

特集《2025 大阪・関西万博（第2弾）》

マルチデバイス型 Mixed Reality システム：活用事例と将来展望



情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 井原 章之

要 約

バーチャルな物体を現実の世界にリアルタイムで融合し操作できるようにするテクノロジーは Mixed Reality (MR) と呼ばれ、空間を活用する新しい形態の ICT として注目を集めている。近年我々は、MR 用のヘッドセットを装着した複数のユーザーと、PC を使って MR の空間にアクセスするユーザーが、現実空間に表示した仮想物体を共有し操作し合える独自の MR システムを開発した。2023 年 10 月に開催された日本弁理士会主催のバーチャル技術体験会（プレ万博）では、本 MR システムの体験会を開催し、最先端のバーチャル技術を来場者に楽しんで頂いた。本稿では、我々が開発した「内製マルチデバイス型 MR システム」の特徴と活用事例を紹介し、ヘッドセットと PC を扱う複数のユーザーが MR の世界を共有することの価値を議論すると共に、その将来を展望する。

目次

- はじめに
- 内製マルチデバイス型 Mixed Reality システム
 - リアルタイム拡張仮想テクノロジー
 - システム構成と機能紹介
 - 活用事例
 - バーチャル技術体験会（プレ万博）への出展
 - NICT 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 での活用
 - NICT オープンハウス 2024 での活用
- 将来展望
- まとめ

1. はじめに

近年、現実世界と仮想世界を融合するテクノロジーを意味する言葉として、XR という単語が使われている。XR は「Cross Reality または Extended Reality の略語」であり、VR (Virtual Reality；仮想現実) や、AR (Augmented Reality；拡張現実) などのテクノロジーが含まれる。VR や AR は一般的にもよく知られている言葉であるが、そこに XR という単語が新たに使われるようになったのには理由がある。それは、VR や AR とは異なる形態の「MR (Mixed Reality；複合現実)」と呼ばれるテクノロジーが新たに加わり、それらをまとめた総称が必要になった事である。MR とは、現実世界と仮想世界を高度に融合し、相互にリアルタイムで影響し合う空間を構築する形態の XR テクノロジーである。図 1 および図 2 に示すように、MR 用のヘッドセットを装着したユーザーは、何もない現実空間に表示した仮想的な 3 次元構造物である仮想物体を視認し、コンピューターとの間のインターフェースとして利用できる。MR は「空間にデジタル情報を合成した SF 映画のような世界」に対するリアルタイムなアクセスを可能にし、人間・コンピューター間のインタラクションの在り方を革新する極めて高いポテンシャルを秘めている。



図1 通常のカメラで撮影した映像

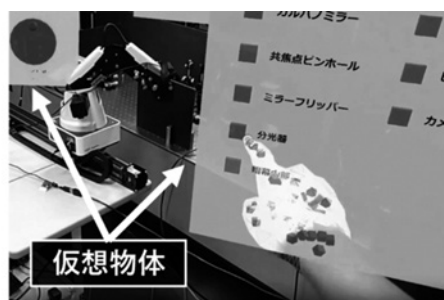


図2 MR用ヘッドセット装着者視点の映像

MR用のヘッドセットには、光学シースルー型とビデオシースルー型の2種類がある。光学シースルー型は、半透明のディスプレイ越しに見える現実世界の視覚情報に対して、デジタルな情報を重ねて表示する方式で、Microsoft社のHoloLens 2⁽¹⁾がよく知られる。ビデオシースルー型は、カメラでリアルタイム撮影した風景映像の上にデジタル情報を重ね合わせて表示する方式である。Meta社が販売するQuestのシリーズ⁽²⁾や、Apple社が販売を開始したApple Vision Pro⁽³⁾はビデオシースルー型である。これらのデバイスはコンピューターを内蔵しており、単体で動作可能なスタンドアロン型のヘッドセットである。この他にも、PCやスマートフォンを有線もしくは無線で接続して動作させるタイプのデバイスがある。最近ではサングラス型の軽量のデバイスも増えてきた。このようにMR用ハードウェアの選択肢が増えるなか、今後、MR用ハードウェアを購入する動機を与えるアプリ（以下、キラーアプリ）の開発等をきっかけとして、MRテクノロジーが爆発的に普及する可能性がある。

我々は近年、光学シースルー型のMRヘッドセットであるHoloLens 2を扱うシステムを、NICT（National Institute of Information and Communications Technology：国立研究開発法人情報通信研究機構、筆者所属機関）内部のスタッフのみで外注せずに（以下、内製）で開発し、そのシステムの体験会を数多くの展示会で開催してきた。MRの世界を初めて体験された方からは、「VRは映像酔いしやすいので苦手だが、MRは酔わないので楽しめた」「仮想物体と現実世界が同時に見えるので、動き回る際に安心感があった」「自分の手を使って直感的に物体を操作できるのが素晴らしい」といった意見が多く見受けられた。目を輝かせながら「SF映画の世界のようで感動した」といったコメントをされる方もいた。MRテクノロジーを初めて体験される方に限らず、我々が独自に開発したシステムに強く興味を持たれる方や、内製システムの開発を進める技術力の高さに感心される方など、多くの方々に大変好評であった。

MRのテクノロジーは現実に存在する3次元の空間を扱うため、仮想空間のみを扱うVRやゲームとは異なり、ソフトウェア開発に特殊なノウハウが必要となる。当然、PC上で動く業務アプリやONLINEで使用するウェブアプリとも異なり、開発ノウハウを持つエンジニアは不足しがちである。産業界の一部の用途に特化した受託開発型のアプリは既に提供されているが、MRテクノロジーの持つ可能性を幅広く引き出すことのできるシステム基盤はまだ世の中に現れていない。現状としては、MRテクノロジーの普及に向けた起爆剤となりうるキラーアプリが何なのかを明らかにするためには、ソフトウェア開発やユースケース開拓の活動が欠かせない。我々は近年この点に着目し、MRテクノロジーを様々な用途に活用するための「マルチデバイス型 Mixed Reality システム」を内製で開発した。マルチデバイスとは「ヘッドセットだけでなく、別のデバイスも使用してMRの世界にアクセスする」という意味である。我々が内製したシステムを用いると、ヘッドセットの装着者がMRの世界にアクセスする従来型の活用シーンに加えて、そこに多数の視聴者が加わったり、MRの世界を遠隔地のユーザーと共有したりすることが容易になる。このような基盤システムのプロトタイプを開発し活用してゆくことは、将来的にMRテクノロジーの活用シーンを拡げてゆく上で非常に重要な活動である。

本稿では、我々が内製で開発したマルチデバイス型 Mixed Reality システムの特徴と活用事例を紹介し、将来展望を述べる。2.1節では、このシステムの構成要素として欠かすことのできない「リアルタイム拡張仮想」のテクノロジーを紹介する。2.2節では、マルチデバイス型MRシステムの構成と機能を紹介する。2.3節では、3つのイベントに出展した際の活用事例を紹介する。3章では将来展望を述べ、4章でまとめる。

2. 内製マルチデバイス型 Mixed Reality システム

我々は近年、マルチデバイス型 Mixed Reality システムを内製で開発した。このシステムは、PC を使って MR の世界にアクセスするための「リアルタイム拡張仮想テクノロジー」を使用する。本章では、この「リアルタイム拡張仮想テクノロジー」について説明した上で、マルチデバイスを使用するシステムの構成と機能のほか、同システムの活用事例を紹介する。

2. 1 リアルタイム拡張仮想テクノロジー

本節では、PC を使って MR の世界にアクセスするために我々が開発した「リアルタイム拡張仮想テクノロジー」を紹介する。拡張仮想とは、Augmented Virtuality のことで、仮想世界に現実の情報を取り入れるタイプの XR 技術である。例えば Google 社が運営している Google ストリートビューのようなサービス⁽⁴⁾で使われており、現実世界の映像を PC 上で閲覧するような形態が拡張仮想である。リアルタイム拡張仮想の場合は、ストリートビューの背景画像がリアルタイム映像になり、その背景画像に重ねて仮想物体が描画されるような世界を扱う。図 3 (左) に、リアルタイム拡張仮想テクノロジーを使用する際の機材構成を示した。左隅に映っている三脚の上に乗ったデバイスが、全天球カメラである。このカメラは 360 度カメラとも呼ばれ、魚眼レンズとイメージセンサーを 2 つ使用しており、全方位の映像を撮影できる。我々の活動では、全天球のリアルタイム映像を取得できるデバイスとして、RICOH 社の RICOH THETA Z1 を使用した⁽⁵⁾。中央のテーブルの上に置いてあるのがノート PC であり、高性能な画像処理装置である Graphics Processing Unit を搭載したものを使用した。全天球カメラは、ノート PC に USB ケーブルで接続した。図 3 (左) の右隅に立っているのが HoloLens 2 を装着したヘッドセット装着者である。右手で何かを掴んでいるように見えるが、この画像は通常のカメラで撮影したものなので、掴んでいる対象（仮想物体）は表示されていない。図 3 (右) が、ノート PC で描画されるリアルタイム拡張仮想の映像である。全天球カメラで撮影されたヘッドセット装着者が背景画像として描画され、さらに仮想物体（正方形の板）が重ねて表示されている。ヘッドセット装着者側で仮想物体を掴んで動かすと、ノート PC 側にもその動きが反映されるような仕組みになっている。この構成であれば、MR の世界をノート PC の画面に出力でき、ヘッドセットの装着者がどのようなアクションで何を動かしているのかを、ヘッドセットを装着していないユーザーが視認できるようになる。なお、MR の映像をヘッドセット装着者の視点で生成しリアルタイムに出力することも技術的には可能だが、画面全体が揺れてしまうため映像酔いが発生しやすい。リアルタイム拡張仮想であれば、固定カメラを視点としているため、映像酔いが発生しにくいアドバンテージがある。リアルタイム拡張仮想の構成や活用方法については別の論文誌でも解説してあるので、興味ある方はそちらを参照して頂きたい⁽⁶⁾。



図3 リアルタイム拡張仮想テクノロジーを使用する際の機材構成

リアルタイム拡張仮想テクノロジーを MR ヘッドセットと組み合わせて利用することで、多くの価値が生まれる。例えば、ヘッドセット装着者が MR の世界にアクセスする様子を、ヘッドセットを装着していないユーザーが視聴者として楽しめるようになる。また、全天球カメラを使用しているため、ヘッドセットを装着していないユーザーが PC を操作して、MR の世界を見回す（視線を変える）ことができる。キーボードやマウスを使ってアバターを操作したり、仮想物体を動かしたりすることもできる。PC で MR 映像を作成しているため、ウェブ会議

システムを使って画面を共有し、遠隔地のユーザーに MR の世界を見せることも容易となる。遠隔地のユーザーが MR の世界にアクセスし、現実世界を見回しながら、仮想物体を操作することも可能である。MR の世界を映像として出力するだけでなく、仮想物体を操作するところまで実現した仕組みは高い価値があると考え、2022 年度に特許出願した⁷⁾。

2. 2 システム構成と機能紹介

ここから、我々が内製で開発したマルチデバイス型 MR システムの構成と機能を紹介する。図 4 に、システム構成の例を示した。①で示したのが MR ヘッドセットの装着者である。MR ヘッドセットは HoloLens 2 であり、内製のアプリケーションを起動した状態にする。HoloLens 2 は wi-fi でルーターに接続しており、他のデバイスとネットワークで接続されている。②は三脚に固定された全天球カメラである。③はヘッドセットを装着した複数のユーザーであり、全てのユーザーは、ほぼ同じ場所に表示される共通の仮想物体を視認している。④は、リアルタイム拡張仮想を扱う内製のアプリケーションを起動したノート PC である。この PC は、ヘッドセットを装着していないユーザーが MR の世界にアクセスする際に使用する。⑤は MR 空間に描画した仮想物体である。仮想物体は、ヘッドセットおよび PC の両方から操作できる仕様になっている。ヘッドセット側で操作する場合には、装着者が自身の手で仮想物体を掴んで動かす。PC 側で操作する場合には、仮想物体をクリックして選択した後、キーボードの矢印キーやゲームコントローラーのボタンを使って動かす。ひとりのユーザーが物体を動かすと、他のユーザーにも動いて見える仕組みになっている。

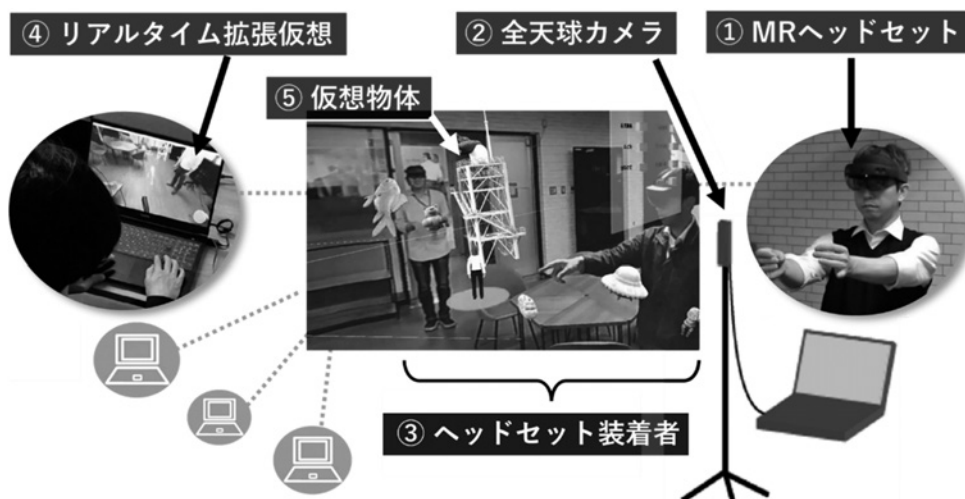


図 4 内製マルチデバイス型 Mixed Reality システム

図 4 に記載した全天球カメラ②で撮影した映像を PC に送信し、リアルタイム拡張仮想の世界を構築する方法には、2つの選択肢がある。ひとつ目は、PC とカメラを USB ケーブルで接続し、PC 側で受け取った映像をそのままアプリで背景として描画する方法である。PC にウェブカメラを接続して使用するような構成になるため、運用は簡単である。しかし、全天球カメラ映像を他の PC と共有できず、PC の台数と同じ数の全天球カメラが必要になってしまうデメリットがある。もうひとつは、カメラの映像を USB ケーブルで受け取った PC から別のサーバーに送信し、そのサーバーからクライアント PC に映像を配信する方法である。こちらの場合は、ひとつの全天球カメラ映像を全てのクライアント PC に配信できるほか、複数の全天球カメラ映像を全ての PC で扱うことが容易になる。有線 LAN が利用できる環境において、インターネット経由で映像を配信する構成であれば、自宅の PC を使って MR の世界に気軽にアクセスできることになる。しかし、専用の画面共有用のサーバーを設置する必要が生じるほか、ネットワークを使用して映像を送受信するため、ネットワークの帯域や PC のスペックによっては、画質が低下することも多い。画像を圧縮するための遅延時間が加わるデメリットもある。

これまでに我々が展示会に出展する際には、上述した2つの方法のうち、ひとつ目の方法を採用することが多かった。USB 接続したカメラから直接 PC で映像を受け取るだけの方が機材の構成をシンプルにできるからであ

る。しかし、リアルタイム拡張仮想テクノロジーを様々な用途に活用してゆく上では、画面共有用のサーバーを用意して、全天球カメラ映像を共有するメリットも大きい。特に、遠隔地の多数のユーザーが ONLINE でイベントに参加するような形態では、カメラ映像を全員に配信の方がスマートである。

新たな機能を開発し、活用を試すような活動を進める際、システムの仕様を柔軟に変更できるようになっている必要がある。システムの構成要素が PC 用のアプリだけであれば、その PC 上で仕様を変更してビルドし直すことが容易であり、開発は簡単である。しかし、システムの構成要素に「スタンドアロン型のヘッドセット」が加わる場合、状況は大きく異なる。なぜなら、仕様を一か所変更する度に、ヘッドセット用のアプリを PC 側でビルドして、そのファイルをヘッドセットに転送してから起動し、ヘッドセット側で動作テストを行う必要が生じるからである。PC 単体であれば動作テスト 1 回のサイクルを 1 分単位で回して、30 分で動作確認が完了するところが、ヘッドセットを扱う場合は動作テスト 1 回に 5 分かかり、1~2 時間作業しても動作テストが終わらない、という状況が多く生じる。

本稿には詳しく記載しないが、我々は MR システムの開発プロセスを効率化するために、独自に設計開発したツールボックスの機能をシステムに付属させ活用することにした。このツールボックスは、ソフトウェアをカスタマイズする用途で使用できるようになっており、MR システムを運用する際に力を発揮する。我々が展示会に出展する際には、毎回同じコンテンツで出展するのではなく、新しい機能を試しながら体験者の感想を聞いて、そこで得られた知見を参考にしながらアップグレードを進めている。想定外のエラーが生じて、その場で修正を加えることもある。開発者としては、新しいコンテンツを開発し展示できるのはワクワクするプロセスであるし、来場者の反応を見ることで得られる新たな知見も多い。展示会出展を通して開発のモチベーションを高めつつ、MR テクノロジーを体験される来場者との交流を楽しみながら、さらに次の出展のアイデアを構築してゆく、といった素晴らしい開発サイクルが回っていることをアピールしておきたい。

2. 3 活用事例

(1) バーチャル技術体験会（プレ万博）への出展

我々は 2023 年度中、10 回を超える異なる展示会に出展し、内製 MR システムの体験会を行った。そのひとつが、2023 年 10 月に開催された「日本弁理士会主催のバーチャル技術体験会（プレ万博）イベント」である。図 5（左）に、我々が出展した MR システム体験コーナーを通路側から撮影した写真を示した。中央に立っている 2 名の体験者がヘッドセットを装着しており、自分の手で仮想物体を動かしている。中央奥に配置されているのが大き目のサイズのディスプレイであり、ここにリアルタイム拡張仮想の映像を描画している。手前左隅に立っている視聴者はヘッドセットを装着していない来場者で、ディスプレイの映像を見ることによって、どんな仮想物体がどのように動いているのかを視認している。画面内の右隅に立っている 2 名は、ヘッドセットを装着している最中の来場者と、装着をサポートするスタッフである。図 5（右）には、リアルタイム拡張仮想の映像例を示した。中央左には建造物の模型が表示されており、右下には半透明のテーブルと、その上に地球のテクスチャーを貼った球体が置いてあり、そしてヒト型のアバターが立っている。仮想物体の多くは空中に浮いた状態で静止しているが、一部の物体は床方向に重力を印加しており、放っておくと徐々に落下する設定にした。半透明のテーブルは、仮想物体が床まで落下してしまうことを防ぐための台である。テーブルの上に転がっているボールは互いに衝突する設定になっている。

本バーチャル技術体験会では、5 台程度のヘッドセットと、2 台の PC を使用した。インターネットは使用せず、ローカルに設置したネットワークで全てのデバイスを接続した。参加者には、ヘッドセットまたは PC のいずれかを選択して頂き、それぞれの操作方法を学んでから、仮想物体の操作を自由に体験頂いた。物体を動かすだけでなく、動画を視聴することや、アニメーション付きのエフェクトを視認することも体験頂いた。動画やエフェクトを選択する際には、仮想物体として表示したボタンを並べた「リモコンパネル」を使用した。ヒト型のアバターをリモコンパネルで操作する機能も活用し、我々が開発したマルチデバイス型 Mixed Reality システムならではのコミュニケーション体験を楽しんで頂いた。

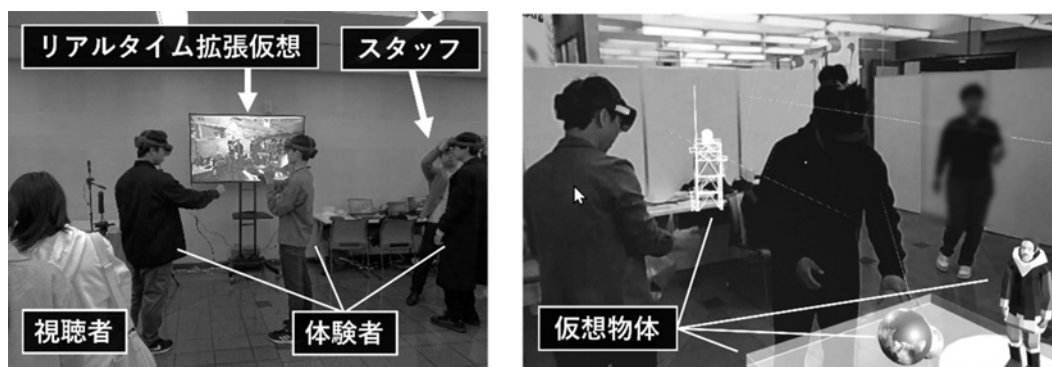


図5 バーチャル技術体験会（プレ万博）での活用

本バーチャル技術体験会イベントでは、参加した来場者の多くは高校生であった。高校で物理を学習している生徒も多く、仮想物体同士が衝突したり、床方向に落下するような物理演算をしていることに興味を示していた。本システムを使うと、3次元の現実空間で物体が運動する様子を眺めることができるので、学習を助ける教材としての活用方法もあると感じた。学生全員がMRヘッドセットを装着することは現実的ではないが、リアルタイム拡張仮想のテクノロジーを使用すれば、教室に設置された大きめのディスプレイに映像を描画して、代表する数名の学生がヘッドセットとPCを使ってMRの世界にアクセスするような構成をとれる。VRをトレーニング用途に利用するようなケースも近年は増えてきているので、同様の用途でMRを使用するような場面も生まれてくると予想される。

なお、2.2節で説明した通り、我々の開発したシステムにはツールボックスの機能が付属しており、ソフトウェアをカスタマイズする用途で使用できる。もし教育目的で本MRシステムを使用する場合には、教材となる模型のデータが表示されるようにカスタマイズすればよい。この際、システムをビルドし直す必要はなく、模型のデータファイルをデバイスに保存した上で、ツールボックスの機能を使うだけで作業が完了する。つまり、我々が内製したMRシステムはそのまま使用し、コンテンツだけを差し替えるような使い方ができるわけである。我々がこれまで出展してきた展示会では、マルチデバイス型MRシステムを知って頂くことを目的として、仮想物体の操作にフォーカスした体験会を開催することが多かった。そのため、ツールボックスの機能について説明する機会は少なく、内製システムのもつ価値を十分にアピールできなかった印象が強い。しかし今後は、MRテクノロジーを知って頂くことに加えて、カスタマイズ機能が付属していることを前面に出した展示に改定すべきと考えている。ワークショップのような形態のイベントで、実際にカスタマイズを体験して頂くのも効果的かもしれない。最近では学生のうちからゲームクリエイターとして活躍される方も多い。筆者自身も高校生時代にプログラミング言語を使ったゲーム開発を始めている。バーチャル技術体験会のようなイベントにおいて、その技術のプログラム開発やシステムカスタマイズの機能に触れることは、一部の学生の方々には貴重な機会になるのかもしれない。なお、本イベントに出展した際の様子はYouTubeで公開されているので、興味ある方はぜひそちらをご参照頂きたい⁽⁸⁾。

(2) NICT 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 での活用

次に、筆者の所属する研究所が開催した「NICT 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024」での活用事例を紹介する。本イベントは2024年7月26日および27日に神戸の拠点で開催され、26日はONLINEのみ、27日はONLINEと現地のハイブリッド開催とした。MRシステムの開発と運用を進めるチームでは、主にYouTubeライブ配信を担当し、開発したシステムのもつ機能を活用した配信を行った。リアルタイムで動くシステムであることをアピールしたいと考え、映像は全てライブで作成したものをそのまま配信し、説明もライブで行った⁽⁹⁾。

なお、MRテクノロジーを扱う様子をYouTubeでライブ配信すること自体が、先進的な試みである。MRヘッドセット装着者視点の映像を配信するケースは散見されるが、リアルタイム拡張仮想のように、固定カメラで撮影して配信するケースは実施例が非常に少ない。そのため、YouTubeで配信を見る視聴者にとっては、MRを扱うライブ映像をリアルタイムで視聴する時点でインパクトがある。視聴者は、画面内に表示されている仮想物体を映

像コンテンツとして楽しむだけでなく、リモコンパネルのような仮想物体をツールとして使用する様子を見て驚いたり、ヘッドセット装着者がどのような世界にアクセスしているのかを想像したりしながら、映像を楽しむことができる。

図6に、ライブ配信で使用した映像の構図の一例を示した。左側が通常のカメラ映像であり、仮想物体を合成していない映像である。右側がリアルタイム拡張仮想の映像であり、現実世界を撮影した背景映像に加えて、仮想物体が合成されている。仮想物体として表示されているのは、生成AIを使用して作成した飛行機やドローンの3D模型と、ボタンが並んだリモコンパネルである。また、ヘッドセット装着者の視点を示すカメラと白線も仮想物体として表示している。画面の右隅にある飛行機の模型は先端部分が見えており、現実世界を撮影する全天球カメラの方向を向いているが、ヘッドセット装着者から見ると、飛行機の側面が見えている。リアルタイム拡張仮想テクノロジーを利用しているため、ヘッドセット装着者とは異なる視点で、MRの世界を眺める映像になっている。



図6 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 ライブ配信の構図①

図7に、別のシーンの構図を示した。この映像はリアルタイム拡張仮想を使用して作成したものであり、2名のヘッドセット装着者が描画されている。ヘッドセット装着者のうち1名は、手前の部屋の中に立っており、その空間に合成される形で、仮想物体が描画されている。仮想物体はバスや船の模型のほか、NICT 未来 ICT 研究所の神戸拠点に実在する研究棟が描画されている。左隅に円形の枠が表示されているが、これは我々が「ワープゾーン」と呼んでいる一種の仮想物体である。部屋の中央奥には、実在する大型ディスプレイが壁面に設置されており、そこにも別のリアルタイム拡張仮想の映像を描画している。ディスプレイの中央に立っている人物もヘッドセット装着者であり、自身の手で仮想物体を動かしている。ヘッドセット装着者とリアルタイム拡張仮想のシステムは全てネットワークで接続しているため、そこに描画された仮想物体は、大型のディスプレイの内側と外側とで共有している構成になっている。



図7 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 ライブ配信の構図②

ディスプレイに描画された映像の右隅にもワープゾーンを表す丸い枠が表示されている。この2つのワープゾーンは、ディスプレイの内側と外側を繋ぐために用意した目印になっている。つまり、仮想物体をこの枠を通して移動させると、ディスプレイに描画されていた仮想物体がディスプレイの外に飛び出てくるような映像になる。ちょうど、漫画の中に描かれたテレビから、画面の外にキャラクターが飛び出てくるような映像になるわけである。映像は YouTube を使って配信しているため、視聴者はその映像を2次元で見ていることになる。しかし、映像の中に表示されているリアルなディスプレイから仮想物体が飛び出てくるシーンには、仮想物体が3次元構造物であることを伝える効果があったようで、視聴者から大変好評であった。

図7に登場するヘッドセットの装着者は2名であるが、リアルタイム拡張仮想の映像を作成するために2台のPCを使っている。さらに本番のライブ配信では、ヘッドセット装着者1名とアバターを遠隔操作するスタッフも2名参加しており、合計7台のデバイスを併用した形で配信を行った。マルチデバイス型のMRシステムを駆使したコンテンツを準備するのは手間がかかったが、当日の配信は大変好評であった。一般公開とは異なる別の展示会で出会った来場者から、「ライブ配信を見て、ヘッドセット装着者がどのような映像を見ているのか興味を持った」というコメントを頂いたこともあった。繰り返しになるが、リアルタイム拡張仮想を使うことにより、MRテクノロジーを扱う様子を「視聴者に映像酔いを発生させずに」ライブ配信できるようになる。MRのテクノロジーがどのようなものであるか、どのような活用の仕方があるのか、ライブ配信という形で発信することに挑戦したのは大変大きな意義があったと考えている。

図8には、実験機材を遠隔操作する際に使用したライブ配信の構図を示した。壁面の大型ディスプレイに表示されているのが遠隔地の実験室に置いてある実験装置である。手前の部屋には仮想物体が配置されており、リアルタイム拡張仮想テクノロジーを使って、ヘッドセット装着者と仮想物体の両方を描画している。右隅のヘッドセット装着者の正面には、空中に浮いたバーチャルなダイヤル（仮想ダイヤル）が表示されている。この際に使用したMRシステムでは、ヘッドセット装着者が仮想ダイヤルを回した時に、回した角度の分だけ実験機材のダイヤルが回るようにプログラムした。その結果、実験装置とは離れた場所でバーチャルなダイヤルを回すだけで、遠隔地の実験機材が動く様子をライブで見せることができた。実験機材は無人の実験室に置いてあるが、このような機能を利用すれば、アナログ感のある操作を遠隔地から実施できるようになる。我々が内製したMRシステムを使うと、このようなりモート操作の機能を実現できることをアピールする映像になった。



図8 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 ライブ配信の構図③

なお、NICT 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 では、本節で説明した YouTube ライブ配信に加えて、ONLINE 来場者がアバターとなって展示を見て回る形式のバーチャル会場を公開した。このバーチャル会場は2021年に我々が開発した一般公開イベント用のプラットフォームであり、その後に話題となったメタバースのような機能を持っている。本稿ではバーチャル会場の詳しい紹介は割愛するが、別の論文で解説してあるのでそちら

を参考にして頂きたい⁽¹⁰⁾。

(3) NICT オープンハウス 2024 での活用

続いて、筆者の所属機関である NICT が開催した「NICT オープンハウス 2024」での活用事例を紹介する。このイベントは 2024 年 6 月 28 日および 29 日に小金井の拠点において開催され、両日ともに現地来場者を迎えてのリアル開催であった。XR の活動を進める我々のチームでは、「マルチデバイスで共有する Mixed Reality の世界」と題して、内製 MR システムの体験会を開催した。MR ヘッドセットの体験は大変人気があり、20 名以上の体験希望者が列を作るような時間帯もあった。

我々はこのイベントにおいて、ネットワークを介してアバターをリモート操作する機能を活用した。具体的には、MR ヘッドセットの装着者が仮想物体を動かす体験を楽しんでいる最中に、そのすぐ近くにアバターを立たせ、そのアバターを離れた場所から遠隔操作する機能を活用した。図 9 に、その様子を示した。中央で腰を曲げている宇宙服を着た人形が、遠隔操作されているアバターである。ヘッドセットを装着した体験者は、遠隔操作されたアバターがジャンプしたり手を振ったりしている様子を自身の視点で眺め、手を振り返したりアバターを捕まえたりして楽しんでいた。また、リアルタイム拡張仮想の映像を見ながら、PC を使ってアバターを操作する体験も楽しんでいた。



図 9 NICT オープンハウス 2024 での活用

メインの体験ブースに立たせたアバターを遠隔操作したのは、そのブースから 50 メートル程度離れた場所に設置したサテライトブースにいる NICT のスタッフである。このサテライトブースも来場者と交流できる配置であったため、ヘッドセットの体験を終えた来場者と会話することもあった。サテライトブースの近くを通る際にアバターを遠隔操作している様子に気づき、「ヘッドセットを通して見えていたアバターは、あなたが操作していたのですね！」という会話をするケースもあった。また一方で、サテライトブースでの説明を聞いてシステムに興味を持ち、メインのブースで体験を希望される方もいた。メインとサテライトの 2 か所で接続した展示を行うことは初挑戦であったが、2 か所の展示で相乗効果が得られる発見があり、来場者だけでなく出展スタッフからも大変好評であった。内製マルチデバイス型の MR システムのもつ機能を存分に生かした、大変手ごたえのある出展となった。

3. 将来展望

我々はこれまでの展示会出展において、2022 年に我々が特許出願した従来のリアルタイム拡張仮想テクノロジー⁽⁷⁾を使用し、体験会を開催してきた。この従来の手法では、現実世界を描画した背景画像に対して不透明な仮想物体が合成される仕様であり、視聴者が明瞭な MR 空間を視認することができた。しかし、この手法には「リアルな物体が仮想物体よりもカメラに近い状況において、全体を表示すべきリアルな物体が隠れ、本来は隠すべき仮想物体が表示されてしまう」という問題があった。この問題を回避するために我々は近年、新しいリアルタイム拡張仮想の手法を開発し、2024 年に特許を出願した⁽¹¹⁾。この新手法では、リアルとバーチャルを共に半透明で重

ねて映像出力し、リアルな物体が仮想物体よりもカメラに近い状況でも、リアルな物体の全体が隠れずに表示されるようにした。この手法を用いると、従来手法のもつ問題を回避でき、背の高い壁面を持つ仮想物体を表示し、その手前（カメラ側）にヘッドセット装着者が立っている状況でも、その人物を隠さずに描画できるようになる。

図 10 を使って、我々が開発した新手法を使用して作成される映像の例を説明する。この画像は、2名のヘッドセット装着者が並んで、仮想物体として表示したバーチャルな展示ブースを眺めている状況である。展示ブースには壁とテーブルが置いてあり、壁にはポスターや動画パネルが配置してある。右下に表示されているモニターは、ひとつが仮想物体で、もうひとつは実在するものである。従来のリアルタイム拡張仮想の場合、このような大きなサイズの仮想物体を表示すると、背景に描画された人物は隠れてしまい、展示ブースだけしか視認できなくなってしまう。しかし、半透明で重ねる新しいリアルタイム拡張仮想の技術であれば、仮想物体よりもカメラ側に立つヘッドセット装着者が正しい位置に描画され、リアルとバーチャルの融合した世界が視認できるようになる。我々は今後の展示会出展において、新しく開発した手法を使用し、背の高い壁面を持つような仮想物体を活用したコンテンツの体験会を開催する方針である。

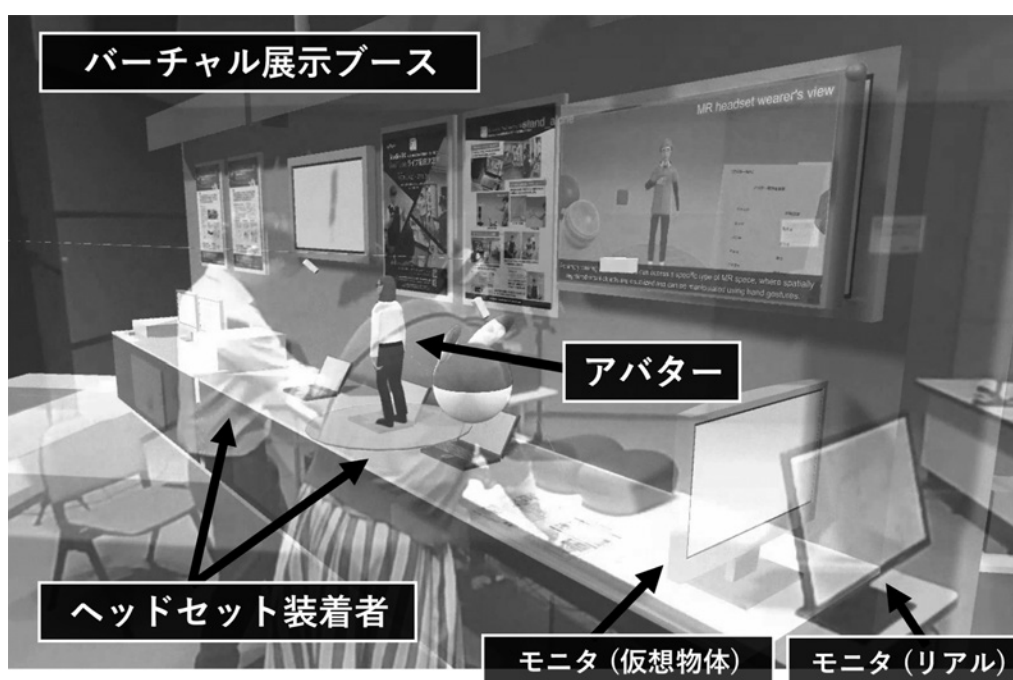


図 10 リアルとバーチャルを半透明で重ねた映像

なお、図 10 の画像内にはアバターが立っており、ヘッドセット装着者と同じ世界を共有している。ヘッドセット装着者が展示スタッフで、アバターが訪問者であれば、スタッフがバーチャルな展示の中を歩きながら、ONLINE 来場者を案内するような構成になる。また一方で、ヘッドセット装着者が訪問者で、アバターが展示スタッフであれば、リアル会場への来場者を ONLINE スタッフがアバターで案内するような構成になる。展示ブースを回る際に、ヘッドセット装着者・PC 操作者ともに、バーチャルな物体を動かすことが可能である。また、ヘッドセット装着者は、展示ブースの近くに設置した全天球カメラに向けて、リアルな物体を手を持って PC 操作者に見せることもできる。なお、ヘッドセット装着者も PC 操作者も一人ずつである必要はなく、それぞれ複数名が同時に参加することも可能である。

このように、マルチデバイス型 Mixed Reality システムをさらに発展させれば、現地スタッフ、ONLINE スタッフ、リアル来場者、ONLINE 来訪者が、リアルとバーチャルが融合した MR 空間を共有し、イベントを楽しむような世界が実現する。ウェブカメラの映像やスライドを共有しながら話すような既存の ONLINE 会議システムとは異なり、自分のアバターを現地に立たせ、遠隔地から操作しながらコミュニケーションをとることができるようになる。遠隔地で PC を操作しているだけでも関わらず、現地に行って交流してきたかのような体験が得られるのである。我々は、独自のツールボックスを活用した MR システムの開発を革新的なスピードで進めている。2025

年に大阪・関西万博が開催される時期には、このような世界を来場者が体験できるシステムが完成しているかもしれない。

4. まとめ

本稿では、我々が開発した内製マルチデバイス型 Mixed Reality システムの特徴と活用事例を紹介し、ヘッドセットだけでなく PC も使用して MR の世界を共有することの価値を説明し、その将来を展望した。活用事例としては、リアル会場に集まった来場者がヘッドセットを装着して体験するイベントのほか、ONLINE ライブ配信のような形態で視聴者に MR の世界を紹介するイベントと、アバターとして参加するスタッフとのコミュニケーションを来場者が楽しむイベントを紹介した。また、我々が開発したリアルタイム拡張仮想のテクノロジーやマルチデバイス型 Mixed Reality システムをさらに発展させれば、リアルとバーチャルが融合した MR 空間を現地参加者と ONLINE 参加者が共有するような、ハイブリッド型のイベント開催が可能になることを説明した。

先進的な MR のシステムを内製で開発し、その体験会を展示会で数多く開催してきた我々の実感としては、日本国内には「MR のテクノロジーを受け入れ育んでゆくための肥沃な土壌」がある。バーチャルな世界と現実世界が融合する SF 映画のような世界を心から楽しんで、そのテクノロジーが活用される未来をワクワクしながら想像できる方は多い。海外からも大きく注目されるゲームやアニメ等の国産 IP コンテンツと組み合わせれば、日本の技術力やクリエイターの力を「テクノロジーとエンターテインメントを融合した形態」で発信でき、国際社会に対して大きなインパクトを与える可能性もある。新たに芽生えた技術を着実に育てる環境さえ整えれば、MR のテクノロジーが生活の中で日常的に活用されるような社会を「世界に先駆けて」切り拓くことができると確信している。我々が進めている活動が、そのような夢のある社会を作り上げる一助となるようであれば幸いである。

(参考文献)

- (1) Microsoft 社 HoloLens 2 <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens/> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (2) Meta 社 Meta Quest <https://www.meta.com/jp/quest/> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (3) Apple 社 Apple Vision Pro. <https://www.apple.com/jp/apple-vision-pro/> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (4) Google 社 ストリートビュー. <https://www.google.co.jp/maps> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (5) RICOH 社 RICOH THETA Z1. <https://thetaz1.com/ja/> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (6) 井原章之、XR が拓く RX (リサーチトランスフォーメーション)、情報処理学会誌「情報処理」デジタルプラクティスコーナー、Vol64, No8 (2023)。
- (7) 井原章之、仮想物体操作装置およびそのプログラム、ならびに、仮想物体表示システム、特開 2024-92551、特願 2022-208575、出願日：2022/12/26。
- (8) 日本弁理士会バーチャル技術体験会 (プレ万博) 出展時の様子。2023 年 10 月。YouTube 動画。
<https://youtu.be/z7OTPfwZsKY?t=49s> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (9) NICT 未来 ICT 研究所 施設一般公開 2024 YouTube ライブ配信まとめ。2024 年 7 月。YouTube 動画。
<https://www.youtube.com/watch?v=fvqvW-L2sY> (アクセス日：2024 年 10 月 15 日)
- (10) 井原章之、研究現場における XR (クロスリアリティ) 活用事例の紹介、電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン B-plus、No65, pp18~23 (2023)。
- (11) 井原章之、元村慎太郎、仮想物体表示装置およびそのプログラム、ならびに、仮想物体表示システム、特願 2024-102923、出願日：2024/6/24。

(原稿受領 2024.10.23)