

岡山県立大学 情報工学部 教授

渡辺 富夫

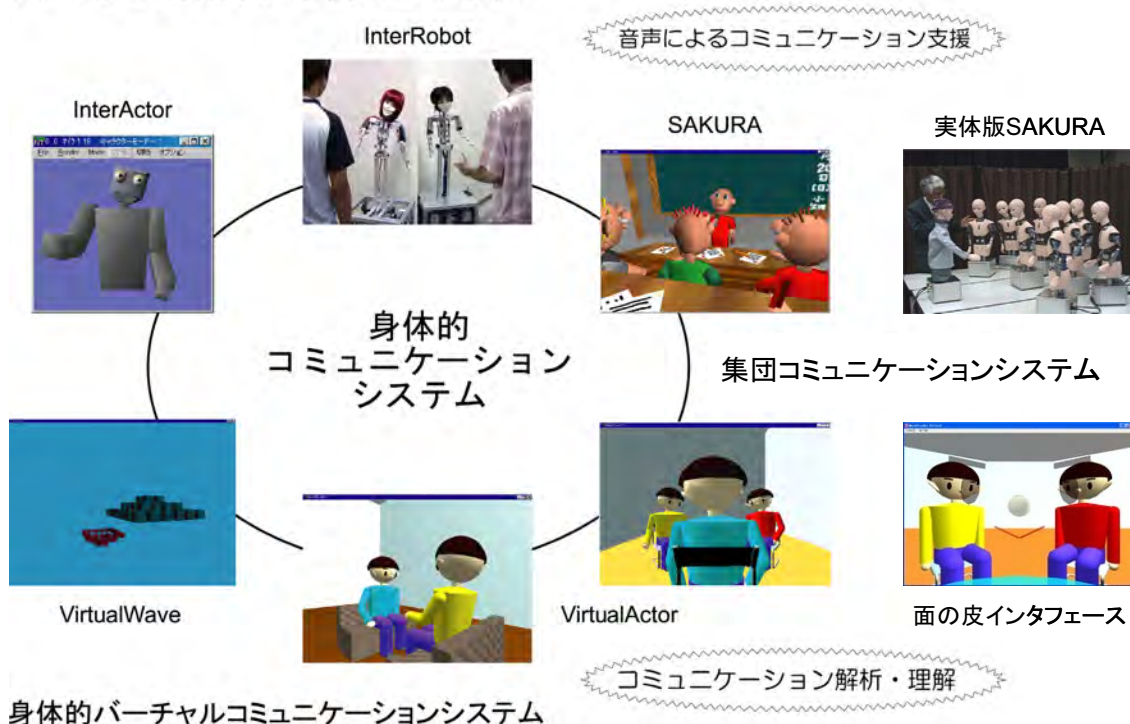
「心が通う身体的コミュニケーションシステムE-COSMIC」

研究期間：平成12年7月1日～平成17年3月31日

1. 研究実施の概要

対面コミュニケーションにおいては、単に言葉によるバーバル情報だけでなく、音声の周辺言語やうなずき、まばたき、表情、身振り・手振りなどの身体動作といった言葉によらないノンバーバル情報が話し手自身はもちろん、話し手と聞き手とで相互に引き込み、対話者相互に関係を成立させ、コミュニケーションを円滑にしている。また情動変動と密接に関連した心拍間隔変動の引き込みや呼吸の引き込みなど生理的側面での引き込みも、インタラクションに重要な役割を果たしている。これらノンバーバル情報と生体情報をも含めた身体全体を介してのコミュニケーションは、身体的コミュニケーションと呼ばれるもので、お互いの身体を介することで関係を築くコミュニケーションである。原初的コミュニケーションである乳児と母親（育児者）のインタラクションでは、この身体的コミュニケーションが主体であり、それに基づくノンバーバル情報とバーバル情報の関係形成による認知・言語発達など、人間コミュニケーションにとって、普遍的であり、本質的重要性をもっていると考えられる。従って、このメカニズムがヒューマンインタフェースに導入されるならば、真に人間に立脚したコミュニケーションシステムが実現できるものと大いに期待される。そのシステム開発の一つの大きな目標は、相手との一体感があり、お互いの心が通い合えるコミュニケーションを実現することにある。

音声に基づく身体的インタラクションシステム



本プロジェクトでは、その実現に向けての身体から身体へのコミュニケーションシステムの開発を目指して、うなずきや身振りなどの身体リズムの引き込みに着目し、情報機械を介して人間のインタラクションを円滑にし、コミュニケーションを支援する身体的コミュニケーションシステムとして、音声に基づく身体的インタラクションシステムや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世界に先駆けて開発した。前者は、発話音声に基づいて聞き手及び

話し手として身体全体で応答・反応するインタラクションロボットInterRobot及びCGキャラクターInterActorによるコミュニケーション支援システムである。後者は、自分と相手の分身であるVirtualActorを仮想のコミュニケーション環境で観察しながらコミュニケーションできるシステムで、人間のコミュニケーション特性を合成的に解析できるシステムである。さらに、コミュニケーション場の生成・理解のための集団コミュニケーションシステムのプロトタイプシステムを開発し、これらのシステムを有機的に結合して開発・解析・評価を行うことで、「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)の基本システムを開発し、身体的コミュニケーション技術の基盤を確立している。本システムを用いた構成論的アプローチにより、本格的に身体的コミュニケーションを体系的に解明できる。

具体的研究成果として、各種の感覚情報を制御できる仮想環境で、対話者のノンバーバル情報と生体情報を加工することによってヒューマンインタラクションを体系的に解析できる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提案し、そのプロトタイプを開発している(2002年ヒューマンインタフェース学会論文賞受賞)。本システムでは、主として対話者のうなずき、まばたき、腕部運動等の身体運動を電子メディアの仮想環境上で表現するVirtualActorをリアルタイムで合成し、対話者はVirtualActor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、システムの有効性が実証されている。従来からテレビ会議システムなどでノンバーバル情報に着目し、コミュニケーションの円滑化を図るシステム開発やコミュニケーション特性の解析がなされてきた。また、コミュニケーション場の形成や擬人化されたエージェントとの対話を目指した研究も精力的に進められている。しかし、身体的コミュニケーション特性を体系的に解析・理解するためには、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、自己中心的に場所を捉え、また場所から自己を位置づける内的観点に立った実験系を組むことが不可欠である。本プロジェクトで開発したシステムは、初めて本格的に身体性の共有を考慮したシステムであり、実験対話中の自己の振舞いを含む場の情報、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。とくに実験と同時に各種ノンバーバル情報や生体情報が計算機の記憶媒体に収集され、仮想環境でのコミュニケーションの各種パラメータを制御してシミュレーション実験する合成的解析により、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。

さらに、上記の研究成果を基にインタラクションメディアを介したコミュニケーションで、対話者の音声情報およびノンバーバル情報を加工することによって身体的コミュニケーションが可能なインタラクションシステムを開発し、本システムを用いて、身体的コミュニケーションを体系的に解析し、身体的行為がコミュニケーションに果たす役割を明らかにするとともに、そのヒューマンコミュニケーション・メカニズムに基づく次世代ロボットやヒューマンインタフェースを提案してきた(IEEE RO-MAN (Robot-Human Interactive Communication) 2003 最優秀論文賞, 2001年及び2004年ヒューマンインタフェース学会論文賞受賞)。開発したシステムは、各種イベント等の多くの場で公開、テストを繰り返しており、現在、日本科学未来館に常設展示され、研究成果が公開されている。身体的コミュニケーション効果を理論としてだけでなく、デモンストラクションシステムとして体験できる形で実証している。本システムは、乳幼児からの言語獲得にも必要不可欠な身体リズムの引き込みに基づくコミュニケーション支援システムで、情報

機器を介して人と人を繋ぎ、思いを伝え合う身体的コミュニケーションの解明に構成論的にアプローチできる有力なツールである。とくに発話音声から引き込むようにコミュニケーション動作を自動生成するインタロボット技術は、本プロジェクトによる世界で最初の本格的な身体的コミュニケーション技術であり、人とかかわる身体的インタラクションロボット・玩具、携帯電話・インターネット等の音声インタフェース、ゲームソフト・音声認識ソフトへの導入など、教育・福祉・エンタテインメントをはじめ人とかかわる広範囲な応用が容易に可能である(すでに国内外の基本特許を取得するとともに、2004年に5件特許出願)。

上記したように本研究に関して国内外で各種学術賞を受賞するとともに、研究代表者の渡辺がジェネラルチェアを務めたIEEE RO-MAN 2004でCREST国際シンポジウムを主催して基調講演を行うなど、身体的コミュニケーション研究は世界的に極めて高く評価されている。開発したロボットやシステムは、各種科学館やアミューズメントパークに常設展示されており、マスコミでも広く取り上げられている。

産学連携による研究成果を礎として大学発ベンチャー「インタロボット(株) <http://www.i-robot.co.jp/>」をCRESTの開始年の2000年に設立し、身体的コミュニケーション研究の社会性、独自性、市場性を活かして事業展開を推進している。現在スタッフ6名の内、3名は本研究室出身者で、CRESTの研究成果を直接的に社会に還元する仕組みが整い、本格的な成長への基盤が整いつつある。子どもから大人まで、心が通い合う身体的コミュニケーションの不思議さ、重要性に感動し、社会を元気づけ、生き活きとした未来を切り開くべく「ヒューマンインタフェース技術を革新し、活かして、心豊かな未来社会を創造する」を基本理念として、身体的コミュニケーション産業、文化の創出に挑戦している。

今後、本格的な生活基盤システム・技術を開発展開し、日本の文化に根ざした革新的な次世代ヒューマンインタフェースの基盤技術に発展させることで、生き活きとした福祉社会、国際情報社会、高度メディア社会を支える必要不可欠な生活情報基盤システム・技術として多大な影響を与えると確信する。

2. 研究構想

「心が通う身体的コミュニケーションシステムE-COSMIC」は、うなずきなど身体リズムの引き込みをロボットや電子キャラクタなどのメディアに導入することで、対話者相互の身体性(身体の働き・作用)が共有され、一体感が実感できるコミュニケーションシステムである。この「心が通う」、すなわち「思いが通い合う」システム開発のために身体リズムの引き込みに着目し、その意義を追及してきた。バーバル情報と切っても切れないノンバーバル情報のみを用いて、コミュニケーション内容に依存せずにシステムを開発しようとしているのであるから、自ずと限界があるはずで、その限界を見極めることが大変重要であると考えている。もちろん現在、バーバル情報と関連付けての研究も新たに並行して進めているが、本プロジェクトでの研究の方向性はその限界の追求と本格的応用展開にある。本研究は、理解した上でインタラクションする前に、身体的リズムによる一体感・身体性の共有という基盤があってこそ、シンボルとしての音声情報の送受信が心の基底の部分でやりとりできるというアプローチである。

具体的には、身体的コミュニケーションの合成的解析・理解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、コミュニケーション支援のための音声に基づく身体的インタラクションシステム、コミュニケーション場の生成・理解のための集団コミュニケーションシステムを開発展開し、これらのシステムを有機的に結合して身体的コミュニケーションシステムE-COSMICを開発・解析・評価するとともに、本システムを用いて身体的コミュニケーションを合成的に解析し、身体的コミュニケーションを体系的に解明している。システムの評価には、官能検査による主観的評価、音声と身体動作の引き込みなどのインタラクション解析・行動解析や顔面皮膚温・呼吸・心拍変動など生体情報に基づく情動評価手法に基づいて総合的に評価している。本プロジェクトチームは、岡山県立大学情報工学部のE-COSMIC開発・評価グループと岡山県工業技術センターの専用ハードウェア開発グループの2グループで構成され、前者が中核となってシステム開発・評価の学術基礎研究を推進し、後者がシステムのハードウェア化、モバイル機器への適用、専用チップの開発などで研究を支援している。

うなずきロボットといえば申請者のInterRobotを指すほど、身体的コミュニケーション研究は高い独創性があり、世界でもユニークな研究である。既に身体的コミュニケーションシステムの基本システムを開発し、身体的コミュニケーション技術の基盤を確立している。今後は本格的な生活情報システムとして現場での使用に耐えるようにシステムを進展・融合させ、飛躍的に対話者相互の身体性が共有でき、一体感が実感できる実用的な身体的コミュニケーションシステムを開発展開する。

さらに言語に依存しないグローバルテクノロジーとしてのシステムの応用として、動物キャラクタのInterActor及びInterRobotを用いて子ども(幼児)達を勇気付け、元気づけるプロジェクトを進めている。教師、医師や看護師、育児者等が子どもの大好きな犬やライオンなどの動物キャラクタになって、子ども達とこれまでとは違った関係で対話を楽しむ新しいコミュニケーションインタフェースの提案である。まず保育園・幼稚園用のInterActor及びInterRobotを開発してシステムの有効性を検証し、子ども病院へと展開する。本プロジェクトは、子どもとのかかわりの中でInterActor及びInterRobotによる新たなコミュニケーションモードの可能性を探る人間-機械間コミュニケーションの基礎研究であると同時に、認知・言語発達などコミュニケーション研究に新たな道を開くものである。

人と人との対面に優るものではなく、本技術は実際の対面が困難な場合にコミュニケーションを支援する、対面の次の2番目の技術であるという思いで開発してきたが、子どもを元気づける動物キャラクタのInterActorやInterRobotを用いるコミュニケーションのように、場合によっては本来の対面でないが故に実対面とは違ったコミュニケーション支援に貢献できると考えている。AがBにとってかわるというのではなく、AでもBでも選択肢があることが大切である。

E-COSMICは、身体的コミュニケーションの一体感や共有感の要となる、乳幼児からの言語獲得に必要不可欠な身体リズムの引き込みに基づいて開発された。何事にも光と影があるように、本システムは、サブリミナル効果とは遙かに次元を異にする効果が得られるだけに、その点は十分に見分けて、成果を早く公開して周知させることで、身体的コミュニ

ケーションの不思議さ・素晴らしさに感動し、コミュニケーションを楽しくする、夢のある研究・技術開発を、高度メディア社会の豊かな生活基盤としてのヒューマンインタフェースの研究開発を進めたい。

3. 研究成果

3.1 “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・評価 (E-COSMIC開発・評価グループ)”

(1)研究内容及び成果

うなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みをメディアに導入することで、対話者相互の身体性が共有でき、一体感が実感できるコミュニケーションシステムとして、「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)」の研究開発を平成12年度から5年間推進してきた。E-COSMICは、主として身体的インタラクションシステムと身体的バーチャルコミュニケーションシステムから構成されている。(図3.1.1)

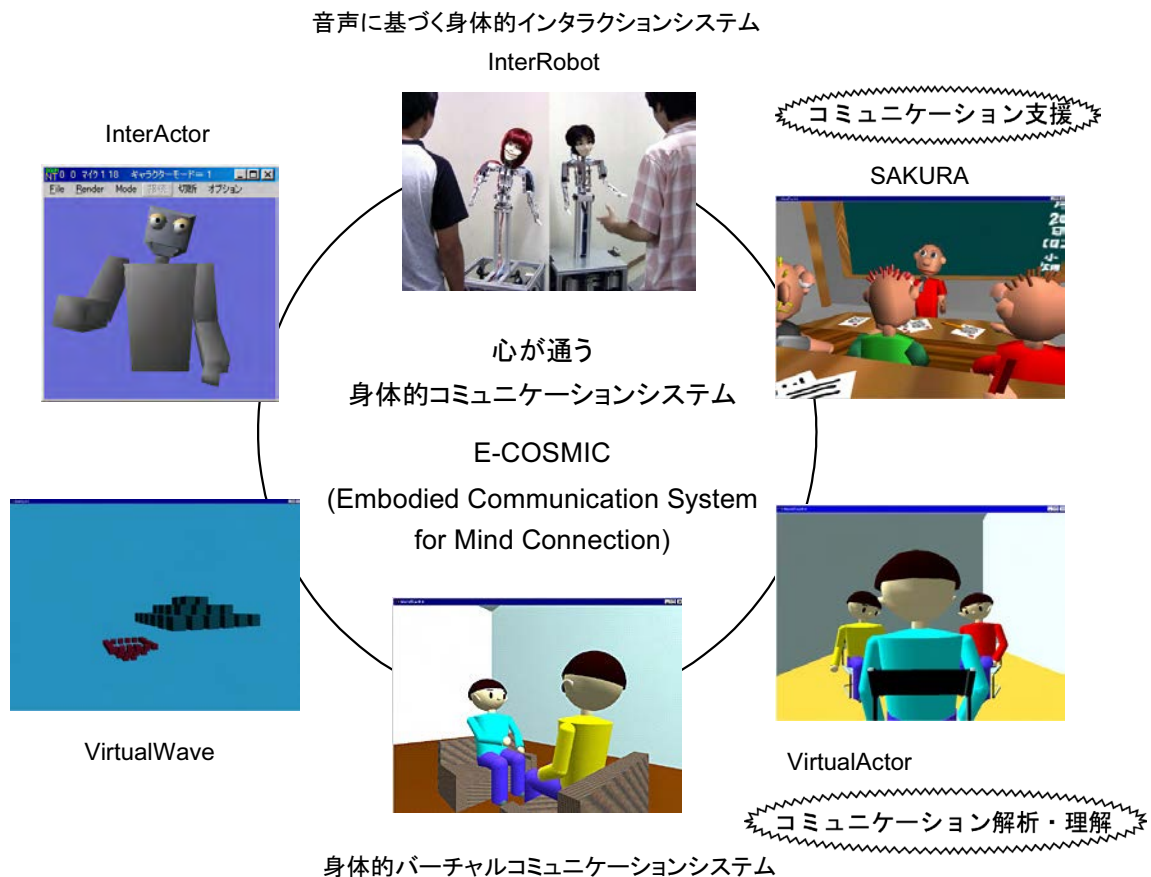


図3.1.1 身体的バーチャルコミュニケーションシステム

身体的インタラクションシステムは、発話音声に基づいてうなずき・手振り・身振りなど豊かな身体動作を自動生成し、聞き手及び話し手としてインタラクティブなコミュニケーションを実現するロボットInterRobotあるいは電子メディアのInterActorを用いたコミュニケーション支援システムである。InterRobotやInterActorの自然なコミュニケーション応答や身体動作の生成には、身体的コミュニケーションを解析・理解する必要がある。身体的バーチャルコミュニケーションシステムは、自分と相手の分身であるVirtualActorを仮想のコミュニケーション環境で観察しながらコミュニケーションできるシステムで、人間のコミュニケーション特性を合成的に解析できるシステムである。E-COSMICは、対話者が仮想空間あるいは実空間を共有することで、引き込みにより対話者相互の身体性が共有できるシステムであり、各種ヒューマンコミュニケーションの解析・理解は勿論のこと、今後のメディア技術・情報通信技術の基盤になるシステムである。

【I】 身体的バーチャルコミュニケーションシステム

身体的コミュニケーションを合成的に解析・理解するために開発されたシステムが身体的バーチャルコミュニケーションシステムである。コンセプトを図3.1.2に、対話場面例を図3.1.3に示す。VirtualActorは、対話者のうなずき・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インタラクティブなアバタである。対話者は相手と自己のVirtualActor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、対話中のインタラクションを把握することができる。対話者は視点が自由に設定でき、対話中の自分の振舞いを含むコミュニケーション場の情報を得ることができる。VirtualActorの動きは、対話者の頭頂部、背中、両腕の4個の磁気センサの角度と位置を計測して、リアルタイムに表現している。また呼吸情報をVirtualActorに付加したり、心拍変動や顔面皮膚温から対話者の情動を推定し、顔色や表情に反映することができる。

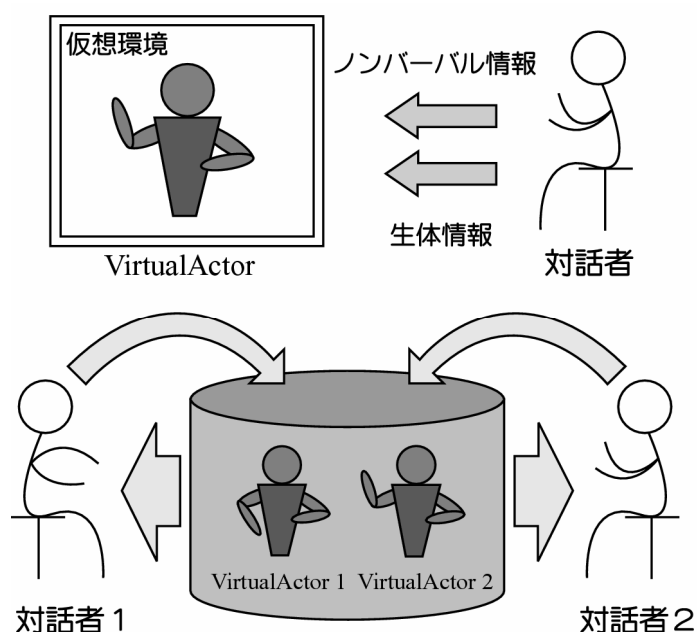


図3.1.2 身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプト



図3.1.3 対話場面例

うなずきの重要性を検討するのに実際の対話では身体を全く動かさずにうなずくのは極めて不自然であるが、本システムでの対話であれば実際には身体動作を伴ったうなずきでも、VirtualActorではうなずきだけを抽出することが可能で、うなずきそのもののコミュニケーション効果が調べられる。このように仮想のコミュニケーション環境で、相手の空間的配置、位置、背景を自由に変化させて、身体動作、韻律情報、表情・顔色による情動表現の有無、それらのタイミングのずれによる影響など、VirtualActorのノンバーバル行動の各種情報を除去、追加、加工してコミュニケーションを解析することが可能である。相手と自己のVirtualActorを同一仮想空間に関係付けて投影することで、インタラクションが把握され、対話者相互の身体性が共有できることが示されている。とくに無意識化されている知覚-運動系に矛盾を生起させて明在化させ、その矛盾が解消されていく過程をコンテキストとの生成と関係付けて調べる矛盾的誘導法を用いることで、対話者とVirtualActorとの身体的行為をあえて矛盾させるなど、仮想環境ならではのコミュニケーション解析が行える。例えば、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を合成的に解析し、インタラクションにおける頭部動作のコミュニケーション効果を明らかにするなど、本システムの有効性が示されている。また生体情報計測は、表情・顔色による情動表現に利用されるだけでなく、コミュニケーションそのものを定量的に評価するのに有効である。呼吸情報の視覚化が対話者相互の身体リズムの引き込みに有効であること、臨場感や存在感が向上することが明らかにされている。

1対1の対面コミュニケーションだけでなく、3者のVirtualActorを用いることで、集団コミュニケーションにおけるインタラクションを合成的に解析することができる。一方で前図3.1.1に示すように、VirtualActorのコミュニケーション機能をできるだけ簡略化した立方体の波であるVirtualWave(バーチャルウェーブ)に抽象化することで、コミュニケーション特性を解析し、身体的リズム同調などコミュニケーションを支えている本質的要因を明らかにすることができる。

従来よりコミュニケーションにおける身体性に着目したコミュニケーション解析は、心理学的・社会的アプローチからも数多く検討されている。しかし身体的コミュニケーションを体系的に解析・理解するためには、インタラクションの観点から各種情報を制御できる環境での合成的解析が不可欠である。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実験系を組む必要がある。本システムは、初めてこの自他非分離的観点から身体性の共有を考慮したシステムであり、実験対話中の自己の振舞いを含む場の情報、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。とくに実験と同時に各種ノンバーバル情報や生体情報を計算機の記憶媒体に収集しながら、仮想環境でのコミュニケーションの各種パラメータを制御してシミュレーション実験する合成的解析により、体系的に身体的コミュニケーションを解析することができる。

身体的バーチャルコミュニケーションシステムは、対話者が仮想空間を共有することで、引き込みにより相互の身体性が共有できるシステムである。相手しか画面に映らないテレビ電話等のシステムでは、その相手との距離感が掴めず、ネットワーク上の遅延の影響を受けて、相手と自分との空間が分離されてしまう。しかし、本システムでは、仮想のコミュニケーション環境で相手と自分のVirtualActorのインタラクションが把握できるので、たとえネットワーク上の遅延があったとしても、仮想空間でのインタラクションの時間的關係は不変で、一体感のあるコミュニケーション環境が実現されている。

以下に身体的バーチャルコミュニケーションシステムの研究開発に伴う具体的な開発システム及び研究成果を示す。

・身体的バーチャルコミュニケーションシステム(VirtualActor)

各種のコミュニケーション情報を制御できる仮想環境で、対話者のノンバーバル情報と生体情報を加工することによって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である。システムの構成を図3.1.4に、対話の様子を図3.1.5に示す。双方のディスプレイ上に共有仮想環境が表示されており、対話者の頭頂部、背中、両腕の4個の磁気センサーで計測した角度と位置情報から、VirtualActorの動きがリアルタイムで生成されている。

対話者とその代役であるVirtualActorとの身体的行為をあえて矛盾させるなどの矛盾的誘導法により、身体的行為がコミュニケーションに果たす役割を明らかにしている。例えば図3.1.6は、頭部動作を矛盾的に固定することで頭部動作のコミュニケーション効果を示している。また図3.1.7は、呼吸情報の視覚化が対話者相互の身体リズムの引き込みに有効であることを示している。

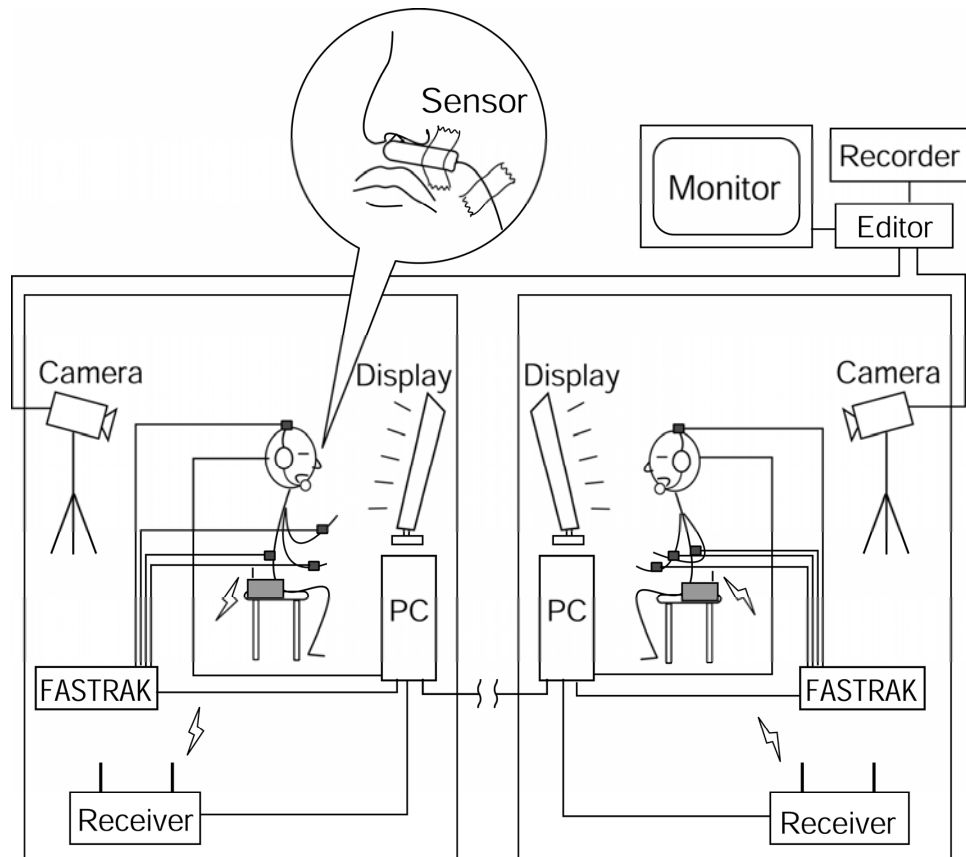


図3.1.4 身体的バーチャルコミュニケーションシステムの構成



図3.1.5 身体的バーチャルコミュニケーションシステムでの対話

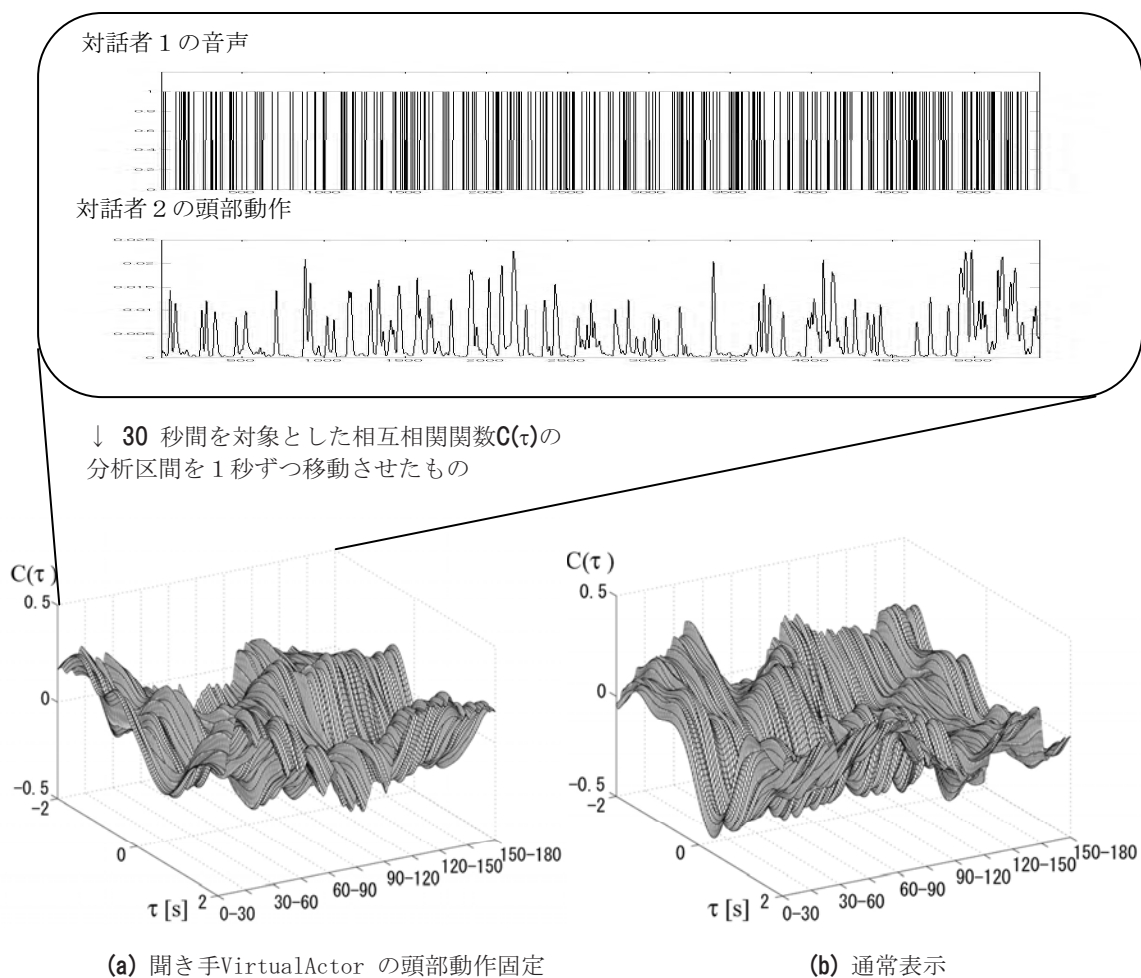


図3.1.6 頭部動作のコミュニケーション効果

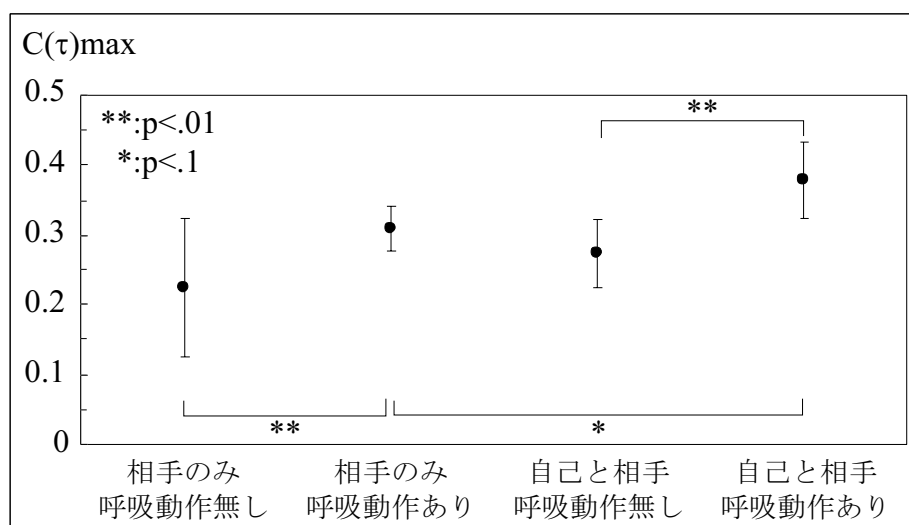


図3.1.7 相手と自己のVirtualActorの頭部動作の相互相関関数の最大値
 $C(\tau)_{\max}$ による比較

・身体的バーチャルウェーブコミュニケーションシステム

忠実に身体動作を再現する人型のVirtualActorに代わり、ノンバーバル情報あるいは生体情報をより簡略化した波に抽象化したVirtualWaveを用いたシステムである。システムの画面例を図3.1.8に示す。



図3.1.8 身体的バーチャルウェーブコミュニケーションシステムの画面例

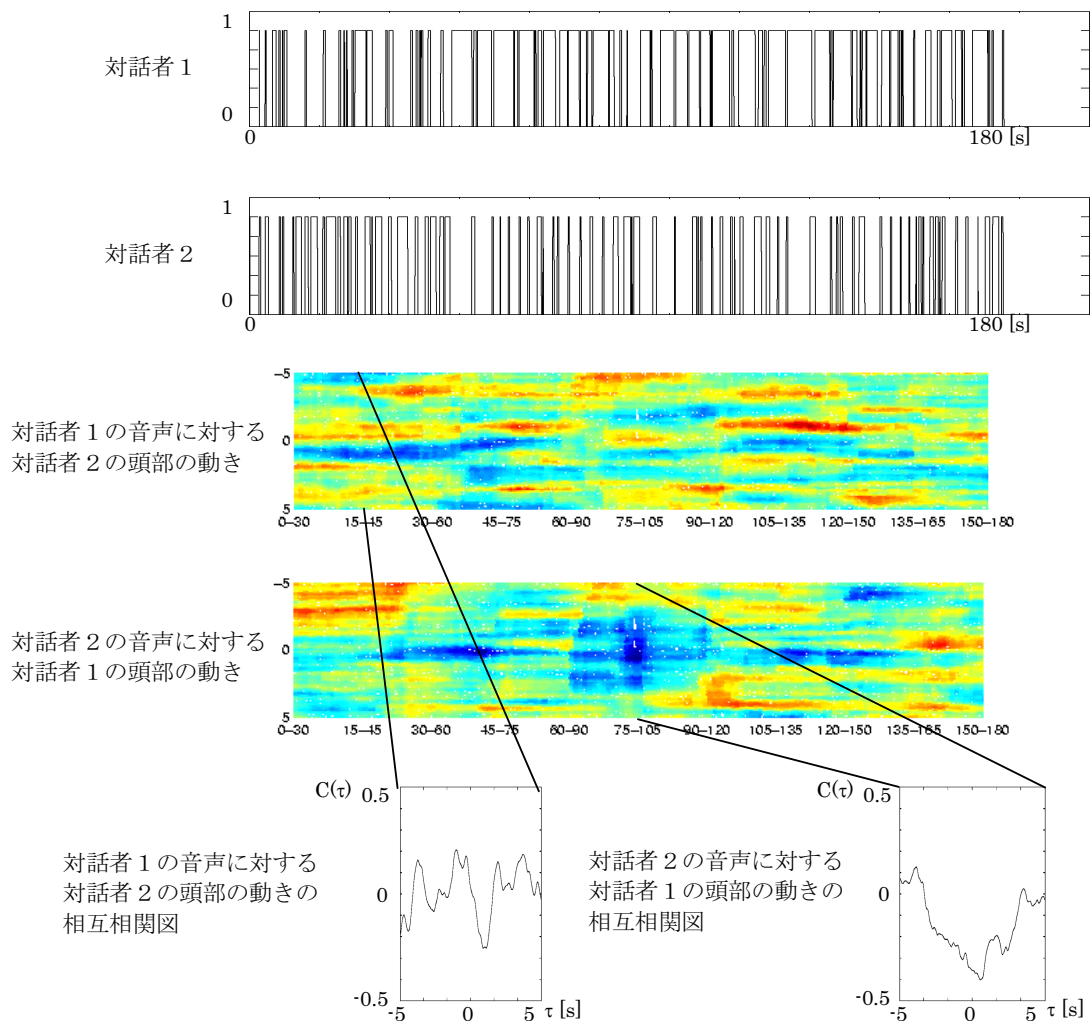


図3.1.9 VirtualWaveにおける身体的引き込みの例

できるだけプリミティブなキャラクタを用いることで顔色や表情といったノンバーバル情報を排除し、コミュニケーションリズムに特化してリズムを直接的に伝達することで身体的インタラクションを合成的に解析することを目的としている。例えば図3.1.9は、VirtualWaveにおける身体的引き込みの例を示している。対話者の音声に対する対話相手の頭部動作にうなずき反応などの強い負の相関が現れており、システムの有効性を示している。簡略化したキャラクタを用いることで対話者相互の身体性を共有することの重要性がより明確になる。

・身体的ビデオコミュニケーションシステム

対話者の代役となるVirtualActorを、クロマキー技術を用いて仮想的に対面合成し、ビデオ映像の対話相手と自己のVirtualActorとのインタラクションが直接的に把握できるシステムである。システム構成を図3.1.10に示す。コミュニケーションリズムを捉えやすい自己参照キャラクタを介することで、対話相手のビデオ映像からの表情や身体動作に加えて対話者相互のインタラクションを把握しながら円滑にコミュニケーションを行うことができる。図3.1.11のように対話相手を正面から撮影したビデオ映像に自己のVirtualActorを合成した対話場面が、Picture in Pictureを用いたビデオ対話場面に比べて高く評価され、図3.1.12に示すように話し手の音声に対する聞き手の頭部動作にうなずき反応を示す強い負の相関が継続的に現れるなど、システムの有効性を確認している。

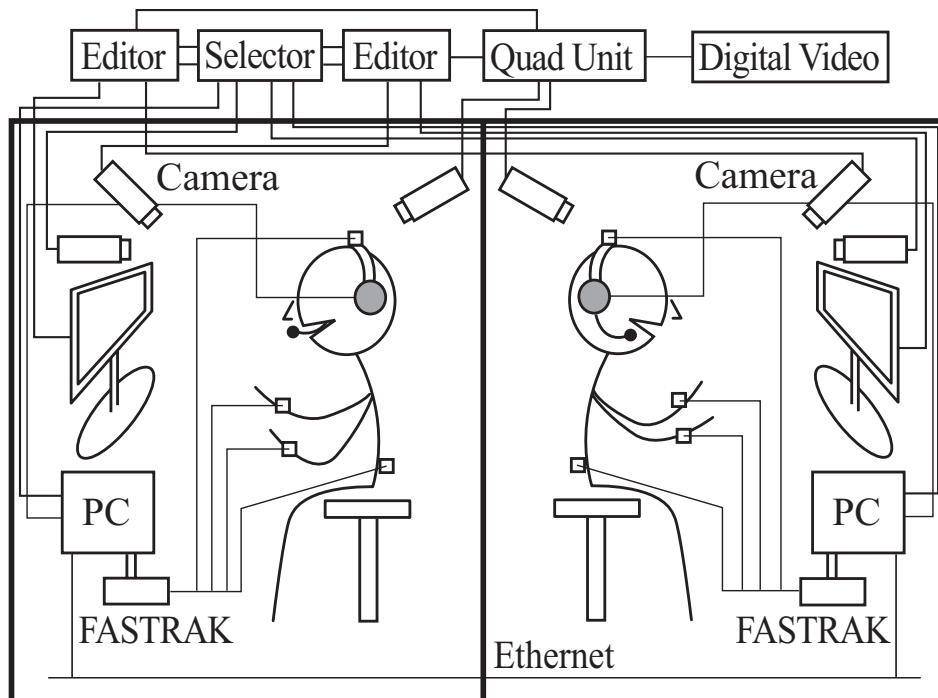


図3.1.10 身体的ビデオコミュニケーションシステムの構成



図3.1.11 身体的ビデオコミュニケーションシステムの画面例

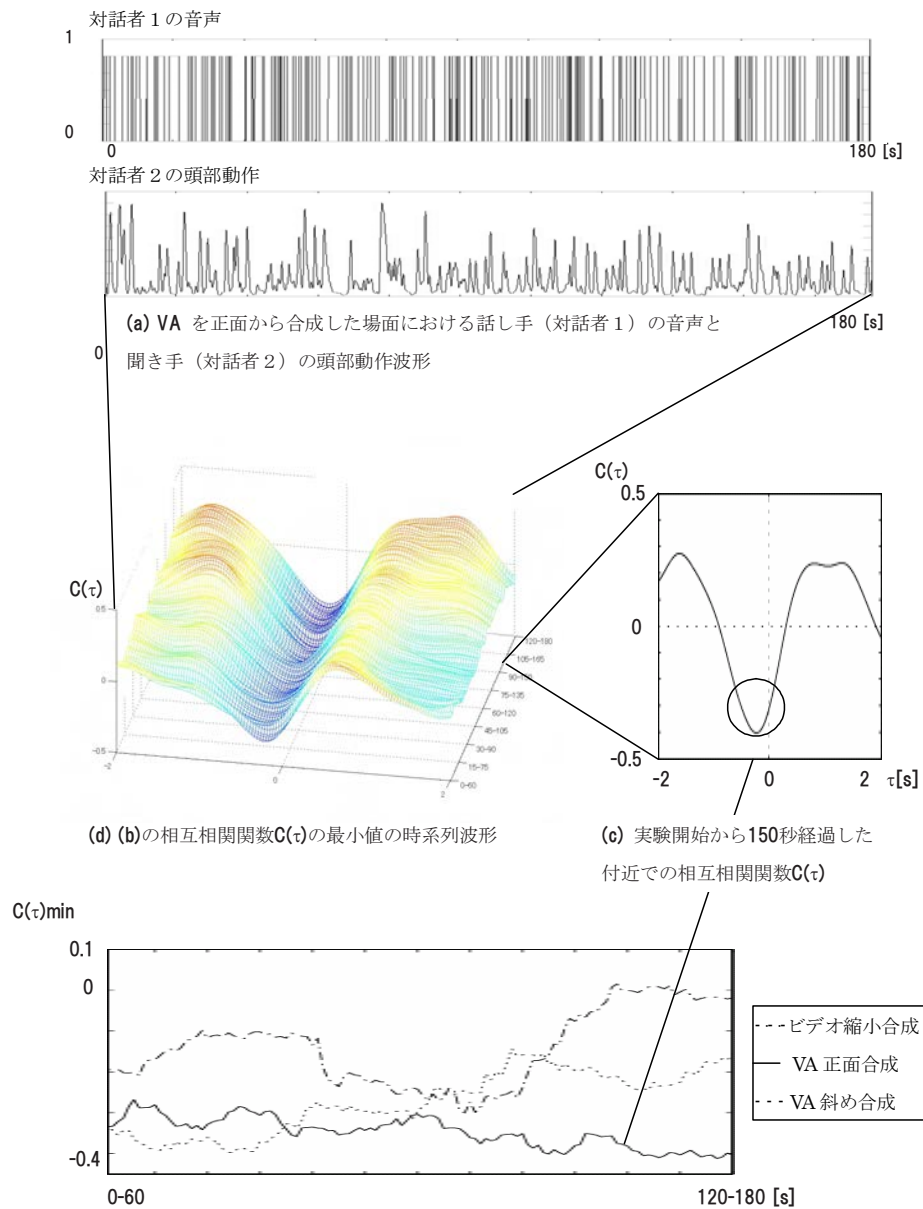


図3.1.12 身体的ビデオコミュニケーションシステムにおける身体的リズム同調

•VirtualPuppet

身体全体が動かせない場合の代用として、あるいは意識的にある種の繊細な、躍動的な身体動作で表現したい場合に手指部の動作入力による円滑なインタラクションを行うことを目的とした、手指動作入力による身体的バーチャルコミュニケーションシステムである。システム構成を図3.1.13に示し、VirtualPuppetを用いた対話の様子を図3.1.14に示す。手指動作入力ではアバタ動作に対して意識的な操作に寄るところが大きいが、インタラクションにおいて本質的な情報を含んでいると考えられる無意識的な情報を、効果的にアバタに付加することで互いのインタラクションを創出する過程を分析評価するなど、知覚/運動系の観点から意識性とインタラクションとの対応関係を検討することができる。磁気センサ計測により上半身を忠実に再現するシステムと、手指動作の手袋型センサ計測により限られた範囲へコミュニケーション動作をモデル変換するシステムではコミュニケーション特性が異なる点も多く、両システムを通じて身体的コミュニケーション特性の体系的な解明を進めている。

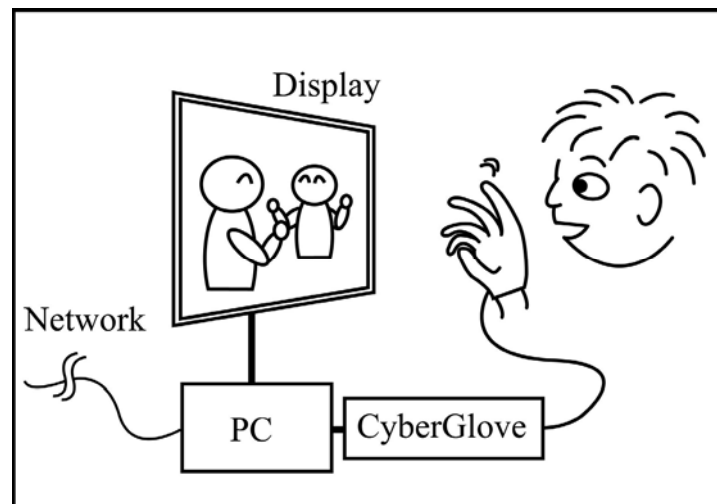


図3.1.13 VirtualPuppetの構成

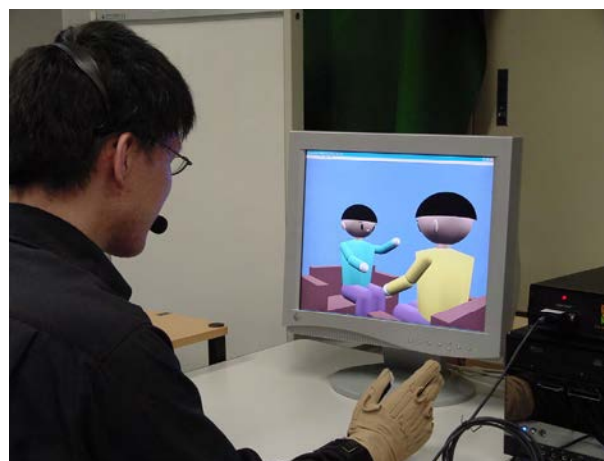


図3.1.14 VirtualPuppetでの対話

・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者間だけでなく、3者間の集団コミュニケーション解析システムとして開発した身体的バーチャルコミュニケーションシステムである。システム構成を図3.1.15に、別室に分かれて3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムで対話する様子を図3.1.16、図3.1.17に示す。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者間とは異なるため、本システムでは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。とくに、一人の話し手に対する二人の聞き手の関係性など、3者間ならではの身体的コミュニケーション解析が可能で、対話者自身のVirtualActorの半透明・グレー表示あるいは対話相手のVirtualActorとの対話配置の変更などの有効性を示している。

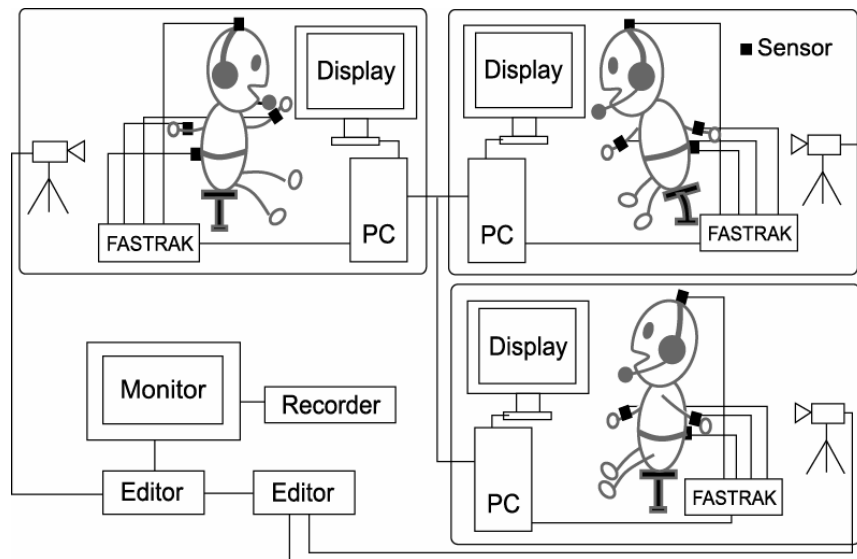


図3.1.15 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムの構成

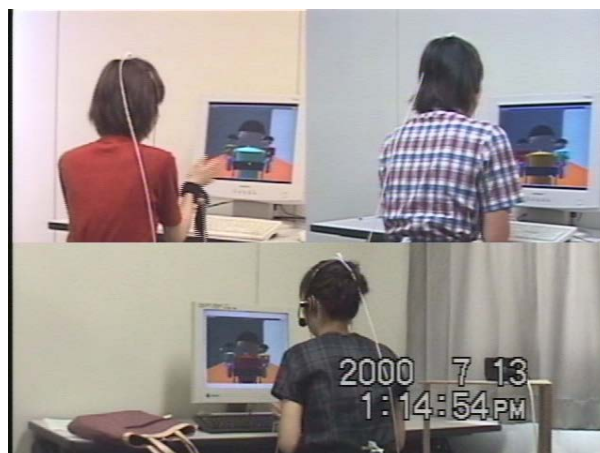


図3.1.16 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステムでの対話

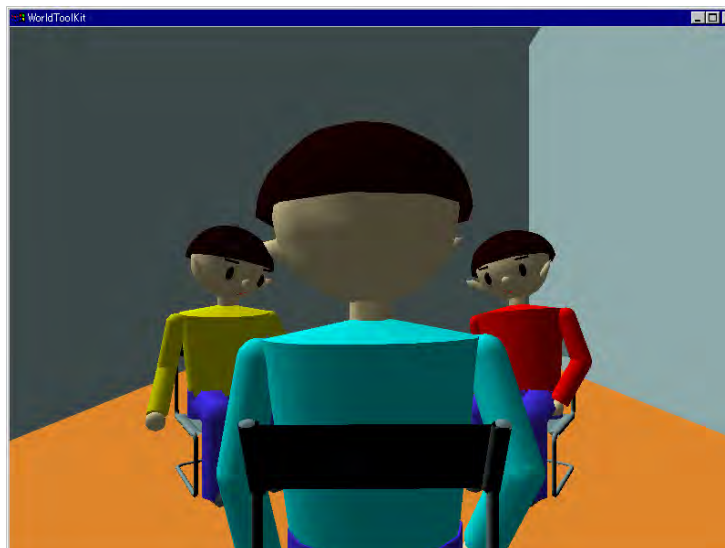


図3.1.17 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステム

・3者間身体的バーチャルウェーブコミュニケーションシステム

3者間身体的バーチャルウェーブコミュニケーションシステムは集団コミュニケーションを支えている決定的な要因を明らかにするため、動きのリズムに着目し、対話者の頭部動作に基づいて抽象化した波(VirtualWave)を用いた集団コミュニケーション解析システムである(図3.1.18)。VirtualWaveの動きに頭部を用いたのは、頭部運動にはうなずき反応や否定・疑問を表す首の動き等の基本的なコミュニケーション動作が備わっているためである。各種コミュニケーション効果に応じて異なる視点位置が好まれることを確認し、インタラクションを捉えることの重要性を示した。

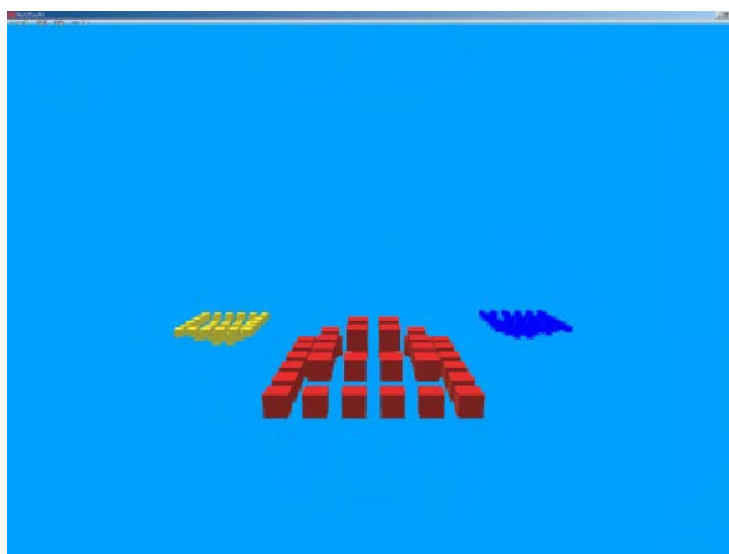


図3.1.18 3者間身体的バーチャルウェーブコミュニケーションシステム

・面の皮インタフェース

VirtualActorの頭部に自己が入り込み、実世界での頭部動作と連動表示させることで一体感を飛躍的に向上させた、新たな身体的バーチャルコミュニケーションシステムである。(図3.1.19)3者間コミュニケーションでは対話相手が固定されずインタラクションが複雑化するため、多様なインタラクションを考慮した自己アバタ表示法として開発したもので、対話者と自己のVirtualActorとの一体感を飛躍的に高め、自己の視線を確認しつつ集団でのコミュニケーションを支援できる画期的なシステムである。3者間のコミュニケーション実験及び2者間コミュニケーション実験での官能評価と行動解析から本システムの有効性を示している。(図3.1.20・図3.1.21)

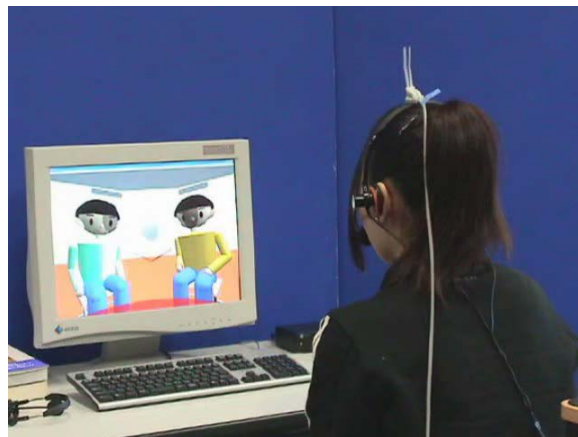


図3.1.19 面の皮インタフェース

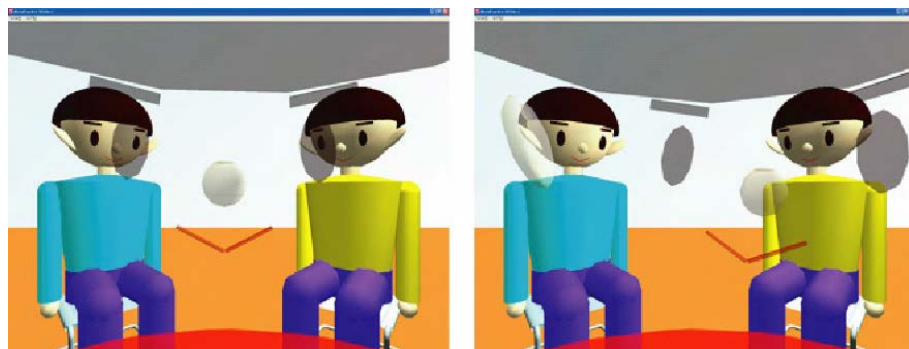


図3.1.20 3者間のコミュニケーションにおける面の皮インタフェース

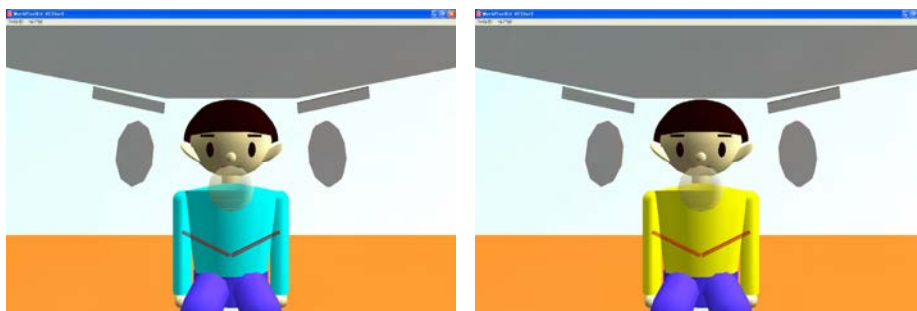


図3.1.21 2者間のコミュニケーションにおける面の皮インタフェース

【Ⅱ】身体的インタラクションシステム

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・理解することを目的に開発されているのに対して、このコミュニケーション解析に基づいて、うなずきや身振りなどの身体リズムの引き込みに着目し、豊かなコミュニケーション動作を音声のみから自動生成し、コミュニケーションを支援することを目的に開発されたシステムが音声に基づく身体的インタラクションシステムである(前図3.1.1)。InterActor の概略を図3.1.22に示す。InterActorはディスプレイ上に表示される電子メディアのCGキャラクタであり、話し手と聞き手の両機能を備えている。また、各関節部位の曲げ動作、回転動作を組み合わせることで、多様なコミュニケーション動作を表現することができる。

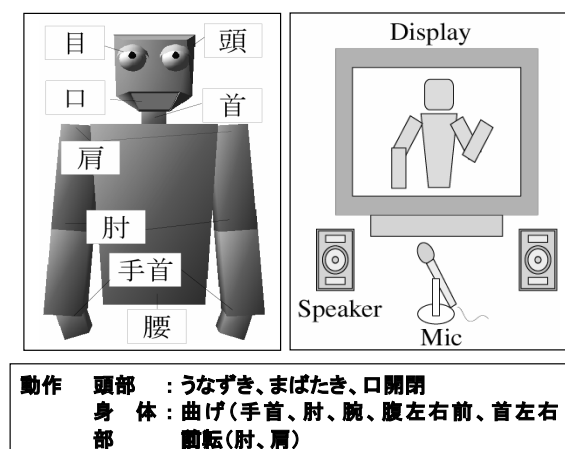


図3.1.22 InterActorの概略

このInterActorを用いた身体的インタラクションシステムのコンセプトを図3.1.23に示す。図中の対話者1がInterActor 2に語りかけると、InterActor 2が聞き手としてうなずき・まばたきや身振りなど身体全体で反応する。同時に、対話者1の音声をネットワーク等を経由して対話相手方のInterActor 1に送信する。InterActor 1は、その音声時系列に基づいて話し手としてコミュニケーション動作をその音声に関連付けて生成し、音声と動作を同時に提示することで、発話情報を効果的に対話者2に伝達することができる。このように対話者の語りかけに対してInterActorは聞き手として多様なうなずき動作や体全体の身体動作で引き込むように反応し、相手の音声が入った時には話し手としてのコミュニケーション動作をすることで、インタラクションを円滑にし、インタラクティブなコミュニケーションを実現する。本システムでやりとりする情報はあくまでも音声だけである。即ち、情報を発信するのも受信するのも人間で、InterActorは単に対話時の音声と身体動作との関連性から、発話音声に基づいてコミュニケーション動作を自動生成し、対話者相互の身体性を共有するものである。

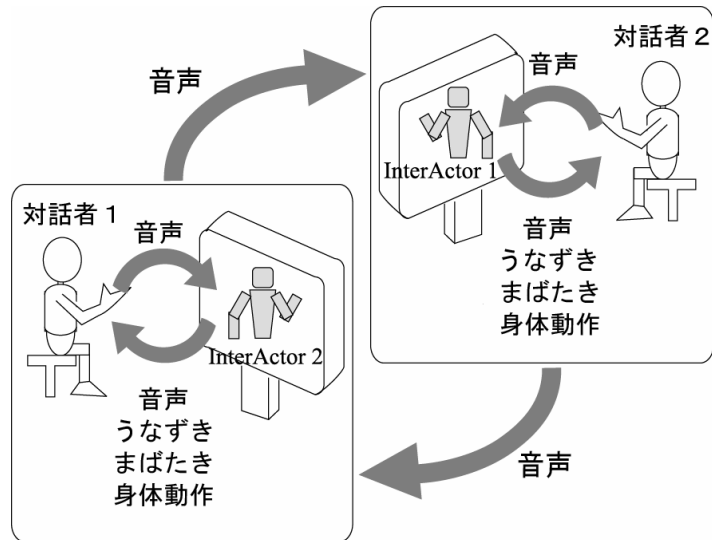


図3.1.23 身体的インタラクションシステムのコンセプト

インタラクションモデルの構築のために、人の対面コミュニケーションでの音声と身体動作の関係を分析した結果、胸部・腕部の動作は頭部の動作との関係が強く、うなずきと頭部の動きには強い相関があることから聞き手の身体動作はうなずきを主体としていることが明らかになった。その解析結果に基づき、聞き手のインタラクションモデルとして、音声のON-OFFパターンに基づくうなずき反応モデルと、腕部および上体部に対してうなずきの予測値に基づく身体動作モデルを導入している(図3.1.24)。うなずきの予測モデルはマクロ層とミクロ層からなる階層モデルである。マクロ層では音声の呼気段落区分でのON-OFF区間からなるユニット区間にうなずきの開始が存在するかを $[i-1]$ ユニット以前のユニット時間率 $R(i)$ (ユニット区間でのON区間の占める割合、(2)式)の線形結合で表される(1)式のMA(Moving-Average)モデルを用いて予測する。

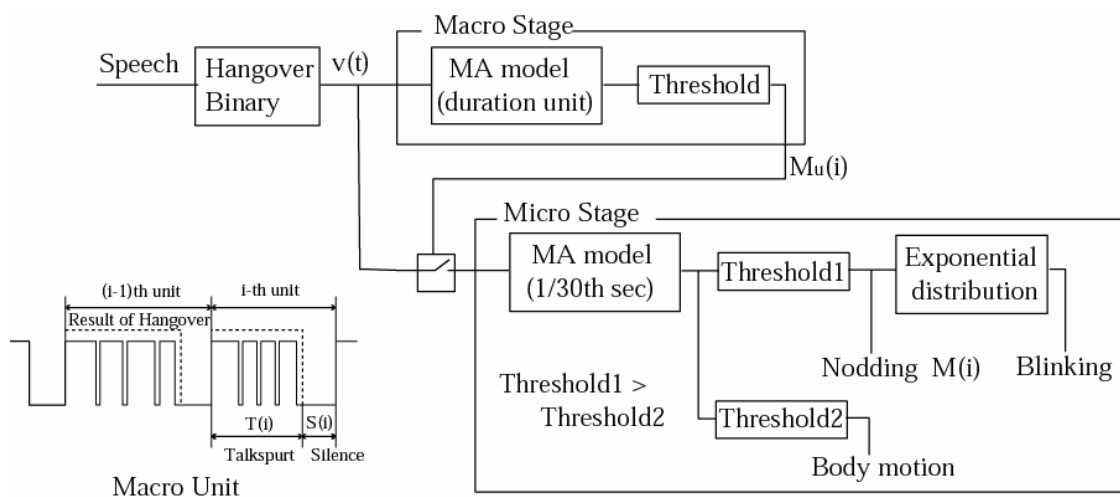


図3.1.24 聞き手のインタラクションモデル

$$M_u(i) = \sum_{j=1}^J a(j)R(i-j) + u(i) \quad (1)$$

$$R(i) = \frac{T(i)}{T(i) + S(i)} \quad (2)$$

$a(j)$: 予測係数

$T(i)$: i 番目ユニットでの ON 区間

$S(i)$: i 番目ユニットでの OFF 区間

$u(i)$: 雑音

$$M(i) = \sum_{j=1}^K b(j)V(i-j) + w(i) \quad (3)$$

$b(j)$: 予測係数

$V(i)$: 音声データ

$w(i)$: 雑音

予測値 $M_u(i)$ がある閾値を越えて、うなずきが存在すると予測された場合には、処理はマイクロ層に移る。マイクロ層では音声のON-OFFデータ(30Hz、60個)を入力とし、(3)式を用いてMAモデルでうなずきの開始時点を推定する。予測値が閾値を越えた場合にはInterActorをうなずかせる。まばたきについては、対面コミュニケーション時におけるまばたき特性に基づいて、うなずきと同時にまばたきさせ、それを基点として指数分布させている。身体反応の推定にはうなずきの予測値を用い、うなずきよりも低い閾値でInterActorの各部位(頭部、胴部、右肘、左肘)のうちいくつかを選択して動作させることでうなずきと関係付けている。

話し手のモデルについても同様に、対面コミュニケーション時の音声と身体動作の特性から、音声のON-OFFパターンに基づく身体全体の動作を予測するモデルと音声の振幅に基づく腕部動作モデルを導入している。身体動作モデルとしては全ての動きのON-OFFの総和データから体の動くタイミングを予測し、閾値を越えたときにInterActorの各部位(頭部、胴部、右肘、左肘)のうちいくつかを選択して動作させることで発話音声と関係付けている。

対話者はInterActorの音声に基づく身体動作の引き込み反応に対して意味付けを行い、その意味付けに従って対話者自身の振舞いを変化させる。このInterActorの身体動作と対話者の意味付けが相互に繰り返されることでインタラクションが行われる。

システムへの入力情報は音声のみであり、マイクからの実時間入力に加えて記憶媒体の音声データを用いることができる。このため、録音された過去の音声情報から身体動作を生成することで、時間を超えたコミュニケーションでの身体性の共有も可能である。既に、ニュースキャスターのようにInterActorをビデオ映像と重畳することで、入力音声からリアルタイムにビデオ映像を紹介する映像コンテンツ製作のアプリケーションソフトウェアInerCasterが実用化され、FTTH(Fiber to the Home)の配信サービス等に利用されている。(図3.1.25)視覚情報と聴覚

情報の矛盾で生起するマガーク効果(/ga/と発音した顔映像に/ba/の音声をアフレコした視聴覚刺激に対して/da/と認識)とは逆に、視覚情報と聴覚情報との連動、即ち音声とコミュニケーション動作が連動することで、ユーザーフレンドリーに効果的に情報を伝達することができる。

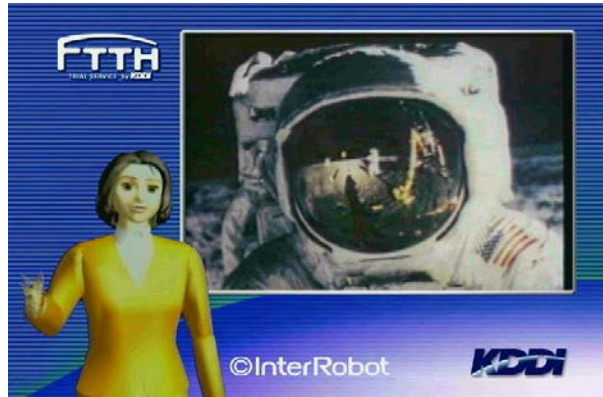


図3.1.25 InterActorを応用したInterCaster

さらに複数のInterActorを用いることで飛躍的な引き込み効果のある臨場感豊かなコミュニケーション場が生成され、仮想教室に教師のInterActorと複数の学生のInterActorを配置した音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステムSAKURAを提案し、そのプロトタイプを開発している。(図3.1.26)

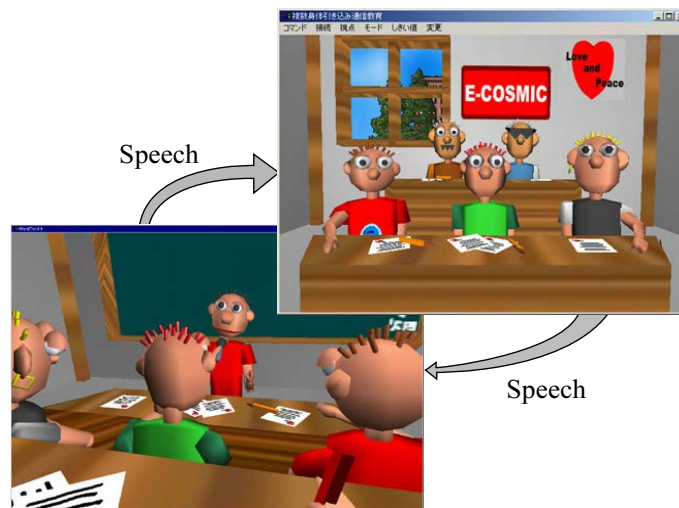


図3.1.26 InterActorを用いた身体的集団コミュニケーションシステムSAKURAの仮想教室(教師側からの視点と生徒側からの視点)

電子キャラクタのInterActorがGUIとして広範囲な応用が期待される一方で、電子メディアは操作一つで消えてしまうという存在の稀薄性を一掃するのが、InterActorの物理メディア版であるインタラクションロボットInterRobotである。InterRobotは、対話者と同じ3次元空間を共有し、実際に手で触れようと思えば触れられるという実感が実体としての人の引き込みによる

身体性の共有を飛躍的に高め、電子メディアとは次元を異にする一体感や存在感を対話者に実感させる。InterRobotを複数体用いた集団コミュニケーションシステムを図3.1.27に示す。これはSAKURAの実体版で、集団引き込みによるコミュニケーション場が実感できるシステムである。

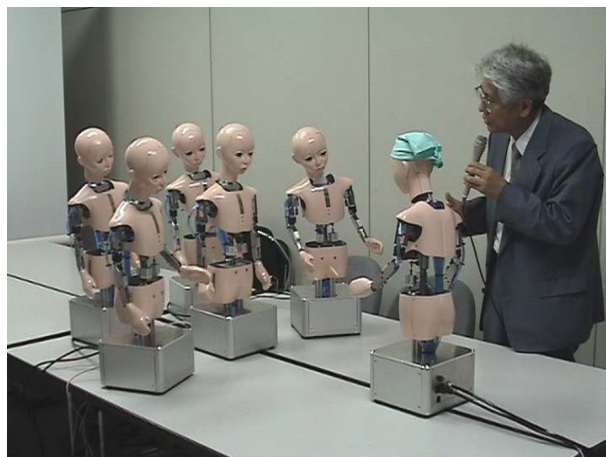


図3.1.27 InterRobotを用いた身体的集団コミュニケーションシステム
(SAKURAの実体版)

身体的コミュニケーションの不思議さ、コミュニケーションにおける身体性の重要性を理解してもらうことを目的として、ここで開発した身体的集団コミュニケーションシステムに、InterActorを加えたシステムが、日本科学未来館に2002年3月から常設展示されている。(図3.1.28) 見学者は、一体感が実感できる身体的コミュニケーションを体験し、コミュニケーション場の重要性を直感的に認識できる。



図3.1.28 日本科学未来館での身体的集団コミュニケーションシステムの展示

以下に身体的インタラクションシステムの研究開発に伴う具体的な開発システム及び研究成果を示す。

•InterActor

コミュニケーションにおける引き込みモデルとして、話し手の音声に基づく聞き手の身体反応モデルと、発話音声に基づく話し手の身体動作モデルからコミュニケーション場の生成モデルを構築し、音声から豊かなコミュニケーション動作を自動生成するCGキャラクターシステムである。本システムでやりとりする情報はあくまでも音声だけであり、情報を発信するのも受信するのも人間で、InterActorは単に対話時の音声と身体動作との関連性から、発話音声に基づいてコミュニケーション動作を自動生成し、対話者相互の身体性を共有するものである。InterActorに向かって語りかけることで身体リズムの引き込みが誘発され、発話しやすくなると同時に、OFF区間の増加などユーザ自身の発話特性が変化する。(図3.1.29)。この発話特性の変化は、人間側のユーザビリティを向上させるとともに、ワードスポッティングを容易にし、システム側の音声認識率を向上させ、システム全体の信頼性を高めるなど、コミュニケーション支援へのさらなる応用が期待される。

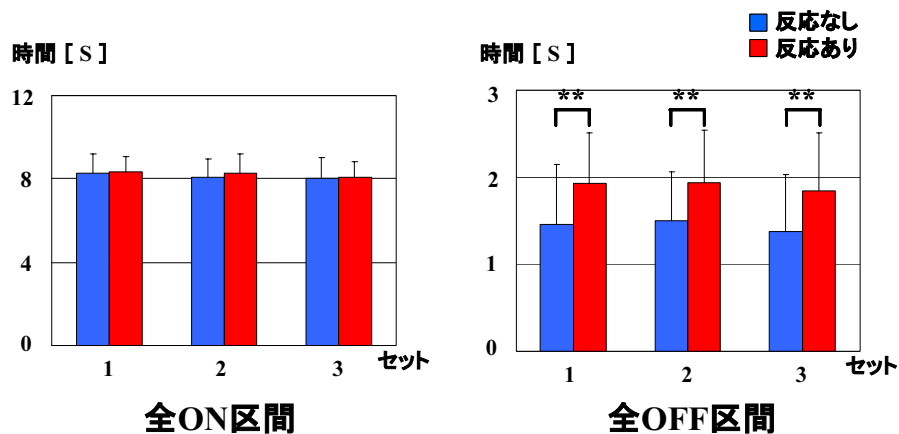


図3.1.29 InterActorに対する語りかけの発話特性への影響

•InterNurse/InterPatient

患者－看護師コミュニケーション支援の観点から、患者・看護師のCGキャラクタをInterActorとして導入した、InterActorシステムである。InterPatientは患者役割InterActorで、InterNurseは看護師役割InterActorである。システムの概略を図3.1.30に示す。本システムを用いて看護実習経験のある本学看護学科の4年生を看護師役、看護実習経験のない1年生を患者役としてロールプレイ実験を行った結果、音声のみのナースコールシステムと比較し、親近感や対話しやすさ等が向上することを確認している。さらに、病院での臨床試験においても、親近感や一体感等について高く評価されており、システムの有効性を確認している。(図3.1.31)

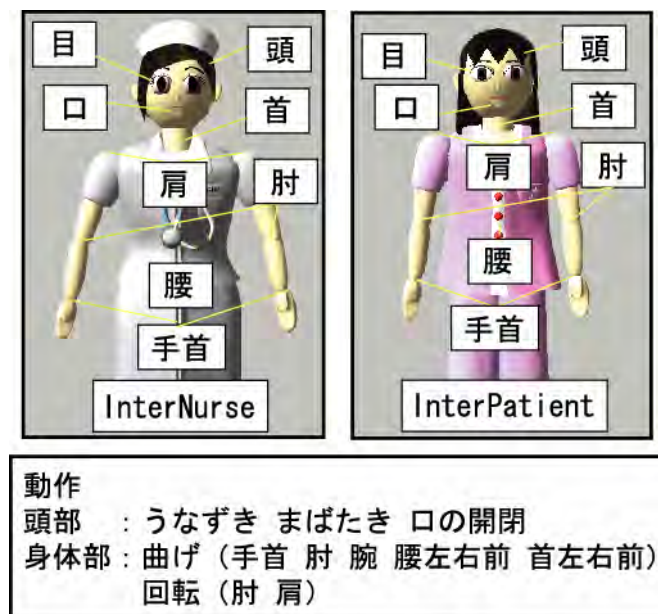


図3.1.30 InterNurseとInterPatientの概略



図3.1.31 患者側の臨床試験の様子

•InterAnimal

動物型キャラクタを用いた、子どもを元気付けるInterActorシステムである。コンセプトを図3.1.32に示す。子どもはディスプレイ上のキャラクタと会話を楽しみ、大人(親、医者、教師など)は、ディスプレイ上のキャラクタを介して子どもと対話する。キャラクタを介して身体リズムを引き込み合うことで、子どもを励ましたり叱ったりするなど、対面とは次元を異にする新たなコミュニケーションを楽しむことができる。動物キャラクタは、ライオンやパンダなど子どもに人気がある7体を製作した。さらに、科学体験イベント「おもしろ体験デー」等でデモンストレーションを行い、アンケートで[楽しさ]、[また話したいか]について高く評価されるなど、システムの有効性を確認している。(図3.1.33)



図3.1.32 InterAnimalのコンセプト

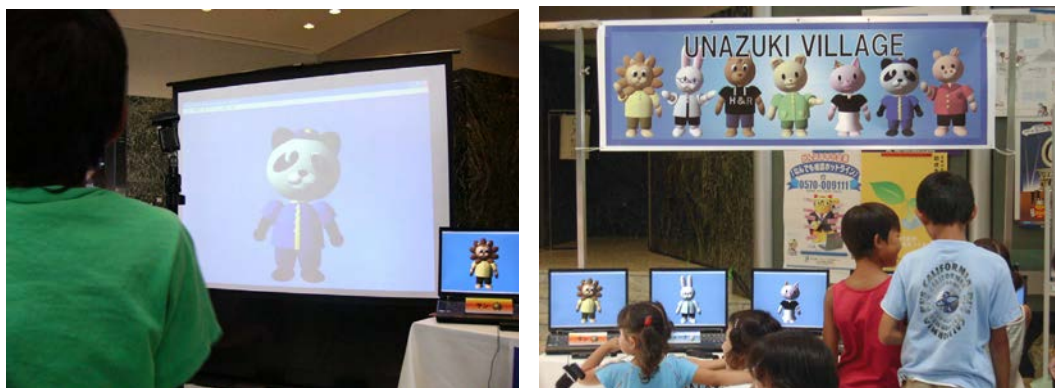


図3.1.33 イベントの様子

・複数身体引き込みコミュニケーションシステムSAKURA

身体リズムの引き込みを仮想教室の複数のInterActorに導入することで、相互に関連した引き込みの相乗効果により一体感のある集団コミュニケーション場を生成するシステムである。コンセプトを図3.1.34に示す。本システムでは仮想教室に教師のInterActorと複数の学生のInterActorを配置し、各InterActorのコミュニケーション動作を変化させることにより、種々のコミュニケーション場を生成することが可能である。本システムによるコミュニケーション場の違いによる伝達効果を評価するために、図3.1.35の画面を用いて同一音声から生成される学生役のInterActorの引き込み反応、だらけ反応が視聴者に与える影響について検討した。学生役のInterActorの引き込み反応はうなずきを中心とした引き込み動作を、だらけ反応では居眠り、よそ見、おしゃべりをするなどの動作をする。音声は、実験の前に消費税値上げに関する論説(2分程度)を録音し、本システムのそれぞれの反応で同一の音声を用いた。映像は、同一の音声から生成される引き込み反応、だらけ反応をDVビデオカメラで撮影し、音声と共に録画した。実験では、52名の被験者を26名ずつ2つのグループに分けた。一方のグループは、引き込み反応のビデオを視聴させた後、被験者が考える妥当な消費税(現在5%)を書かせ、

引き続き、だらけ反応のビデオを視聴させた後、妥当な消費税を書かせた。もう一方のグループは、提示順序を逆にして、まずだらけ反応のビデオを視聴させた後、引き込み反応のビデオを視聴させた。

各グループで被験者が回答した消費税の平均値と標準偏差を図3.1.36に示す。各グループの最初に視聴させた引き込み反応とだらけ反応との比較では、消費税は引き込み反応で6.92%、だらけ反応で5.31%であり、有意水準5%の有意差が認められた。だらけ反応を体験させた後、引き込み反応を体験させたグループでは消費税は5.31%から7.77%に上がり、両者間で有意水準1%の有意差が認められた。音声情報が同一でもコミュニケーション場の違いにより視聴者への伝達効果が異なり、コミュニケーション場の重要性がわかる。このように、モデルのパラメータを制御してコミュニケーション場を合成することで、身体的コミュニケーションを解析することができる。

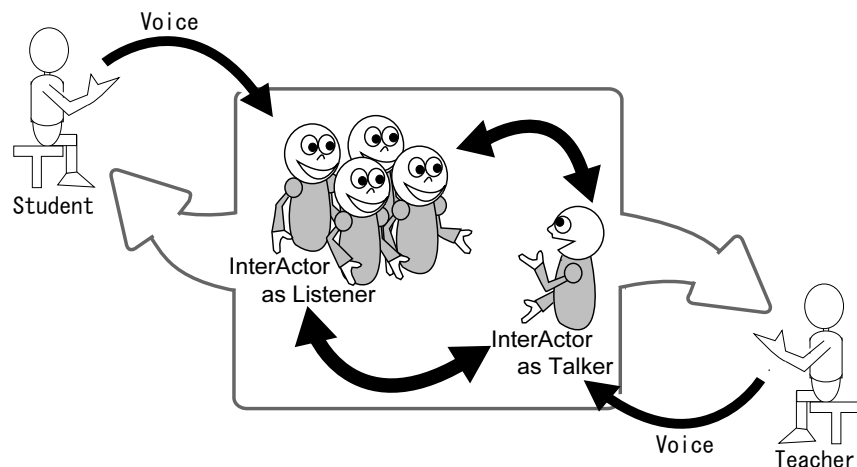


図3.1.34 複数身体引き込みコミュニケーションシステムSAKURAのコンセプト

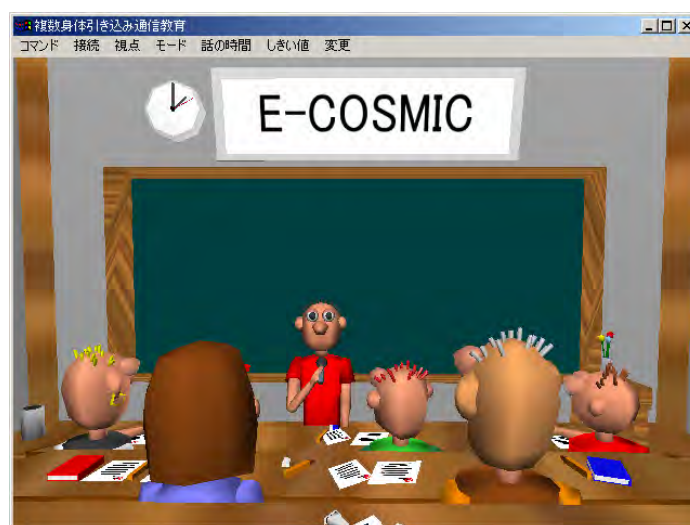


図3.1.35 学生側からの視点

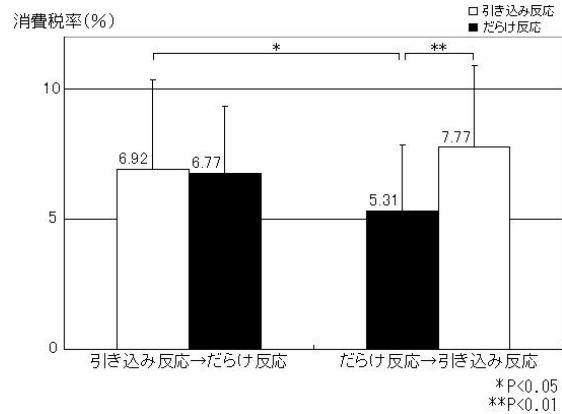


図3.1.36 引き込み反応とだらけ反応のビデオ視聴におけるコミュニケーション効果

・InterActorを映像に重畳合成した身体的引き込みシステム

教育番組などの映像配信時に聞き手の機能を有するInterActorを合成したり、視聴時に元の映像にリアルタイムにInterActorを合成したりすることで、テレビ映像の音声に基づくInterActorの身体動作により視聴者を引き込み、教育番組等の視聴を支援するシステムである。システム構成を図3.1.3.1.に示す。図3.1.3.1.のような教育番組だけではなくバラエティ番組など様々な場面にも応用可能である。開発したシステムを用いて、キャラクタの大きさや配置、元の映像の大きさなどを合成的に解析し、教育支援システムとしての有効性を検証している。

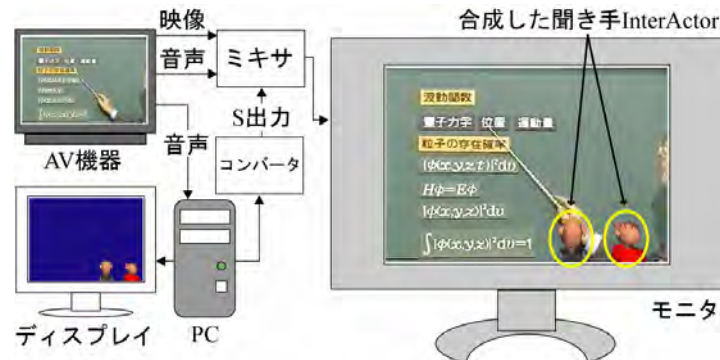


図3.1.37 InterActorを映像に重畳合成した身体的引き込みシステム

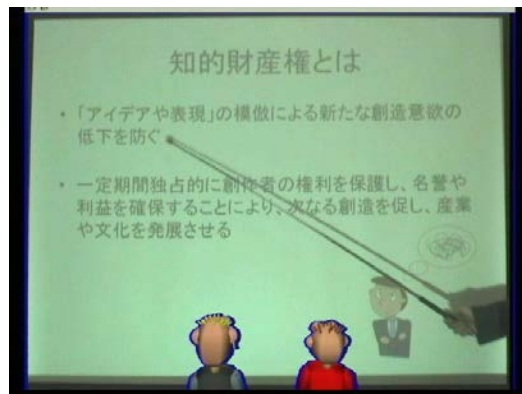


図3.1.38 重畳合成の例

・円柱型InterActor

これまでの人型InterActorばかりではなく、抽象的あるいは人型以外のキャラクタを用いて引き込み現象を視覚的に伝達するのに、仮想空間内でどのような反応動作が有効であるかを検証するために、人がうなづくタイミングで単純な形状の円柱オブジェクトを回転、平行移動など様々に動作させる円柱型InterActorを開発した。図3.1.39に円柱型InterActorによる検証実験の様子を示す。このシステムを用いた官能評価実験から、抽象的なキャラクタにおいても人のうなずきと近い動きである、手前に傾き、元に戻る動作が有効であることを示している(図3.1.40)。

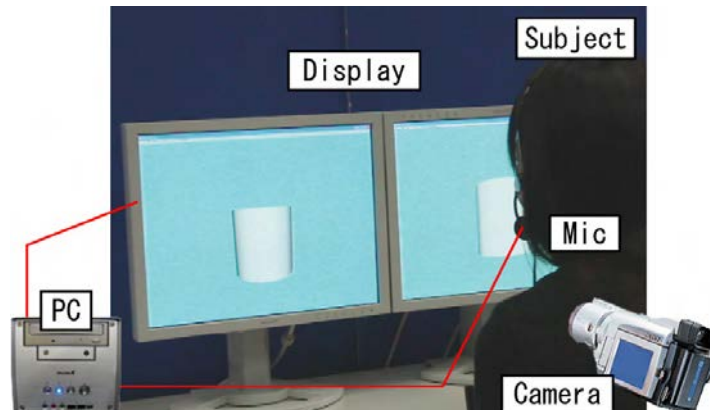


図3.1.39 円柱型InterActor

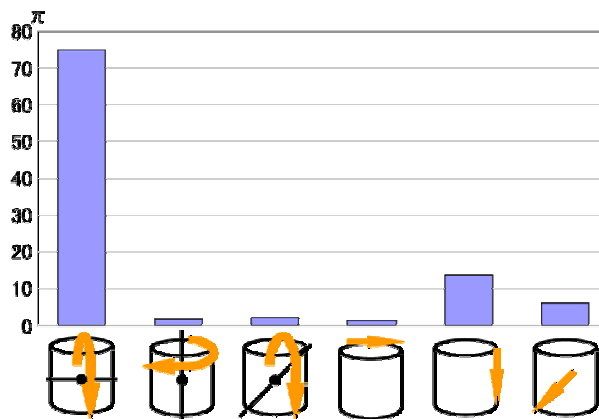


図3.1.40 Bradley-Terryモデルに基づく各動作の話しやすさ π

・3Dオブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステム

円柱型InterActorなどの実験で得られた知見を基に、新たなコミュニケーションシステムとして、樹木型や、植物型の3DオブジェクトとインタラクションするInterTree、InterFlowerや、ドライバーが仮想空間内のビルや建物とかかわりながら目的地を決めるカーナビゲーションシステムのプロトタイプを開発している。図3.1.41にInterTree、InterFlowerの場面例、図3.1.42にカーナビゲーションに応用したシステムのコンセプトと場面例を示す。従来の人型のように顔や腕があるキャラクタとは全く異質な構造を持つキャラクタであっても人型と同様のインタラクション

効果だけではなく、音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム“SAKURA”と同様の集団コミュニケーション効果もあり、全く新しいシステムへの応用展開の可能性を示している。

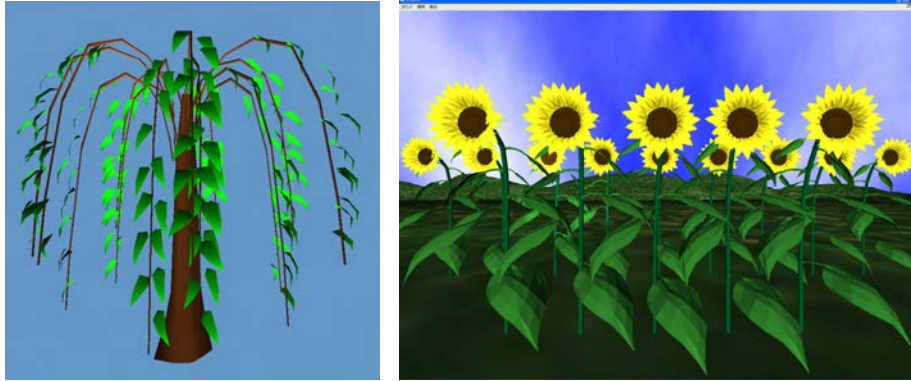


図3.1.41 植物型の3Dオブジェクトを用いたInterTree、InterFlower



図3.1.42 カーナビゲーションに応用したシステム

•InterRobot

音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの実体版の身体的インタラクションシステムである。InterRobotは19個のエアアクチュエータにより21自由度のON-OFF動作が可能である(図3.1.43)。各稼動部はエアコンプレッサからの圧縮空気を動力源とし、エアアクチュエータの動作速度はスピードコントローラにより調整可能である。これらにより機械音の抑制と滑らかなコミュニケーション動作を実現している。インタラクション実験でシステム利用者の音声とInterRobotの動作の間に人間－人間の対面でのコミュニケーションにおける音声と動作の関係に近い相関が示されている等、InterRobotの有効性を確認している。(図3.1.44)

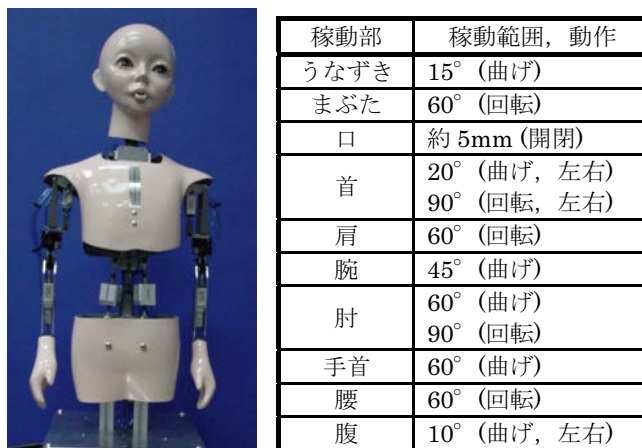


図3.1.43 InterRobot

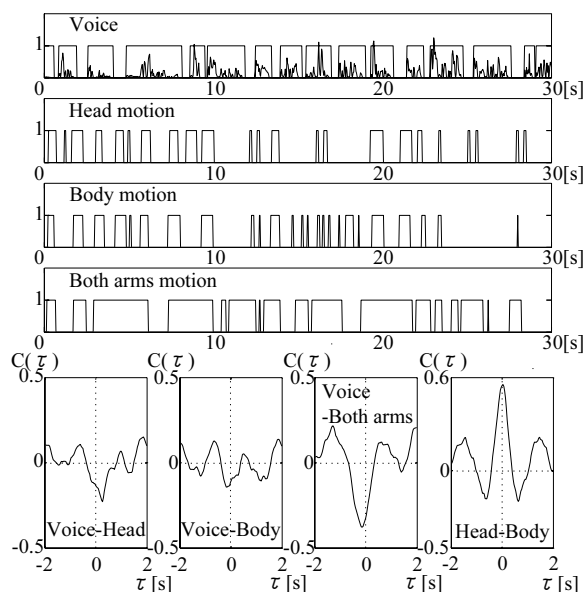


図3.1.44 InterRobotの身体的引き込み例

・音声駆動型身体的インタラクション玩具

語りかけの音声リズムを解析してうなずき反応と腕の上下動作の身振りで引き込み反応する玩具を開発し、InterRobotのおもちゃ版として「うなずき君」の名前で商品化されている。(図3.1.45) 本製品はテレビのニュースや雑誌等で紹介され、これまでに1万個以上が市場に出回り、静かなブームとなっている。「うなずき君」は反応が単純であるが故に、タイミングの重要性が直感的に把握しやすい。また、商品化により身体動作のハードウェア(機構)が極めて安価に入手可能で、システムが固定された中での人のコミュニケーション特性を調べるツールとして、システム開発の展開が容易である。



図3.1.45 音声駆動型身体的インタラクション玩具

・身体的あいさつインタラクション合成・解析システム

人と人のインタラクション解析のため、典型的な人とのかかわり行動として、人の挨拶動作における音声と動作の時間的特性を計測した結果、人の挨拶では動作の開始に対して発声の開始に遅延があることが分かった(図3.1.46)。この結果から、あいさつインタラクションにおける動作と発声の生成タイミングを合成的に解析するための身体的あいさつインタラクション合成・解析システムを開発した(図3.1.47)。本システムを用いてさまざまな発声遅延を伴うあいさつを構成し、評価実験を行った結果、動作開始に対して発声が0.3秒程度遅延するあいさつが好まれ、より遅延が大きくても丁寧に感じられるなど、動作に対する発声遅延が好ましいコミュニケーション効果をもたらすことが明らかになった。このことは音声対話型システムにおけるインタロボット技術の有効性を示している。

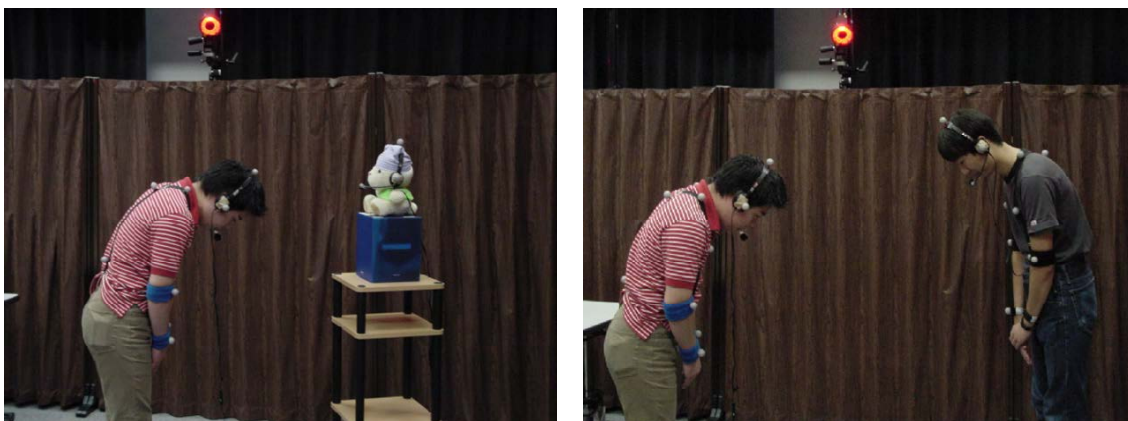


図3.1.46 光学式モーションキャプチャシステムによる解析



図3.1.47 身体的あいさつインタラクション合成・解析システム

・実体版SAKURA

同一空間の複数のInterRobotに身体リズムの引き込みを導入することで、相互に関連した引き込みの相乗効果により一体感のある集団コミュニケーション場を生成することにより身体的コミュニケーション場の不思議さ、重要性をその場を共有する人に実感させるシステムを開発している(図3.1.48)。さらに開発したシステムを用いて、InterRobotに多様なコミュニケーション動作を提示させることにより、実空間での集団コミュニケーションを合成的に解析し、有効性を検証している(図3.1.49)。本システムは、日本科学未来館に常設展示され、研究成果が公開されている(前図3.1.28)。

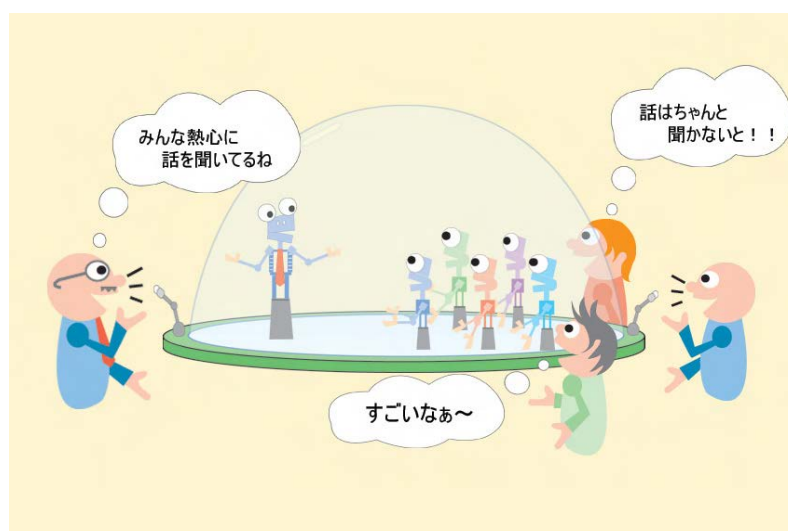


図3.1.48 コンセプト



図3.1.49 実体版SAKURA

•InterDevice

これまでの人型のInterRobotばかりでなく、うなずき反応を体感刺激として提示するコミュニケーション支援のツールとしてInterDeviceを開発している。視聴覚に続く重要なコミュニケーションの感覚情報としての体感刺激を身体リズムの提示に利用することで、より強く相手の存在を感じる、仲間と共に話を聞いている感覚で集団引き込み効果を演出する、自己の意見を支持する、盛り上げ効果を出す、視覚の代替としての利用が可能、など対面・遠隔の両方においてインタラクションを向上させることが可能である(図3.1.50)。振動型InterDeviceをはじめとして、刺激の提示法が異なるいくつかのデバイスを開発している(図3.1.51)。

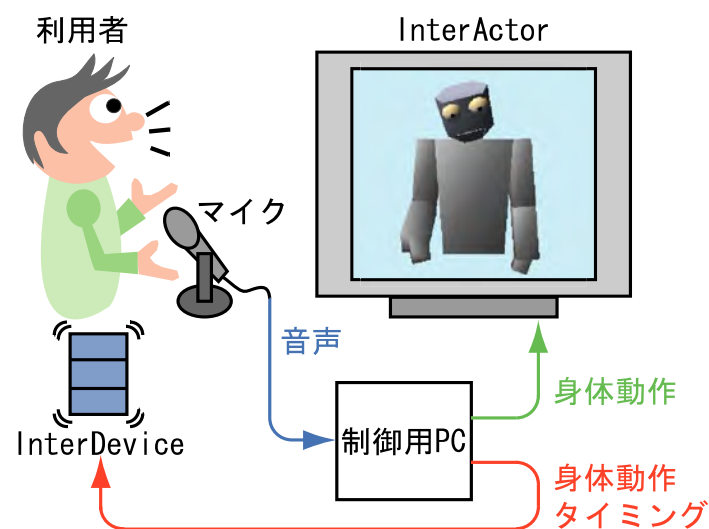


図3.1.50 システム構成図

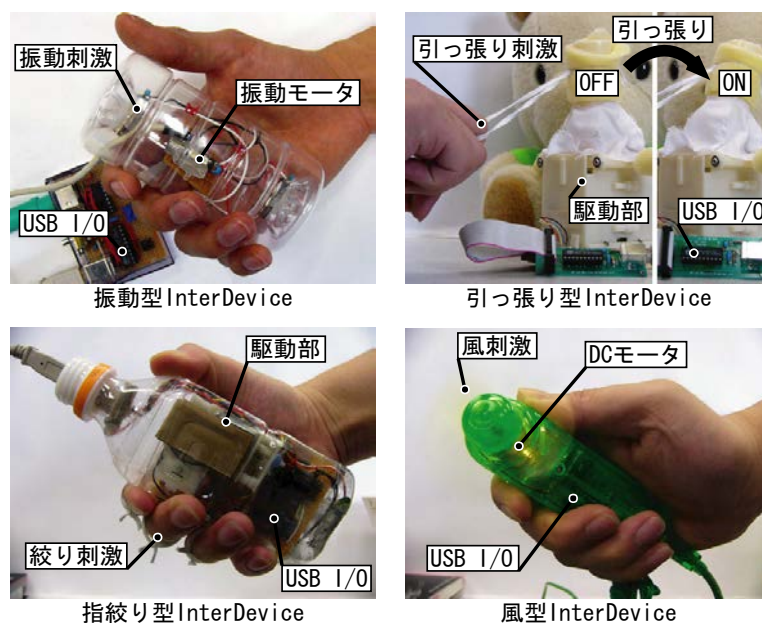


図3.1.51 振動刺激型InterDevice

•InterPointer

うなずき反応を視触覚提示するプレゼンテーション支援するためにInterPointerを開発している。(図3.1.52) 視覚情報提示と体感刺激提示の両方の機能を有しており、たとえば暗所で聴講者の反応が確認できず、話しづらい場合にも、InterPointerからのうなずき反応を受けることで、講演者は安心感が得られ、円滑なプレゼンテーションが可能となる。また、聴講者もInterPointerによる視覚情報提示によりうなずき反応を確認することで、身体リズムが共有され、一体感のある講演を実感できる。体感刺激提示に振動モータを利用し、視覚情報提示として先端のLEDが点滅する指示棒型、レーザーポインタの照射パターンが変化するレーザー型を開発しており(図3.1.53)、ともに話し手・聞き手双方での有効性を確認している。

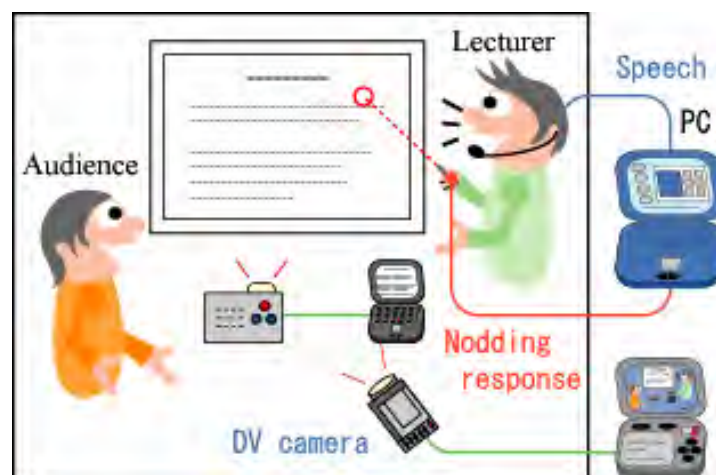


図3.1.52 システム概略図

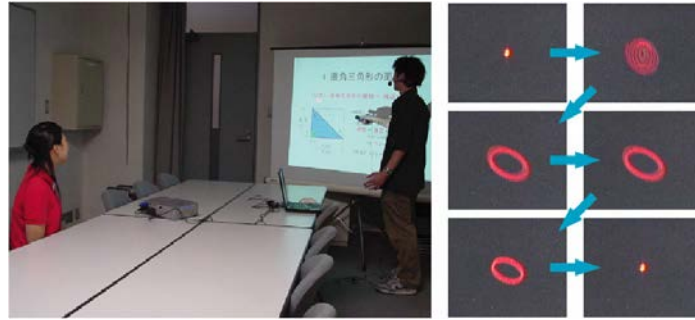


図3.1.53 レーザー型InterPointerの反応例

•InterPuppet

InterPuppetは音声に基づくコミュニケーション動作と手指動作によるパペットの動きを提示するInterActorシステムである。InterActorにより身体リズムの共有による引き込みや、キャラクターの生命感、自然な動きが確保されると同時に、データグローブで手指の動作を計測して意識的な動作を重畳させることで、意識した動きを対話相手に提示することができる。キャラクターの動きは図3.1.54のようにハンドパペットの要領で入力する。一対一のコミュニケーションを想定したシステムの使用例を図3.1.55に示す。このシステムでは相手と自己の音声に基づくコミュニケーション動作とキャラクターの動きを手指で操作する楽しさを実感でき、2004年度ヒューマンインタフェース学会講演会で優秀プレゼンテーション賞を受賞している。今後、データグローブの代わりに簡易入力によるパペットの動作生成手法を開発し、システムの実用化を目指す。



図3.1.54 操作法

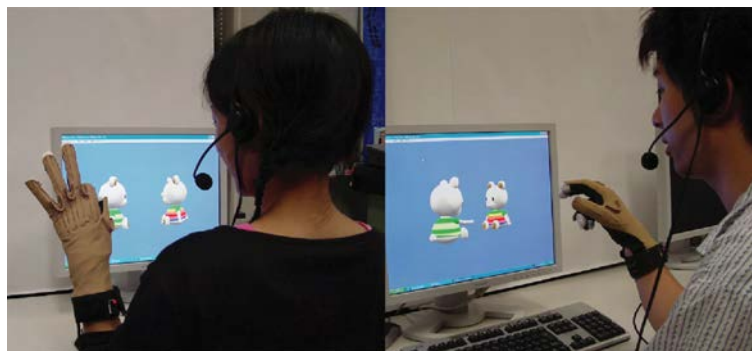


図3.1.55 InterPuppet使用風景

(2)研究成果の今後期待される効果

身体的コミュニケーションの合成的解析に基づいて、うなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みをロボットやCGキャラクタのメディアに導入することで、一体感が実感できるE-COSMICを世界に先駆けて開発し、その有効性を実証してきた。E-COSMICは、教育、福祉、エンタテインメントなど、人とかかわる広範囲な応用が容易に可能であり、現場でのコミュニケーション場の生成・制御に応用することで、本格的な生活基盤システム・技術としての発展が大いに期待される。具体的には、コミュニケーションロボット・玩具、インフラとしての携帯電話やインターネット等の通信・情報機器分野、遊び・学びの場作りやe-learning等の教育分野、また看護や在宅ケア、障害者・高齢者福祉への応用展開と実用化である。

(図3.1.56)

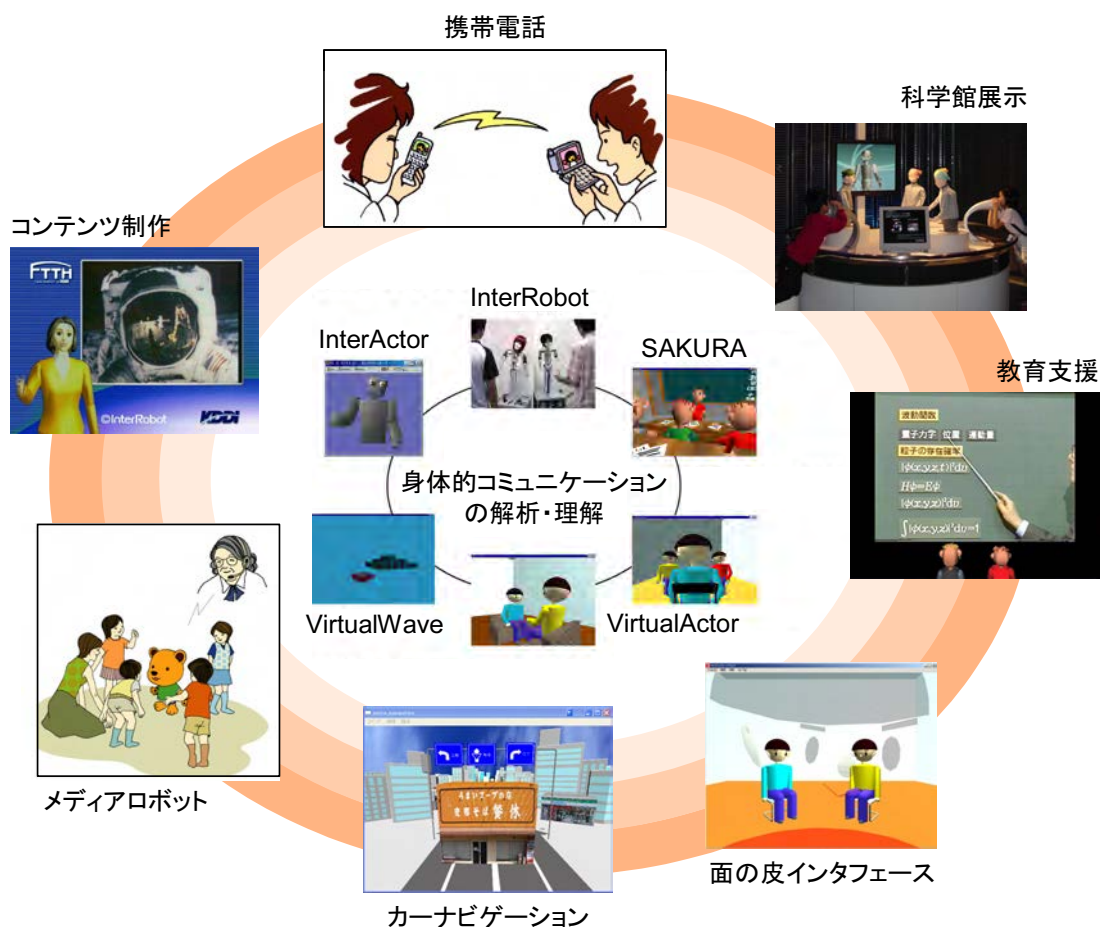


図3.1.56 次世代ヒューマンインタラクション基盤技術・E-COSMIC

3. 2 E-COSMICの専用ハードウェアの開発（専用ハードウェア開発グループ）

(1)研究内容及び成果

本研究では、身体から身体へのコミュニケーションシステム「心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC」をより様々な状況で利用するためには、小型で高速な専用ハードウェアの開発が重要であるとの考えから、これを実現するための電子回路の設計・開発を中心に、各種小型システムの開発を行った。

具体的には、

- [I] E-COSMIC実現用IP(Intellectual Property)の開発
- [II] 携帯電話を用いたE-COSMIC実現システムの開発
- [III] 各種ロボット制御などに使用可能な汎用的なE-COSMICハードウェアモジュールの開発である。

[I] E-COSMIC実現用IP(Intellectual Property)の開発

当グループでは、まず、E-COSMICのハードウェア化を実現するために、制御信号を生成する電子回路(E-COSMIC実現用IP)を開発している。このIPを完成させることにより、E-COSMICを様々な状況で利用できるハードウェアシステムの作成が容易になる。このIPを利用して後に述べる携帯電話システムなどの開発を行っている。

E-COSMIC用IPの開発にあたり、最初に、身体的コミュニケーションの数理モデルを基にして、より柔軟に設計変更が可能となるように配慮した形でのブロックレベルの設計を行っている。とくに汎用性を重視し、聞き手および話し手として動作するE-COSMIC用IPのブロックレベルでの設計をしている。この制御回路を図3.2.1に示す。図において、相手および自分の音声は、外部A/D変換器によってデジタルサンプリングされて入力されるものとし、これを用いて33ms毎の各音声の有無を判断し、この履歴からうなずきや身振り手振り等のコミュニケーション動作を生成する。このように分割することで、ブロック毎に機能が完全に分離されるため、ブロック毎に柔軟な設計変更が行える。

続いて、各ブロックを更に細かいブロックに分け、各ブロックの動作仕様および入出力インタフェースを決定している。その後、分割した各ブロックをVerilog-HDLによってコーディング・電子回路化し、これらをモジュール的に結合することでE-COSMIC用IPを完成させている。このIPは前述のように細かくモジュール分割されているため、組み合わせ方を工夫することで、これを適用するための各種制御装置において必要な信号のみの生成が可能であるうえ、必要最小限の機能モジュールのみを組み合わせることで、ハードウェア量を抑えることができる。このIPをフルモジュール構成で10万ゲート相当のFPGAに実装した場合、その使用セル数は12%程度である。また、容易に音声処理・動作処理のパラメータを変更できるようにしているため、他のICやLSIに組み込む際の作業も比較的容易に行えるうえ、内部で使用するクロックをできる限り低速に設定しているため、消費電力を抑えることも可能である。

聞き手及び話し手用動作制御回路

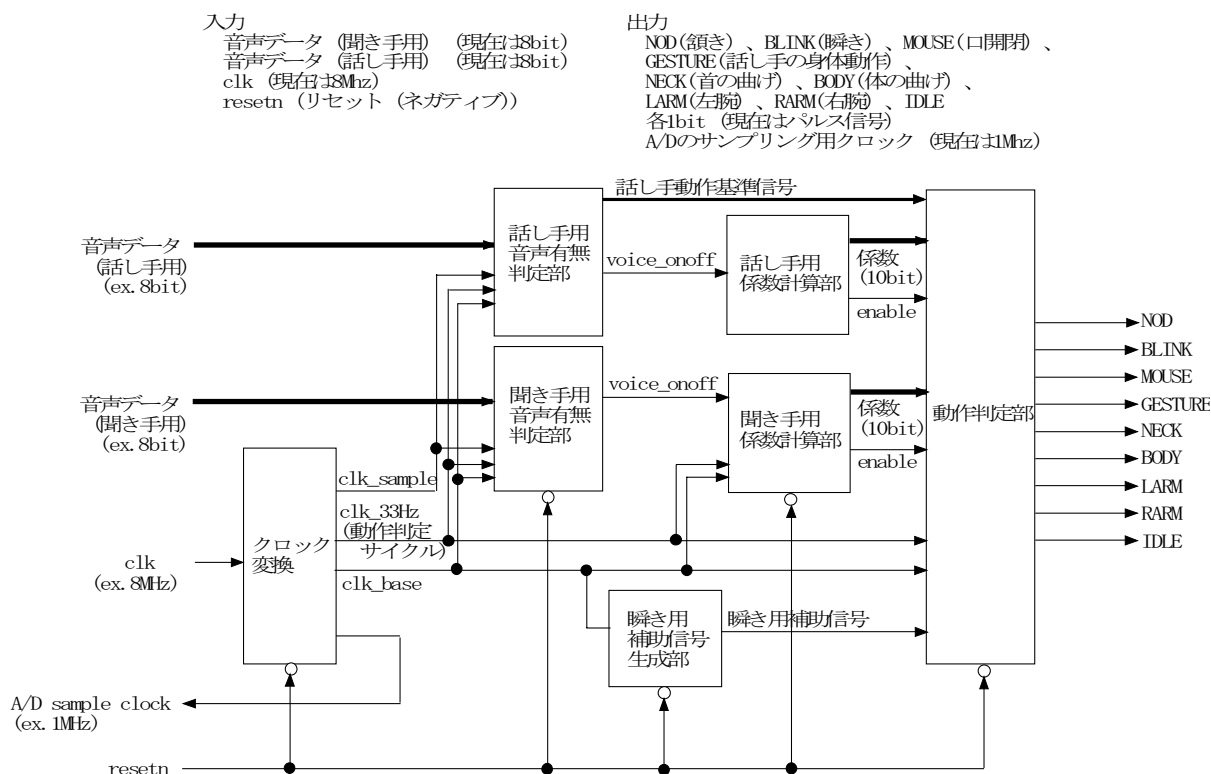


図3.2.1 E-COSMIC用IPのブロックレベルでの設計

[II]携帯電話を用いたE-COSMIC実現システムの開発

携帯電話を用いてE-COSMICを実現する最も単純な方法は、携帯電話の通話音声(自分の音声と相手の音声)を用いて、携帯電話の画面上に表示した相手アバタ(キャラクター)を自分および相手の音声に基づいてコミュニケーション動作させることである。そこで、携帯電話用E-COSMICのプロトタイプとして、図3.2.2に示すように、携帯電話に接続する外付け装置を開発し、これにイヤホンマイクから取り出した通話音声(自分の音声と相手の音声)を入力して処理させ、携帯電話のシリアルポートにJAVAアプリで認識可能な制御信号を入力することで、画面上のアバタにコミュニケーション動作させるようにしている。

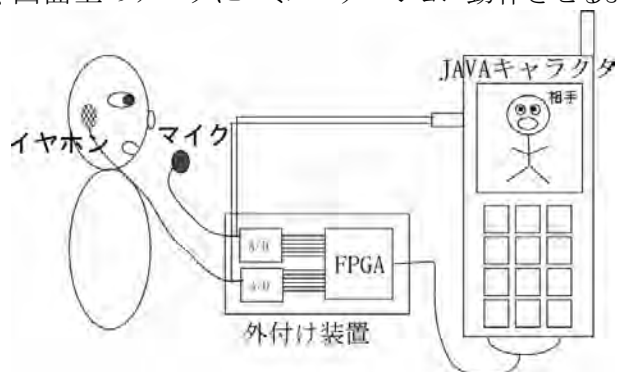


図3.2.2 携帯電話を用いたE-COSMICシステムの概要

このシステムの使用者(以下、単に使用者とよぶ)は携帯電話で通話を行う際にハンズフリーマイクを用いて遠隔の通話相手(以下、通話者)との通話を行い、通話を行いつつ携帯電話の画面上のアバタの反応を確認する。画面上のキャラクタは、自分および相手の音声をもとに通話者のアバタとしてコミュニケーション動作(うなずき、まばたき、首かしげ、手の動き(左右独立)、口の動きおよびこれらの動きを組み合わせた動作)を行う。

開発したシステムは、通信を行うための携帯電話、携帯電話で動作するキャラクタ表示JAVAプログラム、FPGAを中心に2組のA/D変換器を設けて作製した外付け装置により構成されている。外付け装置にはヘッドホンマイクの接続端子、携帯電話のヘッドホン端子に接続するケーブル、携帯電話のシリアル端子に接続するケーブルを設置し、外付け装置内のFPGAには前述したE-COSMIC用IPに携帯電話との通信制御回路を付加したものを書き込んだ。

通話時には、ヘッドホンマイクから得られる使用者の音声とマイクから取り込まれる通話者の音声とを別々にA/D変換してFPGAに取り込み、これらの音声データを処理して制御信号を生成し、携帯電話のシリアル端子に送信する。外付け装置からの制御信号を受け取った携帯電話ではJAVAプログラムが動作し、この制御信号に応じて画面上のキャラクタに、使用者の音声に基づいた聞き手としての動作と通信者の音声に基づいた話し手としての動作を行わせている。

今回開発した基板のサイズは携帯電話より一回り大きいものとなっているが、携帯電話の1/4以下には十分小型化可能である。また、JAVAプログラムの規模は開発時における携帯電話のプログラムサイズの制約により50KBであるが、今後の携帯電話のプログラムサイズ制限の緩和に伴い拡張可能である。

図3.2.3にE-COSMICを実現する携帯電話システムの概観を、図3.2.4に外付け装置の内部状態を、図3.2.5に外付け装置内に実装したFPGA搭載制御基盤を、図3.2.6にJAVAで作成したプログラム(動作キャラクタ)をそれぞれ写真にて示す。



図3.2.3 E-COSMICを実現する携帯電話システムの概観



図3.2.4 外付け装置

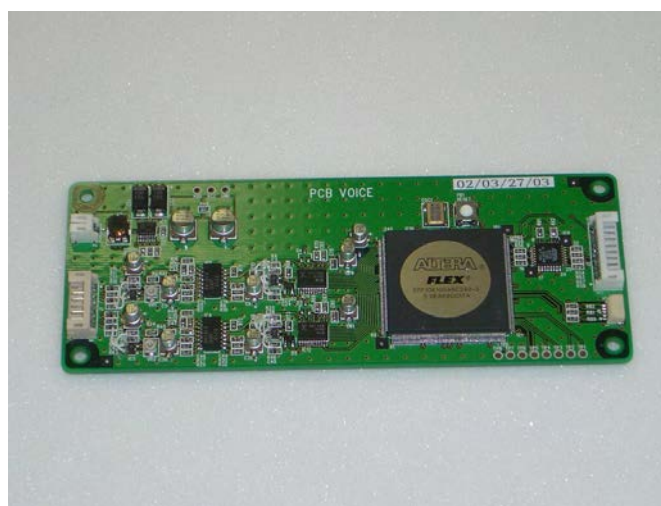


図3.2.5 FPGAを搭載した制御基盤

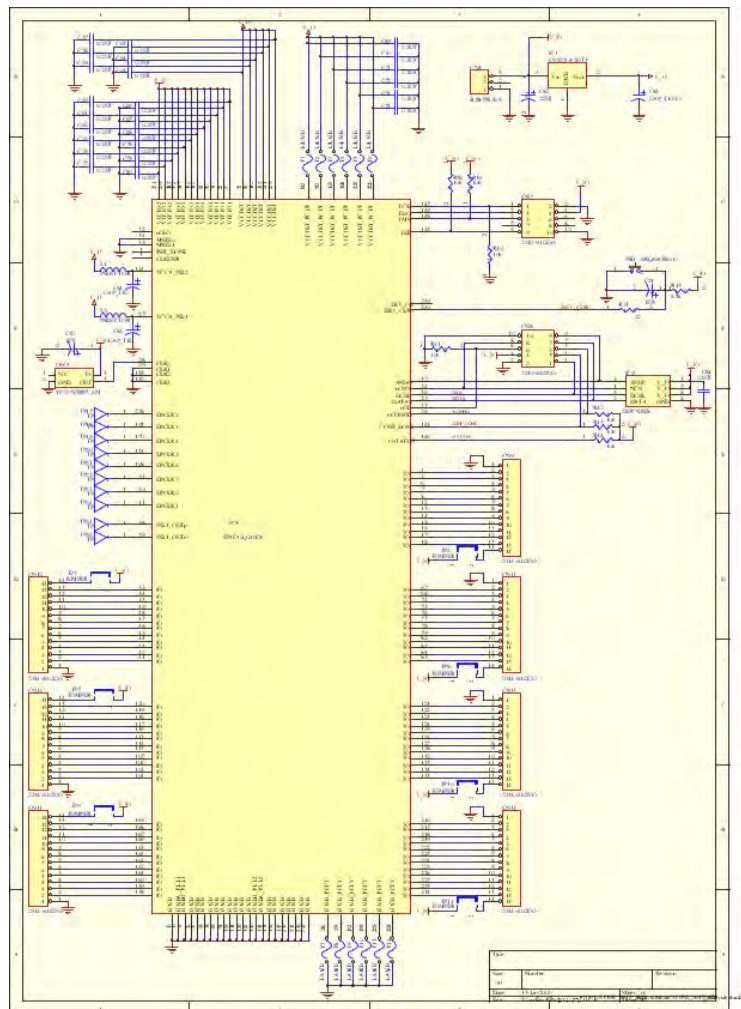


図3.2.6 JAVAで作成したプログラム(動作キャラクタ)

〔Ⅲ〕各種ロボット制御などに使用可能な汎用的なE-COSMICハードウェアモジュールの開発

E-COSMICをより一般的な環境で利用および実験するためには、携帯電話システムのように個別のシステムを作成することも重要であるが、汎用的に使用可能な小型で高速な専用ハードウェアの開発が重要であるとの考えから、汎用ハードウェアモジュールの開発を行っている。

開発にあたっては、より柔軟な変更ができるように、FPGAを中心に、FPGA書き換えようのコネクタと、できるだけ多くの汎用入出力コネクタを設けるようにしている。使用したFPGAは、開発時においては比較的安価で高集積であること、および実装の容易さからアルテラ社のサイクロン(EP1C12Q240C8)とした。作成したハードウェアモジュールからは、外部装置を制御するのに必要な信号を低電圧で出力し、外部装置の駆動部のドライブは外部装置の電源で行うようにしている。



声処理のためのアンプおよびA/D変換器を搭載したモジュールを付加した装置を図3.2.8に示す。図において左側のFPGAを搭載した部分が開発したハードウェアモジュールで、右側が同じく開発を行った音声A/D変換するためのモジュールである。

このハードウェアモジュールは、E-COSMIC開発・評価グループにおいてE-COSMIC実現用多体小型ロボットシステムに組み込まれて使用されている。このシステムに組み込まれた様子を図3.2.9に示す。本システムでは、FPGA上にE-COSMIC用IPを複数体分搭載し、各IPにおいて独立かつ並列に各ロボットの制御信号を生成することで、各ロボットが多様な動作をするE-COSMICシステムを実現している。

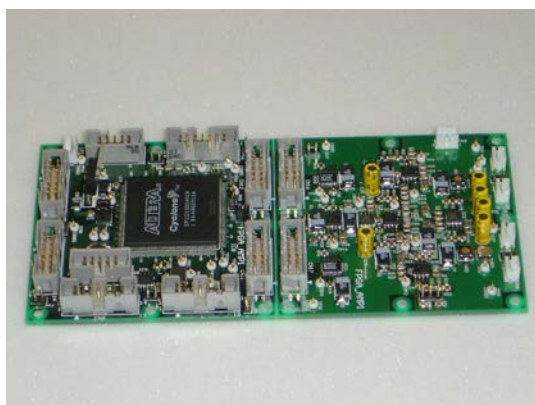


図3.2.8 開発したハードウェアモジュールと音声A/D処理モジュール

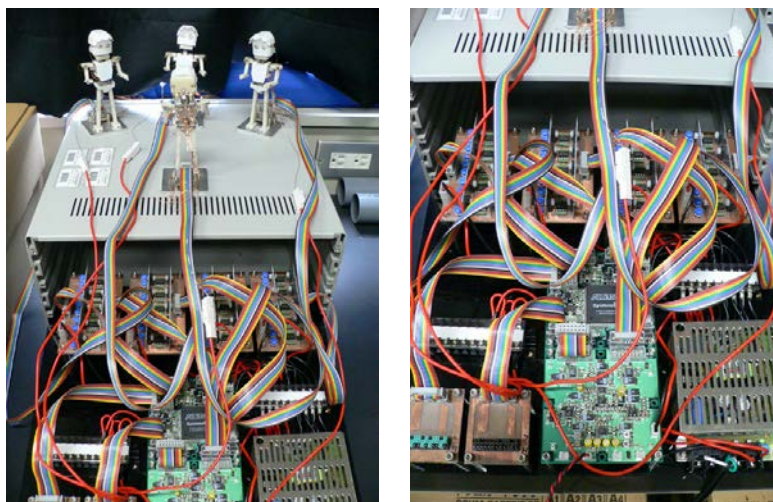


図3.2.9 E-COSMIC実現用多体小型ロボットシステムに搭載した状態

(2)研究成果の今後期待される効果

今回のハードウェアの開発は、プロトタイプの開発を目的に行ってきたものであるが、開発したIPやハードウェアモジュールは高い汎用性を備えていることから市販の製品などにも搭載可能である。また、開発した携帯電話システムは、今後の携帯電話アプリケーションのひとつの新しい可能性を示していると考えられ、携帯電話のJAVAアプリケーションの新分野での開発を促すと期待される。

成果物・作成時期一覧

2000年

- 身体的バーチャルコミュニケーションシステム
- 身体的バーチャルウェブコミュニケーションシステム
- 3者間身体的バーチャルコミュニケーションシステム
- InterRobot
- InterActor
- 複数身体引き込みコミュニケーションシステムSAKURA

2001年

- 音声駆動型身体的インタラクション玩具
- 音声駆動型身体引き込み動作生成LSI

2002年

- 身体的ビデオコミュニケーションシステム
- 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
- InterNurse
- 実体版SAKURA
- 携帯電話版InterActor

2003年

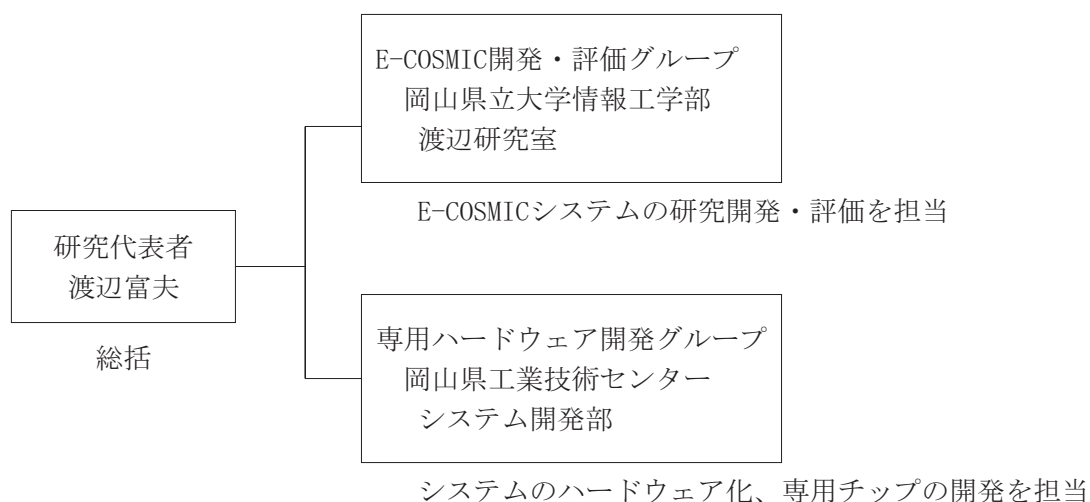
- 面の皮インタフェース
- 身体的あいさつインタラクション合成・解析システム
- 円柱型InterActor
- InterDevice
- InterActorを映像に重畳合成した身体的引き込みシステム

2004年

- VirtualPuppet
- InterAnimal
- InterPuppet
- 3Dオブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステム
- InterPointer
- E-COSMICハードウェアモジュール

4. 研究実施体制

(1) 体制



(2) メンバー表

①E-COSMICシステム開発・評価グループ

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
渡辺 富夫	岡山県立大学 情報工学部	教授	研究の統括	平成12年7月～ 平成17年3月
大久保 雅史	同志社大学工学部 (元岡山県立大学 情報工学部)	教授 (助教授)	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成17年3月 (平成12年7月～ 平成16年3月)
神代 充	岡山県立大学 情報工学部	助教授	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年4月～ 平成17年3月
山本 倫也	岡山県立大学 情報工学部	助手	E-COSMICシステム 開発・評価	平成14年4月～ 平成17年3月
黒田 勉	香川大学教育学部 (元岡山県立大学 情報工学部)	助教授 (助手)	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成12年9月
石井 裕	神戸大学 学術情報基盤センター (元岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科)	助手 CREST研究員 研究補助員 博士後期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成17年3月 (平成15年4月～ 平成15年10月) (平成12年9月～ 平成15年3月)
山田 貴志	香川大学教育学部 (元岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科)	講師 (博士後期課程)	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成17年3月 (平成12年4月～ 平成15年3月)

新徳 健	鹿児島工業高等 専門学校 (元岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科)	岡山県立大学 大学院情報系 工学研究科	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成17年3月 (平成13年4月～ 平成16年3月)
檀原 龍正	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科 インタロバット(株)	博士後期課程 研究補助員 主任技術員	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成17年3月 (平成13年4月～ 平成17年3月 平成16年4月除く)
村上 生美	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科 岡山県立大学 保健福祉学部	博士後期課程 教授	E-COSMICシステム 開発・評価	平成13年4月～ 平成17年3月
荻久保 雅道	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成13年3月
小畑 淳	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成13年3月
堀井 昌子	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成12年7月～ 平成13年3月
伊藤 正人	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成13年4月～ 平成14年3月
富田 拓朗	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成13年4月～ 平成14年3月
南尾 克彦	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成13年4月～ 平成14年3月
久保木 聡	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成14年4月～ 平成15年3月
小林 要介	岡山県立大学	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成14年4月～ 平成15年3月
佐藤 章	大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成14年4月～ 平成15年3月
山口 啓太	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成14年4月～ 平成15年3月
小野 紘司	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成15年4月～ 平成16年3月

鈴木 克拓	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成15年4月～ 平成16年3月
長井 弘志	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士後期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成15年4月～ 平成17年3月
石原 学	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年4月～ 平成17年3月
大西 裕樹	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年4月～ 平成17年3月
東 哲也	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年4月～ 平成17年3月
大崎 浩司	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年8月～ 平成17年3月
加藤 裕代	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年8月～ 平成17年3月
平松 直人	岡山県立大学 大学院情報系工学 研究科	博士前期課程	E-COSMICシステム 開発・評価	平成16年8月～ 平成17年3月
岡 正子	岡山県立大学 情報工学部	研究補助員	事務	平成12年8月～ 平成17年3月

②専用ハードウェア開発グループ

氏 名	所 属	役 職	研究項目	参加時期
高原 祥充	岡山県工業技術センター システム技術部	技師	IP化した引き込み原理 専用回路の開発	平成12年7月～ 平成17年3月
山田 充	岡山県工業技術センター システム技術部	室長	携帯電話システムの検証	平成12年7月～ 平成16年3月
辻 善夫	岡山県工業技術センター システム技術部	技師	携帯電話システムのソフト ウェア開発	平成12年7月～ 平成16年3月

5. 研究期間中の主な活動

(1) ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成16年 9月20日	JST CREST International Symposium on Robot and Human Interactive Communication	倉敷アイビースクエア	150人	高度メディア社会の生活情報技術として身体的コミュニケーション技術を開発してきた4年半にわたる研究成果を発表する場として「ロボットと人間の身体的コミュニケーション」をテーマに本シンポジウムを開催した。

(2) 招聘した研究者等

氏 名 (所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Kazuhiko Kawamura (Professor of Electrical and Computer Engineering & Management of Technology Director, Center for Intelligent Systems, Vanderbilt University, USA)	JST CREST International Symposium on Robot and Human Interactive Communication 基調講演 ・研究打ち合わせ	倉敷市	平成16年9月 16日～25日
Kerstin Dautenhahn(Professor of Artificial Intelligence, Adaptive Systems Research Group, University of Hertfordshire, UK)	JST CREST International Symposium on Robot and Human Interactive Communication 基調講演 ・研究打ち合わせ	倉敷市	平成16年9月 17日～27日
原 文雄 (東京理科大学工学部 ・教授、理事)	JST CREST International Symposium on Robot and Human Interactive Communication 基調講演	倉敷市	平成16年9月 19日～21日

6. 主な研究成果物、発表等

(1) 論文発表 (国内 20件、海外 4件)

1. Tomio Watanabe, Masashi Okubo, Mitsuhiro Nakashige and Ryusei Danbara: InterActor: Speech-Driven Embodied Interactive Actor, International Journal of Human-Computer Interaction, Vol.17 , No.1, pp.43-60. 2004.
2. Tomio Watanabe, Masamichi Ogikubo and Yutaka Ishii: Visualization of Respiration in the Embodied Virtual Communication System and Its Evaluation, International Journal of Human-Computer Interaction, Vol.17 , No.1, pp.89-102, 2004.
3. Hiroki Ogawa and Tomio Watanabe: InterRobot: speech-driven embodied interaction robot, Advanced Robotics, Vol.15, No.3, pp.371-377, 2001.
4. Tomio Watanabe, Masashi Okubo and Hiroki Ogawa: An Embodied Interaction Robots System Based on Speech, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.12, No.2, pp.126-134, 2000.

5. 石井裕、渡辺富夫：ビデオコミュニケーションにおける自己映像の合成対話配置の評価，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.7, No.2, 2005, (掲載決定).
6. 村上生美、渡辺富夫、檀原龍正：患者-看護師役割コミュニケーションにおける音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの評価，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.7, No.2, 2005, (掲載決定).
7. 山本倫也、渡辺富夫：ロボットとのあいさつインタラクションにおける動作に対する発声遅延の効果，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.6, No.3, pp.87-94, 2004.
8. 山田貴志、渡辺富夫：バーチャル腕相撲システムにおける顔画像合成のための顔色分析と合成，日本機械学会論文集(C編)，Vol.70, No.693, pp.139-146, 2004.
9. 大久保雅史、渡辺富夫、久保木聡：視点変更を用いた仮想空間3次元形状評価のための協調作業支援システム，日本機械学会論文集(C編)，Vol.70, No.693, pp.124-131, 2004.
10. 新徳健、渡辺富夫：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，情報処理学会論文誌，Vol.45, No.4, pp.1212-1221, 2004.
11. 大久保雅史、渡辺富夫、伊藤正人、久保木聡：仮想空間での3次元形状評価における視覚情報の遅延の影響，日本機械学会論文集(C編)，Vol.69, No.684, pp.124-129, 2003.
12. 石井裕、渡辺富夫：VirtualActorを対面合成した身体的ビデオ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.5, No.2, pp.73-82, 2003, 2004年度ヒューマンインタフェース学会論文賞.
13. 渡辺富夫：身体的コミュニケーションにおける引き込みと身体性—心が通う身体的コミュニケーションシステムE-COSMICの開発を通して—，ベビーサイエンス，Vol.2, pp.4-12, 2003.
14. 石井裕、渡辺富夫：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.
15. 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の対話配置の評価，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.4, No.2, pp.43-50, 2002.
16. 山田貴志、渡辺富夫：笑いの情動下での動的顔色と表情を伴うバーチャル顔画像合成における顔色の効果，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.4, No.1, pp.1-8, 2002.
17. 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論文誌，Vol.3, No.4, pp.319-326, 2001, 2002年度ヒューマンインタフェース学会論文賞.
18. 大久保雅史、渡辺富夫：仮想空間における3次元形状評価のための視線-行為連動システム，日本機械学会論文集(C編)，Vol.67, No.660, pp.230-236, 2001.
19. 山田貴志、黒田勉、渡辺富夫：顔画像と顔面皮膚温の同時計測による笑いにおける顔色の動的分析，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.3, No.2, pp.79-86, 2001.
20. 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.
21. 渡辺富夫、大久保雅史、小川浩基：発話音声に基づく身体的インタラクションロボットシステム，日本機械学会論文集(C編)，Vol.66, No.648, pp.251-258, 2000.

22. 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.
23. 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, 2001年度ヒューマンインタフェース学会論文賞.
24. 大久保雅史, 渡辺富夫：オプティカル・スネークによる口唇運動抽出とその3次元形状化, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.2, No.3, pp.57-63, 2000.

(2) 口頭発表

①招待、口頭講演（国内 156件、海外 30件）

1. Tomio Watanabe: E-COSMIC: Embodied Communication System for Mind Connection, Proc. of the 13th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication (RO-MAN 2004), pp.1-6, 2004-9,(Plenary Talk).
2. Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: Timing Control Effects of Utterance to Communicative Actions on Embodied Interaction with a Robot, Proc. of the 13th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication (RO-MAN 2004), pp.467-472, 2004-9.
3. Yutaka Ishii and Tomio Watanabe: An Embodied Video Communication System in which Own VirtualActor is Superimposed for Virtual Face-to-Face Scene, Proc. of the 13th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication (RO-MAN 2004), pp.461-466, 2004-9.
4. Takashi Yamada and Tomio Watanabe: Effects of Facial Color on Virtual Facial Color and Expression under Laughing Emotion, Proc. of the 13th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication (RO-MAN 2004), pp.341-346, 2004-9.
5. Takashi Yamada and Tomio Watanabe: Dynamic Analysis of Facial Color under Laughing Emotion Based on the Simultaneous Measurement of Facial Image and Facial Skin Temperature, Proc. of the 8th World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI2004), Vol.X, pp.190-195, 2004-7.
6. Masashi Okubo and Tomio Watanabe: COLLABORATION SUPPORT SYSTEM WITH MULTI VIEWPOINTS FOR 3D SHAPE, Proceedings of 2004 JUSFA 2004 Japan - USA Symposium on Flexible Automation, JL009, 2004-7.
7. Tomio Watanabe, Ryusei Danbara and Masashi Okubo: Effects of a Speech-Driven Embodied Interactive Actor "InterActor" on Talker's Speech Characteristics, Proc. of the 12th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication (RO-MAN 2003) ,pp.211-216, 2003-11.
8. Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: Time Lag Effects of Utterance to Communicative Actions on Robot-Human Greeting Interaction, Proc. of the 12th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication(RO-MAN 2003), pp.217-222, 2003-11.
9. Masashi Okubo and Tomio Watanabe: Collaboration Support System by Using Viewpoint Switching for 3D Shape Evaluation in Virtual Space, Proc. of the 12th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication(RO-MAN 2003), pp.331-334, 2003-11.
10. Tomio Watanabe: Embodied Interaction and Communication Technology Through the Development of E-COSMIC: Embodied Communication System for Mind Connection, Proc. of the EVOLVABILITY & INTERACTION: Evolutionary Substrates of Communication, Signaling, and Perception in the Dynamics of Social Complexity, pp.6-8, 2003-10,(Invited Speech).

11. Tomio Watanabe, Masashi Okubo and Ryusei Danbara: InterActor for Human Interaction and Communication Support, Proc. of the International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT'03), pp.113-120, 2003-9.
12. Takashi Yamada and Tomio Watanabe: Dynamic Analysis of Facial Color by Using the Force Feedback System for Virtual Arm Wrestling, Proc. of the 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2003), pp.765-770, 2003-7.
13. Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: Time Delay Effects of Utterance to Communicative Actions on Greeting Interaction by Using a Voice-Driven Embodied Interaction System, Proc. of the 5th IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA2003), pp.217-222, 2003-7.
14. Takeshi Shintoku and Tomio Watanabe: An Embodied Virtual Communication System for Three Human Interaction Support and Analysis by Synthesis, Proc. of the 5th IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA2003), pp.211-216, 2003-7.
15. Tomio Watanabe and Masashi Okubo: SAKURA: Voice-Driven Embodied Group-Entrained Communication System, Proc. of the 10th International Conference on Human - Computer (HCI International 2003), Vol.2, pp.558-562, 2003-6.
16. Tomio Watanabe, Ryusei Danbara and Masashi Okubo : InterActor: Speech Driven Embodied Interactive Actor for Human Interaction and Communication Support, 2002 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, MP2J4, pp.1-6, 2002.
17. Masashi Okubo and Tomio Watanabe: Development of 3D Shape Evaluation System for Collaboration Support in Virtual Space, Proc. of the 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2002), pp.53-58, 2002.
18. Tomio Watanabe, Ryusei Danbara and Masashi Okubo: InterActor: Speech Driven Embodied Interactive Actor, Proc. of the 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2002), pp.430-435, 2002, the Best Paper Award, 2003.
19. • Takashi Yamada and Tomio Watanabe: Analysis and Synthesis of Facial Color for Virtual Face Image in Force Display, The Twelfth International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2002), pp.78-84, 2002.
20. Tomio Watanabe and Masashi Okubo: Sensory Evaluation of Expressive Actions of InterRobot for Human Interaction and Communication Support, Proc. of the 10th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2001), pp.44-49, 2001.
21. Masashi Okubo and Tomio Watanabe: 3D Shape Evaluation Analysis by Synthesis in Virtual Space for Collaboration, Proc. of the 10th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2001), pp.56-61, 2001.
22. Yutaka Ishii and Tomio Watanabe: Effects of the Arrangement of VirtualActors on Human Interaction by Using the Embodied Virtual Communication System, Proc of the International Symposium on Measurement, Analysis and Modeling of Human Functions(ISHF2001), pp.269-274, 2001.
23. Tomio Watanabe: E-COSMIC: Embodied Communication System for Mind Connection, Proc. of the 9th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2001), Vol.1, pp.253-257, 2001.
24. Tomio Watanabe and Hiroki Ogawa: InterRobot for Human Interaction and Communication Support, Proc. of World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI2001), Vol.VIII, pp.466-471, 2001.

25. Tomio Watanabe, Masashi Okubo and Yutaka Ishii: An Embodied Virtual Face-to-Face Communication System with Virtual Actor and Virtual Wave for Human Interaction Sharing, Proc. of World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI2000), III, pp.146-151, 2000.
26. Masashi Okubo and Tomio Watanabe: Lip Motion Capture Based on Hue of Color by using Optical-Snakes, Proc. of World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI2000), V, pp.247-251, The Best Paper Award, 2000.
27. Tomio Watanabe, Masashi Okubo and Hiroki Ogawa: A Speech Driven Embodied Interaction Robots System for Human Communication Support, Proc. of 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2000), pp.852-857, 2000.
28. Yutaka Ishii and Tomio Watanabe: Evaluation of an Embodied Virtual Communication System for Human Interaction Analysis by Synthesis, Proc. of the 9th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2000), pp.29-34, 2000.
29. Hiroki Ogawa and Tomio Watanabe: InterRobot: A Speech Driven Interaction Robot, Proc. of the 9th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2000), pp.322-327, 2000.
30. Masashi Okubo and Tomio Watanabe: 3D Shape Evaluation in Virtual Space - Effectiveness of Gazing Line-Action Linkage System, Proc. of the 9th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2000), pp.374-377, 2000.
31. 渡辺富夫：人間とのコミュニケーションと引き込みー心が通う身体的コミュニケーションシステムE-COSMICの開発を通してー，第7回人工物工学国内シンポジウム，pp.122-127，2005-1.
32. 山田貴志、渡辺富夫：バーチャル腕相撲システムの力覚提示に伴う顔色提示のための末梢皮膚温の動的分析：ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol.6，No.6，pp.23-26，2004-12.
33. 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，第5回システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2004)，pp.883-886，2004-12，(基調講演).
34. 石井裕，渡辺富夫：VirtualActor を自己参照アバタとして対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム，pp.887-888，2004-12.
35. 新徳健、渡辺富夫、山本倫也：3者間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面の皮インタフェース，第5回システムインテグレーション部門学術講演会(SI2004)，pp.889-890，2004-12.
36. 山本倫也、渡辺富夫、大崎浩司：ロボットとの身体的インタラクションにおける動作に対する発声タイミング制御の効果，第5回システムインテグレーション部門学術講演会(SI2004)，pp.891-892，2004-12.
37. 長井弘志、渡辺富夫、山本倫也：うなずき反応を提示する音声駆動型身体的レーザーポインタ，第5回システムインテグレーション部門学術講演会(SI2004)，pp.893-894，2004-12.
38. 石原学、山本倫也、渡辺富夫：音声駆動型身体的引き込み3Dオブジェクトを用いた動きのインタラクション効果，第6回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集，pp.260-263，2004-12，第6回IEEE広島支部学生シンポジウムHISS優秀論文賞.
39. 大久保雅史、渡辺富夫：仮想空間を利用した協調作業支援システムにおけるうなずき反応の影響，日本機械学会第14回設計工学・システム部門講演論文集，pp.149-152，2004-11.
40. 山田貴志、渡辺富夫：腕相撲インタラクションロボットシステムの開発，日本機械学会第14回設計工学・システム部門講演論文集，pp.153-154，2004-11.

41. 東哲也、新徳健、山本倫也、渡辺富夫：面の皮インタフェース：アバタ頭部没入型身体的コミュニケーション支援インタフェース，平成16年度電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集，pp.358-359, 2004-10.
42. 長井弘志、渡辺富夫、山本倫也：うなずき反応を提示する音声駆動型身体的レーザーポインタの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.835-838, 2004-10.
43. 大崎浩司、渡辺富夫、山本倫也、神代充：InterActorに手指動作入力を併用した身体的インタラクションシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.839-842, 2004-10, ヒューマンインタフェースシンポジウム2004優秀プレゼンテーション賞受賞.
44. 大久保雅史、渡辺富夫：仮想空間3次元形状評価のための協調作業支援システムにおけるうなずき反応の影響，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.1007-1010, 2004-10.
45. 大西裕樹、渡辺富夫、山本倫也：InterActorを映像に重畳合成した身体的引き込みシステム，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.1021-1024, 2004-10.
46. 長崎誠、山田貴志、渡辺富夫：腕相撲インタラクションロボットの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.44-47, 2004-10.
47. 石井裕、大崎浩司、渡辺富夫、山本倫也：手指動作入力による身体的バーチャルコミュニケーションシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.1025-1028, 2004-10.
48. 新徳健、東哲也、山本倫也、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における面の皮インタフェースの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.1029-1032, 2004-10.
49. 石井裕、渡辺富夫：身体的ビデオコミュニケーションにおける合成対話配置の官能評価，第3回情報科学技術フォーラム，pp.619-620, 2004-9.
50. 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，共創シンポジウム2004（CO-creation 2004）講演集，pp.27-32, 2004-8.
51. Takashi Yamada Tomio Watanabe: Dynamic Model Color for Facial Image Synthesis in a Virtual Arm Wrestling: Proc. of SICE Annual Conference 2004, pp.1919-1922, 2004-8.
52. 渡辺富夫、鈴木克拓、山本倫也：3Dオブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステム，第32回可視化情報シンポジウム講演論文集，Vol.24, Suppl, No.1, pp.295-298, 2004-7, 第32回可視化情報シンポジウムグッドプレゼンテーション賞.
53. 山本倫也、渡辺富夫：ロボットの対話インタフェースにおける動作に対する音声遅延の効果，情報処理学会第66回全国大会論文集（5），pp.65-68, 2004-3.
54. 山田貴志、渡辺富夫：力学提示に伴う顔色の合成的解析－腕相撲インタラクションシステムの開発を目指して－，情報処理学会第66回全国大会論文集（5），pp.61-64, 2004-3.
55. 長井弘志、渡辺富夫、山本倫也：InterPointer：音声駆動型身体的引き込みポインタの開発，情報処理学会第66回全国大会論文集（4），pp.231-232, 2004-3, 情報処理学会第66回全国大会奨励賞.
56. 山本倫也、渡辺富夫、大崎浩司：インタラクションロボットのあいさつ動作における発声遅延の効果，ヒューマンインタフェース学会第8回ノンバーバルインタフェース研究会論文集，pp.15-16, 2004-1.

57. 山田貴志、渡辺富夫：力覚提示における顔色と表情の動的分析，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，Vol.6, No.1, pp.111-114, 2004-1.
58. 渡辺富夫，山本倫也，小野紘司：聞き手のInterActorを映像に重畳合成した身体的引き込みシステムの開発，計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集，pp.990-991, 2003-12.
59. 大久保雅史，渡辺富夫：仮想空間3次元形状評価のための協調作業支援システム，計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集，pp.1002-1003, 2003-12.
60. 鈴木克拓，渡辺富夫，山本倫也：InterTree: 音声駆動型身体引き込み樹木型キャラクタ，第46回自動制御連合講演会講演論文集，pp.462-466, 2003-11.
61. 小野紘司，渡辺富夫，大久保雅史：没入できる音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム，第46回自動制御連合講演会講演論文集，pp.467-470, 2003-11.
62. 石井裕，渡辺富夫：自己のビデオ映像を対話合成提示したコミュニケーション効果，第46回自動制御連合講演会講演論文集，pp.710-711, 2003-11.
63. 大久保雅史，渡辺富夫：仮想空間3次元形状評価における自己アバタ提示法，第46回自動制御連合講演会講演論文集，pp.712-715, 2003-11.
64. 山本倫也，渡辺富夫：ロボットとのあいさつのインタラクションの合成的解析による対話型インタフェースの検討，第46回自動制御連合講演会講演論文集，pp.720-723, 2003-11.
65. 渡辺富夫：人とロボットの同期現象，テクノカレント，No.357, pp.2-11, 2003-11.
66. 大久保雅史，渡辺富夫：仮想空間3次元形状評価における手部提示の一考察，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.65-68, 2003-9.
67. 山本倫也，渡辺富夫：ロボットとのあいさつインタラクションにおける動作に対する発声遅延の効果，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.163-166, 2003-9.
68. 村上生美，渡辺富夫，檀原龍正，石井裕：患者－看護師役割コミュニケーションの音声駆動型身体引き込みキャラクタ InterActor の評価，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.341-344, 2003-10.
69. 檀原龍正，渡辺富夫，大久保雅史，佐藤章：音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの対話配置の合成的解析，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.349-352, 2003-10.
70. 新徳健，渡辺富夫，東哲也，山本倫也：3者間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自己VirtualActor投影の効果，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.353-356, 2003-10.
71. 小野紘司，渡辺富夫，大久保雅史，大西裕樹：音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステムにおける自己InterActor投影の効果，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.363-366, 2003-10.
72. 長井弘志，渡辺富夫，山本倫也：うなずき反応を触覚提示する音声駆動型身体的引き込みシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.525-528, 2003-10, ヒューマンインタフェースシンポジウム2003優秀プレゼンテーション賞.
73. 鈴木克拓，渡辺富夫，山本倫也：円柱型InterActorを用いた音声駆動型身体的引き込みシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.535-538, 2003-10, ヒューマンインタフェースシンポジウム2003優秀プレゼンテーション賞.

74. 石井裕, 渡辺富夫: ビデオコミュニケーションにおける自己映像の合成対話配置の評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集, pp.811-814, 2003-10.
75. 山田貴志, 渡辺富夫: 周期的繰り返し力覚提示に伴う顔面皮膚温と顔色の動的分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集, pp.615-619, 2003-10.
76. 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, 日本顔学会誌, Vol.3, No1, pp.156, 2003-9.
77. 大久保雅史, 渡辺富夫, 久保木聡: 仮想空間3次元形状評価のための協調作業支援システムの開発, 日本機械学会2003年度年次大会講演論文集, Vol.IV, pp.249-250, 2003-8.
78. 山田貴志, 渡辺富夫: バーチャル腕相撲システムにおける顔面皮膚温と顔色の動的分析, 日本機械学会2003年度年次大会講演論文集, Vol.IV, pp.273-274, 2003-8.
79. Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: Analysis by Synthesis of the Timing of Utterance to Communicative Actions on Greeting Embodied Interaction, SICE Annual Conference in Fukui, pp.3227-3232, 2003-8.
80. 石井裕, 渡辺富夫: 自己アバタを対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム, 第31回可視化情報シンポジウム講演論文集, Vol.23, No.1, pp.357-360, 2003-7.
81. 山本倫也, 渡辺富夫: 身体的インタラクションロボットのあいさつ動作における発話遅延の効果, 電子情報通信学会技術報告, Vol.103, No.113, pp.13-18, 2003-6.
82. 石井裕, 渡辺富夫: VirtualActorを対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステムの評価, 情報処理学会第65回全国大会論文集(4), pp.75-76, 2003-3.
83. 大久保雅史, 渡辺富夫, 久保木聡: 仮想空間3次元形状評価における協調作業支援のための視点変更手法の開発, 情報処理学会第65回全国大会論文集(4), pp.61-62, 2003-3.
84. 山本倫也, 池谷晴生, 渡辺富夫: 身体引き込みコミュニケーション支援のためのコミュニケーション動作における発声遅延の分析, 情報処理学会第65回全国大会論文集(4), pp.73-74, 2003-3.
85. 山田貴志, 渡辺富夫: バーチャルヒューマンとの腕相撲システム, 情報処理学会第65回全国大会論文集(4), pp.67-68, 2003-3.
86. 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, 情報処理学会第65回全国大会論文集(4), pp.69-70, 2003-3.
87. 山田貴志, 渡辺富夫: 顔色変動を有するバーチャルヒューマンとの腕相撲システム, 2003年電子情報通信学会総合大会講演論文集, pp.287, 2003-3.
88. 渡辺富夫: 高度メディア社会における身体的コミュニケーション技術, 電子情報通信学会技術研究報告(特別講演), Vol.102, No.595, pp.49-54, 2003-1.
89. 渡辺富夫: 高度メディア社会における身体的コミュニケーション技術, ヒューマンインタフェース学会研究報告集(特別講演), Vol.5, No.1, pp.55-60, 2003-1.
90. 久保木聡, 大久保雅史, 渡辺富夫: 3次元形状評価のための仮想空間協調作業支援システムの開発, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.5, No.1, pp.51-54, 2003-1.
91. 山本倫也, 池谷晴生, 渡辺富夫: 対面あいさつのコミュニケーション動作における発声遅延の分析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.5, No.1, pp.83-86, 2003-1.

92. 渡辺富夫：身体的コミュニケーションと共創，計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集（Ⅱ），pp.47-48，2002.
93. 渡辺富夫：心が通う身体的コミュニケーション技術，日本人間工学会第10回看護人間工学部会総会・研究発表会10周年記念講演，2002，(招待講演).
94. 渡辺富夫：身体的コミュニケーション技術，ロボット学会ロボット工学セミナー生体・生理・感性ロボティクスの最新動向テキスト，pp.26-30，2002.
95. 渡辺富夫，大久保雅史，小林要介：InterRobotを用いた集団引き込みコミュニケーションシステム，日本機械学会第12回設計工学・システム部門講演会講演論文集，pp.260-261，2002.
96. 大久保雅史，渡辺富夫，久保木聡：仮想空間3次元形状評価のための協調作業支援システムにおける視点変更，日本機械学会第12回設計工学・システム部門講演会講演論文集，pp.254-257，2002.
97. 石井裕，渡辺富夫：聞き手のVirtualActorの頭部動作を矛盾的に止めた身体的インタラクション解析，日本機械学会2002年度年次大会講演論文集，Vol.V，pp.237-238，2002.
98. 新徳健，渡辺富夫：3者間身体的バーチャルウェーブコミュニケーションシステム，日本機械学会2002年度年次大会講演論文集，Vol.V，pp.239-240，2002.
99. 村上生美，檀原龍正，渡辺富夫：看護系学生間対話における音声-身体引き込みキャラクタInterActorの評価，日本機械学会2002年度年次大会講演論文集，Vol.V，pp.241-242，2002.
100. 久保木聡，大久保雅史，渡辺富夫：仮想空間3次元形状評価における自己の振舞いの投影の影響，日本機械学会2002年度年次大会講演論文集，Vol.V，pp.253-254，2002.
101. 山田貴志，渡辺富夫：力覚提示に伴う顔色の分析とバーチャル顔画像合成，日本バーチャルリアリティ学会第7回大会論文集，pp.399-402，2002.
102. 石井裕，渡辺富夫：VirtualActorを対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.121-124，2002.
103. 新徳健，渡辺富夫，鈴木克拓：バーチャルウェーブを用いた3者間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シンポジウム2002論文集，pp.95-98，2002.
104. 村上生美，檀原龍正，渡辺富夫：看護学生による患者-看護師役割コミュニケーションにおける音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの評価，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.121-124，2002.
105. 山田貴志，渡辺富夫：力覚提示に伴う顔面皮膚温と顔色の分析，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.267-270，2002.
106. 佐藤章，渡辺富夫，大久保雅史：音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの対話配置の検討，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.103-106，2002.
107. 小林要介，渡辺富夫，大久保雅史：音声駆動型身体的インタラクションロボットInterRobotを用いた集団コミュニケーションシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.117-120，2002.
108. 山口啓太，渡辺富夫，大久保雅史，小野紘司：音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム"さくら"による集団コミュニケーション場の伝達効果，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.519-522，2002，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002優秀プレゼンテーション賞.

109. 久保木聡, 大久保雅史, 渡辺富夫: 仮想空間での3次元形状評価における協調作業のための視点変更の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集, pp.339-342, 2002.
110. 山田貴志, 渡辺富夫: 力覚提示に伴う顔色の動的分析, 第17回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp.181-184, 2002.
111. 山田貴志, 渡辺富夫: 力覚提示に伴う顔面皮膚温と顔色の動的分析, 第5回ノンバーバル研究会講演論文集, pp.9-10, 2002.
112. 檀原龍正, 南尾勝彦, 渡辺富夫, 大久保雅史: 音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの話者音声特性への影響, 情報処理学会第64回全国大会予稿集(4), pp.65-67, 2002.
113. 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人, 久保木聡: 仮想空間3次元形状評価における身体性の効果, 情報処理学会第64回全国大会予稿集(4), pp.67-68, 2002.
114. 山田貴志, 渡辺富夫: 恐怖の情動下における顔色の動的分析, 情報処理学会第64回全国大会予稿集(4), pp.69-70, 2002.
115. 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の聞き手頭部動作のコミュニケーション効果, 情報処理学会第64回全国大会予稿集(4), pp.499-504, 2002, 第64回全国大会奨励賞.
116. 山田貴志, 渡辺富夫: 恐怖の情動下での顔色の動的分析とバーチャル顔画像合成, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.4, No.1, pp.71-74, 2002.
117. 村上生美, 檀原龍正, 渡辺富夫: 教師-学生間コミュニケーションにおける音声-身体引き込みキャラクタInterActorの評価, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.4, No.1, pp.19-22, 2002.
118. 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, 電子情報通信学会信学技報(特別招待講演), pp.49-54, 2001.
119. 渡辺富夫: 身体的コミュニケーション技術, 人間とITを活かすヒューマンインタフェース講習会資料, 日本機械学会, pp.13-17, 2001.
120. 久保木聡, 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人: 仮想空間における視触覚-行為連動システムを用いた3次元形状評価の合成的解析, 第3回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集, pp.99-102, 2001, HISS優秀プレゼンテーション賞.
121. 新徳健, 渡辺富夫: 3者間コミュニケーションの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, 第3回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集, pp.95-98, 2001.
122. 渡辺富夫, 大久保雅史, 小川浩基, 檀原龍正: 音声に基づく身体的インタラクションシステム, 日本機械学会第11回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.77-79, 2001.
123. 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人, 久保木聡: 3次元形状評価のための仮想空間協調作業支援システムの開発, 日本機械学会第11回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.73-76, 2001.
124. 渡辺富夫: 心が通う身体的コミュニケーション技術, 科学技術振興事業団基礎研究報告会シンポジウム「脳とシステム」要旨集, pp.31-37, 2001.
125. 渡辺富夫, 大久保雅史, 山口啓太: 音声駆動型身体引き込みコミュニケーションシステム "さくら"による集団引き込み場の伝達効果, ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集, pp.281-284, 2001.

126. 山田貴志, 渡辺富夫: 笑いの情動下での動的顔色と表情を伴うバーチャル顔画像合成における顔色の効果, ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集, pp.559-562, 2001, 2002年度ヒューマンインタフェース学会学術奨励賞.
127. 南尾勝彦, 渡辺富夫, 檀原龍正: 音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorが話し手の音声に与える効果, ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集, pp.277-280, 2001.
128. 渡辺富夫, 大久保雅史, 小川浩基, 檀原龍正: InterRobot/InterActor: 音声に基づく身体引き込みインタラクションシステム, ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集, pp.397-400, 2001, 優秀プレゼンテーション賞.
129. 富田拓朗, 渡辺富夫, 大久保雅史, 石井裕: 顔画像相関トラッキングによる身体的バーチャルウェブ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シンポジウム2001論文集, pp.269-272, 2001.
130. 石井裕, 渡辺富夫: 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シンポジウム2001論文集, pp.273-276, 2001.
131. 伊藤正人, 大久保雅史, 渡辺富夫, 久保木聡: 仮想環境での協調作業支援のための3次元形状評価システムの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集, pp.5-8, 2001.
132. 山田貴志, 渡辺富夫: 笑いの情動下での動的顔色と表情を伴うバーチャル顔画像合成, 日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集, pp.115-116, 2001.
133. 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人, 久保木聡: 仮想環境における3次元形状評価のための協調作業支援システムの開発, 日本機械学会2001年度年次大会講演資料集, Vol.III, pp.17-18, 2001.
134. 檀原龍正, 渡辺富夫: 音声駆動型複数身体引き込みキャラクタ"InterActor"によるコミュニケーション支援, 日本機械学会2001年度年次大会講演資料集, Vol.III, pp.5-6, 2001.
135. 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評価, 日本機械学会2001年度年次大会講演資料集, Vol.III, pp.3-4, 2001.
136. 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空間配置によるコミュニケーション効果, 日本機械学会2001年度年次大会講演資料集, Vol.III, pp.1-2, 2001.
137. 渡辺富夫: 身体的コミュニケーション技術, 日本機械学会2001年度年次大会講演資料集, Vol.VII, pp.454-455, 2001.
138. 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, 日本機械学会2001年度年次大会講演資料集 (基調講演), Vol.VII, pp.25-26, 2001.
139. 山田貴志, 渡辺富夫: 笑いの情動下における顔色の動的モデル化とバーチャル顔画像合成, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.3, No.3, pp.69-72, 2001.
140. 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人, 久保木聡: 協調作業支援システムのための仮想空間3次元形状評価の合成的解析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.3, No.3, pp.47-50, 2001.
141. 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.
142. 新徳健, 渡辺富夫, 大久保雅史: 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.79-82, 2001.

143. 黒川隆夫, 渡辺 富夫: ノンバーバルコミュニケーションとインタフェース, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.3, No.2, pp.91-98, 2001.
144. 渡辺 富夫, 大久保雅史, 小畑 淳: 音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム"さくら"の評価, 第40回日本ME学会大会, Vol.39, p.549, 2001.
145. 渡辺 富夫, 大久保雅史, 小畑 淳: 音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム"さくら", 情報処理学会第62回全国大会予稿集(4), pp.85-86, 2001.
146. 大久保雅史, 渡辺 富夫, 伊藤 正人: 視線-行為連動システムにおける視覚情報遅延が3次元形状評価に及ぼす影響, 情報処理学会第62回全国大会予稿集(4), pp.151-152, 2001.
147. 渡辺 富夫, 黒田 勉: 顔色計測による情動評価とその遠隔診断への応用, 第5回岡山リサーチパーク合同研究発表会特別講演会・分科会発表要旨, p.48, 2001.
148. 渡辺 富夫, 大久保雅史, 小畑 淳: 音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム, 第10回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.205-206, 2001.
149. 大久保雅史, 渡辺 富夫, 伊藤 正人: 視線-行為連動系を用いた仮想空間での3次元形状評価-視覚情報の遅延の影響-, 第10回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.207-208, 2001.
150. 檀原龍正, 渡辺 富夫: 音声駆動型身体引き込みインタラクションシステム: InterRobotとInterActor, 2001年IEEE広島支部学生シンポジウム論文集, pp.100-103, 2001, HISS最優秀プレゼンテーション賞, HISS優秀研究賞.
151. 渡辺 富夫: 身体的コミュニケーションにおけるエンタテインメント; 身体性とコンピュータ, bit別冊(共立出版), pp.246-256, 2000.
152. 渡辺 富夫: 心が通う身体的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, p.121, 2000.
153. 西田正吾, 米谷 淳, 渡辺 富夫, 仲谷美江, 安村道晃: コミュニケーション支援の研究動向と今後の展望, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.2, No.2, pp.32-39, 2000.
154. 小川浩基, 渡辺 富夫: コミュニケーション支援型インタラクションロボット, 日本油空圧学会論文集, Vol.35, No.5, pp.399-402, 2000.
155. 渡辺 富夫: システムフロンティア, 日本機械学会誌, Vol.103, No.981, p.537, 2000.
156. 渡辺 富夫, 大久保雅史, 小畑 淳: 集団コミュニケーション場の生成のための音声駆動型身体引き込みシステムの開発, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.2, No.3, pp.43-46, 2000.
157. 石井 裕, 荻久保雅道, 渡辺 富夫: 対話者を仮想対面投影した身体性共有型ビデオコミュニケーションの評価, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.2, No.3, pp.37-41, 2000.
158. 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バーチャルアクターの対話配置の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.85-88, 2000.
159. 荻久保雅道, 渡辺 富夫, 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, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.89-92, 2000.
160. 新徳健, 渡辺 富夫, 大久保雅史: 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, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.93-96, 2000.
161. 堀井昌子, 渡辺 富夫, 小川浩基: 音声駆動型身体的インタラクションロボットシステムの評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.97-100, 2000.

162. 檀原龍正, 渡辺富夫, 大久保雅史：音声駆動型身体引き込みキャラクタInterActorの多様なコミュニケーション動作の評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.101-104, 2000.
163. 小畑淳, 渡辺富夫, 大久保雅史：音声駆動型身体引き込みコミュニケーションシステム "SAKURA", ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.331-334, 2000.
164. 小川浩基, 渡辺富夫：聞き手としての身体的音声反応玩具の開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.335-336, 2000.
165. 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人：視覚・触覚・視線一行為連動系を制御した仮想空間における3次元形状評価の合成的解析, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.451-454, 2000.
166. 黒田勉, 渡辺富夫：遠隔医療における顔色表示のための光源に基づく色彩データベースの構築, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.469-472, 2000.
167. 山田貴志, 黒田勉, 渡辺富夫：顔面皮膚温計測に基づく笑いの情動下での色彩画像処理による顔色の動的変化の分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム2000論文集, pp.473-474, 2000.
168. 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, 情報処理学会第60回全国大会講演論文集(4), pp.29-30, 2000.
169. 大久保雅史, 渡辺富夫：視触覚-行為連動システムを用いた3次元形状評価の合成的解析, 情報処理学会第60回全国大会講演論文集(4), pp.57-58, 2000.
170. 黒田勉, 渡辺富夫：情動変動に伴う顔色の動的変化の解析とその動画像合成, 情報処理学会第60回全国大会論文集(2), pp.43-44, 2000.
171. 渡辺富夫, 大久保雅史, 小川浩基, 堀井昌子：身体的インタラクションロボットInterRobotによるコミュニケーション, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'00講演会論文集, 1P1-77-118(1)~(2), 2000.
172. 黒田勉, 渡辺富夫：顔色の情動変動を基にした顔色動画像の合成, 日本機械学会2000年度年次大会講演論文集(II), pp.465-466, 2000.
173. 堀井昌子, 渡辺富夫, 大久保雅史, 小川浩基：音声駆動型インタラクションロボット Inter Robotを用いたコミュニケーション支援, 日本機械学会2000年度年次大会講演論文集(II), pp.475-476, 2000.
174. 石井裕, 渡辺富夫, 大久保雅史, 小畑淳：身体性共有型バーチャルウェーブコミュニケーションシステムの開発, 日本機械学会2000年度年次大会講演論文集(II), pp.477-478, 2000.
175. 大久保雅史, 渡辺富夫, 伊藤正人：視触覚-行為連動システムを用いた仮想空間における3次元形状評価の合成的解析, 日本機械学会2000年度年次大会講演論文集(II), pp.483-484, 2000.
176. 渡辺富夫：心が通う身体的コミュニケーション, 日本乳児行動発達研究会第4回公開シンポジウム, p.3, 2000.
177. 渡辺富夫：身体から身体へのコミュニケーションー心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC の開発を目指して, 日本原子力学会ヒューマンシステム研究部会第11回夏期セミナー, pp.26-36, 2000.
178. 渡辺富夫：身体的引き込みについて, 日本原子力学会ヒューマンシステム研究部会第11回夏期セミナー, pp.95-96, 2000.

179. Yutaka Ishii and Tomio Watanabe: An Embodied Virtual Communication System for Human Interaction Analysis by Synthesis, 2000年IEEE広島学生シンポジウム論文集, pp.143-146, 2000, 最優秀プレゼンテーション賞受賞.
180. 富田拓朗, 渡辺富夫, 石井裕: 画像相関トラッキングによる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開発, 平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集, pp.203-204, 2000.
181. 新徳健, 渡辺富夫, 大久保雅史: 集団コミュニケーションの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, 平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集, pp.205-206, 2000.
182. 伊藤正人, 大久保雅史, 渡辺富夫: 仮想空間における3次元形状評価における視覚情報の遅延の影響, 平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集, pp.207-208, 2000.
183. 檀原龍正, 渡辺富夫, 大久保雅史: 音声駆動型身体引き込みインタラクションシステム, 平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集, pp.390-391, 電子情報通信学会中国支部奨励賞受賞, 2000.
184. 小畑淳, 渡辺富夫, 大久保雅史: 音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム, 平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集, pp.555-556, 2000.
185. 渡辺富夫: 心が通う身体的コミュニケーション, おおぞら (Benesse Corporation), No.6, pp.18, 2000.
186. 渡辺富夫: 心が通う身体的コミュニケーションシステム, 高専教育の展開と高専・企業との交流総合報告, pp.45-66, 2000.

②ポスター発表 (国内 4件、海外 3件)

1. Tomio Watanabe: E-COSMIC: Embodied Communication System for Mind Connection, Proc. of the 18th Biennial Meeting of International Society for the Study of Behavioral Development (ISSBD 2004), p.236, 2004-7.
2. Tomio Watanabe and Hiroki Ogawa: Speech Driven Embodied Listener's Interaction Toy for Human Interaction and Communication Support, 17th Biennial Meeting of International Society for the Study of Behavioral Development (ISSBD 2002), p.744, 2002.
3. Tomio Watanabe: Embodied Virtual Face-to-Face Communication System for Human Interaction Analysis by Synthesis, Proc. of 16th Biennial Meeting of International Society for the Study of Behavioral Development (ISSBD'00), p.89, 2000.
4. 渡辺富夫, 山本倫也, 加藤裕代: 子どもを元気づける身体的コミュニケーションシステムの開発, 第1回子ども学会議 (「日本子ども学会」学術集会) メディア社会と子どもたち, p.14, 2004-9.
5. 渡辺富夫: 子どもを元気づける動物型InterActorの開発, 第4回日本赤ちゃん学会学術集会プログラム抄録集, p.43, 2004-4.
6. 渡辺富夫: 乳幼児行動発達研究のための身体的コミュニケーション技術, 第3回日本赤ちゃん学会学術集会プログラム抄録集, pp.39, 2003-5.
7. 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, 日本赤ちゃん学会第2回学術集会抄録集, p.67, 2002.

③プレス発表

1. ROBODEX2003展示
2. i R Tを実装した3 D C Gキャラクター、インタキャスターが山陽放送「まなまなビギン」のメインキャスターとして登場

(3) 特許出願(国内 5件、海外 0件)

①国内

1. 発 明 者：渡辺富夫、長井弘志、山本倫也
発明の名称：身体的引き込み現象を利用した身体リズム生成装置
出 願 番 号：特願2004-064854
出 願 日：平成16年3月8日
2. 発 明 者：渡辺富夫、山本倫也、鈴木克拓
発明の名称：視覚に訴える身体的引き込み方法及びシステム
出 願 番 号：特願2004-064855
出 願 日：平成16年3月8日
3. 発 明 者：渡辺富夫、長井弘志、山本倫也
発明の名称：触覚に訴える身体的引き込み方法及びシステム
出 願 番 号：特願2004-064856
出 願 日：平成16年3月8日
4. 発 明 者：渡辺富夫、山本倫也、小野紘司
発明の名称：身体的引き込み現象を利用した映像システム
出 願 番 号：特願2004-097926
出 願 日：平成16年3月30日
5. 発 明 者：渡辺富夫
発明の名称：身体的引き込み現象を利用したプレゼンテーションシステム
出 願 番 号：特願2004-097927
出 願 日：平成16年3月30日

②海外

なし

(4) 新聞報道等

①新聞報道

1. ロボット、CGが会話を仲立ち 悩める子供に"心の回路を開く", 産経新聞, 2004-6-27.
2. 心の通った情報通信 役割大きい声色と身ぶり, 読売新聞, 2004-2-7.
3. リズムが重要な要素 「動き」介し心通わせる, 山陽新聞, 2004-1-13.
4. うなずきロボット開発 母と赤ちゃんの会話ヒント, 山陽新聞, 2004-1-7.
5. ロボットって賢いね 県立大から10体来校 児童ら対話満喫, 山陽新聞, 2003-12-2.
6. 会話反応ロボの論文国際会議で最優秀賞, 山陽新聞, 2003-11-13.
7. 総社西中生が体験授業, 山陽新聞, 2003-06-25.

8. ロボット同士が「対話」日本科学未来館の展示4台に“増員”，日本工業新聞，2002-4-18.
9. 『リズム同調』効果解明進む，日本経済新聞，2002-3-3.
10. うなずくロボットリズムで意志を伝達，沖縄タイムス（夕刊），2002-2-22.
11. うなずきが心いやす，京都新聞夕刊，2002-2-15.
12. 日本経済新聞言葉に合わせて身ぶりや手ぶり 岡山県立大がロボット開発，日本経済新聞，2001-12-31.
13. 話しかけるとうなずくよ 会話反応ロボよろしくね，山陽新聞，2001-11-30.
14. CGが話し言葉に反応，日刊産業新聞，2001-11-16.
15. ぼくの名前はうなずき君，読売新聞夕刊，2001-11-14.
16. 縫いぐるみロボ開発，山陽新聞，2001-10-17.
17. 動作ロボ，ネットワーク化，日刊工業新聞，2001-6-13.
18. 親子のきずな深めて，山陽新聞，2001-4-18.

②受賞

1. 2004年度ヒューマンインタフェース学会論文賞
石井裕，渡辺富夫：VirtualActorを対面合成した身体的ビデオ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.5，No.2，pp.73-82，2003.
2. 12th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication (RO-MAN 2003) the Best Paper Award
Tomio Watanabe, Ryusei Danbara and Masashi Okubo: "InterActor: Speech Driven Embodied Interactive Actor", Proc. of the 11th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2002), pp.430-435, 2002.
3. 2002年度ヒューマンインタフェース学会論文賞
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論文誌，Vol.3，No.4，pp.319-326，2001.
4. 2001年度ヒューマンインタフェース学会論文賞
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.
5. The 4th World Multi-conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2000) and The 6th International conference on Information Systems, Analysis and Synthesis (ISAS2000), The Best Paper Award
Masashi Okubo and Tomio Watanabe: Lip Motion Capture Based on Hue of Color by using Optical-Snakes, Proc. of World Multi-conference on Systems, Cybernetics and Informatics (SCI2000), V, pp.247-251, 2000.
6. 情報処理学会第66回全国大会奨励賞
山本倫也，渡辺富夫：ロボットの対話インタフェースにおける動作に対する音声遅延の効果，情報処理学会第66回全国大会論文集(5)，pp.65-68，2004-3.
7. 第32回可視化情報シンポジウムグッドプレゼンテーション賞
渡辺富夫，鈴木克拓，山本倫也：3Dオブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステム，第32回可視化情報シンポジウム講演論文集，Vol.24，Suppl，No.1，pp.295-298，2004.
8. ヒューマンインタフェースシンポジウム2004優秀プレゼンテーション賞受賞
大崎浩司，渡辺富夫，山本倫也，神代充：InterActorに手指動作入力を併用した身体的インタラクションシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004 CD-ROM論文集，pp.839-842，2004.

9. 第6回IEEE広島支部学生シンポジウムHISS優秀論文賞
石原学、山本倫也、渡辺富夫：音声駆動型身体的引き込み3Dオブジェクトを用いた動きのインタラクション効果，第6回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集，pp.260-263，2004-12.
10. ヒューマンインタフェースシンポジウム2003優秀プレゼンテーション賞
長井弘志，渡辺富夫，山本倫也：うなずき反応を触覚提示する音声駆動型身体的引き込みシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.525-528，2003.
11. ヒューマンインタフェースシンポジウム2003優秀プレゼンテーション賞
鈴木克拓，渡辺富夫，山本倫也：円柱型InterActorを用いた音声駆動型身体的引き込みシステムの開発，ヒューマンインタフェースシンポジウム2003論文集，pp.535-538，2003.
12. 情報処理学会第64回全国大会奨励賞
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の聞き手頭部動作のコミュニケーション効果，情報処理学会第64回全国大会予稿集（4），pp.499-504，2002.
13. 2002年度ヒューマンインタフェース学会学術奨励賞
山田貴志，渡辺富夫：笑いの情動下での動的顔色と表情を伴うバーチャル顔画像合成における顔色の効果，ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集，pp.559-562，2001.
14. ヒューマンインタフェースシンポジウム2002優秀プレゼンテーション賞
山口啓太，渡辺富夫，大久保雅史，小野紘司：音声駆動型複数身体引き込みコミュニケーションシステム"さくら"による集団コミュニケーション場の伝達効果，ヒューマンインタフェースシンポジウム2002論文集，pp.519-522，2002.
15. ヒューマンインタフェースシンポジウム2001優秀プレゼンテーション賞
渡辺富夫，大久保雅史，小川浩基，檀原龍正：InterRobot/InterActor：音声に基づく身体引き込みインタラクションシステム，ヒューマンインタフェースシンポジウム2001論文集，pp.397-400，2001.
16. HISS最優秀プレゼンテーション賞，HISS優秀研究賞。
檀原龍正，渡辺富夫：音声駆動型身体引き込みインタラクションシステム：InterRobotとInterActor，2001年IEEE広島支部学生シンポジウム論文集，pp.100-103，2001.
17. HISS優秀プレゼンテーション賞
久保木聡，大久保雅史，渡辺富夫，伊藤正人：仮想空間における視触覚-行為連動システムを用いた3次元形状評価の合成的解析，第3回IEEE広島支部学生シンポジウム論文集，pp.99-102，2001.
18. HISS最優秀プレゼンテーション賞
Yutaka Ishii and Tomio Watanabe: An Embodied Virtual Communication System for Human Interaction Analysis by Synthesis, 2000年IEEE広島学生シンポジウム論文集，pp.143-146，2000.
19. 電子情報通信学会中国支部奨励賞
檀原龍正，渡辺富夫，大久保雅史：音声駆動型身体引き込みインタラクションシステム，平成12年度電気・情報関連学会中国支部第51回連合大会講演論文集，pp.390-391，2000.

③その他

1. うなずきロボットがどうして人のコミュニケーションを豊かにするのか？，Design News 264，2003-12-10.
2. さくら，GAKKEN 教育ジャーナル 7月号，2003-06-17.
3. さいてつくゴースト，LOGiN 6月号，pp.134-135，2003-04-26.
4. ウッキーくん，週刊アスキー NO.5，p.71，2003-04-22.

5. 大槻ケンヂ流マン&スポットウォッチング アスキーさん, 週刊アスキー NO.5, pp160-161, 2003-04-22.
6. インフォトークステーション セディア, 日経ゼロワン, 2003年6月号, p.95, 2003-04-19.
7. 岡山県立大学発 音声からキャラクターの動作をつくる円滑で人に優しい動きを実現, 週刊B-ing, NO.45, 2002-11-13.
8. ヒューマノイドに身振り動作は必要か?, DIME, pp.50-51, 2002-6-20.
9. 先端技術 心が通う引き込み原理を実用化, 商工ジャーナル, pp.16-17, 2002-3-1.
10. 心が通う身体的コミュニケーション, おおぞら(Benesse Corporation), 2001-6.
11. 音声に身振り手振り応えてくれるロボットです, 宝島, 2001-5-2.
12. あかちゃんとママ・パパにはリズムを同調させる不思議な関係が, すくすくネットワーク, 2001-5.

(5) その他特記事項

研究室発ベンチャーのインタロボット株式会社を通して、音声からコミュニケーション動作を自動生成するインタロボット技術をSDKの形にし、三菱重工業株式会社の「wakamaru」にライセンス契約を行った。本技術を組込んだソフトウェアとして、TV放送向けの3DCGキャラクターを開発し、山陽放送の教育番組「まなまなビギン」で定期放映されている。また「ITS世界会議愛知・名古屋2004」で、パイオニア株式会社のコンセプトカーに実装するなど、インタロボット技術の実用化に向けて取り組んでいる。

7. 結び

うなずきロボットや引き込みシステムといえは本プロジェクトを指すほど、身体的コミュニケーション研究は高い独創性があり、世界でもユニークな研究である。計画通りE-COSMICの基本システムを開発し、応用展開することで身体的コミュニケーション技術の基盤を確立している。本研究成果に関しては国際会議や学術論文等で各種の賞を受賞している。また開発した身体的コミュニケーションシステムは、各種イベント等の多くの場で公開、テストを繰り返しており、現在、日本科学未来館に常設展示され、研究成果が公開されている。実際にシステムを体験することで、子どもから大人まで身体的コミュニケーションの不思議さ、重要性を感動とともに体感できる。身体的コミュニケーション効果を理論としてだけでなく、デモンストレーションシステムとして体験できる形で実証している。本成果は、情報通信システムやコンピュータのインタフェース等、人とかわりを持つシステム全般に急速に波及しており、次世代ヒューマンインタフェース技術を目に見える形で世界に発信するもので、革新的な情報技術を確立したことは間違いない。

本システムは、乳幼児からの言語獲得にも不可欠な身体リズムの引き込みに基づくコミュニケーション支援システムで、人と人を繋ぎ、思いを伝え合う身体的コミュニケーションの解明に構成論的にアプローチできる有力なツールである。一方、何事にも光と影があるように、本システムは、サブリミナル効果とは遙かに次元を異にする効果が得られるだけに、その点は十分に見分けて、成果を早く公開して周知させることで、身体的コミュニケーションの不思議さ・素晴らしさに感動し、コミュニケーションを楽しくする、夢のある研究・技術開発を進めたい。さらに、引き込み原理とコミュニケーション場の生成原理を中心に、生活

基盤としての身体的コミュニケーション技術を再構築・展開して、日本の文化に根ざした身体的コミュニケーション工学の確立を目指す。

最後に、本研究を推進するにあたり、親身なるご指導ご鞭撻を賜り、極めて自由に研究開発に専心させて頂いた。関係者各位に深く感謝する次第である。

