

VR 会議におけるアバターを介したジェスチャー表現の影響

井出将弘¹ 大島昇時¹ 森真吾¹ 市野順子² 田野俊一³

概要: 近年の VR デバイスの普及により、様々な VR 空間での会議システムが提案されている。しかしながら VR 空間内でアバターを介したコミュニケーションは、意図伝達に重要な役割を担っているジェスチャー表現が対面コミュニケーションと比較して制限されるため、意図が伝わりづらい。そこで本研究は、アバターのジェスチャー表現あり・アバターのジェスチャー表現なし・対面の 3 条件でブレインストーミングをする実験を行った。その結果、アバターを介したジェスチャー表現によって、ユーザーは意図や感情をより容易に伝えることができ、社会的プレゼンスが向上する可能性があることが示唆された。

キーワード: CSCW, ブレインストーミング, VR, アバター, ジェスチャー

Effect of avatars' gesture expression in VR meeting

MASAHIRO IDE^{†1} SHOJI OSHIMA^{†1}
SHINGO MORI^{†1} JUNKO ICHINO^{†2} SHUNICHI TANO^{†3}

Abstract: The popularization of VR devices makes various meeting systems in VR spaces. Avatar-mediated communication is more difficult to convey intentions compared to face-to-face interaction due to the restriction of non-language information by gesture expressions. The technical report experiments brainstorming in a VR space to expose the efficiency of avatars' gesture expressions. Three experimental conditions; (1) with avatar gesture expression, (2) without avatar gesture expression, and (3) face-to-face, leads different realizations of interaction among behaviors of participants. The results suggests that avatars' gesture expression can convey intentions and emotions more easily, and improve social presence.

Keywords: CSCW, Brainstorming, VR, Avatar, Gesture

1. はじめに

VR 技術は、宇宙旅行や海底探検を体験できることではなく、人々が VR 空間で極めて自然にコミュニケーションをとれるようになったとき、人々にとって必須の道具となり、一般に普及すると考えられる。そうなれば、生活様式や社会構造が大きく変わる——通勤や出張などの移動が減ることで、ワークライフバランスは向上し、旅客輸送用エネルギー消費の減少により持続可能な社会に近づく——ことが予想される。人々が VR 空間で自然にコミュニケーションをとれるようになるためには、非言語行動の表現技術の開発が重要と考えられるが、未だに有効な方法が確立されていない。非言語行動の表現技術に関しては、意思や感情を豊かに表す、表情・手の動き・視線といった非言語行動を適切に表現できることが重要と考えられる。

現在、大半の人が遠隔地の複数人の相手とコミュニケーションを行う際はスカイプなどのビデオ通話が用いられているが、対面でのコミュニケーションと比較して普及しているとはいえない。スカイプなどのビデオ通話より対面でのコミュニケーションが好まれるのは、ビデオ通話が、

人間の非言語行動を十分に表現できていないからだと考えられる。この問題により、特にブレインストーミング（以降、ブレスト）のような創造的な問題解決を行う会議をビデオ通話で行うのは困難である。

VR 空間におけるアバターを介したコミュニケーションはビデオ通話より視線や身振り手振りなどの非言語行動をより豊かに伝達が可能である。しかしながらより豊かになったといえども、現在市場で発売されている安価な VR デバイスでは対面と同等の視線、身振り手振り、表情などは表現できず非言語行動は制限される。

スカイプなどのビデオ通話において感情や意図を非言語行動として伝える手法としては、感情や意図を記号化したアイコンを選択し、ジェスチャーや感情を伝える手法がある（図 1）。また MMO (Massively Multiplayer Online) と呼ばれる多人数のオンラインゲームにおいては自身のアバターであるキャラクターにエモートと呼ばれる記号化された感情表現、ジェスチャーをふるまわせる手法がみられる。ソーシャル VR プラットフォームである VRChat においても自身のアバターについてエモートと同様の表現をふるまわせる機能が実装されている。このようなジェスチャー表現は VR 空間における意図伝達に有用だと考えられるが、VR 空間における自身のアバターに記号化されたジェスチャー表現をふるまわせた際の影響についての研究は見当たらない。

1 TIS 株式会社
TIS Inc.
2 東京都市大学
Tokyo City University
3 電気通信大学
The University of Electro-Communications

本研究の目標は VR 空間における複数人でのブレストにおいて、アバターを介したジェスチャー表現がブレストの参加者のふるまいや心理面に与える影響についての洞察を得ることである。

そこで今回の実験ではアバターのジェスチャー表現あり・アバターのジェスチャー表現なし・対面の3条件でブレストを行い、ふるまいや心理に与える影響を調査した。

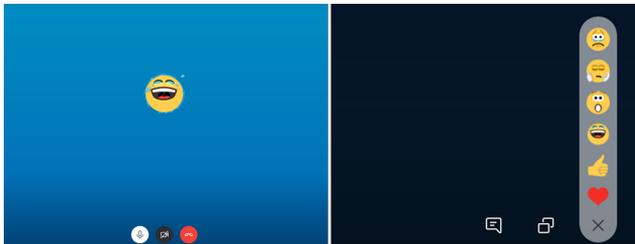


図 1 Skype の感情表現 (左図) と選択 UI (右図)

2. 関連研究

VR 空間におけるコミュニケーションの研究は数多く行われ、特にアバターの表現がコミュニケーションに与える影響についてさまざまな試みがなされてきた。例えば Smith ら[1]は2人の作業者による作業について対面、アバターの有無の3条件で実験を行ったが VR 空間での社会プレゼンス、コミュニケーションにアバターの有無が影響を与えることを示した。

また Yoon ら[3]は環境制約やコラボレーションの目的に応じてではあるが、アバターは漫画調の表現かつ上半身のみのスタイルでも豊かなコラボレーション体験を提供できることを示唆している。

またコミュニケーションにおけるアバターを介したジェスチャー表現の研究は Prendinger[4]らの研究がある。彼らはアバターを介した共感的なフィードバックがユーザーに対してポジティブな心理的影響を与えることを示唆している。プレゼンスのある VR 環境が他のメディアと比較してより感情を引き起こすことを示唆した Riva ら研究[5]を踏まえるとプレゼンスのある VR 空間内においてはアバターを介したジェスチャー表現がより有用になる可能性がある。

Joohee ら[6]はユーザー自身のアバターの表情表現がユーザーの感情に影響を与えることを示している。

上記の通り、VR 空間におけるブレストにおいて、アバターを介したジェスチャー表現が議論に参加するメンバーのふるまいや心理に与える影響が示唆されるが、探求する研究は見当たらない。

3. アバターを介したジェスチャー表現のデザイン

3.1 ジェスチャー表現の選定

本システムではアバターを介したジェスチャー表現と

して、ブレストで使用して違和感のないジェスチャーから9種類のジェスチャーを用意した。9種類に限定した理由としては、ジェスチャー選択の UI の操作性を確保しつつ、他の参加者のアバターにできるかぎり UI が被らないようにするためである。(図 2)。9種類のジェスチャーの一覧およびジェスチャー表現のイメージを図 3 に示す。一覧にはのちの分析のためにエクマンとフリーセンの非言語行動の5分類[9] (表象(emblems), 例示(illustrators), 調節(regulators), 感情表示(affect displays), 適応行為(adaptors)) を付与した。

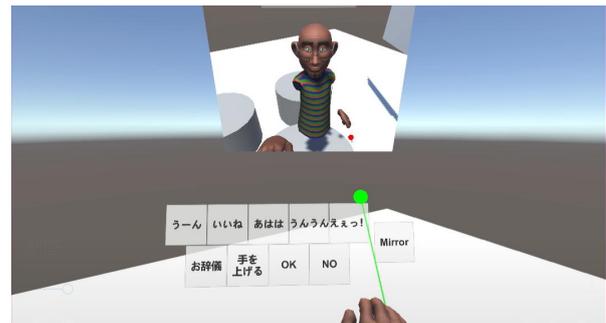


図 2 ジェスチャー選択 UI



分類	ジェスチャー	UI表示名	ジェスチャー内容
表象	Bow	お辞儀	頭を下げるおじぎ動作
	Good	いいね	親指を上げる
	Yes	OK	胸の前でOKサインを作る動作
	No	NO	顔を横に振り、手を前に突き出す動作
	Think	うーん	手を額に当て、考える動作
調節	Nod	うんうん	うなづき動作
	RaidsHand	手を上げる	手を顔の前に上げる動作
	Laugh	あはは	顔を上げ、口を大きく開け大笑いする動作
感情表示	Surprise	ええっ!	手を軽く上げ、驚いた表情をする動作

図 3 ジェスチャーの種類とジェスチャー表現

3.2 アバターおよびジェスチャー表現の実装

本システムでは安価な VR デバイスとして HMD, コントローラー共に 3DoF 操作可能な Oculus Go を採用した。

VR デバイスの制約による違和感を抑えつつプレゼンスを高めるため、本実験に使用するアバターは図 3 のように今回のジェスチャー表現が行える上半身と手のみのアバターを採用した[3]。アバターは頭部の回転と右手の回転につ

いて操作者と同期するよう実装した。

アバターでの会話をより自然なものとするため、瞬き/リップシンクについてはシステムで自動的に実行するよう実装を行った。

4. 実験方法

4.1 実験条件

実験条件は以下の3つの条件を設定した

- ・対面（実空間）

実験参加者は物理的に同じ実験室に集合し、互いの姿が見える状態でブレストを行った。ブレストを行う際のふるまいについては特に制約を設けず、自然にコミュニケーションするよう指示した。ブレスト中に出たアイデアについてはメモを取ることを禁止し、各自で覚えてもらうように指示した。

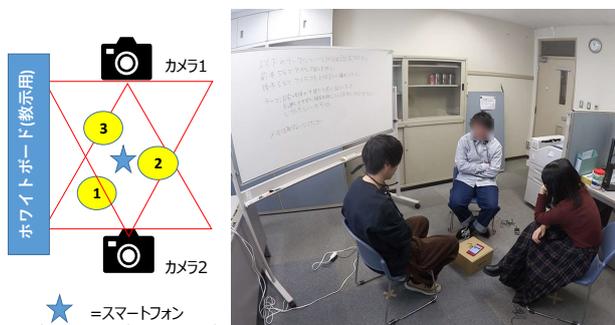


図 4 対面環境の俯瞰図と実験環境

- ・アバターのジェスチャー表現あり（VR 空間）

実験参加者は対面条件と同じ建物ではあるが、互いに見えず、声が聞こえない実験室にそれぞれ集合した。実験室において各参加者は HMD を装着し、VR 空間でブレストを行った。ブレストを行う際のふるまいについては話し合いの最中、話の流れに合うように、可能な限りジェスチャー表現を使用するよう指示し、用意したジェスチャー表現以外のふるまいについては普段通りにするよう指示した。

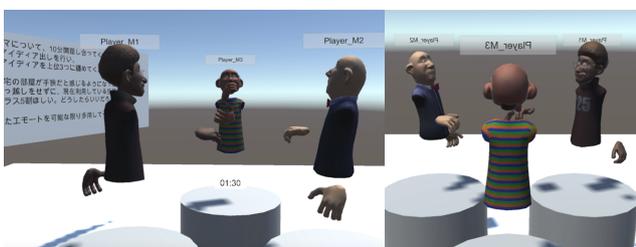


図 5 VR 空間の実験環境

- ・アバターのジェスチャー表現なし（VR 空間）

ブレスト開始までの条件、手順についてはアバターのジェスチャー表現ありと同様の条件で行った。ブレストを行

う際のふるまいについてはジェスチャー表現を使用せず、自然にコミュニケーションするよう指示した。

4.2 実験環境

- ・実空間

各参加者にはピンマイクを着用してもらい、各参加者の音声を取得した。

ブレストの様子については実験参加全員の表情を撮影できるように図 4 のようにカメラ 2 台を配置した。またブレスト中のテーマを掲示するためのホワイトボードについても参加者が常に参照できるように図 4 の位置に配置した。実験タスクの時間通知のためにスマートフォンを参加者の中心に配置した。

- ・VR 空間

VR 空間の実験については、可能な限り対面の実験環境と同様の条件になるように環境を構築した（図 5 図 5）。また HMD のマイクを通じて各参加者の音声を取得し、非表示のアバターとして VR 空間に参加している実験観察者の PC 画面を録画した。

4.3 実験参加者

参加者は合計 18 人の被験者（男性 16 人、女性 2 人）、ブレストのメンバーは事前に面識のあるメンバーになるように編成した。参加者は 21～26 歳であった。

4.4 実験手順

参加者は互いに知り合いの 3 人ずつの 6 グループに分け、以下のとおりの実験手順で実験を行った。実験は全員同じ建物で行い、一日ですべての実験を完了した。

実験開始前に参加者を実験室とは別の待機室に集め、実験概要を説明した。説明後参加者には実験の同意書の署名、年齢等のプロフィールの記入をしてもらった。記入完了後、以下の実験条件ごとの手順に従い、実験を行った。実験は対面で行うタスクが 1 回、VR を利用したタスクが 2 回の合計 3 回行い、それぞれのタスクは 10 分間であった。3 回のタスクは実施順による影響を抑えるため、6 グループで同じ順番にならないようタスク順は各グループで入れ替えを行った。

- ・実空間

実験室へ案内後、実験観察者からブレストのタスクについての説明を行った。参加者はタイマー開始の合図を受け、ブレストを行った。実験観察者はタイマー開始後実験室から退室した。

- ・VR 空間

初回の VR を利用したタスクの前に参加者は待機室にてコントローラー、アバター選択、ジェスチャー操作のシステム操作について説明を受けた。その後本システムが起動済みの HMD を着用し、5 分程度操作練習を行った。練習後参加者は HMD を持ち、実験室へそれぞれ移動した。実験室において各参加者は HMD を装着後 VR 空間に入室し、HMD のスピーカーを通じて実験観察者によるブレストの

タスクについての説明を受けた。参加者はタイマー開始の合図を受け、プレストを行った。

4.5 タスク

参加者は各条件の下で2つのタスクを行った。アイデア出しタスク、次に合意形成タスクである。

アイデア出しタスクでは参加者は実験開始時に実験観察者から与えられたプレストテーマについて自由に発言し、5分間で可能な限りアイデアを出す。アイデア出しタスク終了後、続けて合意形成タスクを行う。

合意形成タスクでは参加者はアイデア出しタスクで発散させたアイデアをまとめ、1~3番目によいと思われるアイデアについて順位を決め、合意する。

プレストのテーマについては以下の3つを用意し、各条件で偏りが生じないようにプレストテーマと各実験条件の対応は6グループで組み換えを行った。

- ・ 歯ブラシが一定の期間でだめになる。今より50%長持ちさせるにはどうしたらいいだろうか。
- ・ 趣味の分野に使えるお金を増やしたい。今よりも5割増やすにはどうすればいいだろうか。
- ・ 自宅の部屋が手狭だと感じるようになった。引っ越しをせずに、現在利用している空間にプラス5割ほしい。どうしたらいいだろうか。

4.6 データの収集と分析

研究課題を解決するために、ふるまいや心理に関するデータを収集した。収集したデータは各セッションにおけるアイデアの数、参加者の総発言長・発言頻度・参加のバランス、ジェスチャー表現の使用回数、参加者の主観アンケートである。

4.6.1 アイデアの数

各条件の動画を確認し、発言者とそのアイデアについてカウントした。アイデア数は前半の5分間のアイデア数と後半5分間で出されたアイデアに分けて集計を行った。集計したデータのうち、対面条件の1グループにおいて、スマートフォンのアラームが通知されず、5分間のアイデア出しを8分30秒行ったケースが確認された。該当データは除外せず、アイデア数を5分の時間になるように前半、後半のアイデア数を補正した。

4.6.2 総発言長・発言頻度・参加のバランス

ピンマイク及びHMDから取得した音声データについてタグ付けを行い、各参加者の総発言長(参加者ごとの各発言の発言長の合計)と発言頻度(参加者ごとの発言頻度)を算出した。

また、各参加者のプレーンストーミングへの参加のバランスを測定するために、先行研究[7]に従って、総発言長と発言頻度について参加のバランスを求めた。今回採用した指標はジニ係数[8]を変形した指標を採用している。ジニ係数は0(完全に平等)から1までの値をとる。本研究も上述の先行研究に基づき、1からジニ係数を引いた値を参加のバラ

ンス値とした。

4.6.3 ジェスチャー表現の使用回数

アバターのジェスチャー表現あり条件について、実験終了後システムログより、ジェスチャー表現の使用回数のデータを収集した。

4.6.4 参加者の主観アンケート

本研究では各セッションの終了後に2つ、全セッションの終了後に1つの合計3つの主観アンケートを実施した。

各セッションの終了後の2つのアンケート

各セッションの終了後に実施したアンケートは以下の2つである。

- ・ プレスト中のふるまい・心理についてのアンケート(25項目)
- ・ Networked Minds Social Presenceのアンケート(34項目)[2]

それぞれのアンケートの各項目に対して、7段階のリッカート尺度(1:全くそう思わなかった, 2:かなりそう思わなかった, 3:少しそう思わなかった, 4:どちらともいえない, 5:少しそう思った, 6:かなりそう思った, 7:非常にそう思った)で評価してもらった。

プレスト中のふるまい・心理についてのアンケートは本実験のために用意したものであり、Networked Minds Social PresenceのアンケートはVR空間における社会的プレゼンスの尺度として利用されているものである[1][3]。

Networked Minds Social Presenceのアンケートについては今回の実験のためにアンケートの質問文の翻訳を行った。翻訳したアンケートの質問文を表1に示す。また表1に示すとおり、Networked Minds Social Presenceのアンケートは社会的プレゼンスを構成する要素と要素に関連した質問文で構成されている。

全セッションの終了後のアンケート

全セッションの終了後に実施したアンケートは、「どの手法が最も好きですか」、「どの手法が最も楽しかったですか」の2項目の選択項目とその理由を自由回答形式で記述してもらった。

4.6.5 統計的処理

アイデアの数、総発言長・発言頻度・参加のバランスに対しては実験条件をグループ要因とした反復測定分散分析を行った。実験条件の主効果が有意であった場合には、下位検定としてBonferroni法を用いて、条件間で多重比較検定を行った。

各セッション終了後に実施した7段階リッカート尺度による2つのアンケート結果に対しては次のように分析を行った。

プレスト中のふるまい・心理についてのアンケートについてはフリードマン検定を行い、有意であった場合には、下位検定としてウィルコクソンの符号付き順位検定を用いて条件間で多重比較検定を行った。

Networked Minds Social Presence のアンケートについては表 1 の社会的プレゼンスを構成する要素ごとに集計し、実験条件をグループ要因とした反復測定分散分析を行った。実験条件の主効果が有意であった場合には、下位検定として Bonferroni 法を用いて、条件間で多重比較検定を行った。アンケート値の集計の際は否定表現についてはマイナス値として加算処理を行った。(Q5~Q8, Q11~Q14)

全セッション終了後に実施した順序尺度によるアンケート結果(図 9)に対しては、カテゴリカルデータ(対象とした各カテゴリの度数の割合)であるため χ^2 検定を行った。 χ^2 検定で有意であった場合には、下位検定として Ryan 法を用いて、条件間で多重比較検定を行った。

表 1 Networked Minds Social Presence のアンケート内容

Co-presence
1.私は、他のメンバーが同じ部屋に居るように感じた
2.他のメンバーは、私達が同じ部屋に居るように感じていた
3.私は、部屋の中で他のメンバーを意識していた
4.他のメンバーは、部屋の中で私を意識していた
5.私は、部屋の中で他のメンバーが居ることを意識していなかった
6.他のメンバーは、部屋の中で私が居ることを意識していなかった
7.私は、自分たちが同じ部屋ではなく、別の場所にいるように感じた
8.他のメンバーは、自分たちが同じ部屋ではなく、別の場所にいるように感じた
Perceived attentional engagement
9.私は、他のメンバーに細心の注意をはらった
10.他のメンバーは、私に細心の注意をはらった
11.私は、何か他ごとが起きたとき、他のメンバーに注意を払わなくなった
12.他のメンバーは、何か他ごとが起きたとき、私に注意を払わなくなった
13.私は、他のメンバーを無視しがちだった
14.他のメンバーは、私を無視しがちだった
Perceived emotional contagion
15.私は、他のメンバーの気分に影響を受けた
16.他のメンバーは、私の気分に影響を受けた
17.私が楽しいと、他のメンバーも楽しくなる傾向があった
18.他のメンバーが楽しいと、私も楽しくなる傾向があった
19.私が悲しいと、他のメンバーも悲しくなる傾向があった
20.他のメンバーが悲しいと、私も悲しくなる傾向があった
21.私が緊張すると、他のメンバーも緊張する傾向があった
22.他のメンバーが緊張すると、私も緊張する傾向があった
Perceived comprehension
23.私は、他のメンバーに話の意図を明確に伝える事が出来た
24.他のメンバーは、私に話の意図を明確に伝える事が出来た
25.私の考えを、他のメンバーは理解していた
26.他のメンバーの考えを、私は理解していた
27.私は、他のメンバーが意図することを理解できた
28.他のメンバーは、私の意図することを理解できた
Perceived behavioral interdependence
29.私の行為・行動は、他のメンバーの行為・行動に影響された
30.他のメンバーの行為・行動は、私の行為・行動に影響された
31.私の態度・振る舞いは、他のメンバーの態度・振る舞いに直接的に反応した
32.他のメンバーの態度・振る舞いは、私の態度・振る舞いに直接的に反応した
33.私がしたことは、他のメンバーがすることに影響を与えた
34.他のメンバーがしたことは、私がすることに影響を与えた

5. 結果

以降の小節におけるグラフ内の誤差バーは標準誤差を表す。グラフおよび表中の記号*は前節で示した下位検定における有意水準(* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$)を表す。

5.1 アイデアの数

アイデアの数を分析した結果を表 2 に示す。アイデアの数は 3 条件で有意な差はみられなかった。3 条件の中ではアバターのジェスチャー表現ありの条件が平均値としては最も高いアイデア数であった。

表 2 アイデア数

	対面	ジェスチャー表現なし	ジェスチャー表現あり
プレスト前半	7.83	6.67	8.50
プレスト後半	4.85	4.67	6.00
合計	6.34	5.67	7.25

5.2 総発言長・発言頻度・参加のバランス

参加者の総発言長・発言頻度・参加のバランスを算出した結果を表 3 及び表 4 に示す。

総発言長については、3 条件で有意な差は見られなかったが、アバターのジェスチャー表現ありの条件が最も低い平均値をしめした。発言頻度についても 3 条件で有意な差は見られなかった。

参加のバランスについては 3 条件で有意な差は見られなかった。各条件の参加のバランスの値は 0.83~0.87 とバランスのよい値を示している。

表 3 総発言長と発言頻度の平均

	対面	ジェスチャー表現なし	ジェスチャー表現あり
総発言長	475.57	472.47	464.26
発言頻度	405.17	441.50	411.33

表 4 総発言長と発言頻度の参加のバランス

	対面	ジェスチャー表現なし	ジェスチャー表現あり
総発言長	0.83	0.87	0.84
発言頻度	0.85	0.85	0.85

5.3 ジェスチャー表現の使用回数

アバターのジェスチャー表現ありの条件において使用されたジェスチャー表現の回数を図 6 に示す。

最も使用されたジェスチャー表現は調節の分類の Nod であり、次いで使用されたのは表象の分類の Think であった。また、肯定的な意図、感情を示す Good, Yes, Laugh のジェスチャー表現が比較的多く使用された。

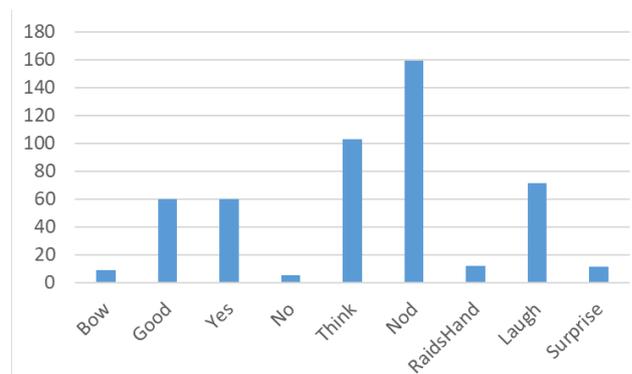


図 6 ジェスチャー表現の使用回数

5.4 参加者の主観アンケート

5.4.1 プレスト中のふるまい・心理についてのアンケート

プレスト中のふるまい・心理についてのアンケートのう

ち、下位検定にて有意差があった質問項目の結果を表 5 に示す。

参加者はジェスチャー表現があることで意図や感情を伝えることができたと評価した。また有意差は確認できなかったものの、対面-ジェスチャー表現ありの条件間ではジェスチャー表現あり条件の平均値が大きい。(Q17~Q 20, Q 25)

対面-ジェスチャー表現ありの条件間の有意差は Q14 が確認された。ただし、対面-ジェスチャー表現なしと平均値の差は対面-ジェスチャー表現ありの条件間の方が小さい。

5.4.2 Networked Minds Social Presence のアンケート

Networked Minds Social Presence のアンケートについては Co-presence 及び Perceived behavioral interdependence について有意差が確認された。有意差が確認された 2 項目について分析結果を図 7 および図 8 に示す。

Co-presence は対面-ジェスチャー表現なし、対面-ジェスチャー表現ありのそれぞれの条件間で有意に差があった。ジェスチャー表現なし-ジェスチャー表現ありの条件間には有意な差は確認できなかった。

Perceived behavioral interdependence についてはジェスチャー表現なし-ジェスチャー表現ありの条件間に有意な差が確認された。

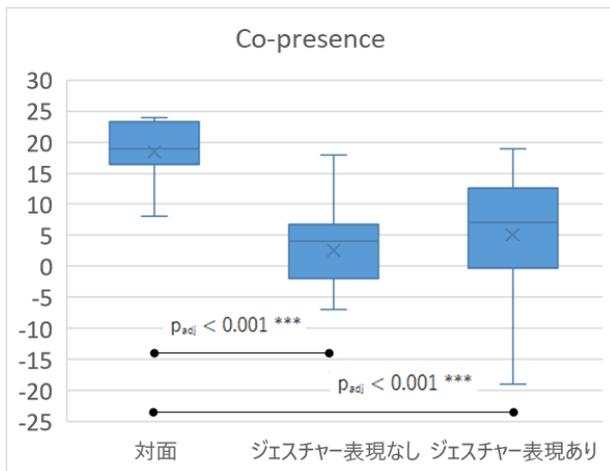


図 7 Co-presence の分析結果

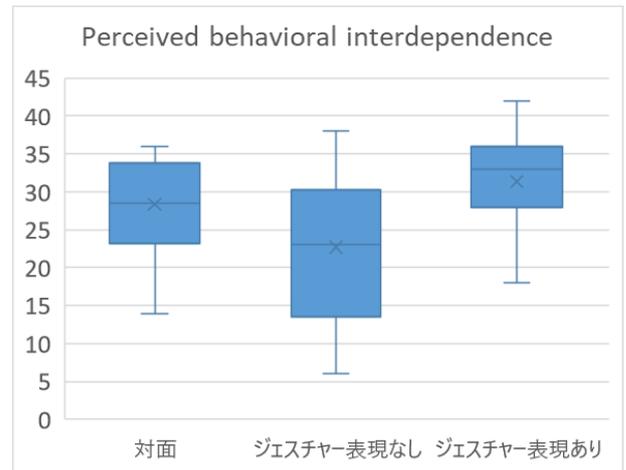


図 8 Perceived behavioral interdependence の分析結果

5.4.3 全セッション終了後アンケート

全セッションの終了後に実施したアンケートの結果を図 9 に示す。

円グラフから一番好きな手法では対面条件、一番楽しかった手法ではジェスチャー表現あり条件が選択されたことがわかる。

各項目について χ^2 検定を行ったが、条件間には有意な差は確認できなかった。

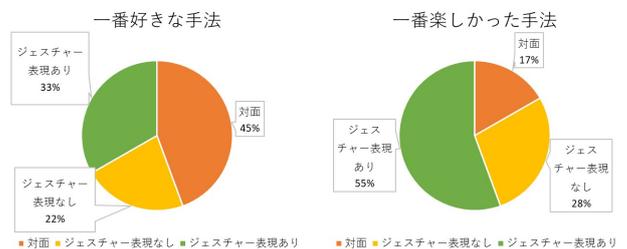


図 9 いずれか 1 条件を選択してもらうアンケートの結果

表 5 プレスト中のふるまい・心理についてのアンケート結果

質問項目	対面	なし	あり	フリードマン検定		下位検定ペア1		下位検定ペア2	
				カイ 2 乗	p 値	調整済み p 値		調整済み p 値	
12.私は、普段と比べて身振り手振りを多用した	3.56	2.72	4.94	7.52	0.023 *	なし-あり	0.037 *		
14.私は、他のメンバーが私の話を聞いているか不安に思った	2.06	3.50	3.22	10.11	0.006 **	対面-あり	0.037 *		
17.私は身振り手振りで、他のメンバーに話の意図を伝える事が出来た	4.00	2.33	4.78	15.49	p<0.001 ***	なし-対面	0.029 *	なし-あり	0.001 **
18.他のメンバーの身振り手振りで、話の意図を理解する事が出来た	4.33	2.44	5.06	20.34	p<0.001 ***	なし-対面	0.003 **	なし-あり	p<0.001 ***
19.私は身振り手振りで、他のメンバーに感情を伝える事が出来た	4.00	2.72	5.17	14.47	0.001 **	なし-あり	0.001 **		
20.他のメンバーの身振り手振りで、私は他のメンバーの感情を理解する事が出来た	4.67	2.78	5.33	17.80	p<0.001 ***	なし-対面	0.037 **	なし-あり	0.001 **
23.私は、他のメンバーの身振り手振りに注目していた	4.39	3.11	5.50	14.52	0.001 **	なし-あり	0.002 **		
25.私は、他のメンバーの感情を理解することができた	5.44	4.06	5.61	12.83	0.002 *	なし-対面	0.037 *	なし-あり	0.008 **

調整済み p 値 : Bonferroni 訂正により有意確率の値を調整 (なし:アバターのジェスチャー表現なし, あり:アバターのジェスチャー表現あり)

5.5 全セッション終了後の自由回答アンケート

最も好きな手法、最も楽しかった手法の選択理由について参加者に自由回答形式で記述してもらった結果を用いて質的分析を行った。その結果確認された特徴を以下に示す。

●アバターによる緊張緩和と効果

ジェスチャー表現なし、ジェスチャー表現あり条件を選択した参加者にアバターによる緊張緩和の感覚が多く確認された。

—自分の性格も関係あるが、気軽に自分の意見を話せると感じた。
—他の人に現実の姿を見られていないことでリラックスできた。
—VR アバターのデザインが良いのと、対面だと緊張することもすんなり話せるため。
—エモートがある方が感情を伝えやすかった点と対面で無いため緊張も少し抑えられたように感じたから。

●ジェスチャー表現による注意の逸脱

ジェスチャー表現なし条件を最も好き、最も楽しい手法と選択した参加者にジェスチャー表現による注意の逸脱に対する言及が確認された。

—エモート付きだとそちらの方に注意が向いてしまうことがあり、すこし話し合いがしにくく感じる事があった
—対面より VR での対話の方が好ましかったが、emote 有りは操作に意識が向い少し集中しづらかった
—エモートありだと、そっちの操作を考えなくてはいけなくなり、手間があり楽しさがあまり感じなかった。

●ジェスチャー表現による同調

ジェスチャー表現あり条件を最も楽しい手法と選択した参加者にジェスチャー表現による同調、一体感に対する言及が確認された。

—VR でエモートを使うことによって相手もそれに対してエモートを使うことが楽しかった。
—皆同様の行動がボタン一つで出来るので一体感が生まれた。

6. 考察

6.1 アイデアの数

アイデアの数については有意な差が確認できなかったが、ジェスチャー表現ありの条件が平均値としては最も高いアイデア数であった。今回は6グループの実験データによる分析のため、偶然によるものとも考えられるが、全セッション終了後アンケートにおいて一番好きな手法と評価された対面条件より高いことは評価できる。ジェスチャー表現あり条件が一番楽しかった手法としてポジティブに評価されていることと、全セッション終了後の自由回答アンケートでジェスチャー表現やその操作による注意の逸脱についての言及があったことを踏まえると、今後ジェスチャー表現の提示法、操作法を改善することによってアイデアの数を増加させることができる可能性がある。

6.2 総発言長・発言頻度・参加のバランス

総発言長・発言頻度・参加のバランスについては有意な差が確認できなかった。ジェスチャー表現あり条件の総発言長が他条件と比較してやや少ないが、これはジェスチャー選択 UI がコントローラーで選択しづらく選択に集中力を要するため、ジェスチャー表現をしようとした際に無言になる傾向があったためと考えられる。このことは録画した実験の様子からも確認された。

参加のバランスについても3条件で有意な差が確認できなかった。今回の実験は3人の参加者によるプレストのため、参加者がバランスを比較的取りやすかったものと考えられるが、4人、5人と参加者を増加させた場合は影響が与える可能性はある。

6.3 ジェスチャー表現の使用回数

ジェスチャー表現は Nod, Think のジェスチャー表現が最も多く使用された。これは今回のタスクがプレストという思考することが多いタスクであったことが大きく影響があると思われる。また肯定的な意図、感情を示す Good, Yes, Laugh のジェスチャー表現が比較的多く使用されたことも。自由な発想とアイデアの数が求められるプレストのタスクに合っているジェスチャー表現が自然と選択されたことを示唆している。

6.4 参加者の主観アンケート

本実験において収集・分析したデータのうち、有意差が確認されたのは参加者の主観アンケートのみであった。

プレスト中のふるまい・心理についてのアンケートについて参加者はジェスチャー表現があることで意図や感情を伝えることができたと評価しており、ジェスチャー表現の使用についてポジティブな結果が得られた。身振り手振りに関する質問の平均スコアはジェスチャー表現あり条件が対面条件を上回っている。これはアバターがやや誇張したジェスチャー表現を行うことが影響していると考えられる。

Networked Minds Social Presence のアンケートについては Co-presence は対面-ジェスチャー表現なし、対面-ジェスチャー表現ありのそれぞれの条件間で有意に差があったが、ジェスチャー表現なし-ジェスチャー表現ありの条件間には有意な差は確認できなかった。対面条件と比較した Co-presence の低下はジェスチャー表現による効果ではなく、現実と VR 空間の差によるプレゼンスの差といえる。特に今回使用した VR デバイスの制限により、アバターと操作者の同期が頭部の回転と右手の回転に限定されていることの影響は大きいと考えられる。Perceived behavioral interdependence についてはジェスチャー表現なし-ジェスチャー表現ありの条件間に有意な差が確認された。これはジェスチャー表現が VR 空間における自己及び他者の影響度を向上させ、VR 空間における Perceived behavioral interdependence の向上に寄与するといえる。

以上の参加者の主観アンケートの結果から、以下の可能

性があることが示唆された。実空間における対面コミュニケーションと比較すると、VR空間における一般的なアバターを介した遠隔コミュニケーションは社会的プレゼンスが低下する。しかし、アバターがジェスチャー表現を行えるようにすることで、ユーザーは意図や感情をより容易に伝えることができ、その結果社会的プレゼンスが向上する。

7. まとめと今後の課題

本研究ではVR空間における意図伝達についてアバターを介したジェスチャー表現が有用であるか調査するため、複数人でのプレストについて、アバターのジェスチャー表現あり・アバターのジェスチャー表現なし・対面の3条件で実験を行い、プレストの参加者のふるまいや心理面に与える影響について調査した。

その結果、参加者の主観アンケートから、実空間における対面コミュニケーションと比較すると、VR空間における一般的なアバターを介した遠隔コミュニケーションは社会的プレゼンスが低下するが、アバターがジェスチャー表現を行えるようにすることで、ユーザーは意図や感情をより容易に伝えることができ、その結果社会的プレゼンスが向上する可能性があることが示唆された。

上記のとおり我々は、VR空間でのプレストを支援するために、アバターを介したジェスチャー表現を使用する場合の効果について初歩的な知見を得た。今後VR空間でのプレストを支援するための非言語行動の可能性についてのより深い洞察を得るためにさらなる研究が必要である。

今後の一つの方向性としては、今回の実験では3DoFのHMD、3DoFのコントローラーという身体動作に制約のあるデバイスを使用した。Oculus Quest等の比較的安価であるが、6DoFのHMD、6DoFの両手コントローラーおよびハンドトラッキングに対応した、より豊かな身体動作が可能なVRデバイスが市場に登場し始めている。それらを用いたより豊かなジェスチャー表現について検討する。

また、別の方向性としては今回VR空間におけるプレストについて、アバターを介すことにより、普段より緊張せずにオープンに議論できることが示唆された。そのため、VR空間においてアバターを介すことにより、プレストに重要な多様性とオープンな議論のバランスをとることが可能ではないかと思われる。本実験では同年代の知り合いによるプレストを行ったが、それを複数の年代、背景をもった参加者で行い、様々なアバターを介して議論した際の影響について調査したい。

参考文献

- [1] H.J. Smith, M. Neff, "Communication behavior in embodied virtual reality", Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 289:1-289:12, 2018.
- [2] Biocca, Frank & Harms, Professor. (2003). Networked Minds Social Presence Inventory: (Scales only, Version 1.2) Measures of

- co-presence, social presence, subjective symmetry, and intersubjective symmetry.
- [3] B. Yoon, H. Kim, G. A. Lee, M. Billinghurst and W. Woo, "The Effect of Avatar Appearance on Social Presence in an Augmented Reality Remote Collaboration," 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), Osaka, Japan, 2019, pp. 547-556.
- [4] Helmut Prendinger and Mitsuru Ishizuka. 2005. The Empathic Companion: A Character-Based Interface That Addresses Users' Affective States. Applied Artificial Intelligence 19, 3-4 (March 2005), 267-285. <https://doi.org/10.1080/08839510590910174>
- [5] Riva, Giuseppe & Mantovani, Fabrizia & Capideville, Claret & Preziosa, Alessandra & Morganti, Francesca & Villani, Daniela & Gaggioli, Andrea & Botella, Cristina & Alcañiz Raya, Mariano. (2007). Affective Interactions Using Virtual Reality: The Link between Presence and Emotions. Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society. 10. 45-56. 10.1089/cpb.2006.9993.
- [6] Jun, Joohee & Jung, Myeongul & Kim, So-Yeon & Kim, Kwanguk. (2018). Full-Body Ownership Illusion Can Change Our Emotion. 1-11. 10.1145/3173574.3174175.
- [7] 市野順子, 八木佳子, 西野哲生, グループディスカッション支援のための振動によるフィードバックの提示. 情報処理学会論文誌,60(4),1171-1183 (2019-04-15), 1882-7764
- [8] Weisband, S.P., Schneider, S.K. and Connolly, T. (1995) Computer-Mediated Communication and Social Information: Status Salience and Status Differences. The Academy of Management Journal, 38, 1124-1151.
- [9] 大坊郁夫: しぐさのコミュニケーション: 人は親しみをどう伝えあうか, セレクション社会心理学 14, サイエンス社(1998)