

マウス操作における人間の認知情報処理過程の研究
ソフトウェアのユーザインターフェース向上のための一考察

池本 浩幸^{*}, 春木 和仁^{*}, 高野 よそ子^{**}

銚 東 芝^{*}: システム・ソフトウェア技術研究所,

銚 東 芝^{**}: 原子力技術研究所

本論文ではマウス操作におけるユーザの認知情報処理過程を解明するために行った実験とその結果の考察を報告する。マウス操作時の情報処理過程のモデルをCardらの"Model Human Processor"を応用して提案し、実際のマウス操作をそのモデルで説明が可能であるかをマウス経験者による操作実験により検証した。その結果、マウス操作の情報処理過程は提案したモデルと一致しており、処理の周期時間総和は370[300-500]msecとなった。マウスの移動は手の移動と比較して運動処理の周期時間が長い。また、知覚処理は運動処理が終了する以前に処理を開始している。

A STUDY OF USER'S INFORMATION PROCESSING ON MOUSE OPERATION

Hiroyuki IKEMOTO^{*}, Kazuhito HARUKI^{*}, Yosoko TAKANO^{**}

^{*}: SYSTEMS & SOFTWARE Engineering Laboratory, TOSHIBA Corporation
70 Yanagicho, Saiwai-ku, Kawasaki 210, JAPAN

^{**}: Nuclear Engineering Laboratory, TOSHIBA Corporation
4-1 Ukishima-cho, kawasaki-ku, Kawasaki 210, JAPAN

This paper reports some experimental results and studies for elucidating user's information processing on mouse operation, and proposes an information processing model for mouse operation based on Model Human Processor proposed by Card et. al.

The model is examined by using several experiment results. The total time $T_p+T_c+T_m$ for Perception(T_p), Cognition(T_c) and Motor movement(T_m), required to move the cursor to a target using the mouse, is found out to be 370[300-500]msec.

Mouse operation requires more information processing efforts than hand's direct movement, and perception process must be activated before motor movement is completed.

1. はじめに

計算機ハードウェアの機能・性能の向上は著しい。以前は中型計算機上で利用していたソフトウェアが、現在では、パーソナル・コンピュータやワークステーション上で利用できるようになってきた。ユーザインタフェースの面でも、ハードウェアの入出力インタフェースの発展はめざましく、ビットマップ・ディスプレイ、マウスなどを装備し、個人利用を目的とした計算機が次々と登場している。これに伴ない、ユーザインタフェースのソフトウェアもマルチ・ウィンドウ、ポップアップメニューなどの方式を用いて、操作性向上のための施策が行なわれている。

パーソナルコンピュータやワークステーション上で、様々なソフトウェアが使われている。これらソフトウェアのユーザインタフェース部分は、ウィンドウ、メニューなどによって操作性の向上を図っている。しかし、ウィンドウやメニューの表示方式やマウス、キーボードの入力方式は、ソフトウェアの利用分野やソフトウェアの製作者によって様々である。良いユーザインタフェースとはどのようなものかは、ユーザの主観的判断に負うところが多く、それを定量的に評価する方法が確立されているとは言い難い。

CAD (Computer Aided Design) 用ソフトウェアなどユーザとの対話の多いものでは、ユーザインタフェースの使い易さは作業効率を向上させる上で重要である。今後、ユーザと計算機のインタフェースをさらに改良して行く上で、ユーザに合わせたインタフェースの設計をすることが必要であり、そのためにはユーザがどのように行動しているかを知り、ユーザの行動を予測できるようしなければならない。^[1] ユーザの行動分析から行動の予測が可能になると、ハードウェアおよびソフトウェアの両面でより良いインタフェース実現のための開発が行なえる。

ユーザインタフェースのソフトウェアを定量的に評価し、向上させるための手段を明確にするため、Cardらの人間の情報処理モデル^[2]に基づき、計算機ユーザの情報処理過程の研究を行なってきた。^[3] 現在、その一環として代表的なポインティング・デバイスであるマウスを用いて、ユーザの操作における認知情報処理過程を解明するための実験を行なっている。本稿では実験結果をもとにしてユーザインタフェースのソフトウェア向上について考察する。

2. ソフトウェアのユーザインタフェース

ソフトウェアのユーザインタフェースとは、図1に示すようにユーザとソフトウェアの間でデータが行き来するときに通る面のようなものである。一般にユーザとソフトウェアの対話は以下のようなサイクルで行われている。^[4] ソフトウェアはデータをインタフェースを通して表示する。ユーザは、①表示された内容を解釈し、②解釈結果を処理

し、③処理結果に基づいて操作する。ユーザの操作はインタフェースを通してソフトウェアに伝えられる。ソフトウェアは、①ユーザ入力を解釈し、②解釈結果に従って処理を行ない、③ユーザに表示するデータを生成する。

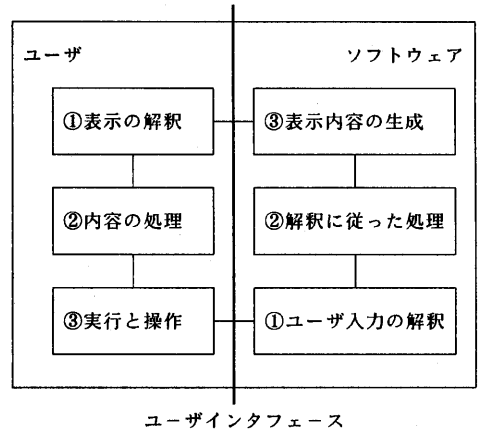


図1 ソフトウェアのユーザインタフェース

ユーザ行動の分析と予測は、ユーザの上記①解釈、②処理、③操作という行動を分析し予測することにほかならない。Cardらは、計算機ユーザの認知処理過程の近似モデルである「人間情報処理モデル (Model Human Processor)」を示している。

3. 人間の認知情報処理モデル

Cardらによれば、人間の認知情報処理モデルは独立して働く、知覚システム (Perceptual System)、認知システム (Cognitive System)、運動システム (Motor System) から構成され、連続的な入力などは、1入力ごとに知覚-認知-運動システムの1系列の処理を行ない、この直列的処理を繰返し行なっているとしている。マウスを用いてCRT表示の特定部にカーソルを移動する場合もこれにあたる。Fitts^[5]によれば、 D_{cm} 離れたサイズ S_{cm} のターゲットに手を移動する場合、手の動きは図2に示すように不連続であり、上記3つのシステムのプロセッサ周期時間の総和を1サイクルとした繰返し処理を行なっているとしている。また移動に要する時間 T_{pos} を次式で示している。

$$T_{pos} = n \cdot (T_p + T_c + T_m)$$

$$T_{pos} = I_m \cdot \log_2 (D/S + .5) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{where } I_m = -(T_p + T_c + T_m) / \log_e$$

$$= 100[50-120] \text{msec/bit}$$

(T_p, T_c, T_m : 各プロセッサの周期時間)

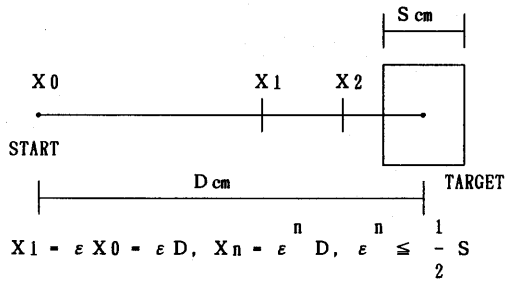


図2 ターゲットにいたるまでの手の動きの解析

(1)式からCardらは、マウスでD cm離れたサイズS cmのターゲットにカーソルを移動する場合に要する時間T posを次式のように導出している。

$$T_{pos} = 1.03 + 0.096 \cdot \log_2(D/S + .5) \text{ sec} \dots (2)$$

(1.03 : マウス握り微調整/ ボタン選択時間)

これら式によりユーザ・パフォーマンスの評価ができると同時に、ユーザ行動に介在する内的処理過程を推測し、行動の定量的予測が可能となる。

Cardらのモデルに基づき、計算機ユーザの情報処理がどのように行われているかを分析し、ユーザ行動の定量的予測をするための研究を行なっている。

これまでの研究により、

- ① ユーザの情報処理過程における知覚、認知、運動処理段階のうち、技能の習得により最も効果の表われるのは運動処理段階であること。
- ② 操作における技能の習得には、マウスを動かす方向には関係なく一定であること。
- ③ マウスの移動には、習熟の程度に応じた一定の速度パターンが存在し、技能の習得によって徐々に速度パターンが変化してゆく。
- ④ パフォーマンスとしての課題遂行時間には、身体的特性に応じた方向性があることなどが明らかになった。^[3]

3.1 マウス操作におけるユーザの内的処理過程

ユーザの行動をソフトウェアのユーザインタフェースに反映させるためには、ユーザの知覚-認知-運動という直列的な処理がどのような形態で行われているかを知り、インタフェースをその形態に合わせることが有効であると考えた。したがって、次のような観点から、マウス操作におけるユーザの内的処理過程を解明する実験と考察を行なった。

- ① 操作における各システムの役割と関連のモデル化

- ② マウス操作時の周期時間(Tp+Tc+Tm)の導出
- ③ Fitts,Cardらの法則の実験的検証
- ④ 指で直接指示する場合との違い

Cardらのモデルにしたがって、マウス操作における、知覚、認知、運動の各システムの役割とその関連を考察しモデル化する。そして、実験によりユーザがマウスを操作する過程を観察することにより、マウス操作における上記システムの繰返し処理の形態がモデルと一致しているか、またFitts,Cardらの式にあてはまるかを検証する。

さらに、実験結果から指で直接指示する場合とマウスを操作して指示する場合の内的処理過程の違いについても考察する。

3.2 マウス操作におけるユーザの情報処理モデル

マウス操作時のユーザの情報処理過程を、Cardらのモデルに基づいて考察する。マウスを使って画面上にある目標を指示する場合の情報処理過程を、図3に示すモデルとして考える。マウスの操作は次のような過程で行なわれると考えられる。^{[6][7][8][9]}

- ① 画面情報は視覚受容器で受容されイメージ表象としてアイコンニック・ストアに保持される。
- ② 知覚プロセッサはイメージ表象から特徴を抽出し、抽出した特徴パターンを合成したのち、コード変換を行なって短期記憶にイメージコードとして格納する。
- ③ 認知プロセッサは短期記憶に保持されたイメージコードを、既に記憶したカーソルやターゲットのコードと比較照合を行ない、照合失敗の場合は頸運動や眼球運動を伴った再認反応を行なう。照合処理では、既に記憶したカーソルやターゲットのコードが短期記憶内にある場合とそうでない場合があり、ない場合は長期記憶から呼びだし照合を行なう。
- ④ 認知プロセッサは、照合したカーソルおよびターゲットの位置のずれを検出し、ずれの量から短期記憶内にある作業規則にしたがって反応するかどうかの決定を行なう。反応しない場合は知覚処理へ戻る。
- ⑤ 運動プロセッサは反応決定をうけて、小脳に格納された中枢(運動)プログラムの選定を行なう。中枢プログラムには基本的な手の運動を行なう運動プログラムと、マウスの操作経験により基本的な運動プログラムを組み合わせて作成されたマウス操作プログラムがある。
- ⑥ 運動プロセッサは、選定した中枢プログラムを活性化して信号を筋肉に送り、筋肉を活性化させる。
- ⑦ 活性化した筋肉の収縮・伸長によりマウスが移動し、画面情報が更新されるとともに、筋肉の活性感覚が体性感覚受容器により受容され、感覚表象として知覚ブ

ロセッサに送られる。

各プロセッサは処理（注意）能力配分システムの管理下にあり、マウス操作の一連の処理は上記手順に従って逐次的に行われる。本モデルにおけるマウス操作の周期時間 ($T_p+T_c+T_m$) をCardらのモデルから導出する。知覚プロセッサの周期時間 T_p は $100[50-200]msec$ 、運動プロセッサの周期時間 T_m は $70[30-100]msec$ となる。認知プロセッサの周期時間 T_c は、照合、検出・反応決定の各所要時間の和となる。各所要時間は、幾何学図形照合時間 = $50msec/item$ [10]、知覚判断時間 = $92msec/回$ [11] であるから、 $T_c = 192msec$ となる。したがって、マウス操作の周期時間は $T_p+T_c+T_m = 362[272-492]msec$ となる。

4. マウス操作時の周期時間 ($T_p+T_c+T_m$) の実測

マウス操作の情報処理モデルから導出した周期時間が、実際のマウス操作の周期時間と一致しているかどうかを検証するために次のような実験 I を行なった。

4.1. 実験 I

図4に示すように、計算機画面上にターゲット「↓」とマウスカーソル「↑」を上下の位置に表示し、ターゲットを一定速度で水平右方向へ移動させ、マウスを動かしてマウスカーソルをターゲットに合わせ続けるよう指示する。本課題をターゲットの移動速度を変えて、各十回ずつ行なう。ターゲットの移動速度は、 $6cm/sec$ 、 $12cm/sec$ 、 $18cm/sec$ の3種類とした。

ターゲット： ↓ ----->
カーソル： ↑

図4 実験 I：操作の周期時間を測定する実験

被験者はマウス操作の経験者3名で、上記課題の遂行時の手の動きを $5msec$ 単位で記録する。Cardらが計算した各プロセッサの周期時間の総和 ($T_p+T_c+T_m$) は、最も早い場合で $105msec$ である。したがってCardらの提唱する周期的処理を見いだすには、標準化定理から $50msec$ のサンプリング時間で充分であるが、さらに詳細な周期をも観察できるように $5msec$ 単位とした。

実験条件を同一にするため、画面と被験者の目の距離は $50cm$ （視角： $14.4度$ ）とし、マウス感度（ミッキー/ピクセル比）は、見かけ上の手の移動量が画面上の移動量となるように設定した。

4.2 実験 I 結果

実験の結果から、時刻と該当時刻における移動速度およ

び加速度の関係を調査し、速度および加速度の変化から周期時間を導出する。実験で得られたデータの例を図5に示す。

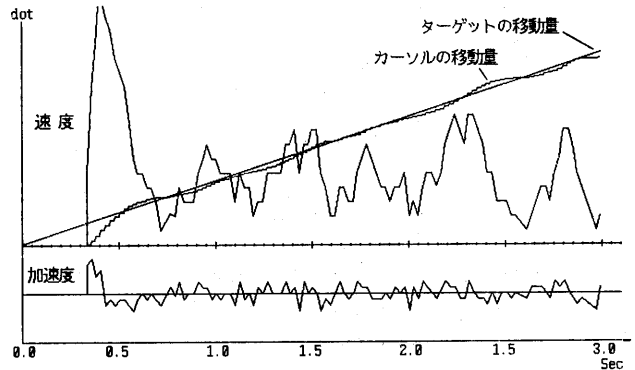


図5 時刻と移動速度および加速度の関係

実験により次のことが明らかになった。

- ① ターゲットの移動速度にかかわらず、一定周期の速度波形が存在し、速度波形の周期時間は、 $370[300-500]msec$ である。
- ② マウス操作時の周期時間は、手を移動する場合 ($240msec$) よりも長い時間を要する。
- ③ マウス操作におけるユーザの情報処理モデルから導出した周期時間 ($362msec$) より長い時間となった。

モデルから導出した周期時間と、実測した周期時間が異なった理由の1つとして、マウス操作における運動プロセッサの周期時間が手を動かす場合とは異なるのではないかと考える。手を直接目標へ移動する場合と、マウスを移動して画面上のカーソルを目標へ移動する場合は、明らかにマウス操作の方が困難である。

マウス操作時の運動プロセッサの周期時間 T_m を求め、かつモデルから求めた周期時間との差を考察するために、次のような実験 II を行なった。

4.3 実験 II

図6に示すように、計算機画面上に $12mm$ の幅で2本の水平な直線を表示し、マウスを動かしてカーソルを2直線間をできる限りすばやく往復させるよう指示する。本課題を5秒間行なう。

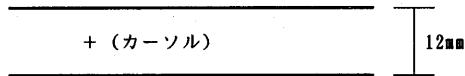


図6 実験Ⅱ：運動プロセッサの周期時間を求める実験

本実験はCardらが、運動プロセッサの周期時間と各プロセッサの周期時間の総和を求めるために行なった実験と同様のものである。被験者は実験Ⅰと同じ者3名で、上記課題遂行時の手の動きを5 msec単位で記録する。画面と被験者の目の距離および、マウス感度は実験Ⅰと同様とした。

4.4 実験Ⅱ結果

カーソルの移動軌跡から、移動回数と軌跡下端をつないだ波形の変化の回数を調査し、マウス操作時の運動プロセッサの周期時間 T_m と各プロセッサ周期時間の総和($T_p+T_c+T_m$)を求める。本課題では、運動プロセッサの周期時間は、 $T_m = 5 \text{ 秒} / (\text{移動回数})$ で、周期時間の総和は $T_p+T_c+T_m = 5 \text{ 秒} / (\text{軌跡下端の変化回数})$ で求まる。実験で得られたデータの例を図7に示す。

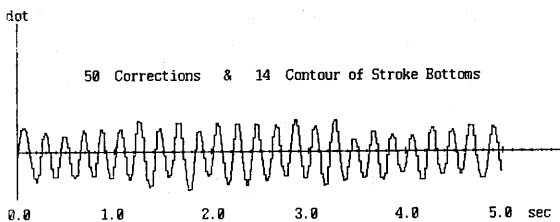


図7 実験Ⅱ：カーソルの移動軌跡と解析

実験により以下のことが明らかになった。

- ① 移動回数は各被験者ともほぼ50回であり、マウス操作における運動プロセッサ周期時間 T_m は、100[93-111]msecである。
- ② 下端波形の変化回数は、各被験者とも13回から15回前後であり、マウス操作の周期時間($T_p+T_c+T_m$)は、333msec から384msecである。

したがって、マウスを操作してカーソルを移動させる場合の運動プロセッサ周期時間は、手を動かす場合の周期時間よりも長いことが判明した。

本結果に従い、マウス操作の情報処理モデルの周期時間($T_p+T_c+T_m$)を再計算すると、387[335-503]msecとなり、実験Ⅰの結果とほぼ一致する。また、3章で述べたFitts, Cardらのモデルにおいて、 $T_p+T_c+T_m = 370 \text{ msec}$ 、 $\epsilon = 0.07$ [12][13]とすると、(1)式からマウス操作時の l_m は、 $l_m = 0.0964$ となり (2)式と一致する。

以上の結果から、マウス操作の周期時間($T_p+T_c+T_m$)は、370[300-500]msecであるといえる。

5. マウス操作の情報処理モデルの検証

マウス操作時の手の動きが、導出した周期時間を持つ不連続かつ周期的な処理によってなされており、かつモデルで説明できるかを実験により検証する。

5.1 実験Ⅲ

計算機画面上にマウスカーソル「+」とターゲット「○」を表示し、マウスを動かしてマウスカーソルをターゲット内に入れ、マウスのボタンをタップする。本課題を可能なかぎり早く行なうよう指示し、被験者ごとに数十試行実施する。

初期のマウスカーソルとターゲット間の距離は 126mm、ターゲットサイズは 6mmとした(Fittsの困難度：4.43)。被験者は実験Ⅰ、Ⅱと同じ者3名で、上記課題遂行時の手の動きを5 msec単位で記録する。画面と被験者の目の距離および、マウス感度は実験Ⅰ、Ⅱと同様とした。

5.2 実験Ⅲ結果

実験の結果から、時刻と該当時刻における移動速度および加速度の関係を調査し、速度および加速度の変化から周期的な処理の形態を判定する。また、カーソル位置と該当位置における移動速度および加速度の関係を調査し、周期的な処理により目標に対する移動が一定比率で行われているかを判定する。これら判定結果から、マウス操作におけるユーザの情報処理過程が、我々が考察したモデルで説明できるかを検証する。

本実験では、各操作ごとに1回から4回の動作波形(速度の山)が観察され、ほとんどの試行は2回以内(平均1.58回)の動作波形で実行されている。本実験で得られたデータの例を図8および図9に、動作波形の周期時間を表1に示す。

表1 動作波形の周期時間

第一波形平均	第二波形平均	第一, 二平均
570 msec	176 msec	373 msec

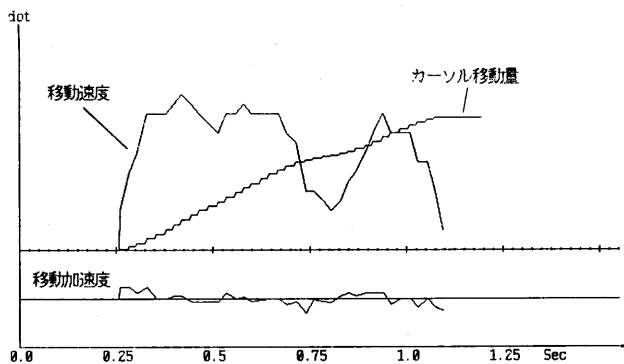


図8 時刻と移動速度および加速度の関係

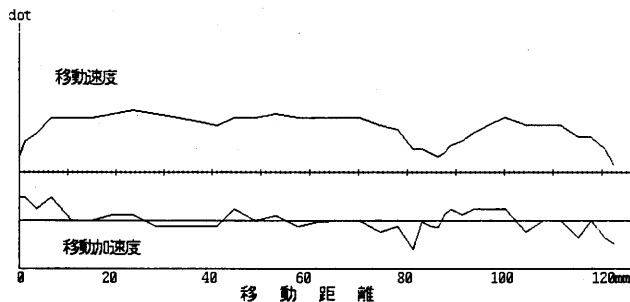


図9 カーソル位置と移動速度および加速度の関係

実験から次のことが明らかになった。

- ① 周期的な動作が認められるが、周期時間は各周期ごとに異なり、周期回数も一定ではない。
- ② ほとんどの場合で、最初の動作波形の周期時間が2回目以降の波形の周期時間よりも長い。
- ③ 周期的な動作ごとの目標に対する移動量の比率 ϵ は一定ではない。
- ④ 課題遂行時間は(2)式とほぼ一致している。

第一波形と第二波形の周期時間の平均が373msecとなっており、実験I、IIの結果と一致していることから、マウス操作における周期時間($T_p+T_c+T_m$)はおよそ370msecであるといえる。

また、これらの結果は、マウス操作における内的処理過程が必ずしも直列的に行なわれていないことを示唆している。以前に実施した初心者での実験では、時間的に独立した周期的処理が見いだされたのに対し、マウス経験者による本実験では、複数の周期的動作が時間的に隣接しており、マウスの動きが完全に停止する以前に、次の知覚・認知処理を開始しているようである。

周期的な動作ごとの目標に対する移動量の比率 ϵ は、各周期的動作ごとに異なり、0.01から0.5の範囲内にある。

実験データのうち、カーソルの終点がターゲット中心位置を越えているもの（Fittsの法則はオーバーシュートしないことが前提）、および ϵ が0.2以上となるもの（全データの15%）を除けば、各周期的動作における移動量比率 ϵ の平均はおよそ0.07となる。

ϵ が0.2以上となる場合のほとんどは、第一波形の周期時間が第二波形の周期時間より短くなっており、第一波形終了後速度が最小となる位置が、ターゲットとカーソル始点の中点付近となっている。また、実験開始から十数試行以後に発生し始めていることから、ターゲットが表示されると、カーソル始点とターゲットの間に中間目標を設定し、まず中間目標までカーソルを移動し、次にターゲットにカーソルを移動しているものと思われる。ターゲットと始点の中点付近（中点 \pm 30%位置）に、カーソルが識別不可能となるような視覚マスクを設けて同一の実験を試みたところ、このような移動を行なう場合がほとんど見られなくなった。視覚マスク内でカーソルを停止させた場合は、マウス外にカーソルを出すまでは、通常の周期的動作は行われていない。

5.3 手の移動とマウス操作によるカーソル移動の違い

これまでの実験と考察から、手を目標へ移動する場合とマウスを操作してカーソルを目標へ移動する場合の違いについて考察する。川人^[14]によれば、随意運動における情報処理のレベルを図10のように示している。

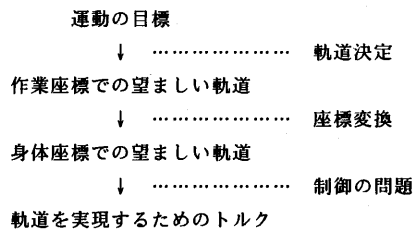


図10 随意運動における計算理論のモデル[14]

マウスを操作しカーソルを移動させる場合は、運動の目標がディスプレイ画面上にあるため、まず画面座標上で軌道を決定し、それを作業座標での軌道に変換する必要がある。しかしながら、実際にマウスを操作している状態では、マウス自身を見ながら操作することはほとんどなく、画面座標から身体座標に直接変換を行なって運動を行なっているように思える。この直接変換する過程に要する時間の差が、実験IIで求めた T_m の差として現れているものと思われる。実験IIIの被験者に、実験の時とは異なる数種類のマウス感度で、同一の課題を行なわせたところ、当初はカーソ

ルをターゲット内に入れるのに時間を要するが、やがて通常の操作と変わりなく行なうことができるようになる。その変化の過程を観察すると、感度が変化した直後は被験者は馴れている感度での操作と同じ動作波形でマウスを移動しているようである。そして、予想していたカーソルの移動量と実際の移動量の違いに気付き、移動量が小さい場合は周期動作の回数を増し、大きい場合は小さな動作波形で小刻みに移動して、課題を遂行する。やがて、周期動作が馴れている感度での場合と同じ回数となるとともに、各動作波形の形状が、感度に合せて一定の形状となる。

馴れた状態での動作波形が、図3のモデルでのマウス操作のプログラムであり、小刻みな小さい動作波形が基本となる運動プログラムであると思われる。

以上のことから、マウス操作の習熟とはマウスを移動する適切な動作波形パターンを形成することであるといえる。また、画面座標から身体座標への変換は、動作のタイミングといった、時間に依存したタイマ制御のようなものであることを示唆している。

6. 結論

Cardらのモデルを利用して、マウスを操作する時の計算機ユーザの情報処理過程のモデル化を行ない、その周期時間を導出した。また、モデルが実際のユーザ行動と一致しているかどうかを検証する実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを行なった。その結果以下のことが明らかになった。

- ① マウス操作における内的処理過程は、Cardらのモデルで説明可能であり、不連続かつ周期的な処理の繰返しによって操作が行なわれている。
- ② マウス操作における周期的処理の周期時間($T_p+T_c+T_m$)は、 $370[300-500]msec$ である。
- ③ マウスを操作する時の運動プロセッサの周期時間 T_m は、手を動かす時の T_m よりも時間を要し、 $100[93-111]msec$ である。
- ④ 周期的処理の繰返しの過程において、手の動作が完全に終了しない状態で、次の知覚・認知の処理が行なわれている場合がある。
- ⑤ 各周期的動作における目標位置への移動量比率 e は、周期的動作ごとに異なり一定ではないが、平均では0.07となる。カーソルを直接目標へは移動せず中間位置まで移動し、その後目標へ移動する動作も確認された。
- ⑥ マウス操作の習熟とは、マウスを移動する適切な動作パターンを形成することのようである。
- ⑦ マウスを操作してカーソルを移動する場合は、手を移動する場合とは異なり、画面座標から身体座標に直接変換を行なって運動を行なっているように思える。

7. おわりに

今回の実験と考察により、ユーザのマウス操作における情報処理の基本的なパラメータを求めることができた。今後は、ユーザの入力行動の予測を行なうとともに、ユーザインタフェースのソフトウェアに反映させる方法について検討する予定である。また、ユーザインタフェースのソフトウェアを定量的に評価する方法についても研究して行く。

参考文献

- [1] 高橋：インタフェースの科学，P49-76，共立出版，1987
- [2] Card S.K. et. al. : The Psychology of Human-Computer Interaction. Hillsdale, NJ: L.E.A. 1983
- [3] 池本 他：「マウスを用いたユーザ・パフォーマンスの研究」，情報処理学会第36回全国大会
- [4] Bennet J. : Tools for Building advanced User Interfaces. IBM Systems Journal, vol.25, no.3/4, 1986, 354-368
- [5] Fitts : The information capacity of the human-motor system in controlling the amplitude of movement. J.E.P., 47, 381-391, 1954
- [6] Rumelhart D.E. 著，御嶺訳：「人間の情報処理」，サイエンス社，P112-113
- [7] 田村：「認知と行動の中核プログラム」，第7回ヒューマン・インタフェース研究会，(社)システム総研，1987
- [8] 伊藤：「小脳の情報処理機構」，脳と情報，第23回東京工業大学総合研究館講演会，p5-33, 1987
- [9] 川人：「神経回路とロボティクス」，数理科学，NO.289, July, 1987
- [10] Cavanaugh, J.P. : Relation between the immediate memory span and the memory search rate. Psychological Review 79, 525-530, 1972
- [11] Welford A.T. : Attention, strategy and Performance IV, 37-54, New York: Academic Press, 1973
- [12] Keele S.W. : Movement control in skilled motor performance. Psychological Bulletin, 70, 387-403, 1968
- [13] Vince M.A. : Corrective movements in a pursuit task. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1, 85-103, 1948
- [14] 川人：「随意運動制御における適応と学習」，日本ロボット学会誌，Vol.1.4, No2, p184-193, 1984

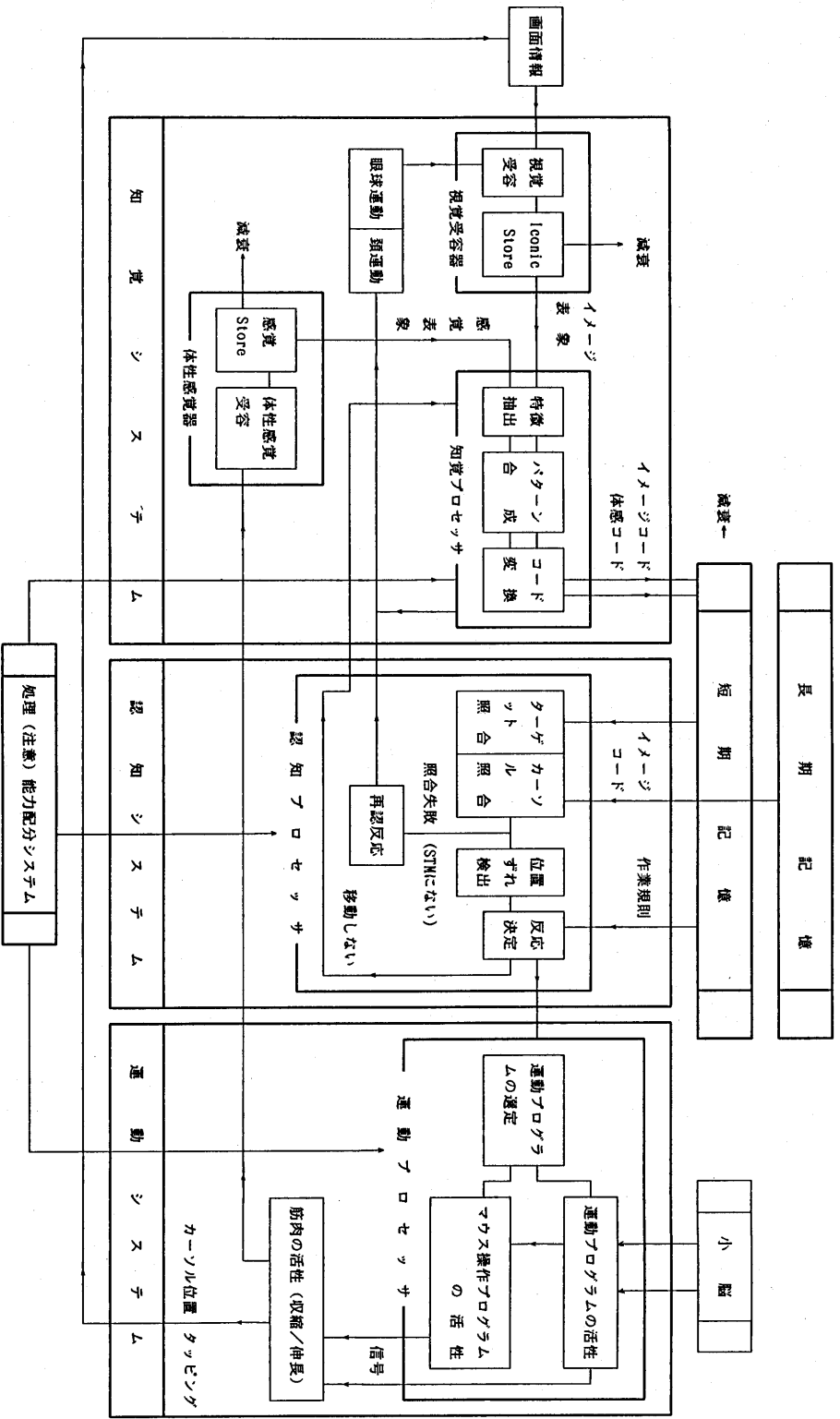


図3 マウス操作における人間の情報処理過程のモデル