

3 者間インタラクション支援および合成的解析のための 身体的バーチャルコミュニケーションシステム

新 徳 健[†] 渡 辺 富 夫^{††,†††}

本論文では、3 者間の身体的コミュニケーションを支援するとともに、そのインタラクションを合成的に解析するための身体的バーチャルコミュニケーションシステムを開発している。本システムは、遠隔の 3 人の対話者が同一仮想空間内で対話者の代役である VirtualActor の振舞いを把握しながらコミュニケーションすることで、対話者相互の身体性が共有できるシステムである。本システムを用いて、3 人 1 組で 8 組のコミュニケーション実験での官能評価と自己の VirtualActor を半透明表示したときに選定された自己投影の視点によって、本システムの有効性を示している。また 3 者間でのコミュニケーションにおける身体性の共有の重要性も明らかにしている。本システムは集団での身体的コミュニケーションにおけるインタラクションの解析・理解とともに、集団コミュニケーション支援システムの基盤となることが期待される。

An Embodied Virtual Communication System for Three Human Interaction Support and the Analysis by Synthesis

TAKESHI SHINTOKU[†] and TOMIO WATANABE^{††,†††}

An embodied virtual face-to-face communication system is developed for three human interaction support and the analysis by synthesis. The system provides networked virtual communication environment in which three remote talkers can share embodied interaction by observing their interaction of avatars called VirtualActors including themselves in the same virtual space. The effectiveness of the system is demonstrated by the sensory evaluation of the communication experiment and selected most favorite viewpoint when talker's own VA was semitransparently presented in 8 groups, 3 talkers per group. The importance of mutual embodied sharing in communication is also clarified. The system would be expected to form the foundation of group embodied interaction support system as well as the analysis and understanding of group embodied interaction.

1. はじめに

対面コミュニケーションでは、単に言葉によるバーバル情報だけでなく、身振り・手振りや顔きといった身体動作あるいは周辺言語などのノンバーバル情報により、対話者相互に引き込み合うことで身体性(身体のはたらき・作用)が共有され、円滑なコミュニケーションが実現されている^{1)~3)}。また、呼吸・心拍間隔変動などの生体情報の生理的ナリズム同調も対話者相互の身体性の共有に重要な役割を果たしている^{4),5)}。

一方、近年の情報技術の急速な進展にともない、情報機器を介する非対面でのコミュニケーションにおいて、音声のみでなく動画像を用いたテレビ電話や遠隔会議システムが実用化されている。これらのシステムを対象とするコミュニケーション特性の解析、評価も精力的に進められている^{6)~11)}。しかし、このような遠隔コミュニケーションでは対面でのコミュニケーションと異なり、間がつかみにくく、思いが伝わりにくいなどの欠点が指摘されている^{12),13)}。これは、対話者同士が空間的に切り離され、互いの距離感や相手との一体感など身体的な関わりが切れてしまうためだと考えられる。したがって、情報機器を介してのコミュニケーションに身体性を共有する仕組みを取り入れることで、より自然なコミュニケーション支援システムの開発が期待される。

これまで著者らは、2 者間での身体的バーチャルコミュニケーションシステムを開発し、身体的コミュニ

[†] 岡山県立大学大学院情報系工学研究科
Graduate School of System Engineering, Okayama Prefectural University

^{††} 岡山県立大学情報工学部
Faculty of Computer Science and System Engineering, Okayama Prefectural University

^{†††} 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業
CREST, JST

ケーションを合成的に解析するとともに、遠隔コミュニケーションの支援において対話者相互の身体性の共有が重要であることを示してきた^{14),15)}。ここで合成的解析 (analysis by synthesis) とは、ノンバーバル情報や生体情報を表現できるアバタを用いて身体的コミュニケーションを合成することで、各種条件下での特性解析を行うことである。しかし、遠隔会議システムなど集団のコミュニケーションでは、対話相手が固定されないばかりでなく、対話者全員の位置関係や集団での引き込み現象などが2者間とは異なると考えられ、新たに集団での身体的コミュニケーションを合成的に解析するためのシステム開発が必要である。

そこで本研究では、集団コミュニケーションにおけるインタラクションを支援し、それを合成的に解析するために、3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムを新たに開発している。さらに自由対話での遠隔コミュニケーションでシステムの評価実験を行い、システムの有効性を示している。

2. 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステム

2.1 コンセプト

身体的バーチャルコミュニケーションシステムは、対話者が仮想空間上で自己と相手の分身である VirtualActor (VA) を介して対話者相互の身体関係を形成することで身体性を共有し、対面コミュニケーションを実現するシステムである。3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプトを図1に示す。ここでVAは、対話者のノンバーバル情報(手振り・身振り、頷き、視線、表情、顔色、瞬きなど)や生体情報(呼吸、心拍、皮膚温など)を仮想空間上で表現する機能を有する代役である。対話者は、VAを介して仮想空間上で3者間の対面コミュニケーションを実現し、対話中の自己と相手のインタラクションを観察しつつ対話を行うことができる。また、仮想空間内において視点を自由に選択でき、自己を含むVA間でのインタラクションなどのコミュニケーション場の情報を得ることができる。本システムは、従来の2者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムの機能に加え、新たに3人目のVAを追加することで集団のコミュニケーションを支援し、解析するシステムである。とくに、3者間の空間配置、姿勢、頭部・身体の動きと対話の流れとの関連性など、3者間での身体的コミュニケーション解析が可能である。この際、VAに表現させるノンバーバル情報および生体情報の各情報を追加、除去、加工することで対話者相互の身

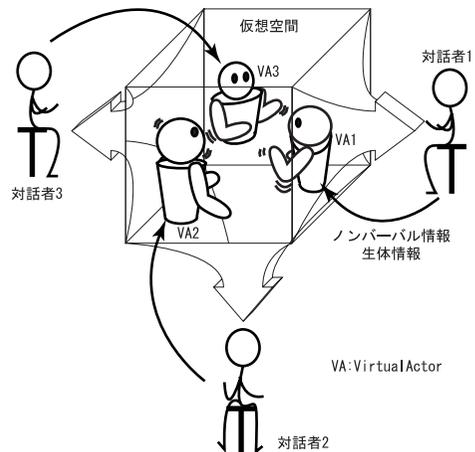


図1 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプト

Fig.1 Concept of the embodied virtual communication system for three human analysis by synthesis.



図2 システムを用いた対話場面の一例

Fig.2 Example scene of communication using the proposed system.

体的関係を形成し、コミュニケーションを合成的に解析することができる。

2.2 システムの概要

2.1節のコンセプトを基に、実際に3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムを開発した。本システムを使用しての対話場面の一例を図2に示す。仮想空間内で対話者の上半身の動きを忠実に再現するために、対話者の頭頂部、背中、両手首の計4カ所に磁気センサ (POLHEMUS FASTRAK) を取り付け、VAの身体動作を位置および角度情報を基にリアルタイムで生成している。VAの動作を生成している磁気センサのデータおよび音声データは、計測と同時に計算機のハードディスクに記録されており、対話者相互のインタラクションを効率的に解析することができる^{16),17)}。

生成したコミュニケーション環境での対話場面の一例を図3に示す。仮想空間はディスプレイ上に表示され、

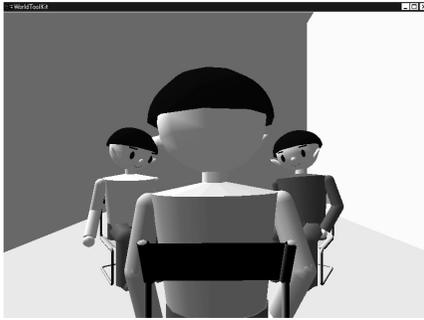


図3 仮想環境上での対話場面の一例

Fig. 3 Example scene of virtual face-to-face communication.

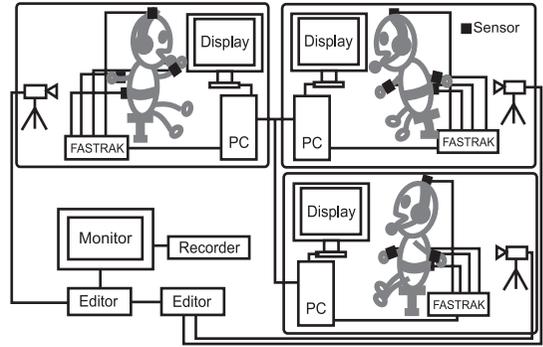


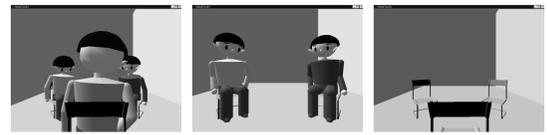
図4 実験システムの概略図

Fig. 4 Experimental setup.

VAは120度間隔で円周上に配置している。VAの表示法、仮想空間での視点はコマンド入力により自由に制御できる。仮想空間の構築には、バーチャルリアリティ開発用C言語ライブラリ(SENCE8 WorldToolKit)を用い、高速3次元グラフィック・アクセラレータ・ボード(Intense 3D Wildcat 4000)を搭載したWindows NTワークステーション(INTERGRAPH TDZ 2000GT1およびZx1 ViZual Workstation)を使用した。

とくに3者間でのデータの送受信は、相手が固定される2者間通信とは異なり、新たに以下のように実装した。本システムは同一ネットワークセグメント内で用いており、明瞭で遅延の少ない音声通信のため、音声データをマイク付きヘッドホンより16ビット11,025 Hzでサンプリングし、音声通信にはUDPを用い、1回で送信するパケットのデータブロックサイズを512としている。送受信はスレッド処理でソケットを2個作成し、送信時にはIPで指定された2台のPCへ直接送信している。受信時には送信されてきた2個のパケットを2個のソケットで受信し、受信すると同時に合成して再生している。また、ギャップを防ぐため2重バッファリングでデータバッファブロックの割当てをしている。

磁気センサおよび音声のデータはハードディスクに記録すると同時にイーサネットを経由して、LANボード(Intel PRO/100+ Server Adapter)2枚によりマルチリンク接続された3台のコンピュータ間を直接送受信し、コミュニケーション環境を生成している。対話者が各々1台のコンピュータを使用したときの描画フレームレートは毎秒16フレームである。また、集団のコミュニケーションで重要な役割を果たす視線情報は、VAの抽象度を意図的に増すことにより違和感がないように配慮している¹⁸⁾。



相手と自己を含むVA3人

相手VA2人

背景

図5 実験中の対話場面

Fig. 5 Virtual face-to-face scenes in the experiment.

3. システム評価実験

3.1 実験方法

コンセプトに基づき開発したシステムが、遠隔での3者間コミュニケーションの支援および解析に有効であることを確認するために遠隔コミュニケーション実験を行い、官能評価による評価実験を行った。実験システムの概略図を図4に示す。実験は3部屋を用い、対話者は3つの部屋に分かれて入っている。

実験の対話場面として、図5に示す自己と相手2人を含むVA3人の場面(VA3人)、相手のみVA2人の場面(VA2人)、VAのいない背景のみの場面(背景)を用いた。いずれの場面においてもつねに3者間でコミュニケーションを行った。実験は対話者の動きを忠実に再現した場合(身体動作実験)にはVA3人、VA2人、背景の順に、頭部動作に限定した場合(頭部動作限定実験)には、VA3人、VA2人の順に1場面につき3分間、合計15分間行った。頭部動作限定実験でVAの動きを頭部に限定したのは、頭部運動には頷き反応や否定・疑問を表す首の動きなどの基本的なコミュニケーション動作が備わっているからで、身体全体によるインタラクションとの差異を検討するためである。

また、身体動作実験と頭部動作限定実験終了後に、VAの動作を忠実に再現した場合、頭部動作に限定した場合、図6に示す自己のVAを半透明にした場合に

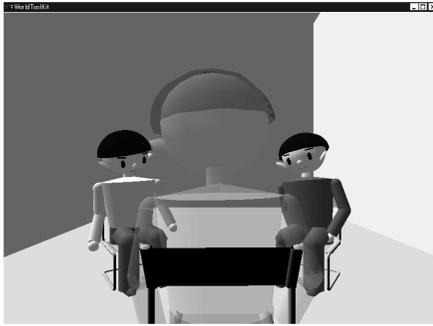


図 6 自己の VA を半透明にした場面

Fig. 6 Scene in which talker's own VA was semitransparently represented.

- ① 楽しさ
- ② 対話しやすさ
- ③ 対話したいか
- ④ 好き・嫌い
- ⑤ 臨場感
- ⑥ 共有感
- ⑦ 一体感
- ⑧ 安心感
- ⑨ 自然
- ⑩ 親近感

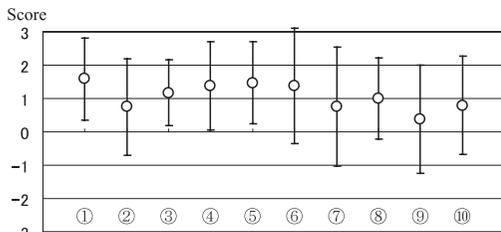


図 7 対話相手 VA2 人を基準とした、自己を含む VA3 人の場面の官能評価

Fig. 7 Sensory evaluation of 3VAs based on the 2VAs without own VA.

ついて、それぞれ最も対話したい視点をマウスを用いて自由に選定させた。

すべての実験終了後にアンケートを行い、頭部動作限定実験については身体動作実験と比較してのアンケートもあわせて行った。さらに VA2 人を基準とし、自己を含む VA3 人について評価させた。対話者は学生 8 組 24 人で、実験中の対話には日常の談話を選定し、自由に対話させた。

対話者と VA との対応や対話の様子は各対話者の斜め後方からビデオカメラで撮影し、ビデオ編集システム (SONY FXE-100 および SONY FXE-120) を用いて図 2 のように画面を 3 分割してビデオテープに記録した。

3.2 官能評価結果

本システムを使用してのコミュニケーションに関する 10 項目について、VA2 人を基準として VA3 人を 7 段階評価 (中立 0) で官能評価した結果を図 7 に示

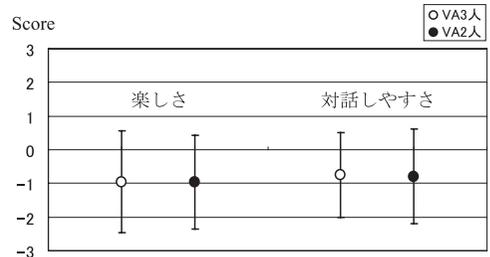


図 8 頭部動作限定実験を身体動作実験に基づいて評価したときの官能検査結果

Fig. 8 Sensory evaluation of only head motion based on the whole body motion experiment.

表 1 官能評価結果

Table 1 Result of questionnaire.

身体動作実験の場合 8 組 24 人 (%)

問い	楽しさ			対話しやすさ			対話したいか		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
VA3 人	87.5	12.5	0	54.2	45.8	0	75	25	0
VA2 人	12.5	87.5	0	45.8	54.2	0	25	70.8	4.2
背景	0	0	100	0	0	100	0	4.2	95.8

頭部動作限定実験の場合 8 組 24 人 (%)

問い	楽しさ		対話しやすさ		対話したいか	
	VA3 人	VA2 人	VA3 人	VA2 人	VA3 人	VA2 人
%	100	0	45.8	54.2	70.8	29.2

す。すべての項目について肯定的な結果が示されている。「楽しさ」、「対話しやすさ」について身体動作実験を基準として、頭部動作限定実験を 7 段階評価で官能評価した結果を図 8 に示す。頭部動作に限定した VA と比較して、VA が自己を含む 3 人の場合でも相手 2 人の場合でも「楽しさ」、「対話しやすさ」ともに忠実に動く場合の方が好まれることが確認できる。VA3 人と VA2 人の間には有意な差は見られなかった。

インタラクションの観点から「楽しさ」、「対話しやすさ」、「対話したいか」について各場面を好ましい順に順位付けさせた結果を表 1 に示す。身体動作実験では、「どれが楽しかったか」、「今後どれで対話したいか」について、VA3 人を選ぶ傾向が顕著に見られる。頭部動作限定実験でも同様の結果が示されており、とくに「楽しさ」については全員が VA3 人を選定している。

3.3 視点選定結果

対話者に最も対話したい視点をマウスで選定させた結果を表 2 に示す。通常表示した場合は図 9 に示すように、24 人中 20 人が VA3 人を選定している。頭部動作限定表示した場合には図 10 に示すように、VA3 人を選定した対話者は 18 人である。自己の VA を半透明表示した場面では、図 11 に示すように、24 人

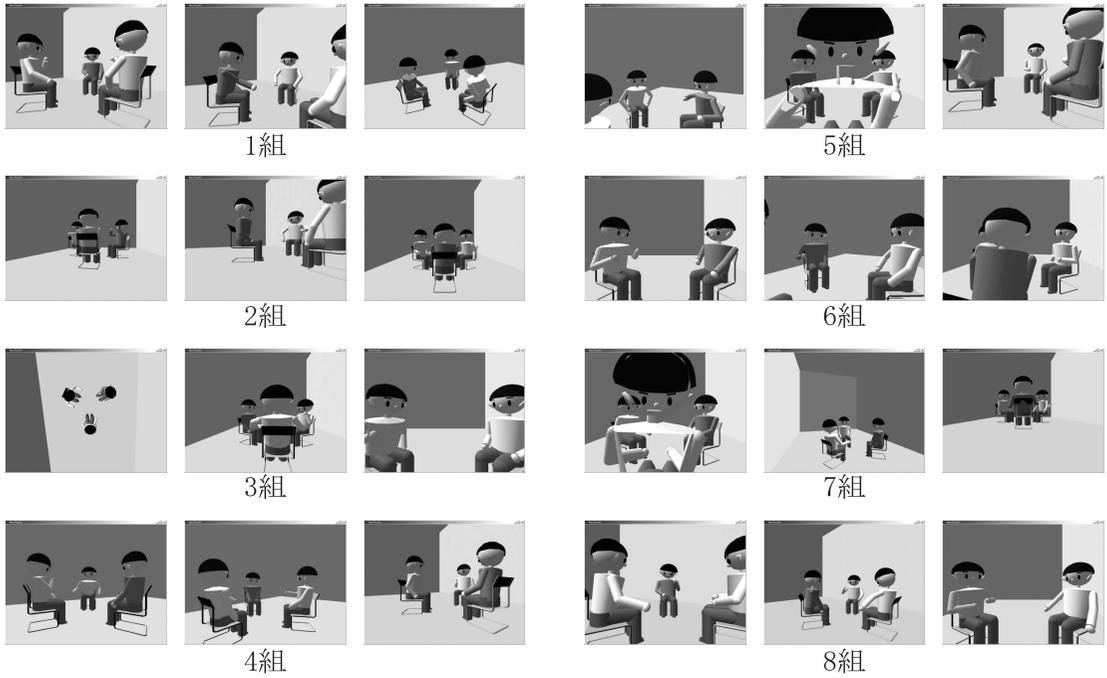


図9 身体動作実験で対話者8組24人が選定した視点

Fig. 9 Most favorite viewpoints in 8 groups, 3 talkers per group, in the whole body motion experiment.

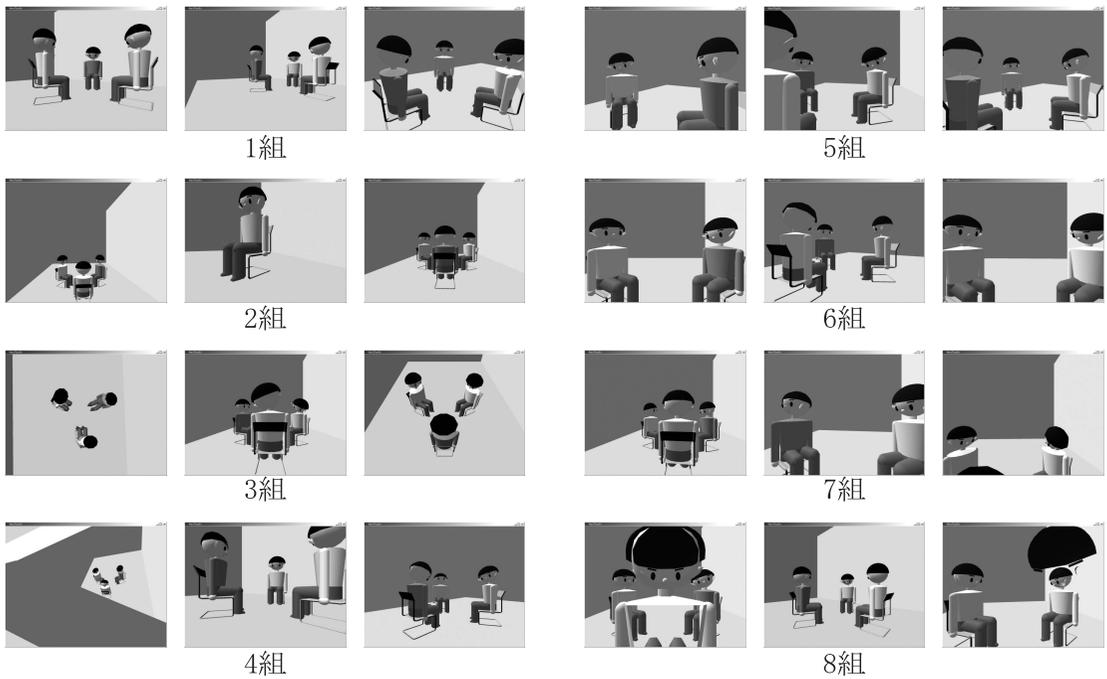


図10 頭部動作限定実験で対話者8組24人が選定した視点

Fig. 10 Most favorite viewpoints in 8 groups, 3 talkers per group, in the only head motion experiment.

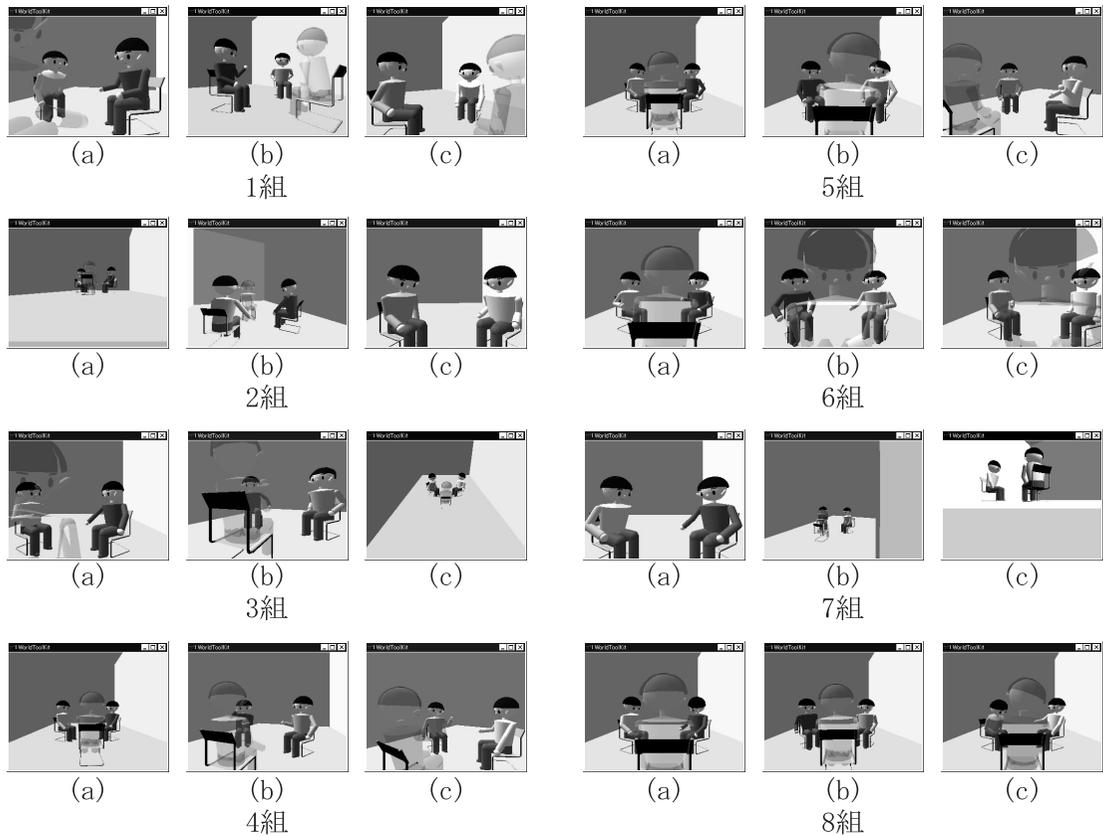


図 11 自己の VA を半透明化した場面で対話者 8 組 24 人が選定した視点

Fig. 11 Most favorite viewpoints in 8 groups, 3 talkers per group, in the scene in which a talker's own VA was semitransparently represented.

表 2 視点選定結果

Table 2 Result of selected viewpoints.

場面	(人)		
	通常表示	頭部動作限定表示	半透明表示
VA3 人	20	18	22
VA2 人	4	5	2
VA1 人	0	1	0
VA なし	0	0	0

中 22 人が VA3 人を選定した。とくに半透明の自己の VA 越しに相手を見る傾向が見られる。この対話者が選定した視点について、図 12 に示すように視点の位置から中心までの距離 D と、視点の位置・中心・自己の VA のなす角 θ との関係を図 13 に示す。 $\theta = 0^\circ$ は自己の VA 越しに見る視点であり、 $\theta = 180^\circ$ は相手 VA の後ろから自己を確認する視点である。ここで $\theta = 140^\circ \sim 180^\circ$ の枠で囲まれた視点を選定した 4 人を除いた場合の通常表示、頭部動作限定表示、半透明表示における角度 θ の関係を図 14 に示す。この 4 人を除いたのは、それぞれの角度の値がグラブスの棄却

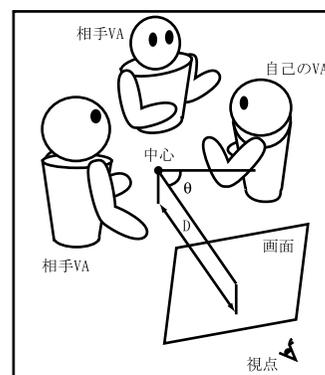


図 12 視点位置から 3VA の中心までの距離 D と視点・中心・自己の VA のなす角 θ

Fig. 12 Distance D between talker's view point and the center point of 3VAs, and the visual angle θ of talker's view point, center point and talker's own VA.

検定により有意水準 1% でとび離れた値として棄却され、統計処理上特殊なデータであると考えられるからである。各表示法での視点角度の差異について、対応

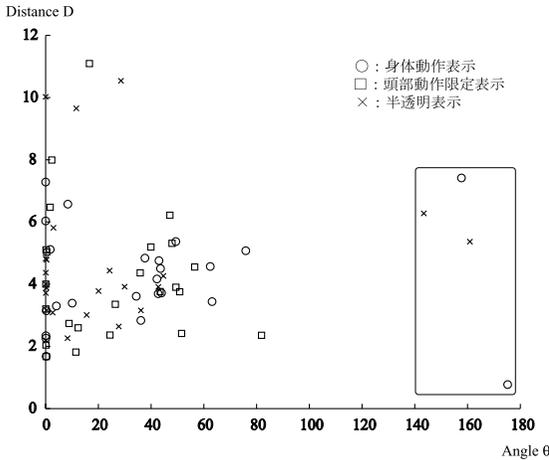


図 13 視点の位置から中心までの距離 D 、と視点の位置・中心・自己の VA のなす角 θ の関係
 Fig. 13 Relation between the distance D , and the visual angle θ .

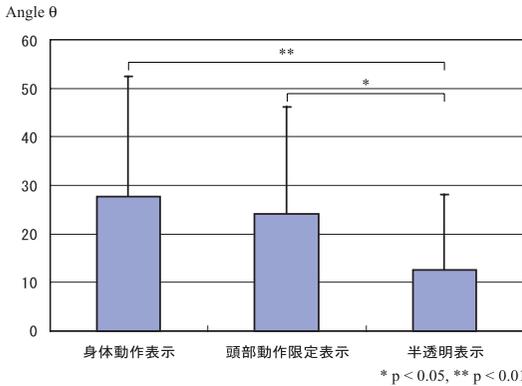


図 14 通常表示, 頭部動作限定表示, 半透明表示における視点・中心・自己の VA のなす角 θ の比較
 Fig. 14 Comparison of the visual angle θ among the whole body motion, only head motion and semitransparent representations.

関係のある一元配置分散分析を行った結果, 有意水準 1% で有意差が認められた. そこで下位検定で多重比較を行った結果, 通常表示-半透明表示の間では有意水準 1% で, 頭部動作限定表示-半透明表示の間では有意水準 5% で有意差が認められた.

3.4 コミュニケーション解析データ

実験中の対話者相互のインタラクションを音声と頭部の動きに着目して解析した. 音声 $x(i)$ は, WAVE 形式で記録されたデータを 1/16s ごとに二値化した. 頭部の動きは対話者の頭部につけた磁気センサによって得られた 1/16s ごとの頷き方向の角度データ $p(i)$ の前後の角度データの差 $[p(i+1) - p(i-1)]$ から求まる角速度を, 平均値の 1.5 倍を閾値として二値化し

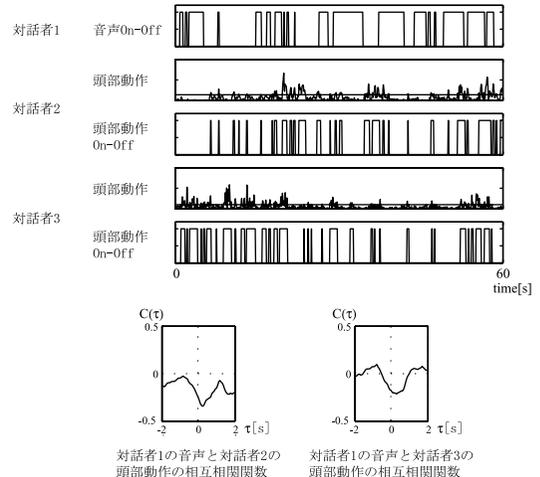


図 15 対話者の音声と頭部動作の関係の解析結果の一例
 Fig. 15 Example of an analysis of relation between voice and head motion in talkers.

たものをその時点での頭部の動きのデータ $y(i)$ とした. 二値化することで極端な動きとノイズを除去している. 対話者 1 の音声と対話者 2, 対話者 3 の頭部動作を以下の相互相関関数 $C(\tau)$ で評価した.

$$C(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{n-\tau} \{x(i) - \mu_x\} \{y(i + \tau) - \mu_y\}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \{x(i) - \mu_x\}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n \{y(i) - \mu_y\}^2}}$$

μ_x, μ_y : x, y の平均値, n : データ数, τ : 時間遅れ

VA3 人の実験中に取得した音声, 頭部動作および両者の相互相関関数の一例を図 15 に示す. 解析対象区間は 30 秒で, τ を前後 2 秒のずれ時間で評価した. 音声と頭部動作の相互相関関数では τ が 0 秒付近で負の相関が見られる. これは, 音声の OFF 区間に頭部動作が生起することが多いことを示しており, 対面コミュニケーションでの話し手の音声と聞き手の頭部動作の引き込み反応を示す相互相関関数の負の表出パターンと類似している.

4. 考 察

4.1 コミュニケーション支援

「楽しさ」「対話しやすさ」「対話したいか」について対話場面を順位付けさせた結果, 身体動作実験, 頭部動作限定実験共に「楽しさ」「対話したいか」の項目で VA3 人の評価が最も高かった. これは, 対話相手 VA2 人を基準にして自己を含む VA3 人を評価した

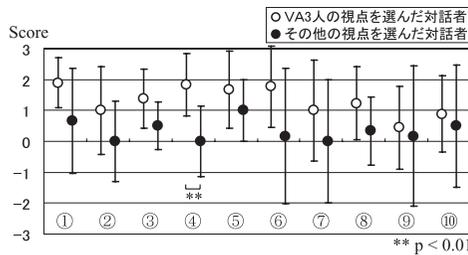


図 16 VA3 人の視点とそれ以外の視点を選んだときの官能評価
Fig. 16 Sensory evaluation between the talkers who selected 3VAs and the others.

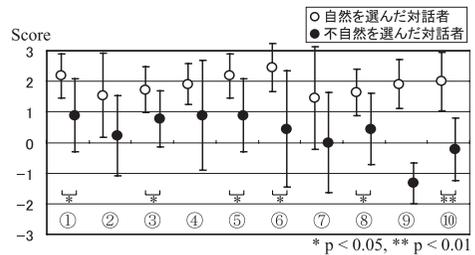


図 18 自然を選んだ対話者と不自然を選んだ対話者に選別した官能評価
Fig. 18 Sensory evaluation between the talkers who selected it natural and the others.

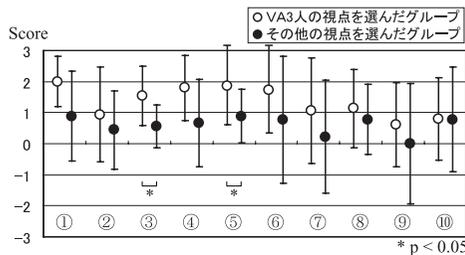


図 17 3 人の対話者全員が VA3 人を含むグループとそれ以外のグループでの官能評価
Fig. 17 Sensory evaluation between the group who selected 3VAs and the other group.

図 7 に示したように、自己を含む VA3 人が同じ空間内に表示されることで、臨場感や共有感が得られるためである。一方、「対話しやすさ」の項目では VA3 人と VA2 人の間で差が見られない。これは VA3 人の場合、自己の VA によって相手 VA が部分的に隠蔽され、相手が見えないことが影響していると考えられる。

自己の VA を半透明にした場合に視点を選定させた場合、図 7 に示した官能評価結果を、個人別に VA3 人の視点を選んだ対話者（1, 4, 5, 6, 8 組と 2 組の (b) および 3 組の (a), (b)）とそれ以外の視点を選んだ対話者（2 組の (a), (c), 3 組の (c) および 7 組）に選別した官能評価結果を図 16 に示す。この 2 グループ間でマン・ホイットニーの U 検定を行った結果、有意水準 1% で「好き・嫌い」の項目で有意差が認められた。さらに、3 人全員が VA3 人の視点を選んだ組（1, 4, 5, 6, 8 組）とそれ以外の組（2, 3, 7 組）に選別した官能評価結果を図 17 に示す。ここで、VA3 人の視点は自己と相手との身体性を共有している視点である。また、3 組 (c) の視点は極端に引いた視点で、身体性を有効活用している視点とは考えにくいために後者に入れている。この 2 組の間での差異についての U 検定の結果、有意水準 5% で「対話したいか」、「臨場感」で有意差が認められた。

図 16 に示したように、VA3 人の視点を選んだ対話者とそれ以外の視点を選んだ対話者に分けた場合、好き・嫌いの項目では有意水準 1% で有意な差が認められるなど、すべての項目で VA3 人の視点を選んだ対話者の評価が高かった。また、図 17 に示した VA3 人の視点を選んだグループとそれ以外のグループに分けた場合も同様に、すべての項目で VA3 人の視点を選んだグループの評価が高かった。以上の結果から、本システムにおける同一仮想空間内で相手 VA2 人と自己の振舞いを投影させる VA3 人の方が評価が高く、身体性を共有し、コミュニケーション場を共有することの重要性が示されている。

視点選定の結果、自己の VA を半透明表示した場合、通常表示に比べ、VA3 人の場面を選定する対話者が多く、とくに自己の VA の背後からの視点が統計的に有意に選定された。この結果は、自己の VA を半透明表示することで自己の VA によって対話相手の VA が隠蔽されることがなく、より自己の VA に近い視線角度が選定可能なためであると考えられる。また、同時に相手 VA2 人が画面上に左右均等に近い配置となる場面が多く選定されたことを示している。このように自己の VA の半透明表示は、相手とのインタラクションを自分越しに確認できるという利点があり、新しいコミュニケーションモードの 1 つの表示法として有効である。半透明表示することで 3VA を選定する視点が増えており、このことから自己投影の有効性が確認できる。

図 7 において「自然」の評価が最も低い結果となった。そこでアンケートの自然・不自然の項目で自然を選んだ対話者 11 人（評価 1 以上）と不自然を選んだ対話者 9 人に選別した官能評価結果を図 18 に示す。自然を選んだ対話者と不自然を選んだ対話者の間で U 検定を行った結果、有意水準 1% で「親近感」に、有意水準 5% で「楽しさ」、「対話したいか」、「臨場感」共有

感」,「安心感」の項目で有意差が認められた。これは、本システムを自然と感じられる対話者にはシステムの評価が高く、本システムを自然と感じられるか否かでシステムの評価が大きく異なることを示している。

4.2 コミュニケーション特性の解析

「楽しさ」,「対話しやすさ」を身体動作実験と頭部動作限定実験で比較した場合、ともに身体動作実験の方が評価が高かった。これは、自己のVAの動作を頭部動作に限定することで身体動作の情報が欠落すると同時に、人とVAとの身体動作に矛盾が生じ、コミュニケーションが阻害されたためであると考えられる。このことは、対面コミュニケーションにおいて、身振りなどの身体動作が重要であることを示している。この結果から、ノンバーバル情報を制御することで、コミュニケーション特性の解析ができることが分かる。

本研究では、通常の遠隔コミュニケーションでシステム本来のコミュニケーション支援への有効性を評価するために、コミュニケーションに何ら制約を設けずに自由に対話させた。そのために、話し手、聞き手が区別されず、相互の関係をうち消し合い、図15に例示したコミュニケーション解析データ以外にも、集団のインタラクションがきわめて多様で、インタラクションの特性解析が困難であった。そのために、話し手・聞き手を固定する、ノンバーバル情報を制御し意図的に矛盾を起こすなど実験中のコミュニケーション行動を制約し、自己VAの表示の有無による話し手と聞き手または聞き手同士の引き込み反応の差異などの解析を行う必要がある。

5. おわりに

本論文では、自己と相手の分身であるVirtualActorの各種情報を制御することで、集団コミュニケーションのインタラクション支援および合成的解析のための3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムを開発した。本システムを用いた遠隔コミュニケーション実験の官能評価およびインタラクション解析により、3者間インタラクション支援システムおよび合成的解析システムとしての有効性を示した。とくに実験で選定された対話者の視点に着目してシステムを評価し、対話時に自己を投影することの有効性を示した。

今後は、さらに2者間と3者間でのコミュニケーション特性の違いなど、集団でのインタラクション・コミュニケーションを明らかにするために、話し手・聞き手を限定する、意図的に動作矛盾を起こすなど、コミュニケーション行動を制約して各種条件下での3者間コミュニケーション解析を行う予定である。

なお、本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(CREST)の助成を受けて、著者らが提案している「心が通う身体的コミュニケーションシステムE-COSMIC(Embodied Communication System for Mind Connection)」プロジェクトの一環で行われたものである。

参考文献

- 1) 黒川隆夫(著),電子情報通信学会(編),ノンバーバルインタフェース,オーム社(1994).
- 2) 渡辺富夫:コミュニケーションにおける身体性,ヒューマンインタフェース学会誌,Vol.1, No.2, pp.14-18 (1999).
- 3) Ogawa, H. and Watanabe, T.: InterRobot: speech-driven embodied interaction robot, *Advanced Robotics*, Vol.15, No.3, pp.371-377 (2001).
- 4) 渡辺富夫,大久保雅史:コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価,情報処理学会論文誌,Vol.39, No.5, pp.1225-1231 (1998).
- 5) 渡辺富夫,荻久保雅道,石井 裕:身体的バーチャルコミュニケーションシステムにおける呼吸の視覚化と評価,ヒューマンインタフェース学会誌,Vol.3, No.4, pp.319-326 (2001).
- 6) 呉 俊,田村 博,渋谷 雄:通常映像およびISDN映像の話者映像効果の比較研究,電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J79-D-II No.4, pp.518-526 (1996).
- 7) 河合智明,坂内祐一,田村秀行:遠隔操作可能なカメラを用いた能動的な状況把握システム,情報処理学会論文誌,Vol.38, No.4, pp.883-890 (1997).
- 8) 城塚音也,桑田喜隆,安地亮一,小泉宣夫:遠隔会議を対象とした音声対話モニタリングによる対話支援システム,情報処理学会論文誌,Vol.39, No.5, pp.1240-1247 (1998).
- 9) Sellen, A.: SPEECH PATTERNS IN VIDEO-MEDIATED CONVERSATIONS, *Human Factors In Computing Systems CHI '92*, pp.49-59 (1992).
- 10) 森川 治:ビデオ対話における自己像の表示による対話相手の存在感への影響,ヒューマンインタフェース学会誌,Vol.1, No.1, pp.61-68 (1999).
- 11) Morishima, S.: Non-verbal Communication System in Cyberspace, *Usability Evaluation and Interface Design* (2001).
- 12) 三輪敬之:共創における生命的コミュニケーション,場と共創,清水(編),NTT出版(2000).
- 13) Miwa, Y., Wesugi, S., Ishibiki, C. and Itai, S.: Embodied Interface for Emergence and Co-share of 'Ba', *Usability Evaluation and Interface Design* (2001).
- 14) 渡辺富夫,大久保雅史:身体的コミュニケーション

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).

- 15) 渡辺富夫, 大久保雅史, 石井 裕, 中林慶一: バーチャルアクターとバーチャルウェブを用いた身体的バーチャルコミュニケーションシステム, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.2, No.2, pp.107-116 (2000).
- 16) 新徳 健, 渡辺富夫: 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムの開発, 第62回情報処理学会全国大会講演論文集(分冊4), pp.83-84 (2001).
- 17) 新徳 健, 渡辺富夫: 3者間身体的バーチャルウェブコミュニケーションシステムの評価, 第65回情報処理学会全国大会講演論文集(分冊4), pp.69-70 (2003).
- 18) 森川 治, 山下樹里, 福井幸男, 佐藤 滋: ビデオ対話における映像精度の視線認識への影響映像精度が高いほど良い訳ではない, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.6, No.1, pp.11-18 (2001).

(平成 15 年 4 月 30 日受付)

(平成 16 年 2 月 2 日採録)



新徳 健(学生会員)

1975年生. 2001年岡山県立大学大学院情報系工学研究科博士前期課程修了. 現在, 同博士後期課程在学中. 主にヒューマンインタラクションの研究に従事. ヒューマンインタフェース学会学生会員.



渡辺 富夫(正会員)

1955年生. 1983年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士). 同年山形大学工学部情報工学科助手, 1984年同専任講師, 1989年同助教授. 1992年~1993年米国ブラウン大学客員研究員. 1993年岡山県立大学情報工学部情報システム工学科教授. 身体的コミュニケーション, ヒューマンインタラクションの研究に従事. 1998年, 2003年IEEE Ro-Man, the best paper award, 2001年, 2002年, 2004年ヒューマンインタフェース学会論文賞等受賞. IEEE, ヒューマンインタフェース学会, 日本機械学会, 計測自動制御学会, 日本バーチャルリアリティ(VR)学会, 日本ME学会, 日本赤ちゃん学会, 日本子ども学会各会員.