

## 左右対称形キーボードの形状効果と現用形キーボード 操作者による連続打鍵特性

白 鳥 嘉 勇†

左右対称形キーボードの打鍵特性を明らかにするため、形状が異なる3種の左右対称形キーボードと現用形キーボードをキーピッチ、キーサイズおよびキー種を同一にして試作した。キーボード形状の効果を明らかにするため、上記4種のキーボードについて打鍵位置指示後の単打鍵実験を行った(被験者10名)。各キーの平均入力時間およびエラー率を多変量解析により分析した結果、現用形キーボードに比べ、いずれも平均キー入力時間は約10%、平均エラー率は約40%低く、形状効果があることが分かった。次に連続打鍵特性について、現用形キーボード操作者(英文タイピスト9名)が3種の左右対称形キーボードを用いて同一英文の繰返し入力実験を行った。この結果、4時間後に現用形キーボードの操作レベルと同等以上に達し、短期間に左右対称形キーボードに習熟できることが分かった。また、高速打鍵特性について、英文タイピスト4名(現用形キーボードの入力速度:410ストローク/分)が同一種の左右対称形キーボードを用いて毎回異なる英文入力実験を行った。この結果、32時間後には、平均キー入力時間は最高117msec(515ストローク/分)の高いレベルに達した。また、各キーの入力時間は左右手および指間でバランスしており形状効果が認められた。以上の結果、左右対称形キーボードは、打鍵特性を向上する形状効果を有し、習熟しやすく、高速打鍵が可能であることが分かった。

### Symmetrical Keyboard Design Effects and Evaluation of Typing Characteristics by Conventional Keyboard Operators

YOSHIO SHIRATORI†

Symmetrical Keyboard (S. KB) typing characteristics are evaluated. Three different S. KBs, each with different home key raw position and key column direction, and a conventional KB are constructed and compared under the same key-size, key-pitch and key-sort conditions. A single typing experiment (i. e., the input key position is displayed on a screen) shows that the S. KBs' key input times are average about 10% faster than that of the conventional KB; moreover, their error rates are about 40% smaller. A sequential typing experiment 1 (same English document inputting by 9 operators, their average typing speed is 280 strokes/minute on conventional keyboard, trying each three the QWERTY keylayout S. KBs) shows that the subjects are accustomed to key operation, and after 4 training hours, their typing speed reached to their average speed. A sequential typing experiment 2 (actual different English document inputting by 4 operators, their average typing speed is 410 strokes/minute, tried one S. KBs for each operator) revealed high inputting speed, final speeds reached 515 strokes/minute after 32 training hours in this experiment, and input time is more balanced on each hand. Consequently, it is confirmed that S. KBs have the design effect on typing characteristics, and are accustomed easily for conventional keyboard operators.

#### 1. はじめに

情報化社会の発展に伴い、各種入力装置のキーボードは、情報の基本的な入力手段として益々重要になっ

ている<sup>1)~7)</sup>。キーボード操作においては、キートップの文字表示面を見ないで容易に打鍵できること、長時間操作しても疲れないことが望まれている。このようなキーボードを構成するための主な設計要因として、キーボードの物理的形状と文字配列の2つが上げられる。ここでは、前者の物理的形状について検討する。なお、文字配列については、文字の使用頻度、各指の負担率等を考慮した検討が既になされている<sup>8)</sup>。

現用形キーボードの形状は、19世紀末の機械式レ

† NTT アドバンステクノロジー株式会社  
NTT Advance Technology Corp.

本研究は、著者が NTT 複合通信研究所(現: NTT ヒューマンインタフェース研究所) 在職中の昭和60年~62年に行ったものである。

バースイッチの構造を基本にしている<sup>9)</sup>。この形状は、直線状の互いに平行な4段のキー段が、最上段から上段、ホーム段、下段へと1/2, 1/4, 1/2ピッチ(1ピッチ:19.05mm)ずつ右側に偏位し、かつ各キーが隣接している。打鍵姿勢をキーボード上方からみると、両手前腕(肘から手首まで)が“ハ”の字形をしており、左右各指はキー列方向(左上から右下への方向)に打鍵できるように手掌が外転し手首が“く”の字形となっている<sup>4)</sup>。特に、上述のキー配置の関係から左手首の外転角度は右手に比べて大きく、前腕尺側屈筋に負担がかかっている<sup>9)</sup>。このため、英文字の配列を使用し打鍵回数の多い英文タイピストの場合、作業疲労が左手側に多く発生することが知られている<sup>10)</sup>。

このような状況から、現用形キーボードの形状を改善しようとする研究は、既に1940年頃よりなされている。提案されているキーボードの形状は、いずれも左右対称形を基本としており、キー列を手を開いたように放射状としたもの、キー設定面を3次的に凹面状に湾曲したもの、凸形の屋根状に傾斜したもの、キー列の配置を指の長さを考慮して前後にずらしたもの等がある<sup>10)-16)</sup>。

しかし、これら左右対称形キーボードの形状効果や、キー入力時間、およびエラー率等の打鍵特性については、まだ十分明らかにされていない。また、現用形キーボードの操作者がこれら左右対称形キーボードに対してどのような習熟特性を示すかも明らかでない。

本報告は、左右対称形キーボードを試作し、打鍵実験を行った結果を報告する。2章では左右対称形キーボードの試作を、3章では左右対称形キーボードにおける打鍵キー位置指示後の入力実験(単打鍵実験と称する)結果を、4章では左右対称形キーボードを用いた文章入力実験(連続打鍵実験と称する)結果を、5章では考察を述べる。

## 2. 左右対称形キーボードの試作

### 2.1 基本方針

左右対称形キーボードは、前述したように種々の形態が試みられており、検討要因も多い。そこで、キーボードを試作するにあたり次の基本方針を設定した。

#### ① 各指の操作キー列数

親指を除く各指は、現用形キーボードにおける英文タイプの操作と同様に人差指が2列のキーを、中指、薬指、および小指が各1列のキーを分担する。

#### ② キー列方向

打鍵時の各指の移動方向、すなわちキー列方向は、各指を平行に移行する場合と、放射状に移動する場合に分けられる。そこで、各指を平行に移動するもの2種(キー段が直線状とそうでないもの)と、各指を放射状に移動するもの1種の計3種を用いる。

#### ③ キー設定面

キー設定面は、文字キー群を左右に分け、両キー群間にキーを配置しない空間領域を設ける。キー群の設定面は、各指がキートップ面を垂直上方から打鍵できる平面形状とし、傾斜角は0度とする。なお、キー設定面が凹あるいは凸の3次的形状については、各指の動作範囲、配置、打鍵方向等の検討要因が多くなるため、ここでは対象としない。

#### ④ キーサイズ、キーピッチおよびキー種

現用形キーボードとの操作性を比較するため、できるだけ同一条件で比較を行う。そこで、現用形キーボードを参考にキーサイズ( $a$ : 正方形キートップの一辺の長さとする)は12mm、キー列方向(指の伸

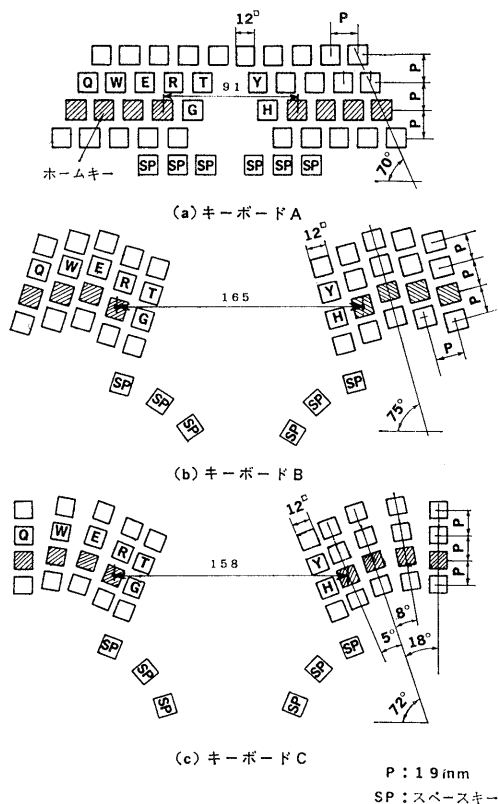


図1 試作キーボードの形状  
Fig. 1 Experimental keyboard A, B, and C.

縮移動方向)のキーピッチ ( $p$ ) は 19mm, およびキー種 (A 社製 KER 10901/CK 433 A 01: 押下荷重: 80 g, キーストローク: 3mm, キートップ形状: 平面) は同一とする。

## 2.2 試作キーボード

図1は, 試作した3種の左右対称形キーボードを示す. 同図(a)は, 現用形キーボードの右手側キー領域を上段のTとYキーの境界を線対称軸として左右対称にしキー段が直線状のキーボード (“キーボードA”) である. 同図(b)は, 各指の指の長さを考慮してキー列を中指を頂点としてキー段を山形に平行にずらしたキーボード (“キーボードB”) である. 同図(c)は, 各指を放射状に開閉する際の移動軌跡にキー列を配置したキーボード (“キーボードC”) である. 各キーボードに, 4段10列のキーおよびスペース用の6キーの計46キーを設けた. これらキートップには文字を表示していない。

図2は試作した4種のキーボードの外観を示す. 各筐体には, 打鍵操作をしない場合に手を置いて休める手置き台を設けた. これら手置き台は実験中は使用し

ない。

## 3. 単打鍵実験

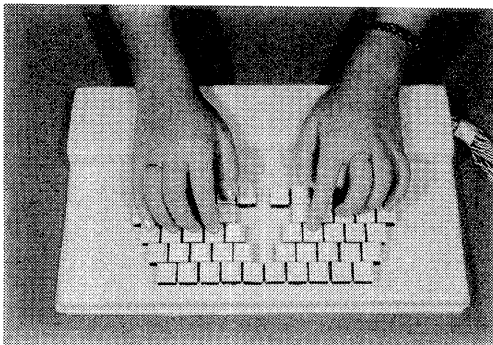
左右対称形キーボード3種および現用形キーボードの単打鍵実験を行い, 基本的な打鍵特性を明らかにする。

### 3.1 実験方法

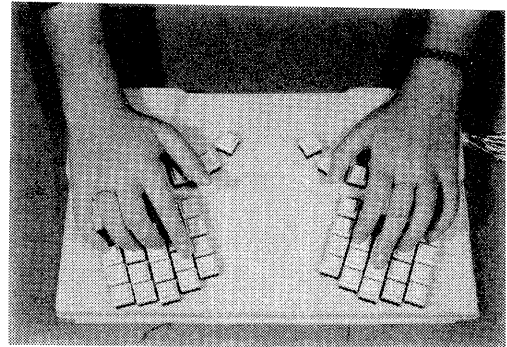
① 実験は, 打鍵位置を指示するために46個のLEDをキーボードのキー配置に合わせて配置した表示パネルを被験者の前方に設置し, このLEDをパーソナルコンピュータを用いてランダムに1個ずつ点灯して行う。

図3は実験装置を示す. 机, および椅子は高さ調節が可能なものであり, 被験者が各指をホームポジションに置いた場合に肘と前腕がほぼ直角となるように調整する。

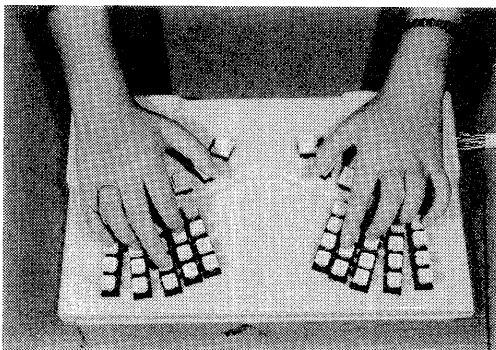
② キーボードのLEDの点灯後からキー押下までの打鍵反応時間 (分解能 1msec) を測定する. 被験者には, 表示パネルの打鍵キー位置を確認し, 対応するキーをできるだけ速く打鍵するように指示した. 被験



(a) キーボードA



(b) キーボードB



(c) キーボードC



(d) キーボードD

図2 試作キーボードの外観

Fig. 2 Experimental keyboard A, B, C, and D.

者が表示位置のキーを正しく打鍵した場合のみ次のLEDを点灯するモグラ叩きゲームに類似した操作を行う。LEDは、全キーについて各5回ランダムに点灯する。実験1回は230ストローク(46×5)からなり、この実験を10回行う。全10回の実験におけるキー別の平均キー入力時間と平均エラー率を求める。

③ 被験者は、事務系の女性10名(20~30歳代)であり、上記の実験を試作した4種キーボードについて行う。

④ 実験から得た各被験者のキー別平均キー入力時間、およびキー別平均エラー率を、多変量解析(数量化解析第1類)により分析する。多変量解析は、測定値を各アイテムとそのカテゴリを要因として、これら的一次式の和として分析し、各要因が測定値に及ぼす効果を明らかにするものである<sup>17)</sup>。各アイテムとそのカテゴリは、次のとおりである。

アイテムは、{キーボード形状、キー段、キー列、手}である。その[カテゴリ]は、{キーボード形状}が{キーボードA、B、C、D}、{キー段}が{最上段、上段、中段(ホーム段)、下段}、{キー列}が{親指、人差し指1(外側)、人差し指2、中指、薬指、小指}、および{手}が{左手、右手}である。各被験者について、キー入力時間およびエラー率に及ぼす各アイテムおよびカテゴリの影響を数量化解析第1類で求める。次に、各アイテムおよびカテゴリの要因が平均入力時間および平均エラー率に占める比率を求めた後、全被験者10名の平均値を求める。

### 3.2 実験結果

① 図4は、{キーボード形状、キー段、キー列、および手}の各アイテムが平均キー入力時間および平均エラー率に及ぼす影響を示す。平均キー入力時間に及ぼす各アイテムの影響は、{キーボード形状}が24%と最も大きい。また、平均エラー率に及ぼす各アイテムの影響は、{キー列}が約90%と最も大きく、次いで{キーボード形状}が約70%と大きい。

② 図5は、各アイテムについてカテゴリ別に平均キー入力時間および平均エラー率に及ぼす影響を示す。{キーボード形状}についてみると、{3種の左右対称形キーボードA、B、およびC}が平均キー入力時間に及ぼす影響は{現用形のキーボードD}に比べて各々約7~

14%(約10%)低く、また平均エラー率に及ぼす影響は{現用形のキーボードD}に比べて各々約35~54%(約40%)低く、左右対称形キーボード形状が操作性を改善する上で有利であることが分かる。その他のア

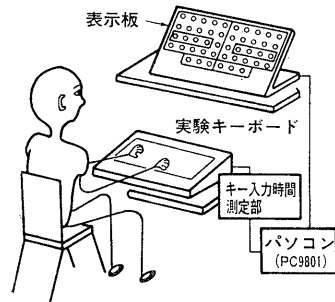


図3 実験装置  
Fig. 3 Experimental system.

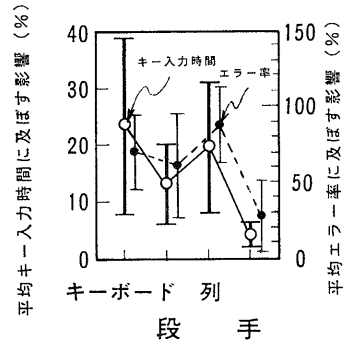


図4 単打鍵における各アイテムの影響  
Fig. 4 Effects of items (keyboard-shape, key-row, key-column, and hand) on key input time and error rate for single typing characteristics on keyboard A, B, C, and D.

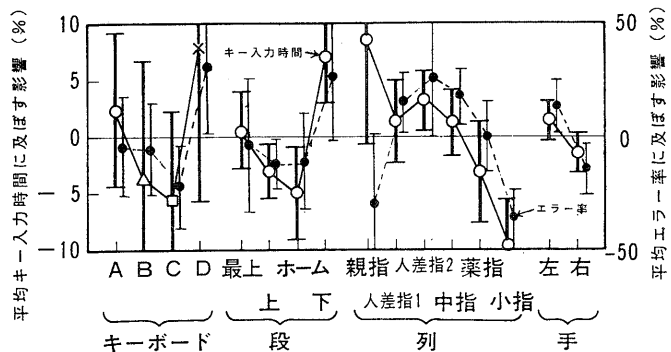


図5 単打鍵における各カテゴリの影響  
Fig. 5 Effects of categories (keyboard-shape, key-row, key-column, and hand) on key input time and error rate for single typing characteristics on keyboard A, B, C, and D.

アイテムについてカテゴリの影響をみると、{キー段}：平均キー入力時間は〔ホーム段〕が最も速く〔下段〕が最も遅い、{キー列(指)}：平均キー入力時間は〔小指〕の打鍵が速い、{手}：平均キー入力時間は〔右手〕が速い等の傾向が認められる。なお、被験者 10 名の平均キー入力時間は 748 msec、平均エラー率は 14.5% である。

#### 4. 連続打鍵実験

入力文字の先読みが可能な文章入力により、連続打鍵時の習熟特性および高速打鍵特性を明らかにする。

##### 4.1 連続打鍵実験 1

###### 4.1.1 実験方法

① 実験装置は、3章の場合と同様でありキーボード A, B, および C を用いる。被験者が入力した文字列は、CRT モニタに表示する。

② 被験者は、英文タイピストの女性 9 名(入力速度レベル：約 280 ストローク/分)である。被験者を英文タイピストとした理由は、英文字配列に習熟していること、各指の位置決め技能が優れていることによる。

③ 被験者は、左右対称形実験用キーボードを 1 日に 1 種ずつ約 4 時間実験し、3 種のキーボードについて計 3 日間実験する。

④ 同一種のキーボードについて、同一テキストを 50 回繰返し入力する。

⑤ 入力テキストは、英文タイプ練習用テキスト(約 400 ストローク)である。

⑥ 入力に際しては、文字種のシフト操作、改行操作、およびエラー修正は行わない。

###### 4.1.2 実験結果

###### (1) 習熟特性

被験者の左右対称形キーボードに対する習熟特性を求める。従来、習熟特性を表す式として、式(1)が用いられている。ここに、 $T$  はキー入力時間、 $N$  は実験回数、 $T_0$  は実験第 1 回目のキー入力時間、 $\alpha$  は習熟係数である。

$$T = T_0 N^\alpha \quad (1)$$

しかし、この式(1)は、

- 実験回数が無限大の場合 ( $N \rightarrow \infty$ )、キー入力時間 ( $T$ ) が 0 になる、
  - 実験第 1 回目の値 ( $T_0$ ) が習熟係数 ( $\alpha$ ) を決定付ける、
- 等の必ずしも事実と一致しない点を有している。これ

らのことから、A. Newell らは、実験の全データを考慮した一般的な習熟式として次式(2)を提案<sup>18)</sup>した。

$$T = T_1 + K(N + N_1)^\beta \quad (2)$$

ここで、 $T$ ；キー入力時間、 $K$ ；比例係数、 $\beta$ ；習熟係数、 $N$ ；実験回数である。 $T_1$  および  $N_1$  は被験者のキー入力時間および実験回数の補正項であり、被験者の潜在的に有する打鍵技能を考慮したものである。

この式(2)は、 $X$  軸を  $\log N$ 、 $Y$  軸を  $\log T$  として図示した場合、式(1)に比較し実験回数  $N$  が小さいときは下方に、また実験回数  $N$  が大きいときは上方に反れ、中央部分が直線となる傾向を有する。しかし、キー入力時間 ( $T$ ) および実験回数 ( $N$ ) は実験より求められるが、式(2)で用いるパラメータ  $T_1$  および  $N_1$  は未知である。このため、実験結果を直ちに図示することはできない。これらパラメータを求めるためには、式(2)が持つ傾向を考慮してパラメータ  $T_1$ 、および  $N_1$  の値を適宜設定した回帰式を用い、相関係数が最も高くなる時のパラメータ  $T_1$ 、および  $N_1$  を求めて式(2)を決定する必要がある。

本実験結果を式(2)に適用するに際しては、文献 18) で最適パラメータの算出方法の詳細が省略されているため、パラメータ  $T_1$ 、および  $N_1$  の値を一定量ずつ変動 ( $T_1$ : 0~500 msec の範囲で 10 msec ごと、 $N_1$ : 0~100 回の範囲で 10 回ごと) した回帰式に実験値を当てはめて相関係数を求め、これが最大となる時の  $T_1$ 、および  $N_1$  を用いて近似した。

図 6 は、3 種の左右対称形キーボードについて被験者 9 名の各実験回数における実験値の平均から習熟特性を求めた結果を示す。なお、キーボード A, B, および C の平均相関係数は、いずれも 0.82 であった。3 種のキーボードの習熟特性をみると、

- キーボード A は初期のキー入力時間が小さい、
  - キーボード C は習熟係数が高い、
  - キーボード B はキーボード A と C の中間的な特性を示す、
- 等の特徴がある。

実験 50 回後のキーボード A, B, および C の平均キー入力時間は、166, 238, および 159 msec (入力速度：キーボード A；361, 同 B；252, 同 C；377 ストローク/分) である。

###### (2) キー入力時間

図 7 は、実験終期に入力した約 2400 ストロークについて、被験者 9 名のキー段、手および指別の平均

キー入力時間を示す。3種キーボードはいずれも、

- キー段別平均入力時間はホーム段、上段、下段の順に速い、
  - 左手下段キーのキー入力時間は遅い、
  - 左右手別のキー入力時間はほぼ等しい、
  - 指別のキー入力時間は左手小指の場合を除きほぼ等しい、
- 等の傾向を有している。

(3) エラー率

エラー率は、実験初期段階では大きい、実験の進捗とともに漸次低下する。実験終期における被験者9名のキーボードA、B、およびCにおける平均エラー率(修正無しの場合)は、各々2.8、3.4、および3.1%である。

4.2 連続打鍵実験2

左右対称形キーボードの実務的な高速打鍵特性を明らかにするため、連続打鍵実験1の場合に比べより長期間かつ毎回異なる英文章の入力実験を行う。

4.2.1 実験方法

① 実験装置は、連続打鍵実験1の場合と同様である。実験には、連続打鍵実験1において習熟特性に特徴がみられたキーボードAおよびCを用いた。なお、キータッチ操作をより安定にするため、キーサイズを12mmから13mmに変更した(キートップA社製CA538K05, キートップ形状:平面)。

② 被験者は、高度のタイピング技術を有する英文タイピストの女性4名(入力速度レベル:約410ストローク/分, 操作歴:約10年)であり、同一種のキーボードを各2名が操作する。

③ 操作時間は1日に4時間、計8日間実験する。

④ 実験は、毎回異なる1テキストを入力する。入力方法は、連続打鍵実験1の場合と同様である。実験回数は約120回である。

⑤ 入力テキストは、英文タイプ練習テキスト(日

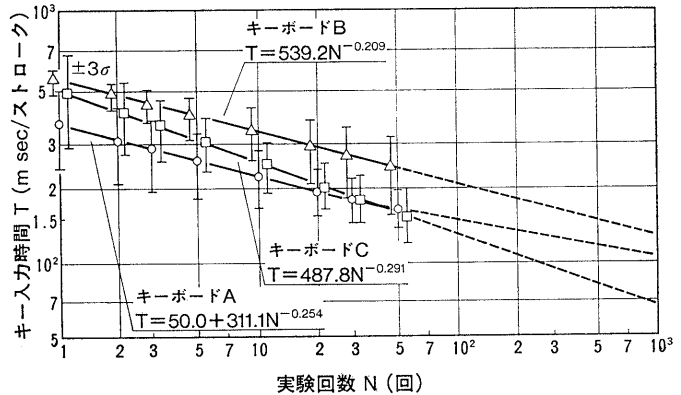
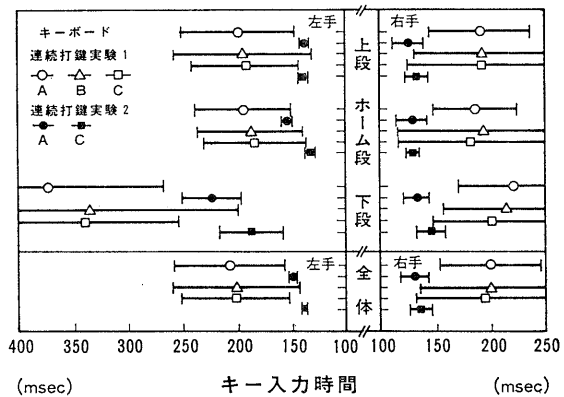
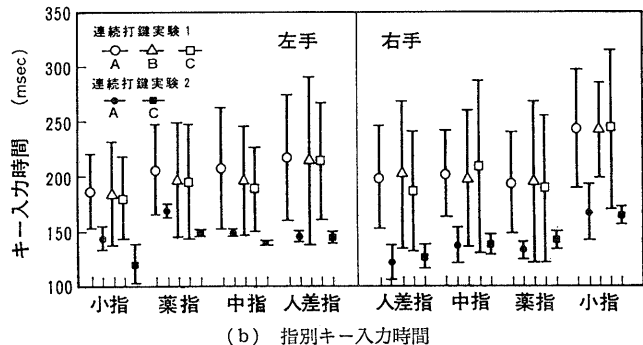


図6 連続打鍵実験1における平均習熟特性(被験者:各9名)  
Fig. 6 Mean training curves for sequential typing experiment 1 on keyboard A, B, and C (each 9 subjects).



(a) 段別キー入力時間  
(a) Key input time of key row and hand



(b) 指別キー入力時間  
(b) Key input time of key column and hand

図7 連続打鍵実験1および2におけるキー入力時間  
Fig. 7 Key input time of key row, key column and hand for sequential typing experiment 1 and 2.

本商工会議所製, 1テキスト:約1800ストローク:約360単語の文章)である。

図8は、上記テキストにおける英文字約2.7万字の文字使用頻度を各キー、キー段および指別に示したものである。各キー段の使用率は、上段が50%、ホーム段が34%、下段が16%であり、上段の使用率がホーム段の場合よりも高い。手別の使用率は、右手が43%、左手が57%と左手が高い。これらの値は、他の報告<sup>19),20)</sup>と同様である。

4.2.2 実験結果

(1) 習熟特性

図9は、キーボードAおよびCについて被験者各2名の平均習熟特性を示す。この平均習熟特性は、連続打鍵実験1の場合と同様に、各実験回数における実験値の平均値を求めて習熟特性を得た。なお、キーボードAおよびCの平均相関係数は、それぞれ0.72、および0.85であった。同図より、キーボードの習熟特性は、連続打鍵実験1の場合と同様に、1)キーボードAの初回キー入力時間が低い、2)キーボードCは習熟係数が高い、等の特徴が認められる。また、実験120回後(約32時間後)におけるキーボードAおよびCの平均キー入力時間は、各々117msec(515ストローク/分)および129msec(465ストローク/分)の高いレベルに達した。

(2) キー入力時間

前述の図6(a)中に、実験終期に入力した英字各約1.8万ストロークについて、キーボードA、およびCにおけるキー段別および手別の平均キー入力時間を示す。また、同図6(b)中に、指別の平均キー入力時間を示す。両キーボードの平均キー入力時間は、ほぼ同様の傾向がある。すなわち、連続打鍵実験1の場合に比べ、1)各キー段および各指のキー入力時間が短い、2)各キー段別の平均キー入力時間は左手下段を除いてほぼ等しい、3)左手下段および左手小指のキー入力時間が他の場合に比べ遅い、等の傾向がある。

(3) エラー率

実験32時間後におけるキーボードAおよびCの平均エラー率(修正無し)は1.5および2.1%と、連続打鍵実験1の場合に比べ更に小さい。

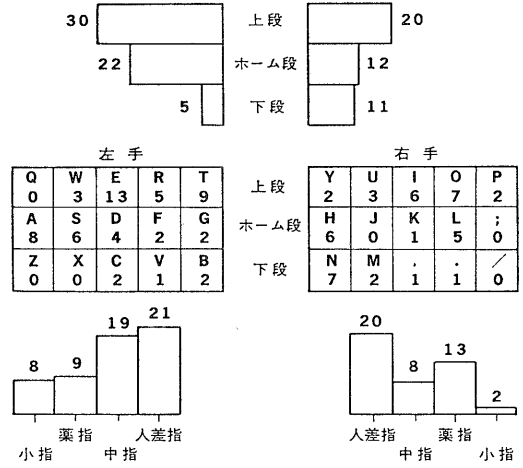


図8 英文テキスト入力における各キー、キー段、および指の使用率(%)

Fig. 8 English texts usage ratios of key, row, and finger for sequential typing experiment 2.

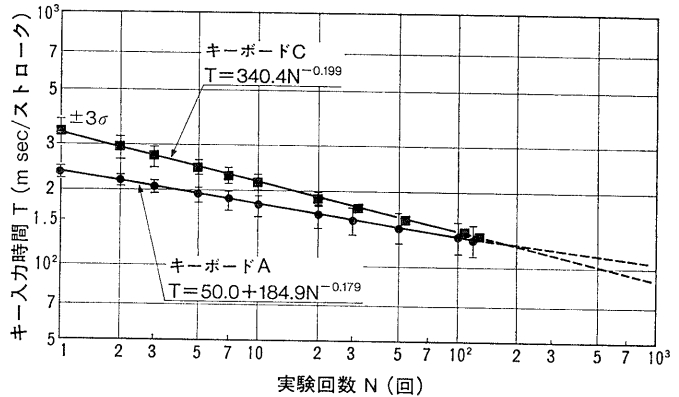


図9 連続打鍵実験2における平均習熟特性(被験者:各2名)  
Fig. 9 Mean training curves for sequential typing experiment 2 on keyboard A, and C (each 2 subjects).

5. 考察

5.1 キーボード形状の効果

3種の左右対称形キーボードは、単打鍵実験からいづれも現用形キーボードに比較し、平均キー入力時間が約10%早い、平均エラー率が約40%小さい等の形状効果を有することが分かった。この形状効果は、左右キー群間に空間が存在することにより、左右手の打鍵領域が明確になることによるものと考えられる。これは、現用形キーボードの操作に不慣れた操作者の場合、キーが隣接していることから、左右の手、特に人

差し指の打鍵領域を誤ることからも推察される。また、左右対称形にすることによって生ずる空間は、左右手首の間隔を広げることになり、各指をホームポジションキーに置いた基本打鍵姿勢を安定に保つ効果がある。左右対称形キーボードの操作疲労が少ないこと<sup>9)~12)</sup>は、このような自然な打鍵姿勢を保つことから生じているとみられる。

## 5.2 習熟特性

習熟特性は、キーボードAでは初期のキー入力時間が小さいが習熟係数は低い、キーボードCでは初期のキー入力時間は大きいが習熟係数が高い、等の特徴がある(図6)。これは、被験者が現用形キーボード操作者であるため、キー段が直線状のキーボードAに親しみやすいこと、キーボードCは手指を開閉する新しい操作方法を必要とすることによるものである。しかし、キーボードCの習熟係数は高く、短期間(4時間)にキーボードAの打鍵レベルと同等までに習熟しており、操作上の問題はない。

各被験者の平均入力速度レベルは、連続打鍵実験1および2の場合とも実験終期には現用形キーボードの入力速度レベルを越えている。これより、3種の左右対称形キーボードの操作は、いずれも容易に習得できることが分かった。

また、連続打鍵実験2の実験120回後(32時間後)におけるキーボードAおよびCの平均キー入力時間は、各々117msec(515ストローク/分)および129msec(465ストローク/分)の高いレベルに達した。各被験者の習熟特性は実験終期においても飽和傾向がみられず、現用形キーボードを用いた世界チャンピオンタイピストの平均キー入力時間は93msec(入力速度:約650ストローク/分<sup>2)</sup>)に近づいていることから、高速打鍵が可能であると推測された。

## 5.3 打鍵操作特性

左右対称形キーボード操作時の各指の打鍵動作は、スムーズに行われている。各左右対称形キーボードにおける左右の手別、および指別の平均キー入力時間は、打鍵速度レベルが高い連続打鍵実験2の場合が連続打鍵実験1に比べてよりバランスする傾向が認められる(図7)。

キー段別の平均入力時間は、左手下段の平均キー入力時間が右手の場合に比べ遅い傾向がある。これは、左手下段の“Z, X, C, V, B”の各文字の使用頻度の合計(5%)が、他のキー段使用率の1/2~1/6と少なく(図8)、指が十分習熟していないことによるため

と考えられる。

エラー率は、連続打鍵実験1および2の場合とも入力時の修正なしの状態で約2~3%である。操作者が入力直後ミスに気づいて訂正する自己訂正率を75~90%<sup>21)</sup>とすると、修正後のエラー率は約0.2~0.7%になる。この値は、現用形キーボードによるタイピストのエラー率(約0.6%<sup>21)</sup>)と比較すると同等かそれ以下の値であり、打鍵操作上の障害はないとみられる。

## 6. おわりに

左右対称形キーボードの打鍵特性を明らかにするため、形状が異なる3種の左右対称形キーボードおよび現用形キーボードを同一キーピッチ、キーサイズおよびキー種を用いて試作した。

キーボード形状の効果を明らかにするため、上記4種のキーボードを用いて、表示パネルで指示したキー位置を打鍵するモグラ叩きゲームに類似した打鍵実験(単打鍵実験)を行った。被験者10名が上記4種のキーボードを打鍵する際の各キーの平均入力時間およびエラー率を多変量解析により分析した結果、左右対称形キーボードの平均キー入力時間および平均エラー率は、いずれも現用形のキーボードに比べ、約10%、および約40%低下し、キーボード形状の効果があることが分かった。

次に左右対称形キーボードの連続打鍵特性について、現用形キーボード操作者(英文タイピスト:9名、入力速度レベル:280ストローク/分)が各3種の左右対称形キーボードを用いて同一英文を繰返し入力する習熟実験を行った。この結果、4時間後に現用形キーボードの操作レベルと同等以上に達し、短期間に左右対称形キーボードに習熟できることが分かった。また、高速打鍵特性について、英文タイピスト4名(現用形キーボードの入力速度:410ストローク/分)が同一種の左右対称形キーボードを用いて毎回異なる英文入力実験を行った。この結果、32時間後には、平均キー入力時間は最高117msec(515ストローク/分)の高いレベルに達した。また、各キーの入力時間は左右手および指間でバランスしており形状効果が認められた。

以上の結果、左右対称形キーボードは、打鍵特性を向上する形状効果を有し、習熟しやすく、高速打鍵が可能であることが分かった。

今後の課題は、各操作者の手指形状や打鍵特性に適



した左右対称形キーボードの設計法を確立することである。

謝辞 本研究を行うにあたり、有益な御助言と御支援を戴いた元 NTT ヒューマンインタフェース研究所 小森和昭研究部長（現：NTT インテリジェントテクノロジー株式会社社長）、元同所 小橋史彦主幹研究員（現：同社事業部長）、ならびに NTT アドバンステクノロジー株式会社 児玉正技術部長に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 山田尚勇：入力と編集一向上し続ける理想，情報処理学会シンポジウム「日本語文書と入力と編集」，pp. 1-7 (1985).
- 2) 山田尚勇（小笹和彦 訳）：タイプライタとその入力法の歴史的考察—日本語タイプライタの開発動向への視点，*bit*，Vol. 13, No. 7, pp. 872-880; No. 8, pp. 974-983, No. 9, pp. 1112-1121; No. 10, pp. 1248-1255; No. 11, pp. 1547-1556; No. 13, pp. 1662-1673 (1981).
- 3) 竹内郁雄，河村知行，大岩 元，高嶋孝明，富樫雅文，龍岡 博，坂村 健，後藤滋樹：キーボード談義，*bit*，Vol. 22, No. 6, pp. 605-616; No. 7, pp. 757-761; No. 8, pp. 831-835; No. 9, pp. 998-1006; No. 10, pp. 1093-1100; No. 11, pp. 1188-1197; No. 12, pp. 1290-1300 (1990); Vol. 23, No. 1, pp. 27-34 (1991).
- 4) 中迫 勝：キーボードの人間工学的設計，人間工学，Vol. 22, No. 2, pp. 53-61 (1986).
- 5) 谷井克則：キーボード位置と頸肩腕負担，人間工学，Vol. 21, 特別号，pp. 158-159 (1985).
- 6) 中島徳夫，横溝克己：手のひら形キー配列の人間工学的評価，人間工学，Vol. 21, 特別号，pp. 162-163 (1985).
- 7) 小松原明哲，中島徳夫，横溝克己：学習過程からみた日本語ワードプロセッサのとりつきやすさについて，人間工学，Vol. 23, No. 1, pp. 25-33 (1987).
- 8) 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，Vol. 28, No. 6, pp. 658-667 (1987).
- 9) Zipp, P., Haider, E., Halpern, N. and Rohmert, W.: Keyboard Design through Physiological Strain Measurements, *Applied Ergonomics*, Vol. 14, No. 2, pp. 117-122 (1983).
- 10) 中迫 勝, W. ヒュンティングほか：VISUAL DISPLAY TERMINALS 作業者の拘束姿勢とその人間工学的問題，労働科学，Vol. 58, No. 4, pp. 203-212 (1982).
- 11) Rohmert, W. and Luczak, H.: Ergonomics in the Design and Evaluation of a System for "Postal Video Letter Coding," *Applied Ergonomics*, pp. 85-95 (June 1978).
- 12) Hobday, S. W.: Keyboard Designed to Fit Hands & Reduce Postural Stress, *9th Congress of the IEA*, p. 457 (1985).
- 13) 森田正典：日本文入力方式と鍵盤方式の最適化，信学論 (D), Vol. J70-D, No. 11, pp. 2077-2082 (1987).
- 14) 坂村 健：日本人の手の大きさの測定と TRON キーボード，*2nd Symp. Human Interface*, pp. 99-104, 計測自動制御学会 (1986).
- 15) 神田泰典，古丸 健，佐藤 章，白鳥茂男：OA-SYS 100 日本語電子タイプライタ，*FUJITSU*, Vol. 131, No. 5, pp. 187-193 (1980).
- 16) Kroemer, K. H. E.: Human Engineering the Keyboard, *Human Factors*, Vol. 14, No. 1, pp. 51-63 (1972).
- 17) 田中 豊，垂水共之，脇本和昌：パソコン統計解析ハンドブック II 多変量解析編，pp. 258-269, 共立出版 (1986).
- 18) Newell, A. and Rosenbloom, P. S.: Mechanisms of Skill Acquisition and the Law of Practice, *Cognitive Skills and Their Acquisition*, Anderson, J. R. (ed.), pp. 1-55, Lawrence Erlbaum Associates, Pub., Hillsdale, NJ (1981).
- 19) Kinkead, R.: Typing Speed, Keying Rates, and Optimal Keyboard Layouts, *19th Annual Meeting*, pp. 159-161, Human Factors Society (1975).
- 20) 小西和憲，樽松 明，田代秀夫：英語鍵盤配列の評価，電子通信学会技術研究報告，EC 81-21, pp. 45-52 (1981).
- 21) 狩野広之：事務作業とミス—その問題と対策—，pp. 32-43, (財)労働科学研究所出版部 (1985).  
(平成 5 年 6 月 21 日受付)  
(平成 6 年 6 月 20 日採録)



白鳥 嘉勇 (正会員)

昭和 19 年生。昭和 42 年静岡大学工学部機械工学科卒業。昭和 44 年同大学院工学研究科修士課程修了。同年日本電信電話公社に入社。昭和 44～平成 2 年まで同社研究所において、電気音響変換器、漢字入力装置、かな漢字変換器入力装置、ローマ字形キー配列 (SKY)、操作性評価法、視線動作アルゴリズム、に関する研究に従事。平成 2～4 年技術情報センタにおいて、特許権利化業務に従事。平成 4 年 NTT アドバンステクノロジー (株) に入社。知的財産権事業部担当部長。現在、特許調査業務に従事。平成 2 年情報処理学会研究賞受賞。電子情報通信学会会員。