

# 身体的バーチャルコミュニケーションシステムを用いた VirtualActor の聞き手頭部動作のコミュニケーション効果\*

1B-05

石井 裕†

岡山県立大学大学院 情報系工学研究科

渡辺 富夫††

岡山県立大学 情報工学部, CREST

## 1 はじめに

対面コミュニケーションなど互いの身体を介して行われる身体的コミュニケーションにおいては、言語によるバーバル情報だけでなく、顔きや身振りなど対話リズムを形成するノンバーバル情報が非常に重要な役割を果たしている<sup>[1][4]</sup>。また互いのノンバーバル情報あるいは心拍・呼吸などの生体情報が相互にかかわり合う身体的な引き込みによって円滑なコミュニケーションを行っている。これらコミュニケーションの解析は心理学的アプローチからも検討が数多くなされているが<sup>[5][6]</sup>、身体的コミュニケーションの解析には、インタラクションの観点から体系的にコミュニケーションを捉え、各種情報を制御した環境での合成的解析が不可欠である。

著者らは、身体的コミュニケー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のプロトタイプを提案し<sup>[7]</sup>、人型キャラクタの VirtualActor (VA) 及び抽象的な波型キャラクタである VirtualWave (VW) を開発するとともにシステムの有効性を示してきた<sup>[8]</sup>。このシステムは、仮想空間内に相手と自己の代役 (アバタ) となるキャラクタを投影し、そのキャラクタを介してコミュニケーションを行うことができるコミュニケーション支援システムである。また互いのVAを横並べ配置にした視点あるいは対話者自身が仮想空間内で自由に選定した視点から、自己のVAを通常表示あるいは半透明表示した場合のVAの対話配置によるコミュニケーション効果を合成的に解析し、システムの有効性を示した<sup>[9]</sup>。

本論文では、システムを用いてコミュニケーション実験を行い、話し手と聞き手の役割を予め設定

したときの自己のVA提示によるコミュニケーション効果、また聞き手のVAの頭部動作を矛盾的に止めたときの効果を官能検査と行動解析により分析評価している。

## 2 身体的バーチャルコミュニケーションシステムの概要

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、対話者の顔き・身振り等のノンバーバル情報と呼吸等の生体情報を仮想環境上で表現するアバタである。対話者は相手と自己のVAを介することで、仮想環境での対面コミュニケーションが実現される。本システムは、対話中の相手と自己のインタラクション、すなわち対話者相互の身体的関係を得ることが可能である。また実験と同時に各種ノンバーバル情報や生体情報がコンピュータの記憶媒体に収集され、仮想環境の各種パラメータをリアルタイムに制御してシミュレーション実験し、身体的コミュニケーションを合成的に解析することができる。例えば顔きの効果を調べる場合においても、実

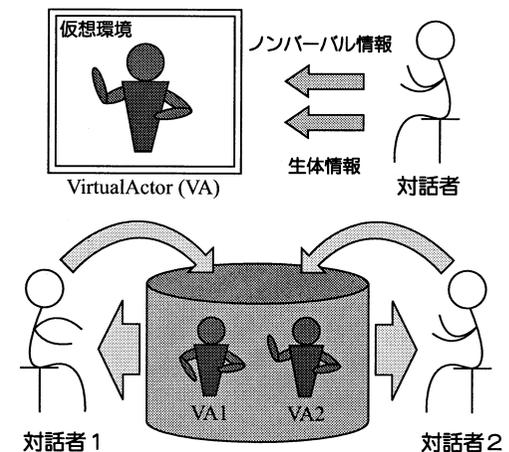


図1 身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプト

Fig. 1 Concept of embodied virtual communication system.

\* Communication Effects of VirtualActor's Head Motion as Listener by Using the Embodied Virtual Communication System.

† Yutaka Ishii; Graduate School of System Engineering, Okayama Prefectural University

†† Tomio Watanabe; Faculty of Computer Science and System Engineering, Okayama Prefectural University  
CREST of JST (Japan Science and Technology)

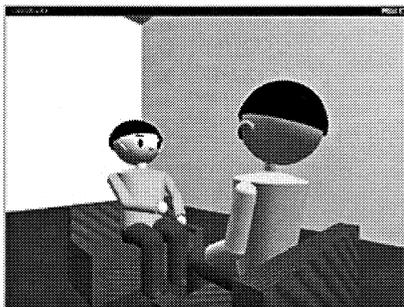


図2 仮想空間内での対話場面の一例  
Fig.2 Example of virtual face-to-face scene.

環境では視線・表情など、コミュニケーションに影響を与えると思われる様々な要因を排除することはできないが、本システムはVAを仲介としてコミュニケーション環境を合成し、体系的にコミュニケーション特性を解析することができる。

著者らはこれまでに、対話者の顔き、身振り等の上半身の動きをVAの動きとして忠実に表現させるために、対話者の頭頂部、背中、両手首に付けた4個の磁気センサ(Polhemus FASTRAK)で計測する各部位の角度と位置に基づいて、頭部の動き、胴体の動き及び左右の腕の動きを表現するVAを構築している。このVAを用いた対話場面を図2に示す。これはやや斜め正面の相手のVAと後ろ姿の自己のVAが確認できる場面であり、対話者はマウスにより視点が自由に選択できる。VAの構築には、バーチャルリアリティ開発用ソフトウェア (SENCE8 WorldToolkit) を用いて高速3次元グラフィックス・アクセラレータ・ボード(3Dlabs Wildcat 4210)を搭載したWindowsNTワークステーション(Silicon Graphics Zx10)を使用した。VAのデータは4個の磁気センサの角度と位置のデータを30Hzで、さらに音声データも16ビット11,025Hzで各々サンプリングし、コンピュータに格納すると同時に、100Mbps イーサネット経由で直接送受信される。

### 3 コミュニケーション実験

本システムを用いてコミュニケーション実験を行った。実験概略図を図3に示す。被験者は別室でモニタを観察しながら対話を行う。各室の対話の様子はビデオカメラで撮影し、2分割して収録した。記録された実験の様子を図4に示す。これまでに、話し手・聞き手を固定せず、話題を日常の談話とした自由対話においてシステムの有効性を示し

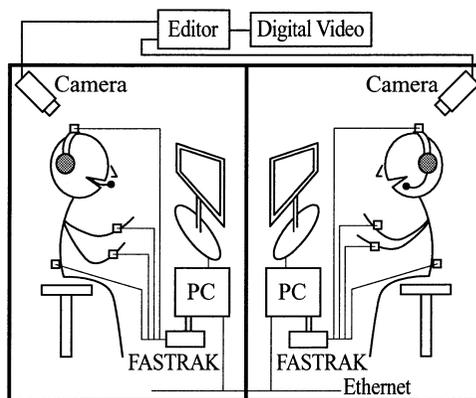


図3 実験概略図  
Fig.3 Experimental setup.



図4 対話場面の一例  
Fig.4 Example of communication scene.

できた。本実験では、インタラクションの観点から対話者相互の役割を明確にするために話し手・聞き手を設定し、話し手・聞き手を分けたときの自己のVAを表示することのコミュニケーション効果、また聞き手のVAの頭部動作を矛盾的に止めたときの効果を分析評価する。話し手・聞き手を固定した場合の対話内容として、表1に示す絵本を採用した。これは、実験直前に対話者が容易に内容を把握でき、3分間で伝えられる程度のものを意図して用意した。対話相手と重ならないように4冊ずつ選択させた。対話者は既に顔見知りの男女学生10組20人である。

#### 3.1 実験方法

実験はまず、図5に示す相手のVAのみを表示した場面で、音声・動作を利用して自由に3分間対話し、次に図2に示す相手と自己のVAを表示した場

タイトル	文字数 (字)
おやゆびひめ	2090
みにくいあひるの子	2200
おおかみと七匹のこやぎ	2042
ナイチンゲール	2805
イソップものがたり	2491
アリババと 40 人のとうぞく	2710
ゆきばらとべにばら	2129
ふしぎの国のアリス	2198

※永岡書店 (名作アニメ絵本シリーズ他)・各 45 ページ

表 1 対話内容として用いた絵本

Table 1 Picture books used in the experiment.

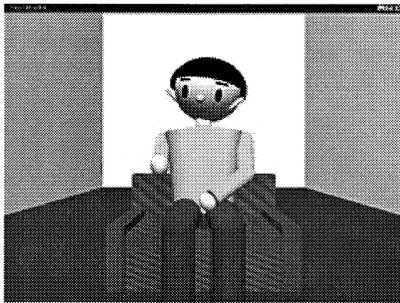


図 5 相手の VA のみを表示した場面

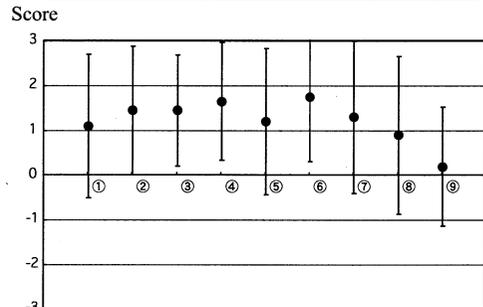
Fig.5 The scene in which the other talker's VA is represented.

面で 3 分間対話を行った。その後、話し手・聞き手に分かれて、相手の VA のみの場面、相手と自己の VA の各場面で 3 分間対話 (計 6 分間) を行った。その際、聞き手側の音声情報は遮断し、VA の動作のみを伝達して対話を行った。次に話し手・聞き手を交代して同様に各場面 3 分間ずつ 6 分間の対話を行った。最後に、聞き手の場合の自己の VA の頭部動作を固定し、胴体と両腕しか動かすことが出来ない状況で、同様に対話者それぞれが各場面 3 分間ずつ 6 分間の対話を行った。話し手の VA は制限せず、話し手の身体動作をそのまま動作させた。実験時間は、アンケート回答時間も含め、約 50 ~ 60 分程度である。

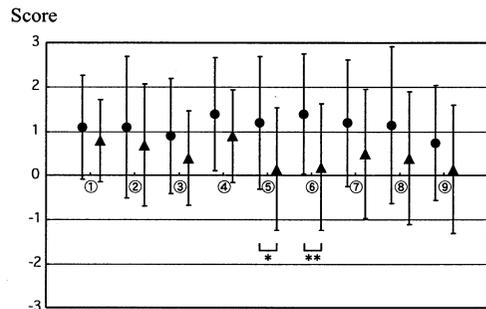
### 3.2 アンケート結果

本システムに対するアンケートを各実験間、あるいは実験終了後に行った。相手 VA のみの場面を基準として相手と自己の VA 2 人を評価した結果を図 6 (I)~(III) に示す。

- ① 楽しさ
- ② 対話し易さ
- ③ 対話したいか
- ④ 好き・嫌い
- ⑤ 一体感
- ⑥ 共有感
- ⑦ 親近感
- ⑧ 臨場感
- ⑨ 生命感



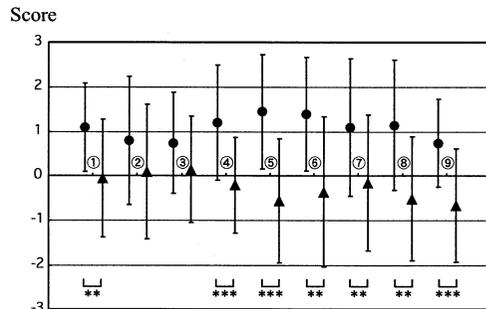
(I) 自由対話における評価



● 通常表示 \* P < 0.05 \*\* P < 0.01

▲ 聞き手頭部固定

(II) 話し手としての評価



● 通常表示 \*\* P < 0.01 \*\*\* P < 0.001

▲ 聞き手頭部固定

(III) 聞き手としての評価

図 6 相手 VA のみに対する VA 2 人のアンケート評価

Fig.6 Result of questionnaire for the scene in which talker's own VA and the other talker's VA were represented, based on the scene in which only the other talker's VA was represented.

(I)は話し手・聞き手を固定せず自由に対話を行ったときの評価である。全ての項目で肯定的な評価が得られており、自由対話において自己を投影する効果が見られている。とくに「好き・嫌い」や「共有感」の項目ではVA 2人の場面が高く評価されている。

また(II)は、話し手としてシステムを用いたときの評価である。聞き手のVAの頭部を固定した場合においても、全体的に肯定的な評価であり、自己を投影する効果が見られている。しかし、聞き手のVAを通常表示した場合と頭部を固定した場合を比較した結果、Wilcoxonの符号順位と検定により「共有感」で有意水準1%、「一体感」で5%の有意差が確認され、共有感、一体感が阻害されていることがわかる。

(III)は聞き手としての評価である。聞き手つまり自分自身の頭部を固定した場合、全体として否定的な評価になっている。さらに、通常表示した場合と比較しても「好き・嫌い」、「一体感」、「共有感」、「臨場感」、「生命感」の各項目で有意水準0.1%で、また「楽しさ」、「親近感」の項目で1%の有意差が認められた。話し手としての評価結果よりも明確に差が見られたが、これは聞き手としての対話者自身のVAの頭部を固定して表示することによる違和感が示されたものと言える。

### 3.3 行動分析結果

対話者相互のインタラクションを行動面から音声

と身体動作に着目して分析した。音声データ  $x(t)$  は記録されたWAVEデータを1/30s毎に二値化したものであり、動きのデータは傾きに注目し、磁気センサ計測によって得られた1/30s毎の角度データ  $p(t)$  の前後の角度データの差  $[p(i+1)-p(i-1)]$  をその時点での動きの変化量として平滑化し、頭部の動きのデータ  $y(t)$  とした。各場面開始1分間における話し手の音声に対する聞き手の頭部動作を下記の相互相関関数  $C(\tau)$  で評価した一例を図7に示す。

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

$\mu_x, \mu_y$ :  $x, y$  の平均値  $n$ : データ数  $\tau$ : 時間遅れ

ここでは前後最大2秒のずれ時間で評価した。話し手・聞き手を設定した場合に、対話者1の音声に対する対話者2の頭部動作の関係に強い負の相関が見られる。これは音声に対する傾きの頭部動作の関係の典型例である。しかし、自由対話においてはこれらの関係が打ち消し合い、相関関係を確認できなかった。

また、10組20人の相互相関関数  $C(\tau)$  の最小値を図8に示す。頭部を固定した場合の相手と自己のVA 2人と、通常表示のVA 2人の間に有意水準1%で有意差があり、聞き手のVAの頭部を固定することで相関関係が低くなっているのがわかる。ま

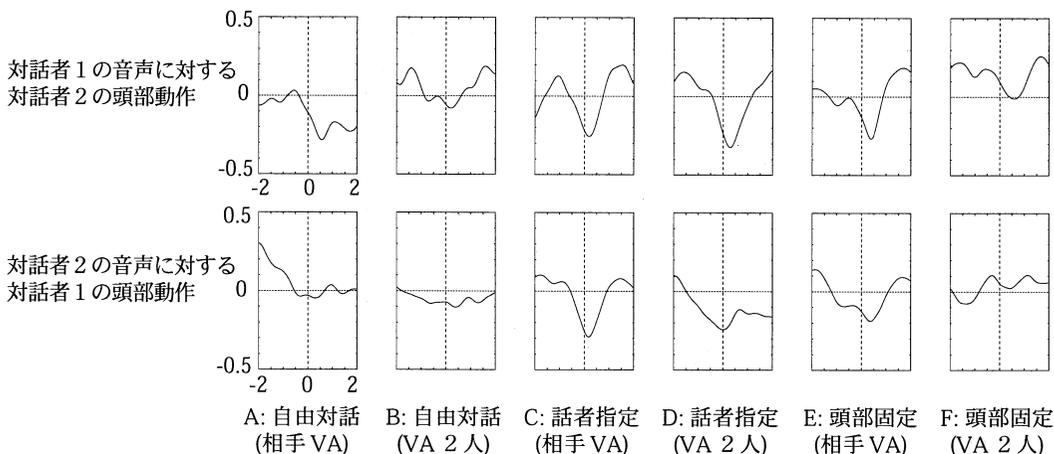


図7 各場面開始1分における話し手の音声に対する聞き手の頭部動作の相互相関関数  $C(\tau)$  の一例

Fig.7 Example of cross-correlations between the talker's voice and the other talker's head motion in the beginning of 1-minute analyzing period at each scene.

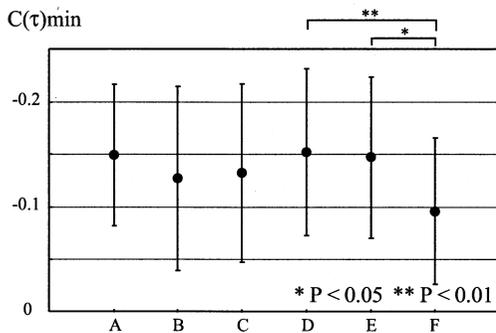


図 8 10 組 20 人の相互相関関数  $C(\tau)$  の最小値

Fig.8 Negative peak of cross-correlation,  $C(\tau)_{min}$ , between the talker's voice and the other talker's head motion.

た、頭部を固定した状況下で、相手と自己の VA 2 人と相手 VA のみの間にも有意水準 5% で有意差が確認された。これは対話者自身と VA との対応関係に不具合がある場合、自己を投影することはむしろ円滑なコミュニケーションを阻害する可能性があることを示している。

#### 4 考察

図 9 に示すように、コミュニケーション解析に仮想環境を利用し、自己像となるアバタを投影することで、対話者とアバタ間、あるいは仮想環境内の二者のアバタ間の対応を加工するなど、情報を操作した各種条件下でインタラクションを合成的に

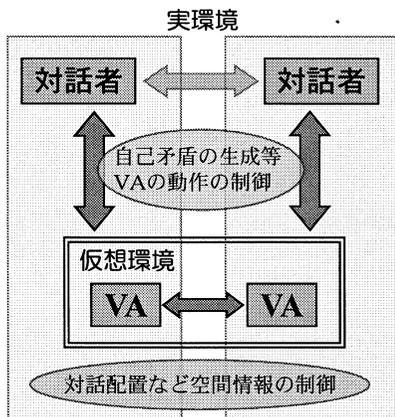


図 9 仮想環境での身体的コミュニケーションの合成的解析

fig.9 Embodied communication analysis by synthesis in virtual environment.

解析することが可能となり、身体的コミュニケーションにおける各種情報の役割を明確にすることができる。さらに対話者は、対話の観察者であると同時に対話情報の操作者にもなり、自己中心的に場所 (コミュニケーション場) を捉え、また場所から自己を位置づけることができるため、清水によって提案されている「自己中心的自己」及び「場所中心的自己」の自己の二領域性に関する概念<sup>[10]</sup>を検討することができる。

また三輪らによって提案された“矛盾的誘導法”は「普段、無意識化 (自動化) されている知覚/運動系の領域に意図的な方法で矛盾を起こさせることにより、その領域を明在化させ、次に、その矛盾が解消されていく過程をコンテキストの生成と関連付けて調べる」<sup>[11]</sup>ものである。この分析法を本システムに用いた場合、それぞれの対話者と VA の対応関係を崩したときの対話者の振る舞いを分析し、対話者間の関係形成過程を観察することであり、インタラクション解析の観点からも有用な手法である。

本実験において、話し手・聞き手を設定した上で頭部を固定した場合の相手と自己の VA 2 人と、通常表示の VA 2 人の間、あるいは頭部を固定した状況下で、相手と自己の VA 2 人と相手 VA のみの間で、開始 1 分での相互相関関数  $C(\tau)$  は有意に低下することが示された。しかしその後 2 分・3 分と経過した区間では統計的な有意差は確認されなかった。これは対話者が頭部固定という違和を何らかの方法で解消し、互いの関係を形成しようとしたことによると考えられる。ただし矛盾を解消しようとする方法は対話者によって異なり、また中には VA の動作の制約によって自身の動作量も減少する対話者が観察されるなど、普遍的な結果は得られなかった。そのため対話を阻害するような条件を設定する場合、その矛盾を解消するための補償・代用となるオブジェクトやデバイスなどを用意し、対話者がそれらを用いる過程を調べるといった誘導的な分析法が必要であると考えられる。

#### 5 おわりに

本論文では、身体的バーチャルコミュニケーションシステムを用いて、話し手と聞き手を設定したときの自己の VA 提示によるコミュニケーション効果、また聞き手の VA の頭部動作を矛盾的に止めたときの効果を分析評価した。その結果、頭部動作を止めるなど対話者自身とアバタとの対応関係に不

具合がある場合に円滑なコミュニケーションに影響を与えることを示すとともに、コミュニケーションにおける調整子の役割を果たす頷き等の頭部動作の重要性を示した。また今回の実験により、身体的バーチャルコミュニケーションシステムが身体的コミュニケーションを合成的に解析できるシステムとしての有効性を示した。

#### 参考文献

- [1]黒川隆夫：ノンバーバルインタフェース、オーム社(1994).
- [2] Morishima, S.: Multiple points face-to-face communication in cyberspace using multi-modal agent, Proceedings of HCI International '99, Vol.2, pp.177-181 (1999).
- [3]渡辺富夫、大久保雅史、中茂睦裕、檀原龍正：InterActorを用いた発話音声に基づく身体的インタラクションシステム、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol.2, No.2, pp.21-29 (2000).
- [4]渡辺富夫：心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC の開発、機械の研究、Vol.53, No.1, pp.9-16 (2001).
- [5]深田博己 編著：コミュニケーション心理学—心理学的コミュニケーション論への招待—、北大路書房、pp.112-127 (1999).
- [6]星野命 編著：対人関係の心理学、日本評論社、pp.119-132 (1998).
- [7]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).
- [8]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論文誌、Vol.2, No.2, pp.1-10 (2000).
- [9]石井裕、渡辺富夫：身体的バーチャルコミュニケーションシステムを用いたVirtualActorの対話配置の官能評価、ヒューマンインタフェース学会研究報告集、Vol.3, No.3, pp.73-78(2001).
- [10]清水博他：場と共創、NTT出版、pp.24-177(2000).
- [11]三輪敬之、四方義啓、佐々謙一：矛盾的誘導法を適用したコンテキストの生成と共有過程に関する実験的研究、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol.2, No.2, pp.71-78(2000).