

## Characteristic of eye-gaze Interface as an information tool, and requirements for design

横尾, 誠

<https://doi.org/10.15017/458546>

---

出版情報 : Kyushu Institute of Design, 2002, 博士 (芸術工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

---

## 第3章

### オンスクリーンコントロール・アイゲイズインタフェース

市販されているアイゲイズインタフェースの多くは、画面上の GUI (Graphical User Interface) の操作を代替するものであり、既存のマウス・キーボード操作環境の代替もしくは補助の役目を行う。具体的な操作例には、画面上のボタンの選択・決定を行うためのカーソルの移動や、画面キーボードによる文字入力などがある。本研究では、画面上のボタンなどのオブジェクトを選択・決定する操作を含むアイゲイズインタフェースのことを、オンスクリーンコントロール・アイゲイズインタフェース (On Screen Control Eye Gaze Interface) と呼ぶことにする。

#### 3.1 関連研究と本研究の位置付け

既存のコンピュータのGUI環境をベースとして行われた研究の例として、大和ら (2000) <sup>14)</sup> は視線とマウスを併用することにより効率のよい入力インタフェースの実現を目標とし、ユーザの目の固視微動と計測誤差の発生を考慮した3つのターゲット選択方式 (Auto方式、Manual方式、SemiAuto方式) を比較検討した。結果として (1) Auto方式では、ターゲットのサイズを仮想的に拡大する。(2) Manual方式では、ユーザが視線によるおおまかなポインティングを行った後で、ポインティング操作デバイスを手でマウスに切り替える。(3) SemiAuto方式は、Auto方式とManual方式を組み合わせた方式の3種類で一般的なGUIを想定した環境で評価実験を行った。その結果、(3) のSemiAuto方式による操作は従来のマウスのみを用いた操作に比べて、選択の誤りを大幅に増やすことなく、操作時間は同程度かより短くなると報告している。また、大和ら (1999) <sup>15)</sup> は、GUI上でのボタン選択操作を「ボタン上にカーソルを移動する操作 (移動操作)」と「ボタンを押す操作 (確定操作)」に分け、移動操作を視線で、確定操作をマウスで行う方式について検討し、

---

適用実験の結果、視線によるカーソル移動は高速で、マウスのみによる選択操作よりも効率が良いことが報告されている。但し、『操作対象となるボタンの大きさが1cm四方程度と小さい場合、視線のみでボタン上にカーソルを移動することは困難であり、視線による移動操作を補助する必要があることが分かった。』と報告している。視線文字入力インタフェースの使用中に、入力である注視と入力でない注視（停留）を簡単に区別することは困難であった。それは、主に“入力”と“探索”という役割の異なる二つの注視があり、注視時間などからでは区別が難しかったからである。これらの研究では、従来のマウスの操作をアシストするための補助手段としてアイゲイズインタフェースを用いている。さらに、アイゲイズインタフェースをGUI操作に使用するには、探索などを行いながら眼で画面を走査する「移動操作」と目標を選択する「確定動作」を区別することが困難であることが報告されている。この問題に関連して、坂ら（2001）<sup>16)</sup>はアイゲイズ用の新たな画面デザインのインタフェースを提案しており、画面の左右に“入力”のための入力領域を配置し、中央に入力領域と同様な文字配列をもつ探索のためのガイド領域を配置している。ガイド領域で文字位置を探索できるので、“探索”のための注視はガイド領域で、“入力”のための注視は入力領域での発生が期待され、ガイド方式により入力領域における入力でない注視（停留）を減らせるかを、従来方式とガイド方式の両方式で実験を行い比較した。その結果、『ガイド方式では従来方式に比べて入力時間がかかり、全体の注視頻度が増加するが、入力でない注視（停留）頻度が従来の40%に減少したことからガイド方式の有効性が示された。さらに、これまで時間的に分離困難であった入力である注視と入力でない注視（停留）を88%の割合で分離可能であることも判明した。』としている。

また、SalvucciとAnderson（2000）<sup>17)</sup>は大和らのように従来のGUI環境のアシストを行うアイゲイズインタフェースの研究を行っており、さらにアイゲイズの動きの予測システムを取り入れ、操作性の向上を図っている。そして、SibertとJacob（2000）<sup>18)</sup>は、マウスの操作とアイゲイズインタフェースによるタスク比較を行っており、マウス操作よ

---

りアイゲイズ操作が速く作業を行えると結論づけている。

視線を利用しポインティングデバイスとするアイゲイズインタフェースはコンピュータのマウスやキーボードなどのデバイス操作が困難な障害者の代替入力デバイスとして使用するバリアフリーツールとして注目されている。

マウス操作をアシストする役目でアイゲイズインタフェースを用いることを目的とした研究があったが<sup>14, 15)</sup>、障害者を前提としたアイゲイズインタフェースではマウスの代替デバイスとした場合を想定しなければならない。また、アイゲイズインタフェースのみでGUI環境の操作をおこなうことを前提としており、探索と入力のための領域をわけた画面デザインを提案した研究がある<sup>16)</sup>。ガイド方式を用いることは探索と入力の注視の違いを分離でき、インタフェースは有効であることが示されたが、従来方式である探索と入力が一つになったインタフェースより入力時間が長いと報告されている。そこで、本実験では探索と入力が一つである従来方式とし、その形式の中で効率の良いアイゲイズインタフェースによる入力操作ができないかを実験で明らかにする。

本実験では障害者が介護者など周囲の人とのコミュニケーション、またWeb、Eメール閲覧などの目的でコンピュータを使用する際のデザイン開発に焦点を絞った。コミュニケーションを行う際に用いるのが、意思を伝達するためのツールである。第2章の予備調査で使用した図2.1、図2.2、図2.3のツールは意思伝達のためのツールのプロトタイプであり、ナースコールの発展型である定型文ツールと自由な文章を作成するために用いる文字入力ツールであった。2つの意思伝達ツールのうち、文字入力ツールは一文字ごとの入力となる。そしてアイゲイズインタフェースでポインティングするには選択領域が狭く、視線移動の特徴的な動きも加わり作業効率は期待できない結果となった。しかし、自由な意思伝達ができるコミュニケーションツールは必要である。文字入力ツールの作業効率をあげることを目的として実験ツールを制作し、タスク実験を行い、アイゲイズインタフェースの特徴を探りながらデザイン

---

---

開発で必要な条件を議論していく。

日本語の文字入力に際して、アイゲイズインターフェースを用いた場合、かな文字50音すべてを一括表示させ、それらをカーソルで選択する50音表示型文字入力インタフェースが現在の主流である。また他の入力方法として、ひらがなの50音表の母音が「あ」の段を表示させ、選択された行を表示させる階層型文字入力インタフェースが考えられる。このインタフェースの利点として一画面の選択要素を少なくすることができることがあげられる。その結果、画面インタフェースは、一つの選択範囲を大きくすることができる。アイゲイズインタフェースにおいて選択領域が大きければ大きいほど、視線を移動させ選択領域の注視・選択の制限を少なくし、ユーザに対する一連の動作の負担を軽減でき、使いやすいアイゲイズインタフェースを提供できると考えられる。この研究に関して、伊藤ら(2001)<sup>19)</sup>は本研究と同じく、バリアフリーツールとしてのアイゲイズインタフェースについて、日本語のひらがなの50音を一度に表示させる方法を採用し、入力時間を計測した実験を実施している。結果として、50音表示されたアイゲイズインタフェースの文字入力ツールにおいて、健常者で実験期間40日間のうち任意の6日間で一日につき一回、一回あたり入力回数約200～240回の条件で行った実験で、誤入力が増加したとの結果を報告している。

### 3.2 実験の目的

本実験では、アイゲイズインタフェースの特性を考慮した、2種類の文字入力インタフェースを制作し、ユーザ評価を行い、それぞれの有効性を比較、検証することを目的とした。また、そのうちの一つである階層型文字入力インタフェースでは、選択領域を拡大することのほかに、画面の要素を比較的自由に配置できることから、アイゲイズインタフェースを前提にした配置の変化による文字入力の作業効率における影響について調べることを実験の目的とした。

### 3.3 研究の方法

アイゲイズインタフェースで文字入力する場合、作業ステップが少ない50音表示型文字入力インタフェースと画面の選択ボタンが少ない階層型文字入力インタフェースについて、同じ単語の文字入力作業を行い、作業時間を測定して比較考察する。

文字入力作業を前提としたアイゲイズインタフェースにおいて文字入力の作業量が同じであり、画面要素数などの条件が等しく、配置のみが異なる階層型文字入力インタフェースを2種類制作し、その文字入力作業時間を測定する実験を行う。また、視線移動の軌跡をタイムコードと同時に記録し、作業時間、また眼球運動の特徴の面から、実験結果を分析する。また配置の違いによる影響を分析する。

#### 3.3.1 制作した実験ツール

##### ・50音表示型文字入力インタフェース

50音順のひらがなを一画面に並べて文字を選択するインタフェースである。我々がひらがなを学習する際には、ひらがなの50音表を用いて学習している。よって、50音あるひらがなも効率的に探すことができると考えられる(図3.1)。

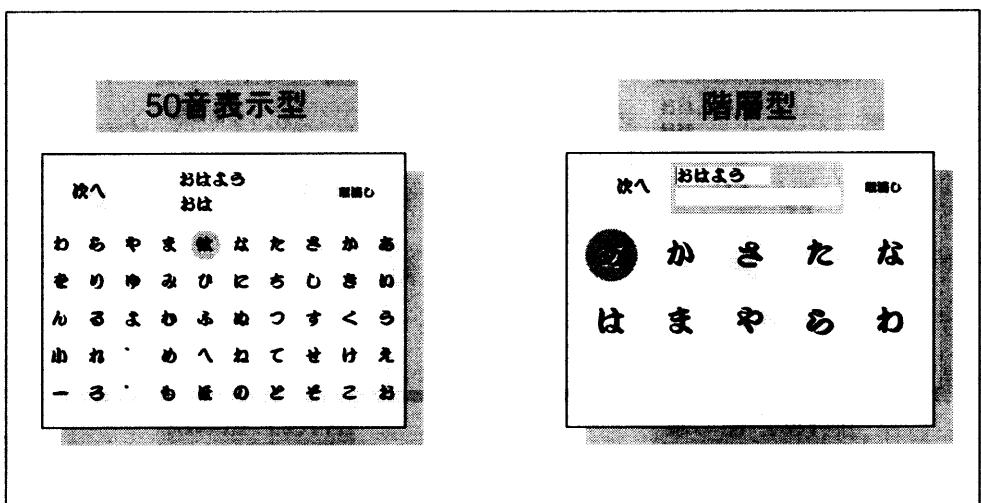


図3.1 2種類の文字入力インタフェースの実験ツール

階層型文字入力インタフェースでは、一回の画面表示で配置されるボタンの数が少ないため、配置を比較的自由にできることから、配置によって、作業効率に違いが出るかどうかを確認するために、2種類のそれぞれ違う特徴を持たせた（図3.2）。

・横配列型文字入力インタフェース

参考用文字フィールドと入力文字確認用フィールドを画面上部に配置し、文字ボタンを横に2列または1列に配列した。第一層は一行目左から順に、あ行・か行・さ行・た行・な行、折り返し2列目は、は行・ま行・や行・ら行・わ行 となり、第2層は一行目左から、あ段・い段・う

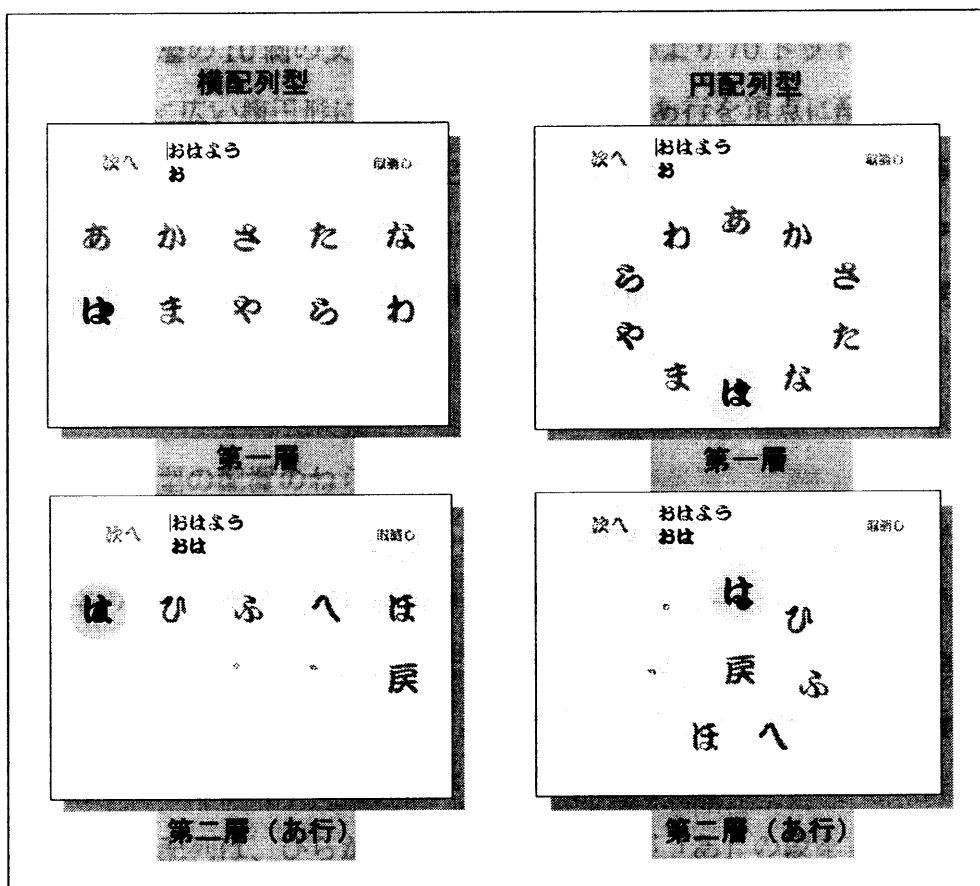


図 3.2 階層型実験ツールの説明

---

段・え段・お段、折り返し2列目は、その行に必要な濁音、半濁音、小文字、そして、上層（第一層）に戻るための「戻」ボタンで構成されている。「戻」ボタンは常に2列目の右端に配置する。「戻」ボタンは頻繁に使用するボタンである。できる限り視線が通る頻度の高い場所であり、常に同じところに配置しておきたい意図があった。よって、その条件を満たすのが2列目の右端の位置であった。この横方向の配置は画面の横全体に広がるように均等に配置し、上下方向の配置は画面の水平方向の中心をはさんで1列目を上部に、2列目を下部に配置した。

#### ・円配列型文字入力インタフェース

参考用文字フィールドと入力文字確認用フィールドを画面上部に配置し、文字ボタンを円形に配列した。横配列と同様に2層に分かれており、参考用文字フィールドと入力文字確認用フィールドを画面上部に配置するため第一層の10個の文字ボタンを画面の中心より70ドット下を中心にして、横に広い楕円形に配置した。このとき、あ行を頂点に配置し、向かって右回りにそれぞれの行を配置した。最下点は、は行である。第二層には、横配列と同様の要素を円形に配列し、「戻」のボタンを常に中心におくこととした。この円はそれぞれの行を構成する要素の違いから、5角形、6角形、7角形となる。

### 3.3.2 階層型の配置のねらい

50音表示型の配列は、約50の選択領域を確保するために、それぞれの文字のための選択範囲は制限され、さらに配列は密なものになってしまう。選択領域の縮小は選択・決定を困難にするが、一方では一つの文字を入力するのに、一回の選択・決定の作業で完了するので作業量面からは文字入力を速くする可能性があると考えられる。

階層型の配列は、ひらがなの50音表の母音が「あ」の段を表示させ、選択された行を表示させる方法である。アイゲイズインタフェースにおけるこの方法の利点として、ひとつの選択領域を広く確保できることがあげられる。50音表示型では、約50の選択をするための領域を分ける



ことが必要であるが、この方式を用いれば約10の選択領域ですむ。よって比較的一つの選択領域を広く確保することが可能となる。説明した本実験に使用する実験ツールの構成を図3.3に示す。

1.横配列は、一般的な並び方の中でユーザが違和感なく作業を行えるのではないかと考える。しかし、配列は画面の横幅全体になり、視線の移動量は大きくなる。

2.円配列は、できる限り上下左右に均等にボタンを配置できるように工夫した。いつも中心から等距離ですべてのボタンを選択でき、最も遠いボタンも円の直径分の移動でよいこととなる。また、画面の要素は中心に集中するので、文字入力の際にユーザの入力時間が短縮できるのではないかと考える。

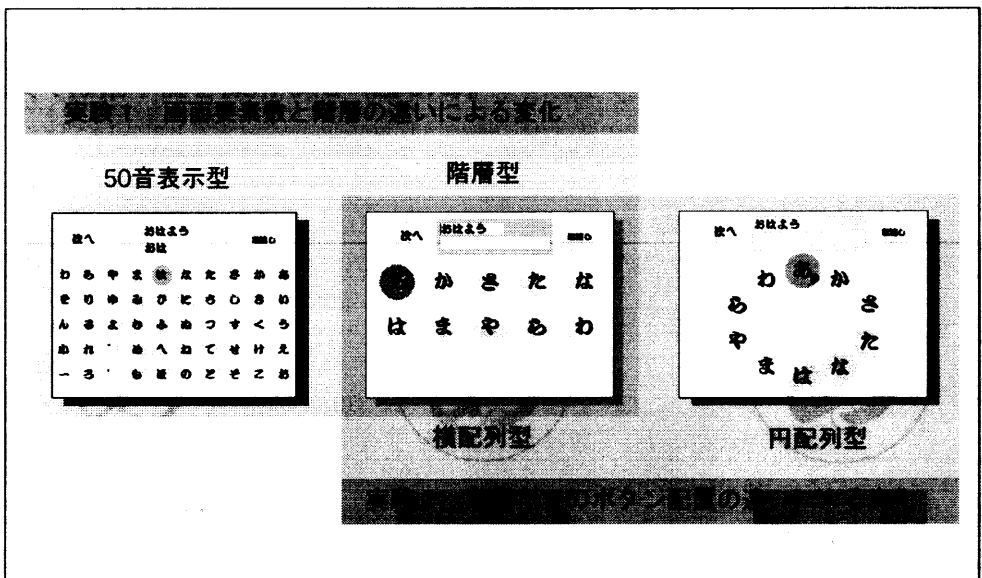


図3.3 実験ツールの構成

### 3.3.3 使用したフォントについて

実験に使用したフォントを勘亭流とした理由は、視線の動きの特徴として、対象物を見るとき、その対象物の特徴となる部位を注視するということから、その影響を避けようとしたためである。例えば、四角形を見るときは4つの頂点を注目する。これは人間が、モノをみるときそれが何であるかを識別するための特徴点抽出のため無意識のうちにこの視線移動をおこなっている。本実験では、鋭角な部位をもつ文字によりボタンの選択のための視線移動に影響を与えないことを配慮することにした。そこで、さまざまなフォントを選考した結果、勘亭流にすることに決定した。他のフォントと比較して、鋭角な、または直角などの部位が少ない。線の始まりと終わりの部位が比較的尖鋭であるが、他フォントと比較するとそれほど尖っておらず丸みがある。他の部位も穏やかでなめらかな曲線で構成されているので、特定部位を注視するという影響を軽減できるのではないかと考えた。標準的なゴシック体、明朝体に比べ、勘亭流はすべての文字が共通性を有しており、文字の違いが判別しにくい書体である。文字の違いが判別しにくい文字形状の性質より目的とする文字ボタンの認識におこなう注視の安定に有効性があると考え、本実験では勘亭流を採用した(図3.4)。

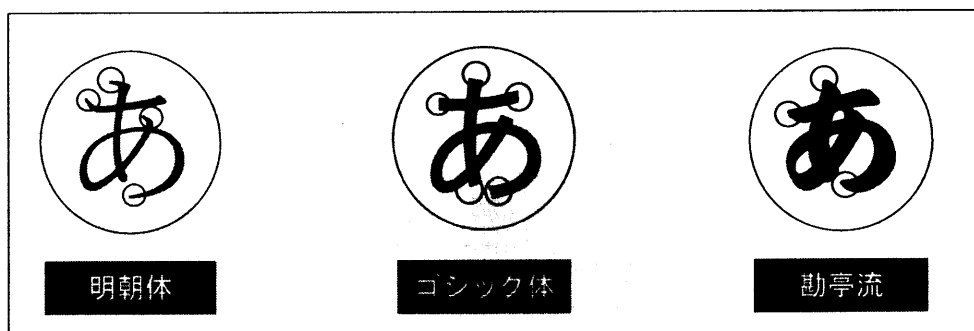


図3.4 明朝、ゴシック、勘亭流それぞれの書体の尖った部位

### 3.4 実験

実験は九州芸術工科大学内の高機能プレゼンテーション室で実施した。被験者は、20歳から27歳までの学生8人であり、アイゲイズインタフェースは初めての経験(6人)、一度経験がある(2人)となっている。実験に使用したシステムはEye Tech Digital Systems社のQuick Glanceである(図3.5)(図3.6)。

実験環境として被験者の視点と画面との距離は50cmに設定し、17インチ相当の液晶ディスプレイ(30.5cm×23cm)を解像度1024×768で使用した。文字ボタンの選択は視線移動で行い、決定には意識的な瞬き(200msec)で行ってもらった。

実験説明	キャリブレーション	練習	休憩	実験1				実験2		
				50音配列	休憩	横配列	休憩	円配列	休憩	円配列
5分	15分	5分	2分	5分	2分	5分	2分	5分		

図3.5 実験の流れ

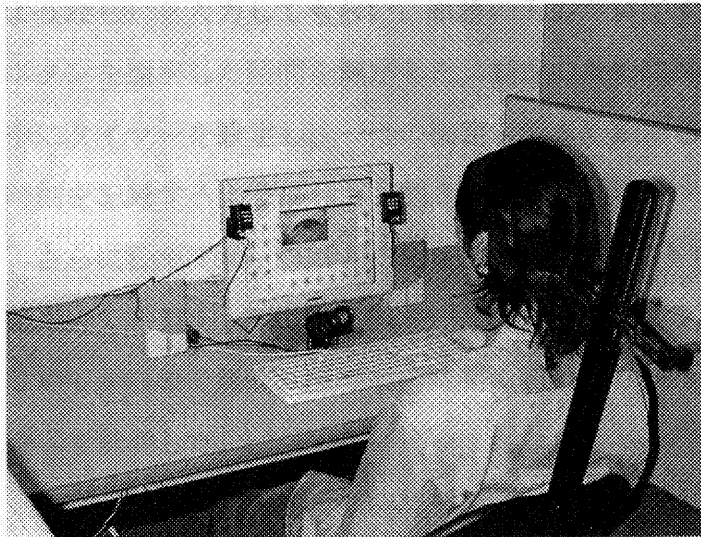


図3.6 実験風景

---

文字入力インタフェースの実験ツールは、Macromedia社 Director 8.0で制作した。文字ボタンの大きさは、次の通りとし、文字は白抜きとした。

50音表示型：円 直径84pixel 文字48pt（フォント：勘亭流）

階層型：円 直径148pixel 文字84pt（フォント：勘亭流）

背景の配色はグレイスケールで統一した。また、カーソルがボタン上にくるとボタンが濃く変化するロールオーバー機能をつけ、選択時にわかりやすくした。

### 実験（1）

50音表示型、階層型においてそれぞれ5種類の同じ単語（おはよう・こんにちは・こんばんは・ありがとう・さようなら）を入力してもらい、単語の入力が終了するまでの一つ一つのボタンを選択した時間を測定した。測定のために制作した実験ツールの中にタイマーを設定し、一つの決定（瞬き）がある度にボタンの種類と時刻を記録するようにした（図3.7）。

### 実験（2）

横配列・円配列それぞれの階層型インタフェースにおいてそれぞれ5種類の同じ単語（おはよう・こんにちは・こんばんは・ありがとう・さようなら）を入力してもらい、単語の入力が終了するまでの一つ一つのボタンを選択した時間を測定した。測定のために制作した実験ツールの中にタイマーを設定し、一つの決定（瞬き）がある度にボタンの種類と時刻を記録するようにした（図3.8）。

さらにEye Tech Digital Systems社製のソフトウェア、Eye Scienceを用いて約10Hzのサンプリング周波数で、視線のX、Y座標、実験をはじめてからのそれぞれ座標取得時間の記録より100msec毎の視線移動の速さを計測した。

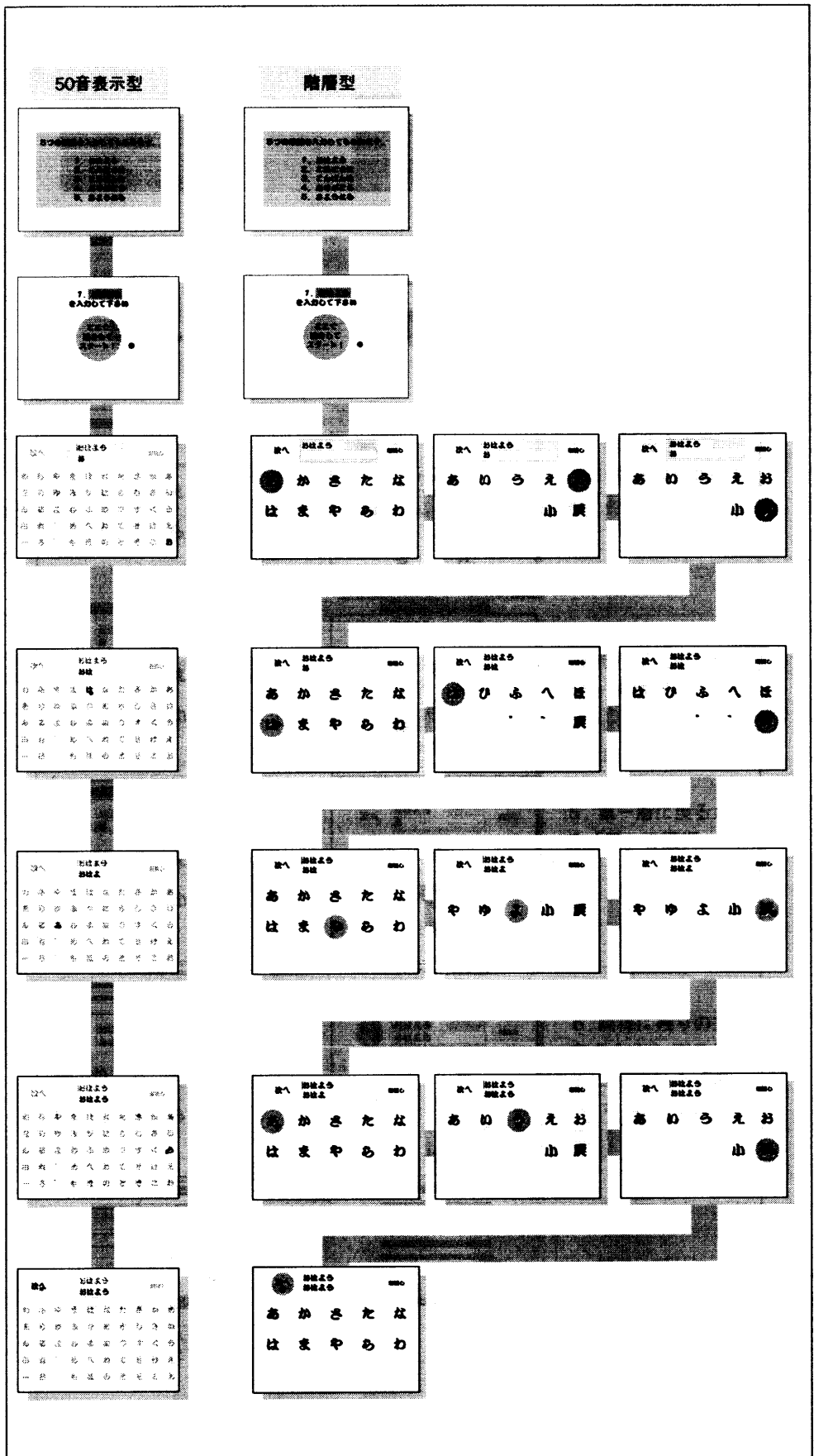


図 3.7 50音表示型と階層型文字入力インタフェースの作業行程比較

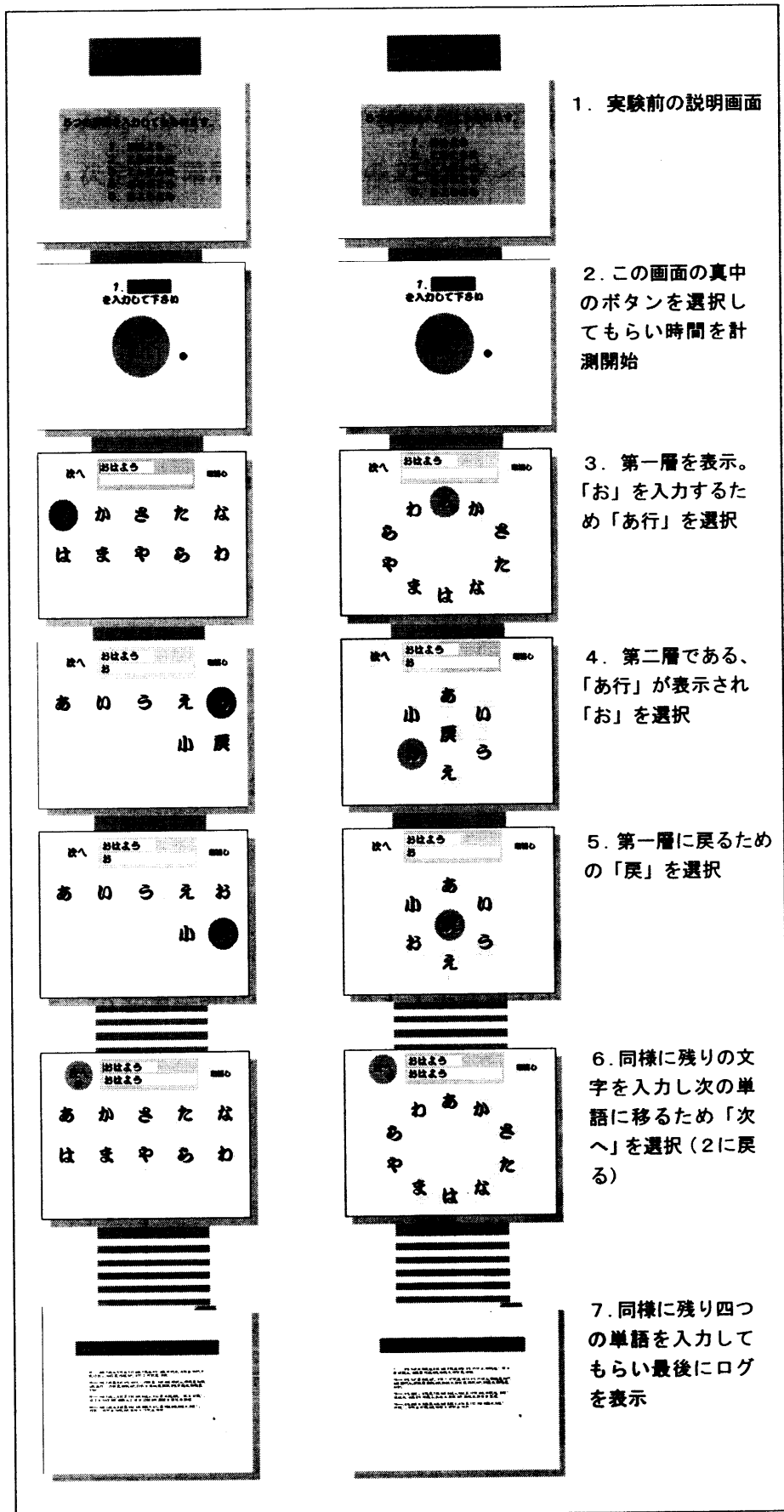


図 3.8 横配列と円配列型（階層型）の作業行程比較

## 実験結果

一つの文字ボタンを選択・決定する時間の平均を比較したグラフを図3.9に示す。50音表示型は5.42（秒/選択・決定）、階層型は3.45（秒/選択・決定）と階層型がひとつの文字ボタンの選択・決定する時間が少なくてすむ結果となった。また、求められた平均値に対しt検定を行った結果、5%の有意差があった。

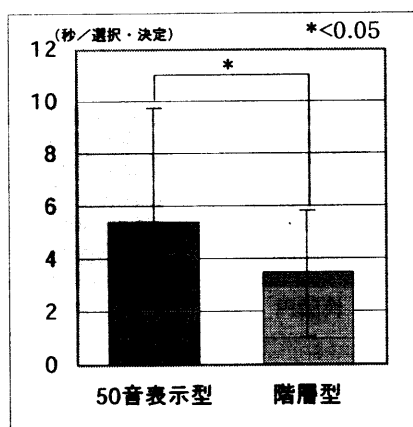


図3.9 文字アイコンの選択・決定時間（実験1）

一単語を入力する時間の単語ごとの平均を比較したグラフを図3.10に示す。50音表示型が階層型よりも入力時間が少ない結果となった。

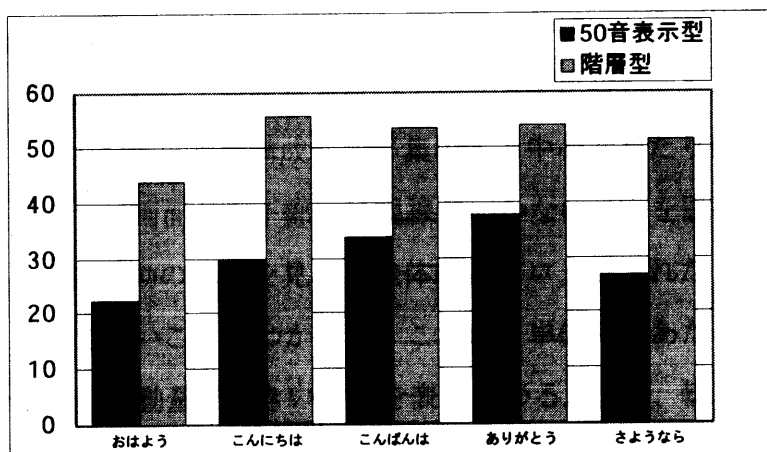


図3.10 単語入力時間（実験1）

横配列・円配列の一つの文字ボタンを選択し、決定するまでの時間を測定した結果、すべての被験者を合わせた平均値は、横配列3.45（秒/選択・決定）、円配列3.36（秒/選択・決定）となった。また、平均時間に対してt検定を行ったが有意差が見られなかった（図3.11）。

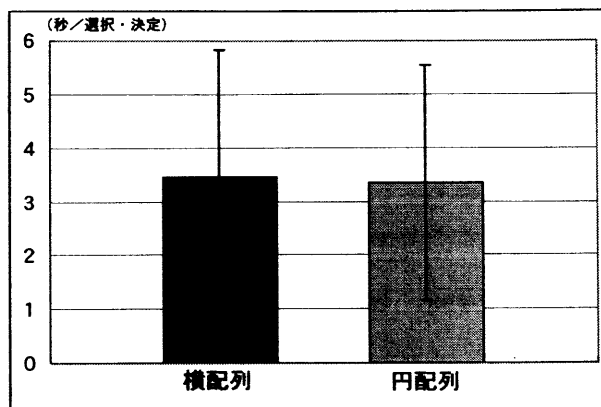


図 3.11 選択・決定時間の平均値（実験 2）

図3.12が示す視線移動の軌跡の分布では、横配列は、文字ボタン、「戻」ボタン、入力文字確認用フィールド、参考用文字フィールドや、画面横方向の画面を全体的に視線の軌跡が分布している。また、円配列は、円形に配置された文字ボタン、中心に配置された「戻」ボタン、そして、入力文字確認用フィールド、参考用文字フィールドを重点的に視線が移動しており、画面要素がない画面左右の下部周辺はほとんど視線軌跡が確認できない。これは、被験者全員のプロットを比較してもおおむね一致しており、円配列は画面構成要素が集中する中心部あたりに視線が集中し、要素がない画面左右下部には視線がいかないことを説明できた。

一方、視線移動の軌跡を見ると全体的にプロットされたドット間が横配列において長いことがわかった。これは、単位時間あたり（ここでは100msec）の移動量が大きいことを表している。また、軌跡の移動先に注目すると、ボタンとして、いちばん選択回数が増える「戻」ボタンへ軌跡が集中していることもわかった。



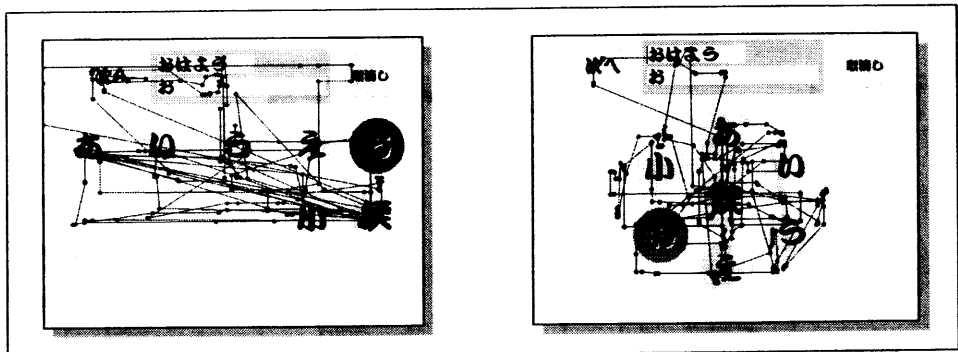


図 3.12 視線移動の軌跡の例（プロット間は100msec）

### 瞬きによるボタン決定動作について

実験中に被験者の視線の軌跡と瞬きの一連の動作を観察したところ、被験者の多くは目標となるボタンの領域に入り、それを確認してから瞬きの動作に移行していた。そして瞬きが完了し、完全に眼瞼が開いた後、次の目標となるボタンに視線を向けていた。図3.13はアイゲイズインタフェースで動かしたカーソルの動きをX軸成分とY軸成分に分け、時間経過による変位を示した例である。本研究で用いたアイゲイズインタフェースでは、瞬きを200msec持続させることで決定動作として割り当てた。しかし、この200msecとは、撮影した赤外線反射させた像と瞳孔像が映像より消失してから200msecであり、瞬きを開始してから閉じるまでの時間、閉じた状態から開くまでの時間は含まれていない。意識的な瞬きを行ってもらうように被験者に実験の前に依頼した。そのことも関係して、今回の実験での瞬きのための認識時間は、完全な閉眼時間を認識するだけでも平均して500msec～800msecであった。前後の開閉動作、さらに、瞬きの前のボタンに停留を安定させる時間を含めると約1000～1500msecの時間が必要となった。

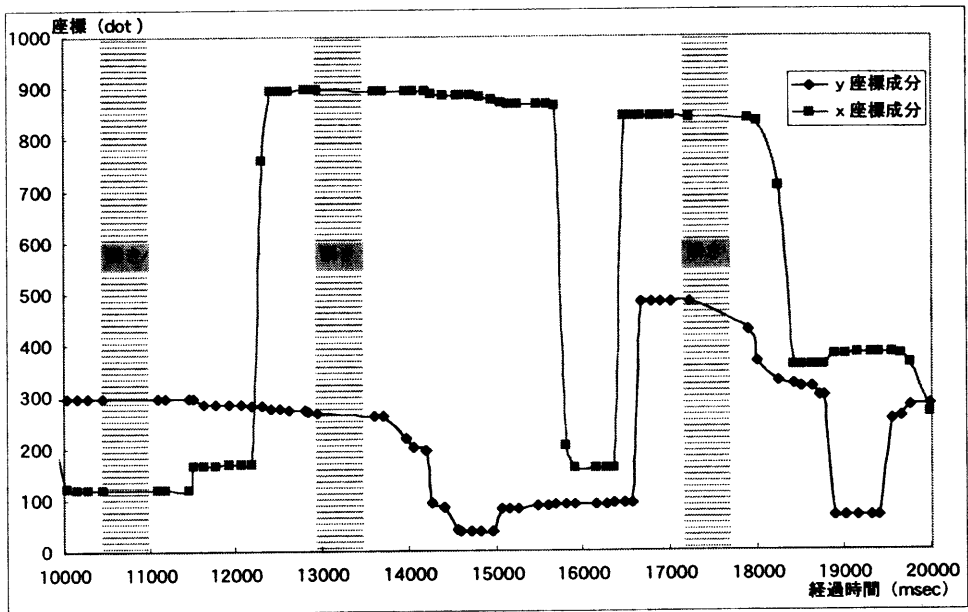


図 3.13 X,Y 座標と時間経過のグラフ (瞬目を約 500msec で行っている例)

図3.14に示すように、目標となるボタンまでの同一直線上内にほかのボタンがあるような場合でも視線の軌跡は100msec～200msecの時間間隔で一気に跳躍している様子がうかがえる。例としてあげているのは、「戻」ボタンであり、階層型文字入力の場合、最も使用頻度の高いボタンである。よって、ユーザが「戻」ボタンの位置をおおまかにだが把握す

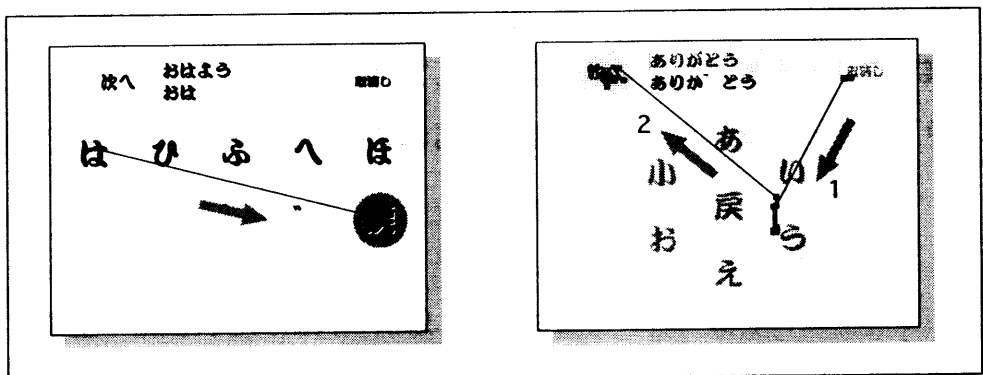


図 3.14 サッケード運動によるアイコン選択の効率的な例 (矢印は移動の方向を示し数字は視線の移動先の順番を示す)

---

る学習ができていたのではないかと考える。ユーザが次に選択すべきボタンの位置を把握できていればサックード運動のプリプログラム特性<sup>21)</sup>を十分に発揮でき、一気にジャンプすることができる。また、配置場所が固定されている「取消し」ボタンや、「次へ」のボタンの例でも、これらの配置場所は常時定点にあり、あらかじめ配置位置を把握しておけば一度のジャンプで選択地点に到達することができると考えられる。また、大きなサックード運動の後、眼球位置が目標となる点と異なるときに生じる補正サックード運動も、この階層型のボタンの大きさからその範囲に収まることが多いことを今回の実験では確認できた。

### 3.5 考察

#### 50音表示と階層型の比較（実験1）

ひとつの文字ボタンの選択・決定の時間が階層型のほうが比較的短い理由として、50音表記では選択の確認のために採用したロールオーバーによって視線移動中に目的以外の文字ボタンが反応し視線移動が乱れやすいことがあげられる。視線移動が乱れるとさらに目的以外の文字ボタンが反応してしまうという事態も発生している。これはミダスタッチの問題 (Midas Touch problem)<sup>1)</sup> と呼ばれている。また、階層型では画面を構成する要素数が50音表示より少ないことから、画面が表示された後始まる視線のふらつきを少なく抑えることができることが階層型のほうがひとつの文字ボタンの決定・選択の時間が短い可能性としてあげられる。またこのふらつきは無意識であり画面内のボタンなどの要素を把握するために行っていると思われる。

反対に単語入力時間について、階層型の時間が長い理由として作業量の多さ、一文字決定のための瞬きの回数が約3倍となることもあげられる。

#### 階層型 横配列と円配列の比較（実験2）

ひとつのボタンの選択・決定時間に関して2種類の実験ツール間の有意差はなかった。

文字を入力する作業手順に関して、この2つの実験ツールは共通である。図3.12の視線移動の軌跡をみても明らかに横配列が移動距離は大きい。しかし、それぞれの選択・決定時間に変化が見られない場合、違いとしてあげられるのは視線の移動時間である。

ここで、「戻」ボタンの全選択・決定時間の全被験者の平均値を求めた(図3.15)。今回の実験ツールにおいて、文字入力作業のうえから配置の位置がわかっており最も頻繁に選択される「戻」ボタンについて、選択・決定時間を横配列と円配列で比較することを目的とした。これをみると、横配列3.09(秒/選択・決定)、円配列3.17(秒/選択・決定)であり、この結果から「戻」ボタンの選択・決定時間の平均値に関してt検定を行ったが、横、円配列両者の選択・決定時間の間に有意差は見られなかった。

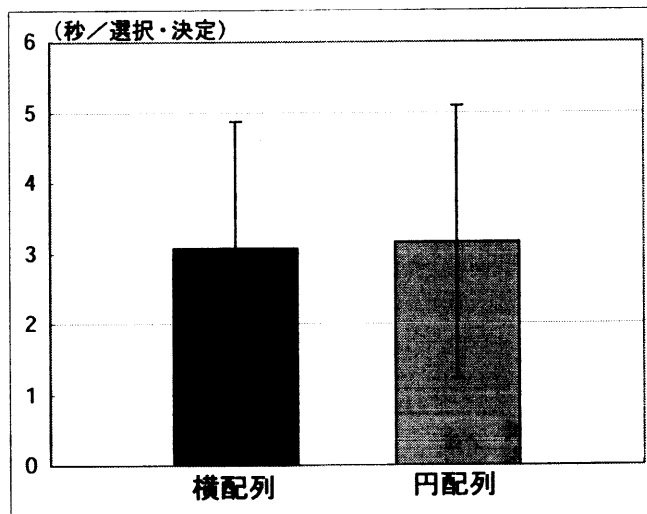


図3.15 「戻」ボタンの選択・決定時間の平均値

図3.11に示す全体の平均と図3.15に示す「戻」ボタンの平均を比較すると、横配列では0.36秒(3.45-3.09)、円配列では0.19秒(3.36-3.17)ほど速くなっている。横配列の差が大きい原因として、サッカー

ド運動によるジャンプのあとの補正サッケードの減少などが考えられる。つまり、サッケード運動のジャンプの到達地点を前もって把握する正確さが出た現れであることが示唆される。

今回の実験では、選択を視線移動、決定を瞬きでしてもらうように設定した。平均2.3秒かかっている選択・決定時間だが、サッケード運動によって大きく移動する時間は、長くても200msec程度と考えられ、残りには目的のボタン付近での視線の微調整、そして決定時の瞬きである。瞬きは200msecに設定したが、まぶたを閉じて、開くまでの時間を合計すると800msecから1000msecの時間が必要である。そのことを考慮に入れると、視線移動の時間は全体の時間に比べて短い。

また、円配列の第二層についての配置を考えると、中心視を考慮に入れる配置にもなっている(図3.16)。網膜細胞の最も多い部分である中心窩とそれに近い周辺部で見た対象を認識できるとされており、そのあたりで見ている視野範囲を中心視の範囲と呼んでいる。中心窩から離れた周辺部の網膜でとらえた対象に対して、その対象を認識するために眼球を動かし、それを中心窩の網膜でとらえ対象を認識をしている(福田1986)<sup>22)</sup>。円配列の場合「戻」ボタンは円状に配列したボタンの中心にあるので、すべての文字入力の後と眼球を動かさなくとも「戻」ボタンを確認できる配置である。ボタンの配置が中心に集まっているため、中

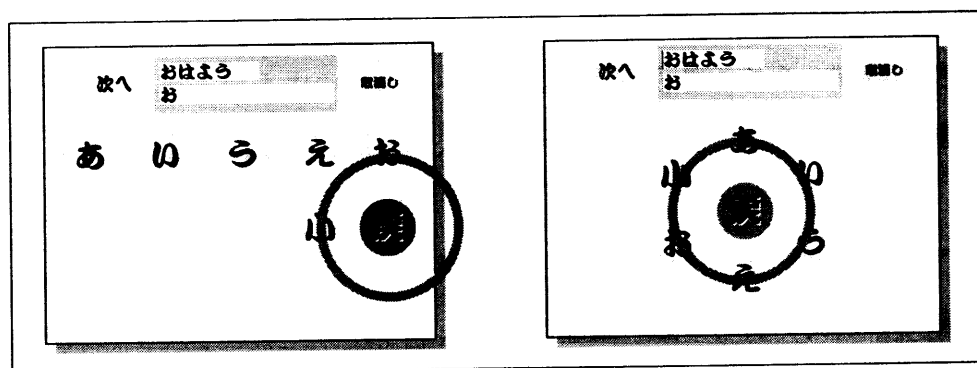


図3.16 「戻」アイコンの位置とそれを中心としたの中心視の範囲

---

心窩により近い網膜でボタンを見ることができる。今回の円配列の実験を観察すると目標のボタンまでその間のボタンを確認しながらカーソルが移動する現象が見られた。この原因としては、文字の確認はできない程度であるが、ボタンの配置位置の把握が横配列にくらべて行いやすい。視線は眼球の向き（瞳孔の中心あたり）と網膜のなかの中心窩部位の延長線上にあるとされている。その視線から立体角5度の範囲が中心窩の範囲とされており、それが「戻」に視線を合わせたとき図3.16の円の範囲である。よってこの範囲内であれば、それが何を意味しているか文字のボタンの認識が100%近く可能である。しかし、それより少し遠い遠中心窩から、近中心窩まではある程度の文字の認識はできるが確実にできるほどではなく、眼球運動により中心窩をそこに持っていき最終的な確認を行っている。つまり、円配列ではある程度認識はできるが、確実ではないボタン文字が視野の中心である中心窩より少し離れた部分である遠中心窩から近中心窩の範囲で対象を見ることができる。そのためボタンを確認しながらカーソルが移動していく現象が見られると考えられる。

### 3.6 まとめ・今後の課題

実験の結果から選択領域が小さい50音表示型の方が、単語を入力する時間が短く効率的であることがわかった。一方、アイゲイズインタフェースの操作が初めての被験者の感想からは、「階層型のほうが容易に選択できる」などの意見が聞かれており、選択領域が比較的広いほうがユーザにとっては入力の総合的な負担は少ないと思われた。実際に使用するケースを考えると時間的な効率ばかりではなく、階層型が良い場合もあるように思えた。

画面のボタンの選択に視線移動、決定に瞬きを用いる文字入力アイゲイズインタフェースにおいて、画面内配置の違い、特に視線の移動距離による作業時間の違いは確認できなかった。理由として、視線は遠い目標には速く移動し、近い目標にはゆっくり移動することがあげられる。

瞬きはアイゲイズインタフェースを使用する際、決定するために必要

---

な動作である。この動作の代替として、選択場所に一定の時間視線を留めることで選択・決定とすることもできる。この方法だと約500msec程度瞬きよりも時間を短縮できる可能性がある。しかし、初心者や、身体が固定されていない場合は意志とは違うボタンを決定したり、決定できないなどのエラーが多いと言われている。一方では300msecの停留を決定の操作としたアイゲイズインタフェースは、毎日繰り返し操作してもらう実験において日数が経つにつれ作業ミスが減少するとの報告（伊藤ら2001）<sup>19)</sup>もあり、ボタンの決定を視線の停留にすることで時間は短縮できることになるであろう。この場合、50音表示型、階層型ともに選択・決定にかかる時間は減少し、特に瞬きの回数が多かった階層型の選択・決定にかかる時間の方がより減少するものと考えられる。