

平均打鍵数による鍵盤ポイント方式の 一設計法について

川 端 信 賢

長崎総合科学大学工学部

コンピュータの普及に伴い、わが国でも作文タイプを行うユーザーが増えた。円滑な作文タイプのためには、すぐれたポイント方式が必要である。しかし、従来の鍵盤ポイント方式は平均打鍵数が大きく、この条件を満足しない。本文では平均打鍵数の小さいポイント方式の系統的な設計法を考察した。この設計法の基本はポイント操作を「目標点のX進法による計測および打鍵入力」と定式化したことである($X \leq 6$)。目標点の計測にはカーソル位置を原点とするX進法の「画面定規」を用いた。計測値の入力には鍵盤の中心線を原点とするX進法の「仮想鍵盤」を用いた。これにより、テキストと鍵盤の間にある相似性をポイント操作に活かした。

On a Systematic Design Method of
Key-controlled Text Pointing Systems

Sinken KAWABATA

Faculty of Engineering,
Nagasaki Institute of Applied Science
536, Aba-cho, Nagasaki-shi, 851-01 Japan

We consider a systematic approach for designing key-controlled text pointing systems. The main criterion in our design is the average keystroke count of the pointing operation. The basis of this approach is formalizing a pointing operation by a pair of the measurement and the key input of the distance to the target on a text window. The target is measured by the X-ary "screen-rule" and is input by the 3×10 X-ary key board, where $X \leq 6$. As the results, the average keystroke count of our pointing system became less than 70% of that of the typical one.

1. はじめに

コンピュータやワードプロセッサ（以下、ワープロ）の普及により、いわゆる作文タイプを行うユーザーがわが国でも増えた。コピータイプではカーソルをテキストの目標点へ位置づけするポインティング操作（略して、ポイント操作）の頻度は低い。これに対して、作文タイプではテキストの推敲を行うため、ポイント操作の頻度が高くなる。ポインティングデバイス^[1]としてマウス、タブレット、その他があるが、これらの場合、ポイント操作を行うためには鍵盤から手を離さなければならない。テキスト入力のほか、ポイント操作にも鍵盤を使えばこの必要はない。しかし、この場合でもポイント操作の打鍵数が大きいと、作文タイプの作業効率の直接低下のほか、思考の中断を引き起す可能性もある。従来の代表的ワープロの平均打鍵数の例はCプログラムの作文タイプの場合、約8.3である^[2]。

本文では鍵盤ポイント方式の一つの系統的設計法を考察した。その際の主評価基準はポイント操作の平均打鍵数とした。平均打鍵数の小さいポイント方式の設計法を考察するためには、ポイント操作の基本的頻度分布^[2]が必要である。その結果、ウィンドウ内の目標点へのポイント操作を「目標点の計測と計測値の打鍵入力」として定式化した。そして、目標点の効率的計測のために、カーソル位置を原点とするX進法の二次元数直線を「画面定規」として用いた。さらに、計測値のX進数入力の場合には鍵盤の横方向にその中心を原点とするX進法数直線を想定するのが、幾つかの観点から合理的であることを示した。ここで、Xは計測と打鍵入力の両方の妥協点として決める($X \leq 6$)。

現在まで各種ポインティングデバイスの比較評価が行われてきた^{[1][3]}。その結果、ポインティング時間および同エラーの点で、目標点までの広い距離範囲にわたり、ステップキーよりもマウスがすぐれていることが明らかにされた^[3]。しかし、全キーのわずか10%未満にすぎないステップキーの評価結果で、鍵盤のポイント操作能力を評価することはできない。このため、最近川端は鍵盤ポイント方式の評価法を考察した^[2]。本研究ではこの評価法を設計に応用した。

本文のポイント方式では幾つかの合理的な理由から、鍵盤の三段十列のデータキーを主に使う。以下、2. ではポイント操作の頻度分布の例を示し、3. では従来のポイント方式の問題点と新しい設計理念を述べた。4. では設計目標とその実現のための定性的考察を行

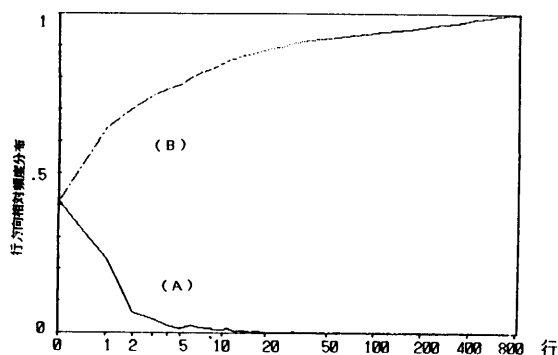
い、これに基づいて5. でX進法によるポイント方式の設計法を示した。6. では本手法によるポイント方式の設計例を示し、その平均打鍵数の概略評価を行った。7. では結論と今後の課題を述べた。

2. ポイント操作の相対頻度分布

平均打鍵数の小さいポイント方式の設計のためには、ポイント操作データまたはポイント操作の頻度分布が必要である。しかし平均打鍵数の評価に必要な頻度分布は一般に多次元となるため、その分布の直観的な把握は困難である。そこで平均打鍵数の考察に役立つ一ないし二次元の頻度があれば、平均打鍵数の概略評価やポイント方式設計の指針となる。ポイント操作の出发点を原点とした場合の相対行数および相対桁数に対する目標点の頻度はこのような頻度の一つである。ここではCプログラムの作文タイプの場合のポイント操作の相対頻度を示す。

2.1 行方向相対頻度

図2.1 (a) にポイント操作の行方向相対頻度およびその累積頻度のグラフを示す。同図 (b) に $i \sim j$ 行間の頻度 ($P \downarrow$) i, j を示す。図2. 1より0~4行以内へのポイント操作が76%と高率を占める。特に0行 (= 出発行) 内でのポイント操作が41%と高い。



(a) 相対頻度 (A) および累積頻度 (B)

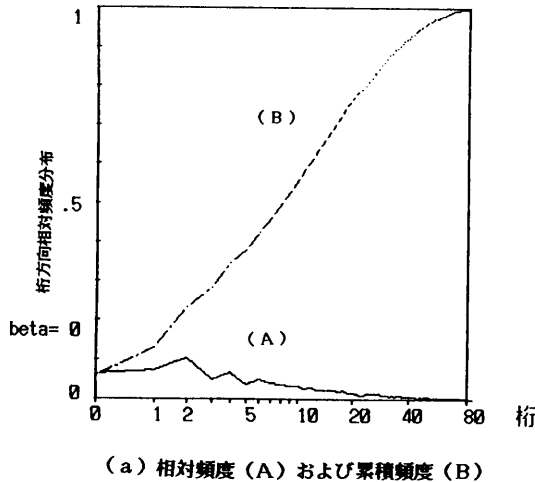
区間 $i \sim j$ (行)	0	1~4	5~24	25~104	105~800
頻度 ($P \downarrow$) i, j	.410	.356	.128	.048	.057

(b) 区間頻度

図2. 1 ポイント操作の行方向相対頻度

2.2 桁方向相対頻度

図2.2 (a) にポイント操作の桁方向相対頻度を示す。同図 (b) に $i \sim j$ 桁区間の頻度 $(P_{\leftrightarrow})_{i,j}$ を示す。 $(P_{\downarrow})_{i,j}$ $(P_{\uparrow})_{i,j}$ は6. でポイント操作の平均打鍵数の概略評価に用いられる。



(a) 相対頻度 (A) および累積頻度 (B)

区間 $i \sim j$ 桁	0	1~4	5~24	25~80
頻度 $(P_{\leftrightarrow})_{i,j}$.060	.287	.463	.188

(b) 区間頻度

図2.2 ポイント操作の桁方向相対頻度

3. 従来のポイント方式の問題点と

新しい設計理念

従来のポイント方式の問題点とこれを解決するための一つの設計理念を述べる。

3.1 従来のポイント方式の問題点

従来のワープロやエディタのポイント方式の問題点を幾つか述べる。

(1) ポイント操作の使用キーが異なる

同じカーソル移動をさせるのに、ワープロによって、使用キーが一部異なることがある。基本的なカーソル操作については使用キーを統一するのが望ましい。

(2) 右手側の使用キーの位置が不規則

カーソル操作に用いられる左手側の制御文字入力用キー位置 (S, D, E, X, A, W, R, C など) は規則的と言えるが、右手側の使用キーはそうでない。

(3) 左手側の操作性が悪い

制御文字の入力は左手小指でコントロールキーを押した状態で行うので、左手側の制御文字入力打鍵操

作はこの制約を受ける (特に、Z および X)。

(4) ポイント操作の平均打鍵数が大きい

従来の代表的なワープロのポイント方式を例にとると、ポイント操作の平均打鍵数の理論値 S は C プログラムの作文タイプで $S=8.3$ と大きすぎる^[2]。理想的には $S=4$ 程度にちぢめたい。

上記 (1) ~ (4) の問題点の原因を考察すると、それは 1. でも指摘したように、鍵盤ポイント方式の評価及び設計のための研究が欠如していたことによると思われる。特に (2)、(3)、(4) の原因はカーソル操作の使用キーが制御文字中心になっていることである。まず (3) は明らかである。(2) は右手側の重要な位置を占める 4~5 個のキー (;, ., / :) が制御文字の入力に使えないことに基因している (JIS コード表参照)。このために、例えば K, L, J, ;, O, ., P, . のキー配列がカーソル操作のための制御文字入力に使えない。

次に (4) について、従来のポイント方式は十数種類のカーソル操作を含んでいるが、これらは平均打鍵数を効果的に小さくできるカーソル操作のうちの何割かにすぎない。すなわち (4) の原因はカーソル操作の種類が少ないことである。しかし、残り十数個の制御文字は編集操作などに使われるため、制御文字によるカーソル操作の種類をこれ以上増やすことはむづかしい。

3.2 鍵盤ポイント方式の新しい設計理念

鍵盤ポイント方式は平均ポイント時間が小さいなど、効率の良いことが望まれる。しかし、いわゆるすぐれたポイント方式の設計問題は、3.1 で明らかにしたように、従来のように主に制御文字を使用する方法では解決できない。解決方法は鍵盤と電子ディスプレイのもつすぐれた特性をポイント操作のために活かすことであろう。具体的には、以下の諸項目はそれらが従来果している以上の可能性を持っており、これらを十分に活用するべきである。

(1) 鍵盤 (2) テキスト画面 (3) 手指と鍵盤とテキストの論理構造の類似性 (4) ポイント方式の評価

本文ではこれらを活かしたポイント方式の設計法を提案する。

4. ポイント方式の設計目標と考察

ポイント方式の設計目標を述べ、この目標を達成するための合理的な方法を考察する。

4.1 設計目標

本文でのポイント方式の設計目標は以下のとおりとした。

設計目標

- (1) 平均打鍵数 S が小さい
- (2) ブラインドタッチが容易
- (3) 平均ポイント時間が小さい
- (4) 操作が覚え易い
- (5) 操作が円滑である

ただし、この中で(1)を主目標とした。目標(1)～(3)は作文タイプの効率化のために、(4)はユーザの記憶負担が大きくならないためである。上記目標のほかに、本来ならば、(6)疲労が少ないことも重要な要素である。

4.2 設計のための定性的考察

4.1の目標を満足するポイント方式を求めたい。そのための考察を行う。

- (1) 平均打鍵数 S を小さくするために
 - ①カーソル操作の種類を豊富にする
 - ②カーソル操作の打鍵数を小さくする
 - ③ポイント操作の頻度分布を活用する

代表的なワープロのポイント方式で使用されているカーソル操作はおおよそ12種類で、主に制御文字を使っている。使用キーは約14個である^[2]。ただし、数字キーは簡単のため全部で1個と数える。3.1で明らかにしたように、カーソル操作の種類をもっと増やすために制御文字を使用するのは適切でない。

一方、文字・数字・記号の、いわゆるデータキーは鍵盤上でもっとも数が多い。この意味で、データキーは①のために適する。さらに(2)ブラインドタッチ、(4)覚え易さおよび(5)円滑さも考慮のうえで、われわれは①のためにデータキーを使用する。しかし、データキーをポイント操作に使うには、そのための動作モードにしなければならない。これをポイント操作モードと呼ぶ。このモードに入るための打鍵入力が必要となるから、②のカーソル操作の打鍵数は少なくとも2となる。この値は制御文字を使う場合の最小打鍵数1に比べて大きくなったが、この損失分については①と③によるプラス効果で補って余りあるようにする。

ブラインドタッチが容易なデータキー数は三段十列の30キーであろう。一方、ポイント操作の目標点の最大数はこのキー数よりはるかに大きいから、その中から一つの目標点を選択するにはデータキーの組合せを使う必要がある。換言すれば、データキーによって各目標点を符号化することになる。この組合せのキー数(=符号長)がこのポイント操作の打鍵数になる。

ポイント操作の平均打鍵数 S はポイント操作の生起確率と打鍵数の積の形で定義される^[2]。本文では S の最小性の議論はしないが、 S を小さくするための③の実際の活用方法は各目標点について、その(生起頻度・符号長)積を平均的に小さくすることである。そのために生起頻度の高い、出発点近傍の目標点に対しては最短符号を割付け、目標点が出発点から遠ざかるにつれて頻度は漸減するから、それに応じて残りの符号の中の符号長の小さい方から順番に割付ける。この条件を満たす一つの系統的な符号化法は、出発点から目標点までの行数または桁数を X 進数で表すことである。ここで、単に S を小さくするだけならば、 X はおおよそ30と大きくすればよい。しかし、もしそうすると X が大き過ぎるために、目標点の計測が困難になり、このためポイントエラーを起こす確率が高くなる。また、 X^0 の位のキーだけしか持てないために、従来の10進数によるポイント操作^[4]と同様に、操作の円滑さなどに欠ける可能性がある。

- (2) ブラインドタッチを容易にするために

ポイント操作の使用キーはブラインドタッチを容易にするために、原則的に三段十列以内およびコントロールキーとする。

- (3) 平均ポイント時間 T を小さくするために

三段十列のデータキーをポイント操作に用いることにより、手の移動時間を少なくする。 S を小さくすることにより、結果的に T を小さくする。また、目標点計測を効率良く行うために「画面定規」により計測の支援を行う。画面定規はカーソル位置を原点とし、1行および1桁を単位長さとして、 X 進法で目盛りを表示させた二次元数直線である(図6.1)。

- (4) 覚え易く

- (5) 円滑にするために

テキストと鍵盤の論理構造は共に二次元配列である。さらに、テキストの行方向と桁方向の構造を考えると、それぞれは行および桁を要素とする一次元配列である。一方、鍵盤を操作するユーザーの手指の並びは一次元配列であり、この点から単純に言えば、鍵盤は一段十

列の一次元配列が最も馴染み易く、操作性がよい。実際の鍵盤はこれを考慮しているため、段数はたかだか四段となっている。

以上の考察から、本設計法では手指、鍵盤、テキストの行方向および桁方向の四つの一次元構造をポイント操作法に活かす。すなわち、テキストの行方向のポイント操作も横方向キー配列で行う。これは直観とは多少ずれるが、テキストを一次元モデル^[5]で考えれば覚え易い。そして、X進法の画面定規に対応して、X進法の「仮想鍵盤」を使う。X進法の仮想鍵盤はまず、鍵盤の列を左手側と右手側に分ける中心線を原点とし、そこから左右へ列順にX進数の文字を割付ける。そして、各段にはX進数の各桁の重み X^0 、 X^1 および X^2 を付与したものである(図6.2)。鍵盤の十列(左右五列)以内を使うこと、および目標点の計測効率の点からXの範囲は $X \leq 6$ が妥当と考えられる。結果的に、本設計法では行方向と桁方向の二つのポイント操作モードをもつ。

5. X進法に基づくポイント方式の設計法

ポイント方式の設計は行方向と桁方向に分けて行う(4.(4),(5))。設計の原理は両方向に対して同じものが使える。まず、4.の考察を基にしてポイント方式の設計問題を定式化する。つづいて、この定式化に則った設計例を示す。

5.1 ポイント方式の設計問題の定式化

ポイント操作の定式化および評価モデルとしてはCardらの操作時間に着目したものがある^[3]。これはマウス、ジョイスティックおよびステップキー等に適用された。しかし、本文のように鍵盤を対象とし、かつ打鍵数に着目する場合は、以下に示すような別の新しい定式化を用いるのが適切である。

テキストウィンドウ内での桁方向ポイント操作を定式化する。行方向についても同様である。

ポイント操作の定式化(桁方向)

- (1) 出発点を原点として、目標点までの桁数をX進法で計測。
- (2) 目標点の計測値をX進法により入力。

実際問題としては(1)の前に、(0)目標点を探す、作業が含まれる。しかし、本文では近似的に前述(1)、(2)の定式化を用いる。そうすると、ポイ

ント方式の設計問題は以下のように定式化される。

ポイント方式の設計問題の定式化

ポイント操作にX進法の画面定規および三段十列の仮想鍵盤を用いる。

設計目標(3.(1)~(6))を評価基準として、

- (1) ポイント操作のためのX進法の基底Xは何か。
- (2) X進法の画面定規の表示法は何か。
- (3) ポイント操作の案内表示法は何か。
- (4) 仮想鍵盤の列に中心線から外向きにX進法の文字1、2、3、……、 $X-1$ を割付ける。上中下段に対する重み X^0 、 X^1 および X^2 の割付け方は何か。
- (5) ポイント操作の開始方法は何か。
- (6) ポイント操作モードにおける各キー操作に対するカーソル移動量は何か。
- (7) 両ポイント操作モード間の切替え方法は何か。
- (8) X進法以外の付加的カーソル操作は何か。
- (9) ポイント操作の終了方法は何か。

5.2 桁方向ポイント方式の設計例

5.1の定式化に基づく桁方向ポイント方式の設計例を示す。

- (1) ポイント操作のためのX進法の基底 X
 $3 \leq X \leq 6$ の範囲からより適した値を採用。評価試験により決定。(仮に $X=5$ とする)
- (2) X進法の画面定規の表示法
カーソルのある桁を原点として $X = (10)_X$ 桁ごとに「目盛」を付ける。 $(100)_X$ 桁ごとの目盛はより「大きく」付ける。「目盛」は表示の反転、色などによる。
- (3) ポイント操作の案内表示
ポイント操作前はポイント操作の開始方法、桁方向ポイント操作中はその旨の記号 \leftrightarrow および終了方法などを表示。仮想鍵盤も必要に応じて表示。
- (4) 鍵盤の列に対するX進文字の割付け
上中下段に対する重み X^0 、 X^1 、および X^2 の割付け方
 X^0 、 X^1 および X^2 の位の順に使用頻度が高い。したがって、操作性のよい段から順に X^0 、 X^1 および X^2 の重みを割付ける。(仮に中上下の順とする)
- (5) ポイント操作の開始方法
ポイント操作の開始をブラインドタッチで行うには

制御文字がよい。円滑な操作とするには、左手でコントロールキー、右手でホームポジションのデータキーを押す。コントロールK (^ Kと略記)を使う。

(6) カーソル操作のカーソル移動量

仮想鍵盤の中心よりx列のXⁱの位のキーを押したとき、

$$\text{カーソル移動量} = x \cdot X^i \text{ (桁)} \quad (5.1)$$

例えば、中心線から左3列目上段のキーを押すと、x=3、5¹の位だから3×5¹=15(桁)左に移動する。

(7) 両ポイント操作モード間の切替え方法

桁方向と行方向のポイント操作モードの切替えを円滑にするために、左右対称位置のキー対を使用。例えば、中段5列目のキー(Aと;)。

(8) X進法以外の付加的カーソル操作

行頭へのジャンプ：例、下段左5列キー(Z)
 行の文末へのジャンプ：例、下段右5列キー(/)

(9) ポイント操作の終了方法

次の①と②のいずれかを選択して使う。
 ①スペースキー ②スペースキーまたはX⁰の段のキー。
 以上の設計例を図6.1および図6.2に示す。

5.3 行方向ポイント方式の設計例

行方向ポイント方式の設計例を示す。

(1) ポイント操作のためのX進法の基底X

桁方向の場合と同一値を採用する(X=5)。

(2) X進法の画面定規の表示法

カーソルのある行を原点として、X=(10)_x行ごとに「目盛」を付ける。

(3) ポイント操作の案内表示

桁方向の場合と同様。ただし、行方向ポイント操作中であることを示す記号は↓。

(4) 鍵盤の上中下段に対する重み付け

$$X^1, X^0, W^1$$

ウィンドウの行数を20行程度とすれば、ウィンドウ内への行方向ポイント操作は、X進法の2桁あれば十分である。実際、X=5のとき、X進法2桁の最大値は(44)_x=24行である。したがって、3桁目(X²の位)は必要ない。その代りW¹の重みを付ける。ここで、Wはウィンドウの行数である。

(5) ポイント操作の開始方法

桁方向と同様の考察により、コントロールJ (^ J)を使う。

(6) カーソル操作のカーソル移動量

x列のXⁱの位のキーを押したとき、

$$\text{カーソル移動量} = x \cdot X^i \text{ (行)} \quad (5.2)$$

x列のW¹の位のキーを押したとき、

$$\text{カーソル移動量} = x \cdot W^1 \text{ (行)} \quad (5.3)$$

(7) 両ポイント操作モード間の切替え方法
 桁方向の場合と同じにする(Aと;)。

(8) X進法以外の付加的カーソル操作

文頭行へのジャンプ：下段左5列キー(Z)。
 文末行へのジャンプ：下段右5列キー(/)。

任意ページの先頭行へのジャンプ：最上段10進キーで目標ページのページ番号とリターンを入力。

(9) ポイント操作の終了方法

桁方向の場合と同じ。

以上の設計例を図6.1および図6.2に示す。

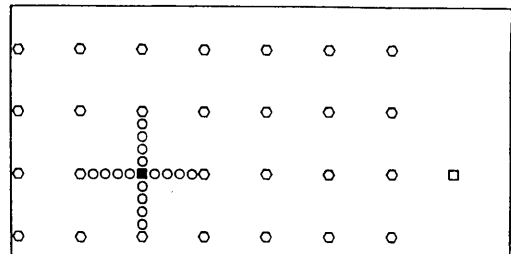
6. ポイント方式の設計例と概略評価

5. で示したポイント方式の設計例の画面定規と仮想鍵盤を図示する。そして、この設計例の平均打鍵数の概略値を求める。

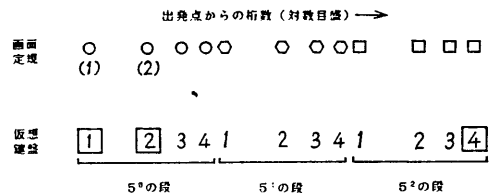
6.1 ポイント方式の設計例

(1) ポイント操作画面定規

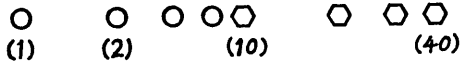
5進法の画面定規の概念図を図6.1(a)に示す。同図(b)に桁方向目盛、(c)に行方向目盛をそれぞれ示す。



(a) 5進法画面定規の概念図
 (■はカーソル位置)



(b) 画面定規の桁方向目盛の概念図



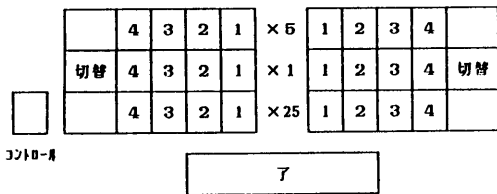
出発点からの行数（対数目盛）→

(c) 画面定規の行方向目盛の概念図

図6.1 ポイント操作支援の画面定規

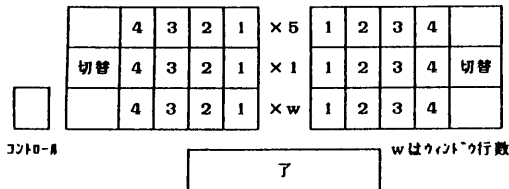
(2) ポイント操作の仮想鍵盤

図6.2 (a)、(b) に桁方向および行方向のポイント操作で使用する仮想鍵盤の設計例をそれぞれ示す。キー上に記入した数字×重みがそのキーの打鍵によるカーソル移動量である。



(a) 桁方向の仮想鍵盤例

^Kで桁方向ポイント操作モードに入る



(b) 行方向の仮想鍵盤例

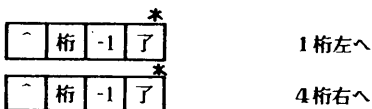
Wはウィンドウ行数。^Jで行方向ポイント操作モードに入る

図6.2 ポイント操作仮想鍵盤の設計例

キー上の数字×重みがそのキーの打鍵によるカーソルの移動量。

(3) ポイント操作例

二、三のポイント操作例を以下に示す。ただし、ポイント操作の終了が②スペースキーによる場合を示す。



ここで、^はコントロールキー、桁はK、行はJ、数字は5進数の仮想キー（重みを掛けたもの）で、負数は左側のキーを表す。了はスペースキー、1PGや2PGは10進キーを表す。了はリターンキー。

なお、ポイント操作の終了が②スペースキーまたはX⁰の段の仮想キーによる場合は、上記のポイント操作の*印の了は不要となる。さらに、**印の切替の代わりに^桁とする。

6.2 平均打鍵数の概略評価

6.1のポイント方式の設計例(X=5)について、ポイント操作の平均打鍵数の概略値を求める。ポイント操作の終了が②スペースキーまたはX⁰の段の仮想キーによる場合を対象とする。ただし、ポイント操作の頻度データとして、2.に示した頻度分布を用いた。ポイント操作は行方向から先に行うものと仮定して計算した。ウィンドウ幅W=20行とした。

(1) 平均打鍵数の行方向成分(S↓)

出発行(0)からi~j行区間への最小打鍵ポイント操作の平均打鍵数を(S↓)_{i,j}とする。出発行から上下4行以内への打鍵数はたかだか3であるから(S↓)_{1,4} ≤ 3である。同様に、(S↓)_{5,24} ≤ 4、

$(S \downarrow)_{25.184} \leq 5$ 、 $(S \downarrow)_{185.Lmax} \leq 7$ である ($Lmax$ は相対行番号の最大値)。ただし、ページ番号は簡単のため1打鍵と数える。よって、 $(S \downarrow)$ の値は式(6.1)で与えられる。

$$\begin{aligned} (S \downarrow) &= (P \downarrow)_{1.4} \cdot (S \downarrow)_{1.4} \\ &+ (P \downarrow)_{5.24} \cdot (S \downarrow)_{5.24} \\ &+ (P \downarrow)_{25.184} \cdot (S \downarrow)_{25.184} \\ &+ (P \downarrow)_{185.Lmax} \cdot (S \downarrow)_{185.Lmax} \\ &\leq (.356 \cdot 3) + (.128 \cdot 4) \\ &+ (.048 \cdot 5) + (.057 \cdot 7) \\ &= 1.068 + .512 + .24 + .399 \\ &= 2.219 \end{aligned} \quad (6.1)$$

(2) 桁方向成分 $(S \leftrightarrow)$

出発桁(0)から $i \sim j$ 桁区間への最小打鍵ポイント操作の平均打鍵数を $(S \leftrightarrow)_{i,j}$ とする。 $(S \leftrightarrow)_{i,j}$ は $(S \downarrow)_{i,j}$ の場合と同様に式(6.2)で与えられる。

$$\begin{aligned} (S \leftrightarrow) &= (P \leftrightarrow)_{1.4} \cdot (S \leftrightarrow)_{1.4} \\ &+ (P \leftrightarrow)_{5.24} \cdot (S \leftrightarrow)_{5.24} \\ &+ (P \leftrightarrow)_{25.88} \cdot (S \leftrightarrow)_{25.88} \\ &\leq (.287 \cdot 3) + (.463 \cdot 4) + (.188 \cdot 5) \\ &= .861 + 1.852 + .94 \\ &= 3.653 \end{aligned} \quad (6.2)$$

(3) 平均打鍵数 S

平均打鍵数 S は式(6.1)および(6.2)より式(6.3)で与えられる。

$$\begin{aligned} S &= (S \downarrow) + (S \leftrightarrow) \\ &\leq 2.219 + 3.653 \\ &= 5.872 \end{aligned} \quad (6.3)$$

この値は代表的なワープロの値 $8.34^{[2]}$ の70%である。仮に、ポイント操作の開始を一打鍵で行う場合は、各 $i \sim j$ 行(桁)区間の打鍵数 $(S \downarrow)_{i,j}$ および $(S \leftrightarrow)_{i,j}$ を一打鍵ずつ減らして S を計算すればよい。その結果、 S は式(6.4)で与えられる。

$$S \leq 4.34 \quad (6.4)$$

この値は 8.34 の52%である。

7. むすび

ポイント操作の頻度分布を大局的に考慮することによって、平均打鍵数の小さい鍵盤ポイント方式の系統的設計法を考案した。この設計法ではポイント操作を「目標点の計測と計測値の打鍵入力」として定式化し、出発点に対する目標点の相対距離を X 進法で計測および打鍵入力する。これにより、各二点間のポイント操作の生起確率と打鍵数の積は平均的に小さくなり、平

均打鍵数の理論値は $X=5$ の場合で、従来の70%(5.8)以下に減少した。ポイント操作モード開始のための打鍵数を本文の設計例の二打鍵から一打鍵に変更した場合は、さらに従来の約50%(4.3)に減少できることを明らかにした。なお、目標点の計測には X 進法の画面定規を用い、効率化をはかった。目標点の打鍵入力には三段十列の仮想鍵盤を用いた。手指、鍵盤、テキストの一次元構造の類似性を活用したので、ポイント操作が覚え易く、ブラインドタッチが可能である。

今後、このポイント方式の実装と評価試験を行う予定である。本文ではワープロとエディタのポイント方式の共通的な部分を単純化して扱った。したがって、両者のそれぞれに特別に有効なカーソル操作の追加や細部での最適化が必要と思われる。

謝辞 原稿の清書をしてくれた本学卒研生諸君に感謝する。

参考文献

- (1) Shneiderman, B. (東、井関監訳)：“ユーザー・インタフェースの設計”，日経マグローヒル社(1987)。
- (2) 川端：“ポイント操作の確率分布とポイント方式の平均打鍵数について”，情報処理学会、ヒューマンインタフェース25-1(1989.7)。
- (3) Card, S., K., Moran, T., P., and Newell, A.: "The Psychology of Human-Computer Interaction", Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey (1983)。
- (4) 小川：“パーソナルコンピュータのための日本語スクリーンエディタの作り方”，Computer Today, 1985/5 別冊，サイエンス社。
- (5) 角田：“画面エディタ”，情報処理, 25, 8, pp. 759-766(1984)。