

修士論文

平成 25 年度 (2013)

立体視ゲームにおけるアノテーションの
視認性に関する調査

東京工科大学大学院
バイオ・情報メディア研究科 メディアサイエンス専攻

杉山 直隆

修士論文

平成 25 年度 (2013)

立体視ゲームにおけるアノテーションの
視認性に関する調査

指導教員 渡辺 大地

東京工科大学大学院
バイオ・情報メディア研究科 メディアサイエンス専攻

杉山 直隆

論文の要旨

論文題目	立体視ゲームにおけるアノテーションの視認性に関する調査
執筆者氏名	杉山 直隆
指導教員	渡辺 大地
キーワード	立体視, ゲーム, アノテーション, 視認性
[要旨] <p>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。</p> <p>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アノテーションの視認性に着目をした。アノテーションとは2次元的な情報を付与するラベルのことであり、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アノテーションの問題とは、アノテーション自体と、プレイヤーが注視したい物体の距離が一致しないことにより、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。</p> <p>アノテーションは固定アノテーションと3Dアノテーションの2種類に分類することができ、本研究はそれぞれに対して視認性を向上させる表示方法を提案した。</p> <p>本研究では固定アノテーションの視認性を向上させるために「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「固定アノテーション立体視無し」の5つの表示方法を実装し、比較検証をした。検証には操作が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。</p> <p>また、3Dアノテーションの視認性を向上させるために、3Dアノテーションの視認性では注視点(基準オブジェクト)と視差0の中間地点と関連オブジェクトの中間地点に3Dアノテーションを配置する表示方法を提案した。</p> <p>検証の結果、固定アノテーションでは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「固定アノテーションの立体視無し」の視認性の評価が高く、3Dアノテーションでは提案手法を用いることで視認性が向上することがわかった。</p>	

A b s t r a c t

Title	Investigation into about the visibility annotation in the stereoscopic vision game
Author	Naotaka Sugiyama
Advisor	Taichi Watanabe
Key Words	stereoscopic, game,annotation , visibility
[summary] <p>In late years various stereoscopic vision contents such as a movie and TV, the game which can get a three-dimensional impression spread and attract attention. However, in stereoscopic vision, there is a problem peculiar to the stereoscopic vision which there was not to a conventional picture. This study paid its attention to visibility of annotation in the stereoscopic vision game in a problem peculiar to stereoscopic vision. Annotation is a label giving two-dimensional information and points to the information I repeat it on a game screen mainly, and to display. The problem of annotation in the stereoscopic vision game may give sense of incongruity and fatigue by the distance of the object which a player wants to watch closely not according with annotation in itself. There is a similar problem to a 3-D film in subtitles part. The 3-D film takes measures to a problem by bringing the position of subtitles and the depth information of a picture watching closely close. However, the identification of a position watching closely is difficult because a picture changes by the player of the game in the stereoscopic vision game in real time. Therefore, a stereoscopic vision game cannot use the measures using to a 3-D film. This study classifies annotation in two kinds of fixed annotation and 3D annotation. This study suggested an indication method to improve visibility for each. This study" made "screen center"" cursor center"" screen this side"an object"to improve visibility of fixed annotation and implemented the indication method of" fixation annotation stereoscopic visionless" five and inspected a comparison. In addition, this study suggested an indication method to locate 3D annotation at a gaze point (standard object) and a halfway point of parallax 0 and the halfway point of the associated object with the visibility of ,3D annotation to improve visibility of 3D annotation. As a result of inspection, display it naturally in stereoscopic vision space in fixed annotation; display "an object as becoming" it and 2D image naturally; an evaluation of the visibility was high, and "doing it understood that visibility improved by using suggestion technique in ,3D annotation fixed annotation stereoscopic vision nothing". In addition, this study suggested an indication method to locate 3D annotation at a gaze point (standard object) and a halfway point of parallax 0 and the halfway point of the associated object with the visibility of ,3D annotation to improve visibility of 3D annotation. As a result of inspection, display it naturally in stereoscopic vision space in fixed annotation; display "an object as becoming" it and 2D image naturally; an evaluation of the visibility was high, and "doing it understood that visibility improved by using suggestion technique in ,3D annotation fixed annotation stereoscopic vision nothing".</p>	

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	2
1.2	論文構成	4
第2章	立体視とアノテーション	5
2.1	立体視とは	6
2.2	ゲームにおけるアノテーション	8
2.3	固定アノテーションと3Dアノテーション	8
2.4	アノテーションの問題点	9
第3章	固定アノテーションの視認性	10
3.1	はじめに	11
3.2	固定アノテーションの表示方法	11
3.2.1	画面中央中心	12
3.2.2	カーソル中心	14
3.2.3	画面手前	15
3.2.4	オブジェクト化	16
3.2.5	固定アノテーションの立体視なし	16
3.3	実験方法	17
3.4	実験結果	19
3.5	検証	20
第4章	3Dアノテーションの視認性	26
4.1	はじめに	27
4.2	視認性向上の条件	27
4.2.1	奥行き位置	27
4.2.2	奥行き乖離	27
4.2.3	関連オブジェクトの位置	28
4.3	既存の表示方法	29
4.3.1	単純追従	29
4.3.2	視差0方式	30
4.4	提案手法	30

4.5	実験方法	32
4.5.1	実験に使用するゲーム	32
4.5.2	評価方法	34
4.6	実験結果	36
4.6.1	アンケートによる主観評価	36
4.6.2	アイトラッキングによる客観評価	41
4.7	検証	42
第5章	おわりに	44
	謝辞	46
	参考文献	48

目 次

1.1	奥行き乖離の例	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	7
2.3	固定アノテーションと 3D アノテーションの例	8
3.1	画面中央中心の立体視空間のイメージ図	12
3.2	画面中央中心のディスプレイ表示のイメージ図	13
3.3	固定アノテーションの深さ位置の変更	14
3.4	カーソル中心の立体視空間のイメージ図	15
3.5	画面手前の立体視空間のイメージ図	15
3.6	オブジェクト化のイメージ図	16
3.7	固定アノテーションの立体視無しの立体視空間のイメージ図	17
3.9	実験用ゲーム画面	18
3.8	検証で利用したアンケート用紙	22
3.10	各表示方法の評価の平均	23
3.11	各表示方法の見えやすさの評価の平均	23
3.12	各表示方法のボケやすさの評価の平均	24
3.13	各表示方法の二重に見えたかの評価の平均	24
3.14	各表示方法の反応時間の平均	25
4.1	奥行きの位置の条件	28
4.2	奥行き乖離の有無の条件	28
4.3	関連オブジェクトとの距離の条件	29
4.4	単純追隨の例	29
4.5	視差 0 方式の例	30
4.6	提案手法を横から見た図	31
4.7	実験の様子	32
4.8	実験に利用したゲーム画面 (非立体視)	33
4.9	画面の分割	34
4.10	総合評価	36

4.11	二重に見えたか	37
4.12	目の疲れ	37
4.13	全体の位置関係	38
4.14	奥行き感	38
4.15	アノテーションの文字の見えやすさ	39
4.16	関連オブジェクトの把握	39
4.17	眼球の動き	40
4.18	飛出し感	40
4.19	左上に目的の文字列がある場合の滞在率の例	41
4.20	右上に目的の文字列がある場合の滞在率の例	42

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

近年、立体感の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][3][4][5]。立体視とは平面に書かれた模様や写真を見て、立体の映像を見出すことである。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ものを利用している [6][7][8][9]。一般的に立体視を行う際には両眼視差を利用することが多い。両眼視差とは両目の網膜に映る像の差のことを指す。

立体視コンテンツでは、通常の映像コンテンツには発生しない立体視特有の問題がある [10][11][12][13][14]。本研究では、立体視コンテンツのなかでも立体視ゲームに着目した。立体視ゲームコンテンツの特徴として、リアルタイムに描画を行うため、状況に合わせた立体感の調整ができることがある。状況とは、画面サイズ、視聴距離、両眼間隔といったゲーム外要因と、ゲーム内の時間経過や、空間縮尺、カメラやキャラクタの動きなどのゲーム内要因に分類できる。

また、ゲームプレイヤーの入力が画面変化に影響を与えるといったインタラクティブ性もゲームコンテンツの特徴である。そのため、他の立体視コンテンツにない、立体視ゲーム特有の問題が発生することが多い [15][16]。

立体視ゲームにおける問題のひとつとして、奥行き乖離の問題がある。奥行き乖離とは、同時に見る必要がある2箇所の奥行きに差があり、眼球の焦点の前後移動が発生することにより、疲れや見にくさを感じてしまうことである。図 1.1 は奥行き乖離の問題を図示したものである。

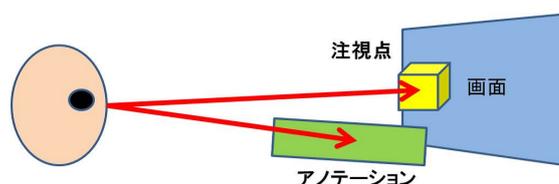


図 1.1: 奥行き乖離の例

ゲームの中では一般的に UI(User Interface), GUI(Graphical User Interface), HUD(Head-Up Display) などと呼ばれる 2 次元的な情報を付与するラベルである アノテーションを見る際に, 奥行き乖離が発生する. 似たような問題が, 立体映画の字幕部分においても発生する. 立体映画では対策として, 視聴者が注視する部分を事前に予測し, 予測した注視部分の奥行きと字幕の奥行き位置を合わせることによって, 焦点の前後移動を減らし, 字幕の見やすさを向上する.

しかし, 立体視ゲームでは, ゲームプレイヤの入力により映像が変化し, またゲームプレイのために注目すべき個所も多いため, ゲームのプレイヤが注視する部分を特定することは困難である. そのため, 注視点を特定し, 字幕の奥行き位置を設定する立体映画の対策手法をそのまま用いることが出来ない [17].

また, アノテーションの特徴から 2 種類のアノテーションに分けることが出来る. ひとつは画面に対して位置が固定になる固定アノテーションと 3D オブジェクトに付随する 3D アノテーションである. これらの 2 種類のアノテーションは特徴が異なるためそれぞれのアノテーションの視認性を向上させる必要がある.

本研究は固定アノテーションと 3D アノテーションのそれぞれに対して視認性を向上させる表示方法を提案した.

固定アノテーションの視認性を向上させるために「画面中央中心」「カーソル中心」「画面手前」「オブジェクト化」「固定アノテーション立体視無し」の 5 つの表示方法を実装し, 比較検証をした. 検証には操作が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.

また, 3D アノテーションの視認性を向上させるために, 3D アノテーションの視認性では注視点 (基準オブジェクト) と視差 0 の中間地点と関連オブジェクトの中間地点に 3D アノテーションを配置する表示方法を提案した. 提案手法と既存手法をゲームに実装し, アンケートによる主観評価と視線を取得する装置であるアイトラッカーを利用しプレイヤの視線を取得し客観的評価を行い, 提案手法の有

用性を確認した。

1.2 論文構成

本研究では、2次元的な情報を付与するラベルであるアノテーションに着目する。立体視ゲームにおいてアノテーションの視認性を向上させるため、アノテーションの視認性の調査を行い、新しいアノテーションの表示方法を提案する。

本研究ではまず第2章で立体視とアノテーションについて説明し、本研究におけるアノテーションの定義を述べる。第3章では固定アノテーションにおける視認性の調査を行い、第4章で3Dアノテーションにおける視認性の向上について述べる。第5章では全体のまとめを述べる。

第 2 章

立体視とアノテーション

本章では本研究で扱う立体視とアノテーションについて述べる。立体視の種類や仕組み、アノテーションの特徴を説明する。

2.1 立体視とは

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。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。図 2.1 が両眼視差のイメージ図である。

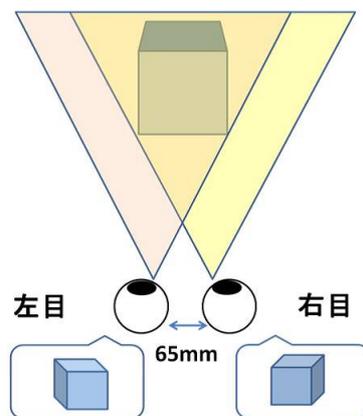


図 2.1: 両眼視差のイメージ図

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。

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。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。

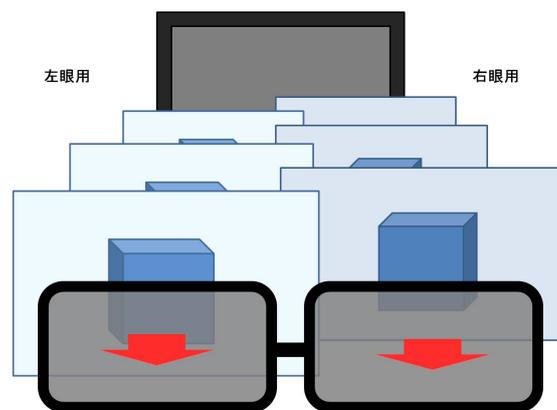


図 2.2: 液晶シャッター方式のイメージ図

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すことで、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 ゲームにおけるアノテーション

アノテーションとは本来、注釈という意味の言葉である。また、3Dオブジェクトに対して2次元的な情報を付加するラベルのことを3Dアノテーションと呼ぶ。

ゲーム画面におけるアノテーションは、ゲーム業界では一般的にUI, GUI, HUDとも呼ぶ。ゲーム画面におけるアノテーションは基本的に2D画像であり、ゲームに必要な情報を文字や絵で提示するものである。アノテーションにも大きく分けて2種類のアノテーションがあり、本研究では固定アノテーションと3Dアノテーションの2種類に分類する。図2.3はゲーム画面中の固定アノテーションと3Dアノテーションを表すものである。

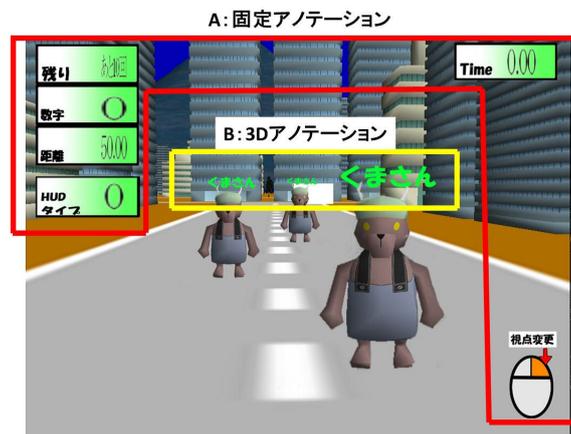


図2.3: 固定アノテーションと3Dアノテーションの例

2.3 固定アノテーションと3Dアノテーション

図2.3中のAは固定アノテーション部分である。カメラに対して位置が固定され、固定アノテーションが移動することはない。固定アノテーションの特徴として、主に画面の枠周りに存在することが多い。それに対してBの3Dアノテーションは、ゲームプレイ中に位置が移動する。主に味方キャラクターや敵キャラクターのオブジェクトに付随して表示する。本研究では3Dアノテーションが付随したオブジェクトを関連オブジェクトと呼ぶ。

2.4 アノテーションの問題点

通常の立体視をしないゲームの場合，固定アノテーションや3Dアノテーションの奥行き的位置は考慮せずに画面に表示する．しかし，立体視ゲームの場合，固定アノテーションや3Dアノテーションも立体視空間内のどこかに存在することになるため，奥行き的位置を考慮する必要がある．アノテーションに奥行きを追加したことによって，ゲームのプレイヤーが見る注視点とアノテーションの間で奥行きの乖離の問題が発生し，アノテーションが見にくくなる．そのため，アノテーションが見やすくなる表示位置を求める必要性がある．

しかし，固定アノテーションと3Dアノテーションではその特徴が異なるため，それぞれ見やすい表示方法を提案する必要がある．本研究では固定アノテーションと3Dアノテーションの視認性を向上することを目的とする．

第 3 章

固定アノテーションの視認性

3.1 はじめに

本章では、固定アノテーションの視認性について調査する。3.2節で固定アノテーションの表示方法について述べ、3.3節で視認性を調査する実験方法について述べる。3.4節で実験結果について述べ、3.5節で検証を述べる。

3.2 固定アノテーションの表示方法

本研究では固定アノテーションの表示手法を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コンソールが決めた安全ガイドラインにのっとり、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. 固定アノテーション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、固定アノテーション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。深さ位置とはカメラからの距離のことである。

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、固定アノテーション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、固定アノテーション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固定アノテーションを手前に位置させる。

4のオブジェクト化表示方法は、固定アノテーションを一番手前にある3Dオブジェクトに貼り付けることによって、固定アノテーションを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の固定アノテーションの立体視表示なしの表示方法はそもそも固定アノテーション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、固定アノテーション部分のみを立体視せずに、平面的に表示する。固定アノテーションを立体視しないため、固定アノテーションは裸眼で見ても、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、プレイヤーには固定アノテーションが画面に張り付いているように見える。

3.2.1 画面中央中心

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固定アノテーション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。

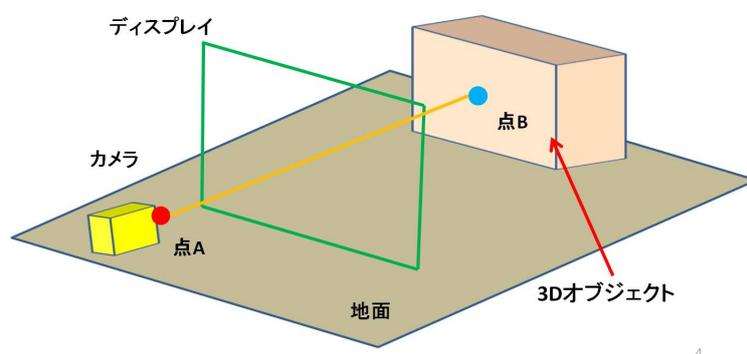


図 3.1: 画面中央中心の立体視空間のイメージ図

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。

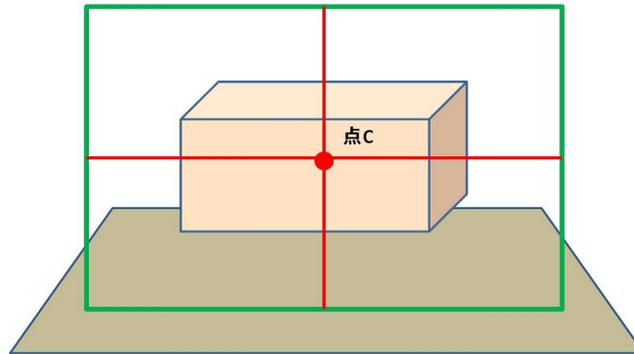


図 3.2: 画面中央中心のディスプレイ表示のイメージ図

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移動させる。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固定アノテーションの最適な深さ位置だと仮定し、固定アノテーションの位置を取得した距離に合わせる。固定アノテーションが他のオブジェクトと重なってしまい、固定アノテーションが見えなくなる可能性があるため、固定アノテーションは 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、固定アノテーションの深さ位置は維持しつつ固定アノテーションを一番手前に描画することが可能である。

固定アノテーション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ため、固定アノテーションの位置を徐々に変化させる必要がある。現在の固定アノテーションのカメラからの距離を N 、最適な固定アノテーションの深

度距離を M とすると、 $N < M$ を示す時、固定アノテーションを奥側に、 $N > M$ ならば固定アノテーションを手前側に移動する。 $N = M$ の場合、固定アノテーションの位置は変化しない。固定アノテーションの移動の範囲は快適視差範囲内 [10] でのみ変化するとし、固定アノテーション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。

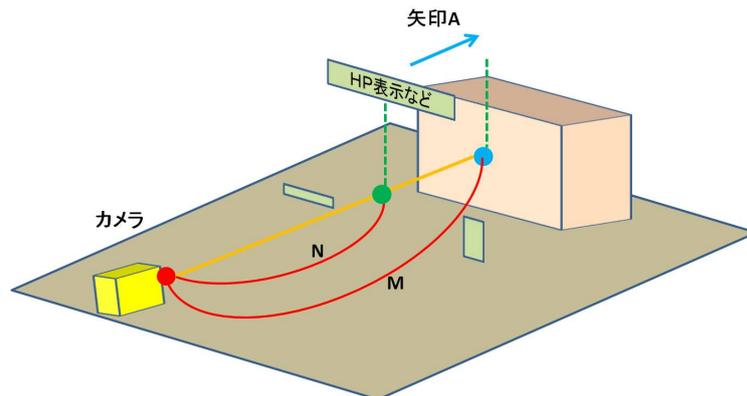


図 3.3: 固定アノテーションの深さ位置の変更

この場合固定アノテーションは矢印 A の方向に移動する。固定アノテーション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、固定アノテーションの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。固定アノテーションの移動の範囲は快適視差範囲内でのみ変化するとする。

3.2.2 カーソル中心

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、固定アノテーション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。

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

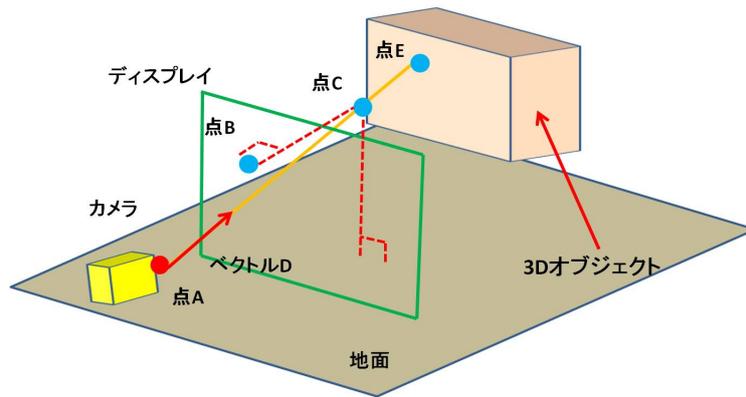


図 3.4: カーソル中心の立体視空間のイメージ図

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固定アノテーションの深さ位置を合わせる。この手法でも固定アノテーション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。

3.2.3 画面手前

図 3.5 は画面手前の立体視空間のイメージ図である。

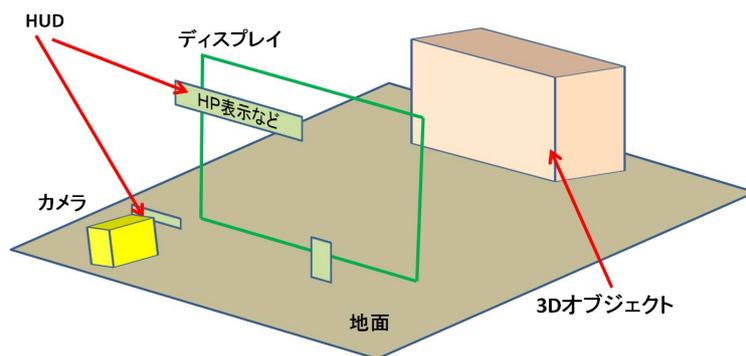


図 3.5: 画面手前の立体視空間のイメージ図

ゲーム内に存在する他のオブジェクトより、手前に固定アノテーションを表示させる。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、固定ア

ノテーションはディスプレイより手前に浮いて表示される。この表示方法では固定アノテーションの深さ位置は変化せず、常に定位置にある。

3.2.4 オブジェクト化

図 3.6 はオブジェクト化のイメージ図である。

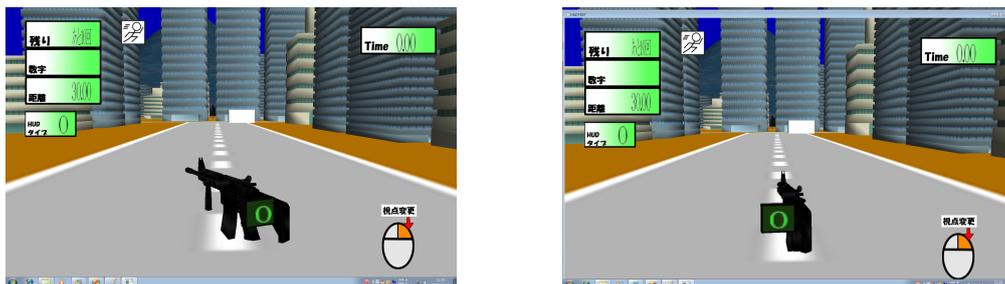


図 3.6: オブジェクト化のイメージ図

固定アノテーションを立体視空間内の 3D オブジェクトの一部としてカメラの手前に固定して表示させる。固定アノテーション部分は 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、固定アノテーションの深さ位置はほとんど変化をすることがないが、固定アノテーションの 2D 画像のパースが変化する。

3.2.5 固定アノテーションの立体視なし

図 3.7 は固定アノテーション立体視無しの立体視空間のイメージ図である。

固定アノテーション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固定アノテーション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固定アノテーション部分のみ、はっきりと視認することが出来る。

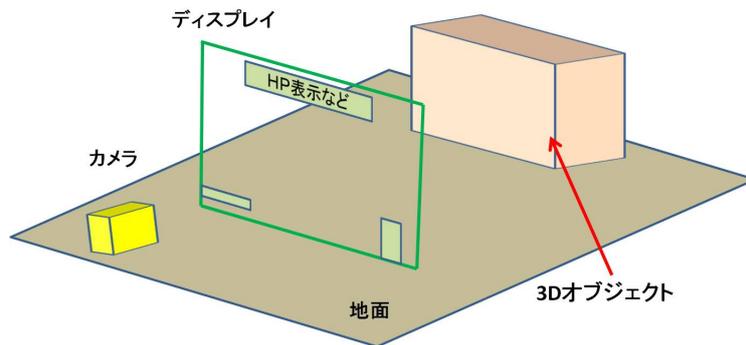


図 3.7: 固定アノテーションの立体視無しの立体視空間のイメージ図

3.3 実験方法

3.2節で述べた固定アノテーションの5つの表示方法の視認性を検証するために、固定アノテーションを見る必要のあるゲームを制作した。そのゲームに対して固定アノテーションの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、固定アノテーションの視認性に関する客観的評価と主観的評価を行った。客観的評価はゲームのプレイヤーが映像を見てから固定アノテーションを見て、固定アノテーション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視認性を調査するために、8個の質問に5段階で評価をした [18]。図 3.8 は検証で利用したアンケート内容である。評価は5の方が評価が高く、1が一番低い評価とする。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。

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
- 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

図 3.9 は、実験で使用したゲームの画面である。



図 3.9: 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、当てた時に固定アノテーションに表示する 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。固定アノテーション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

が出来る。ただし、カメラ自体の前後左右へ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、固定アノテーション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にあてた際に表示する「数字」、固定アノテーションが表示されている距離を表す「距離」、実験で使用している固定アノテーションの表示方法を示す「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、固定アノテーション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。

3.4 実験結果

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」「固定アノテーション立体視無し」の5つには有意差があると分かった。図3.10は全体の評価の平均の比較のグラフである。

アンケートの各項目については、見えやすさ、固定アノテーションのボケやすさ、二重に見えたか、3項目に関しては有意差を出すことが出来た。図3.11, 3.12, 3.13は見えやすさと固定アノテーションのボケやすさと二重に見えたかのグラフである。対して、目の疲れ、固定アノテーションの鮮明さ、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。

客観的評価である反応時間では有意な差を得ることが出来た。図3.14は反応時間のグラフである。

3.5 検証

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、固定アノテーションのボケやすさ、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、固定アノテーションが一番手前で宙に浮いているように表示する可能性があることが影響していると考えられる。固定アノテーション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。

固定アノテーションのボケやすさの比較では、固定アノテーション部分の両眼視差の大きさが影響したと考える。これは、固定アノテーション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固定アノテーションが表示す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「固定アノテーション立体視無し」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、固定アノテーションのボケやすさと同様の理由があると考えられる。ただし、二重に見えたかでは、そもそもブレていない「固定アノテーション立体視無し」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、固定アノテーションの鮮明さ、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。

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

ないと推測できる。また、ゲームプレイヤ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、プレイヤの習熟度により、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られる。固定アノテーション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」「固定アノテーション立体視無し」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、被験者が固定アノテーションを立体視空間内の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、固定アノテーションを自然に見ることが出来たと推測する。もうひとつの評価の高かった「固定アノテーションの立体視無し」は、2D画像として自然に視認が可能なため、評価が高かったと考える。しかし、固定アノテーション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を損なう。評価の低かった「画面中央中心」「カーソル中心」は、そもそも固定アノテーション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固定アノテーション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固定アノテーションが存在する「オブジェクト化」と、2D画像として自然に存在する「固定アノテーション立体視無し」が視認性が高いと分かった。

■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 |-----| 見えない

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 3.8: 検証で利用したアンケート用紙

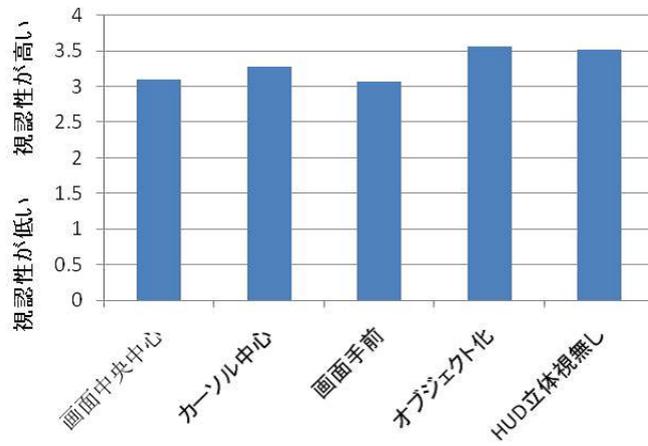


図 3.10: 各表示方法の評価の平均

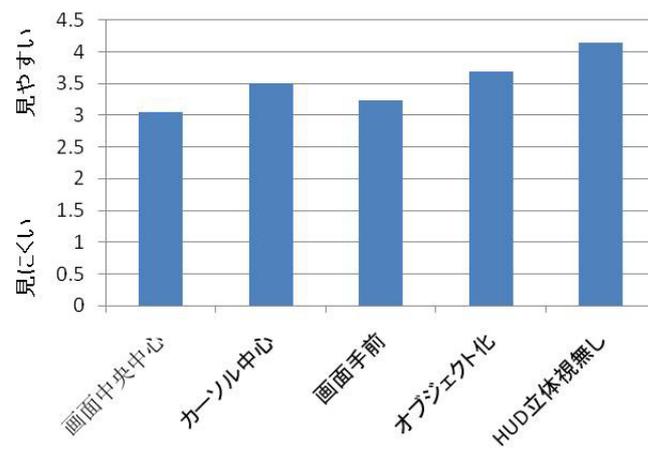


図 3.11: 各表示方法の見えやすさの評価の平均

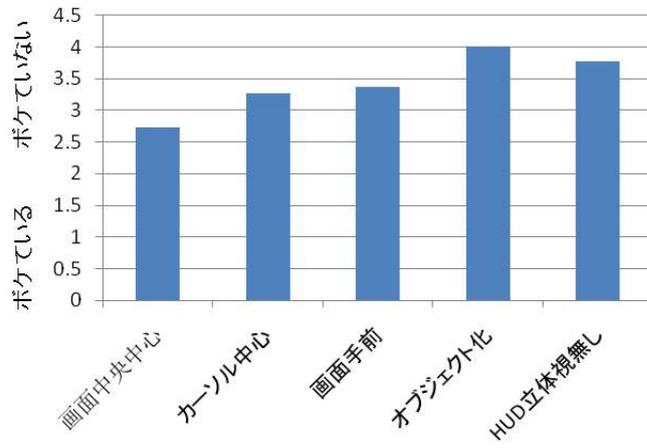


図 3.12: 各表示方法のボケやすさの評価の平均

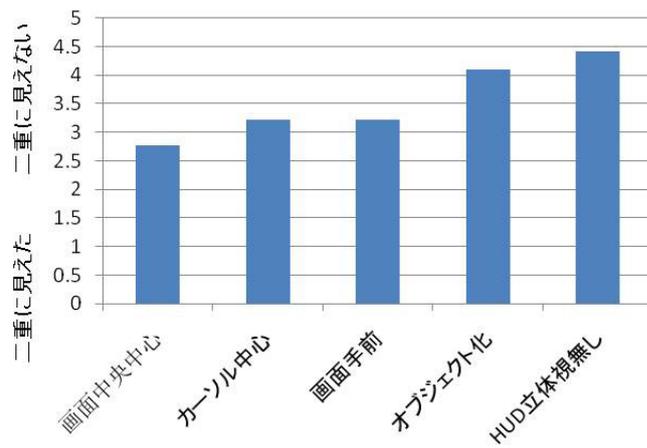


図 3.13: 各表示方法の二重に見えたかの評価の平均

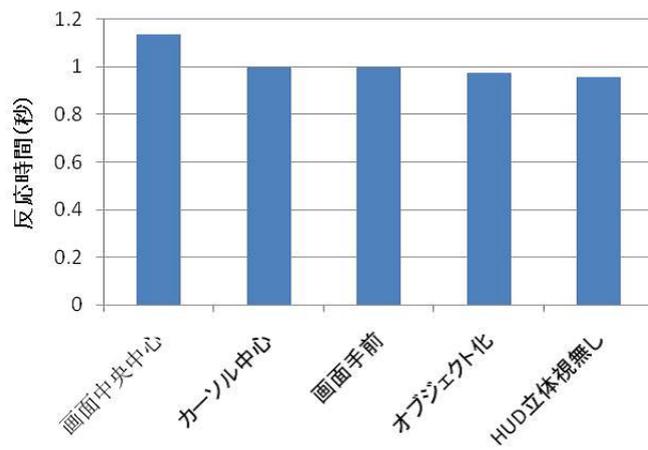


図 3.14: 各表示方法の反応時間の平均

第 4 章

3D アノテーションの視認性

4.1 はじめに

本章では、3D アノテーションの視認性を向上させる表示方法を提案する。4.2 節で3D アノテーションを向上させるための条件を述べ、4.3 節で既存の3D アノテーションの表示方法について述べる。4.4 節で提案手法について述べ、4.5 節で実験方法について述べる。4.6 節では実験結果について述べ、最後の4.7 節では検証を行う。

4.2 視認性向上の条件

本研究では、3D アノテーションの視認性を向上させるために、新しい3D アノテーションの表示方法を提案する。3D アノテーションの視認性に関連する項目は、奥行き位置、奥行き乖離の有無、関連オブジェクトとの距離、大きさ、色、デザインなど多岐にわたる [19][20][21]。本研究では中でも奥行きに関連する、奥行き位置、奥行き乖離の有無、関連オブジェクトとの距離の3つの項目に着目して視認性を向上する。3つの項目ごとに3D アノテーションの視認性が高くなる条件を求め、それらの条件を満たす表示方法を提案することで視認性を向上する。

4.2.1 奥行き位置

第一の条件は、3D アノテーションを視差0の奥行き位置に置くことである。視差0の位置とは、飛出しも引っ込みもしない位置のことであり、右目と左目の画像のずれの量がなくなる位置である。視差0の位置に3D アノテーションを置くことによって画像のずれがなくなり、3D アノテーションが見やすくなると仮定した。図4.1は第一の条件を図示したものである。

4.2.2 奥行き乖離

第二の条件は、奥行きの乖離を緩和するために、ゲームプレイヤが見ている注視点の奥行き位置と3D アノテーションの奥行きの位置をなるべく近くに設定する

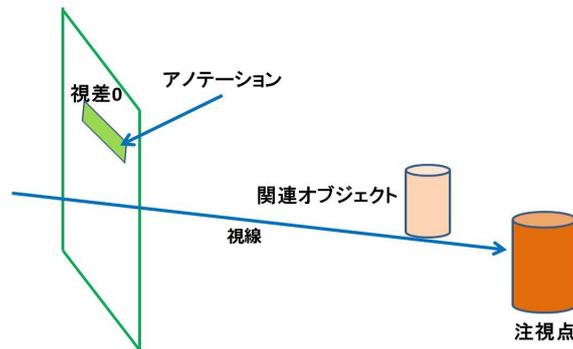


図 4.1: 奥行き位置の条件

ことである。注視点の奥行き位置と 3D アノテーションの奥行き位置が近づくことで、焦点の前後移動が減少するため 3D アノテーションが見やすくなると仮定した。図 4.2 は第二の条件を図示したものである。

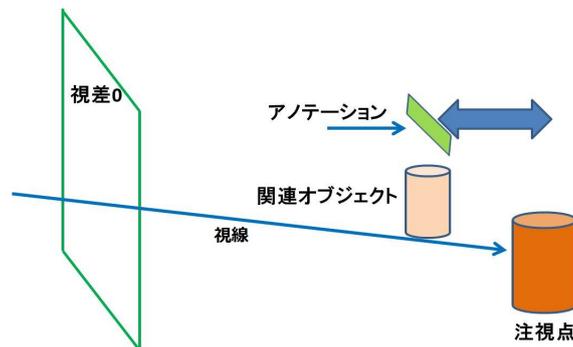


図 4.2: 奥行き乖離の有無の条件

4.2.3 関連オブジェクトの位置

第三の条件は、関連オブジェクトと 3D アノテーションの奥行き位置を近くに設定することである。関連オブジェクトと 3D アノテーションの奥行き位置が遠い場合、3D アノテーションが何を指しているのか判別が難しくなってしまう。そのため、関連オブジェクトと 3D アノテーションの距離が短いほうが、3D アノテーションが見やすくなると仮定した。図 4.3 は第三の条件を図示したものである。

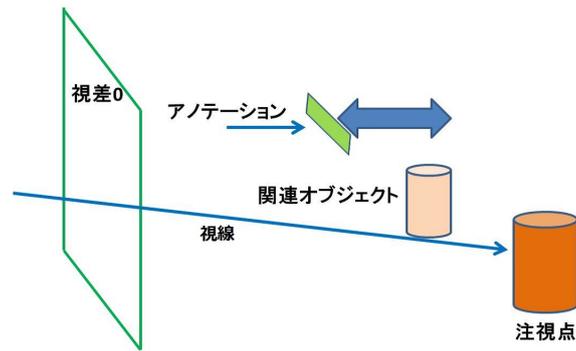


図 4.3: 関連オブジェクトとの距離の条件

4.3 既存の表示方法

既存のゲームの場合、3D アノテーションの表示方法は2つの表示方法がある。本研究では単純追従と視差0方式と呼ぶ。

4.3.1 単純追従

単純追従とは単純に3D アノテーションを追従させる表示方法である。この表示方法は関連オブジェクトの真上に単純に3D アノテーションを表示する方法である。この表示方法では関連オブジェクトと3D アノテーションの奥行き位置が同じになるため、3D アノテーションの視認性が向上する第三の条件を満たしているが、そのほかの条件は満たしていない。図4.4は単純追従を図示したものである。

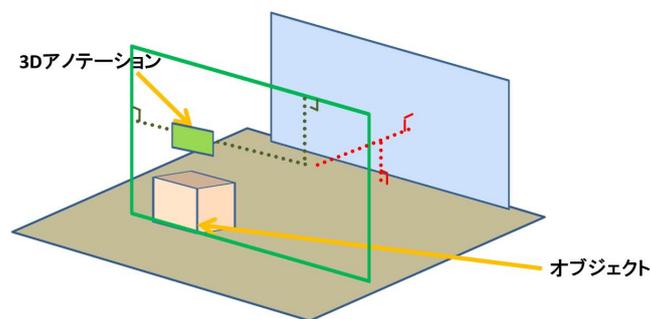


図 4.4: 単純追従の例

4.3.2 視差0方式

視差0方式とは奥行きを固定して3Dアノテーションを表示する方法である。この表示方法では、3Dアノテーションの奥行き位置を変化させず常に視差0の位置に固定させ、縦と横の位置の変化のみを可能とする表示方法である。3Dアノテーションの奥行き位置が常に視差0の位置にあるため、3Dアノテーションの視認性が向上する第一の条件を満たしているが、そのほかの条件を満たしていない。図4.5は視差0方式を図示したものである。

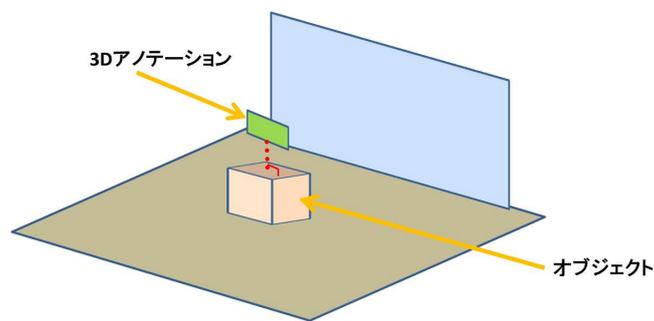


図 4.5: 視差0方式の例

4.4 提案手法

奥行き位置、奥行き乖離の有無、関連オブジェクトとの距離の3つの項目に関する、視認性の良くなる条件をすべて満たすような表示方法があれば3Dアノテーションの視認性が向上すると仮定した。3つの条件をまとめると次のようになる。

1. 3Dアノテーションの奥行き位置が視差0に近い。
2. 注視点と3Dアノテーションの奥行き乖離が少ない。
3. 関連オブジェクトと3Dアノテーションの奥行き乖離が少ない。

これらの条件を同時に満たす表示方法が望まれる。しかし、これらの条件を同時に満たした場合、すべてのオブジェクトが視差0の位置にある状況となる。す

すべてのオブジェクトが視差0の位置にあると、立体感が得られず、立体視をする意味がなくなってしまうため、これらの3つの条件を程よく満たすような表示方法が必要である。

本研究では3つの条件を程よく満たし、3D アノテーションの視認性を向上するために、注視点と視差0の中間地点と関連オブジェクトの中間地点に3D アノテーションを配置する表示方法を提案した。しかし、ゲームのプレイヤーの注視点を特定することは困難である。提案手法では注視点の代わりに、基準オブジェクトを設置し基準オブジェクトの距離で計算をする。基準オブジェクトとは、ゲームの進行に影響するオブジェクトを指し、ゲームをプレイした際は必ず見るゲームの進行に対して重要度が高いオブジェクトのことを指す。注視点の特定は困難であるが、基準オブジェクトはゲームの進行に必要不可欠なため見る頻度が高くなり、視線の集中が予測できる。

図4.6が提案手法を横から見た図である。図中の視差0から基準オブジェクトまでの距離Aの半分の位置を求め、その位置と関連オブジェクトの距離Bの中間の距離Dを求め、その位置に3D アノテーションを表示する。距離Dは式(4.1)によって求める。

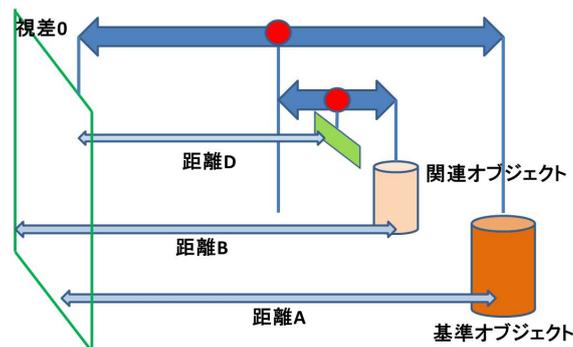


図4.6: 提案手法を横から見た図

$$D = \frac{\left(\frac{A}{2} + B\right)}{2} \quad (4.1)$$

4.5 実験方法

実験として、実際に立体視ゲームをプレイしてもらい既存のゲームの表示方法である、視差0表示方法、単純追従表示と本研究での提案した表示方法の視認性を評価してもらう。評価はアンケートとアイトラッキングを用い視線を測定した[22][23][24][25]。実験を行う環境は、OS:Windows7 Enterprise, CPU: Intel Core2 Duo E8400, メモリ:4.00GB でディスプレイはSAMSUNG社のSyncMaster2233を利用する。また専用メガネ, NVIDIA 3D Vision を用い, アクティブシャッター方式で実験を行う。また, 頭の位置を固定するため, 顎を台に載せて実験を行った。アイトラッカーはEyeTechDigitalSystemsのQuickCaptureを利用し両眼でアイトラッキングを行う。被験者の視聴距離は60cmとした。図4.7は実験の様子を撮影したものである。

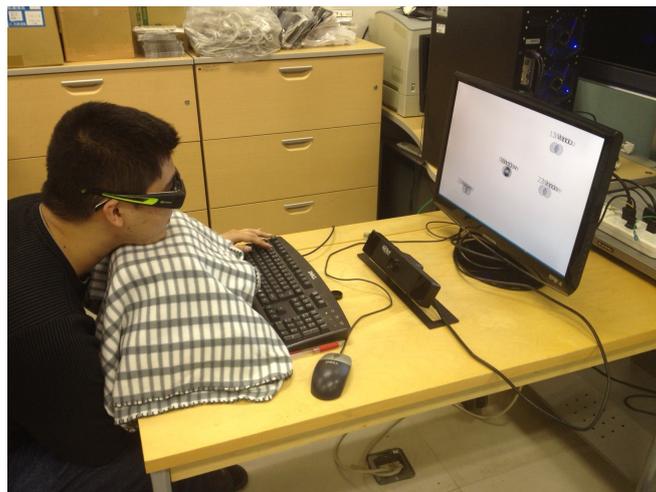


図 4.7: 実験の様子

4.5.1 実験に使用するゲーム

図4.8は実験に使用したゲームの画面である。

ゲームには、画面中央に基準オブジェクトとその周りに3つのオブジェクトが存在し、それぞれのオブジェクトに3Dアノテーションを配置する。画面中央の基

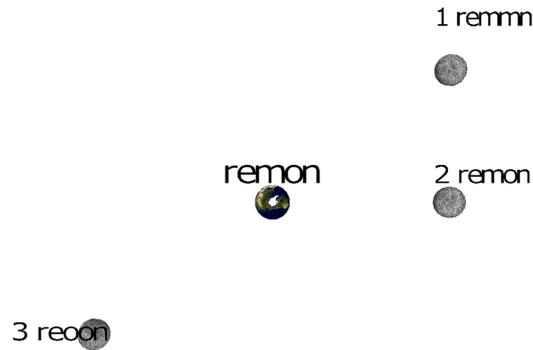


図 4.8: 実験に利用したゲーム画面 (非立体視)

準オブジェクトは画面中央の視差 0 の位置に配置し，その周りのオブジェクトはランダムな位置から画面中央の基準オブジェクトの方向に縦と横，奥行き方向にも移動をする．それぞれの 3D アノテーションに文字列を表示し，プレイヤーは基準オブジェクトの 3D アノテーションの文字列とそのほかの文字列が一致しているか判断する．プレイヤーが文字列を判断するために 10 秒間の時間を与えた．文字列が一致していた場合，3D アノテーションに書かれた数字に対応するキーを押してもらい．この一連の操作を 10 回行う．プレイヤーがそれぞれの 3D アノテーションの文字列を比較するため注視点の特定は困難だが，基準オブジェクトを少なくとも一度は見る必要があるため，その周囲に視線が集まっている可能性は高い．

図 4.8 を例に具体的にすると，ゲームのプレイヤーはまず画面中央に表示する `remon` と書かれた文字列の 3D アノテーションを見る．そのあと `remon` と同じ文字列をその周りに存在する三つの 3D アノテーションと見比べ，一致する 3D アノテーションを探す．図 8 では周りの 3D アノテーションには，`1remmn`，`2remon`，`3reoon` と表示されており，2 の `remon` が画面中央の文字列と一致するためプレイヤーは 2 のボタンを押すことになる．画面中央に表示する文字列は英単語として間違っているものもあり，周りに存在する文字列も似ているものを配置しているためプレイヤーは文字をしっかりと認識したうえで比較する必要がある．

このゲームに既存の 3D アノテーションの表示方法の 2 つと提案する表示方法を

実装し、ゲームプレイヤは視認性の比較を行う。表示方法は順不同で提示した。本研究では、実験を8人の男性に行った。被験者は全員視力正常または矯正視力正常であり、事前に立体視が可能であることを確認した。また、問題ごとの正答率に差はなかった。

4.5.2 評価方法

評価方法として、アンケートによる主観評価と、アイトラッキングを用いて視線を取得し、客観的評価を行った。アイトラッキングとは視線の位置を取得する技術であり、アイトラッキングを行う装置をアイトラッカーと呼ぶ。視線の位置から、3Dアノテーションの見やすさの検証を行う。今回利用したアイトラッカーは縦横の視線の位置は取得できるが、奥行き方向の視線の位置は取得できない。また、立体視メガネとアイトラッカーを同時に利用した際、十分な精度で視線の位置を取得できることは確認済みである。

アイトラッカーを用い視線の位置がゲーム画面のどこに存在するか取得した際、画面を縦に5分割、横に5分割したエリアを作りどのエリアを見ているかを判別する。図4.9が画面を分割した例である。

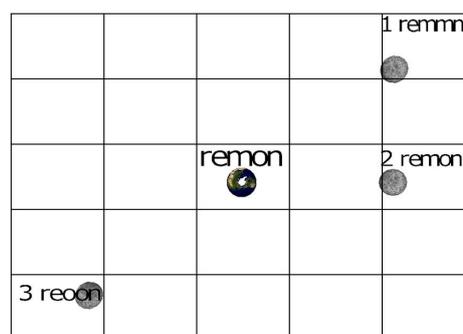


図 4.9: 画面の分割

主観的評価であるアンケートは8項目5段階評価で実施した。項目は次のとおりである。

1. アノテーションの文字が見えやすかったか

2. 目は疲れたか
3. 3D アノテーションと関連オブジェクトの対応を把握できたか
4. 全体の位置関係を把握できたか
5. アノテーションが二重に見えたか
6. 眼球が動いているように感じたか
7. 映像に奥行きを感じる事が出来たか
8. 映像に飛出し感を得ることが出来たか

アノテーションの文字が見えやすかったかの項目では、文字の可読のしやすさのみを判断してもらい、周りのオブジェクトの見やすさは評価しない。目は疲れたかの項目ではゲームをプレイしてもらった際の疲れの具合、3D アノテーションと関連オブジェクトの対応を把握できたかの項目では、3D アノテーションがどの関連オブジェクトに付随しているのか把握しやすいか、全体の位置関係を把握できたかの項目では、それぞれのオブジェクトの位置関係を把握できたかを問う。アノテーションが二重に見えたかの項目では、アノテーションの画像がぶれて見えてしまっていないか、眼球が動いているように感じたかの項目では、目がキョロキョロと動いている感覚があったかどうかを問う。映像に奥行きを感じる事が出来たかの項目では奥行き方向への広がりを感じる事が出来たか、映像に飛び出し感を得ることが出来たかの項目では手前方向への広がりを感じる事が出来たかを問う。

また、被験者は主観的評価の8項目やゲームのプレイのしやすさなどを考慮したうえで、総合的に視認性が良いと感じた順番で、表示方法の順位付けを行い、総合的な評価を行う。被験者が表示方法に順位付けをしたとき、1位を2点、2位を1点で評価した。

4.6 実験結果

4.6.1 アンケートによる主観評価

実験の結果として、被験者の総合評価では、視差0表示方法は3点、単純追従表示は8点、提案手法は13点となり、提案手法の視認性が高いと評価を得た。分散分析を行うとP値が0.0050と0.050の棄却域と比べて十分に小さいため有意な差があるといえる。図4.10は総合評価のグラフである。

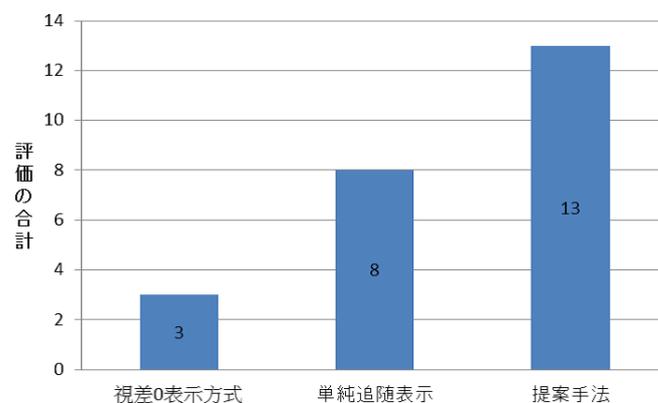


図4.10: 総合評価

8項目5段階評価のアンケートでは、目の疲れ、全体の位置関係、二重に見えたか、奥行き感の4項目でわずかな差が出たが、分散分析を行ったところ、二重に見えたかの項目でのみP値が0.010となり0.050の棄却域と比べて十分に小さいため有意な差が見られた。二重に見えたかの項目では、視差0表示方法の評価が高い。図4.11は二重に見えたかのグラフである。

図4.12, 4.13, 4.14は目の疲れ、全体の位置関係、奥行き感のグラフである。そのほかの項目では有意差が見られなかった。

図4.15, 4.16, 4.17, 4.18はアノテーションの文字の見えやすさと関連オブジェクトの把握と眼球の動きと飛出し感のグラフである。

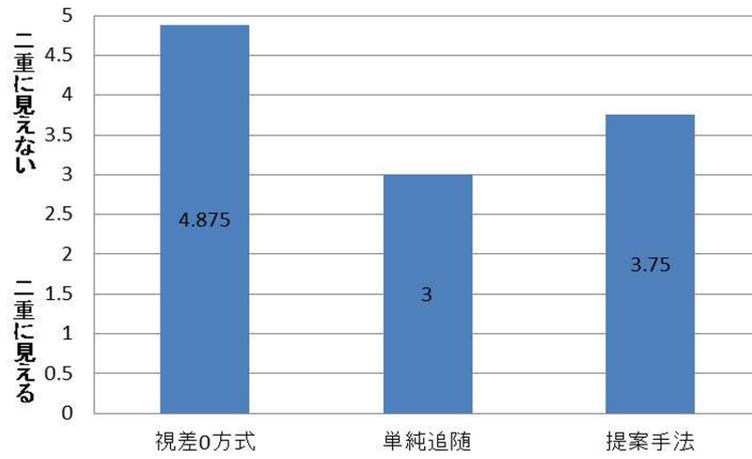


図 4.11: 二重に見えたか

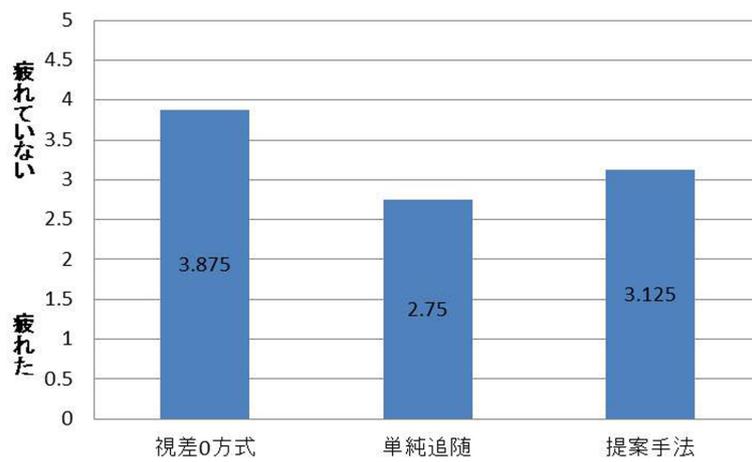


図 4.12: 目の疲れ

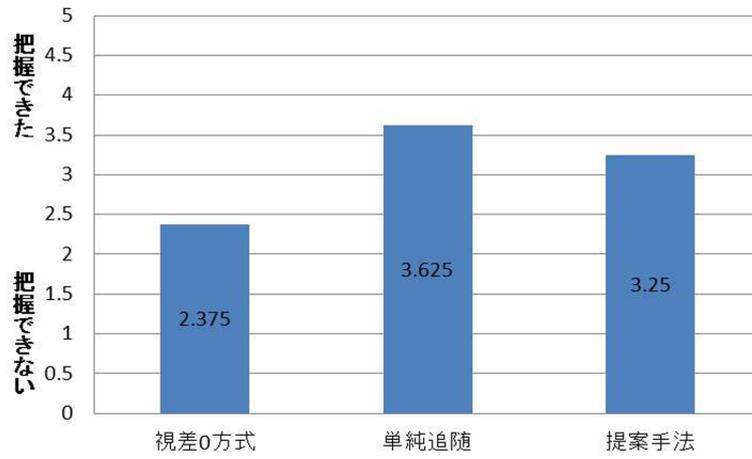


図 4.13: 全体の位置関係

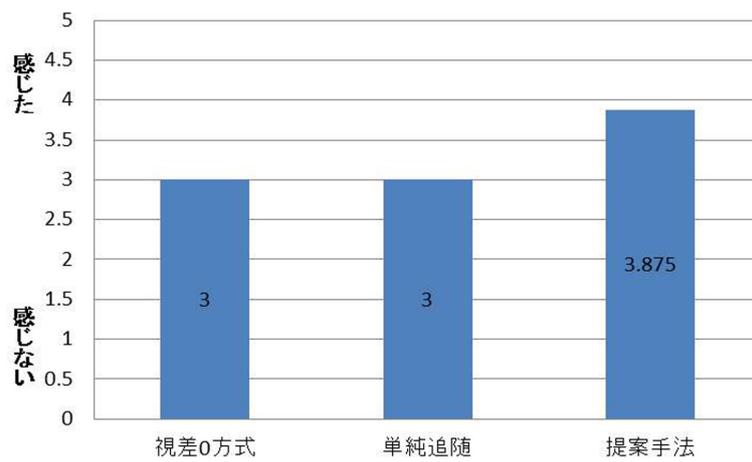


図 4.14: 奥行き感

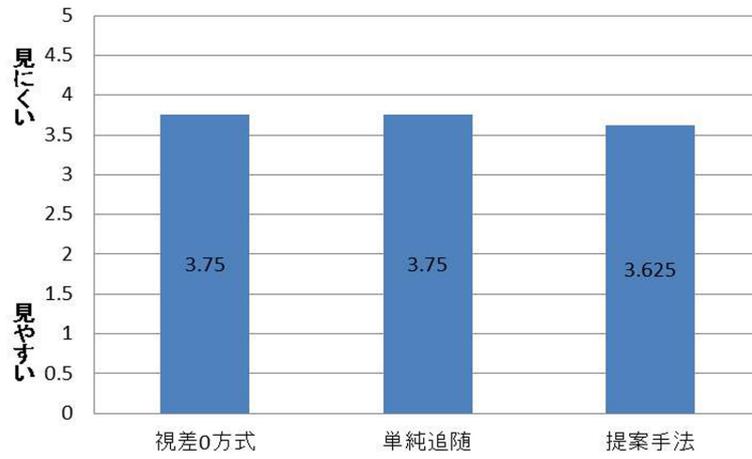


図 4.15: アノテーションの文字の見えやすさ

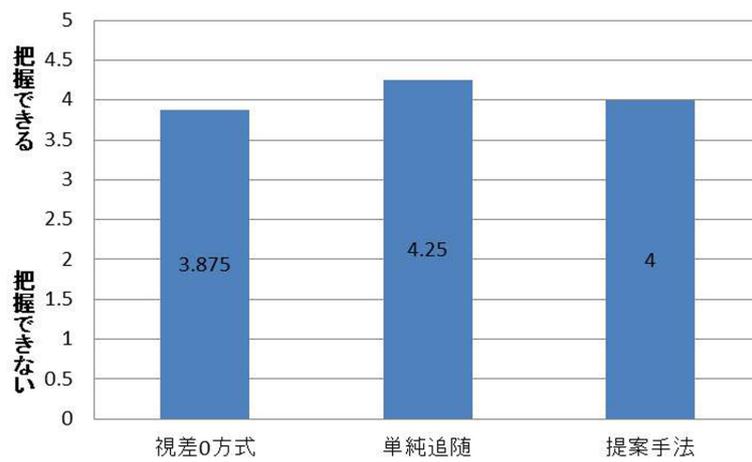


図 4.16: 関連オブジェクトの把握

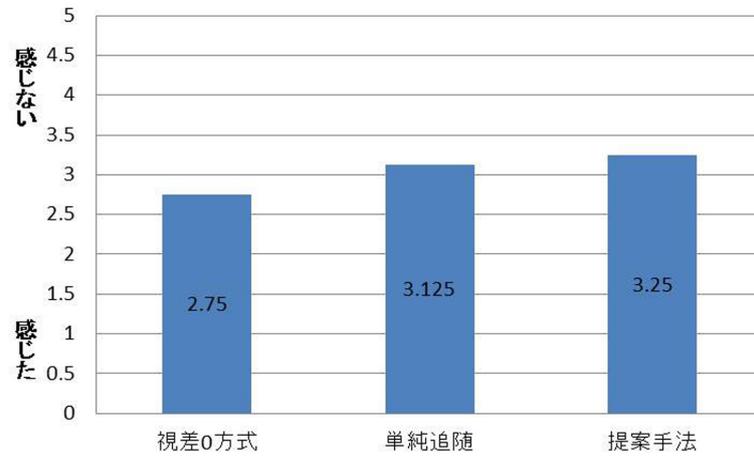


図 4.17: 眼球の動き

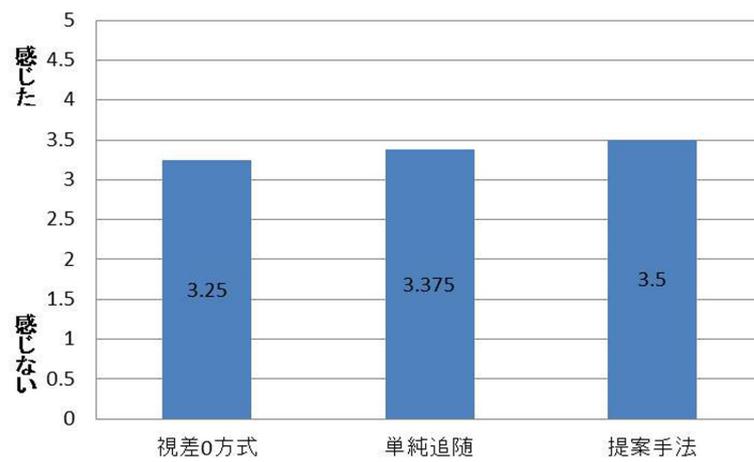


図 4.18: 飛出し感

4.6.2 アイトラッキングによる客観評価

アイトラッキングを用いた検証では、被験者がゲームの目的である文字列を見つけるまでの視線の移動を計測し、視線の位置が25個のエリアのどこに存在したかを把握し、各エリアにどれだけの時間存在したかの割合を計測した。本研究では視線が存在していた時間の割合を滞在率と呼ぶ。

図4.19は左上に目的である文字列が左上のエリアにあった時の各エリアの視線の滞在率の例を図示したものである。滞在率が5%以下だった場合は誤差と考え、省いて表示している。図4.19からは、目的である文字列が左上にあった場合の滞在率の例である。この場合、被験者が正解するまでの時間の30.1%が左上のエリアに視線が滞在していたことがわかる。またそれ以外の部分の滞在率が少ないことから、初めに見た文字列が基準となる文字列だった可能性が高い。それに対して、図4.20は中央に基準オブジェクト、その他のオブジェクトが右上と右中央と左下にあった場合の視線の滞在率である。この場合の正解の文字列は右上にあった。

30.1	21.7	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1.5	36.2	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

図4.19: 左上に目的の文字列がある場合の滞在率の例

全ての被験者と表示方法の目的である文字列の位置の滞在率を求め合計した結果、視差0表示方法は12.9%、単純追従表示は7.1%、提案手法は8.9%となった。目的の位置の滞在率が高いと、視線のぶれは低いと考えることが出来るため、視差0表示方法の視線のぶれは少なく、見やすいと評価できる。

0	0	0	0	14.6
0	0	0	0	0
0	0	21.9	22.1	23.3
0	0	0	0	0
0	15.9	0	0	0

図 4.20: 右上に目的の文字列がある場合の滞在率の例

4.7 検証

表示方法ごとで順位付けを行い、提案手法の総合評価が高くなった理由として、関連オブジェクトが手前に飛び出たとき、3D アノテーションは関連オブジェクトより奥側に存在し、関連オブジェクトが奥に行ったとき、関連オブジェクトの少し手前に 3D アノテーションを表示したことで、3D アノテーションが視認しやすくなったと考える。

それに対して、視差 0 表示方法は、3D アノテーションがすべて視差 0 の位置にあったため、被験者は視差 0 の位置に複数のアノテーションで位置づけられる平面を見えない壁のようなものを感じる傾向があった。そのため、視差 0 よりも飛び出してくる関連オブジェクトがあると見えない壁を突き破ってくるように感じ、違和感を覚えるため評価が低くなったと考えられる。

また、視差 0 表示方法の視認性の評価が低かった理由として、3D アノテーションと関連オブジェクトの奥行きの違いが大きくなる割合が多かったことが視認性が低くなった要因だと考える。しかし、視差 0 表示方法は文字の見やすさに関してだけは一番見やすかったと数名の被験者が回答しているが、画面全体の位置関係が把握しづらいとの回答も得た。

単純追従表示は、一番手前に関連オブジェクトが飛び出したとき、必然的に 3D アノテーションも一番手前に表示するため視差が大きくなり被験者は見にくさを感じたと考える。

提案手法は、単純追従表示のように3Dアノテーションが一番手前に表示されることはないため、単純追従表示よりも視認性が高いと評価を得たと考える。また、視差0表示方式のように、3Dアノテーションの奥行き位置がすべて同じではないので、被験者は違和感を覚えにくかったと考える。

アイトラッキングを用い取得した滞在率から、視差0表示方法が12.9%とほかの表示方法よりも被験者の視線がぶれていないことがわかる。これは、すべての3Dアノテーションが視差0の位置にあるため、3Dアノテーションの画像のずれはなく、文字を認識しやすかったためと推測する。しかし、文字の認識がしやすいことは視認性を高める要因の一つと考えることが出来るが、今回の実験では文字の認識のしやすさよりも、全体の位置関係の把握のほうが重要視されたため、順位付けの評価で提案手法が高評価を得たと考えられる。また、単純追従表示と提案手法の視線のぶれが大きかったのは、3Dアノテーションの視差が大きくなることにより、左右の目で画面上での位置がずれてしまったことが影響している可能性があると考えられる。

また、今回の実験では視線が集中が予測可能な場合、視線が集中した位置を注視点の代わりとして実験を行った。そのため、視線の集中が全く予測できない場合や、視線の集中する場所が2箇所以上存在した場合、対応することは難しい。しかし、一人称視点のシューティングゲームなどでは自分の持っている銃などのオブジェクトといった基準オブジェクトを特定しやすいため、提案手法が応用可能であると考えられる。

第 5 章

おわりに

本研究では、立体視ゲームにおける固定アノテーションと3Dアノテーションの視認性に関する調査および視認性を向上させる表示方法を提案し、検証を行った。第3章で立体視ゲームにおける固定アノテーションの視認性の調査を行い、第4章で3Dアノテーションの視認性を向上させる表示方法の提案を行った。

固定アノテーションの視認性では「オブジェクト化」「固定アノテーション立体視無し」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。

3Dアノテーションの視認性では注視点(基準オブジェクト)と視差0の中間地点と関連オブジェクトの中間地点に3Dアノテーションを配置する提案手法を用いることで視認性を向上することが出来た。

本研究では固定アノテーションと3Dアノテーションの視認性を向上させるための表示方法を調査したが、本研究で提案した手法がすべてのゲームに適用することは難しい。ゲームによっては提案した手法を用いることで、視認性が低下する可能性がある。全てのゲームに適用することは困難だが、今後多くのゲームで適用できる表示方法が必要となる。

ゲームにおけるインタラクションの点から見れば、アノテーションをゲームから排除することで問題解決をするとともに操作性を向上することが出来る。しかし、アノテーションは情報を提示するうえで有効な手段であるため、ゲームから完全に除外することは難しい。特に詳細な数値などをゲームのプレイヤーに提示したい場合はアノテーションが有効であるため、本研究の提示方法が有効である。

また、本研究ではアノテーションの色や形、デザインなどの考慮はしていない。デザインを考慮することで視認性をさらに向上させることができると考える。

謝辭

本研究を締めくくるにあたり，学部時代から続けての3年間のご指導とご協力を頂きました本校メディア学部の渡辺大地講師，並びに副査の三上浩司准教授に深く感謝いたします。また，研究室の先輩および同輩にも深く感謝いたします。

参考文献

- [1] “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”，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 (2009)
- [2] David Drascic , Paul Milgram : “Perceptual Issues in Augmented Reality”, SPIE Vol. 2653 (1996)
- [3] Ronald T. Azuma : “A Survey of Augmented Reality”, Teleoperators and Virtual Environments (1997)
- [4] 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” (2010)
- [5] 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.5No.3(2000)
- [6] 森本一成, 村田浩之, 緒方誠人, 黒川隆夫 : “仮想空間の視覚的提示法とその効果”，グラフィックスと CAD (1998)
- [7] 武岡春奈, 田中里枝, 林武文 : “色立体視のメカニズムに関する研究”，関西大学総合情報学部紀要「情報研究」第 34 号 (2011)
- [8] 安江慎祐 下野孝一 近江政雄 : “両眼立体視空間における単眼運動刺激の奥行き知覚”，VISION Vol.18 (2006)
- [9] 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)
- [10] 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”，3D コンソーシアム (2010)

- [11] 後藤田洋伸：“3DC 安全ガイドラインを読み解くための背景知識”，日本デジタルゲーム学会 (2011)
- [12] 小林 秀明，浅井紀久夫：“3 立体視ディスプレイの提示位置に関する心理物理学的測定”，電子情報通信学会 (2007)
- [13] 名手久貴，須佐見憲史，畑田豊彦：“運動視差による「書き割り効果」の減少”，電子情報通信学会 (2002)
- [14] 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).
- [15] 石井源久：“両眼視差方式の原理に基づく「快適な立体視」をリアルタイムゲームに適用するには”，日本デジタルゲーム学会 (2011)
- [16] 石井源久：“最新ゲームコンテンツ開発における，立体視 (S3D) 技術の活用事例と将来の展望”，3D &バーチャルリアリティ展 (2012)
- [17] 杉山直隆：“立体視ゲームにおける HUD の視認性に関する実証実験”，CEDEC2011 (2011)
- [18] 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.73No.624,pp.161-166(2008)
- [19] 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 (2004)
- [20] 重田和弘，中山実，清水康敬：“立体ディスプレイを用いた図形提示におけるタイトル位置の検討”，電子情報通信学会総合大会 (1999)
- [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 (2004)

- [22] 坂口靖雄, 中野倫明, 山本新: “自動車用ディスプレイにおける視認性評価とその応用”, テレビジョン学会誌 Vol.50 (1996)
- [23] 舟川政美: “ローパス・フィルタリング法による文字の視認性評価”, VISION Vol.9 (1997)
- [24] 齊藤大輔 齊藤恵一 齊藤正男: “眼球運動の解析による可読性評価-コントラストと可読性の関係-”, ハイテク・リサーチ・センター研究報告 (2007)
- [25] 高原光恵 津田芳見 橋本俊顕 成瀬進: “手書き文字に対する注視点分析”, 鳴門教育大学研究紀要第 24 卷 (2009)