

実対人距離を調節可能な複合現実分散会議システム

井 上 智 雄^{†1,†2}

対人コミュニケーションにおいてノンバーバル情報は重要であり、分散会議においてもその伝達方法やその効果が研究されてきた。ビデオ会議や VR 会議と比較した場合の、複合現実感を用いた分散会議の特徴は、遠隔参加者を表す CG アバタが実世界上に投影されることであるといえる。本論文では、アバタが実世界上に存在する点が特徴である従来の複合現実感分散会議システムに対して、そのアバタの座席位置と向きが変化するシステムを構成し、会議実験におけるユーザの反応を視線行動の点で調査した。その結果、アバタの座席位置と向きに遠隔参加者の座席位置と向きを反映させることが、ユーザの遠隔参加者に対する視線行動に影響を及ぼし、アバタに視線を向ける回数と時間を増加させることが分かった。

Mixed Reality Meeting System Enabling User to Keep and Share Interpersonal Distance in the Real World

TOMOO INOUE^{†1,†2}

Nonverbal information such as interpersonal distance and body orientation plays important role in face-to-face human communication. However, users cannot use it in current video or VR meeting systems in its real meaning. This paper proposes a meeting system that users can control pseudo-physical interpersonal distance and body orientation using Mixed Reality. Physical position and body orientation of remote participants are reflected to the avatars that are displayed on the physical space of a local participant. We have developed a system for experiments of these nonverbal cues of avatars, and have conducted a meeting experiment. By video analyses focused on the user's eye directions, difference in behavior of a user between experimental conditions was revealed.

^{†1} 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科

Graduate School of Library, Information and Media Studies, University of Tsukuba

^{†2} 国立情報学研究所

National Institute of Informatics

1. はじめに

会議支援研究では、遠隔会議の臨場感を高めるための研究が多くなされてきた。高臨場感とは現実との差異が人間にとって小さいことを意味し、高い臨場感は人間の感性を励起するなど、スムーズなコミュニケーションにおいて重要な要素である。臨場感を対面会議に近づけるための方法の 1 つとして、複合現実感を用いた手法が研究されている。

一方、対面会議では参加者自身によって頻繁に身体の向きと座席位置の調整が行われる。話者の方向に身体のを向きを変える、話者の方向に身体を近づける、話題に興味がないときやリラックスしているときに椅子をひいて楽な姿勢をとったりするなどがその例である。遠隔会議支援研究でも、このような対人コミュニケーションにおけるノンバーバル情報が重要とされ、多く研究されてきた¹⁾。従来の複合現実感を用いたコミュニケーション支援の研究では会議相手の動きを 3D アバタに反映している研究もあるが²⁾、2 地点での 1 対 1 のコミュニケーションを対象としており、複数人の参加者の表現について考慮されていない。

筆者らは、分散地点間のコミュニケーションを対象とし、複合現実分散会議空間におけるアバタの設計について検討している。会議におけるノンバーバル情報として参加者間の対人距離と身体方向がある。これまでに、複合現実感を用いた分散会議において、複数の遠隔参加者アバタの座席配置が検討されている³⁾。複合現実分散会議システムでは、VR 会議や TV 会議と異なり、ユーザのいる空間内に遠隔参加者をアバタとして配置できる点に特徴がある。しかしながら、このシステムでは会議中に他参加者との距離や身体方向を調整することができない。

従来の VR 会議や TV 会議には、会議参加者間の対人距離や身体方向を調整できるものがいくつかあるが^{4),5)}、これらはモニタを通して参加者間の距離を示すため、複合現実感技術により実世界上に遠隔参加者を投影配置する場合の対人距離とは異なると考えられる。そこで本論文では、遠隔会議参加者間の対人距離と身体方向が調整可能な会議システムを提案する。具体的には、遠隔地点にいる会議参加者の座席位置、身体方向を、実世界上に表示されたアバタに反映させる。そして、このシステムによる会議でユーザがどのように他参加者に視線を向けているかについて、アバタの位置と向きが固定された複合現実感分散会議、対面会議との比較実験により調査する。

以下では、2 章で関連研究について述べ、3 章で提案システムの設計について、4 章で提案システムの開発について述べる。5 章で評価実験について述べ、最後に 6 章においてまとめを述べる。

2. 関連研究

2.1 対人距離と身体方向の重要性

人が快適に生活するうえで、他者との距離は重要な意味を持つ。これはパーソナルスペースとして知られ、主に心理学において研究されてきた⁶⁾。対面会議の会議空間についてもその適切な設計が必要であることは、広く認められている⁷⁾。また、他参加者がどの方向を向いているかについても、相手が注意を向けている先を知るうえで重要である⁸⁾。対面会議では参加者自身によって頻繁に座席位置と身体方向の調整が行われる。話者の話を聞いていることを示すために、話者の方向に身体向きを変えることは一般的に行われる。また、話者の声が聞きにくい場合に話者の方向に身体を近づけたり、話題に興味がなくなるとリラックスしているときに椅子をひいて楽な姿勢をとったりすることも一般的である。

2.2 会議空間を考慮した TV 会議

TV モニタを用いて、会議参加者同士の位置関係や距離を考慮したシステムとして HERMES⁹⁾ や Hydra⁴⁾ がある。HERMES は独自のレイアウトを用いることで同地点内の会議参加者と遠隔地にいる会議参加者それぞれに対するコミュニケーションを両立させたシステムである。しかし、遠隔地にいる会議参加者を 1 人ずつ切り替えて表示するため遠隔地にいるすべての会議参加者に対して適切な対人距離をとることができない。

2.3 会議空間を考慮した VR 会議

VR 空間を用いた会議システムにおいては、会議参加者はアバタとして表現される。仮想的ではあるが身体という存在が現れたことにともない、アバタ間においても対人距離など身体的インタラクションが生じる傾向があることが報告されている¹⁰⁾。また、矢印をアバタとして VR 空間中に表示した研究では、アバタの位置や向きがユーザの認知と行動に影響を与えていることが明らかにされている¹¹⁾。このように、対面会議のように人間と人間との間の距離だけでなく、人間とアバタとの間、アバタとアバタとの間の距離がユーザの認知と行動に与える影響は少なくない。

VR 会議では遠隔地にいる相手をアバタとして仮想空間内に表示し、会議を行う。VR 空間内を自由に歩きまわれるようにするなど移動の自由度を上げたシステムとして、Inter-space¹²⁾ や Free Walk⁵⁾ がある。これらの研究では、利用者は画面内にいる利用者自身のアバタと会議相手のアバタの相対的な距離を知覚している。実際に会議相手が目の前にいる対面会議と比べると、VR 空間内での相手との距離を擬似的には知覚できるものの、実対人距離を知覚している感覚とは違ったものであると考えられる。

2.4 複合現実感を用いた分散会議システム

分散会議を対面会議に近づけるための方法の 1 つとして、複合現実感を用いて分散会議を行う手法が研究されている^{13),14)}。これらは複合現実空間内に遠隔地点の参加者のアバタを表示することで分散会議のコミュニケーションを支援する。

複合現実感を用いた会議システムでは、プロジェクタを利用して撮影した相手の参加者を壁にリアルタイムで写すことで、参加者の細かい動きなどを反映した TELEPORT¹³⁾ がある。しかし、これについても、壁をスクリーンとして利用しているために、座席の位置変更や参加者間の距離の調整ができない。Kato らの研究¹⁴⁾ においては AR ToolKit を用い、カード上に会議相手を表示する。遠隔地点の会議相手の場所を動かす場合には、ローカル参加者がカードの位置を調整する必要がある。つまり遠隔地点の参加者の意思で参加者間の距離の調整ができない。

3. 提案システムの設計方針

3.1 複合現実分散会議への応用

これまでに筆者らは、参加者同士の座席配置を考慮した複合現実分散会議システムを開発している³⁾。複合現実感を用いることにより、遠隔参加者のアバタをローカル参加者のいる空間上に表示することができるため、他参加者の実空間における座席配置が可能となる。TV 会議や VR 会議では他参加者はモニタ内に存在し、対面会議と同じような対人距離の感覚は得られない。複合現実感を用い、実空間中に遠隔参加者のアバタを表示することによって、より対面会議に近い形で他参加者との距離を感じることができると考えられる。そこで、複合現実分散会議において、対人距離と身体方向の調節が可能なシステムを開発する。

3.2 座席調整機能の設計

対人距離と身体方向を調節する方法として、複合現実空間内に表示した参加者アバタに遠隔参加者の座席位置と身体方向を反映する。

VR 会議では座席などがなく、自由に会議空間内を移動できるシステムもある⁵⁾。しかしながら、対面会議においては、自由に椅子を配置させるよりも、会議環境をある程度操作（机の周りに椅子を置く程度の固定のこと）したほうが集団の相互作用を促進させる場合もあるとの報告もあり¹⁵⁾、完全に自由な空間にしてしまうよりもある程度会議に適した制限を設けることにも合理性がある。本システムは使用目的が会議であるため、対面会議で起こりえない状況は表示しないようにする。つまり、アバタどうしが重ならないように表示し、瞬間的に離れた空間に移動しないよう連続的に移動して見えるようにする。

3.3 アバタの設計

“アバタ”とは“化身”という意味で¹⁶⁾，一般的にはCGで表現される仮想空間内におけるユーザの分身を表す．アバタには，その外見とその動作の自由度で分類することができる．

アバタの外見については，ユーザである人間に近づけようというもの¹⁷⁾と，動物その他の形でユーザの外見を反映しないもの⁵⁾がある．人型の場合は，実写画像を用いないものと¹⁸⁾，相手の顔や身体の実写画像を使用するもの¹⁹⁾がある．アバタの外見は主にアバタの使用目的により異なり，テーマパークなど仮想であることを明示する場合は人型でない場合が多い²⁰⁾が，会議支援では人型アバタが使われることが多い．

複合現実感技術によって3DCGによるアバタを実世界に重畳表示することが可能である．本研究では，3Dの直方体の前面と左右の3面に会議参加者の写真をマッピングしたアバタを用いる．アバタの大きさは，先行研究³⁾に基づき，知覚等身大の86%大とする．

4. 実験システムの実装

4.1 使用機器

提案システムの実装にはキヤノン社製のMR Platformシステムを用いている．HMDは同じくキヤノン社製のVH-2002である．表示素子数は $640 \times 480 \times \text{RGB}$ の92万画素，表示画角は $H51^\circ \times V37^\circ$ （2m先で92インチ相当），重量は325gである．位置センサはPolhemus社のFASTRAKである．開発言語はC++，グラフィック開発環境にはOpen Inventor（SGI社）とOpenGLを用いた．

4.2 実験システム構成

分散環境の各地点に参加者がいて，HMDを着けて会議に参加することが考えられるが，ここでは実験のために1地点のみで複合現実感を利用するシステムを構築した（図1）．1人のローカル参加者はHMDを着けて会議に参加する．他の遠隔参加者は，遠隔地として想定された遮音ブースから会議に参加する．遮音ブースは会議システムのある部屋にあるが，直接その中の様子が見えたり，音声が届いたりすることはない．遠隔参加者用の会議環境はVRによるものとなっている．

4.3 座席調整制御

ローカル参加者の座席位置と身体方向の情報はHMDの位置情報から取得する．HMDには磁気センサが付いており，使用者の頭部の位置と方向を取得することができる．遠隔参加者の位置情報は，VR会議場内の位置をもとにローカル参加者がいる会議場内のどの位置にいるかを算出する．各参加者の位置情報はネットワークを介してやりとりし，アバタの座

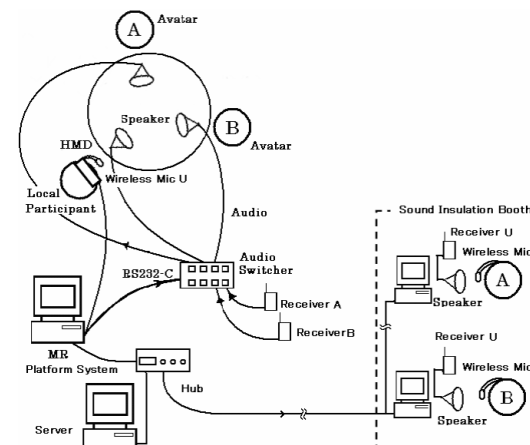


図1 実験システムの構成

Fig. 1 Schematic diagram of the evaluation system.

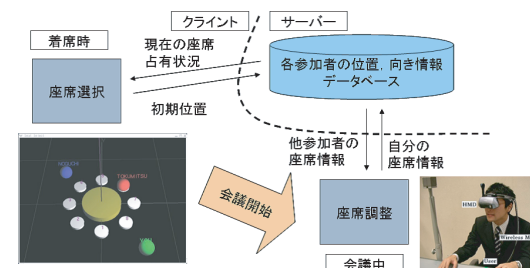


図2 座席選択時，座席調整時の位置情報データの流れ

Fig. 2 Data flow of the seating place.

席位置と身体方向に反映する．座席選択時，座席調整時の位置情報データの流れを図2に示す．

ローカル参加者，遠隔参加者ともに初期位置となる座席を選択できるようにした．会議卓は直径120cmの円卓であり，これを 45° ずつに区切り，8つの座席に分けた．座席選択時の画面は図2の左下の画面のようにOpenGLで実装した．各参加者が現在どの位置にいるのか，どの座席に着席しているのかを参照したうえで，どの座席に着席するかを指定するこ



図 3 ローカル参加者の視界
Fig. 3 View of a user.

とができる．各座席は 1～8 の番号がふられており，座席部分をクリックすることで複合現実分散会議に参加することができる．会議中は図 2 にあるように自分の位置情報，身体方向情報をデータベースに送るとともに，他の参加者の位置情報，身体方向情報を受け取ることでアバタの座席位置，身体方向をリアルタイムに反映させる．

4.4 音声処理

ローカル参加者の音声はワイヤレスマイクで取得され，遠隔地点へと送られる．遠隔地点にいる各参加者の音声はそれぞれのワイヤレスマイクにより取得され，対応するワイヤレスマイクのレシーバからマトリクス音声スイッチャ (Kramer 社製，VS-606XL) に渡される．音声スイッチャは MR Platform システムと RS232-C で接続されており，シリアル通信で入力先，出力先を制御できるようになっている．会議場のすべての席にスピーカが備え付けられており，音声スイッチャを制御することでアバタが表示されている席から本人の音声が出力される．音声の伝送にはコンピュータネットワークは利用していない．

4.5 映像処理

ローカル参加者は，実世界上に重畳表示されたアバタを相手として会議に参加する．ローカル参加者の視界を図 3 に示す．

遠隔会議参加者は VR を用いた会議システムで会議に参加する．HMD をつけたローカル参加者の位置はリアルタイムで VR 会議空間に反映される．VR 会議システムのスクリーンショットを図 4 に示す．VR 会議空間は背景にローカル会議場の様子を映した静止画像を用



図 4 VR 会議システムのスクリーンショット
Fig. 4 Screen shot of the VR site.

いており，ローカル会議場を模して作られている．VR 空間内の移動，回転はマウス操作によって行っている．

各参加者のアバタは事前に用意しておく．アバタは直方体で，正面には参加者正面の静止画像，側面には参加者側面の静止画像が貼り付けられている．これらのアバタは会議での利用を前提としているため上半身のみとしている．

5. 実験

5.1 実験目的

本研究では各参加者の座席位置と身体方向をアバタの座席位置と身体方向に反映した複合現実分散会議システムを開発した．本章で行う実験は，ビデオ録画によりユーザ行動を記録し，これを分析することにより，その効果について知ることを目的とした．

5.2 実験方法

5.2.1 実験条件

被験者は大学生 3 人 (女性，平均年齢 22 歳) であった．被験者は HMD を着け，遮音ブースにいる実験協力者 2 人と会議を行った．つまり 3 人で会議を行った．机は直径 120 cm の円形である．会議開始時に 3 人は，互いの距離が等しくなるよう机を囲んだ．実験協力者の音声は，アバタの初期位置にあるスピーカから出力されるようにした．

5.2.2 比較条件

会議は次の3条件で行った。

- 位置と向きを対面を模擬して操作したアバタとの会議（位＋向反映条件）
- 動かないアバタとの会議（位＋向無反映条件）
- 対面会議（対面条件）

5.2.3 会議テーマと実験手順

会議テーマは、複数の意見があって議論が生じると考えられるものにし、3人がそれぞれ別の意見を持てるように回答候補として5つの選択肢を用意した。たとえば、「あなたはT市の市長です。T市の人口を増やすためにはどの政策が一番良いでしょうか」というテーマである。会議は1回約10分とし、数分を挟んで3条件を連続して行った。3条件間での順序効果をなくすため、実施する順序を被験者ごとに入れ替えた。

5.2.4 遠隔参加者アバタの動き

実験協力者には対面状況での行動を模擬したアバタの操作を依頼した。具体的には、話者がいる方向を向くようにした。また、興味のある話題の場合は身を乗り出し、興味のない話題の場合は机から身を引くようにアバタの座席位置を操作した。

5.3 ビデオ録画による分析

5.3.1 分析方法

被験者を正面から撮影したビデオを用いた。ビデオ観察・分析支援ツール CIAO2²¹⁾により、被験者の視線方向と時間、発話内容と発話時間を記録した。被験者3人分、各3条件のデータについて行った。位置＋向き反映条件と位置＋向き無反映条件（以下、この2条件を合わせて指す際はHMD条件とする）ではHMDで表示される被験者の視界をもとに、アバタを見ているかどうかを判断した。その際、参加者1人だけを見ているか、参加者2人ともを見ているかまで判断した。また、対面条件では図5右下のような映像を用いて、被験者の目の動きをもとに参加者を見ているかどうかについて判断した。被験者の視線方向について、以下の基準で分類した。

- 1人の参加者を見ている 図5左上のように、一方のアバタの両目が画面内に映っており、かつ他方のアバタの両目が映っていない場合。
- 2人の参加者を見ている 図5右上のように、両方のアバタの両目が画面内に映っている場合。
- 参加者を見していない HMD使用条件では、両方のアバタとも両目が画面内に映っていない場合、または明らかにHMDの映像を見ておらず資料を見ていると判断できる場合。ま



図5 視線判断に用いた映像

- 左上：HMD条件で1人の参加者を見ている場合
 右上：HMD条件で2人の参加者を見ている場合
 左下：HMD条件で参加者を見していない場合
 右下：対面条件で参加者を見ている場合

Fig. 5 Examples of the scenes for judging eye directions.
 top left: looking at a single participant in HMD
 top right: looking at two participants in HMD
 bottom left: not looking at participants in HMD
 bottom right: looking at participants in face-to-face

た、図5左下のように資料をHMD越しに見ていると判断できる場合。対面条件では視線先が資料や天井、何も無い空間を見ている場合。

5.3.2 視線方向分析結果

会議中の被験者の視線方向について分析した結果を表1に示す。表1中の「回数」とは視線対象に視線を移した回数を指す。また、対面条件のビデオから視線方向は相当読み取れたがすべてではなく、他参加者を1人だけ見ているか、2人とも見ているかが判断困難なものが約4%あった。そこで、他参加者を見ているか見ていないかの判断だけをした。そのため、表中の「参加者を見ている」の中でも「1人」、「2人」の部分は空白とした。なお、1人だけ見ている場合に、そのどちらを見ているかは、すべて判断可能だった。また、1回の会議時間がおよそ10分で行われたため、比較しやすいように表中のデータの合計時間を600秒で正規化した。表1から分かることを以下に述べる。

表 1 会議中の被験者の視線方向

Table 1 Subjects' eye directions in the meeting.

視線対象		平均回数 or 平均時間	位 + 向反映条件	位 + 向無反映条件	対面条件
参加者を見ている	1 人	平均回数 (割合)	53.0 回 (60.5%)	10.4 回 (21.5%)	
		平均時間 (割合)	272 秒 (45.4%)	70.7 秒 (11.8%)	
	2 人	平均回数 (割合)	11.2 回 (12.7%)	14.7 回 (30.3%)	
		平均時間 (割合)	142 秒 (23.6%)	133 秒 (22.1%)	
	小計	平均回数 (割合)	64.2 回 (73.3%)	25.1 回 (51.8%)	91.8 回 (56.9%)
		平均時間 (割合)	414 秒 (69.0%)	203 秒 (33.9%)	288 秒 (48.0%)
参加者を見ていない		平均回数 (割合)	23.4 回 (26.7%)	23.3 回 (48.1%)	69.5 回 (43.1%)
		平均時間 (割合)	186 秒 (31.0%)	397 秒 (66.1%)	312 秒 (52.0%)
合計		平均回数 (割合)	87.6 回 (100.0%)	48.5 回 (100.0%)	161 回 (100.0%)
		平均時間 (割合)	600 秒 (100.0%)	600 秒 (100.0%)	600 秒 (100.0%)

表 2 発話者に応じた視線方向

Table 2 Subjects' eye directions in accordance to the speaker.

発話者	視線方向	位 + 向反映条件	位 + 向無反映条件	対面条件
A	A を見ている	48.9%	28.9%	50.9%
	B を見ている	6.1%	0.2%	7.0%
	2 人を見ている	20.3%	20.8%	—
	参加者を見ていない	24.8%	50.1%	42.2%
B	A を見ている	9.8%	16.7%	3.6%
	B を見ている	29.6%	11.4%	52.7%
	2 人を見ている	29.3%	29.5%	—
	参加者を見ていない	31.4%	42.5%	43.7%
C	A を見ている	33.5%	20.6%	21.1%
	B を見ている	16.7%	1.5%	10.1%
	2 人を見ている	13.9%	10.7%	—
	参加者を見ていない	35.8%	67.2%	68.8%

アバタを見た回数と時間 位置 + 向き反映条件の方が位置 + 向き無反映条件に比べて、被験者が参加者を見た平均回数と平均時間がそれぞれ多いことが分かる。これらより、座席位置と身体方向を反映させた場合の方がさせない場合よりも、被験者は他参加者を見るといえる。これはアバタが座席位置や身体方向を変えることによって被験者の注意を引きつけるためだと考えられる。

視線対象が 1 人か 2 人か 位置 + 向き反映条件では、被験者が 2 人のアバタを 1 度に視界に入れた平均回数と平均時間よりも、1 人のアバタだけを視界に入れた平均回数と平均時間の方が多いことが分かる。位置 + 向き無反映条件では逆である。位置 + 向き反映条件ではそれぞれのアバタが座席位置と身体方向を変えるため、それぞれのアバタが個別に被験者の注意を引いたと考えられる。これに対し位置 + 向き無反映条件ではアバタが一定位置にとどまっているため、個別には被験者の注意を引くことができなかったと考えられる。

対面条件との比較 HMD 条件よりも対面条件のほうが視線を変更する回数が相当多かった。被験者に会議終了後にアンケートをとったところ HMD が重いとの意見もあり、HMD 自体の重さのため被験者が HMD 非装着状態に比べて細かく頭を動かしにくかった可能性が考えられる。

対面条件の相手は表情がリアルタイムに変化するが、HMD 条件では、アバタの表情が静止しているため比較的注意を引かないという可能性が考えられる。しかし、参加者を見ている割合が反映条件の方が対面条件より大きいことから、この可能性はあるにしても影響が大きくはないと考えられる。また、一般に対面環境で相手を注視することは

失礼にあたることもあるが、HMD 条件ではこの点を気にしないことが考えられる。なお、HMD による相手画像の視認性や視野角については、被験者にインタビューしたところ問題がないようであった。

ただ、5.3.1 項に述べたように、HMD 条件における視線方向は、HMD に表示される映像を被験者の視界とし、これに基づいて分類している。この方法は判断基準が明確で判断のばらつきを少なくできるが、HMD 映像は人間の中心視視野より広いため、被験者が HMD 映像のどこかを見ているという粗い方向しか分からない。具体的には、アバタの両目が映っている場合はすべて「参加者を見ている」と判断している。これに対し、対面条件では、被験者を正面から撮影した映像を用い、被験者の黒目で視線方向を判断している。したがって、HMD 条件と対面条件では判断基準が異なるため、安易な比較はできないことに留意する必要がある。

5.3.3 発話者に応じた視線方向の分析結果

各会議参加者の発話については、各発言ごとに発話内容を抽出し発話時間を計測した。各参加者が発話している際に、被験者がどの方向をどれくらいの時間向いていたかについて分析した結果を表 2 に示す。表中の A, B, C は会議参加者のことを指し、A, B が実験協力者、C が被験者のことを指す。また、表中の数値は各発話者ごとの視線方向の割合を示す。つまり、各発話者、各条件において、各視線方向の割合の合計は 100%となる。表 2 から分かることを以下に述べる。

発話者が A の場合、位置 + 向き反映条件では発話者である A を視界に入れている割合

が、「A を見ている」の 48.9%と「2 人を見ている」の 20.3%を合わせ 69.2%である。これに対し、位置 + 向き無反映条件では 49.0%である。また、発話者が B の場合、位置 + 向き反映条件では発話者である B を視界に入れている割合が、「B を見ている」の 29.6%と「2 人を見ている」の 29.3%を合わせ 58.9%である。これに対し、位置 + 向き無反映条件では 40.9%である。発話者が A の場合、B の場合ともに位置 + 向き反映条件の方が発話者を視界に入れていることが分かる。つまり、被験者以外の参加者が発話した場合、座席位置と身体方向を反映させた方が相手に注意を向けるといえる。

なおいずれの条件においても、発話者にかかわらず B よりも A を向いていることが多いように見える。これには次のいくつかの理由が考えられる。

1 つ目は、HMD 条件における視線方向の考え方によるものである。本分析では、5.3.1 項に述べたように HMD 条件の被験者の視線方向を、HMD 視野映像に基づく基準で分類した。この基準は判断基準が明確で、判断のばらつきを少なくできる一方、HMD 視野映像全体のどの部分を実際に被験者が見ているかまでは分からない。これを知るためには、HMD を装着したうえでの視線計測が必要であるが、本研究ではこれは行っておらず、視野映像のどこかを被験者が見ているといえることをもって視線方向としている。

実験では、開始時の被験者位置は一定としたが、開始後については特に指示しなかった。そのため、実験中に被験者 C が常時やや A 向きの場合があった。このため、HMD 条件の分類基準では、発話者にかかわらず B よりも A を向いていることが多く、「B を見ている」ではなく「2 人を見ている」となる場合が多く見られた。

2 つ目は、実験協力者 A と B の発話量の差によるものである。実験では A の発話が全体の約 4 割と比較的多く、議論を主導する形になりやすかったため、被験者 C の注意が A に向きがちになったことが考えられる。

3 つ目は、実験協力者 A、B と被験者 C との関係である。本実験では、A は女性、B は男性で、被験者 C は女性であったため、視線の向けやすさに性別が影響した可能性が考えられる。

以上の理由のうち、1 つ目は HMD 条件に関わるもので、2 つ目と 3 つ目は全条件に関わるものである。しかし、検討結果はこれらに影響されるものではない。

6. おわりに

本論文では、会議参加者間の対人距離と向きが調節可能な複合現実感分散会議システムについて述べ、遠隔参加者の座席位置と身体方向をアバタの座席位置と身体方向に反映させた

場合の効果について実験的に検討した。アバタに対する人間の振舞いを、視線に着目して分析したところ、アバタが人間のように動く場合に、対面会議と類似した視線行動が見られることが分かった。今後は、被験者を増やして実験を重ねること、視線以外の行動分析を行うこと、音声の効果を合わせて検討することを進めてゆく。複合現実感を用いたコミュニケーションは、従来の映像コミュニケーションなどと比べて、実世界の空間をコミュニケーション環境に含む点で違いが大きい、メディアコミュニケーション研究の対象としては新しく、知見が不足している。そのため、応用システムとともに基礎的な実験を積み重ねてゆくことも重要であると考えられる。

謝辞 本研究に対する野口康人氏と山口奈緒子氏の協力に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 松下 温, 岡田謙一: コラボレーションとコミュニケーション, 共立出版 (1995).
- 2) Prince, S., et al.: 3-D Live: Real Time Interaction for Mixed Reality, *Proc. CSCW'02*, pp.16–20 (2002).
- 3) 野口康人, 井上智雄: 複合現実感を用いた分散会議における複数アバタの配置と表現, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.1, pp.54–62 (2007).
- 4) Sellen, A.J.: Speech patterns in video-mediated conversations, *Proc. CHI'92*, pp.49–59 (1992).
- 5) 中西英之, 吉田 力, 西村俊和, 石田 亨: Free Walk: 3 次元仮想空間を用いた非形式的なコミュニケーションの支援, *情報処理学会論文誌*, Vol.39, No.5, pp.1356–1364 (1998).
- 6) Hall, E.T.: *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company, Inc., NY (1966).
- 7) 高橋 誠: 会議の進め方, 日本経済新聞社 (1992).
- 8) 渋谷昌三: 人と人の快適距離, NHK Books (1990).
- 9) 井上智雄, 岡田謙一, 松下 温: 空間設計による対面会議と遠隔会議の融合: テレビ会議システム HERMES, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J80-D-II, No.9, pp.2482–2492 (1997).
- 10) Smith, A., Farnham, D. and Drucker, M.: The social life of small graphical chat paces, *Proc. CHI2000* (2000).
- 11) 中井公一, 竹内勇剛: 仮想空間におけるアバター間の距離と向きの相互認知による身体的インタラクションの反映, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol.105, No.306, pp.43–48, HCS2005-35 (2005).
- 12) 菅原昌平, 清末悌之, 山名岳志, 加藤洋一: 多人数参加型環境を実現した三次元サイバースペース—インタースペース TM のアーキテクチャ, パーチャルリアリティ学会・仮想都市研究会第 1 回シンポジウム, Vol.1, No.1, pp.43–48 (1997).
- 13) Gibbs, S., Arapis, C. and Breiteneder, C.J.: TELEPORT – Towards Immersive

- Copresence, *ACM Multimedia Systems*, Vol.7, Issue 3, pp.214–221 (May 1999).
- 14) Kato, H., Billinghurst, M., Morinaga, K. and Tachibana, K.: The effect of spatial cues in augmented reality video conferencing, *Proc. 9th Int'l Conf. on Human-Computer Interaction*, pp.478–481 (2001).
 - 15) Holahan, C.: Seating patterns and patient behavior in an experimental dayroom, *Journal of Abnormal Psychology*, Vol.80, No.2, pp.115–124 (1972).
 - 16) 日経 BP 社出版局 (編): 情報・通信用語事典 2005–2006 年版, 日経 BP 社 (2004).
 - 17) J チャット (旧 Habitat). <http://www.j-chat.net/> (2008/4/11 確認)
 - 18) 渡辺富夫, 大久保雅史: 身体的コミュニケーション解析のためのバーチャルコミュニケーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2, pp.670–676 (1999).
 - 19) 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大澤隆治, 岡田謙一, 松下 温: 作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供—仮想オフィスシステム Valentine, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.1472–1483 (1998).
 - 20) 松田晃一, 三宅貴宏: パーソナルエージェント指向仮想社会 PAW (第 2 版) の構築と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.10, pp.2698–2707 (2000).
 - 21) ビデオ観察・分析支援ツール. CIAO.<http://open.nime.ac.jp/software/ciao/>

(平成 20 年 4 月 13 日受付)

(平成 20 年 10 月 7 日採録)



井上 智雄 (正会員)

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科准教授・国立情報学研究所連携研究部門客員准教授・1998 年慶應義塾大学院理工学研究科計測工学専攻博士課程修了・博士 (工学)・ヒューマンインタラクションの理解とデザイン, CSCW, 先進的学習システムの研究に従事・本会論文賞, 同山下記念研究賞ほか受賞・グループウェアとネットワークサービス研究会および日本 VR 学会サイバースペース研究会運営委員・人工知能学会, ACM, 教育システム情報学会ほか各会員・