



新たな体験を可能にするAR・VR技術

日本放送協会 放送技術研究所 空間表現メディア研究部

はん だ たく や かわ き た ひろゆき
半田 拓也 川喜田 裕之

ひさとみ けんすけ
久富 健介

NHKエンジニアリングシステム 先端開発研究部

よしの かず ま
吉野 数馬



執筆者代表：半田 拓也

1. はじめに

高速大容量のネットワークが身近になり、高度化したIoTや人工知能による社会生活のサポートがいきわたる未来社会が予測されるなか、放送メディアはどこへ向かうのか。NHK放送技術研究所（NHK技研）では、2030～2040年ごろのメディア環境を想定し、公共メディアNHKの研究所として目指す目標と方向性を放送メディアの未来ビジョンとして描いている^[1]。筆者らは、日本ITU協会主催の第108回情報通信研究会において、未来の新たなユーザーエクスペリエンスとして掲げる「これまでのテレビの枠を超えた新しい体験・感動」や「コンテンツを通じた人とのより深いつながり」の実現に向けて進展が期待されるAR（Augmented Reality：拡張現実感）・VR（Virtual Reality：バーチャルリアリティ）技術の市場動向を概説し、NHK技研のAR・VR関連研究の取組みを紹介した。本稿は、その内容をまとめ、補足事項を加筆したものである。

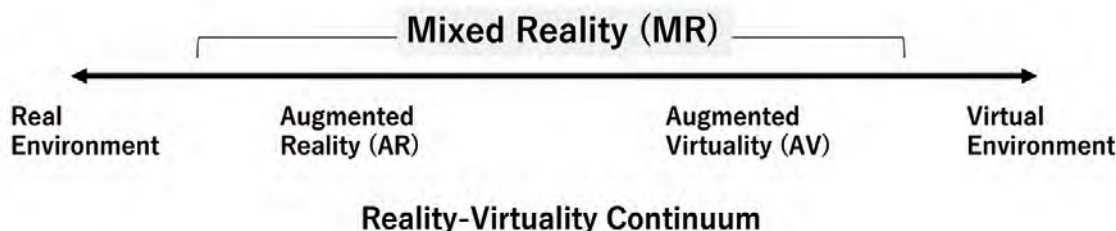
2. AR・VRとは

諸説あるが、ARのコンセプトは、1901年に発行されたL. F. Baumの小説「The Master Key^[2]」に登場したのが最初だといわれている。また、Stanley G. Weinbaumの1935年の小説「Pygmalion's Spectacles^[3]」には、Magic spectacles（直訳すると魔法のメガネ）が登場し、VRの技術や世界観を彷彿とさせる描写が読み取れる。その後も、数多くの小説や映画、ゲームやアニメ作品において、AR、VR、MR（Mixed Reality：複合現実感）のコンセプトが様々な切り

口で登場している。読者にもそれぞれお気に入りの作品があることであろう。これらフィクションの世界を具現化するような技術やデバイスの研究開発は、Ivan Sutherlandが世界初のHMD（Head Mounted Display）^[4]を発表した1960年代以降、日本VR学会が設立された1990年代、そしてスマートフォンが普及し実用的で安価なHMDが登場した2010年代、の2度のVRブームを経て現在に至る。昨今は、AR、VR、MRの総称としてXRが用いられることもある。

図1は、1994年にP. MilgramとF. Kishinoが表したMR視覚ディスプレイの分類^[5]である。図1の左端が100%の現実環境、右端が100%のバーチャル環境になっており、その間がMRとして示されている。このMRのコンセプトでは、現実空間を主に視覚的に拡張するものとしてARが、同様にバーチャル環境に現実を複合表示して拡張するものとしてAV（Augmented Virtuality）が位置付けられている。しかし、Reality-Virtuality Continuumと題されていることから分かるように、これらの概念の間には明確な線引きはない。このため、現状、ARとMRは、ほぼ同義で扱われているケースも多い。以降、本稿ではこのMRも含めた広義の概念としてARを用いることとする。ARは、実生活の利便性を高め、新たな体験を提供する技術として期待されており、ARグラスは、将来的にスマートフォンに代わる必需品になる可能性も指摘されている。

VRは、図1の右端に示されている100%のバーチャル環境を実現するものになりそうであるが、これを「仮想環境」と表記してしまうと、VRの本質を捉えきれない可能性がある



■図1. Reality-Virtuality Continuum（参考文献 [5] を基に作成）



り注意が必要である。話題のメタバースやデジタルツインの解説には、VRを「仮想現実」と表記している場合があるが、これにも少し違和感があるという方には、日本VR学会のWebサイトに掲載されている館初代会長によるVRの定義「バーチャルリアリティとは^[6]」を一読することをお勧めしたい。本来のVirtualの定義は、「みかけや形は原物そのものではないが、本質的あるいは効果としては現実であり原物であること」とあり、これがそのままVRの定義であることが示されている。これを踏まえ、VRは、実質現実感や人工現実感と表記されている場合もあるが、本稿では、VR (Virtual Reality: バーチャルリアリティ) と表記している。

3. AR・VRの動向

3.1 表示デバイス

多くの人にとってAR・VRが身近になってきた背景には、スマートフォンやタブレットなどの携帯端末の急速な普及と、関連技術の進展がある。関連技術としては、ディスプレイ、カメラ、慣性計測ユニット (IMU: Inertial Measurement Unit) やLiDAR (Light Detection and Ranging) などのセンサー類、GPU (Graphics Processing Unit)、AI (Artificial Intelligence)、高速大容量通信技術 (Wi-Fi、4G/5G)、クラウドコンピューティング、ゲームエンジン、など多岐にわたる。さらに個々の要素技術を挙げればきりが無い。加えて、ARグラスやHMDなどのNear Eye Displayと呼ばれるデバイスの小型化や高性能化には、特殊な表示系や光学系が必要であり、企業や大学でさらなる研究開発が進められている。表示デバイスに関する技術については、ディスプレイ関係の学会 (SID: The Society for Information Display、映像情報メディア学会など) が主催するセミナーや研究会で最新の研究開発動向が把握できる。

2022年8月現在、ARグラスには、単体で利用可能なスタンドアロン型 (Microsoft HoloLens 2、Magic Leap Magic Leap 1など) と、スマートフォン接続型 (Nreal NrealLight/Airなど) が販売されている。HMDとしては、スタンドアロン型 (META Quest 2、VIVE FLOW/FOCUS 3など)、PC接続型 (Varjo Aero/XR-3、VIVE Pro 2など)、ゲームコンソール専用型 (SONY PlayStation VRなど) が存在する。また、スマートフォンをディスプレイとして利用するタイプ (Hacosco VRゴーグルなど) では、手軽にVR映像を体験することができる。本稿の執筆中にもMagic Leap 2が9月末に発売されるとの発表があったが、ARグラスやHMDは、後継機種の開発状況やスペックが発表されるたびに話

題になる。一方で、極秘に研究開発が進行中だとされるプロジェクトもあり、公開された関連特許の内容を基に予測情報が飛び交うなど、動向が非常に注目されている。

3.2 コンテンツ

AR・VR向けコンテンツの開発は、Unreal Engine (1998年-) やUnity (2005年-) などのゲームエンジン (ゲームの統合開発環境) が用いられるケースが増えている。3DCG (3D Computer Graphics) 制作環境の発展もあり、AR・VRのCGコンテンツは、表現の幅と質ともに向上し続けている。一方で、視聴するHMDやディスプレイ環境にもよるが、実写の360度映像については、4Kや8Kの映像と比較して物足りないと感じる方がいるかもしれない。視力1.0の人が画面の画素構造を検知できる限界となる画素密度は30cpd (cycle per degree) であり、人が頭部を固定したまま視覚で知覚できる範囲は、中心視野から周辺視野までを含めて水平視角で200°程度^[7]とされている。これに向けてさらなる高精細化の研究開発が進められているが、2020年の時点では、360度の映像を撮影できる市販の最高水準の360°カメラ (Insta360 TITANなど) の解像度は、ステッチング (複数のカメラ映像の統合) 処理後の360度映像で11K程であり、これは概算で15cpd程度の画素密度に相当することになる。一方で、手軽に利用できるウェアラブルな360度カメラや、スポーツ時などに臨場感のある撮影ができる小型のアクションカム (Insta360 ONE X2、RICO THETA V、GoPro HERO10など) も人気を集めており、YouTubeには多くの360度映像がアップロードされている。

NHKのWebサイト「NHK VR x AR」^[8]には、「見る・聞く」から「体感へ」と銘打って360度VR映像ならではの様々なコンテンツが掲載されている。また、ARコンテンツとしては、スマートフォンやタブレットを使って、恐竜や遮光器土偶、そして、地震の被害から復旧中の熊本城の天守閣などを見ることができる。

3.3 アプリケーション

2009年の時点でスマートフォンを使用していた方の中には、先駆的なARアプリであるセカイカメラを使ったことがある方が一定数いるのではないだろうか。その後、2016年にリリースされたPokémon GOは、映画やアニメの世界観の入り口ともいえる体験を多くの人に提供した。これがARグラスで体験できる将来を夢見た方も多いであろう。現在、「AR」でストアを検索すると、実用的なものからゲームまで、



数えきれないほどのアプリがヒットする。いわゆるデジタルネイティブ世代にとっては、もはやAR技術であることを意識せずに使用しているアプリケーションも多い。

AR・VRを活用したコミュニケーションやコミュニティの形成は、キラーアプリケーションの一つだと考えられている。話題のメタバースについては、現状様々な見解や解釈があり、関連書籍が多数出版されているのでそちらを参照いただきたいが、既に日常的にVRChatやclusterといったプラットフォームを活用している人は一定数存在する。そのほか、Microsoftがプレビュー版として提供するMeshや、Metaがベータ版として公開している Horizon Workroomsも、対応するデバイス（HoloLens 2やQuest 2）で体験することができる。図2は、筆者らが実際にこれらのプラットフォームを体験しているときの様子である。現状、いずれもアバターを介したコミュニケーションであるが、MicrosoftのMeshでは、人物を実写で表現する可能性を示唆する動画^[9]を公開している。また、MetaのReality Labs. では、HMD内の顔の表情をアバターに反映する技術の研究が進められている^[10]。

3.4 NHK技研のAR・VR研究

NHK技研では、2030年から40年に向けた放送メディアの未来ビジョン（Future Vision 2030-2040）^[1]において、屋内、屋外、自動運転中の車内など日常のあらゆる生活空間で、いつでも好みの機器を使って没入感・臨場感あふれるコンテンツを視聴・体感できる未来を提案している。このビジョンの柱の一つである「イマーシブメディア」では、従来のテレビで親しんできた2次元映像コンテンツだけでなく、3次元テレビやAR・VR技術により、リアルで没入感あふれるコンテンツを体感できる技術・サービスの実現を目指している。

今年の技研公開2022^[11]では、自由視点ARストーリーミング技術、携帯端末型インタラクティブ3次元ディスプレイ、ライトフィールドHMD、メタスタジオによる3次元情報取得、ラインアレイスピーカーによる音場合成技術など、最新の研究成果を公開した。筆者らは、これらの技術が実現する新たなコンテンツ体験を通じて人と人をつなぎ、コミュニケーションを促進するサービスの実現に向けて研究開発を進めている。

以降では、離れた場所にいる家族や友人があたかも同じ空間に集まり、一緒にコンテンツを楽しめる新たなお茶の間のコンセプトを紹介し、このコンセプトを実現するシステムのプロトタイプである「空間共有コンテンツ視聴システム」の概要を紹介する。

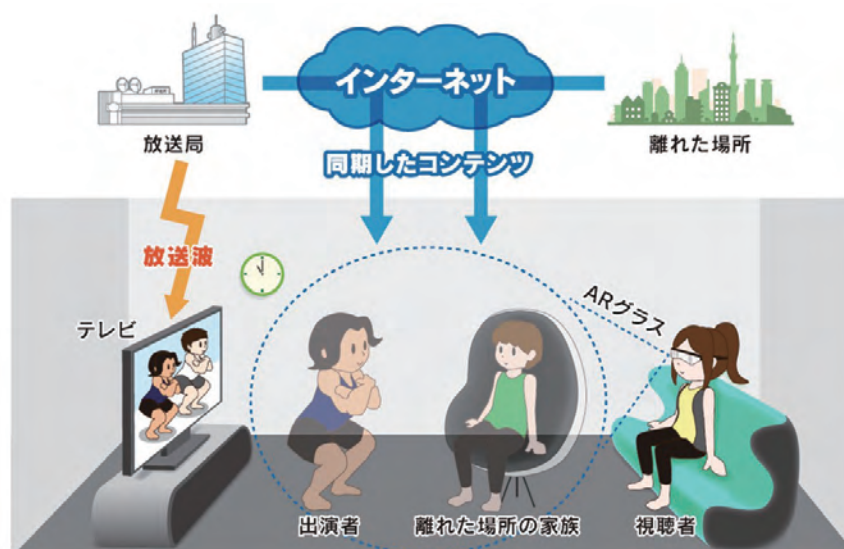
4. 空間共有コンテンツ視聴システム

4.1 コンテンツ視聴における空間共有のコンセプト

AR・VR技術により、あたかも時間や空間を超えるかのような体験ができるようになることが期待されている。我々は、AR・VR技術の高い空間表現力を活用した未来のお茶の間について検討し、技研公開2019^[12]において、コンテンツ視聴における空間共有のコンセプトを提案した。コンテンツ視聴における「空間の共有」とは、視聴者がバーチャルまたはリアルに同一空間に存在し、かつ、コンテンツのコンテキストを共有することと定義している。AR・VR技術の高い空間表現力により、バーチャルに人物を表示することで、同一空間にいると感ずることができ、その人物の言動や表情から番組に対する関心度や感情が伝わるのが期待できる。コンテンツのコンテキストの共有として、特に放送コンテンツは、同報性・同時性を備える番組編成などをきっかけとして広く視聴者に共通の体験を生み出すことに



■図2. Microsoft Mesh（左）とMeta Horizon Workrooms（右）



■図3. ARを活用したテレビ視聴スタイル

貢献してきた。今後は、放送を含む様々なメディアにおいて、本質的に同一空間でコンテキストを共有することにより、従来のリビングやライブ会場、スタジアムでの一体感と同様に、一緒に見る家族や友人等を、より身近に感じられるのではないかと考えている。技研公開2019では、ARグラスやタブレット・スマートフォンを通して見ると、あたかもテレビ画面から出てきたかのような出演者を身近に感じながら、離れた場所にいる家族や友人と一緒にテレビを視聴するスタイルを提案した（図3）。

4.2 家族や友人と一緒にコンテンツを体感

4.1で示したコンセプトに基づき、離れた場所の家族や友

人と一緒にコンテンツを視聴・体感できるシステムのプロトタイプを開発した^[13]。本システムは、空中に表示した2次元のテレビコンテンツを視聴するのに加えて、等身大の出演者の3次元映像などのARコンテンツ（図4. みんなで筋肉体操AR）や、水族館の360度映像などのVRコンテンツと一緒に体感することが可能である。また、NHK BS8Kの番組「見たことのない文化財～遮光器土偶～」^[14]のスペシャルコンテンツという体裁で制作したAR・VRコンテンツ（図5）では、体験の共有に重要となるコミュニケーションを活性化することでコンテンツをより深く楽しめるように、離れた場所にいる人同士がインタラクティブにコンテンツを操作できる仕組みを実装した。



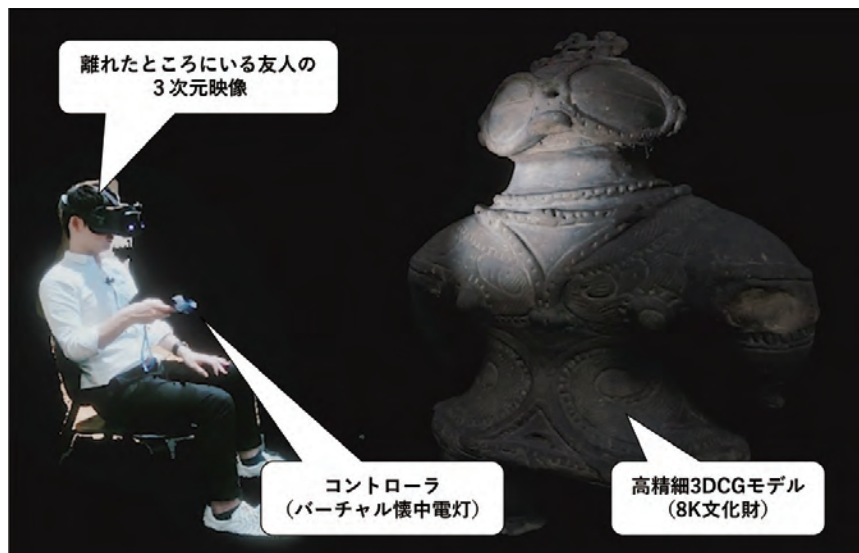
■図4. みんなで筋肉体操AR

図5のコンテンツは、NHKと東京国立博物館が共同で文化財をデジタル化する「8K文化財プロジェクト」の一環で制作された高精細な3DCGモデルである。3.2で紹介したNHK VR x ARのサイト^[8]には、このコンテンツを体験中の様子を収録した360度映像が掲載されており、情報通信研究会では、これを参加者に疑似体験していただいた。同様に、ARコンテンツとして公開されている遮光器土偶のモデルを各自のスマートフォンやタブレットで目の前に表示し、様々な角度から鑑賞していただくデモンストレーションを実施した。この遮光器土偶のモデルは、実際に番組で使用し

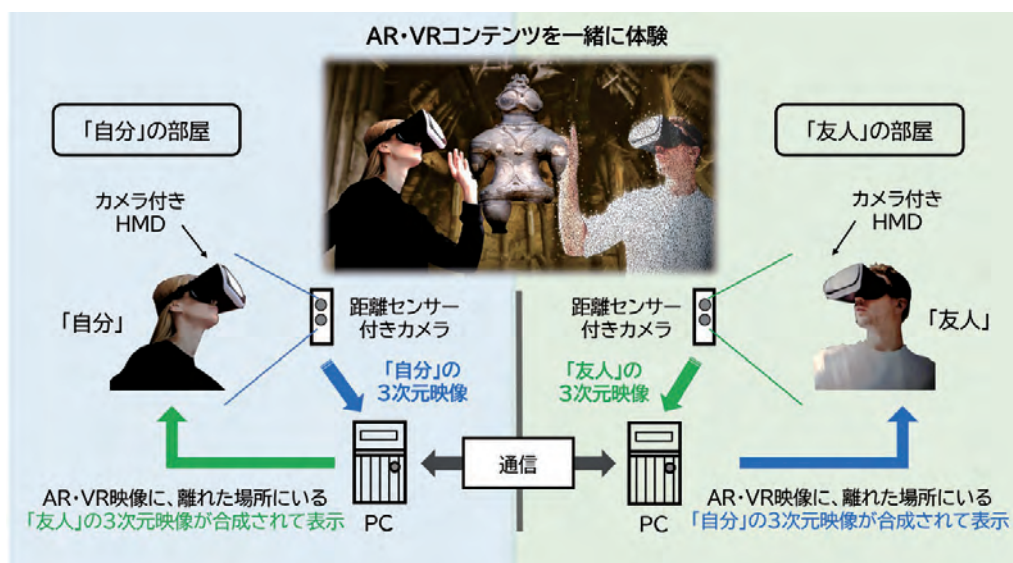
た8K文化財のモデルをARコンテンツで扱えるデータサイズにリダクションしたものである。公開期間は未定であるが、興味のある方にはぜひお試しいただきたい。

4.3 AR・VRコンテンツにお互いの3次元映像を合成

本システムでは、空間的に表現されたARコンテンツや没入型のVRコンテンツを一緒に見ながら、身振り手振りを交えたコミュニケーションができる。図6は、試作した空間共有コンテンツ視聴システムの概要を示す模式図である。図6において、左側が「自分」の環境、右側が離れた場所にい



■図5. AR・VR 見たことのない文化財「遮光器土偶」



■図6. 空間共有コンテンツ視聴システムの仕組み



る「友人」の環境を表しており、二人で一緒にNHKの番組「見たことのない文化財：遮光器土偶」に関連したAR・VRコンテンツを体感している状況を示している。このとき、「自分」のHMD (Varjo XR-1) には、AR・VRコンテンツの映像に、離れた場所にいる「友人」の等身大の3次元映像が合成表示される。同時に、「自分」の等身大の3次元映像も「友人」のHMDで再生されているコンテンツの映像に合成されて表示されるため、あたかも同じ空間でコンテンツと一緒に視聴しているかのような体験ができる。お互いの姿の3次元映像は、距離センサー付きのカメラ（デプスカメラ：Intel RealSense D455）でリアルタイムに撮影され、ポイントクラウドとして通信経路で伝送される。

4.4 ビデオシースルー方式のAR表示

ARコンテンツの表示には、ビデオシースルー方式を用いている。これは、HMDの前面に搭載したステレオカメラで撮影した周囲の状況をリアルタイムにHMDに表示し、この映像にコンテンツを合成表示する方式である。このAR表示機能により、没入感の高いVR映像を共有しながら現実空間の自分の姿を表示することができる。また、現実空間のお互いの部屋に、番組の出演者や文化財などの3次元映像をAR表示して一緒に楽しむことができる。現在は、没入型のVRコンテンツが表示できるビデオシースルー方式のHMDを使用しているため、お互いにHMDを付けた姿の3次元映像が表示されているが、将来的には没入型のVRにおいても目元の表情が分かる方式の実現や、より手軽なメガネ型の表示装置であるARグラスの利用を想定している。

5. おわりに

「これまでのテレビの枠を超えた新しい体験・感動」や「コンテンツを通じた人とのより深いつながり」の実現に向けて進展が期待されるAR・VR技術の動向を概説し、NHK技研のAR・VR関連研究の取組みを紹介した。公共メディアとして、コンテンツで表現したい内容や伝えたいことがインタラクティブな体験を通して伝わること、さらには、一緒に視聴・体験する人とのコミュニケーションを活性化し、コン

テンツの深い理解をサポートできることが重要であると考えている。AR・VR技術により、あたかも時間や空間を超えるかのような体験が可能になり、表現力の高いインタラクティブなコンテンツが提供できる可能性がひろがっている。

(2022年4月26日 情報通信研究会（講師：半田拓也）より)

参考文献

- [1] NHK放送技術研究所Future Vision 2030-2040 : https://www.nhk.or.jp/strl/future_vision/index.html
- [2] L. F. Baum, "The Master Key," Bobbs-Merrill Company, (1901)
- [3] Stanley G. Weinbaum, "Pygmalion's Spectacles," Wonder Stories, June (1935)
- [4] Ivan. E. Sutherland, "A head-mounted three dimensional display," Proceedings of the December 9-11, (1968) fall joint computer conference, part I, pp.757-764, December (1968)
- [5] Paul Milgram, Fumio Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E77-D, no.12, pp.1321-1329, December (1994)
- [6] 館璋, "バーチャルリアリティとは," : <https://vrsj.org/about/virtualreality/>
- [7] 畑田豊彦, "情報受容と視野特性の計測," 人間工学, Vol.29, 特別号, pp.86-88 (1993)
- [8] NHK VR x AR : <https://www.nhk.or.jp/vr/>
- [9] Microsoft's Alex Kipman unveils Microsoft Mesh : <https://youtu.be/IkpsJoobZmE>
- [10] Shih-En Wei, et al., "VR facial animation via Multiview image translation," ACM Transaction on Graphics, Volume 38, Issue 4, no.67, pp.1-16, August (2019)
- [11] 技研公開2022 : <https://www.nhk.or.jp/strl/open2022/index.html>
- [12] 技研公開2019, ARを活用したテレビ視聴スタイル : <https://www.nhk.or.jp/strl/open2019/tenji/e3.html>
- [13] 技研公開2021,空間共有コンテンツ視聴システム : <https://www.nhk.or.jp/strl/open2021/tenji/1/index.html>
- [14] NHK BS8K, 見たことのない文化財「遮光器土偶」 : <https://www4.nhk.or.jp/P6741/x/2021-11-17/48/66879/3151249/>