

## 選択操作におけるペンとマウスの実験的評価

魚井 宏高 篠田 真由美 山本 康友 辻野 嘉宏 都倉 信樹

大阪大学基礎工学部情報工学科

〒560 豊中市待兼山町 1-1

E-Mail: {uoi,tsujino,tokura}@ics.osaka-u.ac.jp

2つの目標を選択する際の操作方法には、両目標をクリックして選択する方法と、一方の目標でプレスし、もう一方の目標までドラッグして選択する方法がある。この2種類の操作方式を用いた目標選択操作における、マウスとペンの目標選択効率を比較するために、選択時間やエラー率などの実験的比較を行なった。その結果、ペンはマウスよりも短い時間で目標選択が行なえるが、目標間の距離が遠くなると、両者の選択時間の差は縮まり、ペンを用いてクリックして選択する場合のエラー率が非常に高くなる。また、マウスについては、目標間の距離が近いときは、目標間をドラッグする方が両目標をクリックするよりも選択時間が短い、目標間の距離が遠くなると、選択時間の差はなくなることがわかった。

## An Experimental Comparison of Pen-Tablet and Mouse in Selecting Two Targets

Hirotaka UOI Mayumi SHINODA Yasutomo YAMAMOTO Yoshihiro TSUJINO Nobuki TOKURA

Department of Information and Computer Sciences, Faculty of Engineering Science of  
Osaka University

1-1 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka, 560 JAPAN

We experimentally evaluated the efficiency of two pointing devices and two methods to selecting two targets. The one device is "Mouse" and the other is "Pen-Tablet". The one method is "Clicking" both targets and the other is "Dragging" between them. And we show that Pen is faster than Mouse by both methods. But the longer distance between targets, the smaller difference of time between them. Also we show that, by Mouse, Dargging is faster if the distance of both targets are short and so on.

## 1. まえがき

マウスは最も普及しているポインティング装置であるが、その有用性は、単純な動作の組合せでいろいろな操作ができることにある。マウスの操作には、おもに以下のようなものがある。

- マウスボタンを押し込む「プレス」
- マウスボタンが押されている状態からボタンをはなす「リリース」
- プレスとリリースを「カチッ」と連続して行なう「クリック」
- マウスボタンがはなされている状態でマウスカーソルを目標まで移動する「ポインティング」
- マウスボタンが押されている状態でマウスカーソルを目標まで移動する「ドラッキング」

階層型メニューにおいては、メインメニュー内の項目の選択とサブメニュー内の項目の選択を行なうが、このときには2種類の操作方法が存在する。メインメニュー内の項目をクリックすることによってサブメニューが現れ、サブメニュー内の項目をクリックして選択する方法と、メインメニュー内の項目をプレスすることによってサブメニューが現れ、サブメニュー内の項目でリリースして選択する方法である。メインメニュー内の項目からサブメニュー内の項目への移動は、前者においてはポインティング、後者においてはドラッキングが行なわれている。このような操作方法の違いが目標の選択効率にどのような影響を与えるかを知ることは、ユーザインタフェースを構築する際の判断の材料となる。MacKenzieらは、マウス、ペン、トラックボールの3種のポイント装置について、ポインティングとドラッキングの動作を行ない、移動時間やエラー率を比較している [2]。その実験によると、ポインティングの方がドラッキングよりも移動時間が短く、エラー率が低いこと、また、ペンの方がマウスよりもポインティングにおいては移動時間が短い、ドラッキングにおいては有意な差がないことが示されている。

この移動時間とは、2つの目標間をカーソルが移動するのに要した時間である。ところで、実際の応用において、ドラッキングは2つの目標を選択する場合に用いられることが多い。例えば、先に述べたように階層型メニューにおいて、メインメニュー内の項目とサブメニュー内の項目を選択する場合や、テキスト編集において、語の始点と終点を選択する場合などである。このような場合にポインティングを用いるならば、目標選択の際の位置確定の動作として、2回のクリックが必要である。したがって、2つの目標を選択する場合において、

1. 2つの目標をクリックすることによって選択する方法をクリック方式
2. 2つの目標間をドラッグして目標を選択する方法をドラッグ方式

と呼ぶことにすると、この2つの方式を比較するならば、クリック方式については両目標におけるクリックに要する時間（クリック時間）も含めて、目標選択に要した総時間（選択時間）を考慮する必要がある。このクリック時間は、MacKenzieらの実験では考慮されていない。そこで本論文においては、実験1では、マウス、ペンの2種類のポイント装置について、クリック方式、ドラッグ方式の2種類の操作方式で2つの目標の選択操作を行ない、選択時間やエラー率を比較する。最近では、ペンを入力装置に使うペンコンピュータが登場しており、ペンは今後注目すべきポインティング装置である [4]。そこで、現在最も広く利用されているマウスとの比較を行なう。

以下、2節では、目標選択におけるクリック方式とドラッグ方式の比較を行なう実験について述べる。また、3節では、この実験に関する追加実験について述べる。

## 2. 実験1：目標選択におけるクリック方式とドラッグ方式の比較

この実験では、目標選択を行なう際の選択時間やエラー率について、マウスとペンの比較と、クリック方式とドラッグ方式の比較を行なう。このとき、目標の大きさ、カーソルの移動距離、移動方向を変化させ、選択時間やエラー率にどのような影響を与えるかを調べ、比較する。

### 2.1 実験方法

#### 2.1.1 被験者と実験環境

被験者は、本学情報工学科の学生30名（男子28名、女子2名）である。被験者はすべて、マウスの使用経験はあるが、ペンの使用は初めてである。また、被験者はすべて右利きで、マウスおよびペンの操作は利き手で行なった。

実験はApple Macintosh IIと13インチRGBモニタ（640×480ピクセル）を用いて行なった。ポイント装置としては次の2種を用いた。

- システム付属のマウス
- CIC製 MacHandwriter（タブレット）

マウスの速度は、Macintoshのコントロールパネルにおいて最も速くなるように設定した。タブレットの画面に対応する範囲は116mm×87mmである。

HandWriterでは、ペン先をタブレットにつけてペン先が少し引っ込んでいた状態が、マウスボタンを押している状態に対応する。したがって、ペンにおいてプレスとはペン先をタブレットに下ろすこと、リリースとはペン先をタブレットから離すこと、クリックとはこのプレスとリリースを連続して行なうことである。また、ポインティングとは、ペン先を少し浮かせた状態でペンを動かすこと、ドラッキングとはペン先をタブレットにつけたままペン先を動かすことである。ペンのドラッキングにおいても、マウスの場合と同様に、マウスカーソルはペン先の動きに従って移動する。

実験システムは Macintosh II 上で作成し、時間の測定には Macintosh II 内蔵のタイマを用いて、1 msec 単位で計測した。

### 2.1.2 実験手順

画面上に2つの目標を表示し、被験者に選択操作を行わせて、時間などのデータを測定する。

目標の大きさや、表示する位置は、

- 目標の大きさについて、  
大 (32×32ドット)、  
小 (16×16ドット)
- 2つの目標間の距離 (目標の中心間の距離)、つまりカーソルの移動距離について、  
遠 (画面の横幅の1/2程度、320ドット)、  
近 (アイコン2個分程度、64ドット)
- 第1目標から第2目標への方向、つまりカーソルの移動方向について、  
上、下、左、右

に変化させる。2つの目標は、目標間の中心位置が画面の中央になるように表示する。

目標の大きさが大のときは、メニューにおける項目の選択やアイコンの選択に対応し、小のときはテキスト編集などに対応している。カーソルの移動方向について、上下移動の例としてはプルダウンメニューにおける項目の選択、左右移動の例としてはテキストブロックの選択などが挙げられる。これらのすべての組合せ (2×2×4=16通り) に対して選択操作を行なう。

クリック方式における1回の選択操作を図1に挙げる。

1. ディスプレイ上に目標が2つ表示される。第1目標は選択可能状態、第2目標は選択不可能状態になっている (図1(a))。
2. 第1目標へカーソルを移動し、クリックする (図1(b))。
3. 第1目標の選択が正しく行なわれると、第1目標は選択不可能状態になり、第2目標は選択可能状態になる (図1(c))。
4. 第2目標へカーソルを移動し、クリックする (図1(d))。
5. 第2目標の選択が正しく行なわれると次の画面が表示される (図1(e))。

ドラッグ方式における1回の選択操作では、2~4の動作が以下ようになる。

1. 第1目標へカーソルを移動し、プレスする (図1(b))。
2. 第1目標の選択が正しく行なわれると、第1目標は選択不可能状態になり、第2目標は選択可能状態になる (図1(c))。

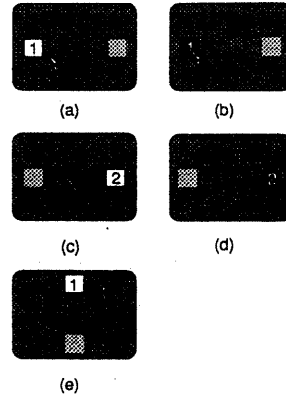


図1 1回の選択操作

3. 第2目標へカーソルを移動 (ドラッグ) し、リリースする (図1(d))。

各選択操作に対し、次のデータを測定し、記録する。

- 第1目標を選択してから (クリック方式においては、クリックの動作のうちプレスの動作を行なってから) カーソルを第2目標内まで移動するのにかかった時間 (移動時間と呼ぶ)
- カーソルが第2目標内に入ってから、第2目標を選択するまで (クリック方式においては、クリックの動作のうちリリースの動作を行なうまで) の時間 (確定時間と呼ぶ)
- エラー回数 (第2目標を正しく選択できなかった回数、つまり、第1目標を選択した後、第2目標外で位置確定動作をしてしまった回数)
- エラー位置 (エラー時の、位置確定動作を行なった位置)

第1目標を選択しはじめてから、第2目標を選択し終わるまでの時間「選択時間」は、移動時間+確定時間で求められる。クリックは、目標内でプレスし、かつ、目標内でリリースしたときのみ正しい選択がなされたときのみ。目標の選択が正しく行なわれなかったときは、ピープ音を鳴らし、もう一度第1目標の選択からやり直してもらう。被験者には、「第1目標を選択した後、正確さを損なわない程度にできるだけ早く第2目標を選択する」ように指示をした。また、実験の前にマウスとペンの練習の場を設けた。

以下に、実験の手順を述べる。ポインティング装置 (マウスとペン) と操作方式 (クリック方式とドラッグ方式) の組合せ (2×2=4通り) のそれぞれに対して、

1. 操作方式についての口頭による説明と注意を行なう。
2. 練習の選択操作を8回行なう。

3. 目標の大きさと目標間の距離の組合せ (2 × 2 = 4 通り) のそれぞれについて、  
8 回の選択操作 (移動方向 4 通りを 2 回ずつ) を 1 ブロックとして、4 ブロックずつ行なう。移動方向の順番は、ランダムとする。  
各ブロックの間には小休止をとり、疲労による選択時間やエラー率への影響を防ぐ。

ポインティング装置と操作方式の組合せについて、実験を行なう順番による疲労や学習の効果を相殺するために、被験者によってその順番を変える。なお、実験終了後、被験者がどちらの方式を使いやすいと感じたかを知るため、アンケート調査を行なった。

## 2.2 結果と検討

資料の解析には分散分析法を用いた。有意水準 5% の場合、 $F_{1,29} > 4.18$  ならば、比較している水準の間の差は有意である。なお、カーソルの移動方向に関しては興味深い結果は得られなかったため、4 方向の平均値をもとに話を進める。

### 2.2.1 選択時間

(1) 移動時間 図 2 は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、移動時間のグラフである。

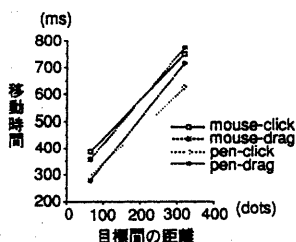


図 2 移動時間

クリック方式については、マウスよりもペンの方が移動時間が短いことがわかる (目標間の距離が近いとき  $F=110.32$ , 遠いとき  $F=60.33$ )。また、ドラッグ方式についても、マウスよりペンの方が移動時間が短い ( $F=144.98$ ,  $F=12.62$ )。

(2) 確定時間 図 3 は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、確定時間のグラフである。

クリック方式のときもドラッグ方式のときもマウスよりもペンの方が確定時間が短い (クリック: 目標の大きさが小  $F=15.42$ , 大  $F=17.44$ ; ドラッグ: 小  $F=76.56$ , 大  $F=64.04$ )。ペンの方が、すばやい位置確定動作が可能だといえる。特に、ペンを用いたクリック方式で、目標が大きく目標間の距離が近いときは、マウスに比べてペンの確定時間が非常に短くなっている。マウスのときは、カーソルが目標に入ったことを確認してからボタンを押す (またははなす) 動作をはじめめるのに対し、ペンのときは絶対座標であるので、ペンをどこに動かせばカーソルが目標内に入るかの見当がつくために、カーソルが目標に入ったことを確認する前にペン先をタ

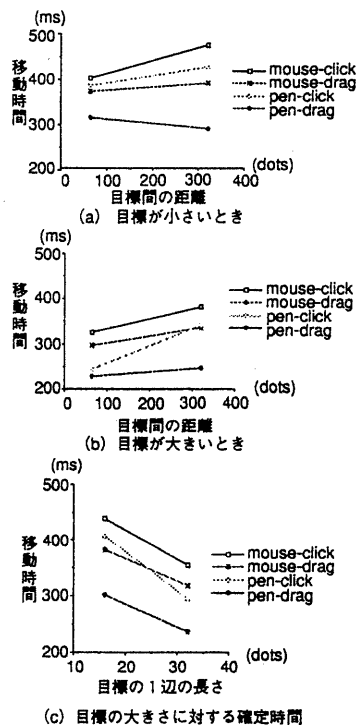


図 3 確定時間

ブレットに下ろす (またはタブレットからはなす) 動作をはじめているのではないと思われる。

(3) 選択時間 図 4 は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、選択時間のグラフである。

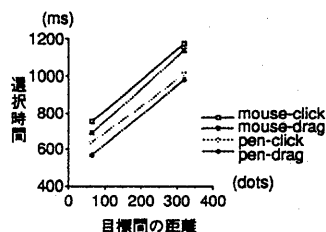


図 4 選択時間

クリック方式についてもドラッグ方式についてもペンの方が選択時間が短いことがわかる (クリック: 近  $F=74.25$ , 遠  $F=71.92$ ; ドラッグ: 近  $F=137.75$ , 遠  $F=66.82$ )。

### 2.2.2 エラー率

エラーの中には、位置確定動作を意識せずに行なってしまい、目標を逸してしまった場合がある。例えば、マウスのドラッグ中にマウスボタンをはなしてしまった場合がそうである。このエラーは、通常の '狙いが外れた' エラーとは異なる性質のものであり、区別して考える必要がある。これをドロ

ピングエラーと呼び、通常のエラーをポインティングエラーと呼ぶ。

ドロッピングエラーとポインティングエラーを区別するためには、エラー位置を調べる必要がある。図5はマウス、ドラッグ方式、目標の大きさが大、目標間の距離が遠、カーソルの移動方向が左の場合のエラー位置の分布である。

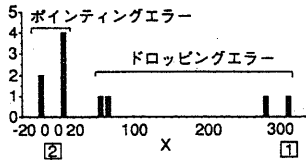


図5 マウス・ドラッグ方式目標大・遠・左の時のエラー位置

ポインティングエラーは目標付近で起こるので、第2目標付近で起こったエラーをポインティングエラーとし、それ以外をドロッピングエラーとする。すべての組合せを検討した結果、第2目標から20ドット以上離れて位置確定動作をしてしまった場合を、ドロッピングエラーとみなした。

(1) ドロッピングエラー 図6は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、ドロッピングエラー率のグラフである。

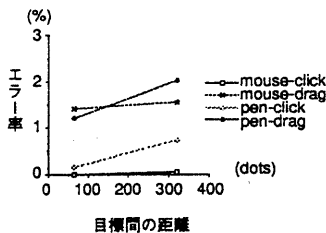


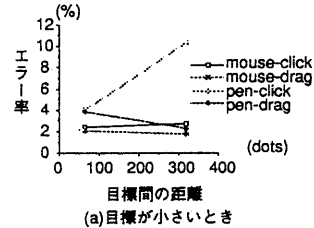
図6 ドロッピングエラー

クリック方式のドロッピングエラーは、マウスではほとんど起こり得ない。しかし、ペンでは、1%未満ではあるが、わずかに起こり得る。ドラッグ方式に関しては、マウスは、カーソルの移動距離に関係なくほぼ一定であるのに対し、ペンは、目標間の距離が遠くなるとドロッピングエラー率が高くなる。ドラッグする距離が長くなると、マウスでもペンでも、ドロッピングエラーが増えるように思うが、マウスの場合には増えていない。

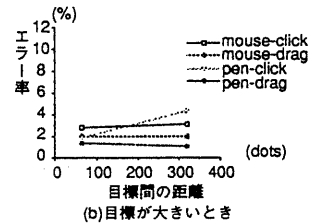
ペンの場合にドロッピングエラーが増えるのは、被験者のほとんどが、手の側面をタブレットに固定したまま、できる限り指の動きだけでペン先を移動させようとしていたため、目標間の距離が遠くなると指を遠くへ伸ばす必要があり、このとき、ペンに加える圧力が弱くなってしまい、ペン先が戻ってしまうからだと考えられる。また、指を伸ばすとペンが傾いてしまうため、ペン先がタブレットについていても、ペン先がきちんと引っ込まない場合があり、このためにドロッピングエラーが多くなるとも

考えられる。また、目標間の距離が近いときは、ペンの方がマウスよりもドロッピングエラーが少ない。

(2) ポインティングエラー 図7は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、ポインティングエラー率のグラフである。



(a) 目標が小さいとき



(b) 目標が大きいき

図7 ポインティングエラー

マウス、ペンの両方に関して、ドラッグ方式の方がクリック方式よりもエラー率が低い。マウスのボタンを押している、またはペン先をタブレットにつけているという状態の方が、動きが安定するからだと考えられる。

目標間の距離が遠いときのクリック方式を除けば、目標が大ききときはペンの方が、小さいときはマウスの方が、エラー率が低い。ペンでは、小さい目標の選択がしにくいようである。

目標間の距離が遠いとき、ペンのクリック方式でのポインティングエラーが非常に多くなっている。目標が小さいときは、特に多い。目標間の距離が遠くなると、指を伸ばしてクリックしようとするが、指が伸びた状態ではペン先の位置の微調整がしにくくなるので、目標が小さいときは特にポインティングエラーが増えるのだと考えられる。

(3) 総エラー 図8は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、ドロッピングエラーとポインティングエラーを合計した、総エラー率のグラフである。

マウスは、クリック方式の方がエラー率が低い。ペンは目標間の距離によって異なり、近いときはクリック方式、遠いときはドラッグ方式の方がエラー率が低い。これは、遠いときのクリック方式のポインティングエラーが、非常に多いからである。

### 3. 追加実験

実験1において、目標間の距離が近いときと遠いときとは、クリック方式とドラッグ方式における、移動時間や選択時間の差が異なっていた。これは、目標におけるクリック時間が影響を与えているの

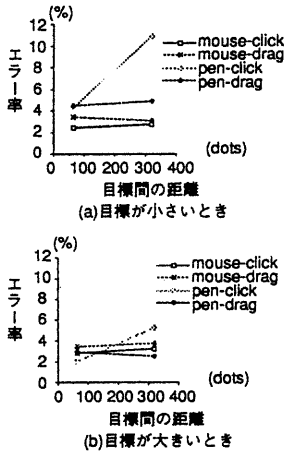


図8 総エラー

だと考えられる。そこで、各目標におけるクリック時間を調べるために追加実験を行った。

また、クリック方式とドラッグ方式の移動時間や選択時間が、目標間の距離がどのくらいになれば等しくなるのかを知るために、目標間の距離の場合の数を増やして傾向を調べた。

### 3.1 被験者と実験方法

被験者は、実験1の被験者のうちの12名(男子11名、女子1名)であり、実験に用いた設備も実験1と同じである。

実験方法は以下に述べることを除いて、実験1と同じである。

まず、目標間の距離を4通りに増やす。実験1において、ペンについてクリック方式とドラッグ方式の移動時間が等しくなるのは、64ドットと320ドットの間であると予想できるから、その間に1つ、マウスについては、320ドット以上であると予想できるから、320ドット以上に1つ増やす。そこで、64ドット、120ドット、320ドット、420ドットの4通りとする。目標間の距離が420ドットというのは、ディスプレイの大きさ(縦480ドット)からいって、これが限界であった。

また、目標間の距離を4通りに増やすかわりに、目標の大きさを実験1における大の場合のみにして、被験者の負担を大きくしないようにした。

さらに、実験1よりもより詳細な時間データを得るために、各選択操作において測定するデータを、次のように増やす。

- 第1目標を選択してから(クリック方式においては、クリックの動作のうちプレスの動作を行なってから)カーソルを第2目標内まで移動するのにかかった時間(移動時間)
- クリックの場合のみ、第1目標内でプレスしてから、第1目標内でリリースするまでの時間(第1クリック時間)

- カーソルが第2目標内に入ってから、第2目標を選択するまで(クリック方式においては、クリックの動作のうちリリースの動作を行なうまで)の時間(確定時間)
- クリックの場合のみ、第2目標内でプレスしてから、第2目標内でリリースするまでの時間(第2クリック時間)
- エラー回数(第2目標を正しく選択できなかった回数、つまり、第1目標を選択した後、第2目標外で位置確定動作をしてしまった回数)
- エラー位置(エラー時の、位置確定動作を行なった位置)

そして、実験1では、目標内でプレスしている状態のときのみ目標を反転させていたが、今回は、カーソルが目標内に入れば、反転させることにする。前の状態では、ドラッグ方式は、第2目標にカーソルが入れば反転して、入ったということがよくわかるのに対して、クリック方式の方は、第2目標にカーソルが入っても反転しなかった。これでは、条件が不平等だと思われたからである。

## 3.2 結果と検討

### 3.2.1 選択時間

(1) 移動時間 図9は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、移動時間のグラフである。

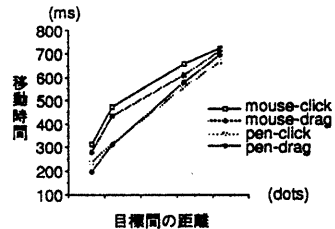


図9 移動時間

クリック方式の場合について、目標間の距離が近いとき(320ドット以下のとき)は、マウスよりペンの方が移動時間が短い(近い方から $F=48.41, F=122.72, F=20.04$ )、最も遠いとき(420ドットのとき)は有意な差はない( $F=3.30$ )。ドラッグ方式についても同様に、距離が近いとき(120ドット以下のとき)は、マウスよりペンの方が移動時間が短い( $F=16.62, F=24.20$ )、遠いとき(320ドット以上のとき)は有意な差はない( $F=2.21, F=0.30$ )。実験1においては、全体を通してペンの方が移動時間が短いという結果が出ていたが、今回は、移動距離が長くなるとマウスとペンの差が縮まっている。これは、目標間の距離が420ドットのときはタブレットの上の手の側面をつけたまま操作がしにくく、腕を動かすことになるので、実験1のアンケートにあったようにペンが扱いにくいからだと考えられる。画面上の420ドットは、タブレット上の約76mmに対応する。

(2) 移動時間-第1クリック時間 移動時間-第1クリック時間は、第1目標から第2目標まで移動するのにかった時間である。図10は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、移動時間-第1クリック時間のグラフである。

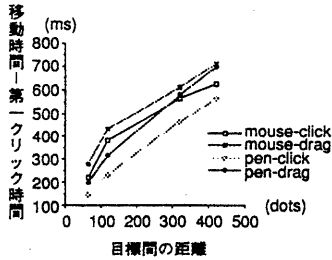


図10 移動時間-第1クリック時間

ドラッグ方式はクリック時間がないので、移動時間に等しい。この時間を比較することで、ポインティングとドラッグの移動の速さを比べることができる。

クリック方式については移動時間と同様に、目標間の距離が近いとき(320ドット以下のとき)は、マウスよりペンの方が時間が短い(近い方から  $F=53.08, F=102.58, F=15.65$ )、最も遠いとき(420ドットのとき)はそうとはいえない( $F=3.36$ )。マウスとペンの差は、距離が遠くなると縮まる( $F=11.91$ )。これもやはり、移動距離が長くなると、ペンが扱いにくくなることを示している。

(3) 確定時間 図11は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、確定時間のグラフである。

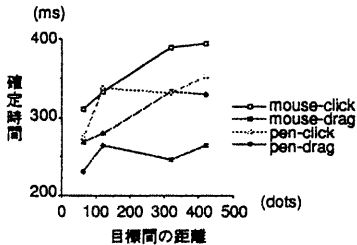


図11 確定時間

平均すると、実験1でも述べたように、ペンの方が、確定時間が短い(クリック方式: $F=5.37$ ;ドラッグ方式: $F=8.13$ )。

(4) 選択時間 図12は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、選択時間のグラフである。

クリック方式については、全体を通してペンの方が選択時間が短い(近い方から  $F=21.80, F=29.98, F=39.51, F=5.13$ )。ドラッグ方式に関しては、目標間の距離が近いとき(320ドット以下のとき)は、マウスよりペンの方が選択時間が短い(  $F=14.47, F=15.30, F=9.74$ )、最も遠いとき(420ドットのとき)は有意な差はなくなる( $F=4.31$ )。マウスとペンの差は、距離が遠くなると縮まる。

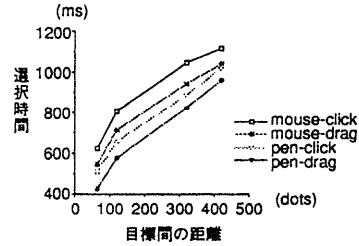


図12 選択時間

(5) クリック時間 図13は、ポインティング装置についての、第1,第2クリック時間のグラフである。

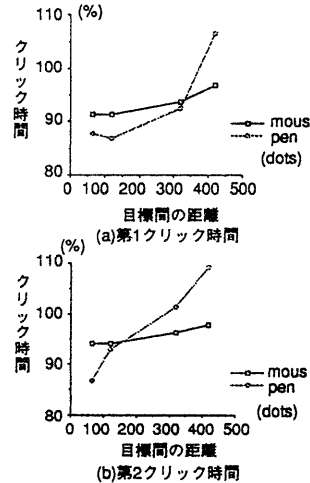


図13 クリック時間

クリック時間は、マウスは目標間の距離に関係なく一定なのに対し、ペンは、距離が遠くなるとクリック時間が長くなる(第1クリック時間  $F=14.55$ , 第2クリック時間  $F=16.03$ )。クリック時間は、目標間の距離とは関係ないようにみえるが、ペンの場合、目標間の距離が遠いときには、手の側面をタブレットにつけたまま操作を行なうと、ペンが斜めに傾くことになる。したがってうまくペン先が引込まず、クリック時間が長くなると考えられる。

また、第1クリック時間、第2クリック時間において、同じ傾向が現れているのは、この実験において、2つの目標が現れる位置の中間点が画面の中心に固定されていたため、被験者が実験を通して、タブレット上の中心付近をホームポジションとしていたのではないと思われる。

### 3.2.2 エラー率

(1) ドロッピングエラー 図14は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、ドロッピングエラー率のグラフである。

ペンの方がマウスよりも、ドロッピングエラーが多い。目標間の距離が遠くなるとドロッピングエラー率が高くなるが、ペンの場合は特に高くなる。

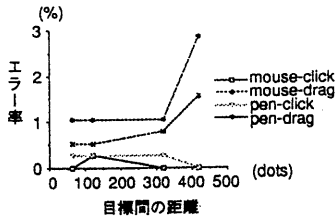


図 14 ドロッピングエラー

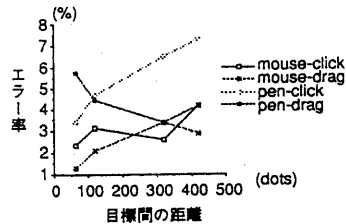


図 16 総エラー

実験 1 の考察でも述べたように、目標間の距離が遠いとき、指を遠くへ伸ばすとペンに加える圧力が弱くなってしまい、ペン先が戻ってしまったり、また、指を伸ばすとペンが傾き、ペン先がきちんと引込まない場合があるので、ドロッピングエラーが多くなるのではないと思われる。

(2) ポインティングエラー 図 15 は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、ポインティングエラー率のグラフである。

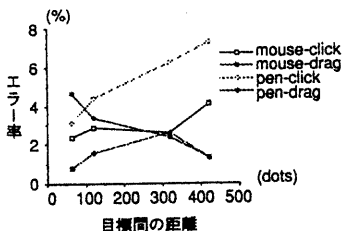


図 15 ポインティングエラー

ペンの、目標間の距離が最も近い場合を除いては、マウスについてもペンについても、クリック方式よりもドラッグ方式の方が、ポインティングエラーが少ない。特に、ペンについてはその傾向が顕著に見られるので、ペン先を浮かしている状態よりも、タブレットに押しつけている状態のほうが安定するということがわかる。実験 1 と同じように、ペンのクリック方式では、目標間の距離が遠くなるとポインティングエラー率が高くなる。目標間の距離が長くなると、指を伸ばしてクリックしようとするが、指が伸びた状態ではペン先の微調整が難しくなるので、ポインティングエラーが増えるのだと考えられる。

(3) 総エラー 図 16 は、ポインティング装置と操作方式の組合せについての、ドロッピングエラーとポインティングエラーを合計した、総エラー率のグラフである。

マウスに関して、実験 1 ではクリック方式の方がエラー率が低かったが、今回は、そうでもない。ペンに関しては、目標間の距離が近いときはクリック方式の方がエラー率が低く、遠くなるとクリック方式の方がエラー率が高くなる。目標間の距離が遠くなると、ポインティングエラーが増えるからである。

#### 4. あとがき

本論文では、目標選択操作におけるマウスとペンの 2 種のポインティング装置の特性を比較するために、2 種の操作方式、クリック方式とドラッグ方式で 2 つの目標を選択する実験を行った。

その結果、ペンはマウスよりも短い時間で目標選択が行なえるが、目標間の距離が遠くなると、マウスとの時間の差は縮まり、エラー率が高くなることがわかった。特にクリック方式を用いたペンでは、目標間の距離が遠くなると非常にエラー率が高くなる。しかし、指の動きだけで楽にペンを操作できる狭い範囲内であれば、ペンは非常に選択効率が良いといえる。

また、マウスについては、クリック方式よりもドラッグ方式の方が短い時間で目標選択が行なえることを示した。カーソルの移動は、ポインティングの方がドラッグよりも速く行なえるが、クリック方式は両目標でのクリックが必要であり、そのクリックに要する時間を含めて比較すると、クリック方式の方が目標選択に要する時間が長くなる。ペンに関しては、目標間の距離が非常に近いときはマウスと同じことがいえるが、遠いときにはクリック方式とドラッグ方式の選択時間の差はみられなかった。

今回行った実験は、目標選択における基本的な操作についての実験であり、実際のメニューの項目の選択や、テキストブロックの選択を行なう際にどのような傾向が見られるかを調べるのが、今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] Gillan D. J., Holden K., Adam S., Rudisill M. and Magee L.: "How Does Fitts' Law Fit Pointing and Dragging?", Proceedings of the CHI'90 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.227-234 (April 1990).
- [2] MacKenzie I. S., Sellen A. and Buxton W.: "A Comparison of Input Devices in Elemental Pointing and Dragging Tasks", Proceedings of the CHI'91, pp.161-166 (April 1991).
- [3] 西中, 辻野, 都倉: "座標入力のためのポイント手法について", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J71-D, No.12, pp.2604-2612 (1988-12).
- [4] "93年の離陸に向け開発進むペン・コンピュータ", 日経バイト, 第 91 号, 日経 BP 社, pp.148-161 (1991-10).