



# 視線操作の使いやすさ向上に関する研究

## - 第 1 報 動作割り当ての影響 -

Research on improving usability of gaze control  
- 1st report: effect of actions assignment -

原田帆七海<sup>1)</sup>, 高橋秀智<sup>1)</sup>  
Honami HARADA, Hidetomo TAKAHASHI

1) 東京工科大学 工学研究科 (〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1, takahashihdtm@stf.teu.ac.jp)

**概要**: モバイル環境の充実により様々な UI が登場している。その中で、視線操作は動きにくい環境に適した手法であるといえる。しかし慣れが必要であることなどにより、扱いにくいと感じる人が多く存在している。そこで、個人に合わせた調整を行い扱いにくさの改善を狙う。本報では、まず動作割り当て、例えば選択操作時の認識のための瞬き時間などの実験を行い、ユーザーに使いやすい設定を明らかにする。

**キーワード**: ユーザインタフェース 視線操作 感性評価

### 1. はじめに

アイトラッキング技術はその発展によって、私達の身近な機器にも搭載されるようになり、視線操作という形で気軽に使用することが可能となった。音声操作などの様々な UI が登場している中で、視線操作は動きにくくかつ音を立てられないような環境に適した手法であると言える上に、VR 上での活用も活発になっている。

しかし、慣れが必要であることや操作に関わる要素の個人差が大きいなどの理由により、扱いにくいと感じている人が多く存在しているため、この扱いにくさの改善が望まれている。

関連研究として、Tobii 社らによる自社製品であるアイトラッキング装置 Tobii Pro Spectrum を使用したとき、参加者の特性がどのようにアイトラッキングデータに影響するかを調査したものがあある[1]。目の状態、目の色、目の形に焦点を当てて調査した結果、視力矯正(眼鏡やコンタクトレンズを使用している状態)をしているグループは、視力矯正していないグループと比較して精度が低くばらつきも多いこと、青色の目と茶色の目のグループで比較したとき両者に精度の差はなく茶色の目の方が僅かにデータ損失率が高かったこと、一重の目と二重の目を比較したとき両者に制度の差もデータ損失率の差もなかったことが分かった。このように視線操作には個人の特性の影響が大きいことが分かる。

私は、操作のやりやすさは設定により変化する点に注目し、個人に合わせた調節を行うことで改善を狙う。本報で

は、まず動作割り当て、例えば選択動作時の認識のための瞬き時間などに関する実験を行い、ユーザーにとって使いやすい設定について明らかにしていく。

### 2. 実験概要

スマートフォンにおいて視線操作を行えるアプリケーションを利用して、1~10 の数字を順番に押すというゲームを瞬き形式と注視形式の 2 種類の形式でそれぞれの設定条件を変えて行う。瞬き形式と注視形式でゲームを行うのは、それらの動作特徴として、誰でも扱いやすく疲れにくい点を考慮したため[2]。

#### 2.1 実験環境

今回の実験では、以下の機材・ライブラリを使用した。

- ①視線操作  
・スマートフォン(iPhone13)  
・Hawkeye access (視線操作のアプリケーション)
- ②データ測定用  
・PC  
・web カメラ  
・Dlib(視線軌跡用)  
・Py-Feat(表情分析用)

実験システムを図 1、実験中の様子を図 2 に示し、図 3 に実験中の画面を示す。この構成により、実験中の視線データを記録することができ、詳細な視線データを基に分析を行えるようにしている。

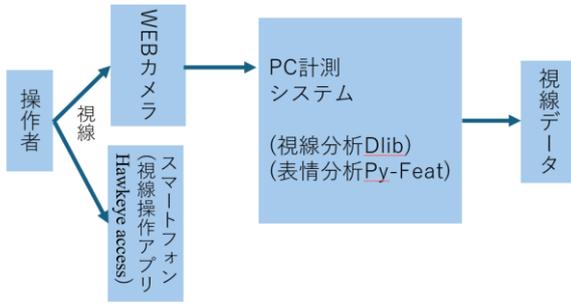


図1. 実験システム

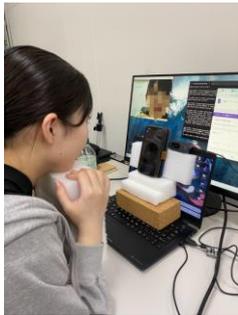


図2. 実験風景



図3. ゲーム実行中の画面

2.2 評価指標・計測項目

実験では、各設定値のやりやすさ・やりやすい操作形式についてのアンケートと視線の移動データ、表情からの怒り度合いデータ、ゲームの所要時間とミス回数のデータを評価のために使用する。

各設定値のやりやすさは7段階(1~7)、やりやすい操作形式は瞬き・注視の2種類から選択してもらった。また、瞬き形式の設定値は瞬きと認識するために必要な時間を調整し、注視形式の設定値は対象を注視し続ける時間を調整する。具体的な数値としては、表1のようにした。

表1. 操作形式ごとの各設定値

瞬き	0.05 s	0.15 s	0.3 s	0.4 s	0.5 s
注視	0.3 s	0.6 s	0.9 s	1.2 s	1.5 s

2.3 実験手順

初めに、視線操作ではなく指のタッチによる操作でゲームを行い、普段の操作速度や情報処理能力を計測する[3]。次に、実験環境を整え各種の計測データを取得できるようにし、アイトラッキング機能の調整のためキャリブレーションを行う。それが終わり次第、瞬き形式から注視形式の順でそれぞれの設定値を変更しながらゲームを行っていく。ただし、実験中においてキャリブレーションをやり直した方が良く判断した場合はキャリブレーションをやり直し、瞬き形式と注視形式それぞれの操作を始める前に練習として2回ほど行い、出来る限り慣れによる成績の変動を抑えるようにする[4]。そして、瞬き形式と注視形式を切り替え時に一度休憩を挟むようにし暫く経ったのちに瞬き形式における各設定値のやりやすさについてのアン

ケートに回答してもらい、全てのゲームをやり終えた後に注視形式における各設定値のやりやすさとやりやすい操作形式についてのアンケートに回答し実験終了となる。

3. 実験結果

3.1 瞬き形式

実験より、瞬き形式におけるやりやすい設定値、各設定値におけるゲーム完了までの平均タイムとミスを図4、図5に示す。(図4において、評価段階が低い程やりやすいと感じ、高いほどやりにくいと感じる。)

図4より、瞬きのための時間が短い方がやりやすく、時間が長い方がやりにくいと感ずることが分かる。図4からは、設定値が小さいとタイムも短く、大きいとタイムも長くなること、ミスは0.3が最も多くそれ以外の値は3回前後と差がないことが分かる。

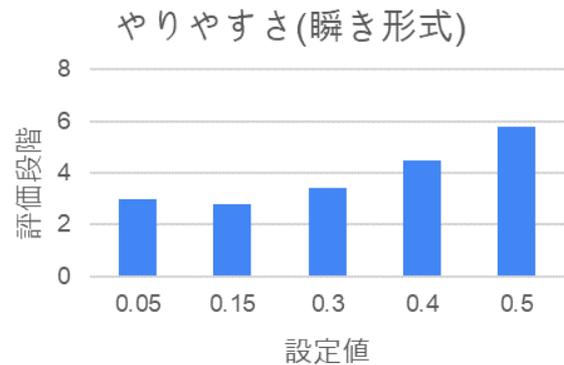


図4. 瞬き形式におけるやりやすさ

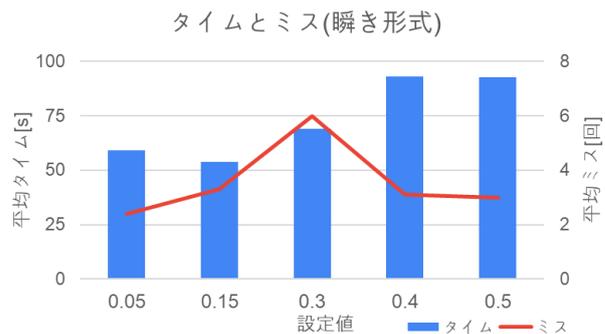


図5. 瞬き形式における平均タイムとミス

また、やりやすさとタイムの相関係数が0.57、タイムとミスの相関係数が0.55とどちらもやや相関があることが分かった。ただ、瞬き形式の場合やりやすさとミスには相関関係が見られなかった。

3.2 注視形式

実験より、瞬き形式におけるやりやすい設定値、各設定値におけるゲーム完了までの平均タイムとミスを図6、図

7に示す。(図6において、評価段階が低い程やりやすいと感じ、高いほどやりにくいと感ずる。)

図6より、注視し続ける時間が短い方がやりやすく、時間が長い方がやりにくいと感ずられることが分かる。図7からは、見続ける時間が短い方がややタイムが小さく長い方がややタイムが大きくなること、0.6を除いて、注視し続ける時間が短いほどミスは増え長いほどミスは少なくなることが分かる。

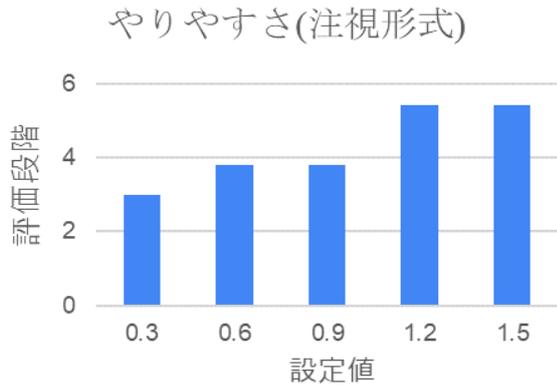


図6. 注視形式におけるやりやすさ

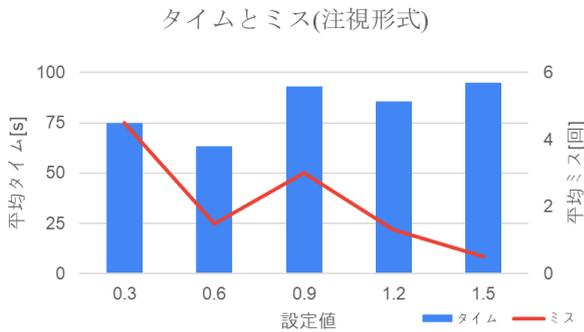


図7. 注視形式における平均タイムとミス

また、やりやすさとタイムの相関係数は0.43とやや相関が強く、ミスとタイムの相関係数は0.8と相関が強いことが分かった。ただ、やりやすさとミスには相関関係が見られなかった。

### 3.3 視線軌跡

ゲームの成績が最も高い人と低い人を比較した結果、ゲームの成績が高い方が、視線軌跡の範囲が小さく収まっていること、成績が低い方が視線軌跡の範囲が大きく外れた場所を見ている回数も多いことが分かった。

### 3.4 怒りの強さ

実験全体を通して、怒りが高かったグループとそれほど高くなかったグループに分けたところ表2のような結果が得られ、怒りが強いグループは、全体のやりやすさ平均よりも選択形式問わず高い値を示したことからやりにくさを平均よりも感ずていること、もう一方のグループでは、

全体のやりやすさ平均よりも選択形式問わず低い値を示したことからやりやすさを平均よりも感ずていることが分かった。

表2. 怒りの高さとやりやすさ

	瞬き形式のやりやすさ	注視形式のやりやすさ
怒り低め	3.6	3.6
怒り高め	4.15	4.75
全体平均	3.9	4.2

### 3.5 やりやすい操作形式

やりやすいと感じた操作形式ごとにグループ分けしたところ、注視形式を好む人はやりやすさとミス・タイムでは正の相関関係、やりやすさにタイムの方が影響を与えたこと、全体平均よりやりやすさ・タイム・ミス回数の値が小さかったこと、これに対し瞬き形式を好む人はやりやすさとミス・タイムでは負の相関関係を示すこと、やりやすさにミスの方が影響を与えたこと、全体平均よりやりやすさ・タイム・ミス回数の値が大きかったことが分かった。また、瞬き形式の設定値において、好みの形式ごとの平均として最もやりやすかったと回答した設定値に差はなかったが、注視形式の設定値においては、瞬き形式を好む人よりも注視形式を好む人は、ややゆっくりしたものを好むことが分かった。

## 4. 考察

### 4.1 やりやすい設定値

瞬き形式において、図5で設定値0.3の時の平均ミス回数が他に比べて高いのは、人間の生理現象としての瞬きと混同された回数が多いのではないかと考えられた。この生理現象との混同は、あまり差が出ていない他4つの設定値のうち0.15がややミスが高くなった理由であるともいえる。また、0.3以外の設定値に大きな差が見られなかったのは、普段の瞬きとは別に意識して瞬きを行わなければならないような設定値のため、瞬きの時間が長くとも短くとも差が出なかったと考えられる。そして、やりやすさと相関関係より、ミスよりもタイムの方が重要度は高いと言えるため、それを踏まえ図4、図5より、瞬き形式において、やりやすかつ適する設定とは、0.05~0.15のような瞬きとの混同が少なく、タイムも短いような「生理現象の瞬きよりも早い設定」であると考えられる。

注視形式において、図7でミスの回数が基本的に右下がりとなったのは、ミスを確定させる前に修正するという動作を取りやすいことが要因だと考えられる。設定値0.6のミスが少なかったのは、上記のようにミスを修正するには十分な時間的余裕があり、注視し続ける中で選択したいものから目が動いてしまうことが少なく、丁度よいと感じる人が多かったからだと考えられる。また、0.9~1.5の設定値においてミスの差は大きいのにタイムの差が出なかったのは、注視し続ける時間が長い程注視している途中で目が

動き誤ったものを見てしまうという事態が増えてしまい、ミス修正のために時間をより多く費やしてしまっていた。つまり、潜在的なミスが多く、0.9の時のミスとそれらが近い量を取ったためだと考えられる。そして、やりやすさとの相関関係よりタイムの方が重要度は高いと言えるため、それを踏まえて図6、図7より、注視形式において、やりやすかつ適する設定値とは、0.6のような「ミス修正の時間的余裕と注視する中で起こる意図しないズレが発生しにくい設定」であると言える。

#### 4.2 やりやすさと精神状態

やりやすさに対して、怒りのような精神状態が影響を及ぼしていることが実験結果よりいえる。そのため、やりやすい操作を実現するためには、怒りやイライラといったマイナスの感情が発生しないよう、リラックスした状態を保てるようにすることが重要であると考えられる。

#### 4.3 やりやすい操作形式

注視形式を好む人がやりやすさとミス・タイムで正の相関関係を示したのに対し、瞬き形式を好む人が負の相関関係を示した要因としては、瞬き形式を好むグループの人は苦労を多く乗り越えたというような達成感に価値を見出し難しい程に良いという判断をしたことが考えられる。しかし、理論としてはミスやかかる時間が少ないほど良いものとされるので、理論に反する上に実験人数が少なかったことによりはっきりとした要因は分からず、この相関関係が正しいかどうかの判別もつかなかった。

また、瞬き形式を好む人よりも注視形式を好む人の方が成績は高かったこと、注視形式を好む人はややゆっくりしたものを好むことから、操作にかかる時間を減らそうと、動作における選んで決定するまでの時間を短くすればいいということではなく、やりやすい操作を実現するためには、ある程度の余裕を持たせることも重要であることが考えられる。

### 5. 展望

やりやすい操作のためには、①適切な設定値にすること②落ち着いた精神状態を保つことの2点が重要であるといえる。まず①においては、「生理現象の瞬きよりも早い設定」「ミス修正の時間的余裕と注視する中で起こる意図しないズレが発生しにくい設定」であることを満たすこと

ができれば良いと考えられる。そして、この生理現象の瞬き時間や時間的余裕などは個人差があると思われる、その個人差にも対応させることができればより効果的になると考える。また、②においては、ミスやかかる時間を減らすなど操作時におけるストレスが減るように基本的には①の取り組みなどを通して達成できると考えられる。それに加えて、触覚や聴覚などの五感に働きかけ、操作をしているという感覚を強めることで、目だけで操作するという指などの直接的な操作とは違うということに伴う操作への不安感を減らすことで安心感につながり、精神的な平常状態を保つことができるのではと考える。

### 6. おわりに

本研究では、やりやすいと感じられるような視線操作を目指して、各動作の設定値に焦点を当てて実験を行っていた。その結果、デフォルトの設定値よりもやりやすいと感じられるような値が存在することが確認され、各動作・操作者に適した設定をすることで視線操作のやりやすさは向上することが示された。

今後の課題としては、全体としてのやりやすい操作の傾向は見えただけ、それを踏まえて個人の特性からその人にとって最適な操作値を導き出せるようにする必要があると考える。また、本研究での実験では、被験者の数が少なかったため、より被験者を増やし実験データの拡充を図る必要がある。

#### 参考文献

- [1] Tobii Technology K.K., "Field Metrics Test Report"(Tobii Pro Spectrum), 2020
- [2] 夏目達也, 内村裕也, クリスマンアルサーテクルツ, 柴田史久, 木村朝子, "VR 空間操作コマンドとしてのアイジェスチャ UI の特性分析", 情報処理学会論文誌, Vol.64, No.2, 312-325, 2023
- [3] Agnes S. Chan, "Eye-tracking training improves the learning and memory of children with learning difficulty", Scientific Reports, 12,(1), 2022
- [4] 高田友樹, 笹倉万里子, "インタラクションにおける慣れの効果の調査", 情報処理学会インタラクション2020, 3B57, 2020