

# 入力チャネル容量と 課題実行手順の関係について

森川 治

製品科学研究所

人間がコンピュータを道具として使用する場合、人間の行動に影響を与える要因として、コンピュータがサポートする機能以外にも、対話方式や入出力チャネル特性が考えられる。実験として、最終目標、対話方式、入出力チャネル容量を変化させたときの被験者の行動を観察した。記録および解析には、打鍵データと4台のビデオデータにより行なった。これら環境の変化が、課題達成に至るまでの手順、時間に影響を与えるだけでなく、課題達成により得られた最終目標の内容にも影響を与える事が示された。

Relation between Capacity of input channel  
and strategy of performing a task

Osamu MORIKAWA

Human Factors Research Department, Industrial Products Research  
Institute, AIST, MITI, Ibatagi, 305 JAPAN

Using computer as tools, user's strategy of performing a task depends on functions of the tools, protocols and capacities of interface channels. The experiment was performed on the condition of 3 protocols, 3 capacities and 2 goals. We get key-stroke data and 4 kinds of video data(face, hands, body and CRT) as a user's behavior data. We found that these conditions have an influence not only on the user's behavior, but also on the results of the task.

## 1、はじめに

コンピュータが人間にとっての真の道具となるためには、コンピュータを使用しているということをごとさら意識する事なく、自分の体を動かすときのように自由自在に操作できる必要がある。つまり人間がコンピュータを道具として使う場合、本来達成しようと思っている目標への思考妨害であってはならない。

このことを逆の観点から見ると、人間がコンピュータを使用してなんらかの作業を行なっている場面では、本来達成しようと思っている目標によって、コンピュータとのやり取りに費やせる思考活動に変化があることを意味している。あるいは、コンピュータとのやり取りのなかで解決できる事は、その段階で解決して、本来達成しようと思っている目標にできるだけ多くの注意を向けられる様に人間は行動するであろう事を示唆している。

従ってコンピュータがサポートする機能が変化すれば、人間の行動もそれに伴って変化する。同一の機能であっても対話方式が変化すればその影響も受ける。極端な話、同一機能、同一対話方式であっても、入出力チャンネル特性が変化するだけで、その影響を受ける。さらに人間の目指している目標が異なれば、すべての特性が同一のシステムであっても、対話方式に変化が見られる。

これらを検証するための実験を行なったので、本報告ではそれについて述べる。

## 2、実験

### 2.1 課題

本実験に利用する課題作業は、達成すべき最終目標は類似しているが目標達成までに必要な思考作業量が異なり、使用できる道具が複数用意されており、しかも、できる限り自然な課題であることが望ましい。そこで、スクリーンエディタにおいて指定した位置にカーソルを移動し、特定のキー操作を実行するという課題を選択した。

カーソルを移動すべき位置の指定方法として2種類用意し、一方はほとんど思考作業を伴わずに行え、他方は多くの思考を必要とするものとした。カーソル移動方式としては、4方向のカーソル移動キーと、川端が打鍵数が少なく済むと提唱している「コード式カーソル移動コマンド」[1]の2種類を用意した。また、単位時間にキーボードから入力できる最大容量を3段階に規制したものを用意した。

具体的には、カーソル移動位置の検出に必要

な思考作業の大きい課題として「句読点の含まれない日本語テキストデータ中の適切な所に句読点を追加する」という作業を、ほとんど思考作業のない課題として「与えられた日本語テキストデータ中の句読点を見つけ、それらを削除する」という作業を割り当てた。使用した日本語テキストは、理工系解説書の一部(約1000文字)である。

### 2.2 実験・測定装置

実験に使用したシステムはNEC社のパーソナルコンピュータPC9801Vm2上のMS-DOS(v-3.3)と、かな漢字変換用フロントプロセッサ(ATOK6)上で動作するスクリーンエディタ(mifess)である。コード式カーソル移動コマンドはmifessのMIL言語を使用して記述し、ESCプレフィックスキー機能として実現した。またコード式カーソルコマンドの使用時の負荷を軽減する目的で、エディタ動作時のバックグラウンドカラーとして漢字4文字分の間隔で青の縦棒を表示した。入力チャンネル容量の制限は、打鍵記録システム内の時間待ちのサービスを使用して、キー入力アプリケーションプログラムに受理されてから一定時間経過しないと、次の文字が受け取れないようにして実現した。

測定は、課題作業を行なうコンピュータ上で動作する打鍵記録システム[2]と、周囲に配置した4台のビデオカメラにより顔面、キーボード、CRT画面、被験者の全体像のビデオデータ記録システム[3]を使用した。時間分解能はそれぞれ1/100秒と1/15秒である。なお、被験者に撮影されている事を意識させない為に、各カメラは目立たない位置に配置した。具体的には、顔面撮影用の超小型カメラはCRTの下に、キーボード撮影用のカメラは作業机に取り付けた読書用ライトの電球の位置に配置した。CRT画面と全体像撮影用カメラは実験室の壁に取り付けた。なお実験後半では、CRT画面撮影用のカメラを廃止し、代わりにスキャンコンバータを使用した。4つのビデオ信号は1/60秒毎に切り替えることにより1台のビデオデッキで記録した。従って、各ビデオデータの時間分解能は上記のように1/15秒となっている。

### 2.3 実験

本実験は、被験者の自由な選択行動の観測が目的であるため、いわゆる心理実験の様に「実験を行なっている」という被験者の心理的圧迫

を軽減する必要がある。そこで実験時の被験者には、「仮想的なシステムの使い心地を評価してもらうための実験です」という教示を行い、測定される対象はシステムであるという点を強調した。また句読点挿入作業においては、「正解があるのではなく、あくまでも、貴方がよいと思われる位置に句読点を挿入して下さい」との教示を行なった。また各課題作業終了直後に、システムの使い心地に関する感想や意見を自由に述べさせた。

被験者は30代男性、40代女性、50代女性各1名の計3名である。実験としては、カーソル移動位置検出方法(2種類)、カーソル移動方法(指定及び自由の3種類)、入力容量(3種類)の18通りの条件すべてについて行なった。

実験順序は、類似の作業が連続しないよう注意し、表1のような順序で行なった。なお、表中の記号Cはカーソル移動キー使用、記号Eはコード式カーソル移動コマンド使用、記号Fはこれらが混在使用可の環境を意味する。また、t0、t1、t2はチャンネル容量制限を表わしており、無制限、20文字/秒、10文字/秒を意味する。なお参考資料として、使用したキーボードのリピート時の入力速度は25文字/秒である。

以下、本報告では作業条件を〔挿入/削除、移動方法、入力容量〕の3つ組で表わし、例えば〔削除、自由、t0〕は〔DF0〕で、〔挿入、カーソルキー使用、t2〕は〔IC2〕で表記することにする。

### 3、実験結果

表2は被験者別の作業時間である。課題文書はt0、t1、t2では異なるため横方向には比較はできないが、縦方向については比較できる。またカーソル移動についてだけ注目すれば、削除作業時も挿入作業時もほぼ同一であるので比較可能である。興味深い点は、カーソル移動キーとコード式の両方が使用できる環境が必ずしも好タイムを記録していない点である。表中に\*印で示してあるように、削除作業では7/9、挿入作業では1/9がカーソルキーしか使用できない環境より多くの作業時間を費やしている。

句点の挿入は表3の通りである。一般的に、句点挿入数のばらつきは少ないが、読点の挿入数にばらつきが目立ち、コード式カーソル移動キーを使用した場合に多めに挿入する傾向が見られる。これは、道具であるコンピュータのカーソル移動方式の違いが、最終目的である句読

点挿入数に影響を与えることを示している。

### 4、課題作業時の思考活動モデル

なぜ上記のような結果を招いたのかについて考察する為に、各課題作業実行時の思考活動について考えてみる。本実験課題の作業時の思考活動は大きく分けて、

- (a) カーソル移動目標位置の認知
  - (b) カーソル移動行動の手順作成及び実行
  - (c) カーソル位置での削除及び挿入の実行の3種類と考えられる。もし、カーソル移動目標位置が複数ヶ所認知された場合には、これらの目標位置をどのような順番で達成するかといった
  - (d) 目標達成順序の計画
- という思考活動も追加される。

#### 4.1 思考活動の詳細

(a)のカーソル移動目標位置の認知に必要な思考活動は、挿入作業時と削除作業時では大幅に異なり、前者の場合には、

(ai-1) 文章を読み、ある程度その文を理解する

(ai-2) 句読点の挿入位置候補を見つける

(ai-3) 文章のリズム、文体等を考慮して、これらの候補のうちから最終候補を求めるといふ高度な思考活動が必要であるが、後者の場合には

(ad) 画面を見て、削除すべき句読点の文字を探す

という単純な思考活動で十分である。挿入作業時には、最終決定したカーソル位置だけでなく、挿入すべき文字(句点であるか読点であるかの区別)も併せてここで決定する事になる。

(b)のカーソル移動行動の手順作成及び実行に必要な思考活動とは、どの様なコマンド系列によりカーソル移動をコンピュータに伝えるのかを決定する思考活動である。これは、使用するコマンド及び手順により異なり、基本的には次に述べる5種類が考えられる(図1)。

(b1)カーソルキーのリピート機能を使用してカーソルを移動する

(b2)カーソルキーを使用して毎回確認をしながらカーソルを移動する

(b3)カーソルキーを使用して、確実にまとめてカーソルを移動する

(b4)コード式カーソル移動キーを使用して、漸近的にカーソルを移動する

(b5)コード式カーソル移動キーを使用して、確実にまとめてカーソルを移動する

表1、実験順序

	被験者X			被験者Y			被験者Z		
	t0	t1	t2	t0	t1	t2	t0	t1	t2
IC	1	17	9	5	3	13	9	7	11
IE	7	5	15	11	9	1	3	13	5
IF	13	11	3	17	15	7	15	1	17
DC	4	14	12	8	18	10	18	10	2
DE	10	2	18	14	6	16	12	16	14
DF	16	8	6	2	12	4	6	4	8

表2、処理時間 (単位: 秒)

	被験者X			被験者Y			被験者Z		
	t0	t1	t2	t0	t1	t2	t0	t1	t2
DC	173	238	230	292	372	298	105	129	155
DE	281	327	329	473	596	391	278	280	274
DF	*211	*323	213	*332	*440	*344	*133	*161	142
IC	416	466	429	617	635	699	214	315	314
IE	504	657	552	852	1333	635	374	423	476
IF	385	401	326	549	*813	633	202	278	255

表3、挿入した句読点数 (句点、読点の順)

	被験者X			被験者Y			被験者Z		
	t0	t1	t2	t0	t1	t2	t0	t1	t2
IC	18	16	17	19	17	17	17	17	17
IE	20	17	17	19	19	16	19	18	17
IF	18	16	16	17	19	16	17	17	18
IC	25	31	17	27	50	20	20	29	22
IE	27	32	29	42	43	31	26	35	28
IF	25	31	21	37	54	32	19	23	17

表4、使用したコード式カーソル移動コマンドの頻度 (回数)

(左12, 8, 4) (右4, 8, 12, 16) (左3, 2, 1) (右1, 2, 3)  
 (\*印は[\*F\*]が他の条件より作業時間がかかったもの)

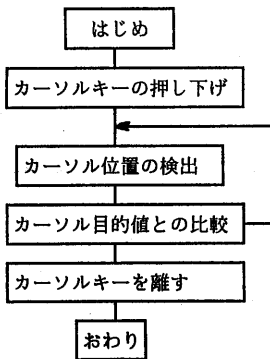
被験者X  
 DE0 (7, 5, 4) (8, 7, 2, 3) (6, 3, 6) (9, 6, 3)  
 DE1 (5, 9, 6) (4, 4, 5, 6) (2, 5, 1) (5, 8, 5)  
 DE2 (12, 5, 5) (5, 5, 5, 6) (7, 2, 8) (7, 9, 5)  
 DF0\* (9, 5, 2) (2, 4, 1, 5)  
 DF1\* (6, 6, 4) (5, 2, 3, 6) (1, 1, 0) (0, 3, 4)  
 DF2 (8, 3, 2) (0, 1, 3, 3)  
 IEO (9, 2, 3) (11, 5, 2, 19) (2, 2, 1) (10, 13, 5)  
 IE1 (12, 5, 2) (6, 6, 7, 15) (1, 3, 10) (2, 9, 10)  
 IE2 (10, 3, 3) (8, 9, 10, 20) (1, 6, 11) (7, 6, 5)  
 IFO (4, 0, 0) (0, 0, 0, 3)  
 IF1  
 IF2 (4, 4, 0) (1, 5, 4, 8)

被験者Y  
 DE0 (2, 3, 6) (27, 15, 10, 16) (0, 3, 12) (11, 14, 9)  
 DE1 (4, 3, 11) (23, 16, 10, 15) (1, 6, 15) (15, 11, 12)  
 DE2 (3, 3, 5) (11, 10, 7, 11) (2, 3, 14) (8, 5, 5)  
 DF0\* (5, 1, 6) (5, 0, 6, 6)  
 DF1\* (2, 5, 3) (12, 17, 6, 19)  
 DF2\* (2, 4, 3) (2, 7, 9, 17)  
 IEO (3, 4, 8) (14, 25, 13, 13) (0, 7, 6) (30, 6, 6)  
 IE1 (2, 0, 7) (18, 27, 12, 25) (0, 6, 19) (21, 7, 13)  
 IE2 (0, 2, 3) (11, 16, 9, 15) (0, 2, 4) (11, 15, 3)  
 IFO (0, 0, 0) (0, 0, 0, 2)  
 IF1\* (0, 0, 3) (11, 5, 14, 15) (0, 0, 0) (0, 0, 2)  
 IF2 (0, 2, 2) (8, 8, 7, 16) (0, 0, 0) (0, 0, 1)

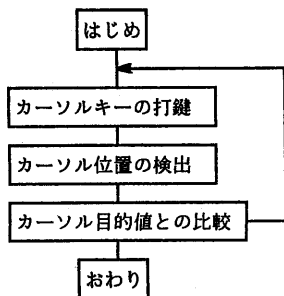
被験者Z  
 DE0 (0, 12, 1) (11, 7, 8, 29) (0, 2, 1) (16, 31, 10)  
 DE1 (7, 10, 0) (4, 0, 5, 9) (0, 12, 2) (7, 21, 4)  
 DE2 (1, 3, 2) (10, 5, 7, 25) (0, 10, 3) (8, 15, 2)  
 DF0\* (7, 0, 0) (0, 0, 0, 9)  
 DF1\* (0, 0, 0) (0, 0, 0, 7)  
 DF2 (0, 0, 0) (0, 0, 0, 6)  
 IEO (1, 5, 0) (17, 5, 12, 29) (0, 4, 3) (19, 28, 4)  
 IE1 (2, 10, 0) (12, 7, 4, 40) (0, 10, 5) (14, 30, 18)  
 IE2 (1, 4, 4) (2, 7, 20, 20) (0, 11, 11) (12, 16, 2)  
 IFO (0, 0, 0) (0, 0, 0, 2)  
 IF1 (0, 0, 0) (0, 0, 0, 7)  
 IF2 (0, 0, 0) (0, 0, 1, 7)

図1、カーソル移動方法

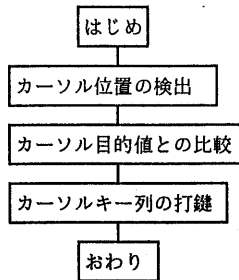
b 1 :



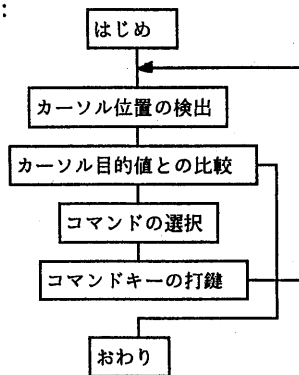
b 2 :



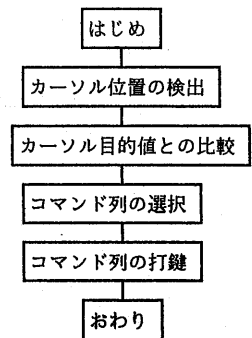
b 3 :



b 4 :



b 5 :



なお実際の場面では、1回のカーソル移動において、目標位置と十分離れている場合には、(b1)や(b4)の手順で高速にカーソルを移動させ、距離が近くなったら(b2)(b3)や(b5)で確実に目標に到達させるという混在型もあり得る。

(c)のカーソル位置での削除及び挿入の実行に必要な思考活動は、削除作業時には、

(cd)削除機能キーを打鍵する

挿入作業時には

(ci)挿入文字及び確定機能キー(リターンキー)を打鍵する

である。なお、挿入文字種に関する思考作業は(a)のカーソル移動目標位置の認知の時点で決定しているのでここでは必要ない。逆に、削除作業時においては、削除コマンドとしてBSキー(カーソルの手前の文字を削除する機能キー)とDELキー(カーソル位置の文字を削除する機能キー)の両者が使用できるので、(b)のカーソル移動行動の手順作成及び実行時にどちらの機能キーを使用するか予め決めてあったのであれば、ここでの機能キー選択に関する思考活動は不要になるが、次のような手順を取るのであれば必要となる。

<削除機能キー選択の思考が必要な手順>:

(b)のカーソル移動行動の手順及び実行において、カーソル移動目標位置を文字2文字分の領域とする。この領域にカーソルが到達した時点で(b)が達成されたとして、(c)においては、カーソル位置によってBSキーを打鍵すべきかDELキーを打鍵すべきかの選択をする。

従って、(cd)には

(cd1)予め決めてあった削除機能キーを打鍵する

(cd2)削除機能キー選択して打鍵するの2種類が存在する。

(d)の目標達成順序の計画においては、現在知覚されている目標位置について計画を立て、その計画に従って完全に処理された後に、再度新たな目標達成位置について計画するといった方式と、現在の目標位置の中の一部を達成する部分目標を立てて、その部分目標が達成された時点で、残りの目標位置及び追加された目標位置に関して同様の部分目標を立てて再度実行するといった処理方式がある。前者の場合は、

(d1-1)各達成順序案に対する評価、比較

(d1-2)最適達成順序の決定

といった思考活動になり、処理(b)と(c)を実行中にはここで決定した手順についての記憶を保

持する必要がある。もし、(d1-1)の評価時点で処理(b)で行なうべきカーソル移動行動の手順を含めた思考がなされ、さらに評価に使用した手順で実際に実行するのであれば、(b)についての思考活動が減少する代わりに、この手順に関する記憶保持が必要になる。

一方後者の場合には、

(d2-1)部分目標案に対する評価、比較

(d2-2)部分目標の決定

といった思考活動になる。ここでも前者と同様(b)における思考活動の減少や記憶保持の必要性が生ずるが、これらは選択された部分目標により大きな影響を受ける。

#### 4. 2. 認知負荷および実行時間

各モデル実行における人間にかかる負荷のうち、記憶負荷(覚えておくための負荷)、認知負荷(処理にかかる思考負荷、注意の深さや処理時間に関係)、実行時間を考え、それぞれ記号R、M、Tで表わし、モデルaiならRai、Mai、Taiのように表記することにする。記憶負荷の定量的測定及びその単位は不明であるが、ここでは値が大きい程負荷が大きいものとする。認知負荷の単位も不明であり、認知サイクルタイムと注意の深さを組み合わせた単位になるかもしれないが、ここでも値が大きいほど負荷が大きいものとする。実行時間は物理的時間であり、一般に実行時間Tが長いほうが負荷は大きいと考えられる。

すると、次の不等号が成り立つことになる。まず、(a)のカーソル移動目標位置の認知に関しては、挿入作業の方が削除作業より目標位置1つ当りの負荷が多いので、

$R_{ad} < R_{ai}$

$M_{ad} < M_{ai}$

$T_{ad} < T_{ai}$

(b)のカーソル移動行動の手順作成及び実行においては、(b3)と(b5)は実行はじめにカーソル移動量を十分な精度で計測して実行に移すやり方なので、先頭での認知負荷は大きいものといえる。また打鍵時には先頭で求めた打鍵列を記憶する必要もある。一方、(b1)(b2)(b4)では漸近的にカーソルを移動させる方式のため、1回の認知負荷及び打鍵時の記憶負荷は(b3)や(b5)と比較して少ないと見込まれるが、複数回実行されるので、トータルでどちらが負荷が小さいかは比較できない。なお、私の主観的評価では(b1)(b2)(b4)の方が(b3)(b5)より負荷が小さいと考えている。

なお(b1)の場合は、カーソルがブリンクする

ためカーソル移動時の約半分はカーソルが見えずに目からの確認が行えない。そこで人間はカーソル位置を予測し、その予測値と目標位置との比較を行なうことになる。また(b1)はカーソルを押し続けているため、打鍵行動とコンピュータの処理内容が簡単に対応つけられる他の方式とは異なり、入力チャネル特性やコンピュータの応答特性、さらには、被験者自身の反応速度に関する影響を受け易い。従って(b1)における思考負荷は、これらの特性に関する配慮も必要になり、評価は容易でない。

一方、入力チャネル容量の及ぼす影響として、次の事がいえる。同一操作であれば、入力チャネル容量が少ない方が実行時間が増大する。また記憶内容が同一であれば、記憶しておかなければならない時間が長ければ長い程、負荷は増大する。従って、同一のモデルにおいて、観測された打鍵内容が同一であれば、一般に

$$R_{bj}(t_0) < R_{bj}(t_1) < R_{bj}(t_2) \quad (j=1, 2, 3, 4, 5)$$

$$T_{bj}(t_0) < T_{bj}(t_1) < T_{bj}(t_2) \quad (j=1, 2, 3, 4, 5)$$

が成立する。しかし操作内容が同一であれば、認知負荷も等しいと考えられ、入力チャネル容量の影響を受けない。従って、

$$M_{bj}(t_0) = M_{bj}(t_1) = M_{bj}(t_2) \quad (j=1, 2, 3, 4, 5)$$

と考えられる。

なお(b1) (b2) (b3)は同一の打鍵系列であるが、どこに判断時間が入るかにより打鍵データにより区別できると考えられる。

(c)のカーソル位置での削除については、(cd2)は(cd1)に比べ削除機能キーの選択が必要なものだけ認知負荷、実行時間は増大し、

$$R_{cd1} = R_{cd2}$$

$$M_{cd1} < M_{cd2}$$

$$T_{cd1} < T_{cd2}$$

となる。但し、(cd2)の場合(b)のカーソル移動目標領域が(cd1)の2倍に広がる為、特に(b3)と(b5)でのMとTが減少すると予想される。

(d)に関しては(b)と同様、1回当りの各負荷は(d1)の方が(d2)より大きいはずであるが、回数が少なく済むので、トータルではどちらが負荷が少ないかは予想できない。これも、私の主観的評価では(d2)の方が(b1)よりトータルでも負荷が小さいと考えている。

## 5、実験結果のモデルによる解釈

実験データ(ビデオ記録及び打鍵データ)の解釈(上記作業モデルへの対応つけ)は、先ず

ビデオ記録により概略をつかみ、詳細は打鍵データにより行った。なお、打鍵データで判断しにくい部分については、再度ビデオ記録の視線方向及び手の位置を中心に使用した。なお、発話データは特に教示しなかった事もあり、あまり利用していない。

全般を通して、カーソル移動(作業(b))に関しては、カーソル移動量を完全に計測してまとめて移動させるという(b3)と(b5)を採用した事例は、移動量が5つ以上の場合には一例も観測されなかった。もちろん打鍵系列が(b5)らしく見える事例も存在したが、この場合は、次の挿入・削除処理(c)が必要とされる以上の沈黙時間が観測されたため、運良く目的位置にカーソルが行ったのであって、確信をもってそこに移動させたのではないとの解釈を行なった。図2の上4例は(b1)、下4例は(b1)+(b3)の例である。DELキー打鍵直前の思考時間に明らかに差が認められ、上4例が(b3)でない事がわかる。

このことは、上で(b1) (b2) (b4)と(b3) (b5)を比較した場合、トータルではどちらが負荷が小さいかは比較できないと述べたが、前者の方が、被験者らには好まれて使用されている事を示している。好まれて使用されるからと言って、負荷が少ないとは断定できないが、私の主観的評価では負荷も少ないと思う。それは自分の経験として、「確実に5文字」というのを認識するより「だいたい5文字」と認識する方がはるかに楽であり、また一致しているかまだ一致して

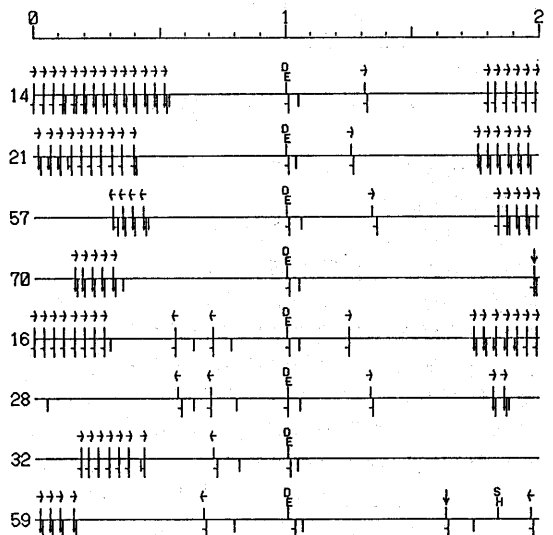


図2、モデル(b1)と(b1)+(b3)の打鍵データ例  
上4例は(b1)、下4例は(b1)+(b3)

いないという判断も非常に楽であり、回数が増えても(b1)(b2)(b4)のように漸次的に問題解決を行なう方が結局楽な気がするからである。

またコード式移動コマンド実行の前後にはカーソルキーに比べ、多くの沈黙時間が観測された(図3)。なお、これらの沈黙時間に対応する動作をビデオ記録により検査したところ、カーソル移動量をCRT画面から読み取る作業やキーボードに視線をやって手の位置合わせに費やされている事例が多く観察された。また、被験者XとZの発話データ中には「まだ足りない」「行き過ぎた」といったものがあり、これは(b5)の思考モデルを否定し(b4)を支援するものと

いえる。

また、カーソルキーを使用できる環境においての(b1)(b2)と(b3)の使い分けは、目標位置との距離と入力チャンネル容量に依存して行なわれ、距離が離れているほど、容量が大きいほど(b1)を多く選択した。両方の移動方式が使用可能な[\*F\*]においては、(b1)の代わりに(b4)を使用した(b4)(b3)の組合せも観測された。(b2)に関しては、(b3)との区別があまり明確には観測できなかった。画面更新前に次の打鍵を行っていると、画面から視線を外して打鍵しているならばモデル(b3)と判断できるが、そうでない場合、両者の区別は打鍵データとビデオ記録だ

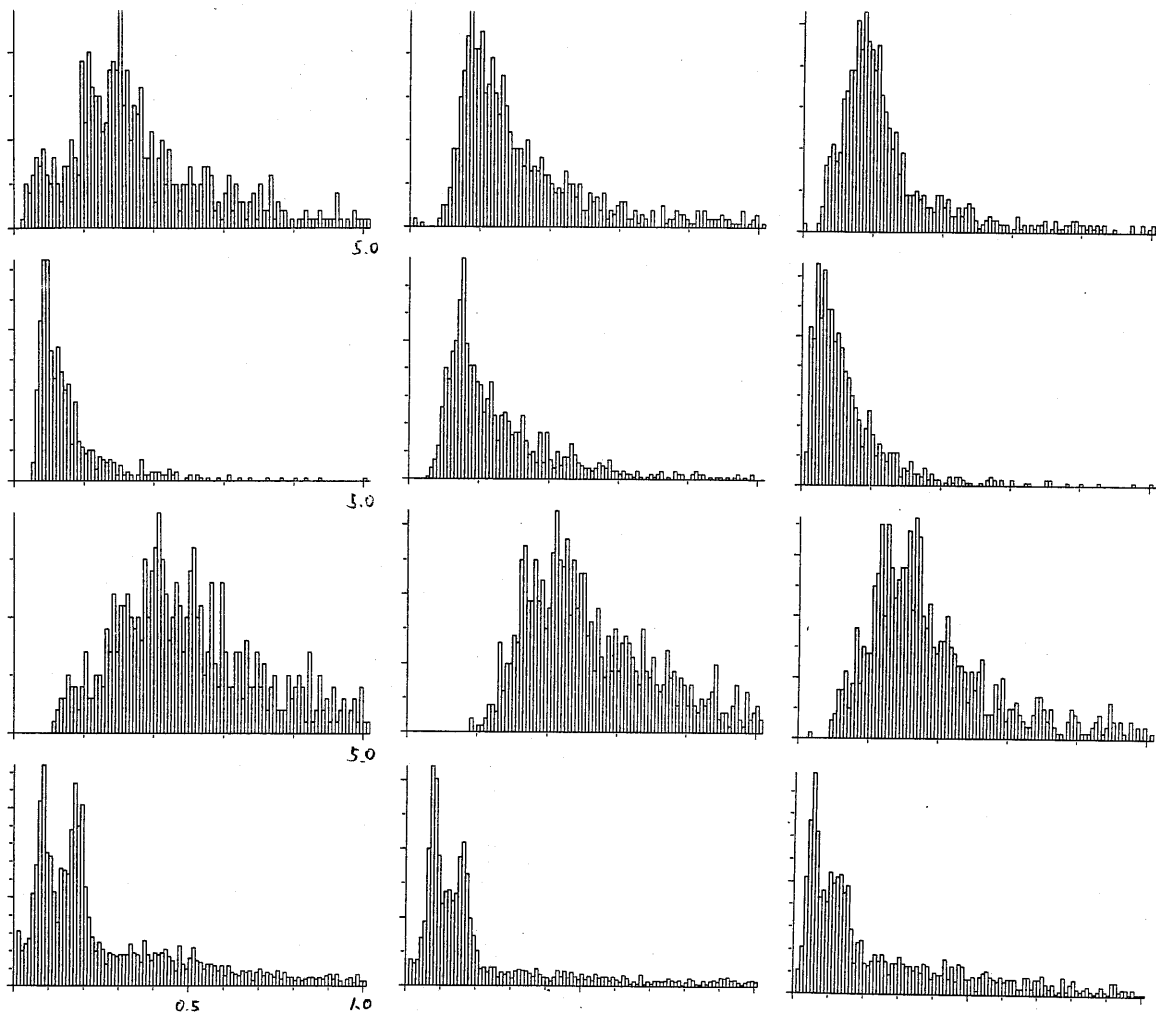


図3、カーソル移動実行前後の沈黙時間分布

左から被験者X、Y、Zのデータ

上段から、コード式カーソル移動コマンドの第1打鍵直前、

第1打鍵と第2打鍵の間、これらの和の分布(横軸はそれぞれ5.0秒)。

再下段はカーソルキー打鍵直前の分布(リピート機能時の打鍵は無視してある、横軸は1.0秒)

けでは非常に困難であった。さらに、本実験において観測された事例の大半が2打鍵、3打鍵であった事も判断を困難にしていた。

被験者Zにおいては、当初予想しなかった「SHIFT+カーソルキー」という打鍵が多く観測された。「SHIFT+カーソルキー」は、行頭、行末にカーソルを移動させる機能キーである。被験者Zの感想に「コード方式は、どこにカーソルが移動するか不明なので不便だが、SHIFT+カーソルキーは確実に行頭、行末に来るから便利だ」があったが、これは被験者Zがコード方式でカーソルを移動させるとき、正確な移動量を把握し移動先を正確に予測して(b4)を実行していない事を裏付けるものと言える。

挿入・削除の両作業時において、処理(a)(b)が完全にではないが、並列に処理されている事が確認された。特に、カーソルキーを使用する課題[\*C\*][\*F\*]において、カーソルキーを移動しながら、挿入・削除位置の検出を行っていたことが実験後の被験者Zの感想からも確認された。

被験者XとZにおいては、課題[DE\*]において、カーソル位置における削除作業(c)におい

て、BSとDELキーの使い分けが観測された。しかし彼らもカーソルキーが使用できる環境ではDELキーだけを使用していた。このことは、「コード方式でカーソル移動してDELを使用する」、「BSとDELを使い分ける」、「カーソルキーで移動してDELを使用する」という3種類の方法の後者の方から好まれて使用される事を意味している。このことは、(cd1)と(cd2)の負荷の差

$(O, Mcd2 - Mcd1, Tcd2 - Tcd1)$  がコード方式の目標位置の精度2と1の差より小さく、カーソルキーで1文字移動させる負荷より大きいと被験者が判断した事を意味する。

表4にコード式カーソル移動コマンドの使用頻度を示す。これによれば、コード式は大きく移動させる場合は使用されるが、微調整にはあまり使用されないことが読み取れる。

## 6、考察

常識的には、使える道具の範囲が広がれば作業効率が向上すると考えられる。しかし、本実験結果によれば、カーソル移動方式を制限した方が、自由にした場合より効率(作業時間)が

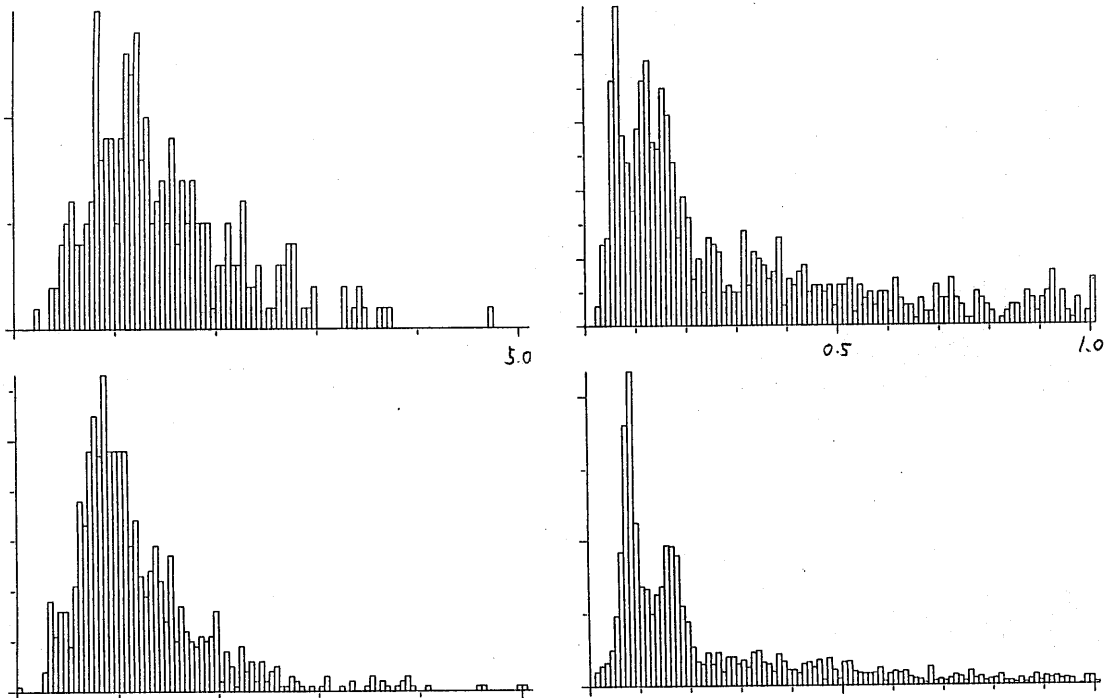


図4、カーソル移動コマンド実行直前の沈黙時間分布  
 左はコード式カーソル移動コマンド使用時の分布、  
 右はカーソルキー使用時の時間分布。  
 上段は使用コマンド自由条件([\*F\*])時、下段は指定条件([DE\*]と[DC\*])時。



低下している例が見い出された。

表4によれば、好タイムを記録しなかった[\*F\*]にコード式が多く使用されている事がわかる。なお1例を除いて挿入・削除作業共に条件[\*C\*]の方が条件[\*E\*]より少ない時間で作業を終了している。しかし削除作業時には、2例(共にt2の場合)を除いて条件[DF\*]の方が条件[DC\*]より少ない時間で済んでいる。つまり、被験者らは削除作業時に「好んで」処理時間の長い手順を選択した事になる。その理由として、

A：使用できる移動方法が複数有るので、どちらを選択すべきかという新たな課題が生じたから

B：負荷は少なくないが、効率的であると誤解したから

C：時間はかかるが負荷が少ない手順であったから

D：時間はかかるが負荷が少な過ぎない手順であったから

等が考えられる。以下、これら4つの理由について記録データを用いて検討する。

Aに関しては同様の状況である挿入作業時[\*IF\*]には、作業効率が向上している事から、この理由は否定される。

Bに関しては、策を労して効率的に処理しようとして、結果的には何も考えずに素直に実行する方が効率的であったという、よくありそうな話である。確かに、挿入作業時には処理(ai)だけで手一杯なのに対し、削除作業時は(ad)の負荷が少ないので(b)(c)さらには(d)へも注意を向けることが可能になっている。そこで、(d)に注意を向けたところ、結果的には逆効果になってしまったという可能性がある。被験者Zの感想に「計画的に削除したが、消し忘れが見つかった」があり、この理由をある程度、裏付けている。しかし、(d)の目標達成順序の計画は他の条件[DC\*]でも[DF\*]でも同様なので、単純に(d)への注意配分だけが原因とは考えにくい。

そこで、AとBの複合的な理由と考え、移動方法が複数あるので(d)の計画が大幅に複雑化し、それが原因であると仮定してみる。図4に(d)に要する時間と考えられる分布として、図の左には、コード式カーソル移動コマンド実行直前の思考時間分布を[DF\*][DE\*]の順で、右にはカーソルキー実行直前の分布を[DF\*][DC\*]の順で示す。これによれば確かに[DF\*]の方が他の場合より、多くの思考時間を費やしている事が読み取れる。しかしこれが主原因とすると、[DF\*]が[DC\*]、[DE\*]より処理時間がかかるこ

とになり、[DC\*]と[DE\*]の間になるという実験結果に矛盾する。

Cに関しては、実際のデータを見る限り否定的である。例えば、被験者Yの[D\*1]の3種類のカーソル移動の軌跡を図5に示すが、最下段の手順が負荷の少ない手順であるとは思えない。

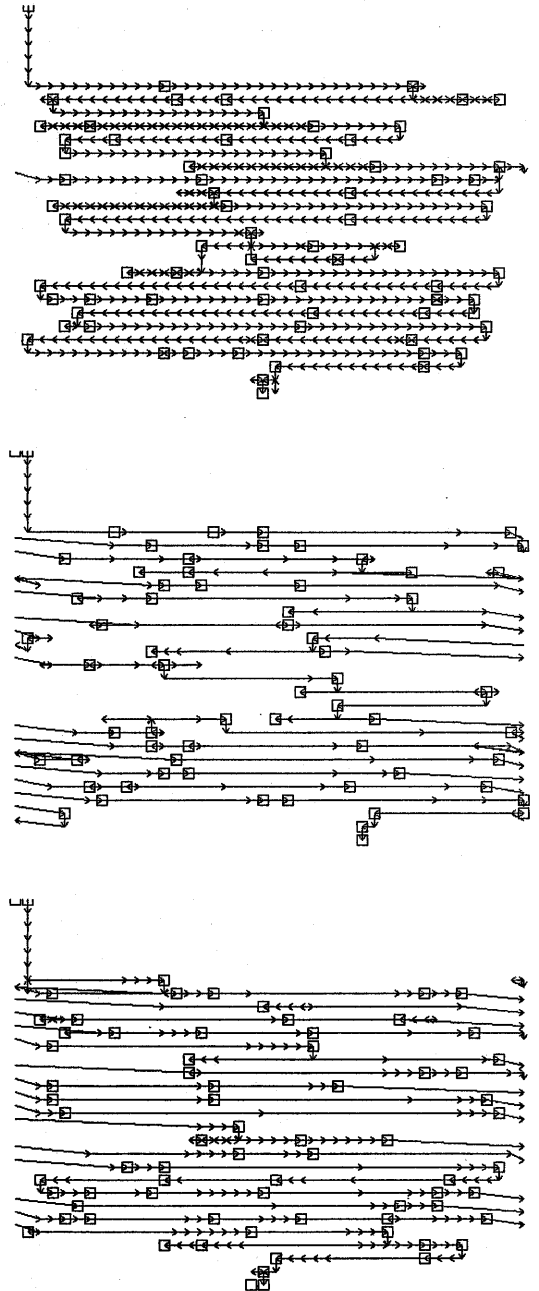


図5、課題作業時のカーソルキーの軌跡例  
被験者Yの削除課題実行時のもので、  
上から[DC1][DE1][DF1]の課題。

理由Dはちょっと意外な気がするが、人間の特性として、退屈過ぎる作業や単調作業を嫌い適度な刺激を好むという傾向に基づく理由である。各被験者共、カーソルキー打鍵直前の思考時間が0.2秒以内であるのに対し、コード式の打鍵直前の思考時間が1.5秒から2秒近くかかっている事が図3の再下段から読み取れる。また被験者らは[DC1]や[DC2]において、「遅すぎていららす」「眠くなる」「他の事を考えながらでもできる」といった内容の感想を述べている。一方、[DE2]では「あまり(入力)スピードの遅さは気にならない」「この速度なら、[DF2]、[DE2]、[DC2]の順で楽な感じ」との感想も述べられ、実際の課題実行時間は少ないにも関わらず、カーソルキーを使用する環境への評価が低いことをがうかがえる。

遅い、眠くなるといった感想が入力チャンネル容量を制限した $t_1$ や $t_2$ で述べられた理由を確かめる為に、モデル(b1)に従ってカーソルを例えば $n$ 文字分移動させる場合の思考負荷を考えてみる。 $t_0$ の場合は秒速25文字で入力されるので、リピート開始までの時間0.5秒を考慮しても $T_{b1}(t_0)=(n-1)/25+0.5$ 秒で処理が済む事になる。これに対し、入力チャンネル容量が制限された $t_1$ 、 $t_2$ では $T_{b1}(t_1)=(n-1)/20+0.5$ 秒、 $T_{b1}(t_2)=(n-1)/10+0.5$ 秒となり時間が増加している。しかし(b1)を実行するのに必要な認知負荷は変化がないと考えられるので、時間がかかるだけ人間にとって退屈な作業であることが確認される。

従って、人間は負荷の大きい作業より負荷の小さい作業の方を一般には好むが、負荷が少な過ぎる作業もやはり好まれないという事をこれは示している。

従って本実験で得られた効率低下の原因はDであり、自分から好んで操作の煩わしい認知負荷のある操作を選択したことになる。もちろんそこには、理由Bに挙げたような期待も関係していた事は否定できない。一方、挿入作業時においても(b1)実行時の退屈さは同じであるが、ここで生じた余力は挿入位置検索作業である(ai)に「カーソルを移動させながら考える」といった並列処理の形で向けられたと解釈できる。

## 7、おわりに、

カーソル移動作業は、被験者がここに動かしたいといった目標を、コンピュータが受理できるコマンド系列に分解して入力する作業と考えられる。カーソルを動かすといった同一の機能であっても対話方式(カーソルキーとコード方

式コマンド)が変化するだけで、最終目標である句読点の挿入作業の内容にも影響を与えることが示された。また同一機能、同一対話方式であっても、入出力チャンネル特性が変化するだけで、人間は最終目標へ到達させる手順に影響を与えることも示された。さらに人間の目指している目標が異なれば、すべての特性が同一のシステムであっても、対話方式に変化が見られることも確認された。

また挿入・削除のいずれの課題作業においても、(b3)や(b5)のような目的達成にループ構造の無い対話方式よりも、(b1)(b2)(b4)のようなループ構造はあるが、各時点での認知負荷の少ない対話方式を好む傾向が確認された。この事は漢字入力において、ループ構造の無いコード式と、ループ構造の有るかな漢字変換方式のいずれが人間にとって適しているかを議論する場合の参考になろう。また、両方式の優劣を議論する場合、それらの入力方式が使われる場面(目標や環境)との関係を抜きには議論できない事も本実験結果は示唆している。

本実験により、コンピュータが人間にとっての真の道具となるためには、インターフェース研究が重要であることが再確認された。

## 参考文献：

- [1] 川端 信賢：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、情報処理学会H I 27-1、1989.11
- [2] 森川 治：時間情報を利用した制御を可能にするMS-DOSの機能拡張について、情報処理学会H I 14-2、1987.9
- [3] 森川、前迫：コンピュータ操作のモニタシステム、信学会89年春全国大会、A-143、1989.3
- [4] M I F E S - 9 8 Ver4.0 ユーザーズマニュアル、メガソフト株式会社、1988.2