



研究ノート

3次元空間型ヒューマンインタフェース

北村 喜文*

Human Interface in 3-D Environment

Key words : Human-Computer Interaction, Multi-modal User Interface, Virtual Environment

1. はじめに

コンピュータが処理して吐き出してくる情報の量は、ますますの性能向上により、指数関数的に増加してきている。また、インターネットやマルチメディアネットワークの進歩・普及により、我々の身の回りに溢れる情報は、その内容も複雑化・多様化しつつある。これに対して、こうした情報を利用する立場にある人間の処理能力は、教育や訓練などによって少しは向上することはあってもそれほど大きな進歩(進化)は期待できず、年月を経ても能力はほぼ一定であると考えられる。すなわち、人とコンピュータの関係を見るとき、両者の間の能力差は今後ますます広がる傾向にあることが容易に想像でき、なんとかそのギャップを埋めてやる仕組みを考えてゆく必要がある。ここに、ヒューマンインタフェースの研究の重要性がある。

現在主もよく利用されているコンピュータのためのヒューマンインタフェースは、ディスプレイ、マウス、キーボードといった装置を用いた2次元のインタフェースである。デスクトップメタファなどと呼ばれるように、机の上の書類やごみ箱といった日常生活に関連付けられた絵(アイコン)をマウスで選択するなどの動作によって、データの操作を可能とするこの考え方は、幅広い支持を集め、コンピュータの普及に大いに貢献してきた。

しかし、今後ますます大量になる複雑な情報を、

人にとってわかりやすく提示し、操作しやすいものにするためには、今までにない新しいヒューマンインタフェースの仕組みを考えてゆく必要がある。そのための1つのアプローチは、我々の日常生活を営む3次元世界における経験や知識、身体性などを積極的に活用した3次元空間の概念をヒューマンインタフェースに取り入れてゆくことである。本稿では、この新しいインタフェースを考えてゆくための課題などをあげ、それに対する我々のアプローチを紹介する。

2. 3次元空間型ヒューマンインタフェースの課題

コンピュータシステムの設計者は、コンピュータの振舞いに関するイメージ(デザインモデル)を描いてシステムを構築する。一方の利用者も、コンピュータの動作についてのイメージ(メンタルモデル)を持ってシステム対話を図ろうとする。一般に、これら2つのモデルの間のくい違いが大きい時、このシステムは使いづらいものとなる。そこで、これらを一致させる手立てとして、「メタファ」がよく利用される。これは、あまり知らない世界の操作に、だれでもが知っている世界のオブジェクトやその振舞いを模倣して利用しようとするものであり、デスクトップメタファもその1つの例である。どのようなメタファを選択して利用するかが、使い易い直感的なインタフェース構築のための鍵となるが、3次元空間型ヒューマンインタフェースの場合には、これに加えて特に、インタラクションモデルの高精度化も問題となることが多い。つまり、コンピュータ内部のデータ間の相互関係(インタラクション)を規定するモデルが、これに対応する現実世界のオブジェクト間のインタラクションモデルに精度よく一致していることが、メタファをうまく利用したヒューマンインタフェースには必要であると言える。

さらに、3次元空間を利用した新しいヒューマンインタフェースでは、コマンド言語など以外の複数

*Yoshifumi KITAMURA
1962年7月30日生
1987年大阪大学大学院・基礎工学研究科・物理系専攻博士前期課程修了
現在、大阪大学大学院・工学研究科・電子情報エネルギー工学専攻、助教授、工学博士、ヒューマンインタフェース
TEL 06-6879-7752
FAX 06-6879-7752
E-Mail kitamura@ie.eng.osaka-u.ac.jp



種類の情報(モダリティ)を多面的に利用してゆくことが考えられる。これは、マルチモーダルインタフェースと呼ばれるもので、身振りや手振りなどの身体運動、音声、顔の表情などの利用が主な研究対象となってきた。人にとっては友人と会話をするように非常に自然なインタフェースとなり得るが、操作の自由度が増加するため、うまく制御して利用しなければ、かえって操作効率や精度を悪くする可能性がある。

これらに対する我々のアプローチを紹介する。

3. 道具のメタファを利用した仮想物体操作

我々人間は物体の位置や方向を変えようとする場合、さまざまな操作を容易に効率的に精度よく実行するなどの利点を期待して、道具を利用することが多い。この道具という概念をコンピュータシステムに導入することにより、強力なメタファをヒューマンインタフェースに与えることができる。たとえばはさみは紙や布を切るというように、道具の持つ機能は一般に限定することができる。また、その道具を把持・操作する方法についても、一般に限定することができる。つまり、道具を導入することにより、利用者は、コンピュータ内部のデータにどのように働きかければよいかを正しく理解することができる。そのために、はさみやピンセットといった実体をもった道具を、操作目的ごとに作成してマウスなどのデバイスに置き換えて使用することも考えられるが、それでは汎用性が低下する。そこで、道具の部分を仮想化し、標準的な手形状入力装置を用いてこの仮想道具を操作するという手段をとることが考えられる。

道具を利用した物体操作をコンピュータ内部(Virtual Environment)で実現するためには、手と道具の間のインタラクションに加えて、道具と物体間のインタラクションという2段階の複雑なインタラクションを考慮しなければならないが、道具の機能性を活かした精度の高い物体操作を実現するためには、手-道具、道具-物体間のそれぞれのインタラクションに、現実世界と同様の詳細なインタラクションを考慮する必要がある。

そこで我々は、最も日常的な道具の1つである箸を例にとりあげ、仮想箸による物体操作インタフェースを試作している¹⁾。箸は、比較的単純な形状でありながら多機能であるという特徴を持つ。まず、手指の動きをグローブ型の手形状入力装置によって入力し、ここで再現された手指の動きに合わせて、正

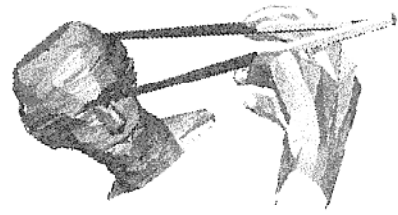


図1 仮想箸による物体操作の例

しい箸使いとして文献で紹介されている方法に基づく箸の動きを当てはめ、仮想箸の動きを実現する。このようにして、インタラクティブな仮想箸システムを構築することができるが、コンピュータ内に用意される手形状モデルは一種類のみであり、複数の利用者を想定した場合、実際にシステムを使用しようとする個々の利用者の手指の長さや太さなどと異なってしまうのが通常である。また、手形状入力装置により計測される手指の曲げ角度の測定値には誤差が多く含まれ、自由度も多く、そのキャリブレーションには時間がかかる上に完全に調整しあげることが困難である。そのため、実際の手指の動きとは異なった動きとなり、利用者がイメージする動作(メンタルモデル)とデザインモデルに基づいて実際に計算機で再現される動作が遊離した使いにくいインタフェースとなって、操作性を妨げる大きな原因となる。そこで、箸などの道具使用時の手指の動作は比較的少数の自由度で表現できることに着目し、多自由度の手指のモーションキャプチャデータに対して重回帰分析による状態推定を導入することによって、骨格構造が異なる複数人に対しても厳密なキャリブレーションが不要で、しかも、正しく道具を使用できない利用者でも、自らのイメージ通りの箸操作をすることが可能な方法も考案している。

4. 身体運動に関連付けた2つのカメラパラメータの制御

工場やその他の場所に設置された監視カメラの位置や方向などのカメラパラメータを遠隔操作する場合、ジョイスティックや矢印キーといった間接的なインタフェースをもつ操作盤を使用することが多い。しかし、操作する監視カメラが複数になり、また、操作者が対象世界をよく知らない場合などには、得られた画像がどこからどの向きを捉えたものなのかなどの空間構造を素早く正確に理解することが困難となる。

コンピュータグラフィックスによって生成された

仮想都市などの3次元空間内を自由にウォークスルーする場合も、利用者が通常観察する等身大画像だけでは大局的な情報が不足するため、空から鳥瞰的に眺めたような第2の視点の映像も合わせて提示することが考えられる。しかしこの場合も、第2の視点がどこからどの向きを捉えたものなのかなどが利用者に理解されないと、仮想世界の空間構造を把握する手助けにはならない。2つの視点の位置と方向は合計で12の自由度があるが、これら进行操作するのに、間接的な非直感的なインタフェースを介していると、この問題は解決されない。

そこで我々は、3次元空間中の2つの視点を決めるカメラパラメータを連動させ、自由度を減少させることで利用者の身体運動に直接関連付けてこれらを直感的に制御する目的で、座標系対連動法と呼ぶ手法を提案している。これは、上述のウォークスルーする場合には、利用者視点と鳥瞰カメラ視点の動きを連動させる手法であり、利用者の空間構造を理解しようとする行動に合致した直感的な方法により、鳥瞰カメラ視点の位置・方向を制御し、利用者の自由な自分の意図に応じた大局的画像(鳥瞰画像)の取得を可能とする。

この例の場合を、2次元に単純化した図2を用いて簡単に説明する。座標系対連動法は、鳥瞰カメラ視点 O_b における視線 O_bS_b の世界座標系に対する相対的な位置・方向の関係と、利用者視点 O_u と鳥瞰画像を表示する窓の中心とを結ぶベクトル O_uS_u のパームトップ座標系(利用者の手の動きに対応する)に対する相対的な位置・方向の関係を連動させることである。すなわち、利用者が自らの手や頭部の位置を動かすと、それに伴って鳥瞰カメラ視点の位置と方向も変化させることができる。この方法は、絶対的なカメラパラメータを決定する方法ではないが、たとえば鳥瞰画像では必ず北を上に表示するように鳥瞰カメラの向きを拘束するなど、適当な拘束条件を付加することによって、相対的にカメラパラメータを連動して決定することができる。

この手法を3次元仮想都市環境内のナビゲーションシステムに応用し、未知のランドマークを探索して迎る評価実験を行ったところ、被験者全員が平均して短時間でランドマークを探索できた²⁾。つまり、カメラパラメータの制御というやや面倒なタスクを利用者の身体運動に直接関連付けることにより、鳥瞰カメラ視点の直感的制御と鳥瞰カメラ視点の位置・

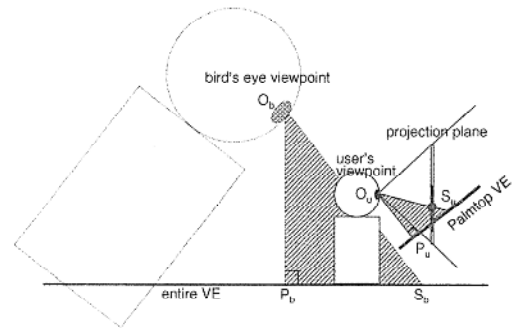


図2 座標系対連動法概念図

方向の直感的理解が可能となり、利用者の意図に応じた鳥瞰画像が取得できたと言える。

5. ま と め

コンピュータを中心とする機械と人の間のヒューマンインタフェースを、よりわかりやすく扱いやすいものにするための1つのアプローチとして、3次元ヒューマンインタフェースの考え方について述べ、例として我々の研究のアプローチの一端を紹介した。3次元ヒューマンインタフェースを構築する要素技術は、本稿で触れたもの以外にも、3次元コンピュータグラフィックス、3次元データ可視化、立体表示ディスプレイ、3次元音場の生成と立体音響装置、触力覚提示装置などを含むマルチモーダルディスプレイ、身体運動や利用者の内部情報(生体情報)などを計測する各種センサ、など、関連分野は非常に多岐に及ぶ。

使いやすい直感的な3次元ヒューマンインタフェースを実現するアイデアはいくつも提案されつつあるが、今のところ決め手となるものはない。しばらくの間はさまざまな方式を考え、設計試作して評価するという地道な研究を続けてゆく必要があると思われる。こうした中から、後の世に残るようなインタフェースが生まれるものと信じている。

参 考 文 献

- 1) Yoshifumi Kitamura, Tomohiko Higashi, Toshihiro Masaki, Fumio Kishino, "Virtual chopsticks: object manipulation using multiple exact interactions", IEEE Virtual Reality, pp. 198-204, 1999.
- 2) 深津真二, 北村喜文, 正城敏博, 岸野文郎, "座標系対連動法による仮想環境内ナビゲーションのための鳥瞰カメラ視点の直感的制御", 信学論, Vol. J83-D-II, No.9, 2000.