

視線によるマウ斯卡ーソルの自動移動

大和 正武[†], 神代 知範[†], 門田 暁人[†], 松本 健一[†], 井上 克郎^{†,‡}

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒 630-0101 奈良県 生駒市 高山町 8916-5

[‡] 大阪大学 基礎工学部 情報科学科
〒 560-8531 大阪府 豊中市 待兼山町 1-3

{masata-y, tomono-k, akito-m, matumoto, k-inoue}@is.aist-nara.ac.jp

あらまし 本研究では、視線とマウスを併用することでより効率のよい入力インタフェースの実現を目指す。その第一歩として、GUI上でのボタン選択操作を「ボタン上にカーソルを移動する操作（移動操作）」と「ボタンを押す操作（確定操作）」に分け、移動操作を視線で、確定操作をマウスで行う方式について検討した。適用実験の結果、視線によるカーソル移動は高速で、マウスのみによる選択操作よりも効率の良いことが分った。但し、操作対象となるボタンの大きさが1cm 四方程度に小さい場合、視線のみでボタン上にカーソルを移動することは困難であり、視線による移動操作を補助する必要があることも分った。

Automatic Cursor Movement by Look

Masatake YAMATO[†], Tomonori KUMASHIRO[†], Akito MONDEN[†], Ken-ichi MATSUMOTO[†], and
Katsuro INOUE^{†,‡}

[†] Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
8916-5 Takayama-Cho, Ikoma-Shi, Nara 630-0101

[‡] Department of Information and Computer Sciences, Faculty of Engineering Science, Osaka University
1-3 Machikaneyama-Cho, Toyonaka-Shi, Osaka 560-8531
{masata-y, tomono-k, akito-m, matumoto, k-inoue}@is.aist-nara.ac.jp

Abstract The purpose of this research is realizing a more efficient input interface by using a look and a mouse together. As the first step, the button selection operation on GUI was divided into "operation (move operation) of moving cursor onto a button", and "operation (push operation) of pushing a button", and the method that performs move operation by the look and performs push operation with a mouse was examined. It became clear that cursor movement by the look is high speed, and it is more efficient than the selection operation only by the mouse as a result of the experiment. However, when the area of the button used as an operation object was about 1 square centimeter, it became clear that it is difficult to move cursor onto a button only by the look, and the mechanism, which assists move operation, is required.

1 はじめに

近年、計算機ユーザの視線を計算機への入力に用いたインタフェース（視線インタフェース）の研究が盛んに行われている [1][2][4][5][6][7]。視線インタフェースでは、ユーザは視線を動かすだけで GUI 上のボタンやメニューの選択、文字の入力、画面のスクロールといった操作を行うことができる。マウスやキーボードを使うことができないユーザにとってはもちろんであるが、ノート型パソコンの利用時などマウスやキーボードの利用に制約がある場合には、一般的なユーザにとっても視線は便利な入力手段となり得る。

視線計測に用いるアイカメラの進歩も目覚しい。従来は、ユーザの頭部を顎台に固定したり、重いヘルメットをユーザに装着してもらったりする必要があった。長時間の使用が困難だけでなく、ユーザの動作を大きく制限するため、入力デバイスとして適しているとは必ずしも言えなかった。最近では、非接触、あるいは、無拘束に近い状態での視線計測が可能なアイカメラも開発されはじめている [5][7]。コスト面を考えるとアイカメラは現状ではまだまだ特殊な機器であるが、近い将来、計算機の一般的な入力デバイスに加わる可能性はある。

しかし、従来の視線インタフェース研究の多くは、ユーザが手を使えない状況を想定し、マウスやキーボードに替わる入力手段として視線を位置付けている。そのため、GUI 上での全て操作を視線のみで行うことを目標としている。また、ボタンやメニューのサイズを通常より大きくし間隔を大きくあけて配置する、といった視線入力向けに特殊化された GUI が用いられる場合も多い。GUI 上の全ての操作を視線で行うことが必ずしも効率的でないことは、視線を向けただけでボタンが選択されてしまう問題（Midas Touch Problem[2]）の解決が難しいことから分る [5]。また、視線をより一般的な入力手段とするためには、X Window や Microsoft Windows といった広く利用されている GUI での有効性の議論が必要である。

本研究では、計算機への一般的な入力手段の一つとして視線を位置付け、マウスと併用することでより効率のよい入力インタフェースの実現を目指す。具体的には、GUI 上でのボタン選択操作を「ボタン上にカーソルを移動する操作（移動操作）」と「ボタンを押す操作（確定操作）」に分け、移動操作用デバイスにアイカメラを、確定操作用デバイスにマウスを、それぞれ用いる。但し、予備実験の結果、

ボタンの大きさが 1cm 四方程度に小さい場合には、視線のみでボタン上にカーソルを移動することは困難なことが分った。そこで、視線（アイカメラ）による移動操作を補助する次の 2 つの方式を提案する。

(1) 近傍方式…視線と計算機画面の交点（注視点）に最も近傍にあるボタンが確定操作時に（マウスボタンのクリックにより）選択される。

(2) 切り替え方式…ユーザがマウスを動かした時点で移動操作用デバイスをアイカメラからマウスに切り替える。逆に、確定操作が行われた時点（マウスボタンがクリックされた時点）で移動操作用デバイスをマウスからアイカメラに切り替える。

以降、2 章では入力手段としての視線の特徴、及び、ボタン選択操作における視線とマウスの併用方式について述べる。3 章では視線とマウスの併用が可能かどうかを確かめる予備実験について述べる。4 章では予備実験の結果に基づき、視線による移動操作を補助する 2 つの方式（近傍方式、切り替え方式）を提案する。5 章では、提案した 2 つの方式の評価実験について述べ、最後に 6 章でまとめと今後の課題について述べる。

2 視線・マウス併用型入力インタフェース

2.1 入力手段としての視線の特徴

計算機への入力手段の一つとして捉えた場合、次のような 4 つの特徴を視線は備えている。

(C1) 高速な移動速度

視線の移動速度はマウス等によるカーソルの移動速度に比べて非常に高速である。人間の眼球運動の速度は運動振幅に比例して増大するが、振幅が 10 度から 20 度の場合、その速度は 350 度/秒から 500 度/秒である [3]。21 インチディスプレイの対角線上を端から端まで視線を移動させたとしても 150 ミリ秒程度の時間しか必要ないことになる。

(C2) Midas Touch Problem

ユーザが GUI 上のあるボタンに視線を向けている時、そのボタンを選択しようとしているのか、ただ単に眺めているだけなのか、その区別は容易でない。ボタンを選択しようとしている、と単純に判断すると、視線を向けただけでボタンが軒並み選択されてしまう問題（Midas Touch Problem）が発生する [5]。

(C3) 固視微動

人間（計算機ユーザ）自身は一点を見つめているつもりでも、実際の視線は絶えず細かく動いている。

ディスプレイの解像度を 640×480 とし、計測誤差を無視しても、特定のドットを視線で指し示し続けることは現実には不可能である。

(C4) 低い計測精度

非接触、あるいは、無拘束に近い状態で行われる視線計測の精度は、現状ではそれほど高くない。一般に計測精度は視野角 0.5 度から 1 度程度である [5]。ディスプレイ正面から 50cm 離れた位置でユーザが計算機を利用している場合、画面上での誤差（注視点の誤差）は約 0.9cm となる。Microsoft Windows 等の GUI で用いられているボタンの大きさが 1cm 四方程度（ディスプレイのサイズを 21 インチ、解像度を 1024×768 ドットとした場合）であることからすると、十分な精度が実現されているとは必ずしも言えない。

2.2 併用方式

GUI 上の操作としては、ボタン選択、ドラッグアンドドロップ、スクロール、メニュー選択、ウィンドウ切替え等がある。これらのうち、本研究では、ボタン選択操作を対象に、視線とマウスを併用したインタフェース形式を提案する。ボタン選択操作とは、GUI 上の特定のボタンにカーソルを移動させ、ボタンを押すことによって操作対象であることを確定する一連の動作である。マウスのみで操作する場合には、マウスパッド上でマウスを移動させ、操作対象となるボタン上にマウスカーソルを位置させた上でマウスボタンをクリックすることになる。

2.1 で挙げた特徴 (C1) より、GUI 上でのカーソル移動には視線が適していると言える。一方、特徴 (C2) より、ボタンの確定には視線は適しておらず、従来通りマウスを用いる方が効率的であると考えられる。そこで、GUI 上でのボタン選択操作を「ボタン上にカーソルを移動する操作（移動操作）」と「ボタンを押す操作（確定操作）」に分け、移動操作は視線で、確定操作はマウス（マウスボタン）で、それぞれ行うものとする。

3 予備実験

3.1 概要

入力インタフェースにおいて視線とマウスを併用することの有効性を議論する前に、2.2 で述べたような操作分担が視線とマウスの間で可能かどうか確かめる必要がある。特に、2.1 で挙げた特徴 (C3) より、カーソルを操作対象となるボタンに移動させてから確定操作を行うまでの間、視線によりボタンを継続的に指し示すことが可能かどうかを明らか

にする必要がある。また、特徴 (C4) より、ボタンが継続的に指し示されていることをアイカメラで計測することが可能かどうかを確認する必要がある。

そこで、視線による移動操作とマウスによる確定操作を支障なく繰り返し行うことが出来るかどうかを確かめる予備実験を行った。特に、操作対象となるボタンの大きさやボタン間の距離を変化させ、一般的な GUI を一般的なディスプレイ解像度において利用する場合にも視線とマウスの併用が適用可能かどうかを調べた。

タスク：ウィンドウ上に配置された 9 つのボタンのうち表示が反転しているボタンが 1 つだけあるので、これを選択する。ボタンを 1 回選択することによって反転するボタンはランダムに変わる。このボタン選択操作を 10 回行う。

ボタンの大きさとボタン間の距離の異なる実験用ウィンドウを 10 種類用意した（図 1 参照）。ボタンの大きさは、 1cm 四方、 2cm 四方、 3cm 四方、 4cm 四方、 5cm 四方の 5 種類、ボタン間の距離は、 5cm と 1cm の 2 種類である。

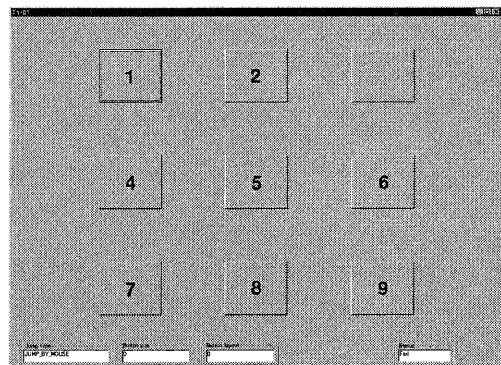


図 1: 実験用ウィンドウ

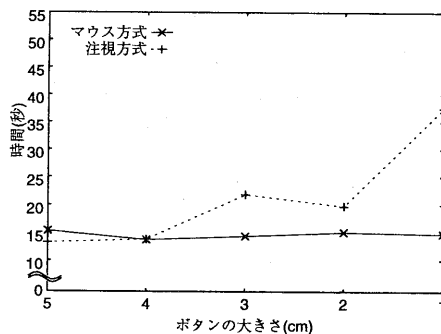
被験者：奈良先端科学技術大学院大学の学生 1 名である。被験者は日常的に Windows を使用しておりマウス操作には慣れている。

計測データ：10 種類の実験用ウィンドウのそれぞれについて、ボタンを 10 回選択するのに要した時間、及び、選択誤りの回数を記録した。但し、ここでいう選択誤りとは、選択すべきボタンとは異なるボタンを選択した場合、及び、どのボタンにも属さない領域で選択操作を行った場合を指す。

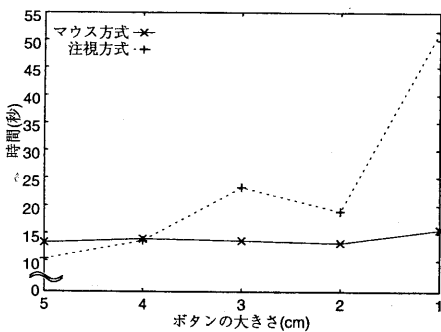
タスクの実行：マウスのみによるボタン選択（マウス方式）、選択したいボタンに注視点を合わせてか

らマウスボタンを押す方式(注視方式)の2種類の方式でタスクを実行してもらった。なおアイカメラによる注視点の計測誤差は1cm程度である。またタスク実行前には、それぞれの方式、特に、注視方式に十分慣れるように練習してもらい、習熟の度合が実験結果に影響しないようにした。選択誤りが発生した場合は、警告音を鳴らし、正しく選択できるまで操作を繰り返してもらった。

3.2 結果



(a) ボタン間隔 5cm

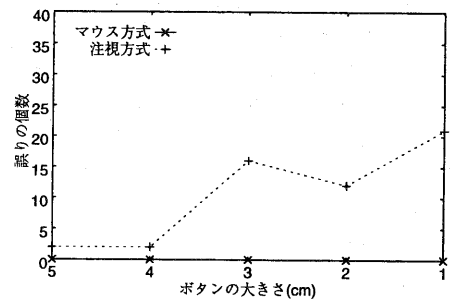


(b) ボタン間隔 1cm

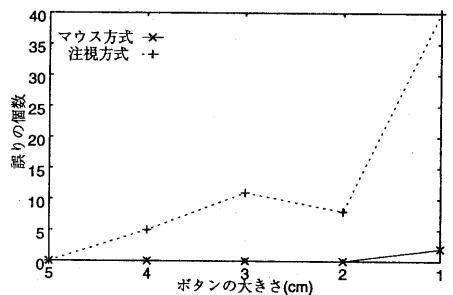
図 2: タスク実行時間

10 種類の実験用ウィンドウそれぞれにおけるタスク実行時間を図2に、選択誤りの回数を図3に、それぞれ示す。図2より、ボタンの大きさが4cm四方以下になると、注視点方式はマウス方式より遅くなるのが分る。ボタンの大きさが1cm四方の場合、5cm 間隔で配置されている場合でもタスク実行時間は37.5秒と非常に大きくなっている。また、注視方式では、ボタンが小さくなるにつれて選択誤りの回数も増加することが図3より分る。1cm 四方のボタンが1cm 間隔で配置されている場合、選択誤りは40回にも達している。

以上のように、アイカメラの計測誤差が1cm程度であるにもかかわらず、4cm 四方の大きさのボタンを選択する場合でも、従来からのマウス方式の方が注視方式よりも効率が良いことが分る。一般的なGUIで多用されている1cm 四方程度の小さなボタンの選択においては、注視方式はとても実用的とは言えない。



(a) ボタン間隔 5cm



(b) ボタン間隔 1cm

図 3: 選択誤りの数

4 提案方法

本章では、1cm 四方程度の小さなボタンでも視線による選択を可能とすべく、移動操作を補助する2つの方式を提案する。

4.1 近傍方式

近傍方式では、視線と計算機画面の交点(注視点)に最も近傍にあるボタンが確定操作時に(マウスボタンのクリックにより)選択される。注視点がユーザの選択したいボタン上にある場合、注視方式と同じとなる。ユーザが選択したいボタンに視線を向けているにもかかわらず、アイカメラの計測誤差や固視微動によりマウスボタンを押したときの注視点がどのボタンの領域にも属さない場合でも、注視点から最も近い位置にあるボタンが選択される。

ボタンの領域に注視点をもっていくことが困難なほど、ボタンが小さい場合でも、ボタンの近傍に注視点置くことができれば選択することが出来る。

4.2 切り替え方式

ユーザがマウスを動かした時点で移動操作用デバイスをアイカメラからマウスに切り替える。ユーザがマウスを動かさずにいる間は、注視方式と同じになる。大まかなカーソル移動は視線で行い、細かな移動(カーソル位置の微調整)はマウスで行うことになる。アイカメラの計測誤差や固視微動のために視線によるボタン選択を困難だと感じたら、ユーザはマウスによる移動操作へと切り替えることができる。なおマウス方式に切り替わった直後のカーソルの位置は、マウスを動かす直前の注視点に設定される。

5 評価実験

近傍方式と切り替え方式の有効性を確認するための実験を行った。タスク、被験者、及び、計測データは予備実験と同じである。

実験の結果を図4、図5に示す。図4は、タスク実行時間を、図5は、選択誤りの数を示す。なお、比較を容易にするために図4、図5には予備実験の結果も含まれている。タスク実行時間によりマウス方式と、近傍方式、切り替え方式とを比較し表1にまとめた。

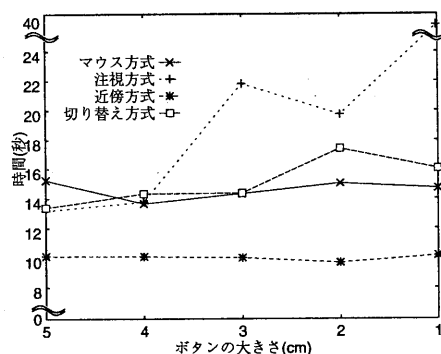
表1: マウス方式との比較

方式	ボタンの間隔と大きさ			
	広い		狭い	
	大きい	小さい	大きい	小さい
近傍方式	○	○	○	×
切り替え方式	△	△	△	○

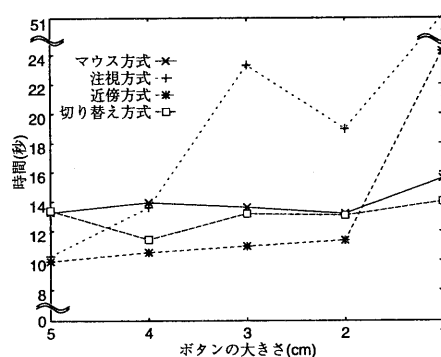
5.1 近傍方式

図4より、注視方式に比べて近傍方式はタスク実行時間が大きく改善されていることが分る。図5から誤りの数についても改善されていることが分る。

次にマウス方式と比較をする。ボタン間の距離が5cmの場合、ボタンの大きさに関係なく、近傍方式はマウス方式より速く選択できた。平均して近傍方式の方が32%速い。ボタン間の距離が1cmの場合でも、2cm四方以上の大きさのボタンであれば、近傍方式の方がマウス方式よりも平均21%速く選



(a) ボタン間隔 5cm



(b) ボタン間隔 1cm

図4: タスク実行時間

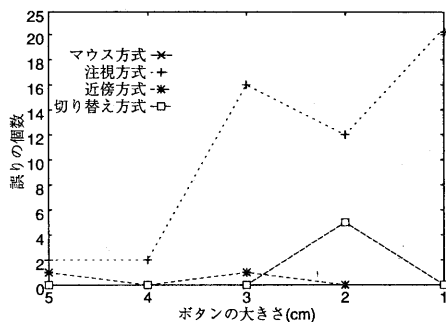
択できた。しかし、ボタン間の距離が狭い場合、マウス方式に比べ近傍方式を用いて1cm四方の大きさのボタンを選択するのに要した時間は、55%遅くなった。

近傍方式は、隣接する小さなボタンの選択には適していない。

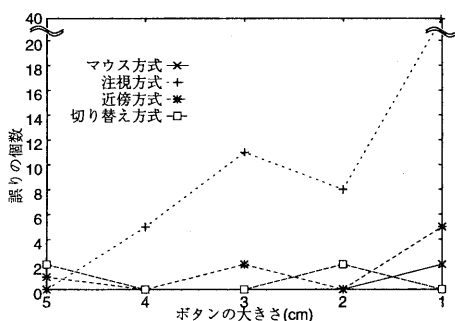
5.2 切り替え方式

近傍方式同様、注視方式に比べて切り替え方式は、タスク実行時間が大きく改善されていることが図4より分る。図5より選択誤りの数についても改善されていることが分る。

次にマウス方式と比較をする。ボタン間の距離が5cmの場合、マウス方式に比べ切り替え方式はわずかに(平均3.5%)遅くなっている。ボタン間の距離が1cmの場合、切り替え方式は、マウスによる選択に比べ平均6.5%遅くなっている。特に1cm四方の大きさのボタンを選択する場合10%速い。マウス方式と比べ切り替え方式はあまり大きな差は



(a) ボタン間隔 5cm



(b) ボタン間隔 1cm

図 5: 選択誤りの数

なかった。近傍方式が不得意とする、隣接する小さなボタンの選択には有効である。

6 まとめ

本報告では、視線とマウスを併用した入力インタフェースの実現を目指して行ったいくつかの実験の結果について述べた。特に、ボタン選択操作を対象として、ボタンの大きさや配置の間隔が選択操作に要する時間や選択誤りの回数に与える影響について述べた。また、視線のみでボタン上にカーソルを移動することが困難であるという実験結果に基づいて、視線による移動操作を補助する次の2つの方式（近傍方式と切り替え方式）の提案を行った。

視線とマウスを併用するインタフェースの研究はこれまでにあまり行われておらず、GUI操作のどの部分を視線で行うのか、視線とマウスの切り替えをどのようなタイミングで行うのか、といった点について、視線とマウスそれぞれの特性を踏まえた議論が必要である。また、広く利用されているGUI上での有効性評価が重要であると同時に、視線とマウスの併用を前提としたGUIについても検討して

いく予定である。

参考文献

- [1] 伊藤 和幸, 数藤 康雄: “任意文字連続注視時の視線移動の計測—視線入力式コミュニケーション機器開発への応用—”, 情報処理学会研究報告, 96-HI-68, pp.31-38 (1996).
- [2] Jacob R.J.K.: “What you look at is what you get: Eye movement-based interaction techniques”, Proc. CHI'90, pp.11-18 (1990).
- [3] 小松崎 篤, 篠田 義一, 丸尾 敏夫: 眼球運動の神経学, 医学書院 (1985).
- [4] 久野 悦章, 八木 透, 藤井 一幸, 古賀一男, 内川嘉樹: “EOGを用いた視線入力インタフェースの開発”, 情報処理学会論文誌, 39, 5, pp.1455-1462 (1998).
- [5] 大野 健彦: “視線を用いた高速なメニュー選択作業”, 情報処理学会論文誌, 40, 2, pp.602-612 (1999).
- [6] 山田 光穂, 福田 忠彦: “眼球運動による文章作成・周辺機器制御装置”, 電子情報通信学会論文誌, J69-D, 7, pp.1103-1107 (1986).
- [7] 大和 正武, 門田 暁人, 高田 義広, 松本 健一, 鳥居 宏次: “視線によるテキストウィンドウの自動スクロール”, 情報処理学会論文誌, 40, 2, pp.613-622(1999).