

## 手書き対話インタフェースの可能性

加藤直樹, 福田奈津子, 中川正樹

(東京農工大学 工学研究科)

### Feasibility Study on Handwriting Interactions with Computers

Naoki KATO, Natsuko FUKUDA, Masaki NAKAGAWA

Tokyo University of Agriculture and Technology  
Naka-cho, Koganei, Tokyo 184, JAPAN

**Abstract:** This paper describes tests investigating the potential of handwriting interactions. The majority of present interactions with pen have misappropriately carried over interaction techniques from mouse-based interfaces. A study into interaction styles which exploit the merit of pens and handwriting is indispensable in the design of pen interfaces. In this paper, comparative tests between pen and mouse were made and the following results were obtained: (1) A pen is faster than a mouse in pointing and dragging. This is especially true when precise pointing or dragging are not required. (2) For right-handed people, it takes more time to move down-right than other directions. Therefore, pull-down menus are not suited to pen interactions. (3) The timing of visual feedback has an effect on performance for tasks where precision is needed.

**Keyword:** Pen interfaces; Handwriting interactions; Pointing; Dragging

#### 1. はじめに

この数年、計算機との対話インタフェースとして表示一体型タブレットを用いた、ペンインタフェースが注目を集めている。この背景には、ペンを用いた対話では、(1)直接絶対入力ができる、(2)図や数式の入力に適している、(3)思考を妨げない、(4)携帯性にすぐれたシステムを構築できる、などの特徴があり、次世代の対話インタフェースとして可能性を秘めているとの期待があるからと思われる。

そのような期待から、ペン対話をサポートした OS なども開発、製品化されてきた[1,2]。

ところが、ペンを用いた対話を積極的に利用したシステムやアプリケーションの開発、普及は進んでいない。これは、一つにはペンをマウスの代わりとしてしか考えていないことが原因と考えられる。ペンはマウスとは全く異なったデバイスである。したがって、マウスユーザインタフェースの対話技法をそのまま利用するだけでは、ペンの良さを十分引き出したアプリケーションを生み出すことは難しい。

ペンをマウスの代わりとしか考えない背景には、アプリケーションユーザインタフェースの互換性を重視する面もあるだろうが、ペンというデバイスの長所や短所、ペンに向けた対話技法についての知見が十分に得られていないからと考える。

このような現状の中、我々はペンのよさを活かして、思考との親和性を第一に考えたインタフェースの確立を目指している。さらに、単にペンを用いただけのペンインタフェースではなく、ペンは書くための道具であることを重視した手書きインタフェースの確立を目指している。

そして、手書きインタフェースを利用した文書創作支援環境[3,4]の開発を軸に、数々の研究を行っている。この一環で、ペンの長所短所を明らかにしておく研究が不可欠であると認識した。本稿では、この認識のもとに、ペンとマウスの特徴を比較するために行った実験について述べる。

このような実験は、過去にも魚井[5]、小野[6,7]。が報告している。本実験はそれらの実験を追試する面も含むが、次の点で新しい知見が得られると期待できる。魚井は、間接型の入力デバイス(タブレット入力用 CRT ディスプレイに表示)を用いて、ドラッグおよびポインティングによる目標選択を行う実験を行った。本実験とは間接型と直接型の違いを確かめる対象となりうる。小野の実験は、本実験と同様直接型のデバイスを用いた、ポインティングによる操作の実験である。そして、一般的にはマウスよりペンのポイント時間は速く、ペンにはポイントしやすい方向があるとの結果を報告している。

本実験ではポインティングに加えて、ドラッグについても実験を行った。また、より具体的な操作として、ドラッグにおける正確さを必要とする操作としない操作の比較と、ビジュアルフィードバックのタイミングを変えた操作の比較を行った。

## 2. 実験環境

### (1) 使用機材

計算機：DELL 製 PC/AT 互換機 i486 DX2-66MHz

ソフトウェア環境：MS-Windows Ver3.1

入力デバイス：計算機付属のマウス

表示一体型タブレット PL-100V

マウスを用いた実験でも、視覚効果の差が結果に影響しないよう、表示一体型タブレットの液晶表示を利用した。

### (2) 実験被験者と実験順序

実験被験者は、主に、我々の研究室内の学生である。5 節で述べる実験の被験者は全員右利きである。被験者のマウスおよびペン入力の実験経験度は考慮していない。

結果に順番の影響がないよう、すべての実験において、被験者ごとに実験順番を変化させた。

## 3. ドラッグに関する実験

マウス UI の基本的操作方法の一つにドラッグがある。ドラッグはオブジェクトの移動や回転操作の属性(移動量や回転量)を指示する操作に用いられる。この節では、マウスおよびペンの間にドラッグで行う操作に関して差違があるかを調べる実験について述べる。

### 3.1 実験手法

マウスとペン両方に対して、次の(1)(2)に示す三通り、計 6 種類の実験を行う。6 種類の実験を識別するために便宜上付けた番号を表 1 に示す。

#### (1) 正確さの必要性

ドラッグでオブジェクト操作の属性を指示するときには、正確さを必要とする場合としない場合の二通りがある。図形編集における図形オブジェクトの移動操作は、正確さを必要とする場合の一例である。一方、文章編集における文字の移動操作は、正確さを必要としない場合の一例である。

本実験では、正確さを必要とする操作と必要としない操作の二通りについて実験を行う。

正確さを必要とする操作の実験では、塗り潰されている長方形を、外形が合同な長方形の枠に合わせる操作を行う(図 1 参照)。正確さを必要としない操作の実験では、小さな真円を大きな真円の中に入れる操作を行う(図 2 参照)。

### (2) ビジュアルフィードバックのタイミング

マウス UI におけるドラッグによる操作では、ビジュアルフィードバックは逐次行われ、ドラッグ中も操作しているオブジェクトの変化を確認できる。

一方、ペン UI には、ペンで入力した筆跡の形状と位置でオブジェクトの操作をする「ペンジェスチャ」と呼ばれる対話技法がある。ペンジェスチャは、操作の対象、種類そして属性を一括して指示することも可能な対話技法である。ところが、一括して指示するペンジェスチャでは、その入力が終了するまでは操作の対象や種類を決定することができない。これはビジュアルフィードバックが入力終了後まで行えないことを示している。

もちろん、操作の種類を指示した後に、属性を指示する方法もとれる。この方法ではビジュアルフィードバックを逐次表示することができる。

ビジュアルフィードバックのタイミングがどれほど操作時間に影響するかを調べることは、一括指示するペンジェスチャがオブジェクト操作に利用できるかを確かめる上で必要である。そこでペンで行う実験について、ドラッグ中もビジュアルフィードバックを逐次行う場合(逐次型)と、ドラッグ終了まで行わない場合(一括型)の二通り実験する。

### 3.2 計測項目と計測回数

実験では、操作を開始してから終了するまでの時間を操作時間として計測する。またドラッグを行った回数を操作回数として計測する。

そして実験は、9 人の被験者に対して、6 種類の実験すべてを、一人 3 回ずつ行う。

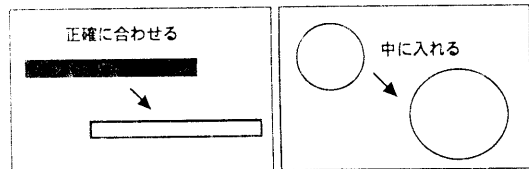


Fig.1 正確さが必要な操作 Fig.2 正確さ不要な操作

Table.1 ドラッグに関する実験の識別番号

	ペン一括	ペン逐次	マウス逐次
正確さ必要	1p	2p	2m
正確さ不必要	3p	4p	4m

i486 は米国インテル社の商標です。MS-Windows は米国マイクロソフト社の商標です。MS-Windows はMicrosoft Windows Operating System の略記です。

したがって、正確さを必要とする操作では、マウスとペンの間に操作回数の差はほとんどないが、若干ペンの方が多(平均値でマウスはペンの約1/2)。

この実験では、移動しているオブジェクトが手で隠れてしまい、それを確認するため、ドラッグを途中で中断したとの意見があった。これがこの原因と考えられる。

(1-d) 正確さを必要としない操作における操作回数

正確さを必要としない操作では、ほぼ全員が1回で操作を終了したため、マウスとペンの差を検討するような結果は得られなかった。

(2) 逐次型と一括型間の差

(2-a) 正確さを必要とする操作における操作時間

正確さを必要とする操作では、逐次型は一括型より平均操作時間が短い。検定では、危険率 5% で差があると認められた。また、個人別の平均値では、9人中8人の逐次型操作時間が一括型に比べ短かった。危険率 5% で差があると認められたのは、その8人のうち1人であった。

したがって、正確さを必要とする操作では、ビジュアルフィードバックを逐次表示した方が、しないより速く操作できる(平均値で逐次型は一括型の約7割)。

(2-b) 正確さを必要としない操作における操作時間

正確さを必要としない操作では、逐次型は一括型より平均操作時間が短い。しかし、検定ではその差は認められなかった。

したがって、正確さを必要としない操作では、ビジュアルフィードバックのタイミングが操作速度には影響しない。

(2-c) 正確さを必要とする操作における操作回数

正確さを必要とする操作では、逐次型は一括型より平均操作回数が少ない。検定でも、危険率 1% で差が認められた。個人別平均値でも、9人中9人の逐次型操作回数が一括型に比べ少なかった。そして、その9人中7人において、危険率 5% で差があると認められた。

したがって、正確さを必要とする操作では、ビジュアルフィードバックを逐次表示した方が、しないときよりあきらかに操作回数が少ない(平均値で逐次型は一括型の約4割)。これも(1-c)で述べたことが原因と考えられる。

(2-d) 正確さを必要としない操作における操作回数

正確さを必要としない操作では、(1-d)と同様に差

を検討するような結果は得られなかった。

4. ポインティングに関する実験

マウス UI における基本的操作方法のもう一つにポインティングがある。ポインティングはオブジェクトの選択操作などに用いられる。この節では、マウスおよびペンの間にポインティングで行う操作に関して差があるかを調べる実験について述べる。

ここで比較するポインティングは、ある程度の大きさを持ったオブジェクトを選択するような、正確さを必要としないポインティングに限定する。

4.1 実験手法

3行7列のマスを順番にポインティングしていく操作を行う。制御項目は、ポインティングする場所の大きさと移動距離の二つで、それぞれ二通り用意する。

移動距離を変化させるために、ポインティングするマスの順番を変えた二通りを用意する(距離比で約1:2のものを用意)。それはポインティングする場所がほぼ並んで連続している場合(並び型)と、飛んで離れている場合(飛び型)の二通りである(図6参照)。ポインティングするマスの目の大きさは、大(36mm)と小(12mm)の二通り用意する。

この組合せ四通りについてペンとマウスで計8種類の実験を行う。8種類の実験を識別するために便宜上付けた番号を表4に示す。

4.2 計測項目と計測回数

実験では、最初のマスをポインティングした時から、最後のマスをポインティングした時までの時間を操作時間として計測する。

そして実験は、9人の被験者に対して、8種類の実験すべてを、一人3回ずつ行う。

Table.4 ポインティングに関する実験の識別番号

		マウス	ペン
並び型	マス目大	5m	5p
	マス目小	6m	6p
飛び型	マス目大	7m	7p
	マス目小	8m	8p



Fig.6 二通りの選択する順番

### 3.3 実験結果

ドラッグに関する実験の平均操作時間を表2に、平均操作回数を表3に示す。実験1p, 2p, 2mの操作時間および回数の個人別平均値を図3および図4に、実験3p, 4p, 4mの個人別平均操作時間を図5に示す。

### 3.4 実験結果の検討

#### (1)ペンとマウスの間の差違

##### (1-a)正確さを必要とする操作における操作時間

正確さを必要とする操作では、ペンはマウスより平均操作時間が短い。しかし、t-検定（比較する標本の母分散が未知で等しいとは限らないときに用いるウェルチの方法）による検定を行うと、危険率5%では差違があると認められなかった（危険率10%で認められた）。また個人別平均値を比較すると、9人中6人のペン操作時間がマウスに比べ短かった。ただし、その6人のうち危険率5%で差違があると認められたのは1名であった。

したがって、正確さを必要とする操作では、マウスとペンの間に操作速度の差はほとんどないが、若干ペンの方が速い（平均値でペンはマウスの約4/5）。

Table.2 ドラッグによる操作の操作時間(0.01s)

	ペン一括	ペン逐次	マウス逐次
正確さ必要	782	532	680
正確さ不必要	62	56	102

Table.3 ドラッグによる操作の操作回数

	ペン一括	ペン逐次	マウス逐次
正確さ必要	8	3.48	2.37
正確さ不必要	1.1	1	1

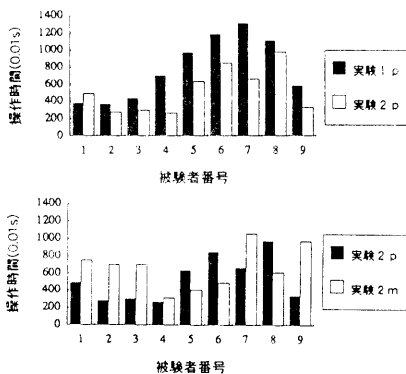


Fig.3 正確さを必要とする操作の操作時間

##### (1-b)正確さを必要としない操作における操作時間

正確さを必要としない操作では、ペンはマウスより平均操作時間が短い。検定でも、危険率1%で差違があると認められた。また個人別平均値では、9人中9人のペン操作時間がマウスに比べ短かった。9人のうち危険率5%で差違があると認められたのは7人であった。

したがって、正確さを必要としない操作では、明らかにペンの方がマウスより速く操作できる（平均値でペンはマウスの約1/2）。

##### (1-c)正確さを必要とする操作における操作回数

正確さを必要とする操作では、ペンはマウスより平均操作回数が多い。しかし、検定では危険率が5%で差違があると認められなかった（危険率10%で認められた）。個人別平均値では、9人中6人のペン操作回数がマウスに比べ多かった。ただし、その6人のうち危険率5%で差違があると認められたのは0人であった。

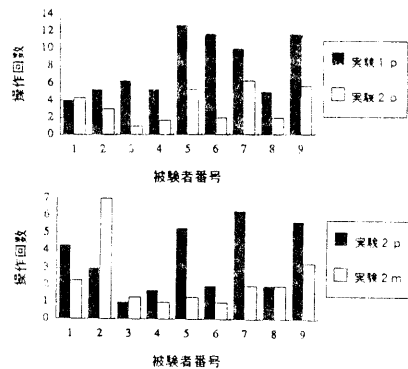


Fig.4 正確さを必要とする操作の操作回数

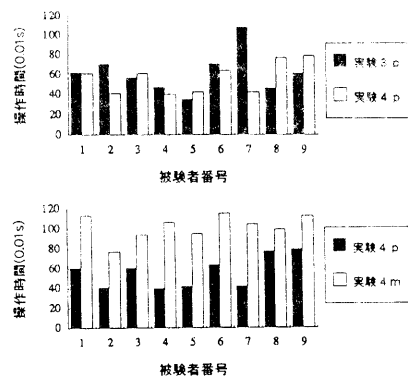


Fig.5 正確さを必要としない操作の操作時間

すべての場合において飛び型より並び型の方が平均操作時間が短い。検定でも危険率 5% で差違が認められた。これは総移動量が飛び型は並び型より小さいので当然なことである。

注目すべき点は、マウスの場合に比べペンの場合の方が、並び型と飛び型での差が小さいことである。図 8 (1~4)をみてもその差の違いがよくわかる。

この結果からは、ペンはマウスに比べて対象間の距離が操作時間に影響しないと考えられる。

### (3) マス目の大きいときと小さいときの比較

マス目が大きいときと小さいときの間四通り(5mと6m、7mと8m、5pと6p、7pと8p)について検討する。

マウスの場合には小さいときの方が大きいときより平均操作時間が短く、ペンの場合には大きいときの方が小さいときより平均操作時間が短い。しかし、検定ではその差違は認められなかった。

この差の説明として、マウスの場合には、マス目が小さいと移動量が小さくなるため操作時間が短くなり、ペンの場合には、マス目が小さくなるとポインティングがしにくくなるため操作時間が長くなることが考えられる。

## 5. 方向性を加味したマウスとペンの比較実験

3,4 節で述べた実験は、ポインティングとドラッグによる操作を行うときの移動方向に関しては、考慮していない。そこで方向性を加味し、さらにポインティングとドラッグに対して同じ操作を行う実験を行った。この節ではこの実験について述べる。

### 5.1 実験手法

図 9 に示すような円の集合のうち、中心の円と他のどれか一つの円を連続して選択する操作を行う。中心以外の円は、等分八方向に二段階の距離(24mmと48mm)に配置されている。また円の大きさについても二通り(直径6mmと12mm)を用意する。

選択操作は、ポインティングとドラッグで行う。ポインティングの場合は、中心の円もその他の円も円中をポインティングする。ドラッグの場合は、中心の円中でドラッグを開始し、他の円中で終了する。

中心以外の 16 個のうちどの円を選択するかは、ユーザが予測できないように乱数で決定する。そして、中心の円が選択されると同時に、次に選択すべき円が黒く塗り潰された状態になってユーザに知らせる。

先に述べたようにこの実験では、デバイス(マウスかペン)と操作手段(ポインティングかドラッグ)および円の大きさ(大か小)の三つの制御項目の組合わせで 8 種類の操作実験をする。さらに、1 種類の実験で、対象

間(移動)距離と八方向の二通りの制御項目の組合わせが 16 種類あるので、計 128 種類の結果が得られる。

### 5.2 計測項目と計測回数

実験では、中心の円が選択されてから他の円が選択されるまでの時間を操作時間として計測する。また選択すべきでない場所が選択された回数を誤操作回数として計測する。

そして実験は、9 人の被験者に対して一人一回ずつ行う。一回の実験では、すべての円について三回ずつ選択操作を行う。

### 5.3 実験結果

デバイス、操作手段、円の大きさ、距離の四つの制御項目の組合わせ十六通り別の平均操作時間を表 6 に示す。また、デバイス、操作手段、円の大きさの三つの制御項目の組合わせ八通り別に、方向別平均操作時間を表したグラフを図 10(1~8)に示す。操作回数については、検討すべき傾向がみられなかったため省く。

### 5.4 実験結果の検討

#### (1) ペンとマウスの間の差違

##### (1-a) ドラッグについて

操作手段がドラッグのとき、ペンはマウスより平均操作時間が短い(表 6 参照、平均値でペンはマウスの約 4/5)。検定でも危険率 5% で差違が認められた。これは 3 節の結果と一致する。

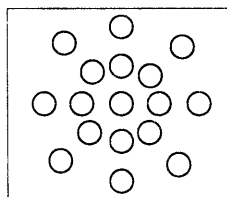


Fig.9 方向性を考慮した実験用の円集合

Table.6 方向性を考慮した実験の操作時間(0.01s)

		マウス	ペン
ドラッグ	小 近	99.16	78.85
	小 遠	117.83	101.11
	大 近	75.98	61.38
	大 遠	92.26	78.13
ポインティング	小 近	85.13	67.49
	小 遠	103.64	79.65
	大 近	65.62	54.02
	大 遠	80.13	63.03

### 4.3 実験結果

ポインティングに関する実験の平均操作時間を表5に示す。マス目の大きさと距離(ポインティングする順番)の違いの組合せ四通りごとにまとめた個人別平均値のグラフを図7に示す。さらに、マス目の大きさとデバイスの違いの組合せ四通りごとにまとめた個人別平均値のグラフを図8に示す。

Table.5 ポインティングによる操作の操作時間(0.01s)

		マウス	ペン
並び型	マス目大	992	646
	マス目小	904	662
飛び型	マス目大	1,373	760
	マス目小	1,273	823

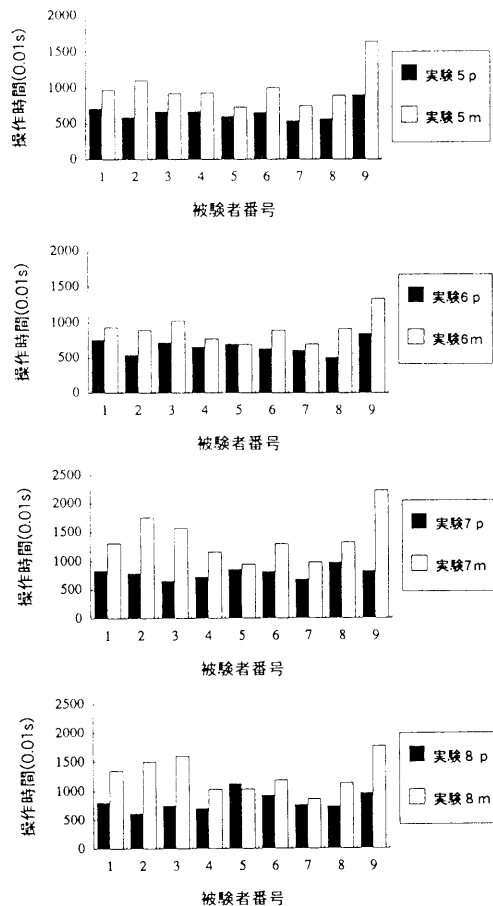


Fig.7 距離とマス目の大きさ別の操作時間

### 4.4 実験結果の検討

#### (1)ペンとマウスの比較

ペンとマウスの間の四通り (5mと5p、6mと6p、7mと7p、8mと8p) について検討する。

四通りすべてにおいて、ペンはマウスより平均操作時間が短い。検定でも危険率 5% で差があると認められた。図7(1~4)をみても、ほとんどすべての人で、マウスよりペンの方が短いことがわかる。検定でも、被験者 9 人中、5p,5m で 9 人、6p,6m で 8 人、7p,7m で 8 人、8p,8m で 7 人において、危険率 5% でマウスよりペンの操作時間が短いと認められた。

したがって、ペンはマウスより速く操作ができる(平均値でペンはマウスの約3/5)。

#### (2)並び型と飛び型の比較

並び型と飛び型の間の四通り (5mと7m、5pと7p、6mと8p、8mと8p) について検討する。

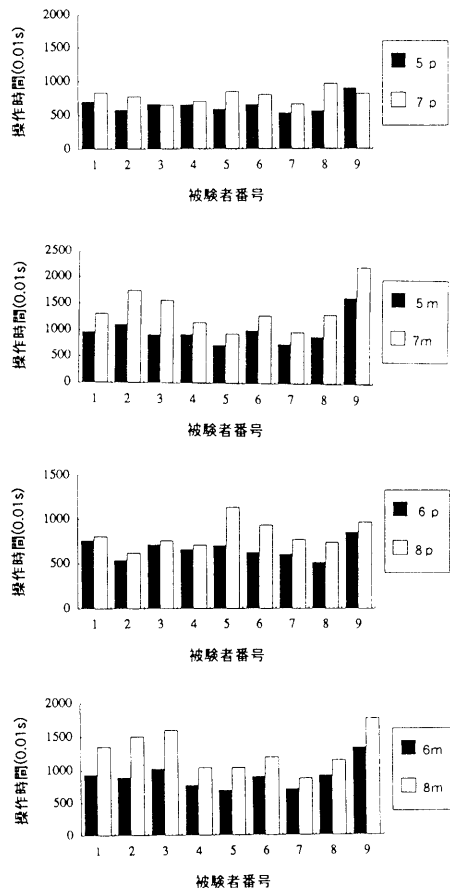


Fig.8 マス目の大きさとデバイス別の操作時間

このことから、ペンは、図11に示すような手の位置を含まない対角線方向への移動がしやすいと考えられる。この方向への移動がしやすい要因としては、手首およびひじを中心とした回転運動だけで移動できる方向であることが考えられる。

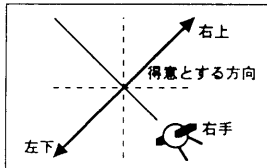


Fig. 11 ペンの得意とする移動方向

## 6. 実験のまとめと考察

### (1) ドラッグとポインティングによる操作について

正確さを必要としない操作では、ドラッグ、ポインティング両方において、ペンはマウスより速く操作でき、操作回数も少ない。またドラッグによる正確さを必要とする操作では、若干の差ではあるがペンはマウスより操作回数は多いが速く操作できる。ポインティングについてペスがマウスより速く操作できることは小野の報告と一致する。

この結果から、マウスUIで用いられてきたドラッグとポインティングによる操作を、ペンUIで利用することは可能である。ただし、後の(2)(3)で述べることに注意すべきである。

また、ペンとマウスの両方において、二つの対象を続けて選択する操作は、ドラッグよりポインティングの方が速い。したがって操作時間の面からは、ドラッグで選択を行うメニュー形式よりポインティングで選択するメニュー形式のほうがよいといえる。ペンにおけるこの結果は、魚井の報告とは逆である。

### (2) ペンの移動方向特性について

右利きの人にとってのペン操作、特にドラッグでは、右、右下方向への移動に時間がかかり、右上、左下方向への移動がしやすい。したがって、右、右下、下方向にドラッグを続けるプルダウンメニューは、ペンUIには不向きである。左下への移動がしやすいとの結果は、手首を中心として190~250度にあたる方向で操作時間が短くなるとの小野の報告にあてはまる。

### (3) ドラッグにおけるビジュアルフィードバックのタイミングについて

正確さを必要とする操作では、ビジュアルフィードバックを逐次行わないと、操作は遅く、操作回数は多くなる。一方、正確さを必要としない操作ではビジュ

アルフィードバックのタイミングは、操作速度、操作回数に影響しない。

したがって、ペンジェスチャで一括指示による対話方法は、正確さを必要とする操作には不向きであるが、正確さを必要としない操作、たとえば文章編集には十分利用できる。

## 7. おわりに

本稿では、マウスとペンの比較を中心とした実験について述べた。この実験からは次のことが得られた。

- ・ 正確さを必要としない操作では、ポインティング、ドラッグ両方による操作において、ペンはマウスより速く操作できる
- ・ 正確さを必要とする操作では、ペンはマウスとほぼ同等の速さで操作できる
- ・ ペンは右利きの人にとって、右、右下方向への移動に時間がかかる
- ・ ビジュアルフィードバックのタイミングは、正確さを必要とする操作で、操作効率に影響する

今回の実験では、正確さを必要とするポインティング操作の実験、手によって目標が隠される要因を排除した方向性の実験を行っていない。このような実験に加え、実際のメニューを選択するなど、具体的な操作に対しても実験を行うべきである。

そしてペンの長所、短所を見出し、ペンのよさを十分引き出した手書きインタフェースを確立することが今後の重要な課題である。

## 参考文献

- [1] Carr, R. and Shafer, D. : Power of Pen Point, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1991.
- [2] ユーザインタフェースの新風ペン入力用2大 OS の姿, 日経バイト 1991年4月号, pp.232-249, 日経バイト社, 1991.
- [3] 加藤他, 手書き入力を用いた思考支援環境構築基盤の試作, 情報処理学会第46回全国大会, Vol.5, pp.129-130, 1993.
- [4] 加藤他, 手書きにより創作支援環境の試作, 情報処理学会第48回HI研究会, pp.17-24, 1993.
- [5] 魚井他, 選択操作におけるペンとマウスの実験的評価, 情報処理学会第43回HI研究会, pp.33-40, 1992.
- [6] 小野, ペンの操作性に関する実験的研究, 情報処理学会第41回HI研究会, pp.93-99, 1992.
- [7] 小野, ペン入力のパフォーマンスモデルに関する検討, 情報処理学会第47回HI研究会, pp.1-6, 1993.

(1-b) ポインティングについて

操作手段がポインティングのとき、ペンはマウスより平均操作時間が短い(表6参照、平均値でペンはマウスの約4/5)。検定でも危険率5%で差違が認められた。これは4節の結果と一致する。

しかし、ペンの操作時間がマウスに比べて、移動距離に影響されないという4節の結果は、この実験では確かめられなかった。

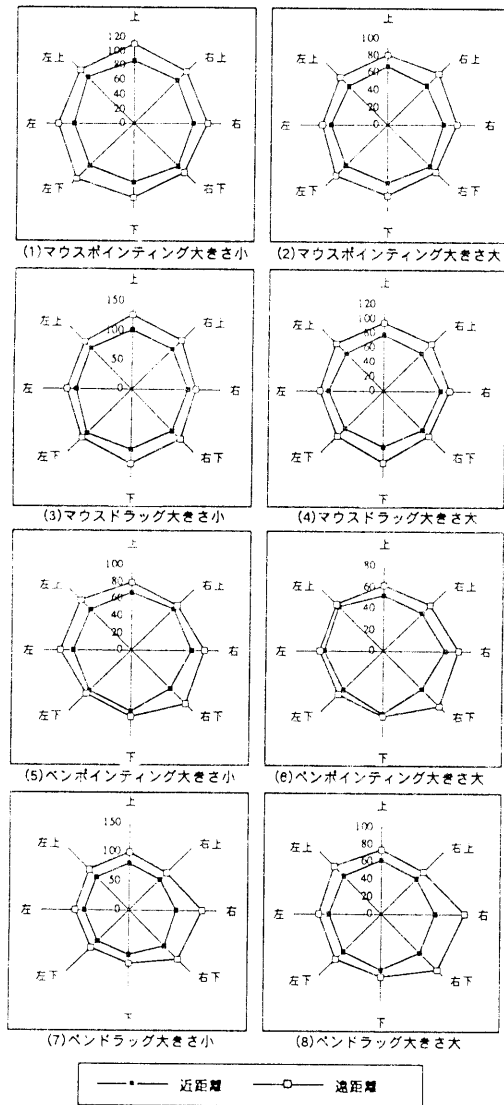


Fig.10 方向別の操作時間を表したグラフ

(2) 操作手段、円の大きさ、移動距離の違いについて

デバイス、円の大きさ、距離の三つの制御項目の組み合わせ八通りにおいて、操作手段の違いについて注目すると、すべてにおいて、ドラッグよりポインティングの平均操作時間が短い。検定でも危険率5%で差違が認められた。これは、二つの対象を選択する操作では、ペンの方が速く操作できることを示している。

円の大きさの違いと対象間距離の違いについては、円は大きい方が、距離は近い方が平均操作時間が短い。この二つは当然の結果であり、これ以外の傾向は今回の実験からは得られなかった。

(3) 方向に関する検討

(3-a) マウスについて

図10(1~4)を見ると、マウスではどの実験でもほぼ同じ形の真円となっている。つまり、移動方向はマウスの操作時間に影響しないといえる。

しかし若干ではあるが、縦方向に伸びている。特にドラッグではこの傾向が強くなっている。これは、縦方向の移動(操作)時間が横方向に比べ長いことを示している。

(3-b) ペンの右下方向について

図10(5~8)を見ると、まず右下に特徴があることがわかる。遠距離についてはすべての場合において、右、右下方向に伸びている。これは右、右下方向への平均移動(操作)時間が長いことを示している。

この現象を説明するには、次の二つが考えられる。一つは、ペンは右、右下方向には移動がしにくいと考えることである。もう一つは、被験者は全員右利きであるため、二番目に選択する円が手に隠れてしまい、判断が遅れたと考えることである。二つ目の説明は、被験者の意見としても得られたので、少なからずも影響していることは確かである。

今回の実験からでは上記のどちらの説明が当てはまるのかを判断することはできない。この判断には、選択すべき円が手でかくれるため確認が遅れないよう配慮した実験が必要である。ただし、どのような理由であっても、操作中の右、右下方向への移動に時間がかかることは確かである。

(3-c) ペンの右上方向、左下方向について

ポインティングとドラッグ両方における小さい円の遠距離では、左下方向が縮んでいる。ポインティングにおける大きい円の近距離と、ポインティングとドラッグの両方における大きい円の近距離では、右上方向が縮んでいる。これはその方向への移動(操作)時間が短いことを示している。