

# ヒューマン・インタフェースに関する基礎的検討 — マウスによるターゲット予測と音声入力の有効利用について —

広島市立大学情報科学部

村田厚生

マウスによるポイント操作においてマウス・カーソルの移動軌跡に基づくターゲット予測法を示し、ターゲット間の間隔、ターゲットの位置、マウス軌跡のサンプリング時間、最終ターゲットとして選択されるまでに必要な選択回数がポインティング時間、予測精度に及ぼす影響を検討した。そして、ターゲット予測を実施する場合の望ましい条件を考察した。次に、音声入力の有効利用に関する研究として、ロボットの操作とアルファベットのキー入力を同時に行うデュアル・タスクの作業状況下でロボットの操作に音声入力を用いた場合の有効性を検討し、音声入力をいかに有効利用するかについて考察した。

## Basic Studies on Human-Computer Interaction

### — On Target Prediction in Pointing by Mouse and Utilization of Voice Input —

Atsuo MURA

Faculty of Information Science, Department of Computer Science,  
Hiroshima City University

151-5, Ozuka, Numata-cho, Asaminami-ku, Hiroshima-shi, Hiroshima, 811-02 Japan

In this study, the method to predict the target which the user is about to point with a mouse on the basis of the trajectory of the mouse cursor was presented. The effects of the interval between targets  $d$ , the target position, the sampling interval  $st$  and the number of selection of targets  $n$  on the pointing time and the prediction accuracy were investigated. The pointing with no prediction mode was also conducted. The optimal condition of the prediction method was considered. Moreover, the effectiveness of the voice input in a dual task situation, where subjects performed the manipulation of a robot and the input of random ten alphabets simultaneously, was investigated to discuss how to make use of the voice input to increase performance in the human-computer interaction.

## 1 まえがき

マウス等の入力装置の役割が重要になっており、人間-コンピュータ系のパフォーマンスは、これらの入力装置の操作性によって左右されると言っても過言ではない。マウスの操作性に関する研究<sup>1)~4)</sup>は、(i). 数種類の入力装置の操作性をポインティング時間、エラー等の観点から比較・検討したもの<sup>2)~4)</sup>、(ii). マウス・カーソルの動きを改善することによってマウスの操作性を高めようとしたもの<sup>3)~4)</sup>、さらには (iii). マウスの操作においてユーザの意図を予測することによってポインティング時間の短縮を図ろうとしたもの<sup>1)</sup>に分類できる。

マウスカーソルの移動軌跡に基づいてユーザがポインタしようとするターゲットを予測する方法が完成されれば、操作性の大幅な改善につながると考えられる。これまでにこの種の研究は文献<sup>1)~9)</sup>以外にはほとんど行われていない。宮里<sup>1)</sup>は、マウスカーソルの移動軌跡に基づくターゲットの予測法を5通り提案し、各々の方法でポインティングを実施した場合のポインティング時間、ポイント精度等を比較している。そして、予測を実施しないポインティングに比べて、ポインティング時間が約63%に短縮され、マウス・カーソルの移動量は1/4に短縮された。しかし、ターゲット間の間隔や大きさ、予測のための移動軌跡のデータ収集におけるサンプリング時間の決め方に関する検討が十分ではない。

音声認識装置に関しては、マウス等に比べるとまだ研究・開発段階にあり普及率は低い。コンピュータへの入力手段として音声入力を用いれば、キー入力を行う作業者の頻繁な手の動きを軽減できる。コンペヤ上での仕分け作業等の手の動きが頻繁な作業の補助として音声入力が利用されている<sup>10)</sup>。

音声入力の適用に関する研究として、文書編集等におけるキー入力と音声入力のパフォーマンスを比較・検討した結果が報告されている<sup>11)~16)</sup>。例えば、Schurick<sup>12)</sup>の実験では、音声とキー入力の編集時間には有意な差は見出されなかった。Martinら<sup>16)</sup>は、VLSIのチップ設計用のソフトウェアを用いた作業を対象として、マウス、フルコマンドをキー入力する場合、ショートカットのキー入力の3つの入力手段に、音声入力を付加した場合としない場合の有効性を検討した。その結果、音声入力を付加したほうが作業効率が高まることを報告した。これらの研究はキー入力を音声入力ですべて置き換えるかもしくは従来のキーボードやマウスによる入力手段のほかに音声入力を付加しようとしたものであり、音声入力の有効になる場合とそうでない場合が認められる。

別のタイプの音声入力の適用形態として、デュアル・タスクへの適用が考えられる。一般に、デュアル・タスクの状況では、作業者が異なる応答手段を用

いて作業を遂行できる場合に、作業遂行能力が高まることを示されている<sup>17)</sup>。そこで、デュアル・タスクの状況において、キーボード以外に音声を入力手段として利用できる場合には、人間の情報処理能力は高まると推察される。しかしながら、音声入力をデュアル・タスクに適用して、その有効性を実験的に検証した研究は見あたらない。

本研究では、まずマウス・カーソルの移動軌跡に基づくターゲット予測法を提案し、ターゲット間の間隔、ターゲットの位置、マウスの移動軌跡のサンプリング時間、移動軌跡の選択回数で予測におけるパフォーマンスに及ぼす影響を及ぼすかを検討した。次に、ロボットの遠隔操作とキーボードでアルファベットの人力を行うデュアル・タスクの作業状況でロボットの操作に音声入力を用いた場合とキー入力を用いた場合の有効性を実験的に比較・検討した。

## 2 マウスのポイント操作におけるターゲット予測

### 2.1 予測法1

マウス・カーソルの動きベクトルに基づく予測法の概略を図1に示す。例えば、時点 $t_i$ でのマウス・カーソルの動きベクトル $t_i, t_{i+1}$  ( $t_i, t_{i+1}$ をそれぞれ始点、終点とするベクトル)の方向と時点 $t_{i+1}$ でのマウス・カーソルの位置を表す点Oと各ターゲットの中心を結ぶ直線がなす角度を $\theta_j$  (この図では、 $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )とする。この $\theta_j$ のうちで最も小さいものを候補ターゲットとする。この操作を $n$ 回繰り返して、1つのターゲットが $n$ 回連続して候補ターゲットとして選択された場合に、これを最終候補とする。

### 2.2 予測法2

予測法2では、予測法1と同様に図1にしたがって一定のサンプリング間隔ごとに角度 $\theta_j$ を計算する。この角度 $\theta_j$ を $n$ 回(ここでは、 $n$ を選択回数と呼ぶ)計算し、得られた角度を各ターゲットごとに累計し、 $n$ 回の累計値が最小になるものを最終候補とする。

## 3 実験方法-マウスのポイント操作におけるターゲット予測-

本実験では、NEC製パーソナル・コンピュータPC9801DA21 (CRTは同社製N5913L)を用い、CRTは $640 \times 400$ ドットの解像度で使用した。マウスは

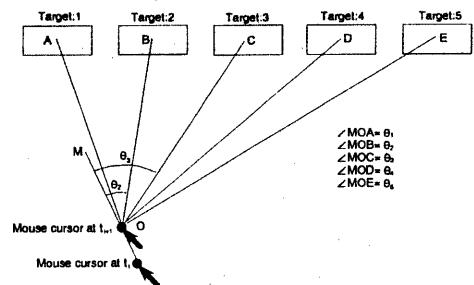


図1 予測法1と2における角度の計算

NEC製の100,200,400カウント切り替え方式のバスマウスPC-9872Rを用い、分解能およびミッキー／ドット比は、それぞれ200CPIと8で使用した。本論文では、以下の条件にしたがって実験を実施した：(a)．予測法(予測法1, 予測法2), (b)．ターゲットの大きさ30×30ドット, (c)．ターゲットの個数(5個)(d)．ターゲット間の間隔 $d$ (4水準:20, 30,40,50ドット), (e)．予測法1での $st$ (5水準:0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12), (f)．予測法2での選択回数 $n$ (5水準:2, 4, 6, 8, 10回)。マウス・カーソルの初期位置は、CRT下部の(320,399)の位置とした。

予測法1と2では、(c), (d), (e)(もしくは(f)), の組み合わせ100条件について、各ターゲットを各4回ずつ計400回のポインティングをランダムに実施し、ポインティング時間、予測の精度を計測した。予測法1と2を実施する前に、コントロール条件として、予測を行わないポインティングを(c), (d)の組み合わせ20条件で、各ターゲットを各4回ずつ計80回のポインティングを実施した。予測法2では最大10回の角度計算を実施するため、平均ポインティング時間を10で割った値をサンプリング時間とすれば、予測が完了する前にカーソルがターゲットに到達してしまう可能性がある。そこで、本研究では、予測なしでの平均ポインティング時間を20で割った値を予測法2のサンプリング時間とした。コンピュータが正しく予測できた場合、誤った予測をした場合、全く予測できなかった場合に分けて予測精度を分析した。

予測精度とは、正しく予測された回数を予測が行われた回数で割ったものである。また、ここでは予測不能率として、予測出来ずにカーソルがターゲットに到達した回数を総ポイント回数で割ったものとして定義した。被験者は、マウスを日常使用している男子大学生10名である。

#### 4 実験結果—マウスのポイント操作におけるターゲット予測—

##### 4.1 ポインティング時間

###### 4.1.1 予測法1

予測法1での全被験者の平均ポインティング時間をターゲット間隔 $d$ とサンプリング間隔 $st$ をパラメータとして比較した結果を図2に示す。 $st$ が0.1までは、 $st$ の増加とともにポインティング時間が増加するが、 $st$ が0.1と0.12では、ポインティング時間に差がないことがわかる。ターゲット間隔 $d$ は、 $st$ ほどポインティング時間に顕著な影響を及ぼさなかったが、 $d=20$ では、他の条件よりもポインティング時間がいくぶん長かった。他の $d$ では、いずれの $st$ でもポインティング時間に差はなかった。

###### 4.1.2 予測法2

予測法2のサンプリング時間は、0.04secとした。予

測法2での全被験者の平均ポインティング時間をターゲット間隔 $d$ と選択回数 $n$ をパラメータとして比較した結果を図3に示す。選択回数 $n$ の増加とともにポインティング時間が単調に増加していることがわかる。

###### 4.1.3 予測なし, 予測法1, 予測法2の比較

予測なし, 予測法1, 予測法2に対する全被験者の平均ポインティング時間をターゲット間隔 $d$ で比較した結果を図4に示す。予測なし, 予測法1, 予測法2のいずれの場合も、各 $d$ の組み合わせでポインティング時間に有意差は認められなかった。

$d=30$ ドットで予測なし, 予測法1の各 $st$ , 予測法2の各 $n$ ごとにポインティング時間を比較した結果を図5に示す。予測法1では、 $st=0.1$ と0.12の場合に、予測なしよりもポインティング時間が長かった。予測法2においては、 $n=10$ 以外では、予測なしの場合よりもポインティング時間が短かった。予測法1の各条件は予測なしの場合と有意差が認められなかった。予測法2に関しては、 $n=2$ と予測なし、 $n=4$ と予測なし、 $n=6$ と予測なしの間で有意差( $p<0.05$ )が認められた。 $d=30$ ドット以外のターゲット間隔に関してもこれと同様の傾向が認められた。

###### 4.2 予測不能率

予測法1と2での全被験者の平均予測不能率をターゲット間隔 $d$ をパラメータとして比較した結果を図6に示す。予測法1, 2ともに各 $d$ で予測不能率に大差はない。予測法1, 2の比較では、予測法1のほうが2よりも予測不能率は高く、 $d=20$ ドット、 $d=30$ ドットで有意差( $p<0.05$ )が認められた。

###### 4.3 予測精度

###### 4.3.1 予測法1と予測法2の比較

予測法1と2での全被験者の平均予測精度をターゲット間隔 $d$ をパラメータとして比較した結果を図7に示す。予測法1, 2ともに各 $d$ で予測精度に大差はない。予測法1と2の比較では、予測法1のほうが2より予測精度は高く、いずれの $d$ でも有意差が認められた。

$d=50$ ドットで予測なし, 予測法1の各 $st$ , 予測法2の各 $n$ ごとに予測精度を比較した結果を図8に示す。予測法2では、予測精度が100%に近くなるのは、 $n=10$ のみであり、一般的に予測法1よりも予測精度の面で劣っている。予測法1に関しては、以下の $st$ の組み合わせが有意であった。(0.04, 0.08) ( $p<0.05$ ), (0.04, 0.1) ( $p<0.05$ ), (0.04, 0.12) ( $p<0.05$ )。予測法2に関しては、以下の $n$ の組み合わせが有意であった。(2,4) ( $p<0.05$ ), (2,6) ( $p<0.01$ ), (2,8) ( $p<0.01$ ), (2,10) ( $p<0.01$ ), (4,8) ( $p<0.01$ ), (4,10) ( $p<0.01$ ), (6,10) ( $p<0.05$ )。

###### 4.3.2 ターゲットの位置での予測法1の比較

$d=20$ ドットでの予測法1の予測精度をサンプリング時間 $st$ とターゲットの位置をパラメータとして、

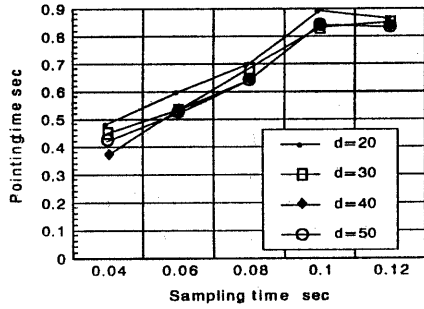


図2  $d$ と $st$ でのポインティング時間の比較

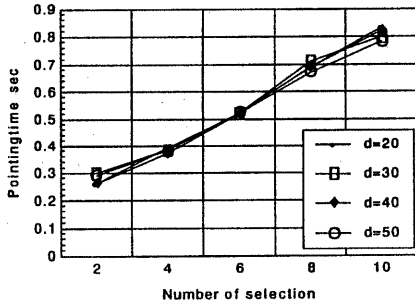


図3  $d$ と $n$ でポインティング時間の比較

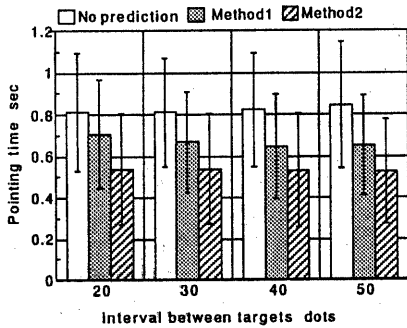


図4 予測なし、予測法1と2の各 $d$ でのポインティング時間の比較

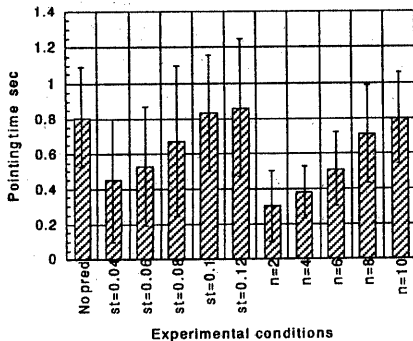


図5 実験条件間でのポインティング時間の比較 ( $d=30$  ドット)

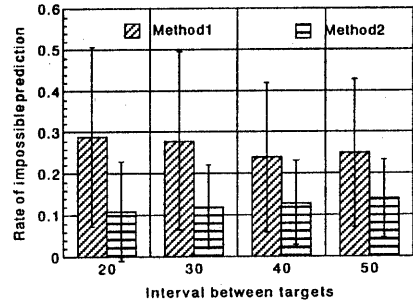


図6 各 $d$ での予測法1と2の予測不能率の比較

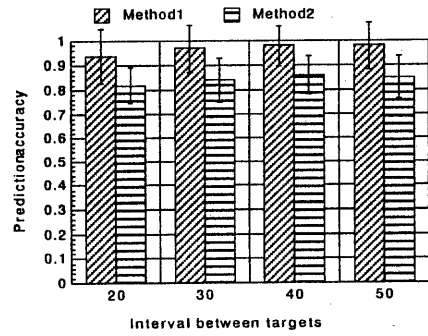


図7 各 $d$ での予測法1と2の予測精度の比較

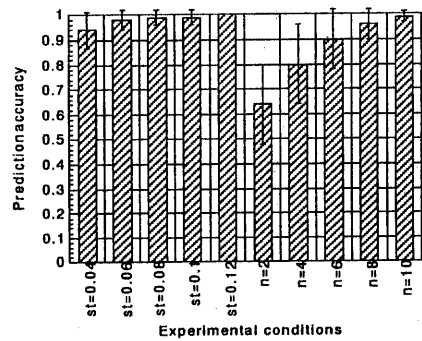


図8 各実験条件での予測精度の比較 ( $d=50$  ドット)

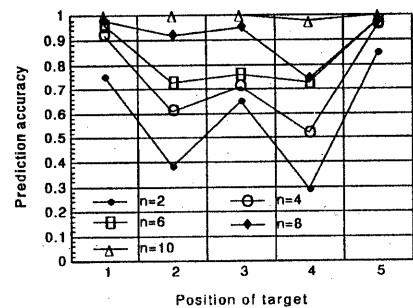


図9 ターゲットの位置での予測法2の予測精度の比較 ( $d=20$  ドット)

比較した結果、2と4の位置のターゲットの予測精度が低かった。さらに、サンプリング時間 $st$ が短くなるほど、位置2と4の予測精度は低くなった。また、 $st = 0.08\text{sec}$ では、ターゲットの位置にかかわらず予測精度が高かった。 $d = 20$ ドット以外の条件でも同様の傾向が認められた。

#### 4. 3. 3 ターゲットの位置での予測法2の比較

$d = 20$ ドットでの予測法2の予測精度を選択回数 $n$ とターゲットの位置をパラメータとして、比較した結果を図9に示す。予測法2でも、2と4の位置のターゲットの予測精度が低いことがわかる。 $n = 10$ では、ターゲットの位置にかかわらず、予測精度はほぼ100%に近いことがわかる。さらに、ターゲットの位置が2と4では、 $n$ の増加につれて予測精度が高くなっている。 $d = 20$ ドット以外でも同様の結果が得られた。

### 5 考察—マウスのポイント操作におけるターゲット予測—

図4から、 $d$ がポインティング時間に及ぼす影響はほとんど認められないことがわかる。予測なしの場合に比べて、予測法1と2では、ポインティング時間がそれぞれ約22%、37%短縮され、予測法2のほうが1よりもポインティング時間の面では優れていることが判る。

図2より、 $st = 0.1$ と $0.12$ でポインティング時間にあまり差が認められなかったことから、サンプリング時間は $0.1\text{sec}$ 未満が望ましいと判断される。予測法2に関しては(図3参照)、各 $d$ でポインティング時間にほとんど差が認められなかったことから、予測法1よりも $d$ がポインティング時間に及ぼす影響は小さいと考えられる。図2と図5からも、全般的に予測法2のほうがポインティング時間が短いことがわかる。

全般的に予測法1のほうが予測法2よりもいずれの $d$ でも、予測精度が高いことがわかる(図7、8参照)。前述のように予測法2のほうが予測法1よりもポイント速度が速いため、その分予測精度に反映され、予測精度が低くなったものと推察される。一方、いずれの $d$ でも、予測法1のほうが予測法2よりも予測不能率は高かった(図6参照)。これは、予測法1の「5回連続して同一のターゲットが選ばれた場合にこれを最終候補とする」という条件では、この条件が満たされるまでに演算時間を要し、演算が終了する以前にカーソルがターゲットに到達する場合が増加したためと考えられる。

予測法1、2ともにターゲット位置が2と4の場合に予測精度が低くなっていることがわかる(図9参照)。予測法1のターゲット位置2と4では、 $st$ が短くなるにつれて、予測精度が低下した。いずれの $d$ の値でも予測法1では、 $st = 0.08\text{sec}$ でどのターゲット

番号でも予測精度はほぼ100%であった。また、いずれの $d$ でも予測法2では、 $n = 10$ でどのターゲット番号でも予測精度はほぼ100%であった。予測法2のターゲット位置2、3、4では $n$ の増加とともに予測精度が増加した。以上のように、予測法1の $st = 0.08$ と予測法2の $n = 10$ の予測精度はターゲットの位置に影響されないことが明らかになった。

予測精度とポインティング時間のデータから、予測法1では、 $d$ が30以上で、 $st = 0.06$ もしくは $0.08\text{sec}$ の条件が最適であると判断できる。予測法2に関しては、予測精度の面ではいずれの $d$ に対しても $n = 10$ の条件が妥当であると考えられるが、予測なしの場合と比べてポインティング時間にはほとんど差がなかった。 $n = 2, 4, 6$ では、予測なしの場合よりもポインティング時間がそれぞれ約68, 52, 37%短縮されたが、予測精度は0.64, 0.8, 0.9で低すぎる。 $n = 8$ では予測なしの場合に比べてポインティング時間が約15%短縮され、予測精度も96%であり、この条件が望ましい。本研究の範囲では、予測法1と2のいずれかが時間と予測精度の両側面において優れているという結論は得られなかった。すなわち、予測精度に関しては予測法1が、ポインティング時間に関しては予測法2が優れていた。使用状況に応じて両方法を使い分ける必要がある。

### 6 実験方法—デュアル・タスクの状況での音声入力の有効性—

#### 6. 1 実験装置

音声入力装置として、PC9801シリーズ用の音声認識ボードMDB-SWR-02(リコー製)を用いた。この音声認識ボードは特定話者方式で、登録可能な認識単語数は最大255語である。また、1語の長さは2秒以内でなければならない。コマンドもしくはキーに対応させて登録した単語を発声し、音声認識結果が正しい場合には、その発声に割り当てられたコマンドをキーボードより入力した場合と同じ結果が得られる。ここではHOME CLEARキーをオンにすれば常に音声入力が可能な自動方式を用いた。また、音声入力待ち時間は20秒とした。

#### 6. 2 被験者

予めキー入力の時間データを収集して、10文字のランダムなアルファベットの入力時間の平均値が15秒以内でキーボードの操作にある程度習熟しているものを被験者として採用した。被験者には、最大限の努力を払って出来る限り迅速かつ正確に作業を遂行するように指示した。被験者は21から23歳までの男子大学生12名である。

#### 6. 3 作業内容

実験状況の概要を図10に示す。実験ではパーソナルコンピュータを2台(いずれもNEC製

PC9801DA21) 使用し、一台はVDT作業用に、もう一台は上記の音声認識ボードを内蔵しており、ロボット操作に用いた。使用したロボットは太平洋工業製の6軸アームロボットPZ-AR1である。

ロボットが指定された地点に置かれた $5 \times 4.2 \times 3.4\text{cm}$ の物体をつかんで、別の指定された地点にこれを移動して、グリップを開くまでの動作を1サイクルとして、これを繰り返し実行するようにパーソナルコンピュータでプログラムした。このサイクルを、1要素動作と見なす場合から、3要素動作、5要素動作、7要素動作、9要素動作に分割する場合までの5条件を設定した。要素動作が終了すれば、ロボットは入力待ち状態になる。ロボットの1サイクルを5要素動作と見なす場合には、ロボットの状態を監視しながら1から5までの数字を音声またはキーで順次入力していく。キー入力では、キーボードのテンキーを用いるようにした。被験者はロボットの動作を直接見ることはできず、ロボットの正面像と側面像をビデオカメラで撮影したモニターTVの映像を見ながら作業を実施する。

VDT作業は、パーソナルコンピュータのCRTに表示された10文字のランダムなアルファベットをキーボードより入力するものである。10文字の中には同一の文字が複数回出現しないようにした。入力時間は10msecの精度で計測し、入力ミスの有無も記録した。

#### 6.4 実験手順

音声入力を実施する前に、1から9までのキーとこれに対応する音声を音声辞書として登録した。音声辞書への登録では、各登録語を3回発声させた。音声登録後に簡単な認識テストを行い、登録語が正しく認識されるかどうかを確認した。認識テストでは、各登録語を5回連続して発声させ、すべて正しく認識されない場合には登録をやり直した。付属のマイクと口の間隔が3cm以内におさまるようにし、語頭から語尾まではっきりと、同じ読み方、抑揚、速さ、大きさ、アクセントで発声するように被験者に指示した。また、騒音レベルが50dB(A)以下の静かな環境で音声辞書登録と実験を実施した。さらに、実験開始前にも音声認識テストを行い、誤認識が多い場合には、音声登録をやり直した。作業開始前に作業内容を被験者に十分説明し、操作にも十分慣れさせてから実験を開始した。

ロボットの操作において音声入力とキー入力を実施する順序を被験者間でランダム化した。また、音声入力とキー入力の両条件ともに5種類のキー入力数 $x$ (=1,3,5,7,9)の実施順序もランダム化した。そして、被験者は、それぞれのキー入力数 $x$ でロボットの操作を20サイクル実施しながら、VDT作業を遂行する。被験者は、眼前に設置されたモニターTVでロボットの動作を監視しながら、ロボットの各要素動作が終了

する度に次の要素動作に入らせるようにキー入力または音声入力を実施する。これと同時にVDT作業を遂行せねばならない。1サイクルの終了には、約21から26分を要する。例えば、音声入力で入力数 $x=5$ の場合には、ロボットの動作をスタートさせるためにまず1を音声で入力する。そして、ロボットの動作を監視し、かつVDT作業を遂行しながら、要素動作が終了すれば2を音声で入力する。この一連の動作を、5を音声入力してロボットの1サイクルの動作が終了するまで実施する。そして、以上の作業を20サイクル繰り返す。音声入力もしくはキー入力による実験終了後に約10分間の休憩を挿入して、もう一方の入力モードによる実験を実施した。また、音声入力において、誤認識が生じた場合は、正しく認識されるまで入力をやり直させた。

各入力モード(音声またはキー入力)での作業終了後に、ロボット操作にキー入力と音声入力を用いた場合のデュアル・タスクの状況での操作性に関する以下の項目の心理評価を1から7の評点で実施した。A:操作しにくい(1) - 操作しやすい(7), B:操作でいらいらする(1) - 操作でいらいらしない(7), C:親しみにくい(1) - 親しみやすい(7), D:操作で疲れる(1) - 操作が楽(7), E:応答が悪い(1) - 応答が良い(7)。評価値1とは、各質問項目に対する評価が低く、評価値7は高いことを意味する。

### 7 実験結果—デュアル・タスクの状況での音声入力の有効性—

#### 7.1 ロボット操作のパフォーマンス

ロボット操作における音声入力とキー入力に対する各入力数 $x$ での20サイクルの作業遂行の平均所要時間を図11に示す。音声とキー入力でのロボットの操作を20サイクル実施するのに要した時間は、入力数1,3,5,7,9いずれの場合にも、両入力モードで統計的有意差は認められなかった。また、入力数の増加とともに

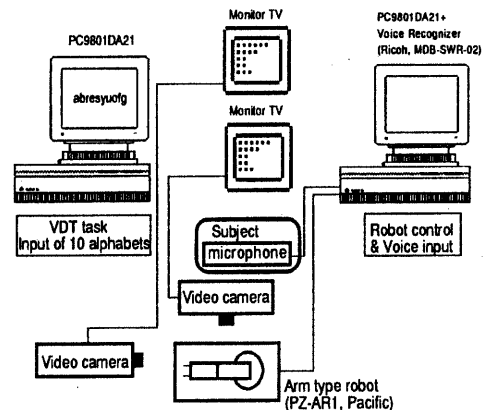


図10 実験システムの概略

に、20サイクルの作業を終了するのに要する時間が増加した。

### 7. 2 VDT作業のパフォーマンス

ロボット操作を音声入力とキー入力で実施した場合のVDT作業における10文字のアルファベットの平均入力時間を、入力数 $x$ の関数として図12に示す。ロボット操作を音声入力で実施した場合のほうがキー入力で実施した場合よりもVDT作業における10文字アルファベットの平均入力時間が短かった。また、ロボット操作を音声入力とキー入力で実施した場合のVDT作業における正答率（各作業時間での10文字アルファベットの総提示回数に対する10文字のアルファベットを正しく入力した回数の比率）に関しては、ロボット操作を音声とキー入力で実施した場合で差が認められなかった。さらに、入力数の間でも正答率に差は認められなかった。

### 7. 3 音声とキー入力の操作性に関する心理評価

実験終了後の音声入力とキー入力の操作性の心理評価の集計結果を図13に示す。小標本に対するMann-Whitneyの検定の結果、項目A、B、C、Dに関しては、音声入力のほうがキー入力よりも評価値が有意に( $p<0.01$ )高いという結果が得られた。項目Eに関しては、音声とキー入力では差が認められなかった。

## 8 考察—デュアル・タスクの状況での音声入力の有効性—

図11より、所要時間の観点からはロボット操作における音声入力の有効性は見出されることがわかる。本研究では、1回の音声入力を1回のキー入力に対応させて、キー入力する数値を逐一音声で入力している。一方、Pooock<sup>15)</sup>は、キー入力するコマンドを逐一音声入力しているのではなく、コマンドのキー入力に対する省略形を音声入力している。したがって、本研究ではPooock<sup>15)</sup>のように音声入力の有意性が見出されなかったものと考えられる。ロボット操作における音声入力の平均認識率は、いずれの入力数でも96.8%以上で、最大98.8%であった。また、ロボット操作における人間側のエラー率（入力ミス）は、いずれの $x$ でも音声入力のほうがキー入力よりも低かったことから、音声入力の有効性が示唆される。

ロボット操作を音声とキー入力で実施した場合、VDT作業の正答率は両入力モードで差が認められなかった。一方、入力数が1の条件から、音声入力でのロボット操作した場合のVDT作業の入力時間のほうが短いことがわかる（図12参照）。また、ロボット操作に必要な入力数の増加とともに、音声とキー入力でのロボット操作した場合のVDT作業の平均入力時間の差が大きくなっていることがわかる。そこで、ロボット操作における入力数と音声およびキー入力でのロボット操作を実施した場合のアルファベット入力時間

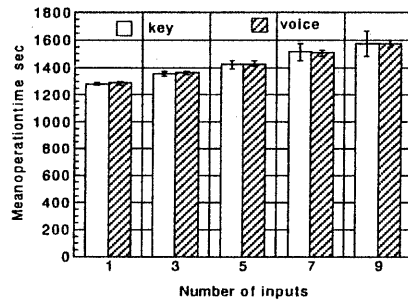


図11 入力数をパラメータとしたキーと音声入力のロボット操作時間の比較

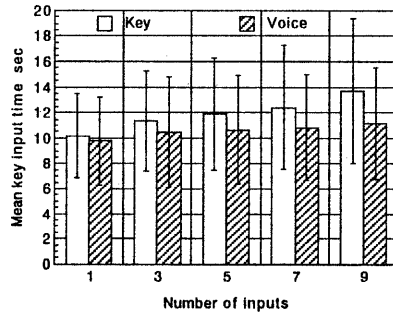


図12 ロボット操作をキーと音声入力で実施した場合のVDT作業時間の比較

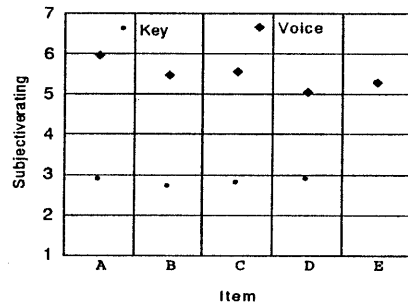


図13 音声とキー入力の使いやすさに関する主観評価結果

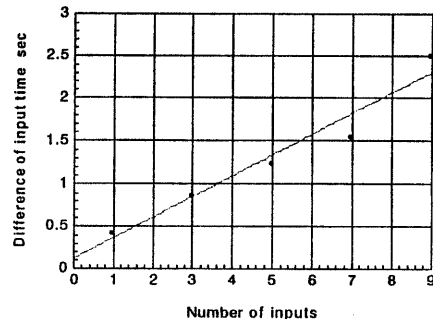


図14 入力数と音声およびキー入力のアルファベット入力時間の差の関係

の差の関係を図 1 4 に示す。相関係数  $r = 0.975$  で有意な ( $p < 0.01$ ) 正の相関が認められた。音声入力 of 心理的評価の高さも確認された (図 1 3 参照)。この結果は、二重課題を音声とキーという異なる入力手段で実施した場合には、キー入力のみによって二重課題を実施した場合よりも両作業の干渉が小さくなり (Wickens ら<sup>17)</sup> によって指摘されている)、情報処理の効率化につながったためではないかと解釈できる。以上のように、キー入力のみを作業用の応答手段として用いる場合に比べて、一つのキー入力を音声入力という別の応答手段で置き換えた場合に、デュアルタスクの環境下での人間の情報処理能力が増強されることが明らかになった。

## 9 まとめ

本研究では、まずマウス・カーソルの移動軌跡に基づくターゲット予測法を提案し、ターゲット間の間隔、ターゲットの位置、マウス軌跡のサンプリング時間  $st$ 、選択回数  $n$  が予測におけるマウスのポイント操作におけるパフォーマンスに及ぼす影響を及ぼすかを検討した。 $d$  がポインティング時間に及ぼす影響はほとんど認められなかった。ターゲットの位置が予測精度に及ぼす影響に関しては、予測法 1、2 とともに 2 と 4 の位置の予測精度が低く、これらの位置は不適切であることが示唆された。予測法 1 の最適な条件は、 $st = 0.08\text{sec}$  または  $0.06\text{sec}$ 、 $d = 30$  ドット以上と判断される。予測法 2 に関しては、選択回数  $n = 8$  が望ましいと判断される。

次に、ロボット操作とアルファベットのキー入力を同時に行うデュアル・タスクの状況でロボット操作に音声入力を用いる場合の有効性を検討した。ロボット操作を音声入力とキー入力を実施した場合の VDT 作業におけるアルファベットの平均入力時間は音声入力のほうが短かったこと、ロボット操作における人間側のエラー率は音声のほうがキー入力よりも低かったこと、操作性の心理評価はキー入力よりも音声入力のほうが高かったことから、デュアル・タスクの状況での音声入力の有効性が明らかになった。

## 参考文献

- 1) 宮里勉: ポインティング操作におけるターゲット予測 - ユーザの意図理解へ向けて, 信学論 D-II, J72-D-II (11), pp.1916-192 (1989)
- 2) 村田厚生: "対話型システムにおけるポインティング装置の操作性に関する実験的検討", 人間工学, 28 (3), pp.107-117 (1992)
- 3) 村田厚生: "分解能自動調整方式マウスと固定方式マウスの操作性の比較", 信学論 (A), J-76A (3), pp.560-563 (1993)
- 4) 竹村治雄, 辻野嘉宏, 荒木俊郎, 都倉信樹: "ポイント手法の評価について", 信学論 (D), J70-D (7), pp.1265-1274 (1987)
- 5) S.K.Card, W.A.English and B.J.Burr: "Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys and text keys for text selection, 21 (6), pp.601-613 (1978)
- 6) J.Ewing, S.Mehrabanza, S.Sheck, D.Ostroff and B.Schneiderman: "An experimental comparison of a mouse and arrow-jump keys for an interactive encyclopedia", International Journal of Man-Machine Studies, 14 (1), pp.29-45 (1986)
- 7) J.G.Beaumont: "Speed of response using keyboard and screen-based microcomputer response media", International Journal of Man-Machine Studies, 23 (1), pp.61-70 (1985)
- 8) 村田厚生: "水平方向の動きに対する入力デバイスの操作性", 人間工学, 27 (3), pp.114-117 (1991)
- 9) 石神英俊: 特許"ポインティングデバイス装置", 特願昭62-166203, 公開特許公報 (A), 昭64-9517 (1989)
- 10) J.M.Nyc: "The expanding market for commercial speech recognizers", In Trends in Speech Recognition, ed. by W.A.Lca, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, pp.461-468 (1980)
- 11) D.L.Morrison, T.R.G.Green, Shaw, A.C.and Payne, S.J.: "Speech-controlled text-editing: effects of input modality and of command structure", International Journal of Man-Machine Studies, 21, pp.49-63 (1984)
- 12) J.M.Schurick: "Efficiency of limited vocabulary speech recognition for data entry tasks", Proceedings of the Human Factors Society-30th Annual Meeting, p.931-935 (1986)
- 13) J.D.Gould, J.Conti and T.Hovanyecz: "Composing letters with a simulated listening typewriter", Communication of the ACM, 26-4, pp.295-308 (1983)
- 14) T.B.Martin and J.R.Welch: "Practical speech recognizers and some performance effectiveness parameters", In Trends in Speech Recognition, ed. by W.A.Lea, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, pp.24-38 (1980)
- 15) G.K.Poock: "Using voice input to operate a distributed computer network", Proceedings of Conference on Voice-Interactive Systems: Application and Payoffs, pp.213-229 (1982)
- 16) G.L.Martin: "The utility of speech input in user-computer interfaces", International Journal of Man-Machine Studies, 30, pp.355-375 (1989)
- 17) C.D.Wickens, M.Vidulich, D.Sandry and S.Schifflett: "Multiple resources, task-hemispheric integrity, and individual differences in time-sharing", Human Factors, 23, pp. 211-230 (1983)