

バーチャルリアリティ, AR (拡張現実), 空間再現技術の概観および活用事例

板 宮 朋 基

神奈川歯科大学歯学部総合教育部

Overview of virtual reality augmented reality and spatial reality technologies and
their applications

Tomoki ITAMIYA

Division of Curriculum Development, School of Dentistry, Kanagawa Dental University

Abstract

The development of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies has been remarkable in recent years, and head-mounted displays (HMDs) and smart glasses are becoming more powerful and affordable. With the advent of the high-performance development software and Software Development Kits (SDKs) such as Unity and Unreal Engine, users can create VR/AR content in a relatively short time without advanced programming knowledge. This paper describes VR/AR terms, an overview of its history, and examples of its use. In addition, we will introduce spatial reality technology and its practical application in dental education.

バーチャルリアリティ (VR:人工現実感) や AR (拡張現実) の技術の発展は近年著しく, Head Mounted Display (HMD) やスマートグラスの高性能化や低価格化も目覚ましい。これら二つの要因が相まって, VR/AR を活用したしくみの社会実装が多くの分野において進展している。Unity や Unreal Engine などの高性能な開発ソフトウェアや Software Development Kit (SDK) の登場により, 高度なプログラミングの知識がなくても, ユーザー自身が VR/AR を用いたコンテンツを比較的短時間で制作できるようになった。

本稿では, VR/AR の用語の定義や歴史の概観および活用事例と, 2020 年 11 月に登場したばかりの空間再現ディスプレイの活用について述べる。

1. バーチャルは「仮想」ではない

新聞では VR は「仮想現実」と表記されているように, 訳語として一般的に用いられている。しかし, この訳語について VR 研究者からは適切ではないという

指摘がある¹²⁾。バーチャルとはバーチュウ (virtue) の形容詞である。それぞれの物には表層的な部分と本質的な部分があって, その本質的な部分がバーチュウであり, その形容詞であるバーチャルは, 「表層的ではそうではないが, 本質的ではそうである」という意味である (館暲ほか: バーチャルリアリティ学, コロナ社, 2010. pp2)。バーチャルの対義語はノミナル (nominal) で「名目上の」という意味であり, 名目ではなく実質がバーチャルと言える。ノミナルの類義語は仮想 (supposed) であり, virtual を仮想と訳すのは不適切だと分かる。virtual の類義語は現実 (real) であり, real の対義語は架空・虚 (imaginary) である。このことから, バーチャルとリアルを反対の意味に使うのも不適切と言える。

なぜ日本で VR = 仮想現実が定着してしまったかの経緯は, 日本 IBM が 1972 年に当時の最新技術である virtual storage を「仮想記憶装置」という訳語で

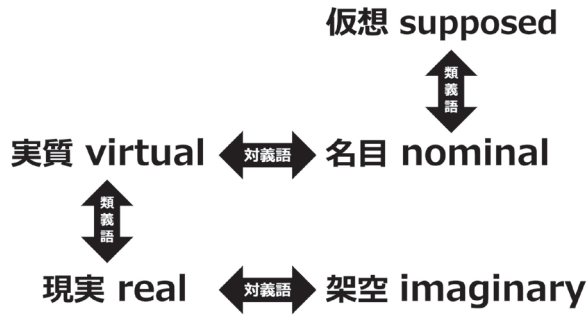


図1 「virtual」用語の意味と関係性 (参考文献1 pp.4の図1.1.1を一部修正)

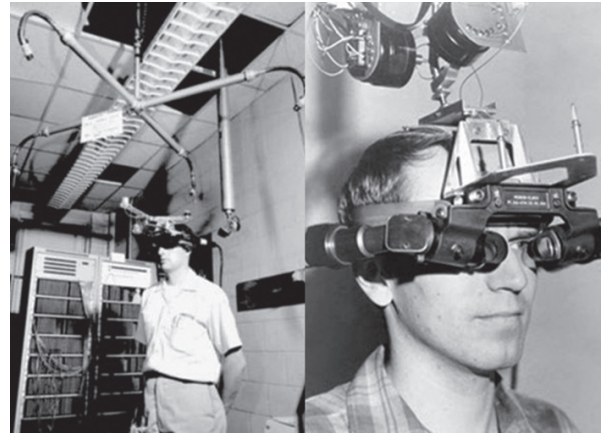


図2 Sutherlandの3D HMD

販売したことが大きかったとされてきたが、明治時代の初期に、当時の有力な日本人物理学者たちが西洋の物理学用語 virtual image に「虚像」、virtual dist. に「仮の変位」という訳語をあてて学術用語集に収録されていたことが分かり、これが影響した可能性もある(谷卓生：VR = バーチャルリアリティーは、“仮想”現実か。放送研究と調査。2020年1月号：46-58, 2020)。バーチャルの適切な日本語訳に苦労したのは、バーチャルの概念が東洋にはない極めて欧米的な概念であるためとも言える¹⁾。実体のない仮想としてのバーチャルと、見た目は違うがほとんど実物としてのバーチャルはまったく異なる概念であり、誤解を生まないためには、バーチャルリアリティーはそのままカタカナ表記で使用する方が良く、どうしても日本語訳したい場合は「人工現実感」が良い¹⁾。「virtual」用語の意味と関係性を示す(図1)。

2. VR と AR, 複合現実, xR の定義

VR と AR に加えて、複合現実 (Mixed Reality : MR) や xR (Extended Reality : エクスアールまたはクロスリアリティー) という名称が用いられるようになってきた。各名称の概要を以下に示す。

VR: 利用者はすべてコンピュータが生成した環境 (CG または 360 度映像) におかれる。HMD を装着して没入体験する (周囲の現実空間は見えない)。

AR: 現実空間に CG を重ねて表示する。

MR: トロント大学の Paul Milgram 教授が 1990 年代前半から提唱していたコンセプトで VR と AR を含めた意味であったが、Microsoft® は Windows Mixed Reality と称した製品群をリリースし、VR 体験しかできないデバイスも MR と定義している。手の動きで CG を操作できるなど、現実と人工空間が融合し相互に影響を与えて没入感を向上させるものが MR と

されている。
xR : VR, AR, MR をすべて総称したもの。最近のデバイスの大幅な性能向上と、第 5 世代移動通信システム (5G) との連動など新たな価値が出てきたため、KDDI などの大手通信キャリアも xR を前面に出したプロジェクトを開始している³⁾。

3. VR と AR の歴史の概観

バーチャルリアリティーという言葉は 1989 年に米国 VPL 社が EyePhone, DataGlove, DataSuit などの商用デバイスを販売した際の宣伝文句が始まりと言われているが、概念自体は非常に古く、さまざまな分野でその起源を見ることができる¹⁾。南フランスのラスコー洞窟で発見された約 1 万 8000 年前の旧石器時代後期に描かれた壁画には、馬や羊、牛などの色彩画が壁一面に描かれている。しかし、洞窟内は暗闇なため火を灯さないと壁画を見ることはできず、祭祀用の儀式などが行われる空間だったと考えられており、壁画は人々を現実世界からバーチャル空間に導く役割を果たしていたと考えられる¹⁾。

コンピュータを利用したバーチャルリアリティー技術が登場したのは 1960 年代であり、1968 年に当時ハーバード大学に所属していた Ivan E. Sutherland 博士が Ultimate Display という概念を提唱し、最初の HMD を開発した⁴⁾。この HMD は光学シースルー方式で、線画で描かれた単純な CG が現実の風景に重ねて表示されたため、AR のさきがけとも言える。頭部には装着者の頭の動きを計測するために機械式の機構が取り付けられ天井と接続されており、大掛かりな仕組みである。その特異な形状から「ダモクレスの剣」と呼ばれる(図2)。

1980 年代になると、現在使われている技術に直結する成果が現れるようになる。米空軍や NASA にお



図3 スマートフォンを用いたAR浸水体験

いて戦闘機や宇宙船内のコックピットの電子機器の表示や設計支援に用いられるようになった⁵⁾。

Augmented reality (拡張現実感) という言葉が生まれたのは1992年で、ボーイングのCaudellとMizellの研究で示された⁶⁾。航空機製造工場で、ワイヤーの束の配線工程を透過型HMDに表示することで作業者を支援する研究であった⁷⁾。ノースカロライナ大学チャペルヒル校のStateらは、妊婦の体内の胎児を内科医に直接見せるという医療用ARアプリケーションを提案した⁸⁾。1997年から2001年にかけて、当時の通商産業省とキヤノン株式会社が共同でMixed Reality System Laboratoryを立ち上げ、当時はMR研究の最大の工業的研究設備であった⁹⁾。最大の成果として、初の光軸一致映像透過型立体視HMDであるCOASTERが挙げられる。キヤノンはその後MREALとして製品化し、自動車業界や建築・建設業界で活用されている。

2012年にPalmer Luckeyが中心になってOculus VRが設立された。一台数百ドルと従来のVR HMDと比較して大幅に低価格であり、PCと接続することによりユーザーが手軽にVRを楽しむことが可能になったため、大手企業の研究所や大学以外のユーザーの間にもVRが普及し始めた。2014年にはSNS大手のFacebookが20億ドルでOculus VRを買収し、製品版の品質向上とユーザー数の増加につながった。2016年にはソニーがPlayStation®4専用バーチャルリアリティシステムPlayStation®VRを発売開始し、VRという言葉の一般的な認知度が急速に高まった。

スマートフォンの急速な高性能化に伴い、PCを必要とせずスマートフォンのみでVR/ARアプリが稼働できるようになり、紙製ゴーグルと組み合わせることにより安価に没入体験が可能になった。スマートフォ

ンに搭載されている一般的なカメラによる画像認識で空間の奥行きや人物などの形状を把握し、実空間の物体の後ろに配置したCGは表示されないオクルージョン表現をリアルタイムに行うことも可能になり、現実とバーチャルとの見分けがつかないほどのリアルな表現が一般に普及しているスマートフォンのみで可能になってきた。

4. VRとARの活用例

VR/ARはさまざまな分野で活用されている¹⁰⁾。航空宇宙・軍事関連、自動車産業など製造業および建築・土木分野における設計支援、安全教育など幅広い。学校における避難訓練に活用し(図3)、高い教育効果を示している例もある¹¹⁾。VR体験者の反応を調査し、脳に対してどのような影響を与えるかの研究も数多い¹²⁾。また、HMDで視野を覆うことに加えて、機器により物理的に手が挟まれるなどの触覚を組み合わせることにより、臨場感と教育効果を向上させる取り組み¹³⁾もある(図4)。

医療分野における活用例も増加している。形成外科や整形外科など骨を扱う科ではCTから3Dデータを作成しやすく、従来から術前シミュレーションが盛んなため、臨床応用に取り組む事例が多い^{14,15)}。2018年来田らはMicrosoft® HoloLens(初代)を活用し、人工股関節置換術(THA)と人工膝関節置換術(TKA)の術前にシミュレーションしたリーマー埋入方向や骨切り面およびインプラント設置位置などのCGを、実際の手術において術野に重ねて表示する臨床試験を行った¹⁵⁾。CGと患者の骨との位置合わせは、QRコードを各面に貼り付けた立方体のマーカーを患者の骨に固定配置し、HoloLensのカメラがそのマーカーを認識することにより実現した。位置合わせの精度は1mm以内であり、リーマー埋入方向や骨切り面

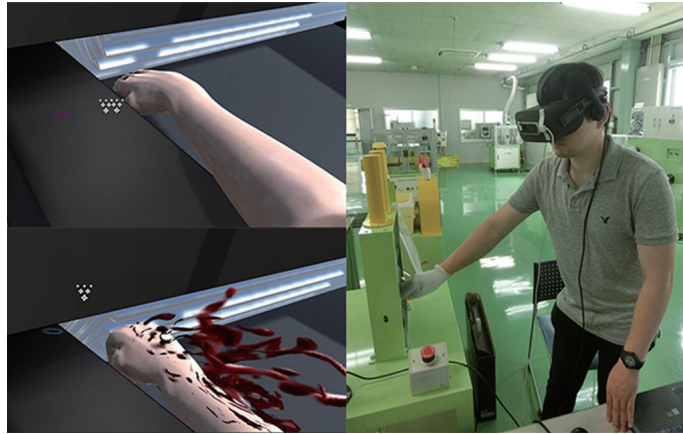


図4 VRと触覚を組み合わせた労災体験システム



図5 人工膝関節置換術でARを用いた例

およびインプラント設置位置の把握と確認には実用的であった(図5)。手術室の无影灯を最大照度で点灯すると、HoloLensのカメラ性能との関係でマーカーの認識精度が低下する問題点が明らかになった。北島らは歯科口腔外科領域においてMicrosoft® HoloLens(初代)を活用した手術支援を行った¹⁶⁾。顎骨嚢胞摘出術、埋伏歯抜歯術、腐骨除去術などにおいて、嚢胞、埋伏歯、下顎管を術野に位置合わせして表示した(図6)。マーカーとして、QRコード貼付の立方体を患者の口腔内のマウスピース長さ4cmの棒によって接続し、術野に支障が出ないようにした。外川らもHoloLensを活用し、情報共有や手術支援に活用している。遠隔地と接続し空間共有も行えるしくみを構築した¹⁷⁾。

5. 空間再現技術の活用

HMDやスマートグラスなどのデバイスを装着する場合、衛生管理や長時間の利用などの面で課題がある。現状のHMDやスマートグラスでは、表示した3D-CGモデルの立体感・奥行感を装着者が精密に把握するためには装着者の瞳孔間距離(IPD)を精密に測定し、

その都度デバイスの設定に反映する必要があるため、精确な立体感の把握が要求される内容の実習での利用に課題が残る。スマートグラスMicrosoft HoloLens 2は、装着者から1m近く離れた位置に3D-CGモデルを配置しないと真に立体的には見えないという仕様のな限界があり、眼から30cm程度の手元の位置の精确な立体表現は不得意である。2020年11月にソニーが発売を開始した空間再現ディスプレイELF-SR1は、内蔵カメラを用いて体験者の顔を認識し、IPDを正確に自動測定した上で裸眼立体視を可能にする。HMD等のデバイスの装着は不要である。現状は一般配布および市販されているアプリが存在しないため、板宮は2つのアプリを開発した¹⁸⁾。1) 頭頸部解剖学教育アプリは、文部科学省所轄のライフサイエンス統合データベースセンターから入手したBodyParts3Dデータを用いて頭頸部の骨格と血管の3D-CGモデルを立体表示できる。回転・拡大縮小・移動や骨の透過表示、動脈のみの表示などの切替操作はキーボードと市販のゲームコントローラーを用いて容易に行える。顎顔面領域の動脈には名称の注釈表記がされていて、キー



図6 歯科口腔外科でARを用いた例

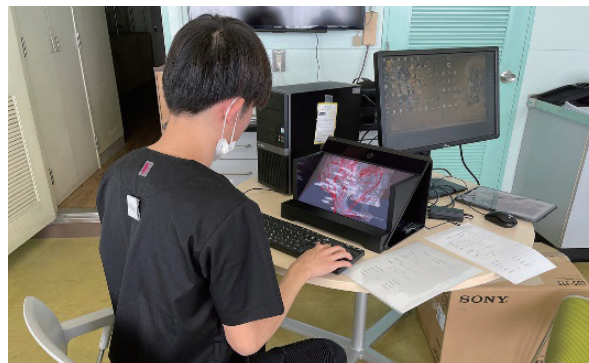


図7 空間再現ディスプレイを利用している様子

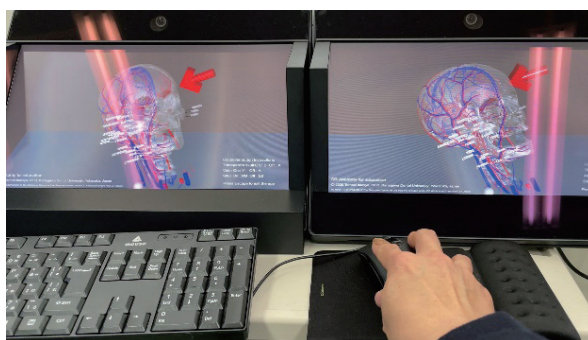


図8 空間再現ディスプレイの操作を同期した例

ボードまたはコントローラーのボタン操作によって表示・非表示が選択できる。2) DICOM 画像自動立体表示ビューワーはCT/MRI/CBCTの各モダリティから出力されたDICOMデータが保存されたフォルダを選択すると、自動的に3D-CGモデル化して立体表示できる。閾値は任意に変更できる。回転・拡大縮小・移動・閾値の変更等の操作は1)と同様であり、初めて利用する人でも直感的に操作できる。空間再現ディスプレイを上記アプリがインストールされたデスクトップパソコンとUSBケーブルおよびHDMIケーブルで接続し、PC上で1)または2)のアプリを起動する。1)のアプリを解剖実習中の歯学部2年生104名が体験した(図7)。体験前と体験後にアンケート調査を行い、空間再現ディスプレイの有用性が示唆された¹⁸⁾。

空間再現ディスプレイが接続されたPC同士をインターネット経由で接続することで、複数の空間再現ディスプレイ上の3D-CGモデルの表示内容を同期することができる。教員の操作内容や注釈表示を自宅にいる学生がタイムラグなく閲覧し、学生の操作内容も教員は把握できるため、遠隔実習の実施が現実的になる(図8)。

6. まとめ

バーチャルリアリティ, AR, 空間再現技術の発展

は日進月歩であるが、Unityなどの開発ソフトウェアやSDKの使いやすさも同時に向上しているため、自身でVR/ARや空間再現ディスプレイ用のアプリを開発するハードルは下がってきている。歯科医学の発展のために、多くの歯学部生や大学院生が興味を持ち、自らアプリを開発して実用化し成果を論文化すると共に、産学連携によって新たな収益につながるサイクルを確立させたい。

参考文献

(下記URLは2021年2月22日現在)

1. 舘暲ほか：バーチャルリアリティ学。コロナ社、2010。
2. 谷卓生：VR＝バーチャルリアティ－は、“仮想”現実か。放送研究と調査。1：46-58, 2020。
3. xRとは？KDDIが取り組むxRと将来性、見えてきた課題。https://iot.kddi.com/column/xr_about/
4. Sutherland, I.E., et al.: The Ultimate Display. Proceedings of IFIPS Congress, New York, May 1965, 2: 506-508, 1965.
5. The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990. https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas/
6. Dieter Schmalstieg, Tobias Hollerer: ARの教科書。

- マイナビ出版, 2018.
7. Caudell, T., *et al.*: Augmented reality : An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences. 659-669, 1992.
 8. State, A., *et al.*: Observing a volume rendered fetus within a pregnant patient. Proceedings of IEEE Visualization, 364-368, 1994.
 9. Tamura, H.: What happens at the border between real and virtual worlds: The MR project and other research activities in Japan. Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISMAR), xii-xv, 2000.
 10. 技術情報協会 (編): VR / AR 技術の開発動向と最新応用事例. 技術情報協会, 2018.
 11. 板宮朋基, 吉村達之: 複合現実による災害想定没入体験アプリ Disaster Scope の開発と避難訓練における活用. 災害情報. **16** (2): 191-198, 2018.
 12. Jeremy Bailenson : VR は脳をどう変えるか? 仮想現実の心理学. 文藝春秋, 2018.
 13. 鈴木謙太郎ほか: 触覚と視覚を連動させたローラー巻き込み事故疑似体験装置の開発. 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2017.
 14. Mitsuno, D., *et al.*: Intraoperative Evaluation of Body Surface Improvement by an Augmented Reality System That a Clinician Can Modify. Plastic and Reconstructive Surgery Global Open. **5**(8): 1-8, 2017.
 15. 来田大平, 板宮朋基: AR を用いた TKA 支援デバイス. *Bone Joint Nerve*. **9** (2): 263-268, 2019.
 16. 北島大朗: Microsoft HoloLens を用いた AR 技術の歯科口腔外科領域への応用. 第 28 回日本シミュレーション外科学会, 2018.
 17. 外川聖仁, 杉本真樹: Extended Reality (XR: VR/AR/MR) による医療情報・体験の遠隔空間共有とテレプレゼンス. *ITvision*. **42**: 44-45, 2020.
 18. 東 雅啓, 板宮朋基ほか: 解剖学実習における AR 技術を用いた三次元的知識の深化. 第 55 回神奈川歯科大学学会総会, 2020.
-