

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	XR・メタバース最前線—現実とデジタルが融け合う空間コンピューティング時代へ—
他言語論題 Title in other language	Frontiers of XR and the Metaverse: Toward an Era of Spatial Computing Fusing Reality and Digital
著者 / 所属 Author(s)	久保田瞬 (KUBOTA Shun) / 一般社団法人 XR コンソーシアム事務局長
書名 Title of Book	AI と社会のこれからを考える
シリーズ Series	調査資料 2024-4 (Research Materials 2024-4)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2025-3-18
ページ Pages	29-40
ISBN	978-4-87582-937-9
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	科学技術に関する調査プロジェクト「AI と社会のこれからを考える」のパネリスト報告

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

XR・メタバース最前線

—現実とデジタルが融け合う
空間コンピューティング時代へ—

一般社団法人XRコンソーシアム
エグゼクティブ・ディレクター
久保田瞬

1

スライド 1



久保田 瞬

一般社団法人 XRコンソーシアム エグゼクティブ・ディレクター

慶應義塾大学法学部政治学科卒業後、環境省に入省。2015年にはVR専門メディアMogura VRを立ち上げ、その後株式会社Moguraを創業。

株式会社Mogura代表取締役 / Mogura VR 編集長

XR分野が社会を変えていく無限の可能性に魅了され、それを広げる事業を展開している。XR/メタバースの動向分析、コンサルティングが専門。

2児の子育てに奮闘中。

一般社団法人 エンターテインメントXR協会 監事

一般社団法人 VRMコンソーシアム 理事

XR/メタバース領域でのメディア出演・執筆多数。

経済産業省「Web3.0時代におけるクリエイター・エコノミー創出に係る研究会」座長



共著「メタバース未来戦略」
日経BP社、2022

2

Copyright©Mogura Inc. All Rights Reserved

スライド 2

没入型技術とは？

- ・XR
VR (Virtual Reality)
AR (Augmented Reality)
MR (Mixed Reality)

フィジカルな現実とバーチャルの融合

- ・メタバース
3次元のインターネット

3

スライド 3

没入型技術の現状

・VRヘッドセット

- 2016年に市場投入
- 2020年に発売された一体型VRデバイス「Meta Quest 2」の登場、累計2,000万台以上の出荷
- 技術
 - 解像度：片目フルHD～4K水準に到達
 - 機能：6DoF、MR
 - 形状：小型・軽量化
- 用途
 - C向けにゲーム・ソーシャル・メディア視聴・フィットネス
 - B向けにトレーニング、プロトタイプ等
- ヒットコンテンツの登場

4

スライド 4

没入型技術の現状

- **AR/MR**

- 2016年 ARKitとARCoreの登場により、スマートフォンARが一気に普及
- SLAM、VPSなど各種技術がスマートフォンベースで進む

- 用途

- C向けにSNS、ユーティリティ、EC、観光等

- B向けに作業補助

- 専用のウェアラブルデバイスは2系統

- 透過型：Microsoftの挑戦と撤退、空間ディスプレイ市場の出現

- ビデオパススルー：Appleの参入、Metaの市場開拓

- 透過型は視野角など技術課題が多い状況

- 用途

- C向けに空間ディスプレイ

- B向けにトレーニング、作業補助等

5

スライド 5

没入型技術の現状

- **感覚再現**

- 聴覚：空間オーディオ

- 触覚：ハプティクス、力触覚

- **実在感**

- トラッキング

- アイトラッキング

- 表情トラッキング

- 全身トラッキング

6

スライド 6

没入型技術の現状

・メタバース

- 1990年代からサービス
- 2021年よりビジネスサイドでバズ、グローバルではかなり収束
- プラットフォーム
 - ゲーム系
 - SNS系
 - VR系
- プラットフォームごとに状況変化
 - ゲーム系では、RobloxがDAU8,990万人を超えるなど一部プラットフォームはインフラ化、若年層に急激に浸透
 - VR系では、VRChatが規模は小さいものの日本国内にコアユーザー
- クリエイターの出現
 - ワールド、アバター、ファッションなど

7

スライド 7

没入型技術の現状

・ツール

- リアルタイム3Dコンテンツ=体験をより簡易に作れるように
 - ゲームエンジン
 - 各種SDK・API
 - 3Dモデル
 - デジタルツイン：3Dスキャン、Project Plateau

8

スライド 8

没入型技術とAI

- ・ AIに最適なデバイスとしてのXR
- ・ AIにとって最も自然な環境としてのメタバース
- ・ AIが最も寄与する3DCGコンテンツ制作

9

スライド 9

報告 (2) XR・メタバース最前線

ー現実とデジタルが融け合う空間コンピューティング時代へー

一般社団法人 XR コンソーシアム事務局長
久保田 瞬

今回のテーマは生成 AI です。私は基本的に XR やメタバース、VTuber (バーチャル YouTuber) などのバーチャル領域を専門としており、将来はそれらの分野が生成 AI と深く関わる可能性があることから、両者の相性の観点からお話しできればと思っております。

簡単に自己紹介をします (スライド 2)。私は元々公務員でした。公務員になる以前からゲームがとても好きで、オンラインゲームなどをやっていました。公務員生活を数年で辞めた後は、ゲームやその延長である XR、メタバースを専門とした Mogura VR というメディアを運営しています。

XR やメタバースはまだ世の中に普及していない領域です。生成 AI と比べても、世の中における利用の広がりはまだまだこれからかと思いますが、これが世にどのように広がっていくかということは注目すべき点です。そして、私はこれを基本的には良いものだと思っていますので、良い形で広げていきたいと考えています。また、業界としても XR やメタバースが健全に広がっていくことがとても重要だと思っており、一般社団法人の事務局長や各種行政の取組などに協力させていただいております。

さて、今回は、没入型技術について、XR、メタバースを御紹介します (スライド 3)。そもそも、没入型技術とは何なのでしょう。一般的には、XR は、VR (Virtual Reality: 仮想現実)、AR (Augmented Reality: 拡張現実)、MR (Mixed Reality: 複合現実) など、「○○リアリティ」という言葉の総称です。分かりやすいものが VR と AR です。それぞれ御説明します。

VR は、いわゆる現実の世界ではないデジタルな環境下に自分がいて、そこで現実と同じような体験ができるという技術です。ヘッドセット型のゴーグルを着けているイメージがあるかと思います。

AR は VR とある意味対極にあり、デジタルの世界と現実の世界でいけばどちらかという現実の世界寄りの考え方です。我々が住んでいる現実の世界にデジタルなものがあり、それを実際に現実にあるものと同じように感じられるという技術や、その技術によって得られる体験です。例えば、『ポケモン GO』などの現実の世界とデジタルなものが合成されているものなどを AR と呼んでいます。スマートフォン以外でも、グラス (眼鏡) 型デバイスといった視覚を使うものや、聴覚のみを利用するものなど、いろいろな形態が考えられています。

バーチャルが多くを占めれば VR と呼び、バーチャルが現実に対し少し介入するのみであれば AR と呼んでいます。バーチャルが現実に対し介入する程度に応じて、VR や AR と呼んでいるということになります。いずれの場合も、こうした技術により、我々が生きている現実とバーチャルが自分たちの感覚レベルで融合していき、その違いが分からなくなっていくということです。

もう一つのメタバースという言葉は、2021 年頃から特にビジネス領域で非常に話題になっており、様々な定義があります。簡潔に説明すると、三次元のインターネットと考えていただくとうまいかと思えます。現在のインターネットは、全て平面の世界における上下左右のスクロー

ルの世界から構成されているかと思いますが、インターネットの世界に空間性や身体性が付与されたらどのようなになるでしょうか。普段買い物をしているEC（E-Commerce: 電子商取引）のサイトがバーチャル店舗になって、そこを歩いて回る体験が付随されたらどうなるでしょうか。現実の世界で起きていることがインターネットの世界でも実現できるようになっていくということが、メタバースの基本的な考え方です。

そこにはいろいろな定義が付随します。簡潔に言うと、空間性の付与されたインターネットにおいてコミュニケーションが行われている状態がメタバースであると考えられます。アバターという人間の分身が3Dの世界で動いている絵を見たことがあるかと思いますが、そうしたものをメタバースとして今日は御紹介します。

没入型技術については、様々な領域が混ざっていますが、状況はそれぞれ少しずつ異なっています。共通していることとして、まだ普及はしていないというのが正直なところで、現在は黎明（れいめい）期だと思います。それぞれにおいて世間への浸透具合が異なっていますので、ジャンル分けをしながら御説明していきます。

まずVRについてです。ヘッドセット型のデバイスがその象徴的なものであると思います（スライド4）。VRヘッドセットは、2016年頃に市場投入されました。それまでは研究用などの、非常に高額なBtoB⁽¹⁾向けの機材でした。VRヘッドセットが市場投入されたことにより、一般の人が手を伸ばせるものになり、家庭にVRが入るようになりました。そこから4～5年後の2020年に、メタ（Meta）社（旧フェイスブック（Facebook）社）が発売した「Meta Quest 2」が今のところ最も売れたVRデバイスであり、累計2000万台以上出荷されたと言われています。スマートフォンやパソコンに比べると販売数の桁が圧倒的に小さいのですが、新型ゲーム機の販売数と比べると、一部のデバイスよりも速いペースで売れていると言え、普及度がかなり上がってきています。

それでは、何が決定的に変わってきたのかということ、一つは技術が挙げられます。どのくらいきれいに見えるのかという解像度が、2016年段階では非常に初期的で、テレビの解像度のほうが断然良いというレベルでしたが、最近だと片目フルHDで見ることができるようになっています。物によっては片目4K水準にまで到達しているものもあります。最近アップル（Apple）社が発売したデバイスでは片目4Kで見ることができ、これは人間が現実空間を見ているのとはほぼ同等の解像度です。ある意味、現実との違いも分からないくらいに性能が向上しています。

加えて、ヘッドセットをつけて、手を伸ばして目の前にあるものをつかめるか、自分が動いたときにその動きがきちんと反映されるか、前にあるものに近づけるか、前に歩いていけるかということを6DoF（6 Degree of Freedom）⁽²⁾と言いますが、これも当たり前の機能になっています。これができないヘッドセットは現在ほとんどありません。

また、ただバーチャルの世界を見るだけではなく、例えばそのデバイスをつけたまま目の前に見えている部屋に少し何かを足すといった、ARのようなことができたらいということ、VRとARの両方ができるMRデバイスもこの1、2年で急激に一般的な機能になってきています。

(1) 「Business to Business」の略。企業間で行われる取引形態。なお、企業と消費者間の取引は「BtoC（Business to Consumer）」と呼ばれる。Bは企業、Cは一般消費者を指す。

(2) DoFは、仮想現実において、物体が動ける自由度を指す。6DoFでは、頭の動き（上下、傾き、回転）に加え、位置の移動（前後、上下、左右）の6パターンの動作が可能であることを示す。

もう一つは、形状です。前述したアップル社のVRヘッドセットは600gほどあります。一方で、別の技術進化により非常に小型軽量のVRヘッドセットが開発されています。片目フルHD以上で32ppd⁽³⁾ほどで見ることができますが、重さは130gです。首も全く疲れのないような小型軽量化が進んでおり、サイズとしてはiPhoneよりも小さく、一日中問題なく身に着けることができます。当初VRヘッドセットが市場投入されたときにはまだまだ不足していた技術です。「もっとこうなって欲しい」というニーズに対して業界が応えており、より手の伸ばしやすい、より便利なデバイスが出てきています。

金額についても、「Meta Quest 2」は299ドル（約3万7000円）から販売されており、一般の方でも手に入れやすい価格のデバイスであるかなと思います。

用途については、ゲームに加えほかの人とコミュニケーションを取るといったソーシャルな用途や、メディア視聴の際に大画面に映して簡単にホームシアターのように使う、といったことが考えられます。最初はゲームが主な用途でしたが、ゲームで体を動かすことがフィットネス用途にも応用できるとされ、特に北米圏ではフィットネス用途が非常に大きくなっていて、例えばチェーン展開しているジムにはVR向けのプログラムを出しているところがあります。

技術進化を支えているのはC（Consumer: 一般消費者）向けですが、これをB（Business: 企業）向けに使ったらよいのではないかという流れも生じています。つまり、今まで高価だったVRデバイスが100分の1の値段となれば使い方が全く変わります。また、性能向上も盛んです。社員の研修、デザインのプロトタイピングなど、いわゆるB向けにも使われ始めているのです。このように裾野が広がりつつあるのがVRヘッドセットです。

数千万台のVRデバイスが市場にある状態ですので、そこに向けてコンテンツを出せば当然ある程度売れます。最近では単体で160億円ほど売り上げるようなヒットタイトルも出てきています。いわゆるC向け市場としてもにぎわい始めているのがVRです。

次に、ARとMRを合わせて御説明します（スライド5）。ARは前述のようにスマートフォンで使えるものが非常に多くなっています。GoogleマップやInstagram、TikTokにもARは使われていますが、名前にARと付かないものが多く、ARであることにほとんど気付かれていません。例えば、カメラ一つで空間認識を行う機能や、カメラをかざすと地球上のどの地点にいるのかをセンチメートル単位で特定できる機能などもARです。個別の要素技術はスマートフォンを中心に徐々に進んできています。

用途としては、SNSで、特にInstagramやTikTokなどでの利用が顕著かと思います。また、Googleマップやカメラをかざして現実の距離を測るいわゆるメジャー（計測）アプリは、さりげなく今のスマートフォンに初期搭載されているARです。そのほか、ECでは、ARの技術を使って、家具などを部屋に試し置きしたり、化粧品の色味を自分の顔で試したりできるものもあります。

B向けでは、ARは作業をサポートする場面にも使われています。専用のウェアラブルデバイスとして透過型とビデオパススルーの2系統があるものの、いずれも市場としてはVR以上に発展途上の状態かと思います。特に透過型（最終的にはARグラスと言われている領域）は、事業者も挑戦と撤退を繰り返している状態で、少しC向けの芽が出てきたかなという状況です。一方でビデオパススルー型は、VRヘッドセットでARを使うというものです。前述のアップ

(3) Pixels Per Degree の略。視野角1°当たりのピクセル数。

ル社のデバイスがその例として挙げられます。今年、アップル社が市場参入し、メタ社がより安価なデバイスを出していくとしていて、この辺りは少し活況であると思います。

ARグラスは夢を持たれがちですが、視野角が足りない、熱暴走してしまうなど技術課題が非常に多くあり、一般の人が買おうと思えるような品質レベルのデバイスの開発は、まだ待たなければならない状況です。

VR、AR、MR 以外でも、聴覚や触覚などの感覚再現技術が特に視聴覚の分野で進んでおり、それとともに技術進化が著しく進んでいます(スライド6)。さらに、実在感という点について、人間がこれだけデジタルに接することができるようになったのであれば、デジタルの世界をよりリアルに感じるようになった場合に人間のインプットを更に増やしたいという話が出てきます。例えば、眼球の動きと表情筋の動きを読み取って、メタバースでの表現をより豊かにしたいというニーズが出てきます。また、首と手にしかデバイスを着けていないと、メタバース上では首と手は動くものの全身は動きません。腰と足にデバイスをつけることによってメタバース上で全身を動かすという、SFなどでよく描かれている世界観を実現することがリアルなニーズとして出てきます。そこで、それを数万円のヘッドセットで実現しようとする人たちが開発をし、トラッキングデバイスも数万円で販売される段階に進みました。このような「民主化」が非常に進んでいるのが最近の没入型技術、特に技術周りの状況かと思えます。

最後にメタバースのお話をします(スライド7)。

メタバースという考え方自体は、オンラインゲームや「セカンドライフ」⁽⁴⁾など、様々な形で1990年代、若しくは2000年代からあったと思います。ただし、2021年からビジネスサイドで話題が沸騰したものの、現状はかなり収束している状態です。国内だと企業・自治体中心に活用が進んでいますが、逆風も含め、まだまだこれからかなというところでは。

ただし、メタバースに関しては十把一絡げに捉えてしまうと、状況を正確に理解するのが少し難しいところがあります。というのも、メタバースは様々なプラットフォームやサービスがあるため、特にゲーム領域と非常に関わりが深くなっています。単純に、最近メタバースという言葉が聞かなくなったのは流行していないからだというわけではないですし、ハイブ・サイクル⁽⁵⁾が再び上がってくるのを待つ段階にあるかというところ、それは違います。

特に御紹介したいのが、ゲーム系のメタバースと呼ばれているものです。具体例で言うと、北米圏発祥のRoblox⁽⁶⁾やフォートナイト⁽⁷⁾などのサービスは、ユーザーが非常に多い状況が続いています。特にRobloxは、毎日約9000万人が遊んでいるという公式統計が出ており、しかも、2023年からの1年で20%もユーザー数が増えている状況です。一見するとゲームですが、その中で音楽のライブをしたり、ブランドが自分たちのワールドを展開したりと、ゲーム以外の用途でどんどん使われてきています。若年層が基本的なメインユーザーであるために一般には見えにくい部分ですが、非常に若いユーザーの間で一気に広がっています。基本的にはユーザーの半分ほどが13歳未満です。このようなプラットフォームもあるため、メタバースは一概に広がっていないとは言えません。なお、日本ではRobloxが正にユーザーを増やしている

(4) アメリカのリンデン・ラボ(Linden Lab)社が開発したコンピュータシステム。ユーザーは、提供される三次元の仮想的な生活空間(メタバース)において、様々な活動を行うことができる。

(5) 特定の技術の成熟度、採用度、社会への適用度。

(6) アメリカのロブボックス・コーポレーション(Roblox Corporation)社が提供する、ユーザー生成コンテンツ(UGC)を基盤としたオンラインゲームプラットフォーム及びゲーム開発・提供プラットフォーム。

(7) エピックゲームズ(Epic Games)社が2017年にリリースしたオンラインゲーム。

状況です。

ほかにも、主に VR ヘッドセットを使うタイプのメタバースで、VRChat⁽⁸⁾というものがあります。その規模は Roblox やフォートナイトと比べて二桁ほど小さいですが、コアユーザーが多くなっています。毎日何時間も VR ヘッドセットをつけてサービスにアクセスし、いろいろなワールドを皆で楽しんでいる世界が広がっていることは事実です。そのため、単純に「流行（はや）らないよね」と言って終わらせてしまうのは早計で、これが一般に広がったらどうなるかということが示唆に富んでいると考えています。メタバースはビジネスサイドではあまり話を聞かなくなりましたが、いわゆるユーザーレベルでは利用している人たちがいる、ということなのです。

ちなみに、このようなプラットフォームに共通しているのが、いわゆる UGC (User Generated Contents) つまり、一介のユーザーがクリエイターとして物を制作することができるという点があります。企業が作ったサービスを一方的に享受するのではなく、ユーザーが実際に物作りを始めるということです。世界そのものを作るクリエイター、アバターを作って売るクリエイター、そしてアバター向けのファッションアイテムを作って売るクリエイターなど、諸々の形で新しいタイプのクリエイターが、いわゆるビジネス層とみなせないところで着々と増えています。

それを支えているのがゲームエンジンと呼ばれているツールや、各種プログラムが組み込まれたツールです (スライド 8)。それから 3D モデルそのものもあります。メタバースの世界は全て 3D であるため、3D モデルを作らなければなりません。そのため 3D モデルを更に作りやすくするための取組と並行して、クリエイターを支える取組も進んでいます。

後ほど御説明しますが、特にゲームエンジンという 3D の世界を作るツールの中に、AI が一般的に入ってきています。もともとゲーム自体に、AI が NPC (Non Player Character)⁽⁹⁾や環境を自動生成するために入ってきており、それを VR やメタバースでも応用していくことができるという考え方です。ゲームエンジンの中で、例えば木をたくさん集めて森を作りたいときに手作業で作るとなると大変です。しかし、1 本の木をあるエリアに置いて、起伏をある程度つけながらランダム生成してくださいと指示をすると、それらしい森ができます。このようなところに、AI が当たり前のように入ってきています。

ほかにも、現実をスキャンする 3D スキャンや、国土交通省が行っている Project Plateau⁽¹⁰⁾のように、現実の空間データをどのように 3D に持ってくるのかということもポイントであり、こちらも AI 技術を使いながら進んできている部分が多分にあります。

後半のパネルディスカッションにつながる話題として、没入型技術と AI の関連性について、三つのポイントをお話します (スライド 9)。まず一つ目が、インターフェースとして XR は AI と相性が非常に良いという点です。先ほどから頭に装着するデバイスや眼鏡型デバイスの話をしていますが、タイピングをしたりマウスを使ったりするのではなく、音声や自分が見ている世界を認識してもらうという用途でウェアラブルの XR デバイスはこれから広がってい

(8) アメリカのバイアールチャット (VRChat) 社が提供する、バーチャル空間にアバターでログインし、多人数でコミュニケーションができるアプリ。

(9) コンピュータゲームにおいて、プレイヤーが操作できないキャラクター。

(10) 国土交通省が様々な機関等と連携して推進する、日本全国の都市の 3D モデル化プロジェクト。「Plateau」国土交通省ウェブサイト <<https://www.mlit.go.jp/plateau/>>

き、AIとの掛け合わせが増えてくるかと思えます。

二つ目が、メタバースは、AIにとって最も自然な環境であるということです。VRやメタバースの世界は基本的に100%が3DのCGでできており、つまりコンピュータの世界です。コンピュータの世界において、AIというコンピュータは最も自然な環境にあると言えます。つまり、AIにとって、現実世界を把握することは非常に大変ですが、そもそもコンピュータで作られたVRやメタバースの世界であれば、非常に自然ではないかということです。例えば、現実世界でAIをエージェントとして使うよりもメタバースの世界でAIをエージェントとして使う方が圧倒的に学習コストが低く、なおかつミスも起こりにくくなります。そのため、AIをエージェントにしていくというような話も、メタバースの世界においては、研究開発やサービス提供の動きを速める要因となると認識しています。

三つ目は、先ほど御紹介したコンテンツ領域です。この領域は必ず3DのCGを作る必要があるため、それらを組み合わせることによって、更に人間にとって利便性のあるものや楽しいものなど、良いものを制作する必要があります。ただし、これを作ろうとすると、恐らく存在するあらゆるメディアの中で最も高コストになります。3Dモデルを作る所作に関しては、写真を撮るよりもコストがかかるため、その点をAIによって非常に簡略化していくことにより、より多くのものを個人のクリエイターが制作できるようになります。このように、制作に対するAIの寄与度は非常に高いと考えております。

(くぼた しゅん)