

「XR」の新しい視覚メディアとしてのコンテンツ産業の可能性

百束朋浩
映像学科

XR Possibilities for Contents Industry in the new visual media technology.

HYAKUSOKU Tomohiro

Department of Imaging Art

(Received October 30,2020; Accepted January 21, 2021)

キーワード：XR, VR, AR, CR,

Abstract

XR is generally is frequently used as a shorthand to group technologies such as VR, AR and MR. VR have the capability of creating a virtual world with various kinds of realistic metaverse, but the flow of time in those worlds is constant. Therefore VR is widely used as a simulator. AR is a technology that gives the realistic world information with a sense of reality, and the flow of time is the same as in the real world. XR has the potential to develop into an industry as a new visual media technology that does not control time. This paper examines the technological evolution of XR, and whether it has the potential to develop into a new contents industry from the technological perspective.

はじめに

19世紀末に始まった映像文化も一世紀が過ぎ、二十一世紀を迎えてからは科学技術の急速な発展と全世界を覆う巨大な情報ネットワークの出現に伴い「映像」であると認識されうる各分野の広がりには多岐にわたりつづき、エンタテインメントから社会インフラまで浸透し、その位置づけの重要性と緊密度を増している。こうした状況を単に「デジタル化」という標章でまとめる言説はステレオタイプ化して久しいが、とりわけ最近の話題のうち、実用化され普及しつつあるウェアラブル端末によって実現される「VR」「MR」「AR」などの「XR」と呼ばれる一群は、産業としても文化としても当たり前のもとして社会に浸透しているわけでもなく、先端のサービスとして実用化されている分野がごくわずかにあるだけであるにもかかわらず、大きな期待が寄せられていると考えられるⁱ。とくに、職業訓練や、遠隔治療などの分野では大きな期待がよせられているが、エンタテインメントの分野でもその期待は大きい。

VineⁱⁱからInstagramへと連なるSNS上での新しい写真や映像の共有体験、より動画に特化したTikTokといっ

たショートビデオは、一時的な流行として廃れていってしまう可能性を秘めながらも多くの議論を費やすだけの文化的な潮流となっている。しかしながら、「VR」に代表されるようなヴァーチャルな空間には「映像のコミュニケーションの新しい形」という楽観的な未来が語られながらも、2020年に至っても大きなムーブメントになっているとは言い難いⁱⁱⁱばかりではなく、「技術革新ための技術」として日常化することなく目新しい見世物として歴史に埋没されてしまっても不思議ではない。そう予測される理由は、ビッグデータを解析するための大規模なコンピュータシステムの開発が不可欠であるため、あるいは世界的に高まりつつあるプライバシーへの懸念、ネットワーク社会におけるセキュリティ問題、などなどの技術的・社会的・制度的な課題^{iv}が存在するからだ。と断定するのは早計で、「VR」などが新しい映像のコミュニケーションの形として意味づけられるには根本的にこれまでの映像文化、具体的には映画に始まり、テレビジョン、CG、メディアアート、Web動画、などと比して異質なものであるからだ。その異質さはメディアとしての役割や受容されうる環境や文化的な側面といったことからくるものというよりも、もっと本質的なものだろう。

映画やテレビなどの視覚メディアはその登場とともに、その体験の形態を変化させていった。「XR」もこれまでの視覚メディアとは違った体験を提供するものであるが、本質的にもっとも違うのはそれが極めてパーソナルな方法論で体験するものであるということだろう。

そこで、本稿では「XR」の技術的な変遷を考察し、それらがもたらす体験の技術的側面から「XR」が新しい視覚メディアのコンテンツ産業として日常化されるものなのか、その可能性と不確定性の一端を明らかにすることを目的とする。

1. 「XR」が示す範囲

2010年代後半から「VR」【Virtual Reality】や「MR」【Mixed Reality】、「AR」【Augment Reality】といった仮想的な現実を提示するテクノロジーを基盤にしたサービスをまとめて「多様な新しい現実」として「XR」と表記がされるようになってきた^v。しかしながら、この「XR」という表記や用語が示す範囲は曖昧で依然として具体的な定義がされていないのが現状である。

「XR」が「xR」と表記がされる時には、「クロスリアリティ (Cross Reality)」を指す言葉として使用されている場合が多く、「XR」は「Extended Reality」を指す略語として理解されている場合が多い。これらの二つの「xR」と「XR」(便宜上、Cross Realityを「xR」、Extended Realityを「XR」と表記する)は共に、「VR」や「MR」や「AR」といった区分をグループ化して表現するための用語として使用されていることは間違いがなく、差異を明確に定義するのも難しい。言語上の意味合いだけで比較すれば、「Extended Reality」は「拡張現実」であるのに対して、「Cross Reality」が「交差現実」となって、立ち位置の違いがでていますが、いずれにしても「X」という数学的な変数は不定の変域のある数を意味していて「拡張および拡張できる多次元を定義する数」を示していて、今後も複合的に生み出される現実世界だけではない「何かしらの現実」、ポジティブなニュアンスで言えば「新しい現実」を総体として捉えている。それはとりもなおさず、「VR」や「AR」といったそれぞれの明確な区分けや厳密な定義を行うことの難しさやそれぞれの特徴が複合的に絡み合う場合や領域が重なるような「新しい現実」が生み出されていくような状況を逆説的に示している。とはいえ、「VR」と「AR」のそれぞれを代表するとされるデバイス(あるいはガジェット)やサービスを比較した時、この両者には明確な線引きが可能だろう。

「VR」は【Virtual Reality】の略称で日本語では一般的に「仮想現実」と訳される。「仮想」と「現実」という反目する概念を重ね合わせていることはなんとも皮肉

ではあるが、この「仮想現実」という用語については明らかな誤訳であると、日本バーチャルリアリティ学会によって明確に指摘されている^{vi}。それによれば、「Virtual」という語は元来「みかけや形は現物ではないが本質的あるいは効果としては現実であり現物であること」であって、そもそもが「Reality」と反目するような言葉ではなく、Virtualの反意語は「nominal」(名目上の、という意味)であるという^{vii}。つまり「そのものではないが本質的にそのものと同質であるもの」が「Virtual」であるというのだ。この【Virtual Reality】という語が世に広く知られるようになったのは、1990年前後のことになるが、それ以前には【Artificial Reality】(日本語では「人工現実感」とも呼ばれていて、その先駆となったのはビデオアーティストのマイロン・クルーガー(Myron W. Krueger)によって1983年に出版された文字通り『Artificial Reality』(Krueger: 1983)という本だろう。この本の中で、クルーガーは「Artificial Reality」の着想を1972年にはすでに得ていたと明かしていて、アートにおけるテクノロジーの役割についてのアイデアが数多く示されていた。しかしながら当時のコンピュータの処理能力や科学技術のレベルではいずれも実用化されるようなことはなく、あくまでもアイデアが提示されるに留まっていた。最初の本が上梓されてから8年後の1991年には『Artificial Reality II』(Krueger: 1991)が改訂版として出版され、1980年代当時には単なるビジョンでしかなかった「人工現実感」の多くが実現可能になったとして初期の着想から実現可能になるコンピュータ技術の進歩について言及している。この本の中でクルーガーは現在一般的に「VR」として認識されるHMD (Head Mounted Display) などについても触れている。

「私が一九七〇年代半ばに「人工現実感 (*artificial reality*) という用語を生み出したときには、それは、私の作品「ビデオプレイス」の技術と、アイヴァン・サザランド (*Ivan Sutherland*) に起源をもつ頭部搭載型の三次元ディスプレイの技術を両方カバーする言葉として用いていた」(クルーガー: 1991, p3) (Krueger: 1991, p8)

ここで引用されているサザランドは現在のインターネットやCGの先駆者の一人で、現在でいうところのペンタブレットのような原初的なインターフェースである「Sketchpad」の発明者としても知られている。重要なことは「VR」的なものとして「HMD」による現実世界ではないなにか別の世界への没入を想定しているという

点にある。しかしながら、「VR」の原形をどこに見るのかというのは実のところ非常に難しい問題ではある。

例えば、「HMD」というデバイスにフォーカスすれば、VPLリサーチ社によって1980年に商用として世界で初めてリリースされた「HMD」である「The EyePhone」がその原初であるということができ、それに先立つように1960年には最初のHMDと言われる「Telesphere Mask」がMorton Heilingによって開発されている。同じくMorton Heilingによって開発された筐体型のマシンでイスとスクリーンを備えた3D映像投影装置である「Sensorama」が実は「VR」の元祖とみることもできる。ただしこれは、「VR」がいかに定義されるかという問題でもある。例えば、「VR」が「現実ではないが本質的には現実と同質であるもの」という定義であると仮定するのであれば、デバイスなどの装置の種類や形状によらず、いわゆる「シミュレーター」や「立体映像装置」といったものにもその原始をみることができる。「VR」が思想的な定義ではなくあくまでも科学技術の発達とともにある限りにおいては、「VR」そのものの歴史と「HMD」などのデバイスの歴史は同義ということになる。それを裏付けるように、現時点において多くの場合「VR」は「HMD」のような現実世界から隔離され、「限りなく現実に近い世界」の中に没入することでられる世界のことを指し示す概念として認知されている。そして多くの場合、VPL社の「The EyePhone」が発売されたと同時に発表された触覚デバイスである「The DataGlove」のようなデバイスとセットになっている。2020年の時点でもっともポピュラーなVRデバイスである、「Oculus」^{viii}でも、手に装着するTouchコントローラが付属する。それは「限りなく現実には近いが現実ではない世界」へとアクセスするための手段であり、「VR」は視覚だけではなく、その世界へのアクセスには触覚も用いる必要があるということでもある。つまり本質的に「VR」は現実とは決別して「違う世界」へのアクセスを実現するものであるということができ、そしてそれは「XR」「xR」という言葉で様々な新しい現実をグループ化している限りにおいては、「VR」が指し示す要素や現象に大きな変化はないだろう。

一方で「AR」はクルーガーが示した「Artificial Reality」（人工現実感）ではなく、【Augment Reality】の略語として知られている。この「Augment」は「増強する、補強する」という意味で、現実を補強するものとして捉えられている。一般的には「VR」が独自の世界の構築であるのに対して「AR」は現実世界の中に「多様な現実世界」を増補するものとして認識されている。マクルーガーに言えば、「現実世界に人間の視知覚を

拡張していく」ことになるのだろうか。もっと具体的に言えば、現実世界にコンピュータによって情報を付け加え、それをカメラやモニターなどを通して知覚する技術として区分けされている。「AR」が本格的にサービスとしてローンチされる契機となったのは言うまでも無く、カメラ機能と画面解像度が向上した携帯端末の登場によってだろう。中でも利便性と処理能力を格段に高めたのはiPhone以降のスマートフォンの登場によって「AR」的な表現が可能となる技術的な基盤が整ったと考えられる。

「AR」には大まかに「ビジュアルベース」のもの、「ロケーションベース」のもの、に分類することができる。「ビジュアルベース」はQRコードを代表としたマーカーや特定の形状をした物体によるものと、スマートフォンを操作する人間がトリガーになって起動するマーカーレスのものがある。「ロケーションベース」はGPSなどによる位置情報をもとにして「AR」機能が作動するものとして定義されている。

日本語の訳語としての「XR」と「AR」はともに「拡張現実」になってしまうが、「Extended」と「Augment」には根本的に違う思想だ。「Extended」が「引く張る」であるとか「派生させる」という意味で、「XR」の場合、現実世界ではない世界のバリエーションが増えていくことを意味しているのに対して「Augment」は「増強させる」という意味でニュアンスとしては「補強する」という性質が強い。拡張させるものになるものが、「現実感」なのか「多様な現実のバリエーションなのか」といったニュアンスの違いがある。

この「VR」と「AR」の関係性についてポール・ミルグラムら（1994）は「What is the relationship between Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR)?」（「拡張現実」と「仮想現実」の関係はどのようなものか？）と題してその違いを現実からの距離になぞらえて「Reality-Virtuality continuum」の図によって説明した。



図1. 「Reality-Virtuality continuum」 (Paul Milgram : 1994)

軸のそれぞれの端にリアルな世界と仮想の世界を置いて、その間にあるものをMixed Reality「MR」と呼ばれる技術の一群があることを示している。より現実世界に近いところに「AR」を置き、より仮想世界に近いと

ころに「VR」を位置づけている。また、ミルグラムらが「MR」と呼んだ一群は現在でいうところの「XR」の枠組みであると考えて差し支えないだろう。しかしながら、いずれも似通った「実世界ではない現実」のバリエーションを総体してまとめて、個別の事象をそれぞれの特徴ごとに認識するための区分けをネーミングしたものでしかない。それでは一体「VR」的なもの、「AR」的なものとは具体的にどういったものを指し示すのだろうか。また、それらの「映像的」な表現とはどのようなものだろうか。

2. 「VR」的映像表現

「VR」的な映像表現を考えた時に、二つの軸が考えられるだろう。一つはまさに「VR」のサービスや体験を提供するデバイスによるもの。もう一つは「VR」を題材とした映像作品ということになるだろう。

2020年現在、「VR」を直近で題材とした、あるいは「VR」的な表現をした映像作品として2018年公開のアメリカ映画『レディ・プレイヤー1』（監督：スティーブンスピルバーグ）がもっとも相応しいだろう。映画の舞台となる世界は2041年のいわゆる近未来で、その世界では環境汚染や地球規模の温暖化、政治の機能不全といった荒廃してしまったものになっている。いわゆる「VR」という仮想世界への関心が高くなるような背景となる世界設定がなされていて、いわゆる世紀末的なディストピアは、80年代以前のSF的世界を思わせる。そこで人類の多くは「OASIS（オアシス）」というVR世界に現実逃避をして過ごしている。物語はこの「オアシス」という仮想世界で、その創造者であり管理者でもあったハリデーの死と、彼の遺言によって明かされる遺産を手にするために「オアシス」内に隠された3つの“イースターエッグ”を手に入れるための争奪戦が繰り広げられていく。

この「オアシス」では80年代のポップカルチャー中でもアメリカだけではなく日本のキャラクターも多く登場する。しかしながらそこで描かれる仮想世界「オアシス」はノスタルジックなものにあふれた、いわゆるオタク的な世界であってかつて存在したものを一人の人物の趣味によって作り上げられたいわば逃避的な世界でしかなく、現実と本質的には同質のメタバースが必ずしも存在しているわけではない。そこにあるのはゲーム的な世界であり、VR世界は1980年代には存在した、かつてあったものを再現したものであって、失われた世界への渴望がそこにはある。しかしながら、『レディ・プレイヤー1』で描かれた仮想世界「オアシス」にこそ、現実世界のVRの活用そのものを見ることができのかもしれない。物語の冒頭、主人公が住むトレーラーハウスが群生した

ような集合住宅が移動とともに映し出されるが、その住人達の多くはHMDとグローブを装着し、ある人はクラシックバレエを踊り、ある人はボクシングをし、ある人はピアノを弾き、ある人はポールダンスを踊っている。いわゆる現実世界のシミュレーションを「VR」世界上で行っている。こうしたサービスなりはまさしく現実に行われているサービスなどと一致する。同じく仮想のゲーム世界を描いたものとしては押井守監督の『アヴァロン』（2001年）や最初のフル3DCGのシーンが作られたといわれる『TRON』（1982年）などがある。いずれの世界もゲームとしての仮想世界であって、現実世界とは違った世界を構築し、これらの「VR」は現実世界をエミュレートするものとしては描かれない。

ゲーム的な仮想世界ではなく、現実世界そのものが「仮想世界」として描かれているものとして、新しい撮影技法の発明という意味でも映画史に残るウォシャオスキー兄弟の手による『Matrix』（1999）がある。『Matrix』の主人公トーマス・A・アンダーソンは大手ソフトウェア会社に勤めるプログラマーであり、裏の顔としては天才的なハッカーとして暗躍し、人生を謳歌している人物として登場する。ハッカーのネオとしてコンピュータ犯罪に手を染めているアンダーソンだが、それでも平凡な日常を送っていたが、あるときから、「今生きている世界は夢なのではないか」という漠然とした違和感に襲われるようになる。そこにある日、「起きろ、ネオ。マトリックスが見ている」「白ウサギについていけ」というメールを受け取り、直後にトリニティという女性と出会って「あなたが今生きている世界は仮想現実だ」と告げられる。つづけて「このまま仮想現実で生きるか」「現実の世界で目覚めるか」の選択を突然迫られ、アンダーソンは現実の世界で目覚めることを選択する。そして、アンダーソンが目覚めたのは培養器のようなカプセルの中で、チューブに繋がれた自身の状態を認識させられる。映画世界の設定では、現実世界はコンピュータの反乱によって人間社会が崩壊し、人間の大部分はコンピュータの動力として培養されているという世界になっている。こうした現代文明が破綻した世界というのは『レディ・プレイヤー1』と同じく、物語世界で「VR」空間が普及している説得力をもたせるための設定として安易ながらも有効なのだろう。

『Matrix』以前にも、いわゆる仮想空間を創造した描写というのは多く存在した。例えば、『TRON』や『バーチャル・ウォーズ』（1992年）などが制作された年代ではいわゆる「VR」の概念が発表され、その後製品として市場にも登場し一般的な認知度が向上していく時期で、コンピュータグラフィックスの萌芽もあって「仮想

世界」をコンピュータの中の世界として描いていた。そこにあるのは現実とはかけ離れた世界であって、初期のVRのイメージを決定づけたといってもいい。

そこをウォシャオスキー兄弟は、我々が通常生きている世界の方が「仮想世界」であるという逆転した描写によって『Matrix』を新しい表現として成立させてみせた。いわば仮想世界のイメージの逆転だったが、そのため、我々が生きている現実と似た仮想世界では「物理法則を超えた存在」として活動していくことになる。押井守の『アヴァロン』も同様に、VFXは付け加えられているものの現実世界を「仮想の空間」として描いていて、同じ方法を採用している。

こうした発想の逆転というのは仮想世界そのものをまさに「仮にある世界」として物語上のトリックとして使う。このような映像表現は他にも、『イグジステンズ』(1999年)や『13F』(1999)でも取られている。『13F』は題材としても「VR」を用いていて、映画内で「1937年のロサンゼルス」を再現しようとしている。しかし、こうした「仮想世界」という想像はコンピュータなどが登場する以前から物語の中では何度も取り上げられてきた。例えば、ギブソンの『ニューロマンサー』(1984年)などが例に挙がるが、もっと古いものになるとアメリカのSF作家のスタンレイ・グロマン・ワインボウムの短編小説『Pygmalion's Spectacles』にHMD型のVRシステムが登場してくる。また、現実世界が仮想世界であるという逆転した設定でも、ニュージャーマンシネマの旗手の一人であるライナー・ヴェルナー・ファスビンダーが手がけたテレビ映画の『あやつり糸の世界』ですでに取り上げている題材だ。この映画の中では直接的に「VR」の世界を描くことはせずに、現実世界の描写にとどめて、「仮想」である世界をテーマに哲学的ともいえる謎かけを行っている。

同じく「映画世界」の現実と「映画世界」の仮想世界との区別が付かないものとしては古典的SF小説を原作に映画化された『トータル・リコール』^(1990年)がある。『トータル・リコール』の世界は、火星が開拓されたSF世界で、体験ではなく“体験の記憶”を売るというリコール社から主人公クエイドが火星旅行の記憶を買うというところから始まる。原作はフィリップ・K・ディックが1966年に発表した小説『追憶売ります』で、火星移住後のSF世界を舞台としたものではあるものの、その本質は「記憶があれば体験したのと一緒」というコンセプトであって「仮想世界」を描写したものではない。しかしながら、「体験」というコンセプトには映像として体験するというファクターがテーマとしてあり、文字媒体での観念ではなく、実際に視覚情報として体験

することの意味はまた別の側面をもつだろう。

大きく分けて「VR」的な空間表現は二つあるだろう。一つにはコンピュータで生成された現実を模した人工空間。そこにあるのはその世界特有の物理法則であったりするので、重力は地球上と同じでなくてもいいし、古典物理学とはちがう物理法則、例えばファンタジー世界にあるような魔法の世界であっても構わない。そしてそれは古めかしく言えばサイバースペースとも言えなくもないかもしれない。もう一つは限り無く現実に近づいた世界で、平たく言えば現実の数学的な法則が再現された世界だ。映画などの映像表現の中では現実世界を「仮想の世界である」と仮定していることがほとんどである。そこで重要なことに気づかされる。果たして映画のような物語の中の世界はそもそもが「仮想世界」であるということだ。それは現実とは違うスクリーンの向こうの世界であって、「xR」の中でも「CR」と分けられる「Cinematic reality」(映画的现实)の世界だ。それはある種の2次元世界であると同時に、現実とは時間軸の違う仮想世界である。

「VR」を映像ではどのように表現し、どのように扱ってきたかを見てきたが、もう一ついわゆるHMDに代表されるようなデバイスによる映像体験にはどのようなものがあるのか。まずはデバイスの歴史を今一度簡単にふり返ってみたい。

先に触れたように、HMDが生み出されたのは1968年にサザランドの手によってとされている。その後、今ではVRの父ともよばれるジャロン・ラニアー(ラニアー: 2020)によって世界で初めて商品化した「The EyePhones」が1989年に登場している。その後、センス8社では、自作のHMDが作成され実験が行われ、コンセプト・ビジョン・システムズ社では、より高視野なディスプレイシステムの「ARVIS【Alternate Reality Vision System】」が開発されるなど、90年代初期には多くのVR関連商品が登場し盛り上がりを見せた。日本ではキャノンや東京電力などがVR関連の装置などの研究を行っていたが、製品化されることはなかった。この90年代初期が最初に「VR」が盛り上がった時代となる。その後、HMDは当時の液晶の解像度などの問題で市場からは撤退を余儀なくされる。96年にはソニーから「グラストロン」というHMDが発売されたが、ヘッドトラッキングシステム⁸が付いていないなど、あくまでも個人で鑑賞する大きな画面が映し出されるメガネでしかなかった。その後、ソニーからは2011年には有機ELの製品化の一つとしてHMDの「HMZ-T3W」が発売され、ちょうどミニマリストなどの片づけブームと一時的な3D立体視の盛り上がりとリンクしてその後2年間は毎年新し

い製品のリリースを行ったが、2015年には生産を終了している。結局どの製品についても、VR対応はなかった。90年初期には任天堂がファミリーコンピュータで使用できるHMDを発売し、その後本格的なゲームとして1994年には「バーチャル・リアリティ」をテーマにしたゲーム機を開発中であることが発表され、翌年の1995年に「バーチャルボーイ」を発売した。画面は4階調のモノクロで、2万円という価格ながらもそれほど売れずに、VRブームの終焉とともに市場からは消え去っていった。この後、立体映像のゲーム機という点からいうと、裸眼立体視を可能にした3DSが2011年に発売されるまでしばらく時間を要した。

近年の第二次VRブームを呼んだのは、2012年に「Oculus Rift」が登場してからだろう。当時20歳という若さのパルマー・ラッキーがクラウドファンディング上で資金を集めて製品化したことによって、2016年には「VR元年」と呼ばれるブームの火付け役となった。2014年にはOculus社がFacebookに買収されたことによって、一気にVRへの期待感が高まり、続々と製品が登場してくる。2016年には「Oculus Rift」の製品版を始め、HTC社の「HTC Vive」、ソニーから「PlayStation VR」など、ハイエンドモデルが立て続けにリリースされVRへの期待が一気に高まる。しかしコンテンツに目を向けてみると、VRがそれほど明るい未来がまっているとも言い難い。

HMDの普及はあくまでも製品としてのリリースであってその体験はある種ユーザーに委ねられていたが、2016年の「VR元年」のレコメンデーションの後に、日本においてもVRが体験できる施設というものが幾つも登場した。サービスの種類としてはフィットネスやゲームといったものが多く、中でもバンダイナムコが運営する「VR ZONE」は、北海道から沖縄まで日本各地で展開するなど、「VR」が根付くかのような普及をみせていた。ドラゴンクエストや、ゴジラ、ドラゴンボール、エヴァンゲリオンなど、歴史あるコンテンツを軸にサービスを展開していたが、「VR ZONE」新宿は、歌舞伎町の再開発プロジェクトを理由に2019年3月31日にサービスを終了している。続いて「JOY POLIS VR SHIBUYA」も世界的なCOVID-19の影響をうけて、休業を余儀なくされたが、その後営業再開がアナウンスされた直後の2020年6月30日をもってサービスを終了している。同じ渋谷区の宇田川町にあった「VR PARK TOKYO」も、2020年8月30日をもって営業を終了してしまった。体験施設ではないが、VR機器を専門に取り扱っていた秋葉原の九十九電機のVR専門フロアのツクモ本店Ⅲ VRゾーンも2020年5月30日に営業を終了して

いる。こうした動向をふり返ってみると、施設などのアトラクションというよりも、今後の「VR」の主流は低価格になったデバイスを中心にコンテンツ化していくのではないかと予想されるが、残念ながらそうした動向も具体的なニュースリリースもあまりないのが現状である。

HMDによる「VR」ではないが、コンテンツに注視してみると、いわゆる「メタバース」の形をとったサービスは過去にも登場している。なかでも、次世代のプラットフォームとして大きな注目を集めたのは2003年6月23日にサービスが開始された「Second Life」だろう。アメリカから開始されたサービスも全世界へと拡散していき日本では2007年頃から正式サービスが開始され、直後から様々なメディアに大きく取り上げられた。2007年当時では過熱しすぎともいいほどの盛り上がりを見せ、ゲームなどではなく新しい「映像のコミュニケーションツール」として各企業も参加する形となった。

(Virtual Reality) と呼ばれるサービスが話題になっている。日本では、米国のリンデンラボ (Linden Lab) 社が提供する「セカンドライフ (Second Life)」が有名だ。そのユーザー数は世界中で1420万人 (2008年7月4日時点) を超え、NISSAN、トヨタ、GM、IBM、ロイター、アディダス、リーボックなど、数多くの企業も参入している。」(野村総合研究所技術調査部：2009,p14)

と何かしらの体験やサービスではないにも関わらず、企業体の広告活動として、特に日本では電通による積極的なプロモーション活動もあって、マーケティングツールとして利用された。つまりは、一般ユーザーのブームや自発的な広がりではなかった。「セカンドライフ」では多くのゲームとは違い、土地の運用やリアル・マネー・トレードなども行われて、仮想通貨のような役割も果たすに至ったが、1年も経たないうちに企業の撤退が相次ぎ、サブプライムローンの焦げ付きに端を発した世界的な不況のあおりもあって、2009年3月頃までには殆どの企業は撤退していった。それでも、

「これらの動向は、多数のメディアで取り上げられた業界関係者の熱い視線を浴びたが、2007年後半、順調に伸び続けたユーザー数が頭打ちになり、日本ではアクティブユーザーが減少したことで、仮想世界全てが沈静化するというネガティブな意見も出てきた。しかし、野村総合研究所では、さまざまな見地考察をし、仮想世界は今後も普及曲線を描き続け

ると予測している。」(野村総合研究所技術調査部：2009,p14)

という楽観論がまかり通っていたのは、企業体のバックアップということももちろんあるが、それ以上に仮想空間への期待が大きかったのではないかと思われる。VRゲームにしても、すでに世界的な流行となっているFPSのゲームのVR版は一定のユーザーを獲得するものの、それでも一つのゲームのジャンルという域を脱せずに「VR」の大きな柱にはなり得ていない。SF映画の『スターウォーズ』を題材にした『Vader Immortal』シリーズやリズムゲームである『Beat Saber』など代表的なものは存在するものの、いずれも大きな枠組みとして地位を確立しているとは言い難い。

しかしながら、これらの共通点としてあるのはHMDというデバイスの特性上「かならず1人称視点」で描かれている点であって、「メタバース」にアバターを伴ってその世界に没入することがその基本的な機能となっている。こうした特性は「VR」が一貫して「仮想的な世界への没入」という定義を保ち続けているとも言えるが、一人称の視点という点で、ゲームなどの分野での利用を考えたときには、UIとゲームシステムには大きな制約となっていることも事実であろう。

3. 「AR」的映像表現

「VR」が一人称視点である世界に没入するのに対して「AR」の主軸となるのは現実世界であって、そこになにかしらの視覚的な情報が付加されることが主眼となる。こうしたARを題材にしたようなものは、古くから多くみられる。

例えば、『スターウォーズ』に登場するホログラフィの様な通信装置や、『スター・トレック』シリーズに登場するような「ホロデッキ」などSF的想像力の中では頻繁に登場する。『マイノリティレポート』(2002年)に登場する透過ディスプレイなどもARと考えていいだろう。また、こうした表現は日本のアニメにも多く登場する。アメリカで流行し逆輸入という形で日本でもシリーズ展開された『攻殻機動隊』(1995)やマッドハウスが製作した脳とされる技術が一般化している近未来の小学生を描いた『脳コイル』(2007年)などは必ずしもサイバー空間を題材にしたものでないものも「AR」と思われる表現が物語の設定となっている。『脳コイル』が興味深いのは脳世界にアクセスするものが「脳メガネ」とよばれるウェアラブルコンピュータで現在AR技術への展開が期待されるデバイスが架空の世界で描かれていることである。

「AR」を題材としたものはその性質から「映像作品」というよりはサービスとしての展開が多く見られる。そのうちでもっとも成功したのは2016年にサービスが開始された「ポケモンGO」だろう。日本だけでなく、世界各地でスマートフォン向けのアプリとしてリリースされ、ARを一躍世界的なトレンドに押し上げた。売上も22億ドルに達し、「XR」サービスを通してもっとも大きな成功を収めたコンテンツであるということが出来る。「ポケモンGO」は位置情報をもとにした「ロケーションベース」のものでいわゆる位置情報ゲームに位置づけられる。ゲーム内容はその後拡張されつづけ、対戦機能の追加やイベントの開催などが行われているがリリース当初の機能では、ユーザーがスマホを持って実際に歩きまわり、物陰に隠れているポケモンを捕まえるだけのものだった。この位置情報ゲームのもとになったものは「Ingress」で、それもARとして機能していた。この位置情報ゲームに類似したものとして「テクテク」や「ドラクエウォーク」などがリリースされているが、「ポケモンGO」以上に知られているものは現在までのところ存在しない。

こうしたゲーム内でのARで思い出されるのが、裸眼立体視機能を搭載したゲーム機3DSで発売され、日本で大きな反響を呼んだ「ラブプラス」だろう。「ラブプラス」はいわゆる恋愛シミュレーションゲームで、キャッチコピーは「国民的ガールフレンドデビュー!!」だった。ゲーム内に登場する3人のヒロインと恋人同士になってコミュニケーションを楽しむということだけが目的のゲームだった。それまでの恋愛シミュレーションゲームの多くが「恋人になるまでがゴール」であり、ゲームのクリア条件だったのに対して「ラブプラス」では「恋人になってからがスタート」という特徴があった。最大の特徴はゲーム内の自身のアバターとなるキャラクターが攻略していく形をとらず、ゲーム内にいるヒロイン達と一緒に、現実の世界と時間を共有して、季節に合わせたイベントなどを楽しむというものであった。つまりは、何かしらの目的を達成するものではなく、AIとのコミュニケーションを目的とした終わりなき対話プログラムであった。ARカメラ機能が搭載され、実際の風景にゲーム内のヒロインの姿が映し出されるなどの機能で、ゲーム機をもって旅行するなどのイベントまで開催された。その後も続編がリリースされ、アーケードゲームなどもリリースされたが、スマホゲームとして登場した「ラブプラスEVERY」はサービス開始から1年と経たずに2020年8月5日で終了した。多くの不具合があり、そうしたことも廃止の背景にあっただろうが、いわゆるガチャ問題を持ち込んだゲーム性が、「仮想的に存在する

彼女が現実とリンクする」というそもそものコンセプトと相反していることが原因だろう。それについてはリリース直後から多くの批判が寄せられていた。

「AR」はその特性からカメラとモニタを備えた小型のコンピュータであるスマホによって環境的な問題をクリアして「ポケモンGO」のような世界的なヒットも生み出してきた。またスマホ以外では、例えば飛び出す絵本のようにARコードが打ち込まれた本にスマホをかざすとキャラクターが飛び出すなどのもの、展示会場などでの案内で、カメラをかざすと位置情報から展示物の案内が画面上に表示されるシステムなど、大きな潮流とは言わないまでも、「AR」は情報拡張ツールとしての役割を担っている。

「AR」のサービスの拡大にはスマートフォンが欠かせないデバイスとなったのは間違いがないが、2016年の「VR元年」の宣言の根拠となったように、『電脳コイル』に登場するような透過型のデバイスがいくつかリリースされている。大きな期待とともに市場に投入されたのは、いまやGAFAと呼ばれる巨大企業の一群に数えられるGoogleがリリースした「Google Glass」だろう。2011年8月には小さな試作機が公開され2012年中の発売が期待されたが、実際に製品テストが開始されたのは2012年4月からであった。年が明けて2013年2月になってようやく一般向けのエントリーが開始された。しかし、今後のデバイス革命を期待された「Google Glass」だが2015年1月で一般消費者向けの販売を終了して、企業間取引のみで販売を検討する旨がアナウンスされた^{xi}。これにはプライバシーの問題やバーやカジノなどでの利用が拒否されるなどの問題の解決が出来なかったことが最大の原因としてあげられている。

他にも米国ベンチャー企業Miraによって開発されている「Mira Prism」も2017年にクラウドファンディングが開始され大きな期待が寄せられていたが、公式SNSも2018年にはストップしてその後の情報がアナウンスされていないままになっている。2020年現在、市場で入手できるデバイスは、エレクトロニクス展示会である「CES」の2019年で登場した「NrealLight」とソフトウェア大手のMicrosoftが手がける「Holo Lens」ということになるだろう。「NrealLight」は2020年5月に販売が開始され今後の開発に注目が集まっているが今のところ大きなサービス展開は見せてはいない。「Holo Lens」も2020年7月には最新のモデルが発売されて、ARだけではなく「MR」デバイスとしての今後の期待されている段階だ。

数ある「AR」デバイスの中でも比較的早い段階で登場した「Magic Leap」は2018年には製品が発売され、

一時は「AR」デバイスの代表とみられていたが、資金調達のために見せた映像が特撮^{xii}であったことなども問題になり、2020年には身売りの話がでるなど必ずしも順調には推移していない。また、同じくGAFAの一角であるapple社も2021年には「Apple Glass」をリリースするとされているがAppleの開発者カンファレンスであるWWDCでも正式なアナウンスはされていない。こちらは「Google Glass」の失敗を踏まえてカメラなどの撮影機器を搭載せず、iPhoneやiPadに搭載されているレーザー光を用いた空間スキャナーであるLiDARを搭載すると言われており、情報ツールとして期待をされているようではある。しかし、「VR」とは状況が違い、「AR」では「新しい映像表現」として革新的な何かを示しているとは言い難い。Glass型のデバイスは主に、現実世界に仮想的に情報を提示するものであって、それがなにかしらの新しい体験を生むということになるとは考えづらい。

ではスマホのようなデバイスでの「AR」はどうか。偏在するスクリーンの代表として捉えられるスマホの画面であるが、これらが新しい映像体験を生んでいくという文脈の中で「AR」の表現を捉えていくのは難しい。というのも「現実世界を拡張するもの」としての「AR」が果たす役割を担っているものがまだ存在しないからである。確かに「ポケモンGO」の世界的なヒットは事実ではあるが、これに搭載されている「ARモード」とのちに拡張された「AR+」「Niantic AR」は実際にこのゲームを日常的に遊んでいるユーザーが利用しているのを前提にすることに甚だ疑問があるからである。これらの機能については、リリース直後から事故の原因になるなど、積極的には活用はされていない。そもそもゲーム内でもARモードを非表示にすることができ、なによりも「ポケモンGO」の本質は「位置情報ゲーム」であって、かつて世界的に人気を博した「ポケモン」をゲームやアニメの世界のように実際に捕まえられることにある。とどのつまり、「ポケモン」というキャラクターの力によって世界的な流行になっているのに過ぎないのではないだろうか。同じ事が携帯ゲーム機であった3DSにも言えて、これも「裸眼立体視」という目玉機能は殆ど活用されずに後には3D機能を排除した2DSがリリースされている。つまり、新しい現実拡張の形として「映像の要素」は求められていないのではないだろうか。それが地図を指し示すような「看板」や「指標」であれば必要かもしれないが、そこに映像的なコンテンツは本来求められているわけではどうやらなさそうだと仮定することができる。では、それはどうしてなのか。

4. 現実世界との融合

アニメ『電脳コイル』に登場するメガネ型ウェアブルデバイスである「電脳メガネ」は、現実を拡張する「AR」デバイスではあるが、それはアニメ世界で登場するために「AR」として映し出される情報や映像もアニメ世界のものとして認識されるために、現実の「AR」デバイスで表示されるような違和感はない。なぜならばそれは、我々が認識しうる限りでは、『電脳コイル』の世界も「電脳メガネ」が映し出す映像も「Cinematic reality」であり、同一のパースペクティブ上に存在するからである。1970年にロボット工学者の森正弘が提唱した「不気味の谷現象」のようなことは、「電脳メガネ」のような題材としての「AR」表現には起こらない。

では「ポケモンGO」はどうであろうか。自分の部屋や道端に、コンピュータで描かれたポケモン達が顕れるのである。道端にあらわれるのがCGで描かれているものであったとしても、それは情報としての登場という意味においてはそれほど異質なものではないかもしれない。しかしそれは、あくまでも「仮想のもの」としての存在であって、現実のものではない。それが例え2019年に実写映画化された『名探偵ピカチュウ』のような現実世界との融合が図られたキャラクターであったとしてもそこにはあるのはあくまでも現実とは違う仮想のものであろう。それは、実際に表示されるのが人間であったとしても、そこには「仮想もの」という以上の存在を隠蔽することは叶わない。それは本質的には技術的な問題かもしれないが、そもそもそこに「妖精のような架空の存在」を実在するものと見間違えるように出現させる意義があるのかはまた別の問題だろう。

例えば、ホログラフィーはかなり古くから知られている技術分野である。ホログラフィーの開発は早く、1948年にGabaerによって開発され、1970年から80年代にかけては実用化されることが大きく期待された技術だったが、21世紀に入ってもいまだ実用的には普及はしていない。近年になって、多くの裸眼立体視のモニターなども登場しているがそれについても文化的な意味において需要が高まったことは一度もないと言っても過言ではない。新しい技術の発明と登場が必ずしも、需要と結び着くわけではない。それはすでに40年以上前にホログラフィーの研究者である村田（1976）も指摘している。

「一般に新しい技術の応用は、それが可能であることを確かめるばかりではなく、それが従来他の技術の応用によるものよりも実用的に優れていることが明らかにされなければ成功したとはいえない」(村

田：1976,p228)

現実世界の中に「リアルなポケモン」を表示させることは今後の技術の進歩では可能かもしれないが、それが必要となるかはまた別の話なのである。例えば、ポケモンも『名探偵ピカチュウ』のピカチュウが、そもそもアニメーションとしてヒットしたポケモン達と同じような人気ができるものであったかといえは首をかしげざるを得ない。つまりは、アニメーション世界を現実世界の拡張として増補することがそれほど重要なのかという疑問が拭い去れない。

史上初のアニメーションとして知られているものにブラックトンがコマ撮り手法によって制作した『愉快な百面相』（1906年）がある。黒板に書かれたキャラクターが徐々に動いているというもので、アニメーションの原点ともいべき作品だ。これらの世界はアニメ世界ではなく、現実世界の時間を圧縮することで動いて見えていて、そこにある世界はどこまでも現実世界であって、仮想の世界ではない。こうした要素が真に「拡張された現実」の一つの形と言えるかもしれない。

同じようにアニメーションを実写の映像に合成されたものに『ロジャー・ラビット』（1988年）や『スペース・ジャム』（1996年）がある。これらは、アメリカのカートゥーンキャラクターが現実世界でもアニメの世界と同じようなドタバタを繰り返すという構成だが、どこまでも違和感が拭えない。それは新しい表現ではあったかもしれないが、それが多く模倣され、日常化されていくものでは決してなかった。

メディア研究者のレフ・マノビッチはデジタル映画について「デジタル映画とは、多くの要素のひとつとしてライブ・アクションのフッテージを用いる、アニメーションの特殊なケースである」(マノビッチ：2001)と一躍有名になった概念を提唱したが、この概念が現実的に実感として理解されるのは難しい。現実世界を構成する要素の一つになるためには、映像の構成要素が均質化することがなによりも不可欠だからであって、そこに動いている要素はアニメの時間と映画の時間が重なっている時でしかない。なぜなら、映画の世界というのは、実際に我々が生きている世界とはそもそも同じではなく、なによりも映画は時間を操作することで表現が成立している部分がある。それは中継などを除く、映像全般にも言えることだろう。

そういう意味では異質なものでも現実世界に顕れることを許容できるのは「映画的なりアリティ」である「CR」の世界の中だけであって、カメラを通した画面にこそ顕れるそれは、現実の情報の一つとしてであって「増補さ

れる」現実は何もない。

それとは別の軸として、現実世界との融和のためには「映像」が記録されたものから、生きている時間と同じ感覚で生成され続けるものにならなくてはならない。ベンヤミンが写真や映画を示して「複製芸術」であるといったように、映像はそもそも、現実をある視点から写し取って記録することだった。いわば時間をコントロールすることがその本質にはある。リアルタイムであることは「テレプレゼンス」を可能にしたテレビ放送の技術であってそれは画面を通して遠くが見られるということである。一見するとそれは「AR」と同じような拡張された現実ではあるが、それを映し出すモニターはすでに我々が経験しているものであって、「多様な新しい現実」であるとは言い難いだろう。

また、「AR」はその特性から、現実世界にある種の情報を付与するもので、美術館や展示会などでの解説や、現代アートの表現方法の一つとしてその技術が使用されている。そこには大きな可能性があると考えられるが、本稿の目的はあくまでも視覚メディアとしての新しいコンテンツ産業の可能性を考察するもので、アートイベントや高臨場感を生む体験としての可能性は別の機会に議論を深めたい。

5. おわりに

「XR」と呼ばれる「多用な新しい現実」は一つのプラットフォームとして我々の社会に根ざしていくかも知れない。しかしながらそれは、これまでの視覚メディアが登場してきた経緯とは違う道筋で成立していくだろう。多くの「VR」の実用化が目新しいイベントなどではなく職業訓練のためのシミュレータや手術などの遠隔操作に利用されていくように「コンテンツとして培ってきた映像文化」とは別の軸として展開していくだろう。そう考えられるのは主にふたつの理由がある。

それは、「VR」にしる「AR」にしる、そこに通底する「現実世界」なり「仮想世界」は我々が実際に生きている世界の時間軸の中であって、「CR」が示すような「映画的事実と時間」の中にはないからだ。そもそも映像は時間を操作する芸術分野である。そこに流れる時間は我々の時間とは違い別の表現だからである。

もう一つの理由は、そもそも映像は「ライブ」ではないからだ。テレビ放送の「LIVE」であってもそれはテレプレゼンスされた映像であって、「時間」を超えることになり、レンズを通した世界であることには違いがない。それは距離を超えるものとして、例えば別々の場所にいる人たちが一同に会するような「AR」は実現可能かもしれないが、そこにある身体はやはり仮想世界のそ

「XR」の新しい視覚メディアとしてのコンテンツ産業の可能性

れであって、本質的には同質かもしれないものを示しているとは言い難いからである。

「VR」の創始者の一人であるラニアーは初期の「VR」の開発の顛末を『万物創世をはじめよう—私的VR事始』として2017年に纏めているがその中で「XR」のうちで特に「MR」の進歩を指摘している。そして「VR」と「MR」について両者は重なりあうものであるものの、両者を分かつのはデバイスでは無いとして、その区別をテレビと映画が、テレビという一つの装置の中で再生されても区別されていることに比して、「VRとMRは文化として区別されるのではないか」（ラニアー：2020,P525）と指摘している。今後の「XR」は総体として発展していくかもしれないが、従来の映画に始まる映像文化とは違った視覚コンテンツにはなるだろう。そういう意味において、ニンテンドー Switchのライフトレーニングソフトとしてヒットしている『リングフィットアドベンチャー』は「XR」の一つの理想的な形であるといえるかもしれない。

註

- i 例えば、IKEAのイノベーションラボ「SPACE10」で公開されたプロジェクトではARが日常に実装される未来を提案している。
<https://www.everydayexperiments.com/>（閲覧日：2020年10月30日）
- ii 2012年6月にサービスを開始した6秒間のショートムービー投稿サービス。2016年10月にはサービスが終了することが告知され、2017年1月に正式にサービスが終了した。<https://medium.com/@vine/important-news-about-vine-909c5f4ae7a7#9lfzhcc1f>（閲覧日：2020年10月30日）
- iii インプレス総合研究所の報告書「VRビジネス調査報告書2018」によるとVRが普及してきたとみられる次期でも普及率は低いままとの指摘がされている。
- iv アクセチュアの調査によると、「XR」には社会的なリスクが多く存在していることが指摘されている。
<https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/responsible-immersive-technologies>を参照のこと（閲覧日：2020年10月30日）
- v 例えば、<https://unity3d.com/what-is-xr-glossary>（閲覧日：2020年10月30日）の説明を参照されたい。UnityやUnreal Engineのようなクロスプラットフォーム対応で広く使用できるゲームエンジンの開発はVRなどの普及に多大に貢献したと言える。
- vi <https://vrsj.org/about/virtualreality/>（閲覧日：2020年10月30日）を参照。
- vii 同上
- viii <https://www.oculus.com/>（閲覧日：2020年10月30日）を参照
- ix 2012年にはレン・ワイズマンによってリメイクされている。
- x 装着するメガネなどに位置センサーなどを取り付け、装着者の動きに合わせてポインターを動かす装置。この装置がなけ

れば、HMDを装着した状態で視点の移動がマウスなどの別の装置が必要になる。

- xi <https://blog.google/outreach-initiatives/google-org/ok-glass-lets-celebrate-earth-day/> (閲覧日:2020年10月30日)を参照
- xii https://youtu.be/GmdXJy_IdNw (閲覧日:2020年10月30日)のちに合成ではない映像が公開されている。

参考文献

- EYアドバイザー・アンド・コンサルティング (2017) 『VR・AR・MRビジネス最前線 (日経BPムック)』 日経BP
- Manovich, Lev. (2001) 『The Language of New Media』 Cambridge, MA and London: MIT Press.
- Myron K. Krueger (1981) 『Artificial Reality』 Professional.
- (1991) 『Artificial Reality 2』 Addison-Wesley Professional .
- Hochman, N.・Schwartz, R. (2012) 『Visualizing instagram: Tracing cultural visual rhythms. In Proceedings of the workshop on social media visualization (socmedvis) inconjunction with the sixth international AAAI conference on weblogs and social media Visualization (ICWSM-12) .
- Paul Milgram, Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino (1994) 『Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum』 Proc. SPIE 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies
- 浅枝大志 (2007) 『ウェブ仮想社会「セカンドライフ」ネットビジネスの新大陸』 アスキー
- 井上滉太・太田高志 (2020) 『実世界と連携するVRコンテンツの作成』 (『情報処理学会第82回全国大会発表概要要旨』 (4), pp155-156)
- 伊奈新祐 (2002) 『デジタル時代の映像論を求めて—レフ・マンヴィッチの「ニューメディア言語論」を手掛かりに』 (『美術フォーラム21』 (6), pp142-146) 醍醐書房
- 岩田洋夫 (2017) 『VR実践講座～HMDを超える4つのキーテクノロジー』 科学情報出版株式会社
- インプレス総合研究所 (2018) 『VRビジネス調査報告書 2018』 インプレス総合研究所
- 勝田有一朗 (2015) 『『AR』と『VR』の違いと歴史～『AR』とはなにか、『VR』とはなにか～』, (『I/O 編集部『『VR』『AR』技術最前線』 pp20-32) 工学社
- 桜花一門 (2016) 『VRコンテンツ最前線 事例でわかる費用規模・制作工程・スタッフ構成・制作ノウハウ』 翔泳社
- ジャロン・ラニアー (2020) 『万物創世をはじめよう—私的VR事始』 (谷垣暁美訳) みすず書房
- 高橋陽一 (2019) 『XRがもたらす新たな現実と可能性 (第2回)』 (『KDDI Research』 2019年11月号) KDDI 総合研究所 R&A 館障 (監修), 佐藤 誠 (監修), 廣瀬 通孝 (監修), 日本バーチャルリアリティ学会 (編) (2010) 『バーチャルリアリティ学』 コロナ社
- 服部桂 (1991) 『人工現実感の世界』 工業調査会
- 原真志 (2017) 『技術変化とストーリーテリングの経済地理学:ハリウッド映画産業へのVRの影響を事例に』 (『2017年度日本地理学会春季学術大会発表要旨』) 公益社団法人日本地理学会
- フィリップ・K・ディック (2012) 『トータル・リコール (ディック短篇傑作選)』 (大森望訳, 朝倉久志訳, 深町真理子訳) 早川書房
- マイロン・クルーガー (Myron W. Krueger) (1991) 『人工現実—インタラクティブ・メディアの展開—』 (下野隆生訳) 株式会

社トッパン

- 野村総合研究所 技術調査部 (2009) 『仮想世界ロードマップ——次世代Webへの対応が企業の明暗を分ける』 東洋経済新報社
- 村田和美 (1976) 『ホログラフィー入門』 朝倉書店
- 山崎秀夫 (2007) 『Google vs セカンドライフ—3Dウェブ仮想社会の覇権争い』 アスキー