

## 複合入力処理によるパーム型キーボードの実験

加藤善也 北上義一

ミサワホーム総合研究所

複合入力処理による携帯型キーボードについての実験結果を述べる。従来はこのようなコード打鍵的な操作については、新たな配列を覚えるのが大変であるとか、操作性が悪い、あるいは入力スピードが劣る、との評価を受けていた。したがって、パーム型キーボードは、覚えやすく打ちやすいキーボードの実現のために、子母音を15キーに絞り込み、母音ゾーンと子音ゾーンを分離、さらに日本語のルールを組み込むことで入力効率を向上させる実験を試みた。

本稿では、片手主体で操作できる実験キーボードの設計概念を紹介するとともに、実際に試作した実験用キーボードを使用して取得した評価結果を示す。

## A Proposal and Evaluation of Palm-sized Keyboard Implementing Compound Syllabic Code Input Feature

YOSHIYA KATOH and GIICHI KITAGAMI

MISAWA HOMES INSTITUTE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT CO.,LTD.

A palm-sized keyboard that enables users to input compound syllables of frequent occurrence with single motion has been developed and evaluated. To overcome several difficulties in learning new key sequences and in maintaining typing speed average, the key arrangement on this study has been determined to improve input efficiency by reducing key buttons, key zone setting and key assignments in accordance with Japanese syllabic system. The size of the keyboard is customized to the scale that allows users to grab by one hand and to press keys with the other. This paper shows the design of key arrangement, one-handed typing technique examples and the evaluation results on the test keyboard.





図3 パーム型キーボード

#### 4. 1 パーム型キーボードの特長

パーム型キーボードの特長は小さく、キー数が少ないことである(図3)。ポケットに入れて持ち運びができ、どこでも気軽にPDAとして卓上型のワープロやパソコンと同じ機能を利用して文章を作成することを目標としたためである。設計に際しての基本的な方針は次の四項目である。

1. 覚えやすく打ちやすいキーの配列や大きさ
2. 習熟度による入力操作のレベル化
3. 日本語ルールの組み込み
4. 複合入力のための制御

##### (1) 覚えやすく打ちやすい

###### キーの配列や大きさ

覚えやすいキー配置の実現のため、母音と子音ゾーンを分割し、さらにキー数を最小限にして、日本語の出現頻度と指の運動能力を考慮したキーの配置を考えた(図4)。

##### ●母音ゾーンと子音ゾーンの分離

かなの入力方法には、直接かなを入力する方法とローマ字で入力してひらがなに変換する方法とがある。パソコンやワープロ利用者(専門家を除く)の80%の人が「ローマ字入力方式」を採用していると言われている。その理由は「JISかな」に比べると打鍵数に無駄があり、母音と子音が左右の手に混在していて習熟しづらいにもかかわらず、ひらがなをすべてのキーに割り付けるかな入力のキーボードに比べるとキーの数が少なく、そのため覚えやすくタッチタイピングがしやすくなるからである。

全ひらがなをキーボード上に1対1で配置することを考えると、清音だけでも45文字となり、ローマ字に比べるとキー数が圧倒的に多くなる。

パーム型キーボードもローマ字入力を基本としているが、他のローマ字キーボードに比べキー数が少なく、ローマ字入力部分は三段五列の15キ

ーからなる。手首をあまり動かさずに指が届く範囲を考えると最小限のキーに絞り込んでキー領域を最小とする必要がでてくる。指の運動能力を考慮した領域に加えて、図4のように母音と子音ゾーンを分けているため、ローマ字入力でありながら、ひらがなを意識できる。子音ゾーンは中指、薬指、小指を使い、母音ゾーンは人差指を使って、子音と母音を交互または同時に入力する。

また、図5のようにキーの位置を覚えやすくするため次の二項目を考慮したキーの配列にしている。

1. キー配列に規則性を持たせ、出現頻度の高い文字を打ちやすい位置に配置する。
2. 指の活動力に応じて対象のキー領域を広くする。

このようなゾーンの分離によって、覚えやすく打ちやすいキーボードが実現し、結果的に習熟度や性能の向上を図ることができるのである。

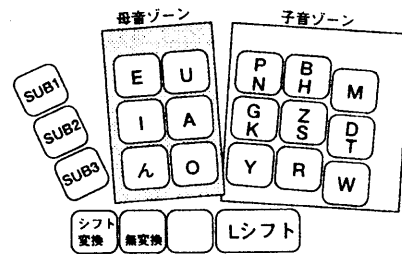


図4 母音ゾーンと子音ゾーン

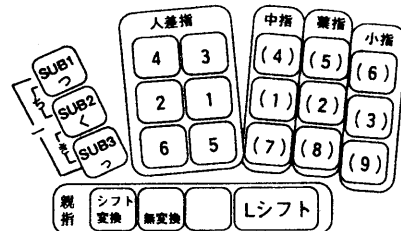


図5 キー部分の打ちやすさの順序

##### ●15キーローマ字入力方式の採用

ローマ字入力方式には、ヘボン式、訓令式、日本式などがある。パーム型キーボードでは訓令式を基本にして、子音ゾーンに「かきたなはまやらわ」行に対応した「KSTNHMYRW」の9キーを、さらに母音ゾーンには「AIUEO」の母音5キーと、はつ音の「ん」を配置し、全部で15キーとした。濁音、半濁音の「GZDPB(がぎだばば)」キー

はそれぞれ「KSTNH（かきたなは）」と同じキーに割り当てた（図4）。なお、これらの濁音は親指シフトキーと同時に打つか、または後述する隣指シフト方式で入力する。

たとえば、キーピッチを16ミリメートルの正方形とするなら、子母音の15キーの単純な矩型領域の大きさは、縦4.8センチメートル、横が8センチメートルとなり、操作上は指と指の干渉もなく指の活動領域からすると打ちやすい大きさとなる。

## （2）習熟度による入力操作のレベル化

両手型のキーボードでは、交互打鍵率を高めることが文章を作るスピードアップにつながるとされている。Dvorak配列（図1）やSKY配列（図2）、M式配列などでは、いずれも五つの母音と頻度の高い子音を分けて配置し、左右の手での交互打鍵率を高めている[3][5]。

パーム型キーボードは、この原理を片手だけで実現しようとしたものである。人がリラックスしながら無意識に指でテーブルを叩くとき、人差指と他の指とを交互に打つことは比較的容易に速くできる。そこで、最も活動力の高い人差指に配置した母音と、中指、薬指、小指の子音を交互に打鍵して、簡単かつ高速の操作を行う。

この交互打鍵である程度指が慣れてくると、人差指と他の指との組み合わせで「子音+母音」や「子音+二重母音」などをピアノの和音を打つときのように、複数キーの同時打鍵によって複合入力することができるようになる。

パーム型キーボードでは、習熟度に応じて次のような三段階の入力レベルを設定し、段階的にレベルアップできるようにした。

### ●レベル1（片手による交互打鍵入力）

中央の「AKST」キーをホームポジションにして、子音と母音を交互に打って入力する。パーム型キーボードの基本となる操作方法である。事務の女性などが片手の指をフルに使って、電卓を機関銃のように打つ様子をよく見かけるが、同様にリズムさえ掴めば、人差指と他の指との交互打鍵で、かなりのスピード入力が可能になる。

### ●レベル2（片手による複合入力）

子音と母音を交互に打つ代わりに同時に打ってかなを入力する。たとえば、「す」を入力するとき、「S」と「U」を薬指と人差指で同時に打つが、基本となるレベル1の交互打鍵で、文字とキーの関係がしっかりと指になじんでいれば、スムーズ

な複合入力への移行が可能になる。

### ●レベル3（片手または両手による複合入力）

日本語では、簡単（KAん TAん）や会計（KAI KEI）など「母音+ん（はつ音）」や「二重母音」になる言葉が極めて多い。また、目的（MOく TEき）や吉日（KIち ZIつ）のように二音節目が「キ・ク・チ・ツ・ッ」など特定のかなで構成される場合も多い。

こうした日本語の規則性を利用して、次のような日本語のルールを組み込み、2～5キーまでを同時に打って複合入力し、ショートカットの高速入力を可能にした。

## （3）日本語ルールの組み込み

過去のワープロに関する実験の中で、キー上に日本語ルールを搭載するものが無かった訳ではない。たとえば、一つのキーに複数の文字（UU, AI, OU, AN…）を意味づける複合キーを採用したSKY配列（図2）やM式配列がある[3][5]。非常に合理的であるが、複合キーの数だけキーが増えることになるので小型化には向いていない。

そこでパーム型キーボードではキーボードを小型化し、さらに操作性を改善したいとの目的から、前述のレベル3の入力方法として、日本語のルールをキーボード操作に組み込むとともに、ルールにのっとった複数キーの同時打鍵による複合入力方式を採用している。以下にその日本語ルールの組み込み内容を紹介する。

### ●音読み語の規則性

日本語を語源的に見ると、音読み語（中国語に由来するもの）・訓読み語（元来の日本語）・カタカナ語（外来語など）となる。中でも音読み語の占める割合はかなり高く（40～50%程度）、漢字の熟語の大半は音読み語である。

この音読み語の規則性に着眼してルール化し速記に応用したのが中根式速記法であり、それをさらにキーボードの上で整理したのがM式配列である。本パーム型キーボードもこれらの考え方を参考に以下の四項目を音読みのルールとして活用するものである[4],[5]。

1. すべての音読み漢字は、1音節か2音節で構成される。
2. 2音節目は、必ず「イ・ウ・ン・キ・ク・チ・ツ・ッ」となる。
3. 2音節目が「イ」になるものは「AI・UI・EI」の二重母音である。
4. 2音節目が「ウ」になるものは、「OU・

UU]の二重母音である。

### ●二重母音・はつ音の複合入力

2音節目が「イ」と「ウ」の場合、押されたキーの順序は規定できる。つまり「イ」は「AI・UI・EI」となり、「ウ」は「OU・UU」となる（入力は右の人差指と親指を使用する）。

したがって、このパーム型キーボードを利用して、「A」と「I」を同時に打つと、常に「AI」と入力され、「IA」となることはない。また、二重母音の前に子音を伴う場合はこれを同時に打って入力する。二重母音の「OU」も同じである。

二重母音の「UU」は、「子音+UU」の場合に限って使われるので、子音を打ちながら「ん」を同時に打つことで処理する。たとえば、「SUU/すう」を入力したいとき、「S」と「ん」を同時に打って入力する。

はつ音「ん」は母音ゾーンにキーを独立させて配置した。2音節目が「ん」になる場合（「AN・IN・UN・EN・ON」）は、1音節目の「子音+母音」か「母音」を打ちながら「ん」を親指で同時に打って入力する。

「イ」になる漢字の例では、経済（KEI ZAI）、推定（SUI TEI）、経営（KEI EI）などがあり、「ウ」になる漢字の例では、交通（KOU TUU）、応用（OU YOU）などがある。また「ン」になる例としては、安全（AN ZEN）などがある。

### ●拗音の複合入力

拗音については1文字ずつの入力でも構わないが、複合にも処理できる。たとえば、短拗音「きゃ」を入力する場合、「K」と「Y（親指）」と「A」を同時に打つ。長拗音については「子音+YOU」、「子音+YUU」と打つ代わりに「子音+O+Lシフトキー（親指）」、「子音+U+Lシフトキー（親指）」を打つことになる。したがって、「供給」を入力する場合を例で考えると、「きょう/K+O+Lシフト」、「きゅう/K+U+Lシフト」となる。拗音の漢字の例では、駐車（TYUU SYA）、状況（ZYOU KYOU）などがある。

### ●「キ・ク・チ・ツ・ッ（促音）」の複合入力

音読み熟語の第2音節の読みのルールを利用して、特定のキー（実験では三つのサブキー）に「キ・ク・チ・ツ・ッ（促音）」を割り当てて処理を簡便化した（図5）。

入力操作は子母音キーを右手で打ち、左手で該当のサブキーを同時に打つことになる。

漢字の例では、確実（KA< ZI<）、一撃（I< GE<）、圧迫（A< PA<）などがある。

### ●濁音・半濁音の複合入力

濁音・半濁音に関しては、親指のシフトキーで処理するが、二重母音やはつ音、拗音の複合入力時には親指でのシフトが使えなくなるので、隣接するキーを同時に打つことで同様の処理を可能にした。図6隣指シフトの配列を参照されたい。

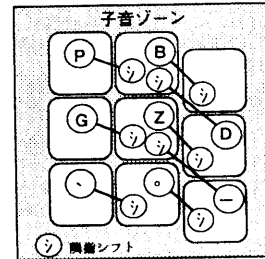


図6 隣指シフトの配列

### ●その他

また、この他に英記号や数字の入力もサブキーを押しながら該当のキーを打つことで簡単に入力ができる。さらに英語の連続入力（モードの切り替えによる）においても、キーの配列が出現頻度の高い文字を打ちやすく配置した「Dvorak配列」の考え方に近いので、日本語同様に「DO」、「GO」、「THE」などの単語を複合入力でも処理できるため、迅速な入力が可能となる（これらについての解説と実験は今後行う予定）。

### (4) 複合入力のための制御

同時打鍵による入力は、両手型のステノワードですでに知られているが、この基本的な考え方は、複数のキーを順不同に打つても、特定のルールにのっとり、入力キーの順序を正しく並べ替えて処理することである[6]。

たとえば、「か」をローマ字入力するとき、通常は「K」を入力して、次に「A」を打って2打鍵で入力する。しかし、母音と子音ゾーンを分け、そのうえ複合入力をソフトウェア的に処理することで入力の順序が「K+A」でも「A+K」でもその2キーを1打鍵で処理することが可能になる。これは子母音のゾーンを区別したキー配置と日本語のルールである子音の後に母音がくることを利用した処理である。

入力した2キーが複合かどうかを判断する方法には、それぞれのキーが押されたときのタイミングで判断する方法と押されたキーを離すタイミングで判断する方法とがある。判断の基準は利用者の感覚的な要素もあるが、キーを押し始めたとき

と離すときでどちらがバラツキが少ないか、ということである。

この点、パーム型キーボードはキーを離すときのタイミングで認識する方法を採用しているが、実験によると、押すときでも離すときでも同程度のバラツキは、隣接する2キーの複合打鍵のときである。同時に打つ2キーの関係が斜めの位置関係になったり、間に対象外のキーを挟んだ2キーになると離すときのタイミングに比べて押すときのバラツキが大きくなる。また、3キー複合となると押すときのバラツキはさらに大きくなっていく。

図7、8はバラツキの具合である。これらから解ることはキーボード以外の運動能力や手の大きさなどの個人的情報を除くと、隣接する2キーや3キーのように複数の指が同じような動作をとるときは、バラツキも少ないが、片一方の指を伸ばして、もう一方の指を縮めるなど指と指が異なる動作をしたり、伸ばす距離が長いときは、押すときのバラツキが著しく大きくなることが分かる。

複合入力判定の方法は、子母音各キーの「押された」「離された」をそれぞれ検出し、押されたキーの中で最後に離されたキーのタイミングで複合入力を判定するものである。つまり、該当するキーのうち最後に押されたキーよりも後で離されたキーを有効としている。この方法だと押されたにもかかわらず、途中で離されたキーは無効となる。

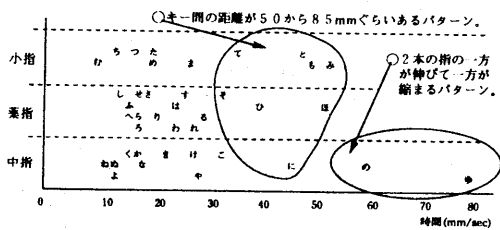


図7 2キー押下時のバラツキ

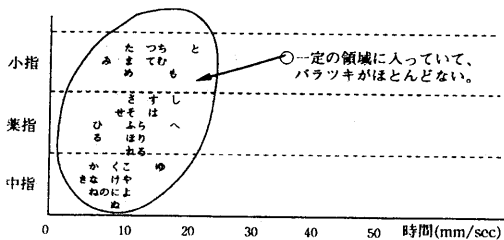
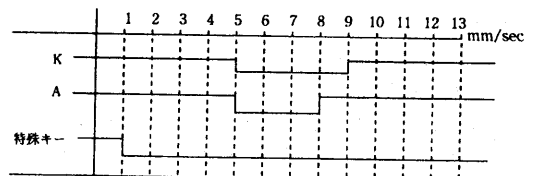
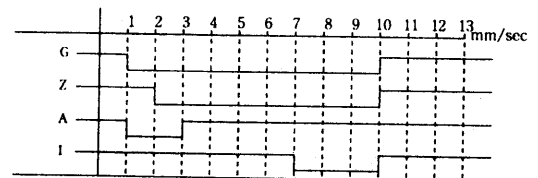


図8 2キー離すときのバラツキ

図9では「K/G」、「A」、「S/Z」、「I」の順でキーが押されているが、「I」が押される前に「A」が離されたので、有効となるキーは「K/G、S/Z、I」となる。この動作によって、隣指シフト入力で「が（K/G、Z（隣指シフトキー）、A）」となるところが「ぎ（K/G、Z（隣指シフトキー）、I）」と変わることになる。

最初に押されたキーから一定時間内に押されたキーを複合入力されたキーと判定する方法もあるが、この方法では複数キーを同時に打鍵した際の時間的なずれの個人差を吸収することが難しい。

また、シフトキーやサブキーなどの特別な意味を持つキーは押しっぱなしを有効とした。子母音キーなど押しっぱなし有効キー以外のキー動作に合わせて内部の処理をすることで、記号や英字入力などが切り替えの概念ではなく、あくまで複合入力の延長として考えることができるからである。



キー	開始	終了	有効/無効
G	1	10	有効
Z	2	10	有効
A	1	3	無効
I	7	10	有効

ON	キー	開始	終了	有効/無効
	K	5	9	有効
	A	5	8	有効
	特殊	5	9	有効

図9 複合入力方式判定チャート

#### 4. 2 文章の複合入力率

では、この日本語ルールを複合入力するとどの程度のショートカットが可能なのか、種類の異なる複数の文章をモデルに調査した結果を紹介する。このことから解ることは複合入力方式がかな漢字交じりの文字数とほぼ同じ打鍵数になることである。これに比べてかな入力で、約1.5倍、ローマ字で約2.5倍の打鍵数となる(図10、11)。

	原文文字数	複合入力数	ローマ字入力数	かな入力数
新聞記事1	115	118	338	219
新聞記事2	116	118	318	203
ビジネス文書1	155	139	348	212
ビジネス文書2	163	166	409	263
文学書1	141	155	340	197
文学書2	102	104	225	135
原文入力増加率		1.01	2.49	1.55

図10 入力方式の違いによる打鍵数

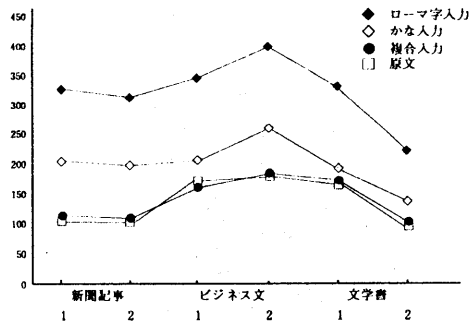


図11 入力方式の違いによる打鍵数グラフ

## 5. キーボードの試作実験

実験については、キーボードの入力レベルが三段階までであるが、レベル2とレベル3をある程度活用することを前提に、被験者が自由に打ってよいことにして、以下のような方法で行った。

### 5.1 実験方法

実験の方法は、複数の文章（小説や新聞などジャンルの異なる）をワープロのキャリアの異なる何人かの人を比較対象となるキーボードを利用して、入力操作を繰り返し、文章の入力時間やエラーの状態などを調べるものである。キャリアとしては、15年以上コンピュータのエンジニアとしてQWERTY配列のキーボードに慣れ親しんできた人からほとんどキーボードに触れたことのない人を対象としている。

### 5.2 実験装置

実験に使った装置は入力部分を実験用パーム型キーボードとして、日本語の特質であるルールと複合入力処理をROM化し、RS-232Cで接続したパソコン側の簡易な「かな漢字変換」に処理を渡

すといったものである。

入力部分のキーデザインにはモデルが二つあり、それぞれキーピッチが19ミリメートル、ストロークが3.5ミリメートルとキーピッチが16ミリメートル、ストロークが2.0ミリメートルである。今回は後者のコンパクトなモデルを使つての実験である。

### 5.3 実験内容と結果

まず最初に手ごろな短文によってデータを収集したので紹介する。「国境の長いトンネルを抜けると雪国であった」この文章を比較してみることにした。

通常ローマ字入力方式で打鍵すると、45ストローク（除く変換キー）の文章である。また、交互打鍵率は36%となる（交互打鍵率＝（1-片手ストローク数/全ストローク数）×100）。これをパーム型キーボードで複合入力すると、該当48キーを20打鍵、複合入力キーの平均が2.4キーとなる。

コンピュータのキーボードに精通した被験者でテストをしたときは、35回の連続入力でQWERTY配列の両手キーボードを使用した場合、平均入力時間が8.6秒（1秒あたり5.23キーの打鍵）だが、パーム型キーボードでは平均時間が19.6秒であった。両手キーボードに比べると2.2倍の時間がかかっているが、被験者の両手キーボード歴が17年に比べてパーム型キーボードが数週間程度であることを考えると慣れてくれば、さらにこの両者の時間は近づくものと考えられる（図12）。打鍵と打鍵のインターバルを測定すると、片手で一つのキーを素早く連続打鍵しても、50～70mm/secのインターバル時間が生じる。ところが、両手で打鍵すると早い時には10mm/secを切るほど微妙なタイミングでキーを打鍵することができる。このことから交互打鍵率を高めるような、キー配置のキーボードの有効性はうなずけるが、この両手型のキーボードのままでは小型化が難しい。そこで両手型のキーボードに比べても遅れの少ないパーム型キーボードの試作実験にいたつたのである。

次に被験者をこれまでキーボードの経験が全くないB、3年程度OA機器に触れているA、といったキャリアの違う学生を被験者として、一日2～3時間の練習による習熟度・入力効率を調べてみた。使用したテキストはビジネス書である。累積時間としては十分といえないまでも、あまりキー

ボードを使用したことのない人にとっては、QWERTY配列のキーボードよりパーム型キーボードの方が、各被験者とも早い立ち上がり特性を示している(図13)。これは実験キーボードが覚えやすい配列のため、一週間程度の練習でタッチタイピングができるようになり、その結果、初期の習熟曲線としてはM式やSKY式に近い曲線を描くことになる。

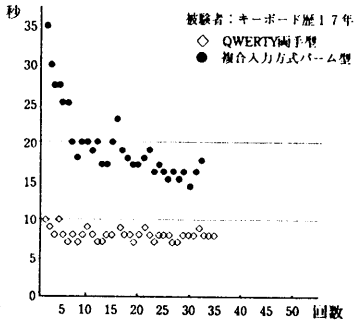


図12 文章繰り返し入力実験グラフ

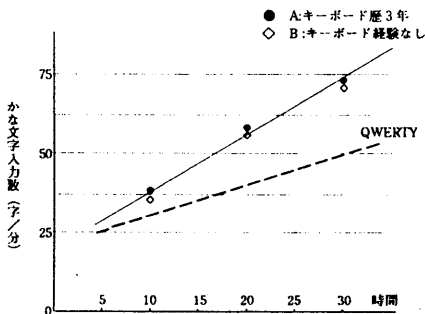


図13 練習時間による習熟グラフ

## 6. 今後の課題と可能性

まだ実験中であるが今後はさらにルールを覚えやすくするとともに、入力時に手首が横に動くような二指の縦使いの組み合わせの防止、使用する個人に合わせた人間工学的なキーの形状といった「メディアの優しさ」の具現化などの課題がある。

実験データの取得もキーモデルの変更を加えながら、習熟状況やエラー率などの詳細のデータを取得するつもりである。

携帯型の情報機器ではペン入力方式のものがすでに商品化されている。確かにペン入力方式も認識率が高まり処理も速くなり、短い文章なら十分に利用に耐えられる。しかし、この方式で長い文章を編集するのは難しい。

また、電車の中で携帯電話を使って話をしてい

る人を時々見かけるが、会話の機密保持や話声による周囲への迷惑を考えると携帯型のキーボードを利用した「双方向文字通信」の方がはるかに便利である。この主役、つまりPDA端末で電子メールなどの文字情報をやりとりするポイントは、いかに文字を早書きできるかである。その意味でなじみやすい配列のパーム型キーボードは日本語のみならず、英語の入力においても十分に価値がある。

最後に本稿は紙面の都合で日本語の最低のルールを中心に記述を進めてきたが、英語入力や機能キーを使った便利な使い方もある。別の機会に紹介させていただくことにしたい。

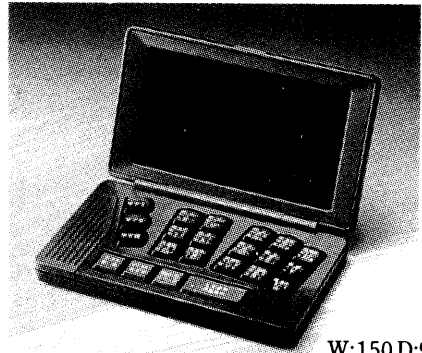


図14 試作キーボード

## 謝辞

本研究を行うにあたり、有益な御助言を戴いた東京大学の山田尚勇名誉教授、お茶の水女子大学の高樫雅文助手、また装置を製作して戴いた東海ソフト株式会社の山本純二氏に感謝いたします。

## 参考文献

- [1]山田尚勇：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、bit Vol.13、No.8 p981,p1553 (1981)
- [2]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第7号(1995.3)
- [3]白鳥嘉勇・小橋史彦：日本語入力用新キー配列とその操作性評価、情報処理学会論文誌(1987)
- [4]中根正雄：スピードメモ法、中根式速記協会(1980)
- [5]森田正典：これが日本語に最適なキーボードだ、日本経済新聞社(1992)
- [6]ステノワードSW-1 (一般用・業務用テキスト)、早稲田速記(1991)