

スクリーン内で動く物体に対する ユーザの視線追従に関する検討

皆川廉太郎^{†1} 神場知成^{†1}

概要: 3D ゲームに現れる典型的な動きのあるシーンに対して、利用者がどのように視線追従するかの観察・分析を行った。キャラクターが走る、ジャンプする、エネミーが出現するという、それぞれ 20 秒弱の 3 つのシーンを 2 回ずつ大学生 14 名に視聴してもらった結果、最初の映像を視聴する際に全体を把握しようとする視線の動き、上半身から頭部への視線集中、予期せぬ動きに対する視線の移動や、それがある程度予想可能になったときの視線移動量の減少などが観察された。

1. はじめに

視線追跡技術は Web ページのデザイン、店舗におけるマーケティング、現時点では自動化が困難な熟練者作業やスポーツその他のエキスパートのノウハウの定量的な把握などさまざまな局面で重要であり、技術的にもかなりの精度で取得することが可能になっている。

多くの場合、視線追跡は「どこに注目しているか」「どのような順序で視線を移動しているか」「どこを注視しているか」などを把握する目的で使われており、スクリーン上で動く対象物に対する視線追従についての研究は多くない。しかし Web ページにおける動きを伴う表現、さまざまなゲームでのグラフィクスなどスクリーン上で動きを伴う表現は増えており、それらの動きに対して人間がどのように視線を追従していくかに関する基本的な検討は重要であろう。

本稿では、主としてゲーム内の対象物によくあらわれる典型的な動きに対し、ユーザの視線がどのように追従するかについて行った実験結果を示す。

2. 関連研究

一般的なアイトラッキング（以下、視線追跡）の技術的發展や応用分野については、Majoranta 等が整理している[1]。そこでは視線追跡技術が発展して非侵襲なものになってきたことや、利用分野として心理学研究、医療診断、ユーザビリティ研究、視線入力アプリケーションなどが示された。

Mann 等は、スポーツ選手の視覚的な認知能力の高さを視線追跡も使って調べ、たとえばそれらの選手は視線の固定回数が少なかったり長時間固定をしていたりすることなどが述べられている[2]。

ゲーム中のユーザの視線追跡について Fehd 等は、ユーザが画面上に表示された複数の赤い点を追跡する際に、ターゲットを囲う三角形の中心に視線を置くことが多かったことを報告しており、それらを一つのグループとして捉えている可能性を指摘している[3]。さらに Shawn Green 等[4]

や Almeida 等[5]はアクションゲームのプレイヤーは非プレイヤーと比較して、より多くの物体を同時に意識できることを確認し、視覚的容量を拡大していると述べている。

いずれの研究も、アイトラッキングを用いて人間の視線の動きに関する興味深い結果を報告しているが、本稿では、専門家ではない一般のユーザが、ゲームでよく出現するような対象物の動きにおいて、どのような視線の動きの特徴を示すかという観点での調査を試みた。

3. 実験

3.1 実験方法

3D ゲームで用いられる典型的な 3 つのシーンを Unity 上で作成した(図 1)。草原上に木や岩などのオブジェクトを配置したフィールド上を主人公と想定するキャラクターが一直線に走るもの(16.9 秒)、一定時間おきにジャンプをするもの(18.3 秒)、オブジェクト裏からエネミーが出現しキャラクターが攻撃するもの(18.6 秒)で、Unity Asset の 3D Game Kit Lite および Simple Low Poly Nature Pack を利用した。



(a) キャラクターが走る画面



(b) 横からモンスターが出現

図 1. 作成したシーンの例

^{†1} 東洋大学 情報連携学部 (INIAD)

これらを筆者等の学部所属する大学生 14 名に実験協力者として視聴してもらい、視線の記録を行った。あらかじめ設定したシナリオにそって自動的にキャリブレーション、バリデーションに続き 3 つすべての映像を 2 回ずつ提示し、映像の切り替えに 10.0 秒のインターバルを設けたため、それぞれの学生の視聴時間は合計で 167.7 秒となった。

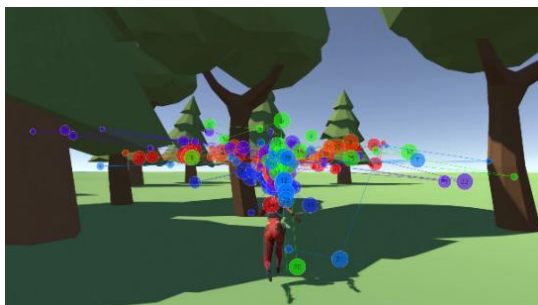


図 2. 実験の様子

実験では、映像を出力するモニタ (DELL U3419W) のディスプレイ下方に視線計測装置を設置した。実験協力者には視線計測装置との距離が 65cm 程度になるように着席してもらい、視線計測には Tobii 社製の Tobii Pro Fusion 120 (サンプリングレート 120) [6]を用いた (図 2)。計測した視線の解析には、Tobii pro lab (1.241.54542 (x64))を使用し、各シーンにおける scan path (視線が留まった位置と長さ、次の留まった位置までの移動経路と順序)を観察した。

3.2 実験結果

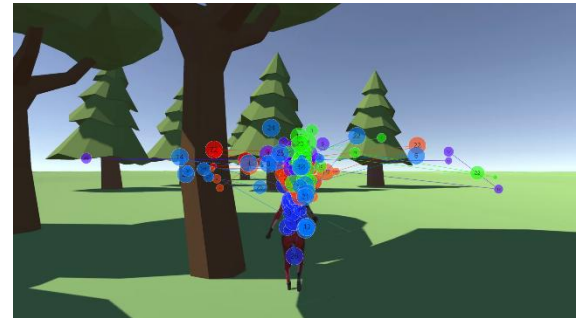
それぞれのシーンにおいて、14 人の scan path を表示して分析した。一人の実験協力者につき同一シーンを 2 回ずつ 3 種類の映像を視聴したため、合計で 6 つのシーンの視聴データがある。それぞれ、(a)走る映像 1 回目、(b)走る映像 2 回目、(c)ジャンプ映像 1 回目、(d)ジャンプ映像 2 回目、(e)エネミー出現 1 回目、(f)エネミー出現 2 回目とし、それらの画面における視線の scan path を図 3 に示す。14 名全員の視線の動きを重ね表示すると煩雑になるため、図では 6 名分の scan path だけを重ねて表示している。色の相違は被験者の相違に対応する。



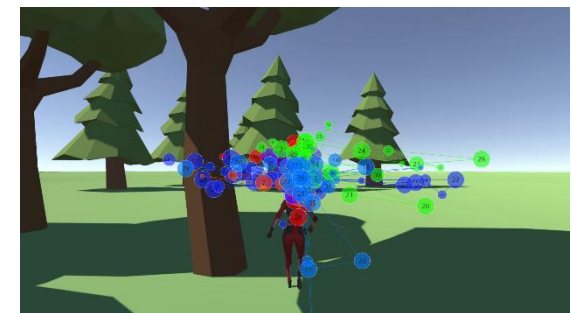
(a) 走る映像 1



(b) 走る映像 2 回目



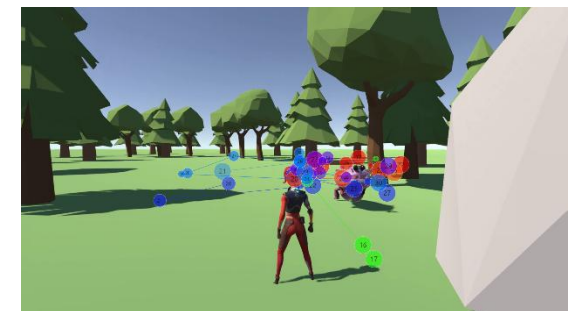
(c) ジャンプ 1 回目



(d) ジャンプ 2 回目



(e) エネミー出現 1 回目



(f) エネミー出現 2 回目

図 3. 各シーンにおける視線の動き (6 名分を重ね)

エネミー出現のシーンでは、エネミーがオブジェクトの陰から出現する3.0秒前から出現までのscan pathを表示し、その他はすべてシーン全体での視線の履歴を表示している。

これらの記録から、以下のことを確認した。

- ・走る映像、およびジャンプ映像では、実験協力者の視線は共通してキャラクターの背中から頭の少し上、画面中央あたりまでに密集している。走る映像とジャンプ映像で、視線の密集する地点に大きな違いは見受けられなかった。
- ・エネミーが出現する映像では、それぞれエネミー出現の瞬間に大きく視線が動いている。かなり遠くに視線を置いていた被験者もエネミー出現直後に大きく動いており、予期していないところから何かが出現すると強い視線誘導の効果がみられる。また、エネミー出現の2回目は1回目と比較して出現の瞬間の視線移動がやや緩やかになっており、出現位置が事前に分かっていたためと推測できる。
- ・全体を通して空や地面を注視することはなかった

4. 考察

4.1 走る映像とジャンプ映像における視線分布

まず、走る映像の1回目では他のすべてのシーンと比較して視線のちらばりが大きい結果となった。今回、表示映像の提示順序は固定していたため、この映像は被験者が一番初めに視聴する映像であり、最初に環境全体を把握しようとするプロセスが働いたと考えられる。2回目の映像では視線の横の散らばりが減少しており、被験者が映像に慣れて、環境把握のための視線移動が減少したと考えられる。

走る映像とジャンプ映像における視線がキャラクターの上半身から頭の少し上、画面中央あたりに密集していたことは、キャラクターの動きが被験者の関心を引く大きな要素である一方、キャラクターの位置が画面中央に固定されていることも影響を及ぼしている可能性がある。また、背景がシンプルで動的な要素が無い為に被験者に視覚的な干渉がないことも理由として考えられる。

4.2 エネミー出現と視線誘導効果

エネミー出現シーンでは、エネミーが予期せぬタイミングで出現した際に、即座にその方向に大きく視線が動いた。被験者が予測していない刺激が大きな視線誘導効果を持つと考えられる。エネミー出現の2回目は1回目と比べて視線の動きが緩やかになったが、これは事前にその場所にエネミーが出現することを予測できたためと考えられる。予期せぬ刺激は大きな視線誘導効果がある一方で、利用者がそれを事前予測することができれば視覚的な負荷を軽減することができると考えられる。

4.3 背景の影響

全体を通して空や地面の注視は見られなかった。これは視線が動的なものに引き付けられ、変化のない空と地面には視線誘導の効果が薄かったと考えられる。単調な背景は視覚的に動的なものに集中させる役割があると考えられる。

4.4 今後の課題

今回の実験はすべて同一ディスプレイで行ったが、ディスプレイのサイズやデバイス（スマートフォン、VR用機材等）による違いは今後の検討課題である。

背景要素の影響も検討が必要と考えている。今回は単調な空と地面を利用したため被験者がそちらに視線を向けることはほとんどなかったが、実際の3Dゲームでは草や木々は風に揺れ、川があれば水が流れ、空には雲が動いているというシーンが多い。このように実際のゲーム環境に近い状況下では視線の動きが変わってくる可能性がある。

キャラクターの動きの予測可能性と視線の動きの関係性も検討の必要がある。複数のエネミーが出現してフィールド上にいるエネミーがプレイヤーの方へ向かってくるようなシーンでは、さらに視線の動きが複雑化するであろう。

その他、年齢、性別、3Dゲームの経験の有無などさまざまな要素が視線の動きに影響すると考えられ、それらの分析も今後の課題である。

5. 結論

3Dゲーム内で動的な対象物によくあらわれる典型的な動きに対するユーザの視線の追従に関し、視線追跡装置による実験を行った。その結果、ユーザは未知の環境では全体を把握しようする傾向があること、視線は動的な刺激に対して敏感であること、ユーザが予測していない刺激は大きな視線誘導効果を持ち、事前予測が可能な場合はその視線誘導効果は緩やかになるなどの現象が観察された。今後はディスプレイサイズやデバイスの違い、背景映像の違い、予測していない刺激と予想可能な刺激による違いなどの検討を行いたい。

謝辞

本研究は、東洋大学重点研究推進プログラムにより助成を受けたものです。同助成に感謝いたします。

参考文献

- [1] Majaranta, Päivi, and Andreas Bulling. "Eye tracking and eye-based human-computer interaction." *Advances in physiological computing*. London: Springer London, 2014. 39-65.
- [2] Mann, Derek TY, et al. "Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis." *Journal of sport and exercise psychology* 29.4 (2007): 457-478.
- [3] Fehd, Hilda M., and Adriane E. Seiffert. "Eye movements during multiple object tracking: Where do participants look?." *Cognition* 108.1 (2008): 201-209.
- [4] Green, C. Shawn, and Daphne Bavelier. "Action video game modifies visual selective attention." *Nature* 423.6939 (2003): 534-537.
- [5] Almeida, Samuel, et al. "The eyes and games: A survey of visual attention and eye tracking input in video games." *Proceedings of SBGames*. Vol. 2011. 2011.
- [6] Tobii Pro Fusion 120: <https://www.tobii.com/ja/products/eye-trackers/screen-based/tobii-pro-fusion>