

## 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

川 端 信 賢

長崎総合科学大学工学部

コンピュータやワードプロセッサ等の普及に伴い、鍵盤による作文タイプを行うユーザが増えてきた。作文タイプではコピータイプに比べて記述の試行錯誤を行うのが特徴であり、このため、必然的に記述の加除変更が頻発する。しかも、意図した内容のより正確な記述を期すればするほど、この傾向が強くなる。コンピュータプログラムや論文の作文タイプはその例である。このように作文タイプでは挿入・削除・移動等のための位置づけ（ポインティング）操作がコピータイプの場合よりも増えるため、ポインティング方式の良否が問題となる。本文ではポインティング方式の平均打鍵数による評価法とその評価例を示す。すなわち、ポインティング方式の形式的定義を行い、その平均打鍵数の定義式および近似式を示した。さらに、平均打鍵数評価のためのポイント操作データの自動計測法を示し、計測したデータを用いてポインティング方式の平均打鍵数の評価例を示した。なお、ポインティング方式の定量的評価法を確立することによって、ソフトウェアの開発者とユーザに対して、次の三点の効果が期待される。（1）ポインティング方式の良否に対する意識の向上。（2）本文のような近似評価のほか、評価指標の実測ルーチンの組込みによる、ポインティング方式の実時間評価。（3）すぐれたポインティング方式による作文タイプや編集作業の能率向上。

On Probability Distributions and  
Average Keystroke Counts of  
Key-controlled Pointing Systems

Shinken KAWABATA

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

We consider key-controlled pointing systems by their average keystroke counts. In the composite typing on computer terminals or word processors, pointing operations occur more frequently than in the copy typing. Because, the number of composite typing users is increasing in Japan, the pointing speed or the keystroke count seems an interesting matter for the users. We present the formal definitions of cursor operations, pointing architectures and the average keystroke count. Then, we give the data acquisition method of pointing operations. Finally, we show an average keystroke count example of a pointing architecture.

## 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）の普及に伴い、鍵盤（キーボード）による作文タイプを行うユーザが増えてきた〔1〕。作文タイプではコピータイプに比べて記述・表現の試行錯誤を行うことが特徴であり、このため、必然的に記述の加除変更が頻発する。しかも、意図した内容のより正確な記述を期すればするほど、この傾向が強くなる。コンピュータプログラムや論文の作文タイプでは挿入・削除・移動等のためのカーソルの位置づけ操作（以下、ポイント操作）がコピータイプの場合よりも増える。このため、ポイント方式の良否はユーザにとっては一つの関心事である。

マウスやタブレット等のいわゆるポインティング装置はカーソル移動キーのようなキーボード制御よりも速い〔2〕。しかし、タイプ入力と位置づけを組合せた作業ではカーソルキーがマウスよりも速い〔2〕。川端は平均打鍵数によるポイント方式の評価法を考察している〔3〕。

本文ではポイント方式の平均打鍵数の定量評価法と評価例を示す。まず、2. では、平均打鍵数評価に用いるポイント操作データの自動計測法を示す。3. では計測したポイント操作データからポイント操作の頻度分布を示す。4. ではカーソル操作およびポイント方式の形式的定義を与える。5. ではポイント方式の平均打鍵数の評価式を示す。6. ではこれらのポイント方式の平均打鍵数の評価例を示す。

## 2. ポイント操作の計測方法

本章では使用記号の定義およびポイント方式の評価に必要な、ポイント操作データの計測・収集方法について概要を述べる。

ポイント操作の頻度分布および平均打鍵数を求めるために、ポイント操作の計測を行う必要がある。そのための便利で確実な方法は、使用するエディタ（またはワープロ）にポイント操作の自動計測ルーチンを組込むことである。

### 2.1 記号・用語の定義

本文で用いる記号および用語は原則として文献〔3〕に従う。ただし、ページ、行、文字等の先頭番号を1から0に改める。新しい記号や用語の定義を以下に述べる。

カーソル操作の直前、直後のカーソル位置をそれ

ぞれカーソル操作の始点および終点という。以下、テキストの先頭行（0）からの行番号を通し番号という。

$c11, c12$ : ポイント操作の出発点および目標点の通し行番号。また、カーソル操作の始点および終点の行番号を表すのにもこれを用いる。

$c1e$ : ポイント操作時の文末行またはその次の行の通し行番号。ポイント方式により、両者のいずれかを採用している。

$ne$ : 各ポイント操作時の最終ページのページ番号。

$1e$ : 最終ページのページ頭（0）からの文末行の行番号。

$cx1, cx2$ : ポイント操作の出発点、目標点の行頭（0）からの1バイト文字単位での桁番号。一方、 $c1, c2$ はテキスト使用文字（1または2バイト）単位での桁番号。

$cx2e, c2e$ : 目標点の行の文末桁の桁番号。それぞれ1バイト単位および使用文字単位。ここで文末桁は行の最終文字の桁+1で定義する。

$w11$ : 出発点のウインドウの天（0）からの行番号。

$w1L, w1L1$ : ウインドウの最大行数および（最大行数-1）。

$CX$ : テキストの1行当りの1バイト文字単位での最大桁数。一方、 $C$ はテキストの使用文字単位での最大桁数。

$A$ : ポイント操作の出発点を表すベクトルの集合。

$B$ : 目標点を表すベクトルの集合。

$R \subseteq A \times B$ : 可能なポイント操作  $(a, b) \in A \times B$  の集合。

### 2.2 ポイント方式の評価に必要な情報

ポイント方式の平均打鍵数の評価に必要なデータ項目はポイント方式に含まれるカーソル操作の種類によって異なる。まず、ホップ操作によるポイント操作の打鍵数計算には出発点から目標点までの行数および桁数が必要である。次に文頭行及び文末行ジャンプに対しては、これらの行から目標点までの行数が必要である。行頭及び行末ジャンプに対しても同様に、行頭および行末から目標点までの桁数が必要である。また、前ページ及び次ページジャンプに対してはさらに出発点から目標点までのページ数も必要である。

本文で扱うポイント方式の場合、評価のために直接または間接に必要なデータ項目は、出発点のテキスト先頭からの行番号 $c11$ 、ウインドウ先頭行(天)か

らの行番号w11,行頭からの桁番号cx1,目標点の行番号cl2,桁番号cx2,行の文末桁番号cx2e,及び文末の行番号cleである。ただし、1ページ,1ウィンドウの行数L,wLL,及びページの最大桁数CXが与えられているものとする。各カーソル操作の1回分の打鍵数もちろん必要であり、これらはカーソル操作の定義(4.)から得られる。

### 2.3 ポイント操作の計測方法

ポイント操作の計測は日本語スクリーンエディタSSE [4] に、その計測ルーチン(関数)を組込むことによって自動的に行った。ポイント操作の計測ルーチンの主な機能は次の3つである。

#### (1) ポイント操作の出発点情報の記録。

出発点の行と桁の番号など。

#### (2) 目標点情報の記録。

目標点の行と桁、行の文末桁及び文末行の番号など。

上記(1),(2)で得られるデータをポイント操作データという。

#### (3) ポイント操作データのファイルへの保存。

以上の(1)~(3)を行う計測ルーチンと、そのエディタへの組込み箇所を図2.1に示す。計測したポイント操作データの一部を図2.2に示す。なお、SSEのポイント方式では $cx2 \leq cx2e$ 及び $cl2 \leq cle$ という条件を満たすようになっている。

### 3. ポイント操作の頻度分布

2.の方法で計測したポイント操作データから求めた頻度分布について述べる。ポイント操作データ

図2.1 ポイント操作の計測ルーチンの一覧

機能	関数名	エディタへの組込み場所
(1)ポイント操作の出発点情報の記憶	on_start_point()	各カーソル操作(呼出し)の直前
(2)ポイント操作の目標点情報の記憶	on_target_point()	結果的にポイント操作を終了させるすべての操作の直前(注1)
(2)の補助のため、カーソル操作の着地点情報を一時記憶(目標点になる可能性があるため)	after_cursor_move()	各カーソル操作の直後
(3)ポイント操作データの累積保存(注2)	save_pnt_data()	テキストのファイル保存操作の直前または直後および on_target_point()関数の中

(注1)カーソル操作後の挿入、削除、複写などの開始によって、ポイント操作が結果的に終了する。

(注2)テキストをファイルに保存するとき、およびポイント操作データバッファが満杯になったときに、このバッファ内のデータをポイント操作データファイルに追加保存させるため。

図2.2 ポイント操作データ(一部)

(データ形式:((cl1,cx1),(cl2(cle),cx2(cx2e))))

```
text character size = 1 bytes,CX= 80,
((0,56)(0(0),54(56))) ((0,54)(0(0),56(56))) ((0,58)(0(0),58(58))) ((2,10)(2(2),
6(10))) ((7,8)(7(7),6(8))) ((7,37)(4(7),37(75))) ((4,38)(7(7),37(39))) ((10,8)(1
0(10),6(8))) ((13,8)(13(13),6(8))) ((14,30)(14(14),18(30))) ((16,8)(16(16),6(8)))
```

は二種類用意した。一つはCプログラムの作文タイプにおけるポイント操作データであり、もう一つは日本語技術論文のコピータイプにおけるものである。これらのポイント操作データを集計処理することにより、必要な頻度分布を各種求めることができる。

なお、前述の作文タイプのオペレータは本論文の著者自身であり、コピータイプのオペレータは工学部情報・制御系の卒業研究の学生数名である。彼らはSSEについてはそのテキスト[4]を使って輪講を行った。しかし、その使用経験は1ヶ月弱と浅い。

一方、上記Cプログラムは日本語の注釈を多少含んではいるが、これを1バイト文字のテキストとみなした。また、日本語技術論文は逆に2バイト文字のテキストとみなして処理した。

本文で扱うポイント方式は4. で示すように、行方向と桁方向のカーソル操作だけを含まから、ポイント操作を行方向と桁方向の操作成分に分解できる。平均打鍵数の評価に実際に必要な頻度分布は次元数が大きいために図示できないが、ここでは一次元のもっとも基本的と思われる頻度分布を示す。

### 3.1 行方向操作成分の頻度分布

すべてのポイント操作の出発点を重ね合せた場合の行方向操作成分の頻度分布を以下に示す。入力テキストの横サイズは、Cプログラムの場合は禁足桁まで合せて1バイト文字で最大80桁(C=80)であり、日本語技術論文の場合は2バイト文字で最大24桁(C=24)である。

図3.1は800行程度の六つのCプログラムの作文タイプのポイント操作の頻度分布を表す。これは出発行からの行数に対する頻度分布である。横軸は対数目盛である。この図より、ポイント操作は数行以内、とくに同一行内で中心的に行われることが明らかである。図3.2は日本語技術論文のコピータイプのポイント操作の頻度分布を示す。これは三人の学生に同一原稿をタイプさせた場合である。

### 3.2 桁方向成分の頻度分布

ポイント操作の出発点を重ね合せた場合の桁方向操作成分の頻度分布を以下に示す。図3.3は前述のCプログラムのポイント操作の桁方向頻度分布を表す。図3.1の対である。図3.4は同じく同一行内でのポイント操作の頻度分布を表す。

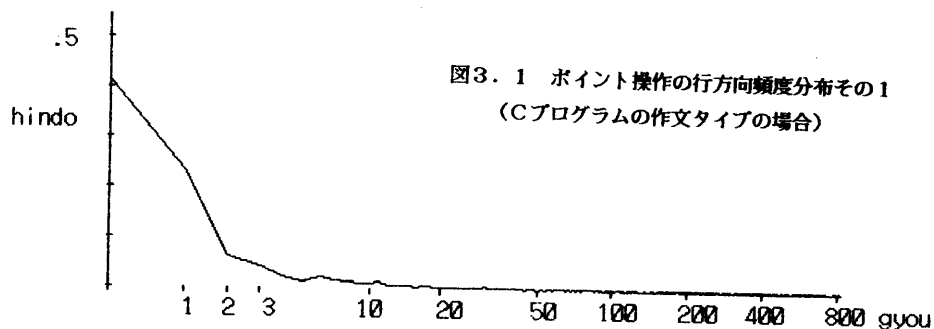


図3.1 ポイント操作の行方向頻度分布その1  
(Cプログラムの作文タイプの場合)

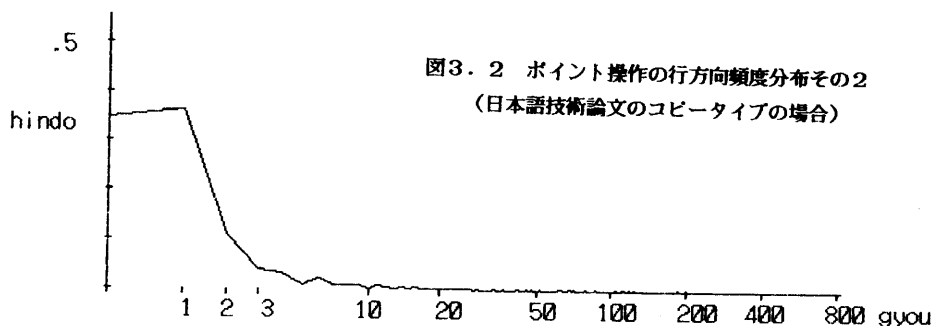


図3.2 ポイント操作の行方向頻度分布その2  
(日本語技術論文のコピータイプの場合)

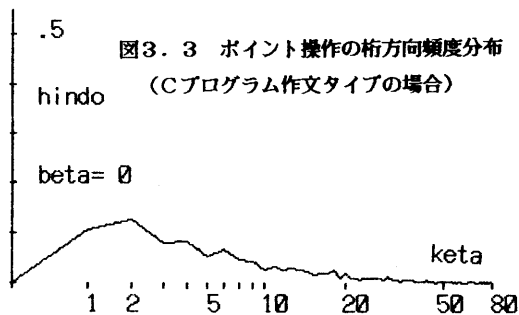


図3.3 ポイント操作の桁方向頻度分布  
(Cプログラム作文タイプの場合)

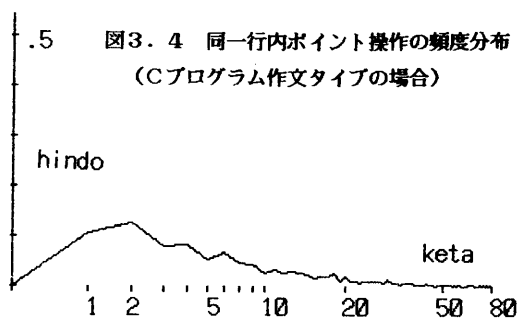


図3.4 同一行内ポイント操作の頻度分布  
(Cプログラム作文タイプの場合)

次に、図3.5は前記の日本語技術論文のポイント操作の頻度分布を表し、図3.2に対応する。図3.6は同じく同一行内でのポイント操作の頻度分布を示す。



図3.5 ポイント操作の桁方向頻度分布  
(日本語技術論文の場合)

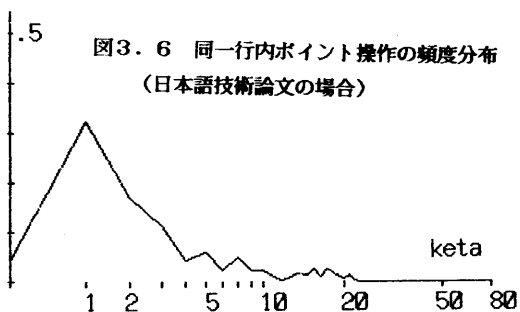


図3.6 同一行内ポイント操作の頻度分布  
(日本語技術論文の場合)

#### 4. カーソル操作およびポイント方式の定義

一つの「カーソル操作」の内容は、その始点と終点の位置関係および(キー)操作法によって規定される。カーソル操作の操作法からその打鍵数が明らかになる。一方、一つのポイント方式は何種類かのカーソル操作の集合として定義できる。本章では本文で扱うポイント方式の定義を述べる。ポイント方式としては、 $c1, c2 \leq c1e$  および  $c1, c2 \leq c2e \leq C$  の制約条件を満たすものを扱う。

図4.1 ポイント方式1の定義  
(使用記号の定義は2.1および文献[3]参照)

カーソル操作名	操作の始点と終点の関係	操作法(注)
ホップ (右) (左) (上) (下)	$c12-c11=0, c2-c1=1$ $c12-c11=0, c2-c1=-1$ $c12-c11=-1, c2-c1=0$ $c12-c11=1, c2-c1=0$	$\sim D$ $\sim S$ $\sim E$ $\sim X$
ジャンプ (行頭)	$c12-c11=0, c2=0,$ $ c2-c1  \geq 2$	$\sim K$
(行の 文末)	$c12-c11=0, c2=c2e,$ $ c2-c1  \geq 2$	$\sim 0$
(行末)	$c12-c11=0, c2=c,$ $ c2-c1  \geq 2$	$\sim L$
(頁天)	$n2-n1=0, l2=0,$ $ l2-l1  \geq 2, c2-c1=0$	$\sim J P n 2 \sim$
(前頁天)	$n2-n1=-1, l2=0$ $ c12-c11  \geq 2, c2-c1=0$	$\sim J B$
(次頁天)	$n2-n1=1, l2=0,$ $ c12-c11  \geq 2, c2-c1=0$	$\sim J N$
(文頭行)	$n2=0, l2=0$ $ c12-c11  \geq 2, c2-c1=0$	$\sim J S$
(文末行)	$c12=c1e,$ $ c12-c11  \geq 2, c2-c1=0$	$\sim J E$
(他頁天)	$n2-n1 \neq 0, l2=0,$ $ c12-c11  \geq 2, c2-c1=0$	$\sim J P n 2 \sim$

(注)  $\sim D$ はコントロールキーを押したままDを押す。他も同様。 $\sim J P n 2 \sim$ は $\sim J, P, n 2, \sim$ の順に操作、 $n 2$ はページ番号で、行数にかかわらず、簡単のため、その打鍵数は1と数える。 $\sim$ はリターンキー。

#### 4.1 ポイント方式1

ポイント方式の定義を図4.1に示す。これは、ワープロ「一太郎」のポイント方式を行方向と桁方向のカーソル操作だけを用いて近似したものである。その際に、 $\wedge D$ と $\rightarrow$ キーのように同じ機能のための操作法が二とおり用意されている場合は、それらの打鍵数の大小にかかわらずブライントタッチの容易な操作法をとり上げた。テキストをページ分割し、行方向ジャンプとしてページ間のジャンプを有している。しかし、テキストをウィンドウ単位で操作する概念は有していないのが特徴である。コンピュータはNEC PC9801シリーズである。以下も同じ。

下図において $c11, c12 \leq c1e$ および $c1, c2 \leq c2e \leq C$ の制約条件を満たすものとする。ただし、 $c1e$ は文末行の行番号とする。

#### 4.2 ポイント方式2

ポイント方式2の定義を図4.2に示す。これはエディタ「Hacker」のポイント方式を近似したものである。テキストをページ単位で操作する概念はない。代りに現、前、次ウィンドウへのジャンプをもつのが特徴である。任意のウィンドウへのジャンプはない。

(この点、ポイント方式1とは対照的である。)

#### 5. ポイント方式の平均打鍵数の評価式

本章ではまず、ポイント操作の確率分布が与えられたと仮定した場合のポイント方式の平均打鍵数の評価式を与える。

ポイント方式の平均打鍵数 $s$ はポイント操作の集合 $R = \{(a, b) \mid a \in A, b \in B\}$ に対して式(5.1)で定義される。 $A$ と $B$ はそれぞれ出発点および目標点(いずれもベクトル)の集合である。

$$s = \sum_{(a, b) \in R} \{p(a, b) \cdot s(a, b)\} \quad (5.1)$$

ここで、 $p(a, b)$ および $s(a, b)$ はそれぞれポイント操作 $(a, b)$ の生起確率および平均打鍵数である。

本文の平均打鍵数評価では $p(a, b)$ および $s(a, b)$ に対して、それぞれ生起頻度 $\bar{p}(a, b)$ および最小打鍵数 $s'(a, b)$ によって近似を行う[3]。これを式(5.2)に示す。

図4.2 ポイント方式2の定義

カーソル操作名	操作の始点と終点の関係	操作法(注2)
ホップ (右) (左) (上) (下)	$c12 - c11 = 0, c2 - c1 = 1$ $c12 - c11 = 0, c2 - c1 = -1$ $c12 - c11 = -1, c2 - c1 = 0$ $c12 - c11 = 1, c2 - c1 = 0$	$\wedge D$ $\wedge S$ $\wedge E$ $\wedge X$
ジャンプ (行頭)	$c12 - c11 = 0, c2 = 0,$ $ c2 - c1  \geq 2$	SFT←
(行の 文末)	$c12 - c11 = 0, c2 = c2e,$ $ c2 - c1  \geq 2$	SFT→
(文頭行)	$c12 = 0,  c12 - c11  \geq 2,$ $c2 - c1 = 0$	HOME/CLR
(文末行)	$c12 = c1e,  c12 - c11  \geq 2$ $c2 - c1 = 0$	SFT + HOME/CLR
(窓天)	$c12 = c1wt, (注1)$ $ c12 - c11  \geq 2,$ $c2 - c1 = 0$	SFT↑
(窓地)	$c12 = c1wt + wLL1,$ $ c12 - c11  \geq 2,$ $c2 - c1 = 0$	SFT↓
(前窓天)	$c12 = c1wt - wLL,$ $ c12 - c11  \geq 2,$ $c2 - c1 = 0$	$\wedge R$
(次窓天)	$c12 = c1wt + wLL,$ $ c12 - c11  \geq 2,$ $c2 - c1 = 0$	$\wedge C$

(注1)  $c1wt = c11 - w11 =$ ウィンドウの天の通し行番号。  
(注2) SFTはシフトキー。

$$s = \sum_{(a, b) \in R} \{\bar{p}(a, b) \cdot s'(a, b)\} \quad (5.2)$$

最小打鍵数 $s'(a, b)$ はベクトル $a, b$ の要素の間数として表すことができる。以下ではこの $s'(a, b)$ の評価式を各ポイント方式に対して示す。

#### 5.1 ポイント方式1の平均打鍵数の評価式

2.2および4.1の考察より、ポイント方式1の平均打鍵数を評価するための出発点および目標点ベクトル $a, b$ の1形式は式(5.3)および(5.4)のとおりである。

$$\text{出発点: } a=(n1, l1, c1) \quad (5.3)$$

$$\text{目標点: } b=(n2, l2, c2, ne, le, c2e) \quad (5.4)$$

これらの二式はポイント操作の位置情報の絶対形式表現である。これと等価な別の表現として、相対形式表現を用いてもよい。ポイント方式1では前者を用いる。

本文で扱うカーソル操作は行方向および桁方向のみであるから、ポイント操作の打鍵数 $s(a,b)$ は行方向操作成分 $\{s(a,b)\downarrow\}$ および桁方向操作成分 $\{s(a,b)\leftrightarrow\}$ の和に分解できる。

$$s(a,b)=\{s(a,b)\downarrow\}+\{s(a,b)\leftrightarrow\} \quad (5.5)$$

式(5.1)を行方向と桁方向の両成分の和に分解すると、式(5.6)~(5.8)となる。

$$s=(s\downarrow)+(s\leftrightarrow) \quad (5.6)$$

$$(s\downarrow)=\sum_{(a,b)\in R}\{p(a,b)\cdot s(a,b)\downarrow\} \quad (5.7)$$

$$(s\leftrightarrow)=\sum_{(a,b)\in R}\{p(a,b)\cdot s(a,b)\leftrightarrow\} \quad (5.8)$$

ポイント方式1の行方向最少打鍵数 $\{s'(a,b)\downarrow\}$ の評価式を図5.1に示す。ここでは、評価式の長さ、読み易さおよび計算時間を考慮して、評価式を幾つかの場合に分けて書いた。

図5.1の $\{s'(a,b)\downarrow\}$ の欄の各項の定義は以下のとおりである。

$$(hop\downarrow)=|c12-c11|+1 \quad (5.9)$$

$$(\text{文頭行}J_{\downarrow})=3+c12+1 \quad (5.10)$$

$$(\text{頁天}J_{\downarrow})=5+l2+1 \quad (5.11)$$

$$(\text{文末行}J_{\uparrow})=3+|cle-c12|+1 \quad (5.12)$$

$$(\text{次頁天}J_{\uparrow})=3+|l2-l1|+1 \quad (5.13)$$

$$(\text{前頁天}J_{\downarrow})=3+l2+1 \quad (5.14)$$

$$(\text{頁天}J_{\uparrow})=3+|l2-l1|+1 \quad (5.15)$$

$$(\text{前頁天}J_{\uparrow})=3+|l2-l1|+1 \quad (5.16)$$

$$(\text{他頁天}J_{\downarrow})=5+l2+1 \quad (5.17)$$

$$(\text{次頁天}J_{\downarrow})=3+l2+1 \quad (5.18)$$

$$(\text{他頁天}J_{\uparrow})=5+|l2-l1|+1 \quad (5.19)$$

図5.1 ポイント方式1の行方向最小打鍵数 $\{s'(a,b)\downarrow\}$ の評価式  
(文頭行 $J_{\downarrow}$ などの定義は式(5.9)~(5.19)参照)

ページの n1, n2, neの場合分け		$\{s'(a,b)\downarrow\}$ の評価式
n2-n1=0	ne-n2=0	min{ 文頭行 $J_{\downarrow}$ , 頁天 $J_{\downarrow}$ , hop $\downarrow$ , 文末行 $J_{\uparrow}$ }
	ne-n2>0	min{ 文頭行 $J_{\downarrow}$ , 頁天 $J_{\downarrow}$ , hop $\downarrow$ , 次頁天 $J_{\uparrow}$ }
n2-n1=-1	ne-n2>0	min{ 文頭行 $J_{\downarrow}$ , 前頁 $J_{\downarrow}$ , hop $\downarrow$ , 頁天 $J_{\uparrow}$ }
n2-n1=-2	ne-n2 $\geq$ 2	min{ 文頭行 $J_{\downarrow}$ , 前頁 $J_{\uparrow}$ , 他頁天 $J_{\downarrow}$ }
n2-n1<-2	ne-n2 $\geq$ 3	min{ 文頭行 $J_{\downarrow}$ , 他頁天 $J_{\downarrow}$ }
n2-n1=1	ne-n2=0	min{ hop $\downarrow$ , 次頁天 $J_{\downarrow}$ , 文末行 $J_{\uparrow}$ }
	ne-n2>0	min{ hop $\downarrow$ , 次頁天 $J_{\downarrow}$ , 他頁天 $J_{\uparrow}$ , 文末行 $J_{\uparrow}$ }
n2-n1 $\geq$ 2	ne-n2=0	min{ 他頁天 $J_{\downarrow}$ , 文末行 $J_{\uparrow}$ }
	ne-n2>0	min{ 他頁天 $J_{\downarrow}$ , 他頁天 $J_{\uparrow}$ , 文末行 $J_{\uparrow}$ }

上記の各式において、左辺の文字Jはジャンプ、矢印↓、↓および↑はその向きへのホップ操作を意味している。また、右辺の数字3および5はそれぞれのジャンプ操作1回の打鍵数、1はホップ操作のための最初のコントロールキー、残りの|c12-c11|やc12,12などはすべてホップ操作の必要回数を表している。ホップ操作を連続する場合に、コントロールキーは押したままでよいから、最初の1回だけ数える。また、通し行番号c1とページ番号nおよびページ行番号1との関係は式(5.20),(5.21)で表される。

$$n = c1/L \text{ の整数部} \quad (5.20)$$

$$l = c1/L \text{ の余り} \quad (5.21)$$

さらに図5.1のs'(a,b)の評価式では4.1のポイント方式1の各カーソル操作の打鍵数の大小関係を利用している。

次に、ポイント方式1の桁方向最少打鍵数{s'(a,b)↔}は式(5.22)~(5.25)で表される。

$$\{s'(a,b)↔\} = \min\{\text{行頭J}_\rightarrow, \text{h o p}↔, \text{行の文末J}_\leftarrow\} \quad (5.22)$$

$$\{\text{行頭J}_\rightarrow\} = 1+c2 \quad (5.23)$$

$$\{\text{h o p}↔\} = |c2-c1| \quad (5.24)$$

$$\{\text{行の文末J}_\leftarrow\} = 1+|c2-c2e| \quad (5.25)$$

式(5.22)右辺の第一項は行頭ジャンプとホップ、第二項はホップ、第三項は行の文末ジャンプとホップを用いたポイント操作の打鍵数を表す。コントロールキーの打鍵数1は行方向打鍵数に入れたので、桁方向打鍵数にはこれを入れる必要はない。

## 6. ポイント方式の平均打鍵数の評価例

4. に示したポイント方式の平均打鍵数の評価例を示す。3. に示した二種類のポイント操作データを評価用データとして用いた。

### 6.1 Cプログラムの作文タイプの場合

図6.1はCプログラムの作文タイプにおけるポイント方式1の平均打鍵数を示す。平均打鍵数の行方向成分(s↓)のページ内およびページ間成分の比をみるために、(s↓)をページ内成分(s↓<sub>inp</sub>)とページ間成分(s↓<sub>outp</sub>)に分ける。

$$(s↓) = (s↓_{inp}) + (s↓_{outp}) \quad (6.1)$$

また、平均打鍵数の桁方向成分(s↔)の同一行内および行間成分の比をみるために、(s↔)をそれぞれの成分(s↔<sub>ini</sub>)および(s↔<sub>outl</sub>)に分ける。

$$(s↔) = (s↔_{ini}) + (s↔_{outl}) \quad (6.2)$$

これらの成分値も図6.1に示す。同図でポイント方式1'はポイント方式1から行の文末ジャンプを除

図6.1 平均打鍵数の評価例 その1

(Cプログラム作文タイプの場合：C=80)

	L	s	s↓	s↔	s↓ <sub>inp</sub>	s↓ <sub>outp</sub>	s↔ <sub>ini</sub>	s↔ <sub>outl</sub>
ポイント方式1	25	8.445	3.394	5.051	1.844	1.549	2.461	2.590
	20	8.344	3.293		1.773	1.519		
	15	8.138	3.087		1.579	1.508		
ポイント方式1'	20	10.623	3.293	7.330	1.773	1.519	3.377	3.952



図6.2 平均打鍵数の評価例 その2  
 (日本語技術論文のコピータイプの場合: C=24)

	L	S	S↓	S↔	S↓ <sub>inp</sub>	S↓ <sub>outp</sub>	S↔ <sub>inl</sub>	S↔ <sub>outl</sub>
ボ イ ン ト 方 式 1	25	4.984	2.618	2.366	2.016	0.602	0.913	1.454
	20	4.843	2.477		1.927	0.549		
	15	4.779	2.413		1.854	0.558		
ボ イ ン ト 方 式 1'	20	5.339	2.477	2.862	1.927	0.549	1.094	1.768

いたものである。

参考文献

6.2 日本語技術論文のコピータイプの場合  
 図6.2に日本語技術論文のコピータイプにおけるポイント方式1の平均打鍵数を示す。

7. むすび

本文では鍵盤によるポイント操作の平均打鍵数の評価式と評価例を示した。具体的には、実際のポイント方式を方向と桁方向のカーソル操作で近似することにより、そのポイント方式の平均打鍵数の近似値を理論的に評価可能とした。また、ポイント操作データの自動計測法を示し、これをエディタに組込んで、データの収集を可能にした。このデータを用いて前記ポイント方式の平均打鍵数の評価例を示した。このポイント方式の平均打鍵数は1ページ20行のとき、Cプログラムの作文タイプ(1行最大80桁)では、8.344であった。また、日本語論文のコピータイプ(1行最大24桁)では、4.843であった。今後の課題は平均打鍵数の実時間計測の組込みとそれによる本手法の有効性の検証、鍵盤ポイント方式の高速化、平均ポイント時間の評価および検索によるポイント操作の評価などである。

謝辞

ポイント操作データの計測用エディタとしてSSEを利用させていただいた。著者の小川氏に感謝する。また、本文の原稿のタイプおよび作図プログラムを作成してくれた本学卒業研究生に感謝する。

(1) 情報処理学会: " 計算機システムのヒューマンインターフェースモデル・評価・展望—シンポジウム論文集"、(S.63-4)。

(2) Shneiderman, B. 著 (東、井関監訳): " ユーザーインターフェースの設計"、日経マグロウヒル社(1987)。

(3) 川端: " ポイント方式の平均打鍵数による評価手法について"、情報処理学会文書処理とヒューマンインターフェース研究会資料 21-1(1988.11)。

(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 1986/5 別冊、サイエンス社。

(5) (株) ジャストシステム: " 日本語ワードプロセッサ—太郎リファレンス編"、(株) ジャストシステム(1985-10)。

(6) Matsumoto&Co., Ltd: "Multi-Window Full Screen Editor HACKER Ver 3.0 Operating Manual"。