

インタラクティブ CG における視線検出

Gaze Detection in Interactive Computer Graphics

○高野佐代子（金沢工大）^{*1}土田義郎（金沢工大）^{*2}^{*1} Sayoko Takano, Kanazawa Institute of Technology, 7-1 Ougigaoka, Nonoichi, Ishikawa, 921-8501.

tsayoko@neptune.kanazawa-it.ac.jp

^{*2} Yoshio Tsuchida, Kanazawa Institute of Technology, 7-1 Ougigaoka, Nonoichi, Ishikawa, 921-8501.

tsuchida@neptune.kanazawa-it.ac.jp

キーワード:インタラクティブ作品, ハンドキャプチャ, 視線検出

1. 緒 言

金沢市中心市街地の夕方～夜の活性化を目指すために、金沢工業大学の学生が学科の領域や学年をこえて連携し、ライトアップイベントを行う金澤月見光路プロジェクトが行われている。

金澤月見光路 2024 では手の動きに反応するインタラクティブ CG 作品を制作・展示した。自身の手の動きを検出し、それに応じて CG が変化するインタラクティブシーンを複数作成した。観客は、反応が容易であるシーンでは、CG が変化する様子を観察していたが、困難な場合にはモニタに映し出された手の様子を見つけている傾向がうかがわれた。

そこで反応しにくい難しいシーンと容易なシーンにおいて、観客の鑑賞態度の違いを比較する。本研究ではアイトラッカーを用いて視線の違いについて検討し、作品制作の指針を提案する。

2. インタラクティブ作品の制作

2.1. 作品概要

本作品は、金澤月見光路 2024 での展示に加え、大阪・関西万博 2025 と同時開催される「けいはんな万博」への出展も視野に入れて制作されたものである。「いのち輝く未来社会」をテーマとし、田植えや雨乞いといった伝統的な営みを通じて、命の尊さを体感できるシーンをインタラクティブ CG により表現している。また、作品には 3D ホログラムファンという疑似立体に見える装置を 5 台利用し、モニタやプロジェクターでは味わえない未来感を演出した。物語の終盤では、すべての命への感謝と祝福を象徴する花火が夜空に打ち上がり、観る者の心に深く響く演出を目指している。

2.2. 作品の制作

本作品は、ゲームエンジン Unity を用いて完成されたインタラクティブ CG 作品である。映像によるシーンと、観客の手の動きに反応するインタラクティブシーンの組み合わせから成り立っており、両者の制御はすべて Unity によって実現されている。

本作品は、マルチモニター環境での鑑賞を前提として設計されている。映像シーンにおいては、両モニター映像が表示される。一方、インタラクティブシーンでは、左側のモニターに CG オブジェクトが、右側のモニターにカメラ映像がそれぞれ出力される構成となっている。

映像シーンおよびインタラクティブシーンの例を Fig. 1 に示す。

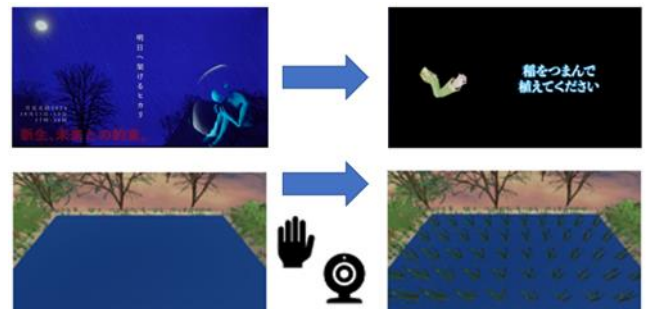


Fig. 1 シーン案内例

インタラクティブシーンでは、web カメラ内で指定された手の動きをすることによって、CG 画面が変化していく。ハンドトラッキング導入ツール MediaPipeUnityPlugin を用い、カメラに映った手を Unity 内で認識できるようにした。ハンドトラッキングで読み取れる手のポイントを Fig. 2 に示す。



Fig. 2 MediaPipeUnityPlugin ハンドトラッキング

本作品のインタラクティブシーンは計 3 つ存在し、1 つ目は手を上下に動かすことによって苗が植えられていくシーン、2 つ目は祈りのポーズを一定時間続けることによって火が消えていくシーン、3 つ目は手をバイバイさせると花火が打ちあがるものとなっている。

3. 作品展示

金澤月見光路 2024 として、2024 年 10 月 11 日（金）～13 日（日）まで石川県政記念いのき迎賓館（石川県金沢市広坂 2 丁目 1 番 1 号）において展示を行った。

その前の 2022 年、2023 年の展示では、音によるインタラクティブおよび見上げることによる効果を狙い、テント内で座って鑑賞させる形式であったが、鑑賞人数が限られることや、可視性が悪いため、本年度は立ったままでも複数名が鑑賞できるような展示を行った。設営方法を Fig. 3 に示す。

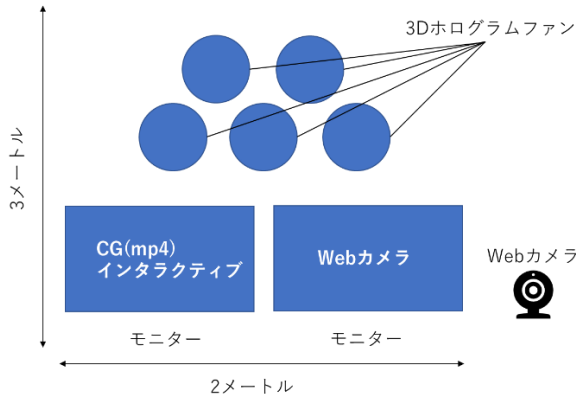


Fig. 3 設営方法

あらかじめ設計された鉄製の骨組みに、42 インチモニター 2 枚と 3D ホログラムファン 5 個を取り付け、その横に web カメラを設置した。動画のシーンを鑑賞する際はモニターの正面に立つだけで楽しむことができ、インタラクティブシーンでは、web カメラに近づいて指定された動作を行うことによって、CG 画面が変化する。

4. 実験

4.1. 目的

本実験の目的は、インタラクティブ CG 作品におけるインタラクティブ性の難易度と鑑賞者の視線との関係を明らかにすることである。金澤月見光路 2024 での展示において、3 種類のインタラクティブシーンをを用いたが、それぞれ反応のしやすさに差が見られた。鑑賞者の視線の向きが、インタラクティブの難易度によって異なる傾向があることが観察されたため、両者の関連性を調査する。

4.2. 方法

本実験では、視線検出を行うために、カメラ映像と CG オブジェクトの画面を 1 つのモニターに統合して出力するようにシステムを変更した。右側にはカメラ映像によって得られた手とトラッキング結果が表示される映像、左側にはインタラクティブ映像（花火）が描き出される。

インタラクティブ性の難易度が異なる 3 種類のシーン（難しい、普通、簡単）を作成し、アイトラッカー（Tobii Eye Tracker 5）を用いて鑑賞者の視線座標データを取得し、CSV ファイルとして保存した。取得した視線データは、数値計算統合環境 MATLAB を用いて三次元図として描画した。さらに、実験終了後にはアンケートを実施し、被験者からの主観的評価を収集した。

視線座標データの可視化結果のサンプルを Fig. 4 に示す。トラッキングの軌跡が示されており、火去川に比べて、右側の方に視線が集まっている様子が見られる。

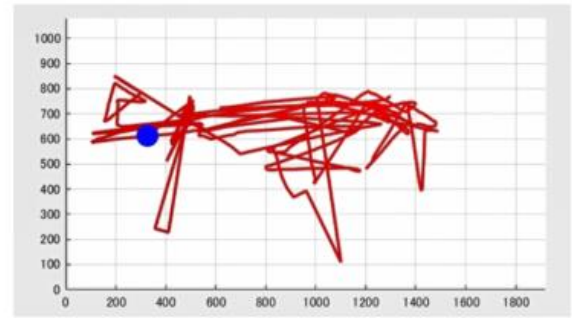


Fig. 4 視線の座標データ

4.3. 結果

Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 は、各難易度における被験者の視線座標データの密度に基づいて作成したグラフである。右側がカメラによる手の映像、左側にはインタラクティブ CG（花火）が表示されている。色が赤に近いほど、シーン内で視線が集中していた領域を示している。これらの図から、難易度が高いシーンでは視線がカメラ映像の画面に集中し、難易度が低いシーンでは CG オブジェクトの画面に集中する傾向が確認された。

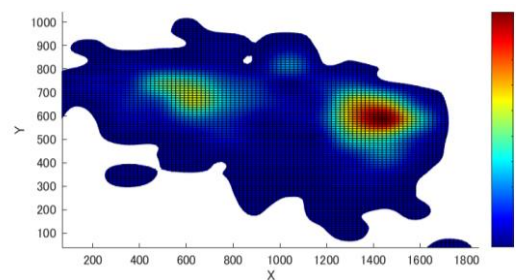


Fig. 5 難しいシーンでの視線移動

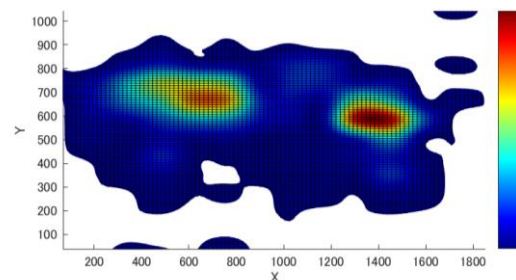


Fig. 6 普通のシーンでの視線移動

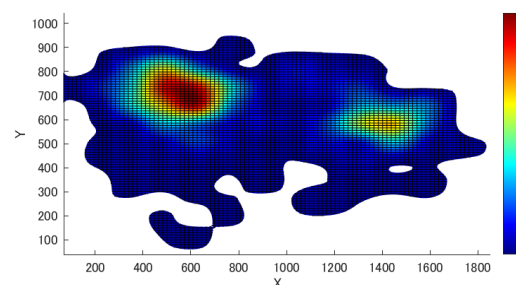


Fig. 7 簡単なシーンでの視線移動

アンケート結果によれば、被験者の大多数(10名中9名)が、システムの反応が容易なシーンに最も高い満足度を示した。また、難易度が高い最初と最後のシーンに関しては、10名中7名の被験者が最初のシーンの方が好ましいと回答した。その理由として、最後のシーンでは花火の出現が困難に感じられたことや、ストレスを感じたという意見が挙げられた。

4.4. 考察

本研究では、インタラクティブ CG 作品におけるユーザーの視線行動と操作難易度の関係性について検討した。特に、操作が容易になるにつれて、ユーザーの注視が手元の操作から CG の結果表示へと移行する傾向が得られた。

入来篤史(2000)の論文「道具を使う手と脳の働き」では、道具使用に伴う身体図式の再構成が示されており、熟練者は道具を身体の一部として認識することで、注意の焦点が手元から結果へと移行することが明らかにされている。この知見は、インタラクティブ CG においても同様に適用可能である。すなわち、ユーザーが操作に習熟し、操作難易度が低下すると、手元の操作に対する注意は減少し、CG の表示結果やインタラクションの成果に対する注視が増加すると考えられる。

また、瀬川(2020)の研究では、箸操作において初心者では手元の動きに過剰な注意を向ける一方、熟練者は箸先の感触や対象物の状態に注目するようになることが示されている。これは、操作対象から得られる感覚情報に基づいて動作を調整する熟練者の特徴であり、インタラクティブ CG においても、操作が容易になることでユーザーは CG の反応や結果に意識を向けるようになると解釈できる。

以上の知見から、操作難易度の低下はユーザーの視線行動に変化をもたらし、インタラクティブ CG の表示結果への注視を促進する要因となることが示唆される。これは、ユーザー体験の設計において、操作の習熟度や難易度を考慮することが、より効果的な視線誘導やインタラクション設計につながる可能性を示している。

5. 結 言

金澤月見光路 2025 において、手の動きに反応するインタラクティブ CG 作品を制作した。本実験により、インタラクティブアートにおけるシステムの反応難易度の違いが、鑑賞者の視線の向きに影響を与えることが明らかとなった。

具体的には、難易度が高いシーンでは鑑賞者の視線がカメラ映像の画面に集中し、難易度が低いシーンでは CG オブジェクトの画面に集中する傾向が確認された。したがって、CG オブジェクトをより多く鑑賞させたい場合には、容易に反応するシステムの導入が有効である。これは人の脳の熟練度の働きによる考察とも一致する。

さらに、簡易なシーンの後に高難度のシーンを体験させると、鑑賞者の満足度が低下する傾向が見られた。このため、終盤に難易度の高い動作を設定する場合には、演出を視覚的に華やかにすることで、満足度の低下を緩和できる可能性がある。

謝辞

金沢工業大学卒業プロジェクトにおいて、本研究を中心に行った高橋明日真君、竹村章君に御礼申し上げます。また金澤月見光路 2024 プロジェクトのメンバーとしてイン

タラクティブアート作品の制作や展示に協力して頂いた皆様、金澤月見光路 2024 の開催に携わって頂いた皆様に深く感謝いたします。

文 献

- (1) MediaPipe: <https://github.com/google-ai-edge/mediapipe> (Accessed 10 September 2024)
- (2) 【Unity】MediaPipe のポーズトラッキングでゲームを作ろう: https://qiita.com/river_9167/items/3af6eb57b69acbb543b9 (Accessed 6 January 2025)
- (3) 【Unity MediaPipe Plugin】ハンドトラッキングを使ったショートカットアプリを作る: https://qiita.com/Ah_/items/117b121377f5d46162a0 (Accessed 6 January 2025)
- (4) 入来篤史: 道具を使う手と脳の働き, 日本ロボット学会誌 18 (6) 786 -791, 2000.
- (5) 瀬川大: 道具を使う手と脳の働き, 作業療法 39 (3) 348-354, 2000.