

## 5-2 複合現実・リアルタイム拡張仮想システムの万博出展

### 5-2 *Exhibition of Mixed-Reality and Real-Time Augmented-Virtuality Systems to Expo 2025 Osaka, Kansai, Japan*

井原 章之

IHARA Toshiyuki

現実の世界に仮想のオブジェクトをリアルタイムで融合し操作できるようにする技術は複合現実 (Mixed Reality: MR) と呼ばれ、空間を活用する形態の新しい ICT として注目を集めている。近年我々は、複合現実用のヘッドセットを装着した複数のユーザーが、現実世界の映像と仮想オブジェクトを PC アプリ上で融合する「リアルタイム拡張仮想」を扱うユーザーと共に仮想オブジェクトを共有し操作し合える独自のシステムを開発した。本稿では、我々が開発した「複合現実とリアルタイム拡張仮想を融合したシステム」の特徴を解説した上で、2025 年 10 月に大阪・関西万博において開催された「ビジネス／技術アイデアコンテスト」に出展した際の様子を報告する。

The technology that enables manipulation of virtual objects in the real world in real time is known as Mixed Reality (MR), and it is gaining attention as a new form of ICT that utilizes spatial environments. In recent years, we have developed a unique system that allows multiple users wearing MR headsets to share and interact with virtual objects together with users handling “real-time augmented virtuality”, which is a PC application that merges real-world video and virtual objects. In this paper, we explain the features of our developed system that integrates Mixed Reality and Real-Time Augmented Virtuality, and report on our exhibition at the Business/Technology Idea Contest held during the Expo 2025 Osaka, Kansai, Japan in October 2025.

#### 1 まえがき

近年、一般に広く知られている仮想現実 (Virtual Reality: VR) や拡張現実 (Augmented Reality: AR) に加えて、複合現実 (Mixed Reality: MR) のテクノロジーが注目を集めている。複合現実とは、リアルな世界とバーチャルな世界を高度に融合し、リアルタイムで相互に影響し合う空間を構築するテクノロジーである。複合現実とは「現実空間にデジタルな情報を合成する SF 映画のような世界」を、ヘッドセット装着者がリアルタイムに自分自身の視点で扱えるようにする技術であり、人間とコンピューターとの間の関係性を変える高い可能性を秘めている。しかし、複合現実を扱うアプリケーションやシステムを構築する際に、現実世界とバーチャルな世界の両方を同時にデジタル処理するような高度な技術を要するため、様々な場面で役立つソフトウェアが不足している。そのため、複合現実がどのような場面でその有用性を発揮していけるか、明確な答えは得られていないのが現状である。

我々は近年、複合現実用のソフトウェアが不足して

いる問題の解決に資することを目的として、バーチャル空間や複合現実を扱うためのシステムを開発し、研究活動やアウトリーチ活動など様々な場面に応用する活動を推進している。2022 年には、複合現実用のヘッドセットを装着した複数のユーザーが、現実世界の映像と仮想オブジェクトを PC アプリ上で融合する「リアルタイム拡張仮想」を扱うユーザーと共に仮想オブジェクトを共有し操作し合える独自のシステムを開発した。本稿では、我々が開発した「複合現実とリアルタイム拡張仮想を融合したシステム」の特徴を解説した上で、2025 年 10 月に大阪・関西万博において開催された「ビジネス／技術アイデアコンテスト」に出展した際の様子を報告する。

#### 2 複合現実とリアルタイム拡張仮想との融合

##### 2.1 複合現実テクノロジー

通常、複合現実の世界にアクセスするためには、ヘッドセットデバイスを頭部に装着する必要がある。ヘッドセットには大きく分けて 2 種類がある。ひとつ



図1 ヘッドセット装着者が自身の手で仮想オブジェクトを動かす様子

は光学シースルー型で、半透明のディスプレイ越しに見える現実世界に対して、デジタルな情報を重ねて表示する方式である。もうひとつはビデオシースルー型で、ヘッドセットに搭載された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。光学シースルー型の代表としては Microsoft 社の HoloLens2 があり、ビデオシースルー型としては Meta 社の Quest シリーズや Apple 社の Vision Pro が挙げられる。ヘッドセットには、ユーザーが立っている位置や向きをトラッキングする機能を持たせてあるケースが多く、その場合は、ユーザーは空間に固定された仮想オブジェクトを眺めながら歩きまわることが可能となる。また、ハンドトラッキングの機能がついているデバイスも多く、その場合、ユーザーは自分自身の手を使って仮想オブジェクトを掴んで動かすことができる(図1)。

複合現実とはリアルな3次元空間を扱うテクノロジーであり、バーチャル空間のみを扱うVRやゲームとは異なる。ソフトウェア開発には特殊なノウハウが必要となるため、エンジニアの数は少なく、複合現実用のアプリも種類が少ないのが現状である。この問題を解決するためには、新しい機能をもつソフトウェアを研究開発していく活動や、そのソフトウェアを活用してユースケースを開拓していく活動が必要不可欠である。また、複合現実テクノロジーを普及する際の障害として、アプリが不足している問題とともに、ヘッドセットを装着しなければならないというハードウェアの問題もある。我々は近年これらの問題点を解決することを狙って、「マルチデバイス型の複合現実システム」を内製で開発した[1]。マルチデバイスとは「ヘッドセットだけでなく、PCやタブレット等のデバイスも使用して複合現実の世界にアクセスする」という意味であ



図2 通常のカメラ映像(左)とリアルタイム拡張仮想の映像(右)

る。我々が開発したシステムを用いると、ヘッドセットの装着者が複合現実の世界にアクセスする従来型の活用シーンに加えて、そこに多くの視聴者が加わったり、遠隔地のユーザーと複合現実の世界を共有したりすることができる。このような基盤システムのプロトタイプを開発し使用していくことは、将来的に複合現実テクノロジーの活用シーンを拡げていく上で非常に重要な活動である。

## 2.2 リアルタイム拡張仮想テクノロジー

我々が開発したマルチデバイス型のシステムでは、PCを使用するユーザーは「リアルタイム拡張仮想テクノロジー」を使用して複合現実の世界にアクセスする仕様になっている。拡張仮想とは、Augmented Reality のことで、バーチャルな空間に現実世界の情報を取り入れるタイプの技術である。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で使われており、現実世界の映像を仮想空間の中で描画し、それらを融合させた世界をユーザーが眺め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オブジェクトが描画されるような世界を扱う。カメラとしては、360度全方位の映像をリアルタイムに撮影可能な「全天球カメラ」を使用する。

図2に、通常のカメラ映像(左)と、リアルタイム拡張仮想を使用して作成される映像(右)の例を示した。通常のカメラ映像の場合はリアルな世界のみが撮影されるのに対して、リアルタイム拡張仮想の場合は、リアルな世界が背景として撮影され、そこに仮想オブジェクトが合成される。この映像の場合、仮想オブジェクトである人形はカメラとヘッドセット装着者の間にあるため、ヘッドセット装着者から見ると、人形の背中が見えている。ヘッドセット装着者が仮想オブジェクトを動かすと、リアルタイム拡張仮想側でも映像が動くため、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、固定カメラの視点で描画できるようになる。

### 2.3 複合現実とリアルタイム拡張仮想を融合することの価値

リアルタイム拡張仮想テクノロジーを複合現实用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、ヘッドセットの装着者が複合現実の世界にアクセスする様子を、ヘッドセット未装着のユーザーが視認できるようになる。また、全天球カメラを使用しているため、ヘッドセット未装着のユーザーがPCを操作して、複合現実の世界を「視線を変えながら」眺めることができる。マウスやキーボードを使ってアバターを動かしたり、仮想オブジェクトを操作したりすることもできる。PCを使って複合現実の映像を作成しているため、日常的に使用されているONLINEウェブ会議システムを使って画面を共有し、複合現実の世界を遠隔地のユーザーに見せることも容易となる。さらに、複合現実の世界に遠隔地のユーザーがアクセスし、現実世界を見回しながら、仮想オブジェクトを動かすことも可能である。なお、ヘッドセット装着者の視点で複合現実の映像を生成しリアルタイムに出力する手法が従来技術として知られているが、画面全体がヘッドセットの動きとともに揺れてしまうため、映像酔いが発生しやすい。これに比べると、固定カメラを視点とするリアルタイム拡張仮想は映像酔いが発生しにくいいため、従来技術よりも大きなアドバンテージを持っている。

複合現実とリアルタイム拡張仮想の融合システムを開発する際、必ず生じる問題がひとつある。それは、リアルな世界に置いたカメラの空間座標をどのようにシステムに伝えるか、という問題である。この問題への対策として我々が初めに検討したのは、リアルな世界に配置したマーカーをヘッドセットで読み込んで位置を伝える方式や、ヘッドセットで空間認識させた情報をサーバーに送信し演算して位置を決定する方式である。しかしこれらの方式には、準備に手間がかかることや、ネットワーク負荷がかかること、等の問題があった。これに対して我々は、複合現実テクノロジーがもつ「自分の手で仮想オブジェクトを動かせる」という機能を活用する手法を思いついた。つまり、PCに全天球カメラの位置を伝えるための仮想オブジェクトをあらかじめ用意しておき、その仮想オブジェクトを自分の手で動かして、リアルな世界に配置したカメラの位置に重ねるのである。この方式であれば、非常にシンプルなプロセスでカメラ位置をPCに伝えることができ、リアルタイム拡張仮想の映像を容易に生成できる。複合現実の世界を映像として出力するだけでな

く、カメラ位置の伝達プロセスを簡略化した手法には極めて高い価値があると我々は考え、その部分を明細書に含めた形で2022年度に特許出願した[2]。なお、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、興味を持たれた方はそちらを参照していただきたい[1][3]。

### 2.4 NICT 未来 ICT 研究所において研究開発を行う目的

ここまでで、我々が開発を進めてきた「複合現実・リアルタイム拡張仮想の融合システム」の概要を解説した。本節では、著者が所属している「NICT 未来 ICT 研究所」においてシステム開発を行っている背景と目的を説明する。未来 ICT 研究所は、NICT の中で主に自然科学を対象とするサイエンスを扱う研究者が多く所属する組織であり、2025 年の時点では、バーチャル技術の開発を研究対象に含んでいない。著者自身も、2020 年頃までは量子マテリアルの計測・分析 [4] を研究対象としており、そのような背景で未来 ICT 研究所に所属している。このような組織の中でバーチャル技術を扱うことには、どのような意味があるだろうか。

NICT 未来 ICT 研究所において我々がバーチャル技術を扱う目的は、大きく分けて2つある。そのひとつは「研究者の活動や研究所スタッフの業務を効率化させるためのツールとして、バーチャル技術を活用する方法を探る」という目的である。著者の認識では、この目的を掲げて活動をスタートしたのは2021年である。この頃はコロナが流行しており、研究所では、例年はリアル開催していた未来 ICT 研究所一般公開のイベントをどのように開催するか議論されていた。その際、研究所を模したバーチャル空間を作成しONLINEで公開する形で開催する方法が一部の研究者から提案され、その試作をし始めたことによって活動がスタートした。バーチャル空間の試作を始めたのは2021年4月だが、一般公開が開催される7月にはシステムを完成させ、ONLINEで公開することに成功した。研究所の建物を並べたバーチャル空間にコンテンツを展示する機能を持っており、そのシステムを活用してYouTubeライブ配信も行った。メタバースという単語が流行する以前にこのようなプラットフォームを完成させ運用した成果は高く評価された。2022年には、リアルタイムの映像を撮影できるタイプの全天球カメラを使用し、現実世界と仮想オブジェクトが融合した世界を扱うようになった。さらに、研究所内に設置されている計測装置をリモート操作する目的でバーチャル技術を活用する技術も完成させ、ONLINE開催の研究会等の場面で計測装置を紹介したり、研究所の活動をプレゼンテーションしたりする際のツールとし



て活用するようになった[3][5]。

NICT 未来 ICT 研究所においてバーチャル技術を扱うもうひとつの目的は、「独自に開発したシステムが研究以外の用途にも役立つかを実践的に調べ、従来技術では実現困難なユースケースを開拓していくこと」である。詳細な解説は割愛するが、我々が開発したシステムには、PC 用のリアルタイム拡張仮想テクノロジーを扱う機能のほかにも、従来技術とは異なる、画期的な特徴を持たせてある。例としては、ユーザーがシステムを手軽にカスタマイズする目的で利用できるインタープリターの機能を同梱していることや、デバイス間通信とプロセス間通信を駆使した独自のシステム設計になっていること、などが挙げられる。なお、こちら2つめの目的を考慮するようになったのは、本稿で解説した「複合現実を使ってリアルタイム拡張仮想システムを構築する手法」を2022年末に特許出願した頃であり、この頃から、独自に開発してきたツールをうまく活用することで、先進的なテクノロジーを生み出し続けられると考えるようになった。また一方で、2024年10月にMicrosoft社がHoloLens2の販売を中止し、2027年まででサポートを終了することを決めた頃にも、こちらの目的を強く意識するようになった。なぜなら、HoloLens2の開発・販売を通して複合現実テクノロジーの普及に力を入れていたMicrosoft社が撤退するということは、それだけ「複合現実テクノロジーの普及への壁が厚い」ことを意味していると考えたからである。つまり、複合現実とは素晴らしい技術ではあるものの、コストさえかければ短期間で上げられるものではなく、時間をかけてコツコツと育てていく必要があるわけである。そこで著者らは、我々のような「基礎研究」を得意とする研究者が新しい要素技術を研究開発し、従来技術では実現困難なユースケースを開拓していくことが必要、と考えるに至った。この目的の下で現在我々は、具体的な活動として、システムの研究開発を進めることや、開発した技術を展示会に出展すること、体験会・ワークショップを開催し、ユーザーの抱える課題を解決できるか実践的に調べることなどに力を入れている。なお、現時点において本活動の主体は「著者を含む未来 ICT 研究所の有志スタッフ」であり、開発しているソフトウェアの名称をとって「Studio-RX チーム」と呼ぶことにしている。

上述した2つの目的は方向性が異なるものであるが、活用するテクノロジーは同じであるため、同時に進めることによって相乗効果が期待できる。実際、展示会出展や体験会を開催することによって、未来 ICT 研究所の組織や研究者の活動を効果的にアピールできると同時に、来場者から様々な活用方法が提案され、議論が活発化することが多く生じる。Studio-RX チームは

年間10件を超える回数のイベントに参加しており、来場者と交流する中で、「展示会や会議などの場面において、短時間で3D空間情報を共有するためのツール」としてシステムを活用すれば、高い価値を生み出すことが可能であることも分かってきた。将来的には、離れた拠点のユーザーがお互いのリアル空間を共有しコミュニケーションを行う目的で、日常的に使用されている ONLINE ウェブ会議システムのように利用されるかもしれない。このような社会の実現に向けて、著者らは最近、バーチャル技術を研究対象としている学会や関連する研究会にも積極的に参加するようになり、この分野の専門家が集まるコミュニティの中での知名度が向上してきた[6]–[8]。2021年からバーチャル技術を活用し始めた Studio-RX チームはこの分野では新参者であるが、著者自身は、2000年頃にサイエンスの研究活動をスタートするよりも以前からソフトウェア開発をライフワークとして続けており、その中で培った多くのノウハウを駆使して今回のシステムを設計し開発してきた。そして最近では著者の中で、「上述したような独自システムのもつ特徴を活かして今後も研究活動を進めることにより、リアル・バーチャル融合の分野において、先頭を走り続けられる」という考えが、確信に変わってきている。

### 3 大阪・関西万博への出展

#### 3.1 出展に至った経緯

我々は2022年度に「複合現実とリアルタイム拡張仮想の融合システム」を開発した後、そのシステムを展示会等のイベントで積極的に展示してきた。2023年には、バーチャル技術を扱う出展者が集まる様々な展示会に出展したほか、大阪南港 ATC で開催された「プレ万博」イベント(ATC OSAKA MIRAI EXPO)にも出展した。その中で、「日本弁理士会」という組織のスタッフの方からお声がけを頂き、日本弁理士会バーチャル技術体験会(プレ万博イベント)に出展することとなった。このイベントは2023年11月に大阪市内で開催され、近隣の高校生に、我々の開発した複合現実とリアルタイム拡張仮想の融合システムを体験いただいた。さらにその後、日本弁理士会が発行する論文誌「パテント」への原稿執筆依頼があり、2025年に論文が出版された[1]。そして今回、2025年の大阪・関西万博において、日本弁理士会が主催するイベント「ビジネス／技術アイデアコンテスト」への出展依頼を頂き、10月5～7日の3日間、我々の開発した技術を出展することとなった。

今回我々が出展することとなった「ビジネス／技術アイデアコンテスト」は、参加者に万博会場で『未来を

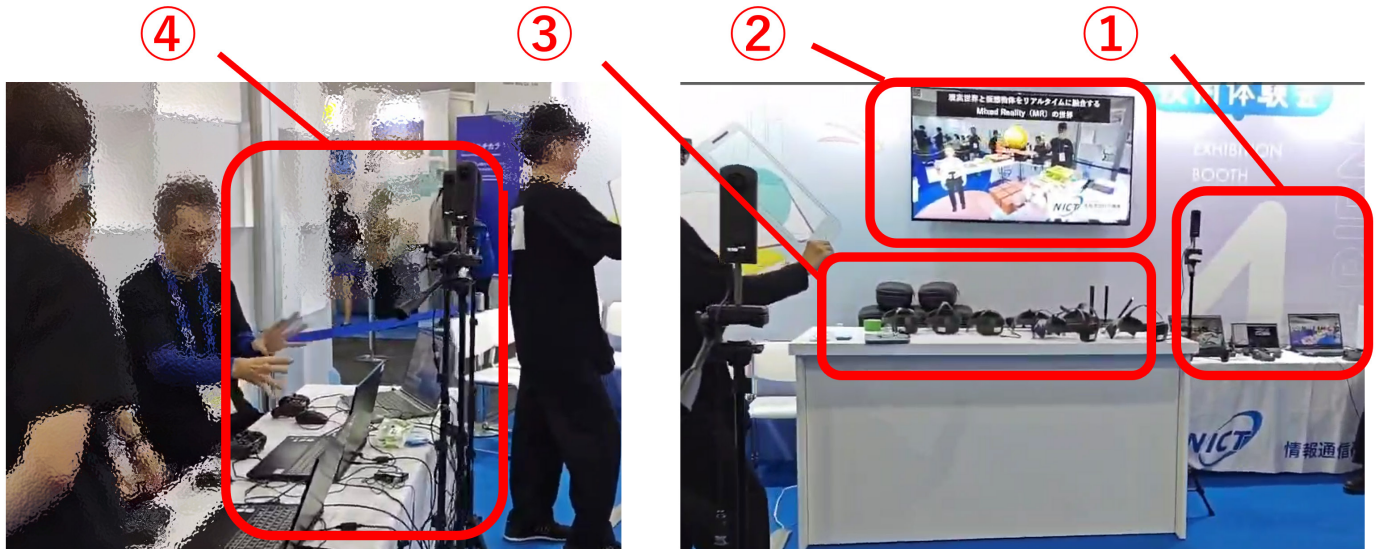


図3 機材の配置 ①出展スタッフ用ノートPC ②説明用の大型モニター ③ヘッドセット ④体験者用ノートPC

つくる新技術』を体験してもらい、その体験を基に考えた新しい『ビジネス／技術アイデア』を応募いただく方式であった。中学生、高校生、高専生、専門学校生、大学生で構成される3～5人グループでの応募が可能であり、応募いただいた『ビジネス／技術アイデア』の中から、各賞を決定し表彰することになっていた。また、コンテストにエントリーした「予約枠」の参加グループのほかにも、予約なしで技術を体験していただく「一般枠」も設置し、1日あたり12時間の展示を行うことになっていた。予約枠の展示と一般枠の展示の両方を用意して、休憩時間も入れつつ展示システムを12時間運用した経験はこれまでになかったため、事前にシナリオを綿密にチェックし、体験コンテンツも万博専用に用意した。また、今回の万博出展を機に Studio-RX チームのオリジナル T シャツを作成し、出展時にはスタッフ全員がこの T シャツを着用することにした。

### 3.2 出展時に使用した機材構成・コンテンツ

予約枠で参加するグループの体験時間は1グループあたり15分となっていたため、その時間内で、複合現実とリアルタイム拡張仮想の両方を体験していただくことにした。具体的には、3～5人のグループを2つのチームに分けて、片方のチームがヘッドセット装着を体験している間、もう片方のグループがPC操作を体験する構成にした。図3に、出展当日の機材一覧を示した。ノートPCと全天球カメラは両方とも5台ずつを使用した。ノートPC2台は出展スタッフが管理するものとした(図3①)。全天球カメラ2台を体験ブース内に配置し、ヘッドセット装着者3名がどのようなアクションで何をやっているかを正面モニターに出力

した(図3②)。ヘッドセットは10台用意し、来場者3名とスタッフ1～2名が同時に使用した(図3③)。ヘッドセットを装着していないスタッフ3名もブース内に立ち、正面の大型モニターを見ながら、来場者3名のサポートを行った。来場者全員が自由に仮想オブジェクトの操作を体験できるようにしたいと考え、仮想テーブルを3つ用意した。仮想テーブルには30個の仮想オブジェクトを置いた。ノートPCと全天球カメラは、それぞれ3台ずつを別の机に設置し、来場者が使用するものとした(図3④)。PC上でアバターを操作して、複合現実の空間を移動したり、ヘッドセット装着者とインタラクションしたりする体験をしていただいた。

### 3.3 来場者(予約枠)の様子

予約枠の15分間の体験会がスタートしたら、まずは90秒程度の説明を聞きながら、我々が開発したシステムの特徴への理解を深めていただいた(図4左)。説明の途中で、仮想オブジェクトを動かす様子を正面の大型モニターに描画しており、その映像を見て驚く人も多かった(図4右)。説明を聞き終えたら体験会をスタートし、ヘッドセット装着の時間を4分間、PC操作の時間を4分間として、両方の体験を楽しんでいた(図5)。どちらの体験も、操作方法をマスターするまでの時間は1～2分程度であり、残りの時間は自由に楽しんでいた。ヘッドセット装着者同士で仮想オブジェクトを渡し合うようなインタラクションを楽しむグループもあった(図6左)。また、ヘッドセット装着者とPC操作者両方を含むグループ全員が同じ空間にアクセスしているからこそ生じるインタラクションを楽しんでいるケースもあった(図6右)。PC操作者が





図4 万博会場において、技術体験会への参加者に展示内容を説明する様子

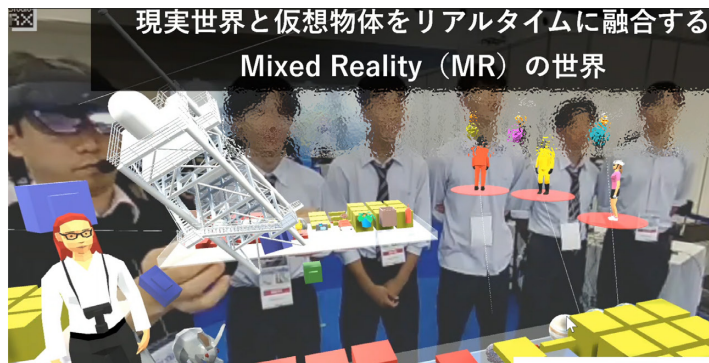


図5 ヘッドセット体験者とPCを使ったアバター操作体験者の様子

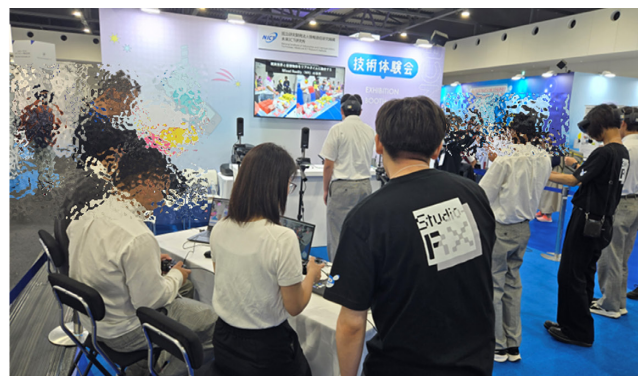


図6 共有した仮想物体を動かかし合う様子

動かすアバターからの音声を聞いて、指示通りに仮想オブジェクトを動かすユーザーもいた(図7左)。PC操作者が動かすアバターを捕まえた後、振り回したり大きさを変えたりして困らせているユーザーもいた(図7右)。ヘッドセットの体験とPC操作の体験を終えた後、最後に1分程度、遠隔参加が可能であることを説明した。空間を共有する形態のオンライン会議が可能であることについて、<sup>うなず</sup>頷きながら納得している学生は多かった。

### 3.4 来場者(一般枠)の様子

予約枠の体験会を開催していない時間帯は、ヘッド

セットの充電を行ったほか、一般枠として、予約なしの来場者に体験スペースを開放することもあった。一般枠の時間帯には多くの体験希望者が訪れ、20名程度の待機列ができる時間帯もあった。順番待ちの最中には正面の大型モニターの映像をお楽しみいただいたが、万博会場での貴重な時間を長く消費させてしまうのは申し訳ないと考え、できる限りヘッドセットの稼働率を上げて、待ち時間を減らす努力をした。図8左に示すように、体験スペースに多くのユーザーが入る時間帯も生じたが、そのような状況でもシステムをトラブルなく動作させることができた。一方、体験希望者が多く現れない時間帯もあり、その場合は来場者に長時



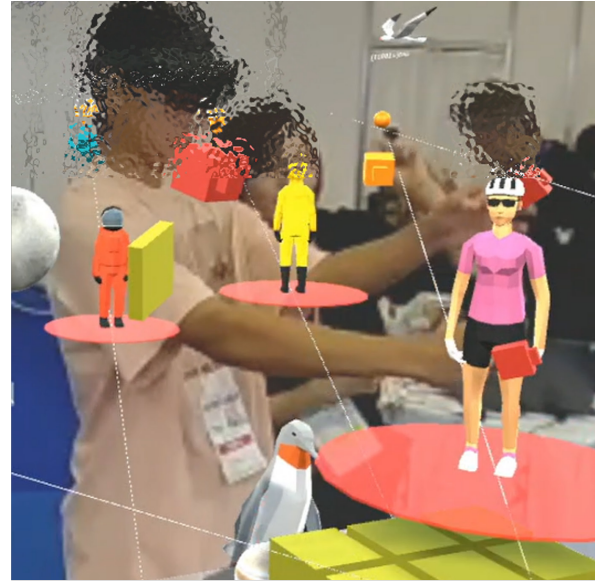


図7 PCから操作されるアバターとヘッドセット装着者がインタラクションする様子

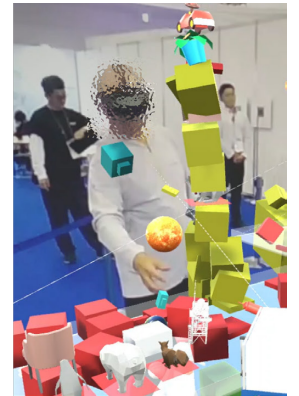


図8 万博会場において、予約なしの来場者が体験をする様子

間の体験を楽しんでいた。図8右に示すように、仮想オブジェクトを自由に並べて、オブジェのような建造物の製作を楽しんでいる方もいた。状況に合わせて柔軟にシステムを稼働させ、効果的な展示を実現できたと考えている。

予約枠の体験会と同様に、単純に複合現実テクノロジーを体験するだけではなく、ヘッドセット装着者同士で仮想オブジェクトを共有していることや、PCを使って同じ世界にアクセスできることに強く興味を持つ来場者は多かった。PCで操作しているアバターからヘッドセット装着者に指示を出せることや、ヘッドセット装着者がアバターを捕まえられることに驚く方も多かった。来場者の中には「これまで数えきれないくらい万博会場に出入りしているが、ここの展示が万博の中で一番驚いたかもしれない」と言って下さる方もいた。「この技術は将来大きく花開くテクノロジーだと確信するので、ぜひ研究開発を継続してほしい」というコメントを頂くこともあった。出展を通して多く

の方々から応援メッセージを頂き、今後も更にStudio-RXチームの活動を発展させたい、という想いを強くした。

#### 4 おわりに

本稿では、我々が開発した「複合現実とリアルタイム拡張仮想を融合したシステム」の特徴を解説した上で、2025年10月に大阪・関西万博において開催された「ビジネス／技術アイデアコンテスト」に出展した際の様子について報告した。出展当日には、コンテストへの参加者が技術を体験する予約枠や、予約のない来場者が体験する一般枠において、我々のシステムを体験していただいたことを説明した。大変多くの万博への来場者に対して、我々が開発したシステムを体験いただき、非常に高い評価を頂いたことを説明した。出展を通して多くの方々からいただいた応援メッセージを胸に、Studio-RXチームの活動を今後も更に発展さ

せていきたいと考えている。

2.4 に記述したように、未来 ICT 研究所においてリアル・バーチャル融合技術の研究開発を行う目的は2つあり、一つ目が「研究者の活動や研究所スタッフの業務を効率化させるためのツールとして、バーチャル技術を活用する方法を探ること」であり、2つ目が「独自に開発したシステムが研究以外の用途にも役立つかを実践的に調べ、従来技術では実現困難なユースケースを開拓していくこと」である。今後もこれら2つの目的を掲げて活動を継続し、相乗効果を発揮させながら次の展開を狙っていく方針である。展示会出展や体験会の開催だけでなく、バーチャル技術を研究対象としている学会や研究会への参加も強化し、専門家が集まるコミュニティの中での知名度を更に向上させていきたい。その中で、NICT において開発されているネットワーク技術や AI を活用した 3D モデル生成技術のほか、音声翻訳などの技術と組み合わせることにも挑戦したいと考えている。

繰り返しになるが、我々の考えでは、複合現実とは素晴らしい技術ではあるものの、コストさえかければ短期間で扱われるものではなく、時間をかけて育てていく必要があるものである。我々のような、基礎研究を得意とする研究者が新しい要素技術を研究開発し、従来技術では実現困難なユースケースを開拓していくことが、しばらくは必要である。おそらく、マルチユーザー参加型の複合現実テクノロジーが普及するまでには、まだ5～10年、場合によってはそれ以上の年月がかかるのかもしれない。著者は、25年を超える期間ライフワークとして注力し続けてきたソフトウェア開発のノウハウを駆使して、PC用のリアルタイム拡張仮想テクノロジーを扱う機能や、ユーザーがシステムをカスタマイズする目的で利用できるインタープリターの機能、デバイス間通信とプロセス間通信を活用した独自の設計でシステムを動かす機能など、画期的な特徴を本システムに持たせた。今後も研究開発活動を継続することによって、「リアルとバーチャルを融合する最先端の技術を研究開発しているグループといえば、NICT の Studio-RX チーム」というブランディングが確固たるものになるかもしれない。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 23H01006 及び JSPS 科研費 25K15223 の助成を受けたものである。万博出展に協力していただいた元村慎太郎氏、秋定容子氏、入江克哉氏、ほか NICT 未来 ICT 研究所スタッフの方々に、心より感謝申し上げる。

## 【参考文献】

- 1 井原 章之, “マルチデバイス型 Mixed Reality システム: 活用事例と将来展望,” パテント特集(2025 大阪・関西万博(第2弾)), vol.78, no.2, pp.51-61, 2025.
- 2 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.
- 3 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, vol.64, no.8, 2023.
- 4 T. Ihara, S. Miki, T. Yamada, T. Kaji, A. Otomo, I. Hosako, and H. Terai, “Superior properties in room-temperature colloidal-dot quantum emitters revealed by ultralow-dark-count detections of temporally-purified single photons,” Scientific Reports 9 :15941, 2019.
- 5 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, no.65, pp.18-23, 2023.
- 6 田代 穂香, 山中 雄生, 井原 章之, 元村 慎太郎, 瀬戸崎 典夫, “Web 会議システムと連動する AR コンテンツを用いた遠隔コミュニケーションの利点と課題,” 日本教育工学会論文誌, vol.48 (Suppl.), pp.173-176, 2024.
- 7 Y. Hayamizu, T. Ihara, and H. Asaeda, “Metaverse meets ICN: Low-Latency, Synchronous Communications for XR/AR Applications,” IEEE MetaCom 2025, poster presentation, 2025.
- 8 元村 慎太郎, 井原 章之, “WebRTC 活用型リアルタイム拡張仮想と複合現実の融合システム開発,” 日本バーチャルリアリティ学会大会, 3E1-02, 2025.



**井原 章之** (いはら としゆき)

未来 ICT 研究所  
脳情報通信融合研究センター  
脳機能解析研究室  
主任研究員  
博士(理学)  
ヒューマンインタフェース、インタラクション、  
半導体光物性  
【受賞歴】  
2017 年 日本物理学会 若手奨励賞(光物性分野)