

Social VR における存在を知覚させるシステムの検討

田中 聖也^{†1} 工藤 雅士^{†1} 山名 早人^{‡2}

^{†1} 早稲田大学大学院基幹理工学研究科 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

^{‡2} 早稲田大学理工学術院 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

E-mail: [†] [‡] {seiya, kudoma34, yamana}@yama.info.waseda.ac.jp

あらまし 近年, Virtual Reality(VR)において, 初対面のプレイヤー同士が VR 空間内の部屋で出会い交流することができる Social VR が注目を集めている. しかし, Social VR ではプレイヤーと他のプレイヤーはお互いを認知しにくく交流しにくいという問題がある. そこで本研究では, プレイヤーの存在を認知させる方法としてボディタッチに焦点を当て, プレイヤーが遠くから他のプレイヤーにボディタッチが可能な「交流しやすい UI」を提案する. 評価実験では, 交流しやすい UI であるかを評価するために, VR 空間内に二人のプレイヤーがいる仮想的な部屋を用意し, 一方のプレイヤーがもう一方のプレイヤーに自分の存在を認知させ近づくというタスクを行なった. 交流に伴う恐怖感や抵抗感を問うアンケートを行った結果, 提案手法は「遠くから静止している相手の体をたたくという操作を行う時, 人とのつながりをより感じる」こと, 「自身が動いている場合に相手の交流意図を恐怖感なく感じることができる」ことを確認した.

キーワード Social VR, UI, 交流, 気配

1. はじめに

近年, Virtual Reality(VR)は医療やエンターテインメント, コミュニケーションツールなど, 様々な分野で利用されており, VR 技術の応用範囲は広がりを見せている. VR 技術を用いた具体的な製品やサービスとしては, MindMotion¹という VR 技術を用いたリハビリテーションや, Playstation VR² という没入感のあるゲーム体験を提供するハードウェアなどが挙げられる. また, VR 技術により仮想空間を介して対面でコミュニケーションができる Social VR と呼ばれるサービスも登場し始めており, 現在では具体的な Social VR サービスとして, VR Chat³, Altspace VR⁴が提供されている. Social VR では VR 空間内でアバターと呼ばれるプレイヤーの代わりとなる仮想のキャラクターを用いてプレイヤー同士が対面で交流を行うことができるため, Social VR は新たなコミュニケーションツールとして注目されている.

一方, 日常生活では動きによる振動や足音などの小さな音によって人の気配を感じ, 手を振るジェスチャーや様々なリアクションを行うことで交流の意志を他者に伝えることができる. しかし, 一般消費者向け VR 機器が提供する感覚刺激は Head Mounted Display (HMD)による視覚刺激や 2ch ヘッドフォンの聴覚刺激, コントローラの振動による触覚刺激の 3 つの刺激に限定され, Social VR 内で気配を感じる手がかりが少なく視覚に大きく依存しているため, 他者の気配を感じづ

らく交流の意志を伝えづらいという問題がある.

VR 技術は, 現実世界の刺激を減らし仮想世界の刺激を増やすヘッドマウントディスプレイ (HMD)や, ユーザーの動きを捉えるトラッカーと正確な知覚フィードバックを提供する感覚刺激装置 によって構成される [1]. Social VR を含め, VR の分野ではプレイヤーが他のプレイヤーの存在を意識する際に Presence という感覚が生み出されるとされている. Presence とは, VR 技術によって提供される仮想世界に対するプレイヤーの行動と, プレイヤーの行動に伴う知覚フィードバックによって誘発される「仮想世界の中に存在しているという感覚」である [1].

本稿では, 気配を「他のプレイヤーに対して Presence を感じている状態」とであると定義する. Presence は, 主に HMD が伝える仮想世界の感覚的な刺激と, 主にトラッカーと感覚刺激装置が反映する VR 空間内の行動のいずれかに没入するときにプレイヤーが感じるものであり, 感覚的な没入感が高いほど VR 空間に存在するという感覚が得られる [1]. したがって, Social VR において没入感を崩さずにプレイヤーに他のプレイヤーの気配を認知させるためには, HMD による感覚的な刺激とトラッカーによる VR 空間への能動的な関わりの 2 つの観点から, 自然に他のプレイヤーの気配を意識させる方法を考える必要がある.

また, VR 空間でプレイヤーが現実のように他のプレイヤーの気配を感じることができるようにするため

¹ MindMotion – Neurorehabilitation across the continuum of care, <https://www.mindmaze.com/mindmotion/>

² PlayStation VR | PlayStation, <https://www.playstation.com/ja->

[jp/explore/playstation-vr/](https://www.playstation.com/ja-jp/explore/playstation-vr/)

³ VRChat, <https://hello.vrchat.com/>

⁴ AltspaceVR: Home – AltspaceVR, <https://altvr.com/>

には、視覚刺激だけでなく他の感覚刺激も組み合わせ、小さな足音や動きに伴う振動といった他のプレイヤーの気配につながる手がかりを増やすことが重要になると考えられる。加えて、プレイヤーが他のプレイヤーに交流の意志を伝えることができるようにするためには、ジェスチャーによる非言語的なコミュニケーションを現実に近い形で再現することが考えられる。

既存研究では、VR空間で他のプレイヤーの気配を強める方法として、主に2つが提案されている。1つ目は視覚刺激を活用する手法 [2]であり、2つ目は触覚刺激を活用する手法 [3] [4]である。

視覚刺激を活用する研究では、エージェントと呼ばれるVR空間内で人間のように振る舞う存在が用いられる。プレイヤーがエージェントをより人間らしく感じるように、プレイヤーがどのように視線を送るかをアイトラッカーで検知し、エージェントの反応を変えることにより、現実のような視線のやり取りによるコミュニケーションを再現する。

触覚刺激を活用して手が何かに触れる感覚を再現する研究では、触覚を刺激する手袋を用意するもの [3]や手の感触を再現した手の模型を用意するもの [4]がある。ボディタッチやハイタッチといったジェスチャーを行う際に触覚を上手く刺激することで手を用いたコミュニケーションを再現する。

以上の研究では、非言語的コミュニケーションをより現実に近づけることで、VR空間内においてもプレイヤー同士の自然な交流が可能になったが、プレイヤーはお互いが見えて手が届く範囲でしか現実のようなコミュニケーションを体験することができないという問題がある。

そこで、本稿では上記の問題に対してVR空間内でお互いが目を合わせていなくてもプレイヤーが遠くから相手に交流の意志を伝えることができるユーザーインターフェース (UI) を提案する。具体的には、プレイヤーが遠くから他のプレイヤーの体を叩くジェスチャーを行ない、お互いの気配が立体音響で感じられるようにすることで相手に交流の意志を伝え、お互いの気配を感じることができるようになる。

以下、2節で他者の存在を認知させる関連研究を述べ、3節で提案手法を述べる。そして4節で評価実験の概要と評価指標を示す。

2. 関連研究

本節ではプレイヤーに他のアバターやエージェントの Presence を意識させる既存研究について説明する。

2.1. 視線の再現によって気配を意識させる研究

Kevin ら [2]は、2018年にアイトラッカーを用いてプレイヤーの視線に応じたエージェントの反応が有効であるかについて検証した。これは、プレイヤーが目の前のエージェントの Presence を感じないという問題解決を目指している。具体的には、アイトラッカーやHMDの向きによりプレイヤーの視線を検出し、プレイヤーの視線の先 (エージェントの顔や物体) とプレイヤーの視線の向け方 (瞬間的か、あるいは、継続的か) のパターンによってプレイヤーへの反応を変える。プレイヤーの視線へのエージェントの反応をシミュレートすることで、プレイヤーとエージェント間のインタラクションの没入感を高め、エージェントの Presence を意識させる。

評価実験では、エージェントとプレイヤーにそれぞれ教師役と生徒役の役割を持たせ、生徒役であるプレイヤーが教師役であるエージェントに相談を行うという状況を再現したVRコンテンツを体験する。具体的には Summer Lesson⁵などのVRゲームで使用されている、HMDの向きを利用したインタラクションと、Kevin らが提案するアイトラッカーを利用したインタラクションそれぞれにおいてVRコンテンツを体験する。そして、Presence や安心感、話が聞けたかといったエージェントへの印象に関する5項目 (Social Presence, Rapport, Engagement, Social Attraction, Perception of Story) について、9段階リッカート尺度のアンケートを行い、評価を実施した。評価の結果、HMDの向きを視線とする従来の手法と比較して、提案手法は5項目全てにおいて高い得点を獲得し、ユーザエクスペリエンスの向上が示された。一方で、Presence に近い項目である Social Presence に関しては従来の手法と提案手法の間で有意差を確認することができず、提案手法が Presence に有効であるかどうかについては示されなかった。なお、Social Presence とは、仮想環境において他者が自分と共に存在するを感じることである [5]。

2.2. 触覚の再現によって気配を意識させる研究

Fermoselle [3]らは、2020年にVR空間でのコミュニケーションの体験を向上させ、ユーザ同士で社会的なインタラクションができるように、触覚デバイスを導入した共有型のマルチモーダルVRコミュニケーションフレームワークを提案した。同システムでは、振動によって触覚を再現する手袋を導入することで、ユーザ同士のハイタッチや書類の手渡しといった触覚的なインタラクションに関するシミュレートを行う。

⁵ Bandai Namco Entertainment. 2016. Summer Lesson.
<http://summer-lesson.bn-ent.net/>

システム評価では、VR に触角が導入されることの重要性や、導入後の VR 体験の質の向上に関する評価を含めた、システムの品質や有効性、受容性についてのユーザアンケートを実施した。ユーザアンケートの結果、提案されたシステムは全体的に肯定的な評価が得られ、触覚でインタラク션을シミュレートする機能がビデオやオーディオ、トラッキングといったモダリティの中で最も好ましいものと評価された。

Hoppe ら [4]は、2020 年に、エージェントの交流をより人間のものと意識させるためにソーシャルタッチを提案し、ソーシャルタッチがプレイヤーの知覚に与える影響を検証した。ソーシャルタッチはマイダス効果 [6]と呼ばれる心理経済学の現象を利用したものであり、感情や意図を伝える「体にタッチすることによる触覚の刺激」を示す。ソーシャルタッチによって、プレイヤーとエージェントの間で触覚によって物理的なインタラク션을を行い、プレイヤーやエージェントの感情や意図を伝える。Hoppe らは、プレイヤーに与える触覚として、VR 空間のエージェントの動きと手動で同期する人の手の感触を再現した人工手の刺激を用いている。

実験では、VR 空間内でアバターかエージェントのどちらかがプレイヤーの肩をたたき、プレイヤーはアバターなのか、あるいは、エージェントなのかを識別するタスクが設定された。評価では、4 項目 (Co-Presence, Embarrassment, Likeability, Perceived agency) について、7 段階リッカート尺度を用いたアンケートが行われた。アンケートの結果、ソーシャルタッチがエージェントの人間らしさを意識させるものであるということが示された。

2.3. まとめ

既存研究では、視線のやり取りやボディタッチといった非言語的コミュニケーションをより現実に近づけることでプレイヤーが VR 空間内でのより自然な交流を目指している。Kevin らの手法 [2]では、アイトラッカーを用いて視線を Social VR で再現する場合、相手の視線を把握するためお互いが目を合わせる必要がある。このため、後ろから声をかけるといった場面での適用ができない。また、Fermoselle らの手法 [3]や Hoppe らの手法 [4]では VR 空間で近くにいる人に対するボディタッチを再現する。しかし、初対面の人と交流をする場面では、プレイヤーと初対面の人が必ずしも近くに位置するわけではなく、初対面の人に対してボディタッチがしづらいという問題がある。

3. 提案手法

既存研究では視線の再現や触覚刺激によるボディタッチの再現でプレイヤーが交流するとき、他のプレ

イヤーの存在をより意識することができる。しかし、2.3 で示した通り、遠くから交流の意思を伝えることができないという点や、視線を合わせる必要があるという点が問題となる。特に、プレイヤーが初対面の人と交流するときは大きな問題となる。これは、「初対面の人に遠くから意思を伝えづらい」「初対面の人と視線を合わせづらい」という理由に基づく。

本節では VR 空間内で初対面の人の気配を感じ初対面の人と交流しやすいように、お互いが目を合わせていなくてもプレイヤーが遠くから相手に交流の意志を伝えることができる UI を提案する。VR 空間内でプレイヤーが体を叩くジェスチャーを行ない、遠くから他のプレイヤーにボディタッチできるようにし、ボディタッチした後お互いの気配が立体音響で感じられるようにすることで相手に交流の意志を伝え、お互いの気配を感じることができるようにすることを目指す。

図 3.1 の過程 1 に示すようにプレイヤーが視界内にいる他のプレイヤーに対して交流の意志を伝える場合を考える。プレイヤーは、VR 空間内にある「自分の仮想的な手」を視界内の任意の場所に飛ばし他のプレイヤーにボディタッチすることができる。ボディタッチしたとき、お互いがコントローラの振動と効果音を感じ、遠くからでも相手に交流の意志を伝えることができるようにする。そしてプレイヤーが他のプレイヤーにボディタッチした後、図 3.1 の過程 2 に示すように、お互いの足音が立体音響で聞こえるようになり、お互いがお互いの存在を認知するとともに、足音を手がかりに会うことができる。



図 3.1 提案手法を用いたときの交流の流れ

4. 評価実験

本節では、提案手法に対する評価実験の内容と評価指標について述べ、評価実験の結果と考察を述べる。

4.1. 被験者の属性

被験者は計 19 人(男性 10 人、女性 9 人)であり、19 人中 7 人の被験者が VR の利用経験を持つ。

4.2. 概要

提案システムによってプレイヤーが交流の意志を伝え、お互いの気配を感じることができるようになったかを検証するために、VR 空間内で 2 人のプレイヤ

ーが交流する評価実験を行う。以下にタスクの内容を示す。

タスクの内容：

プレイヤー2人（受動的プレイヤー、能動的プレイヤー）は一定範囲に確保された物理的な空間の中でコントローラを持って椅子に座り、自身の動きのトラッキングによる方向転換とコントローラによる移動によって VR 空間内の移動を行う。能動的プレイヤーは積極的に交流しに行く役割を持ち、受動的プレイヤーは交流を待つ役割を持つ。能動的プレイヤーは VR 空間内で受動的プレイヤーを探し、ジェスチャーで交流の意志を伝える。その後、交流の印象や気配の感じ方に関するアンケートに答える。なお、実験フィールドとして無料で提供されている既存の空間⁶を用意する。

評価実験は筆者と被験者を対象に行った。被験者は初めに受動的プレイヤーを担当し、次に能動的プレイヤーを担当した。筆者は被験者が担当しなかったもう一方のプレイヤーを担当した。このようにして受動的プレイヤーと能動的プレイヤーの両方の観点で UI を評価する。

4.3. 実験フィールド

実験で用いる仮想的な空間を図 4.1 に示す。能動的プレイヤーは受動的プレイヤーを見つけて交流の意志を伝える。

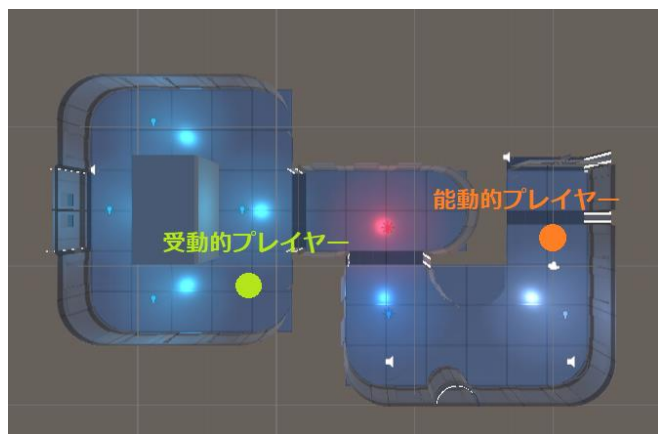


図 4.1 実験フィールド

4.4. 評価実験に用いた UI

評価実験に用いた UI を表 4.1 に示す。被験者はベースライン手法内の 1 種類を体験する。なお、体験するベースライン手法は被験者ごとにランダムに割り当てられる。ここで提案手法の実施順序の影響を考慮し、表 4.2 のように割り当てた。

表 4.1 評価実験に用いた UI

気配の伝え方	主に視覚を使う	聴覚刺激	触覚刺激
■ 遠くからボディタッチを行なうと立体音響の足音が聞こえるようになる	×	○	○
□ コントローラの移動で相手の体に近づいて VR 空間上で表現された手を用いてボディタッチを行なう	×	×	○
□ 立体音響で足音が聞こえる	×	○	×
□ 全体マップから相手に信号を送る	○	○	×
□ 相手の視界内に入る	○	×	×

■：提案手法 □：ベースライン手法

表 4.2 被験者のベースライン手法割り当て

ベースライン手法 実施順序	ボディタッチ	足音通知	全体マップ通知	視界内出現
ベースラインの UI を先に行った	2 人	3 人	2 人	3 人
提案手法の UI を先に行った	3 人	2 人	2 人	2 人

(N=19)

4.5. 評価指標

能動的プレイヤーが交流の意志を伝え、プレイヤー同士がお互いの気配を感じることができるようになったかを検証するために、図 4.2 に示すアンケートを行い、交流に伴う恐怖感や抵抗感を問う。アンケート各項目に対して、「1.全く同意しない、2.やや同意しない、3.やや同意する、4.とても同意する」の 4 段階で評価する。項目は Kort らのアンケート [7]をもとに設定し、本実験の設定に合うようにいくつかの項目を削除し、一方で、恐怖感や抵抗感を問う項目を追加した。

Questionnaire Items	Behavioral Engagement
Empathy	・ 私の行動は相手の行動に依存していた。
・ 他の人とのつながりを感じた。	・ 他者の行動は、私の行動に依存していた。
Negative feelings	・ 他の人の行動が私の行動に影響した。
・ 私は相手を無視する傾向があった。	・ 私の行動が相手の行動に影響を与えた。
・ 相手が私を無視する傾向があった。	・ 相手は私に注目していた。
・ 相手の存在に気づいたとき恐怖感をもった。	・ 私は相手に注目していた。
・ 相手の存在に対して抵抗感をもった。	・ 自分の意図が相手に伝わっていた。
	・ 相手の意図が私に伝わった

図 4.2 アンケート項目

⁶ 3D Free Modular Kit,
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/3d-free->

4.6. 評価実験結果及び考察

評価実験にあたり、実際の VR 空間内の交流で想定される 2 つの状況を以下に用意した。

1. 受動的プレイヤーが動かない。(例：お花見をする)
2. 受動的プレイヤーが動く。(例：展示即売会を見て回る。)

実験パターンと各節の対応を表 4.3 に示す。

なお、統計的有意差を確認するために、有意水準を 0.05 としてアンケート各項目に対する提案手法の分布とベースライン手法の分布の間でそれぞれ対応のある t 検定を行なった。

表 4.3 実験パターンと各節の対応

状況	受動的プレイヤーが動かない	受動的プレイヤーが動き回る
被験者の役割		
受動的プレイヤーを担う	4.6.1 節	4.6.3 節
能動的プレイヤーを担う	4.6.2 節	4.6.4 節

4.6.1. 受動的プレイヤーが動かず被験者が受動的プレイヤーを担当する場合

受動的プレイヤーが動かないという状況下で、筆者が能動的プレイヤーを担当し、被験者が受動的プレイヤーを担当したとき、有意差があるアンケート各項目に対する被験者の評価値の平均値と標準偏差を表 4.4 に示す。また、提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図を図 4.3 に示す。なお、被験者は受動的プレイヤーを演じており、行動しないことが求められているため、被験者自身の行動に関するアンケート項目は評価対象外であり灰色の網掛けで示す。

表 4.4 で示されるように、受動的プレイヤーが動かないという状況下で、受動的プレイヤーは以下のことを感じる。

- ・ ベースラインが用いられることで他の人のつながりをより感じる。
- ・ ベースラインが用いられることで相手の意図が私に伝わったと感じる。

以上から、自身が交流を動かずに待っている状況下では自身は提案手法は、ベースラインに比較して、交流されることによって他の人のつながりを感じにくく交流する意図を感じにくいことが分かる。

表 4.4 受動的プレイヤーが動かない状況下の有意差がある各項目に対する受動的プレイヤーの提案手法評価とベースライン手法評価の平均値と標準偏差

	提案手法		ベースライン手法	
有意差がある項目	平均値 [—]	標準偏差 [—]	平均値 [—]	標準偏差 [—]
つながりを感じた	2.789	1.032	3.105	0.875
相手の意図が伝わる	2.842	0.834	3.211	0.713

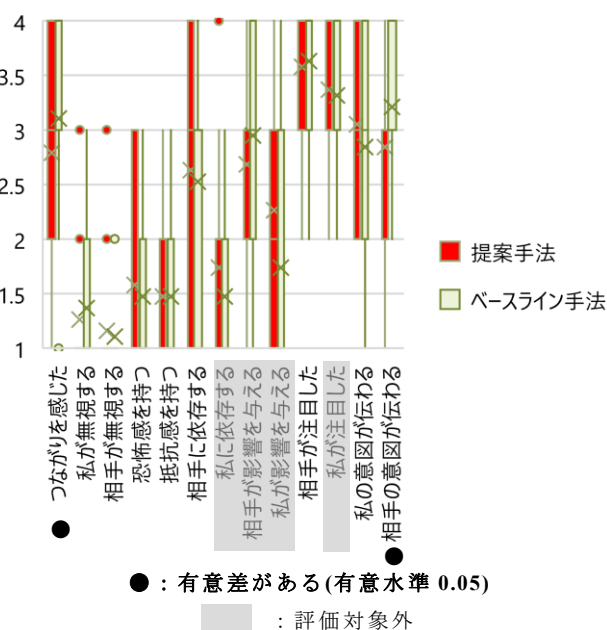


図 4.3 受動的プレイヤーが動かない状況下の各項目に対する受動的プレイヤーの提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図

4.6.2. 受動的プレイヤーが動かず被験者が能動的プレイヤーを担当する場合

受動的プレイヤーが動かないという状況下で、筆者が受動的プレイヤーを担当し、被験者が能動的プレイヤーを担当したとき、有意差があるアンケート各項目に対する被験者の評価値の平均値と標準偏差を表 4.5 に示す。また、提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図を図 4.4 に示す。

表 4.5 で示されるように、受動的プレイヤーが動かないという状況下で、能動的プレイヤーは以下のことを感じる。

- ・ 提案手法を用いることで他の人のつながりをより感じる。

以上から、相手が動かずに待っている状況下では、提案手法を用いて相手に交流することで人の気配を感じたとき人のつながりを感じやすくなることが分かる。

表 4.5 受動的プレイヤーが動かない状況下の有意差がある各項目に対する能動的プレイヤーの提案手法評価とベースライン手法評価値の平均値と標準偏差

有意差がある項目	提案手法		ベースライン手法	
	平均値 [—]	標準偏差 [—]	平均値 [—]	標準偏差 [—]
つながりを感じる	3.211	0.855	2.895	0.809

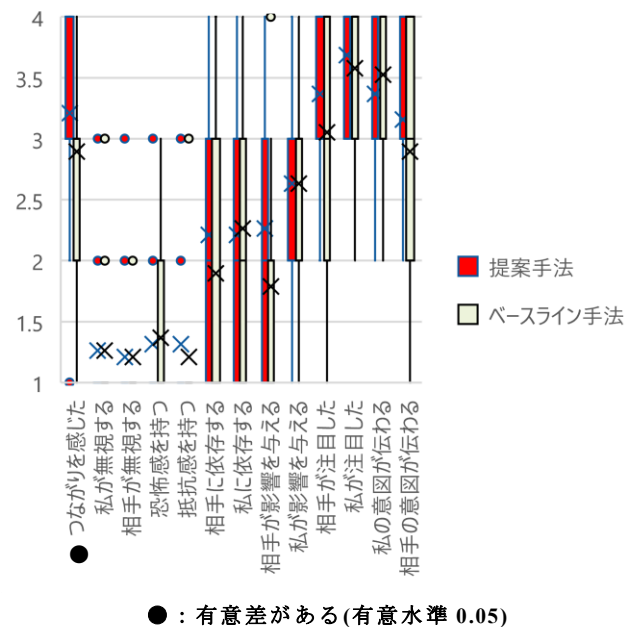


図 4.4 受動的プレイヤーが動かない状況下の各項目に対する能動的プレイヤーの提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図

4.6.3. 受動的プレイヤーが動き被験者が受動的プレイヤーを担当する場合

受動的プレイヤーが VR 空間内を動くという状況下で、筆者が能動的プレイヤーを担当し、被験者が受動的プレイヤーを担当したとき、有意差があるアンケート各項目に対する被験者の評価値の平均値と標準偏差を表 4.6 に示す。また、提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図を図 4.5 に示す。

表 4.6 の統計的有意差がある項目で示されるように、受動的プレイヤーが VR 空間内を動くという状況下で、受動的プレイヤーは以下のことを感じる。

- ・ 提案手法を用いることで相手の存在に気づいたとき恐怖感を持ちにくい。
- ・ 提案手法を用いることで相手の意図が自分に伝わったように感じやすくなる。

以上から、自身が VR 空間内を動く状況下では、自身が提案手法で交流されるとき相手の交流意図を恐怖感なく把握しやすくなることが分かる。

表 4.6 受動的プレイヤーが動く状況下の有意差がある各項目に対する受動的プレイヤーの提案手法評価とベースライン手法評価値の平均値と標準偏差

有意差がある項目	提案手法		ベースライン手法	
	平均値 [—]	標準偏差 [—]	平均値 [—]	標準偏差 [—]
恐怖感をもった	1.263	0.452	1.632	0.831
相手の意図が伝わる	3.421	0.838	3.158	0.834

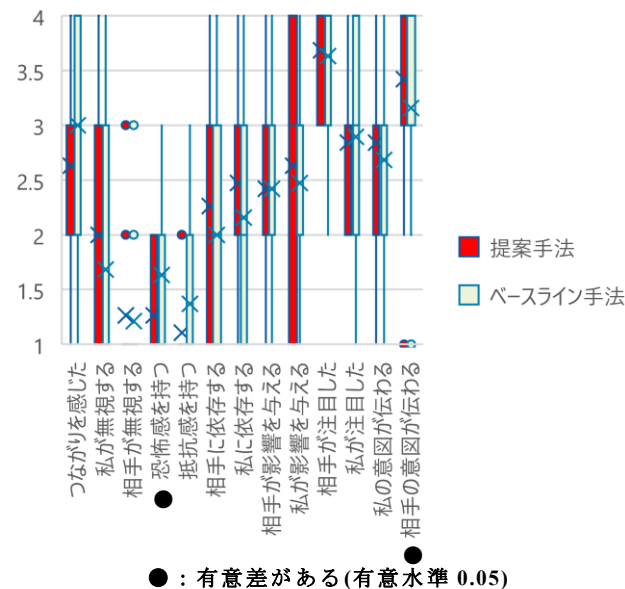


図 4.5 受動的プレイヤーが動く状況下の各項目に対する受動的プレイヤーの提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図

4.6.4. 受動的プレイヤーが動き被験者が能動的プレイヤーを担当する場合

受動的プレイヤーが VR 空間内を動くという状況下で、筆者が受動的プレイヤーを担当し、被験者が能動的プレイヤーを担当したとき、提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図を図 4.6 に示す。このとき、アンケート全項目で両手法の評価値の間で有意差を確認することはできなかった。すなわち、相手が VR 空間内を動き回るとい状況下では、交流において気配の感じ方に違いを見いだせないことが分かる。

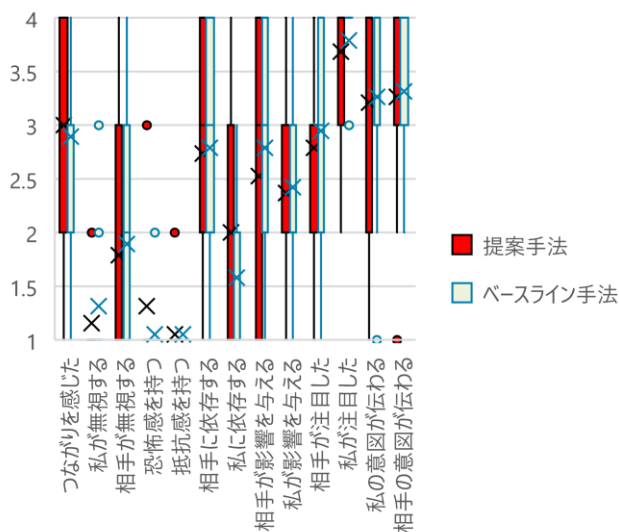


図 4.6 受動的プレイヤーが動く状況下の各項目に対する能動的プレイヤーの提案手法とベースライン手法の評価値の箱ひげ図

4.6.5. 人の存在を感じる理由の分類別割合

実験全体を通して人の存在を感じる点について自由回答を分類した結果を図 4.7 に示す。自由回答した被験者数は計 13 人であり、13 人は人の存在を感じる点を複数指摘した。そのうち 1 人は「よくわからなかった」と回答したため、図 4.7 の結果から除外した。図 4.7 から相手の姿や行動が目に入ることが重要であることがわかる。つまり、いかに相手の姿や行動を目に入るように視覚的に UI を実装するかが重要となることがわかった。

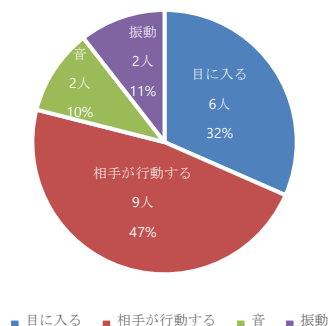


図 4.7 人の存在を感じる理由の分類別割合
4.6.6. 実験結果のまとめと考察

以上の結果を表 4.7 にまとめる。評価の結果、提案手法は遠くから静止している相手の体をたたくという操作を行う時、人とのつながりをより感じる事がわかった。しかし、この時に相手が動いている場合は人とのつながりを感じる事が確認できなかった。また、自身が動いている場合、従来の視覚等では相手の交流意図を知ることが難しいが、提案手法は、動いている

場合に相手の交流意図を恐怖感なく感じることができた。一方で、自身が動いていない場合は、提案手法よりも従来手法の方が相手の交流意図を感じやすいことが分かった。

被験者（受動的プレイヤー）が動かずに待っている状況下で、被験者が他の人のつながりを感じにくく交流する意図を感じにくくなる原因として、提案手法においてボディタッチを行なうまで足音が聞こえないことが考えられる。提案手法ではボディタッチを行なわない限り足音は聞こえない一方で、従来手法では足音がずっと聞こえたままであり受動的プレイヤーは近づいてくる足音を感じることができる。そのため、ボディタッチを行なわなくても相手が目に入ったときお互いの足音がずっと聞こえるようにすることが今後の課題である。

表 4.7 各実験パターンにおける有意差が確認されたアンケートの評価対象項目

被験者の役割 \ 状況	受動的プレイヤーが動かない	受動的プレイヤーが動く
受動的プレイヤーを担う	<ul style="list-style-type: none"> ・つながりを感じた (提案手法<ベースライン手法) ・相手の意図が伝わる (提案手法<ベースライン手法) 	<ul style="list-style-type: none"> ・恐怖感を持つ (提案手法<ベースライン手法) ・相手の意図が伝わる (提案手法>ベースライン手法)
能動的プレイヤーを担う	<ul style="list-style-type: none"> ・つながりを感じた (提案手法>ベースライン手法) 	なし

また、提案手法を改善する可能性として、UI の視覚的な工夫がある。人の存在を感じる理由の内、79%が相手の姿や行動が目に入ることである（図 4.7）。提案手法を用いた時、受動的プレイヤーは、振動と音の刺激しか感じず視覚的な工夫の余地がある。また、提案手法を用いるとき視覚的に自分が何を行なうかを分かりやすくすることは気配の感じ方に影響を与えられる。そのため、いかに相手の姿や行動を目に入るように視覚的な UI を実装するかが今後の課題である。

また、被験者が能動的プレイヤーであるとき、提案手法は相手が動いていないときに有効である。一方で、相手が動いているとき、被験者が提案手法を用いてもベースライン手法を用いても気配の感じ方に違いを見いだせなかった。原因として、相手が動いているときに手を遠くに移動させてボディタッチを行なうことがうまく機能しなかったことが考えられる。受動的プレ

イヤーが動き回る状況では手を移動させてボディタッチを行なう場合、トリガーボタンの押し込み具合を調整しながらコントローラによって自分自身を移動させて動いている相手の体に手を当てる必要があり操作として難しい。そのため、手を移動させてボディタッチを行なう前に、受動的プレイヤーは能動的プレイヤーを見つけてしまい、提案手法がうまく機能しなかった可能性がある。つまり、相手が動いているときでも能動的プレイヤーが的確にボディタッチできるように UI を改造するということが今後の課題である。

今回の実験では、受動的プレイヤー（交流を待つプレイヤー）が動く場合と静止している場合の2通りを検証した。しかし、実際の交流の場では、受動的プレイヤーの動きだけでなく受動的プレイヤーがタスクに夢中になっている場合（例：テレビを見ている）も考えられる。今回の結果から、被験者が能動的プレイヤーであり相手が動いているとき、（提案手法の操作の難しさのために）操作に夢中になり気配の感じ方に影響を与えている可能性が示されている。したがって、タスクの夢中の度合いによっても気配の感じ方に影響を与える可能性が考えられ、タスクの夢中の度合いの観点でも UI を検証することが今後の課題である。

5. おわりに

VR空間でコミュニケーションできる Social VR ではプレイヤーと他のプレイヤーはお互いを認知しにくく交流しにくいという問題がある。本研究では、プレイヤーの存在を認知させる非言語コミュニケーション方法としてボディタッチに焦点を当て、プレイヤーが遠くにいる他のプレイヤーにボディタッチできるようにし、交流の意志を伝えやすい UI を提案した。

評価実験では、本研究で提案する UI が交流しやすいかどうかを評価するために、VR 空間内に二人のプレイヤーがいる仮想的な部屋を用意し、一方のプレイヤーがもう一方のプレイヤーに自分の存在を認知させて近づくというタスクを行ない、交流に伴う恐怖感や抵抗感を問うアンケートによって有用性を評価した。

評価の結果、提案手法は遠くから静止している相手の体をたたくという操作を行う時、人とのつながりをより感じる事が確認できた。しかし、動いている相手に対して体をたたいた場合は、人とのつながりを感じる事が確認できなかった。また、自身が動いている場合、従来の視覚等では相手の交流意図を知ることが難しいが、提案手法は、動いている場合に相手の交流意図を恐怖感なく感じる事ができた。一方で、自身が動いていない場合は、提案手法よりも従来手法の方が相手の交流意図を感じやすいことが分かった。これは、提案手法においてボディタッチを行なうまで足

音が聞こえないことが原因だと考えられる。今後の課題としては、以下が挙げられる。

- ・ 相手が目に入った時、お互いの足音がずっと聞こえるようにする。
- ・ 相手の姿や行動が目に入るように視覚的な UI を実装する。
- ・ 相手が動いているときでも的確にボディタッチできるように UI を改造する。
- ・ タスクの夢中度合いを評価軸として UI を検証する。

参考文献

- [1] C. Coelho, J. Tichon, T. J. Hine, G. Wallis and G. Riva, "Media Presence and Inner Presence: The Sense of Presence in Virtual Reality Technologies," *In From Communication to Presence: Cognition, Emotions and Culture towards the Ultimate Communicative Experience*, pp. 25-45, 2006.
- [2] S. Kevin, Y. S. Pai and K. Kunze, "Virtual Gaze : Exploring use of Gaze as Rich Interaction Method with Virtual Agent in Interactive Virtual Reality Content," *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, no. 130, pp. 1-2, 2018.
- [3] L. Fermoselle, S. Gunkel, F. t. Haar, S. Dijkstra-Soudarissanane, A. Toet, O. Niamut and N. v. d. Stap, "Let's Get in Touch! Adding Haptics to Social VR," *ACM International Conference on Interactive Media Experiences(IMX '20)*, pp. 174-179, 2020.
- [4] M. Hoppe, B. Rossmly, D. P. Neumann, S. Streuber, A. Schmidt and T.-K. Machulla, "A Human Touch: Social Touch Increases the Perceived Human-likeness of Agents in Virtual Reality," *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-11, 2020.
- [5] A. Brondi, L. Alem, G. Avveduto, C. Faita, M. Carrozzino, F. Tecchia and M. Bergamasco, "Evaluating the impact of highly immersive technologies and natural interaction on player engagement and flow experience in games," *International Conference on Entertainment Computing*, p. 169-181, 2015.
- [6] A. H. Crusco and C. G. Wetzel, "The Midas Touch: The Effects of Interpersonal Touch on Restaurant Tipping," *Personality and Social Psychology Bulletin*, vol. 10, no. 4, pp. 512-517, 1984.
- [7] D. Kort, Y. AW, W. A, IJsselsteijn, K. Poels, "Digital games as social presence technology: Development of the Social Presence in Gaming Questionnaire (SPGQ)," *Proceedings of PRESENCE*, pp. 1-9, 2007.