

カナキーボードの文字配列の評価

黒須正明、中山剛

(日立製作所 中央研究所)

1. はじめに 日本文入力のために、現在漢字タブレットをはじめ各種の装置が使用されている。その中でもカナキーボードは、タッチタイプができるため、習熟につれて高速入力が可能になるというメリットがあり、今後、市場における日本語情報処理の普及につれて、ますます数多く利用されてゆくと考えられる。しかし、現在市場で用いられているカナキーボードは、基本的にはいくつかの系統に分類できるものの、細かく見ると、その文字配列や使用方法がきわめて多様であり、ユーザーに混乱を引きおこしている。この点についての指摘はこれまでに何度もなされてきたので、ここでは深く触れない(例えば文献1)。ともかく現在このような事態にたち至ってしまったのは、キー入力の最適化が容易でないことによる。キーボードの最適化とひとこと言っても、実際にはどのような観点にたつかで様々な代案を立てることができる。また欧米でDVORAK式キーボードがたどったように、現状より優れていると考えられても、必ずしもそれが普及するとは限らない。キーボードの最適化には、このような困難が待ちうけているが、我々は本論に述べるような方法で最適化への人間工学的、心理学的評価を実施した。すなわち、まず、カナキーボードによる習熟実験を行ない、習熟性能とエラーの分析を行なった。次いで、カナキーボードにおける運指性能の測定実験を行ない、運指解析を行なった。これらの評価データの解析結果をカナの頻度データと照合することにより、カナキーボードを、文字配列の改善という観点から効率化する試みを行なった。

2. カナキーボードの現状 カナキーボードの配列には、現在、カナモジカイ系、ローマ字系、電信系といった系統の他にも和文タイプや漢字タブレット同様の整配列など、いくつかのパターンがある。JIS規格も制定されているが、印刷電信系³⁾、カナローマ字タイプライタ⁴⁾、情報処理系⁵⁾と領域別に3つにわかれている(図1)。後2者のキーボードはカナモジカイ系の配列で、周辺の文字配列などに関してバリエーションを生じてはいるが、現在広く使用されている。特に、情報処理系の配列は、日本語情報処理の普及につれて、大型計算機端末はもちろん、日本語ワードプロセッサやオフィスコンピュータ、パーソナルコンピュータなどにも採用されている。我々は、カナキーボードの配列を検討するにあたり、上記の理由から情報処理系のJIS配列をベースとして選び、評価検討を実施した。

(但し、実際に使用した配列は周辺に若干の配置変えがなされたものであった。) 次章以降、JIS配列というのは情報処理系のものとする。

現在のJISの配列をその制定経過との関連でみると以下の通りである。まず、1917年に通信省で電報用の配列として電信機用JISが制定された。その後(1964)一般事務や会計機械のための配列(カナローマ字用JIS)を制定する際、既に民間で広く使われてきたカナモジカイの配列(図2)を基本とした。この際、カナモジカイ配列と電信機用JISとの優劣はつけがたいということで2つのJISが並存することとなった。カナローマ字用JISは、従来の欧文キーボードを元にして考えられたためキーの最少数は43とされ、カナモジカイ配列で下段にシフト入力として割りあてられていた文字は、できるだけシフトなしで入力できるように配置された。しかし、それでも一部の文字はシフト入力として残り(最少配列の場合)、また、助詞として使われるヲやツァユヨのカナ小文字もキー数の関係からはぶかれた。この配列はキー数を増やした場合に対し大きな自由度を与えているため、カナタイプライタの配列は特に周辺に関して変種が数多く出る結果となった。ところで、この配列はタイプライタの配列のだったため符号を規定していなかった。そこで情報処理やデータ伝送のために、JISC6220の符号を用いる鍵盤として1972年に情報処理系JISが制定された。この配列はカナタイプJISの配列を尊重したもので、キー数が48(図形文字)と増えたため、ほとんどのカナはシフトなしで入力できるようになったが、それでもア行を含むカナ小文字とラはシフト入力とされた。

これらの配列の元となったカナモジカイ配列は、A) 使用頻度の高い字を中2列にまとめる。B) 高頻出の2連字を左右に分ける。C) 濁点のつくものを左手に、濁点キーを右手に配す。D) 50音の同じ行を近くにまとめる。といった配慮がなされている(文献2による)。Aは頻度と運指性能の対応づけ、BやCは頻度や濁音による左右交互打という考え方、Dは初心者への分かりやすさといった点を意図しており、人間工学的な考え方が導入されている。したがって、それを踏襲したJIS配列もかなり操作性のよいものと考えられるが、現在には次のような問題点が指摘されている。A) 左手にくらべ、右手、特に小指の負荷が高い。B) 必ずしも、高頻出の左が運指性能の良い位置

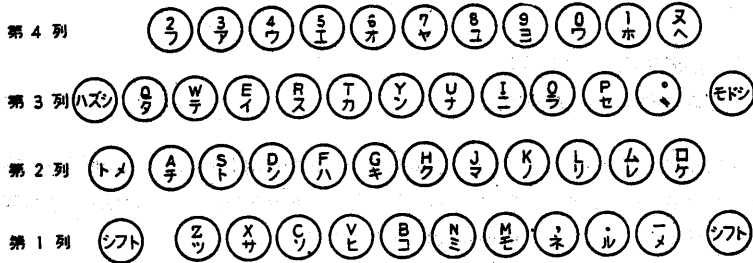


図 1-1 印刷電信機のけん盤配列 (JIS-C-0803)

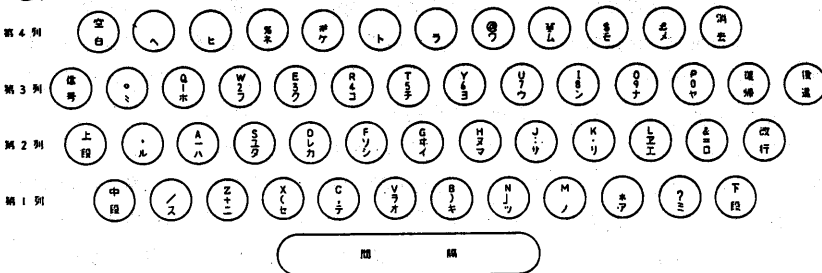


図 1-2 カナ・D-マ字タイプライターのけん盤配列 (JIS-B-9509, 同2)

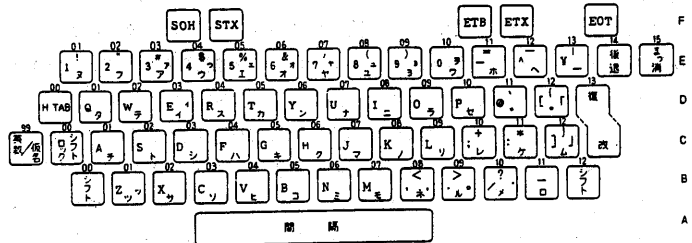


図 1-3 情報処理系けん盤配列 (JIS-C-6233) 同2

② タをとった。一般に公表されている入力速度のデータはトップデータであることが多く、一般ユーザーの水準に関する目安を得ることも目的の1つである。エラーについてはその直接の原因は、疲労などから生じた人間の不注意であるが、機械の側にそれを助長する誘因がある場合には、そこを明らかにすることで、効率向上を期待できると考え、内容的な検討を主に行った。

3.1 実験方法 キーボードとしては、B社のカナコンピュータタイプ(44キー)を使用した(図3)。この配列では一部のカナにシフト入力を割当てている。実験は3カ月半にわたり、10名の被験者(男子9名、女子1名、年齢は23から46才、平均31.6才)を使って実施した。各被験者は総回数101日(内実験可能は66日)のうち都合の良い時に参加した。したがって、参加回数は40から16と人により巾がある。実験は、市販のカナタイプ教科書を使用した練習20分と、50音のすべてを使った文字

にきていない。C) 2連打鍵の解析がまだ不十分である。D) 濁点を使用するカナが右手側に残っている。(ホ、へなど) E) 助詞のヲや句読点がシフト入力になっている。F) 50音のブロック化が不徹底である。などである。これらの中には、BやC対Fのように両立が難しいものや、AやFのように人間の指の数に限りがある以上、完全に問題を解結することが難しいものなどもあるが、やはり少しでも理想に近い形へと改善への努力を行うべきではあろう。

3. カナキーボードの基礎的検討 カナキーボードの操作性を評価するため、JIS配列を使った習熟性能とエラーの分析を行った。習熟性能については、一定時間内に入力したストローク数が練習期間内でどのように推移したかというデー

列(50音、イロハ、トリナク...の3つを個人別にローテーションで使用)を使用したテスト5分とからなる。スピードとエラーに関しては、できるだけエラーをおこさない範囲でスピードをあげて打つよう教示を与えた。

3.2 結果-1 習熟性能 全被験者の平均とSDを図4に示す。実験回数が被験者によって異なるため、試行によって用いたサンプル数には差がある。ゴンペルツ曲線をあてはめると図中の回掃式が得られた。この式は、1.32・5に漸近する。したがって素人としてタイプを練習する場合には、この辺が1つの到達水準であるといえる。仮に実用になる入力速度を50ストローク/分以上とすると、大体11試行、つまり毎日25分、2週間練習をしなければならない。これは大部分、文字配置の基本を覚えるための時間と考えられるが、全くの素人が強制されずに耐えねばならない学習時間としては短くはない。

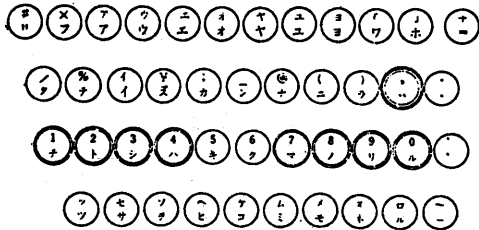


図2 カナモジカイ式キーボード(文転2より)

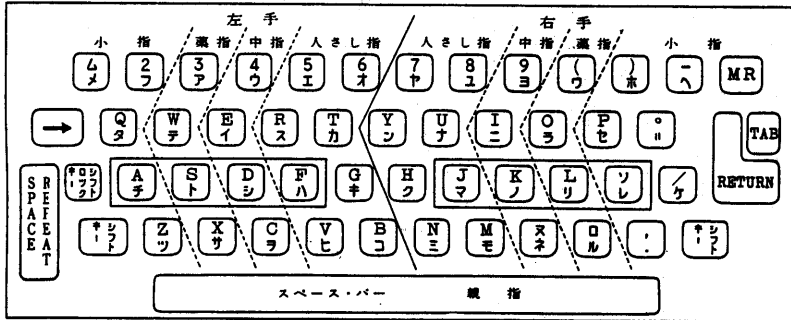


図3 実験に使用したB社製カナコンヒコタイプラターの面2より

②

周辺部のキーをへらそうとシフト入力を導入すれば、かえってそれがエラーの源になるという事態が明らかになった。

次にエラーはよく使わない文字に多発するかどうかを調べるため図6を作成した。上記の理由からイを除外すれば、基本的にそれらしい傾向は認められる。しかしエラーは本来複数の要因のからみあいが生じるであろうから、更に総合的な分析が必要である。なお、エラーをタイプ分類して図10に示す。大別すると近隣のキーに対するエラーが過半数を占め、次いで指は同じだが左右のちがうエラー、違いキーとのエラー、という順である。

3.4 結論 習熟実験によると、素人でも130ストローク/分程度には到達できること、しかし実用速度に達するのにかなりの時間を要することが分った。配置の覚えやすさと入力効率を両立させることは困難だが、さらに検討の必要がある。又、エラーはキーボードの周辺部で、特にカナのシフト入力に対して多発した。キーを分散すれば指は更に到達しにくくなるし、集中してシフト入力にすればエラーが多くなるため、この問題の解決は困難だが、文字の頻度等を考慮して更に検討する必要がある。

4. カナキーボードの最適配置 キーボードの配置を最適化するには、運指データと頻度データが不可欠である。そこで頻度データは既存のもの⁹⁾を利用することとし、運指データを実験で集めることにした。

4.1 実験方法 実験はT社製マイクロコンピュータで

3.3 結果-2 エラーデータ 実験中生じたエラーの率は図5に示すように1から4パーセントである。発生したエラーを指別にみると図7のように、総数では人差し指が多いが、1キーあたりの値にすると左中指が多く、右小指が少ない他は大体同じレベルである。具体的にキーボード上でその内訳を見ると図8のように特定の部分にエラーが集中する傾向がみられる。左中指に多かったエラーは、ここに見られるようにイとI(ローマ字のイ)が左右の中指に割当てられていたためと考えられる(これは以前ローマ字入力を訓練した被験者に多発した)。

それ以外のエラーは、上段や下段の周辺部のキーに多く発生している。図9にその内容をさらに具体的に示す。ここでは、シフトでカナを入力する所でのエラーが多いことがわかる。以上のように、キーボードの周辺部では指の動きの精度が落ちてエラーが多くなるが、反対に

行った。このキーボードは図11に示すとうり、JISとはロの位置が異っている。又これは独自のスカルプチャー構造を採用している。今回は、研究方法の探索ということで被験者は1名(英文270ストローク/分、カナ150ストローク/分)だけを使用した。実験はランダムに指定されるカナキーとそのHOME位置との間を、出来るだけ速く10回往復するというやり方で、1セッションは46キーX21打からなる。今回は9セッションのデータを解析に用いた。

4.2 結果-1 運指時間とエラー 平均運指時間は図13に示すとうり、HOMEから離れるにつれ長くなっている。又利き手の効果も明らかである。次に運指を往(HOMEからKEY)と復(KEYからHOME)に分けてその平均時間の差を調べると図14のようになった。HOME段より上は往に、下段は復に時間がかかっている。これは、キーボードの段とは関係なく、人間の指は伸すより縮める方が早いことをあらわしている。又エラーは、図15のように、原則としてHOMEから違い位置で発生した。これらの結果から、運指性能はHOMEからの距離や手の左右、指、キーボードの段などによって総合的に決定されているのではないかと考えられる。

4.3 結果-2 数理化理論による運指性能の総合的検討 表1にあげた各種変数と運指性能(往復平均による片道分の時間)、エラー率との関係を図12に示す。ITE

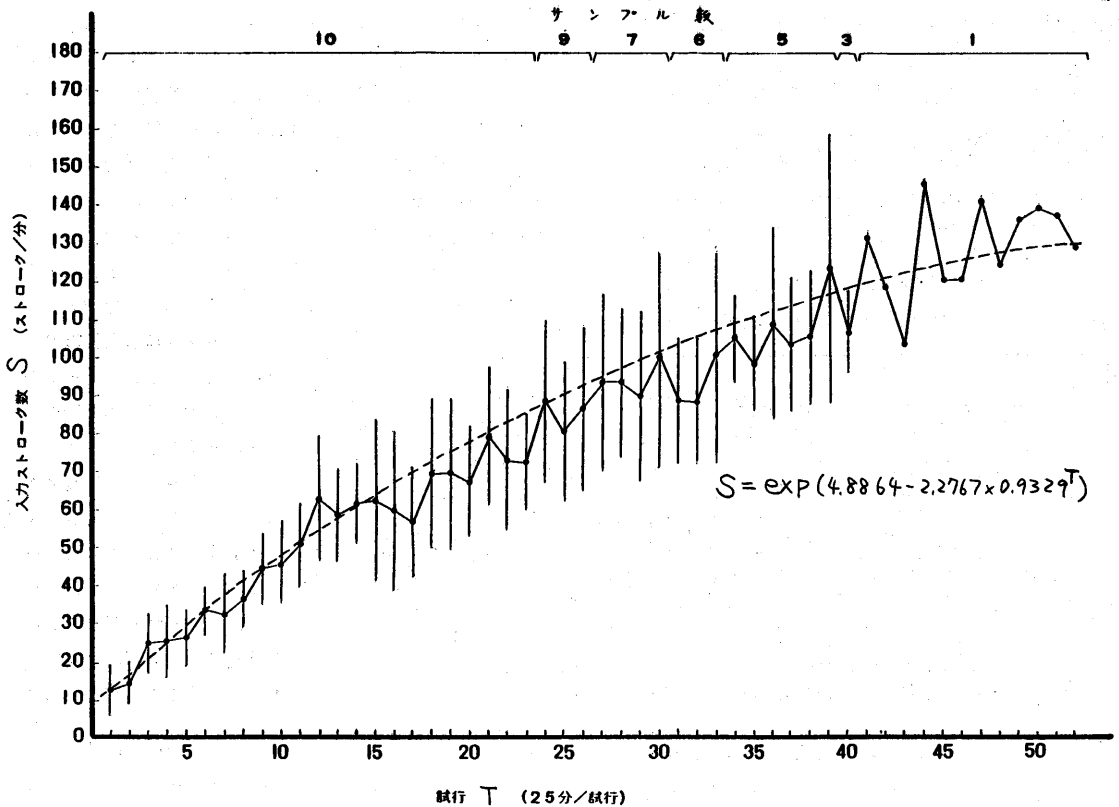


図 4

カナタイプ習熟曲線 (被験者10人の平均値(○)と標準偏差(棒線))

M1のキーボードの段ではHOME段から離れるほど時間がかかり、ITEM2の指では中指が最もはやく小指が最もおそい。ITEM3の手の左右では左手の方がおそく、ITEM4のHOMEからの距離では、ほぼ線型に時間が増加している。これらを総合的に検討するために林の数量化理論I類を適用し、結果を表2に示す。この方法は、重回帰分析と同じ目的で使われるが、独立変数が連続変量でなく、カテゴリデータである点が異なる。ITEM4は本来は連続変量であるが、他のカテゴリ変数にあわせるため、5段階評価に変換し(2に相当するデータがなかったため、全部で4カテゴリとした。)で使用した。

結果の中でRANGEの値を見ると(表の下方)、運指時間に対してはHOMEからの距離が最も影響力が強く、次いで指、手、キー段、の順である。データと予測値の相関係数も0.96と高く、運指時間の変動はこれら4変数により大変よく説明されている。HOMEからの距離がきているのに、キー段がさほどでないのは、キー段が運指に絶対的な意味をもつのではなく、HOME位置からの相対的距離として意味があることを示しており、興味深い。

したがって、これを用いれば、実験で用いなかったキー位置などに対しても、運指時間の推定を行なうことができる。

エラー率については、HOMEからの距離の効果が最も大きいですが、他の変数はあまりきいていない。相関も0.72とあまり高くない。

以上のことから、運指時間にはHOMEからの距離が最も影響力をもつが、それだけでなく、他の変数との総合的な形でその値が決まっていると考えられる。この結果はまだ被験者が1名だけであり、今後の実験的拡充が必要である。

4.4 キー配置の最適化 運指性能の面からキー配置を最適化するには、高頻度の文字を運指時間の短い位置、すなわちHOME位置から近く、小指以外の指の分担で、できれば右手で打てるように配すればよい。運指性能には、単独運指だけでなく、連続打鍵時の効率も考慮すべきであるが、実験も大規模になるので、今回は濁点の処理を左右交互打ちにするという形で最適化を試みた。その結果を図16に示す。現在のJISでは、頻度が分散配置されており、段使用率もHOME段を充分に使っていない、など間

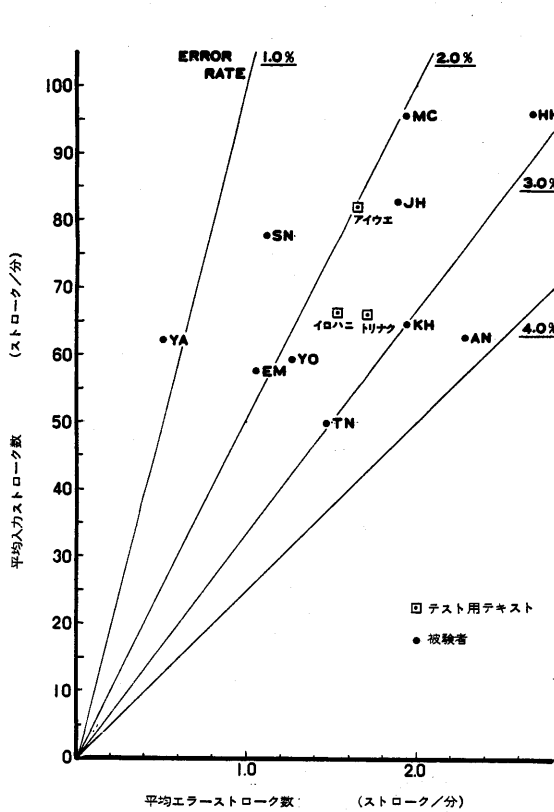


図5 カナタイプにおけるエラーの出現率

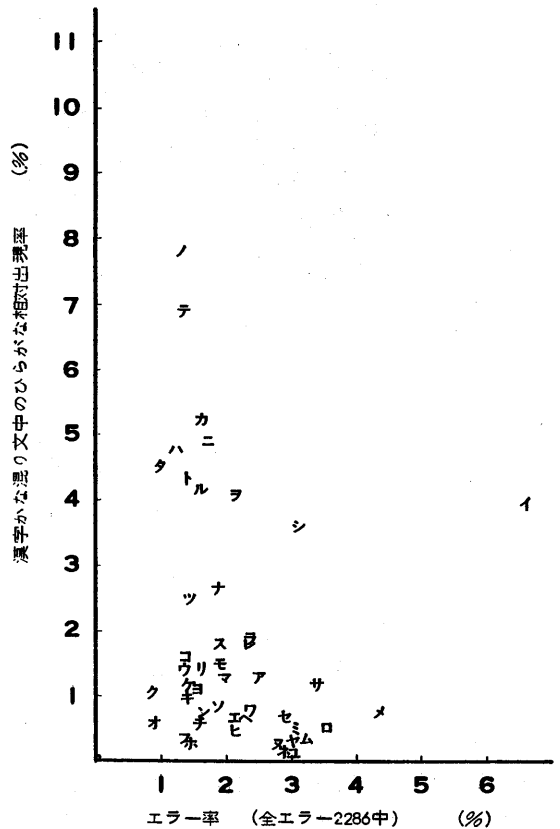


図6 エラー率とかな文字出現率の関係

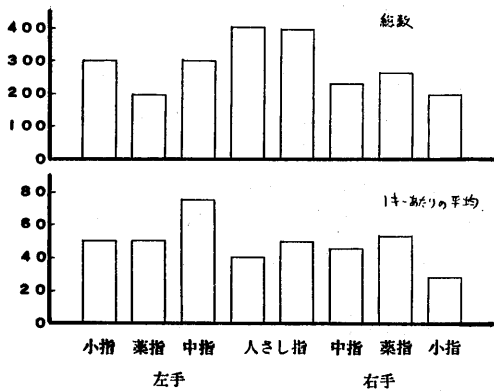
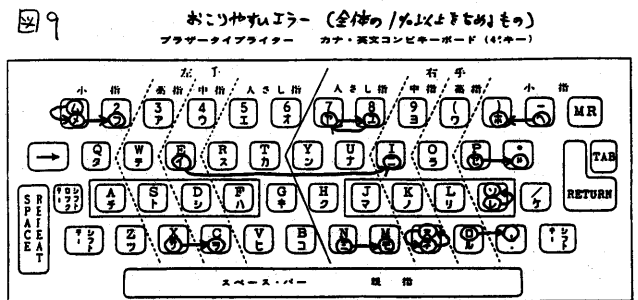
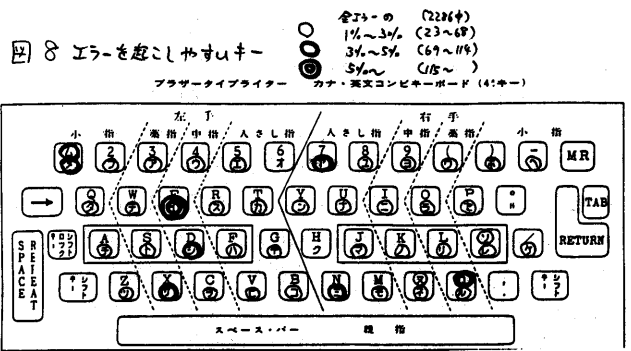


図7 指ごとのエラー発生数(カナタイプ) 総計=2286



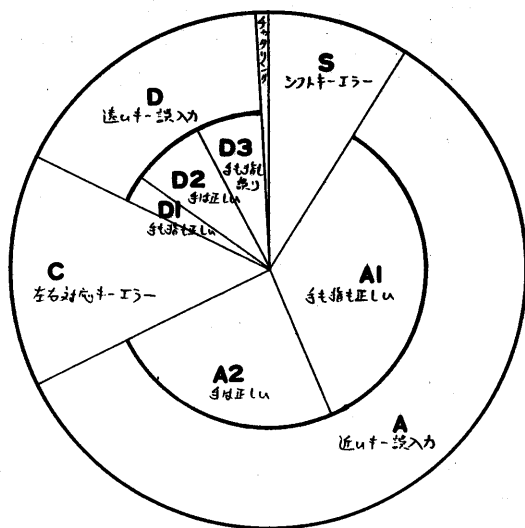


図 10 各エラータイプの出現率(カナタイプ)
 (のり 108327 字の入力データに於ける 22866 のエラーに
 由る結果 : エラー率 2.19%)

題があるが、改良試案ではHOME位置から頻度が円環状に配置され、段使用率も適正化されている。又、濁音となるカナ(・付)と濁点とは完全に左右に分離された。ここでは50音のブロック構造も不完全ながら保存され、覚えにくさは大体JISと同じレベルではないと思われる。

5 結論 習熟実験と運指実験により、カナキーボードの文字配置を検討した結果、HOME位置から遠いほど、時間もかかり、エラーも増すこと、シフトによるカナ入力はエラーが発生しやすいこと、などが明らかとなった。この結果を頻度データとあわせることで、キー配置の最適化を試みた。キー配置を真に最適化するには、まだ様々な問題点がある。まず、頭の負担と指の負担のバランスがある。運指性能はよくても、どのようにしてキーを打つべきかを頭で考える時間が長ければ、全体的効率は向上しない。また、高速入力を目ざして配置を決めても、習熟性が悪いとユーザーが仲々とりついてくれない。反対に、整配列のようにわかりやすさだけを目ざすと、入力効率は犠牲にされる。このような改善は、徐々にやるよりは、全国的規模で一斉に実施できることが望ましい。そのためには、今後もDIGRAPH頻度と2連字運指データとの対応などを検討してゆく必要がある。

6. おわりに 本研究は当社の日本語ワードプロセッサグループの一員として行ったものであり、多数の同僚の協力の下に実現されたものである。記して感謝の意を表す。

7. 参考文献

- 1) YAMADA, H. : タイプライタとその入力方法の歴史的考察—日本語タイプライタの開発動向への視点一、(小森和彦訳)、(1) - (6)、BIT、13 (7)、P. 872-880、13 (8)、P. 974-983、13 (9)、P. 1112-1121、13 (10)、P. 1248-1255、13 (11)、P. 1547-1556、13 (12)、P. 1682-1673 (1981)
- 2) 田中二郎、山田尚勇：タッチ打鍵法による日本文入力法の研究、東京大学理学部情報科学科 TECHNICAL REPORT 78 (01)、PP. 125 (1978. JULY)
- 3) 日本工業規格：印刷電信機のケン盤配列および符号、JIS-C-0803 (1961)
- 4) 日本工業規格：カナ・ローマ字タイプライタのけん盤配列、JIS-B-9509 (1964)
- 5) 日本工業規格：情報処理系けん盤配列、JIS-C-6233 改正 (1980)
- 6) ムラタタカオ：カナモジノシュツゲンドスウ、カナノヒカリ、5 (1960)

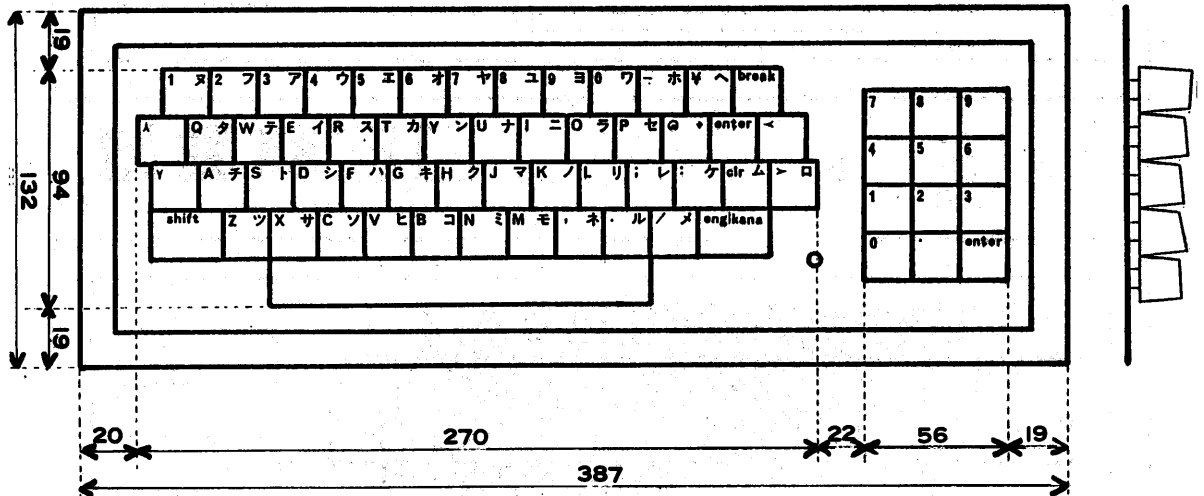


図11 実験に使用したT社製マイクロコンピュータの配列

表1 独立変数リスト

ITEM	内容	CATEGORY	内容
1	キーボードの段(行)	1	最上段
		2	上段
		3	中段(ホ-4段)
		4	下段
2	指	1	人差し指
		2	中指
		3	薬指
		4	小指
3	手の左右	1	左手
		2	右手
4	HOME位置からの距離 (mm)	1	$d < 16.5$
		2	$16.5 \leq d < 30.7$
		3	$30.7 \leq d < 45.0$
		4	$45.0 \leq d$

*5段階評価: 平均 23.62, SD 14.25 による。但しカテゴリ-2は該当なしのため、3→2, 4→3, 5→4のようにシフトして4段カテゴリとした。なお、KEY間の距離は18.95mm(実測)として値を求めた。

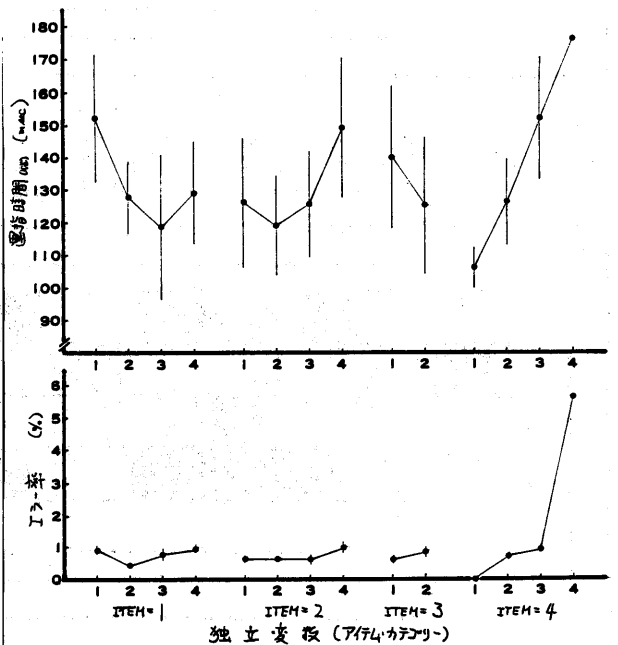


図12 独立変数(キーボードの段、指、手の左右、HOMEからの距離)と遷移時間、エラー率の関係(平均と標準偏差を示す)。

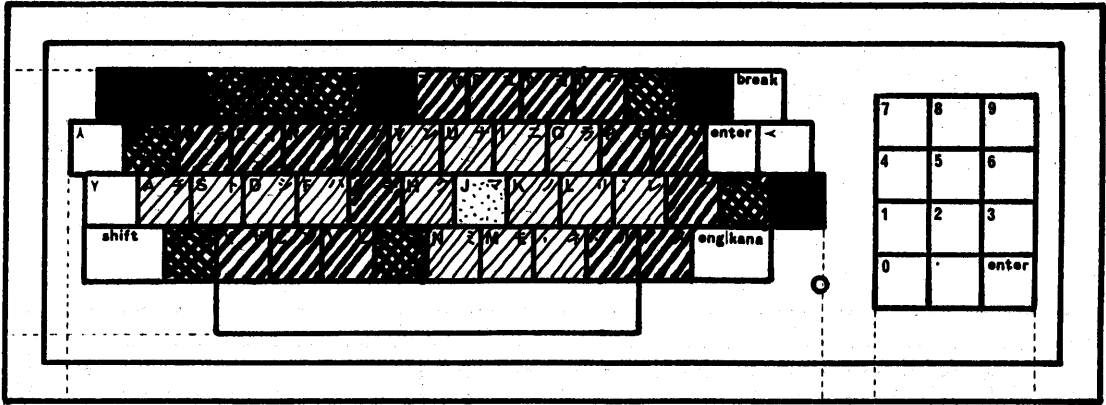


図13 運指時間のけん盤上の布置
(4道平均)

(平均 132.13
SD 22.26
による5段階化)

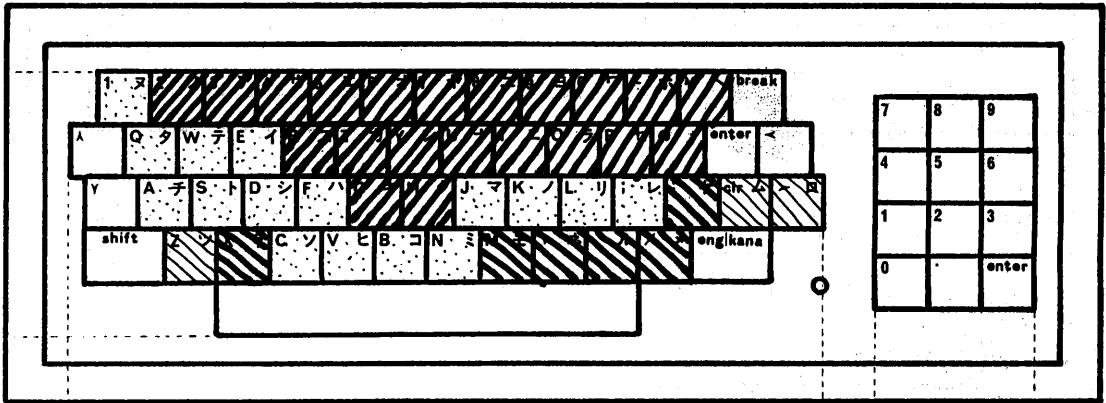
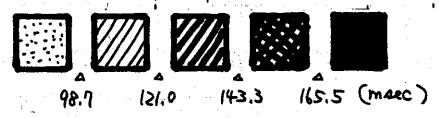


図14 運指往復時間のけん盤上の布置
(7検定結果)
(往: HOME→KEY, 復: KEY→HOMEの平均値の差)

往 >> > < << 復
HOME→KEY 14%有差 54%有差 54%有差 14%有差 KEY→HOME

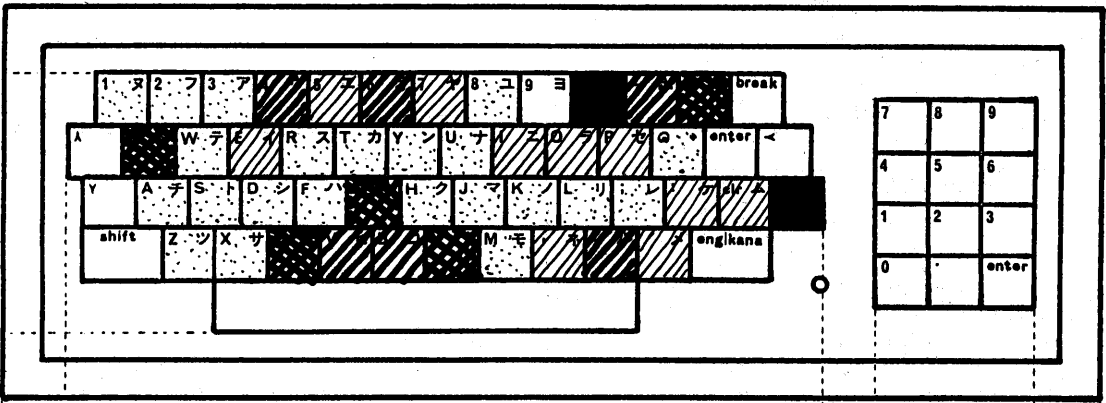


図15 エラー率のけん盤上の布置



表 2. 数量化理論I類による運指時間とエラー率の分析結果

++++ RAW DATA ++++

ITEM CAT.	1				2				3				4				CRITERION VARIABLE	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	RT(msec)	ERROR (%)
1	アイ	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	155.200	0.000	
2	ウ	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	126.800	0.600	
3	エ	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	151.400	1.100	
4	オ	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	158.900	0.600	
5	カ	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	165.500	1.100	
6	キ	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	138.700	0.000	
7	ク	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	134.100	2.800	
8	ケ	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	104.200	0.000	
9	コ	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	130.300	0.600	
10	ク	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	149.700	1.700	
11	サ	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	134.700	0.000	
12	シ	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	104.600	0.000	
13	ス	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	130.100	0.000	
14	セ	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	137.500	0.600	
15	ソ	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	125.100	2.200	
16	タ	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	145.800	2.200	
17	チ	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	119.700	0.000	
18	ツ	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	153.300	0.000	
19	テ	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	132.700	0.000	
20	ト	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	104.100	0.000	
21	ナ	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	109.200	0.000	
22	ニ	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	110.700	0.600	
23	ヌ	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	183.100	0.000	
24	ネ	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	113.500	0.600	
25	ノ	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	103.200	0.000	
26	ハ	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	104.700	0.000	
27	ヒ	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	133.700	1.100	
28	フ	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	178.400	0.000	
29	バ	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	167.700	2.200	
30	ホ	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	163.900	1.700	
31	マ	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	98.300	0.000	
32	ミ	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	108.700	2.200	
33	ム	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	151.800	0.600	
34	メ	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	142.700	0.600	
35	モ	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	110.300	0.000	
36	ヤ	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	130.400	0.600	
37	ユ	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	122.900	0.000	
38	ヨ	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	122.300	0.000	
39	ラ	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	117.900	0.600	
40	リ	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	106.200	0.000	
41	ル	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	121.300	1.100	
42	レ	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	109.900	0.000	
43	ロ	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	176.100	5.600	
44	ン	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	135.300	3.300	
45	、	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	117.000	0.000	
46	、	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	136.200	0.000	

運指時間

ITEM	CATEGORY	SCORE	RANGE
1	1	117.287	8.176
	2	112.842	
	3	109.111	
	4	113.629	
2	1	0.000	22.860
	2	-2.934	
	3	3.291	
	4	22.860	
3	1	0.000	17.155
	2	-17.155	
4	1	0.000	61.284
	2	17.725	
	3	36.528	
	4	61.284	

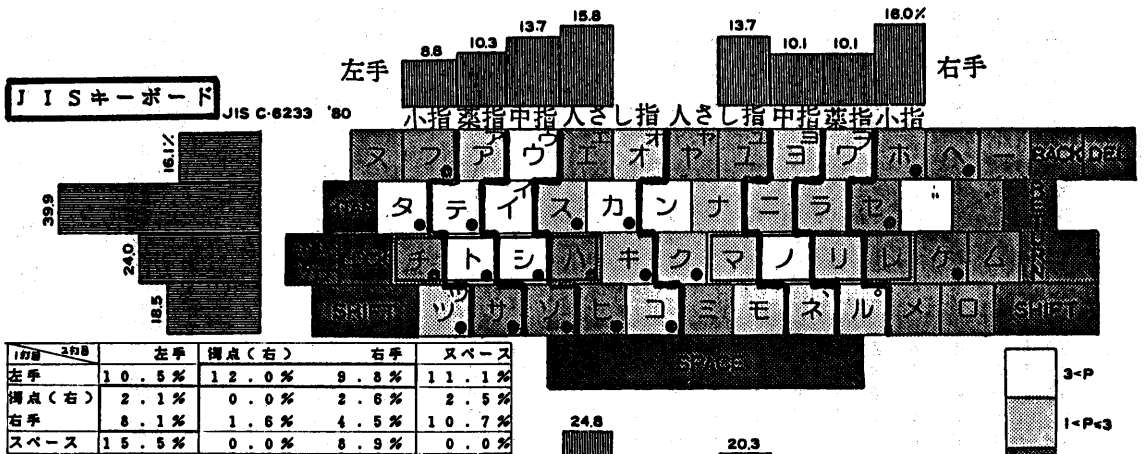
エラー率

ITEM	CATEGORY	SCORE	RANGE
1	1	-0.409	0.568
	2	-0.639	
	3	-0.071	
	4	-0.134	
2	1	0.000	0.147
	2	0.147	
	3	0.134	
	4	0.039	
3	1	0.000	0.019
	2	-0.019	
4	1	0.000	5.650
	2	1.006	
	3	1.242	
	4	5.650	

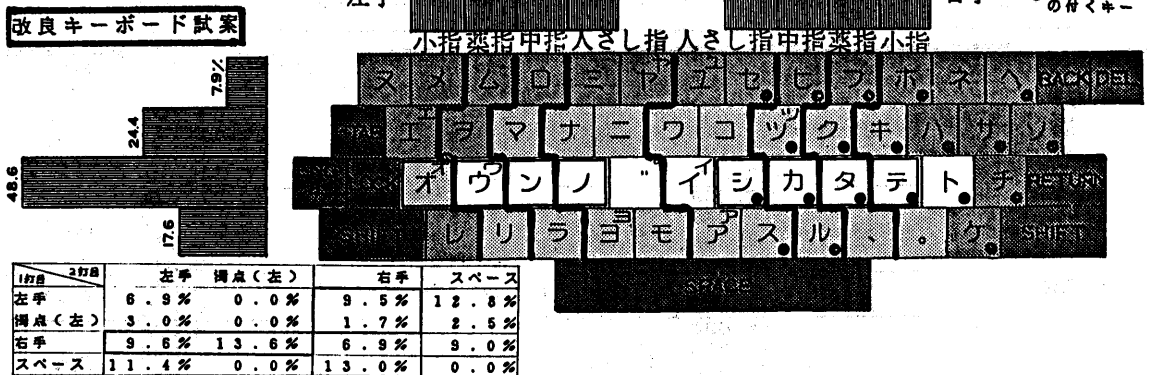
r=0.963

r=0.723

図16 JISキーボードと改良キーボード試案における個別打率と交互打率



交互打率 58.6%



交互打率 61.1%