体制では、日本から中国へのコンテンツ制作のアウトソースが進んでいる。コスト面を考えると中国のみならず、インドやイスラエル等にアウトソースすることも十分にありえる。</p>
5. 課題認識
<p>医療現場への導入のためには機器費用は安価なほど望ましい。VR/ARの認知度向上によって各種現場への導入も進む。様々な分野で課題解決型のVR/AR活用事例の情報発信を増やして欲しい。</p> <p>現在、VRの産業利用の議論では「VRをどう使うか」というテクノロジーファーストになりがちである。実際には分野によってVRが最善の解決手段ではないこともあり、このアプローチは良くない。体験を伝えることができるのがVRの特徴であるが、まず、何らかの課題に対して、この特徴が使えるかどうかを考えるべきである。例えば「どのようにVRを観光分野に使うか」ではなく「旅行の素晴らしさを伝える時に、VRは使えるのかどうか」を先に考えるべきである。</p> <p>岩波書店科学ライブラリー、NHK大科学実験のような過去の優れたコンテンツを再利用して3D化すべきである。</p>
6. 国、業界団体への要望
<p>現時点で機器価格は高く、国から導入のための補助金が欲しい。</p> <p>VRコンテンツがアニメやアダルト等のエンターテインメント分野に寄りすぎている。実社会にもっと広く受け入れられるような社会実装を前提とした産業分野への応用を後押しする補助金・助成金等が必要である。例えば、教育分野ではトレーニング等にVR/ARが使える場面が多いので補助金・助成金の対象としてはどうか。</p> <p>VRのような先端技術を導入するにあたり、ソリューションとしてどのように実装していくのかを考えるために、BtoBの現場をつなぐ人材開発が必要である。例えば、VRビジネスを体験できるようなインターンシップ制度の実施を提案したい。</p>

(12) ソニービジネスソリューション

対象	ソニービジネスソリューション株式会社 メディカル営業部メディカル営業部 課長 川田忠興
日付	2016年9月8日(木)
1. 据置型ディスプレイとの比較	
<p>【HMDのメリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・偏光レンズ眼鏡を使用すれば据置型ディスプレイでも3D画像表示できるがHMDではよりリアルな3D画像を提供できる。 ・内視鏡外科手術の際、執刀医に向けてモニターを設置する。患者を挟んで執刀医の反対側に立つ助手は別置きモニターを使用する。別置きモニターでは映像の左右を反転させるので見づらい。HMDでは助手も自然な体勢で内視鏡カメラの画像を見ることができ、内視鏡ビデオ画像プロセッサには執刀医助手用2台のHMDを接続可能。 <p>【HMDのデメリット】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・HMDの装着感に慣れる必要がある。 ・HMDを滅菌することができないので執刀医はHMDに触ることができないが、手術中にHMDがずれてしまうことがある。 ・ヘッドマウントモニターの表示素数はフルハイビジョンの据置型ディスプレイに劣る(HMD=水平:1280×垂直:720 フルハイビジョン=水平:1920×垂直:1080)。 ・執刀医が映像酔いを起こすことがある。 	
2. 医療用HMDとしての特徴	
<ul style="list-style-type: none"> ・執刀医がHMDを装着したまま手術器具や患者の体を肉眼視できるようHMD下部に隙間を作っている。 ・内視鏡以外の映像を小画面で重畳できるようになっている (例:超音波エコーの画像を小画面に重畳)。 	
3. その他	
<ul style="list-style-type: none"> ・長い手術の場合、5～6時間程度かかることもある。 ・東京医科歯科大学・木原先生と本製品を共同開発した。木原先生の泌尿器科術法では本製品が使い易い。木原先生のような理解者を増やすことが本製品を拡販する上で重要である。 ・薬事法により内視鏡手術の身でしか本製品を利用できない。例えば血管内にカテーテルを挿入する血管造影では使用できない。 ・以下の病院に積極的にHMDを売り込んでいる。 <ul style="list-style-type: none"> ○外科手術用3D内視鏡システムのユーザ (http://www.olympus.co.jp/jp/news/2013a/nr1304093dscopej.jsp) ○手術支援ロボットダヴィンチのユーザ (助手用としてHMDを使用する http://j-robo.or.jp/da-vinci/index.html) 	
4. 日本と海外の状況	
<ul style="list-style-type: none"> ・少なくとも日本国内のメーカーは本製品の競合製品を出していない。多分、海外でも競合製品はない。 ・米国では日本よりも本分野での規制が厳しく、あまり入り込めていない。 	

5. 課題認識
<ul style="list-style-type: none">・多くの執刀医は 2D カメラでの手術に慣れている。外科用内視鏡カメラ市場では 3D のシェアよりも 2D のシェアの方が高い。・医療は人命に関わる領域なので保守的であり本製品のような新しい製品が市場に入り込むには時間がかかる。
6. 国、業界団体への要望
特になし。

(13) 日産自動車

対象	日産自動車株式会社グローバルデザイン本部デザインリアライゼーション部 部長 岸本、主任 五十嵐 デザインビジネスマネジメント部 河内氏、岡野氏
日付	2016年10月5日(水)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
VR/ARは徐々に社会に普及すると思う。HMDを「人が集まる場所にて複数人で同時に使用する」と「自宅にて個人(1人)で使用する」のでは局面はまったく異なる。将来、HMDが二極化すると認識している。	
2. 各産業への応用可能性	
海外、宇宙のペッパー(自分のアバター)を日本から操縦して観光、買い物したい(テレエクジスタンス)。このようなシステムはビジネスでも有効。 建築設計。モーターショーのブース設計に使いたい(不動産販売にVRが使われ始めているが展示会のブース設計には使われていない)	
3. 自社の取り組み	
<p>◆自動車デザイン部門における大型の据置型ディスプレイとHMDの使い分け</p> <p>自動車をフルサイズで表示する大型の据置型ディスプレイはトップマネージメントが複数のデザイン候補の中から採用するデザインを意思決定するために使用している。HMDはデザイナーが日常的に検討するために使用している。また、HMDは主にインテリア(内装)のデザインで使用している。例えばHMDはインテリアのデザインで以下をチェックするのに適している。エクステリア(外装)でもヘッドランプ単体のようなパーツのデザインにはHMDも使用している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天井の圧迫感 ・乗員の視界(どこまで見えるか) ・ピラー(車両のボディとルーフを繋ぐ柱部分)が視界の邪魔にならないか。 <p>エクステリアのデザインにHMDをあまり使用しない理由は以下。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型の据置型ディスプレイにてフルサイズで見た方が表現力、リアリティがある。 ・HMDと比較して据置型ディスプレイの方が高解像度である。本件、HMDの課題である。 ・エクステリアのデザインを確認する際、動きながら見る事が多くHMDのケーブルが邪魔である(インテリアのデザインでは同じ場所に座ったままデザインを確認することが多い)。 ・多数の人が同時にデザインを確認することが多いが、HMDではHMDを装着している本人しか映像を見ることができない。 <p>◆大型の据置型ディスプレイとHMDの長所・短所</p> <p>大型の据置型ディスプレイのメリット：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレゼンターがプレゼンテーションの対象者に対して注目して欲しいポイントを示すことができる。 <p>HMDのメリット：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自分を中心に360度何処でも見ることができる。 ・立体感を持たせることができる。 ・高い没入感を実現できる。 <p>HMDのデメリット：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2Dと比較して3Dでは解像度が半分になってしまう(裸眼を超えるような解像度のHMDが欲しい)。 ・高いスペックのPCが必要である。 	

<ul style="list-style-type: none"> ・現在の技術では VR 画像の完成度が低い。 ・現在の HMD では視点のみならず視界全体がはっきり見えるので不自然である（プログラムがアイトラッキングで人の見ていない部分を認識し、映像をぼやかさないで本当の意味でリアリティが出ない。裸眼で実際に見ている画像では視点周辺以外はぼやけている。人はそれを脳で補正し視界全体がはっきり見えるようにしているの、この状態を自然であると認識する） ・通常のメガネでも視点から遠い部分が歪むが HMD でも同様の歪みがある。 ・HMD の立体画像は平均的な眼間距離に基づいて制作されているが、実際には個人毎に眼間距離は異なる。このため眼間距離が平均でない人が HMD を使用すると VR 映像に誤差が生じてしまう。自動車デザインではこの誤差を無視できない。このため、デザイナーは VR 映像を完全に信用することができない（個人毎の眼間距離に合わせて映像を補正できないか）。例えば大学教授に VR 映像の正確さを保証させる等の特別なことをしないと一旦、VR 映像に不信感を持った人の認識を変えることは難しい。現時点で保証できなくてもせめて将来的に VR 映像が正確になるよう進歩していくロードマップを示して欲しい。 ・据置型ディスプレイと比較して操作者からの入力が難しい。 ・業務での使用時間は 1 回あたり 5～10 分であるが疲労感、VR 酔いで普通の状態（HMD 使用前の状態に戻るまで 時間がかかる。負担感が少なく自然な状態で仕事できる HMD が欲しい。）
<p>4. 日本と海外の状況</p> <p>地域毎の開発環境に合わせ、適宜、VR 技術の活用を推進している。</p>
<p>5. 課題認識</p> <p>3 項の「エクステリア（外装）のデザインに HMD をあまり使用しない理由」と「HMD のデメリット」が HMD の課題であると認識している。</p>
<p>6. 国、業界団体への要望</p> <p>ドイツの自動車メーカーは 1 社のみならず大学や政府と協力体制を構築しているように感じている。例えばポルシェは大学とレンダリングサーバをシェアしているらしい。日本でも欧米のように自動車業界全体と大学、政府と協力体制を構築するべきである。</p> <p>HMD で使用するデータが MAC、Linux、Windows 等の汎用的な OS にドライバーソフトウェアをインストールするだけで使用できるよう互換性を持たせるようにして欲しい。アイトラッキングの規格を統一しアイトラッキング付きの HMD を一般的な CAD ソフトと一緒に使用できるようにして欲しい。</p> <p>競合車種と開発中の新車のデザインを比較するため AR 技術で複数の人があたかもリアル（実物のクラウン）とバーチャル（開発中のフーガ）が並んで置かれているかのように見えるようにして欲しい。</p> <p>VR 画像を見る 95%は完成前のものである。複数人が同時にバーチャル画像を見てその場で修正できるのが理想である。現在、ミーティング後に持ち帰り、修正するので生産性が低い。中国の自動車メーカーは開発スピードが早く、対抗上、効率化が求められている。</p> <p>AutoDesk 等の CAD ソフトは CG 用のデータを作成できるのでソフトウェア間のデータ互換性は高い（AutoDesk 等の CAD ソフトが HMD に対応しているので簡単に HMD で 3D 画像を確認することができる）。但し、ソフトウェア間でデータ交換するとオリジナルのソフトウェアで見るのと微妙に見え方が変わる。（データを作成したオリジナルソフトウェアで見る映像が最も正確）</p>

(14) me leap

対象	株式会社 me leap CEO 福田 浩士
日付	2016年9月22日(木)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>VR と AR は全く異なっている。VR はバーチャルの中に入って非日常の体験をするもので、日常ではできないものを体験する。AR はリアルな空間をベースに、現実的に情報を付与する体験をするもの。これらの違いは、CG の量やバーチャル量の違いとも言える。</p> <p>VR や AR が発展すると、これまでのメディアと違って圧倒的に臨場感が生まれるようになる。見える世界のその体験、音風、映像、その全てが 3D で感じられるようになる。その体感度合いが今までのものと違う。何を覚えていくのかという点については、逆に何が変わらないのかということを考えるべき。</p> <p>■将来展望</p> <p>今年は様々な VR デバイスが発売されたが、すぐには市場が伸びない見通し。iPhone と同じで最初はあまり売れないだろう。VR は今年、第一世代の製品が発売され、改良型が 2019 年とか 2020 年くらいに登場し、そこから本格的な普及が始まるだろう。</p> <p>AR に関しては、2019 年から 2020 年頃に一般消費者向けのデバイスが登場して広まっていくだろう。現時点では、視野角など AR の技術的な課題は多い。現状 AR は、話題性のあるデバイスやアプリがしばしば登場するほか、BtoB での作業補助で使われる程度。BtoC で普及するには、一般消費者のニーズを満たすハードウェア性能や軽量・小型化が必要になる。</p> <p>また、一般消費者が AR に求めているものは、圧倒的臨場感。現状では、AR を使っても臨場感が乏しい。また、重く、画角が狭く、操作し辛いといった課題が山積しているため、コンシューマーに広がる段階ではないと考えている。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>AR はどの産業でも活用できる可能性があるため、こういった用途が先行するののかという見方ができる。既に取り組みされているものとしては、作業補助が現場のニーズを満たしており、工場等での導入が増えつつある。</p>	
3. 自社の取り組み	
<p>スマートフォンをオリジナルのデバイスにはめ込んで使う AR 対戦ゲーム HADO でテクノロジーを使った新しいスポーツを、一般消費者が求めているとの感触を得ている。</p> <p>最初はハウステンボス、次にナンジャタウンで導入。ハウステンボスには 3 種類のコンテンツを導入し、どちらもアトラクションの中ではトップレベルの評価をお客様から得ている。現在は 4 つ目の企画を進行中。1 日 200~300 人が体験し、ビジネスとしても結果が出ている状況である。</p> <p>体験するお客様の層は予想以上に様々。ヒーロー映画やファンタジー作品など子供向けの IP (Intellectual property : 知的財産) と連携したコンテンツを提供した場合、体験者の多くは子供。一方、ハウステンボスでは、高年齢の方や外国の方に体験いただく等、幅広い層が体験した。</p> <p>当初、「20 代・IT 系・活発な人」を想定していたが、実際にサービスを開始すると多様な層のお客様が体験している。</p> <p>HADO が考える AR の価値というのは”AR で体を動かす”ということ。体を動かして、今までになかったバトルの実現を目指す。狙っているマーケットはアーケードなど施設型のエンターテインメント市場。ショッピングモール等の施設に HADO を導入し、体験してもらう。</p> <p>VR では、中国を筆頭にいち早くビジネス化が進んでいる。現状では AR 特化の体験施設はまだ存在しないため、主に VR 体験施設への導入を考えて交渉を進めている。中国では月に数件の頻度で上海・北京等の各都市に施設がオープンしている。</p> <p>今後、取り組もうとしている市場は、アミューズメント施設市場、イベント市場、コンシュー</p>	

マー市場の3つ。

アミューズメント施設市場ではプレイ代金をその都度回収し、ビジネスを回していく。そしてそのプレイヤーコミュニティを支えるのが HADO WC (W杯) 等の主催イベント。イベントに出て、賞金を獲得できるシステムを作って、憧れの選手になりたい、ヒーローになりたいと思わせる等の良いスパイラルで回る仕組みを作ることが大事。

将来的にはコンシューマー向けにしていく。

国内外を問わずに展開を進めており、海外だと上海 JOYPOLIS、青島 JOYPOLIS などの案件が既に稼働中。常設展示を目指す。

【事務局補足：HADOの詳細情報 <http://meleap.com/>】

4. 日本と海外の状況

VR と AR は将来的には近づいてくるため、不可分な存在であるとの印象を持っている。VR が AR に近づくのか、AR が VR の近づくかの違い。

AR 業界は業界と言えるほど発展はしていないため、HADO は VR のコミュニティーに参加している。日本の VR 業界の強みは2つある。1つ目は「サマーレッスン」のような緻密なコミュニケーションデザイン。AI を利用したキャラクターとのコミュニケーションデザインを緻密にやっていたのが日本の強み。

2つ目はドラゴンボール等の強力な IP コンテンツがあること。IP (Intellectual property : 知的財産) とのコラボは強力で、弊社も過去にイベントを実施した際は非常に評判が良かった。会社としては IP 頼みではない状態を今後は作らないといけなく感じている。

5. 課題認識

AR の技術的な課題。スマートフォンを使った AR デバイスでアトラクションを運営するというのは、誰もやったことのない、作ったことのない世界初の連続。技術的な検証を毎日試行錯誤している。マーカーを使ったトラッキングをマーカーなしにする試み、無線通信の通信能力向上、機種として利用している Xperia を iPhone に移行するための最適化等。技術面の検討は自社で全てやっている。

ビジネス的な課題としては、リピーターを増やすこと。1回だけで面白いのではなく、何回もやってもらえ、かつ友達を巻き込むための方策を考えなければいけない。レベルが上がる等、プレイすればするほど、“はまる”仕掛けを考える必要がある。

また、1つの設備あたりの導入コストをいかに下げるか。デバイスを安く生産し、耐用年数を延ばす工夫を続けている。

6. 国、業界団体への要望

ビジネスマッチングをもっと促進させるような仕組みが欲しい。すでに IP を持っている会社と制作会社のマッチングはビジネスを加速させる。

年齢制限に関して、根拠をしっかりとしたうえでルールを決めてほしい。常設展示をやっていると、子供に影響がないのか聞かれることがあり、体験前に子供の親に同意書を書いてもらったこともあった。

(15) 愛知工科大学

対象	愛知工科大学 工学部 情報メディア学科 板宮朋基 准教授
日付	2016年11月9日(水)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>VR/AR は今まで実感として体験できなかったことを、立体的に見ることができて没入できるという点が特徴的。VR/AR は人間の感覚を高め、人間が新たな発想を持ち、次の行動に移ることを可能にする新しいメディアだと捉えている。映画等の既存メディアは感情にまでは訴えかけるが、生理的恐怖や幸福感にまでは至らない。VR には生理的・根本的に人間の本能に訴えかける力がある。</p> <p>利用者の体験に関して、AR は VR とは違ったベクトルを持っている。AR では、今いる場所や普段いる場所の周辺の風景の中で何かのインパクトのあるものを見せたい場合に有効。AR の方が防災では一般的な裾野は広い。現在の AR の欠点はオクルージョン処理（前後関係を認識して、背景のものを隠す）ができないこと。デバイスがデプス（奥行き）を認識できない。</p> <p>結果的に VR でやることになり、作り込まないといけなくなるので手間がかかる。AR は作り込まなくて良いため転用しやすい。また、位置トラッキングのできるハイエンド VR は利用者が動き回るコンテンツに向いている。</p> <p>VR を使うことで人目は引くが、1 人ずつ体験しなければいけない点も課題。一人が体験できる時間は長くて 2 分程度。VR では体験できる総人数が限られてしまう。</p> <p>■将来展望</p> <p>マイクロソフトの HoloLens やグーグルの Tango など、デプスを認識できる AR デバイスが登場してきたことで、AR の可能性が拓けて来ている。</p> <p>2~3 年したら Tango はどのスマートフォンにも搭載されるだろう。体験の質が変わってくる。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>防災と VR の相性はいい。20 年前から防災への VR 利用は研究されており、現在の高潮、津波シミュレーションのような発想も当時から存在していた。海外でもスクリーン式のシミュレーターがあったが、高価で運用も大変で、シミュレーターのある場所まで行かなければ体験できないという課題があった。</p> <p>VR のデバイスは“持ち運びできる”のがメリットの 1 つ。防災の VR 体験のためにどこかに行かなければいけないのではなくて、学校・職場などいつもいる場所で体験できる。お祭り等でも展示できる。</p> <p>防災 VR の体験者は、「しゃがんでも足元が見えない」、「溺れそうになった」等、災害に対して一人称で語れるようになった。体験の後にフォローアップも必要であるため、VR 体験だけでなく授業でもきちんとレクチャーしている。VR 体験を防災の導入教育として位置づけている。VR は既存のものをより活発化させるための有効なツールと考えることもできる。教育現場にもスムーズに入っていける。イメージが湧かないなどの既存の授業の問題点を補うことができる。</p> <p>一般に防災教育は安価に実現できなければならないという意識が根強く、よくある方策は紙芝居やすごろく。比較的進んだ取り組みでは、スマートフォンアプリや Twitter 利用するケースもある。しかしながら、これらの方法ではなかなか、人々の意識は防災に向かない。</p> <p>スマートフォンとカードボードをパッケージ化して提供することも考えている。社会的効果はあるが、ビジネスにしていくには厳しく、現在、手弁当でやっている。</p>	
3. 自社の取り組み	
<p>もともと防災の専門家ではなく CG やアプリ制作を専門としている。</p> <p>東日本大震災をきっかけに防災に取り組み、スマートフォン VR を使った津波のシミュレーターと煙シミュレーターを提供している。</p> <p>防災で使われるハザードマップでは、実際に災害が起こった時にどうなるのか、なかなかイメージできない。ハザードマップの見える化のために、没入できて誰にでも伝わる VR を取り入</p>	

れた。

VRによって、生理的に危機感を体験できる。特に水をそれらしく映像化することでCGでもインパクトのある体験になる。水をリアルにすることで、流される体験がリアルに感じられる。

防災訓練は地味でなかなか人が来ない。VRは珍しいので、子供も親も防災訓練に集まってくる。VR/ARでの体験を機に「改めてハザードマップ見てみよう」と誘導していく。

現在では、RICOH THETAを使って自分の知っている風景を水に沈めるコンテンツも導入。知らない場所の風景を見ても他人事ではないが、自分の知っている風景が水に沈むと自分のことだと認識する。防災意識を高めるように工夫し、リスクを伝えて危機感を持ってもらうことが重要。

4. 日本と海外の状況

防災の取り組みに関しては、日本で類例が少ない。一緒にやっっていく人を募集したい。VR/ARというよりは日々教育に関わっていて、スマートフォンさえ持っていない教員の方も珍しくなく、悩ましい。

5. 課題認識

今後、どのようにスケールアップさせていくかが大きな課題。現場からの引き合いは多く、現場のニーズとVR/ARがうまくは適用できている感触はある。需要に追いつけていない。交通費程度の見返りの低予算でやっている。

スマートフォンを使うVRなので低コストで何百人もできるというのが大事。これなら、できそうと現場の人たちは思ってくれている。事業化するにしても難しく、公的な予算や値付け・お金とるのも難しい。ビジネスモデルを悩んでいる。

技術面では、スマートフォンにデプスセンサーがついた時点で実現可能なARコンテンツが大きく発展する。そうなれば、体験の質が変わってくる。3Dセンサーやデプスセンサーなどは進歩のスピードが速く、最先端技術に追いついていくのが大変である。また、このような課題と一緒に取り組める人材も少ない。

「防災に資金が集まり難い」⇔「防災に優秀な人材が集まり難い」といった負のスパイラルが起きてしまう。

防災だけでなく、教育・啓発支援に関する事業化も考えてみた。教育とVR/ARについて学校の教師に見せると効果的だと評価してくれるが、教育自体のパッケージ、事業化が難しい。公立の中学校、高校では教育委員会を通さないとうまくいき難い。ある県立高校の先生が授業でVRを使おうとしたらスマートフォン持ち込み禁止で学校に機材を持ち込むことすらできなかったことがあった。コネクションなしにやろうとすると大変で、参入障壁が高い。

6. 国、業界団体への要望

HMDに関する子供の年齢制限が機種によって様々である。VR体験会開催時にはHMDから目を離さないようにして管理を徹底している。

子供は二眼の場合、7歳以上。体験時間は短く、アプリ配信はしていない。一眼バージョンも作成中だが、体験しているときの反応を比べると、二眼の反応が良い。一眼と二眼で体験のクオリティに差が感じられる。

VR/ARは珍しいので、年齢制限に満たない子供もやりたがる。法的な規制がかかっているガイドラインがあると子どもや親を説得しやすい。

防災教育にVR/ARが有効だということを広めてほしい。そして、国としても、VR/ARなどの先進的な技術を使った取り組みが小中学校の末端まで行き届く仕組みを作ってほしい。

(16) 長崎大学

対象	長崎大学教育学部 瀬戸崎典夫 准教授
日時・場所	2016年12月22日
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
■現状認識 VRは2016年、ブームだった。 ARは、少し前のマーカーを使用したタブレット向けコンテンツのブームが終わり、あまり活気がないように感じている。	
■将来展望 キラーコンテンツが登場するかにかかっているが、VRはエンターテインメント分野で根強い人気があり、2017年以降、少なくとももう少しブームが続くと認識している。 輝度、視野角等の技術的課題が克服されたARデバイスが製品化されることに期待している。 ARが普及するためには、公共の場で利用するための安全性確保も課題である。	
2. 各産業への応用可能性	
自分の専門領域（教育分野）以外では、VRは観光業との相性が良いように感じている。「どこでもドア」のように、簡単には行くことが難しいところへ行くことができるコンテンツやタイムマシンのように過去、未来に行くことができるコンテンツに魅力を感じる。	
3. 自社の取り組み	
2006年、博士論文にて月の満ち欠けを教育するVRコンテンツを制作した。本コンテンツでは表示装置としてプロジェクターを使用し、大型スクリーンに投影した。 2008年、天体の動きを教育する「飛び出す教科書」的なARコンテンツを制作した。空間認識が苦手な教師にとって地球、月、惑星等の天体の動きを生徒に説明するのは難しい。天体模型を使用する方法もあるが、天文模型では宇宙からの視点に限定されてしまうので、地球上の視点から見た月、惑星の見え方を説明するのが難しい。 2013年、長崎平和教育のVRコンテンツを制作した。長崎市の小学校にて導入済みのIT設備を考慮し、タブレット上で動作するようにした。対象OSはIOSのみで（IOS9以下）、Androidに未対応。日本語版、英語版ある。無料でダウンロード可能。教育環境で使い易いように全てのデータをアプリ側に持たせている（ネットワーク環境なくても使用可能）。 本件の詳細は https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/39/Suppl/39_S39054/_pdf を参照。 現在、旧日本軍の真珠湾攻撃のVRコンテンツを計画中。	
4. 日本と海外の状況	
米国では日本と比較して科学教育の予算が大きいので、その分、教育へのVR活用が進んでいるのではないかと感じている。 日本VR学会のメンバーは工学系中心なので、比較的、教育への関心が低いように感じている。	
5. 課題認識	
自分自身が教育用VRコンテンツを制作する上での一番の課題は、製作費確保である。学生に協力を求めても教員養成大学（特に小学校教育教育コース）では、システム開発を得意とする学生が少なく、マンパワーが不足している。 日本でVRコンテンツを教育に活用するために解決すべき主な課題を以下に示す。 <ul style="list-style-type: none">教育現場において、VRコンテンツを購入するほどの予算の確保が難しい。そのため、教材制作会社との連携によるVRコンテンツの開発が必要であろう。教師、保護者等の学校関係者において、VRの教育利用に対する学習効果への認識が高いと	

は言い難い。

- ・ 公立の小中学校でVRコンテンツを端末にインストールして使用する場合には、その市町村の教育委員会の許可を必要とする場合がある。
- ・ 教員のITリテラシーにも個人差があり、積極的なVRコンテンツの教材利用に至らないことがあり得る。
- ・ タブレットの導入が進んでいるものの、導入する端末が異なる場合があり、多様な端末に対応したコンテンツ開発が肝要である。また、多くの学校が、40名程度の生徒が同時に VRコンテンツをダウンロードできるほどのネットワーク環境が整備されているとは言い難い。
- ・
- ・

6. 国、業界団体への要望

国には VR コンテンツ制作、利用環境整備の予算確保を期待している。

(17) 東京大学

対象	東京大学 ※事務局補足：乳幼児における VR と現実の差を認知する年齢についてヒアリングしたため、他とヒアリング項目が異なる。
日付	2016年9月27日(火)
1. 乳幼児における VR と現実の差を認知する年齢	
<p>実際に実験しないとはっきりしたことを言えないが成人でも VR を現実であると誤解する可能性があること(*1)および乳幼児の知覚能力は成人よりも弱い可能性があることから乳幼児は VR を現実であると誤認することがあると推定できる。</p> <p>*1: 事務局補足 理化学研究所脳科学総合研究センターの代替現実 (Substitutional Reality: SR) では成人でも VR を現実と誤解する可能性がある。 http://www.riken.jp/pr/videos/profile/20140106/ https://www.youtube.com/watch?v=wGE-Y7ROduk&feature=youtu.be 【事務局補足】 「赤ちゃんの不思議」(2011年・岩波新書)には10ヶ月の乳幼児がTV映像と実物の違いを理解可能とある。</p>	
2. HMD の年齢制限	
<p>過去、3D映像が原因で急性内斜視を発症した小児がいる。3DテレビよりもHMDを使用したゲームの方が急性内斜視となるリスクは高い。子供はいろいろな意味で発達段階にあり、大人と比べて注意が必要である。HMDによっては、年齢制限のみで具体的な利用時間を規定していないものもある。根拠が曖昧であると認識している。</p> <p>メーカーが年齢制限を示した上でHMDを販売しているが、現実的には家庭内で年齢制限未満の子供が使用する可能性はがあると推定できる。医学会では新薬発売前に動物実験、特定の被験者での人体実験等で安全性を検証する。被験者に悪影響が出る可能性を考えるとHMDにより斜視を起こす可能性のある年齢を実験で明確化することは極めて難しい。</p> <p>また、メーカーの注意を無視して立ったままプレイしてプレイヤーが転ぶリスクもある。メーカーがどのようにリスク回避を検討したのか分からないがこのような状況ではリスクがあると感じている。本テーマのみを検討する委員会があっても良いかもしれない。少なくとも実態を把握するため、聞き取り調査すべきである。</p>	
<p>事務局補足：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Oculus Rift、Gear VR の対象年齢＝13歳以上 (Oculus ベストプラクティス) ・プレイステーション VR の対象年齢12歳以上 (http://www.jp.playstation.com/psvr/faq/) ・タカラトミー・JOY!VR の対象年齢＝15歳以上 (http://www.takaratomy.co.jp/product_release/pdf/p160929.pdf) ・3Dテレビに関する検討会 最終報告書(2012年10月)のP18には6歳位以上は斜視の危険性が低いとしている。 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000182839.pdf) 	
大阪大学大学院医学系研究科 不二門尚氏の講演 (http://panora.tokyo/3767/)	
3. 国、業界団体への要望	
※2項を参照願います。	

(18) コロプラ

対象	株式会社コロプラ VR コンテンツ開発チーム 小林傑氏 株式会社コロプラネクスト 代表取締役社長 山上慎太郎
日付	2016年10月27日(木)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
<p>■現状認識</p> <p>VR は次のプラットフォームになると確信を持って参入している。VR は今までのテレビのような四角い枠に収まらない点で従来のメディアと根本的に異なる。インターネットやスマートフォンよりも大きな存在(メディア)になると確信している。特に視覚・聴覚に訴える体感メディアであり、これまでにないものになる。</p> <p>VR では先行者利益が肝心になる。ジャンルではゲームと 360 度動画が最初に 1、2 年ほど牽引する。</p> <p>VR デバイスがより手軽に手に入るようになることと、さらに高品質にならないといけない点が現時点の課題。利用者に HMD を被らせる意味を認識して貰えるかも大きな課題。わざわざデバイスを被ってまでやりたいものがあるのかがポイント。コンテンツの魅力が必要になる。少し待てば家でも映画を見ることができるといえる状況で、いかにして観客を映画館に行かせるかに似ている。</p> <p>■将来展望</p> <p>5 年後に 1 家に 1 台の VR HMD が導入される状況を理想と考えている。移動中に利用することはないと思うが、家庭でテレビの置き換えとして VR HMD を使用するイメージがある。</p> <p>最終的には VR/AR/MR の区別がなくなっていく。VR は技術が既に確立されており、現在のものを改善していけば良い。一方、AR は視野角などまだ技術的に超えなければいけないことが多く、課題解決に時間がかかるため、誰もが使えるようになるのは VR よりも時間がかかるとの見通し。但し、その技術的な課題がいつ乗り越えられるかは分からず、Magic Leap 社の動向には注目している。</p>	
2. 各産業への応用可能性	
<p>いかなるメディアでもゲームと動画は活用されていくと考えている。他の分野で盛り上がったとしてもゲームは残る。ゲーム・動画以外の利用も検討されている。</p> <p>VR が既存の業界を変えるほどのインパクトのある存在になるかどうか。医療や不動産は相性が良いと言われているが、VR が産業そのものを活性化させるかは未知数。</p> <p>コミュニケーションは、あらゆる産業で VR を活用するベースとなる可能性がある。コミュニケーションを使った医療教育など、全方位で活用できるのではないかと考えている。そういう意味では VR コミュニケーションはインフラになりえる。</p> <p>教育はビジネス化が難しい。Facebook の VR 教育コンテンツの投資額は 1000 万ドル。ゲームやエンターテインメントなどの VR コンテンツ全体への追加出資額が 2.5 億ドルであることを踏まえるとやはり期待値は低い。</p> <p>スポーツも VR を活用したバーチャルスタジアムのようなものができるのと観戦の幅が広がる。しかし、回線速度や画質など技術的にはまだ実現困難。</p> <p>教育、医療での活用について取り組むスタートアップは増えてきている。出資の話は持ち込まれるが、ビジネスになるのかという課題がある。</p> <p>ゲーム以外で VR を使おうとする会社が増えてきたのは事実。一方国内の会社でゲーム以外に取り組んでいる事例は少ない。ただ、既存の大企業では昔から VR に取り組んでいる会社が多いので、その VR 部門が拡大してきている、という変化はある。</p>	
3. 自社の取り組み	
<p>コロプラ本体で VR ゲーム開発。子会社の 360Channel は 360 度映像制作と配信プラットフォームの運営を行っている。また、Colopl VR Fund を運用しており、1 号ファンド、2 号ファンド合</p>	

わせて1億ドル規模。

開発体制は、ゲームを担当している人数が数十名程度。360Channelでは数十名程度が従事。

プラットフォームを問わず今まで配信したVRコンテンツは7本。今年5本配信したので、来年はもっと増やしていきたい。但し、現時点では本数以上に質を向上したい。

各プラットフォームを比較すると、国内ではプレイステーションVRのユーザが圧倒的に多い。

動画は70本程度配信(2017年2月1日時点では178本)。映画の告知コンテンツを除けばすべて内部で制作している。

4. 日本と海外の状況

アメリカ、中国では、ハードウェアの出荷台数が多いため、コンテンツはアメリカ、中国向けに作る必要がある。

Oculusからは、ヨーロッパではドイツへの出荷台数が多いと聞いている。

対象とする国によって、デザインの方向性や細部の詰め等、制作するコンテンツは異なってくる。

世界と比べ、日本ではOculus RiftとHTC Viveのシェアが非常に低い。プレイステーションVRは日本でシェアが高い。世界中で日本が一番プレイステーションVRのシェアが高いことは間違いない。半年から1年はこのシェア率は変化しないという見通し。

VRに絡むスタートアップの数は圧倒的にアメリカが多く、都市ごとにVRスタートアップの傾向がある。ロサンゼルス、サンフランシスコ、シアトル、バンクーバー、オースティン等にはもともとゲームスタジオがあり、VRゲーム開発も手がけ始めている。NYはメディア系の会社が多い。

欧州では、イギリス、スウェーデンはゲームスタジオがあり、ゲームの会社が多い。アイルランド、アイスランド、フィンランドはコンテンツ・テクノロジー系の会社が多くVRでもキラリと光る取り組みをしている企業が多い。ドイツとオランダは産業向けのVRソリューションを提供しようとしている。イスラエルはテクノロジーに転用できる会社が多い。最近ではオーストラリアでVR企業が増えつつある。

中国では、ハードウェア開発が盛り上がり、コンテンツが不足している。アメリカの会社等に積極的に投資を進めている。

日本の特色として、スタートアップが少ないため、VRでの起業も少ない。現在は既存のVRに近い事業に取り組んでいる企業が1部門として取り組むケースが多い。投資するような対象は少ないが、プレイヤーとしては増えてきている印象。

競争力に関しても、日本の大企業は以前よりVRに取り組んでいるため、レベル的に引けを取らない。日本はコンソールゲーム会社が多くあり、歴史的には強みがある。また、アニメなどのコンテンツとVRの組み合わせは日本にしか作れないだろう。ハードウェアの出荷台数が増えてくると、電子部品メーカー等で恩恵を受ける企業が国内で登場する可能性がある。

5. 課題認識

コプラ単体の課題は、海外向けのゲーム制作が不得手であること。しかしながらコンテンツ制作には2年前から取り組んでいるのでノウハウを蓄積しつつある。

ハードウェアの課題は、有線でプレイしなければいけない、価格が高い等、山積みと認識している。

今後はVRコンテンツ開発の人材獲得競争が始まってくることが予想される。VR開発において特殊技能を持つ人材の確保が重要になる。具体的には、エンジニア、グラフィックにシェーダーをかけることのできるグラフィッカー、3Dモデリングできるデザイナー。V-Ray等フォトリアルなリアルタイムレンダリングのツールを使うことのできる人材。ゲームだけでなく、もともと映画を作っていた人材の需要が強まってくる。

グローバルレベルで見ても人材は足りない。凝ったゲームを作るという時にUnreal Engine 4のエンジニアが足りていないということをよく耳にする。

酔いには開発側が配慮すべきと思っており、社内でもノウハウを蓄積している。ユーザ側で慣れてくることもあるので、徐々に緩和されてくるとの見通しを持っている。年齢制限に関しては、学術的な根拠が不足しているため、ハードウェアの基準に従わざるを得ない状況。

6. 国、業界団体への要望

年齢制限の根拠を学術的に裏付けてほしい。

韓国は政府が VR 事業に対して投資する補助制度を展開している。日本では、スタートアップがあればインキュベートのサポートを国にもしてほしいが、サポートする先の企業が足りない状態。

日本のコンテンツ開発をサポートすることは重要。プレイステーションの発祥の国として、世界でも日本の VR を気にする人は多い。もう少し国を挙げて参入企業の増加や起業支援など業界を盛り上げて欲しい。

人材に関しては、元々大企業にいて映画やコンシューマーゲームに携わっていた人が VR 業界へ来るような環境整備が必要。人材の流動性を上げてほしい。アメリカには、良いものを作った人にそれなりの見返りを払い、報酬がインセンティブとなって転職が盛んになるエコシステムがあるが、日本ではエンジニアが適切な報酬を獲得しているとは言い難く、人材の流動性もあまりない状態。

(19) グリー

対象	グリー株式会社 取締役 荒木英士
日付	2016年11月25日(金)
1. VR/ARに関する現状認識と展望	
■現状認識 狭義にはVRはモバイルの次に到来するプラットフォームだと考えているが、広義には人間とコンピュータの次のインターフェースという理解。VRで人間が情報処理にアクセスするインターフェースが変わる。PCの登場以降、過去数十年にわたって、ディスプレイに表示をして、キーボードやマウス等を使って入力するというインターフェースは変わらなかった。 VRは空間そのものになり、現実世界を知覚しているのと同じように情報を見たり聞いたりできるようになる。人間の情報処理に対するアクセス手段が一段進む。 将来、脳に神経接続して情報のやり取りをするようになるかもしれない。感覚は電気信号であり、VRを現実世界と区別なく感じるようになると、人間は生物学的限界を超えると考えている。 VRでは現実には遠隔地に居る人間をあたかも目の前にいるかのように知覚させることが可能になる。これまで物理的な制約により不可能だったことが可能となる。感覚を操作することは人間が認識している世界そのものを変えることに等しいともいえる。 VR/ARは前述した流れを支える要素技術であり、必ず起こるべくして起こるものだと考えている。今年、ようやく研究段階からコンシューマー向けの製品として、メーカーのビジネスとして発売された。 今出ている製品で体験できるVRは最終的に到達すべきVRと比べると、再現度が不足している。しかし、大きな潮流の中の重要な第一歩であると見ることができる。今現在登場している製品が流行るか否かに関わらずVR/ARの進歩は逆流しないだろう。現在、Facebook、Microsoft、Googleが投資していることもVR/ARの潮流が不可逆なことを示している。	
■将来展望 5年後は、ハードウェアも3世代くらい進むと予測している。解像度が上がり、デバイスが小型化し、コンテンツが増えてハードウェアの普及台数が増加し、ハードウェアの正統進化が進むだろう。 10年後は質的な変化が起きてくると予想される。キラーアプリの登場により、VR/ARによって人間の生活が変わり始めている可能性がある。VRのみで実現可能な体験がキラーコンテンツとなる。ゲームかコミュニケーションでキラーアプリが登場すると考えている。	
2. 各産業への応用可能性 エンターテインメントを含めてニーズが顕在化して実例がある分野は映像配信、不動産・建築。 不動産は購入前の内覧を現地に行かずに可能にする等ユーザへのメリットも分かりやすい。建設業界は元々3Dモデルを作っており、模型を作っていたため、VRへの応用が比較的容易。 観光案内やプロモーションにも、360度映像を使う等、VRが活用されている。 今後各産業でのVR活用に应用される可能性が高いと注目しているのは、「リアリティキャプチャ」という技術。写真を撮って現実空間をVRに再現していく技術。人体のアバターが現実そのものになるなど、コミュニケーションでの活用にも繋がる可能性がある。	

3. 自社の取り組み

主な取り組みは、コンテンツの開発事業、投資、市場振興の3分野。

コンテンツ開発事業では、フジテレビとの協業やスクウェア・エニックスとのゲームの共同開発、アドアーズとVR専門アーケードセンターの構築、HTCとアーケード向けコンテンツ制作を目的とした協業など、キープレイヤーと協業をしつつコンテンツを作って届けることを主として取り組んでいる。

現時点では、ただコンテンツを作るだけでは一般消費者に届かない。例えば、アドアーズのように施設を持っている企業と協業し、コンテンツを提供する。一般消費者向けには、強力なIP (Intellectual property : 知的財産) をもっているスクウェア・エニックスと組んでコンテンツを出していく。ゲームコンテンツを自社独自で作ることはできるが、モバイル以外でコンテンツを届ける経路をもっていないため、一般消費者になじみのある企業と協業している。

来年以降、プラットフォームはモバイルとアーケードに注力していく。一般層に普及するのは、手軽に体験できるグーグルのDaydreamなどのモバイル向けVRと予測している。そもそもコンテンツ配信では、プラットフォームが普及しないとユーザが遊んでもらえないという課題があり、その解決策としてアーケードに注目している。今後は日本及びアジア圏でアーケードを展開する予定。

投資は北米のVRスタートアップを対象にGVR Fundを運用している。北米拠点があるため、現地の投資家ネットワークに入りグリー以外からも出資を受けており、15~20億円規模。ゲーム・ノンゲームを問わず新興企業10社以上に投資中。

投資先はゲーム以外が多い。ハードウェアメーカーは大手資本が買収し終わっている状況。現在はプラットフォームやツールなどを展開する企業への投資が多い。コンテンツへの投資はVR自体が普及しないと規模が拡大しない。

投資先は、VR Chat (SNS)、immersv (アドネットワーク)、littlestar (有名IPの360度動画を配信する360度プラットフォーム)、SPACES (有力コンテンツプロバイダーからライセンスを受けて配信)、Make School (エンジニア育成の学校)、Insite VR (不動産業界向けの企業)。

3本目の柱である市場振興は、JVR(Japan VR Summit)カンファレンスの実施。直接的に収益になるものではないが、プレイヤーとしてVR市場の立ち上げ支援のためにイベントの主催を行っている。

4. 日本と海外の状況

日本のVR業界には楽観的になれない状況。海外に比べて日本は圧倒的に投資が行われず、スタートアップも少ない。

アメリカでは投資規模が桁違いに異なり、ディズニー、FOXなどVRに注目している大企業が数十億円、数百億円単位の投資をしている。中国は投資額もプレイヤーも多く、規模では日本は全くかなわない状況であり、ハードウェアメーカーが何百社も存在、(Apple Store的な)ストアのプラットフォームも各社が持とうとして、コンテンツ調達に奔走している状況。また中国はアーケードに力を入れている。

一方、日本では(バンダイナムコ等の)大企業が社内で着実にVRを活用する取り組みを進めている。

日本でVR業界の立ち上がりが遅れている理由として、VRの普及の足がかりが少ない状況がある。ゲーム分野では、ハイエンドの据え置きゲーム・PCゲーム市場ともにサイズが小さく、スマートフォン市場に一気に流れてしまった。モバイル向けVRのみ普及の可能性はある。

日本の市場の良い点はアーケードゲーム市場があること。体験施設でのVRのニーズが高まる中、欧米はゲームセンターのビジネスモデルが10年前に絶滅してしまい、場所を作るところから取り組んでいる。

日本には何千店舗というゲームセンターが駅前に存在し、社会的インフラとなっている。

もう1つの日本の強みはIPを生み出す力があること、世界で人気のあるIPを多く保有

<p>していること。IP は日本の資産でもあり、世界では通用する。</p>
<p>5. 課題認識</p> <p>プラットフォームの普及が課題。まだハードウェアを保有し、コンテンツにアクセスできる人が少ない。グリーとしても、最終的にはコンテンツを一般消費者に届けていきたいが、プラットフォームが立ち上がらないと参入しにくい。投資を促進し、市場を加速させることも課題。</p> <p>酔いに関しては、酔わせないことを意識している。体験した人を不快にさせないために、チャレンジはせず、保守的すぎるくらいに徹底して気にしている。</p>
<p>6. 国、業界団体への要望</p> <p>市場形成にあたり、CEROのような自主審査プロセスがあると良い。CEROは健全性を審査している。業界団体が自主的に、酔いや身体的快適性などの審査プロセスを作っていくことが必要。</p> <p>映像業界、ゲーム業界、建築業界の大企業が本腰を入れてVRに踏み出せるよう、減税などの措置があるといいかもしれない。</p> <p>日本のVR業界に属する企業が海外のプレイヤーとつながりを作る必要がある。国にバックアップしてもらえるとありがたい。例えば、Japan VR Summitが国から後援してもらえればその役割を担うこともできる。</p>

【事務局補足】

CERO(Computer Entertainment Rating Organization):

家庭用ゲームソフトおよび一部のパソコンゲームを対象とする表現の倫理規定の策定及び審査を行う日本の特定非営利活動法人

Japan VR Summit:

グリー、VR コンソーシアム (P73 参照) が開催する VR 市場拡大を目的とするカンファレンス

機械システム調査開発

28-D-3

ヘッドマウントディスプレイを中心とした
没入型映像システムに関する戦略策定

平成 29 年 3 月

作 成 一般財団法人機械システム振興協会
東京都港区芝大門一丁目 9 番 9 号

TEL 03-6848-5036

委託先名 一般財団法人デジタルコンテンツ協会
東京都千代田区一番町 23-3

日本生命一番町ビル LB

TEL 03-3512-3900