

## 学位論文題名

## 仮想イメージによる統合化ヒューマンインタフェースの研究

## 学位論文内容の要旨

近年ヒューマンインタフェース研究は著しく進展しており、インタフェース設計のガイドラインの必要性が指摘されている。しかし現状ではこのガイドラインは必要に応じて個別的、無秩序に設定されているといっても過言ではない。コンピュータユーザにとってコンピュータは外界の一部であり、人間として備わっている複雑な運動系、感覚系を駆使して、コンピュータを有効に使いこなせるために、ヒューマンインタフェースは様々なレベルで人間や外界との整合性を持つことが必要である。ユーザはコンピュータを利用する過程において、ヒューマンインタフェースを介して自律的にコンピュータに対するイメージを形成していく。このイメージは必ずしも真のイメージとは限らず仮想的なものであり、これを仮想イメージと呼ぶ。

本研究は、ユーザにとってどのような仮想イメージが構成され得るか、その個人差、熟練度の差などについての解釈を与えること、およびコンピュータの真のイメージを持った設計者がそのイメージを再構成しユーザにとって形成し易い仮想イメージの想定と設計の指針を与えることを目的としており、特に運動系や感覚系など比較的物理レベルに近い段階において、ユーザが日常の生活の中で自然に獲得する様々な能力に基づくイメージを利用してヒューマンインタフェース設計・改良の試みを行っている。

第2章では生理学的知見においてヒューマンインタフェース設計に有効と考えられる事項を整理している。ヒューマンインタフェースのハードウェアに対するイメージの構成に、運動系・感覚系の基礎的知識の蓄積が不可欠であると同時に、インタフェース設計にあたってこれらの基礎的データが必要となる。実際には潜時、応答時間、刺激強度などを知ることができれば十分であるが、これらは注意力にともなって変化するなど、複雑かつ多様である。ユーザの特性を理解するにあたってこのよ

うなデータのみに基づくのではなく、生理学的知見によってデータを理解することの有効性について述べている。

第3章では超音波の位相差を利用した位置計測方式を提案している。ヒューマンインタフェースはユーザとコンピュータのコミュニケーションの接点である。従ってやりとりされる情報の内容の如何にかかわらずユーザの運動系の作用をコンピュータに伝達する手段、およびユーザの感覚系に対して刺激を与える手段が必要である。そしてあらゆるコミュニケーションはそれらの上に成り立っている。特に前者を実現するためにはユーザの動きの計測を行う必要があるが、そのための計測方式には特に、小型軽量である、動作抵抗が少ない、計測時間が短いなどの性質が要求される。これらの性質を満足するような計測方式として、超音波の位相差を利用した位置計測方式を提案する。実際に装置を試作し、基本的な動作試験を行った結果、この計測方式が十分な性能を持ち、ヒューマンインタフェースへの適用可能性と実用性が確認された。

第4章では両眼視および運動視の機能を応用したディスプレイシステムについて述べている。極限環境用ロボットの操縦、遠隔臨場システム、無人施設における遠隔監視等において、ビデオ画像を通して視者に正確な空間情報を与え、視者の空間知覚を助ける手段が必要とされている。人間は様々な手がかりを利用して空間情報を抽出する。通常のビデオ画像においては、形状によって経験的に得られる遠近感や、陰影、光沢、力学の知識特定の物体の大きさに関する知識など、画像から得られる平面的な情報が、空間情報抽出の手がかりとなっているが、空間情報の中でも特に奥行の情報を視者に十分に与えることはできない。このため、ビデオシステムに両眼視や運動視が応用することとした。簡単な仕組により両眼視および運動視の機能をビデオ画像に付加し、窓のイメージすなわちディスプレイの窓を通して窓の外を見ているような奥行感を視者に与えることを目的とする。カラービデオカメラ(2台)、ディスプレイ(1台)はいずれも市販の機器を用いており、超音波センサ、液晶シャッタ、ステッピングモータなど低コストな周辺装置によるシステム構成になっている。システムの設計に先立って、移動する2台のビデオカメラによる撮影から、ディスプレイへの時分割立体表示を経て、視者の左右の動きを伴った両眼視に至る空間の再構成の過程を、撮影空間から表示空間への写像として定式化した。そして、これに基づいて、表示空間ができるだけ忠実に撮影空間を再現するような、撮影・表示機器の配置と移動制御の設定方式を明確にし、本システムの設計に用いた。このことによって、十分

かつ自然な奥行感を持ったビデオ画像を得ることができるようになった。

第5章では超音波によるポインティング装置について述べている。ワークステーションやパーソナルコンピュータの標準ポインティング装置としてマウスが使われるようになって久しい。これは、マウスが比較的安価であり、優れた操作性を持つことなどにより、多くのアプリケーションソフトウェアに採用され、急速に普及したことが理由と考えられる。マウスの実用性は様々な評価手法により証明されているが、利用効率の向上に着目していくと、例えばユーザの利用形態が制限されることあるいは、他の入出力装置との併用を前提としない設計になっていることなどの問題点が浮かび上がる。ここで報告するポインティング装置は、マウスの持つ長所を有していて、しかも上に述べたような欠点を持たないポインティング装置の実現を目的として開発したものである。超音波を用いた小型で非接触的な位置計測方式を採用しているため、手に限らずユーザが動かすことのできる様々な部位を利用できるという特徴がある。ユーザの利用形態の自由度が大きくなるので、例えばキーボードなど他の入出力装置を使用しながら行うポイント操作や、横たわった状態で利用する医療用コンピュータの入出力など、幅広い応用範囲を有することとなる。ここでは実際に装置を試作し、基本的な動作試験を行った結果、ポインティング装置として十分な性能を有することが確認された。

第6章では新しいポインティング装置として慣性マウスを提案している。実際に開発試作を行ない、その有効性を検討している。慣性マウスは通常のマウスに拡張機能として慣性機能を付加したもので、近年マウスがパーソナルコンピュータやワークステーションの入力装置として急速に普及し、操作性向上の必要性が高まっていることに応えるものである。慣性機能は他のハードウェアやアプリケーション・ソフトウェアを変更することなく実現できるという特徴があり、ユーザが元来習熟している自然な動作に整合した機能であることが、評価実験により確認された。慣性機能に対するイメージはフライホイールのイメージとしてユーザに形成されていると考えられる。既存のインタフェースに対するイメージに別のイメージが自然に付加された実例となっており、仮想イメージによるヒューマンインタフェース設計の有効性を示している。

## 学位論文審査の要旨

主査 教授 伊達 惇  
副査 教授 宮本 衛 市  
副査 教授 新保 勝  
副査 教授 大場 良次

### 学位論文題名

#### 仮想イメージによる統合化ヒューマンインタフェースの研究

コンピュータ利用が個人の社会的活動の一部となりつつあるという社会的状況と、コンピュータが高速化、高性能化し、CPUの能力に余裕ができてきたという技術的状況の中で、ヒューマンインタフェース研究が多く行われるようになり、多くの設計ガイドラインが提案されるに至っているが、それらは対象に対してそれぞれ個別的な手法によりなされているという現状にある。

コンピュータの操作にあたって、ユーザがコンピュータに対して持つイメージは、運動系や感覚系の諸機能や実生活における経験を基礎として形成されるが、このイメージ形成の仕組みを理解し、ユーザに合わせたコンピュータ利用の効率化を図ることがヒューマンインタフェース研究にとっての重要な課題である。仮想現実感やグラフィカルユーザインタフェースの研究などは、かかるユーザのイメージを対象とする研究といえるが、本論文はユーザが持つこのようなイメージに仮想イメージという概念を対応させることによって、ユーザの個人差などに対する評価や、ヒューマンインタフェースの開発、機能拡張、ならびにヒューマンインタフェースの統合化を論じたものである。

本論文は6章より構成されている。第1章では序論としてヒューマンインタフェース研究の最近の動向について触れ、本研究の目的・意義について述べている。

第2章では、ヒューマンインタフェース研究に有効と考えられる基礎的事項を生理学、心理学、人間工学などの関連分野における成果と対応付けて整理している。特にコンピュータに対するユーザのイメージ形成

の仕組みの把握の必要性、およびヒューマンインタフェース研究における仮想イメージの役割について述べている。

第3章ではユーザとコンピュータのコミュニケーションを円滑にすることを目的とした、ユーザの動作の計測方式として、超音波の位相差を利用した位置計測方式を提案している。この計測方式に対して基本的な動作試験を行い、ユーザに対する物理的・心理的な影響が少ないこと、人間の通常の動作に追従する応答速度を持つことを検証し、ヒューマンインタフェースへの適用可能性と実用性を述べている。

第4章では両眼視および運動視の機能を応用したディスプレイシステムについて述べている。極限環境用ロボットの操縦、無人施設における遠隔監視などにおいて、ビデオ画像を通して視者に正確な空間情報を与え、視者の空間知覚を助ける手段が必要とされており、両眼視を応用したビデオ画像が既に実用化されているが、運動視を併用したものは現状では実現していない。ここでは両眼視に加えてさらに、運動視の機能をビデオ画像に付加したディスプレイシステムを開発し、仮想的な窓のイメージすなわち視者にとってディスプレイの窓を通して窓の外を見ているような奥行感が得られるビデオ画像を実現している。

第5章では超音波によるポインティング装置について述べている。手に限らずユーザが動かすことのできる様々な部位を利用できるという効果を得るために、超音波を用いた小型で非接触的な位置計測方式を採用している。ユーザの利用形態の自由度が大きくなるため、ユーザのイメージ形成の個人差などに柔軟に対応できることになるという例として、キーボードなど他の入出力装置を使用しながら行うポイント操作や、横たわった状態で利用する医療用コンピュータの入出力などを挙げている。また試作機による基本的な動作試験により、ポインティング装置として期待される性能を満たすことを検証している。

第6章では新しいポインティング装置として慣性マウスを提案し、開発・試作および評価実験を行っている。慣性マウスは通常のマウスに拡張機能として慣性機能を付加したものであるが、この慣性機能に対するイメージが、仮想的なフライホイールのイメージとしてユーザに形成されていること、ユーザが実生活において既に習熟している自然な動作に対応したイメージであること、および通常のマウスに対するイメージと整合することを、評価実験によって示している。

以上のように本論文は、ヒューマンインタフェース設計・改良に対する有益な知見を得ており、情報工学の発展に寄与するところが大きい。よって著者は、博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。