

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

渡辺富夫 岡山県立大学情報工学部情報システム工学科
連絡先：〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

概要

人は、単に言葉だけでなく、顔みや身振りなど身体によるリズムを共有して、互いに引き込むことで、コミュニケーションしている。この身体性の共有が、一体感を生み、人との関わりを実感させている。乳児期から母親（育児者）の語りかけに対して身体動作の引き込みにより言語という文化を習得してきた以上、この身体的リズムによる一体感・身体性の共有なくしては、シンボルとしての情報交換の前提となる、心の基底の部分で情報を送受信することは極めて難しいのではないかと考えられる。本論文では、顔み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「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、実際にシステムを設計することで対象の本質を明らかにする構成論的アプローチにより、コミュニケーションにおける身体性の重要性を示している。

1. はじめに

分娩によって、新生児は母体とハードウェア的に分離されるが故に、母親をはじめ関係者と一層強く結びつこうと身体全体で盛んにコミュニケーションする。そのコミュニケーションを支える大きなソフトウェア的仕組みの一つがコミュニケーションにおける生体リズムの同調、引き込みであると著者は考えている[1]。

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、音声の周辺言語や顔みやまばたき、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[2]。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[3]。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相手との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

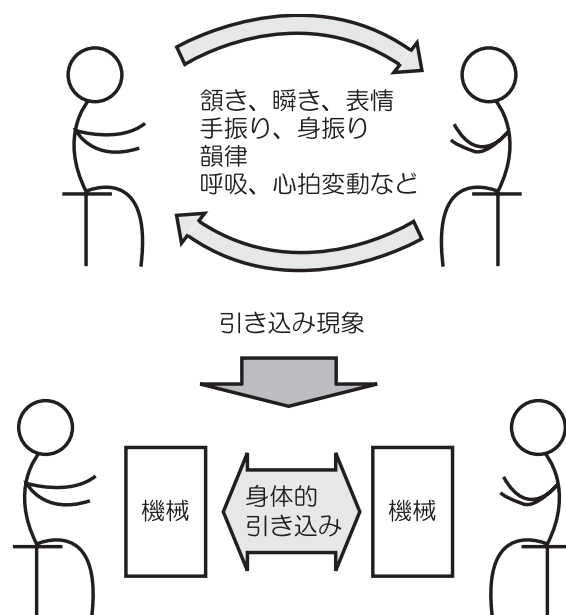


図1 身体的コミュニケーション

る[4]、[5]。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期待される（図1）。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。

本論文では、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通して、身体的コミュニケーションを合成的に解析する構成論的アプローチにより、コミュニケーションにおける身体性の重要性を示すとともに、身体的コミュニケーション技術の概要とその乳幼児行動発達研究への応用を提案している。

2 心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC の概要

顔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)」の開発プロジェクトを科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業CRESTの研究領域「高度メディア社会の生活情報技術」において平成12年度から5年間の予定で推進している[6]、[7]。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

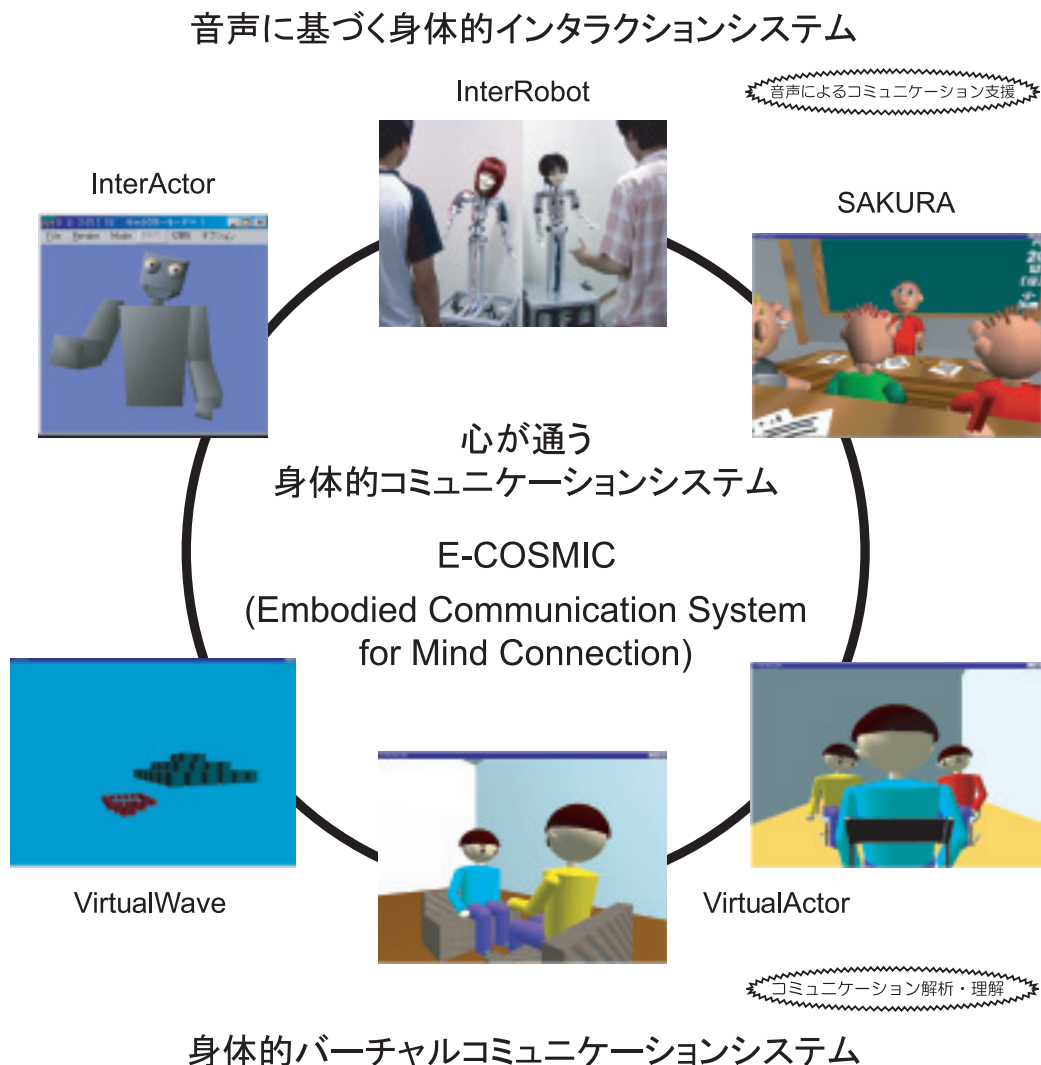


図2 心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC

る(図2)。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頷き・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バーチャルアクター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・情報伝信技術の基盤になると期待されている。

3. 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

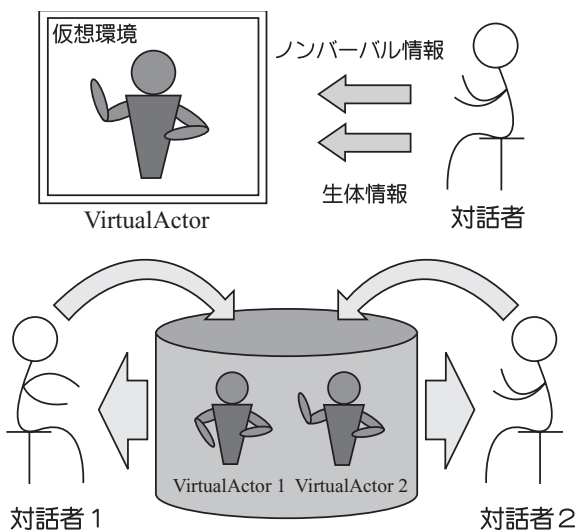


図3 身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプト

[8]。コンセプトを図3に、対話場面例を図4に示す。VirtualActorは、対話者の頷き・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ーである。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個の磁気センサーの角度と位置で計測して、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。頷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頷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頷きでも、VirtualActorでは頷きだけを生成することが可能で、頷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、背景を自由に变化させて、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



図4 対話場面例

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[9]。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[10]、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[11]。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[12]。

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2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[13]。

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[14]、[15]。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バーチャルアクター(分身)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。

4. 音声に基づく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たのに対して、このコミュニケーション解析に基づいて、頷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2)[16]。InterActorの概略を図5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、各間接部位の曲げ動作、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。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

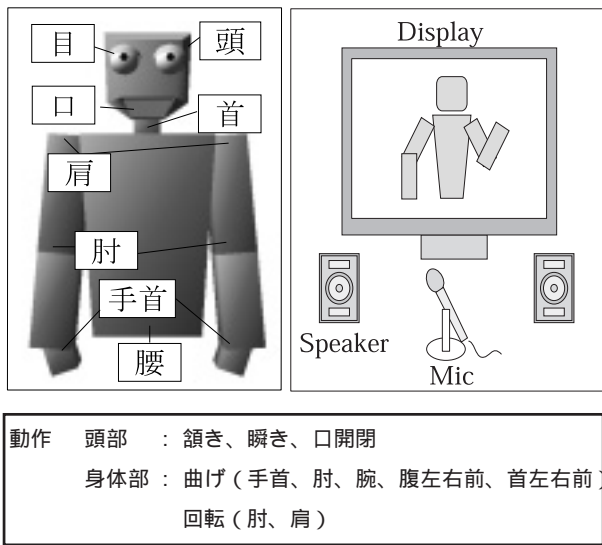


図5 InterActor の概略図

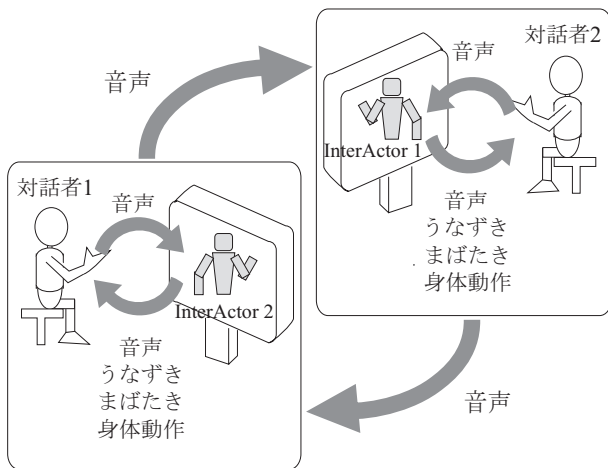


図6 身体的インタラクションシステムのコンセプト

図6に示す。図中の対話者1がInterActor 2に語りかけると、InterActor 2が聞き手として頷き・瞬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經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頷き動作や身体動作で体全体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。

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、胴部・腕部の動作は頭部の動作との関係が強く、頷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頷きを主体としていることが明らかになった[17]。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パターンに基づく頷き反応モデルと、腕部および

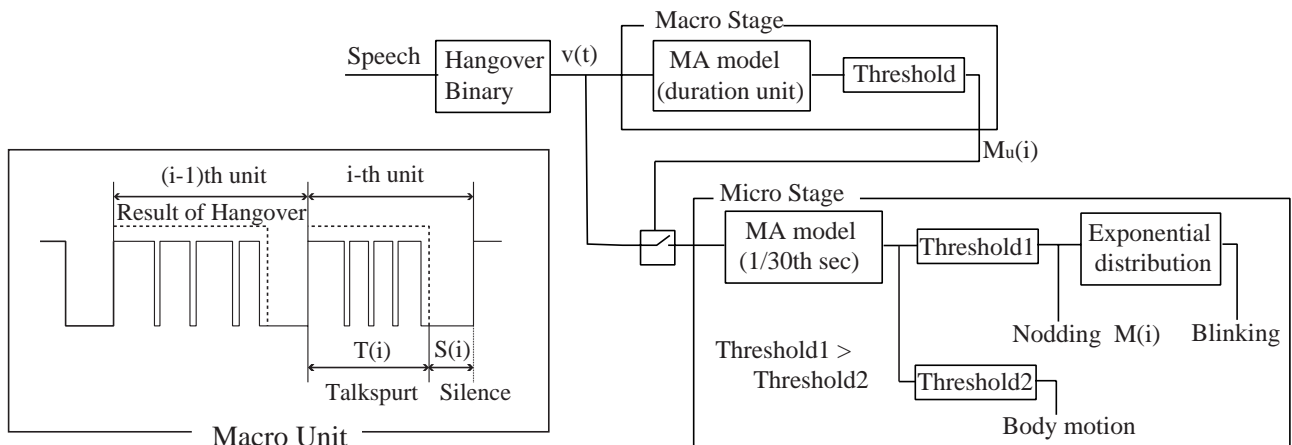


図7 聞き手のインタラクションモデル

上体部に対して頷きの予測値に基づく身体動作モデルを導入している(図7)。頷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頷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。

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

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

$a(j)$: 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、頷きが存在すると予測された場合には、処理はミクロ層に移る。ミクロ層では音声のON-OFFデータ(30Hz、60個)を入力とし、(3)式を用いてMAモデルで頷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を頷かせる。瞬きについては、対面コミュニケーション時における瞬き特性に基づいて、頷きと同時に瞬きさせ、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頷きの予測値を用い、頷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頷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は自分自身の振り舞いを変化させる。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WAVE形式など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制作のアプリケーションソフトウェアInterCaster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8)[18]。視覚情報と聴覚情報の矛盾で生じるマガーク効果(/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8 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 [19]、[20]。学生側から見た SAKURA の仮想教室を図 9 に示す。本システムによるコミュニケーション場の伝達効果を評価するために、図 9 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 の引き込み反応は顔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。引き込み反応、だらけ反応の映像は DV プレイヤーで再生し、プロジェクタでスクリーンに映し出し、音声はスクリーンの両脇に設置したスピーカから出すことで被験者に提示した。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

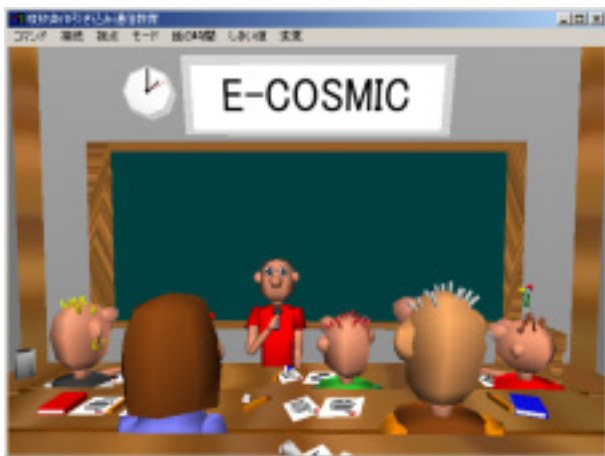


図 9 InterActor を用いた身体的集団コミュニケーションシステム SAKURA の仮想教室（学生側からの視点）

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 10 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。

電子キャラクターの 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在感が実体として

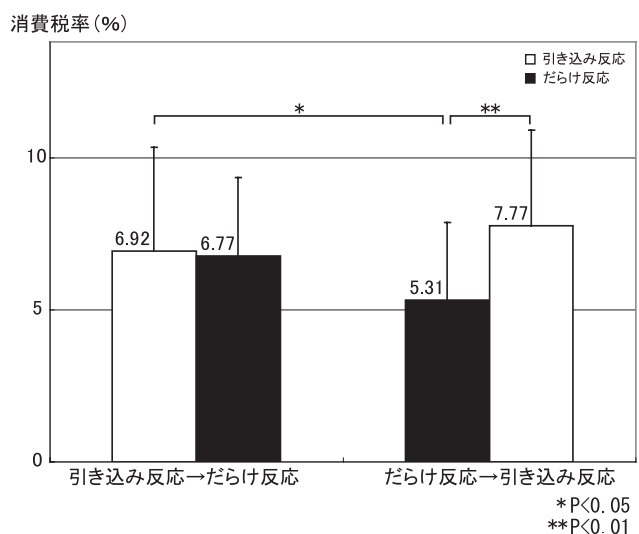


図 10 引き込み反応とだらけ反応のビデオ視聴におけるコミュニケーション効果

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11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。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



図11 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）



図12 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

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12）。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、SAKURAのコミュニケーション実験で示したように、コミュニケーション場の重要性を直感的に再認識できる。

5. 身体的コミュニケーション技術

デカルト以来、自己と対象を分離して客観視することで飛躍的な科学技術の進展がもたらされてきた。しかし、これらの成果は本質的に人間が関わっていない領域での成果であって、この方法論をそのまま人間あるいは社会に適用できると考えたところに、大きな矛盾が生じている。真に人間を対象としたヒューマンインタフェースの分野では、とくにコミュニケーションやインタラクションでは自他分離的手法では明らかに不十分で、自他非分離の論理に基づく設計論が切望されている[21]。身体的コミュニケーションシステムE-COSMICは、自他非分離の萌芽的研究手法・システムとして提案されたものである。

身体的コミュニケーション技術あるいは身体性メディア技術は、身振り等のノンバーバル情報、呼吸等の生体情報、それら生体リズムの引き込みによる身体性の共有など、身体を介してのコミュニケーションの解析理解と創出支援技術であり、今後のコミュニケーション支援の基盤技術になると期待される。現在のインターネットには身体性が抑制されているが故に種々の問題点が生じているが、今後の健全な発展に身体的コミュニケーション技術の導入が大きな鍵になると考えられる。コミュニケーションでの時空間は、明らかに各々の対話者個人で生成されるもので、その時空間を共有する一種の儀式が引き込みであり、情報をやりとりする以前に、一体感、共感が不可欠なのである。テレビ会議システムでは、確かに情報交換、メッセージのやりとりが行われているのではあるが、引き込みによる時空間の共有が極めて困難で身体に直接訴えることができないが故に、対話者が的確に情報発信できないし、従って情報受信も

できないことになる。心が通うコミュニケーションには、相手を全身で感じる一体感、身体性の共有が不可欠なのである。身体から身体へのコミュニケーションシステムは、インタラクションの中で意味を生成・創造する「意味生成システム」で、人と関わるヒューマンインタラクションの基盤技術・システムなのである。

InterRobotやInterActorに導入されている、音声のみから豊かなコミュニケーション動作を自動生成する身体的コミュニケーション技術は、iRT（インタロボット技術）と呼ばれ、人と関わるロボット・玩具（パーソナルロボット等）、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関わる広範囲な応用が容易に可能である。この技術を活用する岡山県立大学のベンチャー企業としてインタロボット株式会社（www.i-robot.co.jp）を2000年3月に設立し、具体的に技術導入を進め、身体的コミュニケーション産業を創出している。

6．乳幼児行動発達研究への応用

言語に依存しないグローバルテクノロジーとしてのiRTの乳幼児行動発達研究への応用として、動物キャラクタのInterActorを用いて小児病院の子供（幼児）達を勇気付け、元気付けるプロジェクト（Watanabe Method）を進めている。図13に示すように、対話者の音声をキャラクタ独自の音声に変換することで、医師や看護婦、育児者等が幼児の好きな犬やライオンなどの動物キャラクタInterActorになって、幼



図13 動物キャラクタ InterActor を用いた身体的コミュニケーションシステム

児とこれまでとは違った関係で自由に対話を楽しむ新しいコミュニケーションのインタフェースを提供している。例えば、食事など幼児の行動を InterActor を介して誉めることで、幼児は絶えず InterActor に見守られているという安堵感が得られ、入院生活の励みになる。トラのキャラクタが歯を磨くビデオを幼児にみせると、幼児が進んで歯磨きするように、InterActor を介することで、直接対話では得られないコミュニケーション効果が期待される。とくに InterActor はリアルタイムで幼児とインタラクションできるので、効果は絶大である。InterActor のモデルのパラメータを制御することで、言語間での文化比較を含め、認知・言語発達など乳幼児行動発達を合成的に解析するツールとして利用できる。

またコミュニケーションにおける身体性の重要性を日常的に体感できるように、iRTをクマの縫いぐるみに導入した身体的インタラクション玩具を開発している（図14）。この玩具は、語りかけの音声リズムを解析して頷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で、「うなずき君」の名前で商品化されている。頷き反応と腕の身振り反応だけの単純な反応だけに、引き込み反応のタイミングの重要性が直感的に把握できる。頷き反応を推定するモデルの閾値よりも低い閾値で腕を反応させることで、身体全体が関わって引き込み反応しているような感覚が得られる。玩具ではモデルのパラメータがセットされているので、玩具側のシ



図14 身体的インタラクション玩具

システム特性が固定された一つの切り口から玩具と乳幼児のインタラクション過程を調べるツールとして利用できる。また商品化によって身体動作のハードウェア(機構)が極めて安価に入手できるので、乳幼児行動発達研究の目的に応じたiRT開発やシステム開発の展開が容易である。

7. おわりに

対象が解析できることと、そこから設計できることには、大きな隔りがある。工学的には設計して、はじめて使えるという価値が生まれる。対象を解析してモデル化し、モデルのパラメータを制御して合成することで解析する合成的解析は、設計に直結した構成論的アプローチであり、乳幼児行動発達研究にも有力な解析手法の一つになると考えられる。

本論文では、身体的コミュニケーションにおける引き込みに着目し、「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、実際にシステムを設計することで対象の本質を明らかにする構成論的アプローチにより、コミュニケーションにおける身体性の重要性を示すとともに、システムの乳幼児行動発達研究への応用を提案した。

本システムは、日本科学未来館や山形県産業科学館に常設展示されている。子供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。

参考文献

- [1] 渡辺富夫: コミュニケーションにおける引き込みと身体性、Neonatal Care、Vol.12, No.2, pp.122-128 (1999).
- [2] 渡辺富夫: コミュニケーションにおける身体性、ヒューマンインタフェース学会誌、Vol.1, No.2, pp.14-18 (1999).
- [3] 渡辺富夫、大久保雅史: コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価、情報処理学会論文誌、Vol.39, No.5, pp.1225-1231 (1998).
- [4] Condon, W.S. and Sander, L.W.: Neonate movement is synchronised with adult speech: interactional participation and

- language acquisition. Science, 183, pp.99-101 (1974).
- [5] Kobayashi, N., Ishii, T. and Watanabe, T.: Quantitative Evaluation of Infant Behavior and Mother- Infant Interaction, Early Development and Parenting, Vol.1, No.1, pp.23-31 (1992).
- [6] 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).
- [7] Watanabe, T.: 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).
- [8] 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).
- [9] 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).
- [10] 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.71-77 (2000).
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 新徳健、渡辺富夫、鈴木克拓: バーチャルウェブを用いた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).
- [14] 黒川隆夫: ノンバーバルインタフェース、オーム社 (1994).

- [15] 星野命編著：対人関係の心理学、日本評論社、pp.119-132 (1998).
- [16] 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).
- [17] Watanabe, T., Okubo, M. and Ogawa, H.: An Embodied Interaction Robots System Based on Speech, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.12, No.2, pp.126-134 (2000).
- [18] Watanabe, T., Danbara, R. and Okubo, M.: 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).
- [19] 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).
- [20] 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唐ウくら狼ノ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).
- [21] 清水博：(新版) 生命と場所、NTT 出版 (1999).