

座標入力のためのポイント手法の提案とその評価

西中芳幸 辻野嘉宏 都倉信樹

大阪大学 基礎工学部

対話的な計算機システムの普及が進むにつれて、その入力のためのポイント装置に関する研究が進められている。我々もこれまでに、ポイント装置とこれを利用するためのソフトウェア手法との組み合わせ（ポイント手法）について、そのポイント効率に関する研究を行ってきた。その結果、グラフィック画面での座標入力のような細かい目標のポイントにおいては、目標のサイズが大きく、数も少ないもののポイントにくらべて、目標の選択に要する時間、誤って目標を選択する割合が増大することを報告した。

そこで、特に座標入力におけるエラー発生率を削減するために、ポイント手法としてマウスのためのブレーキタイプの手法を考案した。これは、利用者が意図的にマウス本体の移動量に対するカーソルの移動量を制限することにより、微妙な位置の確定が容易に行えることをねらったものである。本報告では、その評価のための実験を行うとともに、座標入力のためのポイント装置として一般的であるデジタイザを用いて同じ実験を行い、比較した。その結果、今回提案したブレーキタイプの手法が、従来のマウスを用いたポイント手法にくらべて、目標の選択に要する時間やマウス本体の移動量は同等で、エラー発生率は半分以下に削減できることが確認できた。

Pointing Methods for Graphic Application and Their Evaluation

Yoshiyuki NISHINAKA, Yoshihiro TSUJINO and Nobuki TOKURA

Faculty of Engineering Science, Osaka University

1-1, Machikaneyama, Toyonaka, Osaka, 560 JAPAN

As interactive computer systems become popular, the study about pointing devices come to be important. We have studied about the efficiency of pointing methods — a combination of a pointing device and its controlling software. One of our observation is that the pointing efficiency is worse on a model of smaller target size.

In this report, we proposed a new pointing method — Brake Type Method — to decrease the error rate. In this method, we try to make pointing easier by controlling the movement of mouse-cursor adequately. And we made an experiment for its evaluation, and made the same experiment with a digitizer (a popular pointing device for graphics). Then it is concluded that Brake Type Method we proposed is effective enough to decrease the error rate without losing other aspects of pointing efficiency.

1. まえがき

人間と計算機とを結び、その関係を円滑にするために、ユーザ・インタフェースは様々な改善が試みられ、その形態を変えてきた。特に最近の対話的な計算機システムにおいては、ウィンドウ・オペレーションでのメニューやアイコンの選択、CADなど図形処理での座標入力など、画面上の目標をマウスやタッチパネル、デジタイザなどのポイント装置を用いて指し示すという行為が、ごく一般的に行われている。対話的な計算機システムの普及が進むにつれて、様々なポイント装置が開発され、また、それらに関する研究も進められている[1~9]。画面上での目標の選択による計算機への入力は、従来の英数字キーを用いてのコマンド、パラメタ入力に比べて、より視覚的であり、操作も容易であるという特徴を持ち、今後もその重要性を増すものと考えられる。それにともなって、そこで使用されるポイント装置のポイントに要する時間の短縮や精度の向上など、効率の改善が必要である。

筆者らも、ポイント装置とそれを利用するためのソフトウェア手法との組み合わせ（ポイント手法）を提案し、その効率を評価する実験を行ってきた[10~12]。

文献[10]では、カーソルキー、タッチパネル、機械式マウスの3種類のポイント装置について、それぞれ数種類のポイント手法を考え、メニュー、アイコン、テキスト中の語の選択をモデル化した3種類のポイントモデルについて、ポイント効率を比較する実験を行った。その結果、

- 1) 同一のポイント装置を用いても、ソフトウェア手法によってポイント効率が変化する、
- 2) 機械式マウスの机上の作業領域を低減させる手法として、マウス本体の移動速度に応じて、マウスの移動量に対するカーソルの移動量を非線形に変化させる非リニアの手法が有効である、
- 3) 200×200程度の解像度のタッチパネルでパネル面をVDT画面上の絶対位置に対応させたポイント手法では、テキスト中の語を選択するモデルでエラー率がマウスに比べて高い、

ことなどを報告した。

また文献[11]では、グラフィック画面での座標入力などの、より細かいポイントモデルでの非リニア方式の有効性を確かめるための実験と、タッチパネルでのエラー率低減のためのポイント手法を新たに数種類考え、ポイント効率に関する実験を行った。その結果、

1) グラフィック画面での座標入力のような、より細かいポイントにおいても、非リニア方式を用いた手法が従来のリニア方式の手法によるポイントより、机上の作業領域の低減に有効であり、ポイント時間もほぼ同等である、

2) タッチパネルにおける、指示棒でパネル面に触れている位置の相対的な移動量をもとに、接触点の移動速度に応じて、カーソルの移動量を非線形に変化させる相対非リニアの手法が、エラー率を改善しつつ、従来のタッチパネルと同等のポイント時間を持つ、

ことなどを報告した。

さらに文献[12]では、目標までの距離と選択に要する時間の関係について、各ポイント手法とポイントモデルについてデータの分析を行った。また、ポイント装置として光学式マウスを用いてのポイント効率に関する実験を行い、機械式マウスとの比較を行った。その結果、

- 1) 目標のサイズが大きく、数の少ないメニューモデルでは、選択に要する時間に対する目標までの距離の影響が大きく、目標のサイズが小さくなるにつれて、影響は小さくなってゆく、
- 2) グラフィック画面での座標入力のような細かいポイントにおいて、光学式マウスは機械式マウスにくらべて、エラー率低減のために有効である、

ことなどを報告した。

座標入力モデルにおけるエラー発生率は、光学式マウスである程度改善されているものの（機械式マウスで約13%に対し、光学式マウスでは約9%）、他のポイントモデルに比べて依然高いものである（他のモデルではたかだか3%程度）。そこで本報告では、光学式マウスを用いての座標入力における精度向上のためのポイント手法を提案し、従来のものと比較する実験を行うとともに、解像度の高いデジタイザを用いての座標入力の実験を行い、マウスによるものとの比較を行った。

以下、2節では今回の実験で行ったポイント手法、およびその評価実験と実験の結果について、3節では実験結果をもとにした考察についてそれぞれ述べる。

2. ポイント手法の評価実験について

本節では、実験を行ったポイントモデルとポイント手法、実験のシステムや方法、被験者などについて説明し、実験結果をまとめる。

2. 1 ポイントモデル

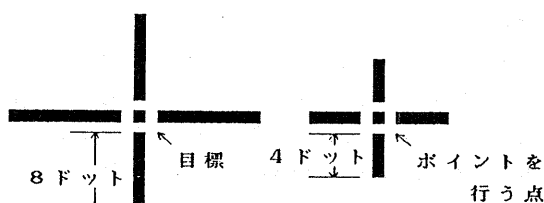
ポイント装置を用いての作業のうち、グラフィック画面での座標入力を想定してモデル化し、実験を行った。

座標入力モデル (グラフィックモデル)

640×400ドットの解像度をもつVDT画面上の1ドットを選択するモデル

目標およびマウスカーソルの形状を図1に示す。

目標の大きさは1ドットであるが、画面上で容易に認識でき、かつポイントの正確さを増すために、十字の飾りを付加した。また、マウスカーソルも十字状とし、目標とは異なる色で画面に表示した。さらに、マウスカーソルと目標が重なった場合は、その部分を赤色で表示した。これらは目標の大きさを3×3ドットとした予備実験での結果をもとに決定した事項である。予備実験で用いた目標の形状は本実験のものとはほぼ同じであるが、マウスカーソルの形状は本実験のものとは異なり、矢印状のものを用いていた。矢印状のマウスカーソルでは、被験者にとってカーソルのどの部分が目標を指しているかわかりにくく、誤って目標を選択してしまうことが多かった。



(a) 目標の形状 (白色)
(b) マウスカーソル (シアン)

図1. 実験に用いた目標とマウスカーソルの形状

2. 2 ポイント手法

2. 2. 1 リニア方式と非リニア方式

文献[10~12]で提案したマウスを用いたポイント手法のうち、本実験ではとくに、光学式マウスによるリニア方式と非リニア1方式をとりあげて実験を行った。これは、

- ・光学式マウスが機械式マウスにくらべてエラー発生率が低い、
- ・全手法について実験を行うには時間がかかり過ぎて、被験者への負担が大き過ぎる、
- ・非リニア1方式が他の非リニア方式にくらべてポイント時間が短い

ことなどの理由による決定である。

2つの方式は、それぞれ次のようなものである。

1) リニア方式

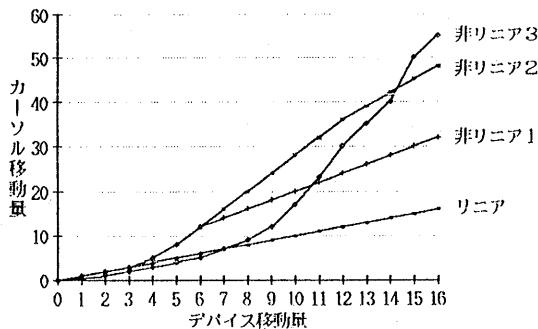
マウス本体の縦方向および横方向の移動量に比例して、画面上のマウスカーソルを移動させる方法

2) 非リニア1方式

マウス本体の移動速度に応じて、画面上のマウスカーソルの移動量を非直線的に変化させる手法。マウス本体の動きが遅い場合は、カーソルの移動はリニア方式のときと同じであるが、速く動かした場合には、本体の移動量に対するカーソルの移動量を最高2倍にする。

非リニア方式の実現方法としては、オーバーヘッドを減らすために変換表を用いて、一定時間毎にサンプリングされるマウスのモーションカウンタの値からマウスカーソルの値を決定する方法を用いた。変換表の値を折れ線でグラフにしたものを図2に示す。

リニア方式は、マウスを用いたポイントで通常使われている方式である。リニア方式でポイントを行うためには、マウスを移動させるのに十分なスペースが必要である。例えば、分解能 0.25mm/カウントのマウスを用いて、640×400ドットのVDT画面上を1ドット単位でマウスカーソルを移動させる場合、マウスの移動に最低 160mm×100mmの領域が必要となる。特に光学式マウスでは、検出方式がマウスパッド上に記されたパターンを光学的に検出してマウスの動きを得る方式であるので、このマウスパッドが作業領域の制限となっている。実験に用いたマウスパッドは約 230mm×195mm であるので、理論上は1ドット単位のカーソル



注) 非リニアマウス2, 3は, それぞれ文献[10]~[12]の実験で用いられたポイント手法である。

図2. 非リニア方式移動量換算グラフ

の移動も可能であるが, 実際にはマウスパッドの周辺部分での操作はあまり行われないうし, マウス本体の初期位置や向きによる分解能の低下などにより, マウス本体がマウスパッドを外れてしまうことがある。この場合, マウス本体をパッド上で動かす操作が複数回必要となるので, ポイント時間の増大につながる。

非リニア1方式では, マウス本体を素早く移動させることでリニア方式より少ない移動量で目標に達することができ, 作業領域およびポイント時間の削減をねらった手法である。実際には, ポイント時間はリニアマウス方式と同程度であり, 非リニア方式は作業領域を削減するという点で有効であることがわかっている[10]。これにより, 光学式マウスを用いたグラフィックモデルでの実験においても, マウスパッド上での動作がほぼ1回でカーソルを目標まで移動させることができています。

実験に用いたマウスは, 分解能 0.25mm/カウントの光学式マウスである。

ポイント後の位置確定のための動作は, マウス上のボタン(マウスボタン)を押すこととした。

2.2.2 ブレーキタイプの手法

文献[11]において, グラフィックモデルでのポイントが全ポイント手法を通じて, 他のモデルに比べてポイント時

間が長く, エラー発生率の高い理由として,

- 1) 画面上の目標の大きさが1ドットと非常に小さいため, 目標近傍での位置の微調整が困難である,
- 2) 分解能により, マウス本体を 0.25mm 動かしただけでカーソルが1ドット動いてしまい, 一度目標を捕えたカーソルが位置確定のためにボタンを押す際にはずれてしまう,

ことなどを挙げている。

文献[11]ではこのことを考慮して, マウス本体の移動が遅いときにはマウスカーソルを通常の半分の移動量で動かす非リニアマウス3の手法(図2)を考え, 実験を行っている。その結果, ポイント時間はリニア方式にくらべて1割程度遅くなっているものの, エラー率は 7.7%と全手法のなかでもっとも低いものとなっている。

しかし非リニア3方式でも, やはりマウス本体を 0.5mm 動かしただけでカーソルが動いてしまい, 一度目標を捕えながらも最終的にははずしてしまうエラーが多く見られた。

そこで非リニア3方式の考えを進めて, マウス本体の動きの遅いときに, さらにカーソルの動きを制限するブレーキタイプの手法を考えた。また, ユーザの意に反してカーソルの動きが制限されることのないように, 動きの制限はユーザの指定によるものとした。

ブレーキタイプの手法

マウスの右のボタンを押している間は, カーソルの移動量を通常の5分の1にする

右のマウスボタンをカーソルの移動量制限の指示に用いるため, 位置確定のための動作は左のマウスボタンでのみ行うことになった。

実験は, ノーマルタイプ(2.2.1節で述べたもの)との比較のため, やはりリニア方式と非リニア1方式の2種類で行った。ブレーキタイプの非リニア1方式では, 右のマウスボタンを押している間は, マウス本体の移動量に対するカーソルの移動量が, ノーマルタイプでのリニア方式の最高5分の2になることになる。

2.2.3 デジタイザ

CADなどでの座標入力のために用いられるポイント装置としては, やはりデジタイザが一般的である。デジタイザは, タッチパネルなどにくらべてタブレットの有効範囲が広く, 分解能も高くなっている。さらに, マウスなどの

ように1ドット単位の移動は必要なく、画面上の絶対位置に対応したタブレット部分を指示することでカーソルをその位置に直接移動することが可能であることから、短い時間でのポイントが行えることも期待できる。

実験で用いたデジタイザは、公称読取有効範囲 250mm×250mm、分解能 0.1mm で、磁歪効果を利用した座標読取装置で格子状に張られた磁歪線の端からパルスを付加し、スタイラスに設けられたコイルで伝播したパルスを検出し、座標を求めるものである。

装置構成の概略図を図3に示す。

実験のポイントモデルは、マウスのときと同じグラフィックモデルである。マニュアルによるタブレットの有効範囲は 250mm×250mm であったが実際には少し余裕があったので、VDT画面640×400ドットをタブレット上256mm×160mmの部分に対応させた。接続されたスタイラスペンを用いてポイントを行い、位置確定のための動作はペンのプッシュダウンとした。

はじめに実験システムを構築し予備実験を行った時には、単純にデジタイザから送られてくる 2560×1600 の座標を4で整数除算して 640×400 に縮尺していた。しかし、これだと最悪の場合、わずかに 0.1mm ペンがずれただけでカーソルが1ドット動いてしまうことになり、ペンを静止させているつもりでもカーソルが動いて止まらず、1ドットのパポイントは非常に困難であった。そこでカーソルの動きにヒステリシスをもたせ、わずかなペンの動きではカーソルは動かないようにした。具体的には、VDT画面の1ドットにあたる 0.4mm 未満のペンの移動に対してはカー

ソルを動かさず、0.4mm 以上動いたときにはじめてカーソルが動くようにした。閾値をこれ以上長くとるとカーソルの最悪時の最小移動量が1ドットを越えてしまい、1ドットのパポイントを行うには動きが不自然になってしまう。これにより、カーソルが不自然な動きをすることなく、ペンを静止させた状態でのカーソルの振れも少なくなった。

タブレット上には、640×400ドットのVDT画面の領域に対応する部分を枠線で表示し、ポイントの目安となるようにした。

2.3 実験環境と実験方法

実験は、2節で述べた4種類のマウスとデジタイザ、計5種類のポイント手法を使って、グラフィックモデルについて、本節で述べる実験環境と実験方法を用いて行った。

2.3.1 実験環境

実験は、パーソナルコンピュータを用いた実験システムで行った。実験システムの構成の概要を図4に示す。

実験システムは、VDT画面上にグラフィックモデルの目標とカーソルを表示し、各ポイント手法によるポイントが被験者が行う際に、次の項目を測定し記録する。

- 1) 目標が表示されてから、カーソルが目標の領域内に入るまでにかかった時間（移動時間）。

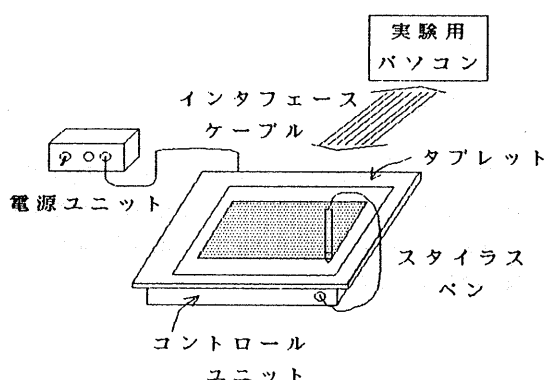


図3. デジタイザの構成

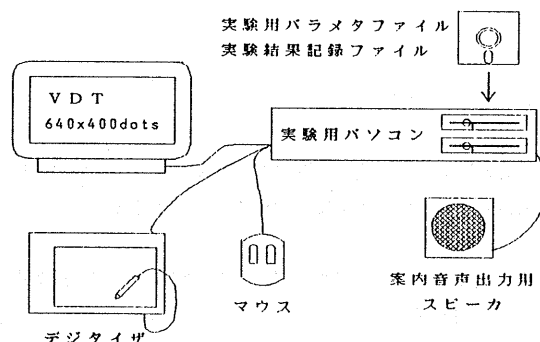


図4. 実験システムの構成

- 2) カーソルが初めて目標の領域内に入ってから、位置確定のための動作を行ってポイントを終了するまでの時間（確定時間）。
- 3) 正しい目標が選択されたかどうかの判断。
- 4) 実際に目標を選択したときのカーソルの位置。
- 5) マウスのモーションカウンタの累積値（マウスのみ）。
- 6) マウスのモーションカウンタの絶対値の累積値（マウスのみ）。
- 7) ポイントエラー（一度もカーソルが正しい目標の領域内に入ることなく、目標を選択できなかった）回数。
- 8) フォールアウトエラー（一度カーソルが正しい目標の領域内に入ったが、最終的に正しい目標を選択できなかった）回数。

ポイント時間は、移動時間と確定時間の和で求められる。それぞれ、4) はエラーの分析を行うためのデータ、5) は机上のマウスの位置に対応したデータ、6) はマウスの移動量に対応したデータである。これらのデータは実験システムによって自動的に測定され、実験データとしてファイルに記録される。時間の測定には、パーソナルコンピュータ内蔵のタイマを用いて、20ミリ秒単位の測定を行った。

また、実験者の負担を軽減するため、

- ・一連の実験が、あらかじめ用意されたパラメータをもとに、自動的に行える、
- ・VDT画面上での説明文の表示と音声により、システムが被験者への説明を行う、

などの工夫をした。

2.3.2 実験方法

各被験者には、次の手順でグラフィックモデルにおける各ポイント手法についての実験を行ってもらった。

- 1) 被験者は、それぞれのポイント手法についての説明を口頭で受ける。
- 2) 実験システムは初めに、実験を行うポイントモデルとポイント手法について簡単な説明を画面表示と音声により行う。
- 3) キーボードのスペースキーを押すことで、グラフィックモデルの画面が表示され、被験者は連続して10回

のポイント動作を行う。

- 4) 小休止をとりながら3)の動作を10回繰り返し、計100回のポイント動作を行って、実験を終了する。

被験者に10回のポイント毎に小休止をとることを許したのは、疲労によるポイント効率への影響をおさえるためである。また、被験者には正確さを損なわない程度にできるだけ素早く目標をポイントするように指示した。さらに、各ポイント手法の実験の前に練習のための時間を設けて、被験者に各ポイント手法を使用してもらった。

特にプレーキタイプの手法においては、プレーキタイプの特性ができるように、目標の近くでは右のマウスボタンを用いてカーソルにプレーキをかけてポイントを行うよう指示した。

またデジタイザにおいては、ペンが斜めになってパネル面への接触面積が増すと、カーソルが動きやすくなり位置を確定しにくくなるため、ペンを垂直に立てた状態でポイントを行うように指示を行った。

2.4 被験者

実験はそれぞれ、マウスを用いた実験が10人、デジタイザを用いた実験が7人の被験者により行ってもらった。デジタイザでの実験を行った7人の被験者は皆、マウスでの実験も行っている。

マウスを用いた実験において、ポイント手法の順番による影響を考慮して、10人中6人にはノーマルタイプを、4人にはプレーキタイプをそれぞれ先に行ってもらった。

2.5 実験結果

4種類のマウスおよびデジタイザの、ポイント時間の平均値を図5に、エラー発生率の平均値を図6にそれぞれ示す。また、マウスモーションカウンタの絶対値の累積値の平均値を図7に示す。

3. 考察

本節では、実験結果をもとに各ポイント手法についての評価を行う。

3.1 マウス

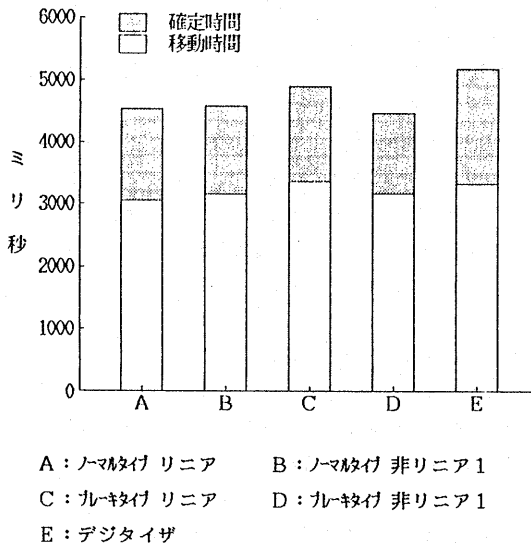


図5. 平均ポイント時間

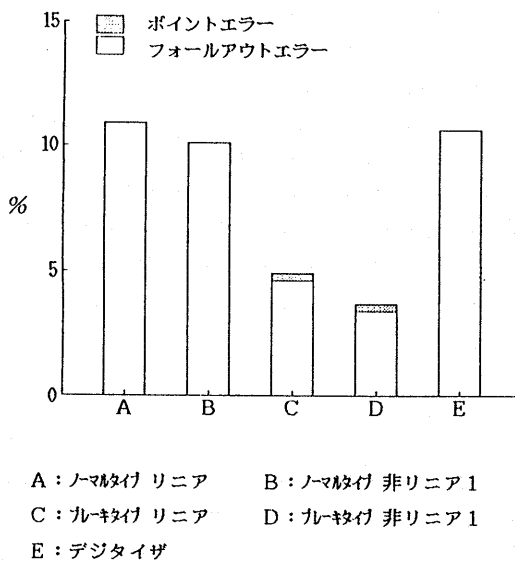


図6. 平均エラー発生率

ポイント時間に関して、全被験者のデータの平均では、図5に見られる通り4種類の手法の間ではそれほど大きな差は見られない。これは、ポイント時間の長さに個人差はあるものの（1回のポイントにつき、最も長い被験者で平均6735ミリ秒、短い被験者で平均3329ミリ秒）、ほぼ全被験者に共通した傾向であり、リニア方式と非リニア1方式のポイント時間はほぼ同等であるという文献[11]の結果に一致する。またこの結果から、ブレーキタイプの手法とノーマルタイプの手法が、ポイント時間の点でほぼ同等であるということも言える。ノーマルタイプの手法について、全く同じ実験である文献[11]の結果と比較すると、全被験者の平均では、今回の実験の方が移動時間、確定時間とも長くかかっており、全体として1秒程度長くなっている。しかし、10人の被験者のうちの2人が文献[11]での実験も行っていたのでデータを比較すると、それ程の差は見られない。また、この2人は今回の実験の被験者の中では、ポイント時間に関して速い方であるので、文献[11]の実験とのポイント時間の違いは、被験者の違いによるものと考えられる。

マウス本体の移動量を表すマウスモーションカウンタの絶対値の累積値は、図7に見られる通りノーマルタイプ、ブレーキタイプともに、リニア方式にくらべて非リニア1方式が少なくなっており、ノーマルタイプで見られた非リ

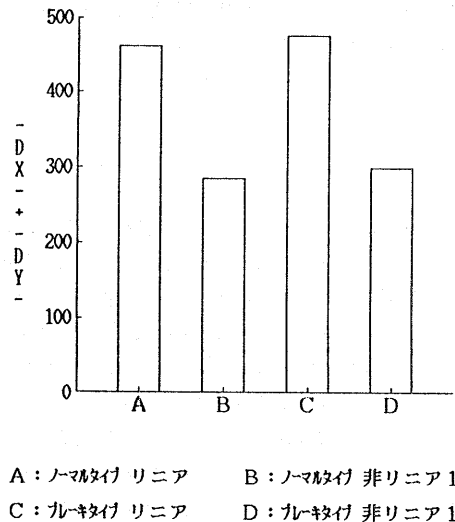


図7. マウス平均移動量

ニア方式の移動量の削減効果がブレーキタイプでも同じように得られたと言える。リニア方式での値を1としたときの非リニア1方式の値は、ノーマルタイプ、ブレーキタイプでそれぞれ0.62, 0.63であり、文献[11]での0.62という結果にほとんど一致している。

エラー発生率に関しては、図6に見られる通り、ノーマルタイプのマウスが10%以上のエラーがあるのに対して、ブレーキタイプでは5%未満と、5割以上のエラー発生率の低減が得られた。被験者別に見ても、ブレーキタイプのほうがノーマルタイプよりもエラー発生率が高くなっているのは、10人中わずかに1人（リニアマウスでノーマルタイプ11%に対し、ブレーキタイプ23%）でしかなかった。逆に、ブレーキタイプのリニア方式および非リニア1方式でエラー発生率が1%以下であったのは、両手法とも10人中5人であり、さらに被験者の1人は、ブレーキタイプの2手法とも全くエラーをすることなしにポイントで成功している。また、正しい目標を選択せずに位置確定を行ってしまうポイントエラーについては、ノーマルタイプでは全くないのに対し、ブレーキタイプでは両手法とも0.3%のポイントエラーがあった。これは、カーソルの移動量を制限するための動作と位置確定のための動作が、右と左の違いがありこそすれ、ともにマウスボタンを押すという類似した動作であり、ノーマルタイプにくらべて操作が複雑になったことによる影響であると考えられる。実際、まだ十分操作に慣れていないときに、間違えてカーソルの移動量を制限するつもりで位置確定をしてしまったことがあるという被験者の報告もある。

3.2 デジタイザ

デジタイザを用いたグラフィックモデルでの実験は、デジタイザがCADなどの座標入力分野において一般的なポイント装置であることを考慮して、今回考案したマウスのためのブレーキタイプの手法との比較をするために行った。デジタイザにおいては、ペンがタブレットに触れている部分に対応するVDT画面上の絶対位置にカーソルを直接移動することが可能であることから、移動時間がマウスを使った手法よりも短くなることが期待された。しかし予想に反して、ポイント時間、エラー発生率ともノーマルタイプのマウスとほぼ同程度のポイント効率でしかなかった。

ポイント時間に関しては、他のマウスを使った4手法よりも500ミリ秒程度長くかかっている。この500ミリ

秒のほとんどが確定時間で長くなっており、移動時間はマウスを使った手法と大差ない。これは、

- ・カーソルを直接目標付近まで移動させるためには、VDT画面上の目標の位置を認識し、それに対応するパネル面上の位置を確認することが必要で、ユーザの動作は2段階にわかれてしまう。実験において被験者はこのことを嫌い、デジタイザの、ペンがパネル面から少々離れていても座標の検出が可能であるという特性を利用して、画面上でカーソルの動きを目で追いながら（いわばマウスと同じように）目標までカーソルを移動させてポイントを行い、カーソルを直接移動させることのできるメリットを生かさなかった、

ことによるものと考えられる。

また、エラー発生率は10.6%とノーマルタイプのマウスと同程度に高くなっている。このことは、確定時間が長くなっていることと合わせて考えると、

- ・被験者はそれまでにデジタイザを使用した経験がなく、スタイラスペンを使ったポイントに慣れていない、
- ・デジタイザにおいても結局、わずかに0.4mmペンを動かすだけでカーソルが移動してしまい、一度捕えた目標が、位置確定のためにペンをプッシュダウンするときにはずれてしまう（フォールアウトエラー）、

などの理由が考えられる。

結局デジタイザは、紙に描かれた図面や絵などをコンピュータに入力するような、目標が画面上にではなくタブレット上にあるときにその特性を十分に生かすことができると考えられる。また、非常に細かい目標を選択するためには、十分に広い読取有効範囲と十分に高い分解能が必要であるということが言える。

4. あとがき

本報告では、グラフィック画面での座標入力のような細かい選択におけるマウスを用いたポイント手法のポイント効率向上のために、ブレーキタイプの手法を考案し、これまでのマウスを使ったポイント手法との比較を行った。また、同じグラフィックモデルでポイント装置としてデジタイザを用いた場合のポイントとの比較・検討を行った。

その結果、

- 1) マウスを用いてのグラフィック画面での座標入力のような非常に細かい選択においては、ユーザが意図的にマウス本体に対するカーソルの動きを制限することのできるブレーキタイプの手法が、これまでのポイント手法にくらべて、非リニア方式の机上の作業領域の低減に有効であるという特性を保持しつつ、ポイント時間やマウス本体の移動量も同等で、エラー発生率を低減させることができる、
- 2) デジタイザの利用は、主に目標がパネル面上にあるときに有効であり、細かい目標を選択する場合には十分な読取有効範囲と分解能、簡単なソフトウェア手法が必要である、

ことなどがわかった。

今後は、利用者の意図的な操作によらずにシステムでマウス本体の移動量に対するカーソルの移動量を制御することのできるブレーキタイプの手法や、デジタイザを用いたポイント効率改善のためのポイント手法について考えてみるつもりである。

謝辞

快く、被験者を引き受けていただいた当研究室諸氏に感謝いたします。

また、研究全般にわたって多大な御助言をいただきました竹村治雄氏（ATR通信システム研究所）に感謝いたします。

参考文献

- [1] S.K.Card, W.K.English and B.J.Burr: "Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys and textkeys for text selection on a CRT", *Ergonomics*, 21,8, pp.601-613 (August 1978).
- [2] D.Whitfield, R.G.Ball and J.M.Bird: "Some comparisons of on-display and off-display touch input devices for interaction with computer generated displays", *Ergonomics*, 26, 11, pp.1033-1053 (November 1983).
- [3] S.K.Card, T.P.Moran and A.Newell: "The keystroke-level model user performance time with interactive system", *Communications of the ACM*, 23, 7, pp.396-410 (July 1980).
- [4] K.B.Gaylin: "How are windows used? Some notes on creating an empirically-based windowing benchmark task", *Proceedings CHI'86*, pp.96-100 (April 1986).
- [5] S.A.Bly and J.K.Rosenberg: "A comparison of tiled and overlapping windows", *Proceedings CHI'86*, pp.101-106 (April 1986).
- [6] J.whiteside, S.Jones, P.S.Levy and D.Wixon: "User performance with command, menu and iconic interface", *Proceedings CHI'85*, pp.185-191 (April 1985).
- [7] S.K.Card, M.Pavel and J.E.Farrell: "Window-based computer dialogues", *Proceedings of Interact '84: First IFIP Conference on Human - Computer Interaction*, (1984).
- [8] 吉田,田村: "マウス操作に関する基礎研究", 2nd Symposium on Human Interface, 1211, pp.71-74 (October 1986).
- [9] 武藤,田村: "マウス感度の切換法の提案と選択時間の解析", 2nd Symposium on Human Interface, 1212, pp.75-80 (October 1986).
- [10] 竹村,辻野,荒木,都倉: "ポイント手法の評価について", *信学論(D)*, J70-D, 7, pp.1265-1274 (July 1987).
- [11] 竹村,西中,辻野,荒木,都倉: "ソフトウェア手法によるポイント効率の改善について", *信学論(D)*, J70-D, 12, pp.2402-2409 (December 1987).
- [12] 西中,竹村,辻野,荒木,都倉: "目標間距離と選択時間に関するポイント手法の評価", *情報処理学会第35回全国大会論文集*, 4W-8 (September 1987).

資料

平均ポイント時間 (単位 ミリ秒)

	移動時間	ポイント時間
ノーマルタイプ リニア	3045.75	4537.60
ノーマルタイプ 非リニア1	3149.03	4572.86
ブレーキタイプ リニア	3360.86	4904.96
ブレーキタイプ 非リニア1	3172.63	4479.65
デジタイザ	3320.77	5191.38

平均エラー発生率 (単位 %)

	Fall out	Point
ノーマルタイプ リニア	10.90	0.00
ノーマルタイプ 非リニア1	10.10	0.00
ブレーキタイプ リニア	4.60	0.30
ブレーキタイプ 非リニア1	3.40	0.30
デジタイザ	10.57	0.00

平均移動量 (単位 カウント)

	Count
ノーマルタイプ リニア	441.6
ノーマルタイプ 非リニア1	225.1
ブレーキタイプ リニア	446.6
ブレーキタイプ 非リニア1	228.4