

特集 実世界インタフェースの新たな展開

身体性に基づく 実世界インタフェース

2

飯塚博幸 丹羽真隆 近藤大祐 安藤英由樹 前田太郎

大阪大学大学院情報科学研究科

ユーザの身体性を考慮し、自然かつ直観的に感覚や意図を伝送するためのインタフェースを紹介する。本稿では、従来のインタフェースでは表現することの困難な空間知覚、運動感覚やスキル、意図を取り上げる。感覚を伝送するためには運動レベルでの作用が必要であり、いかにして運動に働きかけることのできるインタフェースを実現するかを解説する。また、ヒトの意図は直観的な振舞いにおける運動に現れるため、それを検出する手法について述べる。

インタフェースと身体性

ユーザインタフェースとは機械とヒトを効果的に接合させるものである。そしてそれは、ヒトの行動をサポートする目的で、機械の中での情報とヒトの情報を融合する形で進化してきた。たとえば、ウィンドウ操作に欠かせないマウスは手の運動と機械の中でのポインタの運動を連結させることによって、手の運動情報を機械の中でのポインタの運動情報に変換し、視覚的に物事を選択するために使われる。また、選択の結果はディスプレイに表示されたり、音となって出力されたりすることで、ヒトは情報を得ることができる。このような情報のやりとりはコンピュータの中にとどまらず、ウェアラブルな装置との間でも当然ながら生じ、どのようにヒトから情報を入力し、どのようにヒトに情報を出力するかがインタフェースにおいて本質的問題となり、それはインタフェースの質を決定することになる。

一般的に用いられている情報の提示方法としては、ユーザに文字や記号を提示する、パソコンやテレビなどのディスプレイがある。これは一旦、ヒトが解釈可能なシンボルの形で機械側が提示を行い、ヒトがそれを視覚的に認識し意識的に解釈することによって情報を得る。言い換えると、意味や情報を運ぶ

抽象的なシンボルのレイヤでインタフェースとして機械とヒトを接合していることになる。これは、手続きの作業をするときや知識として未知なことを得るときには、ヒトに情報を伝達する方法としては有効であると考えられる。ところが、実世界で活動しているユーザが必要とする情報はそれだけではない。物の質感や柔らかさといったものから場の空気まで、その場にいることで体験できる感覚、さらには技術やスキルといった運動を伴った情報、いわゆる非言語情報が必要とされる。また、従来のインタフェースでは、情報の伝達にはユーザの解釈を必要とし、ユーザが反応するのに一定の時間を必要とする。実世界インタフェースでは、ユーザの行動に実時間で働きかける必要がある。つまり、解釈するのではなく直観的に分かる、直観的に動いてしまう、そういうインタフェースが求められる。

では、感覚や非言語情報といったものはいかにしてインタフェースから情報としてヒトに直観的に伝達することができるだろうか。一見、感覚は感覚器から入ってくる情報を受動的に処理することによって作られていると考えられがちであるが、むしろ感覚とは身体の運動を伴って能動的に探索することで成り立っている。Gibsonのクッキーカッターの研究¹⁾でも示されているが、筆者らの研究

「SmartFinger」²⁾ の例でいうと、SmartFinger は爪上から振動刺激を与えることによって、フラットな面をなぞりつつも指先に凹凸を感じさせることができる。面白いことに、手を動かさずにいるとそれは単なる振動でしかないが、なぞり動作をしているときに振動を与えると指先に凹凸の感覚が生まれる。感覚が生まれるということは、SmartFinger はインタフェース装置として、ユーザに意識的な解釈をさせているのではなく、その感覚を直観的に感じさせているのである。SmartFinger はユーザの運動を基に振動刺激を重畳することで、感覚の生起を実現している。このように感覚を生起させるためには運動が必要なのである。つまり、実世界で感覚や運動を伴う非言語情報を伝達し、ユーザに直観的に情報を理解させることのできる実世界インタフェースを実現するためには、感覚器に入る感覚刺激だけでなく、身体の制約のもとに感覚に伴って生じている運動情報を伝達し、身体を通して感じさせることが必要不可欠となる。そこで、感覚のみならず運動をいかに伝達するかが問題となり、運動に直接働きかけることのできるインタフェース、身体性に基づいた実世界インタフェースを実現しなければならない。

実世界でのウェアラブルインタフェースでは、物理的に力を加えてユーザの運動をコントロールする方法として、パワードスーツがある。しかし、装置が複雑になり、外部から動かされた運動には運動の自発性の感覚が乏しい。先に挙げた Gibson の研究でも示されているが、刺激に伴う運動は自発的に生成されている方が感覚を生起しやすい。この観点からも外的な力に頼ることは好ましくない。そこで、これを満たす手段として、バーチャルリアリティで多用される人間の感覚の特性を利用した錯覚を利用する方法が挙げられる。たとえば、平衡感覚に錯覚を与え、実際に外力を与えなくとも姿勢反射を利用してユーザの“自発的な”運動を誘発できる。また、視覚を効果的に伝送することで、そこに映る自分ではない運動を自分の運動であると錯覚させ、運動の感覚を伝送することも可能である。本稿では、このように錯覚を利用し運動や運動の感覚を伝送する実

世界インタフェースについて解説する。

空間把握を伝える実世界インタフェース

従来の解釈を要するインタフェースではユーザに伝えることが困難である空間把握の例を見てみよう。ここでの空間把握とはヒトが常に知覚している周辺の空間的拡がりの認識のことである。従来の方法では、3人称視点から得られた映像をユーザに提示したり、目の近傍に置いたカメラの映像をディスプレイに提示したりすることで、それを実現しようと試みる。しかし、運動を伴わない視覚情報のみの提示は、それを解釈しなければ空間を把握することはできない。

一般に、ヒトが見回しを行うと、網膜上の像は大きく揺れ動くが、それを静止した世界として認識することができる。それは、ヒトが、視覚で捉えた世界に体性感覚や前庭感覚を統合することで、空間を再構成する機能を備えているからである。

このように空間知覚と姿勢は密接に関連しているため、もし、自己運動や前庭感覚を伴わずにインタフェース装置が視覚情報のみを空間情報としてユーザに伝えた場合、視界だけが動き、対象物や世界が揺れたと知覚することになる。これは一般にバーチャルリアリティの分野で問題になっており、運動と視覚情報の不整合が起こす、いわゆる VR 酔いの要因の1つである。つまり、身体性に伴った運動と視覚では世界は正しく認識されるが、身体性が崩れると当然認識も崩れる。

誰か(伝送元)が認識している空間情報をユーザに伝送するために、インタフェース装置としてヘッドマウントディスプレイ(HMD)を使って提示しようとする、伝送元の周囲の映像があたかも自分の周囲であるように提示されるが、この視野は伝送元のカメラが捉えた映像であるため、自身の運動とは関係なく動く。すると容易に身体性が崩れ、揺れる世界が再構成される。この身体性の崩れを解消するためには、視覚情報とともに頭部運動を伝送し、視覚と運動を同時に再生すれば解決することができ

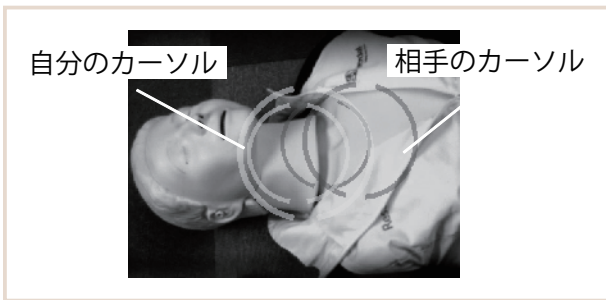


図-1 視野内に表示される自身と相手のカーソル。色は印刷用に強調してある。

る。そこで、1つの実現方法として、伝送元の頭部運動と同一の運動を行うようにインタフェースが支援することによって、身体性を仮想的に保持し、同一視点からの正しい空間知覚を実現する方法を解説しよう。

ここでの実現方法では、ユーザの視野に自身の頭部位置・姿勢を示すカーソルと、伝送元の頭部位置・姿勢を示す同じ形状をしたカーソルを表示して、それらが重なるように自身の頭部を動かすと自然と頭部運動が揃うようにする。図-1にその例を示す。カーソルはそれぞれの視点から前方に70cmの位置に置かれた直径20cm、奥行き20cmの2重の円環状の仮想物体として描かれている。自身のカーソルは常に眼前の中央に存在し、カーソル間のずれは、自身と相手の頭部位置・姿勢のずれ、すなわち相対位置関係を反映したものになる。カーソルが重なっているとき、自然と両者の頭部の位置と姿勢が一致している状態になる。

しかし、このようなカーソル方式をとると、カーソルの動きを常に強く意識して行動する必要があるほか、急な頭部運動や大きな動きに対して常に一致した姿勢を維持するのは困難になる問題がある。加えてカーソルが画面の中央に表示され続けることで、視野を阻害するおそれがあるので、視覚や聴覚などの感覚チャンネルを阻害せず、かつ意味解釈が不要な頭部運動支援が望まれる。そのような要件を満たすインタフェースとして、前庭電気刺激(GVS)³⁾と呼ばれる技術を用いた方法を紹介する。

GVSは、両耳の後ろの乳様突起に電極を貼り付け、

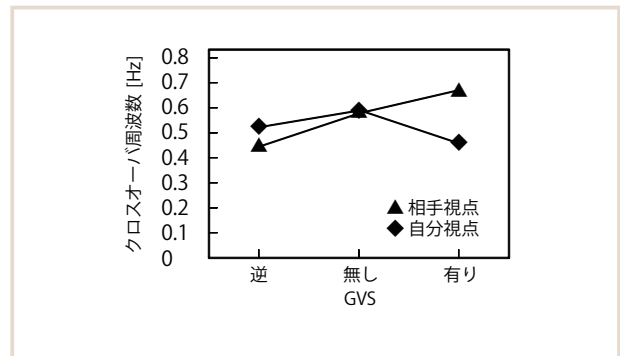


図-2 GVS印加による追従特性の変化

頭蓋を貫通するように0.5～1mA程度の微弱な電流を流すことで、平衡感覚を司る前庭器を刺激することである。この刺激は、左右への加速度として知覚され、また、反射的に姿勢が陽極方向へ傾くよう誘導されることが知られている。したがって、頭部追従時に頭部姿勢の差が生じた際に、GVSにより差を縮める方向へ誘導する疑似加速度を与えれば、運動をさらに直観的に支援できる。

その効果は以下のように確かめられている。左右並進方向へ疑似ランダム運動する相手視点を再現し、被験者は頭部を左右に移動させ相手カーソルに追従する。共有する一人称視点映像はコンピュータグラフィクスで生成され、運動計測にはPolhemus社Libertyを用いる。頭部位置と目標位置との差が一定量を超えた際に支援方向へのGVSを印加する。比較のため、GVSなし、および支援と逆の方向へのGVSでも同様のタスクを行い、また視覚は相手視点に加え、単純なシースルーに相当する自分視点条件をコントロールとしている。

位置ゲインと時間遅れを指標とするMcRuerのクロスオーバーモデルを用いて被験者の頭部の追従運動を評価した結果、位置ゲインを表すクロスオーバー周波数について、相手視点時にGVSが左右並進方向への追従を支援する傾向が見られた。結果の一例を図-2に示す。一方、自分視点で追従動作中に、同様の支援を与えても、効果がないか逆に運動を阻害するように作用した点も興味深い。この理由はまだ明らかになっていないが、予想するに、自分視点時はそもそも自身の運動と映像の整合がとれているの

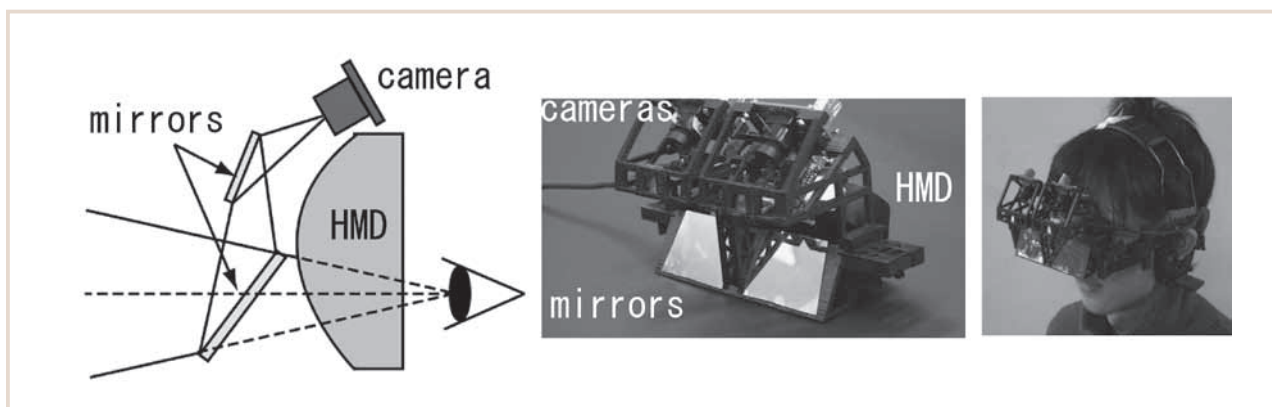


図-3 光学共役なビデオシースルー HMD

に、GVSで加速度感を提示したため、かえって自己運動感覚と視覚に齟齬が生じ、運動を混乱させた可能性がある。逆に相手視点において効果があったことは、GVSによる疑似加速度感覚が視覚に対する自己運動感覚の不足または過剰を補い、世界の揺れなどの空間的不整合が解消された効果があり、身体性を保持する方向に働いたことを示唆している。

このように以上の結果では、カーソルの表示と平衡感覚の錯覚を用いることで、インタフェースがユーザの運動を支援し、伝送元の視覚情報を得ながらも、伝送元と同様の運動をより再現できていることが分かる。客観的な空間把握能力の従来方法との差の比較はまだなされていないが、大きく改善されていることが期待される。

運動感覚とスキルを伝える実世界インタフェース

次に、感覚というよりは、能動的な運動におけるスキルの伝達を行う場合のインタフェースについて解説する。

通常、熟練者のスキルをユーザに伝えようとするインタフェース装置では、空間把握のときと同様に、熟練者の動きをとらえるために第三者的視点よりカメラで撮影し、そのスキルの映像を熟練者の指示とともにユーザに提示する方法がバーチャルリアリティの方法では一般的である。しかし、この方法では、熟練者にあらわれるスキルに伴う身体運動を、いっ

たん、熟練者の身体に自己の身体のイメージを投影することで運動を解釈し、初めてスキル運動を理解できる。これは、熟練者からの視覚とその身体の相対的位置関係が崩されている限り、その解釈を必要とする。逆にいうと、熟練者と同一の視点から熟練者の身体の動きをユーザに提示できれば、あたかも熟練者の動きを自分の動きであるように錯覚し、運動の解釈を必要としない。

これを実現する方法は、図-3のようにカメラを目と等価な位置(光学共役)に設置することによって解決される。熟練者の見えている視野をそのままユーザのHMDに提示する。一人称視点からの視野情報は、視野内に見える熟練者の手などの運動と視点の関係による身体性を保持している。このインタフェース装置を熟練者とスキル伝達をされるユーザとの両方に装着することで、熟練者はユーザのなにができていないのかを直観的に理解し、ユーザは熟練者のスキルに伴う動きを直観的に理解できる。しかし、ここで問題となるのは、HMDに提示される映像はどのようなものが良いのかという問題が生じる。たとえば、ユーザにとっては、どの程度自分の一人称視点の映像が見え、熟練者の一人称視点の映像が見えるべきかである。熟練者の見る映像も同様である。単純に50%で合成すると図-4のようになる。この映像を重畳させたときの相互の運動の干渉を調べてみると、以下のようなことが分かってきている。

2人の被験者に、一人称視点をとらえるインタフェース装置を装着させ、それぞれの映像の合成比率

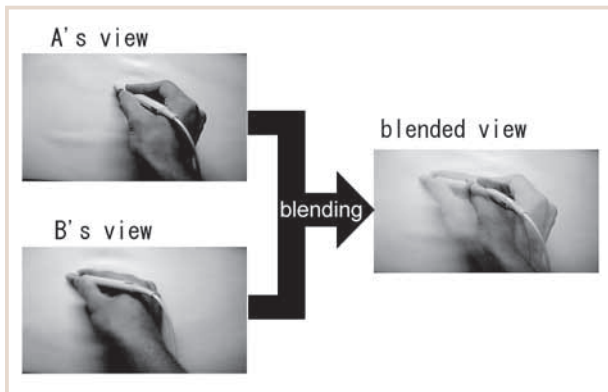


図-4 2人の視野を50%ずつ合成した場合の例

を変えた条件で、その合成映像を見ながら運動を行い、その運動がどのような影響を受けるかを調べる。4拍子の指揮運動を行った場合、映像を重ね合わせる割合によって、運動中の位置の誤差と速度の誤差の生成に違いが見られる。図-3のような両映像が合成されて表示されている条件では、位置誤差は小さくなる。面白いことに、2人の被験者の視野情報をお互いが互いに見ている条件（AさんがBさんの視野映像を見て、BさんがAさんの視野映像が見えるが、それぞれ自分の視野映像は見えない）では、2人の手の運動の速度誤差が合成されて表示されるよりも小さくなる。これは、自分の手の運動の正確な位置は視覚から得られないために、相互に速度追従が行われた結果であると考えられる。また、互いが自分の手の運動が見えずに相手の手の運動を見ているために、見えている手を互いに自分が動かしているように錯覚しながら手を動かすと、自然と安定して手の運動が同期する。

この錯覚状態を利用すると相手の運動を直観的に理解できる。これを実際の運動スキルに適用すると、確かにスキルが伝達される。その適用例を説明しよう。

運動としては、手の位置よりもより運動が重要であるディアボロ（紐につながれた2本のスティックを上下に動かすことで紐上のコマを回す）が用いられる。具体的なスキルとしては、コマを回転させる基本テクニックを伝達する。この基本テクニックを確実にできる人を熟練者とし、まったくディアボロ

をやったことのない素人に一人称視野を伝送するインタフェースを通してスキルを伝達する。互いに見る映像は相手の視点からの映像である。スキルの伝達評価のために、まず一人称視野共有システムを使いながら、個人のビデオシーズルー状態（カメラを通して自分の映像を見る）で、素人に1人でコマを回してもらう（単独試行）。次に共有システムを使い熟練者の映像を見ながらその運動にあわせるように手を動かしてもらいコマを回す（協調試行）。単独試行の後に協調試行を行い、これを1トライアルとして交互に繰り返し、そのときの回転数を評価することでスキル伝達の評価をする。図-5に被験者3人の結果を示す。被験者(a)は9回目のトライアルの単独試行まではあまり回せないが、共有システムを使って行った場合2.5倍ほど回転が改善しているのが分かる。被験者(b)ではその違いは顕著で6トライアルまで共有システムを使った方が回転数は多い。以降、単独試行の方が協調試行よりもパフォーマンスが良くなっている。これは、被験者の実験後の報告によると、6試行目までにコマを回すスキルを理解し単独で回すことができるようになったが、7試行目以降には協調試行で自分の思い通りにコマを回そうとすると相手の手の運動が逆に自分の手の運動に対して阻害するように働いたためであることが分かった。これは装置を使い続けることによってスキルを獲得したという学習効果の表れである。被験者(c)は最初から上手に回すことができその差は小さいように見えるが、1回目のトライアルの中の回転数を見ると、明らかに共有システムを使った方が回転速度は速くなっている。つまり、たとえ初めて装置を使ったとしても一人称視点を共有することによって、スキルの伝達が可能であることが示されている。

このようになぜ一人称視点を共有するとパフォーマンスが向上するのかといえば、それは身体性を共有しているからであろう。視点を共有することによって、視点からくる視覚情報と体との身体的位置関係を崩さない。そのため、見えている相手の運動の映像に対してエージェンシー（「自分が動かしてい

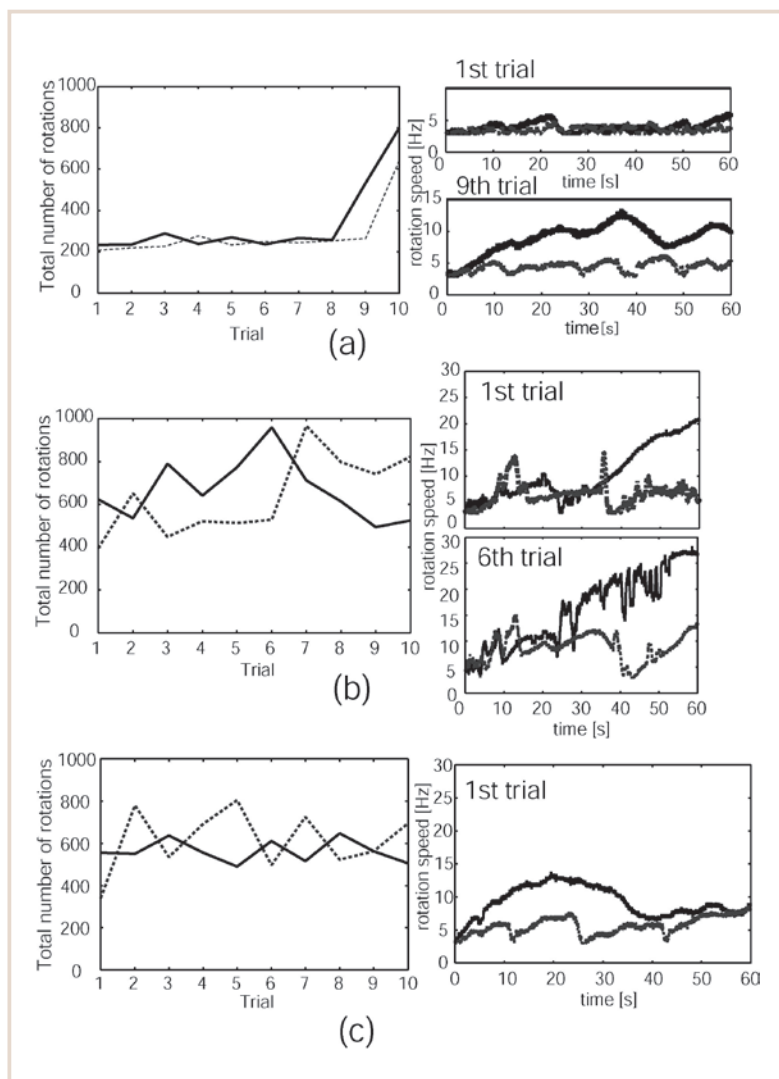


図-5 1人で行った場合と視野共有を行った場合の各トライアルにおける総回転数(左). トライアルにおける回転周波数の変化(右). (a), (b), (c)は各被験者を指す. 両グラフともに黒実線は視野共有を行った結果で, 点線は1人で行った結果である.

る」という感覚)が生じやすい. この効果によって, 熟練者の運動を直観的に理解し, 自分のものにすることができ. 従来のインタフェースでは解釈を必要とするが, それがこのインタフェースでは必要がないことがカギとなっている.

思い通りに動かすインタフェース

今まで見てきた身体性に基づく実世界インタフェースでは, 感覚情報のみを与えるような方法ではなく, 自身の身体の運動に対応してもらわれているように感覚情報を与えた. このことにより, 実世界

におけるユーザ自身の身体性を介してあたかもユーザ自身が直接世界を感じているような状態をつくりだすことができる. さらには, この身体性による自己同一性を自己から対象へと投影することによってあたかも対象が自分自身であるかのように直観的に扱うことも可能になるだろう.

▶ 直観的なロボット操縦

ロボットの操縦を例にとると, 従来の操縦インタフェースは, ロボットにあらかじめセットされている操縦コマンドを事前に学習し, ヒトがそれを思い出しながら入力することで, ロボットを動作させる. いったん, ヒトの行動意図をロボットの理解できるシンボルにユーザが変換するというプロセスを経るので, 操作は直観的なものとならない. 一方, テレイグジスタンス⁴⁾では, 完全な身体性一致による感覚と運動対応による臨場感と随意性を確保することで, 学習の必要性なく直観的に操縦することができる. これは, 完全にユーザと世界をシームレスに接続することによって可能となっている. しかし, 等身大かつ複雑な装置が必要

となる.

一方, SF 作品では, このような条件を満たさなくてもかかわらず随意にロボットを操縦している描写が存在する. たとえば, 横山光輝の漫画「鉄人 28 号」では, 操縦桿を握っているだけで人型ロボットを随意に操縦している. また, 同作のアニメを夢中で見ている子供が, 自分のおもちゃを操縦桿に見立て, これを動かすことで自分が操縦しているつもりになっているという状況が見受けられる. これらの場合, 入力動作とロボットの動きの間には時空間的な完全一致は望みようがないが, 操作者の操縦イメージと実際のロボットの動きが一致している. つま

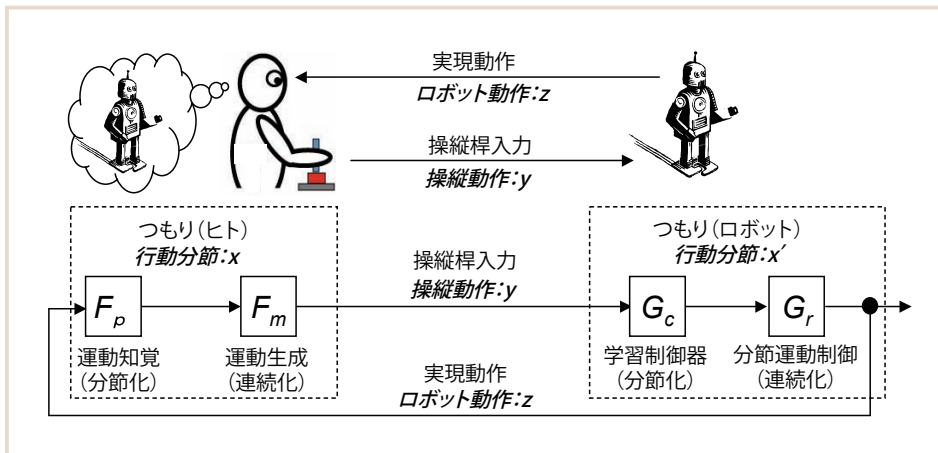


図-6 「思い通りに動かす」インタフェースの流れ

り、レイグジスタンスのように完全にユーザと世界がシームレスに繋がっているわけではないが、操縦イメージを失わない程度に世界とユーザがインタフェースにおいて接続されている状態である。

この操縦イメージを抽出し、ロボットや装置がそのイメージ通りに動作するようにインタフェースを実装すれば、思い通りに動かすインタフェースが可能となるだろう。似たような議論では、脳波から動作イメージを抽出し、それをインタフェースが解釈し、システムが動くというブレインマシンインタフェースの技術がある。しかし、ここでは、より実現が容易な、ユーザのあらかじめ取り決めたわけではない振り舞いから操縦イメージを抽出する実世界インタフェースについて紹介する。

▶ 操縦イメージの抽出とその実現方法

図-6のようにヒトが入力装置を介してロボットを操縦する例について取り上げ、そのインタフェースにおけるプロセスを概説する。ユーザが動かそうとイメージする行動の最小単位を行動意図とすると、行動意図 x は運動生成器 F_m によって連続化された操縦桿への入力動作 y となる。そして、この y はロボット側の制御器 G_c にて、ロボットの行動分節 x' へと変換される。この x' をもとに、ロボットは運動生成器 G_r にて連続化されたロボットの動作 z を実行する。 z を観測した操縦者は運動知覚器 F_p にてこれを分節化することで最初の行動意図 x と等

価であるかを判断し、次の行動意図にフィードバックする。

従来のインタフェースのコマンド操縦をこの流れで説明すると、操縦桿入力 y とロボットの動作 z の対応関係(G_c, G_r)をヒト側が把握して運動生成器 F_m に反映させることで、 x と x' を正しく対応させている。一方、操縦桿入力 y と求められる行動分節 x' との適切な関係(G_c)をインタフェースのロボット制御システム側が獲得することで、 x と x' を対応させることができれば、直観的に入力することによって思い通りに動かすことのできるインタフェースを実現することができる。

ここでは、簡単な人型ロボットを使ってそのインタフェースを実現する方法について説明する。前節で述べた、子供が見慣れて憶えてしまったロボットアニメの動きに合わせて、自分が操縦しているつもりになって操縦桿を動かしている状況を思い出そう。これと同じ状況を作り、ロボットを動かしているつもりよりのときの操縦桿入力を使って、 G_c を抽出する。ユーザにはあらかじめ分節化されたロボットの一連の動作を視覚的に提示する。ユーザは見まね観察によって、提示されたロボットの動きを、その動作に対応した行動意図に再分節化し、それを直観的に2個の操縦桿に対して入力する。得られた入力動作からヒトの行動分節とロボットの行動分節の対応付けを行い、直観的入力をロボットの動作へと変換する G_c を得る。

実際に G_c を構築し、ロボットを操縦してみると、操縦イメージと実際に動いたロボットの結果の合致率は約 6 割となった。簡単な操縦桿を用いたインタフェースであっても、おおむね操縦イメージを抽出しロボットを動かすことができている。これは、操縦桿を通して操縦イメージを失わない程度に、シームレスに世界とユーザを接合できた結果である。

思い通りに動かすインタフェースで、ヒトとロボットの行動分節を一致させることができたもう 1 つの理由は、ヒトとロボットが身体性を共有しているためと考えられる。特定のロボットの動作の分節はヒトも実際に似た運動をすることができ、「こうだ!」というように運動を想起しやすい。逆にロボットの動きが想起しにくく、分節化できないような運動である場合、安定した運動想起ができず、インタフェースとして安定した行動分節を選択することが難しくなるだろう。身体性を無視した意図の抽出をするのではなく、身体性を共有させることで意図の抽出が可能となっている。このおかげでユーザは自身を対象へと投影し、あたかも自身が対象と同一化して動いているかのように、状況を理解し活動することが可能となるのだろう。

おわりに

身体性に基づいたインタフェースについて解説した。どのような入力、出力をもってヒトと機械をつなぐかでインタフェースは決定される。いくつかの例によって身体性を保持した上でのインタフェース

この研究の一部は、大阪大学のグローバル COE プログラム「アンビエント情報社会基盤創成拠点」、JST CREST「先進的統合センシング技術」の研究助成による。

の実現を紹介した。意図、運動感覚、空間把握には身体性は必要不可欠である。身体性を無視した抽象的なシンボルを用いてヒトと機械をつなぐのではなく、運動や感覚に直接働きかけるインタフェースによって、新たなヒトと機械の融合が実現されていくだろう。

参考文献

- 1) Gibson, J. J.: Observation on Active Touch, *Psychological Review* 69 (6), pp.477-491 (1962).
- 2) 安藤英由樹, 仲谷正史, 渡邊淳司, 前田太郎, 舘 暉: なぞり動作を利用した触形状提示手法の検討, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.11, No.1, pp.91-94 (2006).
- 3) 安藤英由樹, 渡邊淳司, 杉本麻樹, 前田太郎: 前庭感覚インタフェース技術の理論と応用, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.3, pp.1326-1335 (Mar. 2007).
- 4) 舘 暉, 前田太郎: 人工現実感を有するテレイグジスタンスロボットシミュレータ, *電子情報通信学会論文誌 D-II*, Vol. J75-D-II, No.2, pp.179-189 (1992).

(平成 22 年 5 月 3 日受付)

飯塚博幸 iizuka@ist.osaka-u.ac.jp

大阪大学大学院情報科学研究科助教, 2004 年東京大学総合文化研究科博士課程修了(博士(学術)). 2008 年より現職. 専門は人工生命, 複雑系科学.

丹羽真隆 niwa@ist.osaka-u.ac.jp

2003 年 ATR 学外実習生. 2006 年大阪工業大学にて博士前期課程修了. 2009 年大阪大学にて博士後期課程修了. 同年同大特任研究員, 現在に至る. VR インタフェース等の研究に従事. 博士(情報科学).

近藤大祐 kondo@ist.osaka-u.ac.jp

2005 年岐阜大学大学院工学研究科博士後期課程修了. 2009 年より大阪大学大学院情報科学研究科特任研究員. 専門は情報工学, 人工現実感. 博士(工学).

安藤英由樹 hide@ist.osaka-u.ac.jp

大阪大学大学院情報科学研究科准教授, 2004 年東京大学より博士(情報理工学)を授与. 2008 年より現職. 専門は錯覚応用工学, ヒューマンインタフェース, インタラクティブ・アート.

前田太郎 t_maeda@ist.osaka-u.ac.jp

大阪大学大学院情報科学研究科教授, 1994 年東京大学より博士(工学)授与. 1997 年同工学部講師, 2003 年 NTT コミュニケーション科学基礎研究所主幹研究員. 2007 年より現職. 専門は人間情報工学, 感覚伝送デバイス, パラサイトヒューマン.