

〔非公開〕

TR-C-0003

視点の動きを利用したマンマシン・
インタフェースに関する研究

大村 和典

秋山 健二

小林 幸雄

KAZUNORI OMURA

KENJI AKIYAMA

YUKIO KOBAYASHI

1987. 7. 7

A T R 通信システム研究所

大村和典

秋山健二

小林幸雄

1. まえがき

近年、コンピュータシステムの、処理の高速化、記憶装置の大容量化により、複雑かつ豊富な機能を実現出来るシステムが開発され、広く普及しようとしている。このようなコンピュータシステムの高機能化に伴い、それらをユーザーが容易に使いこなせるような、高度なユーザーインターフェースが要求されている。

さて、従来のコンピュータと人間とのインターフェースを考えてみると、キーボードからの文字入力及び、ディスプレイによるメッセージの表示等、言語を中心としたインターフェースが一般的である。現在、高解像度ビットマップディスプレイによるマルチウィンドウやアイコン表示、またマウス等の指示装置を用いることにより、ユーザーインターフェースの向上が計られつつあるが、未だ十分にユーザーフレンドリなインターフェースを実現しているとは言い難い。

一方、人間どうしの会話を考えると、言葉による情報の伝達だけでなく、相手の表情や身振り等から相手の意図を推測しながら円滑な対話を行っていると考えられる。特に目の動きは、相手の意図を判断する上で重要な役割を果たしていると思われる。

そこで、人間と機械系とのインターフェースにおいて、言語だけでなく表情等から得られる意図情報を利用出来れば、より人間主体のマンマシンインタフェースが実現出来るであろうと考える。

本研究では、人間の表情、特に視点に着目し、視点の動きから得られる人間の意図情報を利用した円滑なマンマシン・インタフェースの実現を目的としている。

2. 研究の必要性

人間と機械系のインターフェースにおいて、人間主体の円滑な対話の実現を考えた場合、機械の側に人間の意図をくみ取り、人間に対し柔軟な応答を返すような機能を有することが必要である。ところが、現在の機械系におけるユーザーインターフェースでは、人間の意図情報を利用して、自然な対話を実現しているものは存在しないようである。

人間どうしの会話においては表情の変化、特に目の動きは、互いの意思疎通に重要な役割を果たしている。すなわち、視点の動きには、人間の意図が大きく反映していると考えられている。

従って、人間主体のマンマシン・インタフェースを実現するためには、視点の動きを検出するための手法の確立、及び視点の動きから抽出される意図情報を抽出し、それを利用したマンマシン・インタフェースに関する研究が必要である。

3. 研究の背景技術

3-1 視点の動きの検出技術

視点の動きの検出に関しては、実験室レベルでは種々の手法が実用になっている。(1)(2)(3)

3-1-1 角膜反射を利用したもの(1)

眼鏡フレーム等に取りつけられた発光ダイオードとフォトダイオードを用いるもので、眼球に照射したLEDの反射光を、フォトダイオードで検出する。

この方法では、視点は眼鏡との相対位置のみ検出可能であり、周囲に対する視点の位置は検出出来ない。そのため、何らかの方法で補正しなければならない。

また、眼鏡等を装着しなければならず、被験者にとっては邪魔である。

3-1-2 瞳孔中心/角膜反射距離法を利用したもの(2)

この方法は、頭部に対する視点の相対位置(角膜反射)だけでなく、周囲に対する瞳孔の中心を測定することにより、角膜反射用の光源を頭部に固定することなく検出できる。瞳孔中心と角膜反射との距離は眼球の回転のみによって変化し、目の上下左右の動き(頭部の動き)には影響されないという性質を利用している。

3-1-3 画像解析を利用したもの(3)

カメラにより入力された人の顔面の画像に対して、画像解析を行うことにより、注視点の位置を検出するもので、非接触の測定が可能である。

3-2 視点の動きと意図との関係

心理学の分野では、読書中や図形の認識を行っている際の視点の動きについて、研究がなされており、視点の動きが人間の意図を大きく反映していることが知られている。(4)

3-3 マンマシン・インタフェースに関する技術

現在まで人間工学的立場から、ユーザーにより自然で負担の少ない入力方法や表示法について検討がなされており、高解像度ビットマップディスプレイによるマルチウィンドウや、マウスによるカーソル位置のコントロール等の技術が実用になっている。⁽⁵⁾

4. 本研究の技術的特徴

4-1 視点の動きをマンマシン・インタフェースに応用する場合、まず、視点の位置を正確に検出することが必要である。ユーザーフレンドリなマンマシン・インタフェースの実現という点を考慮すると、検出のために器具の装着が必要である等のユーザーに肉体的、又は心理的負担を掛けることは好ましくない。

このような点から、本研究では非接触でかつ精度良い視点の位置検出法の確立を目指している。

4-2 人間は興味ある対象に対し目を向け、しかも、正確にその対象を注視することが出来る。すなわち、目はすぐれた指示装置であると言える。現在指示装置として利用されているマウスは、操作位置（机上）とカーソルの表示位置（ディスプレイ上）に隔たりのがあり、微妙なコントロールがしにくいという欠点がある。また、マウス操作中はキーボードからの入力は出来なくなり、カーソル移動とキーボードからの文字入力を繰り返すような作業では作業効率が悪くなる。

そこで本研究では視点の動きのマンマシン・インタフェースへの応用として、視点による対象の指示操作を考えている。これによりマウス等のポインティングデバイスが不要になるであろう。

4-3 さらに、検出した視点の位置情報だけでなく、視点の動きから意図に関する情報を抽出し、それをマンマシン・インタフェースに利用するための研究もおこなってゆきたい。

5. 研究内容

5-1 非接触による視点の動きの検出方法の確立

視点の動きのマンマシン・インタフェースへの応用を考えると、非接触な検出法の確立が不可欠である。本研究では、非接触検出法として、画像解析による方法を検討する。

また、人間の注視という動作を考えてみると、まず顔を対象方向に向け、さらに眼球の回転運動により対象を目の中心で捉えることである。すなわち、視点の動きは頭部の運動と頭部に対する眼球の相対的な回転運動の組合せによって決定されるわけである。

そこで本研究では視点の動きを頭部の運動と眼球の回転運動に分解して考え、カメラで捉えた顔画像からそれぞれの運動を精度よく検出する手法について検討する。

このうち頭部の運動については現在その検出アルゴリズムを検討中である。このアルゴリズムは顔上に固定された3点を選び3点間の距離が一定で且つ既知であるという条件のもとで、顔画像上での各点の像からその3次元位置を推定するというもので、顔上の3点の3次元位置が求まれば顔の位置と向きは一意に決めることができる。

5-2 非接触検出を利用した指示操作の検討

画像解析による視点の動きの検出法を利用して、指示操作の実験を行う。図1のようなパターンを被験者に提示し、注視することにより各点を指示する。この視点検出法により、どの程度の指示精度が得られるかについて検討する。また、人間の指示に対する機械系からの応答表示の仕方についても検討する。人間にとって自然な応答を行うことにより、円滑で精度良い指示操作ができると考えられる。

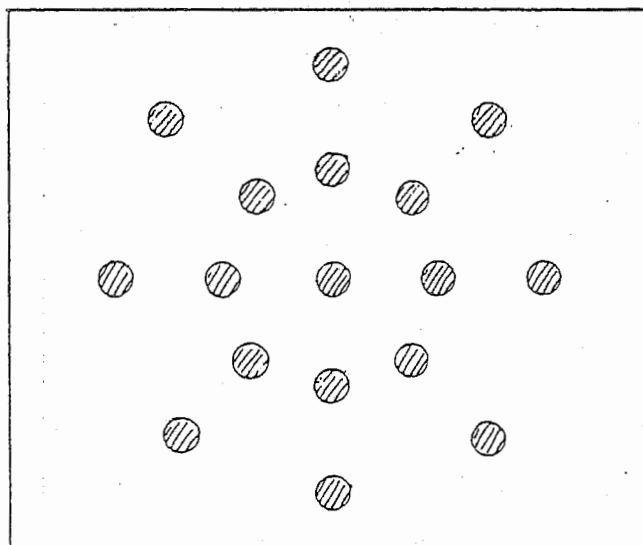


図1 視点による指示操作に用いる提示パターン例

5-3 視点の動きの特徴と意図との関係

ディスプレイ上に種々のパターンを表示したときに視点の動きの特徴を抽出するための実験を行い、その結果から視点の動きと意図との関係について検討する。

表示パターンとして、例えば次のようなものを考えている。

- 1) 複数のパターンの位置関係が対等の場合 (図2)
- 2) " に重なりがある場合 (図3)
- 3) " が入れ子になっている場合 (図4)

これらの種々の表示を被験者に提示しておき、ある特定の対象を注視させたときの視点の動きの特徴的なパターンを抽出する。

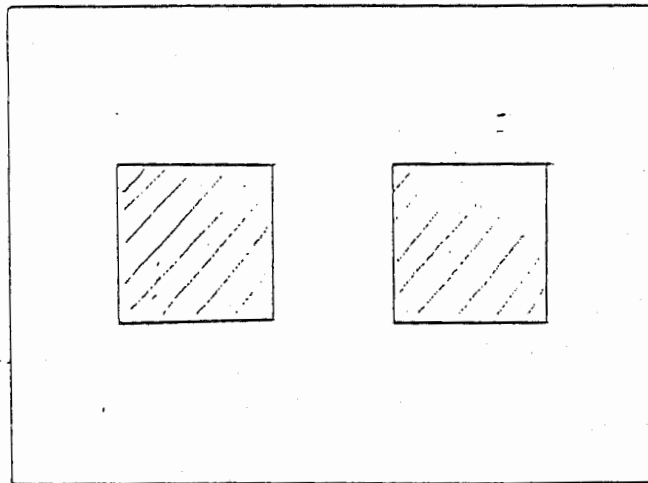


図2 パターンの位置関係が対等

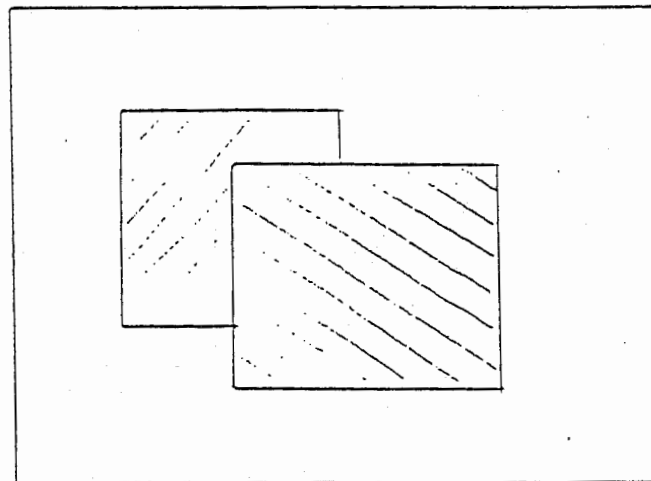


図3 パターンに重なりがある

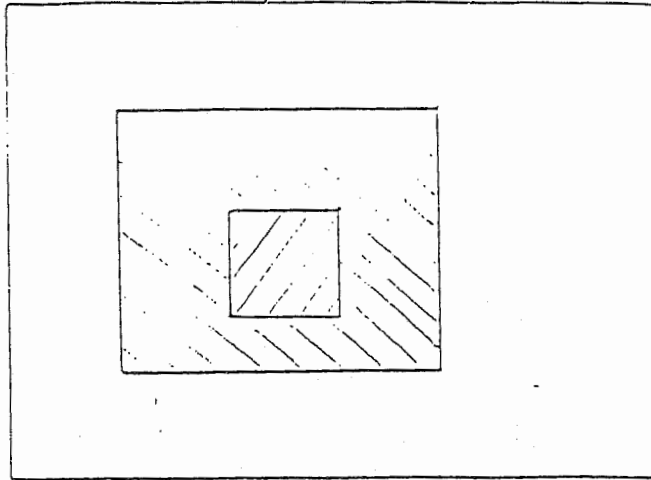


図4 パターンが入れ子になっている

5-4 高次の意図情報を利用したマンマシン制御

視点の動きの特徴から、ユーザの意図を表すような何らかの情報が得られたならば、それを基に、対象に対しある操作を行うようなマンマシン制御系について検討する。

まず、複数の対象が同時に表示されているような画面において、ある特定の対象を指示していることを視点の動きから理解し、確かにその対象が指示されていることをユーザに示す、というような操作について検討する。

例えば、図4の対象が入れ子になっているような場合、単に視点の静的な位置のみから、指示されている対象を特定することは出来ず、視点の動きのパターンから判断しなければならないと思われる。

さらに、図5に示すような、複数の対象が重なり合っている場合において、指示された対象を手前に表示する操作や、図6に示すような複数の対象のうち、指示された対象を拡大するような操作についても検討する。

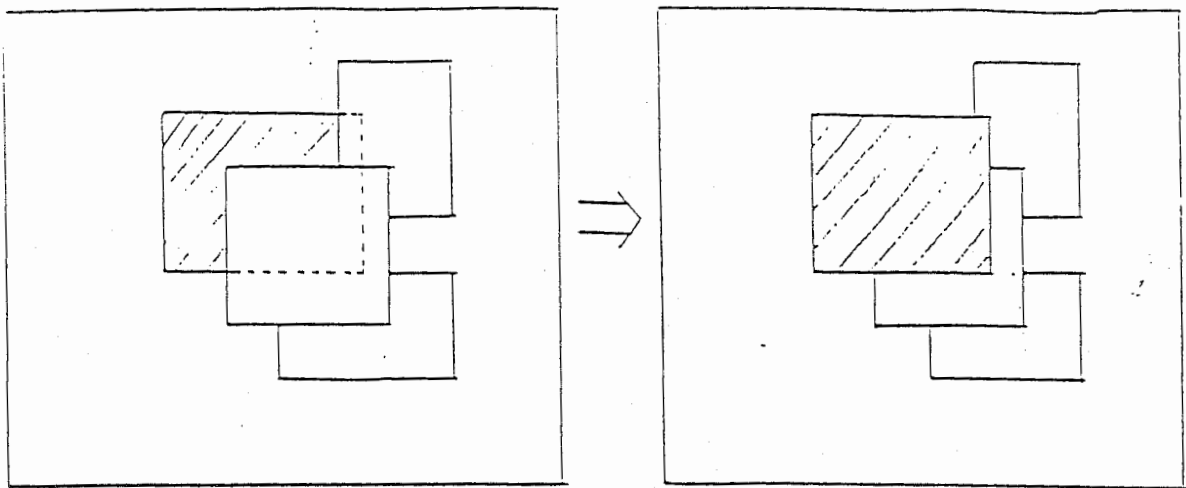


図5 視点の動きによるマンマシン制御(1)

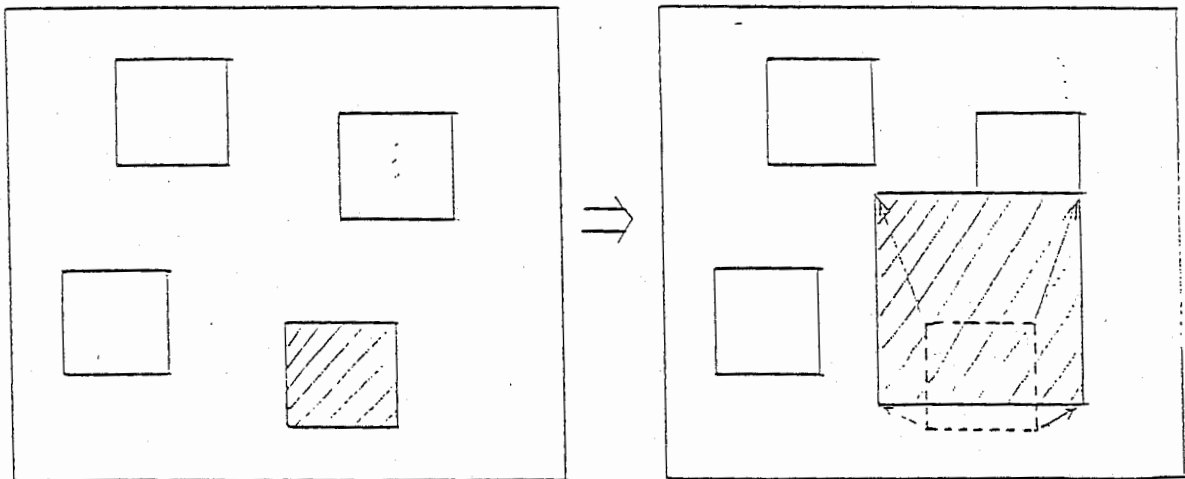


図6 視点の動きによるマンマシン制御(2)

6. 本研究の進め方

本研究のスケジュールを図7に示す。

本研究では、まず視点の動きを精度良く検出する手法の確立をめざす。視点の動きを頭部と眼球の動きに分解して考え、各々の動きの検出手法について検討を進めていく。

6-1 頭部の動きの検出

5-1で述べたような頭部の動きの検出アルゴリズムについて検討を行う。まず顔の静止画像上の3特徴点から3次元空間上での頭部の位置と向きを同定する実験を行い、その精度等について検討する。

つぎに顔の静止画像から3特徴点を自動的に抽出するアルゴリズムについて検討する。

さらにビデオカメラからの動画像から頭部の動きをリアルタイムで検出するための手法について検討する。

6-2 頭部の動きによるマンマシン制御

頭部の動き検出法を利用して、頭部の動きによりディスプレイ上のカーソルを制御する手法について検討する。頭部の動きでカーソルを移動させ、ディスプレイ上に表示された対象を（例えば図1のようなパターン）~~を~~指示するという実験を行う。円滑な指示操作のためのカーソルの応答表示の仕方等について検討する。

6-3 注視点の動きの検出

眼球の頭部に対する相対的な運動を検出する手法について検討する。

さらに頭部の動きの検出手法と組み合わせることにより注視点の動きの検出手法を検討する。

参考文献

- (1) G.A.Rinard and D.E.Rugg, "Current State of Development and Testing of an Ocular Control Device," Conference on Systems and Devices for the Disabled (1977).
 - (2) Laurence R.Young and David Sheena, "Survey of Eyemovement Recording Methods," Behavior Reserch Methods and Instrumentation 7 (5) (1975):397-429.
 - (3) 岩田洋夫,石井威望, "マン・マシン・インタフェース設計への顔画像解析の応用," 日本機械学会論文集(C編) 51巻 471号 (1985)
 - (4) Richard A.Monty and John W.Senders, "Eye Movements and Psychological Processes," Hillsdale, N.J.:Erlbaum Associates (1976).
 - (5) Larry Tesler, "The Smalltalk Environment," BYTE 6 (8) (1981)
-