

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

野口 康人[†] 井上 智雄[†]

分散会議支援はいまや社会における不可欠なネットワークサービスである。近年、臨場感のある分散会議の実現方法の1つとして、複合現実感を用いた手法が提案されているが、会議参加者の複数アバタの表現方法は明らかでない。本論文では、複数アバタの複合現実感を用いた空間的配置について実験的に検討した。その結果、複合現実空間においても複数アバタの座席配置が会議に影響することが明らかになった。また、複合現実感の利用形態であるヘッドマウントディスプレイ装着条件でアバタを等身大と認識する大きさは、2次元ディスプレイにアバタを表示した場合よりもやや小さく表示したときである傾向が見られた。

Study on Placement and Presentation of Multiple Avatars in MR-based Distributed Meeting

YASUHITO NOGUCHI[†] and TOMOO INOUE[†]

Although distributed meeting support is one of indispensable network services, presentation of meeting by other visual media than 2D video has not been studied enough. Mixed reality (MR) technology can be one of the method that conveys sense of reality in a meeting. However, optimal presentation of avatars by means of mixed reality technology is not well known. This paper describes an experiment that explored spatial arrangement of multiple avatars through video see-through head mounted display (HMD). As a result, it was shown that spatial arrangement of multiple avatars affects a meeting in the MR world. Also, it was shown that the size of an avatar on a HMD which people recognize as life-size was smaller than that on a 2D display.

1. はじめに

人が集団で活動し、組織を作り、社会を構成している限り、会議がなくなることはない。各種組織の国際化が進み、また、企業間をはじめとした種々の連携が活発化している近年の社会状況では、分散した多地点での会議の必要性は増加している。分散会議システムは実用的であり、多くの組織で導入されている¹⁾。家庭にも入り込んできている²⁾。分散会議は現代の社会システムにおける重要なネットワークサービスの1つといえる。このためのネットワークインフラについては、一般家庭への光ファイバの普及³⁾や組織レベルでの20 Gbpsの実用化⁴⁾など利用可能なネットワーク帯域幅が増大してきている。したがって、それを使う分散会議では、2地点間会議だけでなく、多地点間会議が現実のものとなってきており、また、伝送内容についても、2次元(以下2D)映像にとどまらない視

覚メディアを用いることが可能になってきている。そこで、社会システムと向き合うネットワークサービスとして、従来のネットワーク帯域の制限にとらわれない分散会議を検討する意義がある。しかし、その視覚的表現についてはまだ検討が十分とはいえない。

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も多くなされてきた^{5),6)}。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、高い臨場感とは人間の感性を励起したり、スムーズなコミュニケーションにおいても重要な要素である⁷⁾。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^{8),9)}。これらは遠隔地点の参加者のアバタを、複合現実感を用いて表示するが、複数参加者による複数アバタの表現方法についてはこれまで検討されていない。

本論文では、複合現実感を用いた会議空間における複数アバタの空間的配置の効果について実験的に検討した。また、複合現実空間における、参加者アバタ間の距離とアバタの大きさの認識の関係についても、これまで明らかでないため検討した。

[†] 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

以下、2章では関連研究について述べ、3章でアバタの設計について述べる。4章にてシステムの実装に関して述べ、5章にて複合現実空間における複数アバタの表示に関する評価、6章にて複合現実空間における単数アバタの大きさと距離に関する評価について述べる。

2. 関連研究

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¹⁰⁾⁻¹²⁾、分散環境においてもその需要は高い。分散地点間における会議の研究には、MERMAID¹³⁾などのデスクトップ環境の会議システムのほかに、臨場感を高めるための研究が多くなされている^{5),6)}。3者間の視線一致を実現したMAJIC¹⁴⁾や、バーチャルリアリティを利用して非言語情報の自動的な伝達を目指したe-MulCS¹⁵⁾などがある。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^{8),9)}。これらは遠隔地点の参加者のアバタを、複合現実感を用いて表示するが、複数参加者による複数アバタの表現方法についてはこれまで検討されていない。

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^{16),17)}。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、これまでに対面会議に関しては広く認められており¹⁰⁾⁻¹²⁾、その座席配置はよく研究されてきた¹⁸⁾⁻²¹⁾。また2Dディスプレイ(以下2DD)を用いた遠隔会議システムにおける会議空間を考慮した研究にはHydra²²⁾、HERMES²³⁾などがある。複合現実空間内においてもアバタを複数表現する場合、それらをどのように配置するかについて検討する必要がある。

3. アバタの設計

3.1 アバタの設計方針

“アバタ”とは“化身”という意味で²⁴⁾、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²⁵⁾と、動物その他の形でユーザの外見を反映しないもの²⁶⁾がある。人型の場合は、実写画像を用いないものと²⁷⁾、相手の顔や身体の実写画像を使用するもの²⁸⁾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²⁹⁾

が、会議支援では人型アバタが使われることが多い。

アバタの動作については、その動きをユーザが操作できるものが多いが、その程度は様々である。手足が存在せず仮想空間内を動くことができるもの³⁰⁾、表情や手足の動きによってある程度非言語情報を発信できるもの³¹⁾、さらに実世界にいるユーザの動きをそのまま反映するもの³²⁾などがある。

アバタの設計に関する従来研究は、このような単体としてのアバタの表現や機能を対象としてきたが、本研究では、複数のアバタの表現や機能に着目している。つまり、いわば個人を対象とする心理学に対する、対人心理学のように、アバタ単体の外見や動作ではなく、アバタ間関係や、アバタとそれに対する人間との関係における表現や機能に着目する。したがって、本論文で用いるアバタは、原始的なものであり、動作の反映のない人型アバタである。

3.2 アバタの配置

複合現実空間ではアバタを現実世界に重畳することができるため、対面会議のように会議参加者をアバタとして空間的に配置することができる。対面会議は目的や機能によって様々な種類に分類されており¹⁰⁾⁻¹²⁾、機能別の会議の分類としては、次の4種類がある。

- 伝達会議 情報の伝達とその確認を目指す会議
- 創造会議 様々な課題に対して問題点を分析し、その解決策を考えるために行う会議
- 調整会議 組織全体の目標に対して、各部門の行動が適切であるか、また部門ごとに重複などの無駄がないかをチェックする会議
- 決定会議 企業行動を決定するために意思決定をするための会議

対面会議では、各参加者の会議内での役割や参加者間の社会的関係によって適切な座席位置が定まることが多い¹⁰⁾⁻¹²⁾。たとえば、会議において議長は進行役や会議参加者の意見をうながすなど参加者全体に対して発言することが多い。それゆえ、議長は会議場全体を見渡すことのできる席に位置づけることが望ましい。各種会議に必要な参加者の役割はそれぞれで異なるので、各会議に対応した座席配置が必要となる。

バーチャルリアリティによる会議システムが多く研究されているが^{26),27)}、これらのシステムの場合、会議相手のアバタが表現されるのは2DD上に限られるため、対面会議の場合と同じ位置に会議相手を表示するのは困難である。これに対して複合現実感による会議システムでは会議相手の表示位置に制約がなく、対面会議の場合と同じ位置に会議相手を表示することができる。また、2DD上の会議相手はディスプレイの

正面からしか見ることができないが、複合現実感を用いれば同じ 3D 空間内に会議相手を表示できるため、あらゆる角度から見ることができる。

このように、複合現実感による会議は従来の 2DD を用いた会議と比べて対面状況に近いと考えられるが、対面状況の座席配置に関する知見が複合現実空間内においても有効であるかどうかは明らかではない。本論文ではこの点について実験を行った。詳しくは 5 章において述べる。

3.3 アバタの大きさと距離

従来の 2D 表現の TV 会議では、臨場感を高めるために事物を実際と同じ大きさで表示することが良いと考えられ、等身大像を利用するためにはしばしば大きなスクリーンが使用された。MAJIC¹⁴⁾ を用いて行われた人物像の大きさなどについての実験によると、実物の 200% 大の人物像の現実感は良くなかったが、実物より多少小さい 75% 大の人物像の現実感が良かった。また、等身大実写動画像を映している場合には、実際の大きさよりも大きいと感じた者が多かった。

一方、画面上の人物サイズを等倍、半分、2 倍の 3 段階、画面までの観察距離を 1m, 2m, 4m の 3 段階に変え、その自然さについて検討している研究³³⁾ がある。ここでは「視野角にして水平方向に 27 度の条件が最も良いという傾向が見られ、違和感に関する評価では等倍提示が最も低かった」とされている。しかしながら、表示サイズの条件が 3 段階しかないため、人物を表現するのに適切なサイズが厳密には求められていない。

また、等身大仮想物をヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD) で提示している先行研究のうち、擬人化エージェント Welbo³⁴⁾ の研究では「視野角が限られているため、視野に比して大きなエージェントは圧迫感を与えてしまうようである」「同じエージェントをコンピュータ画面で見ると比べて、約半数は HMD 利用の場合に大きく感じると答えた」と報告されている。さらに、エージェントの大きさに関しては、「実物の人間よりかなり小さめの 40cm 弱が好まれた」とある。この理由として「全身が視野内に収まること」があげられている。しかしながら、擬人化エージェントに求められる望ましい設計と会議シーンでのアバタに求められる設計が同じとは限らない。

以上のように、遠隔会議においてアバタを利用者に提示する際、どのように設計すべきかについては明らかではない。そこで本論文では、適切なアバタの大きさを求める実験を行った。また、TV 会議における人物の大きさと距離の関係³³⁾ のように、アバタを提示

する距離によって望ましい大きさが違う可能性がある。これについても考慮していることは 6 章で述べる。

4. 複合現実会議システム

4.1 会議システムの設計方針

前章では複合現実空間内でのアバタの設計について述べた。本章では、複数アバタの空間的配置とその表現について、実験的に検討するための分散会議システムのプロトタイプについて説明する。

本研究では、利用者が多地点に分散しており、各地点の参加者は 1 名である分散会議を想定している。各地点では、参加者は HMD を装着し、参加者のいる場所に重畳表示される他地点参加者のアバタを見ながら会議を行うという想定である。

本プロトタイプでは、このうちの 1 地点を実装している。すなわち、本プロトタイプでは 3 名の遠隔参加者を想定し、彼らは実際に遠隔に分散した地点ではなく、隣接しているが、その様子の伝わることのない地点に存在する。また、その遠隔参加者は以降の実験においては実験者の役割を果たし、複合現実感会議システムを利用するのではなく、通常の 2DD を利用してコミュニケーションを行う。

複合現実会議システムを実装した地点の参加者をシステムユーザとし、ここでは、分散地点の 3 名の参加者のアバタが表示される。この複数アバタの空間的配置とアバタの大きさを実験者が変更することができる。

4.2 使用機器

システムの実装にはキヤノン社製の MR Platform システム³⁵⁾ を用いた。HMD は同じくキヤノン社製の 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。

4.3 システム構成

図 1 にプロトタイプシステムの構成図、図 2 にプロトタイプシステムの外観 (一部) を示す。

1 地点に 1 名の会議参加者がいる分散会議を想定している。図 1 では 4 地点に会議参加者がいる。システムユーザは HMD を付けて会議に参加する。それ以外の会議参加者は、遠隔地として想定された遮音ブースで会議に参加する。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、音声が聞こえたりすることはない。映像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。

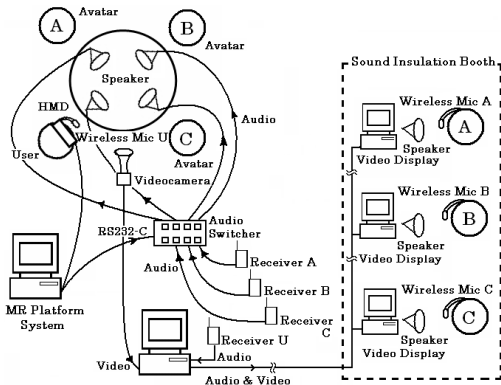


図 1 プロトタイプシステムの構成図

Fig. 1 Schematic diagram of the prototype system.

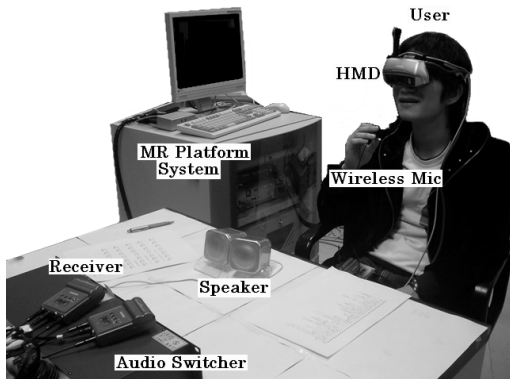


図 2 プロトタイプシステムの外観 (一部)

Fig. 2 Appearance of the prototype system (partial).

音声処理 ユーザ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。

映像処理 遠隔地点の会議参加者は、MR Platform システムにより、ユーザにはアバタとして表示される。ユーザは HMD を通してそれを見る。一方会議場の様子は 1 台のビデオカメラで撮影し、遠隔地点ではビデオケーブルを経由してその映像を見ることができる。

アバタの座席配置 3.2 節で述べたように、対面会議

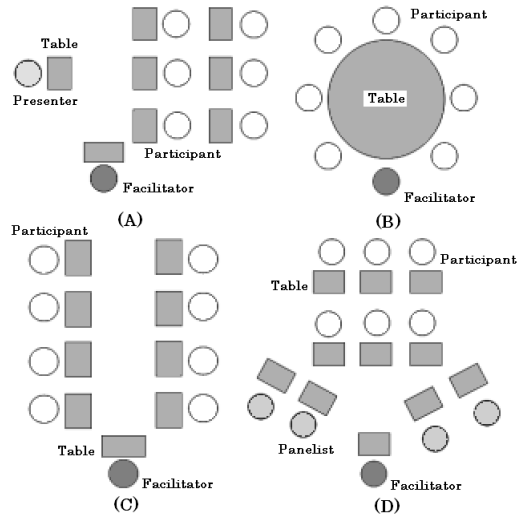


図 3 座席配置テンプレート

Fig. 3 Seating arrangement templates.

を機能別に 4 種類に分けることができる。これら 4 種類の会議の持つ特色をふまえ、図 3 のように 4 種類の座席配置テンプレートを作成した。伝達会議では、発表者から会議参加者に情報を伝える。よって、1 名の発表者が複数の聴衆に向かい合う配置 (A) を用いる。議長は全体を見渡せる位置にある。創造会議では、参加者が自由な発言ができる雰囲気を作り出すために、丸机を囲む配置 (B) を用いる。調整会議では、全員が 1 つのテーマに向かって議論するという点で創造会議に近いので配置 (B) を用いるが、それぞれの部門が発表して全体に情報を伝える場合には配置 (A) のほうが望ましい場合もあると考えられる。決定会議では、各参加者が同じ立場で自由に討議する場合は、創造会議と同じ理由で配置 (B) を用いる。またディベートのような場合には、参加者が分かれた配置 (C) を用いる。最後に、パネルディスカッションのように、数名が代表討論を行った後に聴衆が会議に参加する場合には、配置 (D) を用いる。ユーザはシステムを起動するときにアバタの人数、それぞれのアバタの ID、座席配置テンプレートを指定する。HMD には磁気センサが付いており、システムはその位置情報を取得することができる。システムはユーザの位置情報によりユーザの席を特定し、空いている席にアバタを表示する。本プロトタイプでは、遠隔地点にいる会議参加者が自分で座席選択をすることはできない。

アバタの外観 本プロトタイプのアバタは図 4 に示す 2 種類である。図 4 (A) のアバタの頭部は立方

体で構成され、正面には正面の静止画像、側面には側面の静止画像が貼り付けられている。身体部分は人間の形状に似せている。図4(B)のアバタは全体が四角柱で構成され、正面には正面の静止画像、側面には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で構成されている。これらは、アバタの空間的配置の影響を実験するためのものであり、いずれも、ある一定の位置に存在するほかに動くことはない。具体的には、参加者の視線や表情、動きを反映することではなく、また、CG表示における隠蔽（オクルージョン）についても考慮していない。

4.4 ユーザの視界

ユーザの視界は図5のようになる。アバタはユーザがHMDを通して見た現実世界上に配置されている。つまり、ユーザが頭を振りHMDの位置が動いた場合、それに合わせてHMD上でのアバタの表示位置は変化し、現実世界において一定位置にいるように見える。

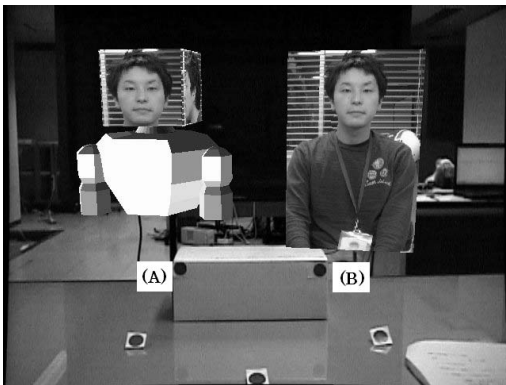


図4 アバタの外観
Fig. 4 Appearance of two avatars.



図5 ユーザの視界
Fig. 5 View of a user.

5. 複合現実空間における複数アバタの表示に関する評価

5.1 実験目的

本研究では複数アバタの設計に着目している。3.2節では対面会議における座席配置について述べた。しかしながら対面条件の座席配置に関する知見が複合現実空間内においても有効であるかどうかは明らかでない。本章ではこれを明らかにするための評価について述べる。

5.2 実験方法

従来の2DDを用いた会議システムでは、アバタの表示はその画面内に制限されている。一方、複合現実感を用いた本システムでは、ユーザから見たアバタの表示位置が制限されない。そこで、ここでは大型2DDのように、正面に2体のアバタを並んで表示する場合(図6の配置A)と、複合現実感を用いることにより実現される空間的配置として、机を囲むように2体のアバタを表示する場合(図6の配置B)についてその会議を比較した。

被験者は大学生6名である。また、2名の実験協力が者が分散遠隔地点の会議参加者を務めた。会議は自由なテーマについて、各参加者が同じ立場として行った。最初に約3分間で会議テーマを決め、1つの座席配置について、約5分間の議論を行った。被験者は、議論の直後に、体験した座席配置について質問紙に記入した。以上の手順を両座席配置に対し繰り返した。順序効果の打ち消しは、先に座席配置Aで会議を行う者と先に座席配置Bで会議を行う者の人数を等しくすることで行った。

図6は2つの座席配置それぞれの実験環境図である。配置BがAに比べ異なる点は、机を等間隔に囲むようにアバタを配置したこととスピーカ的位置をアバタの位置に合わせて移動したことだけである。

アバタの外観は、図4の(A)を用いた。アバタの大

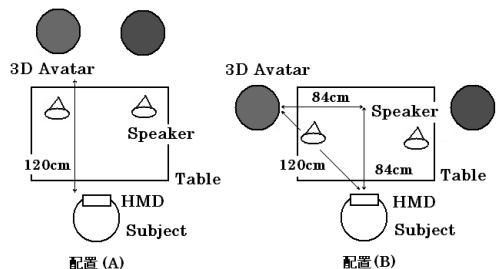


図6 2つの座席配置における実験環境図
Fig. 6 Experiment environment of 2 seating arrangements.

表 1 座席配置 (A), (B) の質問紙による評価結果
Table 1 Results of the questionnaire on the seating arrangement (A) and (B).

質問項目	座席配置 (A) 平均 得点	座席配置 (B) 平均 得点	Wilcoxon の符号付 順位検定 p 値
1. 発言内容を聞き取れた	4.33	5.50	**0.034
2. このシステムは会議空間に適している	4.50	5.67	**0.038
3. 音声と映像に違和感があった	4.67	3.00	*0.072
4. 相手との位置関係が快適だった	5.33	5.83	*0.083
5. 会議に参加していると感じた	5.17	5.67	*0.083

(N = 6; **: p < 0.05, *: p < 0.10)

きさは、各被験者が等身大だと感じた大きさを採用した。音声はアナログ伝送で遅延を考慮する必要はない。また、マイクの音質は会議に支障のないものであった。

実験の評価は、被験者に質問紙に記入してもらうことで行った。質問紙は 16 の質問項目とシステムに対する自由記述欄で構成される。質問項目は各座席配置で共通である。質問項目には会議の臨場感の高さと、座席配置による参加者間の位置関係の快適さ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²³⁾ 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。

5.3 結果および考察

各質問は「まったくあてはまらない」「あてはまらない」「あまりあてはまらない」「どちらともいえない」「ややあてはまる」「あてはまる」「非常にあてはまる」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、両配置ごとに各質問に対する平均得点を求めた。評価結果のうち、平均得点の差が有意、および有意傾向にあった項目を表 1 に示す。

質問項目「発言内容を聞き取れた」についての平均得点の差は危険率 5% 以下で有意であった。「音声と映像に違和感があった」も有意傾向にあり、音声の認識しやすさにおいて両者に差が見られた。質問項目「このシステムは会議空間に適している」についての平均得点の差も危険率 5% 以下で有意であった。また、「相手との位置関係が快適だった」について有意傾向が見られた。これらより、各参加者が同じ立場で自由に討議する場合、アバタを横一列に並べて表示するよりも机を囲むようにして表示したほうが、適切な位置関係を築くことができるといえる。最後に、「会議に参加していると感じた」についても有意傾向が見られた。これは、会議相手と向かい合って座るより、机を囲むようにして座ったほうが、会議相手との一体感が生まれやすいという結果であると考えられる。

複合現実感による分散会議では、遠隔参加者の 3D

アバタ映像が現実空間に重畳表示される。以上の評価結果は、対面会議で会議参加者の空間的配置が会議に影響するように、アバタの表示位置が会議に影響することを示している。本実験では、映像と音声の両方の配置を変えて比較したので、映像のみ、あるいは音声のみの配置の影響については検討の余地がある。また、会議への影響が、質と量の点で対面会議と同一かどうかについてもなお検討の余地があるが、複合現実感による臨場感に貢献することが分かる。したがって、複合現実感による会議では、アバタの空間的配置を考慮することが重要であるといえる。

6. 複合現実空間における単体アバタの大きさと距離に関する評価

6.1 実験目的

対面会議では会議相手はいうまでもなく等身大であるが、メディアを介した会議ではそうとは限らないため、デスクトップ画面や大型スクリーンに映る人物像の大きさに関する実験は多数ある。複合現実会議システムによる複数アバタの空間的配置実験では、実験準備として各被験者が等身大と判断したアバタの大きさを使用した。しかし、このシースルー型 HMD 条件下で、人はどの程度の大きさに対し等身大と感じるかは明らかでないため、これを調べる実験を行った。

6.2 実験方法

HMD と 2DD の表示メディア 2 種類と 4 種類の観察距離の組合せからなる 8 つの条件に対して各被験者にアバタの等身大判定を行ってもらった。観察距離は近接学³⁶⁾ の社会距離である 120, 160, 210, 360 cm の 4 種類とした。被験者は大学生、大学院生 20 名である。アバタの 2DD 表示にはパイオニア社製の PDP-504CMX を用いた。

最初に被験者に提示する大きさを、等身大の 70%、130% の 2 種類用意し、被験者が「大きい」と答えればアバタを小さく、「小さい」と答えればアバタを大きくした。アバタの大きさの変更は 3% 単位で実験者が変更し、被験者が等身大だと感じた大きさを記録し

表 2 実験順序

Table 2 Order of experiment.

実験開始時の アバタの大きさ	70%	130%
HMD→2DD	5名	5名
2DD→HMD	5名	5名



図 7 上: HMD 利用時の被験者の視界
下: 2DD 利用時の被験者の視界

Fig. 7 Upper: View of a subject using HMD
Lower: View of a subject using 2DD.

た。また、表示メディアも 2 種類ある。これらの実験条件をかけあわせると 4 種類の実験順序パターンができあがるが、表 2 のようにそれぞれの人数を等しくすることで順序効果を打ち消した。また、観察距離は 4 種類あるが、提示する距離の順番は各被験者ごとにランダムに行った。

図 7 に観察距離が 160 cm、アバタの大きさの倍率が 100% の場合の各表示装置による見え方を示す。上の画像は表示メディアが HMD の場合の被験者の視界、下の画像は表示メディアが 2DD の場合の被験者の視界である。また、アバタは図 4 での (B) を用い、頭部の高さを実験者が実際に座ったときの頭部の高さに合わせた。

6.3 結果および考察

各表示メディア、各距離ごとに等身大だと感じた大きさの平均値を求めた。平均値の差に対して t 検定 (片側) を行った。表 3 にその結果を示す。

4 地点すべての結果の平均値は HMD 利用時が約 90%、2DD 利用時が約 88% であり、その差は有意

表 3 アバタ等身大判定の結果

Table 3 Results of the experiment for the size of an avatar.

アバタまでの 距離 (cm)	2DD 利用時の 平均値 (%)	HMD 利用時 の平均値 (%)	t 検定 p 値
120	92.0	86.3	***0.005
160	89.0	85.6	**0.045
210	89.2	85.7	*0.053
360	91.1	94.9	*0.062
4 地点すべて	90.3	88.1	**0.023

($N = 20$; ***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.10$)

(片側検定: $t(158) = 2.01$, $p < 0.05$) であった。2DD 利用時より HMD 利用時のほうがアバタをより大きく感じているということが分かる。観察距離 120, 160, 210 cm 個々の結果に関しては、それぞれその差が危険率 1% 以下で有意 (片側検定: $t(38) = 2.85$, $p < 0.01$), 5% 以下で有意 (片側検定: $t(38) = 1.78$, $p < 0.05$), 有意傾向 (片側検定: $t(38) = 1.68$, $p < 0.10$) にあった。比較的近距离においては HMD 利用時のほうがアバタを大きく感じる傾向にあるといえる。HMD をかけた場合に、視野角が狭まり圧迫感が増すことが、報告されている³⁴⁾。本システムの HMD の視野角は 51° であり、人間の視野より狭い。このため同様の効果により、2DD 利用時に比べ、HMD 利用時に、同じサイズのアバタを大きく感じた可能性が考えられる。

一方、HMD 利用時の観察距離が 360 cm の場合に被験者が等身大だと感じたのは実際の約 95% 大であり、他の 3 つの距離と異なり、HMD 利用時の方が 2DD 利用時の値より大きい傾向 (片側検定: $t(38) = -1.60$, $p < 0.05$) が見られた。これはアバタが遠く離れたため、視野角による圧迫感が消え、より現実世界に近い判断が可能となった可能性がある。HMD 条件では 2DD 条件に比べ距離感が強く意識されるといった可能性も考えられ、この点については今後検討の余地があるといえよう。

7. おわりに

会議において、会議相手をどのように表現するかは重要な要素の 1 つである。分散会議の場合、会議相手をアバタ単体としてどのように表現するかだけでなく、複数の会議相手をどのように表現するかも問題である。

本論文では、複合現実感を用いた会議空間における、複数アバタの空間的配置の効果について実験的に検討した。その結果、複合現実空間においては複数アバタの座席配置が会議に影響することが明らかになった。

したがって、会議空間の設計を考慮する必要があり、より詳細な検討が望まれる。また、複合現実空間におけるアバタの表示について、参加者アバタ間の距離とアバタの大きさの認識について検討し、2DD 表示の場合とやや異なる結果を得た。参加者との距離に応じてアバタの大きさを変えた方が、参加者は自然に感じるといった可能性もあり、検討の余地がある。

今後このような検討を通じて、より良い分散環境のコミュニケーションを実現してゆきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 松下 温, 岡田謙一, 勝山恒男, 西村 孝, 山上俊彦 (編): 知的触発に向かう情報社会 グループウェア維新, 共立出版 (1995).
- 2) 英会話 NOVA・お茶の間留学 (通信教育, 在宅学習, オンライン講座). <http://www.nova.ne.jp/> (2006/10/16 現在)
- 3) NTT フレッツ光. <http://www.ntt-flets.jp/> (2006/10/16 現在)
- 4) JGN II. <http://www.jgn.nict.go.jp/> (2006/10/16 現在)
- 5) 並木育夫, 目黒義隆, 青木茂明, 入江一成, 野村知義, 斎藤一重: 高臨場感マルチメディア通信会議システムの構築と評価, 電子情報通信学会論文誌 B-I, Vol.J80-B-I, No.6, pp.338-347 (1997).
- 6) 伴野 明, 岸野文郎: 臨場感通信会議におけるヒューマンインタフェース技術, 人工知能学会誌, Vol.6, No.3, pp.358-369 (1991).
- 7) 長原 一, 八木康史, 谷内田正彦: 超臨場感ビジュアライゼーションシステム, 情報処理学会研究報告, Vol.CVIM-140, No.13, pp.95-102 (2003).
- 8) Billingham, M., Bowskill, J., Jessop, M. and Morphet, J.: A Wearable Spatial Conferencing Space, *Proc. ISWC1998*, pp.76-83 (1998).
- 9) Gibbs, S., Arapis, C. and Breiteneder, C.J.: TELEPORT—Towards Immersive Copresence, *ACM Multimedia Systems*, Vol.7, pp.214-221 (May 1999).
- 10) 高橋 誠: 会議の進め方, 日本経済新聞社 (1992).
- 11) 野口音光: 会議の技術, ダイヤモンド社 (1967).
- 12) 石川弘義: 会議の心理学, ちくま文庫 (1986).
- 13) Watanabe, K., Sakata, S., Maeno, K., Fukuoka, H. and Ohmori, T.: Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID, *CSCW'90*, pp.27-38 (Oct. 1990).
- 14) Okada, K., Ichikawa, Y. and Jeong, G.: Multiparty videoconferencing at virtual social distance: MAJIC design, *Proc. ACM CSCW'94*, Chapel Hill, NC, USA, pp.385-393 (1994).
- 15) 福井健太郎, 喜多野美鈴, 岡田謙一: 仮想空間を使った多地点遠隔会議システム: e-MulCS, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.11, pp.3375-3384 (2002).
- 16) ロバート・ソマー (著), 穂山貞登 (訳): 人間の空間, 鹿島出版会 (1972).
- 17) 渋谷昌三: 人と人との快適距離, NHK ブックス (1990).
- 18) Batchelor, J.P. and Goethals, G.R.: Spatial arrangements in freely formed groups, *Sociometry*, Vol.35, No.2, pp.270-279 (1972).
- 19) Sommer, R.: Studies in personal space, *Sociometry*, Vol.22, pp.247-260 (1959).
- 20) Sommer, R.: The distance for comfortable conversation: A further study, *Sociometry*, Vol.25, pp.111-116 (1962).
- 21) Steinzor, B.: The spatial factor in face to face discussion groups, *Journal of Abnormal and Social Psychology*, Vol.45, pp.552-555 (1950).
- 22) Sellen, A.J.: Speech patterns in video-mediated conversations, *Proc. ACM CHI'92*, pp.49-59 (1992).
- 23) 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-2, No.9, pp.2482-2492 (1997).
- 24) 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).
- 25) J チャット (旧 Habitat). <http://www.j-chat.net/> (2006/10/16 現在)
- 26) 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).
- 27) 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).
- 28) 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).
- 29) 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).
- 30) Greenhalgh, C. and Benford, S.: MASSIVE: A Collaborative Virtual Environment for Teleconferencing, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol.2, No.3, pp.239-261 (1995).
- 31) 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).
- 32) 松本敏宏, 松浦宣彦, 菅原昌平, 正木茂樹: デスクトップ VR 会議におけるアバタ表現方式の評価, 情報処理学会研究報告, Vol.GN-33, pp.13-18 (1999).
- 33) 黒須正明, 山寺 仁, 本宮志江, 三村 到: 臨場感通信における画面上の人体サイズ, 情報処理学会研究報告, Vol.GN-13, pp.43-48 (1995).
- 34) 穴吹まほろ, 若月裕子, 山本裕之, 田村秀行: 複合現実空間に存在する擬人化エージェントの実現, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1957-1965 (2002).
- 35) Uchiyama, S., Takemoto, K., Satoh, K., Yamamoto, H. and Tamura, H.: MR Platform: A basic body on which mixed reality applications are built, *Proc. IEEE and ACM Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002)*, pp.246-253 (2002).
- 36) Hall, E.T.: *The Hidden Dimension*, Doubleday & Company, Inc., NY (1966).

(平成 18 年 5 月 30 日受付)

(平成 18 年 11 月 2 日採録)



野口 康人 (学生会員)

2006 年筑波大学図書館情報専門学群卒業。現在, 同大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程に在学中。グループウェアの研究に従事。



井上 智雄 (正会員)

1998 年慶應義塾大学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)。筑波大学大学院図書館情報メディア研究科助教授。国立情報学研究所連携研究部門客員助教授 (連携)。社会的インタラクションの理解と支援, 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幹事, 日本 VR 学会サイバースペース研究会運営委員。教育システム情報学会, 人工知能学会, ACM ほか各会員。