

XR技術とその各種応用



技術解説

浦西友樹*

XR Technologies and Their Applications

Key Words : XR, virtual reality, augmented reality, interface, sport training

1 はじめに：XR とは何か

バーチャルリアリティ (Virtual Reality; VR) や拡張現実感 (Augmented Reality; AR) など、バーチャルな情報を現実に加付、あるいは現実を置き換えてユーザに提示する技術を XR (eXtended Reality あるいは Cross Reality) と総称することが近年では多い。^{*1}

図1にMilgramらにより提唱され、XRに関わる研究者らが長年にわたって規範としているReality-Virtuality (R-V) Continuum [1]を示す。特にMR (Mixed Reality) という言葉は近年、様々な意味合いで用いられる場面を目にすることが多く、読む文章によって定義が異なるということがしばしばある。本項においては、最も論理的整合性があり、かつ最も学術界で同意が得られている用法として、前述のR-V Continuumに則った「完全にリアルな環境でなく、かといって完全なバーチャルリアリティでもない」環境全般をMRと呼称する。

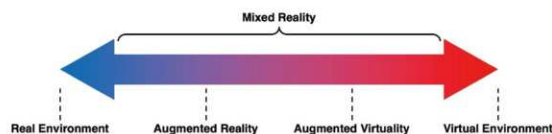


図1 Milgram's Reality-Virtuality Continuum



* Yuki URANISHI

1981年4月生まれ
奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報処理学専攻 博士後期課程修了 (2008年)
現在、大阪大学 D3センター 教授 博士 (工学)
専門／コンピュータビジョン、バーチャルリアリティ、拡張現実感、ヒューマンコンピュータインタラクション
TEL : 06-6850-6820
E-mail : yuki.uranishi.cmc@osaka-u.ac.jp

本稿においては、我々の研究室でこれまで提案してきたXRの基盤技術および応用技術をいくつか紹介することで、XRがどれだけ有望な技術であり、人類の生活を変えうるか伝えたいと考えている。

2 バーチャルリアリティは「仮想現実」?

「バーチャルリアリティ」は、時に「仮想現実」と翻訳されることがあるが、これはVRが本来目指している役割と照らし合わせて考えると正しいとは言えない。日本バーチャルリアリティ学会の初代会長である舘は下記のように提唱している [2]。

バーチャルリアリティのバーチャルが仮想とか虚構あるいは擬似と訳されているようであるが、これらは明らかに誤りである。バーチャル (virtual) とは、The American Heritage Dictionaryによれば、「Existing in essence or effect though not in actual fact or form」と定義されている。つまり、「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」であり、これはそのままバーチャルリアリティの定義を与える。(後略)

Virtual Realityという言葉を日本語に翻訳することは難しい。上述の通り、virtualに対応する日本語の単語が存在しないからである。敢えてVirtual Realityを日本語に翻訳することを考えると、「人工現実」という単語は思想を誤りなく伝えているとは言えるが、一方で完全に翻訳できているとは言えない。本稿においては、Virtual Realityの日本語表記としてはVRを用いることにする。

日本語の単語として存在しないとは言え、日本では古来よりVRの概念および技術は一般にも深く浸透している。読者諸氏の中で貨幣を使用したことのない者はいないであろう (将来的には存在する可能

性がないとは言えないので、「今はまだ」いないと申し上げた方が適切かもしれない）。例えば紙幣は単なる印刷物であるが、人類社会により一定の価値を定義された印刷物であり、実質的に「金 (gold)」として機能する。電子マネーは「バーチャルなお金」であると称されるし、仮想通貨と呼ばれる通貨も存在しているが、そもそも「お金」という存在が VR なのである。他にも、古代より用いられる VR の例として大仏がある。大仏について敢えてドライに表現すると、「人間の手により建造された大型建造物」である。しかし、多くの人々が大仏を訪れ、祈りを捧げる。訪れる人々は単に建造物に祈っているのではなく、「仏」に祈っている。すなわち、実質的な「仏」として大仏は機能している。

このように、人類は VR を非常に古くから使いこなしている。ゆえに筆者が次節以降で紹介する技術は、情報技術を用い VR の概念を実現したものを対象としており、「狭義 VR」のための技術と申し上げることもできよう。

3 VRのための移動インタフェース: TransPortal

VR 技術は高い没入感を実現でき、その性質から身体性の高さが求められる場面で用いられることが多い。すなわち、「バーチャル空間を自由に移動し、バーチャルな物体と自然にインタラクションしたい」という要求は、VR 技術を用いる上で極めて重要なものとなる。この要求に応えるには、従来のコンピュータで用いるキーボードやマウスなどのインタフェースをそのまま用いることは効率的ではない。そのため、ユーザに提示する VR 環境に適したインタフェースを構築することが求められる。

VR 環境においては、ユーザのバーチャル空間内での移動方法が重要となる。バーチャル空間は一般に、ユーザが実際に存在するプレイエリアより広大であることが多い。このような場合、ユーザはヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display; HMD) を装着し、手に持ったコントローラのジョイスティックなどを用いてバーチャル空間を移動するステアリングや、ユーザがコントローラで移動したい地点を指示し、そこに瞬間移動するテレポートが一般的な操作方法であり、とくに VR を用いたゲームなどではこれらの方法が用いられる。しかしなが

ら、ステアリングは VR 酔い、テレポートは方向感覚の喪失や没入感の低減を引き起こしやすく、これらを解決するための手法についての研究が盛んに行われている。

そこで我々は、主に VR ゲームなどでの利用を想定し、VR 酔いの低減と移動効率の向上、さらに没入感の向上を目指した手法として、「ポータル」と呼ばれる、2 地点を視覚的あるいは空間的に接続するバーチャルオブジェクトを持ち歩く手法である「TransPortal」[3] (図 2) を提案した。30 名を対象として提案手法と従来手法との比較実験を行った結果、障害物が多い複雑なシーンでのユーザビリティや VR 酔いの抑制という観点において、提案手法は従来手法と比べて有意に優れている評価を得た。また、現実感やエンターテインメント性においても従来手法と遜色なく、提案手法が VR ゲームで活用可能であることが示された。

4 XR コンテンツ: テレビの向こう側へ

本節で紹介するのは、XR の応用コンテンツとして、研究室学生が主体となって制作した「テレビの向こう側へ」という作品である (図 3)。この作品では、「干渉できるテレビ」という新たな体験を提供することを目指し、HMD によって視覚・聴覚情報を提示し、テレビ型デバイスによって画面を越える感覚や映像に合わせた触覚提示を行う。体験者は、これらの装置を使って枯れた花を育てるコンテンツを通して、没入感の高い MR/VR 空間を体験することとなる。

本作品はコンセプトとコンテンツの両面において高い完成度を示し、国内最大級の学生参加型 VR コンテストである Interverse Virtual Reality Challenge (IVRC2023) SEED STAGE において GREE 賞、同 LEAP STAGE において VR 学会賞、石戸奈々子賞、Unity プラチナ賞、また、同じくオープンな XR コンテストとして国内最大級の XR Kaigi において U-25 ヤングスター部門優秀賞を受賞し、さらにフランス・ラバルで開催される国際 VR コンテストの Laval Virtual に採択され展示するなど、国内外で極めて高い評価を得ている。

また、本作品は単なる VR 作品にとどまらず、VR コンテンツをユーザに提示したいとき、前述の R-V Continuum において、コンテンツがリアルか

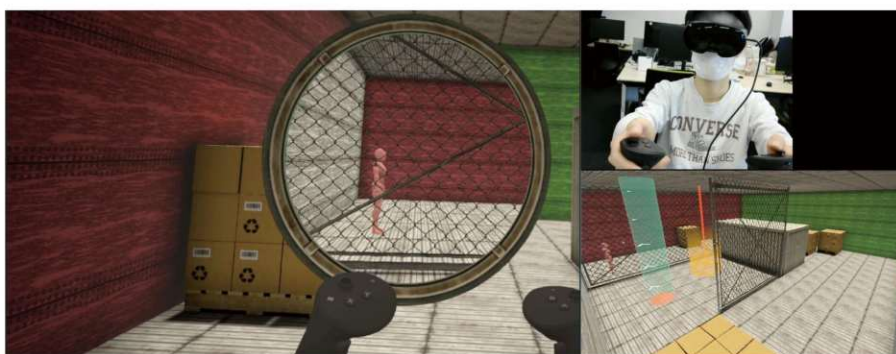


図2 TransPortal



図3 テレビの向こう側へ

らバーチャルに向かって徐々にContinuum上を移動するようにリアルとバーチャルの割合を変化させると、いきなりVRコンテンツを提示する時と比較してユーザの没入感が向上するか？という学術的な問いかけを含んでいる。そこで今後は被験者実験を経て、没入感に関する調査を行う予定である。

5 MRを用いたロボットナビゲーション: MRNaB

また、我々は上述のようなXRのためのインタフェース技術を開発する一方で、XRを用いたインタフェース技術についても検討を進めている。図4はMRを用いた移動ロボットのナビゲーション手法であるMRNaB (Mixed Reality-Based Robot Navigation Using Optical-See-Through MR-Beacons) である[4]。ロボットのナビゲーションを直感的に行うためのインタフェースはこれまでに数多く提案されてきた。しかしながら、旧来の平面的な映像提示装置では、多くの情報を同時に可視化する際にユーザビリティの低下を招く問題がある。そこで我々は光学シースルー方式のHMDを用い、MR技術を用いて三次元情報を取り扱うことで、ユ

ーザが複数の情報を同時に認識できるようにするため、本手法を提案した。

提案するMRNaBでは、“Air tap”という操作を用いて、実世界にバーチャルなロボット(MRビーコン)を配置することでロボットを操作する。環境に持続的に設置されるMRビーコンを用いることで、複数目的地の可視化を可能にするとともに、繰り返しナビゲーション入力が必要としない。本システムは「追加」、「移動」、「削除」、「選択」の4つの主要機能から構成される。提案手法の効果を検証するために、MRNaBと従来の2Dナビゲーションシステムを比較する実験を行った結果、ユーザのパフォーマンスが客観的および主観的に大幅に改善され、MRNaBがナビゲーション効率とユーザ体験を向上させることが確認された。

6 スポーツトレーニングへの応用: スポーツクライミング

人は他者との情報のやり取りを行う際、言語とともに身体動作を用いることが多い。一方で、ヒトが他者に身体動作そのものを伝達したいという場面もまた数多く存在している。例えば、演劇や音楽、工芸に代表される無形文化財においては、その身体動作そのものが価値を有し、伝承されるべきものとして国などにより保護される。また、絵画や彫刻など、成果物が文化財として取り扱われるモノにおいても、その製作過程は極めて身体的であり、本質的には製作に伴う身体動作を伝承している。さらに、スポーツも身体動作自体が目的化している代表的な例として挙げられよう。我々の研究プロジェクトにおいては、身体動作の伝達にXR技術を用いることに特に着目して研究を進めてきた。特にスポーツトレーニ

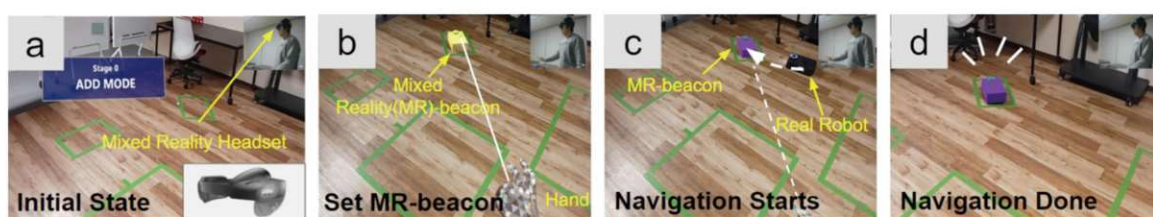


図4 MRNaB (a) 初期状態 (b) MR ビーコン (c) 動作開始 (d) 動作終了

図5 登攀動作における力の込め方のリアルタイム指示
(a) 振動による指示 (b) 投影による指示 (c) 両者の併用

ングにXRを適用した例として、スポーツクライミング初心者に向けた不可視情報の計測および可視化に基づく実時間指示手法を紹介する。

スポーツクライミングにおいては、登攀前にルートを観察し、適切な登り方を考える必要がある。それでもなお、登攀の際にイメージした通りの姿勢をとるのは難しい。その原因の一つとして、ホールドの配置を目視するだけでは、次の姿勢に移るためにどの程度の力を込めれば良いかが分かりづらいという点がある。特に初心者は必要以上に腕に力を込めて登攀する傾向が見られる。必要以上に力を込めて登ることで、一度の登攀で身体にかかる負荷が大きくなり、疲労がすぐに溜まるという問題が生じる。

そこで我々は登攀による疲労度の軽減を目的として、登攀者の両前腕の筋活動を筋電センサによって計測し、必要以上に力を込めている場合にリアルタイムでフィードバックを行う手法を提案した [5]。提案手法を図5に示す。指示手法として、装着した筋電センサの振動による指示、プロジェクションマッピングによる指示、および両者の併用の3種類を提案し、被験者実験によってこれらの有用性を検証した。被験者実験の結果、振動による指示と投影による指示の併用、および振動による指示の2つの手法が一定の効果を示すことが明らかになった。一方で、メンタルワークロードの評価では、各手法間に

有意差は見られず、提案手法によって疲労度が軽減される効果は示されなかった。また、適度な難易度のルートを登攀する場合において、フィードバックが有効に働き、力の込め方の要領をつかむことができたという効果を確認した。

7 おわりに

本稿では、XRについて簡単に解説するとともに、我々がこれまでに開発してきたXRの基盤技術および応用技術について紹介してきた。特筆すべき点としては、本稿で紹介した研究においてはいずれも高価なデバイスを使用しておらず、コンシューマ向けの一般的なデバイスをそのまま使用、あるいは安価なデバイスを改造して実現したものばかりであるということが挙げられる。XRの研究はしばしば「未来の技術」とか「サイエンス・フィクションのような」という枕詞とともに紹介されることが多い。サイエンス・フィクションと言え、1999年の映画「マトリックス」において、バーチャル世界である「マトリックス」の説明として

The matrix is everywhere. It is all around us.
Even now, in this very room.

という台詞が語られる [6]。貨幣の例を挙げてもなく、VRやARなどのXR技術は至る所に存在している。今、この部屋の中にも。

参考文献

- [1] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi and F. Kishino, "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-virtuality Continuum", *Proc. SPIE 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 1995.
- [2] 日本バーチャルリアリティ学会,
<https://vrsj.org/about/virtualreality/>

- [3] 弘部大知, “TransPortal: VR ゲームにおける可搬式ポータルを用いた移動手法”, 大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻修士学位論文, 2024.
- [4] MRNaB: Mixed Reality-based Robot Navigation Interface using Optical-see-through MR-beacons, <https://mertcooking.github.io/mrnab/>
- [5] T. Kowada, Y. Uranishi, C. Liu, G. Yamamoto and P. Ratsamee, “Real-time Alert of Excessive Force Based on Forearm Muscle Activity for Wall Climbing”, *Proc. the 22nd IEEE Int’l Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) Adjunct*, 2023.
- [6] J. Silver (Producer), The Wachowskis (Directors), “The Matrix”, Warner Bros., 1999.



ジョウビタキ