

機械システム調査開発
27-D-6

没入型映像システムに関する戦略策定 報告書

平成28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、産業競争力強化に向けて、革新的技術を核としたイノベーションを生み出すべく、ロボットやIoT等の新しい技術の活用による様々な試みが進められていますが、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、2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。

「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、没入感に寄与する要素等を取りまとめるとともに、映像および他産業での応用展開について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：東京大学理事・副学長 大学院新領域創成科学研究科 教授 大和 裕幸 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28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 27 年度事業として受託した「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す。

こうした VR HMD（仮想現実ヘッドマウントディスプレイ）を始めとする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、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、没入型映像システム戦略策定委員会、およびコンテンツ&アプリケーション WG（体験の中身と質を決定するコンテンツとアプリケーションを軸に要因分析を行うことを目的とする）とヒューマンインターフェース WG（視聴者と没入型映像システムの間インターフェースについて人間工学的見地から分析することを目的とする）の 2 つの WG を設置。委員会および 2 つの WG において、没入感・没入型映像の定義を行い、没入感に寄与する要素とその手段を整理し、没入型映像システムに関する研究を実施しました。

その成果を統合する形で、没入感を活かした映像および新たな産業領域での利活用を念頭に「没入感や酔いやすさの指標の策定」「コンテンツの制作手法・ノウハウの共有」「体験機会の拡大」の 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 28 年 3 月

一般財団法人デジタルコンテンツ協会

報告書目次案

1. 背景と目的.....	1
2. 事業の実施体制.....	2
3. 事業の内容.....	6
第1章 本事業での没入感の考え方.....	7
1.1 没入感の用語定義.....	7
1.2 事業で取り扱う対象範囲.....	8
第2章 没入型映像システムに関する現状整理.....	9
2.1 映像技術の発達で臨場感と没入感が向上.....	9
2.2 ホールや部屋を映像空間にする没入型映像システム.....	10
2.2.1 CAVE と CAVE 型.....	10
2.2.2 2002 ワールドカップ 3面 HDTV パノラマ映像伝送実験.....	11
2.2.3 全天周大画面システム～「nicofarre (ニコファーレ)」.....	12
2.2.4 ホログラフィックビジョン (studioTED).....	13
2.2.5 2016年に米国に開業するVRゲーム施設「The VOID」.....	15
2.3 没入型映像のブームを担うVR HMD.....	16
2.3.1 Facebookに買収されたOculus VRのOculus Riftがブームの震源.....	17
2.3.2 HMDの開発経緯.....	18
2.3.3 Oculus Riftの開発の経緯.....	19
2.3.4 SCE/90fpsと120fpsのVRコンテンツに対応する"PlayStation VR".....	20
2.3.5 Gear VR/サムスン電子・Oculus VR.....	22
2.3.6 米Valveから視線追跡型VRを実現する"SteamVR".....	23
2.3.7 その他のVR HMD.....	24
2.4 主な360度全天球カメラ (VRカメラ).....	27
2.4.1 GoPro/Googleの協力を得て開発した「Odyssey」.....	28
2.4.2 Jaunt/ライトフィールド採用のプロ向け「NEO」.....	29
2.4.3 ノキア/プロフェッショナル向け360度カメラ「OZO」を発表.....	29
2.4.4 リコー/ワンショットで高画質撮影可能な「RICOH THETA S」.....	30
2.4.5 JK Imaging/スマホでリモート撮影できる「PIXPRO SP360」.....	31
2.4.6 IC Real Tech/「ALLie Go portable 360x360 action video camera」.....	32
2.4.7 ニコン/4K撮影可能なアクションカム「KeyMission 360」.....	32
2.4.8 GIROPTIC/動画は2K、写真は4K撮影の「360cam」.....	33
2.4.9 米Sphericam/4K/60pで360度撮影できるSphericam 2.....	33
2.4.10 イスラエルHumanEyes/4K 3D 360度VRカメラ「Vuze」.....	34
第3章 没入型映像コンテンツの適用事例.....	35
3.1 エンターテインメント.....	35
3.2 教育・学習.....	43
3.3 観光・地域活性化.....	46
3.4 美術・芸術・文化.....	50
3.5 産業応用・ビジネス用途.....	51
3.6 健康・医療・福祉.....	53
3.7 その他.....	54
3.8 今後の適用分野予測と応用可能性.....	55
3.8.1 実用段階に入り市場が拡大.....	55

3.8.2	IoT 領域における AR/VR の活用が進んでいく	55
3.8.3	クルマの窓は AR 透明ディスプレイになる	57
3.8.4	AR と VR は融合・統合し始めている	57
第 4 章	市場動向と市場規模	59
4.1	AR/VR 市場の成長要因	59
4.2	銀行・調査会社の市場予測と適用分野	60
第 5 章	没入型映像システムの課題と今後の方向性	62
5.1	ハードウェア・システム	62
5.2	制作・撮影	62
5.2.1	制作・撮影	62
5.2.2	実写におけるインタラクション	63
5.3	鑑賞・体験スタイル	63
5.4	生理的影響	64
第 6 章	没入感に寄与する要素	65
6.1	没入感に寄与する要素に関する検証	65
6.1.1	目的	65
6.1.2	方法	65
6.1.3	結果	66
6.2	没入感に寄与する要素の整理	68
第 7 章	各委員による没入型映像システムに対する期待と将来予測	75
第 8 章	提言	94
4.	事業の成果（まとめ）	96
5.	事業の課題および今後の展開	98

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」という）使用時に感じられる映像体験である。ここで特徴的な映像条件とは

- HMDを装着することによる視界の専有
- 頭の動きを検知し、表示映像を連動させることで頭を向ける方向の映像が見えること
- 両目に独立した表示装置を具備することによる立体映像呈示

などであり、これらの効用によって、あたかも自身が呈示された映像空間に居るかのような、極めて高い没入感を実現している。また従来の HMD との大きな違いは、右を見れば右が見え、上を見れば上が見え、というようにヘッドトラッキングを利用したインタラクティブ性にあり、センシング技術と高速画像処理技術が大きく没入感に寄与している。

こうした HMD 装置は、1968 年のアイバン・エドワード・サザランドが開発したシステム **The Sword of Damocles** を起源とされているが、頭にかぶる表示装置が重く、天井からの支柱を必要とし、表示される映像内容も単純な線による空間に過ぎなかった。その後 90 年代に入ると、映像表示装置の進化とコンピュータの画像処理能力の飛躍的な向上もあり、スクリーンを 4～5 面使って周囲を覆うような表示装置などが開発された。これらはいずれも呈示された映像空間の中に身を置き、まるでそこに物があるような、あるいはまるでそこに居るような、いわゆる実物感、臨場感、没入感をもたらす技術として捉えることができる。しかしながらこれらの装置は重厚長大であり、大学の実験室などの限られた環境でしか体験できないものだった。

しかしながらここに来て状況が一変している。表示デバイスやカメラ、センサーの小型化、低価格化が進み、また PC の高性能化やソフトウェアの発展によって 3DCG 映像や 360 度（全天周）映像の制作が容易になったことにより、オキュラスリフトのように、だれもが安価に入手できるデバイスを利用した没入型映像を体験できる状況が生まれてきており、世界中でその活用事例が増え、新しい可能性が模索され始めている。こうしたシステムに必要な関連技術は今後益々進化していくことが容易に予想され、圧倒的な没入感とリアリティにより、単にゲームなどの娯楽の領域だけでなく、例えば報道や遠隔作業などの領域での応用も既に開始されており、今後多様な分野で利活用されることが期待されている。

HMD はパーソナルな装置だが、4K/8K などの高解像度映像技術を組み合わせたドーム型の映像展示システムは、同時に多くの人に没入型映像体験をもたらす技術として期待されており、2020 年のオリンピック、パラリンピックは 1 つのマイルストーンになるであろう。

一方で、これだけ広く多くの人がこのような没入感の高い映像を体験できる状況は、今まさに始まったばかりであり、その可能性は未知数であると同時に、映像酔いなど観る人に与える負の

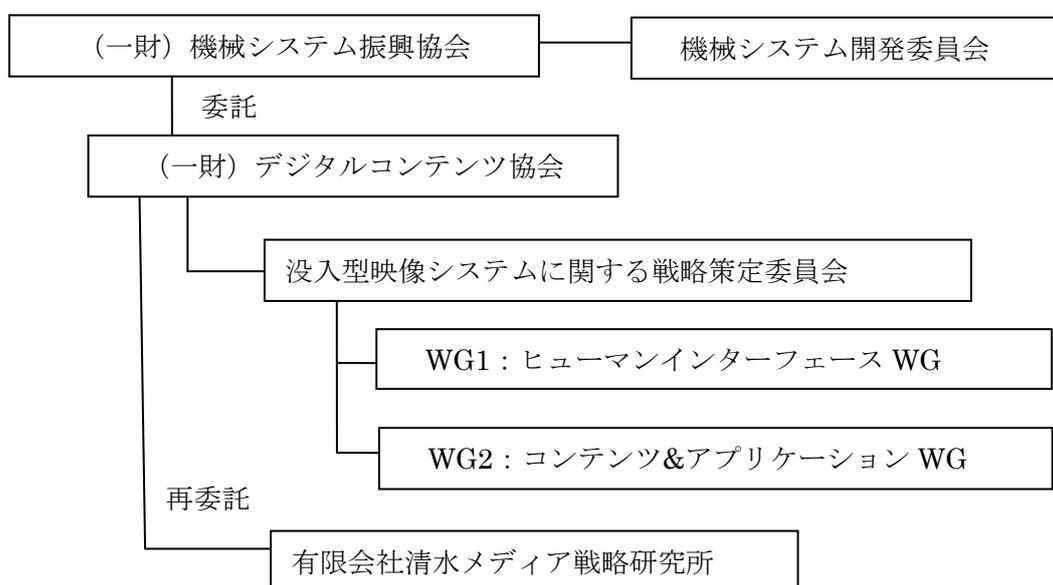
影響を懸念する声も出てきている。

以上のように没入型映像についてはこれからの開発と応用展開が大いに期待される一方で、その可能性や課題などについてまとまった検討がなされているとは言えないのが現状である。そこで、「没入型映像システム」を幅広く捉えることで、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、戦略提言することを本事業の目的とする。

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「没入型映像システムに関する戦略策定委員会」を設置した。さらに視聴者と没入型映像システムとのインターフェースについて人間工学的見地から分析することを目的とした「ヒューマンインターフェース WG」、および没入型映像システムによる体験の中身と質を決定するコンテンツとアプリケーションを軸に要因分析を行うことを目的とした「コンテンツ&アプリケーション WG」の2つのWGを設置し、具体的な作業を行った。

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有限会社清水メディア戦略研究所に再委託を行った。



機械システム開発委員会名簿

- 委員長 大和 裕幸 東京大学 理事・副学長 大学院新領域創成科学研究科 教授
- 委員 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
- 黒川 浩助 東京工業大学ソリューション研究機構 特任教授
- 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 先端科学技術研究センター 教授
- 車谷 浩一 産業技術総合研究所 人間情報研究部門 副研究部門長

(順不同・平成27年度末現在)

没入型映像システムに関する戦略策定委員会 委員名簿

(順不同・敬称略)

	役割	WG	氏名	所属
1	委員長		廣瀬 通孝	東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学 教授
2	委員	ヒューマンインターフェース WG	伊関 洋	早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科 教授 医学博士
3	委員	ヒューマンインターフェース WG	畑田 豊彦	東京眼鏡専門学校 校長
4	委員	ヒューマンインターフェース WG	河合 隆史	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 教授
5	委員	ヒューマンインターフェース WG	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
6	委員	ヒューマンインターフェース WG	安藤 広志	国立研究開発法人情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 多感覚・評価研究室 室長 博士 (認知脳科学)
7	委員	ヒューマンインターフェース WG	太田 啓路	株式会社リ・インベンション 代表取締役
8	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	森山 朋絵	東京都現代美術館 事業推進課 企画係主任 学芸員
9	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	庄原 誠	株式会社リコー リコー技術研究所 フォトニクス研究センター プラットフォーム開発室 イメージングシステム開発グループ スペシャリスト
10	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	吉田 修平	株式会社ソニー・コンピュータ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
11	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	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
12	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	齊藤 康太	株式会社スピン 代表取締役副社長 / studioTED エグゼクティブプロデューサー
13	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	久永 一郎	大日本印刷株式会社 C&I 事業部 コンサルティング本部 I M & S コンサルティング室 室長
14	委員	コンテンツ&アプリケーション WG	築瀬 洋平	ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン合同会社 クリエイティブ・ストラテジスト
15	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
16	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
17	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
18	事務局		清水 計宏	有限会社清水メディア戦略研究所 代表取締役

19	事務局		野元 彰	東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 修士1年 廣瀬・谷川研究室
20	事務局		泉田 晋佑	東京大学大学院 学際情報学府 修士1年 廣瀬・谷川研究室
21	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
22	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
23	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 振興部 兼 技術部

3. 事業の内容

(1) 要因分析

委員会および各 WG において、没入感や没入型映像システムの定義を行い、没入感に寄与する要素とその手段についての分析を行った。

第 1 章：没入型映像システム戦略策定委員会において、没入感や没入型映像システムが何を示すのかについて委員会での議論を元に、本事業における没入感、および没入型映像システムについての定義を行った。

第 6 章：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」に分類。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」「奥行き感」に分類した。またそうした効果を生み出すための手段を整理した。

(2) WG 活動成果の整理および利活用の可能性に関する調査

委員会および各 WG において、実際の没入型映像の事例や市場動向を検証しつつ、没入型映像システムの今後の適用分野や応用可能性についての予測や、課題と方向性についての議論の結果を整理した。

第 2 章：様々な没入型映像システムの現状について、特に近年の没入型映像システムのブームをけん引する HMD および 360 度全天球カメラに注目して整理を行った。

第 3 章：没入型映像コンテンツの適用事例を「エンターテインメント」「教育・学習」「教育・学習」「観光・地域活性化」「美術・芸術・文化」「産業応用・ビジネス用途」「健康・医療・福祉」「その他」に分けて整理。今後の適用分野や応用可能性についての予測を行った。

第 4 章：銀行や調査会社による没入型映像システムの市場動向と市場規模の予測を整理した。

第 5 章：没入型映像システムの課題と方向性についての議論の結果を「ハードウェア・システム」「制作・撮影」「鑑賞・体験スタイル」「生理的影響」に分けて整理した。

(3) 総合と戦略策定

上記 (1) (2) の検討結果を総合した上で、各委員からの没入型映像システムに対する期待と将来予測を伺い、3つの提言をまとめた。

第 7 章：各委員による没入型映像システムに対する期待と将来予測について掲載した。

第 8 章：没入感を活かした映像および新たな産業領域での利活用を念頭に「没入感や酔いやすさの指標の策定」「コンテンツの制作手法・ノウハウの共有」「体験機会の拡大」の 3 つの提言をまとめた。

第1章 本事業での没入感の考え方

1.1 没入感の用語定義

一般的な用語の定義としては以下のようになっている。

<没頭/没頭する>

定義：すっかり夢中になったり、完全にのめり込んでいて「フロー状態（深い楽しさを伴うほぼ催眠にも近い我を忘れた没頭状態）」に達したりすることで、現実とは別の世界に浸ること。

補足：本を読んだり、話に夢中になったりする状態も、没頭すると言う。自分がどこにいるのかわからなくなってしまう。つまり「身体性」が感じられなくなる。

<臨場感 >

定義：実際その場に身を置いているかのような感じ。

補足：あくまでも「かのような」感じであって、ここが没入感との違いである。写真を眺めていても臨場感を感じることもあるが、必ずしもその空間全体を感じる、その空間に居ると感じる、ということではない。そこに空間が再現されている訳ではない。

WGにおける議論では、下記のような意見があった。

- ・ 空間的な要素、時間的な要素、身体的な要素、それらの内的要因、外的要因を合わせて頭の中で臨場感は生まれてきた。空間的な要素には、立体感、質感以外に、没入感や包囲感というものがあり、臨場感の非常に大きな要素となっている。

<AR・VR>

AR：目の前の実際の空間情報（当然CGではない）に情報が重畳される状態のこと。

VR：現実空間とは異なる空間であって、CGと実写、またはその組み合わせがある。

以上をふまえ、本事業における「没入感」および「没入型映像システム」を以下のように定義した。

<没入感>

定義：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。

補足：あくまでも「空間」を感じることに没入感の条件である。ただし必ずしも上下前後左右全ての空間が表現されている必要がある訳ではない（ドームは上半分、コンテンツによっては前半分ということもあるだろう）。なお、「没入」は能動的状態を表現し、「臨場」はたまたまその場にいるという受動的状態を表現していると考えられる。

<没入型映像システム>

定義：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。

また受動・能動について、能動というのはユーザーが自身の「意思」で何かを動作、作用をしようとする事。例えば物体が自分を目がけて飛んできて、思わずよける動作をしたとき、これは能動的とは呼べないと考えられる。そこで能動と受動を下記のように考えた。既存のディスプレイの活用は受動的な利用が多いが、今後のディスプレイの活用展開としては能動的な利用が増加すると考えられる。

<受動・能動>

受動：ユーザーは提示された空間を受け身で観察して楽しむ。提示される刺激にユーザーが身体的に反応することも含む。（ex. 花火を見上げる。飛んで来るものをよける）

能動：ユーザーがシステムに働き掛ける状態、またはシステムがそれに反応し（インタラクティブなシステム）、それにまたユーザーが反応する状態（ex. 空間を歩きまわる、モノを掴んで投げる、ドアに近づいてドアを開けて隣の部屋に入る）

1.2 事業で取り扱う対象範囲

本事業では、「没入型映像システム ≒ VR・AR・全天周映像システム」と考え、調査の対象を幅広く捉える。ただし調査の深掘りをするため、没入型映像システムのブームを巻き起こしたHMDを対象として調査を行った章もある。

第2章 没入型映像システムに関する現状整理

2.1 映像技術の発達で臨場感と没入感が向上

映像技術やディスプレイ装置の発達で、映像は高解像度化、高精細化、大画面化へと進んでおり、裸眼で見る視界に近いリアリティや臨場感が得られるようになってきている。

また、映像メディアの発達でテレビやパソコン（PC）、映画、オフィスプロジェクターだけでなくスマートフォン、タブレット端末、スマートウェアラブル、携帯型ゲーム機といったモバイル分野が躍進し、さらにデジタルサイネージ、展示映像（映像展示）、車載ディスプレイ、デジタルメーターと用途が拡大している。

とりわけ展示映像分野では、エレクトロニクス系のジャンボトロン、アストロビジョン、液晶スペクタス、マルチスクリーンのほか、従来フィルム系が中心だったIMAX（アイマックス）やオムニマックス、アストロビジョン70、サーキノビジョン、スイスラマのほか、ドームと曲面スクリーンからなる全天周（Full dome）・全周（Panorama）映像がある。また、約200インチの大型スクリーンを正面・左右に配置した「8Kライドエクスペリエンス」（キヤノン）といったディスプレイも開発されている。こうした巨大スクリーン、ディスプレイは家庭に普及しているディスプレイに比べると、臨場感や没入感が高くなっている。

一般的に「全周」とは水平にぐるりと見渡せるような360度のパノラマ映像を指し、「全天周」はプラネタリウムのようなドーム（半球）状スクリーンや壁面に視野の上半分を覆う映像を指す。このほかに前後左右頭上から足元まで全視野を覆い、左右の目に視差のある映像表示について「全天球（Full sphere）」と呼んでいる。「360度映像」と言う場合もあるが、これは全周・全天周・全天球映像を区別せずにまとめて指す場合が多い。

こうした、実際に見たり経験したりしているような感覚も得られる高臨場感、没入感が高い映像分野はこれだけではない。近年、デジタル技術の発達で興隆しているのが、AR（Augmented Reality：拡張現実<感>）およびVR（Virtual Reality：仮想現実・人工現実感）といった、拡張された現実感を生かした用途である。こうした映像は視聴に際して、3D VR HMD や VR ゴーグル、スマートグラスといったデバイスを装着することが多い。

家庭に普及している一般のディスプレイは、実空間と映像はフレーム（枠）によって区別され、実空間とは異なる空間が再現されている意識が強い。だが、これらのディスプレイは広視野になるだけでなくフレームのない映像世界を体感でき、高い没入感が得られる。そこに映し出される映像やイメージがユーザー視点で撮影・制作されたものであれば、一人称視点で、まさに体験しているような感覚で視聴することができる。ただ複数の人数が絡むストーリー性の高い映像では、没入感を高めるために三人称・第三者の視点で作成された俯瞰映像も必要になると推察される。

AR/VR はゲーム、アクションカメラ、スマートフォン、ドローンのほか、ロボット、スマートウェアラブル、IoT（Internet of Things）、クラウドコンピューティングといったものとの組み合わせで応用範囲が拡大しており、今後の成長が期待される分野でもある。

ここで、AR/VR と一括りにしているが、それらには基本的な違いがある。AR は現実の世

界に存在する何らかのものをトリガーにし、そこにデジタル情報やアプリを重ね合わせて表示できるもの。初期には 2D マーカーをトリガーにすることが多かったが、デバイスの計算能力の高まりもあり特定の物体・図形・形状を認識させたり、GPS、磁気センサー、加速度センサーなどにより位置・空間・動態を検知させたりすることが実現できるようにもなっている。

VR はコンピュータの生み出した、現実ではない別の人工的な 3 次元空間（3D 仮想空間）に入ること、現実にはあり得ないことでも体感できるもの。この VR 空間においてプレイヤー、ユーザーである人間は、その仮想空間の一部になって動いたり、同期したりできる。この技術応用は天災・災害のシミュレーション、航空機のシミュレーター、医療・手術のシミュレーション、建築・土木・自動車設計・ドライビングのシミュレーション、分子構造の可視化、流体解析、気象シミュレーション、製品・建築物のプロトタイプ設計などと多岐にわたっている。

AR および VR によって人間の五感や感性が拡張・増幅され、眼前に繰り出されるイメージによって実際に体験しているような感覚を味わうことができる。

VR、AR、ロボットなどのテクノロジーを使って能力を拡張した人間が競い合う"超人スポーツ"のように、人間と機械が融合した人機一体の体験が可能となる。

そのほか、没入感の高い映像システムとして、CAVE に代表される多面表示システムとして CAVE 型ディスプレイや高解像度ハンドヘルドディスプレイがある。CAVE および CAVE 型ディスプレイは、複数のスクリーンで囲んだ空間に映像を表示させて VR を体験できるマルチウォールのシステムである。スクリーンと 3D メガネのセンサーから体験者の視点に応じて映像を変化させることができる。

また、高解像度ハンドヘルドディスプレイはキヤノンが開発している製品が代表的であり、デジタル一眼レフ「EOS」（8 台程度）を配置して撮影した 360 度映像を、手に持って両目に当てるディスプレイ装置で見ると、2,560×2,880 ピクセル、538ppi、視野角 120 度という高精細な没入感のある映像が見られるというものがある。

2.2 ホールや部屋を映像空間にする没入型映像システム

2.2.1 CAVE と CAVE 型

CAVE は、1993 年に米アナハイムで開催された SIGGRAPH 93 において、米イリノイ大学によって発表されている。これは、10×10×9 フィート（1 フィート = 30.48cm、10 フィートは 3.04m）の箱形空間の正面・左右面・床面のスクリーンに 4 台のプロジェクターから 3D 映像を投射。体感者は液晶シャッター式のメガネを使用して立体感のある映像を見ることができる。体感者の位置は磁気センサーによって計測され、利用者の視点から見た映像が描画される。小型ジョイスティックに位置センサーを取り付けた「Wand（ワンド）」がインターフェース装置として使用された。

この CAVE の技術・原理を用いた多面立体視表示システムは CAVE もしくは CAVE 型ディ

スプレイ（システム）と呼ばれている。このシステムは一人の視点に合わせる事が一般的だが、映像そのものは専用メガネをかければ複数人数で見ることができる。

これに属するシステムとして、わが国には 1997 年に東京大学 IML に設置された 5 面の立体スクリーンを有する CABIN がある。CAVE は 4 面を囲むものだったが、CABIN は 5 面構成になった。それに続き、1999 年には岐阜県各務原市の VR テクノジャパン・テクノプラザに没入型 6 面ディスプレイ「COSMOS」が設置された。商用化されたものとしては、日商岩井が取り扱う没入型 VR ソリューション（多面立体視表示システム）などがある。

これらと似たシステムとして、部屋をゲーム空間に変えることのできるマイクロソフトの「RoomAlive」がある。これは壁面や床面をモニターにして、部屋全体をインタラクティブ空間に変えられるシステムである。天井にはジェスチャーおよび音声認識によって操作できるデバイス「Kinect」とプロジェクターが各 6 台設置され、部屋にいる人間を検知しながら、部屋全体に隙間なく映像を投影する。部屋に凹凸があったり、形や色の違う家具・置物があったりしても、リアルタイムで部屋全体に配置されている物体を認識し、床と垂直・水平であるかどうかも判別して映像を投影することができる。また、人間の動きに連動してゲームも展開する。

2.2.2 2002 ワールドカップ 3 面 HDTV パノラマ映像伝送実験

2002 年 5 月 31 日から 1 カ月間、日韓共催のワールドカップが開催されたが、この期間中の 6 月 1 日から 6 月 30 日まで、3 面 HDTV パノラマ映像伝送実験（サテライトスタジアム実験）が実施され、ワールドカップ全 64 試合中、韓国 3 試合、日本 8 試合の合計 11 試合で実験が行われた。

実験には総務省、通信総合研究所（CRL）、デジタルコンテンツ協会（DCAj）、高速衛星通信ネットワーク実験連絡会、韓国電子通信研究院（ETRI）などの組織・機関が参画した。

この実験では HDTV 映像を横に 3 面並べた 3 面パノラマ映像を伝送し、韓国で開催された試合の様態を、日本の映写会場へ高速衛星通信回線と光ファイバー網で結び、放映した。

CRL では 2000 年から ETRI と共同で日韓高速衛星通信実験を実施しており、その最終段階として実施したのがサテライトスタジアム実験だった。

伝送路以外は、2001 年 7 月 1 日に札幌ドームで先行実施されたキリンカップ実験と同じである。キリンカップ実験とは、キリンカップサッカーを素材として 3 面パノラマ映像伝送システムを高速衛星通信する取り組み。

3 面パノラマ映像を撮影したカメラとシームレスプロセッサはデジタルコンテンツ協会（DCAj）が開発した。カメラ映像では、サッカーのフィールド全体を見ることができ、映像はプリズムにより 3 画面（左・中央・右）に分けられ、それぞれ CODEC（画像符号化・復号化装置）に入力された。

1 画面当たりの映像信号は 32Mbps で符号化され、TS MUX（Transport Stream Multiplexer）で多重化し、CLAD（Cell Assembly and Disassembly: ATM セルの組立あるいは分解を行う装置）で ATM セル化した。衛星回線は N-STAR の Ka 帯マルチビームを使

用して、伝送速度は 155.52Mbps だった。

CRL では、2000 年より ETRI と共同で日韓高速衛星通信実験を実施してきており、その最終段階としてサテライトスタジオ実験に至った。この実験において、CRL は伝送路を担当。韓国のスタジオで撮影された映像は MPEG 符号化され、155Mbps の伝送速度で光ファイバー網経由により ETRI に送られ、ここから直径 7m のアンテナを使用して、韓国の商用通信衛星 Koreasat-3 へ送信された後、CRL 北九州局で受信した。衛星回線ではトレリス符号化 8 相 PSK、外符号としてリードソロモン符号 (255,235) を使用した。

CRL 北九州からは研究開発用ギガビットネットワーク (JGN) 経由で、鹿島宇宙通信研究センター (KSRC) へ送られた。国内のスタジオで撮影された映像はスタジオに設置した車載可搬局 (アンテナ径 2.4m) から日本の商用通信衛星 N-STAR 経由で KSRC へ伝送。

実験が梅雨にかかるため、衛星回線の降雨減衰による信号劣化を想定して、バックアップ回線として光ファイバー回線も準備した。KSRC では映写会場へ配信する映像を選択し、5m 局から日本の商用通信衛星 N-STAR 経由で、IMC 横浜 (スクリーン: 150 インチ×3 面) へ、また光ファイバー回線経由で TEPIA 青山 (スクリーン: 250 インチ×3 面) と総務省 (スクリーン 170 インチ×3 面) へ送信した。

2.2.3 全天周大画面システム～「nicofarre (ニコファーレ)」

前述の CAVE のようなシステムとは別に、空間全体を使って高臨場感、没入感が得られる映像システムがある。

東京・六本木のディスコ「ベルファーレ」跡地に、2011 年 7 月 18 日に、ニコニコ動画を運営するダウンゴがオープンした常設ライブハウス「nicofarre (ニコファーレ)」は、前後左右の壁 4 面と天井に高輝度 LED スクリーンが設置され、ステージ上には透過スクリーンとプロジェクターも設置されている。

ホール面積は 199.1 平方メートル、敷地面積は 786.4 平方メートルで、スタンディングで最大 380 人、シアター (着席) では 160 人を収容できる。ただし可動式ステージを利用した場合はそれぞれ 280 人と 128 人になる。インターネット中継設備があり、AR/VR 技術と 360 度を取り囲むモニターを駆使して、さまざまな映像演出が可能。8 台の小型プロジェクターを使って、ステージ上にバーチャルキャラクターをリアルタイムで合成し、キャラクターと現実の人間とが共演することもできる。

ニコニコ動画有志が開発した 3DCG ムービー制作ソフト「MikuMikuDance (MMD)」にも対応。各プロジェクターが投影する映像は MMD のデータからリアルタイム演算で作成するため、データの差し替えも容易にでき、またユーザーが制作した MMD データをそのまま使用することもできる。

この施設のオープンに合わせて、ダウンゴはユーザーが好きなカメラアングルから見られるマルチアングルのサービスもスタートし、これがダウンゴと NTT が限られた帯域で臨場感あふれる映像を配信できる「全天球映像向けインタラクティブ配信技術」を共同開発することにつながった。これを実装した「VR LIVE 配信サービス」は、2014 年 11 月 17 日に開

催した歌手・小林幸子さんの日本武道館公演において、ニコニコ生放送に実装し、ライブ配信にこぎ着けた。この配信サービスでは、日本武道館に設置した 360 度全天球カメラの映像から、視聴者が Oculus Rift などの HMD を通して好きな方向を自由に見渡すことを可能にした。

2.2.4 ホログラフィックビジョン (studioTED)

nicofarre (ニコファーレ) はライブ演奏・イベントに使われ、これまでにないエクスペリエンスを提供しているが、ライブ演奏・イベントに使われる映像システムとして、特定の実空間に立体的なデジタルコンテンツを表示する、ホログラフィック技術を用いたステージシステム「Eyeliner」という技術がある。

これは、studioTED (株) スピン) が開発・設計している。studioTED では、空間エンターテインメントを構築するクリエイターやエンジニア等の専門チームを抱え、このライブ・エンターテインメント技術を用いて、ライブイベントや舞台に高臨場感と没入感を与える演出を行っている。「Eyeliner」は、ドイツ人のウーベ・マース氏が開発した技術で、studioTED が国内において優先使用権を持って使用している。

ホログラフィック技術の原理は、19 世紀のペッパーズ・ゴースト (Pepper's ghost) と呼ばれる視覚トリック。床に横になって寝た役者が半透明の板ガラスに映し出されてゴースト (幽霊) のように見えたことに由来。板ガラスと特殊な照明技術により、実像と板ガラスにゴースト (幽霊) を重ねて見せることで劇場効果を与えた。

15 年前ぐらいに、ホログラフィックを制作したときには、輝度が 1,000ANSI ぐらいと暗くて、実物との差が歴然としていた。最近ではプロジェクターの輝度もずっと明るくなり、虚像を役者やアーティストの横に浮かび上がらせても、高画質・高解像度により本物と見分けがつかないぐらいの表現が可能となっている。

ホログラフィック映像システムは、実在の舞台上の人物や物体と同一空間に、プロジェクターから反射板に投射した映像を、特殊な厚さ 0.1mm の樹脂製の反射・透明フィルムを利用して、特定のステージ空間内に虚像として 3D イメージを浮かび上がらせることができる。あたかも実際の人物がステージ上で踊ったり、歌ったり、本物の物体があるかのように見える。特殊な 3D メガネをかける必要はなく、裸眼で、かつ大勢の人が一度に楽しむことができる。

この Eyeliner 技術を使った大型ホログラフィック・ステージ・システムは、studioTED 内にデモンストレーション設備が常設されているが、2015 年 9 月 11 日に横浜駅西口にオープンしたホログラフィック映像専用劇場「DMM VR THEATER」にも導入され、常設施設となっている。

2014 年 10 月に着工したこのシアター (劇場) の施設面積は約 800 平方メートルで、定員は 385 人。ホログラフィック 3DCG 映像を中心とした公演をしていく方針。

このシアターは、Zepp ホールネットワーク、相鉄エージェンシー、DMM.futureworks、ローソン HMV エンタテインメントの 4 社で組成されたシアターVR 有限責任事業組合が建設

と運営をしている。DMM.futureworks は、初音ミクのライブ・コンサート方式を考案したことで知られており、ホログラフィック演出で実績のある studioTED が企画・開発および演出に協力。こちらは世界で初めてとなる 3DCG 映像専用のエンターテインメント常設劇場である。

Eyeliners を用いたホログラフィック投影装置をステージに設置することで、3DCG で制作された映像に物理的な奥行きのある、まさにそこにアーティストが存在しているかのような演出が可能となる。特殊な反射・透明 Eyeliner フィルムと 1.9mm ピッチの LED ビジョン、9.1ch のサラウンドシステムをはじめ、最新の技術を盛り込んでいる。

最初の公演コンテンツとして 2015 年 9 月 11 日から上演された、X JAPAN のギタリストでありソロアーティストであった hide のホログラフィックライブとドキュメンタリー映像からなる「hide crystal project presents RADIOSITY -prologue-」に続いて、10 月 23 日からの本公演として「ピンク スパイダー」「ROCKET DIVE」に加え、2014 年に奇跡の新曲としてリリースされた「子 ギャル」「ever free」などの全 9 曲を含む約 80 分の「hide crystal project presents RADIOSITY」プログラムが上演された。

Eyeliners ホログラフィック・ステージ・システムは、最大で高さ 6m、幅 20m 以上の超大型のものも実現可能だということになる。つまり、同一大のトラックや自動車もホログラフィック投影ができるということになる。通常の透明反射フィルムは 4m の幅になり、これが天地で、横は物理的には何メートルでも延長できる。

これまでの Eyeliners を用いた代表的なイベントとして、2005 年に『Gorillaz』のキャラクターの虚像をステージに合成し、マドンナとの共演ライブを実現した MTV Music Award で使われたものがある。

studioTED としては 2002 年、函館にある北島三郎記念館にて、北島三郎さんがホログラフィックで出てきて、本人と並んで歌が歌えるというホログラフィックシステムを手がけた。

2007 年 7 月には、ゲームクリエイターの水口哲也氏がプロデュースする音楽ユニット「元気ロケッツ」が、千葉・幕張メッセで開催した地球温暖化のライブ・エイド「LIVE EARTH」の東京公演にホログラムでライブ出演した際の技術を担当。暗闇に浮き上がるヴォーカル Lumi のシルエットに光が絡みついて弾けるといったような、実際の照明やレーザーとも融合した未来的なステージを作った。

2008 年 3 月の X JAPAN の再結成コンサートでは、ホログラフィックによって再現された HIDE がギターを演奏する姿をステージに映し出した。

2012 年 7 月に、渋谷ヒカリエで行われた Perfume のコンサート「氷結 SUMMER NIGHT」では、ホログラフィック技術を使い、Perfume のメンバーを実物大で映し出して本物と思わせるようなトリックや、Perfume が 6 人になったり、彼女らの動きに合わせて空間に現れるホログラフィック映像によってエフェクトをかけたりするような演出の技術を担当した。

2013 年 5 月には、東京・銀座のポーラ アミュージアム アネックス (POLA MUSEUM ANNEX) において、ミヤケマイ氏の個展「白粉花」のホログラフィック作品とプロジェクション作品に技術協力をした。

2013年6月には、両国国技館にて au が主催したスマートフォンを使ったユーザー参加型イベント『au PERFECT SYNC.』において、4面のホログラフィックステージを構築した。これは世界初4面ホログラフィックステージとなり、業界人を驚かせた。

2013年7月には、秋葉原で開催された初音ミクのライブイベント「夏祭初音鑑」の演出を担当。ホログラフィック映像に加え、プロジェクションマッピングや、照明、レーザー光線などの多彩な演出で、観客を楽しませた。

2014年8月には、お台場で行われたフジテレビの夏のイベントにおいて、アニメ「ワンピース」のキャラクターがホログラフィックでバトルを繰り広げるライブステージ「ワンピースホログラフィック・バトル・シアター」の総合演出を手がけた。

このほか、NTT（日本電信電話）は2020年の東京オリンピック・パラリンピック観戦に向けて、“競技空間をまるごとリアルタイムに日本国内はもとより世界へ配信する”超高臨場感につながる伝送技術「イマーシブテレプレゼンス技術 Kirari!（略称：Kirari!）」を開発しているが、この技術には studioTED の Eyeliner ホログラフィック・ステージ技術が採用され、かつ演出・クリエイティブおよびテクニカルのパートナーとして推進している。

Kirari!は、映像圧縮規格 H.265/HEVC と、可逆符号化技術、映像や音などのあらゆる臨場感を構築するための信号を同期させる独自技術「Advanced MMT」を組み合わせたもので、あたかも競技場にいるかのような高い臨場感を味わうことができ、競技場の雰囲気をもまるごとパブリックビューイングに伝送するような技術。NTTはこの Kirari!によって、映像音声などのコンテンツに限らず、新たな映像表現手法や照明やスモーク、ロボットなど、環境に存在するリアルな物や五感で感じる「雰囲気」を連動させて表現することで、これまでにない高臨場感を作り出すこと目指している。

2.2.5 2016年に米国に開業する VR ゲーム施設「The VOID」

VR はテーマパークやゲームセンターでも導入が始まっているが、2016年夏ごろに米ユタ州ソルトレイクシティに VR エンターテインメント施設「The VOID」が開業する計画があり、業界の関心を集めている。

この施設を運営するのは、CEO のケン・ブレットシュナイダー（Ken Bretschneider）氏が率いるスタートアップの「ケン ブレットシュナイダー プロジェクト」。同氏はセキュリティ／情報マネジメントの大手企業である米シマンテックにおいて市場・テクノロジーイノベーション担当の副社長兼フェローとして活躍していた人物である。

当初、テーマパーク「Evermore Park」を手がけていたが、VR デバイスと体感施設を組み合わせたエンターテインメントを構想し、The VOID のプロジェクトに本腰を入れることになった。

VR HMD、VR グローブ、VR ライド（体感マシン）、VR ベスト、各種センサーをはじめ、VR 器具・デバイス・施設を総動員し、広い空間とステージを設けて、そこを歩き回ったり、走り回ったりしながら VR ゲームを中心としたエンターテインメントを楽しむ施設である。プレイヤーはゲームをするとき、ヘッドセットと戦闘スーツを着用し、手には仮想銃を持つ

て武装する。

The VOID は、ゲームのステージとなる 10 室の"ゲームポッド (Gaming Pod) "からなる。このゲームポッドの 60 フィート四方 (約 18m 四方、330 平方メートル) の内部は、VR ゲーム用のステージと、通路や壁からなり、手で開けられるドアや蒸気が吹き出す仕掛けといったものも組み込まれている。シミュレーターの乗り物 (ライド) も配置されている。1 ゲームポッドにプレイできる人数は 10 人程度。ゲームポッドのレイアウトや内装、素材はコンテンツにあわせて変更できる。

The VOID で使用する VR HMD は、ゲーム体験に合わせて特注している。ここで使う VR HMD は量子ドット技術を採用した有機 EL 曲面ディスプレイを使い、視野角は 160 度以上を目標としている。装備としては、このほか THX 3D ヘッドフォン、動作と画面の遅延やズレから生じる映像酔いを防ぐ低レイテンシーのモーショントラッキングなどを採用。

2016 年夏のソルトレイクシティを皮切りに、北米だけでなく、欧州、アジア、豪州の主要都市に、The VOID バーチャル・エンタテインメント・センターの開業を目指す。

2.3 没入型映像のブームを担う VR HMD

AR/VR 技術を用いた映像は、3D VR HMD や HUD、VR ゴーグル、スマートグラスといったデバイスを装着することが一般的である。ここでは、近年新規参入が急増し、2016 年がコンシューマー向け製品の実質的な市場投入年になる VR HMD をクローズアップする。

HMD (ヘッドマウントディスプレイ) は、その言葉が示すように、頭部に装着するディスプレイ装置のことを指す。

これまでのディスプレイは解像度を満たすために人間の目から一定の距離をとって見るものであったが、HMD は視界を覆って光学的像を直接見る形態の装置である。

広義では HMD には、メガネをかけるように頭部に装着して使用するスマートグラスのようなものも含まれている。両眼だけでなく単眼のものもある。また外が透けて見える透過型と、目を完全に覆う没入型 (非透過型) がある。2D 画面とともに、奥行き感のある 3D もある。

このうちスマートグラスは、Google Glass (グーグルグラス) に代表されるように、実際に見ている景色・光景に情報を重ねて表示する方式のものや EPSON MOVERIO のように、両眼タイプのシースルービューアーで目の前に大画面が現れるものもある。

Recon Instruments によって開発されたスポーツ用スマートグラスの JET のように、ランニングやサイクリングをするときに速度、地図、天気情報、心拍数などを表示する製品や、ソニーのスマートアイグラスのように、スマートフォンと組み合わせてスポーツ観戦中に選手情報を確認したり、ランニング時に道路情報を文字や画像を視界上に重ねて表示したりするデバイスもある。

またトビー・テクノロジーの Tobii Glasses2 のように、人がどこを見ているか、眼球がどこを向いているかを測定し、それを集計・可視化するアイトラッキングを実装して、医学や

工学、マーケティング分野などで利用されているものもある。

スマートグラスは、その名称のようにメガネ型のウェアラブルデバイスが多く占めている。こうした装置は、ビデオ透過 HMD、光学透過 HMD と呼ばれることもある。それは、現実の風景に情報を重ね合わせて表示する AR (拡張現実感) デバイスの特徴を兼ね備えたものが多い。

HMD はこうしたスマートグラスも含むものの、視野を覆って視聴する、より没入感の高い装置を指すことが増えている。いったん装着すると実世界の視野は覆われ、完全に表示される映像・イメージの世界にいるようになる。とりわけ 2D から 3D VR (仮想現実) や 360 度 (全天周) 映像とも親和性が高い、VR HMD (バーチャルリアリティ・ヘッドマウントディスプレイ) が一般化している。

これは眼球の前に超小型ディスプレイを設置し、両目の視差を利用して立体的な視覚が得られるようになるもの。これによりエンターテインメントに新たな経験を生み出す作用をしている。

ただし、VR を実現する出力装置は HMD 型だけでなく、部屋のように大きな装置で、内部に直接人が入る空間を持った没入型ディスプレイとして、前述した、いわゆる CAVE システムもある。

2.3.1 Facebook に買収された Oculus VR の Oculus Rift がブームの震源

ゲーム空間のリアリティを高め、プレイヤーに第一人称の視界と経験を与えられる Oculus Rift に代表される VR HMD は、2015 年が世界的に実質的な導入年になった。2016 年は各社から VR HMD が投入されるようになり、市場形成が始まる。

市場の牽引役となった Oculus Rift の消費者向けバージョンも出荷段階に入りつつあり、インターフェースの最適化も促されるなかで、仮想現実の世界は現実的な経済の世界に組み込まれるようになった。

この分野では Oculus Rift を追って、オープンソースの VR プラットフォーム「OSVR (Open-Source Virtual Reality)」に準拠した VR HMD の投入が続いているほか、PlayStation4 (PS4) 向けをにらんだ「PlayStation VR」もある。

2012 年 6 月に開催された世界最大のゲーム見本市 Electronic Entertainment Expo (E3) において、初めて Oculus Rift のプロトタイプが公開され、その後、クラウドファンディングの Kickstarter によって開発費を募集し、目標額 (25 万ドル) をはるかに超える 240 万ドルを調達した。

その広視野角と頭の動きに表示が追従するヘッドトラッキング性の高さだけでなく、一般的な液晶パネルを採用しながら、魚眼レンズと PC 側での像歪み逆補正を組み合わせることでリアリティを高め、開発・製造元の Oculus VR, Inc.は一躍注目を浴びることになった。

2014 年 3 月になって、世界最大の SNS を運営する米 Facebook により 20 億ドルで買収され、この企業の製品は表舞台に躍り出ることになる。

VR HMD はゲームへの没入感を高めるためだけでなく、さまざまな適用・応用分野が生ま

れつつあり、次世代のコミュニケーションの在り方を変える可能性もある。国内においても、その可能性に目をつけた企業が急増しており、2015年から本格的に利用分野の開発が始まっている。

2.3.2 HMDの開発経緯

もともとHMDは、米国の計算機科学者で、インターネット先駆者の1人であるアイバン・エドワード・サザランド (Ivan Edward Sutherland) が、1965年に「究極のディスプレイ」という論文で仮想世界のビジョンを示し、CGが作り出す空間の可能性を提案。1968年には左右の目に別々の小型のディスプレイを当て、視差を利用した立体映像を投影し、VR 3D空間を人間の視野に出現させるシステムを開発した。これを起点として、HMDは少しずつ仮想世界に入り込んでいくことになる。

1984年には、NASA (米国航空宇宙局) でパイロットのシミュレーション用にHMDが開発され、この外観はほぼOculus Riftのデザインと似たものになった。

その後、NASAが宇宙開発目的、USAF (米国空軍) が軍用機開発目的、MIT (マサチューセッツ工科大学) がコンピュータの新しいインターフェース開発目的にと、それぞれ米国を中心にVRの研究が進められた。

NASAのマイケル・マグレビー、スコット・フィッシャーらが1985年に、手の位置や動きを検出するデータグローブとHMDを使った「仮想環境」という具体的なシステムを発表した。これ以降、VRへの関心が高まっていく。

日本では東京大学工学部の廣瀬通孝教授らが1984年ごろから仮想空間内の物体の操作性ならびに仮想空間と実空間との融合について研究を始めている。

また、それに先だって1981年から通産省・工業技術院・機械技術研究所の舘暉氏らのグループが遠隔地に置かれたロボットを制御するレイグジスタンスの技術の研究に着手している。

この頃からHMD、3Dディスプレイとともに、全身の位置や動きを検出するデータスーツ、非接触で人間の運動を計測する装置、聴覚・触覚ディスプレイなど感覚出力装置、生体信号測定機器など、関連装置・技術の開発が進むことになる。

国内では1990年代後半から2000年代前半にかけて、擬似的に大画面を楽しむAV機器としてのHMD製品が発売された。ソニーが1997年に発売したグラスロンがその代表商品。この時点ではテレビの画面のような2D映像向けのもので、3Dコンテンツには対応していなかった。

2.3.3 Oculus Rift の開発の経緯

Oculus Rift (図 2.3-01) は、Oculus VR の創業者 パーマー・ラッキー (Palmer Luckey) 氏が 19 歳で開発した。ラッキー氏は、ゲームや VR に興味を持ち、ソニーや Vuzix などが発売した HMD を試したが、視野の狭さや描画の遅さなどに不満があったことから、南カリフォルニア大学のクリエイティブテクノロジー研究所に雇用されていた時に、大学の研究を兼ねた個人プロジェクトとして、低コストでゲームにも使える VR HMD を開発した。



図 2.3-01 Oculus Rift

2012 年の Electronic Entertainment Expo (E3) にて初めてプロトタイプが公開され、ゲーム業界から注目されただけでなく、伝説的な 3D ゲームプログラマーのジョン・カーマック (John D. Carmack) 氏に絶賛された。その後押しを受けて、Kickstarter で量産資金を募るキャンペーンを実施。当初目標の 25 万ドルを大幅に超える 240 万ドルの調達に成功している。2013 年の E3 ではベストハードウェア賞を獲得した。

2013 年 8 月にカーマック氏は、Oculus VR 社の最高技術責任者 (CTO) に就任している。カーマック氏は id Software の共同設立者でもあった人物で、『Wolfenstein 3D』『Doom、Quake』『Commander Keen』といったゲームシリーズの主任プログラマーの実績を持ち、ファーストパーソン・シューティングゲーム (FPS) の生みの親として知られる。

2013 年 3 月 20 日に開発機の Developer Kit 1 (DK1) の予約が開始され、同年 4 月に販売。2014 年 3 月 19 日に Developer Kit 2 (DK2) の予約が始まり、同年 7 月にリリースされている。DK1 は約 6 万台、DK2 は約 2 万 5000 台が販売され、合計で 8 万 5,000 台以上を売り上げた。DK2 は 2015 年 10 月に販売終了になっている。

開発者のフィードバックをもとに、度重なる仕様変更され、Oculus Rift は次第にハイエンドヘターゲットを切り替えた。

2014 年 9 月 19、20 日の両日に開催された開発者向けカンファレンス「Oculus Connect」では、Oculus Rift の第 3 世代試作機「Crescent Bay (CB)」が初公開され、翌年 1 月に米ラスベガスで開催された 2015 International CES において、このプロトタイプが、公の場所としては初めて公開された。これは Oculus Rift の製品版に近いものであり、この日のために作られた 50 台が用意された。ここでも Oculus Rift は高く評価され、Oculus VR はとてもクールな企業であると見られるようになった。

Crescent Bay は左右にヘッドフォンを装備して 3D サラウンドに対応。ヘッドセットの前面だけでなく背面にもセンサーを配置し、360 度ヘッドトラッキングと頭の動きへの追随性を高めている。ヘッドフォンは取り外しができる。

約 1.5m 四方の範囲内でプレイヤーのいる位置を認識でき、かがんだり、後ろを振り返ったりする動きも追従するため、仮想空間上に表示されるオブジェクトの周囲を回ることも可能になる。

DK2 よりも解像度と 360 度ヘッドトラッキング精度とトラッキング半径を拡大したほか、本体の大幅な軽量化と小型化を図り、装着も簡単になり、没入感を一層高めている。

Crescent Bay のサウンド技術については、ソフトウェアで立体音響技術の RealSpace3D のライセンスを受けており、没入感を高める上で 3D サウンドが欠かせないことを確認させた。市販の高級ヘッドフォンは音楽向けに設計されており、VR 空間の 3D サウンドとしては全く別のチューニングが必要になるという。

Oculus Rift の最初の試作機 DK1 (Crystal Cove) の後、DK2 を投入し、最初から外部のカメラを使ってプレイヤーの頭部の位置を認識するヘッドトラッキング機能を備えた。他の HMD の視野角が 25~45 度程度であるのに対して Oculus Rift は 110 度と格段に広がった。

一般的な PC やスマートフォンでは、キーボードやタッチなどの入力からディスプレイへ表示が更新されるまで、50~100 ミリ秒(0.05 秒~0.1 秒)ほどのタイムラグがあるが、Oculus Rift においては頭部の動きからパネルの画素が変化するまでの遅延 (motion-to-photon) は約 20 ミリ秒 (0.02 秒) と高速になっている。また、ディスプレイのリフレッシュレートは 60Hz (DK1) / 75Hz (DK2) から 90Hz へ高くなるとともに、レンダリング後の各フレームを最新のトラッキング情報に合わせて補正するタイムワープなど、視界と頭の動きを一致させる工夫が施されている。頭を動かすととてもスムーズに画面が追従し、VR 酔いのある程度抑えることができる。

Oculus VR は、2016 年 1 月に米ラスベガスで開催された 2016 International CES の会期中の 1 月 6 日午前 8 時 (太平洋時間) に Oculus Rift の購入予約を開始。発売日は 2016 年 3 月 28 日となった。米国での販売価格は 599 ドル。日本を含む世界 20 カ国で発売されるが、日本から購入すると 8 万 3,800 円に出荷手数料 1 万 800 円が加算される。この価格には本体のほか、スタンド付きセンサー、コントローラー (Xbox One Controller)、リモコン型入力デバイス「Oculus Remote」、ゲームタイトル 2 本が含まれる。ゲームタイトルは、アクションゲーム『Lucky's Tale』(開発元: Playful Corp.)、シューティングゲーム『EVE:Valkyrie』(開発元: CCP Games)。ヘッドフォンとマイクは本体に内蔵されている。

2.3.4 SCE/90fps と 120fps の VR コンテンツに対応する"PlayStation VR"

世界的に普及している家庭向け高性能ゲーム機"PlayStation 4 (PS4)"を送り出しているソニー・コンピュータエンタテインメント (SCE) が開発している VR HMD が"PlayStation VR (PS VR)" (図 2.3-02) である。SCE は 2015 年 3 月 2 日から 6 日までの 5 日間、米サンフランシスコで開催された"Game Developers Conference 2015 (GDC 2015)"で、PlayStation 4 (PS4) 向けの VR HMD 新型試作機を発表した。



図 2.3-02 PlayStation VR

これは 2014 年 3 月に開催された GDC 2014 にて、開発名だった"Project Morpheus (プロジェクト モーフィアス)"として公開されたものに、ゲーム開発者や体験ユーザーの意見も取り入れて改良を加えたものであった。さらに臨場感が高まり VR 体験のリアリティが増した。

PlayStation VR の VR ヘッドセットには、従来機の 5 インチの液晶ディスプレイに代わり、解像度 1,920×RGB×1,080 の 5.7 インチの有機 EL ディスプレイ (OLED) を採用。これにより視野角が向上し、映像の残像感やブレを大幅に低減させることが可能になった。細緻に描き出されたゲームの仮想世界に入り込む感覚を高めている。

OLED 採用に伴い、120fps (frame per second) の映像表示に対応し、1 秒間に 120 回の画像表示ができるようになった。また、全ての PS4 はシステムソフトウェアのアップデートにより、PlayStation VR に接続して使用する際に 120fps の映像出力が可能となる。

一方、開発者の要望に応じて、90fps のフレーム速度にも対応できるようにドライバーソフトや SDK (ソフトウェア開発キット) などがバージョンアップされている。これにより、セガゲームスの『SEGA feat. HATSUNE MIKU Project VR Tech DEMO』など 90fps のコンテンツも楽しむことができる。90fps の VR コンテンツは、120fps のものより作業負担が軽いものの、60fps より滑らかに見えるだけでなく、他の VR プラットフォーム向けに 90fps で制作されたコンテンツを移植しやすいというメリットがある。

従来機の VR ヘッドセットに搭載していた 6 つの LED の数を 9 つに増やし、VR ヘッドセットを装着したユーザーの頭部の位置を PlayStation Camera が正確に検知する。検知した頭部の動きを映像に反映するまでの遅延時間を、システム全体の最適化により減少させたことで、頭部の動きにより一層即した VR 体験を実現している。

従来機の VR ヘッドセットで採用した、顔面への圧迫感や疲労感の少ないバイザースタイルを継承しながら、一本のバンドだけで頭部に固定する構造にした。これにより、

より簡単に VR ヘッドセットを着脱することができるようになっている。加えて、部品構造の見直しと最適化を図り、軽量化も実現した。

新型試作機では 3D オーディオやソーシャルスクリーンなど、従来機から搭載している機能は継承。60fps のゲームを 120fps で出力するための SDK も提供し、従来機で開発していたコンテンツも新型試作機にて引き続き開発できるようにしている。

PlayStation VR ではジェスチャー入力端末として、PlayStation 3 (PS 3) 時代に発売された"PS Move モーションコントローラ"を利用する。Move は 3D 空間で位置を高精度に特定するポジショントラッキングができ、VR 空間内で自身の手のように認識されるため、まさにうってつけのツールになる。

ただし PlayStation VR では、PS 4 のコントローラー"DUALSEOCK 4"や HMD 本体に内蔵している LED を PlayStation 4 のカメラで読み取ることで、空間上で位置や動きを認識できるようになっているため、コントローラーを手に持たなくてもプレイできる。

PlayStation VR の商品化時期は 2016 年上半期の予定。

【PlayStation VR の主な仕様】

- *プラットフォーム： PlayStation 4(PS4)専用
- *ディスプレイ： 1,920×1,080(片目 960×1,080)有機 EL
- *視野角： 100 度
- *リフレッシュレート： 120Hz
- *搭載センサー： 加速度センサー ジャイロセンサー
- *接続 I/F： HDMI + USB
- *機能： 3D オーディオ ソーシャルスクリーン
- *構成： プロセッサーユニット VR ヘッドセット
- *発売日： 2016 年前半予定

2.3.5 Gear VR／サムスン電子・Oculus VR

韓国サムスン電子と米 Oculus VR が共同開発したコンシューマー向け「Gear VR」(図 2.3-03) は手軽な VR HMD として、VR 市場を広げている。この製品は 2015 年 9 月に発表され、同年のクリスマス商戦から市場投入を始めた。1 万円台という手頃な価格帯を実現した。

サムスン電子と Oculus VR の両社は、2014 年 12 月に VR ソフト開発者やアーリーアダプター向けに、先



図 2.3-03 Gear VR

行プロトモデルという位置づけで「Gear VR Innovator Edition」（199ドル）を発売していた。「Gear VR」はその「Gear VR Innovator Edition」とほぼ同じ仕様で、スマートフォンを差し込んで使用するもの。対応スマートフォンの機種を拡大し「Galaxy S6 edge+」「Galaxy S6」「Galaxy S6 edge」といった Galaxy S6 シリーズだけでなく、「Galaxy Note 5」も使用できるようにした。

Gear VR は Innovator Edition と比べて、頭頂部にかかるパーツなどを省略して軽量化し、段ボール型などよりも高品質な VR 体験を味わえるようにしている。また本体に 9 軸センサーを内蔵しており、遅延を 20ms 以下に抑えて頭の動きをスピーディに追従する。

また、Gear VR では側面のタッチパッドに凹凸が用意され、どこを操作すれば良いか感触を確かめながら操作できるようにしているほか、顔に当たる部分にクッション素材が採用され、より快適に装着できるようになっている。カラーはホワイト 1 色、重量は 318g と 22%軽量化した。

【コンシューマー向け Gear VR の主な仕様】

サイズ：W201.9×L116.4×H92.6 mm

重さ：318g

センサー：加速度センサー、ジャイロセンサー、近接センサー

視野角：96 度

瞳孔間距離範囲：54～70mm

カラー：Frost White

対応デバイス：Galaxy Note 5、Galaxy S6 edge+、Galaxy S6、Galaxy S6 edge

2.3.6 米 Valve から視線追跡型 VR を実現する"SteamVR"

2015 年 3 月 2 日から 6 日の 5 日間にわたり米サンフランシスコのモスコニーセンターで開催された GDC 2015 では、世界最大のゲーム配信プラットフォームである"Steam"を運営している米 Valve（バルブ）が発表した、360 度スケールの視線追跡型 VR を実現した"SteamVR"（図 2.3-04）は驚きを持って迎えられた。

Valve は元マイクロソフト社員だったゲイブ・ニューウェルとマイク・ハリントンの両氏によって、1996 年に設立されたゲーム会社。代表作と



図 2.3-04 Steam VR

して、ファーストパーソン・シューティングゲーム (FPS) 『ハーフライフ (Half-Life) 』とその続編『ハーフライフ 2 (Half-Life 2) 』、対テロ特殊部隊とテロリストとの戦いをテーマにした対戦 FPS 『カウンターストライク (Counter-Strike) 』、シングルプレイ専用アクションパズルゲーム『ポータル (Portal) 』、スパイアクション系のファーストパーソン・シューティングゲーム『チーム フォートレス (Team Fortress) 』などがある。

今では、PC ゲームのダウンロード販売プラットフォームである Steam の運営会社として知られている。2015 年 11 月時点で 6,000 以上のタイトルを配信。2015 年 2 月にアカウント数が 1 億 2,500 万を突破している。

SteamVR は、PC ゲーム用 VR システムで、台湾のモバイル機器メーカー HTC と提携して開発を進めており、Fireproof Games、Dovetail Games、Vertigo Games といったゲーム開発会社がいち早く賛同を表明した。

2015 年 3 月には HTC から VR HMD 「HTC Vive」が発表された。Vive は Valve 社の協力を得て開発され、3D でゲームをプレイすると、他の VR HMD と同様、頭の動きと連動して視界が変化する。ゲームの開発者向けには「Vive Developer Edition」の製品が同時期から発売された。

Vive Developer Edition は、1,200 x 1,080 ピクセルの LCD を内蔵。映像再生は 90fps。加速度センサーやジャイロスコップなど多くのセンサーを内蔵し、0.1 度単位で頭の動きをトラッキングする。外部装置として「Base Station」が用意され、Vive のレーザーポジションセンサーと通信し、15 フィート×15 フィートの空間で自由に動くことができ、これが仮想現実世界にも反映される。

2015 年 3 月から、Vive は開発者向けに 7,000 台の Vive Developer Edition を用意し、ゲーム開発企業やコンテンツクリエイターとのパートナーシップを強化しながら、ハードウェアデザインや使用感、コンテンツの再現性などについて、一般消費者のための製品に向けた改良を重ねている。

SteamVR と OpenVR SDK に対し、日本の東京大学のハードウェアベンチャーである FOVE が 2015 年 6 月にサポートを表明しており、そのプラットフォームにおいて視線追跡技術と動作追跡技術を組み合わせた開発ができることになる。FOVE は Steam が開発した SteamVR のレーザーを使ったポジショナルトラッキングシステム「Lighthouse」を統合する製品開発をしている。

2.3.7 その他の VR HMD

(1) 米 NVIDIA と米スタンフォード大学と共同開発の「DesignWorks VR」

米 NVIDIA は 2015 年 8 月、米ロサンゼルスで開催された SIGGRAPH 2015 において、米スタンフォード大学と共同開発している VR HMD 「DesignWorks VR」 (ベータ版) とともに、高品質な VR 体験を提供するためのアプリケーション開発を可能にする API、プログラムライブラリー、機能セットを含む SDK (Software Development Kit) 「GameWorks

VR」についても発表した。

DesignWorks VR は、Khronos グループが策定しているグラフィックスハードウェアの API である OpenGL をサポート。VR 技術サポートを目的としたゲーム開発者向けの GameWorks VR SDK の上に構築した。専門的な VR アプリ開発のためのヘッドセット。

ヘッドセットは、2 枚の透過型液晶パネル「Liquid crystal display」でスペーサー (Spacer) を挟み込んだサンドイッチ構造になっている。

DesignWorks VR ではシーンを描画するにあたり、奥行き情報について 25 枚のパターンを組んで少しずつずらし、それを 2 枚の透過型液晶パネルで挟まれた空間上に配置する方式を採る。一眼につき 1 シーンを 25 枚のパターンで描画することから、よりシャープな画面が得られ、その結果、自然な VR 体験が提供できるとしている。

2015 年 11 月には、NVIDIA は DesignWorks VR と GameWorks VR のベータ版を終了させ、各バージョン 1.0 を正式にリリースしている。

この SDK では、NVIDIA のゲーマー向けの GPU「GeForce」や CAD や 3DCG モデリング、医療イメージングなどの業務用「Quadro」と組み合わせて使用することによって、VR ゲームにありがちな待ち時間の短縮、ハードウェアとの互換性向上、360 度映像の伝送高速化といったパフォーマンスの向上を果たした。

また VR 映像の中央を高解像度に、周囲を低解像度にし、効率的にレンダリングすることで VR 映像の描画パフォーマンスを約 50% 向上させる「multi-projection」機能も利用できるようにしている。

NVIDIA は米ノースカロライナ州ローリーを拠点とするゲーム会社 Epic Games と提携しており、ゲームを効率よく開発するためのゲームエンジン「Unreal Engine 4」(UE4)とも連携できるようにした。

(2) Starbreeze から 6 軸 360 度トラッキングが可能な「StarVR」

スウェーデンのゲーム開発会社 Starbreeze は 2015 年 6 月に、VR HMD を開発してきた仏 InfinitEye VR を買収、InfinitEye VR は Starbreeze Paris の仏現地法人となり、併せて InfinitEye VR が開発していた広視野角 VR HMD「StarVR」を発表した。

Starbreeze は人気のクライムアクションゲーム「PAYDAY」シリーズなどで知られるゲームスタジオ。StarVR は、Starbreeze のゲームエンジン「Valhalla」および Steam が提供する OpenVR フレームワークをサポート。両眼に各 5.5 型 WQHD (2,560×1,440 ドット) のディスプレイを配置、5,120×1,440 ドットという 5K の高解像度を実現した。この時点で、Oculus Rift の解像度 (1,080×1,200 ドット) や PlayStation VR の解像度 (960×1,080 ドット) より高かった。

両眼合計視野角は左右 210 度、上下視野角も 130 度で、人間の視界の 75% をカバー。本体にマーカーを貼り付けることで、6 軸 360 度のトラッキングができる。

開発パートナーに、東芝や Lionsgate (映画配給企業) などがある。

(3) FOVE は世界初の視線追跡型「FOVE」

東京大学インキュベーションラボ「Intellectual Backyard」をベースとする FOVE は 2015 年 6 月に世界初の家庭向け視線追跡型 VR ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 「FOVE」(フォーブ) (図 2.3-05) を発表。



図 2.3-05 FOVE

アイトラッキング機能を内蔵するため、体験者の視線方向を検知し、ゲームプレイでは視線ですばやく目標をロックオンし、仮想キャラクターと目を合わせたり、目をそらしたりするアイコンタクトができ、AI (人工知能) が反応するといったことが可能になる。

また FOVE は Valve の OpenVR SDK と SteamVR をサポートする。2016 年春には開発者キットを出荷する予定。開発者キットには SteamVR のポジショナルトラッキングシステム「Lighthouse」を統合する予定 (Lighthouse は、レーザーを使ったポジショナルトラッキング技術)。

量産開始に向けて、クラウドファンディングサイト「Kickstarter」での資金調達を実施し、目標金額の 25 万ドルを大幅に上回る金額 (70 万ドル以上) を達成。また、韓国サムスングループの投資会社サムスン・ベンチャーズ (Samsung Ventures) からも投資を受けている。

FOVE 代表の小島由香氏は元ソニー・コンピュータエンターテインメントでゲームプロデューサーを務めていた。

また 2014 年 7 月、FOVE は日本企業として初めて Microsoft Ventures のアクセラレータープログラムに採択されている。

(4) 米 IonVR はインテルと共同で RealSense 搭載のデバイスを開発



図 2.3-06 IonVR

米 Ion Virtual Technology (IonVR) は、インテルと共同で新たな VR HMD フレームを開発している。これはサムスン電子の「Gear VR」のようにスマートフォンを挿入して使用するモデルで、iPhone および Android スマートフォンに対応する (図 2.3-06)。

スマートフォン用の留め金を変えることで、フロントプレートが 4.5 インチから 6 インチのスマートフォンを挿入して使用することが可能。最

低解像度は 720p、推奨解像度は 1,080/2K。2016 年第 1 四半期に 229 ドルで販売する予定。また、インテル製スマートフォンを一体化したモデルも 399 ドルで発売予定。

最大の特徴はインテルの 3D カメラ技術の RealSense と動作同期技術の MotionSync のテクノロジーを採用したことでコントローラーが不要となり、モーションブレイク（動きのブレ）を防ぐこととしている。この HMD フレームは、Google の 3 次元マッピング技術"Project Tango (プロジェクトタンゴ)"から発想したという。Project Tango は、赤外線センサーやカメラを組み合わせ、対象物との距離を正確に計測し、眼前の空間をリアルタイムで 3D キャプチャーする技術。ヘッドセットのカメラが位置をトラッキングして、VR 空間を動き回ることができる。単 4 電池 2 本が必要で、リチウムイオン電池であれば連続使用で 300 時間以上持続する。

(5) 中国 uSens から AR と VR を統合した HMD 「Impression Pi」



図 2.3-07 Impression Pi

中国杭州市に本拠を置き、米カリフォルニア州サンノゼにもオフィスを開設している uSens は、2016 International CES において、VR HMD フレーム「Impression Pi (インプレッション・パイ)」のプロトタイプを発表した(図 2.3-07)。サムスン電子の「Gear VR」のようにスマートフォンを挿入して使用するモデルで、iPhone および Android スマートフォンに対応。

主な特徴として AR と VR に対応し、手の動きを認識するジェスチャー操作、位置を認識するポジショントラッキングの各機能を搭載する。

る。

AR とハンドトラッキングには HMD の前面の 2 基のカメラを使用し、これを画像処理することで AR のオーバーレイに対応している。段ボール製の VR ビューワーのように折り畳みができる。価格は Gear VR より高く、約 400 ドルとなる予定。

2.4 主な 360 度全天球カメラ (VR カメラ)

2014 年 3 月に米 Oculus VR の Oculus Rift DK2 (Development Kit 2) がリリースされた頃から、360 度全天球 (パノラマ) 撮影ができる VR カメラも市場に増え始め、2015 年から 2016 年にかけて、新規参入する企業も増えている。

一般的に 360 度全天球撮影する機材として、小型・防水・防塵のアクションカメラの GoPro を 6 台つなぎ合わせた「360HERO」などが使われている。GoPro をつなぎマウントは各社から発売されており、さまざまなバリエーションがある。Google と GoPro が共同開発した「Odyssey」は 16 台をリグでつないで使用している。GoPro HERO とほぼ同じサイズの小

型カメラとして、中国の Xiaomi（シャオミ）が製作したアクションカメラ「Xiaomi Yi」などを使うこともできる。

また、一眼レフカメラ 6 台をリグでつなげたり、個人向けデジタルビデオカメラを 24 台リグに装着したりして撮影する方法や、1 台のカメラを回転させて撮影し、それらをつなぎ合わせる方法などがある。

最近では各社から 4K 動画を撮影できるアクションカメラが発売されており、360 度カメラのバリエーションはさらに増えている。

360 度カメラで動画を撮影する場合、これまでは動画と動画をつなぎ合わせて 360 度全天球動画に変換するスティッチ作業が必要だった。この作業は専用ソフトウェアを使って行いが、その操作方法や特性を習得する必要もあり、この作業が 1 つのハードルになっていた。最近では自動的にスティッチを行う、さまざまな 360 度全天球カメラが各社から市場投入されている。また YouTube が 360 度動画に対応し、360 度動画を共有することに対する敷居は低くなっている。

2016 年 1 月に米ラスベガスで開催された 2016 International CES においては、VR HMD とともに、360 度撮影可能な VR カメラも多数発表・出展された。ここでは、その主な製品・機材の概略を示す。

VR カメラはハイエンドからローエンドまでの製品が揃い始めている。2016 年には、主だった VR HMD がリリースされるだけでなく、スマートフォンを挿入するタイプの VR HMD フレームも各社から発売されることから、360 度 VR カメラ市場へ参入するメーカーも急増する見込みである。

現時点の主だった 360 度全天球（パノラマ）カメラの概要は下記のとおり。

2.4.1 GoPro/Google の協力を得て開発した「Odyssey」

小型の高性能・防水・防塵カメラでアクションカメラの市場を切り開いた GoPro 社は、VR 向けの 360 度映像を撮影するシステム「Odyssey」（図 2.4-01）を開発・販売している。

4K/30fps 撮影ができる「GoPro HERO4 BLACK カメラ」を 16 台搭載し、各カメラを円形に配置するリグが付属する。16 台のカメラ全体を 1 つのカメラのように同期



図 2.4-01 Odyssey

させ、同時に給電ができる。2015 年 9 月に 1 万 5,000 ドルで発売され、同年 11 月から出荷されている。

アクションカメラの GoPro を複数台組み合わせて 360 度を撮影するシステムは、サード

パーティからも供給されているが、これは GoPro 社の製品。VR HMD で見た時にしっかりとした奥行きが感じられる映像が撮影できることをセールスポイントにしている。

GoPro 社は Google の 360 度撮影技術「Jump」プロジェクトに参画しており、Odyssey は Google の協力を得て開発した。

Odyssey を構成する各 GoPro は 2.7K (2,716x1,524 ピクセル)、30fps の動画を撮影できるが、Jump の仕組みで 2K×2K もしくは 8K×8K という高精細な 3D 立体視ができる 360 度映像を撮影することができる。

2.4.2 Jaunt/ライトフィールド採用のプロ向け「NEO」

プロフェッショナル向け VR コンテンツの制作会社の米 Jaunt 社が、2015 年 7 月に発表したのが 360 度カメラ「NEO」。これは Jaunt のカメラとして、第 5 世代の 360 度カメラに当たる。プロフェッショナル向けの映画のような VR コンテンツを撮影するために、約 2 年半をかけて開発された。

複数のカメラを並べ、カメラアレイ構造とすることで、光の方向と位置の両方の情報を記録するライトフィールド方式であることを特徴とする。このライトフィールドカメラとは、光のすべてを記録するといわれるカメラで、後から焦点合わせることができる写真や映像を撮影できる。

そのほかの特徴として、高画質、高解像度な 360 度映像の撮影、3D 視野のためにデザインされたレンズを採用し、暗いところでも撮影できるようにするためのセンサーを搭載。HDR (High Dynamic Range) 撮影にも対応する。また、連続したスチール画像を撮影し、それを素材として動画を作ることのできるタイムラプスの撮影にも対応。120fps に対応した上級モデルの「J1-24G」(2015 年 8 月リリース) と 60fps までの「J1-24R」(2016 年第 1 四半期にリリース) の 2 モデルがある。

このカメラは、米アップルで iPhone/iPad のカメラ技術を担当していたコージ・ガーディナー氏が開発に関わり、設計・デザインはマッキンゼー傘下に入ったデザイン・コンサルティング会社の Lunar が行った。

Jaunt は 2015 年 6 月に Google から出資を受けることを決めており、Google Cardboard で体験できる映画のような VR コンテンツの制作を進めている。同年 9 月には、ウォルト・ディズニーからの出資を受けることも明らかにした。

2.4.3 ノキア/プロフェッショナル向け 360 度カメラ「OZO」を発表

ノキアは 2015 年 12 月にプロフェッショナル向け 360 度 VR カメラ「OZO」を正式に発表した(図 2.4-02)。本体価格は 6 万ドルで、2016 年第 1 四半期に発売予定。

OZO は、8 つのグローバルシャッター(電子シャッター)とマイクを搭載した球体状のプロフェッショナル向けカメラ。ファインダーでリアルタイムに 3D 映像を確認しながら撮影することができる。シームレスな全天周パノラマ VR ライブストリーミングが可能。



図 2.4-02 OZO

8個の同期する 2K×2K センサーからなるビデオセンサーアレイを内蔵し、シームレスな全天周 360×180 映像を 30fps で生成できる。各レンズは、f/2.4 口径、視野角は 195 度、ISO 感度 400 で、10 ストップのダイナミックレンジを持つ。撮影距離は 50cm から。8 つのマイクロフォンを内蔵し、360 度のサウンドをキャプチャーできる。

本体には 500GB の SSD ストレージを装備。記録時間は 45 分。マスターフォーマットは MOV コンテナの OZO VR で、8 チャンネルの RAW ビデオ（ウェーブレット圧縮）と 8 チャンネルの PCM

オーディオが含まれる。

映像合成用の出力ファイル形式には DPX（8K×4K 10bit）、オーディオは MP4 が可能。無料の専用アプリケーション「OZO Creator」が用意されている。

カメラの制御は内蔵 Wi-Fi 経由で OS X v10.10（Yosemite）を搭載した Mac からリモートで操作が可能。外部への出力インターフェースには 3G/HD SDI と DIN コネクタがある。

撮影した動画はカメラで確認できる。重量は約 6 ポンド（約 2.7kg）。ドローンに取り付けて空撮したり、撮影した風景をそのままライブストリーミングしたりすることも可能。ファンレス冷却システムを採用。バッテリーは充電式のリチウムイオン電池。

2.4.4 リコー／ワンショットで高画質撮影可能な「RICOH THETA S」

リコーは撮影者を取り囲む全天球イメージをワンショットで撮影できる画像入力デバイス「RICOH THETA（リコー・シータ）」の上位モデルとして、高精細な静止画像や高品質な動画撮影、ライブビュー機能などに対応した「RICOH THETA S」を 2015 年 10 月に発売した。（図 2.4-03）

RICOH THETA は 2013 年に世界初の画像入力デバイスとして発売され、「RICOH THETA（型番：RICOH THETA m15）」から全天球動画撮影にも対応した。

RICOH THETA S は、小型・軽量ボディはそのままに、ビジネス用途での高い要求にも耐えうる上位機種的位置づけとなっている。新開発のレンズユニットやイメージセンサーの大型化、最新の画像処理などにより、静止画で約 1,400 万画素に相当する高精細な画像での全天球撮影を実現。大容量データの高速転送も可能にした。

スマートフォンやタブレット上で全天球イメージを確認しながら撮影できるライブビュー機能に対応。フル HD サイズに相当する高品質で滑らかな全天球動画撮影にも対応している。



図 2.4-03 RICOH THETA S

入力時は 1,980×1,080 ピクセルで、全天球動画に変換した際の記録サイズは 1,920×960 ピクセルになる。出力時の画像サイズは表示するデバイスの性能によって異なる。

ボディはブラックのソフトフィール加工。設定が一目でわかるモード表示用 LED や、本体側面に配置した静止画/動画切り替えボタンにより、スムーズな操作性を実現している。

2.4.5 JK Imaging/スマホでリモート撮影できる「PIXPRO SP360」

PIXPRO SP360 は黒と黄色のカラーリングの小型のアクションカメラ (図 2.4-04)。周囲 360 度、上下角 214 度で、全天球というより半球カメラのようで、フルハイビジョン撮影に対応する。

“Kodak”ブランドだが、すでにコダックは経営破綻しているため、コンシューマー事業でブランドライセンス契約した米 JK Imaging 社の製品となっている。

国内では、JK Imaging の Kodak ブランド商品の独占販売権を取得しているマスプロ電工が発売している。

カバーガラスの内側にあるレンズは、35mm 換算で 8.25mm/F2.8 の超広角レンズ。センサーは 1/2.33 型の裏面照射型 CMOS。総画素数は約 1,752 万画素、有効画素数 1,636 万画素。静止画は最大で 3,264×3,264 ピクセルの 1:1。動画は最大で 1,920×1,080/30p もしくは 1,440×1,440/30p。コーデックは H.264 で、ビットレートは 16Mbps 弱の VBR。

ボディのみで IPX5 (JIS 保護等級) 相当の防滴、IP6X (IEC 保護等級) 相当の防塵性能を備える。ただし、水中撮影は防水ケースに入れる必要がある。

2014 年 11 月に発売され、直販価格は 4 万 1,500 円である。

Wi-Fi でスマートフォンと接続し、専用アプリでモニターして見ることが可能。フル充電で撮影時間は 160 分で、カメラ底部に装填されている充電式バッテリーで駆動。充電器が付属するが本体充電もできる。microUSB、HDMI マイクロ端子、三脚穴がある。本体重量は 103g。

この上位機種として、2015 年 11 月には 4K (800 万画素) に対応したアクションカメラ「Kodak PIXPRO SP360 4K」が発売されている。

水平方向 360 度、垂直方向に 235 度の全方位撮影が可能で、GLOBAL モード時での解像度が 2,880×2,880 ピクセル、約 800 万画素となる。

パソコンを接続し、専用ソフトウェアをインストールすることで、撮影画面を確認しながらの録画や、撮影した画像の再生・編集ができ、YouTube の 360 度動画への変換もできる。

また、スマートフォンを Wi-Fi 接続し、専用アプリケーションをインストールすることで、SP360 4K を遠隔操作して、撮影画面を確認しながら、録画操作や撮影画像の再生もできる。



図 2.4-04 PIXPRO SP360

4K画質で最大55分の撮影が可能である。

2.4.6 IC Real Tech／「ALLie Go portable 360x360 action video camera」

米フロリダ州ポンパノビーチ（Pompano Beach）に本拠を置くホームセキュリティカメラ大手のIC Real Techは2016 International CESにおいて、全天球型360度カメラ（パノラマカメラ）「ALLie Go portable 360x360 action video camera」（図2.4-05）と専用VRゴーグル「The ALLie VR Headset」を出展した。



図 2.4-05 ALLie Go

このカメラは、本体の前後に画角188度の魚眼レンズを取り付けた2眼式の360度カメラ。先行発売されている「ALLie Home」は、バッテリーを内蔵せずDC9V給電でしか利用できなかったが、ALLie Goはバッテリーを内蔵する。

ALLie Goは、ALLie Homeのアクションカメラ的な製品で、基本的なスペックは変わらない。撮影レンズ1個あたりに撮像素子を割り当てている。解像度は各2,048×2,048ピクセルで、2眼で前後2,048×2,048ピクセルの総800万画素となる。

フレームレートは最大22fpsで、映像コーデックはH.264。8GBの内蔵メモリーに記録する。価格はALLie Homeと同じ599ドルで、2016年中頃に発売予定である。

BluetoothとWi-Fiに対応し、スマートフォンやタブレットからのリモートコントロールや撮影画像の転送が可能であるとともに、ストリーミングでリアルタイムの映像を配信することもできる。

スマートフォンを利用して360度のパノラマのVR映像を見るため、Google Cardboardに準拠した段ボール製の簡易ビューワー（ALLie Cardboard VR Headset）を同梱する。これを使うことにより、撮影したパノラマ映像を見ることができる。このほかに、製品版のビューワー「The ALLie VR Headset」をオプションで販売する。

2.4.7 ニコン／4K撮影可能なアクションカム「KeyMission 360」



図 2.4-06 KeyMission 360

ニコンは2016 International CESにおいて、360度の4K映像が撮影可能なアクションカム「KeyMission 360」（図2.4-06）を発表した。

この製品は、カメラの前面と背面の両方に撮像素子（ソニー製）とNIKKOR超広角レンズを配置し、4K UHD解像度の

360 度全方位映像を録画することができる。Wi-Fi に対応し、電子手ブレ補正機能もある。

水深 30m までの防水と耐衝撃、耐寒、防塵性能がある。ニコンとしては初のアクションカメラ。専用アクセサリとともに 2016 年春に発売予定。

2.4.8 GIROPTIC／動画は 2K、写真は 4K 撮影の「360cam」

仏 GIROPTIC（ジロプティック）は、2016 International CES で、小型 360 度全天球（パノラマ）撮影ができる「360cam」を出展した（図 2.4-07）。3 個の魚眼レンズ（視野 185、F2.8）を使って、動画質は 2K（フル HD）、30fps で、写真（静止画）は 4K（8Mpx）で撮影できる。

撮影した画像は USB 経由でデータファイルとして保存でき、Wi-Fi で接続したスマートフォンやタブレット端末に 2K の 360 度映像をダイレクトにストリーミングができる。撮影された画像は、特殊なアルゴリズムを使ってデータを統合し、自動的にステッチ（境界を消してつなげる）するため、映像のつなぎ合わせは不要という。



図 2.4-07 360cam

外観は、海洋生物のようなデザインで防水機能もある。Wi-Fi のほか GPS、3 つのマイク、手ブレ補正用のジャイロセンサーと加速度計を備えている。撮影範囲は広いが、カメラの真下には撮影できないところが生まれる。

Ethernet アダプターを装着すると LAN を接続でき、監視カメラにも使うことができる。通常の三脚に付けられ、付属品を付ければ水中撮影ができる。電球ソケットに 360cam を装着するためのソケットアダプターもオプションである。光の屈折を補正するゴーグルなどのアタッチメントもある。また本体下部には拡張バッテリーケースも装着できる。サイトでは 499.99 ドル（499 ユーロ）で予約販売を開始。2015 年 3 月にデベロッパー版が 499.99 ドルで一部販売を開始していた。

2.4.9 米 Sphericam／4K/60p で 360 度撮影できる Sphericam 2

米 Sphericam は、6 基のカメラをシームレスに連動させる 360 度全天球カメラ「Sphericam 2（スフェリカム 2）」を発売している（図 2.4-08）。

これは、三角面を組み合わせて球体状にした 360 度カメラ。テニスボールよりもやや小さい。ブラインドスポットなしで、高解像度で映像に収録する。筐体には 6 個のカメラレンズ、4 個のマイク、GPS、バッテリー、マイクロ USB ポート、電源ボタン、三脚マウントなどが多面体に組み込まれている。2,400mAh のバッテリーを内蔵し、単体で 4K（4,096×2,048 ドット）、60fps

の動画を撮ることができる。

無線 LAN に対応し、撮影動画は VR HMD や VR ビューア、タブレット端末、スマートフォン、パソコンでストリーミング試聴できる。

専用のモバイルアプリにより、録画の開始・停止、録画中の表示のモニタリング、表示・編集、拡散などの設定ができる。

各カメラユニットのセンサー解像度は 1,280×960 ドットで、自動でスティッチ処理ができる。マイクは 4 個搭載されている。録画フォーマットは Motion JPEG で、Cinema DNG に変換可能。記録メディアは microSD カード×6、録画時間は最大 90 分。USB 端子も備えている。外寸は直径 77mm、重量は約 400g。



図 2.4-08 Sphericam2

2.4.10 イスラエル HumanEyes/4K 3D 360 度 VR カメラ「Vuze」



図 2.4-09 Vuze

イスラエルに本拠を置く HumanEyes はコンパクトで高性能な「VUZE」を開発し、2016 International CES で発表した（図 2.4-09）。

これは角が丸く平たい正方形の形状で、角側に 2 つずつ計 8 つのカメラが搭載され、4K 解像度で 360 度 3D VR 撮影ができる。

ほぼリアルタイム処理でシームレススティッチができ、USB 2.0、SD カード、Wi-Fi、操作が可能。リアルタイムプレビューと、主な操作はスマートフォンアプリ（iOS/Android）で対応できる。VR

制作と編集のために独自開発ソフト「Vuze Studio」が用意されており、これを使えばタイトル、オーディオ（BGM）、ロゴの挿入や編集、VR ムービーへの変換ができる。YouTube や Facebook への投稿も可能で、撮影データは本体のマイクロ SD カードに保存でき、Wi-Fi で飛ばすこともできる仕様となっている。

オプションのアクセサリとしてテーブル三脚と、Homido と提携したスマホ型 VR ヘッドセットがあり、大きさは 12x12x3cm、重さは 250g。カラーはイエロー、ブルー、レッド、ブラックの 4 色。

価格は 999 ドルとアマチュア価格の上限とされる 10 万円以下に設定されており、アマチュアからセミプロの価格帯。注文受付は 2016 年 3 月からで、出荷は 2016 年 8 月の予定である。

第3章 没入型映像コンテンツの適用事例

ここでは没入型映像コンテンツが実際に利用されている事例として、適用分野毎に特徴的なシステムを紹介している。ただし、没入型映像コンテンツがビデオゲームを起点としたこともあり、その数が多数に及ぶため、ゲームの事例は原則として除外している。

また、2016年から事例が急増しているが、2014年から2015年にかけてはさほど導入事例は少なかったため、イベントや展示会で公開されて話題となったものを優先的に取り上げている。

3.1 エンターテインメント

(1) ARゲーム「HADO」(ARスポーツ) / 開発：meleap inc.

装置：ホログラム型VRゴーグル「Hololens」、スマートウォッチ(サムスン電子製 GALAXY Gear)

モーション認識技術・AR技術の2つの技術を使用。「かめはめ波」や「波動拳」のような空想上の技や魔法を、仮想と現実とを融合させて実現させる臨場感のあるスポーツゲームである。

スマートウォッチ(サムスン電子製 GALAXY Gear)のモーションセンサーがプレイヤーの体の動きを認識、スマートフォン用アプリ(iPhone/Androidアプリ)に登録してあるジェスチャーと連動する。それにより、プレイヤーが出したい技をAR上へと反映させることができる。登録されている技は飛び道具から回復系の呪文までさまざまである。

対応機器は順次増加中で、Apple Watchにも対応する。

(2) 小林幸子公演のVR LIVE 配信 / (株)ドワンゴ

装置：Oculus Rift

ドワンゴとNTTは限られた帯域で臨場感あふれる映像を配信できる「全天球映像向けインタラクティブ配信技術」を共同開発し、これを適用した「VR LIVE 配信サービス」を、2014年11月17日に開催した歌手・小林幸子さんの日本武道館公演においてニコニコ生放送に実装、ライブ配信を実施した。

NTT研究所が開発した「H.265/HEVC」(HEVC)技術をニコニコ生放送に適用する共同実験を開始し、このNTTのリソースにドワンゴのUI(ユーザーインターフェース)を統合した形。

この360度映像配信についてHMDを使って観た人の人数は未発表だが、視聴者数は約1万人。2Kで撮影したものを配信し、伝送は2Mbps以下に抑えている。このVR LIVE 配信サービスでは日本武道館に設置した360度全天球カメラの映像から、視聴者がOculus RiftなどのHMDを通して好きな方向を自由に見渡すことができるようにした。見ている方向の映像を高品質に選択配信する技術を使って、視聴者がどの方向を向いても高品質な映像が視界に映し出される、臨場感あふれる体験をすることを可能にした。

技術的には全天で広範囲に撮影された映像をいくつかの領域に分割して、個別に高品質でエンコードした後、ユーザーが見ている方向に応じた領域の高品質映像を選択して配信する技術を使っている。見ている方向の領域だけが高品質に視聴できるため、全域を高品質に配信するよりも限られた帯域で配信できた。

このサービスにおいて、ドワンゴは全天球映像向けインタラクティブ配信技術を実装した VR ライブ放送視聴アプリケーションを制作。同アプリを PC にインストールすることで、Oculus Rift を使って、ニコニコ生放送を 360 度の映像で楽しむことを実現した事例である。

(3) 技術デモ「サマーレッスン」／(株)バンダイナムコエンターテインメント

TEKKEN Project

装置：PlayStation VR

バンダイナムコエンターテインメントの「サマーレッスン」は、プレイヤーが金髪の外国人女性に日本家屋の縁側で日本語を教えるという設定である。開発しているのは、格闘ゲーム「鉄拳」シリーズと同じチーム。CG に関しては世界トップクラスのノウハウを持っており、VR 向けコンテンツの開発でも他社より先んじていると評価が高い。ゲーム業界関係者の間でも大きな話題となっている。

(4) ホラー映画『360°ホラー』／(株)アイ・エム・ジェイ、SHIBUYA TSUTAYA

装置：Oculus Rift

CCC（カルチュア・コンビニエンス・クラブ）グループの(株)アイ・エム・ジェイ（代表：櫻井徹氏、略称 IMJ）が 2014 年 11 月 22 日（土）～11 月 24 日（月）12:00～16:00 まで、SHIBUYA TSUTAYA 店頭スペースで「日本初！3D より怖い 360°ホラームービー体験イベント」を実施した。

Oculus Rift 用ホラー映画『360°ホラー』を撮影・制作し、渋谷の街を歩く人びとにその映像を視聴・体験してもらった。

CCC グループである IMJ として TSUTAYA 店舗と連動し、『360°ホラー』を観て上昇した“心拍数”の度合いに応じて「パニックーポン（パニック+クーポン）」（100 円～2,000 円までの割引）を発行。SHIBUYA TSUTAYA に在庫のある映像販売商品（DVD/Blu-ray）を対象に、割引券として利用できるようにした。

今回の取り組みで、IMJ は博報堂スタラボ・TC.MAX・McRAY とも連携し、「360°ホラー&パニックーポン」でコンテンツを組み合わせ、店頭を活性化させる新しいプロモーションパッケージを作った。

(5) J-WORLD TOKYO 期間限定“なぞラクション”「フリーザ軍からの"なぞ挑戦"！

地球爆発の危機を救え！！」／(株)ナムコ

装置：VOOR、JW スカウター (VR HMD)

(株)ナムコが運営する『週刊少年ジャンプ』作品の世界観で遊べる、東京・池袋のテーマパーク「J-WORLD TOKYO」(東京・池袋)に、能動的になぞを解きながらミッションをクリアする期間限定のアトラクション“なぞラクション”として、「フリーザ軍からの"なぞ挑戦"！地球爆発の危機を救え！！」が2015年7月18日(土)から9月27日(日)まで開催された。

ユーザーは地球を救うための戦士となり、フリーザ軍が仕掛けた爆弾を、なぞを解くことで解除していく。そのなかで特製VR HMD「JW スカウター」を装着しなければ見つけることができないなぞも隠されていた。

このドラゴンボールアトラクションの導入部分で、360度パノラマ映像を使って没入感を体験できるようにした。

(6) Perfume コンサート「氷結 SUMMER NIGHT」、「au PERFECT SYNC.」、初音ミクコンサート「夏祭初音鑑」、「ワンピース・ホログラフィック・バトル・シアター」「hide crystal project presents RADIOSITY」／studioTED (株)スピン

装置：ホログラフィック・ステージ・システム「Eyeliner」

studioTED は2012年7月に、渋谷ヒカリエで行われた Perfume のコンサート「氷結 SUMMER NIGHT」にて、ホログラフィック技術を使い、Perfume のメンバーを実物大で映し出して本物と思わせるようなトリックや、Perfume が6人になったり、彼女らの動きに合わせて空間に映像を出すホログラフィック映像によってエフェクトをかけたりするような演出の技術を担当した。

2013年6月には、両国国技館にて au が主催したスマートフォンを使ったユーザー参加型イベント『au PERFECT SYNC.』において、4面のホログラフィックステージを構築した。これは世界初4面ホログラフィックステージとなり、業界人を驚かせた。

2013年7月には、秋葉原で開催された初音ミクのライブイベント「夏祭初音鑑」の演出を担当。ホログラフィック映像に加え、プロジェクションマッピングや照明、レーザー光線などの多彩な演出で観客を楽しませた。

2014年8月には、お台場で行われたフジテレビの夏のイベントにおいて、アニメ「ワンピース」のキャラクターがホログラフィックでバトルを繰り広げるライブステージ「ワンピースホログラフィック・バトル・シアター」の総合演出を手がけた。

2015年12月には、横浜にあるホログラフィック専用劇場「DMM VR THEATER」において、X JAPAN のhide のホログラフィック公演「hide crystal project presents RADIOSITY」の総

合演出を手がけた。

(7) 3DCG の VR 映像「蟲姫」／大日本印刷(株)、(株)ファンタジスタ

装置：Oculus Rift

「蟲姫」(2015年6月19日第1巻発刊)は、『鬼畜島』で知られる外薮昌也氏原作、里見有氏作画の恐怖コミック。VRコンテンツでは「蟲姫」の漫画の世界をフル3DCGのVR映像で再現し、Oculus Riftで体験できるようにした。

印象的なコマを映しながら、そのシーンのイメージをVRにしている。コマが現れセリフが聞こえる中、作品の中でも見開き2ページを使って表現されているような、特に印象的なシーンがフル3DCGで再現されるもの。街に大量の蟲が飛来するシーンや雨粒が水たまりに落ちたときの波紋が細かくレンダリングされていてリアリティがある。「蟲姫」は美貌を持った少女・宗方聴久子をめぐるホラー。彼女が東京の学校へと転校してきたことから物語は動き出す。

この単行本の発売を記念し、外薮と里見が出演するイベント「蟲姫 ホラーナイト」が2015年7月26日に東京・神楽坂の圓福寺で開催され、同日にOculus Riftを使った「蟲姫」のVR動画の体験会なども実施された。

(8) 「サイバーダンガンロンパVR 学級裁判」／(株)スパイク・チュンソフト

装置：PlayStation VR

PlayStation (PS) 4用VRシステム「PlayStation VR」向けの技術デモンストレーションソフト。

2010年11月にPSP向けにリリースされた、スパイク・チュンソフトの人気シリーズ「ダンガンロンパ 希望の学園と絶望の高校生」の名シーンをVRの世界で再現したもの。学校長「モノクマ」をはじめとした「ダンガンロンパ」シリーズでお馴染みのキャラクターとのバーチャルな掛け合いを、その場にいるようにして楽しめる。

「サイバーダンガンロンパVR 学級裁判」では、ハイスピード推理アクションとしてゲーム内で起きた殺人事件の犯人を暴く学級裁判を、VRの世界で体験できる。音声は日本語だが、字幕で日本語と繁体中文にも対応する。

2015年7月に香港で開催された「Ani-Com & Games Hong Kong 2015 (ACGHK 2015)」で出展・デモされた。

(9) 「SEGA feat. HATSUNE MIKU Project: VR Tech DEMO」／SEGA /Crypton Future Media, INC.

装置：PlayStation VR

2015年6月16日～18日までの3日間、米国ロサンゼルスで開催されたE3、および9月4日～6日に開催された「初音ミク"マジカルミライ 2015"」(主催：TOKYO MX、クリプトン・フューチャー・メディア)において、PlayStationブースでのPlayStation VRの技術デモとして出展したものの。

初音ミクのライブステージを、目の前で鑑賞しているような臨場感で楽しむことができる。アーティスト Mitchie M 氏の人気楽曲をメドレー形式で収録した。

ソニーの PlayStation VR では、空間を最高4人で共有することができる。

(10) 自転車で疾走する「WideRun」／伊 WideRun 社

装置：Oculus Rift+自転車

自宅に居ながらツール・ド・フランスが楽しめる VR ツール。WideRun デバイス (400 ドル) を自転車に取り付けて使用するもので、新しいフィットネス用にエアロバイクを購入する必要はなく、26～29 インチのタイヤであれば対応する。スマートフォンやタブレット、パソコンの Bluetooth を介してワイヤレスで同期するため、自転車にコードが絡みつくことはない。

ユーザーが Oculus Rift で見ている VR の世界の走行と、実際の自転車を同期させ、タイヤに負荷を加えたり逆にゆるめたりすることで、坂道を登ったり段差を乗り越えていたりするような感覚を再現できる。WideRun デバイスはハンドルの角度やトルクのスピードをリアルタイムで検知し、これを VR の世界に反映させることもでき、ユーザーが自身で自転車を走らせているような没入感を覚えることができる。

走行できる場所はツール・ド・フランスのコースだけでなく、ニューヨークのマンハッタン、険しい山道などと多様。自宅にいながらさまざまな走行コースでサイクリングをすることができる。

ただし、自転車の走行と画像の処理速度が遅れてしまうと、ユーザーが見ている方向が瞬時に反映されずにラグが生じやすくなり VR 酔いが起きやすくなるため、これを解消することが課題。

開発会社の WideRun 社は欧州アルプスの麓に位置する、イタリアのトレンティノ地方にある。VR を組み合わせることで、フィットネスの体験をより豊かにする目的で開発した。

(11) VR 版『Star Wars(スター・ウォーズ)』／米 ILM Experience Lab(ILMxLAB)

装置：Google Cardboard および互換 VR ビューア

Disney と Google は 2015 年 12 月 2 日から、スマートフォンを使った VR 版『Star Wars (ス

ター・ウォーズ)』のコンテンツを無料で配信し、数回に渡って" StarWars.com"のサイトで連続配信した。

2015年12月18日に公開された新作『フォースの覚醒』("Star Wars: The Force Awakens")の冒頭へつながるストーリー仕立てとなっており、映画を題材にした"インタラクティブ・エクスペリエンス"が楽しめる。

視聴には iOS / Android スマートフォンと公式『Star Wars』専用アプリ、スマートフォンを挿して利用する段ボール製の VR メガネの Google Cardboard か、互換の VR ビューアが必要。

制作は Disney 傘下である特殊効果・VFX スタジオの ILM (Industrial Light & Magic) 内に設けられた"ILMxLab" (ILM Experience Lab)。この部門は VR や AR (Augmented Reality : 拡張現実) のコンテンツを制作している。

また、米国においては1億1,000万人以上の加入者を持つ携帯電話事業者である Verizon が、独自デザインを採用した『Star Wars』版 Cardboard ビューア 4 モデルを同日から独占提供した。

(12) 映画『Jurassic World(ジュラシック・ワールド)』の PR 用 VR 映像 / Universal Studios

装置 : GearVR、Oculus、ハコスコ+スマートフォンアプリ

2015年公開のユニバーサル映画『Jurassic World』のプロモーションのために制作した約20分間の360度VR映像。

新作『Jurassic World』の映像ではなく、第1作の『Jurassic Park(ジュラシック・パーク)』の名シーンの再現だが、第一人称の視点になっている。森の中で横たわっていたアパトサウルスが頭をもたげユーザーの方に首を伸ばして来て、目と鼻の先に恐竜の鼻面が迫る。

オーストラリアの Qantas (カンタス) 航空は、2015年3月中旬からの3カ月にわたり、試験的に乗客にサムスン電子製「GearVR」の貸し出しサービスを実施し、その際にこのソフトも提供された。

(13) 「Toybox」(VR卓球) / 米 Oculus VR

装置 : Oculus Touch (コントローラー)、Oculus Rift

Oculus VR のゲーム用コントローラー「Oculus Touch」と Oculus Rift を使ってプレイする VR ピンポンゲーム (卓球) のデモコンテンツで、2015年10月にリリースされた。異なる地点にいる人と、すぐ目の前の卓球台で一緒に遊ぶことができる。重力の条件を変えることができ、宇宙空間や水中などを想定したピンポンを楽しむこともでき、さまざまな物を使って打ち合うこともできる。

異なる空間・場所にいる人々が、仮想の同じ空間を共有しながらゲームプレイしたり、条件を変えてシミュレートしたりすることが可能である。

(14) 第 50 回スーパーボウル (Super Bowl 50) のテレビ中継／米 CBS

装置：マルチカメラ 3D リプレイシステム、36 台の 5K カメラ

2016 年 2 月 7 日に米カリフォルニア州サンタクララのリーバイス・スタジアムで開催されたアメリカンフットボール (NFL) の試合において、米 CBS は"EyeVision"と名付けたマルチカメラ 3D リプレイシステムを採用して撮影。これに米 Replay Technologies のマルチカメラからのソースをつなぎ合わせてリアルタイムに 3D グラフィックを生成する FreeD 技術を反映、36 台の 5K カメラ (JAI 製) と組み合わせて 360 度インスタントリプレイを編み出し、中継に応用した。

会場には、25 ヤードラインとゴールライン間のレッドゾーンに二手に分かれて 18 台ずつ、約 18 度の間隔で焦点を合わせてカメラを設置した。

これにより、息をのむスーパーボウルのシーンを全方位でインスタントリプレイする、VR を再現したようなシステムが可能となった。リプレイ時にはどのアングルでも一時停止・再生でき、360 度ぐると廻って見ることもでき、どのアングルからの再生もできる。

FreeD とは、"free-dimensional"の略で、テレビ視聴においても VR 効果を得られることが特徴である。

(15) VR スペースシミュレーター「Moveo」／米 Krush Technologies

装置：Oculus Rift DK2

米オハイオ州を拠点とする Krush Technologies は、360 度回転する VR スペースシミュレーター (大型体感ライド) 「Moveo」を開発している。

これは宇宙飛行士向けのシミュレーターか、テーマパークの体感マシンのような大型の装置で、これに体感者はヘルメット付きヘッドセットを着けて乗り込む。プロトタイプでは Oculus Rift DK2 を利用。マシン本体のジョイスティックには Thrustmaster 製 HOTAS Warthog を使用しており、インタラクティブプレイができる。

Krush Technologies はソーシャル性のあるスマートフォン向けアプリやゲームソフトを開発する企業だが、「Moveo」は既成の部品・デバイスを組み合わせて約半年間で仕上げた。

全方向 360 度自由に駆動し、中空に浮かんでいることから、無重力空間のような感覚にもなる。実際の体感が伴うため、現実と VR との境が限りなく接近することが特徴。

(16) 米 NY タイムズ／映画『キャロル：最愛の人...』の VR 広告

装置：Google Cardboard、ハコスコなど

米ニューヨーク・タイムズ (NYT) のネイティブアド制作部門と米国独立系映画会社ウェインスタインカンパニー (Weinstein Company) は共同で、VR コンテンツ『キャロル：最

愛の人... (原題: Carol: Dearest...)』をリリースした。これは映画『キャロル (原題: Carol)』の広告コンテンツ。

ネイティブアド制作部門の T ブランドスタジオによる、初めての映画会社向けの VR プロジェクト。映画の舞台となっている百貨店や自宅、レストランなど複数のシーンを 360 度の一場面で体験できるようにしている。

2015 年 12 月 10 日に配信を開始したもので、2015 年 11 月にニューヨーク・タイムズの VR プロジェクト「NYT VR」を開設してから 4 本目の VR 広告であった。

(17) 360 度アニメーション「Special Delivery」／英アードマン・アニメーションズ

装置: Google Cardboard (Android 対応スマートフォン)

米 Google の Advanced Technology And Projects (ATAP) による 360 度動画シリーズ "Spotlight Stories" のクリスマス向けショートアニメーション作品。Google の協力を得て制作された。"It's a gift from us to you (わたしたちからあなたへの贈り物です)" というメッセージがサイトに掲載。サンタクロースとおじさんのコミカルな追いかけっこを描く。

スマートフォンを入れた Google Cardboard を動かすと、各階にいる人の物語をのぞいたり、ひとりのキャラクターをずっと追いかけてたりできる。動画再生中に視点を 360 度、自由に動かすことができるアニメで、いろいろな物語に入り込むことができる。どこを見るかによって異なるプロットやエンディングも用意されている。スマートフォンをのぞくことが架空の窓をのぞく体験と交錯し、まさにリアルに窓をのぞくような感覚にもなる。

アニメーション制作はクレイアニメ『ウォレスとグルミット』で知られるアードマン・アニメーションズ (Aardman Animations Ltd) が担当した。実際に『ウォレスとグルミット』を手掛けたクリエイターが制作に携わった。

(18) VR「Cirque du Soleil's Zarkana」／サムスン電子

装置: Gear VR

米ラスベガスの Aria ホテルのステージで繰り広げられるシルク・ドゥ・ソレイユのショー「Zarkana」(ザーカナ) を VR で楽しむことができるもの。

主人公・魔術師ザークが、なくした魔力と愛を取り戻すまでのストーリーとキャラクターのパフォーマンスとアクロバット演技を生バンドの演奏とともに、360 度視野で楽しむことができる。

サムスン電子の Gear VR 向けの無料コンテンツとして制作され、Felix & Paul Studios がプロデュースした。

(19) ライブ VR ストリーミング「NASCAR 開幕戦ライブ VR」／FOX スポーツ、NextVR

装置： Gear VR

米 FOX スポーツは、全米 No.1 モータースポーツ NASCAR 開幕戦デイトナ 500 で、2016 年 2 月 22 日にライブ VR ストリーミングを実施した。スタートラインから、ピットインする車のタイヤ交換まで、レーシングクルーと一緒にいるような臨場感が楽しむことができる。

VR 技術はライブアクション VR 技術企業の米 NextVR が提供し、イベント専用開設される NextVR のポータルからライブ VR ストリーミングを行った。

レース会場ではスタートライン、ピットロードとガレージの 3 拠点に 360 度カメラを設置し、グラフィックなどを加えた VR ライブストリーミングを会場特設ブースでも体験できるようにした。また NextVR アプリを通して、Gear VR 所有者にも一般公開した。

3.2 教育・学習

(1) 360 度映像で魅せる英会話教材「VR ENGLISH LESSON」／DVERSE Inc.

装置： Oculus Rift

「VR ENGLISH LESSON」は 360 度の全天球映像を使った、臨場感の高い環境で英語のレッスンをするインタラクティブな教材。

英会話学校などをターゲットにしたもので、従来の教科書やビデオ教材とは違い、動画の中の移動やストーリーの変化を実現したダイナミック（動的）な内容。

都内の英会話学校で試験運用を実施し、どのようなシチュエーションが必要か、どのようなコンテンツを制作していくかなどについて企画検討を行っている。

DVERSE Inc.は、360 度対応の映像や 3DCG で VR コンテンツの開発を手がけるスタートアップで、2015 年 7 月 13 日に韓国の BonAngels Venture Partners および日本の Viling Venture Partners からコンバーチブルノート（転換社債の一種）での資金調達を実施した。

DVERSE Inc.は 2014 年 10 月に米デラウェア州に設立され、東京・南青山にもオフィスがある。代表の沼倉正吾氏は CAD/CAM システムなどを開発するゼネテックの出身で、2013 年に Kickstarter 経由で Oculus Rift を入手し、300 人以上にヒアリングを実施して VR ニーズの高さを実感して起業したという。

2015 年 6 月に開催された VR コンソーシアム主催の「VR クリエイティブアワード」では、NHK エンタープライズが手がけたパノラマ部門の入賞作品にも関わった。

(2) 「運転シミュレーター」／東急テクノシステム㈱、東京急行電鉄㈱

装置：Oculus Rift

東京急行電鉄の子会社の東急テクノシステムは 2015 年 4 月、現実の走行環境に極めて近い研修の実現を目的に、鉄道業界では初となる VR HMD (Oculus Rift) を使った運転シミュレーターシステムを開発。

このシミュレーターは、体験者が HMD を装着すると、現実の走行環境を CG で再現した 360 度の仮想空間内で研修ができる体感型教材。これを使用することで本番さながらの臨場感と緊張感が味わえるほか、従来の大型シミュレーターに比べて半分以下のスペースで設置でき、導入コストも約 30%削減できるという。

東急テクノシステムは、シミュレーターをはじめとした電子教材製作のほか車両、バスの改造工事、電気設備工事など、鉄道を中心とした交通インフラを総合的にサポートする事業を展開している。今後、運転士、車掌、駅係員、保線作業員、電気設備作業員など、鉄道・軌道事業者向けだけでなく、交通誘導員向けの教育教材など、幅広く「体感型教材」を開発していく予定。

(3) 全球型映像施設「THEATER360 (サン・ロク・マル)」／国立科学博物館

装置：360 度全方位シアター

国立科学博物館に設置されている「THEATER360 (シアター360)」は、もともと「愛・地球博」(2005 年日本国際博覧会、開催地 愛知県)の長久手日本館で人気を博した「地球の部屋」が移設されもので、2006 年 12 月に常設展示としてオープンした。

直径 12.8m (実際の地球の 100 万分の 1 の大きさ) のドームの内側すべてがスクリーンになっており、その中のブリッジに立って映像を楽しむことができる。足下まで映し出される独特のドーム空間で、文字通り 360 度全方位に映像が映し出される。独特の没入感と浮遊感が味わえる、世界でも最初の常設全方位シアター。音響はマルチチャンネルスピーカーで、360 度の映像と音に包まれる。

シアターの観覧者はオープン 2 年後の 2008 年 11 月に 100 万人、オープン 4 年後の 2010 年 12 月に 200 万人を達成。2014 年 6 月にはサン・ロク・マルの名称にちなんだ観覧者 360 万人を達成した。

これまで上映されていた国立博物館のオリジナル映像に加え、4 本の映像を制作し、組み合わせて上映している。代表作として 2013 年 3 月からは「人類の旅～ホモ・サピエンス (新人) の拡散と創造の歩み」がある。これは約 700 万年に及ぶ人類の進化史を分かりやすい、迫力のある映像と音楽で 6 分間にまとめたもの。このコンテンツは㈱五藤光学研究所と㈱NHK エンタープライズとの共同制作。

(4) 「波体験ドライビングシミュレーター（津波・冠水バーチャルリアリティシステム）」／愛知工科大学工学部板宮研究室

装置：Oculus Rift＋ハンドルインターフェース

2015年1日～2日に千葉・幕張で開催された「そら博」において、愛知工科大学工学部板宮研究室は、津波に遭遇したときの状況を疑似体験できる「津波体験ドライビングシミュレーター（津波・冠水バーチャルリアリティシステム）」を出展。

会場にはOculus Riftとハンドルのインターフェースが設置され、CGで津波が押し寄せる状況を再現した。来場者は、ヘッドマウントディスプレイを顔面に取り付け、運転中に高さ1mの津波に遭遇する場面からスタートする映像を体験する。モニターは体験者の頭の動きに連動して視点が動くようになっており、水中に車が突っ込み、車内に水が浸入し、ハンドル操作ができなくなる状況を体験できる。

(5) 「Titans of Space」／韓国サムスン電子

装置：Samsung Galaxy Note 4 専用VR HMD「Gear VR」

サムスン電子が、Oculus Riftを開発するOculus VRの協力を得て制作した没入感のある教育コンテンツ。2014年末にサムスン電子が米国内限定で開発者向けに販売を開始したもので、スマートフォンを挿して使うサムスン電子のVR HMD「Gear VR」用のコンテンツとしても配信された。

宇宙船に乗って太陽系の惑星を巡る内容で、10カ国語以上の言語に対応するが日本語には対応していない。地球から水星、金星、火星、木星、土星……と太陽系の惑星を回っていく。土星の輪や、木星・土星にある多くの衛星にも接近できる。

オートパイロットの操作はクリック（ボタン）1つだけで、移動、各惑星への接近、説明文の表示のタイミングをコントロールできる。各惑星の説明は英語で表示されている。

VRコンテンツアワード“Virtual Realty Awards 2014”でもノミネートされた。

(6) 「ドライビングシミュレーター」／トヨタ自動車(株)

装置：Oculus Rift＋トヨタ車

2015年1月に米デトロイトで開催されたモーターショー“North American International Auto Show (NAIAS 2015)”で、トヨタ自動車が運転教育用シミュレーション「TeenDrive365」を出展。新米の運転者たちに、わき見運転の危険性を教える運転シミュレーターで、Oculus Riftを使った完全に没入的な仮想環境の中で、歩行者や他の車、建物、路上の障害物などが体感できるもの。

特徴的なのは、試験者は実際のトヨタ車の操縦席に座り、本物のアクセルやブレーキ、ステアリングホイールを操作すると、その動きがVRと同期する仕組みになっていること。インター

フェースが実際のものだけに没入感が高まる。ヘッドフォンから聞こえる音はステレオサウンドで、この臨場感もとても高くなっている。アクセルを踏み込んだときのエンジン音や、パトカーのサイレンの音、話しかける声などがリアルに聞こえてくる。

このシミュレーターはトヨタの運転者教育プロジェクト「TeenDrive365」の一環。新米運転者がフェンダーを損傷したり、大きな事故に遭ったりしないように導いてくれる。特にこのわき見運転シミュレーターは、これまで VR 上でいろいろ試みられてきた運転教育用シミュレーターよりもかなりリアリティが高い仮想空間を実現した。

(7)インタラクティブ 3D 仮想教育プラットフォーム「STEMLab」／米 zSpace 社

装置：AMD FirePro ベースの専用 VR システム

米カリフォルニア州に拠点を置き、没入型学習システムを開発する zSpace 社(旧 Infinite Z 社)は、2015 年 6 月に、幼稚園から高校 3 年までを対象とするインタラクティブ 3D 仮想教育プラットフォーム「STEMLab」を開発した。これは VR を用いて学習効果を上げるシステムで、STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics : 科学、技術、工学、数学) の教育を推進するために設計されている。

VR を利用することで、実際にはとても危険なことでもシミュレーションを通して安全に教えたり、教室での座学ではできないさまざまなことを疑似体験してもらったりすることができるという。科学の実験では VR で実験作業台をつくる準備から、複雑な実験を実行することまでシミュレーションできるようにしている。すでに全米の学生の数万人が STEMLab で学んでいるという。

このシステムは当初は一般的なコンピュータでシステムを構成していたが、現在では Foxconn テクノロジーグループの協力を得て、AMD の VR 向けソフトウェア開発キット(SDK)「LiquidVR」を用いて、AMD FirePro ワークステーション・グラフィックス・テクノロジーをベースにしたオールワンシステムを構築した。アプリケーションは Windows ベースで開発されている。

zSpace は立体視できる専用のタッチディスプレイを偏光メガネで見る形態で、赤外線センサーと加速度計を組み込んだ専用スタイラスで 3 次元モデルを操作するシステムを開発している。専用ディスプレイに取り付けられた 2 つのカメラが、偏光メガネの位置や動く方向をリアルタイムにセンシングして、3 次元モデルの動きにリアルタイムに反映させることができる。

3.3 観光・地域活性化

(1) 「VR (バーチャルリアリティ) 観光体験」／楽天(株) 楽天技術研究所

装置：Oculus Rift

楽天株式会社の運営する旅行予約サイト「楽天トラベル」は長野県と連携し、2014 年 12 月 17 日(水)に東京・銀座のアンテナショップ「銀座 NAGANO」で、VR 観光体験のイベントを国内

旅行会社として初めて開催。このイベントは長野県との連携のもと、善光寺御開帳 100 日前イベント「善光寺からはじまるながの旅」の中で実施された。

このシステムでは 2015 年 4 月に御開帳を迎えた善光寺とともに、パワースポットとして人気のある戸隠神社（長野県長野市北西部戸隠山周辺に五社を配す）を実際に訪れて観光しているような臨場感を演出し、旅の疑似体験ができる。

1 回のシャッターで周囲の景色を 360 度で撮影できる全天球カメラ「RICOH THETA」を用いて撮影した映像（写真）を球状に張ることで、3D 空間をナビゲーションできるようにした。

イメージベースドレンダリングと呼ばれる手法で、それは実写画像を含むさまざまな画像を入力として用いてそれらに基づいた 3D 的な表現を実現する技法であり、実写画像からそのカメラ位置や照明条件を変更した画像を生成することもできる。

予め自由視点の実写画像をたくさん撮っておいて新たなビューを再構成する「Light Field Rendering（光線空間）」という技術の実用化を目指している。これは視点を変えるごとに照明計算をしていた 3 次元ビューイングを実行していた従来のレンダリングに比べると、計算コストの削減ができ、計算コストがシーンの複雑さに依存しない。

(2) 「Hiyoshi Jump」／伊藤周氏、築瀬洋平氏、古川正紘氏、MHD Yamen Saraiji 氏

装置：Oculus Rift、ハコスコ

「Hiyoshi Jump」は、2014 年 3 月に発表された実写の VR コンテンツ。慶應義塾大学日吉キャンパスで高度 200m 近くまでラジコンのクアッドコプターを飛ばし、小型アクションカメラ「GoPro」を 6 台搭載し、垂直方向に打ち上げて 360 度映像を撮影した。

Oculus Rift などの VR HMD を装着した状態で実際にジャンプすると、その動きをセンサーで探知し、VR 空間内の自分が大ジャンプできるというコンテンツ。

実写系の VR コンテンツは、基本的にカメラの位置が撮影時の状況によるため、体験者が思うように動くことはできないものが多いが、Hiyoshi Jump は垂直方向だけであっても動くことができることが特徴である。

(3) 「VR Jump Tour」／Shoes Soft、Makoto Itoh

装置：ハコスコ、Google Cardboard

2015 年 4 月に発表された「Hiyoshi Jump」のアップデート版。日吉だけでなく阿蘇、軍艦島、沖縄本島、伊江島でのジャンプが追加され、日本各地でのジャンプを体験できるようになった。さらに神奈川工科大学を舞台にした、ジャンプではなくブランコのような「スイング」を体験することもできる。

iOS 版で体験できるアプリのタイトル名は「Worldwide Jump」。世界遺産登録される軍艦島を上空から一望できたり、沖縄の海の青さを体感できたりする。伊江島ジャンプの撮影には

MoguraVR が協力した。

VR HMD を装着した状態でジャンプすると、その動きをセンサーで探知し、VR 空間内の自分が大きくジャンプできる。

(4) 「軍艦島 球景 (軍艦島 360 度 VR)」／産業廃墟作品制作ユニット「オープロジェクト」

装置：ハコスコ、全天周映像装置

軍艦島 (端島) の 360 度映像で、ドーム映像用に撮影した素材であり、360 度版も制作された。レール移動はタイムラプス・モーション・コントローラー「Genie」を使用し、モーション VR カメラシステム「360Heros」で撮影した。

(5) 「VR 観光体験～北海道美唄市～」／北海道美唄市

装置：Google Cardboard 互換 VR ゴーグル、スマートフォン (iOS、Android 対応)

北海道美唄 (びばい) 市は、スマートフォンと VR ゴーグルによって 360 度の立体風景で観光体験ができるアプリ「VR 観光体験～北海道美唄市～」(無料) の提供を 2015 年 7 月 7 日に開始した。VR 技術を活用して同市の観光資源の魅力を向上させ、観光客誘致による地域経済の活性化を目指す。

VR 映像に収録されているのは、マガンの飛来地「宮島沼」、旧三菱炭鉱跡地に作られた「炭鉱メモリアル森林公園」、幻想的な露天風呂「青の洞窟」が見られる「ピパの湯 ゆ〜りん館」、桜の名所として知られる「東明公園」、美唄市民に愛され続けるソウルフード「美唄焼き鳥」の焼き鳥屋などの 5 カ所の観光スポット。

この VR 映像は Google Cardboard 互換の両眼視差を利用するタイプ。VR ゴーグルを使うことで、その場になくても 360 度の視界をとらえた映像コンテンツを見ることができる。

美唄市は今後も美唄の観光地を VR アプリで体験できるようコンテンツを増やしていく。併せて、市内観光施設に専用ゴーグルを置いてアプリ活用を促し、道外イベントでの PR や、旅行エージェントへの美唄市の紹介などに活用していく予定。

(6) 沖縄・座間味村 ダイバーズエッグプロジェクト／(株)リ・インベンション

装置：VOOR

2015 年 2 月 2 日 (月) から約 40 日間にわたって、観光振興策として沖縄・座間味村ダイバーズエッグプロジェクトが開催された。この一環として高速船「クイーンさまみ」往復切符+体験ダイビングをセットした割引券も販売された。

このプロジェクトのプロモーションツールとして、ダイビングが仮想体験できる 360 度パノラ

マ水中動画コンテンツを制作して提供した。

(7) 「Hello, New World. warp cube」／KDDI(株)

装置：LED ディスプレイで四方を囲まれた巨大なキューブ（高さ 6.05m×幅 8.1m）、スマートフォン

KDDI は 2015 年 8 月 28 日～30 日の 3 日間、東京ミッドタウン地下 1 階にあるコートヤードで、巨大キューブに入って 360 度のバーチャルトリップを体験できるイベント「Hello, New World. warp cube」を実施。

これは、LED ディスプレイで四方を囲まれた巨大なキューブ（高さ 6.05m×幅 8.1m）に入り、万里の長城（中国）、グレートバリアリーフ（オーストラリア）、レイキャヴィーク（アイスランド）、富士山（日本）といった世界の絶景の中をあたかも飛び回っているような没入感を体験できるもの。参加者がキューブ内で映像を見ながらスマートフォンを振り上げると、世界各地の絶景にワープできるインタラクティブ性もある。

映像は 10 分程度で予め編集された流れに沿って表示されていくが、画面のカウントダウンにスマートフォンをかざすことで次にワープできるという仕掛けを組み入れた。グレートバリアリーフの空から急降下したかと思えば、海中に飛び込んで水中を進んだり、上海の夜景に打ち上がる花火の中を突き抜けたりと、通常は体験できないシーンが一人称の視点で体験できる。

この映像は複数台のカメラ付きドローンを使用し、世界各地で撮り下ろした。撮影した映像を編集し、前面、左右、頭上、足元を囲む 5 面の LED 映像に展開して、360 度の映像環境を作り上げた。

1 度にキューブに入場できるのは 10 人程度で、1 時間に約 4 回の公演を実施した。

(8) 「三重津タイムクルーズ」／佐賀県、佐野常民記念館

装置：Oculus Rift

タイムトラベルと名付けられたアトラクションで、160 年前に建設された佐賀県三重津海軍所跡を VR スコープとイヤホンを着用することにより、解説を聞きながら 360 度映像で体感できる。2015 年 5 月から展示が開始された。

三重津海軍所跡は、佐賀市内でも最も熱い観光スポットとなっている。かつては佐賀藩海軍の根拠地となったところ。その跡地が 2015 年 5 月にユネスコの諮問機関から世界遺産への登録勧告がなされた。2015 年 7 月に軍艦島などを含め 8 県にまたがった史跡や遺構「明治日本の産業革命遺産」が世界遺産に登録されることが決まった。

卵状のドーム型の椅子が回転し、椅子を回せば首を回さなくても全方向を見ることが出来る。時間は約 2 分 30 秒で、5 人まで同時視聴ができる施設である。

3.4 美術・芸術・文化

(1) Nocturne # 22 In C Sharp Minor, On Posh .2015 Spring and Summer /

(株)リ・インベンション

装置：VOOR

Y's Red Label のチーフデザイナーだった鈴木道子氏が手掛けるブランドのコレクションで、モダンダンスのパフォーマンスとともに、女性の情念や情感を表現するコレクションを 360 度パノラマ映像で楽しめるようにした。

西武デパート渋谷店にて、VR HMD「VOOR」を設置して実施した。

(2) PERISCOPE (ペリスコープ) / 大日本印刷(株)

装置：パソコン、タブレット、VR HMD, etc.

全方位カメラで撮影した映像を使用し、大日本印刷の独自の映像編集・再生技術を活用して、その場を歩いているような仮想体験ができる映像システム。2013年4月にプロトタイプを開発し、その後、画質の一層の高精細化や、操作に合わせて空間内の特定地点を解説する動画や音声流すなどの機能拡充を図った。

360度のパノラマ空間を見渡しながら、その中を移動する臨場感を再現する。移動ルート上に分岐点を設定して、分岐点で進みたい方向を選ぶことができ、風景が途切れることなくウォークスルーすることが可能である。

カメラ撮影で空間全体をデータとして保存できるため、通常は立ち入れない場所や閉館後の施設なども、誰でも、いつでもバーチャルな体験として訪れることができる。

ルーヴル美術館と大日本印刷(DNP)が手を組んで立ち上げた、美術鑑賞のための共同プロジェクトである「ルーヴル・DNP ミュージアムラボ」の会場の模様を PERISCOPE で再現するデモ映像を制作している。

(3) 「Courtauld Gallery's Wolfson Room」 / 米 Reload Studios、WoofbertVR

装置：VR HMD(Oculus Rift)

米ロサンゼルスに本拠を置き、VR ゲームの開発を手がけるリロードスタジオ(Reload Studios)が、子会社として新設した VR ラボ部門がウーフバート VR (WoofbertVR) と提携し、最初に手がけたプロジェクト。ロンドンにあるコートールド美術館(The Courtauld Gallery)のウォルフソン・ルーム(Wolfson Room)の展示を VR で再現した。

この展示室にはマネ、モネ、ゴッゲン、ルノワールなどの印象派、後期印象派の画家の作品が展示されており、こうした絵画を美術館にいるように鑑賞できる。この VR 映像ではベストセ

ラー作家でイラストレーターでもあるニール・ゲイマン (Neil Gaiman) 氏がナレーションを担当した。この VR は 2015 年 9 月 4 日から 9 日まで独ベルリンで開催された IFA2015 でも出展され、WoofbertVR は 11 月 17 日にコンシューマー向けアプリとしてリリースした。

リロードスタジオはゲーム、VFX、アニメーション、長編映画の CG などを手がけてきたが、新設した VR ラボ部門はこうした技術を活用して、ゲーム以外の分野においても、さまざまな分野で VR 体験できるアプリを開発していく予定。

3.5 産業応用・ビジネス用途

(1) 「VR 面接」／(株)インテリジェンス (転職サービス「DODA (デュード)」部門)

装置 : Oculus Rift

インテリジェンスが運営する転職サービス「DODA (デュード)」が、新たな面接の可能性を探る「未来の面接プロジェクト」の一環として、面白法人カヤックの制作協力を得て開発したもの。感情解析エンジンと Oculus Rift を使い、日本初の起業家である坂本龍馬を面接官にして「VR 面接」ができるもので、2015 年 11 月 16 日に一般公開している。坂本龍馬は 3D CG で制作されている。

感情解析エンジンにより被面接者の「声」から感情を解析し、それにより坂本龍馬のリアクションが変わり、お勧めの職種や業種を診断する。不真面目な態度やふざけた回答をすると、坂本龍馬が怒り出したり、面接を止めてしまったりもする。ときにはピストルを突きつけられることもある。

このコンテンツを開発した理由は、転職希望者の声を活かした未来の面接の形を検討するためとしている。

(2) PEPSI STRONG BAR HARAJUKU／サントリー食品インターナショナル(株)

装置 : Oculus Rift

ペプシの新ブランド「ペプシストロング」の発売に合わせたプロモーションの一環として、サントリー食品インターナショナルが 2015 年 6 月 11 日に「PEPSI STRONG BAR」を原宿に期間限定でオープンした。

そこには Oculus Rift が設置され、ペプシのテレビ CM「桃太郎」の世界観を再現した体感型ゲームを楽しむことができた。プレイヤーは黒を基調にした球体の中に入り、Oculus Rift を装着してゲームをプレイする。廃墟と化した街に巨大な鬼が次々と現れ、全方位からプレイヤーに襲いかかる中を、鬼をかわして走り抜けていく。

プレイヤーの足元にはフットパネルが設置されており、その上で走ったりジャンプしたりする

ことで、ゲームの中でも連動して同じ動作ができる。ゲーム終了後には、冷えた「PEPSI STRONG BAR」が提供された。

(3) 「VR Vehicle Simulations」(仮想試乗体験)／フォードモーター

装置：Oculus Rift または DESIGNWORKS VR(NVIDIA)

フォードモーターのクルマの試乗体験が VR HMD を使ってできるもの。オートデスクの 3D ビジュアライゼーションと、バーチャル・プロトタイプのためのソフトウェア「VRED 3D ビジュアライゼーション」を使って、車両の本格的な仮想モデルを構築している。

ヘッドセットを装着すると、クルマのシートに座ったり、外観を見たりすることができる。これは自動車を販売することを目的としており、主としてクルマのデザインの確認ができるようになっている。

(4) 宇宙作業用ヒューマノイドロボット「Robonaut 2」操作シミュレーター／米

NASA (アメリカ航空宇宙局)

装置：PlayStation 4, PlayStation VR, PlayStation Move

NASA は 2015 年 12 月、宇宙作業用ヒューマノイドロボット「Robonaut 2」の操作用シミュレーターの技術デモ「Mighty Morphenaut」を公開した。シミュレーターはソニーの PlayStation 4 上で動作し、操作には VR ヘッドセットである PlayStation VR と、モーションセンサー搭載コントローラーの PlayStation Move を使用。遠隔操作でオペレーターの動きを伝えて、ロボットを動かすことができるもの。

また、国際宇宙ステーションでのロボットアームの操作にも PlayStation VR を使用している。

(5) NHK/NHK オンラインの一環「NHK VR NEWS」

装置：NHK オンラインが視聴できるデバイス

NHK は、NHK オンラインの一環として、周囲の状況を 360 度カメラで捉えた映像および静止画のアーカイブを、2016 年 2 月から VR 報道コンテンツとして「NHK VR NEWS」サイトで公開。テレビ報道やオンラインコンテンツでは表現できない現場の実態を VR で伝えていく。

NHK VR NEWS の撮影は、すでに 2015 年 11 月頃からスタートしている。サイトではこれまで NHK が過去に制作してきた「VR コンテンツのアーカイブ」の閲覧もできる。すでに公開されているコンテンツは「360 度でみるニューススタジオ」「360 度でみるニューヨークカウントダウン」「360 度でみる記録的大雪の NY」など。

このうち「360度でみるニューススタジオ」では、放送中に撮影した360度映像を閲覧することができ、実際のスタジオ撮影の臨場感を楽しむことができる。360度VRコンテンツは長回しでも視聴者を飽きさせないという特性がある。

(6) 360度VR映像で報道「ABC NewsVR」～「Project Syria」／米ABC News

装置：Google Cardboard、ハコスコなど

米アメリカン・ブロードキャスティング・カンパニーのニュース番組制作子会社であるABC Newsは、2015年9月から360度VR映像で現地のニュースを届ける「ABC NewsVR」をスタートしている。

まず、VR映像制作チームのJauntVRと協力して制作したシリア首都ダマスカスの360度映像を撮影。シリアでは、2011年から続くシリア政府軍と反体制派による武力衝突が勃発、シリア騒乱といわれ10万人以上が死亡したとされている。

こうした緊迫したシリアの状況を360度で撮影したコンテンツが「Project Syria」。紛争地帯から歴史的遺物まで、首都ダマスカスの映像が特派員アレクサンダー・マーコート氏によってレポート収録された。

JauntVRアプリ(iOS/Android)から、Google Cardboardやハコスコなどで視聴することができる。

3.6 健康・医療・福祉

(1) 「AED360PROJECT」／AED360°プロジェクト実行委員会

装置：スマートフォン、ハコスコ

大阪大学医学部生を中心に結成した学生有志からなるAED360°プロジェクト実行委員会は、2015年10月にVRでAED(自動体外式除細動器)の使い方を学ぶコンテンツを制作した。学校で起きる心停止事故は年間100件以上に上るが、AEDの使用率はたった3.7%にとどまっている。その理由の多くは「使い方がわかる人がいなかったから」ということ。AEDが使用されれば約50%の生存率だったところ、その場に使える人がいなかったばかりに、たった10%程度の生存率になってしまっている。

この生存率を少しでも上げるため、学生に臨場感あふれる疑似体験をしてもらおうと、スマートフォンとハコスコによってVR体験を実現した。実際の試験利用によって効果的な学習効果が得られた。

映像は、突然1人の学生が倒れて、同級生たちは彼の名を呼ぶ一方、AEDを持ってきてもらい、その指示通りにAEDを使って助けようとする、少年が息を吹き返して意識を取り戻すという

内容で、YouTube の 360°動画でも視聴できる。

(2) 「レーザーアイウェア」／神戸大学大学院 特務准教授・杉本真樹氏グループ

装置：レーザーアイウェア

杉本真樹氏グループはレーザーで網膜に直接描画する画像提示機構を備えるウェアラブル端末「レーザーアイウェア」を、世界で初めて外科手術に導入している。この眼鏡型端末は QD レーザーと東京大学 ナノ量子エレクトロニクス研究機構が共同開発したもの。また、実際の手術と同時並行で、患者の臓器立体モデルを用いた手術訓練を同じ手術室内で行うシンクロ手術 (Synchro-surgery simulation) も世界に先駆けて実施している。

(3) VR セラピー (Virtual Reality Therapy) ／米ルイスヴィル大学 (University Of Louisville)

装置：HMD、ヘッドフォン

米ケンタッキー州西部にあるルイスヴィル大学は、精神科医が社会不安や飛行恐怖症、会話恐怖症、高所恐怖症などを持つ患者の認知行動療法に VR を利用している。医師が、コントロールされた環境を用いて患者をシミュレーションに触れさせ、どのように感情と向き合えばよいかを指導する。

また、医学論文誌の *Frontiers in Neuroscience* は 2014 年に、手足を失った人の幻肢痛の治療に VR を利用する研究についての記事を掲載した。この治療では脳からの神経信号を読み取るセンサーを使い、患者にバーチャルな手足を使うゲームをプレイさせている。この治療は患者がコントロールを取り戻すのに役立つ。たとえば、手を握りしめているように感じている患者が、VR の中で自分が手をコントロールしているのを見ると、手から力を抜く方法を習得するのに役立つ。

3.7 その他

(1) 「戦艦大和バーチャルリアリティ復元計画」／仁志野六八氏

装置：Oculus Rift

この計画は、クラウドファンディングサイト「CAMPFIRE」で、ゲームクリエイターの仁志野六八氏が立ち上げた。目標金額を達成し、プロジェクトが進行している。

原寸大の戦艦大和をバーチャルリアリティ空間上で体験する試験航海ができる。2015 年 1 月 24 日、25 日に両日に神奈川県・横須賀市の記念艦三笠で初公開された。

この VR ソフトは、Oculus Rift でバーチャル戦艦大和の甲板上を移動でき、艦首から艦橋の下

までの半分を自由に歩き回ることができる。実際に開発に当たっているのは西野元章氏。

3.8 今後の適用分野予測と応用可能性

3.8.1 実用段階に入り市場が拡大

AR（拡張現実）、VR（仮想現実）、全天周映像システムといった没入型映像システムは、1980年代から研究が盛んになり、潮が満ちたり引いたりするよう周期的にブームが繰り返されてきた。それが2013年から2014年にかけて没入感の高いVR HMDがきっかけになりVRブームが再燃すると、AR/VR、全天周映像およびその周辺システムへの関心が高まり、ゲームを中心とするエンターテインメント分野から次第に適用範囲も広がってきた。これに伴い、導入・採用企業が増え、市場の活性化と拡大が進んでいる。

2013年、2014年から2015年の前半にかけては、プロトタイプやサンプルによる試験的な導入・採用が目立っていたが、2015年後半からは次第に実用段階に入りつつある。特にVR HMD、VRヘッドセットや簡易型のVRビューワーを使ったVRの事例は急増している。

ここに来て、没入型映像システムが本格的に導入されビジネスとしても成長を始めている背景には、半導体チップに実装したSoC（System-on-a-chip）やセンサーテクノロジーの高度化に加え、HMD、HUD、高精細ディスプレイや360度全天球カメラ、スマートフォンなどのデバイスの発達、ワイヤレス・ネットワークの普及といった技術の成熟とともに、実現要素が整ってきたことがある。

また、かつてであればハイエンドシステムしかなかったものがミドルエンド、ローエンドの各価格帯が揃い、利用分野やユーザーに応じて選択幅が広がったことがある。Google Cardboardやハコスコに代表される折りたたみボール紙製の本体に、手持ちのスマートフォンを組み合わせることで完成するVRビューワーやHMDは利用の裾野を広げ、単発のイベントであっても気軽に使用できるようになった。

それを享受する個人ユーザーが新たな経験や体感を求め、また企業側も訴求力のある表現方法やプロモーション手段を求めていることも、市場の広がりを後押ししている。

次第に教育・学習、観光・地域活性化、美術・芸術・文化、健康・医療・福祉といった分野へ利用が広がっている背景には、その導入効果や訴求力が高く、一定以上の成果が上がってきていることが挙げられる。

これまでARとVRは明確に区別されてきたがデバイスが統合化する方向にもあり、またIoT（Internet of Things）とも連係して、新たな利用・応用分野を切り開こうともしている。

3.8.2 IoT領域におけるAR/VRの活用が進んでいく

ARとVRは、ほぼ同時期に似たテクノロジーから生まれ、全く異なるものとして分岐して発達してきた。軍用やコンピュータゲームやシミュレーション、コンピュータアートなどが

ら試験導入が始まり、次第に広い分野・領域へ利用が広がっている。適用事例で挙げた分野にとどまらず、さまざまな用途開発が進んできている。

最近の AR/VR、没入型映像システムの傾向は、大きな IT のうねりの中で、他のテクノロジーと互いに関係し合いながら適用・応用分野を広げるようになってきている。単独で利用するスタンドアロン型だけでなく、インターネットでつながり合いながら、より広い利用分野を見い出していくようなネットワーク型、シェアリング型になろうとしている。

いまや情報機器・端末だけではなく、家電製品、自動車、日用品、スポーツ用品、健康・検査・医療機器、衣服・ファッション、建物・設備など、さまざまな物にセンサーや無線タグが組み込まれてインターネットに接続し、相互にネットワークするようになった。いわゆる IoT (Internet of Things) 時代が到来している。AR/VR 機器や没入型映像システムも IoT のただ中にある。従来の機器間の M2M (Machine to Machine) より、IoT にはオープン性がある。

2010 年ごろから IoT という言葉が使われるようになったが、ほぼ同時期にクラウドコンピューティングも頻繁に使われるようになった。IoT から集められたデータはインターネット上に保存・蓄積されるようになり、クラウド化が進んでいく。クラウド上に大量に蓄積されたデータはビッグデータと呼ばれ、これを解析・推論・予測する人工知能 (AI) やディープラーニングの重要性も叫ばれるようになってきている。

従来であれば、あまり関係のなかった物がクラウド上で互いに関係し合い、新たな利用領域を開発しようとしている。

スマートウォッチ、スマートバンド、スマートグラス、スマートフィットネス/ヘルス、スマートパッチ、スマート検査器具といったスマートウェアラブルのほか、医療・検査機器、3D プリンター、ドローン、自動・自律走行車、4K/8K/HD ディスプレイ、ハイレゾオーディオ、ロボット、デジタルサイネージなどとも、AR/VR は関係を強めていくはずである。

たとえば、ドローンに搭載されたカメラは 2K から 4K に移行しているが、その操作法は、その FPV (First Person View) を利用して、スマートグラスや AR グラスで操作することが一般化している。ドローンはバッテリーと動力の改良で、飛行時間が延びているだけでなく、SoC (System-on-a-chip) やボタン型コンピューターチップの搭載、3D カメラテクノロジーにより、障害物を自動的に避け、危険を察知すれば自動着陸するようにもなり安全性が向上している。それだけではなく AR グラスや VR HMD を使って、地理・地形の学習、自然観察、バーチャルトラベルにも利用されるようになってきている。AR グラスに表示するデータはクラウド上から表示されるようになってきている。

こうしたことは、遠隔ロボットでもできる。ロボットの操縦はもちろん、ロボットをバーチャルトラベルや遠隔会議、遠隔見守り、遠隔コミュニケーションに使うことができる。AR であれば、相手が外国人であっても、話し言葉が自動翻訳されて表示されるため、観光地・美術館・博物館における案内役やインフォメーションにも使うこともできる。

IoT と AR/VR、没入型映像システムが連携するなかで、AI、ディープラーニングの重要性が高まり、今後はクラウド上でこれらと密接につながる用途開発が進むことが予想される。

3.8.3 クルマの窓は AR 透明ディスプレイになる

自動車分野でも、AR/VR の利用は進んでいる。すでに VR アプリや VR 映像で、ドライビングのシミュレーションができるようになってきているが、AR グラス、AR アイウェア、デジタルコックピットと連動した導入が増えている。

例えば、独 BMW が立ち上げた自動車ブランドの MINI (ミニ) は、米クアルコムとの協力を得て、2015 年 4 月に AR を用いたアイウェア「Augmented Vision」のプロトタイプを開発。これにより、ドライバーの視界にナビゲーション情報やドライバーに必要なデータをアイウェアのディスプレイ (レンズ) 上に直接映し出すことができる。

また自動車においては、自動車の死角をなくすために電子ミラーの開発が進んでいる。これはサイドミラーにレンズを搭載して画像処理することで、モニターで状況を見られるミラーであり、これまで真横に並ぶクルマはサイドミラーでは認識できなかったが、電子ミラーでは認識できる。この電子ミラーも AR/VR の延長線上にある。

また、パイオニアは 2012 年に AR 情報をフロントガラスの前方に映し出す「AR HUD (ヘッドアップディスプレイ)」を開発している。これはドライバーの前方約 3m 先に 30 インチ相当の大きさでナビ情報をフルカラーで映し出すことができ、ドライバーの直感的な判断をサポートするもの。

そしてトヨタ自動車の欧州研究部門はコペンハーゲン・インタラクシオンデザイン協会 (CIID) と共同で 2011 年に、自動車の窓を教育や遊びのためのインタラクティブなスクリーンに変える「Window to the World」という AR コンセプトを発表している。これは後部座席に乗っている人が、自動車の窓に描いたものを外の世界と一体化させたり、窓の外に見える自然や建物や物体をズームで拡大したり、物を選択することにより、そのものに関する情報を得ることができるもの。それだけではなく物体同士の距離を測定したり、看板に書いてある外国語を翻訳したりすることもできる。すでに透けて見えるディスプレイやシースループロジェクションも商用段階にあり、クルマは自動走行・自律走行に向けてすでに歩みを進めており、窓の外景色に関するデータをクラウド上から探し出し、またクルマが走っているデータをクラウド上に上げて、この先の道路状況や天候と照らして、予め安全情報を取得することもできるようになるだろう。サンルーフがウィンドウになれば、天体や星座の観測や宇宙について学習することもできるだろう。

車のテレマティクスサービスはビッグデータと連動し、そのビッグデータの解析・分析にも人工知能 (AI) やディープラーニングが関わることになる。

3.8.4 AR と VR は融合・統合し始めている

サムスン電子から発売されているスマートフォンを挿入するタイプの VR HMD「Gear VR」は、Oculus VR との協力で生まれた製品だが、これは AR にも使うことができる。例えば、AR アプリ開発用ライブラリー「Vuforia」で作成したアプリを、Galaxy スマートフォンの AR アプリに入れて使うことができる。この場合は、Galaxy 端末のカメラが周囲を映し、

Gear VR をかけても眼前の光景が映像で映し出され、そこに 3D のグラフィックスやキャラクターを浮かび上がらすことができる。

また中国杭州市に本拠を置き、米カリフォルニア州サンノゼにもオフィスを開設している uSens 社は、Gear VR と同様にスマートフォンを挿入して利用する VR HMD フレーム「Impression Pi (インプレッション・パイ)」のプロトタイプを、2016 年 1 月に米ラスベガスで開催された 2016 International CES で発表している。iPhone または Android スマートフォンに対応可能で、AR と VR に対応し、手の動きを認識するジェスチャー操作、位置を認識するポジショントラッキングなどの各機能を搭載している。AR とハンドトラッキングには HMD の前面の 2 基のカメラを使用し、これを画像処理することで AR のオーバーレイに対応している。

今後、3D カメラを取り付けた VR HMD ができることにより、AR/VR HMD は増えていくと見られる。それによって AR/VR が融合したアプリ、用途の開発も進むと予想される。

たとえば、コンピュータビジョン・ソフトウェアや高度なマーカーレス・モーションキャプチャーシステムを手がけるオーガニック・モーションが、人の動きや画像を 3D で捉えるカメラを搭載したシステムを開発し、これでキャプチャーしたものを、リアルタイムで VR 世界へ組み入れることができるようにしている。この技術を使うと、学生が CG で再現された歴史上の事件現場やステージに入っていく、まさにその光景を眼前に見ながら歴史を学ぶことができる。また大災害や天災を VR 映像で再現し、その臨場感のなかで、さまざまな安全対策をとるといったシミュレーションも可能である。

すでに AR アプリを手掛ける米 DAQRI (ダクリ) は業務用 HUD (ヘッドアップディスプレイ)「Smart Helmet」を開発しており、2016 年から導入が本格的に進むと見られている。

この HUD では、装着されたカメラやセンサーから収集されるデータと独自開発の追跡技術「Intellitrack」により、作業に必要な情報を HUD のバイザーに表示し、実際に見ているものに重ねて表示することができる。AR により 3D の状態にデータ表示を重ねたため、DAQRI はこのツールを「4D」と呼んでいる。

たとえば、配管や配線が立て込む工場内や道案内でも、複雑なシステムの取り扱いマニュアルや操作法が具体的に表示される。計測器を見ると、正常数値の範囲が表示され、その数値から正常・異常を確認できる。異常のありそうな配管箇所を表示し、透視画像で配管内部の様子を見せて、修理方法をヘルメットのディスプレイに表示させながら、修理することが可能。ヘルメットには複数台のカメラとセンサーが搭載されており、作業員は周囲 360 度をトラッキングすることができる。すでに建設業界では建造物や 3D モデルを設計する BIM (ビルディング・インフォメーション・モデリング) という手法が普及しており、こうしたデータとの組み合わせが増加していく。同 Smart Helmet には、インテルの第 6 世代「Core m7」プロセッサ (モバイル機器用) と RealSense カメラが搭載されている。

第4章 市場動向と市場規模

4.1 AR/VR 市場の成長要因

没入型映像システムの市場は2016年から急成長が予想されている。それはAR(拡張現実<感>)およびVR(仮想現実・人工現実感)が実用化時期を迎え、コンテンツ制作と用途開発がさまざまな分野で進むと見られているからだ。

これまでAR/VRは何度かブームが来ては去って行った。それは目新しさ、物珍しさ、不思議な感じが受けたものと見られるが、それだけでは長続きはしなかった。

浮き沈みを繰り返してきたAR/VRではあるが、ここに来て高い成長力が予想されている背景には事業化のための条件が揃い、成功要因が整ってきたことがある。

それまではコンピュータの処理能力をはじめとする要素技術が未熟で、実現できても完成度が低く、応用分野の開拓も進まなかった。ここに来て、コンピュータの性能が上がっただけでなく、カメラや各種センサーが搭載されたスマートフォンやタブレット端末の普及により、高性能なコンピュータが手の平に収まるようになったことがある。ARはそれらのアプリで手軽に実現できるようになった。

併せてGoogle、マイクロソフト、Oculus VR、サムスン電子、Facebook、Magic Leapといった市場牽引力のある企業が参入して、製品・用途の開発が進んだ。

それに伴いAR/VRディスプレイも拡充された。ARについてはGoogle GlassやMicrosoft HoloLens、Magic LeapといったARディスプレイの開発が進んでいる。

VRについてはディスプレイの代表格ともなったVR HMDが各社から投入され、ハイエンド、ミドルレンジ、ローエンドの製品が揃いつつある。

Oculus VRの"Oculus Rift"、サムスン電子がOculus VRと共同開発した"Gear VR"、ソニーの"PlayStation VR"、GoogleのVRゴーグル"Cardboard"、HTCからは"Vive" (SteamVR/OpenVRの初号機)などと、月を追うごとに開発製品は増え続けている。

それと連動するコントローラーについてもOculus VRの"Oculus Touch"、2組のSteamVR/OpenVRに対応するコントローラー"SteamVRコントローラー"、東大発のベンチャーのH2Lが開発した触感型ゲームコントローラー"UnlimitedHand"など、コントロールデバイスも増えつつある。

撮影に欠かせないOdyssey (GoPro)、PIXPRO SP360 4K (コダック)、THETA (リコー)、PIXPRO SP360 (マスプロ電気)、360cam (仏 Giroptic)、Allie (IC Real Tech)、Bublcam (Bubl Technology)といった360度撮影ができるカメラなど、ハードウェア市場もふくらんでいる。

VRはゲームやアプリケーション(アプリ)に代表されるエンターテインメント分野だけでなく、映画、テレビ、CM/PV(プロモーションビデオ)、広告、スポーツ、音楽、文化・芸術、教育・学習、医療、旅行・観光、EC(電子商取引)、テーマパーク、データビジネス、軍事、航空、ウェディング(結婚式)、その他さまざまなシミュレーションへ広がり、コンシューマーだけでなくビジネス用途も含めたインタラクティブ・エクスペリエンスで括られる市場の急成長が見込まれている。

米調査会社ガートナー（Gartner）が毎年発表している、新興技術に対する関心の高さや普及度合いなどをまとめた「先進テクノロジーのハイプ・サイクル：2015年」によれば、VRは幻滅期を脱し、啓蒙活動期の直前に差し掛かっていると分析。VRで活用されつつあるジェスチャーコントロールについても啓蒙活動期に突入したとしている。ARについては幻滅期の前半にあり、これから幻滅期のフェーズが控えていると予想している。

なおガートナーはテクノロジーの成熟度を「黎明期、過度な期待のピーク期、幻滅期、啓蒙活動期、生産性の安定期」の5つの段階に分けて、分析している。

4.2 銀行・調査会社の市場予測と適用分野

フランクフルト・アム・マインに本店を置くドイツ最大の銀行であるドイツ銀行は2015年9月に発表した産業レポートの中で、今後5年以内にVRの市場規模が70億ドル（約8,400億円）になると予測している。

この要因として、サムスン電子のVRヘッドセットのGear VRに代表されるような、スマートフォンを使ったモバイルVRが市場を先導し、当面、主なマーケットとなると見ている。また、Oculus VRが投入するVR HMDの最初の製品版の価格が350ドル程度となり、150万台程度売れると予測した数字を掲げている。

2020年までに全世界で、全スマートフォンユーザーの3%にあたる約2,500万人がVRヘッドセットを使用するようになると予測。いわゆる据え置き型とモバイルVRを合わせたVRの市場規模は7億ドルになると見込んでいる。そのうち、ハードウェアとソフトウェアの売上が各3億ドルを占め、残りは広告になると見ている。

また、AQU先端テクノロジー総研（AQU Technology Research Institute, Inc.）が2014年10月に発刊した「臨場感HMD、新ウェアラブル機器の需要動向と市場予測に関する調査」によれば、HMDの世界市場は2012年19万台、2013年40万台、2014年180万台、2015年1,250万台、2016年2,100万台、2017年3,200万台、2018年4,800万台になると予測。

2014年は助走期間にあたり、アプリ開発のための研究用、テストマーケティングの色彩が濃く、2015年から2016年に一気に市場が爆発するとしている。ただ、この報告書の発刊時期が2014年であったことや、VR HMDのコンシューマー向け商品の投入・販売時期が実質的に2016年になることから、1年後ろ倒しで見る必要があるかもしれない。

AR/VRを含めたHMDの用途については、もともと軍事利用の側面から開発が進み、1990年代頃から製造現場やVRの研究、ビデオゲーム、ヘルスケア、スポーツ、消防といった分野で浸透してきた。

これが軍事・ビデオゲームだけでなく、ARアプリケーション、医療（精神的な治療に応用）、フィットネス・健康、ヘルスケア・健康診断、工場などの産業分野、自動車プロトタイプリング、デジタルプリント、情報エンターテインメント、消防など多岐にわたっていると見ている。

一方、英国の投資銀行のデジ・キャピタル（Digi-Capital）が2015年4月に発表したAR/VRの市場調査によれば、VR/ARの市場規模は2020年に1,500億ドルに達し、そのうちVR関連の売上高は300億ドル、AR関連は1,200億ドルに上るとしている。

その要因として、代表的なテクノロジー企業が AR/VR 分野に積極的な投資をしていることを挙げている。その実例として米 Facebook が米 Oculus VR を買収したことや、米 Google が Google Glass の開発を手がけていること、AR/VR 関係のベンチャーである米 Magic Leap が Google や Qualcomm などから 5 億 4,200 万ドルの出資を受けたこと、米マイクロソフトが AR ヘッドセットの HoloLens を開発していることなどを挙げている。

デジ・キャピタルは今後発展する VR ビジネスの分野として、予想される規模の大きい順に、ゲーム、ハードウェア、映画、テーマパーク、ニッチ市場（軍事、医療、教育）を挙げている。また AR のビジネス分野として、ハードウェア、EC（電子商取引）、データビジネス、音声通話、映画、テレビ番組、法人向けアプリ、広告、消費者向けアプリ、ゲーム、テーマパークと多岐にわたると見込んでいる。

VR は主に椅子に座ってゲームや 3D 映画を楽しむのに適しており、AR は機器を身に着けて外出することができるなど、行動に制限がないのが特徴。これにより AR には現在のスマートフォンに匹敵するような用途が広がり、ビジネス規模も大きくなると、デジ・キャピタルは分析している。

さらに、台湾の市場調査会社のトレンドフォース（TrendForce）が 2015 年 12 月に明らかにした VR 関連市場に関するレポートによれば、VR のハードウェア、ソフトウェアを合計した世界の市場規模は 2016 年に 67 億ドル（8,040 億円）、そして 2020 年までに 700 億ドル（約 8 兆 4,000 億円）規模に到達すると試算している。

トレンドフォースは、VR 産業はいまだ黎明期で、今後 Facebook や YouTube などのソーシャルメディア・ネットワークが制作用のソフトウェアやツール類を提供することになり、ユーザーが VR コンテンツを作るところから幅が広がっていくと予想している。

加えて、スポーツの VR 観戦やテレビ、新聞などのマスメディアでの利用が増えることでコンテンツの厚みを増し、Oculus VR やサムスン電子、ソニーといったメーカーからの VR HMD の投入により市場が拡大すると見ている。

そのほか、世界最大の投資銀行であるゴールドマン・サックスが、2016 年 1 月に発表した "Goldman Sachs Global Investment Research" の報告書によれば、2025 年までに AR/VR 市場は現在のデスクトップ PC 市場と同程度になるという予測をしている。

同報告書によると、ハードウェア市場については最も成長が加速した場合、2025 年までに 1,100 億ドルとなり、テレビの 990 億ドルを超える可能性があるとしている。また、一般的な普及スピードであれば 450 億ドル、最も遅い場合で 150 億ドルと予測している。ソフトウェア市場については、最も加速した場合に、2015 年までに 720 億ドルになると予測。2025 年の主な用途と市場規模はゲームが 116 億ドルで最多となり、医療・ヘルスケアが 51 億ドル、エンジニアリングが 47 億ドル、ライブイベントが 41 億ドル、映像エンターテインメントが 32 億ドルとなると予測している。

第5章 没入型映像システムの課題と今後の方向性

委員会およびWGにおいて没入型映像システムの課題と方向性について議論を行ったところ、下記のような意見があった。

5.1 ハードウェア・システム

- ・ ハードウェアはまだ開発途上。特に入力インターフェースが重要課題、入力インターフェースが確立していないため、インタラクティブなコンテンツはまだ少ない。機材の信頼性の問題もある。
- ・ データ保存形式・フォーマット・コーデックなどソフトウェアの問題もある。
- ・ カメラの設置の位置が問題になる。カメラを良い場所に置くと邪魔にもなる。カメラが小さくなる、または周囲のカメラ映像で全天周が構築できるようになることでの解決が考えられる。例えば、サッカースタジアムの周囲にカメラを置き、全天周映像や自由視点映像を生成する技術が開発されている。
- ・ カメラの揺れが全天周映像体験にはNG。より優れたスタビライゼーション技術が求められている。
- ・ すでに投じたファシリティがあるので、それを今の安いものにどうリプレイスするかというところも問題になっている。

5.2 制作・撮影

5.2.1 制作・撮影

- ・ コンテンツの作り方・ノウハウが共有されていない。そのため「OcuFes」のように開発者間で自発的にノウハウを共有するような取り組みが行われている。
- ・ 全天周映像では個人情報処理が大変。そのため中京TVでは、写ってしまった人の顔を置き換える技術を開発している。
- ・ 全天周映像での、視差を持った映像を破たんなく収録することが難しい。3D映像をL/Rで撮影すると顔を傾けた時に破たんする。観察者の姿勢などで両眼融像条件が崩れることと、視差量の分布が大きいことも安定した観察が困難になる要因。
- ・ (特に3D映像での) 実写コンテンツのスティッチングの問題がある。
- ・ 全天周では作家性の発揮が難しい。
- ・ 全天周映像でもどこにでも行ってしまうような期待を抱かせず、自然と制作側の意図した方向に誘導するようなことが必要。ゲームでいうところのレベルデザイン。ユーザーを誘導するように移動空間を設計する技術。例えば、VR空間で人だかりがしているとそこに行かなければという感覚が喚起される。
- ・ ビデオ(実写)映像の場合、カメラ位置が固定の映像となり、ユーザーが動くとユーザー視点とカメラ位置とにずれが生じる。そのギャップが気持ち悪くする。ユーザー視点とカメラ

位置とのずれに関しては、全天周カメラをリアルタイムにコントロールできるのであれば対応可能。またリアルタイムCGでも可能。実写映像の場合はアーカイブも含め検討する必要がある。ライトフィールドができれば、2眼式の立体の視点位置移動による回り込み映像が作れるようになる。

- 全天周のコンテンツが少ない。そこで既に今ある（全天周でない）コンテンツを全天周にアップグレードすることが考えられる。例えば、映画を観るVRアプリケーションでは、映画館の空間を再現し、まるで映画館の中で映画を見ているような感じになる。従来のHMDで映画を観るのとは全く違う体験が可能となる。
- 空間に関する全ての情報を準備できれば限りなく没入感を与えることができるが、実際には限られたリソースでどうやって没入感を与えるかということになる。作り手が持っているリソースで与え得る没入感は一定なので、それを受け手に正しく理解させるという設計が必要になる。
- HMDをかぶってしまうと、自分の体が見えないことが難点。今は安いモーションキャプチャーもあるので、それを組み合わせて自分の体をVR空間に出してあげるとスケール感がわかる。
- 編集環境が整備されていない。編集環境が整備されるためにも各HMDで取り扱うデータの標準化が求められている。

5.2.2 実写におけるインタラクション

- インタラクションというどうしてもウォークスルーになってしまう。プリセットされたインタラクションだと、確認行為の連続になり、それでわかった気になる。単なる確認行為ではないユーザーがやりたいことができるようなもっと高次のインタラクションが求められている。
- カメラは固定ではなく動かすと面白いが、全天周でカメラを動かすと見ていて気持ち悪くなってしまう。
- ユーザーが空間内のあるものにどんどん近づくと、あるところで解像度が不足するので、それ以上近づけなくし、別のウィンドウで情報を表示しようとするが、ユーザーはあくまでも近づくとどんどん近くに見えてくることを期待している。

5.3 鑑賞・体験スタイル

- 一人で楽しむのではなく、皆で共有できる表示デバイスが求められている。HMDで見ている映像が他の人に分からないのが良くないが、それを逆手に取ったアート作品もある。また情報共有という意味では、HMDではなくタブレットを使う方法もあるが、その場合没入感はあまりない。
- VRは一人で体験しているため、暗いというイメージがある。「VRは暗い」という課題を解決する取組みとして、PlayStation VRではHMDを被っている人と、その横でHMDをせずにTV

画面を見ている人が、同じゲーム空間を共有できることを実現している。TV画面の中のキャラクターが、実は横でHMDを付けて操作している人という仕掛け。HMDを使いながらも同じ部屋にいる人と一緒に遊べる仕掛けを実現している。

- 第3者が、HMDを使っている様子を見ると変に感じてしまう。これを考えることは大事。このシステムは、没入感があればあるほど、他者から見ると変に感じてしまう。ユーザーでない人から見た時に、どういう場所で使うかを考えないといけない。例えば、RICOHが開発したジャンプを楽しむアプリケーションでは、ヘッドマウントのデザインとして、カエルのお面をつけたデザインで最近デモンストレーションを行っている。アプリケーション自体がジャンプをして楽しむものなので、複数人を見た際に、カエルのお面を付けた人がジャンプしている姿を周りが楽しみ、本人はコンテンツで楽しむという試みを行っている。
- どういったコンテンツが良いコンテンツなのか、逆にどういったコンテンツが悪いコンテンツなのかが分からない。今後はコンテンツを評価するための仕組みが必要になる。
- HMDは、化粧が取れてしまったり、髪型が崩れてしまったりする。そのためメガネのように簡単に装着することができるHMDが求められている。

5.4 生理的影響

- どの程度の没入感があるかを計るための指標がない。没入感を計るための指標が求められている。
- ダメなコンテンツを、検出する仕組みがない。酔いやすさを機械的に測定して、定量化するという仕組みがない。現状ではテスターが見て、感覚で判断している状態。そうするとテスターが慣れる。酔いやすさを定量的に数値化するという手段がない。このコンテンツは酔いやすい、酔いにくいというのは主観的な評価。コンテンツが増えてくるとそこが問題になる。

第6章 没入感に寄与する要素

6.1 没入感に寄与する要素に関する検証

6.1.1 目的

本節では、没入感に寄与する要件に関する検証として、没入型映像を観察中のユーザー体験の特徴について、基礎的な知見を得ることを目的に実験的な検討を行った。以下に、その概要について述べる。

6.1.2 方法

(1) 呈示条件

没入型映像の呈示装置として、スマートフォンを用いた簡易型ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を選定した。

具体的に簡易 HMD により没入型映像を呈示する条件では、Google Cardboard (Google) と Nexus 5 (LG, Google) を用いて呈示系を構成した。一方、没入型映像条件との比較のために、通常の PC モニター (LG, 23 インチ CINEMA 3D) で同一のコンテンツを、近似の視野角・視距離で観察する条件を構成した (図 6.1-01)。

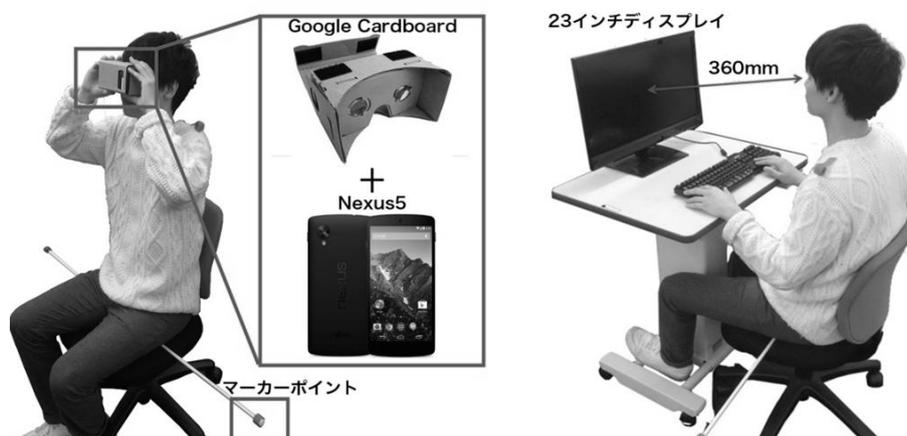


図 6.1-01 本実験での呈示条件 (左：没入型映像条件，右：通常モニター条件)

(2) 実験刺激

実験刺激には 4 種類の 360 度 静止画像を用いた。これらは本委員会委員から提供いただいたものであり、図 6.1-02 に示すように、注視対象という点でそれぞれ特徴を有している。具体的に図 2a は特定の注視点が含まれておらず、図 2b では 2 名、図 2c では 4 名の人物がそれぞれ配置されており、図 2d ではステージ上に 1 名の人物が登壇している。



図 2a 刺激 1



図 2b 刺激 2



図 2c 刺激 3



図 2d 刺激 4

図 6.1-02 実験刺激

(3) 実験手続き

参加者は 20 才代の男女 12 例であり、事前にインフォームドコンセントを行った。各刺激は、10 秒間の測定系のキャリブレーション後に 60 秒間呈示し、参加者には呈示中は自由に観察するよう教示を与えた。これを 1 試行として全 8 試行（2 種類の呈示条件×4 種類の実験刺激）を個別に実施し、試行終了毎に十分な休憩時間を設けた。

客観指標では観察中の画面の中心座標ならびに椅子・肩・首の回転角度の時系列変化を、主観指標では SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) による映像酔いの自覚症状ならびに VAS (Visual Analogue Scale) による疲労感の自覚症状を、それぞれ測定した。同時に、各コンテンツの印象を評定尺度法により測定した。

6.1.3 結果

客観指標として、刺激 1 を観察中の画面の中心座標の時系列変化（1 秒毎の角度変化を全参加者で加算平均した結果）を、図 6.1-03 に示した。図 3a では、簡易 HMD を用いた没入型映像条件において、視点の水平移動を表す Yaw 角と、上下移動を表す Pitch 角が、交互に生じていることがわかる。これは、斜め方向の視点移動の発生頻度が少ないことを示しており、他の刺激でも同様の傾向を示していた。同様の結果は、頭部運動を伴わない通常モニター条件におけるテンキー操作でも認められた（図 3b）。

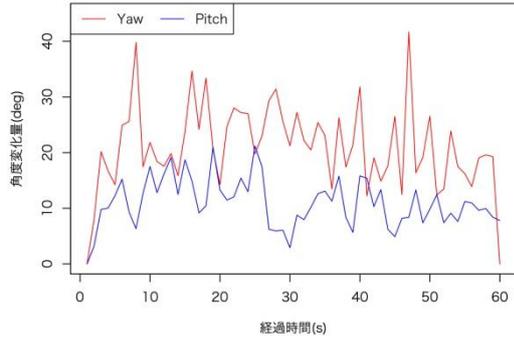


図 3a 没入型映像条件での画面中心の変化

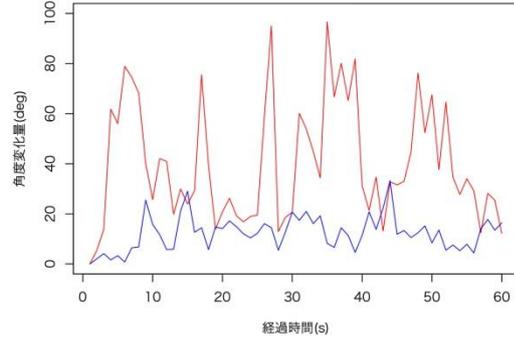


図 3b 通常モニター条件での画面中心の変化

図 6.1-03 観察中の画面の中心座標の時系列変化

次に、60 秒間の刺激観察中の参加者の身体動作を定量化するために、椅子・肩・首の 3 部位に配置したマーカーポイント（図 6.1-01 左を参照）を画像処理により追跡し、回転角を算出した。図 6.1-04 に、各部位の回転量の全参加者分の加算結果を、刺激別に 10 秒間隔で示した。

図 6.1-04 から、観察時の各部位の回転量が、刺激呈示開始の 0~10 秒間で少なく、その後の 11~20 秒間で急激に増加していることがわかる。この傾向は 4 種類の刺激に共通してみられ、また通常モニター条件の画面中心の時系列変化では認められなかったため、没入型映像システムにおける特徴的なユーザー体験を反映した結果であると考えられた。

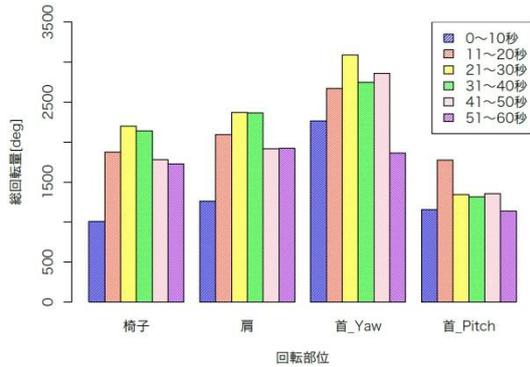


図 4a 刺激 1 観察中の各部位の回転量の変化

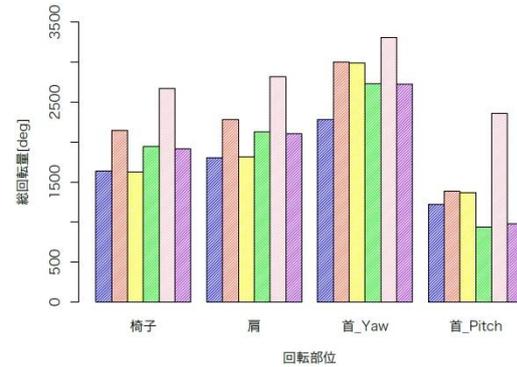


図 4b 刺激 2 観察中の各部位の回転量の変化

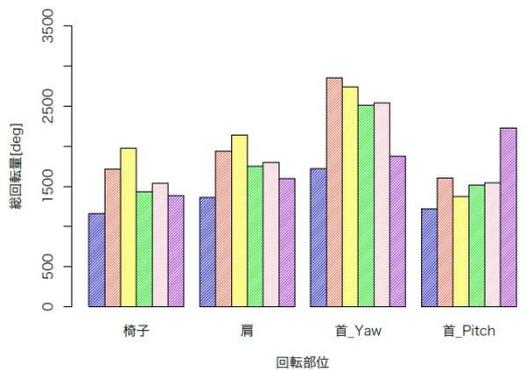


図 4c 刺激 3 観察中の各部位の回転量の変化

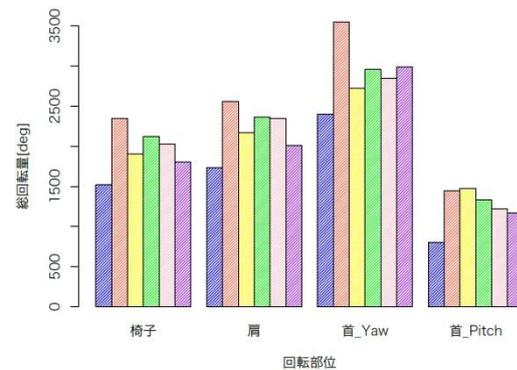


図 4d 刺激 4 観察中の各部位の回転量の変化

図 6.1-04 各部位の回転量の全参加者分の加算結果

さらに映像酔いや疲労感の自覚症状といった主観評価の結果では、観察後の変化がコンテンツの印象と必ずしも対応しない傾向がみられ、通常モニター条件との差異も含めて、より詳細な検討が必要と考えられた。

6.2 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、本節では 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こと)」「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。その関係性を表 6.2-01 で表した。

表 6.2-01 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、自分自身は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、自分自身の体は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(ベクション):ベクショ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、ユーザーはシステムを第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
	ユーザー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ーは誘導される。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

(1) リアルな映像の視聴

人間が映像から高い没入感が得られる前提となるのが、現実に近い「リアルな映像」である。視聴する映像やイメージが実際の現実空間で見たときの視覚に近いか、もしくはそれを上回るほどの鮮明度（高解像度・高精細）で表示されることで、違和感なく没入することができる。

たとえ VR 空間であっても、物体の表面に単に画像を張り合わせたような、実際の物体とは異なる印象であるものはリアリティが薄れて没入感も低下してしまう。

現実の光景を見るとき解像度と VR 映像の解像度の乖離が大きくなれば、違和感も大きくなる。このため、VR 映像の解像度を高めにして、実写との乖離を小さくすると没入感は高くなる。

没入感を高め、3D 酔いをしにくい VR コンテンツを実現するには、解像度 1,920×1,080 ドットで 30~60fps といった高い解像度とフレームレートでの表示が必要になると言われている。

最近の全天周（パノラマ）カメラは、360 度を捉える 60fps の 4K UHD (3,840×2,160 ドット) 映像を撮影できるものが増えている。

たとえば、RICOH THETA S では、撮像素子に有効画素数 12 メガピクセルの CMOS を 2 個搭載し、これまでの 2 倍以上、14 メガピクセルに相当する 5,376×2,688 ドットの全天周写真を撮影できるようになった。F2.0 という明るいレンズと画像技術の進化により、暗い場面でも高画質な全天周写真を撮影できる。

また、ニコンが 2016 年春に発売予定のアクションカメラ「KeyMission 360」は、前面・後面に撮像素子と NIKKOR レンズを組み込み、360 度全方位の 4K 動画撮影ができる。

撮影された VR 映像を楽しむためのスマートフォン、パソコン、HMD などのディスプレイも、画面解像度とコントラストが向上し、色鮮やかで深い色合いになるレティナディスプレイ (Retina Display) やフル HD (1,920×1,080 ドット) ディスプレイ、4K 画質となってきている。

VR HMD では、片目あたりの解像度が 1,080×1,200 ドット、960×1,080 ドットのほか、2,560×1,440 ドットのディスプレイパネルを左右の目に 1 枚ずつ割り当てることで、合計 5,120×1,440 ドットという超高解像度を実現しているものもある。

もちろん、識別可能な信号の最小値と最大値の比率であるダイナミックレンジが低いと没入感は損なわれやすく、スクリーンの端などの視覚野のどこかに実世界が見えてしまうことによって仮想空間への没入感が低減したり、スクリーンの端では立体視が破たんしたりすることもある。

これにも、映像に記録できる輝度のレンジを拡大する技術として、HDR（ハイダイナミックレンジ）があり、フル HD や 4K といった解像度だけでなく、自然界の色再現を目指した色域においても性能が向上している。これはデジタルカメラの撮影技術であった HDR の考え方がディスプレイへと広がったと受け取ることもできる。また、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（光線空間）を再現していると、没入感が高められることがわかっている。

2015 年 8 月には、米スタンフォード大学が VR 酔いを減らす VR HMD「Light Field Stereoscope」のプロトタイプを発表している。これは、自然なライトフィールドを再現する複層ディスプレイを使用し、よりクオリティの高い画質を実現して没入感を高めているもの。

画質において、遅延やブラー（ぼんやりと見えること）、残像などが没入感を減らすことから、

3D ディスプレイでは、こうしたことが極力避けられている。低遅延の実現に向けて、有機 EL ディスプレイ (OELD) が採用されるのはこのためである。

(2) 包囲感

私たちは五感が占有されたときに、そこに没入しやすくなる。視覚・聴覚・味覚・嗅覚・触覚の五感の知覚・認識に占める割合は、視覚 87%、聴覚 7%、触覚 3%、嗅覚 2%、味覚 1%と言われており、9 割近くが視覚を占めている。

このため、没入感には視野の占有が大きく関わり、視野が覆われて包囲されると、その空間の中に存在することを認識するようになる。

このため、VR の表示装置である視覚ディスプレイは、頭部搭載型提示装置 (HMD : Head Mounted Display) と包囲型提示装置 (CAVE : CAVE Automatic Virtual Environment) といった 2 種類の装置が代表的になっている。

逆に、AR のように実空間と VR 空間を重ね合わせて見ると没入感は低くなるが、実際の状況に即した情報を得るには、適していることにもなる。

VR HMD や VR ビューワーにおいては、覆われた視覚の広さである視野角も没入感に影響する。これまでの一般的な HMD の視野角は 25~45 度程度だったが、Oculus Rift の視野角は 110 度、PlayStation VR は約 100 度と広がっており、3D 映像も相まって、まさにそこにいるかのような圧倒的な没入感を得る感覚を引き起こしている。

VR HMD のなかには、210 度という驚異的な視野角を持つ Star VR といったモデルも出てきている。

従来であれば、没入感のある映像を投影するためには映画館や劇場、CAVE といった広い空間が必要であったが、高性能の VR HMD の登場により、広視野の立体映像を、広い空間がなくても提示することが可能となった。

また、自己の周りに空間的な広がりを感じる包囲感についても、VR HMD を装着して首を動かしたときに、その方向に連動して映像が提示されることによって受容できることになる。

VR を体験するとき、その没入感を削ぐ要素となるのが VR 酔いである。その VR 酔いの原因の 1 つに視覚誘導性自己移動感覚 (ベクション : Vection) がある。

ベクションとは、回転するドラムのなかに被験者が静止しているとき、被験者は自分の身体がドラムの回転方向とは反対の方向に回転し始めたかのような印象を持つ感覚を指す。つまり、目で見ている映像から、実際に自分の身体は動いていないのに動いているように感じる感覚のことをいう。人体の三半規管の「動いていない」という認識との間にギャップが生じて、映像酔いにつながる。

この酔いを防止する、最も簡単な方法は移動しないことであり、VR ゲームや VR 映像においては敢えてプレイヤーを移動しないようにしているものもある。

ただ、VR 空間の中で移動しないこと、移動できないことは、かえって不自然な感覚も呼び覚ます。そのため、頭を動かして移動先を決め、瞬きをするようにフェードアウトとフェードイン

でテレポートする「Blink (ブリンク)」という方法が考案されている。手を伸ばして、移動先を決めたあとにテレポートする等の対応で映像酔いを抑制できる。この方法は、プレイヤー自身が移動先をコントロールできるため、激しいアクションシーンであっても適用できる。

このほか、カメラを動かすときは加速をせず等速で、ゆっくりと等速直線運動で行う方がいいとされる。

これを応用した VR 空間の歩行技術として、移動するときに画面の中央部分のみを繰り抜き、周辺部分は固定したまま中央部分を見ながら移動するトンネリング (Tunneling) という手法がある。

また、手前に三角形を基本とする立体的な網模様を固定させて、背景をぼかして解像度を下げることによって移動する「ホロスフィア (Holosphere)」といった動作手法もある。

(3) 奥行き感

人間は単眼立体視と両眼立体視を利用して奥行きを感じている。単眼立体視と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。両眼立体視とは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である。従来の 3D メガネを利用した立体映像では、左目用の映像が右目でも見え、右目用の映像が左目でも見えてしまうことにより、映像が 2 重に見えてしまう現象 (クロストーク) が起こりやすかった。VR HMD を利用した両眼立体視では、右目と左目に別々の映像を見せることができるため、クロストークが発生しないというメリットがある。

(4) 視覚・その他の感覚に対する効果

没入感を高めるには、画像処理で発生する画像遅延を短縮することが求められる。表示遅延を小さくし、ヘッドトラッキングに応じた違和感のない映像表示が欠かせない。

これには、ユーザーの動きを検出し、それを映像に反映するまでの遅延を 20ms (0.020 秒) 以内に収める必要があるということが一般化している。動きの速い映像では、特に滑らかに描画する優れた動画応答性が求められる。VR HMD で有機 EL パネルが採用されることが増えているのは、電流を流した瞬間に発光するため、動画応答性に優れていることが挙げられ、また鮮やかで自然な映像を表現する色再現性にも優れている。ゲームだけでなく、スポーツや映画のアクションシーンなどの速い動きには、残像感のきわめて少ない滑らかな映像の再現により、没入感を向上させることが望ましい。

没入感は VR HMD や VR ビューワーの重量、サイズ、装着感といった物理的な要素にも影響される。装置時の適切な重さ、装置の落下防止用バンドの適切な強さといった、着けやすさや装着感は体感を左右する。

HMD の多くはヘッドバンドをゆるめてかぶることができ、後頭部から支えるバンドを締めながら調節できるようになっている。ヘッドバンドにより、デバイスの重量が前後に分散されて、

400g 近くある重量もさほど重くは感じない配慮がなされ、不快に感じずに済むようになっている。PlayStation VR はメガネをしていてもかぶれるように設計されており、視力の悪い人にも楽しめるようになっている。

多くの VR HMD は顔に接する本体部分は合皮のクッションかスポンジ地が採用されており、装着時の感触に配慮している。また固定用のヘッドベルトは頭部の側周と上部を渡すように三方に伸びていたりするが、これも三方とも面ファスナーで調整可能になっているものが多い。こうした装着のしやすさは没入感を妨げない要素になっている。

VR HMD では一般的に、コントローラーのボタンやジェスチャーを使って、インタラクティブティを得て、没入感を高めている。

たとえば、ドライビングシミュレーターで、実際のスポーツカーやバイクの運転席に座って VR 映像を見れば、臨場感や没入感が高まる。

また、そこに風が吹いたり、路面の状態などを体感したりすればリアリティが高められる。単に立ったまま、ソファや椅子に座ったままの状態よりも、実物に近いインターフェースや環境があれば、実体験に近くなる。最近のゲームセンターやエンターテインメント施設では風量、触感、温度なども加味しながら、インターフェースをデザインするものも増えている。

たとえば、米国の VR デバイスメーカー Virtuix は、プレイヤーの足運びや走りをゲーム世界の移動に同期させられる歩けるゲームコントローラー「Virtuix Omni」を商品化。これは、センサー付きのルームランナーのようなアルミダイキャスト製の大型デバイスで、ゲームプレイヤーの歩行、走り、ダッシュ、ジャンプなどを感知し、ゲームの世界への没入感を高める。ゲームプレイに際しては、滑りやすいソール（靴底）が付いた専用シューズ「Omni Shoes」を履き、動きを検知する専用センサー「Omni Tracking POD」を装着する。プレイヤーは Oculus Rift を装着し、Xbox 360 用の拳銃型のガンコントローラーを PC に接続して、射撃訓練ゲーム「TRAVR（トレバー）」をプレイすれば、怖いぐらいのリアリティを感じることができる。

また、シミュレーション訓練の世界大手プロバイダーである Symbionix USA Corporation は、VR システムによる外科手術シミュレーション・トレーニング・モジュール（MentorLearn）を開発・提供しているが、このインターフェースには、実際の腹腔鏡手術に使用する内視鏡器具がインターフェースになっている。これにより、VR 映像を使用しながらも、開腹子宮摘出手術のシミュレーションが可能となり、実際の外科医の訓練にも使われている。

このように実際のもを模したインターフェースやデバイスや装置との一体感は、没入感を一層高める要素となっている。一体感とともに、自己の身体の延長として捉える自己身体感を感得することができ、直観的な操作が可能になる。

外科手術シミュレーションでは、映像の中の物体に触ることに対するフィードバックを得られたり、実際に誤った措置をすれば不正出血が生じたりすることで、その空間内にいる感覚も得ることができる。

(5) 物語（世界）への没入効果

没入感が高まる要素の一つに一人称（主観）視点がある。第三者として見る第三人称視点より、疑似体験している感覚が得られやすく、いわゆるエクスペリエンスとして享受しやすくなる。文脈・コンテキスト、物語の中に入り込んでいくのも、一人称視点の方が容易になる。没入型映像システムは第三人称より第一人称視点のはるかに多くなっている。これは、アクションカメラやドローンによる撮影が増えたことにも起因している。

人間の視覚や頭脳は、フレーム（枠）で囲まれたディスプレイの前では、フレームが境界となり、それを現実ではないものと受け止めてしまいがちである。つまり第三人称の立場で視聴する。

全天周映像や VR HMD によって、映像からフレームがなくなることで、認識のなかで現実世界と仮想世界がつながりやすくなり、没入感が高まる。ただ、それをしっかり識別しようとする、映像酔いやめまいを誘発する原因となったりする。

人間は、過去に体験したことを映像で追体験すると、そのときのことをイメージしやすく、没入感を高めることが知られている。たとえば、スクーバダイビングやスカイダイビングの VR 映像においても、実際にその行為を現実でしたことのある人は没入感が高くなるという傾向がある。経験があれば、自分ではない他の人が体験したことを追体験することによっても没入感は高くなる傾向がある。

また、実際の体験ではなくてもニュース報道など、繰り返し見た映像についても、VR 映像で受容が容易になる傾向がある。こうした傾向をニュースに応用したのが、「VR ジャーナリズム」である。VR HMD や VR ビューワーを着けて、実際に起きた事件や事故、戦場を再現して追体験することで、視聴者はまさにその場にいるような体験がすることができる。いわゆる「没入型報道」である。たとえば紛争地帯のシリアを題材とした「Project Syria」では、内戦中のシリアの町並みが再現され、突然爆発が起きるなど、現場には到底行けないような場面を VR として追体験できるようになっている。

第 7 章 各委員による没入型映像システムに対する期待と将来予測

本章では、各委員による没入型映像システムに対する期待と将来予測について掲載する。

(1) 廣瀬委員長（東京大学大学院）

昨今、HMD を中心として、VR 技術が社会の注目を再び集めるようになってきた。最初に VR (バーチャルリアリティ) という言葉が世間に注目されたのが、1989 年のことだから、今回のブームは第 2 次ということになるろう。

第 1 次と第 2 次が決定的に異なるのは、社会的受容性と技術的洗練度であろう。現在、われわれの周囲にはインターネット環境が存在しており、大量の情報を自由に利用することができる。HMD などの VR 世界を体験するために必要なインターフェース・デバイスも、もはや特殊なものではなく、民生商品としての市場流通が始まっている。第 1 次においては、そのいずれもが存在していなかった。

この段階に至り、VR は、その仕組みを考える技術者の手を離れ、その内容、すなわちコンテンツを考える人々が利用可能なレベルに達しつつある。考えてみれば Web 技術がその域に達したのが 2005 年ごろのことであり、当時騒がれた Web 2.0 とはそういう技術なのだったと思う。この時点を境にして、Blog や SNS など、コンテンツそのものが意味を持つような世界が広がりを見せはじめたのである。同じような言葉を使うとするならば、現在の VR は VR 2.0 とでも呼ぶべきものであり、現在のブームを十分に活用しようとする場合、従来との本質的な違いを理解する必要があるだろう。

まず第 1 に、コンテンツについて、これまでと比較して、はるかに深く議論せねばならないであろう。HMD にせよ何にせよ、それが動作するのは、当然として、それが有効に活躍するためのコンテンツが不可欠である。そのための表現やオーサリングについて考えていく必要があるだろう。

幸いにして、VR を記述するための基盤ソフトウェアや、データ収集の仕掛け、たとえば全天周映像をキャプチャーするためのカメラシステムなども、格段の充実を見せ、コンテンツ制作に必要な地盤は整いつつあるといえよう。

第 2 に、インターフェースとして、クオリティの高い臨場感を達成することはもちろんであるが、実は臨場感にはさまざまな深さがある。360°の視界が広がる、というたぐいの臨場感は、比較的浅い臨場感である。深い臨場感とは、その裏にある、さまざまな仕組みである。たとえば、Google のような、強力な検索システムと、HMD のような VR 型インターフェースがどう関係を持つべきかについても意識すべきなのである。このレベルでは、製品単位の競争力というよりは、その生態系全般にわたる考察が必要になってくるのである。

そして、もうひとつ今後恐らく必要になってくるであろうことは、充実していく VR 世界と、より多くの人々が体験するための共通プラットフォームを構築することであろう。デジタル映像の新しい世界をひらく上で Youtube やニコニコ動画などの新しいプラットフォームが果たした役

割を考えれば、このことは明らかであろう。かつて HMD に象徴される VR 型インターフェースは、その技術的先端性が着目されていた。すなわち、トップダウン型の研究開発がこの世界を牽引してきた。しかし、これからは、それとは 180°異なったボトムアップ型の研究開発が必要であり、そのためにもより多くの人々にこの魅力的な技術を体験させる機会を増やさねばと思うわけである。

(2) 伊関委員（早稲田大学）

—Medicine 4.0 による手術室の近未来：スマート治療室 (Smart Cyber Operating Theater: SCOT)

—

早稲田大学理工学術院先進理工学研究科

伊関 洋

東京女子医科大学先端生命医科学研究所先端工学外科学分野

村垣善浩、正宗 賢、岡本 淳

IoT (internet of things) ものインターネットの時代が来ている。第一次産業革命：18 世紀後半蒸気機関などによる工場の機械化。第二次産業革命：19 世紀後半電力の活用による大量生産の開始。第三次産業革命：20 世紀後半 PLC など電気と IT を組み合わせたオートメーション化。第四次産業革命：「Industry 4.0」が始まった。医療においても、第一次医療革命：消毒・滅菌に始まった医療の近代化。第二次医療革命：顕微鏡・内視鏡手術による低侵襲治療の開始。第三次医療革命：CT/MRI/US/PET など術前・術中診断と navigation を組み合わせた情報誘導手術の開始。第四次医療革命 (Medicine4.0) が始まりつつある。センサーネットワークなどによる現実世界 (Physical System) と、サイバー空間の高いコンピューティング能力 (Cyber System) を密接に連携させ、コンピューティングパワーで現実世界をより良く運用するという世界である。診断や治療、手術に関連するあらゆるデータをセンシングなどを通して蓄積しそれを分析することで、自律的に動作するようなインテリジェントな診断治療融合システムであるスマート治療室 (Smart Cyber Operating Theater: SCOT) の実現である。SCOT における術者コックピットが、外科医療の没入型映像システムに相当する。手術工程解析に基づくシナリオをベースに手術シミュレーションが行われ、手術の進行に応じて必要な情報がコックピットの画面に次々と提示される。手術内容の変化に応じて、変更に応じたシナリオ生成ソフトにより、情報が変更される、術野画像は 8K の立体ビデオ顕微鏡・内視鏡より、術者の眼前に提示され手術操作を実施する。術野の立体 8K 映像の周囲に、手術の進行に応じたナビゲーション映像、心電図、覚醒下手術関連情報など必要な医療情報が次々と提示される。コックピットの情報は、手術室外の戦略デスクと連動しており、音声・指示描画等で、術者との間で相談・検討を随時実行できる環境になる。未来予測手術の実現である。十分な科学的根拠に基づき、意志決定を実施し、手術中もしくは術前の段階で、術後を予測することになる。

文献

岡本淳, 正宗賢, 伊関洋, 村垣善浩, "検証 手術室の環境改善を IT が支える 次世代治療室「SCOT(Smart Cyber Operating Theater)」の開発", 新医療, 42(5):31-34(2015/05)

Y. MURAGAKI, J. OKAMOTO, K. MASAMUNE, K. YOSHIMITSU, "ORiN for SCOT (Smart Cyber Operating Theater)", CARS 2015 CARS 2015-Computer Assisted Radiology and Surgery, 2015.06.27, Barcelona, Spain

(3) 畑田委員 (東京眼鏡専門学校)

観察者の視野を覆い尽くす広視野映像提示システムは、これまでも、映画のように多人数観覧用のスクリーン据置型(多面orドームスクリーン)と、作業補助情報などを表示する個人装用型(HMD)で、娯楽や産業応用などの分野で、それぞれの特徴を活かしながら開発されてきた。ただ、日常生活における映像情報の活用としては、ハイビジョンテレビによる部屋の壁面を占める大画面テレビが出現しただけで、生活形態を大きく変化させる程ではなかった。

ところが、ディスプレイ技術の高精細・高密度化に伴い、良質なプロジェクション大画面映像や小型軽量化された情報端末が普及し始めると、特殊用途だけでなく、普段の生活行動にも影響もたらす新しい映像空間が出現し始めた。

広視野映像提示システムがもたらす観察者への効果としては、映像を表示するスクリーンの存在を感じさせず、再現される映像空間と実際空間とが融合した様になり、あたかも映像で再現された空間に居るかのような臨場感を感じさせる状態を作り出す。

据置型では、ドーム型や多面型スクリーンによる全周囲的な映像により、臨場感を再現する試みが続けられてきた。ただ、拡大投射や投射歪み、映像繋ぎ合わせなどによる画質低下や違和感から、満足できる臨場感を体験できる例は、高度な映像修正技術などを駆使したデモで再現されるだけで、ホームシアターレベルでは以前より少し綺麗になった大画面映像が映し出される程度である。

一方、装用型では、装用負荷の少ないディスプレイの小型軽量・高画質化が実現できるのは少し先の話しと思われていたが、プライベート使用でのインタラクティブ性を活かした低画質ではあるが、目的情報以外の視覚情報を遮断することで、没入感を強く感じさせるシステムが誕生し、第三者的な臨場感に加えて主体的な没入感が体験できるようになり、急に注目されるようになった。

臨場感や没入感を十分満足させるには、映像が提示されていることを感じさせない(スクリーンフリー)映像再現方式で、単眼立体視要因*を満足させて、奥行き感のある空間を再現することが基本条件になる。ここで言うスクリーンフリーを作り出す映像条件としては、広視野(広画角で画枠による視野制限が感じられない条件)に加えて、画素構造など表示面の情報が知覚されない高画質映像が要求される。さらに、像形成条件としてディスプレイからの光線を制御する方式(空中像、ライトフィールドシステム)などにより、観察者の能動的な意志による奥行き情報の選択(単眼立体視要因のうち観察者からの調節機能が働く状態)が自由になり、より効果的な空間再現状態を作り出すことが可能になる。ただ、この方式は高密度映像情報と微細光学素子スクリーンによる光線

制御部の実用化と画質向上に向けての技術的課題を解決することが必要である。

これまで行われてきた映像の画質評価は、観る人の視機能限界値（視力、明暗弁別、CFFなどの閾値）によって左右され、しかもその閾値は観視条件など色々な条件下で変動し、必ずしも単一数値で表現することは難しい。そのため、例えば解像度に関わる視力は特定明るさレベルで高コントラストな視標を指定の距離から観視する標準状態で求めた弁別値を標準視力(視力1.0)として、直近の技術改良の目標値として設定されてきた。現状では、このような特定条件下での閾値に基づき、高画質・広画角ディスプレイはほぼ目標値を満足させるレベルに到達したと考えられているが、新しいディスプレイデバイスの出現により、何時でも何処でも映像情報が観察できる環境が出現すると、観察者が期待する画質レベルも、観視距離・視野探索の自由度、拡大操作して観視対象を見出すだけの余剰情報量が必要になる。さらに、より実物に感じられる映像は、先に述べた特定な条件で測定された明暗・色・動きの弁別能(閾値)から導き出される映像表示条件よりも、高精細、高密度、広再現域、高画面切り替え周波数など閾値下刺激の映像表示**が期待される。しかし、これらの視機能を全て満足させることは、撮影・表示技術や映像情報伝送量から見て難しい課題ではあるが、これまでの映像観視条件から脱するには、ある程度以上の画質で視野を拡大する方式が効果的であることには変わりはない。

映像撮影・表示デバイスの小型・超高画質化に伴い、簡便・軽量の装用型による広視野映像が話題を集め、様々なイベントでデモ公開され始めている。これまでの映画・テレビでの受動的観視状態から、観視者が利活用したい映像情報を積極的に探索することができる条件が整いつつある。ただ、双方向システムによるデモ再現空間でも、立体映像でのデモと同様に、びっくり箱的な内容が多く見られるのは、短い時間内にインタラクティブ効果を体験するためには仕方ないのかも知れないが、3D映像と同じ道を進むようで、魅力ある映像システムとして定着する妨げにならないことを懸念する。特に、より刺激的な映像効果を楽しむ娯楽やゲームディスプレイ分野では、これまで体験できなかった没入感を再現することで、素晴らしい映像再現空間への関心を高める内容の映像を提供して欲しい。更に留意すべきは、長時間観視体験しても、ネガティブな疲労や違和感が生じず、円滑な動作応答ができる完成度の高い没入型映像システムの実現が欠かせない。

映像情報の利用状態が、これまでのような受動的な観察状態から能動的な観視状態までを満足させるためには、現状のハイビジョンや4K映像よりも高画質な映像が要求されるのもそれ程遠い話ではないだろう。これまでの伝送効率の観点から見た余剰情報の無駄と言う判断をどの程度まで緩め、能動的な観視姿勢を満足させるだけの余剰条件***も満足させることができるかが、医用や教育などの特定分野での利活用を促進させるためには欠かせない課題である。更に、没入型映像システムが提供できる生体への効果を上手く活用して、能動的な映像観視状態に浸った人々の状態を緩和するために、安らぎ空間を再現する映像を提示し、人々の生活リズムを無理のない素晴らしい状態に導く映像観察制御システムの構築は、新しいメディア開発と共に、新しい映像再現空間への魅力も更に強めるためには重要な課題である。

<脚注>

* 単眼立体視要因としては、ピント調節(像のボケ)、空気透視(コントラスト低下)、見掛けの大きさ(線透視、模様密度勾配、明暗比、前進・後退色)、運動視差(物の動き、観察位置移動による動き・遮蔽変化)、光と影(照明効果、重なり合い)、視野 がある。→これらの要因のうち、観察者が能動的に作動させる要因は「調節」と「運動視差」で、光線制御型とインタラクティブ型ディスプレイによって対応可能である。

、* 拡大効果を感じる倍率：4倍以上、階調・色調の連続的再現 10ビット以上と再現域(3原色から6原色、彩度向上)の拡大、画面切り替え周波数：最低 80~90Hz、滑らかな動き再現：120~240Hz、瞬間安定観察視野：瞬時の注視点移動により観察可能な範囲(有効視野：水平 30度、垂直 20度)に加えて、頭部運動も加わり安定した状態で見える範囲(安定注視野)は 90度(水平)、70度(垂直)、映像提示により座標軸系が誘導される範囲(誘導視野：水平 100度、垂直 85度)になる。更に、能動的な動作を伴うインタラクティブ型では体躯移動に伴う安定性を確保するために、下方への視野拡大が要求される。

(4) 河合委員 (早稲田大学)

没入型映像システムに対する期待と将来予測として挙げられるのは、ユーザーに提供される質的体験とその利活用であり、そのため現在はユーザーへの配慮がきわめて重要な段階にあることを指摘しておきたい。ここではそうした配慮について、すべての没入型映像システムが満たすべき「基本的な質的体験」と呼ぶ。

2 眼式の立体視映像システムにおいてはクロストークや視差角などが配慮すべき特性であったが、没入型映像システムでは配慮すべき特性の多元化が予測される。例えば、頭部の運動に対応した映像出力の変化は、前庭眼反射との矛盾を生じる可能性があり、その影響は平衡感覚に及ぶことが懸念される。このように没入型映像システムでは、視覚という単一の感覚を越えた配慮が必要であり、特定のグループによる経験的・仮説的なものではなく、オープンかつエビデンスベースな視点での基本的な質的体験の策定が期待される。

もう一つの期待と将来予測は、没入感の利活用にかかるアプローチの創出である。没入型映像システムで用いられるヘッドマウントディスプレイは、没入感の増進を目的として高解像度化や広視野角化などスペックの向上が進められてきた。しかしながら、例えば感覚不一致に代表される動揺病のメカニズムの説明からみると、こうした単一の感覚情報のみを対象としたスペックの向上は、むしろ映像酔いの悪化につながる可能性も否定できない。そのため、ユーザーのエンゲージメントの高度化やソーシャルメディア化も含めた「総体としての没入型映像システム」のフレームワークの構築が急務であり、そこから創出される従来とは異なる利活用のアプローチそのものが、当該分野におけるイノベーションに他ならない。

(5) 渡邊委員 (早稲田大学)

没入型映像システムに限らず、ほとんどすべての情報システムを考える際には、技術的な側面と受け取り側(人間あるいは社会)の側面の両方を考慮する必要がある。技術的側面には、高解

像度や広い視野、あるいは計算速度や描画速度など、基本的にその目的がわかりやすいものが多いが、受け取り側の側面は、該当技術が世に出るまでは曖昧なままで、開発側の想像によらざるを得ない部分もある。

没入型映像システムとして、現時点で想定される主要なものとしては、大型（ドーム型）の没入型ディスプレイとヘッドマウントディスプレイを挙げることができるだろう。これらは技術的な側面からも異なるが、観察者の視点や体験の観点からも大幅に違ったものになる。例えば、「物理的に囲まれている（ことを知っている）」場合と、「囲まれていると想像する（ことを強いる）」場合では、明らかに没入感の質や、没入までにかかる認知的リソースに違いが出てくるだろう。今後、没入型映像システムがこのような体験の違いを、打ち消すような方向に進むのか、あるいは際立たせて活用するような方向に行くのか（個人的には後者の方が面白いと思われるが）興味深く見守りたい。

また、往々にして映像システムの評価では、「視聴中の体験」に注目が集まりがちではあるが、映像システムの開発や社会的受容には、視聴中の体験だけではなく、「視聴前の期待」や「視聴後の記憶」、さらにそれらに伴う行動などの研究や調査も重要である。非常に大雑把なアナロジーで言えば、大型（ドーム型）映像システムは映画館に対応し、ヘッドマウントディスプレイは家庭用テレビに対応する。それぞれ、どのようにして固定された場所に見に来させるか、どのようにしてヘッドマウントディスプレイを頭に装着したいと思ってもらうかを、技術的側面に加えて人間行動の関連から調査する必要があるだろう。現段階で、「視聴後の評価」に関しては、それなりの知見が蓄積されている感もあるが、「視聴前の期待」「視聴後（かなり時間が経った後の）記憶」などに関しては、まだ調査・研究が進んでいないように思われる。

上記のようにヘッドマウントディスプレイを家庭用テレビに対応づけるのが乱暴に思われるのは、ヘッドマウントディスプレイには装着するという行動、さらに装着後に探索(explore)する行動、さらには視聴後に取り外す行動が必要とされるためである。これらの行動は、今までの日常生活では行われてこなかった行動であるために、そのための積極的な動機付けがない限り、認知的な負荷の高いものとなっている。ある意味、現状のヘッドマウントディスプレイは「つけてもらえれば勝ち」という状況に近く、コンテンツで競争原理が働くような状況に至っていないのではないだろうか。バーチャルリアリティに、もともと興味のある（あるいは親和性のある）視聴者が使うことは想定できる。もっと端的に言えば、ヘッドマウントディスプレイでの視聴を「カッコイイ」と思える視聴者が使っている状況にある。このような現状において、没入型映像ディスプレイをイベントでの活用だけでなく、一般ユースにまで拡張されて使われるようにするためには、さらなる技術に対する期待や社会的受容性の調査・研究が必要となるだろう。あるいは「そもそも一般ユースに拡張する必要があるのか」という議論も可能かもしれない。

今後、没入型映像システムが社会に受け入れられるようになるためには、「視聴中の体験」のみならず、人間の視聴行動をある程度の時間幅で、系列的に起こるようなものと捉える考え方や調査が必要になるだろう。人間が映像システムに「慣れる」ことは、今までのテクノロジー受容の歴史から明らかである。その場合の「慣れ」とは、受動的に視聴した場合の知覚的順応ではなく、日常生活の中での「行動としての慣れ」を含むものになる。没入型映像システムが、将来的に袋

小路的な技術となることはおそらくないと思われるが、適用と受容の射程に関しては、今後の戦略に依存する部分が大きいと思われる。

(6) 安藤委員（情報通信研究機構(NICT)）

近年、没入型映像システムに対する注目が集まっている。これは、広視野かつ頭部移動が可能な映像提示により、高い没入感を人に与えることができるシステムである。従来、このような没入感を得るためには、大型の多面スクリーン映像提示システム等が必要であったが、頭部のトラッキング性能、映像の歪み補正等の技術的向上により、低コストかつ軽量のヘッドマウント型デバイスが利用可能になってきた。

このような没入型映像は、通常のディスプレイと比較して、「自己の身体と環境の関係」をより鮮明に人に知覚させることができる。広視野角の映像が与える周辺視野の情報は、中心視野の情報と比較して網膜の解像度は低いものの、身体感覚の生起という効果を人に与える。特に、身体運動に伴う周辺視野の映像の流れ（Optical Flow）の動的情報は、自己運動感覚（あたかも自分が動いていると感じる感覚）を生起させる。さらに、頭を動かして見るという「能動的な視覚」は、頭を動かさない受動的な視覚と比較して、運動指令と視覚・筋・前庭系のフィードバック情報という新たな情報を脳内に生じさせる。これらの情報は、現実空間で人が行動する際、脳内で自然に生じる。これらの複合的な要因により、没入型映像システムによる能動的な映像体験は、現実空間で得られる感覚に近い臨場感を人に与え得ると考えられる。

没入型映像システムは、今後、ゲーム等のエンターテインメント分野に限らず、教育・訓練、体験シミュレーション、報道等、リアリティの体感が望まれる幅広い分野における利活用が期待できる。さらに映像のリアルタイム伝送が可能になれば、遠隔作業、遠隔医療、テレワーク等、いわゆる「テレプレゼンス」への活用が期待できる。このような社会的展開に向けては、デバイス装着の負荷軽減、画質の向上、音響・感触等の多感覚情報との統合提示等、さらなる技術的発展・拡張が望まれる。また、高質かつ豊富なコンテンツの提供も不可欠と言える。

一方、没入型映像システムの普及においては、このような映像体験が人にどのような影響を与えるか、その定量的評価が極めて重要になると考える。頭部運動に対する大きな映像遅延や激しい映像の変化は「映像酔い」の状態を引き起こす。没入型映像に対する過度な不安を払拭するためには、快適性が確保できる映像提示の条件を明らかにしていく必要がある。特に、没入型映像に対する快・不快の感覚は、個人差が大きいため、没入感覚の平均特性のみならず、個人特性の把握も不可欠であろう。

さらに、没入型映像の人に対するポジティブ効果を定量的に示していくことも、没入型映像の普及・展開にとって重要と考える。没入感を構成する要素には、包囲感・解像感・立体感等、低次の感覚要素から、身体感覚生起・多感覚の相乗効果等、高次の感覚要素まで、複数の感覚要素が含まれている。これら複合的な要因を定量的に捉えるためには、心理・行動による分析のみならず、脳活動変化の計測・解析も重要となる。脳のどの部位で没入感を構成する要素が表現されているかが明らかになれば、没入型映像が引き起こす内的状態をより分析的に捉えることが可能

になるであろう。当研究グループでは、fMRI 脳活動計測により、水平視野角 100 度に至る広視野角の映像の動的な情報が自己運動感覚を生起させる際、大脳の内側部の特定部位の活動が高まることを見いだした [1]。このような脳内状態の解析手法は、将来、没入感の定量的・客観的評価において威力を発揮することになるであろう。

以上、とりまとめると、没入型映像システムに対する期待を一時的なブームに終わらせないためにも、これら新しい映像表現の幅広い利活用分野の開拓と科学的データの蓄積が最も重要と考える。

参考文献：

[1] Wada A, Sakano Y and Ando H (2016). Differential responses to a visual self-motion signal in human medial cortical regions revealed by wide-view stimulation. *Front. Psychol.* 7:309. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00309

(7) 太田委員（株式会社リ・インベンション）

筆者は、これまで主に実写の没入型映像制作に従事してきたので、当該分野における期待と予測を、撮影技術、視聴システム、コンテンツの側面から論ずる。

(a) 撮影技術

全天球映像の撮影システムにおいて重要な要件には、「コンパクトであること」、「高画質であること」、「安定した撮影ができること」が挙げられる。コンパクトであることにより、カメラを設置するハードルが下がり撮影条件の良い場所が確保でき、さらに映像間のスティッチ作業が容易になる。高画質であることは、コンテンツ自体の質の向上はもちろん、広角レンズを使用しても画質が維持できるのでカメラの台数を減らすことができる。安定した撮影ができることは、業務用の撮影、特に一発撮りの撮影などでは、必須条件である。このような要件を満たすために、様々なシステムを活用した試行錯誤がなされているが、未だ最適解がないのが現状である。今後、登場するシステムによって、これらの要件は、徐々に改善されていくであろうが、8K やライトフィールドカメラといった次世代の映像技術が、こうした撮影課題に対してブレークスルーを起こしてくれることを期待する。

(b) 視聴システム

近年 HMD により、快適かつ高臨場感を伴う没入型コンテンツが視聴できるようになってきているが、一般的な意見を聞くと、やはり装着することのハードルは、高いようである。普及のためには、メガネのような、より軽量かつ簡易に装着できるようなシステムが必要であり、最近、話題を集めている AR グラスの進化とともに新たな HMD の形態が登場してくることが予想される。またプラネタリウムのように、プロジェクションマッピング技術を応用する形で、一般の家屋で

も、天井や壁面に歪みなく映像が投影できるようなシステムが登場することで、全天球映像の活用機会が大幅に増えていくことを期待する。

(c) コンテンツ

現時点では、当該コンテンツが視聴できる環境は希少であり、制作費をリクープすることが困難なケースが多いが、今後、コンテンツを提供するプラットフォームが整備されることにより、少額の対価を世界中の人達から得ることができる仕組みが構築されれば、クリエイターやコンテンツの数もおのずと増えていくと考えている。さらに 3D 映像における「アバター」のような普及の起爆剤となるコンテンツが、登場することを期待しつつ、自らもそうしたコンテンツを制作できるように精進する所存である。

また、近年、パブリックビューイングが人気を博しているように、生中継には大きな魅力があり、VR のリアルタイム配信もキラーコンテンツになり得ると考えている。音楽やスポーツなどのライブ映像を、VR 空間の中で、多人数の共感を伴いながら視聴する次世代のパブリックビューイングにも大きな可能性を感じている。

最後に、これまで、これほどまでに視聴した方々の反応が大きい映像システムは、極めて稀であるといえる。コンテンツが、「視聴するもの」から、「体験するもの」へシフトしていく中で、私達の想像力やクリエイティビティを劇的に刺激する素晴らしい体験が可能となることを大いに期待する。

(8) 森山委員（東京都現代美術館）

(a) 芸術領域における経緯

芸術領域におけるVR・ARもしくは没入型映像システムによる表現・展示手法アイデアの源については、エティエンヌ・ガスパール・ロベルトソンの「ファンタスマゴリア」など視覚効果を追求した歴史的なシアター・プレイや、エミール・レーノの「プラクシノスコープ・テアトル」のようにハード／ソフト一体型で動きを伴う重畳表示を試みている映像装置など、19世紀またはそれ以前[1]に遡ることができる。20世紀に入り、特に1980~90年代にかけて、各種の視覚・映像テクノロジーの発達と、知覚に関する研究や実践の隆盛にともない、VR・ARの概念とツールが整ってくると、工学系出身または工学的センスを持つアーティストたちが、現在から見れば技術的には拙いながらも、現代に活況を見せるVR・ARテクノロジーの先駆となるようなアイデアを以て、優れた作品を発表している。

それらは、必ずしもゴーグル等の没入型装置を装着するスタイルに限定されることなく、時に大型スクリーンや多面の表示装置を用いることによって、コンテキストと合致した、必然性ある展示手法として、アーティストの表現目的を効果的に演出してきた。1980~90年代から2000年代

前半に展開された早期の例をごく一部挙げると、ジェフリー・ショー、スコット・フィッシャー、タミコ・ティールらの作品[2]などがある。また、当該領域の展示を行う文化施設／展示[3]としては、NTTインターコミュニケーション・センター[ICC]や東京都写真美術館（映像工夫館展シリーズ企画展）がある。

(b) 芸術領域における現状

2000年代後半に入ると、前項に述べたような経緯を経て、芸術領域における没入型システムの発表機会は次第に増え、当該領域を含む文化庁メディア芸術祭の開催や、文化振興基本法の施行（2001年）に基づいた初等・中等教育における映像メディア領域の必修化（2002年）、アニメ『電脳コイル』（2007年、NHK教育テレビジョン）の放映などを通して、当該領域は、芸術領域の愛好者や一般への認知度も徐々に高まってきた。建築をテーマとする企画展への応用[4]を始めとして、特に空間自体を作品とする「インスタレーション」形式に力を発揮し、2015年度末までに、美術展における没入型システム展示は既に、その展示・公開自体が物議を醸す対象ではなく、前例ある試みの一つとなっている。

そのような中において、国内外の作品例としては、「ある文脈のもとに人工現実感の環境における高度な没入感自体を作品として呈示する」ことからさらに一歩進んで、空間自体に大画面スクリーンと同じ機能を持たせてベクション（視覚誘導性身体動揺）を起こさせるレベッカ・ホルンの作品や、理化学研究所脳科学総合研究センターによるSRシステム（代替現実技術）を援用したGRINDER-MAN「MIRAGE」など「身体との関連性を想起させる／現実との境界を意図的に曖昧にして知覚をコントロールする」方向が模索されている。[5]

(c) 芸術領域における課題

現在までの経緯と現状を踏まえ、没入型システムを芸術領域に応用する場合の課題について考察すると、(1) 作品表現として (2) 展示支援システムとして という2つの方向性にそって、それぞれ課題が挙げられる。

作品表現として応用する場合、表現のメディアやプラットフォームとして没入型システムを採用する必然性を有し、かつ作品のコンセプトや文脈と合致して無理なく成立していることが必須条件となる。そのような例はまだ少なく、実験的な試みに終わっている場合には、芸術評論の領域においては、技術の高さとは無関係に評価は低くなる。したがって、博物館においてよりも、美術館において応用する方がハードルは高くなる。

一方、企画／常設展等の展示支援システムとして応用する場合には、没入感を伴う人工現実感、拡張現実感あるいは複合現実感の環境下に、作品／作品の展示空間についての解説など、情報呈示をいかにシームレスに「居抜き感」高く実現するかという点が課題となる。作品表現と同様、博物館においてよりも美術館における観客のほうが、作品空間のオリジナリティという観点から、より観覧を妨げない情報呈示を求めている。

(d) 芸術領域における展望

前項に述べた応用(1)(2)の双方に共通する課題として、芸術領域、特に文化施設における今後のシステム導入には、従来にはルーティン業務として予想されていなかった装着の際のインストラクション、装着感の向上や消毒等の必要性など、管理体制の整備が挙げられる。パーソナルではなくパブリックな使用となるため、一定期間継続する展示・公開期間を通じて、監視員等による毎日のメンテナンスやトラブルシューティングが必要になるなど、所謂メディア芸術領域にとっては馴染み深い作業も、従来型の美術館系施設にとってはイレギュラーであり、社会教育施設・文化施設に当該領域を真に根づかせるには、計画的な導入と支援体制とが必須である。

今後の展望として、(1) 作品表現については、当該領域をより広く定着させるため、より優れた作品を創造し鑑賞するための評価軸の整備が急務である。

評価軸については、概念の普及とクオリティコントロールが重要である。たとえば「プロジェクションマッピング」という言葉が一般にも広く浸透し、同時に弊害として「プロジェクションであってもマッピングではない」ものも含めすべて一括りにされ流通していく状況が見られるように、ゼネラルなVRと没入型VRといった違いも一般にははっきりとは認識されていない。同様に、かつて「ポラロイド」という商品名がインスタント写真を指す一般名詞として使用されたように、“オキュラス”などがVR・AR全般を指すという誤認も専門外の層には未だ見られる。また、デモ等においては、ディスプレイ部分の重量のためゴーグルが前傾するなど映像の再現性が最適でない場合について、アンケート等を通じて体験者からしばしば指摘がある。

また(2) 展示支援システムの場合、技術の向上と同時に、展示のためのガイドライン整備が求められている。技術的には、たとえば100文字程度の解説テキスト和英または参考図版といった情報を、いかに重畳表示またはその他の方法で展示空間／作品空間という実景と共存させるか、表示・音声技術の精度、デザイン・インタフェースの優劣に左右される要素は依然大きい。現在までに、没入感を有する空間の中に、パーティクルまたは点群としての何らかの表示を用いて描画する方法について、アーティスト／技術者を問わず多数の試行錯誤が盛んに展開されているが、「ゴーグル着用による没入感の追及と同時に、体験共有のためにゴーグルを外しても成立する作品・技術の成立」が待たれていると考えられる。公開促進の一つの指針となるガイドラインについては、国際基準の検討と足並みを揃え目配りしながら、早期に定量・定性的ガイドラインを設定する体制作りが必要である。

最後に芸術領域における提言として、当該領域が社会において広く展開するためのビジョンを段階的に設定することを提案したい。仮のプロセスとして、(1) 当該領域の概念・技術への理解に関する事前調査、(2) 各種文化施設における既存デモの支援、(3) 産官学連携による新規作品・技術の試作、(4) 文化施設におけるその公開とデモ、(5) 領域横断的な評価(社会学・心理学・人間工学・芸術他含む)などを設定することができる。

メディアアート(media art)が必ずしも新しいメディアによるアート(new media art)に限らないのと同様に、ある領域が真に文化的にも経済的にも根づくためには、ある技術・媒体を、思いもかけない使い方によって拡張し展開していくことが必須である。没入型ディスプレイによって実現される領域もまた、アーティストによって発想され技術者によって実装された従来の

試み（たとえばインフォメーションアート、工学系アート、デザインエンジニアリング、ニューメディアエクスペリエンスなどとも呼ばれた領域など）と同様に、今や社会に広く発信され定着する局面を迎えている。

参考文献：

[1] エティエンヌ・ガスパール・ロベール（ロベルトソン）による18世紀の幻燈芝居『ファンタスマゴリア』ならびにエミール・レーノの重畳表示を含む動画映像装置『プラクシノスコープ・テアトル』など

Étienne-Gaspard Robert(E.G. Robertson), Mémoires récréatifs, scientifiques et anecdotiques du physicien-aéronaute, Paris, 1797

Émile Reynaud, le Praxinoscope-Théâtre, l'Exposition industrielle de Paris, 1879

[2] ジェフリー・ショーの初期VR作品のうちパノラマ型バーチャルミュージアム「IMAGINARY MUSEUM OF REVOLUTIONS」1988年、タブレット型の没入型環境を用いた「GOLDEN CALF」1994年、CAVE作品「CONFIGURING THE CAVE」1996年、スコット・フィッシャー監修による「Virtual Brewery」（恵比寿麦酒記念館、1994年開館）、タミコ・ティールによるマンザナール収容所のVRウォークスルー作品「Beyond Manzanar」2000年など。SIGGRAPH1993年アナハイム大会前後の企画展「Tomorrow's Reality」などを通じて、アーティストらが工学系研究者とも接点を持ち、作品を発表した

[3] NTT ICCではジェフリー・ショーCAVE作品の常設展示ほか多数、東京都写真美術館でも1990年からの第一次開館でVR展示の可能性をシミュレーションし、総合開館当初から大型投影による没入型VR作品クリスタ・ソムラー&ロラン・ミニョノー「Trans Plant」を常設し、TVや美術雑誌に特集された。

池田満寿夫：“ヴァーチャル・リアリティも体感 東京都写真美術館”，「アート驚く日本の美術館'95」平凡社『太陽』第406号，pp23-27，1995年

[4] 「パラレル・ニッポン 現代日本建築展 1996-2006」（共催：東京都写真美術館／国際交流基金、2016年まで世界巡回）における「スピンドーム900」を用いた没入型ウォークスルー「表参道ヒルズ／六本木ヒルズ」（解像度1920×1080ドット、協力：筑波大学岩田洋夫研究室）など

[5] レベッカ・ホルンの大型インスタレーション「鯨の腑の光」2002年におけるベクション（Vection、視覚誘導性自己移動感覚とも）の空間や、グライNDERマン「MIRAGE in Ars Electronica - Performance Art with Substitutional Reality system」、リンツ大聖堂、2014年9月4日－7日（初演2012年8月、日本科学未来館）など

(9) 庄原委員（株式会社リコー）

没入型映像システム向けコンテンツ生成方法の一つに全方位撮影がある。弊社では小型全方位カメラ、RICOH THETAを開発しており、ここでは主に全方位撮影の観点から述べさせていただく。

弊社では 2013 年に RICOH THETA を、2015 年に RICOH THETA S を発売し、手軽に撮影できる全方位カメラの普及を試みている。これまで全方位撮影は方向を変えて複数回一眼レフなどで撮影を繰り返すか、高価な複眼式的全方位カメラを利用するしか方法がなかった。製品のコンセプトは人が知覚できるすべての感覚をいつでも手軽に記録し、それを伝え、再現することであった。一般には臨場感と呼ばれるが、我々はそのような撮影環境のすべてを「写場」と呼んでいた。没入型映像システムは主に再生側を中心としたシステムと考えられるが、提供する情報は写場や臨場感である。製品開発当初はあらゆるセンサーを搭載することも検討された。現在の製品は全方位静止画と全方位動画が記録できるが、写場の記録という意味ではまだまだ不足している。また、コンセプトを忠実に実現するには記録した写場の再現方法を提供する必要がある。折しも RICOH THETA の発売に前後して Oculus Rift DK1、DK2 がリリースされ、その後もハコスコ、Google Cardboard など全方位画像の再生環境が急速に普及した。このような市場のタイミングも全方位カメラの普及に大きく影響していると考えられる。

今後、写場の記録という意味では高品質化の方向性と、記録する感覚を増やしていく方向性が考えられる。ここで高品質化は映像と音声の改善であり、解像度などの性能だけでなく立体感や定位感を考慮した改善や機能追加も含まれる。全方位カメラの解像度は、画像を拡大して鑑賞する用途を考慮すると、全方位画像への画素数向上への要求はまだまだ続くと考えられる。RICOH THETA は 2 つの魚眼カメラで構成されている。解像度を考えるとより多くのカメラを用いた多眼カメラの方が有利と考えられる一方、手軽さを考えるとより少ないカメラで構成した全方位カメラが有利である。これまで各社から様々な全方位カメラが提案されているが、今後も手軽さと写場の記録性能の比重を変えた全方位カメラが登場すると思われる。記録する感覚の追加に関しては、近年触覚に関する研究が活発であり、今後の発展が期待できる。

当初のコンセプト通り、写場がいつでも記録されるようになるということは、いつでも誰でもその場を再体験できるということである。それは一種のタイムマシンやテレポーテーションにも似たシステムであり、それは人類にとって画期的なことである。また、VR ジャーナリズムのような動きもある。人の置かれた環境をそのまま伝えることができれば、平和な社会の実現へも繋がる可能性を秘めている。今後の没入型映像システムは、そう遠くない未来にこれまで夢のように語られていたことを実現できるものと期待している。

(10) 吉田委員（株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント）

没入型映像システムには VR、AR、ドーム型ディスプレイなど様々な形態があるが、弊社では PlayStation VR の開発を行っているため VR システムに関する知見が深く、ここでは VR システムに対する期待と将来予測を述べたい。

2016 年はコンシューマー向けハイエンド VR システムである Oculus Rift、HTC Vive、PlayStation VR が揃って発売が予定されており「VR 元年」とも言われる。これらハイエンド VR システムは能力の高いコンピュータであるゲーム向け PC や PlayStation 4 を必要とするため、システム発売当初はゲームユーザーを中心に購入されると予想される。VR アプリケーション開発に必要なノウハウがゲームディベロッパを中心に存在することも、最初のコンシューマー VR 市場をゲームアプリケーションが牽引すると見られている要因の 1 つである。

しかしながら、VR 技術は「自分がいるのとは別の場所（実在する場所、架空の場所を含め）に自分が存在する感覚を得る」、「普段には容易に体験できない体験をする」ことを可能にするためその適用範囲はとても広い。ゲーム、映像、音楽などのエンターテインメントを始め、スポーツ観戦、イベント参加、教育、研究、トレーニング、バーチャルトラベル、建築、デザイン、医療、リハビリテーション、報道、個人のイベント記録（パノラマ写真、パノラマビデオ）、ソーシャルインタラクションなど、VR 機器が広く普及した暁には人々が生活のあらゆる場面で VR 機器を使用している未来が予想される。特にパノラマビデオアプリケーションにおいてはより手軽なモバイルベースの VR 機器（Samsung Gear VR、Google Cardboard など）が活躍するであろう。

そういった未来はこれまで多くの人々が得ることが不可能であった体験を可能にし、人類の能力をより高め、人々の相互理解をより深めることに繋がるために望ましい未来であると言える。その未来に速やかにたどり着くためには品質の高い VR システムと VR アプリケーションが市場に導入され、その使用方法や効能やリスクをよく理解した上で活用され、関連産業（システム開発、アプリケーション開発、サービス提供）が健全に発展していく必要がある。そのために VR システム、アプリケーション開発に携わっている企業、個人が積極的に情報を交換しあって互いに知見を高めていくことが必要であろう。また積極的に体験機会を設け、一般ユーザーの認知、理解を深めていくことが肝要であろう。

Oculus Rift DK1（ゲーム開発者用キット）が発売された 2013 年からの過去 3 年間の VR 関連業界の動きはめまぐるしく、さらに多くの人々の手にハイエンド VR システムが行き渡る今年からの 3 年間の発展は予想がつかないほど楽しみである。

(11) 岩城委員（株式会社ドワンゴ）

没入型映像システムを用いて映像を視聴すると、従来の映像視聴よりも視聴者はより自分自身の「体験」として受け止めやすい。「体験」のメディア、という点が没入型映像システムの従来メディアにはない特性である。従来の映像メディアは既に洗練されており、そのなかで没入感映像システムが受け入れられるためには、体験のメディアであるという特性が十分に活かさなければならない。

たとえばライブイベントに参加するためには従来、体験者が同一の時空間を共有することが必要だった。現地へ移動し、同じ時間を過ごす。これは非常にコストが高い行為であり、すなわちライブイベントを体験することには「希少価値」があった。没入型映像システムは、この体験をコピー可能とすることでライブイベントのスケールアップを可能にする。これが没入型映像システムならではの価値と言える。

しかしそれは同時にライブイベントの希少価値を希薄化することにも繋がる。いかにライブイベントの希少価値を保ちながらスケールさせるか、こういった考え方が今後の技術・コンテンツ開発のポイントになるのではないかと考えている。

当初は、まだ没入型映像システム自体がユーザに普及していない「新しいモノ」であるため「没入型映像システムを体験する」という機会自体が希少価値を持っていた。没入型映像システム自体の目新しさが薄れると、次には「コンテンツの限定感」「ハードウェアの限定感（特殊な装置を用いる等）」といった別の希少価値が注目されることになるだろう。しかし、こういった特殊な状況・ハードウェアに依存する「機会の希少価値」による価値提供はスケールさせることが難しいため、最終的にはコンテンツ自体の設計によっていかに希少価値の高い体験を提供するかが重要になっていく。

そこでひとつ鍵となるのが、体験のパーソナル化である。没入型映像システムにおいては、コンテンツをパーソナライズすることで非常に強力な「パーソナルな体験」を作り出すことができる。いかにこのパーソナライズによって体験に希少価値を生み出し、かつ、スケールさせることができるか、という観点が重要になっていくのではないかと考えている。

現在の没入型映像システムによって得られる体験はあくまでも現実世界で受けることのできる体験のうち、視覚の一部・聴覚の一部を再現しているだけのサブセットにすぎない。現実世界のサブセットである以上、没入型映像システムの視聴者は「(同じことが現実世界でできるのであれば) 現地で実際に体験したほうが良い」「現地に行くことができないからしかたなく没入型映像システムを使う」という枠組になりがちである。しかしコンテンツがこういった設計である間は没入型映像システムは積極的に使われない。

つまり、没入型映像システムが普及するには、同システムによる体験が現実世界での体験のスーパーセットにならなければならない。視覚の一部・聴覚の一部を使い、現実のライブイベントでは体験できない、現実世界より優れた、没入型映像システムを使うと現実世界より楽しめる、と感じられるコンテンツ設計をすることが必要だ。現在の技術のもとで十分このコンテンツ設計は可能であると期待している。

(12) 齊藤委員（株式会社スピン）

映像表示デバイスは伝統と革新によるイノベーションによって、今、新しい時代を迎えている。全ての映像産業に関わる企業あるいは個人の努力の結果、これまでの「視聴」の域を、各々力を合わせて越えてきている。これまでの平面二次元のフレーム内での視聴、という情報の取り方が個人的に飽和したところで、まもなく人間の内面的な欲求が進化し、これからはより肉体的であり、感覚的であり、より「リアル」に近づくための映像デバイスの「開発」そして「利用」ができる時代に突入した。

技術の進化により、自分のリアル以外の最も「リアルに近い擬似体感」のはじまりである。

このまま、3Dプリンターの開発等も更に進んできたなら、私が生きているうちには「物質転送装置」にも出会えるのではないかと思うと、とてもワクワクする。

私は「ホログラフィック」という、「特定の空間内にデジタル技術による擬似リアルな映像空間表現」をするカテゴリーから来た者である。そのため「没入型～」とも少々異なる。共通しているのは、「高い臨場感」をもたらす技術であるということである。

このホログラフィックと没入型の違いは、「AR」と「VR」の違いにも似ている。「この空間内にあると思わせる映像技術」と「今の空間を別の空間と思わせる技術」ということになる。

「ここにいる・あるかのような感覚」「ここにはいないかのような感覚」、これら映像を中心としたデバイスや表示・表現装置による「体感」によって、我々にとって、とても有意義で、多様な可能性が秘められている。

私は特に「医療・治療」「教育」「研究」「創作」そして「エンターテインメント」の市場や文化が発展して欲しいと願っている。

ホログラフィックも没入型も、いずれもある種「脳を騙すこと」であり「トリック」であることから、「コンテンツや体感を提供する側」「扱う側」「使う側」次第では、良くも悪くもなる。

「技術」という諸刃の剣によって、時に脅かせられ、時に希望を与えてくれる。だからこそ自ら行き過ぎたことは、皆でコントロールしていかなければならない。

これらの技術に関わる中で思うことは、一人で行うにせよ、複数人で行うにせよ、本来あるべき姿＝自然の存在を考えると、どうしても「生」「実際」「今」という要素又は技術も加え、「より積極的で、安心で、楽しくて、面白くて、時には癒される」コンテンツによって、豊かな産業になり、豊かな生活になるのであれば、どのようなチャンスもあっても然るべきだ、ということである。

我々日本人は、追求したり集中したりすることで、「新たな境地」を産み出せる民族だと思っているので、私たち日本人から、新たな体感・体験価値を創り出せることを切に願う。

(13) 久永委員（大日本印刷株式会社）

2016年は各社のヘッド・マウント・ディスプレイ（以下 HMD）が出そろい、HMD 元年といわれる年になるらしい。まずはゲーム・エンターテインメント市場で VR の利用が進むことは間違いないだろうが、HMD を含む没入型映像システムをブームに終わらせず、新たな映像体験メディアとして定着させるためには、ゲーム・エンターテインメント以外の分野での活用が進むことが必要なのではないかと考える。

DNP は 2006 年からルーヴル美術館と新しい美術鑑賞システムの開発を担当してきた（ルーヴル - DNP ミュージアムラボ、以下 LDML）。その技術・ノウハウを基礎にセーヴル陶芸都市美術館やカタール Al Zubarah 遺跡、フランス国立図書館（以下 BnF）など国内外の美術館・博物館・企業のショールームや工場見学に知識や技術を一般生活者へ解りやすく伝える対話型システムを開発している。対象はマルチメディア単体の開発にとどまらず、情報設計、プロダクト・空間デザインとサービス全体の設計、広い意味でエクスペリエンス・デザインを行っている。ルーヴル美術館で絵画の奥行き感体験を通して発見する全天周型システム、また BnF では地球儀・天球儀を HMD で鑑賞する仕組みを開発してきた経験から美術鑑賞分野での没入型映像システムの今後の利用形態について考察する。

(a) 美術鑑賞システムとしての没入型映像システム

ルーヴル美術館の学芸員は「鑑賞者は絵の中に飛び込めていない」という。鑑賞者は無意識に絵画の中の 3 次元空間を受け入れているが、画家が描こうとしたスケール感を感じ取るのは難しいようだ。それは絵画につきものの「額（フレーム）」のせいだと推測される。窓の向こうの自分とは隔絶された世界としてとらえているからだ。絵の中に飛び込むとは、「額（フレーム）」をくぐって、描かれている空間の中に自分の身を置き、空間の広がり想像しなければならないという訳だ。

全天周型システムは、VR の表示方法として開発された。人間が奥行き感を感じ取るための手が必要である両眼視差を提供する例は少ないものの、運動視差による「見え」の変化、きめの勾配、遮蔽関係、色彩遠近法を表現することができるため、少しコンテンツを工夫するだけで絵画鑑賞に役立てることができる。LDML3 回展ティツィアーノ作<うさぎの聖母>、と 7 回展ホーホ・ストラッテン作<部屋履き>の鑑賞システムとして実験を行った。絵画を近景・中景・遠景に切り抜き、舞台の書き割りのように仮想空間に配置し、その中を歩き回れるようにする[図 7-01、02]。絵画の中に飛び込む方法を気づかせることが目的なので、正確な 3 次元の位置関係を反映した CG は行わない。これは 2.5 次元といわれる手法で画像表現として格別新しいものではないが、全天周型システムと組み合わせることで新しい絵画の鑑賞方法となる。実際にパリのルーヴル美術館に企画展に合わせて設置し、来館者の行動調査とヒアリング調査を行った。絵画の中の奥行きに気づくことができた、背景のディテールに気づくことができた、という意見が聞かれ、新しい鑑賞システムとして好評だった。

一方、BnF では地球儀と天球儀の鑑賞方法として HMD を採用した。地球儀自体が実際に体験

することができない「地球を外から眺める」ためのものであり、天球儀も夜空の星の位置（見た目の宇宙）を外側から眺める「神の視点」を表した VR 的な装置なのだが、HMD を使って、CG の地球儀に極限まで近づく、見上げると天球儀が空を覆っている体験を開発した（図 7-03）。没入型映像システムを使うことで、製作者が本来想像していた世界観を提供することができた。学芸員や研究者が長い時間をかけて対象物を研究し、理解し、対話する中で身につける「没入する力」を IT を使って鑑賞者へ提供できたのではないかと思う。

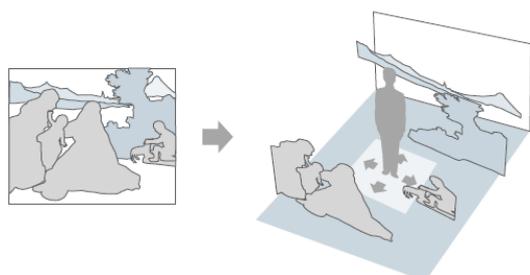


図 7-01 2.5 次元鑑賞システム



図 7-02 2.5 次元鑑賞システム © photo DNP

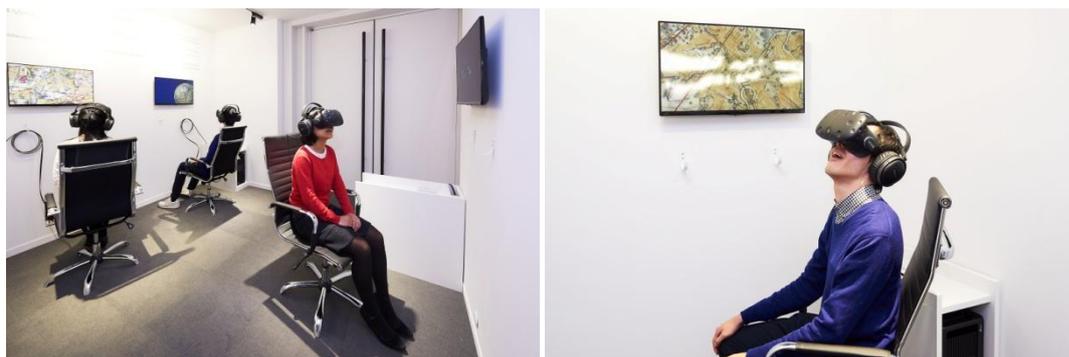


図 7-03 HND 地球儀・天球儀鑑賞システム © photo DNP

そもそも、古典美術、特に絵画は平面の中に奥行きを感じられる技術開発の歴史だ。システイーナ礼拝堂では天井画を見上げて“天上”の神々の物語のスケール感を感じ、ミケランジェロの最後の審判の前で“見上げた世界”天国に行けるか、足元の舟べりから“下を覗き込んだ”地獄へ突き落とされるか、視覚に訴える遠近法に加え、三半規管や体性感覚のフィードバックを意識した没入型映像システムだ。ルネサンスのころの 3 次元表現は、描かれている絵から動きを想像したり、関連する物語を思い出したり、吹き荒れる風の音を想像したりと、鑑賞者に没入する努力を求めてきたが、ここ数年の没入型映像システム、特に HMD は強力に没入感を提供する、あるいは強制することができる。没入型映像システムの発展は、これまで延々と続いてきた 3 次元表現を豊かにするのはもちろんだが、新しいブレイクスルーをもたらす予感がある。没入型映像システムによって可視化に成功し初めて理解できる情報や概念が出ることで、新しい時間や空間の感じ方など、楽しいだけでなく役に立つ没入型映像システムの開発に期待する。

(14) 築瀬委員（ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン）

(a) ハードウェア

現在、市場に多く出ると予測されているのは PC ハイエンド向けの Oculus Rift、HTC Vive などの専用 HMD や PlayStation 4 向けの PlayStation VR である。前者 2 つは高いハードウェアのスペックが要求されるため、自作 PC に高価なグラフィックボードを入れ、最高スペックでゲームを楽しむユーザーの一部が購入すると予想される。対して PlayStation VR は前者に比べ安価で発売されるであろうと予測でき「グランツーリスモ」など従来の人気シリーズが対応するであろうことは間違いなく、ユーザーにとって効果が想像しやすい。多くの人にとっては PlayStation VR こそが最初の没入型 VR 体験となると予想する。

また、専用機の次に Samsung の Gear VR のようにスマートフォンをセットするタイプのものがあるが、現状は Galaxy 専用となっており、市場が狭い。例えば Apple が iPhone 向けに同タイプの製品を投入した場合より広い範囲での普及が考えられるが、過去の傾向から言ってそうした一部の突出したユーザーに対する製品を販売するとは考えにくい。

Google Cardboard、ハコスコなどのダンボール系 HMD は出荷数では相当な数を記録すると考えられるが、基本的にはイベント向け、PR 向けなどごく短時間での体験に止まり、継続的にユーザーがそれを使う状況にはなりにくい。しかし、没入型体験の最初の一步としては大いに機能する。

(b) コンテンツ

没入型システムには専用のコンテンツが必要となる。その点については 3D、特にハイエンドのものに関しては多くの蓄積があり、そのまま対応可能なものが無数に存在する。焦点となるのは 3D 酔い対策だが、それらのノウハウの蓄積と同時にユーザー側の慣れも進んでいくと予想される。ゲーム以外、例えば映画などについては従来とはまったく違う手法が必要となり、例えば全周囲で物語が展開するようなコンテンツは 2D のスクリーンと比べて多くの有用な要素が失われてしまう。一方で体験型、もしくは演劇のような手法は有効と考えられ、映画や TV とは別種の娯楽として成立する可能性がある。

一方で、世界中には多くの VR クリエイターが生まれており、従来のゲームや映像に止まらない新しい表現を生み出そうとしている。また、プログラミング教育という枠に止まらず中学生、高校生のうちに没入型のコンテンツに触れる、作成するという体験を与えることは将来的な没入型コンテンツの発展に重要と言える。ゲームエンジンなどの普及により、これらは容易に行えるようになっている。

第8章 提言

委員会やWGで行われた議論を元に、没入型映像システムに関する戦略提言を行う。なお今回の提言では、ハードウェアやシステムについては各メーカーがしのぎを削って新しいものを開発している段階であるためここでは取り上げず、表示される映像コンテンツやそれを評価する部分に関しての以下の3つの提言を行う。

(1) 没入感や酔いやすさの指標の策定

どの程度の没入感があるかを計るための指標がない。利用される分野によって没入感が必要な分野とそれほど没入感が必要な分野がある。また今回の事業では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こと）」「奥行き感」に分類したが、例えば医療分野においては、「リアルな映像の視聴」「自己身体感」「奥行き感」といった効果は重要であるが、「包囲感」「物語（世界）への没入効果」はそれほど求められるものではないと想定される。

そのため、没入感を計るための指標が求められている。そうした指標ができることにより、こういった分野にどのようなコンテンツがふさわしいかを検討することができるようになり、エンターテインメント以外の分野にも没入型映像システムが利用されるケースが増加することが期待される。

また酔いやすいコンテンツを、検出する仕組みもない。現状ではテスターが見て、主観的な評価で判断している状態であり、酔いやすさを機械的に測定して、定量化するという仕組みがない。しかしながら酔いやすさと没入感はトレードオフの関係でもあり、全く酔わない没入感の高いコンテンツを制作することは難しい。そのため、酔いやすさを定量的に数値化・数量化するという手段が求められている。酔いやすさを定量的に数値化・数量化することにより、酔いやすい人は、あまり酔わないコンテンツを選択し、酔いに強い人は、酔うかもしれないが没入感の高いコンテンツを選択することができるようになる。

(2) コンテンツの制作手法・ノウハウの共有

いまや360度全天周撮影機材や視聴デバイスなどの没入型映像を制作するためのツールについては、ハイエンド、ミドルエンド、ローエンドと整いつつある。しかしながらそうしたツールを使用して訴求力・芸術性の高い作品を作り出すクリエイターが十分にいるとはいえ、こうした人材の発掘・育成が強く求められている。没入型映像コンテンツでは、従来平面の映像を見ていた場合と異なり、ユーザーを誘導するように移動空間を設計する技術を用いて、自然と制作側の意図した方向に誘導するようなことが必要になる。そのため今までとは違ったコンテンツ制作の手法が必要となる。一部取り組みでそうしたコンテンツの制作手法・ノウハウの共有が行われているが、より体系的にそうした取り組みを行うことが求められている。そうしたコンテンツの制

作手法・ノウハウの共有により、より優れた没入型映像コンテンツがより多く制作されることが期待される。

(3) 体験機会の拡大

特に HMD を利用した没入型映像システムの普及にあたっての最大の課題は、実際に体験しないことにはその魅力が伝わらないことである。ハウステンボスやユニバーサル・スタジオ・ジャパンなど一部施設において HMD を利用した没入型映像システムを体験する場を設けているが、一般ユーザーに没入型映像システムの魅力を伝えるためには、より多くの体験する機会を拡大する必要がある。また一般ユーザーが家庭で没入型映像を体験できるような、コンテンツを投稿・共有できる、360 度全天周動画共有サービスや対応アプリの充実も求められている。

また HMD を利用した没入型映像システムについては、何を体験しているかが周りで見ている方に伝わりにくかったり、HMD を使っているのを見るのが変に感じてしまったりすることもある。そのため周りで見ている方が体験したくなるようにする取り組みも重要である。

4. 事業の成果（まとめ）

本事業では、没入型映像システムの調査と分析を行い、その可能性と課題を取りまとめるとともに、映像および他産業での応用展開について提言することとし、以下の成果が得られた。

(1) 没入感・没入型映像の定義

没入感や没入型映像システムが何を示すのかについて委員会での議論を元に、本事業における没入感、および没入型映像システムについての定義を行った。

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なん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。

(2) 没入型映像システムに関する研究

本研究では、没入型映像を観察中のユーザー体験、特に頭部や前腕の動きの特徴や、その影響について 基礎的な知見を得ることを目的として、実験的な検討を行った。具体的には、本委員会委員から提供いただいた 4 種類の 360 度刺激映像を観察中のユーザーの挙動を、通常のモニター (LCD) 使用時のマウス操作等と比較した。

主要な結果として、被験者の観察時の身体動作の総回転量が、刺激呈示開始の 0～10 秒間の回転角が少なく、その後の 11～20 秒間で急激に増加していることがわかった。この傾向は 4 種類の刺激映像において共通してみられ、また通常のモニターを使用した際にはみられなかったため、これらは視聴開始時の一定時間に映像空間への入り込みを感じ、その後に映像空間を見まわしていると思われるような没入型映像システムにおける特徴的な反応であると考察された。さらに本実験では、映像酔いや疲労感の自覚症状といった主観評価も併せて行うことで、没入型映像システムやコンテンツの設計・利用にかかる基礎的かつ有益な知見を得た。

(3) 没入感に寄与する要素とその手段

各 WG の論点を整理し、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こと）」「奥行き感」に分類した。またそうした効果を生み出すための手段を整理した。没入を感じさせる要素の一部には、体験者に負の影響を与える可能性があることもわかった。

(4) 戦略提言

上記成果を統合した上で、没入感を活かした映像および新たな産業領域での利活用を念頭に「没入感や酔いやすさの指標の策定」「コンテンツの制作手法・ノウハウの共有」「体験機会の拡大」の3つの提言をまとめた。

5. 事業の課題および今後の展開

本事業では、没入感の要素と手段について、委員会やWGによる議論・検討結果を元に分類を行った。具体的には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。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こと）」「奥行き感」に分類した。さらにそうした効果を生み出すための手段についての整理を行った。

今後はより多様な分野の関係者による分析と仮説としての整理を行い、各要素と手段の相関性を実証し、人に与える効果が大きい要素とそうでない要素の抽出や没入感の尺度となりうる要素についての検証を行い、没入型映像システムの利活用についての解説・指針等を提示すべきであると考えている。

また映像酔いなどの負の要素についても調査する。映像酔いについては、感覚再配置説（身体の動きに関する感覚情報が、過去の経験に基づく予測し得る変化から逸脱した場合に酔う）が有力とされており、身体の動きに対する感覚情報と、予測による情報の「ずれ」が生じることで、映像酔いが発生していると考えられている。しかし、それとは逆にそうした「ずれ」が大きい場合は没入感がない場合も多く、映像酔いは発生しない。今後は没入感があり、かつ映像酔いの発生しない映像を制作するために必要な要素についての検証を行う必要がある。

以上

機械システム調査開発

27-D-6

没入型映像システムに関する 戦略策定

平成 28 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