

## 視線入力システムの高性能化・実用化に関する研究

### —高齢者にも優しい視線入力システムの開発—

代表研究者	村田 厚生	岡山大学大学院	自然科学研究科	教授
共同研究者	早見 武人	岡山大学大学院	自然科学研究科	講師
	森 若 誠	岡山大学大学院	自然科学研究科	非常勤研究員

#### 1 ポイント操作時のクリック方法とドラッグ&ドロップ方法の提案

##### 1-1 研究の目的

平成 18 年 10 月 1 日に、わが国の総人口に占める 65 歳以上の高齢者の割合が 20.8 % となり超高齢社会に達した。今後も高齢者人口は増加し、2055 年には高齢化率が 40.5 % に達し国民の 2.5 人に 1 人は高齢者になると予想されている[1]。高齢者がパソコンを使用するにあたり 46% の人がマウス操作全般に関して困難であると報告されており[2]、コンピュータを開発するにあたり高齢者にも使いやすく、若年者と同じように容易に操作できることが求められる。

高齢者でも容易にコンピュータを操作できる方法の 1 つに視線入力がある。視線入力装置を用いてコンピュータを操作する手法として、従来マウスで動かしていたカーソルを視線で注視点にカーソルを移動させ、これをマウスで微調整して目標にあわせる手法や、パソコン画面のメニュー画面のボタンや文字盤の文字などに視線を向けることでパソコンが指示されたボタンや文字を認識し、対話などの意思疎通ができる装置がある[3, 4]。しかし、このような装置は頭部を固定して視線を検出するものや、肢体不自由者向けであるため、一般の利用者にとっては操作しにくいという問題がある。

視線入力では、視線によってマウスカーソルを移動させることができるものの、マウスのようにキーをクリックすることによってポイント動作を終わらせることはできないため、クリックに代わる何らかの方法が必要不可欠になる。これまでは種々の視線入力システムが開発されているものの、どのクリック方法が望ましいかに関する十分な議論は行われていない。パソコンでの作業には、カーソルの移動以外に、クリックやドラッグ&ドロップなどのためのボタン操作が必要になる。従来のドラッグ&ドロップのための方法としては、視線とマウスのクリックボタンを併用する方法があるが[5-7]、これらの方法では手をほとんど使うことのできない人の支援は困難であり、マウスと併用しなくてもよい方法はこれまでに提案されていない。視線入力を実用化していく上では、村田らの研究[8]のようにポイント精度や速度を保証する条件を明らかにする以外に、有効なクリック方法、ドラッグ&ドロップ方法の提案が必要不可欠である。

本研究では、視線入力のクリック方法（視線停留によるクリック代替方法、スペースバーを用いたクリック代替方法、ウィンクを用いたクリック代替方法）の違いによる作業効率、心理的な使いやすさを比較し、最も望ましいクリック方法を提案した。さらに、マウスと併用することなく、パソコン作業を行うことのできるドラッグ&ドロップ方法を提案し、提案方法の有効性・問題点を明らかにした。

##### 1-2 実験方法

###### (1) 被験者

本研究はクリック方法による比較、提案したドラッグ&ドロップ方法の有効性および問題点の検証の 2 種類の実験を実施した。被験者は両実験ともに同じ被験者とした。年齢による比較も行うため、被験者は、若年者 10 名 (21 歳～26 歳)、高齢者 10 名 (66 歳～74 歳) の計 20 名とした。若年者のパソコン利用歴は平均 8 年で、ウェブは毎日使用していた。高齢者のパソコン利用歴は平均 10 年で、ウェブは 1 週間に平均 3.3 日 (1 週間で 1 日以上ウェブを利用している者が 7 名、1 日未満の者が 3 名) 使用していた。

###### (2) 実験要因、実験手順 (クリック方法による比較)

実験要因をターゲットの配置方向、クリック方法、年齢の 3 要因とした。ターゲットを配置方向がパフォーマンスに影響を及ぼすかどうかを明らかにするために、配置方向の要因 (垂直方向画面配置、水平方向画面配置の 2 種類) を設定した。作業画面は、解像度を 1024×768pixel に設定し、15 インチの液晶ディスプレイに提示した。村田ら[8]の研究で最適とされたサイズを参考にターゲットサイズを 70×80pixel (縦×横)、ターゲット間隔を 30pixel とした。実験画面を図 1 に示す。図 1 はターゲットが横方向に配置されていると

きの作業画面である。被験者には、画面中央の円の中をポイントし、周囲の10個のターゲットの中から色が黄色に変化したターゲットをポイントする作業を繰り返して行わせた。すべてのターゲットを各1回ポイントした時点で1条件の作業終了とした。なお、どのクリック方法でもターゲットの中にカーソルが入った場合にはターゲットの色が黄色から赤色に変わり、ターゲットの中にカーソルが入っていることが視覚的に分かるようにした。ターゲットの配置方向2水準、クリック方法4水準を組み合わせた計8条件の作業を1セットとし、1人の被験者に対し5セット実施した。作業の実施順序、ターゲットのポイント順序は被験者ごと、セットごとにランダム化し、順序効果ができるだけ相殺されるようにした。

本実験における視線入力を用いたクリック方法は以下の3種類である。これに加え、コントロール条件として、マウスでカーソルを移動し、マウスの左クリックで選択するポイント操作も実施した。

・視線停留

この方法では、表示されたカーソルをターゲット内に移動させ、視線がターゲット内に一定時間以上停留した時にターゲットをクリックしたと判定した本研究ではターゲット内に1/6s(166ms)以上カーソルが滞在した場合にクリックとみなした。

・スペースバー

視線を使ってカーソルを移動させ、視線がターゲット内に入った時にスペースバーを押すとターゲットをクリックしたと判定した。

・ウィンク

視線を使ってカーソルを移動させ、視線がターゲット内に入った時に右目で1回ウィンクするとターゲットをクリックしたと判定した。なお、全ての被験者について右目でウィンクできることを確認した。

(3) 実験要因、実験手順 (ドラッグ&ドロップ方法の有効性・問題点の検証)

実験要因をドラッグ&ドロップ方法、年齢の2要因とした。実験画面を図2に示す。画面中央に被験者がドラッグ&ドロップするオブジェクトがあり、オブジェクトに周囲に8個のターゲットが配置されている。被験者に画面中央のオブジェクトの色が黄色に変化したターゲット内にドラッグ&ドロップさせる作業を行わせた。8個のターゲット内に各3回ドラッグ&ドロップした時点で1条件の作業終了とし、被験者にはそれぞれのドラッグ&ドロップ方法で各5回の作業を行わせた。クリック方法による比較の実験の時と同様に、カーソルがターゲット内に入ったとき(ターゲット内にオブジェクトが入り、ドロップできる状態となったとき)にターゲットの色が赤くなるようにした。移動距離や視線のぶれによる入力速度の影響を小さくするため、さらにはポイント精度をできるだけ高くするため、村田ら[8]で明らかになった条件に従って、オブジェクトの中心とターゲットの中心までの距離は270pixel(約8.8cm)、ターゲットサイズは一辺120pixel(約3.9cm)に統一した。

本実験における視線入力を用いたドラッグ&ドロップ方法は以下の2種類である。これに加え、コントロール条件として、マウスを用いてドラッグ&ドロップを行う操作も実施した。

・視線とスペースバーを用いたドラッグ&ドロップ方法

視線を用いて、まずカーソルを実験画面中央のドラッグ対象となるオブジェクト内に移動させる(図2において、黒く塗られているオブジェクト)。オブジェクト内にカーソルがある状態で、パソコンのスペースバーを押すと、そのターゲットをドラッグできる状態になる。スペースバーを押したまま、ドラッグ先のター

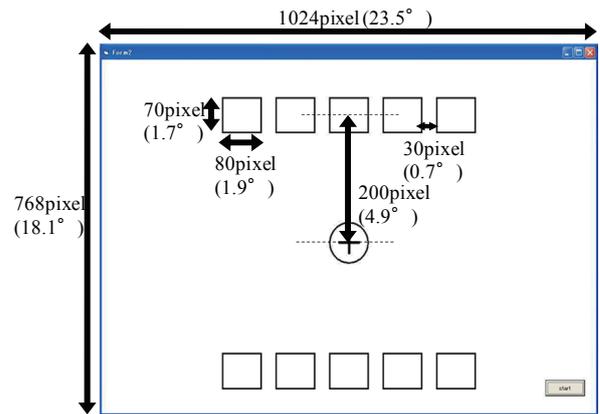


図1 クリック方法による比較実験の作業画面(横方向配置条件)

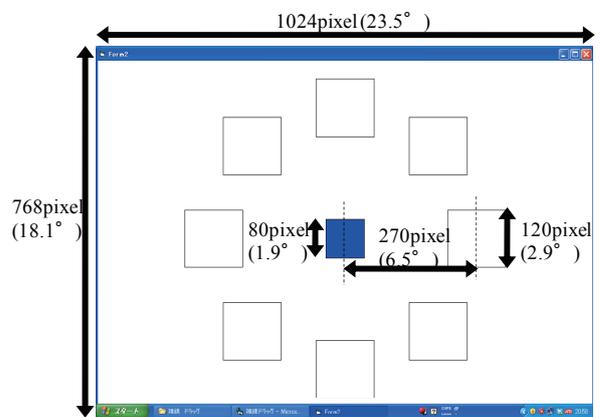


図2 ドラッグ&ドロップ方法による比較実験の作業画面

ゲット内に視線を移動させ、スペースバーを離した瞬間にドロップする。

・視線と口の開閉を利用したドラッグ&ドロップ方法

基本的な操作の流れは視線とスペースバーを用いたドラッグ&ドロップ方法と同じであるが、スペースバーを押すという操作の代わりに口を開けてもらい、口を開けたまま視線を移動させることでドラッグできる。口を閉じた瞬間にドロップする。

(4) 評価指標 (共通)

両実験とも、評価指標を認識率、平均作業時間、主観評価(上半身への負担、入力しやすさ、目の疲れ)を評価指標とした。認識率は、指示されたターゲットを正しくポイントできたか、指示されたターゲット内にオブジェクトを正しくドロップできたかを示す指標であり、正確にできた作業数を1作業あたりの試行数で除算することで算出する。失敗試行は指示されたターゲット内を1回でポイントできなかったとき、1回でターゲット内にオブジェクトをドロップできなかった場合と定義した。平均作業時間は1回の作業に要した時間の平均であり、失敗試行は平均作業時間の計算から除外した。主観評価は1作業終了ごとに3つの質問に5段階で回答してもらい、得点が高いほど良い効果(負担が小さい、入力しやすい、目への疲れが小さい)であることを示している。

1-3 実験結果, 結論

(1) クリック方法による比較

水平配置が垂直配置に比べて認識率が高くなる傾向が観察され、これは、人間の眼球は水平方向のほうが垂直方向よりも動かしやすいことに起因しているのではないかと考えられる。年齢、配置方向に関係なく、マウスの認識率が最も高く、スペースバー、ウィンクと続き、視線停留の認識率が最も低くなった。また、年齢による認識率の差は確認されなかった。

いずれのクリック方法でも、若年者は高齢者に比べて0.1~0.6秒平均作業時間が短くなり、若年者、高齢者ともに視線停留、マウス、スペースバー、ウィンクの順で長くなった。ウィンクによるクリックは、平均作業時間が他のクリック方法に比べて0.3~0.6秒長くなった。作業時間に対して年齢とクリック方法の交互作用に有意差が確認され、高齢者では視線停留の作業時間が最も短く、以下マウス、スペースバーの順で作業時間が長くなり、ウィンクの作業時間が最も長かった。一方、若年者ではウィンクを除く3水準の作業時間にほとんど差が見られなかった。このことより、作業時間の観点から、視線停留は高齢者にとって有用であるといえる。

若年者では上半身への負担はすべて同程度であるが、高齢者ではウィンクとその他の選択方法で有意差が確認された。これは加齢に伴う運動機能の低下が原因として考えられる。入力のしやすさについては、若年者、高齢者ともに有意差が確認された。若年者は、ウィンクを使用してターゲットを選択する方法は他のクリック方法より入力しにくいと感じていることが示された。高齢者は、マウスが他の入力方法よりも使いやすいという結果が得られた。

結論として、視線入力を用いる場合には、作業時間を重視するならば視線停留によるクリック代替方法、認識率を重視するならばスペースバーによるクリック代替方法が適切である。すなわち、ユーザが操作するとき何を重視するかにより、クリック代替方法を使い分けることが望ましいのではないかと考えられる。

(2) ドラッグ&ドロップ方法の有効性・問題点の検証

認識率に関しては、村田ら[8]によって明らかになった高いポイント精度を保証するターゲットサイズとターゲット間隔を設定したため、すべての作業条件で認識率が高く、差も確認されなかった。視線とスペースバーによるドラッグ&ドロップ方法、視線と口の開閉によるドラッグ&ドロップ方法では、平均作業時間に差がなかったが、これらの方法は、マウスによるドラッグ&ドロップ方法よりも時間を要した。ドラッグ&ドロップ作業では、マウスを用いた時よりも若年者と高齢者の作業時間の差が大きくなり、クリックのみの作業のような視線入力の優位性が保たれなかった。

結論として、ドラッグ&ドロップ方法については視線とスペースバーを用いた方法が視線と口の開閉を利用した方法よりも作業成績が高いという結果が得られたが、マウスとの差、若年者と高齢者の差が大きかったため、操作を簡略化等を行い、差が小さくなるようにする必要がある。

2 視線入力システムによるメニュー選択方法の有効性

2-1 研究の目的

クリック、ドロップ&ドラッグ、画面のスクロール、メニューの選択などのブラウザを扱うときによく行う操作は、視線入力でも行うことができるようにしなければならない。第1章の実験では、クリック方法、ドラッグ&ドロップ方法に焦点を当て、視線入力を用いて操作する時にどの方法が最も使いやすいかどうか

を検証した。高齢者にも使い易い視線入力ブラウザを開発するためには、クリック方法、ドラッグ&ドロップ方法以外の操作に対しても、視線入力を用いた有効な操作方法に関する情報が必要となる。メニュー選択は、コンピュータと対話する上で重要かつ頻繁に発生する操作であるが、視線入力によるメニュー選択のための有用な方法は提案されていない。知覚、認知、運動能力の低下した高齢者にとって視線入力は有用な入力デバイスになり得ると思われるが、高齢者に対する視線入力システムのユーザビリティ評価はあまり行われていない。

本研究では、視線入力を用いて、高齢者でも使い易いブラウザを開発するための基礎的な実験として、若年者と高齢者でメニュー選択作業におけるパフォーマンスの違いを示し、視線入力システムによる有効なメニュー選択方法を明らかにした。新しいメニュー選択法 (I-QGSM: Improved-Quick Glance Selection Method) を提案し、この方法と (1) 垂直方向表示 (ターゲット: 小), (2) 垂直方向表示 (ターゲット: 大), (3) 水平方向表示, (4) サークル表示, (5) QGSM (Quick Glance Selection Method) [9] を比較し、提案法の有効性を検証した。

## 2-2 実験方法

### (1) 被験者

若年者 10 名 (21 歳~24 歳), 高齢者 10 名 (65 歳~81 歳) とした。若年者では、裸眼 6 名, ソフトコンタクト 4 名, 高齢者では、裸眼 10 名であった。若年者に関しては、平均 8 年以上パソコンを利用し、ウェブは毎日利用していた。高齢者に関しては、平均して 10 年パソコンを利用しており、1 週間に平均 3.3 日 (1 週間で 1 日以上ウェブを利用している者が 7 名, 1 日未満の者が 3 名) であった。

### (2) 実験要因・実験手順

本実験では年齢 (若年者, 高齢者), メニュー選択方法 (視線入力操作 6 条件, マウス操作 4 条件の計 10 条件) とした。メニュー選択方法の詳細は次節で述べる。本実験で被験者に課した作業は、ブラウザ等で右クリックした時に表示されるメニュー選択操作 (ターゲット上でマウスを右クリックしメニューを表示させ、操作する項目を探し、項目を見つけたらその位置にカーソルを移動させ、クリックすることで項目の決定を行う作業) である。ただし、本実験ではメニューの項目数を 5 個 (保存, 印刷, 切り取り, コピー, 貼り付け) に簡素化している。画面上部 (図 3~図 7 参照, 選択するターゲットは黄色, 選択すべきメニューは赤字で表示される) の「開始」ボタンをクリックすると、メニューで選択する項目が提示され、画面上に示された 6 つのターゲットのいずれか 1 つが黄色になる。被験者には色が変わったターゲットの指定されたメニューを選択する作業を行わせた。6 つ全てのターゲットで 5 種類のメニューを各 1 回選択させた時点で 1 作業終了とした。

### (3) メニュー選択方法

本実験では、以下の 6 種類のメニュー選択方法 (垂直表示 (ターゲット: 小), 垂直表示 (ターゲット: 大), 水平表示, サークル表示, QGSM, I-QGSM) を用いて被験者にメニュー選択作業を行わせた。このうち、垂直表示 (ターゲット: 小), 垂直表示 (ターゲット: 大), 水平表示, サークル表示の 4 種類については視線入力を用いたメニュー選択とマウスを用いたメニュー選択の両方を実施した。視線入力を用いて操作する場合には、視線の移動でカーソルの移動、スペースバーを押すことで項目の選択をおこなうようにした (第 1 章の視線入力を用いたクリック方法で提案した「スペースバー」の方法)。ただし、QGSM および I-QGSM は大野ら [9] の研究を参考にし、キーボードを使用せず、視線移動と視線停留のみで操作することとした。メニュー選択方法の詳細は次の通りである。

#### ・垂直表示 (ターゲット: 小)

ターゲットを選択し、右クリックしたときの画面を図 3 に示す。この方法で右クリックしたときに表示されるメニューは、横 100pixel, 縦 20pixel と小さくなっている。このメニューの大きさは、Internet Explorer 等のメニュー選択とほぼ同様となっている。

#### ・垂直表示 (ターゲット: 大)

基本的には垂直表示 (ターゲット: 小) と同じであるが、右クリックしたときに表示されるメニューの大きさが 100pixel 四方となっている。垂直表示 (ターゲット: 小) は若年者でも視線入力を用いてポイントすることが難しいと考えられ

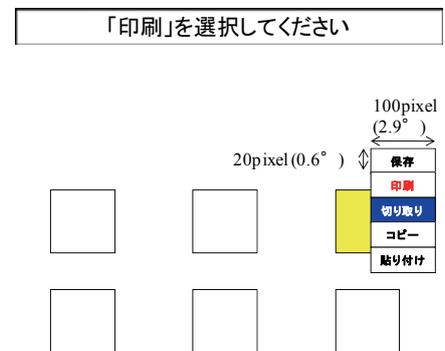


図 3 垂直表示 (ターゲット: 小) のメニュー選択画面

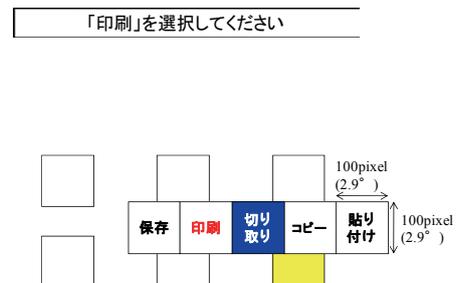


図 4 水平表示のメニュー選択画面

るため、高齢者が作業を行うとエラー率がかなり高くなると考え、ターゲットを大きくした。

・水平表示

ターゲットを選択し、右クリックしたときの画面を図4に示す。ターゲットの大きさは垂直表示(ターゲット:大)と同じ100pixel四方とした。我々の視線は垂直方向より水平方向の方が動かし易いという特徴があるため、この表示方法を用いた。

・サークル表示

ターゲットを選択し、右クリックしたときの画面を図5に示す。同距離の視線移動でも、高齢者は運動能力の低下により若年者よりも視線の移動速度が遅くなる。サークル表示することで移動距離を短くなり、若年者と高齢者の作業時間の差が小さくなると考えた。なお、表示されるサークルの半径は100pixelとした。

・QGSM(Quick Glance Selection Method)

ターゲットを選択し、右クリックしたときの画面を図6に示す。この方法は大野ら[9]によって提案されたメニューの選択方法である。メニューが左右二つに分かれており、左側にコマンド名、右側に選択領域が表示される。システムは視線が選択領域内に入ったときに、利用者がメニューを選択したと判断する。なお、利用者がコマンド名を見ているときは選択領域に選択マークが表示され、自分が見ているメニューを確認することができる。しかし、この方法は Midas Touch Problem (選択作業として注視を利用する場合、選択する意図が無い場所が誤って選択されてしまうという問題) [10]が発生しやすいと考えられる。

・I-QGSM(Improved- Quick Glance Selection Method)

ターゲットを選択し、右クリックしたときの画面を図7に示す。この方法はQGSMを改良したものであり、QGSMとの違いは、Midas Touch Problemを防ぐために、コマンド領域から隣り合う選択エリアに入らなければ選択したとみなさない点である。さらに本方法では、Midas Touch Problemを防ぐために、メニュー項目間の間隔をゼロにし、選択領域を大きくしてコマンド領域から選択領域への視線移動が容易になるようにした。

(4) 評価指標

評価指標は、エラー率、平均作業時間、主観評価の3項目とした。1 試行を終えるまでに指定されたターゲットおよびメニューのポイントしたときをエラーと定義し、エラー数を試行数(30)で除算することで算出される。平均作業時間は、開始ボタンを選択し、指定されたターゲットのメニューを選択するまでに要した時間の平均値のことである。なお、エラー試行については平均作業時間の計算から除外した。主観評価は、上半身への負担、目の疲れ、使いやすさ、画面の見やすさを評価項目とし、1 作業終了するごとに1~5の5段階で評価させた。得点が高いほど良い結果(上半身への負担が小さい、目が疲れにくい、使いやすい、画面が見やすい)ことを示す。

2-3 実験結果・結論

高齢者、若年者ともに視線・垂直表示(ターゲット・小)は、他のメニュー選択方法と比較して平均作業時間が長かった。視線・サークル表示は、視線の移動が最も少ないという利点がパフォーマンス向上につながるのではないかと予測されたが、予測に反して、視線・垂直表示(ターゲット:小)の次に平均作業時間が長くなった。高齢者はマウス操作を含めた10種類のメニュー選択方法の中でI-QGSM法が最も平均作業時間が短く、この方法のみがマウス操作よりも速い操作が可能であることが明らかになった。若年者では、視線入力の中ではI-QGSMの平均作業時間が最も短くなったものの、マウス操作と比較すると長くなった。

エラー率に関しては、視線入力はマウス操作よりもエラー率が高い、視線入力を用いた6種類のメニュー選択方法の中で、垂直表示(ターゲット・小)とサークル表示のエラー率が他のメニュー選択方法よりも高

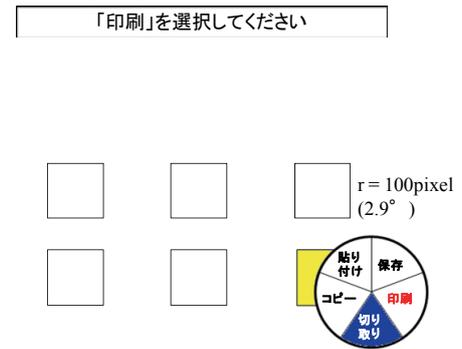


図5 サークル表示のメニュー選択画面

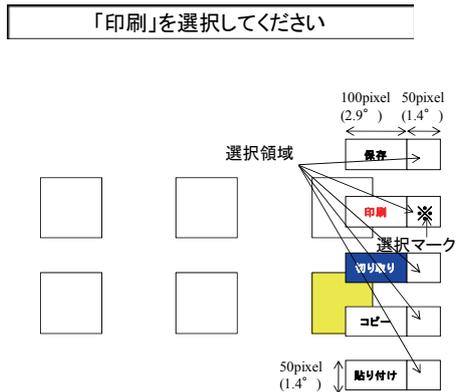


図6 QGSMのメニュー選択画面

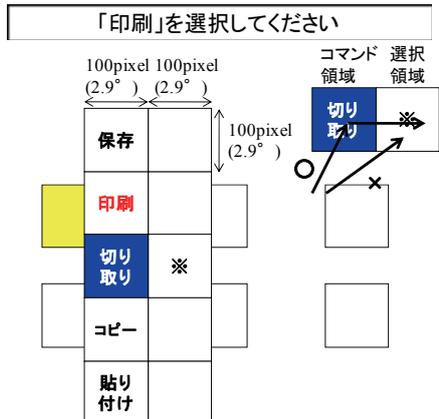


図7 I-QGSMのメニュー選択画面

いという結果が得られた。これは固視微動の影響によるものと推察され、特に微調整を必要とする垂直表示（ターゲット・小）とサークル表示においてエラー率が顕著に高くなったと考えられる。なお、I-QGSM 法のエラー率はQGSM 法よりも低くなったため、Midas Touch Problem を防ぎ、固視微動の影響を抑えることができたといえる。

主観評価の結果、I-QGSM は視線入力を用いた他のメニュー選択方法と比較すると若年者、高齢者ともに使いやすいという結果が得られた。画面の見やすさについての主観評価において、若年者、高齢者ともに垂直表示（ターゲット・小）が見づらいと判定された。使いやすさの主観評価において使いやすいと判定された I-QGSM は画面の見やすさという点からは垂直表示（ターゲット：大）、水平表示、サークル表示より劣っていることが確認された。その他 2 つの主観評価については年齢、作業条件に差が確認されなかった。

結論として、視線入力を用いたメニュー選択方法の中で最も作業成績が良かった方法は、I-QGSM であった。特に高齢者ではこの方法を用いることでマウス操作よりも速く操作できることが確認された。しかし、主観評価（画面の見やすさ）という観点からは他の方法よりも劣っているため、この点を改善すべきである。また、視線入力全般についてももう少し精度を高める必要もある。

### 3 ウェブページの閲覧を想定した視線入力による最適なスクロール方法の検討

#### 3-1 研究の目的

第 1 章で視線入力を用いたクリック方法およびドラッグ&ドロップ方法、第 2 章では視線入力を用いたメニュー選択方法について最も作業効率の良い方法について検討したが、視線入力システムの実用化にはまだ多くの課題がある。本章では視線入力を用いたスクロール方法に焦点を当て、どの方法が最も作業効率が良いかを調査した。

視線入力を用いたスクロール方法が、Jacob[10]や大和[11]によって研究され、秋山[12]がこれらの研究で提案された方法の比較を行っている。秋山の研究[12]では、スクロール方法として、大和[11]が提案したオートスクロール法（画面の上部や下部を見るだけで、自動にスクロールできる方法）、Jacob[10]が提案したものを改良したスクロールアイコン法（画面上部または下部のスクロール領域を注視するとスクロールを行うためのアイコンが画面上部または下部に出現し、そのアイコンを注視した状態でスペースバーを押すとその方向にスクロールが行われる方法）、既存のインターネットブラウザ等と同様に、画面右端のスクロールバーを用いてスクロールする方法（ただし、視線入力を行いやすくするため、スクロールバーの横幅を広くし、スクロールバーの上端および下端にある▲（▼）の領域を大きくした）の 3 種類の視線入力を用いたスクロール方法とマウスを使ったスクロール方法の間で有効性を比較した。しかし、実験課題は実際のウェブページにおける操作とは状況が大きく異なっているため、視線入力ブラウザで使用する場合、これらの方法がウェブページにおいて有効であるかは不明である。

本研究では、オートスクロール法、スクロールアイコン改良法、オートスクロール改良法を取り上げ、より現実的なウェブ探索作業を被験者に課し、視線入力を用いた最適なスクロール方法について検討した。2 階層のウェブページを想定した課題を使用して、クリック、メニュー選択とともにスクロールを実施させ、どのスクロール方法が最も有効であるかを明らかにした。

#### 3-2 実験方法

##### (1) 被験者

若年男性 10 名（21 歳～22 歳、平均 21.8 歳）を被験者として実験を行った。

##### (2) 実験要因・実験手順

本実験はスクロール方法を実験要因とした。画面内のスタートボタンを押すと、図 8 に示すような作業画面が表示される。被験者には画面上部に示された課題を遂行する作業を課した。本作業で用いるウェブページは 1 ページ目で項目の選択、2 ページ目でメニュー選択作業を行う。項目の選択はスペースバー、メニュー選択作業は I-QGSM を用いた。なお、作業対象は全てスクロールをしないと見ることができない位置に配置した。

本実験では視線入力を用いたスクロール方法としてコマンドボタン、オートスクロールの 2 種類を設定した。コマ

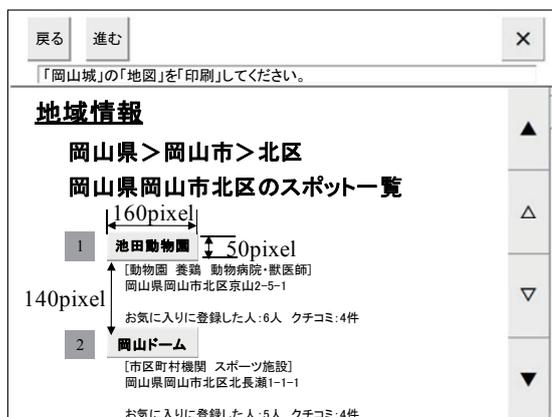


図 8 スクロール実験の作業画面（コマンドボタンを用いた場合）

ンドボタンは画面右側に配置されたスクロールボタンを押すことでスクロールする方法である（図8右側の三角印がスクロールボタンとなる。本実験では移動速度を上下ともに2段階とし、内側の三角（△、▽）は移動量が小さく、外側の三角（▲、▼）の移動量が大きくなっている）。オートスクロールは画面の上端および下端から120pixelの範囲に視線が入ると自動的にスクロールする方法であり、画面の端に近いほど移動速度が速くなるようになっている。本実験では、移動速度の変化式を線形、2次式、2次式組み合わせの3種類とし、移動速度による影響も併せて調査した。視線を用いたスクロール方法4条件にマウス操作を加えた計5条件をスクロール方法の実験水準とした。

### （3）評価指標

本実験は、エラー率、作業完了時間、主観評価を評価指標とした。エラー率は1課題を終えるまでに指定されたリンク以外をクリックしたとき（1ページ目）、指定されたメニュー以外の項目を選択したとき（2ページ目）をエラーと定義し、エラーが発生した試行数を1条件の試行数（24）で除算したものである。作業完了時間は、スタートをクリックし、きめられた作業を終えるまでに要した時間の平均値である。エラー試行は作業完了時間の計算から除外した。主観評価は操作しやすさ、目への疲労度を評価指標とし、作業終了時に評価させた。

### 3-3 実験結果・結論

視線入力の中ではオートスクロール法（線形）のエラー率が最も高く、オートスクロール改良法（2次式）のエラー率が最も低かった。オートスクロール法（線形）は、遅いスクロール速度に調節することが難しいため、スクロール位置の微調整がしにくく、このことがエラー率増加の原因であると考えられる。また、アイカメラの性質上、視線位置が画面の端にいくほどキャリブレーション誤差等の影響が大きくなり、ポイント精度が悪くなる。これにより、スクロールしすぎてターゲットが画面の端に位置してしまった場合、その位置のまま選択しようとするポイントしづらく、この要因もエラー率を高くしていると考えられる。

マウスの作業完了時間が他のすべての視線入力方法よりも有意に短く、視線入力システムにおけるスクロールの実行でマウスよりも時間を要した。視線入力の中ではオートスクロール改良法（2次式組み合わせ）が最も作業速度が速いことが示された。スクロールアイコン改良法の作業完了時間が他の視線入力を用いたスクロール方法に比べ長くなった。

操作のしやすさ、眼の疲労度のどちらの項目においてもマウスが視線入力のすべての方法よりも有意に評価が高かった。視線入力では視線でほとんどの操作を行うため、眼の疲れが高くなったと考えられる。阿部ら[13]では、眼球運動を長時間行っても疲労が少ないと述べているが、本研究では視線入力はマウスよりも眼への疲労が誘発されやすいことを示しており、視線入力の使用では、眼への疲労に留意する必要がある。スクロールアイコン法は、視線入力を用いた他のスクロール方法よりも主観評価が低かった。その原因として、スクロールアイコン法のスクロール領域が他のスクロール方法よりも狭い点が挙げられる。スクロールアイコン法のスクロール領域は縦に長い、スクロール方向およびスクロール速度に応じて4分割されているため、1エリアあたりの領域は狭くなっている（図8参照）。スクロールアイコン法のスクロール領域は、村田らの研究[8]で示された視線入力におけるポイント精度・速度を保証する最低領域よりも大きくなっているものの、本研究においてスクロール領域が広いほど主観評価が高いという傾向が確認されたため、スクロール領域の大きさが主観評価に大きな影響を与えようと考えられる。

結論として、視線入力を用いたスクロール方法の中では、オートスクロール改良法（2次式）もしくはオートスクロール改良法（2次式組み合わせ）が適していると考えられる。しかし、マウスを用いたスクロール方法と比較すると作業成績が悪かった。この原因として、アイカメラの検出精度、視線入力を用いたスクロール操作に慣れていないことが考えられる。

### 【参考文献】

- [1] 内閣府:高齢社会白書 平成19年版, 株式会社ぎょうせい, pp.2-19, 2008.
- [2] 森淳子:高齢者のパソコン操作におけるつまずきについて～マウス体操の開発とその評価～, SONODA 情報コミュニケーション, Vol.1, pp.185-195, 2002.
- [3] 阿倍清彦, 佐藤寛修, 大山実, 大井尚一:視線による重体肢体不自由者向けコンピュータ操作支援システム, 映像情報メディア学会誌, Vol.60, No12, pp.1971-1979, 2006.
- [4] 坂尚幸, 菅又生磨, 板倉直明, 坂本和義:ガイド領域を用いた視線入力インターフェースの提案, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J84-D, No.5, pp.799-804, 2001.

- [5] 神代知範:ドラッグ&ドロップの操作時間を視線情報とマウスを併用して短縮する方法, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.59, No.4, 4.33-4.34, 1999.
- [6] 神代知範:視線とマウスの併用によるドラッグ&ドロップ方式の実験的評価, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.99, No.722(HIP99 76-81), pp.37-44, 2000.
- [7] 大和正武:視線・マウス併用型インタフェースのドラッグ&ドロップ操作への適用, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.1, pp.166-175, 2003.
- [8] 村田厚生, 三宅貴士, 森若誠, :視線入力システムの有効性ーポイント精度・速度を保証する条件と方向の影響の同定ー, 人間工学, Vol.45, No.5, pp.226-235, 2009.
- [9] 大野健彦:視線を利用したウィンドウ操作環境, 信学技法 HIP99-29, pp.17-24, 1999.
- [10] R.J.K.Jacob : Eye-movement-based human-computer interaction techniques: Towards non-command interfaces, H.R.Harston and D.Hix (Eds.), Advances in human-computer interaction, Vol.4, 151-190, Norwood, NJ:Ablex, 1993.
- [11] 大和正武:視線によるテキストウインドウの自動スクロール, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.2, pp.613-622, 1999.
- [12] 秋山祐輔:視線入力ブラウザ開発のための基礎研究-最適なスクロール方法の同定-, 岡山大学工学部システム工学科卒業論文, 2009.
- [13] 阿部清彦, 大井尚一:画像解析による強膜反射法を用いた簡易視線入力システム I, 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会講演論文集, p.184, 2001.

#### 〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
ウェブページの閲覧を想定した視線入力システムによる最適なスクロール方法	人間工学, Vol.47, No.4 (掲載決定)	2011年8月(予定)
視線位置表示方法とカーソル表示の有無がニュー選択用視線入力システムの操作性に及ぼす影響	人間工学, Vol.47, No.4, (掲載決定)	2011年8月(予定)