

実環境とバーチャル環境を融合させた 遠隔協働システムの開発

長崎大学大学院 総合生産科学研究科
情報データ科学分野 山中 雄生

目次

- 
- ◆ Society5.0に向けた人材育成におけるVR/AR活用
 - ◆ AR教材の利点と制約
 - ◆ Web会議と連動させた遠隔型ARコンテンツ
 - ◆ テレイグジスタンス
 - ◆ 研究目的
 - ◆ コンテンツ概要
 - ◆ 開発方法
 - ◆ 実践・調査概要
 - ◆ 実際の活動の様子

- 
- ◆ アンケート概要
 - ◆ 参加者内比較による体験の差異の有無
 - ◆ VR環境での活動,操作感
 - ◆ AR環境での活動,操作感
 - ◆ アバタ,VR環境内でのコミュニケーション
 - ◆ アバタ,AR環境内でのコミュニケーション
 - ◆ まとめ

AR教材の利点と制約



参考：<https://www.vibhuti.biz/wp-content/uploads/2020/03/ar-in-pokemon-go.jpg>

AR教材

実物型模型への仮想オブジェクトの重畳表示

→ 学習者間の知識共有の有用性

(瀬戸崎ら 2017)

防災教育，実在する建物や道路に災害状況を重畳表示

→ 避難訓練のリアリティを高め，訓練の危険意識の向上

(板宮ら 2018)



画像作成：Google Gemini

制約

学習者がリアルタイムに想定された場所に存在する必要がある

Web会議と連動させた遠隔型ARコンテンツ

実環境情報を共有しながら仮想オブジェクトを相手の2Dディスプレイにも重畳表示させる

(井原 2023)



利点

仮想オブジェクトの操作によって他者との協働を実現し得る

課題

仮想オブジェクトの位置把握や操作性

(田代ら 2024)

HMD利用

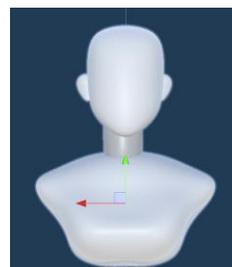
立体情報を扱う際のパフォーマンスが2Dディスプレイ時より向上 (阿部ら 2021)



アバタを介した身体的な提示

遠隔地間のコミュニケーションにおいて他者の実在感を向上させる重要な要素

(藤村ら 2009)



テレイングジスタンス

「人間が、自分自身が現存する場所とは異なった場所に存在し、その場所で自在に行動する」という概念、1980年舘らによって提唱

多岐にわたる研究

VRを用いた視覚テレイングジスタンス装置の構築 (舘ら 1982)

遠隔移動ロボに乗り込んだ感覚で制御できるテレイングジスタンス
ビーグルが開発 (舘ら 1985)

→ 熟練技術者の遠隔指導や災害現場でのアバタ活動への貢献
が期待 (舘 2018)

VR/AR技術活用 → 手術トレーニング効果の改善

通院を伴わない臨場感のある診察への利用

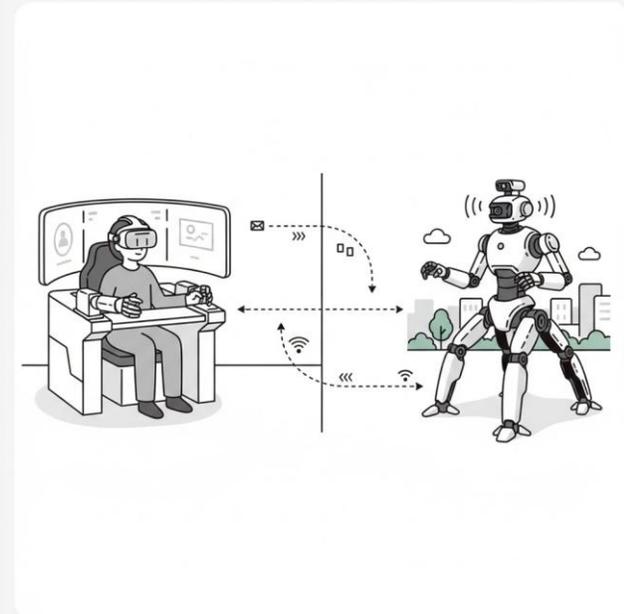
画像作成 : Google Gemini

(杉本 2019)

ARを用いる主たる活動場所をVR技術によってバーチャル環境に再現



遠隔地からでも視覚的に「その場にいる」感覚で活動が可能



研究目的

1

Society5.0に向けた人材育成
→VR/AR教材の活用が求められる

2

利点：危険を伴うものでも安全に体験可能
制約：ARは想定された場所に存在する必要がある

3

Web会議と連動させた遠隔型ARコンテンツ
課題：位置把握や操作性→HMDの活用で改善？

4

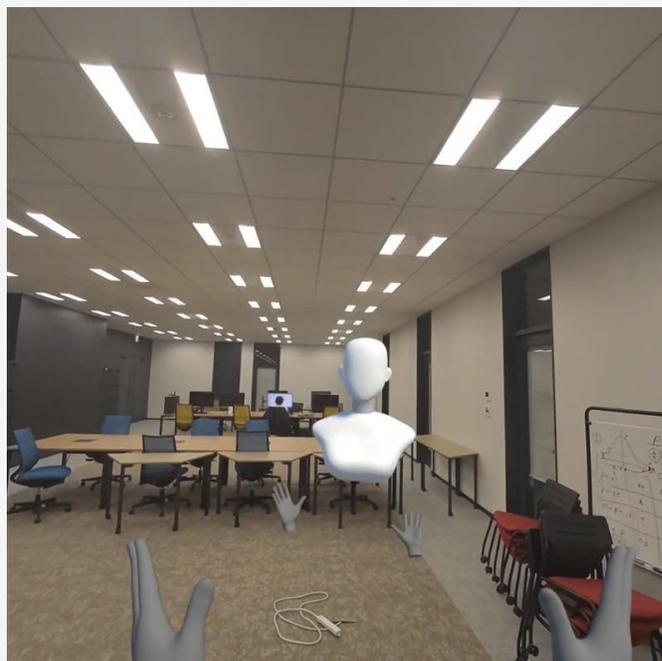
バーチャル環境に想定された学習場所を再現
→遠隔地からでも「その場にいる」感覚に

目的

HMDを用いてVRとAR一体型遠隔型学習コンテンツを開発
→それぞれの環境を多角的に評価，体験の差異の有無について検討

コンテンツ概要

AR



主たる活動場所
NUTIC



VR



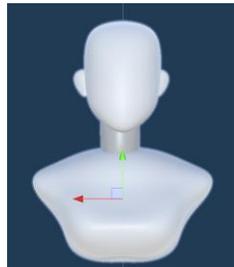
遠隔地
バーチャルNUTIC

主たる活動環境をバーチャル環境に再現
ネットワーク通信と音声通信で2環境を接続,互いをアバタで表示
異なるシステムだが同様の学習環境を提供したい

コンテンツ概要



開発方法



主な開発ソフト：

総合開発環境を内蔵するゲーム開発エンジン

アバタ操作：

Oculus Integration



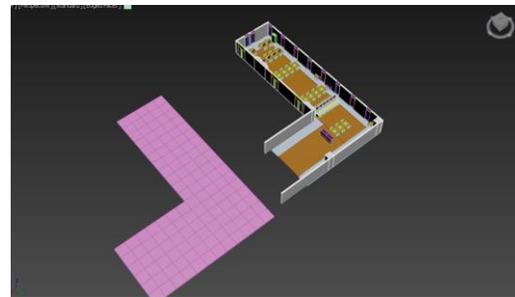
ネットワーク通信：

Photon Unity Networking 2

音声通信： Photon Voice2



3ds Max



3Dモデル作成

形のみ作成，マテリアルはUnityで作成



実行機：

MetaQuest3×2

カラーパススルー

震度センサー

実践・調査概要

場所

主たる活動場所：NUTICの研究エリア

遠隔地：瀬戸崎研究室

参加者

長崎大学および長崎純心大学の学生，
長崎大学大学院の大学院生，計20名

操作方法

ブロックを掴む
(人差し指トリガー)

テレポート
(VRのみ)



机を出す
(VRのみ)

ブロックを出す
(VRのみ)

正面リセット

活動の流れ

説明

アイスブレイク

移動を繰り返し互いの位置を確認

正面に移動し握手

真横に並んで一緒に歩く

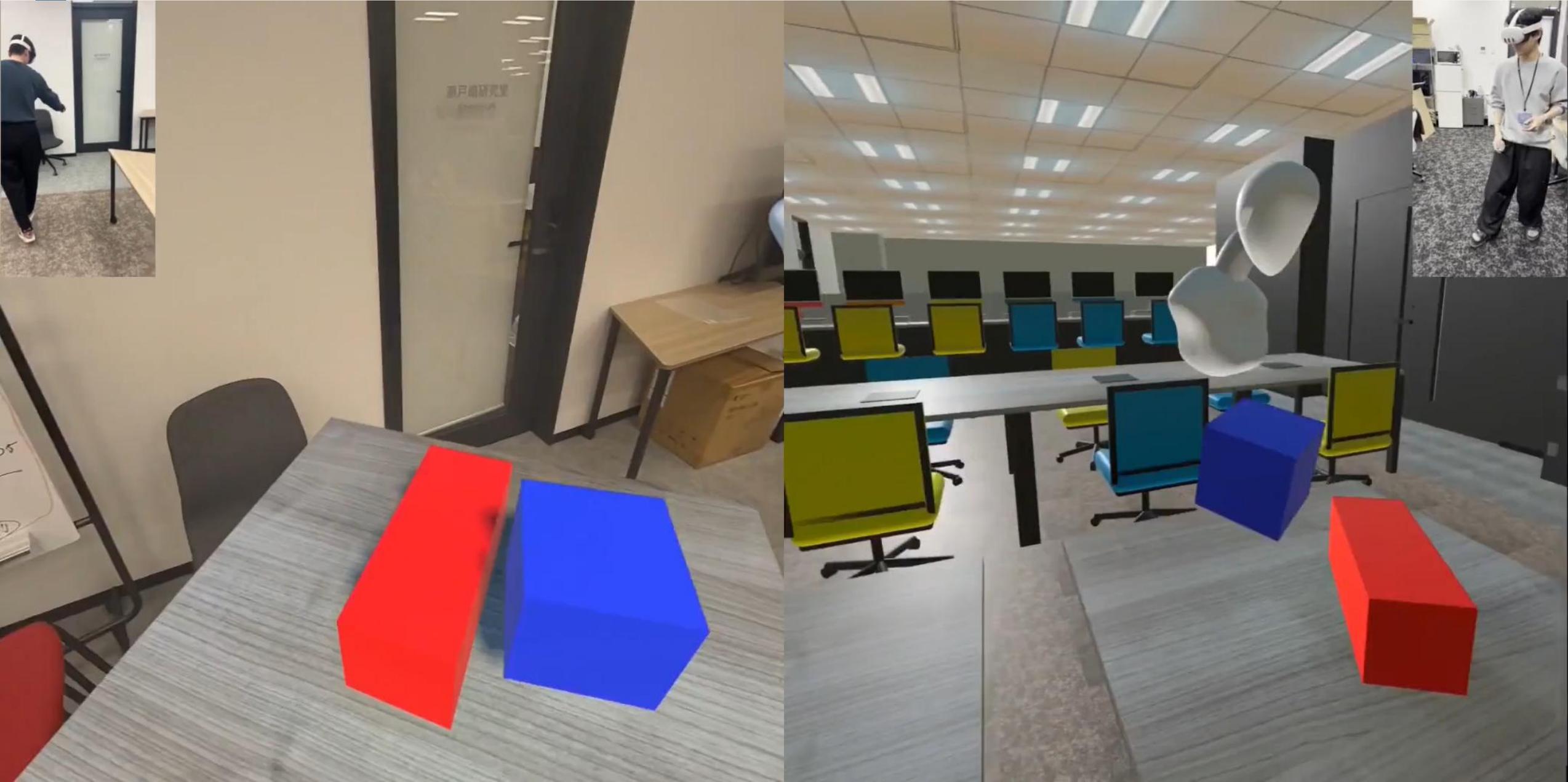
VR側がBボタンで机生成

VR側がAボタンでブロック生成
積み木ゲーム

ブロックのキャッチボール

アンケート回答

実際の活動の様子



アンケート概要

4件法によるアンケート

「VR/AR環境での活動(5問)」、「操作感(9問)」、「アバタ(6問)」、
「VR/AR環境内でのコミュニケーション(7問)」の計28問

肯定回答：「とてもそう思う」、「ややそう思う」

否定回答：「あまりそう思わない」、「全くそう思わない」

二項検定

ウィルコクソンの符号付き順位検定にて参加者内比較

自由記述によるアンケート

「対話」、「協働」、「感想」、「改善点」に関する自由記述4問
回答を切片化し分類

→分類の妥当性について研究室に所属する3名で検討し、再度分類

参加者内比較による体験の差異の有無

ほとんどのすべての質問項目で有意な差はない

環境の違いにかかわらず活動に対する高い意欲が維持されている

「ブロックを移動させることは容易だった」

のみ有意な差が存在

VR側では全20名が「とてもそう思う」と回答

AR側では4名が「ややそう思う」と回答

要因

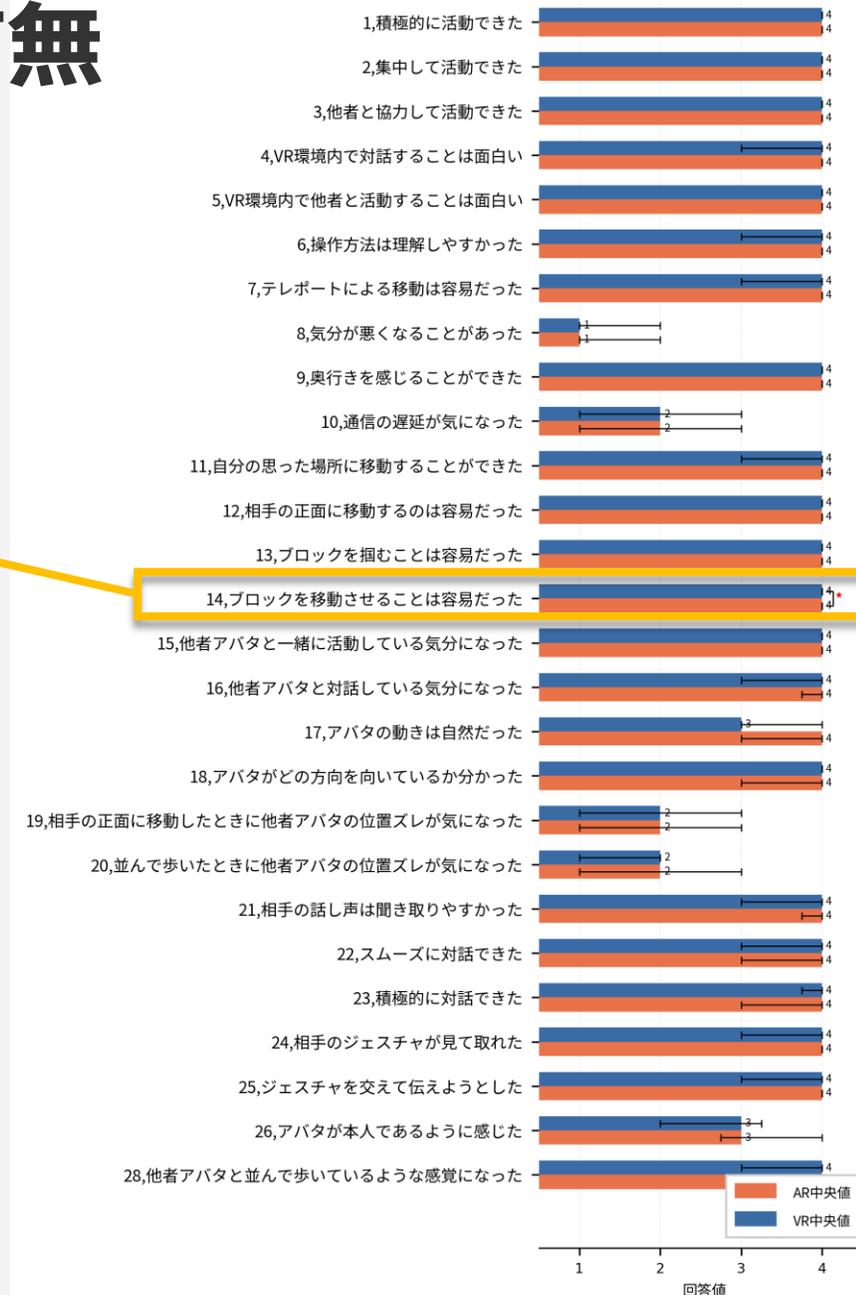
VR側を物理演算のマスタークライアントとして設定

→AR側のオブジェクト:同期の過程で微細に振動した

分かったこと

遠隔地でも主たる学習環境を再現することで

異なるシステムだが同様の学習環境を提供できる



AR環境での活動,操作感

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側検定)
	とても そう思う	やや そう思う	あまり そう思わ ない	まったく そう思わ ない	
AR環境での活動					
積極的に活動できた	19	1	0	0	**
集中して活動できた	16	4	0	0	**
他者と協力して活動できた	18	2	0	0	**
AR環境内で対話することは面白い	16	4	0	0	**
AR環境内で他者と活動することは面白い	19	1	0	0	**
AR側の操作感					
操作方法は理解しやすかった	16	4	0	0	**
VRゴーグルをつけたままの歩行は容易だった	16	4	0	0	**
気分が悪くなることがあった	0	3	3	14	**
奥行きを感じることができた	18	2	0	0	**
通信の遅延が気になった	0	7	6	7	n.s.
自分の思った場所に移動することができた	18	2	0	0	**
相手の正面に移動するのは容易だった	16	4	0	0	**
ブロックを掴むことは容易だった	17	3	0	0	**
ブロックを移動させることは容易だった	16	4	0	0	**

全ての質問項目で肯定回答が有意に多い

仮想オブジェクトを重畳表示した実環境も対話や協働作業の場として魅力的な体験を提供

自由記述：「興味関心」13件

仮想オブジェクトを重畳表示した実環境も対話や共同作業の場として魅力的な体験を提供

ほとんどの質問項目で肯定回答が有意に多い

自由記述：「通信の遅延」3件

「少し音声遅延は感じましたが比較的スムーズに会話できて楽しかったです。」

「対話のラグはそこまで気にならず、意思の疎通を図ることができた。」

肯定的な回答と否定的な回答が混在

VR環境での活動,操作感

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側検定)
	とても そう思う	やや そう思う	あまり そう思わな い	まったく そう思わ ない	
VR環境での活動					
積極的に活動できた	19	1	0	0	**
集中して活動できた	18	2	0	0	**
他者と協力して活動できた	19	1	0	0	**
VR環境内で対話することは面白い	13	7	0	0	**
VR環境内で他者と活動することは面白い	18	2	0	0	**
VR側の操作感					
操作方法は理解しやすかった	13	6	1	0	**
テレポート機能による移動は容易だった	14	4	2	0	**
気分が悪くなることがあった	2	1	3	14	**
奥行きを感じることができた	18	2	0	0	**
通信の遅延が気になった	0	6	8	6	n.s.
自分の思った場所に移動することができた	14	6	0	0	**
相手の正面に移動するのは容易だった	16	2	2	0	**
ブロックを掴むことは容易だった	19	1	0	0	**
ブロックを移動させることは容易だった	20	0	0	0	**

全ての質問項目で肯定回答が有意に多い

バーチャル環境が対話や協働作業の場として魅力的な体験を提供

自由記述：「興味関心」12件

「VRとARで同じ空間を共有することができるのはとても新しく楽しかった」

ほとんどの質問項目で肯定回答が有意に多い

自由記述：「通信の遅延」4件

「音声の通信は気になりました」

「ラグも少なく、非常に実用的なコンテンツであると思った。」

肯定的な回答と否定的な回答が混在

アバタ,AR環境内でのコミュニケーション

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側検定)
	とても そう思う	やや そう思う	あまり そう思わ ない	まった く そう思 わない	
AR側のアバタ					
他者アバタと一緒に活動している気分になった	19	1	0	0	**
他者アバタと対話している気分になった	15	3	2	0	**
アバタの動きは自然だった	11	6	3	0	**
アバタがどの方向を向いているか分かった	12	8	0	0	**
相手の正面に移動したときに他者アバタの位置のズレが気になった	1	5	6	8	n.s.
並んで歩いたときに他者アバタの位置のズレが気になった	0	6	7	7	n.s.
AR環境内でのコミュニケーション					
相手の話し声は聞き取りやすかった	15	5	0	0	**
スムーズに対話できた	13	5	2	0	**
積極的に対話できた	14	5	1	0	**
相手のジェスチャが見て取れた	16	3	1	0	**
ジェスチャを交えて伝えようとした	16	3	1	0	**
アバタが本人であるように感じた	8	7	4	1	*
他者アバタと並んで歩いているような感覚になった	14	5	1	0	**

自由記述：「アバタ」5件

「表情やリアクションが分かれると更にコミュニケーションがスムーズに行くと思いました。」

自由記述：「位置ズレ」9件

AR視点側からのVRアバターの高さは合っていたが、手の高さがズレていました

➡震度センサーによる床の高さのスキヤン

「ブロックが回転するバグが治ればなお良いと感じた。」

➡非マスタークライアントのためAR側のオブジェクト:同期の過程で微細に振動した

全ての質問項目で肯定回答が有意に多い

VRと比べるとアバタを相手と感じた参加者が多い

アバタ,VR環境内でのコミュニケーション

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側検定)
	とても そう思う	やや そう思う	あまり そう思わ ない	まったく そう思わ ない	
VR側のアバタ					
他者アバタと一緒に活動している気分になった	18	2	0	0	**
他者アバタと対話している気分になった	11	6	3	0	**
アバタの動きは自然だった	8	9	3	0	**
アバタがどの方向を向いているか分かった	16	4	0	0	**
相手の正面に移動したときに他者アバタの位置のズレが気になった	1	5	8	6	n.s.
並んで歩いたときに他者アバタの位置のズレが気になった	2	2	8	8	*
VR環境内でのコミュニケーション					
相手の話し声は聞き取りやすかった	12	5	3	0	**
スムーズに対話できた	14	4	2	0	**
積極的に対話できた	15	4	1	0	**
相手のジェスチャが見て取れた	14	6	0	0	**
ジェスチャを交えて伝えようとした	13	6	1	0	**
アバタが本人であるように感じた	5	9	5	1	n.s.
対面で一緒に活動しているように感じた	17	3	0	0	**
他者アバタと並んで歩いているような感覚になった	13	6	1	0	**

ほとんどの質問項目で肯定回答が有意に多い

自由記述：「アバタ」4件

「表情がわからない」「全身が見えるとよい」

自由記述：「位置ズレ」9件

「手の位置のズレ」などを気にする層が一定数存在した

ほとんどの質問項目で肯定回答が有意に多い

アバタと本人の同一視には至らなかった参加者も存在

コンテンツの利点

遠隔地間において空間を共有

協調活動を実現するための有力な基盤となり得る

まとめ



利点

遠隔地間において空間を共有し、親密な協働活動を実現するための有力な基盤となり得る

課題

アバタの身体的表現の高度化（表情や指を使ったジェスチャー等）

通信遅延の低減

実測と連動したアバタの位置補正精度の更なる精度向上

Meta XRへのアップグレード

実践・調査

参加者:大学生・大学院生20名

場所:NUTICリサーチエリア, 瀬戸崎研究室

目的

HMD (MetaQuest3) を用いてVRとAR一体型遠隔型学習コンテンツを開発

→それぞれの環境を多角的に評価, 体験の差異の有無について検討