

2018年度 卒業論文

視線検出装置における
計測結果と使用者認識の相違に関する研究

指導教員：渡辺 大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス

学籍番号 M0115334

宮田 脩二

2019年2月

2018 年度 卒 業 論 文 概 要

論文題目

視線検出装置における
計測結果と使用者認識の相違に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0115334

氏
名

宮田 脩二

指導
教員

渡辺 大地 准教授

キーワード

アイトラッキング、視線追跡装置、
FOVE、VR、Unity

視線計測とは、視線計測器の使用者の視線の動きを追跡することであり、見ている箇所、見ていない箇所を知ることができる。計測したデータを元にマーケティングの改善などに使用することができる。

現在、計測結果と使用者の認識の相違が起きることに対策として、一般的にキャリブレーションを行うが、小さなものを注視するような時には計測結果と使用者の実際の注視箇所に相違が発生することがある。しかし、その相違の程度は明らかになっていない。そこで、計測結果と使用者の認識の相違がどのような時に発生するのか調べた。本研究は、視線計測機能が搭載している FOVE を使用し、視線計測結果と使用者の認識の相違がどのようなときに起こるのか計測した。また、注視すべきものが変更された時にデータに差が出るのか調べた。

計測方法として、注視する目標を作成し、目標の中心付近を使用者に見てもらった。板状のモデルと、人型のモデルを目標とし、板状のモデルの場合は板の中心付近、人型モデルの場合は顔の中心付近を見てもらい、注視点の位置との差を計測した。

計測結果として、板状のモデルの場合と、人型モデルの場合、板状のモデルと人型モデルの両方が見える場合では平均的に計測結果と使用者の認識の相違が起きていることが分かった。また、注視すべきものが同じならば、人型モデルが近くにあっても計測結果に差が出ないことが分かった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究目的と背景	1
1.2	論文構成	5
第2章	計測方法	6
2.1	はじめに	6
2.2	視線計測	7
2.3	実行画面	8
2.4	実行の様子	13
第3章	評価と分析	15
3.1	計測結果	15
3.2	評価	17
3.3	考察	20
第4章	まとめ	22
	謝辞	23
	参考文献	24

目 次

1.1	ヒートマップの例	2
1.2	ゲイズプロットの例	2
2.1	視線情報反映のイメージ図	7
2.2	視線計測	8
2.3	実行画面 1	8
2.4	実行画面 2	9
2.5	実行画面 3	9
2.6	実行画面 4	9
2.7	人型モデル	10
2.8	人型モデルの移動 1	11
2.9	人型モデルの移動 2	11
2.10	人型モデルの移動 3	11
2.11	板状のモデルと人型モデル	12
2.12	板状のモデルと人型モデルの移動 1	12
2.13	板状のモデルと人型モデルの移動 2	13
2.14	板状のモデルと人型モデルの移動 3	13
2.15	実験の様子	14

表 目 次

3.1	計測結果	16
3.2	計測結果 2	16
3.3	計測結果 3	17
3.4	t 検定を行った結果	18
3.5	t 検定を行った結果 2	18
3.6	t 検定を行った結果 3	19
3.7	t 検定を行った結果 4	19
3.8	t 検定を行った結果 5	19

第 1 章

はじめに

1.1 研究目的と背景

視線追跡装置には HMD や眼鏡型のような顔に直接接触させる接触型と、顔には直接接触させない非接触型がある。視線計測には、人間の角膜に近赤外線を照射し、眼球の動きを映像解析することで、どこをどのように見ているのかをわかるようにする計測方法 [1] がある。しかし、この計測方法には眼鏡やコンタクト、目にかかるほどに長い前髪などの原因で、計測結果の誤差が大きくなる。この方法のほかにも、接触型の視線追跡装置には目の電位差を利用した視線計測方法 [2] もある。

視線入力の定量的な分析としてはヒートマップとゲイズプロットの 2 つの方法 [3] が一般的である。ヒートマップとは、視線の停留時間をサーモグラフィのように視覚化した分析方法である。被験者の注視点を重ねることで全体の傾向や特徴を把握することができる。図 1.1 は時間の経過ごとに視線を計測し、過去の視線と重なるごとに色の度合いが高くなることを示している。小田中ら [4] は注意喚起システムを実現する際に、図 1.1 のようなヒートマップを利用している。

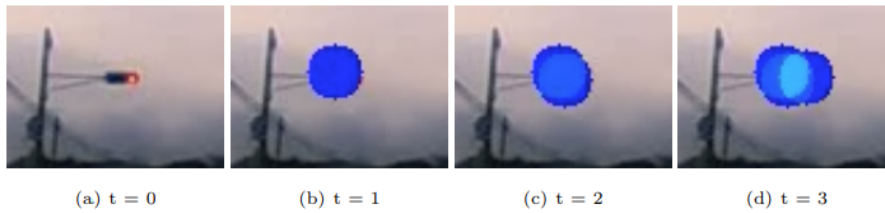


図 1.1 ヒートマップの例

文献 [4] 図 4 より引用

ゲイズプロットとは、視線の順序と注視時間を表したものであり、一人ひとりの視線の動きを追って分析することが可能な分析方法である。図 1.2 はゲイズプロットの利用例である。視線の順番を丸の中の数字、注視時間を丸の大きさで表している。



図 1.2 ゲイズプロットの例

U-site より引用 <https://u-site.jp/usability/eye-tracking/>

視線計測はマーケティングの調査によく使われている。これは、視線の情報から消費者がどのようなものに興味を持っているのか知ることができるからである。視線計測器を扱っている企業 [5][6] では、自社の製品を使ったマーケティングの調査サービスなども行っている。青木ら [7] の研究では視線の動きと観察者の興味がどのような関係にあるのか、静止面を注視してもらい実験

的に調べている。この実験で自然な視線の動きだけで興味を持っている画像領域を判断するのは困難であると結論付けている。しかし、指示の与え方、画像の呈示の仕方、視線の検出方法等を工夫することによって観察者を引き付ける領域にかなりの確率で視線が向くと論じている。

視線入力にはゲームにも使われており、視線入力を使用したゲームに関する研究も行われている。Ubisoft[8] から発売されたウォッチドッグス 2[9] ではゲームの操作の補助として使われている。堀 [10] の研究ではゲームのパーティプレイヤーの連携支援を視線入力によって行った。サポート役のプレイヤーが見ている視線を他のプレイヤーに送り、プレイヤーの狙っているものを判別する時に、視線入力を使用した場合としなかった場合の比較を行った。この研究では視線計測の結果を他のプレイヤーと共有する研究であり、認識の相違がどのようなときに発生したのかについては言及していない。

視線計測を使用した文字の入力についても研究されている。村田ら [11] の研究では HMD 使用時の視線による文字入力の基礎検討として、ボタンまでの距離の影響を検討している。結果として中距離、遠距離のボタンと比較して、近距離のボタンは目や首の疲労を感じやすくなる傾向があり、文字入力のエラーは近距離よりも遠距離のボタンのほうがエラー率が高くなっている。磯本 [12] の研究ではフィッツの法則に基づく視線を用いたターゲット選択手法を提案した。結果としてターゲット選択時の凝視に要する時間が先行研究と比較し 80 % 以上減少した。今後の展望として、ターゲットの選択のみでモデルの移動および複数選択といった操作が必要である。前者の手法は視線認識に非常に高い精度を要求し、操作が複雑化する問題がある。後者の手法は操作を行うために選択を 2 度行う問題がある。市原 [13] の研究では、スマートフォンの文字入力を指ではなく、視線を使い文字入力を行う研究を行った。従来のスマートフォンの操作のように指を使わず、視線計測器の視線入力のみで文字の入力が可能なアプリを開発し、評価実験を行った。評価では、目の疲労や、操作難易度の上昇など、操作に強い疲労感を出す結果になった。

装着者にキャリブレーション [14] を行わせ、精度と正確性の良いデータを入力できる手法があ

る。精度とは実際に見た点と計測された注視点のずれにどこまで差があるのかに関わる。精度が悪ければ、装着者と計測結果に差異が生まれ、装着者がずれを感じ、ストレスが溜まってしまう。また、キャリブレーションに関する研究 [15][16][17] ではどれだけ早く、簡単にキャリブレーションを行うかの研究がされている。キャリブレーションを行わずに視線方向の検出を行う研究 [18] も行われている。しかし、キャリブレーションを行ったとしても、小さなものを見るときなどは、視線計測結果と視線追跡装置の使用者の注視している位置に相違が起こることがある。小宮山ら [19] の研究では VR 空間内のアバタとの対話する状況における視線検出の重要性について述べている。対話を音声と視線停留によって進行させ、被験者にアンケートを取った。アバタは FOVE 使用者の見ているモデルに優先的に視線を合わせるようになっているが、アンケートの中にアバタと同じ対象物を見ていると感じたかという質問に対して評価値が最大でなかったことから、視線計測結果と装着者の認識に相違が出ていることがわかる。

視線計測結果と使用者の注視している位置の相違がどのようなときに引き起こりやすいのかについては明らかになっていない。また、注視するモデルを変更することによって、計測結果と使用者の注視しているの相違に差が生じるのかも明らかになっていない。これらが明らかになっていないと、選択対象の大きさの調節を適切に行うことができない。

本研究では視線計測結果と、使用者が注視している場所の相違がどのようなときに発生しやすくなるのかを明らかにすることを目的とする。本研究の目的が達成すると、視線計測結果と、使用者が注視している場所にずれを感じない視線追跡装置の開発に役立ち、視線情報を使用したゲームなどのプレイヤーのストレス軽減に役立つ。使用者がずれを強く感じるのはどのような場面なのかを計測するために、板状のモデルのみのパターンと、人型のモデルのみのパターン、板状のモデルと人型モデルが同時に見えるパターンの3つのパターンの実験を行なった。実験では、パターン毎に目標が動く前、動いた時、動き終わった時、の3つの状態の時に、どれだけの距離使用者の注視している位置の相違が起きているかの計測を行った。結果として、3つのパターンす

べてにおいて、動く前、動いた時、動き終わった時の視線計測結果と使用者が注視している場所の相違が起きていることが分かった。

1.2 論文構成

本論文では、2章では視線の測定方法と、計測するデータの種類について述べる。3章では計測したデータについての評価とt検定を使用した分析を行い、t検定の結果から考察について述べる。4章ではまとめを述べる。

第 2 章

計測方法

2.1 はじめに

視線計測結果と使用者が注視している場祖の相違がどのようなときに起こるのか、計測を 3 つのパターンを通して行う。板状のモデルのみのパターンと、人型のモデルのみのパターン、板状のモデルと人型モデルが同時に見えているパターンの 3 種類の計測を行った。

板状のモデルの中心のみを注視するパターンを行うことで、シンプルな形を注視する際、被験者の認識と相違がどの程度出るのかを確認するために、板状のモデルのみの計測を行った。

人型モデルのみを注視するパターンを行うことで、人型モデルを注視してもらう際、注視してもらう場所からどれだけ相違が出るのかを確認するために、人型モデルにアニメーションを行わせ、計測を行った。また、この計測は、板状のモデルのみを見てもらうパターンの計測との計測結果の差異を出すことで、板状のモデルの場合と、人型モデルの場合でどれだけ計測結果と使用者が注視している場所との差異が生まれるのかを知るために行った。

板状のモデルと人型モデルが同時に見えているパターンでは、近くに注視するもの以外のモデルを配置した場合、注視してもらう場所からどれだけ相違が出るのかを確認するために、注視するモデルを板状のモデル、注視しないモデルを人型モデルとして計測を行った。

2.2 視線計測

本研究では、ゲームで使用可能でありゲームプレイ中の視線計測が可能な接触型視線計測器であり、SDKにより3Dゲーム制作エンジンであるUnity[20]の開発環境があるFOVE[21]を使用した。

FOVEでは、レンズ付近に取り付けている赤外線アイトラッキング装置により、視線情報の取得が可能となっている。FOVEの視線検出の誤差は仕様によれば1度未満である。計測した視線情報をもとに画面内のモデルに当たるまで、画面奥方向に向けて水平にRayを飛ばす。飛ばしたRayがモデルにぶつかるとその座標を注視点として表示する。図2.1は視線情報を画面へ反映させるためのイメージである。

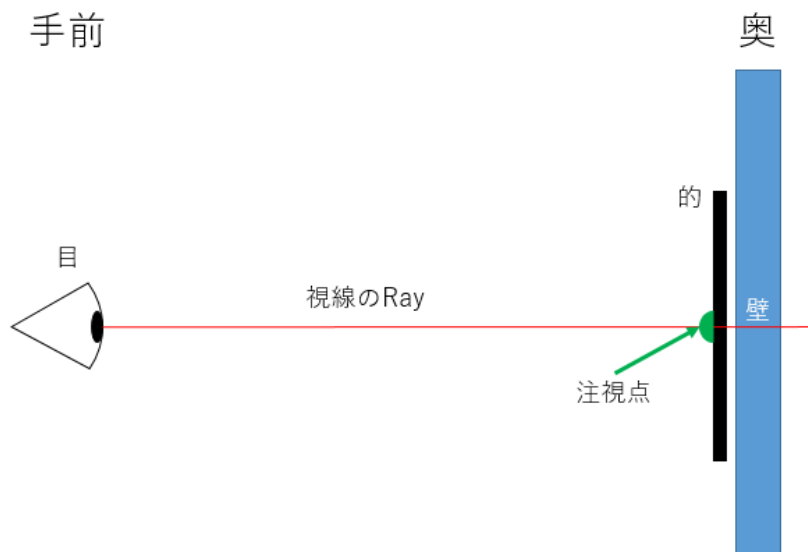


図 2.1 視線情報反映のイメージ図

右目と左目の視線のRayがモデルにぶつかったところの間を両目の注視点とし、使用者が注視している所と仮定した。図2.2は両目の注視点の表示方法である。

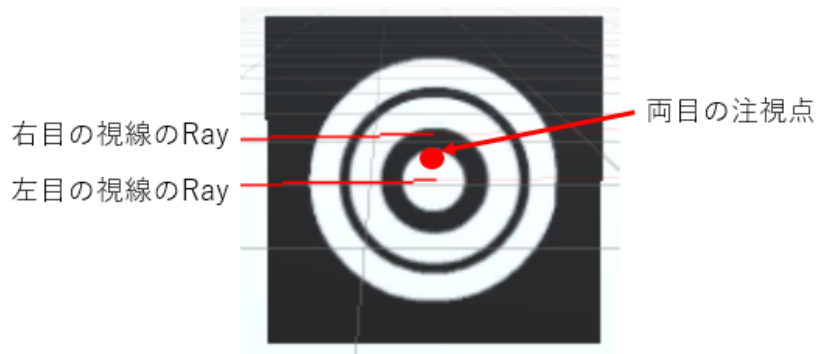


図 2.2 視線計測

実験では、計測を開始する前に FOVE のキャリブレーションを行うものとした。

2.3 実行画面

計測を実行すると、白い壁とターゲットの板状のモデルを FOVE に表示する。図 2.3 は計測開始時の動いていない状態の板状のモデルの位置である。



図 2.3 実行画面 1

本実験では、計測を開始したときに必ず正面にモデルがあるわけではなく、多少右側を見る必要がある。また、動いていない状態のモデルを注視する場合の計測を行うために 5 秒の間はモデルは表示した座標から動くことがないようにした。その後、板状のモデルが左に移動する。図

2.4,2.5,2.6 は実行中の板状のモデルが移動状態の動きである。板状のモデルは 5 秒の間左に移動する。

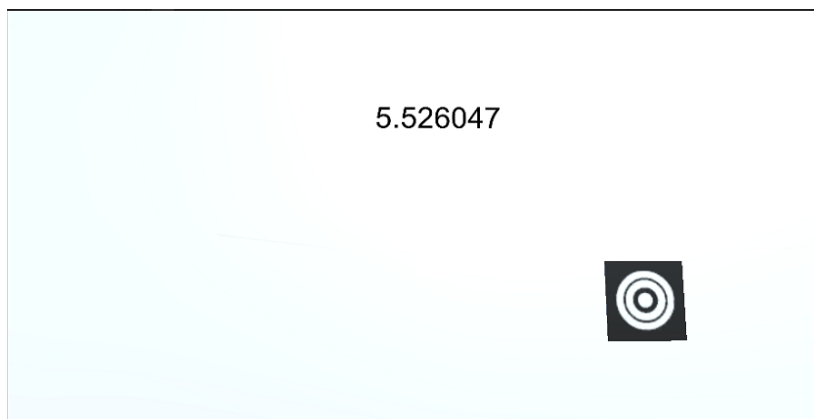


図 2.4 実行画面 2

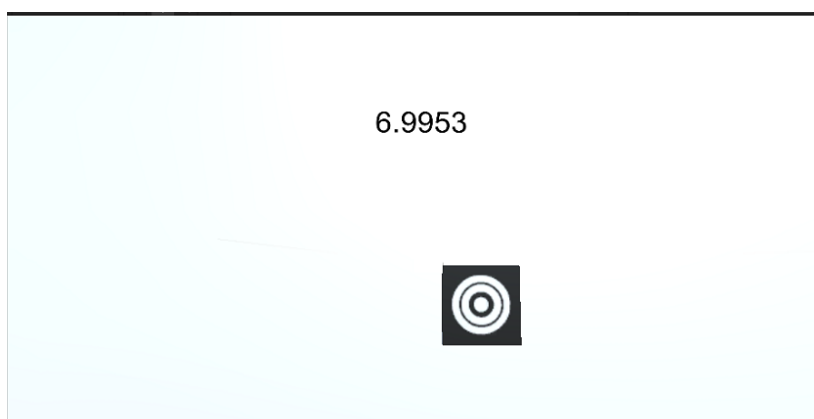


図 2.5 実行画面 3



図 2.6 実行画面 4

計測を開始して 10 秒が過ぎると板状のモデルは動かなくなる。FOVE の使用者は板状のモデルの中心を見るように頭と視線を動かしてもらい、15 秒の間板状のモデルを注視してもらった。計測は、板状のモデルが動いていないとき、板状のモデルが動いているとき、板状のモデルが動き終わったときの 3 つの状況の計測結果を取得した。最初に板状のモデルの座標が分かっていない状態から、視線を合わせようとした時の計測結果と使用者が注視している場所の相違についてのデータを取得するため、板状のモデルが動いていない状態の視線計測を行うことにした。次に、視線を板状のモデルに合わせている状態から板状のモデルが動いた時の計測結果と使用者が注視している場所の相違についてのデータを取得するため、板状のモデルが動いている状態の視線計測を行うことにした。最後に、動いている状態の板状のモデルに視線を合わせている状態から板状のモデルが止まった時の計測結果と使用者が注視している場所の相違についてのデータを取得するため、板状のモデルが動き終わった状態の視線計測を行うことにした。

これらの視線計測は、板状のモデルだけでなく人型の 3D モデルを見る場合も行う。ただの板状のモデルではなく、人型のモデルが動いている時には、板状のモデルの時よりも使用者が注視している場所の相違に差が生じるかを調査するため、見るべきモデルが人型モデルのパターンでも視線計測を行う。図 2.7 は計測開始時の人型モデルの位置である。

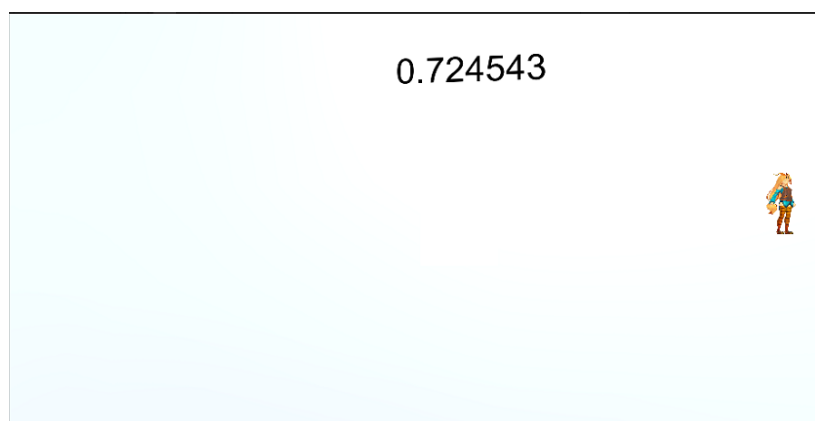


図 2.7 人型モデル

人型のモデルも最初は図 2.7 の位置にとどまる。その後、5 秒の間左に移動する。図 2.8,2.9,2.10

は実行中の人型モデルの移動状態の動きであり、移動するときにアニメーションを付けている。

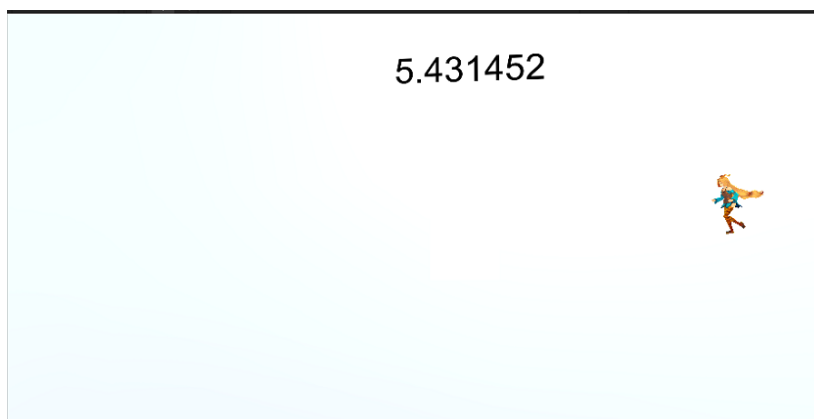


図 2.8 人型モデルの移動 1

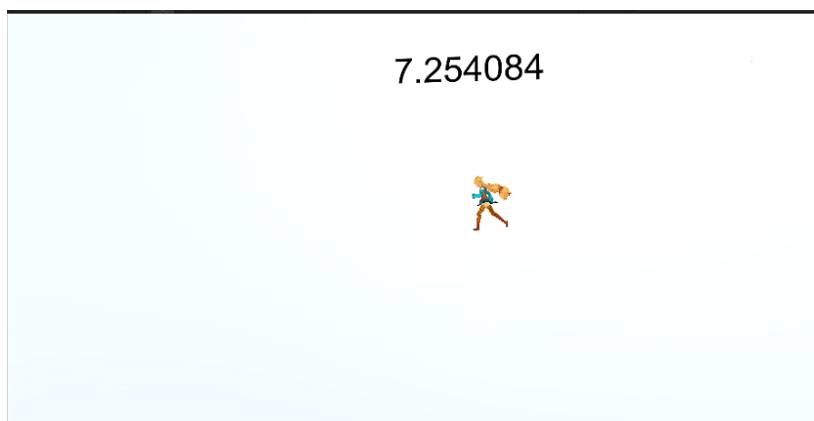


図 2.9 人型モデルの移動 2

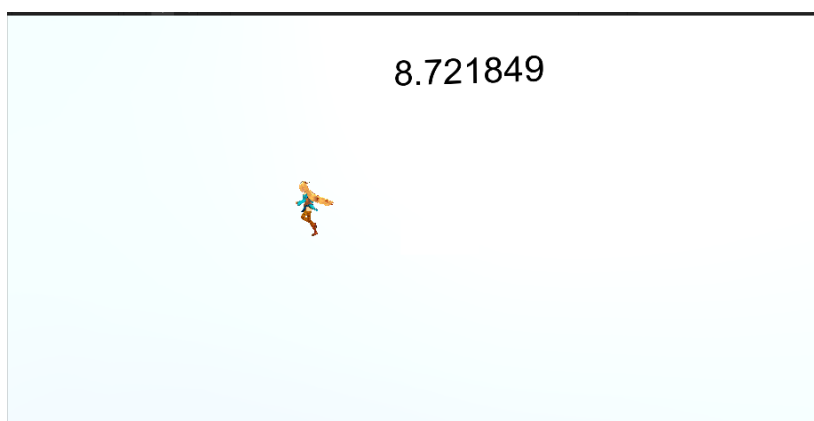


図 2.10 人型モデルの移動 3

次に、板状のモデルと人型モデルが同時に表示されるパターンも計測する。図 2.11 は計測開始

時の板状のモデルと人型モデルの位置である。

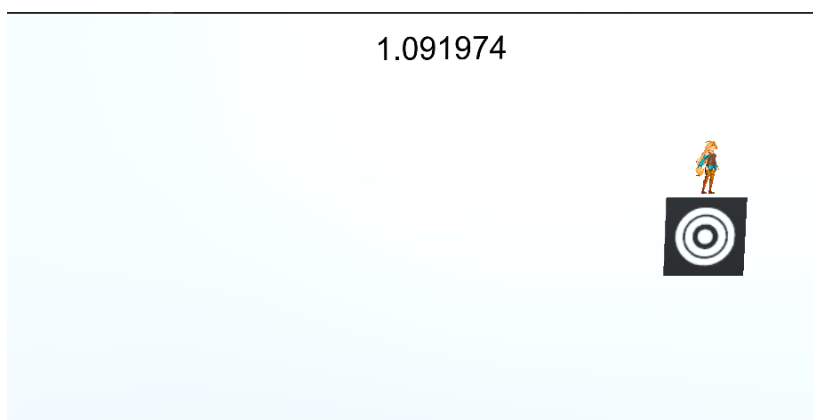


図 2.11 板状のモデルと人型モデル

使用者には板状のモデルを見てもらう。

板状のモデルと人型モデルの場合も最初は図 2.11 の位置にとどまる。その後、5 秒の間左に移動する。図 2.12,2.13,2.14 は実行中の板状のモデルと人型モデルの移動状態の動きであり、人型のモデルには移動するときにアニメーションを付けている。

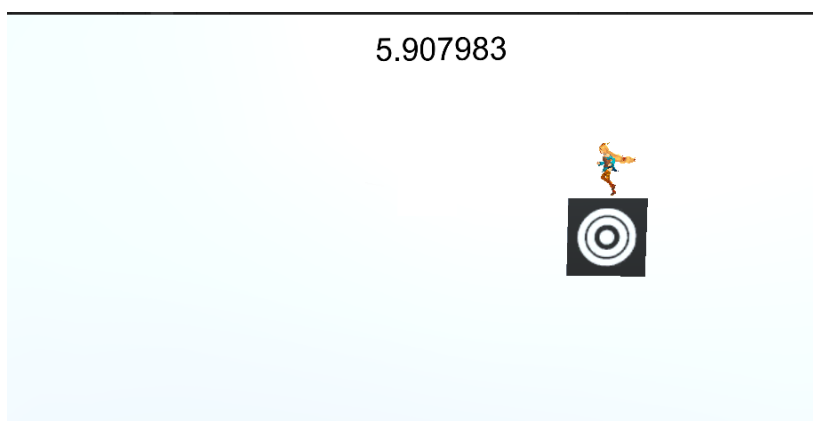


図 2.12 板状のモデルと人型モデルの移動 1

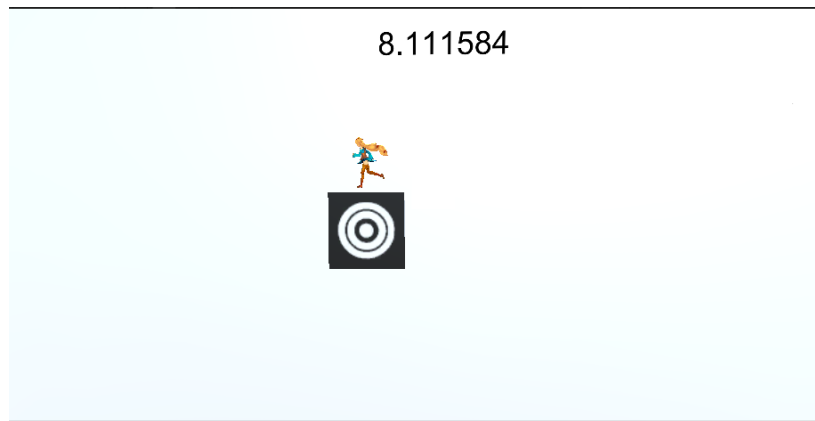


図 2.13 板状のモデルと人型モデルの移動 2

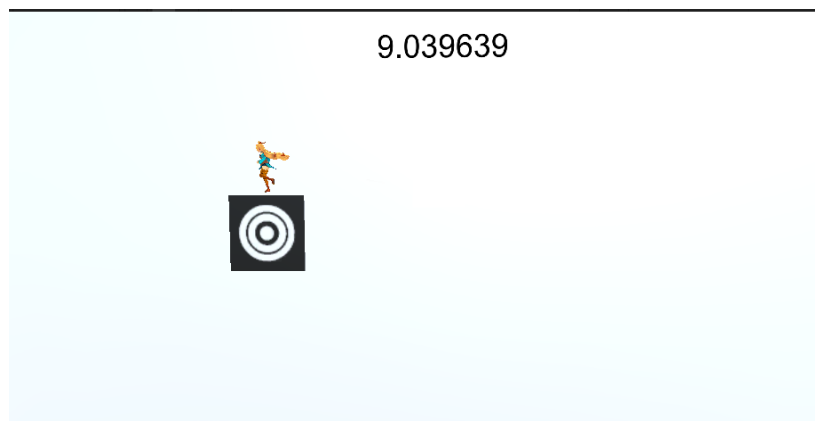


図 2.14 板状のモデルと人型モデルの移動 3

2.4 実行の様子

実験では、被験者は椅子に座り、FOVEをかぶってもらう。その後、キャリブレーションを行った後計測を開始する。図 2.15 は実験の様子画像である。

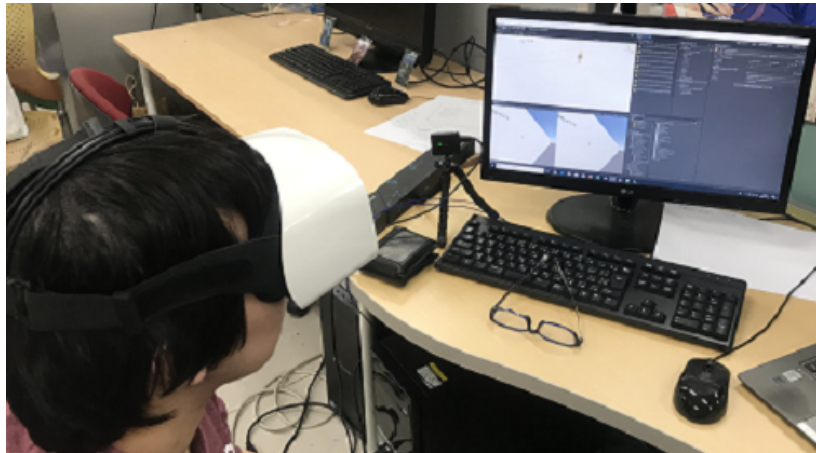


図 2.15 実験の様子

計測を行っている間、FOVE の画面には右目と左目の視線を表している Ray は表示しないが、モニター側には表示するように設定した。これにより、被験者の注視方向を知ることができる。FOVE 使用者の頭部は固定していないが、できるだけ頭を動かさないように、パーテーションと頭が接触している状態で視線計測を行った。

第 3 章

評価と分析

この章では 2 章で述べた計測方法を用いて計測の結果の評価と考察を行う。今回の実験では男性 12 人に対して実験を行った。人全員眼鏡を掛けており、計測時には眼鏡を外してもらった。

本検証の目的は、3 つのパターン毎に目標が動く前、動いた時、動き終わった時、の 3 つの状態の時に、使用者が注視している場所に相違が起きているかの検証を行った。

3.1 計測結果

モデルが板状のモデルのみの場合、被験者には板状のモデルの中心を見るようにしてもらった。注視点の位置と板状のモデルの中心との距離の平均を表 3.1 に示す。

表 3.1 計測結果

被験者	動く前	動き始め	動き終わり
A	2.39	1.00	0.84
B	1.36	1.01	3.37
C	0.91	1.01	0.98
D	1.89	0.99	2.00
E	1.98	1.19	1.81
F	2.32	2.54	3.00
G	3.86	2.27	4.02
H	1.95	1.29	3.14
I	1.70	1.78	1.11
J	0.93	1.24	2.34
K	3.24	2.19	2.85
L	3.12	2.43	1.71

モデルが人型モデルのみの場合、被験者には人型モデルの顔を見るようにしてもらった。計測結果を表 3.2 に示す。

表 3.2 計測結果 2

被験者	動く前	動き始め	動き終わり
A	1.78	1.33	1.52
B	1.34	2.56	3.79
C	1.53	0.97	0.92
D	1.95	0.79	1.52
E	1.53	1.54	1.21
F	1.72	2.14	1.97
G	3.11	1.46	2.12
H	0.83	1.11	1.93
I	1.41	1.41	1.57
J	0.91	1.15	1.40
K	1.34	1.74	1.94
L	1.98	2.04	1.73

モデルが板状のモデルと人型モデルの場合、被験者には板状のモデルと人型モデルが同時に左に動く中で、板状のモデルの中心を見るようにしてもらった。計測結果を表 3.2 に示す。

表 3.3 計測結果 3

被験者	動く前	動き始め	動き終わり
A	1.80	1.14	0.68
B	0.92	1.85	3.91
C	0.95	1.10	0.77
D	2.85	1.07	1.60
E	1.27	1.03	1.94
F	2.00	1.56	2.37
G	2.62	2.01	4.10
H	1.04	1.25	2.24
I	1.90	1.56	1.47
J	0.69	1.40	1.30
K	1.05	1.35	3.06
L	2.18	1.68	0.73

3.2 評価

FOVE と Unity のカメラの画角をどちらも 100° に設定し、カメラの位置を $(0, 0, 0)$ 、モデルの位置を $(12, 0, 30)$ とした。実環境と仮想空間上で画角が同じ場合、仮想空間上の寸法比がそのまま実空間と同一視して用いることができる。カメラのとモデルの距離は 32.31098884 となる。視点から注視点までの距離を L 、視線と垂直な変異を x とすると、視角は $\arctan\left(\frac{x}{L}\right)$ で求めることができる。視点から注視点までの距離を 32.31098884、視線と垂直な変異を 1 とすると、視角は 0.0309393471 rad となり、角度に直すと 1.77269400972472° となる。一方で、視力が 0.1 の場合の認識可能視角は約 0.17° であり、この視角は被験者にとってずれていると認識するには十分な角度である。

帰無仮説を「視線計測結果と使用者が注視している場所には相違がない」として t 検定 [22] を

前節 3.1 で示した表 3.1 の動く前、動いた時、動き終わりと、有効範囲の 1 に対して行った。その結果を表 3.4 に示す。

表 3.4 t 検定を行った結果

組	<i>p</i> 値
動く前	0.001203
動いた時	0.007942
動き終わり	0.001315

表 3.4 の結果より、板状のモデルのみの場合では動く前、動いた時、動き終わりすべてに対して *p* 値が 0.05 よりも低く、優位水準 5 % を下回るので帰無仮説は棄却される。

帰無仮説を「視線計測結果と使用者が注視している場所には相違がない」として t 検定を前節 3.1 で示した表 3.2 の動く前、動いた時、動き終わりと、有効範囲の 1 に対して行った。その結果を表 3.5 に示す。

表 3.5 t 検定を行った結果 2

組	<i>p</i> 値
動く前	0.003954
動いた時	0.004336
動き終わり	0.002548

表 3.5 の結果より、人型モデルのみの場合では、動く前、動いた時、動き終わりすべてに対して *p* 値が 0.05 よりも低く、優位水準 5 % を下回るので、帰無仮説は棄却される。

帰無仮説を「視線計測結果と使用者が注視している場所には相違がない」として t 検定を前節 3.1 で示した表 3.3 の動く前、動いた時、動き終わりと、有効範囲の 1 に対して行った。その結果を表 3.6 に示す。

表 3.6 t 検定を行った結果 3

組	p 値
動く前	0.01384
動いた時	0.000894
動き終わり	0.013878

表 3.6 の結果より、板状のモデルと人型モデルの 2 つのモデルがある場合では、動く前、動いた時、動き終わりすべてに対して p 値が 0.05 よりも低く、優位水準 5 % を下回るなので、帰無仮説は棄却される。

帰無仮説を「動く前、動いた時、動き終わりには精度に差が無い」としてウェルチの t 検定を前節 3.1 で示した表 3.1 と、表 3.2、表 3.3 に対して行った。その結果を表に示す。

表 3.7 t 検定を行った結果 4

	動く前と動いた時の p 値	動いた時と動き終わりの p 値	動き終わりと動く前の p 値
的	0.094429	0.062649	0.752031
人	0.719956	0.311377	0.502882
的と人	0.417356	0.125193	0.339549

表 3.8 の結果より、 p 値が 0.05 よりも高く、優位水準 5 % を上回るなので、帰無仮説は棄却されない。

帰無仮説を「板状のモデルのみを見る場合と、人型モデルのみを見る場合では精度に差がない」としてウェルチの t 検定を前節 3.1 で示した表 3.1 と、表 3.2 の動く前、動いた時、動き終わりに対して行った。その結果を表に示す。

表 3.8 t 検定を行った結果 5

組	t 値	p 値
動く前	1.653818	0.114592
動いた時	0.178549	0.860003
動き終わり	1.281965	0.214517

表 3.2 の結果より、板状のモデルのみの場合と、人型モデルのみの場合では、動く前、動いた時、動き終わりすべてに対して p 値が 0.05 よりも高く、優位水準 5 % を上回るのので、帰無仮説は棄却されない。

3.3 考察

t 検定を行った結果、板状のモデルのみの場合、人型モデルのみの場合、板状のモデルと人型モデルの 2 つのモデルがある場合の 3 パターンで、帰無仮説「視線計測結果と使用者が注視している場所には相違がない」は棄却され、使用者が注視している場所に相違が出ていることが分かった。また、3 パターンの動く前、動いた時、動き終わりの計測結果に差が出るかウェルチの t 検定を行った結果、 p 値が 0.05 よりも高く、優位水準 5 % を上回るのので、帰無仮説「動く前、動いた時、動き終わりには精度に差が無い」は棄却されなかった。また、板状のモデルのみの場合と、人型モデルのみの場合で t 検定を行った結果、 p 値が 0.05 よりも高く、優位水準 5 % を上回るのので、帰無仮説「板状のモデルのみを見る場合と、人型モデルのみを見る場合では精度に差がない」は棄却されなかった。

この結果から、モデルの形状によって使用者が注視している場所の相違に差が出るとは限らないことが分かった。このことから、視線計測を使用したゲーム開発時には表示位置に気を付ければ、使用者の注視している場所の相違の軽減になり、モデル形状の変更では使用者の注視している場所の相違の軽減にならないのではないかと推測する。また、視線計測の精度は、あまり良いとは言えず、使用者が注視している場所とずれていることが分かった。的のモデルのみを表示するパターンでは、モデルの右側静止状態とモデルが中央移動状態の検定結果や、モデルの左側静止状態とモデルが中央移動状態の検定結果では優位水準が 5 % を下回らなかったのので帰無仮説を棄却できなかったが、 p 値は 0.05 に近く、優位傾向にあるといえる。ここで、的のモデルの計測結果である表 3.1 から、動く前の平均値は 2.1375、動いた時の平均値は 1.578333、動き終わりの

平均値は 2.264167 となった。モデルが動く前と動いた時、動いた時と動き終わりの平均値を比べてみると動いた時の方が使用者の注視している相違の差が小さい傾向にあった。そのため、注視するモデルには画面の中央に近いほうが使用者が注視している場所に違和感を感じないのではないかと推測する。

第 4 章

まとめ

本研究では、視線の計測結果と使用者が注視している場所の相違がどのような状況で引きおこりやすいのかを調べた。板状のモデルの中心付近を見る場合、人型モデルの顔の中心付近を見る場合、板状のモデルの中心付近を見てもらうが、近くに人型モデルがいる場合の 3 つのパターンの計測を行った。また、パターンごとに動く前、動き始め、動き終わりに計測結果を分けた。t 検定を行い、板状のモデルの中心付近を見る場合、人型モデルの顔の中心付近を見る場合、板状のモデルの中心付近を見てもらうが、近くに人型モデルがいる場合の 3 つのパターンで帰無仮説「視線計測結果と使用者が注視している場所には相違がない」は棄却され、使用者が注視している場所に相違が出ていることを検証することができた。また、t 検定を行い、板状のモデルの中心付近を見る場合と、人型モデルの顔の中心付近を見る場合には差が出るのかを検証し、帰無仮説「板状のモデルのみを見る場合と、人型モデルのみを見る場合では精度に差がない」は棄却されなかった。

今後の展望として、本研究では使用者が注視している場所に相違が起きる状況を知ることができたので、さらに多くの人で計測し、計測結果と使用者が注視している場所の相違が起きない視線計測器につながるのではないかと考えている。

謝辞

本研究を行うにあたり、様々なご指導をしてくださった渡辺大地准教授に心より感謝いたします。また、計測にご協力いただいた方々や、渡辺研究室の皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] 富士通研究所. <http://www.fujitsu.com/jp/group/labs/resources/tech/techguide/list/eye-movements/p03.html>. 参照:2018.12.18.
- [2] 南哲人. 眼電位操作デバイスのための基礎技術. 立石科学技術振興財団, No. 23, 2014.
- [3] U-site「アイトラッキング調査」. <https://u-site.jp/usability/eye-tracking/>. 参照:2018.12.20.
- [4] 小田中淳, 斎藤大貴, 新井義和, 菊池弘信, 今井信太郎, 猪股俊光. 運転者の注視領域抽出のための視線に基づく動的ヒートマップの構築. 情報処理学会東北支部研究報告, Vol. 2014, , 2015.
- [5] Tobiiipro. <https://www.tobiipro.com/ja/fields-of-use/marketing-consumer-research/>. 参照:2019.1.20.
- [6] Crossmarketing. <https://www.cross-m.co.jp/service/eye/>. 参照:1029.1.20.
- [7] 青木美奈, 勝本道哲. 視線はどこまで興味を反映するかインタラクティブデジタルシネマにおける興味抽出のために. マルチメディア通信と分散処理 ワークショップ論文集, pp. 318-322, 2005.
- [8] Ubisoft. <https://store.ubi.com/jp/%E3%82%A6%E3%82%A9%E3%83%83%E3%83%81%E3%83%89%E3%83%83%E3%82%B0%E3%82%B92/574dc08e29e12341518b4567.html>. 参

照:2019.1.19.

- [9] ウォッチドッグス 2. <http://www.ubisoft.co.jp/wd2/>. 参照:2019.1.20.
- [10] 堀貴寛. 協力プレイにおけるパーティプレイヤーの視線共有による連携支援. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスゲームイノベーションプロジェクト, 2014.
- [11] 村田朋美, 盛川浩志, 小宮山撰. Vr 空間における視線入力に関する基礎的検討. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol. 2018-HCI-177, , 2018.
- [12] 磯本俊弥. フィッツの法則に基づく視線を用いたターゲット選択手法. 学部卒業論文, 筑波大学情報学群情報メディア創成学類, 2018.
- [13] 市原拓馬. 眼鏡型ウェアラブル端末を用いたフリック操作補助に関する研究. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2018.
- [14] おかいもの研究所. <https://okaimonolab.jp/method/eye-tracking/>. 参照:2019.1.20.
- [15] 加藤健太, Oky Dicky Ardiansyah Prima, 今渕貴志, 伊藤久祥. 簡易なキャリブレーションで実現する眼鏡型 3D 視線計測機器の開発. エンタテイメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, 2017.
- [16] 大野健彦. 視線を用いたインタフェース. 情報処理, Vol. 44, No. 7, 2003.
- [17] 南勇氣, 中澤篤志, 西田豊明. 角膜フィードバックによる hud の自動キャリブレーション. 情報処理学会, 2016.
- [18] 竹上健. 測定時キャリブレーションが不要な非接触視線方向検出アルゴリズム. 博士論文, 横浜国立大学, 2002.
- [19] 小宮山節, 亀川慎吾, 柿沼育, 盛川浩志. VR 空間内におけるアバタとの視線コミュニケーション. 研究報告エンタテイメントコンピューティング, pp. 1-6, 2018.
- [20] Unity. <https://unity3d.com/jp>. 参照:2018.11.17.
- [21] Fove. <https://www.getfove.com/>. 参照:2018.11.17.

[22] Logicsofblue. <https://logics-of-blue.com/t-test/>. 参照:2019.1.20.