

# テレワークのための存在感共有システム： Ghatcha [GHost Avatar on a Telework CHAir]

## Presence Sharing System for a Telework: Ghatcha [GHost Avatar on a Telework CHAir]

石井 裕<sup>1\*</sup> 大崎 浩司<sup>2</sup> 渡辺 富夫<sup>3,4</sup>  
Yutaka ISHII<sup>1</sup> Kouzi OSAKI<sup>2</sup> Tomio WATANABE<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> 神戸大学 学術情報基盤センター

<sup>1</sup> Information Science and Technology Center, Kobe University

<sup>2</sup> 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科

<sup>2</sup> Graduate School of System Engineering, Okayama Prefectural University

<sup>3</sup> 岡山県立大学 情報工学部

<sup>3</sup> Faculty of Computer Science and System Engineering, Okayama Prefectural University

<sup>4</sup> 科学技術振興事業団 戦略的創造研究推進事業 CREST

<sup>4</sup> CREST, JST

**Abstract:** There has been much discussion about remote communication supports for a telework that the staffs work at remote office. We have already developed remote communication support system via embodied avatars based on users' behaviors. However avatar-mediated interaction includes various problems about the relation between users and their avatars. In this study, we propose the concept of presence sharing system Ghatcha [GHost Avatar on a Telework CHAir] in which users' embodiment is not applied to avatars, but the chairs given the presence of avatars. This system provides the same communication space with users' embodiment, and the feeling of co-working with remote workers. In this paper, we propose the concept of this system, and develop the prototype system. Moreover, the effectiveness of the prototype system is confirmed in the experiment.

## 1 はじめに

近年情報通信技術の発達によりネットワークを利用したコミュニケーション手段を利用して、在宅勤務などを始めとする遠隔オフィスや遠隔キャンパスなど作業者が分散して存在するいわゆるテレワークの機会が増加している。多様な社会的ニーズに応えるために益々分散化の傾向は強くなると考えられる。しかし遠隔での作業は、孤独感や緊張感の欠如から作業効率や質の低下が懸念されるため、これらの協同作業支援について検討する必要がある。

遠隔での作業支援についてはその目的、用途が多様であるためそれぞれに応じた支援を行うことが期待される。ここで想定する作業形態は、在宅勤務での個別作業あるいは遠隔教育における自習など、ユーザグルー

プで同一の同時作業を行うのではなく、作業群へのモチベーションを共有した個別の作業である。具体的にはプログラミングやデータ入力、組み立てなどの在宅でのテレワークなどが挙げられる。遠隔にいるユーザが同一の作業を共同で行うことを支援するシステム開発については多くの提案がなされており、技術革新が目覚ましい [1, 2, 3, 4]。これらは主にビデオ映像や音声、バーチャルリアリティ等を利用したシステムであり、協同作業あるいは臨場感通信等に高い効果が得られている。

しかし作業自体に同時的共同性がない場合、ビデオ映像の利用は常時監視されているような圧迫感やストレスを与え、逆に作業負荷を高める結果となりうる。これまでにこの問題に対し、本田らはアウェアネススペースに着目した仮想オフィスシステム Valentine の開発等により、在宅勤務者に対する作業支援環境を提案している [5, 6]。この他離れて暮らす家族間のつながり感

\*連絡先：神戸大学 学術情報基盤センター  
〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1  
E-mail: ishii@kobe-u.ac.jp

を表現する提案や、遠隔での家具や日用品が連動するシステム開発等、直接的な動作表現ではなく実用に基づく様々なメディアコミュニケーションに関する提案がなされている [7, 8] .

しかしユーザ自身のアバタをメディアとして利用する場合、アバタにユーザ情報を適応させる上で、アバタとユーザの関係性の構築に様々な問題を含んでいる。例えば、人型のアバタを用いた場合にはユーザとアバタの動作対応などの一致性の問題があり、またキャラクター容姿ではユーザの特徴量の反映などによる個性の問題などが挙げられる。著者らはこれまでにユーザの身体的アバタである VirtualActor を利用し、ユーザ自身のアバタの頭部動作を矛盾的に止めた場合、互いのインタラクションに影響を与えることを示しており、その関係性が重要であることを確認してきた [9] . さらにより直接的な動作表現を行う身体的アバタ構築のために、手袋型センサや三次元トラックボールを用いた VirtualActor を開発し、有効性を確認している [10] . これらはいずれもユーザの身体性をユーザのアバタ自体に適応したインタフェース設計であるが、インタラクションメディアにおいて相手ユーザとの身体的関係性を構築する上で、インタラクション空間全体、つまり環境情報も含めて統合的な入出力関係の形成を考慮する必要があると考えられる。

そこで本研究では、アバタ自体にユーザの身体性を適用するのではなく、アバタの存在概念を与えるオブジェクトとしての椅子に適用することにより、ユーザの存在感を共有するシステムを新たに提案する。ユーザの着座椅子の動作共有システムとして、上杉らは回転椅子コミュニケーションシステムを開発している [12] . これはユーザの動作に対して相手ユーザの着座椅子が同時に回転して動作共有し、一体感を創出するシステムであるが、アバタを介した共有対話空間における相互行為の観点からの分析評価はなされていない。また着座椅子の動作計測によりユーザの状態推定を行う提案もなされているが、アバタの環境情報としての椅子の動作対応については考慮されていない [13] . さらに椅子に対して自律行動を有する人工物として意図的な振る舞いをさせる検討から、ユーザのスタンスの差に基づく分析評価も行われているが [14] , ユーザ自身が椅子に着座している場合、その自律行動に対する意味付けは異なったものになる可能性があると考えられる。本システムは、アバタと連動する椅子を共有対話空間に設置することで遠隔のユーザと連携した協同作業感を与え、作業へのモチベーション維持、あるいは取り組む姿勢についてエンハンスすることを目指すものである。本稿では、仮想環境を用いたプロトタイプシステムを構築するとともに、評価実験を行いシステムの有効性を示している。

## 2 アバタインタラクション

遠隔での身体的インタラクションシステムを表現した模式図を図 1 とする。アバタを介したインタラクションにおいては、ユーザとアバタとの関係を構築する情報として、アバタそのものを構成するアバタ情報、アバタを取り巻く環境情報、ユーザとシステムをつなぐ入力デバイスにより構成される。まずアバタ情報についてはアバタそのものを構成する特徴と言える。対面対話を想定した場合、身振り・手振り、うなずき、視線、表情など、表象、例示子、情感表示、調整子、適応子等実空間における対話と同等の機能を有する機能が挙げられる。またアバタ配置・方向や背景等の対話空間あるいはネットワーク遅延など、対話者の共有空間の環境構成情報は、対話者間の親密性、積極性あるいは公共性の形成に影響を与え、異なるインタラクション場を創出する。入力装置については上述のアバタ情報、環境情報における静的または動的な機能制御手法としてユーザ同士の関係構築に大きく影響を与えるものである。より人間立脚型のインタラクション支援システムを構築するために、これらの要素について体系的に捉え、分析評価することが必要である。

またアバタを介した対話行動認知モデルを図 2 に示す。図において、対話者 A はアバタ A に対して、自己の対話行動を通じて自己の行動とアバタの行動に対する動作対応認識を行うとともに、アバタ A が対話空間内における「自己」であることの同定を行う。この対話者 A の対話行動を視覚化するアバタ A と、遠隔の対話者 B の代役であるアバタ B は同一空間内において身体的なインタラクションを行うことが可能である。対話者 A は遠隔の対話者 B とアバタ B の行動について、両方のアバタが同一の動作範囲で連動していると想定される限り、実際の対応関係にかかわらず自己に対するアバタ A の行動と一致すると想定していると考えられる。つまり対話者 A から見たアバタ B の行動が対話者 B の行動として知覚されている。よって共有対話空間において効果的なインタラクションを行うためには、まずは対話者自身がいかにアバタと身体的関係性を構築しているかを知覚できるインタフェース設計が不可

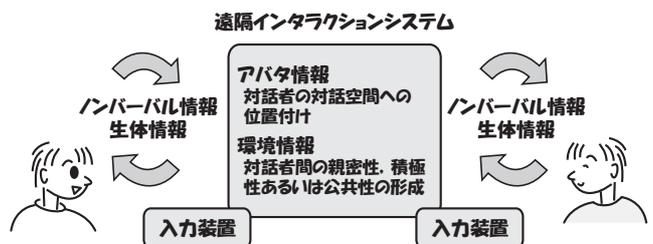


図 1: 身体的アバタインタラクション

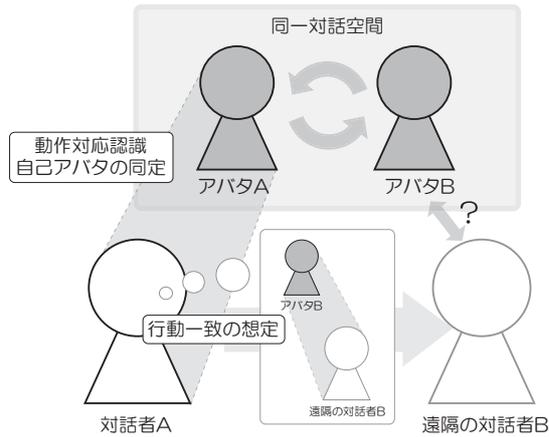


図 2: 身体的アバタを介した対話行動認知

欠であると言える。

### 3 テレワークのための存在感共有システム：Ghatcha

#### 3.1 システムのコンセプト

著者らはこれまでに、前章で述べた身体的アバタインタラクションを実現するために、ユーザの身体性をアバタへ適応した人型の VirtualActor 及び抽象的波型の VirtualWave を構築し、有効性を確認してきた(図 3) [15]。またシステムを用いたコミュニケーション実験により、相互の身体性共有の重要性などコミュニケーションの分析評価を特徴的に行ってきた。しかし図 1 のように、身体的インタラクションシステム全体に対する入出力関係におけるユーザの身体性の役割は必ずしもアバタ情報への適用だけとは限らず、環境情報への適用も効果的なインタラクション支援システムの構築に有用であると考えられる。そこで本研究では、アバタ自体の身体化ではなくアバタの存在についてその環境情報として椅子に着目し、椅子を通じて存在感を共有する椅子連動型存在感共有システム Ghatcha(GHost Avatar on a Telework CHAir) を新たに提案する。



図 3: VirtualActor と VirtualWave

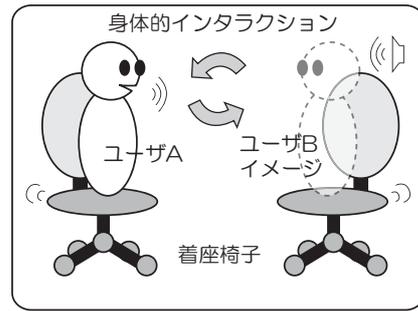


図 4: システムのコンセプトモデル

椅子連動型存在感共有システムのコンセプトモデルを図 4 に示す。ユーザが存在する対話空間において、同一対話空間の椅子がユーザに対して反応した場合、その椅子上に何らかの存在を感じる。音声対話であればその音声の主である相手ユーザがまるでそこに存在するかのような錯覚を受けると考えられる。前述の通り、椅子に対して自律行動を有する人工物として意図的な振る舞いをさせる検討もなされるなど [14]、椅子は他者の存在を誘発する機能的側面を有していると言える。本研究では、この側面を利用してユーザ動作に連動する椅子により相手ユーザのイメージ(ゴースト)を介して存在感を共有するシステム開発を目指す。

#### 3.2 CG を用いたプロトタイプシステムの構築

前項で述べたコンセプトに基づいて、CG を用いたアバタを介したプロトタイプシステムを構築した。まずこのプロトタイプシステム構築について、図 5 のようなシステム設計を行った。このシステム設計においては、ユーザが実際に座っている椅子を、ジャイロスコープ、加速度センサ、磁気センサなど各種センサにより計測する。その変位により椅子動作が生成され、ネットワーク上のサーバで共有される。この動作情報が、各ユーザが有するクライアントとしてのオフィスモデル

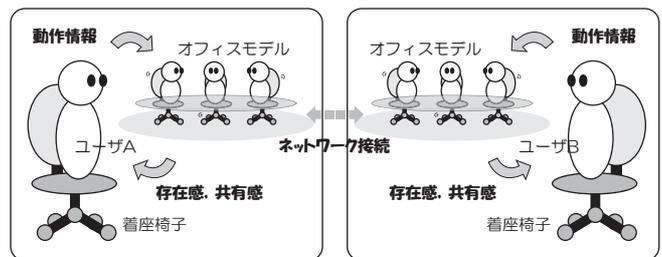


図 5: コミュニケーションシステム設計



図 6: プロトタイプ画面例

(ミニチュアのような実体あるいはCGによる仮想空間)に送信され、配置された椅子が連動する。二人以上の複数人の遠隔作業それぞれに対応する椅子を配置することで第三の共有空間が実現され、連携作業空間が生成されるものである。

CGを用いたプロトタイプシステムの構築は、HP workstation xw4200 (Pentium4 3.6GHz, RAM:512MB, NVIDIA Quadro FX3400)であり、OSはWindows XP Professional SP1で、DirectX9.0bを用いており、フレームレートは30fpsである。椅子の計測はレーザーセンサを有するマウス (Logicool MX Air) を椅子の下部に取り付けて行う。その時の画面例を図6に示す。これはユーザ自身の椅子の上のみ人型のアバタを描画した例である。

## 4 評価実験

### 4.1 実験概要

前章で述べたCGを用いたプロトタイプシステムを用いて、システムの評価実験を行った。実験環境の概

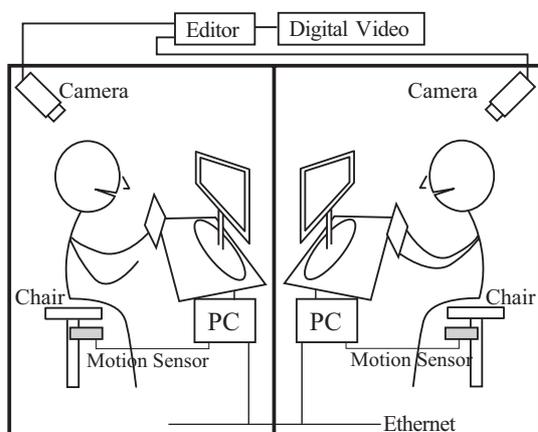


図 7: 実験概略図



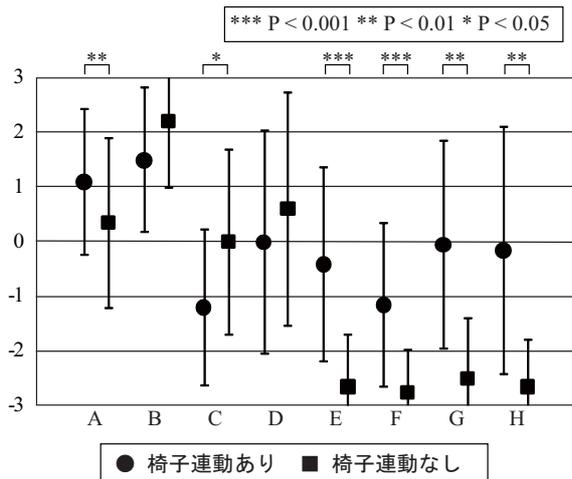
図 8: 実験の様子

略図を図7に示す。被験者は2人1組で、別室にて簡単なタスク(折り紙で鶴を折る)を行う。画面上に表示されたシステムがユーザ動作に対応する場合と対応しない場合の2場面を行い、1場面毎に「2羽の鶴を折り、うまく折れた方を実験者に提出する」というタスクを行う。各場面毎のタスク終了後、3分程度の待機時間を設けてシステムを観察出来る時間を取り、ユーザの振る舞いや作業状況を観察した。システムを通じて共有できる情報は動作対応時の椅子の動きだけであり、ユーザ自身の椅子オブジェクト上のみ人型アバタを配置した。これはユーザが対話空間に対して、椅子ではなくアバタとして存在するよう明示的に表現したためである。相手ユーザの椅子上には何も表示せず、椅子のみを表示した。各場面終了後にアンケート評価を行った。被験者には実験前に実験条件等全て内容説明し、実験に関する同意書を取り交わした。被験者は男女学生10組20人であり、実験時間は被験者が鶴を折る時間で異なるが、待機時間、アンケート回答時間も含めて平均的に約40分程度である。評価実験の様子を図8に示す。

### 4.2 官能評価結果

着座椅子連動有り、無しの場合に対して7段階(+3~-3, 中立0)で評価したアンケート結果について、説明上平均及び標準偏差を算出したものを図9に示す。質問項目は図中に示す8項目であり、作業への印象に関する4項目及びメディアコミュニケーション評価に関する4項目である。

全ての項目においてWilcoxonの符号順位和検定により2場面を比較した結果、「相手が同じ空間に居るようになったか」「一緒に作業していると感じたか」の項目では0.1%の有意差が確認され、「作業は楽しかったか」「キャラクタに乗り移った感じがしたか」「相手の



質問内容  
 A 作業は楽しかったですか  
 B 作業に集中できましたか  
 C 作業に飽きましたか  
 D 待機時間は長かったですか  
 E 相手が同じ空間に居るのを感じましたか  
 F 一緒に作業しているのを感じましたか  
 G キャラクタに乗り移った感じがしましたか  
 H 相手の動きが分かりましたか

図 9: アンケート結果

動きが分かったか」の項目では1%の有意差がそれぞれ確認された。いずれも着座椅子連動有りの場面が高く評価されており、プロトタイプシステムの有効性を示している。また「作業に飽きたか」の項目では5%の有意差で連動無しの場合が飽きると評価されている。

ただし比較的連動有りの項目が高く評価されているとはいえ、説明上の平均値が0付近であり、偏差も大きい。ここでキャラクタに乗り移った感じすなわちアバタへの遷移感について着目し、「キャラクタに乗り移った感じがしたか」の項目において、1以上の評価を与えた9人と0以下の11人にグループ分けした結果が図10である。Mann-WhitneyのU検定を行った結果、「キャラクタに乗り移った感じがしたか」で0.1%の有意差を確認し、「相手の動きが分かったか」の項目でも1%の有意差を確認した。よって、アバタへの遷移感の評価が高かったグループでは相手動作の理解度も高く評価されていることが分かる。

また、アンケートの自由記述欄においては「折り紙を折っている間は集中していてあまり動かなかった」「つるを折り終わってから画面を見て椅子を動かすのが楽しかった」などのコメントが得られ、作業中よりも作業後の待機時間でのシステム利用が評価へ影響していることが観察できる。

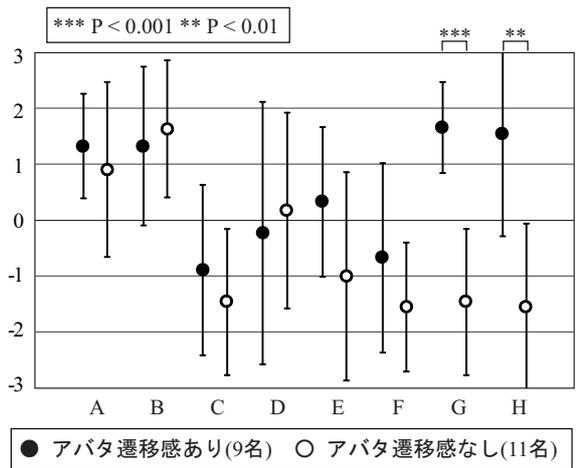


図 10: アバタの遷移感でグループ分けしたアンケート結果

### 4.3 考察

プロトタイプシステムの評価実験において、タスクとして折り紙という簡単な作業を選定し、待機時間を設けた。これは本システムが目指すテレワークにおける孤独感や緊張感の欠如を補う目的に対する評価のため、作業時以外の時間帯でいかにユーザ同士がつながりを感じるかをテストするために設定した。作業時間は待機時間、アンケート回答時間を含めて平均的に約40分程度であり、長時間の作業支援を目的とした本システムの本質的な有効性を評価しているとは言い切れない可能性もある。これらについて今後検討する必要がある。

またアンケート結果で示された通り、アバタへの遷移感の評価が高かったグループでは相手動作の理解度も高く評価された。裏を返せば、コミュニケーションメディアに対して自己の位置付けを捉えられない場合、相手動作への意識も低く、相互のインタラクションを阻害する可能性が高いということである。アバタに対して自己の存在を位置付けられる「自己のメディア化」は、インタラクション空間への帰属性につながり、遠隔においても効果的なインタラクションシステムを構築する上で重要な特徴と言える。効果的なインタラクション知覚を支援するために、ユーザの身体性を利用したより直接的なインタラクション表現が求められる。

## 5 おわりに

本稿では、着座椅子連動型のテレワークのための存在感共有システムのコンセプトを提案し、バーチャル空間を用いたプロトタイプシステムを構築した。また、

プロトタイプシステムを用いて評価実験を行い、官能評価によりシステムの有効性を確認した。

本システムの特徴は、ユーザの代役となるアバタ本体にユーザ情報を適用するのではなく、インタラクションにおける環境知としての椅子に適用することにある。この連動する椅子の上に人型あるいは抽象化されたオブジェクト等、ユーザが協同作業それぞれのアバタを配置することで、ユーザ自身が椅子上の別存在に協同作業との関係性を捉えることが可能となるため、より効果的な連携感を創出することができる。

さらにこのシステムは自習教育システムへの応用も可能である。家庭あるいは自習室など別空間での独学は、テレワーク同様、孤独感や緊張感の欠如が懸念される。本システムを用い、複数人の友人同士で存在感共有することで互いを刺激し合い、モチベーション維持や意識向上を促すと考えられる。この場合、接続された相手が友人でなくとも、ユーザ自身が他の存在に対して等価作業を行っているとは知覚できることで、孤独感や緊張感の欠如といった問題を解決できるものと考えられる。また、自律的な監視役・教師役エージェントなどを同一コミュニケーション場に配置し、ユーザアバタの周囲を空間に緊張感を与えることも可能であり、一層の効果が期待される。今後これらの効果について分析評価を行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] Ishii, H. and Miyake, N.: Toward an Open Shared Workspace: Computer and Video Fusion Approach of TeamWorkStation, *Communications of the ACM*, Vol. 34 No. 12, pp. 37–50 (1991)
- [2] Takemura, H. and Kishino, F.: Cooperative Work Environment Using Virtual Workspace, *Proceedings of CSCW'92*, pp. 226–232 (1992)
- [3] Kuzuoka, H., Kosuge, T., and Tanaka, M.: GestureCam: A Video Communication System for Sympathetic Remote Collaboration, *Proceedings of CSCW'94*, pp. 35–43 (1994)
- [4] 藤田, 池田, 船越, 大澤: 遠隔共有仮想空間を利用した共同作業とグループ作業訓練, *映像情報インダストリアル*, 6, pp. 45–49 (2005)
- [5] 本田, 富岡, 木村, 岡田, 松下: 在宅勤務者の疎外感の解消を実現した位置アウェアネス・アウェアネススペースに基づく仮想オフィス環境, *情報処理学会論文誌*, Vol. 38 No. 7, pp. 1454–1464 (1997)
- [6] 本田, 富岡, 木村, 大澤, 岡田, 松下: 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. 1472–1482 (1998)
- [7] 宮島, 伊藤, 伊東, 渡邊: つながり感通信: 人間関係の維持・構築を目的としたコミュニケーション環境の設計と家族成員間における検証, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 5 No. 2, pp. 171–180 (2003)
- [8] Tsujita, H., Tsukada, K., and Siio, I.: SyncDecor: Appliances for Sharing Mutual Awareness between Lovers Separated by Distance, *CHI 2007 Conference Proceedings and Extended Abstracts, Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2699–2704 (2007)
- [9] 石井, 渡辺: 聞き手の VirtualActor の頭部動作を矛盾的に止めた身体的コミュニケーションの合成的解析, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 4 No. 3, pp. 9–16 (2002)
- [10] 石井, 渡辺: 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身体的アバタの手指動作入力への検討, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 105, No. 358, pp. 95–100 (2005)
- [11] Ishii, Y., Osaki, K., Watanabe, T., and Ban, Y.: Evaluation of Embodied Avatar Manipulation Based on Talker's Hand Motion by Using 3D Trackball, *Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2008)*, pp. 653–658 (2008)
- [12] Wesugi, S. and Miwa, Y.: “Lazy Susan” Chair Communication System for Remote Whole-Body Interaction and Connectedness, *Proceedings of the Third IASTED International Conference Human-Computer Interaction*, pp. 93–99 (2008)
- [13] 藤村, 大久保: モーションセンサを用いた着座状態推定システムの研究開発, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008 論文集*, pp. 349–354 (2008)
- [14] 寺田, 社本, 伊藤: 心の理論の枠組を利用した人工物から人間への意図伝達, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 9 No. 1, pp. 23–33 (2007)
- [15] 渡辺, 大久保, 石井, 中林: バーチャルアクターとバーチャルウェー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)