

2021年度 卒業論文  
アイジェスチャを用いた仮想空間の  
移動方法の実装と評価

大阪工業大学情報科学部情報メディア学科

ヒューマンインタフェース研究室

C18-017 植月 春年

2021年2月28日 提出

## 目次

1. はじめに . . . . .	3
1.1. 研究背景 . . . . .	3
1.2. 関連研究と本研究の目的 . . . . .	3
2. 実装内容 . . . . .	5
2.1. 異文化体験型教材「かぐや姫」の概要 . . . . .	5
2.2. 設計方針 . . . . .	6
2.3. 設計方針の実装内容 . . . . .	6
2.4. 開発環境 . . . . .	15
3. 初期評価 . . . . .	16
3.1. 初期評価の概要 . . . . .	16
3.2. 評価項目 . . . . .	18
3.3. 実験環境 . . . . .	18
3.4. 実験手順 . . . . .	19
4. 結果 . . . . .	20
4.1. 操作性についての設計方針の充足度 . . . . .	20
4.2. VR酔いについての設計方針の充足度 . . . . .	24
4.3. VR酔いや操作性に関するヒアリング . . . . .	25
5. 考察 . . . . .	27
5.1. 設計方針の充足度についての考察 . . . . .	27
5.2. VR酔いや操作性に関するヒアリングについての考察 . . . . .	29
6. おわりに . . . . .	31
謝辞 . . . . .	31
参考文献 . . . . .	32
付録 . . . . .	33

# 1. はじめに

## 1.1. 研究背景

昨年，Facebook 社が社名を Meta に変更するとして，「メタバース」という言葉が普及した．メタバースとは，主に VR 機器を用いて現実世界に体を置きながらも仮想空間内で自由に行動できる空間のことで，オンライン会議やゲームなどで使用が広がっており注目を集めている．また，ブロックチェーンの活用により NFT と呼ばれるデジタルデータにオリジナル情報を付与することで，デジタルデータを資産としても扱えるようになり，ビジネスの分野でも活用が期待されている [1]．

一方で，VR 機器を使用する際の懸念点の一つとして VR 酔い（映像酔い）があげられる．VR 酔いとは，例えばダイナミックに動き回るような映像を見た際に，車酔いに似ためまいや吐き気などの症状が現れる状態のことを指す．しかし，この症状の原因は明確に説明しておらず，多くの研究者の間では視覚で得た情報と身体の感覚の不一致から起こるものや VR 空間を見回した際の頭部の揺れから起こるものだと考えられている [2]．これらのことより様々な分野で VR 化が注目されている中，VR 酔いが考慮された操作方法などの開発が望まれる．

## 1.2. 関連研究と本研究の目的

本研究の先行研究として，小谷が作成した異文化体験型教材である「かぐや姫」[3]を VR 化し仮想空間で実装した松永教材 [4]，竹村教材 [5]がある．松永教材では Daydream というヘッドマウントディスプレイ（以下 HMD）を用いて頭部を前後左右に動かすことで移動を，コントローラーを用いてその他の操作を実装し，竹村教材では Oculus Rift S という HMD を用いて主にコントローラーで移動や操作を実装していた．しかし，Daydream 版，Oculus 版のどちらにおいても VR 酔いの症状が多くみられ，VR 酔いの軽減に考慮した移動や操作方法の開発が必要であると考えられた．

HMD を使用した状態での操作方法の 1 つにアイジェスチャがあり，アイジェスチャを仮想空間の操作コマンドとして実装，評価した実験として，夏目らが単一アイジェスチャ，直列型アイジェスチャを 2 つの応用事例で検証している [6]．単一アイジェスチャとはそれ一つだけを行うことで入力を行うアイジェスチャであり，直列型アイジェスチャとは二つのアイジェスチャを連続して行うことで一つの入力を行うアイジェスチャである．瞬きを用いた際の単一アイジェスチャ，直列型アイジェスチャについて図 1 に示す．実験では，単一アイジェスチャとして注視での入力が高い評価を得ていた．また誤動作に気をつけなければならないが単一，直列型アイジェスチャとして瞬きでの入力が高い評価を得ており，万人向

けではないが同じく単一，直列型アイジェスチャとしてウインクでの入力が高い評価を得ていたことが示されている [6] .

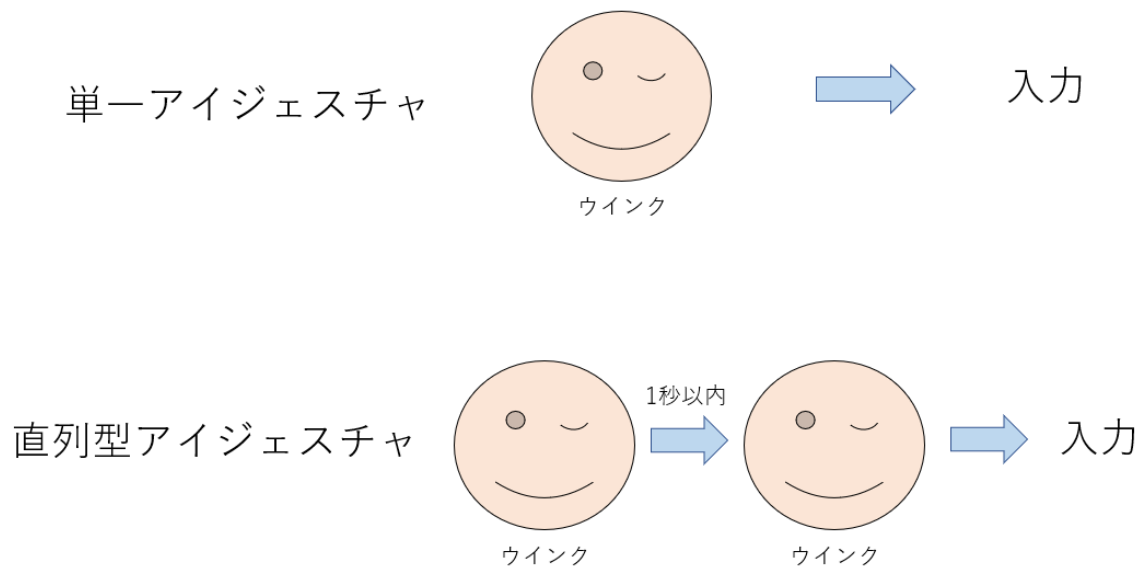


図 1 単一アイジェスチャと直列型アイジェスチャ

また，視点移動映像視聴時の酔いについて検証した研究に磯部らの「視点移動映像視聴時の注視と予告の酔いと速度および注視行動への影響」がある．この研究では視点移動が行われる映像を見る際に被験者の見る場所を定める固視点を提示すること，またその固視点を映像の移動方向に，映像が移動する少し前に先に動かすことで，固視点がない場合よりも視運動性眼振が抑制され，酔いが少なかったことが示されている [7] .

そこで本研究では先行研究 [3] を視線計測が可能な HMD を用いて，瞬きやウインクなどのアイジェスチャを使用し，さらに視線先に視線の目安となるポインタを表示することで，VR 酔いの軽減を目的とした移動や操作方法の開発を目的とする．また，アイジェスチャによるハンズフリーでの操作方法により，VR 分野における様々なアイジェスチャの有用性の確認も目的とする．

以下，第 2 章に実装内容と設計方針について，第 3 章に初期評価と実験について記述する．第 4 章に初期評価の結果及び設計方針の充足度について，第 5 章に結果の考察について記述する．

## 2. 実装内容

本章では，アイジェスチャ用いた操作と設計方針及び移動方法の実装内容について説明する．本研究では，先行研究で問題視されていた VR 酔いの軽減のため，視線計測が可能な HMD を用い，アイジェスチャのみで仮想空間内を移動，操作する方法を実装した．

### 2.1. 異文化体験型教材「かぐや姫」の概要

本研究で使用するアメリカの文化を疑似体験できる英語教材「かぐや姫」は小谷が開発したものである[3]．1 つのゲーム内でそれぞれ独立した 3 種類のストーリーが存在し，それぞれのストーリーによって on と in の違い，across と over の違いなどの英語の使い方について学べるゲーム型の教材である．またこのストーリーをクリアするまでに，仮想空間内を自由に散策する中で，日付表記の違い，町中に教会があるなどの異文化体験が可能となっている．

本研究では 3 つのストーリーのうち「若返り薬」ルートのみを実装し，被験者にクリアを目指してもらった．「若返り薬」ルートをフローチャートとして図 2 に示す．図 2 におけるかぐややグリンダは「かぐや姫」内のキャラクターである．

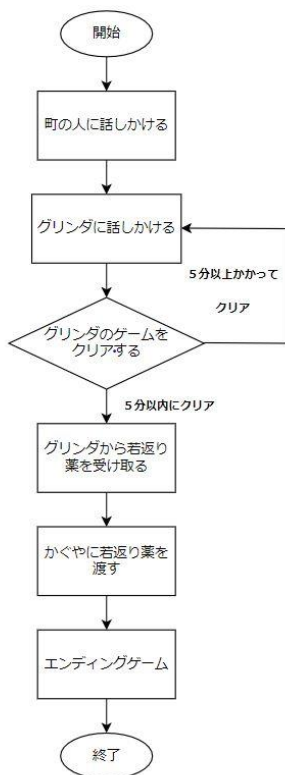


図 2 若返り薬のフローチャート

## 2.2. 設計方針

関連研究[6]より，本研究では注視，瞬き，ウインクの3つのアイジェスチャを主に使用し独自の単一アイジェスチャ，直列型アイジェスチャを5つ作成した．これらのアイジェスチャによる操作により，VR酔いを軽減し，誤動作がなるべく起こらないようにすること，またゲームとして誰にでも操作しやすいアイジェスチャであることを設計方針とした．

## 2.3. 設計方針の実装内容

若返り薬ルートクリアに必要な具体的なアイジェスチャと動作内容は①ウインク＋注視 1秒による移動，②瞬き 2回連続による会話文進行，③3秒間（または1秒間や2秒間）目を瞑ることでのシーン遷移，④オブジェクトを3秒間注視することでの選択肢の選択，⑤1秒間ウインクでの選択肢の選択，の計5つである．

①はかぐや姫の動作キャラクターである皇子を動かすためのアイジェスチャである．先行研究[5]より，テレポート移動がVR酔いの軽減に効果がある可能性があるとして示されているので，本研究でもテレポート移動を実装する．具体的な実装方法は，被験者の視線の先とゲーム内のオブジェクトがぶつかると，赤いポインタを表示する．このポインタはウインクした際にも表示されるので，被験者はポインタを目安に，ウインクをしながら移動したい場所を1秒間見ることによって皇子をテレポート移動させることができる．①の動作内容をフローチャートとして図3に，動作例を図4に示す．`eyeOpenLeft` や `eyeOpenRight` は `VIVE Pro eye` で計測できる目の開き具合を取得し数値化することができる関数であり，0が全く開いていない状態，1が完全に開いている状態である．

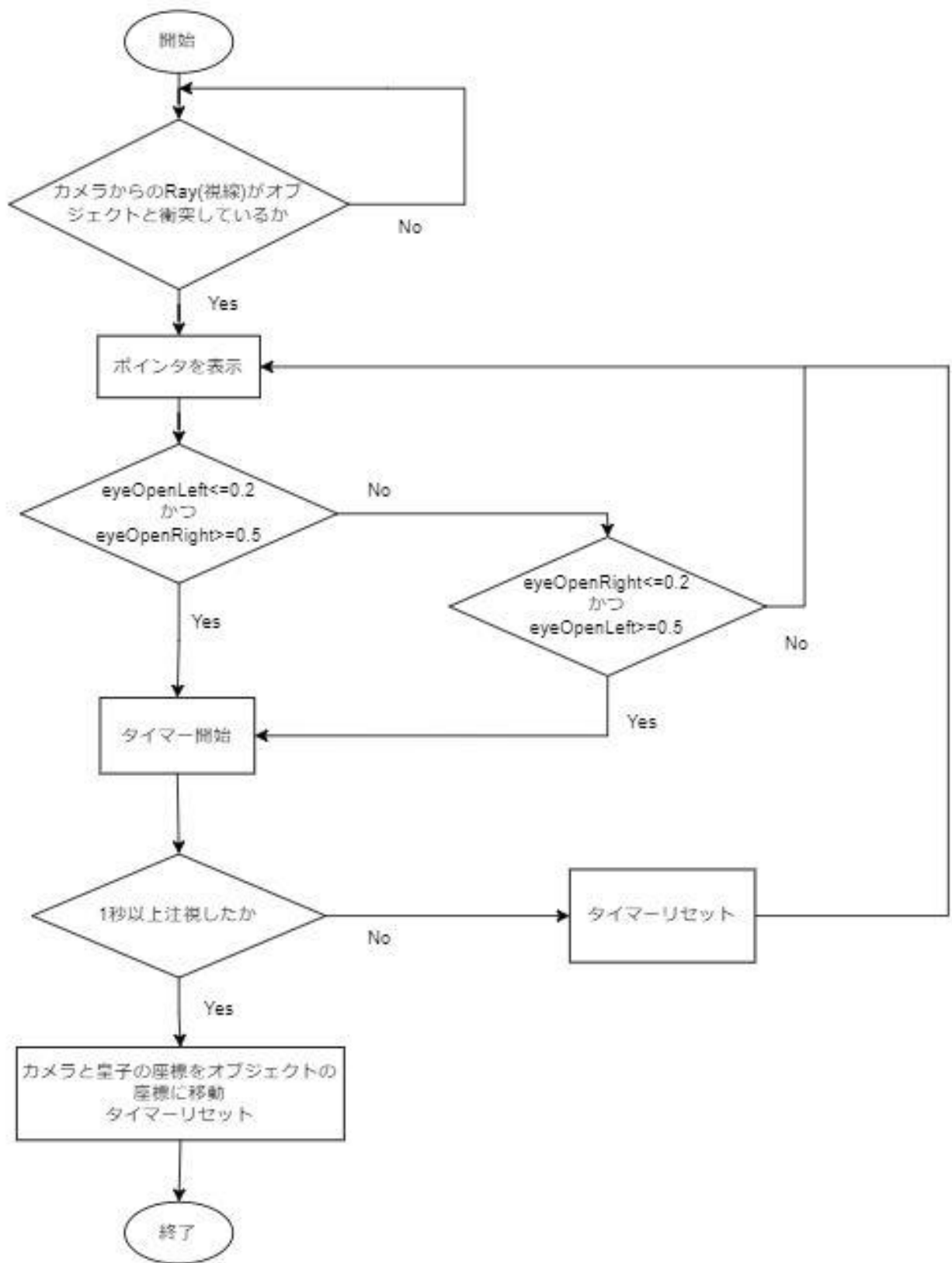


図 3 ① 「ウインク + 注視 1 秒」 のフローチャート



図 4 ① 「ウインク + 注視 1 秒」の動作例

②はゲーム内に登場するキャラクターとの会話を進めるためのアイジェスチャである。先行研究では、会話文進行はマウスのクリックや入力コントローラーのボタン押下により実装されていたが、本研究では瞬き→瞬きによる直列型アイジェスチャで実装した。瞬き 1 回だけでは無意識的に起こる瞬きと区別がつかなくなり、また瞬き 1 回をマウスのクリックと見立てることで、マウスのダブルクリックに似たような感覚でこの動作を行えるのではないかと考え、この操作で実装した。②の動作内容をフローチャートとして図 5 に、動作例を図 6 に示す。



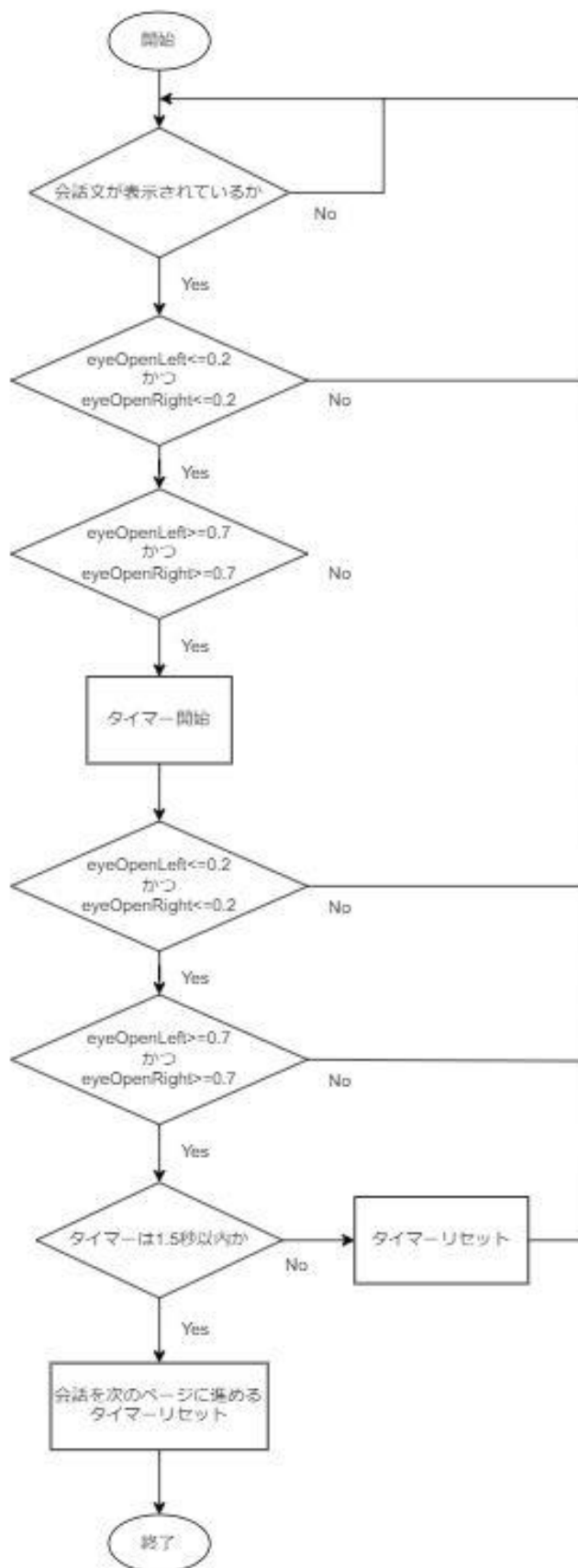


図 5 ② 「瞬き 2 回」のフローチャート

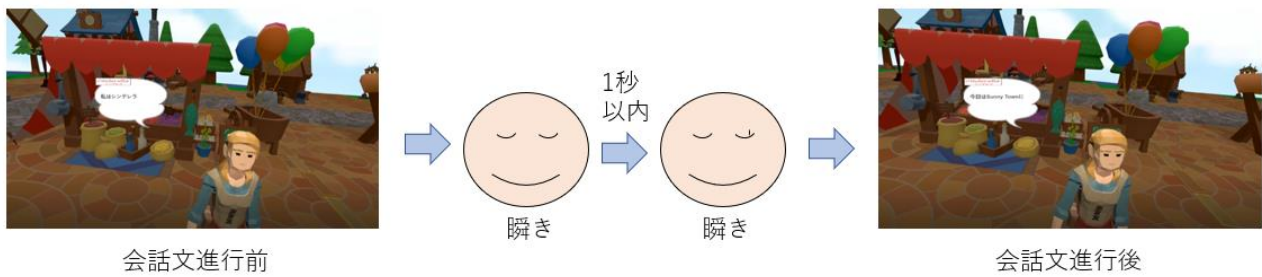


図 6 ② 「瞬き 2 回」の動作例

③は若返り薬ルートクリアに必須となる，シーン遷移を行うためのアイジェスチャである．若返り薬ルートでは，オープニングから探索パートに移る際，グリンダのゲームに移行する際，探索パートからエンディングゲームに移行する際にそれぞれシーン遷移が必要である．目を一定秒数瞑ることで別のシーンに入り込むような感覚で操作できるのではないかと考え，この操作で実装した．③の動作内容をフローチャートとして図 7 に，動作例を図 8 に示す．

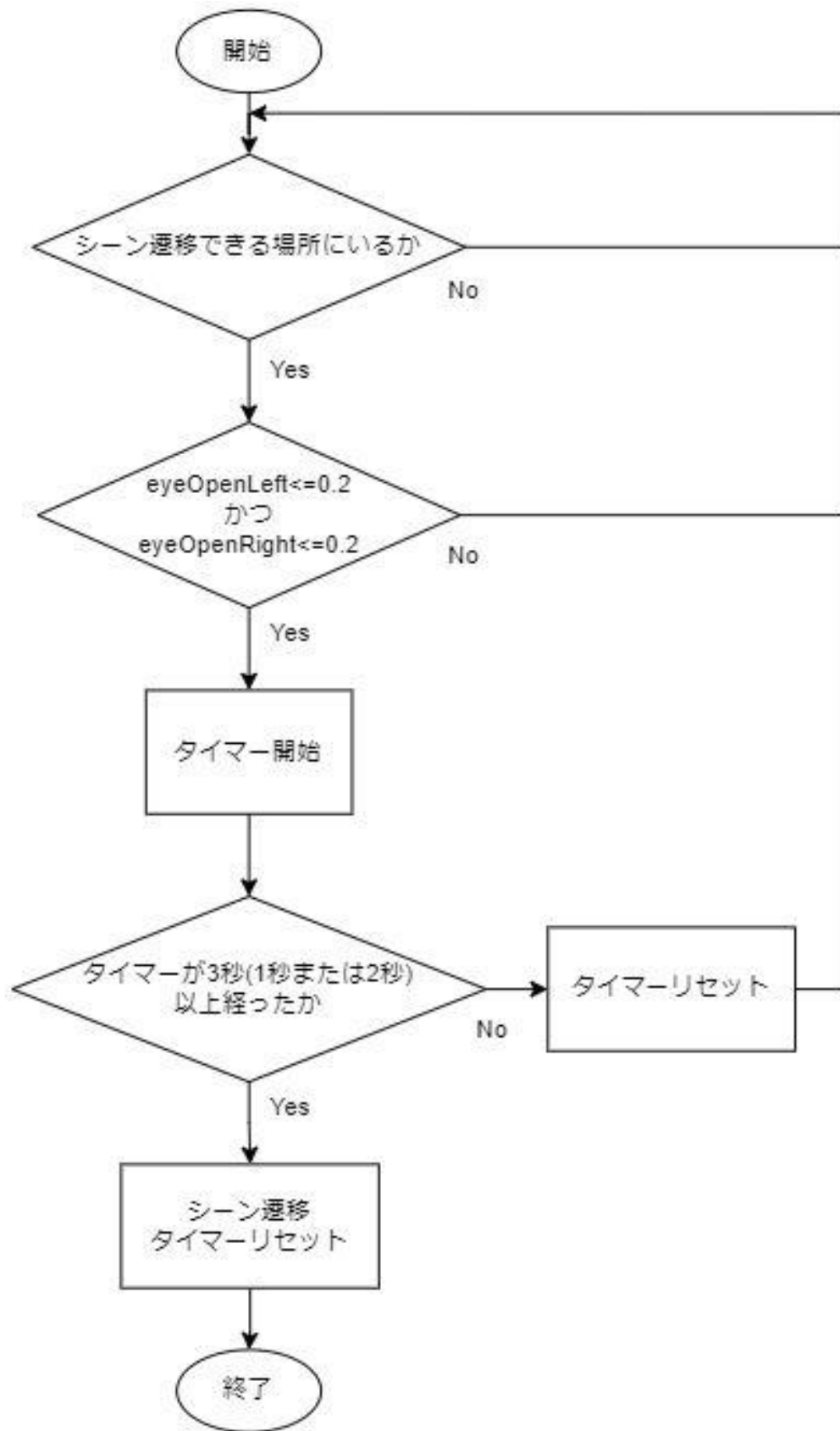


図 7 ③ 「3 秒間（または 1 秒間や 2 秒間）目を瞑る」のフローチャート

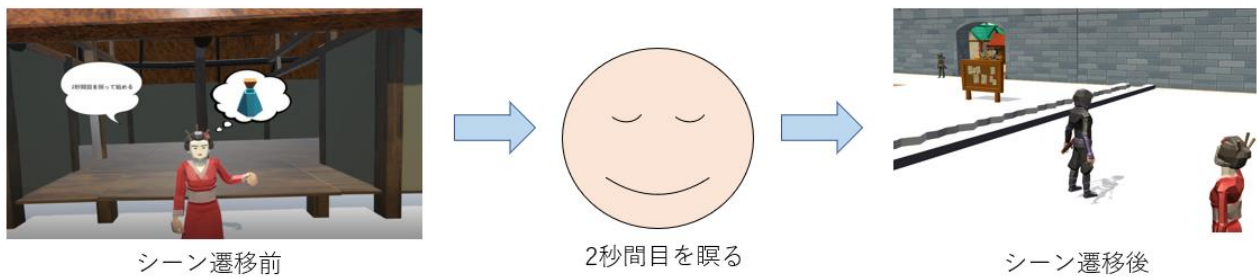


図 8 ③「3 秒間（または 1 秒間や 2 秒間）目を瞑る」の動作例

④はグリンダのゲームをクリアする際に必須となる，選択肢の選択を行うためのアイジェスチャである．グリンダのゲームでは 2 択で示されるクイズに正解する必要がある，問題文が出ているときのみ表示されるオブジェクトを 3 秒間注視することで選択を実装した．瞬きやウインクでの実装も考えたが①，②の動作と混同してしまう可能性があるためオブジェクトの注視のみで実装し，また 3 秒間とした理由はたまたま視線が向いてしまった際に選択の誤動作が起こらないようにするためである．④の動作内容をフローチャートとして図 9 に，動作例を図 10 に示す．

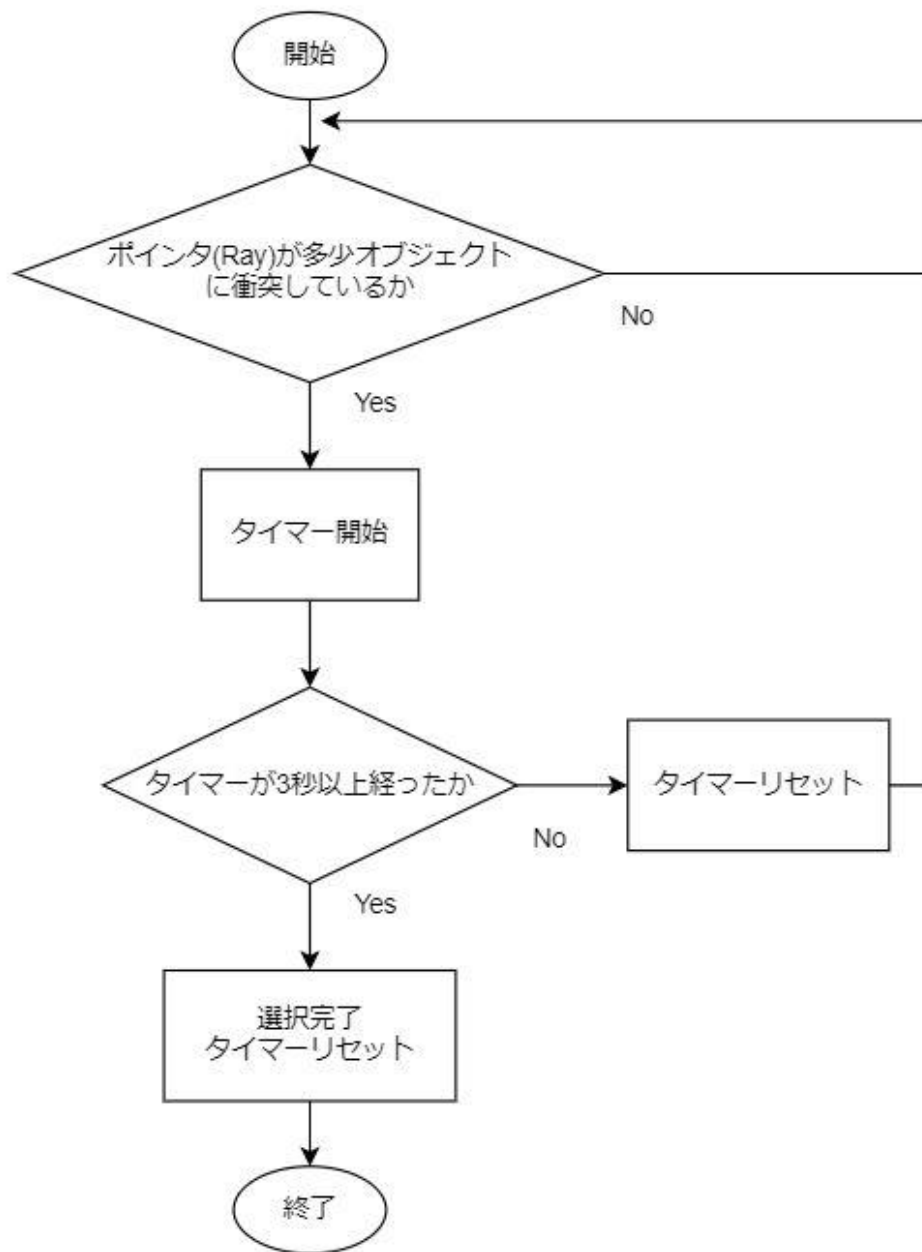


図 9 ④ 「オブジェクトを 3 秒間注視する」のフローチャート

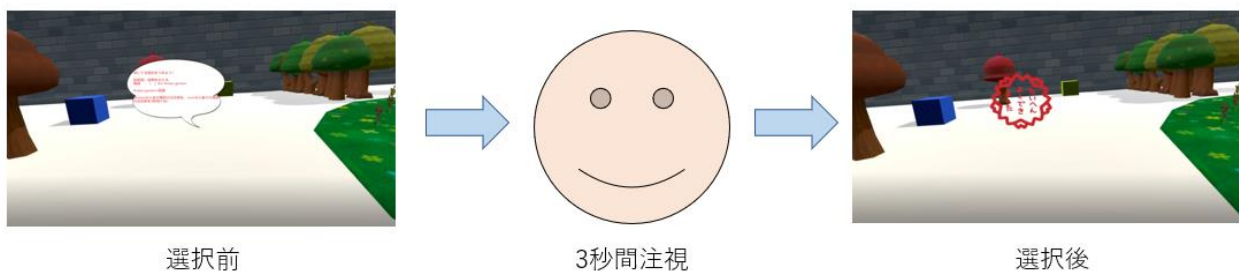


図 10 ④ 「オブジェクトを 3 秒間注視する」のフローチャート

⑤はタイトル画面からチュートリアルや本編に進む際，エンディングゲームで必須となる選択肢の選択を行うためのアイジェスチャである．④も同じ選択肢の選択を行うアイジェスチャであるが，タイトルやエンディングゲームのシーンでは①のアイジェスチャを使うことがないため，④との比較を行うためにもウインクを用いたアイジェスチャで実装した．右の選択肢を選ぶ場合は右目を閉じてウインクを，左の選択肢を選ぶ場合は左目を閉じてウインクをそれぞれ1秒間することで選択肢を選択することができる．右の選択肢を選ぶ場合の動作内容をフローチャートとして図11に，動作例を図12に示す．

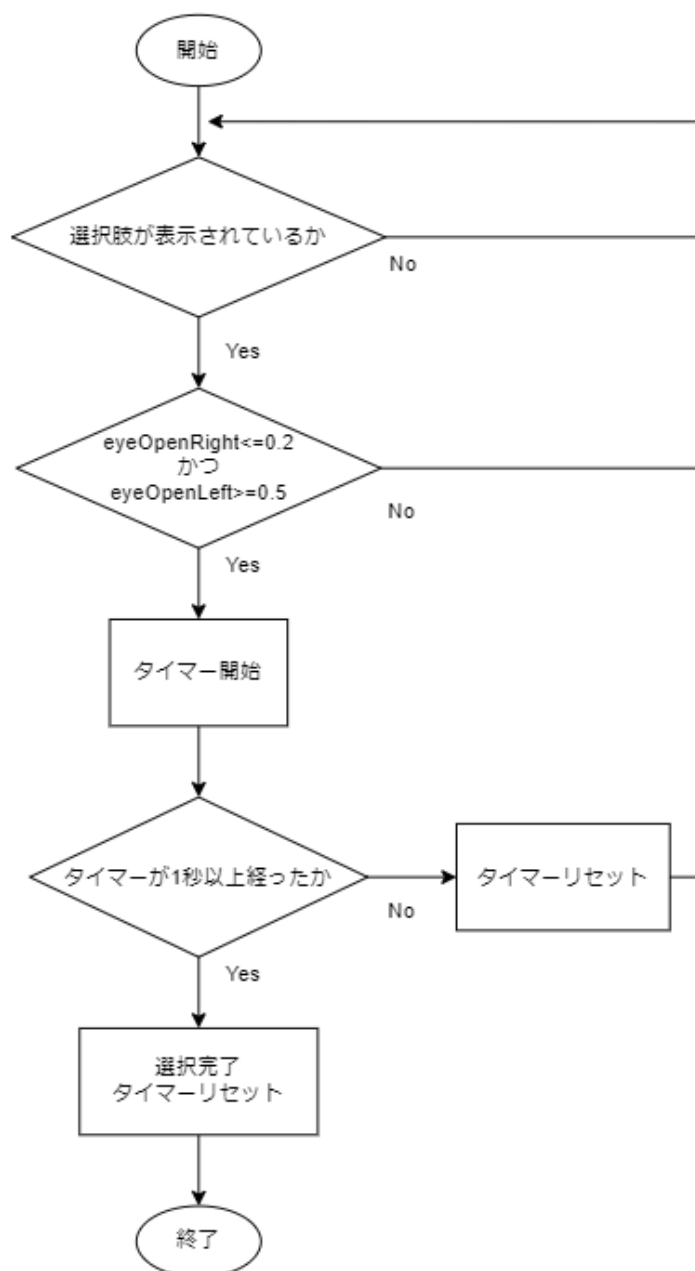


図 11 右目の「1 秒間ウインク」のフローチャート

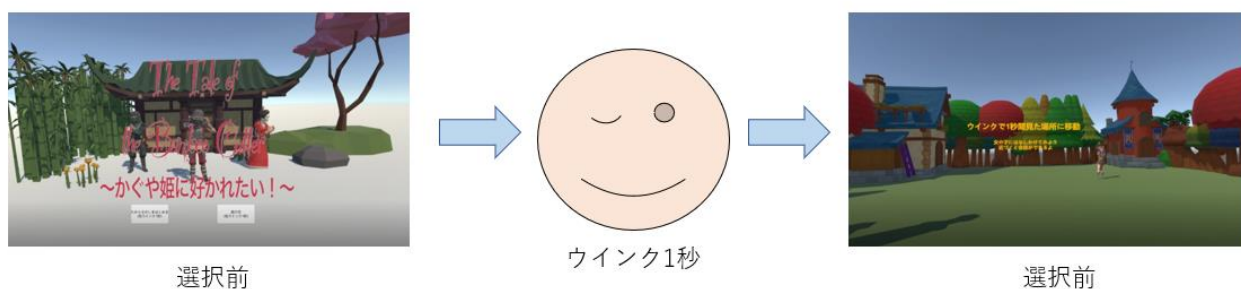


図 12 右目の「1 秒間ウインク」のフローチャート

## 2.4. 開発環境

本研究での開発環境として、HTC NIPPON 株式会社製のアイトラッキング技術搭載の VR 機器 (図 13), コンピュータゲーム等を開発することが可能な Unity2019.4.2f1 を使用し, 開発言語として C# を用いた. PC と使用デバイスの環境は以下の通りである.

使用 HMD : VIVE Pro eye

使用ディスプレイ : BenQ GL2450 1920×1080

CPU : Intel®Core™i7-8700 CPU @ 3.20GHz

GPU : NVIDIA GeForce GTX 1080 Ti

メモリ : 16.0GB

OS : Windows 10 Home

使用ソフトウェア : Unity2019.4.2f1

Microsoft Visual Studio (C#)

アセット : POLYGON-Samurai Pack, Japanese Village, Japanese Shrine Kit, Low Poly Dancing Rabbit, RPG Character Mecanim Animation Pack FREE, POLYGON-Fantasy Characters, Cartoon Hands-animated, Lowpoly Toon Cat Lite, Treasure Set-Free Chest, Vive-SRanipal-Unity-Plugin, steamvr\_2\_7\_3



図 13 VIVE Pro eye

### 3. 初期評価

本章では，本教材の初期評価の概要について述べる．本研究では，設計方針の充足度を測るために大学生に使用してもらい初期評価を行った．

#### 3.1. 初期評価の概要

被験者には本教材のゲームをクリアしてもらうように教示した．被験者は20～24歳の大学生19名（男性16名，女性3名）である．ゲームに慣れている人と慣れていない人，HMDを使用したことがある人とない人，ウイंकが得意である人と苦手である人で評価等に差が出ると考え，ゲームの経験年数やゲームをする頻度，HMD使用歴，ウイंकについての質問をアンケートによって聴衆した．

設計方針の充足度について評価及び比較するため，VR酔いを数値として測ることのできる Kennedy らが考案した SSQ ( Simulator Sickness Questionnaire ) [8] を日本語訳したもの [9] を利用した．これは各項目を「0: 全くそう思わない」～「3: 全くその通りだと思う」で回答を求め，気持ち悪さ，眼精疲労，めまいの3項目を数値化して表すことができる．また映像酔いの程度を測る尺度である SSQ-TS [10] を用いて映像酔いについても評価する．SSQ-TS は SSQ の3項目の素点をそれぞれ足し合わせ，そこに 3.74 をかけたもので，これは VR 酔いの研究において，SSQ データを計算し比較するための定数である．SSQ のアンケート項目と評価方法を表 1，表 2 に，SSQ-TS の評価基準を表 3 にそれぞれ示す．この SSQ, SSQ-TS については先行研究である竹村教材 [5] と比較するものとする．



表 1 S S Q 評価アンケート [ 9 ]

No.	症状
1	全体的に気分が悪い
2	疲労感がある
3	頭痛がする
4	目の疲れを感じる
5	目の焦点が合わせにくい
6	唾液がよく出る
7	冷や汗が出る
8	吐き気がする
9	注意集中が困難である
10	頭重感がある
11	視界がぼやける
12	開眼で体がふらつく
13	閉眼で体がふらつく
14	回転性のめまいがする
15	胃重感がある
16	ゲップが出る

0	1	2	3
まったくない	少しある	中程度にある	大いにある

表 2 S S Q の 評価 方法 [ 9 ]

	①気持ち悪さ	②眼精疲労	③めまい
1	○	○	
2		○	
3		○	
4		○	
5		○	○
6	○		
7	○		
8	○		○
9	○	○	
10			○
11		○	○
12			○
13			○
14			○
15	○		
16	○		
	素点×9.54	素点×7.58	素点×13.92

表 3 SSQ-TS の評価基準 [10]

(①+②+③) × 3.74	
合計	分類
0	症状なし
<5	無視できる
<5-10	最低限の症状
<10-15	重大な症状
<15-20	症状が心配になる
<20	問題シミュレーター

### 3.2. 評価項目

評価項目は、ゲームの経験年数、アイジェスチャについて、操作性、SSQ 評価、全体を通してこの教材について、の計 5 項目である。アイジェスチャについてのアンケートではウイックが得意かどうかなどについての質問項目があり、操作性についてのアンケートではゲーム全体的な操作やそれぞれのアイジェスチャ使用した操作が操作しやすかったかなどの質問がある。この 5 つの中で特に操作性と SSQ 評価についての項目で設計方針が満たされていたかどうか確認し、また自由記述欄、アンケート後のヒアリングによって詳しく意見を聴衆した。SSQ 評価以外のアンケート項目では 5 段階のリッカート尺度を使用し評価を回答してもらった。アンケートの評価項目をまとめたものを付録に付属する。

### 3.3. 実験環境

本教材では HMD を被って被験者に操作をしてもらうため、被験者は周囲が全く見えない状態となる。そのため、常に実験者が被験者を目視で観察し、周囲の環境には十分に配慮を行った状態で実験を行った。また、ゲーム内で周囲を見渡す必要があるので回転する椅子に座って本教材を体験してもらった。実験を行っている様子を図 14 に示す。



図 14 実験を行っている風景

### 3.4. 実験手順

本実験を行うにあたっての実験手順を示す。

- ① 被験者に HMD を被ってもらい，アイトラッキングを行う。
- ② チューブリアルとしてアイジェスチャを用いた移動や会話文進行の練習を最大 10 分行ってもらう。
- ③ 若返り薬ルートクリア，もしくはギブアップまで教材を体験してもらう。目安時間は最大 30 分とした。
- ④ 5 分程度の評価アンケートに回答してもらい，その後口頭質問によるヒアリングを行った。

以上の実験手順により実験を行い，最大拘束時間は 60 分とした。

## 4. 結果

本章では，初期評価の結果を記す．

### 4.1. 操作性についての設計方針の充足度

はじめに，実験参加者をゲームをする頻度が多い人と少ない人，HMDを少しでも利用したことがある人と全く使用したことがない人にそれぞれ分類した．ゲームをする頻度での分類は，アンケートより「毎日」または「週5~6回」と答えた被験者をゲームをする頻度が多い，それ以外の被験者をゲームをする頻度が少ないとした．その後，アンケートのそれぞれの評価項目に対してt検定を行ったところ，ゲームの頻度での分類において「3秒間目を瞑るでのシーン遷移」は操作しやすいと感じたという質問項目で有意差は見られたものの，その他の質問項目での有意差は見られなかった．ゲームの頻度，HMD使用歴による「操作性について」，「全体を通してこの教材について」の質問項目の評価値の平均値を図15，図16，図17，図18にそれぞれ示す．

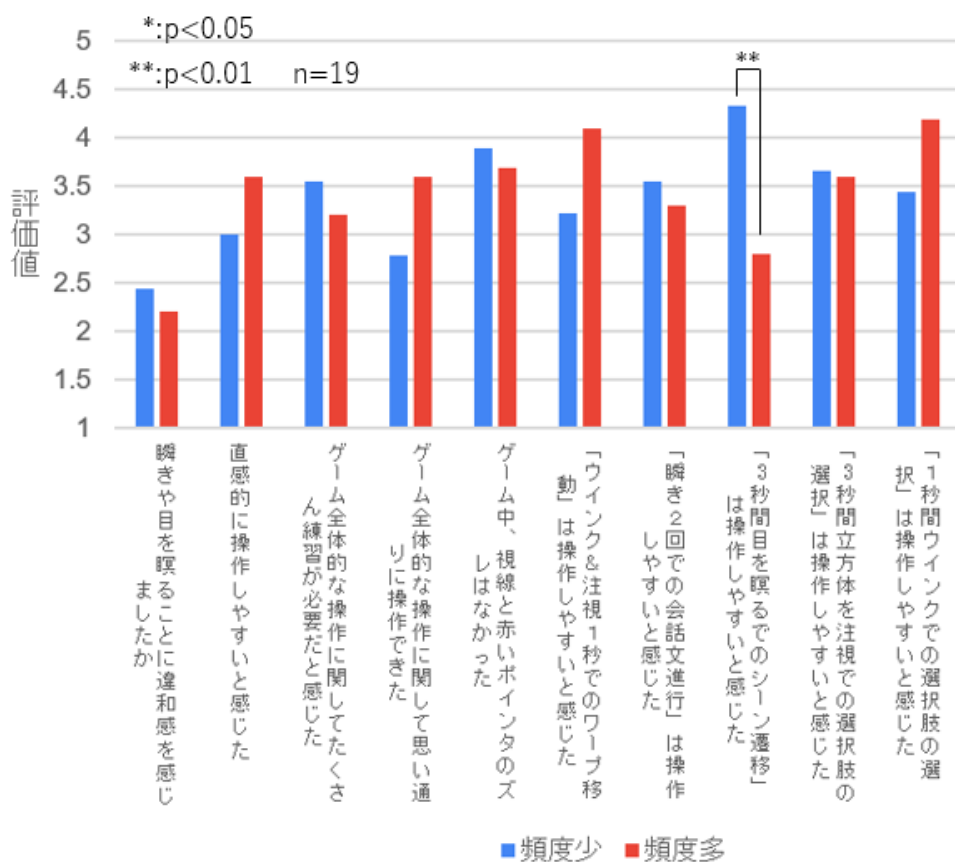


図 15 ゲームをする頻度が多いまたは少ないによる「操作性」のアンケート結果

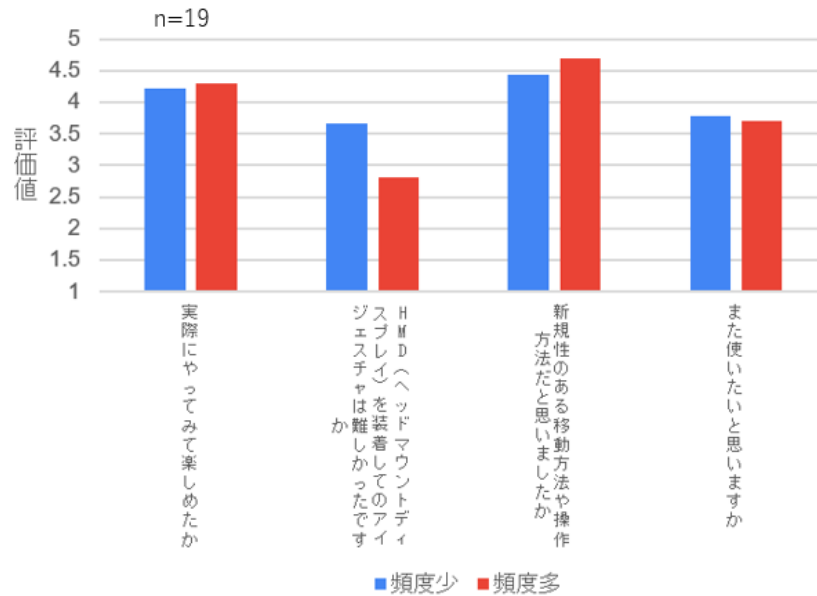


図 16 ゲームをする頻度が多いまたは少ないによる「全体を通してこの教材について」のアンケート結果

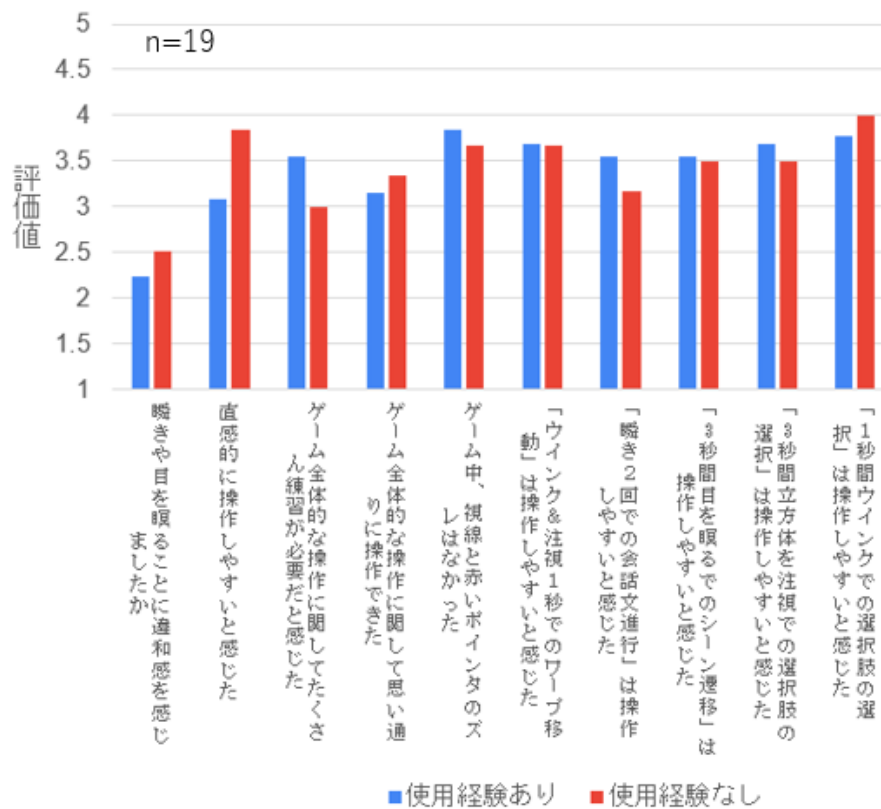


図 17 HMD の使用経験による「操作性」のアンケート結果

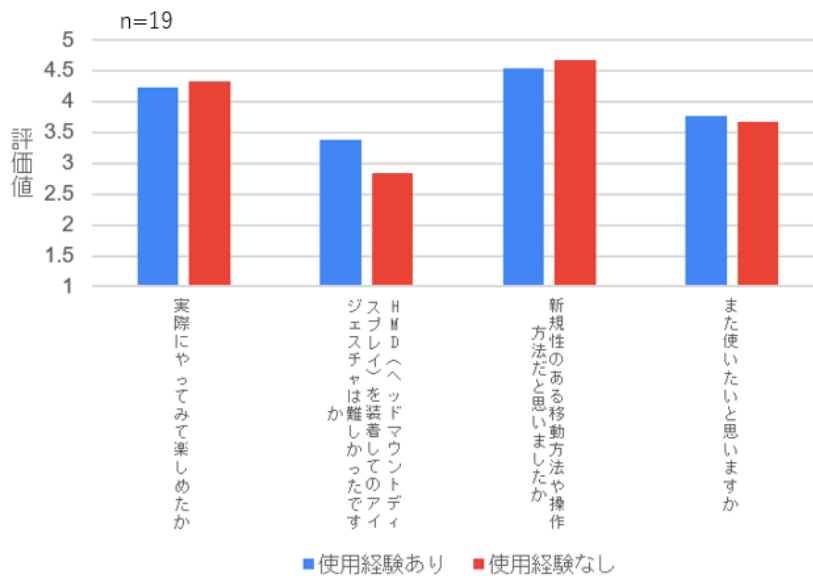


図 18 HMD の使用経験による「全体を通してこの教材について」のアンケート結果

次に、実験参加者をウイंकが得意である人と苦手である人に分類した。分類の基準は「ウイंकが得意ですか」の項目に対して「1：全くそう思わない」、「2：あまりそう思わない」を選択した人をウイंकが苦手とし、「4：そう思う」、「5：とてもそう思う」を選択した人をウイंकが得意とした。アンケートの各項目に対して t 検定を行ったところ、ウイंकが得意だと答えたグループが苦手だと答えたグループより「ゲーム全体的な操作に関して操作しやすかったですか」( $t(14) = 3.59, p = 0.003$ )や「実際にやってみて楽しかったですか」( $t(14) = 2.05, p = 0.03$ )等の項目で評価値が有意に高いことが示された ( $p < 0.05$ )。「操作性について」、「全体を通してこの教材について」の質問項目の評価値の平均値を図 19、図 20 に示す。

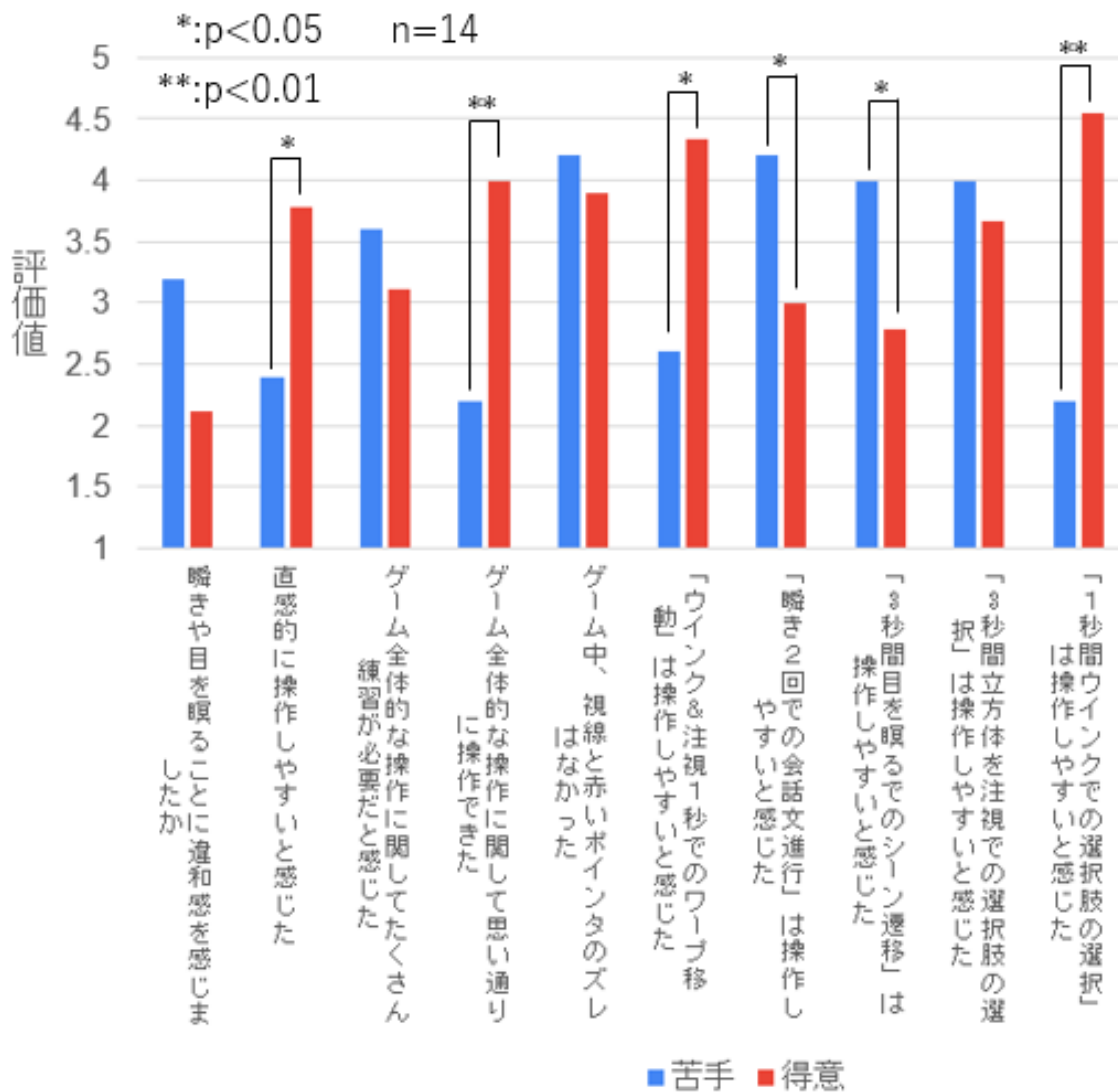


図 19 ウイंकが得意または苦手による「操作性」のアンケート結果

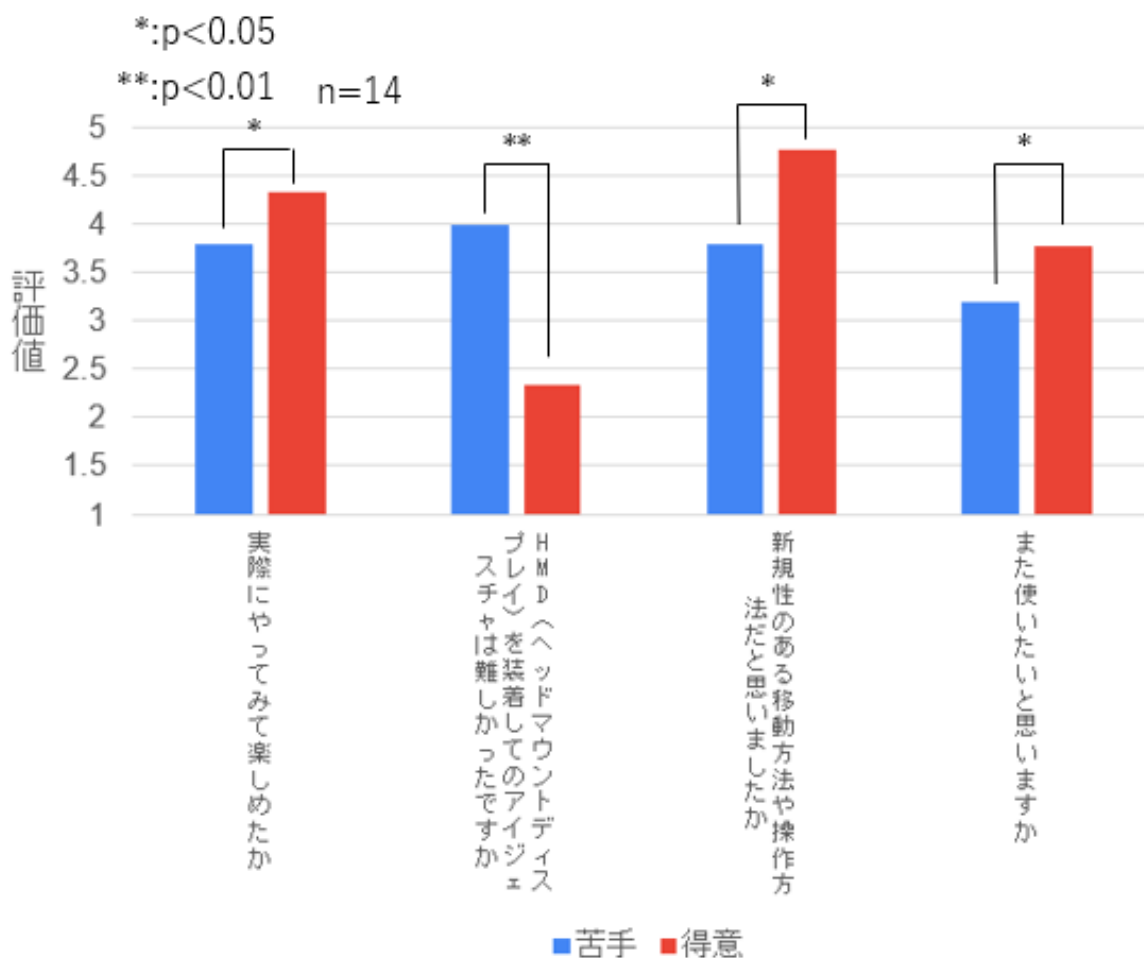


図 20 ウィンクが得意または苦手による「全体を通してこの教材について」のアンケート結果

#### 4.2. VR 酔いについての設計方針の充足度

先行研究である竹村教材[5]と比べ VR 酔いがどの程度軽減されたかを調べるため、本研究のアンケートの SSQ 評価値の値と先行研究の SSQ 評価値に対してそれぞれ t 検定を行ったところ、「眼精疲労」、「めまい」の項目に有意差は見られなかったが、「気持ち悪さ」の評価

( $t(14) = 2.71, p = 0.008$ ) が有意に低いことが示された ( $p < 0.01$ )。また、本研究の SSQ-TS の評価値の平均値と先行研究の SSQ-TS 評価値の平均値に対して t 検定を行ったところ、値は低くなっていたが有意な差は見られなかった。本研究の SSQ, SSQ-TS 評価値の平均値と先行研究の SSQ, SSQ-TS 評価値の平均値を図 21 に示す。



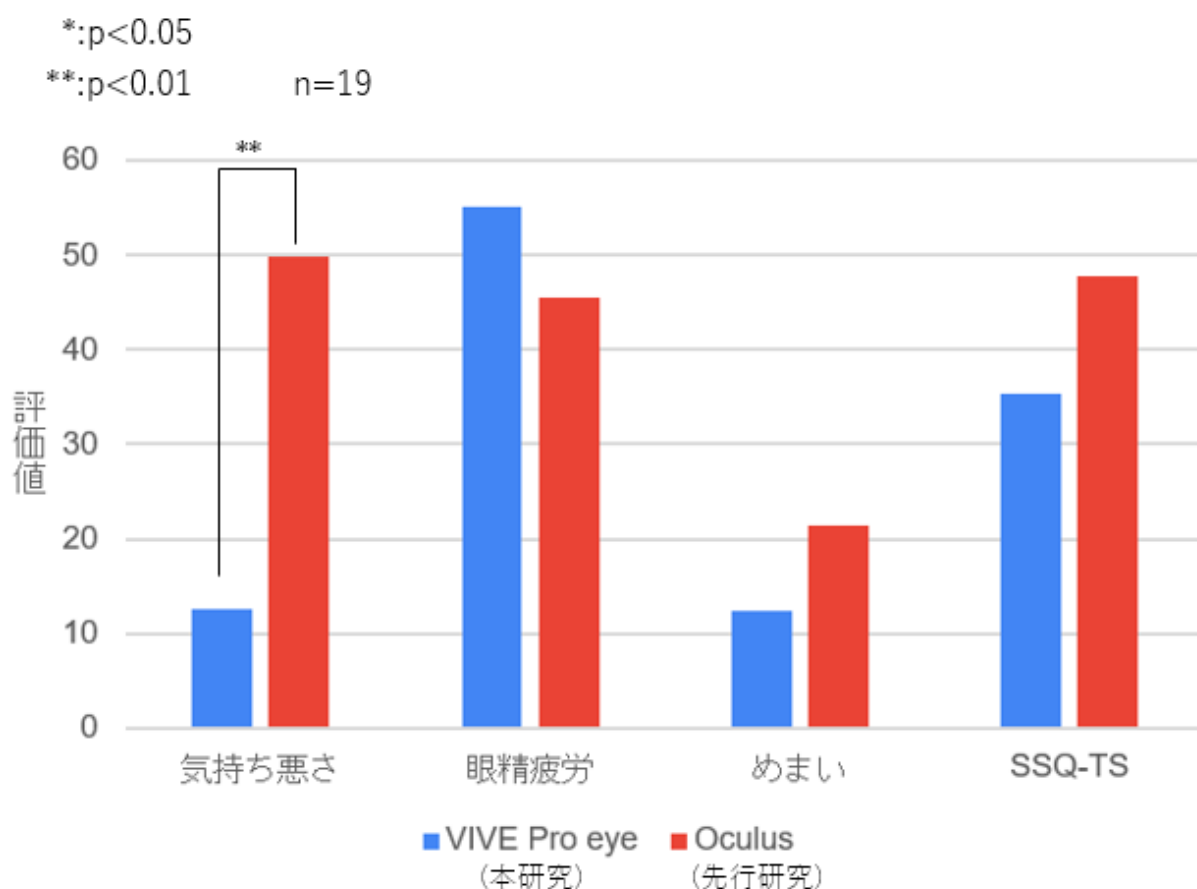


図 21 本研究と先行研究の SSQ, SSQ-TS 評価値の平均値

### 4.3. VR 酔いや操作性に関するヒアリング

本研究では実験後のアンケート終了後に操作性や VR 酔いなどについて被験者にヒアリングを行った。ヒアリングの内容は主に①視線で見ている場所とポインタのずれはなかったか、②VR 酔いは感じられたか、普段車酔いはしやすいか、③各アイジェスチャで特に気になった点や疲れはあるか、④その他気になった点はあるか、の4つである。

①について、被験者 19 人中 18 人が全くずれは無かった、ほとんどずれは無かったと答えた。また、5 人の被験者がオブジェクトの近くにレポートした際にポインタが画面上に大きく表示されるのがびっくりした、少し気持ち悪くなったという意見も述べていた。

②について、普段車酔いをしやすい人、しにくい人にかかわらず被験者 19 人全員が VR 酔いは全く感じなかった、ほとんど感じなかったと答えた。また、ほとんど感じなかったと答えた 2 人からは、単純に HMD を使うのが初めてで顔が全体的に暑くなって気分が悪くなった、頭が重くて少し気分が悪くなったという意見が見られた。

③について、被験者によってウイंकがやりやすかった、やりづらかった、や瞬きがやりやすかった、やりづらかったなどの様々な意見が見られ

た。また、両目を瞑りシーン遷移をするのは、視界がなくなるためいつ遷移をしたかわからない、没入感がこの瞬間だけ薄くなるような感じがしたといった意見も見られた。

④について、瞬きの回数が多くて瞼や目が疲れる、片目のウイंकはできるがもう片目はしんどい、遠くまでワープしてしまったらどこにいるのかわからなくなる、ポインタと会話文が重なり会話文が読めなくなる時がある、瞬きをしたのにウイंकと判定されたなど様々な意見が見られた。しかしほとんどの被験者が、これらの意見を述べた後に気になった点は少しで、本教材自体はスムーズにプレイできたと述べていた。

## 5. 考察

本章では初期評価の結果についての考察を述べる。

### 5.1. 設計方針の充足度についての考察

アイジェスチャの有効性や容易性について、図 19 よりウイंकが得意である人ほど本教材の操作を思い通りに操作できたと答えており、ウイंकが関連する操作の評価値も非常に高くなった。反対にウイंकを使わない瞬きや目を瞑るといったアイジェスチャについてはウイंकが得意でないと答えた人の評価が高かった。これは本教材内のメイン操作であるレポート移動にウイंकを使用することが結果的にゲーム全体の操作の印象を左右しており、ウイंकが苦手だからこそ、相対的にウイंक以外の操作がやりやすく感じたからではないかと考える。加えて、HMD の使用歴やゲームの経験年数による分析結果において 1 つの質問項目を除き有意な差が見られなかったことから、これらの評価はウイंकが得意か苦手かにのみ依存していると考えられる。

また、「ウイंकに練習は必要だと感じますか」や「ウイंकは練習すればうまくなる（できるようになる）と思いますか」のウイंकについてのアンケートの評価値の平均値を示した図 22 よりウイंकが得意、得意でないに関係なく高い値を示しており、また図 20 よりウイंकが得意と答えた人の方が本実験のゲームをより楽しめているといえる。よって、ウイंकを練習し得意だと感じる事ができれば、本実験で設計したアイジェスチャはだれにでも操作しやすくゲームを楽しむことができる新たな操作方法であったと考える。

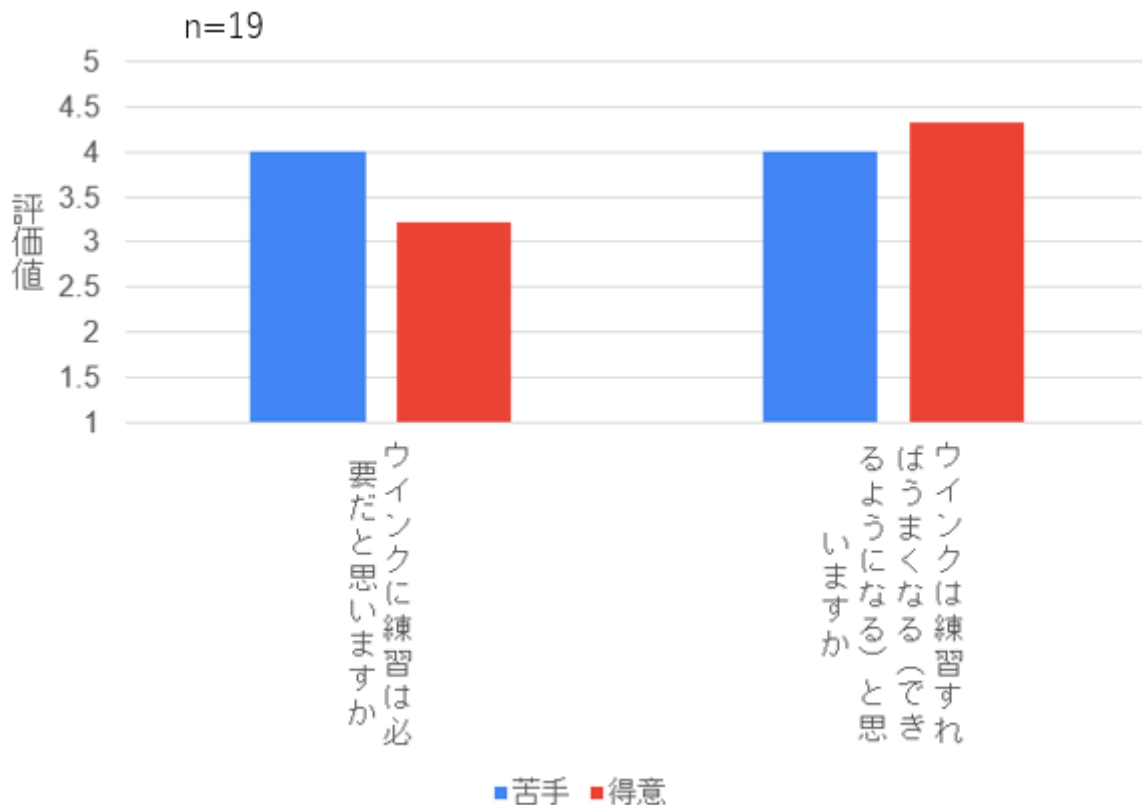


図 22 ウイंकについてのアンケート結果

VR 酔いについて、図 21 より先行研究に比べ SSQ 評価の気持ち悪さの評価値が有意に低下しており、SSQ-TS の評価値も有意な差ではないが先行研究と比べると少し低下している。また眼精疲労については、先行研究と比べ評価値が高くなっているが、これはアイジェスチャによる瞼や目の筋肉の疲れが影響しているものと考えられる。しかし、先行研究と比べ有意な差はなかったため、大きな影響はないと考えられる。したがって、アイジェスチャによる影響が懸念された眼精疲労の評価値があまり変わっていないにもかかわらず、特に気持ち悪さの評価値が低下しているのので、先行研究と比べ VR 酔いは軽減されたといえる。しかし、SSQ-TS 評価値は図 21 より 3.5 付近を示しており、2.0 以上であるので表 3 より問題シミュレーターに分類された。

VR 酔いが軽減された理由としてとして考えられることは 3 つある。1 つ目は単純に頭部の揺れが軽減されたことによる VR 酔いの軽減である。関連研究 [2] より、VR 酔いの原因として、HMD を使用した際の頭部の揺れがあり、アイジェスチャを用いた動作によって不用意に周囲を見渡すようなこと機会が減ったため VR 酔いの軽減につながったのではないかと考える。2 つ目は、コントローラーによる操作からアイジェスチャによる操作に変更したことから、感覚の不一致の抑制による VR 酔いの軽減であ

る。関連研究[2]より、VR酔いの原因として視覚から得た情報と身体感覚の不一致があり、これはコントローラーで視線移動や動作を行っていた先行研究に多く見られていたと考える。一方で本教材では一人称視点とアイジェスチャによる移動や操作により、被験者がHMDから得る映像の情報と頭部や脳が感じる感覚に大きな差がなかった考えるため、VR酔いの軽減につながったのではないかと考える。3つめは視線のポインタを表示したことによるVR酔いの軽減である。関連研究[7]より、VR空間に自身の視線の目安となる点があればVR酔いが抑制されるといえる。その点において本研究では、視線の先とオブジェクトが衝突した際に赤いポインタを表示しており、被験者はこのポインタに集中して教材の映像を見たからこそ、VR酔いが軽減されたのではないかと考える。

## 5.2. VR酔いや操作性に関するヒアリングについての考察

①について、ポインタのずれは無かったと答えた人が19人中18人だったため、アイトラッキングの精度に問題はなかったと考える。また、ポインタが画面上に大きく表示されてしまう問題については、オブジェクトの近くにテレポートした際に、そのオブジェクトの当たり判定を無効化するなどの改善点があげられる。

②について、19名の被験者全員がVR酔いは全くまたはほとんど感じなかったと答えており、アンケートによるSSQ-TSの評価値とは少し違った結果となった。SSQ-TSの評価値が上昇した原因としてSSQ評価の眼精疲労があげられるが、そもそも眼精疲労とは目の疲れや痛みに加えて、頭痛や肩こりなど全身の症状まで呈する状態を指す。しかし、ヒアリングでは瞼や目が疲れたといった意見は見られたが頭痛などの症状は1人も訴えていなかった。よって、被験者の体感とSSQ-TSの評価に差異が生まれた原因として、被験者が眼精疲労の意味を取り違えてアンケートを回答した可能性も考えられる。

③について、充足度の考察でも述べたように特にウイंकが得意か苦手かによって好まれた、または好まれなかったアイジェスチャに個人差があることが分かった。また、目を瞑ることでのシーン遷移がいつ行われたかわからなかった問題については、別のアイジェスチャで置き換える、または本教材では使用しなかった音を使用して知らせるなどの方法で改善できると考える。

④について、特に半分以上の被験者が答えていたのは瞬きによる瞼や目の疲れである。これは特にオープニング、エンディングゲームにおいて会話が連続するため、必然的に瞬きも連続で行う必要があるこの問題が発生したと考える。また、被験者が瞬きをしようと目に力を入れすぎている可能性があることも原因として考えられる。改善策としては単純に無駄な会話の量を減らす、一度に表示するテキストの量を増やす、瞬き以外でのアイジェスチャでの実装などがあげられる。また、図23のような筋電位

[11]を目元に用い，瞬きやウインクの際に起こる活動電位の閾値を設定し，予備実験などで被験者に事前に瞬きの感覚を得てもらうことで，アイジェスチャを行う際の瞼の力の入れすぎを抑制し，瞼や目の疲れを軽減できるのではないかと考える．

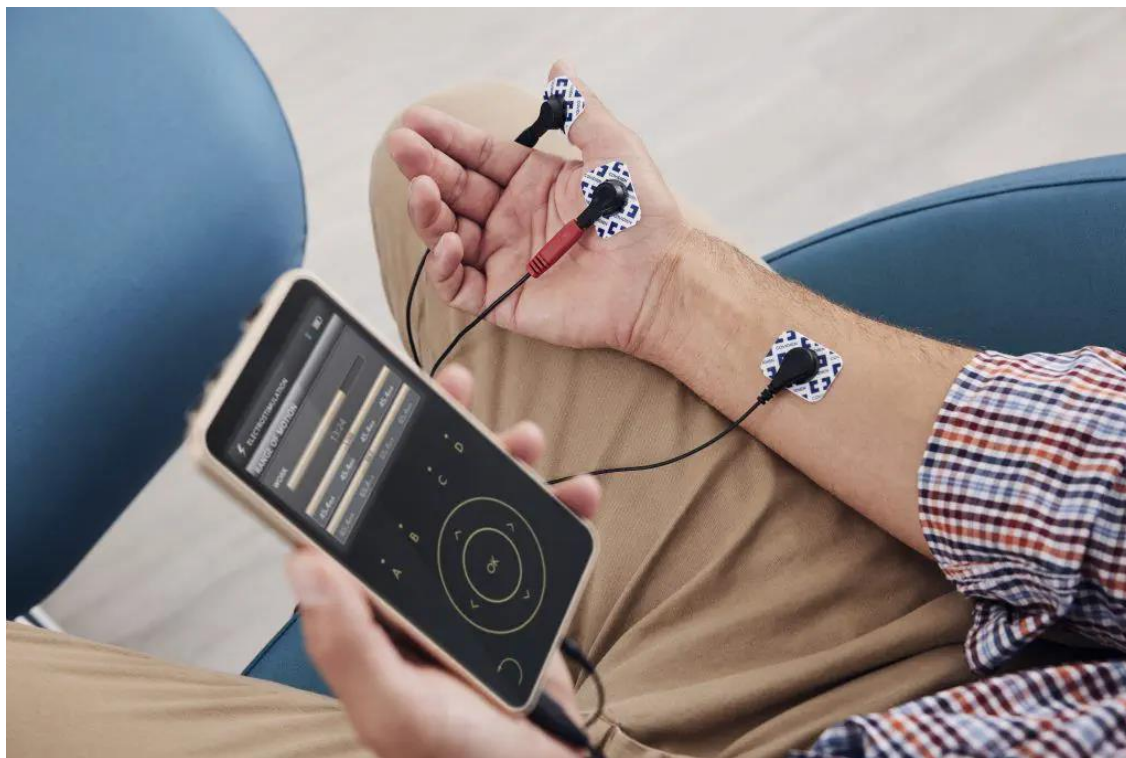


図 23 筋電位 [11]

## 6. おわりに

本研究では視線計測が可能な HMD を用い、アイジェスチャのみで仮想空間内の移動などを実装し、VR 酔いを軽減するとともに、アイジェスチャをゲームの入力としたときの有用性を確認することを目的とした。その結果、本実験で使用したアイジェスチャでは、特にウイंकが得意であればアイジェスチャとして有用であることが示され、また VR 酔いが軽減されたことが示された。

今後の展望としては、筋電位等を用いたさらなる VR 酔いの軽減や眼精疲労の抑制、または瞬き+ウイंकの組み合わせなどの新たなアイジェスチャの開発、実装により本研究で実装できなかったつかみ操作などの実装などがある。加えて、本研究では VR 酔いが軽減された要因が分かっておらず、アイジェスチャ使用したことによるものなのか、頭部の動きが減ったことによるもののかなどの詳しい要因を検証することや、どのアイジェスチャが VR 酔いの軽減に効果的だったのかなどを実験、分析することなども必要であると考えられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、お忙しい中多大なるご指導、ご支援をいただきました、大阪工業大学情報科学部情報メディア学科 神田智子教授に深く感謝申し上げます。ならびにヒューマンインタフェース研究室の皆様、実験にご協力いただきました皆様にも心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 識学総研. “メタバースとは何か？メタバースの語源や意味、具体例をわかりやすく解説！”. 識学総研. 2022-01-24. <https://souken.shikigaku.jp/16938/>, (2022-01-30 閲覧)
- [2] 氏家弘裕: 映像酔い, 映像情報メディア学会誌, 2007
- [3] 小谷瑠己, 神田智子: 仮想空間を用いた小学生向け異文化体験型英語教材の開発. 電子情報通信学会技術研究報告, HCS2019-14, HIP2019-14, pp. 93-96, 2019/05.
- [4] 松永一希: HMDを用いた小学生向け異文化体験型英語教材, 2018年度 大阪工業大学 卒業研究論文
- [5] 竹村大: HMDを用いた小学生向け異文化体験型英語教材, 2019年度 大阪工業大学 卒業研究論文
- [6] 夏目達也, 柴田忠久, 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(3)~アイジェスチャ・コマンドの利用事例開発とUI特性の評価~, 情報処理学会研究報告, 2021
- [7] 磯部祐輔, 藤田欣也: 視点移動映像視聴時の注視と予告の酔いと速度および注視行動への影響, TVRSJ Vol.13 No.3 pp.385-392, 2008
- [8] Kennedy R. S., Lane, N. E., Lilienthal, M. G. 1993. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. The International Journal of Aviation Psychology, 3(3):203-220
- [9] 平柳要: 乗り物酔い(動揺病)研究の現状と今後の展望, 人間工学, 2006
- [10] 映像酔い低減のためのガイドライン構築とHMDの人間工学的指針作成への取り組み 国立研究開発法人産業技術総合研究所, コニカミノルタ株式会社
- [11] Medical Expo.”ワイヤレス筋電計”. Medical Expo. <https://www.medicalexpo.com/ja/prod/mag-more/product-76676-1024624.html>



## 付録

### 評価アンケート

以下の項目について回答をお願いします。

e1c18017@oit.ac.jp アカウントを切り替える 

このフォームを送信すると、メールアドレスが記録されます

**\*必須**

性別 \*

男性

女性

その他

年齢 \*

回答を入力

## ゲームの経験年数について

ゲームを青段どの程度しているか教えてください。

ゲームを何歳からしていますか

回答を入力

一週間にどれくらいゲームをしますか

- やらない
- 1~2回
- 3~4回
- 5~6回
- 毎日やる

RPG（ロールプレイングゲーム）歴は何年ですか

回答を入力

HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を用いたゲームをプレイしたことがありますか\*

- よくある
- 少しある
- あまりない
- 全くない

## アイジェスチャについて

ゲーム中に使用したアイジェスチャについて教えてください。  
5段階評価になっており、1 = 全くそう思わない、2 = あまりそう思わない、3 = どちらでもない、4 = そう思う、5 = とてもそう思う

ウイंकは得意ですか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

ウイंकに練習は必要だと思いますか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

ウイंकは練習すればうまくなる（できるようになる）と思いますか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

瞬きや目を瞑ることに違和感を感じましたか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

## 仮想空間の操作性について

仮想空間内での操作に感じたことを教えてください。  
5段階評価になっており、1 = 全くそう思わない、2 = あまりそう思わない、3 = どちらでもない、4 = そう思う、5 = 全くその通りだと思う

直感的に操作しやすいと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

ゲーム全体的な操作に関してたくさん練習が必要だと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

ゲーム全体的な操作に関して思い通りに操作できた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

ゲーム中、視線と赤いポイントのズレはなかった \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

「ウイंक&注視1秒でのワープ移動」は操作しやすいと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

「瞬き 2 回での会話文進行」は操作しやすいと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

「3 秒間目を瞑るでのシーン遷移」は操作しやすいと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

「3 秒間立方体を注視での選択肢の選択」は操作しやすいと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

「1 秒間ウイंकでの選択肢の選択」は操作しやすいと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

実際に仮想空間を移動しているように感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

アバターを自分の分身だと感じた \*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      全くその通りだと思う

## 実験中のVR酔いについて

実験中に感じたVR酔いについて教えてください。  
4段階評価になっており、0 = 全くそう思わない、1 = あまりそう思わない、2 = 少しその通りだと思う、3 = 全くその通りだと思う

### 全体的に気分が悪い\*

	0	1	2	3
気持ち悪さ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 疲労感がある\*

	0	1	2	3
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 頭痛がする\*

	0	1	2	3
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 目の疲れを感じる\*

	0	1	2	3
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

目の焦点が合わせにくい\*

	0	1	2	3
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
めまい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

唾液がよく出る\*

	0	1	2	3
気持ち悪さ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

冷や汗が出る\*

	0	1	2	3
気持ち悪さ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

吐き気がする\*

	0	1	2	3
気持ち悪さ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
めまい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

注意集中が困難である\*

	0	1	2	3
気持ち悪さ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

頭重感がする\*

	0	1	2	3
めまい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

視界がぼやける\*

	0	1	2	3
眼精疲労	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
めまい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

閉眼で体がふらつく\*

	0	1	2	3
めまい	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



閉眼で体がふらつく\*

0

1

2

3

めまい

回転性のめまいがする\*

0

1

2

3

めまい

胃重感がする\*

0

1

2

3

気持ち悪さ

げっぷが出る\*

0

1

2

3

気持ち悪さ

## 全体を通してこの教材について

以下の項目について回答をお願いします。

実際にやってみて楽しめたか\*

1 2 3 4 5  
全く楽しめない      大いに楽しめた

HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を装着してのアイジェスチャは難しかったですか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

新規性のある移動方法や操作方法だと思いましたか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

また使いたいと思えますか\*

1 2 3 4 5  
全くそう思わない      とてもそう思う

このコンテンツについて改善点などありましたら自由記述欄にご回答をお願いします。

回答を入力

## セットアップ方法

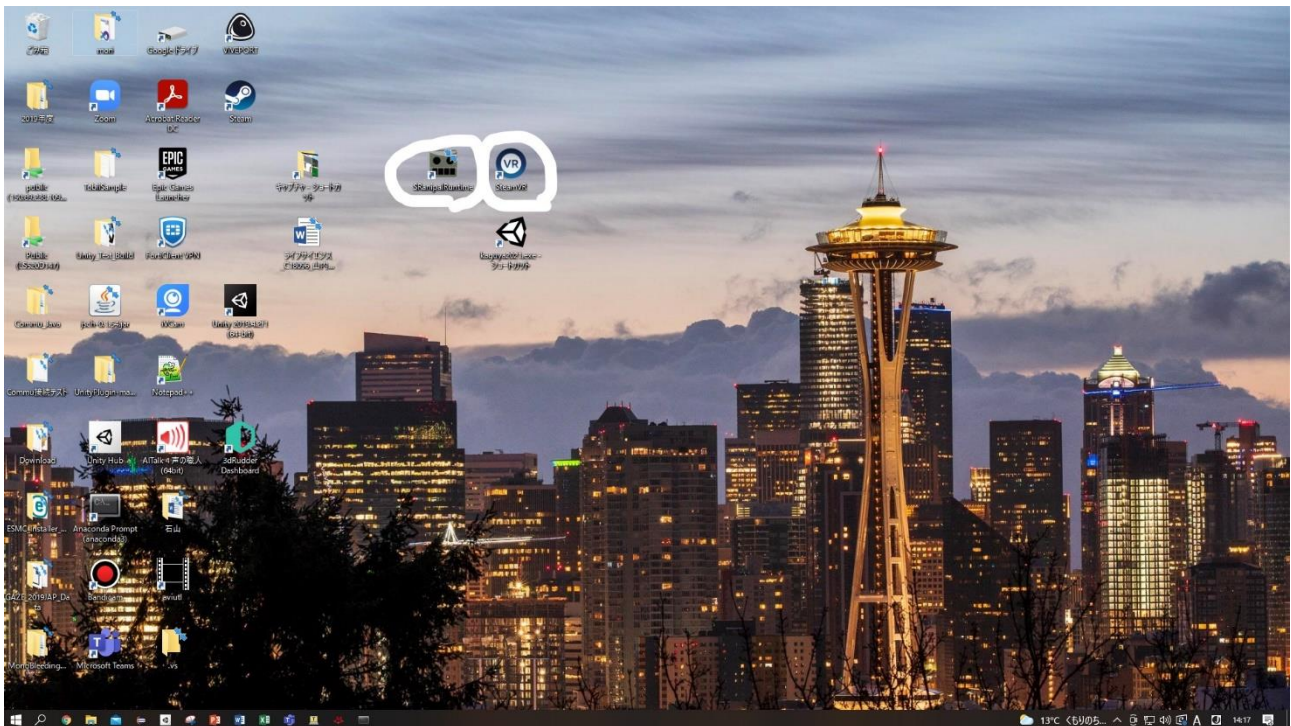
VIVE のセットアップは下記サイトから画面の指示に従って、ベースステーションの設置、プレイエリアの設定（プレイする高さの調節など）まで行う。（高さの調節はそのままプレイ画面の高さに反映されるので重要）

<https://business.vive.com/jp/setup/vive-pro/>

また SteamVR もダウンロードしてログインしておく

## デモ方法

- ① セットアップが完了している PC を起動し SteamVR を起動する
- ② S Ranipal Runtime も起動しておく（キャリブレーションに必要）



- ② コントローラー中央のボタンを長押ししてコントローラーを起動し、もう一度そのボタンを押してメニューを開く
- ③ 左下の VIVE Pro eye を選択してキャリブレーションを行う



- ④ 次の画面で視線がずれていないか確認してもらう
- ⑤ kaguya2021.exe を開いてデモ開始

