

複合現実分散会議システムにおける座席位置反映機能の開発と効果

野口 康人¹

山口 奈緒子²

井上 智雄^{1,3}

筑波大学 大学院図書館情報メディア研究科¹ 筑波大学 図書館情報専門学群² 国立情報学研究所³

E-mail: {noguchi, inoue}@slis.tsukuba.ac.jp, s0412205@ipe.tsukuba.ac.jp

対人コミュニケーションにおいてはノンバーバル情報が重要とされ、多くの研究がなされている。ノンバーバル情報の一つとして対人距離があるが、従来の分散会議システムでは遠隔参加者との実対人距離を調整することができない。実対人距離を調整する方法として、複合現実空間内に表示した参加者アバタの座席位置と身体方向に遠隔参加者の座席位置と身体方向を反映するシステムを開発し、その効果について実験的に検討した。その結果、アバタの座席位置と身体方向に遠隔参加者の座席位置と身体方向を反映させたことが、相手の行動に対する認識に影響を及ぼすことが分かった。また会議実験についてビデオ分析をした結果、遠隔参加者の座席位置と身体方向を反映させたことは、アバタに視線を向ける回数と時間を増加させ、個々のアバタそれぞれに視線を向ける回数と時間を増加させることがわかった。

Development and effects of a mixed reality meeting system that reflects interpersonal distance and body orientation

Yasuhito NOGUCHI¹, Naoko YAMAGUCHI², Tomoo INOUE^{1,3}

¹ Graduate School of Library, Information and Media Studies, University of Tsukuba

² School of Library and Information Science University of Tsukuba

³ National Institute of Informatics

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 questionnaire and video analyses, difference in impression and behavior of a user between experimental conditions was revealed.

1. はじめに

会議は企業における情報伝達、創造、調整、決定を行うための重要なプロセスであり[1]、分散環境においてもその需要は高い。遠隔会議支援研究では、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[2]。ノンバーバル情報には視線、身体動作などの他、対人距離と身体方向も含まれる。会議において参加者間の対人距離と身体方向を表すもののひとつとして座席配置がある。われわれは、会議の種類毎に他参加者のアバタの座

席配置を変更することができる複合現実分散会議システムを開発した[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。

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。会議における参加者間の対人距離や身体方向は、会議前に決まる座席配置だけではなく、会議中における各参加者間の距離や身体方向も含まれる。VR会議やTV会議など従来の分散

会議システムでも遠隔参加者との実対人距離は調整することができない。そこで本研究では、会議参加者間の実対人距離が調整可能な会議システムを提案する。具体的には、対面環境下で自然に行われている「他参加者との距離の調整」・「身体方向の変更」を実現する。これらの機能により空間移動の自由度が上がり、より適切な対人距離を提供できると考える。

以下、2章で提案システムの設計、3章で提案システムの実装について説明し、4章で評価実験について述べる。最後に5章においてまとめを述べる。

2. 提案システムの設計

2.1. 対人距離と身体方向の重要性

人が快適に生活する上で、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[1]。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上で重要である[7]。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、話者の方向に身体を向きを変えることは一般的に行われる。また、話者の声が聞きづら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。

仮想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ーとして表現される。仮想的ではあるが身体という存在が現れたことに伴い、アバター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[8]。また、矢印をアバターとして仮想空間中に表示した研究では、アバター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[9]。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、人間とアバターとの間、アバターとアバター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。

2.2. 複合現実分散会議と従来会議との違い

近年、分散会議を対面会議に近づけるための方法の一つとして、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[4][5]。これらは複合現実空間内に遠隔地点の参加者のアバター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。

われわれは、参加者間の位置関係をより快適なものとするために、座席配置に着目した複合現実分散会議システムの研究を行ってきた[3]。複合現実感を用いることにより、遠隔参加者のアバター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ー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。われわれはこれまでの複合現実分散会議システムをベースとして、実対人距離と身体方向の調整が可能なシステムを開発する。

2.3. 座席調整機能の設計

実対人距離と身体方向を調整する方法として、複合現実空間内に表示した参加者アバター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[10]。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との報告もあり[11]、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た方が良いと考えられる。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、アバター同士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。アバターの大きさは、等身大の86.3%大を採用する。これは先行研究[3]で被験者が等身大だと感じた大きさの平均値である。

3. 提案システムの実装

3.1. 使用機器

複合現実分散会議システムの実装にはキャノン社製のMR Platformシステムを用いている。HMDは同じくキャノン社製のVH-2002である。表示素子数は640×480×GBAで92万画素、表示画角はH51°×V37°(2m先で92インチ相当)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。

3.2. 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を想定しているが、ここでは実験のためのシステムを構築した。実験システムの構成図を図1に示す。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内にあるが、直接その中の様子が見えたり、音声がかんこえ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おり、ローカル参加者がいる部屋の環境に似せてある。遠隔参加者の音声はスイッチャーを経てローカル会議場の各座席に配置したスピーカに送られ、本人のアバタがいる座席から聞こえるようにする。

座席調整制御 各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。ネットワークを介してこれらの情報をやりとりし、アバタの座席位置と身体方向に反映する。高さの情報を共有していないためなすきなどは反映されないが、遠隔参加者が会議場のどの位置にいて、どの方向を向いているのかについて直感的に認識できるようにする。各参加者の動きが不自然に見えないように、30FPS以上の速度で画面が更新されるようにする。

4. 評価実験

4.1. 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。本章で行う実験ではその効果について、質問紙を用いた評価とビデオ録画を用

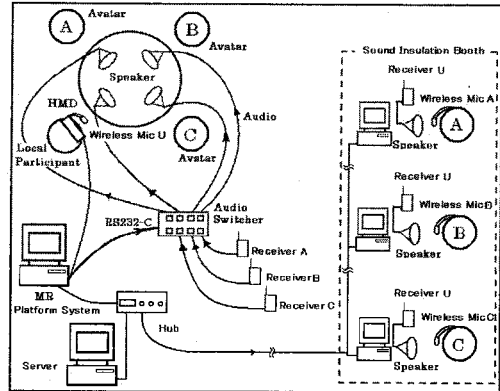


図1 実験システムの構成図

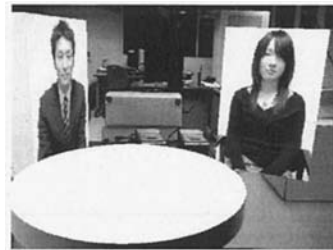


図2 被験者の視界

いた評価を行うことを目的とする。座席位置と身体方向を反映させたことが利用者の会議相手に対する認識や利用者自身の行動にどう影響したかについて明らかにする。

4.2. 実験方法

実験条件 被験者は大学生、大学院生で構成された12人（男性6人、女性6人、平均年齢21.5歳）である。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120cm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に机を囲んだ。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。

比較条件 本研究で実装した座席調整機能の効果を明らかにするため、会議中における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させた条件（以下、位置+向き反映条件）と反映させない条件（以下、位置+向き無反映条件）を比較する。位置+向き反映条件の被験者の視界を図2に示す。位置+向き無反映条件では、アバタの座席位置は初期位置から移動しない。このとき、アバタの身体方向は机の中心に向かって静止している。ま

た対面会議との差異を求めめるため、対面形式で会議を行った条件（以下、対面条件）を加え、以上の3条件を比較対象とする。

会議テーマと実験手順 会議テーマは、複数の意見があつ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。例えば、「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1回の会議は約10分で行い、被験者はその直後に質問紙に記入する。会議と質問紙記入のセットを3条件連続して行った。また、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。

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と類似するようにアバタの操作を依頼した。具体的には、被験者は常に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いた。また、アバタの身体方向の効果が顕著に見られる場面を想定し、会議開始5分後にひとりの実験協力者の携帯電話を鳴らした。位置+向き反映条件では、アバタを机に対して後ろ向きにしてから携帯電話で会話してもらった。携帯電話では30秒ほど会話してもらった。

4.3. 質問紙による評価と考察

4.3.1. 質問紙 質問紙は23の質問項目と自由記述欄から成る。質問項目には会議の臨場感の高さ、位置と向きを反映させたことが利用者の会議相手に対する認識や利用者自身の行動にどう影響したかを評価する質問を設けた。また、

会議空間を考慮している先行研究[3]の評価項目を参考に、(1) 会議目的の達成度の評価、(2) 参加者自身にかかわる評価、(3) 相手参加者の認識にかかわる評価のいずれも欠けることのないようにした。

4.3.2. 比較方法 各質問は「全く当てはまらない」「当てはまらない」「あまり当てはまらない」「どちらともいえない」「やや当てはまる」「当てはまる」「非常に当てはまる」の7段階で評価してもらった。これら7段階に順に1点から7点を与え、条件ごとに各質問に対する平均得点を求めた。3条件間の比較についてはそれぞれWilcoxonの符号付順位検定を行った。

4.3.3. 評価結果と考察 以下に評価結果と考察を示す。

位置+向き反映条件と位置+向き無反映条件間

この2条件間で平均得点に統計的有意差があつた項目を表1に示す。質問項目「相手の距離を調整しようとした」に有意差が見られた。このことから、位置と向きを反映させたことが被験者の相手の行動に対する認識に影響を与えていたことが分かる。また、質問項目「またこのシステムを使いたい」、「意欲をもって取り組めた」に有意差、有意傾向が見られた。このことから、被験者の会議に対する意欲に影響を与えていたことが分かる。さらに、質問項目「携帯電話で話している人が会議に参加していないと感じた」でも有意傾向が見られたため、携帯電話で話しているときに机に対して背を向けた行動は、被験者の会議相手の行動に対する認識に影響を与えていたことが分かる。しかしながら、この他の19の質問項目については有意差が

表1 位置+向き反映条件、位置+向き無反映条件間の質問紙による評価結果

質問項目	位置+向き反映条件 平均得点 (N = 12)	位置+向き無反映条件 平均得点 (N = 12)	Wilcoxonの符号付 順位検定 p値
相手との距離を調整しようとした	3.75	3.08	**0.011
またこのシステムを使いたい	4.58	3.83	**0.013
携帯電話で話している人が会議に参加していないと感じた	5.16	3.58	*0.058
意欲をもって取り組めた	5.41	4.83	*0.084

(** : $p < 0.05$, * : $p < 0.10$)

表2 ビデオ分析の結果

視線対象		平均回数/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)	52回(60.5%)	12回(21.4%)	/
		平均時間(割合)	2674秒(45.4%)	817秒(11.8%)	
	2人	平均回数(割合)	11回(12.8%)	17回(30.4%)	
		平均時間(割合)	1390秒(23.6%)	1532秒(22.1%)	
	小計	平均回数(割合)	63回(73.3%)	29回(51.8%)	
	平均時間(割合)	4064秒(69.0%)	2349秒(33.9%)	3483秒(48.0%)	
参加者を見ていない		平均回数(割合)	23回(26.7%)	27回(48.2%)	84回(43.1%)
		平均時間(割合)	1825秒(31.0%)	4581秒(66.1%)	3772秒(52.0%)
合計		平均回数(割合)	86回(100.0%)	56回(100.0%)	195回(100.0%)
		平均時間(割合)	5889秒(100.0%)	6930秒(100.0%)	7255秒(100.0%)

見られなかった。特に「相手を見た」、「相手の存在感があった」などの質問項目でも有意差が見られなかった。多くの質問で有意差が見られなかった理由として、直方体のアバタを用いたため、その移動や方向転換が認識しづらかったことが考えられる。

位置+向き反映条件と位置+対面条件間、位置+向き無反映条件と位置+対面条件間、位置+向き反映条件と対面条件間、位置+向き無反映条件と対面条件間ではそれぞれ15の質問項目について有意差、有意傾向が見られた。これらは会議目的の達成度の評価、参加者自身にかかわ

る評価、相手参加者の認識にかかわる評価のいずれも含む。このことから今回用いた我々の複合現実分散会議システムと対面会議の間には会議環境としての差が大きいと考えられる。

4.4. ビデオ録画による評価と考察

4.4.1. 評価方法 被験者を正面から撮影したビデオ録画を分析した。ビデオ観察・分析支援ツール「CIA02」[12]を用いて被験者の視線方向と時間を記録した。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人とも見ているかまで判断した。また、対面条件では図3の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。分析者1人が被験者の視線方向について以下のような定義で分類した。

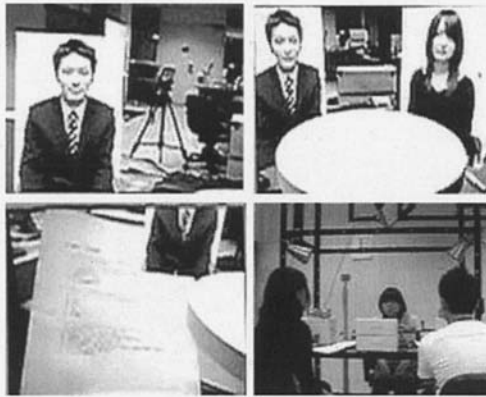


図3 視線判断に用いた映像

- 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条件で参加者を見ていない場合
- 右下：対面条件で参加者を見ている場合

- ①1人の参加者を見ている 図3の左上のように、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。
- ②2人の参加者を見ている 図3の右上のように、両方のアバタの両目が画面内に映っている場合。
- ③参加者を見ていない 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。また、図3の左下

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、何もない空間を見ている場合。

4.4.2. 評価結果 分析結果を表2に示す。表2中の「回数」とは視線対象に視線を移した回数を指す。表2からわかることを以下に述べる。

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わかる。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言える。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ひ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人のアバタを一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分ことが分かる。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留まっているため、個別には被験者の注意を引くことができなかつたと考えられる。

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多い。これは HMD 自体の重さのため被験者が頭を動かさづらかつたためだと考えられる。

5. まとめ

本研究では複合現実感を用いて会議参加者間の対人距離を調整可能にする会議システムを開発した。また、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。質問紙による評価の結果、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ことが、相手の行動に対する認識に影響を及ぼすことがわかつた。また会議実験についてビデオ分析をした結果、遠隔参加者の座席位置と身

体方向を反映させたことは、アバタに視線を向ける回数と時間を増加させ、個々のアバタそれぞれに視線を向ける回数と時間を増加させることがわかつた。

参考文献

- [1] 高橋誠：会議の進め方，日本経済新聞社，1992.
- [2] 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.
- [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] S. Gibbs, C. Arapis, and C.J. Breiteneder: TELEPORT - Towards Immersive Copresence, ACM Multimedia Systems, Vol.7, pp.214-221, May. 1999.
- [5] H. Kato, M. Billinghurst, K. Morinaga, K. Tachibana: THE EFFECT OF SPATIAL CUES IN AUGMENTED REALITY VIDEO CONFERENCING, Proc. of the 9th HCI International, August 5-10th, 2001.
- [6] E. T. Hall: The Hidden Dimension, Doubleday & Company, Inc., NY, 1966.
- [7] 渋谷昌三：人と人との快適距離，NHK Books，1990.
- [8] A. Smith, D. Farnham, M. Drucker: The social life of small graphical chat paces, In proc. CHI2000, 2000.
- [9] 中井公一，竹内勇剛：仮想空間におけるアバタ一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.
- [10] 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.
- [11] C. Holahan: Seating patterns and patient behavior in an experimental dayroom, Journal of Abnormal Psychology, Vol.80, pp.115-124, 1972.
- [12] ビデオ観察・分析支援ツール CIAO
<http://open.nime.ac.jp/software/ciao/>