

平成 14 年度
学士学位論文

日本語入力における変換候補の表示形式

Conversion Candidate Display Method of Japanese
Input

030283 田村 欣也

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

日本語入力における変換候補の表示形式

田村 欣也

日本語入力には英語入力と違い，漢字変換という操作が必要である．ひらがなを入力し，変換キー（基本的にスペースキー）を押すことにより漢字変換が行われる．このとき，縦表示の変換候補が出力されるインタフェースと横表示の変換候補が出力されるインタフェースが存在している．デザイナーはユーザにとって使いやすいであろうということを考慮に入れた上で設計を行ったのであろうが，縦表示の変換候補と横表示の変換候補のどちらがユーザにとって使いやすいかを実験によって示されたわけではない．よってそれらについてどちらがユーザにとって使いやすく，入力効率が高いかを検証することが本研究の目的である．実験方法は2つの表示形式と5つの選択方法である．日本語入力で，変換候補を探し選択する作業が最も時間がかかることが分かった．本実験で使用した縦表示と横表示の差は認められなかった．また，選択方法を検証した結果，Page Up/Down キーを用いた数字キーがスペースキーやカーソルキーなどよりも速いということが分かった．

キーワード 日本語入力，漢字変換，ローマ字，変換候補

Abstract

Conversion Candidate Display Method of Japanese Input

Kinya Tamura

Japanese input is different of English input. This deference is that operation of Chinese character conversion need. A hiragana is inputted and operation of Chinese character conversion is performed by pushing a conversion key (fundamentally space key). There are two interfaces that length type conversion candidate and a width type conversion candidate. The designer performed the design that it was probably easy to use for a user. But it does not prove by experiment whether it shall be easy to use which for a user between a length type conversion candidate and a width type conversion candidate. Therefore, study purpose is easy to use which for a user and it verifies whether input efficiency is high. Experiment method have two display style and five select method. In Japanese input, The result is that searching time for conversion candidate and select time have many time. Saw a difference and it was not stopped to the length type conversion candidate and the width type conversion candidate results. It verified about the select method. That results was the numeric key using Page Up/Down key was faster than the space key, the cursor key, the mouse.

key words Japanese input , Chinese character conversion , roman character , conversion candidate

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	実証実験	3
2.1	実験デザイン	3
2.1.1	実験方法	3
2.1.2	測定データ	5
2.1.3	実験機器	6
2.1.4	実験ツール	6
2.1.5	実験手順	6
2.1.6	被験者	8
2.2	実験予測	8
2.2.1	表示形式	8
2.2.2	選択方法	8
2.3	実験結果	9
2.3.1	5 段階の入力操作時間 (t1 ~ t5)	9
2.3.2	目標距離・操作距離	14
2.3.3	エラー回数	16
2.3.4	主観的評価	17
2.3.5	まとめ	19
2.4	考察	19
2.4.1	5 段階の入力操作時間 (t1 ~ t5)	19
2.4.2	目標距離・操作距離について (Fitts の法則) について	20
2.4.3	エラー回数について	25
2.4.4	類似文字による誤差	25

2.4.5	例文について	25
2.4.6	選択方法について	26
第 3 章	今後の課題	27
3.1	実験手順について	27
3.2	実験ツールの修正	27
3.3	単字入力における解剖的な分析 t1 ~ t5	28
3.4	選択方法による選択効率	28
3.5	表示形式による選択効率の検証	29
第 4 章	まとめ	31
	謝辞	32
	参考文献	33
付録 A	アンケート用紙	34
A.1	実験用アンケート用紙	34
付録 B	例文	35
B.1	実験例文	35

目次

2.1	縦表示	3
2.2	横表示	4
2.3	実験ツールの画面	7
2.4	t1 の実験結果	9
2.5	t2 の実験結果	10
2.6	t3 の実験結果	11
2.7	t4 の実験結果	12
2.8	t5 の実験結果	13
2.9	目標距離の実験結果	14
2.10	操作距離の実験結果	15
2.11	バックスペースキーの実験結果	16
2.12	主観的評価の評価結果	17
2.13	無制限のアンケート結果	18
2.14	縦表示と横表示での入力操作過程の結果	19
2.15	Fitts の法則を横表示への適応	20
2.16	Fitts の法則を縦表示への適応	21
2.17	Fitts の法則 (無制限)	22
2.18	Fitts の法則 (数字キー)	22
2.19	Fitts の法則 (マウス)	23
2.20	Fitts の法則 (スペースキー)	23
2.21	Fitts の法則 (カーソルキー)	24
2.22	1 文字入力平均時間	26
3.1	横表示と縦表示での候補一覧と文字入力画面の関係の比較	28

3.2	縦表示（左側）と表表示（右側）のデザイン案	30
3.3	横表示のデザイン案	30

表目次

2.1	t1 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)	9
2.2	t2 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)	10
2.3	t3 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)	11
2.4	t4 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)	12
2.5	t5 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)	13
2.6	目標距離の実験結果	14
2.7	操作距離の実験結果	15
2.8	バックスペースキーの実験結果	16
2.9	Fitts の法則	21
2.10	1 文字入力平均時間	26
3.1	実験手順の修正案	27

第 1 章

はじめに

今日のユーザインタフェースデザインは Windows や Mac に代表されるようにハードウェア，GUI ガイドラインは主に英語圏の国々で開発されている．インタフェースが言語や文化に影響があるということが分かってきている．そのため，インタフェース設計で文化の重要性を多くの研究者によって強調されている．よって，英語圏で開発されたソフトウェアが日本人等のアジア系のユーザに使いやすいとは限らない．

現在，テキスト入力手段として，手書き文字認識や音声認識が向上されつつあるが，現段階の技術においては，キーボード入力は依然として主流となっている．キーボードによる日本語入力法として主要漢字をキーの 2 打によって入力する方法「2 ストローク入力法」がある．2 ストロークシステムには，T コードや TUT コードがある．しかし，習得に時間がかかることや，英文の入力の必要性から，日本語入力はローマ字変換入力法が一般的である．

ローマ字の変換作業に関わるファンクションキーの使用，さらには同音異義語の選択に伴うキー入力操作の乱れや，視線の表示画面への移動などが起こす入力作業リズムの中断という作業の複雑さが挙げられる．ローマ字入力による日本語入力操作過程についての研究は皆無である．これらの問題の中でも同音異義語の選択に伴うキー入力操作の乱れに注目する．一般に使用されている Microsoft 社の IME-2000 では，候補一覧内での選択方法をスペースキー，カーソルキー，数字キーとマウスを使用することができるようになっている．これら 4 種類と 4 種類の選択方法全てを使用し，合計 5 種類の選択方法の入力効率を評価することを目的とする．

また，候補一覧を表示する方法は統一されていないのが現状である．縦表示（垂直方向に候補を並べる）と横表示（水平方向に候補を並べる）の 2 つの漢字変換候補の表示方式が存

在している．縦表示の変換方法と横表示の変換方法は基本的に使うパソコンによって変換方法が定められていると言ってよい．例えば Windows なら縦表示で，Unix なら横表示といったように表示方式は統一されていない．これは縦表示の変換候補と横表示の変換候補の有効性が証明されておらず，どちらが良いという結果が得られてないからである．よって，表示方式の有効性を評価することを目的とする．本論文ではローマ字変換入力について解剖的な分析と表示形式と選択方法の評価について述べる．

第 2 章

実証実験

2.1 実験デザイン

2.1.1 実験方法

- 表示形式 表示形式を以下の図 2.1 と図 2.2 の 2 種類に設定する . カursorとは , ターゲットを示す黒の枠である .



図 2.1 縦表示



図 2.2 横表示

- 選択方法 選択方法を以下の 5 種類に設定する .

- ・ スペースキー

変換候補一覧の目標まで , カーソルの移動をスペースキーで操作し , 目標字の選択はエンターキーで決定する .

- ・ カーソルキー

カーソルの移動をカーソルキーで操作し , 目標字の選択はエンターキーで決定する . 縦表示では , 上矢印キーと下矢印キーを使用し , 横表示では左矢印キーと右矢印キーを使用する .

- ・ 数字キー

目標字の選択は数字キー (テンキーでも可) で決定する . ただし , 候補一覧ページの切り替えを Page Up/Down キーで操作する .

- ・ マウス

カーソルの移動はスクロールバーを操作することによりできる . 候補の選択は , 候補もしくは候補の番号をクリックすることで決定する .

- ・ 無制限

上記の 4 つの選択方法を全て使用できる .

2.1.2 測定データ

- 5段階の入力操作時間 (t1 ~ t5) 入力対象文字が表示されてから , 正確に入力し終わるまでの時間を次の 5 段階に分類して 1/100 秒単位で測定した .
 - t1 - 文字表示されてから , かなを入力し始めるまでの時間
 - t2 - かな入力し始めてから , かな入力し終わるまでの時間
 - t3 - かな入力が終わってから , 候補一覧が表示されるまでの時間
 - t4 - 候補一覧が表示されてから , 候補を決定するまでの時間
 - t5 - 候補一覧を間違っ て選択した場合 , 文字を削除してかなを入力し始めるまでの時間
- 目標距離・操作距離 目標距離と操作距離を測定した . 目標距離とは始点から目標とする候補までの距離 . 操作距離とは実際にその候補に到達するまでのカーソルの移動数のことである .
- エラー回数 正確にかな入力がされ , 候補一覧が表示され , 候補を決定した (t4 の測定) 後に , BS キー , DEL キーが押された場合のみ , エラー回数として記録した .
- 主観的評価 実験が 1 試行終了ごとに , 7 段階で評価をもらった .

全ての実験が終了した後に , 無制限の使用方法について 4 つ ((1) , (2) , (7) , (8)) の質問を行った .

 - (1) 選択候補とカーソルが近い場合
 - (2) 選択候補とカーソルが遠い場合
 - (3) ひらがなに変換する場合
 - (4) カタカナに変換する場合
 - (5) 漢字に変換する場合
 - (6) 数字に変換する場合
 - (7) 選択したい候補を行き過ぎた場合
 - (8) ページの切り替えを行う場合

2.1.3 実験機器

表示機器：iiyama 社 17 インチ TFT ディスプレイ (AS4311U) , 800pixel × 600 pixel

入力装置：108 日本語キーボード , Logitech 社 iFeel MouseMan 光学式マウス

使用 PC：CPU Intel Pentium3 1GHz , Memory 256MB

使用 OS：Microsoft 社 Windows 2000 Professional

例文：200 文字 (試行間を画数で統一 , 常用漢字より選出) (付録 B.2)

日本語変換ソフト：Microsoft 社 IME-2000

辞書：システム辞書

学習機能：OFF

実験評価用アンケート (主観的評価)：7 段階評価 (付録 A.2)

2.1.4 実験ツール

このツールは Microsoft 社 Visual C++6.0 Enterprise Edition で開発した。実験では、一文字 (漢字) と振り仮名が画面に表示され、被験者が図 2.3 の (4) にローマ字で入力しはじめ、スペースキーで漢字に変換し、候補一覧から目標文字を決定する、という一連の作業である。

2.1.5 実験手順

実験環境の設定項目は表示形式と選択方法の 2 つである。表示形式は「縦、横」の 2 つで、選択方法は「スペースキー、カーソルキー、数字キー、マウス、無制限」の 5 つである。被験者にはこれら 2 × 5 の 10 試行の実験を行ってもらった。1 試行が終わるごとにその使い勝手さを答えてもらう。表示形式の実験順序は縦 横と横 縦である。また、選択方法の実験順序は縦横とも 1 番始めは無制限とし、その後、残り 4 試行を被験者ごとに順序を変えて実験を行った。

以下に実験の具体的な流れと実験環境の流れを示す。

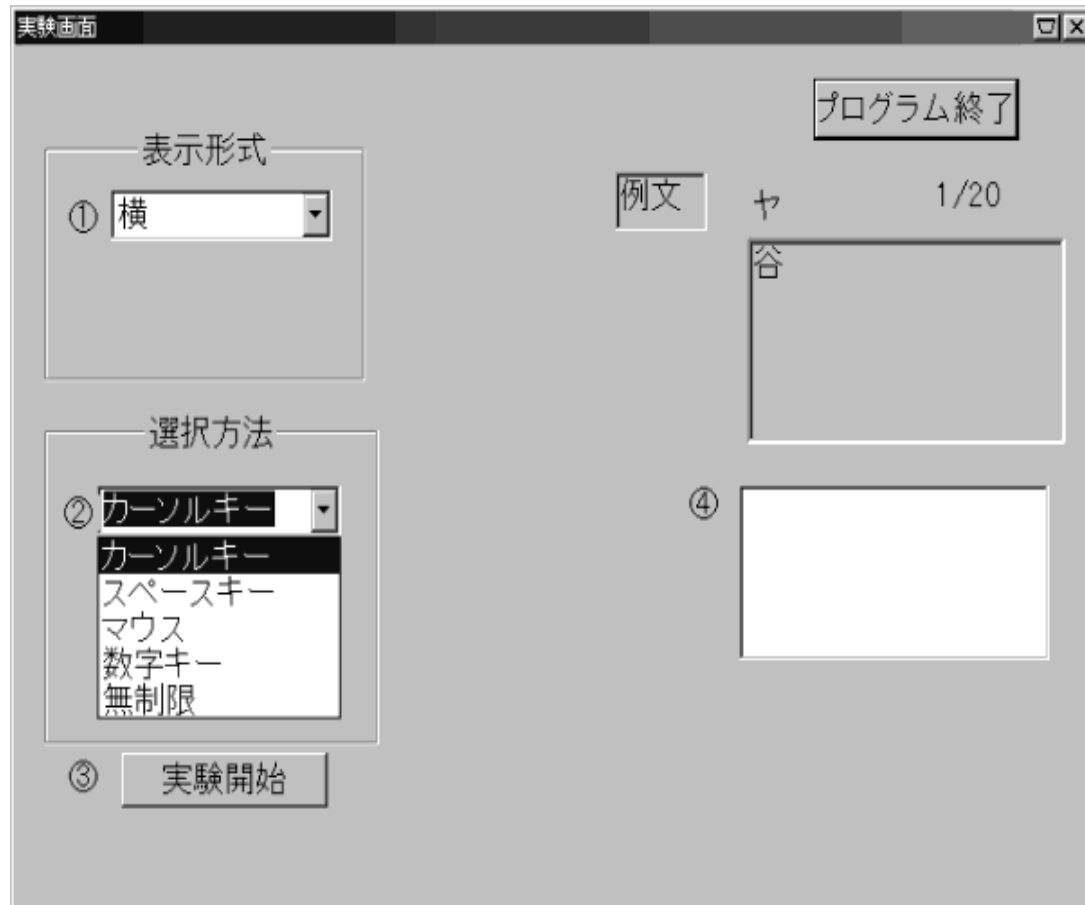


図 2.3 実験ツールの画面

- (1) 被験者に実験の説明を行う。
- (2) 実験者が実験環境の設定（表示形式，選択方法）を行う。
- (3) 実験者の合図（図 2.3 の (3) をクリック）により，被験者に漢字 20 字を入力（図 2.3 の (4) に入力）してもらう。
- (4) 被験者が入力し終わったら，アンケートに答えてもらう。
- (5) 約 2 分間休憩。
- (6) (2)～(5) を 9 回繰り返し，終了。

footnote この実験では文字の編集にマウスを使用することは禁止する。

2.1.6 被験者

被験者は大学生 12 人（男性 8 人，女性 4 人，平均年齢 21.17 歳）であった。被験者のパソコン歴は平均で 3 年 8 ヶ月であった。この内，縦表示変換候補の使用歴の平均は 3 年 5 ヶ月，横表示変換候補の使用歴の平均は 3 ヶ月だった。

一人あたりの入力時間は平均 23.24 分であった。実験に用いた漢字は，1 文字目は画数を 3 にするといったように実験環境によって漢字の見やすさにばらつきがないようにした。

2.2 実験予測

2.2.1 表示形式

日常から使用する縦表示の結果が良いと考える。

2.2.2 選択方法

スペースキーでは，選択したい候補を一度通り過ぎてしまったら，候補一覧の最初に戻り，やり直さなければならない。よって，他の選択方法よりも時間がかかると思われる。しかし，カーソルキーであれば，このような問題は回避できる。結果や被験者の意見ではカーソルキーの方が良いと推測する。

2.3 実験結果

2.3.1 5段階の入力操作時間 (t1 ~ t5)

測定範囲については 2.1.2 節を参照。

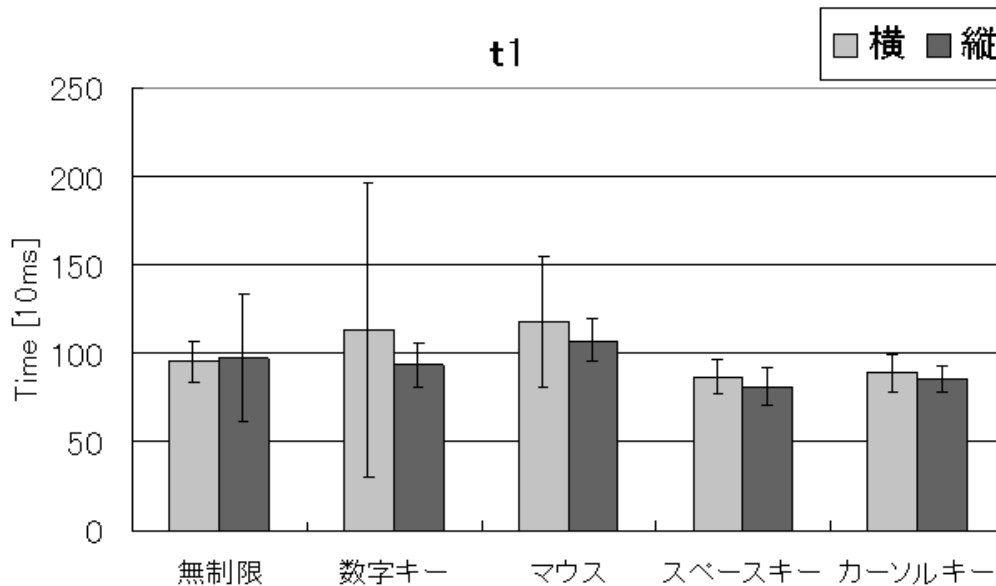


図 2.4 t1 の実験結果

表 2.1 t1 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)

t1(10ms)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	95.71	113.32	118.02	86.24	88.90
縦	97.56	93.55	107.58	81.40	85.53

t1 の実験結果は、無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,36)=0.04$, $p>0.05$)。数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,36)=1.05$, $p>0.05$)。マウスでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,36)=1.38$, $p>0.05$)。スペースキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,36)=2.06$, $p>0.05$)。カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,36)=1.40$, $p>0.05$)。

測定範囲については 2.1.2 節を参照 .

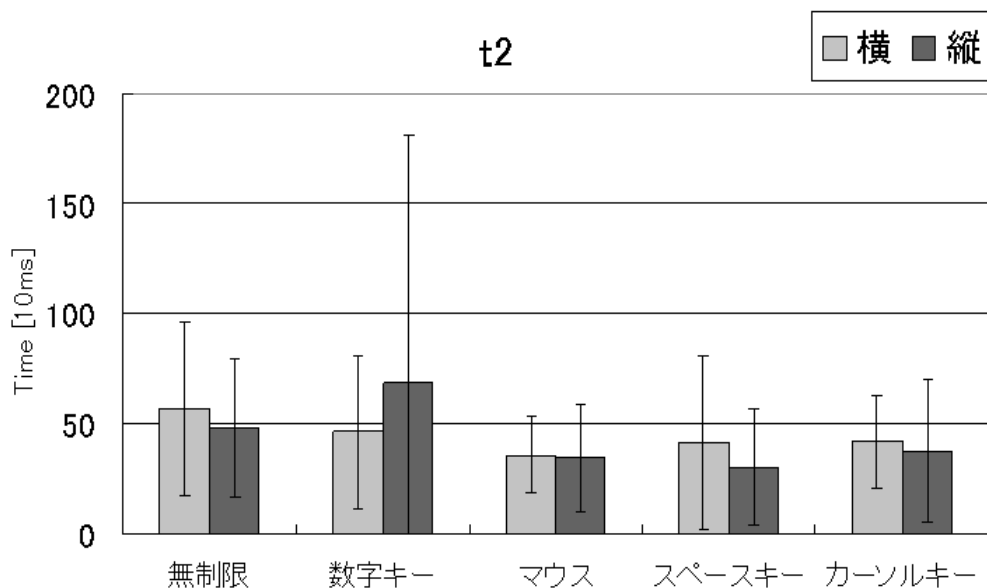


図 2.5 t2 の実験結果

表 2.2 t2 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)

t2(10ms)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	56.60	45.98	35.60	40.97	41.56
縦	47.78	68.35	34.38	30.23	37.23

t2 の実験結果は、無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.59$, $p>0.05$)。数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.72$, $p>0.05$)。マウスでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.03$, $p>0.05$)。スペースキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=1.01$, $p>0.05$)。カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.25$, $p>0.05$)。

測定範囲については 2.1.2 節を参照 .

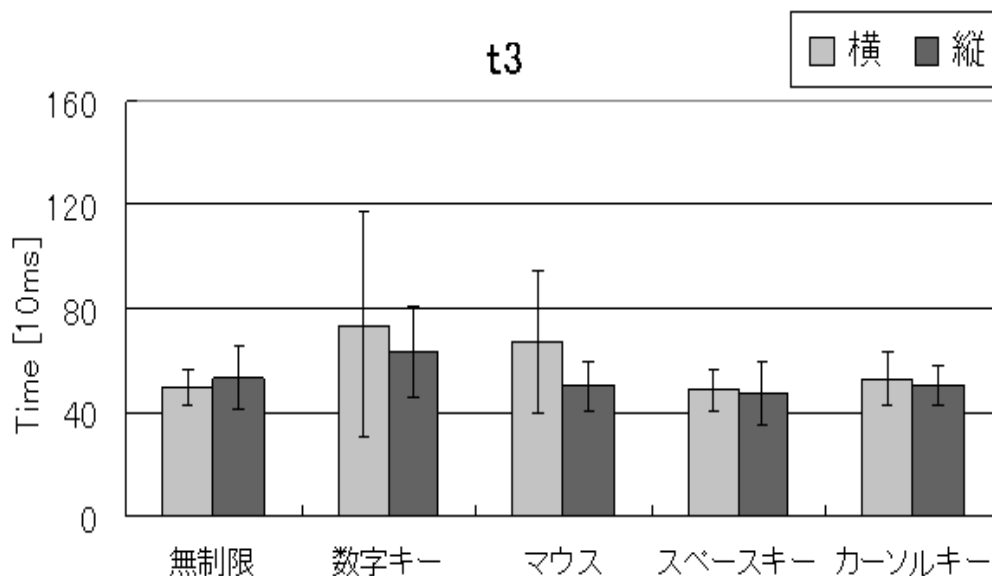


図 2.6 t3 の実験結果

表 2.3 t3 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)

t3(10ms)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	49.51	73.47	67.05	48.69	52.67
縦	53.31	63.24	50.03	47.19	50.17

t3 の実験結果は ,無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=1.45$, $p>0.05$) . 数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.94$, $p>0.05$) . マウスでは表示形式による有意な差は認められた ($F(1,38)=7.03$, $p<0.05$) . スペースキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.21$, $p>0.05$) . カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.79$, $p>0.05$) .

測定範囲については 2.1.2 節を参照 .

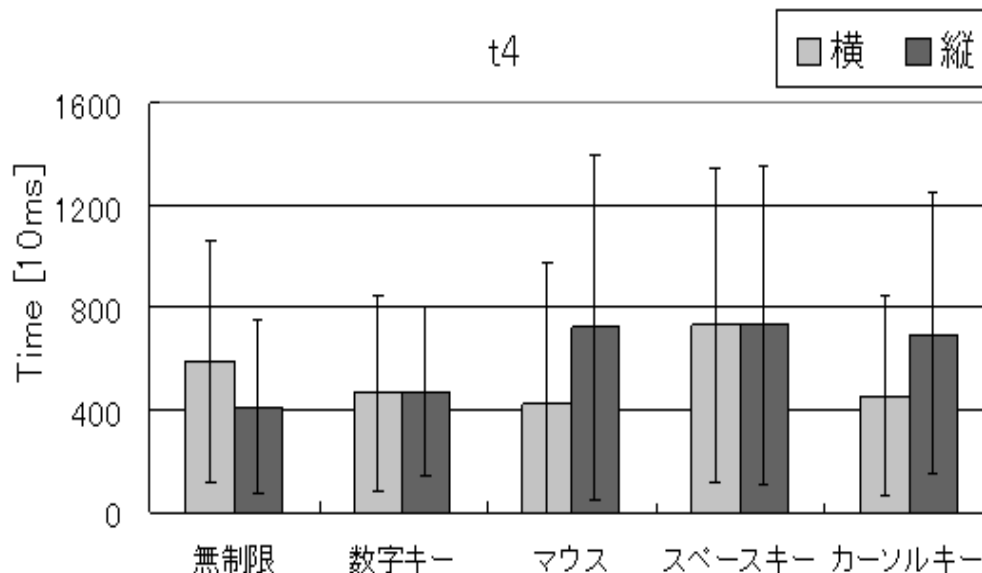


図 2.7 t4 の実験結果

表 2.4 t4 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)

t4(10ms)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	590.37	462.71	432.04	731.82	454.92
縦	409.78	469.56	723.46	734.40	698.29

t4 の実験結果は , 正確に選択できた場合のみを結果として扱っている . 無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=1.93$, $p>0.05$) . 数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.003$, $p>0.05$) . マウスでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=2.39$, $p>0.05$) . スペースキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.0001$, $p>0.05$) . カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=2.56$, $p>0.05$) .

測定範囲については 2.1.2 節を参照 .

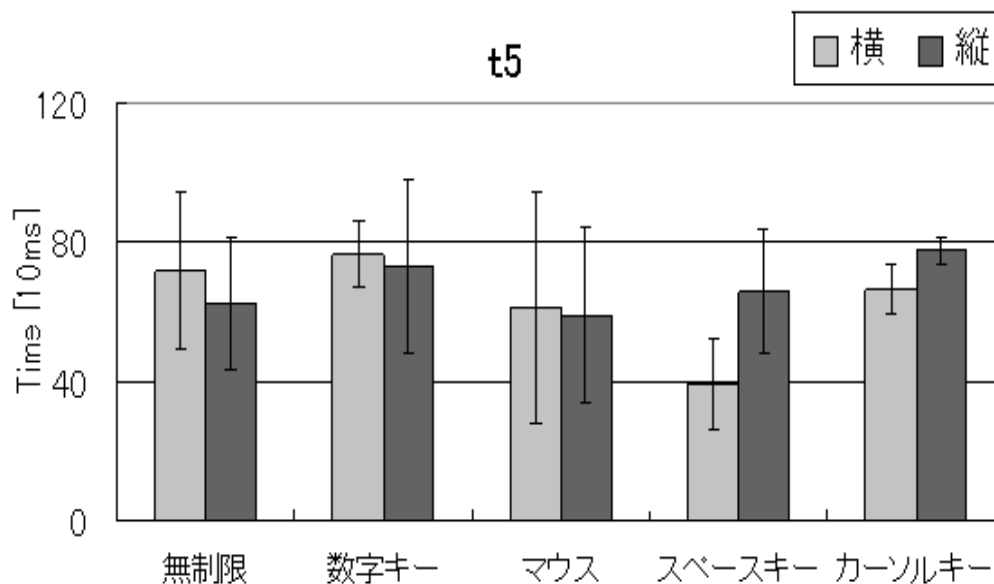


図 2.8 t5 の実験結果

表 2.5 t5 の実験結果 (太字は有意な差があったことを示す)

t5(10ms)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	71.80	76.42	61.14	39.31	66.50
縦	62.00	73.04	58.91	65.79	77.67

t5 の実験結果は、無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.48$, $p>0.05$)。数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.10$, $p>0.05$)。マウスでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.02$, $p>0.05$)。スペースキーでは表示形式による有意な差は認められた ($F(1,38)=13.57$, $p>0.05$)。カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=5.98$, $p>0.05$)。

2.3.2 目標距離・操作距離

測定範囲については 2.1.2 節を参照。

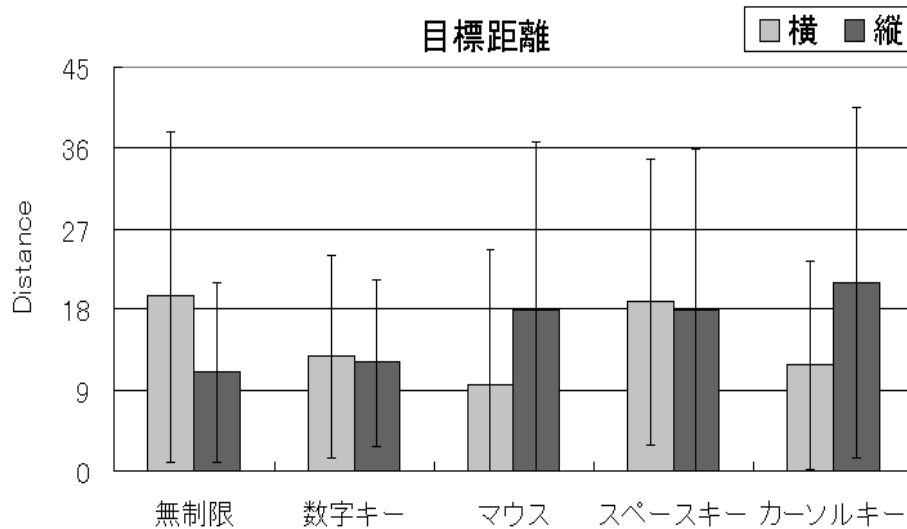


図 2.9 目標距離の実験結果

表 2.6 目標距離の実験結果

目標距離 (distance)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	19.40	12.74	9.55	18.80	11.80
縦	11.07	12.07	17.91	17.87	21.00

目標距離の実験結果は，無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=3.16$, $p>0.05$) . 数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.04$, $p>0.05$) . マウスでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=2.39$, $p>0.05$) . スペースキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.03$, $p>0.05$) . カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=3.29$, $p>0.05$) .

著しく標準偏差が大きい原因として，本実験では実験環境によって例（漢字）が異なるためである。

測定範囲については 2.1.2 節を参照 .

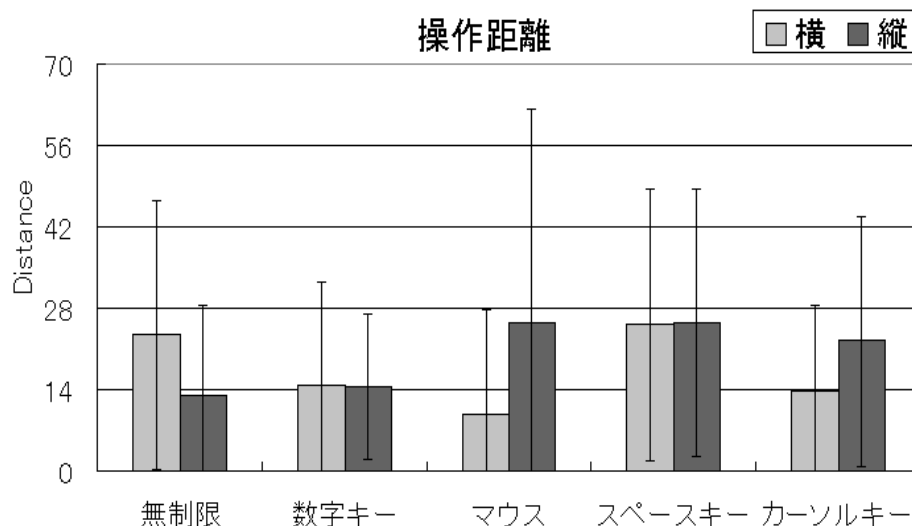


図 2.10 操作距離の実験結果

表 2.7 操作距離の実験結果

操作距離 (distance)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	23.37	14.75	9.75	25.14	13.79
縦	12.84	14.40	25.45	25.53	22.34

目標距離の実験結果は , 無制限では表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=2.84$, $p>0.05$) . 数字キーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.01$, $p>0.05$) . マウスでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=2.93$, $p>0.05$) . スペースキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=0.002$, $p>0.05$) . カーソルキーでは表示形式による有意な差は認められなかった ($F(1,38)=2.15$, $p>0.05$) .

本実験で使用した例が各実験環境では異なっているので , この差はあまり意味がない . 目標距離との比較をした場合 , マウスの縦表示では 8 も増えている . スペースキーでは , 表示形式に関わらず 7~8 増えている .

2.3.3 エラー回数

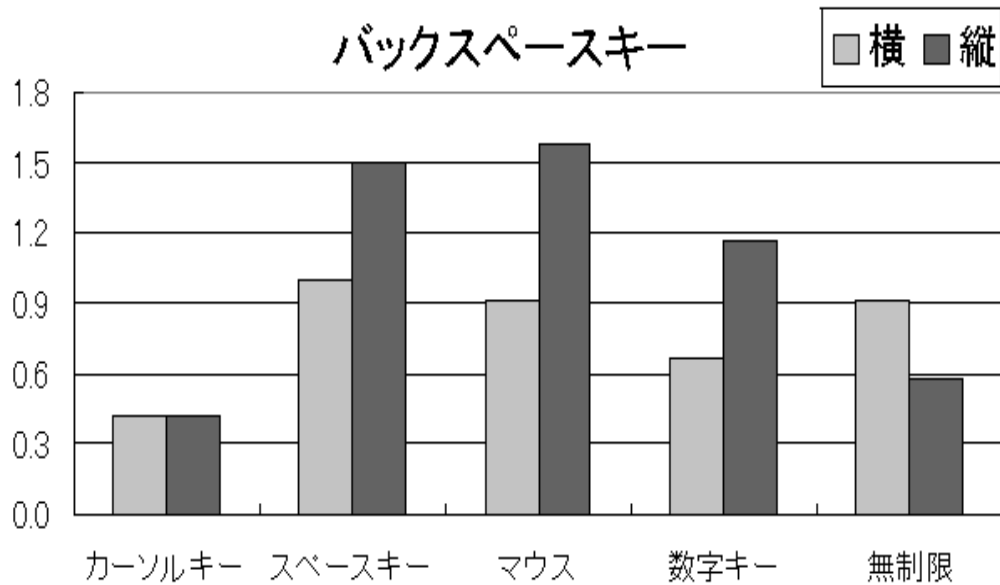


図 2.11 バックスペースキーの実験結果

表 2.8 バックスペースキーの実験結果

バックスペースキー (times)	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
横	0.92	0.67	0.92	1.00	0.42
縦	0.58	1.17	1.58	1.50	0.42

文字を消した回数をエラー回数としてデリートキーとバックスペースの押下回数を測定した。本実験ではデリートキーの押下は観測されなかった。スペースキー、マウス、数字キーでは、縦表示において押下回数が多く結果が悪いということになった。カーソルキーでは、縦横同じ結果になった。無制限では、縦表示の方が結果が良かった。

2.3.4 主観的評価

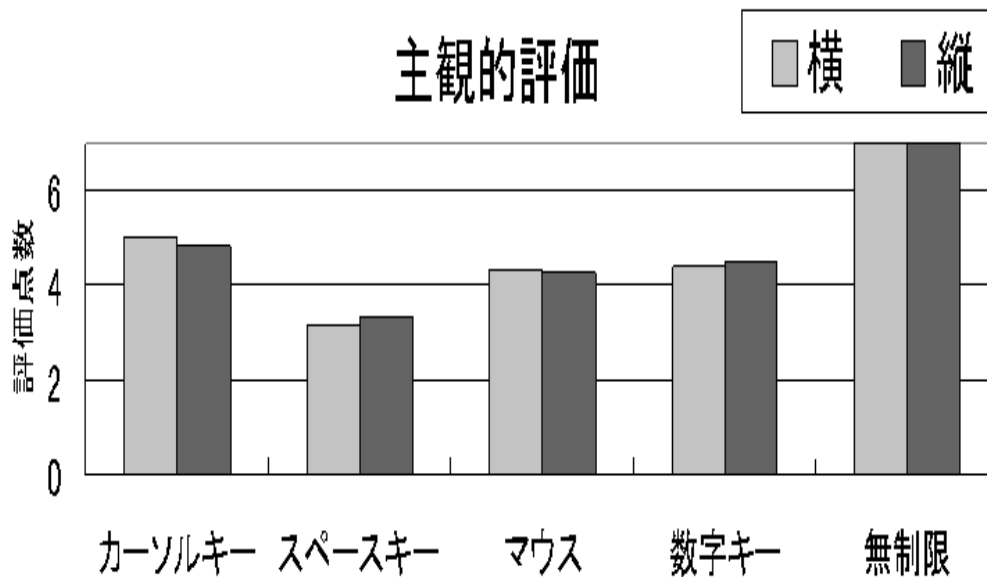
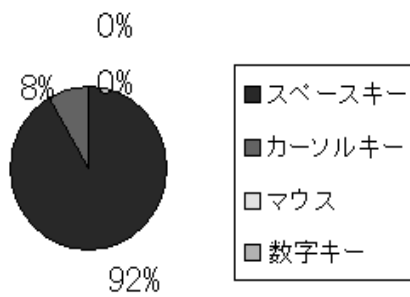


図 2.12 主観的評価の評価結果

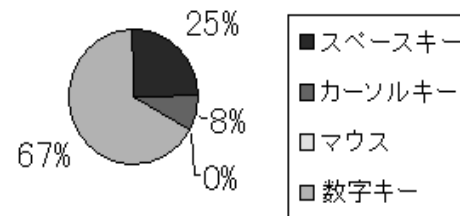
1~7の7段階で評価してもらった。その結果、縦表示、横表示での使いやすさの意見に差はなかった。縦表示と横表示においてそれぞれ一番使いやすいと評価されたものは、カーソルキーであった。一番使いにくいと評価されたものは、スペースキーであった。理由として挙げられる一番の要因は、カーソルを戻すことができないという操作性の悪さが原因であった。

無制限の使用方法について 4 つの質問を行った．実験 1 とほぼ同じ結果になった．スペー

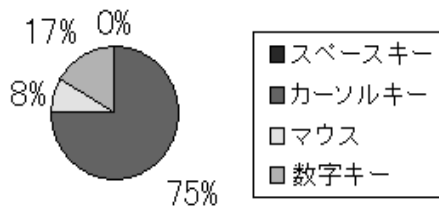
① 選択候補とカーソルが近い場合



② 選択候補とカーソルが遠い場合



⑦ 選択したい候補を行き過ぎた場合



⑧ ページの切り替え

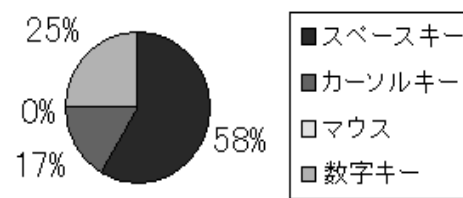


図 2.13 無制限のアンケート結果

スキーを主体としていることがわかる．被験者は時と場合によって，カーソルキー，数字キー，Page Up/Down キーに切り替えている．

2.3.5 まとめ

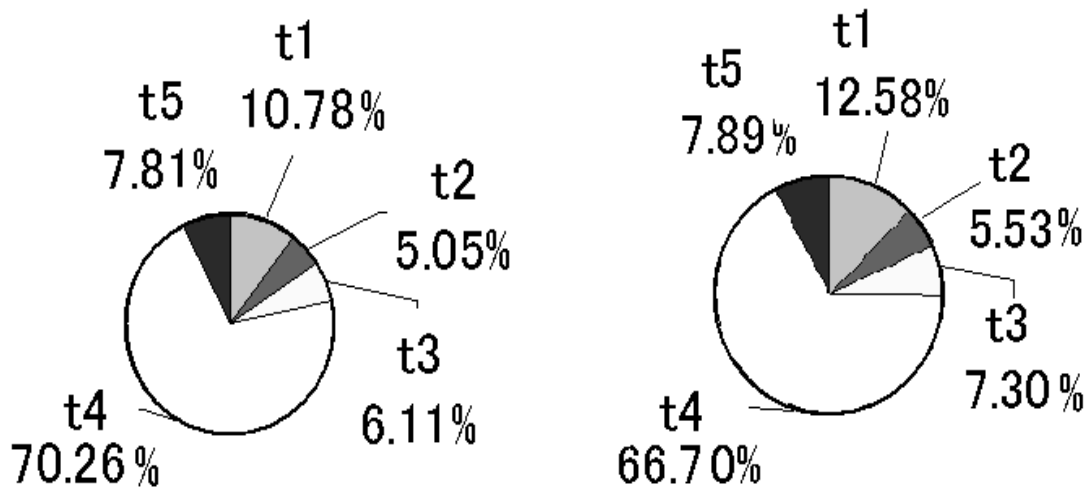


図 2.14 縦表示 (左側) と横表示 (右側) での入力操作過程の結果

本実験では 2.3.1 で述べたように 5 種類の時間を測定した。その結果から縦表示では t4 が文字入力の 70 % を占め、横表示では 66 % を占めていることが分かった。単字入力であるため、表示される候補が著しく多いという厳しい実験環境だったといえる。

横表示が 66 % と縦表示より低かった裏づけとして、被験者のコメントで横表示の方が使いやすいという意見が若干あった。しかし、無制限での結果は縦表示が良かった。

2.4 考察

2.4.1 5 段階の入力操作時間 (t1 ~ t5)

図 2.14 の入力操作過程で t4 が一番かかっていることが分かった。t4 の具体的な時間は縦表示の 70 % は 6.07 秒、横表示の 66.7 % は 5.32 秒となった。このことから、縦表示のほうが 0.75 秒多くかかっていることがわかる。

t4 がこれほどかかった原因として、日本語の特徴による同音異義語による選択肢の増加、それに伴って視覚による探索時間の増加ということを考える。

一番の原因として、本実験計画での t_4 の定義は変換候補一覧が表示されてから、候補を決定するまでの時間としている。この定義の中を 2 つに分割することができる。候補一覧が表示してから選択したい候補を見つけるまでの探索時間と選択したい候補を見つけてから候補を決定する（エンターキー等、選択方法による）までの時間と 2 つに分割できる。しかし、これら 2 つの時間を測定する方法として視線入力技術 [2] を用いる方法が考えられるが、困難であると考えられる。

2.4.2 目標距離・操作距離について (Fitts の法則) について

目標の候補を探すということは、その候補が遠ければ遠いほど時間がかかるということである。これを、Fitts の法則で示すことができる。また、実際に適応したものを図 2.16 と図 2.15 に示す。縦表示の W は 2.0cm であり、横表示の W は 1.9cm であった。

$$T = a + bID \quad a, b = \text{定数} \cdot T = \text{選択時間} (t_4)$$

$$ID = \log_2(A/W + 1)$$

W = 候補ボタン幅、 A = 最初の候補の中心点から目標の候補の中心までの距離

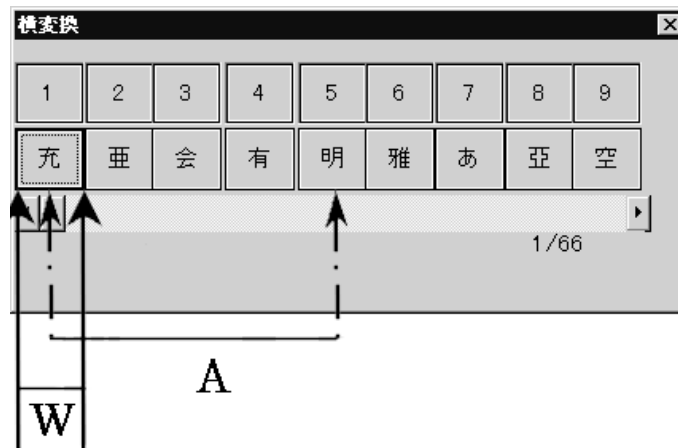


図 2.15 Fitts の法則を横表示への適応

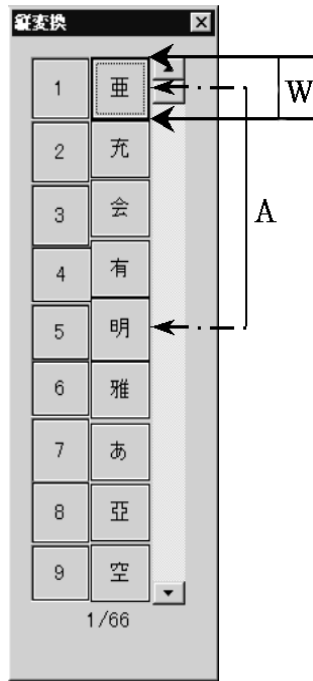


図 2.16 Fitts の法則を縦表示への適応

表 2.9 Fitts の法則

Fitts の法則	縦	横
無制限	MT=596.24ID-2229.7 $R^2 = 0.8762$	MT=491.63ID-1741.8 $R^2=0.7494$
カーソルキー	MT=349.38ID-665.16 $R^2=0.7491$	MT=516.5ID-1830.5 $R^2=0.7332$
スペースキー	MT=762.27ID-2831.6 $R^2=0.9588$	MT=395.42ID-767.06 $R^2=0.7469$
マウス	MT=985.29ID-3014.8 $R^2=0.7593$	MT=835.58ID-3136.6 $R^2=0.8755$
数字キー	MT=502.73ID-1785.5 $R^2=0.7381$	MT=526.73ID-1906 $R^2=0.7438$

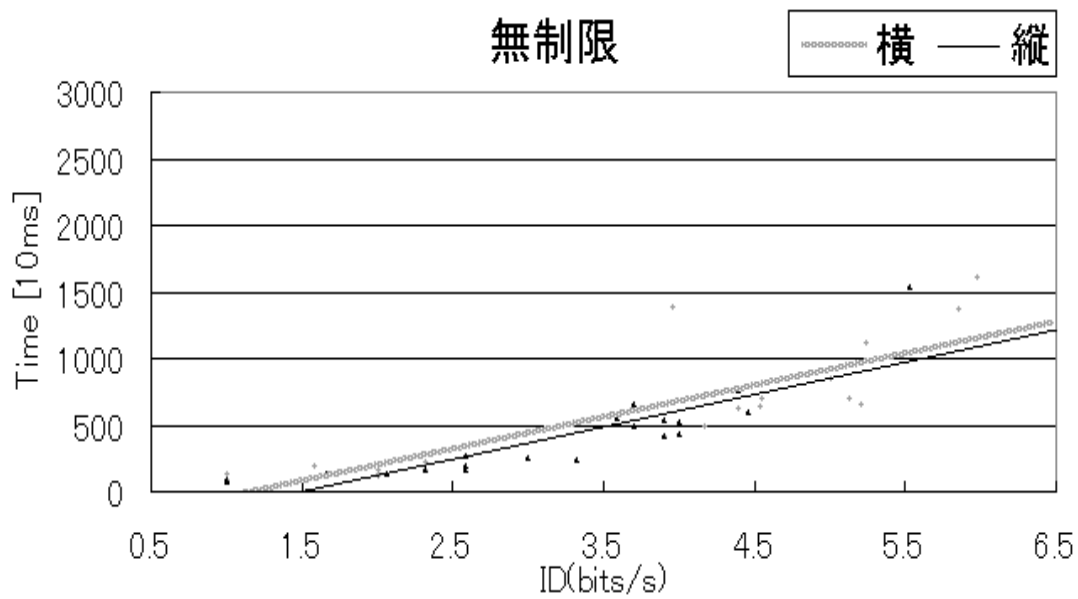


図 2.17 Fitts の法則 (無制限)

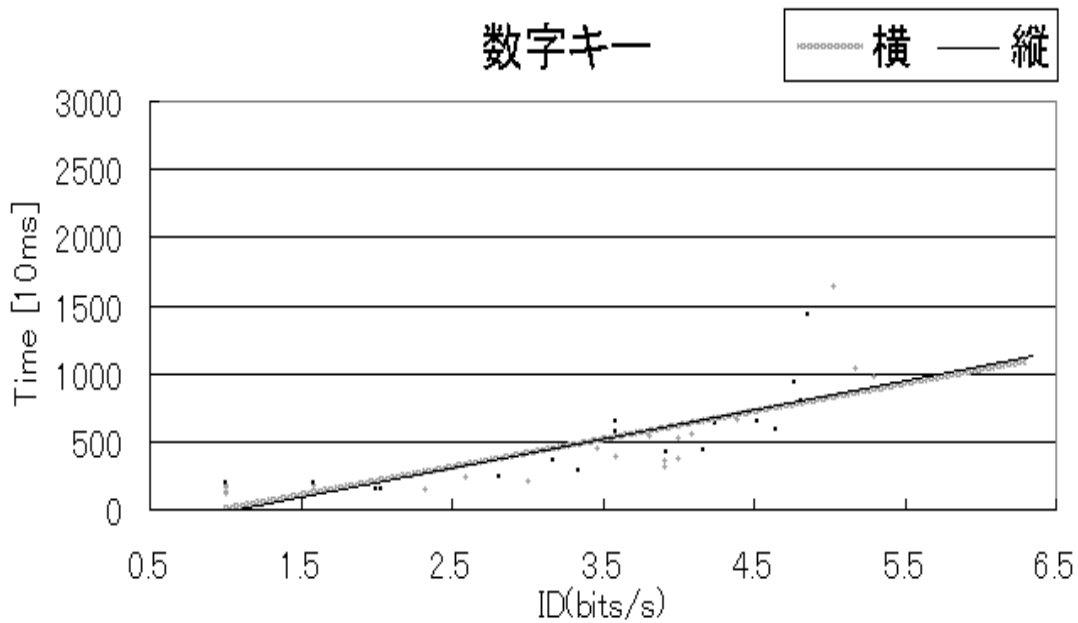


図 2.18 Fitts の法則 (数字キー)

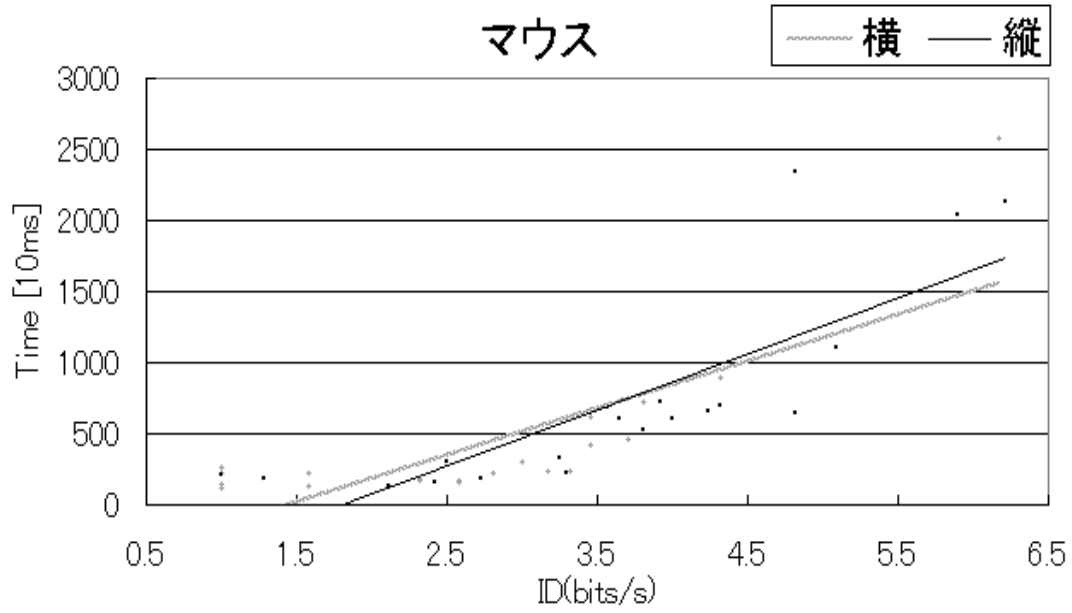


図 2.19 Fitts の法則 (マウス)

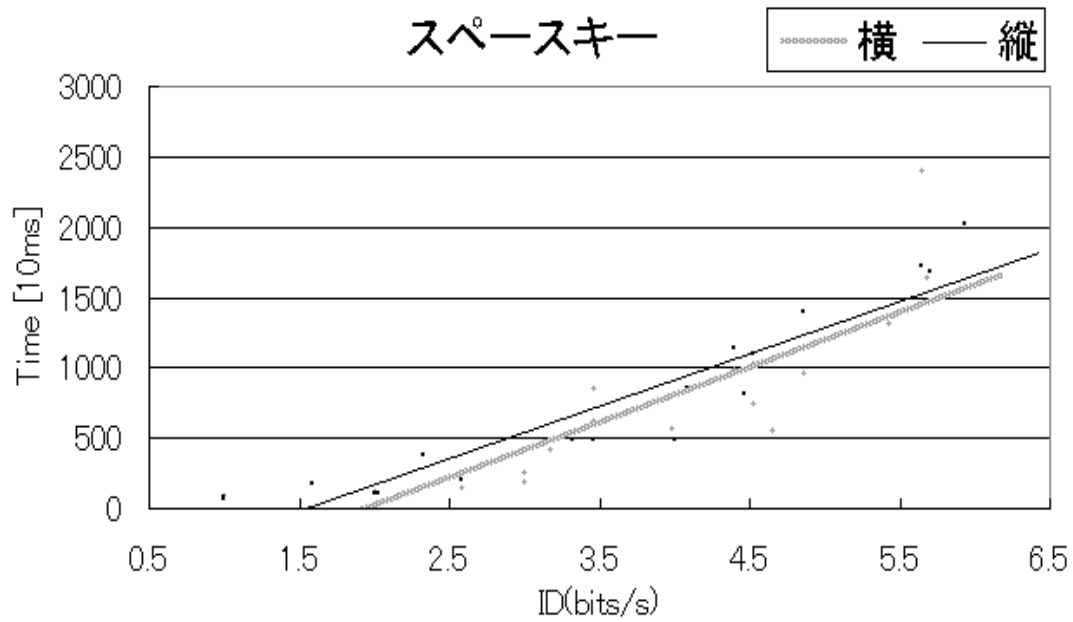


図 2.20 Fitts の法則 (スペースキー)

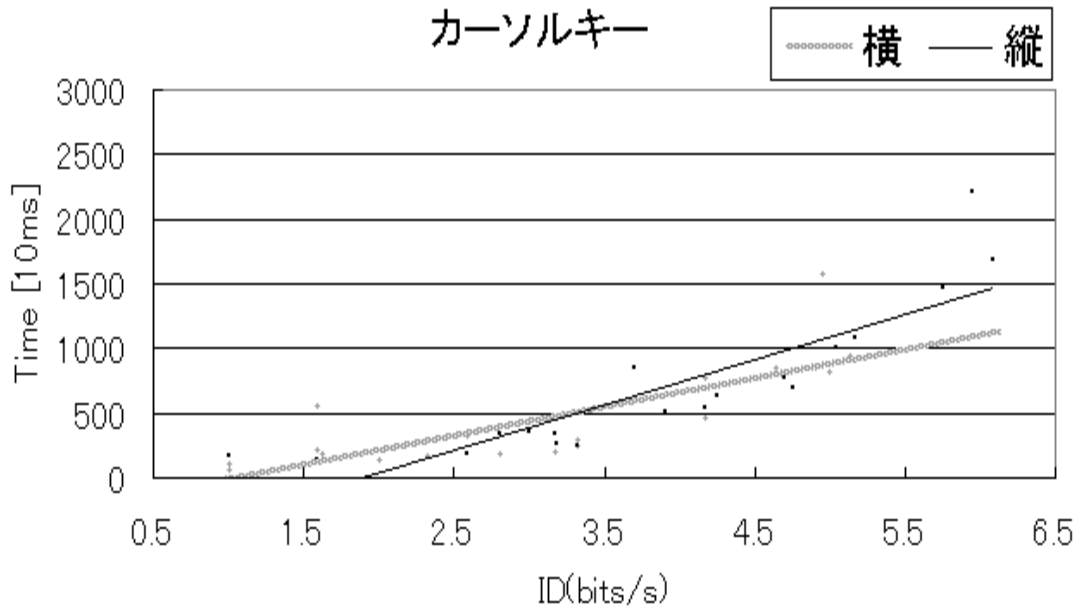


図 2.21 Fitts の法則 (カーソルキー)

Fitts の法則で、数字キーでは表示形式による差が全くなく、影響がないということが分かった。無制限とスペースキーでは表示形式による差が皆無に等しい。無制限では主観評価 (図 2.13) で主にスペースキーを使用することが分かっているのので、結果も同じようになったと考える。マウスとカーソルキーでは距離が遠くなれば横表示の方が低いということがわかった。これは被験者のコメントで若干横表示の方が探しやすいという意見があったことを裏付けている。

5つの選択方法で一番低かったものは、表示形式に関わらず数字キーであった。数字キーが低かった理由として、Page Up/Down キーによる変換候補のページの切り替えの効率が良かったと考える。無制限より高かったものはマウスとスペースキーであった。スペースキーの方がマウスより高いということがわかった。

Fitts の法則から、横表示の方が選択にかかる時間が速いということと、距離が長いほど時間がかかることがわかった。この問題を解決する方法は、候補一覧のページの切り替えに時間がかからないようにすればよい。Page Up/Down キーを数字キーだけに限定したことで、この問題が分かった。

2.4.3 エラー回数について

縦が悪いという結果になっているが，例が実験環境によって異なるため，単純に表示形式による差や選択方法による差とはいえない．

2.4.4 類似文字による誤差

今回使用した漢字の一例を挙げると，「口」，「例」，「綱」，「懐」といったものがある．後者の2つは「綱」と「鋼」，「懐」と「壊」いったように非常に類似している漢字が同じ変換候補内に出現した．被験者は，「鋼」を「綱」と間違えて選択したということが少なからずともあった．このような間違いは選択方法，表示形式による操作ミスかどうかはわからない．もし選択方法，表示形式に問題がなければ，選択ミスはなかったと言える．

2.4.5 例文について

本実験では異なった文字を用意した．これは同じ文字を使用すると，被験者が正解位置を覚えてしまい，正確な実験結果が得られないと考えたからである．しかし，目標候補の結果からわかるように距離が異なっているため実験条件を統一できていない．よって，表示形式による差や選択方法による差を判断しにくいと考える．

2.4.6 選択方法について

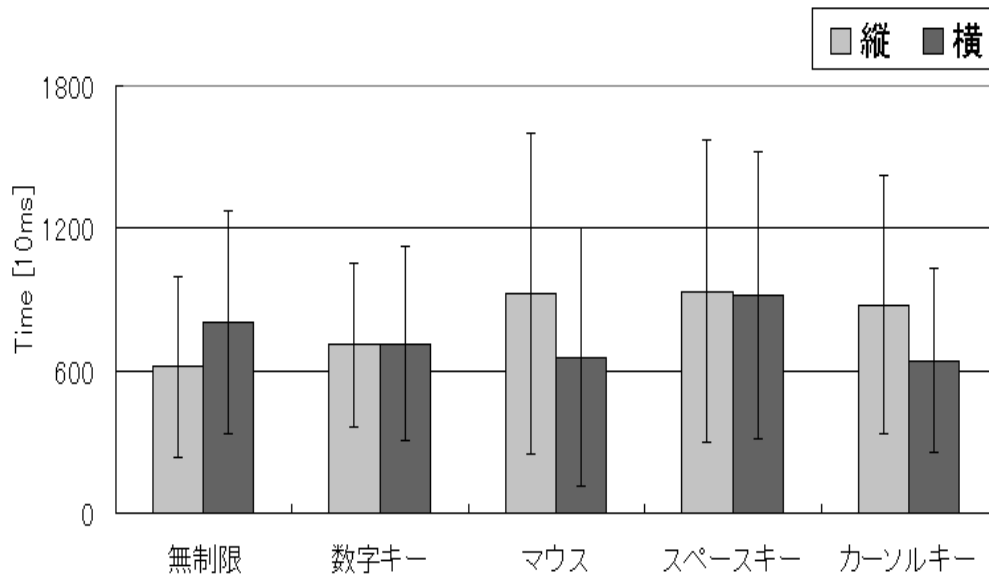


図 2.22 1 文字入力平均時間

表 2.10 1 文字入力平均時間

10ms	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
縦	615.95	708.28	924.79	935.21	878.60
横	805.36	712.73	656.15	919.14	643.59

各選択方法の 1 文字入力あたりの結果は図 2.22 のようになった。縦表示での選択方法による有意な差は認められなかった ($F(4,95)=1.43, p>0.05$)。また、横表示での選択方法による有意な差は認められなかった ($F(4,95)=1.10, p>0.05$)。

二つの表示形式で優位な差が認められなかったことと標準偏差が著しく大きい原因として、目標距離が異なっていることが考えられる。

第 3 章

今後の課題

3.1 実験手順について

本実験では t4 において，全選択方法で表示形式による有意な差は認められなかった．実験手順に問題があったといえる．本実験では，縦表示を 5 回実験後に横表示を 5 回．あるいはその逆を行った．このように連続して同じ表示形式を行うと，被験者が慣れてしまう．そこで解決案を述べる．

- ・交互に実験を行う

縦表示を 5 回実験後に横表示を 5 回ではなく，表 3.1 のように縦表示と横表示を交互に実験を行う手順である．

表 3.1 実験手順の修正案

既存	横	横	横	横	横	縦	縦	縦	縦	縦
	縦	縦	縦	縦	縦	横	横	横	横	横
修正案	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横
	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦	横	縦

3.2 実験ツールの修正

- ・表示位置の修正

横表示では，候補一覧が文字入力領域と重なってしまうことの修正が必要である．図 3.1

での横表示(左側)では,このような問題はない.

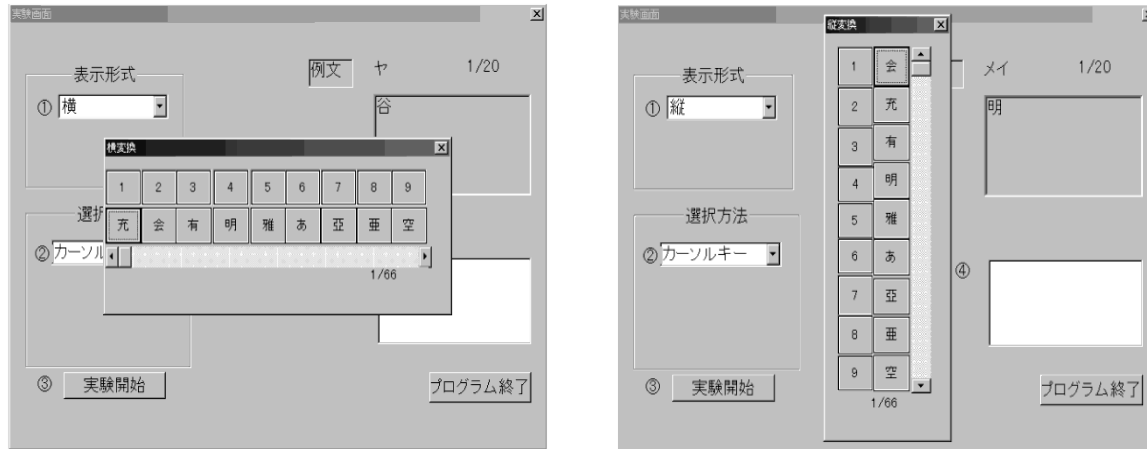


図 3.1 横表示(左側)と縦表示(右側)での候補一覧と文字入力画面の関係の比較

- ・ 縦表示, 横表示のボタンの大きさの統一

縦表示(図 2.1)と横表示(図 2.2)ではボタンの高さが 0.1cm 異なっていたため,これを修正する必要がある.

3.3 単字入力における解剖的な分析 t1 ~ t5

本実験では,単字入力において t4 が日本語入力 66% ~ 70% かかっていることがわかった.単字入力にかかった時間は縦表示では 8.64 秒,横表示では 7.98 秒ということがわかった.実際に単字入力はあまり遭遇しないが,候補数が 50 個や 100 個といった増加する場合は t4 が一番時間がかかることがわかった.本実験の結果を生かして今後は単語入力,文章入力実験を行い,入力操作の流れを考慮に入れたより日常的なケースを検証する必要がある.

3.4 選択方法による選択効率

2.4.6 で述べたように選択方法による有意な差は認められなかったものの,主観的評価では評価が異なった(図 2.12).異なった理由として, Fitts の法則からスペースキーやカーソル

キーは距離が遠くなればなるほど時間がかかるということが一因ではないかと考える。本実験では Page Up/Down キーを数字キーだけに限定したことで、この問題が分かった。スペースキー、カーソルキーでの最大の問題はページの切り替えをするには、カーソルを1つずつ移動しなければならないので時間がかかることである。以上の点を踏まえて、スペースキーやカーソルキーで Page Up /Down キーを使用できるようにした検証が必要である。

カーソルキーは上下左右とキーが4つあるので、下のようなインタフェースを考える。これは横表示の場合であり、縦表示では、上下と左右の機能を反対にする。このようにすれば、Page Up /Down キーに手を移動する時間もかからないので効率がいいと考える。

Page Up

left scroll right scroll

Page Down

今後の新しい選択方法の検証として、Page Up/Down キーを数字キーだけに限定したので Page Up/Down キーを使用しない数字キーの選択方法の検証と、Page Up/Down キーをスペースキーとカーソルキーで使用できるようにした選択方法の検証が挙げられる。

3.5 表示形式による選択効率の検証

本実験では表示形式に縦表示 (図 2.1)、横表示 (図 2.2) の二種類を用いた。両者にはっきりした差を見出すことはできなかったが、新しいインタフェースを考察する起因となった。今回使用した縦表示や横表示は、候補番号と変換候補が2列あるいは2行に分類されているが、これを1列や1行にしたインタフェース (図 3.3 や図 3.2 (左側)) を考える。もうひとつは図 3.2 (右側) のようなテンキーに対応したものも考えられる。

また、表示する候補数を9個にしてあるが、6個や12個といった候補数の検証、ボタンの大きさや形の検証、ボタンとボタンの間の検証、候補の字の大きさやフォントの検証、ス

クローラーの大きさや位置の検証も必要である。

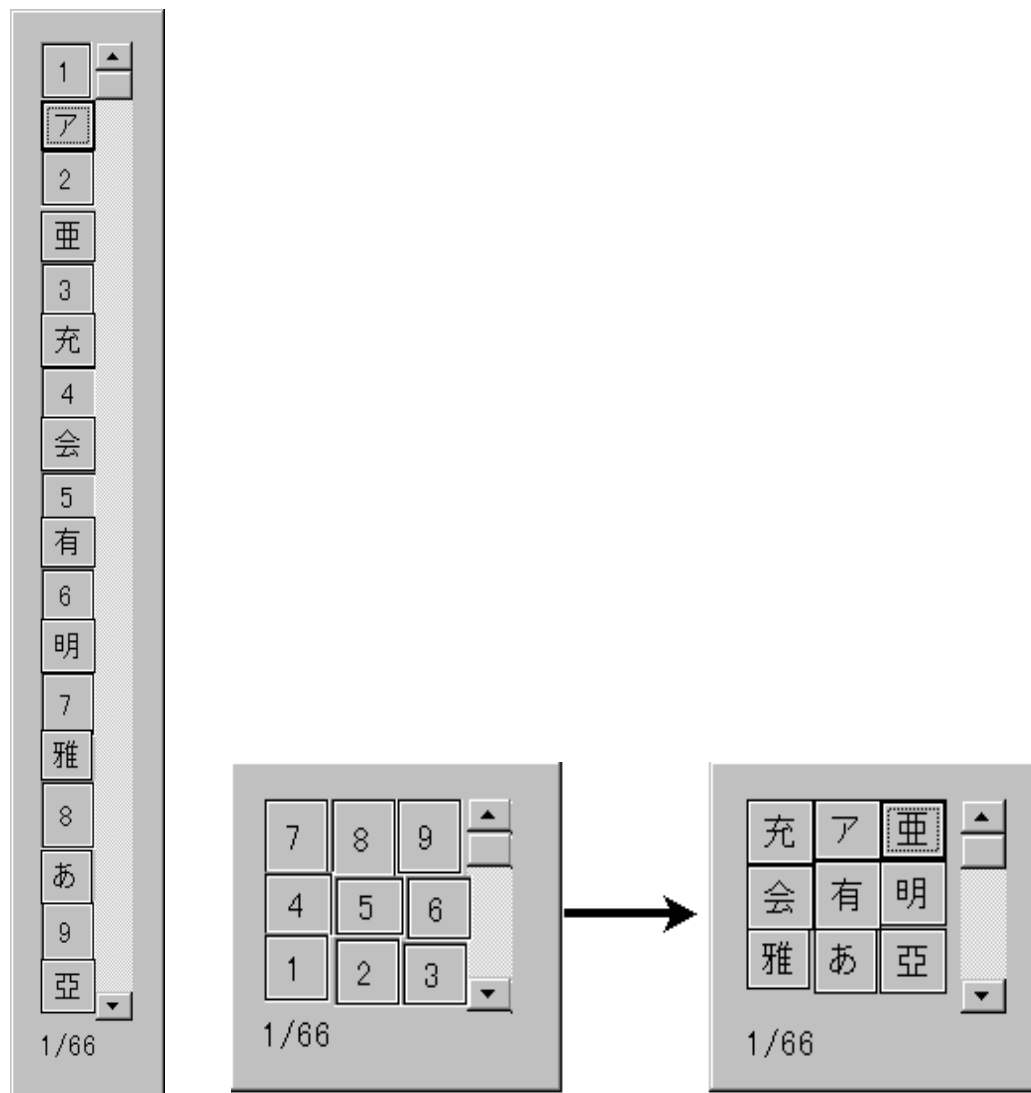


図 3.2 縦表示（左側）と表表示（右側）のデザイン案



図 3.3 横表示のデザイン案

第 4 章

まとめ

本研究では，ローマ字変換入力について解剖的な分析と表示形式と選択方法の入力効率を調べた．表示形式に縦表示 (図 2.1) と横表示 (図 2.2) を用意し，選択方法として，スペースキー，カーソルキー，数字キー，マウス，無制限を用意し実験手法とした．

その結果， t_4 が文字入力に最も時間がかかることがわかった．表示形式の結果として，3.5 で述べたように表示形式による t_4 の差は横表示の方が 0.7 秒速かったが，今回実験に使用した表示形式では差がないことが分かった．選択方法の結果として，Page Up/Down キーを使用した数字キーが最も効率が良かった．

このことから，候補が増えても影響を受けにくいインタフェースの開発の必要性を見出すことができたと言える．

謝辞

本研究の機会を与えて頂いた指導教員である高知工科大学情報システム工学科任向実講師に何かとご多忙の中，研究の進め方や物の見方などをご指導して頂いたことを深謝致します．

また，本論文の査読審査の段階において，有益な意見やアドバイスを頂きました高知工科大学情報システム工学科岡田守先生，篠森敬三先生に感謝の意を表したいと思います．

本研究の実験ツール製作に暖かいご助言を頂きました，任研究室の加藤泰史君，前川和登君，植木良君，植田竜介君，小笠原将文君に感謝します．

本研究の予備実験を含め実験にご協力して頂いた，任研究室の4年生，3年生，濱村研究室の3年生，菊池研究室の4年生である金井めぐみさん，川西志穂さん，清水研究室の4年生である池上奈津子さん，岩田研究室の4年生であるそね田紘貴君，坂本研究室の4年生である赤間寛君，みなさんに感謝します．

また，本研究の助手として手伝ってくれた3年生の谷友嘉に感謝します．

参考文献

- [1] Heloisa Martins Shih , Pavindra S. Goonetilleke : Effectiveness of Menu Orientation in Chinese , - Human Factors , pp.569-576 (1998) .
- [2] Jingtao Wang , Shumin Zhai , Hui Su : Chinese Input with Keyboard and Eye-Tracking -An Anatomical Study , CHI 2001 • 31 MARCH - 5 APRIL , pp.349-356 (2001) .
- [3] 山田尚勇: 常用者のための日本文入力法の基礎的研究について , 学術情報センター紀要 , No.7 1995 , <http://www.sonycl.co.jp/person/masui/PenInput/tcode>.

付録 A

アンケート用紙

A.1 実験用アンケート用紙

実験実施日	年 月 日()		時	分			
場所							
被験者のプロフィール							
I D、名前							
年齢、性別	才	男	女				
学科名	学科						
パソコン歴	年	ヶ月	(縦: 年 ヶ月 横: 年 ヶ月)				
現在の使用環境(PCの)	デスクトップ	ノート	etc				
現在の使用環境(OS)							
パソコンに関する所有資格							
実験評価							
それぞれの選択方法、表示方法の評価 ←悪い 良いい→							
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
[縦、横]、[ス、カ、数、マ、無]	1	2	3	4	5	6	7
							注意 実験した順番に 記入すること
無制限では何を使いましたか?							
① 選択候補とカーソルが近い場合	[ス、カ、数、マ]						
② 選択候補とカーソルが遠い場合	[ス、カ、数、マ]						
③ 選択したい候補を行き過ぎた場合	[ス、カ、数、マ]						
④ ページの切り替え	[ス、カ、数、マ]						
コメント:							

付録 B

例文

B.1 実験例文

選択方法	無制限	数字キー	マウス	スペースキー	カーソルキー
表示形式	横	横	横	横	横
1	燃	馬	宗	和	谷
2	票	米	宗	欣	枝
3	場	舞	顔	良	須
4	迂	漢	人	任	福
5	率	雷	高	碍	濱
6	丹	友	實	蒜	竹
7	白	釣	恋	安	植
8	野	窯	賀	龜	田
9	築	画	川	番	木
10	在	筍	水	龍	小
11	渴	圍	氣	成	前
12	槽	週	日	血	加
13	豚	空	開	麵	嘉
14	鎖	伝	卵	漂	伊
15	速	螺	当	知	里
16	書	壺	掃	艇	奈
17	億	亜	羅	餓	次
18	譜	蔚	茶	料	童
19	薫	話	列	製	史
20	蕊	賞	酒	嶽	文
	蕊	賞	顛	蝟	角