



# VR 医療実習に向けた視線移動の基礎特性の解明

## Basic Property of Eye Movement for VR Medical Training

関口宗史<sup>1)</sup>, 福田一帆<sup>2)</sup>, 織田順<sup>3)</sup>, 三苦博<sup>4)</sup>, 蒲池みゆき<sup>2)</sup>

Soshi SEKIGUCHI, Kazuho FUKUDA, Jun ODA, Hiroshi MITOMA and Miyuki G. KAMACHI

1) 工学院大学大学院 工学研究科 情報学専攻 (〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1, em21013@ns.kogakuin.ac.jp)

2) 工学院大学 情報学部 情報デザイン学科 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-24-2,

fukuda@cc.kogakuin.ac.jp, miyuki@cc.kogakuin.ac.jp)

3) 大阪大学大学院 医学系研究科 救急医学 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2, odajun@gmail.com)

4) 東京医科大学 医学教育学分野 (〒160-0023 東京都新宿区新宿 6-1-1, mitoma@tokyo-med.ac.jp)

**概要**: 教育現場において VR 技術を使用したコンテンツが増えている。医療教育の実習現場を、360 度映像を用いて再現し、学習者が場面の重要な点に着目できているか、視線解析から可視化することで理解度、スキル変化の特徴を掴むことが可能となる。本研究ではその基礎段階として、HMD 付属のアイトラッカを用い、複数地点での視覚情報の変化に対する挙動を解析する。これにより教育上必要な指示の与え方、理解度の把握などを旨とする。

**キーワード**: 教育, 訓練, 視線分析

### 1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) の知名度の向上や、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) の普及に伴い、VR を用いたサービスが様々な分野で活用されている。その中でも教育分野において、実習や訓練で VR を使用した例が報告されている[1]。さらに、医療分野教育に特化した VR コンテンツを提供するサービスも存在している[2]。

医療教育の中で、実地で行われる臨床実習は、指導教員よりリアルタイムにアドバイスを求めることができる。しかし、時間的・場所的制約、さらに一度に実習を行える人数に限られるといった機会的制約がある。また、実地での臨床実習は、医療の受け手に必ずしも聞こえたとよくない内容も会話として含まれる可能性も高い。一方、VR を用いたシミュレーション実習では、利点として場所や時間、人数などの制約を受けずに一人でも学習できるが、教員からの適切なフィードバックをリアルタイムに得ることは難しい。また、指導教員はそもそも対面型であっても学習者が適切な部位に注目しているか特定することは困難である。現状行われている実地での臨床実習と VR を用いたシミュレーション実習それぞれの難点を解決する手法として、VR を用いたシミュレーション実習中に検出される学習者の視線情報を把握し、そこからの行動・理解度の解析とともに適切なアドバイスや指示を与えるシステムを提案したいと考えた。

医療現場は患者を中心に複数の医療者の動きがあり、学習者は患者だけではなく、周囲の動きや様々なモニタリング、治療機器等を幅広く観察する必要がある。本システムが実現すれば、学習者が注視すべきところを注視できていない際に、ガイドを表示する等の補助を受けられたり、観察すべき場面を注視できていたか、実習後に自らの行動の振り返ることも可能である。このため、臨床実習やシミュレーション実習で得られる学習効果以上のものを得られると考える。特に医療安全教育においては、適切な「目配り」を修得することが重要である。また、教員にとっても学習者の理解度やスキルを定量的に把握することが可能となり、教員の負担も減らすことを期待している。医療教育の現場では、2019 年より感染が拡大している新型コロナウイルスの影響により、臨床実習を行うことが難しくなっており、この対応が急務である。

本稿では、その基礎段階として HMD を用いて、複数地点で変化する視覚刺激を提示し、HMD に付属しているアイトラッカを用いて変化の事前情報の有無による視線の変化を、教示要因と環境変化要因について調査する。本調査より、インタラクティブな指示を出すための視線情報の処理に役立てることができると考えられる。

2. 実験

本実験では、360度映像の中で、特定位置が変化した場合の視線の変化や、反応率について調査した。VR空間にて変化する箇所の教示の違いや、変化する色の輝度差の違いによって、視線の変化を明らかにした。

教示要因では、変化する地点を事前に教示したかどうか、注視行動に影響をおよぼすかを調べた。(1)自らの意思で変化を探索する内発的な注意と、(2)外界の変化によって視線が引きつけられる外発的な注意とが発生する場面で、教示によって(2)への意識を向けさせることで視線の動きが異なることが予測された。さらに、変化する領域が事前に知らされることによってそれらのオブジェクトを検出する検出率の向上、変化への反応時間が減少すると予想した。また、変化条件については、輝度差の強さを変化させることで気づきや視線の引きつけに違いが起こるのかを調べた。

2.1 実験方法

2.1.1 被験者

実験には11名の被験者が参加した。被験者は男性10名女性1名であった。年齢は21-24歳(平均年齢は22.45歳、SD = 0.9875)であり、全員が工学院大学に所属していた。すべての被験者は裸眼または矯正によって健常な視力であった。なお、本実験にあたって実験協力者にはあらかじめ同意書および教示文にて実験内容の説明を行っており、また「工学院大学ヒトを対象とする研究に関する倫理審査委員会」による審査により承認を得た。

2.1.2 装置

刺激呈示には、HMDおよびイトラッカとして、VIVE Pro Eye (HTC社)を使用した。また、HMDをトラッキングするために、HTC社のBase Station 2.0を2つ使用した。刺激制御にはサードウェア社のデスクトップPC、Galleria UA9C-R39を使用した。これにはCore i9-11900K (Intel社)のCPUとGeForce RTX3090 (NVIDIA社)のグラフィックカードを搭載しており、メモリは64GBであった。また、刺激の呈示にはUnity 2019.3.8f1を用い、VR開発の基本ツールであるSteamVR、イトラッキング情報の取得にSRanipalRuntimeを使用した。

2.1.3 実験環境

バーチャル環境(以下VE, Virtual Environment)に球形のスクリーンを設置し、360度カメラで撮影された救急治療室の画像を投影した。救急治療室のベッドが投影されている部分の上に、人を模したオブジェクト(以下、患者)を設置し、患者頭部の色、またはディスプレイ部の輝度が変化するように設定した。オブジェクト設置後のVEの様子を図1に示す。図1では、色に変化するディスプレイの周辺を赤い四角形として示す。Unityのカメラ位置は試行開始時にスクリーン中心部に来るよう、設定した。また、各試行前に教示内容が被験者に呈示された。

2.1.4 実験手続き

実験刺激として、患者の頭部または、ディスプレイの

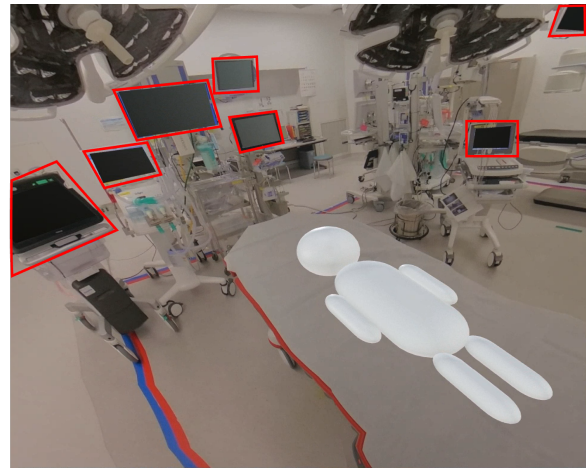


図1: オブジェクト設置後のVEの様子 (赤枠はディスプレイを示す.)

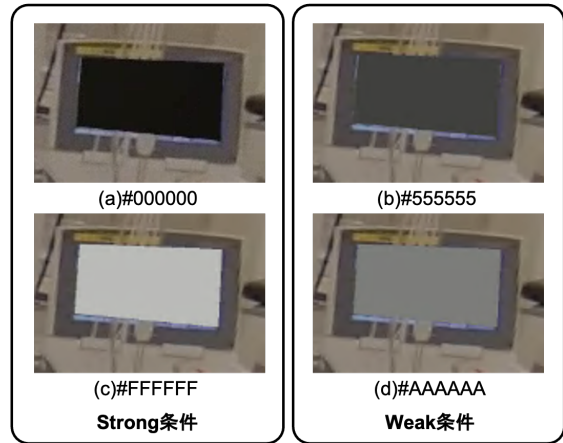


図2: 輝度に変化した際の各ディスプレイ

場所を2~5秒ごとにランダムに1カ所選定し、色を変化させた。1試行は約30秒間行われた。

被験者にHMDを装着させ、イトラッカのキャリブレーションを行った。その後、患者の処置を行うメンバの一員であるというシナリオを教示した。ベッドに寝ている患者を観察し続け、場面全体(試行中にぐるりと見渡して見える範囲)のどこかが変わったら手元のキーボードのスペースキーを押すよう教示した。本実験が開始する前にVEを被験者に確認させ、患者の位置や部屋を時間制限なく観察させた。観察が終わった旨を被験者が実験者に伝えた後、本実験を開始した。教示要因として、患者に注意を向けるよう教示する集中指示条件と、患者とディスプレイのどちらにも注意を向けるよう教示する拡散指示条件の2条件で行った。実験は、集中指示条件を10試行実施したのち、拡散指示条件を10試行、合計20試行実施した。集中指示条件が行われた後、周囲のディスプレイも変化していた旨を教示した。また、ディスプレイに処置に必要な情報が表示されることを想定し、場面全体が変化をした際にスペースキーを押すよう教示をした上で**試行拡散指示条件**を実施した。

また、輝度変化要因として、ディスプレイの輝度変化

の明暗差が小さい Weak 条件と、明暗差が大きい Strong 条件の2条件で行った。Weak 条件は、ディスプレイの明暗変化が、カラーコード#555555 と#AAAAAA の間を変化する条件であり、Strong 条件は#000000 と#FFFFFF の間を変化する条件である。各色へ変化をしたディスプレイを図2に示す。1試行の中で、色の変化は7～12 回行われ、Weak 条件と Strong 条件の出現回数はそれぞれ2～3回であった。また、各試行における Strong 条件と Weak 条件の出現回数は同数であった。

2.2 結果

2.2.1 注視時間

球形スクリーンと視線の交点を注視先とし、対象物のカテゴリごとに注視時間の割合を算出し、教示要因と注視先の分析を行った。本実験では、各試行時間が異なっていた。試行時間が異なることで、値にばらつきができてしまうため、各試行の共通の指標として注視時間の割合を用いた。注視時間の割合を図3に示す。誤差線は標準誤差を示している。

教示要因と注視箇所の2要因分散分析を行った結果、注視箇所の主効果が有意であった ( $F(1.018, 10) = 12.014, p = .006$ ) が、教示要因の主効果は見られなかった ( $F(1, 10) = 2.128, p = .175$ )。また、教示要因と注視箇所間に交互作用が有意であった ( $F(1.024, 10) = 9.727, p = .010$ )。そこで、オブジェクトごとに教示要因の単純主効果を分析した結果、注視箇所が「患者」の場合 ( $F(10, 1) = 9.238, p = 0.012$ ) および「その他」の場合の教示による有意差があった ( $F(10, 1) = 10.937, p = 0.008$ )。また、図3のグラフより、「ディスプレイ」はほとんど注視されていないことが自明である。これらのことより、「患者」、「ディスプレイ」の間に大きな差があること、「ディスプレイ」の注視がほとんどされないことがわかる。これは、集中指示条件で「患者」を見ていたが、拡散指示条件では周囲を観察していた結果、「患者」を直視する割合が減り、変化をする箇所が「ディスプレイ」であったにも関わらず、「その他」に目を向ける頻度が増えたからであると考えられる。

2.2.2 反応正答率

各オブジェクトの色変化後にスペースが押されたものを正答とし、スペースが押されず次の色変化まで反応がなかった場合を誤答とした上で、各試行についての各条件における正答率を算出し、被験者ごとに試行間の平均正答率を算出した。全被験者の平均正答率を図4に示す。誤差線は標準誤差を示している。「患者」条件は正答率がほぼ1であること、ディスプレイについての解析であるため、「患者」条件の正答率は解析から除外した。

教示要因と変化条件の2要因分散分析を行った結果、それぞれ主効果が有意であった(教示要因： $F(1, 10) = 13.126, p = .005$ , 変化条件： $F(1, 10) = 19.725, p = .001$ )。一方で、教示要因と変化条件間での交互作用は有意ではなかった ( $F(1, 10) = 0.052, p = .824$ )。解析結果より、事

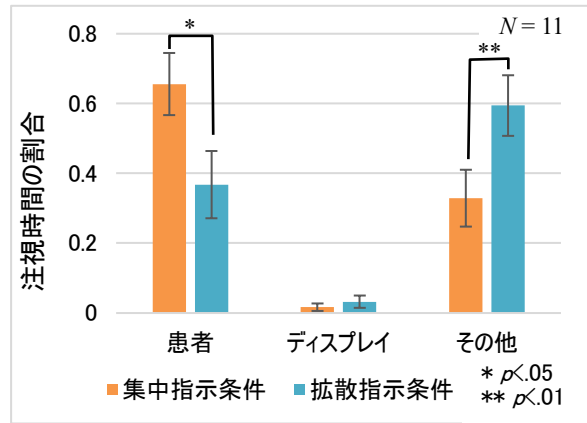


図3：注視時間の割合

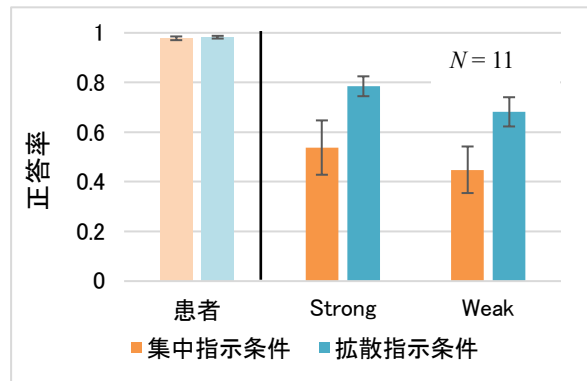


図4：患者とディスプレイの反応正答率

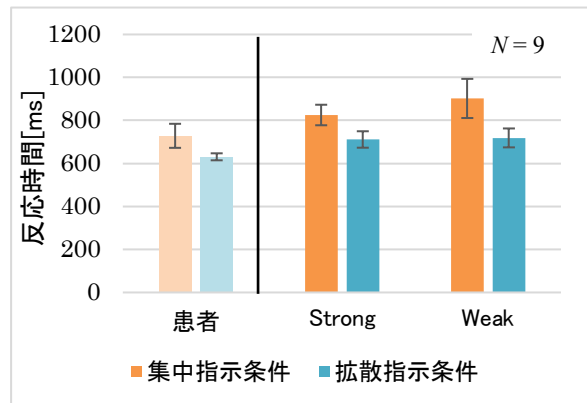


図5：患者とディスプレイの反応時間

前に教示を受け、さらに輝度差が大きいことで、正答率が向上することがわかった。

2.2.3 反応時間

各オブジェクトの色変化から、スペースが押されるまでの時間を、反応時間とした。色変化から次の色の変化までに1度も反応がなかった(正答率が0)場合エラーデータとしその被験者のデータを除外し、分析を行った。被験者2名が除外対象であったため、9名に対して解析を行った。反応時間を図5に示す。誤差線は標準誤差を示している。ディスプレイについての解析であるため、患者条件の反応時間は解析から除外した。

反応時間について教示要因と変化条件の2要因分散分

析を行った結果、教示要因の主効果が有意であった ( $F(1, 8) = 5.403, p = .049$ )。一方で、変化条件の主効果には有意差がみられず ( $F(1, 8) = 1.134, p = .049$ )。教示要因と変化条件間での交互作用は有意ではなかった ( $F(1, 8) = 0.427, p = .532$ )。解析結果より、事前に教示を受けることで反応時間は短くなることがわかった。

### 2.3 考察

注視時間の結果より、ディスプレイの変化を教示により示唆したにも関わらず、ディスプレイを注視する時間が変化せず、人をみる時間が少なくなっていることがわかる。一方で、ディスプレイの反応正答率は向上していることがわかる。このことより、変化するとわかっているオブジェクトであっても視野中心で目視せず、全体を見渡せる位置で注視先は「その他」の領域に移行しており、その頻度から変化検出の有無を確認できることが示唆される。また、中心視に比べて周辺視のほうが輝度変化に敏感であることが知られている[3]。このことより、今回のタスクは輝度変化が中心であったため、輝度変化に敏感な周辺視でオブジェクトを観察していたとも考えられる。しかしただ、実際の医療現場では、画面の中に記載されている波形や文字を読み取る必要があり、変化を認めるだけでは不十分である。そのため、輝度の変化のような大きな変化ではなく、文字列や図形の変化などを読み取るタスクなどを被験者に課すことで、実際の医療現場に近い状況での視線の動きを取得できるのではないかと考える。

また、反応正答率について、集中指示条件から拡散指示条件で向上したことより、変化する箇所の事前認識によって観察すべき場所を意識して観察をすることが可能となると考えられる。さらに今回の実験は外因的に被験者の注意を引いたが、医療現場では、内因的に自ら情報を確認する必要がある。そこで、適切なタイミングで見るべきところに視線が行っていない場合、輝度差の高いガイドで示すことで、視線を誘導することができるのではないかと考えている。ディスプレイ他、重要な情報が呈示される場所についての指示は、事前の研修教育によりその重要性を十分認識させることが必要かもしれない。

本実験の結果解析とは別に、教員や学習者に向けた理解度やスキルの把握の手助けとなる視線情報の可視化ツールの作成も併せて行っている。拡散指示条件を行っているデータを1つ取り出し、視線の可視化ツールによって出力させた画像を図6に示す。各バーはそれぞれ設定されたターゲットオブジェクトを示しており、黄緑色はそのオブジェクトに視線が行っていたことを示している。また、一番上のバーは設定されたターゲットオブジェクトを見ていない事を示しており、2～6番目は患者を模したオブジェクト、7番目以降はディスプレイを模したオブジェクトを被験者が見ていたことを示している。この可視化ツールについても使用感やわかりやすさ等の調



図 6：可視化ツールの出力サンプル

査を行い、より改善していく必要があると考えている。

### 3. まとめ

本稿では、VR 実習シミュレータ作成の基礎段階として、VR 環境における視線の移動について明らかにした。色や~~(輝度)~~が変化する場合、周辺視野で観察をすること、変化する箇所の事前確認によって正答率が向上することがわかった。また、輝度差の強い刺激については反応時間が早く、視線誘導を行う際に有効であることも示唆された。今後の展望として、輝度条件以外の変化について文字や記号を注視させた際の視線、~~→~~正答率等の調査、及びインタラクティブな情報提示方法として、高輝度差のガイドを用いる方法の検討、さらには視線情報可視化方法の検討を行い、VR 実習シミュレータの完成を目指す。

**謝辞** 本研究の一部は2020年度および2021年度東京医科大学・工学院大学「医工連携研究」による補助、および一部はJSPS **科学研究費**(課題番号 JP20H00608)の助成により行われた。

### 参考文献

- [1] 丸山智美, 清水彩子, 河原ゆう子, 伊藤久敏, “VRを活用した「火」の学びの教材,” 日本調理科学会誌, 2020, 53 巻, 4 号, p. 292-294 .
- [2] Oxford Medical Simulation - Virtual Reality Healthcare Training, <https://oxfordmedicalsimulation.com/>, 2022 年 7 月 14 日閲覧 .
- [3] 倩穎戴, 中村 芳樹, 周辺視野における明るさ知覚に関する研究, 照明学会誌, 2012, 96 巻, 11 号, p. 739-746 .