

平成 14 年度
学士学位論文

ペン入力ジェスチャーの ユーザビリティ評価

The Usability Evaluation of Pen Input Gesture

1030308 前川 和登

指導教員 任 向実

2003 年 2 月 24 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

ペン入力ジェスチャーのユーザビリティ評価

前川 和登

ペン入力インタフェースを用いた Tablet PC などの情報端末が最近注目されている。誰もが親しみのあるペンによる手書き入力であるので入力訓練などを大幅に軽減することが可能となる。しかし、このペン入力のユーザビリティには改善すべき点が多い。本研究では、ペン入力ジェスチャーに関する問題に注目した。ペン入力ジェスチャーの形状と使用方法は十分に研究されておらず、ほとんどの場合は開発者の経験則に基づく評価がなされているだけである。ペン入力ジェスチャーを実装した実験ツールを開発し、ジェスチャーの使用方法を評価する実験を行った。その結果、消去を行うジェスチャーの形状は「×」「斜線」が使いやすいということが判った。

キーワード スタイラスペン, ペン入力, ジェスチャー, ユーザビリティ

Abstract

The Usability Evaluation of Pen Input Gesture

Kazuto Maekawa

Everyone's familiarity handwriting is using information terminals, such as Tablet PC using the pen input interface. Therefore, there are few burdens to a user with pen input computer. However, pen input interface has many point which have to improve. This paper has described the problem of pen input gesture. The gesture's form and the usage of pen input gesture are not fully studied. So we developed the evaluation experiment tool which mounted pen input gesture. The evaluation experiment was conducted with this tool. Consequently, it became clear that it is easy to use "x" and "slash" gesture.

key words Pen-based computer, Pen input, Gesture, Usability

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	ペン入力インタフェース	1
1.1.1	ペンによる操作の問題点	2
1.1.2	操作性向上の工夫	2
1.1.3	ペン入力ジェスチャー	3
1.1.4	ペン入力ジェスチャーの問題点	3
1.2	研究目的	3
1.3	実施した実験	4
第 2 章	日常使用する消去記号の調査	5
2.1	日常使用する消去記号	5
2.2	調査アンケート	6
2.3	調査結果	6
2.4	考察	8
第 3 章	ジェスチャー評価実験	10
3.1	評価実験ツール	10
3.1.1	基本機能操作説明	11
3.1.2	消去ジェスチャー操作説明	12
3.2	ジェスチャー評価実験	13
3.2.1	実験手順	13
3.2.2	実験タスク	14
3.3	実験結果	14
3.3.1	平均描画時間	14

3.3.2	平均使用回数	16
3.3.3	主観評価アンケート	17
3.4	考察	19
3.4.1	平均描画時間	19
3.4.2	平均使用回数	20
3.4.3	主観評価アンケート	21
第 4 章	まとめ	23
4.1	結論：良い消去ジェスチャー	23
4.2	今後の課題	23
	謝辞	25
	参考文献	26
付録 A	消去記号調査：アンケート用紙	27
付録 B	評価実験後アンケート用紙	30

目次

1.1	ペン入力ジェスチャー例	3
2.1	日常の消去記号例	5
2.2	ページ全体を消去するときに使う記号	7
2.3	複数行文章を消去するときに使う記号	8
2.4	1単語を消去するときに使用する記号	9
2.5	1文字を消去するときに使用する記号	9
3.1	ジェスチャー評価実験ツール外観	10
3.2	『×』で消去するジェスチャー	11
3.3	塗りつぶしで消去するジェスチャー	11
3.4	斜線で消去するジェスチャー	11
3.5	二重線で消去するジェスチャー	11
3.6	実験ツール右上描画ボタン	12
3.7	実験ツール左上編集ボタン	12
3.8	実験ツール中央上ジェスチャー認識ボタン	13
3.9	ジェスチャーの平均描画時間	15
3.10	平均時間：1文字	16
3.11	平均時間：複数文字	16
3.12	平均時間：1行	16
3.13	平均時間：複数行	16
3.14	平均時間：全文	16
3.15	ジェスチャーの平均使用回数	17
3.16	主観評価アンケート 平均得点	18

3.17 平均得点：1 文字	19
3.18 平均得点：複数文字	19
3.19 平均得点：1 行	19
3.20 平均得点：複数行	19
3.21 平均得点：全文	19

第 1 章

はじめに

近年，情報端末は多様化し，デスクトップパソコンやノートパソコンの他にも PDA(Personal Digital Assistant) 等のハンドヘルド端末の普及が進んでいる．これによりユーザは，より使用目的に即した情報端末を選択できるようになっている．新しく普及が進んでいる情報端末の中には従来のマウス/キーボードを使うインタフェース以外に新しいインタフェース（音声入力インタフェースなど）がある．

1.1 ペン入力インタフェース

特に最近になって注目されるようになってきた入力インタフェースの一つにスタイラスペン（以下ペン）を用いたペン入力インタフェースがある．ペン入力インタフェースは誰もが親しみのある手書きによる入力方法であるため，初心者にも扱いやすいという特徴がある．また，ペン 1 本でポインティングやデータ入力など全ての端末操作を行うため，入力デバイスを持ち替える必要がなく，スムーズに作業を行うことができる．このインタフェースを採用した PDA や Tablet PC^{*1}等の携帯情報端末では文字入力にキーボードを必要としない．そのため端末を小型化することができ，携帯性が向上している．ペン入力インタフェースの携帯情報端末には，ノート PC より幅広い場面でより手軽に用いることができるという特徴があると言える．

*1 最近では，携帯性の向上と高性能な端末を両立させた Tablet PC が発売され話題を呼んだ．

1.1.1 ペンによる操作の問題点

比較的新しい入力インタフェースであるため、操作性などに未熟な部分も見受けられる。例えばペン入力インタフェースでの端末操作方法は従来のマウス/キーボードインタフェース向けに開発されたアプリケーションの使用に向かないという問題がある。ポインティングの際にペンを手で固定し続ける必要があるため、複数の階層化されたメニューをペンを用いて辿り、目的の機能を実行する作業は、マウスを使った場合より難しい。そのため、画面上のボタンを押して機能を実行することがより好まれている。しかし、ボタン押下による機能の実行を取り入れると画面上にボタンが溢れて、操作ミスが増えるだけでなく、ユーザが使用する表示領域・入力領域の減少など問題が発生する。

1.1.2 操作性向上の工夫

このようなペン入力インタフェースで操作性の問題を解決するために次のような工夫がなされている。

1. ポップアップメニューの採用

カーソル付近にペンによる選択が行いやすいメニューを表示することで、カーソルを大きく移動させる必要がなく、スムーズに機能を実行することができる。

2. トグルボタンの配置

画面上の1つのボタンに複数の機能を割り当て、状況によって実行される機能が異なるボタンを配置する。

3. ペン入力ジェスチャーの導入

入力された図形の形状を認識し、形状の違いにより関連付けされた別々の機能を実行する手法。入力の流れで自然に機能を実行することができる。

本研究ではペン入力ジェスチャーの問題点に着目した。

1.1.3 ペン入力ジェスチャー

ペン入力ジェスチャーとは，日常的にメモ等をする際に用いる記号など，意味を持つ記号を入力することで簡単な機能を実行する仕組みを指す．

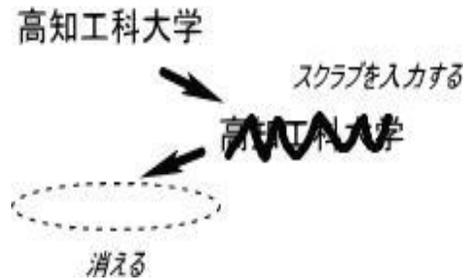


図 1.1 ペン入力ジェスチャー例

本研究で扱う消去に対応するジェスチャーの実行例を挙げる(図 1.1)．例のように『Newton』という PDA では，消去したい範囲に対し，スクラブと呼ばれるジェスチャーを記入することで，範囲消去の機能を実行することができる．

1.1.4 ペン入力ジェスチャーの問題点

ペン入力ジェスチャーを取り入れている情報端末は現在いくつか発売されている．しかし，これらの情報端末では，製品やソフトの開発元ごとにペン入力ジェスチャーの使用方法が異なっている．つまり異なる製品で同じ形状のペン入力ジェスチャーを入力しても同じ機能が実行されるとは限らないのである．このことはユーザに混乱を与え，操作ミスが増加するなどの影響が考えられる．

1.2 研究目的

1.1.4 で述べた問題点はペン入力ジェスチャーの形状と使用方法に関する研究が進んでおらず，使いやすいペン入力ジェスチャーが判っていないため起きている．これはペン入力コンピュータに使われているジェスチャーの形状や使用方法がソフトの発売元ごとに異なるこ

とからも分かる．そのため，効率的で直感的に使用することが可能なジェスチャーの形状と使用方法について研究を行う必要がある．本研究は，多くの場面で使われる消去機能に対応したペン入力ジェスチャー*²について，使いやすい形状，及び使用方法を研究するものである．

1.3 実施した実験

実験の目的は，1.2 で述べた研究目的を達成するために複数の消去ジェスチャーの使いやすさを評価し，使いやすいジェスチャーの使用方法を見出すことである．以下の手順で評価実験を実施する．

1. 日常使用する消去記号の調査（2章）

最適なジェスチャー候補を見つけるために日常使用する消去記号の調査を行った．調査では普段，メモ用紙などに走り書きをする際に実際に使っている消去記号を調べ，パターンを分析する．ノートなどのペーパーメディアに鉛筆で文字を書く場合は，消去は消しゴムで行うが，ボールペンや万年筆などの修正ができない方法で文字を書いた場合，特に走り書きのメモなどでは，消去記号を用いて消去する場合がありますと考えた（適当に黒く塗りつぶすなど）．ジェスチャー候補は，修正ができない筆記具を使用する際に一般的に用いられている消去記号から選択する．調査はアンケート形式で行った．

2. ジェスチャー評価実験（3章）

日常使用する消去記号の調査で得られたデータを分析し，その中から良く使われている数種類のパターンを実装した実験ツールを開発する．実験ツールを用いて各ジェスチャーの使いやすさを評価し，使いやすいジェスチャーを見つける．

*² 本論文中の「ジェスチャー」という記載は全てペン入力インタフェースにおけるペン入力ジェスチャーを指す

第 2 章

日常使用する消去記号の調査

ジェスチャー評価実験（3章）で評価するジェスチャーの形状候補を選択するために，日常使用する消去記号の調査を行った．

2.1 日常使用する消去記号

日常のメモ書きなどで書き間違えた文字に対し，何らかの記号を書き込むことで消去を行うことがある（図 2.1）．



図 2.1 日常の消去記号例

この記号を本論文では消去記号と呼ぶ．紙に対し，筆記具で消去を意味する記号を書き込む場合は，筆記者はペンを消しゴムなど訂正するための道具に持ち替える必要がない．記入の流れで自然に消去記号を書き込むことが出来る．この消去記号の使い方はペン入力ジェスチャーの使い方と類似しており，日常使用する記号をジェスチャーの候補にすることができるのではないかと予測した．そのため本研究では使いやすいジェスチャーの候補を日常使用する消去記号から選択する．

2.2 調査アンケート

日常の消去に使われる消去記号をアンケートで調査した。アンケート用紙には、4種類のメモが書かれており、そのメモの一部を被験者の思う通りの消去記号で消去してもらう。それぞれのメモを(1) ページ全体を消去するとき、(2) 複数行の文章を消去するとき、(3) 1単語を消去するとき、(4) 1文字を消去するとき、という条件に分けて調査した。このアンケート結果から、消去ジェスチャーの消去方法について有用なものを選択する。(付録 A)

2.3 調査結果

日常使用する消去記号の調査アンケートでの(1) ページ全体を消去するとき、(2) 複数行の文章を消去するとき、(3) 1単語を消去するとき、(4) 1文字を消去するとき、それぞれの結果は次の通り。

1. ページ全体を消去するときに使う記号(図 2.2)

ページ全体を消去する場合には、被験者の 67%にあたる 22 名が「ページ全体に対し『×』を描く」記号を使用した。次に多かった記号は、「1行ごと1本または2本の横線を引き消去する」もので 12%(4名)の被験者が使用した。続いて、「ページ全体に斜線を入れる」被験者が 9%(3名)、「ページの全体または最初と最後に記号を描く」被験者が同じく 9%(3名)あった。残りの 3%(1名)の被験者は、「1行ごとに波線を引く」消去を行った。

2. 複数行文章を消去するときに使う記号(図 2.3)

3行程度の複数行の文章を消去する記号では、「1本または2本の横線で各行を消去する」を 55%(18名)の被験者が使用した。2番目に多かった記号は、「波線または丸線を用いて消去する」で、15%(5名)の被験者が使用した。これら、横方向の線を用いて消去しているものの合計は全体の 70%(23名)を占めている。また、「消去文全体に『×』を描く」ものも 15%(5名)あった。その他、「消去範囲をチェックや()で指定する」が 9%(3名)、「消去範囲に斜線を入れて消去する」が 6%(2名)いた。

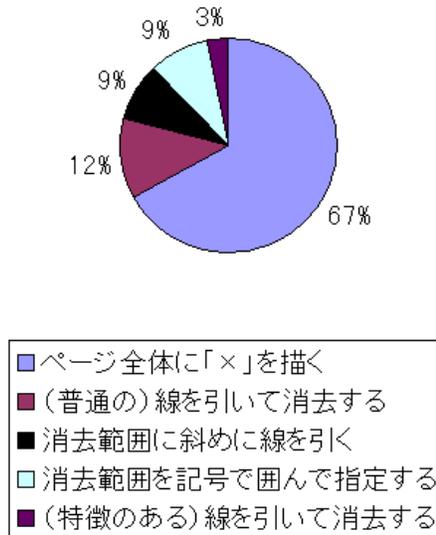


図 2.2 ページ全体を消去するときを使う記号

3. 1 単語を消去するとき使用する記号 (図 2.4)

5 文字程度の 1 単語を消去するとき使用された記号で、最も多く使われたのは「1 本または 2 本の横線を引いて消去する」46% (15 名)、2 番目に多かったのが「波線や丸線を引く」で 30% (10 名)。これらの横線を用いた被験者の合計は 76% (25 名) になった。続いて、「消去単語に『×』を描く」が 9% (3 名)、「消去単語を塗りつぶす」と「消去単語をチェックや () で囲んで指定する」が共に 6% (2 名)、「消去単語にチェックを入れる」は 3% (1 名) となった。

4. 1 文字を消去するとき使用する記号 (図 2.5)

1 文字を消去するとき使用された記号は、「消去文字を塗りつぶす」被験者が 49% (16 名) あった。次いで「消去文字に『×』を描く」を使用した被験者が多く、18% (6 名) いた。「1 本の斜線を描く」で消去した被験者が 15% (5 名)、「文字にチェックを入れる」ことで消去した被験者が 12% (4 名) あった。残りの少数の例は「横に 2 本線を引く」3% (1 名)、「縦に 2 本線を引く」3% (1 名) となった。

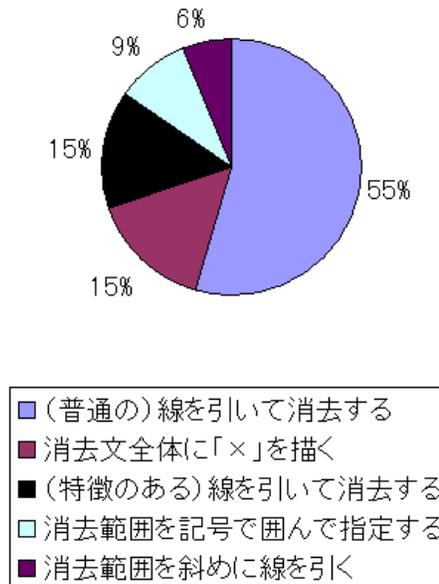


図 2.3 複数行文章を消去するときを使う記号

2.4 考察

調査した4条件について、それぞれ最も良く使われる記号が明確に分かれた。ページ全体を消去する際は「ページ全体に『×』を描く」、複数行文章を消去するとき、1単語を消去するときには1本線や二重線などの「横線を用いて消去する」が良く使われていた。1文字の消去には「文字を塗りつぶす」の使用が目立った。どの条件においても、ほとんどの被験者が使用した記号は上位3種類程度だといえる。以上のアンケートの結果を考慮すると、消去記号をジェスチャーとして実装する際には「横線を引いて消去」、「消去範囲に『×』を描く」、「塗りつぶす」、「斜線を引く」、4種類のジェスチャーを実装し、実装する際にはそれぞれの記号は良く使われている条件向けに最適化することが望ましいといえる。

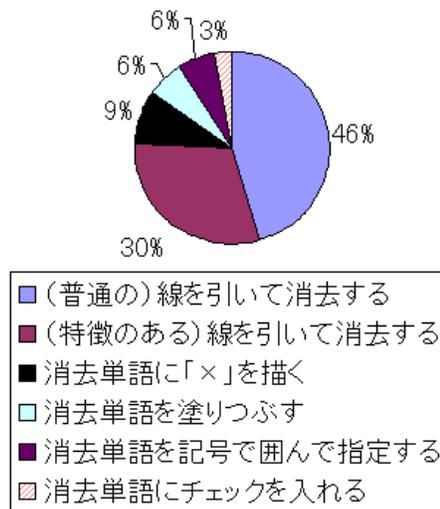


図 2.4 1 単語を消去するとき使用する記号

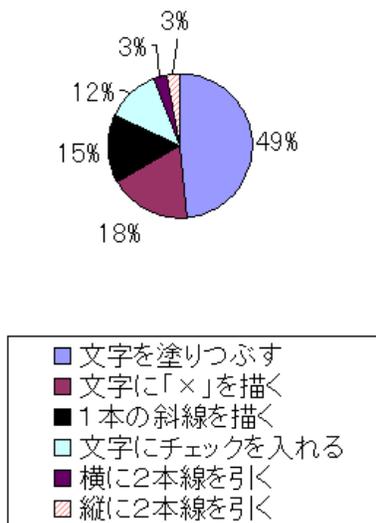


図 2.5 1 文字を消去するとき使用する記号

第3章

ジェスチャー評価実験

日常使用する消去記号の調査の結果，普段使用されている消去記号は「横線を引く」，「×を描く」，「塗りつぶす」，「斜線を引く」の4種類に分類できることが分かった．この4種類を消去ジェスチャーとして使用することができる実験ツールを開発し，被験者にそれぞれの消去ジェスチャーを使用してもらい使いやすさを評価する．

3.1 評価実験ツール

ジェスチャー評価実験用のツールを Windows2000 [sp2] ，Microsoft Visual C++ 6.0 [sp5] を用いて開発した．このツールではペイントツールの基本的な動作を行うことができ，ジェスチャー認識機能を備えている．(図 3.1)

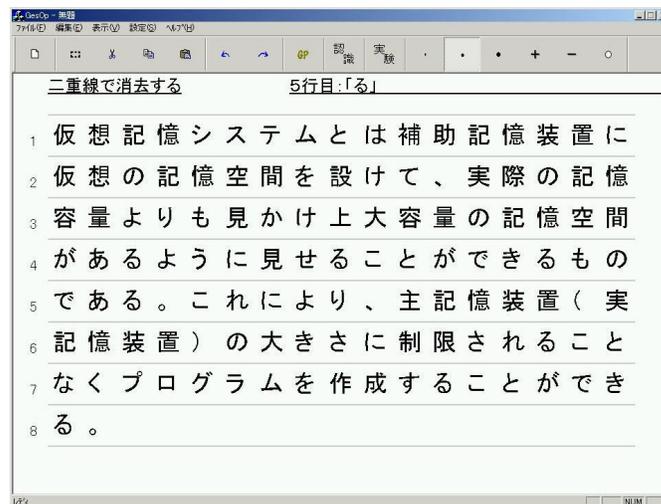


図 3.1 ジェスチャー評価実験ツール外観

日常使用する消去記号の調査結果に基づき、「横二重線を引いて消去」、「斜線を引いて消去」、「『×』を描いて消去」、「塗りつぶして消去」の4種類の消去ジェスチャーを使用することができる。消去対象を点線の枠で表すと、それぞれのジェスチャーは図のようになる(図 3.2, 図 3.3, 図 3.4, 図 3.5)。

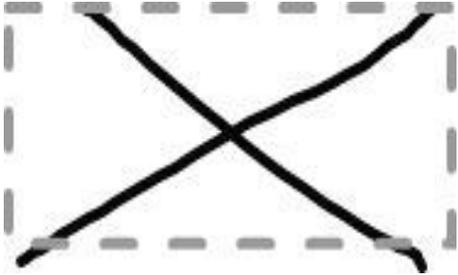


図 3.2 『×』で消去するジェスチャー



図 3.3 塗りつぶして消去するジェスチャー

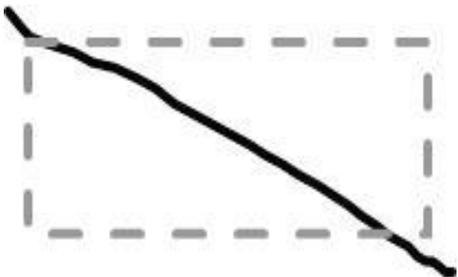


図 3.4 斜線で消去するジェスチャー



図 3.5 二重線で消去するジェスチャー

3.1.1 基本機能操作説明

実験ツールでは、ウィンドウ内に自由な線を描画することができる。右上のボタンでは描画のためのペンと消去のための消しゴムツールの切り替えを行うことができる。また、ペンの太さが3種類から選択できるようになっている(図 3.6)

実験ツールの左上のボタンでは描画データの全消去や範囲選択・コピー・ペーストなどの編集ができる他、操作ミスをしてしまったときにやり直すことができるようアンドゥ・リドゥを実行することができる(図 3.7)



図 3.6 実験ツール右上描画ボタン

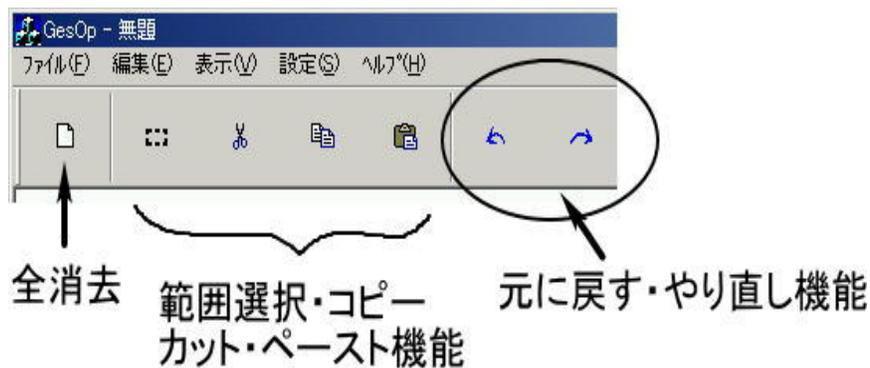


図 3.7 実験ツール左上編集ボタン

3.1.2 消去ジェスチャー操作説明

実験ツール画面中央上にはジェスチャーの認識に使用するボタンが配置されている。このツールではジェスチャーの描画前に「GP」ボタンを一度押し、ジェスチャー入力モードに切り替え、ジェスチャーを描画する。ジェスチャー描画後は認識ボタンを押し、入力されたジェスチャーを認識する。ジェスチャー入力モードでジェスチャー描画後に「GP」ボタンをもう一度押すと入力されたジェスチャーはキャンセルされる。(図 3.8)

1.2 で述べたとおり、ペン入力ジェスチャーは、アプリケーション上のボタンを押さずに機能を実行するための工夫である。そのため、本来のペン入力ジェスチャーでは本実験ツールのようにジェスチャーを描画する際にボタンを押下する必要はない。ジェスチャーをいつ認識するかという認識タイミングの取り方はいくつかある [4]。今回の実験のようにボタン

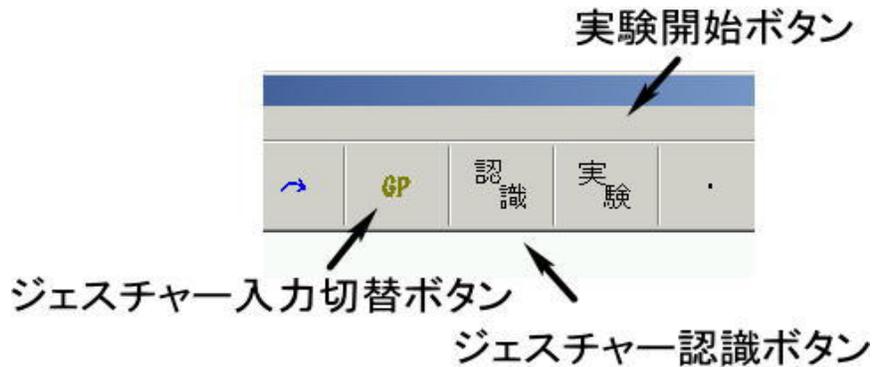


図 3.8 実験ツール中央上ジェスチャー認識ボタン

を押下することで認識処理を行うもの、ペン先をドラッグした状態で一定時間留めておくことで認識処理を行うもの等である。ここでは被験者に認識タイミングがいつであるのか一番わかりやすいと思われるボタン押下による認識実行を採用した。

3.2 ジェスチャー評価実験

評価実験は、デスクトップ型パソコンに WACOM 社製タブレット intuos model i-900 を接続して行った。被験者は学生 8 名。全員が右利きで、ペン入力インタフェース機器の使用暦は平均 3 ヶ月程度であった。

3.2.1 実験手順

まず、被験者が普段使用する消去記号を調べるため「日常使用する消去記号の調査」を実施する（調査の詳細は 2 章、付録 A を参照）。実験を始める前にタブレットに少し慣れてもらうための時間を用意し、実際にペンにより描画を行ってもらう。次に、4 種類の消去ジェスチャーについて使い方を説明し、それぞれを実際に描画してもらう。実験の流れについて説明を行った後、実験タスクを開始する。全てのタスクが終了後、消去ジェスチャーに関するアンケートを実施し、同時に実際に消去ジェスチャーを使った感想を聞き取り調査する（付録 B）。

3.2.2 実験タスク

実験を開始すると実験ツール上に文章が表示される(図 3.1)。今実験のタスクでは消去対象の範囲を 5 パターン用意し、すべてのパターンにおいて 4 種類の消去ジェスチャーを使用する。消去対象の範囲は「1 文字消去」、「複数文字消去」、「1 行消去」、「複数行消去」、「全文消去」の 5 種類である。消去ジェスチャー 4 種類に対し、消去対象が 5 種類あるためタスク条件は 20 条件である。1 条件に対し、5 回のタスクを実施するため被験者は全部で 100 回のタスクを実行することになる。

3.3 実験結果

ジェスチャー評価実験の結果として取得したデータには以下のものがある。

1. ジェスチャー描画時間
2. ジェスチャーの平均使用回数
3. 消去ジェスチャーの主観評価(1 ~ 7 点)
4. 使いやすさに関する聞き取り調査

3.3.1 平均描画時間

計測した 4 種類のジェスチャーの平均描画時間を図 3.9 に示す。また、このときの消去条件ごとの各ジェスチャー平均描画時間詳細を図 3.10 ~ 図 3.14 に示す。各条件に対し、t 検定を行ったところ以下の組み合わせで平均値に差が認められた。

- 1 文字消去時

「×で消去」と「斜線で消去」 $t = 6.1728, P(T \leq t) = 0.0002672(p < 0.05)$

「塗りつぶしで消去」と「斜線で消去」 $t = 4.2747, P(T \leq t) = 0.002707(p < 0.05)$

「塗りつぶしで消去」と「二重線で消去」 $t = 2.3177, P(T \leq t) = 0.04910(p < 0.05)$

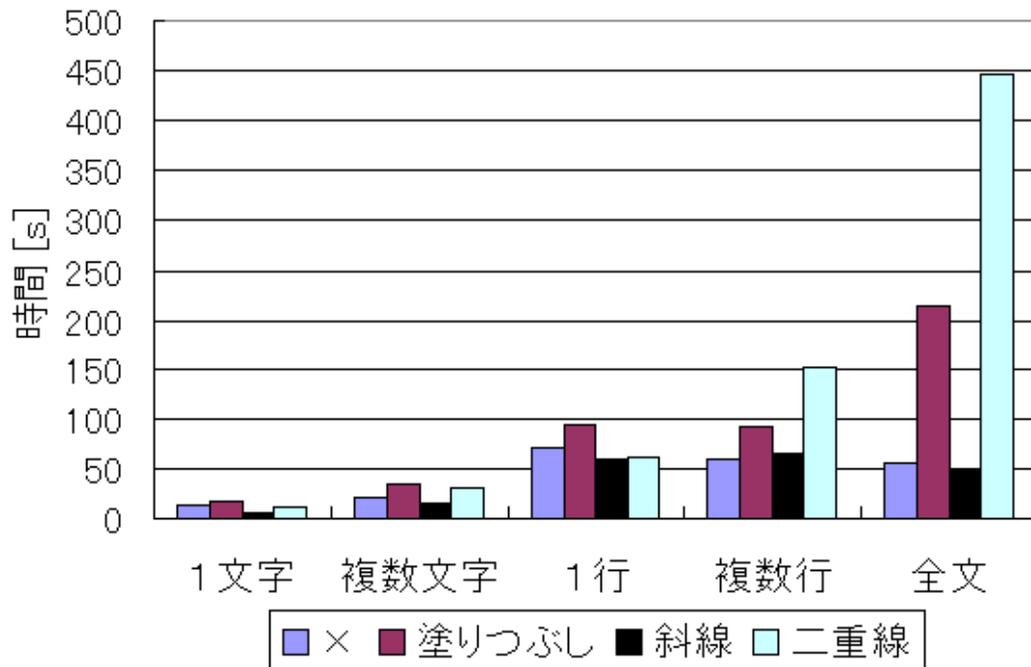


図 3.9 ジェスチャーの平均描画時間

- 複数文字消去時

「×で消去」と「斜線で消去」 $t = 2.6841, P(T \leq t) = 0.02774 (p < 0.05)$

「塗りつぶしで消去」と「斜線で消去」 $t = 4.7172, P(T \leq t) = 0.001508 (p < 0.05)$

- 1行消去時

差は認められなかった。

- 複数行消去時

差は認められなかった。

- 全文消去時

「塗りつぶしで消去」と「斜線で消去」 $t = 4.2747, P(T \leq t) = 0.002707 (p < 0.05)$

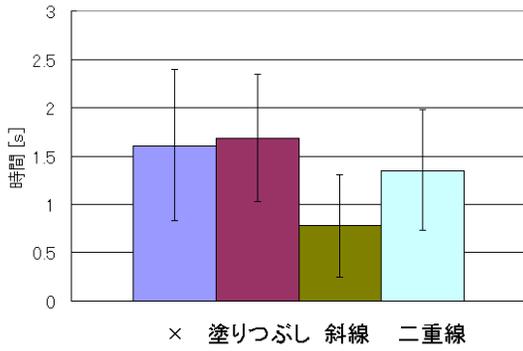


図 3.10 平均時間：1文字

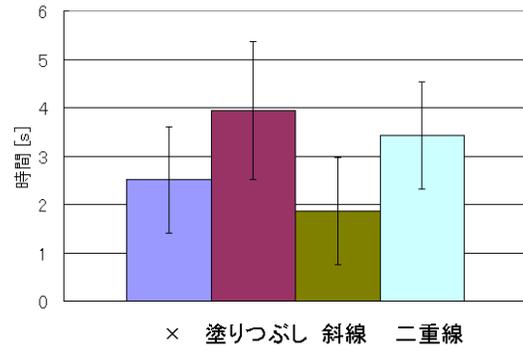


図 3.11 平均時間：複数文字

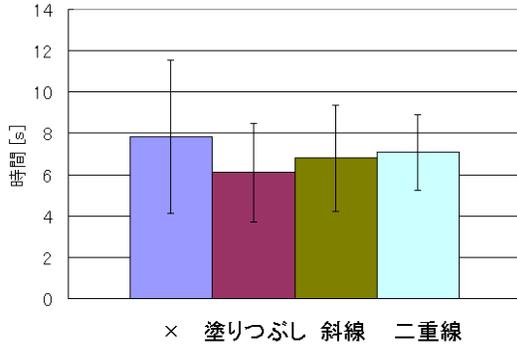


図 3.12 平均時間：1行

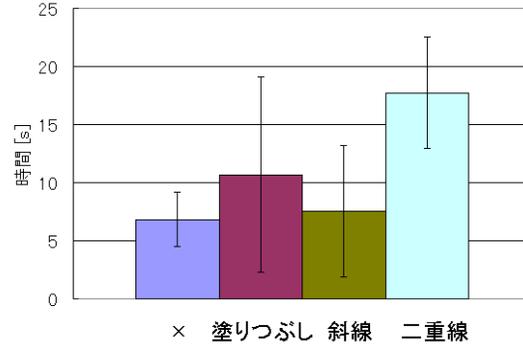


図 3.13 平均時間：複数行

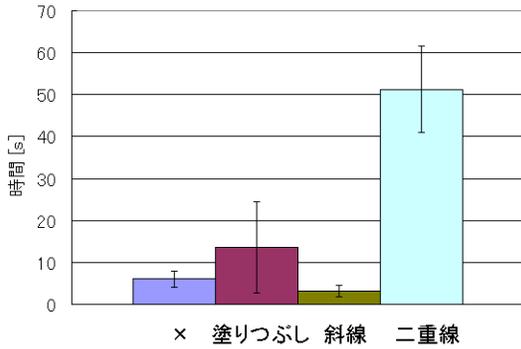


図 3.14 平均時間：全文

3.3.2 平均使用回数

計測した4種類のジェスチャーの平均使用回数を図 3.15 に示す。

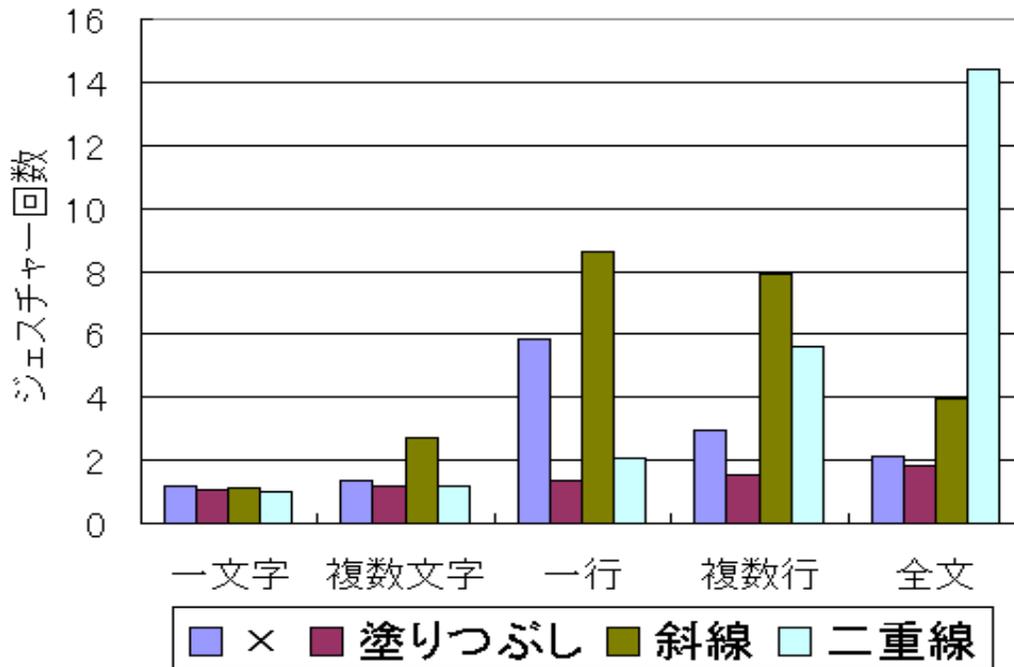


図 3.15 ジェスチャーの平均使用回数

3.3.3 主観評価アンケート

実験後に行った主観評価アンケートでの各ジェスチャーの平均得点を図 3.16 に示す。また、このときの消去条件ごとの各ジェスチャー平均得点詳細を図 3.17 ~ 図 3.21 に示す。

その他、実験後の被験者に対する聞き取り調査で寄せられた意見には次のようなものがあった。

- 斜線で消去は小さい範囲と大きい範囲で有効だった。
- 斜線で消去は横長や縦長に消去するときは使いづらかったが複数行消去のときのように横も縦も幅があるときは使いやすかった。
- 塗りつぶしで消去は小さい範囲で有効だった。
- 塗りつぶしで消去は全体的によく、特に全文消去のときなどは適当でよかったので楽だった
- 二重線による消去は全文消去や行の消去には向かない。1 ~ 3 文字程度ならよい。

- 二重線の消去は個人的には使用しないので必要ない．二重線での全文消去はありえない．
- xを使って消去は広い範囲の消去がしやすかった
- xを使って消去は複数行消去や複数文字消去の時は使いやすいが，1行消去のときは使いづらかった．
- 結論としては塗りつぶし，斜線，x，二重線の順番で使いやすかった．
- タブレット PC でやりたかった．

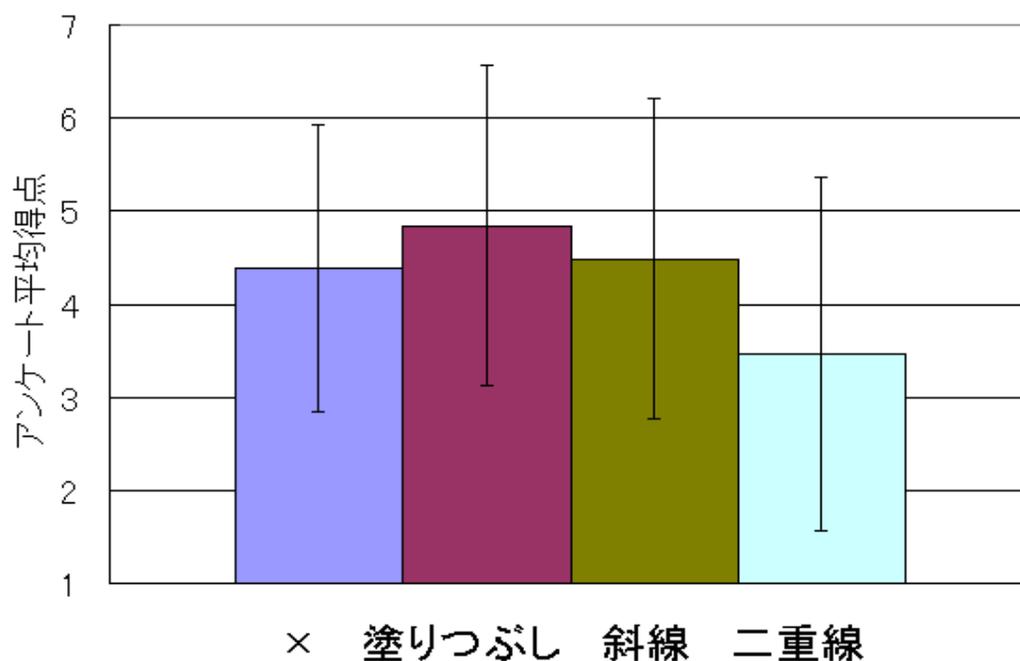


図 3.16 主観評価アンケート 平均得点

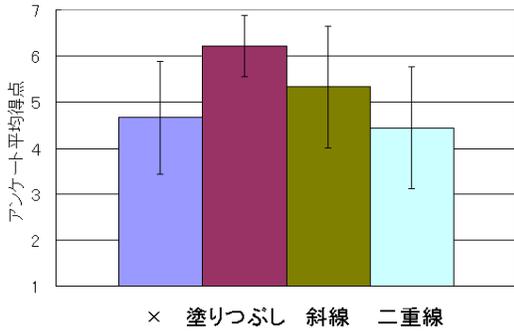


図 3.17 平均得点：1文字

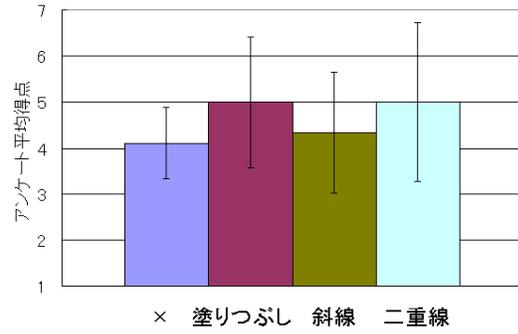


図 3.18 平均得点：複数文字

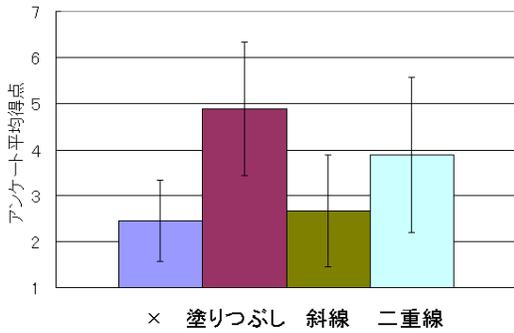


図 3.19 平均得点：1行

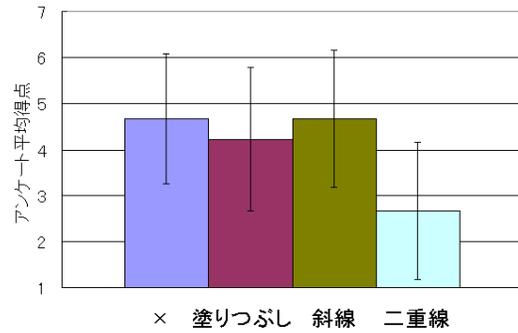


図 3.20 平均得点：複数行

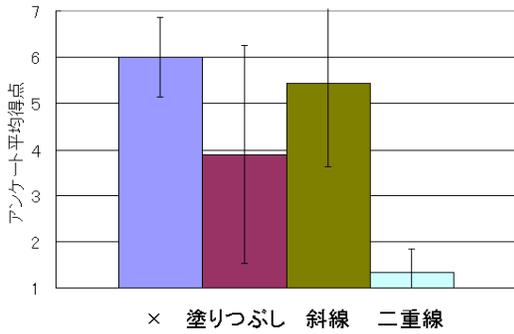


図 3.21 平均得点：全文

3.4 考察

得られた各データを考察する。

3.4.1 平均描画時間

図 3.9 より，ジェスチャーごとの平均時間の推移が次の 2 種類に分類できる。

1. 消去対象の面積増大と共に消去時間が増大する傾向があるもの

「二重線で消去」,「塗りつぶしで消去」

2. 1行消去時が消去時間の最大値になっているもの

「×で消去」,「斜線で消去」

2つの傾向に分かれてしまった原因は、「二重線で消去」,「塗りつぶしで消去」の2つのジェスチャーに比べ、「×で消去」,「斜線で消去」というジェスチャーは、消去対象が縦方向に大きくなった場合でも、横方向に大きくなった場合でも対応できる柔軟性をもっていたからと考える。つまり、この2つのジェスチャーを用いると、より少ない描画で大きく、かつ的確に消去範囲を指定できる。平均描画時間については、どの消去対象においても平均描画時間が大きく増えることがなかった「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャーが良いジェスチャーと言える。

3.4.2 平均使用回数

タスクを終了するまでにジェスチャーの使用回数が少ないほどユーザが楽にジェスチャーを描画できたと考えた。

- 「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャー

図 3.15 によると消去対象が「1文字」～「1行」まで横に長く変化する間は「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャーの使用回数が増えている。この2つのジェスチャーは斜めに線を描画する必要があるため消去対象の縦方向距離が短く、横方向距離が長い場合には描画が難しかったと推測する。横方向にのみ大きくなると一度に消去することが難しくなるため小さいジェスチャーを何回か描画して消去を行っていた被験者が目立った。また「1行」～「全文」と、消去対象が縦方向に大きくなっていく場合にはジェスチャーの使用回数が減っている。このことから「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャーは「縦方向に長い消去対象に向いている」と言える。

- 「二重線で消去」ジェスチャー

「1文字」～「1行」の消去対象についてはジェスチャーを使用した回数は大きく増えてはいないが「1行」～「全文」の縦方向に消去対象が大きくなる場合にはジェスチャーの使用回数の増加がみられる。このことから「二重線で消去」ジェスチャーは「横方向に長い消去対象に向いている」と言える。

- 「塗りつぶしで消去」ジェスチャー

このジェスチャーに関しては、消去対象がどのような形をしている場合でも1回のストロークで消去を実行することが多い。図 3.15 でも消去対象の変化による大幅な変動は見られない。このことから「塗りつぶしで消去」ジェスチャーは、どのような消去対象についても直感的に消去を行えるジェスチャーであると言える。

ジェスチャーの平均使用回数データからは、どの消去対象でも直感的に消去を行える「塗りつぶしで消去」ジェスチャーが良いジェスチャーであると言える*¹。

3.4.3 主観評価アンケート

実験後の聞き取り調査では被験者により一番使いやすいとしたジェスチャーは分かれた。被験者のうち 61%が、実験の始めに自由に描画して良いとして行った普段使用する消去記号の調査と同じ形をした消去ジェスチャーについて使いやすいとする結果になった点は興味深い。日常、メモ等で使用している「意味」を持つ記号を調査し、その中からジェスチャー形状の候補を選択する手法の有効性が示されたと考える。図 3.17～図 3.21 を見ると図 3.9(平均描画時間)の増減とジェスチャーの評価が連動しているものが多いが、「塗りつぶしで消去」ジェスチャーは消去に時間がかかっているにも関わらず全体的に評価が高めであった。これは、ジェスチャーの形状が消去したい範囲を塗りつぶすというシンプルであったため直感的に使いやすかったからと推測する。

主観評価アンケートの結果からは、「塗りつぶしで消去」ジェスチャーが直感的に使用でき

*¹ ただし、使用回数は少ないが描画時間が大きめであることに気をつける必要がある

る良いジェスチャーであると言える。

第4章

まとめ

4.1 結論：良い消去ジェスチャー

ジェスチャー使用回数(3.4.2),主観評価アンケート(3.4.3)からは「塗りつぶしで消去」ジェスチャーが良いという結果が得られた。一方,ジェスチャー描画時間(3.4.1)では「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャーが良いジェスチャーであると言える。実際の作業の効率を考慮すると描画時間が短いジェスチャーが好まれる。しかし,「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャーは「塗りつぶし」ジェスチャーに比べ主観評価アンケートでは評価が低かった。「塗りつぶしで消去」ジェスチャーについては描画に必要な時間や労力が大きいにも関わらず,主観評価アンケート(3.4.3)では高い評価を受けている。これはペン入力インタフェースやペン入力ジェスチャーの操作に慣れていない被験者による評価であったため,4種類の消去ジェスチャーの中で比較的短時間のうちに慣れやすかったからという理由があると考えられる。消去ジェスチャーに慣れていくと各々のジェスチャーの描画時間はさらに短縮されるだろう。作業効率を考えると「×で消去」,「斜線で消去」ジェスチャーが良いと言える。

4.2 今後の課題

今回の実験結果では「×で消去」,「斜線で消去」の2つのジェスチャーの間に大きな差が見られなかった。どちらのジェスチャーが良いのかという部分を追求するためにも,今後は消去ジェスチャーを中期或いは長期的に使用する場合のユーザビリティテストを行いたい。

さらに，消去機能以外の処理を行うペン入力ジェスチャーについてのユーザビリティ評価を行い，最終的には複数のジェスチャーを実装したより実用的な文章作成等のアプリケーションでジェスチャー入力を取り入れたシステムのユーザビリティを検証する．

謝辞

研究に関する創意に満ちたアイデアや助言を頂いた全ての皆様に感謝します。特に研究方針の決定や評価実験案の策定に有益なご指導を頂いた高知工科大学 情報システム工学科 任向実講師に深く感謝します。そしてお忙しい中，アンケート調査にご協力して下さった方々やジェスチャー評価実験に参加して下さった皆様，本当にありがとうございました。また，実験スケジュールが遅れてしまい慌しい実験になってしまいましたが，自身も忙しい中，評価実験準備やデータ整理などを手伝って下さった3年生の濱田 祐次君にも感謝しなくてはなりません。研究が進まなくなってしまうときの気分転換につきあって下さった友人達にもお礼を申し上げます。難しい研究にそれぞれ取り組み，共に助け合った高知工科大学 情報システム工学科 任研究室の植木 良氏，植田 竜介氏，小笠原 将文氏，加藤 泰史氏，田村 欣也氏 全員に深謝します。

参考文献

- [1] J. Gregory Trafton, Susan B. Trickett: Note-Taking for Self-Explanation and Problem Solving, HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 2001, Volume 16, pp.1-38
- [2] 辰川 肇, Nigel WARD: キーボードとペンを併用するノートエディタ
<http://www.sanpo.t.u-tokyo.ac.jp/~tatukawa/study/study.html>
- [3] 中塚 智子, 坂東 宏和, 加藤 直樹, 中川 正樹: マウスと電子ペンを併用できる環境の提案と一実現, インタラクション 2002, 2002, pp.39-40
- [4] 加藤 直樹, 中川 正樹: ペン指向ボタンインタフェースとペンジェスチャ指示方式の評価, 第 60 回情報処理学会全国大会講演論文集 Vol.4, 2000, pp.47-48
- [5] ヤコブ・ニールセン 著, 篠原稔和 監訳, 三好かおる 訳, ユーザビリティエンジニアリング原論, 東京電機大学出版局, 1999-2001

付録 A

消去記号調査：アンケート用紙

卒業研究 ペン入力ジェスチャーのユーザビリティ評価 予備調査

高知工科大学 情報システム工学科 4年生

1030308 前川 和登

高知工科大学情報システム工学科 ヒューマンインタフェース研究室の前川と申します。
現在、コンピュータを簡単に操作する方法について研究を行っています。私が考えているのは、普段メモ帳などに何気なく書き込む「手書き」を応用した操作方法です。この研究のため、普段皆さんが使っている「手書き」の種類について調査を行っています。
お手数だとは思いますが、「手書き」によるコンピュータ操作方法開発のため、アンケートにご協力をお願いします。

質問は、ボールペンでメモ帳に走り書きをしている場面を想定しています。
ボールペンでメモをしているつもりでお答えください。

質問

次ページの枠内にメモをしていて、下線部を間違えてしまいました。ボールペンを用いて間違えた部分を訂正するために消去してください。普段、自分しか見ないメモ帳に、ボールペンで走り書きをしているという想定ですので、素早く書くことができ自分で「消した」ことがわかる記号を書き込んでください。

例)「ペン入力インタフェース」という文字を間違えたとき

ペン入力インタフェース

次のような記号を書いて消去したことにします

~~~~~

1. 下線部を消去する記号を書き込んでください。

PDA やタブレットなどで座標を指定するために用いるペン型の入力装置。

タッチパネルや感圧面にペンの先端を接触させることによって、キーボードのボタンを押したのと同様の操作を行なう。同様に、先端でつつく動作はマウスのクリックに、先端を接触させたまま画面上を移動する動作はマウスのドラッグに、それぞれ対応している。

2. 下線部を消去する記号を書き込んでください。

タッチパネルは尖ったものでつつくと傷がつくので、液晶パネル液晶タブレット向けのスタイラスペンは先端が丸くなっている。

3. 下線部を消去する記号を書き込んでください。

最近、コンピュータ周辺機器にもバリアフリー  
化がすすみ、「障害者向け」のマウスや音声読み  
上げ装置などがたくさん開発されています。  
でもこれらの機器は、「高い」、「入手が困難」、  
「存在が知られていない」といったことにより  
使われていないことも多くあります。  
それに、家族と同じパソコンを使うから特殊  
な装置は付けたくないということもあります。

4. 下線部を消去する記号を書き込んでください。

単に人と機械とのインタフェース（ヒューマン・  
インタフェース）を検討するのではなくて、人に  
優しく（humane）インタフェース（著者はヒュ  
ーメイン・インタフェースと呼ぶ）を構築する。

# 付録 B

## 評価実験後アンケート用紙

| ジェスチャー評価実験アンケート用紙                        |                                          |          |        |       |
|------------------------------------------|------------------------------------------|----------|--------|-------|
| 実験実施日時                                   | 年    月    日 (    )    時    分 ~    時    分 |          |        |       |
| 被験者番号                                    |                                          |          |        |       |
| 被験者について                                  |                                          |          |        |       |
| 学生の場合)                                   | 学籍番号                                     | 学科名      | 学科     |       |
| 氏名                                       | 利き手                                      |          |        |       |
| 年齢                                       | 歳                                        | 性別       | 男      | 女     |
| パソコン歴                                    |                                          |          | 年      | ヶ月    |
| タブレットやPDAなどのペン機器の使用歴                     |                                          |          | 年      | ヶ月    |
| 実験で使用した消去ジェスチャーの評価：(使いにくい) 1点-7点 (使いやすい) |                                          |          |        |       |
|                                          | ×をつかって消去                                 | 塗りつぶしで消去 | 二重線で消去 | 斜線で消去 |
| 1文字消去                                    |                                          |          |        |       |
| 2~5文字消去                                  |                                          |          |        |       |
| 1行消去                                     |                                          |          |        |       |
| 2~3行消去                                   |                                          |          |        |       |
| 全文消去                                     |                                          |          |        |       |
| コメント                                     |                                          |          |        |       |
|                                          |                                          |          |        |       |