

2016年度卒業論文

視線追跡装置を用いたプレイヤーの視線を
使用するシューティングゲームの試作と検証

指導教員：岸本 好弘 准教授

メディア学部 次世代ゲーミフィケーション研究室

学籍番号 M0113037

池上 友貴

2016年度 卒業論文概要

論文題目

視線追跡装置を用いたプレイヤーの視線を使用するシューティングゲームの試作と検証

メディア学部

学籍番号: M0113037

氏名

池上 友貴

指導
教員

岸本 好弘 准教授

キーワード

視線追跡装置, シューティングゲーム, Tobii eyeX, プレイヤースキル, Unity

シューティングゲーム (Shooting Game) の複雑化に伴い様々な種類の弾が用いられるようになった。

その中で誘導弾と呼ばれる弾があるが、基本的に自機から一番近い敵機に向かって誘導されるためプレイヤーが望んでいない動きをする場合がある。

一方、視線追跡装置を用いてシューティングゲームをプレイするプレイヤーの視線を計測した結果、多くは敵機に視線を向けた状態で、攻撃や移動をしていることがわかった。

そこで次世代のシューティングゲームの提案として、視線追跡装置という新規デバイスを用いたシューティングゲームを試作した。これはプレイヤーの視線で狙った敵機に弾を発射する「視線先誘導弾」を実装したものである。自機に最も近い敵機に向けて弾を誘導する従来のシステムと比較して、本システムの優位性を検証するため、同一ステージでプレイを行い、スコアと自機の被弾数、および事後アンケートの「敵を気持ちよく倒せた」という回答から本システムの優位性が確認できたので報告する。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.1.1	本研究で扱う STG の定義	1
1.1.2	STG の歴史	1
1.2	問題点	2
1.3	仮説	3
1.4	論文構成	3
第2章	先行研究	4
2.1	シューティングゲームの敵機攻撃弾発射アルゴリズムに関する考察	4
2.2	視線計測システムを応用したソフトウェアの開発	4
2.3	弾幕の認識に人間の視覚特性を取り入れたシューティングゲーム AI の研究	5
第3章	「視線先誘導弾」の提案	6
3.1	「視線先誘導弾」の仕様	6
第4章	評価実験	7
4.1	評価実験の方法	7
4.2	実験概要	7
4.2.1	システム開発	8
4.3	参加者	9
4.4	評価方法	10
4.5	実験結果	11
第5章	まとめ	16
5.1	本研究の成果	16
5.2	今後の展望	16
	謝辞	17
	参考文献	18

第1章 はじめに

本章では、本研究を行うにあたってシューティングゲーム（以下 STG）の背景と問題点を提起し、その問題点から本研究を行う上での目的を述べる。

1.1 研究背景

ここでは本研究における STG の定義と背景を述べる。

1.1.1 本研究で扱う STG の定義

本研究で扱う STG はプレイヤーの操る自機が敵機・敵弾・障害物を避けながらステージのゴール到達、または敵のボス破壊を目的とした画面が上から下へ縦方向にスクロール、もしくは右から左横方向にスクロールするゲームを指す。

1.1.2 STG の歴史

日本の STG は 1978 年にタイトーから販売された固定画面の『スペースインベーダー』が弾を避けて敵を倒す、敵を倒すとスコアが伸びるという STG における基礎的なルールを使用したゲームである。

1983 年にナムコから出された『ゼビウス』ではステージが縦にスクロールし、ストーリー性のある世界観が生まれた。自機が 8 方向に動き、敵も移動しながら攻撃をし、ステージの最後まで行くとボスが出現するという現在まで続く STG の原型を作った。

1985 年にコナミから出された『グラディウス』ではステージが横にスクロールする STG も発売され STG のジャンルが広がりを見せた。

1990 年代後半に現れた STG のジャンルとして「弾幕シューティングゲーム」と呼ばれる STG が誕生した。ケイブの『怒首領蜂』シリーズ、上海アリス幻楽団の『東方 Project』シリーズがこれに当てはまる。

現在、STG を製作するメーカーが少なくなっているがプラットフォームを変えて STG というジャンルを残している。スマートフォンでは 2013 年にケイブから『ドン★パッチン』を配信、2015 年の 1 月 25 日にサービスを終了しているが 2015 年に配信された『ゴシ

ックは魔法乙女』では 2017 年現在も配信を続けている。

PC ゲーム向けのプラットフォームである Steam では過去の STG 作品の販売や小規模の開発チーム、新規独立系企業のインディーズゲームとして STG が販売されている。このようにアーケードゲームとして衰退した STG だがプラットフォーム変え、新たな広がりを持ち続けている。

1980 年代後半に格闘ゲームやパズルゲームの出現、回転率の悪さ、難易度のインフレ等様々な要因が重なってしまいアーケードゲームの STG は衰退してしまった、その中でも既存ユーザー、新規ユーザー双方が楽しめるシステムを開発することが出来なかった点が衰退理由なのではと考えた。

STG におけるプレイヤーを補助する方法として自機キャラクターのショットを強化する方法がある。弾の威力を上げたり、弾の数を増やしたり、敵キャラクターに向かう誘導弾等がそれに当たる。

本研究では、多くの STG に用いられている「誘導弾」に着目した。

1.2 問題点

サンライズから販売されていた『バトルガレッガ』や上海アリス幻楽団で販売されていた『東方紅魔郷』等で用いられたシステムである「誘導弾」は基本的に自機キャラクターから一番近い敵キャラクターに向かって誘導されるためプレイヤーにとって望まない動きをする場合があるのではと考えた。一方、視線追跡装置を用いて 2 名のプレイヤーに STG プレイ時の視線を計測した結果、多くは敵機に視線を向けた状態で、攻撃や移動をしていることがわかった。

視線を計測したゲームはケイブから販売されている STG 『虫姫さま』のステージ 1 を用いた。自機を見ている時間、敵機を見ている時間、自機と敵機の間を見ている時間に分けて計測し、分類分けをした。計測結果は表 1.1 である。

表 1.1

	自機	敵機	中間
A	約5秒	約1分20秒	約1分5秒
B	約5秒	約1分15秒	約1分10秒

1.3 仮説

視線追跡装置を用いて、視線先にいる敵キャラクターを狙う誘導弾を実装することで既存の誘導弾よりプレイヤーが望む動きをし、気持ちよくプレイしてもらえるのではないかと考える、本研究では視線追跡装置を用いた新システムを試作し、有用性を検証する。

1.4 論文構成

本研究では、事前に行った実験を基にまずゲームエンジン Unity と視線追跡装置 Tobii eyeX を用いて既存の誘導弾と本研究で提案した視線先誘導弾のシステムを実装した STG を制作し、どちらが気持ちよくプレイしてもらえるのか検証実験を行った。検証実験の結果、提案したシステムの有用性を考察し、まとめに入る。

第2章 先行研究

本章では，STG のアルゴリズムや難易度調整に関しての先行研究，先行制作と視線追跡装置を用いた視線に関する先行研究，先行制作をあげる．

2.1 シューティングゲームの敵機攻撃弾発射アルゴリズムに関する考察

川野らの研究^[1]では，コンピュータシューティングゲームの難易度の指標について，探索手法の観点から考察し，異なるシューティングゲーム間での難易度の比較を可能とする難易度指標を提案した．

2.2 視線計測システムを応用したソフトウェアの開発

河村らの研究^[2]では視線追跡装置を用いてスキルの高いプレイヤーと低いプレイヤーの差を可能な限り埋めるシステムを組み込んだ図 2.1 のゲームを開発した．その後評価実験を行い，ゲームスキルによる差を埋めることが出来るシステムが開発出来た．結果，視線計測による難易度の調整は有効であり，ユーザー体験を拡張出来た．

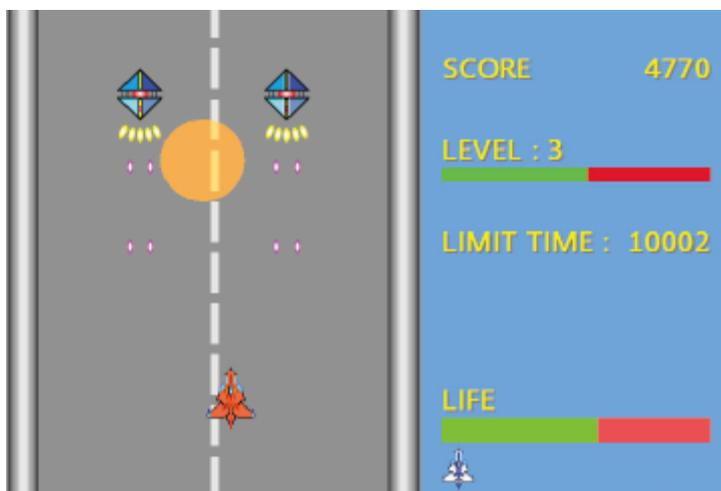


図 2.1 制作されたシューティングゲームのプレイ画面

2.3 弾幕の認識に人間の視覚特性を取り入れたシューティングゲーム AI の研究

平井らの研究^[3]では周辺視と呼ばれる部分における特性の一つである正確な位置や形が認識できないという特徴を再現するため単純な環境であるゲームを用いる。ゲームのジャンルは弾幕シューティングゲームを選択し、弾幕シューティングをプレイする AI に人間の特性である位置を正しく認識できない特性をつけ、正しく認識できる AI と正しく認識できない AI の動きを実装して比べることで正しく認識できない AI が人間的な動きを行うようになるかを評価した。結果、人間の視覚特性を模した移動なのか経路探索アルゴリズムに起因する動きなのかわからないものとなった。

第3章 「視線先誘導弾」の提案

本章では、視線追跡装置を用いた新しいSTGの弾を提案するため、Tobbiから発売されている図3.1の「Tobbi eyeX」を使用してシステム制作を行った。



図 3.1 「Tobbi eyeX」

3.1 「視線先誘導弾」の仕様

プレイヤーの見ている箇所から一番近い敵に向かって撃たれる誘導弾を実装した。視線先を視線追跡装置でゲームに反映、視線の注視点から一番近い敵に向かって弾が撃たれるプログラムとなっている。

第4章 評価実験

前章で制作した STG の新システムである「視線先誘導弾」の有用性を確かめるため、既存の誘導弾のシステムを実装した STG（既存 STG）と視線先誘導弾のシステムを実装した STG（以下視線先 STG）それぞれ 2 種類をプレイし、アンケートを記入してもらうことで評価実験を行った。その実験の結果から考察を行う。

4.1 評価実験の方法

2 種類の STG をプレイし、プレイ後にアンケートを答えてもらう。これを 2 回行う。どちらのシステムで遊んでいるかは分からない状態でゲームを遊んでもらうことで偏った結果にならないよう注意した。

4.2 実験概要

以下の仕様を実装したゲームを開発した

- ・視線追跡装置「Tobbi eyeX」を利用した自機の弾「視線先誘導弾」を制作
- ・既存のゲームで使用される一番近い敵を狙う「既存の誘導弾」を制作
- ・「既存の誘導弾」のシステムを実装したシューティングゲーム、「視線先誘導弾」のシステムを実装したシューティングゲームの 2 種類を制作
- ・1 ステージ 2 ～ 3 分ほどのステージを制作

4.2.1 システム開発

システムの流れとしては起動すると STG 画面が始まり，視線先誘導弾のタイプか既存の誘導弾のタイプを選択することが出来る．選択するとゲームが始まる．ゲームは接続されたアーケードスティックを使用して画面上の自機を操作して出現する敵機を倒していく目的となっている．図 4.1 の画面は左に自機ダメージカウント，中央は縦スクロールのステージ，右側がスコアとなっている．

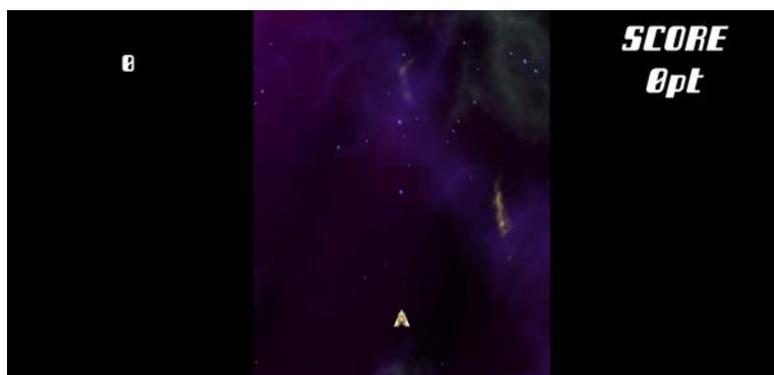


図 4.1 本研究で制作したゲームの画面

ボタンを押すことで通常弾と本研究で比較検証する通常誘導弾又は視線先誘導弾が同時に発射される．図 4.2 の画面は青色の弾がまっすぐに飛んでいく通常弾であり，緑色の弾は通常誘導弾か視線先誘導弾のどちらかである．

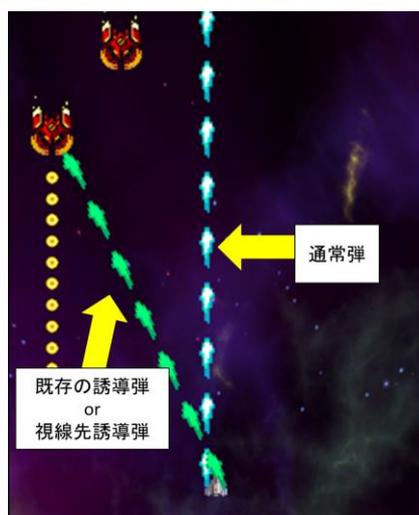


図 4.2 自機から発射される弾と敵機

4.3 参加者

本実験には 20 名の大学生が参加した。被験を A グループ(10 名), B グループ(10 名)に振り分け, 視線追跡装置の初期設定を行った。



図 4.3 検証実験の様子

4.4 評価方法

使用したアンケートは図 4.4 で、アンケートの他に被弾数とスコアを取得した。

アンケート実施のタイミングは図 4.5 のように行った。2 グループに分けることにより「馴れ」による、アンケート結果、スコアと被弾数に偏りが出ないようにした。

タイプ _____

実験後アンケート

年齢: ____ 歳 男性 ・ 女性

各質問の当てはまるものに○を書いてください

①シューティングゲームを普段プレイしますか

5 4 3 2 1
 する ● ● ● ● ● しない

②今回のゲームは難しいと感じましたか

5 4 3 2 1
 感じた ● ● ● ● ● 感じなかった

③ショットで敵を気持ちよく倒せたと感じましたか

5 4 3 2 1
 感じた ● ● ● ● ● 感じなかった

④倒したい敵を倒せましたか

5 4 3 2 1
 倒せた ● ● ● ● ● 倒せなかった

⑤赤色の敵を倒すことが出来ましたか

5 4 3 2 1
 倒せた ● ● ● ● ● 倒せなかった

⑥黄色の敵を倒すことが出来ましたか

5 4 3 2 1
 倒せた ● ● ● ● ● 倒せなかった

図 4.4 アンケート

Aグループ

視線先誘導弾の 実装されたSTGをプレイ	1回目 アンケート結果	既存の誘導弾の 実装されたSTGをプレイ	2回目 アンケート結果
約2分	約1分	約2分	約1分

Bグループ

既存の誘導弾の 実装されたSTGをプレイ	1回目 アンケート結果	視線先誘導弾の 実装されたSTGをプレイ	2回目 アンケート結果
約2分	約1分	約2分	約1分

図 4.5 アンケートのタイミング

4.5 実験結果

スコアと被弾数の結果は図 4.6, 図 4.7 の通りである.

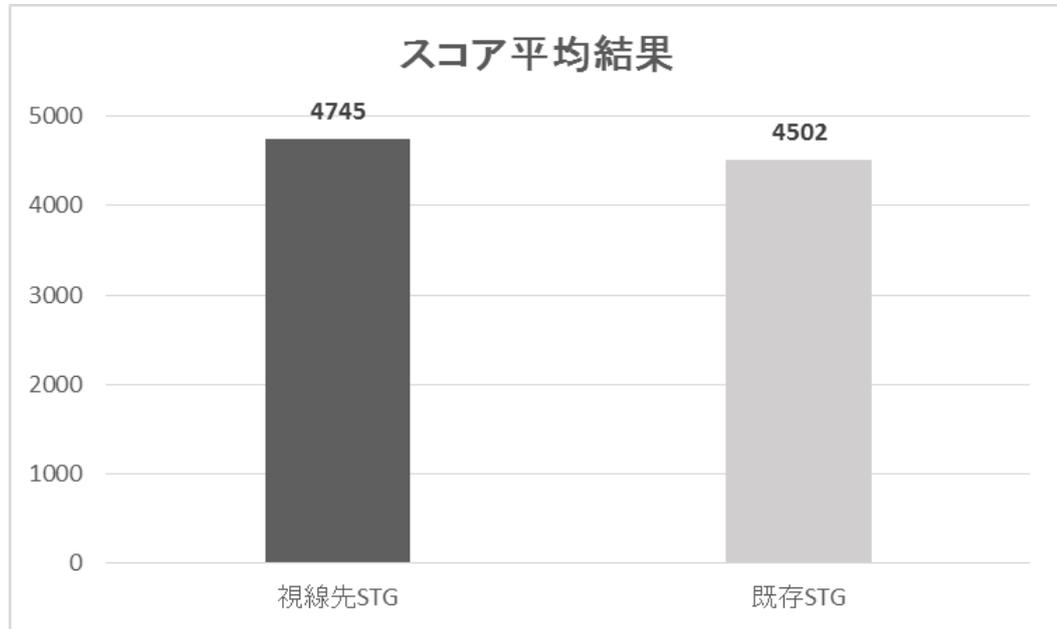


図 4.6 スコア平均結果

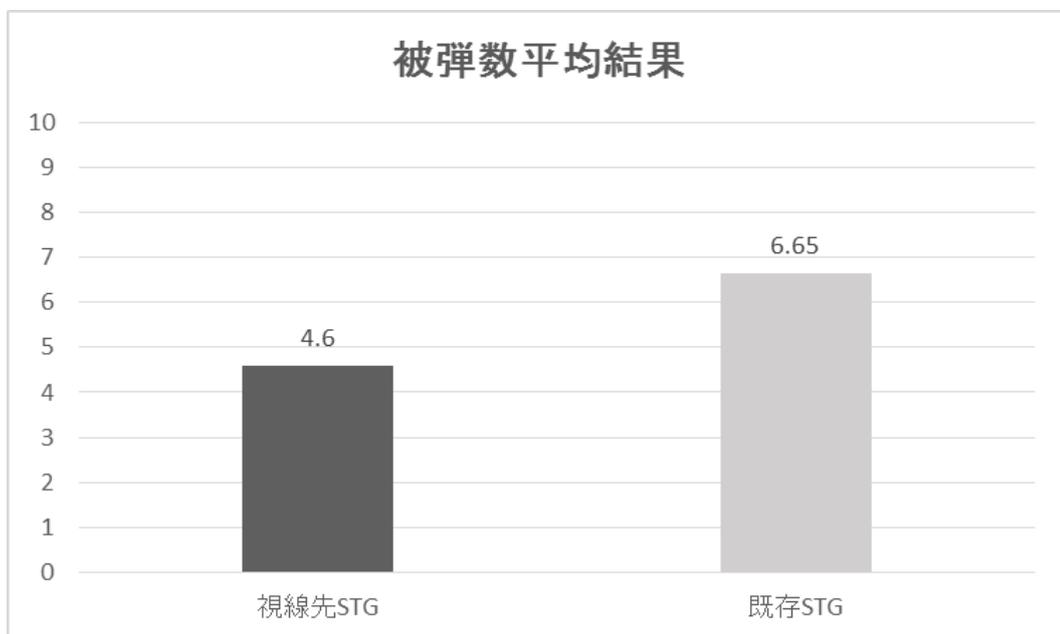


図 4.7 自機被弾数平均結果

図 4.6 よりスコア平均は、「視線先 STG」のほうが「既存 STG」より 243 ポイント高かった。図 4.7 より自機被弾数の平均は、「視線先 STG」の方が「既存 STG」よりグループ A は 2.05 ポイント低くなった。スコア、自機被弾数とも「視線先 STG」の方が優位であった。

プレイヤー(14 名)に対するアンケートは、設問に対し 5 段階評価で回答してもらった。図 4.8 に設問「シューティングゲームを普段プレイしますか」の結果、図 4.9 に設問「敵を気持ちよく倒せた」に対する回答の平均結果、図 4.10 に設問「倒したい敵を倒せたか」に対する回答の平均結果、図 4.11 に設問「赤色の敵を倒すことが出来ましたか」に対する回答の平均結果、図 4.12 に設問「黄色の敵を倒すことが出来ましたか」に対する回答の平均結果を示す。

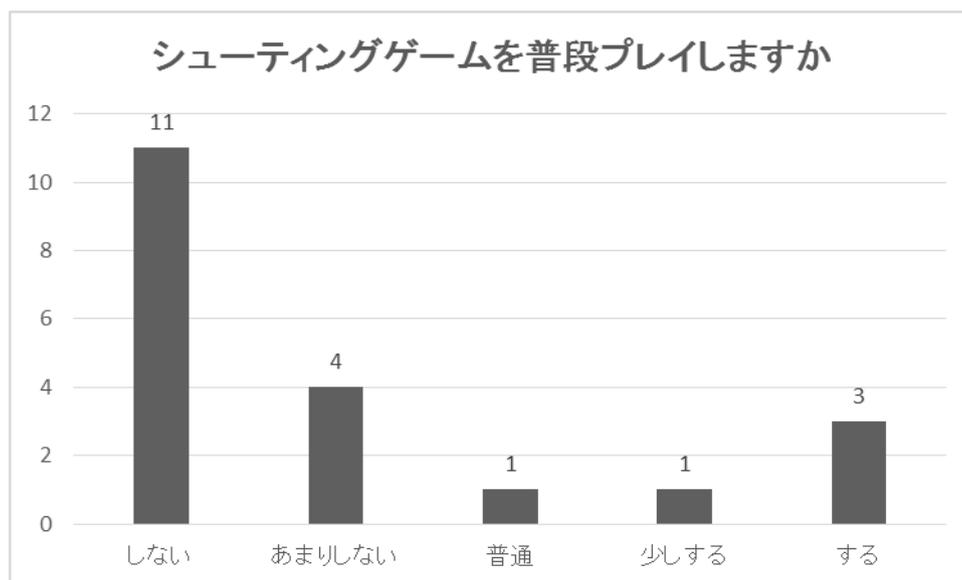


図 4.8 シューティングゲームを普段プレイしますか

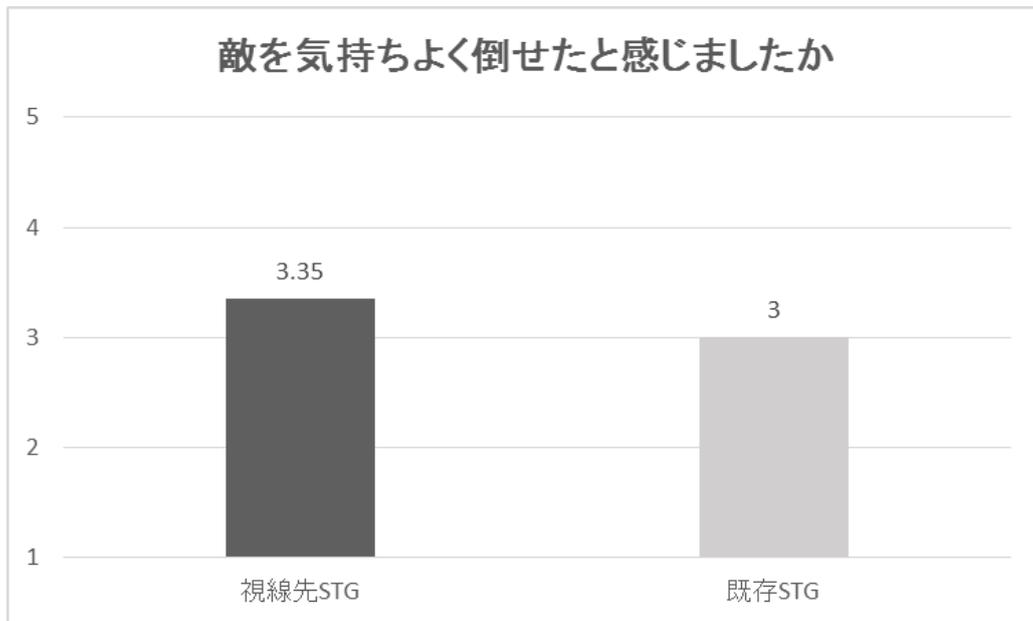


図 4.9 敵を気持ちよく倒せたと感じましたか

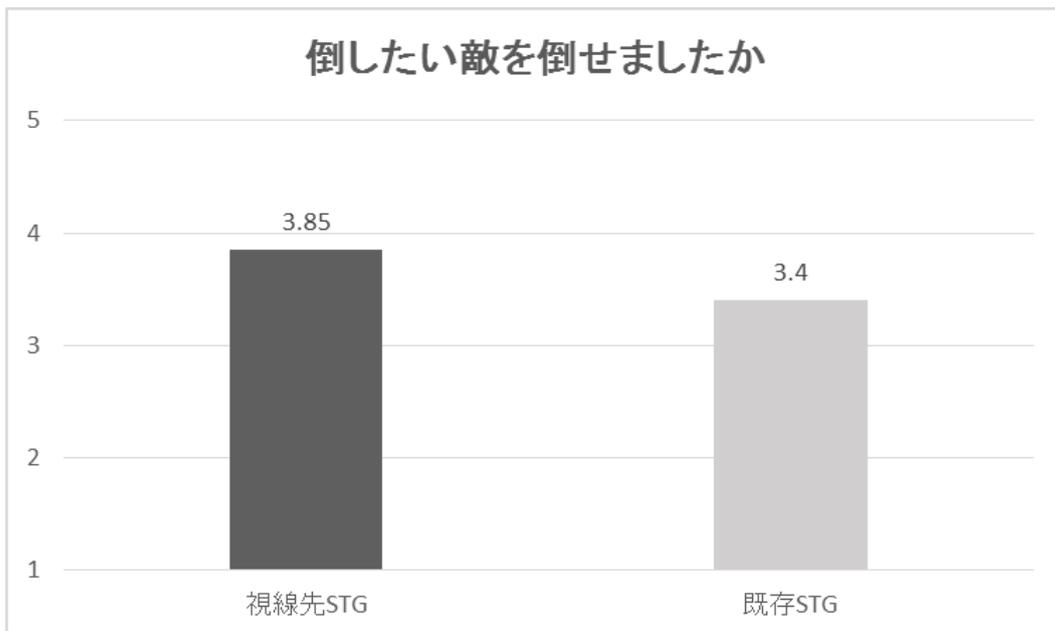


図 4.10 倒したい敵を倒せましたか

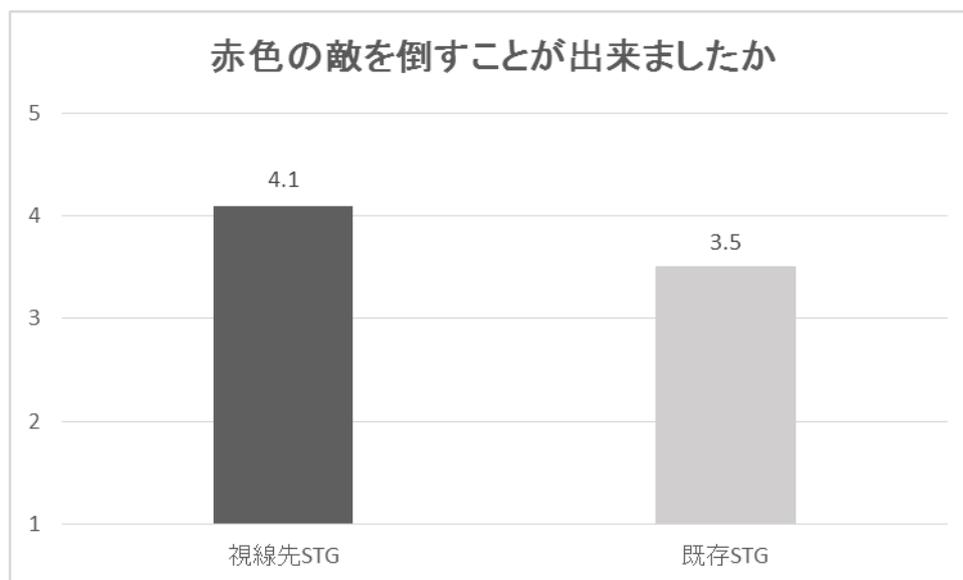


図 4.11 赤色の敵を倒すことが出来ましたか

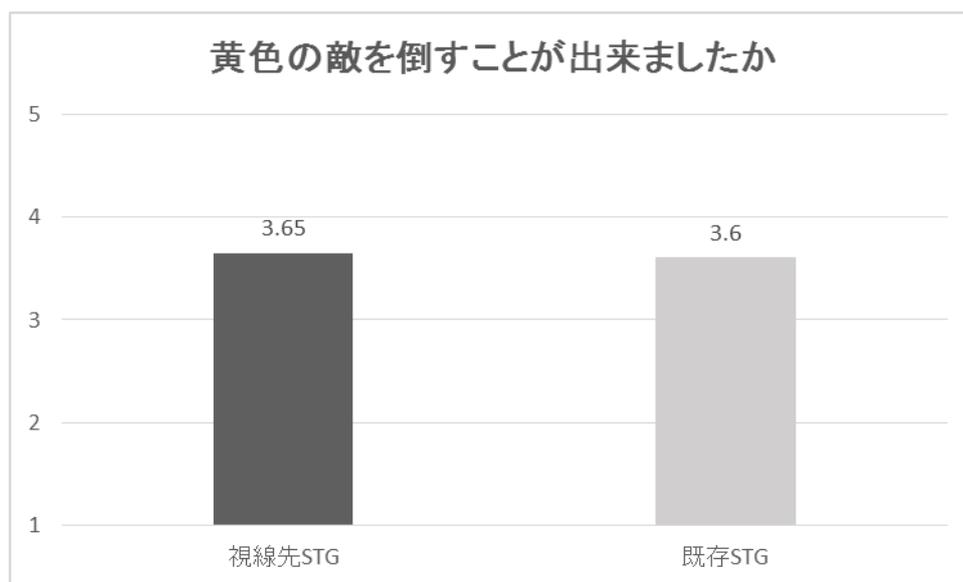


図 4.12 黄色の敵を倒すことが出来ましたか

図 4.9 の「敵を気持ちよく倒せたと感じましたか」の回答平均値は、「視線先 STG」のほうが「既存 STG」より 0.35 ポイント高くなった。

図 4.10 の「倒したい敵を倒せましたか」の回答平均値は、「視線先 STG」のほうが「既存 STG」より 0.45 ポイント高くなった。

図 4.11 の「赤色の敵を倒すことが出来ましたか」の回答平均値は、視線先 STG」のほうが「既存 STG」より 0.6 ポイント高くなった。

図 4.12 の「黄色の敵を倒すことが出来ましたか」の回答平均値は、「視線先 STG」のほうが「既存 STG」より 0.05 ポイント高くなった。

スコアと自機被弾数の数値比較、および「敵を気持ちよく倒せたか」「倒したい敵を倒せたか」というアンケート結果により、「視線先 STG」が「既存 STG」より優れたシステムである可能性が示された。

第5章 まとめ

本章では今回のまとめと今後の展望を考えていく。

5.1 本研究の成果

本研究で扱う STG はプレイヤーの操る自機が敵機・敵弾・障害物を避けながらステージのゴール到達，または敵のボス破壊を目的とした画面が上から下へ縦方向にスクロール，もしくは右から左横方向にスクロールするゲームを指す。今回は STG のプレイヤーを補助する新しい方法として視線追跡装置を用いた STG の操作方法を既存のシステムと比較し，検証実験を行った。実験の概要としては STG の新システムである「視線先誘導弾」の有用性を確かめるため，既存 STG と視線先 STG それぞれ 2 種類の STG をプレイし，アンケートを記入してもらうことで評価実験を行った。その評価実験の結果，新システムである「視線先誘導弾」の有用性を確かめることができた。

5.2 今後の展望

今後は，様々なステージ構成を用いて実験を行うことで，「視線先誘導弾」が有効になるレベルデザイン要素を明確にしたい。それを利用し，本手法を用いた STG におけるレベルデザイン手法を提案したい。

謝辞

本研究を進めるにあたり，ご指導を頂いた卒業論文指導教員の岸本好弘准教授，三上浩司教授に感謝致します．また，プログラミング問題解決でお世話になった千葉瑞希君，村上和希君，山本祐輔君に感謝いたします．そして，日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた岸本研究室の皆様感謝致します．

参考文献

- [1]川野 洋, 日本電信電話株式会社 NTT ソリューション研究所, 「シューティングゲームの敵機攻撃弾発射アルゴリズムに関する考察」, 情報処理学会, 情報処理学会研究報告ゲーム情報学, p61-68, 2006
- [2] 河村 拓也, 矢口 博之, 磯野 春雄, 「視線計測システムを応用したソフトウェアの開発」, 日本人間工学会, p242-243, 2014
- [3]平井弘一, 「弾幕の認識に人間の視覚特性を取り入れたシューティングゲーム AI の研究」, 情報処理学会, ゲームプログラミングワークショップ 2016 論文集, p158-161, 2016
- [4]福田忠彦, 「図形知覚における中心視と周辺視の機能差」, テレビジョン学会誌, 第 32 巻, p492-498, 1978
- [5]村田厚生, 三宅貴士, 森若誠, 「視線計測システムの有効性について-ポイント精度・速度を保証する条件と移動方向の影響の同定-」, 人間工学, Vol. 45, No. 4, p226-235, 2009
- [6]宮本勝, 大野健彦, 日本電信電話株式会社 NTT ソリューション研究所, 「視線を用いた Web デザインの評価」, 情報処理学会, p9-16, 2006
- [7] ゲーム年表, <[http://www. geocities. jp/arcadon765/history. html](http://www.geocities.jp/arcadon765/history.html)>, 2017/01/16
- [8]アーケードシューティングヒストリー< [http://www. jan. sakura. ne. jp/~snog/stg/arcade. html](http://www.jan.sakura.ne.jp/~snog/stg/arcade.html) >, 2017/01/16
- [9]GameOne(2006) , シューティングゲームの歴史 (字幕付き), youtube, 2009/03/03, < [https://www. youtube. com/watch?v=so37mEzCdYQ](https://www.youtube.com/watch?v=so37mEzCdYQ) >, 2017/01/16
- [10]ゲームサイド編集部(2010-2015), シューティングゲームサイド Vol. 0-Vol. 12, 株式会社マイクロマガジン社