

2010年度 卒業論文

立体視ゲームにおける
HUDの視認性の向上に関する研究

指導教員：渡辺 大地 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト
学籍番号 M0107255
杉山 直隆

2010年度 卒業論文概要

論文題目

立体視ゲームにおける
HUDの視認性の向上に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0107255

氏名

杉山 直隆

指導
教員

渡辺 大地 講師

キーワード

立体視、両眼立体視、HUD、立体視ゲーム、視認性

近年、立体感を得ることが出来る映画やテレビ、ゲームなどの様々な立体視コンテンツが普及し注目されている。しかし立体視には、今までの映像にはなかった立体視特有の問題が存在する。

本研究では立体視特有の問題の中でも、立体視ゲームにおけるヘッドアップディスプレイ（以下「HUD」）の視認性に着目をした。HUDとは主にゲーム画面上に重ねて表示する情報のことを指す。立体視ゲームにおけるHUDの問題とは、HUDと見ている映像の深さ情報の不一致のため、違和感や疲れを与えてしまうことがある。立体映画においても同様の問題が字幕部分で存在する。立体映画においては、字幕の位置と注視している映像の深さ情報を近づけることで問題への対策を行っている。しかし、立体視ゲームにおいては、ゲームのプレイヤーによってリアルタイムで映像が変化するため、注視している位置の特定は困難である。よって、立体映画に利用している対策は立体視ゲームには利用できない。このため、本研究は立体視ゲームにおけるHUDの視認性の向上を目的とした。

本研究では「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「HUD立体視無し」の5つの表示方法を実装し、比較検証をした。検証には簡単なゲームを用意した。被験者には各表示方法ごとプレイしてもらい、視認性に関するアンケートを実施した。22人に検証を行い、アンケートから得た評価を分散分析と多重検定、Steel-Dwass法も用いて有意差が出るか検証した。

検証の結果、アンケート項目のうち、見えやすさ、HUDのボケやすさ、二重に見えたか、奥行き感の4項目と全体の評価の平均に有意差が認められた。立体視空間内に自然に表示する「オブジェクト化」と2D画像として自然に表示する「HUDの立体視無し」の視認性の評価が高く、HUDが動的に移動する「画面中央中心」「カーソル中心」の評価が低いとわかった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	4
第2章	立体視における HUD	5
2.1	立体視について	5
2.2	ゲームにおける HUD	7
第3章	HUD 表示手法の検討と実装	10
3.1	画面中央中心の表示方法	11
3.2	カーソル中心の表示方法	13
3.3	画面手前の表示方法	14
3.4	オブジェクト化表示方法	14
3.5	HUD の立体視無しの表示方法	15
第4章	検証と結果	16
4.1	実施した実験の概要	16
4.1.1	ゲームの概要	17
4.1.2	アンケート内容	19
4.2	各表示方法を用いた結果	20
4.2.1	全体の評価の比較	20
4.2.2	見えやすさの比較	21
4.2.3	目の疲れの比較	22
4.2.4	HUD の鮮明さの比較	23
4.2.5	HUD のボケやすさの比較	23
4.2.6	二重に見えたかの比較	25
4.2.7	眼球の動きの比較	26
4.2.8	奥行き感の比較	26
4.2.9	飛び出し感の比較	27
4.2.10	反応時間の比較	28
4.3	結果のまとめ	29

第5章 考察	31
第6章 おわりに	34
謝辞	35
参考文献	36

目 次

1.1	HUD の具体例	2
2.1	両眼視差のイメージ図	6
2.2	液晶シャッター方式のイメージ図	6
2.3	3D ゲームにおける画面レイアウトの例	8
2.4	図 2.3 を立体視したときの位置関係	9
3.1	画面中央中心の立体視空間のイメージ図	11
3.2	画面中央中心のディスプレイ表示のイメージ図	12
3.3	HUD の深さ位置の変更	13
3.4	カーソル中心の立体視空間のイメージ図	13
3.5	画面手前の立体視空間のイメージ図	14
3.6	オブジェクト化のイメージ図	15
3.7	HUD の立体視無しの立体視空間のイメージ図	15
4.1	実験用ゲーム画面	18
4.2	検証で利用したアンケート用紙	19
4.3	各表示方法の評価の平均	20
4.4	各表示方法の見えやすさの評価の平均	21
4.5	各表示方法の目の疲れの評価の平均	22
4.6	各表示方法の鮮明さの評価の平均	23
4.7	各表示方法のボケやすさの評価の平均	24
4.8	各表示方法の二重に見えたかの評価の平均	25
4.9	各表示方法の眼球の動きの評価の平均	26
4.10	各表示方法の奥行き感の評価の平均	27
4.11	各表示方法の飛び出し感の評価の平均	28
4.12	各表示方法の反応時間の平均	29

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

近年、立体感を得ることが出来る立体視コンテンツが注目されている。ハリウッド発の立体映画が人気を博し、3D テレビの普及により、立体視コンテンツが身近なものになりつつある [1][2]。

しかし立体視には、今までの映像にはなかった立体視特有の問題が存在する [3][4]。例えば、見かけの大きさが矮小化して見え、箱庭状態や人形劇のように見えてしまう箱庭効果や、立体空間内の特定部分にある物体の立体感が扁平化して見え、舞台にある書き割りのように見えてしまう書き割り効果など様々な問題が立体視では存在する。

また立体視特有の問題のひとつとして、立体映画での字幕の問題が挙げられる [5]。立体映画の字幕問題とは、立体映画を見た際、視聴者が字幕に対して違和感や、視聴することに疲れを感じてしまうことである。これは、字幕部分が一番手前に飛び出しているように見えるため発生する問題である。この問題は、字幕と立体映像の深さ位置の情報の不一致が原因のひとつである。視聴者は、深さ位置の違う映像と字幕を交互に見るために、焦点を交互に合わせる必要がある。視聴者は焦点の調節を連続して行うため、目の疲れが生じ、映像や字幕に対して違和感を覚えてしまう [6]。同じような問題が、立体視ゲームコンテンツにも発生している。

立体視ゲームにおいては、字幕部分だけでなく、主に HUD (Head-Up Display) 部分で問題が発生する。図 1.1 はゲーム画面における HUD を表した図である。

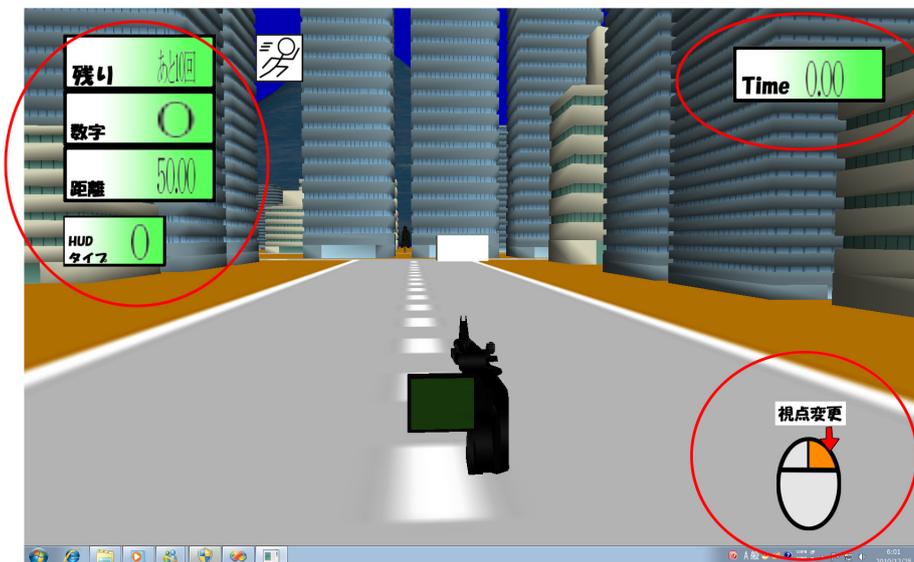


図 1.1: HUD の具体例

HUD とはゲーム画面に、地図、点数、ステータス表示など、いろいろな情報を 3D オブジェクトに重ねて表示する領域を指す。この HUD 部分が立体映画の字幕と同様に、「見ているゲームのプレイヤーに違和感を与える」、「見えにくい」などの問題を引き起こしている [7][8]。

立体映画においては、問題の対策の手法として、視聴者が注視している映像の深さ位置の情報に合わせて、字幕の位置を立体映像の深さ位置と同じくらいの深さ位置に調整することができる [9][10]。この手法を用いることによって、焦点の再調節の負担を軽減することができる。これは映画では事前に映像が固定で視聴者が注目して見ている部分の深さ位置の情報がある程度特定できるため可能である。しかし現在、この手法だけでは快適な立体映画の字幕には不十分のため、立体視映画の最適な字幕の位置を決定するための研究が多数おこなわれている [11][12]。

立体視ゲームコンテンツにおいては、ゲームのプレイヤーの入力によって映像

がリアルタイムで変更されてしまうため、プレイヤーの注目して見ている部分の特定が困難である。よって先で述べたような立体映画で利用している、「字幕の深さ位置と、映像の深さ位置を同位置にし、焦点の再調節の負担を減らす方法」をゲームの HUD に利用することは困難である。また、ゲームと映画では人の注目する先が違ってくるため、快適にゲームをプレイするためには、ゲームにおける HUD の最適な位置を見つけることが重要である。

本研究は、立体視ゲームにおける HUD の違和感を解消し、視認性を向上することが目的である。視認性を向上させることで、プレイヤーに快適なゲームをプレイする環境を提供することが出来る。そのために、立体視ゲームにおける HUD の最適な表示方法を検証する。本研究での視認性とは、違和感なく簡単に見える、楽に見える、情報の認識が早くできる、という意味であり、物体として正しく見える、見えないものが見えるようにするという意味ではない。本研究では、5つの HUD の表示方法を実装し、比較検証をする。実装する表示方法は次のとおりである。

1. 画面中央中心の表示方法
2. カーソル中心の表示方法
3. 画面手前の表示方法
4. オブジェクト化表示方法
5. HUD の立体視表示なしの表示方法

これらの表示方法を、簡易的なゲームに実装し、客観的評価と主観的評価を行う。客観的評価は、ゲームのプレイヤーが映像を見てから HUD を見て、HUD に書かれた特定のボタンを押すまでの反応時間を計測する。主観的評価はゲームのプレイヤーに対して、8個の質問に5段階で評価をしてもらう。客観的評価と主観的評価から、各表示手法の特徴を分析し、立体視の HUD 表示に最適な方法を検討する。アンケートは5つの表示方法を順不同で行い、ひとつの表示方法につき反応

時間の計測を 10 回行う。その結果に基づき立体視ゲームに適した HUD の表示方法を検証する。

1.2 論文構成

本論文ではまず第 2 章で立体視と立体視における HUD について説明し、本研究における HUD の定義を述べる。第 3 章では本研究で検証する手法について説明し、第 4 章で第 3 章で述べた手法の検証をし結果をまとめる。第 5 章では結果の考察をする。第 6 章では全体のまとめを述べる。

第 2 章

立体視における HUD

本章では本研究で扱う立体視と HUD についてを述べる。立体視の種類や仕組み、HUD の特徴を説明する。

2.1 立体視について

立体視とは平面に書かれた模様や写真を見て、立体の映像を見いだすことである。人は物体を立体的に感じるために、両眼による手掛かりや、単眼による手掛かりなど様々な情報を利用している [13][14][15][16]。両眼による手掛かりには、輻輳と両眼視差がある。どちらも人の目が水平方向に約 65mm 離れて存在し、異なる角度から物体を見ることを利用している。また、単眼の手掛かりには、水晶体の調節、運動視差、経験則などがある。本研究では主に、両眼視差を利用した立体視技術を利用する。

両眼視差とは両目の網膜に映る像の違いのことを指す [17]。図 2.1 が両眼視差のイメージ図である。

図 2.1 のように、人は右眼と左眼で見ている像が異なる。この像の位置の違いが両眼視差である。

両眼視差を利用した立体視には大きく分けて 2 つに分類される。1 つ目は裸眼で立体視を行う方法である。2 つ目は専用の眼鏡などの器具を用いて立体視を行う方法である。本研究では専用の眼鏡などの器具を用いた立体視を利用する。

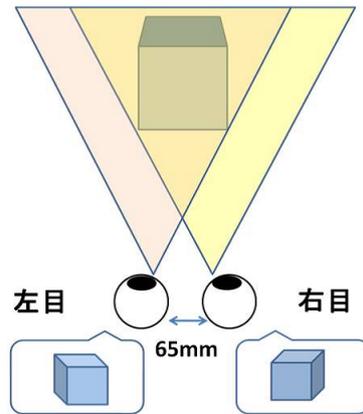


図 2.1: 両眼視差のイメージ図

専用の眼鏡を利用した立体視にはいくつか種類があり、カラーフィルタ方式、偏光フィルタ方式、液晶シャッター方式等が存在する [18][19]。カラーフィルタ方式は赤や青などのフィルタを用いた眼鏡を用いて立体視を行う。偏光フィルタ方式は、偏光という波の振動面が偏った光を利用し、左右の眼に違った映像を映し出す方式である。液晶シャッター方式は時分割で右目用と左目用の画像を交互に表示して立体視を行う方法である。図 2.2 は液晶シャッター方式の画像を交互に描画するイメージ図である。

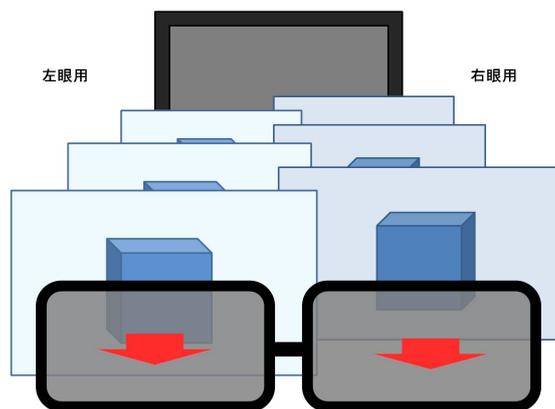


図 2.2: 液晶シャッター方式のイメージ図

まず、ディスプレイ側は右目用と左目用画像を交互に短い間隔で表示する。その間隔に合わせて、ディスプレイが右目用画像を表示している時は、左目の眼鏡の液

晶シャッターを閉じ、左目用の画像を表示している時は、右目の眼鏡の液晶シャッターを閉じる。これを高速で繰り返し、左右の目に異なる映像を届けることで立体視を行う。各方式には特徴が存在し、表 2.1 は、解像度、ちらつき、視野角の点から見た特徴の一覧である。本研究では液晶シャッター方式を利用し実験を行う。

表 2.1: 専用眼鏡を利用した両眼立体視の特徴

表示方式	眼鏡	解像度	ちらつき	視野角
カラーフィルタ	アナグリフ	フル	ちらつきにくい	広い
偏光フィルタ	偏光	ハーフ	ちらつきにくい	狭い
液晶シャッター	液晶シャッター	フル	ちらつきやすい	広い

2.2 ゲームにおける HUD

HUD とはヘッドアップディスプレイ (Head-Up Display) の略である。本来は、戦闘機など、軍用機に応用された技術であり、重要な情報を直接視野や風景に映し、前方から計器類への視線の切り替えにより発生する焦点のずれを最小限にするためのディスプレイのことを指す。しかし、ゲームにおいて HUD とは、ゲーム画面に、地図、点数、ステータス表示など、様々な情報を重ねて表示することを指す。図 2.3 は一般的な 3D ゲームにおける画面のレイアウトの例を示している。

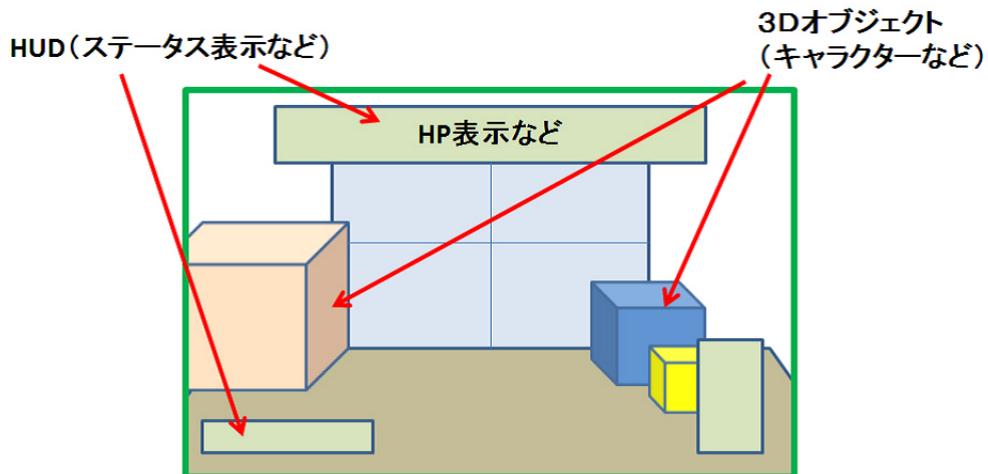


図 2.3: 3D ゲームにおける画面レイアウトの例

また広い意味で、重ねて表示される情報そのものを指すこともある。通常のゲームにおける、HUD の特徴は次の3つがある。

1. HUD はカメラに追従し、常に同位置に表示する。
2. ディスプレイ上の最前面に表示する。
3. 基本的に 2D 画像である。

これらが基本的な HUD の特徴である。特徴の2つ目で挙げられた、ディスプレイ上の最前面に表示とは、HUD と他のオブジェクトが重ならず、ゲームのプレイヤーには一番手前にあるように見えることである。

図 2.4 はゲーム画面を立体視化したものである。

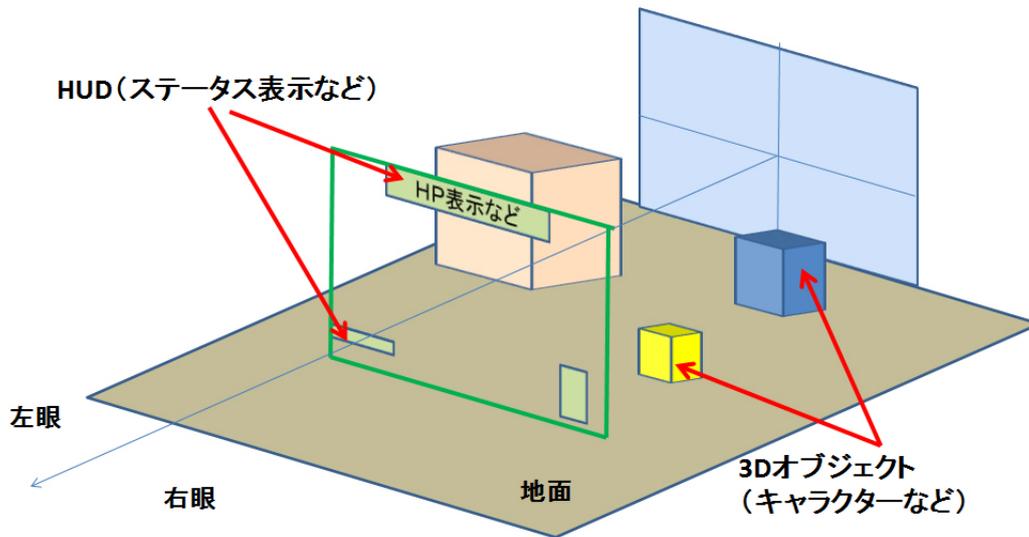


図 2.4: 図 2.3 を立体視したときの位置関係

基本的に HUD は立体視空間の一番手前に表示する。立体視空間内では、深さ位置が奥になっていても一番手前に描画することによってプレイヤーには一番手前に表示しているように見せることができる。

本研究では、HUD を立体視空間内の最前面に位置しているように見える 2D 画像のことを指す。また、字幕表示も HUD の一部とする。エフェクトのような一時的に最前面に表示しているものは HUD には含めない。

第 3 章

HUD 表示手法の検討と実装

本研究では HUD の表示手法を 5 つ検討し、それらを実装した。検証する表示手法は次のとおりである。いずれの表示手法においても 3D コンソーシアムが決めた安全ガイドライン [4] にのっとり、視差などを決定する。

1. 画面中央中心の表示方法
2. カーソル中心の表示方法
3. 画面手前の表示方法
4. オブジェクト化表示方法
5. HUD の立体視表示なしの表示方法

1 の画面中央中心の表示方法は、立体映画等で行われている対策 [9][10] を利用し視認性を向上する。画面中央部をゲームのプレイヤーの視線が集まるところだと仮定し、HUD の深さ位置を画面中央部のオブジェクトの深さ距離の位置に動的に移動することで、プレイヤーの焦点の移動を軽減し視認性を向上する方法である。

2 のカーソル中心の表示方法は、1 の画面中央中心の表示方法と同様に立体映画で行われている対策を利用する。プレイヤーの視線が集まるところを、プレイヤーが操作するマウスカーソルの先だと仮定し、HUD の深さ位置をマウスカーソルの先にあるオブジェクトの深さ位置に動的に移動させる。

3の画面手前の表示方法は、単純に一番手前にある事が視認性の向上につながると仮定する。よって、HUDの深さ位置をディスプレイより手前に配置し、他の全てのオブジェクトよりHUDを手前に位置させる。

4のオブジェクト化表示方法は、HUDを一番手前にある3Dオブジェクトに貼り付けることによって、HUDを2D画像として認識するのではなく、ゲームの中に存在するオブジェクトとして認識させることによって視認性の向上をはかる。

5のHUDの立体視表示なしの表示方法はそもそもHUDを立体視しない方が視認性が向上すると仮定する。よって、HUD部分のみを立体視せずに、平面的に表示する。HUDを立体視しないため、HUDは裸眼で見ても、ぶれずにはっきり見ることが出来る。また、立体視をした際に、プレイヤーにはHUDが画面に張り付いているように見える。

3.1 画面中央中心の表示方法

画面中央部に表示されたオブジェクトの深さ情報を軸にしてHUDの位置を変更し表示する。図3.1は画面中央中心の立体視空間のイメージ図である。

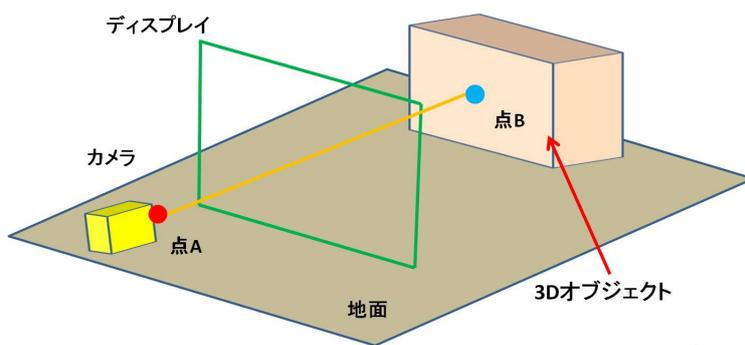


図 3.1: 画面中央中心の立体視空間のイメージ図

画面中央部に表示されたオブジェクトの深さ情報とは、カメラの中央部点 A から直線を延ばし、ぶつかった 3D オブジェクトの位置点 B までの距離のことを指す。図 3.2 は画面中央中心のディスプレイのイメージ図である。

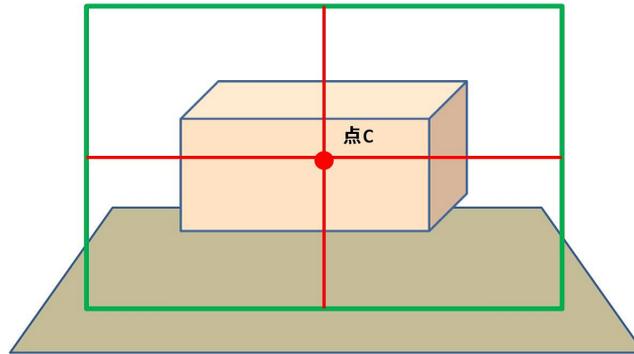


図 3.2: 画面中央中心のディスプレイ表示のイメージ図

画面中央部とは図 3.2 のカメラの中央部点 C を指している。画面中央部に表示したオブジェクトの深さ情報を取得するためにまず、カメラの中央部点 A に見えないオブジェクトを用意する。

次に、その見えないオブジェクトをカメラの視線の方向に直進する。見えないオブジェクトが他の 3D オブジェクトにぶつかった位置を点 B とする。点 A から点 B までの見えないオブジェクトが移動した距離を取得する。取得した距離の深さ位置を HUD の最適な深さ位置だと仮定し、に HUD の位置を取得した距離に合わせる。HUD が他のオブジェクトと重なってしまい、HUD が見えなくなる可能性があるため、HUD は 3D モデルとして持っている深度情報を無視して描画する。これにより、HUD の深さ位置は維持しつつ HUD を一番手前に描画することが可能である。

HUD の深さ位置を合わせる際、距離に応じて一瞬で深さ位置を変化させると、視差が急な変化をしてしまう。これは快適な立体視を阻害する要因である [4] ため、HUD の位置を徐々に変化させる必要がある。現在の HUD の位置情報を N 、最適な HUD の深度距離を M とすると、 $N < M$ を示す時、HUD を奥側に、 $N > M$ ならば HUD を手前側に移動する。 $N = M$ の場合、HUD の位置は変化しない。HUD の移動の範囲は快適視差範囲内 [4] でのみ変化するとし、HUD の移動は快適視差範囲の一番手前から奥まで移動にかかる時間を約 4 秒とする。図 3.3 は $N < M$ を示した図である。

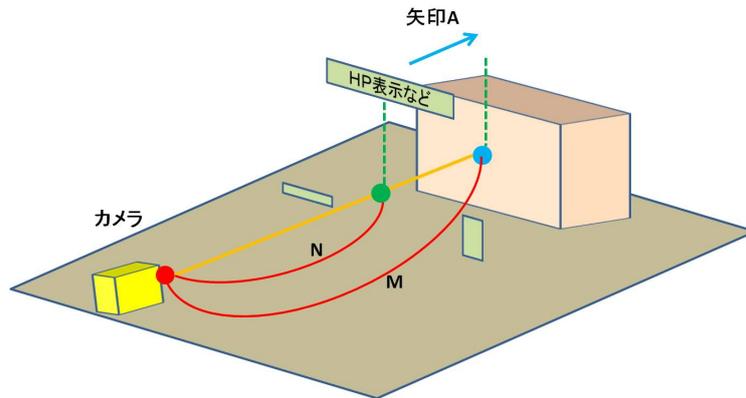


図 3.3: HUD の深さ位置の変更

この場合 HUD は矢印 A の方向に移動する。HUD は位置を移動しても、画面に対しての表示位置、大きさは変化せず、HUD 位置が奥側になったとしても、他のオブジェクトを描画してから最後に上書きをして描画する。HUD の移動の範囲は快適視差範囲内 [4] でのみ変化するとする。

3.2 カーソル中心の表示方法

カーソルが示すオブジェクトの深さ位置の情報に注目し、HUD の深さ位置情報を変更する。図 3.4 はカーソル中心の立体視空間をイメージしたものである。

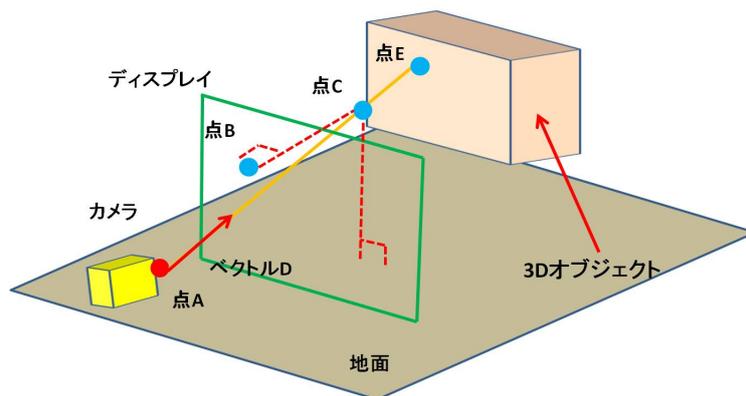


図 3.4: カーソル中心の立体視空間のイメージ図

まず、カメラの中心点 A から画面上に存在するカーソル点 B から取得した立体

視空間内の点 C に向かうベクトル D を取得する。次に画面中央中心の表示方法と同様に、見えないオブジェクトをベクトル A の方向へ移動させ、他のオブジェクトにぶつかった点を E とする。点 A から点 E までの移動距離を取得する。この取得した移動距離に HUD の深さ位置を合わせる。この手法でも HUD はリアルタイムで深さ位置を変化させるため、画面中央中心と同様の速度で、徐々に深さ位置を変化させていく。

3.3 画面手前の表示方法

図 3.5 は画面手前の立体視空間のイメージ図である。

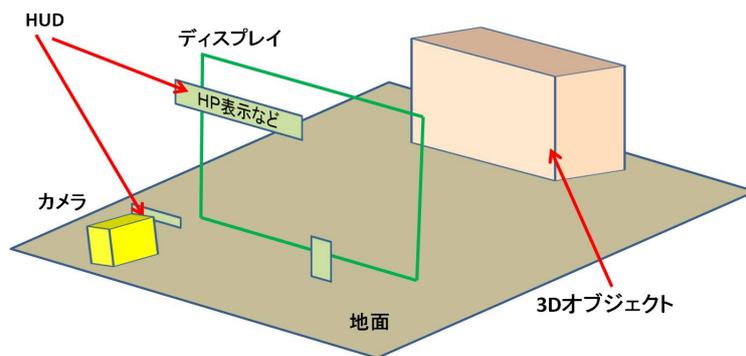


図 3.5: 画面手前の立体視空間のイメージ図

ゲーム内に存在する他のオブジェクトより、手前に HUD を表示させる。つまり、立体視空間内で一番手前に来るように表示させるため、HUD はディスプレイより手前に浮いて表示がされる。この表示方法では HUD の深さ位置は変化せず、常に定位置にある。

3.4 オブジェクト化表示方法

図 3.6 はオブジェクト化のイメージ図である。

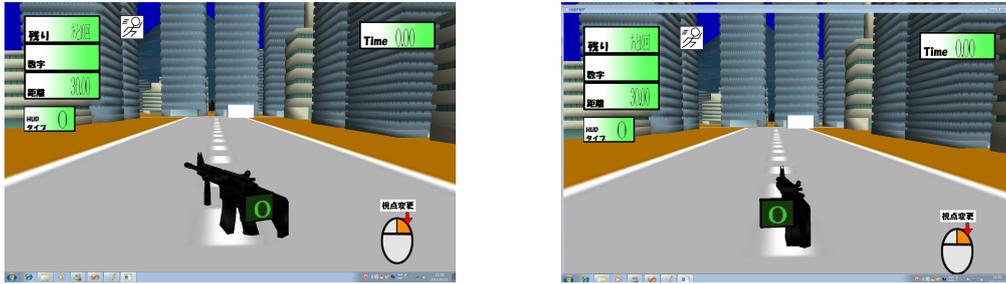


図 3.6: オブジェクト化のイメージ図

HUD を立体視空間内の 3D オブジェクトの一部として表示させる。HUD 部分は 2D であり、3D オブジェクトに貼り付けて表示する。この表示方法では、HUD の深さ位置はほとんど変化をすることがないが、HUD の 2D 画像のパースが変化する。

3.5 HUD の立体視無しの表示方法

図 3.7 は HUD 立体視無しの立体視空間のイメージ図である。

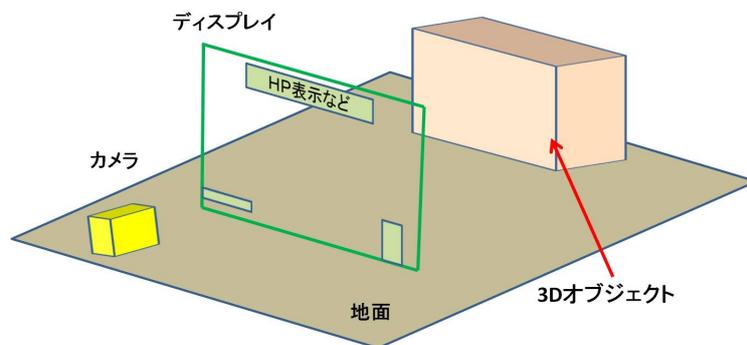


図 3.7: HUD の立体視無しの立体視空間のイメージ図

HUD 部分のみを立体視せずに、通常のゲームのように表示する。他の 3D オブジェクトは通常通り立体視を行う。ゲームのプレイヤーには HUD がディスプレイに張り付いて見えるようになり、専用眼鏡をかけていなくても HUD 部分のみ、はっきりと視認することが出来る。

第 4 章

検証と結果

4.1 実施した実験の概要

前章で述べた HUD の 5 つの表示方法の視認性を検証するために、HUD を見る必要のあるゲームを製作した。そのゲームに対して HUD の 5 つの表示方法を実装した。制作したゲームを実際にプレイしてもらい、HUD の視認性に関する客観的評価と主観的評価を行った [20][21][22][23]。客観的評価はゲームのプレイヤーが映像を見てから HUD を見て、HUD に書かれた特定のボタンを押すまでの反応時間を計測し評価した。主観的評価はゲームのプレイヤーに対して、8 個の質問に 5 段階で評価をした。これによって、各表示方法ごとの評価の平均点数を算出し、各表示方法の差異を検証した。また、有意差の検証に分散分析と多重検定、Steel-Dwass 法を用いた [24]。

次に実験の概要について述べる

- 調査資料
 - 5 種類の表示方法を実装した一人称視点ゲーム
 - 8 問の 5 段階評価による調査票
- 調査期間
 - 2010 年 12 月 16,17 日

- 被験者

男性 22 名

- 調査実験の内容

ゲームの熟練度からの差異をなくすため 5 つの表示方法を順不同で実験を行う。ひとつの表示方法でゲームをクリアした後に、8 つの問いに答えてもらう。また、各表示方法でプレイしてもらう直前に、その表示方法の概要を説明してから、ゲームをプレイしてもらうようにする。

また、客観的評価として HUD を見ようとしてから、HUD に書かれたボタンを押すまでの反応時間を計測する。

分析方法として、アンケートによって採取した評価平均値によって、各表示方法の特徴の検出を行う。3 つ以上の群でこの群と群の検定を行うために、有意な差の検定として分散分析と多重検定、Steel-Dwass 法を利用する [24]。

- 実験を行う環境

OS : Windows7 Enterprise

CPU : Intel Core2 Duo E8400

メモリ : 4.00GB

ディスプレイ : SyncMaster2233

専用メガネ : NVIDIA 3D Vision

4.1.1 ゲームの概要

図 4.1 は、実験で使用したゲームの画面である。



図 4.1: 実験用ゲーム画面

ゲームは一人称視点で、被験者は画面上に現れる白いボックスにマウスカーソルを当て、当てた時に HUD に表示される 1 から 4 の数字に対応するキーボードを入力する。白いボックスにマウスカーソルを当てると、白いボックスは赤いボックスに変化する。HUD に表示された数字を被験者が正しく入力した時、白いボックスは別の位置にランダムで移動する。被験者は、右クリックを押しながらマウスを移動させることでカメラの視点を移動させることができる。ただし、カメラ自体の移動は出来ないものとする。被験者には、ひとつの表示方法につき 10 回白いボックスを消してもらう。

ゲーム画面には、HUD として残りの試行回数を示す「残り回数」、白いボックスにカーソルをあてた際に表示される「数字」、HUD が表示されている距離を表す「距離」、実験で使用している HUD の表示方法を示す「表示方法」、反応時間を計測した「タイム」、被験者に対して操作方法を図にした「操作方法」の 6 つの情報を表示する。

本研究では、客観的評価を行うために、被験者が白いボックスにマウスカーソルを当ててから、HUD に表示された数字を押すまでの時間を反応時間として計測をする。反応時間が早いほど視認性が高いとし、遅いほど視認性が低いと仮定する。

4.1.2 アンケート内容

本研究では被験者に対して、視認性に関連する8つの質問を、表示方法ごとに回答してもらう。図4.2は検証で利用したアンケート内容である。

■画面中心 (タイプ1)

HUDは見えやすかったですか？

1 2 3 4 5

見えにくい |-----| 見えやすい

目は疲れましたか？

1 2 3 4 5

疲れた |-----| 疲れなかった

HUDが鮮明に見えましたか？

1 2 3 4 5

見えなかった |-----| 見えた

HUDがボケて見えましたか？

1 2 3 4 5

ボケている |-----| ボケていない

HUDが二重に見えましたか？

1 2 3 4 5

見えた |-----| 見えなかった

HUDを見る際に、眼球が動いているように感じましたか？

1 2 3 4 5

動いている |-----| 動いていない

映像に奥行き感を感じることが出来ましたか？

1 2 3 4 5

感じられない |-----| 感じられた

映像に飛び出し感を感じることが出来ましたか？

1 2 3 4 5

感じられない |-----| 感じられた

・ そのほか何かありましたらお書きください

図4.2: 検証で利用したアンケート用紙

これらの8つの質問に対して、被験者には5段階で評価をしてもらった。評価は5の方が評価が高く、1が一番低い評価とする。

4.2 各表示方法を用いた結果

4.2.1 全体の評価の比較

図 4.3 は、各表示方法の評価の平均を表したグラフである。

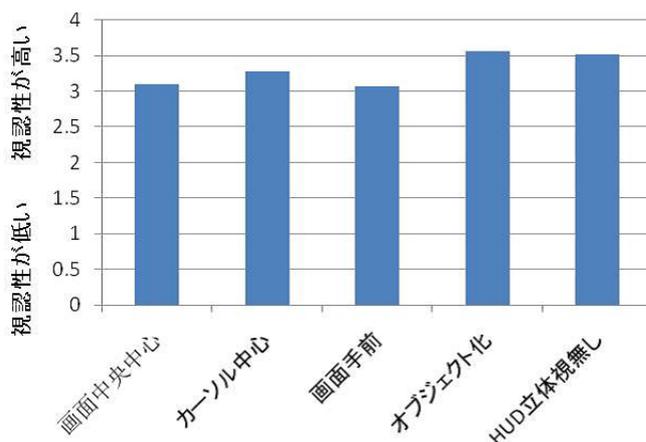


図 4.3: 各表示方法の評価の平均

検証する仮説は各表示方法の評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証する。

棄却域の確率を 5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.0001 となり、「p 値 < 棄却域の確率」となる。また、分散分析では F 分布表を用いて棄却域を見る。観測された分散比 F 値は 5.7271 となり、F 境界値 2.3821 を上回る。この二つの結果より、帰無仮説は棄却され、各表示方法で差が出るといえる。

しかし、このままでは、どの表示方法に差が出ているかわからないため、多重検定 Steel-Dwass 法を利用し、有意な差があるのか検証した。検証した結果は次のとおりであり、順番が早いほど評価が高いとする。

1. 「オブジェクト化」「HUD 立体視無し」

2. 「カーソル中心」
3. 「画面中央中心」「画面手前」

4.2.2 見えやすさの比較

図 4.4 は、各表示方法の見えやすさの評価の平均を表したグラフである。

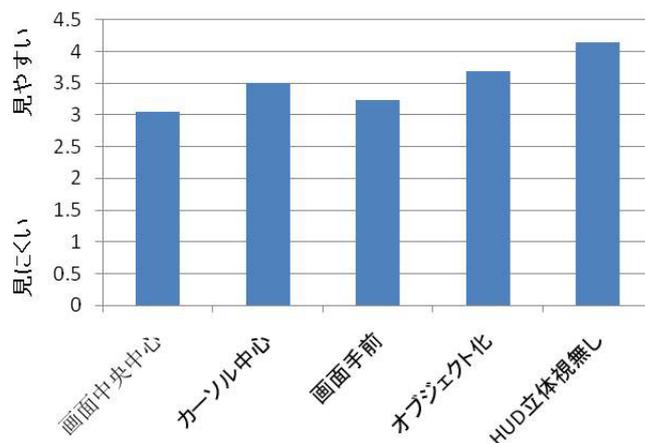


図 4.4: 各表示方法の見えやすさの評価の平均

検証する仮説は各表示方法の見えやすさの評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の見えやすさの評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の見えやすさの評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を 5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.0276 となり、「p 値 < 棄却域の確率」となる。また、分散分析では F 分布表を用いて棄却域を見る。観測された分散比 F 値は 2.8436 となり、F 境界値 2.4582 を上回る。この二つの結果より、帰無仮説は棄却され、各表示方法で差が出るといえる。

しかし、このままでは、どの表示方法に差が出ているかわからないため、多重検定 Steel-Dwass 法を利用し、有意な差があるのか検証した。検証した結果は次の

とおりであり、順番が早いほど評価が高いとする。

1. 「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「HUD 立体視無し」
2. 「画面中央中心」

4.2.3 目の疲れの比較

図 4.5 は、各表示方法の目の疲れの評価の平均を表したグラフである。

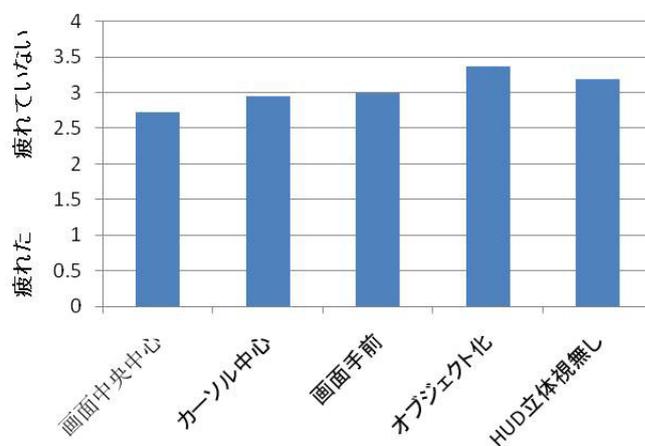


図 4.5: 各表示方法の目の疲れの評価の平均

検証する仮説は各表示方法の目の疲れの評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の目の疲れの評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の目の疲れの評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.6193 となり、「p 値 < 棄却域の確率」を満たさない。よって、各表示方法の目の疲れの評価の平均には差がないといえる。

4.2.4 HUDの鮮明さの比較

図4.6は、各表示方法のHUDの鮮明さの評価の平均を表したグラフである。

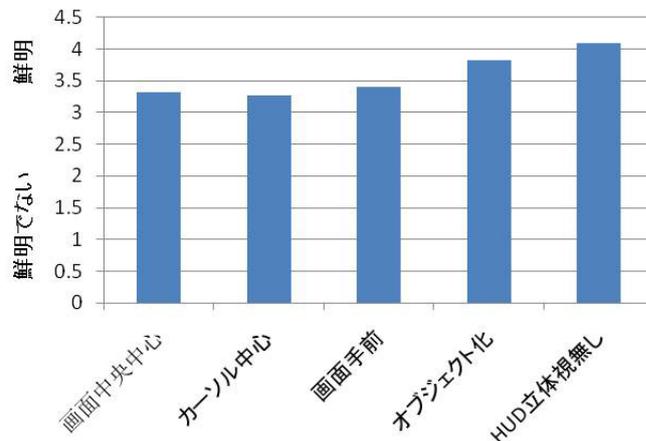


図4.6: 各表示方法の鮮明さの評価の平均

検証する仮説は各表示方法のHUDの鮮明さの評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法のHUDの鮮明さの評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法のHUDの鮮明さの評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率p値は0.084となり、「p値<棄却域の確率」を満たさない。よって、各表示方法のHUDの鮮明さの評価の平均には差がないといえる。

4.2.5 HUDのボケやすさの比較

図4.7は、各表示方法のHUDのボケやすさの評価の平均を表したグラフである。

検証する仮説は各表示方法のHUDのボケやすさの評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法のHUDのボケやすさの評価の平均には

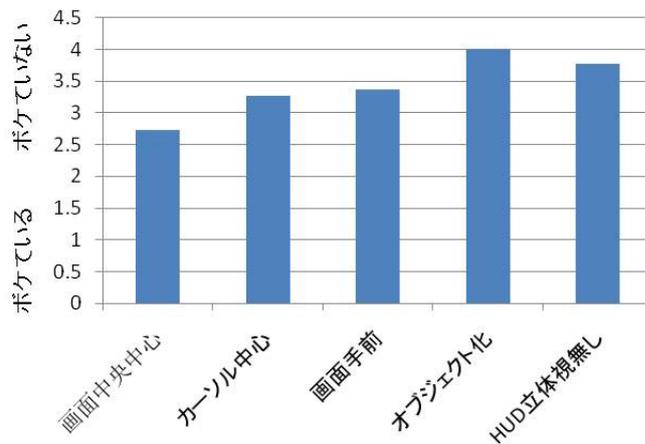


図 4.7: 各表示方法のボケやすさの評価の平均

差がない。対立仮説は、各表示方法の HUD のボケやすさの評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を 5 % (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.008 となり、「p 値 < 棄却域の確率」となる。よって、分散分析では F 分布表を用いて棄却域を見る。観測された分散比 F 値は 3.6273 となり、F 境界値 2.4582 を上回る。この二つの結果より、帰無仮説は棄却され、各表示方法で差が出るといえる。

しかし、このままでは、どの表示方法に差が出ているかわからないため、多重検定 Steel-Dwass 法を利用し、有意な差があるのか検証した。検証した結果、検証した結果は次のとおりであり、順番が早いほど評価が高いとする。

1. 「オブジェクト化」
2. 「カーソル中心」「画面手前」「HUD 立体視無し」
3. 「画面中央中心」

4.2.6 二重に見えたかの比較

図 4.8 は、各表示方法の二重に見えたかの評価の平均を表したグラフである。

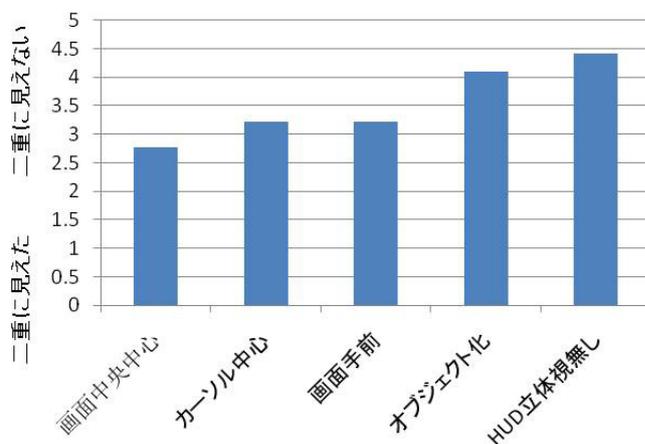


図 4.8: 各表示方法の二重に見えたかの評価の平均

検証する仮説は各表示方法の二重に見えたかの評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の二重に見えたかの評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の二重に見えたかの評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を 5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.00003 となり、「p 値 < 棄却域の確率」となる。また、分散分析では F 分布表を用いて棄却域を見る。観測された分散比 F 値は 7.2537 となり、F 境界値 2.4582 を上回る。この二つの結果より、帰無仮説は棄却され、各表示方法で差が出るといえる。

しかし、このままでは、どの表示方法に差が出ているかわからないため、多重検定 Steel-Dwass 法を利用し、有意な差があるのか検証した。検証した結果、検証した結果は次のとおりであり、順番が早いほど評価が高いとする。

1. 「HUD 立体視無し」
2. 「オブジェクト化」

3. 「カーソル中心」「画面手前」
4. 「画面中央中心」

4.2.7 眼球の動きの比較

図 4.9 は、各表示方法の眼球の動きの評価の平均を表したグラフである。

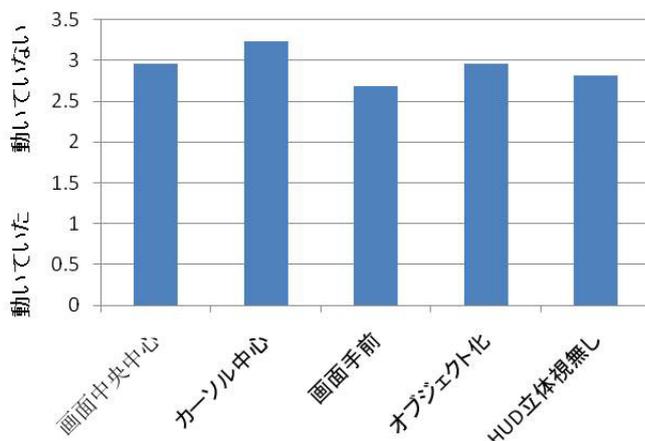


図 4.9: 各表示方法の眼球の動きの評価の平均

検証する仮説は各表示方法の眼球の動きの評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の眼球の動きの評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の眼球の動きの評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を 5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.7213 となり、「p 値 < 棄却域の確率」を満たさない。よって、各表示方法の眼球の動きの評価の平均には差がないといえる。

4.2.8 奥行き感の比較

図 4.10 は、各表示方法の奥行き感の評価の平均を表したグラフである。

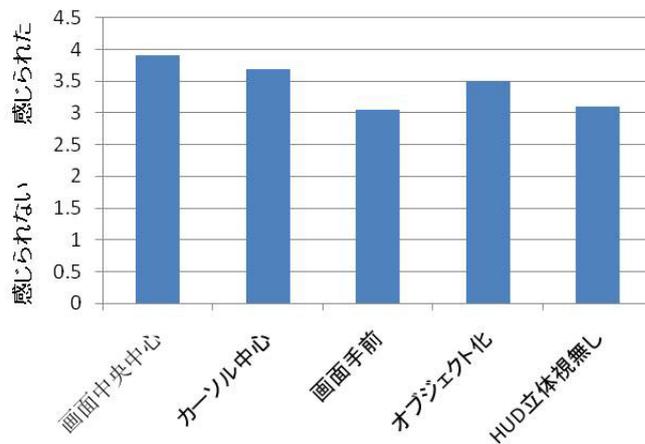


図 4.10: 各表示方法の奥行き感の評価の平均

検証する仮説は各表示方法の奥行き感の評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の奥行き感の評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の奥行き感の評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を5% (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.0491 となり、「p 値 < 棄却域の確率」となる。また、分散分析では F 分布表を用いて棄却域を見る。観測された分散比 F 値は 2.4690 となり、F 境界値 2.4582 を上回る。この二つの結果より、帰無仮説は棄却され、各表示方法で差が出るといえる。

しかし、このままでは、どの表示方法に差が出ているかわからないため、多重検定 Steel-Dwass 法を利用し、有意な差があるのか検証した。検証した結果、各表示方法の間には有意な差が認められなかった。これは分散分析で帰無仮説の棄却の条件は満たしているものの、p 値が5%に非常に近いために、分散分析で差があると認められたものの、多重検定では差がないと結果が出たと考えられる。

4.2.9 飛び出し感の比較

図 4.11 は、各表示方法の飛び出し感の評価の平均を表したグラフである。

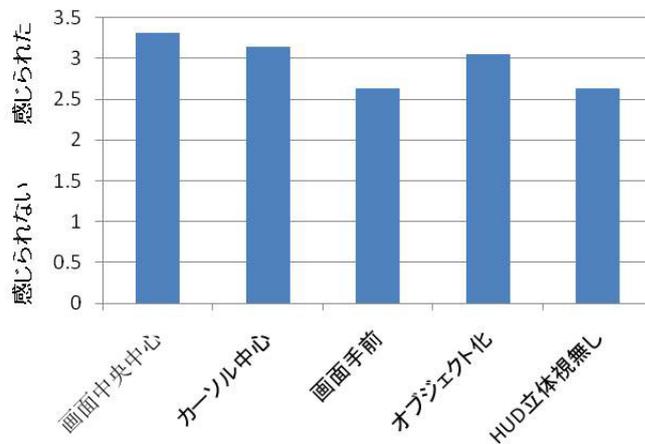


図 4.11: 各表示方法の飛び出し感の評価の平均

検証する仮説は各表示方法の飛び出し感の評価の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の飛び出し感の評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の飛び出し感の評価の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を 5 % (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.1944 となり、「p 値 < 棄却域の確率」を満たさない。よって、各表示方法の飛び出し感の評価の平均には差がないといえる。

4.2.10 反応時間の比較

図 4.12 は、各表示方法の反応時間の平均を表したグラフである。

検証する仮説は各表示方法の反応時間の平均には差がある。分散分析に用いる帰無仮説は、各表示方法の反応時間の評価の平均には差がない。対立仮説は、各表示方法の反応時間の平均の少なくともひとつの組み合わせに差がある。分散分析を用いて、有意な差があるのか検証した。

棄却域の確率を 5 % (0.05) としたとき、分散分析により、帰無仮説が正しいという条件の下で、検定統計量の値より大きな値が得られる確率 p 値は 0.00003 とな

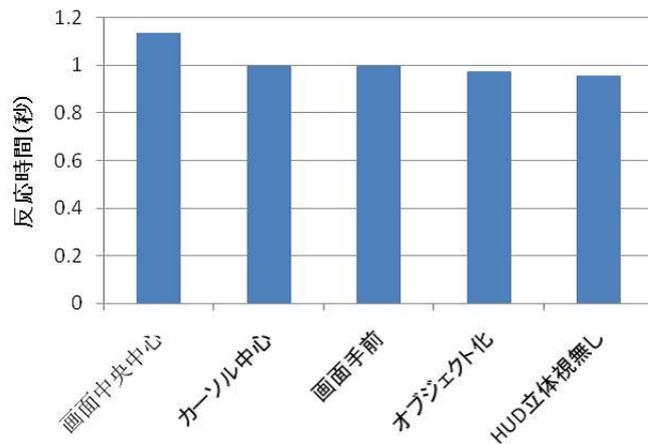


図 4.12: 各表示方法の反応時間の平均

り、「 p 値 < 棄却域の確率」となる。また、分散分析では F 分布表を用いて棄却域を見る。観測された分散比 F 値は 7.2537 となり、F 境界値 2.4582 を上回る。この二つの結果より、帰無仮説は棄却され、各表示方法で差が出るといえる。

しかし、このままでは、どの表示方法に差が出ているかわからないため、多重検定 Steel-Dwass 法を利用し、有意な差があるのか検証した。検証した結果、検証した結果は次のとおりであり、順番が早いほど評価が高いとする。

1. 「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「HUD 立体視無し」
2. 「画面中央中心」

4.3 結果のまとめ

全体の評価の平均の比較では、「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「HUD 立体視無し」の 5 つには有意差があると分かった。アンケートの各項目については、見えやすさ、HUD のボケやすさ、二重に見えたか、反応時間の 4 項目に関しては有意差を出すことが出来た。対して、目の疲れ、HUD の鮮明さ、眼球の動き、飛び出し感、の 4 つには明確な有意差を出すことが出来な

かった。奥行き感は分散分析では有意差が出たが、多重検定 Steel-Dwass 法では有意差が出なかった。

次章では、有意差の有無の理由の考察をする。

第 5 章

考察

検証の結果、主観的評価の面では、各アンケート項目に関しては、見えやすさ、HUD のボケやすさ、二重に見えたかには有意差が出た。

見えやすさに有意な差が出た要因として、「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」の3つの表示方法では、HUD が一番手前で宙に浮いているように表示される可能性があることが影響していると考えられる。HUD が宙に浮いている事がプレイヤーに違和感を与えるため、有意差が出たと考えられる。

HUD のボケやすさの比較では、HUD 部分の両眼視差の大きさが影響したと考えられる。これは、HUD が手前になればなるほど、右目用画像と左目用画像のブレは大きくなるため、「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」のように一番手前に HUD が表示される可能性があるものはボケて見えてしまう。そのため、常にブレが小さい値で一定な「オブジェクト化」と立体視をしないためブレのない「HUD 立体視無し」のボケやすさに対する評価が高い。

二重に見えたかの評価に有意差が出た要因は、HUD のボケやすさと同様の理由が考えられる。ただし、二重に見えたかでは、そもそもブレていない「HUD 立体視無し」の方が「オブジェクト化」よりよい評価を得ている。

対して、目の疲れ、HUD の鮮明さ、眼球の動き、飛び出し感には明確な有意差は出なかった。また、奥行き感は分散分析では有意差が出たが、多重検定 Steel-Dwass 法では有意差が出なかった。

目の疲れで有意差が出なかった要因として、HUDの表示方法が目の疲れに与える影響より、ゲームのプレイ時間が目に疲れに与える影響が大きかったためだと考える。HUDの鮮明さに関しては、「HUD立体視無し」の鮮明さの評価が高かったが、明確な差はなかった。眼球の動きに関しては、どのHUDの表示方法でも奥行きを合わせる焦点調節の眼球運動だけではなく、上下左右のゲーム画面を見なくてはならない。そのため、ゲームの通常プレイにおいても眼球の運動が必要だったため、眼球の動きには差がなかったと考える。飛び出し感に関しては検証に利用したゲームが飛び出しより奥行きの広がりの方が大きかったため、有意な差が出なかったと考える。奥行き感に関しては、HUDがリアルタイムに奥行きを調整することによってゲームのプレイヤーが奥行きを感じる事が出来たと考える。対してHUDの奥行き情報が変化しない「画面手前」「HUD立体視無し」の評価が低くなっている。しかし、差があるものの差が小さかったため、多重検定では有意な差が出なかった。

客観的評価の面では「画面中央中心」を除いた、4つの表示方法では有意な差を得ることが出来なかった。「画面中央中心」が一番反応時間がかかり、それ以外は特に差はなかった。また、「画面中央中心」の反応時間が大きかったものの、その差は約0.1秒の差である。これは、ゲームのプレイに影響を与えるほどの差ではないと考える。また、ゲームプレイヤーのゲームに対する習熟度が反応時間に大きく影響していると考えられる。プレイヤーの習熟度により、反応時間のばらつきが大きくなるため、有意差が出なかったと考える。このことから、各表示方法には客観的な差は存在しないと考える。HUDの各表示方法において、ゲームの操作に影響が出るほどの差が出ないといえることが分かった。

全体としては「オブジェクト化」「HUD立体視無し」の評価が高く、「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」の評価が低いと分かった。「オブジェクト化」の評価が高かった要因としては、被験者がHUDを立体視空間内の3Dオブジェクトの一部として認識したためだと考えられる。被験者が3Dオブジェクトの一部だと認識したため、HUDを自然に見ることが出来たと考えられる。もうひとつの評

価の高かった「HUDの立体視無し」は、2D画像として自然に視認可能なため、評価が高かったと考えられる。しかし、HUD部分を立体視していないため「オブジェクト化」に比べ、若干奥行き感や飛び出し感が損なわれる。評価の低かった「画面中央中心」「カーソル中心」は、そもそもHUDの深さ位置がゲームのプレイ中に変化していくこと自体に違和感を与えてしまうということもあり、被験者からは「動いて見づらい」「一番疲れた」などの評価も得た。立体視ゲームにおいてHUDの視認性を向上させるためには、被験者にとって自然に見えることが重要視され、立体視空間に自然にHUDが存在する「オブジェクト化」と、2D画像として自然に存在する「HUD立体視無し」が視認性が高いと分かった。

第 6 章

おわりに

本研究では、立体視ゲームにおける HUD の視認性の向上を目的とし、「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「HUD 立体視無し」の 5 つの HUD の表示方法を提示し、検証を行った。検証の結果から、「オブジェクト化」「HUD の立体視無し」の視認性の評価が高く、「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」の視認性の評価が低いことが分かった。立体視ゲームにおいて HUD の視認性を向上させるためには、ゲームのプレイヤーにとって HUD が自然に見えることが重要視されることが分かった。よって、立体視空間内に自然に存在する「オブジェクト化」と、2D 画像として自然に存在する「HUD 立体視無し」が視認性が高いと評価を受けたと考える。

今後の展望として、視認性の高いと評価を受けた「オブジェクト化」「HUD 立体視無し」でも、一部の被験者からは一番低い評価を受けた。立体視は個人差が大きく、評価が高い表示方法でも、人によっては評価が悪くなってしまう。また、本研究では HUD の位置や色、デザインなどの見えやすさに関する要素を考慮していない。HUD の位置や色を考慮することによって、さらに視認性が向上すると考える。また、「画面中央中心」「カーソル中心」で HUD をリアルタイムで移動させたが、その移動速度についても視認性を向上させるために調整が必要だと考える。快適に立体視ゲームプレイするために、より多くの人が高視認性だと認識できる HUD の表示方法が求められる。

謝辞

本研究を締めくくるにあたり、ご指導ならびに適切な助言をくださいました、本校メディア学部の三上浩司講師と渡辺大地講師に心からの感謝の意を表します。また、様々な相談にのってくださった院生の方々と、研究室のメンバーに深く感謝をいたします。

参考文献

- [1] PRO NEWS, “映像新時代 2010 03 普及フェーズに入ったステレオスコピック,”
<http://www.pronews.jp/special/1001201103.html?page=1>.
- [2] 財団法人機械システム復興協会 財団法人デジタルコンテンツ協会, “次世代立体視コンテンツ制作環境の開発に関するフィージビリティスタディ報告書,” 2009.
- [3] 財団法人デジタルコンテンツ協会, “デジタル技術を駆使した映像制作・表示に関する調査研究 報告書,” 2010.
- [4] 3D コンソーシアム (3DC) 安全ガイドライン部会, “人に優しい 3D 普及のための 3DC 安全ガイドライン,” 2010.
- [5] 独立行政法人国民生活センター, “独立行政法人国民生活センター報道発表資料 3D 映画による体調不良,” 2010.
- [6] 田辺三菱製薬, “疲れ目の原因,”
<http://www.mt-pharma.co.jp/healthcare/library/eye03.html>.
- [7] 水口真, 【CEDEC 2010】 良い立体視を作るコツとは? そのお作法を紹介,
<http://www.gamebusiness.jp/article.php?id=2072>.
- [8] 株式会社ステラジアン 開発者ブログ, “cedec レポ 1,”
<http://www.steradian.co.jp/2010/09/cedec1.html>.

- [9] taifuh.com, “3D 映画の字幕は拷問か ?! ,”
<http://blog.taifuh.com/blog/2010/02/3d.html>.
- [10] 池田佳代 沼田秀穂 青木輝勝, “立体視における適切なテキスト表現と表現手法の拡張に関する研究,” 情報処理学会 研究報告, 東京大学 先端科学技術研究センター, 2004.
- [11] 為ヶ谷秀一, “特別記事 NAB Show 2010 「全体概要とデジタルシネマサミット」,” 2010.
- [12] NHK 放送技術研究所 次長 伊藤崇之, “特別発表 技研における立体テレビの研究成果,” NHK 技研 R & D, No.123, 48-55, 2010.
- [13] 財団法人機械システム振興協会, “自然な立体視を可能とする空間像の形成に関する調査研究,” 2008.
- [14] 太田 啓路, “安全かつ快適な三次元映像表現に関する人間工学的研究,” 早稲田大学大学院国際情報通信研究科マルチメディアとヒューマンファクター研究 Ⅷ, 2006.
- [15] 高橋俊哉 牧原剣道 奥田充一 今井明, “3D 液晶ディスプレイシステムのコンテンツ制作方法,” Technical Journal, No.19-通巻 87 号-, 2003.
- [16] 阿久津剛 大田友一, “輻輳調節矛盾を解消する立体表示法の研究,” 筑波大学大学院博士課程 システム情報工学研究科修士論文, 2006.
- [17] 坂野雄一のホームページ, “パパにもわかる三次元知覚のしくみ,”
<http://www.geocities.jp/sakanou1/>
- [18] 3DxTV.jp, “3D 表示方式,” <http://www.geocities.jp/sakanou1/>
- [19] 中原機械設計事務所, <http://www2.aimnet.ne.jp/nakahara/index.html>

- [20] 比留間伸行 橋本佳三 武田常広,“立体テレビ番組観視中の調節応答の測定,” テレビジョン学会誌 Vol48,No.10,pp.1293-1300,1994.
- [21] 浦谷謙吾 町田貴史 清川清 竹村治雄,“AR 環境における奥行き曖昧性と視認性を考慮した注釈提示手法とその評価,” 電子情報通信学会 技術研究報告,ITS2003-57,2004.
- [22] 吉田俊介 宮崎慎也 星野俊仁 大関徹 長谷川純一 安田孝美 横井茂樹,“ステレオ視表示における高精度な奥行き距離補正の一手法,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌,Vol.5,No.3,2000.
- [23] 奥田芝乃 佐藤隆二,“立体物の見やすさ評価を構成する諸側面の評価及び総合評価と代替可能な評価項目の特定,” 日本建築学会環境系論文集,Vol.73,No.624,pp.161-166,2008.
- [24] WelcometoMEPHAS,
<http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/testdocs/tomocom/welcome.html>