

基礎論文

ハンドパペット型ロボティックユーザインタフェースの開発

小泉 直也*¹ 清水 紀芳*¹ 杉本 麻樹*¹ 新居 英明*¹ 稲見 昌彦*^{1*2}

Development of Hand Puppet type Robotic User Interface

Naoya Koizumi*¹, Noriyoshi Shimizu*¹, Maki Sugimoto*¹, Hideaki Nii*¹ and Masahiko Inami*^{1*2}

Abstract — This paper proposes a new type Robotic User Interface (RUI). RUI is a robot that used as physical avatars for Computer-Human Interaction. Hand puppet type RUI is a robot that attached actuators and sensor inside body. A user wears this interface on hand and operates CG model generated by a computer. In this paper, we present the concept of Hand Puppet type RUI and describe implementations of a prototype. And we conduct verification experiments for effect of vibration.

Keywords : Robotic User Interface, Hand puppet, Virtual Reality, Vibration device

1. はじめに

近年、人間を楽しませるエンタテインメントロボットの研究開発が進められている。これらロボットは身体性を有するコンピュータと捉えることができる[1]と同時に、実世界と物理的なインタラクションをすることが可能なシステムとして考えることもできる。これらの特徴を生かし、実世界と情報世界をシームレスに繋ぐインタフェースとしてロボットを用いるという概念が Robotic User Interface(RUI)として提案されている[2]。近年ではこのようなシステムを用いたモーションメディアコンテンツの研究[3]やテレコミュニケーションに関する研究[4]も活発に行われており、今後益々発展していくと思われる。本研究では情報世界(VR空間)のCGアバタを操作するインタフェースとして、従来の保持型RUIと異なる形状であるハンドパペット型RUIの開発を行った。

本研究では、RUIの研究の一環として従来の保持型RUI[5]に対して、ハンドパペット型ロボティックユーザインタフェースを提案し、試験的な実装を行った。本インタフェースは投射された身体像に対して触覚を提示することで、バーチャルに全身に対する触覚提示を行う新しいシステムである。また実験によって既存の全身触覚提示システムとの比較も行った。

2. ハードウェア

2.1 RUI(Robotic User Interface)

RUIとは、ロボットを情報の入出力のインタフェースとして用いるシステムである。ここでいうロボットとは身体性を有した機械システムという意味である。また身体性とは人間の認識している身体像、つまり最も身近な人の道具としての身体という意味で用いている。従ってRUIは成長過程で獲得した人間自身の身体の実操作スキルをインタフェースの実操作に生かす事ができる点が大きな特徴になっている。

2.2 提案するシステム

従来のRUIは保持型と呼ばれる両手で持って扱うものであった。一例としてRobotPHONEを図1に示す。RobotPHONEは遠隔間でロボットを形状同期させて、ゼスチャによるコミュニケーションを行うシステムである。本研究では従来の保持型にかわる新しい型のRUIとしてハンドパペット型RUIを提案する。利用時のイメージを図2に示す。

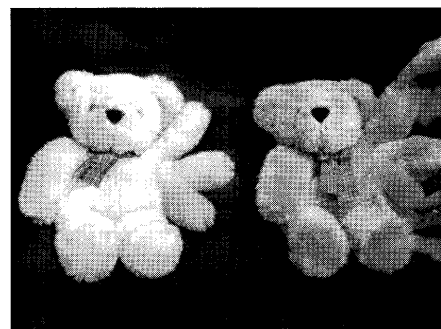


図1 ロボットフォン

Fig.1 RobotPHONE

*1: 電気通信大学大学院 電気通信学研究所

*2: 科学技術振興機構 さきがけ

*1: Graduate School of The University of Electro-Communications

*2: Japan Science and Technology Agency

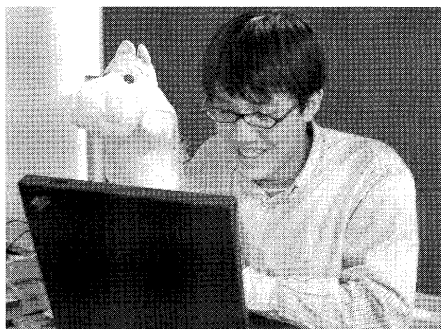


図2 ハンドパペット型 RUI

Fig.2 Hand puppet type RUI

2.3 システム構成

本システムは各種センサ・アクチュエータ等を内蔵したハンドパペットを装着し CG アバタを操作するためのインタフェースである。試作したハードウェアの骨格を図3, システム構成を図4に示す。

ハンドパペットの左右の肩の部位にギアドモータとポテンショメータ, 頭部にポテンショメータ, 腰部に三軸角度センサ (NEC トーキン株式会社製 TOKIN A3U7 または POLHEMUS 社製 LIBERTY), および複数のバイブレータ (NEC トーキン株式会社製マルチアクター) を配置したものを製作した。モータ及びポテンショメータはアルミ製の骨格に取り付けた。骨格は縫いぐるみの内布と外布の間に綿と一緒に入っている。また各バイブレータはハンドパペットの内側の生地 directly 貼り付けた。バイブレータの個数は, アプリケーションに応じて変更した。

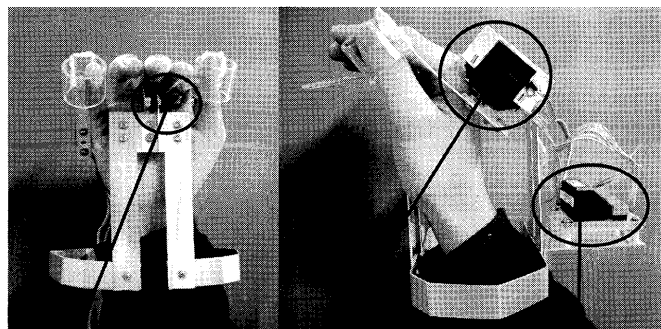


図3 骨格部

Fig.3 Skelton

ポテンショメータは各関節角度計測, 三軸角度センサは姿勢角計測, ギアドモータは指への力覚提示, バイブレータは振動感覚提示に用いている。ハンドパペットの中のポテンショメータの抵抗値を CPU ボード (renesas 社製 H8 3052) で AD 変換し, RS232C 経由で PC に送信する。PC では, 送られてきた値を

角度情報として CG アバタの関節角度に用いる。また, 三軸角度センサは USB を介して PC につなげアバタの姿勢角に用いる。これらのセンサによってハンドパペットと CG アバタが同じ動きをすることが出来るシステムが構築されている。

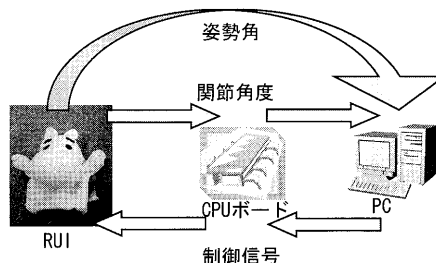


図4 システム

Fig.4 System

PC からはモータの制御信号とバイブレータの制御信号が CPU ボードを介してハンドパペット型 RUI に送信されている。バイブレータの振動は Function Generator によって作られた 140Hz の正弦波をアンプ回路に通し増幅している。バイブレータの制御は振動の ON と OFF のみをコントロールしている。製作したハンドパペット型 RUI の重量は 490[g] であった。骨格部に関しては, 胴が長径 15[cm], 短径 8[cm] の楕円柱, 背丈が 27[cm], また, 肩から腕の長さは約 10[cm] であった。

以上のように, 本インタフェースは従来の保持型 RUI と同様に小型ギアドモータによる力覚提示に加え, バイブレータによる触覚提示を行うことが可能となっている。バイブレータによる振動提示はハンドパペット型の形状においてのみ可能になる要素であるため, 本論文では触覚提示に重点を置いて述べる。

2.4 操作方法

操作時は人指し指・中指・薬指をハンドパペットの頭部, 親指と小指をそれぞれハンドパペットの左手と右手の中に入れて動かす。

アバタの姿勢および形状はハンドパペットと同期させている。また移動は一般的な人形劇のように縫いぐるみの揺れで表現することとした。実際のハンドパペットの位置を CG に反映する方法を選ばなかったのは, 手を大きく動かさなければならないことや, 計測の精度・範囲に問題があるためである。しかし人形全体を揺らすとすると手首に対する負荷が大きくなってしまいますので本システムでは首を振ることで移動量を操作している。アバタはハンドパペットの首を下方向振ることによって移動する。指のブレをキャンセルするために 1 フレームあたり 10

度以下の動きはキャンセルした上で、1 フレーム内の首の動き1度ごとにVR空間内を0.8cmずつ進むようにした。

2.5 ハンドパペット型 RUI の特徴

ハンドパペット型 RUI の特徴は操作対象であるCGモデルのアバタとインタフェースであるハンドパペット型 RUI の形状が一致しており、表現距離[6]が短くなっていることである。ハンドパペット型 RUI は操作者自身の手に、自己と相似的な人形を装着することで、自己の身体性を投射するという考えを設計コンセプトとしている。例えば腹部に物がぶつかった際の触覚を提示するためには、人間の腹部そのものに力を与えるのではなく、ハンドパペットの腹部、つまり掌に提示する。実際の人間の感覚器ではなく投射された自己に刺激を加えることで感覚を提示するシステムは、既存のインタフェースになかった設計コンセプトである。また人間の全身における触覚受容器分布の密度と、身体像を投射する手における触覚受容器分布の密度は非常に似通っている。人間の身体において、手先や頭部は触覚受容器が多く、次に腹部、背部と疎になっている。また図5に示すとおり、ハンドパペットをつける手において最も触覚受容器が密であるのが手先や頭部に対応する指先であり、次に腹部に対応する手のひら、背部に対応する手の甲と疎になっていく[7]。このように人間とハンドパペットの対応する部位の触覚受容器分布密度の関係の類似性が、ハンドパペット型 RUI の触覚における身体性を成り立たせている重要なポイントである。

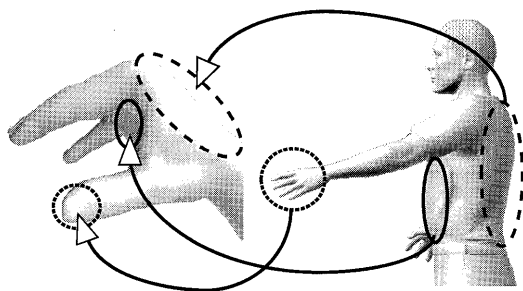


図5 触覚の相似性

Fig.5 similarity of tactile corpuscle

2.6 従来のUIとの比較

RUIは自分の似姿であるコンピュータ内のアバタを操作するためのインタフェースである。アバタは抽象化された人間の身体を持つがゆえに、人間はCGアバタに自己を投射できる。またRobotPHONEをはじめとする保持型のRUIと違い、ハンドパペット型

では手がロボットの内側にあるので触覚を受容する方向が実身体と一致している。よってコンピュータ内の自己をより強く自己と意識することが出来る。したがって、ハンドパペット型RUIを用いることによって、コンピュータ内の操作対象に強く自己を投影することが出来る。

ハンドパペット型RUIは縫いぐるみの中に手を入れるのでいくつかの問題が発生してしまう。基本的にはエグズスケルトン型人力増幅器と同じ問題が発生する[8]。具体的には、装置の重要なスペースを手が占めてしまうため装置を制御するコンピュータ、アクチュエータやセンサを配置する場所が限られるという問題が発生してしまう。したがって、保持型RUIに比べ自由度が減ってしまっている。また、手首の回転範囲に拘束されるため、保持型に比較して姿勢の動きが拘束されてしまっている。ただしハンドパペット型には撫でられた・触られたという感覚を提示することが出来る。例えば、背中にボールをぶつけられた感覚を提示したい場合、ハンドパペット型RUIの縫いぐるみの背中の内部にバイブレータを取り付け、それを振動させることによって感覚の提示が可能になる。しかし、従来の保持型では、同じように縫いぐるみの内部にバイブレータを取り付けたとしても、ユーザが縫いぐるみの背中を常に手で触っていないと提示することが出来ないため、現実的な手法とはいえない。縫いぐるみの中にバイブレータを取り付け、これで振動感覚を提示することによってバーチャルに触られた感覚を作り出すことは、手が内側にあるハンドパペット型であるが故に可能な設計である。

この設計法の違いを踏まえると、本UIのアプリケーションとしてアクションゲーム等への利用が考えられる。プレイヤーがゲーム内で物体に衝突したことを、ハンドパペット型RUIの内部に取り付けられたバイブレータを振動させることで提示することが可能となる。またMMORPG(Massively Multiplayer Online Role Playing Game)のような空間共有型コミュニケーションにおいてお互いが触れあう事を可能とする新しいアプリケーションも考えられる。近年のインターネットの普及によって、テレコミュニケーションを行う機会が増加しており、電子掲示板や電子メール、チャットなど以外にも、コンピュータによって生成された自分の似姿であるアバタを用いた空間共有型テレコミュニケーションも広まってきた[9]。空間共有型テレコミュニケーションは物理的な空間を越えて人と人との出会いを提供し、かつてないスタイルの人間関係を生み出す新しいエンタテインメントになりうるものである。ハンドパ

ペット型 RUI を使った触覚情報提示をこれらに付することによって、テレコミュニケーションの中での「触れ合い」を再現することが可能となり、より密なテレコミュニケーションを創出していくことが可能になると考えられる。

手袋形状で振動感覚を提示する UI としては CyberTouch[10]、VibroGlove[11]が挙げられる。CyberTouch もハンドパペット型 RUI と同様、UI の形状と CG の形状を同期させてコンピュータの UI として用いるものであり、VR 空間内での物体の干渉を振動によって提示するシステムである。CyberTouch は指先部分にバイブレータがついており、VR 空間内の物体に指先が触れたことを、バイブレータの振動によって提示している。また VibroGlove は CyberTouch に振動子を全部で 17 個取り付けたもので、CABIN[12]のような大規模な仮想空間内に視覚と重ね合わせて、流体に対する触力覚の提示を行うシステムに活用されている。それらに対しハンドパペット型 RUI は手の外側(ハンドパペットの内側)についているバイブレータが振動することで、CG アバタの腹部・背部・頭部に触覚を提示している。したがって、前述のシステムが手のみに触覚を提示するのに対し、ハンドパペット型 RUI はバーチャルに全身に対する触覚提示が可能である。

全身に対する触覚提示デバイスとしては Vibrosuit[13]や TactaVest[14]等を挙げることが出来る。Vibrosuit は没入型ディスプレイ CABIN の中で、物体と体の部位が干渉した際に触覚を提示するデバイスである。モーションキャプチャーシステムと 12 個のページャモータによって構成される全身触覚提示スーツである。また TactaVest とは振動モータを取り付けたベストである。アプリケーションとしては海軍の訓練シミュレータ等に用いられている。これらシステムは実身体に対して触覚提示を行っている。これに対してハンドパペット型 RUI は縫いぐるみの腹や背中、つまりユーザの投射先の身体像の該当部位に振動感覚を提示することによって、バーチャルな全身への触覚提示を行っている。

ハンドパペットを利用したインタフェースとしては HandySinger[15]がある。これは、ハンドパペットの動きを曲げセンサで読み取り、ESVM(Expressive Singing Voice Morphing)アルゴリズムによってゼスチャ入力を感情表現として取り込み、歌声の制御に用いたシステムである。ハンドパペットを擬人化の手段として用いるという手法は類似しているが、ハードウェアの構造や、想定するアプリケーションが本インタフェースとは大きく異なっている。

3. 身体性の投射

3.1 身体性

人形は読んで字の如く「人の形を模したもの」であり人間と形状的な相似関係を有している。RUI はオブジェクト指向型トレイグジスタンスの設計において「形の一致」の重要性を訴えている[2]。その点から従来の保持型 RUI は形状的な身体性を持った UI であると言える。アニメーションや漫画等の視覚メディアにおける擬人化として重要な作業が人間の形状に近づける作業であることから、形状的な身体性の重要さがうかがえる。

しかし身体性は形状に限定されるものではない。バイオロジカルモーションに見られるような動きが人間の身体の動きと似ている際の身体性もある。また視覚像によらない身体性として Body Schema や Body Image[16]という分類もある。Body Schema は自分の身体の姿勢や動きを制御する際にダイナミックに働く無意識のプロセスであり、Body Image とは自分自身の身体について意識的に持つ表象である。また体性感覚の身体性に関して知見として、道具を使うことで、Body Schema が拡張するという報告もある[17]。

本研究では、触覚における身体性に注目して実験を行った。その知見を元に身体性を手と全身で相互投射することの可否を論じる。

3.2 実験

実身体における身体像と、手におけるハンドパペットの身体像の対応関係を調べるための実験を行った。実験では手(ハンドパペット)から実身体への対応と、実身体から手への対応の両方を観察した。実験者は被験者のハンドパペットを装着する手(利き手)または身体を細長い棒(スタイラス)で突付き、被験者は触覚のマッピングをイメージし、刺激された部位に対応する部位にシールを貼ることで答えてもらった。その際、被験者の利き手を実験者が叩き被験者が身体にシールを貼る(手→身体)の場合では合計128箇所、また実験者が被験者の身体を叩き被験者が利き手にシールを貼る(身体→手)では152箇所を調査した。これらの刺激箇所は事前に決めておき、刺激の順序はランダムに決めて行った。実験の様子を図6に示す。但しハンドパペットを装着したままでは刺激が十分に行えないため、人指し指・中指・薬指をつなげた手袋をハンドパペットに見立てて行った。また触覚情報のみの対応を確認するため、被験者が刺激されている点を目視できないようにした。また、ハンドパペットの装着の有無による触覚における身体像の違いを観察するため、被験者にはハン

ドパペットを装着する前と後に同じ実験をしてもらった。被験者は20代の男性3名で各試行2回ずつ行った。また実験後に被験者に対して内観報告を求めた。特にマッピングを行う際にどのようなルールで行ったかを尋ねた。

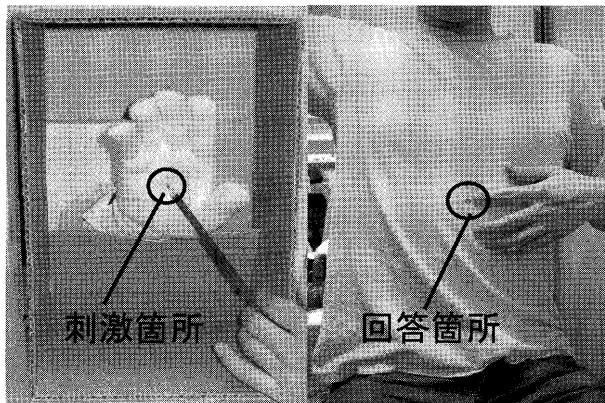


図6 マッピング実験の様子
Fig.6 Experiment of Mapping

3.3 結果

ハンドパペットをつける前後で大きな違いが見受けられた。実験に用いたハンドパペットは顎が大きかったため、ハンドパペットをつけた後は顎部へのマッピングが大きくなっていった。またハンドパペットをつける前は各人で分散が大きく、全体の傾向が見えなかったが、装着後は一致傾向が見受けられた。以降はハンドパペットを装着した後の実験結果に関して述べる。

実験結果の分析被験者の内観報告は「領域ごとにハンドパペットと自分の身体を対応付けて答えた」というもので一致していた。シールの分布においても同じ傾向が観察された。また実験後に、手の書かれた図にマッピングの対応付けを領域ごとに区切って書き込んでもらった結果もシールの分布と一致していた。したがって領域ごとであれば手と身体の間で身体像のマッピングが可能であると考えられる。図7に実験結果によって得られた身体像のマッピングの分布を示す。

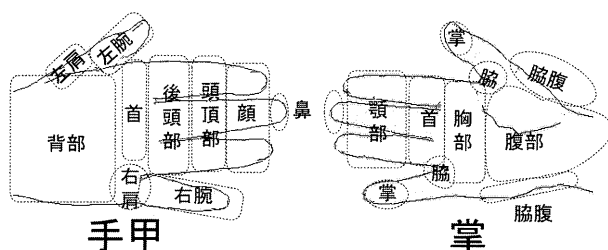


図7 身体像のマッピング
Fig.7 Mapping of body image

4. 実験

4.1 実験目的

ハンドパペット型 RUI における触覚の提示の効果に関して、全身への触覚提示デバイスとの比較を行うため Vibrasuit と同等の条件で実験を行った。この実験によって、人間が暗闇を手探りで歩けるのと同様に、ハンドパペット型 RUI を用いて視覚情報に頼らず触覚情報だけで移動することが可能かを検証した。

4.2 実験内容

実験では、アバタが CG 空間内に設けられた壁に侵入すると、ハンドパペットの内部に取り付けられたバイブレータが振動することによって壁を提示した。実験タスクを図 8 に示す。

CG アバタのサイズとハンドパペット型 RUI のサイズは一致しているものと仮定した。CG 空間内の幅 75 cm 左右対称の十字路を設定し、その中を移動してもらう。常に左手側に壁があるように、この十字路を手前から前進(1)→左へ曲がる(2)→引き返して(3)前方へ進む(4)→引き返して(3)右側の通路を歩く(6,7)→戻る(8)と動いてもらった。その際の各バイブレータを取り付けた位置に対応する VR 空間の座標を描画のたび記録した。バイブレータはハンドパペットの顎、左右の手のひら、左右の肩、腹部及び腹部の振動子と同じ周上の左右の脇腹の計 8 箇所に取り付けた。これらのバイブレータの配置には、前述の実験で得られたマッピングの情報をもとに対応箇所を決定した。図内の灰色部にアバタのバイブレータ取り付け位置に対応した部位が侵入した際に振動を発生させる。また姿勢角の取得には Polhemus 社の LIBERTY を用いた。先行実験との比較を行うため、本実験では肩部のモータによる力覚の提示は行わなかった。

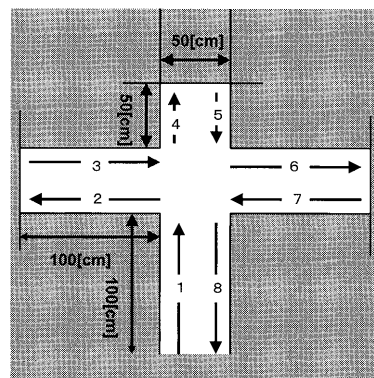


図8 実験タスク (寸法)
Fig.8 task of experiment

先行研究では、計測装置の限界のために左右の奥の壁まで位置の計測をすることはできなかった。そのため奥の壁が CABIN のソフトスクリーンだったために近づくと被験者に声をかけて引き返させていた。本研究では移動情報は人形の首振りを与えるため、移動量の計測限界はない。そこで左右の奥の壁もパイプレータで提示した。CG のカメラ視点は固定とし、壁の向こう側も見られるようにするために壁は図 9 に示すようにワイヤフレームで描画した。

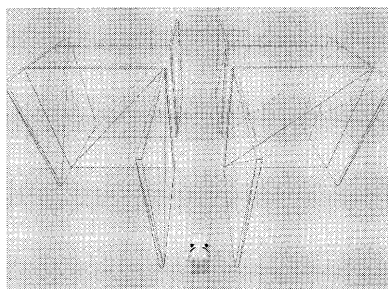


図 9 実験場面

Fig.9 Screen of experiment

実験の条件は「視覚あり振動あり(V-F)」、「視覚あり振動なし(V-nF)」、「視覚なし振動あり(nV-F)」、「視覚なし振動なし(nV-nF)」の四種類の条件について同じ環境を用いて行った。なお、被験者にはあらかじめインタフェースの使い方に慣れてもらうため、約 5 分間程度動かす練習を行い、パイプレータの反応などを体験してもらった。ハンドパペットは全員右手につけてもらった。被験者は 20 代男性 6 名で「視覚・振動提示あり(V-F)」「視覚提示あり・振動提示なし(V-nF)」、「視覚提示なし・振動提示あり(nV-F)」、「視覚・振動提示なし(nV-nF)」の順で 2 セットずつ行った。利き腕は全員が右利きであった。

4.3 実験結果

4.3.1 軌跡の分析

実験時の軌跡の様子を「視覚・触覚提示あり(V-F) (図 10)、「視覚提示あり・触覚提示なし(V-nF) (図 11)、「視覚提示なし・触覚提示あり(nV-F) (図 12)、「視覚・触覚提示なし(nV-nF) (図 13)の順に示す。右手側が X 軸正方向であり、奥行きが Z 軸正方向である。「視覚・触覚提示なし(nV-nF)」以外の試行においては、同じような軌跡が見られる。「視覚提示あり触覚提示なし」の場合と「視覚提示なし触覚提示あり」の場合において特に大きな違いは見受けられない。これは、本実験において、触覚による壁面の提示が視覚と同程度あったことを示している。各試行の曲がり角に見られる円状の軌跡は、そこで被験者が姿勢を変えていたことを示している。特に手前側に歩いてきて、左側に進むときなどは手を大きく

回転しなければならぬため大きな円を描いている。

また、「視覚・触覚提示なし(nV-nF)」の場合、多くの被験者において進行方向が左によってしまう傾向が見受けられた。これは人間が自然に手のひらを

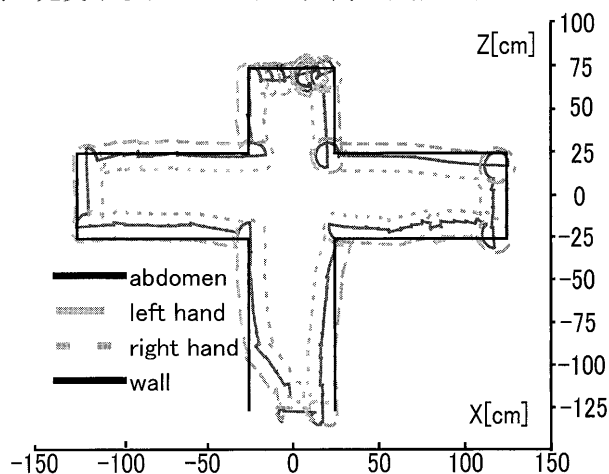


図 10 視覚・振動提示ありの場合の各部位の位置
Fig.10 position of each vibrator with visual and vibration feedback

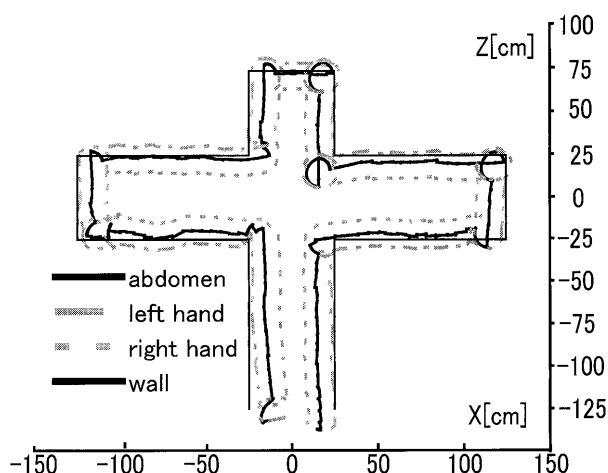


図 11 視覚提示あり振動提示なしの場合の各部位の位置
Fig.11 position of each vibrator with visual and without vibration feedback

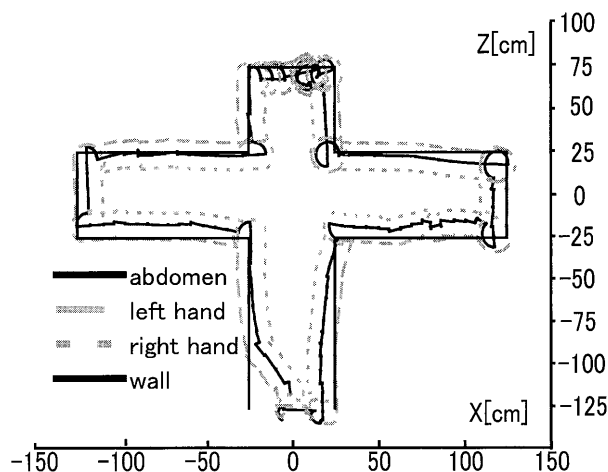


図 12 視覚提示なし触覚提示ありの場合の各部位の位置
Fig.12 position of each vibrator without visual and with vibration feedback

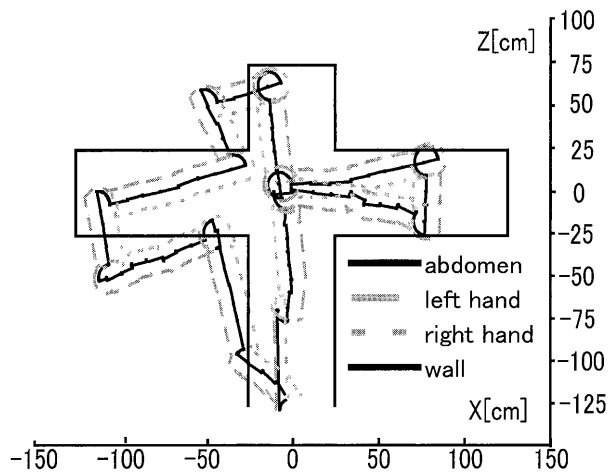


図13 視覚・振動提示なしの場合の各部位の位置
Fig.13 position of each vibrator without visual and vibration feedback

前方に向けた際に少し左側に傾いていることが原因だと考えられる。また、進行する向きがずれているが、この傾向は多くの被験者に見受けられた。これは、身体との手の相対的な角度の関係がずれているためだと思われる。つまり、被験者の意識している手の向きと、実際の手の向きは大きくずれていると思われる。

4.3.2 各提示手法別の平均の侵入量

各条件について壁に侵入しているときの侵入量(壁からの距離)の全振動子の平均値と標準偏差を表1に示す。

分散分析の結果、交互作用が有意であった($F(1,6)=10.98, p<.01$)。そこで、各要因の単純主効果を分析した結果、表2に示すとおりとなった。

表1 データリスト
Table 1 data list

	F		nF	
	V	nV	V	nV
平均[cm]	2.93	3.07	3.11	18.93
標準偏差	0.88	0.74	0.86	8.25

N=6

よって、「視覚提示なし(at nV)」において触覚提示の有無は1%水準で有意であった。また「触覚提示なし(at nF)」における触覚提示の有無も同等に1%水準で有意であった。「触覚提示あり(at F)」における視覚の有無と「視覚提示あり(at V)」における振動の有無は有意でなかった。したがって、本実験の環境では触覚の情報を手がかりに、視覚と同程度に壁を認識できていたことになる。

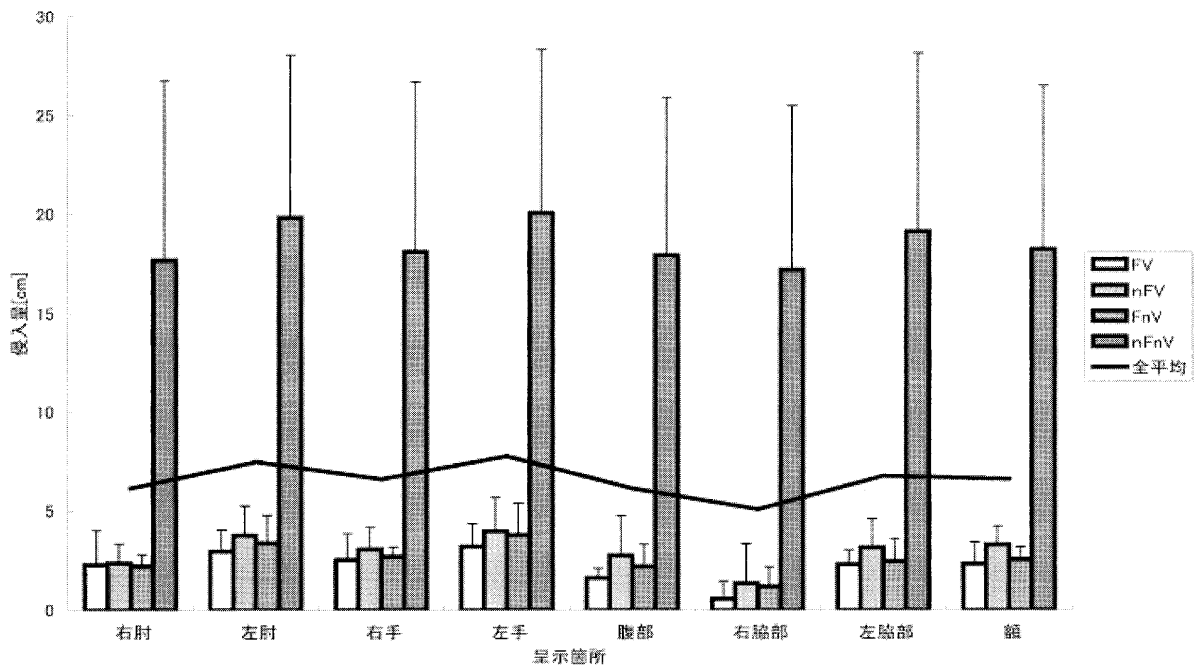


図14 実験結果(場所及び提示箇所別)

Fig.14 Result of each method and sensor position in the experiment

表2 分析結果
Table 2 result

要因	SS	df	MS	F
V at F	2.16×10^{-3}	1	2.16×10^{-3}	0.12
(S×V at F)	9.36×10^{-2}	5	1.87×10^{-2}	
V at nF	30.0	1	30.0	9.62*
(S×V at nF)	15.6	5	3.12	
F at V	3.69×10^{-3}	1	3.69×10^{-3}	0.15
(S×F at V)	1.21×10^{-1}	5	2.42×10^{-2}	
F at nV	30.2	1	30.2	9.14*
(S×F at nV)	16.5	5	3.30	

*p < .01

4.3.3 触覚提示箇所別の侵入量の平均

振動子の部位別の侵入量の全平均値を図14の折れ線で、部位の提示感覚別の平均値を図14の棒グラフで示す。「視覚・触覚提示なし(nF・nV)」においては、どの振動箇所においても侵入量が大きくなった。それに対して他の3手法においては同じような分布になっている。これも、視覚の情報と触覚の情報が同様に機能していたためといえる。

4.3.4 考察

本実験で得られた知見は、実際の人体で行った実験である文献[11]の結果とほぼ同等であった。このことから、投射された身体に対する触覚提示が実身体に対する触覚提示と同等の効果があつたことが分かった。

また被験者の内観報告によれば、「視覚提示あり触覚提示なし(V-nF)」の条件で操作する場合に奥行きがうまくつかめなかったという報告がなされていた。しかし触覚情報を提示した際はそのような報告はなかった。これは視覚ではわかりにくい場所への感覚提示を振動感覚によって行えたことを示すものである。また手首の回転限界のため、左側に進むときは手を大きく左に曲げなければならない。この動かし方が多少のわずらわしさを感じたとの意見も出た。また、被験者の操作を観察すると、被験者は手首を中心としてハンドパペットを操作していた。これはハンドパペットの腰部に当たる。人間の身体の動きも腰を中心にすることが多い。この点でもハンドパペット型RUIに相似的な身体性を見出すことができた。

これらの実験結果から、本インタフェースに対応するアプリケーションとしては、VR空間内において接触を提示するデバイスになると思われる。その1つとして、前述したMMORPG等の空間共有型テレコミュニケーション等を挙げることができる。また視覚触覚情報の統合されたゲームUIとしての利

用も考えられる。想定されるアプリケーションの実施例を図15に示す。

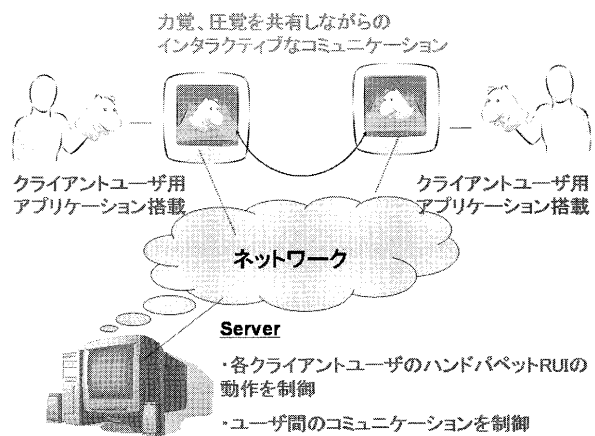


図15 ハンドパペット型 RUI の実施例

Fig.15 Example of Application for Handpuppet type Robotic User Interface

5. まとめ

本研究では、ハンドパペット型ロボティックユーザインタフェースを提案した。ハンドパペット型RUIは身体像を手に局在させる点が、他のバーチャルリアリティデバイスと違った設計指針となっている。今回は把持力や接触感を提示することが出来るように各種センサ・アクチュエータを取り付けたシステムを製作した。また実験によって全身に触覚を提示するという手法を、投射された身体であるハンドパペットを用いることが出来ることを確認し、ハンドパペット型RUIにおける触覚情報提示の有用性を立証した。

参考文献

- [1] 岡田美智雄,三嶋博之,佐々木正人 編: bit 別冊:身体性とコンピュータ,共立出版(2000)
- [2] 関口大陸,稲見昌彦,舘 暉: オブジェクト指向型テレイグジスタンスによるロボティックユーザインタフェース-形状共有システムの提案と試験的実装-,インタラクティブシステムとソフトウェア VIII: 日本ソフトウェア科学会, 近代科学社, pp.51-56(2000)
- [3] 計測自動制御学会 SI 部門モーションメディア調査研究会
<http://www.star.t.u-tokyo.ac.jp/~dairoku/mm/>
- [4] D. Sekiguchi, M. Inami, N. Kawakami and S. Tachi, The Design of Internet-Based RobotPHONE, Proc. 14th International Conference on Artificial

- Reality and Tele-existence 2004, pp. 223-228(2004)
- [5] 清水紀芳, 小泉直也, 杉本麻樹, 新居英明, 関口大陸, 稲見昌彦: “保持型ロボティックユーザインタフェースの研究” 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.17, No.2, pp.212-221(2005)
- [6] D. A. Norman 著, 野島久雄訳: 誰のためのデザイン? — 認知科学者のデザイン原論 新曜社認知科学選書, 新曜社(1990)
- [7] Robert F. Schmidt 著 岩村吉晃, 坂田英生, 佐藤昭夫, 豊田順一, 松裏修四, 小野武年 訳: 感覚生理学 第2版, 金芳堂(1989)
- [8] 舘 暉: ロボット入門-つくる哲学・つかう哲学, ちくま新書 (2002)
- [9] 松尾太加志: コミュニケーションの心理学, ナカニシヤ出版(1999)
- [10] CyberTouch : http://www.immersion.com/3d/products/cyber_glove.php
- [11] 矢野博明, 廣瀬通孝, 小木哲郎, 田中善昭: 振動触覚グローブを用いた流れ場表現, 情報処理学会論文誌, Vol.40 No.2 pp414-421(1999)
- [12] 廣瀬通孝, 小木哲郎, 石綿, 山田: 多面型全天周ディスプレイ (CABIN) の開発とその特性評価, 信学会論文誌, J81-D-II-5, pp.888-896 (1998).
- [13] 矢野博明, 小木哲郎, 廣瀬通孝: 振動子を用いた全身触覚提示デバイスの開発, TVRSJ Vol.3 No.3(1998)
- [14] Robert W. Lindeman, Robert Page, Yasuyuki Yanagida and John L. Sibert: Towards Full-Body Haptic Feedback: The Design and Deployment of a Spatialized Vibrotactile Feedback System, Proceedings of ACM VRS T (Virtual Reality Software Technology) 2004, pp.146-149(2004)
- [15] Tomoko Yonezawa, Noriko Suzuki, Kenji Mase, Kiyoshi Kogure; “HandySinger Expressive Singing Voice Morphing using Personified Handpuppet Interface”; Proceedings of the 2005 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME05), pp121-126(2005)
- [16] Head, H. & Holmes, G. : Sensory disturbances from cerebral lesions. Brain 34, pp102-254(1911)
- [17] Iriki, A., Tanaka, M., Iwamura Y.: Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurons. Neuroreport 7, pp2325-2330(1996)

(2006年1月4日受付)

[著者紹介]

小泉 直也 (正会員)



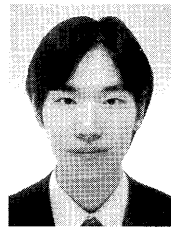
2004年電気通信大学電気通信学部知能機械工学科卒業。2006年電気通信大学大学院電気通信学研究科博士前期課程知能機械工学専攻修了。同年、新世代株式会社に入社。主に、製品設計業務に従事。日本バーチャルリアリティ学会正会員。

清水 紀芳 (学生会員)



2004年電気通信大学電気通信学部知能機械工学科卒業。2006年電気通信大学大学院電気通信学研究科博士前期課程知能機械工学専攻修了。同年、同大学大学院電気通信学研究科博士後期課程知能機械工学専攻に入学。現在に至る。ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。日本学術振興会特別研究員、日本バーチャルリアリティ学会学生会員。

杉本 麻樹 (学生会員)



2000年千葉工業大学工学部電子工学科卒業。2002年同大学大学院工学研究科博士前期課程情報工学専攻修了。同年から2003年まで科学技術振興事業団戦略的創造研究推進事業「協調と制御」領域グループメンバー。2003年10月から電気通信大学大学院電気通信学研究科博士後期課程機械制御工学専攻。主に非言語情報を利用したヒューマンインタフェースに関する研究に従事。日本学術振興会特別研究員、日本バーチャルリアリティ学会会員。

新居 英明 (学生会員)



1993年東京工業大学大学制御工学科卒業。1995年同大学大学院理工学研究科博士課程前期課程制御工学専攻修了。同年(株)トキメック入社。2003年4月同社退社後(株)テックエキスパーツ入社。2003年10月電気通信大学大学院電気通信学研究科博士後期課程機械制御工学専攻に入学。現在に至る。主に光を利用した通信やヒューマンインタフェースに関する研究に従事。日本バーチャルリアリティ学会学生会員。

稲見 昌彦 (正会員)



1999年東京大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。東京大学リサーチ・アソシエイト, 同大学助手, 電気通信大学講師, 同大学助教授, マサチューセッツ工科大学コンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者を経て, '06年4月より電気通信大学知能機械工学科教授。科学技術振興機構さきがけ研究者を兼任。複合現実感, ロボットなどインタラクティブシステムに関する研究に従事。日本VR学会学術奨励賞, 論文賞, IEEE Virtual Reality Best Paper Award, 米「TIME」誌 Coolest Inventions など各賞授賞。本学会, ヒューマンインタフェース学会等会員。