

2016 年度 卒 業 論 文

ゲームにおけるアノテーション表示の
可読性向上に関する研究

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 M0113049

伊藤 一平

2017 年 3 月

2016 年度 卒 業 論 文 概 要

論文題目

ゲームにおけるアノテーション表示の
可読性向上に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0113049

氏
名

伊藤 一平

指導
教員

渡辺 大地 講師

キーワード

アノテーション、GUI、
ポテンシャル、重畳、ゲーム

近年、ゲームをオンラインで複数人で行うことが可能になった。PC やゲームハードスペック向上により多くのプレイヤーと同時にゲームをプレイすることが可能になった。多くのゲームではプレイヤーキャラクタの名前表示にアノテーションが使用されている。ゲームにおけるアノテーション表示は、プレイヤーキャラクタに追従する単純追従が多い。しかし、近年のゲームでは多くのプレイヤーキャラクタが存在し、その数だけアノテーションも表示されているため画面内に存在するアノテーションの数が増加した。プレイヤーキャラクタに追従する単純追従によるアノテーション表示は他のアノテーションの位置関係を考慮しないため、重畳が発生し、可読性を損なってしまう場合がある。本研究では、ポテンシャル論を用いたアノテーション表示手法を提案しアノテーションの可読性を目指す。2 種類の評価実験を行い実験のクリア時間を計測した。実験には平行投影する固定俯瞰カメラと操作キャラクタの背後に存在し、キャラクタの移動量と同じ分だけ移動するカメラを使用した。ウェルチの t 検定を用いて検定を行った。本提案手法はキャラクタの移動の有無とカメラの種類によってアノテーションの可読性が向上すると仮説を立て検定を行った。しかし、どの条件下の場合でもアノテーションの向上が見られなかった。

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	提案手法	5
2.1	手法の概要	5
2.2	生成処理	6
2.3	初期座標	7
2.3.1	単純追従	8
2.4	レナード=ジョーンズ・ポテンシャルを用いたアノテーション表示手法	9
2.5	対象オブジェクトとアノテーションに与える引力と斥力	10
2.6	アノテーションとアノテーションに与える引力と斥力	11
2.7	初期位置とアノテーションに与える引力と斥力	15
2.8	アノテーションの移動	17
第3章	評価実験	19
3.1	実験方法	19
3.2	使用するゲーム	20
3.3	実験に使用したカメラ設定	21
3.3.1	実験1	22
3.3.2	実験2	22
3.3.3	実験結果	23
3.4	検定	24
3.4.1	考察	25
第4章	終わりに	27

謝辭 28

参考文献 29

目 次

1.1	アノテーションの重畳	3
2.1	スクリーン座標系	6
2.2	アノテーション生成のイメージ図	7
2.3	アノテーション初期アンカー座標	7
2.4	アノテーション中心初期座標	8
2.5	単純追従	8
2.6	対象オブジェクトとアノテーションにかける力のイメージ図	11
2.7	オブジェクト群の登録	12
2.8	アノテーション間にかける力のイメージ図	13
2.9	2つの力だけの場合の問題点	15
2.10	アノテーションと初期座標にかける力のイメージ図	16
2.11	アノテーションと初期座標のイメージ図	17
3.1	評価実験に使用したカメラ1のスクリーンショット	20
3.2	評価実験に使用したカメラ2のスクリーンショット	21
3.3	カメラ1	21
3.4	カメラ2のカメラ配置	22
3.5	カメラ2の画面イメージ	22
3.6	実験1のルール	22
3.7	実験2のルール	23
3.8	カメラ1における単純追従	23
3.9	カメラ1における本提案手法	23
3.10	カメラ2における単純追従	24
3.11	カメラ2における本提案手法	24

表 目 次

3.1	実験 1 のその他キャラクタが停止している状態の実験結果 (秒)	24
3.2	実験 1 のその他キャラクタが移動している状態の実験結果 (秒)	25
3.3	実験 2 のその他キャラクタが停止している状態の実験結果 (秒)	25
3.4	実験 2 のその他キャラクタが移動している状態の実験結果 (秒)	26
3.5	実験 1 のときのカメラとその他キャラクタの状態の種類別の検定結果	26
3.6	実験 2 のときのカメラとその他キャラクタの状態の種類別の検定結果	26

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

近年，ゲームコンテンツでは，ネットを通して複数人で遊ぶことが出来るようになった．ゲームコンテンツにおいて名前の表示にはアノテーションが使われている．アノテーションとは，直訳では注釈という意味であるが，Doi[1] はアノテーションを付与されたデータの「情報」や「説明」と説明している．また林 [2] はあるデータに関連するメタデータとして注釈として付与することと説明している．アノテーションの役割として，関連する情報をテキストを付与し人に情報を説明することである．ゲームにおけるアノテーションは，ゲーム業界の中での GUI や UI の一部である．グラフィカルユーザーインターフェース (GUI)[3] やユーザーインターフェース (UI) は一般的に 2D 画像を用いられ，アノテーションも文字として 2D で扱われている．PC やゲーム機のスペックの向上により，多くの人数でゲームをすることが可能となった．近年のゲームではオンラインプレイが可能のため，複数人でのプレイする機会が増加している．オンラインゲームでは，プレイヤーの名前やダメージ表記などプレイヤーに情報を与える役割がある．例えば，ファンタースターオンライン 2[4] やマイクラフト [5] などのゲームでは一つの場所にプレイヤーキャラクタが存在できるようになった．プレイヤーキャラクタは，プレイヤーが任意に見た目を変更できるため，プレイ

キャラクターの見た目だけで、どのプレイヤーか判断できない。そのため、プレイヤーを判断するためにはアノテーションの情報が必要となる。また、オンラインゲームでは一度に遊べる人数が増加しているため、表示するアノテーションの数も多くなった。アノテーションの表示数増加に伴い、アノテーションが重畳し、可読性を損ないプレイヤーに情報が伝わらない場合がある。例えば、バイオハザードリベレーションズ 2[6] ではマシンガンのダメージアノテーションが連続して生成されるため、どの箇所に銃弾が当たったか分かりづらい。アノテーションの数が増加してしまうとアノテーション同士で重畳し合いアノテーションのテキストが読みづらくなる。迷惑行為をしているプレイヤーを運営に通報する場合に名前が必要になる。アノテーションが重畳してしまうと、名前を読み間違えや他の人の名前と間違える場合が想定される。アノテーションが読みづらいと、誤った情報を伝え、プレイヤーに情報を伝える役割を果たせない。

杉山 [7] は既存の表示方法として単純追従を挙げている。単純追従はオブジェクトに対して位置が決まっており、オブジェクトの動きに追従して表示する手法である。既存のゲームでは、キャラクターオブジェクトに追従して動く単純追従が多い。本研究ではアノテーションが付随したオブジェクトを対象オブジェクトと呼ぶ。アノテーションの単純追従では、他のアノテーションの位置関係を考慮せずに表示する。単純追従では、対象オブジェクトに対して表示位置が固定されるため、重畳が発生してしまう。しかし、ゲームではアノテーションが多く存在するため他のアノテーションの位置関係を考慮する必要である。アノテーションの動きを追加したことによって、対象オブジェクトとの距離が離れるため、どのオブジェクトのアノテーションなのか判別がつきにくくなる。図 1.1 は、アノテーションの重畳のイメージ図である。手前のオブジェクトのアノテーションには、プレイヤー 1 と書かれ奥のオブジェクトのアノテーションにはプレイヤー 2 と書かれている。アノテーションが重畳してしまうとどの文字がどのアノテーションの文字なのか分かりづらく読みにくい。そのためキャラクターが重なった場合、アノテーションも重なってしまう問題があり必要な情報が伝わりにくい。

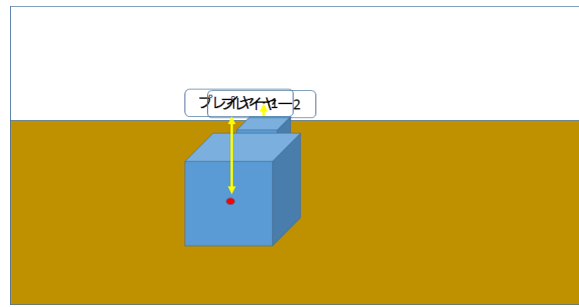


図 1.1 アノテーションの重畳

アノテーションの研究や重畳の研究ではコンテンツに対して情報を与えるために重畳表現をさせているものが多いが、アノテーション一つ一つの位置関係を考慮していない。瀧ら [8] は、拡張現実感 (AR : Augment Reality) を用いアノテーションを付随することで、工場における作業手順のヒューマンエラーを低減するシステムを提案した。吉田ら [9] は Kinect[10] や Web カメラを用いノリを可視化し、動画上に重畳表示することで動画上で身体動作による表現やコミュニケーションを提示し、時間と空間を超えた一体感を得るシステムを提案した。浦谷ら [11] は注釈の重畳表示の奥行き曖昧性を指摘し、奥行きを分類し視覚化手法を提案した。アノテーションの奥行きを視覚化し、有効性を示した。ファンタースターオンライン 2 ではアノテーションの透明度を変化し奥行き表現を実現している。寺田ら [12] は GPS などの位置や姿勢センサから利用者の位置と姿勢を計算し、カメラによって取得した情報から現実空間の映像に対して注釈を合成するシステムを提案した。田村ら [13] は映像コンテンツに対し Tobii[14] で得た視線の位置にエフェクトを追加する手法を提案した。松寫らは [15] メガネ型デバイスを使い周囲オブジェクトに特徴やアフォーダンスに応じた機能を拡張する手法を提案した。これらはアノテーションをオブジェクトに付随し表示させることでユーザに情報を効果的に伝えている。しかし、これらはオブジェクトの情報を伝えやすい位置に表示しているが、アノテーション同士の位置関係を考慮しておらず、アノテーションの重畳が発生し可読性を損なってしまう恐れがある。そこで本研究では、アノテーションの読みやすさを考慮した位置にアノテーションを表示し可読性の向上を目指した。立

石ら [16] は三次元マップ自動ラベリングの性能評価を行った。その中でラベルの重畳を防ぐためにアルキメデス曲線を用いて移動するという手法を提案した。しかし、重畳がなくなるまでアルキメデス曲線による移動を行うため、重畳させる対象のオブジェクトの位置まで考慮されていない。アノテーションを立体視させる研究もある。池田ら [17] はアノテーションに視差と遠近法といった効果付与する研究を行った。杉山 [7] は、固定アノテーションと 3D アノテーションの視認性の評価を行った。アノテーションに立体視を加え視認性を向上させた。アノテーションの研究ではアノテーション同士の位置関係を考慮した研究が少なく重畳してしまう問題が解決していない。本研究では、ポテンシャル論を用いアノテーションの重畳を無くし、情報を正しく伝えられるアノテーション表示位置を提案し、可読性の向上を目指す。2種類のルールの実験を行い、その中で実験毎にカメラワークとキャラクタの動きの有無で状況を分けた。カメラワークはクォータービューカメラ、3人称追従俯瞰カメラを用いて実験を行った。本提案手法はキャラクタの移動の有無とカメラの種類によってアノテーションの可読性が向上すると仮説を立て検定を行った。しかし、どの条件下の場合でもアノテーションの向上が見られなかった。

1.2 論文構成

本論文の構成に以下に述べる。第2章では、本研究の提案手法について述べる。第3章では、本研究の提案手法の実験と検定結果を述べる。第4章ではまとめを述べる。

第 2 章

提案手法

本提案手法では，既存のゲームで使用されるアノテーション表示方法の単純追従にポテンシャル論を加えた移動を行った．本提案手法について述べる．

2.1 手法の概要

開発ツールとして Unity[18] を使用した．アノテーションのオブジェクトとの位置関係，周りのアノテーションの位置関係，初期位置に関する条件を仮定した．

1. 2D アノテーションの位置と対象のオブジェクトの距離を保つ
2. アノテーションの重畳が少ない
3. 初期位置と近い位置を保つ

これらの条件を満たす位置を目指す．ゲーム AI ではユニットの制御にポテンシャル関数を組み込みプレイヤーの追跡や逃避を実現している [19]．本研究では 2D アノテーションの可読性を向上するために，アノテーションの単純追従にポテンシャル論を用いた移動を加えたアノテーション表示方法を提案する．

2.2 生成処理

本研究では，アノテーション生成に2種類の座標系を使用する．座標系はスクリーン座標系である．スクリーン座標系は，カメラの画面に直接張り付いた座標系である．本研究では，スクリーンの左下を原点として扱う．X軸方向は右が正方向，Y軸方向は上を正方向として扱う．アノテーションの移動処理は，スクリーン座標系で計算する．アンカー座標とはアノテーションを移動する際に使用する座標である．アノテーションの左下にアンカー座標 M_t を設定する．アノテーションアンカー座標を移動することでアノテーションの移動を行う．図 2.1 はスクリーン座標系のイメージ図である．

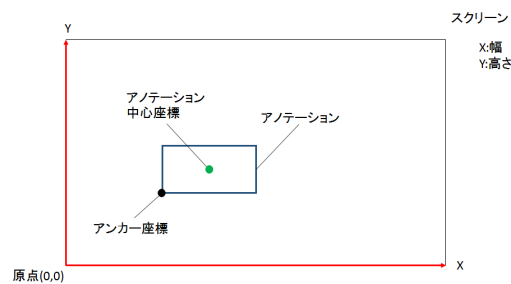


図 2.1 スクリーン座標系

図 2.2 はアノテーション生成のイメージ図である．カメラに映るアノテーションを付与するオブジェクトの上に生成する．図 2.2 の \mathbf{I} はアノテーションのスクリーン座標の初期座標である．図 2.2 の \mathbf{T} は対象オブジェクトのスクリーン座標の中心座標とする．図 2.2 のように対象オブジェクトの上にアノテーションを生成する．

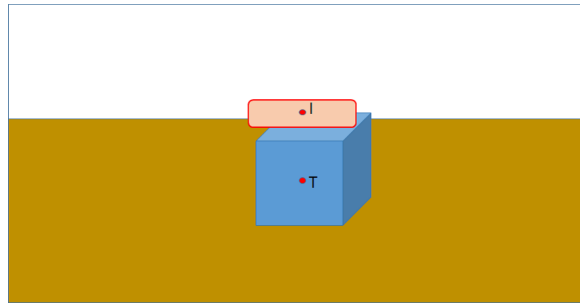


図 2.2 アノテーション生成のイメージ図

2.3 初期座標

アノテーションと対象オブジェクト O との位置関係を保つためにアノテーション初期アンカー座標 \mathbf{M}_0 を設定する. 図 2.3 における \mathbf{M}_0 アノテーション初期アンカー座標である. 図 2.3 における \mathbf{Z} は対象オブジェクトの上の頂点座標である. 式 (2.1) における W はアノテーションの横幅である.

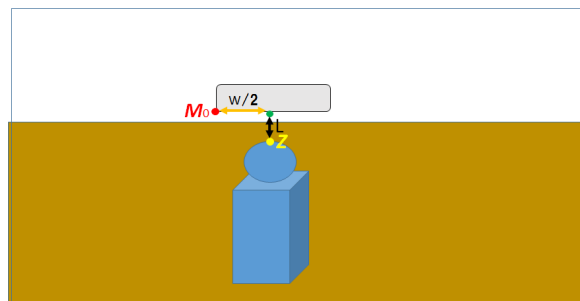


図 2.3 アノテーション初期アンカー座標

式 (2.1) は, アノテーション初期アンカー座標 \mathbf{M}_0 の座標式である. 式 (2.1) における L はアノテーションと対象オブジェクトの上頂点の離す距離である. L は定数であり, 任意の値を設定する. 式 (2.1) では, アノテーション初期アンカー座標 \mathbf{M}_0 の Y 成分では対象オブジェクトの上の頂点座標 \mathbf{Z} から定数 L の数値だけ上にアノテーションアンカー座標を移動する.

$$\mathbf{M}_0 = \left(T_x - \frac{W}{2}, Z_y + L \right) \quad (2.1)$$

対象オブジェクト中心のスクリーン座標 \mathbf{T} とする. アノテーション中心の初期座標 \mathbf{I} は初期アンカー座標 \mathbf{M}_0 に移動した後のアノテーション中心のスクリーンとする. 式 (2.2) は, アノテーション中心初期座標 \mathbf{I} の式である. 図 2.4 における \mathbf{I} はアノテーション中心初期座標である.

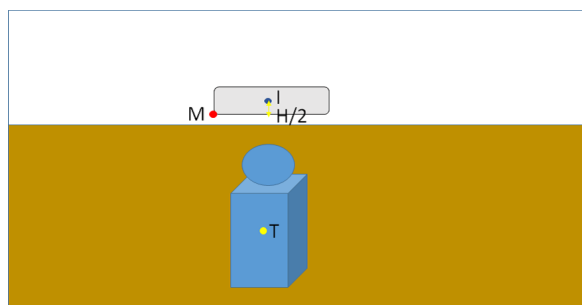


図 2.4 アノテーション中心初期座標

$$\mathbf{I} = \left(T_x, M_{0y} + \frac{H}{2} \right) \quad (2.2)$$

2.3.1 単純追従

アノテーションの基本の動きとして対象オブジェクトに追従する. アノテーション初期アンカー座標 \mathbf{M}_0 に移動することを単純追従とする. 図 2.5 は単純追従のイメージ図である. 図 2.5 における \mathbf{M}_0 はアノテーション初期アンカー座標である. 図 2.5 における \mathbf{M}'_0 は移動後のアノテーション初期アンカー座標である. アノテーションは対象オブジェクトに対して相対位置を保つように移動する.

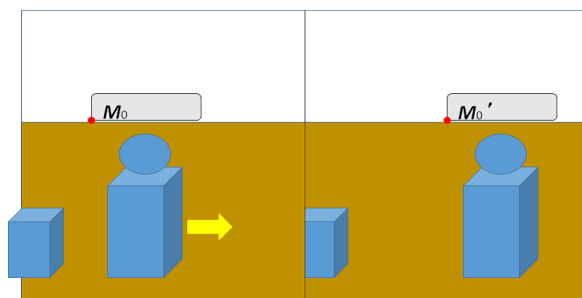


図 2.5 単純追従

2.4 レナード＝ジョーンズ・ポテンシャルを用いたアノテーション表示手法

本提案手法では、アノテーションに3種類の引力と斥力を与える。第1にアノテーションと対象オブジェクトに働く引力と斥力である。アノテーションと対象オブジェクトに働く引力と斥力はアノテーションと対象オブジェクトの距離を保つように引力と斥力を与える。第2にアノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力である。アノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力はアノテーションと他アノテーションの距離を保つように引力と斥力を与えることで重畳を防止する。第3にアノテーションと初期座標に働く引力と斥力である。アノテーションと初期座標に働く引力と斥力はアノテーションの位置がアノテーションの位置とアノテーションの初期位置との乖離を防止する。式(2.3)はポテンシャル論のレナード＝ジョーンズ・ポテンシャルの式を示す。本提案手法では定数 ϵ はアノテーションにかかる引力と斥力の種類によって個別に値を設定する。定数 ϵ はエネルギーの強さを表すため、力の強さの大きさで力3種類の引力と斥力の強弱を決定する。また、式(2.3)における斥力項 p と引力項 q の関係は斥力方向の方向ベクトルを正とするため $q < p$ とする。式(2.3)における σ の値によりポテンシャルエネルギーの値が0になる距離が変動する。なので σ の値が大きくなるほどポテンシャルエネルギーによる対象との距離が離れ、 σ の値が小さいほど近づく。アノテーションに3種類の引力と斥力に個別に σ_1 , σ_2 , σ_3 を設定する。アノテーションと対象オブジェクトに働く引力と斥力の定数を σ_1 とする。アノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力の定数を σ_2 とする。アノテーションとアノテーション初期座標に働く引力と斥力の定数を σ_3 とする。 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ の条件を守るように設定する。アノテーションに3種類の引力と斥力に個別に σ の値を設定することでアノテーションの移

動する位置関係を調整する.

$$U(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^p - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^q \right] \quad (2.3)$$

レナード=ジョーンズ・ポテンシャルはアノテーションにかける引力と斥力の種類によって異なる. アノテーションと対象オブジェクトに働く引力と斥力のレナード=ジョーンズ・ポテンシャルを U_1 とする. アノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力のレナード=ジョーンズ・ポテンシャルを u とする. アノテーションとアノテーション初期座標に働く引力と斥力のレナード=ジョーンズ・ポテンシャルを U_3 とする. 各レナード=ジョーンズ・ポテンシャルの値は次節で説明する. 引力と斥力の移動は Boid アルゴリズム [20] の集合処理を基に行う. Boid アルゴリズムは主に群衆シミュレーションで使われており, 集合処理と離散処理と整列処理を行うため, 物体と物体の距離を保っている. 物体の移動は現在の座標に集合処理と離散処理と整列処理の結果で算出した加速度ベクトルを加算することで移動する. 本提案手法では, スクリーン座標系上のアノテーションのアンカー座標に毎フレーム計算する引力と斥力による加速度ベクトルを加算することによりアノテーションの移動を行う.

2.5 対象オブジェクトとアノテーションに与える引力と斥力

アノテーションと対象オブジェクトが離れすぎないように対象オブジェクトとアノテーションに引力と斥力を与える. 図 2.6 はアノテーションと対象オブジェクトとの引力と斥力のイメージ図である. 図 2.6 における \mathbf{Q} はアノテーション中心のスクリーン座標である. 図 2.6 における \mathbf{T} は対象オブジェクト中心のスクリーン座標である. 図 2.6 における r_1 はアノテーション中心のスクリーン座標 \mathbf{Q} と対象オブジェクト中心のスクリーン座標 \mathbf{T} の距離である.

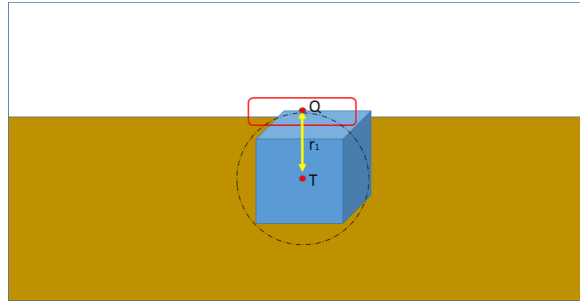


図 2.6 対象オブジェクトとアノテーションにかかる力のイメージ図

式 (2.4) はアノテーションと対象オブジェクト O の間に働くレナード=ジョーンズポテンシャル U_1 の式である。レナード=ジョーンズポテンシャル U_1 はアノテーション中心のスクリーン座標 \mathbf{Q} と対象オブジェクト中心のスクリーン座標 \mathbf{T} の距離 r_1 の値によって変化する。式 (2.5) はアノテーション中心のスクリーン座標と対象オブジェクト中心のスクリーン座標の距離を求める式である。式 (2.4) における定数 ϵ_1 はエネルギーの強さである。式 (2.4) における定数 p と q の数値は斥力方向を正とするため $q < p$ とする。本研究では $p = 3$, $q = 2$, $\epsilon_1 = 1$ とした。

$$U_1 = 4\epsilon_1 \left[\left(\frac{\sigma_1}{r_1} \right)^p - \left(\frac{\sigma_1}{r_1} \right)^q \right] \quad (2.4)$$

$$r_1 = \sqrt{|(Q_x - T_x)^2 + (Q_y - T_y)^2|} \quad (2.5)$$

レナード=ジョーンズポテンシャル U_1 の値によってアノテーションに引力と斥力を与える。式 (2.6) はアノテーションと対象オブジェクトに働く引力と斥力による加速度ベクトル \mathbf{A}_1 の式である。式 (2.6) はアノテーションに引力と斥力を同時に与えることができる。

$$\mathbf{A}_1 = \frac{\mathbf{T} - \mathbf{Q}}{|\mathbf{T} - \mathbf{Q}|} U_1 \quad (2.6)$$

2.6 アノテーションとアノテーションに与える引力と斥力

アノテーションと他のアノテーションに一定の距離を保ち重畳を防ぐために引力と斥力を与える。アノテーション毎に近くのアノテーションが登録されるオブジェクト群を用意する。アノテー

ションと他のアノテーションの距離が定数 D_i よりも小さくなると近くのオブジェクトをオブジェクト群に登録し、オブジェクト群に登録されたアノテーションに対して、引力と斥力を与える。オブジェクト群に登録されたアノテーションの個数を n とする。図 2.7 はオブジェクト群の登録のイメージ図である。図 2.7 におけるアノテーション 1 の中心座標から他のアノテーションの中心座標の距離が定数 D_i よりも小さいアノテーションをオブジェクト群に登録する。図 2.7 におけるオブジェクト群にはアノテーション 2 とアノテーション 3 を登録しているが、定数 D_i よりもアノテーション間の距離が大きいアノテーション 4 は、オブジェクト群に登録しないため、アノテーション 4 は引力と斥力を与えるオブジェクト群の対象外となる。

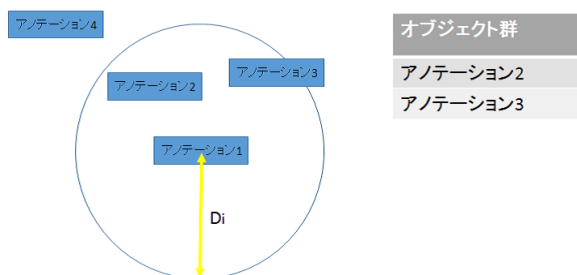


図 2.7 オブジェクト群の登録

\mathbf{S}_i ($0 \leq i \leq n-1$) を変位として、 $\mathbf{S}_i = (\mathbf{S}_0, \dots, \mathbf{S}_{n-1})$ をオブジェクト群に登録された他アノテーション中心のスクリーン座標とする。同様に $R_i = (R_0, \dots, R_{n-1})$ をアノテーションとオブジェクト群に登録された他アノテーション中心のスクリーン座標の距離とする。図 2.8 はアノテーションと他アノテーションとの引力と斥力のイメージ図である。図 2.8 における \mathbf{Q} はアノテーション中心のスクリーン座標である。図 2.8 における \mathbf{S}_i は他アノテーション中心のスクリーン座標である。図 2.8 における R_i はアノテーション中心のスクリーン座標 \mathbf{Q} と他アノテーション中心のスクリーン座標 \mathbf{S}_i の距離である。

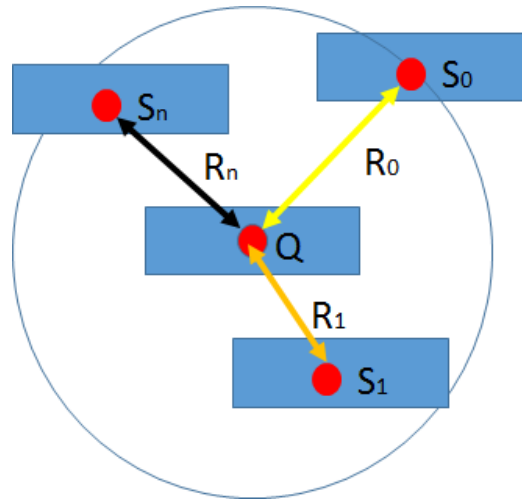


図 2.8 アノテーション間にかかる力のイメージ図

\mathbf{a}_i ($0 \leq a \leq n-1$) を変位として, $a_i = (a_0, \dots, a_{n-1})$ を x 軸方向におけるアノテーションと他アノテーションに働くレナード=ジョーンズポテンシャルとする. 式 (2.7) はアノテーションと他アノテーションとの間に働くレナード=ジョーンズポテンシャル a_i の式である. 式 (2.7) における定数 ϵ_2 はエネルギーの強さである. 式 (2.7) における定数 p と p の数値は $q < p$ とする.

\mathbf{c}_i ($0 \leq c \leq n-1$) を変位として, $c_i = (c_0, \dots, c_{n-1})$ を y 軸方向におけるアノテーションと他アノテーションに働くレナード=ジョーンズポテンシャルとする. アノテーションの特徴としてアノテーションの横幅よりもアノテーションの高さの方が小さい. そこで加速度ベクトルの y 成分の力の強さを大きくすることで少ない移動量で重畳を減らすことができる. 式 (2.8) はアノテーションと他アノテーションとの間に働くレナード=ジョーンズポテンシャル c_i の式である. 式 (2.8) における定数 ϵ_3 はエネルギーの強さである. y 軸方向エネルギーの大きさ ϵ_3 を x 軸方向エネルギーの大きさ ϵ_2 よりも大きな値に設定する. x 軸方向におけるレナード=ジョーンズポテンシャル a_i と y 軸方向におけるレナード=ジョーンズポテンシャル c_i はアノテーション中心のスクリーン座標 \mathbf{Q} と他アノテーション中心のスクリーン座標 \mathbf{S}_i の距離 R_i の値によって変化する. 式 (2.9) はアノテーション中心のスクリーン座標と他アノテーション中心のスクリーン座標の距離を求める式である. 距離 R_i の数値が 0 になる場合式 (2.7) と式 (2.8) の計算は行わない. ま

た, レナード=ジョーンズポテンシャル a_i, c_i の上限値を 1 とし, 下限値を-1 とする. 式 (2.7) と式 (2.8) における定数 p と q の数値は斥力方向を正とするため $q < p$ とする. 本研究では $p = 3$, $q = 2, \epsilon_2 = 4, \epsilon_3 = 6.5$ とした.

$$a_i = 4\epsilon_2 \left[\left(\frac{\sigma_2}{R_i} \right)^p - \left(\frac{\sigma_2}{R_i} \right)^q \right] \quad (2.7)$$

$$c_i = 4\epsilon_3 \left[\left(\frac{\sigma_2}{R_i} \right)^p - \left(\frac{\sigma_2}{R_i} \right)^q \right] \quad (2.8)$$

$$R_i = \sqrt{|(Q_x - S_{ix})^2 + (Q_y - S_{iy})^2|} \quad (2.9)$$

レナード=ジョーンズポテンシャル u_i の値によってアノテーションに引力と斥力を与える. $\hat{\mathbf{B}}_i$ ($0 \leq i \leq n-1$) を変位として, $\hat{\mathbf{B}}_i = (\hat{\mathbf{B}}_0, \dots, \hat{\mathbf{B}}_{n-1})$ をアノテーションとオブジェクト群に登録されたアノテーション 1 つに対する引力と斥力による正規化した方向ベクトルとする. 同様に $\mathbf{F}_i = (\mathbf{F}_0, \dots, \mathbf{F}_{n-1})$ をアノテーションとオブジェクト群に登録されたアノテーション 1 つに対する引力と斥力による移動量とする. 式 (2.10) はアノテーションとオブジェクト群に登録されたアノテーションに働く引力の方向ベクトル $\hat{\mathbf{B}}_i$ である. アノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力による加速度ベクトル \mathbf{F}_i の x 成分と y 成分を違う値にする. アノテーションの特徴としてアノテーションの横幅よりもアノテーションの高さの方が小さい. そこで加速度ベクトル \mathbf{F}_i の y 成分の力の強さを大きくすることで少ない移動量で重畳を減らすことができる.

$$\hat{\mathbf{B}}_i = \frac{\mathbf{S} - \mathbf{Q}_i}{|\mathbf{S} - \mathbf{Q}_i|} \quad (2.10)$$

$$\mathbf{F}_i = (a_i \hat{\mathbf{B}}_{ix}, c_i \hat{\mathbf{B}}_{iy}) \quad (2.11)$$

式 (2.12) はアノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力による加速度ベクトル \mathbf{A}_2 の式である. 式 (2.12) における n はオブジェクト群に登録されたアノテーションの個数である. ア

ノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力による加速度ベクトル \mathbf{A}_2 は、アノテーションとオブジェクト群に登録されたアノテーション間に働く引力と斥力の移動ベクトル \mathbf{F}_i を総和した値である。

$$\mathbf{A}_2 = \sum_{i=0}^{n-1} \mathbf{F}_i \quad (2.12)$$

2.7 初期位置とアノテーションに与える引力と斥力

アノテーションと対象オブジェクトの引力と斥力の加速度ベクトル \mathbf{A}_1 とアノテーションと他アノテーションの引力と斥力の加速度ベクトル \mathbf{A}_2 のみのアノテーションの移動を行い続けるとアノテーションの初期位置から遠ざかってどのオブジェクトのアノテーションか判別がつきにくくなる。図 2.9 は、加速度ベクトル \mathbf{A}_1 と \mathbf{A}_2 を与え続けた結果のイメージ図である。アノテーションの位置と初期座標との乖離が生じ、どの対象オブジェクトのアノテーションか判別が難しくなっている。アノテーション初期座標との距離を保ちアノテーションと対象オブジェクトの組み合わせの認識率向上のため、アノテーションとアノテーション初期座標の間に引力と斥力を与える。

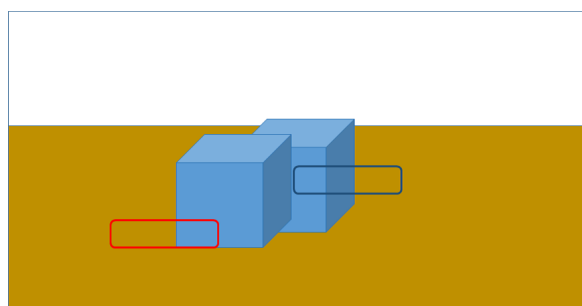


図 2.9 2つの力だけの場合の問題点

図 2.10 はアノテーションとアノテーション初期座標との引力と斥力のイメージ図である。図 2.10 における \mathbf{Q} はアノテーション中心のスクリーン座標である。図 2.10 における \mathbf{I} はスクリー

ン座標系におけるアノテーション初期座標である。図 2.10 における r_3 はアノテーション中心のスクリーン座標 Q とスクリーン座標系におけるアノテーション初期座標 I の距離である。

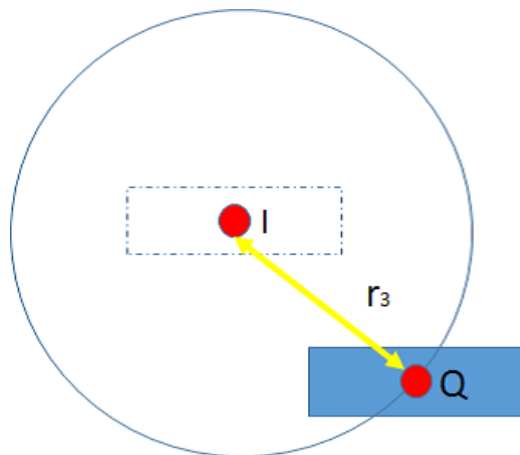


図 2.10 アノテーションと初期座標にかかる力のイメージ図

式 (2.13) はアノテーションとアノテーション初期座標との間に働くレナード=ジョーンズポテンシャル U_3 の式である。レナード=ジョーンズポテンシャル U_3 はアノテーション中心のスクリーン座標 Q とアノテーション初期座標 I の距離 r_3 の値によって変化する。距離 r_3 の数値が 0 になる場合式 (2.13) の計算は行わない。式 (2.14) はアノテーション中心のスクリーン座標とアノテーション初期座標の距離を求める式である。レナード=ジョーンズポテンシャル U_3 の上限値を 1 とし、下限値を-1 とする。式 (2.13) における定数 ϵ はエネルギーの強さである。式 (2.13) における定数 p と q の数値は斥力方向を正とするため $q < p$ とする。本研究では $p = 3$, $q = 2$, $\epsilon_4 = 1.5$ とした。

$$U_3 = 4\epsilon_4 \left[\left(\frac{\sigma_3}{r_3} \right)^p - \left(\frac{\sigma_3}{r_3} \right)^q \right] \quad (2.13)$$

$$r_3 = \sqrt{|(Q_x - I_x)^2 + (Q_y - I_y)^2|} \quad (2.14)$$

図 2.11 は、アノテーションと初期座標に働く力のイメージ図である。図 2.11 のようにアノテ

ションと初期座標を保つ距離を小さくするため、式 (2.13) における σ_3 には小さい値非常に小さい値にする。

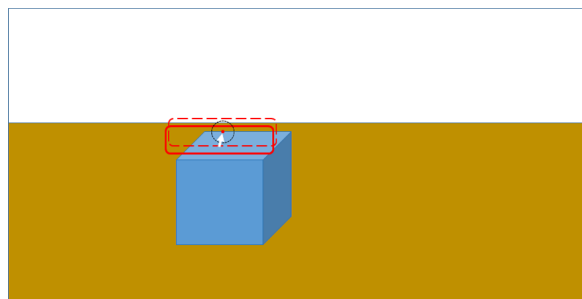


図 2.11 アノテーションと初期座標のイメージ図

レナード=ジョーンズポテンシャル U_3 の値によってアノテーションに引力と斥力を与える。式 (2.15) はアノテーションとアノテーション初期座標に働く引力と斥力による加速度ベクトル \mathbf{A}_3 の式である。

$$\mathbf{A}_3 = \frac{\mathbf{I} - \mathbf{Q}}{|\mathbf{I} - \mathbf{Q}|} U_3 \quad (2.15)$$

2.8 アノテーションの移動

式 (2.16) は力による加速度 \mathbf{A}_t を求める式である。式 (2.16) における $\mathbf{A}_{1(t)}$ はアノテーションと対象オブジェクトに働く引力と斥力による加速度ベクトルである。式 (2.16) における $\mathbf{A}_{2(t)}$ はアノテーションと他アノテーションに働く引力と斥力による加速度ベクトルである。式 (2.16) における $\mathbf{A}_{3(t)}$ はアノテーションとアノテーション初期座標に働く引力と斥力による加速度ベクトルである。 \mathbf{A}_t はステップ数 t におけるアノテーションにかかる 3 種類の引力と斥力による加速度である。

$$\mathbf{A}_t = \mathbf{A}_{1(t)} + \mathbf{A}_{2(t)} + \mathbf{A}_{3(t)} \quad (2.16)$$

式 (2.17) は 1 ステップ後のアノテーションの移動ベクトル \mathbf{V}_{t+1} を求める式である。初期ア

ノテーション移動ベクトルは零ベクトルとする。アノテーション移動量は現ステップのアノテーション移動ベクトルに1ステップ間の加速度 \mathbf{A}_t を足し合わせたものである。

$$\mathbf{V}_{t+1} = \mathbf{V}_t + \mathbf{A}_t \quad (2.17)$$

アノテーションのアンカー座標にアノテーション移動ベクトル \mathbf{V}_t を加算することでアノテーションの移動をする。ステップ数 t におけるアノテーションアンカー座標を \mathbf{M}_t とする。ステップ数が0のときのアノテーションアンカー座標 \mathbf{M}_0 をアノテーションアンカー初期座標とする。式(2.18)は1ステップ後のアノテーションアンカー座標 \mathbf{M}_{t+1} を求める式である。式(2.18)における t はステップ数である。式(2.18)における \mathbf{V}_t は現ステップにアノテーション移動ベクトルである。アノテーションアンカー座標 \mathbf{M}_t に本提案手法における移動ベクトル \mathbf{V}_t を加算することで1ステップ後のアノテーションアンカー座標を決定する。

$$\mathbf{M}_{t+1} = \mathbf{M}_t + \mathbf{V}_t \quad (2.18)$$

第 3 章

評価実験

本提案手法を適用していないものを単純追従と呼ぶ。本研究の提案手法と単純追従とし，評価実験を行った。実験結果に対し検定を行った。

3.1 実験方法

実験として，本研究での提案した手法と既存のアノテーションをオブジェクトの上に表示する方法を使用した 2 種類のゲームをプレイしてもらう。ゲームのクリア時間を測定し比較し評価する。今回の評価実験では，10 名に行った。

- 調査期間
 - 2017 年 2 月 6 日
- 実験を行う環境
 - OS : Windows8.1
 - CPU : Intel Corei5-3230M
 - メモリ : 4.00GB

3.2 使用するゲーム

ゲームには、フィールドに 20 体のその他キャラクタオブジェクトを配置し、各その他キャラクタオブジェクトの名前 2D アノテーションを表示させる。その他キャラクタオブジェクトの配置は、アノテーションが重畳する位置に調整して配置した。キャラクタの名前は、20 個の名前から各キャラクタにランダムに名前を付与する。2 種類のカメラ設定で実験する。また、その他キャラクタオブジェクトは止まっているパターンと動くパターンがある。その他キャラクタオブジェクトの動きは、一定時間毎に停まりランダムに向きを変え直進するというものである。カメラ毎に実験に使用する名前の文字は変化するものとした。カメラ 1 の場合、実験に使用したキャラクタの名前には「ウ」や「ス」や「レ」といった重なりと読みづらいカタカナの文字を使用している。また、カメラ 2 の場合キャラクタの名前には、「ゴ」や「ド」や「グ」といった濁点のあるカタカナの文字を使用している。使用する名前は、似た名前を利用しているため、プレイヤーは文字をしっかりと読み認識する必要がある。操作キャラクタは、W キーで前進、S キーで後進する、A キーで左に移動し、D キーで右へ移動する。このゲームに単純追従と提案手法を適用した 2 種類の表示方法を実装し、実験してもらう。クリア時間は、ゲーム開始を 0 秒としてクリアするまでの間を計測し経過時間をクリア時間とする。図 3.1 と図 3.2 は、実験に使用したゲームのスクリーンショットである。

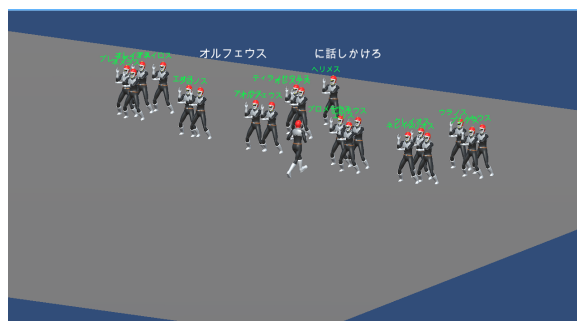


図 3.1 評価実験に使用したカメラ 1 のスクリーンショット



図 3.2 評価実験に使用したカメラ 2 のスクリーンショット

3.3 実験に使用したカメラ設定

図 3.3 はカメラ 1 のイメージ図である。カメラ 1 は固定カメラでステージを見下ろせる位置に配置する。また、操作キャラクタを画面の中央に映るよう向きを変える。カメラ 1 を視点として平行投影を投影面に対し行った結果をスクリーンに映している。平行投影をすることで、遠近法がない状態で描画している。

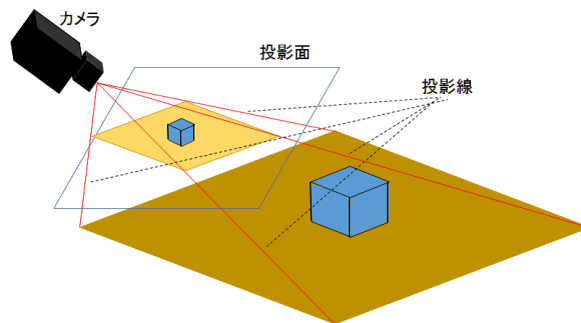


図 3.3 カメラ 1

図 3.4 はカメラ 2 におけるカメラ配置の図である。カメラ 2 の位置は操作キャラクタの一部または全身が画面に映る位置に配置する。本研究でのカメラ 2 では操作キャラクタの全身が映り、カメラ 2 の初期位置は操作キャラクタよりも後ろに配置する。カメラ 2 は操作キャラクタと同じ移動量分だけ移動する。

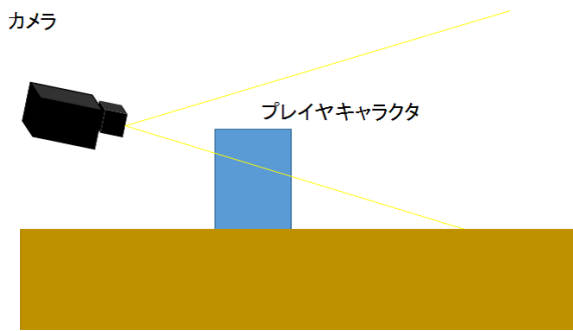


図 3.4 カメラ 2 のカメラ配置

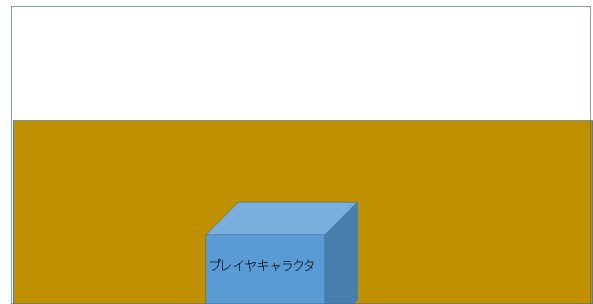


図 3.5 カメラ 2 の画面イメージ

3.3.1 実験 1

用意した 20 個の名前の中からランダムで目的の名前を選ぶ。目的の名前のアノテーションを持つ他のキャラクタオブジェクトの中心をマウスでクリックする。指定した名前の他のキャラクタオブジェクトと一致していた場合クリアとする。ゲームをクリアするまでにかかる時間を測定する。図 3.6 は実験 1 のキャラクタが停止している状態のカメラワークがカメラ 1 の場合のスクリーンショットである。目的に書かれている名前の他のキャラクタをクリックすることで実験は終了する。スクリーンショットを見るとアノテーションが重畳しているのがわかる。

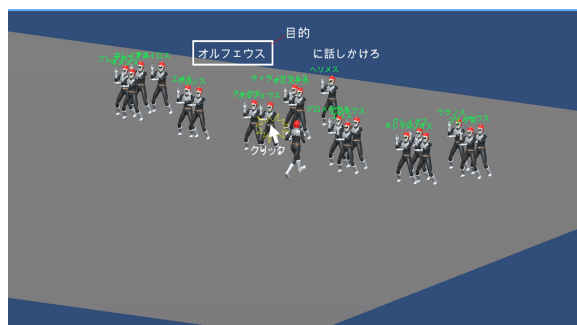


図 3.6 実験 1 のルール

3.3.2 実験 2

20 体の他のキャラクタの中からランダムに 1 体のマテリアルを変更し色を変更する。

図 3.7 は、ゲーム概要の説明図である。図 3.7 のターゲットと書かれている他のキャラクタが

マテリアルを変更したキャラクターである. このように色違いのキャラクターは, 一目でわかるようになっている. キャラクターの名前を入力する際にテキストフィールドをクリックしなければならない. クリック後, プレイヤは色が変わっているその他キャラクターオブジェクトの名前を入力する. 文字列が一致した場合クリアとする.

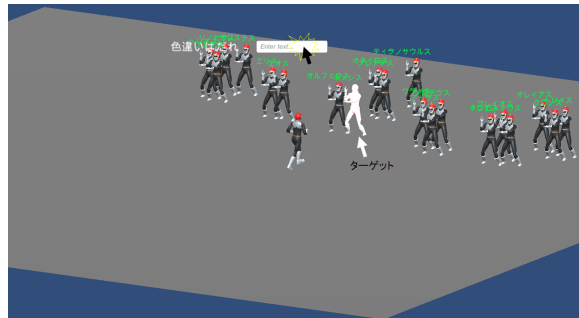


図 3.7 実験 2 のルール

3.3.3 実験結果

以下の図は本提案手法適用前のスクリーンショットと本提案手法適用後のスクリーンショットである.

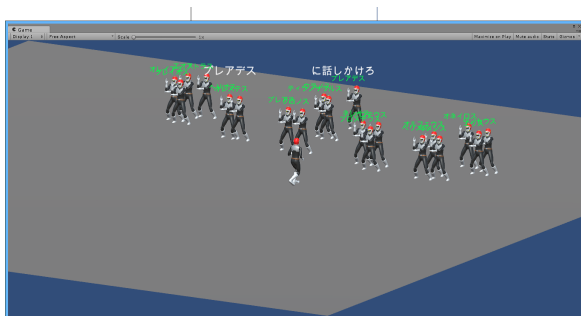


図 3.8 カメラ 1 における単純追従



図 3.9 カメラ 1 における本提案手法



図 3.10 カメラ 2 における単純追従



図 3.11 カメラ 2 における本提案手法

図 3.1, 図 3.2, 図 3.3, 図 3.4 は被験者 15 人の実験 1 と実験 2 の結果である. 実験結果の単位は秒である. なお表に書かれている実験結果は小数点第 3 位で切り捨てしている.

表 3.1 実験 1 のその他キャラクターが停止している状態の実験結果 (秒)

被験者	カメラ 1 (単純追従)	カメラ 1 (本提案手法)	カメラ 2(単純追従)	カメラ 2(本提案手法)
A	17.12	11.90	17.81	10.63
B	20.40	4.93	5.72	10.62
C	9.76	8.75	9.68	3.23
D	5.67	7.04	32.50	15.18
E	11.78	5.72	5.30	45.77
F	9.32	9.04	8.63	10.09
G	11.39	2.87	2.31	2.98
H	5.79	4.45	21.08	11.70
I	5.88	26.01	5.36	12.25
J	27.73	17.18	32.64	6.71

3.4 検定

ウェルチの t 検定を用いて検定した. 本研究では有意水準を 0.05 と定める. また, 有意傾向の評価水準は 0.1 と定める. 本提案手法はその他キャラクターの動きの有無とカメラの種類によってアノテーションの可読性が向上すると仮説を立て検定を行った. 表 3.5 は実験 1 のときのカメラとその他キャラクターの状態の種類別の p 値である. 実験 1 では, どのカメラワークとその他キャラクター状態の組み合わせでも有意ではないという結果が出た. 表 3.6 は実験 2 のときのカメラとその

表 3.2 実験 1 のその他キャラクターが移動している状態の実験結果 (秒)

被験者	カメラ 1 (単純追従)	カメラ 1 (本提案手法)	カメラ 2(単純追従)	カメラ 2(本提案手法)
A	15.81	13.65	9.41	6.78
B	6.88	5.25	7.79	4.98
C	6.05	5.00	2.47	3.72
D	3.30	8.85	7.78	8.45
E	14.16	4.29	9.28	12.57
F	7.47	8.50	4.61	6.14
G	5.16	5.68	9.19	7.54
H	7.02	6.93	10.83	17.06
I	6.73	4.76	3.51	5.01
J	9.28	6.61	12.01	30.63

表 3.3 実験 2 のその他キャラクターが停止している状態の実験結果 (秒)

被験者	カメラ 1 (単純追従)	カメラ 1 (本提案手法)	カメラ 2(単純追従)	カメラ 2(本提案手法)
A	5.52	7.84	7.80	10.06
B	11.70	14.20	12.07	7.01
C	7.35	8.44	9.34	11.00
D	9.77	5.73	12.85	11.01
E	21.40	9.81	11.90	9.70
F	61.43	17.76	16.90	9.61
G	7.73	7.08	11.46	4.63
H	19.36	5.79	8.07	32.83
I	14.77	5.10	11.30	10.60
J	20.62	5.14	7.10	7.22

他キャラクターの状態の種類別の p 値である。実験 2 では、どのカメラワークとその他キャラクター状態の組み合わせでも有意ではないという結果が出た。

3.4.1 考察

本提案手法はその他キャラクターの動きの有無によってアノテーションの可読性が向上すると仮説を立てウェルチの t 検定を用いて検定を行った。実験 1 と実験 2 を検定した結果、どの条件でも可読性の向上が見られなかった。可読性が見られなかった原因として定数を用いた距離により

表 3.4 実験 2 のその他キャラクターが移動している状態の実験結果 (秒)

被験者	カメラ 1 (単純追従)	カメラ 1 (本提案手法)	カメラ 2(単純追従)	カメラ 2(本提案手法)
A	5.13	4.42	3.93	13.50
B	4.99	12.56	20.48	7.78
C	7.00	6.04	6.56	7.72
D	7.84	6.88	14.92	9.96
E	22.79	7.23	18.29	9.10
F	6.47	7.68	11.18	15.78
G	7.67	5.36	7.34	8.35
H	7.45	6.09	18.51	11.27
I	5.36	4.13	6.90	7.78
J	8.91	4.65	6.76	16.75

表 3.5 実験 1 のときのカメラとその他キャラクターの状態の種類別の検定結果

	停止状態	移動状態
カメラ 1	.41	.4302
カメラ 2	.824	.3685

表 3.6 実験 2 のときのカメラとその他キャラクターの状態の種類別の検定結果

	停止状態	移動状態
カメラ 1	.1119	.3284
カメラ 2	.8568	.4199

力による加速度を計算していたため、アノテーションの大きさが小さい場合重畳を防げたがアノテーションの大きさが大きい場合アノテーションの重畳が発生した。また、アノテーション同士の力は一定距離内にあるアノテーションに適用した。その結果、アノテーションに引力がかかり、アノテーションが引き合う現象が発生する。アノテーション同士の力には引力は必要がなかったと考える。使用するパラメータが適切ではなかったことも原因があると考えられる。しかし、本提案手法ではパラメータが多く存在するため調整しにくさから生じたことが考えられる。

第 4 章

終わりに

本研究では、アノテーションの可読性を向上するためにポテンシャル論を用いたアノテーション表示手法を提案した。本提案手法はカメラワークの種類とキャラクタの移動状態によってアノテーションの可読性が向上すると仮説を立て検定を行い、どの条件下でも有意ではない結果になった。本提案手法ではレナードジョーンズポテンシャルによって保つ距離を定数として扱ったため、アノテーションの大きさが大きいとアノテーションの重畳が発生しアノテーションの可読性を損失させてしまった。また、アノテーション同士に引力を与えてしまったため、本提案手法によるポテンシャルの影響範囲に入ると重畳していなかった位置のアノテーションに引力が働き、重畳が発生する原因を作ってしまった。本提案手法では使用するパラメータが多いため、力の強さが調整しにくい。

謝辞

本研究を進めるにあたり，多くの時間を割いて指導をくださった本校メディア学部の渡辺大地講師並びに三上浩司教授，阿部雅樹実験助手に心から感謝を申し上げます．研究室で共に研究をした同期の方々，時間を割き実験に協力してくださった方々に心から感謝を申し上げます．また，私を支えてくださった萩原研究室の方々並びに相川研究室の方々も深く感謝を申し上げます．

参考文献

- [1] Atsushi Doi. マイクロアレイ解析 (ゲノム解析) アノテーション. <http://array.cell-innovator.com/?p=1049>. 参照:2016.12.21.
- [2] 林亮介. 閲覧時アノテーションを利用した web ドキュメントの引用とその応用. 修士論文, 名古屋大学大学院 情報科学研究科メディア科学専攻, 2008.
- [3] 井上尚紀, 岸知二. GUI を考慮した mda 開発手法の提案. 情報処理学会研究報告, Vol. 7, , 2011.
- [4] 株式会社セガゲームス. Phantasy star online2. <http://pso2.jp/>. 参照:2016.12.24.
- [5] Mojang Synergies. Minecraft. <https://minecraft.net/ja/>. 参照:2016.12.24.
- [6] カプコン. バイオハザードリベレーションズ 2. <http://www.capcom.co.jp/rev2/>. 参照:2016.12.24.
- [7] 杉山直隆. 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. 修士論文, 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, 2012.
- [8] 瀧隼人, 坪倉徹哉, 浦野雄大. Ar を応用した現場作業支援システムのプラント運転作業への応用. 第 14 回情報科学技術フォーラム, Vol. 4, pp. 441–442, 2015.
- [9] 吉田有花, 宮下芳明. 身体動作の重畳表示による動画上での一体感共有. 情報処理学会インタ

ラクション 2012, pp. 527–532, 2012.

- [10] microsoft. Kinect. <https://developer.microsoft.com/ja-jp/windows/kinect/hardware>. 参照:2017.1.16.
- [11] 浦谷謙吾, 町田貴史, 清川清, 竹村治雄. 拡張現実環境における奥行きを考慮した注釈提示手法の評価. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 10, pp. 305–312, 2005.
- [12] 寺田智裕, 神原誠之, 横矢直和. 拡張現実感を用いた車載型アノテーションシステムの構築. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 14, pp. 55–60, 2002.
- [13] 田村柁優紀, 中村聡史. 視線とコンテンツ分析に基づくエフェクトの追加によるコンテンツ閲覧体験拡張. エンターテインメントコンピューティングシンポジウム, pp. 509–517, 2015.
- [14] Tobii AB. Tobii. <http://www.tobiipro.com/ja/>. 参照:2017.1.17.
- [15] 松嶋信貴, 赤池英夫, 角田博保. 周辺オブジェクトを活用した現実拡張インタフェースの提案と評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol. 2, , 2014.
- [16] 立石誠, 三宅芳博, 荒屋真二. 3次元マップ自動ラベリングの実験的性能評価. 電気関係学会九州支部連合大会, 2005.
- [17] 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, Vol. 14, pp. 49–52, 2005.
- [18] Unity Technologies Japan. Unity. <http://japan.unity3d.com/>. 参照:2016.12.21.
- [19] David M. Bourg. ゲーム開発者のための AI 入門. O'Reilly Japan, 東京都新宿区四谷坂町 12 番 22 号, 2005.
- [20] 石橋佳明, 古田典正. 大規模な魚群シミュレーションのための階層的 Boid アルゴリズム. 情報処理学会研究報告, Vol. 109, pp. 37–42, 2008.